

**「首都圏における低炭素化を目標とした水循環システム実証モデル事業」**

**『首都圏水循環検討委員会』**

# **報 告 書**

**平成 22 年 3 月**

**社団法人 日本水道工業団体連合会**

はじめに

水は自然環境にとって必須の構成要素であり、循環している資源である。気候変動や人為汚染などによるわずかな変化でも水資源全体と自然環境に影響する。水資源は脆弱な資源である。それゆえ、水供給と排出・処理には高度で頑健な社会システムが必要となる。わが国は社会基盤整備の長い歴史の中で水に関する優れたシステムを構築してきた。しかし、低炭素化社会システムの構築は、21世紀の先進諸国の優先的課題であり、中でもわが国は、温室効果ガス削減への取組において、リーダーシップを取るべき立場にある。地球環境保全の視点ならびに、持続可能な社会の構築へ向けて、この高度で頑健な水循環システムの中に低炭素化の視点を組み込まなければならない。

この度の、「首都圏における低炭素化を目標とした水循環システム実証モデル事業」において検討された内容は、広く流域的視点に立って現状の課題を捉え、可能な限り自然エネルギーを活用する考察、あるいはシステムの集約手法の解析、空間的に多様な形態で存在する水資源の活用の考察などから構成されている。首都圏の水供給に係る水資源循環の再構築の試みであり、非常に意義深い成果である。この成果が今後の水資源・水供給政策の議論に生かされることを期待したい。

「首都圏水循環検討委員会」において、各委員のさまざまな視点から関連にご議論頂いた。委員各位ならびに、斬新な成果を生み出した各分科会の作業に携わった方々に、心より御礼を申し上げる次第である。

平成 22 年 3 月

首都圏水循環検討委員会 委員長  
大垣 眞一郎



# 首都圏における低炭素化を目標とした水循環システム実証モデル事業

## 【目次】

	Page
はじめに	
<b>第1章 研究開発の概要</b>	
1.1 研究開発の背景・研究目的及び目標 .....	1- 1
1.2 研究体制.....	1- 2
1.3 成果概要.....	1- 9
1.4 当該プロジェクト連絡窓口 .....	1-11
<b>第2章 基本的事項の整理</b>	
2.1 バウンダリー(物理的・地理的な境界) .....	2- 1
2.2 基準年・目標年および削減目標 .....	2- 1
2.3 エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出量の定量化 .....	2- 2
2.4 既往の類似検討調査 .....	2- 4
<b>第3章 首都圏の既往水循環システムの概況</b>	
3.1 首都圏概要 .....	3- 1
3.2 水系概況.....	3- 9
3.3 上水道事業・水道用水供給事業の概況.....	3-11
3.4 水道水源の概況.....	3-17
3.5 各種水資源(地下水・雨水・下水処理水・工業水道)の概況.....	3-19
3.6 農業用水の利用と特徴 .....	3-26
<b>第4章 首都圏水道システムのCO<sub>2</sub>排出量の現況</b>	
4.1 CO <sub>2</sub> 排出量の算出諸元 .....	4- 1
4.2 首都圏水道システムのCO <sub>2</sub> 排出量の現況.....	4- 4
4.3 現況の首都圏水道システムに対するエネルギー面からの考察.....	4-15

# 首都圏における低炭素化を目標とした水循環システム実証モデル事業

## 【目次】

	Page
<b>第5章 シミュレーションモデルの構築</b>	
5.1 シミュレーションモデルの対象範囲.....	5- 1
5.2 導水・送水シミュレーションによる現況再現 .....	5- 5
5.3 配水シミュレーションによる現況再現.....	5-15
<b>第6章 エネルギー最適化案の策定</b>	
6.1 首都圏の将来水需要予測 .....	6- 1
6.2 エネルギー最適化案一覧表.....	6- 4
6.3 水源ダムの相互融通・容量調整、取水地点の変更(水道システムによる対策) ....	6- 6
6.4 浄水場位置の変更、浄水場の効率的管理(水道システムによる対策) .....	6-30
6.5 エネルギー最適化案(水道システム)による削減結果とりまとめ .....	6-78
6.6 各種代替水資源の活用.....	6-104
<b>第7章 全体総括</b>	
7.1 研究開発の成果 .....	7- 1
7.2 実現に向けたロードマップの策定.....	7- 7
7.3 実現に向けての将来の課題.....	7-18
<b>巻末資料</b>	
資料-1 首都圏水循環検討委員会 活動概要	
資料-2 首都圏水循環検討委員からの委員会事前アンケート調査結果	
資料-3 参考文献リスト	
<b>むすびに</b>	

## 第1章 研究開発の概要

## 1. 研究開発の概要

### 1.1 研究開発の背景・研究目的及び目標

#### 1.1.1 研究開発の背景

- わが国の水道事業は、より効率的事業の持続が求められている。
- 水道システムは、(水源)→取水→導水→浄水→送・配水→給水→(利用者)といった、水の輸送と加工工程を経て末端利用者に供給されるシステムである。
- 利用された水は、汚水となって下水道システムにて浄化され自然界へ戻され、やがて蒸発→降雨となって水道水源へと循環される。
- 水道システムの輸送・加工工程の効率化、すなわち省エネルギー化が、低炭素社会構築へ大きく寄与すると考えられる。
- しかし、地勢や行政上など様々な要因によってかかる省エネルギー化が阻害されている。首都圏では、特に、(水源)→取水→導水→浄水の工程において不経済なシステムとなっていることが指摘できる。

#### 1.1.2 研究目的

首都圏を対象モデルにし、水道システム、水循環システムの輸送・加工工程の効率化の観点から、客観的に、現行の水道システム、水循環システムを見直すシミュレーションを実施し、環境負荷低減につなげ、低炭素社会構築に向けた基礎資料を作成することを目的とする。

#### 1.1.3 研究目標

- 首都圏における水道システムの温室効果ガス削減60～80%を目標とする。

※基準年(2005年)に対し、目標年(2050年)においてCO<sub>2</sub>総排出量の60～80%削減を目指す

#### 1.1.4 研究開発に際しての基本的方針

- 低炭素化社会の構築を目指した視点での事業(調査・研究)である。
- 本事業は、現行の行政区域に捉われず、広範的な条件で行うものである。
- 現行の水道システム、水循環システムはこれまでの社会条件のもとで最適かつ効率的に実施されてきており、本事業は既往のシステムの是非を問うものではない。

※なお、今回の検討では前提条件に境界条件を設定し、あえて与条件を省略し検討する項目もある。

## 1.2 研究体制

### 1.2.1 委員会および分科会の設置

首都圏を対象モデルにし、水道・水循環システムの輸送、加工工程の効率化の観点から、客観的に、現行の水道・水循環システムを見直し、環境負荷低減につなげ、低炭素化社会構築に向けた基礎資料を策定するため、専門的な知識を踏まえた意見・助言を広く聴取することを目的として委員会を設置した。

表 1.2-1 委員会構成名簿

委員会役職	所 属	氏 名
学識経験者等		(五十音順敬称略)
委員長	独立行政法人 国立環境研究所 理事長	大垣 眞一郎
副委員長	東洋大学大学院 教授	中北 徹
委 員	社団法人 日本下水道協会 理事長	安中 徳二
委 員	財団法人 下水道新技術推進機構 理事長	石川 忠男
委 員	京都大学大学院 教授	伊藤 禎彦
委 員	作新学院大学 教授	太田 正
委 員	元日本大学 教授	岡本 雅美
委 員	首都大学東京大学院 教授	小泉 明
委 員	財団法人 水資源協会 理事長	近藤 徹
委 員	東北大学大学院 教授	須藤 隆一
委 員	社団法人 日本工業用水協会 専務理事	瀬戸 和吉
委 員	東京大学大学院 教授	滝沢 智
委 員	特定非営利活動法人 日本水フォーラム 代表理事事務局長	竹村 公太郎
委 員	京都大学大学院 教授	田中 宏明
委 員	元北海道大学 総長	丹保 憲仁
委 員	東京都市大学 教授	長岡 裕
委 員	財団法人 水道技術研究センター 理事長	藤原 正弘
委 員	北海道大学大学院 教授	船水 尚行
委 員	東京大学大学院 教授	古米 弘明
委 員	学校法人 トキワ松学園 理事長	眞柄 泰基

委員会役職	所 属	氏 名
学識経験者等		(五十音順敬称略)
委 員	社団法人 日本水道協会 専務理事	御園 良彦
委 員	鳥取環境大学 教授	三野 徹
委 員	東京大学 名誉教授	虫明 功臣
委 員	東海大学 名誉教授	茂庭 竹生
委 員	政治評論家	森田 実
委 員	立命館大学 特別任用教授	山田 淳
企 業【水団連 チーム水道産業・日本/幹事会社】		(敬称略)
委 員	株式会社 クボタ パイプエンジニアリング部長	岡部 洋
委 員	荏原エンジニアリングサービス株式会社 技術・建設本部技術統括	鴻野 卓
委 員	株式会社 栗本鐵工所 パイプシステム事業本部事業推進部長	道浦 吉貞
委 員	JFE エンジニアリング株式会社 アクアシステム事業部事 業推進室経営スタッフ	東島 健
委 員	水道機工株式会社 執行役員環境・海外事業本部	近藤 泰正
委 員	大成機工株式会社 特別顧問	進士 暢夫
委 員	月島機械株式会社 取締役執行役員	佐野 広
委 員	株式会社 東京設計事務所 取締役水道事業部長	片石 謹也
委 員	株式会社 日立製作所 社会・産業システム事業部主管 技師長	早稲田 邦夫
委 員	前澤工業株式会社 環境事業本部環境ソリューション事 業部環境技術部長	山本 志野歩
オブザーバー	厚生労働省	
〃	経済産業省	
〃	国土交通省	
〃	農林水産省	
〃	環境省	
〃	総務省	
〃	特定非営利活動法人 日本水フォーラム	
〃	各地方自治体における水道、下水道、環境関係者	
〃	チーム水道産業・日本の会員(幹事会社以外)	
幹 事	社団法人 日本水道工業団体連合会 専務理事	坂本 弘道

表 1.2-2 委員会開催実績

委員会	開催年月日	主な議題 (意見招請内容)	事務局提示資料
第1回	平成 21 年 6 月 22 日	・水循環システム全般 ・低炭素化全般	基本的事項の整理 既往水循環システムの概況 CO2排出量の現況
第2回	平成 21 年 9 月 30 日	・シミュレーションモデル ・エネルギー最適化案	シミュレーションモデルの構築 エネルギー最適化案(素案)
第3回	平成 21 年 12 月 22 日	・エネルギー最適化案 ・CO <sub>2</sub> 排出量削減結果 ・とりまとめに向けて	エネルギー最適化案
第4回	平成 22 年 3 月 2 日	・リスク対応方針 ・代替水資源の活用方針 ・ロードマップと将来の課題 ・とりまとめに向けて	エネルギー最適化案(最終) ロードマップと将来の課題

本事業を推進するにあたり、委員会に分科会を設置し、分科会は大きく下記の3テーマに分けて活動を実施した。

表 1.2-3 低炭素化に向けた視点

分科会		視 点
分科会①	水道システム による対策	1) 水源ダムの相互融通 容量調整 2) 取水地点の変更(水源からの視点) 3) 農業用水の利用
分科会②		1) 浄水場位置の変更(浄水場の統廃合含む) 2) 浄水場の効率的管理 (新技術:高効率機器など、再生可能エネルギー含む)
分科会③	代替水資源 の活用	1) 雨水、下水道の処理水、工業用水の利用 2) 地下水の利用 3) 漏水対策、節水

各分科会の体制は下記のとおりである。

表 1.2-4 分科会①体制

委員会役職	所 属	氏 名
アドバイザー	東京都市大学 教授	長岡 裕
幹 事	(株)東京設計事務所	
メンバー	(独)水資源機構	
〃	パシフィックコンサルタンツ(株)	

表 1.2-5 分科会②体制

委員会役職	所 属	氏 名
アドバイザー	北海道大学大学院 教授	船水 尚行
幹 事	(株)日水コン	
メンバー	パシフィックコンサルタンツ(株)	

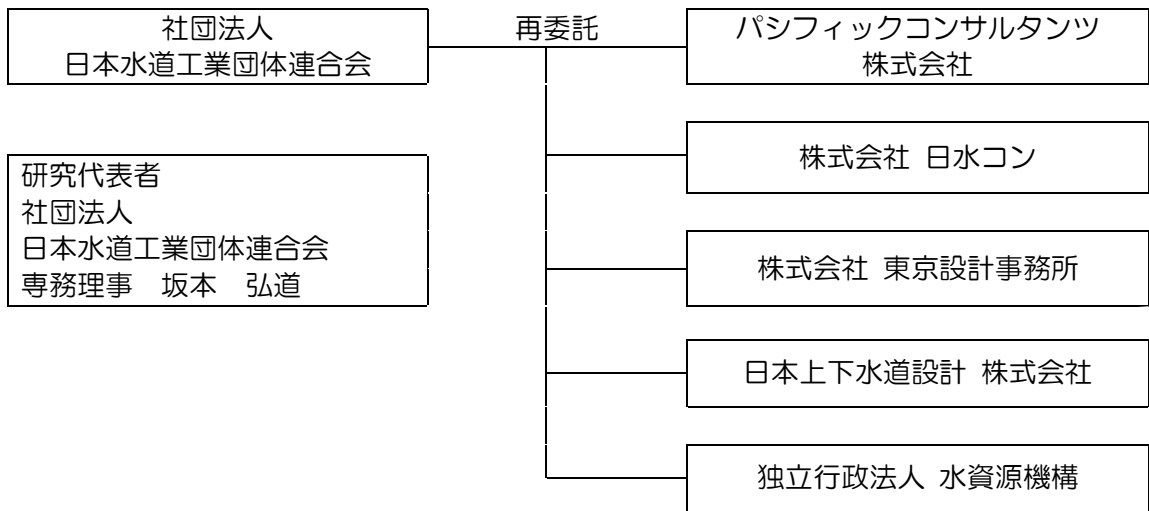
表 1.2-6 分科会③体制

委員会役職	所 属	氏 名
アドバイザー	東京大学大学院 教授	古米 弘明
幹 事	日本上下水道設計(株)	
メンバー	パシフィックコンサルタンツ(株)	



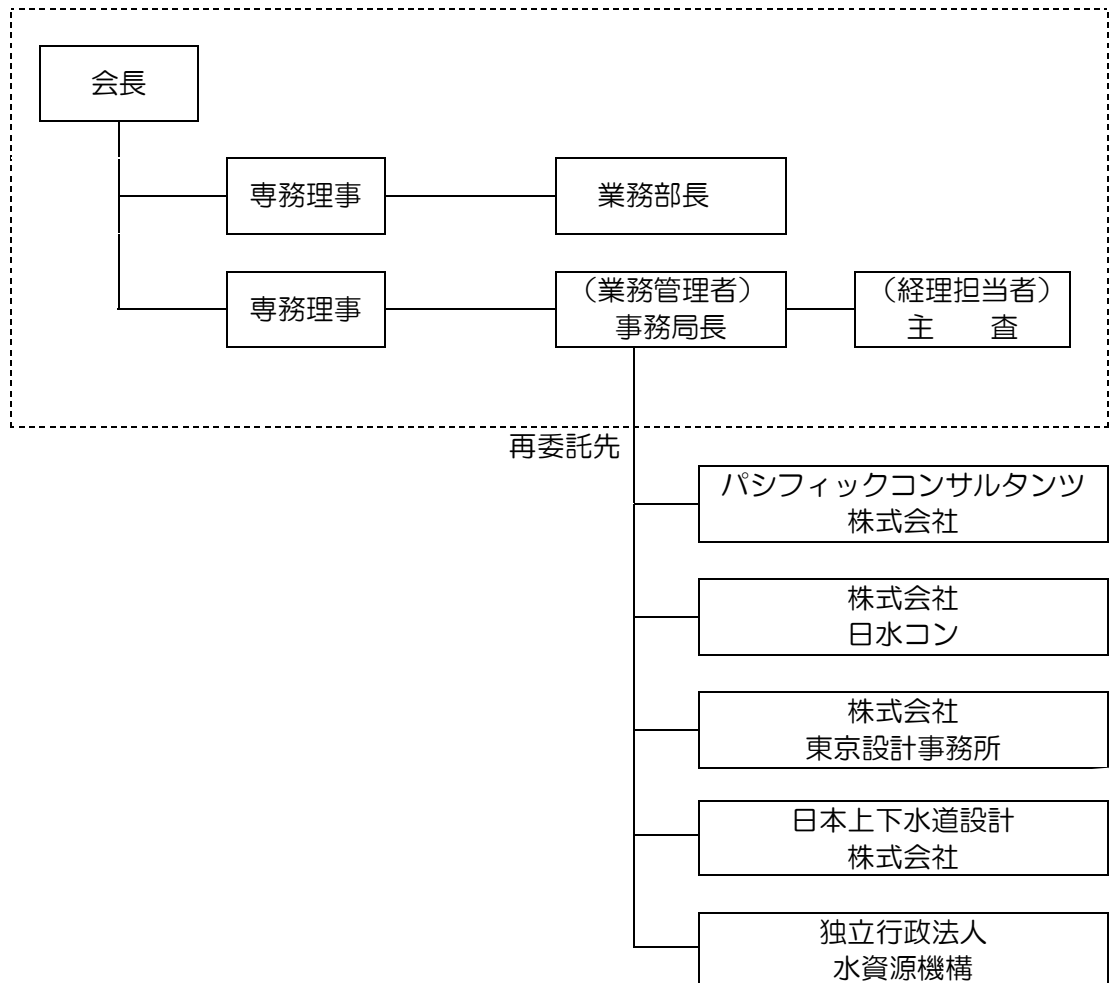
## 1.2.2 研究組織及び管理体制

### 1) 研究組織(全体)

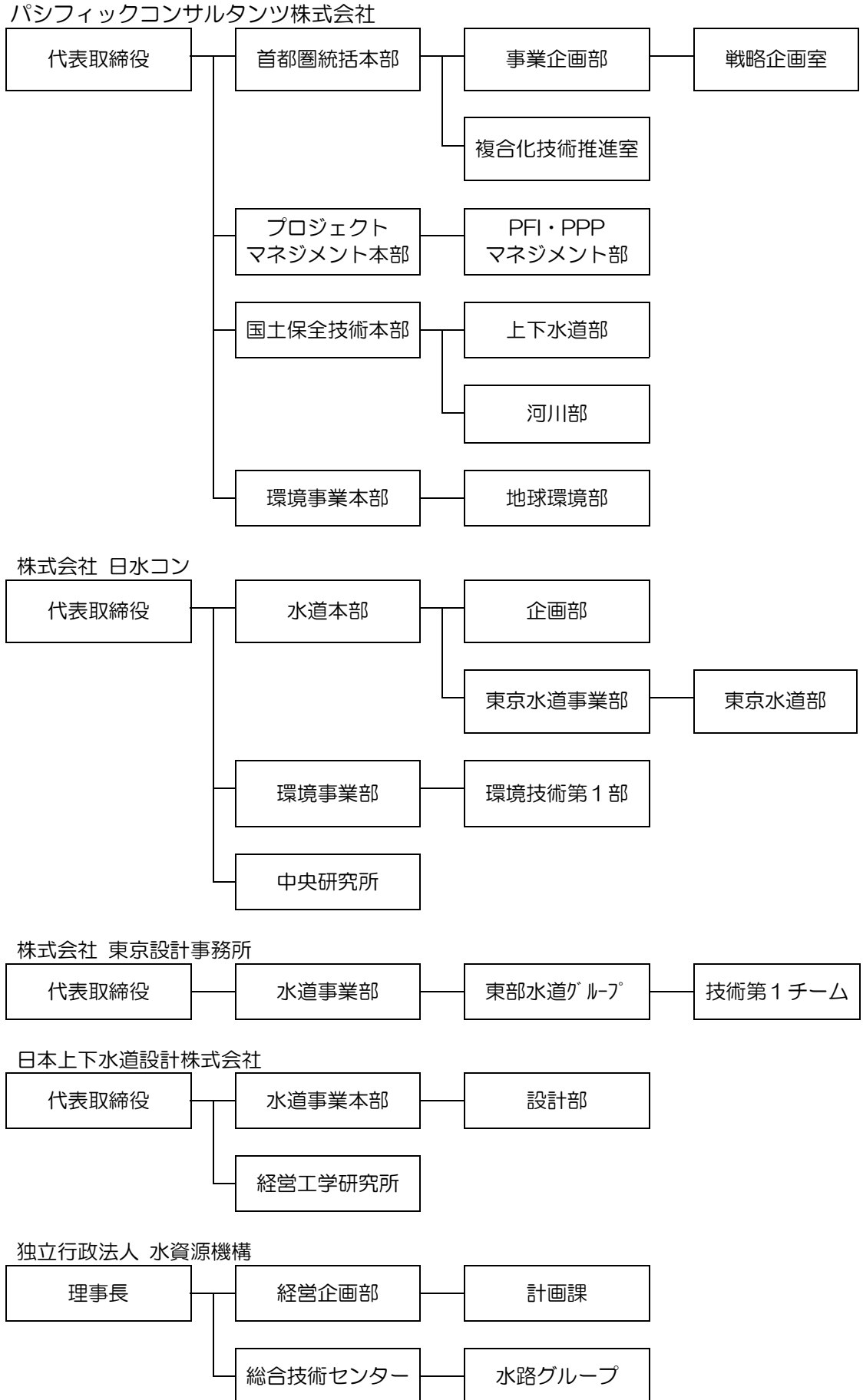


### 2) 管理体制

#### (1) 管理法人[社団法人日本水道工業団体連合会]



(2) 再委託先



### 1.2.3 研究員及びプロジェクト管理員

#### 【研究代表者】

氏名	所属・役職
坂本 弘道	社団法人 日本水道工業団体連合会 専務理事

#### 【管理法人】社団法人 日本水道工業団体連合会

##### ①研究員

氏名	所属・役職
坂本弘道(再)	社団法人 日本水道工業団体連合会 専務理事
石橋 利夫	同 上 業務部長

##### ②管理員(プロジェクト管理員)

氏名	所属・役職
坂本弘道(再)	社団法人 日本水道工業団体連合会 専務理事
須納瀬正幸	同 上 事務局長
大屋 恵子	同 上 主 査
甲田 雅紀	同 上 主 査

#### 【再委託先(研究員)】

パシフィックコンサルタンツ株式会社

株式会社 日水コン

株式会社 東京設計事務所

日本上下水道設計株式会社

独立行政法人 水資源機構

### 1.3 成果概要

---

# 事業名：首都圏における低炭素化を目標とした水循環システム実証モデル事業

実施主体：(社)日本水道工業団体連合会 他

## 1. 事業概要

### 1.1 事業の目的

首都圏を対象モデルとして水道システム、水循環システムの輸送・加工工程の効率化の観点から、客観的に現行の水道システム、水循環システムを見直すシミュレーションを実施し、環境負荷低減につなげ、低炭素社会構築に向けた基礎資料を作成することを目的とする

### 1.2 事業の目標

首都圏における水道システムのCO<sub>2</sub>総排出量削減 60~80% を目標とする

※ 削減目標は基準年を2005年、目標年を2050年とし、対象とするエネルギーは継続的な活動(ランニング)による電力使用量のみとする

$$\text{Total change} = \text{Activity effect} \times \text{Energy intensity effect} \times \text{Carbon content effect}$$

総排出量の削減 = (人口減少に伴う配水率削減) × (水道システムによる削減) × (炭素含有量の削減)

### 1.3 事業実施に際しての基本的方針

- 低炭素化社会の構築を目指した視点での事業(調査・研究)である
- 本事業は、現行の行政区域に捉わらず、広範的な条件で行うものである
- 現行の水道システム、水循環システムはこれまでの社会条件のもとで最適かつ効率的に実施されてきており、本事業は既往のシステムの是非を問うものではない

### 2. 委員会・分科会の設置と水道システムの低炭素化に向けた視点

事業は平成21年6月から開始し、学識経験者に関係行政機関担当者やオブザーバーに加え、委員会は設置し実証性を検討する等、CO<sub>2</sub>削減方策を調査研究した(委員会は全4回開催)。また、事業の推進に際しては、委員会の下に3つの分科会を設置し検討を行った。各分科会の視点は下表のとおりである。

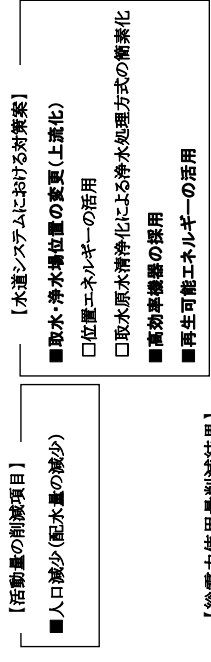
表 2-1 低炭素化に向けた視点

分科会		視点
分科会 ①	水道システム	4) 水源ダムの相互融通 容量調整 5) 取水地点の変更(水源からの視点) 6) 農業用水の利用
分科会 ②	浄水場の効率的な管理(新技術:高効率機器など、再生可能エネルギー含む)	3) 浄水場の効率的な管理 4) 浄水場の効率化(浄水場の統廃合含む)
分科会 ③	代替水資源の活用	4) 雨水、下水道の処理水、工業用水の利用 5) 地下水の利用 6) 漏水対策、節水

\* 首都圏：1都6県(東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県、茨城県、群馬県、栃木県)

### 3. 将来対策案

#### 3.1 水道システムによる対策



### 3.5 代替水資源の活用

水道以外のさまざまな水資源(地下水・雨水・下水再生水・工業用水)をさらに拡大活用した場合のエネルギー量を市区町村単位で試算し、前項の「水道システムによる対策」と比較することでエネルギー量の削減の可能性について検討した。検討結果を以下に示す。

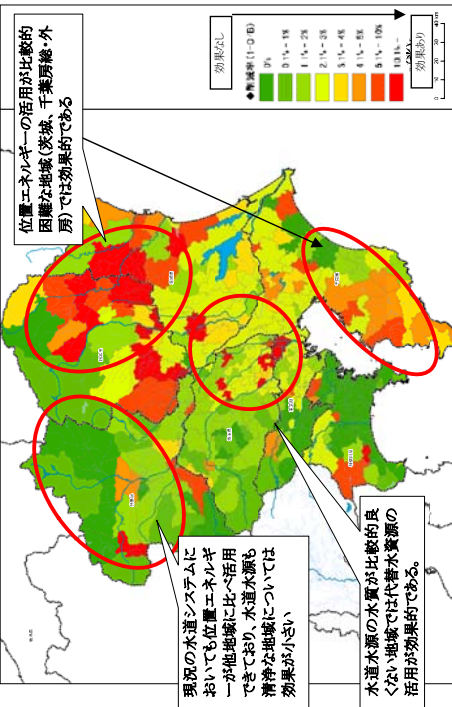


図 3-2 代替水資源によるエネルギー削減効果

代替水資源の活用による分散型水資源の場合リスクが小さいため、バッキングアップ効果(地震・水質事故、管路事故、漏水時など)も期待される。

### 4. ロードマップ

将来対策案の実現に向けたロードマップの一例(取水地点・浄水場位置の上流化および統合)を以下に示す。

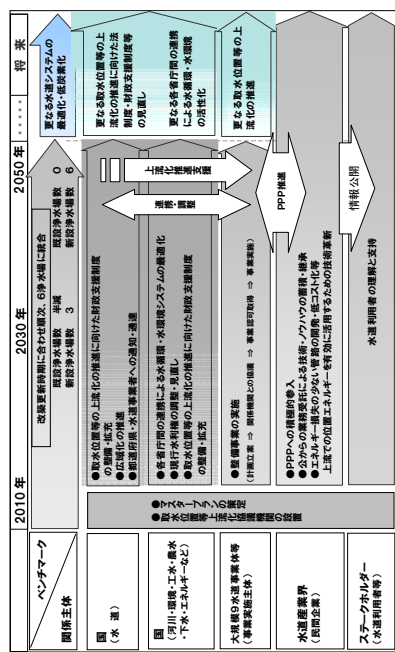


図 4-1 取水地点・浄水場位置の上流化および統合(ロードマップの一例)

### 5. 今後の予定

今後は実現に向けての実効性を更に高めるため、今回の研究成果を基礎資料とし、低炭素化以外の他の視点(リスク・水質・食物など)も組み込んだ広域的・総合的な水管理の研究の深化・精緻化が望まれる。また、ステークホルダーを巻き込んだ推進が重要であるため、そのための啓発活動を積極的に実施していくことが必要である。

図 3-1 取水地点・浄水場位置の上流化および統合(対策案の一例)

上記対策案については、緊急時のリスク対応や管内での水質劣化などの課題が残る。

#### 1.4 当該プロジェクト連絡窓口

- 連絡機関 : 社団法人 日本水道工業団体連合会
- 代表連絡窓口 : 須納瀬正幸 ((社)日本水道工業団体連合会 事務局長)
- 電話 : 03-3264-1654
- FAX : 03-3239-6369
- E-mail : [office@suidanren.or.jp](mailto:office@suidanren.or.jp)

## 第2章 基本的事項の整理

## 2 基本的事項の整理

### 2.1 バウンダリー(物理的・地理的な境界)

物理的・地理的な境界は首都圏とし、首都圏における水道事業に係る全ての継続的な活動からのGHG排出量を対象と考える。

首都圏内の地方自治体（東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県、茨城県、群馬県、栃木県、）を物理的・地理的な境界とし、この中の水道事業の継続的な活動を対象とする。

### 2.2 基準年・目標年および削減目標

#### 2.2.1 基準年・目標年

基準年は、2005年とする。また、目標年は、2050年に設定する。

基準年は、日本の最新の取り組みとして重要な「中期目標検討委員会」（座長：福井俊彦前日銀総裁）および平成20年6月9日の福田スピーチ「低炭素社会・日本をめざして」において言及されている基準年2005年を採用する。なお、京都議定書にて約束された基準年および平成21年9月22日の鳩山総理による国連地球温暖化サミットスピーチでの基準年の1990年は、基礎データの可用性の観点等から副次的に用いることとし、比較のための参考データとして位置づける。

目標年は、本検討の結果として考えられる二酸化炭素削減策の内容（取水地点変更・浄水場地点変更・浄水場統廃合等）を考慮すると、下記の日本の最新の取り組みとして重要な平成21年9月22日の鳩山総理による国連地球温暖化サミットスピーチ、「中期目標検討委員会」（座長：福井俊彦前日銀総裁）およびIPCC第4次評価報告書などで言及されている2020年までの対策では実現の可能性の低い場合がある。

よって、本検討における目標年は2050年とし、2020年を途中時点のベンチマークとして位置づける。

#### 2.2.2 温室効果ガス(GHG)

対象とする温室効果ガス（GHG）は、エネルギー起源（電気のみ）の二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）と考える。

エネルギー起源CO<sub>2</sub>は、化石燃料の燃焼および他人から供給された電気または熱の使用に伴い排出されるCO<sub>2</sub>であるが、水道事業においては、主にポンプ設備による電力の使用に由来するため、本検討においては「電力使用量」のみを対象とする。

なお、非エネルギー起源CO<sub>2</sub>（燃料生産、浄水のための薬品製造、廃棄物焼却等）に伴い排出されるCO<sub>2</sub>の水道事業に占める割合は比較的大きい（特に薬品製造）が、本検討の対象エリアは首都圏全域と広範囲としているため、本検討においてはエネルギー起源のみに視点を置き、非エネルギー起源CO<sub>2</sub>は対象外とした。

また、CO<sub>2</sub>以外のGHGとして例えばスラッジの嫌氣的分解により排出される可能性のあるメタン（CH<sub>4</sub>）や一酸化二窒素（N<sub>2</sub>O）等については、対象としない。



### 2.2.3 排出削減目標

基準年と比較して目標年における **CO<sub>2</sub> 総排出量を60%～80%削減**することを排出削減目標とする。

2050年を目標年とした場合、人口減少に起因する配水量減少の影響は無視できないため、CO<sub>2</sub>削減量の設定に関しては、将来の配水量減少を考慮した上で、一人当たり（または配水量1m<sup>3</sup>当たり）のCO<sub>2</sub>総排出量を60%～80%削減することを排出削減目標とする。

例えば、配水量の将来減少を見込まないと、取水地点（水源）の変更に対しての実現性が小さくなると考えられる。

なお、削減率60%～80%は、「中期目標検討委員会」（座長：福井俊彦前日銀総裁）の長期目標（2050年）を鑑み設定した。

## 2.3 エネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出量の定量化

### 2.3.1 基礎データ

施設電力使用量等の基礎データは、**水道統計調査等の一般に公表されたデータに基づく**こととし、施設管理者へのアンケート調査等は原則として実施しないものとする。また、人口の分布、地形や標高等の基礎データについても、一般に入手可能なデータに基づくこととする。

基礎データの可用性、信頼性および同等性の観点から、基礎データは、一般に公表されたデータに基づくこととし、回答者の恣意性の影響を受ける可能性のあるアンケート調査によるデータ等は用いないこととする。

### 2.3.2 電力排出係数

基準年および目標年において **同じ電力排出係数 (kg-CO<sub>2</sub>/kWh) を用いる**ものとする。

基準年および目標年の電力排出係数に異なる値を用いると、CO<sub>2</sub>排出量増減に水道事業による電力使用量の増減に加え、電力事業による炭素排出係数の影響を受けることとなる。よって、純粋に水道事業における削減努力を評価するために、基準年および目標年の電力排出係数には、同じ値を用いることとする。また、具体的な排出係数としては政府により公表され、首都圏の電力をカバーする東京電力の実績値に基づくこととする。電力排出係数は、火力発電所や原子力発電所等の稼働率の増減等により変動するため、ある年の係数のみを適用することは、代表性に欠けると言える。そこで、基準年の2005年を含む複数年（過去5年間）の平均(0.382)を用いることとする。実績データから代表値を設置する手法は、CDMの方法論<sup>1</sup>でも採用されている。

<sup>1</sup> 「Tool to calculate the emission factor for an electricity system」 UNFCCC, CDM – Executive Board

### 2.3.3 目標年の配水量

目標年の配水量は、基準年よりも減少した規模で供給されるものと仮定し検討する。

目標年の配水量減少量は、人口の減少に関して、人口問題研究所の市町村別水系データを用いて推定することとする。すなわち、配水量＝配水量原単位（人口1人当りの配水量）×人口と考え、配水量の減少に関しては、配水量原単位は一定値とし、人口の減少のみを用いて推定する。

### 2.3.4 ベースライン／プロジェクトおよびイニシャル／ランニングにおけるエネルギー起源排出量

水道事業の現状の継続的な活動（ランニング）によるエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量をベースラインと考える。当該施設の初期建設時に発生したイニシャルエネルギーは、原則として考慮しないものとする。

低炭素化プロジェクトの土木工事等は、テンポラリーな活動とみなし、これらのイニシャルエネルギーは、基本的に考慮せず、実施後の継続的な活動によるエネルギー起源排出量を対象とする。

水道事業における継続的な活動としてのランニング（オペレーション／メンテナンス）に伴う、エネルギー起源排出量を対象とする。例えば、表流水の原水水質が良好で、かつ自然地形の位置エネルギーを有効に利用できる地点に取水施設を移動（プロジェクト）することにより、取導水施設、浄水施設、配水施設等の各施設による継続的な使用電力量の削減効果等について評価する。

## 2.4 既往の類似検討調査

### 2.4.1 国内における類似検討調査事例

- 1) 平成20年度国土交通省水資源部受託業務「平成20年度 エネルギー効率利用の側面から見た水資源関係施設配置・機能適正化検討業務委託 平成21年3月 独立行政法人 水資源機構」

#### 【概要】

水資源分野におけるエネルギーの効率的な利用について、埼玉県の水道施設を対象に主要都市圏の取水・配水系統を調査した上で、エネルギーの効率的利用の観点から最適な施設配置を検討した。

その検討内容の概要書を次頁以降に示す。

「平成 20 年度 エネルギー効率利用の側面からみた水資源関係施設配置・機能適正化検討業務委託（平成 21 年 3 月 独立行政法人水資源機構）」の概要

平成 20 年度国土交通省水資源部委託業務「エネルギー効率利用の側面から見た水資源関係施設配置・機能適正化検討業務委託」において、埼玉県水道を対象に主要都市圏の取水・配水系統を調査した上で、エネルギーの効率的利用の観点から最適な施設配置を検討した。その検討内容の概要を以下に示す。

1. 埼玉県水道の概況

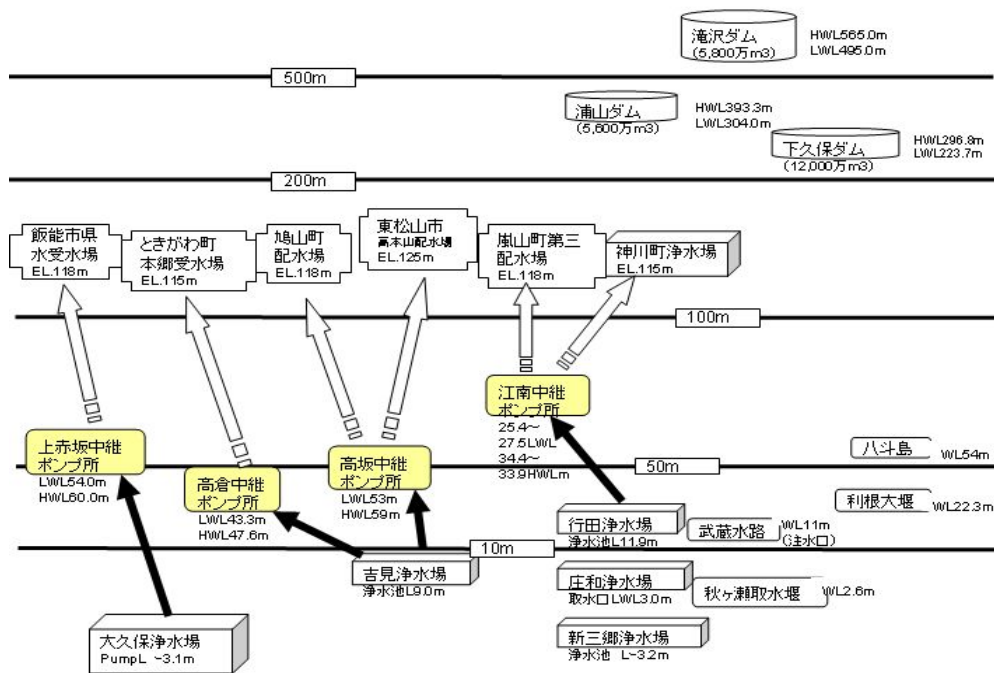


図 1 埼玉県の水道施設高低関係図

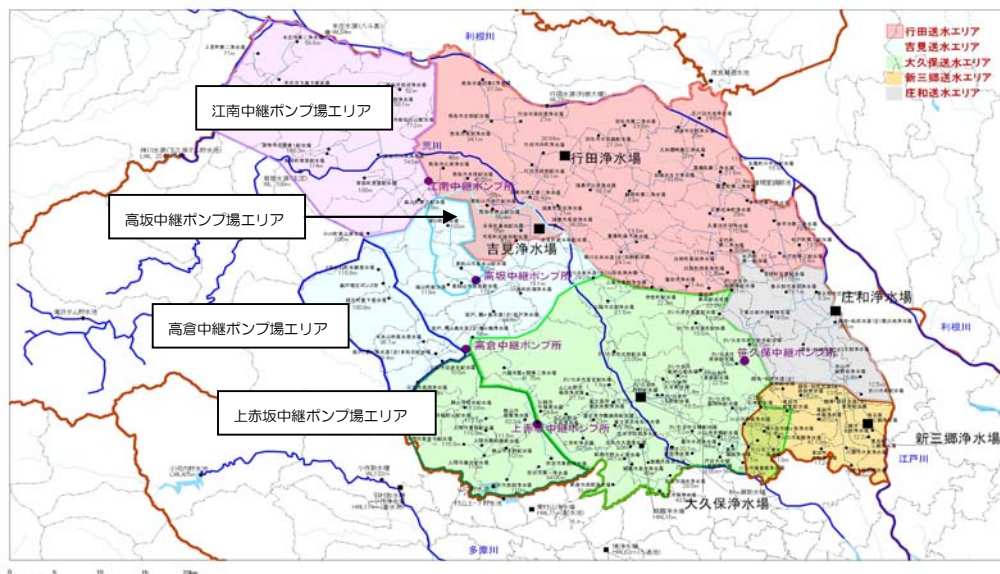


図 2 現況の浄水場別供給エリア図

## 2. 再編案の検討

現況送水ルートで管路更新を行うことを前提として、取水地点、導水路、浄水場位置を上流に変更し、その際の電力消費量の低減効果を検討した。

### 【再編案①】 埼玉県内における再配置

利根川支流神流川に浄水場を新設するもの。庄和浄水場と2つの中継ポンプ場を廃止することが可能となる。



図3 平成 20 年度検討における最適施設配置(ケース S3-2)

### 【再編案②】 東京都との連携による再配置

利根川支流神流川に浄水場を新設するとともに、滝沢ダムの水源を小河内ダムへ導水、多摩川を經由して小作浄水場で取水し、埼玉県西部へ送水するもの。庄和浄水場と4つの中継ポンプ場を廃止することが可能となる。

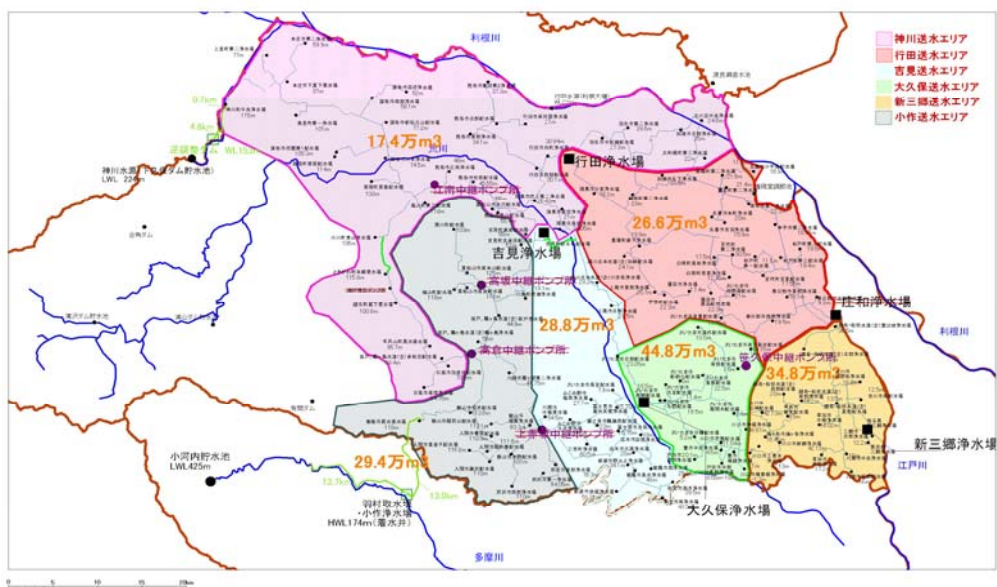


図4 平成 20 年度検討における最適施設配置(ケース ST1-2)

2) 2008 年 7 月 財団法人 水道技術研究センター「安全でおいしい水を目指した高度な浄水処理技術の確立に関する研究」(e-Water II) 成果報告書(3/3) V 環境評価委員会

**【概要】**

環境に優しい水道の実現に資することを目的に、浄水分野におけるライフ・サイクル・アセスメント(LCA)手法を確立するための研究が行われた。

浄水施設の建設・維持管理・廃棄の各段階を対象としたケーススタディーを①「凝集沈殿+砂ろ過」、②「膜ろ過」、③「凝集沈殿+オゾン+活性炭+砂ろ過」の3フローについて実施された。

水道関係者が LCA を実施する際に参考として活用できるように、実施手順や基礎的データなどの手法を取りまとめた「浄水施設を対象とした LCA 実施マニュアル」を出版された。

以下に、成果報告書集(2/3)の「V 環境評価委員会」の抜粋を示す。

1. はじめに

IPCC(気候変動に関する政府間パネル)の第4次報告書において温暖化の進行と影響に関する深刻な調査結果が明らかにされている中、水道においても「省エネ法」による一定規模以上の浄水場における省エネ活動報告の義務化などに伴い、環境に対する取り組みが一層求められている。安全な水道水の供給の責務を負ってきた水道事業者も、安定供給や水質の向上だけでなく、資源エネルギーの消費量の削減を進めることが社会的な責務となってきた。

このような背景に基づき、環境評価委員会では、水道事業者が水道施設のライフサイクル・アセスメント(LCA)を行う際の方法を確立し、広く水道事業者に提供することを目的とした調査研究活動を行った。製品の製造から廃棄までの環境負荷を全体で評価するライフサイクルアセスメント(LCA)の手法は既に多くの産業界で導入されているが、水道事業においてはその研究事例・導入実績は限られている。そこで本研究では浄水施設を対象としたLCAのケーススタディーを実施し、処理方式の選定・計画等においてLCAを実施する際の手順の確立や基礎的なデータの収集を目的として実施した。特に、水道施設全体の中で特にLCA評価が難しいと思われる浄水施設を中心に、二酸化炭素排出量とエネルギー消費量を指標としたLCA手法の確立を目指して活動を行った。

本研究で検討した手法や結果については「浄水施設を対象としたLCA実施マニュアル」として取り纏め、水道施設の計画・設計・運転管理等に携わる関係者に利用されるものになるよう活動を行った。

2. 環境評価委員会の研究概要

2.1 研究課題および研究目的

(1) 研究課題

水道事業における環境評価に関する研究

(2) 研究目的

水道事業を対象としたLCA手法を確立して、環境負荷の視点を導入することにより、水道事業における環境負荷の低減に寄与することを目的とする。

## 2. 2 研究実施体制

委員長	滝沢 智（東京大学大学院）
事業体委員	菅野敏夫（仙台市水道局）、利根弘恭（北千葉広域水道企業団） 富田秀一（静岡市企業局）、坂本 秀樹（東京都水道局） 牛窪俊之（横浜市水道局）、中村 篤（宇部市ガス水道局）
企業委員	大角晃（株式会社ウェルシィ）、新飯田豊（株式会社荏原製作所）、 武蔵昌弘（水道機工株式会社）、榊原康之（株式会社日水コン）、 陰山晃治（株式会社日立製作所）、 大西真人（株式会社日立プラントテクノロジー）、 山本由忠（理水化学株式会社）、倉田朋幸（ワセダ技研株式会社）
アドバイザー	羽鳥之彬（ピーイーアジア株式会社）
※前委員	内山 聡（東京都水道局）、無類井建夫（株式会社ウェルシィ）、 松本直秀（株式会社荏原製作所）、古屋弘幸（水道機工株式会社）

## 2. 3 研究目標

### （1）水道事業における LCA 手法の確立

水道事業を対象とした LCA に必要な項目や手順を確立するとともに、特にエネルギー消費量と二酸化炭素排出量のインベントリ分析に対象を絞ってインベントリデータや原単位を収集し、水道事業において LCA 手法を導入する際のマニュアルを作成する。

### （2）浄水システム選定のための指標の提供

浄水施設の建設・維持管理・廃棄の各段階を対象として LCA のケーススタディを行い、浄水システム選定のための指標の提供を目指す。また、ケーススタディを通して具体的な LCA 算出過程を紹介し、水道関係者が LCA を行う際に参考となる事例を提供する。ケーススタディの対象とする浄水処理フローは、「凝集沈澱＋砂ろ過」、「膜ろ過」、「凝集沈澱＋オゾン＋活性炭＋砂ろ過」の 3 方式とする。

## 2. 4 活動報告

表 2-1 活動状況

活動日	会議名称	活動内容
H17.10.31	第 1 回環境評価委員会 (水道技術研究センター)	・ 委員会の研究基本計画書（案）について ・ 研究内容、達成目標、スケジュールについて
H17.12.15	第 2 回環境評価委員会 (日本消防会館)	・ 研究基本計画書について ・ 文献調査状況について ・ 膜メーカーへの協力依頼状況について ・ 作業計画・分担について
H.18.2.21	第 3 回環境評価委員会 (日本消防会館)	・ 文献調査結果について ・ 構造化の原案について ・ 本委員会の最終目標、来年度の作業計画 ・ 平成 17 年度報告書の作成について
H18.4.12	第 4 回環境評価委員会 (水道技術研究センター)	・ 平成 18 年度の作業計画 ・ 環境会計等に対する事業体等の取組状況の調査
H18.6.22	第 5 回環境評価委員会 (水道技術研究センター)	・ 技術小委員会、幹事会報告 ・ 平成 18 年度の作業計画見直し案の審議 ・ 作業分担案の審議
H18.9.26	第 6 回環境評価委員会	・ セミナーテキスト（案）について

	(水道技術研究センター)	・ マニュアル目次 (案) について
H18.11.9	第 7 回環境評価委員会 (水道技術研究センター)	・ マニュアルの執筆作業分担について
H19.1.15	第 8 回環境評価委員会 (水道技術研究センター)	・ 膜ろ過・オゾン・活性炭のケーススタディについて ・ 原単位の調査状況について ・ マニュアルの作成について
H19.2.26 /27	第 9 回環境評価委員会 (宇部市ガス水道局)	・ ケーススタディ・マニュアル作成について ・ 平成 18 年度報告書 (案) について ・ 更新年数実績、電力・薬品使用量などの調査について ・ 宇部市ガス水道局中山浄水場・広瀬浄水場調査
H19.4.25	第 10 回環境評価委員会 (日本消防会館)	・ 第 5 回総合研究委員会、第 3 回研究評価委員会報告について ・ 浄水設備 LCA マニュアル草稿について ・ 膜モジュール、オゾン処理装置のデータ調査状況 ・ 膜ろ過 (有機膜) の試算途中経過 ・ 研究評価委員会からの要求事項に対する検討
H19.6.28	第 11 回環境評価委員会 (水道技術研究センター)	・ ケーススタディ進捗状況 ・ 浄水施設を対象とした LCA 実施マニュアル (仮題) (案) について ・ 総合研究委員会・プロジェクト委員会報告資料 (案) について
H19.9.6	第 12 回環境評価委員会 (水道技術研究センター)	・ 浄水施設を対象とした LCA 実施マニュアル (仮題) (案) について
H19.10.26	第 13 回環境評価委員会 (水道技術研究センター)	・ LCA 簡易計算シートの概要について ・ 浄水施設を対象とした LCA 実施マニュアル (仮題) (案) について
H20.1.18	第 14 回環境評価委員会 (水道技術研究センター)	・ LCA 簡易計算シートについて ・ 浄水施設を対象とした LCA 実施マニュアル (仮題) (案) について ・ 平成 19 年度報告書について
H20.3.10	第 15 回環境評価委員会 (水道技術研究センター)	・ 浄水施設を対象とした LCA 実施マニュアル最終案について



## 第3章 首都圏の既往水循環システムの概況

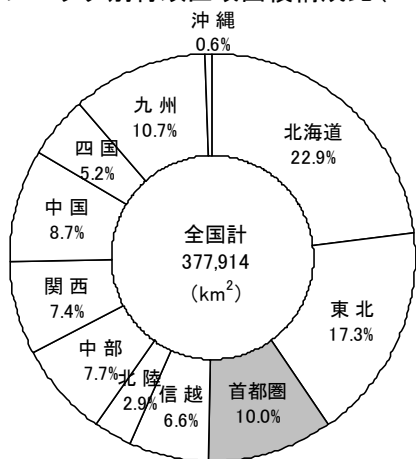
### 3. 首都圏の既往水循環システムの概況

#### 3.1 首都圏概要

##### 3.1.1 面積

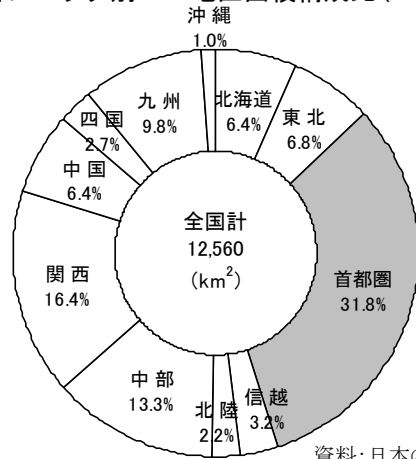
首都圏の面積は、行政区域面積が全国の約 1 割を占め、DID 地区<sup>1</sup>(人口集中地区)面積は約 3 割を占めている。首都圏内の DID 地区面積は、東京と神奈川で約 7 割を占めている。

■全国ブロック別行政区域面積構成比(H17年)



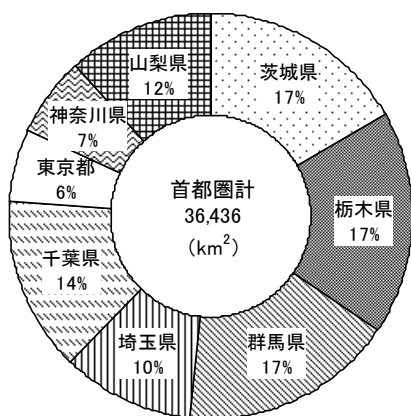
資料:平成 17 年国勢調査

■全国ブロック別 DID 地区面積構成比(H17年)



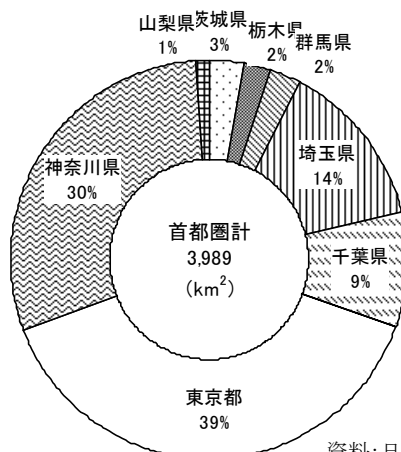
資料:日本の統計 2009

■首都圏の都県別行政区域面積構成比(H17年)



資料:平成 17 年国勢調査

■首都圏の都県別 DID 地区面積構成比(H17年)



資料:日本の統計 2009

■全国ブロック別面積(H17年)

	行政地区 面積 (A)	DID 地区 面積 (B)	(B) / (A)
北海道	83,456	798.0	1.0%
東北	62,928	858.5	1.4%
首都圏	36,436	3,989.1	10.9%
信越	23,894	403.8	1.7%
北陸	10,420	279.5	2.7%
中部	27,974	1,671.8	6.0%
関西	27,091	2,056.4	7.6%
中国	31,817	801.4	2.5%
四国	18,791	342.0	1.8%
九州	38,946	1,234.2	3.2%
沖縄	2,276	126.0	5.5%
全国計	377,914.78	12,560.6	3.3%

■首都圏の都県別面積(H17年)

	行政地区 面積 (A)	DID 地区 面積 (B)	(B) / (A)
茨城県	6,096	232.8	3.8%
栃木県	6,408	182.3	2.8%
群馬県	6,363	198.1	3.1%
埼玉県	3,767	677.1	18.0%
千葉県	5,082	622.1	12.2%
東京都	2,103	1,069.7	50.9%
神奈川県	2,416	943.1	39.0%
山梨県	4,201	63.9	1.5%
首都圏計	36,436	3,989.1	10.9%

資料:行政地区面積:平成 17 年国勢調査

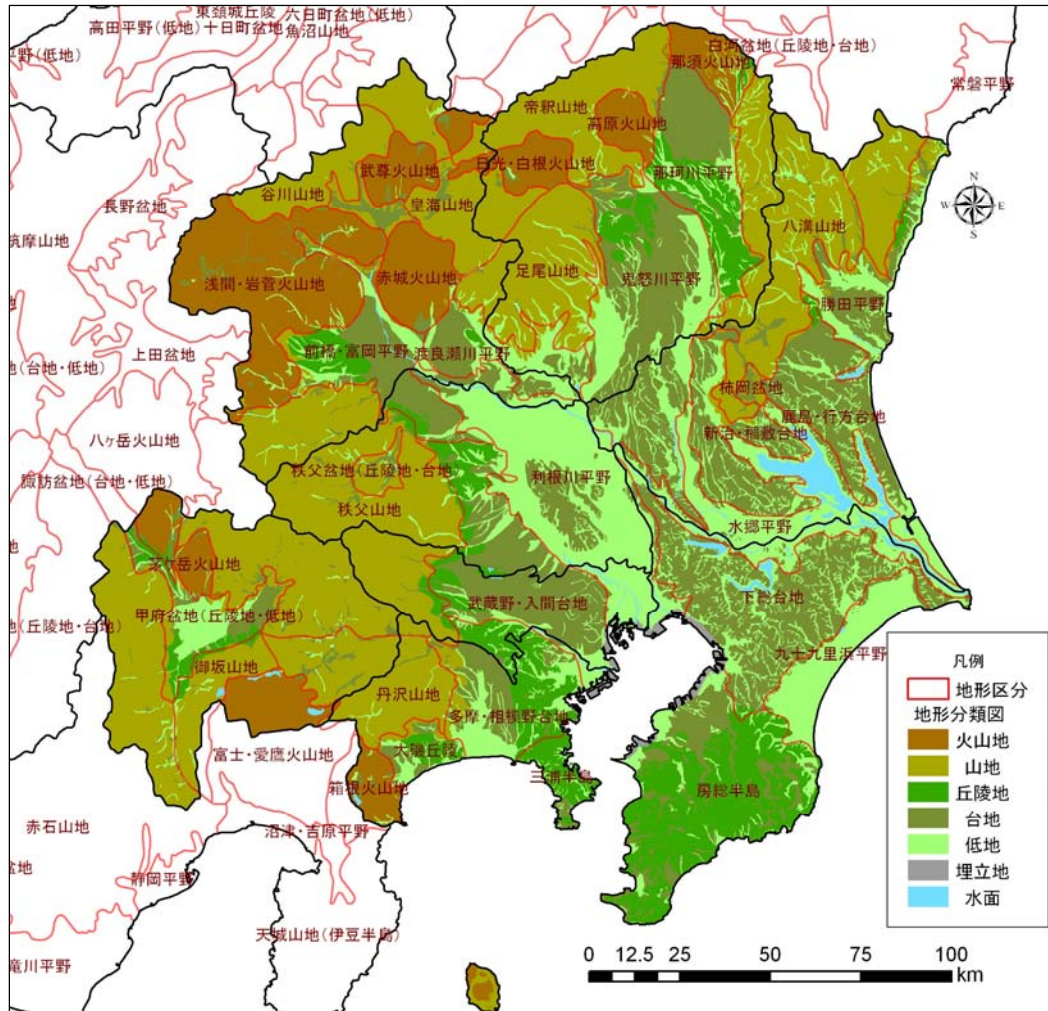
DID 地区面積:日本の統計 2009

<sup>1</sup> DID 地区とは、市町村の区域内で人口密度 40/ha 人以上の地区が隣接して、その人口が 5,000 人以上となる人口集中地区

### 3.1.2 地 勢

首都圏の地勢は、中央に関東平野が広がり、北西側は山岳地帯、東南側は太平洋に面している。関東の東部には房総半島、南部には三浦半島が太平洋に突き出しており、房総半島と三浦半島の間には東京湾、三浦半島と真鶴半島の間には相模湾を形成している。

#### ■関東の地形区分図



資料：「50 万分の 1 土地利用基本調査」国土交通省

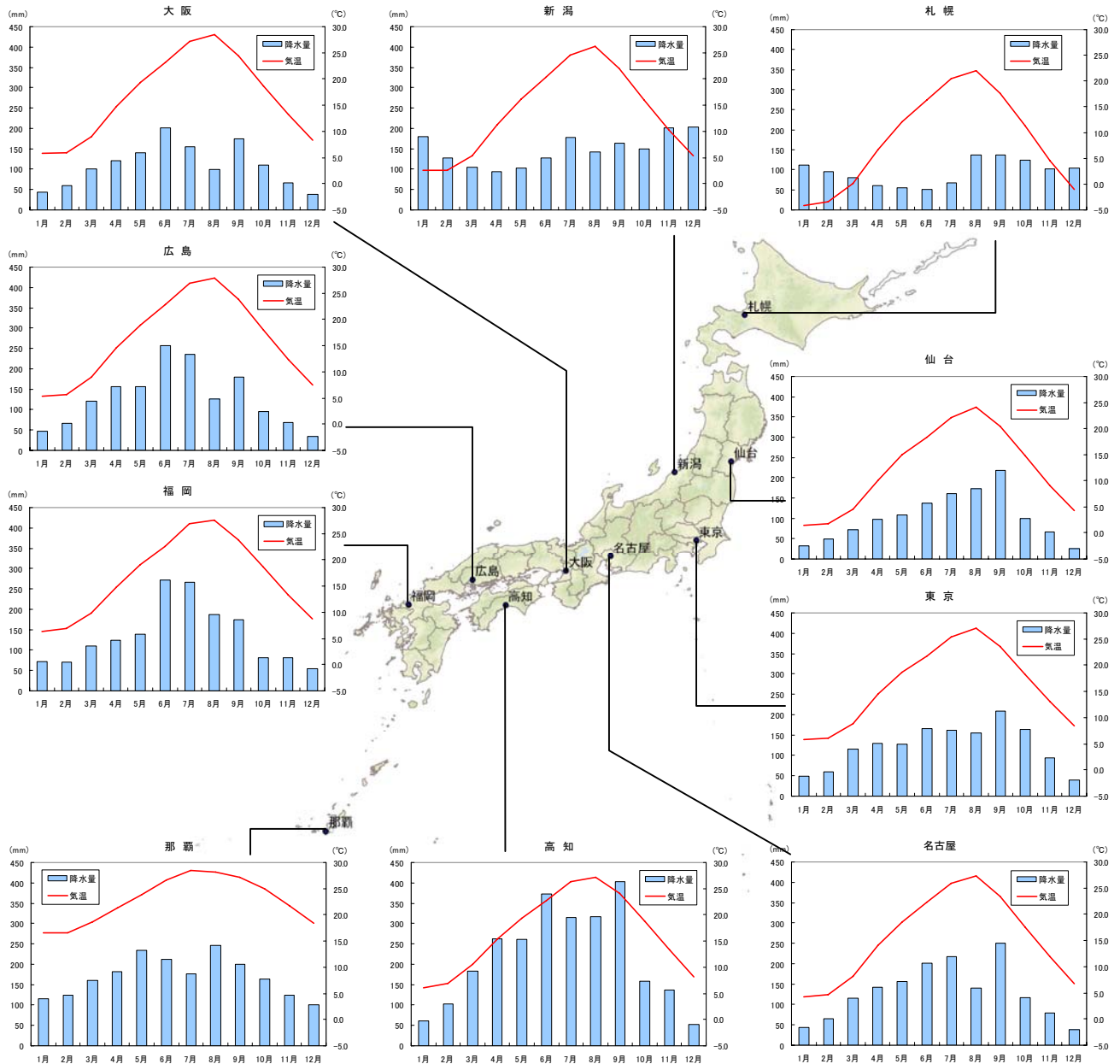
#### ■地形別面積

	火山地	山地	丘陵地	台地	低地	埋立地	水面	合計
茨城県	0	1,751	50	2,239	1,767	1	292	5,808
栃木県	720	2,603	552	1,466	1,057	0	1	6,398
群馬県	2,698	2,186	190	915	479	0	13	6,469
埼玉県	0	1,171	257	895	1,440	0	29	3,764
千葉県	0	0	1,373	1,989	1,599	102	103	5,062
東京都	64	711	249	649	354	32	19	2,059
神奈川県	216	698	556	404	498	26	12	2,398
山梨県	646	2,996	171	313	319	0	18	4,446
首都圏	4,345	12,117	3,399	8,869	7,513	160	487	36,404
	11.9%	33.3%	9.3%	24.4%	20.6%	0.4%	1.3%	100%
全国	38,114	189,894	34,105	42,756	64,106	594	2,736	369,568

資料：「50 万分の 1 土地利用基本調査」国土交通省より集計

### 3.1.3 気 候

#### ■全国主要都市の月別平年気温、降水量



資料:理科年表 2005 年

#### ■気象データ

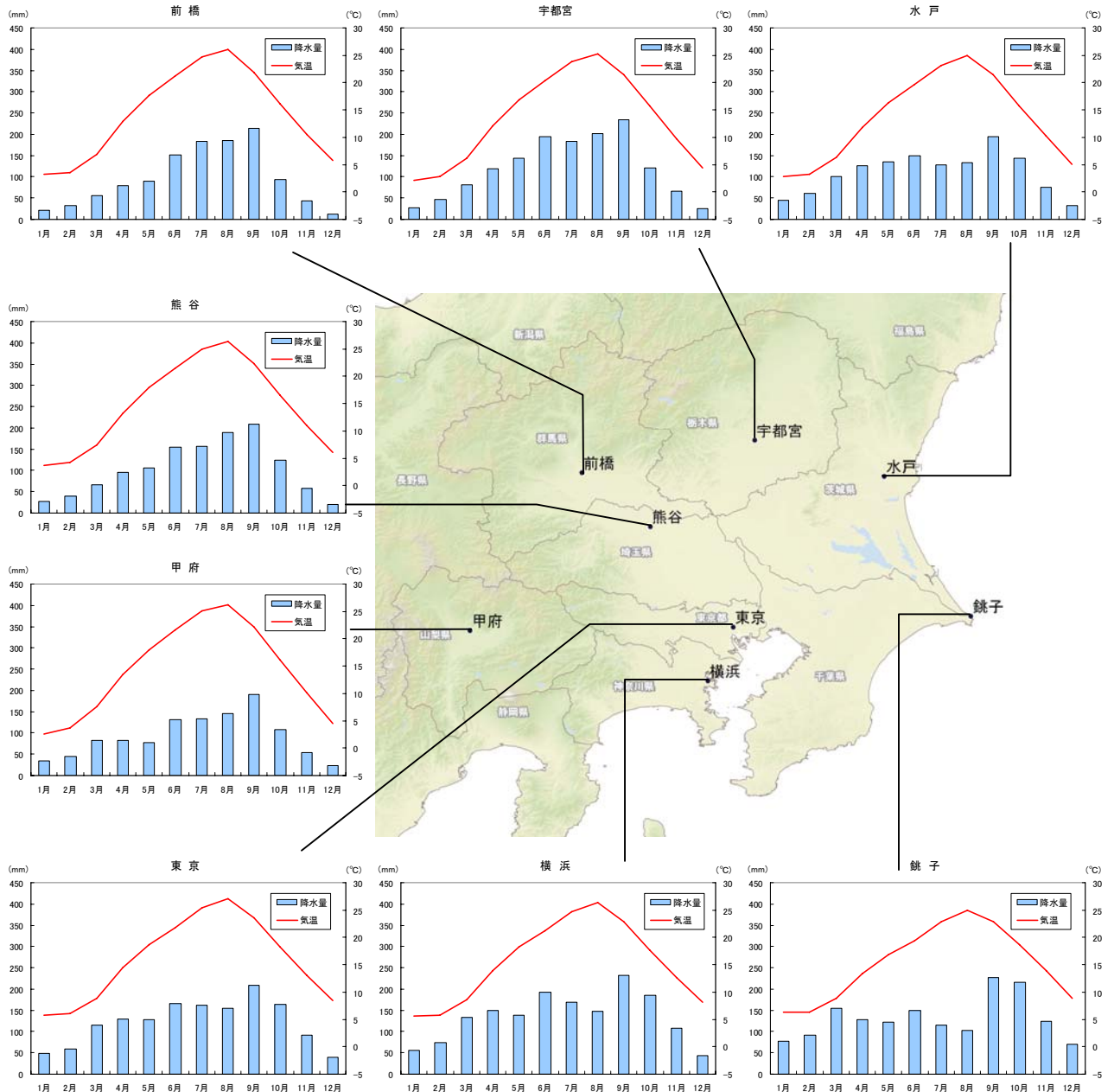
		最高気温			最低気温			最大日降水量			最大風速			年間快晴日数	ソメイヨシノ開花日	
		°C	観測年月日	統計開始	°C	観測年月日	統計開始	mm	観測年月日	統計開始	m/s	風向き	観測年月日			統計開始
全国主要都市	札幌	36.2	1994/8/7	1876	-28.5	1929/2/1	1876	207.0	1981/8/23	1876	28.8	NNW	1912/3/19	1876	26	5/10
	仙台	37.2	2007/8/15	1926	-11.7	1945/1/26	1926	328.5	1948/9/16	1926	24.0	WNW	1997/3/11	1926	38	4/14
	新潟	39.1	1909/8/6	1886	-13.0	1942/2/12	1886	265.0	1998/8/4	1886	33.0	SW	1938/12/24	1886	27	4/14
	名古屋	39.9	1942/8/2	1891	-10.3	1927/1/24	1891	428.0	2000/9/11	1891	37.0	SSE	1959/9/26	1891	61	3/31
	大阪	39.1	1994/8/8	1883	-7.5	1945/1/28	1883	250.7	1957/6/26	1883	33.3	SSE	1961/9/16	1883	48	4/3
	広島	38.7	1994/7/17	1879	-8.6	1917/12/28	1879	339.6	1926/9/11	1879	36.0	S	1991/9/27	1879	53	4/3
	高松	38.2	1994/7/15	1941	-7.7	1945/1/28	1941	210.5	2004/10/20	1941	24.4	SW	1954/9/26	1941	72	4/1
	福岡	37.7	1994/8/15	1890	-8.2	1919/2/5	1890	307.8	1953/6/25	1890	32.5	N	1951/10/14	1890	45	3/29
首都圏	那覇	35.6	2001/8/9	1927	6.6	1967/1/16	1927	468.9	1959/10/16	1890	49.5	ENE	1949/6/20	1927	22	1/19
	水戸	38.4	1997/7/5	1897	-12.7	1952/2/5	1897	276.6	1938/6/29	1897	28.3	N	1961/10/10	1897	66	
	宇都宮	38.7	1997/7/5	1891	-14.8	1902/1/24	1891	219.4	1957/8/7	1891	24.2	N	1938/10/21	1891	65	
	前橋	40.0	2001/7/24	1897	-11.8	1923/1/3	1897	357.4	1947/9/15	1897	29.9	N	1900/9/28	1897	70	
	熊谷	40.9	2007/8/16	1897	-11.6	1919/2/9	1897	301.5	1982/9/12	1897	31.7	W	1900/9/28	1897	73	
	銚子	35.3	1962/8/4	1887	-7.3	1893/2/13	1887	311.4	1947/8/28	1887	48.0	SSE	1948/9/16	1887	66	
	東京	39.5	2004/7/20	1876	-9.2	1876/1/13	1876	371.9	1958/9/26	1876	31.0	S	1938/9/1	1876	67	3/31
	横浜	37.0	1962/8/4	1897	-8.2	1927/1/24	1897	287.2	1958/9/26	1897	37.4	NE	1938/9/1	1897	65	
甲府	40.4	2004/7/21	1895	-19.5	1921/1/16	1895	244.5	1945/10/5	1895	33.9	ESE	1959/8/14	1895	78		

資料:理科年表 2005 年

首都圏の気候は、沿岸部を流れる黒潮(暖流)の影響により全般的に温暖で、夏に雨が多く、冬は乾燥する太平洋側気候が見られる。但し、三国山脈南麓(群馬県と新潟県の県境の山脈)は日本海側気候である。

その中で、茨城県(北部、鹿行地域)、千葉県(印旛を除く)、東京都(多摩地域を除く)、神奈川県(横浜・川崎、三浦半島、湘南、西湘)では海洋性気候、それ以外の地域は内陸性気候となっている。特に、山梨県は内陸性が顕著な盆地気候である。

■首都圏の主要都市の月別平年気温、降水量

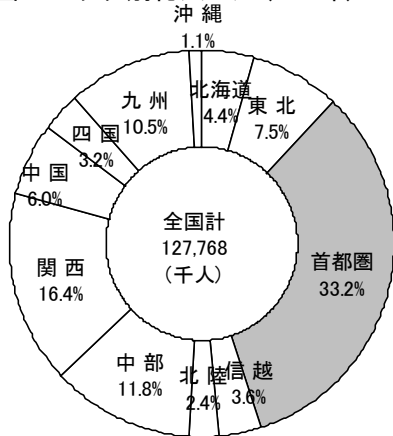


資料:理科年表 2005 年

### 3.1.4 人口

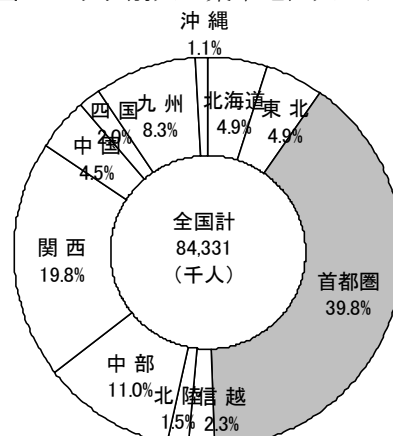
首都圏の人口は、全国の約 1/3 が占める人口集積エリアである。

■全国ブロック別総人口比 (H17 年)



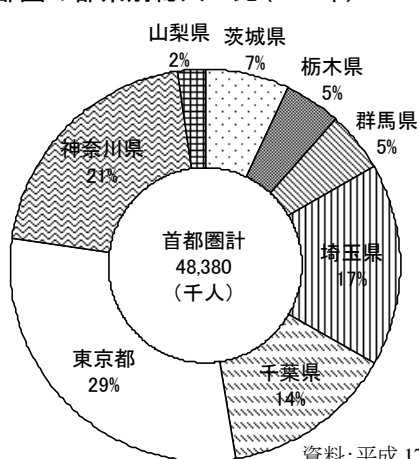
資料:平成 17 年国勢調査

■全国ブロック別人口集中地区人口比 (H17 年)



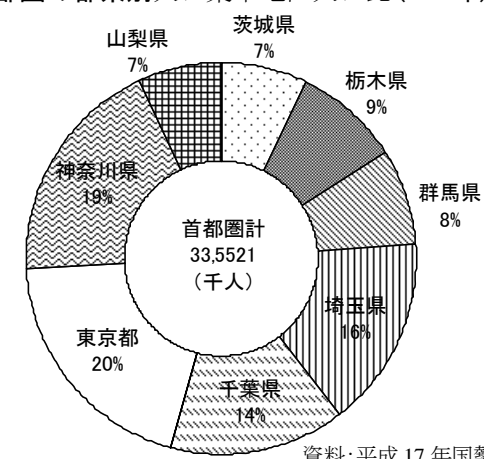
資料:平成 17 年国勢調査

■首都圏の都県別総人口比 (H17 年)



資料:平成 17 年国勢調査

■首都圏の都県別人口集中地区人口比 (H17 年)



資料:平成 17 年国勢調査

■全国ブロック別人口 (H17 年)

	総人口 (A)	人口集中地区 (B)	(B) / (A)
北海道	5,628	4,108	73.0%
東北	9,635	4,127	42.8%
首都圏	42,380	33,521	79.1%
信越	4,627	1,903	41.1%
北陸	3,108	1,304	42.0%
中部	15,021	9,280	61.8%
関西	20,893	16,730	80.1%
中国	7,676	3,782	49.3%
四国	4,086	1,679	41.1%
九州	13,353	7,002	52.4%
沖縄	1,362	893	65.6%
全国計	127,768	84,331	66.0%

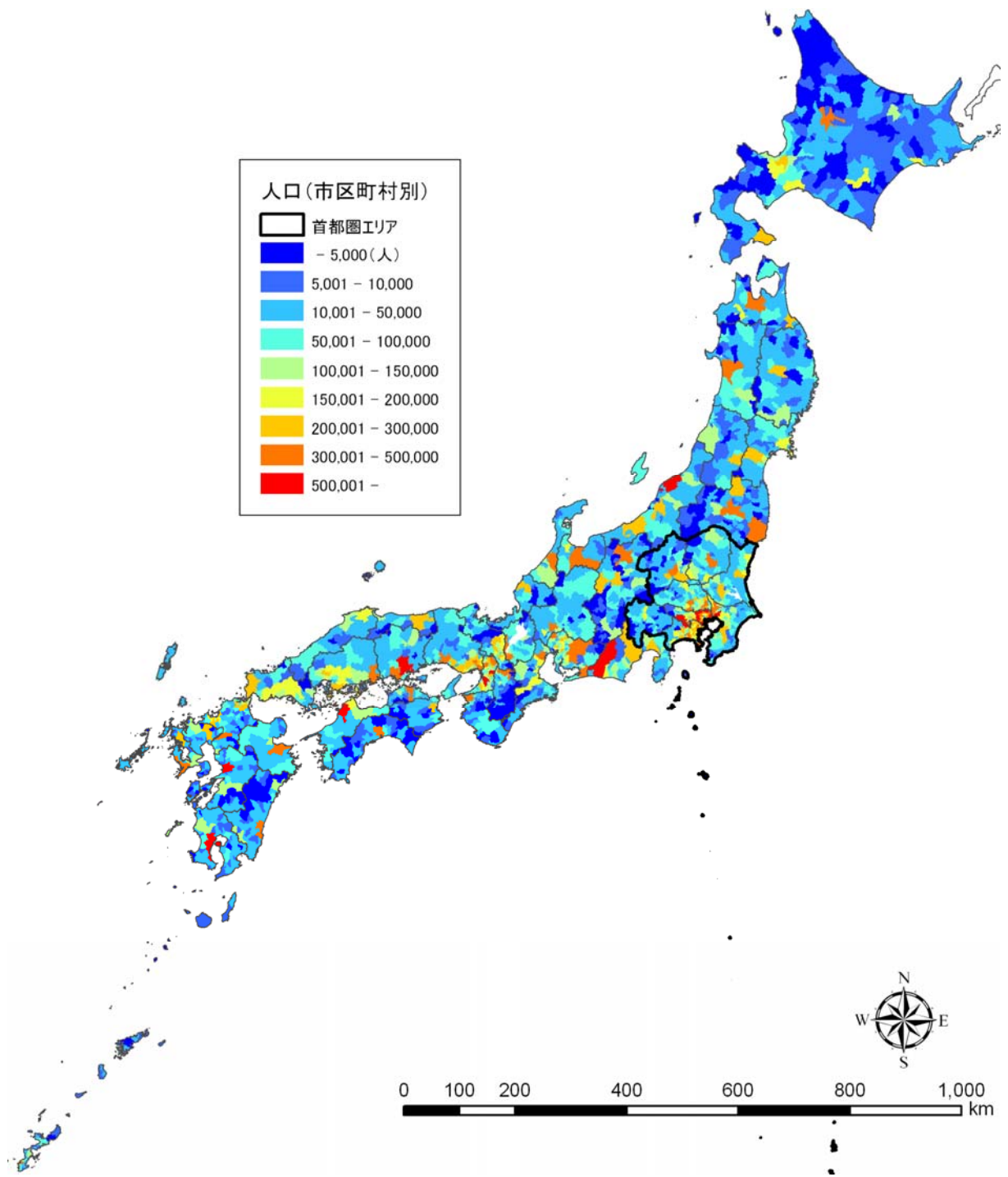
資料:平成 17 年国勢調査

■首都圏の都県別人口 (H17 年)

	総人口 (A)	人口集中地区 (B)	(B) / (A)
茨城県	2,975	1,068	35.9%
栃木県	2,017	860	42.6%
群馬県	2,024	801	39.6%
埼玉県	7,054	5,566	78.9%
千葉県	6,056	4,342	71.7%
東京都	12,577	12,329	98.0%
神奈川県	8,792	8,250	93.8%
山梨県	885	305	34.5%
首都圏計	42,380	33,521	79.1%

資料:平成 17 年国勢調査

■全国の市区町村別人口分布



資料:平成 17 年国勢調査



### 3.1.5 市町村数

首都圏内における市町村数は、平成18年3月末時点で下表のとおり約350の自治体が存在する状況である。

表 3.1-1 都道府県別 市町村数

都道府県	市町村数(平成18年3月末) (箇所)			
	総務省HP 平成18年3月31日付			
	市	町	村	計
茨城県	32	10	2	44
栃木県	14	19	0	33
群馬県	12	17	10	39
埼玉県	40	30	1	71
千葉県	36	17	3	56
東京都	26	5	8	39
神奈川県	19	15	1	35
山梨県	13	9	7	29
首都圏 合計	192	122	32	346
全国	777	846	198	1,821
全国合計 割合	24.7%	14.4%	16.2%	19.0%
備考	市数は政令指定都市を含み、特別区を含まない。			

出典：総務省ホームページ

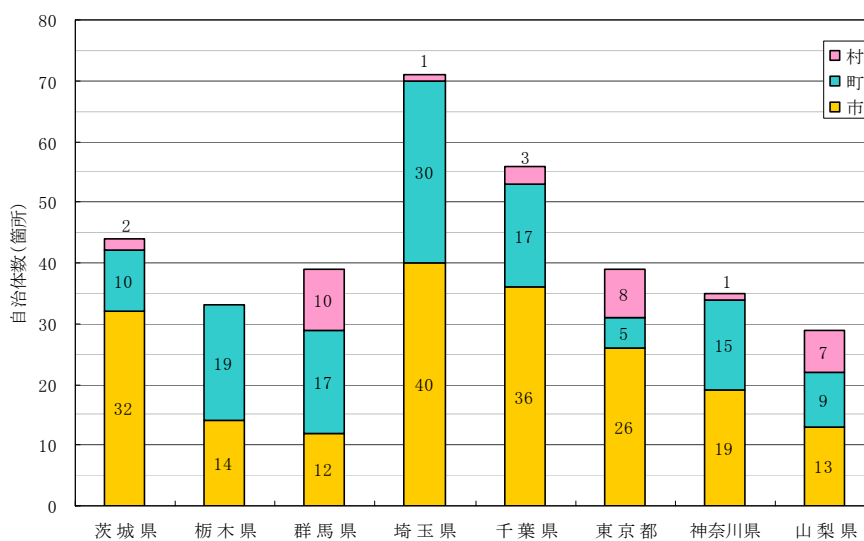


図 3.1-1 都道府県別 市町村数

なお、次頁に「首都圏概要図」を示す。







### 3.2 水系概況

首都圏における水系は8水系に区分され、各水系の概況は下表のとおりである。  
 この場合、流域面積としては利根川水系が首都圏全体の53%を占めている。

表 3.2-1 首都圏内における水系一覧表

水系名	久慈川水系	那珂川水系	利根川水系	荒川水系
河川名	久慈川	那珂川	利根川	荒川
幹川流路延長km	124	150	322	173
流域面積km <sup>2</sup>	1,490	3,270	16,840	2,940
流域内人口	201,981人	912,217人	1214万人	930万人
流域関係都県	茨城県、福島県、栃木県	栃木県、茨城県、福島県	茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都	埼玉県、東京都
水系名	多摩川水系	鶴見川水系	相模川水系	富士川水系
河川名	多摩川	鶴見川	相模川	富士川、釜無川、笛吹川
幹川流路延長km	138	42.5	109	128
流域面積km <sup>2</sup>	1,240	235	1,680	3,990
流域内人口	425万人	184万人	120万人	160万人
流域関係都県	東京都、神奈川県、山梨県	東京都、神奈川県	神奈川県、山梨県	長野県、山梨県、静岡県

出典：国土交通省 河川局

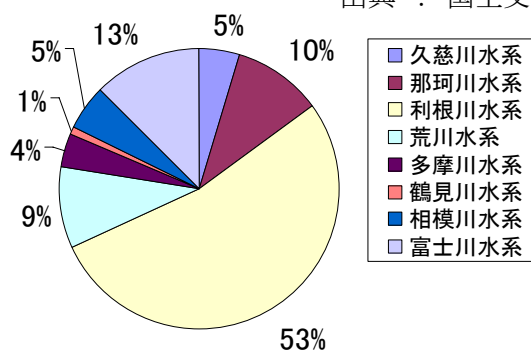


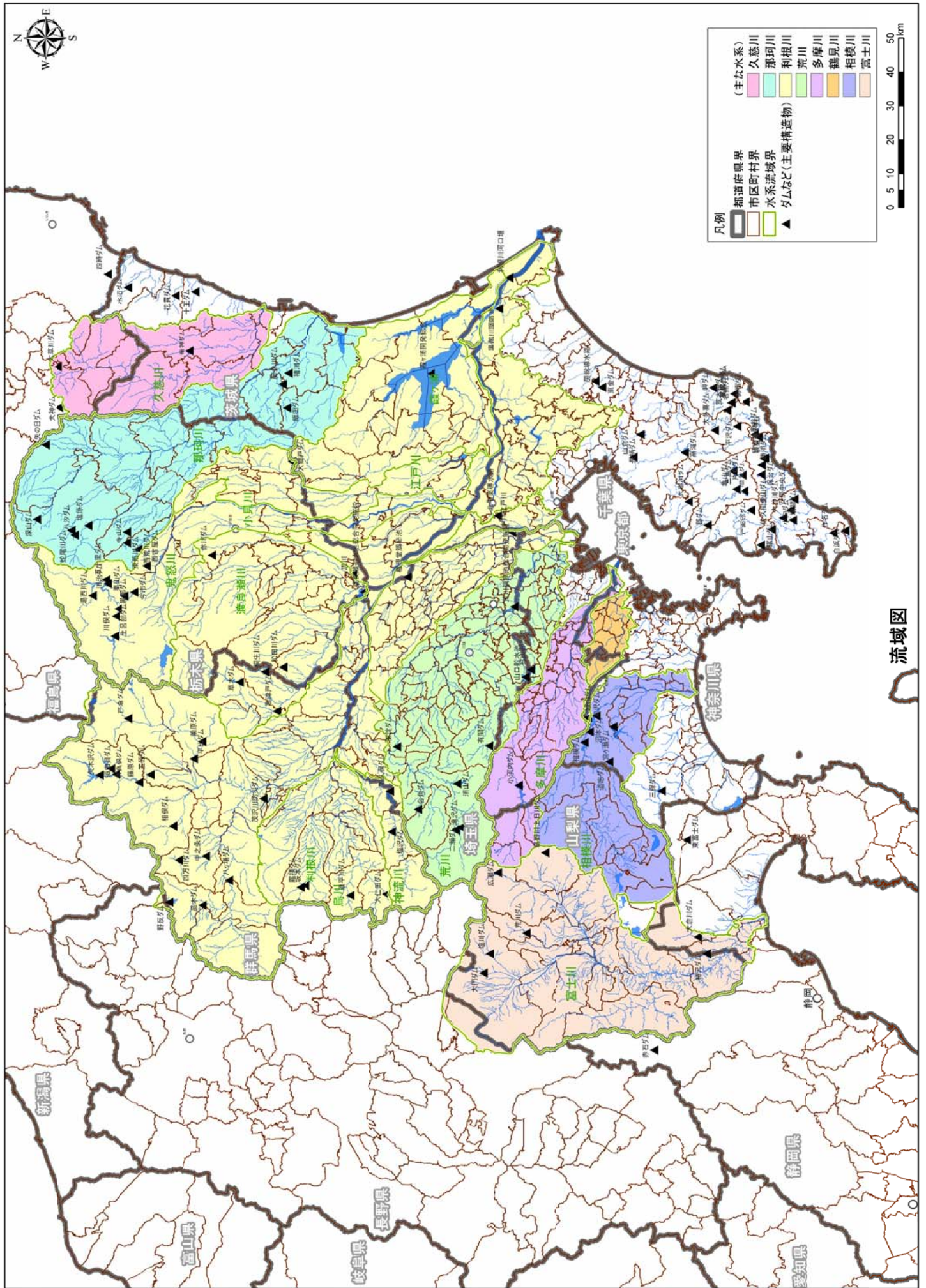
図 3.2-1 水系流域面積比

なお、利根川水系の各河川の内訳は下表のとおりである。

水系名	利根川水系	利根川水系	利根川水系	利根川水系	利根川水系	利根川水系	利根川水系	利根川水系
河川名	江戸川	中川、綾瀬川	烏川	神流川	鬼怒川	小貝川	霞ヶ浦、北浦、常陸利根川	渡良瀬川
幹川流路延長km	60	中川 81、綾瀬川 48	61.8	87.4	177	112	湖沼のためデータなし	107
流域面積km <sup>2</sup>	200	987	470	407	1,760	1,043	2,157 (湖面積を含む)	2,621
流域内人口	340万人	330万人	44.2万人	2.9万人	55万人	55万人	97万人	124万人
流域関係都県	茨城県、千葉県、埼玉県、東京都	埼玉県、東京都	群馬県、埼玉県	群馬県、埼玉県	栃木県、茨城県	栃木県、茨城県	茨城県、千葉県、栃木県	栃木県、群馬県、茨城県、埼玉県

※利根川本線は除く

なお、次頁に「流域概要図」を示す。





### 3.3 上水道事業・水道用水供給事業の概況

#### 3.3.1 水道事業体基礎情報

首都圏における上水道事業および水道用水供給事業の水道事業体の基礎情報を都県別に整理すると下表のとおりとなる。

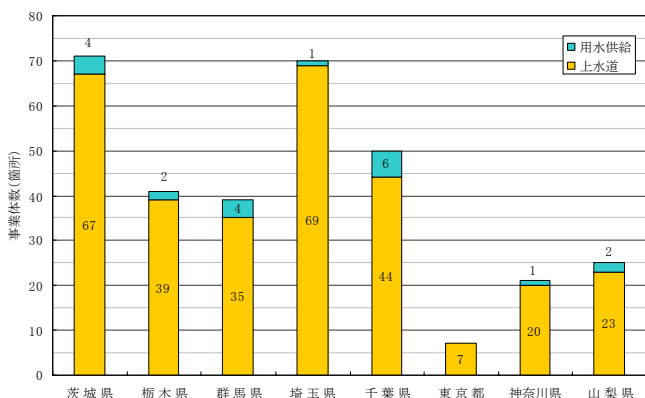
なお、基礎情報は、「平成 17 年度 水道統計」を基に整理するものとする。

表 3.3-1 都県別の水道事業体基礎情報(その1)

都道府県	水道事業体数 (箇所)						現在給水人口 (人)			
	水道統計 H17年度版						水道統計 H17年度版			
	① 上水道	② 用水供給	①+② 小計	③ 簡易水道	④ 専用水道	①~④ 合計	上水道	簡易水道	専用水道	普及率
茨城県	67	4	71	(177)	(192)	(440)	2,586,552	(84,410)	(16,095)	91%
栃木県	39	2	41	(104)	(293)	(438)	1,791,793	(93,280)	(8,310)	94%
群馬県	35	4	39	(226)	(123)	(388)	1,876,210	(125,846)	(2,857)	99%
埼玉県	69	1	70	(36)	(246)	(352)	7,002,416	(25,600)	(7,701)	100%
千葉県	44	6	50	(5)	(770)	(825)	5,589,918	(5,662)	(76,316)	94%
東京都	7	0	7	(15)	(651)	(673)	12,509,739	(19,502)	(61,817)	100%
神奈川県	20	1	21	(25)	(490)	(536)	8,760,039	(17,631)	(5,513)	100%
山梨県	23	2	25	(322)	(24)	(371)	642,659	(227,941)	(3,147)	98%
首都圏 合計	304	20	324	(910)	(2,789)	(4,023)	40,759,326	(599,872)	(181,756)	98%
全国	1,602	102	1,704	(7,794)	(7,611)	(17,109)	117,763,134	(5788385)	(545,134)	97%
全国合計 割合	19.0%	19.6%	19.0%	11.7%	36.6%	23.5%	34.6%	10.4%	33.3%	
備考	上水道事業の事業体数は市町村合併前の事業体数を表記している									

出典：水道統計(平成 17 年度版)

水道事業体数 ※出典：水道統計(H17)



現在給水人口数(上水道) ※出典：水道統計(H17)

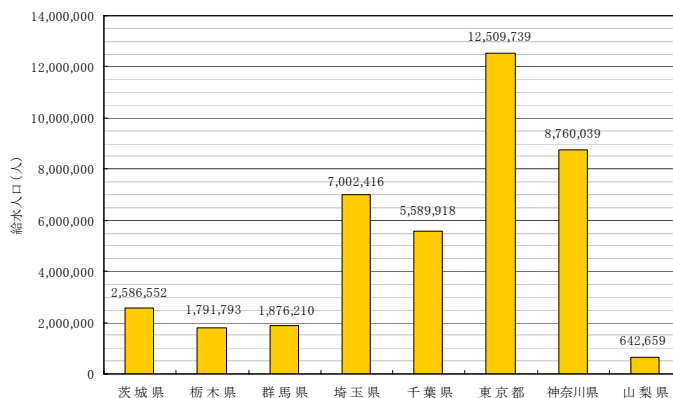


図 3.3-1 都県別の水道事業体基礎情報(その1)

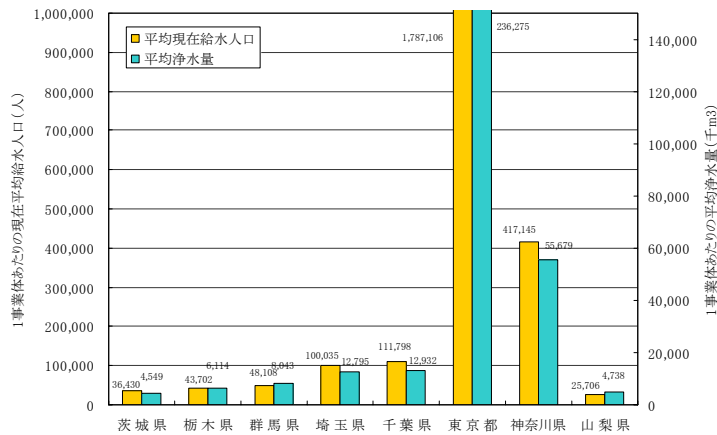
表 3.3-2 都県別の水道事業体基礎情報(その2)

都道府県	1事業体あたりの平均現在給水人口規模(人/事業体)			1事業体あたりの平均浄水量(千m3/事業体)			高度浄水量割合		
	上水道事業			上水道事業			水道統計 H17年度版		
	現在給水人口	水道事業体数	平均現在給水人口	年間合計浄水量	水道事業体数	平均年間浄水量	年間浄水量合計	うち年間高度浄水量	高度浄水量割合
茨城県	2,586,552	71	36,430	322,983	71	4,549	322,983	142,873	44.2%
栃木県	1,791,793	41	43,702	250,691	41	6,114	250,691	39,382	15.7%
群馬県	1,876,210	39	48,108	313,681	39	8,043	313,681	13,364	4.3%
埼玉県	7,002,416	70	100,035	895,661	70	12,795	895,661	37,689	4.2%
千葉県	5,589,918	50	111,798	646,606	50	12,932	646,606	280,239	43.3%
東京都	12,509,739	7	1,787,106	1,653,928	7	236,275	1,653,928	628,441	38.0%
神奈川県	8,760,039	21	417,145	1,169,265	21	55,679	1,169,265	259,796	22.2%
山梨県	642,659	25	25,706	118,447	25	4,738	118,447	7,680	6.5%
首都圏合計	40,759,326	324	125,800	5,371,262	324	16,578	5,371,262	1,409,464	26.2%
全国	117,763,134	1,704	69,110	16,003,886	1,704	9,392	16,003,886	4,063,663	25.4%
全国合計割合	34.6%	19.0%		33.6%	19.0%		33.6%	34.7%	
備考	水道事業体数には用水供給事業を含む			水道事業体数には用水供給事業を含む					

出典：水道統計(平成17年度版)

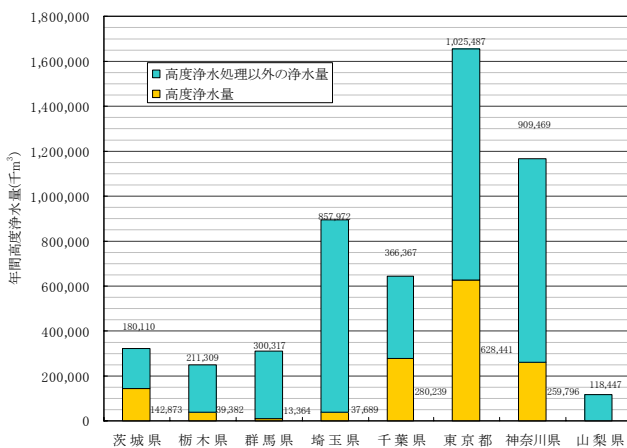
1事業体あたりの平均給水人口及び平均浄水量

※出典：水道統計(H17)



年間高度浄水量

※出典：水道統計(H17)



年間高度浄水量の割合

※出典：水道統計(H17)

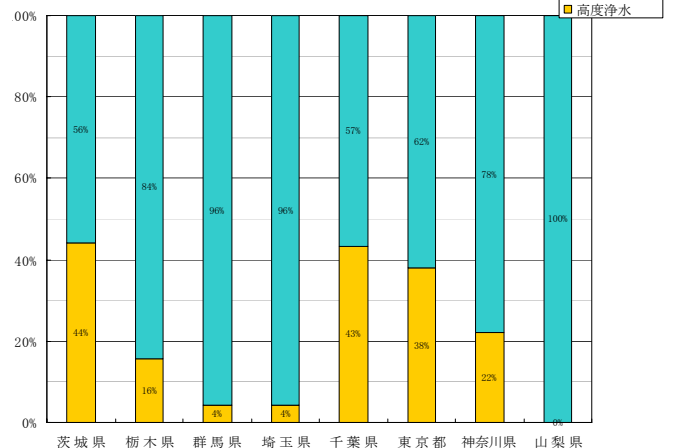
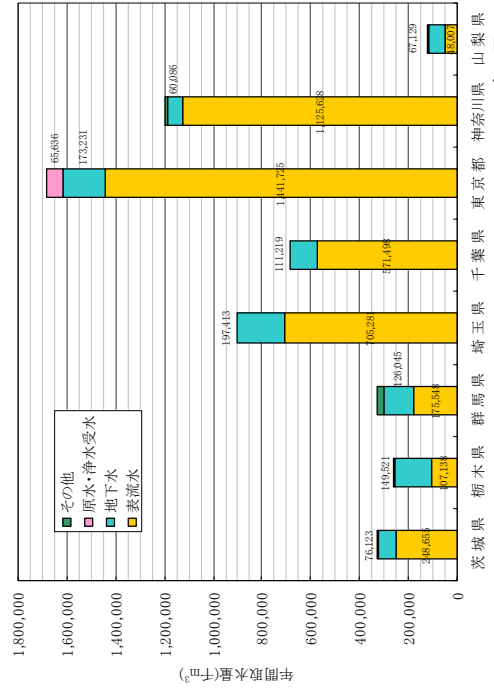


図 3.3-2 都県別の水道事業体基礎情報(その2)

表 3.3-3 都県別の水道事業体基礎情報(その3)

都道府県	水源種別の取水量 (千m <sup>3</sup> /年)															
	表流水						地下水						その他			
	ダム直接	ダム放流	湖沼水	表流水(自流)	小計	割合	伏流水	浅井戸水	深井戸水	小計	割合	原水・浄水受水				
												割合	合計			
茨城県	38,214	134,689	0	75,752	248,655	76.1%	0	7,808	68,315	76,123	23.3%	1,083	0.3%	688	0.2%	326,549
栃木県	2,422	63,283	532	40,901	107,138	41.0%	1,359	83,358	64,804	149,521	57.3%	0	0.0%	4,345	1.7%	261,004
群馬県	0	118,119	1,624	55,805	175,548	53.5%	5,101	7,436	113,508	126,045	38.4%	1,852	0.6%	24,594	7.5%	328,039
埼玉県	678,820	6,633	0	19,828	705,281	78.1%	6,962	33,718	156,733	197,413	21.9%	0	0.0%	230	0.0%	902,924
千葉県	65,708	453,470	0	52,320	571,498	83.7%	0	359	110,860	111,219	16.3%	0	0.0%	94	0.0%	682,811
東京都	0	1,147,283	0	294,442	1,441,725	85.8%	35,207	18,884	119,140	173,231	10.3%	65,636	3.9%	274	0.0%	1,680,866
神奈川県	258,440	753,716	0	113,472	1,125,628	94.1%	5,162	24,128	30,796	60,086	5.0%	0	0.0%	10,941	0.9%	1,196,655
山梨県	2,942	36,797	0	8,268	48,007	38.6%	4,103	4,644	58,382	67,129	53.9%	0	0.0%	9,381	7.5%	124,517
首都圏合計	1,046,546	2,713,990	2,156	660,788	4,423,480	80.4%	57,894	180,335	722,538	960,767	17.5%	68,571	1.2%	50,547	0.9%	5,503,365

水源種別の年間取水量 ※出典：水道統計(H17)



年間取水量に占める水源種別の割合 ※出典：水道統計(H17)

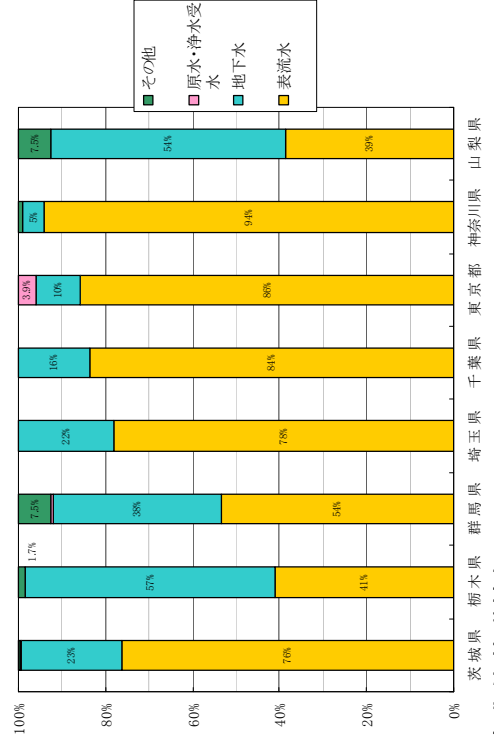


図 3.3-3 都県別の水道事業体基礎情報(その3)

なお、次頁に「上水道事業および水道用水供給事業の浄水場位置図」を示す。







### 3.3.2 概況のとりまとめ

#### 1) 都県別の特徴

- ① 茨城県…4 用水供給があり、大部分(55/65)の上水道は用水供給から受水している。
- ② 栃木県…2 つの用水供給があるが受水は 1/5(7/38)に留まっている。
- ③ 群馬県…4 用水供給があり半数の上水道が受水しているが、受水団体は少ない。
- ④ 埼玉県…県内ほとんどの(66/69)上水道が1つの用水供給から受水している。
- ⑤ 千葉県…6 用水供給があり、大部分(37/44)の上水道は用水供給から受水している。  
なお、千葉県営水道は北千葉、君津から受水しているが図では北千葉に計上している。
- ⑥ 東京都…用水供給は存在せず、東京都水道以外は 3 上水道のみ(島嶼を除く)である。
- ⑦ 神奈川県…用水供給は 1 事業であり受水団体は 4 上水道である。
- ⑧ 山梨県…2 つの用水供給があるが受水上水道は1/4(5/21)である。両用水供給とも簡易水道の受水がある。

(図 3.3-4 参照)

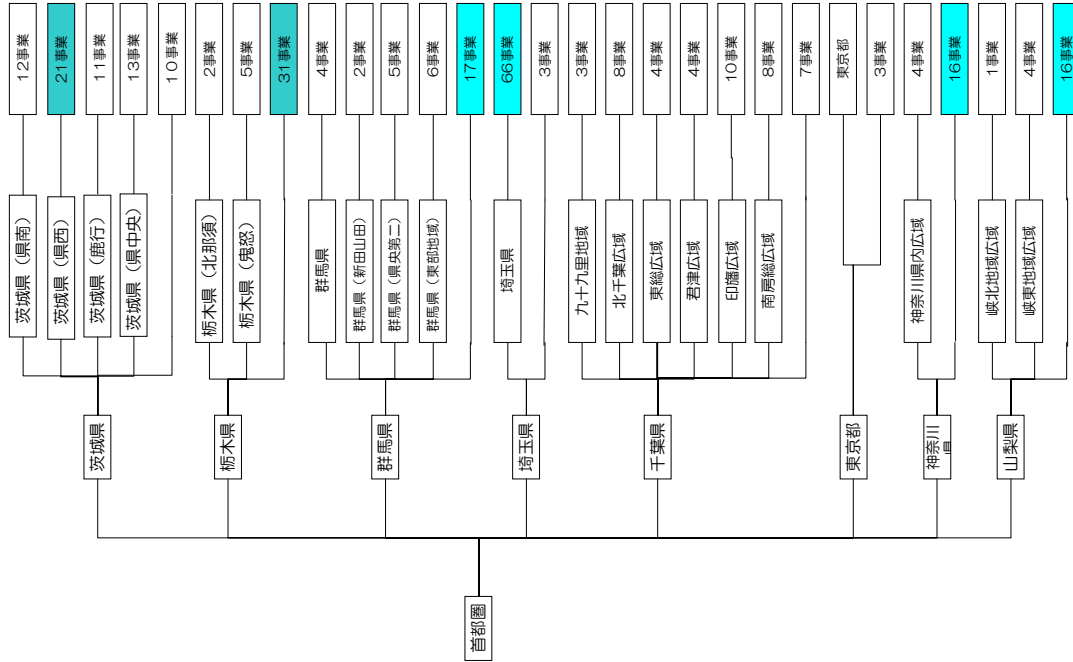
#### 2) 水量規模でみた首都圏の特徴

- ① 水量規模(一日平均給水量)の大きさは、東京都水道、神奈川県内水道、埼玉県営水道、北千葉広域の順である。
- ② これら 4 水道の特徴は次の通り。
  - ・東京都水道は末端給水である。
  - ・神奈川県内水道は、横浜市水道、川崎市水道、神奈川県営水道、横須賀水道に供給している。これらの上水道の自己水はほとんどが河川水である。なお、神奈川兼営水道は県中西部の12市7町に給水している。
  - ・埼玉県営水道は数次にわたる統合を経て一つの事業となったこともあり、受水している上水道は多数となっている。
  - ・北千葉広域の水量のうち 73%は千葉県営水道が占めている。なお、千葉県営水道は千葉市を中心に 11 市 2 村に給水しているが、行政区域単位の給水区域とはなっていない市がある。例えば、千葉市には県営水道と千葉市上水道の給水区域がある。



図1 首都圏の水道事業の概況

水道用水供給 上水道



注)平成17年度水道統計より作成。  
 注)複数の用水供給から受水している上水道は受水量が最大である用水供給に計上している。  
 注)事業数15以上はボックスを着色している。

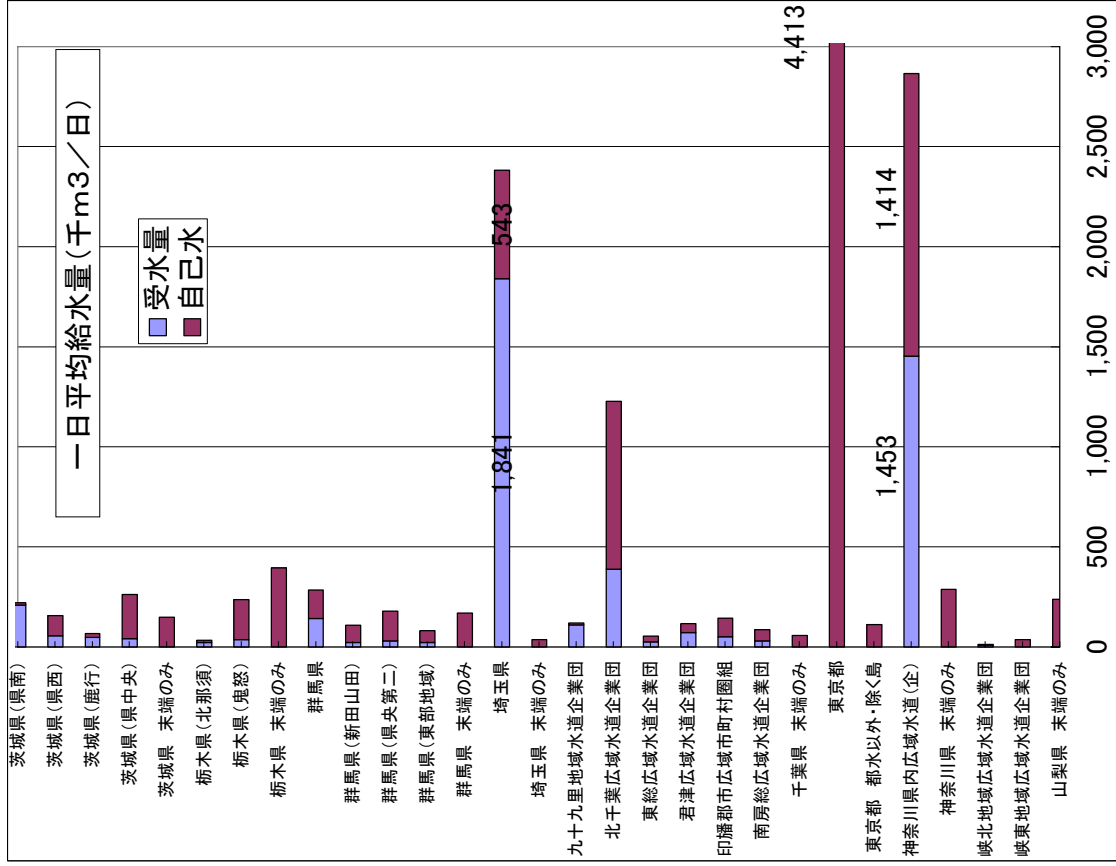


図 3.3-4 首都圏の水道事業の概要





### 3.5 各種水資源の概況

#### 3.5.1 地下水

地下水の取水量や取水可能量等を正確に把握することはきわめて困難であるが、日本の水資源(平成 20 年版)によると、都市用水及び農業用水における地下水利用量は平成 17 年度時点で 105 億 m<sup>3</sup>/年程度と推計され、全使用水量の約 13%とされている。関東地方の都市用水は内陸ブロックでは地下水への依存度が 44%と全国平均に比べて高いが、臨海ブロックでは逆に河川水への依存度が 85%と高い(2005 年時点)。

表 3.5-1 首都圏内における地下水採取量の推移(一例)<sup>1</sup>

参考 7-2-6 関東平野北部地下水採取量の推移											
(採取目標量：保全地域 年間4.8億m <sup>3</sup> )											
(単位：億m <sup>3</sup> /年)											
年度	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
対象地域											
保全地域	7.3	7.2	7.2	6.7	6.6	7.0	6.6	6.8	6.2	6.6	6.2
観測地域	5.7	5.7	5.6	5.4	5.5	5.7	5.5	5.7	5.5	5.7	5.6
計	13.1	12.9	12.9	12.0	12.1	12.8	12.1	12.4	11.7	12.4	11.8
年度	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
対象地域											
保全地域	6.4	5.9	5.3	5.1	5.2	5.2	5.0	4.9	5.2	5.0	4.9
観測地域	5.5	5.3	4.9	4.5	4.7	4.7	4.5	4.3	4.7	4.6	4.4
計	11.9	11.2	10.3	9.6	9.9	9.9	9.5	9.2	9.8	9.6	9.4

(注) 1. 工業統計, 水道統計, 関係各県(茨城県, 埼玉県, 千葉県)における条例報告値, 国土交通省調査, 関係各県(栃木県, 群馬県)調査による合計値である。  
 2. 農業用水については、「農業用地下水利用実態調査(昭和59年9月~60年8月調査及び平成7年10月~8年9月調査)」(農林水産省)及び関係各県(茨城県, 栃木県, 群馬県, 埼玉県, 千葉県)調べによる推定値である。  
 3. 昭和61年(1986年)の保全地域における採取量は補正後の数値であり, 表7-2-1「地盤沈下防止等対策要綱の概要」に記載の数値と異なる。

※日本の水資源(平成 20 年版より引用)

<sup>1</sup> 【引用文献】『日本の水資源』国土交通省、平成 20 年度版、p 277

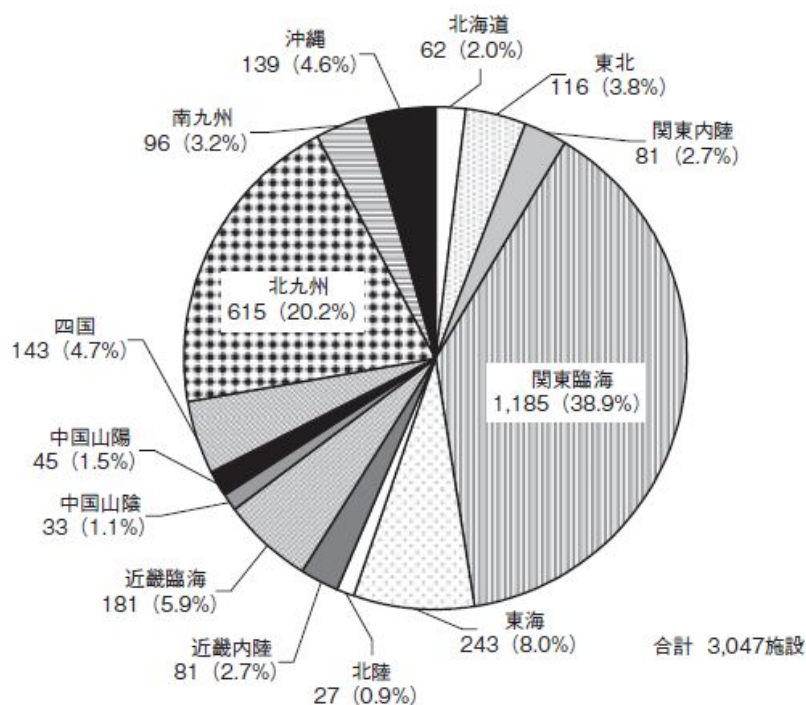
### 3.5.2 雨 水

首都圏における雨水利用の現状は「日本の水資源」にて再生水利用とあわせて取り上げられているが、水量ベースでは雨水利用よりも下水処理水利用などの再利用が中心で、雨水利用は大々的には実施されていない。ただし、個人ベースでは雨水利用の促進策なども実施されており、市井の関心も決して低くはない。

表 3.5-2 雨水・下水処理水等の利用状況と首都圏での取組み<sup>2</sup>

利用方式	利用水量 (百m <sup>3</sup> /年)
個別・地区循環	75
下水処理水利用	196
雨水利用	7
合 計	278

(注) 国土交通省水資源部調べ (2005年度末現在)  
2005年度末調査において、従前のデータについて精査している。  
四捨五入の関係で合計が合わないことがある。



(注) 1. 国土交通省水資源部調べ (2005年度末現在)

※日本の水資源(平成 20 年版より引用)

<sup>2</sup> 【引用文献】『日本の水資源』国土交通省、平成 20 年度版、p 165

### 3.5.3 下水道処理水

日本の水資源によると、下水処理水は平成 17 年度時点で全国 2039 箇所の下水処理場から約 138 億 m<sup>3</sup>/年程度発生しており、処理場内での利用のほか、各種の用途に利用される事例も増えている。平成 17 年度における再利用の水量は各種用途をあわせて約 2 億 m<sup>3</sup>/年とされている。首都圏の下水処理場の能力とその分布を以下に示す。

表 3.5-3 首都圏内における下水処理水量の基礎情報

	人口(人)		水量/能力(m <sup>3</sup> /日)		面積(ha)	
	上水道 現在給水人口(H17)	下水道 現在水処理施設処理人口(H18)	上水道 日平均取水量	下水道 1日最大処理施設能力(晴天時)	排水区域面積	行政区域面積
茨城県	2,586,552	1,559,814	894,655	1,037,016	76,946	609,558
栃木県	1,791,793	1,151,279	715,079	772,436	42,037	640,828
群馬県	1,876,210	767,896	898,737	648,299	35,104	636,316
埼玉県	7,002,416	5,083,100	2,473,764	2,570,538	114,700	379,730
千葉県	5,589,918	3,875,357	1,870,715	2,244,570	83,620	515,619
東京都	12,509,739	9,703,316	4,605,112	7,909,840	111,762	218,690
神奈川県	8,760,039	8,254,268	3,278,507	5,211,300	110,692	241,541
山梨県	642,659	516,556	341,142	338,692	23,915	446,537
計	40,759,326	30,911,586	15,077,712	20,732,691	598,777	3,688,819

首都圏では水道の給水人口に対して相当程度下水道の整備が進んでいる。また、下水処理場の能力ベースでは、水道の実取水量を凌駕するだけの水量の処理能力を有しており、その水資源としての潜在力はきわめて大きい。ただその分布は市街地が中心であり、行政区域面積に占める排水区域の面積は相当程度小さい。すなわち、地理的にはどこでも活用できる水源とまではいえない。

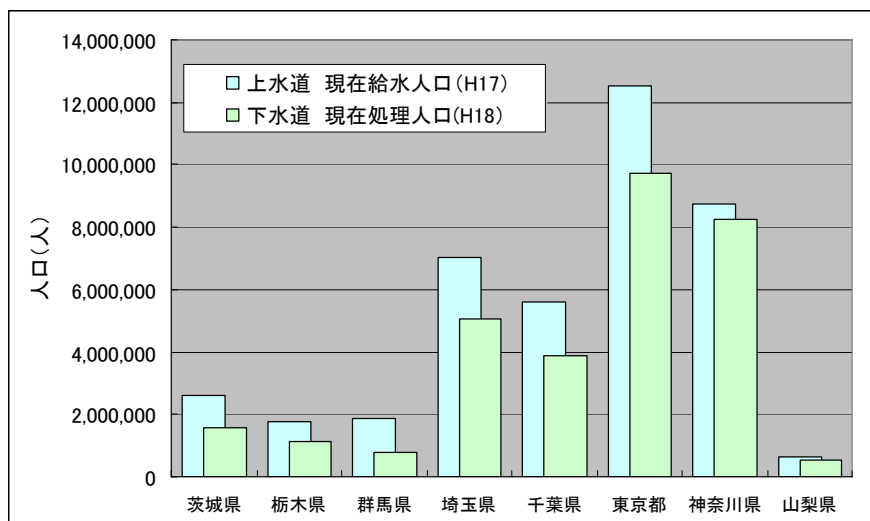


図 3.5-1 給水人口と処理人口の関係

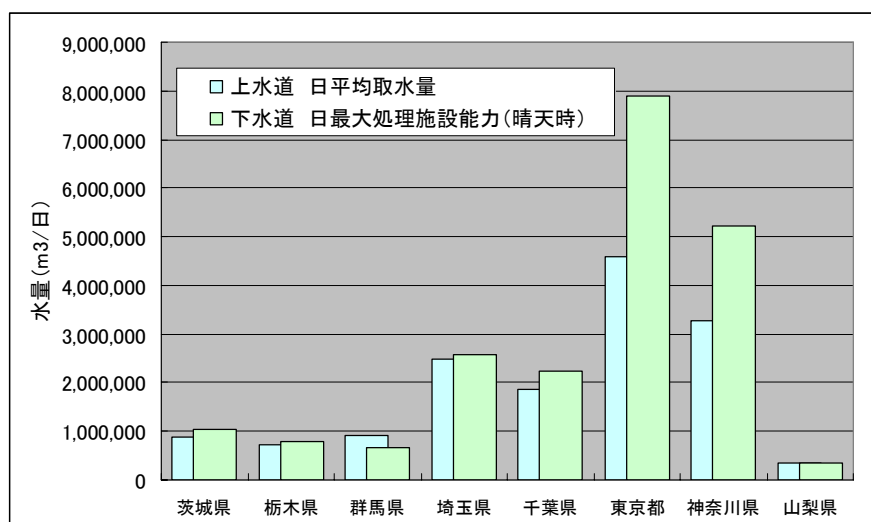


図 3.5-2 水道（取水量）と下水道（計画処理能力）の関係

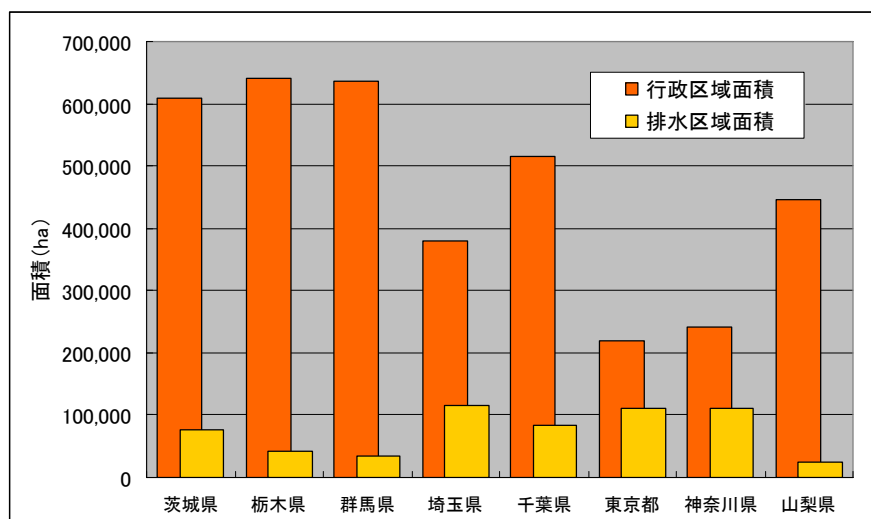


図 3.5-3 行政区域面積と排水区域面積の関係



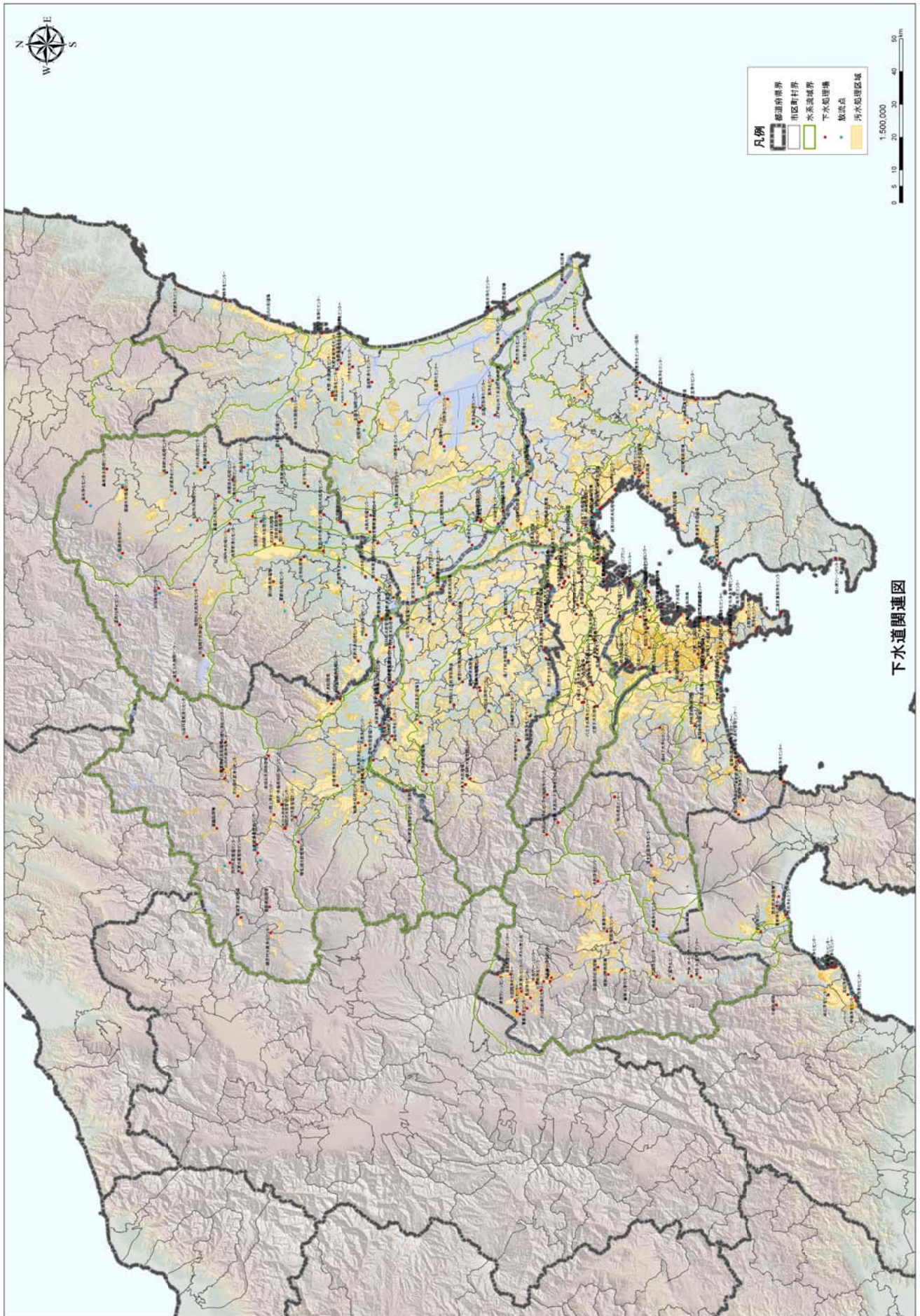


図 3.5-4 首都圏における下水道処理区域の分布



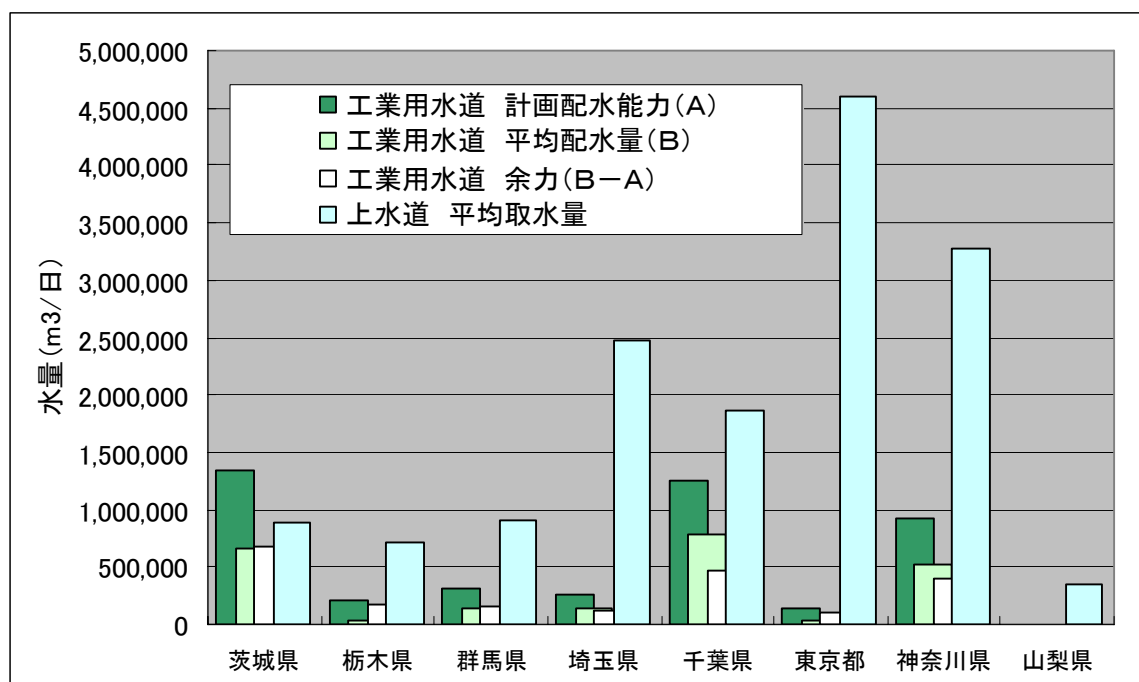
### 3.5.4 工業水道

首都圏には地盤沈下の懸念のある地域を中心に工業用水道事業が多数運営されている。特に茨城県、千葉県においては、広域的に産業用の水供給を担っている。

表 3.5-4 首都圏内における工業用水道の基礎情報

	供給先数	取水能力 (m <sup>3</sup> /日)	計画配水能力 (m <sup>3</sup> /日)	現在配水能力 (m <sup>3</sup> /日)	契約水量 (m <sup>3</sup> /日)	一日平均配水量 (m <sup>3</sup> /日)	日平均計画能力 (m <sup>3</sup> /日)	上水道 日平均取水量 (比較)
茨城県	334	1,456,745	1,343,305	1,182,955	1,151,214	669,224	674,081	894,655
栃木県	77	225,000	212,200	114,550	58,068	42,959	169,241	715,079
群馬県	104	333,040	308,500	248,500	218,150	143,485	165,015	898,737
埼玉県	176	260,064	253,000	253,000	217,543	136,203	116,797	2,473,764
千葉県	270	1,355,011	1,261,560	1,154,360	1,085,979	790,748	470,812	1,870,715
東京都	631	156,000	142,000	142,000	61,531	41,244	100,756	4,605,112
神奈川県	143	934,000	922,000	922,000	796,270	522,874	399,126	3,278,507
山梨県	0	0	0	0	0	0	0	341,142
計	1,735	4,719,860	4,442,565	4,017,365	3,588,755	2,346,737	2,095,828	15,077,712

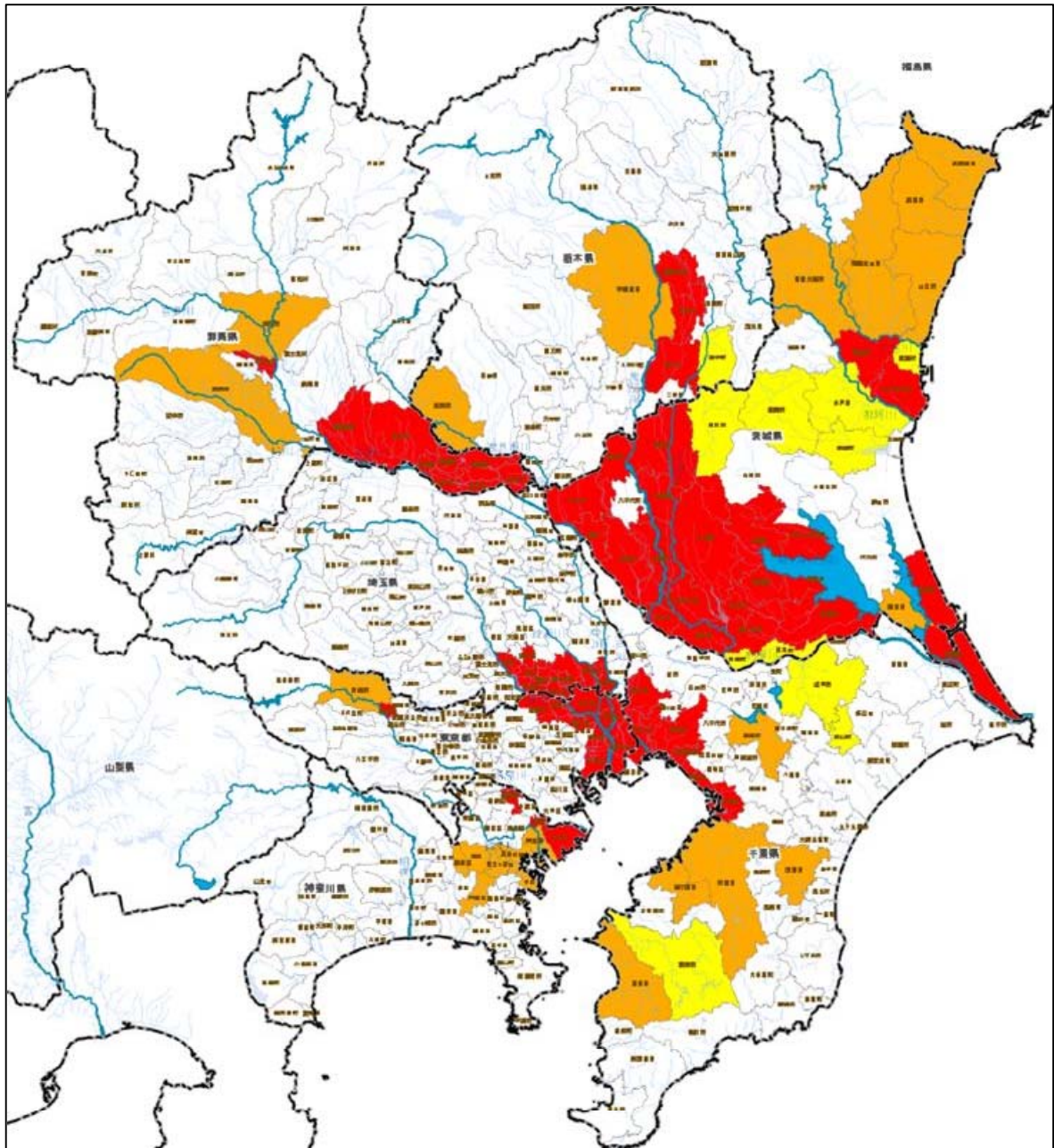
出典：地方公営企業年間(H19)



注) 余力 (B - A) は参考試算で、契約水量等により現実にこれだけ融通可能なわけではない。

図 3.5-5 首都圏の工業用水道の余力と上水道の取水量の比較

工業用水道事業の供給能力は、全体としては上水道よりも少ないものの、茨城県では計画配水能力が上水道の取水能力を上回るなど、決して小さくはない。工業用水道事業は首都圏各地に位置し、水量では、茨城県、千葉県、神奈川県は供給量が多く、水資源の豊富な山梨県には存在しない。このように、水資源が逼迫し、かつ地盤沈下の懸念がある地域において工業用水道事業が多く分布することが明らかである。



凡例  
 赤＝工業用水道がほぼ全域で供給されている市町村  
 橙＝一部の地域で供給されている市町村  
 黄＝ごく一部、もしくは計画のある市町村

図 3.5-6 首都圏における工業用水道事業の分布

### 3.6 農業用水の利用と特徴

取水地点の変更によって、当該河川の農業用水の取水等に影響が及ぶ場合には、河川水利秩序への影響、農業用水が果たす水循環への影響、農業生産だけでなく地域社会への影響等が懸念される。また、取水地点の変更に伴って、水源の増強が必要となる場合、これを農業用水からの転用によって確保することについては、これまでも施設整備等により転用する事業も行われているが、関係者の調整や費用負担という課題がある。

このように、農業用水を水道用水へ転用することについては種々の課題があることから、シミュレーションにおける水道用水の水源としても位置づけなかったところである。

ここでは、取水地点の変更に伴う影響という観点から、農業用水の特徴や現状を次のとおり整理することとした。

#### 3.6.1 水利秩序と歴史的経緯

日本では、稲作農業の発展ともない、水の確保、水の有効利用をするための水利施設と社会秩序が構築されてきた。利水者間での幾多の「水争い」を繰り返す過程で、水を巡る社会的ルール(水利秩序)が形成されている。

取水位置の変更を検討するに当たっては、河川水利秩序への影響という視点も必要となる。

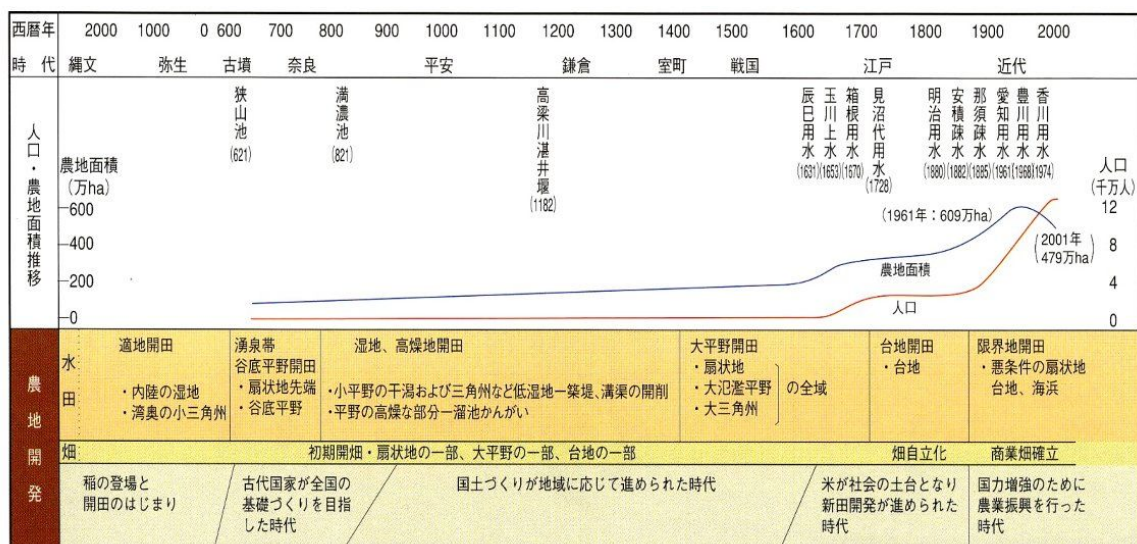


図 3.6-1 農地開発と農業用水の歴史(出典:農林水産省ホームページ)

### 3.6.2 水循環に果たす役割

農業用水は農地への灌漑だけではなく、水系や地域の水循環に大きな役割を果たしている。農業用水の大きな特徴は、自然界の水循環というシステムと融合した形で、ムダなく利用されていることである。上流で取水された農業用水は使用后、大部分が河川や地下水に還元され、下流で再び農業用水や都市用水などに利用されている。また、水田や用水路を通るうちに、ろ過されたり酸素を取込んだりして、水質も浄化される。(農林水産省ホームページより)

#### 1) 地域の水循環に果たす役割

降雨や川から取水した水を田面に貯留し、表面流出や地下水浸透により循環系へ還元する役割があり、農業用水の維持管理により、地域の水循環を形成している。

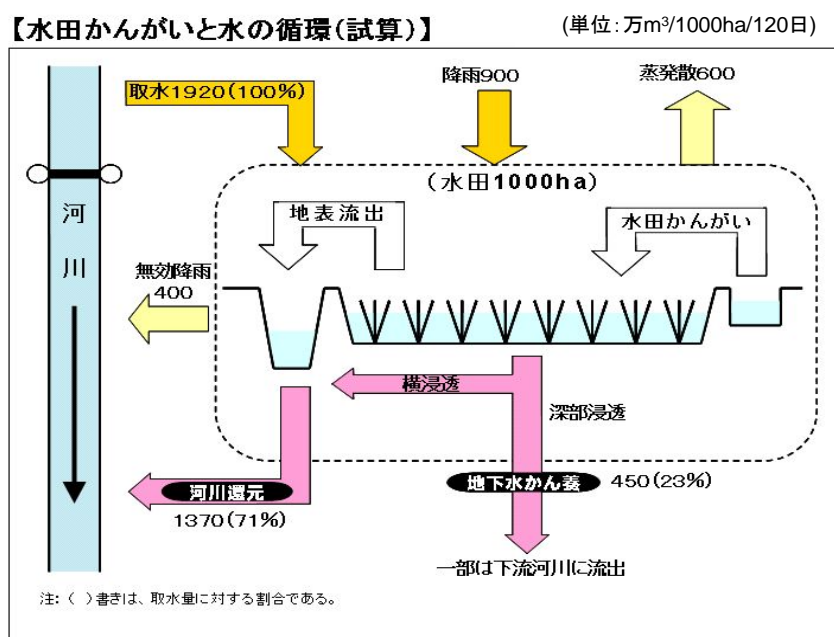


図 3.6-2 水田かんがいと水の循環(出典:農林水産省農村振興局作成資料)

#### 2) 水系の水循環に果たす役割

農業用水は、水系内で反復利用されており、上流で使用された農業用水が下流地域へ還元されている。このため、上流側の農業用水の水使用量が減少すると、還元されている下流の自然環境や利水へも影響が及ぶ可能性があり、取水形態の変更を行う場合には、広範囲に及ぶ水系の水循環への影響についても考慮する必要がある。

例えば、鬼怒川水系では、3 箇所の頭首工から農業用水が取水されているが、小貝川(利根川水系)等に還元されており、小貝川流域は、鬼怒川から取水している農業用水に由来する還元水量が大きく影響している。



### 3) 首都圏の農業用水の流れ

本検討対象である首都圏において、取水地点の変更による影響が及ぶ可能性が考えられる農業用水について、水の使われ方、農業水利権等の状況を整理した。

#### (1) 首都圏における水の使われ方

流域内へ還元される水量について利根川水系に着目すると、1970(昭和 45)年の利根川水系の水の使われ方の調査結果は図 3.6-3のとおりとなっている。流域内向けの取水量 52 億 m<sup>3</sup> (このうち農業用水が 8 割)に対し、約 6 割の 33 億 m<sup>3</sup> が流域内に還元し、また、この還元量は、河口流出量の約 6 割を占めている。

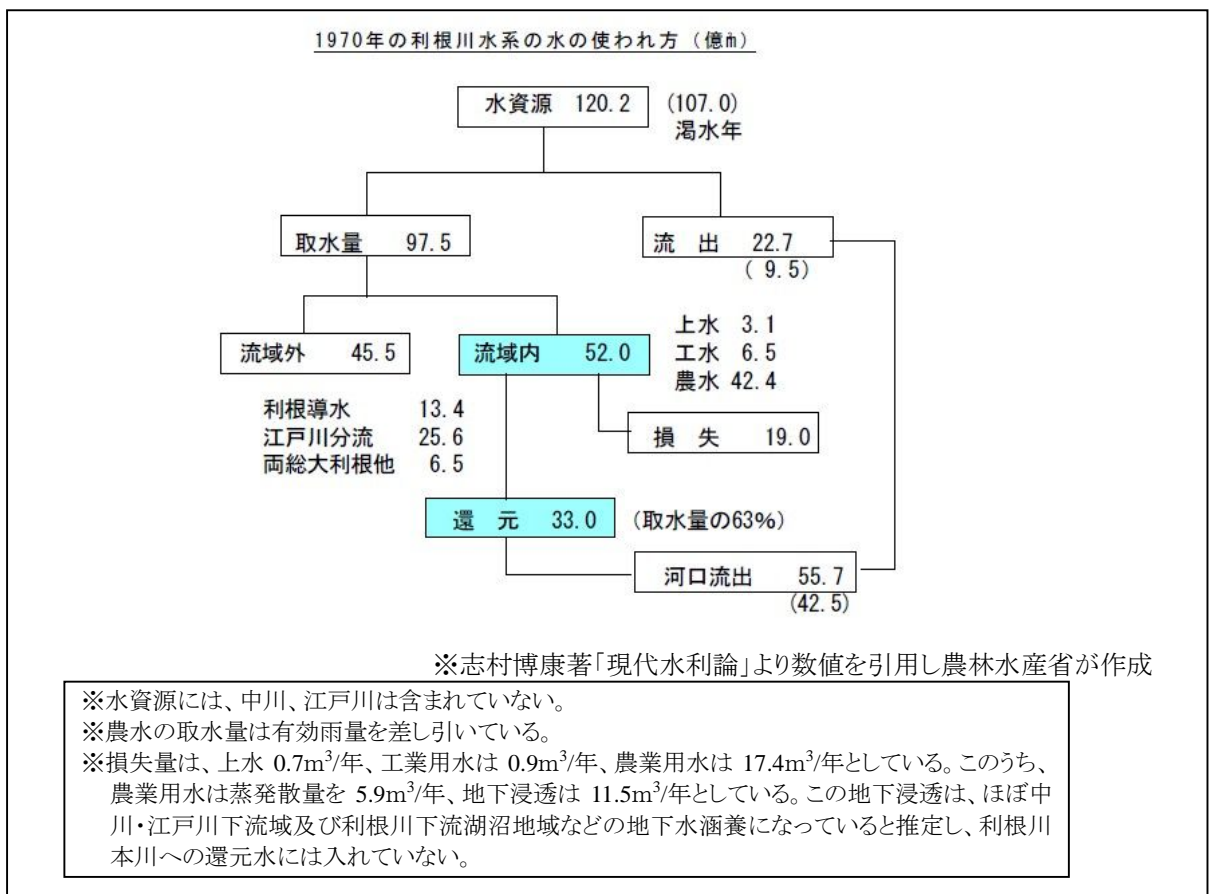
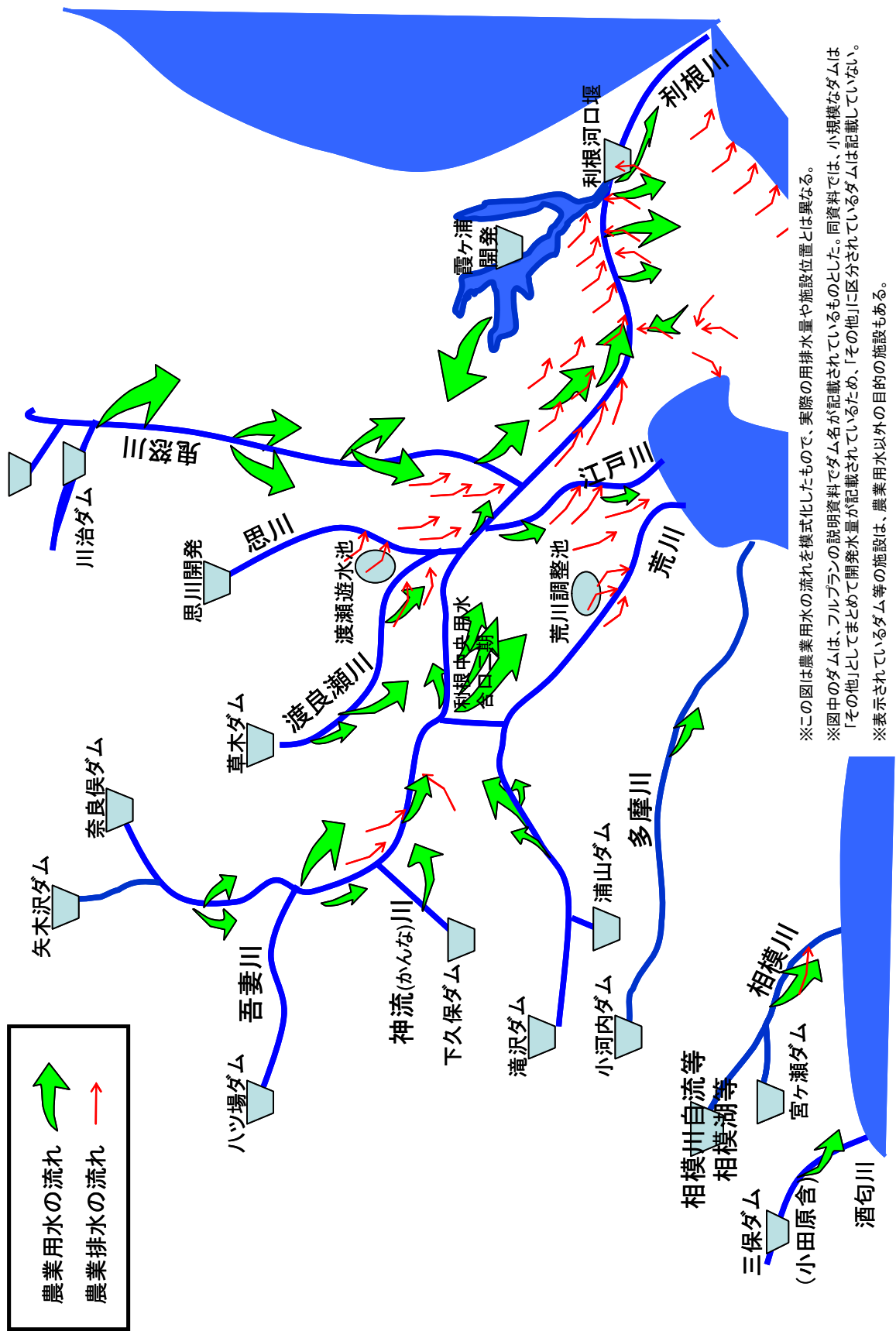


図 3.6-3 1970 年の利根川の水の使われ方<sup>1</sup>

農業用水は、水系内で反復利用されており、上流で使用された農業用水が下流地域へ還元されている。首都圏における農業用水及び排水の流れをイメージ化したものを図 3.6-4に示す。

<sup>1</sup> 【引用文献】志村博泰『現代水利論』東京大学出版会、1982年、p248-251



※この図は農業用水の流れを模式化したもので、実際の用排水量や施設位置とは異なる。  
 ※図中のダムは、フルプランの説明資料でダム名が記載されているものとした。同資料では、小規模なダムは「その他」としてまとめて開発水量が記載されているため、「その他」に区分されているダムは記載していない。  
 ※表示されているダム等の施設は、農業用水以外の目的の施設もある。  
 ※利根中央、合口二期は、農業用水の合理化により水道用水を開発したものの。

図 3.6-4 首都圏の農業用水の流れ(イメージ)

(2) 首都圏の農業用水利権の状況

①首都圏の代表河川における農業用水水利権の現状

今回の検討に関連する首都圏の代表河川における農業用水の水利権の現状を表 3.6-1 に示す。取水点の変更に伴う影響は複雑な水循環系を通じて、これら農業用水の取水に影響を及ぼす可能性が考えられる。

表 3.6-1 首都圏の代表河川の農業用水水利権<sup>23</sup>

水系	水利権量 (最大取水量) (m <sup>3</sup> /s)	河川	件数	水利権量 (最大取水量) (m <sup>3</sup> /s)
利根川水系	907.7 ※1	利根川	1,569	312.7
		烏・神流川	1,130	69.7
		渡良瀬川	1,147	83.9
		鬼怒川・小貝川	685	204.6
		江戸川	141	55.0
		印旛・手賀沼	24	32.5
		霞ヶ浦・北浦	524	149.4
		計	5,220	907.7
荒川水系	51.9 ※1			
多摩川水系	4.6 ※2			
相模川水系	56.8			

※1 許可水利権と慣行水利権のうち取水量が記載されているものの合計

※2 許可水利権のみ集計

出典：国土交通省「河川整備基本方針・河川整備計画」及び基礎資料  
相模川水系は「平成19年 河川整備基本方針参考資料」（関東地方整備局京浜河川事務所）

②利根川本川、荒川本川取水の農業用水

今回のような利根川水系および荒川水系で取水地点の変更を検討する上で、特に影響が想定され調整や検討が必要となる、利根川及び荒川の本川における農業用水水利権(利根大堰より上流の利根川本川取水、秋ヶ瀬取水堰より上流の荒川本川取水)について、表 3.6-2、表 3.6-3に示す。

<sup>2</sup>【引用文献】国土交通省『河川整備基本方針・河川整備計画』（利根川水系、荒川水系）

[http://www.mlit.go.jp/river/basic\\_info/jigyo\\_keikaku/gaiyou/seibi/index.html](http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/gaiyou/seibi/index.html)

