

5 東京湾とその流域における水環境改善シナリオの検討

5.1 東京湾とその流域における水環境改善施策

5.1.1 水環境の健全化に向けた検討プロセス

(1) シナリオの検討プロセス

今日、都市における水環境等環境の悪化は、特定の活動や汚濁源によるものというよりも、個々人の生活や産業活動等社会総体による水、エネルギー、資源等の大量消費・排出や、市街化に伴う植生分布や地表面構造の変化等、都市や社会の存在自体に係わるものであり、根本的な問題解決のためには、行政や市民団体等による国土・都市構造の変革とともに、人々のライフスタイルや社会システムについても改善していく必要がある。

そこで、水物質循環の健全化を軸にした環境再生を進めるためのビジョンやプロセスの提示によって、各地域にあったビジョンが地域の主体により実行されることが必要である。これにより多大な環境負荷となっている人の生活や社会システムが、物質的な豊かさ、利便性・快適性等を享受しつつ環境負荷を軽減し、自然システムが健全化されることで、自然が人や社会にもたらす様々な機能・恩恵を増進させることができる。またそのような自然との触れ合いに、安らぎ、喜び、生き甲斐等の新たな価値を見出すことにより、さらに満足度の高い生活の実現を図るとともに、そのための社会的な好循環が形成されていくことを目指している。

上記を踏まえ、ここでは水物質循環の健全化の一般的なプロセスを図-5.1.1.1のように提案する。このプロセスは人の生活という視点から、できる限り実感しやすい将来ビジョン案を複数作成し、これらをもとに地域の関係主体が現在の生活とも比較しながら、望ましい国土・社会のあり方を思考し、実現させていくというものである。

プロセスの第1段階は、「問題の把握・掘り起こし」であり、その地域の人々が本質的な問題点を認識することである。人々が共感し、真にその改善を願う問題の掘り起こしが、「再生」へのエネルギーとなる。

次の段階は「問題の構造の理解」であり、その問題を生じている構造や因果関係を明らかにすることである。この段階においては、種々の環境状況を水循環、物質循環等のシステムとして捉え、このシステムを物理・化学的な法則から解釈・再現するシミュレーションモデルの活用が有効となる。

これにより、「問題の構造」が明らかになれば、続いて問題解決のための施策等の立案を行うとともに、それらを総合的に組み合わせて実施した場合に、どのような環境、社会、生活が実現されるかの検討を行う。ただし、現在の国土・社会の有り様がおおよそ戦後の50年程度の時間スケールで形成されたことを振り返れば、水物質循環における環境再生も数十年の時間スケールで取り組むべきものであり、検討のベースも段階を踏みながら数十年先の将来条件も考慮に入れる必要がある。このような将来条件には、地球温暖化に伴う気象変化、人口減少と年齢構造の変化、経済規模・産業構造等現在直面しつつある問題が関わってくるであろうし、またこれらを将来シナリオに織り込むことにより、これらの問題に対して、国土マネジメントの面からどう対応していくかを具体的に検討することができる。

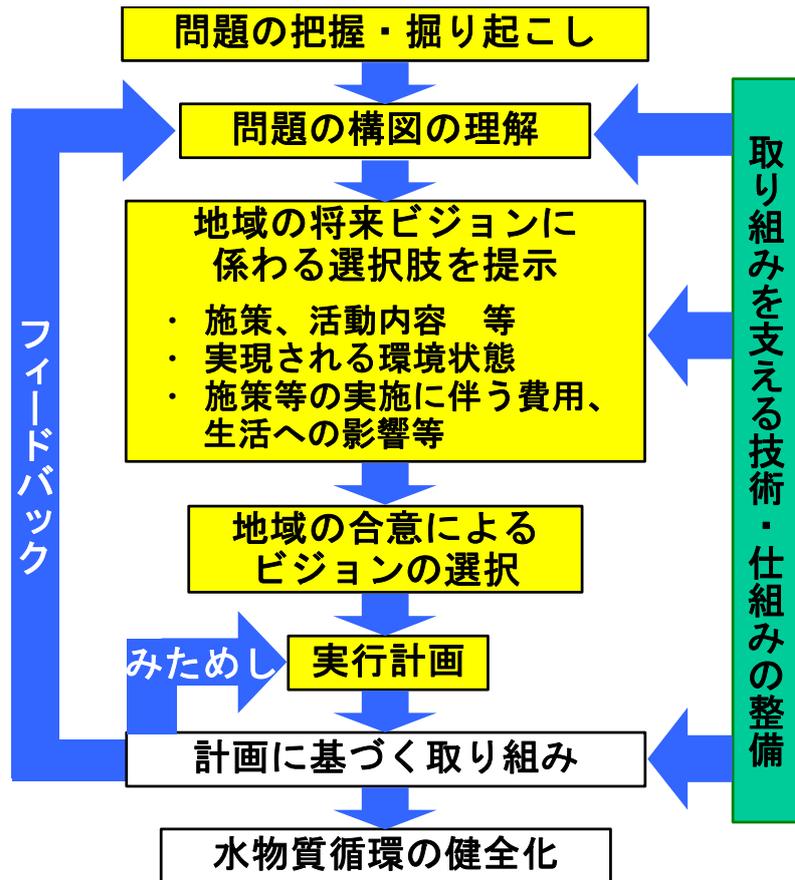


図- 5.1.1.1 水環境の健全化に向けた検討プロセス

ここでは、水環境改善施策について、様々な施策やそれらの組み合わせにより、「現システム維持型」を含めたいくつかのビジョンを、自然との触れ合いに係わる新たな価値観、新たなライフスタイルの提案とともに、できるだけ分かりやすく、実感できるような形で提示し、関係主体間の議論に提供していくこととしている。各ビジョンの検討においては、具体的な施策・活動等の内容だけでなく、それらにより実現される環境条件、それに伴う費用や生活上の制約等を考慮して評価することが必要である。これらの情報をもとに関係主体間の利害調整や、将来像の選択が行われるが、必要な情報に対しては、常に議論から検討へのフィードバックが必要である。

関係主体の総意として水物質循環の健全化に向けたビジョンが選択されれば、それに基づき、目標の明確化、目標達成に向けた具体的な実行方策の検討等が行われ、「実行計画」が策定される。あわせて、それまでの協働活動により、関係主体において、地域社会やライフスタイルの変化に対するモチベーションが形成されていく。

「実行計画」が策定されれば、様々な施策や地域住民の自発的活動をいわゆる「みためし」・「アダプティブマネジメント」を行いながら実施する段階となるが、水循環の健全化に向けたモチベーションや活力を失わず、持続的な取り組みができるための仕組みづくりが重要になる。

(2) シナリオの検討におけるモデルの位置づけと留意点

(1)で示した水物質循環の健全化のプロセスの検討において、地域の抱えている問題に対する構造的な理解や、施策・活動等の組み合わせによる環境改善効果の評価等を行うため、シミュレーションモデル（以下「モデル」）が有効であり、このような政策立案に資するモデル群を体系的に提示することが、水物質循環の健全化を実現していく上での、研究開発からの中核的貢献になる。また、本研究は、その研究開発成果が実践につながるものであり、モデル群を中心とする施策立案ツールが実務に、そして 2.2 で示した課題解決にどう役立っていくかという視点からの吟味が、ツール開発と同等に重要である。

モデルは、既往の知見をベースに、現象を構成する因果関係を数式等で置き換え、これらを組み合わせて現象全体を表現したものである。モデル上で、現在や過去の現象を再現し互いに比較することにより、その現象の内部構造や問題の所在を理解したり、施策の実施等を考慮した入力データに対する環境条件の出力結果から、施策効果を推定することができる。特に、上記プロセスにおいては、何をどの程度実施すると、環境がどの程度良くなるか、生活がどのように変わるかをできるだけ分かりやすく提示し、議論することが重要であり、この点で大変有効である。

ただし、モデルは、あくまでも既存の知見の集積であり、対象とする現象に含まれる未解明部分や入力データの入手制約、モデルの離散化等に伴う誤差を内在するものであることを認識するとともに、使用において以下の点に留意する必要がある。

①モデル構造の妥当性の確認

水物質循環のような自然現象は、様々な現象要素が組み合わさって全体の現象を構成しているが、モデルがこの現象要素全てをモデル化していることはありえず、モデル毎に主要な現象要素以外の多くの現象要素が捨象されているのが通常である。モデルを使用する場合には、把握・評価しようとしている現象に対応したモデル化がされているか、モデル化の方法が既往の研究等に照らし合わせて妥当か等の確認が必要である。

②モデル精度の確認

モデル構造の妥当性が確認されれば、対象とする現象に対してのモデルの精度の確認が必要となるが、精度の確認は現象の再現を通じて行われる。特に、時空間的に境界条件の異なる現象を取り上げ、モデルパラメータが既往の調査結果等と整合した範囲で、それら境界条件の異なる現象について再現性を確認するとともに、特に把握・評価の対象としている条件の変化に対して、計算結果が適切に応答・再現することを確認する必要がある。また、上記について、例えば過去におけるモデル入力条件や検証データを入手できない場合等があるが、関係者の合意の上で、適切なデータを作成しその計算結果を評価することも有効である。

③モデル使用に係わる信頼性と合意

モデルを、問題に対する関係者の理解を深め、解決に向けての合意形成を支援するツ

ルとして考えた場合、関係者がモデルに一定の信頼を置き、そのモデルを適用することに合意することが重要である。モデルの構造、モデルパラメータの設定方法、再現結果等全てをオープンにした上で、関係者間の合意が得られれば、多少の誤差を有するモデルでも十分有効に機能する。

(3) シナリオ検討の基本方針

3.で構築したモデルを活用して、水物質循環の環境改善評価を再生ビジョンに応じて提示することにより、それぞれの環境問題の解決に向けた合意形成に活用する。例えば、東京湾のような閉鎖性水域における水質改善効果の施策評価において、数多くある施策の効果を体系的に把握するために、同じ指向をもった施策同士でグルーピングし、各グループの中にある個々の施策の効果把握、次いで、同一グループに属する全ての施策（以後、施策群と呼ぶ）を実行した場合の効果把握、さらに、異なる施策群を組み合わせた場合の効果把握を順次行うというような階層的検討が有用と考えた。このグルーピングの指向軸として、本論では、図- 5.1.1.2に示すとおり、実施手法にかかわる質の違いに着目して、施策群1；社会資本整備による環境負荷の削減、施策群2；流域の住民等による自発的または誘導的な環境行動の実践、施策群3；面的な土地利用の改変や自然環境の保全・再生、の3つを設定し、各施策群について個別にその効果を評価するとともに、各施策群を組み合わせた場合の効果の検討を行った。

各施策をモデル上で表現するための条件やパラメータ設定に際しては、既往の文献を極力参考にした。ただし、明確な根拠を持って与えることが現時点では難しく、割り切って設定しているものもある。また、前述のように、モデルの実現象再現能力に関しても向上させるべき点を残している。これらの意味で、以下に述べる結果は、種々の環境改善施策に概ね対応するようにパラメータや条件を変えて、モデルの感度分析を行ったものであり、したがって個々の施策の評価に直接資する熟度はまだ有していない。

