

4 自然共生型国土形成シナリオの検討

4.1 東京湾流域を対象にしたケーススタディ

4.1.1 課題の整理

(1) 水物質循環の観点から

東京湾流域圏においては、高度経済成長期以降、首都郊外の土地開発が活発に進められることにより、生物の生息生育環境が大きく変質してきた。水環境については、図-4.1.1.1に示すとおり、東京湾の水質悪化が河川と同様に1950年代後半から顕著になり、1970年頃にピークに達した。東京湾に対しては、流域からのインパクトに加えて、干潟の埋め立てを中心とする直接改変のインパクトも作用しているが、東京湾の水質改善には流域から発生する負荷量の削減の取り組みが不可欠である。

そこで流域からの汚濁負荷量の削減を目指して、1978年にはCODの総量規制制度が導入された。現在は、2009年度を目標とする第6次総量規制のための汚濁負荷量の総量の削減に関する基本的な事項を定める総量削減基本方針の策定が環境省により進められている¹⁾。また公共用水域の水質環境基準を達成維持するための下水道整備を効果的に実施することを目的として、東京湾流域下水道整備総合計画が平成24年を目標年次として平成9年に策定されている²⁾。このような法的な規制や計画は水質改善に大きな役割を果たしてきたが、栄養塩である窒素、リンの流入による植物プランクトンの増殖による有機物の増加による赤潮や青潮の発生が定常化する状況が続いている。

このように、東京湾流域圏には、流域の自然システムに負担をかけながら都市的活動様式を拡大させていくという流域圏に関わる問題の構図が端的に現れており、自然共生型流域圏の形成に向けた施策検討に最も適した対象の1つである。

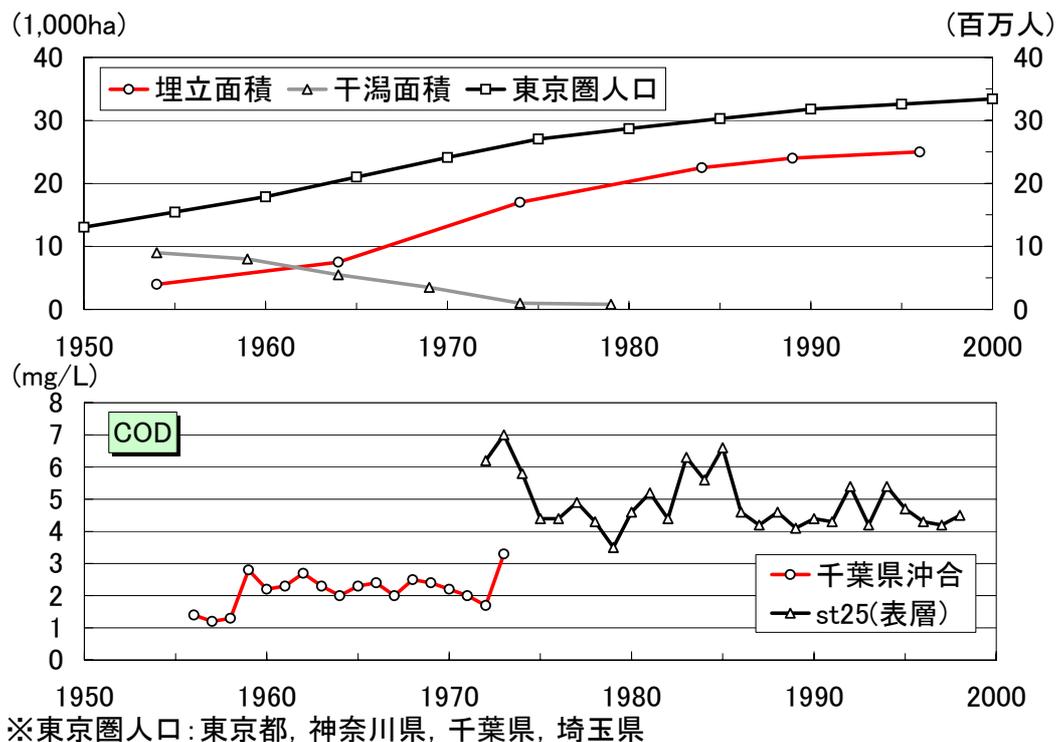


図-4.1.1.1 東京湾流域の人口、干潟面積、埋立及び水質の経年変化³⁾

(2) 陸域生態系の観点から

明治以降、首都圏をはじめとする大都市圏では、人口の急増とともに土地利用の開発が進み、山林や田畑など農地が減少し、都市の中心部だけでなく都市郊外まで都市化が進んだ。このような土地利用の変化により、農地、山間地が育んできた多様な生物のすみかは減少あるいは劣化している。また現在残存している農林地についても宅地や舗装された道路により分断が進み、そこに生息する生物の往来を妨げる状況が見られる。また、農林業の衰退と相まって、山林や農地の管理放棄が進むことにより、景観や生物多様性の劣化が懸念されている。

したがって、生物の生育生息環境を確保するためには、森林および里地里山の管理体制を整備するとともに、生物生息場を考慮した農地・公園などの適正配置を行うなどエコロジカルネットワークの保全・再生技術を開発、適用していくことが求められる。

(3) 水域生態系の観点から

河川においては、河岸のコンクリート化、直線化により動植物の生息環境の消失、分断化が生じ、横断工作物等の設置に伴う魚類等の遡上が阻害され、河川と水田・用排水路等の分離に伴い、生息・生育環境が悪化している。また、ダム等の建設・運用に伴う流況の平滑化及びそれに伴う土砂移動、河道地形の変化より、河道内の生態系に変化が生じている場合がある。

一方、沿岸域の埋立の進行により、藻場・干潟や浅場が消失し、水生植物の生育適地が減少するとともに、富栄養化の進展により藻類の著しい増殖や汚濁底質における酸素消費による DO の大幅な低下が生じ、魚類や底生動物の生息環境が悪化している。また、藻類の増殖等による懸濁物質の増加は透明度を低下させ、沈水性の植物の生息環境を悪化させる恐れがある。1990 年代以降、埋立等、場の変化量は小さくなったものの、海域水質は横ばいであり、アサリ等の水産生物の漁獲量が低下している。