<sup>3</sup>【引用文献】関東地方整備局京浜河川事務所『平成 19 年河川整備基本方針参考資料』、2007 年

表 3.6-2 利根大堰より上流の農業用水(利根川本川取水)

都県名	区分	取水地点	水利権			備考	還元先
			件数	水量 (m <sup>3</sup> /s)	面積 (ha)		
群馬県	許可	岩本(約230km)より上流	4	0.2	24		利根川
	許可	沼田市岩本町(綾戸ダム)	3	60.3	16.072	群馬用水 14.2m <sup>3</sup> /s 広瀬桃木両用水 35.0m <sup>3</sup> /s(佐久発電所放水口より取水) 天狗岩用水 11.1m <sup>3</sup> /s(佐久発電所放水口より取水)	利根川
	許可	岩本(約230km)より下流	4	0.7	150		利根川
埼玉県	許可	利根川 181km右岸	1	9.2	1,400		利根川
群馬県	許可	利根川 163km左岸	1	1.5	558		利根川
	許可	利根川 157km左岸	1	1.9	602	利根大堰関連	利根川
埼玉県	許可	利根川 154km右岸	2	72.1	28,470		主に中川水系
合計			16	146.0	47,276		

※水利権水量は、小数2位を四捨五入し表示  
 ※面積は、少数1位を四捨五入し表示  
 出典：国土交通省「河川整備基本方針・河川整備計画」基礎資料

表 3.6-3 秋ヶ瀬取水堰より上流の農業用水(荒川本川取水)

都県名	区分	取水地点	水利権			備考	還元先
			件数	水量 (m <sup>3</sup> /s)	面積 (ha)		
埼玉県	許可	荒川 98km左岸(玉淀ダム)	1	5.4	2,629		荒川
	許可	荒川 87km左岸(六堰)	1	17.0	3,817		荒川
	許可	荒川 61km右岸	1	0.3	76		荒川
	許可	荒川 43km左岸	1	0.3	157		荒川
	慣行	荒川 50kmより上流	8	1.0	330		荒川
	慣行	荒川 35~50km地点	4	1.5	517		荒川
	計			16	25.6	7,526	

※水利権水量は、小数2位を四捨五入し表示  
 ※面積は、少数1位を四捨五入し表示  
 出典：国土交通省「河川整備基本方針・河川整備計画」基礎資料

### 3.6.3 農業用水と地域社会

農業用水と地域社会は次のとおり密接な関係があり、水資源を有効に活用するために農業用水の節水を図るための地域の共同体による管理や渇水調整が行われている。また、農業生産だけでなく、地域用水や景観形成、生態系保全など国民共有の財産として、多面的機能を発揮している。

このような、地域社会での取り組みや、農業生産のみだけでなく地域社会への様々な機能に対しても取水位置の変更は影響を与えることから、地域社会への影響という視点も必要となる。

#### 1) 農業用水の管理状況

地域の共同体による重層的な管理が実施されている。

- ダム、頭首工、幹線水路等 : 土地改良区
- 末端水路 : 集落組織
- 農地周辺水路 : 農家

#### 2) 農業用水の節水への取り組み

渇水でない場合(通常年)でも、時間を制限し順番に地区内に配水する「番水」(ローテーション



灌漑)を実施している地区もある。通水管理は、土地改良区や地元関係者が堰・分水工を操作している。

また、水田等からの漏水箇所を点検するために、各集落単位で農家代表等が、毎日、朝夕巡視を行う等により瀬水への取り組みがなされている。

### 3) 渇水調整

渇水時には、番水や水路の見回り等を強化し節水し、節水により生み出した水を上水道へ融通する等の渇水調整を行う。また、農業用水は渇水時の地域の水資源のバッファ儿的役割を發揮する。

### 4) 多面的機能の發揮

農業用水は地域の生活に受け込み、農業生産だけでなく、防火・消雪・流雪などの地域用水としての役割や景観形成、生態系保全など国民共通の財産として、多面的機能を發揮している。



図 3.6-5農村が有する多面的機能(出典:農林水産省農村振興局作成資料)

#### 3.6.4 農業用水の都市用水への転用等

取水点を上流に変更することにより、従前より取水可能な水が減少することとなる。減少した水量を補うためには、何らかの新たな水資源開発が必要となり、1つの方法として農業用水から転用することが考えられる。

都市用水と比べ農業用水はかんがい期の取水量が大きいこと、都市部での農地面積が減少傾向にあることなどから、都市用水への転用などの調整が必要との意見もある。なお、河川法上は、必要がなくなった水利権水量の減量と、新たな水利権の設定という関係となるが、農地面積が減少しても施設整備等を行わないと水量の減量には繋がらない場合が多いことから、転用に係る調整が必要となる。

一方、農業用水は、その取水量のうち河川還元や地下水かん養となるものが9割以上であり、農産物が消費する割合は小さい(図 3.6-2)という特徴がある。農業用水として取水される水の大部

分が河川に還元されることで水系の水循環や水環境が形成されていることなどから、農業用水を転用するためには様々な課題があると考えられる。ここでは、転用の事例と、考えられる課題を整理する。

### 1) 転用の事例

水田面積が減少し、水利用形態が大きく変化している都市近郊などで、上水道などが慢性的に不足している地域では、農業用水の高度な活用を図るための施設整備等により農業用水の減量を行い、上水道・工業用水道等を増量する水利権の転用が実施された事例がある。(図 3.6-6、図 3.6-7)

例えば、埼玉合口二期事業では、都市用水も費用を負担し農業用水の施設整備等を行うことにより約  $44\text{m}^3/\text{s}$  のうち、約  $4\text{m}^3/\text{s}$  を都市用水へ転用している。このように、農業用水を上水道等へ転用を行うためには、施設整備等が必要となる。

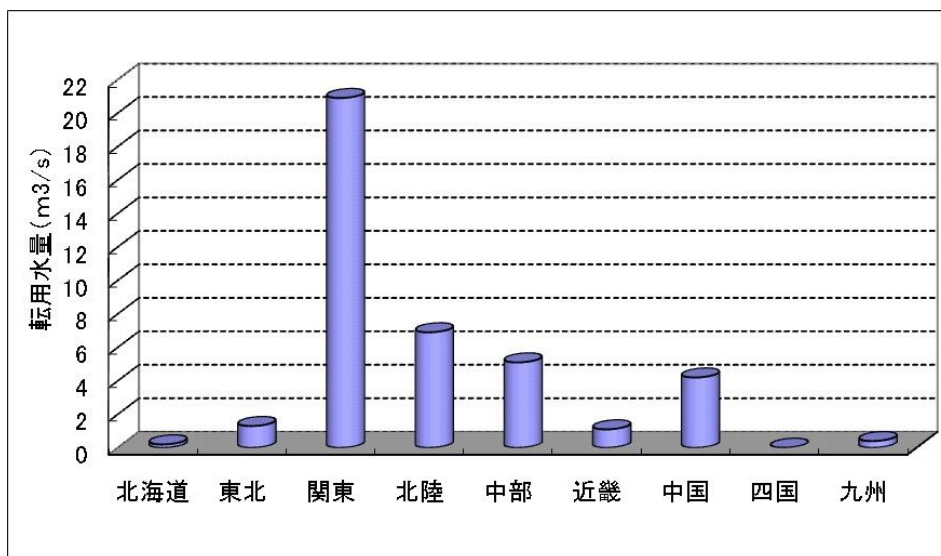


図 3.6-6 農業用水の他用途への転用状況<sup>4</sup>

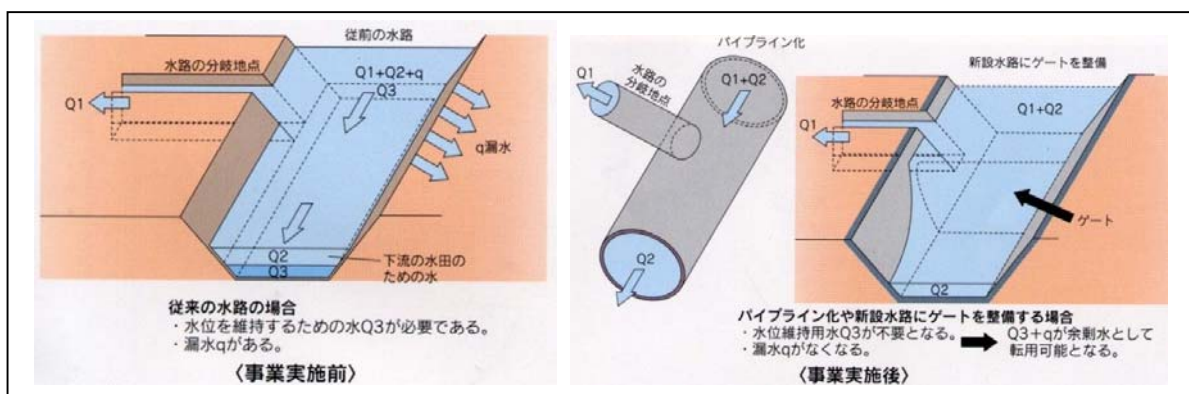


図 3.6-7 水を生み出すための施設整備(出典:農林水産省農村振興局作成資料)

<sup>4</sup>【引用文献】国土交通省『平成 20 年度日本の水資源』、2008 年、pp283

## 2) 転用に関する課題

農業用水の転用を検討していくためには、以下のような課題が考えられることから、今後、国や流域全体で議論を深めていくことが必要と考えられる。

### (1) 水循環と河川環境への影響

上流側の農業用水の水使用量が減少すると、還元されている下流の自然環境や利水へ影響が及ぶ可能性があり、取水形態の変更を行う場合には、広範囲に及ぶ水系の水循環への影響について考慮する必要がある。

また、農業用水と地域社会には密接な関係があり、農業生産だけでなく、地域用水や景観形成、生態系保全など多面的機能を発揮している。このような、地域社会での取り組みや、農業生産のみだけでない地域社会への様々な機能に対しても影響を与えることとなるため考慮する必要がある。

### (2) 水利秩序等に関する調整事項

農業用水には歴史的な積み重ねや地域の利害関係の調整の結果として決められている取水地点の上下関係や取水等のルールや慣習が存在するケースが多く、これらの調整が必要となる。また、ダムや農業用水施設の整備等に関する費用負担などの調整も必要となる。

農地面積が減少している場合でも、継続している水田に配水するためには、配水のための水位の確保などが必要であり、そのためには、一定の流量の確保や、新たな堰上げ施設の整備などが必要となる。

また、農業形態の変化や圃場整備による排水改良により、単位面積あたりの必要水量は増加する場合もあるため、転用水量の確保には課題が多い。加えて、農業用水の水利権は、かんがい期に多く、非かんがい期には少ないため、年間を通じてほぼ一定量が必要な都市用水に転用しようとする場合には、非かんがい期の水源を別途確保することも必要となる。

### (3) 関係する法令など

関係する法令の主なものとしては、水利権などに関する河川法、農業事業に関する土地改良法、補助金等にかかる予算の執行の適正化に関する法律、水道事業に関する水道法、環境保全に関する環境基本法などが考えられる。

また、調整の必要な主な者としては、上記法令の窓口機関以外にも、既得水利権者、漁業権者、利水施設管理者、各県や市町村の関係窓口などが考えられる。

## 第4章 首都圏水道システムのCO<sub>2</sub>排出量の現況

## 4. 首都圏水道システムの二酸化炭素排出量の現況

本章では、基準年度(2005 年度)における首都圏の水道システムから排出される二酸化炭素量(電力使用量のみ)を算出し、首都圏水道事業でのエネルギー面における現況を様々な単位(エリア・規模など)において把握することで、「第5章 低炭素化に向けた対策案の策定」における基礎資料とする。

なお、二酸化炭素排出量の算出のための資料(電力使用量・配水量)は、公表資料にて整理することを基本とし、各水道事業体への直接的なアンケートおよびヒアリングは実施しないものとした。

### 4.1 二酸化炭素排出量の算出諸元

#### 4.1.1 現況把握のための2つの指標

二酸化炭素排出量の削減対策の策定に向け、現況把握は以下の2つの指標により整理する。

➤ 総二酸化炭素排出量(t-Co2)

⇒ エネルギー使用量が大きい地域の把握(削減効果の大きい地域)

➤ 配水量 1m<sup>3</sup>あたり二酸化炭素排出量(g-Co2/m<sup>3</sup>)

⇒ エネルギー効率が低い地域の把握

#### 4.1.2 二酸化炭素排出量の算出諸元(算出方法)

##### 1) 総二酸化炭素排出量(t-Co2)の算出方法

■ 総二酸化炭素排出量(t-Co2)

$$= \text{電力使用量(kWh)} \times \text{電力排出係数 (0.000382 t-Co2 / kWh)}$$

##### ① 電力使用量 (単位:kWh)

➤ 電力使用量は、水道統計 施設・業務編 (平成 17 年度) (社)日本水道協会 に記載の水道事業体別「6119 電力使用量計」の値を用いる。

➤ 水道用水供給事業の電力使用量の取扱い

水道統計に記載の水道事業体別電力消費量は、上水道事業と水道用水供給事業が別々に記載されている。

この場合、水道用水供給事業から浄水受水を行っている上水道事業体については、自己水源による浄水分電力消費量は含んでいるが、水道用水供給事業からの浄水受水分の電力使用量は含んでいない。そのため、自己水源のみで事業を実施している上水道事業体と二酸化炭素排出量を公平に比較することが出来なくなる。

そこで、本検討では水道用水供給事業が上水道事業体に送水している実績送水量の割合を用い、水道用水供給事業が消費した電力量を各上水道事業体に按分し、二酸化炭素排出量を算出することとした。電力使用量の按分イメージ図を以下に示す。

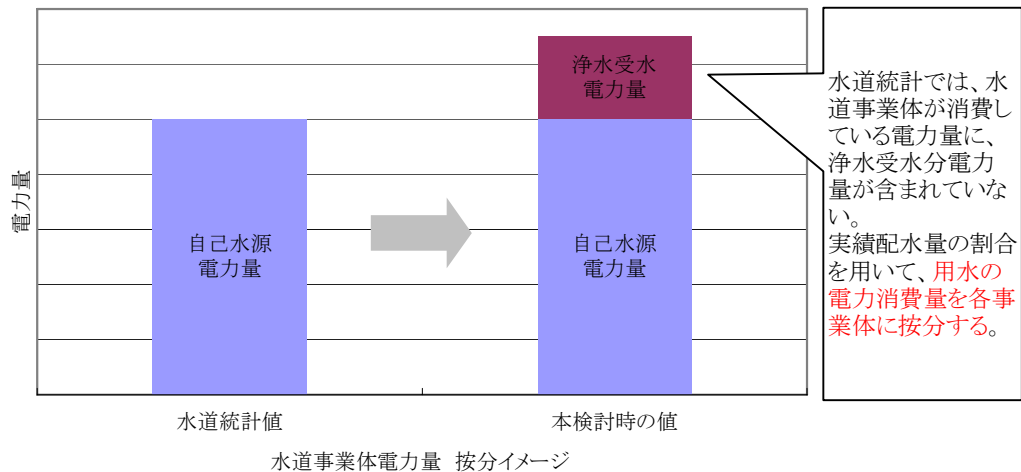


図 4.1-1 電力消費量の按分 イメージ図

② 電力排出係数 (単位:t-Co2 / kWh)

- 環境省より公表されている電気事業者別二酸化炭素排出係数の 2005 年(平成 17 年)を含む過去 5 年間の平均値 0.000382 (t-Co2/kWh)を用いて算出を行う。

表 4-1【参考値】平成 17 年度 事業者別排出係数

事業者名	排出係数 (t-CO2/kWh)	把握率 (%)	未把握の 理由	備考
北海道電力(株)	0.000502	—	—	他者から調達した電気については、当該他者の前年度の事業者別排出係数を使用する方法等が考えられるが、今回の算定は初年度であり前年度の排出係数が算出されていないことから、統計上の係数を用いざるを得ないため、把握率は算定できない。
東北電力(株)	0.000510	—	—	
東京電力(株)	0.000368	—	—	
中部電力(株)	0.000452	—	—	
北陸電力(株)	0.000407	—	—	
関西電力(株)	0.000358	—	—	
四国電力(株)	0.000378	—	—	
九州電力(株)	0.000365	—	—	
イーレックス(株)	0.000445	—	—	
エネサーブ(株)	0.000518	—	—	
(株)エネット	0.000424	—	—	
ダイヤモンドパワー(株)	0.000403	—	—	
(株)ファーストエスコ	0.000309	—	—	

なお、本検討では都道府県別の算出を行う場合、全国事業者の契約電力会社(北海道電力(株)、東北電力(株)、等)の数値を用いるのではなく、比較することを目的としているため、(株)東京電力の数値を全国一律の電力排出係数として用いる。

## 2) 配水量 1m<sup>3</sup>あたり二酸化炭素排出量(g- CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>)の算出方法

■ 配水量 1m<sup>3</sup>あたり二酸化炭素排出量(g- CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>)

$$= \text{総二酸化炭素排出量 (g- CO}_2) \div \text{年間配水量 (m}^3)$$

### ① 総二酸化炭素排出量(単位:g- CO<sub>2</sub>)

- 前項にて算出した総二酸化炭素排出量

### ② 年間配水量(単位:m<sup>3</sup>)

- 年間配水量は、水道統計 施設・業務編（平成 17 年度）(社)日本水道協会 に記載されている「5018 年間浄水量計」と「5011 浄水受水」の合計値を用いる。

なお、「水道事業(上水+用供)における電力使用量の推移」および「水道事業の電力使用量が全国使用量に占める割合」を以下に示す。

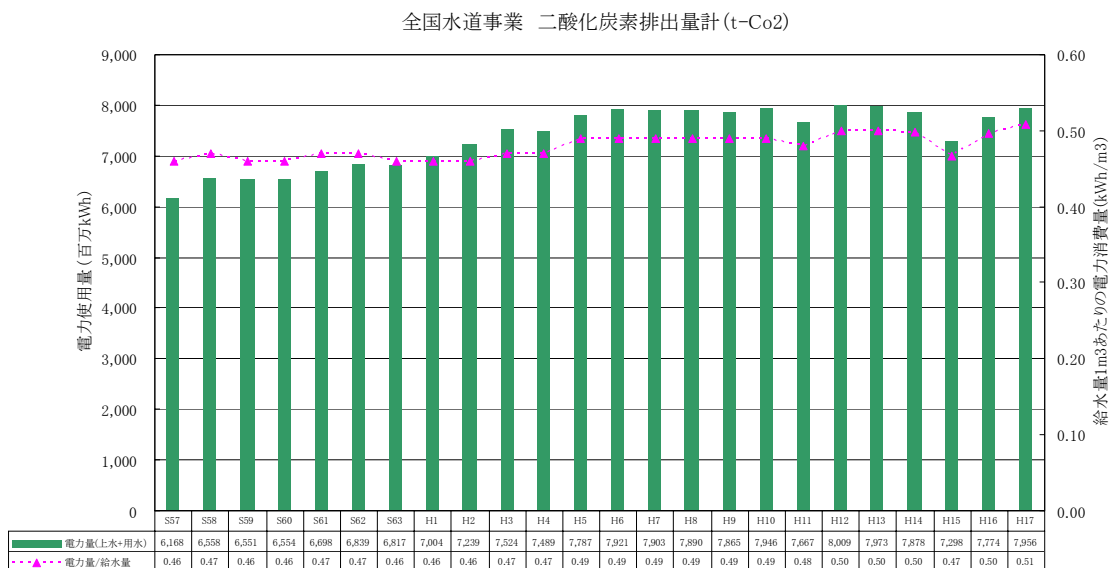
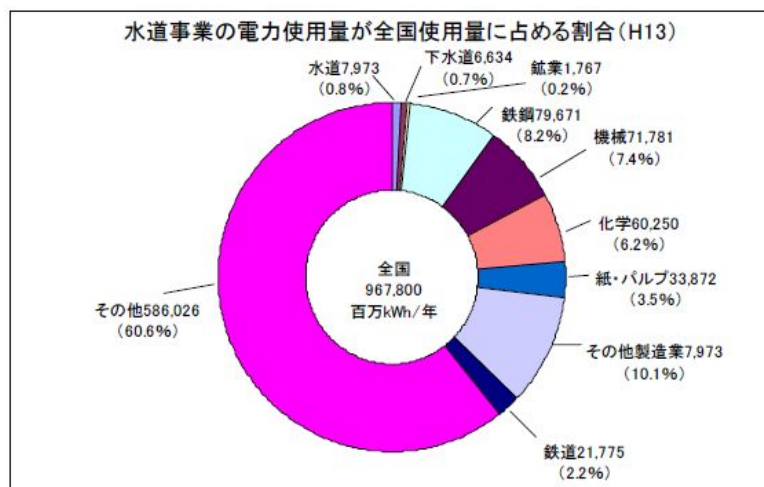


図 4.1-2 水道事業(上水+用供)における電力使用量の推移 データ出典:水道統計



データ出典：水道統計、下水道統計、電気事業便覧 H15 年版（H13 年度総需要実績）

図 4.1-3 水道事業の電力使用量が全国使用量に占める割合(平成 13 年度)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>『平成 15 年度 厚生労働省委託費による水道事業における環境対策の手引書』(社)日本水道協会、p3-3-4



## 4.2 首都圏水道システムの二酸化炭素排出量の現況

### 4.2.1 首都圏排出量の評価

都道府県別の二酸化炭素排出量を算出することにより、全国における首都圏内の水道事業の二酸化炭素量の排出状況を把握する。

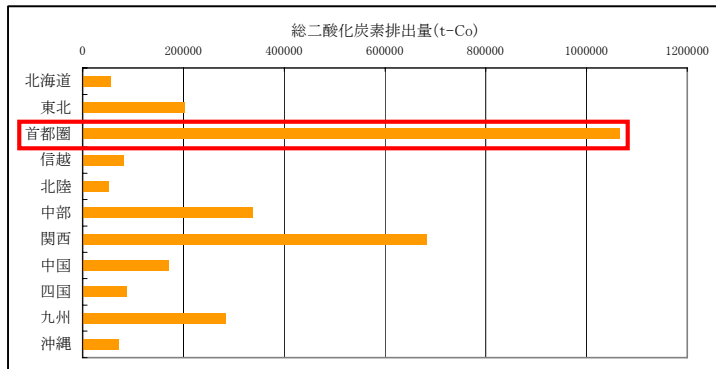
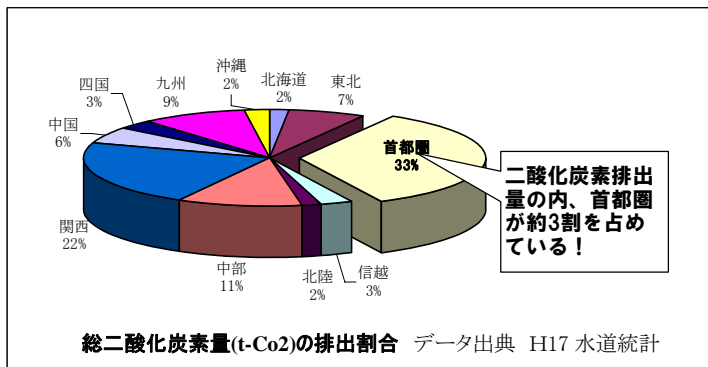
電力排出係数は、全国一律で東京電力の排出係数としている。

なお、本項での首都圏統計値には「山梨県」も含んだ数値としている。

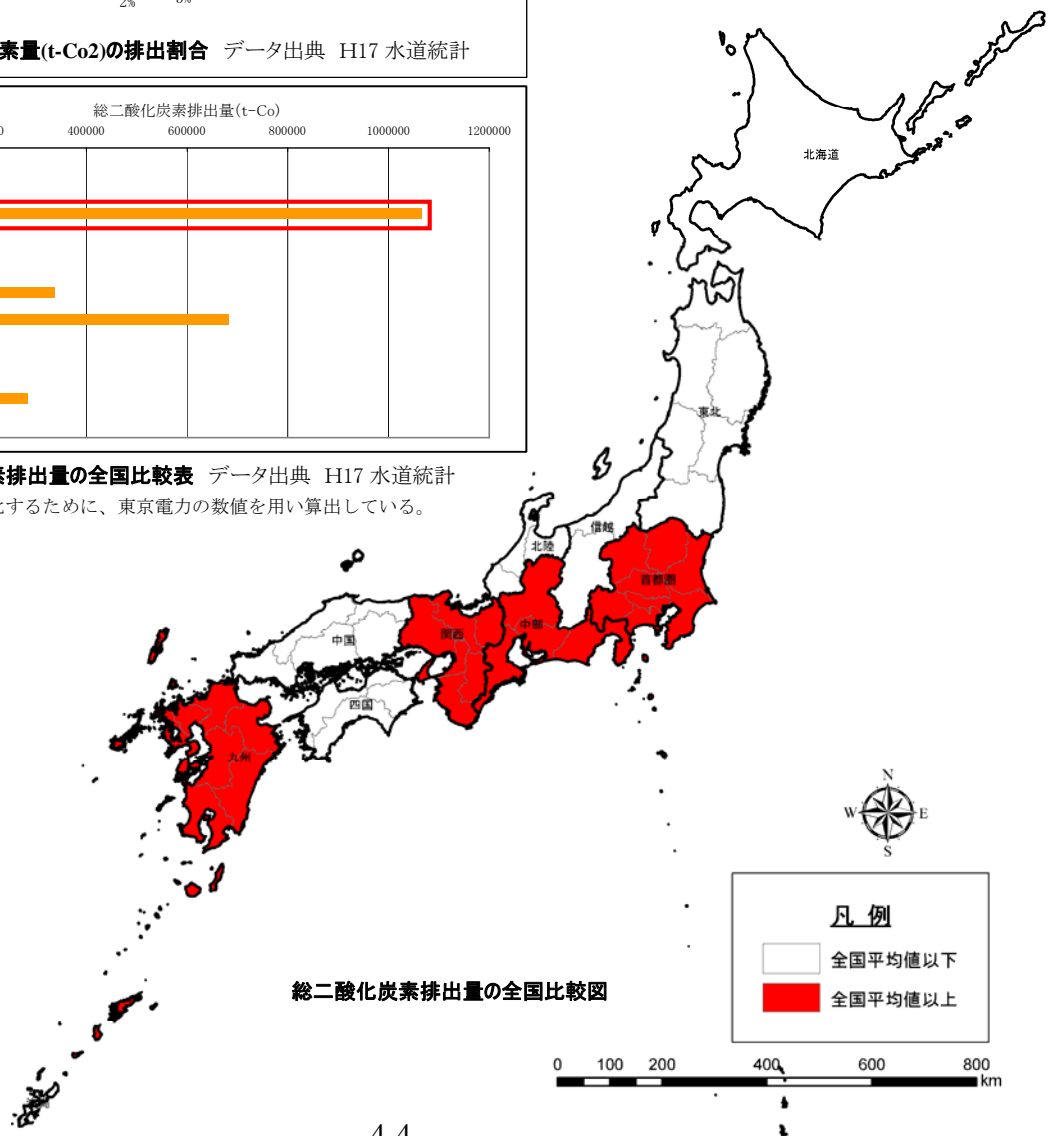
#### 1) 地方ブロック別算出結果

##### (1) 総二酸化炭素排出量(t-CO<sub>2</sub>)

首都圏の総二酸化炭素排出量は全国の3割以上を占めるため、削減することによる温室効果ガス削減効果は大きい。また、首都圏、中部、関西、九州と大都市圏を含む地域の排出量は全国平均値を超えている事がわかる。



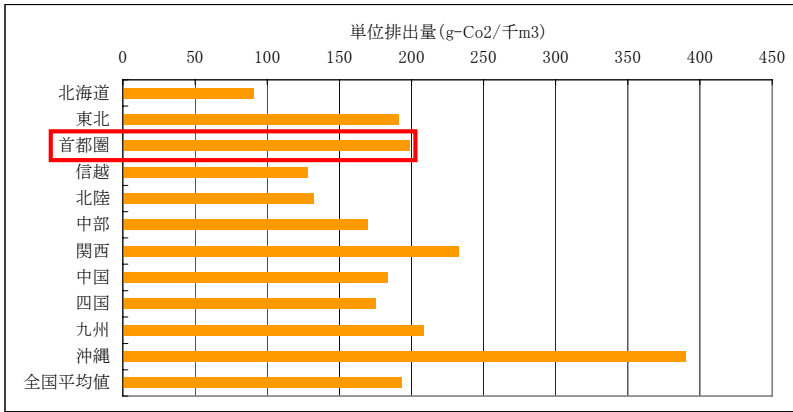
※電力排出係数は対比するために、東京電力の数値を用い算出している。





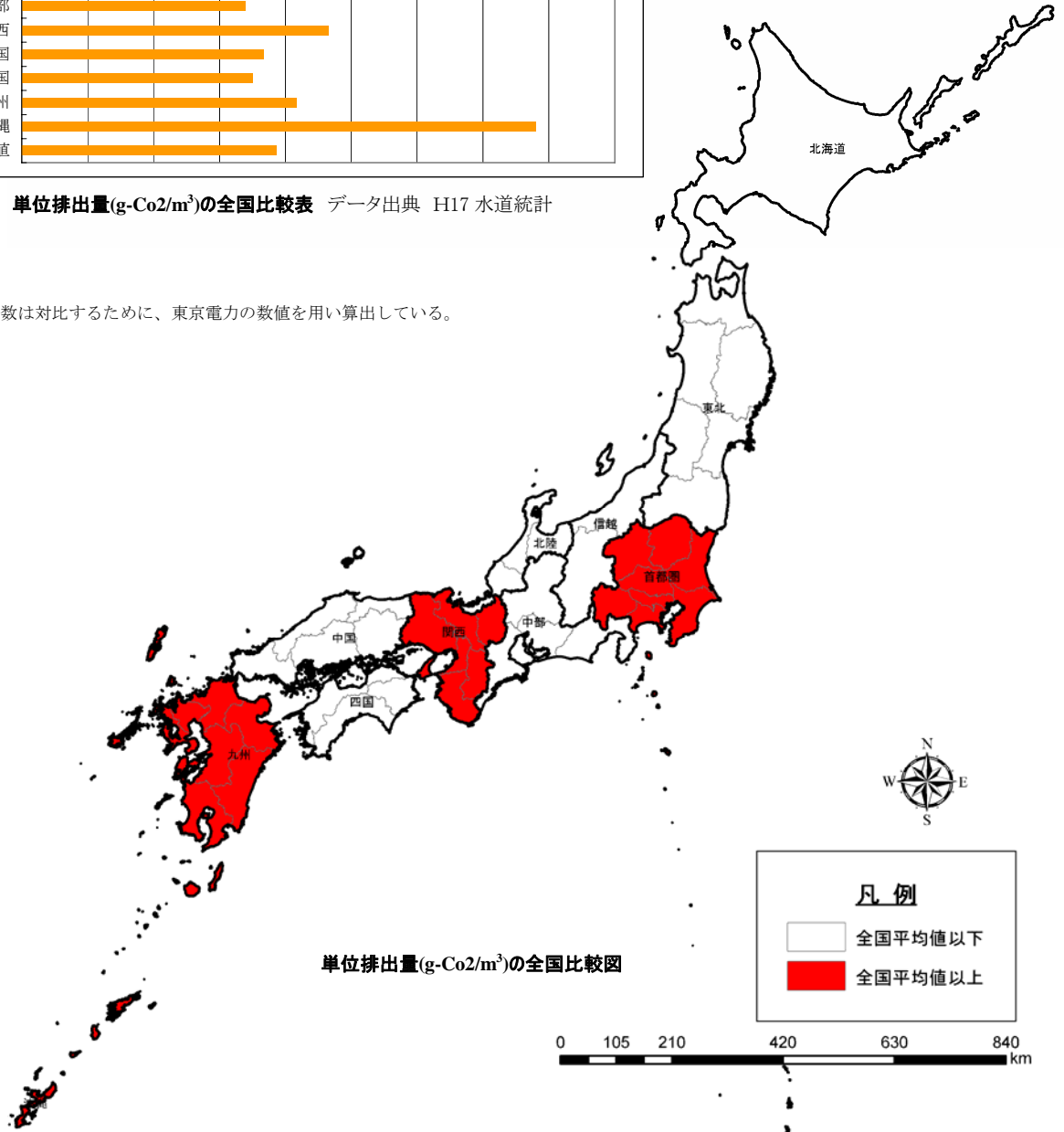
(2) 配水量 1m<sup>3</sup>あたり二酸化炭素排出量

首都圏はほぼ全国平均値に近い値を示しているが、全国平均値を超えていることがわかる。



単位排出量(g-Co2/m<sup>3</sup>)の全国比較表 データ出典 H17 水道統計

※電力排出係数は対比するために、東京電力の数値を用い算出している。



## 2) 全国都道府県別算出結果

### (1) 総二酸化炭素排出量(t-CO<sub>2</sub>)

東京都、埼玉県、神奈川県、千葉県及び茨城県が、総二酸化炭素排出量の全国平均値を超え、上位10位内に入っている事がわかる。

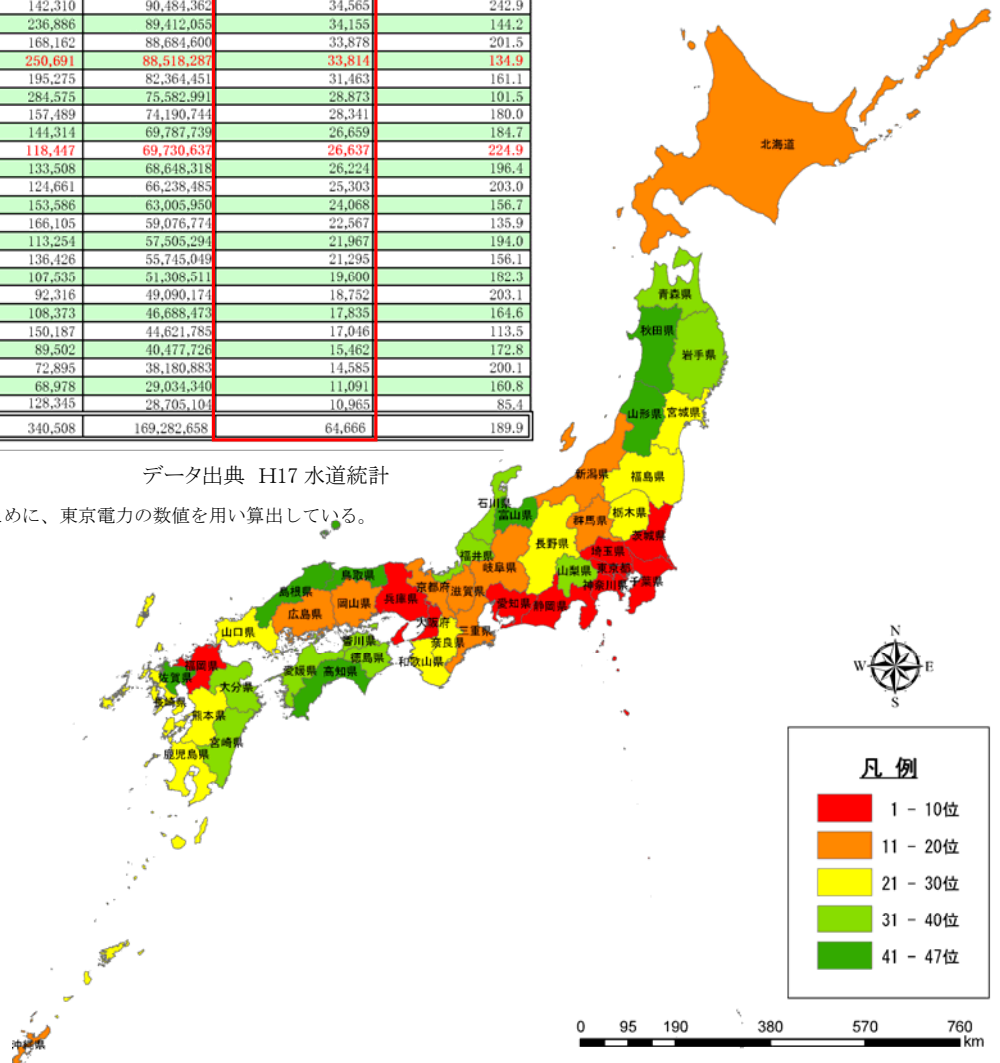
順位	都道府県名	① 年間浄水量 (千m <sup>3</sup> )	② 電力使用量 (kWh)	総二酸化炭素排出量 (t-CO <sub>2</sub> ) ※排出係数 0.000382 (2005年度を含む過 去5年間平均値)	④=③/① 浄水量1m <sup>3</sup> 当たり二 酸化炭素排出量 (g-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )
1	大阪府	1,318,759	862,516,130	329,481	249.8
2	東京都	1,653,928	806,395,271	308,043	186.2
3	埼玉県	895,661	553,014,878	211,252	235.9
4	神奈川県	1,169,265	533,081,211	203,637	174.2
5	兵庫県	720,294	482,211,626	184,205	255.7
6	千葉県	646,606	409,548,858	156,448	242.0
7	愛知県	917,869	369,859,288	141,286	153.9
8	福岡県	515,645	286,767,838	109,545	212.4
9	静岡県	565,157	247,987,419	94,731	167.6
10	茨城県	322,983	220,805,712	84,348	261.2
11	広島県	342,515	191,411,412	73,119	213.5
12	沖縄県	181,972	185,696,089	70,936	389.8
13	京都府	361,980	150,425,614	57,463	158.7
14	三重県	271,251	146,109,661	55,814	205.8
15	北海道	609,974	144,449,359	55,180	90.5
16	岐阜県	243,638	120,573,271	46,059	189.0
17	新潟県	340,653	111,604,923	42,633	125.2
18	群馬県	313,681	109,754,674	41,926	133.7
19	岡山県	257,931	109,717,121	41,912	162.5
20	滋賀県	184,088	105,808,935	40,419	219.6
21	長野県	297,482	101,898,478	38,925	130.8
22	奈良県	179,487	96,327,019	36,797	205.0
23	鹿児島県	177,944	91,864,067	35,092	197.2
24	熊本県	171,303	91,373,341	34,905	203.8
25	長崎県	142,310	90,484,362	34,565	242.9
26	福島県	236,886	89,412,055	34,155	144.2
27	和歌山県	168,162	88,684,600	33,878	201.5
28	栃木県	250,691	88,518,287	33,814	134.9
29	山口県	195,275	82,364,451	31,463	161.1
30	宮城県	284,575	75,582,991	28,873	101.5
31	愛媛県	157,489	74,190,744	28,341	180.0
32	宮崎県	144,314	69,787,739	26,659	184.7
33	山梨県	118,447	69,730,637	26,637	224.9
34	岩手県	133,508	68,648,318	26,224	196.4
35	大分県	124,661	66,238,485	25,303	203.0
36	青森県	153,586	63,005,950	24,068	156.7
37	石川県	166,105	59,076,774	22,567	135.9
38	徳島県	113,254	57,505,294	21,967	194.0
39	香川県	136,426	55,745,049	21,295	156.1
40	福井県	107,535	51,308,511	19,600	182.3
41	佐賀県	92,316	49,090,174	18,752	203.1
42	秋田県	108,373	46,688,473	17,835	164.6
43	山形県	150,187	44,621,785	17,046	113.5
44	高知県	89,502	40,477,726	15,462	172.8
45	島根県	72,895	38,180,883	14,585	200.1
46	鳥取県	68,978	29,034,340	11,091	160.8
47	富山県	128,345	28,705,104	10,965	85.4
	全国平均値	340,508	169,282,658	64,666	189.9

特に東京都・埼玉県・  
神奈川県・千葉県の排  
出量が大きい値を示し  
ている！

上位10位内に首  
都圏内の5都県が  
位置している！

データ出典 H17 水道統計

※電力排出係数は対比するために、東京電力の数値を用い算出している。



都道府県別 総二酸化炭素排出量(t-CO<sub>2</sub>) ランキング

(2) 配水量 1m<sup>3</sup>あたり二酸化炭素排出量

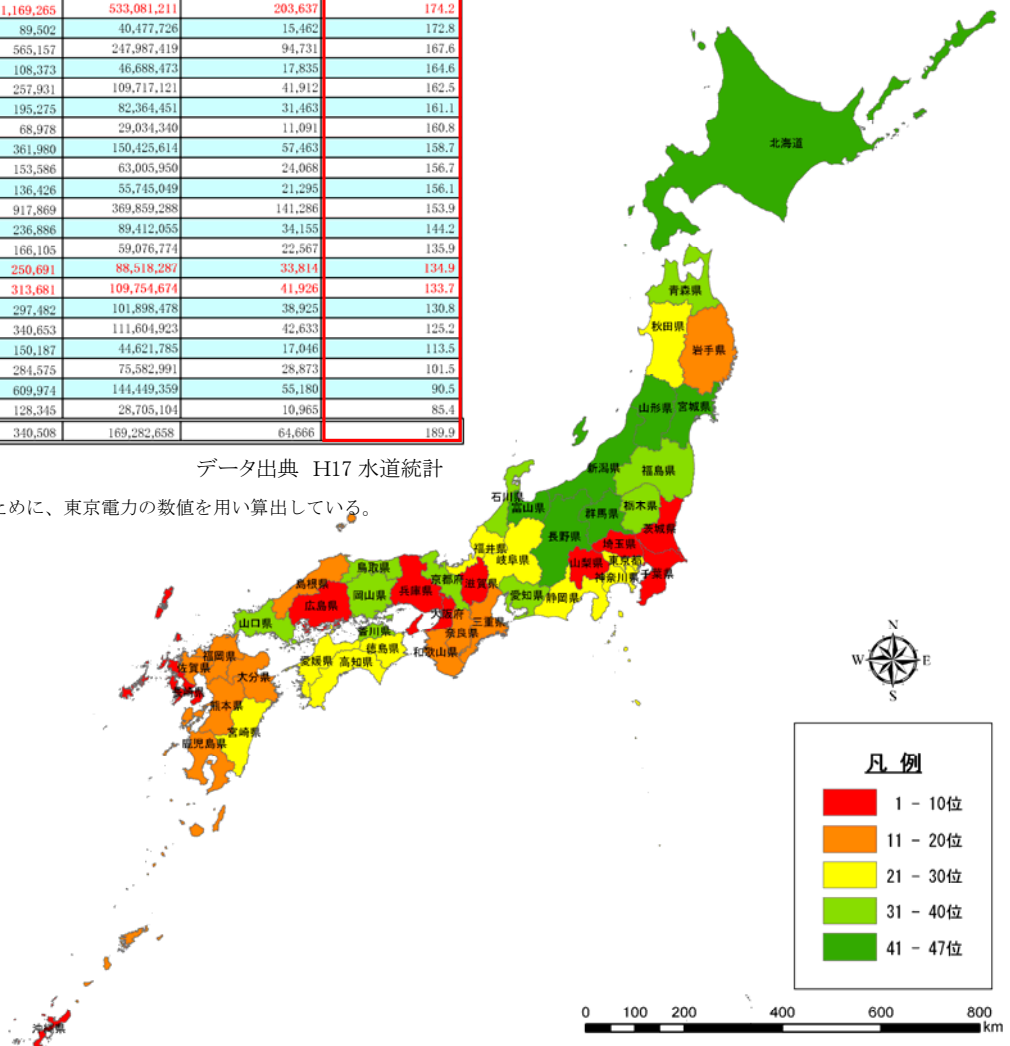
茨城県が首都圏の中では一番多く、次いで埼玉、千葉、山梨となり、ともに全国の上位 10 位内に位置している。また、茨城、千葉、埼玉は、総排出量のランキングの上位 10 内にも位置している状況である。

**浄水量1m<sup>3</sup>あたり二酸化炭素排出量 都道府県別ランキング**

順位	都道府県名	① 年間浄水量 (千m <sup>3</sup> )	② 電力使用量 (kWh)	総二酸化炭素排出量 (t-CO <sub>2</sub> ) ※排出係数 0.000382 (2005年度を含む過 去5年間平均値)	④=③/① 浄水量1m <sup>3</sup> あたり二 酸化炭素排出量 (g-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )
1	神奈川県	181,972	185,696,089	70,936	389.8
2	茨城県	322,983	229,805,712	84,348	261.2
3	兵庫県	720,294	482,211,626	184,205	255.7
4	大阪府	1,318,759	862,516,130	329,481	249.8
5	長崎県	142,310	90,484,362	34,565	242.9
6	千葉県	646,606	409,548,858	156,448	242.0
7	埼玉県	895,661	553,014,878	211,252	235.9
8	山梨県	118,447	69,730,637	26,637	224.9
9	滋賀県	184,088	105,808,935	40,419	219.6
10	広島県	342,515	191,411,412	73,119	213.5
11	福岡県	515,645	286,767,838	109,545	212.4
12	三重県	271,251	146,109,661	55,814	205.8
13	奈良県	179,487	96,327,019	36,797	205.0
14	熊本県	171,303	91,373,341	34,905	203.8
15	佐賀県	92,316	49,090,174	18,752	203.1
16	大分県	124,661	66,238,485	25,303	203.0
17	和歌山県	168,162	88,684,600	33,878	201.5
18	島根県	72,895	38,180,883	14,585	200.1
19	鹿児島県	177,944	91,864,067	35,092	197.2
20	岩手県	133,508	68,648,318	26,224	196.4
21	徳島県	113,254	57,505,294	21,967	194.0
22	岐阜県	243,638	120,573,274	46,059	189.0
23	東京都	1,653,928	806,395,271	308,043	186.2
24	宮崎県	144,314	69,787,739	26,659	184.7
25	福井県	107,535	51,308,511	19,600	182.3
26	愛媛県	157,489	74,190,744	28,341	180.0
27	神奈川県	1,169,265	533,081,211	203,637	174.2
28	高知県	89,502	40,477,726	15,462	172.8
29	静岡県	565,157	247,987,419	94,731	167.6
30	秋田県	108,373	46,688,473	17,835	164.6
31	岡山県	257,931	109,717,121	41,912	162.5
32	山口県	195,275	82,364,451	31,463	161.1
33	鳥取県	68,978	29,034,340	11,091	160.8
34	京都府	361,980	150,425,614	57,463	158.7
35	青森県	153,586	63,005,950	24,068	156.7
36	香川県	136,426	55,745,049	21,295	156.1
37	愛知県	917,869	369,859,288	141,286	153.9
38	福島県	236,886	89,412,055	34,155	144.2
39	石川県	166,105	59,076,774	22,567	135.9
40	栃木県	250,691	88,518,287	33,814	134.9
41	群馬県	313,681	109,754,674	41,926	133.7
42	長野県	297,482	101,898,478	38,925	130.8
43	新潟県	340,653	111,604,923	42,633	125.2
44	山形県	150,187	44,621,785	17,046	113.5
45	宮城県	284,575	75,582,991	28,873	101.5
46	北海道	609,974	144,449,359	55,180	90.5
47	富山県	128,345	28,705,104	10,965	85.4
	全国平均値	340,508	169,282,658	64,666	189.9

上位 10 位内に首都圏内の 4 県が位置している！

茨城、埼玉、千葉は総排出量の上位 10 位内にも位置している！



データ出典 H17 水道統計

※電力排出係数は対比するために、東京電力の数値を用い算出している。

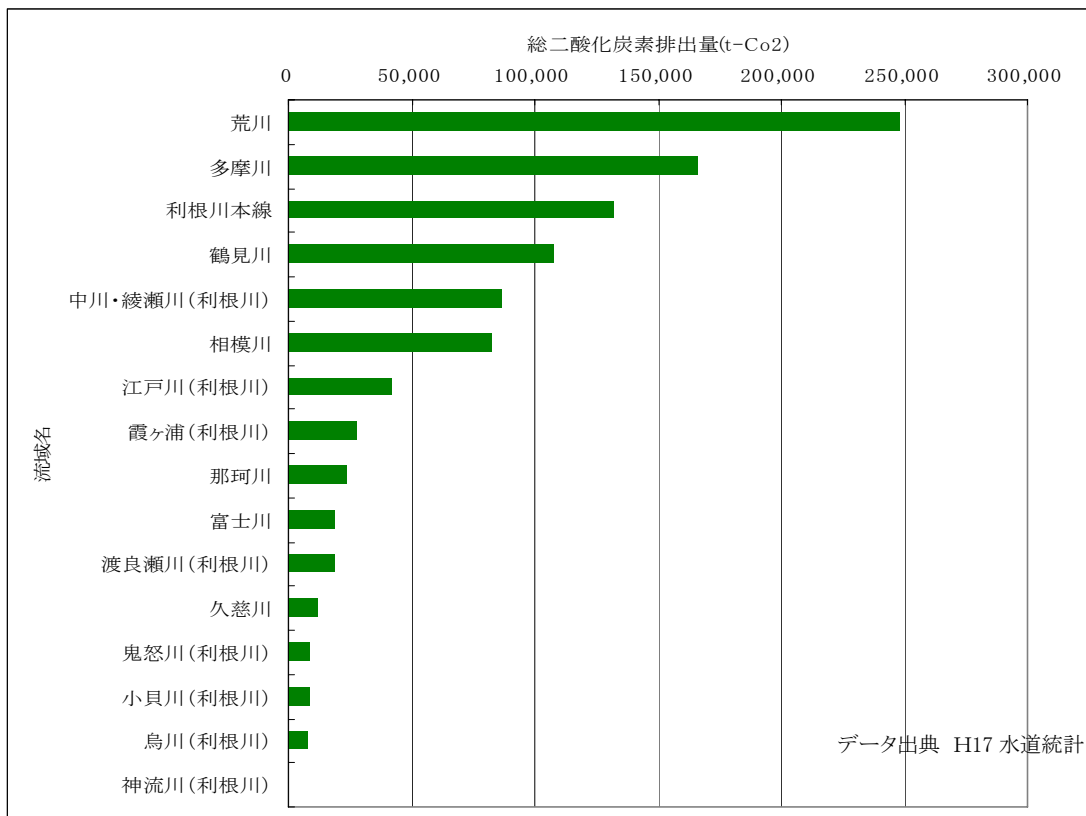
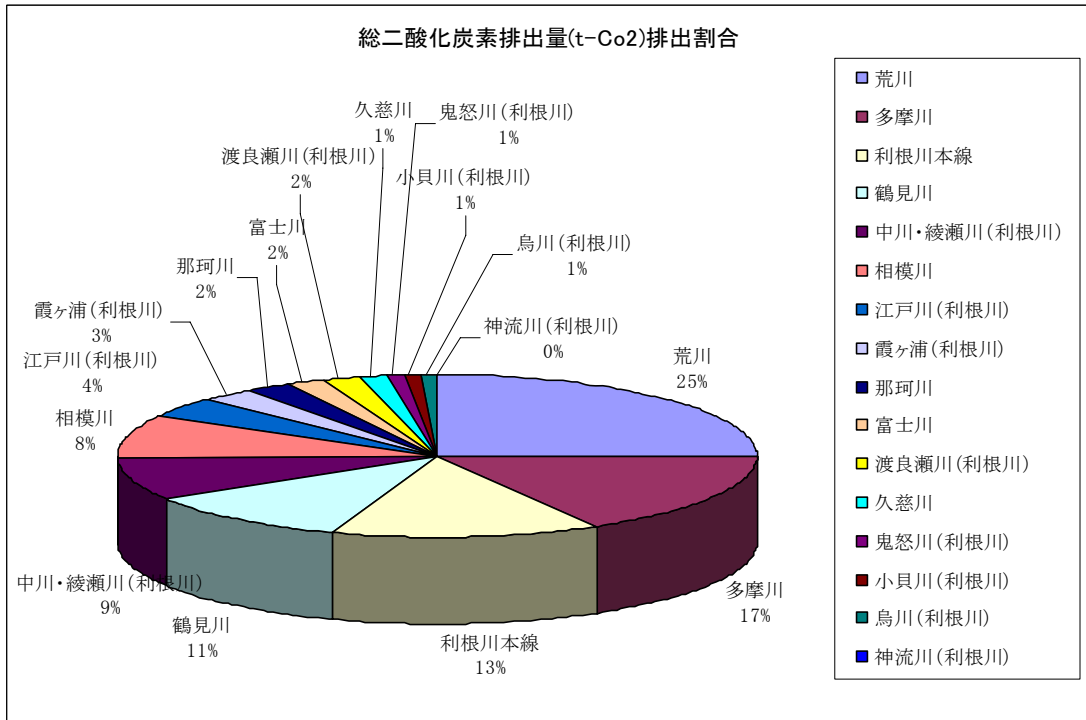
都道府県別 配水量1m<sup>3</sup>あたり単位排出量(t-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>) ランキング

### 3) 首都圏内水系別比較結果

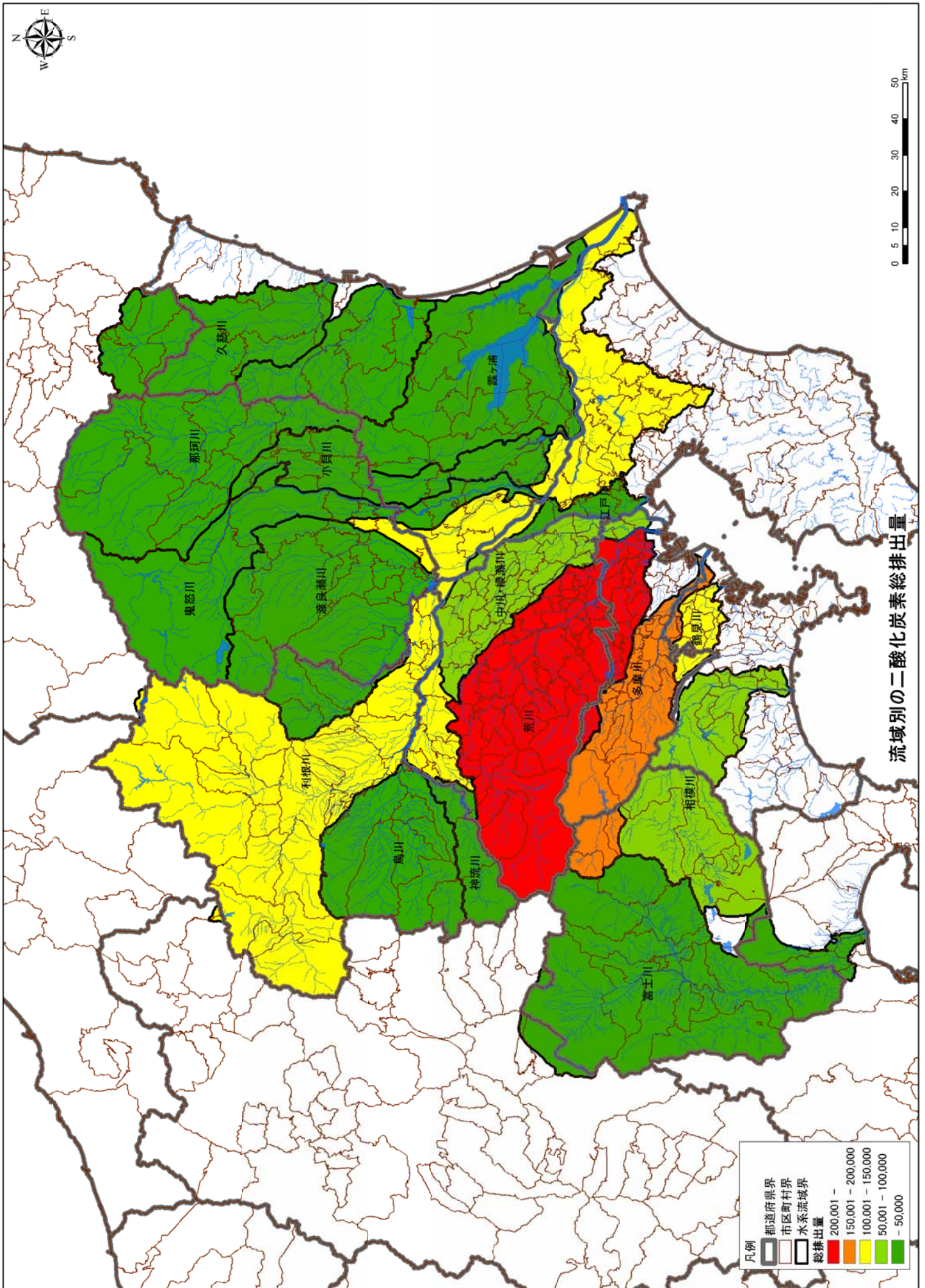
#### (1) 総二酸化炭素排出量(t-CO<sub>2</sub>)

水系別に、総二酸化炭素排出量(t-CO<sub>2</sub>)を算出した結果、利根川水系が首都圏全体の約 34% を占めており、次いで荒川水系が 25%、多摩川水系が 17%となり、3水系の合計で首都圏全体 76%を占めることとなる。

なお、利根川水系については流域面積が大きい(首都圏全体の 55%)ため、支川単位にて排出量を算出することとした。



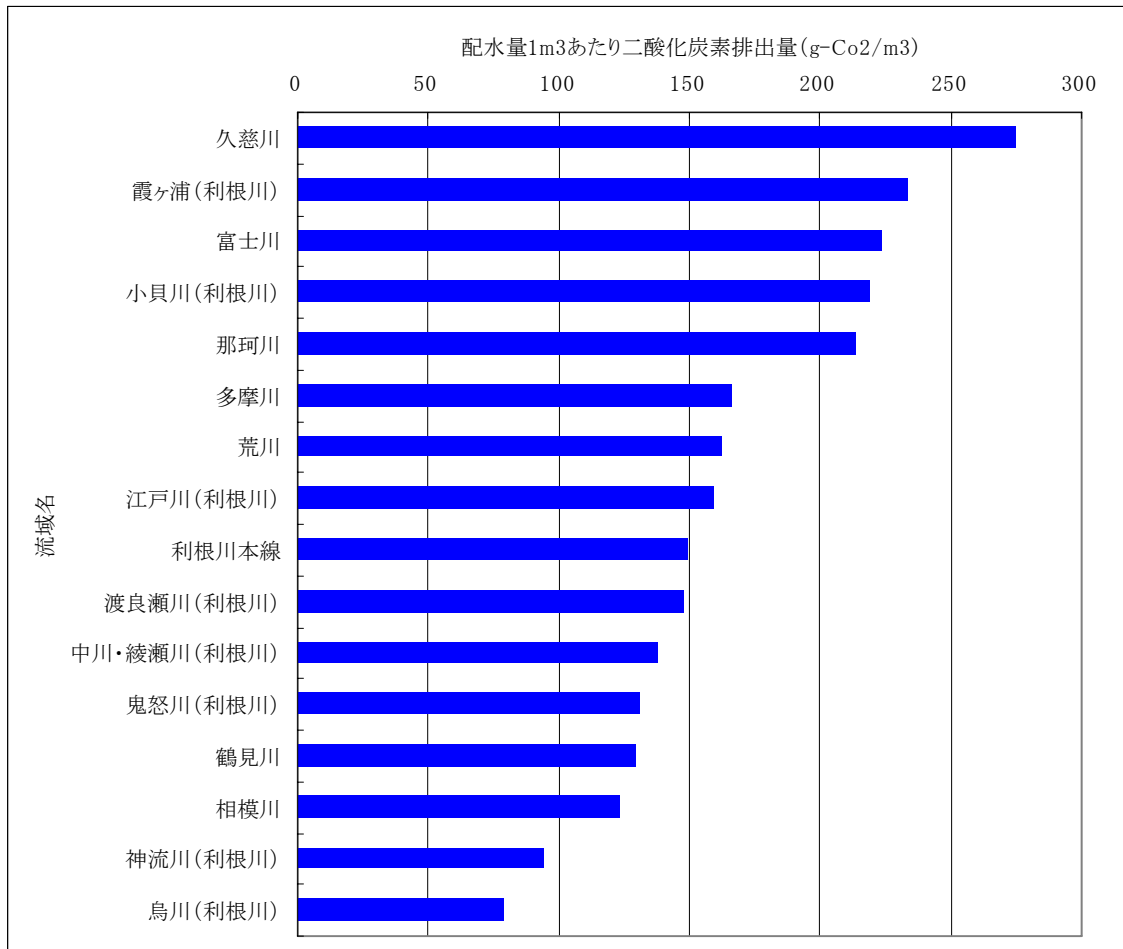




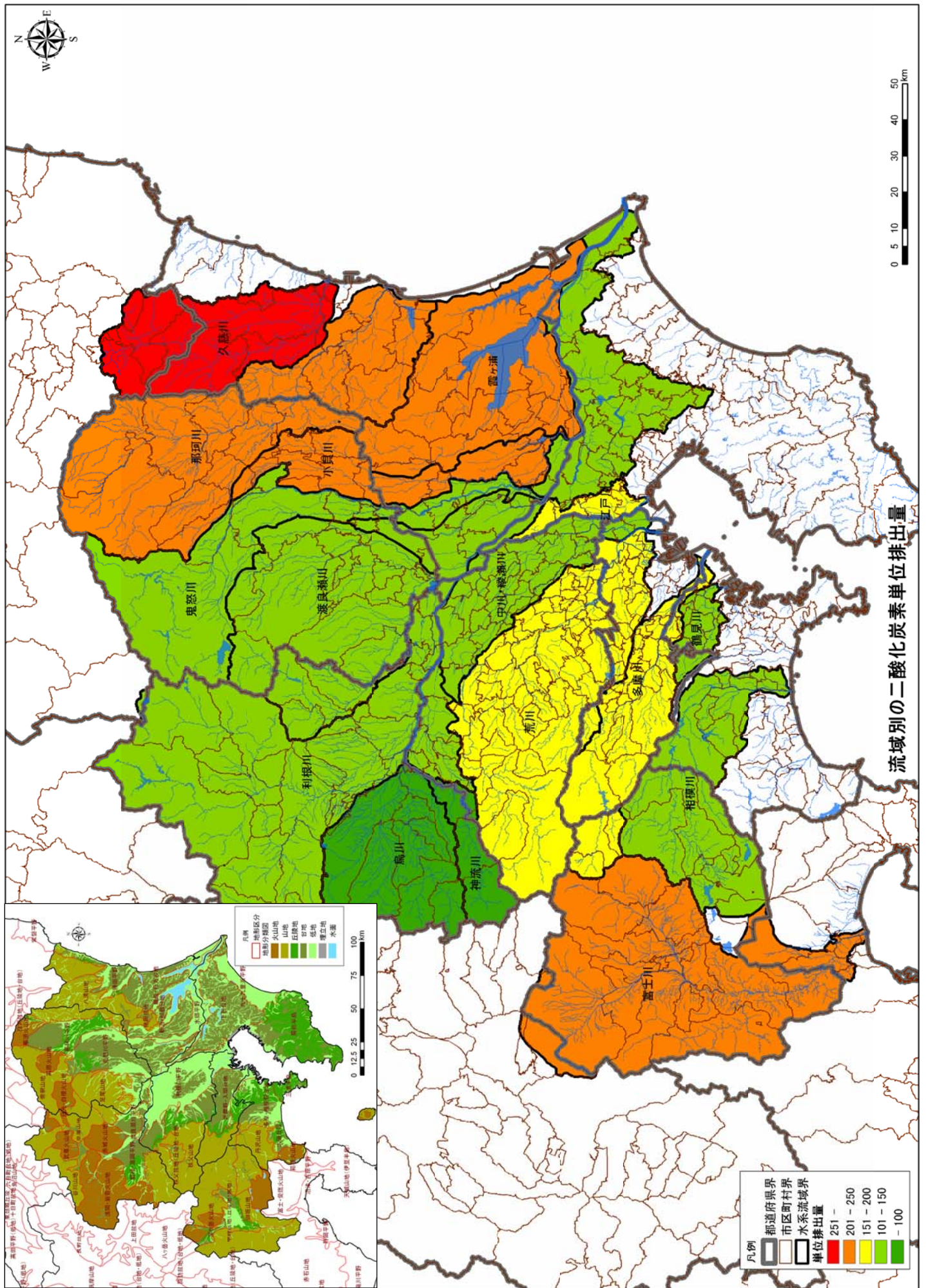
(2) 配水量 1m<sup>3</sup>あたり二酸化炭素排出量

配水量 1m<sup>3</sup> あたりの二酸化炭素排出量(g-Co2/m<sup>3</sup>)は、低地部や台地部など地形的に比較的平坦な地域が多い水系の数値が大きく、山地部が多い水系の数値は小さい傾向にある。

よって、現況においても水の輸送に関しては、なるべく位置エネルギーを利用した水道計画としていることが伺える。





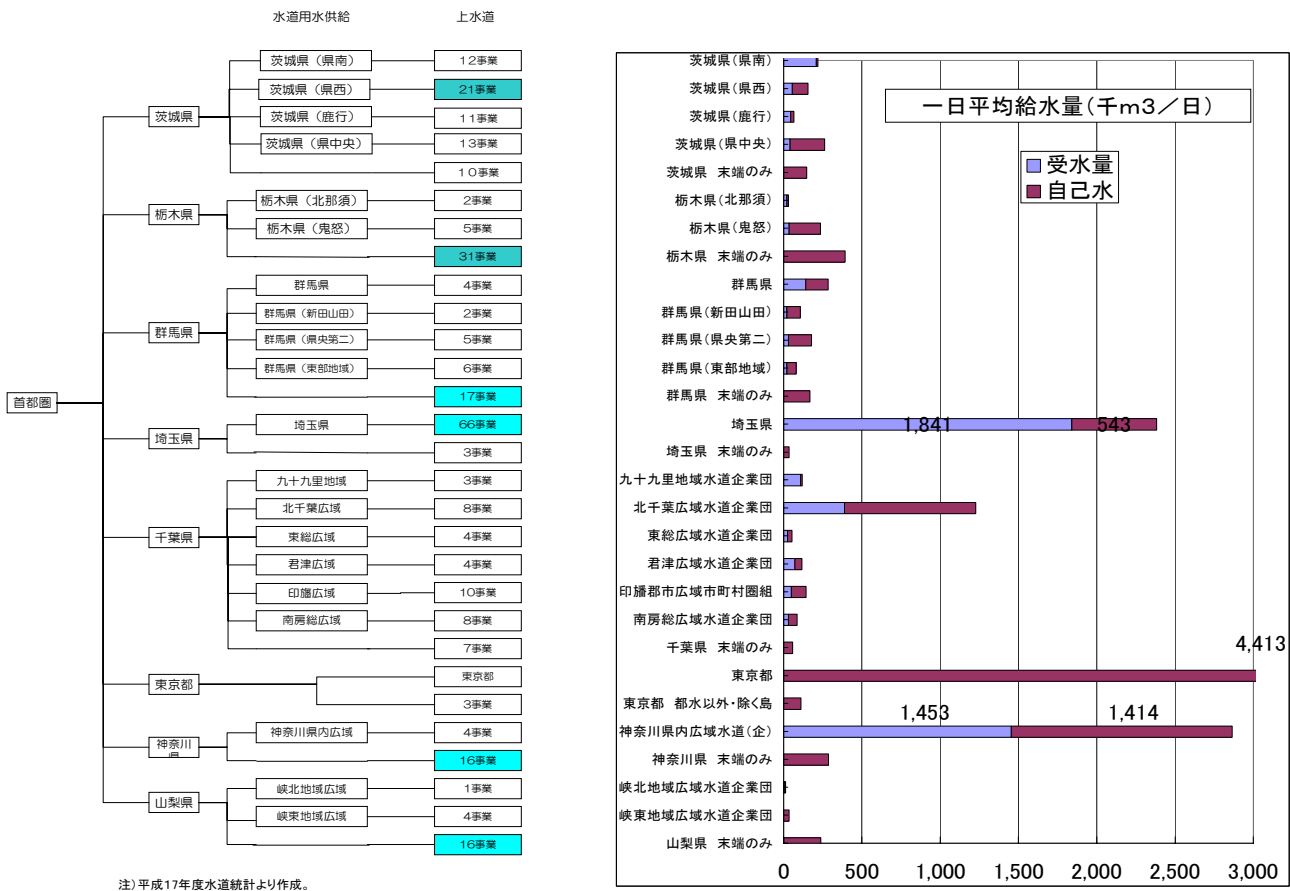


#### 4) 首都圏内の水道事業体別算出結果

総二酸化炭素排出量については、下図の一日平均給水量からみた4つの大規模水道事業体(東京都、神奈川県内広域水道企業団、埼玉県、北千葉広域水道企業団(千葉県水含む))からの排出量が、首都圏全体の総二酸化炭素排出量の約70%を占めている。

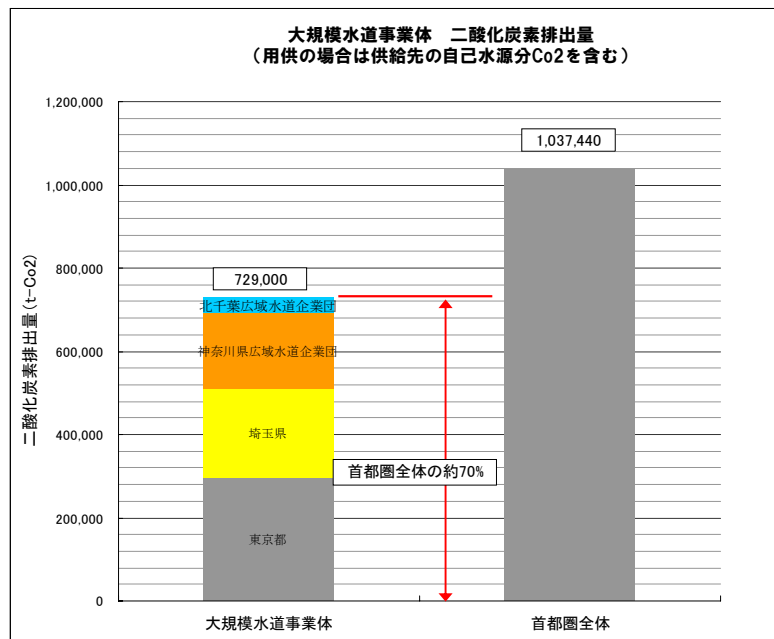
また、配水量  $1\text{m}^3$  あたりの二酸化炭素排出量は、低地部や台地部など地形的に比較的平坦な地域の数値が高い傾向にあることが伺える。

図1 首都圏の水道事業の概況

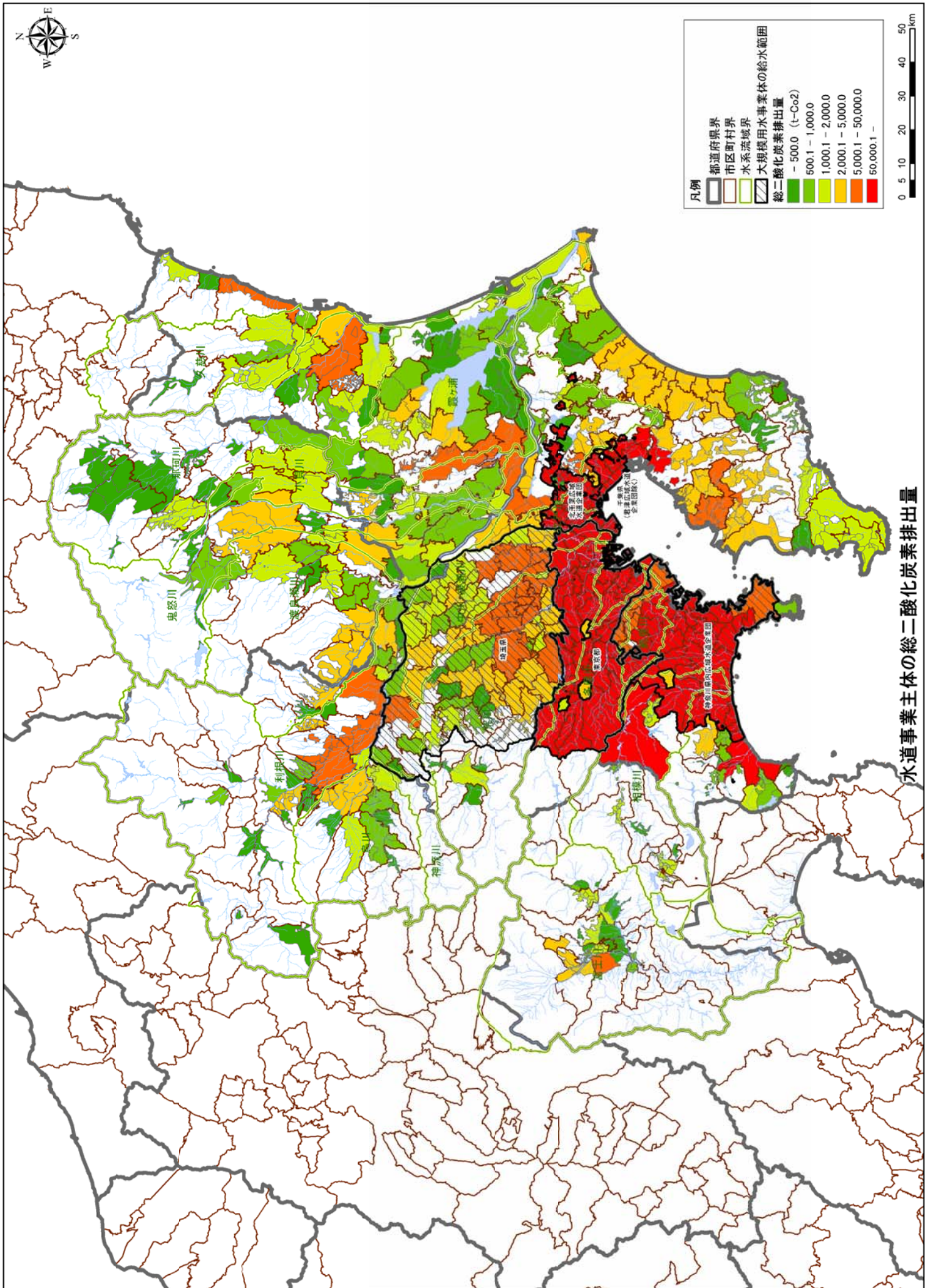


注) 平成17年度水道統計より作成。  
 注) 種数の雨水供給から受水している上水道は受水量が最大である用水供給に計上している。  
 注) 事業数15以上はボックスを着色している。

図 4.2-1 首都圏の水道事業の概況











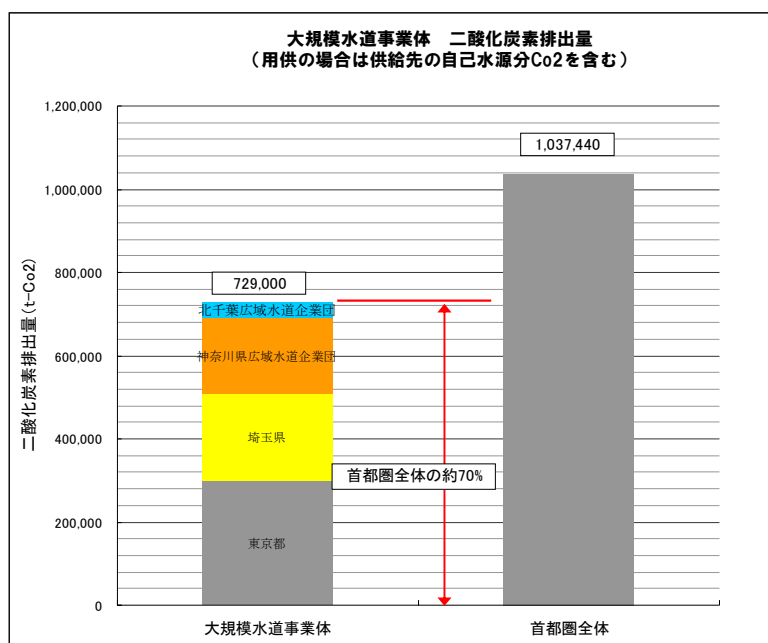
### 4.3 現況の首都圏水道システムに対するエネルギー面からの考察

前節まで整理を行った首都圏水道システムの二酸化炭素排出状況について、総二酸化炭素排出量と配水量  $1\text{m}^3$  あたり二酸化炭素排出量の両面から考察する。

#### 4.3.1 総二酸化炭素排出量(t-CO<sub>2</sub>)からの考察

首都圏内の一日平均給水量からみた上位4つの大規模水道事業者(東京都、神奈川県内広域水道企業団、埼玉県、北千葉広域水道企業団(千葉県水含む))からの排出量が、首都圏全体の総二酸化炭素排出量の約70%※を占めている。

よって、これらの大規模水道事業者において更なる対策を講じることが可能となると、首都圏全体に対する二酸化炭素排出量の削減効果は大きい。



データ出典：水道統計(H17)

※: 用水供給事業者の供給先である各水道事業者の電力量まで含んだ場合である。

#### 4.3.2 配水量 1m<sup>3</sup>あたり二酸化炭素排出量からの考察

配水量 1m<sup>3</sup>あたり二酸化炭素排出量について流域別および水道事業体別に二酸化炭素排出量を算出した結果、相対的に低地部や台地部など地形的に比較的平坦な地域の数値が大きく、山地部など位置エネルギーが活かし易い地域の数値が小さい傾向にある。

このことから、現況においても各水道事業体では、水の輸送に関しなるべく位置エネルギーを利用した水道計画としていることが伺える。

ただし、電気エネルギーの効率性の面から首都圏内を相対的にみた場合、以下のことが伺える。

- 給水人口規模の小さい水道事業体の方が単位当たり二酸化炭素排出量の数値が大きい傾向にある。
- 水道用水供給事業から浄水受入をしている水道事業体の方が単位当たり二酸化炭素排出量の数値が大きい傾向にある。
- 低地部や台地部など地形的に比較的平坦な地域の水道事業体の単位当たり二酸化炭素排出量の数値が大きい傾向にある。

## 1) 給水人口規模

電気エネルギー面から判断すると給水人口規模の小さい水道事業者の方が、単位当たり二酸化炭素排出量の数値が大きくエネルギー効率が悪い傾向にある。

ただし、給水人口規模が 50 万人以上と大規模になりすぎると単位二酸化炭素排出量は大きくなるため、電気エネルギー面から首都圏において最も効率的な給水人口規模(エネルギー面からの適正規模)は 25 万人以上 50 万人未満であることが伺える。

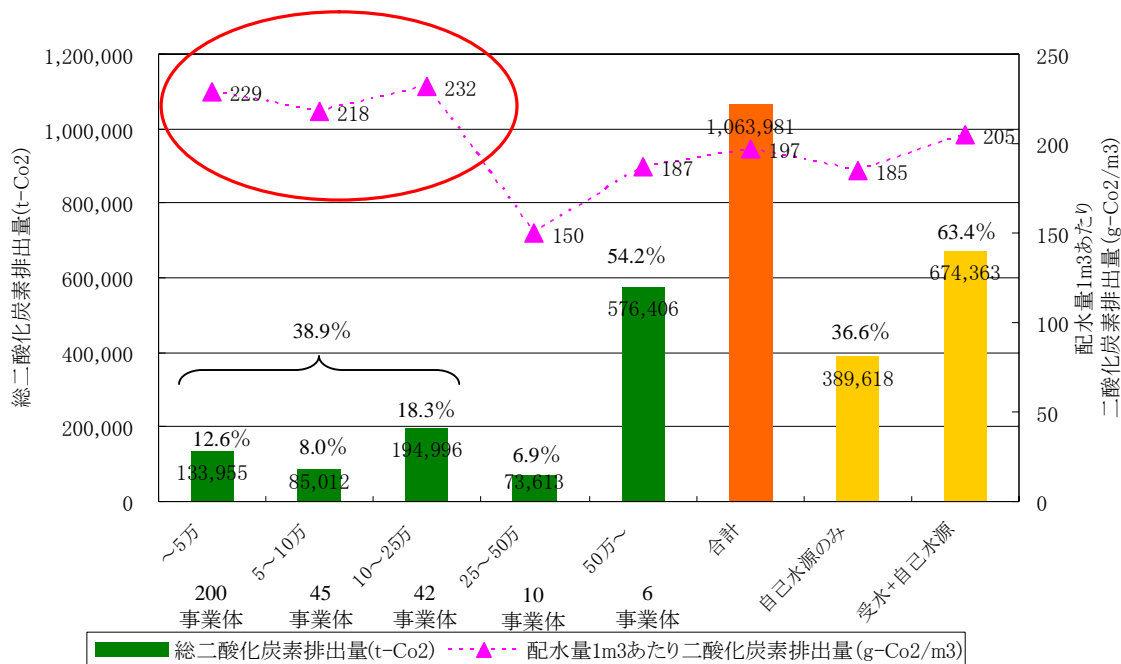


図 4.3-1 給水人口別単位二酸化炭素排出量 データ出典：水道統計(H17)

また、首都圏内において単位二酸化炭素排出量が高い上位の事業者についても、ほとんどが給水人口 5 万人未満の水道事業者である。

表 4.3-1 単位二酸化炭素排出量が高い上位事業者

データ出典：水道統計(H17)

順位	事業者名	都道府県	主な水源	計画給水人口(人)
1		東京都	深井戸水	9,000
2		山梨県	表流水(自流)	42,000
3		神奈川県	その他	10,900
4		栃木県	湖沼水	5,400
5		茨城県	深井戸水	31,800
6		栃木県	ダム直接・ダム放流	6,500
7		茨城県	ダム直接・ダム放流	12,000
8		茨城県	原水・浄水受水	10,370
9		茨城県	深井戸水	21,100
10		栃木県	深井戸水	8,000
11		茨城県	ダム直接・ダム放流	17,870
12		茨城県	深井戸水	38,900
13		千葉県	深井戸水	109,100
14		茨城県	原水・浄水受水	13,700
15		千葉県	深井戸水	18,210
16		茨城県	深井戸水	25,700
17		茨城県	原水・浄水受水	7,760
18		茨城県	深井戸水	44,700
19		茨城県	深井戸水	14,000
	首都圏平均	-	-	146,031
	全国平均	-	-	76,813

## 2) 水道用水供給事業から浄水受入をしている水道事業者

水道用水供給事業から浄水受入をしている水道事業者の方が、自己水源のみの水道事業体に比べ単位当たり二酸化炭素排出量の数値が約 1.1 倍大きく、総二酸化炭素排出量についても首都圏全体の約 63%を占めている。

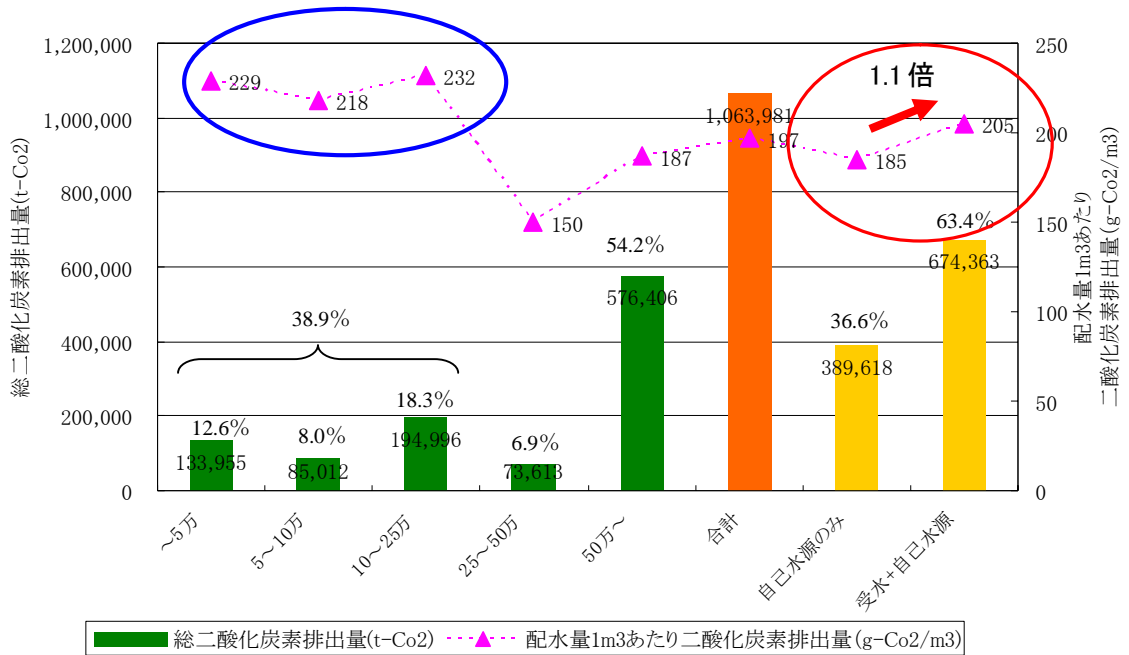


図 4.3-2 給水人口別単位二酸化炭素排出量 データ出典：水道統計(H17)

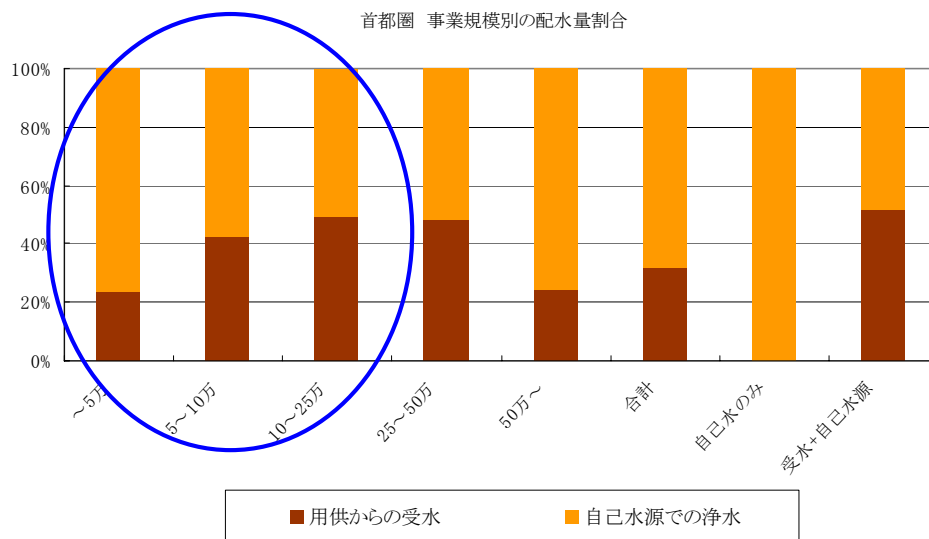


図 4.3-3 給水人口別浄水量割合 データ出典：水道統計(H17)

また、給水人口規模 5 万人未満の水道事業者より、給水人口規模は 10 万人以上 25 万人未満の単位あたり二酸化炭素排出量が大きくなっている要因としては水道用水供給事業からの浄水受入の割合が大きいことに起因している可能性もある。

よって、水道用水供給事業の更なるエネルギー効率を高めるための対策を講じることも有効な手段と考えられる。



### 3) 地形的に平坦な地域の水道事業者

首都圏内において地形的に低地部の面積割合が大きい茨城県内の水道事業者で単位二酸化炭素排出量が高い上位 10 事業者について配水量 1m<sup>3</sup>あたりのポンプの電動機出力状況について整理した。

結果、上位 10 事業者の平均値は首都圏平均値に比べ約 2～3 倍の電動機出力が必要となっており、水道事業者によっては 10 倍近くの電動機出力を要している。

また、ポンプ電動機出力の施設別割合をみると配水施設のポンプ出力が 46%と最も割合を占めており、次いで取導水施設(29%)、送水施設(19%)、浄水施設(6%)となっている。

表 4.3-2 配水量あたりのポンプ電動機出力状況

(茨城県内単位二酸化炭素排出量上位 10 事業者)

データ出典：水道統計(H17)

順位	主な水源	浄水受水	年間配水量	配水量1m <sup>3</sup> あたり原動機能力(Wh/千m <sup>3</sup> )								合計
				取導水施設	割合	浄水施設	割合	送水施設	割合	配水施設	割合	
1	深井戸水	543	2,778	82	33.2%	10	3.9%	73	29.5%	83	33.4%	249
2	ダム直接・ダム放流	0	1,295	126	27.9%	33	7.2%	17	3.8%	277	61.1%	453
3	原水・浄水受水	244	244	383	22.1%	35	2.0%	89	5.1%	1,230	70.8%	1,737
4	深井戸水	683	1,424	96	57.0%	1	0.3%	72	42.7%	0	0.0%	168
5	ダム直接・ダム放流	0	1,527	137	38.8%	23	6.5%	91	25.9%	102	28.8%	352
6	深井戸水	1,459	3,315	50	21.2%	27	11.4%	29	12.2%	130	55.3%	236
7	原水・浄水受水	656	1,069	61	19.5%	21	6.7%	34	10.9%	196	62.9%	311
8	深井戸水	394	1,557	52	27.4%	28	14.8%	15	8.0%	95	49.8%	191
9	原水・浄水受水	157	296	57	37.6%	0	0.0%	32	21.3%	63	41.2%	152
10	深井戸水	225	3,761	76	28.5%	0	0.0%	78	29.5%	111	42.0%	265
上記10事業者			17,266	87	29.0%	16	5.5%	56	18.8%	140	46.7%	299
(上記のうち用水からの按分)			4,758	52		3		66		3		
首都圏		1,706,832	7,078,094	39	27.2%	5	3.6%	46	32.0%	53	37.2%	142
全国		4,649,842	20,653,728	35	26.2%	8	5.7%	55	41.0%	36	27.1%	133

茨城県内 単位CO<sub>2</sub>排出量上位10事業者  
配水量あたり原動機出力 施設別割合

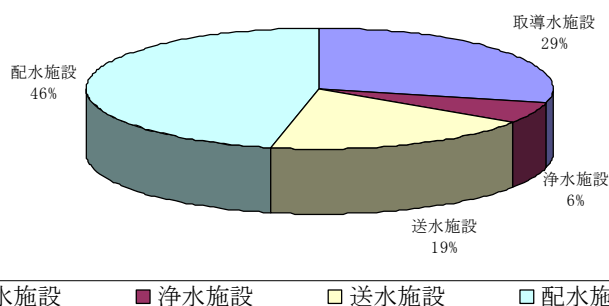


図 4.3-4 配水量あたりのポンプ電動機出力施設別状況

データ出典：水道統計(H17)

## 第5章 シミュレーションモデルの構築



## 5. シミュレーションモデルの構築

### 5.1 シミュレーションモデルの対象範囲

#### 5.1.1 モデル化対象範囲

本章においては、エネルギー最適化案の一方策である「取水地点の変更」・「浄水場位置の変更(統廃合含む)」によって導水・送水・配水に伴う電力使用量の低減を定量的に検討するために、シミュレーションモデルの構築を行う。エネルギー低減効果のイメージを図 5.1-1 に示す。

取水地点の変更および浄水場位置の変更の効果は、“位置エネルギーの増加に伴う、導水・送水エネルギーおよび配水エネルギーの低減”が想定される。取水地点の変更・浄水場位置の変更に伴い、浄水場までの導水ルート及び受水点までの送水ルートが変更され、そのエネルギー(電力使用量)の低減量を算出するために、シミュレーションモデルの構築を行う\*。

シミュレーションモデルは、「導水・送水シミュレーションモデル(下図①および②)」と「配水シミュレーションモデル(下図③)」に分け構築するものとする。

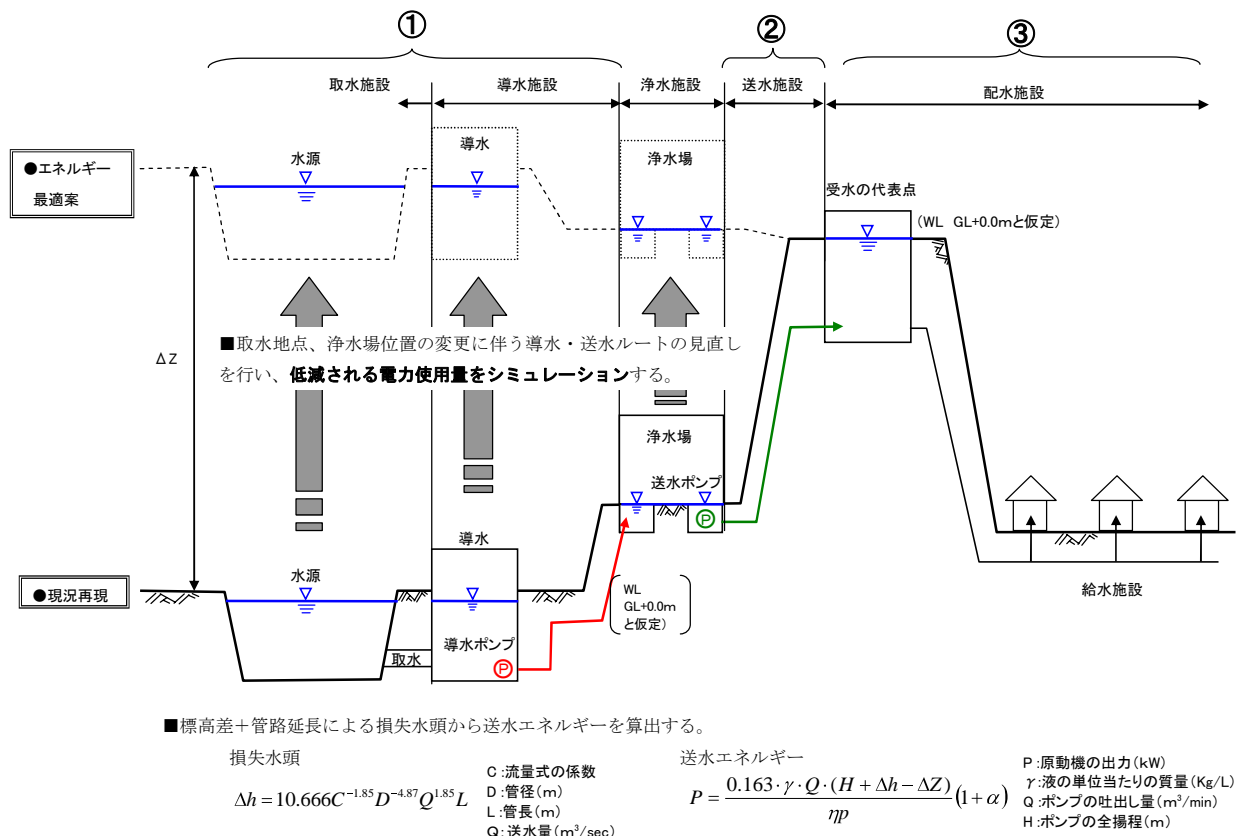


図 5.1-1 エネルギー最適化案を採用した場合のエネルギー低減効果

\*取水地点の変更においては“原水水質の清浄化による浄水システムの簡素化による電力使用量の低減”も想定されるが本章でのシミュレーションモデルには考慮していない

なお、水道施設での電力使用量の約9割近くが、ポンプによるものである。

表 5.1-1 首都圏における施設別電力使用量及び割合

施設名	取・導水ポンプ	浄水ポンプ	送水ポンプ	配水ポンプ	その他
電力使用量(万 kWh)	68,421	8,920	80,454	93,381	27,908
割合	25%	3%	28%	34%	10%

※上表における各ポンプの電力使用量(kWh)の割合は、H17 水道統計の電力使用量をベースに各ポンプの原動機出力(kW)の割合にて按分した数値である。なお、ポンプ以外の電力使用量については「地球環境時代の水道／水道と地球環境を考える研究会(1992)」を参考に 10%と仮定した数値である。

【参 考】

水道事業で消費されるランニングエネルギーの内、導水・送水・配水ポンプが占める割合は、「地球環境時代の水道／水道と地球環境を考える研究会(1992)」によると、約 81%を占めているという結果が出ている。図 5.1-2は電力使用量以外の数値(薬品など)も勘案し割合を算出しているが、水道システムにおける導水・浄水・送水ポンプのランニングエネルギー消費の大きさを表している。

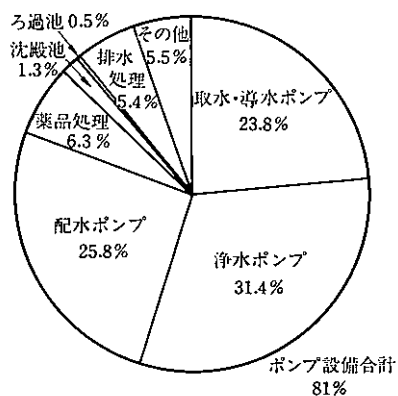


図 4-3 水道施設別ランニングエネルギー比率

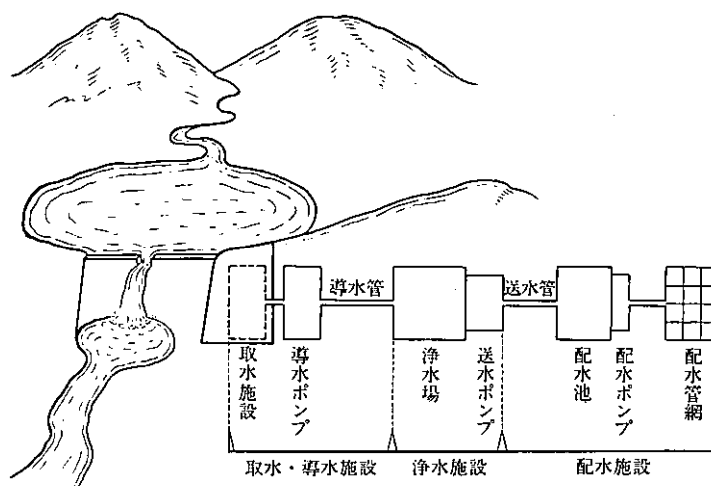


図 5.1-2 水道施設別ランニングエネルギー比率 出典:地球環境時代の水道

### 5.1.2 シミュレーション現況再現対象地域

首都圏における水道事業者数は 300 事業者以上と非常に多いため、シミュレーションを実施する対象地域は、削減効果の大きいエネルギー消費量が多い事業者に絞るものとする。

エネルギー消費量の多さは、給水人口及び給水量に比例し多くなると考えられる。

図 5.1-3 に首都圏内事業者のうち、①用水供給事業者・用水から受水している事業者、②自己水源により給水を行っている事業者それぞれの 1 日平均給水量を示す。

図 5.1-3 を見ると、首都圏内事業者における 1 日平均給水量が大きい事業者から順に、「東京都」、「神奈川広域水道企業団」、「埼玉県」、「北千葉広域水道企業団(千葉県水含む)」となっている事がわかる。

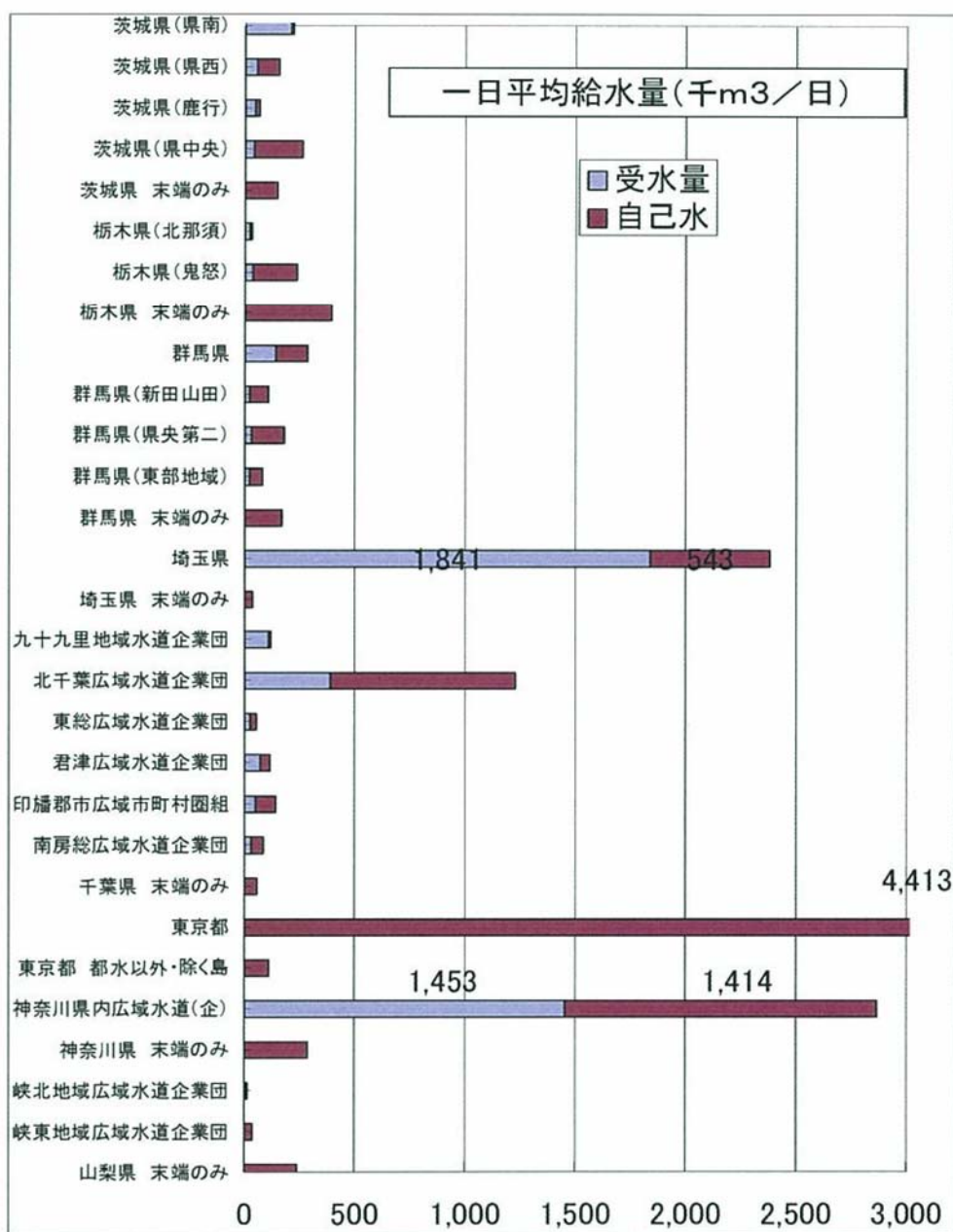


図 5.1-3 ①用水事業者及び用水から受水している事業者  
②自己水給水事業者の 1 日平均給水量

図 5.1-4に「東京都」、「神奈川県広域水道企業団」、「埼玉県」、「北千葉広域水道企業団(千葉県水含む)」から排出される二酸化炭素排出量を示す。図 5.1-4 を見ると、からの二酸化炭素排出量が首都圏内事業者から排出される二酸化炭素排出量のうち約 7 割を占めている事がわかる。

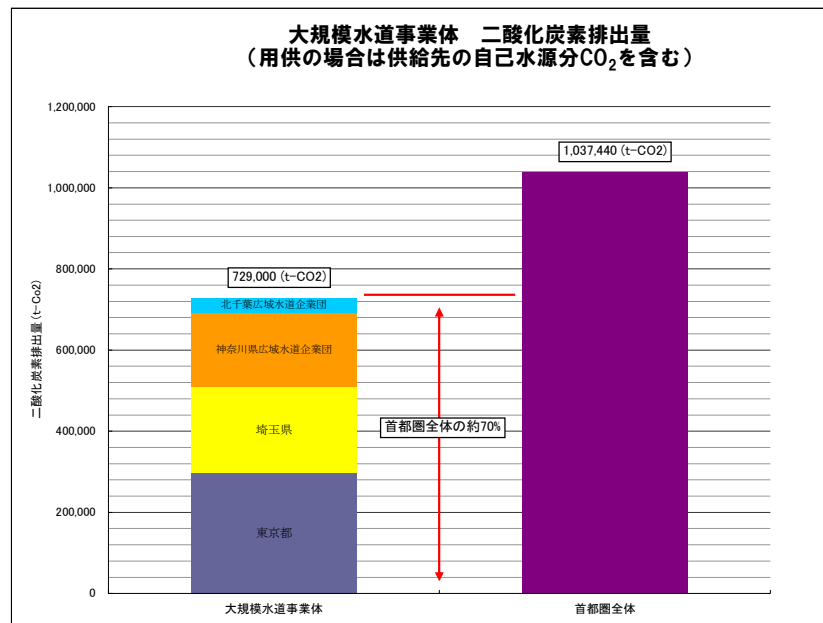


図 5.1-4 事業者及び受水事業者の首都圏全体に占める CO2 排出割合

よって、「東京都」、「神奈川県広域水道企業団」、「埼玉県」、「北千葉広域水道企業団」は削減効果が高い事業者と判断し、今回の現況シミュレーションモデルの対象地区は、①「東京都」、②「埼玉県」、③「北千葉広域水道企業団」及び北千葉広域水道企業団の受水団体である「千葉県水」、④「神奈川県内広域水道企業団」及び神奈川県広域水道企業団の受水団体である「神奈川県水」、「横浜市」、「川崎市」、「横須賀市」とする。

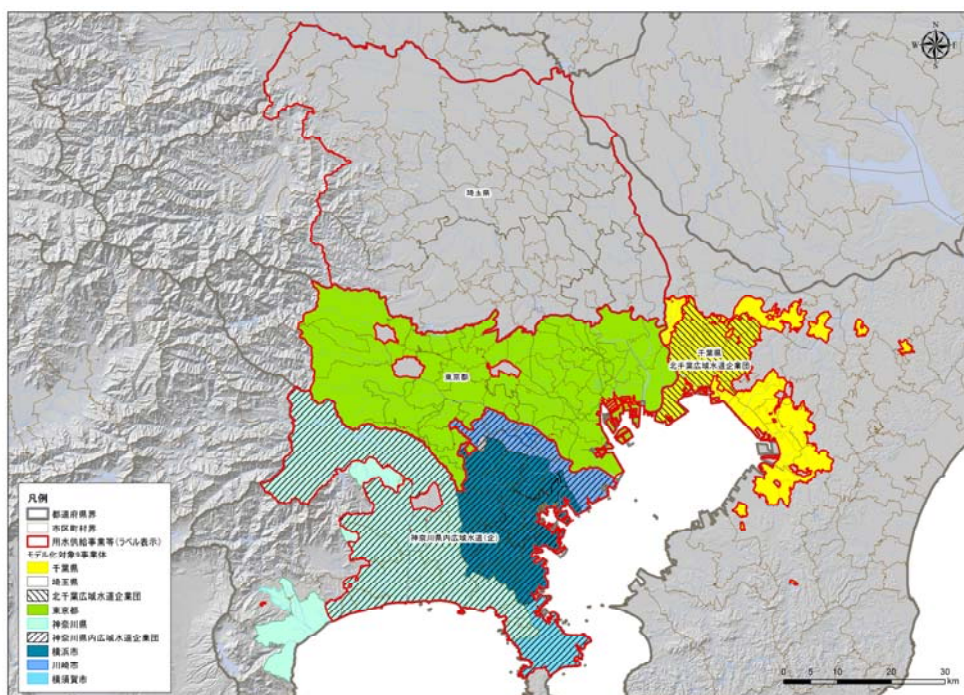


図 5.1-5 現況再現のモデル化対象地域

## 5.2 導水・送水シミュレーションによる現況再現

### 5.2.1 前提条件・手法

本検討におけるシミュレーションモデルは、汎用性を高めるため、なるべく簡略化・単純化したモデルの構築に留意するものとし、以下に示す前提条件によりモデルを構築しシミュレーションを実施する。

#### ①公表資料を基に現況モデルを構築する

本検討においては公表資料(ホームページ、パンフレット)より知り得た情報のみを基に現況再現モデルを構築する。よって、実情の管布設ルートや需要量と比べ相違があることも考えられるがやむを得ないものとする。

#### ②導水量・送水量は日平均給水量とする

導水量・送水量は、一人一日あたりの日平均給水量原単位と給水人口(将来計画では人口問題研究所の予測値)により算出される値を設定する。

#### ③損失は延長方向の摩擦損失のみとする(ヘーゼンウィリアムス公式)

取水地点～浄水地点間、浄水地点～配水池地点間の導水・送水に伴う水頭損失の変化を対象とし排出ガス量の削減について検討する。導水・送水管路の曲がり、局所(呑み口、出口等)損失は考慮せず、延長方向の摩擦損失のみを対象とする。(ヘーゼンウィリアムス公式)

#### ④取水地点・浄水場地点は公表資料で把握した現況地点とする

取水地点および浄水場地点は、公表資料により把握した現況(H17年度)と同様の地点に設定する。

#### ⑤各市区町村で受水代表点は1箇所とする

各市区町村における受水点は、代表点1箇所のみとする。代表点は市街地の平均標高地点とし、平均標高地点が複数ある場合は、各行政区域での重心位置に最も近い箇所に設定する。

※土地利用データは、「土地利用細分メッシュ」国土数値情報、標高データは、「数値地図 50mメッシュ(標高)」国土地理院を使用



図 5.2-1 需要の代表点決定方法イメージ

**⑥各節点(取水地点・浄水場地点・受水代表点)は直線で結ばれると仮定する**

取水地点～浄水場地点～受水代表点間の系統は、直線で結ばれるものと仮定する。

このため、管路延長方向の摩擦損失は実際の管路の敷設延長より短く設定した条件によるため、実際との差を補完する誤差率を別途設定して考慮していくものとする。

**⑦エネルギーの算出は定常時を想定する**

導水管、送水管の途中区間の縦断形状は無視し、導水・送水に必要なポンプ原動機動力(電動モータを想定、送水エネルギー)は定常時を想定する。また、各節点での標高を考慮した有効水頭の確保は無視し、地盤面(GL±0m)を基準にエネルギーを算出する。

**⑧導水管・送水管口径は、管内流速を1～2m/s程度に仮定し想定する**

現況の導水管・送水管の口径等諸元は、経済流速の視点より管内流速を1～2m/s程度に仮定し想定する。(但し、最大口径はダクタイル管を想定し2.6mとする)

**⑨シミュレーションによるエネルギー量の算出は浄水場系統別に行う**

シミュレーションによるエネルギー量の算出は浄水場系統別に個々に行い、各水道事業体におけるエネルギー量合計値はその総和とし算出する。



## 5.2.2 計算フロー(現況再現～将来対策への活用)

本節において実施する現況再現のシミュレーション結果の活用手順は以下のとおりとする。

- シミュレーションモデルの妥当性を検証するため、現況再現モデルによるシミュレーション結果と実績データ(平成 17 年度水道統計)とを比較しその誤差の比率を算出する。なお、誤差の比率をなるべく小さくするため各種条件等の修正を行いながらシミュレーションモデルのキャリブレーションを実施する。(下図①)
- シミュレーションモデルを確定した後、将来のエネルギー最適化案についてシミュレーションを実施する。ただし、本シミュレーションモデルにおける誤差を補正するため、現況再現モデルにおいて生じた誤差の比率(換算係数)をエネルギー最適化案のシミュレーション結果に乗じる。(下図②)
- 最後に補正を行ったエネルギー最適化案の電力使用量と 2005 年の実績データを比較し、最適化案におけるエネルギー削減量の評価を行う。(下図③)

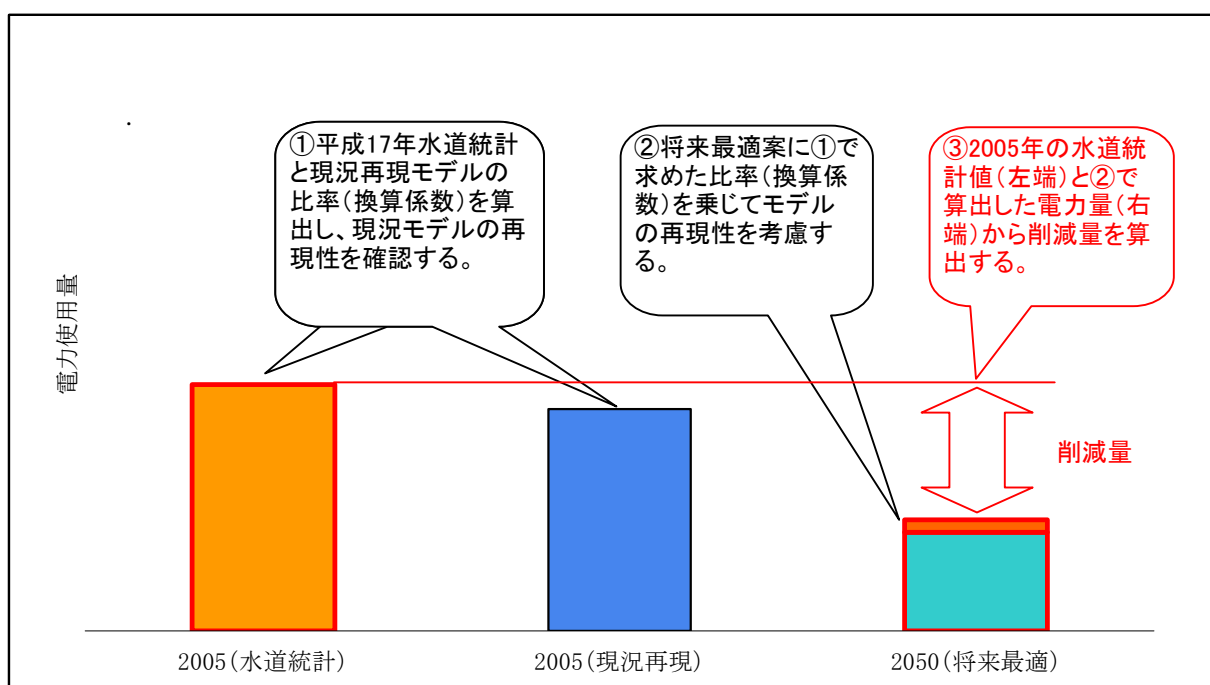


図 5.2-2 電力使用量の削減量算出イメージ

なお、シミュレーションモデルの詳細な計算フローは、次頁の「図 5.2-3」に示す。

現況再現モデル(2005年)

■ H17水道統計値

● 事業体別 導水・送水管路延長誤差率の算出  
 ⇒ 導水・送水管路延長換算係数 = H17水道統計値 / モデル導水・送水管路延長  
 ・ 摩擦損失の計算時に、モデルでの管路延長 × 管路延長換算係数を代入し、導水・送水エネルギーの算出を行う。

○ ポンプによる電力使用量の算出  
 ・ 地球環境時代の水道(1992)を参考に、電力消費に占めるポンプによる電力使用割合を算出 ⇒ 約90%

○ 導水・送水電力使用量を算出  
 ・ H17年水道統計に記載の、導水・浄水・送水・配水施設それぞれの原動機出力(kW)の数値から、割合(%)を算出。  
 ・ その割合を用いて事業体電力消費量を按分し、導水・送水電力使用量を算出する。

● 導水・送水電力使用量誤差率の算出  
 ・ 電力使用量換算係数 = 導水・送水ポンプ実績使用量 (H17水道統計内電力使用量を按分した値) / モデルでの導水・送水ポンプ電力使用量

エネルギー最適案モデル(2050年)

■ シミュレーションモデル

○ 新たに設定した導水・送水ルートの延長を算出

● (現況首都圏平均) 導水・送水管路延長誤差率を用い、導水・送水管路延長を補正

○ 損失水頭(摩擦のみ)を算出

○ 導水・送水エネルギーを算出

○ 導水・送水分電力使用量算出  
 ・ 導水・送水分電力使用量 = 導水・送水エネルギー × 24時間 × 365日として算出。

● (現況首都圏平均) 導水・送水電力使用量誤差率を上記シミュレーション結果に乗じた値をエネルギー最適案における導水・送水電力消費予測値とする。

○ (補正済み) 導水・送水分電力使用量算出

二酸化炭素削減量の算出

図 5.2-3 導水・送水シミュレーションモデルにおける電力使用量算出フロー



### 5.2.3 現況再現モデル図

本検討での対象地域となった①「東京都」、②「埼玉県」、③「北千葉広域水道企業団」及び北千葉広域水道企業団の受水団体である「千葉県水」、④「神奈川県内広域水道企業団」及び神奈川広域水道企業団の受水団体である「神奈川県水」、「横浜市」、「川崎市」、「横須賀市」でモデル構築を行った結果を次頁以降に示す。

取水地点及び浄水場地点は公表資料から配置し、配水地点(需要の代表点)は、各市区町村の重心位置に最も近い市区町村の平均標高点に配置している。また、その節点をつなぐ直線を本シミュレーションモデル上の管路とする。

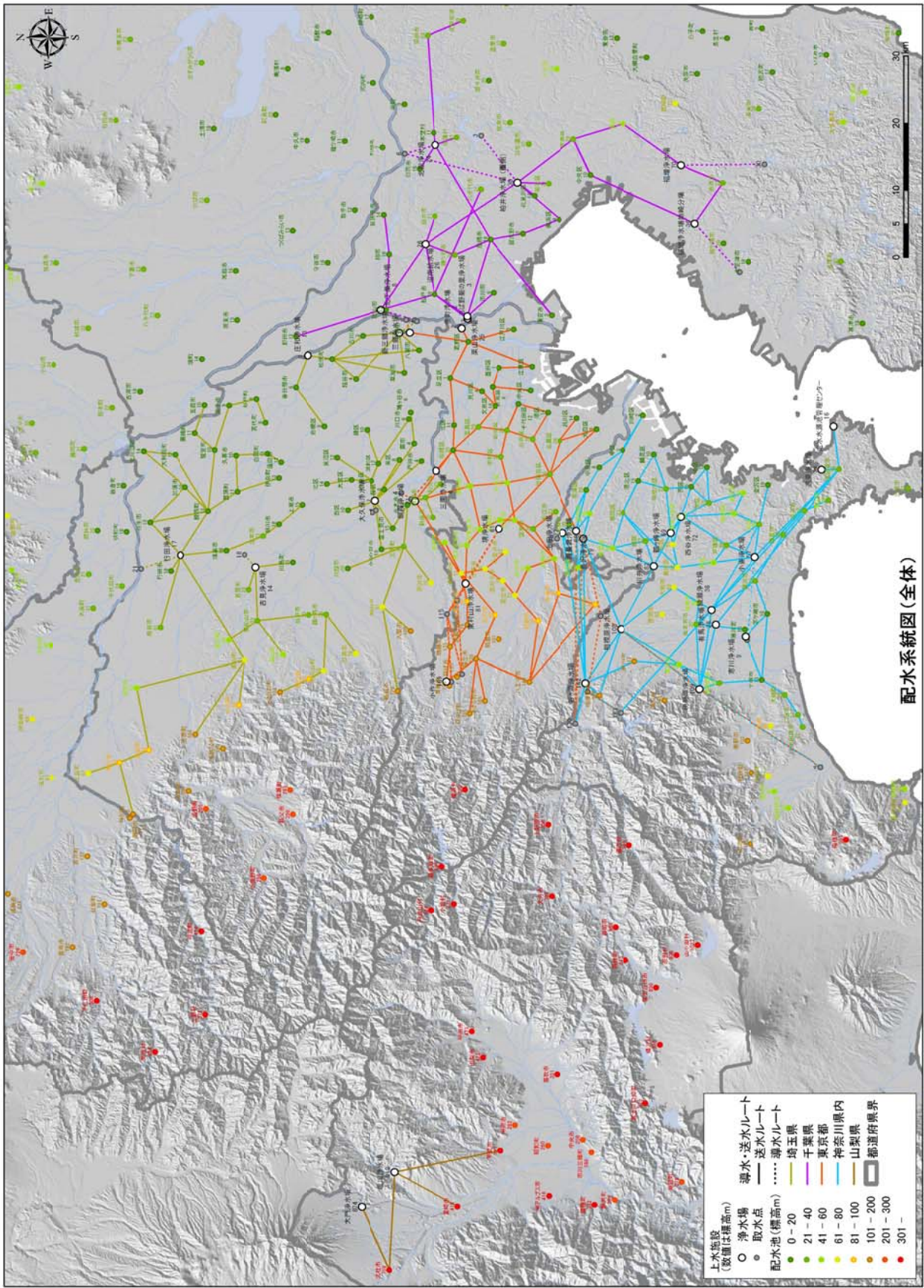


図 5.2-4 現況再現モデル 配水系統図

※上記の配水系統図は、公表資料から作成しており、実状の取水地点・浄水場位置・管布設ルートと異なる可能性がある。受水代表点は各市町村に1箇所としモデルの簡略化を行った。

## 5.2.4 浄水場系統モデルの一例による現況再現結果

図 5.2-5 に対象地域内の浄水場系統モデルの一例を示す。

この浄水系統モデルは、導水管延長約 389m、送水管延長 9,707m、で構成される系統(ルート)を持つ。

浄水場の 1 日平均給水量は約 73.1 万 m<sup>3</sup>/日であり、この値は需要の代表点における 1 日平均給水量のを合計した値である。

需要量は、各市区町村の実績データ(平成 17 年度水道統計内、一日平均給水量)を用いて設定した。

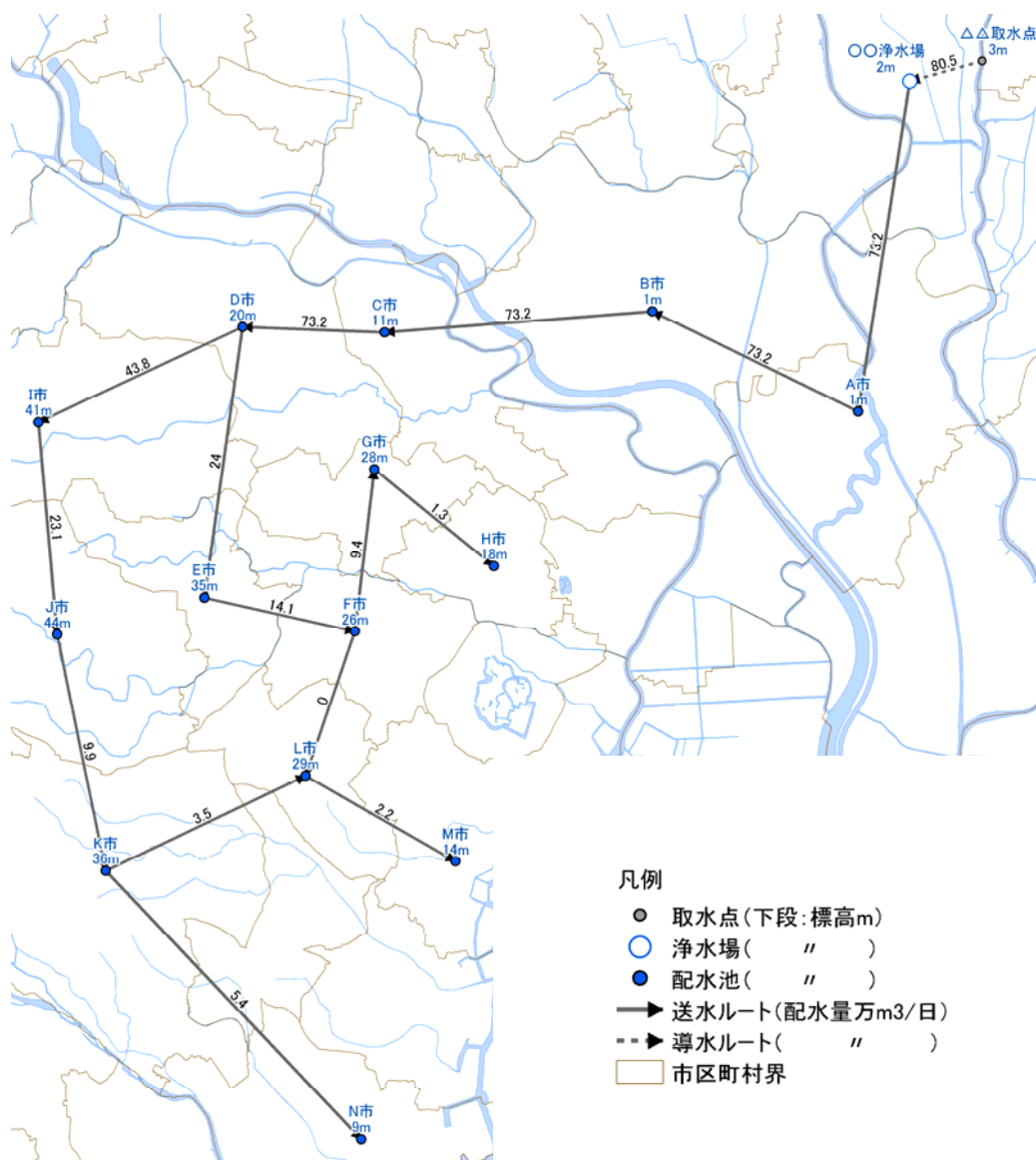


図 5.2-5 浄水系統モデルの一例



表 5.2-1 に図 5.2-5 浄水システムモデルの一例 で示した浄水場システムの送水エネルギー算出結果を示す。エネルギーの算出には、標高差と損失水頭(式 1)から全揚程を算出し、その全揚程を確保する為に必要な送水エネルギー(式 2)を算出する。

■ 式 1 損失水頭

$$\Delta h = 10.666C^{-1.85} D^{-4.87} Q^{1.85} L$$

C : 流量式の係数  
D : 管径 (m)  
L : 管長 (m)  
Q : 送水量 (m<sup>3</sup>/sec)

■ 式 2 送水エネルギー

$$P = \frac{0.163 \cdot \gamma \cdot Q \cdot (H + \Delta h - \Delta Z)}{\eta p} (1 + \alpha)$$

P : 原動機の出力 (kW)  
γ : 液の単位当たりの質量 (Kg/L)  
Q : ポンプの吐出し量 (m<sup>3</sup>/min)  
H : ポンプの全揚程 (m)

その結果、この浄水場システムの導水エネルギー388KW、送水エネルギー9,714KW と算出された。算出した導水・送水エネルギーから現況での実績データ(平成 17 年度水道統計値)と比較するために、モデル上で消費されると考えられる電力量に変換する必要があり、電力使用量は、「年間電力消費量=導水・送水エネルギー×24 時間×365 日」として算出を行う。

今回の検討では、平均給水量を用いて各市区町村の需要量を算出しているため、平均的なエネルギーの発生が年間、一日を通じて発生していると仮定したため電力使用量は上記の式を用いて算出する。

表 5.2-1 エネルギー算出結果

配水地	標高 (T.P.m)	配水先	標高 (T.P.m)	配水量 (万m <sup>3</sup> /日)	配水量 (m <sup>3</sup> /s)	実揚程 (m)	モデル距離 (m)	実延長 (m)	管径 (m)	平均流速 (m/s)	損失水頭 Δh (m)	全揚程 (m)	送水エネルギー P (KW)
<b>【導水ポンプ】</b>													
△△取水地点	3	〇〇浄水場	2	80.5	9.32	-1	1,964	3,751	2.60	1.75	3.96	2.96	388
												合計	388
<b>【送水ポンプ】</b>													
〇〇浄水場	2	A市	1	73.2	8.47	-1	8,786	11,422	2.60	1.59	10.11	9.11	1,084.2
A市	1	B市	1	73.2	8.47	0	6,010	7,813	2.60	1.59	6.91	6.91	823.0
B市	1	C市	11	73.2	8.47	10	7,035	9,146	2.60	1.59	8.09	18.09	2,153.9
C市	11	D市	20	73.2	8.47	9	3,730	4,849	2.60	1.59	4.29	13.29	1,582.2
				小計		18.00				小計	29.40	47.40	5,643.4
D市	20	I市	41	43.8	5.07	21	5,908	7,681	2.10	1.46	7.45	28.45	2,027
D市	20	E市	35	24.0	2.78	15	7,174	9,327	1.60	1.38	11.17	26.17	1,022
E市	35	F市	26	14.1	1.63	-9	4,045	5,258	1.20	1.44	9.55	0.55	13
F市	26	G市	28	9.4	1.09	2	4,276	5,558	1.00	1.39	11.59	13.59	208
G市	28	H市	18	1.3	0.15	-10	4,031	5,240	0.40	1.20	24.38	14.38	30
				小計		-2				小計	56.69	54.69	1,273
F市	26	L市	29	0	0.00	3	3,989	5,186	0.00			3.00	0
I市	41	J市	44	23.1	2.67	3	5,575	7,247	1.60	1.33	8.09	11.09	417
J市	44	K市	36	9.9	1.15	-8	6,340	8,242	1.00	1.46	18.93	10.93	176
				小計		-5				小計	27.01	22.01	593
K市	36	N市	9	5.4	0.63	-27	9,706	12,618	0.80	1.24	27.97	0.97	9
K市	36	L市	29	3.5	0.41	-7	5,813	7,557	0.60	1.43	30.54	23.54	134
L市	29	M市	14	2.2	0.26	-15	4,539	5,901	0.50	1.30	24.58	9.58	34
				小計		-22				小計	55.12	33.12	169
												合計	9,714

(設定条件)

流量係数 (C):	110.0
液体の単位あたり質量 (γ):	1.0
ポンプ効率 (η <sub>p</sub> ):	0.8
余裕率 (α):	0.15
導水管路延長調整係数 (k1):	1.91
送水管路延長調整係数 (k2):	1.30
浄水量(想定、万m <sup>3</sup> /日):	73.20
浄水ロス率:	10%

## 5.2.5 現況再現結果およびエネルギー最適化案への活用方法

### 1) シミュレーションによる現況再現結果

前項までの前提条件において現況再現モデルでシミュレーションを行った算出結果は表 5.2-2 の算出結果に示すとおりである。

モデル化した事業体の各都県別合計値での誤差率(実績値÷モデル値)は、0.84～1.15と多少バラつきはあるものの、モデル化した事業体の首都圏合計値での誤差率は 1.06 と小さい値を示している。

よって、今回のシミュレーションモデル(取水地点～浄水場地点～受水地点)による電力使用量の再現性はあると判断し、将来計画のシミュレーションにおいても本モデルを採用する。

表 5.2-2 電力使用量の算出結果

事業体	実績値 (取導水ポンプ・送水ポンプ) (万 kWh)	現況再現モデル値 (万 kWh)	誤差率 (実績値/モデル値)
東京都	37,934	39,207	0.97
埼玉県	23,241	17,922	1.30
神奈川県	31,459	27,425	1.15
千葉県	9,837	11,741	0.84
モデル化を行った 事業体合計値 (導水・送水合計)	102,471	96,296	<b>1.06</b>

※上表における実績値は、H17 水道統計の電力使用量をベースに各ポンプの原動機出力(kW)の割合にて按分した取導水ポンプと送水ポンプの合計値を記載している。なお、ポンプ以外の電力使用量については「地球環境時代の水道/水道と地球環境を考える研究会(1992)」を参考に 10%と仮定し按分前に控除している。

#### 【参考】電力使用量の誤差に関する考察

##### ①実績データより現況再現モデルの電力使用量が多いケース

実際には配水部分に多くのポンプが設置されている可能性がある。すなわち実際の配水池よりも需要代表点が高い位置に存在しているとケースであると考えられる。

##### ②実績データより現況再現モデルの電力使用量が少ないケース

実際には送水時に多くのポンプが設置されている可能性がある。すなわち実際の配水池よりも需要代表点が低い位置に存在していると考えられる。

## 2) 将来エネルギー最適化案への活用方法

将来計画における電力使用量予測値は、シミュレーションによる誤差を補正するため、現況再現シミュレーションにおいて算出した「誤差率(電力量換算係数):1.06」を将来計画のシミュレーション値に乗じた数値とする。

また、将来計画の損失水頭を算出するためのシミュレーションモデルの管路延長補正係数は、現況再現モデルにて算出した表 5.2-3 の「管路換算係数:1.23」を採用する。

表 5.2-3 現況再現モデルの管路誤差率

事業体名	管路延長(km)		誤差率 (実績値/モデル 値)
	実績値 (H17 水道統計)	現況再現モデル	
東京都	788	549	1.44
埼玉県	767	531	1.44
神奈川県内広域水道(企)	225	348	0.65
横浜市	206	228	0.90
横須賀市	136	95	1.43
川崎市	1254	76	1.65
千葉県	211	137	1.54
北千葉広域水道(企)	244	282	0.87
北千葉広域水道(企)	114	39	2.90
上記事業体 計	2,816	2,284	<u>1.23</u>



## 5.3 配水シミュレーションによる現況再現

### 5.3.1 前提条件・手法

前項の「導水・送水シミュレーション」で算出した受水地点での残留水頭を継続して有効活用することを前提としたモデルを構築し、自然流下での配水範囲を特定して配水に必要な電力使用量を算出するものとする。

以下に配水シミュレーションにおける前提条件を示す。

#### ①受水地点は導水・送水シミュレーションの設定位置と同様とする

各市区町村における受水点は、代表点1箇所のみとする。代表点は市街地の平均標高地点とし、平均標高地点が複数ある場合は、各行政区域での重心点に最も近い箇所に設定する。

#### ②受水地点での残存水頭は、導水・送水シミュレーションで算出した数値を継続させる

受水地点での残存水頭は、導水・送水シミュレーションで算出した数値を継続して有効活用することを前提としたモデルとする。

#### ③損失は延長方向の摩擦損失のみとする(ヘーゼンウィリアムス公式)

配水管路の曲がり、局所(呑み口、出口等)損失は考慮せず、延長方向の摩擦損失のみを対象とする。(ヘーゼンウィリアムス公式)

#### ④給水区域＝市街化区域と設定する

公表資料において各水道事業者の給水区域を把握することは困難であるため、本モデルにおいては給水区域＝市街化区域と設定する。

#### ⑤受水地点から給水区域内の全てのメッシュ(の重心)に個別に配水することを想定して、配水ロス(損失水頭)の計算を行う

受水地点から給水区域内の全てのメッシュ(の重心)に個別に配水することを想定して、配水ロス(損失水頭)の計算を行う。なお、単位メッシュは500m四方と設定する。

また、500m四方と設定した単位メッシュの市街化区域の判定は、原則、単位メッシュの1/4(25%)以上が市街化区域である場合を市街化区域のメッシュと判定する。一方で、同判定で、配水区域内に市街化区域と判定されるメッシュがない場合には、単位メッシュに市街化区域を(少しでも)含むメッシュを全て、市街化区域メッシュと判定する(例外措置)

#### ⑥自然配水可能区域の判定には、時間最大配水量を使用する

自然配水可能区域の判定には、時間最大配水量を使用する。なお、時間係数は水道施設設計指針2000(P429, 図-7.1.2)近似式(実績35都市250配水区域実績)より設定する。

#### ⑦配水エネルギーの算出は日平均給水量とする

配水エネルギーの算出のための配水量は、一人一日あたりの日平均給水量原単位と給水人口(将来計画では人口問題研究所の予測値)により算出される値を設定する。

**⑧各メッシュへの配水量はメッシュ当りの原単位水量( $\text{m}^3/\text{メッシュ}$ )を算定する。**

各メッシュへの配水量は当該給水区域内における計画給水量(配水量)に上記⑥で設定した時間係数を乗じ、これをメッシュ数(市街化区域)で除して、メッシュ当りの原単位水量( $\text{m}^3/\text{メッシュ}$ )を算定する。

**⑨受水地点と各メッシュ(重心)は直線で結ばれると仮定する**

受水地点から給水区域内の全てのメッシュ(重心)への距離は、GISにより2点間の直線距離を計測する。

**⑩配水地点における末端必要(有効)圧は0.15Mpaと設定する**

配水地点における末端必要(有効)圧は0.15Mpa( $1.5\text{kgf}/\text{cm}^2$ :3階の直結給水を想定)と設定する。

**⑪分水系統は3系統を設置する**

受水地点には自然配水のための配水池(LWL=GL)、最高地点への送水施設(必要に応じ送水ポンプ設備)、区域内ポンプ配水のための配水ポンプ施設の3系統への分水施設を設置する。この場合、最高地点にも配水池(LWL=GL)を設置する。

**⑫シミュレーションによるエネルギー量の算出は受水地点別に行う**

シミュレーションによるエネルギー量の算出は受水地点別に個々に行い、エネルギー量合計値はその総和とし算出する。

### 5.3.2 計算フロー

本節において実施する現況再現の配水シミュレーションの計算手順は以下のとおりとする。

- ①受水地点での残留水頭で自然流下配水が可能な区域の確認
- ②最高地点での残留水頭で自然流下配水が可能な区域の確認
- ③受水地点から最高地点への自然流下での送水可能であるかの確認
- ④自然流下配水できない区域へポンプ配水するためのエネルギー量の算出

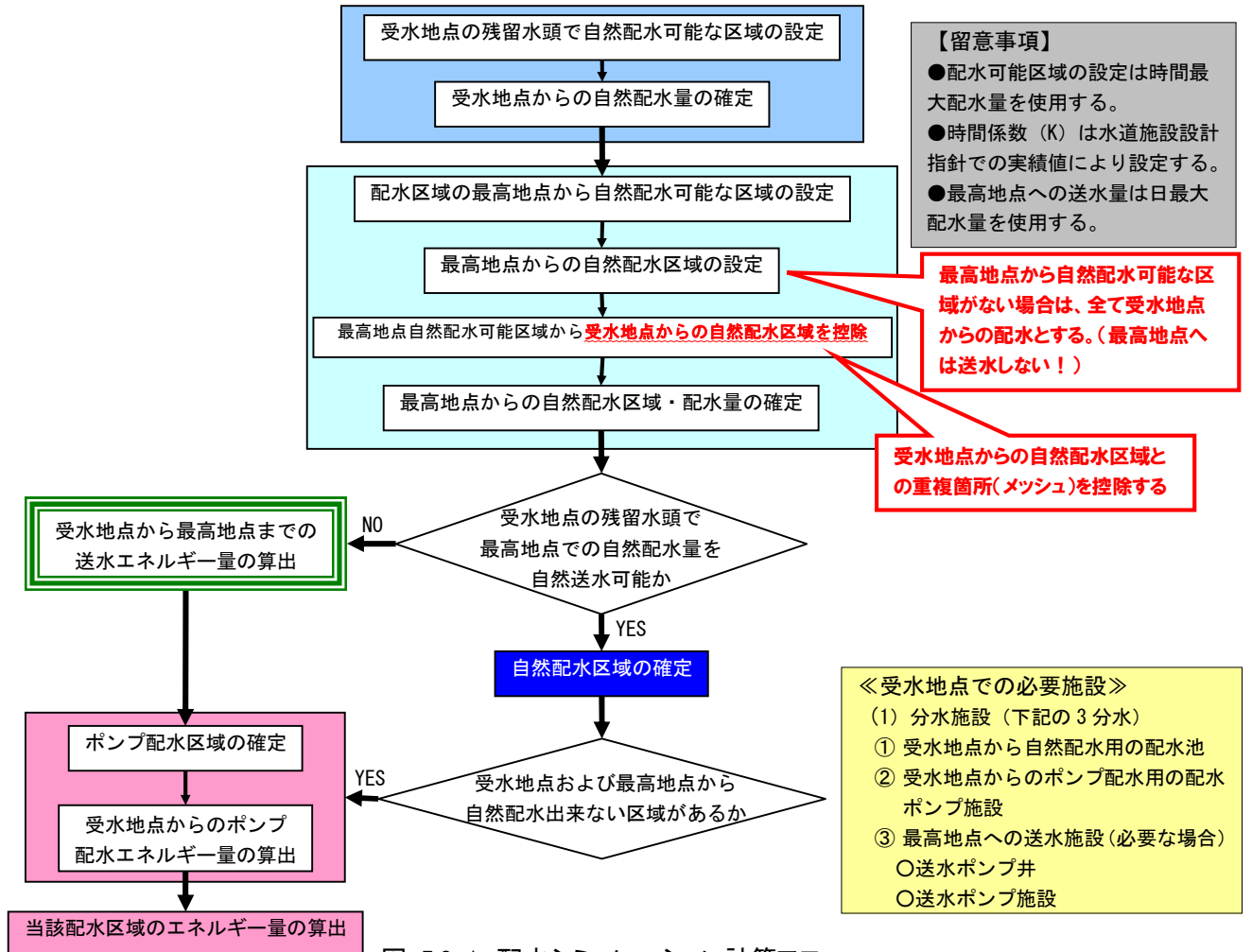
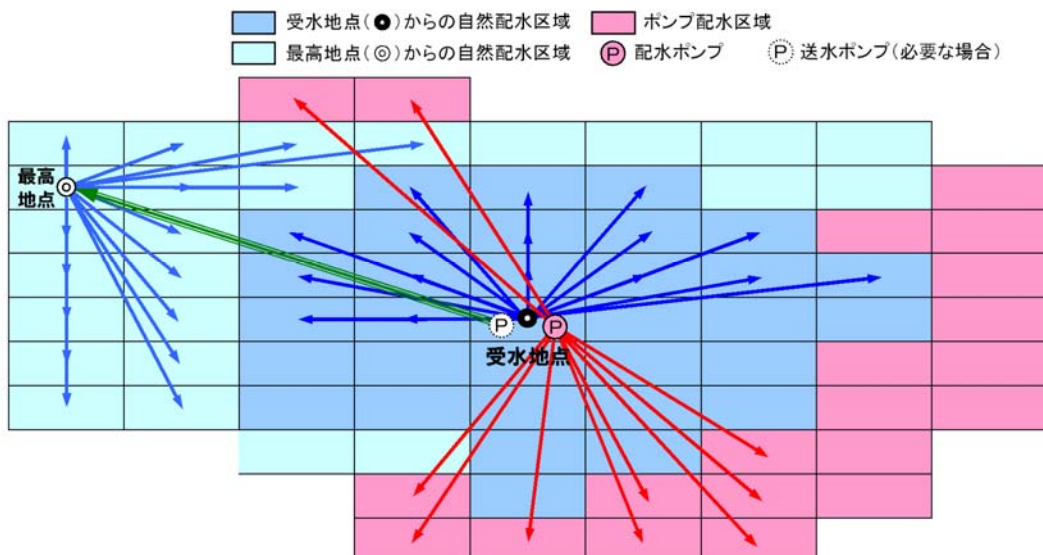


図 5.3-1 配水シミュレーション計算フロー

#### ■ 配水区域における検討モデル(市区町村)



### 5.3.3 現況再現結果およびエネルギー最適化案への活用方法

#### 1) シミュレーションによる現況再現結果

前項までの前提条件において現況再現モデルでシミュレーションを行った算出結果は表 5.3-1 の算出結果に示すとおりである。

モデル化した事業体の各都県別合計値での誤差率(実績値÷モデル値)は、0.36～1.76とバラつきはあるものの、モデル化した事業体の首都圏合計値での誤差率は0.80と比較的小さい値を示している。

よって、今回の配水シミュレーションモデルによる電力使用量の再現性はあると判断し、将来計画のシミュレーションにおいても本モデルを採用する。

表 5.3-1 電力使用量の算出結果

事業体	実績値 (配水ポンプ) (万 kWh)	現況再現モデル値 (万 kWh)	誤差率 (実績値/モデル値)
東京都	29,880	17,020	1.76
埼玉県	12,782	11,977	1.07
神奈川県	11,436	31,824	0.36
千葉県	8,614	17,646	0.49
モデル化を行った 事業体合計値	62,712	78,467	<b>0.80</b>

※上表における実績値は、H17 水道統計の電力使用量をベースに各ポンプの原動機出力(kW)の割合にて按分した数値を記載している。なお、ポンプ以外の電力使用量については「地球環境時代の水道/水道と地球環境を考える研究会(1992)」を参考に10%と仮定し按分前に控除している。

#### 【参考】電力使用量の誤差に関する考察

配水シミュレーションは、導水・送水シミュレーションに比べ受水地点の設定による影響を受けやすく、本モデルにおいては簡略化するため受水地点を市区町村で代表地点の1箇所のみとしていることからある程度のバラつきはやむを得ないものと判断する。。

#### 2) 将来エネルギー最適化案への活用方法

将来計画における電力使用量予測値は、シミュレーションによる誤差を補正するため、現況再現シミュレーションにおいて算出した「誤差率(電力量換算係数)」を将来計画のシミュレーション値に乗じた数値とする。

なお、配水シミュレーションにおいては、都県別の誤差率にバラつきがあるため、電力量換算係数は都県別に各々設定するものとする。

## 第6章 エネルギー最適化案の策定

## 6. エネルギー最適化案の策定

### 6.1 首都圏の将来水需要予測

現況再現シミュレーション及び将来対策案の検討を行うための基礎資料となる水需要値を「中間年 2020 年」および「目標年 2050 年」について下記のとおり設定する。

#### 1) 設定条件

以下の設定条件で水需要を推計した。

- 水需要は、中間年を 2020 年、目標年を 2050 年とし、1 日平均配水量、1 日最大配水量について設定する。
- 水量は、区域内人口×原単位(平均、最大)で設定する。
- 原単位は H17(2005)水道統計ベース(都道府県別)とする。
- 現在人口及び将来人口は、国立社会保障・人口問題研究所による推計値を用いる(2020 年は市町村別推計値を用い、2050 年は全国推計値を 2035 年市町村別推計値で按分した値とした)。

以上の設定条件での水需要計算をフローで示すと「図 6.1-1」のようになる。



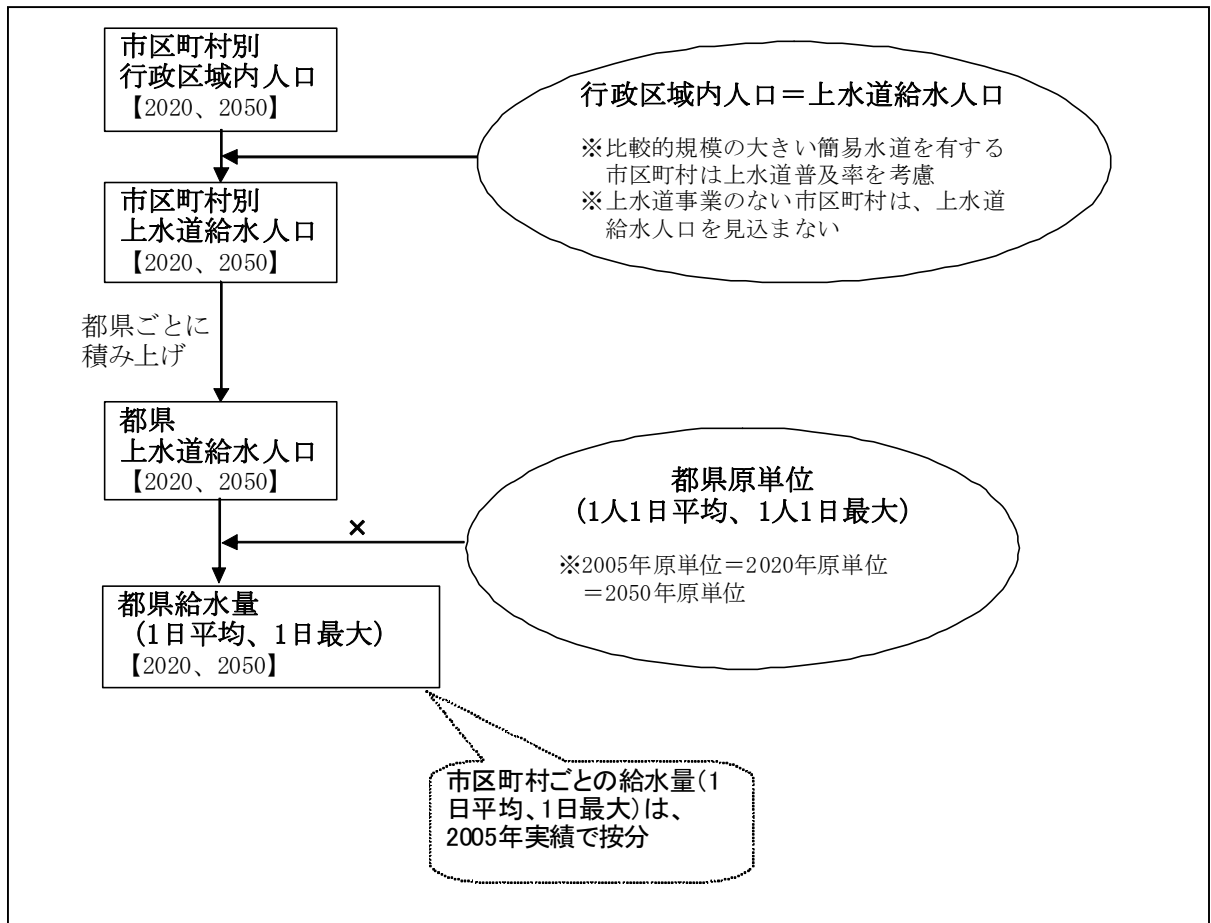


図6.1-1 水需要計算フロー

## 2) 水需要予測結果

前項で設定した条件による水需要予測を行った結果を「表 6.1-1 水需要予測結果」に示す。

表 6.1-1 水需要予測結果

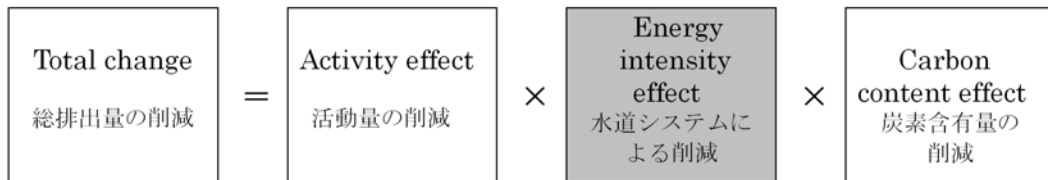
都県名	行政区域内人口 (千人)			上水道給水人口 (千人)			1人1日平均給水量 (L/日/人)			1人1日最大給水量 (L/日/人)		
	2005年	2020年	2050年	2005年	2020年	2050年	2005年	2020年	2050年	2005年	2020年	2050年
茨城	2,975	2,790	2,107	2,587	2,709	2,046	330	330	330	383	383	383
栃木	2,017	1,934	1,499	1,792	1,809	1,404	373	373	373	443	443	443
群馬	2,024	1,908	1,461	1,876	1,800	1,385	442	442	442	514	514	514
埼玉	7,054	6,923	5,380	7,002	6,903	5,365	346	346	346	390	390	390
千葉	6,056	6,008	4,727	5,590	5,974	4,700	325	325	325	375	375	375
東京	12,577	13,104	10,915	12,510	13,088	10,903	363	363	363	409	409	409
神奈川	8,792	8,993	7,329	8,760	8,979	7,319	365	365	365	411	411	411
山梨	885	829	635	643	620	479	477	477	477	569	569	569
合計	42,379	42,489	34,052	40,760	41,881	33,602	359	359	359	409	408	408