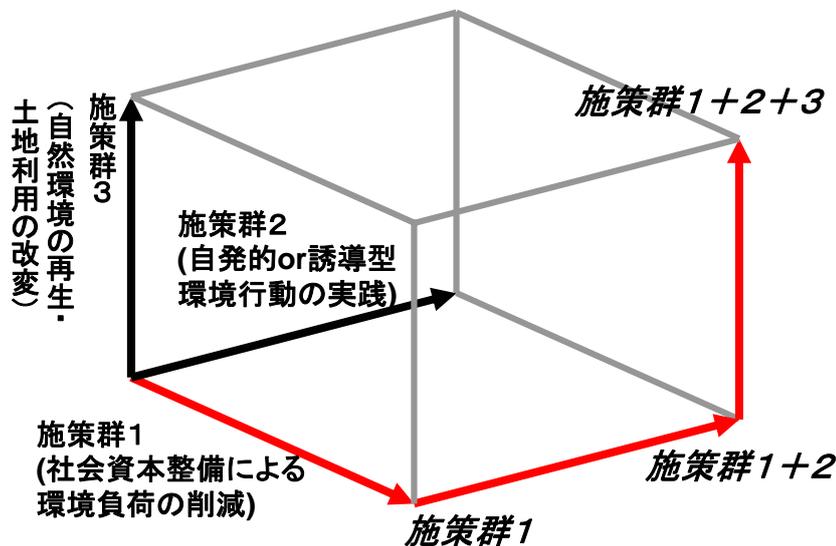


図- 5.1.1.2 施策群設定の概念図

5.1.2 計算の前提条件

(1) 条件の設定概要

再生のターゲットとなる年次を概ね20～30年後とおいた。これに合わせ、施策効果の計算は、将来の数値がある程度公式に推計されているものについては、その推計値を与えて行った。

具体的には、人口について、市町村ごとに算定された国立社会保障・人口問題研究所による2030年の中位推計値を与えた。これにより、本検討の対象範囲としている東京湾流域圏における現況人口の設定値を2897万人(2000年国勢調査)、ターゲット年次の将来人口の設定値を2816万人(2.8%減少)とした。

気象(気温、降水、潮位変動など)については、現在(2004年)と同一の条件を与えた。土地利用、産業などの社会経済活動にかかわる条件については、施策と連動させて与えることとし、対象とする施策がその条件の制御を直接含んでいない場合は、現況(2001年時点)を与えて計算した。また、施策が機能するまでの経過時間(事業期間)は考慮していない。

(2) 将来人口の設定方法の詳細

将来人口設定データとして、国立社会保障・人口問題研究所が求めた「日本の市区町村別将来推計人口(平成15年12月推計)」を用いた。将来推計人口の例として、東京都千代田区の将来総人口を表-5.1.2.1に示す。

表-5.1.2.1 「日本の市区町村別将来推計人口(平成15年12月推計)」の例(千代田区)
13101 千代田区

	1995年	2000年	2005年	2010年	2015年	2020年	2025年	2030年
総数	34780	36035	37443	39229	41381	43674	45773	47609

上記の例のように、同推計人口は、市区町村毎に2030年までの5年おきの値が求められている。また、各市区町村には行政コードが割り当てられている。そこで、解析範囲内の各3次メッシュ(約1km×約1km)に行政コードを割り振り、推計人口の対象年次と2000年との総人口の比率を各3次メッシュの総人口に掛けることにより、将来人口を求めた。すなわち行政コードjに対応する市区町村のk年次における推計人口を $Np_{j,k}$ とする

と、2000年から2030年への伸び率 $r_{j,2030}$ は、

$$r_{j,2030} = Np_{j,2030} / Np_{j,2000}$$

となる。

行政コードjに属するメッシュiの、2015年における将来推計人口を $n_{i,2015}$ とすると、

$$n_{i,2030} = r_{j,2030} \times n_{i,2015}$$

となる。

市区町村によっては、将来人口が異常な伸びを示すものがあった。これら市区町村については周辺地域で最も高い増加率を示す市区町村の伸び率、若しくは参考推計値を適用した。この補正により各県の市町村の予測人口の合計値と県単位での予測人口がほぼ同じとなったことから、下記の3区村については表-5.1.2.2 に示す設定条件により将来人口を与えた。

表- 5.1.2.2 異常な伸び率を示す市区町村及び対処法

区・村	伸び率の設定
神奈川県横浜市都筑区	神奈川県横浜市青葉区の伸び率を適用
千葉県印旛郡本埜村	千葉県千葉市緑区の伸び率を適用
群馬県多野郡上野村	国立社会保障・人口問題研究所が別途作成した参考推計値を適用

首都圏及び東京湾流域における 2000 年の人口分布、および 2030 年の首都圏および東京湾流域圏の将来人口の分布を図- 5.1.2.1～図- 5.1.2.4に示す。