図- 4.1.1.2 東京湾の海岸線の変遷

(4) 熱環境の観点から

ヒートアイランド現象は 100 年以上前から観測されてきた現象であり、近年ますます深

刻な問題となっている。気象庁によれば、東京都の年平均気温はこの100年で約3度上昇したと言われている。しかし空気中の二酸化炭素やメタンといった温室効果ガスの増加による地球温暖化に起因する気温上昇量は100年間で約1度と考えられており、いかに東京の気温上昇が深刻であるか伺える(図-4.1.1.3)。こうした現象は都市によく起こるもので、周辺地域に比べて数度気温が高くなり、等温線を描くと地図上の等高線に似ていることからヒートアイランド(熱の島)と呼ばれる。

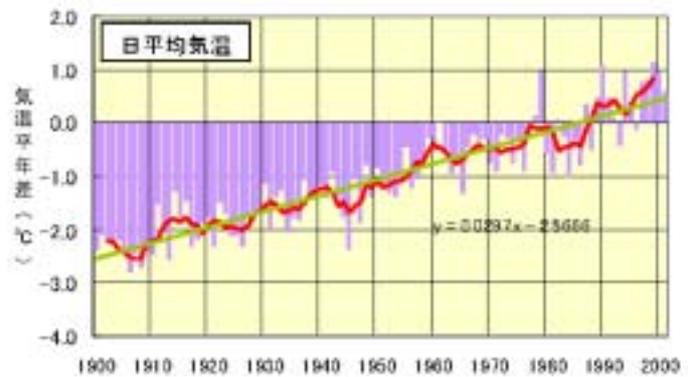


図-4.1.1.3 東京の年平均最低気温の経年変化⁴⁾
(1901~2000年)

この都市気候を支配する主なものとしては、次のことが考えられる。

- ◆ アスファルトの道路は昼間の太陽の熱で深層まで高温となり、夜間に蓄積された熱が放出される。
- ◆ 人工被覆の増加により緑地面積等が縮小されることで、植物や地表面からの水分蒸発量が減少し、蒸発潜熱が減少する。
- ◆ 都市への人口集中により各種のエネルギーの使用量が増え、人口排熱量が増加する。高層建築物などの壁面で多重反射するため、都市の構造物が加熱されやすくなる。

(5) 水物質循環に関する過去再現の試み

1) 過去再現の試みの意義

閉鎖性水域の水環境の変化は長期にわたることが一般的である。大局的な政策検討の方向性を検討する上で、水環境が良好であった時期から悪化に至るまでの変遷過程を再現することは重要であり、これまでも過去から現在までの水質再現の試みが行われている⁵⁾⁸⁾。

これらの検討において、流域からの流入負荷量は①原単位法、②流入河川のL-Q式と流量、③平均流量と平均水質、などの方法により算定される。これらの手法の問題点としては、面源負荷や合流式下水道越流水のような雨天時汚濁負荷の流出形態を十分に考慮していないこと、全ての流入河川については評価していないこと、②の方法については、L-Q式を平水時の実測値に基づき作成しているために、降雨時の流入負荷を過小に評価されている可能性があること等が挙げられる。分布型の流域水物質循環モデルは上記の事項をある程度考慮でき、また、流域の土地利用形態や産業構造、人口分布の変化を考慮した流域から閉鎖性水域までの長期的な環境変遷を総合的に分析する上で有用である。

今後の政策検討に向けた方向性の議論を深める上で、大局的に水環境の変遷を理解することが必要であると考え、本論では3.2.1で構築した東京湾に適用した流域水物質循環モデルを用いた過去から現在までの東京湾と流入河川の水質再現を試みた。この結果をふまえて、水環境悪化の原因の理解に資する情報を得る。

2) 東京湾流入河川における過去再現

過去の再現計算を行う年度は東京湾の水質がまだ良好であった 1950 年、水質悪化が著しかった 1970 年および水質汚濁防止法制定後の 1976 年とし、表- 4.1.1.1 に示す流域条件および原単位のもとで各設定年度の年間計算を行った。なお、過去再現計算時の条件設定に際しては、極力、再現年当時のデータ収集に努めたが、当時の知見がない条件については、近傍の年の情報がある項目については内挿あるいはトレンドから求め、また、それらの知見も無く、水物質循環へ与える影響が大きいと考えられる項目については現況と同じ値を設定した。

はじめに、東京湾への流入負荷量の変遷について、運輸省港湾技術研究所等による⁹⁾ 既往調査結果を集約した値(図中の灰棒)とモデルによる計算結果(図中の丸)を比較したものを図- 4.1.1.4 に示す。流入負荷量は、全体として既往調査結果とほぼ同程度の値が得られたと言える。

次に、モデルによる過去の河川水量および河川水質の再現性を調べるため、河川流量 10 地点、河川水質 4 地点について計算値と実測値の比較を行った(観測実績がない地点、項目を含む)。その例として、利根川・栗橋地点における河川流量について 1976 年および 1950 年の再現計算結果の年間変動を図- 4.1.1.5 に示す。1976 年については良好に再現できているが、1950 年は低水時の再現性が不十分である。この理由としては当時の雨量観測地点数が疎であり、利根川上流域の山間部は降雨量の少ない前橋地点のデータを用いているために、春の融雪期及び夏の出水後において流量の再現性があまり良好でないことが考えられる。このことは現象のモデリングの解像度向上とモニタリングデータの充実が不可分であることを示唆するものである。この他、1950 年については 1976 年の土地利用データを用いて計算していることの影響も考えられる。

次に荒川・寄居地点、大芦橋地点における河川流量について 1976 年の再現計算結果の年間変動を図- 4.1.1.6 に、荒川・笹目橋地点における河川水質について 1976 年および 1950 年の再現計算結果の年間変動を図- 4.1.1.7 に示す。COD 値については、1976 年 6、7 月に実測と異なる傾向を示す部分がみられた。その他の流量および水質については、現況再現と同様に過去再現についてもモデル計算によって河川流量・水質の時間変化特性を概ね再現できている。実測データが得られた他の地点、年次においても概ね同様の結果が得られた。1950 年では流量は栗橋地点のみで、水質については観測地点が全くないために検証を行うことはできないことから、改めて観測データの重要性が浮き彫りになったといえる。以上から、過去から現在までの東京湾における水環境の変遷の理解に資する情報を得られるものと判断した。