都県名	1日平均給水量 (千m <sup>3</sup> /日)			1日最大給水量 (千m <sup>3</sup> /日)		
	2005年	2020年	2050年	2005年	2020年	2050年
茨城	854	894	675	991	1,038	784
栃木	669	675	524	793	801	622
群馬	829	795	612	964	925	712
埼玉	2,423	2,388	1,856	2,734	2,692	2,092
千葉	1,817	1,941	1,527	2,099	2,240	1,762
東京	4,546	4,751	3,958	5,119	5,353	4,459
神奈川	3,194	3,277	2,671	3,597	3,690	3,008
山梨	307	296	228	366	353	273
合計	14,638	15,018	12,053	16,663	17,092	13,713

出典：行政区域内人口・・・「日本の市区町村別将来推計人口(平成20年12月推計)」国立社会保障・人口問題研究所 人口構造研究部、平成20年12月

## 6.2 エネルギー最適化案一覧表

本検討における低炭素化に向けた二酸化炭素の削減目標としては、基準年(2005年)に対し、目標年(2050年)においてCO<sub>2</sub>総排出量の60~80%削減を目指すものとする。CO<sub>2</sub>総排出量の削減には図6.2-1に示すように、「①活動量の削減」、「②水道システム内の努力による削減」、「③炭素含有量の削減」の3つの削減要素が相乗的に寄与する。そのため、水道事業者によるCO<sub>2</sub>排出原単位の削減のための方策を検討しながら、CO<sub>2</sub>総排出量の削減率についても評価する。



### ○『活動量の削減』

事業による出力であり、水道事業においては配水量に相当する。目標年の配水量は、人口減少についても考慮し、人口問題研究所によるデータを用いて推定する。また、総排出量の削減の検討に際しては一人あたり水使用量原単位の削減の必要性についても評価する。

### ○『水道システムによる削減』

活動量当たりのエネルギー消費量であり、水道事業においては、取水導水・浄水・送水・配水プロセスにおいて消費する電力等に相当する。本事業においては、本削減プロセスを主眼に置き検討する。

### ○『炭素含有量の削減』

エネルギー(電気・熱)を得るプロセスにおいて消費される炭素量(ひいてはCO<sub>2</sub>)であり、水道事業においては使用する電力が発電される際に消費された化石燃料が含有する炭素量に相当する。今後、発電において、水力、太陽光等の自然エネルギーや原子力エネルギーの利用率の向上、CCS(二酸化炭素貯留)等の革新的技術の導入により、電力当たりの炭素含有量が削減されると見込まれる。

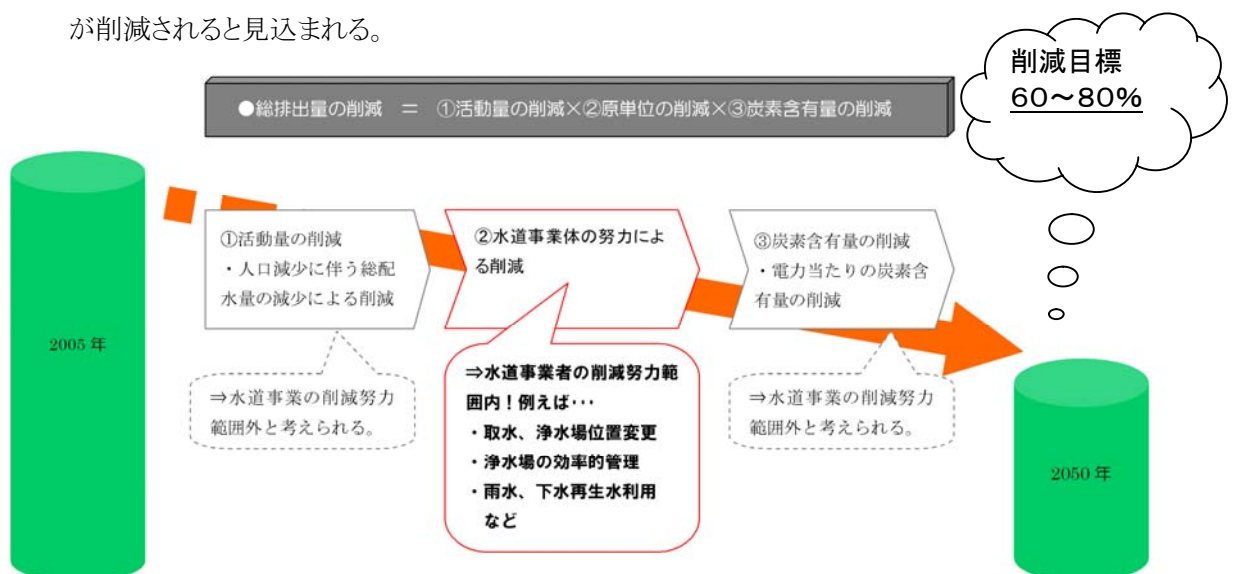
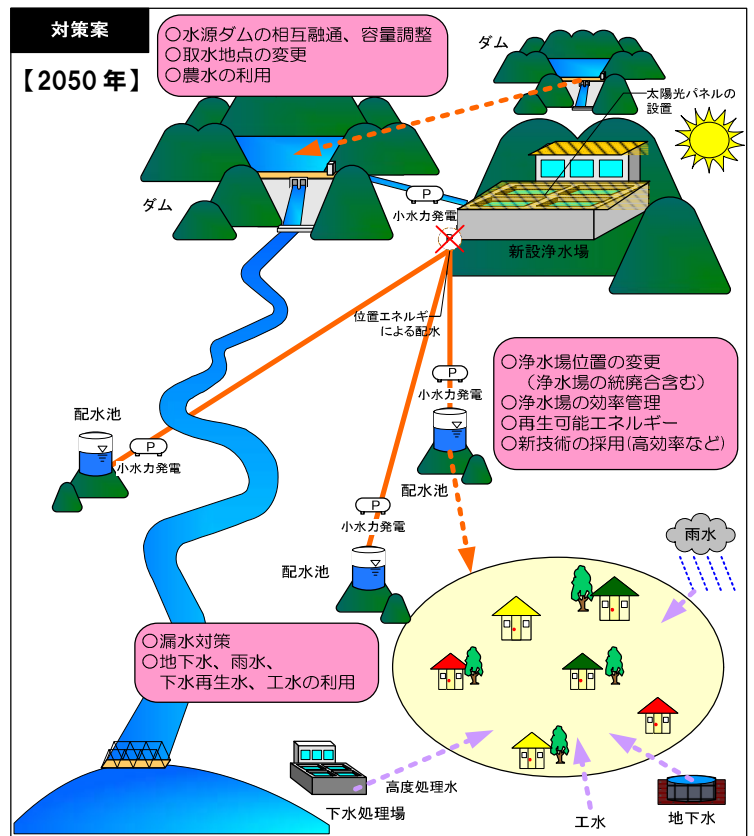
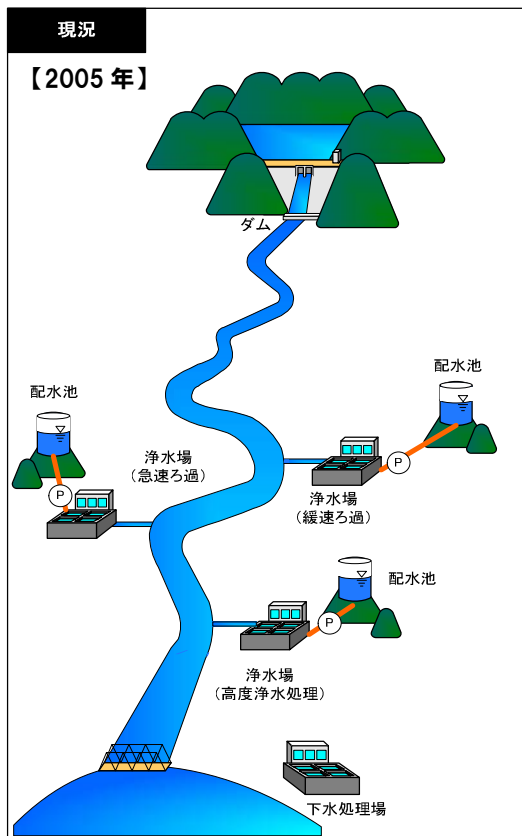


図 6.2-1 CO<sub>2</sub>総排出量の削減イメージ

また、上記に示した水道事業者による削減努力である『水道システムによる削減』として、本検討においては以下の対策案を考慮している。

表 6.2-1 水道システムによる削減のための対策案

関連プロセス 対策案	導水	浄水	送水	配水
水源ダムの相互融通、容量調整	↔			
取水地点の変更	↔ 位置エネルギーの最大活用化	↔ 水源水質の清浄化	↔ 位置エネルギーの最大活用化	↔ 位置エネルギーの最大活用化
浄水場位置の変更 (浄水場統廃合含む)			↔ 位置エネルギーの最大活用化	↔ 位置エネルギーの最大活用化
浄水場の効率管理		↔		
再生可能エネルギー	↔			
新技術の採用 (高効率機器など)	↔			
地下水、雨水、下水再生水、農水、工水の利用	↔			
漏水対策			↔	



## 6.3 水源ダムの相互融通・容量調整、取水地点の変更(水道システムによる対策)

### 6.3.1 本対策の狙い

本対策では、2050 年を検討年として、取水地点の変更等により、温室効果ガス排出量が少なくなる水道システム(エネルギーコスト最適化案)の検討を行うことを目的とする。

#### 1) シミュレーションの考え方

水道システムにおける導送水に要するエネルギーを削減するためには、取水地点や浄水場を極力、標高の高い地点に設置するという視点が重要となる。取水地点を変更することは、取水できる水量の減少や河川環境への影響の懸念など実際には種々の課題があるが、本シミュレーションでは一定の前提条件のもと簡易な方法により取水地点の上流化による取水可能量を概略的に検討し、これに基づき、極力自然流下による導送水が可能となるように浄水場の配置、送水エリア等を設定して、シミュレーションを行った。

#### 2) シミュレーションの流れ

図 6.3-1を参照

#### 3) シミュレーションの条件

分科会①では、取水地点(浄水場)の位置を上流化することで、自然流下を活用した送水可能な水道システムを構築することを目的とし、この考えに従って、将来シミュレーションモデルの水源ケースを設定した。なお、水源ケースの設定にあたっては、「エネルギーコストを最小化する」という視点から、浄水場の大規模化(浄水場数の最小化)による効果もあると考え、各水源水量をできるだけ集約して浄水場数の最小化を考慮した。

シミュレーションモデルの対象は、首都圏において特に東京都、神奈川県、埼玉県は水源が標高の高い位置にあり、一方で需要地の標高が低く、取水地点(浄水場)の上流化による効果が大きいと考えられることから、これらの都県を含む大規模9水道事業体とその受水団体(「大規模9水道事業体等」という。)を対象とすることとし、当該事業体の水源を統合して需要地に送水することを原則として検討を行った。

なお、設定の基礎となる年度は 2050 年とし、水需要については第2回委員会で求めた予測値を用いた。また、浄水場ロス率を 1%と設定し、開発水量(取水地点を変更(上流化)する場合は「6.3.24) 将来シミュレーションモデルの取水地点変更後の取水量の設定」で求めた減量後の水量)×0.99 を供給量とした。

#### 【設定条件】

シミュレーションモデル対象エリア : 大規模9水道事業体等

水需要 : 2050 年の 1 日最大給水量(市区町村別に 1 区域 1 点受水)

供給量 : 開発水量(取水地点を上流化する場合は減量後の水量)×0.99



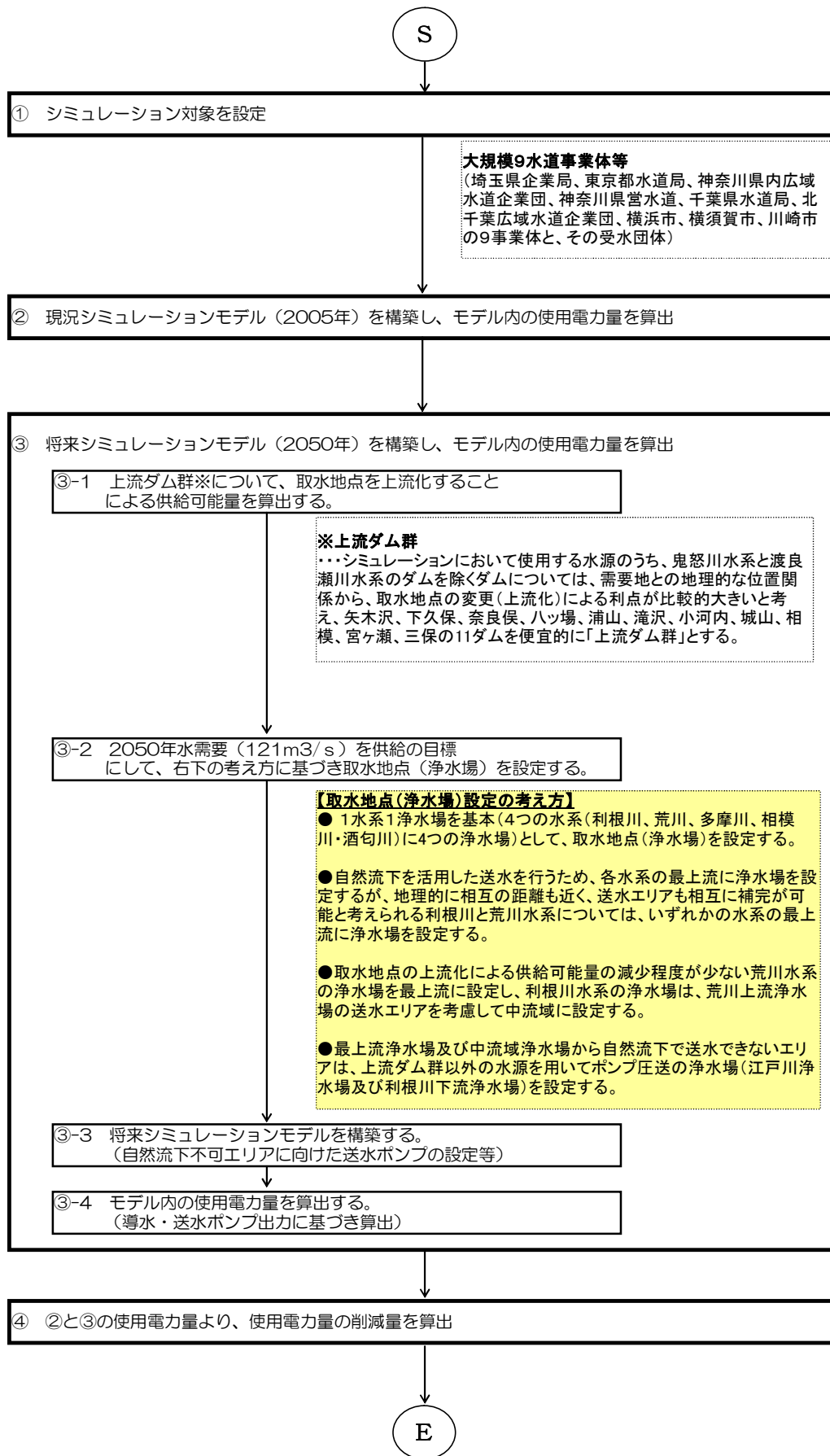


図6.3-1 シミュレーションの流れ

## 6.3.2 将来シミュレーションモデルの水源ケース設定

### 1) 現況水源の状況

首都圏における水道水源は、表流水(開発水量+自流)、地下水等があり、大部分を表流水が占めている。この首都圏の水道水源の大分部を占める主な表流水水源の概況図を下図に示す。

ダム等による水道水源水量は、荒川・利根川水系で 116.34m<sup>3</sup>/s、多摩川水系で 13.20 m<sup>3</sup>/s、相模川・酒匂川水系で 56.86 m<sup>3</sup>/s となっている。

また、ダム等及び主要な水道事業・水道用水供給事業における取水地点、浄水場、ポンプ場、配水池等の高低関係を次頁の図に示す。ダム等の水源施設の位置は、概ね標高 200m以上の地点に位置しているが、浄水場は標高が低い位置に設置されており、特に利根川・荒川水系を水源とする浄水場は標高 10m以下の低い地点に設置されているのが現状である。



図6.3-2 水源概要図



## 2) シミュレーションモデルの水需要

シミュレーションモデルにおける現況(2005年)及び将来(2050年)の水需要を表6.3-1に示す。

現況シミュレーションモデルにおける水需要は、大規模9水道事業体等の全水需要から受水団体の自己水分を差し引いた水量とした。将来的に受水団体の自己水は本シミュレーションで使用する水源に全量転換されるものと設定し、将来シミュレーションモデルの水需要は大規模9水道事業体等の全水需要とした。

表6.3-1 シミュレーションモデルにおける水需要

都県	2005年※1		2050年※2	
	(千m <sup>3</sup> /日)	(m <sup>3</sup> /s)	(千m <sup>3</sup> /日)	(m <sup>3</sup> /s)
埼玉	2,011	23	2,052	24
東京	4,982	58	4,390	51
神奈川	3,260	38	2,836	33
千葉	762	9	1,244	14
茨城	7	0	5	0
合計	11,021	128	10,527	122

※1 大規模9水道事業体等の全水需要から受水団体の自己水分を差し引いたもの

※2 大規模9水道事業体等の全水需要(受水団体の自己水は、本シミュレーションで使用する水源に全量転換されるものと設定)

## 3) 現況シミュレーションモデルの水源

現況(2005年)シミュレーションモデルで使用している水源の配置及び開発水量を図6.3-4に示す。開発水量は大規模9水道事業体等が保有する水利権量とした。ただし、上流ダム群の開発水量には、大規模9水道事業体等以外の水道事業体のうち千葉県域と茨城県域の水道事業体が発有する水利権(2.69m<sup>3</sup>/s)も加えた。ただし、この水利権は、将来シミュレーションにおいて、大規模9水道事業体等が発有する上流ダム群以外の水利権から振り替える設定とし、あらかじめ将来シミュレーションの水源から控除することとした。

図6.3-4より、上流ダム群は標高の高い位置にあるが、現況シミュレーションモデル内にある既設浄水場のほとんどは標高の低い位置にあることがわかる。





#### 4) 将来シミュレーションモデルの取水地点変更後の取水量の設定

取水地点の変更後における取水量は、まず、(1)に示す方法により、ダム地点における供給可能量を求め、ダム地点において取水する場合はこの供給可能量を取水量とした。次に、ダム地点よりも下流の地点で取水する場合の取水量は、(2)に示す方法により、(1)で求めたダム地点における供給可能量をダム地点とダムの開発地点の2地点における流域面積比で補完して取水量を設定した。

##### (1) 取水地点の変更による開発水量への影響(ダム地点における供給可能量の計算)

###### a) 概要

ダムによる水資源開発は、取水地点(開発基準点)の河川流況に対して、不足する流量をダムから補給することにより安定取水を可能とするものである。従って、取水地点を変更すると、基準となる河川流況が変わり、補給が必要な量、時期が変わることから、同一ダム容量での開発水量は異なることとなる。

影響の程度は、各ダム地点の流況、開発基準点の流況、開発条件等によって異なると考えられ、影響量を定量的に算定するには、ダム毎に運用計算を実施する必要があるが、ここでは、取水地点を上流(ダム地点)に引き上げた場合に、開発水量にどのような影響が生じるか、その傾向を簡易な方法で概略検討する。

なお、取水地点を上流に引き上げることにより、減水区間における水質の悪化や生物の生育・生息環境等への影響なども想定され、このような河川環境への影響評価は別途必要である。

###### b) 検討方法

各ダム地点において、当該ダムの開発水量のうち水道分のみを有するダムがあると仮定し(「仮想ダム」とする。)、実績データ等から算出したこの仮想ダムに流入する水量(流入量)と水道原水として供給する量(供給量)の差し引き計算を行い、仮想ダムの貯水が無くならない範囲で運用可能な最大の供給量をトライアル計算で試算した。

その結果、現行ダム開発水量に対する供給可能量の割合を影響度として算出した。

###### c) 計算方法

###### ①前提条件

- ・ 仮想ダムの容量は、他の利水開発へ影響を与えないよう、現実のダムの全体利水容量のうち不特定分及び他利水分(工水・農水・発電)を除いた水道分のみを容量とする。また、水道分のうち、河川上流の岩本地点での取水の群馬県域分及び、浦山ダム地点での取水の埼玉県秩父市分は対象外とする。このため、仮想ダムの容量は、これらを除いた東京都、埼玉県、千葉県、茨城県域に関する水道の容量をもとに算出した。
- ・ 仮想ダムとして利用可能な流入量は、他の利水開発へ影響を与えないよう、現実のダムの容量割合に応じて按分して算定した。
- ・ 仮想ダムへの流入量は、実際の流入量データがあるダムはそのデータを元に算出し、データが無いダムは、近傍の河川流量データから流域面積比により推定した。できるだけ



- け至近 10 カ年としたが、データの有無等により、期間、年数が異なる。
- ・ 水道分の供給量は常時(毎日)一定であるものとした。
  - ・ 計算初年度の 1 月 1 日は満水とする。

表6.3-2 流入量データ等の概要

水系名	ダム名	流入量データ等の内容	出典資料
利根川水系	矢木沢ダム	ダム地点の実績流入量(1998～2007年)	水資源機構管理年報
	奈良俣ダム		水資源機構管理年報
	下久保ダム		水資源機構管理年報
	八ッ場ダム	吾妻川 村上地点データ[1994～2003]を流域面積比で換算	流量年表(国土交通省河川局編)
荒川水系	浦山ダム	ダム地点の実績流入量(2000(管理開始後)～2007年)	水資源機構管理年報
	滝沢ダム	浦山ダム地点の実績流入量を流域面積比で換算	水資源機構管理年報
多摩川水系	小河内ダム	多摩川 調布橋地点データ[1994～2003]を流域面積比で換算	流量年表(国土交通省河川局編)
相模川水系	城山ダム	宮ヶ瀬ダム地点の実績流入量を流域面積比で換算し、上流の相模ダムの開水量分を減じる	国土交通省HP水文水質データベース
	宮ヶ瀬ダム	ダム地点の実績流入量(2001～2007年)	
酒匂川水系	三保ダム	宮ヶ瀬ダム地点の実績流入量を流域面積比で換算	国土交通省HP水文水質データベース

## ②開発水量の整理

現在の水道のダム開発水量のうち、河川上流部の群馬県域分及び埼玉県秩父市分については、それぞれの県域等で使用されるものとし、これらを除いた量を表 6.3-3に整理した。この開発水量に対して仮想ダムを運用することによりダム地点において供給が可能な量をトライアル計算により試算した。

表6.3-3 開発水量

ダム名	開発水量	参考(群馬県及び埼玉県秩父市分)
矢木沢ダム	4.00 m <sup>3</sup> /s	群馬県域:2.75m <sup>3</sup> /s
下久保ダム	14.9 m <sup>3</sup> /s	—
奈良俣ダム	5.61 m <sup>3</sup> /s	群馬県域:0.6m <sup>3</sup> /s
八ッ場ダム	8.86 m <sup>3</sup> /s	群馬県域:0.25m <sup>3</sup> /s
浦山ダム	3.87 m <sup>3</sup> /s	秩父市:0.234m <sup>3</sup> /s
滝沢ダム	4.60 m <sup>3</sup> /s	—
小河内ダム	13.20 m <sup>3</sup> /s	—
城山ダム	10.52 m <sup>3</sup> /s	—
宮ヶ瀬ダム	15.05 m <sup>3</sup> /s	—
三保ダム	20.95 m <sup>3</sup> /s	—

### ③仮想ダム容量の設定

各ダムの仮想ダムの容量は、現実のダムで設定されている目的別の容量とした。ただし、目的別にダム容量が明確に区分されていない場合は、開発水量比(水道用水及び工業用水は通年換算値、特定かんがいはかんがい期平均値を使用)で按分して設定した。

表6.3-4 仮想ダム容量の設定

(単位:千 m<sup>3</sup>)

ダム名	全利水容量	不特定容量	特定利水容量	特定かんがい	水道用水【仮想ダム容量】	工業用水	発電	水道用水
								群馬県域および秩父市分
矢木沢ダム	153,700	30,000	123,700	53,200	26,600	-	38,200	5,700
	100%	20%	80%	35%	17%	-	25%	4%
下久保ダム	120,000	54,000	66,000	-	61,500	4,500	-	
	100%	45%	55%	-	51%	4%	-	
奈良俣ダム	85,000	15,500	69,500	5,000	47,300	3,700	-	13,500
	100%	18%	82%	6%	56%	4%	-	16%
八ッ場ダム	90,000	4,000	86,000	-	47,000	3,440	-	1,300
	100%	4%	96%	-	52%	4%	-	1%
浦山ダム	56,000	9,700	46,300	-	43,800	-	-	
	100%	17%	83%	-	78%	-	-	
滝沢ダム	58,000	9,000	49,000	-	49,000	-	-	
	100%	16%	84%	-	84%	-	-	
小河内ダム	185,400	-	185,400	-	185,400	-	-	
	100%	-	100%	-	100%	-	-	
城山ダム	51,200	-	51,200	-	35,800	15,400	-	
	100%	-	100%	-	70%	30%	-	
宮ヶ瀬ダム	183,000	22,200	160,800	-	160,800	-	-	
	100%	12%	88%	-	88%	-	-	
三保ダム	54,500	-	54,500	-	54,500	-	-	
	100%	-	100%	-	100%	-	-	

※1 上段:容量、下段:全利水容量に対する割合

※2 下久保ダム、浦山ダム、滝沢ダムの不特定容量及び特定利水容量は、非洪水期の容量

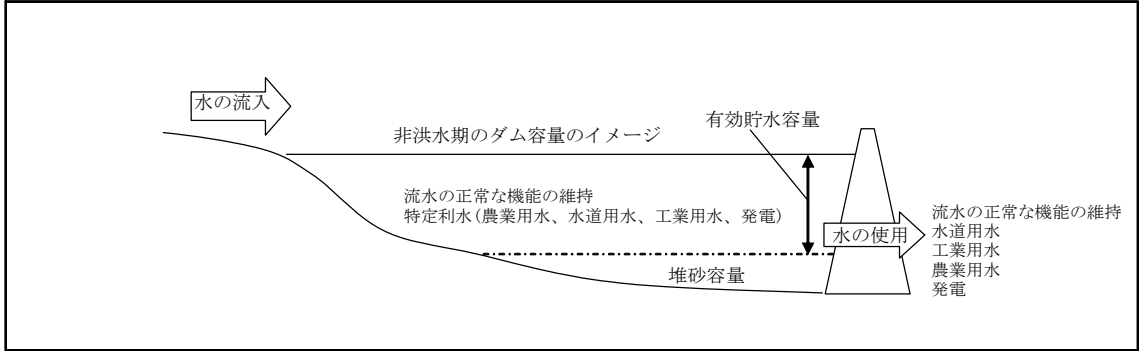
※3 奈良俣ダムの不特定容量は、非洪水期の容量

※4 特定利水容量の内訳は、利水目的別に容量が定まっていない場合は、開発水量比(水道用水及び工業用水は通年換算値、特定かんがいはかんがい期平均値)により按分

### ④ダム地点における供給可能量の算出

- i) 各ダムの、算定期間中の毎日の流入量を整理し、仮想ダムにおいて利用可能な流入量を容量比により按分し算定
- ii) 計算初年度の1月1日は仮想ダム容量が満水になっていると仮定
- iii) 水道への供給量をある値に仮定
- iv) 満水状態から、毎日の流入量を加算、水道への供給量を差し引き、仮想ダムの毎日の貯水量を算出
- v) 水道への供給量を変化させ、算定期間中において、貯水量がマイナスとならない最大の供給量(「供給可能量」)を探し出す。この供給量の場合における貯水量の変化をグラフ化した。

### 実際のダムのイメージ



### 仮想ダムのイメージ

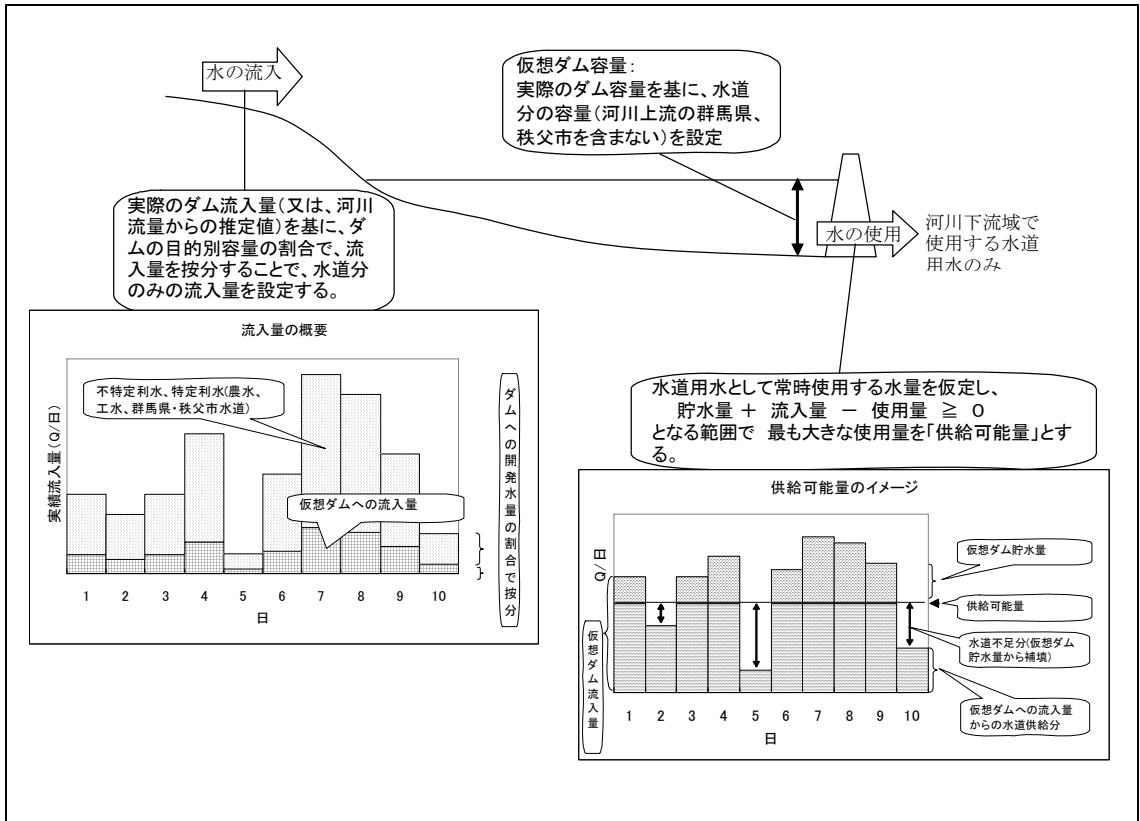


図6.3-5 実際のダムと仮想ダムのイメージ

d) 影響度の算出

開発水量に対する算出された供給可能量の割合を算出し、ダム地点取水の場合の影響度の傾向を把握した。水量ベースで見ると、利根川水系が約 40%、荒川水系が約 60%、多摩川水系が約 70%、相模川水系が約 50%、酒匂川水系が約 30%となった。

表 6.3-5 現在の下流取水をダム取水とした場合の影響度

水系名	ダム名	仮想ダム容量 (千 $m^3$ )	a		b		c=b-c		d=b/a	
			開発水量 ( $m^3/s$ )	供給可能量 ( $m^3/s$ )	減量分 ( $m^3/s$ )	供給可能量の割合	現行の水利権量の開発基準点 (群馬県域・秩父市以外)			
利根川	矢木沢ダム	26,600	4.00	2.67	1.33	67%	行田地点			
	下久保ダム	61,500	14.90	3.58	11.32	24%	行田地点			
	奈良俣ダム	47,300	5.61	2.72	2.89	48%	栗橋地点			
	八ッ場ダム	47,000	8.86	4.64	4.22	52%	栗橋地点			
	小計		33.37	13.61	19.76	<b>41%</b>				
荒川	浦山ダム	43,700	3.87	1.82	2.05	47%	秋ヶ瀬地点(秩父市以外)			
	滝沢ダム	49,000	4.60	3.43	1.17	75%	秋ヶ瀬地点			
	小計		8.47	5.25	3.22	<b>62%</b>				
多摩川	小河内ダム	185,400	13.20	9.00	4.20	68%	小作、羽村地点			
	小計		13.20	9.00	4.20	<b>68%</b>				
相模川	城山ダム	35,800	10.52	5.48	5.04	52%	寒川地点			
	宮ヶ瀬ダム	160,800	15.05	7.84	7.21	52%	相模大堰地点			
	小計		25.57	13.32	12.25	<b>52%</b>				
酒匂川	三保ダム	-	20.95	5.74	15.21	27%	飯泉地点			
	小計		20.95	5.74	15.21	<b>27%</b>				
計			101.56	46.92	54.64	46%				

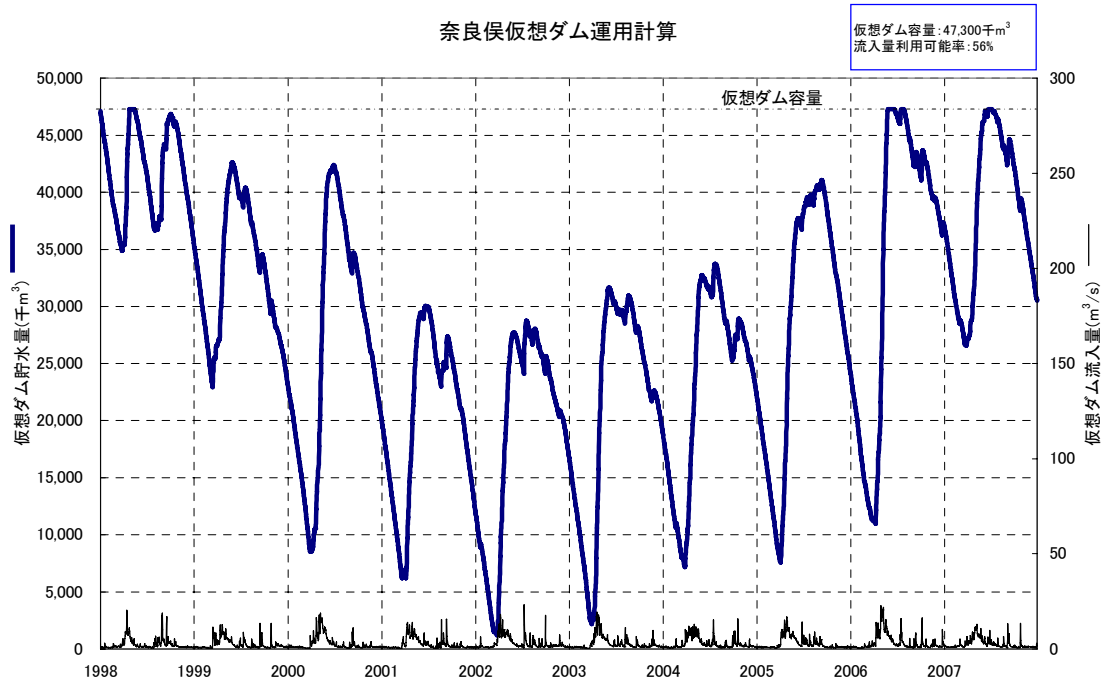
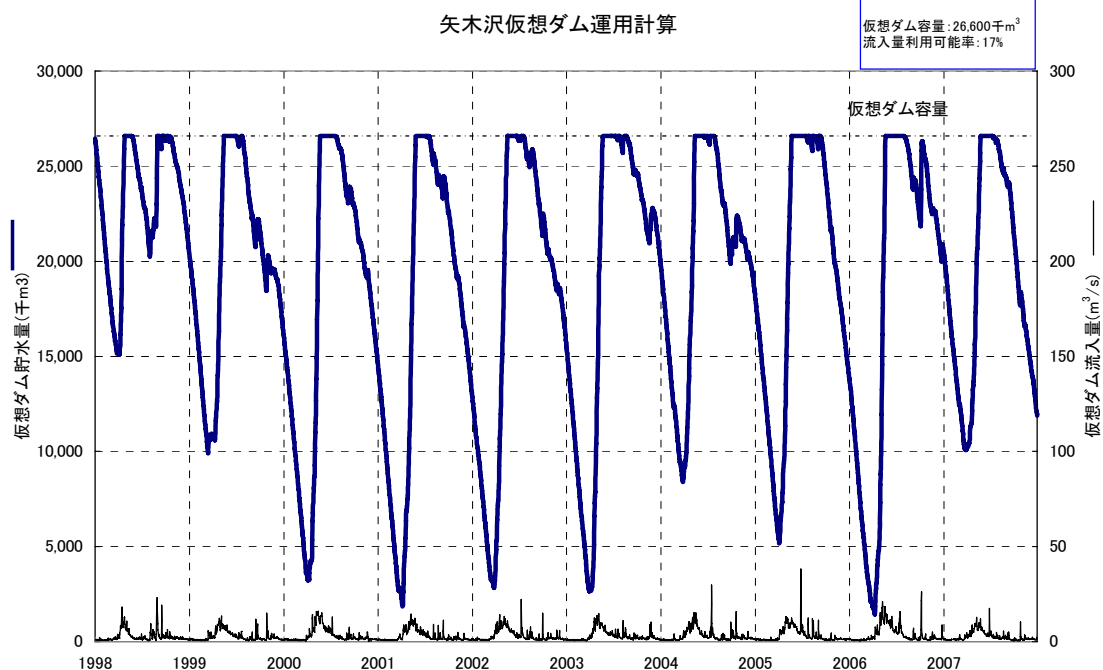
※「a 開発水量」は開発基準点における水量、「b 供給可能量」はダム地点における水量を示す。

e) 課題

上記の検討は、現状ではその大半が河川下流部で取水されていることが多い水道用水について、その取水位置をダム地点に変更した場合に、供給が可能な量を(2)、(3)に記載した種々の仮定を設けて検討したものである。ダムによる本来の開発水量の算出とは異なる概略的な計算方法であるため、正確な供給可能量の算定には別途詳細な検討が必要である。

また、仮想ダムの検討では、水道容量分のみを対象としており、不特定容量には極力影響させない検討としてはいるが、上流で常時水道分を取水することから、下流取水地点までの河川区間では下流で取水する場合の流況より減水することとなる。この結果、減水区間での環境が変化することから、その対応についても課題となると考えられる。

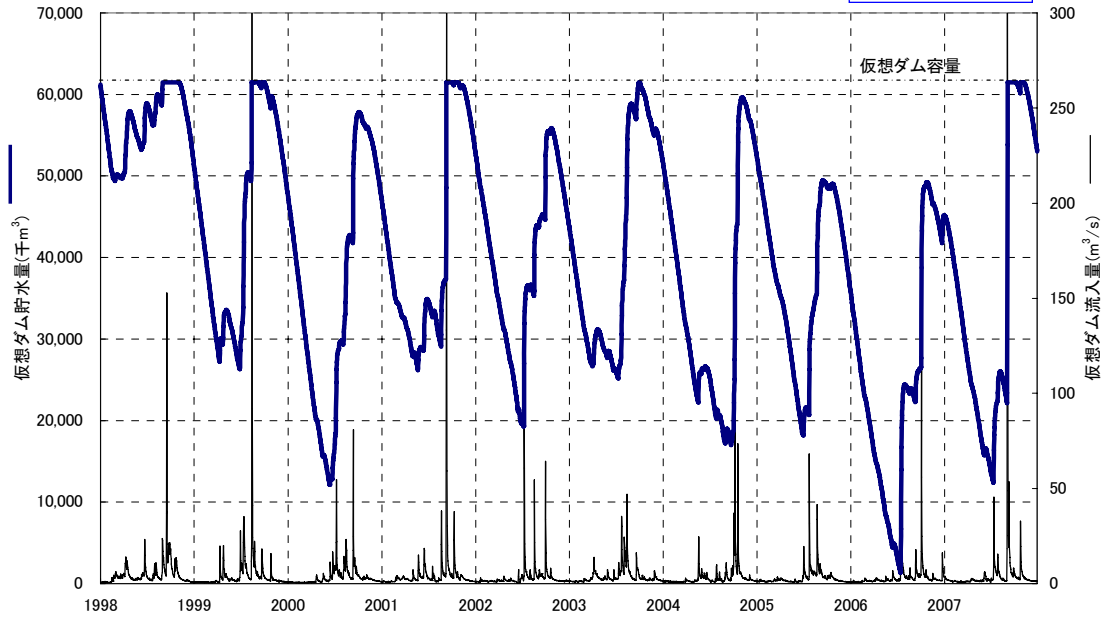
f) 各ダムの運用計算結果グラフ(参考)





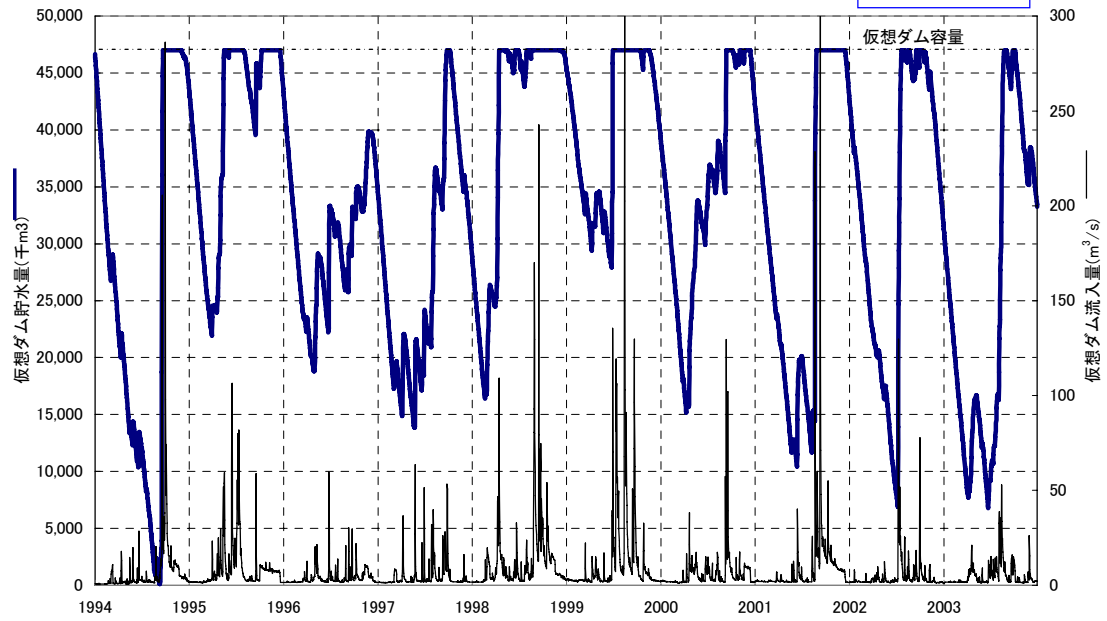
### 下久保仮想ダム運用計算

仮想ダム容量: 61,500千 $m^3$   
流入量利用可能率: 51%



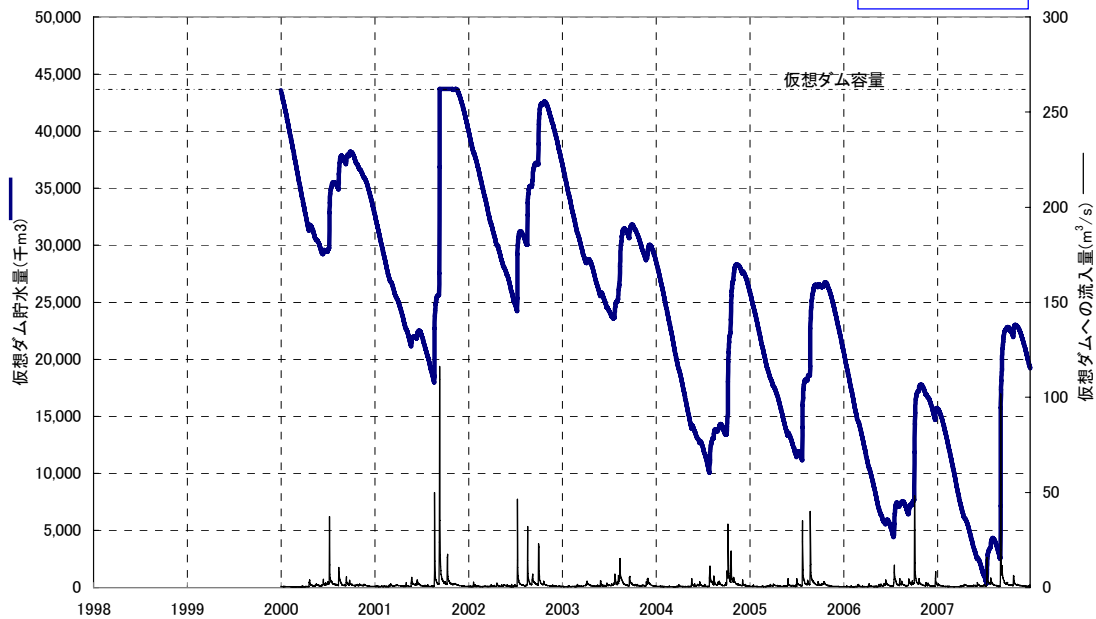
### ハツ場仮想ダム運用計算

仮想ダム容量: 47,000千 $m^3$   
流入量利用可能率: 52%



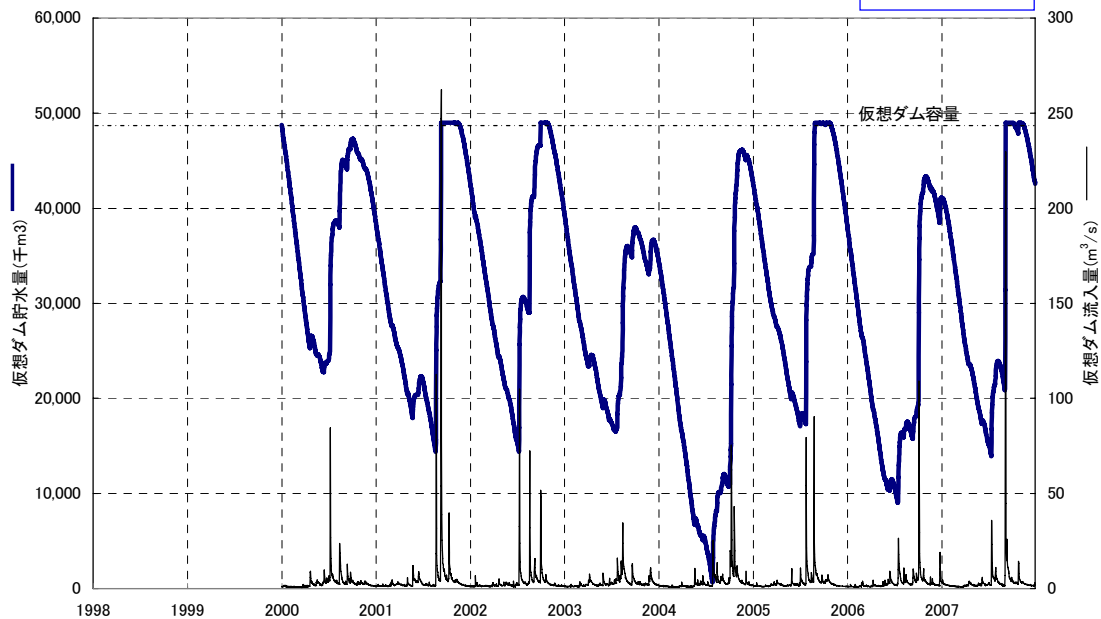
浦山仮想ダム運用計算

仮想ダム容量: 43,700千 $m^3$   
 流入量利用可能率: 78%



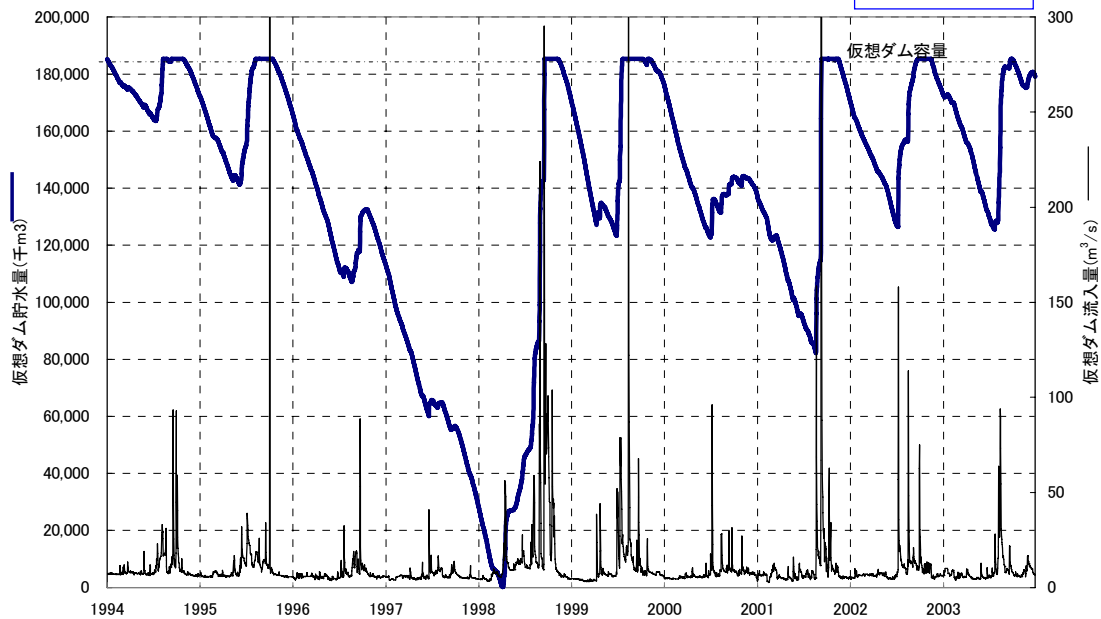
滝沢仮想ダム運用計算

仮想ダム容量: 49,000千 $m^3$   
 流入量利用可能率: 84%



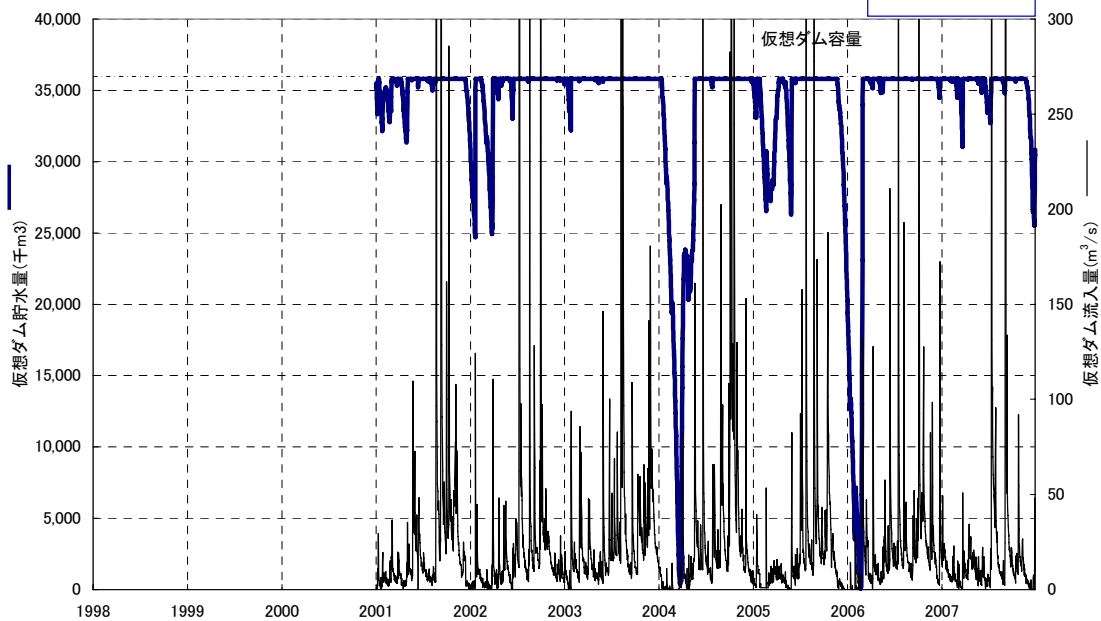
小河内仮想ダム運用計算

仮想ダム容量: 185,400千 $m^3$   
流入量利用可能率: 100%



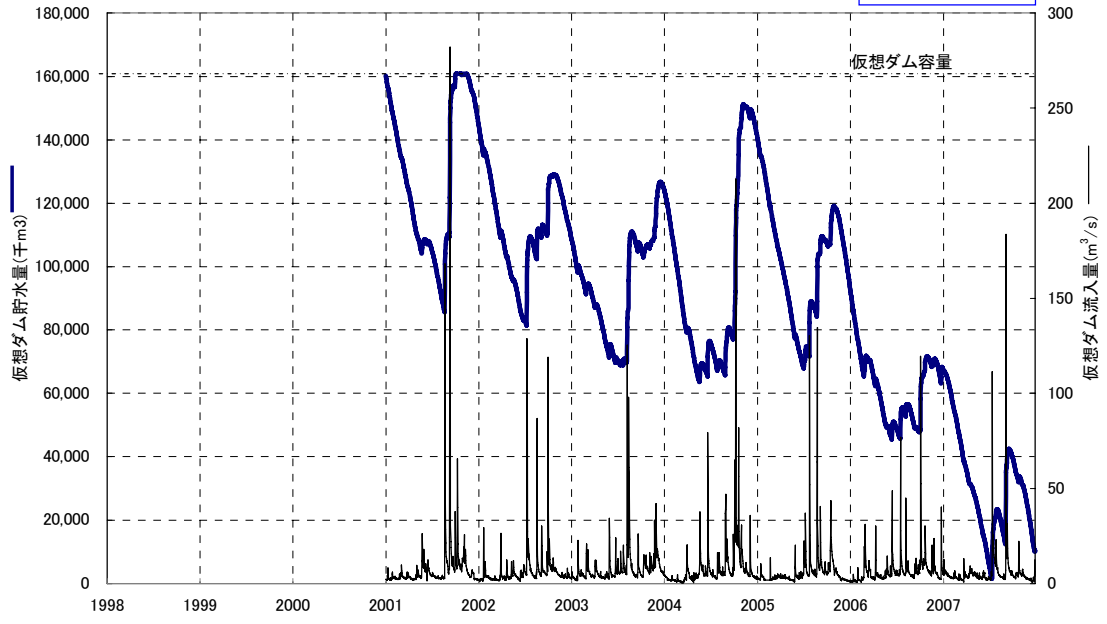
城山ダム仮想ダム運用計算

仮想ダム容量: 35,800千 $m^3$   
流入量利用可能率: 70%



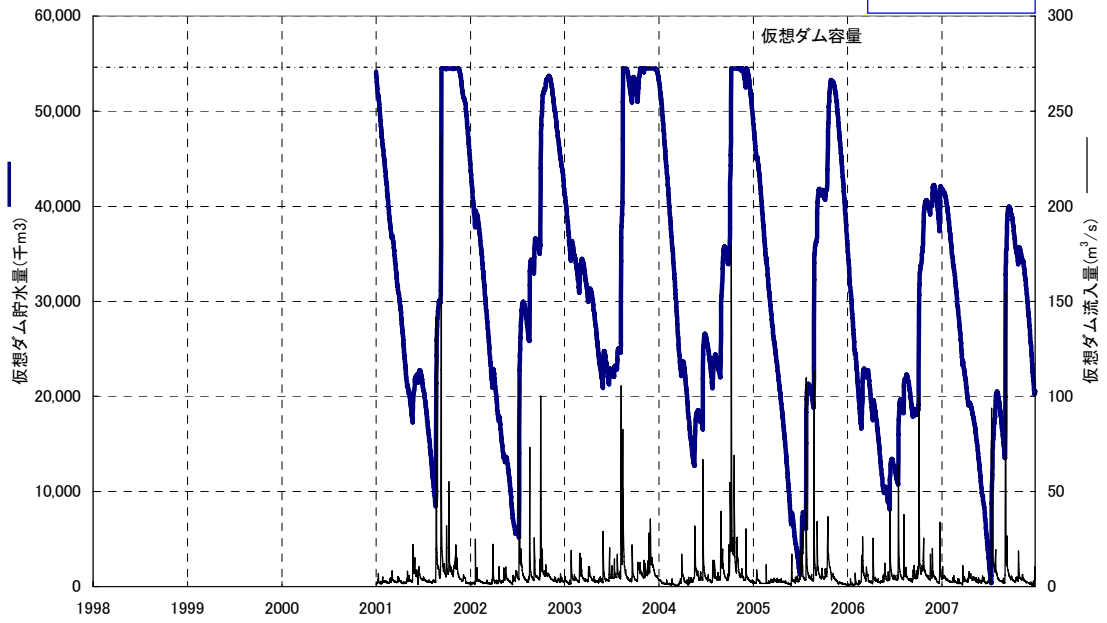
宮ヶ瀬仮想ダム運用計算

仮想ダム容量: 160,800千 $m^3$   
流入量利用可能率: 88%



三保ダム仮想ダム運用計算

仮想ダム容量: 54,500千 $m^3$   
流入量利用可能率: 100%



## (2) 取水地点の変更後の取水量の設定

本シミュレーションで設定する浄水場の取水量は、ダム地点において取水する場合は(1)で概略検討したダム地点における供給可能量とした。また、ダム地点と開発基準点の間の任意の地点における取水量は、下図のとおりダム地点と開発基準点の2地点それぞれの流域面積と供給可能量(開発基準点については水利権水量)を直線で補間して設定した。

実際には、ダム地点と開発基準点の間において実際に取水できる水量は直線で補間されるものではなく、正常流量条件によっても異なるものであるが、ここでは簡便のためこのような設定とした。

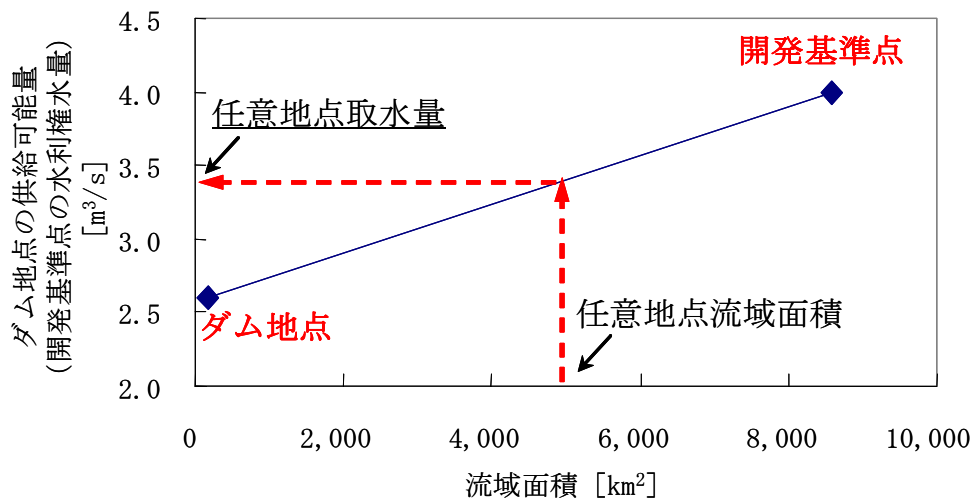


図6.3-6 ダム地点と開発基準点の間の任意地点における取水量設定の方法

### 5) 将来シミュレーションモデルの施設配置の設定

図 6.3-1で示した「取水地点(浄水場)設定の考え方」に基づき、将来(2050年)シミュレーションモデルの浄水場位置と各浄水場の開発水量を設定した(図 6.3-7)。将来シミュレーションモデル取水地点における上流ダム群の取水地点上流化による供給可能量については、「6.3.24) (2)」で示した設定方法により算出した(表 6.3-6)。

**表 6.3-6 将来シミュレーションモデルの取水地点における上流ダム群の供給可能量**

水系名	ダム名	a	b	c	d (=a-c)	シミュレーション取水地点
		開発水量 (m <sup>3</sup> /s)	ダム地点 供給可能量 (表6.3-5より) (m <sup>3</sup> /s)	シミュレーション 取水地点の 供給可能量 (m <sup>3</sup> /s)	減量分 (m <sup>3</sup> /s)	
利根川	矢木沢	4.00	2.67	4.00	0.00	利根川中流浄水場(開発基準点)
	下久保	14.90	3.58	14.90	0.00	利根川中流浄水場(開発基準点)
	奈良俣	5.61	2.72	4.75	0.86	利根川中流浄水場
	八ッ場	8.86	4.64	7.50	1.36	利根川中流浄水場
荒川	浦山	3.87	1.82	2.85	1.02	荒川上流浄水場
	滝沢	4.60	3.43	4.00	0.60	荒川上流浄水場
多摩川	小河内	13.20	9.00	11.47	1.73	多摩川上流浄水場
相模川	城山	10.52	5.48	5.48	5.04	相模川浄水場(ダム直接取水)
	相模	10.34	10.34	10.34	0.00	相模川浄水場(開発基準点)
	宮ヶ瀬	15.05	7.84	7.84	7.21	相模川浄水場(ダムから導水)
酒匂川	三保	20.95	5.74	5.74	15.21	相模川浄水場(ダムから導水)
計		111.90	57.26	78.86	33.04	

なお、相模川浄水場の水源である三保ダム、宮ヶ瀬ダム、城山ダム、相模ダムについては、水源一元化のため、三保ダムー相模ダムの水源間導水を設定している(宮ヶ瀬ー城山は既設の津久井導水路を活用)。



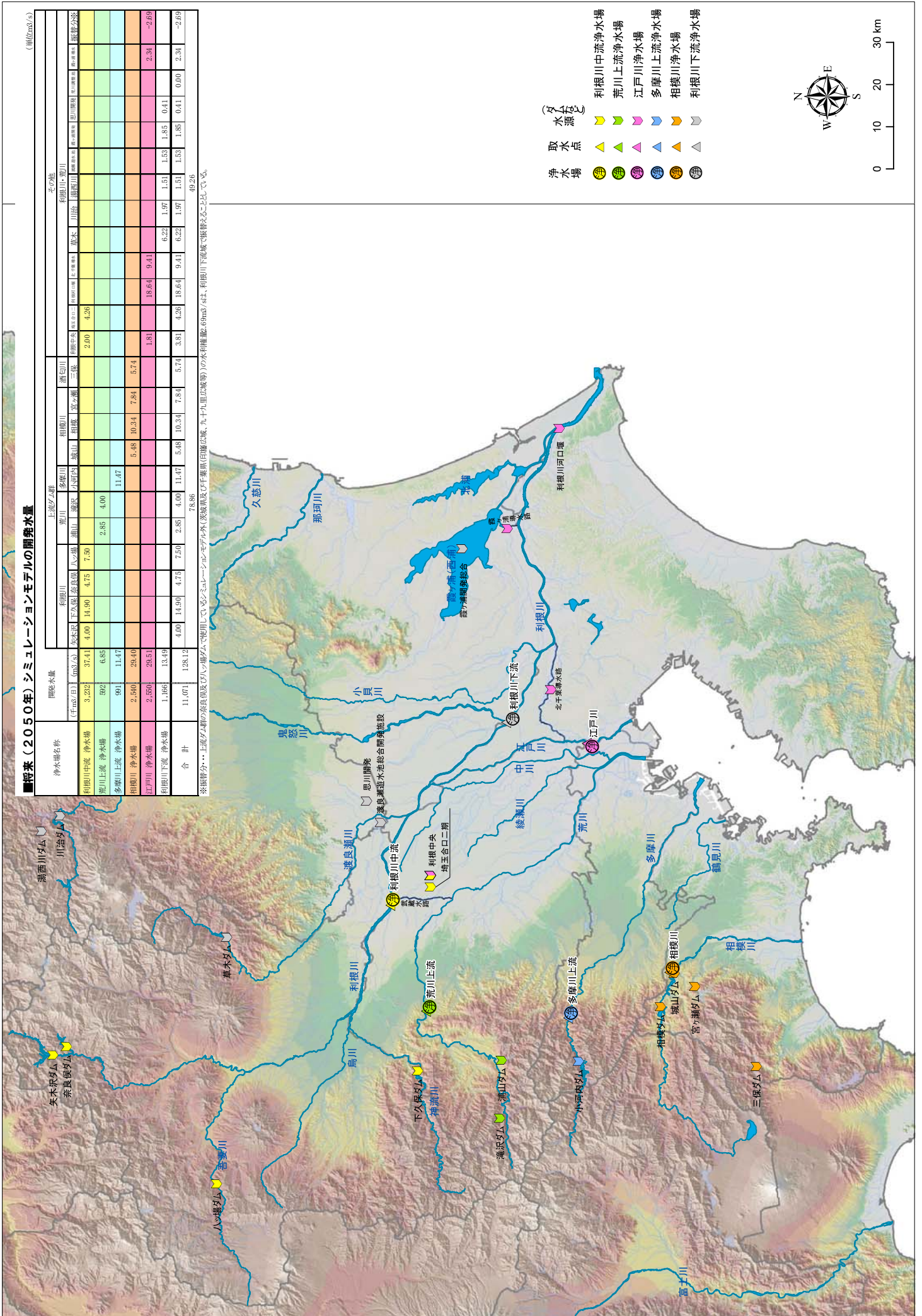


図6.3-7 将来シミュレーションモデルにおける水源配置及び開発水量

### 6.3.3 シミュレーション結果

現況シミュレーションの結果を図 6.3-8に、将来シミュレーションの結果を図 6.3-9に示す。また、将来シミュレーションモデルにおける各浄水場と需要地の関係を表 6.3-7に示す。

表 6.3-7 将来シミュレーションモデルの浄水場と需要地の関係

浄水場		需要地	
名称	標高(m)	エリア	標高(m)
利根川中流 浄水場	21	埼玉県の一部 東京都(区部)(多摩)の一部 千葉県の一部	1~62
荒川上流 浄水場	108	埼玉県の一部 東京都(多摩)の一部	11~119
多摩川上流 浄水場	234	埼玉県の一部 東京都(多摩)の大部分	52~185
相模川 浄水場	120	神奈川県の一部	2~127
利根川下流 浄水場	7	千葉県の一部	4~56
江戸川 浄水場	2	東京都(区部)の一部 東京都(多摩)の一部 神奈川県の一部、千葉県の一部	0~52

取水地点の上流化により将来シミュレーションモデルの導水・送水・配水にかかる電力使用量は年間約 9.6 億 kWh となり、現況シミュレーションモデルにおける電力使用量(18.1 億 kWh)の約 47% が削減される。

導水については約 83%削減となったが、これは、取水地点を上流化し、かつ、取水地点と浄水場を隣接させたことで、「標高の低い位置から高い位置への導水」(たとえば、神奈川県の一部飯泉取水堰(+8m)から伊勢原浄水場(+117m)への導水)や「長距離の導水」がなくなったことによる。なお、将来シミュレーションモデルの電力使用量は、水源(河川や貯水池)からの直接取水するためのポンプ揚程を 5mと想定し算出したものである。

送水については約 42%削減となったが、これは、自然流下を活用した送水エリアが広がったことによる。しかし、ポンプ圧送を主とした浄水場(利根川中流浄水場、利根川下流浄水場、江戸川浄水場)が残存することとなったため、導水ほどの削減効果は得られなかった。

配水については約 27%削減となったが、これは、送水による残圧を配水に活用したことによる。送水の残圧が生じるのは一部エリアであるため、導水ほどの削減効果は得られなかった。

表 6.3-8 シミュレーションモデルにおける電力使用量

	現況(2005年) シミュレーションモデル	将来(2050年) シミュレーションモデル	削減率 (%)
導水ポンプ	470,517,456kWh	81,486,596kWh	82.7%
送水ポンプ	631,031,905kWh	364,422,658kWh	42.2%
配水ポンプ	711,415,556kWh	516,360,327kWh	27.4%
合計	1,812,964,917kWh	962,269,581kWh	46.9%



■ 現況 (2005年) シミュレーション結果 (シミュレーション範囲…大規模9水道事業者十の受水団体)

電力使用量	電力使用量					合計	水需要※1		開発水量
	導水ポンプ	送水ポンプ	配水ポンプ	配水ポンプ	配水ポンプ		水需要※1	水需要※1	
合 計	470,517千kWh	631,032千kWh	711,416千kWh	1,812,965千kWh	11,021千m <sup>3</sup> /日	127,56m <sup>3</sup> /s	167,35m <sup>3</sup> /s	167,35m <sup>3</sup> /s	
うち、埼玉県	90,752千kWh	187,699千kWh	171,618千kWh	450,069千kWh	2,011千m <sup>3</sup> /日	23,28m <sup>3</sup> /s	24,66m <sup>3</sup> /s	24,66m <sup>3</sup> /s	
うち、東京都	138,879千kWh	240,457千kWh	298,804千kWh	678,139千kWh	4,982千m <sup>3</sup> /日	57,66m <sup>3</sup> /s	70,48m <sup>3</sup> /s	70,48m <sup>3</sup> /s	
うち、神奈川県	174,759千kWh	151,670千kWh	118,327千kWh	444,756千kWh	3,260千m <sup>3</sup> /日	37,73m <sup>3</sup> /s	54,20m <sup>3</sup> /s	54,20m <sup>3</sup> /s	
うち、千葉県	65,940千kWh	51,047千kWh	122,228千kWh	239,216千kWh	762千m <sup>3</sup> /日	8,82m <sup>3</sup> /s	16,74m <sup>3</sup> /s	16,74m <sup>3</sup> /s	
うち、茨城県※2	187千kWh	158千kWh	439千kWh	784千kWh	7千m <sup>3</sup> /日	0,08m <sup>3</sup> /s	1,27m <sup>3</sup> /s	1,27m <sup>3</sup> /s	

※1 受水団体の自己水を除く  
 ※2 茨城県五霞町(埼玉県企業局の受水団体)

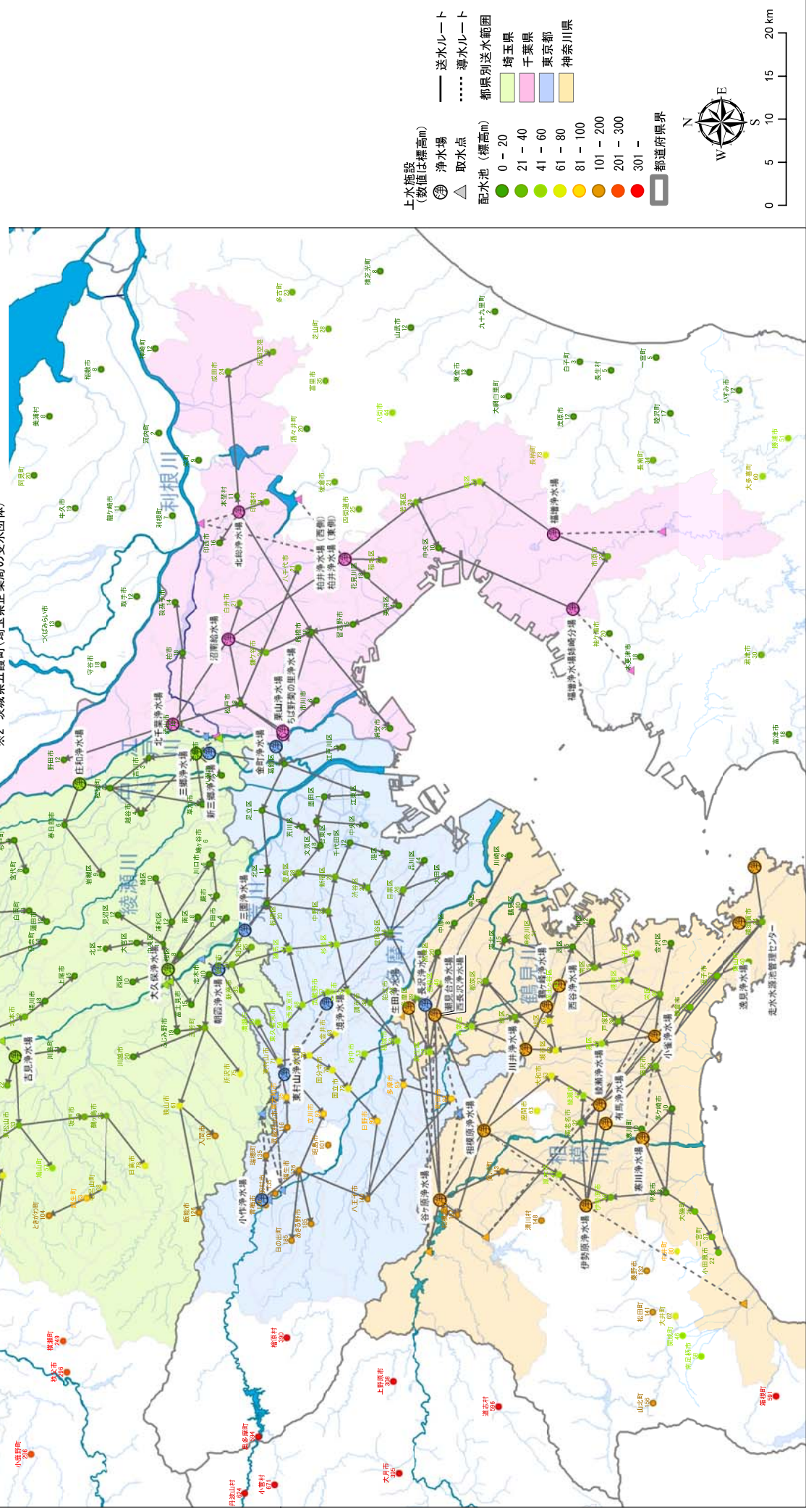


図6.3-8 現況のシミュレーションモデル及び電力使用量



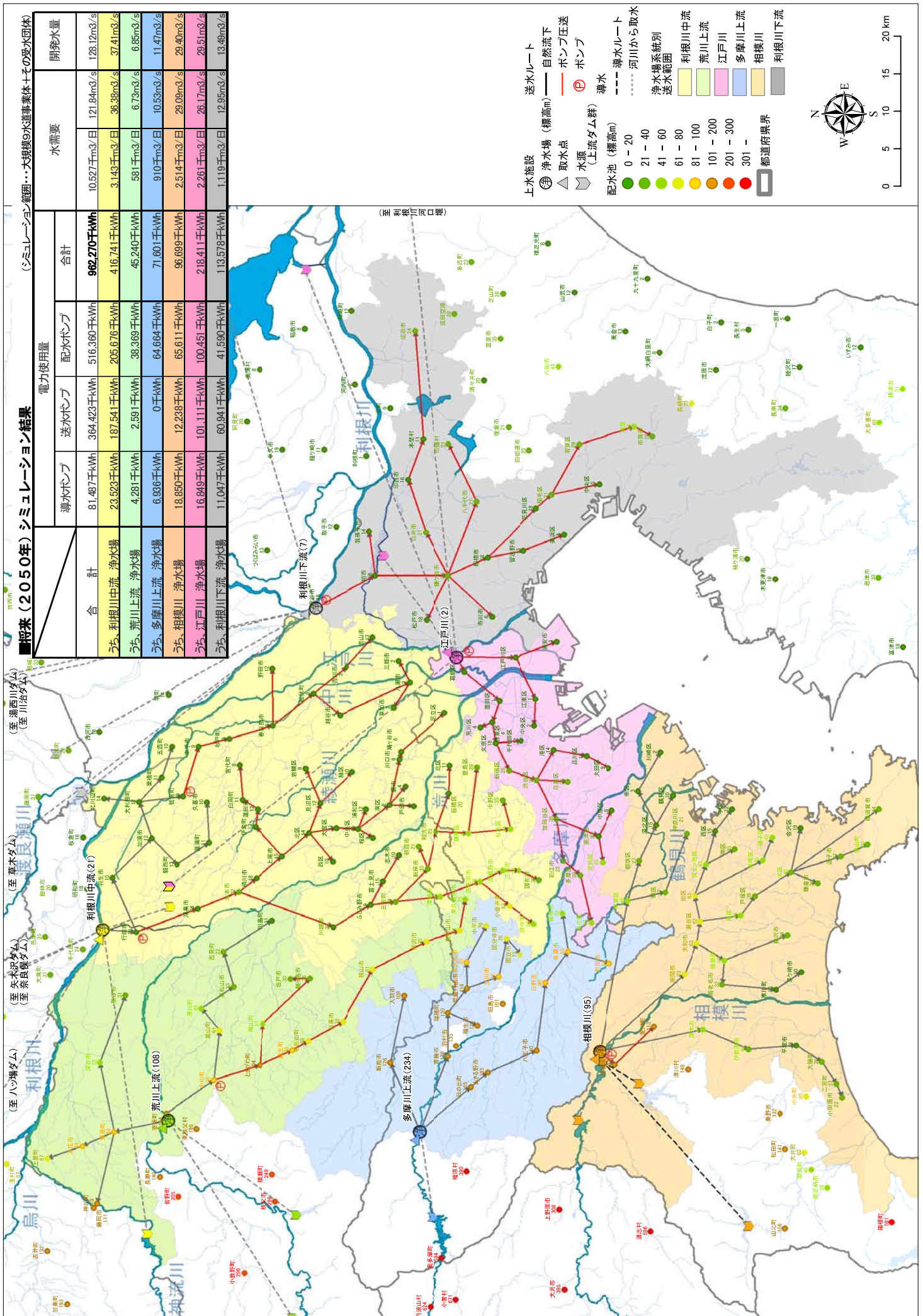


図6.3-9 将来のシミュレーションモデル及び電力使用量

### 6.3.4 取水地点上流化に伴う影響

分科会①では、CO<sub>2</sub> 排出量の削減を目的として、水道用水の取水位置を変更し、現在取水している地点よりも上流で取水する案の検討を行っている。ここでは、取水地点上流化に伴い生じると考えられる課題として、取水量への影響、水利権や河川流況への影響について記述する。

なお、水利権や河川流況への影響のうち、農業用水の取水等に影響が及ぶ場合には、河川水利秩序への影響、農業用水が果たす水循環への影響、農業生産だけでなく地域社会への影響等が考えられるため、取水地点の変更に伴う影響の観点から農業用水の特徴と現状を 3.6 に記述した。

#### 1) 取水量への影響

図 6.3-10は、取水量変更による影響のイメージを示すものであり、取水地点変更前は、取水地点 B で 100m<sup>3</sup>/s の流れがあり、支線 I から 15 m<sup>3</sup>/s、支線 II から 25 m<sup>3</sup>/s が流入し、取水地点 A で 140 m<sup>3</sup>/s 流れており、取水地点 A で 10 m<sup>3</sup>/s の水道用水が取水されているものと仮定したものである。

取水地点を A から B へ変更し、B 地点で必要な河川流量を確保した上で水道用水の取水を行う場合、取水地点 A と同量の取水を確保するために必要なダム補給量は、A と B の河川流況の違いにより増大することが想定される。この場合、ダム容量等の見直しが行われず補給可能量が同等とすると、B 地点で安定取水できる水量は減少することとなる。

逆に、取水地点変更後も同量の取水を行うためには、既存ダム容量の増大等の見直しが必要となる場合がある。

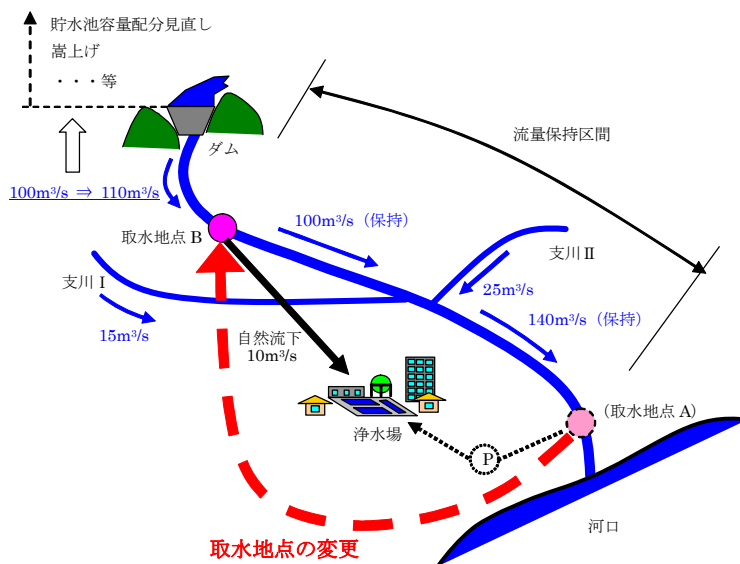


図6.3-10 取水地点の変更による取水量への影響イメージ

#### 2) 水利権や河川流況への影響

図 6.3-11は、図 6.3-10と同様の仮定で、取水地点変更による影響のイメージを示したものである。

水道用水の取水を上流部に変更した場合、図 6.3-6の取水地点 B から A の区間の河川流量は減少することとなる。そのため、この区間(減水区間)では水利権量の安定取水ができなくなる等、水利権にかかる調整が必要となる場合(電気事業者含む)がある。また、減水することにより、河川の正常流量に影響することもあり得る。

また、この区間では、流量の減少に伴って、水質の悪化や生物の生息・生息環境等への影響、舟運、漁業、観光・景観等への影響なども想定される。

このため、変更後の取水地点で必要となる河川流量を別途確保しなければならない場合がある。

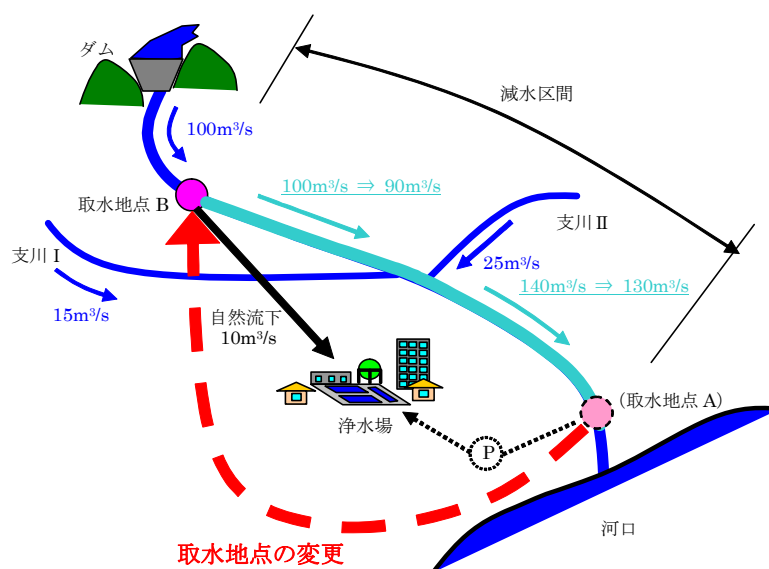


図6.3-11 取水地点の変更による水利権や河川流況への影響イメージ

### 河川流量への影響～河川の正常流量について～

河川には、年間を通して様々な動物や植物が棲み、また私たちは川や川の水を様々な活動に利用している。このような、生物の営みや人間の活動を維持していくために必要な川の流量は正常流量とされており、河川管理者が定める各河川の河川整備基本方針の中で設定されている。

正常流量とは維持流量と水利流量をあわせた流量で、この流量を下回ると河川環境が悪化したり、水利権者が取水できないといった何らかの支障が生じることになると考えられる。したがって、異常渇水時を除いてこの流量を下回ることがないように適正な河川管理を計画するのが原則とされている。

正常流量は下に示す 10 項目について総合的に検討し、河川管理上支障のない流量として設定される。なお、(1)～(9)は維持流量に該当する。

- (1) 川に棲む動植物の生育・生息に必要な流量
- (2) 漁業の対象になっている魚に必要な流量
- (3) 川の景観を守るために必要な流量
- (4) 水質が悪化しないために必要な流量
- (5) 舟運(船が運行するため)に必要な流量
- (6) 河口部で塩害の防止に必要な流量
- (7) 河口部で土砂が堆積することによる河口閉塞の防止に必要な流量
- (8) 河川管理施設の保護に必要な流量
- (9) 河川周辺の地下水位の維持に必要な流量
- (10) 水利権流量確保のために必要な水利流量



## 6.4 浄水場位置の変更・浄水場の効率的管理(水道システムによる対策)

### 6.4.1 浄水場位置の変更

#### 1) 原水水質の向上に対応した浄水処理方式の選定とCO<sub>2</sub>削減量の推計

取水地点を下流域から上流域に変更した場合、導・送・配水といった水輸送系で発生するCO<sub>2</sub>排出量の削減だけでなく、水質の良好な原水に対して必要十分な浄水処理方式を選定することによる削減効果が期待できる。ここでは、水道事業全体でのCO<sub>2</sub>排出量のうち浄水処理の占める割合を概観した後、取水地点の位置と原水水質、浄水処理方式と原水水質の関係について現状の実績を整理する。また、浄水処理フローを構成する単位処理プロセス毎、設備・機器毎のCO<sub>2</sub>排出量を推計する方法を整理し、取水地点の変更に伴う原水水質の改善によって期待されるCO<sub>2</sub>排出量削減効果を推計する。

#### (1) 水道事業における工程別のCO<sub>2</sub>排出量

##### ① 推計方法

検討の対象とする水道事業体の環境報告書、事業年報等を参考として、水道事業が消費する電力使用量を工程別(取・導水、浄水、送・配水)に推計し、別途定められている排出係数を用いて工程別のCO<sub>2</sub>排出量を算出した。推計の手順を以下に示す。

- A) 対象事業体の環境報告書、事業年報、統計年報、決算書などから、エネルギー使用に関する情報を整理した(表 6.4-2)。
- B) 平成 17 年度水道統計より対象事業体の電力使用量を抽出し、A)の情報から得られた工程毎のエネルギー使用に関するデータで按分した(表 6.4-3)。
- C) 平成 17 年度水道統計より工程別ポンプ設備原動機出力を整理した(表 6.4-4)。
- D) 工程毎の電力使用量データと工程別ポンプ設備原動機出力より、浄水場内での電力使用状況を推計した(表 6.4-5)。
- E) の電力使用状況の推計値に基準年を含む過去5年間の電力によるCO<sub>2</sub>排出係数平均値(0.382 kg-CO<sub>2</sub>/kWh)を乗じて、工程別のCO<sub>2</sub>排出量を算出した(表 6.4-6)。

##### ② 水道事業における工程別のCO<sub>2</sub>排出量

上記の方法で推計した工程別のCO<sub>2</sub>排出量の比率を表 6.4-1及び図 6.4-1に示す。比率は水道事業体によって大きく異なるが、北千葉広域水道企業団(74.7%)、神奈川県内広域水道企業団(37.8%)、川崎市(26.4%)では浄水場の占める比率が高くなっており、これらの水道事業体ではCO<sub>2</sub>排出量を削減する上で浄水場の効率的管理が有効となることを示唆している。

一方、これとは逆に東京都水道局や横浜市水道局では浄水場の占める比率が極端に低くなっており(5%以下)、例えば、輸送系のポンプに係る負荷を浄水場内としてカウントしている等、推計のベースとなる電力量を工程別に区分する際の考え方が水道事業体によって異なっているものと推察される。

表 6.4-1 工程別の CO<sub>2</sub> 排出量比率(推計値)

	取水・導水	浄水場	送水・配水・ポンプ場	事務所
埼玉県企業局	23.2%		76.8%	—
千葉県水道局		98.7%		1.3%
北千葉広域水道企業団	21.4%	74.7%	3.8%	—
東京都	19.8%	3.3%	76.9%	—
神奈川県内広域水道企業団	40.6%	37.8%	16.2%	5.4%
神奈川県企業局	58.7%	4.6%	36.7%	—
横浜市	39.3%	8.6%	52.1%	—
横須賀市	38.8%	10.8%	50.4%	—
川崎市	26.1%	26.4%	47.5%	—

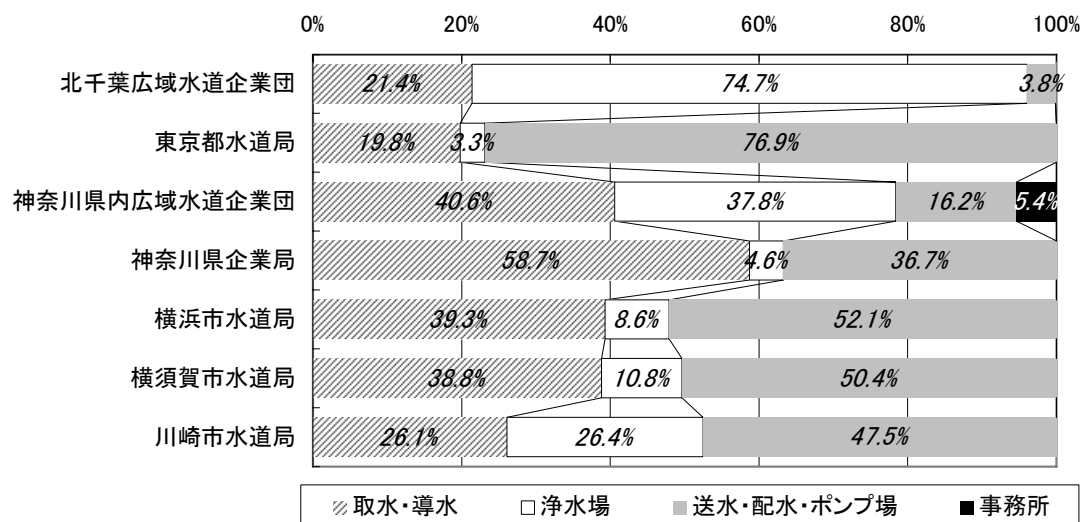


図 6.4-1 工程別の CO<sub>2</sub> 排出量比率(推計値)

表 6.4-2 環境報告書などから得られた情報

		年度	取水・導水	浄水場	送水・配水・ポンプ場	事務所	合計	出典	電力使用量kWh (水道統計H17)
埼玉県企業局	動力費	H17	596,379,927		1,974,945,647		2,571,325,574	平成17年度 公営企業会計決算書	
	電力量	H17	59,893,443		198,340,501		258,233,944		258,233,944
	電力量	H17		163,043,000		2,192,000	165,235,000	平成18年度 環境報告書	163,045,006
	電力量	H17	7,942,800	27,687,115	1,412,865		37,042,780	平成19年度 事業年報	41,964,966
東京都	CO2排出量	H18	29,533,879	39,310,163		3,960,402	72,804,444	第2次 地球温暖化対策実行計画 H20.4	779,262,121
	電力量	H17	75,447,899	100,422,610		10,117,330	185,987,840		185,987,840
神奈川県企業局	電力量	H17		74,291,780	43,020,121		117,311,901	平成17年度決算版 環境報告書	112,474,410
	電力量	H17	57,330,000	12,540,000	76,120,000		145,990,000	平成18年度 環境報告書	146,050,552
横浜市	電力量	H17		8,372,328	8,498,695		16,871,023	平成17年度 環境レポート	16,871,023
	電力量	H17		10,289,809	9,294,292		19,584,101	平成19年度 統計年報	19,584,101

※1 埼玉県企業局については、動力費としてデータが提示されていたため、平成17年度水道統計の電力使用量を動力費の比率で按分した。

※2 神奈川県内広域水道企業団については、CO<sub>2</sub>排出量での表示となっているが、他事業体と比較が行えるよう平成17年度水道統計の電力使用量を

CO<sub>2</sub>排出量の比率で按分した。

表 6.4-3 平成17年度工程別電力使用量(kWh)

	取水・導水	浄水場	送水・配水・ポンプ場	事務所	電力使用量
埼玉県企業局	59,893,443		198,340,501		258,233,944
千葉県水道局		160,882,058			163,045,006
北千葉広域水道企業団	8,998,227	31,366,135	1,600,604	2,162,948	41,964,966
東京都					779,262,121
神奈川県内広域水道企業団	75,447,899	100,422,610		10,117,330	185,987,840
神奈川県企業局		71,228,273	41,246,137		112,474,410
横浜市	57,353,779	12,545,201	76,151,572		146,050,552
横須賀市		8,372,328	8,498,695		16,871,023
川崎市		10,289,809	9,294,292		19,584,101

表 6.4-4 平成 17 年度施設別ポンプ設備原動機出力

	取水導水施設 原動機出力(kW)	浄水施設 原動機出力(kW)	送水施設 原動機出力(kW)	配水施設 原動機出力(kW)	施設別ポンプ 設備計原 動機出力(kW)
埼玉県企業局	10,368.5		45,170.0	9,922.0	65,460.5
千葉県水道局	16,715.0		6,991.0	33,693.0	57,399.0
北千葉広域水道企業団	1,900.0		7,500.0		9,400.0
東京都	69,270.7	11,570.0	119,936.0	149,038.5	349,815.2
神奈川県内広域水道企業団	55,600.0		22,250.0		77,850.0
神奈川県企業局	4,280.0	334.8	11,780.0	21,342.2	37,737.0
横浜市	14,100.0	637.5	14,364.0	17,808.9	46,910.4
横須賀市	630.0	176.0	3,370.0	3,762.4	7,938.4
川崎市	444.0	449.0	7,955.0	8.8	8,856.8

表 6.4-5 平成 17 年度工程別電力使用量推計値

	取水・導水	浄水場	送水・配水・ ポンプ場	事務所	電力使用量
埼玉県企業局	59,893,443		198,340,501	—	258,233,944
千葉県水道局		160,882,058		2,162,948	163,045,006
北千葉広域水道企業団				—	41,964,966
東京都	8,998,227	31,366,135	1,600,604	—	779,262,121
神奈川県内広域水道企業団	154,310,140	25,773,788	599,178,193	—	185,987,840
神奈川県企業局	75,447,899	70,229,881	30,192,729	10,117,330	112,474,410
横浜市	66,060,720	5,167,553	41,246,137	—	146,050,552
横須賀市	57,353,779	12,545,201	76,151,572	—	16,871,023
川崎市	6,544,127	1,828,201	8,498,695	—	19,584,101
	5,116,098	5,173,711	9,294,292	—	

※1 事務所での電力使用量は、千葉県水道局と神奈川県内広域水道企業団での使用量比率が低いいため、情報が無い事業体では 0 とした。

※2 埼玉県企業局と千葉県水道局は、情報不足のため浄水場での使用量の設定が困難。

表 6.4-6 平成 17 年度工程別 CO<sub>2</sub> 排出量推計値 (kg-CO<sub>2</sub>)

	取水・導水	浄水場	送水・配水・ポンプ場	事務所	合計
埼玉県企業局	22,879,295	75,766,072	—	—	98,645,367
千葉県水道局	61,456,946	—	—	826,246	62,283,192
北千葉広域水道企業団	3,437,323	11,981,864	611,431	—	16,030,617
東京都	58,946,474	9,845,587	228,886,070	—	297,678,130
神奈川県内広域水道企業団	28,821,098	26,827,814	11,533,623	3,864,820	71,047,355
神奈川県企業局	25,235,195	1,974,005	15,756,024	—	42,965,225
横浜市	21,909,143	4,792,267	29,089,901	—	55,791,311
横須賀市	2,499,857	698,373	3,246,501	—	6,444,731
川崎市	1,954,349	1,976,358	3,550,420	—	7,481,127



(2) 関東地方における河川水質の分布状況

河川水質の分布状況を概観するため、ここでは河川水質の測定結果が広く網羅されている公共用水域水質測定結果(環境省(平成17年度))をもとに、関東地方の主な8流域について、BOD、COD、SS(浮遊物質)、DO(溶存酸素)、大腸菌群数の水質マップを作成した。検討対象項目の概要を表 6.4-7、水質マップを図 6.4-2、図 6.4-4、図 6.4-6、図 6.4-8、図 6.4-10、流域毎にみた濃度分布を表 6.4-8～表 6.4-12及び図 6.4-3、図 6.4-5、図 6.4-7、図 6.4-9、図 6.4-11に示す。

BOD に着目すると、全般的な傾向として鬼怒川、小貝川、相模川は水質が良好となる傾向がみられる。なお、水質測定地点によって測定する水質項目が異なるため、表 6.4-8～表 6.4-12の合計値は一致しない。

表 6.4-7 検討対象項目の概要

水 質	概 要
BOD	水中の有機物が生物化学的に酸化されるのに必要な酸素量のこと、生物化学的酸素要求量ともいう。生物化学的酸化とは、水中の好気性微生物が有機物を栄養源とし、水中の酸素を消費してエネルギー化、生命維持・増殖するとき、有機物が生物学的に酸化分解されることをいい、有機物が多いほど消費される酸素量が多くなる。
COD	化学的酸素要求量のことである。水中の被酸化物質(有機物)を酸化剤で化学的に酸化したときに消費される酸化剤の量を酸素に換算したもの。CODが高いことはその水中に有機物が多いことを示し、生物化学的酸素要求量(BOD)とともに水質汚濁を示す重要な指標である。
溶存酸素	水中に溶解している酸素のことであり、DOともいう。供給源の多くは大気であるが、藻類の光合成により発生した酸素のこともある。酸素の溶解度は水温、塩分等によって影響を受ける。有機物で汚濁した水中では、生物化学的酸化により酸素が消費されるため溶存酸素が減少する。
SS(浮遊物質)	水中に懸濁している粒径 1 $\mu$ m～2mm 程度の不溶解性物質のことをいい、SSとも表記される。主な成分は粘土であるが、汚染の進んだ河川水では有機物の含有率が高くなる。
大腸菌群数	ヒトや温血動物の腸内常在菌であるものが多く、糞便汚染の指標として水道分野のみならず食品衛生や環境分野などでも、公衆衛生上の指標として広く利用される。但し、大腸菌群には土壌由来のものも含まれるため、それらが優占しているような場合は糞便汚染の指標性が弱くなる。

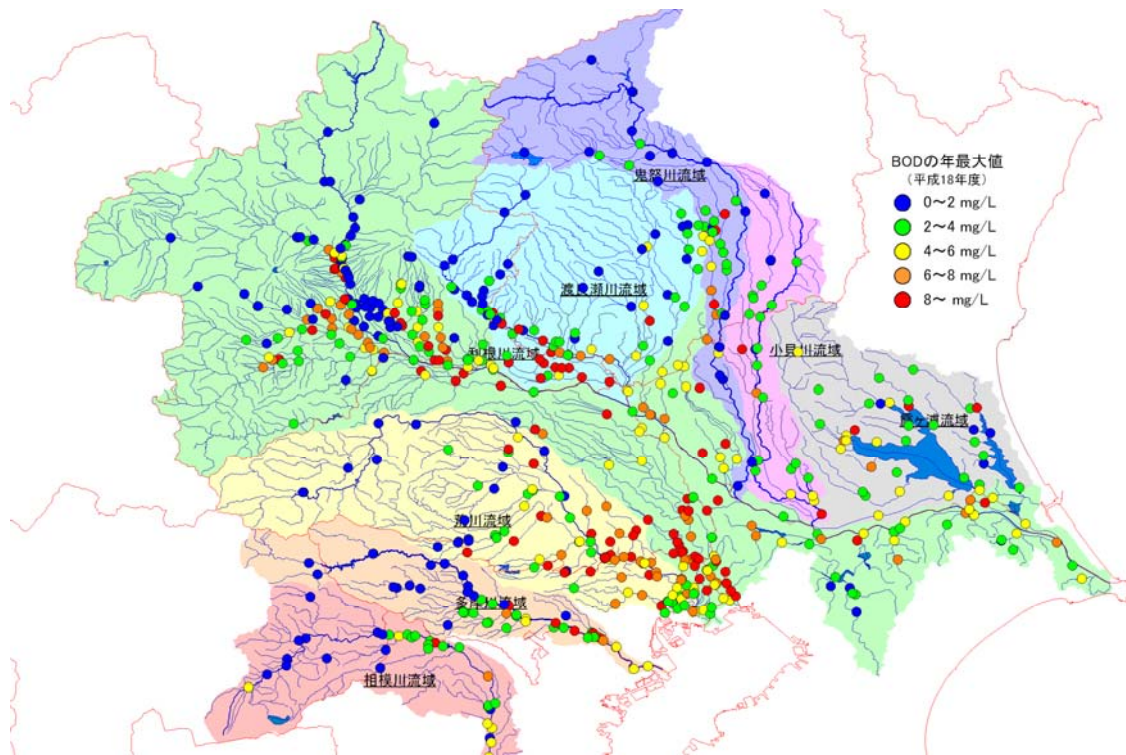


図 6.4-2 対象流域における BOD の濃度分布 (年最大値)

表 6.4-8 流域毎にみた BOD の濃度分布 (年最大値)

流域名 \ BOD	0~2	2~4	4~6	6~8	8~	合計
霞ヶ浦流域	4	18	11	3	3	39
小貝川流域	4	15	3	1	2	25
鬼怒川流域	19	13	3	3	3	41
渡良瀬川流域	29	27	10	3	15	84
利根川流域	64	67	66	40	55	292
荒川流域	17	22	11	21	21	92
多摩川流域	17	16	8	3	7	51
相模川流域	14	12	6	2	1	35
合計	168	190	118	76	107	659

(数値は水質測定点の数を表す)

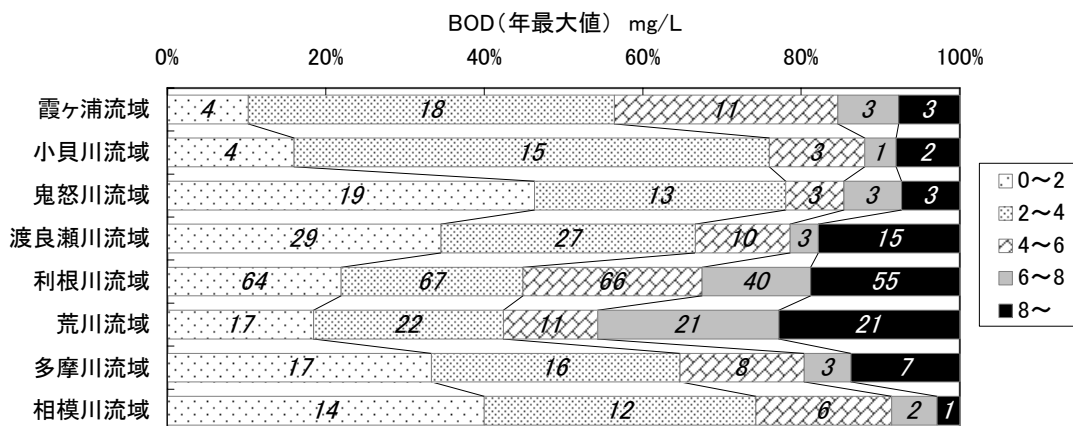


図 6.4-3 流域毎にみた BOD の濃度分布 (年最大値)

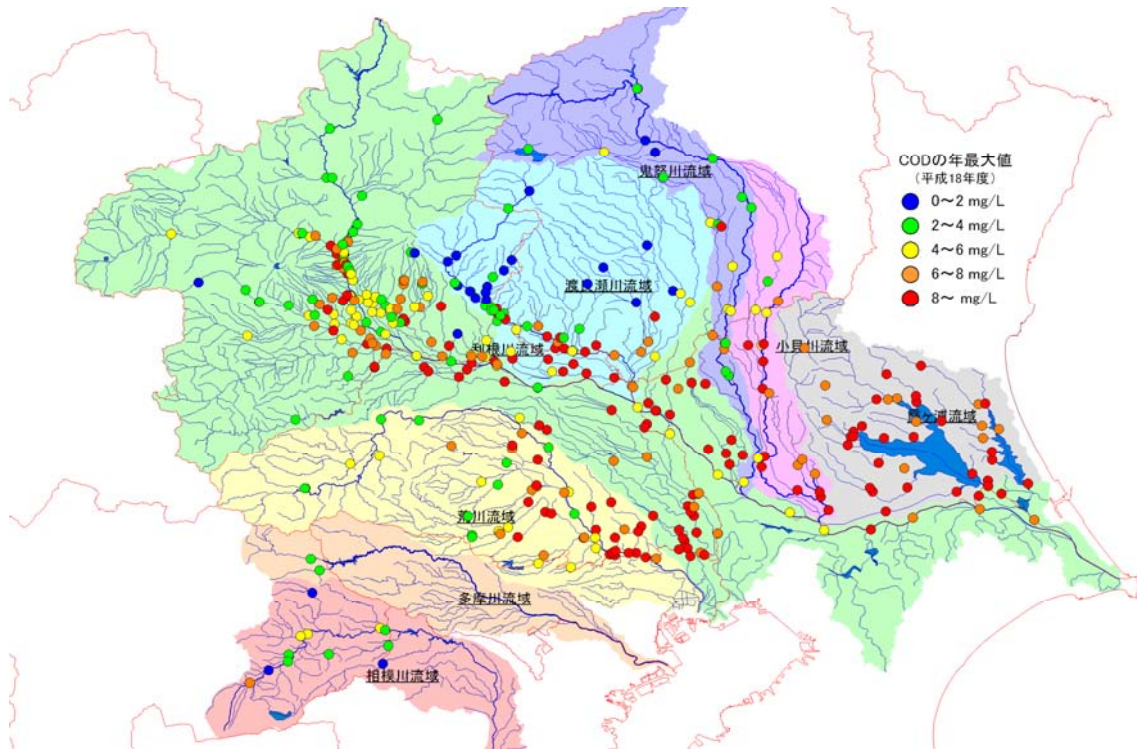


図 6.4-4 対象流域における COD の濃度分布（年最大値）

表 6.4-9 流域毎にみた COD の濃度分布（年最大値）

流域名 \ COD	0~2	2~4	4~6	6~8	8~	合計
霞ヶ浦流域				11	27	38
小貝川流域		1	4	5	10	20
鬼怒川流域	2	12	7	3	1	25
渡良瀬川流域	16	15	9	7	16	63
利根川流域	3	39	51	46	59	198
荒川流域		11	10	11	22	54
多摩川流域		2				2
相模川流域	3	5	3	1		12
合計	24	85	84	84	135	412

（数値は水質測定点の数を表す）

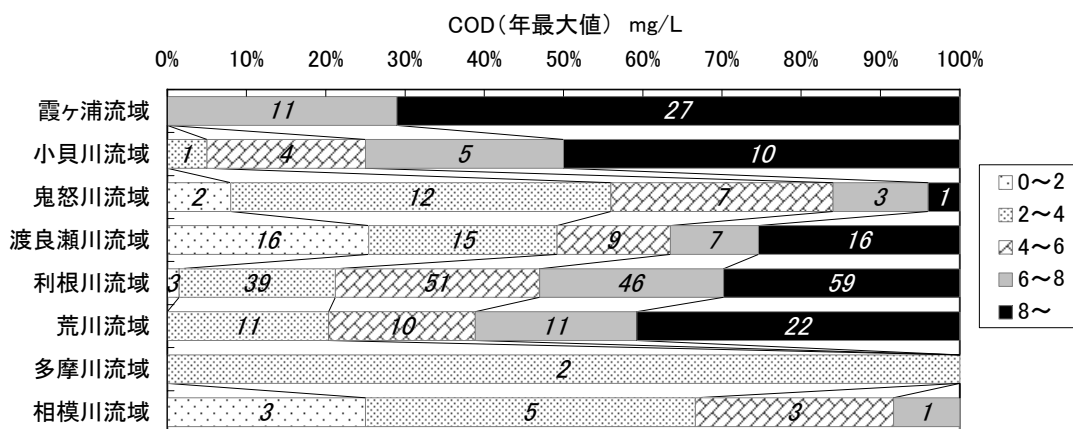


図 6.4-5 流域毎にみた COD の濃度分布（年最大値）



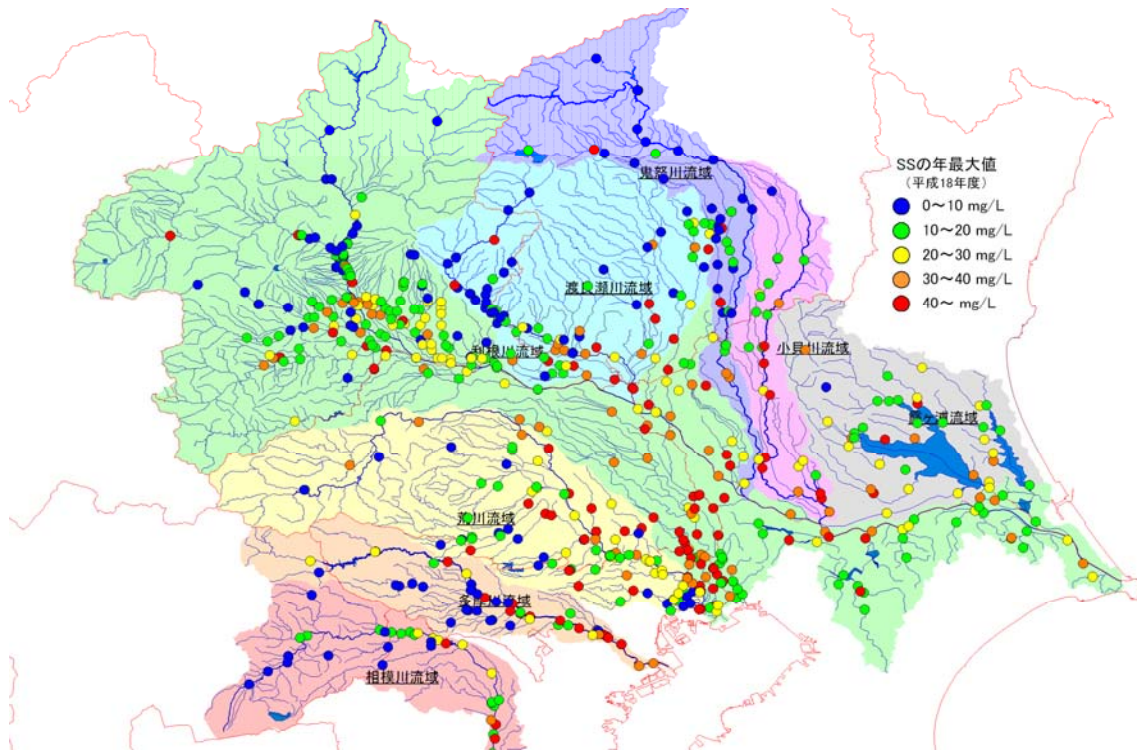


図 6.4-6 対象流域における SS(浮遊物質)の濃度分布 (年最大値)

表 6.4-10 流域毎にみた SS(浮遊物質)の濃度分布 (年最大値)

流域名 \ SS	0~10	10~20	20~30	30~40	40~	合計
霞ヶ浦流域	1	15	13	7	3	39
小貝川流域	1	10	4	3	7	25
鬼怒川流域	22	11	3	2	3	41
渡良瀬川流域	34	21	8	10	13	86
利根川流域	38	98	60	48	48	292
荒川流域	19	25	23	8	17	92
多摩川流域	19	5	5	7	15	51
相模川流域	11	14	5	1	4	35
合計	145	199	121	86	110	661

(数値は水質測定点の数を表す)

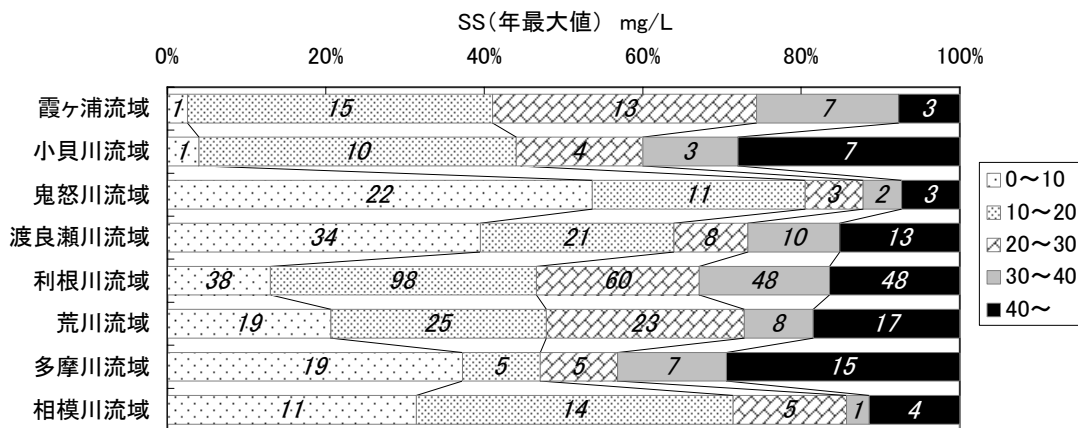


図 6.4-7 流域毎にみた SS(浮遊物質)の濃度分布 (年最大値)

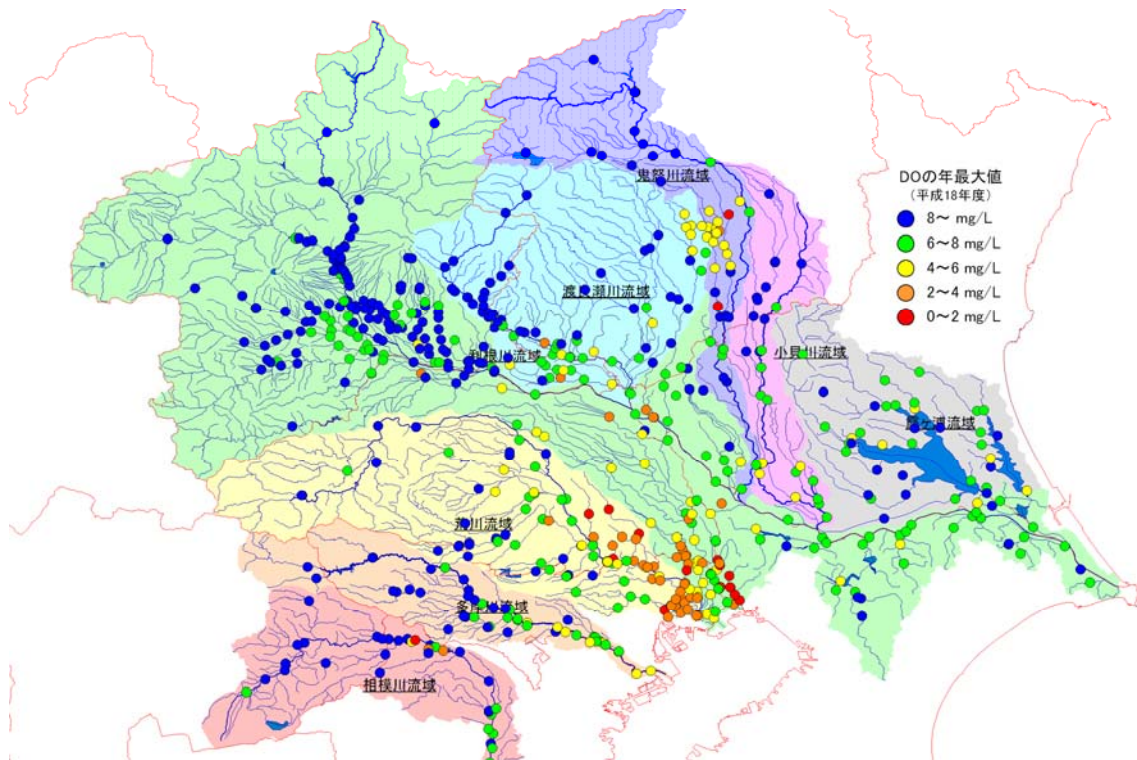


図 6.4-8 対象流域における DO(溶存酸素)の濃度分布 (年最大値)

表 6.4-11 流域毎にみた DO(溶存酸素)の濃度分布 (年最大値)

流域名 \ DO	8~	6~8	4~6	2~4	0~2	合計
霞ヶ浦流域	13	20	6			39
小貝川流域	11	10	4			25
鬼怒川流域	19	8	11	1	2	41
渡良瀬川流域	44	23	15	2		84
利根川流域	136	96	31	18	11	292
荒川流域	23	26	11	27	5	92
多摩川流域	23	18	10			51
相模川流域	22	8	2	2	1	35
合計	291	209	90	50	19	659

(数値は水質測定点の数を表す)

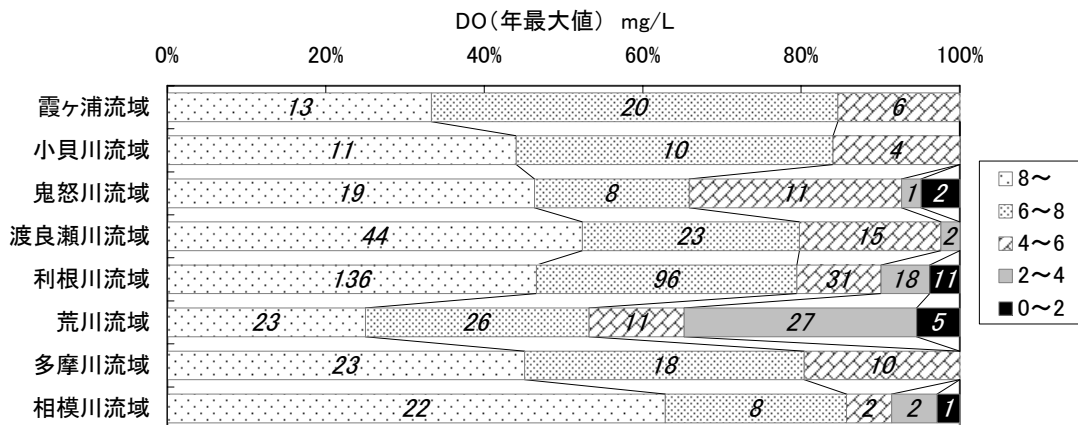


図 6.4-9 流域毎にみた DO(溶存酸素)の濃度分布 (年最大値)

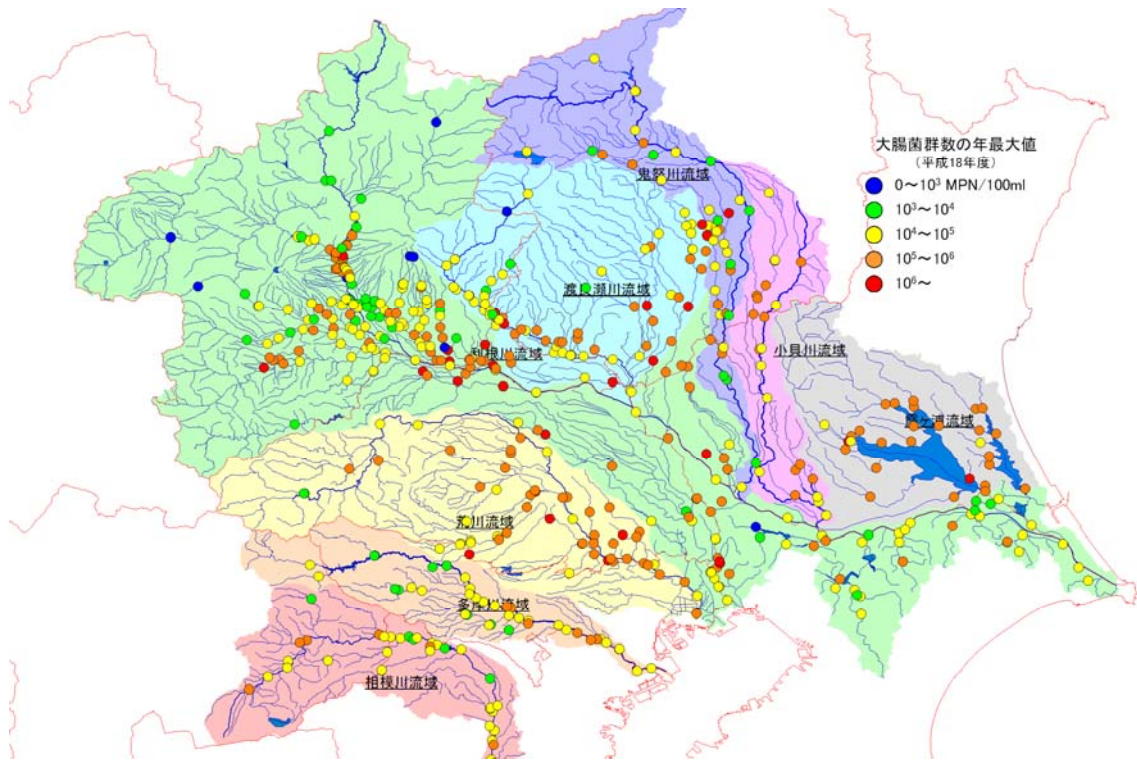


図 6.4-10 対象流域における大腸菌群数の濃度分布（年最大値）

表 6.4-12 流域毎にみた大腸菌群数の濃度分布（年最大値）

流域名 \ 大腸菌群数	0~10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> ~10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup> ~10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup> ~10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup> ~	合計
霞ヶ浦流域		2	3	23	2	30
小貝川流域			11	11		22
鬼怒川流域		10	21	9	1	41
渡良瀬川流域	1	4	39	24	8	76
利根川流域	8	38	118	66	14	244
荒川流域		1	16	34	5	56
多摩川流域		9	27	7		43
相模川流域		5	23	7		35
合計	9	69	258	181	30	547

(数値は水質測定点の数を表す)

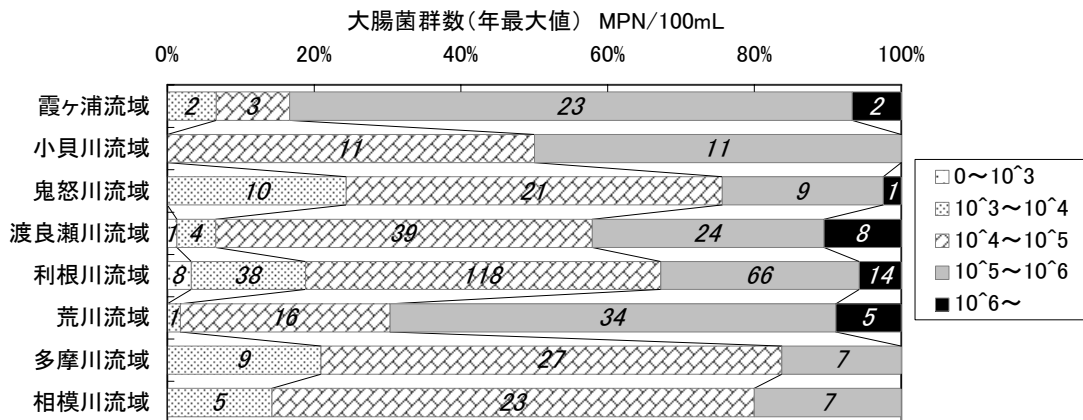


図 6.4-11 流域毎にみた大腸菌群数の濃度分布（年最大値）



(3) 利根川の上中下流毎にみた河川水質の傾向

一般に河川水質は上流ほど水質が良好な傾向にあると考えられるが、このことを定量的に検証するため、関東地方の主な 8 流域のうち、水質測定点が最も多い利根川流域を対象として、上中下流毎に河川水質の集計を行った。なお、流域の区分は表 6.4-13及び図 6.4-12のとおりとした。

検討の対象とする 5 項目(表 6.4-7)について、上中下流毎にみた濃度の分布を表 6.4-14～表 6.4-18及び図 6.4-13～図 6.4-17に示す。幾つかの水質項目については、上流域と中流域で水質が逆転することもあるが、全般的な傾向として、上流ほど水質が良好となる傾向が見られることが明らかとなった。このため、取水地点を上流に移動させることにより、浄水処理の簡素化が期待できると判断される。

表 6.4-13 利根川流域の区分

流域の区分	対象範囲
利根川上流域	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 片品川流域</li> <li>• 利根川流域のうち、吾妻川との合流点よりも上流の流域</li> <li>• 吾妻川流域</li> <li>• 烏川流域</li> <li>• 神流川流域</li> </ul>
利根川中流域	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 利根川流域のうち、吾妻川との合流点及び渡良瀬川との合流点の間</li> </ul>
利根川下流域	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 利根川流域のうち、渡良瀬川との合流点及び河口の間</li> </ul>

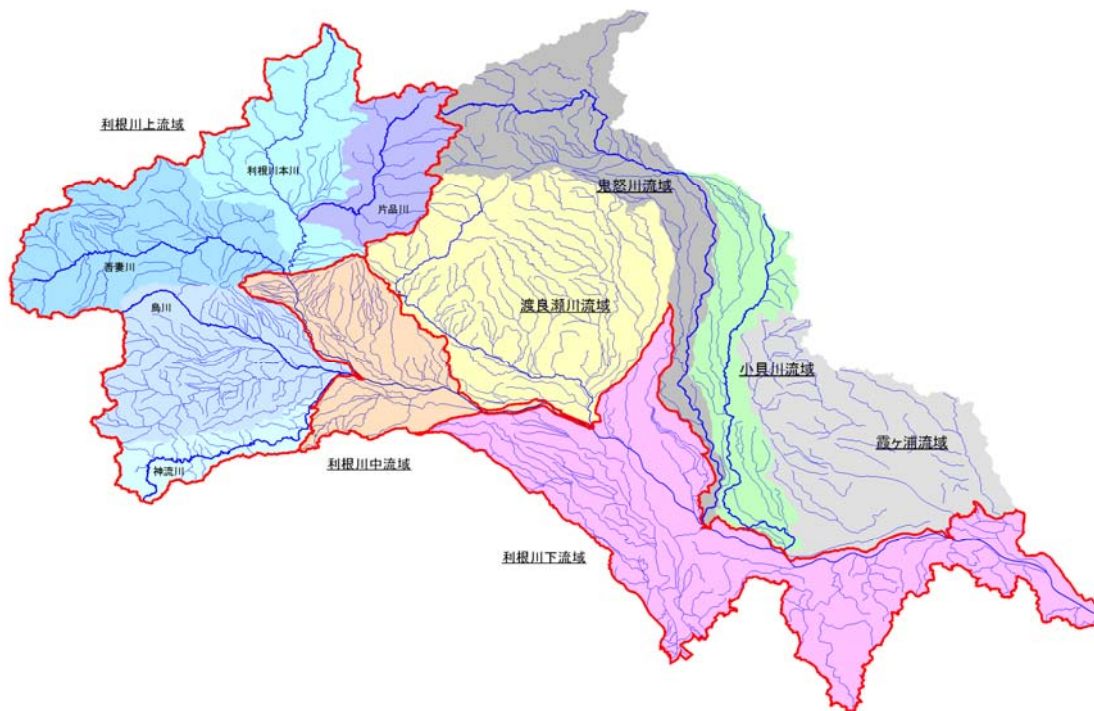


図 6.4-12 利根川流域の区分

表 6.4-14 利根川の上中下流毎にみた BOD の濃度分布（年最大値）

流域名 \ BOD	0~2	2~4	4~6	6~8	8~	合計
利根川上流域	30	15	10	14	6	75
利根川中流域	29	22	16	7	15	89
利根川下流域	5	30	40	19	34	128
合計	64	67	66	40	55	292

(数値は水質測定点の数を表す)

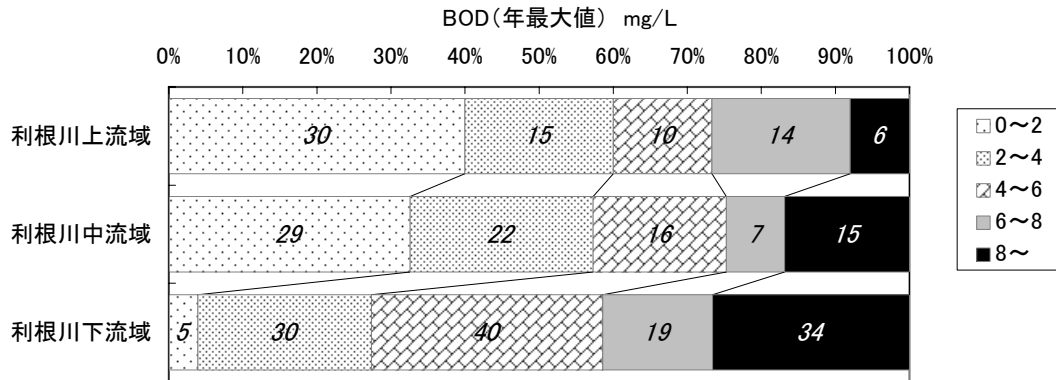


図 6.4-13 利根川の上中下流毎にみた BOD の濃度分布（年最大値）

表 6.4-15 利根川の上中下流毎にみた COD の濃度分布（年最大値）

流域名 \ COD	0~2	2~4	4~6	6~8	8~	合計
利根川上流域	1	22	15	14	11	63
利根川中流域	2	17	25	15	14	73
利根川下流域			11	17	34	62
合計	3	39	51	46	59	198

(数値は水質測定点の数を表す)

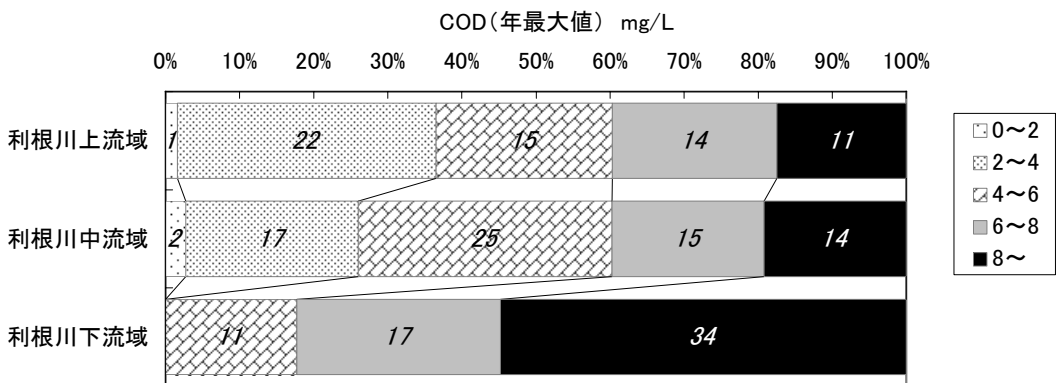


図 6.4-14 利根川の上中下流毎にみた COD の濃度分布（年最大値）

表 6.4-16 利根川の上中下流毎にみた SS の濃度分布（年最大値）

流域名 \ SS	0~10	10~20	20~30	30~40	40~	合計
利根川上流域	25	26	8	8	8	75
利根川中流域	13	38	29	7	2	89
利根川下流域		34	23	33	38	128
合計	38	98	60	48	48	292

(数値は水質測定点の数を表す)

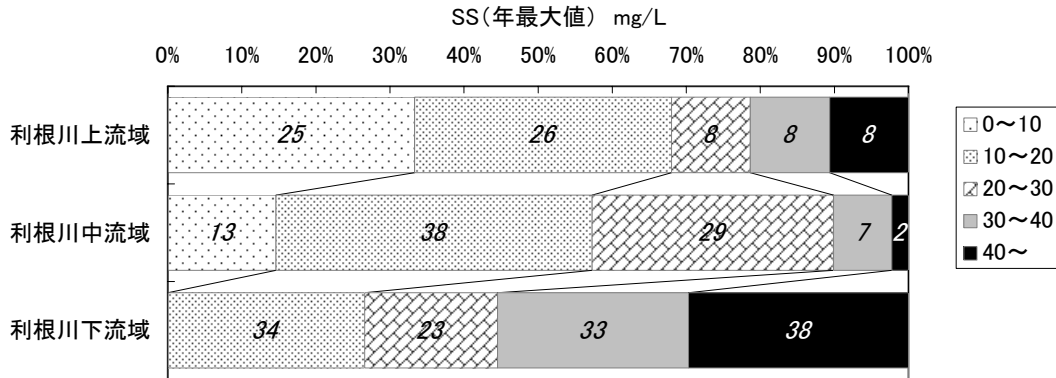


図 6.4-15 利根川の上中下流毎にみた SS の濃度分布（年最大値）

表 6.4-17 利根川の上中下流毎にみた DO の濃度分布（年最大値）

流域名 \ DO	8~	6~8	4~6	2~4	0~2	合計
利根川上流域	52	23				75
利根川中流域	71	15	2	1		89
利根川下流域	13	58	29	17	11	128
合計	136	96	31	18	11	292

(数値は水質測定点の数を表す)

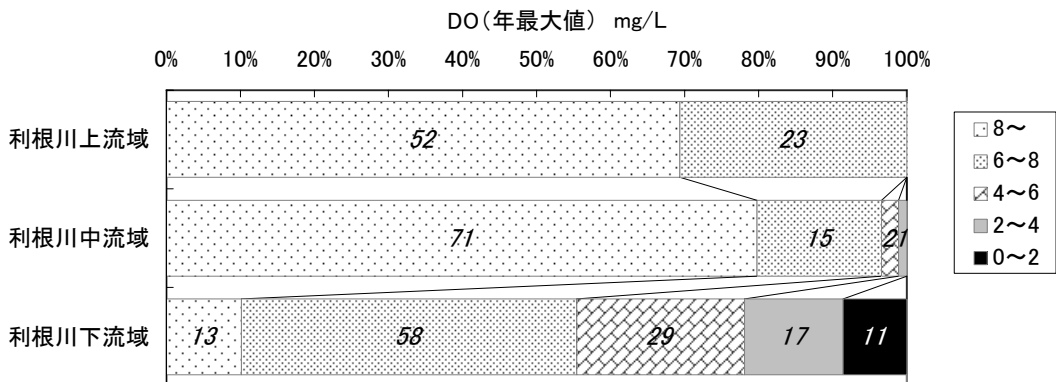


図 6.4-16 利根川の上中下流毎にみた DO の濃度分布（年最大値）

表 6.4-18 利根川の上中下流毎にみた大腸菌群数の濃度分布（年最大値）

流域名 \ 大腸菌群数	0~10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> ~10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup> ~10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup> ~10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup> ~	合計
利根川上流域	3	16	35	18	3	75
利根川中流域	4	14	40	24	7	89
利根川下流域	1	8	43	24	4	80
合計	8	38	118	66	14	244

（数値は水質測定点の数を表す）

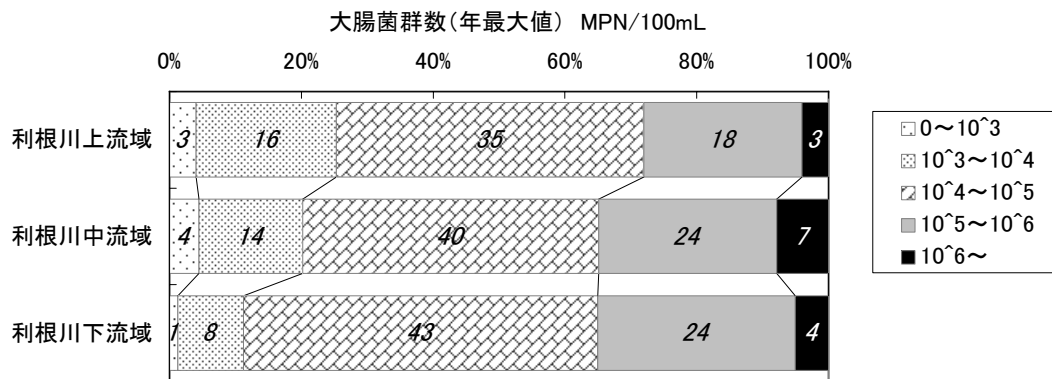


図 6.4-17 利根川の上中下流毎にみた大腸菌群数の濃度分布（年最大値）

(4) 浄水処理方式別にみた原水水質の傾向

原水水質と浄水処理方式の対応関係を把握するため、水道統計水質編(平成 17 年度版)をもとに、わが国の浄水場を対象として、原水水質の分布状況を浄水処理方式別に集計した。検討対象項目の概要を表 6.4-19、原水水質の濃度別にみた浄水処理方式の集計結果(浄水場数、一日平均浄水量)を図 6.4-18～図 6.4-25及び表 6.4-20～表 6.4-23に示す。

濁度は凝集沈澱＋急速ろ過、緩速ろ過、膜ろ過等によって除去するため、高度浄水処理による処理対象物質ではない。消毒のみの施設は一般に濁度をほとんど検出しない地下水、伏流水、湧水が大部分であることから、濁度が日常的に検出される表流水やダム・湖沼水を水源とする割合が高い高度浄水処理の群において濃度分布が高い傾向を示していると推察される。

[図 6.4-18～図 6.4-19]

TOC は水中に含まれる有機物を炭素の量によって表すものである。水の汚染状態を示す総合的な指標の一つであり、消毒のみの群で低く、高度浄水処理の群で高い傾向がみられる。

[図 6.4-20～図 6.4-21]

2-MIB はジェオスミンと同様、植物プランクトンに由来するカビ臭物質であり、高度浄水処理の群で高い傾向にある。[図 6.4-22～図 6.4-23]

ジェオスミンは湖沼水や貯水池において発生する植物プランクトンに由来するカビ臭物質であり、ダム・湖沼水やこれらからの放流水中に検出される可能性がある。基本的には粒状活性炭処理やオゾン処理の対象物質であり、高度浄水処理の群で高い傾向がみられる。[図 6.4-24～図 6.4-25]

表 6.4-19 検討対象項目の概要

水質項目	概 要
濁度	水の濁りの程度を表す指標であり、水道水質基準に定められている。水道において、原水濁度は浄水処理に大きな影響を及ぼし、浄水管理上の最も重要な指標の一つである。
TOC (全有機炭素)	水中に存在する有機物中の炭素を有機炭素または全有機炭素といい、水中の有機物濃度を推定する指標として用いられる。また、全有機炭素は溶解性のもと懸濁性のものに分けられ、前者を溶解性有機炭素、後者を懸濁態有機炭素という。
2-MIB	放線菌または藍藻類によって産生され、異臭味物質として知られている。通常はかび臭を呈するが、土臭、墨汁臭となることもある。通常の凝集沈澱、急速ろ過施設で対応できない場合には、粉末活性炭、粒状活性炭処理、オゾン処理で除去する。
ジェオスミン	<i>Streptomyces griseus</i> などの放線菌または <i>Anabaena macrospora</i> や <i>Anabaena spiroides</i> などの藍藻類によって産生される。異臭味物質として知られ、かび臭を呈する。



表 6.4-20 原水水質(濁度の年最大値)の濃度別にみた浄水処理方式

年最大値	浄水場数				一日平均浄水量 (m <sup>3</sup> /日)			
	消毒のみ	通常の浄水処理	高度浄水処理	合計	消毒のみ	通常の浄水処理	高度浄水処理	合計
<0.1	1,940	798	11	2,749	8,266,668	3,231,636	41,464	11,539,768
<0.2	221	156	5	382	584,847	651,026	10,606	1,246,479
<0.5	184	284	9	477	432,035	1,146,421	56,757	1,635,213
<1	60	232	18	310	127,444	637,242	54,262	818,948
<2	27	203	18	248	36,931	632,725	163,236	832,892
<5	11	288	51	350	11,163	1,897,036	1,355,351	3,263,550
<10	2	220	34	256	720	4,346,276	644,379	4,991,375
<20	2	147	47	196	91,943	2,962,839	1,497,518	4,552,300
<50	1	106	63	170	1,376	2,042,144	3,709,095	5,752,615
<100	2	34	35	71	5,028	821,509	3,247,727	4,074,264
100=<	0	51	55	106	0	1,773,677	9,477,370	11,251,047
合計	2,450	2,519	346	5,315	9,558,155	20,142,531	20,257,765	49,958,451

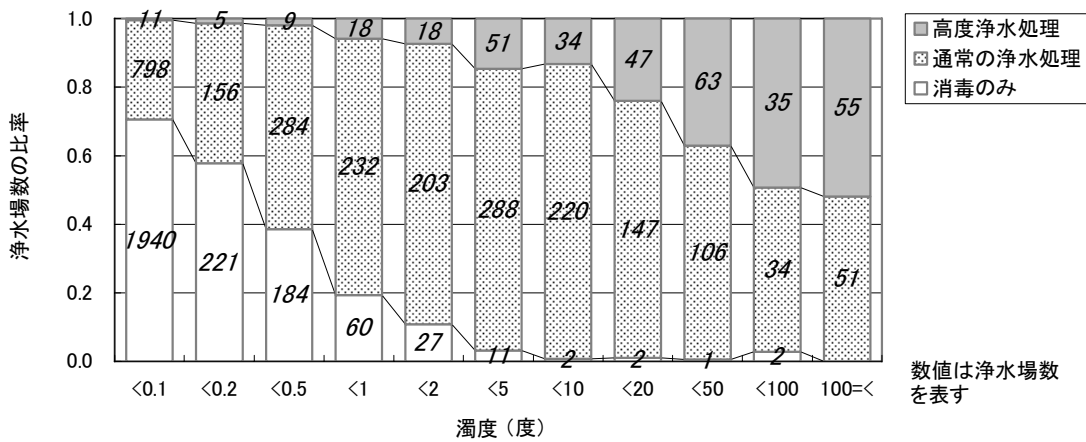


図 6.4-18 原水水質(濁度の年最大値)の濃度別にみた浄水処理方式(浄水場数の比率)

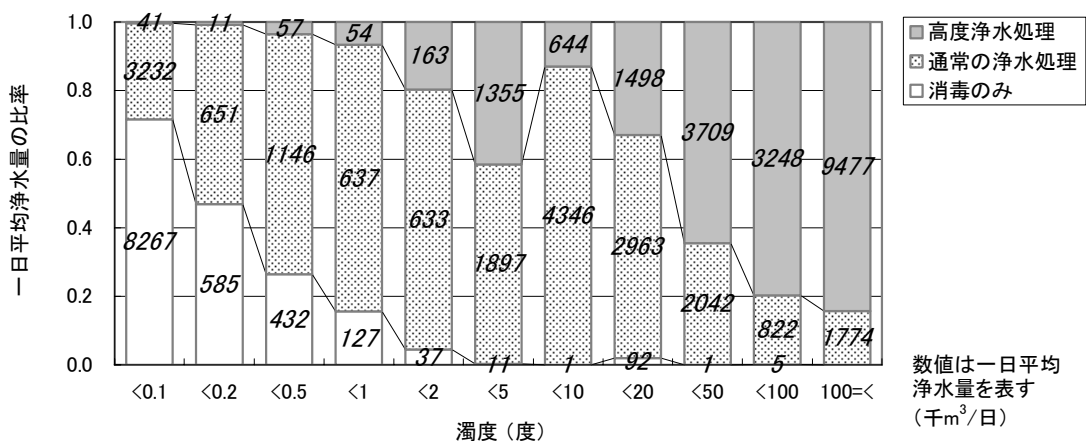


図 6.4-19 原水水質(濁度の年最大値)の濃度別にみた浄水処理方式(浄水量の比率)

[水道統計水質編(平成 18 年度版)をもとに作成]

表 6.4-21 原水水質(TOC の年最大値)の濃度別にみた浄水処理方式

年最大値	浄水場数				一日平均浄水量 (m <sup>3</sup> /日)			
	消毒のみ	通常の浄水処理	高度浄水処理	合計	消毒のみ	通常の浄水処理	高度浄水処理	合計
<0.5	2,006	987	18	3,011	7,104,871	3,752,911	95,633	10,953,415
<1	302	663	33	998	1,565,824	3,900,133	626,568	6,092,525
<2	79	567	115	761	745,618	9,276,854	6,671,715	16,694,187
<3	8	163	83	254	31,517	1,879,068	8,746,591	10,657,176
<4	2	49	43	94	10,902	453,463	1,393,986	1,858,351
<5	0	26	21	47	0	271,694	536,855	808,549
<6	3	9	14	26	3,410	182,986	365,853	552,249
<7	0	8	6	14	0	147,266	153,736	301,002
<8	0	3	2	5	0	36,972	70,886	107,858
<10	0	5	2	7	0	52,278	142,803	195,081
10=<	2	1	3	6	230	1,660	142,498	144,388
合計	2,402	2,481	340	5,223	9,462,372	19,955,285	18,947,124	48,364,781

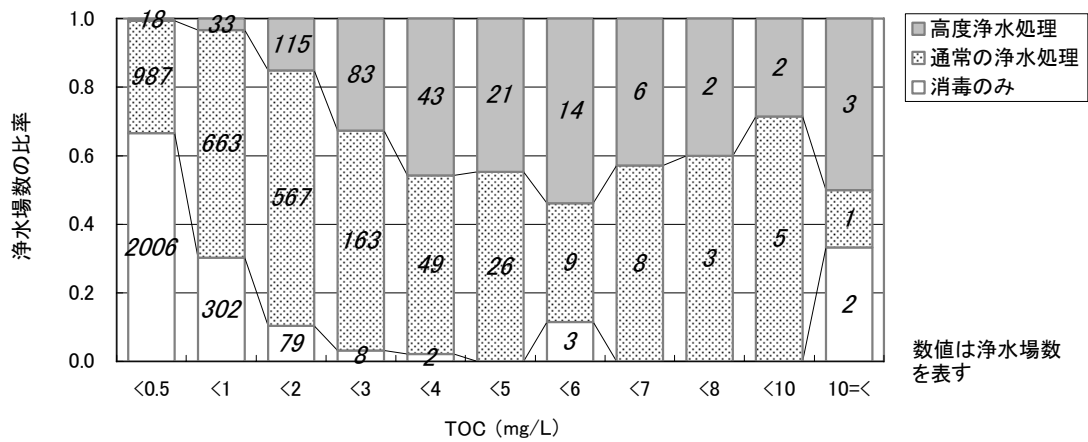


図 6.4-20 原水水質(TOC の年最大値)の濃度別にみた浄水処理方式(浄水場数の比率)

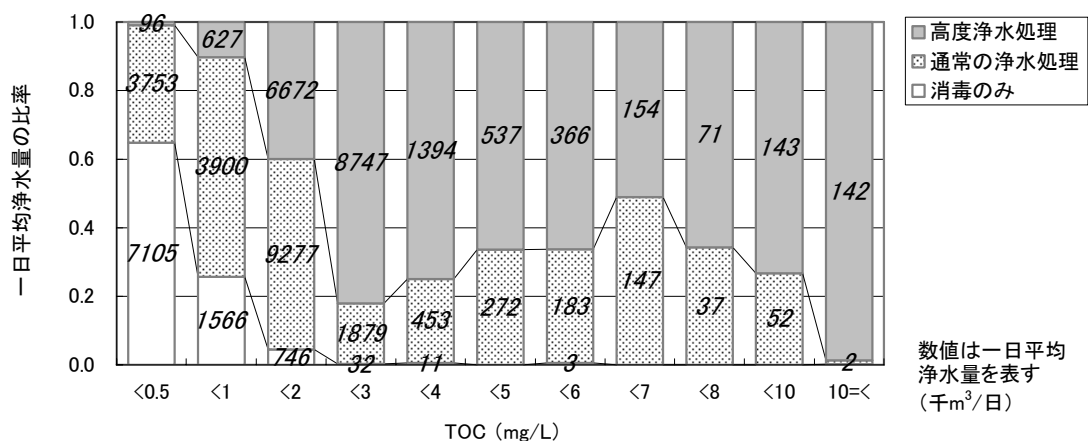


図 6.4-21 原水水質(TOC の年最大値)の濃度別にみた浄水処理方式(浄水量の比率)

[水道統計水質編(平成 18 年度版)をもとに作成]

表 6.4-22 原水水質(2-MIB の年最大値)の濃度別にみた浄水処理方式

年最大値	浄水場数				一日平均浄水量 (m <sup>3</sup> /日)			
	消毒のみ	通常の浄水処理	高度浄水処理	合計	消毒のみ	通常の浄水処理	高度浄水処理	合計
<2	2,029	2,100	194	4,323	7,731,604	16,216,473	8,625,546	32,573,623
<4	56	94	42	192	398,154	1,355,257	1,624,502	3,377,913
<6	1	19	39	59	16,181	273,117	4,411,888	4,701,186
<8	0	10	13	23	0	48,955	1,700,699	1,749,654
<10	0	5	6	11	0	158,672	1,329,986	1,488,658
<20	3	8	12	23	163	93,460	432,621	526,244
<30	1	3	5	9	1,361	175,555	259,377	436,293
<40	0	1	5	6	0	9,104	83,600	92,704
<50	0	2	1	3	0	1,870	1,380	3,250
<100	0	1	5	6	0	2,769	57,581	60,350
100<	0	1	7	8	0	7,318	579,258	586,576
合計	2,090	2,244	329	4,663	8,147,463	18,342,550	19,106,438	45,596,451

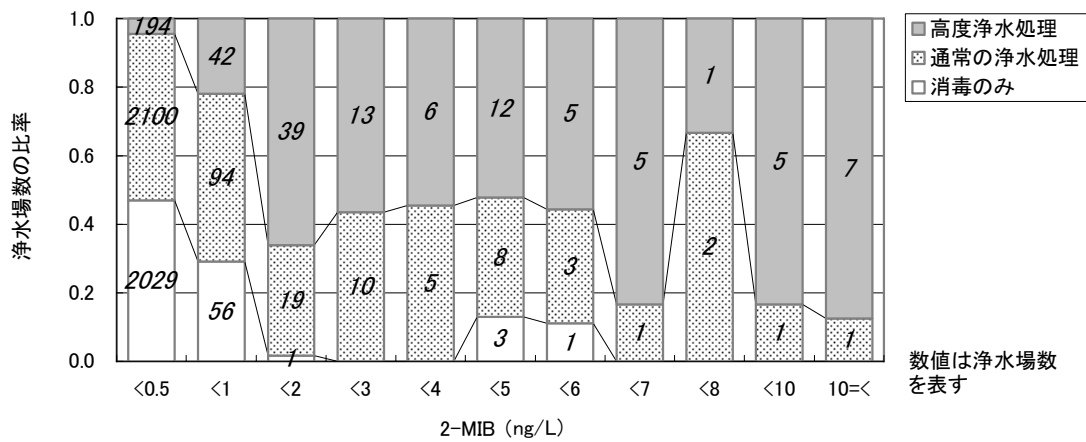


図 6.4-22 原水水質(2-MIB の年最大値)の濃度別にみた浄水処理方式(浄水場数の比率)

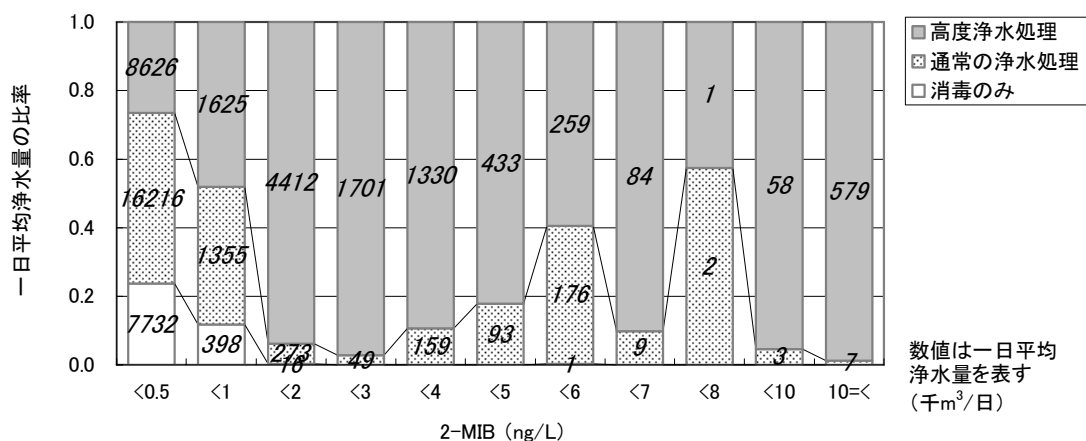


図 6.4-23 原水水質(2-MIB の年最大値)の濃度別にみた浄水処理方式(浄水量の比率)

[水道統計水質編(平成 18 年度版)をもとに作成]

表 6.4-23 原水水質(ジェオスミンの年最大値)の濃度別にみた浄水処理方式

年最大値	浄水場数				一日平均浄水量 (m <sup>3</sup> /日)			
	消毒のみ	通常の浄水処理	高度浄水処理	合計	消毒のみ	通常の浄水処理	高度浄水処理	合計
<2	2,024	1,930	123	4,077	7,765,015	11,387,563	3,477,667	22,630,245
<4	63	205	86	354	379,980	4,627,723	3,904,088	8,911,791
<6	0	53	56	109	0	1,595,632	4,305,843	5,901,475
<8	0	17	19	36	0	254,248	3,441,101	3,695,349
<10	0	11	13	24	0	190,310	1,141,819	1,332,129
<15	2	13	14	29	1,418	118,915	2,119,417	2,239,750
<20	0	7	5	12	0	276,743	135,353	412,096
<30	1	2	6	9	1,050	9,620	243,008	253,678
<40	0	1	1	2	0	122,200	6,569	128,769
<50	0	2	2	4	0	6,885	174,057	180,942
50=<	0	5	4	9	0	6,911	157,516	164,427
合計	2,090	2,246	329	4,665	8,147,463	18,596,750	19,106,438	45,850,651

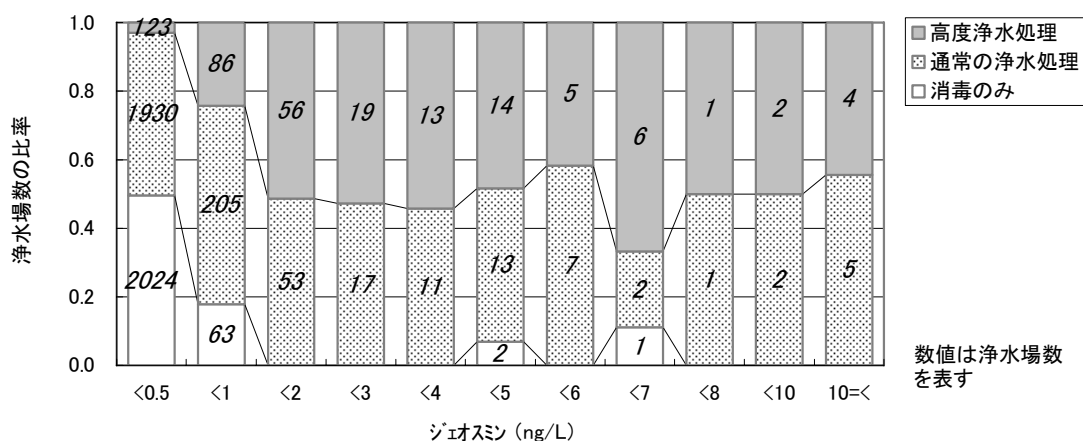


図 6.4-24 原水水質(ジェオスミンの年最大値)の濃度別にみた浄水処理方式(浄水場数の比率)

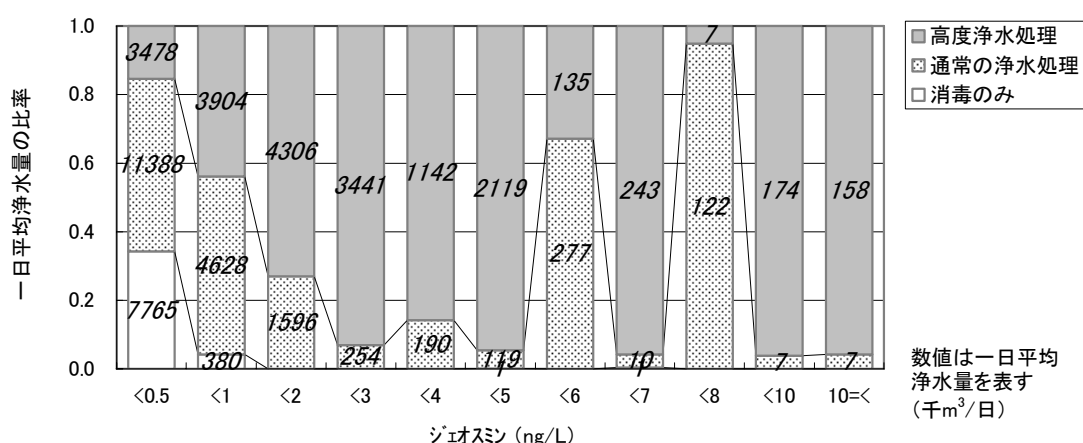


図 6.4-25 原水水質(ジェオスミンの年最大値)の濃度別にみた浄水処理方式(浄水量の比率)  
〔水道統計水質編(平成 18 年度版)をもとに作成〕





## (6) 浄水処理方式別にみた運転時における CO<sub>2</sub> 排出量

### ① 基本方針

浄水施設では設計、建設、運転、補修、更新、廃棄といった各段階で CO<sub>2</sub> を排出しているが、40 年後を想定した場合、取水地点の変更に関わらず浄水場を更新する必要があり、建設や廃棄等に係る排出負荷は相殺できると考えられることから、ここでは運転(ランニング)に着目して検討を行った。

ランニングの主な要素としては、駆動装置やポンプを運転させるのに必要となる電力が挙げられる。なお、浄水処理で使用する薬品については、製造段階で比較的大きな負荷を及ぼしていることが想定されるが、検討範囲・境界が他の事項と比較して異なることから、ここでは検討対象外とした。

財団法人水道技術研究センターの *e-Water II* で実施した積み上げ法の結果を参考に、設備・機器毎の CO<sub>2</sub> 排出量を単位処理プロセス毎に集計し、これを組み合わせることで浄水処理フロー毎の CO<sub>2</sub> 排出量を算出した。

### ② 設備・機器毎の運転時における CO<sub>2</sub> 排出量

「浄水施設を対象とした LCA 実施マニュアル、(財)水道技術研究センター」では、仮定の浄水場(施設能力 20,000 m<sup>3</sup>/日)を対象に代表的な 3 通りの浄水処理方式(凝集沈澱+急速ろ過、オゾン+粒状活性炭、膜ろ過)についてライフサイクル・アセスメントを行っている。ここではこの成果を参考として設備・機器毎の CO<sub>2</sub> 排出量を推計した。

浄水場において CO<sub>2</sub> を排出する要素のうち、ランニングに係る項目の例としては表 6.4-25 に示すようにポンプや電動機の運転に係るものが挙げられる。

浄水場の運転段階に着目し、ポンプや駆動装置の運転(浄水場場内での電力使用)で発生する CO<sub>2</sub> 排出負荷の内訳を示したものが図 6.4-27 及び表 6.4-26～表 6.4-27 であり、特に高度処理における中間ポンプの占める比率が高くなっている。

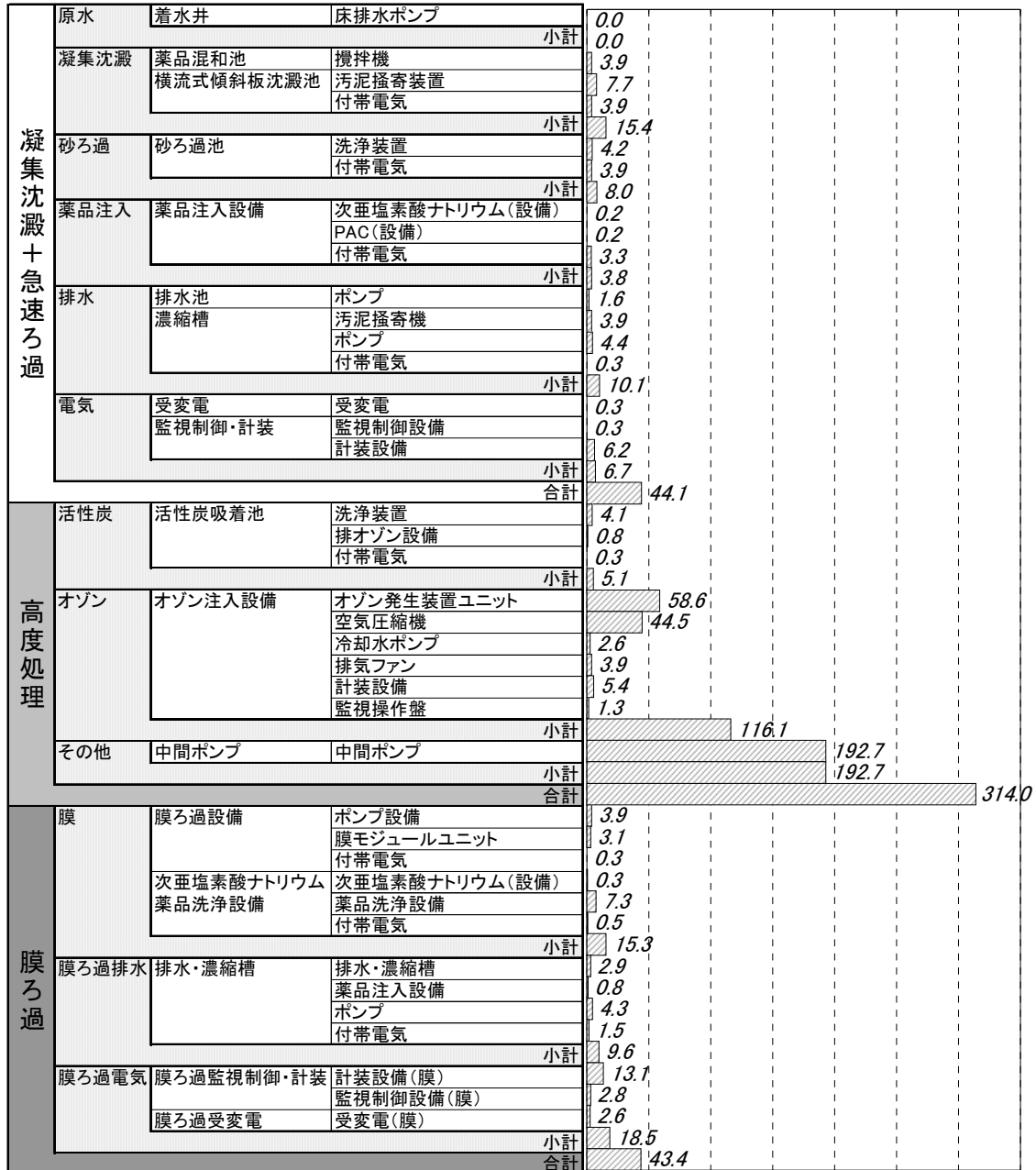
表 6.4-25 浄水場内においてCO<sub>2</sub>を排出する要素の一例(凝集沈澱+砂ろ過の場合)

大分類	中分類	小分類	細目	積算方法	発生場所
原水	着水井	床排水ポンプ	床排水ポンプ	ポンプの定格電力(kW/台)×稼働時間(H/年)×台数(台)×原単位(kg-CO <sub>2</sub> /kWH)	内部
凝集沈澱	薬品混和池	攪拌機	駆動装置	駆動装置の定格電力(kW/台)×稼働時間(H/年)×台数(台)×原単位(kg-CO <sub>2</sub> /kWH)	内部
		横流式傾斜板沈澱池	駆動装置	駆動装置の定格電力(kW/台)×稼働時間(H/年)×台数(台)×原単位(kg-CO <sub>2</sub> /kWH)	内部
砂ろ過	砂ろ過池	付帯電気	原水流入弁現場操作盤	操作盤の定格電力(kW/台)×稼働時間(H/年)×台数(台)×原単位(kg-CO <sub>2</sub> /kWH)	内部
			洗浄装置	ポンプの定格電力(kW/台)×稼働時間(H/年)×台数(台)×原単位(kg-CO <sub>2</sub> /kWH)	内部
薬品注入	薬品注入設備		移送ポンプ	ポンプの定格電力(kW/台)×稼働時間(H/年)×台数(台)×原単位(kg-CO <sub>2</sub> /kWH)	内部
			排水返送ポンプ	ポンプの定格電力(kW/台)×稼働時間(H/年)×台数(台)×原単位(kg-CO <sub>2</sub> /kWH)	内部
...	...	...	...	...	...