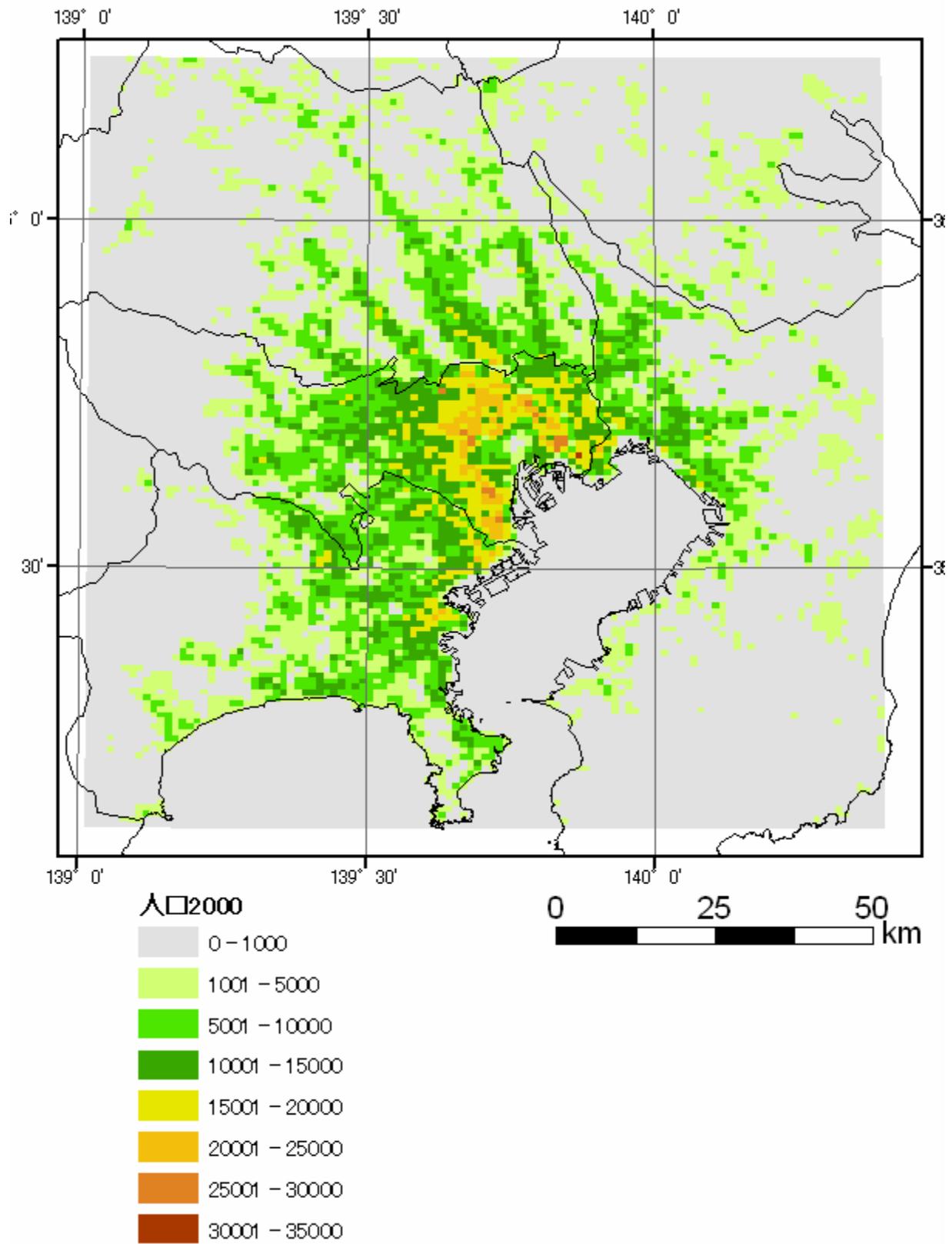


図- 5.1.2.1 首都圏の 2000 年人口

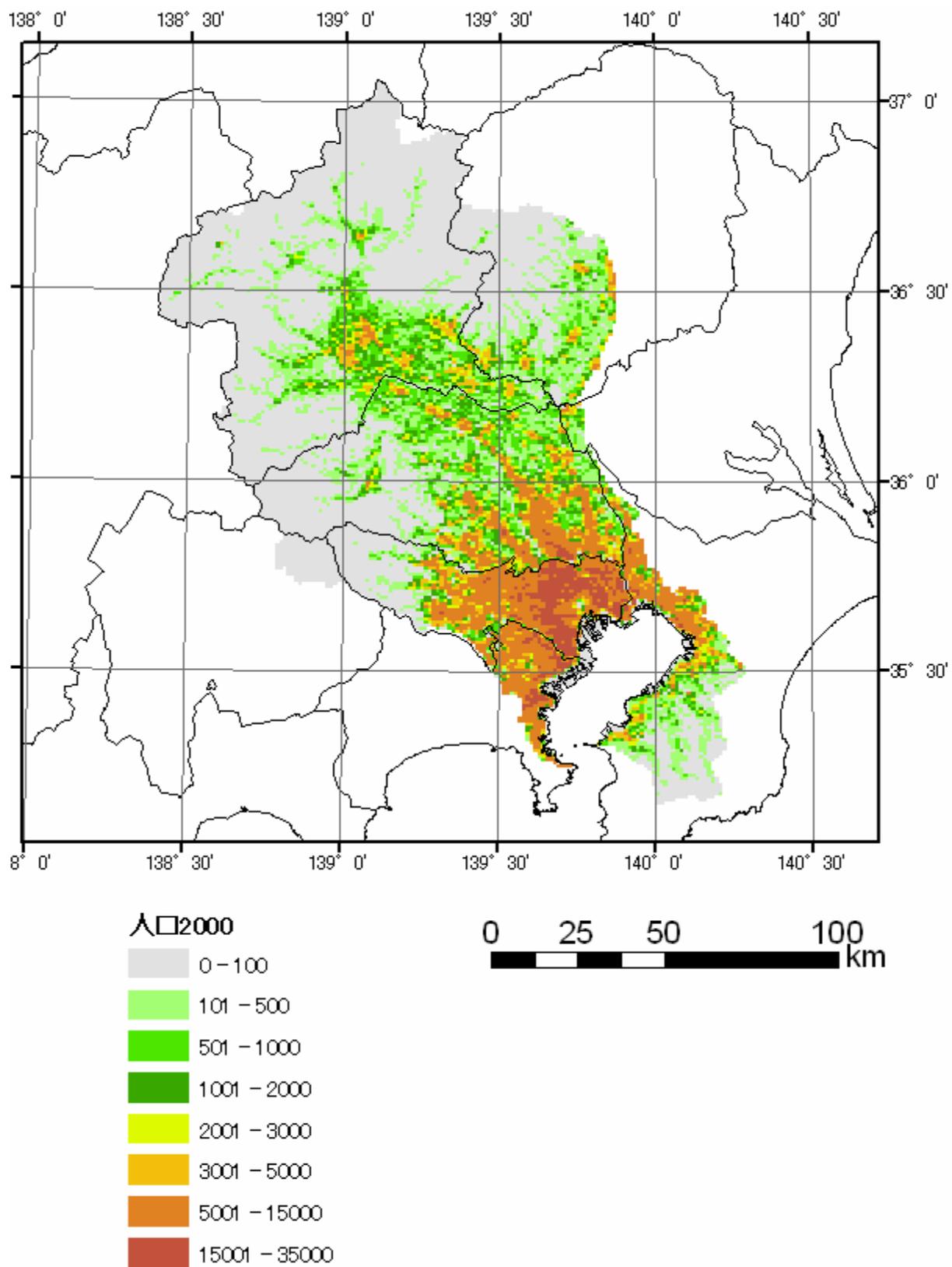


図- 5.1.2.2 東京湾流域の 2000 年人口

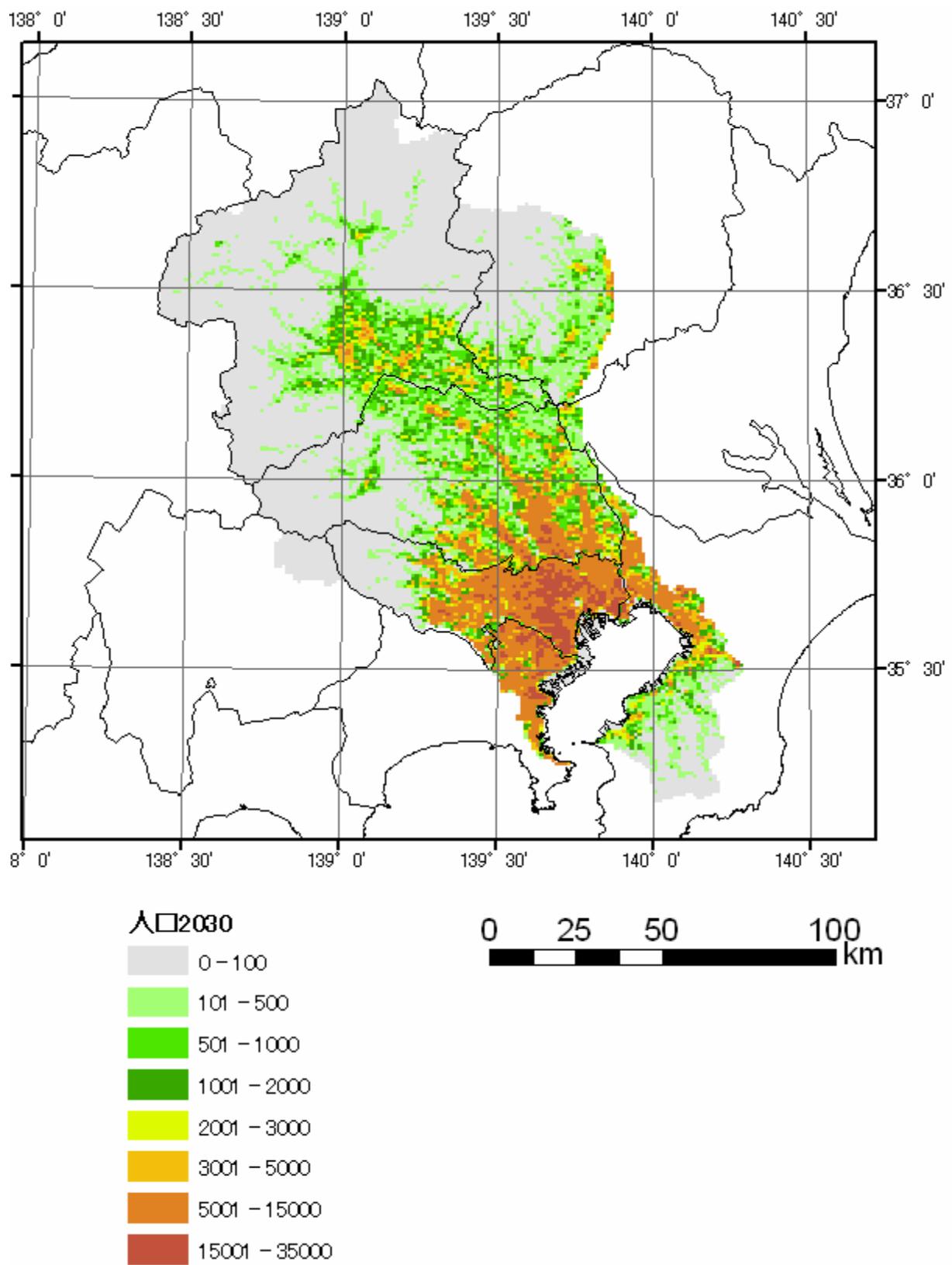


図- 5.1.2.4 東京湾流域の 2030 年人口

5.1.3 対象とする水環境改善施策の概要および設定方法

(1) 水環境改善施策の抽出

河川および東京湾の水質を改善する方法として、表- 5.1.3.1の観点から施策を整理する。

表- 5.1.3.1 水環境改善施策一覧（赤字は水循環にも改善効果がある項目）

区分	施策項目	施策内容（例）
施策群1：社会資本整備による環境負荷の削減	① 下水道整備	現整備率→整備率100%
	②合流改善（雨天時汚濁排水対策）	CSO 対策。貯留対策と RTC 対策
	③下水処理場での高度処理導入	超高速凝集沈殿など
	④単独浄化槽の合併処理化	単独浄化槽を合併浄化槽に転換
	⑤高度処理型合併浄化槽の設置	下水道整備予定外地域全域に設置
	⑥透水性・保水性舗装の整備	道路・歩道・駐車場等での舗装整備
施策群2：自発的または誘導型の環境行動の実践	⑦環境保全型ライフスタイルへの転換	各家庭での節水・生活水の再利用(節水型社会)および台所での負荷軽減(生活排水対策)
	⑧環境保全型農業	農地の施肥量削減
	⑨下水処理水の再利用	処理水の農地・中水道への利用
	⑩家畜し尿の農地還元	家畜し尿の公共用水域への排出量削減
	⑪雨水貯留浸透施設の整備	各家庭の建物などに雨水貯留浸透施設を整備
施策群3：自然環境の再生・土地利用の改変	⑫市街地の緑地化	市街地の緑地面積の増大
	⑬河川沿いの緑地化	河川の両岸を緑地化
	⑭調整池の確保	流域に雨水の流出を一時貯留させる調整池を整備
	⑮干潟・アマモ場の造成	幕張、稲毛の浜の再生

(2) 水環境改善施策に関する資料の整理

(1)で示した環境改善施策について、各施策を実施した場合の改善効果に関する知見、およびコストの算定に関する既存の資料についての概要を下記に示す。

1) 下水道整備

a) 概要

下水道を流域全体に整備し、生活系の発生汚濁負荷の抑制を図る。

b) 改善効果に関する知見

家庭排水における処理方式ごとの汚濁物質の排出率は日本下水道協会の資料¹⁾によると、合併浄化槽では、COD16%、BOD5%、T-N49%、T-P64%、下水処理場では、COD21%、BOD7%、T-N61%、T-P39%となっており、CODやBODと比較して、T-NやT-Pの排出率が高く、窒素やリンの除去については不十分である。そこでより排出規制が厳しい地域では高度処理型合併浄化槽や下水処理場での高度処理技術が導入されている。

東京湾流域での本モデルにおける下水道普及率は表-5.1.3.2のとおりであり、約80%となっている。

表-5.1.3.2 東京湾流域下水道普及率

流域名	下水人口	単独人口	合併人口	し尿人口	自家処理人口	流域人口	下水道普及率
利根川・江戸川	2,139	1,280	495	568	7	4,490	47.6%
荒川	2,706	539	219	122	3	3,590	75.4%
中川	2,792	591	241	135	4	3,763	74.2%
多摩川	3,873	104	64	52	0	4,093	94.6%
隅田川	6,708	75	31	17	0	6,831	98.2%
養老川	30	22	15	8	0	75	39.6%
小糸川	47	21	15	8	0	91	51.3%
小櫃川	31	35	24	13	1	105	30.0%
鶴見川	1,474	24	15	12	0	1,525	96.6%
その他残流域	3,871	258	175	93	4	4,400	88.0%
全域	23,671	2,950	1,294	1,028	20	28,962	81.7%

(人口の単位は千人)

c) コスト算定のための基礎資料

整備費用の概算には以下の資料を用いた。

7) 新たに下水処理場を建設する場合

従来の浄化槽による処理を下水道による処理に変更した場合、新たに処理場を建設するとすれば、以下のようなコストが発生する。

- ① 下水管渠の建設費
- ② ポンプ施設の建設費・維持管理費
- ③ 二次処理施設の建設費・維持管理費

④ 処理施設の用地費

⑤ 浄化槽の撤去費

この中で、⑤は通常下水道敷設によるコストとして勘定しないので、①～④についてその費用関数を以下に示す¹⁾。

① 管渠の建設費

開削工法、管径 150mm 以上 1200mm 以下の場合：

$$y = 1.23 \times 10^{-5} x^2 + 0.56 \times 10^{-3} x + 9.26$$

x : 径 (mm)

y : m 当たり建設費 (万円/m)

最も簡単な算出法としては、計画処理面積から求める方法もある²⁾。

$$C = \alpha \times A$$

$$\alpha = 25.5$$

C : 面整備費用 (百万円)

A : 計画処理面積 (ha)

本来、 α は近隣町村の実績値を参考にして設定する事が望ましいが、それが困難な場合には本調査結果の平均的な値である 25.5 を用いる。

② ポンプ施設の建設費・維持管理費

建設費 (全体工事)：

$$C = 85.51 Q_1^{0.598} \times (106.7 / 81.1)$$

C : 建設費 (百万円)

Q_1 : 全体計画流量 (m³/分)

維持管理費：

$$M = 1.00 Q_2^{0.690} \times (106.7 / 81.1)$$

M : 維持費 (百万円/年)

Q_2 : 揚水量 (m³/分)

ポンプ施設の費用はケースバイケースの上、他の費用に比べ比較的小さいので、無視してもよいと考えられる。

③ 二次処理施設の建設費・維持管理費

標準活性汚泥法、焼却を含む場合：

$$\text{建設費 (百万円)} : 1129.9 Q_1^{0.7206}$$

$$\text{維持管理費 (百万円/年)} : 28.177 Q_2^{0.7984}$$

Q_1 : 日最大処理水量 (千m³/日)

Q_2 : 日平均処理水量 (千m³/日)

④ 処理施設の用地費

$$C = 6.103Q_1^{0.4864} \times R$$

C: 用地費用 (千円)

Q_1 : 日最大処理水量 (千 m^3 /日)

R: 単位用地当たり費用 (円/ m^3)

イ) これまでの下水処理場を用いて、その処理規模を拡大する場合

一方これまでの下水処理場を用いて、その規模を拡大する場合を考える。ア)と同様、ポンプ施設関連コストと浄化槽撤去費を除外すれば、以下のようなコストが発生する。

- ① 下水管渠の建設費
- ② 二次処理施設の維持管理費

① 管渠の建設費 (延長)

開削工法、管径 150mm 以上 1200mm 以下の場合 :

$$y = 1.23 \times 10^{-5} x^2 + 0.56 \times 10^{-3} x + 9.26$$

x: 径 (mm)

y: m 当たり建設費 (万円/m)

最も簡単な算出法としては、計画処理面積から求める方法もある²⁾。

$$C = \alpha \times A$$

$$\alpha = 25.5$$

C: 面整備費用 (百万円)