表- 4.1.1.1 現況および過去の設定条件

	現況(2001年)	1976年, 1970年	1950年
流域地形等	50mメッシュ標高データ, 国土数値情報(1981)		
河川流路	50mメッシュ標高データより落水線計算		
流域分割	流総(1997)をベースに50mメッシュ標高データより作成		
気象データ	アメダス観測所・測候所日データ(各年)		
人口	地域メッシュ統計(2000)	国勢調査(調査年以外は線形補間)分布は現況のメッシュ人口に比例	
上水道			
取水量	水道統計(2001)の県別一人あたり水道取水量から, 地下・地表別取水量を算出し, メッシュ人口を乗じて算定	一人あたり使用量経年変化(水資源白書)から現況との比率を求め, 県別一人あたり取水量を算出し, メッシュ人口を乗じて算定 地下・地表別取水割合は現況と同じとするが, 1950年の埼玉, 群馬, 茨城, 栃木は全量を地下取水	
大規模取水	関東地建水利権一覧(1996)の水利権5m ³ 以上の堰を対象	東京, 神奈川, 千葉の大口取水は現況と同様	
処理形態別人口			
下水道	下水道統計(2003)(人口集中メッシュに割り振る)	現況との線形補間により推定(処理場の有無は下水道統計の稼働開始年より)	
下水道以外	県別処理形態別人口割合(H14環境統計集)を下水道以外人口に乗ずる	全国ベースの処理形態別人口割合の経年変化(世界水フォーラム資料2003 ¹⁰)を, 下水道以外の市町村人口に乗ずる	
下水処理場			
処理水量	市町村別人口に下水道普及率および一人あたり水道使用量を乗じて算出		
処理水質	実測放流水質(2001)		
土地利用	国土数値情報(1997)	国土数値情報(1976)	
農業用水			
取水量	田・畑面積に期別減水深を乗じて算出, 水資源白書(2003)から地表水・地下水利用割合を算定		
大規模取水 給水範囲	関東地建水利権一覧(1996)の水利権5m ³ 以上の堰を対象 かんがい用水地域現況図(1973), 利水現況図(1981)		
工業用水取水量	工業統計表(2001)をもとに, 都県別の地下水取水, 地表水取水を算出し, 工業統計メッシュ(2000)のメッシュ毎製造品出荷額に比例するとしてメッシュに分配	工業統計の出荷額の現況との比率から算出したメッシュ毎製造品出荷額と淡水使用量から算出 地下水取水. 地上水取水比率は現況と同様	
家畜頭数	農林業センサス(2001)	農林業センサス(1950~)の県別頭数を現況割合で割り振る	
負荷量原単位			
生活系	流総指針(1999)	流総指針(1974)	
工業系	細分類別排水量原単位および排水水質原単位(流総指針(1999)), 淡水使用量および工業出荷額(工業統計)をもとに算出し, 水質規制値(東京都上乘せ基準等), 除去率等を考慮して決定		
家畜	BOD: 流総指針(1999), COD, N, P: 東京湾流総(1997)		

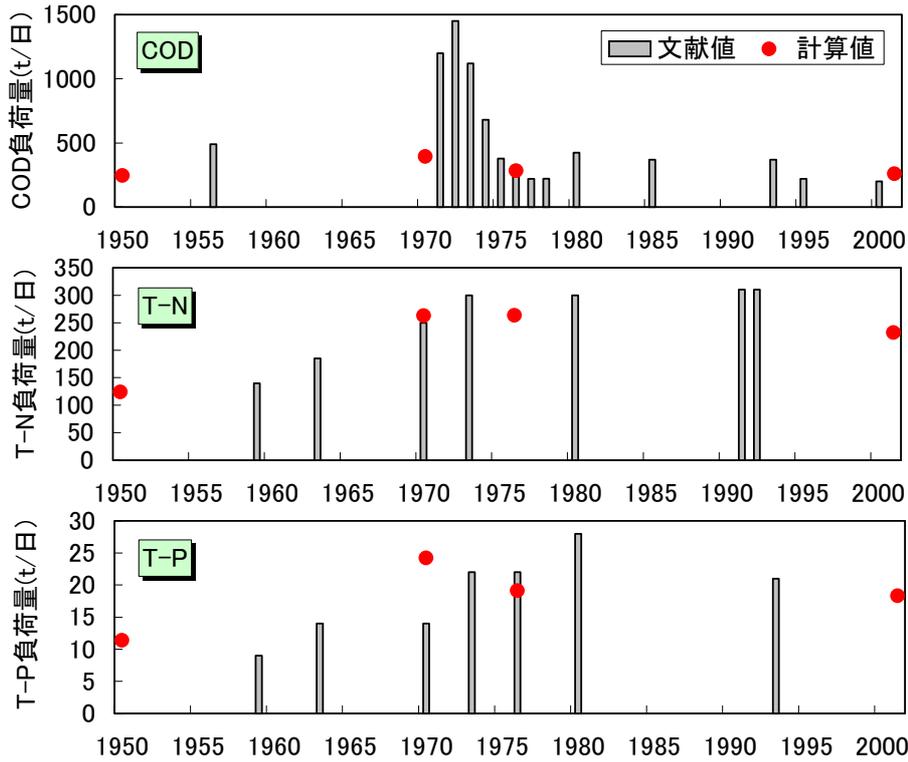


図- 4.1.1.4 東京湾への流入負荷量の変遷(棒グラフの値は文献9) による)