(e-Water IIの成果より一部抜粋)

t-CO<sub>2</sub>/年

0 50 100 150 200 250 300 350



(財団法人 水道技術研究センター:e-Water II (20,000 m<sup>3</sup>/日の仮想浄水場を対象)をもとに作成)

図 6.4-27 運転時における CO<sub>2</sub> 排出量の試算結果

表 6.4-26 運転時における CO<sub>2</sub> 排出量の試算結果(高度浄水処理・20,000 m<sup>3</sup>/日・その1)

大分類	中分類	小分類	細分類/細目	定格電力 kW	運転台数 台	運転時間 hr/日	消費電力量 kWh/日
原水	着水井	床排水ポンプ	床排水ポンプ	0.75	1	0.5	0.3
凝集沈澱	薬品混和池	攪拌機	駆動装置	1.50	1	24.0	28.8
凝集沈澱	横流式傾斜板沈澱池	汚泥掻寄装置	駆動装置	0.75	4	24.0	57.6
凝集沈澱	横流式傾斜板沈澱池	付帯電気	原水流入弁現場操作盤	0.10	1	24.0	1.9
凝集沈澱	横流式傾斜板沈澱池	付帯電気	沈澱池設備計CC	0.10	2	24.0	3.8
凝集沈澱	横流式傾斜板沈澱池	付帯電気	沈殿池設備補助継電器盤	0.10	4	24.0	7.7
凝集沈澱	横流式傾斜板沈澱池	付帯電気	攪拌機現場操作盤	0.10	1	24.0	1.9
凝集沈澱	横流式傾斜板沈澱池	付帯電気	排泥弁現場操作盤	0.10	1	24.0	1.9
凝集沈澱	横流式傾斜板沈澱池	付帯電気	掻寄機現場操作盤	0.10	4	24.0	7.7
凝集沈澱	横流式傾斜板沈澱池	付帯電気	床排水P現場操作盤	0.10	2	24.0	3.8
砂ろ過	砂ろ過池	洗浄装置	表洗ポンプ	75.00	1	0.3	20.0
砂ろ過	砂ろ過池	洗浄装置	逆洗補給水ポンプ	30.00	1	0.3	8.0
砂ろ過	砂ろ過池	洗浄装置	真空ポンプ	5.50	1	0.1	0.3
砂ろ過	砂ろ過池	洗浄装置	床排水ポンプ80A	3.70	1	0.5	1.5
砂ろ過	砂ろ過池	洗浄装置	床排水ポンプ50A	0.40	1	0.5	0.2
砂ろ過	砂ろ過池	洗浄装置	コンプレッサー	2.20	1	0.7	1.2
砂ろ過	砂ろ過池	付帯電気	ろ過池設備CC	0.10	2	24.0	3.8
砂ろ過	砂ろ過池	付帯電気	ろ過池設備補助継電器盤	0.10	1	24.0	1.9
砂ろ過	砂ろ過池	付帯電気	ポンプ設備CC	0.10	3	24.0	5.8
砂ろ過	砂ろ過池	付帯電気	ポンプ設備補助継電器盤	0.10	2	24.0	3.8
砂ろ過	砂ろ過池	付帯電気	ろ過池真空ポンプ盤	0.10	1	24.0	1.9
砂ろ過	砂ろ過池	付帯電気	ろ過池床排水ポンプ盤	0.10	2	24.0	3.8
砂ろ過	砂ろ過池	付帯電気	ろ過池表洗弁盤	0.10	2	24.0	3.8
砂ろ過	砂ろ過池	付帯電気	表洗ポンプ盤	0.10	1	24.0	1.9
砂ろ過	砂ろ過池	付帯電気	逆洗補給水ポンプ盤	0.10	1	24.0	1.9
薬品注入	薬品注入設備	次亜塩素酸ナトリウム	移送ポンプ	2.10	1	1.0	1.7
薬品注入	薬品注入設備	PAC	移送ポンプ	2.10	1	1.0	1.7
薬品注入	薬品注入設備	苛性ソーダ	移送ポンプ	2.10	1	1.0	1.7
薬品注入	薬品注入設備	付帯電気	薬品注入設備CC	0.10	2	24.0	3.8
薬品注入	薬品注入設備	付帯電気	薬品注入設備補助継電器盤	0.10	2	24.0	3.8
薬品注入	薬品注入設備	付帯電気	PAC小出槽盤	0.10	1	24.0	1.9
薬品注入	薬品注入設備	付帯電気	塩素小出槽盤	0.10	3	24.0	5.8
薬品注入	薬品注入設備	付帯電気	苛性ソーダ小出槽盤	0.10	2	24.0	3.8
薬品注入	薬品注入設備	付帯電気	PAC移送ポンプ盤	0.10	1	24.0	1.9
薬品注入	薬品注入設備	付帯電気	次亜塩移送ポンプ盤	0.10	1	24.0	1.9
薬品注入	薬品注入設備	付帯電気	苛性ソーダ移送ポンプ盤	0.10	1	24.0	1.9
排水	排水池	ポンプ	排水返送ポンプ	15.00	2	0.5	12.0
排水	濃縮槽	汚泥掻寄機	電動機	0.75	2	24.0	28.8
排水	濃縮槽	ポンプ	上澄水引抜ポンプ	3.70	2	0.5	3.0
排水	濃縮槽	ポンプ	汚泥供給ポンプ	37.00	2	0.5	29.6
排水	濃縮槽	ポンプ	床排水ポンプ	0.75	1	0.5	0.3
排水	濃縮槽	付帯電気	排水返送ポンプ現場操作盤	0.10	2	24.0	3.8
排水	濃縮槽	付帯電気	汚泥供給ポンプVVVF盤	0.10	3	24.0	5.8
排水	濃縮槽	付帯電気	掻寄機現場操作盤	0.10	2	24.0	3.8
排水	濃縮槽	付帯電気	床排水ポンプ現場操作盤	0.10	1	24.0	1.9
電気	受変電	受変電	柱上気中負荷開閉器	0.10	1	24.0	1.9
電気	受変電	受変電	引込盤	0.10	1	24.0	1.9
電気	受変電	受変電	受電盤	0.10	1	24.0	1.9
電気	受変電	受変電	進相コンデンサ盤	0.10	1	24.0	1.9
電気	受変電	受変電	自家発連絡盤・変圧器一次盤	0.10	1	24.0	1.9
電気	受変電	受変電	主変圧器盤	0.10	1	24.0	1.9
電気	受変電	受変電	動力主幹盤	0.10	1	24.0	1.9
電気	受変電	受変電	建築動力・照明変圧器盤	0.10	1	24.0	1.9

表 6.4-27 運転時における CO<sub>2</sub> 排出量の試算結果(高度浄水処理・20,000 m<sup>3</sup>/日・その2)

大分類	中分類	小分類	細分類/細目	定格電力 kW	運転台数 台	運転時間 hr/日	消費電力量 kWh/日
電気	受変電	受変電	建築主幹盤	0.10	1	24.0	1.9
電気	受変電	受変電	照明主幹盤	0.10	1	24.0	1.9
電気	受変電	受変電	直流電源盤	0.10	1	24.0	1.9
電気	監視制御・計装	監視制御設備	無停電電源装置盤	0.10	1	24.0	1.9
電気	監視制御・計装	監視制御設備	ITV操作卓	0.10	1	24.0	1.9
電気	監視制御・計装	監視制御設備	CRT監視操作卓	0.10	2	24.0	3.8
電気	監視制御・計装	監視制御設備	ミニグラ監視操作卓	0.10	5	24.0	9.6
電気	監視制御・計装	監視制御設備	エンジニアリングワークステーション	0.10	1	24.0	1.9
電気	監視制御・計装	監視制御設備	分電盤	0.10	1	24.0	1.9
電気	監視制御・計装	監視制御設備	ミニグラコントローラ盤	0.10	2	24.0	3.8
電気	監視制御・計装	監視制御設備	ITVコントローラ盤	0.10	1	24.0	1.9
電気	監視制御・計装	監視制御設備	現場監視操作盤	0.10	4	24.0	7.7
電気	監視制御・計装	監視制御設備	ろ過池設備入出力装置盤	0.10	1	24.0	1.9
電気	監視制御・計装	監視制御設備	ポンプ設備入出力装置盤	0.10	1	24.0	1.9
電気	監視制御・計装	監視制御設備	排水処理設備入出力装置盤	0.10	1	24.0	1.9
電気	監視制御・計装	監視制御設備	ろ過池制御盤	0.10	1	24.0	1.9
電気	監視制御・計装	計装設備	沈澱池設備計装盤	0.10	2	24.0	3.8
電気	監視制御・計装	計装設備	ろ過池設備計装盤	0.10	1	24.0	1.9
電気	監視制御・計装	計装設備	薬品注入設備計装盤	0.10	1	24.0	1.9
電気	監視制御・計装	計装設備	排水処理設備計装盤	0.10	1	24.0	1.9
電気	監視制御・計装	計装設備	水質計器盤	0.10	1	24.0	1.9
電気	監視制御・計装	計装設備	濁度計	0.10	5	24.0	9.6
電気	監視制御・計装	計装設備	伝導度計	0.10	1	24.0	1.9
電気	監視制御・計装	計装設備	PH計	0.10	6	24.0	11.5
電気	監視制御・計装	計装設備	アルカリ度計	0.10	1	24.0	1.9
電気	監視制御・計装	計装設備	残留塩素計	0.10	5	24.0	9.6
活性炭	活性炭吸着池	洗浄装置	真空ポンプ	5.50	1	0.2	0.9
活性炭	活性炭吸着池	洗浄装置	空気洗浄ブローア	30.00	1	0.2	4.8
活性炭	活性炭吸着池	洗浄装置	捨水揚水ポンプ	5.50	1	4.0	17.6
活性炭	活性炭吸着池	洗浄装置	空気圧縮機	1.50	1	1.0	1.2
活性炭	活性炭吸着池	洗浄装置	除湿機	0.28	1	1.0	0.2
活性炭	活性炭吸着池	洗浄装置	逆洗補給水ポンプ	22.00	1	0.3	5.8
活性炭	活性炭吸着池	排オゾン設備	排オゾン濃度計	0.30	1	24.0	5.8
活性炭	活性炭吸着池	付帯電気	活性炭吸着池制御盤	0.10	1	24.0	1.9
活性炭	活性炭吸着池	付帯電気	活性炭吸着池制動力盤	0.10	1	24.0	1.9
活性炭	活性炭吸着池	付帯電気	活性炭吸着池自動盤	0.10	1	24.0	1.9
活性炭	活性炭吸着池	付帯電気	予備現場盤	0.10	1	24.0	1.9
活性炭	活性炭吸着池	付帯電気	ブローア現場盤	0.10	1	24.0	1.9
活性炭	活性炭吸着池	付帯電気	捨水揚水ポンプ現場盤	0.10	1	24.0	1.9
活性炭	活性炭吸着池	付帯電気	活性炭吸着池電磁	0.10	4	24.0	7.7
活性炭	活性炭吸着池	付帯電気	逆洗補給水ポンプ盤	0.10	1	24.0	1.9
オゾン	オゾン注入設備	オゾン発生装置ユニット	オゾン発生装置ユニット	22.80	1	24.0	437.8
オゾン	オゾン注入設備	空気圧縮機	空気圧縮機	17.30	1	24.0	332.2
オゾン	オゾン注入設備	冷却水ポンプ	冷却水ポンプ	1.00	1	24.0	19.2
オゾン	オゾン注入設備	排気ファン	排気ファン	1.50	1	24.0	28.8
オゾン	オゾン注入設備	計装設備	各種オゾン濃度計	0.30	7	24.0	40.3
オゾン	オゾン注入設備	監視操作盤	監視操作盤	0.50	1	24.0	9.6
その他	中間ポンプ	中間ポンプ	中間ポンプ	15.00	5	24.0	1,440.0

(電動機負荷率を 80%として算出)

(7) 原水水質の向上に対応した浄水処理方式の選定による効果の概念

取水地点を下流域から上流域に変更した場合、位置エネルギーの活用に加えて、①処理方式のグレードの簡素化、②電力負荷の低減)による CO<sub>2</sub> 削減効果が期待できる。この場合の効果は各々の変化量の合計値(Δ①+Δ②)として定式化することができる(図 6.4-28)。

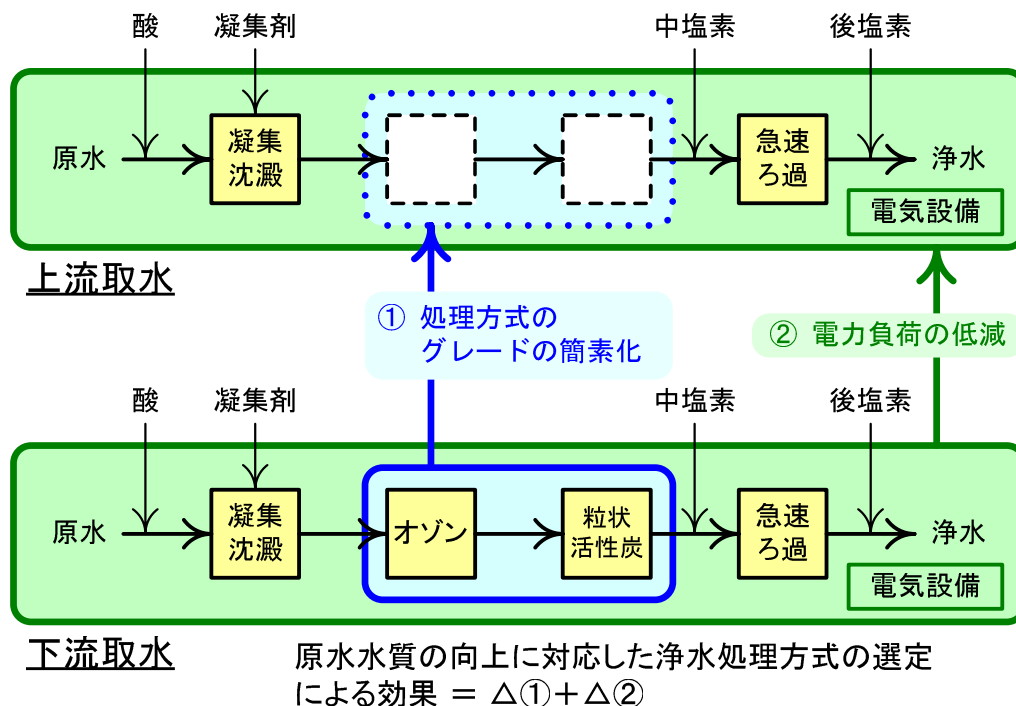


図 6.4-28 原水水質の向上に対応した浄水処理方式の選定による効果の概念

(8) 電力使用量の削減量の試算

以上の検討結果をもとに、大規模水道事業体を対象として現況(2005年)と将来(2050年)の浄水システムに係る電力使用量を算出した。現在人口のもとでは、現況の電力使用量は  $226.9 \times 10^6$  kWh となるが(表 6.4-28)、将来人口のもとで現況の形態によって電力が利用された場合は  $158.2 \times 10^6$  kWh となる(表 6.4-29)。また、将来の電力使用量は  $125.6 \times 10^6$  kWh であり(表 6.4-30)、両者の削減量は  $32.6 \times 10^6$  kWh(削減率としては 20.6%)となる(図 6.4-29)。



表 6.4-28 浄水システムに関する現況の電力使用量(現在人口で算出)

都県名	一日平均浄水量 (m <sup>3</sup> /日)	電力使用量 (kWh/年)
埼玉県	2,760,810	32,260,304
千葉県	2,448,818	31,905,823
東京都	4,210,557	132,333,461
神奈川県	3,875,083	30,377,210
合計	13,295,268	226,876,798

表 6.4-29 浄水システムに関する現況の電力使用量(将来人口で算出)

都県名	一日平均浄水量 (m <sup>3</sup> /日)	電力使用量 (kWh/年)
埼玉県	1,924,741	22,490,768
千葉県	1,707,231	22,243,632
東京都	2,935,454	92,258,301
神奈川県	2,701,574	21,177,938
合計	9,269,000	158,170,639

表 6.4-30 浄水システムに関する将来の電力使用量(将来人口で算出)

浄水場名	一日平均浄水量 (m <sup>3</sup> /日)	電力使用量 (kWh/年)
荒川上流浄水場	507,900	3,999,345
利根川中流浄水場	2,799,000	23,414,552
多摩川上流浄水場	809,100	6,370,857
江戸川浄水場	2,001,700	49,901,727
相模川浄水場	2,209,700	18,484,803
利根川下流浄水場	941,600	23,473,313
合計	9,269,000	125,644,597

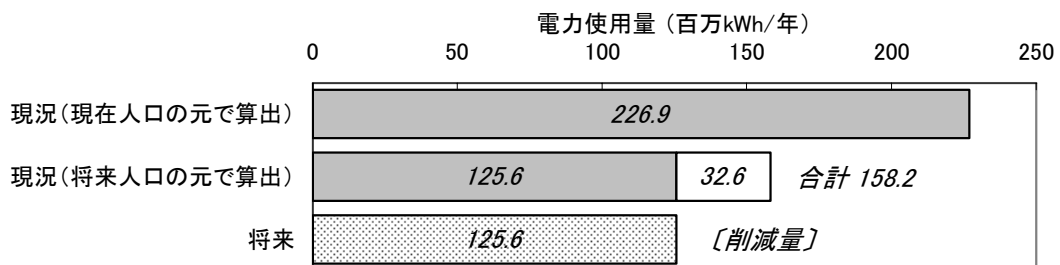


図 6.4-29 浄水システムに関する現況と将来の電力使用量の比較

## 2) 質変換・輸送の評価

以上の検討結果を用いて、取水地点を下流域から上流域に変更した場合のエネルギー(CO<sub>2</sub>排出量)削減効果について評価する。評価は、水輸送に関するものと浄水処理に関するものを合わせたものとする。

- 評価の対象: 浄水場と受水地点
- 評価の時点: 将来(エネルギー最適化案)と現状
- 評価に用いる算出式

水輸送エネルギー(位置エネルギーと送水ロス) + 浄水処理エネルギー

※ 単位水量当たりエネルギー(kWh/m<sup>3</sup>) (電気エネルギー)で算出

※ ランニングエネルギーのみ考慮

### ○ 浄水場の評価(浄水場のポテンシャル)

浄水場の評価は、上記算出式の水輸送エネルギー部分を浄水場位置エネルギーのみとし、以下のとおりとする。

- 水輸送エネルギー(浄水場位置エネルギーのみ) + 浄水処理エネルギー

#### <位置エネルギーの評価>

- 位置エネルギー(海拔0mからの高さ)は、小水力発電分として評価する。
  - \* 発電エネルギー1m<sup>3</sup>の水を1mの落差で得られるエネルギー0.0027 kWh/m<sup>3</sup>(発電効率100%の場合):  $9.8 \times \text{流量(m}^3/\text{s)} \times \text{地盤高 [有効落差(m)]} \times \text{発電設備の効率} = 9.8 \times 1/60/60 \times 1 \times 100\%$

#### <浄水処理エネルギーの評価>

浄水処理エネルギーは、「水道技術研究センター 浄水施設を対象としたLCA実施マニュアル」から原水水質別(良質な河川水、やや質の悪い河川水、下水)の処理に係るランニング部分(薬品費は考慮しない)の消費電力量から算出する。

なお、高度浄水処理については、中間ポンプを考慮し、下水については、飲料水とするために活性汚泥処理と高度浄水処理を必要としている。

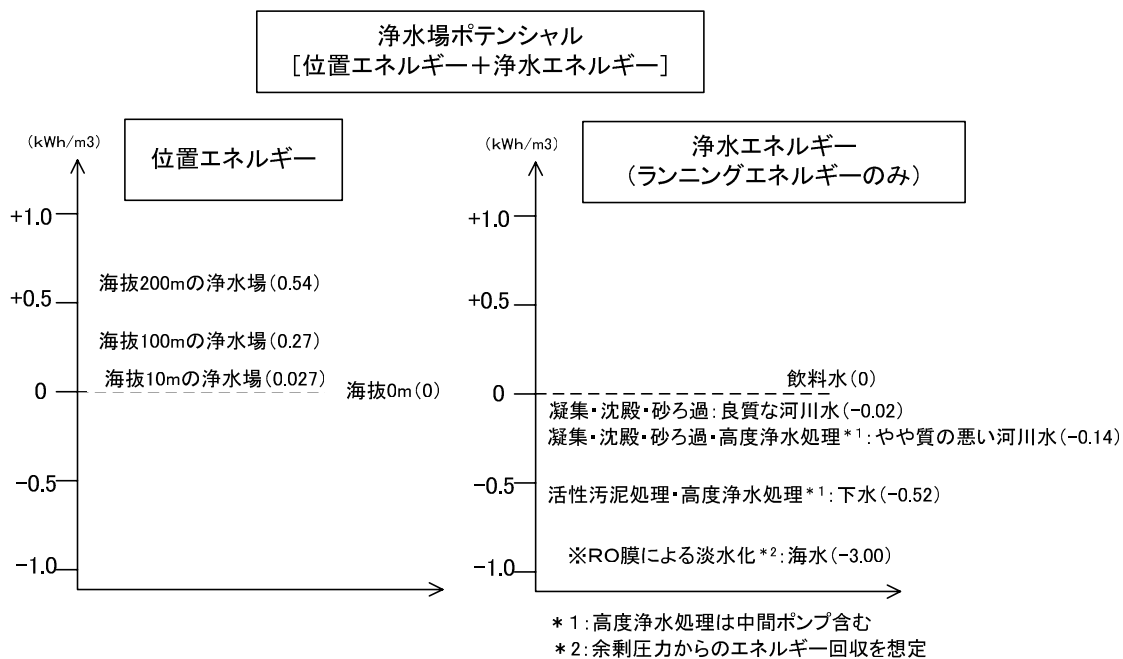


図 6.4-30 浄水場ポテンシャルの考え方

なお、以上の位置エネルギーや原水水質別の浄水エネルギーの考え方は、「大垣眞一郎 水供給の社会システム(日本機械学会誌 2009.3 vol.112 NO.1084)、図3 海拔0mの飲料水を製造するために必要なエネルギーで表現した相対的な水質」をもとにしている。

[ケーススタディ]

埼玉県の吉見浄水場が新設の荒川上流浄水場に代わる場合を対象として、浄水場のポテンシャルを比較する。各浄水場の地盤高(位置エネルギー)と処理方法(浄水エネルギー)は以下のとおりとなる。

	浄水場名	地盤高	処理方法
将来(2050年) (新設浄水場)	荒川上流浄水場	108	通常処理
現状 (既存浄水場)	吉見浄水場	14	通常処理

この条件で、浄水場のポテンシャルを計算すると次のようになり、新設の荒川上流浄水場は、既存の吉見浄水場より1m<sup>3</sup>当たり約15倍(=0.2740kWh/m<sup>3</sup>/0.0181 kWh/m<sup>3</sup>)のポテンシャルをもつ。

荒川上流浄水場	①位置エネルギー	0.2940 kWh/m <sup>3</sup>
	②浄水エネルギー	-0.02 kWh/m <sup>3</sup>
	③浄水場ポテンシャル (①+②)	0.2740 kWh/m <sup>3</sup>
吉見浄水場	①位置エネルギー	0.0381 kWh/m <sup>3</sup>
	②浄水エネルギー	-0.02 kWh/m <sup>3</sup>
	③浄水場ポテンシャル (①+②)	0.0181 kWh/m <sup>3</sup>

○ 受水地点での評価(受水地点で飲料水を確保するためのエネルギー)

受水地点での評価は、上記の浄水場の評価に、輸送部分の評価を加える。ただし、自然流下で送水可能な場合は 0 kWh/m<sup>3</sup>(水力発電を見ない)とする。

● 水輸送エネルギー+浄水処理エネルギー

水輸送エネルギー=実揚程〔(浄水場高さ:厳密には浄水池LWL) - (受水地点の高さ + 受水地点必要水圧)〕+送水ロス(管路摩擦損失:マイナス表示)

→正の場合:自然流下で送水(0 kWh/m<sup>3</sup>)

→負の場合:ポンプ加圧で送水(次に示すポンプ加圧電力単位式で算出)

<水輸送エネルギーの評価>

\* ポンプ加圧の場合:1m<sup>3</sup>の水を1m上げるエネルギー0.0034 kWh/m<sup>3</sup>(ポンプ効率 85%、原動機 95%)

電力原単位(ポンプ加圧の場合:1m<sup>3</sup>の水を1m上げる電力量)は、次式で表される。

$$\beta = 0.163 \frac{Q \cdot H}{\eta_p \cdot \eta_m} \cdot \frac{1}{60Q}$$

$$= 0.00272 \frac{H}{\eta_p \cdot \eta_m}$$

ここに

$\beta$ :電力原単位(kwh/m<sup>3</sup>)

Q:ポンプ吐出し量(m<sup>3</sup>/min)

H:ポンプ全揚程(m)

$\eta_p$ :ポンプ効率

$\eta_m$ :原動機効率

水輸送エネルギー(浄水場から受水地点)  
[実揚程+送水ロス]

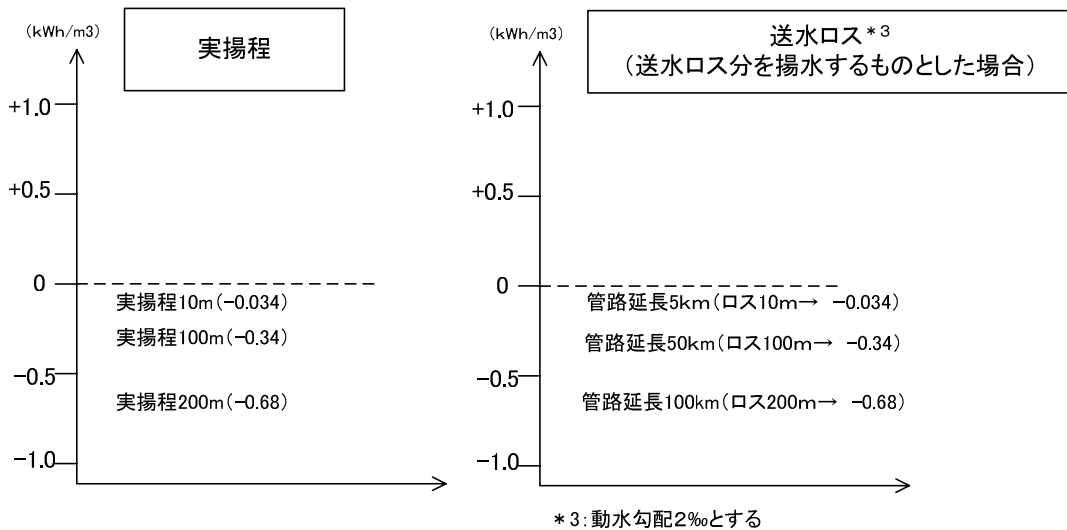


図 6.4-31 水輸送エネルギーの考え方

<浄水処理エネルギーの評価>

浄水場の評価の場合と同様

[ケーススタディ]

埼玉県東松山市で飲料水を確保するためのエネルギーを算出する。

東松山市は、現状では吉見浄水場から送水されているが、2050年の計画では新設の荒川上流浄水場から送水される。

東松山市の受水地点地盤高、浄水場の地盤高、処理方法、浄水場から東松山市受水地点までの管路延長は以下のとおりである。

表 6.4-31 エネルギー算出の条件

受水地点		地盤高 (m)		
東松山		33		
	浄水場			
	場名	処理方法	地盤高 (m) (浄水池 LWL)	管路延長 (m) (浄水場-受水地点)
将来 (2050年) (新設浄水場)	荒川上流浄水場	通常処理	108	23,368
現状 (既存浄水場)	吉見浄水場	通常処理	14	7,968

東松山市の受水地点で飲料水確保するための必要エネルギーは、既存の吉見浄水場の場合  $0.138 \text{ kWh/m}^3$  となるが、新設の荒川上流浄水場の場合  $0.020 \text{ kWh/m}^3$  と少なくて済む。

荒川上流浄水場	実揚程 a	75 m	
	送水ロス b	-46.736 m	※動水勾配2‰
	受水地点の水頭 a+b	28.264 m	
	①水輸送エネルギー	0 kWh/m <sup>3</sup>	
	②浄水エネルギー	-0.02 kWh/m <sup>3</sup>	
	③受水地点で飲料水確保するための必要エネルギー	-0.02 kWh/m <sup>3</sup>	
	(①+②)		
吉見浄水場	実揚程 a	-19 m	
	送水ロス b	-15.936 m	※動水勾配2‰
	受水地点の水頭 a+b	-34.936 m	
	①水輸送エネルギー	-0.118 kWh/m <sup>3</sup>	
	②浄水エネルギー	-0.02 kWh/m <sup>3</sup>	
	③受水地点で飲料水確保するための必要エネルギー	-0.138 kWh/m <sup>3</sup>	
	(①+②)		

以上が今回計画(エネルギー最適化案)と現状とのエネルギー比較評価である。

これに加え、大まかな試算となるが、飲料水の水源に河川水のほか下水、海水を水源とした場合のエネルギー評価を試みる。

○ 各種水源とした場合の受水地点での評価(受水地点での飲料水を確保するためのエネルギー)

現在、想定されうる各種水源として、「良質な河川水」、「やや質の悪い河川水」、「下水」、「海水」とした場合、ある受水地点での飲料水を確保するためのエネルギーを評価する。

例として、各種水源を処理して飲料水とし、新宿区(GL26m)まで水輸送(管路:自然流下で送水できない場合はポンプも使用)した場合のエネルギーを算出する。

各種水源を処理する場所として、以下を想定する。

- 良質な河川水:多摩川上流浄水場(新設浄水場)
- やや質の悪い河川水:江戸川浄水場(新設浄水場)
- 下水:芝浦水再生センター
- 海水:芝浦埠頭





図 6.4-32 各種水源と受水地点

表 6.4-32 エネルギー算出のための条件

受水地点		地盤高 (m)		
新宿区		26		
水源	浄水場等処理地点			距離 (m) (処理地点と受水地点の距離)
	場所	処理方法	地盤高 (m)	
良質な河川水	多摩川上流浄水場(新設)	通常処理(凝集・沈殿・砂ろ過)	234	49,000
やや質の悪い河川水	江戸川浄水場(新設)	高度浄水処理(凝集・沈殿・砂ろ過・高度浄水処理)	2	16,600
下水	芝浦水再生センター	活性汚泥処理+高度浄水処理	2	8,000
海水	芝浦埠頭	RO膜による淡水化	0	7,700

前述の受水地点での評価と同様の方法でエネルギーを算出した結果を次の表にまとめる。

表 6.4-33 各種水源を飲料水とした場合のエネルギー

受水地点		飲料水確保のエネルギー				通常処理エネルギーとの比較(水輸送エネルギーも含む)
新宿区						
水源	浄水場等処理地点			計		
	場所	水輸送エネルギー	処理エネルギー			
良質な河川水	多摩川上流浄水場(新設)	0.000	-0.020	-0.020	—	
やや質の悪い河川水	江戸川浄水場(新設)	-0.193	-0.140	-0.333	17倍	
下水	芝浦水再生センター	-0.135	-0.520	-0.655	33倍	
海水	芝浦埠頭	-0.139	-3.000	-3.139	157倍	

注1) エネルギーはランニングエネルギーのみ計上しており、浄水場の建設、管路新設等のイニシャルエネルギーは考慮していない。

注2) 距離は、処理地点と受水地点の直線距離としている。

- 良質な河川水(多摩川上流浄水場)は新宿区から遠くにあるが、処理にかかるエネルギーも少なく、また高い位置にあり(位置エネルギーが高い)自然流下で送水できることから水輸送エネルギーがかからない。
- 一方、やや質の悪い河川水(江戸川浄水場)、下水(芝浦水再生センター)、海水(芝浦埠頭)は、新宿区から比較的近い位置あるが、良質な河川水より処理エネルギーが多く必要となり、また低い位置にあることからポンプ加圧によるエネルギーも水輸送エネルギーとして必要である。
- 新宿区では飲料水確保のために、良質な河川水と比較し、やや質の悪い河川水(江戸川浄水場)17倍、下水(芝浦水再生センター)33倍、海水(芝浦埠頭)157倍のエネルギーが必要となる。

#### 留意点

- ※1: エネルギーはランニングエネルギーのみの計上であるため留意する必要がある。
- ※2: 本検討(エネルギー最適化案での施設検討)では上流の良質な河川水が必要量確保されないため、新宿区は下流のやや質の悪い河川水(江戸川浄水場)による処理・送水となっている。

## 6.4.2 浄水場の効率的な管理

### 1) 効率化に関する既存技術

#### (1) ポンプ

電力使用量のうち、ポンプの電力使用量の占める割合が非常に大きいため、ポンプ設備の省エネルギーについて検討する。

#### ① 機器の効率化による省エネルギー対策

機器の効率化においては、ポンプ効率化(ポンプ単体の効率化)、電動機の効率化、運転制御の効率化(インバータ制御)が考えられる。

以下のポンプ効率化は、 $70\text{m}^3/\text{min} \times 30\text{m} \times 570\text{kW}$  両吸込渦巻ポンプ想定している。

#### i) ポンプ効率化(ポンプ単体の効率化)

羽根車、ケーシングの改造でポンプ効率の向上が図られている。

- 20年前:87%
- 10年前:88%
- 現在(高効率) :89%
- 将来(高効率) :90%

現在でも 90%に近づく効率となっていて 将来のポンプ単体での飛躍的な効率化は、期待できない。

#### ii) 電動機の効率化

- 現在(従来) :91.5%
- 現在(高効率) :93.7%
- 将来(高効率) :95.0%(達成のためには、コスト、重量、寸法が大きくなる問題の解消が必要)

※全て:全閉外扇かご形誘導電動機

#### iii) 運転制御の効率化

- 現在(バルブ制御の場合) :67.6%(水量を80%としたバルブ制御を想定)
- 現在(回転数制御:インバータ制御) :93.0%(高圧ダイレクト INV タイプ)
- 将来(回転数制御:インバータ制御) :94.0%(マトリクスコンバータタイプ)

機器の効率化によるエネルギー削減率

以上の各機器の効率からポンプ総合効率を算出すると次のようになる。

表 6.4-34 従来機器、高効率機器(現状、将来)のポンプ総合効率

	従来機器 効率(%)	高効率機器 効率(%) (現状)	高効率機器 効率(%) (将来:推定)	備考
ポンプ効率	88.0	89.0	90.0	
モータ効率	91.5	93.7	95.0	
運転制御率	67.6	93.0	94.0	従来機器の効率はバルブ制御(水量80%制御)、高効率機器の効率はインバータ制御を想定
ポンプ総合効率	54.4	77.6	80.4	
従来機器からの削減率		29.8	32.3	

留意事項

○機器の効率化で運転制御としてインバータ制御採用した場合を想定したが、実際のインバータ制御導入にあたっては、以下の点に留意する必要がある。

- ・ポンプ台数制御によるエネルギー削減も考えられる。
- ・送水においては、流量一定で運用している場合もあり、インバータ制御が必要でない場合もある。
- ・水量80%に制御した場合の効率であり、水量をさらに絞ると運転制御率、モータ効率は低くなる(特に、運転制御率のバルブ制御効率→水量70%:効率55.6%、水量60%:効率46.7%)

○上記効率は、70m<sup>3</sup>/min×30m×570Kwでの試算であり、ポンプ(吐出し量や出力)が変わった場合、効率も変わる。

現状でも高効率機器が普及していることから、現状の高効率機器の普及状況を考慮し、将来の高効率機器普及率が100%(将来:推定値)となった場合のエネルギー削減率を算定する。

現状の高効率機器の普及率を14.6%<sup>注)</sup>とした場合、従来機器の普及率85.4%となる。

これより、現状のポンプ総合効率は以下のように想定する。

$$54.4\% (\text{従来機器の効率}) \times 85.4\% (\text{従来機器の普及率}) + 77.6\% (\text{高効率機器の効率}) \times 14.6\% (\text{高効率機器の普及率}) = 57.8\%$$

したがって、現状のポンプが将来全て高効率機器になった場合のエネルギー削減率は次のようになる。

$$[80.4\% (\text{高効率機器のポンプ総合効率:将来推定}) - 57.8\% (\text{現状のポンプ総合効率})] / 80.4\% (\text{高効率機器のポンプ総合効率:将来推定}) = 28.1\%$$

[事業体によるインバータ制御によるエネルギー削減率の算定事例]

大阪市水道局の送水ポンプのインバータによる回転速度制御検討結果によれば、バルブ開度制御と比較し、インバータ制御により約37%のエネルギーが削減されると算定<sup>1)</sup>されている。

<sup>1)</sup> 【引用文献】社団法人 日本水道協会『水道施設におけるエネルギー対策の実際 2009』、p111

注) 高効率機器の普及率の設定

現状の高効率機器の普及率は、これに関するデータがなく不明である。

したがってここでは、高効率機器の普及状況について、「水道事業における環境対策の手引書(改訂版)」(平成 21 年 7 月、厚生労働省 健康局 水道課)を参考に設定することとする。

同資料は、全国の水道事業者を対象として省エネルギー及び再生可能エネルギーの導入に係る実施状況についてアンケート調査を行っている。

厚生労働省の調査の結果、平成 19 年度末現在、省エネルギー対策を実施している水道事業者の割合は 41.9%であった。

表 6.4-35 水道事業者規模別にみた省エネルギー対策実施件数

区分	平成 19 年度に実施済みの対策			
	対策実施 事業者数	事業者数 (調査時)	対策実施 割合	
上水道事業	619	1,501	41.2%	
現在給水人口による区分	0.5 万人未満	33	99	33.3%
	0.5 万～1 万人未満	80	299	26.8%
	1 万～2 万 "	97	306	31.7%
	2 万～3 万 "	57	161	35.4%
	3 万～5 万 "	77	206	37.4%
	5 万～10 万 "	113	214	52.8%
	10 万～25 万 "	95	135	70.4%
	25 万～50 万 "	45	57	78.9%
	50 万～100 万 "	8	10	80.0%
	100 万人以上	14	14	100.0%
水道用水供給事業	53	102	52.0%	
計	672	1,603	41.9%	

出典) 厚生労働省健康局水道課 水道事業における省エネルギー・再生可能エネルギー対策の推進について (H20 年度実態調査)

各水道事業者が実施している省エネルギー対策の内容については、工程・施設区分・施設区分詳細別に整理されており、その内訳は表 6.4-36 に示したとおりとなっている。これに示した工程・施設区分・施設区分詳細のうち、取水・導水工程:電気使用設備:ポンプ設備(149件)、送配水工程:電気使用設備:送水・配水設備(395件)がポンプの高効率機器採用による省エネルギー対策(実際は、高効率機器以外の省エネルギー対策も含まれていると考えられるがここでは、詳細が不明なためこの件数をすべて高効率機器によるものと想定する)と想定すると 544 件となる。

したがって、対策実施件数のうちポンプ高効率化による対策件数の比率は 34.7%となる。

表 6.4-36 工程・施設区分・施設区分詳細別にみた省エネルギー対策実施件数

取水・導水工程 (166)			
電気使用設備 (158)	ポンプ設備	149	
	除塵機	6	
	その他	3	
	その他の設備 (8)	8	
沈でんろ過工程 (118)			
電気使用設備 (116)	凝集池設備	34	
	沈でん設備	23	
	ろ過池設備	47	
	膜ろ過設備	9	
	その他	3	
その他の設備 (2)	その他	2	
高度浄水工程 (16)			
電気使用設備 (15)	オゾン処理設備	5	
	粒状活性炭ろ過池設備	3	
	その他	7	
その他の設備 (1)	その他	1	
排水処理工程 (39)			
電気使用設備 (34)	汚泥濃縮設備	8	
	汚泥脱水設備	24	
	その他	2	
その他の設備 (5)	その他	5	
送水・配水工程 (415)			
電気使用設備 (401)	送水・配水施設	395	
	その他	6	
その他の設備 (14)	その他	14	
総合管理 (61)			
電気使用設備 (54)	水運用システム	23	
	監視制御システム	26	
	その他	5	
その他の設備 (7)	その他	7	
その他の主要エネルギー消費設備 (692)			
電気使用設備 (219)	受変電・配電設備 (低損失変圧器)	64	
	受変電・配電設備 (負荷電圧安定化供給装置)	0	
	受変電・配電設備 (変圧器の台数制御装置)	2	
	受変電・配電設備 (変圧器容量の適正化)	10	
	受変電・配電設備 (高効率無停電電源装置)	8	
	受変電・配電設備 (電力貯蔵用電池設備)	0	
	力率改善 (進相コンデンサ)	56	
	力率改善 (自動力率改善装置)	21	
	力率改善 (モーター体型進相コンデンサ)	1	
	高効率モーター (高効率モーター)	2	
	高効率モーター (永久磁石モーター)	1	
	回転数制御装置 (インバータ制御装置)	22	
	回転数制御装置 (極数変換モーター)	0	
	計測管理装置 (デマンドコントロール装置)	17	
	その他	15	
	空気調和・給湯・換気・昇降機等の設備 (143)	空調熱源設備・システム (高効率ターボ冷凍機)	0
		空調熱源設備・システム (ガスエンジンヒートポンプシステム)	13
空調熱源設備・システム (高効率マルチエアコン)		22	
空調熱源設備・システム (氷蓄熱型マルチエアコン)		8	
空調熱源設備・システム (改良型二重効用吸収冷温水機)		1	
空調熱源設備・システム (外気冷房空調システム)		2	
空調熱源設備・システム (遠赤外線利用暖房装置)		0	
空調熱源設備・システム (全熱交換機)		5	
空気調和・熱源設備の最適制御 (予冷予熱時外気取入制御)		1	
空気調和・熱源設備の最適制御 (外気導入量の適正化制御)		2	
空気調和・熱源設備の最適制御 (冷温水送水設定温度の最適設定制御)		1	
空気調和・熱源設備の最適制御 (冷却水設定温度の最適設定制御)		0	
空気調和・熱源設備の最適制御 (熱源代数制御)		0	
空気調和用搬送動力の低減 (水・空気搬送ロスの低減)		0	
空気調和用搬送動力の低減 (羽根車吸入間隔の変更)		0	
空気調和用搬送動力の低減 (配管内流動抵抗低減剤)		0	
空気調和用搬送動力の低減 (水和物スリ空調システム (VCS))		0	



	空気調和関係その他(内壁・窓・床の断熱)	3
	空気調和関係その他(外壁・屋根・窓・床の断熱)	3
	空気調和関係その他(建物の気密化)	9
	空気調和関係その他(屋上緑化、壁面緑化)	2
	空気調和関係その他(日射遮蔽)	14
	空気調和関係その他(空調ゾーン最適化)	9
	給湯設備(自然冷媒(CO <sub>2</sub> )ヒートポンプ給湯機)	0
	給湯設備(高効率ヒートポンプ給湯機)	0
	給湯設備(潜熱回収型給湯器)	0
	給湯設備(ガスエンジン給湯器)	1
	高効率換気設備(可変風量換気装置)	1
	高効率換気設備(局所排気システム)	0
	換気量最適化(CO <sub>2</sub> 又はCO濃度による換気制御システム)	0
	換気量最適化(温度センサによる換気制御システム)	18
	換気量最適化(タイムスケジュールによる換気制御システム)	7
	エレベータ(インバータ制御方式)	1
	エレベータ(回生電力回収システム)	0
	エレベータ(PWギヤレス巻上機)	0
	エスカレータ(自動運転装置)	0
	エスカレータ(台数制御)	0
	その他	20
照明設備(320)	高効率照明設備(LED照明器具)	5
	高効率照明設備(窓際照明の回路分離)	7
	高効率照明設備(光ダクトシステム)	0
	高効率照明設備(高反射率板)	5
	高効率照明設備(高輝度誘導灯)	2
	照明制御装置(ブライト制御)	7
	照明制御装置(照明自動点滅装置)	39
	照明制御装置(段調光システム)	0
	照明制御装置(昼光利用システム)	5
	その他	250
その他の設備(10)	その他	10
その他の工程(59)		
電気使用設備(26)	その他	26
その他の設備(33)	その他	33
計		1,566

出典)厚生労働省健康局水道課 水道事業における省エネルギー・再生可能エネルギー対策の推進について  
(H20年度実態調査)

この調査の結果から、対策実施事業体の比率とポンプ高効率化対策の比率を用いて、以下のよう  
に対策の普及率を設定した。

#### 【現況の高効率機器普及率】

普及率＝対策実施事業体の比率×ポンプ高効率化対策の比率

$$=41.9\% \times 34.7\%$$

$$=14.6\%$$

#### ② その他(運用の見直しによる省エネルギー対策)

ポンプについては、機器そのもの効率化だけではなく、定量化は難しいが運用の見直しによる  
損失分の低減(運転の最適化)が大きな効果を生むことも考えられる。

- 小型ポンプによる台数調整運転
- 運転水位を下げた運用
- 管径のサイズアップによる損失の低減等

## 2) 効率化に関する新技術

ここでは浄水水質の更なる向上を目指した浄水処理の効率化、及びその他の効率化の取組について、幾つかの技術を紹介する。

### (1) 浄水処理に係る効率化

#### ① マイクロバブル

マイクロバブルとは、直径  $50\mu\text{m}$  以下の微細な気泡のことであり、通常の気泡とは異なった性質を利用することで、例えばこの原理をオゾン処理に適用することで、オゾン処理の高効率化に資する可能性がある等、従来よりも浄水処理の高効率化が期待されている。マイクロバブルの特性として以下の事項が挙げられる。



写真 6.4-1 マイクロバブル

- 通常の気泡は、急激に水液中を上昇し最終的に液面で破裂するが、マイクロバブルは気泡体積が微細であるため、上昇速度が遅く長い間、水液中に滞在し続ける。
- 界面は気相と液相、液相と液相、液相と固相、固相と固相の二相間で形成されるが、この界面間において界面張力による加圧が生じる。この界面張力はヤングラプラスの式で導かれ、気泡の大きさに反比例して気泡に加わる圧力が高まる。このため、微細気泡は圧力により一層小さくになり、さらに圧力が高まる。理論上は無限の圧力が生じ、加圧効果によって効果的に気体が水中に溶解するとされる。
- マイクロバブルはコロイドとしての側面があり、負に帯電しているため、マイクロバブルどうしが反発し合う。この性質により、マイクロバブルどうしが結合せずに気泡濃度が減ることはない。
- マイクロバブルの自己圧壊作用によって水や窒素などが分解されラジカルが生成されると言われているが、生成メカニズムに関しては諸説がある。

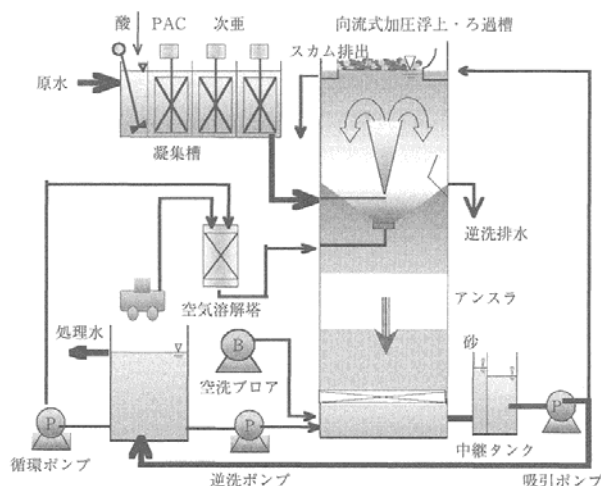
表 6.4-37 マイクロバブルの下水再生装置への適用例

処理方式	用途	大腸菌	濁度	色度	臭気	発泡物質	コスト	備考
オゾンマイクロバブル	親水利用 噴水・親水池 (人が触れても可)	○	○	○	○	○	○	・清澄な再生水 ・呼吸効率増加による 運転コストダウン
オゾン注入 (従来技術)	親水利用 噴水・親水池 (人が触れても可)	○	○	○	○	○	△	・清澄な再生水
塩素注入 (参考)	停景用水・水洗便所など (人が直接触れる可能性 が低い)	○	△	△	×	×	—	・臭い ・便器への着色 ・塩素による配管腐食

(日立評論, Vol.91 No.8 より引用)

## ② 加圧浮上分離

加圧浮上分離とは、加圧空気(0.196～0.490 MPa)を溶解させた水が浮上槽で大気圧(0.098MPa)まで減圧すると、水中に溶解していた空気が気泡となる原理を応用して、この気泡を凝集フロックまたは浮遊物に付着させて固液分離を行う方法である。比重が小さい藻類などの処理に有効であり、海外では実施例が多く報告されている。わが国では、主に排水処理の固液分離・濃縮などに利用されているが、浄水処理としても適用例がわずかにある。その多くは、処理対象水と浮上用微細気泡との接触及び固液分離が並流で行われている。



(財団法人 水道技術研究センター:新しい浄水技術より引用)

図 6.4-33 向流式加圧浮上・ろ過フローシート

## ③ 粒径や孔径の小さい微粉炭

粉末活性炭は、粒度が小さいほどその吸着能が向上し、その傾向は接触時間が短い場合に顕著となる。また、粒径の小さな粉末活性炭は、粒度の大きなものと比べて沈降しにくいいため、水との接触時間が相対的に長くなり、接触効率の観点から有利となる。この方法は施設の改造を伴わないことから、施設の制約上、十分な接触時間を確保することが困難な浄水場において有効な対策になる可能性がある。

## ④ 促進酸化法(AOP)

浄水工程の塩素処理において塩素と溶存有機物が反応することにより、発ガン性が指摘されるトリハロメタン等の有機塩素化合物の生成が課題となっている。水道水の安全性を確保するためには消毒が不可欠であることから、トリハロメタンの生成を抑制する上では、塩素剤に他のものを使用するか、溶存有機物濃度を低減化させる必要があるが、水道原水中に含まれる有機物の大半はフミン質であり、生分解性に乏しい上、従来濁度除去を目的とした凝集沈殿処理では、主に低分子の画分に対する除去が期待できない。このため、フミン質の分解・除去の観点から、オゾンの強い酸化力がこれまで注目されてきたが、オゾン処理のみではフミン質の生物分解性向上などの改質を行うことができて、無機化についてはある程度までしか進行しないことが知られている。こうした観点から、近年、オゾンに紫外線や過酸化水素を組み合わせた促進酸化処理(AOP:

Advanced Oxidation Process)を用いてオゾンよりもさらに酸化力の強いヒドロキシラジカルを効率的に生成し、フミン質などの溶存有機物に対して、塩素剤に対する反応性をさらに低下させたり、無害化させたり、さらには無機物にまで分解しようという研究が進められている。

#### ⑤ ポリシリカ鉄凝集剤 (PSI) の導入

ポリシリカ鉄凝集剤 (PSI) は、鉄とシリカを主成分とした人体に安全な凝集剤で、アルミニウム系凝集剤が不得意とする藻類や有機色度成分を確実に凝集するほか、低水温時においても高い処理効果を発揮する。その特徴として以下のことが挙げられる。

- トリハロメタン前駆物質の除去効果
- 低水温、低濁度原水への対応性
- ろ過継続時間の延長
- スカムの発生の抑制
- 汚泥発生量の減量化
- 汚泥の農地還元が可能
- 人体への影響の低減

#### ⑥ 電気分解による追加塩素

給水区域全域において残留塩素濃度を低減化・平準化させる方法の一つとして、配水池や配水管での追加塩素注入があるが、この追加塩素を次亜塩素酸ナトリウムではなく、水中に含まれる塩化物イオンを電気分解することによって次亜塩素酸イオンや次亜塩素酸を生成する方法がある。その原理は図 6.4-34に示すとおりである。

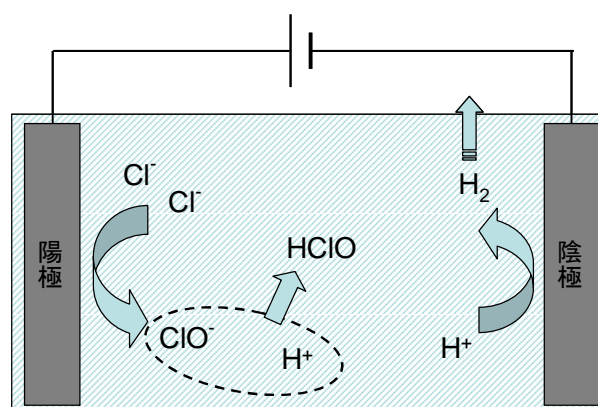
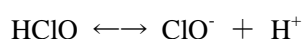
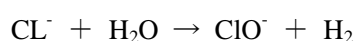


図 6.4-34 電気分解装置の原理

## (2) その他の効率化

温度差発電(表流水と地下水の水温差(夏期で最大 15°C程度)を利用した発電を行う。(参考 海洋温度差発電(OTEC:Ocean thermal energy conversion):海洋表層の温水と深海の冷水の温度差を利用して発電を行う仕組み))

水道による熱輸送(清掃工場や汚泥焼却センターなどからの排熱により水道水を適度に加温することにより、家庭等で加温にかかるエネルギーを削減する。(注 水道水の加温に伴う THM 等の消毒副生成物の増加の影響を抑制・緩和するため、二元給水や浄水処理の高度化などが必要となる可能性がある))

### 3) 再生可能エネルギーの検討

#### (1) 太陽光発電による効果の試算

[太陽光発電の試算方法]

年間発電量(kWh/年)

= 太陽光発電パネルの設置面積(m<sup>2</sup>)

× 平均日射量(kWh/m<sup>2</sup>/日) × 補正係数 × 日数(日/年)

CO<sub>2</sub>削減量(t-CO<sub>2</sub>/年)

= 年間発電量(kWh/年) × CO<sub>2</sub>排出係数(t-CO<sub>2</sub>/kWh)

表 6.4-38 太陽光発電の試算にあたっての変数

変数名	説明	標準値	単位	備考
太陽光発電パネルの最大可能設置面積	建屋屋根面積 + 沈澱池面積 + ろ過池面積 + 浄水池面積	—	m <sup>2</sup>	処理水量から各面積を設定。
平均日射量	水平面 1m <sup>2</sup> にふりそ そぐ日射量(雨天日 等も含めた過去 30 年 分のデータをもとに推 定)	地域によっ て異なる (東京都: 3.34)	kWh/m <sup>2</sup> /日	
補正係数	機器効率や日射変動 などの補正值	0.065 <sup>2</sup>	—	
日数	—	365	日/年	

ここで、太陽光発電パネルの設置場所は、建屋屋根、沈澱池上部、ろ過池上部及び浄水池上部とする。

各面積は、処理水量別に次のように設定する。

- 建屋屋根(管理本館)

2階建てとする。

自家発電は含まない。

処理水量(m <sup>3</sup> /日)	1,000	10,000	50,000	100,000	500,000	1,000,000	5,000,000
管理本館敷地面積(m <sup>2</sup> )	200	500	2,000	2,500	3,000	4,000	5,000

- 沈澱池上部

用地面積が比較的狭くすることが可能な傾斜板式沈澱池とする。

表面負荷率は指針の中間値6mm/minとする。

池内平均流速は0.5m/minとする。

混和池、ブロック形成池は機械の搬出入があるため設置しない。

処理水量(m <sup>3</sup> /日)	1,000	10,000	50,000	100,000	500,000	1,000,000	5,000,000
表面負荷率(mm/min)	6	6	6	6	6	6	6
沈澱池面積(m <sup>2</sup> )	100	1,200	5,800	11,600	58,000	116,000	579,000

<sup>2</sup> 【引用文献】NEDO:『新エネルギーガイドブック 2008』、p157



- ろ過池上部

ろ速は120m/日とする。

予備池を10池に1池の割合で設置する(50,000m<sup>3</sup>以上)。

1池あたりの面積を150m<sup>2</sup>とする(50,000m<sup>3</sup>以上)。

処理水量(m <sup>3</sup> /日)	1,000	10,000	50,000	100,000	500,000	1,000,000	5,000,000
ろ速(m/日)	120	120	120	120	120	120	120
必要ろ過池面積(m <sup>2</sup> )	8	83	417	833	4,167	8,333	41,667
	1	1	4	6	28	56	278
池数	2	2	6	8	31	62	306
ろ過池面積(m <sup>2</sup> )	20	170	720	1,200	4,650	9,300	45,900

- 浄水池上部

RC造とし、有効水深を5mとする。

有効容量を処理水量の2時間分とする。

処理水量(m <sup>3</sup> /日)	1,000	10,000	50,000	100,000	500,000	1,000,000	5,000,000
有効水深(m)	5	5	5	5	5	5	5
浄水池面積(m <sup>2</sup> )	20	200	800	1,700	8,300	16,700	83,300

- 太陽光発電パネルの設置面積

太陽光発電パネルの設置面積は、以上の建屋屋根(管理本館)、沈澱池、ろ過池及び浄水池の面積を足し合わせ処理水量別に以下ようになる。

処理水量(m <sup>3</sup> /日)	1,000	10,000	50,000	100,000	500,000	1,000,000	5,000,000
太陽光発電パネル設置面積(m <sup>2</sup> )	340	2,070	9,320	17,000	73,950	146,000	713,200

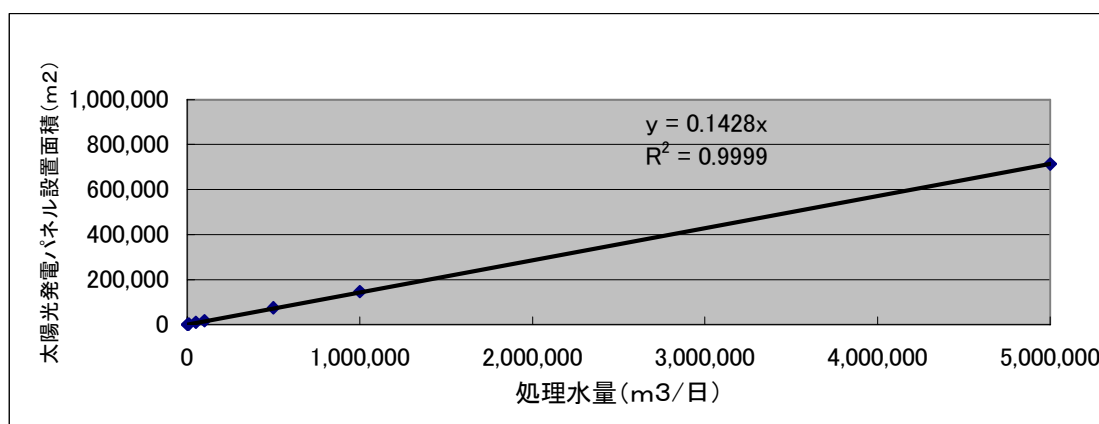


図 6.4-35 太陽光発電パネル設置面積と処理水量

<大規模水道事業体:9 事業体>

大規模事業体の新設浄水場について太陽光発電の導入を考える。

新設浄水場において太陽光発電による年間発電量を試算すると次のようになる。

表 6.4-39 新設浄水場における太陽光発電量

新設浄水場	処理水量 m <sup>3</sup>	太陽光パネル設置面積 m <sup>2</sup>	平均日射量 kWh/m <sup>2</sup> /日	補正係数	日数 日/年	年間発電量 a kWh/年
利根川中流	3,140,000	448,400	3.34	0.065	365	35,531,889
荒川上流	580,000	82,800	3.34	0.065	365	6,561,196
多摩川上流	910,000	129,900	3.34	0.065	365	10,293,471
相模川	2,510,000	358,400	3.34	0.065	365	28,400,154
江戸川	2,260,000	322,700	3.34	0.065	365	25,571,232
利根川下流	1,120,000	159,900	3.34	0.065	365	12,670,716
合計	10,520,000	1,502,100				119,028,658

首都圏全体の電力使用量 b 2,721,118,891 kWh/年  
a/b 4%

<その他の水道事業体:茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、神奈川県>

大規模9事業体以外のその他の水道事業体(茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、神奈川県:埼玉県営水道、北千葉広域、神奈川県内広域から受水している水道事業体は除く)の浄水場へ太陽光発電の導入を考える。

以下に示す設定により浄水場内の太陽光発電パネルの設置面積を算定する。

- ① 水道統計水質編(平成 17 年度版)をもとに浄水場を抽出する(浄水場別に原水の種類、浄水処理方法、一日平均浄水量が示されている)。
- ② 原水がダム直接・放流、表流水、湖沼水、原水受水であり、浄水処理が急速ろ過、施設能力(2050 年)が 1,000m<sup>3</sup> 以上を全て満たす浄水場を太陽光発電導入対象とする。
- ③ 対象浄水場について、一日平均浄水量を負荷率(現状:2005 年:各県平均値)で除し、一日最大給水量を算出し、これを現状(2005 年)の浄水処理能力と想定する。
- ④ ③の現状の浄水処理能力に 2005 年から 2050 年の水需要量の減少率を乗じ、2050 年の浄水場施設能力とする。
- ⑤ 浄水場別に施設能力(処理水量)に応じた太陽光発電パネルの設置面積を算定する。

その結果、茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、神奈川県の対象浄水場で太陽光発電による年間発電量を試算すると次のようになる。

表 6.4-40 その他の水道事業体の対象浄水場における太陽光発電量

県	処理水量 m <sup>3</sup>	太陽光パネル設置面積 m <sup>2</sup>	平均日射量 kWh/m <sup>2</sup> /日	補正係数	日数 日/年	年間発電量 a kWh/年
茨城県	631,640	90,190	3.34	0.065	365	7,146,791
栃木県	228,440	32,610	3.34	0.065	365	2,584,065
群馬県	355,830	50,800	3.34	0.065	365	4,025,468
埼玉県	28,740	4,100	3.34	0.065	365	324,890
千葉県	468,730	66,950	3.34	0.065	365	5,305,218
神奈川県	87,800	12,530	3.34	0.065	365	992,896
合計	1,801,180	257,180				20,379,328

※処理水量と太陽光パネル設置面積は、県別に対象浄水場毎に足し合わせもの  
 首都圏全体の電力使用量 b 2,721,118,891 kWh/年  
 a/b 0.7%

(2) 小水力発電による効果の試算

[小水力発電試算方法]

年間発電量(kWh/年)

$$= 9.8 \times \text{流量(m}^3\text{/s)} \times \text{有効落差(m)} \times \text{発電設備の効率} \times 24(\text{h/日}) \\ \times 365(\text{日/年}) \times \text{設備利用率}$$

CO<sub>2</sub>削減量(t-CO<sub>2</sub>/年)

$$= \text{年間発電量(kWh/年)} \times \text{CO}_2 \text{ 排出係数(t-CO}_2\text{/kWh)}$$

設置場所:受水地点(受水池)の手前に設置(受水の残存水圧を活用した小水力発電:大規模水道事業体(9事業体)の残存水頭が活用できる受水地点[受水池]対象)

<大規模事業体:受水地点>

- 流量:受水池への流入量(日最大)←シミュレーション結果より
- 有効落差:受水池への流入圧(水車の適用範囲より2m以上)←シミュレーション結果より
- 発電設備の効率:水車効率×発電機効率(65~85%)→85%を採用
- 設備利用率:負荷率を採用:水需要予測結果より

算出結果は、大規模9水道事業体のシミュレーションより残圧有効落差および流量を算出し、年間 19,775 万 kWh/年の発電量となることが試算された。

## 6.5 エネルギー最適化案(水道システム)による削減結果とりまとめ

### 6.5.1 電力使用量削減結果(首都圏全体)

#### 1) 本事業で考慮した削減項目および対策案

エネルギー最適化案の電力使用削減量は、前項までの検討を踏まえ以下の項目を考慮し集計を行うものとする。

##### ①本事業で考慮した活動量の削減項目

- 人口減少(配水量の減少)

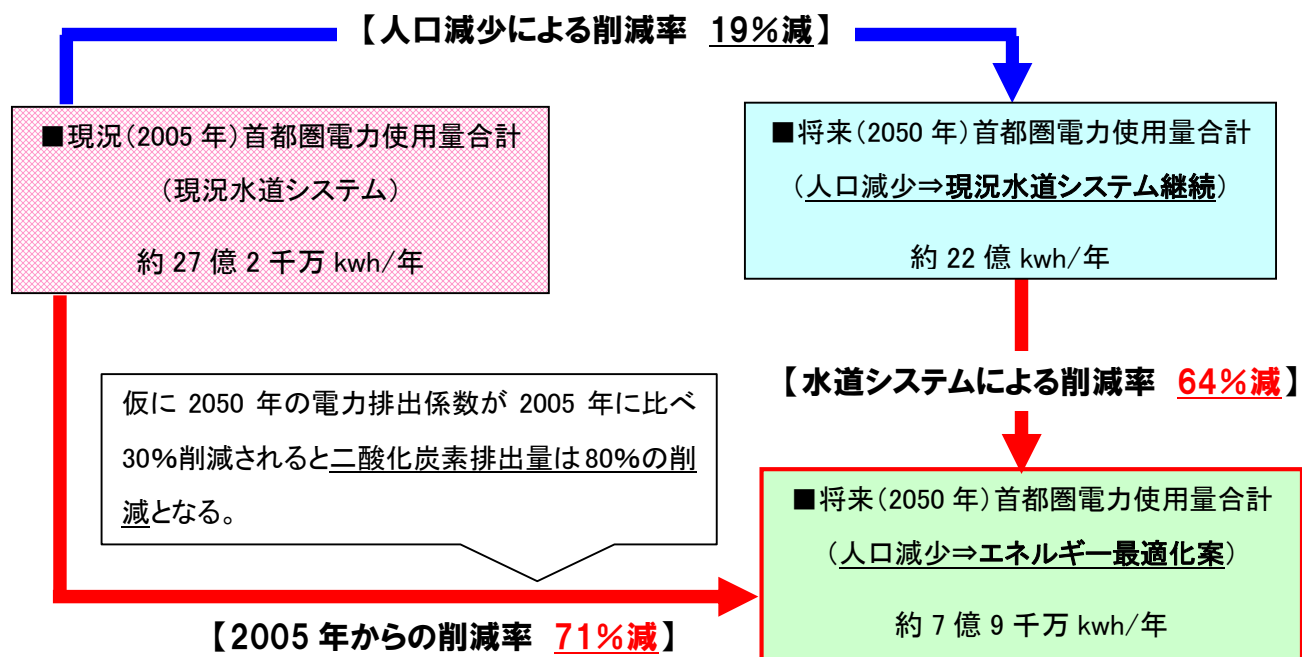
##### ②本事業で考慮した水道システムにおける対策案

- 取水・浄水場位置の変更(上流化) : 大規模水道事業体
  - 位置エネルギーの活用
  - 取水原水清浄化による浄水処理方式の簡素化
- 高効率機器の採用 : 全水道事業体
- 再生可能エネルギーの活用(太陽光発電・小水力発電) : 全水道事業体
- 中小水道事業体の広域化

#### 2) 電力使用量削減結果

2050年におけるエネルギー最適化案による電力使用量の削減結果は、現況(2005年)の約27億2千万kWhに比べ、71%削減の7億9千万kWhと試算される。

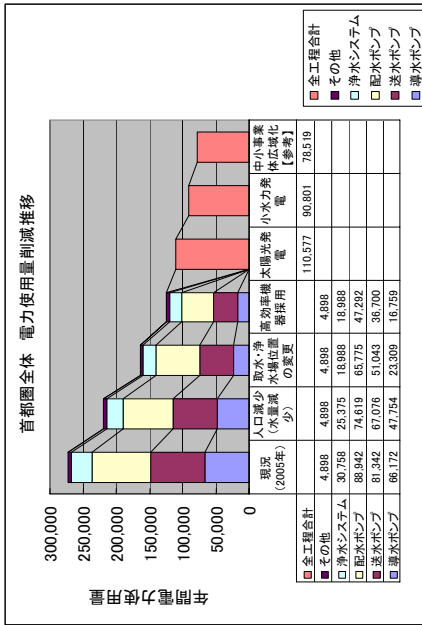
人口減少による削減を考慮せずに、水道システムだけを考慮してもエネルギー最適化案による削減率は64%と高い試算結果となった。



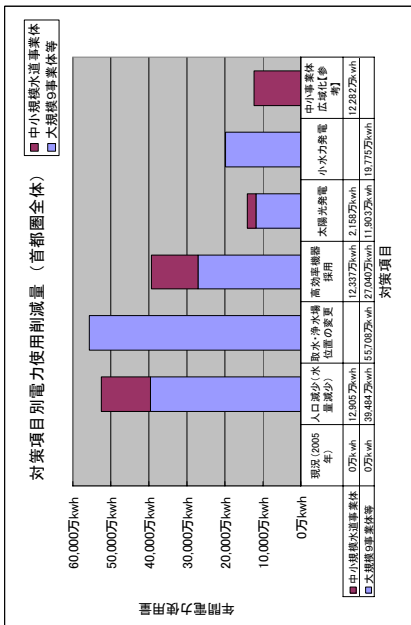
※ランニングエネルギー(電力使用量)のみでの算出結果

図 6.5-1 電力使用量削減結果(総括)

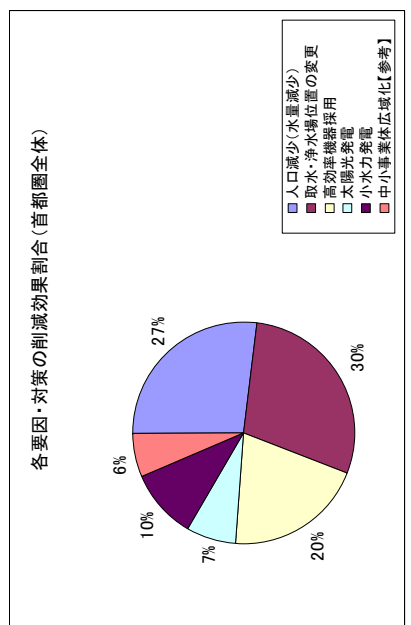
【首都圏全体】



【対策項目別削減量】



【削減効果割合】



【大規模水道9事業体等】

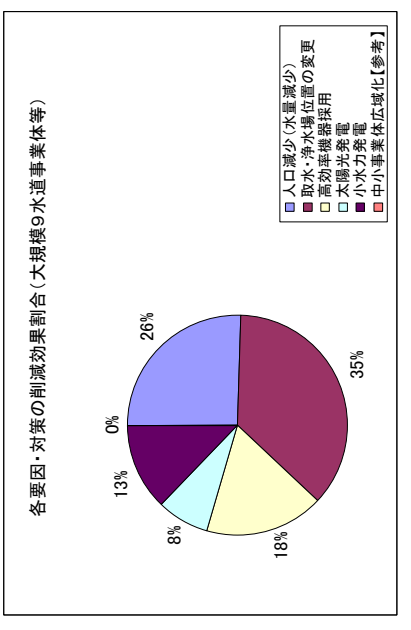
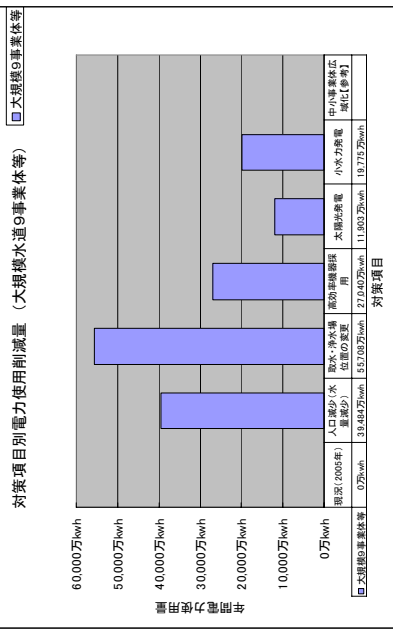
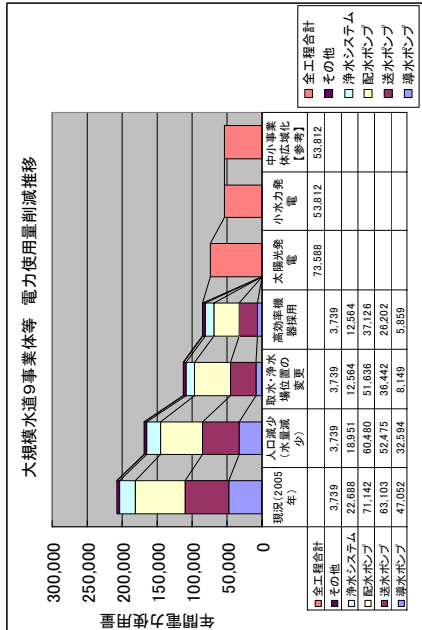


図 6.5-2 電力使用量削減結果(内訳)

【中小規模水道事業体】

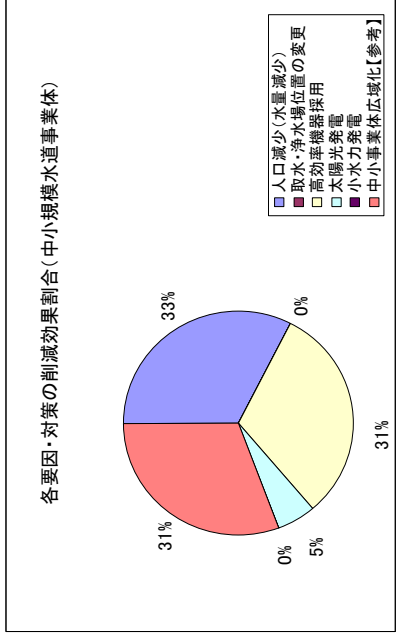
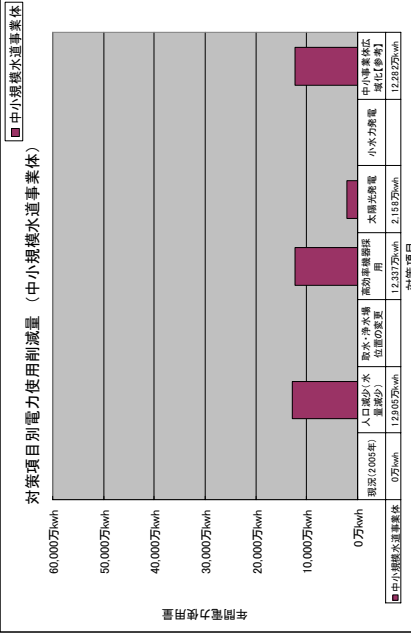
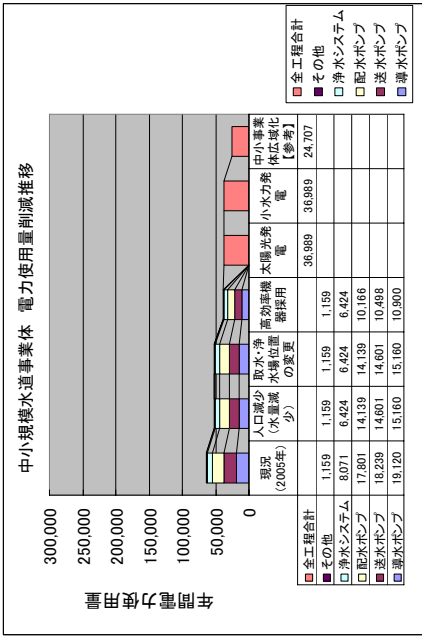


表 6.5-1 電力使用量削減結果内訳およびCO<sub>2</sub>総排出量

項目	大規模水道事業体の事業体 (埼玉県、北平瀬、神奈川県広域から受水している水道事業体を含む)				中小規模水道事業体(左記以外)				備考	
	導水ポンプ	送水ポンプ	配水ポンプ	浄水システム	その他	導水ポンプ	送水ポンプ	配水ポンプ		浄水システム
全電力使用量	272,112 万kwh								2005年	
全電力使用量割合	76%								前期除全体配水量(m <sup>3</sup> /日)	
電力使用量内訳	47,052 万kwh	63,103 万kwh	71,142 万kwh	22,688 万kwh	3,739 万kwh	19,120 万kwh	17,801 万kwh	8,071 万kwh	1,159 万kwh	
電力使用量割合	17%	23%	26%	8%	1%	7%	7%	3%	0%	
CO <sub>2</sub> 総排出量	1,039,467 t-CO <sub>2</sub>								現在の電力排出係数 0.00882 t-CO <sub>2</sub> /kwh	
相当分科会	分科会①				分科会②				分科会③	
活動量による削減	人口減少	シミュレーション+配水量減少比率により算出				配水量減少比率により				2005年数値
	① (現況システム継続) 削減量 (①-現況)	32,594 万kwh	52,475 万kwh	60,480 万kwh	18,951 万kwh	3,739 万kwh	15,160 万kwh	14,601 万kwh	6,424 万kwh	1,159 万kwh
削減量小計	② (再生可能エネルギー) 水使用量削減単位 の抑制	-14,458 万kwh	-10,628 万kwh	-10,662 万kwh	-3,736 万kwh	0 万kwh	-3,959 万kwh	-3,637 万kwh	-1,647 万kwh	0 万kwh
	削減量小計	-39,484 万kwh								2005年 前期除全体配水量(m <sup>3</sup> /日) 11,824,303
水道システムによる削減	取水、浄水場 位置の変更	8,149 万kwh	36,442 万kwh	51,636 万kwh	12,564 万kwh	処理方式簡素化 (シミュレーション)				
	③ (①-②) 削減量	-24,445 万kwh	-16,033 万kwh	-8,844 万kwh	-6,387 万kwh	高効率機器採用による削減係数				
高効率機器 (主にポンプ)	④ (③-①) 削減量	5,859 万kwh	26,202 万kwh	37,126 万kwh		①×(1-削減係数)				
	⑤ (④-③) 削減量	-2,290 万kwh	-10,240 万kwh	-14,510 万kwh		②×(1-削減係数)				
小計	⑥ (再生可能エネルギー) 太陽光発電	85,490 万kwh								マイナズ計上
	⑦ (再生可能エネルギー) 水力発電	-11,903 万kwh								マイナズ計上
【参考】 中小事業体の広域化	A 給水人口25万人未満の水道事業体の電力使用量合計値(人口減少考慮、高効率機器考慮)	-19,775 万kwh								
	B 広域化(25万~50万人規模)による削減率(2005年統計値を準用)	34%								
削減量小計	A×(1-B) 広域化による電力使用量の削減量	-11,427 万kwh								
	削減量小計	上記⑤~⑦の合計								
合計 (活動量による削減+水道システムによる削減)	合計	53,812 万kwh								上記⑤~⑧の合計
	削減量	-153,911 万kwh								24,827 万kwh
削減率	削減率	78,639 万kwh								-39,562 万kwh
	削減率	-193,472 万kwh (削減率)								71% (現況(2005年)に対する削減率)
削減率	削減率	-141,083 万kwh (削減率)								64% (現況継続(2005年)に対する削減率)
	削減率	-12,282 万kwh								71% (現況(2005年)に対する削減率)



## 6.5.2 概算事業費の算出(大規模水道9事業体)

本項においては、シミュレーションを実施した大規模水道 9 事業体とその受水団体を対象に以下の 2 ケースについて概算事業費の算出し、エネルギー最適化案のコストメリットについて検証するものとする。

- エネルギー最適化案
- 現況の水道システムを 2050 年まで継続した場合

### 1) 概算事業費の算出方針

本事業における概算事業費の算出は、下表の方針により行うものとする。

表 6.5-2 概算事業費算出方針

項目	エネルギー最適化案	現況システムを継続した場合
建設費	2050 年までに 新設の1回分の建設費を計上	2050 年までに全施設を 更新を1回のみ行うものとして計上
維持管理費	単年度当たりの 電力使用料金のみを計上(円/年)	
用地取得費	見込まない	——
既設構造物の 撤去費	見込まない	見込まない
単価	現在(2009年)単価を使用	
施設規模	2050年の水需要量を考慮	2050年の水需要量を考慮 (現況の施設規模縮小)
	浄水場の施設の余裕は見込まない(日最大水量にて事業費を算出)	

※ 高効率機器は 2050 年には標準仕様と考えるため、概算事業費への上乗せは見込まない。

### 2) 概算事業費の算出結果

概算事業費の算出を行った結果を以下に示す。

- 概算事業費(建設費)については、「エネルギー最適化案を新設した場合」と「現況の水道システムを 2050 年まで継続し、全施設を1回更新したと仮定した場合」とで、ほぼ同額の費用となる。
- 電力使用料金(維持管理)については、「エネルギー最適化案」の方が「現況水道システムを継続した場合」に比べ、約 1/3 に削減されることとなる。

以上の結果より、エネルギー最適化案は、コスト面においてもメリットがあることが検証された。

なお、次頁に概算事業費一覧表(建設費)および年間電力使用料金一覧表を示す。

表 6.5-3 概算事業費一覧表(建設費)

		(億円)		
項目	エネルギー最適化案	現況継続案	備考	
事業費	取水施設	206	81	取水施設
	導水施設	795	7,550	導水管、導水ポンプ
	浄水施設	12,596	14,925	浄水場
	送水施設	20,019	12,730	送水管、送水ポンプ
	配水施設	88,380	88,637	配水池、配水管、配水ポンプ
	太陽光発電	2,817	—	
	小水力発電	62	—	
	<b>合計</b>	<b>124,874</b>	<b>123,923</b>	
	比率	1.01	1.00	

表 6.5-4 年間電力使用料金一覧表

		(億円/年)	
	エネルギー最適化案	現況継続案	備考
年間電力料金(億円/年)	79	220	10円/kWhと仮定
年間電力料金(比率)	0.36	1.00	

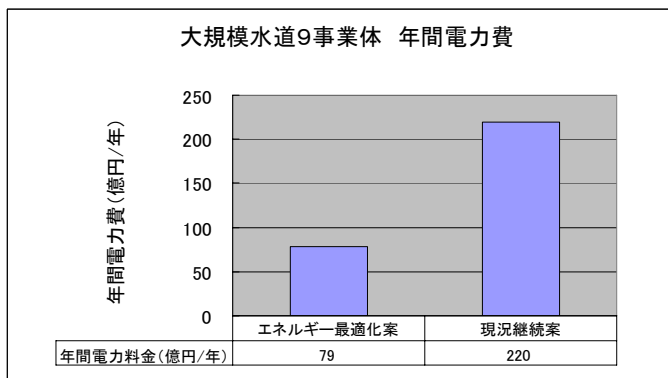
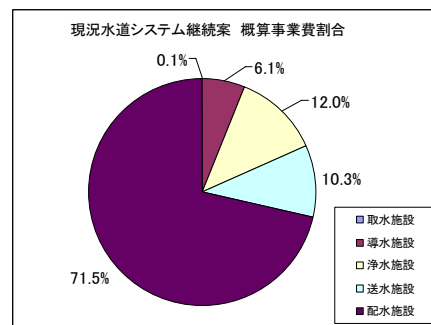
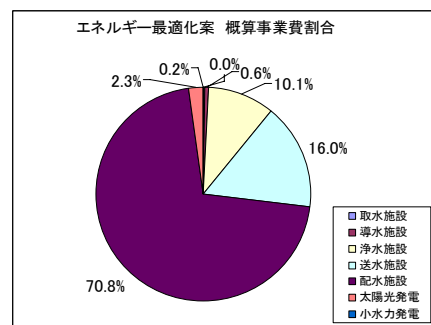
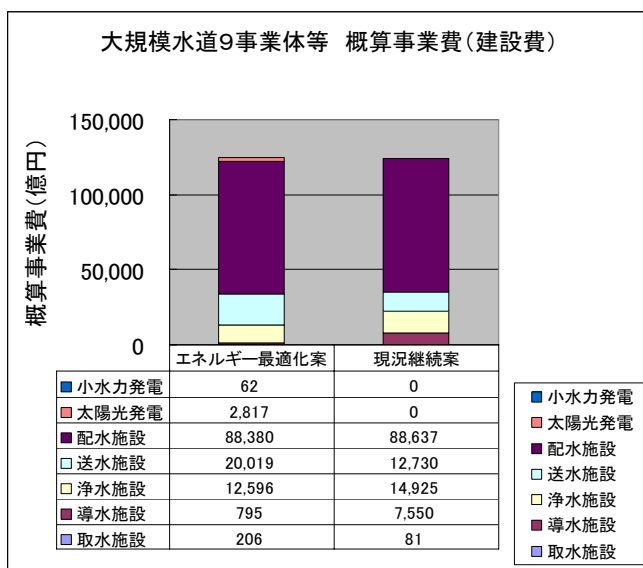


図 6.5-3 大規模水道9事業者等の概算建設費および年間電力費

### 3) 対策項目別の削減投資効率

電力使用量を 1kWh 削減するために要する追加的な費用(円/kWh)が小さい対策は、削減のための投資効率が高いと言える。

現況の水道システムを 2050 年まで継続した場合(ダウンサイジング)をベースラインとし、大規模水道9事業体において考慮した各対策項目の投資効率を以下に示す。

表 6.5-5 対策項目別の削減投資効率一覧表

対策項目	取水・浄水場位置の変更	太陽光発電	小水力発電
概算事業費差分 (億円)	-1,927	2,817	62
削減量差分 (万kwh)	55,708	11,903	19,775
削減投資効果 (円/kwh)	-346	2,367	31

2050年現況継続:概算事業費 123,923億円  
2050年現況継続:電力使用量 168,239万kWh

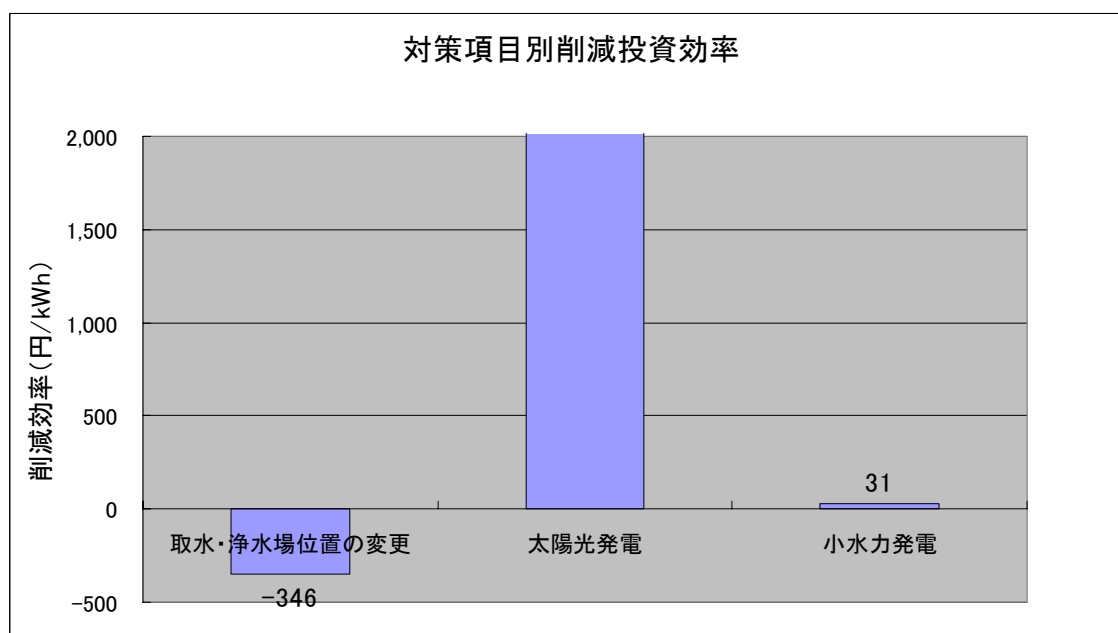


図 6.5-4 対策項目別削減投資効果率

投資効率としては、「取水・浄水場位置の変更(上流化)」による削減投資効果が非常に大きく、この効果に伴い「小水力発電」の削減投資効果も大きくなっている。

ただし、今回の小水力発電の削減投資効果は、取水・浄水場位置を上流化した場合の効果であり、残存位置エネルギーの状況により異なることに留意する必要がある。

### 6.5.3 エネルギー最適化案におけるリスク対応方針

#### 1) リスク対応について

##### (1) 水道におけるリスク

水道施設のリスクとして以下の事象が考えられる。

- (自然系)地震、濁水、風水害、地下水濁水
- (人間系)クプトスポリウム、富栄養化、地下水汚染、毒物混入、テロ
- (人工系)事故、停電

また、水道施設のリスクではないが、今後の人材や技術の空洞化についても、リスク要因といえる。

##### 2) 首都圏における対象リスクと施設の関連

首都圏の対象リスクを、被害が大きくまた期間も長期となる可能性の高いと考えられる地震、濁水とする。

首都圏での今後の地震、濁水の想定については次のとおりとなる。

##### a) 地震

「首都直下地震の被害想定」(内閣府)によると首都圏では以下の地震が想定されている。

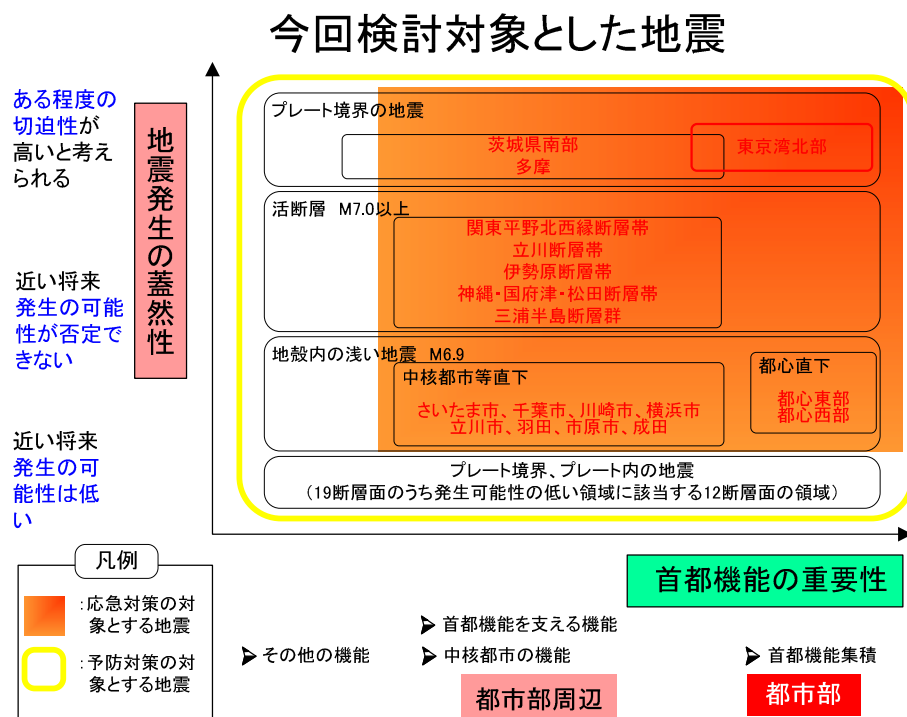


図 6.5-5 首都圏の地震の発生確率と影響の大きさ<sup>1)</sup>

浄水場の設置予定場所において、最も震度が大きいもの(最大級の強さを持つ地震動)について整理すると次の表と図のとおりとなる。

<sup>1)</sup>【引用文献】内閣府防災情報のページ『首都直下地震対策について』、p9

表 6.5-6 浄水場別の首都圏想定地震の最大震度

浄水場\想定地震	ある程度切迫性が高い			近い将来発生の可能性が否定できない				
	東京湾北部	茨城県南部	多摩	関東平野北西縁断層	立川断層帯	伊勢原断層帯	神縄・国府津・松田断層帯	三浦半島断層群
利根川中流浄水場	5弱	5強	5弱	6弱	5弱	4	4	4
荒川上流浄水場	5弱	5弱	5弱	6強	5弱	4	5強	4
多摩川上流浄水場	5弱	4	5強	5弱	5強	4	5弱	4
相模川浄水場	5強	5弱	6弱	5弱	6弱	6強	6弱	5強
江戸川浄水場	6強	6弱	6弱	5強	5弱	5弱	5弱	5強
利根川下流浄水場	6弱	6弱	5強	5強	5弱	4	5弱	5弱

各浄水場とも最大で5強から6強の震度となる可能性がある。

江戸川浄水場は東京湾北部地震、荒川上流浄水場は関東平野西縁断層地震、相模川浄水場は伊勢原浄水場でそれぞれ震度6強の地震が予想される。

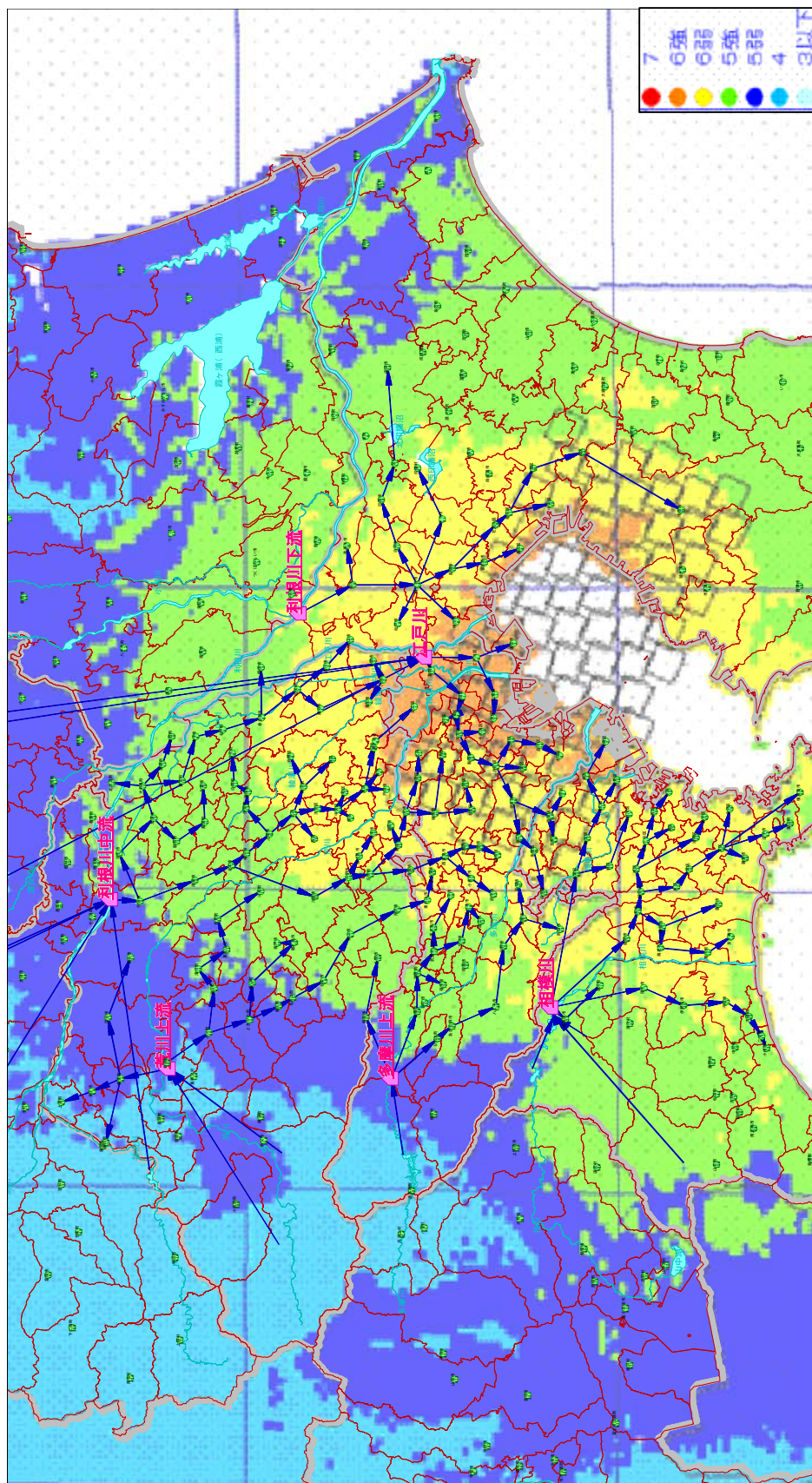


図 6.5-6 東京湾北部地震(M7.3)の震度と水道施設の位置



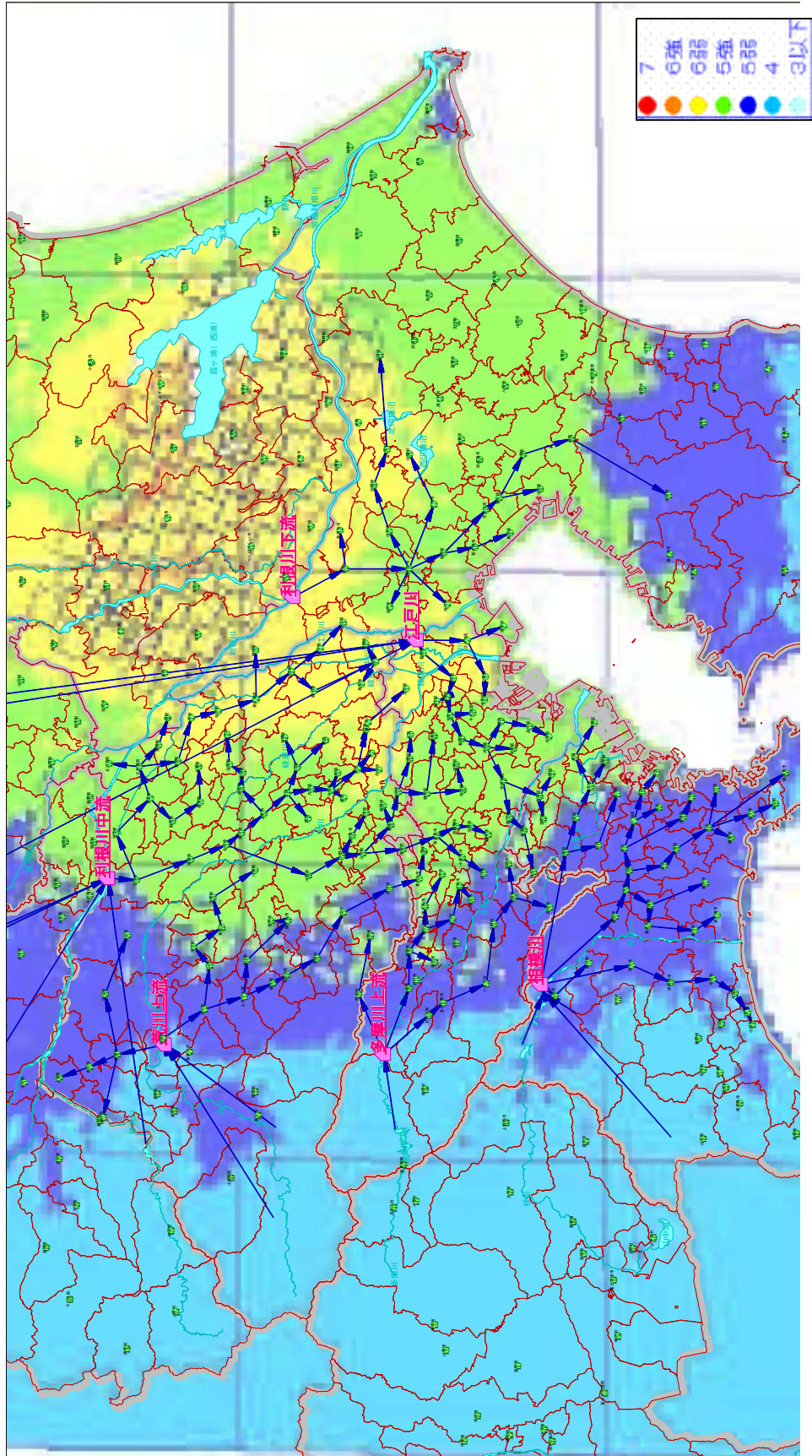


図 6.5-7 茨城県南部地震(M7.3)の震度と水道施設の位置

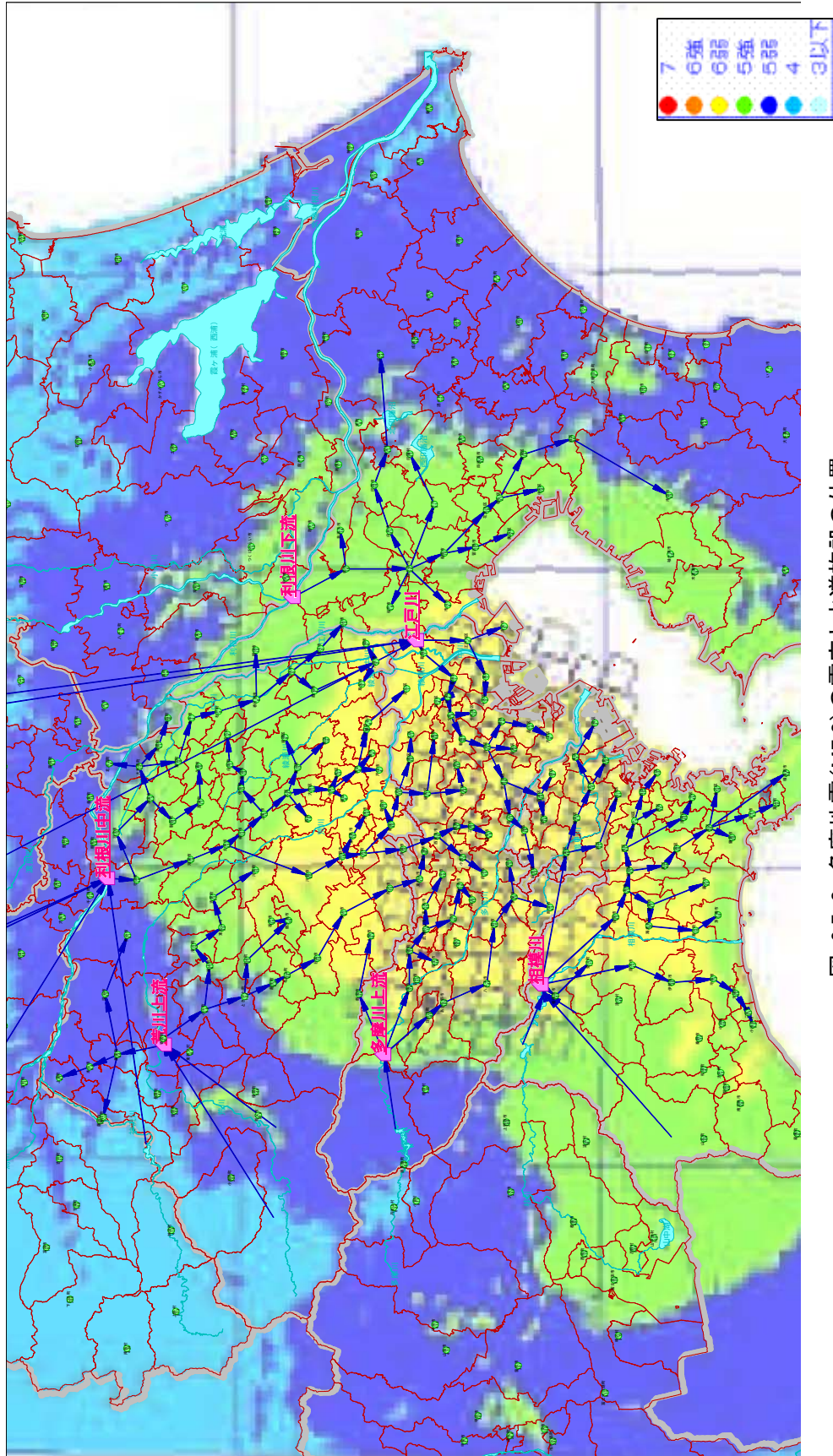


図 6.5-8 多摩地震(M7.3)の震度と水道施設の位置



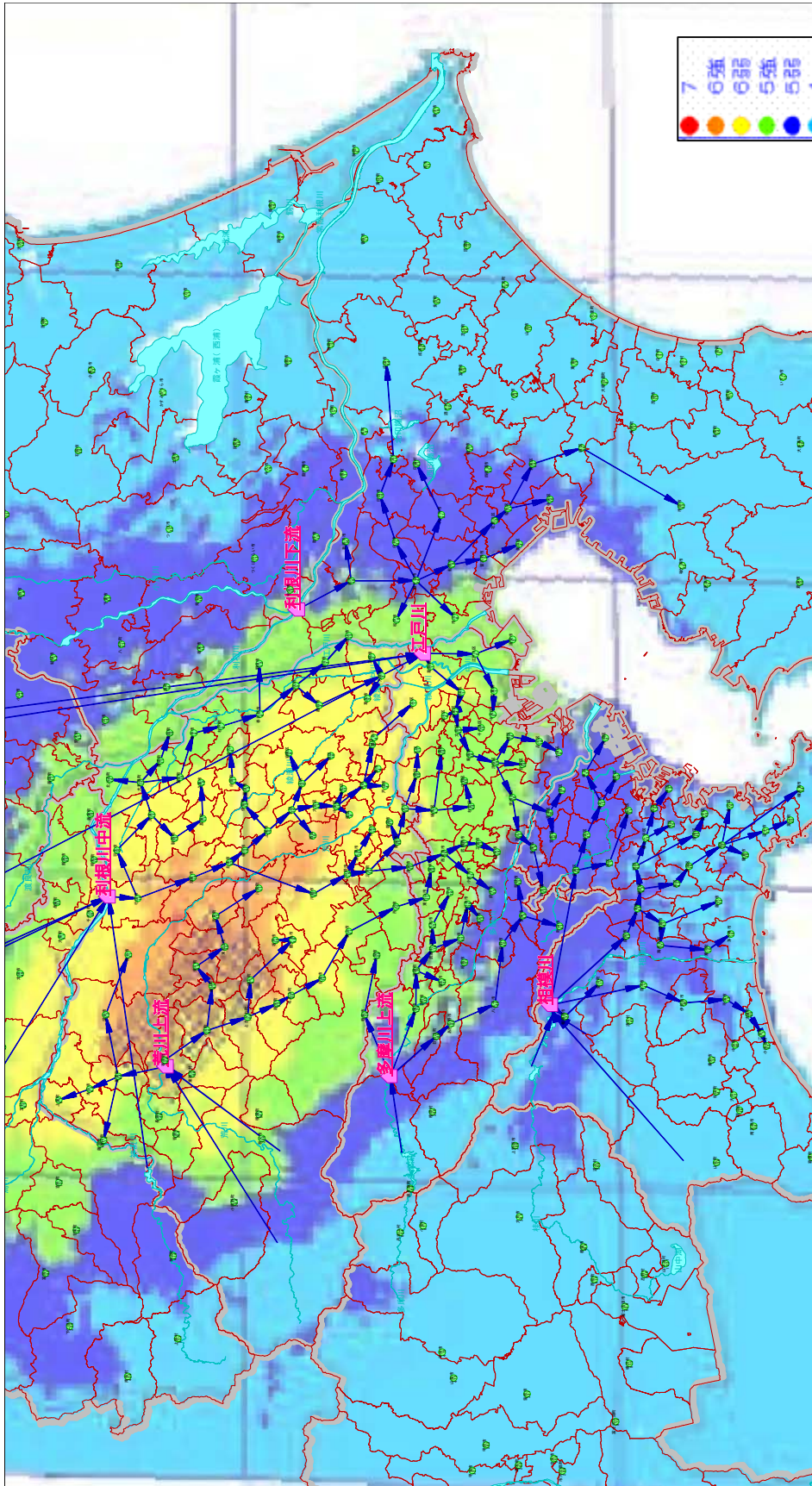


図 6.5-9 関東平野北西縁断層地震 (M7.2) の震度と水道施設の位置

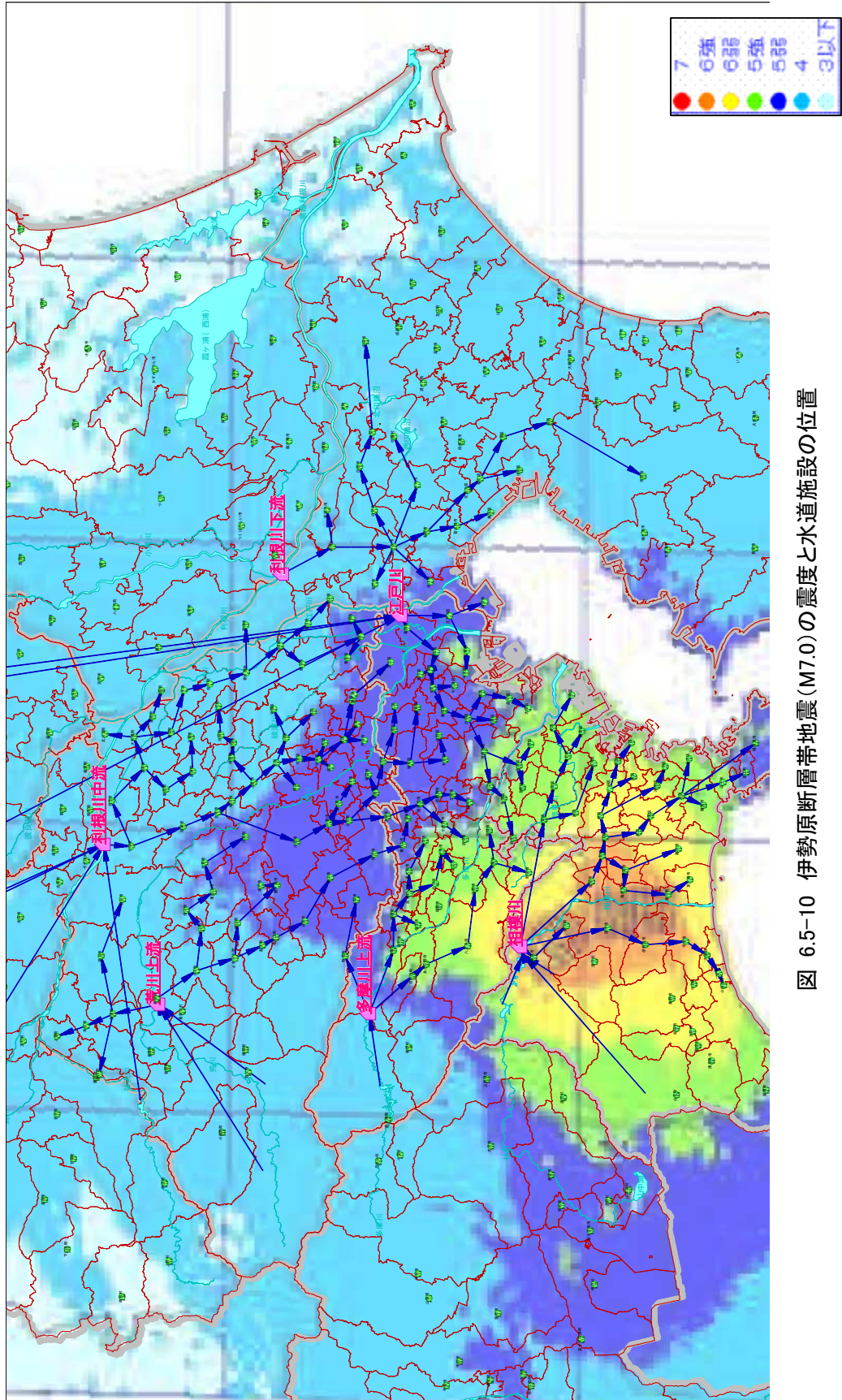


图 6.5-10 伊勢原断層帯地震(M7.0)の震度と水道施設の位置



b) 渇水

現在、灌漑期(5月～9月頃)において、水田に多くの河川水が利用されるのに加え、今後、地球温暖化による積雪量の減少により融雪の早期化のため河川流量が減少し、渇水リスクが高まることが予想されている。

利根川水系においては、50年後(2050年)には、渇水日数が現状の30日程度から80日～120日程度と予想されている<sup>2</sup>(農業用水の使用量は現状と同程度。灌漑期の変更を考慮している:0～40日早める、0～60日遅らせる)。

(2) 現状のリスク対応策

首都圏の地震対策の現状を整理すると次のとおりである。

a) 指標による現状の評価

首都圏の都県別の地震対策3指標(管路耐震化率、浄水施設耐震化率及び配水池耐震化率)による現状の評価をまとめると次のとおりである。

表 6.5-7 首都圏の都県別に見た耐震化の状況(平成19年度)<sup>3</sup>

都県名	基幹管路の耐震化率 (%)	浄水施設耐震率 (%)	配水池耐震施設率 (%)	地震対策3指標の合計値 (%)
茨城県	11.09	1.64	19.22	31.95
栃木県	5.63	20.32	17.94	43.90
群馬県	2.81	9.47	17.52	29.81
埼玉県	18.93	7.08	13.18	39.19
千葉県	17.00	35.26	39.39	91.66
東京都	19.27	0.44	37.49	57.20
神奈川県	35.76	17.92	16.53	70.21
全国平均	14.58	15.89	24.67	55.14

は全国平均以下

- 茨城県、栃木県、群馬県及び埼玉県は、地震対策3指標の合計値が全国平均以下であり水道施設の耐震化が遅れている。
- 浄水施設をみると茨城県、群馬県、埼玉県及び東京都の耐震化率が全国平均以下であり、耐震化が進んでいない。

<sup>2</sup> 【引用文献】気候変動等のリスクを踏まえた総合的な水資源管理のあり方についての研究会『資料-2: 将来の渇水リスクの評価』第5回会合平成20年3月27日、p2.

<sup>3</sup> (財)水道技術研究センター『平成19年度における「地震対策3指標」の状況—水道統計に基づく試算結果(その1)—』水道ホットニュース第191号、平成21年12月18日

b) 広域的なバックアップ機能強化の1例

東京都では、大地震時や大規模な水源水質事故時等の非常時において、給水安定性の向上を図るため、埼玉県及び川崎市と水を相互に融通するための連絡管を整備している。



図 6.5-11 東京都と埼玉県および川崎市との水の相互融通の事例<sup>4</sup>

(3) 今後のリスク対応策

施設面のリスク対策として以下の事項が挙げられる。

a) 地震

- ・ 浄水場、導・送水管を前述した最大となる想定地震(レベル2地震動)に対しても、軽微な被害が生じてもその機能保持が可能であるような耐震性能を持った施設する(被害発生の抑制)。
  - ・ 浄水場系統間の連絡管を整備し、広域的なバックアップを構築することによって被害の影響を最少とする。(影響の最少化:下記の濁水対策と同様)。
- ※ 配水レベルでは、配水池の耐震化、緊急遮断弁の設置、配水幹線の耐震化等が必要である。

<sup>4</sup> 【引用文献】東京都水道局 『東京水道長期構想 STEPⅡ～世界に誇る安心水道～』平成 18 年 11 月、p52



## b) 渇水

- ・ エネルギー最適化案の計画浄水場は、水系(利根川水系、荒川水系、多摩川水系、相模原水系)毎に配置してある。
  - ・ したがって水系間に連絡管を整備し、水融通を行うことにより給水への影響を極力少なくする。
  - ・ その場合、連絡法方法として、原水連絡、浄水場連絡、送水連絡が考えられる。
  - ・ エネルギー最適化案の計画浄水場の配置では、原水連絡、浄水場連絡を行なう場合、管路敷設ルートへの制約や、大口径管敷設等から莫大な事業費が想定されるため、送水管レベルで連絡することが現実的であると思われる。
  - ・ また、連絡管は、一方の水源の水質事故時にも他方の水源から水融通が可能となる。
- ※ 適地があれば、導水施設の傍に原水調整池を整備して渇水時に備えることも考えられる。しかし、本計画の浄水場は大規模なため、一定の効果を得るためには、相当規模の調整池が必要となるため用地面等で現実的でない。
- ※ 配水レベルでは、配水池容量の増強、配水ブロック化による公平給水等が必要である。

まとめると、エネルギー最適化案の計画浄水場のリスク対策として、浄水場の耐震化、送水管の連絡管(浄水場系統間等)整備が必要である。

また、分科会③検討による各種代替水資源の利用に伴い、地域によっては水源の多重化により供給の安定性が高まる。

## (4) 課題

### a) 浄水場分散配置

エネルギー最適化案の計画浄水場は、浄水処理、水輸送エネルギーの低減、浄水場維持管理の効率化による安定供給、運転の平準化(水量変動の平準化)による維持管理費の削減等のメリットがある。また、浄水場が大規模集中型となっているため、そこに市町の境界を越えて人材を集中させことにより人材の確保や技術の継承に資することも考えられる。

しかし、前述した地震、渇水のリスクのほかに下流で取水する江戸川浄水場は、水源の水質事故のリスクは大きいと考えられる。また、利根川中流浄水場、荒川上流浄水場は、送水量のかなりの部分が需要地まで 50km 程度流下することになり、途中の送配水の管路被災や事故などのリスクも想定される。これら浄水場が機能停止となった場合、大規模集中型の浄水場であるために、その給水停止の影響は甚大なものとなる。

したがって、上記のリスクの視点からの浄水場分散配置(浄水場規模、位置)の検討は今後の課題である。

b) 連絡管の検討

連絡管については、相互の水位関係や連絡水量及び連絡路線の地形等から、融通効果や運用方法、設置位置等を具体的に検討する必要がある。

c) 長距離送水に伴う水質変化の影響

水質の良好な上流に水源を求めて浄水場を集約した場合、上流の浄水場から下流の需要地点までの送水距離や到達距離が従来の水道システムよりも非常に長くなる。このことに伴って懸念される残留塩素の低下や消毒副生成物の生成等、水質面においても幾つかの課題があることから、今後、こうした点についても十分な検討を行うことが必要と考えられる。

## 6.5.4 エネルギー最適化案の課題の整理

### 1) 取水地点・浄水場位置の上流化

現行の水道システムにおける取水地点を上流に変更することにより、導送配水に要するエネルギーの削減について検討を行った。検討の結果、約 47%の削減効果が得られ、取水地点の上流化の有効性が明らかとなった。

しかし、本検討結果は、上水道の現況水利権をベースに、様々な仮定のもと実施したシミュレーションによるものである。ここでは、本シミュレーションを行った過程で明らかになった2つの課題を示す。

#### (1) 取水地点上流化に伴う各種影響への対応

「6.3.4 取水地点上流化に伴う影響」で記述したように、取水地点の上流化に伴う影響として、まず取水量への影響があげられる。取水地点変更後においてもダム容量等の見直しが行われずダムからの補給可能量が同等とすると、変更後の地点において安定取水できる水量が減少することとなる。逆に、取水地点変更後も同量の取水を行うためには、既存ダム容量の見直しが必要となる場合があり、水道用水の取水地点を上流化する場合は、水道用水の需要を満たすために可能な変更なのかどうか、必要に応じて対応策も含め検討を行うこととなる。

また、上流化により、他の水利権や河川流況へ影響を与えることも考えられる。取水地点の変更により河川流量が減少することとなる区間(減水区間)では、他の水利権の安定取水や正常流量の確保について検討が必要となる。さらに、健全で恵み豊かな自然を維持することは生物の多様性にとっても欠くことはできないが、河川もまた地域特有の自然環境を構成する要素の一つであり、減水区間では、流量の減少に伴って、生物の生息・生息環境等へ影響を与えることも考えられるため、このような視点からの配慮も必要である。このほか、水質の悪化、舟運、漁業、観光・景観等への影響なども想定される。このため、変更後の取水地点で必要となる河川流量を別途確保しなければならない場合がある。

#### (2) 取水地点上流化による正確な供給可能量の算定

取水地点をダム地点取水に変更した場合の影響度(供給可能量)は、前述のとおり、仮想ダムを設定し、仮想ダムの運用計算を行うことで算出した。この手法は、取水地点を上流(ダム地点)に引き上げた場合に、開発水量にどのような影響が生じるか、種々の仮定を設けて概略的に検討したものである。ダムによる本来の開発水量の算出とは異なる方法であるため、正確な供給量の算定にはダム毎に運用計算を実施するなど、別途詳細な検討が必要である。

なお、仮想ダムへの流入量については、直近 10 か年の実流入量データ(データが無いダムは、近隣の河川流量データから流域面積比により推定)を用いたが、これは、水利権の許可が、通常、基準渇水流量(10年に1回程度の渇水年における取水予定地点の渇水流量)をもとに検討されるためである。今回、影響度の検討を行った水系では、直近 10 年はほとんど渇水の影響

がないと考えられるが、仮に 10 年よりも長い期間のデータを使用し、その中に渇水年の影響が含まれるとすれば、異なる算出結果となった可能性もある。

### (3) 浄水場の浄水処理方式の選定とエネルギーの算定

取水地点を下流域から上流域に変更した場合を想定し、「処理方式のグレードの簡素化」及び「電力負荷の低減」に伴う浄水処理方式の選定と電力使用量の削減効果について検討した結果、将来人口のもとでは 26.7%の削減率が得られることが明らかとなった。

今後は、以下に示すような課題についてさらなる検討を行うことが必要と考えられる。

- 20,000 m<sup>3</sup>/日の浄水場の検討結果をもとに、水量比率に応じて大規模浄水場のエネルギー消費量を算出したが、単位処理水量当たりの電力消費量は施設規模によって異なることが予想される。
- 検討の対象外とした施設の建設段階や廃棄段階での電力使用について、LCA の観点から検証することが望ましい。
- 将来の浄水処理方式については、現状と同じ方式(凝集沈澱、砂ろ過、粉末活性炭、粒状活性炭、オゾン)の中から選定したが、例えば「効率化に関する新技術」で紹介したような技術も含め、浄水処理に関する今後の技術革新の動向や各々の技術が必要とするエネルギー消費量を踏まえつつ、将来の望ましい浄水処理方式のあり方について検討する必要がある。
- また、将来の浄水処理方式を検討する際には、平均気温の上昇に伴うダム・湖沼での富栄養化発生頻度の増加、あるいは豪雨の頻度増加に伴う原水濁度の上昇等、長期的な気候変動が浄水処理に及ぼす影響を念頭に置く必要がある。

## 2) 中小規模水道事業体の広域化

給水人口 25 万人以下の配水量1m<sup>3</sup>あたり二酸化炭素排出量は 228 g-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>である。一方、25 万～50 万人規模になると 150 g-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>と減少する。[以上水道統計値(2005 年)からの首都圏内事業体算出結果])したがって、「広域化」されてある程度規模が大きくなるとランニングエネルギー面で有利になると判断される。

また、水道事業の今後の課題として、施設老朽化に伴う更新・再構築、施設耐震化、水質問題の多様化・複雑化、料金収入の伸び悩みによる財政の逼迫、技術継承の問題等がある。特に中小規模水道事業体では、これら課題に単独で対処するには限界があり、課題解決する方法の一つとして「広域化」を推進し、運営基盤の強化を図る必要がある。

以上より、エネルギー面、事業運営面で中小規模水道事業体は「広域化」が必要である。

### (1) 首都圏の広域水道の現状

水道事業は、原則として市町村が経営することとなっている。しかし、2つ以上の市町村にまたがって経営されている水道事業もありこれを広域水道という。

広域水道は、水需要増加に伴う新規水源の確保や他県との調整等により市町村よりも強力な実施・遂行能力、財政基盤が必要となったことが設立理由である。

首都圏の広域水道の形態は、水道用水供給事業や末端広域水道事業がある。

○水道用水供給事業[主なところ](供給区域:広域の主な理由)

- 埼玉県営水道(秩父地区を除き県全域:地盤沈下対策、水道施設の合理的運用等※複数の水道用水供給事業を統合、拡張していった経緯がある)
- 神奈川県内広域水道企業団(3市:横浜、川崎、横須賀、1 県:神奈川県:水需増加に対応するための水資源の確保)

○末端広域水道事業(給水区域:広域の主な理由)

- 東京都営水道(23区と25市町:事業創設は東京市が東京都と統合したため。その後、水源確保や料金水準、普及率格差の問題があった多摩地区を都営水道に一元化)
- 千葉県営水道(11市2村に給水:東京市と水源の調整の必要があったため県営となった)
- 神奈川県営水道(12市6町に給水:水源が遠く事業費が膨大であったため県の財政力に期待し県営となった)

その他の県においても水道用水供給事業があり首都圏の水道事業の形態は図 6.5-12のとおりである。

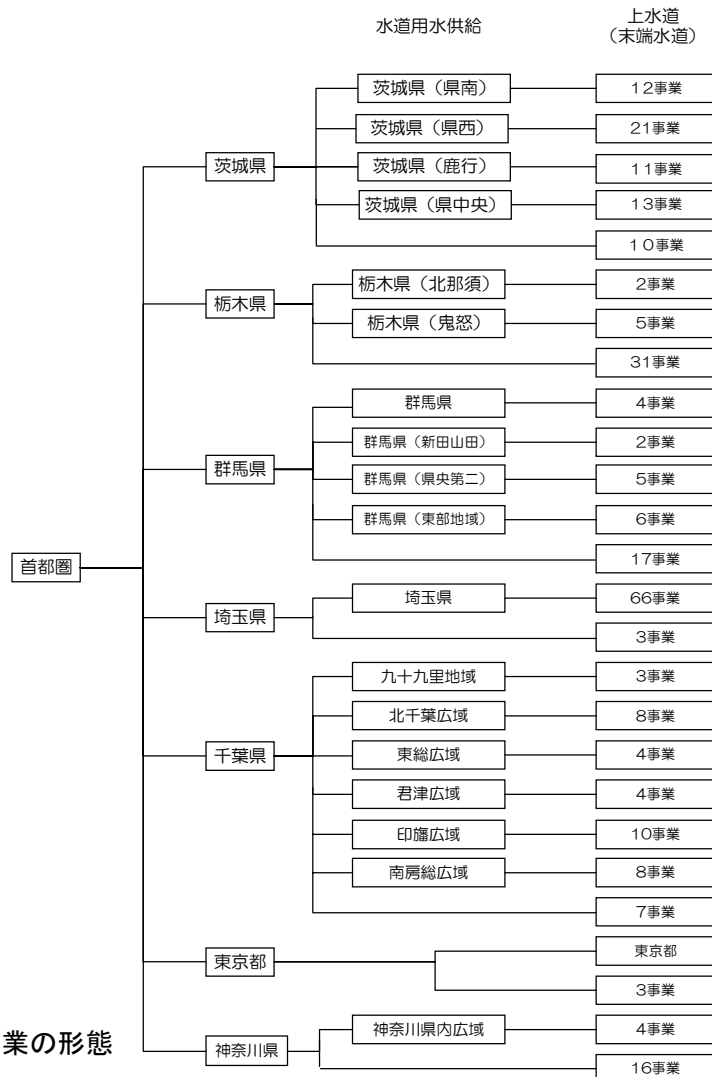


図 6.5-12 首都圏の水道事業の形態

注)平成17年度水道統計より作成。

注)複数の用水供給から受水している上水道は受水量が最大である用水供給に計上している。

## (2) 広域化のメリットとデメリット

広域化の一般的なメリットは以下のとおりである。

### <施設面>

- 施設整備水準の平準化

### <経営面>

- 重複投資の回避
- 維持管理費の削減
- 料金格差の是正
- 経営の効率化

### <管理面>

- 人材確保・技術力の確保
- 管理体制の強化

### <水需給面>

- 水需給の不均衡解消

一方、広域水道のうち水道用水供給事業の一般的なデメリット(課題)を整理すると以下のとおりである。

- 経営、管理の二層構造化

(水道用水供給事業のある地域では、水道用水供給事業と末端水道といった 2 層構造の水道システムになっており、水源から蛇口までの一貫した水道経営と水質管理が実現できていない。)

- 広域化できない地域の存在

(広域化は施設の一体化が前提であったため、施設の面で一体とできないような地域の水道は、広域化から取り残され独自に事業を行わざるをえなかったことから、広域化による経営基盤や技術基盤の強化を図る機会を逃した。)

- 非効率な水道(二重投資、運営の重複)

(地域全体で見たとき、二重投資となっている場合や、組織体制も含め重複する運営システムとなっており、効率的な水道となっていない。)

- 受水市町村間の給水サービスの格差

(受水市町村間でも、施設の整備状況や財政状況の違い等により給水サービスのレベルが違う。)

- 受水市町村の経営の圧迫

(水需要構造の変化に伴い、開発水量の配分をめぐり、水道用水供給事業の契約制度(責任水量制)が受水市町村の経営を圧迫するなどの問題を生じさせている。)

以上のデメリットの( )内文章<sup>5</sup>は脚注の文献より引用

---

<sup>5</sup>【引用文献】社団法人 日本水道協会 『平成 16 年度 水道広域化及び統合化推進事業に係る調査報告書』平成 17 年3月 pIV-8



### (3) 新たな水道広域化

中小規模水道事業の中には市町村合併による事業統合で実質的に事業規模が拡大した地域も見られる。また、中小規模水道事業は、今後水道の抱える課題(施設更新や水質問題および財政等)に対して、適切に対処できる十分な財政的、技術的能力を備えているとは言いがたく、財政基盤や技術者の確保は、今後困難になると予想される。

これには、広域化による運営基盤(経営基盤、技術基盤)の強化が考えられる。広域化は末端までの水道事業の形態で広域的整備(施設の一体化)を推進していくことが広範囲にわたり効果が期待できるが、現状では施設の一体化が必ずしも合理的ない(地形等)場合や地域の実情(整備水準、技術水準、経営状況等)によりできない場合がある。

そこで、国の水道ビジョンでは、「水道の運営基盤の強化」施策において「新たな概念の広域化の推進」を述べている。

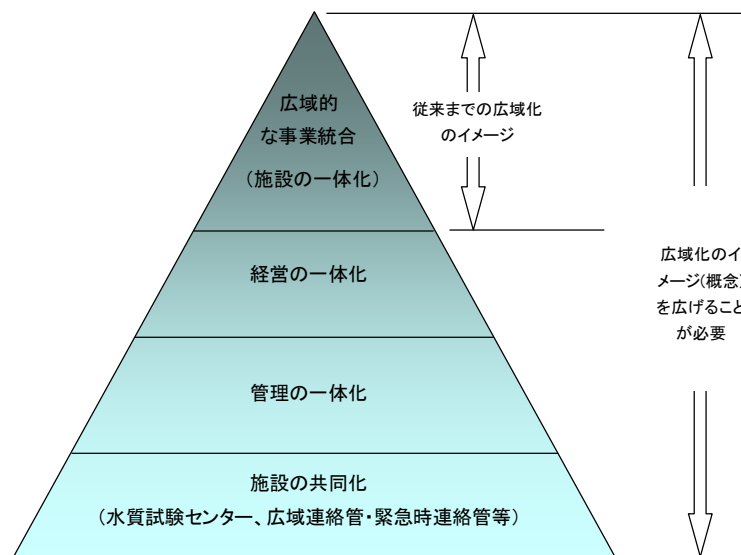


図 6.5-13 新たな水道広域化の概念図<sup>6</sup>

事業統合:経営主体も事業も一つに統合された形態。水道法改正(平成13年)以前は、施設が一体的に運用されている事が条件であったが、法改正以降は、必ずしも施設は一体化されていなくても事業統合できることとなった。

経営の一体化:経営主体が一つだが、認可上、事業は別の形態。一つの経営主体に複数の水道事業がある場合は、組織は一体であり、経営方針も統一されていると考えられる。例えば、複数事業を行う県営用水供給事業の他、佐賀東部水道企業団のような水道事業と用水供給事業を営んでいる場

<sup>6</sup> 【引用文献】厚生労働省健康局 『水道ビジョン(案)～参考資料～』 平成16年6月、p94

合等が挙げられる。

管理の一体化:維持管理業務や総務系の事務処理などを共同実施あるいは共同委託等により業務等を実施する形態。

施設の共同化:取水場、浄水場、水質試験センター、緊急時連絡管などの共同施設を保有する形態。(危機管理対策等のソフト的な施策を含む。)なお、共用施設は運用段階において一体的に管理する場合もあり得る。

以上の水道広域化の4つの形態の定義<sup>7</sup>は、脚注の文献より引用。

#### (4) 首都圏における都道府県、水道事業者の広域化等の取り組み事例

##### a) 千葉県

平成17年7月に県内水道のあり方として望ましい方向性を見出すことを目的に、学識経験者等からなる「県内水道経営検討会」を設置し、県内の水道事業者が抱える課題を多角的に検討し、県内水道事業の望ましい経営形態等について提言している。

提言では、千葉県の水道の長期的な将来の姿として、県・市町村の共同経営による県内水道の一事業体化を提案するとともに、短期的な姿として、水道用水供給事業者の水平統合等を提案している。

統合・広域化に当たっては、高額な受水費・投資的経費により給水原価の高い九十九里地域・南房総地域等を県内のリーディングケースとして、県営水道と水道用水供給事業者との統合や当該地域の末端の水道事業者の広域化を進めていくべきとしている。

- ・短期(～5年後)＜水道用水供給事業者の水平統合、県営水道に並存する事業者の統合＞
- ・中期＜県・市町村の共同経営による県内水道の一事業体化に向けた統合＞
- ・長期(～20年後)＜県・市町村の共同経営による県内水道の一事業体化＞

##### b) 埼玉県

「埼玉県水道広域化研究会」(平成18年度設置:全事業者参加)での成果を踏まえて「埼玉県水道広域化協議会」(平成21年5月設置、平成22年3月31日まで:全事業者参加)を設置し県内水道の将来像を検討している。さらに、この協議会が提案する水道広域化素案を専門的見地から評価・検討を「埼玉県水道広域化検討委員会」(平成21年7月設置)で行なっている。

広域化にあたっては、半世紀先の県内水道の1本化を目標とし、5年、10年、20年後のあるべき姿を検討し、段階的に統合を目指すものとしている。

---

<sup>7</sup>【引用文献】社団法人 日本水道協会『水道広域化の手引き』平成20年3月、p16

具体的検討:20年後の広域化形態:核となる事業体を中心に近隣事業体との統合(水平統合)を進めるブロック、県営水道を軸としてモデル的に統合(垂直統合)を進めるブロック、大規模事業体として埼玉県の水道事業を先導するブロックについて検討(ただし、各ブロック構成事業体名について非公開)等[第2回委員会(平成21年10月23日)]

c) 神奈川県

現在、「神奈川県内水道事業検討委員会」(平成20年度～平成22年度)では、「今後の水道事業の在り方を考える懇話会(2007年11月)」の提言をうけて以下の事項を検討することとしている。

1. 水道施設の共通化・広域化等に関する事項及び将来計画
2. 水道用水供給事業の今後のあり方に関する事項
3. 水質事故等への対応の強化及び河川水質のさらなる改善等
4. 水道利用者への協議経過等の情報提供のあり方
5. 前各号に掲げるもののほか、水道事業広域化等に必要な事項

平成20年度は、現状把握と課題の整理を行い、平成21年度は、最適な施設能力と配置の検討、施設の共有化・広域化の検討等を行う。平成22年度にとりまとめを行うとしている。

具体的検討:浄水場の一体管理による再構築による効果(事業費、CO2排出量等の算出)、上流取水、広域化の理念について等[第4回委員会(平成21年11月30日)]

d) 東京都

「多摩地区水道経営改善基本計画」(平成15年6月:計画期間10年間)に基づき、事務委託の解消し、東京都が直接事業運営を行うとしている。また、奥多摩町水道事業が町独自の事業運営が困難な状況となっていることから平成21年5月に町と「東京都の水道事業に奥多摩町の水道事業を統合することに関する基本協定」を締結し、平成22年4月に都営水道へ一元化されることになった。

また、施設における広域化の事例(「施設の共同化」として、リスク対応で紹介した東京都と埼玉県および川崎市の相互融通連絡管がある(図6.5-11参照)。

(5) 首都圏の中小規模水道事業の広域化の進め方

中小水道事業体としては、当初は取組が容易と考えられる「新たな概念の広域化」である連絡管等の「施設の共同化」から実施し、事業体間の協力関係を「管理の一体化」にすすめ、さらに「経営の一体化」を図る(事業は別でも経営者を同一にすること)ことが考えられる。そして、10～20年後には都県あたり数事業程度の事業統合し、2050年頃には1都県1水道事業へ事業統合する。最終的には首都圏の1事業化を目指す。

事業の統合の方法としては、各県の状況により一概には言えないが、水道用水供給事業の

ある県は、まず原水から給水までの一体的管理、運営の効率性が期待できる水道用水供給事業と受水している末端水道事業の統合である「垂直統合」を進める(その中で末端水道事業の「水平統合」を実施)方法が考えられる。

なお、既に、県として広域化の検討を行っている「千葉県」、また、現在検討中である「埼玉県」については、県の検討結果を元に広域化に向けた取組みを進めていき、県内水道を1事業化する[千葉県(H19提言):20年以内→2027年頃、埼玉県(現在検討中):半世紀先2060年頃]。

#### <現状の国庫補助について>

国庫補助については、運営基盤の強化に向けた事業統合を一層促進するため平成22年度から「水道広域化促進事業費の創設」が加わった。

##### 「水道広域化促進事業費の創設」

統合の受け皿となる水道用水供給事業者や水道事業者の水道施設の整備に対しても財政支援を行うことにより、小規模水道事業の統合(広域化)を促す。

##### ※ 補助の要件

- a. 統合される小規模水道事業は、(a)給水人口が概ね10万人以下、(b)資本単価が90万円以上であること。
- b. 統合後の施設整備に係る補助対象事業費の上限は、統合される小規模水道事業(統合先)の既存施設であって、耐用年数を超過したものの更新又は改修に要する費用及び当該費用を上限とする統合後の水道事業の区域内で行われる施設整備に要する費用とする。
- c. 補助率 1/3