A: 計画処理面積 (ha)

本来、 α は近隣町村の実績値を参考にして設定する事が望ましいが、それが困難な場合には本調査結果の平均的な値である 25.5 を用いる。

② 二次処理施設の建設費・維持管理費

標準活性汚泥法、焼却を含む場合 :

$$\text{維持管理費 (百万円/年)}: 28.177Q_2^{0.7984}$$

Q_2 : 日平均処理水量 (千 m^3 /日)

2) 合流改善

a) 概要

東京湾流入流域では、下水道普及率が高い一方で、そのほとんどが合流式であるため、雨天時には処理場の容量を超えた分の生活系汚濁負荷が未処理のまま流出している。合流改善においては貯留施設による対応やポンプ所などの施設運用（RTC）により初期雨水貯留の機能を拡大させるものである。

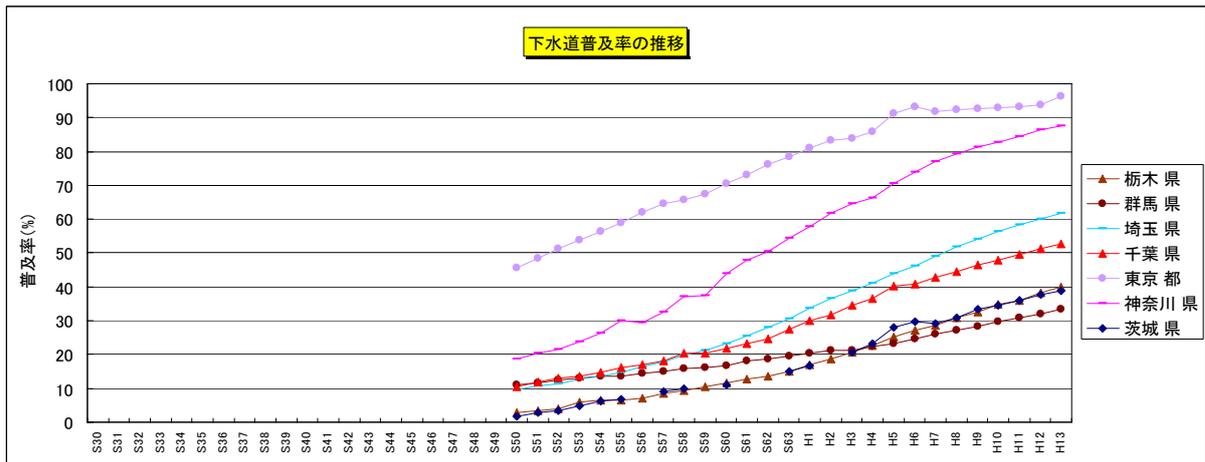


図- 5.1.3.1 下水道普及率の推移

b) 改善効果に関する知見

東京都の合流改善クイックプラン³⁾は平成12年度に策定され、合流式下水道の改善対策として、都民のニーズの高い対策地点や短期での対応を実施する計画として策定された。

その目標は、既存の計画である

1. 雨水時の下水道の送水能力を晴天時汚水量に対し3倍まで確保する
2. 降雨初期の汚濁に対し流域平均8mm相当の雨水貯留池を設ける

に加えて、リアルタイムコントロールシステム（RTC）の導入が位置づけられている。

c) コスト算定のための基礎資料

7) 雨水貯留池単価 7.1 万円/m³

貯留池の建設単価は東京都下水道局のホームページ⁴⁾に平成 12 年度に整備された 1 万 m³あたりの整備費が 7.1 億円となっていることから 1m³あたりの雨水貯留池の整備費を 7.1 万円とする*。

い) 幹線管渠（しゃ集管）の整備 76 億円/km

雨の日に合流式下水道から河川などに放流される下水を、できるだけ多く処理場へ送水する幹線管渠（しゃ集管）を整備する費用を、東京都下水道局のホームページ⁴⁾から、76 億円/km とする*。ただし、東京湾流域圏での整備に必要な幹線管渠の総延長が明らかでないことから概算費用の計算の対象外とする。

う) RTC 導入費用 700 百万円/箇所

RTC 設備は「管渠可動ゲート、管渠水位計、制御計算機システム」で構成するものとし、

- 管渠可動ゲート単価 100 百万円/箇所×3 箇所=300 百万円
- 管渠水位計 10 百万円/箇所×10 箇所=100 百万円
- 計算機システム 1 式 300 百万円

計 700 百万円/箇所

*）単位当たりの費用は、便宜的に 1 年間の整備に要した費用を 2000 年度に完成した管渠の延長などで除して求めている。費用の中には、建設中で完成していない管渠などに要する費用も多く含まれており、実際に幹線管渠や雨水貯留池の整備に要した単位当たりの費用とは異なる。

3) 下水の高度処理化

a) 概要

本検討で対象とする 119 箇所の下水处理場からの排水水質は表- 5.1.3.3の通りである。多くの下水处理場の 2 次処理においては曝気による有機物質の好気的な酸化分解が中心であったが、T-N、T-P の除去については不十分である。そこで高度処理により排水水質を削減するための技術が開発されている。主な技術として凝集沈殿法、生物学的脱リン法、膜分離法、オゾン酸化法などがある。

表- 5.1.3.3 東京湾流域の下水处理場における放流水質原単位（単純平均）

	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
平均値	4.87	9.72	12.31	1.07

b) 改善効果に関する知見

下水处理水の浄化には、処理場において物理的・化学的に高度処理を行う方法と、人工湿地などを用いて行う方法がある。前者について、処理方法ごとの処理効率は日本下水道協会の資料¹⁾では、原水が二次処理水の場合、「急速ろ過法」「凝集沈殿法+急速ろ過法」「凝集沈殿法+急速ろ過法+活性炭吸着法」「急速ろ過法+活性炭吸着法」の 4 ケースについて示されている。その中で最も除去率が高いのは「凝集沈殿法+急速ろ過法+活性炭吸着法」の場合で、BOD で 70~80%、COD で 65~75%、T-N で約 30%、T-P で 60~90% である。

c) コスト算定のための基礎資料

高度処理方式ごとの費用関数が建設費と維持管理費について、日本下水道協会の資料に示されている。費用の概算においては、b)から除去率が最も高い「凝集沈殿法」+「急速ろ過法」+「活性炭吸着法」を採用する。それぞれの費用関数は

7) 建設費

- ・凝集剤添加活性汚泥法

$$C = 54.127 \times Q_1^{0.6703} \times (106.7/105.1)$$

- ・急速ろ過法

$$C = 353.140 \times Q_1^{0.4646} \times (106.7/105.1)$$

- ・活性炭吸着法

$$C = 570.200 \times Q_1^{0.5307} \times (106.7/105.1)$$

ここで、C：建設費（百万円）、 Q_1 ：日最大処理水量（千 m^3 /日）

イ) 維持管理費

- ・凝集剤添加活性汚泥法

$$C = 1.559 \times Q_2^{0.9945} \times (106.7/105.1)$$

- ・急速ろ過法

$$C = 0.9075 \times Q_2^{0.9220} \times (106.7/105.1)$$

- ・活性炭吸着法

$$C = 3.0904 \times Q_2^{0.9159} \times (106.7/105.1)$$

ここで、C：維持管理費（百万円／年）、 Q_2 ：日平均処理水量（千 m^3 /日）

4) 単独浄化槽の合併処理化

a) 概要

し尿のみが処理される単独処理浄化槽では、台所や風呂から排出される生活雑排水が無処理のまま排出されるので公共水域の水質改善において重大な問題となっている。そこで既設の単独処理浄化槽を合併浄化槽に転換する必要がある。

b) 改善効果に関する知見

本検討で用いている原単位を表- 5.1.3.4に示す。単独処理浄化槽を合併浄化槽に転換することにより、排出原単位が BOD は 87%減、COD は 76%減、TN は 40%減、TP は 3%減と BOD や COD については大幅な排出負荷の削減を進めることができる。

表- 5.1.3.4 本検討で用いている処理形態別の排出原単位

扱い	処理形態	排水別	除去率(%)				排出汚濁負荷原単位(g/人/日)				汚濁負荷量算法
			BOD	COD	TN	TP	BOD	COD	TN	TP	
点源	下水処理場	し尿+雑排水	-	-	-	-	-	-	-	-	汚水処理量×水質測定値
面源	農業集落排水施設	し尿+雑排水	90	80	45	30	5.8	5.4	6.05	0.91	原単位法
面源	コミプラ	し尿+雑排水	90	80	45	30	5.8	5.4	6.05	0.91	原単位法
面源	合併浄化槽	し尿+雑排水	90	80	45	30	5.8	5.4	6.05	0.91	原単位法
面源	単独浄化槽	し尿	70	45	10	40	5.4	5.5	8.1	0.54	原単位法
面源		雑排水	0	0	0	0	40	17	2	0.4	原単位法
面源	し尿処理場(くみ取り)	し尿	90	80	45	30	1.8	2	4.95	0.63	原単位法
面源		雑排水	0	0	0	0	40	17	2	0.4	原単位法
面源	自家処理	し尿	100	100	100	100	0	0	0	0	原単位法
面源		雑排水	0	0	0	0	40	17	2	0.4	原単位法
面源	未処理	し尿	0	0	0	0	18	10	9	0.9	原単位法
面源		雑排水	0	0	0	0	40	17	2	0.4	原単位法

c) コスト算定のための基礎資料

全国建設研修センターの資料²⁾によると合併処理浄化槽の設置費用は、16～20人槽の場合 308.7万円である(耐荷重工事込みの場合 326.4万円)。

5) 高度処理合併浄化槽の整備

a) 概要

高度処理合併浄化槽は、下水道のサービスを受けていない流域住民を対象として、現在の単独浄化槽、汲み取り処理などから処理能力が高い合併浄化槽に転換していく施策である。合併浄化槽を高度処理合併浄化槽に転換することは、どちらも同じ合併処理浄化槽であることから困難が予想される。従って、手順として、単独浄化槽、し尿処理場、自家処理から着手し、優先的に高度処理合併浄化槽に転換し、その後、現在の施設の老朽化等を待って、順次、合併処理浄化槽、農業集落排水施設に関しても転換を進めていく。

b) 改善効果に関する知見

「高度処理合併浄化槽の除去率」は特に定められたものはないが、茨城県では助成対象となる高度処理合併浄化槽の処理基準が定められており、これに一人あたりの実際の水消費量（250L/日）を考慮して負荷原単位(表- 5.1.3.5)を設定する。表- 5.1.3.5に示す設定条件の場合、表- 5.1.3.4に示す通常の合併浄化槽と比べて、排出原単位が BOD については 57%減、COD については 54%減、TN については 59%減、TP については 73%減の削減効果が得ることができる。

表- 5.1.3.5 高度処理合併浄化槽の負荷原単位

項目	負荷原単位 (g/人・日)
COD (BOD)	2.5
T-N	2.5
T-P	0.25

c) コスト算定のための基礎資料

例えば茨城県では、平成 15 年度から高度処理合併浄化槽に対する補助制度を始め、あらたに建設される住宅などをターゲットに、浄化槽として高度処理浄化槽の設置を進めている。下水道整備地域及び農業集落排水整備地域以外の処理区域以外が対象となる。高度処理合併浄化槽のコストは 5 人槽で約 130 万円（設置工事費を含む）であり、このうち約 64 万円の補助金を定めている。従って、個人負担は 66 万円となる。なお、単独浄化槽からの転換の場合は、撤去費用として 20 万円が新たに加わる。また、メンテナンス費用として、通常の合併浄化槽で 6 万円/年が保守管理に必要で、高度処理合併浄化槽ではさらにこれに 6 万円程度が加算され、12 万円/年が保守管理費用として、個人負担となる。