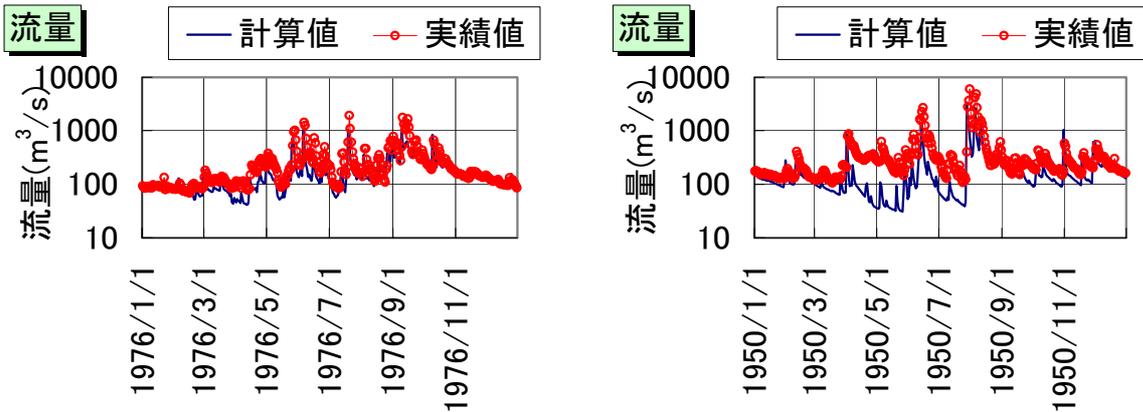


図- 4.1.1.5 河川流量の実測値と計算値(利根川・栗橋地点)
(左：1976年、右：1950年)

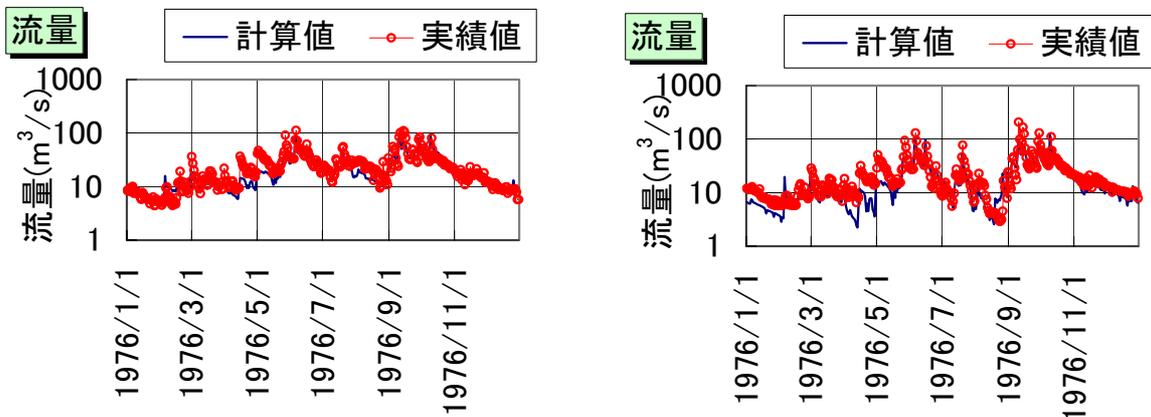


図- 4.1.1.6 河川流量の実測値と計算値(荒川・1976年)(左：寄居地点，右：大芦橋地点)

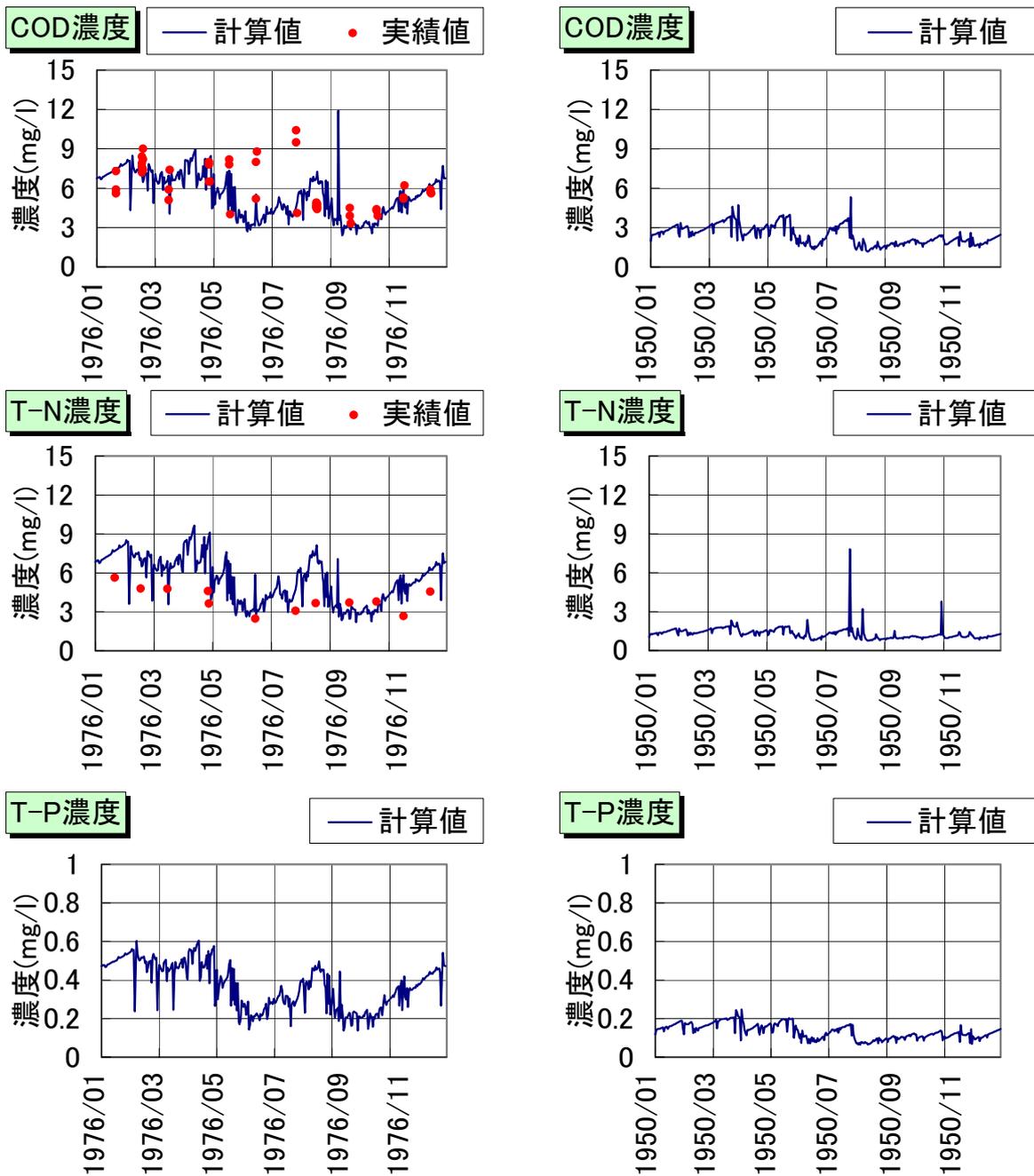


図- 4.1.1.7 河川水質の実測値と計算値(荒川・笹目橋地点)(左：1976年、右：1950年)