広域化を進めるにあたっては、以下のような問題がある。

- 地域により水道の整備水準、技術水準、経営状況(料金格差等)が異なることによる、事業者間の不公平感
- 事業統合に伴う職員削減の抵抗感
- 国、都県による広域化のリーダーシップが発揮しにくい制度(水道法の「市町村経営原則」)
- 県と市町村の役割が不明確等

広域化実現のためには、あらゆる世代、幅広い層を巻き込んだ国民的運動として展開することが急務である。そのために国は、政治主導による制度構築(特別立法等)、マスメディアを活用とした広域化の必要性の広報を強力に展開するなど大きな世論を巻き込む仕組みの構

策に取り組む必要がある。

また、広域化を推進する現場としては、都県や地域の中核都市の事業者が牽引者として役割を果たすことが重要と考えられる。

### 3) 二元給水システム等の導入による有効性や課題等の検討

現在の水道システムは、水質に対する要求水準が最も高い飲用に合わせて一律の水質の水道水を供給しているが、飲用、炊事、洗濯、水洗、散水等の様々な水利用用途を考えた場合、現在の供給水質のレベルを下げた上で、需要地において、用途に応じて膜ろ過や活性炭等の浄水処理を行うという方法が考えられる。こうした水供給システムを首都圏全体に導入した場合のエネルギー面、コスト面の有効性や課題等について検討を行うことが望まれる。

## 6.6 各種代替水資源の活用

本項では、水道以外のさまざまな水資源をさらに拡大活用した場合のエネルギー量を試算し、「水道システムによるエネルギー最適化案」と比較することで、トータルとしての水資源政策とエネルギー量の削減の可能性についての示唆を得ることを目的とする。

このため、まず、最初に、各種の水システムを組み合わせて利用することの概念や事例、アイデア等を収集整理する。

そのうえで、個別の水資源ごとにその水資源の概況を整理し、エネルギー面での特性、処理法と活用範囲の関係、その水資源の分布、エネルギー量の試算、の手順で整理する。



## 6.6.1 多様な水源を利用することによるエネルギー効率改善の考え方

分科会③は表流水利用、上水利用以外の比較的小規模で多様な水資源を活用することで、トータルのエネルギー量の削減が達成できるかどうかについて検討する。地理的な対象範囲は首都圏であり、用途で見ると、水道利用の担っている生活・都市用水がその対象である。このため、まず、さまざまな水資源の特性と、その利用法についての考察を行い、その中から検討の方法を整理する。

### 1) 水利用の概念および検討条件の整理

#### ■人間の社会活動水資源の制約

人間の社会活動は水資源の制約を乗り越えようとしてきた歴史としての一面をもっている。社会活動の拡大は水需要の増大をもたらすが、増加した水需要が自然環境の負担しうる水資源の限界に達すると、水の汚染による大規模な健康被害などの形で、大きな犠牲を強いつつ社会活動を制約する。この結果として水需要の増大が止まり、水需要と水資源の負担力は長期的にバランスする。

ここで、水資源の制約は、大きく、水量(いつでも必要な水量を得る)、水質(用途に適した水質の水を得る)、水圧(水を運ぶ)の3つに整理できる。まさに水道の3つのテーゼそのものである。

#### ■水資源の制約の克服

太古には、人間の社会活動が自然環境の負担しうる水資源の能力を超えて展開することはほぼ不可能であった。しかし、人類はさまざまな工夫を投入し、これらの限界を打破しようとし、ついには、新たな技術や社会資本の整備によりこれを乗り越えてきた。

歴史的経緯を見ると、水資源、水量、水質、水圧、の3要素のうち、人類が最初に水資源としての制約を脱する能力を得たのは、水圧と考えられる。ローマの水道橋、玉川上水などに見られるように土木技術の発達によって、遠くから水を運ぶ渠の構築が可能になったことが、水圧面での水資源の制約を緩和した。現在においては、水圧の制約については管渠とポンプの技術により、エネルギーさえ投入すれば、ほぼ無限にカバーできるようになっている。

次に克服された制約は水量の制約である。貯水池やダムなどによる人為的な工夫によって、水資源の水量の側面の制約を緩和することが可能になった。水量の制約をクリアする方法はその後水資源開発の大規模化によってより進展した。ただし、水圧の制約に比べて克服のハードルは高く、過去の水争いの歴史は現在においても水行政に大きな影を落としている。

これらに対して、水利用における水質の制約を克服できるようになったのは近代以降である。水資源(代謝)の貧しい欧州の都市部において、水系伝染病の形で最初に水質が制約因子になったことは歴史的に知られているが、一般人にはわからないような歴史のひだの裏側には、無数の文明や社会が水質の制約のもと衰退していったのではないかと思われる。

これをカバーするためにすでに確立されていた水圧＝水を運ぶ技術＝を用いて解決したのが、パリに代表される自然流下方式の下水道であろう。しかし、直接水質を改善する技術が最初に生まれたのはイギリスの緩速ろ過であろうと思われる。疫学的安全性の確保に関する技術が近代社会の礎になった、大きなターニングポイントであったと考える。

しかし、その後も、人間の社会活動は人口の増加を伴って増加し、ついには産業活動による排水の問題として顕在化した。このような高次の汚染現象は、最初に鉱山地域のように汚染が集中する地域で地域的現象として顕在化した。しかし、ついには水資源の能力の大きい人間社会の中核部分においても水質の問題が健在化し始める。しかし、水質を改善するための技術的な取り組みが続けられた結果、急速ろ過技術や高度処理技術など、今日の水処理技術の発展がもたらされ、さらには膜処理技術のようなより高度な技術開発へと継続的な取り組みを促している。

このように、水資源の制約は、人間社会側で水利用に対しては、水量、水質、水圧の3側面で技術的に解決する方向での努力を促し、その発展をもたらした。現在においても、世界中のあらゆる場所で、地域の事情やニーズにあわせてこれらの技術が投入され、それぞれのフィードバックを受けてそれぞれに発展を遂げている。

#### ■水資源に対する工夫から水利用に対する工夫へ

一方、人間社会は、水資源に対するアプローチにとどまらず、水利用の側面においても高度な水利用を行い、極力水資源の制約を緩和しようとする努力を続けてきた。たとえば、家庭内で、風呂水を使用したあとに洗濯や散水に利用する、いわゆるカスケード利用をしている例は昔から存在する。

また、技術の進展はさらにこのような取り組みを拡大することを可能にしつつある。膜処理を中心とした浄水処理設備を伴った地下水専用水道、大規模な再開発の事例などで雨水や雑配水を再生処理して再利用する例がこれに相当する。

このように、ユースポイントでの工夫や新しい技術の投入を通じて、水の使用方法の方を工夫し、水量、水質、水圧の制約を緩和しようとする試みもまた普遍的なものとなっている。そして、このような取り組みによって、従来は水資源として活用しにくかった水資源を利用する可能性も拡大してきている。

#### ■地球環境時代へのパラダイムシフト

これらの一連の動きに対しては、環境負荷低減に対する社会的要求の機運も大きな影響を与えている。水利用と水資源の選択は、感覚、慣習、政治制度等の制約をうけつつも、原理的には水資源の3つの制約をもっとも合理的に解決できる方法で行われる。そして、合理性の評価指標はこれまではコスト、あるいはその発展的概念である社会的便益であった。

しかし、今日においては、環境負荷を指標とした意思決定判断についてのニーズが発生している。環境負荷量の見積もりは、ともするとバーチャルな要因に影響される割合が大きく、そのみでの意思決定はやや先走りすぎであろう。しかし、外部経済の内部化の視点からこのようなニーズは高まるばかりである。

ただし、環境負荷は本質的にコストの一部を構成している。たとえば、電力をたくさん使用するようなシステムは、電気料金の形でコストの高いシステムと評価されている。環境負荷の多寡とコストの多寡は本質的には同義であり、対立する概念ではない。

これまで、コストによって判断されていたものについて、環境負荷量のような外部経済を含んだ評価指標により再評価することによって、まったく異なる水供給と水利用の姿が浮かび上がってくる可能性は大きくはないものの、一定の示唆を与えてくれるものと期待される。

## ■都市での水利用のためのシステムの比較

以上を踏まえて、都市部における人間の社会活動の水利用を支えるもっとも効率的なシステムとはどのようなものか、まずは概念整理をしておきたい。そこで、各種の水供給システムを人間の社会活動における水利用のうち都市用水(以下、都市利用)に利用する場合の特性を整理した。

表 6.6-1 各水資源の都市用水としての利用の適性

水資源	水量(を確保する)		水質(を満足する)		水圧(で水を送る)	
上水道	○	都市用水の需要を満足する	○	良質、全用途に使用可能。	○	配水管網による供給体制をほぼ完成
農業用水	○	農業用水の需要を満足する	△	基本的に表流水をそのまま供給。	△	主として開渠による供給網あり。
工業用水	○	産業用水の需要を満足する	△	基本的に表流水を簡易処理で供給。	△	配水管網による供給体制をほぼ完成
地下水	△	地域によっては需要を満足する	△	おおむね良質、一部不十分	×	送配水は行わない(行う場合は水道)。
雨水	×	量の安定性の面で制約は大きい	△	やや不十分	×	通常、大規模な送配水は行われぬ。
下水処理水	△	都市用水の需要をおおよそ満足する	×	大きく制約される	×	通常、大規模な送配水は行われぬ。

備考) システム構成が○:都市利用に適する △:都市利用に適用可能 ×都市利用に不向き

確認するまでもなく、都市利用のために水を供給する役割は、主として、その用途のために整備されている上水道が担っている。上水道は本来都市用水に利用するために整備されたシステムであり、表中のすべての項目で○になる。また、地下水など他の水資源について、もし都市用水に制約なく利用できる場合においては、水道システムに組み込まれているのが普通である。すなわち、都市用水を供給する最も効率的システムは、原理的には水道のはずである。

これに対して、農業用水、工業用水は、人間の社会活動における水利用のうち都市用水以外に利用するためのシステムであり、量的な面では上水道と同等の能力を確保しているが、都市用水利用のためのシステムでない分、水質や水圧の面では上水道と比べて劣る。

これに対し、地下水、雨水は、本来、人間の社会活動における水利用のために整備された水資源ではなく、天然の水循環に由来する水資源のうち都市域で採取可能な水資源である。そして、特に都市

用水として利用しやすい水資源として存在している場合には、前述のとおり、上水道の水源に組み込まれているのが通常である。よって水利用を考える場合、これらの水資源は上水道利用を補完するような位置づけとなる。

水資源としての下水処理水は、これらの水資源とは大きく位置づけが異なり、都市用水として使用された水を再生利用しようとする方法である。都市周辺で発生する水資源であり、水量の、特に安定性は上水道をしのぐ部分もあるが、質の面ではきわめて使いづらい水資源であり、そのままの利用には大きな制約を伴うのが常である。

このように、各種の水資源を考えるにあたって、以下のような点が指摘できる。

- 水道は都市用水としての水供給のために整備されたシステムである。すなわち、まったく制約がない場合であれば、その水道システムの中に様々な水供給システムの利点を組み合わせて構築されるため、最適な水供給が実現されているのが自然である。
- しかし、現実には、①上水道よりも他の水利用が優先された場合（歴史的には農業用水や漁業資源維持、河川維持用水など）、②環境の負担能力を超える懸念により規制が設定される場合（主として地下水）、③歴史的な経緯により、現時点でみた最適とは異なる整備がおこなわれた場合（たとえば高度成長時のように水量が優先された時代背景など）④技術の発展により過去には使用できなかった技術が実用化された場合（たとえば膜技術）など、さまざまな状況の変化により、現時点で見れば、上水道よりも有利な水資源が確保できる可能性はある。
- さらに、⑤環境負荷という新たな指標で評価する場合、その指標で見て、上水道よりも有利な水資源が確保できる可能性はある。

## 2) 本論で取り組む検討の視点の整理

このような視点から、本論での検討では、「水道の主たる利用用途である都市用水」を対象として、「その他の水資源との間で、現状の制約を排除して優位性の比較を行う」こと、「評価の指標を全要素ではなく環境負荷を中心にする」と、などの視点で取り組むこととする。

作業を MECE に進めるため、検討条件を 5W1H で整理すると以下ようになる。

### Who だれが

研究的立場での基礎調査として検討を行う。水道事業などの当事者としての制約（たとえば歴史的経緯による水利権の順序）等については、視野には入れるものの、絶対的な制約としては扱わない。

### What 何を

都市用水を対象とする。都市用水の内数として、生活用水、営業用水、工業用水を含む。また、公園で使用されるような都市活動用水についても包含する。基本的には、現在水道事業が供給している水利用用途への供給対象が範囲である。

この検討のために、①都市用水の用途別水量モデルを構築し、上水道が主として担っている都市用水とはどのような水利用形態なのかを検討する。

#### **When** いつ

本調査全体のスケジュールにあわせ、目標年を2020年、2050年の2点で検討する。

#### **Where** どこで

首都圏全域を対象としてモデルを構築する。

この検討のために、首都圏の水道事業を俯瞰的に把握するための方法を決める必要がある。本論では、地理的基準による水資源分布の定義のため、原則として市町村単位で水道事業をベースにした水使用量あたりの使用エネルギーをベースとし、これとの比較モデルを検討する。

#### **Why** なぜ

環境負荷の低減を目的とした概念整理のために行う。よって、主要因としては環境負荷量をCO<sub>2</sub>排出量ベースで、従要因として実現可能性を把握するためのコストベースで、その効果量を検証する。

#### **How** どのように

水道用水の代替として、各種の水資源を利用する場合を想定する。代替とする水資源は、地下水、雨水、再生水、工業用水とする。また、水道の効率向上の効果についてもあわせて検証する。

この検討のために各種の水資源が水道に対して水質面での制約を有することについての評価方法を検証する必要がある。本論では、上水道以外の水資源利用の組み合わせモデルの構築方法について提案し、試算を行う。

上記の整理に基づき、以下に、今回の検討の前提条件となる以下の3点について、具体的な検討方法を整理する。

- ①都市用水の用途別水量モデル
- ②上水道以外の水資源利用の組み合わせモデルの構築
- ③地理的基準による水資源分布の定義

## 6.6.2 都市用水の用途別モデルの構築

### 1) 本論における都市用水の定義

都市用水の定義についてはさまざまな方法が考えられるが、本論での水道需要量は水道統計ベースで構築され、一人一日平均使用水量ベースで算出されているのでこれに準拠する。

表 6.6-2 一人一日平均使用水量(本調査設定)

	2005年 現状	2020年	2050年
茨城	330	330	330
栃木	373	373	373
群馬	442	442	442
埼玉	346	346	346
千葉	325	325	325
東京	363	363	363
神奈川	365	365	365
関東一円	359	359	359

### 2) 生活用水、業務営業用水、工業用水の分類

次に生活用水、業務・営業用水、工業用水に大きくその内訳を分類し、それぞれについての用途を想定する。このために、最新の H19 水道統計を参考に、市町村単位で生活用、業務営業用、工場用、その他の分類に従った比率で使用水量を配分する。なお、市町村単位で配分できる統計データがない場合については関東圏での平均値を適用する。また、配分比率の経年変化は見込んでいない。

表 6.6-3 家庭・業務・工場別の配分比設定(単位:%)

	生活用	業務 営業用	工場用 +その他	備考
茨城	78.3	13.8	7.9	
栃木	71.3	24.3	4.4	
群馬	72.0	16.5	11.5	
埼玉	79.1	11.5	9.4	
千葉	77.4	15.8	6.8	
東京	80.9	13.6	5.4	
神奈川	69.7	24.3	6.0	
関東一円	75.5	16.7	7.8	

※2009年水道統計の値により市町村単位で設定。合計 100%。



### 3) 生活用水のモデル化

#### (1) モデル化を行う主旨

本調査では、再生利用における水質上の制約を考えるため、生活用水の用途別の目安として以下の5種類の水利用で整理する。なお、以下のリストで言う「再利用」とは、「無処理でそのまま利用することであり、タンクなどへの貯留も無処理で出来る水準を想定している。

- |             |                                |
|-------------|--------------------------------|
| ① 飲用・炊事・洗面等 | 口に入る可能性のある水で高品質が必要。再利用はやや困難。   |
| ② 風呂        | 比較的高品質。浴槽があり③洗濯④雑用⑤水洗への再利用が容易。 |
| ③ 洗濯・掃除     | 洗浄に使用するので、雨水程度の品質が必要。再利用はやや困難。 |
| ④ 洗車・雑用・散水  | ③よりやや低質でもよい。回収が難しく再利用は困難。      |
| ⑤ 水洗トイレ用    | 最も低質でよい。再利用は困難。                |

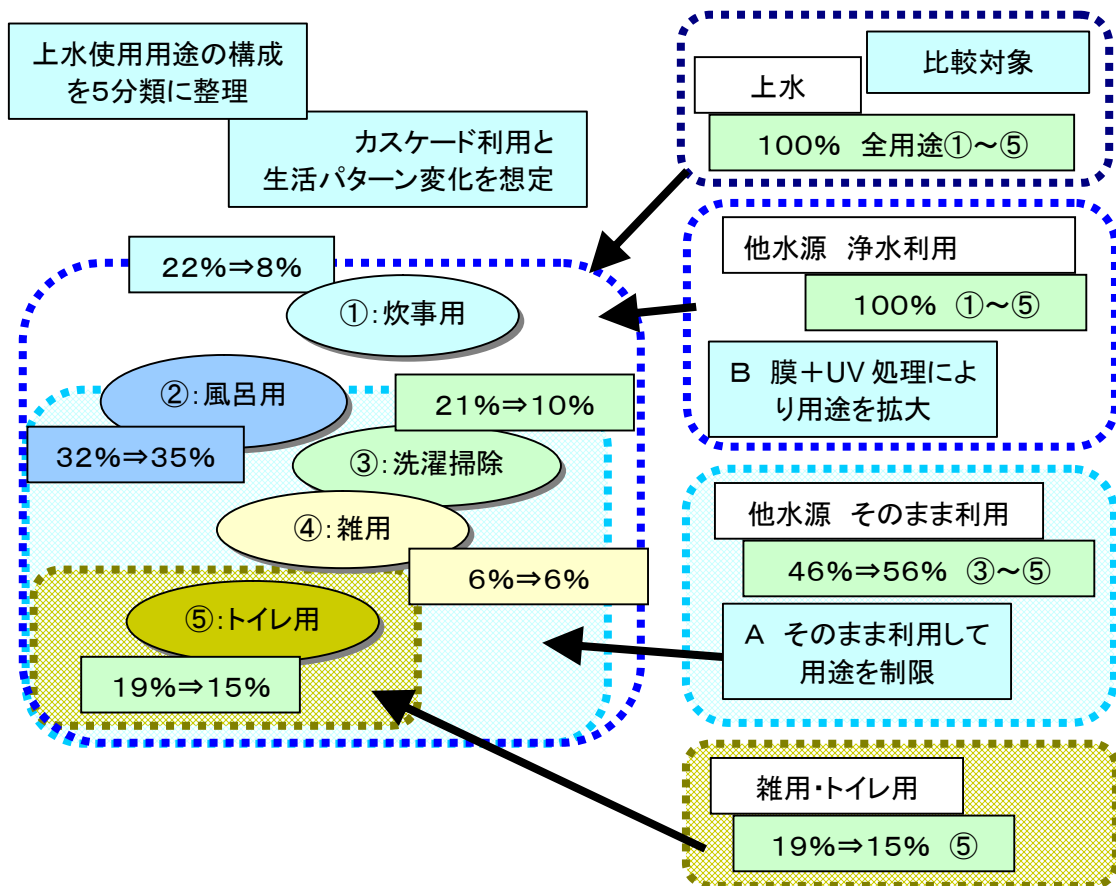


図 6.6-1 水資源調達法と用途の組合せ(ミックス)のバリエーション

各種の水資源は、このそれぞれの段階に対して使用可能範囲が設定できる。

水道水はすべての用途①～⑤に使用できる。また、各種水源のうち比較的清浄な、地下水や選択的に採取された雨水、工業用水などを浄水処理すれば、水道水と同様、①～⑤のすべての用途に使用できる。

逆に、雨水、地下水、工水などの水であれば、③～⑤に用途を限定するなら、ほぼ無処理でそのまま使用可能である。場合によっては②の風呂水程度まで使用可能な場合もある。さらに、⑤の水洗トイレ用途なら、相当水質の低い水でも使用可能である。

また、もうひとつの視点として、ユースポイントにおけるカスケード利用の可能性も考えられる。たとえば、家庭程度の規模であっても②風呂水の③～④への再利用は容易であり、盛んに行われているし、さらにもう少し大規模な設備を前提とするなら、①炊事や③洗濯に使用された水まで含めて、④雑用水や⑤水洗便所用水に使用するようなシステムを導入することも考えられる。このような、複雑な水の再生利用システムを考えるのであれば、雨水や地下水など、上水道以外の水資源をどの用途に補給するのか、さまざまな有効利用手法を考えることができる。

従来、このような再利用方法は給水装置などの費用負担の重さやメンテナンス面での不安から、上水道の供給能力が不足したり、社会的意義が大きいと認められたりする場合において、限定的に実施されてきた経緯がある。しかし、本調査の主旨から考えると、コスト面で優位性がなくともエネルギー量の優位性があるならこの視点を再評価する意義があることになる。特に、上水の供給に要するエネルギーが大きい場合に、配水に要するエネルギー量の少ないユースポイント処理がエネルギー面で再評価される可能性を考慮するのが、本調査の目的のひとつである。

## (2) 配分比率の想定

生活用使用量の用途別の比率を設定するための資料としては、水道統計などの俯瞰的に使用できる公的統計がないため、東京都水道局の調査により提示されている比率、水道施設設計指針の参考データから配分比を設定した。

表 6.6-4 生活用水の構成比（単位：％）

分類	東京都調査（注1）		水道施設設計指針 掲載事例			平均
	1997	2002	K1997	KT1995	YK1993	
①飲用・炊事	22%	23%	24+3%	15+11%	9+8%	23%
②風呂用	26%	24%	23%	34%	39%	29%
③洗濯・掃除	20%	17%	25%	22%	20%	21%
④雑用・散水	8%	8%	1+5%	6%	10%	8%
⑤水洗トイレ	24%	28%	19%	12%	14%	19%
計	100%	100%	100%	100%	100%	100%

注1) 参考文献：東京都水道局 『一般家庭水使用目的別実態調査』平成9年、平成14年  
 注2) 手洗いは①、掃除は③、その他は④に計上。（表中の+部分、一部推定）

#### 4) 業務営業用水の用途の想定

業務用水の用途の内訳は、需要者ごとに大きく異なるものと考えられ一般化が困難である。また、これらの用途にフォーカスした調査は古いものが多く、かならずしも最近の社会情勢を反映していない懸念がある。本論では業務用水の用途区分に切り込んだ数少ない資料として下表を適用する。

表 6.6-5 建物の用途別使用水量割合<sup>1</sup>

単位：%、( ) 内数字は最低～最高%

用途分類	サンプル数	水洗便器用水	食堂用水	冷房用水	手洗い・洗面用水	その他用水	
						その他の主な使用目的	その他
事務所* (大型)	10	33(20～47)	32(11～47)	12(1～20)	5(3～8)	飲料10(3～25)	8
事務所* (中小型)		38	23	14	6	飲料12	7
デパート*	2	41(39～42)	44(43～44)	4	7		4
ホテル*	3	23(21～25)	44(40～47)	6(3～8)	4	風呂12(11～13)、洗濯6(1～12)	5
小学校	14	58(41～75)	10(0～25)	—	11(7～20)	プール17(4～38)	4
中学校	10	63(40～82)	8(0～15)	—	9(7～11)	プール16(6～39)	4
高校	10	66(56～78)	4(0～8)	—	11(10～13)	プール13(0～25)	6
劇場	2	37(32～40)	40(33～51)	12(5～16)	6(5～7)		5
映画館	5	67(52～81)	5(0～28)	16(5～20)	11(9～14)		1
大病院	2	36(34～39)	8	4(2～9)	6(6～7)	医療用等35(20～41)	11
中病院	6	34(25～39)	19(16～28)	1(0～4)	6(4～7)	医療用等29(14～36)	11

(注) \* 用途分類水量については実測データによる。その他は原単位推計による。

#### 5) 東京都水道局経営計画部 (1974) : 「都市活動用水の使用実態調査報告書」、東京都

本表のサンプル数をそのまま箇所数とみなし、事務所や小学校など、それぞれの用途分類の使用水量比率でこれを配分する。ここでの配分は以下のとおりとした。

- ① 食堂用水、飲料、手洗い・洗面用水、医療用 ⇒ 飲用・炊事用と同等とする。
- ② プール、風呂、冷房用水 ⇒ 風呂用と同等とする。冷房用水は水質が必要とみなした。
- ③ 洗濯用水 ⇒ 洗濯用水とする。
- ④ その他 ⇒ 雑用水とする。
- ⑤ 水洗便器用水 ⇒ 水洗用水とする。

<sup>1</sup> 【引用文献】(社)雨水貯留浸透技術協会編集 『雨水利用ハンドブック』 山海堂 1998年11月

表 6.6-6 業務用水の構成比

	サンプル数	個別配分(計100%)					サンプル数ウェイト再配分				
		① 飲用	② 風呂	③ 洗濯	④ 雑用	⑤ 水洗	① 飲用	② 風呂	③ 洗濯	④ 雑用	⑤ 水洗
事務所(大型)	10	47	12		8	33	7.2	1.8	0.0	1.2	5.1
事務所(中小型)	1	41	14		7	38	0.6	0.2	0.0	0.1	0.6
デパート	2	51	4		4	41	1.6	0.1	0.0	0.1	1.3
ホテル	3	48	18	6	5	23	2.2	0.8	0.3	0.2	1.1
小学校	14	21	17		4	58	4.5	3.7	0.0	0.9	12.5
中学校	10	17	16		4	63	2.6	2.5	0.0	0.6	9.7
高校	10	15	13		6	66	2.3	2.0	0.0	0.9	10.2
劇場	2	46	12		5	37	1.4	0.4	0.0	0.2	1.1
映画館	5	16	16		1	67	1.2	1.2	0.0	0.1	5.2
大病院	2	49	4		11	36	1.5	0.1	0.0	0.3	1.1
中病院	6	54	1		11	34	5.0	0.1	0.0	1.0	3.1
計	65						30	13	0	6	51

5) 工場用水の用途の想定

工場用水については以下の調査における使用水量比率により設定する。

表 6.6-7 工場用水の用途とその特性<sup>1</sup>

用途名	使用比率 (%)	用途の説明	特性	合理化の難易
ボイラー用水	1.3	ボイラー内で蒸気を発生させるために使用される水。温水ボイラーに使用される水は含まれない。	ボイラーの特性に合わせて軟化・脱イオン等の処理が必要。蒸気の凝縮水は通常回収使用される。	間接加熱に使用される蒸気の場合は容易。直接加熱の場合は蒸気が直に使われるため回収は困難
原料用水	0.3	製品の一部として使用される水及び原料の一種として使用される水。	通常水質について厳しい制限がある。回収使用は不可能。	通常は製品に含まれてしまうために不可能
製品処理・洗浄用水	19.2	原料・半製品・製品等を浸漬・溶解等の処理を行い、またこれら及び装置等を洗浄するのに使用される水。	水質、水量が製品の品質に大きく影響を及ぼす。また、排水は通常汚濁物を含み、何らかの処理を必要とする。	製品の持つ汚れが水に混じるために回収使用は困難。合理化としては節水型機器・プロセスが使用される。
冷却用水	67.3	装置・製品等を冷却するのに用いられる水。直接冷やす直接冷却用水と伝熱壁を介して冷やす間接冷却用水がある。	間接冷却用水の排水は、温度が上昇しているだけでほとんど汚れていない。直接冷却用水は製品処理・洗浄用水と特性はほぼ同じ。	間接冷却用水は全く汚れていないため回収使用が極めて容易。直接冷却用水は製品処理・洗浄用水と同じで、一般的には回収使用は困難。
温調用水	6.8	温度・湿度の調整のために使用される水。空気を直接冷やす場合と、空調機を介して調整する場合がある。	ごく少量の直接冷却用を除いて、空調機の冷却用水である。特性は間接冷却用水と同じ。	間接冷却用水と同様。一般的には間接使用のため回収は極めて容易。直接空調(温調・湿調)に使用される場合は回収使用は困難。
その他	5.1	上記以外の用水で、従業員の生活用水、工場内の雑用水、公害防止に使用される水等がある。	公害防止用水を除いて、事務所ビル等で使用される用水と同じ。組立型業種では、使用比率が高い。	一般的に使用個所が多岐にわたるため、各個所での使用量は少量なので、回収使用は困難。ただし、雑用水(散水、トイレ容器洗浄等)は一般的に高度な水質は要求されないため、他の工程から回収した水を使用することは可能。

(注) 使用比率は、工業統計表(平成12年)に示された淡水使用量に占める割合である。回収水を含んだ使用割合である。

<sup>1</sup> 【引用文献】造水技術ハンドブック編集企画委員会 編『造水技術ハンドブック 2004』造水促進センター2004年

- ① 原料用水 ⇒ 飲料水と同等の水質と想定する。 0.3%⇒0%
- ② ボイラー用水 ⇒ 風呂水と同等の水質と想定する。 1.3%⇒1%
- ③ 製品処理、洗浄用水 ⇒ 洗濯用水と同等の水質と想定する。 19.2%⇒19%
- ④ 冷却用水、その他用水×81% ⇒ 雑用水として扱う。 79%
- ⑤ その他用水×19% ⇒ 水洗トイレ用水として扱う。 1%

6) 再利用度で分類した水資源の再生水への切り替え可能割合

以上の想定条件から、生活や水利用のスタイルの変化により各種用途の水利用割合は以下のよう  
に算定される。

表 6.6-8 使用可能水量の配分比 (単位:%)

	水利用用途の配分比率			備考
	生活用	業務用	工場用	
①飲用・炊事	23%	30%	0%	
②風呂用	29%	13%	1%	
③洗濯・掃除	21%	0%	19%	
④雑用・散水	8%	6%	79%	
⑤水洗トイレ	19%	51%	1%	
計	100%	100%	100%	

表の配分比を利用して、用途別の使用量を算出する。なお、シミュレーションのための計算は市町村単位で行う。ただし、市町村によっては用途別のデータがない場合があるので、そのような市町村には、都道府県別の平均値(表 6.6-3)でこれを埋めて、市町村単位で①～⑤の用途を区分した。

表 6.6-9 用途区分別の配分

	用途区分別配分				用途目的別配分					計
	一人一日 平均水量	家庭用	業務営 業用	工場そ の他用	①飲 用・炊 事	②風呂 用	③洗 濯・掃 除	④雑 用・散 水	⑤水洗 トイレ	
	L/人日	A%	B%	C%	0.23A +0.30B	0.29A +0.13B +0.01C	0.21A +0.19C	0.08A +0.06B +0.79C	0.19A +0.51B +0.01C	
茨城	330	78.3	13.8	7.9	22.1	24.6	17.9	13.3	22.0	100.0
栃木	373	71.3	24.3	4.4	23.7	23.9	15.8	10.6	26.0	100.0
群馬	442	72.0	16.5	11.5	21.5	23.1	17.3	15.8	22.2	100.0
埼玉	346	79.1	11.5	9.4	21.6	24.5	18.4	14.4	21.0	100.0
千葉	325	77.4	15.8	6.8	22.5	24.6	17.5	12.5	22.8	100.0
東京	363	80.9	13.6	5.4	22.7	25.3	18.0	11.6	22.5	100.0
神奈川	365	69.7	24.3	6.0	23.3	23.4	15.8	11.8	25.7	100.0
関東一円	359	75.5	16.7	6.0	22.4	24.1	17.0	11.8	24.7	100.0

### 6.6.3 水資源利用の組み合わせモデルの構築

前述のとおり、上水道技術は都市用水を供給するためのシステムとして発展してきた経緯があり、都市用水としての供給を効率化するための技術的工夫に基づいてそのシステムは設計されている。しかし、一方で、伝統的な井戸による水調達や、最近では地下水専用水道のような、上水道を部分的に代替する水供給システムも存在している。ここでは、本調査の目的に基づき、上水道を代替するシステムを評価するために、これら、上水道を代替する水供給システムについて、供給技術と水質改善技術の両面からモデル化、体系化を行う。

収集可能資料には限界があるが、その場合はある程度大胆に想定を行って設定する。

#### 1) 上水道を代替する水供給モデルの整理

上水道は、都市用水の必要を満たすために構築されてきた水供給システムであるが、地域の水資源の特性によっては、上水道以外の水供給システムが実際に稼働しており、地域の水ニーズを支えているケースも少なくない。小規模な水道同等システムによる水供給を水資源の量とニーズのバランス、地域的広がり面で整理するために、これらのシステムを以下の3種類の類型に整理し、それぞれに命名する。

- |             |          |
|-------------|----------|
| ①ユビキタス型水供給  | 屋根雨水、地下水 |
| ②コミュニティ型水供給 | 道路雨水、再生水 |
| ③ライフライン型水供給 | 工水、上水    |

以下にそれぞれのイメージを示す。

#### ①ユビキタス型

ユビキタス型の水供給とは、地理的制約が比較的小さくわが国の広い範囲で調達が可能であるが、水資源の量の制約によって水利用の可能量が決まるような水利用である。また、各家庭単位で確保できる小規模分散型の水資源であるため、設備投資負担や維持管理負担を前提としない、小型で独立したシステムであることが前提である。つまり、水圧(輸送)面の制約について、それを受け入れる水供給システムである。

ユビキタス型水供給の具体的な例としては、地下水や小規模な各家庭雨水利用などが挙げられ、いずれも投資や高度な管理が必要ない、伝統的な水供給システムである。



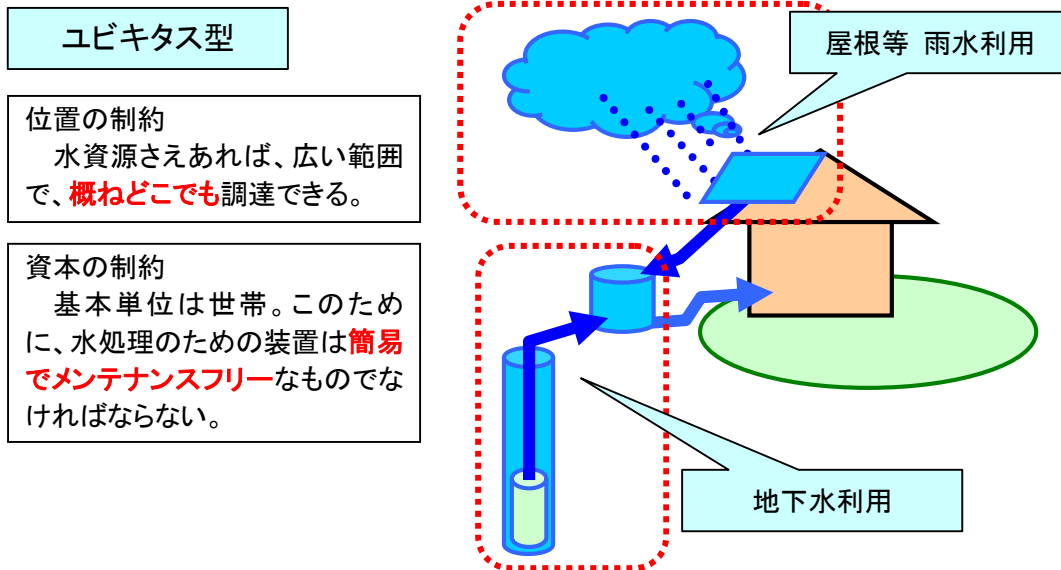


図 6.6-2 ユビキタス型水資源のイメージ

## ②コミュニティ型

コミュニティ型とは、コミュニティ単位での小規模な分散型水道システムで、ある程度まとまった雨水や再生水などを狭い範囲でのラインにより分配するシステムである。水資源の制約を設備投資により緩和してニーズに応えることができる点が①との違いであるが、当然ユビキタス型よりも投資が大きく、これを支えるある程度安定したニーズの量が必要になる。なお、①ユビキタス型も規模が大きくなればコミュニティ型になるため、これを包含して統合するようなコンセプトでの構築も可能である。

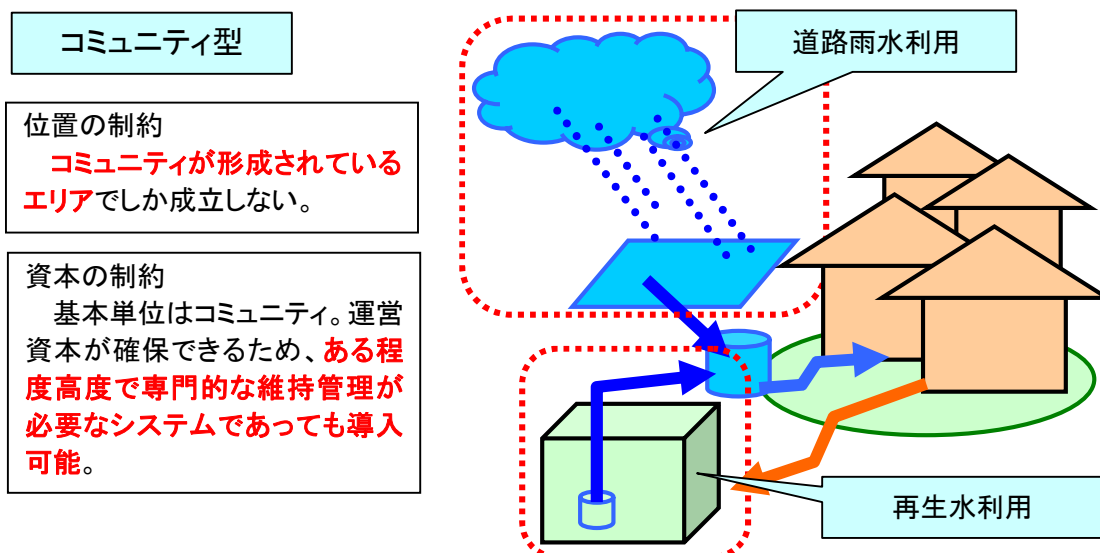


図 6.6-3 コミュニティ型水資源のイメージ

### ③ライフライン型

③のライフライン型は、十分な量のニーズがある場合に、ニーズにあわせて水資源の制約を技術的に克服するアプローチでの水供給システムを構築する方法であり、事業として成立するだけの高度な事業体組織と設備投資が必要となる。②のコミュニティ型や①のコビキタス型の水資源を部分的に包含することも可能である。

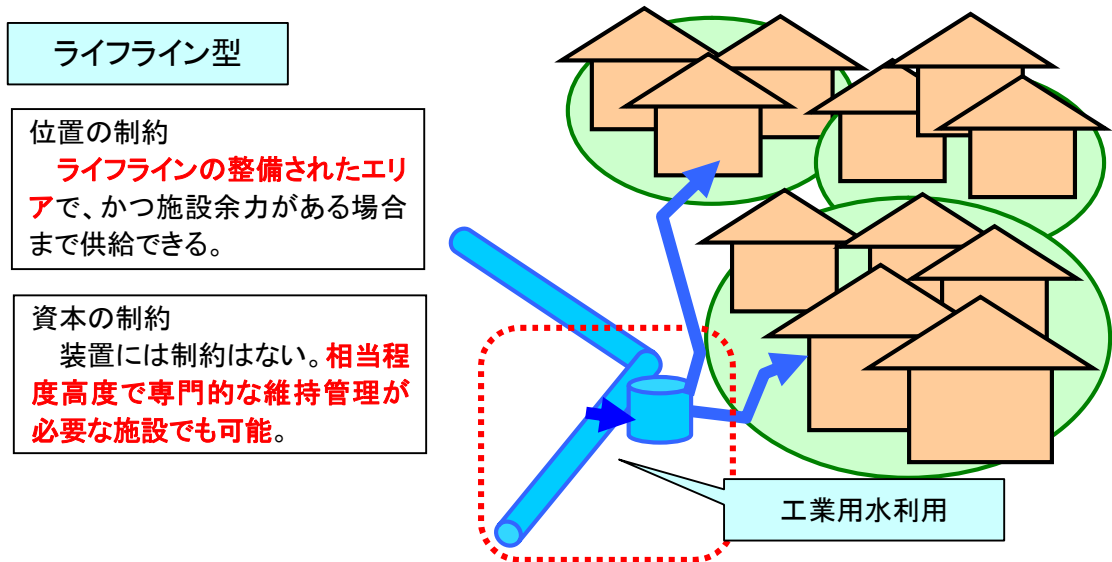


図 6.6-4 ライフライン型水資源のイメージ

### 2) カスケード利用の考え方

カスケード利用とは、より清浄な水が求められる用途にいったん使用した水を、そのまま、より劣位の水質で済む用途に再度利用する水利用の形態である。家庭内では一般に風呂水の再利用が行われることが多い。また、ビル等の比較的大規模なユーザーにおいては、排水まで落とす前の水をそのまま利用する例もある。このような再使用は、水道以外の水資源利用とセットで実施される場合が多いと考えられることから、モデルを構築する場合はこの点を視野にいれておくものとする。

表 6.6-10 ユーザーにおけるカスケード利用のパターンの例

	通常使用	家庭内再利用	ビルの再利用	再利用の難易
	カスケード利用なし	②風呂水を③、④に利用	④、⑤に再生水を利用	
①飲用・炊事	①飲用・炊事	①飲用・炊事	①飲用・炊事	専用の再使用設備が必要
②風呂用	②風呂用	②風呂用	②風呂用	浴槽があり再利用しやすい
③洗濯・掃除	③洗濯・掃除		③洗濯・掃除	専用の再使用設備が必要
④雑用・散水	④雑用・散水			使用後の水を集めにくい
⑤水洗トイレ	⑤水洗トイレ	⑤水洗トイレ		高度な再使用設備が必要

### 3) ユースポイント処理の考え方

膜処理などの実用化により、一定の制約はあるものの、供給点の残水圧のみで急速ろ過に匹敵する水処理を行うことができるようになった。さらに、消毒を追加する場合でも、紫外線処理装置や水電解消毒装置の普及により、電力のみを供給すればパッケージ化可能となってきた。これにより、オンデマンドのユースポイント処理を水道技術に取り入れるための技術的素地が整ってきている。

このような技術の確立を背景として、地下水専用水道など、従来の水道システムと異なる大量水供給システムが実用化されつつある。本論ではこのような視点から、ユースポイントでの水処理を大々的に導入することの可能性についての評価を試みる。

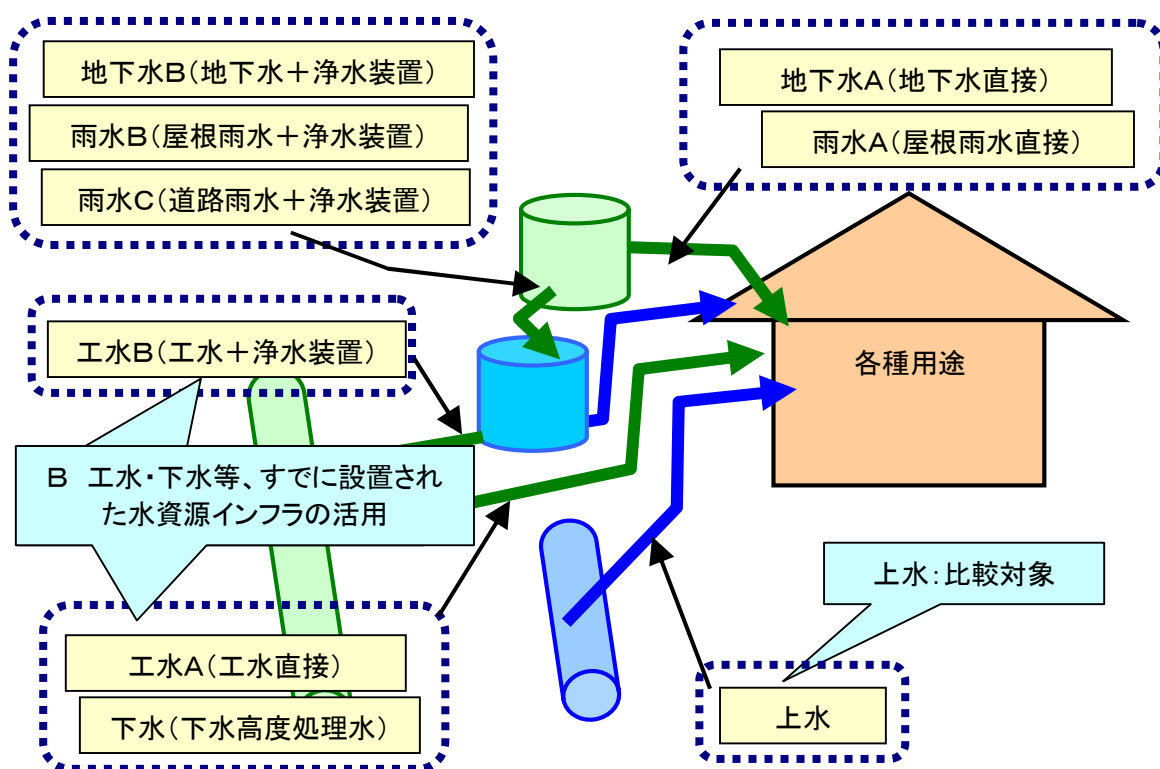


図 6.6-5 水資源調達法と処理のバリエーション

具体的には、下水処理でよく採用されている砂ろ過、塩素消毒に、膜処理や紫外線消毒を導入した場合も検討する。

#### 4) 規模の設定

各種の水資源の利用を具体的に考える場合、施設構成について概略設計を行うことが有効である。このために、それぞれのシステムのおおよその施設規模を想定することが必要となる。本論では、世帯単位、地域単位、ビル単位、程度の3種類の規模を用意し、水利用の範囲もあわせて試算を行う。

なお、モデルを単純化するために、生活用、商業用、工業用を加算して用途別を算出している。

##### (1) ユビキタス型水供給

ユビキタス型水供給では、おおよそ世帯単位に施設を設置することを想定するので、1世帯あたりの生活用の使用水量でその施設規模を計算する。

本論では、水需要の原単位を都道府県単位で整理しているのので、これに従うと、世帯あたりの使用水量はおおよそ以下のとおりとなる。これが世帯あたり、ひいてはユビキタス型施設の一箇所あたりの施設能力である。

表 6.6-11 ユビキタス型水利用施設1箇所あたりの能力試算

	ユニットあたり人員	全用途 ①-⑤		飲用以外 ②-⑤		飲用以外 風呂再利用 ②-⑤、②補給		雑用 ④-⑤	
茨城	2.84	330	0.94	257	0.73	176	0.50	117	0.33
栃木	2.81	373	1.05	285	0.80	196	0.55	137	0.38
群馬	2.75	442	1.22	347	0.95	245	0.67	168	0.46
埼玉	2.64	346	0.91	271	0.72	186	0.49	123	0.32
千葉	2.58	325	0.84	252	0.65	172	0.44	115	0.30
東京	2.13	363	0.77	281	0.60	189	0.40	123	0.26
神奈川	2.43	365	0.89	280	0.68	194	0.47	137	0.33
<b>関東一円</b>	<b>2.44</b>	<b>359</b>	<b>0.88</b>	<b>279</b>	<b>0.68</b>	<b>192</b>	<b>0.47</b>	<b>131</b>	<b>0.32</b>

注) 世帯あたり人員は平成17年国勢調査、関東一円は加重平均による。

##### (2) コミュニティ家庭型（低層住宅地の街区でまとまって再利用施設を設置する場合）

コミュニティ型水供給システムは、生活用水が中心の街区型と、都市用水が中心の商業ビル型の2種類を想定する。

おおよそ1街区あたりを想定する。本論では、一般的な街区の面積を $50\text{m} \times 50\text{m} = 0.25\text{ha}$ と設定する。低層住宅の人口密度を経験からおおよそ60人/haとすると、1街区あたりの人口はおおよそ15人となる。これにより、コミュニティ型水供給システムの1箇所(1街区)あたり施設能力は以下のように計算できる。

なお、降雨量については0.25ha分の水資源化可能量を算定する。

コミュニティ型水供給システムを街区に設置した場合の設置箇所数は、最大で市町村人口を15人で除した数となるが、普及率の想定により数段階で試算することも考えられる。

表 6.6-12 コミュニティ型(街区)水利用施設1箇所あたりの能力試算

	ユニットあたり人員	飲用以外 ②-⑤		飲用以外 風呂再利用 ②-⑤、②補給		雑用 ④-⑤	
茨城	15	257	3.86	176	2.64	117	1.76
栃木	15	285	4.28	196	2.94	137	2.06
群馬	15	347	5.21	245	3.68	168	2.52
埼玉	15	271	4.07	186	2.79	123	1.85
千葉	15	252	3.78	172	2.58	115	1.73
東京	15	281	4.22	189	2.84	123	1.85
神奈川	15	280	4.20	194	2.91	137	2.06
<b>関東一円</b>	<b>15</b>	<b>279</b>	<b>4.19</b>	<b>192</b>	<b>2.88</b>	<b>131</b>	<b>1.97</b>

(3) コミュニティ商業ビル型(高度に利用が進んだビルレベルで再利用施設を設置する場合)

実事例の多くは一定の複合商業ビルレベルのきわめて高度な水利用が行われる場合であり、このようなケースを想定する。高度利用の事例であり1街区あたりの人口規模は開発度合いによってかなり幅があると想定されるが、前述の街区の50m角、面積を0.25haをひとつの大規模商業施設の単位として1コミュニティあたりの人口を算出すると、約300人となる。

これにより、コミュニティ型水供給システムの1箇所(商業ビル1箇所)あたり施設能力のモデルを以下のように設定する。

表 6.6-13 コミュニティ型(商業ビル)水利用施設1箇所あたりの能力試算

	ユニットあたり人員	全用途 ①-⑤		飲用以外 ②-⑤		飲用以外 風呂再利用 ②-⑤、②補給		雑用 ④-⑤		雑用 ④-⑤、②補給	
茨城	300	330	99.0	257	77.1	176	52.8	117	35.1	35	10.5
栃木	300	373	111.9	285	85.5	196	58.8	137	41.1	48	14.4
群馬	300	442	132.6	347	104.1	245	73.5	168	50.4	66	19.8
埼玉	300	346	103.8	271	81.3	186	55.8	123	36.9	38	11.4
千葉	300	325	97.5	252	75.6	172	51.6	115	34.5	35	10.5
東京	300	363	108.9	281	84.3	189	56.7	123	36.9	32	9.6
神奈川	300	365	109.5	280	84.0	194	58.2	137	41.1	51	15.3
<b>関東一円</b>	<b>300</b>	<b>359</b>	<b>107.7</b>	<b>279</b>	<b>83.7</b>	<b>192</b>	<b>57.6</b>	<b>131</b>	<b>39.3</b>	<b>44</b>	<b>13.2</b>

なお、再生水利用施設の規模については様々に考えられ、一般論で設定することは本来難しく、より深い研究によってさら精緻化される余地があるものと考えられる。また、本論は首都圏というエリアの中での地域的な特性を変数とした分析をまずメインで考えるが、個別事例における効率の追求についても研究の余地がある。

具体的な、近年の大規模な再開発における再生水利用の事例として、さいたま新都心計画があり、就業人口は計画で57000人、開発面積は47.4haである。このような大規模な再開発の事例で今回想定と大きく異なるような結果が出る可能性がある。

#### (4) ライフライン型水供給

ライフライン型として設定するのは工業用水道事業の場合であるが、これは供給余力が上限になるので、原理的には規模の想定は不要である。ただし、工業用水の供給を受けたうえで一定の処理を行う場合には、処理施設の維持運営が可能なだけの、ユーザーの集積が必要となる。

本論ではモデルの構築の都合から、前述の商業ビルレベルのコミュニティ型水供給と同等の規模を想定して計算を行うこととした。

### 5) 原水の水質と処理方法の組み合わせ

各種の水資源はそれぞれに固有の水質特性があり、水資源ごとの水質条件と利用用途の組み合わせに応じて適切な浄水処理を加える必要がある。また、高度な処理施設を運営するためにはある程度の規模の集積が必要であることに注目して、ユビキタス型、コミュニティ型、ライフライン型、の3種類に分類した。ここまでに提案した、水資源の種類と水質を検討するうえでの以下の要素の組み合わせについて4つのフェーズで整理する。

#### (1) 原水フェーズ

水資源の性質の違いや、同じ水資源であっても調達位置や方法によって原水の水質に差が発生する。この水質条件は後段のフローにおける水処理の前提条件となる。

原水フェーズの差は、地下水、雨水、再生水、工水など、水の調達手段の差である。

#### (2) 水処理フェーズ

原水の条件と、後段の水利用の水準にあわせて適切な処理を行う。水処理フェーズで想定する処理施設は以下のバリエーションの組み合わせで整理する。

- ① 原水槽            原水の貯留を行う。無処理の場合(処理槽に直結)以外は必要になる。
- ② 除濁施設        懸濁質の除去を行う。再利用で実績の多い砂ろ過、もしくは、やや高度な処理水質を得られる UF/MF 膜処理を選択する。
- ③ 有機物処理      色度や設備劣化を防ぐ目的で導入する設備で想定処理法としてはオゾン処理などが考えられる。高コストになりがちでありなるべく導入しない。
- ④ 消毒設備        原水が疫学的に安全な場合以外は設置が前提。汚染レベルに応じて塩素消毒もしくは UV を想定するが、膜処理施設導入時には高度利用でも UV を使える。
- ⑤ 処理槽           処理水を貯留するほか、給水用のポンプなどを含む。



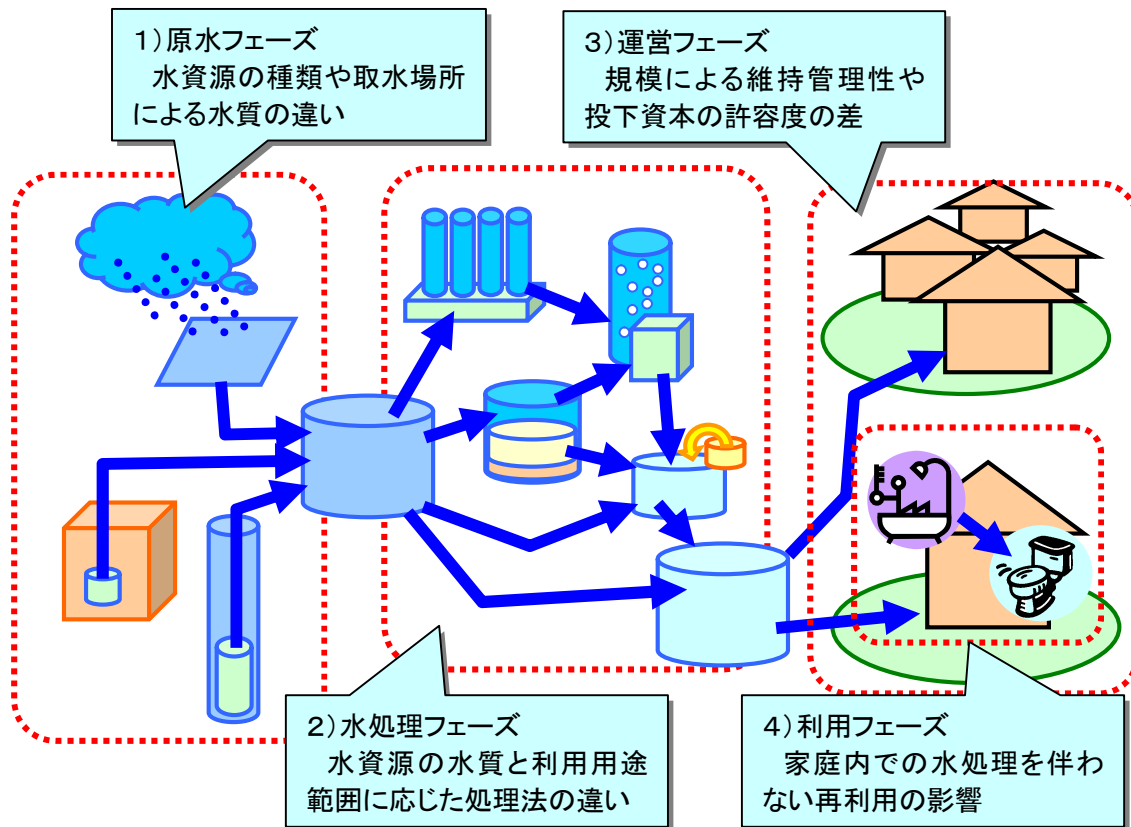


図 6.6-6 水資源調達法と処理のバリエーション

### (3) 運営フェーズ

運営フェーズでは、ユビキタス家庭型、コミュニティ家庭型、コミュニティ商業ビル型、の3段階の規模を設定した。ユビキタス型ではメンテナンスフリーでなければならないが、コミュニティ型やライフライン型ではある程度高度な運用が前提となる処理を導入できる。このように、ユーザーの集約度によってプラントにかけられる資本水準が異なる点をこの規模の差で表現する。

規模で見た場合の分類とその上限の設定の考え方を以下のとおり再整理する。

#### ① ユビキタス家庭型

家庭利用者が地下水や雨水集水装置に投資することによって成立する再利用方法である。市町村単位で世帯数は把握されているが、すべての世帯が積極的に雨水利用などをとりいれると考えるのはやや現実離れしているので、雨水利用に積極的な世帯の割合を想定する必要がある。

各種調査では、水資源の保全のための活動への積極的な参加についての意識調査を行っている。

2004年の水の有効利用に関する意識調査(国交省水資源部)では、雨水・再生水利用のための施設をもっているとする回答者は1.1%であったが、地区に取り入れるべきとする回答は33.7%、住宅にとりいれるべきとする回答は31.1%であった。

ここから、最大で地域の世帯数の31%がユビキタス型の水利用に取り組んだ場合で試算する。

## ②コミュニティ家庭型

前述の調査の地区に取り入れるべきとする回答から、最大で世帯数の 34%がコミュニティ型の水利用に取り組む場合を試算する。

## ③コミュニティ商業ビル型

同じく前述の調査では、学校やアパート等の建物に取り入れるとする回答は47.6%であった。商業ビル等の数を算定することは難しいが、本論では GIS データでの各種用途施設の面積を 0.25ha で除して施設数を設定し、その 48%が再生利用に取り組むことを想定する。

### (4) 利用フェーズ

カスケード利用等、利用時の工夫によって水質差の影響を抑制することが考えられる。もっとも基本的な再利用は、風呂用の水を再生水の水源として利用する方法であり、水質的にもすぐれた再生利用となる可能性をもっている。そこで、本論では、風呂水を再生利用するケースについて検討を加える。

## 6) 各フェーズの組み合わせによる検討パターンの設定

以上の考え方を整理して、本論で扱う検討ケースを以下の表 6.6-14 のように設定した。

表 6.6-14 各種小規模水供給システムとユースポイント処理の組み合わせ

番号	形式名称	施設構成	① 飲用	② 風呂	③ 洗濯	④ 雑用	⑤ 便所	配置や水量の制約	概略能力 (補給水量) m <sup>3</sup> /日	備考	
1	ユビキタス G	地下水(直接)	×	○	○	○	○	地下水の取水が可能、水質が特に良好。	0.68	世帯規模	
2	ユビキタス GA	地下水+貯留	○	○	○	○	○	"	0.88	"	
3	ユビキタス GB	地下水+処理	○	○	○	○	○	地下水の取水が可能、水質は処理必要。	0.88	"	
4	ユビキタス RfA	屋根雨水+貯留	×	×	×	○	○	雨水槽の容量による、屋根降雨使用。	0.32	"	
5	ユビキタス RfB	屋根雨水+処理	○	○	○	○	○	"	0.88	"	
6	ユビキタス RfC	屋根雨水+処理+風呂再利用	×	○	○	○	○	"	0.47	"	
7	コミュニティ RfA	道路雨水+貯留	×	×	×	○	○	雨水槽の容量による、道路降雨使用。	1.97	街区規模	
8	コミュニティ RfB	道路雨水+処理	×	○	○	○	○	"	4.19	"	
9	コミュニティ RfC	道路雨水+処理+風呂再利用	×	○	○	○	○	"	2.88	"	
10	コミュニティ RdA	道路雨水+貯留	×	×	×	○	○	"	39.3	商業施設規模	
11	コミュニティ RdB	道路雨水+処理	×	○	○	○	○	"	83.7	"	
12	コミュニティ RdC	道路雨水+貯留+再利用	×	○	○	○	○	"	57.6	"	
13	コミュニティ SB	下水再生水+処理	×	×	×	○	○	処理に係わらず雑用以上の使用は不可。	39.3	"	
14	コミュニティ SC	下水再生水+処理+再利用	×	×	×	○	○	"	13.2	"	
15	ライフライン IA	工業用水+貯留	×	×	×	○	○	工業用水に未売水がある場合に適用。	39.3	"	
16	ライフライン IB	工業用水+処理	○	○	○	○	○	"	107.7	"	
17	ライフライン IC	工業用水+処理+再利用	×	○	○	○	○	"	57.6	"	
	備考		高度な有機物処理は想定しない。						関東一円の 平均値掲載		

備考:概略能力(補給水量)の欄は関東一円の平均値を掲載したが、検討は市町村ごとの属性値で行う。

## 6.6.4 単位処理プロセスの評価

ここでは、これまでに検討したモデルの部品となるさまざまな単位プロセスについて、その設計条件や運用条件を検討することで、CO<sub>2</sub> 排出量や概略の設置・運用・廃棄コストを試算する。各単位プロセスは組み合わせや発展性を考慮して評価することがポイントである。ここで取り上げる設備は以下のような単位プロセスとする。なお、オゾン処理等有機物処理のための施設については、エネルギー使用量が非常に大きいので割愛した。また、それぞれの設備を稼働させるための条件、安全設備、水量や敷地条件にあわせた配管、受電の制約など、個別の施設ごとの細目については考慮しない。

番号 1～17 に対応した施設の組み合わせの詳細については別添資料に示す。

### 1) 原水フェーズ

- ① 取水井戸 地下水の取水を行うための施設である。
- ② 屋根雨水収水設備 屋根雨水の収集を行う。規模は小さく簡易なものとする。
- ③ 道路雨水収水設備 道路雨水の収集を行う。規模は大きく異物混入防止が必要である。
- ④ 原水貯留槽 原水貯留を行う。無処理の場合(処理槽に直結)以外は必要になる。

### 2) 水処理フェーズ

- ① 除濁施設 I (砂ろ過) 懸濁質の除去を行う。下水再利用で実績の多い砂ろ過を想定する。
- ② 除濁施設 II (膜処理) 懸濁質の除去を行う。やや高度な処理水質を得られる UF/MF 膜処理を想定する。
- ③ 消毒設備 I (UV) 原水が疫学的に安全な場合以外は設置が前提となる。比較的汚染レベルが低い場合、有機物処理設備を導入している場合、クリプトのみが問題の場合は UV での消毒を想定する。
- ④ 消毒設備 II (塩素) 比較的リスクレベルが高い場合は塩素消毒を前提とする。

### 3) プラントフェーズ

- ① 処理水槽 処理水を貯留するほか、給水用のポンプなどを含む。
- ② 給水管 処理水の利用のための給水管設備等が相当する。家庭用の場合は水道の給水管と同等となるが、ビル等大規模な施設での利用の場合は一定の投資が必要となる。

### 4) 利用フェーズ

- ① 再利用設備 家庭内での貯留水槽や給水管などで、再利用のための設備を設置する場合について、そのエネルギー量と費用を計上する。

## 6.6.5 地理的基準による水資源分布の定義

### 1) 水資源分布の検討方法

各種水資源はどこにでも同じように存在するものではなく、確保可能なエリアとそうでないエリアが存在する。たとえば、地下水が取水できるエリアには制約がある。また、工業用水道からの供給は工業用水道事業に供給余力がある場合にしか受けられない。このような水資源の地理的な分布特性を考慮して最適な水資源のポートフォリオを探る必要がある。

本調査では、このような地理的な分布状況について検討条件に取り入れるため、首都圏全域の市町村単位で各種水源の属性情報を展開して整理し、上水道との比較でその特徴を GIS 上にて可視化する。

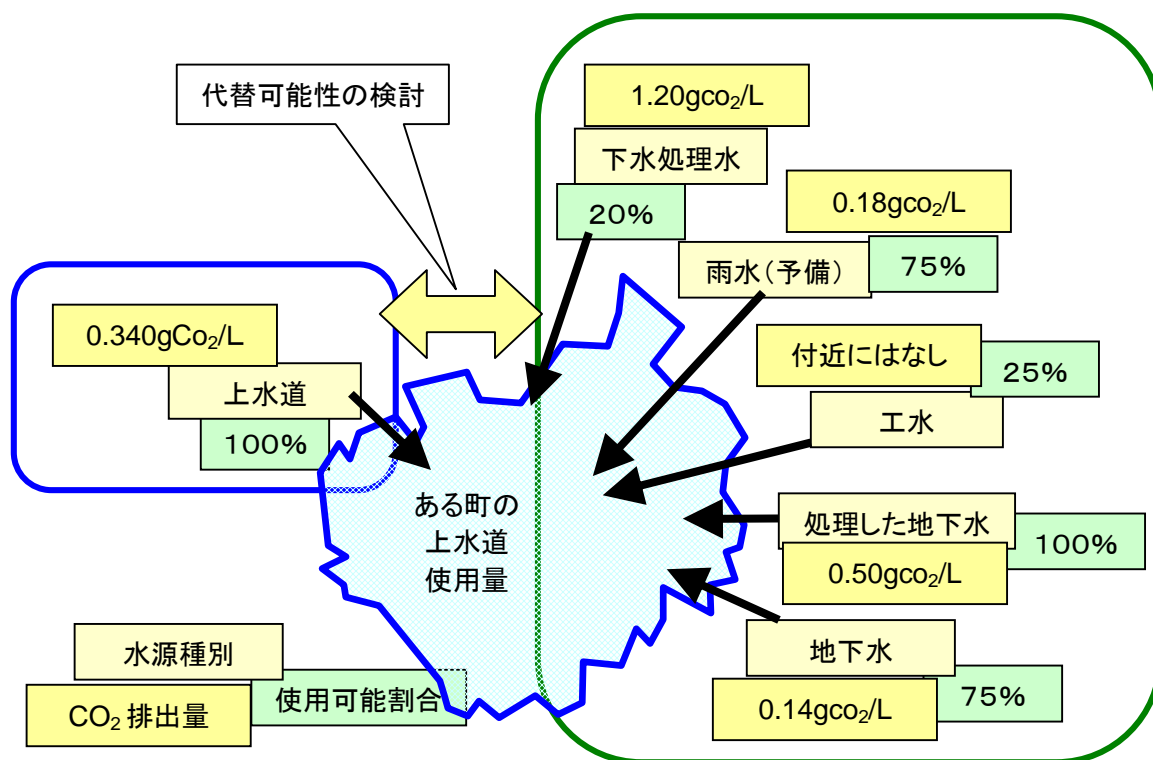


図 6.6-7 水道とその他水資源の比較イメージ

それぞれの水資源は、水量、水質、水圧の3つの側面での制約について、関東一円を対象に、市町村単位で具体的な数値として算定する。以下、それぞれの水資源ごとに整理する。

## 2) 上水道による水供給の消費エネルギー量

本検討では、各種水源による環境負荷量の検討を、上水道の供給過程で排出される二酸化炭素排出量と比較することで評価を行うため、まず、水道事業におけるCO<sub>2</sub>排出量を整理する。このために、水道統計における給水量あたりの電力使用量をベンチマークとする。また、これに電力あたりのCO<sub>2</sub>排出量負荷原単位を乗じてCO<sub>2</sub>排出量を算出する。

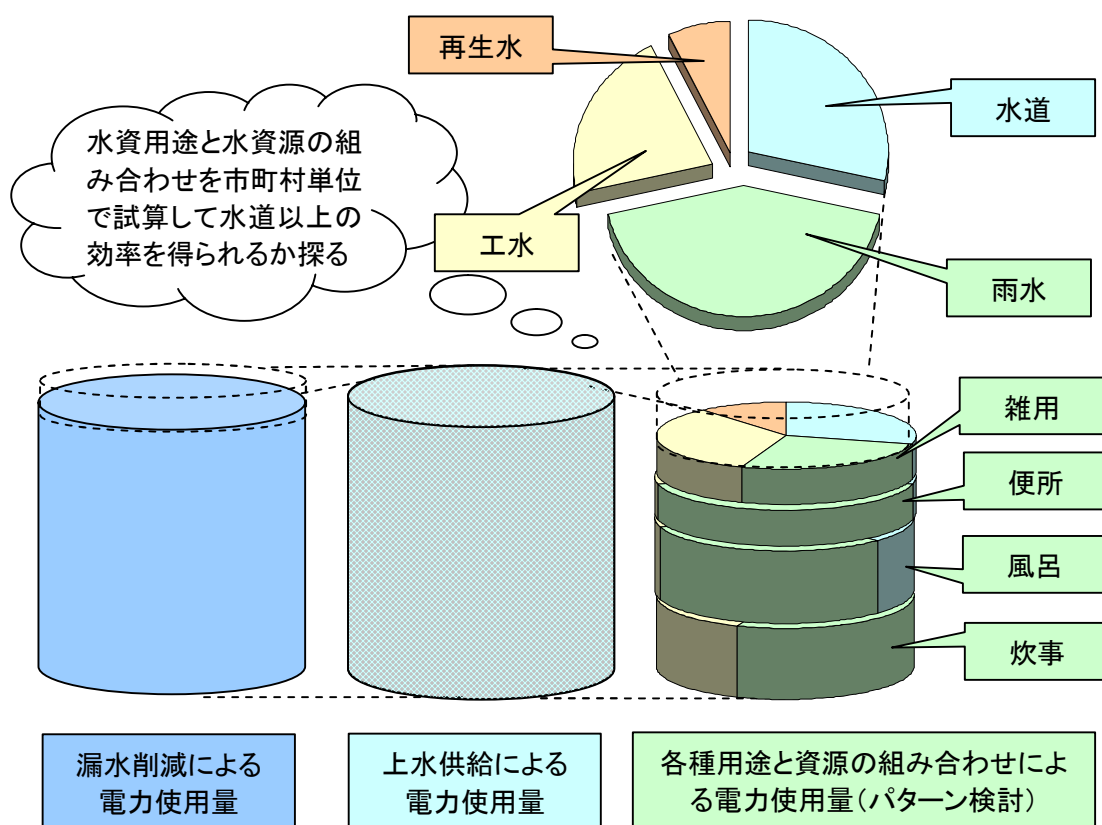


図 6.6-8 水道・漏水対策効果とその他水資源組み合わせの比較イメージ

水道による水供給で排出される市町村単位の電力使用量を図 6.6-9 に一覧する。

表 6.6-15 水道水の水量あたり電力使用量、CO<sub>2</sub> 排出量評価方法

	区分	項目	算出方法	根拠資料
W1	市町村	水道排出原単位	電力使用量 × 電力排出原単位 ／給水量	電力使用量 = 水道統計 電力排出原単位 = 東電 給水量 = 水道統計



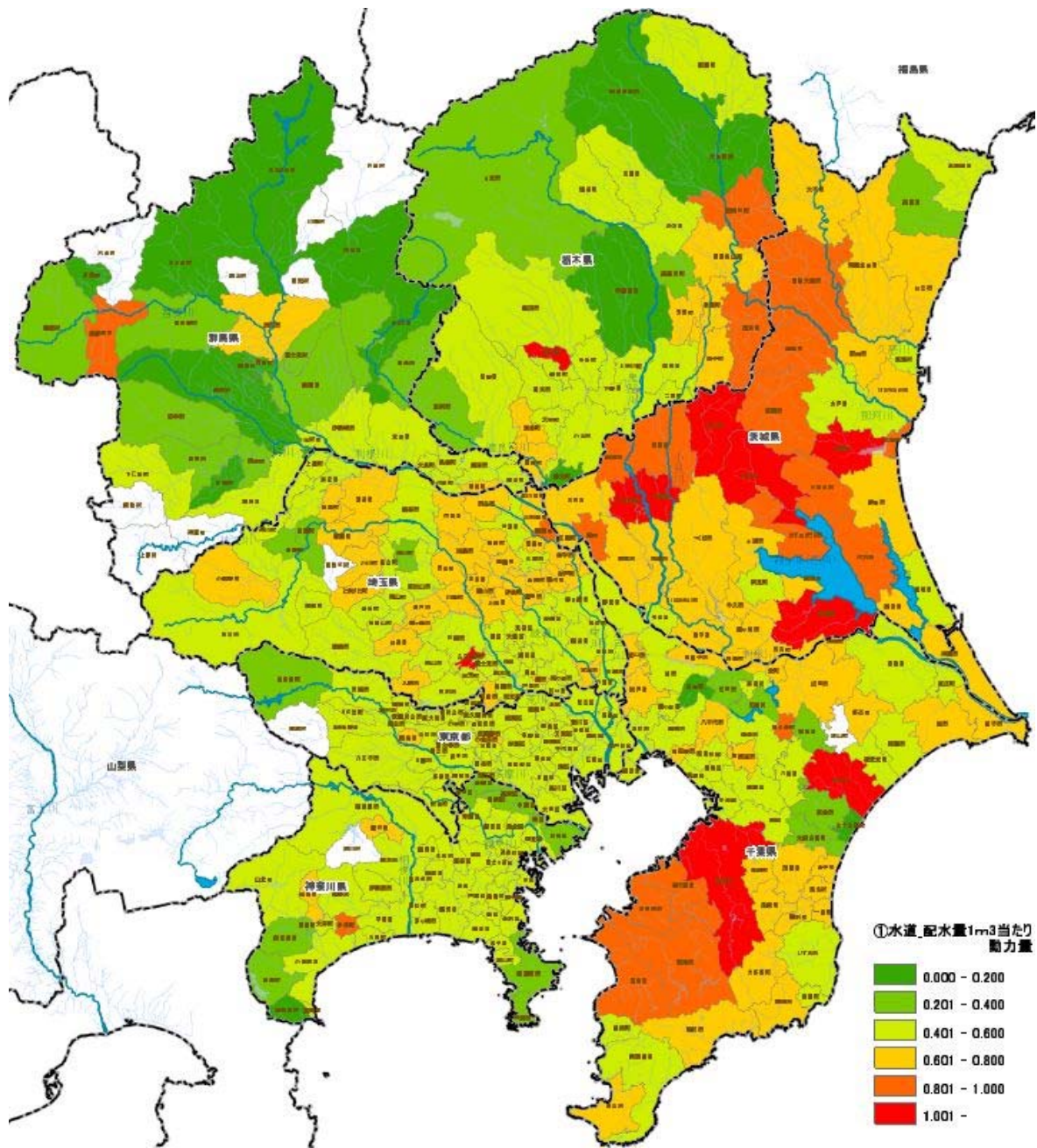


図 6.6-9 首都圏の各市町村の水道事業の水量あたり電力使用量の分布

### 3) 漏水削減活動による水供給の消費エネルギー量削減

漏水量の削減による CO<sub>2</sub> 排出量削減効果については、水道における漏水が削減されることで水供給のロスが削減される分を二酸化炭素排出量の削減の効果として計上する。

漏水の削減可能幅は、本来各事業の経営状況などにより個別に設定されることが望ましいが、首都圏のすべての水道事業の漏水削減計画を収集することは今回調査の範囲では不可能であるため、傾向をつかむために、一律に、現在の漏水率が 1/2 になった場合の CO<sub>2</sub> 排出削減効果で表現する。こ

れにより、漏水率の削減によるエネルギー効率の向上効果は、現状の漏水率(=100%－有効率)を漏水対策の推進によって1/2にした場合に給水量が減少する率で算出されることになる。

漏水削減のための工事によるCO<sub>2</sub>の排出量を二酸化炭素排出量増加の効果として計上することが考えられるが、本論では、漏水修繕工事によるCO<sub>2</sub>排出量は、もともと維持修繕工事により排出されるCO<sub>2</sub>排出量と置き換え可能とみなし、工事に伴うCO<sub>2</sub>排出量を計上しないものとする。これを整理すると、算出方法は以下の表 6.6-16のようになる。また、市町村単位で作成した分布を図 6.6-10 に示す。

表 6.6-16 漏水対策効果の評価方法

	区分	項目	算出方法	根拠資料
W2	市町村	漏水量削減効果	水道排出原単位 $\div (1 - (1 - \text{有効率}) \times 0.5)$	W1 より試算

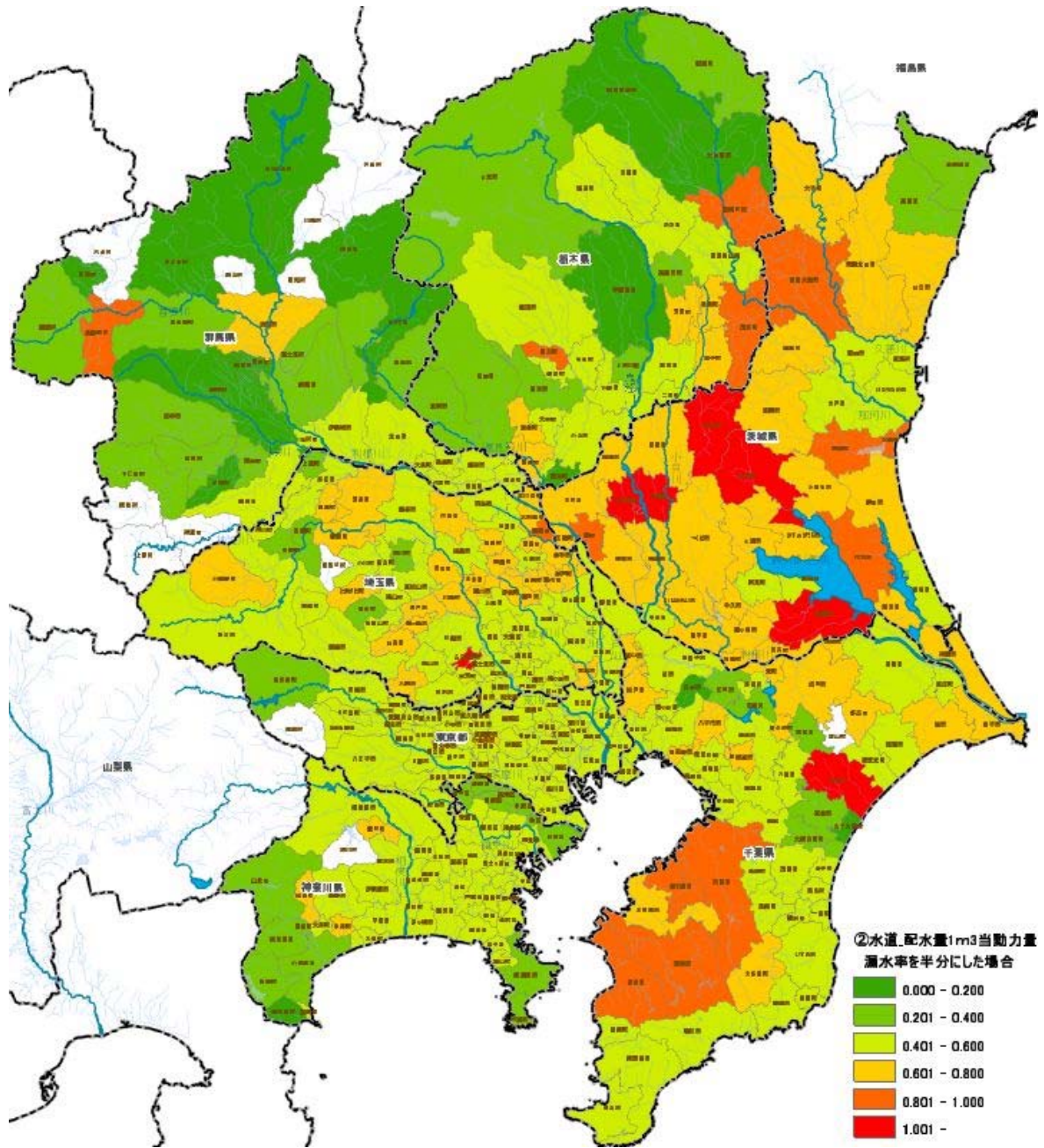


図 6.6-10 首都圏の各市町村の漏水対策効果による電力使用量削減率の分布



#### 4) 地下水の使用可能量の検討

##### (1) 首都圏における水資源の状況

日本の水資源(平成 21 年版)によると、都市用水及び農業用水における地下水利用量は平成 17 年度時点で 105 億 m<sup>3</sup>/年程度と推計され、全使用水量の約 13%とされている。関東地方の都市用水は内陸ブロックでは地下水への依存度が 44%と全国平均に比べて高いが、臨海ブロックでは逆に河川水への依存度が 85%と高い(2005 年時点)。

表 6.6-17 関東平野北部地下水採取量の推移<sup>1</sup>

(採取目標量：保全地域 年間4.8億m<sup>3</sup>)

(単位：億m<sup>3</sup>/年)

対象地域 \ 年度	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
保全地域	7.3	7.2	7.2	6.7	6.6	7.0	6.6	6.8	6.2	6.6	6.2	6.4
観測地域	5.7	5.7	5.6	5.4	5.5	5.7	5.5	5.7	5.5	5.7	5.6	5.5
計	13.1	12.9	12.9	12.0	12.1	12.8	12.1	12.4	11.7	12.4	11.8	11.9

対象地域 \ 年度	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
保全地域	5.9	5.3	5.1	5.2	5.2	5.0	4.9	5.2	5.0	4.9	5.1
観測地域	5.3	4.9	4.5	4.7	4.7	4.5	4.3	4.7	4.6	4.4	4.5
計	11.2	10.3	9.6	9.9	9.9	9.5	9.2	9.8	9.6	9.3	9.6

- (注) 1. 工業統計, 水道統計, 関係各県(茨城県, 埼玉県, 千葉県)における条例報告値, 国土交通省調査, 関係各県(栃木県, 群馬県)調査による合計値である。  
 2. 農業用水については、「農業用地下水利用実態調査(昭和59年9月~60年8月調査及び平成7年10月~8年9月調査)」(農林水産省)及び関係各県(茨城県, 栃木県, 群馬県, 埼玉県, 千葉県)調べによる推定値である。  
 3. 昭和61年(1986年)の保全地域における採取量は補正後の数値であり, 表7-2-1「地盤沈下防止等対策要綱の概要」に記載の数値と異なる。

しかし、地下水は水資源として極めて優れた特性を有するため、高度成長期に地下水の賦存量を超える過剰な取水が行われた。この結果、地盤沈下や塩水化といった深刻な地下水障害が広範囲にわたって発生した。地下水利用を考えるためには、このような問題への抜本的解決策として広域水道や工業用水道の供給と引き換えに地下水の取水が規制されてきた経緯も考慮しなければならない。

地下水の取水規制及び地盤沈下の状況については、環境省及び経済産業省が地下水取水と地盤沈下の側面から継続的に調査を行っている。「地下水対策の概況(平成 20 年度)経済産業省経済産業政策局」によると、首都圏周辺で平成 18 年度に 2cm 以上の地盤沈下が観測されたエリアとして、茨城県関東平野、千葉県九十九里平野の2地点が挙げられており、地盤沈下が決して過去の問題ではなく、現在においても継続している課題であることを示唆している。現在、地盤沈下の被害は相当程度抑制され、一部には地下水水位の上昇による問題も発生しつつあるものの、特に関東平野北部の地盤沈下は長期にわたって継続しており、深刻な課題と認識されている。

現行法制下では、地下水の取水は規制がない場合において土地の所有者の自由であるが、地下

<sup>1</sup> 【引用文献】国土交通省土地・水資源局水資源部『日本の水資源』アイガー 平成 21 年版

水の補給が広域的な現象であり、その利用が周辺にも影響を与えるものであることから、特に被圧地下水の自由な取水が許されるかについて、議論が進められている。

このように、地下水利用を考える場合、規制を前提にすれば工夫の余地がなくなってしまうが、規制を無視することも非現実的であり、このジレンマをモデル上で表現することが重要なポイントになる。



(注) 関東地区地盤沈下調査測量協議会「関東地域地盤沈下等量線図」による。

図 6.6-11 首都圏の地盤沈下の状況<sup>1</sup>

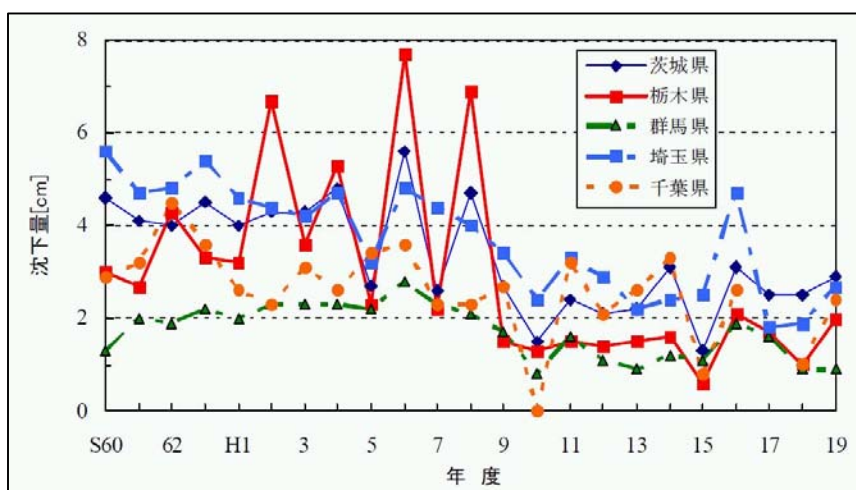


図 6.6-12 関東平野の県別最大沈下量の推移<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 【引用文献】国土交通省土地・水資源局水資源部 『日本の水資源』 アイガー 平成 21 年版

<sup>2</sup> 【引用文献】経済産業省経済産業政策局 産業施設課 『地下水対策の概況 平成 21 年版』 平成 21 年 7 月

(2) 水資源としての特徴

地下水の利用を水資源の3要素で整理すると以下ようになる。

表 6.6-18 都市用水としての地下水の利用特性

水資源	水量(を確保する)		水質(を満足する)		水圧(で水を送る)	
特徴	△	地域によっては需要を満足する	△	おおむね良質、一部不十分	×	送配水は行わない(行う場合は水道)。
検討に必要な情報	①規制の有無 ②地下水の賦存量 ③地下水の揚程		④地下水の水質		× 輸送は想定しない	

■水量(を確保する)

地下水は賦存量に問題がなければ、年間を通じて安定的かつ継続的に使用することが可能であり、もとより生活用水として広く使用されている。地下水の取水が容易な場合は水道の水源にも地下水を利用しているケースも多いが、水道が普及した後も、地下水が併用されている地域は多い。

しかし、地下水の存在は極めて局地的であり、地域によってはまったく使用できない場合もある。

地下水の水資源としての性質は大きく深井戸と浅井戸に分かれる。地盤沈下などの影響が大きく、規制が行われている対象は深井戸を中心とした地域であり、逆に雨水と性質が似ていて、水質面では変動しやすいものの、量的に水資源としての活用を行いやすいのは浅井戸で取水される非圧地下水である。ただし、利用者がこのような性質を明確に認識して取水しているとは限らない。

地下水を取水するために必要となるエネルギーは直接的には水を地下からくみ上げる際の電気エネルギーであり、取水時に取水によって低下した場合の地下水位面の高さに関するデータが必要となる。このため、地下水面の分布についての検討が必要となるが、その土地の地下構造条件で大きく変化するのが常であるうえ、地下水水位は経年的に上昇傾向にある地域が多く、本来はきわめて局地的な情報である。このように、地下水利用を広域的に評価する場合は、地下水資源の調達の条件が地域によって大きく異なる点をどのように表現するかがポイントとなる。

■水質(を満足する)

地下水は、全般には水質が良好であることも多く、そのまま飲用に供することができる井戸水も珍しくないが、浅層地下水の場合は表流水との交換による濁度や疫学的リスクがあり、深層(被圧)地下水の場合は、マンガンや砒素等、使用を阻害する物質を含むケースが多くなる。また、一度汚染されればその回復は容易ではなく、農業の施肥等による窒素類のリスクのほか、有機塩素系の汚染であればその範囲はきわめて広範囲にわたる。

また、地下水水質は組み上げが過大な場合に急速に悪化するケースが多い。たとえば、過剰組み上げによる塩水化などは典型的な例であり、海外では過剰な組み上げによって広域的かつ大規模な砒素汚染が顕在化しているケースが少なくない。



このように、地下水の水質に関する情報は、単にその地域の地理的特性だけでなく、人間活動や地下水の使用量などの影響を受ける、きわめて複雑な問題である。

## ■水圧(で水を送る)

地下水をくみ上げて遠隔地に供給する場合、これはそのまま典型的な水道システムとなるので、水道としての供給との比較にはなじまない。このため、今回検討では地下水取水は取水地点付近での使用を前提に検討するものとする。

### (3) 水資源分布のモデル化の方法

以上のような特性を考慮して、地下水の使用可能量の制約を検討するために収集整理する情報を以下のように整理した。これらの情報を GIS システムにより市町村単位で首都圏地図上に落とし、地下水水源の分布を具体的に図化するものとする。

#### ① 地下水の取水規制及に関する情報

取水規制のかかっているエリアについては取水量の上限があるために通常新規の取水井を設けることはできない。ただし、規制を前提とすれば、首都圏における地下水取水の再定義の考察を大きく制約してしまう。よって、規制に従って地下水取水ができないエリアを明確に把握したうえで、規制を無視して取水した場合を試算することとする。

地下水の取水規制は複数存在し、主として水利用の用途に応じて設定されている。広域的な規制としては、地下水取水規制(工業用水法の指定地域)と建築物用地下水の採取の規制に関する法律の指定地域があり、これらはいずれも地下水の新規取水を許可制にすることで事実上地下水利用を規定している。このほか、都道府県単位、市町村単位での条例による規制も多く設定されている。

本調査では、これらの規制のレベルを地下水利用の可能性を推測するための手がかりとした。具体的には、藤堂府県、市町村単位でそのエリアにかかっている地下水の取水規制を整理し、規制の厳しさをランクわけするため、禁止5点、許可2点、その他規制(届出など)1点で得点をつけ、その点数が大きい事業ほど取水が困難であると評価した。これを GIS 上に落として図 6.6-13 とする。

参考文献:国土交通省土地・水資源局水資源部 『日本の水資源』 アイガー 平成 21 年版

<http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/hakusyo/index5.html>

参考文献:地下水採取規制に関する条例等(環境省 HP)

<http://www.env.go.jp/water/jiban/sui/index.html>

参考資料:個別規制地域詳細情報

- 関東編 経済企画庁総合開発局国土調査課 『全国地下水(深井戸)資料台帳』 日本 国土庁 土地局国土調査課 1982 年 3 月
- 東京都土木技術支援・人材育成センター 『地盤沈下調査報告書』

- 横浜市環境保全局 『横浜市地盤沈下調査報告書』
- 埼玉県 『埼玉県地盤沈下調査報告書』
- 川崎市環境保全局 『川崎市地盤環境調査報告書』
- 茨城県企画部 『地下水位観測調査報告書』
- 関東通商産業局 『関東平野北部地域地下水利用適正化基礎調査報告書』
- 工業用水協会 『工業用水法指定地域等における地下水の動向調査報告書』 平成9年3月

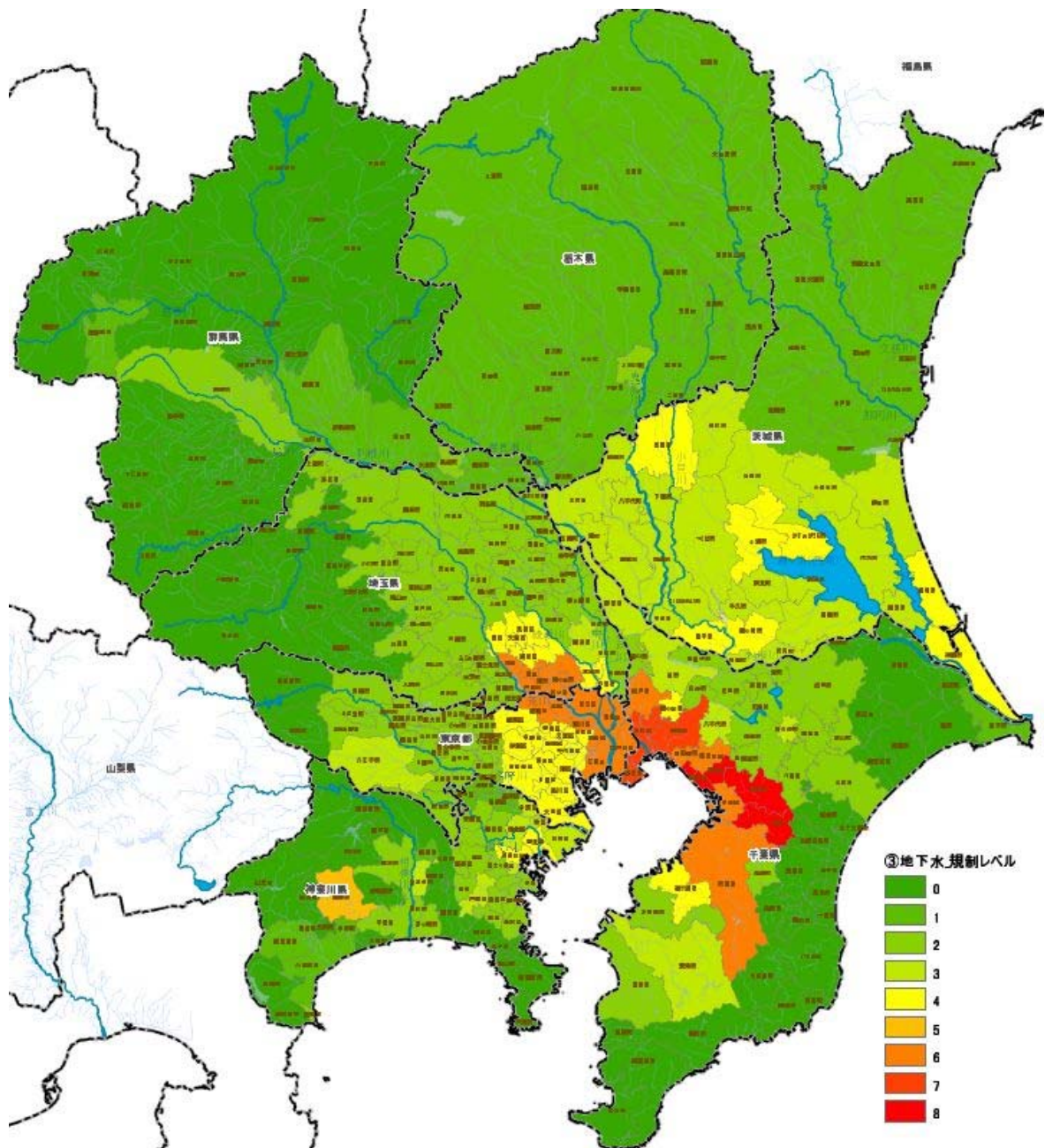


図 6.6-13 首都圏の各市町村の地下水取水規制のレベルの分布

② 地下水の賦存量に関する情報

地下水取水可能量が十分に大きい場合、水道水源井戸に切り替えた場合のエネルギー量の原単位を与えることでその効果の試算が可能になる。しかし、地下水の賦存量や涵養量が乏しい場合、地下水の野放図な取水はできない。

このため、地下水の取水可能量、安全揚水量についても考慮しておくことが必要である。しかし、安全用水量の細やかな設定は極めて困難な課題であり、今回調査の範囲では最新の地下水文の状況にあわせて合理的に設定することはできなかったため、やや古い情報源ではあるが、工業用水協会が過去に実施した調査結果から、数値ではなくランクで設定することとした。

表 6.6-19 地下水の取水可能量の設定(地下水保全地域)

市町村	調査時	調査当時	想定	想定現在	安全揚水量	比率(調査時)	比率(現在)	ランク
		取水量	水量比	取水量				
		m3/日		m3/日	m3/日			
●地下水利用適正化調査(地域単位での詳細調査)								
群馬県東毛	S49	162,963	1.70	96,131	166,000	101.9%	172.7%	B
栃木県両毛	S54	204,000	1.58	129,396	359,400	176.2%	277.8%	A
鬼怒川中流	S55	243,400	1.55	156,747	427,600	175.7%	272.8%	A
埼玉県北部	S61	172,937	1.41	122,497	176,000	101.8%	143.7%	C
古河市周辺	S62	137,300	1.41	97,254	110,400	80.4%	113.5%	C
下館市周辺	S63	152,400	1.31	116,006	115,200	75.6%	99.3%	D
埼玉県西部	H3	123,710	1.29	95,594	91,440	73.9%	95.7%	D
●保全地域地下水揚水量動向								
埼玉1	H2	112,100	1.37	81,673	73,900	65.9%	90.5%	D
埼玉2	H2	236,100	1.37	172,016	204,400	86.6%	118.8%	C
埼玉3	H2	213,000	1.37	155,186	155,600	73.1%	100.3%	C
埼玉4	H2	11,700	1.37	8,524	10,400	88.9%	122.0%	C
埼玉5	H2	77,900	1.37	56,756	60,400	77.5%	106.4%	C
埼玉6	H2	143,300	1.37	104,404	105,900	73.9%	101.4%	C
千葉	H2	23,600	1.37	17,194	6,500	27.5%	37.8%	E
茨城	H2	103,500	1.37	75,407	76,400	73.8%	101.3%	C
栃木	H2	85,400	1.37	62,220	52,400	61.4%	84.2%	D
群馬	H2	94,400	1.37	68,777	61,300	64.9%	89.1%	D

備考:A:200%以上、B:200~150%、C:150~100%、D:50~100%、E:~50%

工業用水道事業は地盤沈下対策としての役割を担っているため、工業用水道の事業者は地下水の適性利用に関する研究を広域的に行っている。多くの調査は規制の妥当性の検討が主目的と思われるが、地下水の安全揚水量を把握するための情報は不十分で調査時期も古い、これにかわる調査を入手できなかったため、これにより地域単位での安全用水量の想定を行った。

まず、調査時点での取水量と安全揚水量に対し、表 6.6-17 のトレンドを適用して最新年度と当時の取水量の比(減少率)を算定した。これと安全揚水量との比で、エリアごとに、地下水取水の安全度のランクを設定した。なお、資料で掲載されていない東京都、神奈川県については、規制の状況が類似している事業体として、それぞれC、Cとする。また地下水保全地域でないエリアについてはおしなべてAとした。GIS上でこれを展開したものを図 6.6-14 とする。



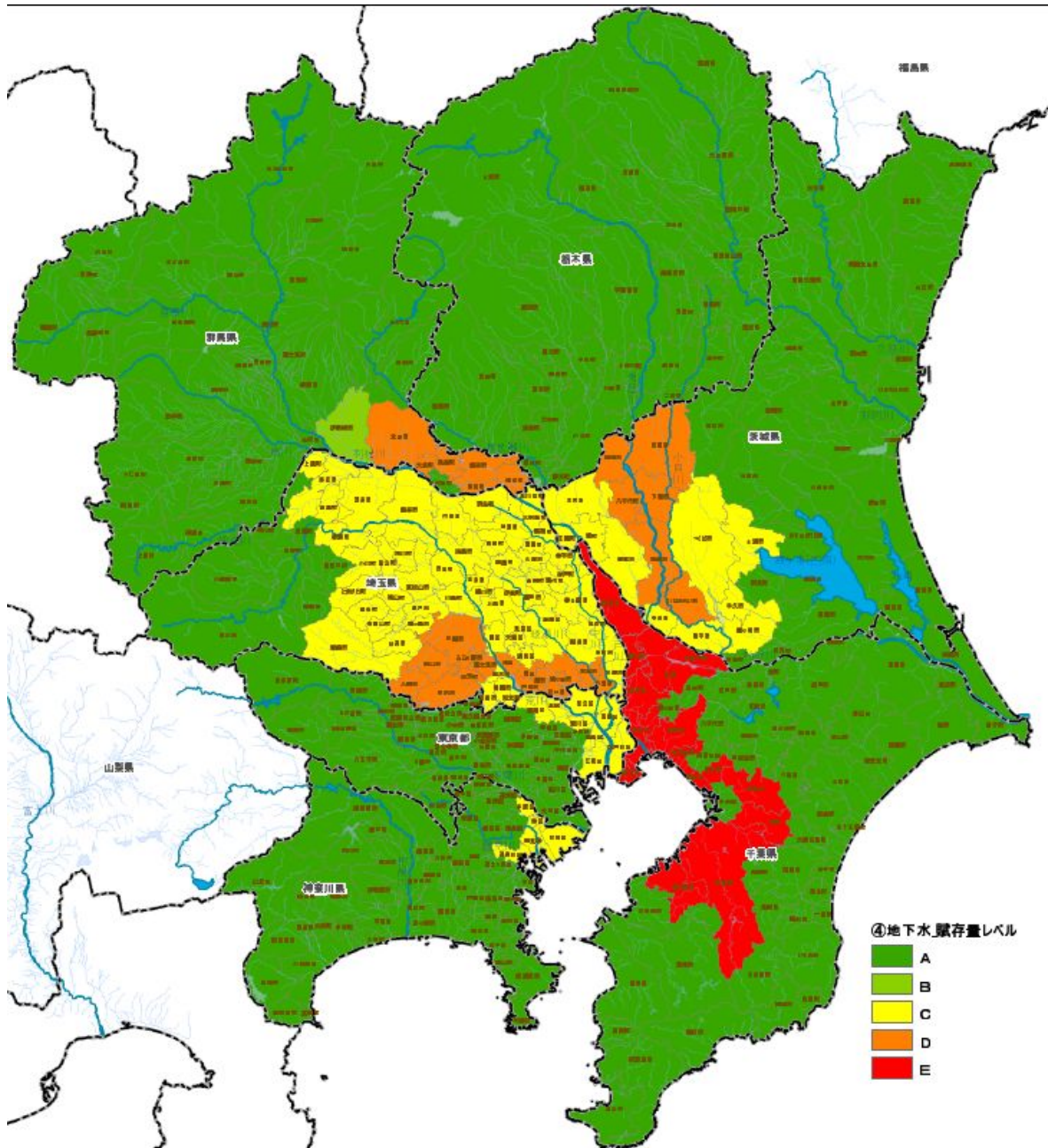


図 6.6-14 首都圏の各市町村の地下水取水安全度の設定

③ 地下水の揚程に関する情報

井戸からの取水のエネルギー効率を検討する上でもっとも大きなウェイトを占められるのは、地下水を地上にくみ上げる際に必要なポンプのエネルギー量である。このエネルギー量は、地下水の揚程×取水量から計算できる。

地下水の取水量           ＝ポンプ(井戸)能力×稼働率

地下水の揚程           ＝地表面標高－(地下水水面＋揚水による水位低下)＋損失水頭

通常、地下水の井戸能力、取水可能量を正確に把握するためには、揚水試験を行う必要がある。地下構造は非常に複雑であり、ごく近い位置であっても地下水の特性が大きく異なったり、近傍の既

設の井戸に影響を与えたりすることも多い。さらには、取水設備の状態、日常の取水状況など局地的な状況にも大きく左右される。

しかし、今回調査では関東地域全域の傾向を把握する必要があり、これら個別具体的な状況を厳密に反映させることは困難である。そこで、やや古いデータが多く想定としても乱暴ではあるものの、広域的に吟味されたデータとして、水基本調査(地下水調査)(国交省 土地水資源局 国土調査課)の揚水水位を適用する。地下水の取水条件の整理結果を図 6.6-15 とする。

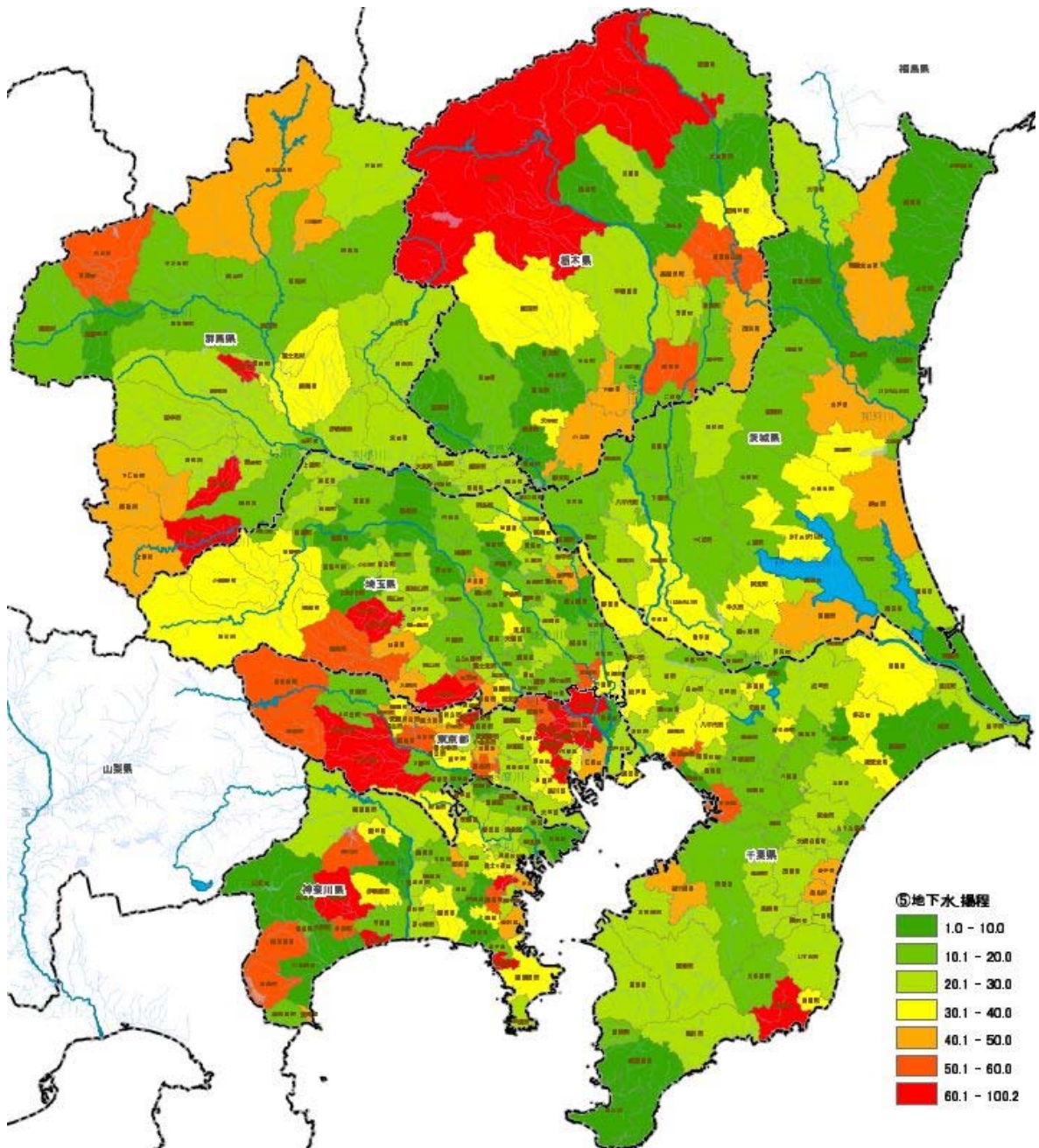


図 6.6-15 首都圏の各市町村の揚程の設定



地下水位の設定のため、1)揚水時水位のデータがある場合はそのデータを適用する、2)揚水時データがない場合は自然水位に、県別に算定する揚水時水位の低下率を乗ずる。低下率は取水時水位／平常時水位で算出し、県ごとの中央値を適用する、3)どちらのデータもない場合は周辺市町村のデータの平均的な数値を5m単位で推定する、という手法をとった。

参考資料:国土交通省 土地・水資源局 国土調査課 水基本調査(地下水調査)

[http://tochi.mlit.go.jp/tockok/inspect/landclassification/water/basis/guide/F8toF9\\_exp.html](http://tochi.mlit.go.jp/tockok/inspect/landclassification/water/basis/guide/F8toF9_exp.html)

#### ④ 地下水の水質に関する情報

地下水の水質は取水後の用途に影響を与える重要な情報であるが、取水方法や取水量によって変化するため、広域的な水質データを適切に判断することは困難でもある。

本論では、概略としての水質の影響を反映させるため、やや乱暴ではあるが、水基本調査(地下水調査)で水質データが記載されているケースについて、水道水質基準に設定されているうち5項目についてデータが記載されているものを選定し、取水の是非を検討する慣習的な目安である基準値の70%を超えているかどうかで、都県単位で使用の可否を判定する。結果を以下に示す。

表 6.6-20 地下水の水質状況と使用可能確率

	A NOX 基準 (10×70%) 適合率	B 蒸残基準 (500×70%) 適合率	C 硬度基準 (300×70%) 適合率	D 鉄基準 (0.3×70%) 適合率	E カメ基準 (10×70%) 適合率	A-E 無処理 ①飲用 可能	A、C 処理後 ①飲用 可能	D 無処理 ③洗濯 可能
	処理困難		処理困難					
				洗濯制約				
茨城	5/6	6/7	8/8	5/12	2/5	40%	80%	42%
栃木	6/6	5/5	4/4	5/5	4/4	100%	100%	100%
群馬	8/15	14/15	16/16	6/14	1/3	43%	53%	43%
埼玉	16/28	27/27	30/32	13/36	4/7	36%	57%	36%
千葉	9/14	16/18	24/25	17/24	7/13	54%	64%	64%
東京	2/4	6/6	19/19	13/18	5/5	50%	50%	72%
神奈川	7/10	7/10	19/19	12/20	5/8	60%	70%	60%

直接飲用する場合は本来同時にすべての項目をクリアしている必要があるが、簡便のため、A～Eのすべての項目の基準をクリアしている割合の最低値をとった。また、ある程度簡易な処理で飲用する場合、窒素及び硬度についてはやや処理が高度になるものとみなし、A、Cをクリアしているかどうかで飲用可能になるかどうかを判定する、また、直接雑用で使用する場合は金気、すなわち鉄類が問題になるので、Dをその判定基準とした。

参考資料:国土交通省 土地・水資源局 国土調査課 水基本調査(地下水調査)

[http://tochi.mlit.go.jp/tockok/inspect/landclassification/water/basis/guide/F8toF9\\_exp.html](http://tochi.mlit.go.jp/tockok/inspect/landclassification/water/basis/guide/F8toF9_exp.html)



## 5) 雨水の使用可能量の検討

### (1) 首都圏における水資源の状況

首都圏における雨水利用の現状は「日本の水資源」にて再生水利用とあわせて取り上げられているが、水量ベースでは雨水利用よりも下水処理水利用などの再利用が中心で、雨水利用は大々的には実施されていない。ただし、個人ベースでは積極的に雨水利用が行われており、行政の促進策などもあるため、市井の関心は決して低くはない。

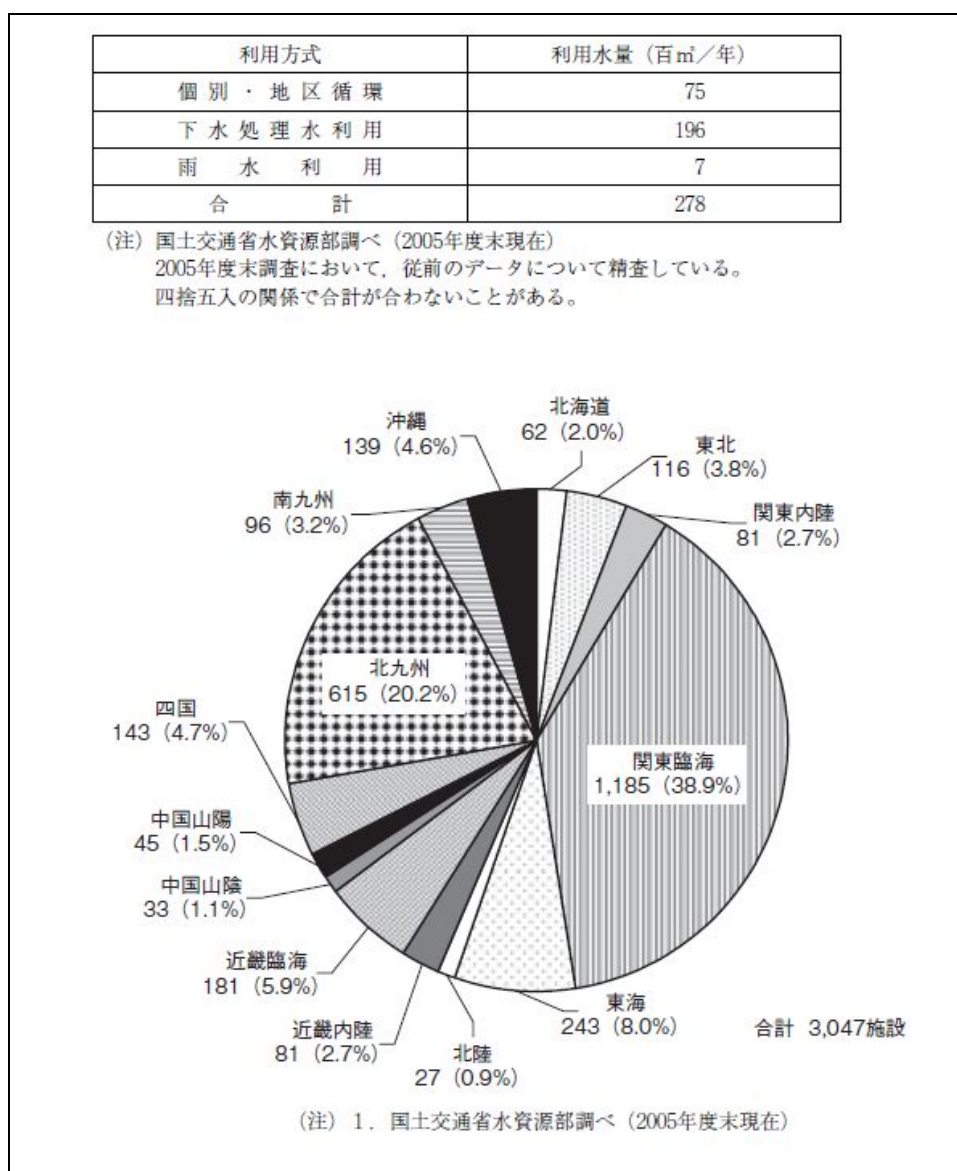


図 6.6-16 首都圏における水資源の状況<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 【引用文献】国土交通省土地・水資源局水資源部『日本の水資源』佐伯印刷 平成20年版

(2) 水資源としての特徴

雨水の水資源としての特徴は以下に示すとおりである。

表 6.6-21 都市用水としての雨水の利用特性

水資源	水量(を確保する)		水質(を満足する)		水圧(で水を送る)	
特徴	×	量の安定性の面で制約は大きい	△	やや不十分	×	通常、大規模な送配水は行われぬ。
検討に必要な情報	①降雨に関する情報 ②雨水集水面積 雨水貯留槽		③集水時の汚染データ		×輸送を前提としない	

■水量(を確保する)

雨水利用は自然現象である降雨に大きく依存するうえ、集水面積や貯留槽の整備にも限界があるため、水量の安定性の面で他の水資源に対して決定的に劣る。このため、雨水を利用する場合は、量の安定性をカバーするための貯留施設の能力確保にどこまで投資をするのかによって決まる。

一般的な雨水の利用方法は、上水道などの補完的な水資源としての活用であり、安定性に劣ることへの対策として雨水貯留槽を設けている。この役割を伝統的に担ってきたのが溜池である。近年ではより小規模な雨水貯留槽の普及への補助などの形でとして普及が促進されている。

■水質(を満足する)

初期降雨水については顕著な汚染が見られ、一般に水質面での優位性はない。利用においては水質への一定の配慮は必要である。ただし、初期降雨を捨てるなどして選択的な取水を行うことで、そのまま利用可能な水質の雨水を得ることができる場合もある。

なお、溜池のような長時間の貯留を行う場合には、溜池の富栄養化など別の問題が発生しうるが、このような水利用はダム建設の検討の範疇であるので、今回調査の範囲外とする。

■水圧(で水を送る)

今回調査の範囲ではユースポイントにおける降雨で検討するため、関東一円のどこであっても雨水利用は集水屋根・貯留槽の設置可能な用地の範囲で取り組み可能である。

ある程度まとまった土地を用意できる場合においては溜池方式も考えられるが、局地的な条件に大きく依存すること、そこまで考慮すると前述のとおりダムの建設による水資源の確保と同じになることから、今回調査の範囲には含まないものとする。

(3) 水資源分布のモデル化の方法

雨水利用可能量は、当該地点の年間降水量、集水可能面積と貯留槽の容積で決まる取水可能雨量により算出方法する。雨水利用ハンドブックなどでは具体的な試算方法も計算されているが、上

水道大体での利用を想定する場合、選択取水や水需要の時間変動パターンも考慮することがより現実に近いモデルとなるため、本論では、実際の降雨パターンデータに対して、雨水利用モデルを構築したうえでシミュレーションにより計算を行うこととした。

#### ① 降雨に関する情報

降雨パターンデータは、アメダスの1時間単位でのデータを、1都7県別に5年分(2004～2008)収集し、これを直接シミュレーションに投入する方法をとった。

降雨強度は、首都圏程度の地域差であれば、場所の差による利用可能性の差はそれほど大きくないが、それでも埼玉県と神奈川県で1.3倍程度の差が生ずる。今回調査では、都県単位での降雨情報をベースに条件を与える。アメダスデータ(気象庁)より抽出した降雨データの概要は以下のとおり。

表 6.6-22 降雨量および同一条件での使用可能量の比較

県	都市	平均年間 降雨量 mm	1日あたり 使用可能水量 L/日/m <sup>2</sup>	備考
茨城県	水戸	1,331	3.64	
栃木県	宇都宮	1,522	4.17	
群馬県	前橋	1,311	3.59	
埼玉県	熊谷	1,302	3.56	調査点分散のためさいたま市外とした
千葉県	千葉	1,461	4.00	
東京都	東京	1,603	4.39	
神奈川県	横浜	1,704	4.67	

注)1日あたり使用可能水量は100m<sup>2</sup>の集水面積の降雨を1日あたりとしたものを100で除して計算。

#### ② 雨水集水面積、貯留槽容量

雨水の使用可能量は集水面積、雨水槽容量、需要量によって計算できる。一般には長期的な降雨パターンを平均化したデータを用いるが、本論では水道利用の代替としてのシミュレーションを行う立場から、(1)需要量の1日の使用量の変動パターンを反映させる、(2)再利用の用途を考え初期降雨の捨水を行うことで比較的水質の良好な雨水を選択的に集水するケースを表現する、の二つの視点を考慮して、雨水利用の計算モデルを組み立てることとした。モデルの構成を以下に示す。

- a) 雨水量はすべて1時間単位のアメダス実測データ(単位:mm)を利用する。
- b) 集水量は降雨量(mm)×集水面積(m<sup>2</sup>)で計算する。集水ロス是集水面積の減価で表現する。(たとえば、100m<sup>2</sup>の集水面積で90%の流出率の場合、90m<sup>2</sup>で計算する。)
- c) 降雨の開始時でかつ貯留槽内の水量が0の場合、初期降雨時のロスを計上する。初期降雨は自動的にロスになるものとして、0.5mm分の降雨量は再利用不可とする。
- d) 雨水貯留槽の容量には上限を設定する。集められた雨水は貯留槽に導かれるが、入りきらなかつ

た分は溢水として失われる。

- e) 雨水と貯留槽内の水は、1時間単位で設定された需要パターンに基づいて需要家に消費されるものとする。需要パターンは家庭用の日変動パターンを設定した(季節変動は考慮していない)。これにより、たとえば夜間に雨が降った場合、需要はゼロなのでそのときには使用されず、雨水槽に貯留されるといった表現が可能となる。また、水利用のパターンを変更することで、より緻密なシミュレーションが可能となる。

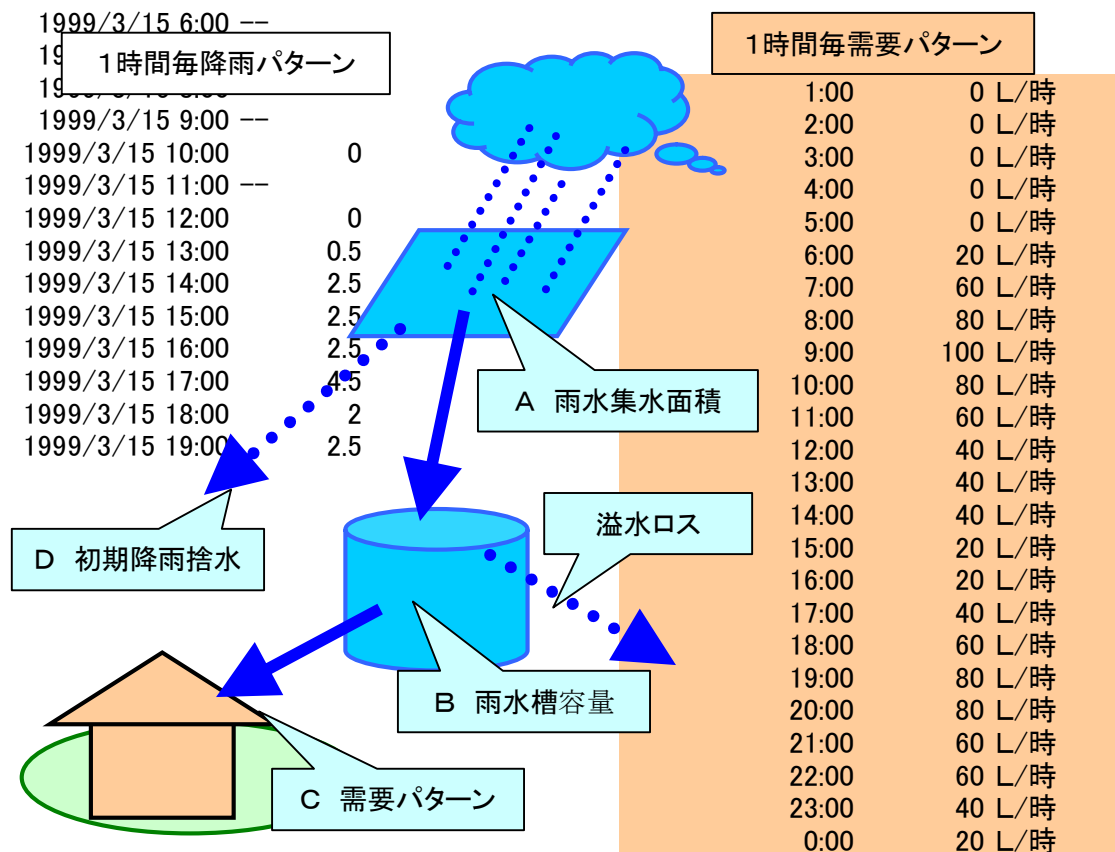


図 6.6-17 雨水利用モデル

### ③水利用の規模

本調査では、雨水利用は、家屋屋根の利用を家庭で利用することを想定したユビキタス型と、道路降雨を街区もしくは商業ビル施設で利用することを想定したコミュニティ型の2種類を想定している。なお、パラメータは「排水再利用・雨水利用システム計画基準」に準拠した。

#### ■ユビキタス型(家庭用) 屋根雨水

集水面積の面積は平均的な家屋の20坪に相当する屋根面積程度、これに流出計数0.9(10%のロス)を見込んで60m<sup>2</sup>で計算する。また、家庭用の雨水タンク容量にはさまざまなものがあるが、一般家庭用の平均的な大きさのものを想定して250Lで計算する。

## ■コミュニティ型(街区、商業施設) 道路雨水

モデル集水面積の面積は 50m×50mの街区とする。流出係数は道路で 0.8～0.9、土面で 0.05～0.25 と土地利用状況によってかなり幅がある。本論では、通常の街区の場合は舗装の割合が低いものとして0.3、商業施設の場合は多く舗装されているものとして0.8を適用する。これにより、街区の場合の集水面積は  $2,500\text{m}^2 \times 0.3 = 750\text{m}^2$ 、商業施設の場合は  $2,500\text{m}^2 \times 0.8 = 2,000\text{m}^2$  となる。

業務用の雨水タンク容量は本来相当自由に設計できるが、市販されている大型のものにはさまざまなものがあるが、本論では数世帯で共用とすることを想定しているため、街区の場合は市販のうち大型のものとして  $5\text{m}^3$ 、商業施設では特に大型のものとして  $10\text{m}^3$  で計算する。

表 6.6-23 場所、集水面積、雨水タンク容量を条件とした使用可能量の試算条件

	ユビキ タス家 庭用	ユビキ タス家 庭用	ユビキ タス家 庭用	コミュニ ティ街区	コミュニ ティ街区	コミュニ ティ街区	コミュニ ティ商業 施設	コミュニ ティ商業 施設	コミュニ ティ商業 施設	
屋根面積	60	60	60	750	750	750	2,000	2,000	2,000	
雨水槽	250	250	250	5,000	5,000	5,000	10,000	10,000	10,000	
日あたり 水量 L/日	茨城	332	937	500	1,755	3,855	2,640	35,100	77,100	52,800
	栃木	385	1,048	551	2,055	4,275	2,940	41,100	85,500	58,800
	群馬	462	1,216	674	2,520	5,205	3,675	50,400	104,100	73,500
	埼玉	325	913	491	1,845	4,065	2,790	36,900	81,300	55,800
	千葉	297	839	444	1,725	3,780	2,580	34,500	75,600	51,600
	東京	262	773	403	1,845	4,215	2,835	36,900	84,300	56,700
	神奈川	333	887	471	2,055	4,200	2,910	41,100	84,000	58,200
	④-⑤	①-⑤	②-⑤ 補給	④-⑤	②-⑤	②-⑤ 補給	④-⑤	②-⑤	②-⑤ 補給	

### ④ 雨水水質

雨水の水質は通常の表流水と比較すると溶存成分が少ないために、大気由来の二酸化炭素の影響によるpHの低下(pH4程度)が観察されるほか、TOC で 1.3～2.5mgC/L、全窒素で 0.5～1.2mgN/L 程度となるケースが報告されている。

ただし、雨水の水質は初期降雨とその後の降雨分について大きく変化する。初期降雨については大気中の浮遊物質や酸性雨原因物質などのほか、集水面の汚れなどを含むが、その後の水質は基本的には良好なものとなる。

この点を考慮し、本調査では水質面では、集水方法の差で2つのオプションを用意する。

- 屋根雨水では、初期降雨を除外する選択取水するものとして、②風呂～⑤便所の用途を代替できる水質の雨水が得られるものとする。また、処理を行えば①飲用にも耐えられる水を得られると想定する。
- 道路雨水で全水量を利用、水処理を行わない場合の用途は④雑用～⑤便所とする。水処理の程度によって、②風呂～⑤便所への利用も想定するが、飲用利用は想定しない。

表 6.6-24 条件単位での試算結果

[雨水収支 単位:L/日/施設]

	ユビキ タス家 庭用	ユビキ タス家 庭用	ユビキ タス家 庭用	コミュニ ティ街区	コミュニ ティ街区	コミュニ ティ街区	コミュニ ティ商業 施設	コミュニ ティ商業 施設	コミュニ ティ商業 施設
	④-⑤	①-⑤	②-⑤ 補給	④-⑤	②-⑤	②-⑤ 補給	④-⑤	②-⑤	②-⑤ 補給
屋根面積 (m2) × 流出率	60	60	60	750	750	750	2,000	2,000	2,000
雨水槽 (L)	250	250	250	5,000	5,000	5,000	10,000	10,000	10,000
茨城									
総降雨量	111	111	111	1,391	1,391	1,391	3,709	3,709	3,709
雨水活用量	<b>31</b>	<b>45</b>	<b>36</b>	<b>398</b>	<b>488</b>	<b>443</b>	<b>1,645</b>	<b>2,091</b>	<b>1,858</b>
初期降雨捨水量	4	5	4	27	44	36	176	208	198
溢水量	76	61	71	966	858	911	1,887	1,410	1,653
栃木									
総降雨量	125	125	125	1,561	1,561	1,561	4,164	4,164	4,164
雨水活用量	<b>35</b>	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>438</b>	<b>538</b>	<b>486</b>	<b>1,858</b>	<b>2,368</b>	<b>2,098</b>
初期降雨捨水量	4	6	5	29	47	40	203	227	218
溢水量	85	69	80	1,094	977	1,036	2,102	1,569	1,848
群馬									
総降雨量	107	107	107	1,340	1,340	1,340	3,573	3,573	3,573
雨水活用量	<b>34</b>	<b>48</b>	<b>38</b>	<b>422</b>	<b>505</b>	<b>461</b>	<b>1,805</b>	<b>2,219</b>	<b>2,028</b>
初期降雨捨水量	5	6	5	33	50	43	212	230	221
溢水量	69	53	63	885	784	836	1,555	1,123	1,324
埼玉									
総降雨量	105	105	105	1,315	1,315	1,315	3,508	3,508	3,508
雨水活用量	<b>29</b>	<b>42</b>	<b>34</b>	<b>364</b>	<b>456</b>	<b>412</b>	<b>1,593</b>	<b>2,036</b>	<b>1,823</b>
初期降雨捨水量	4	5	4	26	41	34	174	207	194
溢水量	73	58	68	925	819	869	1,741	1,265	1,490
千葉									
総降雨量	124	124	124	1,544	1,544	1,544	4,118	4,118	4,118
雨水活用量	<b>32</b>	<b>46</b>	<b>37</b>	<b>403</b>	<b>505</b>	<b>456</b>	<b>1,758</b>	<b>2,231</b>	<b>2,001</b>
初期降雨捨水量	4	6	5	29	48	38	199	231	217
溢水量	88	72	82	1,112	991	1,051	2,161	1,656	1,900
東京									
総降雨量	134	134	134	1,676	1,676	1,676	4,469	4,469	4,469
雨水活用量	<b>30</b>	<b>46</b>	<b>35</b>	<b>406</b>	<b>523</b>	<b>463</b>	<b>1,873</b>	<b>2,477</b>	<b>2,178</b>
初期降雨捨水量	3	5	4	28	42	35	177	211	196
溢水量	101	83	95	1,241	1,111	1,178	2,420	1,781	2,095
神奈川									
総降雨量	141	141	141	1,762	1,762	1,762	4,700	4,700	4,700
雨水活用量	<b>33</b>	<b>49</b>	<b>38</b>	<b>432</b>	<b>537</b>	<b>481</b>	<b>1,988</b>	<b>2,534</b>	<b>2,243</b>
初期降雨捨水量	4	5	4	29	45	36	190	218	207
溢水量	104	86	98	1,302	1,180	1,245	2,521	1,947	2,249

参考文献: (社)雨水貯留浸透技術協会編集 『雨水利用ハンドブック』 山海堂 1998年 (引用文献)



## 6) 下水・再生水の使用可能量の検討

### (1) 首都圏における水資源の状況

日本の水資源によると、下水処理水は平成17年度時点で全国2,039箇所の下水処理上から約138億 m<sup>3</sup>/年程度発生しており、処理場内での利用のほか、各種の用途に利用される事例も増えている。平成17年度における再利用の水量は各種用途をあわせて約2億 m<sup>3</sup>/年とされている。

首都圏の下水処理場の能力とその分布を以下に示す。

表 6.6-25 首都圏の下水道の基礎情報

	人口(人)		水量/能力(m <sup>3</sup> /日)		面積(ha)	
	上水道 現在給水人口(H17)	下水道 現在水処理施設処理人口(H18)	上水道 日平均取水量	下水道 1日最大処理施設能力(晴天時)	排水区域面積	行政区域面積
茨城県	2,586,552	1,559,814	894,655	1,037,016	76,946	609,558
栃木県	1,791,793	1,151,279	715,079	772,436	42,037	640,828
群馬県	1,876,210	767,896	898,737	648,299	35,104	636,316
埼玉県	7,002,416	5,083,100	2,473,764	2,570,538	114,700	379,730
千葉県	5,589,918	3,875,357	1,870,715	2,244,570	83,620	515,619
東京都	12,509,739	9,703,316	4,605,112	7,909,840	111,762	218,690
神奈川県	8,760,039	8,254,268	3,278,507	5,211,300	110,692	241,541
計	40,759,326	30,911,586	15,077,712	20,732,691	598,777	3,688,819

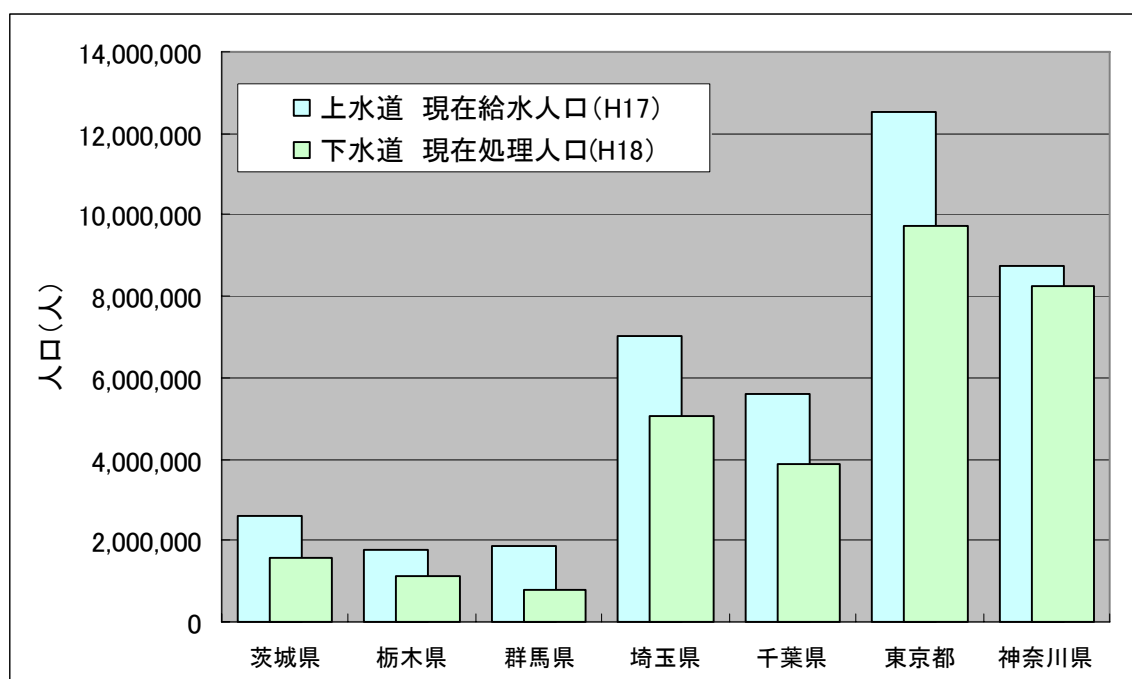


図 6.6-18 給水人口と処理人口の関係

首都圏では水道の給水人口に対して相当程度下水道の整備が進んでいる。また、下水処理場の能力ベースでは、水道の実取水量を凌駕するだけの水量の処理能力を有しており、その水資源としての潜在力はきわめて大きい。ただその分布は市街地が中心であり、行政区域面積に占める排水区域の面積は相当程度小さい。すなわち、地理的にはどこでも活用できる水源とまではいえない。

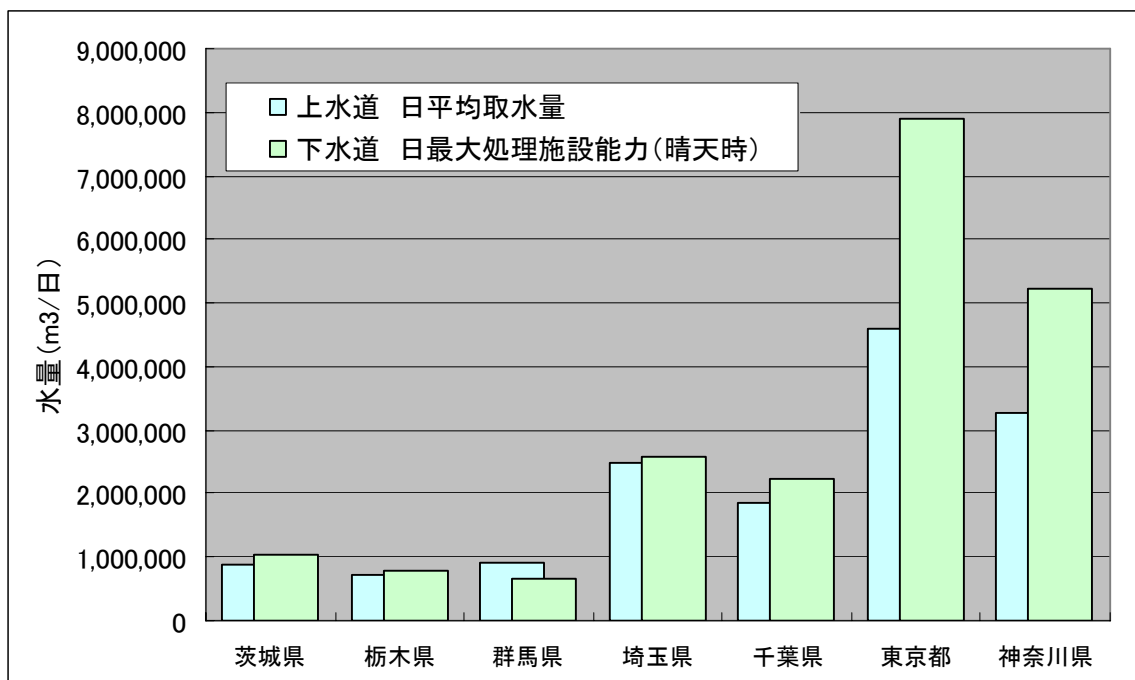


図 6.6-19 水道(取水量)と下水道(計画処理能力)の関係

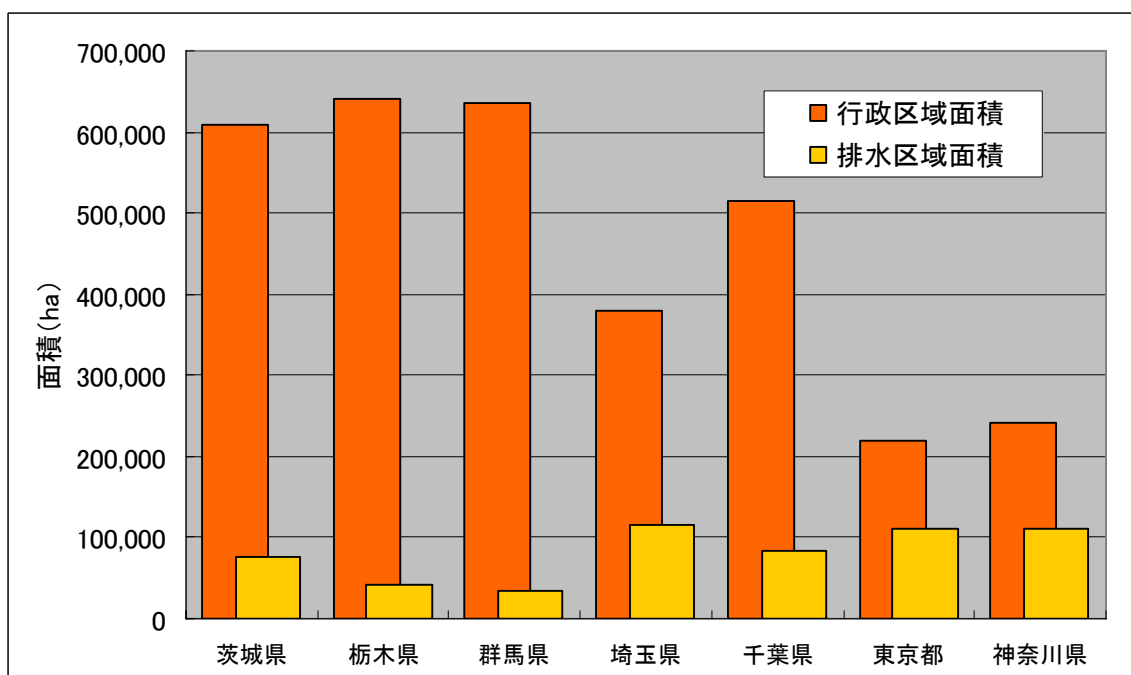


図 6.6-20 行政区域面積と排水区域面積の関係

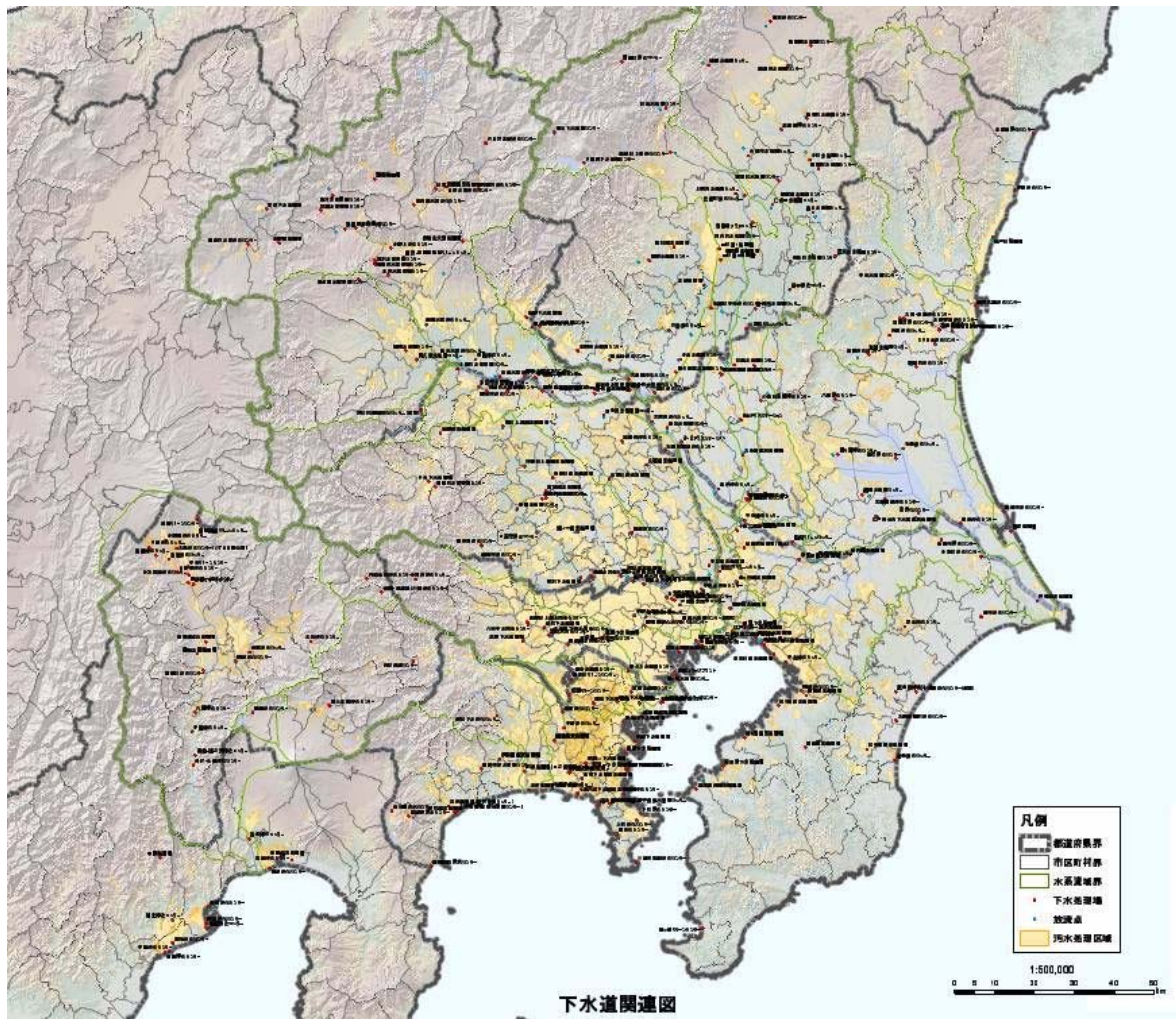


図 6.6-21 首都圏における下水道処理区域の分布

(2) 水資源としての特徴

下水を水資源として使用する場合の特徴を以下に示す。

表 6.6-26 都市用水としての下水の利用特性

水資源	水量(を確保する)		水質(を満足する)		水圧(で水を送る)	
特徴	△	都市用水の需要をおおよそ満足する	×	大きく制約される	×	通常、大規模な送配水は行われたい。
検討に必要な情報	①下水道の整備状況 浄化槽の整備状況 サテライト下水道の配置		×一般的な下水、選択的な取水を想定。		×実際の雑用水供給事例を参考に検討	

■水量(を確保する)

下水処理水は量的にはきわめて安定的な水源である。また、量的にも水道水としての利用量に近く、生活圏の分布するところで獲得できるため広範囲で偏りもない。このような、水量面、安定性の下水処理水のメリットは大きい。

## ■水質(を満足する)

下水処理水の再利用についてはさまざまな取り組みがなされてきており、技術的には十分可能な水準に達している。世界的には飲用に供する水準まで処理した事例も存在する。

しかし、下水処理水による水道代替は、再利用に投入される浄水処理コストに加え、市民感情レベルの抵抗感などもあって、大々的には進んでいない状況といえる。

今回調査範囲では、このような状況にかんがみ、もっとも使用実績が多くハードルの低い、④雑用以下の利用を基本に検討を加える。

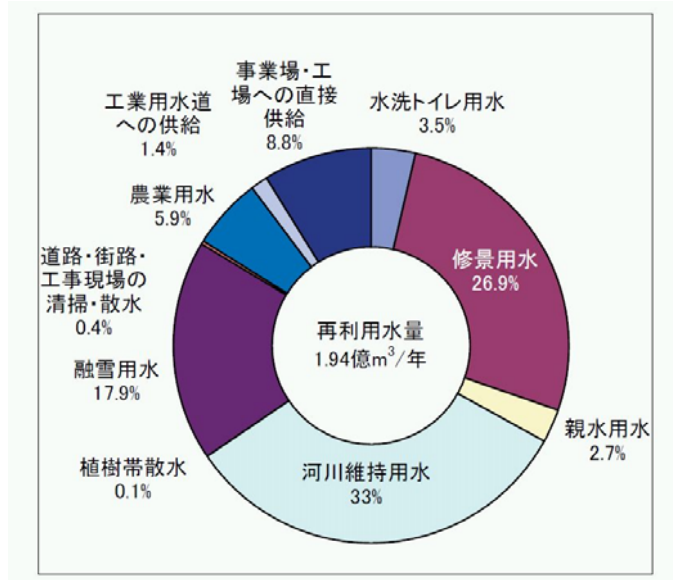


図 6.6-22 下水再生水の利用用途の内訳(平成 18 年度)<sup>1</sup>

## ■水圧(で水を送る)

下水は生活圏において発生するため、送水の負荷もきわめて少ない点にメリットがある。このような特徴を生かすことが下水利用の基本である。

### (3) 水資源分布のモデル化の方法

下水道の再利用を行う方法には、下水に処理を行って雑用水として使用する方法、再生水として処理された水を受水して利用する方法などさまざまなものが考えられる。しかし、前述のように、どのような処理を行った場合であっても、ユーザー側の心理的な抵抗もあり、どうしても用途が雑用に限られるのが現状である。

ただし、量的には雑用水利用とする場合は十分かつ安定的であり、地域による偏在も考慮する必要はない。

また、下水は、水の使い方によって、下水としての発生点の水質が変化する。特に、風呂水を選択的に取り込むことができれば、比較的良好な水質の下水を調達することができる。本論では、このような視点から、下水に対して砂ろ過を基本とする水処理を行った場合と、風呂水を調達してあわせて再生利用したケースについて試算を行う。基本的にはコミュニティ単位で発生した下水をその地点で再生使用するものとする。

<sup>1</sup> 【引用文献】国土交通省土地・水資源局水資源部 『日本の水資源』 アイガー 平成 21 年版 (引用文献)

## 7) 工業用水の使用可能量の検討

### (1) 首都圏における水資源の状況

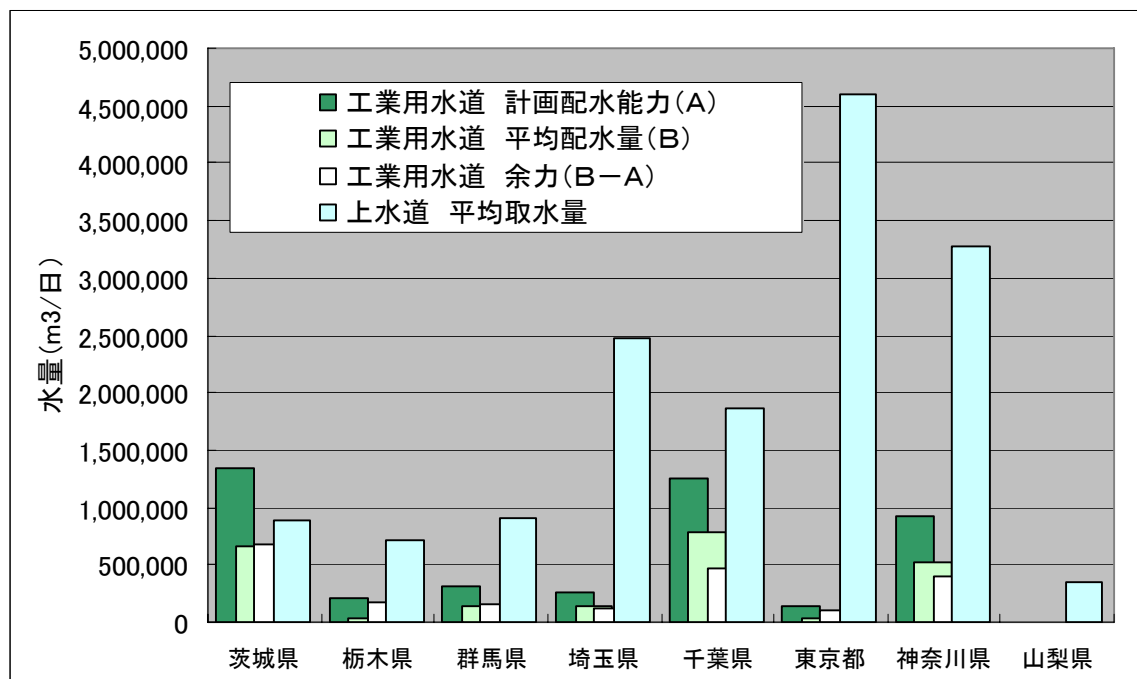
首都圏には地盤沈下の懸念のある地域を中心に工業用水道事業が多数運営されている。特に茨城県、千葉県においては広域的に産業用の水供給を担っている。