6) 透水性・保水性舗装の整備

a) 概要

降雨時における路面からの雨水の排除、舗装体中での雨水の一時貯留または地中への還元を目的に 10^{-4}m/s 程度の高い透水性をもつアスファルト混合物で表面を構成して、透水性を持たせたアスファルト舗装が透水性舗装である⁵⁾。これにより、舗装面上に降った雨水を、間隙が多い舗装材の特質を利用して地中に浸透させ、健全な水循環の回復を狙う。

b) 施策実施における課題

透水性舗装は雨水を浸透させる為環境にやさしい舗装といえる。しかし空隙が多く、耐久性に劣る為、交通量の多い車道には適さない。歩道や運動施設、駐車場に適する。従って現在の技術では、市街地の道路のうちそれらの分だけ透水性舗装への転換が可能だと考えるべきである。

c) コスト算定のための基礎資料

「雨水技術資料」36号に透水性平板舗装（歩道）の概略コストとして、平成11年単価として 1m^2 あたり 8,000円～10,000円と示されている。

7) 環境保全型ライフスタイルの転換

a) 概要

流域の住民が水の使用量や排出する汚濁負荷を極力削減する「環境保全型ライフスタイル」の浸透により、一人あたりの負荷原単位の抑制を図る。

b) 改善効果に関する知見

【排水量削減率】

表- 5.1.3.6に示す東京都千代田区の排水量削減目標を参考にする⁶⁾。これによれば、ライフスタイルの転換により、最大 $72.7/200.4=0.36=36\%$ の排水量の削減が見込まれる。本検討でも、この割合をライフスタイル転換による排水量削減率のデフォルト値として設定する。

表- 5.1.3.6 東京都千代田区の家庭用水負荷削減目標⁶⁾

[水使用量削減のための行動事例]

環境保全行動	1世帯あたりの年間水使用削減量 (m ³)	設定条件等
◆蛇口・シャワーのこまめな開け閉め ①歯磨きでの流し放しをやめ、コップに汲んで行う。 5×365日	1.8	流し放し約30秒 (6L) コップ3杯 (0.6L) コップ使用で約5Lの節約 1世帯で1人が実行した場合
②洗濯のためのすすぎを実行する。 55×180回	9.9	流しすすぎ (165L) ためすすぎ (110L) ためすすぎ実行で1回55Lの節約 年に180回洗濯した場合
③週に1回風呂の水の入れ替えを節約する。 180×52回	9.4	180Lの浴槽を使用した場合
④シャワーを1回の使用で1分間短くする。 12×180回	2.1	1回12Lの節約 概ね2日に1回、1世帯で1人が実行した場合
⑤食器洗いは容器を使ってため洗いをする。 100×365回	36.5	流し放し約10分 (120L) 容器約6杯 (20L) ため洗いで100Lの節約 1日1回実行した場合
⑥洗車はバケツに汲んで行う。 180×12回	2.2	ホースで流し放し約20分 (240L) バケツ6杯 (60L) バケツ使用で180Lの節約 月1回実行した場合
◆水の再利用 ⑦洗濯水の3分の1を風呂の残り湯で賄う。 40×180回	7.2	標準型洗濯機 (110L) 水使用量の1/3 (約40L) を残り湯を使い節水 年に180回洗濯した場合
⑧植木や散水等に米のとぎ汁、野菜洗いの水、風呂の残り湯などを利用する。 20×180回	3.6	バケツ2杯分 (20L) 節水 1日おきに撒く場合
①～⑧を全て実行した場合	72.7	

注1：1997年度実績値，出典/東京都水道局

注2：世帯あたり年間水使用量は200.4m³

参考資料：「もしもの時の節水マニュアル」，(社)関東建設弘済会
：東京都水道局データ（一般家庭における節水方法例）

【汚濁負荷原単位削減率】

生活用水により発生する汚濁負荷量が、環境保全型ライフスタイルへの取り組みによってどの程度削減されるかを計算する。生活用水は、洗濯やトイレ、風呂など家庭で使われる「家庭用水」と、営業用水、事務所用水、公共用水などに使われる「都市活動用水」の二つに分けられる。本検討では、家庭における環境保全型ライフスタイルへの取り組みによる効果を見るために、いくつかの具体的対策とその効果を列挙した上で、前者の削減効果を調べることにする。

静岡県生活環境部の調査により、厨房管理によってどの程度生活排水・汚濁が除去されるかが示されている⁷⁾ (表- 5.1.3.7)。これは、

- ①調理くずや食べ残しを流さない
- ②料理は適正量作り、調理くずや食べ残しはごみとして出すか、土に埋める
- ③食後の食器や鍋などは紙で拭き取ってから洗う
- ④廃油は水に流さない
- ⑤洗剤は過剰に使用しない

などの対策によるものである。

表- 5.1.3.7 厨房管理による削減効果 (環境庁、1985)⁷⁾

区分 項目	台所排水			風呂 排水	洗濯 排水	その他	合計		
	無対策	対策	効果 (%)				無対策	対策	効果 (%)
排水量 (L/日)	180	154	14.7	252	244	36	712	686	3.7
BOD (g/日)	54.0	18.7	65.4	39.9	28.6	3.7	126.2	90.9	28.0
T-N (g/日)	2.2	0.8	62.7	1.2	0.9	0.3	4.6	3.2	30.4
T-P (g/日)	0.5	0.2	60.8	0.1	0.7	0.2	1.5	1.2	20.0

注1：婦人リーダーの協力を得て56年度に実施した生活排水の実態調査結果を4人当りに換算し、厨房排水対策を実施した削減効果から全体的な改善効果を試算したデータ。

注2：し尿浄化槽の汚濁負荷原単位は、建設省下水道部調査資料より4人当りに換算したもの。

時間が経てば核家族の増加などにより水使用量の変化することが考えられるが、ここではそれは考えず、「現在上記の対策を講じた場合」の評価を行う。ベースとしては表- 5.1.3.7の環境庁の調査結果を用いる。また現在、以上のような対策を講じている人はいないと仮定して削減量の評価を行う。

本検討においては、負荷量の削減率は雑排水未処理にかかってくるので、上の表の赤枠部分で削減率を評価する。

$$\text{BOD 削減率} : (126.2 - 90.9)/(54.0+39.9+28.6+3.7) = 0.280 = 28\%$$

$$\text{TN 削減率} : (4.6-3.2)/(2.2+1.2+0.9+0.3) = 0.304 = 30\%$$

$$\text{TP 削減率} : (1.5-1.2)/(0.5+0.1+0.7+0.2) = 0.2 = 20\%$$

BOD と COD の削減率が同じであると仮定すると、ライフスタイル転換により、COD

は 28%、TN は 30%、TP は 20%の削減が見込まれる。本検討でも、この割合をライフスタイル転換による排水量削減率のデフォルト値として設定する。

c) コストの算定について

環境保全型農業に関する技術の普及のための補助金や、啓発活動のための費用などが必要と考えられるが、関連する資料がないためコスト評価の対象外とする。

8) 環境保全型農業

a) 概要

農業地域からのノンポイント汚染源負荷の削減を行う環境保全型農業により排水の改善を図る。

b) 改善効果に関する知見

國松ら⁸⁾、大久保ら⁹⁾、服部¹⁰⁾などを参考に環境保全型農業として考えられるものを以下にまとめる。

★発生源対策

- 施肥量削減
- 施肥法改善
 - ◇全層施肥、局所施肥（側条施肥、深層施肥）
 - ◇追肥重点など
- 肥料改善
 - ・コーティング肥料
 - ・緩効性肥料
- 適正な土づくり
 - ・稲わら還元
 - ・有機物の施用

★排出削減

- 田植工程改善
 - ・早期荒代かき防止
 - ・強制落水しない
 - ・浅水代かき
 - ・掛け流し灌漑しない（自動給水栓の利用）
 - ・畦畔管理（漏水防止）
 - ・減水深の適正化
- 循環灌漑

c) 既往の研究

7) 局所施肥の効果¹¹⁾

茨城県農業試験場の調査によると、局所施肥を行った場合、慣行施肥と比較して最大で約95%のN削減を達成している。しかしこれは施肥後1日目の結果であり、例えば7日目となると削減率は約80%～10%程度まで落ちている。

1) 緩効性肥料の効果¹²⁾

元肥を緩効性のものにしたところ、TN流出量は12%または49%削減可能であったが、収量は10%程度低下した。

ウ) 施肥量削減の効果

農地における N/P の物質収支を調査した事例⁸⁾によれば、灌漑水、降水・降下塵と比較して肥料による供給量が圧倒的に大きい。そこで、施肥量と肥料の流出率 γ から次式で汚濁負荷流出量を求める考え方がある。

$$L = \gamma F$$

L : 排出物質質量・汚濁負荷量

γ : 施肥量と肥料の流出率

F : 施肥量

この γ は施肥量や栽培作物、土壌条件や気候などによっても変わる。その上これらをそれぞれ分離して測定することも困難で、今のところ流出率の時間的変化・人為的影響を表現する適切な方法は提案されていない。

水田においては、窒素、リンの施肥量とその流出率との間に相関は認められず、水田からの肥料の流出率と施肥量との関係は明確ではない。

一方畑地においては、窒素については地下浸透量と施肥量との間に比較的良い相関が認められている¹³⁾。

d) コスト算定のための基礎資料

環境保全型農業に関する技術の普及のための補助金や、啓発活動のための費用などが必要と考えられるが、関連する資料がないためコスト評価の対象外とする。

9) 下水処理水の再利用（中水道の整備）

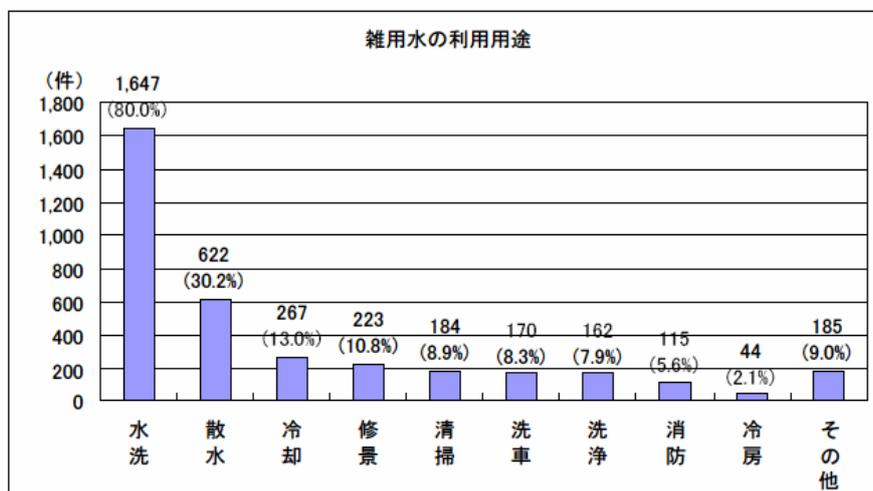
a) 概要

中水道整備の方法として下水処理水の再利用を取り上げ、下水処理水放流量の減少による負荷削減を図る。

b) 改善効果に関する知見

下水処理水の利用用途を調査した結果を 図- 5.1.3.2に示す¹⁴⁾。利用用途は様々であるが、水洗便所への利用が圧倒的に多いことが分かる。そこで本検討では、下水処理水の還元先としては生活用水の水洗便所への利用を取り上げ、還元可能な下水放流量の割合のポテンシャルを設定するものとする。