また、主要河川の水質測定地点における河川水質の経年変化について、図- 4.1.1.8に実測値(図中の実線)と計算値(図中のプロット)の比較を示す。実測値は年間の測定値の平均値、計算値は1年間の日平均水質の平均値である。CODについては計算結果は高水時における水質も含めた平均値で評価していることもあり、鶴見川などでは実測値よりも高めに出ているものの、計算結果は実測値と同様のトレンドを示している。T-Nについては実測値が全体的に増加傾向にあるのに対して、計算結果は1970年をピークにゆるやかな減少傾向をみせており、過去からのトレンドと再現性については課題が残されている。なお、T-Pについては、現況の計算結果は概ね実測値と一致している。

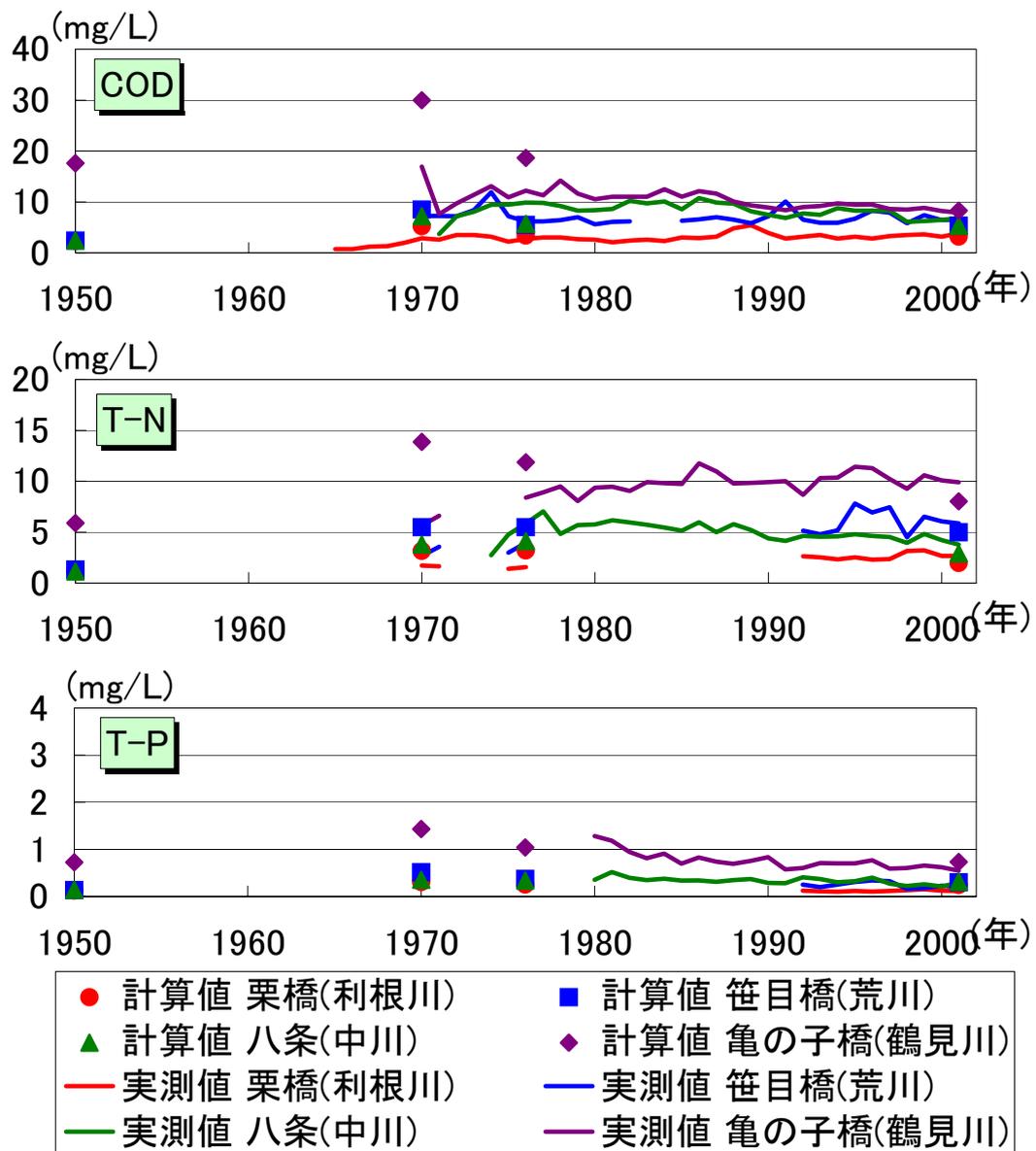


図- 4.1.1.8 東京湾流入河川の流入水質の変遷

3) 東京湾における水環境悪化の変遷の把握

流域の水環境の変遷による東京湾の水質変化を再現するために、流域モデルによる流入量、流入負荷量の計算結果を用いた東京湾の水質再現計算を行った。過去再現を行う際の境界条件は、沿岸地形は東京湾における埋め立ての変遷データ⁹⁾をもとに、潮位は海上保安庁 HP の潮汐推算をもとにそれぞれ当時の条件を設定し、その他の条件については現況と同じ設定で計算を行った。なお、文献⁹⁾から当時干潟があったと考えられる沿岸域については干潟の浄化機能を現況と同様に無機態窒素の溶出速度に反映させている。図-4.1.1.9に湾内の公共用水域水質調査地点における COD 実測値(年平均値)の経年変化(図中の実線)とモデル計算による年平均値(図中のプロット)の比較を示す。また、図-4.1.1.10に COD が最も高い値を示す7月における COD の計算結果の平面分布を示す。水質が良かった過去から1970年代前半に水質が悪化し、その後改善し現在に至るといふ水環境の大局的な変遷については、概ね再現できたと考えられる。