表 6.6-27 首都圏の工業用水道の基礎情報

	供給 先数	取水能力 ( $\text{m}^3/\text{日}$ )	計画配水 能力 ( $\text{m}^3/\text{日}$ )	現在配水 能力 ( $\text{m}^3/\text{日}$ )	契約水量 ( $\text{m}^3/\text{日}$ )	一日平均 配水量 ( $\text{m}^3/\text{日}$ )	日平均 - 計画能力 ( $\text{m}^3/\text{日}$ )	上水道 日 平均取水量 (比較)
茨城県	334	1,456,745	1,343,305	1,182,955	1,151,214	669,224	674,081	894,655
栃木県	77	225,000	212,200	114,550	58,068	42,959	169,241	715,079
群馬県	104	333,040	308,500	248,500	218,150	143,485	165,015	898,737
埼玉県	176	260,064	253,000	253,000	217,543	136,203	116,797	2,473,764
千葉県	270	1,355,011	1,261,560	1,154,360	1,085,979	790,748	470,812	1,870,715
東京都	631	156,000	142,000	142,000	61,531	41,244	100,756	4,605,112
神奈川県	143	934,000	922,000	922,000	796,270	522,874	399,126	3,278,507
計	1,735	4,719,860	4,442,565	4,017,365	3,588,755	2,346,737	2,095,828	15,077,712

参考文献:総務省自治財政局編 『平成19年度 地方公営企業年鑑』

[http://www.soumu.go.jp/main\\_sosiki/c-zaisei/kouei19/index.html](http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/c-zaisei/kouei19/index.html)

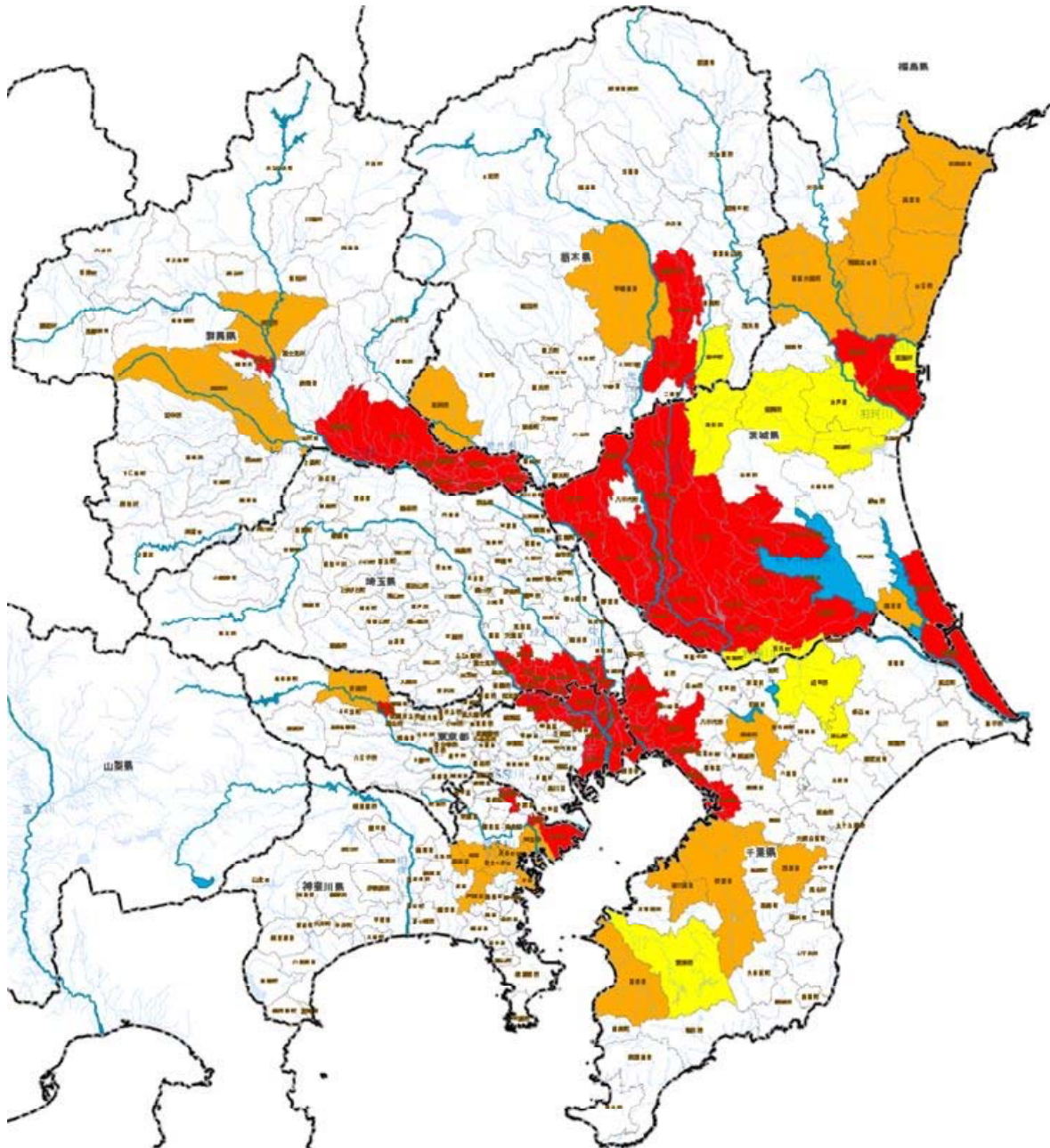


注) 余力(B-A)は参考試算で、契約水量等により現実にこれだけが融通可能なわけではない。

図 6.6-23 首都圏の工業用水道の余力と上水道の取水量の比較



工業用水道事業の供給能力は、全体としては上水道よりも少ないものの、茨城県では計画配水能力が上水道の取水能力を上回るなど、決して小さくはない。工業用水道事業は首都圏各地に位置し、水量では、茨城県、千葉県、神奈川県との供給量が多い。このように、水資源が逼迫し、かつ地盤沈下の懸念がある地域において工業用水道事業が多く分布することが明らかである。



凡例  
 赤＝工業用水道がほぼ全域で供給されている市町村  
 橙＝一部の地域で供給されている市町村  
 黄＝ごく一部、もしくは計画のある市町村

図 6.6-24 首都圏における工業用水道事業の分布



(2) 水資源としての特徴

工業用水の水供給手段としての特徴を概括する。

表 6.6-28 都市用水としての工業用水の利用特性

水資源	水量(を確保する)		水質(を満足する)		水圧(で水を送る)	
特徴	○	産業用水の需要を満足する	△	基本的に表流水を簡易処理で供給。	△	配水管網による供給体制をほぼ完成
検討に必要な情報	①工業用水の分布 ②未売水量		③供給水質		④送水に必要なエネルギー	

備考) ×個別具体のデータではなく文献などの一般資料で検討をする。

統計上は表には現れないが、工業用水を受水しているユーザー企業の中には、自社で膜処理設備を導入するなどして、余裕分の水を水道と同等に使用している例は少なくないと見られている。工業用水道が責任水量制をとっており節約がコスト縮減につながらないのがその一因ではあるものの、本質的に、水道水と工業用水の位置づけの近さがあることがそれを後押ししていると考えられる。

■水量(を確保する)

工業用水道とは工業用水道事業法に基づいて、導管により工業用水を供給する施設である。その主たる目的は、産業用水の供給と地盤沈下の防止であり、わが国の産業や経済をささえてきた重要な基盤インフラである。

工業用水が上水道と大きく異なる点は、飲用に資する水を供給する前提で事業を行っていないために浄水処理がやや簡易でよく水源や供給水質への要求が柔軟であること、ユーザーが企業等であるためコスト面での制約が厳しいが規模が大きく個別交渉が可能なこと、などである。これらの特徴はいずれもエネルギー量を抑制する視点では有利に働くため、工夫次第では水道水の利用を一部代替するような使い方も可能となる。

上水と工水でユーザーを奪い合う(カニバリゼーション)ことも行政施策上好ましくないうえ、現在は業法などの制約もあり、上水道と工業用水道は行儀よくすみ分けているのが現状であるが、今回検討では法制度的、歴史経緯的な制約を撤廃した場合の検討を行うことが主旨でもあるので、あえて、工水を上水に代替させた場合についての検討を行うものとする。同じ考え方から、工業用水法上の慣習的制約(たとえば再生水 10%の上限等)については本論では前提としない方向とする。これにより、工業用水の未売水を水道用に利用する可能性について評価が可能になる。

■水質(を満足する)

工業用水道の場合は供給水質についてユーザー企業のニーズを満たしていればよく、標準的な水質などの目安はあるものの、現実的には、事業ごとに個別に供給条件を決めている。多くは表流水を

普通沈殿処理、あるいは凝集沈殿処理した水のレベルであるが、下水処理水を利用しているケースもある。一般には、地下水や雨水よりはやや表流水に近く、一般細菌のレベルなども高いと想定される。

## ■水圧(で水を送る)

工業用水道事業は送水管の密度が水道事業と比べて格段に疎である。このため、送水管の近傍においてはほとんど投資なく水供給を行うことができるものの、ある程度の距離があると、管路の布設など比較的大規模な投資が必要になる点に注意が必要である。

今回検討の範囲では、同一市町村内にて工業用水道事業が行われていて、さらにその事業において未売水がある場合にのみ、工業用水道の水を使用できるものとして試算を行い、上水・工水の統合や水利権転換など大幅な変更は対象外とするが、今回検討結果によってはそちら方向にフォーカスしていくことも考えられる。

### (3) 水資源分布のモデル化の方法

#### ①工業用水の分布

工業用水道事業の供給は配水管から十分に近いことが求められる。このため、首都圏内での工業用水道のリストを用意して、工業用水道事業の供給エリアを図上で展開し、供給可能な範囲を限定する。検討手順は以下のとおりとする。

- 他の代替水源と大きく異なり、工業用水としての余力や分布についての情報に基づき、供給可能エリアに制約を受ける。市町村単位で工業用水道の有無を確認したうえで GIS 上に配置する。
- 各工水の分布から、市町村単位で工水の分布を3分類で整理する。(赤:おおよそ全域で使用可能、橙:自治体内の一部限定的エリアで使用可能、黄:拡張計画が実行されれば使用可能)

#### ②供給余力

工水に余力がある場合で、その工水の配水管路が域内に十分に設置されている場合に、上水との代替調達の可能性を試算する。工業用水道事業の供給余力を考える場合、契約水量ベース(未売水ベース)と、実際の供給能力ベースの2種類が考えられるため、本論では双方について検証する。

工業用水の余裕水量は地方公営企業年鑑、平成 17 年度版～平成 19 年度版のデータを利用し、3ヵ年分の平均値から算出した。

供給は工業用水道事業により給水を行っている市町村に対して行われるものとし、工業用水道事業ごとに供給先の市町村を確認、上水道事業の需要水量(2020年、2050年双方)との比で、かつ、地下水・表流水の別と用途範囲のケースそれぞれについて代替可能な上限量を設定した。

表 6.6-29 各工業用水道事業の施設能力と水量あたり電力量とCO2 排出量(1)

	県名	茨城県												千葉県
		那珂川工業用水道事業	鹿島第1・2期工業用水道事業	鹿島第3期工業用水道事業	県西広域工業用水道事業	県南広域工業用水道事業	県中央広域工業用水道事業	鹿怒左岸台地区工業用水道	足利地区工業用水道	渋川工業用水道	東毛工業用水道	埼玉県南部工業用水道事業	千葉県	
	市町村名	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	
供給余力の計算	H19	76,680	810,000	75,000	79,650	40,000	23,000	73,550	-	120,000	128,500	253,000	127,200	
	H18	76,680	810,000	75,000	79,650	40,000	23,000	73,550	-	120,000	128,500	253,000	127,200	
	H17	76,680	810,000	75,000	79,650	40,000	23,000	73,550	-	120,000	128,500	253,000	127,200	
	H19	契約水量(m3/日)	74,050	809,880	74,420	77,273	31,588	21,126	35,021	-	113,520	109,960	216,252	114,362
	H18	"	74,050	810,000	73,870	77,338	31,588	21,126	34,908	-	108,520	109,630	217,543	113,950
	H17	"	74,050	809,880	74,420	77,273	31,588	21,126	35,021	-	113,520	109,960	216,252	114,362
	H19	日平均配水量(m3/日)	63,749	467,049	27,238	40,392	15,387	13,440	25,628	0	71,089	64,152	135,337	63,923
	H18	"	62,123	458,912	30,099	39,704	15,044	12,726	25,871	-	80,362	63,123	136,203	66,058
	H17	"	63,749	467,049	27,238	40,392	15,387	13,440	25,628	0	71,089	64,152	135,337	63,923
	H19-H17	契約水量ベース供給余力(未売水)	2,630	80	763	2,355	8,412	1,874	38,567	#DIV/0!	8,147	18,650	36,318	12,975
		同比率	3.4%	0.0%	1.0%	3.0%	21.0%	8.1%	52.4%	#DIV/0!	6.8%	14.5%	14.4%	10.2%
	H19-H17	実配水量ベース供給余力	13,473	345,663	46,808	39,487	24,727	9,798	47,841	#DIV/0!	45,820	64,691	117,374	62,565
		同比率	17.6%	42.7%	62.4%	49.6%	61.8%	42.6%	65.0%	#DIV/0!	38.2%	50.3%	46.4%	49.2%
	CO2 排出量の算定	H19	63,749	467,049	27,238	40,392	15,387	13,440	25,628	0	71,089	64,152	135,337	63,923
		H18	62,123	458,912	30,099	39,704	15,044	12,726	25,871	-	80,362	63,123	136,203	66,058
		H17	63,749	467,049	27,238	40,392	15,387	13,440	25,628	0	71,089	64,152	135,337	63,923
		H19	年間動力費(千円/年)	67,581	307,948	37,217	66,049	28,828	30,736	20,404	-	57,199	70,950	44,351
H18		"	64,228	298,744	35,351	65,709	27,314	25,472	20,612	-	49,757	68,171	44,907	70,073
H17		"	67,581	307,948	37,217	66,049	28,828	30,736	20,404	-	57,199	70,950	44,351	72,104
A(H19-H17)		一日平均配水量(m3/日)	63,207	464,337	28,192	40,163	15,273	13,202	25,709	0	74,180	63,809	135,626	64,635
B(H19-H17)		年間動力費(千円/年)	66,463	304,880	36,595	65,936	28,323	28,981	20,473	#DIV/0!	54,718	70,024	44,536	71,427
C(県単位)		電力使用量/動力費(KWh/千円)	72.1	72.1	72.1	72.1	72.1	72.1	65.5	65.5	68.8	68.8	69.4	72.4
D=BxC		年間電力利用量(KWh/年)	4,792,006	21,981,848	2,638,500	4,753,962	2,042,112	2,089,554	1,341,003	#DIV/0!	3,764,621	4,817,628	3,090,822	5,171,315
E=D/365		日平均電力利用量(KWh/日)	13,129	60,224	7,229	13,025	5,595	5,725	3,674	#DIV/0!	10,314	13,199	8,468	14,168
F=E/A		配水量あたり電力使用量(KWh/m3)	0.208	0.130	0.256	0.324	0.366	0.434	0.143	#DIV/0!	0.139	0.207	0.062	0.219
G=Fx332		配水量あたりCO2排出量(gCO2/m3)	69.0	43.1	85.1	107.7	121.6	144.0	47.4	#DIV/0!	46.2	68.7	20.7	72.8
備考														



表 6.6-31 各工業用水道事業の施設能力と水量あたり電力量とCO2排出量(3)

	茨城県 高萩市	茨城県 北茨城市	茨城県 北茨城市	茨城県 笠間市	茨城県 潮来市	茨城県 稲敷市	栃木県 足利市	茨城県 茨城町	茨城県	栃木県	栃木県	東京都
	施設1	第一工業用 水道事業	第二工業用 水道事業	笠間市工業 用水道事業	潮来市工業 用水道事業	工業用水道 事業	上下水道部	020の工業 用水道事業 001	高萩・北茨 城広域工業 用水道事業	宇都宮西中 核工業団地 事務組合工 業用水道事 業	青梅・羽村 地区工業用 水道事業	
	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	D1	E1	E2	E3	
供給	20,000	25,270	8,040	1,500	820	870	36,000	-	15,000	5,000	20,000	
余力の	20,000	25,270	8,040	1,500	820	870	36,000	-	15,000	5,000	20,000	
計算	20,000	25,270	8,040	1,500	820	870	36,000	-	15,000	5,000	20,000	
H19	20,000	24,012	7,640	1,250	741	340	22,608	-	6,679	696	7,900	
H18	20,000	24,012	7,540	1,250	741	340	22,608	-	6,679	552	9,135	
H17	20,000	24,012	7,640	1,250	741	340	22,608	-	6,679	696	7,900	
H19	18,513	21,606	3,968	783	245	148	18,377	0	3,602	575	4,781	
H18	18,740	21,090	3,940	742	214	156	16,751	-	3,805	337	5,129	
H17	18,513	21,606	3,968	783	245	148	18,377	0	3,602	575	4,781	
H19-H17	0	1,258	433	250	79	530	13,392	#DIV/0!	8,321	4,352	11,688	
契約水量ベース供給余力(未売水)	0.0%	5.0%	5.4%	16.7%	9.6%	60.9%	37.2%	#DIV/0!	55.5%	87.0%	58.4%	
H19-H17	1,411	3,836	4,081	731	585	719	18,165	#DIV/0!	11,330	4,504	15,103	
実配水量ベース供給余力	7.1%	15.2%	50.8%	48.7%	71.4%	82.7%	50.5%	#DIV/0!	75.5%	90.1%	75.5%	
H19	18,513	21,606	3,968	783	245	148	18,377	0	3,602	575	4,781	
H18	18,740	21,090	3,940	742	214	156	16,751	-	3,805	337	5,129	
H17	18,513	21,606	3,968	783	245	148	18,377	0	3,602	575	4,781	
H19	519	25,044	4,419	3,505	642	618	22,214	91	8,746	2,771	6,803	
H18	492	24,383	4,644	3,686	589	595	19,736	84	8,783	2,127	7,286	
H17	519	25,044	4,419	3,505	642	618	22,214	91	8,746	2,771	6,803	
A(H19-H17)	18,589	21,434	3,959	769	235	151	17,835	0	3,670	496	4,897	
B(H19-H17)	510	24,824	4,494	3,565	624	610	21,388	89	8,758	2,556	6,964	
C(県単位)	72.1	72.1	72.1	72.1	72.1	72.1	65.5	72.1	72.1	65.5	67.3	
D=BxC	36,771	1,789,786	324,017	257,061	45,014	44,005	1,400,914	6,393	631,476	167,440	468,677	
E=D/365	101	4,904	888	704	123	121	3,838	18	1,730	459	1,284	
F=E/A	0.005	0.229	0.224	0.915	0.526	0.800	0.215	#DIV/0!	0.471	0.925	0.262	
G=Fx332	1.8	76.0	74.4	303.9	174.5	265.7	71.4	#DIV/0!	156.5	307.3	87.1	
備考												

表 6.6-32 工業用水道事業ごとの上水道代替可能水量の上限値

整理番号	県名	事業名	水源区分	②-⑤ GW/SW処理 風呂~便所 カパー水量	同左 カパー 率	④-⑤ SW無処理 雑用~便所 カパー水量	同左 カパー 率	②-⑤ GW/SW処理 風呂~便所 カパー水量	同左 カパー 率	④-⑤ SW無処理 雑用~便所 カパー水量	同左 カパー 率
				78.6%		33.8%		78.6%		33.8%	
				Y(2020)		Z(2020)		Y(2050)		Z(2050)	
A1	茨城県	那珂川工業用水道事業	S	72,504	19%	31,179	43%	54,757	25%	23,547	57%
A2	茨城県	鹿島第1・2期工業用水道事業	S	35,080	100%	15,085	100%	26,493	100%	11,393	100%
A3	茨城県	鹿島第3期工業用水道事業	S	106,261	37%	45,695	86%	80,251	49%	34,510	100%
A4	茨城県	県西広域工業用水道事業	S	210,627	12%	90,575	27%	159,070	16%	68,404	36%
A5	茨城県	県南広域工業用水道事業	S	89,461	11%	38,471	25%	67,563	15%	29,054	34%
A6	茨城県	県中央広域工業用水道事業	S	169,635	28%	72,948	66%	131,615	36%	56,598	85%
A7	栃木県	鬼怒左岸台地区工業用水道	S	51,148	0%	21,995	0%	39,684	0%	17,065	0%
A8	栃木県	足利地区工業用水道	S	141,321	32%	60,771	75%	108,794	42%	46,784	98%
A9	群馬県	渋川工業用水道	S	187,667	34%	80,702	80%	144,474	45%	62,128	100%
A10	群馬県	東毛工業用水道	S	381,644	31%	164,116	72%	296,646	40%	127,565	92%
A11	埼玉県	埼玉県南部工業用水道事業	S	433,509	14%	186,420	34%	341,060	18%	146,664	43%
A12	埼玉県	東葛・葛南地区	S	83,260	46%	35,804	100%	65,504	58%	28,169	100%
A13	千葉県	千葉地区	S	109,908	86%	47,263	100%	86,469	100%	37,184	100%
A14	千葉県	五井市原地区	S								
A15	千葉県	五井姉崎地区	S								
A16	千葉県	木更津南部地区	S								
A17	千葉県	房総臨海地区	S	85,683	88%	36,846	100%	67,410	100%	28,988	100%
A18	千葉県	北総地区	G	25,603	5%			20,143	6%		
A19	東京都	東京都	S	1,015,792		436,817		846,251		363,909	
B1	横浜市	相模湖・馬入川系統	S	426,364	55%	183,347	100%	347,551	67%	149,456	100%
B2	横浜市	指定都市宮	S	160,436	99%	68,992	100%	130,780	100%	56,239	100%
C1	日立市	日立市工業用水道事業	S	54,507	29%	23,439	68%	41,165	39%	17,702	91%
C2	常陸太田市	常陸太田工業用水道事業	S	14,381	29%	6,184	68%	10,861	39%	4,671	91%
C3	常陸太田市	金砂郷工業用水道事業	G								
C4	高萩市	施設1	S	8,306	17%	3,572	40%	6,273	22%	2,697	52%
C5	北茨城市	第一工業用水道事業	S	15,108	25%	6,497	59%	11,410	34%	4,907	78%
C6	北茨城市	第二工業用水道事業	S								
C7	笠間市	笠間市工業用水道事業	G	17,838	4%			13,472	5%		
C8	潮来市	潮来市工業用水道事業	G	7,589	8%			5,731	10%		
C9	稲敷市	工業用水道事業	G								
C10	足利市	上下水道部	G								
D1	茨城町	020の工業用水道事業001	G								
E1	茨城県	高萩・北茨城広域工業用水道事業	S								
E2	栃木県	宇都宮西中核工業団地事務組合工	G								
E3	東京都	青梅・羽村地区工業用水道事業	G	59,112	26%			49,246	31%		



③供給水質

工業用水道事業の水質について工業用水協会の調査報告書から概略水質データを抽出した。生活用水として使用する場合の条件を以下のように設定する。

- 地下水水源の場合はそのまま②風呂－⑤便所に使用でき、消毒すればおおよそ①飲用にも使用できると想定できる。ただし地下水利用はわずかである。
- 表流水利用の場合、濁度の面から水道としての利用条件を満たさないため、直接利用の場合は④雑用－⑤便所となる。ただし、膜などある程度簡単な処理で②風呂－③掃除の用途にも使用でき、消毒すれば①飲用にも使用できる。

表 6.6-33 首都圏の主要な工業用水の水質

都道府県	事業	主な水源	pH(－)		濁度(カオリン)(度)		濁度(ホルマリン)(度)		全蒸発残留物(mg/L)		(全)鉄(mg/L)		(全)マンガン(mg/L)		電気伝導率(mS/m)		
			最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大
神奈川県	相模湖・馬入川系統	B1	7.8	7.5	3.7	0.9	-	-	182.0	121.6	-	-	-	-	-	-	-
神奈川県	相模湖・馬入川系統	B1	8.6	7.7	39.0	5.6	-	-	159.0	111.6	-	-	-	-	-	-	-
茨城県	常陸太田工業用水道事業	C2	7.6	7.3	-	-	6.0	2.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
茨城県	高萩市	C4	8.2	7.6	6.9	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
栃木県	足利市	C10	6.6	6.5	0.3	0.1	-	-	250.0	197.8	0.18	0.10	-	-	-	-	-
茨城県	高萩・北茨城広域工業用水道事業	E1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
茨城県	那珂川工業用水道事業	A1	7.6	7.3	-	-	6.0	2.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
埼玉県	埼玉県南部工業用水道事業	A11	7.2	6.9	2.9	0.5	-	-	200.0	191.5	0.1	0.0	0.1	0.0	290.0	240.1	
埼玉県	埼玉県南部工業用水道事業	A11	7.0	6.8	3.2	1.4	-	-	310.0	231.2	0.4	0.2	0.4	0.2	559.0	367.4	
埼玉県	久喜菖蒲工業用水道事業		7.7	7.4	4.7	2.3	-	-	166.0	140.2	0.2	0.1	-	-	23.3	20.8	
東京都			7.4	7.1	1.5	0.9	-	-	210.0	169.0	0.09	0.05	0.120	0.06	324.0	246.9	
神奈川県	川崎市 指定都市営	B2	8.4	7.6	9.4	3.5	-	-	130.0	117.5	0.4	0.1	-	-	168.0	154.7	
神奈川県	川崎市 指定都市営	B2	7.3	7.0	3.1	1.3	-	-	230.0	177.6	0.1	0.0	-	-	337.0	277.0	
茨城県	北茨城市第一工業用水道事業	C5	7.1	7.0	-	-	5.5	1.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
茨城県	潮来市工業用水道事業	C8	7.4	7.4	0.1	0.1	-	-	150.0	140.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-
栃木県	宇都宮西中核工業団地事務組合	E2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
東京都	青梅・羽村地区工業用水道事業	E3	7.6	7.3	5.0	0.1	44.0	41.6	82.0	15.7	0.08	0.08	-	-	148.0	124.7	

参考文献:(社)日本工業用水協会『工業用水の水質把握等調査報告書』平成14年度、平成15年度

#### ④送水に必要なエネルギー

既存の工業用水道事業におけるCO<sub>2</sub>排出量は、地方公営企業年鑑の動力費を利用して算出する。動力費に都道府県単位で算出した電力使用量と動力費の比を乗じ、水量あたりの電力使用量を算出したうえで、これに東京電力の二酸化炭素排出量原単位を乗ずることで算出する。

個別事業ごとの排出量算出過程は前出の表 3.19—表 3.21 のとおりである。

表 6.6-34 家庭・業務・工場別の配分比設定(単位:%)

	電力使用量／動力費 kwh/千円	備考
茨城県	72.07	
栃木県	65.49	
群馬県	68.83	
埼玉県	69.36	
千葉県	72.39	
東京都	67.26	
神奈川県	70.15	

※2009年水道統計の値により市町村単位で設定。合計100%。

### 6.6.6 各種水資源の利用による環境負荷の低減効果

#### 1) 評価方法

ここでは、これまで各種の水資源ごとに、整理してきた条件を統合して、市町村別の地理的条件や使用条件による水資源の使用可能量の制約、水処理方法によるバリエーションを加味し、これらの水資源が環境負荷低減のために上水道の供給を代替できるポテンシャルを探る。

このため、2050年の想定需要水量に対して、上水道として供給した場合の1m<sup>3</sup>あたりの電力消費量(平均で0.52kWh/m<sup>3</sup>)がどこまで削減できるかを市町村単位で収集した個別のデータに基づいて計算する方法をとる。

水道を代替しうる水資源を利用するためのエネルギーとしては、それぞれの水を確保するために必要なエネルギー(たとえば地下水を取水するためのエネルギーなど)、水を用途にあわせて処理するためのエネルギー、処理した水を家庭などの需要家に供給するためのエネルギー、複雑なシステムをコントロールする制御ユニットのエネルギーなどで構成される。用途を制約して処理レベルを下げたり、風呂水を再利用したりすることで取水量を制約するようなケースも検討の対象とする。

一方、いくらエネルギー面で有利な水資源であっても、十分な量を確保できない場合、その水資源によるエネルギー使用量の削減効果は限定的になる。雨水利用がその典型例で、特に直接使用する場合はほぼゼロエネルギーであるが、その使用可能量はわずかである。

さらには、関東圏全域において、これらの条件が異なる。地下水の取水が容易な地域とそうでない

地域、工業用水のエネルギー量が大きい地域とそうでない地域で、どの水資源の利用が有利なのか  
が変化するものと考えられる。

本論で検討する各種の水資源はそれぞれに顕著な特徴があり、それぞれの特徴を考慮しながら適  
切にモデルを組む必要がある。ただ、その組み合わせは無限の広がりがあり、すべてを試算するこ  
とは不可能である。さらには、データやモデルの精度を確保するのに十分な情報も得られていない。こ  
のため、本論で算出する結果は、今後の情報収集や検討モデルのバリエーションによって大きく影響  
を受ける前提での試算となっている。

なお、本検討はポテンシャルの検討という位置づけで行うものとし、隣接する自治体同士の活動の  
相互干渉を考慮せず計算している。たとえば、ある市町村が大々的に地下水や工業用水を利用した  
場合、隣接する自治体で同じ水資源の調達を行うことが制約されるが、このような関係性については  
対象外としている。

## 2) 上水道による水供給の評価

まず、上水道による動力量をベンチマークに、漏水対策として漏水率を半分にした場合の電力消費  
量の削減幅を整理する。現状の漏水率(=100%-有効率)が半分になった場合、供給される水量が  
減少する率で、環境負荷の低減率をとらえる。首都圏全域における漏水対策による環境負荷低減効  
果を図 6.6-25 に、都道府県単位の削減率を表 6.6-35 に示す。

削減効果は首都圏全域で加重平均すると3.0%となった。山梨県、栃木県、群馬県などで漏水対策  
事業の余地が比較的大きく、その効果も大きいと評価された。

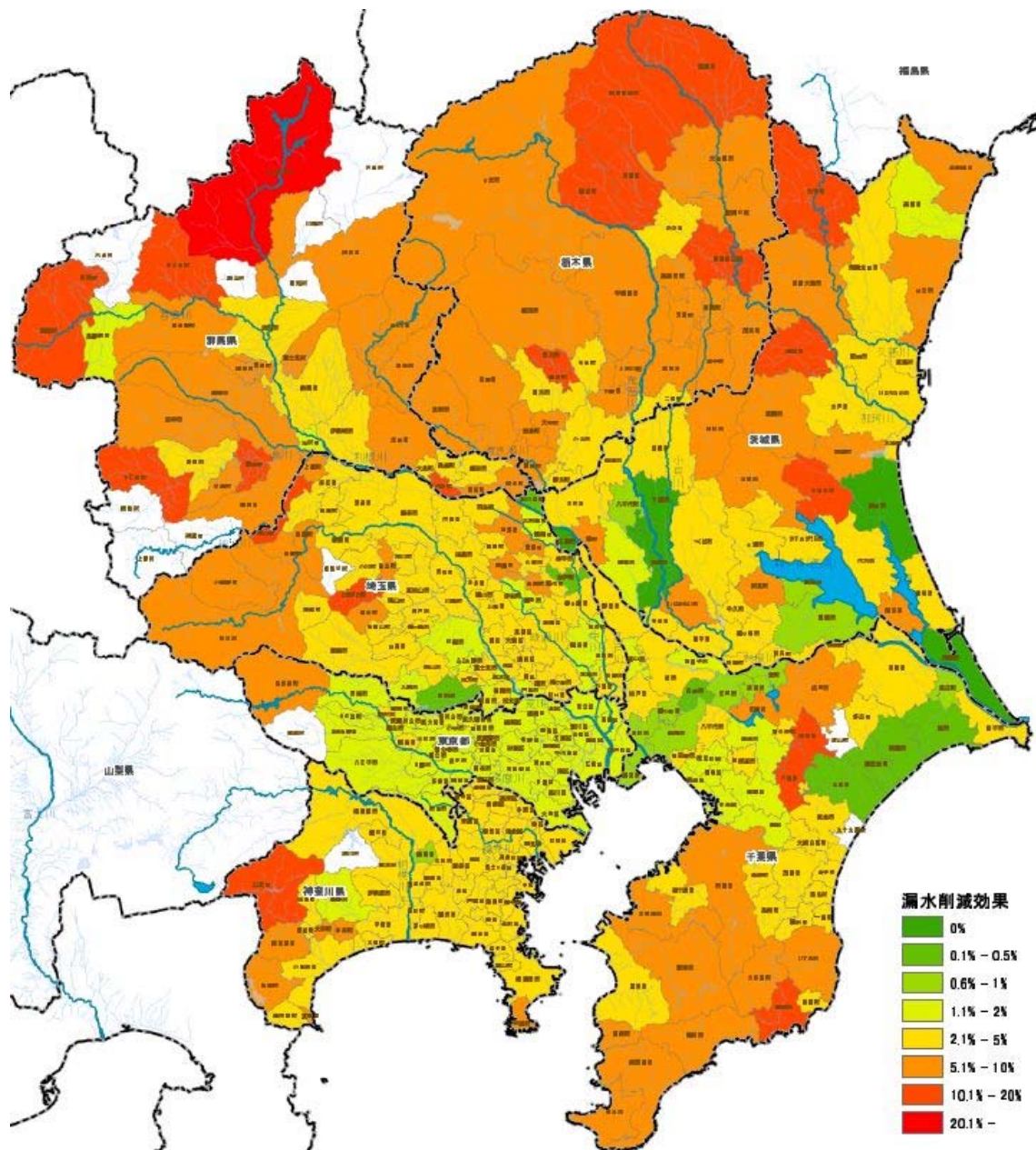


図 6.6-25 市町村別、環境負荷低減率(漏水対策)

表 6.6-35 都道府県別上水道の動力原単位、漏水削減による排出負荷削減効果

	水道による電力使用量			電力原単位		
	水道による 電力使用量 Kwh	漏水対策 電力削減量 Kwh	削減 率	上水道 Kwh/m3	代替 水源 Kwh/m3	削減 率
茨城県	483,044	461,459	4.5%	0.715	0.683	4.5%
栃木県	184,468	171,277	7.2%	0.352	0.327	7.2%
群馬県	214,776	203,162	5.4%	0.351	0.332	5.4%
埼玉県	1,151,154	1,121,725	2.6%	0.624	0.608	2.6%
千葉県	961,944	933,543	3.0%	0.632	0.613	3.0%
東京都	1,923,595	1,888,649	1.8%	0.487	0.478	1.8%
神奈川県	1,199,071	1,162,935	3.0%	0.451	0.437	3.0%
関東一円	<b>6,118,052</b>	<b>5,942,749</b>	<b>2.9%</b>	<b>0.520</b>	<b>0.504</b>	<b>2.9%</b>

### 3) ユビキタス型(地下水による水供給の評価)

ユビキタス型で水源に地下水利用する場合について検討する。

ユビキタス型の特徴として、世帯単位の小規模な設備であることから、高度な浄水処理が行いにくいことが挙げられる。技術的側面もさることながら、制御装置など規模にかかわらず電力を必要とする可能性のある設備の環境負荷が無視できない影響をおよぼす点が特徴的である。

また、地下水利用の特徴として、地域によって大きく偏在し、取水条件が異なること、かなり厳しい規制が課せられていることを考慮に入れる必要がある。本論では、規制レベル、地下水賦存量レベル、水質レベルの三つの条件による取水の難易を取水可能性%で表現することで、水資源の調達の難易度を表現している。

#### ■1 ユビキタスG 地下水(直接)

ユビキタスG型は地下水を飲用以外の用途にそのまま使用する場合である。処理を行わない前提であるため、浄水処理関連装置を省略でき、特に制御ユニットを排除できる効果がある。

首都圏全域における環境負荷低減効果を図 6.6-26に、都道府県単位の削減率を表 6.6-36 に示す。

削減効果は首都圏全域で加重平均すると 2.5%となった。地下水の水質や水位の面で条件のよい山梨県や栃木県で優位性が高く、規制の厳しい埼玉県や千葉県では地下水の取得そのものが難しいために効果は低くなった。

電力負荷の単位は上水道の半分程度であり、取水さえ自由にできれば十分に効率的な水源である。上水道が普及した後も家庭用井戸が継続使用されるケースがある背景はこのような事情にあるものと考えられる。



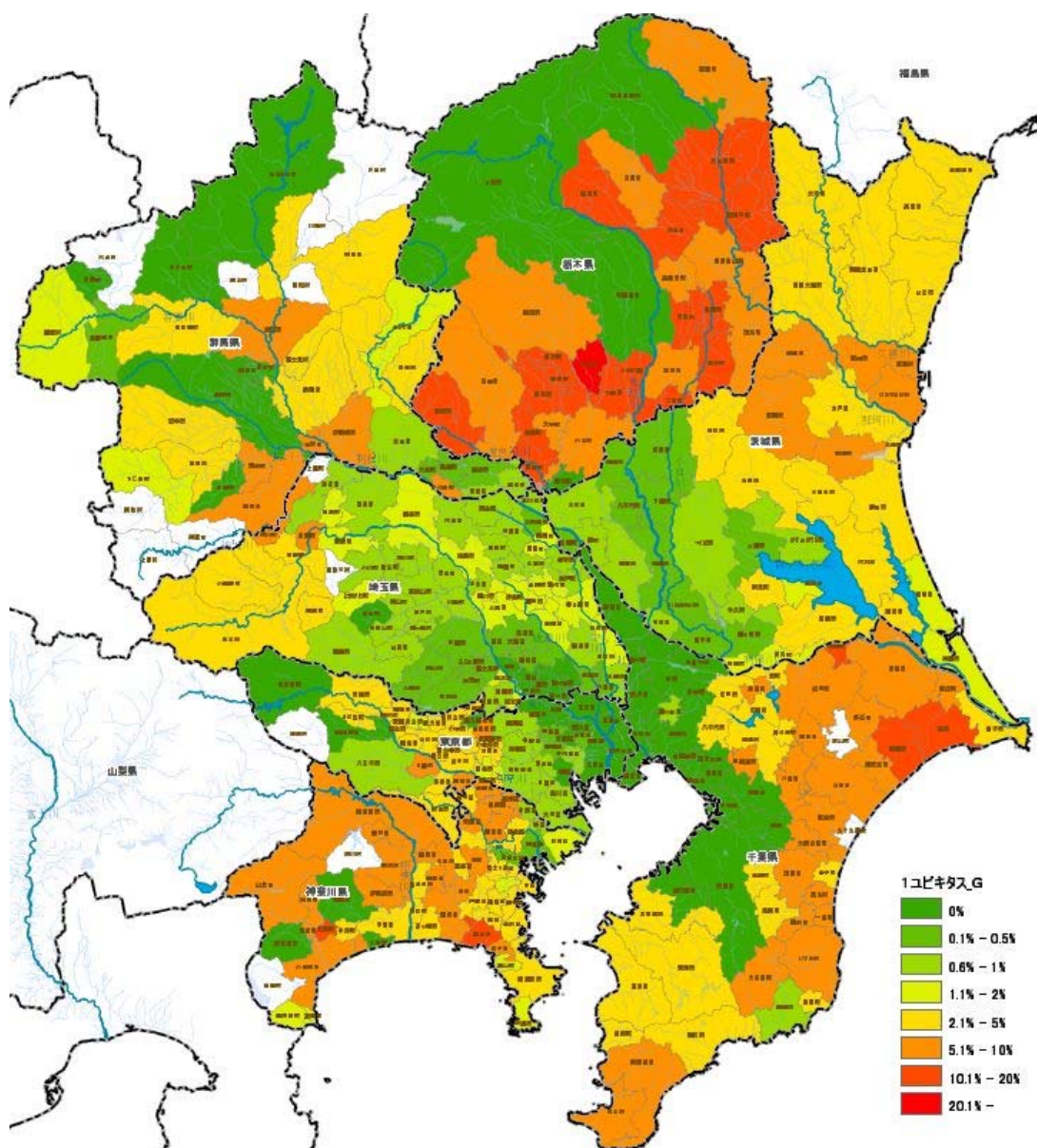


図 6.6-26 市町村別、環境負荷低減率(地下水、1 ユビキタス G 型)

表 6.6-36 都道府県別、排出負荷削減効果(地下水、1 ユビキタス G 型)

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の削減量 Kwh	削減率	上水供給の削減量 m3/日	削減率	上水道 Kwh/m3	代替水源 Kwh/m3	削減率
茨城県	11,349	—	2.3%	20,415	3.0%	0.715	0.159	77.7%
栃木県	16,530	—	9.0%	86,890	16.6%	0.352	0.162	54.0%
群馬県	6,600	—	3.1%	37,005	6.0%	0.351	0.172	50.9%
埼玉県	6,942	—	0.6%	15,702	0.9%	0.624	0.181	70.9%
千葉県	16,824	—	1.7%	37,186	2.4%	0.632	0.179	71.6%
東京都	23,246	—	1.2%	93,835	2.4%	0.487	0.239	50.9%
神奈川県	59,752	—	5.0%	209,499	7.9%	0.451	0.166	63.2%
関東一円	141,243	—	2.3%	500,531	4.2%	0.519	0.237	54.4%



## ■2 ユビキタス GA 地下水＋貯留

ユビキタス GA 型は地下水を飲用にも使用するために消毒処理を行う場合である。処理を行うため、水槽や簡易な制御ユニットが必要となり、動力の負荷は大きくなるが、反面水道と同等の使い方ができ、用途範囲は広がる。

首都圏全域における環境負荷低減効果を図 6.6-27 に、都道府県単位の削減率を表 6.6-37 に示す。

削減効果は首都圏全域で加重平均すると 0.5%となった。電力負荷の単位は上水道に近づき、特に効率的な一部の地域を除いて優位性は失われている。

## ■3 ユビキタス GB 地下水＋処理

ユビキタス GB 型は、地下水の水質が悪イ場合にも飲用まで使用するため、膜処理、消毒処理を行う場合を想定している。首都圏全域における環境負荷低減効果を図 6.6-27 に、都道府県単位の削減率を表 6.6-38 に示す。

削減効果は首都圏全域で加重平均すると0.1%となった。ユビキタスGA型よりも必要な動力が増加し優位性は損なわれている。今回検討した個別家庭レベルで考えた場合では、地下水専用水道のような施設はまったく割にあわず、水道の方が効率的であることが示されたといえる。

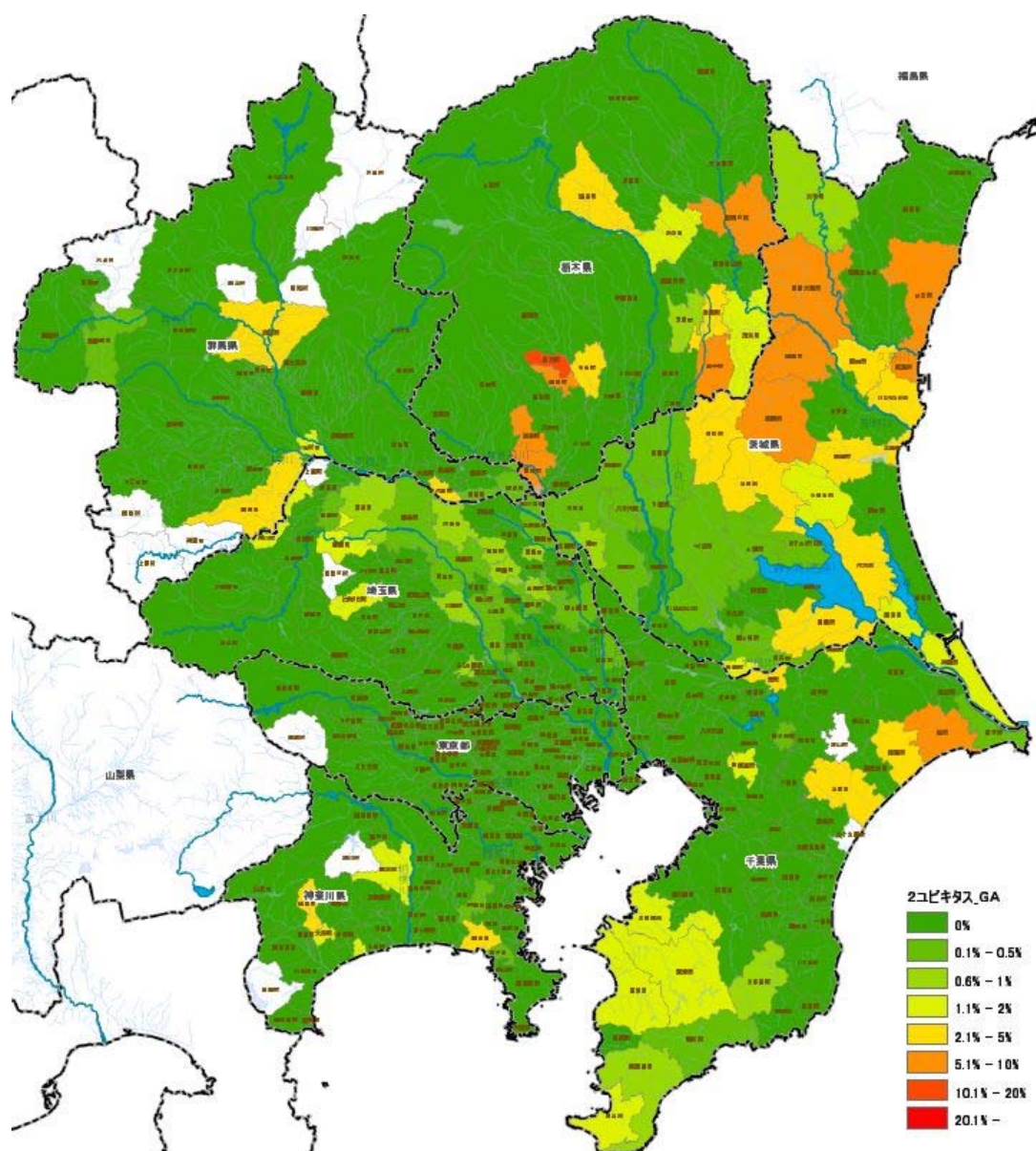


図 6.6-27 市町村別、環境負荷低減率(地下水、2 ユビキタス GA 型)

表 6.6-37 都道府県別、排出負荷削減効果(地下水、2 ユビキタス GA 型)

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の削減量 Kwh	削減率	上水供給 の削減量 m3/日	削減率	上水道 Kwh/m3	代替 水源 Kwh/m3	削減率
茨城県	8,135	—	1.7%	52,827	7.8%	0.715	0.561	21.5%
栃木県	1,853	—	1.0%	112,908	21.6%	0.352	0.336	4.7%
群馬県	1,277	—	0.6%	58,198	9.5%	0.351	0.329	6.3%
埼玉県	2,035	—	0.2%	31,915	1.7%	0.624	0.560	10.2%
千葉県	3,057	—	0.3%	56,954	3.7%	0.632	0.578	8.5%
東京都	0	—	0.0%	121,382	3.1%	0.487	0.487	0.0%
神奈川県	1,650	—	0.1%	317,538	11.9%	0.451	0.446	1.2%
関東一円	18,007	—	0.3%	751,722	6.4%	0.519	0.495	4.6%

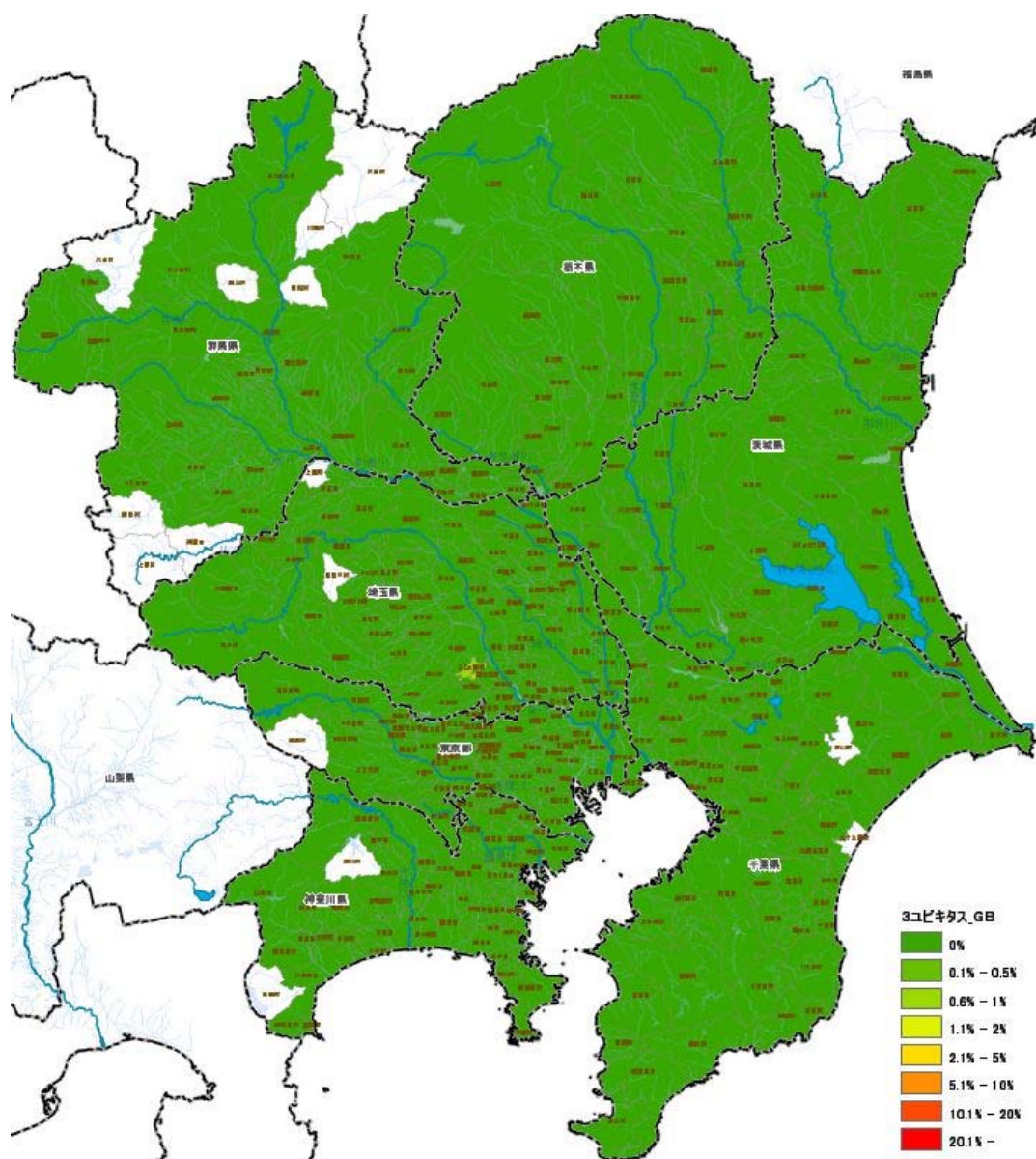


図 6.6-28 市町村別、環境負荷低減率(地下水、3 ユビキタス GB 型)

表 6.6-38 都道府県別、排出負荷削減効果(地下水、3 ユビキタス GB 型)

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の削減量 Kwh	削減率	上水供給の削減量 m3/日	削減率	上水道 Kwh/m3	代替水源 Kwh/m3	削減率
茨城県	0	—	0.0%	52,827	7.8%	0.715	0.715	0.0%
栃木県	0	—	0.0%	112,908	21.6%	0.352	0.352	0.0%
群馬県	0	—	0.0%	58,198	9.5%	0.351	0.351	0.0%
埼玉県	652	—	0.1%	31,915	1.7%	0.624	0.603	3.3%
千葉県	0	—	0.0%	56,954	3.7%	0.632	0.632	0.0%
東京都	0	—	0.0%	121,382	3.1%	0.487	0.487	0.0%
神奈川県	0	—	0.0%	317,538	11.9%	0.451	0.451	0.0%
関東一円	652	—	0.0%	751,722	6.4%	0.519	0.518	0.2%

#### 4) ユビキタス型(雨水による水供給の評価)

ユビキタス型で水源に雨水利用する場合について検討する。地下水を水源とする場合と同様、世帯単位の小規模な設備であることから、高度な浄水処理が行いにくい。

雨水利用の特徴として、どこでも似た条件で調達できる反面、集水エリアの面積や雨水槽の大きさなど投資によって調達できる水量が大きく変化し、さらにその量がニーズを満たすには少ない点が挙げられる。

#### ■4 ユビキタス RfA 屋根雨水+貯留

ユビキタスRfA型は雨水をそのまま使用する場合である。水質にはやや制約があるが、もとより水量は生活用水をまかなうには不足しているため、用途を雑用水、便所用水に限定する。処理を行わない前提であるため、浄水処理関連装置を省略でき、特に制御ユニットを排除できる効果がある。

首都圏全域における環境負荷低減効果を図 6.6-29 に、都道府県単位の削減率を表 6.6-39 に示す。

削減効果は首都圏全域で加重平均すると 1.2%となった。当然、若干降雨量の分布の影響を受ける程度で地域的には偏在な小さい。

雨水の電力負荷は給水ユニットの動力費程度で上水道の 1/10 程度で環境負荷は小さいが、調達できる水は需要の 1.3%程度と小さく、上水を代替するような効果は期待できない。家庭レベルの雨水利用は、あくまでも、上水を一部補完する程度の効果と、教育的な影響を期待すべきものと評価できる。



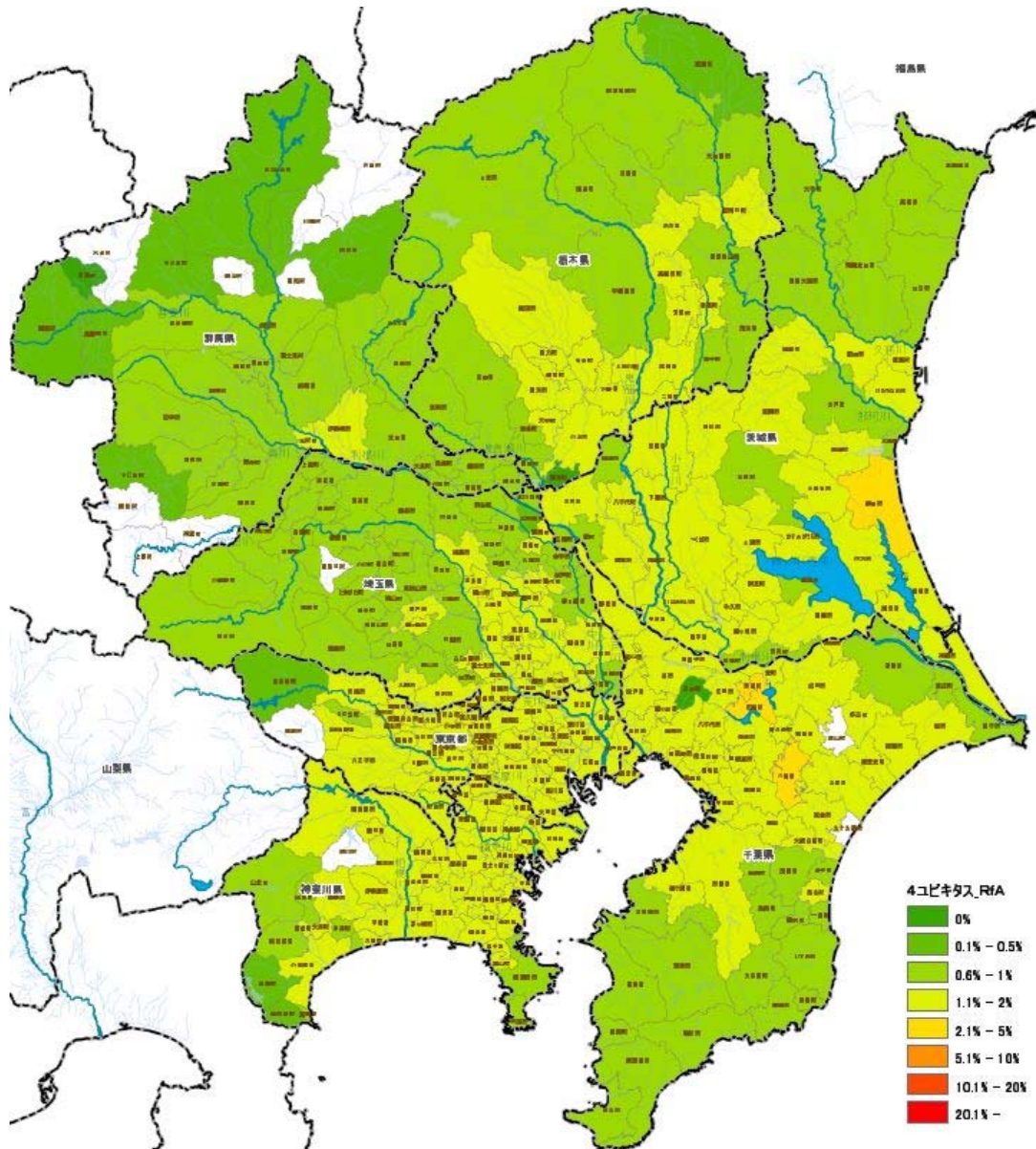


図 6.6-29 市町村別、環境負荷低減率(雨水、4 ユビキタスRfA型)

表 6.6-39 都道府県別、排出負荷削減効果(雨水、4 ユビキタスRfA型)

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の削減量 Kwh	削減率	上水供給の削減量 m3/日	削減率	上水道 Kwh/m3	代替水源 Kwh/m3	削減率
茨城県	5,342	—	1.1%	8,005	1.2%	0.715	0.048	93.3%
栃木県	1,827	—	1.0%	6,145	1.2%	0.352	0.055	84.4%
群馬県	1,847	—	0.9%	6,007	1.0%	0.351	0.043	87.7%
埼玉県	12,076	—	1.0%	21,151	1.1%	0.620	0.049	92.1%
千葉県	11,809	—	1.2%	20,617	1.4%	0.632	0.059	90.7%
東京都	24,502	—	1.3%	56,285	1.4%	0.486	0.051	89.6%
神奈川県	14,326	—	1.2%	35,654	1.3%	0.449	0.047	89.5%
関東一円	71,729	—	1.2%	153,864	1.3%	0.518	0.051	90.1%

## ■5 ユビキタス RfB 屋根雨水＋処理

ユビキタスRfB型は雨水を水道の代替として使う場合を想定している。このために十分な処理をおこなったケースである。首都圏全域における環境負荷低減効果を図 6.6-30 に、都道府県単位の削減率を表 6.6-40 に示す。

残念ながら、エネルギー負荷の削減効果はほとんど期待できない。あまりにも水量が少なすぎるうえ、そもそも水道に対してエネルギー負荷が上回るケースが多かった。

## ■6 ユビキタス RfC 屋根雨水＋処理＋風呂再利用

ユビキタスRfC型は雨水を処理して使用するにあたり、風呂水の再利用を組み合わせた場合である。飲用は念のため避け、その他の用途に広範に使用する。首都圏全域における環境負荷低減効果を図 6.6-31 に、都道府県単位の削減率を表 6.6-41 に示す。

削減効果は首都圏全域で加重平均すると 0.3%となった。そのほぼすべてが風呂水の再利用効果であって、雨水というよりは風呂水の再利用の評価を行ったケースと考えるほうが妥当であろう。

いずれにせよ、雨水を世帯レベルの規模で水道の代わりに使用する場合、そのまま使用する以外の方法は適さないことが確認されたといえる。





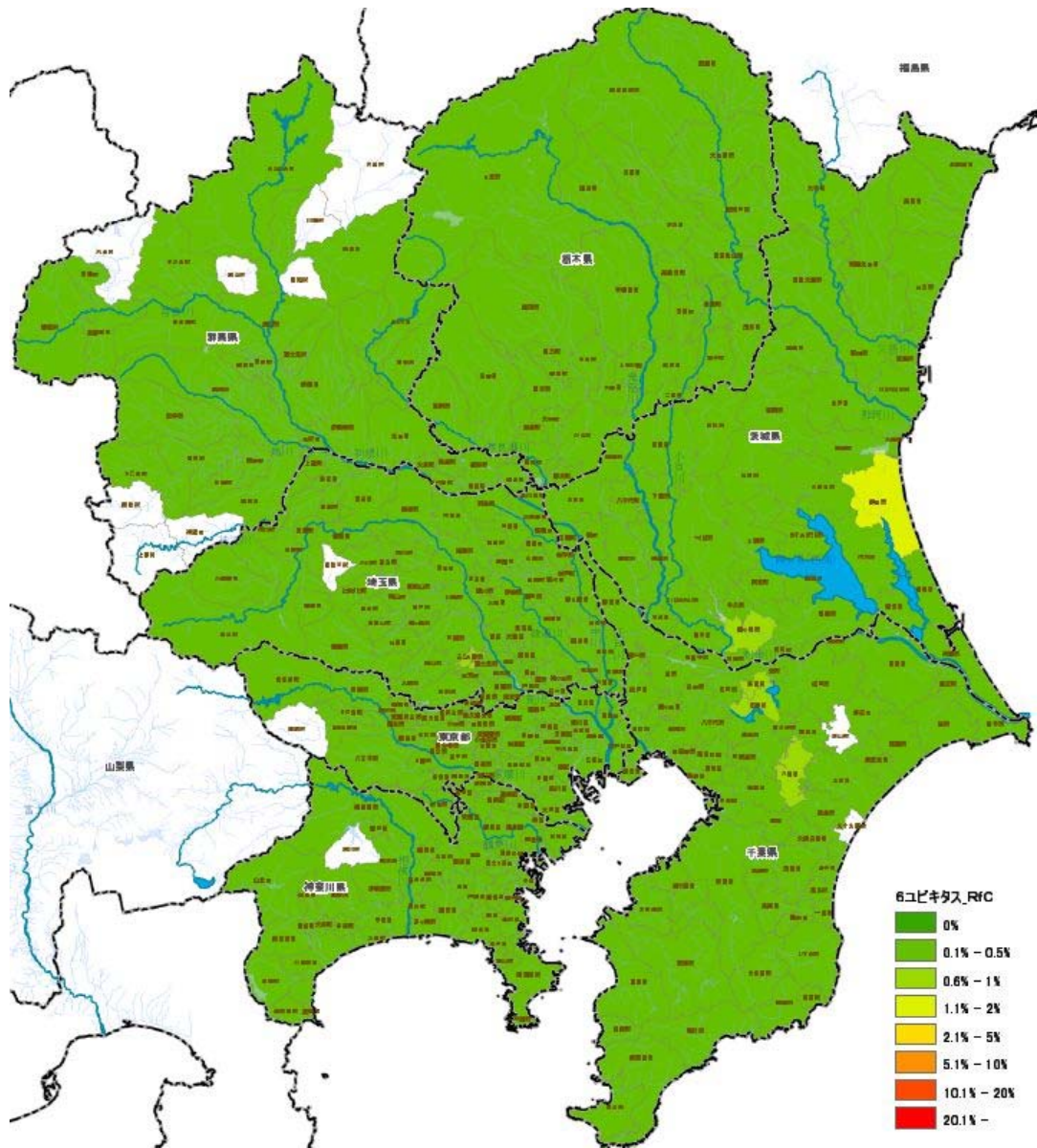


図 6.6-31 市町村別、環境負荷低減率(雨水、6 ユビキタスRfC型)

表 6.6-41 都道府県別、排出負荷削減効果(雨水、6 ユビキタスRfC型)

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の削減量 Kwh	削減率	上水供給の削減量 m3/日	削減率	上水道 Kwh/m3	代替水源 Kwh/m3	削減率
茨城県	0	1,436	0.3%	8,005	1.2%	0.715	0.715	0.0%
栃木県	0	545	0.3%	6,145	1.2%	0.352	0.352	0.0%
群馬県	0	510	0.2%	6,007	1.0%	0.351	0.351	0.0%
埼玉県	545	3,336	0.3%	21,151	1.1%	0.620	0.594	4.2%
千葉県	0	3,224	0.3%	20,617	1.4%	0.632	0.632	0.0%
東京都	0	6,914	0.4%	56,285	1.4%	0.486	0.486	0.0%
神奈川県	0	4,015	0.3%	35,654	1.3%	0.449	0.449	0.0%
<b>関東一円</b>	<b>545</b>	<b>19,980</b>	<b>0.3%</b>	<b>153,864</b>	<b>1.3%</b>	<b>0.518</b>	<b>0.514</b>	<b>0.7%</b>

## 5) コミュニティ型(街区型、雨水による水供給の評価)

ここではコミュニティ型の雨水利用について検討する。コミュニティレベルで集水することにより、比較期まとまった規模で雨水を集水できる効果が期待できる。

コミュニティの単位は街区とし、おおよそ 50m×50mに 5 世帯程度の家が集まっているケースで、庭は土面も多い場合である。集水エリアの面積や雨水槽の大きさなど投資によって調達できる水量を拡大する効果が検証できる。

### ■7 コミュニティ RfA 道路雨水+貯留

コミュニティRfA型は雨水をそのまま使用する場合である。屋根雨水と比べていったん地面に落ちた水となるが、簡易な方法で雨水を活用できることが期待される。首都圏全域における環境負荷低減効果を図 6.6-32 に、都道府県単位の削減率を表 6.6-42 に示す。

削減効果は首都圏全域で加重平均すると 2.3%となった。やはり雨量の分布の影響を受けている。このケースでは雨水の貯留槽を 5m<sup>3</sup>と大きくとっており、その効果でユビキタス RfA 型よりも水量が多くなっているものと思われる。

雨水の電力負荷は給水ユニットの動力費程度で上水道の 1/10 程度で環境負荷はきわめて小さい。調達できる水は需要の 2.6%程度と十分ではないが、規模の効果がはっきりと現れた点は興味深い。

### ■8 コミュニティ RfB 道路雨水+処理

コミュニティRfB型は雨水を処理する場合である。首都圏全域における環境負荷低減効果を図 6.6-33に、都道府県単位の削減率を表 6.6-43 に示す。

削減効果は首都圏全域で加重平均すると 0.7%となった。ユビキタス型の場合と比べて有効利用のできる範囲は拡大しているが、逆に投資額は大きくなっており、効果は疑問である。

### ■9 コミュニティ RfC 道路雨水+処理+風呂再利用

コミュニティRfC 型は同様に風呂水を再生利用する。都圏全域における環境負荷低減効果を図 6.6-34 に、都道府県単位の削減率を表 6.6-44 に示す。

削減効果は首都圏全域で加重平均すると 0.9%となった。雨水貯留槽に水処理装置を併設する場合は、雨水だけでなく、生活排水のうち比較的清澄な分をあわせて再利用するとよい。



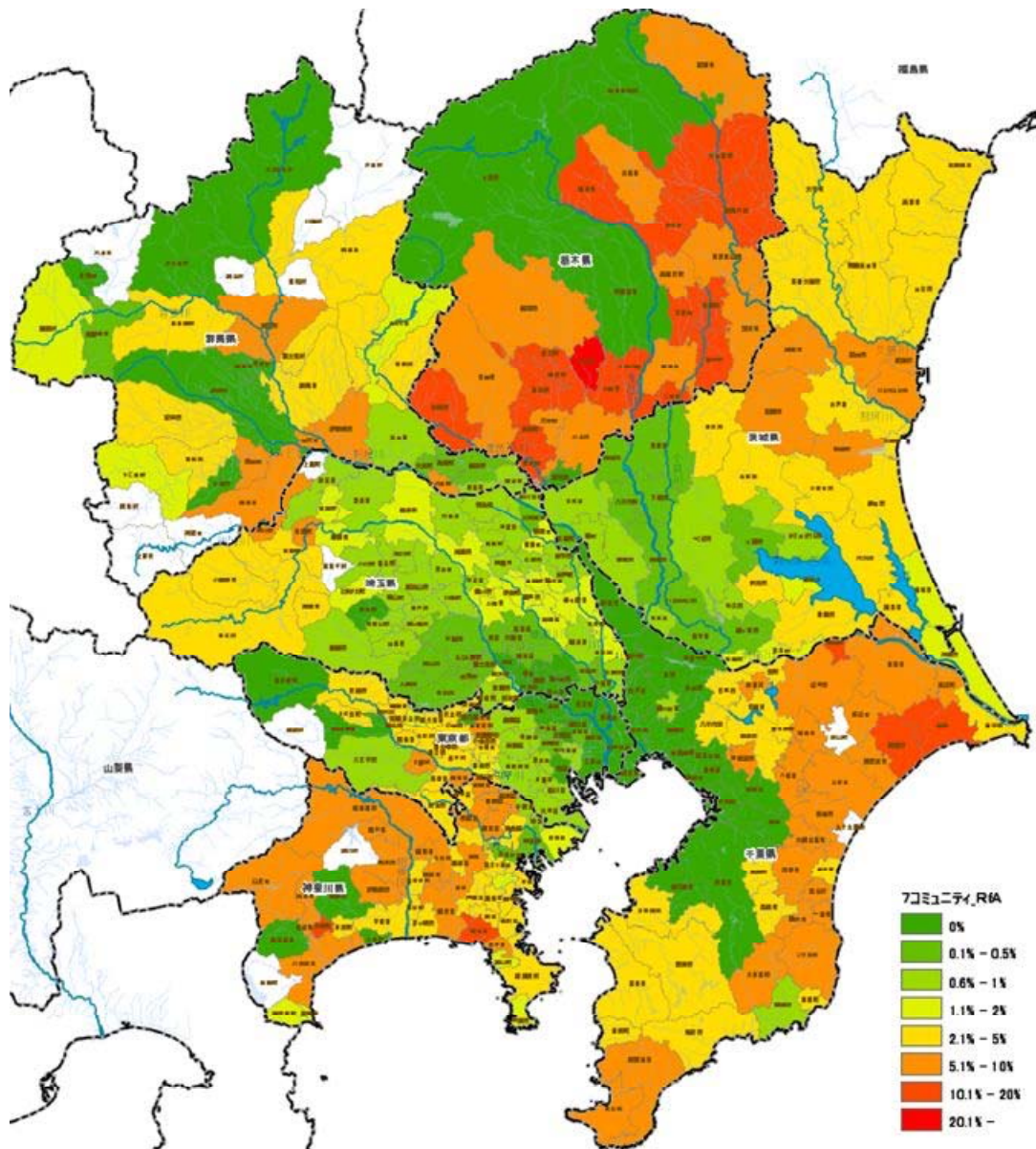


図 6.6-32 市町村別、環境負荷低減率(雨水、7コミュニティRfA型)

表 6.6-42 都道府県別、排出負荷削減効果(雨水、7コミュニティRfA型)

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の削減量 Kwh	削減率	上水供給の削減量 m3/日	削減率	上水道 Kwh/m3	代替水源 Kwh/m3	削減率
茨城県	12,308	—	2.5%	18,443	2.7%	0.715	0.048	93.3%
栃木県	4,144	—	2.2%	13,939	2.7%	0.352	0.055	84.4%
群馬県	4,074	—	1.9%	13,247	2.2%	0.351	0.043	87.7%
埼玉県	25,308	—	2.2%	44,325	2.4%	0.620	0.049	92.1%
千葉県	24,551	—	2.6%	42,861	2.8%	0.632	0.059	90.7%
東京都	43,717	—	2.3%	100,425	2.5%	0.486	0.051	89.6%
神奈川県	28,764	—	2.4%	71,587	2.7%	0.449	0.047	89.5%
<b>関東一円</b>	<b>142,864</b>	<b>—</b>	<b>2.3%</b>	<b>304,827</b>	<b>2.6%</b>	<b>0.518</b>	<b>0.049</b>	<b>90.5%</b>

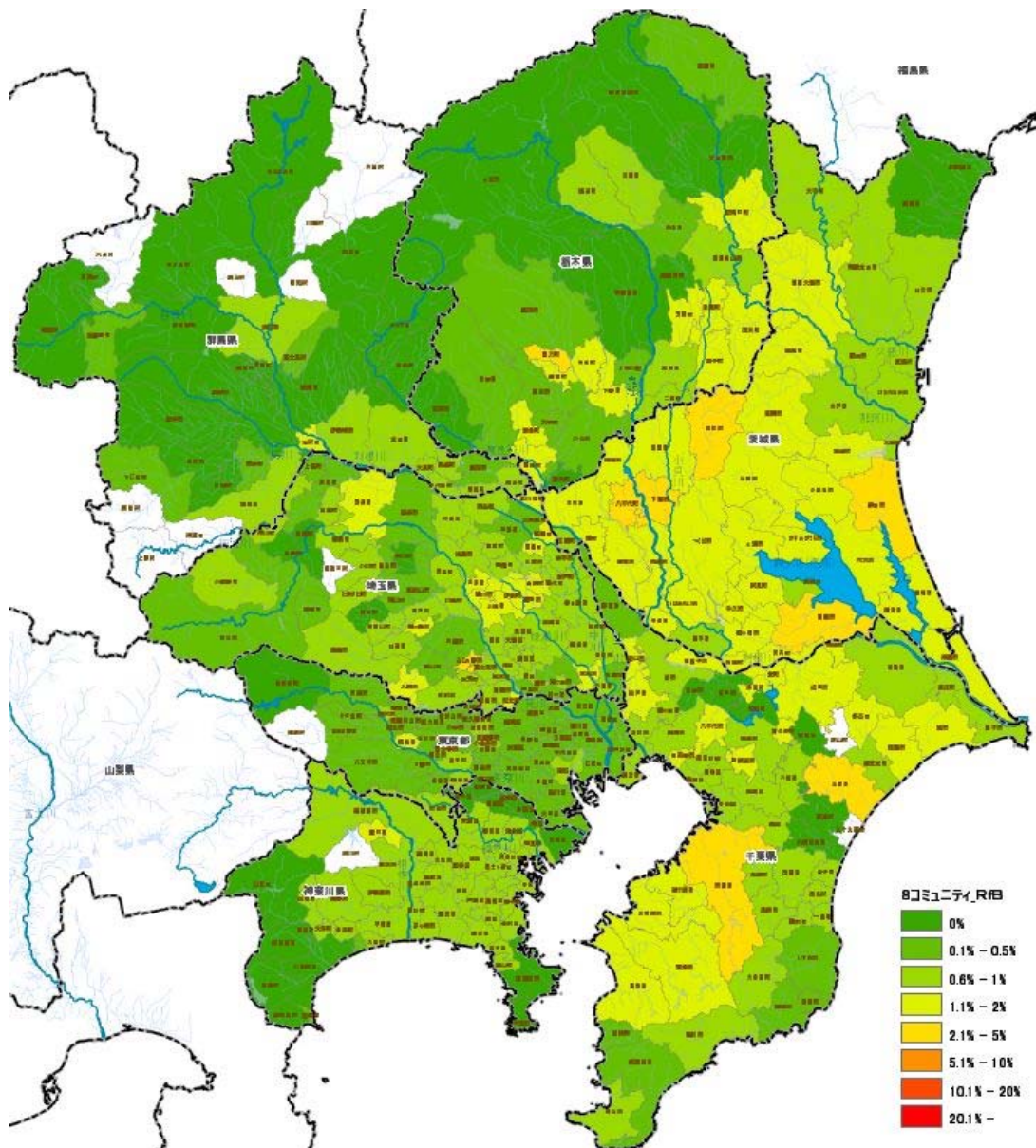


図 6.6-33 市町村別、環境負荷低減率(雨水、8コミュニティRfB型)

表 6.6-43 都道府県別、排出負荷削減効果(雨水、8コミュニティRfB型)

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の削減量 Kwh	削減率	上水供給 の削減量 m3/日	削減率	上水道 Kwh/m3	代替 水源 Kwh/m3	削減率
茨城県	6,221	—	1.3%	22,650	3.4%	0.715	0.441	38.4%
栃木県	808	—	0.4%	17,107	3.3%	0.352	0.305	13.4%
群馬県	1,061	—	0.5%	15,861	2.6%	0.351	0.284	19.1%
埼玉県	10,753	—	0.9%	55,419	3.0%	0.620	0.426	31.3%
千葉県	9,862	—	1.0%	53,734	3.5%	0.632	0.448	29.1%
東京都	9,010	—	0.5%	129,147	3.3%	0.486	0.416	14.4%
神奈川県	5,955	—	0.5%	89,131	3.3%	0.449	0.382	14.9%
<b>関東一円</b>	<b>43,669</b>	<b>—</b>	<b>0.7%</b>	<b>383,048</b>	<b>3.2%</b>	<b>0.518</b>	<b>0.404</b>	<b>22.0%</b>



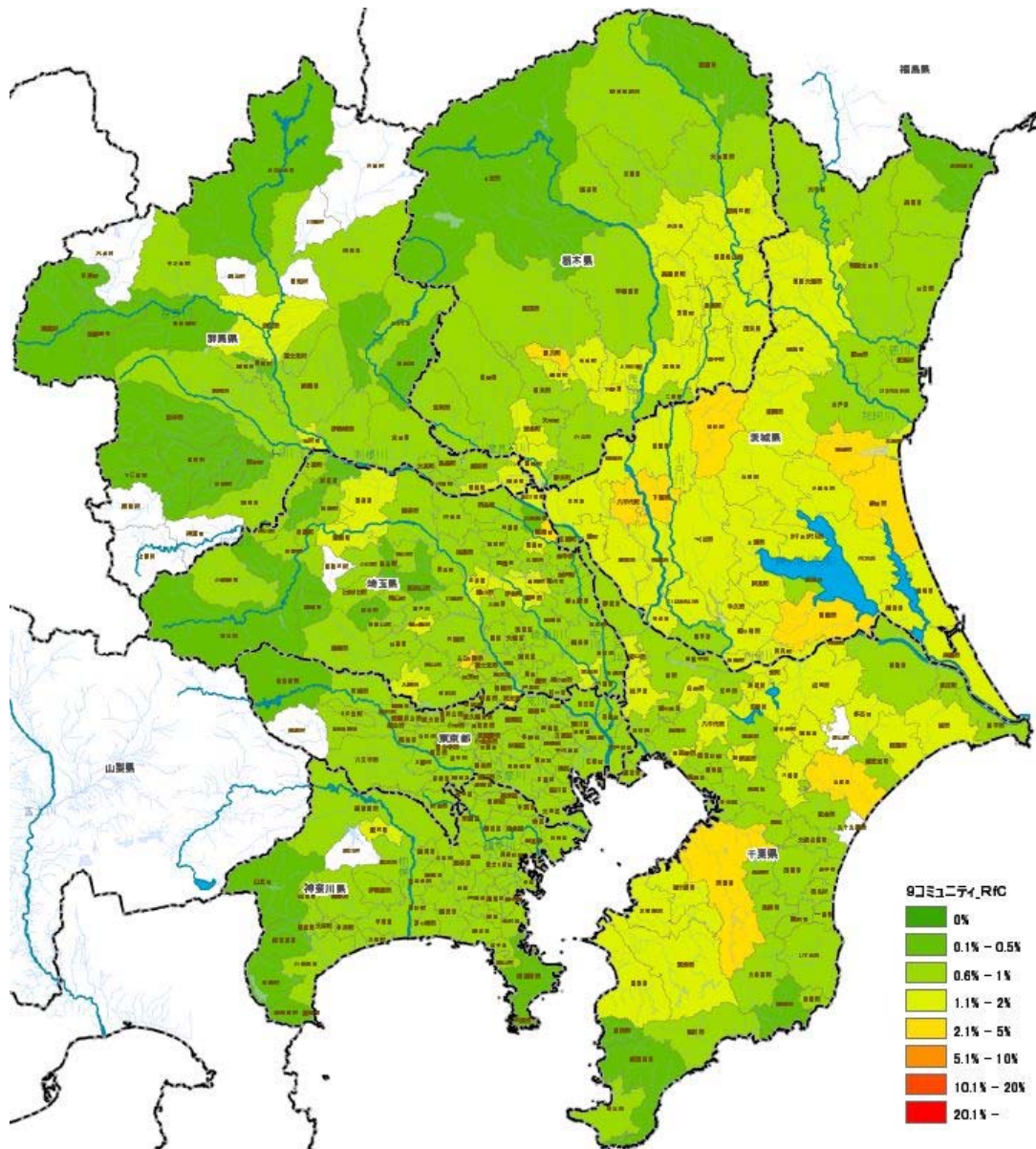


図 6.6-34 市町村別、環境負荷低減率(雨水、9 コミュニティRfC型)

表 6.6-44 都道府県別、排出負荷削減効果(雨水、9 コミュニティRfC型)

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の削減量 Kwh	削減率	上水供給の削減量 m3/日	削減率	上水道 Kwh/m3	代替水源 Kwh/m3	削減率
茨城県	2,773	3,689	1.3%	20,569	3.0%	0.715	0.581	18.8%
栃木県	248	1,371	0.9%	15,452	3.0%	0.352	0.336	4.6%
群馬県	361	1,228	0.7%	14,479	2.4%	0.351	0.326	7.1%
埼玉県	4,252	7,904	1.1%	50,110	2.7%	0.620	0.535	13.7%
千葉県	2,991	7,573	1.1%	48,434	3.2%	0.632	0.570	9.8%
東京都	155	14,055	0.7%	114,416	2.9%	0.486	0.485	0.3%
神奈川県	125	8,990	0.8%	79,822	3.0%	0.449	0.447	0.3%
関東一円	10,906	44,809	0.9%	343,281	2.9%	0.518	0.486	6.1%



## 6) コミュニティ型(ビル型、雨水による水供給の評価)

コミュニティ型の雨水利用について検討する。コミュニティレベルで集水することにより、比較期とまった規模で雨水を集水できる効果が期待できる。

こちらのコミュニティはおおよそ商業ビルのような規模で、人数も 300 人と多い。面積はおおよそ 50 m×50mであるが舗装されていて集水の効率はよいものとしている。

3種類の試算をしたが、いずれも大きな差がなかったのはやや意外な結果であった。街区のような低利用のケースでは効率に大きな差がついたことを考えると、やはり受水槽の大きさが再利用を考える上での大きな制約になっている可能性が考えられる。

### ■10 コミュニティ RdA 道路雨水+貯留

コミュニティRdA型は雨水をそのまま使用する場合である。首都圏全域における環境負荷低減効果を図 6.6-35 に、都道府県単位の削減率を表 6.6-45 に示す。

削減効果は首都圏全域で加重平均すると 0.8%とやや少なくなった。調達できる水は需要の 0.9%程度と不十分である。コミュニティRfA型と比べ、需要水量の増加に対して供給量があまり変わらないことが効率の低下を招いた可能性がある。

### ■11 コミュニティ RdB 道路雨水+処理

コミュニティRfB型は雨水を処理する場合である。首都圏全域における環境負荷低減効果を図 6.6-36 に、都道府県単位の削減率を表 6.6-46 に示す。

削減効果は首都圏全域で加重平均すると 0.7%となった。ユビキタス型の場合と比べて有効利用のできる範囲は拡大しているが、逆に投資額は大きくなっており、効果は疑問である。

### ■12 コミュニティ RdC 道路雨水+貯留+再利用

コミュニティRdC 型は同様に風呂水を再生利用する。都圏全域における環境負荷低減効果を図 6.6-37 に、都道府県単位の削減率を表 6.6-47 に示す。

削減効果は首都圏全域で加重平均すると 0.9%となった。

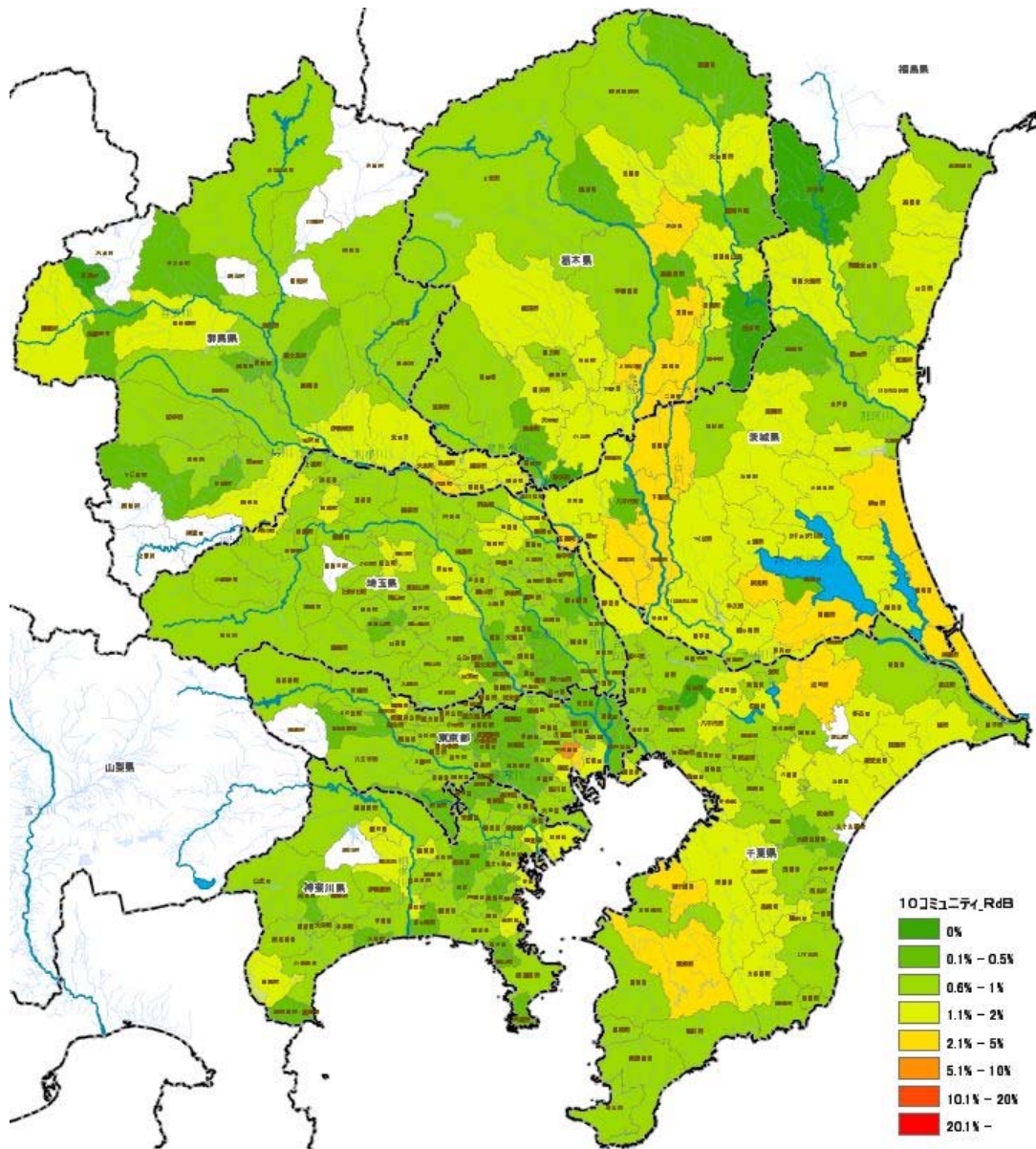


図 6.6-35 市町村別、環境負荷低減率(雨水、10コミュニティRdA型)

表 6.6-45 都道府県別、排出負荷削減効果(雨水、10コミュニティRdA型)

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の 削減量 Kwh	削減 率	上水供給 の削減量 m3/日	削減 率	上水道 Kwh/m3	代替 水源 Kwh/m3	削減 率
茨城県	6,830	—	1.4%	10,365	1.5%	0.715	0.056	92.1%
栃木県	2,226	—	1.2%	7,550	1.4%	0.352	0.057	83.7%
群馬県	2,265	—	1.1%	7,017	1.1%	0.351	0.028	92.0%
埼玉県	7,571	—	0.7%	13,708	0.7%	0.620	0.068	89.1%
千葉県	9,493	—	1.0%	16,052	1.1%	0.632	0.040	93.6%
東京都	12,418	—	0.6%	26,700	0.7%	0.486	0.021	95.7%
神奈川県	9,493	—	0.8%	22,071	0.8%	0.449	0.019	95.8%
<b>関東一円</b>	<b>50,297</b>	<b>—</b>	<b>0.8%</b>	<b>103,463</b>	<b>0.9%</b>	<b>0.518</b>	<b>0.031</b>	<b>93.9%</b>

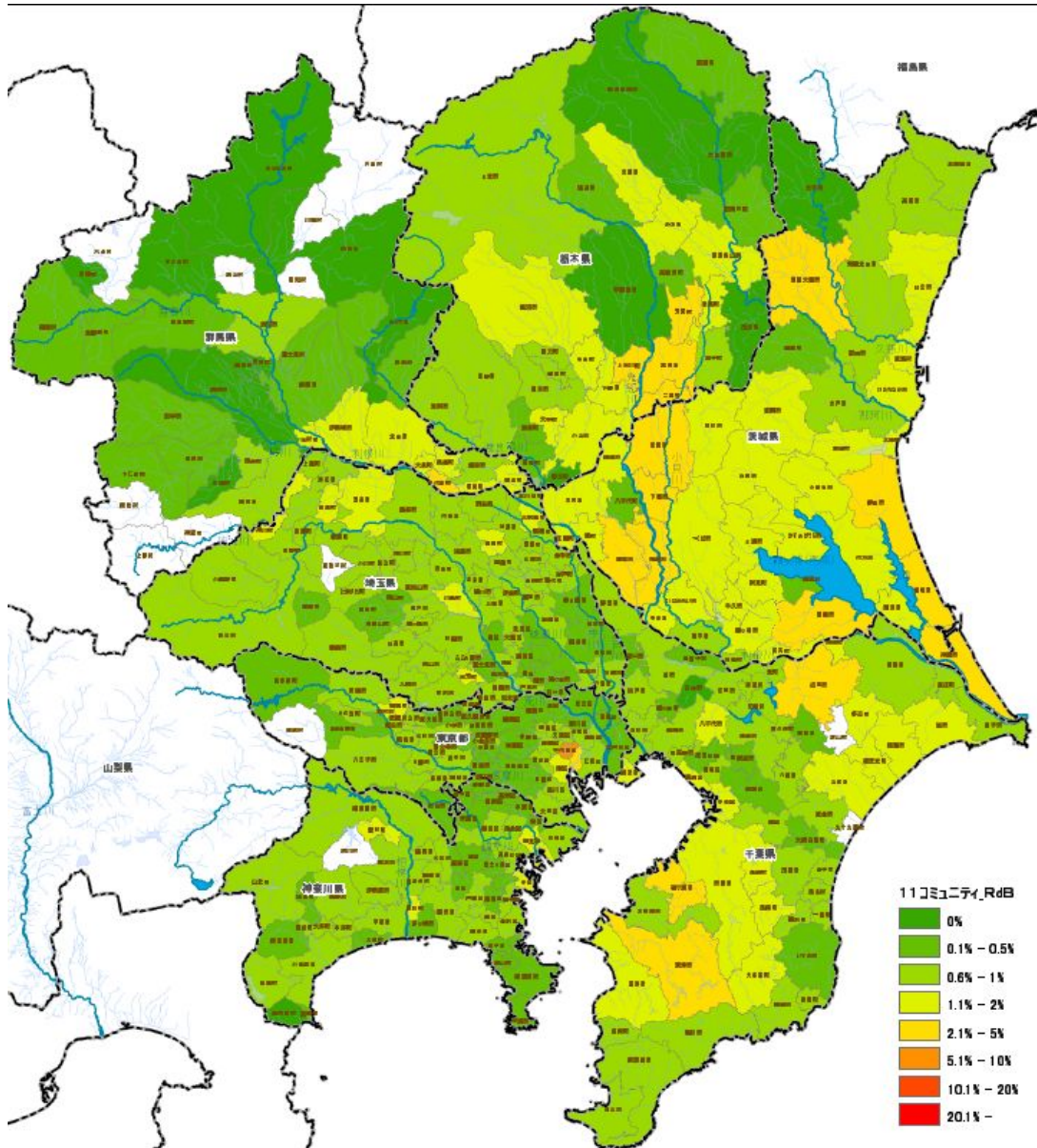


図 6.6-36 市町村別、環境負荷低減率(雨水、11 コミュニティRdB型)

表 6.6-46 都道府県別、排出負荷削減効果(雨水、11 コミュニティRdB型)

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の削減量 Kwh	削減率	上水供給の削減量 m3/日	削減率	上水道 Kwh/m3	代替水源 Kwh/m3	削減率
茨城県	6,728	—	1.4%	13,176	2.0%	0.715	0.205	71.4%
栃木県	1,659	—	0.9%	9,620	1.8%	0.352	0.180	48.9%
群馬県	1,688	—	0.8%	8,625	1.4%	0.351	0.155	55.8%
埼玉県	7,132	—	0.6%	17,521	0.9%	0.620	0.213	65.6%
千葉県	9,046	—	0.9%	20,376	1.3%	0.632	0.188	70.3%
東京都	10,806	—	0.6%	35,313	0.9%	0.486	0.180	63.0%
神奈川県	7,629	—	0.6%	28,132	1.1%	0.449	0.178	60.4%
関東一円	<b>44,688</b>	—	<b>0.7%</b>	<b>132,763</b>	<b>1.1%</b>	<b>0.518</b>	<b>0.181</b>	<b>65.0%</b>



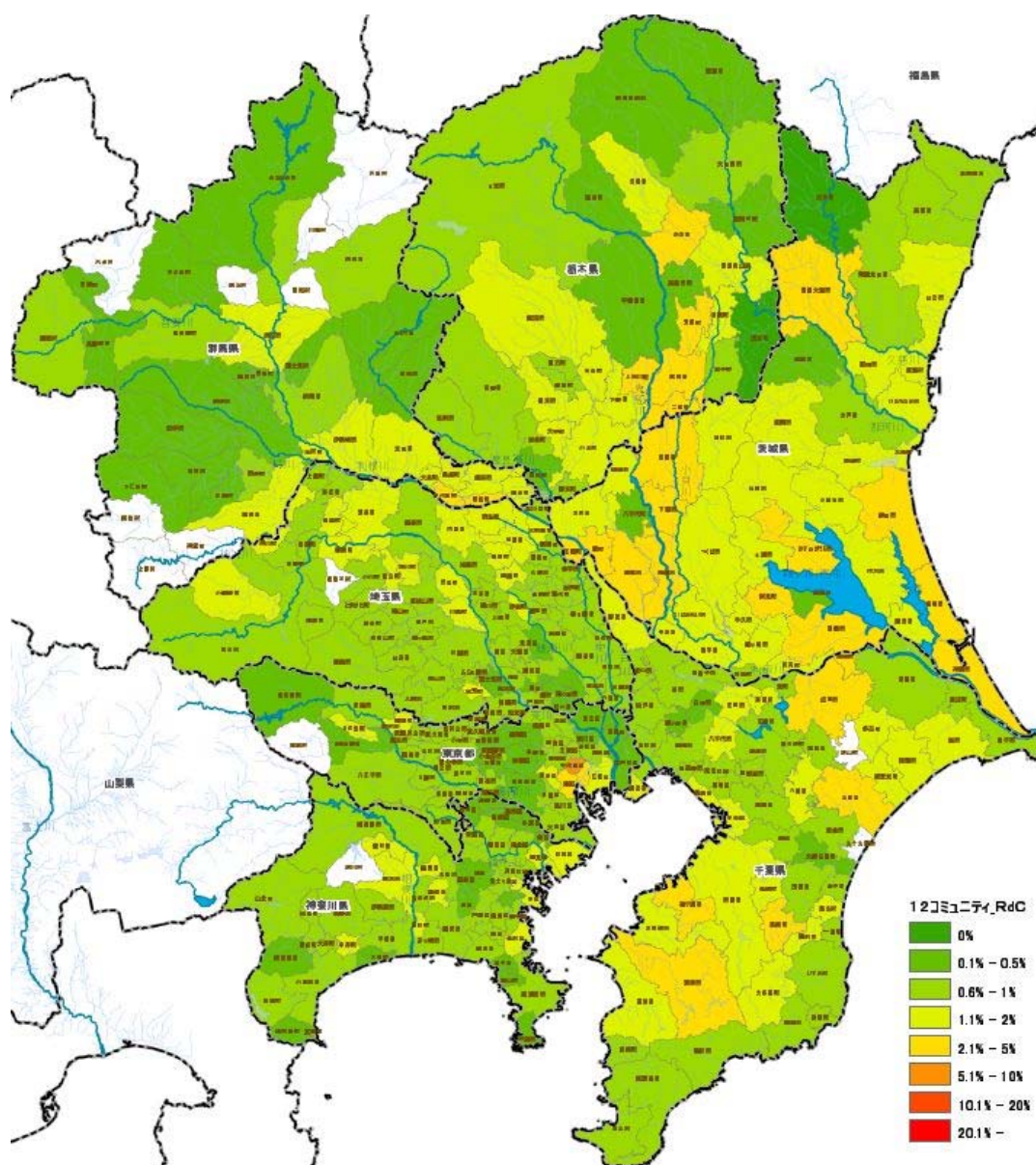


図 6.6-37 市町村別、環境負荷低減率(雨水、12 コミュニティRdC型)

表 6.6-47 都道府県別、排出負荷削減効果(雨水、12 コミュニティRdC型)

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の削減量 Kwh	削減率	上水供給の削減量 m3/日	削減率	上水道 Kwh/m3	代替水源 Kwh/m3	削減率
茨城県	5,797	2,080	1.6%	11,708	1.7%	0.715	0.220	69.2%
栃木県	1,389	765	1.2%	8,522	1.6%	0.352	0.189	46.2%
群馬県	1,480	713	1.0%	7,882	1.3%	0.351	0.163	53.5%
埼玉県	6,148	2,414	0.7%	15,688	0.8%	0.620	0.228	63.2%
千葉県	7,822	2,972	1.1%	18,272	1.2%	0.632	0.204	67.8%
東京都	8,901	3,811	0.7%	31,053	0.8%	0.486	0.199	59.0%
神奈川県	6,280	2,784	0.8%	24,900	0.9%	0.449	0.197	56.2%
関東一円	37,817	15,539	0.9%	118,025	1.0%	0.518	0.197	61.9%

## 7) コミュニティ型(ビル型、下水による水供給の評価)

コミュニティ型の下水利用について商業ビルクラスで検討する。この規模になると、下水を再生利用して雑用水に使用されているケースは珍しくない。実例が多いということは経済合理性があることを示唆し、それはエネルギー負荷の削減効果の存在を期待させる。

試算の結果、エネルギー負荷の削減効果は雨水や地下水を上回った。これは、地下水や雨水とくらべ、下水が極めて安定した水源であり、地理的制約を受けないことに理由があると考えられる。

### ■13 コミュニティSB 下水再生水+処理

コミュニティSB型は下水を利用する場合である。首都圏全域における環境負荷低減効果を図 6.6-38 に、都道府県単位の削減率を表 6.6-48 に示す。

削減効果は首都圏全域で加重平均すると 4.3%となった。原水の水質が悪く、処理はこれまでの検討の中で唯一砂ろ過と膜処理の直列を想定していて、処理にかかわる動力費は大きい。さらに、雑用水、便所用水に用途は限定される。

しかし、下水は、雑用水に使う分であればどこでも十分な量を調達可能という極めて顕著な優位性がある。この効果によって、水量の削減効果が大きいため、全体としては大きなエネルギー量削減効果をもたらしている。

ただし、初期投資額はきわめて大きくなっている。

### ■14 コミュニティSC 下水再生水+処理+再利用

コミュニティSC型は下水のうち、風呂水を中心に再生利用することで、比較的良質な水を調達して処理負荷を削減することを狙っている。処理はこのため SB型よりも簡易で膜処理直接としている。首都圏全域における環境負荷低減効果を図 6.6-39 に、都道府県単位の削減率を表 6.6-49 に示す。

削減効果は首都圏全域で加重平均すると 3.5%となった。処理を簡易にしたにも係わらず、エネルギー負荷の削減効率が減少したのは再生利用水量の減少が主因と考えられる。

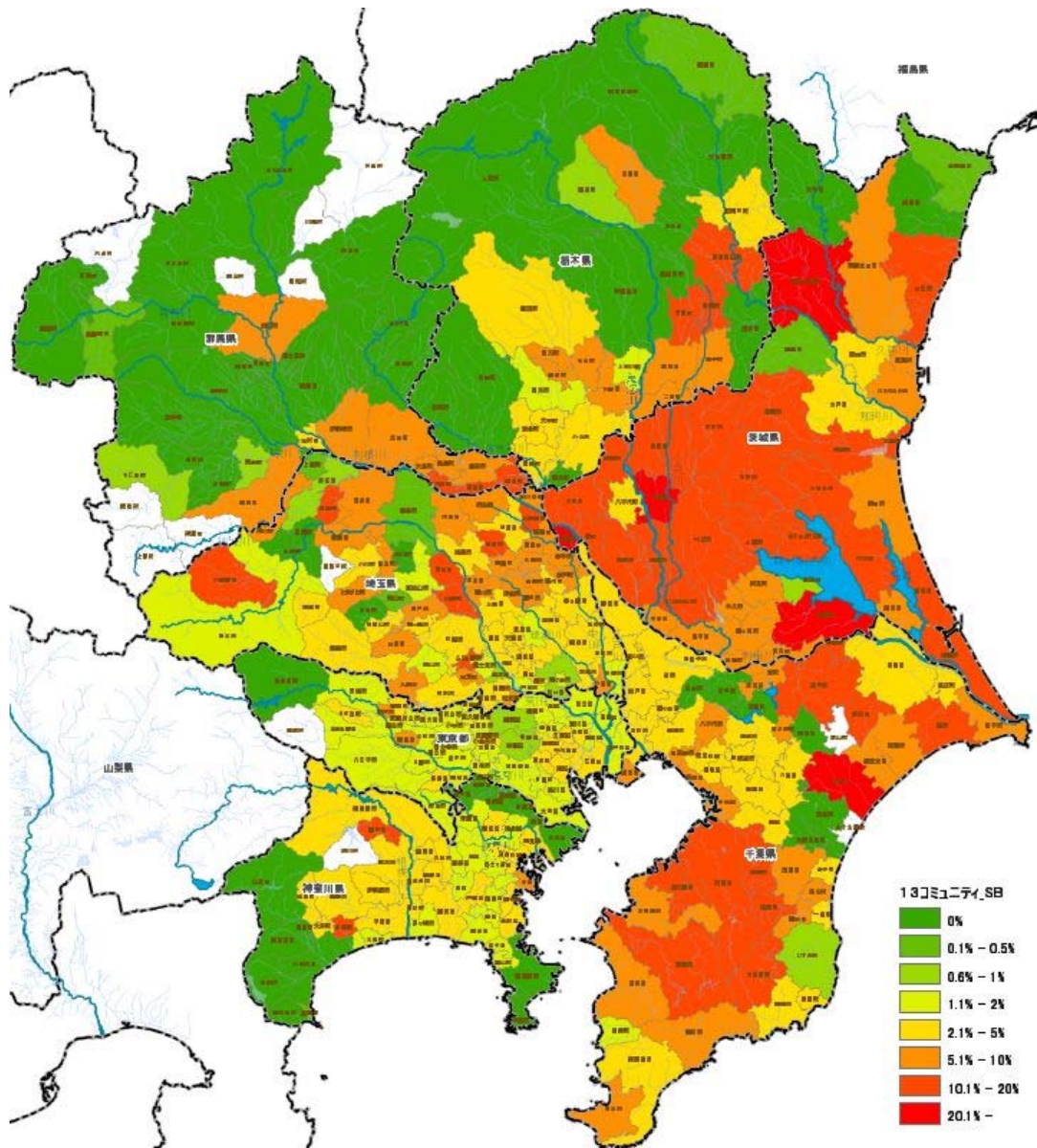


図 6.6-38 市町村別、環境負荷低減率(下水、13 コミュニティSB型)

表 6.6-48 都道府県別、排出負荷削減効果(下水、13 コミュニティSB型)

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の削減量 Kwh	削減率	上水供給の削減量 m3/日	削減率	上水道 Kwh/m3	代替水源 Kwh/m3	削減率
茨城県	52,313	—	10.8%	187,644	27.8%	0.715	0.437	39.0%
栃木県	4,693	—	2.5%	129,215	24.7%	0.352	0.316	10.3%
群馬県	10,974	—	5.1%	176,358	28.8%	0.351	0.288	17.7%
埼玉県	55,749	—	4.8%	305,618	16.5%	0.620	0.438	29.4%
千葉県	62,737	—	6.5%	296,725	19.4%	0.630	0.418	33.6%
東京都	30,676	—	1.6%	504,682	12.8%	0.486	0.425	12.5%
神奈川県	26,660	—	2.2%	417,912	15.6%	0.449	0.385	14.2%
関東一円	<b>243,802</b>	—	<b>4.0%</b>	<b>2,018,154</b>	<b>17.1%</b>	<b>0.517</b>	<b>0.397</b>	<b>23.3%</b>



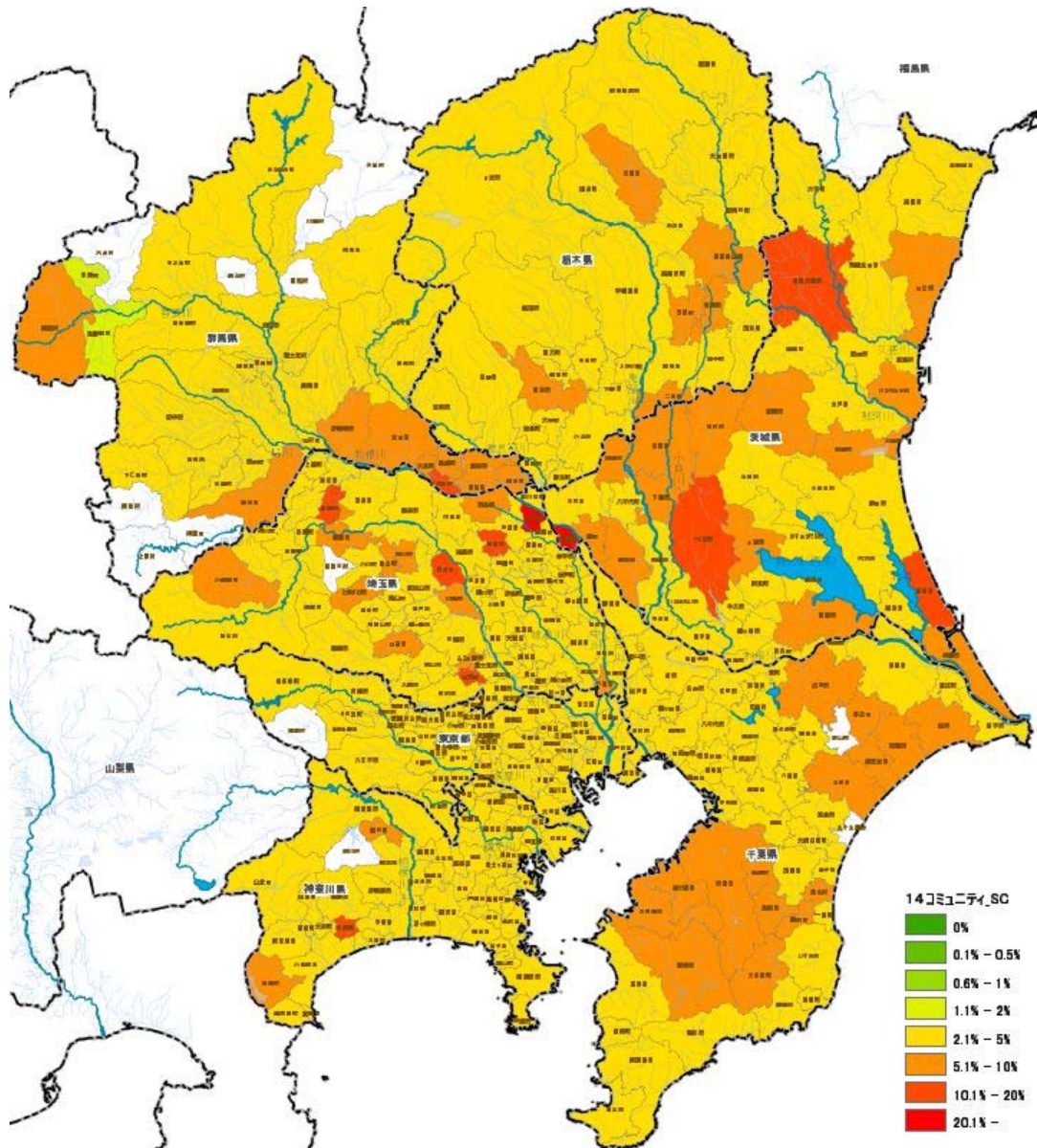


図 6.6-39 市町村別、環境負荷低減率(下水、14 コミュニティSC型)

表 6.6-49 都道府県別、排出負荷削減効果(下水、14 コミュニティSC型)

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の 削減量 Kwh	削減 率	上水供給 の削減量 m3/日	削減 率	上水道 Kwh/m3	代替 水源 Kwh/m3	削減 率
茨城県	13,777	12,066	5.4%	55,640	8.2%	0.715	0.468	34.6%
栃木県	1,809	4,683	3.5%	29,879	5.7%	0.352	0.292	17.2%
群馬県	5,463	5,101	4.9%	67,116	11.0%	0.351	0.269	23.2%
埼玉県	13,615	29,086	3.7%	80,932	4.4%	0.620	0.452	27.1%
千葉県	13,687	24,114	3.9%	82,882	5.4%	0.630	0.465	26.2%
東京都	326	48,695	2.5%	128,831	3.3%	0.486	0.483	0.5%
神奈川県	4,286	29,792	2.8%	120,476	4.5%	0.449	0.413	7.9%
<b>関東一円</b>	<b>52,963</b>	<b>153,538</b>	<b>3.4%</b>	<b>565,755</b>	<b>4.8%</b>	<b>0.517</b>	<b>0.424</b>	<b>18.1%</b>

## 8) ライフライン型(工水による水供給の評価)

ライフライン型として工業用水を使用する場合について検討する。工業用水は雑用以降の使用で限定する場合には十分にそのまま使用可能であり、比較的簡単に上水道を代替できる水準の水を得ることもできる。検討する規模はコミュニティ型と同等規模とした。

工業用水の調達可能水量は、工業用水道事業ごとの状況を確認して評価した。まず、未売水ベースではなく、効果が大きいと考えられる余力ベースを最大限見込んだ検討を行う。

また、東京都の工業用水道についてはほとんど効果が算定されていないが、これは動力費が地方公営企業年鑑に掲載されていなかったためである。

### ■15 ライフライン IA 工業用水＋貯留

ライフライン IA型は工水をそのまま使用する場合である。首都圏全域における環境負荷低減効果を図 6.6-40に、都道府県単位の削減率を表 6.6-50に示す。

削減効果は首都圏全域で加重平均すると 2.9%となかなかの水準である。特に工業用水の共有が豊富な茨城県や群馬県、千葉県で効果があった点が特徴で、他の水源による削減の困難な茨城県、千葉県では有効な手法となりうる。

### ■16 ライフライン IB 工業用水＋処理

ライフライン IB型は雨水を処理する場合である。首都圏全域における環境負荷低減効果を図 6.6-41 に、都道府県単位の削減率を表 6.6-51 に示す。

削減効果は首都圏全域で加重平均すると 2.7%と十分な効果があった。工業用水を水源とした専用水道のようなシステムは十分にペイする可能性があることを示唆している。

### ■17 ライフライン IC 工業用水＋処理＋再利用

ライフライン IC 型は同様に風呂水を積極的に再生利用する。都圏全域における環境負荷低減効果を図 6.6-42 に、都道府県単位の削減率を表 6.6-52 に示す。

削減効果は首都圏全域で加重平均すると 5.5%とさらに拡大した。

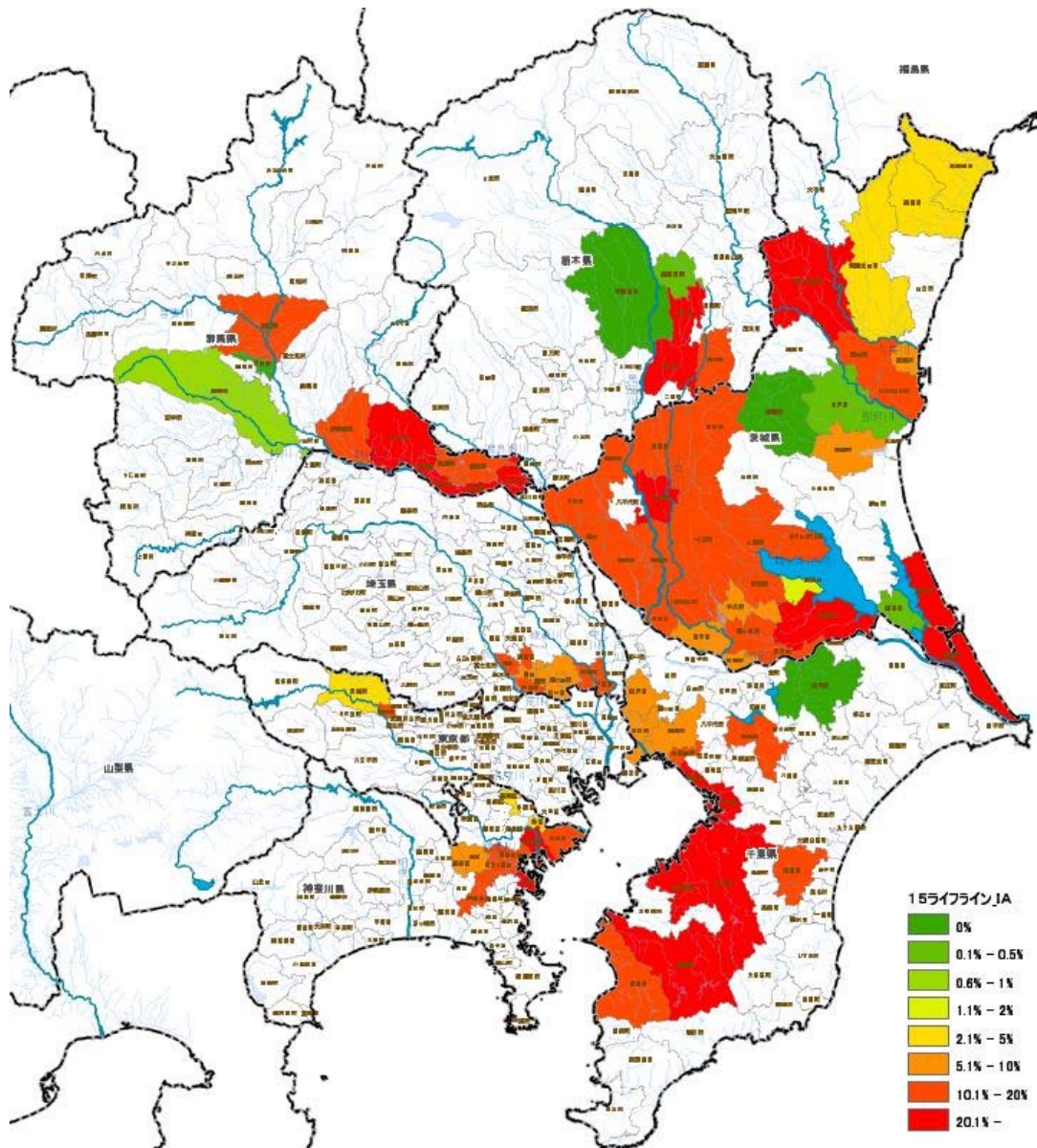


図 6.6-40 市町村別、環境負荷低減率(工水、15 ライフライン IA型)

表 6.6-50 都道府県別、排出負荷削減効果(工水、15 ライフライン IA型)

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の 削減量 Kwh	削減 率	上水供給 の削減量 m3/日	削減 率	上水道 Kwh/m3	代替 水源 Kwh/m3	削減 率
茨城県	44,622	—	9.2%	121,744	18.0%	0.715	0.349	51.2%
栃木県	2,645	—	1.4%	24,083	4.6%	0.352	0.243	31.2%
群馬県	13,391	—	6.2%	59,259	9.7%	0.351	0.125	64.4%
埼玉県	21,888	—	1.9%	49,493	2.7%	0.620	0.178	71.3%
千葉県	60,795	—	6.3%	113,252	7.4%	0.630	0.093	85.2%
東京都	2,297	—	0.1%	10,704	0.3%	0.486	0.271	44.2%
神奈川県	32,699	—	2.7%	98,621	3.7%	0.449	0.117	73.9%
関東一円	178,337	—	2.9%	477,155	4.0%	0.517	0.144	72.2%



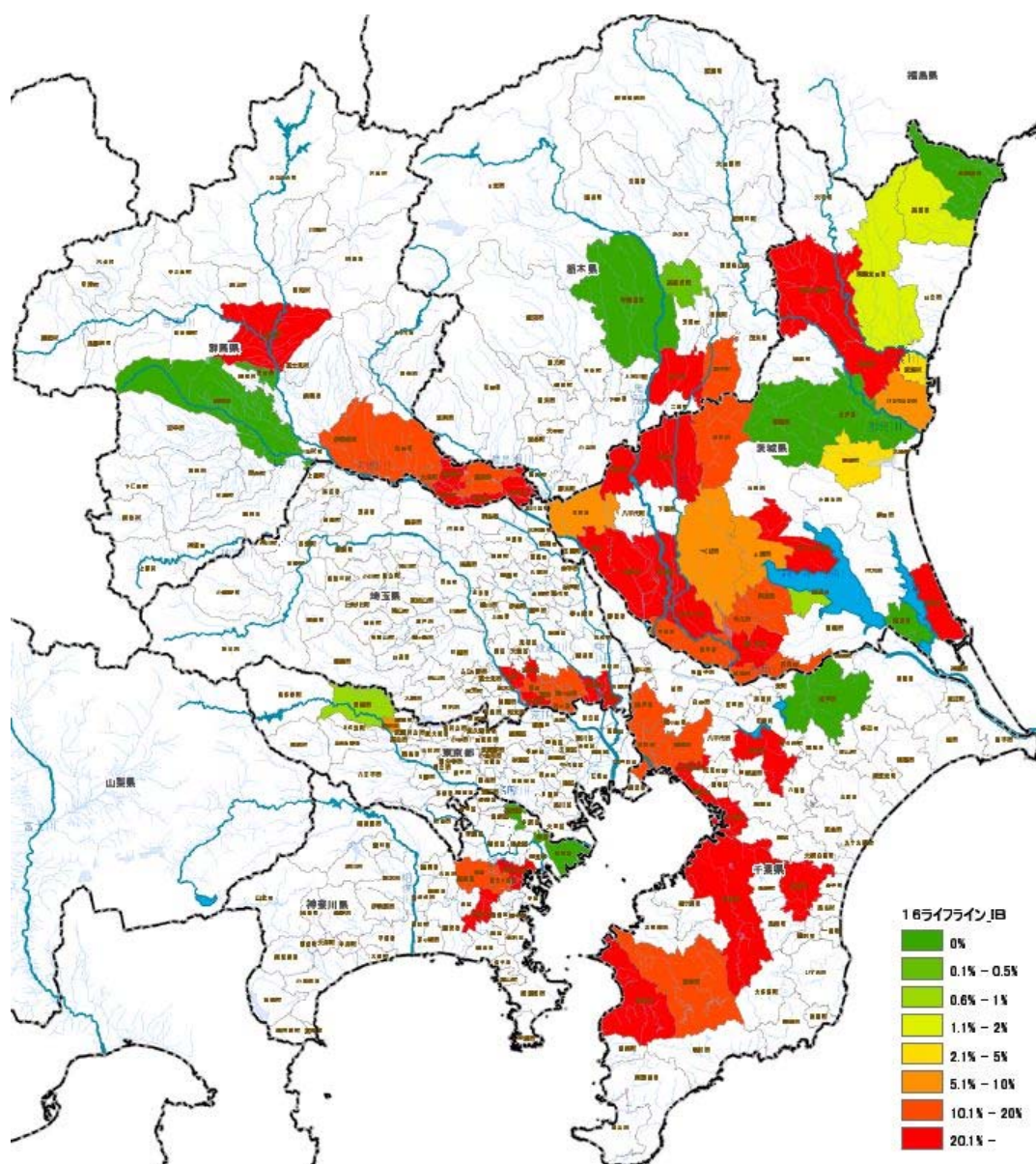


図 6.6-41 市町村別、環境負荷低減率(工水、16 ライフライン IB型)

表 6.6-51 都道府県別、排出負荷削減効果(工水、16 ライフライン IB型)

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の 削減量 Kwh	削減 率	上水供給 の削減量 m3/日	削減 率	上水道 Kwh/m3	代替 水源 Kwh/m3	削減 率
茨城県	37,829	—	7.8%	176,383	26.1%	0.715	0.501	30.0%
栃木県	4,466	—	2.4%	37,417	7.1%	0.352	0.233	33.9%
群馬県	6,173	—	2.9%	61,144	10.0%	0.351	0.250	28.8%
埼玉県	41,127	—	3.6%	146,289	7.9%	0.620	0.339	45.3%
千葉県	49,732	—	5.2%	132,929	8.7%	0.630	0.256	59.4%
東京都	907	—	0.0%	15,103	0.4%	0.486	0.426	12.4%
神奈川県	25,053	—	2.1%	157,686	5.9%	0.449	0.290	35.4%
関東一円	165,287	—	2.7%	726,950	6.1%	0.517	0.290	43.9%

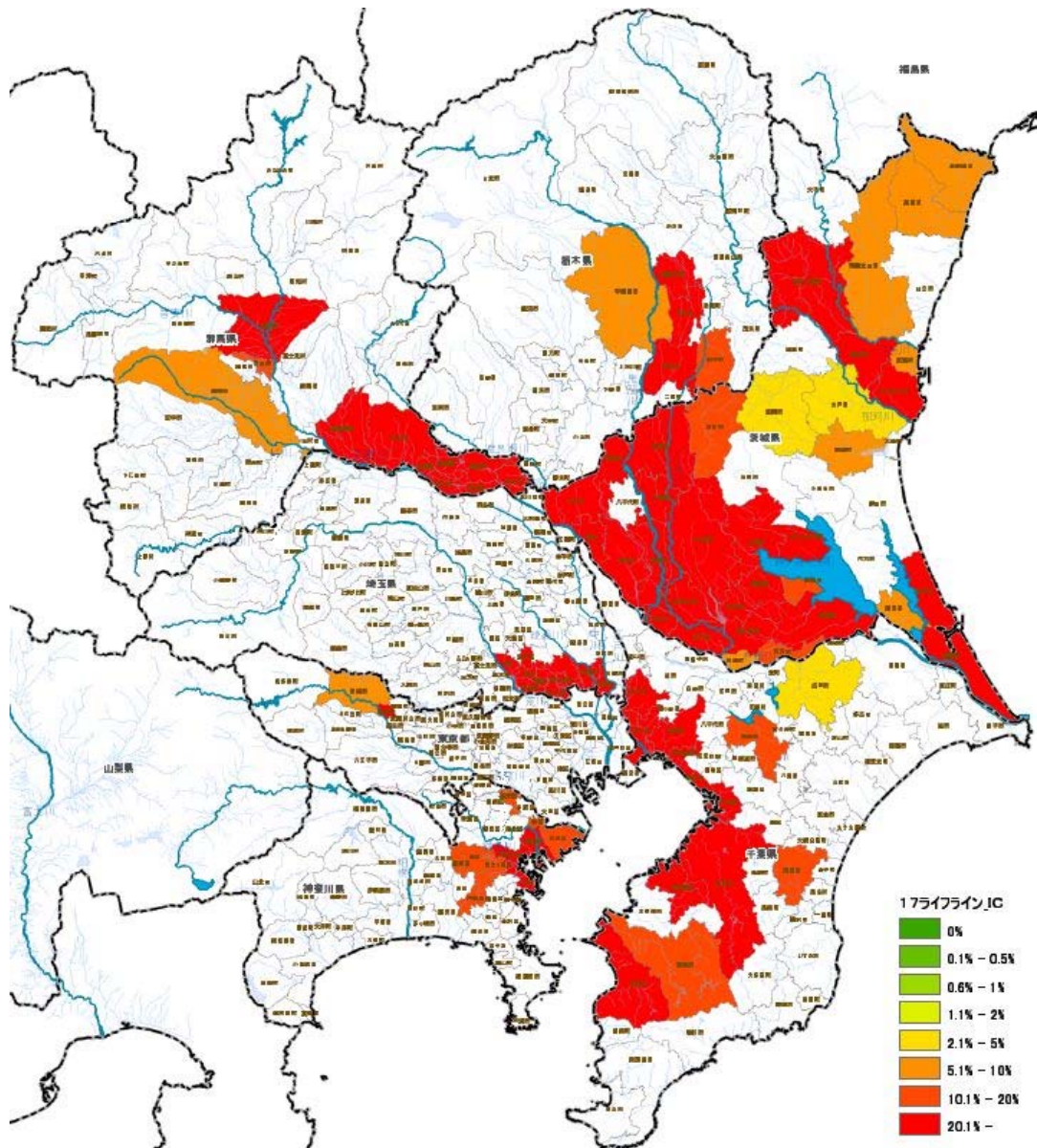


図 6.6-42 市町村別、環境負荷低減率(工水、17 ライフライン IC型)

表 6.6-52 都道府県別、排出負荷削減効果(工水、17 ライフライン IC型)

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の 削減量 Kwh	削減 率	上水供給 の削減量 m3/日	削減 率	上水道 Kwh/m3	代替 水源 Kwh/m3	削減 率
茨城県	25,139	55,958	16.8%	147,820	21.9%	0.715	0.545	23.8%
栃木県	1,904	4,426	3.4%	27,451	5.2%	0.352	0.283	19.7%
群馬県	4,993	20,095	11.7%	59,873	9.8%	0.351	0.267	23.8%
埼玉県	18,697	41,469	5.2%	76,727	4.1%	0.620	0.376	39.3%
千葉県	41,607	74,992	12.1%	123,505	8.1%	0.630	0.293	53.5%
東京都	371	3,516	0.2%	13,518	0.3%	0.486	0.459	5.6%
神奈川県	20,326	25,098	3.8%	128,478	4.8%	0.449	0.291	35.2%
関東一円	113,036	225,553	5.5%	577,371	4.9%	0.517	0.322	37.8%

## 9) 試算結果の比較

以上、本論の締めくくりとして、各種水使用パターンごとの試算結果を県単位で整理する。また、これを実現するための概略の総費用を付記した。

表 6.6-53 都道府県別、各種水資源別の排出負荷削減効果

	漏水 対策 効果	ユビキタス(地下水)			ユビキタス(世帯雨水)			コミュニティ(街区雨水)		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		G	GA	GB	RfA	RfB	RfC	RfA	RfB	RfC
茨城県	4.5%	2.3%	1.7%	0.0%	1.1%	0.0%	0.3%	2.5%	1.3%	1.3%
栃木県	7.2%	9.0%	1.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.3%	2.2%	0.4%	0.9%
群馬県	5.4%	3.1%	0.6%	0.0%	0.9%	0.0%	0.2%	1.9%	0.5%	0.7%
埼玉県	2.6%	0.6%	0.2%	0.1%	1.0%	0.1%	0.3%	2.2%	0.9%	1.1%
千葉県	3.0%	1.7%	0.3%	0.0%	1.2%	0.0%	0.3%	2.6%	1.0%	1.1%
東京都	1.8%	1.2%	0.0%	0.0%	1.3%	0.0%	0.4%	2.3%	0.5%	0.7%
神奈川県	3.0%	5.0%	0.1%	0.0%	1.2%	0.0%	0.3%	2.4%	0.5%	0.8%
<b>関東一円</b>	<b>2.9%</b>	<b>2.3%</b>	<b>0.3%</b>	<b>0.0%</b>	<b>1.2%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.3%</b>	<b>2.3%</b>	<b>0.7%</b>	<b>0.9%</b>
総費用	—	5.9	27.3	84.2	4.9	81.8	81.8	2.8	17.0	17.0

	コミュニティ(ビル雨水)			コミュニティ(下水)		ライフライン(工水)			削減率	
	10	11	12	13	14	15	16	17	1位	2位
	RdA	RdB	RdC	SB	SC	IA	IB	IC		
茨城県	1.4%	1.4%	1.6%	10.8%	5.4%	9.2%	7.8%	16.8%	IC、IB	SB
栃木県	1.2%	0.9%	1.2%	2.5%	3.5%	1.4%	2.4%	3.4%	G	漏水
群馬県	1.1%	0.8%	1.0%	5.1%	4.9%	6.2%	2.9%	11.7%	IC、IB、IA	漏水
埼玉県	0.7%	0.6%	0.7%	4.8%	3.7%	1.9%	3.6%	5.2%	IC	SB
千葉県	1.0%	0.9%	1.1%	6.5%	3.9%	6.3%	5.2%	12.1%	IC、IB、IA	SB
東京都	0.6%	0.6%	0.7%	1.6%	2.5%	0.1%	0.0%	0.2%	SC	RfA
神奈川県	0.8%	0.6%	0.8%	2.2%	2.8%	2.7%	2.1%	3.8%	IB	G
<b>関東一円</b>	<b>0.8%</b>	<b>0.7%</b>	<b>0.9%</b>	<b>4.0%</b>	<b>3.4%</b>	<b>2.9%</b>	<b>2.7%</b>	<b>5.5%</b>	<b>IC、IB</b>	<b>SB、SC</b>
総費用	0.4	1.8	1.8	1.9	1.5	0.1	0.7	0.7		

今回試算の結果について、試算条件等も考慮しながら、その傾向を評価すると、以下のようになる。

### ■ 代替水源によるエネルギー消費削減の可能性

水道水のかわりに、地下水、雨水、下水、工業用水を使用することで、消費エネルギーの削減を期待できる可能性はあると判断できる。

ただし、今後、上水道が漏水を削減して効率を向上する効果と比較してもより削減の可能性が見込める方法は、今回試算した範囲の中では、大規模施設での下水の再利用、工業用水の余力の水道利用の2種であった。ただし、下水については利用限度の制約がないものとして試算しており、工業用



水については契約上の未売水ではない平均ベースの余力を大きく評価している。評価上の想定が代替水資源活用の優位性に影響している点には注意が必要である。

### ■ 水資源の差と都道府県・市町村による違い

表では都道府県単位で優位性のある水利用の形態を比較したが、優位性のある水資源は地域によって大きく異なった。工業用水道事業の供給余力が大きい場合はこれが一位になる傾向が強かった。工業用水に余力がある場合、これを専用水道として有効利用できる可能性がある。

また、漏水率の高い事業の場合、ほかの水資源を考えるよりも、まず漏水率を削減することが第一となると考えられる。

下水道は全般に安定した評価であった。この優位性は、いつでもどこでも安定して再生利用に使用できることによる。

雨水利用は地域によらず安定的に効果が見込まれ、ほかの水資源が使いにくい(あるいは十分な評価ができない場合を含む)エリアで雨水利用が優位なケースもあった。

### ■ 各戸家処理と集合処理の比較

ユビキタス型、コミュニティ型、ライフライン型を比べると、全体としてライフライン型の方が施設の効率が高く、コミュニティ型がこれに続いた。また、雨水で見ると、街区型とビル型ではビル型の方がコスト面での効率は高いが、エネルギー負荷の削減率は街区型の方が高かった。街区型の方が集水面積や雨水タンクに対して使用水量が少ないことが影響していると考えられる。この結果から、代替水資源利用において、エネルギー、コストの両面で規模の効果が確認された。

### ■ 水処理を行う場合とそうでない場合

水処理を行って使用できる用途を広げる方法よりも、水資源の特性にしたがって、用途を限定してそのまま使用するほうが相対的にエネルギー効率は高かった。地下水や雨水を利用する場合にその傾向が顕著であった。

ただし、水処理を行う場合、小規模分散型の水供給ほど、規模の逆効果が顕著に現れる。ユビキタス型の場合にコストが跳ね上がっているのは、対象施設数が多いことによる。

このため、工業用水の規模になると、むしろ水処理を行って水道と同等レベルの水利用を行った方が効果が高い試算結果となった。

今回試算の結果、そのまま利用して用途を限定するか、水処理を行って水道代替レベルの水利用を実現するかは、規模の影響を強く受けることが確認された。

## 6.6.7 代替水源利用モデルの精緻化

今回調査では、首都圏全域で、それぞれの市区町村の条件を直接あたえて各種水源の利用可能性を評価した。ただ、水利用施設の規模等、個別の水利用方ごとの設計条件は、実態は考慮したものの、最適条件となっているかどうかは確認できていない。特に、雨水の利用方法、下水処理水を利用するうえでの工夫、工業用水の調達条件などについては現時点で想定が不十分である。

そこで、ここでは、これらについて、施設や水利用の条件を変更することで、どの程度再利用の優位性が変化するかについて検討を行うものとする。

### 1) 地下水利用条件の変更の影響

わが国の地価構造はきわめて複雑であるため、地下水の状況を市町村単位で評価すると、やや評価の単位が粗すぎる。また、このような複雑な地下構造を表現するのに十分な情報も確保できていない。そこで、地下水利用条件のうち、地下水位、規制レベル、取水可能量の想定が変化した場合の影響について試算し、影響を予測することとする。

#### (1) 地下水水位の影響度の評価

水位データについては、算出条件が変化した場合の影響を評価しておくことで、地下水利用の有効性の評価結果がどの程度変化するかを確認する。現在投入されている地下水水位のデータは国土交通省国土調査課が提供するデータベースに準拠はしているものの、あくまでも調査時のデータであり、調査年次も古いものが少なくない。最近では規制の効果もあって地下水水位は回復傾向が見られるとも指摘されているので、地下水の水位条件を緩和した場合の影響を試算する。

なお、比較検討の対象とする再利用モデルは、もっともエネルギー使用料削減効果が高いと判断されたユビキタス G 型とした。具体的な想定条件は、

- ユビキタス G 型 (75) 地下水位の上昇により地下水の揚程が 75% に減った場合
- ユビキタス G 型 (50) 地下水位の上昇により地下水の揚程が 50% に減った場合

の二種類とした。個別の検討結果を図 6.6-43、図 6.6-44 に、比較表を表 6.6-54 に示す。

電力負荷の削減量は、首都圏全体で見て 2.3% から 3.0% に拡大したが、それほど極端な変化ではなかったが、もともと削減効果の大きかった市町村でその削減効果の幅が拡大する傾向が見られた。このような地域では地下水の使用可能量が多いため効果が大きく評価されるものと考えられる。

表 6.6-54 排出量削減効果の比較

	ユビキタス G 型	ユビキタス G 型(75)	ユビキタス G 型(50)	備考
茨城県	2.3%	2.5%	2.6%	
栃木県	9.0%	10.4%	12.2%	
群馬県	3.1%	3.7%	4.3%	
埼玉県	0.6%	0.7%	0.7%	
千葉県	1.7%	1.9%	2.0%	
東京都	1.2%	1.5%	1.8%	
神奈川県	5.0%	5.7%	6.5%	
<b>関東一円</b>	<b>2.3%</b>	<b>2.6%</b>	<b>3.0%</b>	

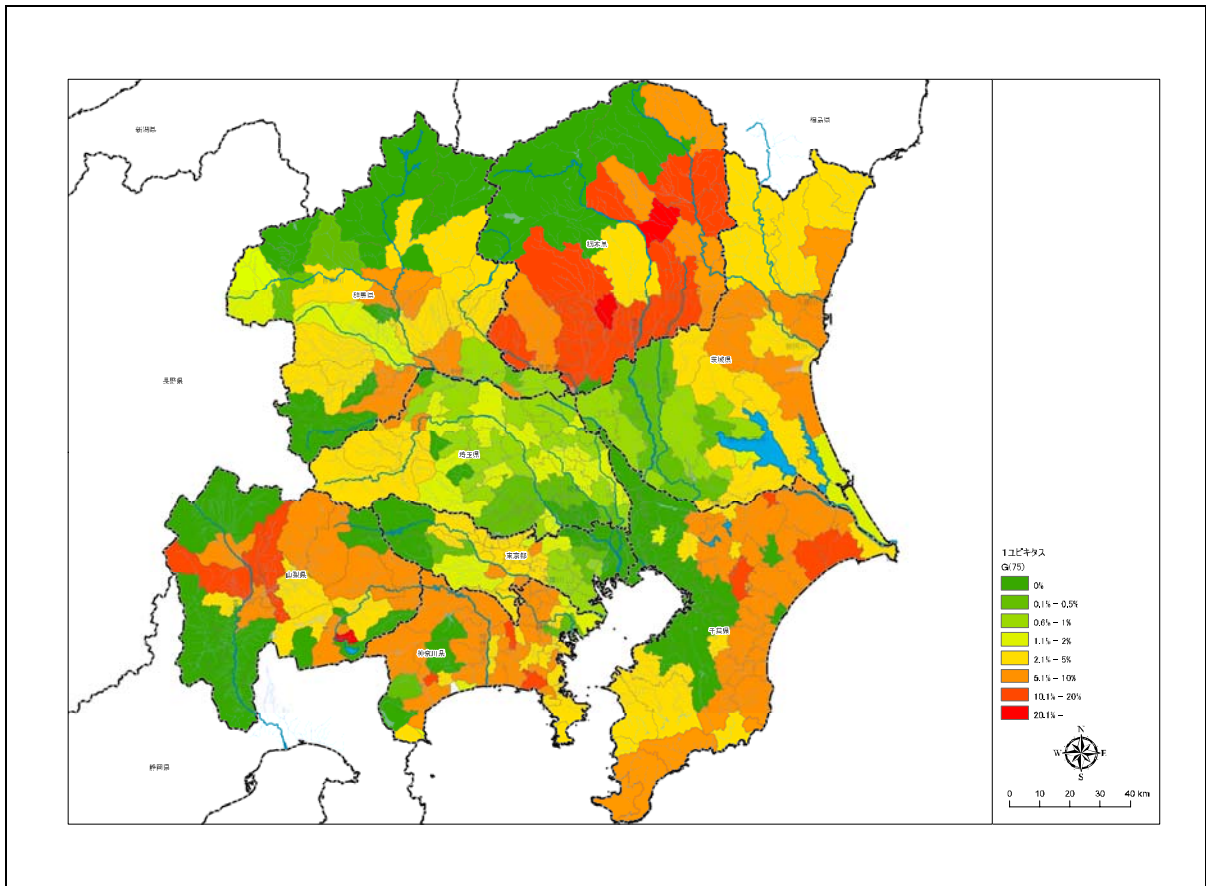


図 6.6-43 市町村別、環境負荷低減率（地下水、1 ユビキタス G 型(75)）-地下水位 75%

表 6.6-55 都道府県別、排出負荷削減効果（地下水、1 ユビキタス G 型(75)）-地下水位 75%

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の削減量 Kwh	削減率	上水供給 の削減量 m3/日	削減率	上水道 Kwh/m3	代替 水源 Kwh/m3	削減率
茨城県	12,049	—	2.5%	20,415	2.5%	0.715	0.125	2.5%
栃木県	19,181	—	10.4%	86,890	10.4%	0.352	0.132	10.4%
群馬県	7,916	—	3.7%	37,005	3.7%	0.351	0.137	3.7%
埼玉県	7,568	—	0.7%	15,702	0.7%	0.624	0.142	0.7%
千葉県	18,168	—	1.9%	37,186	1.9%	0.632	0.143	1.9%
東京都	28,674	—	1.5%	93,835	1.5%	0.487	0.181	1.5%
神奈川県	68,480	—	5.7%	209,499	5.7%	0.451	0.124	5.7%
<b>関東一円</b>	<b>162,036</b>	<b>—</b>	<b>2.6%</b>	<b>500,531</b>	<b>2.6%</b>	<b>0.519</b>	<b>0.195</b>	<b>2.6%</b>

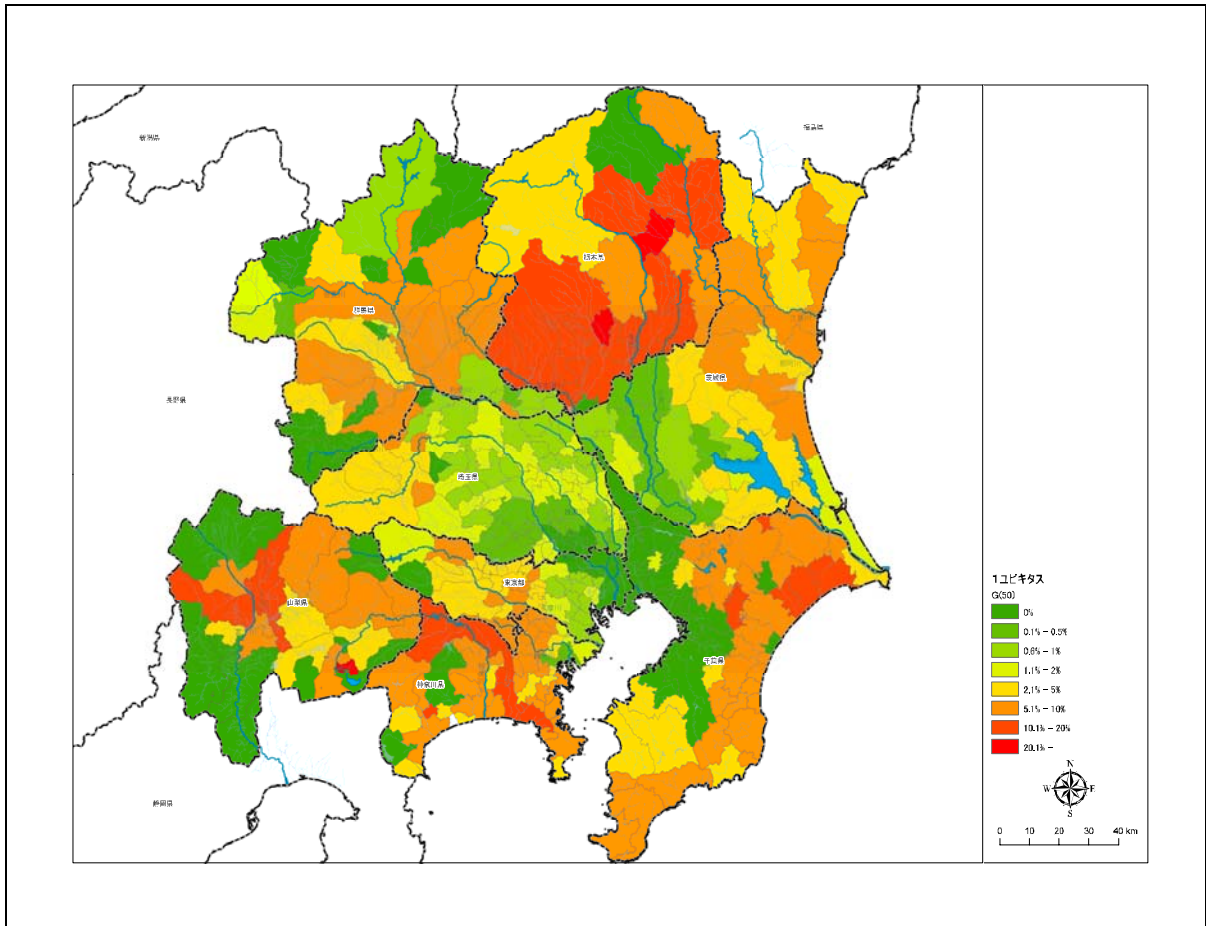


図 6.6-44 市町村別、環境負荷低減率（地下水、1 ユビキタス G 型）-地下水位 50%

表 6.6-56 都道府県別、排出負荷削減効果（地下水、1 ユビキタス G 型）-地下水位 50%

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の削減量 Kwh	削減率	上水供給 の削減量 m3/日	削減率	上水道 Kwh/m3	代替 水源 Kwh/m3	削減率
茨城県	12,750	—	2.6%	20,415	2.6%	0.715	0.091	2.6%
栃木県	22,530	—	12.2%	86,890	12.2%	0.352	0.093	12.2%
群馬県	9,297	—	4.3%	37,005	4.3%	0.351	0.099	4.3%
埼玉県	8,204	—	0.7%	15,702	0.7%	0.624	0.101	0.7%
千葉県	19,512	—	2.0%	37,186	2.0%	0.632	0.107	2.0%
東京都	34,392	—	1.8%	93,835	1.8%	0.487	0.120	1.8%
神奈川県	77,357	—	6.5%	209,499	6.5%	0.451	0.082	6.5%
<b>関東一円</b>	<b>184,041</b>	<b>—</b>	<b>3.0%</b>	<b>500,531</b>	<b>3.0%</b>	<b>0.519</b>	<b>0.151</b>	<b>3.0%</b>

## (2) 地下水規制・取水可能量の影響度の評価

今回調査では地下水の規制の厳しさによって取水可能量が制約を受けることをモデルに組み込んだ。しかし、地下水の使用状況は地盤沈下が著しかった時代とは大きく変化している。一部の地域で地盤沈下が継続しているものの、その地域に影響を与えている取水や涵養地域が特定されるなど、地下構造の研究が進めば、規制が緩和される可能性がある。この場合、地下水の有効性が大幅に拡大する可能性がある。

また、取水可能量も地下水資源の逼迫している地域に厳しい設定としている。しかし、現在の法規制の根拠となっている取水可能量の評価量は、地下水の取水量をこれ以上増やさない視点で設定されており、実際の水資源賦存量から導かれる取水可能量とは主旨が異なる。

これらのことから、現在想定している規制の分布はそのままに、

- ユビキタス G 型 (R1) 地下水取水規制を解除した場合
- ユビキタス G 型 (R2) 取水可能量の制限を解除した場合
- ユビキタス G 型 (R3) 双方とも解除した場合

の3種類とした。個別の検討結果を図 6.6-45、図 6.6-46、図 6.6-47に、比較表を表 6.6-57に示す。

表 6.6-57 排出量削減効果の比較

	ユビキタス G 型	ユビキタス G 型 (R1)	ユビキタス G 型 (R2)	ユビキタス G 型 (R3)
茨城県	2.3%	4.7%	2.9%	6.9%
栃木県	9.0%	11.7%	9.0%	11.7%
群馬県	3.1%	3.5%	4.5%	5.3%
埼玉県	0.6%	1.3%	2.4%	5.7%
千葉県	1.7%	3.2%	2.2%	8.2%
東京都	1.2%	4.3%	1.2%	5.1%
神奈川県	5.0%	7.6%	5.1%	8.2%
<b>関東一円</b>	<b>2.3%</b>	<b>4.4%</b>	<b>2.8%</b>	<b>6.7%</b>

地下水の規制の解除の効果が大きいのは東京都、茨城県、埼玉県などで、地下水位賦存量の想定の影響は群馬県や埼玉県で大きくなった。規制をまったく無視して最大限地下水を利用する場合、地下水の使用の効果は量的な広がりにより、2.3%から6.7%へと約3倍に拡大するとの結果となった。

地下水の取水可能量に関連する想定は精緻化の余地が大きく、規制についても今後の政策による影響を受ける。その結果によってはさらに電力使用量を削減できる可能性があると判断できる。



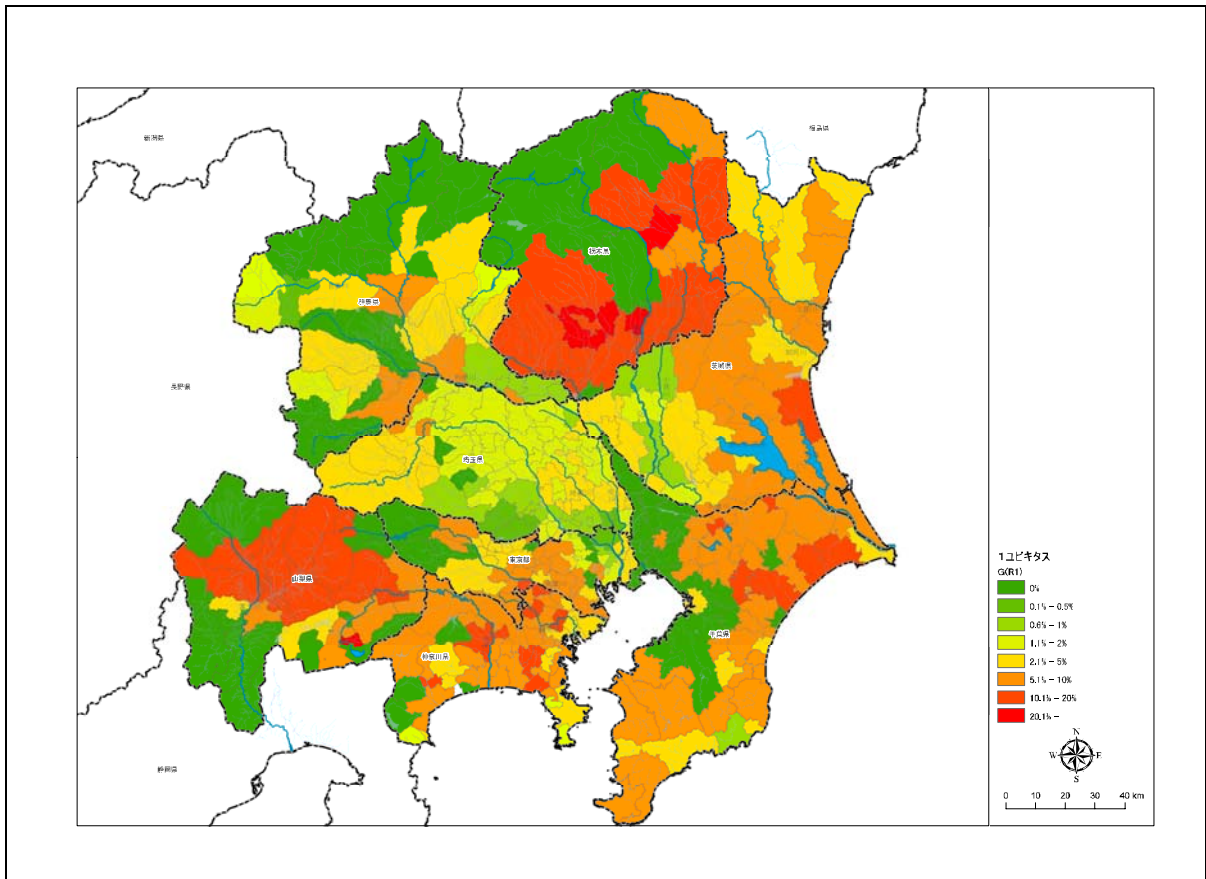


図 6.6-45 市町村別、環境負荷低減率（地下水、1 ユビキタス G 型(R1)）-取水規制なし

表 6.6-58 都道府県別、排出負荷削減効果（地下水、1 ユビキタス G 型(R1)）-取水規制なし

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の削減量 Kwh	削減率	上水供給 の削減量 m3/日	削減率	上水道 Kwh/m3	代替 水源 Kwh/m3	削減率
茨城県	22,540	—	4.7%	39,098	5.8%	0.715	0.139	80.6%
栃木県	21,500	—	11.7%	112,408	21.5%	0.352	0.161	54.3%
群馬県	7,586	—	3.5%	45,904	7.5%	0.351	0.185	47.1%
埼玉県	15,020	—	1.3%	33,816	1.8%	0.624	0.179	71.2%
千葉県	30,594	—	3.2%	69,374	4.6%	0.632	0.191	69.8%
東京都	83,237	—	4.3%	349,156	8.8%	0.487	0.248	49.0%
神奈川県	90,534	—	7.6%	313,448	11.8%	0.451	0.162	64.0%
<b>関東一円</b>	<b>271,010</b>	<b>—</b>	<b>4.4%</b>	<b>963,205</b>	<b>8.2%</b>	<b>0.519</b>	<b>0.238</b>	<b>54.2%</b>