図- 5.1.3.2 雑用水の利用用途¹⁴⁾



また、日本下水道協会の資料¹⁵⁾には、生活用水の使用目的別構成比が示されており、水洗便所用水の割合は 10%から 20%程度である。その割合の相違は地域性によるものと考えられるが、本システムではその平均的な値 15%を東京湾流域における生活用水中の水洗便所用水の割合と仮定し、下水処理水を生活用水として再利用するポテンシャルとする。

c) コスト算定のための基礎資料

多摩ニュータウンで行われた広域循環型中水道事業¹⁶⁾では、供給計画水量は 3500m³/日、事業費は 60 億円であった。これを参考に、コストは約 170 万円/m³・日とする。

10) 家畜し尿の農地還元

a) 概要

家畜屎尿のコンポスト化などによって、畜産負荷の抑制を図る。

b) 改善効果に関する知見

例えば霞ヶ浦流域においては、TN に関しては畜産系からの発生量約 40t/日のうち、農地系（有機質肥料）に投入されているのが 24t（約 60%）である。従って、残り 40%の発生量は何らかの形で流域内に抑留されていることになり、この負荷量相当分を資源循環系へまわすことができれば、畜産系負荷量の流出を大幅に削減することが可能である¹⁷⁾。化学肥料として投入されている分も考えれば全ての畜産系廃棄物を農地還元することは可能で、そうすれば畜産系からの排出負荷はかなり削減できる。

畜舎汚水の排出負荷原単位は、畜舎汚水の負荷発生源単位と家畜汚水排出率（%）の積で求められる。農地還元や処理の方法によって変化するのは家畜汚水排出率である。これらの情報は現状ではあまり十分とはいえないが、報告例が文献 8)に示されている。

c) コスト算定のための基礎資料

コンポスト化と一言でいっても、わらを混ぜて放置しておくだけの方法から、コンポスト化施設を用いて処理する方法まで様々である。那須¹⁷⁾は、施設を用いたコンポスト化プロセスにかかる費用を以下のように計算している。

$$\text{施設購入費（円）} = 128.76 \times 1,000,000 \times \text{設計処理量(t/day)}^{0.6528}$$

$$\text{初期投資費（円/day）} = \text{施設購入費(円)} \times 0.9 / \text{償却年数(year)} / 365$$

$$\text{運用費（円/day）} = 1.978 \times 1,000,000 \times \text{処理量(t/day)}^{0.9117}$$

$$\Rightarrow \text{再資源化費用（円/day）} = \text{初期投資費} + \text{運用費}$$

11) 各戸雨水貯留・浸透施設の設置

a) 概要

雨水貯留施設を建設することで、治水対策、雨水資源利用、雨天時汚濁対策の3つの機能を果たす。

雨水貯留施設は、建物の屋根や壁面に降った雨を貯留するものであるが、導入時のコストなどにより、一般家庭ではほとんど普及していない。今後、新規の住宅には雨水貯留施設を設置することを義務づけ、現在ある住居には補助金により設置を進めることなどにより、普及を進めることができると考えられる。

b) 改善効果に関する知見

面源汚濁負荷を軽減するための一つの方法として、降雨流出水を貯留施設に一時貯留し、降雨終了後に徐々に処理して放流する方式があり、雨水利用システムの一つの形態と位置付けることができる。その効果を評価する手法が、江藤ら¹⁸⁾により提案されている。水質改善のための処理、貯留施設の効率を評価する指標として、流出負荷量の削減率 e を用いる。

この計算において、洗浄係数 $k_c=0$ 、除去率 $k_t=0.3$ 、流出率 $f=1.0$ 、平均降雨継続時間 $t_r=7(\text{hr})$ 、平均降雨時間間隔 $t_{R}=110(\text{hr})$ 、平均一雨降雨量 $r_A=17(\text{mm})$ （後者3つは東京における値）として計算した削減率 $e(\%)$ が、その貯留容量、処理水量に応じて整理されている。例えば貯留容量を $10(\text{mm})$ とし、処理水量を $4.0(\text{mm}/\text{日})$ と仮定すると、流出負荷量の削減率は 13.9% となる。これは、「建築面積」に降る雨による面源負荷の削減率であるから、市街地の 54% が建物用地であり、うち 50% が建築面積であることを考えると、市街地全体としては、 $13.9 \times 27/100 = 3.8(\%)$ の流出負荷削減率となる。

c) コスト算定のための基礎資料

雨水貯留施設は、基本的に雑用水利用も含めた中水道システムとして構築されることが多い。住宅・都市整備公団¹⁹⁾によれば、貯留槽などの建設や維持にかかる費用は以下のように示されている。ただし、施設の規模や形態によって大きく異なると思われる。一般家庭に設置する場合には、およそ6万円/基である。

表- 5.1.3.8 雨水貯留施設にかかるコスト¹⁹⁾

項目		平均単価等	耐用年限	備考
建設費	槽建設費 ・貯留槽建設費 ・沈殿槽建設費	R C造：7.5万円/t	70年	・貯留槽，沈殿槽ともに平均7.5万円/tとする
	集水管渠整備費	Φ250：2.5万円/m	30年	・口径平均Φ250とする
	給水設備関係費	一式	20年	・利用形態毎に一括概算

一方、屋上緑化施設については、一般的に建設時に掛かる費用は芝など地被類で 2～3 万円/m²、高木を利用した庭園風で 10 万円/m² 以上と幅がある²⁰⁾。今回は広島県庁舎におけるモデル事業の例から、約 3 万円/m² とした^{21), 22)}。さらに緑の維持には管理が必要となる。植栽の管理にはそれ自体が利用の一部として楽しめるのが理想である。

d) 事例

各戸貯留：台東区雨水貯留槽設置助成制度、一宮市雨水貯留槽設置助成制度、千葉市雨水貯留槽・浸透ます設置補助制度など多数

大規模貯留：六甲アイランド、福岡市下水処理水循環利用モデル事業（住宅・都市整備公団、1995）、今津貯留池（26000m³）、寝屋川流域都市水防災総合計画（大枝調整池（30000 m³）、八戸の里雨水貯留施設（8000 m³）、平野川調整池（140000 m³）、飛行場地下道雨水貯留施設（13000 m³）⁵⁾

屋上緑化：アクロス福岡、国立国会図書館関西館、シャルレビル、東京交通会館、大日本印刷市ヶ谷工場、下関市地方卸売市場唐戸市場²⁰⁾

12) 市街地の緑地化

a) 概要

建物用地、道路用地の規模に問わず、建物の周辺や道路の分離帯などに緑化空間を確保することにより、浸透性の向上とともに都市内の自然性の確保を図るものである。

b) 施策実施における課題

民有地についても緑化空間を確保するよう、立体都市公園制度などの法制度の活用とともに、大規模民有地などでは敷地周辺をグリーンベルトとして連続的な緑化空間を確保できるよう、容積率にボーナスを与えることなどによって誘導することも検討すべき課題と考えられる。また民有地を買い上げる政策を取る場合には用地費の手当てが大きな課題となる。

c) コスト算定のための基礎資料

大分県中津市の事例（都市公園整備事業費）²³⁾から、植樹費として 3000 円/m² と設定する。

13) 堤外地も含めた河川沿いの緑地化

a) 概要

河川沿いに緑地帯を確保することにより都市における浸透性の向上に資するだけでなく、エコロジカルネットワークの形成や氾濫原に居住する人口を少なくなるよう誘導することで浸水被害に遭う人口を減少させることができる。

b) 施策実施における課題

12)と重複するが河川沿いの緑化を進める場合、民有地の買収を行うこととした場合、緑地帯の幅が広がるほど民有地の面積が広がるために、買収費の確保とともに転居する住民の理解をどのように得るかが大きな課題となる。スーパー堤防として整備することが有効な方法の1つと考えられる。

c) コスト算定のための基礎資料

12)と同様に植樹費として 3000 円/m²を設定する方法もあるが、河川沿いという特性を踏まえ自然に生長するものとして計上しない。

14) 調整池の整備

a) 概要

都市化が進み不浸透面積率が高いため、調整池を設けることで降雨時の雨水排出を調整し、洪水防止や負荷貯留の効果を果たす。

b) 改善効果に関する知見

極めて都市化が進んでいる鶴見川流域では、約 2000 箇所（約 250 万 m^3 ）もの調整池の整備により、平成 11 年の豪雨において亀甲橋地点での水位が 50cm 低下する効果が得られている²⁴⁾。