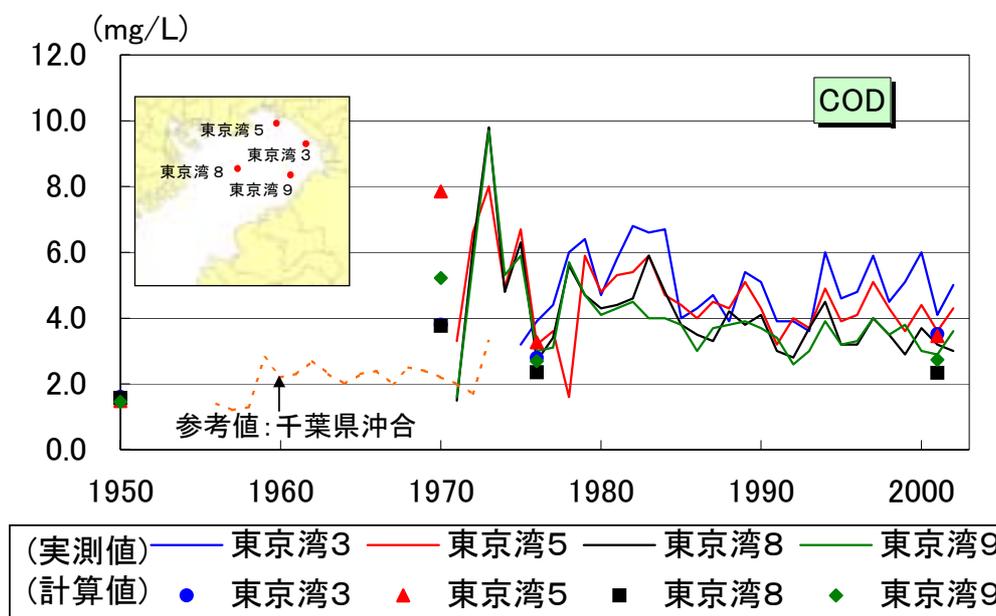


図- 4.1.1.9 東京湾の実測水質の変遷と計算結果との比較(COD)
(参考値は文献 3)による)

4) 水環境の悪化要因の理解

以上の過去および現在の再現結果を用いて、東京湾において水質が悪化した原因について、過去と現在の負荷量比較から検討する。東京湾流域における発生負荷量を内訳別に示し、その変遷を整理したものを図-4.1.1.11に示す。各水質項目ともに1970年の工業系負荷が非常に大きな値を示しており、同時期の東京湾流入負荷が増大した原因が工業系の発生負荷にあることが分かる。また、水質汚濁防止法による COD の排出基準が定められたことにより、1970年から1976年にかけて東京湾流域における発生負荷量は減少しているが、それ以降はあまり改善がみられていない。1976年から現況までに、下水道整備率は約30%から約80%へと増加しているが、一方で流域人口も約2,400万人から約2,900万人と増加しており、1976年と2001年の生活系全体の発生負荷量(図-4.1.1.11の「下水道処理」)

と「下水道以外」の和)を比較すると、下水道による除去率が大きいCODでは減少しているが、T-NやT-Pでは増加している。以上のように、東京湾流域における発生負荷量が減少しない原因は生活系負荷がその一端を担っていると考えられ、これらの負荷の削減が求められる。

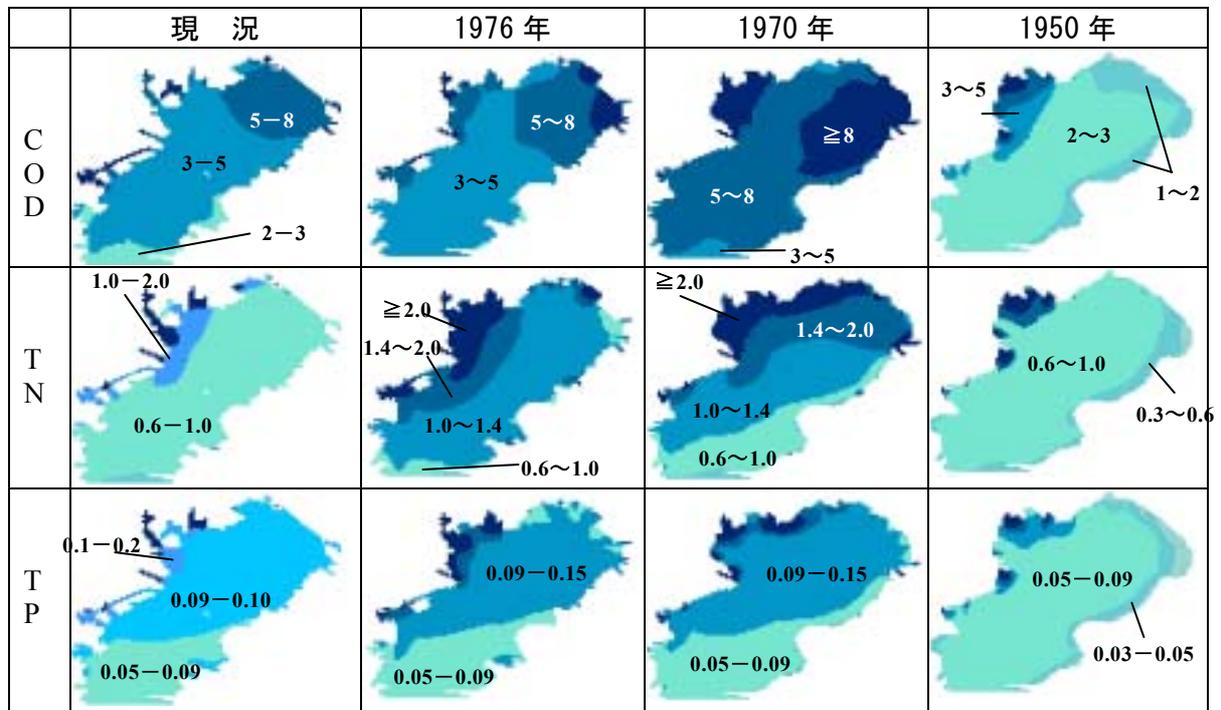


図- 4.1.1.10 東京湾の水質の再現計算 (表示している日時は各年の7月15日12時)