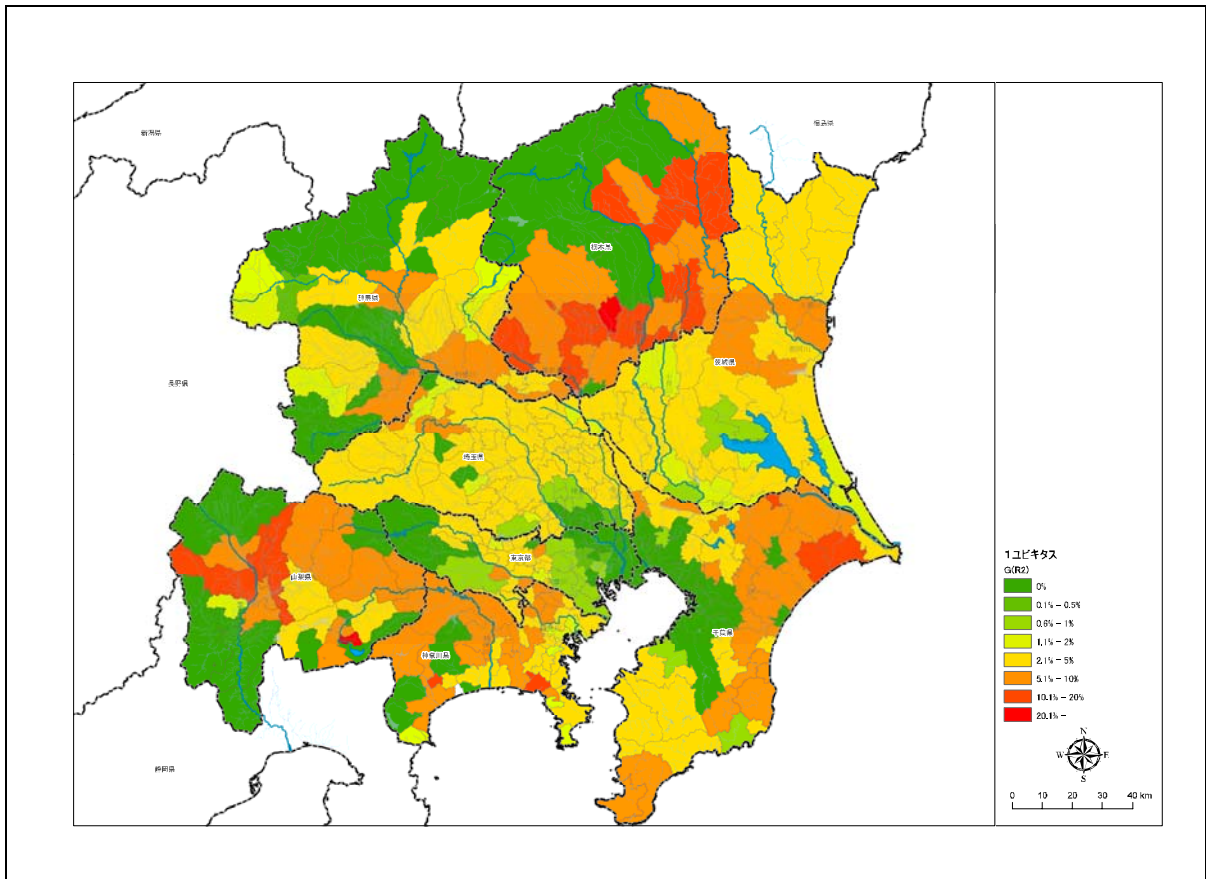


図 6.6-46 市町村別、環境負荷低減率（地下水、1 ユビキタス G 型(R2)）-地下水賦存量制約解除

表 6.6-59 都道府県別、排出負荷削減効果(地下水、1 ユビキタス G 型(R2)）-地下水賦存量制約解除

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の削減量 Kwh	削減率	上水供給の削減量 m3/日	削減率	上水道 Kwh/m3	代替水源 Kwh/m3	削減率
茨城県	14,194	—	2.9%	25,310	3.7%	0.715	0.155	78.4%
栃木県	16,530	—	9.0%	86,890	16.6%	0.352	0.162	54.0%
群馬県	9,577	—	4.5%	45,884	7.5%	0.351	0.142	59.5%
埼玉県	27,641	—	2.4%	57,650	3.1%	0.624	0.144	76.9%
千葉県	21,212	—	2.2%	47,111	3.1%	0.632	0.181	71.3%
東京都	23,246	—	1.2%	93,835	2.4%	0.487	0.239	50.9%
神奈川県	61,308	—	5.1%	216,462	8.1%	0.451	0.168	62.8%
関東一円	173,708	—	2.8%	573,143	4.9%	0.519	0.216	58.4%

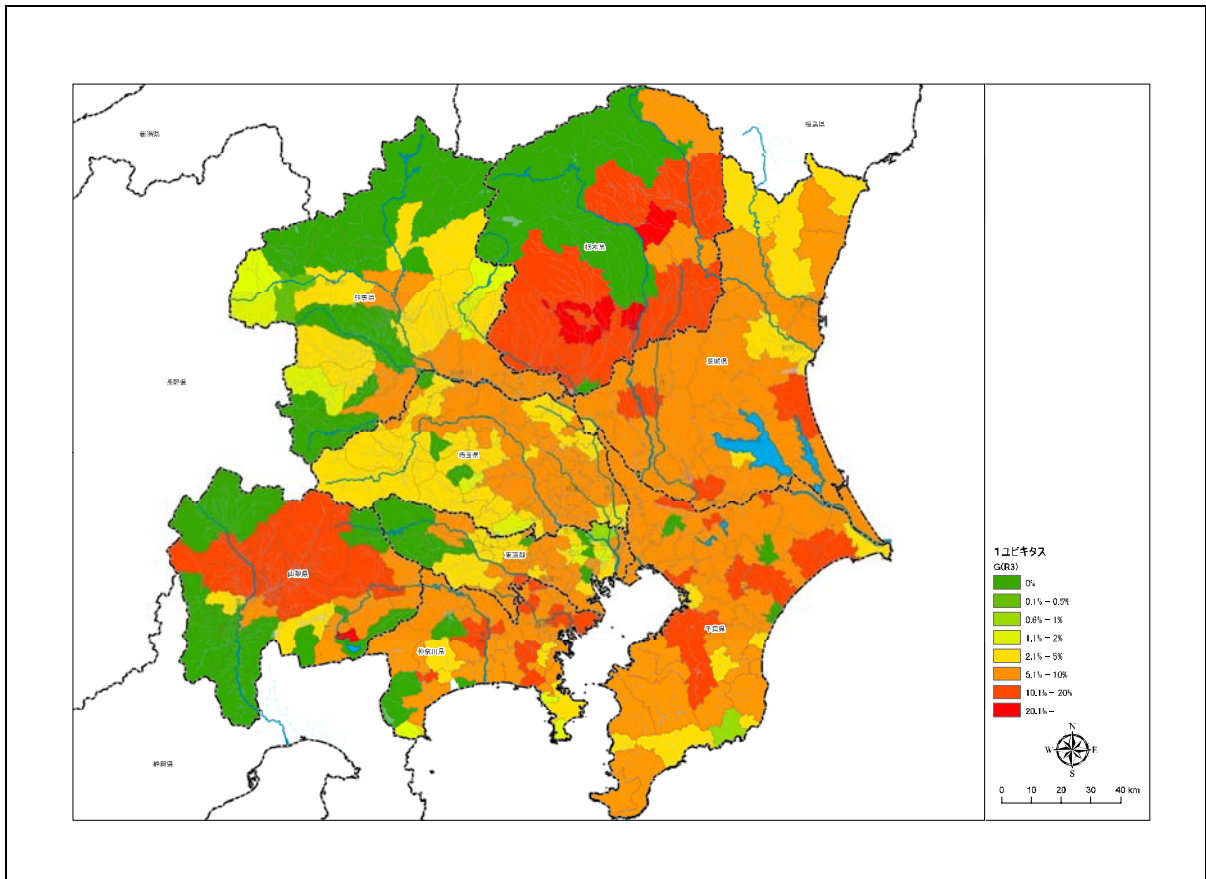


図 6.6-47 市町村別、環境負荷低減率（地下水、1 ユビキタス G 型(R3)）-双方解除

表 6.6-60 都道府県別、排出負荷削減効果(地下水、1 ユビキタス G 型(R3)）-双方解除

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の削減量 Kwh	削減率	上水供給 の削減量 m3/日	削減率	上水道 Kwh/m3	代替 水源 Kwh/m3	削減率
茨城県	33,519	—	6.9%	57,951	8.6%	0.715	0.137	80.9%
栃木県	21,500	—	11.7%	112,408	21.5%	0.352	0.161	54.3%
群馬県	11,482	—	5.3%	57,524	9.4%	0.351	0.151	56.9%
埼玉県	66,072	—	5.7%	144,438	7.8%	0.624	0.166	73.4%
千葉県	79,252	—	8.2%	177,351	11.6%	0.632	0.185	70.7%
東京都	97,620	—	5.1%	426,592	10.8%	0.487	0.258	47.0%
神奈川県	98,635	—	8.2%	343,505	12.9%	0.451	0.164	63.7%
<b>関東一円</b>	<b>408,081</b>	<b>—</b>	<b>6.7%</b>	<b>1,319,768</b>	<b>11.2%</b>	<b>0.519</b>	<b>0.210</b>	<b>59.6%</b>

### (3) クリプト対策を追加した場合の影響

今回調査では、地下水利用モデルにおいて、直接使用の場合と塩素消毒による水道水同等利用の場合を比較検討した。しかし、地下水の取水条件によっては浅井戸取水となっており、表流水との交換が発生しているケースもあると考えられる。

実際の井戸の利用現場では、浅井戸と深井戸を区別しているわけではないケースも少なくなく、情報収集の限界から顕著にこれらを区分できていない。そこで、各種水源が浅井戸で、クリプトスポリジウムのリスクがあるとした場合、紫外線消毒を追加することによって、どの程度エネルギー使用量が増加するのかを試算することとした。

追加したモデルは、

- ユビキタス Gu 型      ユビキタス G 型に紫外線消毒を追加
- ユビキタス GAu 型      ユビキタス GA 型に紫外線消毒を追加

の二種類である。検討結果を図 6.6-48、図 6.6-49に、比較表を表 6.6-61に示す。

表 6.6-61 排出量削減効果の比較

	ユビキタス G 型	ユビキタス Gu 型	ユビキタス GA 型	ユビキタス GAu 型
茨城県	2.3%	1.3%	1.7%	0.7%
栃木県	9.0%	3.1%	1.0%	0.4%
群馬県	3.1%	0.7%	0.6%	0.1%
埼玉県	0.6%	0.2%	0.2%	0.1%
千葉県	1.7%	0.6%	0.3%	0.1%
東京都	1.2%	0.1%	0.0%	0.0%
神奈川県	5.0%	0.9%	0.1%	0.0%
<b>関東一円</b>	<b>2.3%</b>	<b>0.6%</b>	<b>0.3%</b>	<b>0.1%</b>

紫外線処理によるエネルギー負荷の追加により、有効利用の効果は減少する結果となった。地下水における表流水の混入については、そのリスク水準を見極めることが重要であると考えられる。

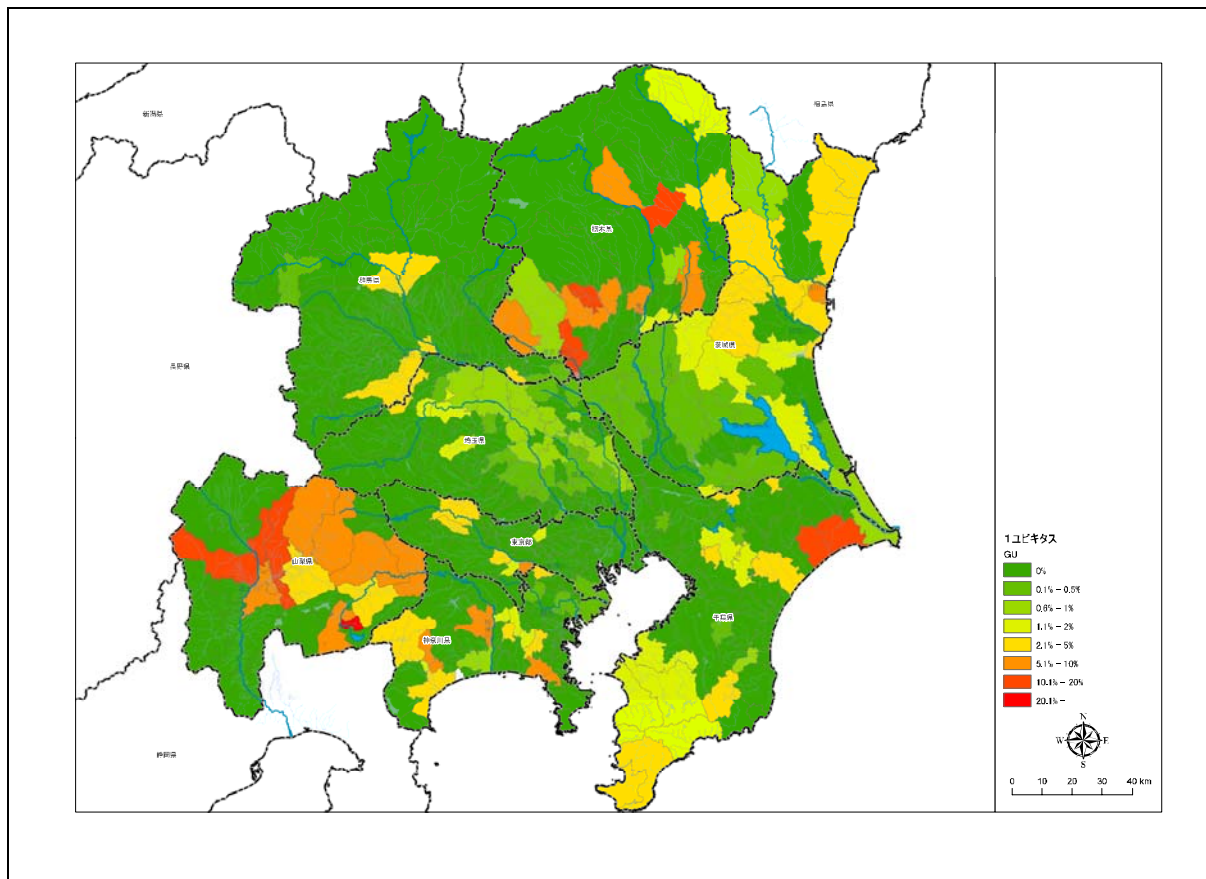


図 6.6-48 市町村別、環境負荷低減率（地下水、1 ユビキタス Gu 型）-紫外線消毒追加

表 6.6-62 都道府県別、排出負荷削減効果（地下水、1 ユビキタス Gu 型）-紫外線消毒追加

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の削減量 Kwh	削減率	上水供給の削減量 m3/日	削減率	上水道 Kwh/m3	代替水源 Kwh/m3	削減率
茨城県	6,095	—	1.3%	20,415	3.0%	0.715	0.417	41.7%
栃木県	5,679	—	3.1%	86,890	16.6%	0.352	0.287	18.5%
群馬県	1,500	—	0.7%	37,005	6.0%	0.351	0.310	11.6%
埼玉県	2,564	—	0.2%	15,702	0.9%	0.624	0.460	26.2%
千葉県	5,607	—	0.6%	37,186	2.4%	0.632	0.481	23.9%
東京都	2,678	—	0.1%	93,835	2.4%	0.487	0.458	5.9%
神奈川県	10,651	—	0.9%	209,499	7.9%	0.451	0.400	11.3%
<b>関東一円</b>	<b>34,774</b>	<b>—</b>	<b>0.6%</b>	<b>500,531</b>	<b>4.2%</b>	<b>0.519</b>	<b>0.449</b>	<b>13.4%</b>



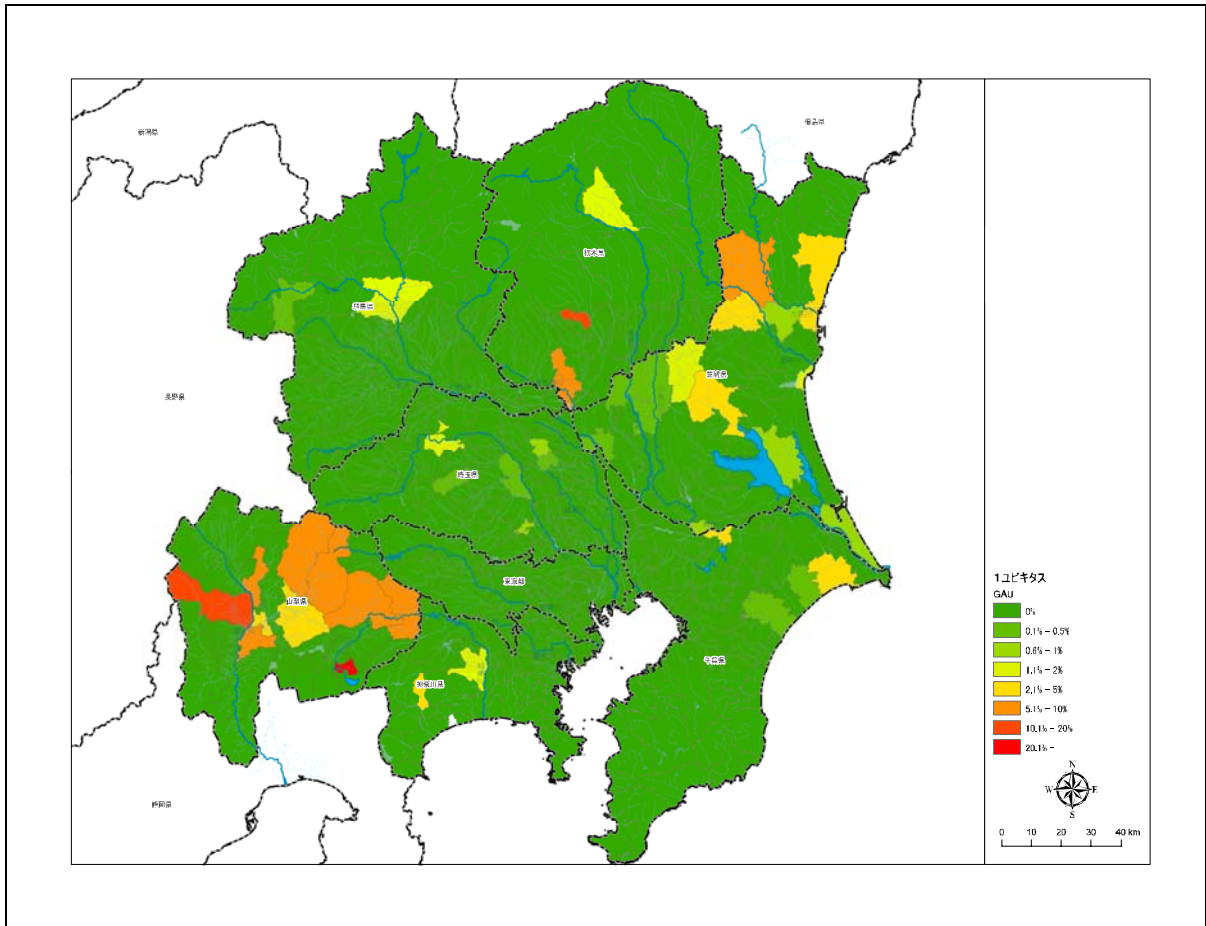


図 6.6-49 市町村別、環境負荷低減率（地下水、1 ユビキタス GAu 型）-紫外線消毒追加

表 6.6-63 都道府県別、排出負荷削減効果（地下水、1 ユビキタス GAu 型）-紫外線消毒追加

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の削減量 Kwh	削減率	上水供給 の削減量 m3/日	削減率	上水道 Kwh/m3	代替 水源 Kwh/m3	削減率
茨城県	3,213	—	0.7%	52,827	7.8%	0.715	0.655	8.5%
栃木県	815	—	0.4%	112,908	21.6%	0.352	0.345	2.0%
群馬県	213	—	0.1%	58,198	9.5%	0.351	0.347	1.0%
埼玉県	995	—	0.1%	31,915	1.7%	0.624	0.592	5.0%
千葉県	562	—	0.1%	56,954	3.7%	0.632	0.622	1.6%
東京都	0	—	0.0%	121,382	3.1%	0.487	0.487	0.0%
神奈川県	544	—	0.0%	317,538	11.9%	0.451	0.449	0.4%
<b>関東一円</b>	<b>6,342</b>	<b>—</b>	<b>0.1%</b>	<b>751,722</b>	<b>6.4%</b>	<b>0.519</b>	<b>0.510</b>	<b>1.6%</b>



## 2) 雨水利用のモデル条件の検討

雨水利用は水資源の調達そのものにエネルギーは必要なく、地域的な偏在も比較的小さい。しかし、雨水水槽の容量と需要量のバランスで使用可能量が決まる部分が大きく、水槽が大きければ大きいほど、ローエネルギーな水資源を大量に調達が可能である。

今般の検討の範囲では、コミュニティ RfA 型、すなわち街区レベルでの水利用を前提とした場合の効果量が大きかったが、これは、50m×50m程度の街区に対して家が 5 世帯程度となっており、集水面積に対して需要が少なめ、すなわち、雨水水槽が大きめとして想定されていたことによる部分が大きい可能性がある。

雨水槽の大きさを制約因子として考える場合、本来はイニシャルエネルギーの評価を取り入れないと妥当性の高い検討は難しいが、今回調査全般ではこれは今後の課題とされているため、再利用可能な水量と水利用条件の組み合わせ条件を探ることで、今後の検討のヒントを得るものとする。

### (1) 雨水槽容量の影響の検討方法

雨水槽の容量を変化させ、水需要との組み合わせを計算することによって、各種用途ごとに妥当な雨水の水槽を計算する。利用パターンは各種すべてとして、それぞれのパターンごとに最適な雨水槽容量を模索する。

ただし、首都圏全域での各市町村すべてについて最適条件を探ることは事実上不可能であること、雨水の利用条件の地理的格差があまり顕著でないこと、などから、本論では茨城県つくば市を代表都市として選定し、市の条件で計算する。つくば市を選定した理由は以下のとおりである。

- 比較的規模の大きな市区町村で、首都圏の流域系からも近いが流域には属していないこと。
- 地下水、雨水、下水、工水のすべてが調達可能で、なおかつ、首都圏全体の平均的・中間的な特性を有し、エネルギー削減効果量がほぼ平均値に近いこと。
- 研究学園都市であり、関東地域でも特別な存在感を有する市であること。

検討対象は、それぞれの水利用パターンで最も効果が大きいと評価された、ユビキタス RfA 型、コミュニティ(街区)RfA 型、及び、コミュニティ(ビル)RfA 型~RfC 型とする。コミュニティ型の各型については効果量が似ているので一通り計算をして比較する。

### (2) ユビキタス RfA 型

ユビキタス RfA 型の初期計算条件は以下のとおりである。このうち、屋根面積については変更しにくいので、タンク容量を変更した場合について計算を行う。降雨パターン、需要量は茨城県つくば市の条件で算出する。世帯あたりの集水面積、雨水タンク容量を変化させて使用可能量のマトリクスで整理した。結果を表 6.6-64に示す。

- 降雨パターン 茨城県(水戸市)のアメダスデータを使用
- 世帯あたりの集水面積 60m<sup>2</sup> (70m<sup>2</sup>×流出係数 0.9) ⇒【変更】
- 雨水タンク容量 250L 標準的な家庭用市販品を参考に設定 ⇒【変更】
- 日あたり使用水量 ④雑用+⑤便所用、世帯あたり 332L/日
- 使用パターン 生活用水としての利用パターン(24 時間の変動あり)

表 6.6-64 雨水活用可能量の比較(ユビキタス型、屋根面積想定での比較)

単位:使用可能水量[L]／需要水量 332[L]に対する%

雨水槽	屋根面積 50m <sup>2</sup> (45m <sup>2</sup> で計算)		屋根面積 70m <sup>2</sup> (60m <sup>2</sup> で計算)		屋根面積 100m <sup>2</sup> (90m <sup>2</sup> で計算)		備考
	数量	割合	数量	割合	数量	割合	
雨水槽 100L	19	5.7%	20	6.0%	19	5.7%	
雨水槽 250L	30	9.0%	31	9.3%	33	9.9%	
雨水槽 500L	41	12.3%	45	13.6%	49	14.8%	
雨水槽 1,000L	53	16.0%	61	18.4%	70	21.1%	
雨水槽 1,500L	60	18.1%	70	21.1%	83	25.0%	
雨水槽 2,000L	65	19.6%	77	23.2%	92	27.7%	

雨水槽の容量は、1,000L程度までの範囲においては容量の増加にはほぼ等しい利用可能量が得られるが、1000Lを超えるあたりから水槽容量の増加効果は小さくなる。また、雨水槽の容量が小さいと屋根の面積の影響はあまり顕れないが、面積が大きくなるにつれて、顕著に雨水槽の大きさの効果が見られるようになることがわかる。

### (3) コミュニティ(街区)RfA 型

コミュニティ型 (街区)RfA型の場合の計算条件は以下のとおりとする。世帯あたりの集水面積は変更しないが、流出係数については変更の余地がある。そこで、流出係数を 0.05(露出土面)、0.3(基本条件)の2種類とし、雨水タンク容量を変化させて整理した結果を表 6.6-65に示す。

- 降雨パターン 茨城県(水戸市)のアメダスデータを使用
- 街区あたりの集水面積 750m<sup>2</sup> (2,500m<sup>2</sup>×流出係数 0.3) ⇒【変更】
- 雨水タンク容量 5,000L 市販品を参考に設定 ⇒【変更】
- 日あたり使用水量 ④雑用+⑤便所用、プラントあたり 1,755L/日
- 使用パターン 生活用水としての利用パターン(24 時間の変動あり)

当然ながら流出係数の差は顕著である。雨水を収集するための地表面の処理が雨水利用に与える影響について十分に検討する余地があることが確認された。雨水槽の容量だけでなく、雨水を収集、再利用しやすいような地表面の処理や流出対策についても十分な検討が必要であると考えられる。

表 6.6-65 雨水活用可能量の比較(コミュニティ(街区)、流出係数の比較)

単位:使用可能水量[L]／需要水量 1,755[L]に対する%

雨水槽	集水面積 2,500m <sup>2</sup> ×0.05 で計算		集水面積 2,500m <sup>2</sup> ×0.3 で計算		備考
	88	5.0%	88	5.0%	
雨水槽 500L	88	5.0%	88	5.0%	
雨水槽 1,000L	114	6.5%	143	8.1%	
雨水槽 2,000L	145	8.3%	229	13.0%	
雨水槽 5,000L	188	10.7%	398	22.7%	
雨水槽 10,000L	211	12.0%	555	31.6%	

(4) コミュニティ(ビル)型

コミュニティ型 (街区)では、水利用パターンによって有効性の差があまり顕著でなかったため、RfA型、RfB型、RfC型の場合の比較を行う。計算条件は以下のとおりとする。

- 降雨パターン 茨城県(水戸市)のアメダスデータを使用
- 街区あたりの集水面積 2,000m<sup>2</sup> (2,500m<sup>2</sup>×流出係数 0.8)
- 雨水タンク容量 10,000L 市販品を参考に設定 ⇒【変更】
- 日あたり使用水量 (RfA)④雑用+⑤便所用、プラントあたり 35,100L/日
- 日あたり使用水量 (RfB)②風呂～⑤便所用、プラントあたり 77,100L/日 } 【変更】
- 日あたり使用水量 (RfC)②風呂～⑤便所、再生、プラントあたり 52,800L/日
- 使用パターン 生活用水としての利用パターン(24 時間の変動あり)

表 6.6-66 雨水活用可能量の比較(コミュニティ(ビル)各型の比較)

単位:使用可能水量[L]／需要水量 35,100～77,100[L]に対する%

雨水槽	RfA型 35,100L/施設		RfB型 77,100L/施設		RfC型 52,800L/施設		備考
	831	2.4%	1,385	1.8%	1,109	2.1%	
雨水槽 500L	831	2.4%	1,385	1.8%	1,109	2.1%	
雨水槽 1,000L	912	2.6%	1,450	1.9%	1,176	2.2%	
雨水槽 2,000L	1,035	2.9%	1,565	2.0%	1,297	2.5%	
雨水槽 5,000L	1,321	3.8%	1,813	2.4%	1,564	3.0%	
雨水槽 10,000L	1,645	4.7%	2,091	2.7%	1,858	3.5%	

大規模な雑用水利用の場合、雨水槽の容量による変化はあまり大きくなかった。水利用量が多いほど利用率が低くなっている点が特徴的で、この規模の水利用になると、需要が多いために、雨水が貯留される前にどんどん使用されることがその背景にあると考えられる。

#### (5) 検討結果

以上、雨水利用条件についてのバリエーションとその影響について評価を行った。  
あらためて、雨水を有効利用するためには、

- 需要量
- 集水設備とその効率
- 雨水貯留槽
- 水需要のパターン

など、多様な要素の最適なバランスを模索する必要があることが確認された。

また、各種雨水利用の中で、コミュニティ Rfa 型の効率が高いと評価された(22.7%は選択肢の中では最大値)のは、雨水利用の条件と、実績や調達条件などから想定した施設の内容のマッチングがよかったことの効果が大きいと考えられる。

ただし、今回調査は、初期投資やランニングコストについては評価基準としていないこと、雨水利用における最適条件の模索を目的としているわけではないこと、などから、これ以上の研究については今後にゆだねるものとするが、雨水利用の効率向上の余地が確認された点は十分に意義深いと考えられる。

### 3) 下水利用のモデル条件の検討

今回設定した下水使用モデルは、直接再利用だけの検討としたが、下水処理場で処理された水の供給を受けて再利用をする方法(いわゆる中水道)の方が福岡市の再生利用など事例もみられ、実現の可能性は高い。委員からもこの点を指摘されている。このため、下水処理場で収集された再生水利用した場合についてモデルを追加する。

#### (1) 下水利用モデルの追加

今回調査では下水処理場の存在する市区町村についての検討とする。下水処理場で得られる下水処理水を送水して消毒のみでそのまま使用する場合について、送水及び消毒に必要なエネルギー量を計上する。利用方法は雑用水・水洗便所用水とする。

ただ、送水の条件は市町村により千差万別であり、一つ一つのエリアでその検討条件を確認することができないため、今回調査では簡易的に、下水処理水の給水面積を円形とみなした場合の半径を最大距離とし、その $\sqrt{2}$ (面積平均)で平均距離を設定する。なお、便宜的に最大距離を 10km とした(この距離になった事業はなかった)。

$$\text{送水距離 } r = \left( \frac{X}{\pi} \times 2 \right)^2$$

送水の揚程の設定方法も課題である。下水処理施設は市町村でも低い位置にあることから、揚程は比較的大きくなるが、各市町村の条件を勘案して設定する作業は今後の検討に委ねるものとし、本論では 40m の基本揚程に、送水距離 5% 相当の送水ロスを設定して揚程とした。

#### (2) 検討結果

下水利用の場合、水処理の対象となる水質が他の水資源よりも悪い可能性が高いため、薬品や維持管理費等を考慮にいと、現在の評価よりも厳しい結果となる可能性がある。

また、再生水を送水して使用するケースについても、下水処理場での処理に要したエネルギーを無視していることから、優位性が実際以上に高く評価されているものと考えられる。

下水再生水利用の意義を中心に評価する場合、水循環系の一部としての下水道システムを評価モデルに取り入れることが必要であり、本論の主旨からここまで踏み込むことはできないが、今後の課題として、水循環系全体の評価を取り込んだモデルの構築により、このテーマが取り扱われることが望まれる。

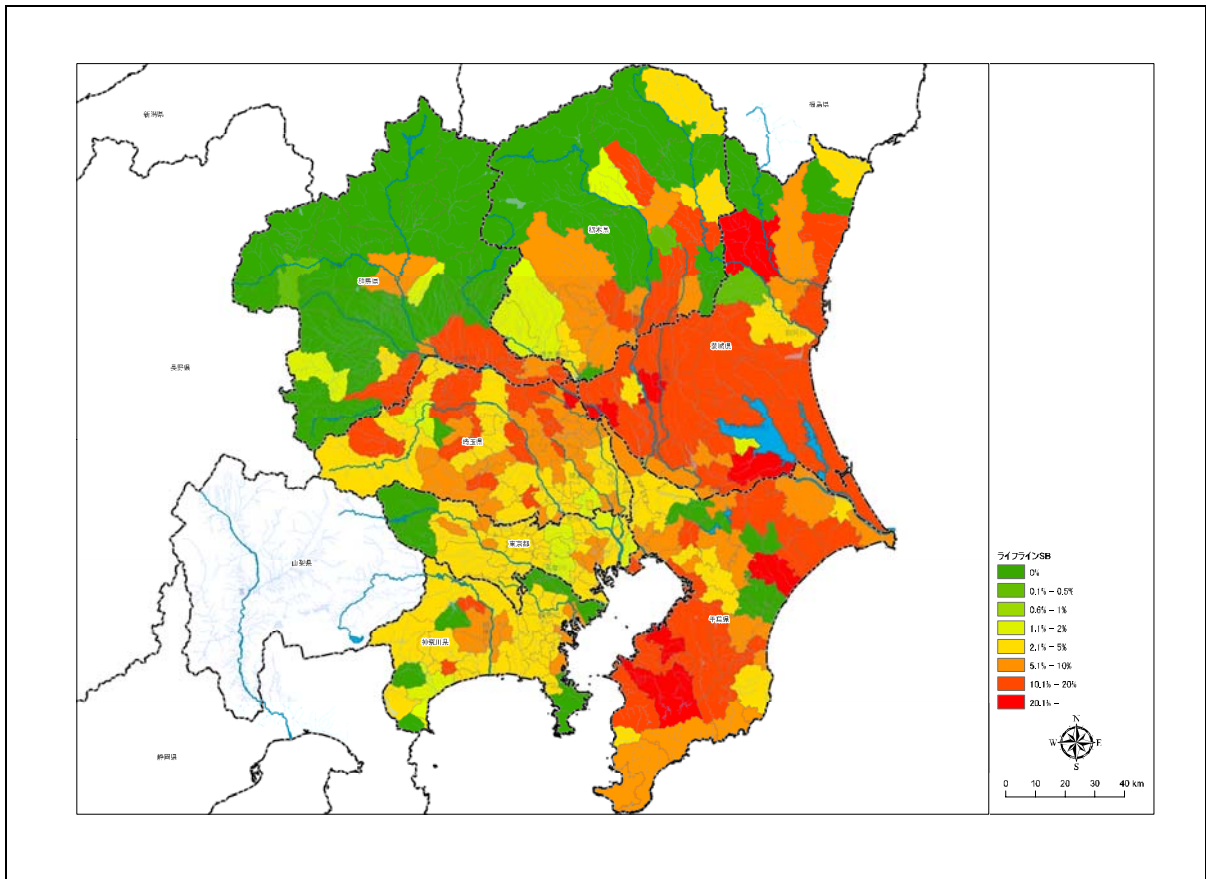


図 6.6-50 市町村別、環境負荷低減率（下水再生水、ライフライン SB 型）-処理場から処理水供給

表 6.6-67 都道府県別、環境負荷低減率（下水再生水、ライフライン SB 型）-処理場から処理水供給

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の削減量 Kwh	削減率	上水供給の削減量 m3/日	削減率	上水道 Kwh/m3	代替水源 Kwh/m3	削減率
茨城県	62,942	—	13.0%	187,644	27.8%	0.715	0.380	46.9%
栃木県	9,009	—	4.9%	129,215	24.7%	0.352	0.283	19.8%
群馬県	14,622	—	6.8%	176,358	28.8%	0.351	0.268	23.6%
埼玉県	74,599	—	6.5%	305,618	16.5%	0.620	0.376	39.4%
千葉県	81,741	—	8.5%	296,725	19.4%	0.630	0.354	43.7%
東京都	55,719	—	2.9%	504,682	12.8%	0.486	0.376	22.7%
神奈川県	42,924	—	3.6%	417,912	15.6%	0.449	0.346	22.9%
関東一円	<b>341,557</b>	—	<b>5.6%</b>	<b>2,018,154</b>	<b>17.1%</b>	<b>0.517</b>	<b>0.348</b>	<b>32.7%</b>



#### 4) 工水利用のモデル条件の検討

工業用水道事業は契約水量制であるため、供給先が決まっても使用されていない工業用水が存在する。事業によっては、ユーザー企業側から強くその削減を求められている。このため、前述した基本案は、工業用水道事業全体での実際の供給余力(実余力ベース)を最大限に計上し、これをすべて利用した場合で評価している。つまり、ユーザーとの契約がない本当の意味での余力(未売水)だけでなく、契約上はユーザー企業に供給されている工業用水まで転用している想定となっている(実余力ベース)。そこで、契約ベース(未売水ベース)での供給で評価した場合についてもあわせて検討を行った。計算の結果を表 6.6-68に示す。

表 6.6-68 排出量削減効果の比較(ライフラインIC型)

	実余力 ベース	未売水 ベース	備考
茨城県	16.8%	12.6%	
栃木県	3.4%	3.4%	
群馬県	11.7%	9.9%	
埼玉県	5.2%	5.2%	
千葉県	12.1%	8.8%	
東京都	0.2%	0.2%	
神奈川県	3.8%	2.8%	
関東一円	5.5%	4.4%	

当然のことながら、契約水量ベースでの余力の方が実際の余力ベースよりも小さいため、その効果が削減される。ただし、都道府県によってはその差が小さい場合もある。実際の供給余力と未売水の関係は事業によって当然異なるが、茨城県や千葉県など、工業用水を利用することの効果が大きいと考えられる県でその影響が大きいことについては留意する必要がある。

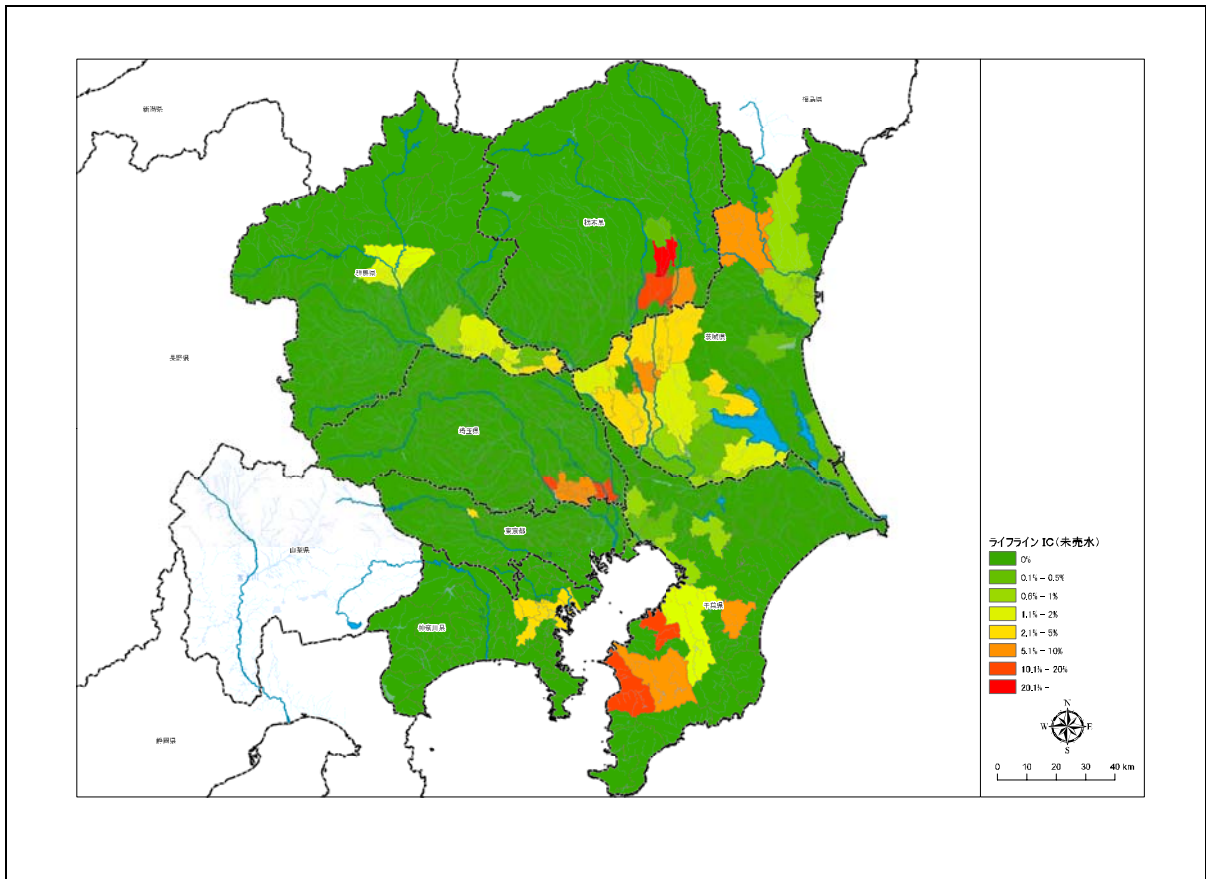


図 6.6-51 市町村別、環境負荷低減率（工水、1 ライフラインIC型）-余カベース

表 6.6-69 都道府県別、排出負荷削減効果（工水、1 ライフラインIC型）-余カベース

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の削減量 Kwh	削減率	上水供給の削減量 m <sup>3</sup> /日	削減率	上水道 Kwh/m <sup>3</sup>	代替水源 Kwh/m <sup>3</sup>	削減率
茨城県	4,828	55,958	12.6%	32,116	4.8%	0.715	0.565	21.0%
栃木県	1,904	4,426	3.4%	24,112	4.6%	0.352	0.273	22.4%
群馬県	1,254	20,095	9.9%	16,844	2.8%	0.351	0.276	21.2%
埼玉県	18,027	41,469	5.2%	73,878	4.0%	0.620	0.376	39.4%
千葉県	9,235	74,992	8.8%	27,075	1.8%	0.630	0.289	54.2%
東京都	343	3,516	0.2%	11,688	0.3%	0.486	0.457	6.0%
神奈川県	8,511	25,098	2.8%	57,549	2.2%	0.449	0.301	32.9%
<b>関東一円</b>	<b>44,102</b>	<b>225,553</b>	<b>4.4%</b>	<b>243,263</b>	<b>2.1%</b>	<b>0.517</b>	<b>0.336</b>	<b>35.0%</b>

## 6.6.8 首都圏全体でみた水資源ポートフォリオの提案

※ ポートフォリオとは、もともとは「ファイル」を指す言葉で、現代では「性質の異なるさまざまな資産を適切に組み合わせる、その組み合わせのこと」をいう。水資源の組み合わせについて、最適な環境負荷低減の組み合わせを探るキーワードとして提案する。

### 1) 水資源ポートフォリオのコンセプト

本調査では、これまで、ダムを中心とした水源と上水道施設の最適な組み合わせ(水道システムによるエネルギー最適化案)と、それ以外の水資源利用のそれぞれの視点から、水道にとどまらない水源資産の最適な活用法を探ってきた。この結果、以下のような知見を得た。

- 水道事業をエネルギー最適の視点で水源まで再構成することによって、理論上、電力使用量ベースで現状の約70%カット、30%程度まで削減できる可能性があることが示された。
- 水道以外の水源を利用して生活用水の一部を代替することで、水供給にかかわるエネルギー量を削減できることが確認できた。ただし、水道施設の再配置によって得られるほどの大幅なカットは困難とみられる。
- ただし、流域の最下流に位置する東京都心付近を中心に、利根川下流部から取水しなければならない地域があり、ここについては高度処理が必要であるなど、都市用水の調達に必要なエネルギー量が比較的大きい。この地域については、代替の水資源の調達にかかわるエネルギー量を精査することで、代替による効果を得られる可能性がある。

以上から、本検討で提案する水資源ポートフォリオのコンセプトは次のようなものとなる。

- 2050年次点で想定される水道による水供給の電力使用量原単位を、浄水場の再配置を行った場合のデータで算出する。
- 利根川中流浄水場、荒川上流浄水場、多摩川上流浄水場、相模川浄水場の供給を想定している区市町村については、当該浄水場からの供給が中心となり、これを、使用可能量は限られるもののエネルギー削減効果がある水資源(地下水、雨水)で補完する。
- 江戸川中流浄水場と、江戸川下流浄水場の供給エリアについても同等の検討とするが、これらのエリアは、再配置後の水道によるエネルギー使用量が比較的大きいため、下水再生水利用のように、量の効果が効く水資源の利用の可能性が高まる。
- それ以外のエリアについては、上水道以外の水資源を利用して消費エネルギー量を削減できる量を算出する。

## 2) 水道としての対策を講じたあとの市町村ごとの電力使用量の削減効果

水道事業の電力使用量原単位については、現状のデータを適用してその効果を算出している。このため、2050年度を目標として水道事業を再構築した場合とあわせてこれらの水資源を利用する場合には、まず、WG①、②の成果によって算出された水道事業の再構築の効果による電力使用量の削減効果を市町村単位に展開し、これとの比較を行う必要がある。

そこで、まず、以下の4パターンについて動力負荷の削減効果を削減率で算出した。それぞれのパターンにおける削減率の分布を図 6.6-52～図 6.6-55に、都道府県単位での削減率の分布を表 6.6-70とする。

- パターン① 水道事業の再構築
- パターン② 水道事業の再構築＋広域化の推進
- パターン③ 水道事業の再構築＋太陽光発電等の取り組み
- パターン④ 水道事業の再構築＋太陽光発電等の取り組み＋広域化の推進

表 6.6-70 都道府県別、排出負荷削減効果(水道再構築の効果)

	現在	パターン① 再構築		パターン② 再構築 ＋広域化		パターン③ 再構築 ＋太陽光等		パターン④ 再構築 ＋広域化＋太陽光等	
	動力 原単位 Kwh/m3	動力 原単位 Kwh/m3	削減 率	動力 原単位 Kwh/m3	削減 率	動力 原単位 Kwh/m3	削減 率	動力 原単位 Kwh/m3	削減 率
茨城県	0.715	0.510	28.7%	0.354	50.5%	0.491	31.4%	0.335	53.1%
栃木県	0.352	0.280	20.4%	0.192	45.4%	0.267	24.2%	0.179	49.2%
群馬県	0.351	0.278	20.8%	0.200	42.9%	0.259	26.2%	0.181	48.3%
埼玉県	0.620	0.300	51.6%	0.294	52.6%	0.275	55.7%	0.268	56.7%
千葉県	0.630	0.329	47.8%	0.290	53.9%	0.294	53.3%	0.256	59.4%
東京都	0.486	0.289	40.5%	0.286	41.2%	0.225	53.7%	0.222	54.4%
神奈川県	0.449	0.140	68.7%	0.133	70.5%	-0.012	102.6%	-0.019	104.3%
関東一円	0.517	0.274	47.0%	0.248	52.0%	0.207	60.0%	0.181	64.9%

現在の動力負荷に、水道事業としてのエネルギー使用量の削減のための様々な手立てを講じた場合、水道施設の再配置を全面的に行うことの効果のみられるエリアとして、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、のエネルギー負荷の削減効果が大きい。神奈川県にいたっては、残水圧の利用や太陽光発電等の効果によってゼロエミッションが達成される可能性があるとして試算されている。

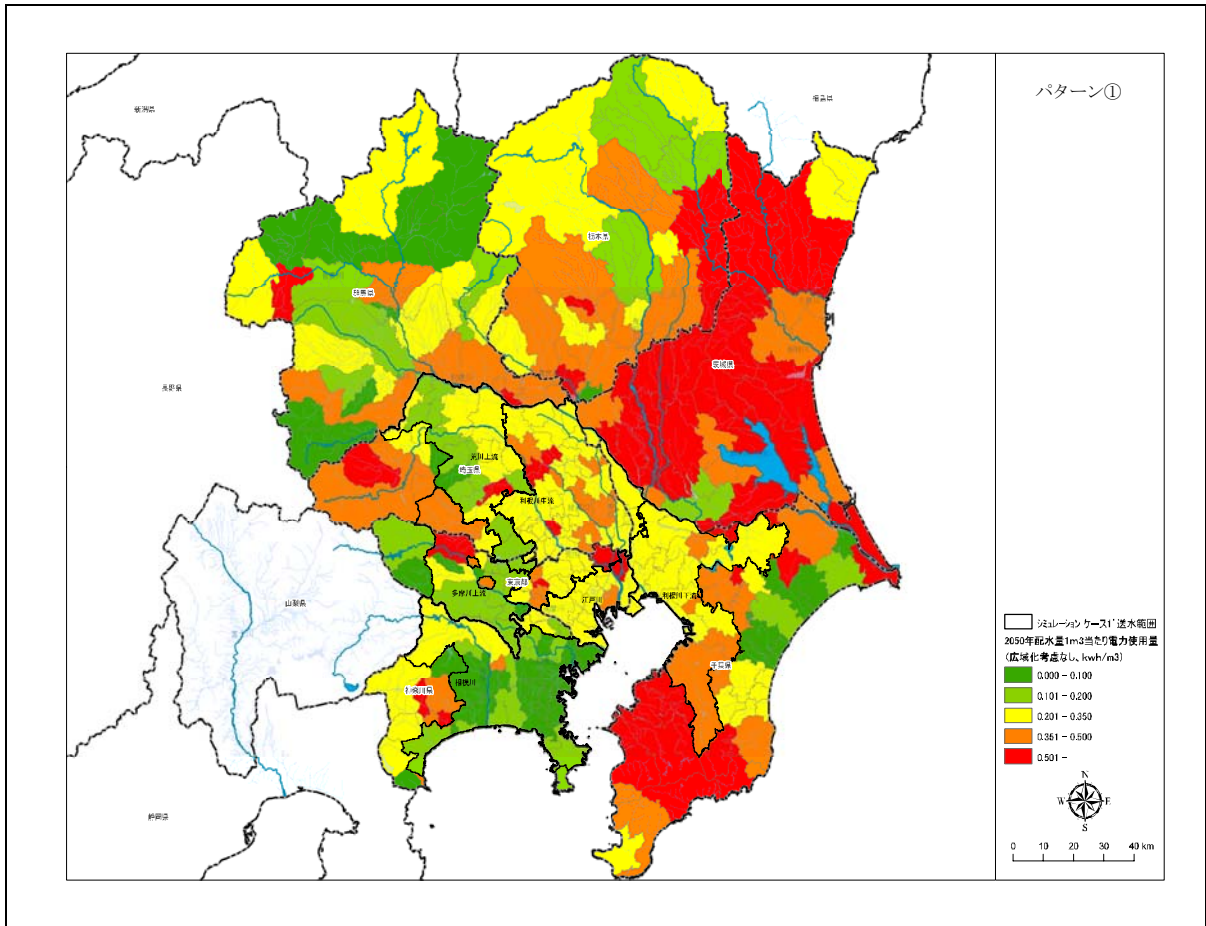


図 6.6-52 市町村別、環境負荷低減率（水道再配置等、パターン①）

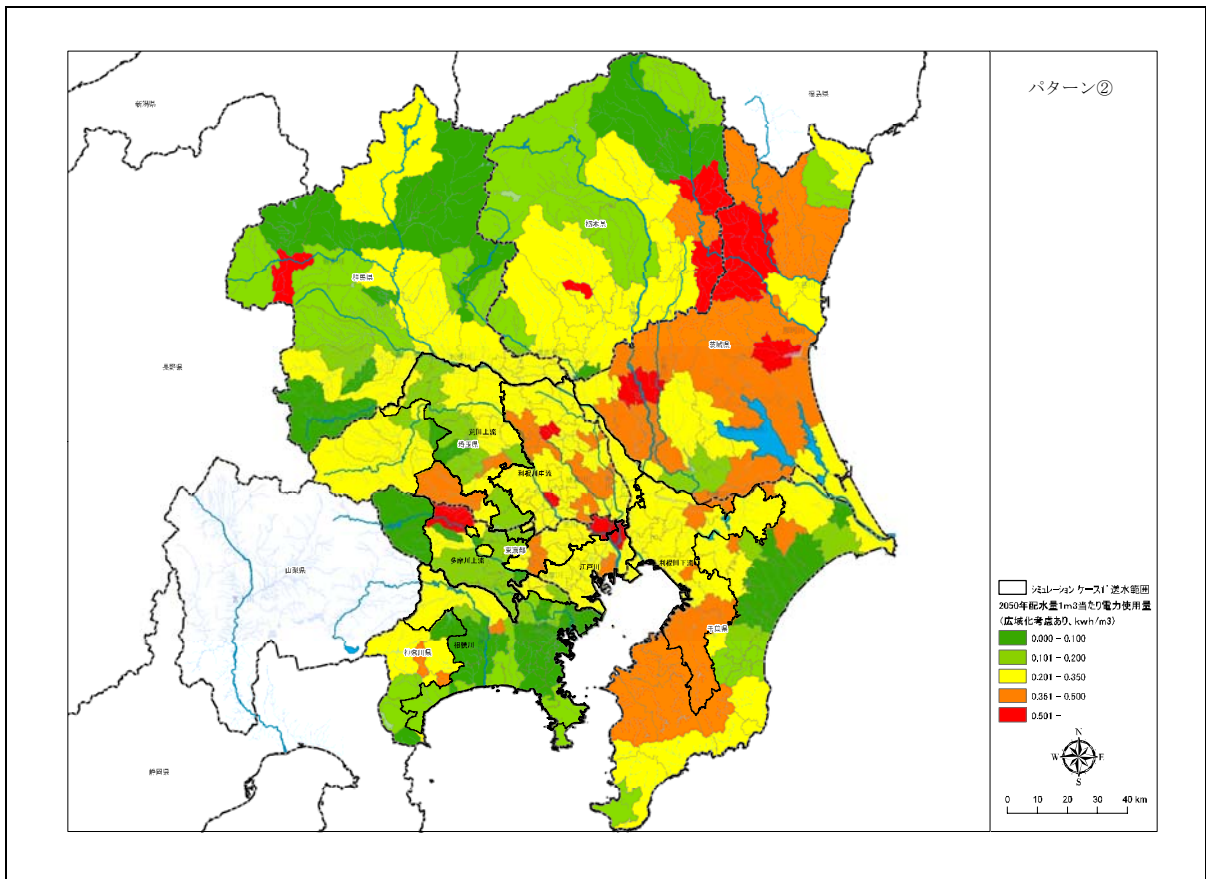


図 6.6-53 市町村別、環境負荷低減率（水道再配置等、パターン②）



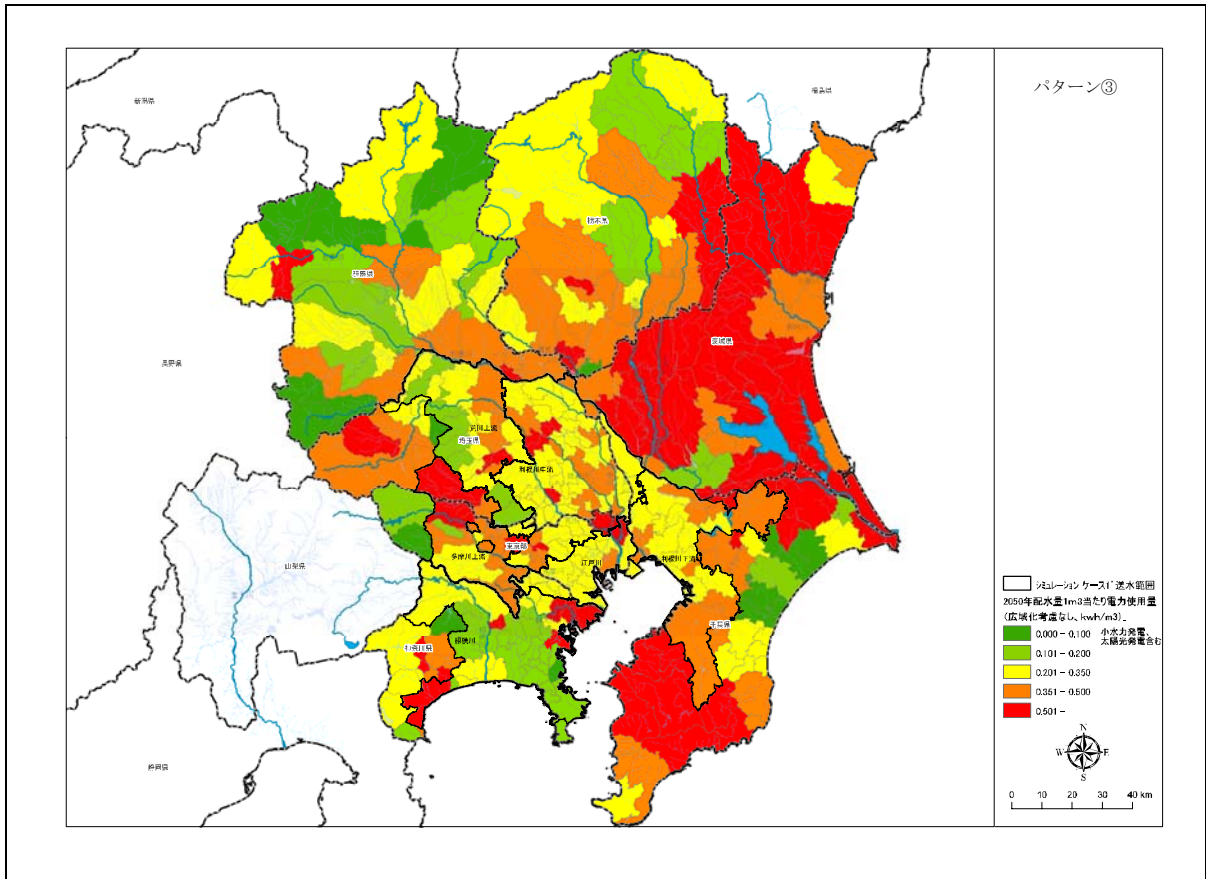


図 6.6-54 市町村別、環境負荷低減率（水道再配置等、パターン③）

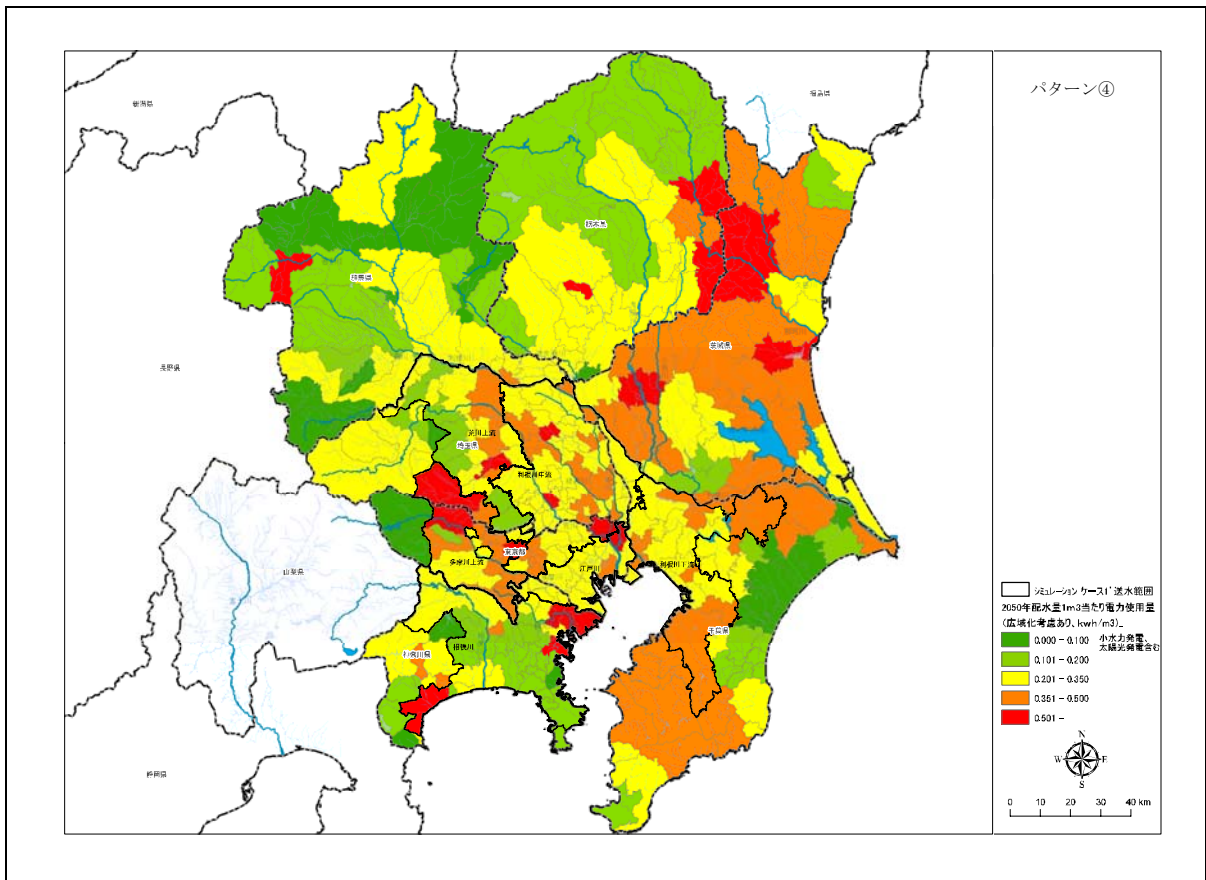


図 6.6-55 市町村別、環境負荷低減率（水道再配置等、パターン④）



### 3) 将来の動力負荷のもとでのその他水資源の効果

ここでは、2050年における水道以外の水資源を利用することによるエネルギー負荷の削減効果を計算する。前章までは、水道水の供給による動力使用量は現在の2010年データを使用していたが、2050年時点のエネルギー使用量は2010年よりも相当程度小さくなっている。このため、代替水源を利用することの有効性は、エネルギーを必要とする水資源を中心に小さくなっている。

本論では、各種の水資源利用のうち最も効果の大きかった水利用方法として、以下の4パターンについて計算を行う。ここで、水道水の調達におけるエネルギー負荷は、前述のパターン④、すなわち、水道としてとりうるすべての対策をとった場合、とする。

- 地下水      ユビキタス G 型
- 雨水        コミュニティ RfA 型
- 下水再生水   コミュニティ SB 型
- 工水        ライフライン IC 型

表 6.6-71 各種水資源利用時の動力負荷削減率

雨水槽	ユビキタス G 型		コミュニティ RfA 型		コミュニティ SB 型		ライフライン IC 型	
	2010	2050	2010	2050	2010	2050	2010	2050
対象とする水道の動力負荷量								
茨城県	2.3%	1.9%	2.5%	2.3%	10.8%	0.3%	7.8%	0.2%
栃木県	9.0%	5.6%	2.2%	1.9%	2.5%	0.1%	2.4%	0.0%
群馬県	3.1%	1.6%	1.9%	1.6%	5.1%	0.0%	2.9%	0.0%
埼玉県	0.6%	0.4%	2.2%	2.0%	4.8%	0.6%	3.6%	3.3%
千葉県	1.7%	0.8%	2.6%	2.2%	6.5%	0.0%	5.2%	0.6%
東京都	1.2%	0.6%	2.3%	2.2%	1.6%	0.5%	0.0%	0.0%
神奈川県	5.0%	-	2.4%	-	2.2%	-	2.1%	-
関東一円	<b>2.3%</b>	<b>1.3%</b>	<b>2.3%</b>	<b>2.3%</b>	<b>4.0%</b>	<b>0.4%</b>	<b>2.7%</b>	<b>0.9%</b>

比較の結果は水資源の種類ごとの特性をきわめて強く反映したものとなった。まず、下水再生利用のように、ひとつひとつのプラントにおけるエネルギー削減効果は比較的小さいものの、普遍的に十分な量を利用できる効果が大きかった水資源の優位性は、水道のエネルギー消費が減少することにより大きく損なわれる結果となった。逆に、雨水利用のように、ひとつひとつのプラントによる調達可能量がわずかであるものの、その利用に必要なエネルギーが小さい水資源の優位性は損なわれず、改善後の水道利用とくみあわせても十分に効果が見込めることがあきらかになったといえる。

このように、水道水の調達にかかわるエネルギー消費量のレベルは、代替の水資源の有効性にも大きな影響を及ぼす可能性が高い。また、その影響は、エネルギーを消費する水資源ほど大きいことが確認された。

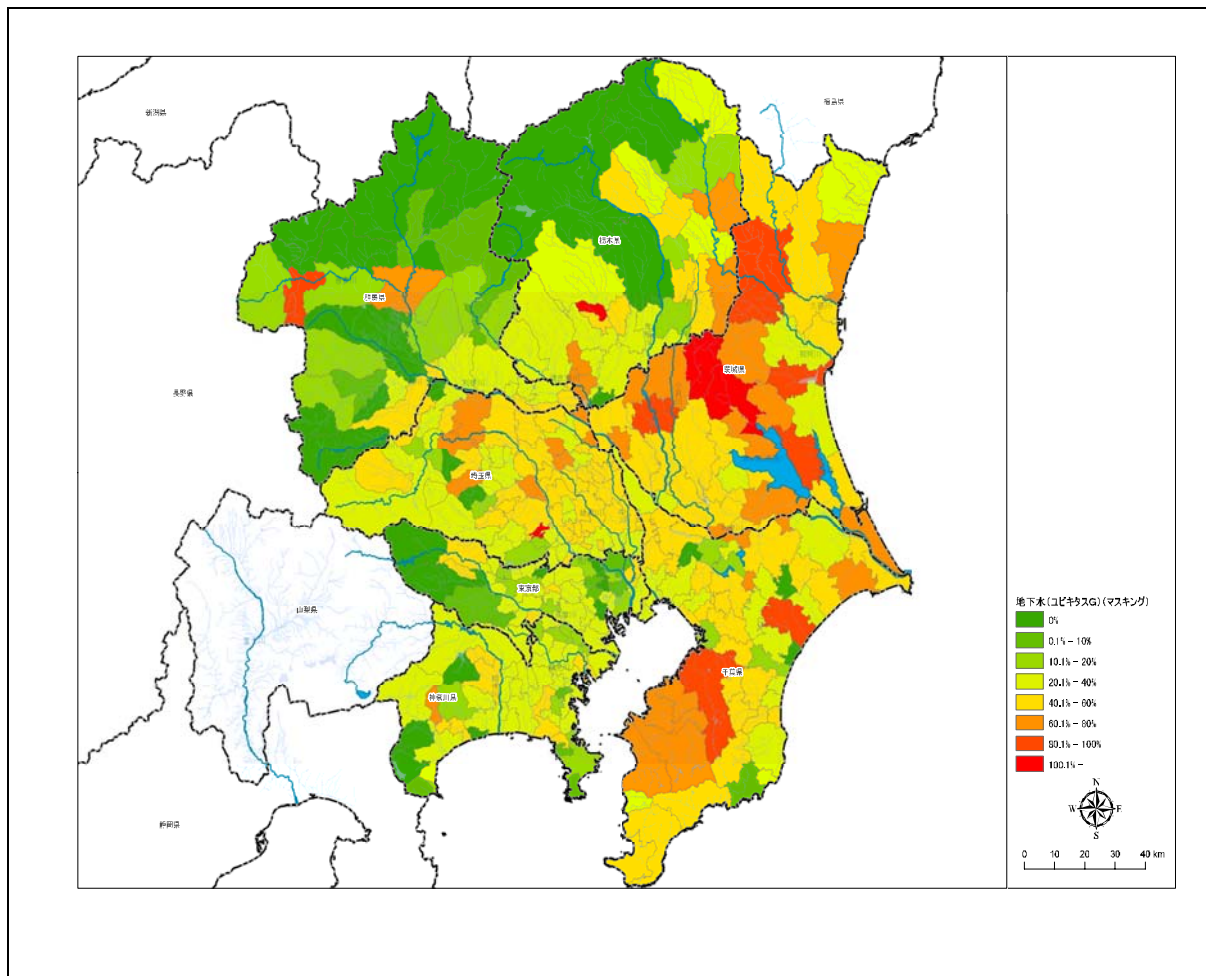


図 6.6-56 市町村別、環境負荷低減率（地下水利用－パターン④）

表 6.6-72 都道府県別、排出負荷削減効果（地下水利用－パターン④）

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の削減量 Kwh	削減率	上水供給 の削減量 m3/日	削減率	上水道 Kwh/m3	代替 水源 Kwh/m3	削減率
茨城県	4,365	—	1.9%	20,415	3.0%	0.335	0.122	63.7%
栃木県	5,232	—	5.6%	86,890	16.6%	0.179	0.119	33.6%
群馬県	1,728	—	1.6%	37,005	6.0%	0.181	0.135	25.7%
埼玉県	1,801	—	0.4%	15,702	0.9%	0.270	0.155	42.5%
千葉県	3,295	—	0.8%	37,186	2.4%	0.256	0.168	34.6%
東京都	4,836	—	0.6%	93,835	2.4%	0.222	0.170	23.2%
神奈川県	5,725	—	—	—	—	—	—	—
関東一円	26,982	—	1.3%	500,531	4.2%	0.182	0.128	29.6%

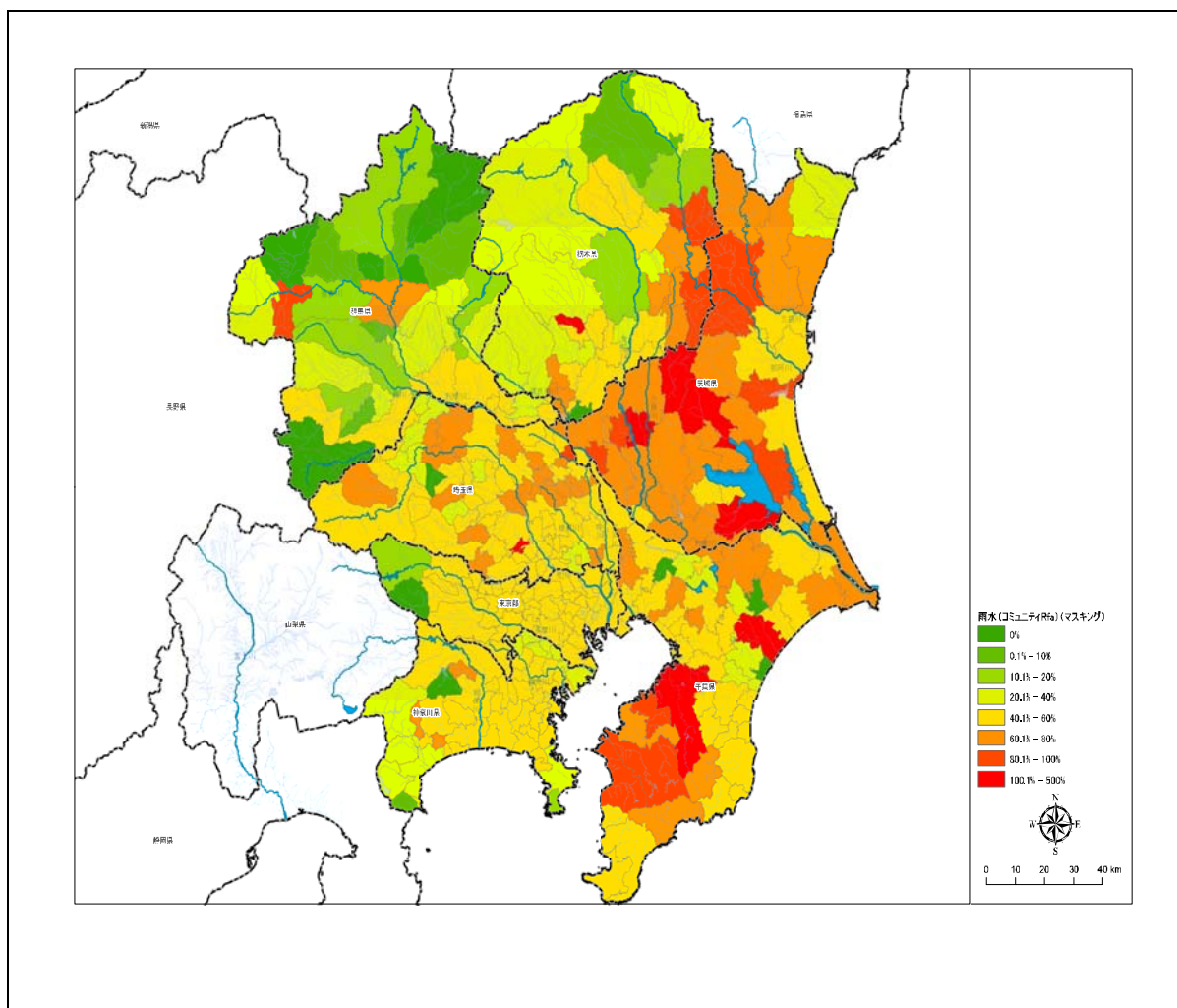


図 6.6-57 市町村別、環境負荷低減率（雨水利用－パターン④）

表 6.6-73 都道府県別、排出負荷削減効果（雨水利用－パターン④）

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の削減量 Kwh	削減率	上水供給の削減量 m3/日	削減率	上水道 Kwh/m3	代替水源 Kwh/m3	削減率
茨城県	5,211	—	2.3%	18,443	2.7%	0.335	0.053	84.2%
栃木県	1,803	—	1.9%	13,939	2.7%	0.179	0.050	72.2%
群馬県	1,812	—	1.6%	13,247	2.2%	0.181	0.045	75.4%
埼玉県	9,986	—	2.0%	44,325	2.4%	0.268	0.043	83.9%
千葉県	8,756	—	2.2%	42,861	2.8%	0.256	0.052	79.7%
東京都	19,336	—	2.2%	100,425	2.5%	0.222	0.029	86.9%
神奈川県	3,227	—	—	—	—	—	—	—
関東一円	50,131	—	2.3%	304,827	2.6%	0.181	0.017	90.6%

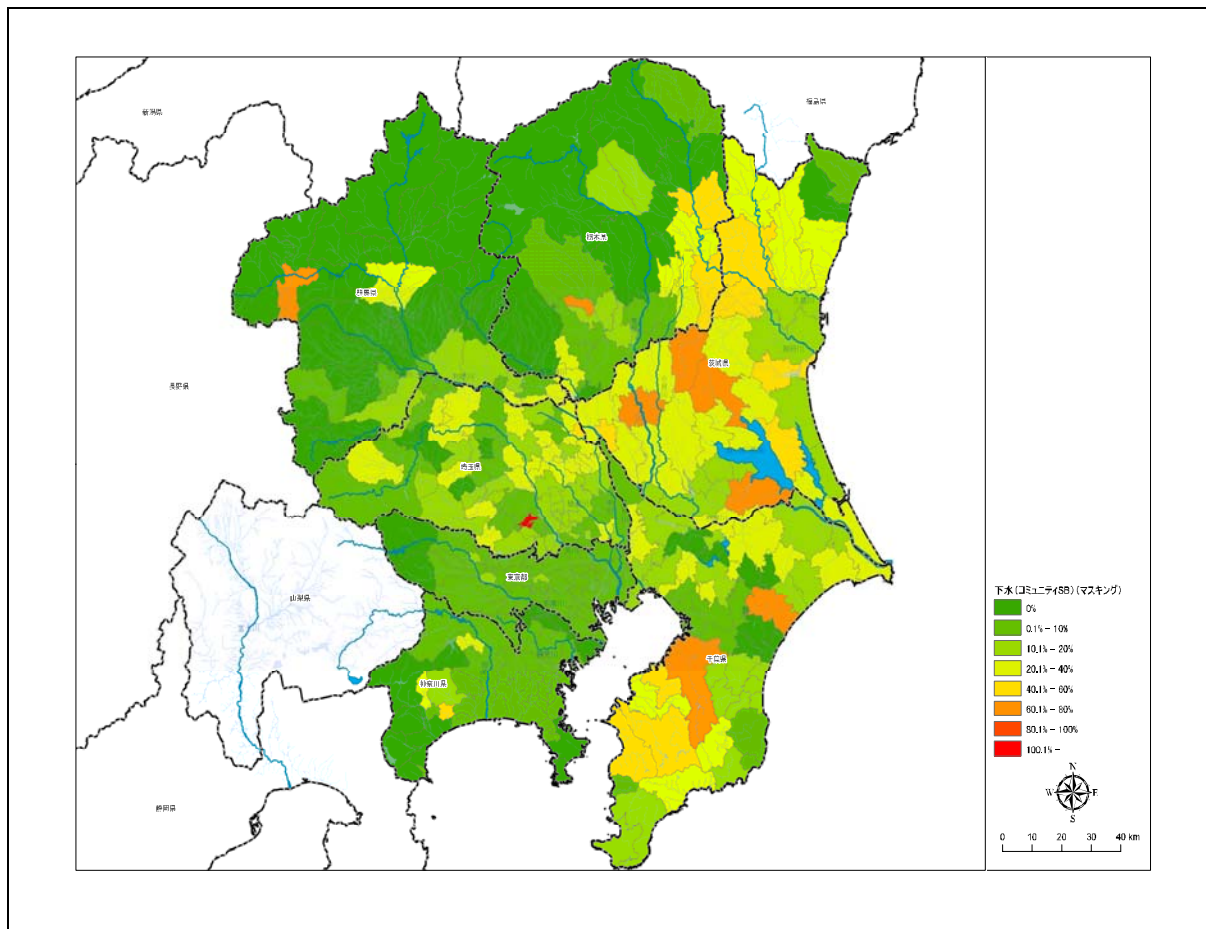


図 6.6-58 市町村別、環境負荷低減率（下水利用－パターン④）

表 6.6-74 都道府県別、排出負荷削減効果（下水利用－パターン④）

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利 用の削減量 Kwh	削減 率	上水供給 の削減量 m3/日	削減 率	上水道 Kwh/m3	代替 水源 Kwh/m3	削減 率
茨城県	595	—	0.3%	187,644	27.8%	0.335	0.332	0.9%
栃木県	109	—	0.1%	129,215	24.7%	0.179	0.178	0.5%
群馬県	0	—	0.0%	176,358	28.8%	0.181	0.181	0.0%
埼玉県	2,742	—	0.6%	305,618	16.5%	0.268	0.259	3.3%
千葉県	0	—	0.0%	296,725	19.4%	0.256	0.256	0.0%
東京都	4,225	—	0.5%	504,682	12.8%	0.222	0.213	3.8%
神奈川県	94	—	—	—	—	—	—	—
関東一円	7,764	—	0.4%	2,018,154	17.1%	0.181	0.178	2.1%

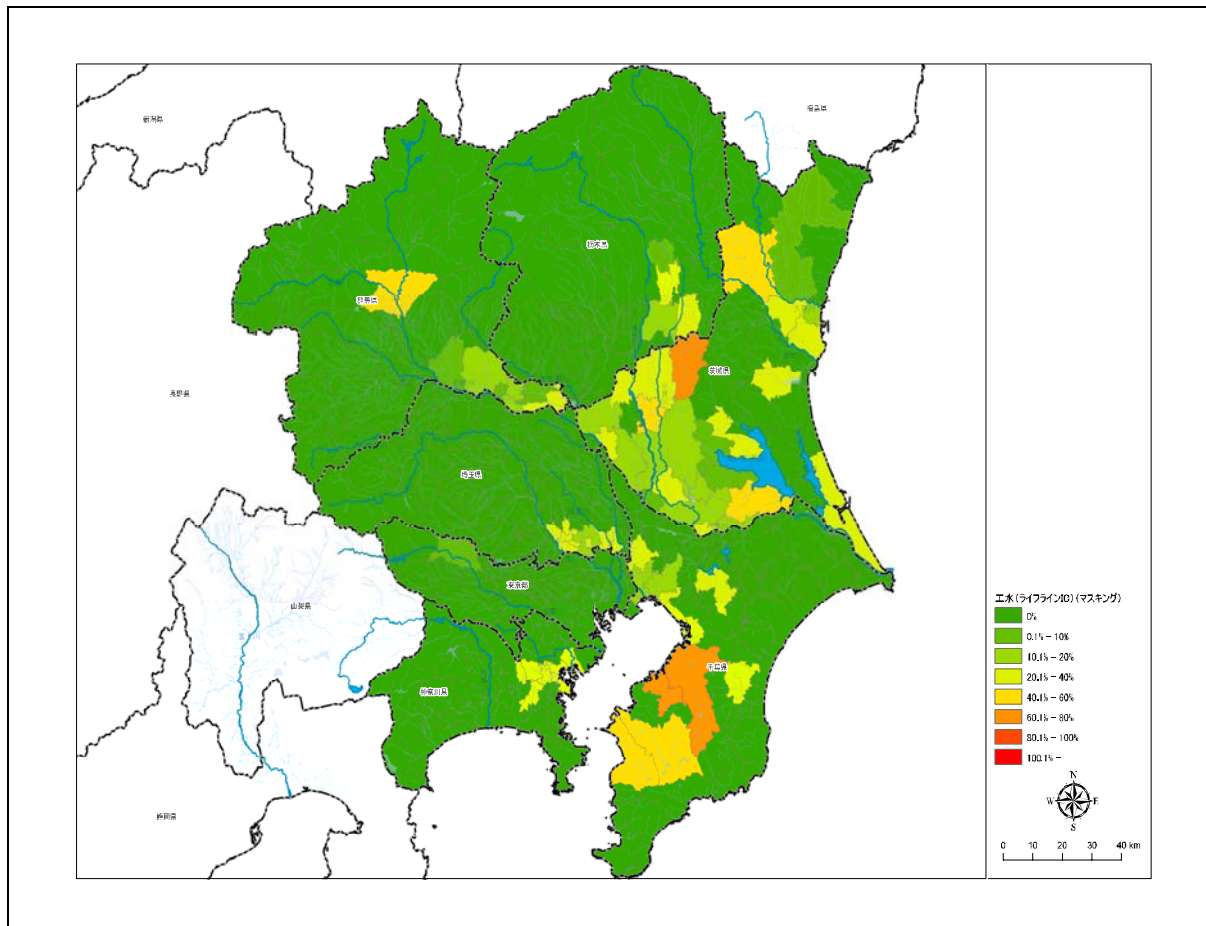


図 6.6-59 市町村別、環境負荷低減率（工水利用－パターン④）

表 6.6-75 都道府県別、排出負荷削減効果（工水利用－パターン④）

	代替水源による削減効果			代替水量		電力原単位		
	代替水源の 電力削減量 Kwh	風呂水再利用の削減量 Kwh	削減率	上水供給の削減量 m3/日	削減率	上水道 Kwh/m3	代替水源 Kwh/m3	削減率
茨城県	540	—	0.2%	176,383	26.1%	0.335	0.332	0.9%
栃木県	0	—	0.0%	37,417	7.1%	0.179	0.179	0.0%
群馬県	0	—	0.0%	61,144	10.0%	0.181	0.181	0.0%
埼玉県	16,207	—	3.3%	146,289	7.9%	0.268	0.158	41.3%
千葉県	2,266	—	0.6%	132,929	8.7%	0.256	0.238	6.7%
東京都	0	—	0.0%	15,103	0.4%	0.222	0.222	0.0%
神奈川県	0	—	0.0%	157,686	5.9%	-0.019	-0.019	0.0%
関東一円	19,012	—	0.9%	726,950	6.1%	0.181	0.155	14.4%



#### 4) 最適利用組み合わせ案の作成

上記の検討結果を組み合わせ、各代替水資源の利用を前提とした場合の、市区町村単位での最適な組み合わせ案を作成する。市町村単位で、水道としてのエネルギー負荷の削減に加え、地下水、雨水、下水、工水のそれぞれのうち、どれを組み合わせるのについて算出し、最も優位な方法を色分けによって示す。

- ① (白) 水道利用 2050年時点での動力。
- ② (青) 地下水利用 現行の計算法を維持(ただし要素条件変化時の知見を考慮)
- ③ (緑) 雨水利用 雨水槽など条件を模索した結果を反映。
- ④ (赤) 下水利用 下水処理水を利用した場合の計算結果も考慮。
- ⑤ (黄) 工水利用 未売水ベースでの検討結果も考慮。

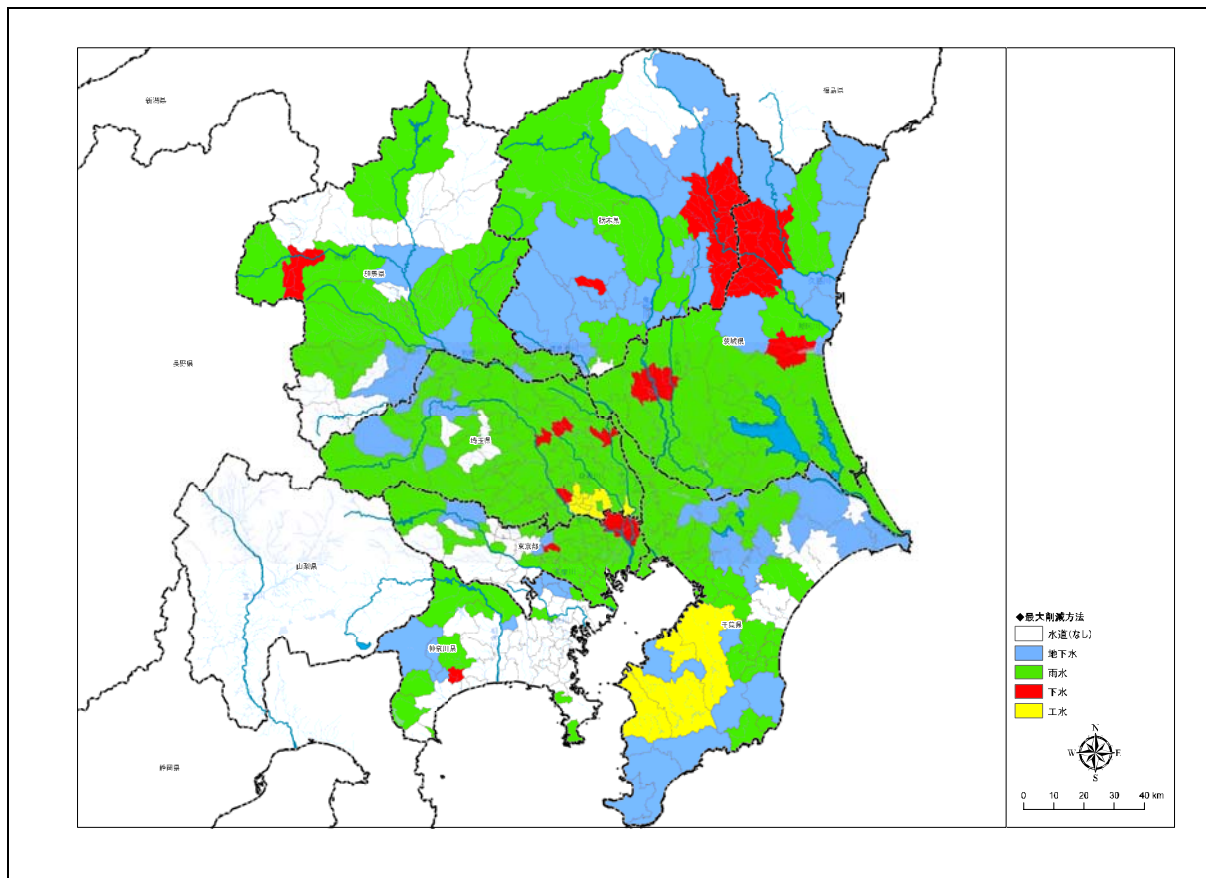


図 6.6-60 市町村別、環境負荷低減率（最も優位な代替水資源）

図で示すように、地下水の規制が厳しくない場合を中心に地下水利用の有利なエリアが存在する。また、首都圏下流部の比較的人口の多いエリアにおいて雨水あるいは水道の優位な地域が多くなった。

次に、その方法を採用することによるエネルギー使用量削減効果を算出して、最終的な動力負荷原単位の分布と、その削減率の分布を図に示すものとする。結果を以下に示す。



表 6.6-76 都道府県別、排出負荷削減効果(水道再構築の効果)

	現在 2010年	パターン④ 再構築 +広域化+太陽光等		パターン④にその他水資源を利用 した削減率		
	動力 原単位 Kwh/m3	動力 原単位 Kwh/m3	削減率	動力 原単位 Kwh/m3	削減率	トータル 削減率
	A	B	1-B/A	C	1-C/B	1-C/A
茨城県	0.715	0.335	53.1%	0.323	3.8%	54.9%
栃木県	0.352	0.179	49.2%	0.166	7.1%	52.8%
群馬県	0.351	0.181	48.3%	0.177	2.5%	49.5%
埼玉県	0.620	0.268	56.7%	0.250	6.8%	59.6%
千葉県	0.630	0.256	59.4%	0.248	2.9%	60.6%
東京都	0.486	0.222	54.4%	0.207	6.8%	57.5%
神奈川県	0.449	—	100%	—	—	100%
関東一円	0.517	0.181	64.9%	0.175	5.6%	66.1%

※神奈川県は100%を超えるためその他の水資源を利用しない。

神奈川県が100%以上の削減率となったため概算となるが、表に示すように、水道施設の再配置の効果が64.9%、これにその他水資源を利用することでさらにここから5.6%の削減を達成し、合計で現状の66.1%まで、動力使用量の削減が可能であるとの試算結果を得た。

都道府県別では、神奈川県できわめて大きい削減効果を得たほか、水道施設の再配置を行う首都圏各地で大きな効果が得られた。また、再配置の結果、大河川下流の水を使用することになる東京都など一部地域において、さらにその他の水資源を利用する余地がありうるとの試算結果となった。

市区町村別では、図6.6-62より、将来において位置的条件および水源水量の関係により、位置エネルギーの活用が比較的難しい茨城、千葉(房総・外房)で、代替水資源を利用することによる動力原単位の削減効果が大きい。

また、大規模水道事業体のエリア内においては、江戸川浄水場や利根川下流浄水場の給水区域において、代替水資源を利用することによる動力原単位の削減効果が他に比べ相対的に大きい。

なお、栃木や群馬では現況の水道システムにおいても位置エネルギーが、他地域と比較して有効に活用できていることから、代替水資源による電力削減効果が小さい。

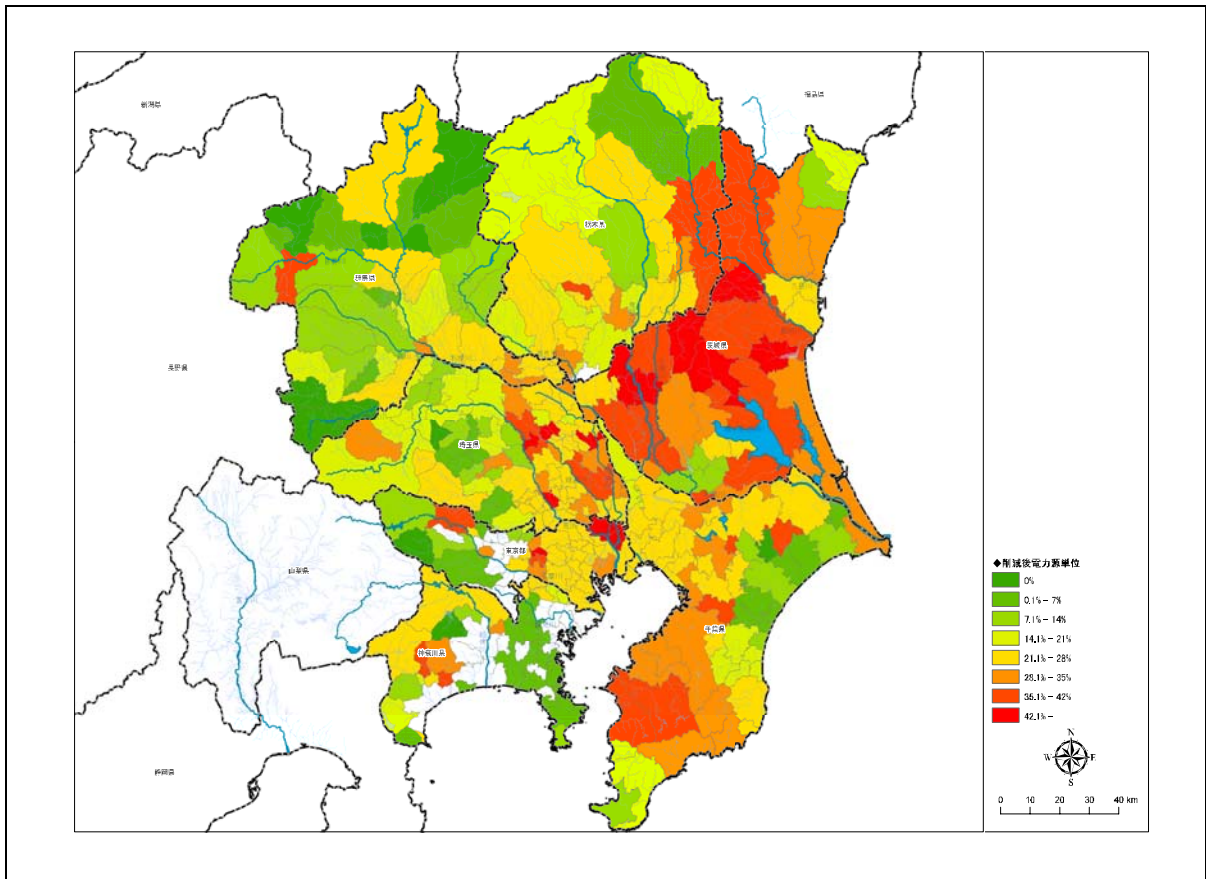


図 6.6-61 市町村別、環境負荷低減率 その他水資源利用による追加削減効果

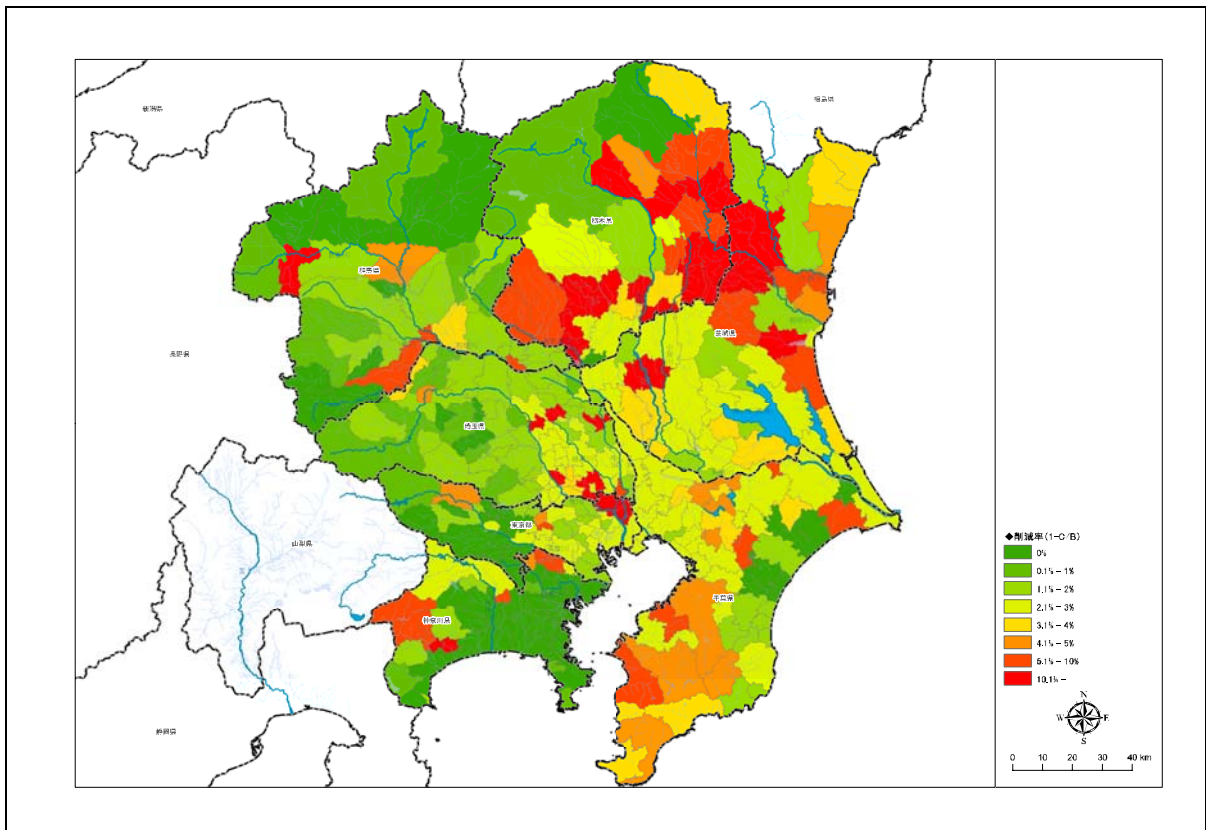


図 6.6-62 市町村別、環境負荷低減率 最終的な電力負荷原単位

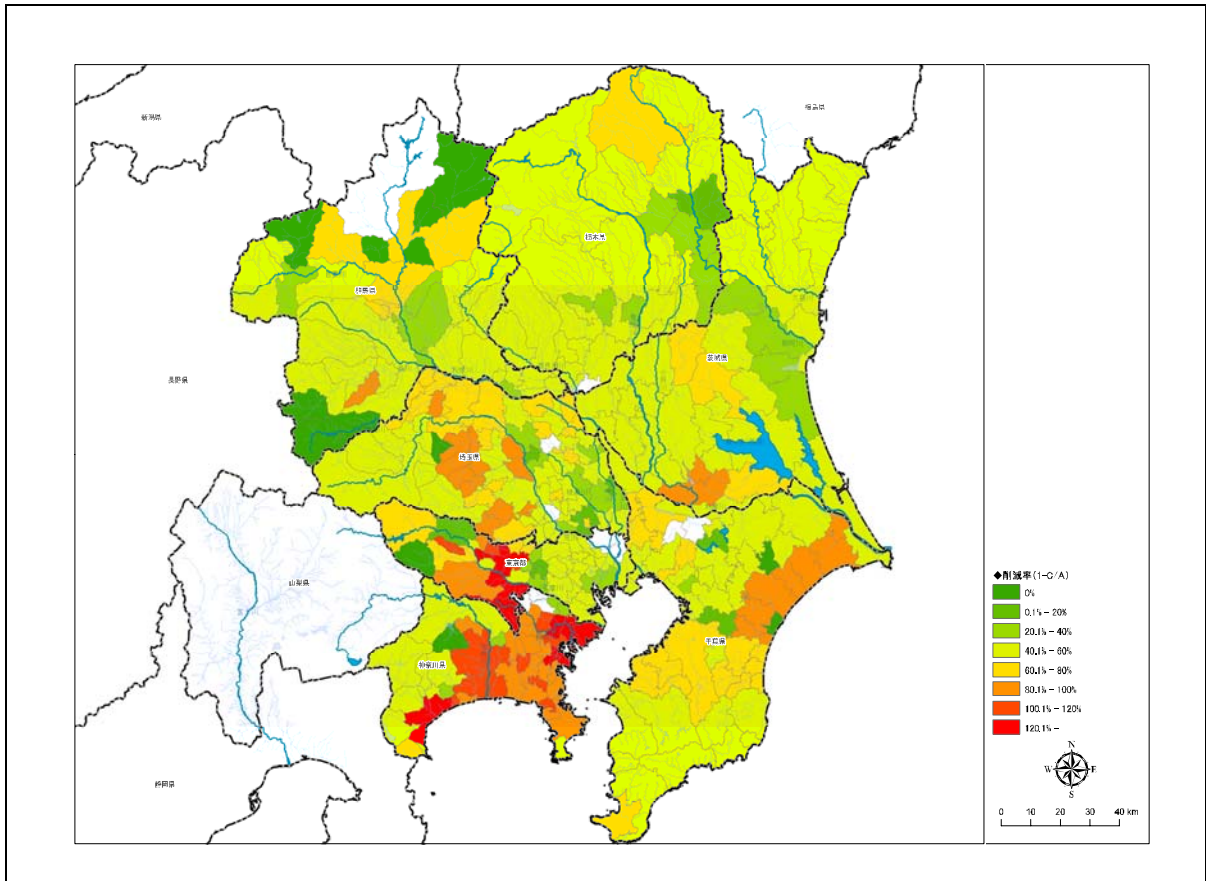


図 6.6-63 市町村別、環境負荷低減率 すべての対策を講じた上での最終的な削減率

## 6.6.9 分散型水資源におけるエネルギー削減効果以外のメリット

水道施設の広域的な統合により、水道水を供給するエネルギーの使用効率を大きく高めることができる可能性を示すことができた。効果量の算出結果は、地下水、雨水など、その他の水資源を積極利用することによってえられる効果を大きく凌駕している。

しかし、統合再編された広域的な水供給システムは、水源や浄水場などの重要施設が機能停止に陥った場合、その被害も広域的なものとなる恐れがある。

これに対して、分散型の水資源にはこのようリスクが少ない。よって、エネルギー面での効率が統合型の水資源よりもやや劣ったとしても、分散型水資源の利用によって広域的水供給を補完する役割を担わせることも合理的な選択肢と考えられる。

ここでは、このような視点から、分散型水利用を広域的水利用の補完的位置づけとした場合の効果について考察を加える。

### 1) 地震時におけるバックアップ効果

広域的水供給システムは自然流下を中心としたシステムであるため、非常時専用のポンプシステムを持たない場合、水供給ルートを変更するだけの水圧の供給が困難である。また、広域的なシステムは広範囲に広がる送配水系を有するため、管路が被害を受ける可能性、管路が受けた被害の影響範囲が広範囲にわたる可能性は現状よりも大幅に高まる。

これに対して、地下水利用については、その影響は部分的な濁水の発生など限定的なものにとどまるものと考えられる。また、雨水利用については、雨水槽の耐震性能の確保状況によるが、被害を受ける施設が出たとしてもその分布は部分的なものとなると考えられる。

下水道再生水の供給や工業用水など、ライフライン型の水供給の場合、広域水道の場合よりはリスクヘッジの効果が期待できるが、効果は限定的である。ただし、小規模分散型下水道(サテライト下水道)との組み合わせを前提とすることができれば、下水道システムの広域的なリスクをさらに削減することができる。

### 2) 水質事故時のバックアップ効果

水質事故時のバックアップ効果は大きい。基本的には、代替水資源は、水道水源事故による影響を受けない。ただし、逆にそれぞれの水源事故リスクをもっていることには注意が必要である。

### 3) 管路事故時のバックアップ効果

広域化によって送配水管網の事故による影響は拡大する可能性があるが、その影響を緩和する効果は顕著である。地下水利用、雨水利用、下水利用は、事故の影響が波及するリスクが小さい。ただし、工業用水道については水道とリスクレベルは変わらない。

#### 4) 渇水時のバックアップ効果

全面的な広域利用を行った場合、水道水の利水上の余力を最大限利用するため、逆に渇水に対する耐力は現状よりも小さくなるものと考えられる。このようなリスクに対して、その他水資源には渇水時のバックアップ効果も期待できる。この効果をもっとも大きいのは下水や下水再生水を利用するケースであり、水質が悪化することによる処理コストの上昇はあるものの、使用にあたっての量的問題はきわめて小さくなる。

また、地下水についてもリスク削減の効果が期待できる。ただし、地下水は渇水時に平常時よりも大量に使用されるため、沈静化していた地盤沈下を再発させる恐れがあるので、慎重な対応が求められる。

これに対して、雨水利用についてはむしろリスクが高い点に注意が必要である。水道利用が影響を受けない程度の渇水であっても雨水利用に与える影響は大きい。

また、工業用水も基本的にはリスクヘッジ効果はない。渇水時には工業用水の削減が優先的に行われるケースが多いことは念頭においておく必要がある。

さらに、全般的な影響として他の水資源河川の渇水時における水道利用の削減幅を拡大することができれば、他水量確保への影響・効果、取水量削減による水域健全性確保効果なども期待できる。

今後の課題となるが、上記のようなリスク因子の水準を総合的に評価して、バックアップ水源評価指数(供給安定度指数/給水代替度指数(緊急時、非常時を含めた))を検討するような方法も考えられる。

断水時、非常渇水時(再生水、地下水)、火災時、地震被災時など、さまざまなリスク因子にその検討範囲は拡大可能であろう。今回調査で投入したデータの精度ではここまで精緻な分析はできないが、十分なデータが確保できれば、求められる水利用量を試算して都市内における水利用用途として追加したうえで、都市ごとにどの程度の非常用水源の効果があり、その量に匹敵するような雨水貯留や再生水利用量確保を提言するような方法も可能となる可能性がある。

## 6.6.10 各種代替水資源の活用における課題の整理

今回調査では、首都圏全体の現実の状況を反映しつつ、すべての代替水資源の水量、水圧、水質条件を検討の範囲としたが、投入した想定条件やデータの中には十分な精度がないものもある。これらは不自然ではない範囲で想定により補完しているが、情報の精度が向上すればよりシミュレーションの蓋然性は向上するものと考えられる。

また、モデルのバリエーションも限定的であり、高度な政策判断の根拠にするにはいまだ不十分であるが、今回示したコンセプトをベースに、今後十分なリソースを投入して不足する情報を収集することができれば、より高度な判断の可能な実証モデルとしての役割を果たすことができる。

以下に、今回の調査の経験から、今後、情報収集を行うことでよりモデルの実証性を高めることができると考えられる項目を整理する。

### 1) 評価条件の拡充

#### (1) 水利用シナリオに基づく将来推計

今回想定した需要水量の変化は、原単位固定で人口減少のみを反映した比較的単純なモデルである。50年先の水利用原単位がどのように変化するかを見通すことはできなくとも、さまざまなパターンを設定して影響を比較し、シナリオライティングの手法を用いて複数シナリオのもとの試算も方法論として考えられる。

#### (2) イニシャルエネルギーの考慮

今回調査では、評価期間を長期にとることにより、建設時のイニシャルエネルギーや廃棄時の消費エネルギーの影響を排除している。また、基本的には電気として投入されるエネルギー量の変化に注目し、長期的な環境負荷の変化シナリオが描きにくい薬品等については検討対象外としている。しかし、より根本的にLCAを行うためには、建設や廃棄にかかわるエネルギー、動力以外の投入リソースの評価が必要であり、これが今後の課題であるといえる。

#### (3) コストを考慮した実現可能性の評価

今回調査では、投資額の評価はあくまでも参考値としての位置づけであったため、イニシャルコストについてこそ概略の費用を算出したが、ランニングコストを含めたトータルコストについては検討対象としていない。

しかし、今回の調査結果をうけて具体化について検討する場合にはコストの検討は不可欠であり、政策的なアプローチを確立することになった場合は、この部分の見積もり作業が必要となる。

このように、イニシャルエネルギー、ランニングコスト、薬品の負荷などを考慮すると、WG③の検討結果の優劣はかなり違った形になる可能性がある。



## 2) 水資源ごとのモデルの精緻化と投入情報の収集

各種水資源ごとの、今後考えられるモデルの精緻化について整理する。

### (1) 水道利用(漏水率モデル)

本論では、水道としての努力による効率向上効果については、首都圏全域で一律のモデルを設定する必要から、「漏水率が半分になった場合の試算」という形でこれを表現した。しかし、水道事業それぞれの事情は当然に異なり、漏水率削減余地の大小によって、一部の事業者にとっては今回の想定はやや無理があるとの指摘を受けている。

水道事業単位で、漏水率の削減目標をどのように設定するのが合理的なのかを今回調査の中で低減することは困難であるが、将来、そのような知見が得られれば、より蓋然性の高いモデルの構築を行うことができるものと考えられる。

### (2) 地下水利用

地下水の取水可能性や賦存量、涵養などを総合的に把握できるほどのデータの収集はきわめて困難であり、今回調査に投入したデータは、コンセプトとしては網羅しているものの、精度が不十分であることは委員会でも指摘を受けている。地下水の適性利用と表流水の組み合わせ、キャパシタンスとしての活用に必要な情報については、今後の大規模な実学的データ収集が必要と思われる。

### (3) 雨水利用

雨水利用については、今回用意したアメダスデータによるモデルのメッシュをアメダス拠点単位で細目化するような方法がありうる。また、毎日の水利用のパターンは自由にカスタマイズ可能なので、たとえば午後から散水するので1日1回全量使用する、といった水利用の場合でどの程度利用可能量が変化するかなど、効率的な水利用の方法について研究することもまた可能である。

### (4) 下水利用

下水の再生利用の可能性についてはまだまだ検討の余地が大きい。下水そのもののポテンシャルもさることながら、下水利用によって水利用量を削減できる効果、環境水への負荷を削減できる効果など、さまざまな取り組みが下水道側で行われている。まずは忌憚のない情報共有が必要である。

### (5) 工水利用

工水利用の可能性については今回ある程度俯瞰したが、ほかの水資源に比べて事業ひとつひとつの事情に切り込んだ検討が可能であるので、今後の工業用水道事業としての取り組みとの連携が重要となる。

#### (6) 検討ケースのバリエーション追加

本論では 17 のケースを取り上げたが、このほかにもさまざまな組み合わせは想定しうる。たとえば、井戸と雨水を組み合わせたり、風呂水の半分のみを再利用したり、およそ想像力の及ぶ範囲で、無限にモデルを構築することができる。

また、洗濯用水にカスケード利用する場合のクリプト対策など、処理システムの構成も見直しの余地がある。

実現性を無視せずにこのような想定を行うためには、生活環境や商業地区、工場などでの水利用の実態や設備導入の可能性などについて、より詳細な調査を行う必要がある。

## 第7章 全体総括

## 7. 全体総括

### 7.1 研究開発の成果

#### 7.1.1 事業の目的、目標、基本的方針

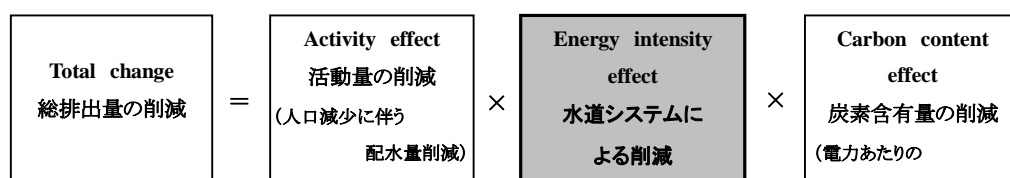
##### 1) 事業の目的

首都圏<sup>※</sup>を対象モデルにして水道システム、水循環システムの輸送・加工工程の効率化の観点から、客観的に現行の水道システム、水循環システムを見直すシミュレーションを実施し、環境負荷低減につなげ、低炭素社会構築に向けた基礎資料を作成することを目的とする

##### 2) 事業の目標

首都圏における水道システムの CO<sub>2</sub> 総排出量削減 60～80% を目標とする

※ 削減目標は基準年を 2005 年、目標年を 2050 年とし、対象とするエネルギーは継続的な活動（ランニング）による電力使用量のみとする



##### 3) 事業実施に際しての基本的方針

- 低炭素化社会の構築を目指した視点での事業(調査・研究)である
- 本事業は、現行の行政区域に捉われず、広範的な条件で行うものである
- 現行の水道システム、水循環システムはこれまでの社会条件のもとで最適かつ効率的に実施されてきており、本事業は既往のシステムの是非を問うものではない

※ 首都圏:1都6県(東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県、茨城県、群馬県、栃木県)

### 7.1.2 委員会・分科会の設置と水道システムの低炭素化に向けた視点

事業は平成21年6月から開始し、学識経験者に関係行政機関担当者をオブザーバーに加えた委員会を設置し実証性を検討する等、CO<sub>2</sub>削減方策を調査研究した(委員会は全4回開催)。また、事業の推進に際しては、委員会の下に3つの分科会を設置し検討を行った。各分科会の視点は下表のとおりである。

表 7.1-1 委員会開催実績

委員会	開催年月日	主な議題 (意見招請内容)	事務局提示資料
第1回	平成 21 年 6 月 22 日	・水循環システム全般 ・低炭素化全般	基本的事項の整理 既往水循環システムの概況 CO <sub>2</sub> 排出量の現況
第2回	平成 21 年 9 月 30 日	・シミュレーションモデル ・エネルギー最適化案	シミュレーションモデルの構築 エネルギー最適化案(素案)
第3回	平成 21 年 12 月 22 日	・エネルギー最適化案 ・CO <sub>2</sub> 排出量削減結果 ・とりまとめに向けて	エネルギー最適化案
第4回	平成 22 年 3 月 2 日	・リスク対応方針 ・代替水資源の活用方針 ・ロードマップと将来の課題 ・とりまとめに向けて	エネルギー最適化案(最終) ロードマップと将来の課題

表 7.1-2 低炭素化に向けた視点

分科会		視 点
分科会①	水道システム による対策	1) 水源ダムの相互融通 容量調整 2) 取水地点の変更(水源からの視点) 3) 農業用水の利用
分科会②		1) 浄水場位置の変更(浄水場の統廃合含む) 2) 浄水場の効率的管理 (新技術:高効率機器など、再生可能エネルギー含む)
分科会③	代替水資源 の活用	1) 雨水、下水道の処理水、工業用水の利用 2) 地下水の利用 3) 漏水対策、節水

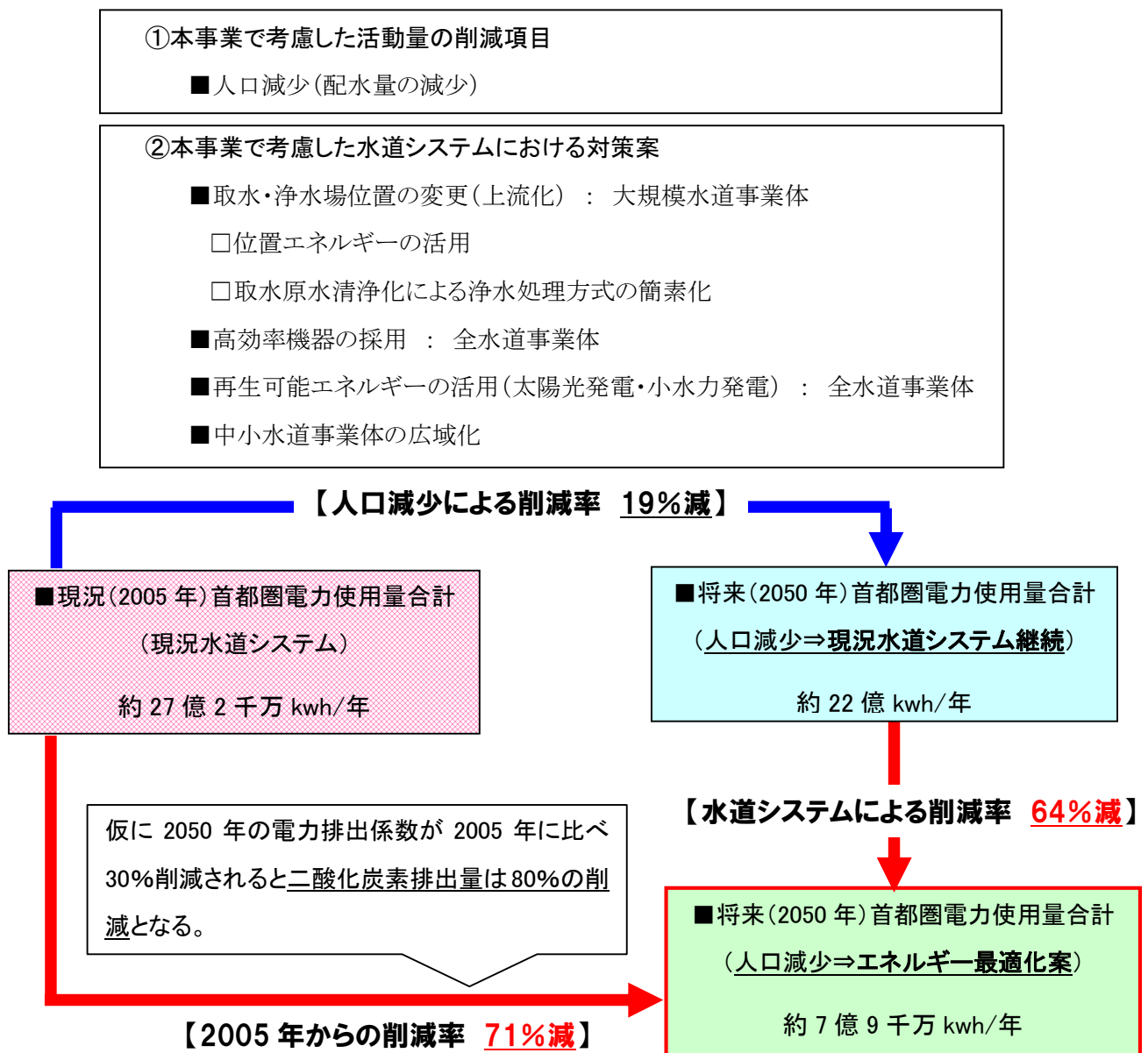
### 7.1.3 エネルギー最適化案の策定

#### 1) 水道システムによる対策

##### (1) 対策案による電力使用量削減結果

水道システムのエネルギー最適化のための対策案としては以下の項目を考慮し、2050年における電力使用量をシミュレーションなどを活用し試算すると、現況(2005年)の約27億2千万kWhに比べ、71%削減の7億9千万kWhとなる。また、人口減少による削減を考慮せずに、水道システムだけを考慮しても削減率は64%と高い試算結果となった。

よって、以下の対策案を実現することで、目標値であるCO<sub>2</sub>総排出量削減60~80%を満足する結果となった。



※ランニングエネルギー(電力使用量)のみでの算出結果

図 7.1-1 電力使用量削減結果(総括)



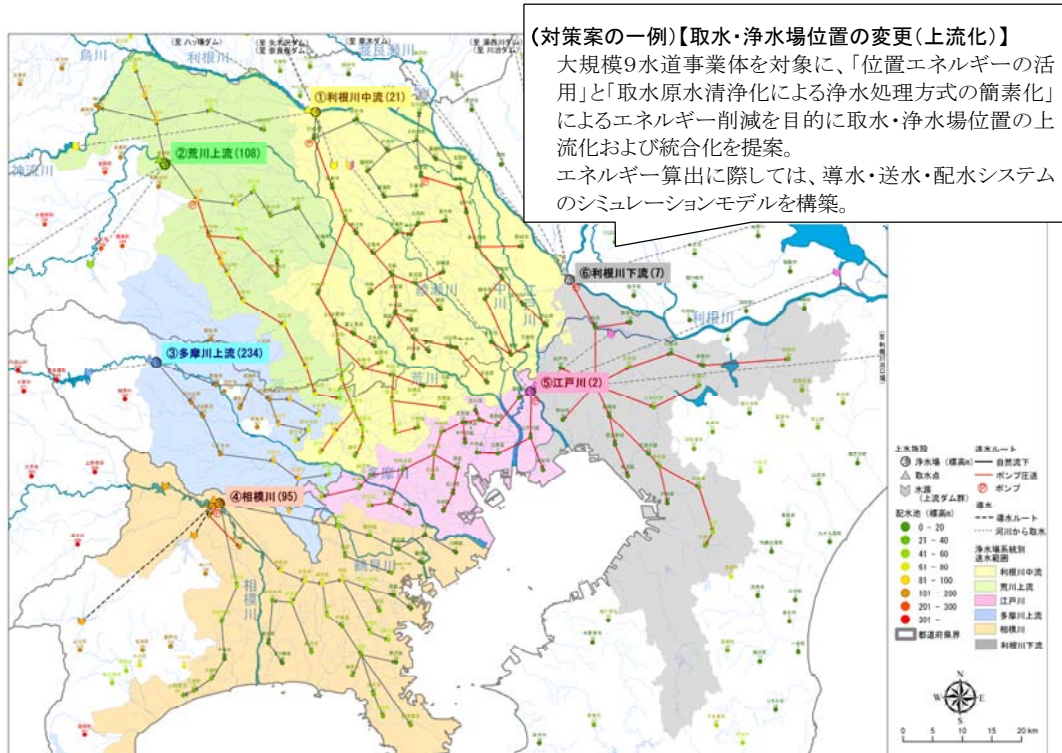


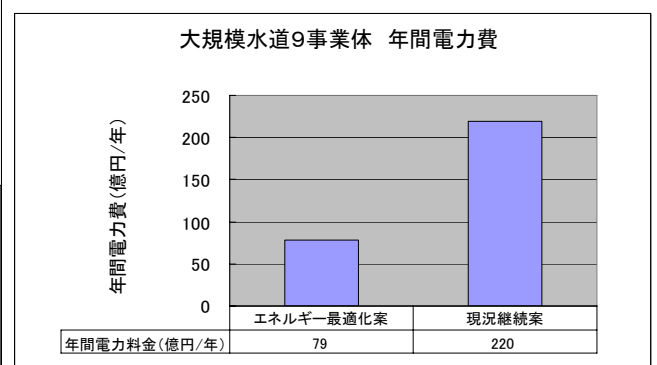
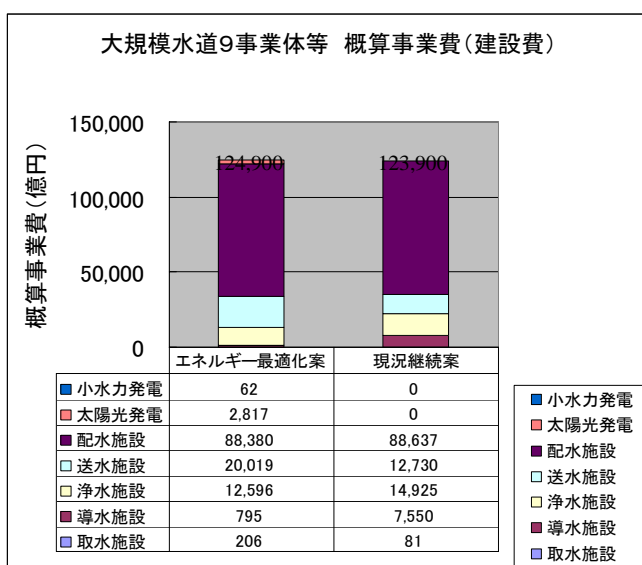
図 7.1-2 取水地点・浄水場位置の上流化(水道システムによるエネルギー最適化案の一例)

(2) 概算事業費の算出結果(大規模水道9事業体)

取水・浄水場位置の上流化の対象範囲とした大規模水道9事業体における概算事業費の算出を行った結果は以下のとおりである。

- 概算事業費(建設費)については、「エネルギー最適化案を新設した場合」と「現況の水道システムを2050年まで継続し、全施設を1回更新したと仮定した場合」とで、ほぼ同額の費用となる。
- 電力使用料金(維持管理)については、「エネルギー最適化案」の方が「現況水道システムを継続した場合」に比べ、約1/3に削減されることとなる。

以上の結果より、エネルギー最適化案は、コスト面においてもメリットがあることが検証された。



## 2) 各種代替水資源の活用

本研究は水道以外のさまざまな水資源をさらに拡大活用した場合のエネルギー量を試算し、「水道システムによるエネルギー最適化案」と比較することで、トータルとしての水資源政策とエネルギー量の削減の可能性についての示唆を得ることを目的とした。

各代替水資源の利用を前提とした場合の、市区町村単位での最適な組み合わせ案を作成し、水道としてのエネルギー負荷の削減に加え、地下水、雨水、下水、工水のそれぞれのうち、どれを組み合わせるのについて算出し、最も優位な方法を色分けによって示す。

- ①（白）水道利用 2050年時点での動力。
- ②（青）地下水利用 現行の計算法を維持（ただし要素条件変化時の知見を考慮）
- ③（緑）雨水利用 雨水槽など条件を模索した結果を反映。
- ④（赤）下水利用 下水処理水を利用した場合の計算結果も考慮。
- ⑤（黄）工水利用 未売水ベースでの検討結果も考慮。

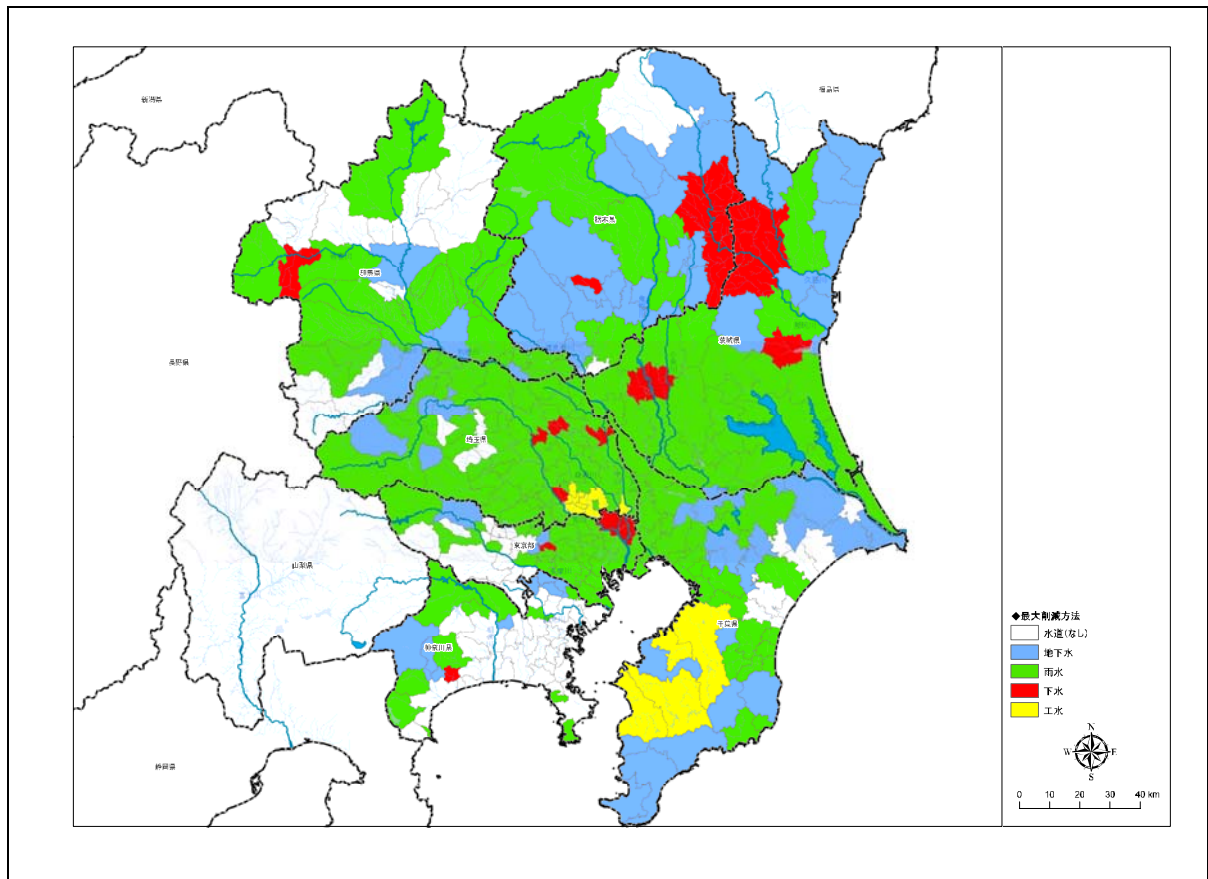


図 7.1-3 市町村別、環境負荷低減率（最も優位な代替水資源）

図で示すように、地下水の規制が厳しくない場合を中心に地下水利用の有利なエリアが存在する。また、首都圏下流部の比較的人口の多いエリアにおいて雨水あるいは水道の優位な地域が多くなった。

次に、その方法を採用することによるエネルギー使用量削減効果を算出して、追加的な削減率の分布を図に示すものとする。結果を以下に示す。

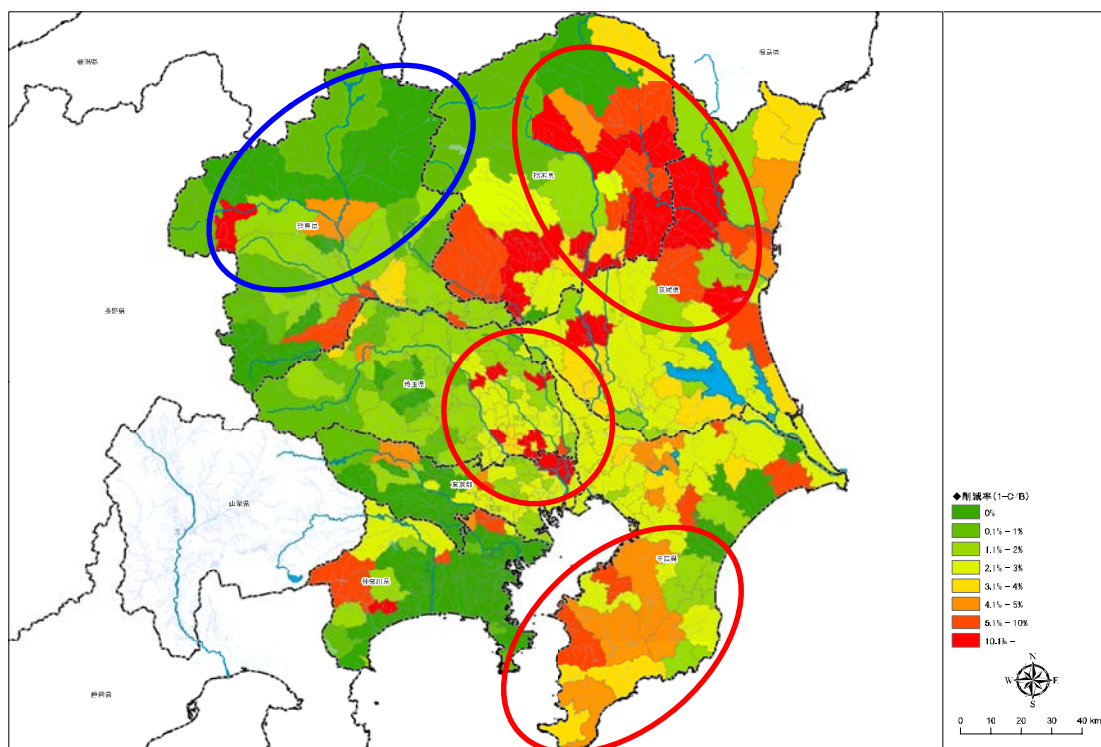


図 6.7.1-4 市町村別、環境負荷低減率 その他水資源利用による追加削減効果

都道府県別では、神奈川県できわめて大きい削減効果を得たほか、水道施設の再配置を行う首都圏各地で大きな効果が得られた。また、再配置の結果、大河川下流の水を使用することになる東京都など一部地域において、さらにその他の水資源を利用する余地がありうるとの試算結果となった。

市区町村別では、将来において位置的条件および水源水量の関係により、位置エネルギーの活用が比較的難しい茨城、千葉(房総・外房)で、代替水資源を利用することによる動力原単位の削減効果が大きい。

また、大規模水道事業者のエリア内においては、江戸川浄水場や利根川下流浄水場の給水区域において、代替水資源を利用することによる動力原単位の削減効果が他に比べ相対的に大きい。

なお、栃木や群馬では現況の水道システムにおいても位置エネルギーが、他地域と比較して有効に活用できていることから、代替水資源による電力削減効果が小さい。

## 7.2 実現に向けたロードマップの策定

前章までに検討したエネルギー最適案の実現に向けたロードマップの策定の背景となる基礎フレームを整理し、図 7.2-1に示す。

	2005年	2020~2030年	2050年
給水人口 (人)	約 4,090 万人	約 4,130 万人(2020年) (対 2005 年比 1.01 倍)	約 3,300 万人 (対 2005 年比 0.81 倍)
1日平均給水量 (万m <sup>3</sup> /日)	約 1,430 万m <sup>3</sup> /日	約 1,470 万m <sup>3</sup> /日 (対 2005 年比 1.03 倍)	約 1,180 万m <sup>3</sup> /日 (対 2005 年比 0.83 倍)
水道事業体数 (事業体)	294 事業体	1都県、数個程度の 新たな概念の広域化 (管理の一体化・施設の共同化等)	1都県1水道事業体へ 事業統合
水道事業体 技術職員数 (人)	約 7,600 人	内訳として 50 歳以 上の技術職員が全 体の 47%を占める ⇒ 2020 年頃には約 半数の熟練技術職 員が退職……	
電力使用量 (万 kWh)	約 27.2 億 kWh	エネルギー最適化案の実現により 71%削減	約 7.9 億 kWh

図 7.2-1 基礎フレーム

## 7.2.1 取水地点・浄水場位置の上流化

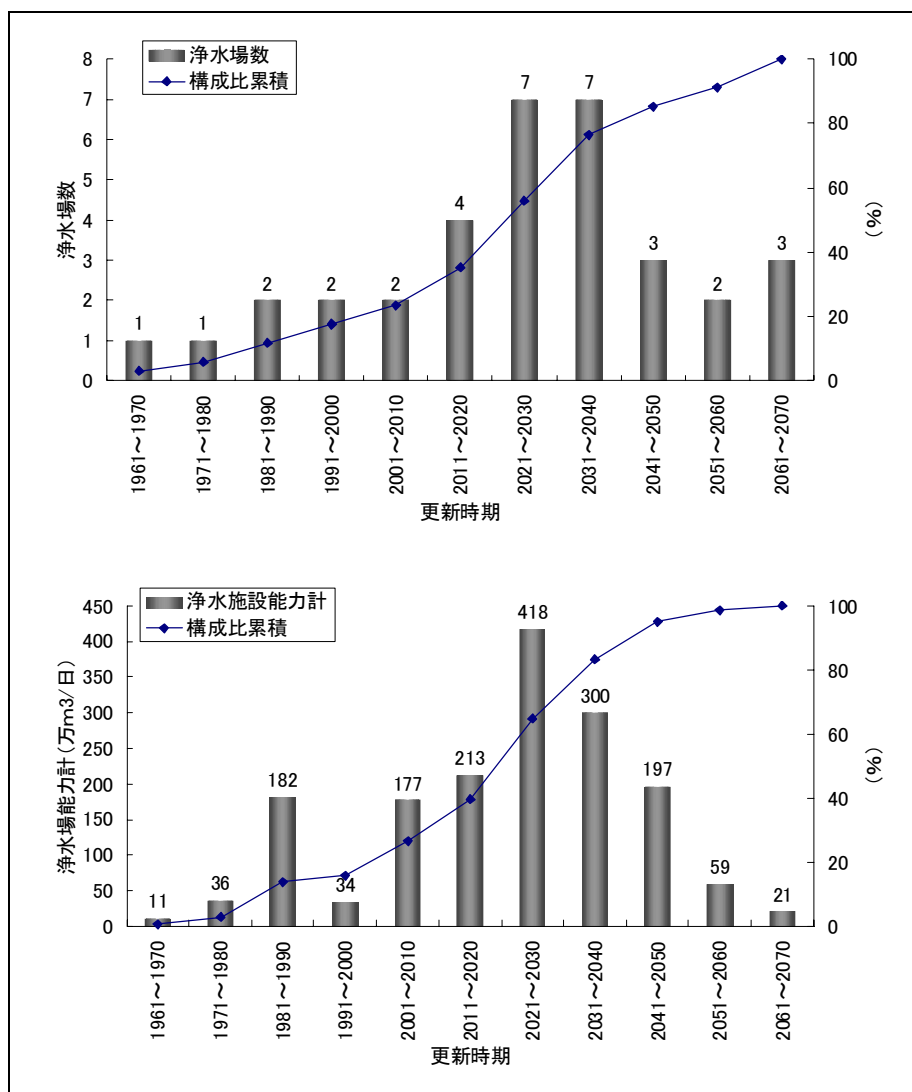
ロードマップにおけるベンチマークとして、浄水場の数を設定する。

現況シミュレーション内にある既存浄水場 34 箇所の更新時期を図 7.2-2に示す。図 7.2-2より以下のことが言える。

- 既存浄水場 34 箇所のうち、2030 年(中間年)には約 56%が更新時期を向かえ、2050 年(目標年)には約 85%が更新時期を向かえる。
- 既存浄水場 34 箇所の合計能力 1,650 万m<sup>3</sup>/日のうち、2030 年(中間年)には約 65%(1,070 万m<sup>3</sup>/日)が更新時期を向かえ、**2050 年(目標年)には約 95%(1,570 万m<sup>3</sup>/日)が更新時期を迎える。**

したがって、2050 年のベンチマークとして、「6浄水場統合(6浄水場の合計能力 1,052 万m<sup>3</sup>/日)」を設定した。なお、中間年(2030 年)のベンチマークとしては、エネルギー削減効果の大きい3浄水場(荒川上流浄水場、多摩川上流浄水場、相模川浄水場)の統合を設定した。

ベンチマークを踏まえたロードマップを図 7.2-3に示す。



出典：「全国浄水場ガイド 2008」水道新聞産業社、2008 年（※更新時期は、掲載されているより稼動年に、コンクリート構造物の耐用年数 60 年を加えて算出）

図 7.2-2 現況シミュレーションモデル内にある既存浄水場(34 箇所)の更新時期



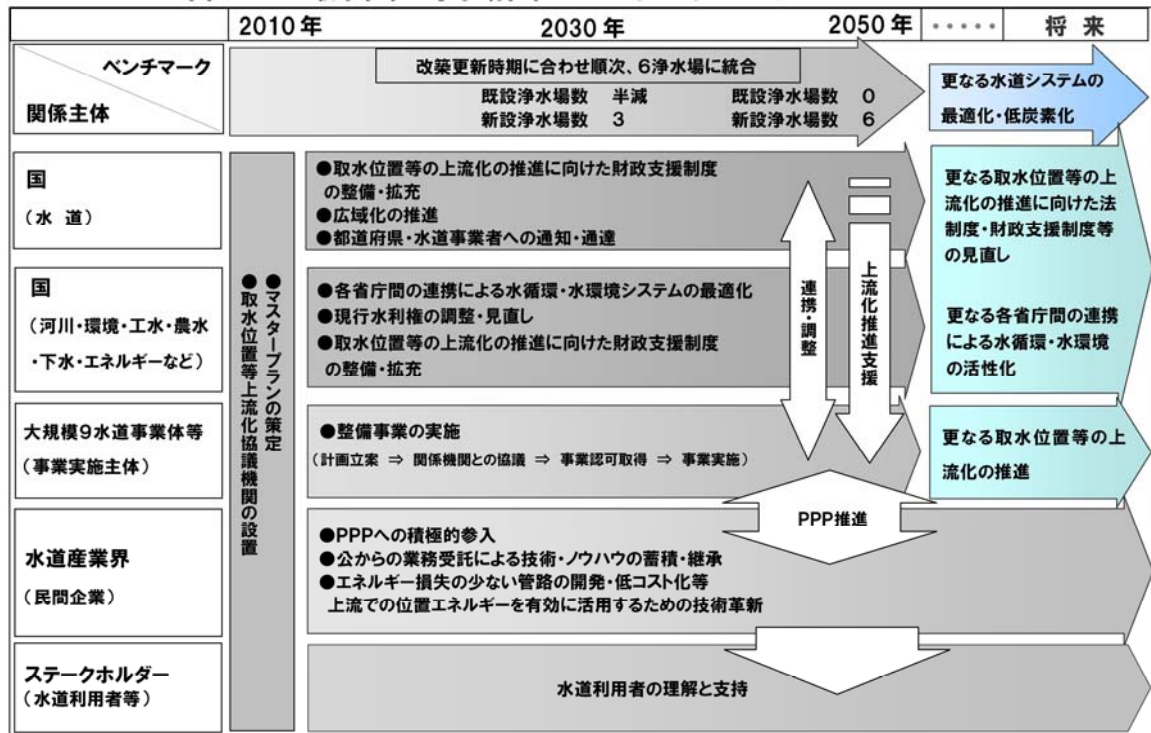


図 7.2-3 取水位置・浄水場位置の上流化の推進に向けたロードマップ



## 7.2.2 広域化・施設の統合

### 1) ベンチマーク(6.5.4 2) (5)「首都圏の中小規模水道事業の広域化の進め方」再掲)

中小規模水道事業者は、当初は取組が容易と考えられる「新たな概念の広域化」の連絡管等の「施設の共同化」から実施し、事業者間の協力関係を「管理の一体化」へすすめ、さらに「経営の一体化」を図る(事業は別でも経営者を同一にすること)ことが考えられる。そして、10～20年後には都県あたり数事業程度の事業統合し、2050年頃には1都県1水道事業へ事業統合する。最終的には首都圏の1事業化を目指す。

なお、既に、県において広域化の検討を行っている「千葉県」、また、現在検討中である「埼玉県」については、県の検討結果を元に広域化に向けた取組みを進めていき、県内水道を1事業化する[千葉県(H19提言):20年以内→2027年頃、埼玉県(現在検討中):半世紀先2060年頃]

### 2) 各関係者の役割

国(水道:厚生労働省)は、広域化推進を国民的運動として展開する仕組み(特別立法等)の構築に取り組む。また、広域化推進にむけた財政支援制度の整備・拡充、都県・水道事業者への広域化に関する通知・通達を行ない、対象事業者を喚起・啓発し広域化推進する。

都県(水道)は、都県内の広域化の方向性を提示し、広域化推進に向けた調整や進捗管理(水道広域化検討会の設置、業務指標等の継続的な状況の把握、広域化の情報提供等)を行なうことにより広域化を牽引する。

水道事業者は、新たな概念の広域化から最終的に事業統合まで実施していく。またPPP(官民連携)推進によって民間企業の資金やノウハウを使い経営基盤、技術基盤の強化を図る。

水道産業界(民間企業)は、PPPに積極的に参入し、そこで得られた技術・ノウハウの蓄積・継承し、確実に水道業務を遂行していくとともに、水道サービスを向上させる。

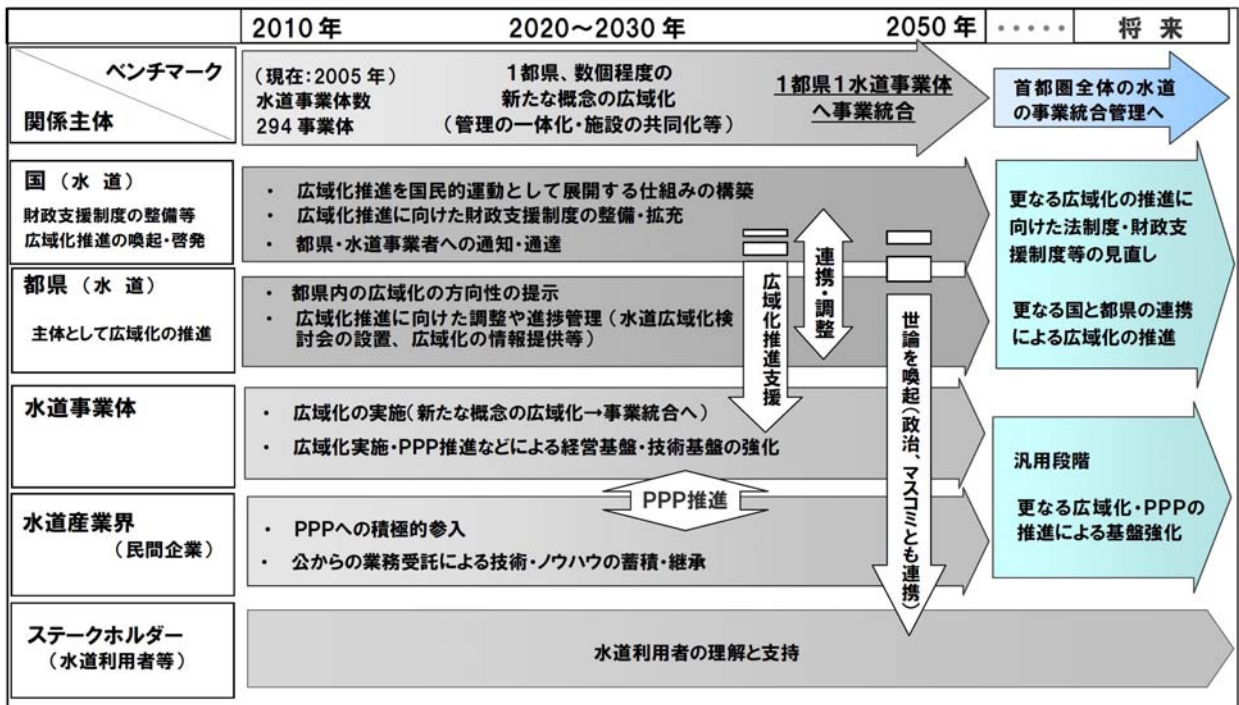


図 7.2-4 広域化(中小規模水道事業体)のロードマップ

## 7.2.3 太陽光発電

### 1) ベンチマーク

首都圏の全ての既存浄水場に対して、2030年までに太陽光発電パネルを設置する。2030年からは、上流化新設浄水場へ太陽光パネルを順次設置していく。

なお、太陽光の発電量の算出にあたって以下の設定をしている。

- 設置対象の既存浄水場:①原水がダム直接・放流、表流水、湖沼水、原水受水、②浄水処理が急速ろ過、③施設能力が1,000m<sup>3</sup>以上の①～③の条件を全て満たす浄水場
- 太陽光発電パネルの設置場所:管理棟屋根、沈澱池上部、ろ過池上部及び浄水池上部

### 2) 各関係者の役割

国(水道:厚生労働省)は、都県や水道事業者に対して地球温暖化対策の推進に関する法律の周知や情報提供、太陽光発電も含む環境保全の効果を示す環境会計導入を促進し、太陽光発電の普及を推進する。

国(エネルギー:環境省、経済産業省)は、関係法制度のさらなる充実等による太陽光発電の普及促進、補助金等による継続的な支援、関係省庁との情報交換を行なう。

水道事業者は、環境問題に対しての社会的責任を率先して果たすため太陽光発電を積極的に導入する。また、環境会計へ使用した太陽光発電による効果等利用者への情報提供を行なう。なお、環境会計については、NPOや水道利用者代表と共同して作成することや評価・意見を取り入れることも考えられる。

産業界(研究機関含む)は、技術開発による太陽光発電の利用拡大を行なっていく。

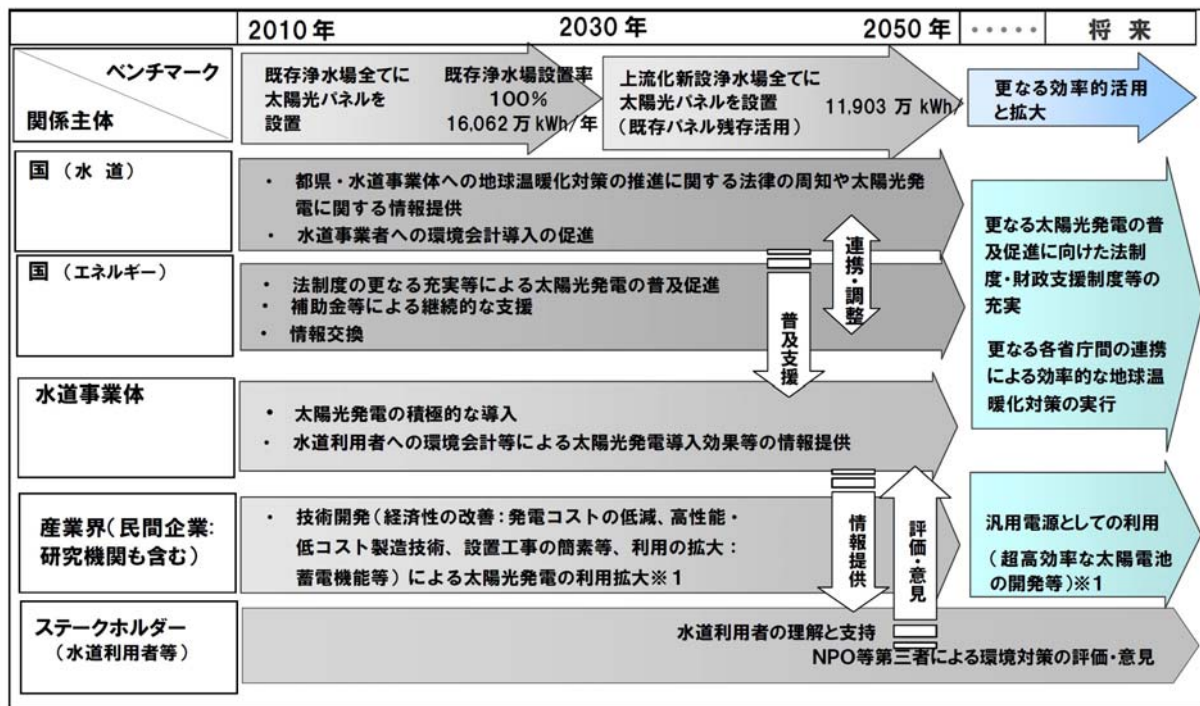
具体的には、発電コストの低減、高性能・低コスト製造技術、設置工事の簡素等による経済性の改善や発電と電力需要のミスマッチの解消に向けた蓄電機能の開発による利用技術の確立等を行なう<sup>1</sup>。