c) コスト算定のための基礎資料

愛知県宝飯郡小坂井町の事例(浸透式調整池設置事業)²⁵⁾から、50000 円/ m^2 （深さ 3m）と設定する。

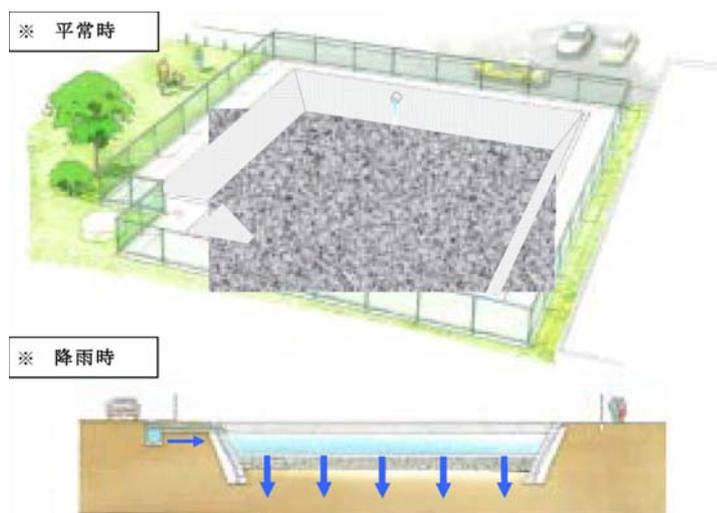


図- 5.1.3.3 調整池の整備イメージ（愛知県宝飯郡小坂井町の事例）²⁵⁾

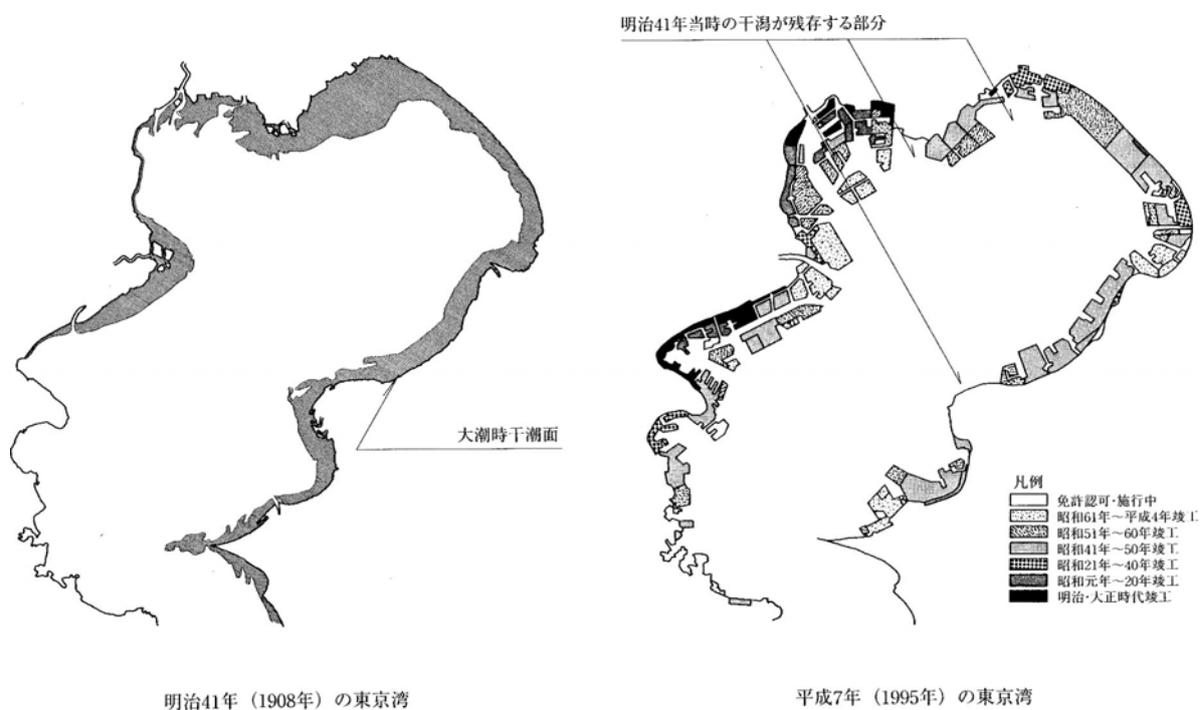
15) 干潟・アマモ場の造成（東京湾）

a) 概要

干潟やアマモ場の浄化機能を活用することにより、東京湾の浄化を図るとともに、人々が水辺で触れ合える空間を創出する。

東京湾の沿岸地形は、明治以後、港湾と埋め立てによる臨海工業地帯の造成により、徐々に改変が進んだ。昭和初期には、川崎沖を主とする京浜工業地帯の造成が進み、昭和 35 年～昭和 45 年頃に東京湾北岸・東岸を主とした大規模な埋立地造成が進行した。

こうして、近年では図・5.1.3.4に示すように、自然の干潟は小櫃川、三角州前面の盤州、江戸川放水路河口の三番瀬、旧江戸川河口の三枚州に限られ、変わって小規模な人工海浜が数ヶ所につくられている²⁶⁾。



図・ 5.1.3.4 東京湾の沿岸地形の変遷²⁷⁾

b) 改善効果に関する知見

干潟の浄化機能については 3. でモデルに組み込んであるが、他にも多くの研究が行われている²⁸⁾⁻³¹⁾。アマモの浄化機能については、アマモの HSI が 1 の時(被度 100%)の 1m²あたりの窒素浄化量を、屋外の水槽実験結果より 20mgN/g plant N/day と設定し³²⁾、被度と株数の関係²⁹⁾、単位株あたりのアマモの重量³³⁾、アマモ体中の窒素重量割合³⁴⁾から 90mgN/m²/day とおく。また、リンについては、アマモ体中の窒素とリンの重量割合が 4.8 : 1 であることから³⁵⁾、その浄化量を 18 mgP/m²/day と設定することにより、水物質循環モデルに組み込むことができる。

c) コスト算定のための基礎資料

水島港玉島地区港湾環境整備（人工干潟）³⁶⁾から 14000 円/m²とする。東京湾湾奥地区
海域環境創造・自然再生事業（関東地方整備局）³⁷⁾、広島市佐伯区の五日市人工干潟再生
事例³⁸⁾などの他の事例と比較しても適切な単価だと考えられる。

(3) 水環境改善施策の実施効果の評価方法

抽出した水環境改善施策を行った場合の効果について、水物質循環モデルを用いて定量的に評価する方法のポイントについてそれぞれの施策毎に下記に示す。

1) 施策群 1：社会資本整備による環境負荷の削減

①下水道整備

下水道整備率を市町村単位で任意に設定することにより、下水道の整備が進んだ場合の水質改善効果を算定する。各メッシュには、生活排水処理形態毎の人口が設定されているが、下水道整備率の上昇に伴いメッシュ内の下水道整備人口を増加させるとともに、その増加分だけ浄化槽やし尿処理場等による下水道未整備人口を、処理形態毎の按分によって減少させた。

また、下水道処理水量の算定にあたっては、下水道整備区域内の水道使用量と下水処理水量の差分である不明水量（下水道管への地下水滲入）が問題となるが、不明水量が下水道整備区域内の水道使用量に比例すると仮定し、下水道整備に伴い不明水量も増加するものとした。

なお、各メッシュから発生する下水は、当該メッシュに対応する処理場で処理・排水されるものとし、処理場からの放流水質は変化しないものとする。

②合流改善

合流式下水道では、雨天時には処理場の容量を超えた分の生活系汚濁負荷が未処理のまま流出している。閉鎖性の高い東京湾の水質形成機構を検討する上で、流入する汚濁負荷の総量を再現することは重要であるため、本モデルでは合流式下水道における雨天時汚濁負荷流出を簡便な方法でモデル化している。

本モデルでの現況再現では日降雨量が 5mm 以下については下水処理場からの排水水質は通常の処理後の排水水質を与えているが、日降雨量が 5mm を超過する場合は、汚水が処理場を経由せずに直接公共水域に排出されるという設定とした。すなわち、日降雨量 5mm 超過分については無処理相当水質分が排出される。合流改善においては貯留施設による対応やポンプ所などの施設運用（RTC）により初期雨水貯留の機能を拡大させるものである。また、雨水排水と汚水排水は異なる場所で行われているケースが多いが、ここでは同一地点で排出されるものとする。

③下水の高度処理化

本モデルで対象とする 119 箇所の下水处理場からの排水水質は下水処理場毎に実績値を与えている。高度処理の対象とする下水処理場からの放流水質を与えることができる。

④単独浄化槽の合併処理化

し尿のみが処理される単独処理浄化槽では、台所や風呂から排出される生活雑排水が無処理のまま排出されるので公共用水域の水質改善において重大な問題となっている。そこ

で既設の単独処理浄化槽を合併浄化槽に転換することとし、各メッシュには、生活排水処理形態毎の人口が設定されているので、転換率に応じて単独処理浄化槽人口を合併浄化槽人口に転換することができる。

⑤高度処理合併浄化槽の整備

下水道整備区域外の地域において、高度処理合併浄化槽が整備された場合の水質改善効果を算定することができる。整備率に応じて各メッシュ毎に高度処理合併浄化槽処理人口を設定するとともに、その増加分を高度処理合併処理浄化槽の未整備人口から、処理形態毎に按分することによって減少させるようになっている。

⑥透水性・保水性舗装の整備

道路面の透水性および保水性を改善し、降雨流出の抑制に伴う路面濁負荷流出抑制による水質改善効果を算定する。道路面の透水性・保水性改善は流域内の市街地一律に行われるものとする。

また具体的なパラメータの変化について、東京湾流域では、土地利用は「森林」、「水田」、「畑」、「荒地」、「市街地」、「その他」の6種類に区別されており、このうち「市街地」は国土数値情報の「7.建物用地」と「9.幹線交通用地（鉄道や道路）」から成る。このため、市街地メッシュのうち道路用地面積に対する透水性・保水性舗装の整備割合を設定する。貯留および浸透を考慮する必要があるので表層モデルの最終浸透能と表面発生高さについて荒地の値を用いる。市街地の道路面積割合を6%と見積もり、この道路部分について表層モデルの最終浸透能と表面発生高さを荒地と同等と設定し、 $100x$ （%）の整備に応じた市街地エリアの最終浸透能および表面発生高さを(式-5.1.3.1) (式-5.1.3.2)により設定する。

$$1.0 \times 10^{-5} \times (1-0.06x) + 5.0 \times 10^{-5} \times 0.06x \quad (\text{cm/s}) \quad (\text{式- 5.1.3.1})$$

$$5.0 \times 10^{-3} \times (1-0.06x) + 1.0 \times 10^{-2} \times 0.06x \quad (\text{m}) \quad (\text{式- 5.1.3.2})$$

2) 施策群 2：自発的または誘導型の環境行動の実践

⑦環境保全型ライフスタイルの転換

流域の住民が水の使用量や排出する汚濁負荷を極力削減する「環境保全型ライフスタイル」への転換に取り組んだ場合の水質改善効果を算定する。ここではライフスタイルの転換により人口一人あたりの水道使用量が減るものと仮定し、水使用量原単位を一定率減じる。同時に、単独浄化槽・し尿処置・自家処理・未処理の世帯からの排出負荷量が減るものと仮定し、雑排水の除去率を一定率減じる。

⑧環境保全型農業

施肥に伴う面源汚濁負荷流出を削減する環境保全型農業が実施された場合の水質改善効果を算定する。モデル上では水田・畑のメッシュを対象に、表層タンクの極限堆積負荷量および不飽和タンクの極限溶脱量を設定割合に応じて減少させることができる。

⑨下水処理水の再利用（中水道の整備）

下水処理水をそのまま水域に放流せず流域で再利用した場合の水質改善効果を算定する。本モデルにおいては、下水処理水を再利用する割合を設定し、再利用した割合だけ使用量および下水処理水の放流量を減少させている。排水水質については変化させていない。

⑩家畜し尿の農地還元

家畜し尿を肥料としての農地還元した場合の水質改善を評価する。本モデルでは、家畜し尿の農地還元量に応じて従来の化学肥料等が減少するとして、農地還元した分だけ家畜し尿による汚水排出負荷が減少するとした。

⑪各戸雨水貯留・浸透施設の設置

流域内の家屋が敷地内に雨水貯留施設を設置した場合の水循環への影響及びそれに伴う水質改善効果を算定する。ここでは雨水貯留施設の中に屋上緑化による貯留機能を含むものとする。モデル上では市街地メッシュを対象に、設置面積分の表層タンクの最終浸透能が荒地の最終浸透能になるものとする。市街地メッシュのうち建物用地面積に対する雨水貯留浸透施設設置割合を設定する。貯留も考慮する必要があるため発生高さも全て荒地の値を用いる。

本検討では、市街地に全貯留容量が A (m^3) である雨水貯留施設を建設したとき、表層モデルにおける最大貯留量である「流域市街地面積 $\times S_{f2}$ (m^3)」が A (m^3) 増加すると仮定する。つまり、この雨水貯留施設の建設によって、表面流の発生する高さ S_{f2} (m) が「 $A/\text{流域市街地面積}$ (m)」増加すると考える。

また具体的なパラメータの変化について、雨水貯留施設は通常、建物の屋根や壁面に降った雨を貯留するものであるため、対象地域における雨水貯留のポテンシャルは、地域における「建築面積」（建物外周の柱や壁の中心線で囲まれた部分の水平投影面積）の総和について荒地の最終浸透能および表面発生高さを与えることで評価する。

まず「建築面積」は、以下の式で評価されるものとする。

$$\text{「建築面積」} = \text{「7.建物用地」} \times \text{建坪率}$$

なお建坪率とは建築面積を敷地面積（ここでは「7.建物用地」と考える）で割った値であり、本システムでは50%を仮定する。

さらに、市街地の建物用地面積割合を94%と見積もり、この部分について表層モデルの最終浸透能と表面発生高さを荒地と同等と設定し、 $100x$ （%）の整備（建坪率 $100y$ (%)）に応じた市街地エリアの最終浸透能および表面発生高さをそれぞれ(式-5.1.3.3) (式-5.1.3.4)により設定する。

$$1.0 \times 10^{-5} \times (1-0.94xy) + 5.0 \times 10^{-5} \times 0.94xy \quad (\text{cm/s}) \quad (\text{式- 5.1.3.3})$$

$$5.0 \times 10^{-3} \times (1-0.94xy) + 1.0 \times 10^{-2} \times 0.94xy \quad (\text{m}) \quad (\text{式- 5.1.3.4})$$