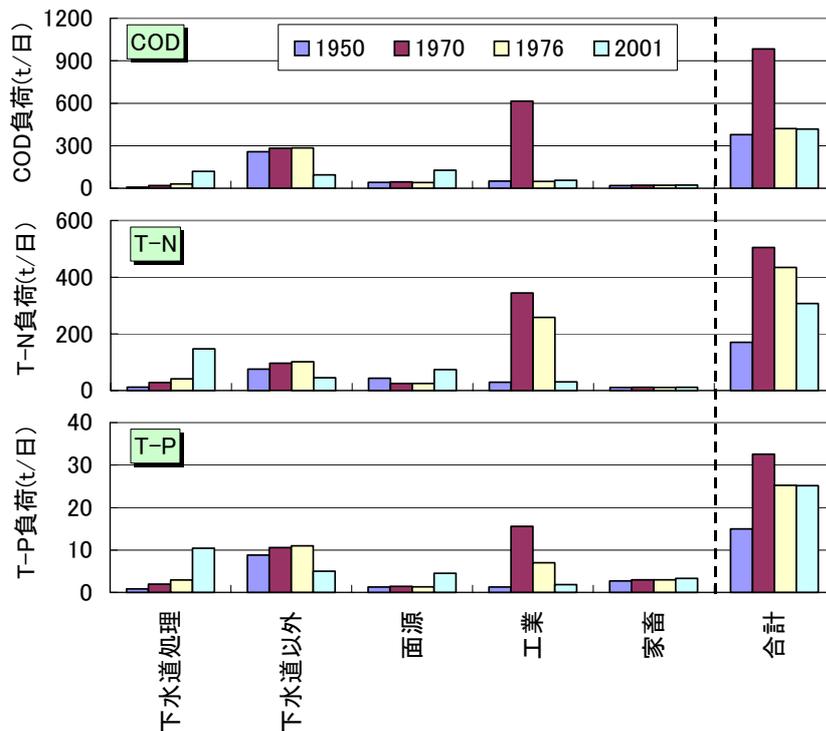


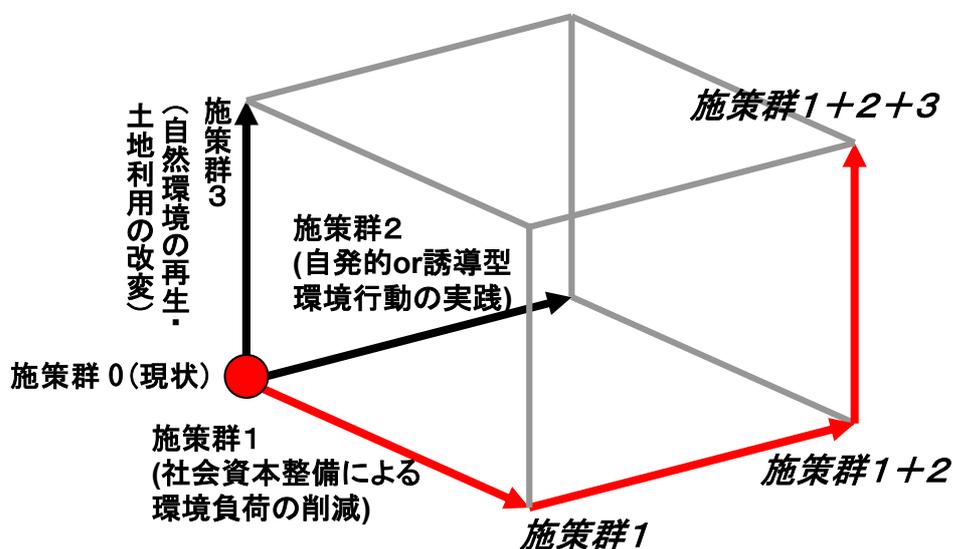
図- 4.1.1.11 東京湾流域における発生負荷量の変遷

4.1.2 東京湾流域圏再生シナリオの条件設定

(1) シナリオ検討の基本方針

3.2 で構築したモデルを活用して、水物質循環、生態系、熱環境の環境改善効果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。2.3.3 で述べたように、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・4.1.2.1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・4.1.2.1 施策群設定の概念図

(2) 計算の前提条件

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、図-3.2.1.11のエリアでの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関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。

(3) 本検討で用いるモデル

1) 水物質循環モデル

3.2.1で構築した東京湾流域に適用した水物質循環モデルにより評価する。分布型のモデルであることから地先レベルでの雨水貯留効果や点源汚濁負荷対策、面源汚濁負荷対策などの施策効果を評価することが可能である。

2) 陸域生態系モデル

3.2.3(A)で構築した陸域生態系モデルと3.3.3のエコロジカルネットワーク保全・回復の計画・設計技術を活用する。ここでは荒川流域(中域)レベルにおけるニホンリスを指標種として評価を行う。面的に広く生息環境を向上させるためには、図-4.1.2.1において施策群3における土地利用の改変に伴う、自然環境の再生を行う必要がある。

3) 水域生態系モデル

3.2.3(B)で作成した東京湾におけるアマモの生息評価モデルを活用する。(4)でも述べるように水物質循環モデルで評価される水質改善度を水域生態系モデルに反映することができる。また、大きく生育場評価を向上させるには地形や地質条件を適した条件に改善することが必要である。