水道利用者は、水道事業者からの環境会計や太陽光発電に関する情報提供を受け、水道事業者の太陽光発電を含めた環境対策について理解を深める。

以上、各主体がそれぞれの役割を果たすことにより太陽光発電導入による持続的な環境社会を構築していく。

---

<sup>1</sup> 【引用文献】NEDO『「太陽光発電ロードマップ(PV2030+)概要版』、p4



※1: 出典:(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構「太陽光発電ロードマップ(PV2030+)概要版」より引用

図 7.2-5 太陽光発電のロードマップ

## 7.2.4 小水力発電

### 1) ベンチマーク

大規模水道事業体は、統合(上流化)にあわせ順次、小水力発電の導入をしていく。

中小規模水道事業体は、小水力発電の可能な地点(落差と水量等による)について調査し、可能な場合は積極的に導入していく。

なお、小水力発電量の算出にあたって以下の設定をしている。

- 大規模事業体のみ
- 小水力発電設置場所:受水地点(受水池)の手前に設置(受水の残存水圧を活用した小水力発電:残存水頭が活用できる受水地点[受水池]対象)

### 2) 各関係者の役割

国(水道:厚生労働省)は、都県や水道事業体に対して地球温暖化対策の推進に関する法律の周知や情報提供、小水力発電も含む環境保全の効果を示す環境会計導入を促進し、小水力発電の普及を推進する。

国(エネルギー、河川:環境省、経済産業省、国土交通省)は、関係法制度のさらなる規制緩和等による小水力発電の普及促進、補助金等による継続的な支援、関係省庁との情報交換を行なう。

水道事業体は、環境問題に対しての社会的責任を率先して果たすため可能な地点に小水力発電を積極的に導入する。また、環境会計へ使用した小水力発電による効果等利用者への情報提供を行なう。なお、環境会計については、NPO や水道利用者代表と共同して作成することや評価・意見を取り入れることも考えられる。

産業界(研究機関含む)は、技術開発による小水力発電の利用拡大を行なっていく。

具体的には、高効率水車、低落差用水車等による発電効率の向上やコストダウン(建設、運用)等の技術開発が考えられる。

水道利用者は、水道事業体からの環境会計や小水力発電に関する情報提供を受け、水道事業体の小水力発電を含めた環境対策について理解を深める。

以上、各主体がそれぞれの役割を果たすことにより小水力発電導入による持続的な環境社会を構築していく。

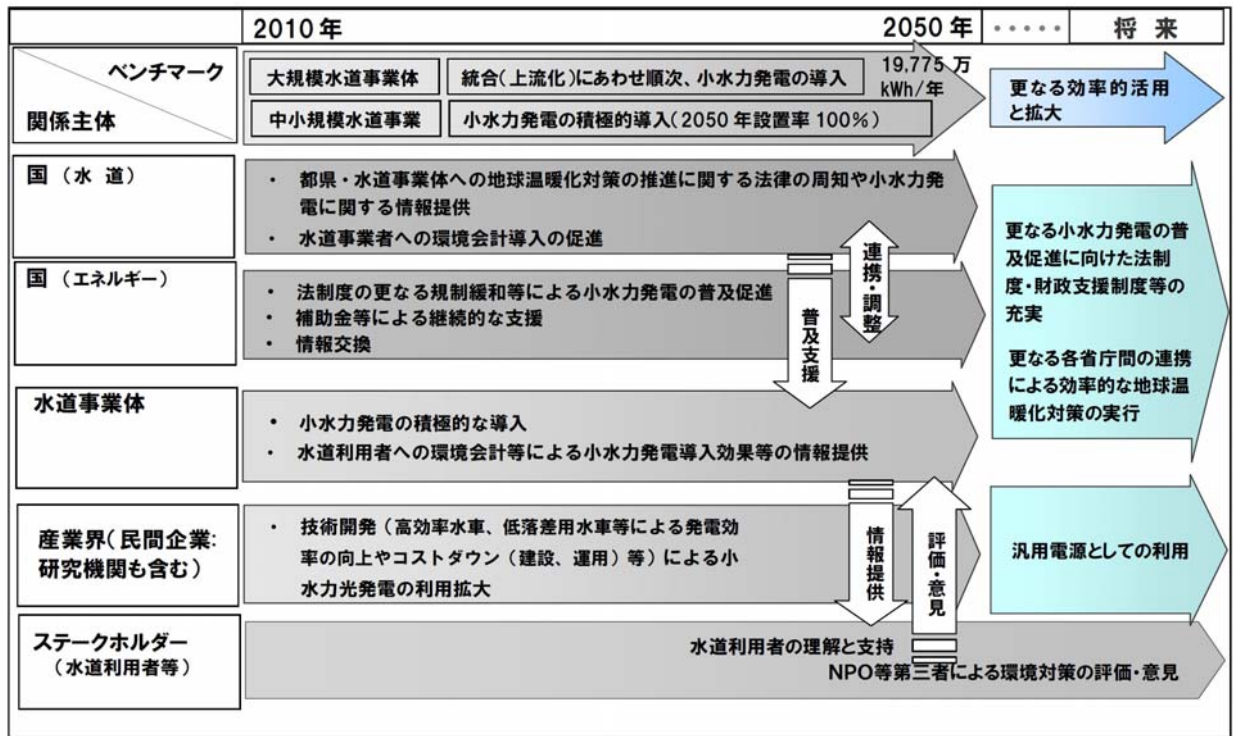


図 7.2-6 小水力発電のロードマップ



### 7.2.5 各種代替水資源の活用

各水資源利用を前提とした場合、市区町村単位で最も優位な代替水資源は、図 6.6-60 に示したとおりである。地下水利用、雨水利用、下水利用及び工水利用を有利とする市区町村は、それぞれ 72、184、18 及び 10 あり、目標年の 2050 年に向けて導入可能性の検討を深めていく必要がある。

【各種代替水資源の活用(地下水利用拡大)】

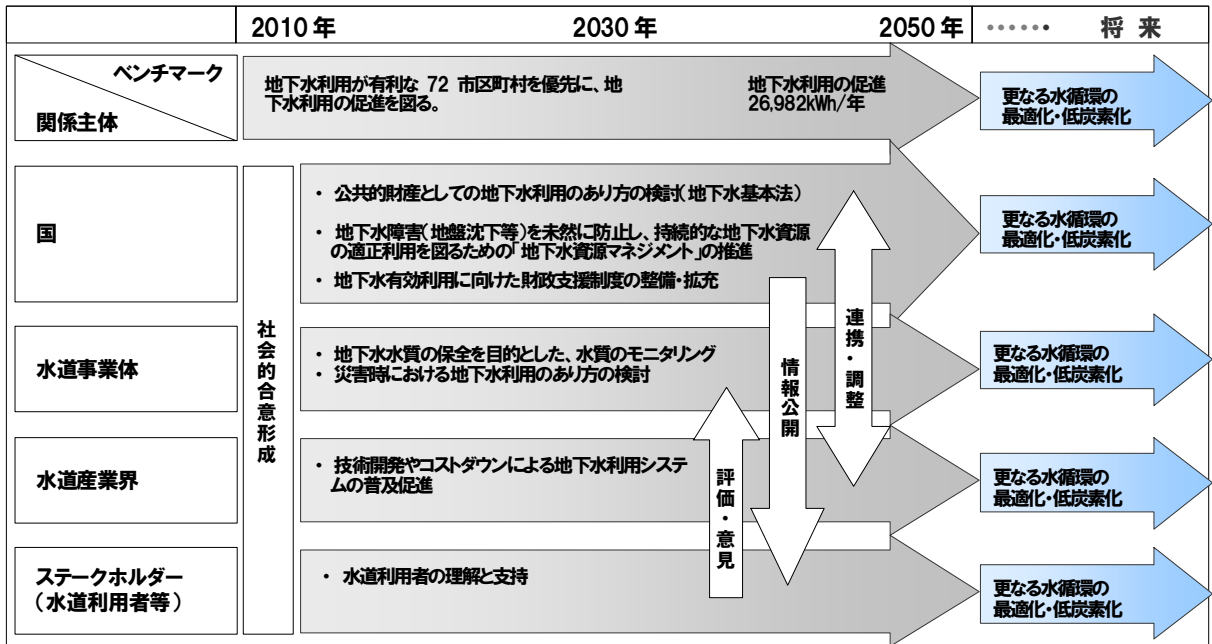


図 7.2-7 地下水利用拡大

【各種代替水資源の活用(雨水利用拡大)】

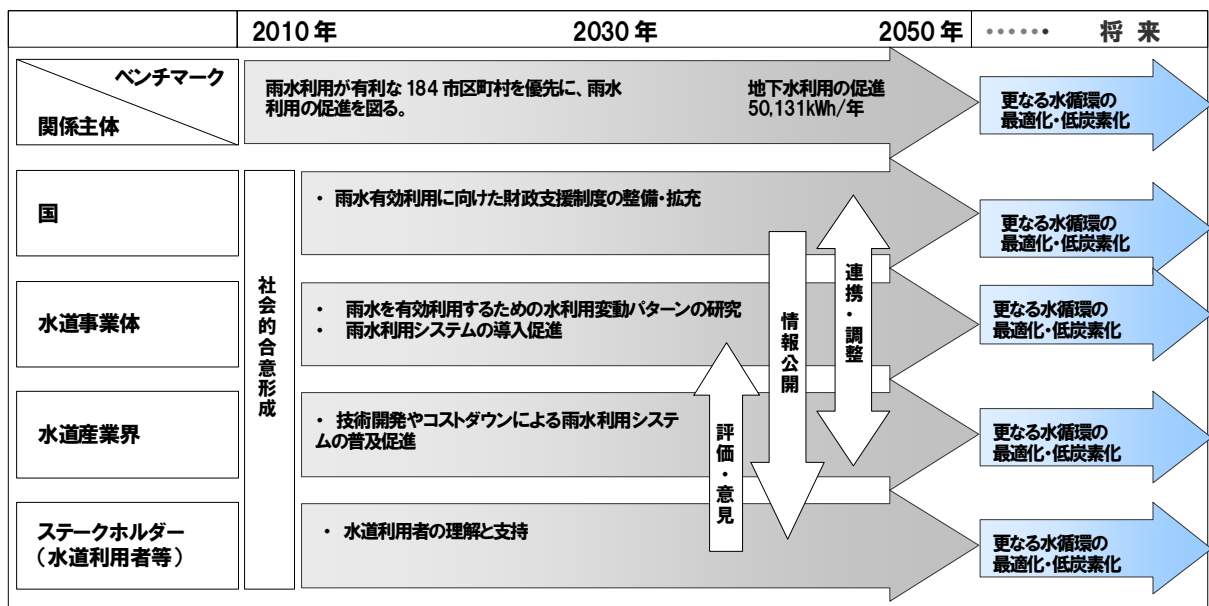


図 7.2-8 雨水利用拡大

【各種代替水資源の活用(下水再生水利用拡大)】

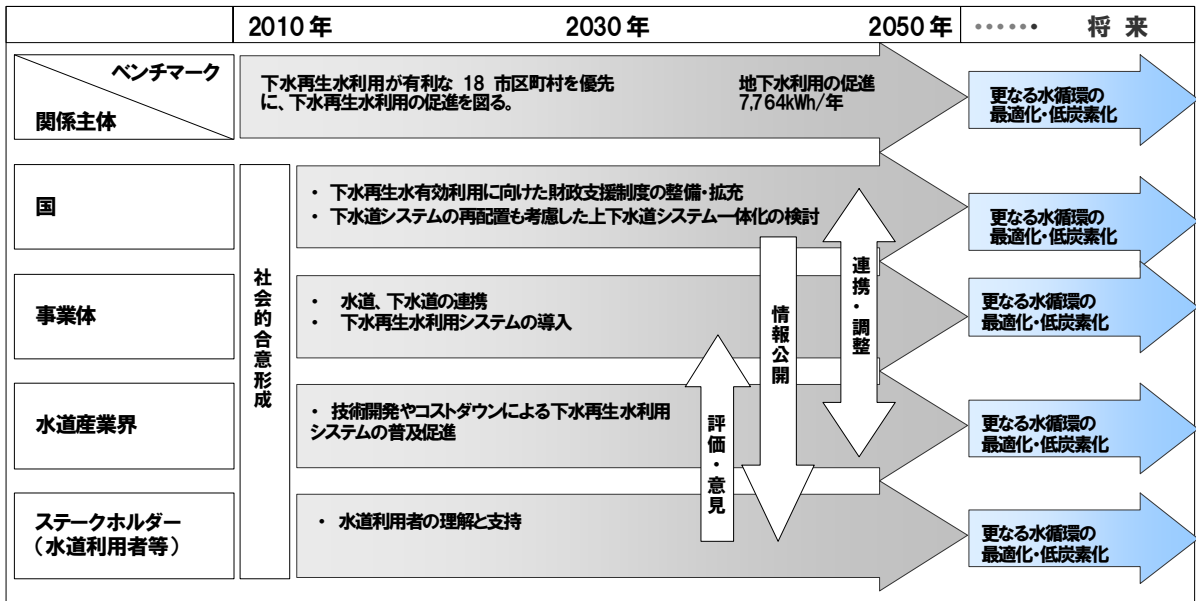


図 7.2-9 下水再生水利用拡大

【各種代替水資源の活用(工水利用拡大)】

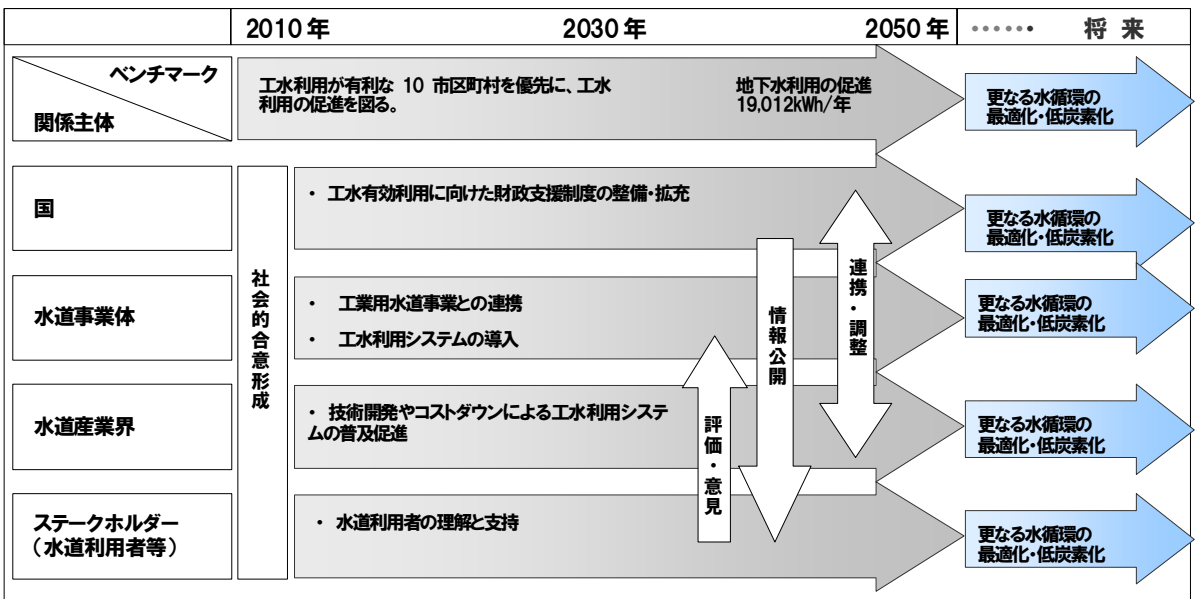


図 7.2-10 工水利用拡大

### 7.3 実現に向けての将来の課題

本項においては、エネルギー最適化案の実現に向けて、制度面、政策面および実施体制なども含め将来的に取り組むべき課題について以下に整理する。なお、エネルギー対策案の技術的な課題や追加研究事項については第6章に示したとおりとする。

#### 7.3.1 取水地点・浄水場位置の上流化

ここでは、取水地点・浄水場位置の上流化によるエネルギー削減を実現するための課題について、以下の2つに分類して整理した。

- 取水地点の上流化にあたって、水利権の統合・変更を行うための制度面等での課題
- 水道システムだけでエネルギー最適化するのではなく、他の水循環システムと連携し、より多くより効率的にエネルギー削減を行うための課題

図 7.3.2-7.3-1 課題の分類

分類	課題	備考
制度面等での課題	①省庁間の強力な連携の必要性 ②事業実施主体の設定 ③事業実施主体と河川管理者の協議の実施、各種手続きへの理解の醸成	
より多くより効率的なエネルギー削減に向けた課題	④工業用水の活用 ⑤農業用水の活用 ⑥その他	

#### 1) 省庁間の強力な連携の必要性

今回検討した取水地点等の大規模な上流化によるエネルギー削減は、国や地方公共団体における水道部門だけで成し遂げることはできない。それは、河川法による水利権の手続きのような法律の所管という視点だけではなく、例えば、ダム運用の変更や容量配分の見直しといった河川行政の新しい水運用、ダムの嵩上げや再開発、合理化などの他用途水源の転用に向けた施策の検討など、取水地点の上流化を具体化していくための様々な施策について総合的に検討していかなければならない。

そのため、このような水道部門における大規模なエネルギー削減というプロジェクトに対し、国をあげての総合的な取組みとして、関係省庁の強力な連携のもと推進していく必要がある。

#### 2) 事業実施主体の設定

将来シミュレーションの事業は、現行の多くの水道事業者が関わっており、これらの水道事業者が許可を受けている水利権を一体的に捉え、取水地点に変更を加えながら水源として使用し、浄水場等の水道施設を大規模に再編するという内容となっている。

事業は関係する個々の水道事業者が河川法や水道法に基づく所定の手続を経ることで理論的には実施できるものと考えられるが、このような大規模な再編であるがゆえに、個々の水道事業者が

互いに協議、協力し、関係者と調整を進めながら行っていくことが最も適切かどうかは検討の余地があるところである。関係する水道事業者が、例えば「首都圏水道事業」のような一つの水道事業を形成することも考えられる。今後、事業実施主体や財源などについて検討を行っていく必要がある。

### 3) 事業実施主体と河川管理者の協議の実施、各種手続きへの理解の醸成(取水地点の変更、水利権の統合・転用など)

将来シミュレーションの水源は、上水道の現況水利権について、取水地点の上流化や各水道事業者が持つ水利権の統合・転用が自由に行えることを前提に設定したものである。

将来シミュレーションの水源設定を実現化するためには、取水地点の変更、水利権の統合・転用について、事業実施主体と河川管理者の協議が必要となる。これまで取水地点の上流化は一般的には行われてこなかった事情もあることから、取水地点の変更など水利権に係る必要な法手続きが円滑かつ迅速に実施されるよう、河川管理者においても事業実施主体の意向や背景を十分理解していくことが必要である。

### 4) 工業用水の活用

工業用水は、回収率の向上や技術改良等によって水源確保水量に余力が生じている場合が考えられる。工業用水の未利用水利権を水道用水に転用するとともに、上流取水化を図ることで、さらなるエネルギー削減が期待でき、特に、上流域にある工業用水水利権を水道用水に転用できれば、より効率的な削減が可能となる。

なお、工業用水の転用は、現状及び将来の工業用水の安定供給確保が大前提で、その上で可能な方策である。そのため、今後、工業用水の転用ポテンシャル(工業用水水利権水量、工業用水道事業の現状及び将来の水需給)を把握していく必要がある。

### 5) 農業用水の活用

かんがい期における農業用水の取水量は相対的に水道用水よりも多いことから、このうちの一部でも上流域で水道用水の水源として転用ができれば、より効率的なエネルギー削減が期待できる。また、水道用水の取水地点の上流化に伴って生じる河川流量の減少への対応方策として農業用水の合理化を検討することも考えられる。

しかしながら、上流で使用された農業用水は下流地域へ還元され反復利用されたり下流部の流況を構成していることから、転用にあたっては利水や下流の自然環境への影響も十分検討されなければならない。また、農業用水の高度な活用を図るためには施設整備等の検討が必要となる場合があること、水道用水の需要は通年でほぼ一定であるのに対し、農業用水の活用は非かんがい期には期待できない場合が多いことに留意する必要がある。

### 6) その他(途中段階の既存浄水場の浄水処理)

6 浄水場統合(2050年)に至る途中段階において、既存浄水場の統廃合の組合せによっては、そ

の中のある浄水場の処理水量を増やして運転する可能性がある。この場合、浄水処理にかかる負荷が増大するため、例えば従来の急速ろ過池の複層化などに代わる処理の高速化を図るための技術開発が望まれる。

また、1)～6)以外の課題として、図 7.2-3のロードマップに示す関係機関のうち、どの機関が中心(牽引者)となって取水地点の上流化を推進していくのかが、大きな課題となる。

今後、ある機関が取水地点の上流化を推進していくための場(たとえば、図 7.2-3のロードマップで示した「取水位置等上流化協議機関」)をつくり、関係機関を集めた協議の中で方針を示すとともに、事業体にインセンティブを与える方策を実施していく等の取組みが重要となる。

### 7.3.2 広域化・統合(中小規模水道事業体)

広域化実現のためには、あらゆる世代幅広い層を巻き込んだ国民的運動として展開することが急務である。そのために国は、政治主導による制度構築(特別立法等)、マスメディアを活用とした広域化の必要性の広報を強力に展開するなど大きな世論を巻き込む仕組みの構築に取り組む必要がある。

また、広域化の推進の現場では、都県や地域の中核都市が牽引者となって広域化の方向性を提示し、広域化推進に向けた調整や進捗管理を行い、国とともに連携・調整して中小規模水道事業体の広域化推進を支援する必要がある。また、2050年には1都県1事業体へ事業統合を目指し、最終的には首都圏の1事業化を目指す。それまでの途中段階では今後進むと思われる道州制の動向についても考慮にいれ広域化を検討する必要があると思われる。

中小規模事業体においては、行政区域内に簡易水道がある場合はその統合も含めて、都県や地域の中核都市および関連水道事業体と共同して広域化を検討する。そして、各水道事業体の広域化のメリットを検証したうえで、その検証結果を水道使用者へ説明し、理解を得ながら広域化を進めていく必要がある。

### 7.3.3 再生可能エネルギー(太陽光発電・小水力発電)

2009年4月に国(環境省)は、環境対策を通じて経済活性化を目指す「日本版グリーン・ニューディール」(緑の経済と社会の変革)を発表した。この中で、地方公共団体の施設において太陽光発電、小水力発電等の再生可能エネルギーの導入等を促進するとし、特にCO<sub>2</sub>排出量の大幅な削減を図るモデル的な取組みについては、国から支援を行なうものとしている。再生可能エネルギーを普及拡大していくためには、これら取組みを含めた国の支援の継続・拡大が必要である。

水道事業体は、当該水道施設に太陽光発電・小水力発電を導入した場合のメリットを検証(環境会計による導入効果も含む)したうえで、これら検証結果等を水道利用者へ説明し、理解を得て導入を進めていく必要がある。

なお、太陽光発電・小水力発電の普及拡大を進めるためには、低コスト実現や発電効率の向上等の課題を解決し、事業者が利用しやすい設備とすることが不可欠である。したがって、再生可能エネルギー関連の産業界においては、これら課題解決に向けた技術開発を推進しなければならない。

### 7.3.4 各種代替水源の活用

#### 1) 静脈系(排水系)も取り入れたモデルの研究

今回調査では上水道システムを利用した都市給水、すなわち上流側の視点で行われている。しかし、水循環システムは静脈系も含めて構成されるものであり、下水道システムを含めた総合的な水循環からのアプローチもまた重要である。

下水システムの再配置もあわせての最適化、上下水一体となった取り組み、流域レベルでの水質改善の効果、下水の再利用の拡大などが水循環システム全体のエネルギー削減にどのような効果をもたらすのかについてもモデルの構築から研究する余地がある。

- 下水を他水利権の水と振り替える方法について検討例はある。ただ、いざ水利権を振り替えるとなると相当の補償などを要求される可能性もある。
- 下水水質についても、東京都はBODで3程度と十分に再利用可能との指摘を受けている。下水水質の時間変動等についても指摘がある。下水の再生利用については上水道としての研究も盛んである。
- 下水の再生利用については幅広く考えるべきという意見と、市民感情から大々的な下水利用は受け入れられないという意見があり、委員からも両方の意見が提示されている。実態として下水が河川水に還元され、また、水事情が逼迫している地域では実例もある。

#### 2) 政策対応の研究

- エネルギー効率が最適な水循環系の姿が見えてくれば、次は、理想的といえる水循環系を構築するための政策的・経済的な手法について研究する必要性が生ずる。
- 環境に最適な水利用・排水について、個人の動機付けとして行うことと全体として行うことのすみわけや組み合わせの関係を研究する。
- このために、各種の政策効果を変数化して、どのような政策がどのような市民の行動効果をもたらすかについてシミュレーションし、最適な政策について模索することが考えられる。
- 具体的な政策としては、水利権や地下水基本法などの法制度、固定資産税減免による雨水貯留槽活用の促進などの経済的補助制度、PRや意義付けなどによる市民の自発的活動の啓発のような社会制度などが考えられる。

#### 3) 熱資源・熱輸送媒体としての水資源の意義

- 水道水や下水による熱輸送の研究、地下水の熱エネルギー利用の効果、ヒートポンプの利用、ドライミストの活用など、より積極的な都市温熱環境の制御アプローチに水循環系として積極的に係わっていく視点が考えられる。

#### 4) 物質面での循環型社会構築の接点

- 汚泥の再資源化、建築資材の低炭素化など、水循環系と密接な物質系についても研究の余地がある。



### 7.3.5 低炭素化以外の視点を盛り込んだ広域的・総合的な検討

最後に、本研究開発の実現に向けての実効性を更に高めるため、今後は今回の研究成果を基礎資料とし、低炭素化以外の他の視点(リスク・水質・食物など)も組み込んだ広域的・総合的な水管理の研究の深度化・精緻化が必要である。また、ステークホルダーを巻き込んだの推進が重要であるため、そのための啓発活動を積極的に実施していく必要がある。

## **資料－1**

### **首都圏水循環検討委員会 活動概要**

資料－1 首都圏水循環検討委員会 活動概要および抄録

1. 活動概要

表 1-1 委員会活動概要

委員会	開催年月日	主な議題 (意見招請内容)	事務局提示資料
第1回	平成 21 年 6 月 22 日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水循環システム全般</li> <li>・低炭素化全般</li> </ul>	基本的事項の整理 既往水循環システムの概況 CO2排出量の現況
第2回	平成 21 年 9 月 30 日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シミュレーションモデル</li> <li>・エネルギー最適化案</li> </ul>	シミュレーションモデルの構築 エネルギー最適化案(素案)
第3回	平成 21 年 12 月 22 日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・エネルギー最適化案</li> <li>・CO<sub>2</sub>排出量削減結果</li> <li>・とりまとめに向けて</li> </ul>	エネルギー最適化案
第4回	平成 22 年 3 月 2 日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リスク対応方針</li> <li>・代替水資源の活用方針</li> <li>・ロードマップと将来の課題</li> <li>・とりまとめに向けて</li> </ul>	エネルギー最適化案(最終) ロードマップと将来の課題



検討委員会の模様

## **資料－2**

### **首都圏水循環検討委員からの委員会事前アンケート調査結果**

## **第1回委員会 事前アンケート調査結果**

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：社団法人 日本下水道協会 理事長 ・ 安中 徳二

### 【設問1】

低炭素化社会の構築を目指した視点におきまして、首都圏における水循環システム・水道システム全般について自由にご意見をお聞かせください

- ◎既往のシステムは、都市の面的な発展に合わせるとともに、時々々の行政事情などを配慮し整備したもので、送水や集水・排水などのエネルギーロスの最小化については必ずしも十分に考慮されているとは言えないのが実態。(流域に一致しない集水区域、高台の下水処理場、大深度のポンプ場など)これらを再構築に合わせ最適化する必要あり。
- ◎下水処理水の再利用と、下水汚泥の資源化などでは商業・工業ベースでの最適規模は異なると思われる。このような視点から、システムの統合(あるいは分散)などの検討も必要。



## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：社団法人 日本下水道協会 理事長 ・ 安中 徳二

### 【設問2】

今後、水道システムの低炭素化の検討にあたり、対策方法やアイデアなどがございましたらお教えください。  
なお、対策方法やアイデアにつきましては現行の行政区域などに捉われない広域的な条件で行った場合につきましても自由にお書きください。

- ◎低炭素化(社会)のイメージの明確化検討に際しては用語の整理と定義、目標(あるいは最終的落としどころ)などを明確にしておく必要あり。
- ◎低炭素技術の評価既存の低炭素(化)技術とされているものについて、原理及び実態を把握し、再評価する必要あり。
- ◎低炭素化は最小エネルギー化に通じる現在のシステムを必要エネルギーの最小化、エネルギーロスの最小化などの視点で捕らえた最適化の検討も必要。

### 【設問3】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：財団法人 下水道新技術推進機構 理事長 ・ 石川 忠男

### 【設問1】

低炭素化社会の構築を目指した視点におきまして、首都圏における水循環システム・水道システム全般について自由にご意見をお聞かせください

1. 水道・下水道等水循環システムの基本施設の範疇を超えて考える必要があるのではないか？（たとえば下水汚泥の消化プロセスに生ゴミを入れることが有効である。廃棄物処理のコラボレーションが必要）視野を広げればいろいろな分野と関係する事項で低炭素化の方策が発見できるのではないか？
2. 対策として技術面に加えて制度面（たとえば税制）なども含めるべきではないか？税制が施策のインセンティブになる。
3. 既存の処理プロセス・機器は相当省エネが図られているので今回の検討はその上の上部システムに絞ってよいのではないか？
4. エネルギーは現行のOMの範囲とするのか？LCAまで広げるのか？
5. 現行の水循環システムの消費エネルギーはどこまで捕捉できるか？
6. 検討の内容は夢物語まで進めるか？実現可能は範囲にすべきか？

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：財団法人 下水道新技術推進機構 理事長 ・ 石川 忠男

### 【設問2】

今後、水道システムの低炭素化の検討にあたり、対策方法やアイデアなどがございましたらお教えください。  
なお、対策方法やアイデアにつきましては現行の行政区域などに捉われない広域的な条件で行った場合につきましても自由にお書きください。

1. 水道の取水源を最上流のヴァージンウォーターに求める。
  - ・ 良質原水の確保により浄水エネルギーの削減
  - ・ 位置エネルギーの利用
  
2. 雨水利用・雨水貯留浸透 への固定資産税の減免
  - ・ 敷地からの雨水流出を抑制することにより雨水排除エネルギーの削減が可能

### 【設問3】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

委員会のアウトプットのイメージを打ち出してくれると議論もしやすいので、第1回の委員会でしめしたらどうか？

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：京都大学大学院 教授 ・ 伊藤 禎彦

【設問1】

低炭素化社会の構築を目指した視点におきまして、首都圏における水循環システム・水道システム全般について自由にご意見をお聞かせください

【設問2】

今後、水道システムの低炭素化の検討にあたり、対策方法やアイデアなどがございましたらお教えください。

なお、対策方法やアイデアにつきましては現行の行政区域などに捉われない広域的な条件で行った場合につきましても自由にお書きください。

水道分野では、従来から事業を広域化・統合化する必要性が叫ばれてきた。しかしその一方、流域における水循環システムは、今後、下水道システムを含めて、小規模な水システムが自律し分散して存在するのが望ましいとの指摘もある。

この全く異なる2つの方向は、評価指標が異なれば評価結果が異なってくると考えられる。すなわち、効率性、経営性、技術者確保などの指標では広域化・統合化システムが有利かもしれないが、資源消費量、環境負荷、持続可能性という指標を用いれば小規模・分散型システムが優れていると評価されるかもしれない。

このような小規模・分散型システムの要素を取り込み、その効果をシミュレーションによって評価するのも意義があろう。

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：京都大学大学院 教授 ・ 伊藤 禎彦

【設問3】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

2050年までに温室効果ガスの排出量を大幅に削減（例えば先進国80%）することが世界的コンセンサスとなった。このとき水道システムはいかに対応すべきか？すなわち、この目標が設定されたとき、水道事業としても同様に大幅削減を目指すべきとの立場をとるのか、あるいはその社会的使命に照らしてそれよりも減免されるのが妥当との立場をとることができるのか、明らかになっているとはいえない。

低炭素社会構築に対する貢献と水道を含む水循環システムの公益性との観点から定量的検討を進める必要があると考えている。

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：作新学院大学 教授 ・ 太田 正

### 【設問1】

低炭素化社会の構築を目指した視点におきまして、首都圏における水循環システム・水道システム全般について自由にご意見をお聞かせください

### 【設問2】

今後、水道システムの低炭素化の検討にあたり、対策方法やアイデアなどがございましたらお教えください。

なお、対策方法やアイデアにつきましては現行の行政区域などに捉われない広域的な条件で行った場合につきましても自由にお書きください。

### 【設問3】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

低炭素社会とは、低炭素化自体を自己目的としたものではなく、持続可能で快適な社会の実現を目指すものであり、そのために低炭素化が不可避となる社会である。そのような意味から、社会（生活・文化）における普遍化が必要であり、社会のあり方を問い直すものもある。こうした広がりや深さが求められるという認識が重要である。

この基本認識を図式化したものが図1である。ここでは、効果的な低炭素化の技術と様式を開発又は提案し、それを社会システムとして活用することにより、低炭素社会の実現を図ることを示している。その際、低炭素化技術・様式の開発・提案・導入・活用について、それを誘導するためのメカニズム（インセンティブ）を用意し、また適切にマネジメントしていくことが必要とされる。しかも日々の生活や文化のレベルにまで浸透させていくことが重要であり、それらにおいてガバナンスのあり方が問われる。

これを水循環又は水管理の視点から捉えるならば、部分最適化（単体・単発）ではなく全体最適化（広域・連携）の発想が必須であり、具体的には流域単位統合的水管理（流域管理）の技術と様式が求められる。その基本的なイメージやスキームについては、国土審議会中間報告（08年10月）が現時点における一つの集大成を示しているが、フランスモデルと比べメカニズムとガバナンスに関する言及が弱く、この点について当委員会として首都圏をケースに一定の具体化を図ることができればその意義は大きい。

ところで水道システムの低炭素化について、広域的視点から現在及び将来を透視すると、市町村公営原則の下で蓄積されてきた部分・個別化した事業と施設の存在がクローズアップされてくる。それはLCCのロスを生みだし、それに伴う環境負荷の発生を高めている可能性がある。とりわけ今後の大量更新投資を考えると、水道を含む水関連事業がいかなるシステムの下で展開されるのかは、ガバナンスの最適化とともに注視すべき事柄である。この点にかかわって、低炭素化対策を温暖化対策として捉えたものが図2である。

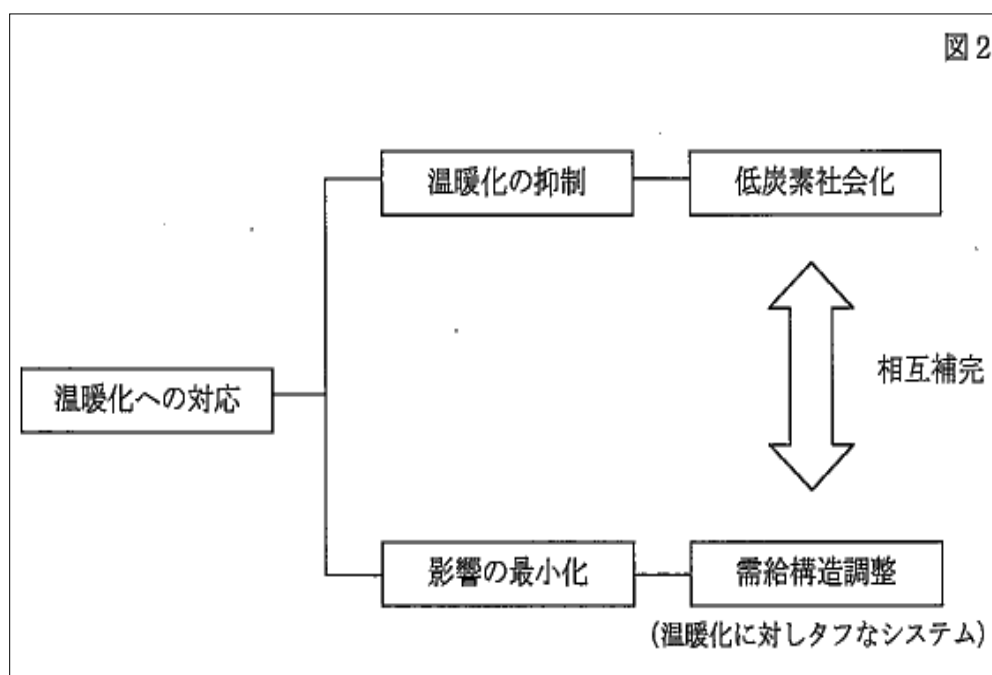
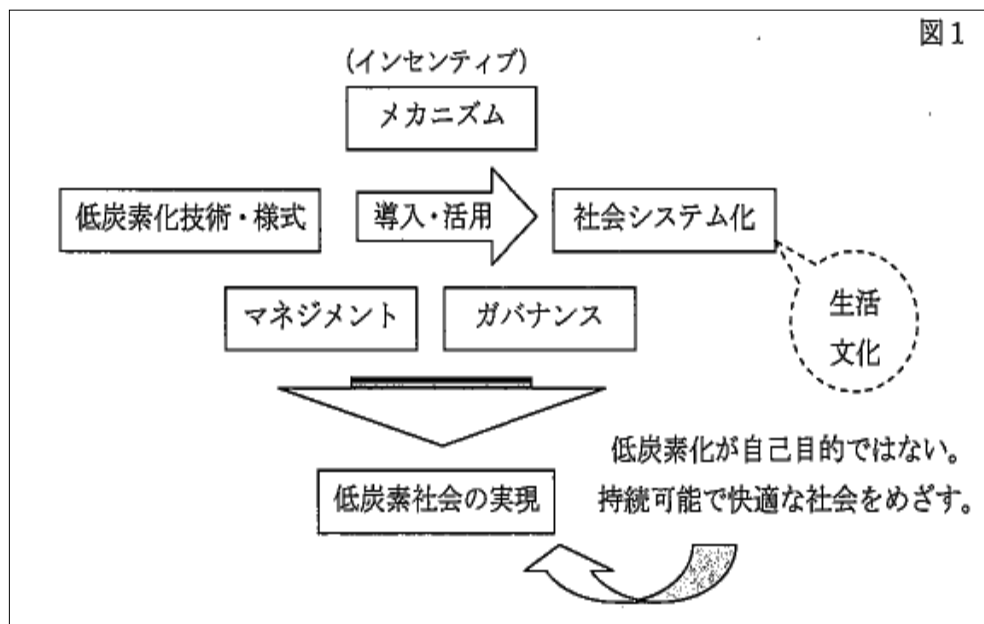
地球温暖化への対応は大別して2つある。一つは、温暖化を抑制又は削減することであり、低炭素社会の実現を目指すことである。もう一つは、温暖化を所与としつつその影響によるダメージをできる限り最小化することであり、災害対策と類似した考え方である。もちろん温暖化を所与とするといっても、それは是認することではない。また後者は、温暖化の影響により水資源が不安定化又は稀少化することへの対応であるが、人口減少や節水効果などの社会経済的要因との相乗化を考慮する必要もある。

こうした後者の影響の最小化のためには、供給サイドと需要サイドの双方を整合化させた対応が必要であり、具体的には水道施設のダウンサイジングによる供給管理と都市構造や市民生活における省エネ節水化による需要管理を統合した需給構造調整を進め、温暖化の影響



に対しタフな水道システムを再構築していくことである。このような需給構造調整は、結果として環境負荷の低減（低炭素社会の実現）にも寄与し、また温暖化の抑制は需給構造調整の効果を高めることから、両者は相互補完的関係にあるともいえる。

こうして CO2 削減効果がより高くなる需給構造調整を広域的視点から追求する必要があるが、このことは危機管理の広域的システムとしても有効である。たとえば渇水や災害への対応策として水供給の予備能力をどのように確保するかは大きなテーマであるが、これを個別システムごとに保有すると環境負荷が累増する可能性がある。しかし、これを広域システムとして対応することができれば、危機に対する安全率の向上と環境負荷率の低減を同時に満たすことができるかもしれないのである。



## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】： 首都大学東京大学院 教授 ・ 小泉 明

### 【設問1】

低炭素化社会の構築を目指した視点におきまして、首都圏における水循環システム・水道システム全般について自由にご意見をお聞かせください

低炭素化社会の構築を目指すためには、従来のシステム自体を長期的な視点で変革する「国家百年の計」とも言うべき超長期計画から、10年から30年程度を考慮した中長期計画、さらには当面の課題に即応した短期的計画まで様々な計画目標年度の計画が考えられる。

例えば、水道システムに着目して記述すれば、取水位置を出来る限り上流に移動することは、超長期計画の範疇になるであろうし、送配水システムの効率を考慮した送配水管網システムの再整備は中長期計画に相当し、効率の良いポンプに変更する等の方策は短期的計画になると考える。したがって、今後の議論においては、計画の目標年度等をしっかりと認識した上で体系的に纏めることが肝要である。

首都圏における水循環システム・水道システムを考えた場合、生活用水、工業用水、農業用水、発電用水といった利水に加え、河川維持用水、下水の再利用水、地下水、雨水といった多種多様な水の循環を考慮することになる。この場合、低炭素化社会の構築を目指し「省エネルギー」を前提とする合理的な水配分計画や水循環計画が必要であり、現在の制約条件化で議論するのか、制約条件を度外視し、一度理想的な水資源システムの総合計画というものを考えるのか否かが大きな岐路であろう。

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】： 首都大学東京大学院 教授 ・ 小泉 明

### 【設問2】

今後、水道システムの低炭素化の検討にあたり、対策方法やアイデアなどがございましたらお教えください。

なお、対策方法やアイデアにつきましては現行の行政区域などに捉われない広域的な条件で行った場合につきましても自由にお書きください。

水道システムの低炭素化に当たり、太陽エネルギーの最大利用は、降水により上流に貯留した「位置エネルギーの高い」水を有効に利用することがベストである。上流域に貯留した水は、水質的にも汚染されていないため、浄水プロセスにおけるエネルギーも同時に低いものとなる。

この場合、現状の行政区域では有効利用に限界があるため、広域的に検討することが必要になる。現時点では様々な制約条件があるため、机上の空論で終始することになるが、遠い将来に向けて理想的な水道システムを描くことも大切ではなかろうか。

また、広域圏の範囲は、地球温暖化による降雨や降雪の時・空間的偏在化を視野に入れば、関東の範囲を超えて検討することも遠い将来には有り得ると考える。

### 【設問3】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

今回の検討委員会における首都圏水循環に範囲を絞った場合、大きな低炭素化は期待できない可能性もある。しかし、折角の機会であるため、地球温暖化も視野に入れた超長期かつ超広域化も配慮に入れ、我が国の将来を見通した上で、低炭素化に向けた時空間の議論が多少なりとも出来ればと期待している。

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：財団法人 水資源協会 理事長 ・ 近藤 徹

### 【設問1】

低炭素化社会の構築を目指した視点におきまして、首都圏における水循環システム・水道システム全般について自由にご意見をお聞かせください

基本方針を十分に承知しないまま、委員を引き受けましたが、地球温暖化、少子高齢化社会の到来を前にして水道が解決しなければならない問題について、私見を申し述べる。地球温暖化により、温室効果ガスの抑制策を如何に実施したとしても、今世紀末までに、平均気温が1.8～4℃上昇して、今後洪水と渇水が頻発するといわれる。水資源開発施設は現況でも整備が遅れていること、利水の安全度が極めて低く、今後も給水制限に見舞われることは必死であり、その上平均気温の上昇により、その傾向は一層顕著になることが予測される。

しかしこれまで水資源は一回使いを前提としてきたが、再利用を許せば必要量の確保は可能である。その場合水道用水は膜処理の使用等により再生用水を利用することは可能かもしれないが、エネルギーの大量使用になるため採用すべきではない。水道用水は優先的に再生水の混じらない水源を確保するシステムが地球温暖化対策の適応策として、必要である。次に低炭素化のための抑制策としては、恒常的にエネルギー大量処理に繋がるため膜処理の採用は回避すること、配水も重力を利用することなどから極力上流取水が望ましい。同時に下水処理水の水道水源への混入も回避する必要がある。

現在の水道、下水道は市町村事業を前提としているため、行政区域内の上流で取水して、下流で排水することになっている。そのため水道の取水口の上流に下流市町村の下水道の排水口が設置されている事例が極めて多い。この取排水体系は水道水源を上流取水できるように抜本的に改める必要がある。

少子高齢化社会では、家計への影響も配慮する必要があり、取排水体系の整理は、水道料金、下水道料金の低減にもつながり、家計への圧迫を回避できる。

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 財団法人 水資源協会 理事長 ・ 近藤 徹

### 【設問2】

今後、水道システムの低炭素化の検討にあたり、対策方法やアイデアなどがございましたらお教えください。

なお、対策方法やアイデアにつきましては現行の行政区域などに捉われない広域的な条件で行った場合につきましても自由にお書きください。

【設問1】で回答したが、広域的な連携は言うに及ばず、水道のみならず下水道、河川、農業用水、工業用水の分野も巻き込んだ取排水体系の整理、再構築が必要である。これは水道行政が主導するよりも、各種用水から独立した河川行政が交通整理するのが実現性が高いのではないか。

### 【設問3】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

首都圏のみならず、利根川河口部の水道も含む水道行政の展開が必要である。現状では他省庁、都県を巻き込んで水道水源優先取水の方式を定着させるのには厚生労働省内で水道行政の位置づけが低いように思われる。

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：東北大学大学院 教授 ・ 須藤 隆一

### 【設問1】

低炭素化社会の構築を目指した視点におきまして、首都圏における水循環システム・水道システム全般について自由にご意見をお聞かせください

1. GHGs80%削減可能な給排水システム
2. 飲用水、生活用水、雑用水の分離システム
3. 糞、尿、雑排水の分離システム
4. 現状の給排水システムの低炭素化の更新
5. 自然(河川、水路、土壌、林地、水田等)を活用した連続システム



## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：東北大学大学院 教授 ・ 須藤 隆一

### 【設問2】

今後、水道システムの低炭素化の検討にあたり、対策方法やアイデアなどがございましたらお教えください。

なお、対策方法やアイデアにつきましては現行の行政区域などに捉われない広域的な条件で行った場合につきましても自由にお書きください。

1. コベネフィット型小規模分散システム
2. 河川、湖沼、ダム、地下水の温暖化影響の適応策、特に地域における具体的な対応策
3. 水循環の健全性を示す指標(特に首都圏)

### 【設問3】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】： 社団法人 日本工業用水協会 専務理事 ・ 瀬戸 和吉

### 【設問1】

低炭素化社会の構築を目指した視点におきまして、首都圏における水循環システム・水道システム全般について自由にご意見をお聞かせください

#### ○上水道、工業用水道、下水道の3水道が連携した低炭素化社会の構築

上水道と工業用水道の取水施設、導水施設は、浄水場まで輸送する機能は同様であり、両水道の水源が同一であれば共通した管理が可能となる場合が想定され、また、上水道と工業用水道の浄水施設は、一部浄水施設は共同して管理運用することが可能となる場合が想定される。例えば、工業用水道の沈殿施設で処理された原水を、上水道の前処理原水としての活用が考えられる。

また、上水道の排水を下水管きょに流出させ、下水処理場で排水・汚泥処理を一体的に行うことでコスト削減、エネルギー消費量や温室効果ガス排出量の削減による環境負荷低減などの効果が発揮されると考えられる。

可能な限りこれら3水道の共同管理を行うことにより、コスト削減、エネルギー消費量や温室効果ガス排出量の削減による環境負荷低減などの効果が発揮されると考えられる。

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】： 社団法人 日本工業用水協会 専務理事 ・ 瀬戸 和吉

### 【設問2】

今後、水道システムの低炭素化の検討にあたり、対策方法やアイデアなどがございましたらお教えください。

なお、対策方法やアイデアにつきましては現行の行政区域などに捉われない広域的な条件で行った場合につきましても自由にお書きください。

○水を使用する分野（上水道、工業用水道、下水道、農業用水など）における電力使用原単位（kwh/m<sup>3</sup>）を算出し、低炭素化社会の実現のロードマップを示すことが重要ではないか。

上記の分野別、段階別（例えば、導水、浄水、配水別など）に水を移動させるために必要なエネルギーを把握することにより、最適な水循環システムを構築する。

### 【設問3】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

○低炭素化社会とは、水を使用する分野（上水道、工業用水道、下水道、農業用水など）における水資源の有効活用（余剰水などの有効活用・融通など）の有用性を実証することも必要と考える。

○水資源の循環の定義が必要ではないか。上流から下流へ流れ落ちる途中で多くの分野で何度も利用することも循環といえると（?）

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 東京大学大学院 教授 ・ 滝沢 智

### 【設問1】

低炭素化社会の構築を目指した視点におきまして、首都圏における水循環システム・水道システム全般について自由にご意見をお聞かせください

- ・ 首都圏は平地が大部分を占めるため、重力を利用した配水が難しく、配水に多くのエネルギーを費やしている。このため、これまで以上に細やかな配水エネルギーの管理が必要である。
- ・ 今後の水需要は低減することが予想される。したがって、施設の更新に当たっては、将来の水需要をより正確に把握し、適切な規模の施設を建設することが求められる。
- ・ 首都圏においては、多くの水道事業者が利根川・荒川流域の水源に依存しているため、同流域の水道を一体的に管理・運営することで、効率的な水運用が期待できる。
- ・ 夏・冬の地下水の熱利用などを積極的に図るべきである。

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 東京大学大学院 教授 ・ 滝沢 智

### 【設問2】

今後、水道システムの低炭素化の検討にあたり、対策方法やアイデアなどがございましたらお教えください。

なお、対策方法やアイデアにつきましては現行の行政区域などに捉われない広域的な条件で行った場合につきましても自由にお書きください。

- ・ 浄水処理における薬品使用量の削減方法の検討（高濁時の取水停止など）
- ・ 配水ブロックの見直しによる、配水エネルギーの削減
- ・ エネルギー回収の推進（小水力発電、水圧を利用して各家庭で発電・蓄電など）

### 【設問3】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

- ・ 水利用における地下水資源の明確な位置づけ、総合的な管理が必要。

# 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：特定非営利活動法人 日本水フォーラム

代表理事事務局長 ・ 竹村 公太郎

## 【設問1】

低炭素化社会の構築を目指した視点におきまして、首都圏における水循環システム・水道システム全般について自由にご意見をお聞かせください

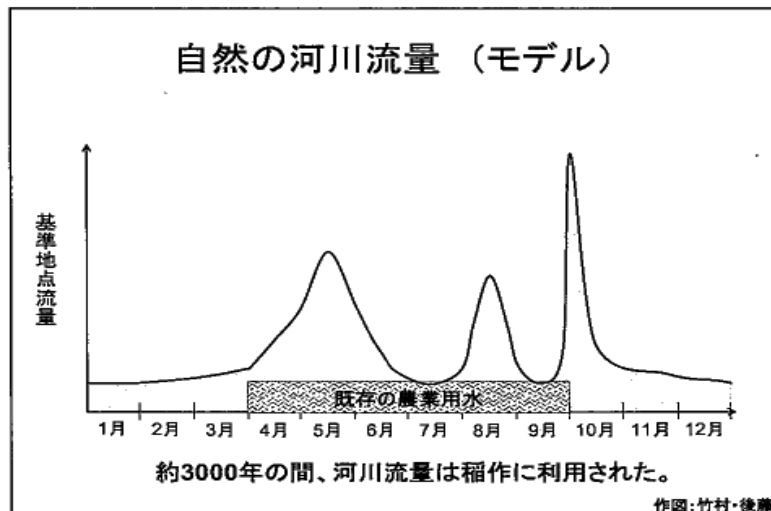
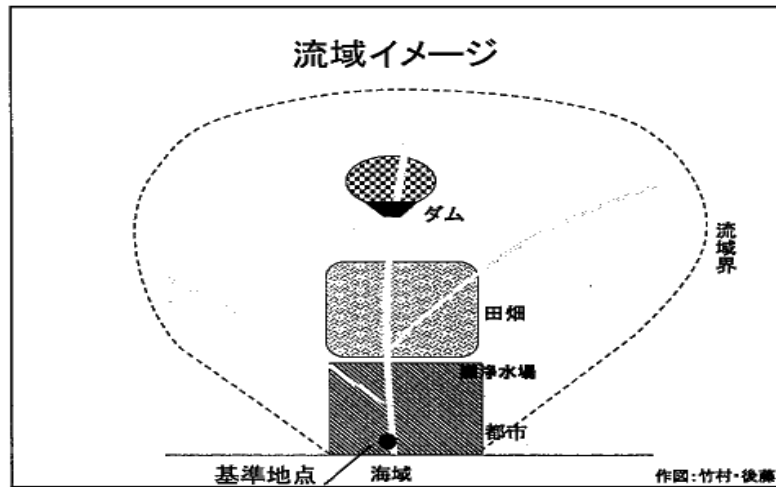
## 【設問2】

今後、水道システムの低炭素化の検討にあたり、対策方法やアイデアなどがございましたらお教えください。

なお、対策方法やアイデアにつきましては現行の行政区域などに捉われない広域的な条件で行った場合につきましても自由にお書きください。

## 【設問3】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

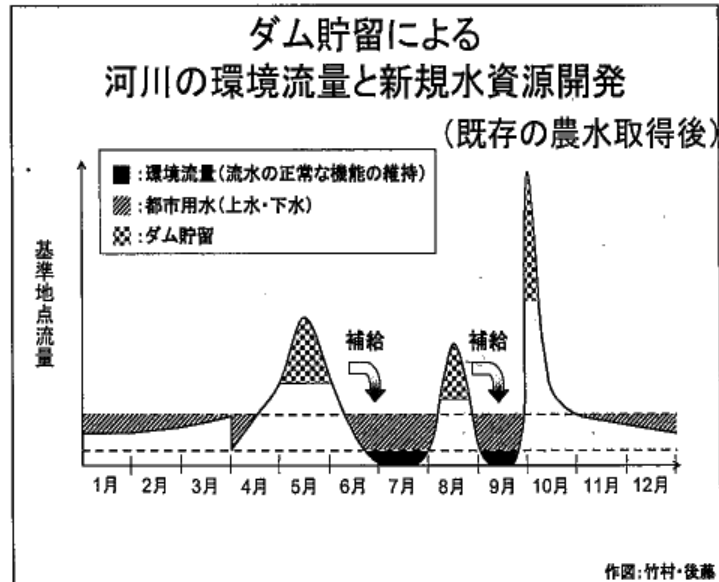
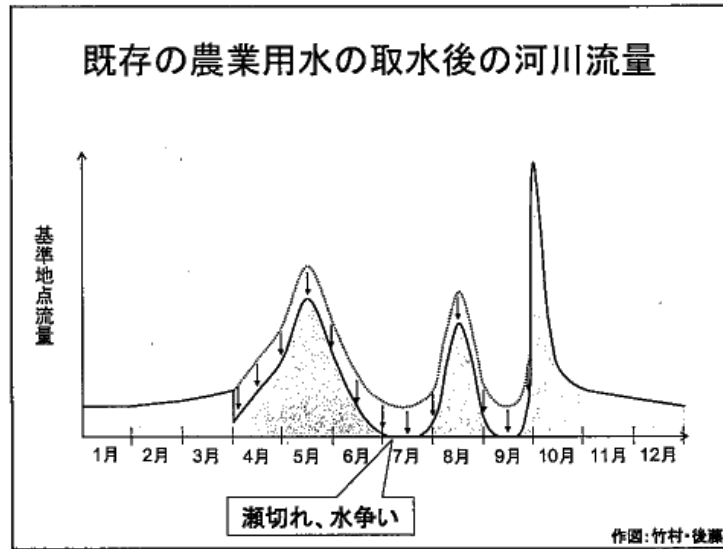




# 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：特定非営利活動法人 日本水フォーラム

代表理事事務局長 ・ 竹村 公太郎



## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：東京都市大学 教授 ・ 長岡 裕

### 【設問1】

低炭素化社会の構築を目指した視点におきまして、首都圏における水循環システム・水道システム全般について自由にご意見をお聞かせください

大変重要なテーマであり、できる限り既存のシステムにとらわれることなく、自由な議論をして欲しいと思います。特に最大でどこまでCO<sub>2</sub>の削減化可能であるかを具体的な数字で示すことが重要と思います。

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：東京都市大学 教授 ・ 長岡 裕

### 【設問2】

今後、水道システムの低炭素化の検討にあたり、対策方法やアイデアなどがございましたらお教えください。

なお、対策方法やアイデアにつきましては現行の行政区域などに捉われない広域的な条件で行った場合につきましても自由にお書きください。

まず考えなければならないことは、取水地点を上流に移し、ポンプ動力を削減するとともに、位置エネルギーを積極的に利用して発電をするなどエネルギーの創出も視野に入れる必要があると思います。

### 【設問3】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

本来であれば、農業用水、工業用水、河川維持用水などすべての水利用の合理化を視野に入れるべきとは思いますが、今後の課題でしょうか。また、水道の利用による省エネルギー（飲料水として水道水を使う、ミストなどの冷却用など）についても検討する必要があるでしょう。

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：東洋大学大学院 教授 ・ 中北 徹

### 【設問1】

低炭素化社会の構築を目指した視点におきまして、首都圏における水循環システム・水道システム全般について自由にご意見をお聞かせください

関連資料・データによれば、首都圏の水道は、東京都をのぞくと、取水のあと、浄水場、ポンプ所、受水場、配水場などの施設をへて、しかも、異なった事業体をへて複雑な経路をたどって水が供給されている。全体を俯瞰すると、給水人口の規模の小さい自治体にかぎって事業が細切れになっており、しかも、単位あたりCO2排出量が大きくなっている。

このことは、現在の給水システムをできる限り統合し、簡素化することによって、エネルギー消費量や排出量が縮減できる可能性を示唆する。しかし、同時に、このことは経済学の見地からみても、今日の細分化されたインフラ施設を放置したままでは、社会的なコストを大きく発生させていることを意味するのであり、経済・経営の観点からは、事業単位などマネジメントを含めて、統合化、一体化を促すことによって、合理化できる余地の大きいことを示唆する。その意味で、環境技術からの含意と、経済・経営からの処方箋が基本的に同じ方向性をめざし、整合的（パラレル）に議論を進めうる可能性がある。

以上の理由から、事業の統合化という課題を念頭に、環境技術と経済・経営という2つの軸から、複眼的な視座で、与えられた課題に取り組んでいくことが可能であり、しかも、重要であると考えられる。

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：東洋大学大学院 教授 ・ 中北 徹

### 【設問2】

今後、水道システムの低炭素化の検討にあたり、対策方法やアイデアなどがございましたらお教えください。  
なお、対策方法やアイデアにつきましては現行の行政区域などに捉われない広域的な条件で行った場合につきましても自由にお書きください。

東京都は、水道システムの統合化を全国に先駆けて実現した実績を誇っており、また、世界一の規模と、トップレベルの技術を要する自治体事業を行っている。その意味で、今後の先進的な取り組みが注目される場所であるので、本件検討委員会においても、さまざまなシミュレーションを試みながら、それを委員会の議論にフィードバックすることが興味深いのではないかと。

### 【設問3】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

日本水道新聞の18日（木）には、御園良彦氏（日本水道協会・専務）と私の対談が掲載される予定。上記と多少とも関連するので、ご参照をいただければ幸甚。

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：財団法人 水道技術研究センター 理事長 ・ 藤原 正弘

### 【設問1】

低炭素化社会の構築を目指した視点におきまして、首都圏における水循環システム・水道システム全般について自由にご意見をお聞かせください

流域における利水・排水のシステムは、長い歴史の中で構築されてきた。現状はそれなりのバランスの上に立って存在している。

しかし、現時点において、白紙の状態、最も合理的なあり方を考えたとしたらどうなるであろうか。多分現状とは異なる結果が出ることとなると考えられる。例えば水道の観点から言えば、水質の面、位置エネルギーの面から考えて原水取水地点は上流であるほど望ましい。しかし、現状は大都市の場合河川の河口部で取水している場合が多い。こうならざるを得なかったのは、後発組の利水者であったので水利権の狭間に割り込まざるを得なかったことや、河川維持流量確保の必要性という理由から、上流地域での取水が制限されたこと、遠方から原水を導水する場合のコストなど水道事業体側の事情などもあったと思われる。

しかし、今、白紙の状況で考えた場合、水道にとっては上流での取水が環境面、エネルギー面で望ましい。上流ほど一般に水質が良好であるし、高度が高いところで取水出来れば水を自然流下で流すことが出来、省エネルギーである。上流地域で水の大半をとってしまうことになれば河川管理上問題であるが、首都圏全域での合理的水利用の観点から、流域間の相互水融通などを検討すれば、解決の方向が見いだされるのではないか。



## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：財団法人 水道技術研究センター 理事長 ・ 藤原 正弘

### 【設問2】

今後、水道システムの低炭素化の検討にあたり、対策方法やアイデアなどがございましたらお教えください。

なお、対策方法やアイデアにつきましては現行の行政区域などに捉われない広域的な条件で行った場合につきましても自由にお書きください。

水道の取水を下水の排水口のすぐ下流で行うのはまずい。少なくともそうならないようにすることは最小限の水道の低炭素化方策である。

現実には、下水の排水が上水の取水口へ流れ込む構造になっている場合がある。下水の排水口のほうが下流にあっても満潮時に河川流が逆流することにより、このようなことが起こることがある。

一例として、東京都水道の浄水場(埼玉県水道の浄水場も)が取水している江戸川の流山橋下流の直上流に中江戸緊急暫定導水路があって、これを通して、中川からの下水排水が江戸川に流入することが起こっていた。埼玉県下水の処理場排水が中川に放流され、これが満潮時逆流して中江戸緊急暫定導水路の入り口に達していたからである。この解決策として水道側と下水道側が協議し、河川管理者の同意も得て、中江戸緊急暫定導水路の一部付け替えを行うことにより、解決した例がある。

### 【設問3】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

- ① 直結給水の普及が水道の省エネルギーに大きく寄与するものと思われるので、定量的な評価がなされるべきと思う。
- ② 水道の水とペットボトルの水とではその製造に要したエネルギーが大きく異なる。(財)水道技術研究センターのe-Water IIプロジェクトで算定した例では730倍もの差がある。水道のサイドからはこのような事実もPRすべきだ。

# 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 北海道大学大学院 教授 ・ 船水 尚行

## 【設問1】

低炭素化社会の構築を目指した視点におきまして、首都圏における水循環システム・水道システム全般について自由にご意見をお聞かせください

### 1. 水循環・水道システムの低炭素化検討の方針について

水道システムは質変換系（処理系）と輸送系（送水、配水系）より構成されている。究極の低炭素化は飲用可能な原水を得、自然流下で送配水することである。この場合、エネルギー消費はゼロである。実際には、現状の制約条件の中で、この構造に近づけることができるかを検討するが第一段階であると考え。次に、質変換系へのエネルギーInput と輸送系へのエネルギーインプットを両者の相互作用の中で最小化することを検討することになると想定する。

### 2. 水の評価（質のエネルギー単位での評価と量の評価）、質変換の評価、輸送の評価

上記のことの検討のためにはその指標が必要である。そのために現存する水を質と量から評価することを提案する。

#### (1) 水質評価

水道水供給の目的は飲用可能水質の水を所定の地盤上残存水頭で供給することである。このことをエネルギー指標（厳密には単位重量あたりのエネルギー、水頭）で評価することを考える。配水区域内の点を考える。この場所の地盤高さを  $Z$ 、水の水頭を  $H$  とすると  $H-Z$  が所定の値になることが圧力面での条件である。質の表現をエネルギー単位で行うことを、処理に必要なエネルギー（単位重量の水を飲用可能にするために必要なエネルギーを水質水頭  $C$  と定義する。現状の技術では海水淡水化のエネルギー消費が一番大きいと考え、現状の最良の海水淡水化プロセスを用いた場合の単位重量の海水を飲用可能とするために必要なエネルギー（水頭）を  $C_0$  とするとし、この値を飲用可能な水の水質水頭と定める。すなわち、配水区内の所定の場所におけるエネルギー単位での水質を  $(H-Z) + C_0$  と定める。水道水系の評価は「原水をこの値にするためにどれだけエネルギーを投入する必要があるか」で定められる。

#### (2) 質変換系の評価

現在想定されうる質変換系を大雑把に簡易処理、緩速砂ろ過システム、急速砂ろ過システム、オゾン+活性炭システム、下水処理システム+再生システム等に分類し、これらに必要な単位重量あたりの水の処理に必要なエネルギーを  $W$ （処理水頭）と定義する。この処理水頭について、現在の best 技術についての値を整理する。

#### (3) 輸送系の評価

輸送系におけるエネルギー的評価は動水勾配  $I$  により評価され、輸送距離  $L$  との積により損失水頭が定められる。

#### (4) 水源の評価

ある標高  $HR$  にある、ある水質の水は飲用可能にするために必要な処理水頭と配水区域内の一点との距離  $L$  による損失水頭により、下記のように表現される。

$$\text{輸送と水質} = (HR - L \times I) + (C_0 - W)$$

また、この水を利用するために必要なエネルギー（水頭）は

$$\text{必要質} - \text{水源の質} = (H - Z) + C_0 - (HR - L \times I) - (C_0 - W) = (H - Z) - HR + L \times I + W$$

必要な総エネルギーはこの値に密度、重力加速度、水使用量を乗じて計算される。

例えば、海拔ゼロメートルにある海水の評価値は  $-L \times I$  となり、海水を利用するために必要なエネルギーは  $(H - Z) + L \times I + C_0$  となる。

### 3. 提案

(1) 現状の水源, 可能な水源の評価

輸送と水質 =  $(HR - L \times I) + (CO - W)$  により, 現状の水源のエネルギー的評価が可能となる.

(2) 取水点移動効果の評価

取水点を移動させることは, 位置エネルギーの利用だけでなく, 原水質の良い水を使うことの利用もある. すなわち,  $(HR - L \times I) + (CO - W)$  のうち, 位置エネルギーの効果は  $HR, L$  の変化, 現水質の変化は  $W$  の変化として評価される. これにより, 水の水質と位置エネルギーの両者を一つの指標により評価できる. また, 水を利用するために必要なエネルギー  $(H - Z) - HR + L \times I + W$  を用いることにより, 先に述べた「次に, 質変換系へのエネルギー Input と輸送系へのエネルギーインプットを両者の相互作用の中で最小化することを検討すること」が可能となる.

(3) 処理系の評価

水の処理に必要なエネルギー  $W$  (処理水頭) について, それぞれの処理方式, または単位プロセスごとに現状のベスト技術での値  $W_{best}$  と浄水場ごとの現状値  $W$  を整理し, 施設の更新による効果を評価できる.

【設問 2】

今後, 水道システムの低炭素化の検討にあたり, 対策方法やアイデアなどがございましたらお教えてください.

なお, 対策方法やアイデアにつきましては現行の行政区域などに捉われない広域的な条件で行った場合につきましても自由にお書きください.

1. 取水点の変更:

水輸送, 質変換の両者の相互関係を考慮して, 現状での最適な取水点を検討. ただし, この際には, 利用可能な水資源量を制約条件に加える必要がある. 先に述べた指標を導入し, 可能なシナリオについてシミュレーションを行う必要がある.

2. ベスト技術への更新:

質変換系と輸送系でのエネルギー消費の寄与の程度に依存するところはあるが, エネルギー的に有利な機器への更新の効果を評価する必要がある.

3. 需要の時間変動との関係: 末端に配水池を設置する

配水系においては水需要の時間変動の影響により, 配水区内の損失水頭は大きく変動し, 特に深夜, 早朝では水需要が少ないため, 系内のエネルギーが余った状態となっている. この余剰なエネルギーを利用して深夜, 早朝に配水管網を經由して末端に水を輸送・貯留することで配水管網内の流量の平滑化を図ることが可能となる.

輸送系のエネルギー損失, すなわち損失水頭はほぼ流速の 2 乗に比例する. すなわち, 流量の平滑化の効果がある程度見込まれる. このような系はポンプによる配水を行っている場所で効果が期待できるかもしれない.

4. 多様な水資源利用:

少し大きな話になるので, 今回のフレームからはずれるかもしれないが, 水源の多様性を検討することも一つと考える. 下水の分散処理により, ある用途の水を再生利用し, 水道水の需要を減らす. 特に輸送系でのエネルギー消費の削減が下水再生利用による質変換エネルギー増加とバランスする規模, 地域を見出すことが可能かもしれない.

【設問 3】

その他のことにつきまして, 自由にご意見をお聞かせください

特になし

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 東京大学大学院 教授 ・ 古米 弘明

### 【設問1】

低炭素化社会の構築を目指した視点におきまして、首都圏における水循環システム・水道システム全般について自由にご意見をお聞かせください

- 水循環システムを扱う前提条件や境界条件設定が非常に難しいので、早めに共通認識を持つことが重要である。  
ダム管理、流量管理、水源水質など、浄水コストや消費エネルギー量を支配する様々な要因や前提条件がある。  
将来シナリオの設定：人口減少、ライフスタイル、流域内の土地利用の将来予測、気象や降水量の将来予測も、低炭素化への効果を検討するシナリオとして重要である。
- 多様な都市の水利用形態と連動させて、水供給における低炭素化を検討することが有意義である。すなわち、現在の水道がカバーしているもの以外の水需要（熱管理の水利用、環境・修景用水など）を検討することも大事である。

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 東京大学大学院 教授 ・ 古米 弘明

### 【設問2】

今後、水道システムの低炭素化の検討にあたり、対策方法やアイデアなどがございましたらお教えください。

なお、対策方法やアイデアにつきましては現行の行政区域などに捉われない広域的な条件で行った場合につきましても自由にお書きください。

- ・ 処理水の地下水涵養の可能性
- ・ 多様な水源をそれぞれの用途で使うことと、それらの水源を混ぜてストックして活用することもある。水源ことの強みと弱みを相補的にする。

### 【設問3】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

- ・ ベストミックスの観点：対策やアイデアは多面的に想定されることから、それら様々な対策やアイデアのベストミックス方法を検討することが重要となる。
- ・ 対策アイデアの分類：例えば、中長期的な対策と短期的な対策の存在
- ・ 既存研究プロジェクト成果の活用：E-water, E-water II など

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 学校法人 トキワ松学園 理事長 ・ 眞柄 泰基

### 【設問1】

低炭素化社会の構築を目指した視点におきまして、首都圏における水循環システム・水道システム全般について自由にご意見をお聞かせください

1. 首都圏における水資源の量・質の一体管理体制の構築が、絶対的な必要条件である。
  - ・ 利根川上流域の工場（工事）進出が激しく、これらの事業所からの排水規制が水濁法によっているが、流域特性を考慮して上乘せ基準や横出し基準を設定していないため、それらの排水の影響が大きくなってきている。また、これらの地域への産廃処理施設からの影響も同様である。
  - ・ 利根川下流域の水道水源は、河口堰、霞ヶ浦開発によって発生したものであるため、房総導水路関連を含めて、質ばかりでなくエネルギー消費量が異常に多い輸送系に依存している。
  - ・ 荒川、江戸川の水利調整が、野火止用水を含めて農業利水の下位におかれ、前近代的運用である。
2. このような例示でもあるように、21世紀中葉を目途にしてでも、現代的、近未来的な水管理体制の構築を第1位の政策課題とすべきである。



## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 学校法人 トキワ松学園 理事長 ・ 眞柄 泰基

### 【設問2】

今後、水道システムの低炭素化の検討にあたり、対策方法やアイデアなどがございましたらお教えください。

なお、対策方法やアイデアにつきましては現行の行政区域などに捉われない広域的な条件で行った場合につきましても自由にお書きください。

首都圏の水を含めたジオラマを作成し、質・量を含めた水運用シュミレーターを完成する。それを活用して、or 演習を行い、複数の解の中から最適解を発見するも一つの手段である。

### 【設問3】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】： 社団法人 日本水道協会 専務理事 ・ 御園 良彦

### 【設問1】

低炭素化社会の構築を目指した視点におきまして、首都圏における水循環システム・水道システム全般について自由にご意見をお聞かせください

- 首都圏における上下水道事業、河川管理、水源開発、水質保全等の水循環システムは、地形、気象、水系等の自然的条件や関連法令、行政主体、都市形態等の社会的条件が異なる中で、それぞれがある程度の連携をしながら形成されてきている。  
このため、それぞれの条件下においては適切であっても、首都圏という広域的な視点から捉えると、必ずしも最適とは言えない面があるのは否めない。  
特に、これまでは需要に対応するための施設整備、水質汚染に対応するための防止対策や水処理対策等が中心であり、「低炭素化社会の構築」という視点での対応は、端緒についたばかりと言っても過言ではない。
- 今後、それぞれの主体が「低炭素化社会の構築」に向け対応するとともに、首都圏という広域な視点から捉えた対応策の検討が必要である。  
但し、当然のことながらそれぞれの水循環システムが今後も確実に機能することが前提であり、「低炭素化社会の構築」を優先したために、水循環システムの更新や耐震化が遅れ、安全性・安定性等が低下することのないよう留意すべきである。

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】： 社団法人 日本水道協会 専務理事 ・ 御園 良彦

### 【設問2】

今後、水道システムの低炭素化の検討にあたり、対策方法やアイデアなどがございましたらお教えください。  
なお、対策方法やアイデアにつきましては現行の行政区域などに捉われない広域的な条件で行った場合につきましても自由にお書きください。

- 基本的には、位置エネルギー、自然エネルギーの活用、省エネ技術の開発・採用、施設・システムの効率的な運用等が対策となると考えている。  
一方、漏水防止や節水など水を無駄にしない施策も有効である。
- また、システムの全てを一体化するのではなく、中山間部など地域によっては、地域特性に合わせて独立したシステムを採用することで省エネルギー化が図られる場合もある。

### 【設問3】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

- 本検討委員会は「首都圏」を対象としているが、水系など自然的条件によって対象地域を設定することも出来る。  
何故「首都圏」なのかを明確化しておくことが必要と考える。
- 対応策は、ハード的なもの以外に、関係法令の整理や縦割り行政の是正など、ソフト面についても検討すべき。
- また、対応策を「絵に描いた餅」にしないためには、関係する産・官・学の役割を出来るだけ具体的に明確にして、それぞれが連携した、国民を巻き込んだトータルな推進体制が不可欠である。

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 鳥取環境大学 教授 ・ 三野 徹

### 【設問1】

低炭素化社会の構築を目指した視点におきまして、首都圏における水循環システム・水道システム全般について自由にご意見をお聞かせください

もともと江戸時代に完成したといわれる、わが国の伝統的な農業水利体系は、重力エネルギーを最大限に活用するエネルギー効率のきわめて高い方式であった。これについては、岡本や佐藤によるCB法の研究、三野による線形計画による用水計画の研究などで明らかにされている。この伝統的な水利用体系（全国40万kmにのぼる農業用水路ネットワーク）をもとに、明治に入り、ポンプを利用した近代的〇〇技術が欧米から導入されて、水利用効率をさらに高めたが、これは水利用の効率化とエネルギー多投入型の水利システムを形成することになった。しかしこの近代的方法はあくまでもわが国の伝統的な水利体系の一部を補完するに過ぎないものであった。

しかしながら20世紀後半の高度成長期に、わが国の流域規模での水資源開発と水資源利用体系の再編成があった。ダム化による水資源の外延的拡大に加えて、反復利用の強化による利用効率の著しい向上である。とくに農業水利では、ポンプとパイプライン化によって、著しい変化が見られた。琵琶湖総合開発による周辺の土地改良事業は、この傾向を徹底したものである。

このような農業水利の近代化に伴って、著しい水利用効率の上昇はあったものの、逆に著しいエネルギーの消費をもたらす結果となった。これは列島改新論の典型的なものである。この先については、先に述べた筆者らの線形計画による分析がある。水田用水供給システムは、伝統的な〇〇利用体系が形成されており、反復利用体系を維持、運用するには経済原理ではなく、社会原理が必要となる。利水者全体の合意がどうしても必要で、これは一見農業水利を旧態依然の前近代的システムを見る根元となっている。いわゆる水利コモンズ論であり、集落を中心とした集団的な管理体制が必要となる理由でもある。近代的と合理的とは意味が大きく異なる。伝統的な農業水利システムは「近代的」ではないがきわめて「合理的」となっている。これは、長い年月をかけ、見直し (adaptive management) によって形成されてきたからである。これらが背景となって、いわゆる農村地域のソーシャル・キャピタルが形成されている。

農村社会は大きく変化している。旧態依然のままでよいかは問題である。新しいソーシャルキャピタルの形成を目指して、農地・水・環境保全対策などの取り組みが重要である。これこそ農村地域における新しい「共」の形成である。単に上からの規制と奨励だけでは、この受け皿が動かないとうまく動かないと思われる。農村部では、今や農家はマイナーとなっており、住民がどのような形で参加するかが大きな課題である。水道企業体は、供給者側からの住民との直接接点である。土地改良〇〇は、需要者による公共組合であり、いわゆる需要者の代表である。このような社会システム全体からの論議がきわめて重要であろう。流域を対照とするならなおさらである。

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 鳥取環境大学 教授 ・ 三野 徹

### 【設問2】

今後、水道システムの低炭素化の検討にあたり、対策方法やアイデアなどがございましたらお教えください。

なお、対策方法やアイデアにつきましては現行の行政区域などに捉われない広域的な条件で行った場合につきましても自由にお書きください。

廃熱→ヒートポンプ→水→大気という形で、水を中間にかませば、熱をきわめて有効に地球上の熱廃揮システムに乗せることができる。このことは、効率よく社旗全体としてエネルギー削減を図ることに通じる。

### 【設問3】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

水が持つ新たな価値、とくにヒートポンプと組み合わせた熱エネルギーの供給源、あるいは廃揮先と考えることによって、エネルギー（電力）の著しい節減につながることを示されている。（小官山：「地球持続の技術」、岩波新書）

ヒートポンプの効率一昇ではなく、熱の捨て方が問題であるとしており、水の利用によって民生エネルギー消費のかなりの部分が節減できるとしている。

低炭素社会の建設では、単に用水供給の省エネルギーだけではなく、水の機能を活用して、新しい社会の省エネルギー化を構築すべきであると考えています。

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 東京大学 名誉教授 ・ 虫明 功臣

### 【設問1】

低炭素化社会の構築を目指した視点におきまして、首都圏における水循環システム・水道システム全般について自由にご意見をお聞かせください

#### 小型水力発電の導入

溪流、農業用水路、取水堰、上水導水路、下水路等において、小水力発電のポテンシャルは高いと考えられる。

以下の手順を踏んでその導入を図るべし。

- ・首都圏における小水力発電ポテンシャルの調査
- ・各種サイトに適用可能な小水力発電装置システムの開発
- ・風力発電、太陽光発電のような補助制度の検討



## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 東京大学 名誉教授 ・ 虫明 功臣

### 【設問2】

今後、水道システムの低炭素化の検討にあたり、対策方法やアイデアなどがございましたらお教えください。

なお、対策方法やアイデアにつきましては現行の行政区域などに捉われない広域的な条件で行った場合につきましても自由にお書きください。

取排水体系の見直し

水源地に近い清浄な水を取水（ダムからの直接取水を含む）。処理エネルギーの低減が見込める。

工事が出ず CO2 と処理で削減される CO2 の比較が必要。

### 【設問3】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 政治評論家 ・ 森田 実

### 【設問1】

低炭素化社会の構築を目指した視点におきまして、首都圏における水循環システム・水道システム全般について自由にご意見をお聞かせください

- ①浄水場を高地に集中し、自然流下にすることによって、省エネルギーを行い、低炭素化を推進する。
- ②太陽電池（自然エネルギー）を浄水場の屋根に設置するなどの方法により、低炭素化をすすめる。
- ③漏水（〇〇漏水が少ないが）さらに防止をすすめる。

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 政治評論家 ・ 森田 実

### 【設問2】

今後、水道システムの低炭素化の検討にあたり、対策方法やアイデアなどがございましたらお教えください。  
なお、対策方法やアイデアにつきましては現行の行政区域などに捉われない広域的な条件で行った場合につきましても自由にお書きください。

水循環システムは、従来の行政区域を超える問題であり、首都圏を一体として運営する方向を強める必要があると思います。

### 【設問3】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

大切なことは、「水」の大切さを国民が強く認識し、国民と行政機関が一体となるようにすること。このためには、広報活動を強める必要があると思います。私自身、微力ですが精一杯努力します。

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 立命館大学 特別任用教授 ・ 山田 淳

### 【設問1】

低炭素化社会の構築を目指した視点におきまして、首都圏における水循環システム・水道システム全般について自由にご意見をお聞かせください

次のような視点が必要と思われる。

(1) 水循環や水環境システムの建設・管理者と利用者を峻別する視点。

とくに、上下水道のような事業では、設備型産業であるため、低炭素化を事業経営のなかで実現する必要がある。一方、利用者の方は、節水などによって狭義の経済効果があるため、インセンティブが働きやすい。

多くの上水道事業では、水源、設備の過剰感があり、利用者の積極的な節水努力が結果として経営を圧迫している。長期的な予測のもとで、広域化やダウンサイジング、施設の延命化などアセットマネジメントが必要である。

また、下水道でも、上水道同様、節水の影響を受けており経営を圧迫している。とくに、一般会計からの繰り入れに対する批判等が顕在化しており、現在、直接料金化されていない排水水質による環境への負荷に対する再評価が求められる。

(2) 他の炭素使用分野との比較

(3) 国際的な視点

(4) 長期的な視点

## 第1回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 立命館大学 特別任用教授 ・ 山田 淳

### 【設問2】

今後、水道システムの低炭素化の検討にあたり、対策方法やアイデアなどがございましたらお教えください。

なお、対策方法やアイデアにつきましては現行の行政区域などに捉われない広域的な条件で行った場合につきましても自由にお書きください。

#### 上水道事業での対策

- (1) 広域化の推進
- (2) 長期的な展望によるアセットマネジメント
- (3) 水源費の平滑化

#### 下水道事業での対策

- (1) 水質料金の設定
- (2) 環境負荷の評価
- (3) 資源の再利用

### 【設問3】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

## **第2回委員会 事前アンケート調査結果**



## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 社団法人 日本下水道協会 理事長 ・ 安中 徳二

### 【設問1】

水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。

#### ① 取水地点・浄水場位置の変更（浄水場統廃合含む）について

- ・ 上流取水とした場合、浄水場の位置（によっては浄水場より上流区域への給水によるエネルギーロス）あるいは下水処理場の位置（取水点から放流点までの水量の減少）によっては、CO2削減とともに水利権への対応、水環境の保全などの課題が生じるが・・・。
- ・ また、最適な水道システムが水循環圏域全体のCO2削減に関して最適かは疑問。下水道（処理場）を含めた水循環システム全体のCO2削減を検討することが最適解を求めるために重要と思われる。
- ・ 広域化、浄水場の統廃合などは現況施設（システム）のエネルギー使用、CO2排出状況及びその要因を（施設毎に）詳細に調査することで、想定する区域に最適な形態の当たりをつけることは可能と思われる。

#### ② 水道システムにおける新技術・再生可能エネルギーについて

- ・ 現況の水道システムを処理系、輸送系、（使用形態）に区分してCO2排出状況、エネルギー使用状況を分析し技術評価を行うことにより、必要な技術開発および導入すべき技術などを明らかにする必要がある。
- ・ 小水力、太陽電池などの導入効果以上に、膨大な現状システムを構築する技術の開発・改良効果を評価すべきである。

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

<b>【所属・氏名】</b> : 社団法人 日本下水道協会 理事長 ・ 安中 徳二
<b>【設問1】</b> (続き) 水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。
③ 上水道以外の代替水資源（雨水・再生水・工業用水道・地下水）の水供給システムについて
<ul style="list-style-type: none"><li>・ 上水道代替水源の水給水システムのCO2削減に関しては水道システムと同様に評価すべきではないか。</li><li>・ 代替水源利用することにより、部分的にCO2や、消費エネルギーの増大を招いている状況も想定されるが、代替水源の利用を促進せざるを得ない現実と、CO2の削減という次元の異なる問題の当委員会における扱いについて議論する必要がある。</li></ul>
<b>【設問2】</b> その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください
<ul style="list-style-type: none"><li>・ CO2削減、省エネルギー化などはハード対策とソフト対策が相まって達成され则认为られる。また、理想的なハード対策（システム構築）には現状の制度、管理技術（ソフト）の改良・改善も必要になることも想定される。 ハード対策に限った検討のみで良いのか当委員会での検討が必要。</li></ul>

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：財団法人 下水道新技術推進機構 理事長 ・ 石川 忠男

### 【設問1】

水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。

#### ① 取水地点・浄水場位置の変更（浄水場統廃合含む）について

取水地点・浄水場位置の変更のメリットに加え、リスク管理上のメリット・デメリットも検証しておく必要があるのではないか？

事故、災害時に小規模水道システムが非常用として稼働可能な状態にしておくことにより、システム全体のリスク回避が可能になるのではないか？ただシステム保守のコストをどう考えるかが問題。

#### ② 水道システムにおける新技術・再生可能エネルギーについて

すでに検討対象にあげられている太陽光発電、風力発電について詳細な試算を期待したい。

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：財団法人 下水道新技術推進機構 理事長 ・ 石川 忠男

【設問1】(続き)

水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。

③ 上水道以外の代替水資源（雨水・再生水・工業用水道・地下水）の水供給システムについて

分科会資料（p 4 3）では下水処理水の利用を水洗用水として想定することとしているが、近年の膜処理技術の進展を考えれば、もっと広範囲な利用を考えてもよいのではないか？  
同 p 4 4において、下水（処理水）の水質の時間変動が大きいとしているが、処理水ではそう大きな変動はないと思うがどうか？

【設問2】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：京都大学大学院 教授 ・ 伊藤 禎彦

【設問1】

水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。

① 取水地点・浄水場位置の変更（浄水場統廃合含む）について

取水地点および浄水場の規模・数は、「エネルギー最小化」の観点から、実現可能性が確保できる範囲で自由に設定できると考えるのが望ましい。1 ケースに限定する必要もなく、条件によっては小規模・分散型もありうるという立場がよい。

② 水道システムにおける新技術・再生可能エネルギーについて

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：京都大学大学院 教授 ・ 伊藤 禎彦

### 【設問1】(続き)

水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。

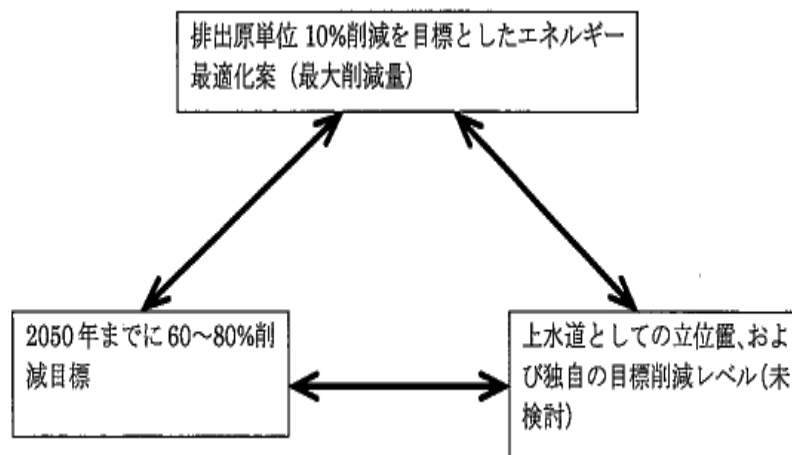
③ 上水道以外の代替水資源（雨水・再生水・工業用水道・地下水）の水供給システムについて

①と同じ意味で、「エネルギー最小化」に寄与し、実現可能性があるものについては、自由に設定、選択できると考えるのがよい。水処理のためのエネルギーは小さくてすむが、インシヤルエネルギーや取水のためのランニングエネルギーが大きくなる、あるいはその逆などのトレードオフが存在するが、それらをできる限り定量的に評価することが望まれる。

### 【設問2】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

今回の検討では、「排出原単位 10%削減を目標としたエネルギー最適化案（最大削減量）」を提示することとしている。このような作業上のターゲットを設定することは必要であり、かつ妥当と考える。ただし、低炭素社会構築への貢献という観点から、その位置づけを明示しておく必要はあるだろう。以下のフレームで整理することが望まれる。





## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

<b>【所属・氏名】</b> : 元日本大学 教授 ・ 岡本 雅美
<b>【設問1】</b> 水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。
① 取水地点・浄水場位置の変更（浄水場統廃合含む）について
取水地点の変更を、既存の取水施設と関係なく自由に行うとすると、例えば既存の利根大堰—（武蔵水路）—荒川導水路を、出来島—自然流下埋設水路に置換するような案が考えられるが、ストックの廃棄は無視するとしても、このシミュレーションでは、新施設の建設費は無視することになっているのか。
② 水道システムにおける新技術・再生可能エネルギーについて
上水道以外の代替水資源に、（既存）農業用水が抜けている。

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

<b>【所属・氏名】</b> : 元日本大学 教授 ・ 岡本 雅美
<b>【設問1】</b> (続き) 水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。
③ 上水道以外の代替水資源（雨水・再生水・工業用水道・地下水）の 水供給システムについて
<b>【設問2】</b> その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 首都大学東京大学院 教授 ・ 小泉 明

### 【設問1】

水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。

#### ① 取水地点・浄水場位置の変更（浄水場統廃合含む）について

取水地点や浄水場の上流移設は、次世代に向けた施設更新計画に可能な限り織り込むことが望まれる。水道システムにとって、上流の位置エネルギーを有効利用し、しかも取水水質が良好ともなれば浄水処理の負荷も軽減され、より一層安全な水を国民に供給できることになる。太陽エネルギーを現在の技術で最大限に利用できる方法は、上流取水に他ならないと言える。

今後の浄水場の統廃合については、出来る限り位置エネルギーが高く、導・送・配水エネルギーが削減され、浄水エネルギーも低くなる浄水場に統合することが望まれる。ただし、超広域化による巨大施設化並びに施設の一元化は、緊急時の安全性に対しては難があるため、それらのシステムの規模・配置については、十分な安全性を確保（集中と分散のバランス）することが必須である。

一方、下流取水にも、水量の安定性、都市域（需要地点）の近接性といった利点があることから、対象とする地域の特性を十分に配慮した計画策定が求められよう。

なお、個人的な意見としては、河川の最上流側に水道専用ダムを建設し、位置エネルギーが高く、生命にも安全な水道水を供給することが、わが国の地形からも有効であると考えている。さらには、今後の地球温暖化に伴う気候変動（降雨の偏在）を考慮すると、高所のダムを太平洋側と日本海側に相補的に配置し、これらを連動させて用いることも有用であろう。

#### ② 水道システムにおける新技術・再生可能エネルギーについて

水道システムにおける新技術については、今後ハード・ソフト両面から大いに研究開発することが必要であり、技術立国日本として今日までに築き上げたストックを生かしつつ、目先の効率化ではなく長期的な展望に立脚した展開が期待される。

ここで、上記の命題とは外れるが、水道システムが供給しているものは水量と水質のみではなく、水圧も同時に供給している。この末端まで供給されている水圧の有効利用（付加価値）を如何にして創出することができるか（小水力発電以外の利用法の開発）についても期待される所である。

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

<b>【所属・氏名】</b> : 首都大学東京大学院 教授 ・ 小泉 明
<b>【設問1】</b> (続き) 水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。
③ 上水道以外の代替水資源（雨水・再生水・工業用水道・地下水）の水供給システムについて
1) 雨水については、定常的に降雨のある期間において利用価値はあるが、渇水期間においては最初に水不足となるのは雨水タンクである。つまり、通常は水道を少なく利用している人達が、渇水期に限って普段以上の水を利用することになる。水道システムは渇水等の最悪の事態に備えて施設規模が決定されるとともに料金も設定されており、例えば10年に1度という渇水期における料金の負担公平性が議論される必要がある。また、地球温暖化による降雨の偏在化を考慮すると、危険側の水利用になることも視野に入れなければならない。 2) 下水等の再生水については、低炭素化社会に向けたエネルギー消費削減の観点からは原点に戻って再度十分に検討すべきであり、エネルギー効率の観点から地域に適した水利用をしっかりと検討しなければならない。特に、再生水の広域循環については、水質安全性並びに省エネルギーの面で問題が残されていると思われる。 3) 工業用水道については、産業が非用水型へと変化し、回収率も高まっている今日、適切な転換利用が望まれる。しかしながら将来は、輸出用の水資源製品の原料になるという発想の転換もあるのではなかろうか。 4) 地下水については今後、水利権も含め利用方法について十分に検討すべきである。地下水は身近に得られる水資源として、震災をはじめとする緊急時の給水等に有用であると考ええる。
<b>【設問2】</b> その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください
水道システムの低炭素化に向けた検討には、まずは全ての制約条件や縦割り行政の枠を取り払った代替案を作成し、その中で極めて有用な案が発見できた場合において、国民的賛同の下に現在の制約条件を順次取り外すというプロセスが重要であると考ええる。場合によっては50年、100年のオーダーで進めることも必要になると思っているが、常に遠い将来の長期的な目標を掲げておくことが望まれる。 また、地球温暖化や気候変動といった現象は、ある時点でカタストロフィックに突然思いもしないことが生じかねないため、水道システムの安全性については、効率化もさることながら、万全を期するという考え方を優先するべきである。

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：社団法人 日本工業用水協会 専務理事 ・ 瀬戸 和吉

### 【設問1】

水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。

#### ① 取水地点・浄水場位置の変更（浄水場統廃合含む）について

##### 1. 取水地点の変更について

取水地点を上流部に変更すると、集水面積の減少が考えられるため、必要な需要水量確保の視点も考えて取水地点を検討する必要があると思われます。（例えば、想定需要水量確保のためには、どの位置（標高）が最適かの検討が必要と思われます。）

##### 2. 浄水場位置の変更について

浄水場位置を上流部に変更することの利点として、位置エネルギーの有効利用（自然流下方式）が考えられますが、この位置エネルギーの更なる有効利用として、自然流下方式に小水力発電を併用することが考えられます。発電された電力を、水処理等のエネルギーとして利用することにより、更なる低炭素化効果面が得られると思われます。

##### 3. その他

取水地点・浄水場位置の変更は、施設の更新時に実施する等費用の節減を配慮する必要があると思われます。

#### ② 水道システムにおける新技術・再生可能エネルギーについて

##### 1. 新技術について

現時点で技術的に可能かどうかは分かりませんが、アイデアとして、上流部に浄水場位置を変更する場合、単に現在の水処理方式（水を一定箇所に貯留して行う処理方式）ではなく、例えば、上流域から水が移動する間の位置エネルギー（自然流下の水圧）を利用して膜処理等により水を処理する方式等が考えられないでしょうか。

##### 2. 再生可能エネルギーについて

太陽電池、風力発電等の再生可能エネルギーの活用を積極的に推進するのが良いと考えます。

例えば、浄水場施設の屋根に太陽電池を設置、施設内の空き地に太陽電池や風力発電システムを設置し、その電力を水処理や配水の電力として活用することで低炭素化が実現可能と思われます。なお、風力発電システムを設置する場合は、事前に設置地点の年間風力エネルギー量を実測するなどにより把握する必要があります。

##### 3. 取水地点・浄水場位置の変更と再生エネルギー利用の比較について

太陽電池等の低価格化が進んでいることから、費用対効果の観点で両者の比較・検討を行うことも必要と思われます。

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：社団法人 日本工業用水協会 専務理事 ・ 瀬戸 和吉

【設問1】(続き)

水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。

③ 上水道以外の代替水資源（雨水・再生水・工業用水道・地下水）の水供給システムについて

1. 今回想定されているのは上水道システムということから、市民への水道の供給システムが中心になっていると思われ、そのための水源確保をどの様にするのかも大きなテーマとなっていると思われます。

工業用水道はご存じのように、大量の水を安定的に工場に供給することを第一義の目的としております。また、工場内では、受水後、各工程の目的に合わせて水質を改善するなどの管理が行われており、例えば、ボイラー用水では工業用水を軟水処理等を行って利用されております。したがって、工業用水道で供給する水質は一般的に、pHと濁度を中心とした水質が確保されれば、工場側では問題がないと考えます。

このことから、水を利用する側の要求水質に対応した水源確保の優先度を考慮するシステム構築について検討する必要があると思われまます。例えば、現在工業用水道が利用している水源や地下水など、一般的に水質が良い水源は上水道の水源として優先的に利用し、雨水や再生水などは工業用水道の水源に利用するといった、水源循環を考えた水供給システム全体の再構築の検討も必要と思われまます。

【設問2】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください



## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：特定非営利活動法人 日本水フォーラム

代表理事事務局長 ・ 竹村 公太郎

### 【設問1】

水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。

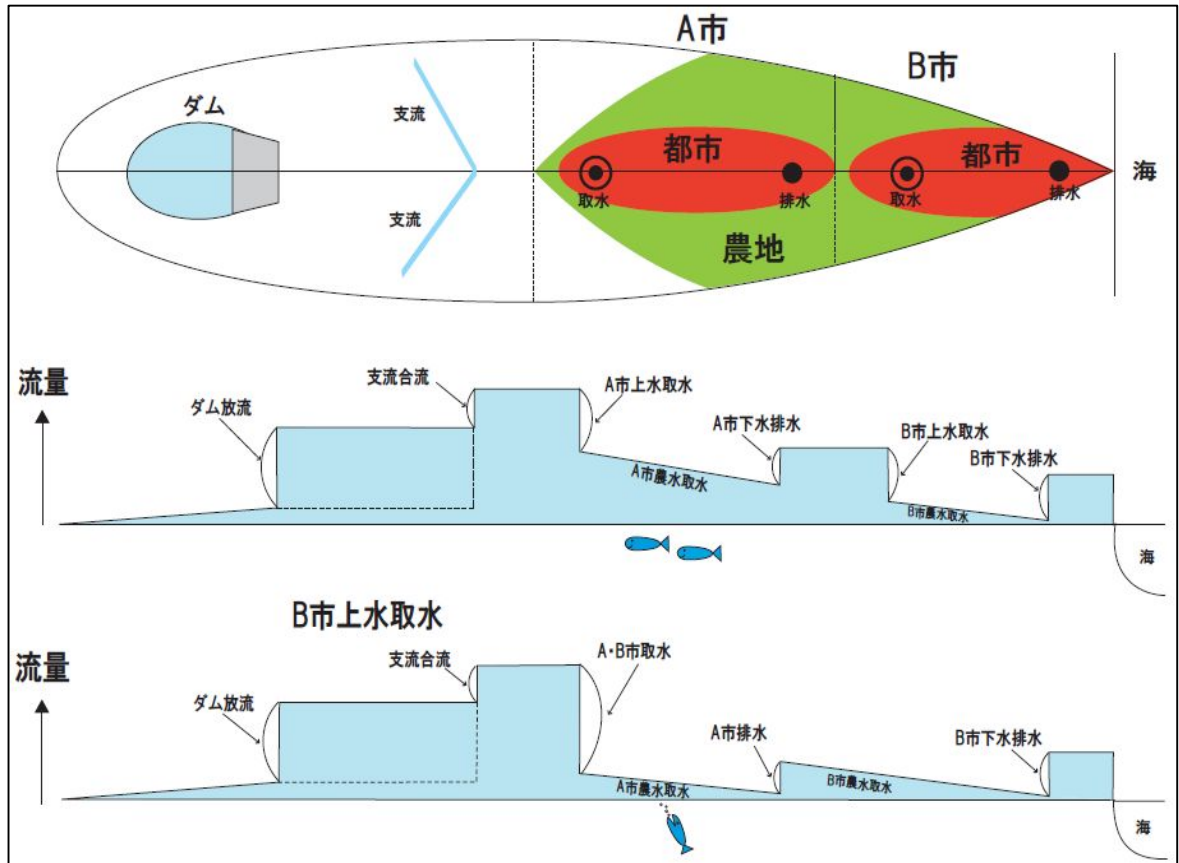
- ① 取水地点・浄水場位置の変更（浄水場統廃合含む）について
- ② 水道システムにおける新技術・再生可能エネルギーについて
- ③ 上水道以外の代替水資源（雨水・再生水・工業用水道・地下水）の水供給システムについて

【所属・氏名】：特定非営利活動法人 日本水フォーラム

代表理事事務局長 ・ 竹村 公太郎

【設問 2】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください



## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 京都大学大学院 教授 ・ 田中 宏明

### 【設問1】

水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。

#### ① 取水地点・浄水場位置の変更（浄水場統廃合含む）について

現在の水道の使用エネルギーのほとんどが輸送にかかっている。輸送距離、高さ、量をコントロールしない限り、大幅な（たとえば25%、50%、80%といった）エネルギー節約は、水道だけではできないであろう。

大幅なエネルギー節減を図るためには、できるだけ近くで水が取水され、供給されるシステム構成が必要になる。このため、取水する水源の保全が流域規模で必要となる。できるだけ、水を汚さない水利用が必要であろう。それは、まさに流域規模で再利用を行い、限られた飲水量のことを考えるだけでなく、そのほかの水利用はもう少し異なる水質レベルで利用することも必要ではないか？

そのような都市の水利用と循環体系が将来必要となる。このためには、水道＝飲料水ではなく、水供給と下水管理、再生水を一括して行う都市水供給循環事業として体系を変える必要がある。

#### ② 水道システムにおける新技術・再生可能エネルギーについて

大幅なエネルギー削減を行うには、水道の水を全て飲料水とするシステムの限界がある。水道を、都市水の利用を行う事業として定義しなおすと、飲料水利用はごく一部であり、その他の水利用が可能な水供給システムを考えるべきであろう。

これらを含めた新技術が必要である。

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 京都大学大学院 教授 ・ 田中 宏明

### 【設問1】(続き)

水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。

### ③ 上水道以外の代替水資源（雨水・再生水・工業用水道・地下水）の水供給システムについて

水道だけでない、他の代替水資源の選択を考えるべき。20世紀、身近な水資源の量的限界から、次第に量的条件や質的条件の満たされる流域内外の遠隔地からの水を都市に運搬し、利用してきた。また発生する廃水は、十分な希釈容量をもつ水域を選択することで、環境へ還元する質的レベルの向上を回避してきた歴史でもある。現在、堰・ダムを中心とした在来型水資源開発手法に限界が生じ、環境への配慮や上流下流問題など合意形成の困難さが明確に認識され始めている。一過型水利用システムが中心となってきたが、世界的には水の繰返し利用が行われる流域がほとんどであり、下流の水利用と水生生態系を考えると、取水量をできる限り減少させ、取水前の量と質的狀況で水循環系に戻す21世紀型の循環型水利用システムに近づけるべきである。これまでの廃水の生物処理の限界性から、病原微生物や消毒副生物、生理活性物質、医薬品・日用品などを含む様々な有害な微量物質が、公共用水域に広範囲に含まれていることが報告されている。水域へ放流される排水量の増加とともに、水資源は人や生態系の影響が懸念される多くの成分を含んでいる。21世紀型の循環型都市水利用システムの構築に向けて、水の輸送とカスケード的利用におけるエネルギー改善と都市廃水に含まれるリスク要因を制御できる、新しい水代謝体系が必要である。

### 【設問2】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

避けられない水資源代替論は以下のような背景から将来来ると考えられる。

#### ① ダムの新設は限界が来ている。

ダム堆砂によるダム容量の現象が急速に起こっているが、このリハビリテーションが必要。その際、ダムのリハビリテーションを行うのか、廃止し、代替水資源、代替治水の議論がいずれ出てくる。我が国では人口や使用水量の減少が起こるが、気候変動による利水安全度低下に加え、ダムリハビリの是非論が進むと、代替水資源論が必ず出されるであろう・

#### ② 水コストの上昇によるドライビングフォース

水道施設のリハビリ、下水道施設のリハビリ、エネルギーコストの上昇、水道水質レベル、下水処理レベルの改善が長期的には必要とされる。これはすべて水コストの上昇を招くであろう。これまでの水道ではない、代替水資源のコストが長期的に少しでも安い場合、民間企業の中には自らビルや散水、冷却、暖房などの熱源などの視点から排水などを中止とした代替資源から水生産を試みる動きが出てくるであろう。

#### ③ 大幅なエネルギー節減

GHG の大幅な節減が科せられると、都市の水代謝もどのような体系を作るのかが抜本的に考えざるを得ない。小手先の部分対応では、50%、80%といった削減は無理ではないか

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 東京都市大学 教授 ・ 長岡 裕

### 【設問1】

水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。

#### ① 取水地点・浄水場位置の変更（浄水場統廃合含む）について

- ・ 取水地点の上流への移動は、低炭素化だけでなくあらゆる意味で水道システムにとっての理想といえるので大いに検討するべきである。ただし、上流取水で所定の流量を確保できるかどうかと、取水地点下流の河川流量の減少については、チェックする必要がある。
- ・ 浄水場位置の上流への移動と統合は、浄水工程後の水道水の滞留時間の増大、集中システムであるがゆえのリスクへの脆弱性などの課題もあることに留意するべきである。また、膜ろ過であれば、浄水場位置は上流でなくても位置エネルギーの利用が可能となる。小水力発電のいっそうの普及も求められている。

#### ② 水道システムにおける新技術・再生可能エネルギーについて

- ・ 膜ろ過では基本的に自由水面がないために圧力開放が不要であり、取水地点の移動と組み合わせることによって、その省エネルギー技術としてのポテンシャルを生かすことができると思う。
- ・ 送配水に必要となるエネルギーは、管内流速に大きく依存しているが、現在は主に水道水の水質劣化の問題から、ある程度の流速を確保するようになっている。水質劣化の問題がクリアされれば、送配水エネルギーの劇的な低減を実現することができよう（新技術ではないが）。
- ・ 水道事業における省エネルギーと同時に水道事業による省エネルギーも重要な考え方と思う。水道水ミストによる冷却効果の活用がその一例であるし、ペットボトルの使用量減少効果も水道事業による貢献である。

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

<b>【所属・氏名】</b> : 東京都市大学 教授 ・ 長岡 裕
<b>【設問1】</b> (続き) 水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。
③ 上水道以外の代替水資源（雨水・再生水・工業用水道・地下水）の水供給システムについて
<ul style="list-style-type: none"><li>・ ここでいう「地下水」とは地下水専用水道のことでしょうか。</li><li>・ LCAによって、これらの代替水資源が低炭素化に貢献するかどうかを評価する必要がある。例えば、低炭素化という視点から地下水利用をどうするかは、今後の重要なテーマと思う。ただし、これらの代替水資源をエネルギーという観点からのみ評価していいのかは議論のあるところであろう。</li><li>・ 工業用水道という水道と別のシステムを維持することが必要かどうかは難しいが、必要性は以前より低くなっているだろう。ただ、工業用水が売れないからといって、雑用水として利用することは、短期的には有効かもしれないが、持続可能なシステムとは思えない。</li><li>・ 2重配管システムが高コストとなることはほぼ間違いないと思うが、エネルギーという視点から評価することについては大変興味がある。</li><li>・ 首都圏でこれらの代替水資源を最大限に利用したときのランニングエネルギーの増減の試算が必要な作業と思う。</li></ul>
<b>【設問2】</b> その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください
今回は首都圏限定であるが、今回の結果を踏まえ、ラフな計算でもいいから、日本の水道事業全体でどこまで省エネルギーが可能かの試算をすると、インパクトがあるだろう。



## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：東洋大学大学院 教授 ・ 中北 徹

### 【設問1】

水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。

#### ① 取水地点・浄水場位置の変更（浄水場統廃合含む）について

経済学では、天然資源(水)、資本財(ポンプ、パイプ)、エネルギー(電力)などの価格、それも相対価格が劇的に変化した場合、それらの変化を吸収し、節約するように人々が選択行動を変化させるという想定をおいている。その結果、長期的に見て相対的に割安の資源に需要が増大し、割高の資源への需要が縮小することで節約が進み、市場原理がうまく作動して、社会の仕組みが合理的に変化するということである。こうした仕組みが、今回、どの程度まで、また、どんな速度で働くのか、逆にいえば、どんな制約、とくに、調整を阻んでいる規制や歪みを発見し、明らかにすることが重要だと考える。

以上を踏まえれば、単に高度な技術を選択するということとはつねに経済合理性を保証しない。逆にいえば、進んだ技術やシステムが実現されるのをうながす政策を視野に入れながら、具体的な提言を含んだ委員会レポートをめざすという視点が重要である。

#### ② 水道システムにおける新技術・再生可能エネルギーについて

委員会での議論を拝聴し、それぞれ新技術・再生可能エネルギーの利用可能性、理論価格などを参考にしながら、自分の意見を纏めたいと考えます。

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：東洋大学大学院 教授 ・ 中北 徹

【設問1】(続き)

水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。

③ 上水道以外の代替水資源（雨水・再生水・工業用水道・地下水）の水供給システムについて

もう少し、委員会での議論を拝聴しながら、自分の意見を纏めたいと考えます。

【設問2】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

「既往のシステムの是非を問わない」という大前提のもとではあるが、やはり政権交替の影響・インパクトを暗黙にせよ、もっともっと視野に入れる必要があるのではないだろうか。

たとえば、

- ・ 1990年比で温室効果ガス排出の25%削減目標の総理公約をうけて、ドラスティックに産業、国民生活の変化が大幅に加速せざるをえない。具体的に、メリハリをつけて論議すべきではないか。
- ・ ハツ場ダムの建設中止もおなじく、すべての論点を総ざらいつき見直しをせまっている。とくに、水資源の確保という観点からは、前回話題になったように、農業用水の利用度調査など、これからは情報開示にもとづく、全体像の提示が必須である。特定の業界・分野だけで、解決策は決まらないといったくらいの発想の転換がせまられる。

以上、管見ながらご参考まで。

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：財団法人 水道技術研究センター 理事長 ・ 藤原 正弘

### 【設問1】

水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。

#### ① 取水地点・浄水場位置の変更（浄水場統廃合含む）について

水道にとっては上流での取水が水質面、エネルギー面で望ましい。上流ほど一般に水質が良好であるし、高度が高いところで取水出来れば、水を自然流下で流すことが出来、省エネルギー的である。

水道の取水を下水の排水口のすぐ下流で行うというようなことのないようにすることは最小限の水道の低炭素化方策である。流域の総合的な管理という観点から水道の取水位置の設定について検討・調整がなされる必要があり、このような制度化が検討されるべきと考える。浄水場の規模は大きいほど効率的と考えられるが、必ずしも大きければいいというわけではない。取水源、導水・送水ラインの多重化はライフラインの強化につながるし、上流であまりにも多量の水を取水するというのは、河川管理の観点からも適切でないので、一定規模の浄水場が適切に配置されるのが望ましいと考える。

#### ② 水道システムにおける新技術・再生可能エネルギーについて

##### (1) 膜技術

日本の水道システムにおける新技術といえば、膜ろ過技術が上げられる。膜ろ過施設の普及は、浄水処理技術に関する産官学の共同研究プロジェクトが平成3年から実施されたことに始まる。(財)水道技術研究センターによるMAC21、高度処理MAC21、ACT21、e-Water、e-Water IIと称される産官学の共同研究プロジェクトである。これらの成果により、全国の水道に導入が着実に進んで、2008年現在、全国で670施設、その処理能力総水量は日量100万トンを超えた。省エネ型でしかも病原性微生物の除去の目的は果たすタイプの膜も開発されている。膜技術は今後の水道システムを考える際に有望である。

##### (2) 水道事業における省エネの新しい試み

・膜処理プロセスはエネルギー多消費型であることが難点と言われているが、導水管内の水圧を利用して膜ろ過を行えば、浄水場の省エネにつながる。横浜市の川井浄水場の更新事業にはこの考え方が入れられようとしている。

・水道管内での小水力発電——e-Water プロジェクトの中の研究で開発されたタービンと発電機が中に組み入れられた水道管が有望である。水圧が高く減圧弁で調整していた配水池の出口などに取り付けることにより、水圧を有効にエネルギーに変えられる。既に実用施設がいくつかの水道事業体に導入され、今後も普及が進みそうである。

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】：財団法人 水道技術研究センター 理事長 ・ 藤原 正弘

【設問1】(続き)

水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。

③ 上水道以外の代替水資源（雨水・再生水・工業用水道・地下水）の水供給システムについて

雨水を有効に利用するため、各個人の家屋に雨水貯留タンクを取り付けことを推奨し、これを促進するため、このための工事費を公費補助する制度を検討したらどうか。一方、水道水の使われ方を平準化することにより水道施設の有効利用がはかれるので、使用量平準化をすすめるための一方策として（夜間電力料金の制度などを参考に）料金システムも検討したらどうか。

【設問2】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 北海道大学大学院 教授 ・ 船水 尚行

### 【設問1】

水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。

#### ① 取水地点・浄水場位置の変更（浄水場統廃合含む）について

- ・ 現状の水系のエネルギー消費構造では水輸送に費やされているエネルギー量多い。このことから、位置エネルギー利用を一層進めて輸送エネルギー消費を減少されることが必要である。取水地点の変更を首都圏の水利用構造の骨格を定める意味で、まず検討することが必要と考える。ただし、取水地点変更に伴うデメリットについての考察も不可欠である。
- ・ エネルギー消費が輸送と質変換の両者で行われていることから、取水地点変更による原水水質の向上に伴う質変換系エネルギー消費の効果を上記の骨格形成に加えることが可能となる。ただし、エネルギー消費に与える影響は相対的に小さいことが懸念される。
- ・ 下水再利用、ビル単位の再利用のように、水源が需要点に近いものについて、上記の大きな水利用の骨格の中で検討すると良いと考える。代替水源利用による輸送エネルギー低減と質変換エネルギー増加のバランス点（限界効用点）を見出すことができれば良いと考える。ただし、代替水源の議論では、水資源量の総和（渴水の発生確率も含む）、飲用水質以外の水需要構造も考慮が必要と考える。

#### ② 水道システムにおける新技術・再生可能エネルギーについて

- ・ 現状の最大効率機器による質変換系での用水エネルギー原単位を推参し、現状との比較を示す必要がある。
- ・ また、技術開発の目標値（各機器のエネルギー効率の目標値）を提案できる可能性もある。
- ・ 上記のことを実施するためにも、現状の機器のエネルギー原単位の整理が必要である。
- ・ 小規模水力発電を取水点位置のとの関係も含めて議論することが必要である。

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

<b>【所属・氏名】</b> : 北海道大学大学院 教授 ・ 船水 尚行
<b>【設問1】</b> (続き) 水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。
③ 上水道以外の代替水資源（雨水・再生水・工業用水道・地下水）の水供給システムについて
<b>【設問2】</b> その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください
上記の3つのテーマは個々に議論できる部分だけでなく、3つのテーマを核とした、総合的な議論が必要と考える。

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 東京大学大学院 教授 ・ 古米 弘明

### 【設問1】

水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。

#### ① 取水地点・浄水場位置の変更（浄水場統廃合含む）について

##### 1) 水道原水の低炭素化指標づくりとマップ作り

水道原水ごとに、最終的な配水地点までを考慮して、浄水処理および排水処理に要するエネルギー、配水に要するエネルギーなどを統合的に整理した低炭素化指標を定義して、流域における重要な取水点に関する指標マップづくりも有意義と思われる。

##### 2) 水道と下水道における高度処理のバランス

取水地点や浄水場位置の変更の議論ではないが、現状の取水地点として浄水場にて高度浄水処理の実施する場合と、上流側で放流している下水処理水の高度処理による原水水質改善により、高度浄水が不要となるケースにおける、CO<sub>2</sub>発生量削減効果や経済的な効率性も検討するケースとなると思われる。

#### ② 水道システムにおける新技術・再生可能エネルギーについて

##### 1) 分散二段浄水システム

水源水質の改善が期待されず高度浄水処理を導入されそうな場合に、その基幹浄水場においては水道法に基づく最低限の水質レベルを確保する浄水処理を行いながら、地域や地区やコミュニティレベルでの高度な追加処理、消毒管理も事業者が管理して行う、分散二段浄水システムを想定することも考えられる。

必ずしも、低炭素化にならないケースもあると思われるが、過剰な塩素添加や給水所での追加塩素など、水運用や残留塩素管理に伴うエネルギーなどを考慮すると、分散した二段目の浄水処理施設で管理することのメリットも考えられる。都市の再構築や人口減少時代において、オープンスペースが市街地に生まれる場合には、この分散した浄水処理施設に非常用貯水槽の機能も付加することで、震災や災害時における対応レベルの高度化も推進する。

さらに、集合住宅などで二重配管を施した建築計画が立案されれば、集合住宅を一つのコミュニティとしての社会実験計画を立案することも興味深い。すなわち、分散二段浄水システムに加えて、ビル単位における二元給水配管システムの可能性を、低炭素化の観点から検討することも魅力的な課題と思われる。



## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

<b>【所属・氏名】</b> : 東京大学大学院 教授 ・ 古米 弘明
<b>【設問1】(続き)</b> 水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。
③ 上水道以外の代替水資源（雨水・再生水・工業用水道・地下水）の水供給システムについて
<b>【設問2】</b> その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

<b>【所属・氏名】</b> : 学校法人 トキワ松学園 理事長 ・ 眞柄 泰基
<b>【設問1】</b> 水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。
① 取水地点・浄水場位置の変更（浄水場統廃合含む）について
<p>これらの事業を実施しなければならないのは当然のことである。</p> <p>その際、中下流部の水質の良くない流域を対象とすることは当然である。また、上中流部は生活排水や事業所排水の処理レベルが十分でない（施設の整備率や処理水質）ことが多く、さらには、上中流部であることから、河川水量も少ないため、それらの処理施設からの放流水の希釈倍率が低く、排水基準を満たしていても、放流先の水質は必ずしも良くないことが多い。また、それらの流域では農業水利権の順位が高いことから、それらの流況変動による影響が顕現することもある。</p> <p>上記のような諸点に注意して、水源施設の運用により河川の希釈水量を保持することをも考慮して、事業実施を図るべきである。</p>
② 水道システムにおける新技術・再生可能エネルギーについて
<p>基本的には、NFを主な単位プロセスとして位置づけ、水質によってはそれを補完する単位プロセスをもって浄水システムとすべきである。</p> <p>とくに、輸送系、すなわち、送配水および給水過程における水質劣化を招かないような管路施設等におけるライニング材等も開発目標に置かなければならない。</p>

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

<b>【所属・氏名】</b> : 学校法人 トキワ松学園 理事長 ・ 眞柄 泰基
<b>【設問1】</b> (続き) 水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。
③ 上水道以外の代替水資源（雨水・再生水・工業用水道・地下水）の水供給システムについて
<p>基本的に直飲水道と水道の2元給水システムの構築を目指すべきである。ここで言う直飲水道とは、高度浄水処理を行っている浄水場から配水される直前の浄水、あるいは、ボトル水と同等の水質の水を供給するシステム。水道とは、現在の水道水と同程度の水質の水を供給するシステムであるが、震災などの異常時には現在の水道水質基準を満たす程度の水質の水道水であっても許容される。</p> <p>トータルシステムとしては、利水地点直前に、分散型の浄水単位プロセスからなるシステム（具体的にはNF膜を前提）を設けて、直飲水道となる水質の水を全体から10%程度濾別して分離して、これを小口径の管で供給する。残量の水は、水質劣化が僅かであることから、そのまま水道水として今日多用されている管路（給水施設）を持って供給する。直飲水道にとって必要なエネルギーは、水道システムの圧を持ってまかなうことが出来るように、ネットワークを構築する。</p>
<b>【設問2】</b> その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 社団法人 日本水道協会 専務理事 ・ 御園 良彦

### 【設問1】

水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。

#### ① 取水地点・浄水場位置の変更（浄水場統廃合含む）について

- エネルギー効率を考えた場合、取水地点・浄水場の位置はなるべく上流にするのが望ましい。通常は、ダム直下が最上流と考えられるので、そこに浄水場を設置して下流にある浄水場の機能を移転できれば理想的と言える。
- しかし、実現に際しては、用地確保や新たな送水管の布設など課題は多く、さらには、取水地点下流の河川流量の減少による影響も十分に検討する必要がある。
- また、長期的には、流入土砂の堆積によるダム有効容量の減少も大きな課題となる。

#### ② 水道システムにおける新技術・再生可能エネルギーについて

- エネルギー消費型産業の側面を持つ水道事業にとって、環境対策の推進は水道事業者の責務といえる。従って、小水力や太陽光発電などの再生可能エネルギーの導入は、積極的に進めるべきであるが、なお一層の普及を促進するためには、補助制度の拡大や高効率機器等の技術開発が強く望まれる。
- なお、原水の発電利用は、水利権の目的外使用と見なされる場合もあり、緩和策の検討が必要である。
- 省エネルギー対策の観点から、高効率かつ低コストの「最適水運用システム」に関する技術開発とその導入促進が望まれる。

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

<b>【所属・氏名】</b> : 社団法人 日本水道協会 専務理事 ・ 御園 良彦
<b>【設問1】</b> (続き) 水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。
③ 上水道以外の代替水資源（雨水・再生水・工業用水道・地下水）の水供給システムについて
<ul style="list-style-type: none"><li>○ 水資源の確保という観点では、代替水資源の活用は有効であるが、エネルギーの観点からは既存の水道システムによる供給の方が有利となる場合もあるので、多面的な検討が必要である。</li><li>○ 過度の地下水揚水は、地盤沈下を引き起こすおそれもあるため、地下水利用の適正化についての仕組みが必要である。</li><li>○ また、井戸は地下水の汚染源となるリスクが考えられるため、未利用井戸の管理のあり方について、検討が必要である。</li></ul>
<b>【設問2】</b> その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください
<ul style="list-style-type: none"><li>○ 水道システムの低炭素化に向けては、個々の事業体レベルではなく、流域内の広域化を見据えた議論が重要と考える。</li><li>○ 我が国の国際公約となった、「温室効果ガスの1990年比25%削減」の実行に向け、水道界としてなお一層省エネルギー対策を推進していくことが求められるものとする。</li></ul>

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 鳥取環境大学 教授 ・ 三野 徹

【設問1】水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。

- ① 取水地点・浄水場位置の変更（浄水場統廃合含む）について
- ② 水道システムにおける新技術・再生可能エネルギーについて

農業水利における取水位置について

農業水利における相対的な取水位置変更は、農業水利に関わる基本特性に関わるものです。これは流域全体の水循環の構造やその形成と深い関わりを持つもので、単純なものではないと思います。そのために、取水口の合口化など、その解決のために様々な工夫や知恵が古来から積み上げられてきました。ある意味では河川利水を膠着化させ、流動化や合理化を阻む要因と考えられてきました。私も一面ではそのように思いますが、一方ではそれなりの重要な意味もあるように思います。すばらしい様々な構想も、この点をクリアしなければ実現しません。とくに社会的調整問題としての側面は重要な課題であり、単なる物理的、あるいは数あわせの問題として扱えない部分も、この際よく検討いただく必要があるように思います。

いくつかの視点を整理しておきたいと思います。岡本委員の研究成果の受け売りに近いものもありますが、私の理解の範囲で重要な部分を述べさせていただきます。

a. 流域の水利用の歴史

農業水利は一気に現在の形が形成されたのではなく、数百年、あるいは水田農業が始まって以来、営々として作り上げられてきたシステムです。見直し法という、現代風に言えばアダプティブ・マネジメントの考え方のもとで水利用システムが組み立てられてきたといえます。その時代での技術的、経済的に可能な範囲の水田開発がなされると、流域との相互作用（流域の地形・地層や地下水流動状況、水収支状況が変化）によって、新たな水循環が形成される。それによって水田開発が可能となり、といった繰り返しにより、現在の流域水循環システムが形成されたと考えられ、その時代の技術と投資限界に応じて極限まで水資源と土地資源を使った水田開発が進み、その結果として、流域全体の地表水や地下水を含めた流域水循環が形成されていると考えることができます。重力灌漑システム（自然流下システムのもとで）線形計画法を適用して水利用の最適解を求めると、驚くほど最適会に近い状況が実現していることがわかります（見直し法、最適会、クリチカル・ブロック）。同時にそのような水循環システムに対応する地域社会の構造（集落機能や水利組合）が形成されている。一種のソーシャルキャピタルです。

b. 都市化や混住化、土地利用の高度化による水循環の変化

高度成長期に、水田面積の減少や水田栽培技術の変化、都市的、工業的水需要の急増、集落機能や水利組合の変質、有効降雨の減少や排水強化による水収支の変化、水輸送技術の発達などのより、流域水循環を巡る様々な条件が大きく変化します。水田用水量も大きく変化。面積減少による水量の減少、逆に水循環の変化、とくに排水改良や地下水利用の進展、都市化による地下水リチャージ量の減少、水田用水の減少などによる地域の乾燥化の進行などにより、水田単位用水量は増加傾向となる。

c. 用排兼用水路（直列システム）による、地域水資源の有効利用

水田開発の歴史は、自然堤防地帯の後背湿地から始まり、次第に水制御技術のシンポとともに下流のデルタや上流の扇状地が開発されてきた。扇状地の水田開発により地下水が豊富となると、当然それが流出する下流の排水路の流量が多くなる。それらを用排水システムで結合して下流の水源の一部にあてるなど、地形連鎖と水路システム、水田が結合した水循環システムができる。その水路の最上流端で河川から取水される。このもと入り水量はシステムの反復利用状況と各分水点での必用水量から決まるが、それは水路システムの構造と各分水点の必要水量（面積×単位用水量）、地区内利用可能水として進出した地下水や上流水田からの排水量（田面に降った降雨、時には生活排水を含む）画幅雑に関わる。岡本のCB理論はもと入り水量はこのようなシステムの中のもっともクリチカルな地区により大きく支配される。もと入り水量は、必ずしも水田面積に比例する訳ではなく、水田面積に関係する部分と面積に関係しないしきい値からなることを明らかにした画期的な研究である。取水位置、水路ネットワークの構造、各地区の単位用水量により、もと入り流量（広域水田用水量）は大きな影響を受ける。地形・地質、水路の構造、地下水と地表水との交流などの水文条件によって複雑に変化することを明らかにした。その意味では農業用水は自然の水循環の一部と見なすこともできる。また、人工的に自然の水循環の一部を操作することも可能である。いわゆる自然と人工のインターフェイスといえるかもしれない。そもそも、河川利水が灌漑用水、工業用水、都市用水と分解して扱う点に問題があるのかもしれない。水資源開発における開発コストのアロケーションと開発流量の分割使用の考えることができる。ダム建設などの新規開発分に限られるべきであり、不特定利水として既得水利との関わりを考えないと、この問題は解決しない。つまり、新規に獲得された水利件が取水量のみにカウントされ、その位置と無関係であると考えられることは、少し無理があると思われる。取水位置の変更はこのような河川水利秩序、あるいは流域水循環との関わりを考えないと基本的に机上の空論になる恐れがあるといえます。

d. 地下水とその循環構造の変化

1970 年台に、中小都市の水道整備が盛んに行われた。新たな河川水利用への参入が困難であり、当時は水源のほとんどが地下水であった。地下水の涵養源は自然河川と水田用水であったが、ほとんどは水田からの浸透水であった。水田からの浸透水は一度耕土という微生物の活動の活発な嫌気層を通過するので、マンガンと鉄を多量に含む。一方、河川水は酸素を十分含み、しかも砂礫層を通過してくるので、マンガンと鉄の含有量はそれほど問題とはならない。水道水としてはマンガンと鉄の含有量が少ない方が必要であり、マンガンと鉄が多量に溶解していると、塩素殺菌時に不溶化して飲用水としては適さない。しかしながら、中小都市の水道水源は鉄とマンガンが多量を含むために、除マンガン、除鉄装置を必要とした。それが水源の整備とともに、地表水に切り替えられてきた。逆に、地下水との複合システムをリスク分散として求める場合すら見られるようになってきている。

e. 上水と農業用水の共生を目指す新たな工夫と知恵

取水口の位置を巡る地域紛争は、古代、中世、近世の最大の社会問題であった。桂川一の井、湖北高時川問題など、私の関係したものだけでも沢山の事例があります。取水位置変更の社会調整の難しさを物語るものである。一方、東播用水、洛西用水、矢作川用水、湖北農業水利事業など、合口や共有水路の整備などの様々な知恵によりそれが実現している事例も多い。利根大堰もある意味ではそのような事例の一つである。これは岡本委員のご専門ですので、これ以上深入りしないことにします。

そのほか様々な切り口で議論が必要かと思えます。とりあえず取水位置を巡る問題に絞り検討してみました。水問題はきわめて複雑であり、便益移転を伴う場合には、利害関係者の調整なくして実現しません。その際に何が公平で公正であるかという社会問題を真正面から議論することが重要と思えます。低炭素型社会の建設は社会問題としてきわめて重要です。他のセクターを含めた議論がますます重要になると思えます。

【設問 1】(続き) 水道システムの低炭素化に向け、以下の 3 つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。

### ③上水道以外の代替水資源（雨水・再生水・工業用水道・地下水）の水供給システムについて

上水道の水資源は地下水と地表水を最適に結合するのが適当と考える。従来の考えでは地下水は不安定であり、かつ水質管理ができないために、水源を地表水に切り替える方向で水源整備が進められてきたと思われる。しかしながら、地震等の大規模災害やその他の災害を考えると、リスク分散のために複数水源を確保することが望ましい。地下水は、近年の水質規制や取水規制によりかなり安定した水源と考えることができるようになった。また、手元に水源があるために、緊急時の一時的な対応にも自由度が高い。複数水源とし、分散型にして、リスク対応を図ることがこれからの対応であるといえる。水資源開発審議会の企画部会で提案されたこれからの水資源開発の方向として、総合的水資源の開発と利用の方向が示されており、総合性の一つの方向として、地下水と地表水の総合利用が上げられている。また、非常時と異常時への対応をあらかじめ総合的に配慮することも重要な今後の方向である。

エネルギーの視点から統括一元管理をする方向はもう少し検討する必要があるのではないかと。

【設問 2】 その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください。

前回の検討会での竹村委員からのご指摘のとおり、現在の水資源開発の基本ルールとして、私は次のような解釈をしています。

『河川の特定点における基準点での流況をもとに、基準年（特定の年）の濁水流量がダムからの放流量によって上昇する増加水量をそのダムによる開発流量として、ダムに費用負担分に対応した開発が、ダムによる新規河川利水への水利権として河川管理者から与えられる。その際に既得水利の権利を侵さないことが必要であり、ダムへの貯水の権利も既得権を侵さないことが必要である。したがって、河川利水への参入順に厳しい序列がつく。』

このようなルールがあるために、河川利水への参入順位にしたがって、同じ取水量に対して負担する費用に大きな差が生じ、これがまた、河川利水に対する仮想需要が発生しダムの建設バブルを引き起こす原因ともなってきた。流域の水資源の利用には、流域別、利用セクター別に様々なステークホルダーが存在し、さらに、すでに利水秩序が形成されている。そのために新規河川利水参入に当たり、既得水利と新規水利の間の社会的調整ルールがつくられた。水資源開発基本計画（フルプラン）がそれに当たり、それぞれの流域ごとに、概ね 10 年ごとに具体的に需要と供給の状況と計画を、国のイニシアティブのもとで客観的に見直ししながら、流域内の水資源の利用と開発についての合意を形成する基本ルールができあがっている。

しかしながら、水資源開発を巡る状況が近年大きく変わってきた。とくに河川環境の問題、水質問題、気候変動などによる水収支の変化、従来の河川水の最大の利用者である農業農村を巡る構造の変化、工業用水の需要減退、都市用水の需要状況の変化など、これまでの水資源開発のルール形成の根幹にまで遡る議論が進んでいる。これは、水資源開発審議会企画部会の中間報告や、本年度の水資源白書など、総合的な視点でルールの大幅な変更の必要性の議論が公表されている。とりわけ現行の河川取水の基本ルールに取水位置の変更は大きな影響を与える。したがって一つの利水セクター内の議論で済まされないものがあり、流域全体として検討する必要がある。この度の検討会の議論はそこまで踏み込んでいないことを明確にしておく必要があると思われる。これが明確でないと、大変大きな混乱を招き、かえって本検討会の議論の成果が今後に生かせないことにならないかと懸念される。



## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

<b>【所属・氏名】</b> : 東京大学 名誉教授 ・ 虫明 功臣
<b>【設問1】</b> 水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。
① 取水地点・浄水場位置の変更（浄水場統廃合含む）について
<ul style="list-style-type: none"><li>・分科会①の検討では、八ツ場ダムが入っているが、新政権が中止を宣言しているダムを前提として議論することの是非について、委員会としての立場を明らかにする必要がある。</li><li>・ダム直接取水とした場合の各河川下流利水基準点の流況の変化を示してほしい（取水地点変更の影響を定性的に判断するため）。</li></ul>
② 水道システムにおける新技術・再生可能エネルギーについて
<ul style="list-style-type: none"><li>・ダム間融通調整、取水地点、浄水位置の変更の各ケースについて、小水力発電のポテンシャルを出してほしい（落差と水量が決まってくるので、そう難しいとは思えない）。</li></ul>

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

<b>【所属・氏名】</b> : 東京大学 名誉教授 ・ 虫明 功臣
<b>【設問1】</b> (続き) 水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。
③ 上水道以外の代替水資源（雨水・再生水・工業用水道・地下水）の水供給システムについて
<ul style="list-style-type: none"><li>・ 節水型社会を目指すのか、豊水型社会を目指すのか、立場を示すべきではないか。</li><li>・ 農業用水と都市用水の調整をどうするか。結論は出なくても、論点を整理しておくべきではないか。</li></ul>
<b>【設問2】</b> その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください
<ul style="list-style-type: none"><li>・ 新政権が掲げた2020年までに25%削減に比べて、本検討会の目標、2050年10%は極めて低い印象を与える。10%はどのようにして決めたのか？目標を高くするか、10%の妥当性の説明が必要と思われる。また、2020年までに何が出来るかの検討整理も必要ではないか。</li></ul>

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

<b>【所属・氏名】</b> : 東海大学 名誉教授 ・ 茂庭 竹生
<b>【設問1】</b> 水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。
① 取水地点・浄水場位置の変更（浄水場統廃合含む）について
<p>わが国の水道事業体は、平成の市町村大合併でその数がやや少なくなはなったが、依然として1300程度もある。さらに、規模に大きな差があり、東京のようなマンモスもあれば極小規模まで様々であるうえ、簡易水道は10,000近くもある。このような現状から、低炭素化という観点のほかに水道の安定、安全性の向上、技術力の確保の面から考えても広域化は必要である。また、給水量の総量はますます減る傾向にあり、2050年には人口が9,500万人になることを考えると増加する要因はない。今まで水道は増加する需要に対応するため、水質面やエネルギー面を無視しても水源の確保に奔走してきた。しかし、今後は事業体の広域化とともに、一事業体の持つ水源の数も増え、水量も減ることから、水質面、エネルギーの有効活用の面からできるだけ汚染リスクが低く、位置エネルギーの利用が可能な上流取水を優先選択すべきである。また、浄水場も取水地点の関係から河口近くに設置されているものも多くあるが、浸水や高波、津波に対するリスクが高いことや災害時の給水確保からも上流側へ移動することが望ましい。膜ろ過は無人運転が可能であるが反面スケールメリットが低い、このことから、分散型システムの構築が可能なことから、効率的な浄水場の配置が可能になると考える。</p>
② 水道システムにおける新技術・再生可能エネルギーについて
<p>急速ろ過や緩速ろ過では自由水面を出す必要があることから、残存動水圧があっても利用することができなかった。膜ろ過はこの余剰圧を利用し運転することができる特性がある。これにより未利用エネルギーの活用が可能となる。</p> <p>今までは、小水力発電などでこの未利用エネルギーを利用しようと考えてきたが、多くの場合設備コストが消却できず、設備の製造に費やされるエネルギーを考えると、どれほど省エネルギーとなるか疑問である。浄水施設更新時にロケーションを含めエネルギー全体をどの程度セーブすることができるかどうかについて検討が必要である。</p>

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 元東海大学 教授 ・ 茂庭 竹生

【設問1】(続き)

水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。

③ 上水道以外の代替水資源（雨水・再生水・工業用水道・地下水）の水供給システムについて

基本的に水供給システムの多様化は賛成である。水道に消費されるエネルギーの多くは輸送に使われるものであることを考えると、近くにある水源を利用することで全体のエネルギーがセーブ可能である。雨水や再生水の利用は水質的な問題がなければ大いに利用するのがよい。ただし、地下水の利用は注意が必要である。わが国の地下水は、水質は極めて良好であるが、水量は少ない。浸透量が少ないからである。大量利用はいうまでもなく地盤沈下等の弊害を生むし、水質汚染も引き起こす可能性がある。そのため、地下水利用に関して法律の整備を急ぐべきで、公共財と位置づけた上で水利権の対象とすることが必要である。

【設問2】

その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

水資源の適正な利用は、一省庁では解決できない。縦割り行政の中では調整不可能である。一元的に水を管理することのできる機関を考えることが課題である。

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

<b>【所属・氏名】</b> : 政治評論家 ・ 森田 実
<b>【設問1】</b> 水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。
① 取水地点・浄水場位置の変更（浄水場統廃合含む）について
浄水場を可能な限り高いところにつくり（下流の浄水場のスクラップ化と高地への統合）自然流下にすること。
② 水道システムにおける新技術・再生可能エネルギーについて
(1) 浄水場内の落差のあるところに発電用の小型水車を設置して発電し、浄水場で使う。 (2) 太陽電池を増やす。 (3) 小型新技術を選んで取り入れて、省エネルギーを実行する。古いエネルギー消費量の多いものはスクラップ化する。

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

<b>【所属・氏名】</b> : 政治評論家 ・ 森田 実
<b>【設問1】</b> (続き) 水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。
③ 上水道以外の代替水資源（雨水・再生水・工業用水道・地下水）の水供給システムについて
雨水の利用を広げる。  道路を透水化し、地下に雨水をためる。  一般家庭、工場の敷地内に雨水の貯水池をつくり、トイレ用などに使う。
<b>【設問2】</b> その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください

## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

【所属・氏名】 : 立命館大学 特別任用教授 ・ 山田 淳

### 【設問1】

水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。

#### ① 取水地点・浄水場位置の変更（浄水場統廃合含む）について

低炭素化、経済的な合理性をもった計画であれば、検討課題にすべきである。水循環システムは、多くのステークホルダーで構成されているため、その利害から十分なデータの開示や調整が行われてきていないのが実態である。そのため、調整の可能性を検討できる余裕が内包されているという利点ももっている。水資源は、国民共有の試算であるという観点から、システム全体の理想的なあり方を、開示されたデータをもちいて検討し、将来ビジョンを描いた上で、過去の実績や投資を考慮したステークホルダー間の利害得失を明らかにし、共通の場で調整することが重要である。その結果、位置変更が合意されるのであれば実施に向かうべきである。長期展望のなかで検討すべきことはいままでもない。

#### ② 水道システムにおける新技術・再生可能エネルギーについて

水道システムは、現行の上水道（簡易水道を含む）、工業用水道に限定されることが多く、地下水を利用した専用水道や工業用水、雨水、ボトル水などを枠外においてしまっている。これらの水も利用目的から見ると競合する分野であり、無視することはできない。また、これらの分野でも新しい技術が開発されつつある。したがって、水道の管路技術、浄水技術に加え、水供給システムとしてのトータルな捉え方から技術開発の評価をすべきである。とくに、従来の集中型から分散型システムへの流れのなかで、新技術の評価をすべきであろう。高度浄水システムや簡易浄水システムも含めた技術評価が要求されている。途上国向けにハイブリッド給水システム導入を提案しているが、日本でも別な形でのシステムを検討したい。



## 第2回 首都圏水循環検討委員会 アンケート

<b>【所属・氏名】</b> : 立命館大学 特別任用教授 ・ 山田 淳
<b>【設問1】</b> (続き) 水道システムの低炭素化に向け、以下の3つのテーマにつきまして自由にご意見をお聞かせください。
③ 上水道以外の代替水資源（雨水・再生水・工業用水道・地下水）の 水供給システムについて
私見は②に含まれる。代替水資源は、輸送費用が節減される点で、低炭素化社会にとって有利な面がある。しかし、直接費用が低いから利用するのであれば、問題は大きい。すでに問題になっていることは、代替水源を優先的に使用し、水道水を副次的に使用する場合が増えており、水道経営を圧迫することである。水道分野においても価格弾力性がみられるので、節水型社会の推進と水道、下水道事業の経営を同時に検討していくことが重要である。
<b>【設問2】</b> その他のことにつきまして、自由にご意見をお聞かせください
アメリカのアリゾナ、ネバダをめぐり、カリフォルニアで調査票を記入しています。水事情のきびしい地域で、低炭素社会実現の難しさも感じました。

## 資料－3

### 参考文献リスト

## 資料－3 参考文献リスト

### 第1章 研究開発の概要

### 第2章 基本的事項の整理

- 独立行政法人 水資源機構『平成 20 年度エネルギー効率利用の側面から見た水資源関係施設配置・機能適正化検討業務委託』国土交通省、平成 21 年 3 月(引用文献)
- 財団法人 水道技術研究センター『安全でおいしい水を目指した高度な浄水処理技術の確立に関する研究(e-Water II)成果報告書(3/3) V 環境評価委員会』、2008 年 7 月(引用文献)

### 第3章 首都圏の既往水循環システムの概況

- 国土交通省『日本の水資源』、平成 20 年度版、pp277(引用文献)
- 国土交通省『日本の水資源』、平成 20 年度版、pp165(引用文献)
- 志村博泰『現代水利論』、東京大学出版会、1982 年、p248－251(引用文献)
- 国土交通省『河川整備基本方針・河川整備計画』(利根川水系、荒川水系)  
[http://www.mlit.go.jp/river/basic\\_info/jigyo\\_keikaku/gaiyou/seibi/index.html](http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/gaiyou/seibi/index.html)(引用文献)
- 関東地方整備局京浜河川事務所『平成 19 年河川整備基本方針参考資料』、2007 年(引用文献)
- 国土交通省『平成 20 年度日本の水資源』、2008 年、pp283(引用文献)

### 第4章 首都圏水道システムの CO2 排出量の現況

- (社)日本水道協会『平成 15 年度 厚生労働省委託費による水道事業における環境対策の手引書』、平成 15 年度版、pp3-3-4(引用文献)

### 第5章 シミュレーションモデルの構築

- 水道と地球環境を考える研究会編『地球環境時代の水道』技報堂出版、1992 年、p93p95(引用文献)

### 第6章 エネルギー最適化案の策定

- 『日本の市区町村別将来推計人口(平成 20 年 12 月推計)』国立社会保障・人口問題研究所 人口構造研究部、平成 20 年 12 月
- 国土交通省 HP 水資源開発基本計画 説明資料  
[http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/d\\_plan/fullplan/fp1tns.pdf](http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/d_plan/fullplan/fp1tns.pdf)
- 独立行政法人水資源機構(2003 以前は水資源開発公団)『水資源機構管理年報』、1998 年～2007 年

- 国土交通省河川局編『流量年表』、日本河川協会 1994 年～2003 年
- 国土交通省 HP 水文水質データベース <http://www1.river.go.jp/>
- 環境省 水・大気環境局『平成 17 年度公共用水域水質測定結果』、平成 18 年 12 月
- 社団法人日本水道協会『水道統計水質編(平成 18 年度版)』
- 財団法人水道技術研究センター・安全でおいしい水を目指した高度な浄水処理技術の確立に関する研究(*e-Water II*)環境評価委員会編『浄水施設を対象とした LCA 実施マニュアル』、2008 年 5 月
- 大垣眞一郎『水供給の社会システム』日本機械学会誌、vol.112、NO.1084、2009 年 3 月
- 社団法人 日本水道協会『水道施設におけるエネルギー対策の実際 2009』、p111 (引用文献)
- 厚生労働省 健康局 水道課『水道事業における環境対策の手引書(改訂版)』、平成 21 年 7 月
- NEDO『新エネルギーガイドブック 2008』、p157(引用文献)
- 内閣府防災情報のページ『首都直下地震対策について』、p9(引用文献)
- 財団法人 水道技術研究センター『平成 19 年度における「地震対策3指標」の状況—水道統計に基づく試算結果(その1)—』水道ホットニュース第 191 号、平成 21 年 12 月 18 日(引用文献)
- 東京都水道局 『東京水道長期構想 STEP II ～世界に誇る安心水道～』平成 18 年 11 月、p52(引用文献)
- 社団法人 日本水道協会 『平成 16 年度 水道広域化及び統合化推進事業に係る調査報告書』平成 17 年3月、pIV-8(引用文献)
- 厚生労働省健康局 『水道ビジョン(案)～参考資料～』平成 16 年6月、p94(引用文献)
- 社団法人 日本水道協会『水道広域化の手引き』平成 20 年3月、p16(引用文献)
- 東京都水道局 『一般家庭水使用目的別実態調査』平成 9 年、平成 14 年
- (社)雨水貯留浸透技術協会編集 『雨水利用ハンドブック』山海堂1998年 (引用文献)
- 造水技術ハンドブック編集企画委員会 編『造水技術ハンドブック 2004』造水促進センター2004年 (引用文献)
- 国土交通省土地・水資源局水資源部 『日本の水資源』アイガー 平成 21 年版 (引用文献)
- 経済産業省経済産業政策局 産業施設課 『地下水対策の概況 平成 21 年版』平成21年7月 (引用文献)
- 参考文献:地下水採取規制に関する条例等(環境省 HP)

<http://www.env.go.jp/water/jiban/sui/index.html>

- 関東編 経済企画庁総合開発局国土調査課 『全国地下水(深井戸)資料台帳』 日本 国土庁土地局国土調査課 1982年3月
- 東京都土木技術支援・人材育成センター 『地盤沈下調査報告書』
- 横浜市環境保全局 『横浜市地盤沈下調査報告書』
- 埼玉県 『埼玉県地盤沈下調査報告書』
- 川崎市環境保全局 『川崎市地盤環境調査報告書』
- 茨城県企画部 『地下水位観測調査報告書』
- 関東通商産業局 『関東平野北部地域地下水利用適正化基礎調査報告書』
- 工業用水協会 『工業用水法指定地域等における地下水の動向調査報告書』 平成9年3月
- 国土交通省 土地・水資源局 国土調査課 水基本調査(地下水調査)

[http://tochi.mlit.go.jp/tockok/inspect/landclassification/water/basis/guide/F8toF9\\_exp.html](http://tochi.mlit.go.jp/tockok/inspect/landclassification/water/basis/guide/F8toF9_exp.html)

- 国土交通省土地・水資源局水資源部 『日本の水資源』 佐伯印刷 平成20年版 (引用文献)
- 参考文献:総務省自治財政局編 『平成19年度 地方公営企業年鑑』

[http://www.soumu.go.jp/main\\_sosiki/c-zaisei/kouei19/index.html](http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/c-zaisei/kouei19/index.html)

- (社)日本工業用水協会 『工業用水の水質把握等調査報告書』平成14年度、平成15年度

## 第7章 全体総括

- NEDO『「太陽光発電ロードマップ(PV2030+)概要版』、p4(引用文献)

むすびに

わが国の水道事業においても、事業の持続性を確保するために水の輸送や加工工程の抜本的な効率化、省エネルギー化が求められている。しかしながら地勢やこれまでの行政上の管理区分など様々な要因によってかかる省エネルギー化が阻害されているのが現状である。

本事業は、首都圏を対象モデルにし、水道システム、水循環システムの輸送、加工工程の効率化の観点から、客観的に、現行の水道、水循環システムを見直すシミュレーションを実施し、環境負荷低減につなげ、低炭素化社会構築に向けた基礎資料とすることを目的としたものである。

結果としては、まだまだ不十分な点が多く、更なる深度化が必要である。特に、農業用水や地下水、更には下水再生水などとの関連性は今後の重点課題のひとつとなる。

本事業を推進するため、学識者・有識者からなる検討委員会（座長：大垣眞一郎(独)国立環境研究所理事長）を設置・開催しながら進めるものとし、さらに3つの分科会も設置した。全4回の委員会には、国・県・企業の方々も含め毎回100名を超える参加があり、民間団体実施事業でこれほどの学識者・有識者を集めた委員会は類をみない。

検討委員会において頂いた意見は、資料として本報告書にまとめている。非常に専門的かつ他分野からのものであり、これほどの意見を集約した資料は大変貴重であり、是非とも今後各方面で活用してもらい、さらなる議論を深めてもらいたい。

今回の活動が今後まさに、「うねり」となって、わが国のみならず世界の水供給システムが持続・安定性が向上することを切望している。

最後に、ご多忙中にも関わらず、「首都圏水循環検討委員会」に参加頂いた委員並びに関係者のみなさまには、多方面に亘って支援とご指導を賜り、事務局一同、心より謝辞を申し上げます次第である。

平成22年3月

首都圏水循環検討委員会 事務局代表

社団法人 日本水道工業団体連合会 専務理事

坂本 弘道