3) 施策群 3 : 自然環境の再生・土地利用の改変

⑫市街地の緑地化

モデル上では、各メッシュについて土地利用区分における「市街地」のうち、任意の割合で「森林」区分に変更する。

⑬堤外地も含めた河川沿いの緑地化

河川沿いに任意の距離のバッファを発生させ、該当するメッシュについて土地利用区分を森林に転換する。

⑭調整池の整備

市街地メッシュを対象に、表層タンクの表面流・早い中間流の発生高さを調整池のボリューム相当分に応じて高くする。

⑮干潟・アマモ場の造成（東京湾）

3.で水物質循環モデルの東京湾への適用条件に示した通り、三番瀬、盤洲干潟については I-N、I-P の溶出速度の設定において干潟の浄化機能を考慮している。東京湾の沿岸に干潟を再生することにより、同様の設定をすることで浄化機能の効果を評価することができる。

なお再生エリアの設定にあたっては、明治 41 年当時の干潟が残存する荒川・旧江戸川、江戸川放水路、小櫃川の河口干潟・浅場を保全するとともに、地形勾配が比較的緩やかな湾奥部（花見川河口沿岸域）に干潟・浅場を再生することを想定する（図・5.1.3.5）。なお、多摩川河口域もかつて広大な干潟が存在したが、河口域の埋立が進んだ現状では、海底勾配が急であるため、当河口域の干潟再生は想定しない。

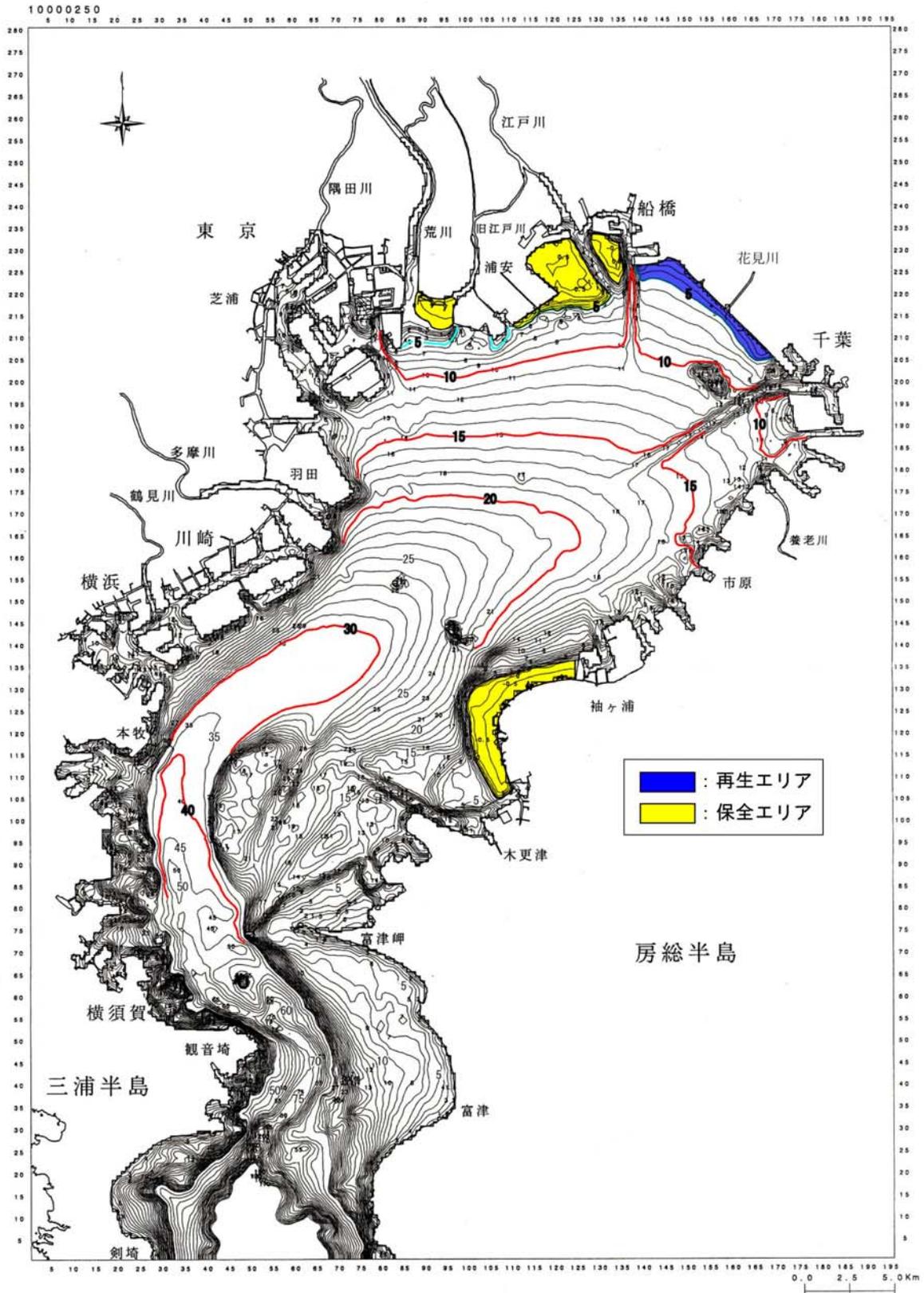


図- 5.1.3.5 東京湾干潟・浅場の保全・再生エリアの想定図

参考文献

- 1) (社)日本下水道協会：流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説，1999.
- 2) 全国建設研修センター：下水計画の手引き，1996.
- 3) 東京都下水道局：新合流改善クイックプラン，pp13, 25, 2004.
- 4) 東京都下水道局：報道発表資料，2002.
<http://www.metro.tokyo.jp/INET/CHOUSA/2002/02/60C2E205.HTM>
- 5) 和田安彦：ノンポイント汚染源のモデル解析，技報堂出版，1990.
- 6) 東京都千代田区：千代田区環境配慮指針，2000.
<http://www.city.chiyoda.tokyo.jp/service/sumai/kankyo/hairyohairyo.htm>
- 7) 環境庁水質保全局水質規制課：生活雑排水対策マニュアル，1985.
- 8) 國松孝男・村岡浩爾：河川汚濁のモデル解析，技報堂出版，pp.217-224，1989.
- 9) 大久保卓也：湿地，内湖での既存の調査事例，滋賀県琵琶湖研究所プロジェクト研究報告書 01-A01 湖内現象を考慮したノンポイント負荷削減対策の検討，滋賀県琵琶湖研究所，pp.348-358，2002.
- 10) 服部明彦：湖沼汚染の診断と対策，日刊工業新聞社，1988.
- 11) 平山力・酒井一・間谷敏邦・岡野博文：茨城県農業試験場研究報告，25， pp.147-164，1985.
- 12) 滋賀県農業総合センター：堆肥ならびに被覆緩効性肥料利用による輪換畑小麦からの窒素流出軽減対策，1993. <http://www.pref.shiga.jp/g/nogyo/files/ga36d1039317.html>
- 13) 滋賀県農業試験場ら：琵琶湖－淀川水系における農業廃水の水質改善に関する研究，1985.
- 14) 国土交通省水資源部：雑排水の利用
http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/g_resources/resources01.html，2004.
- 15) 日本下水道協会：水道施設設計指針・解説、日本下水道協会，1990.
- 16) 東京都：事務事業評価票（広域中水道事業（多摩ニュータウン））
<http://www.metro.tokyo.jp/INET/CHOUSA/2000/01/DATA/60A1JS00.PDF>，2004.
- 17) 那須良：有機残渣の循環系構築に向けた再資源化技術と収集システムの最適設計手法，京都大学学位論文，2001.
- 18) 江藤剛治・中西祐啓・栗田秀明：都市雨水貯留施設の水質改善および利水効果評価式の実用化、土木学会論文集、423/II-14，1990.
- 19)住宅・都市整備公団 建築部：都市型総合水循環システムの実用化に関する研究報告書，1995.
- 20) 森山正和編：ヒートアイランドの対策と技術，学芸出版社，pp88-89，2004.
- 21) 広島県：環境配慮事例の概要
<http://www.pref.hiroshima.jp/eco/h/h2/gaidorain/image/kankyouhairyozirei/kentikuzir ei40.pdf>
- 22) セキスイエクステリア WebSite：<http://ys21.jp/green/005.html>

- 23)国土交通省都市・地域整備局：中津市中心市街地活性化地区まちづくり事業計画
<http://www.mlit.go.jp/crd/machi/machiso/data/009nakatsusi.pdf>, 2002.
- 24)国土交通省関東地方整備局京浜工事事務所:鶴見川とその流域の再生ー流域水マスタープラン策定に向けた提言ー, 2002.
- 25)国土交通省：記者発表資料, 2005.
<http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/04/040510/03.pdf>
- 26)貝塚編：東京湾の地形・地質と水, 築地書館, pp.16-17, 1993.
- 27)財団法人港湾空間高度化センター、港湾・海域環境研究所：港湾における干潟との共生マニュアル, 1998.
- 28)中田喜三郎, 畑恭子：沿岸干潟における浄化機能評価, 水環境学会誌, Vol. 17(3), pp158-166, 1994.
- 29) 青山裕晃, 鈴木輝明：干潟の水質浄化機能の定量的評価, 愛知県水産試験場研究報告, Vol. 3, pp17-28, 1996.
- 30) 千葉県土木部・千葉県企業庁：市川二期地区・京葉港二期地区計画に係る補足調査結果報告書現況編 I (物質循環と浄化機能), 1999.
- 31) 桑江朝比呂, 細川恭史, 木部英治, 中村由行：メスコスム実験による人工干潟の水質浄化機能の評価, 海岸工学論文集, Vol. 74, pp1096-1100, 2000.
- 32)飯泉仁：海草類の栄養塩取り込みについて, 月刊海洋, Vol.21, No.6, pp317-321, 1989.
- 33)生物の多様性分野の環境影響評価技術検討会：生物の多様性分野の環境影響評価技術(Ⅱ)生態系アセスメントの進め方について 生物の多様性分野の環境影響評価技術検討会中間報告書, 2000. <http://assess.eic.or.jp/houkokusho/tayousei0008/>
- 34)輪島毅, 有松健, 伊東永徳, 豊原哲彦, 吉澤忍, 福島朋彦：東京湾藻場分布調査ーアマモ場調査のまとめー, 日本海洋生物研究所 年報, pp31-37, 2004.
- 35)平塚純一, 山室真澄, 石飛裕：アマモ場利用法の再発見から見直される沿岸海草藻場の機能と修復・創生, 土木学会誌, vol.88, no.9, pp79-82, 2003.
- 36)岡山県事業評価監視委員会：岡山県公共事業の再評価について, 2005.
<http://www.pref.okayama.jp/doboku/kanri/saihyouka17.pdf>
- 37) 国土交通省：平成15年度予算に向けた事業評価等実施状況の概要
<http://www.mlit.go.jp/yosan/yosan03/ptyosan/05.pdf>
- 38) 中国新聞：里海いまみらい瀬戸内法30年, 2003.
<http://www.chugoku-np.co.jp/kikaku/satoumi/w031006.html>