4) 熱環境モデル

ここでは首都圏全体を包含する半径50km圏内のスケールでヒートアイランド対策の効果を推定するために、吉谷・木内のモデル¹¹⁾を用いる。これは、米国ペンシルバニア大学で汎用の気象計算モデルとして開発され、NCAR(米国大気研究センター)において改良されたMM5(The fifth-generation Penn State/NCAR mesoscale model)を基本とし、新たに地表面の状態を表す情報として細密数値情報を用い、地表面における水熱移動過程、人工排熱の時空間変動などを組み込んだメソスケールモデルである。

1995年8月23日21時~26日5時の気象条件を与えた計算の結果から、晴天であった25日14時の東京都心を中心とする領域の地上気温と地面からの高さ10mにおける風速ベクトルを図-4.1.2.2に示す。この時点を含む計算結果が概ね実測を再現することは、吉谷・木内により確認されている¹¹⁾。同時に彼らは、代表的な施策の効果について、既存の研究^{12)・13)}と同様の結果が本モデルの計算により得られていることも確認している。

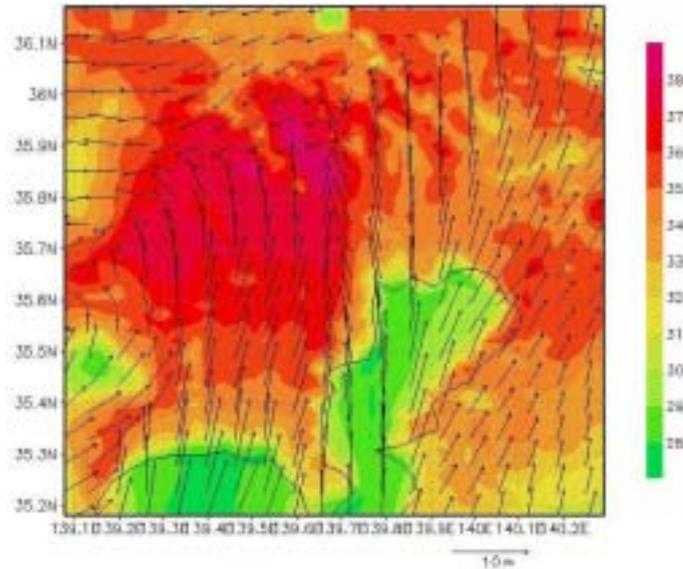


図- 4.1.2.2 首都圏の気温、風速の再現計算結果（1995年8月25日14時）

(4) 各モデルが扱う現象間の相互作用の考慮について

各モデルが扱う現象の間には大なり小なり相互作用がある。それを考慮することは、施策間の相乗効果の評価につながり、施策群のあり方を考える上で重要な情報をもたらす可能性がある。現時点で、そのすべてを考慮し完全な統合化をはかることは難しいが、ここでは、図- 4.1.2.3に示すように、水物質循環モデルから出てくる水質改善効果と水域生態系モデルから出てくる生育場改善効果の間の相互作用の計算を試みた。設定方法の詳細は次項にて説明する。

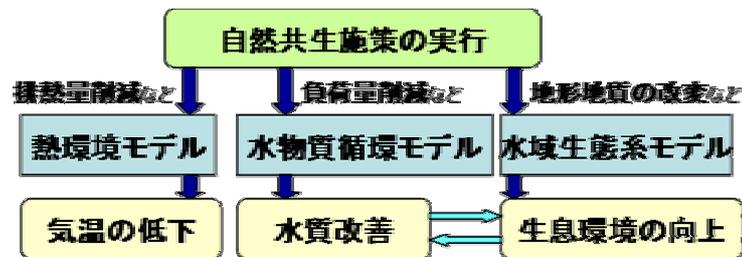


図- 4.1.2.3 モデルで扱う現象間の相互作用について

4.1.3 シナリオの定量評価

(1) 施策群の実施効果の評価方法

4.1.2(3)で示したモデルを用いて環境改善施策を行った場合の効果を定量的に評価する。各モデルにおける評価方法を以下に示す。具体的な設定値については(2)にて記述する。

1) 水環境政策評価のためのモデルの設定条件

水環境政策として、①下水道整備、②合流改善、③下水の高度処理化、④単独浄化槽の合併処理化、⑤高度処理合併浄化槽の整備、⑥透水性・保水性舗装の整備、⑦環境保全型ライフスタイルの転換、⑧環境保全型農業、⑨下水処理水の再利用（中水道の整備）、⑩家畜し尿の農地還元、⑪各戸雨水貯留・浸透施設の設置（屋上緑化）、⑫市街地の緑地化、⑬

堤外地も含めた河川沿いの緑地化、⑭調整池の整備、⑮干潟・アマモ場の造成（東京湾）を評価することとする。それぞれの施策について水物質循環モデル上での評価方法のポイントについて下記に示す。

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

東京湾流入流域では、下水道整備率が高い一方で、その多くが汚水と雨水を同一管渠で水域に排出する合流式下水道であるため、一定以上の降雨時には処理場の容量を超えた分の生活系汚濁負荷が越流水として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の平均値を表 4.1.3.1 に示す。多くの下水処理場の 2 次処理においては曝気による有機物質の好氣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、膜分離法などがあるが、3.3.1 で検討したオゾン酸化法も活用される技術の 1 つである。

表- 4.1.3.1 東京湾流域の下水処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

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ようにした。

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。現況においては高度処理合併浄化槽は広く普及していないことから、整備率は0%と設定し、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層の未整備人口から、処理形態毎に按分することによって減少させた。

「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、例えば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- 4.1.3.2)を設定した。

表- 4.1.3.2 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

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。このため、市街地の道路面積割合を6%と設定し、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、透水性・保水性舗装の整備率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- 4.1.3.1) (式- 4.1.3.2)により設定する。ここに、 x は整備率($0 \leq x \leq 1$)を表す。

$$1.0 \times 10^{-5} \times (1-0.06x) + 5.0 \times 10^{-5} \times 0.06x \quad (\text{cm/s}) \quad (\text{式- 4.1.3.1})$$

$$5.0 \times 10^{-3} \times (1-0.06x) + 1.0 \times 10^{-2} \times 0.06x \quad (\text{m}) \quad (\text{式- 4.1.3.2})$$

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た。

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る。排水水質については変化させない。

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。水物質循環モデルにおける設定方法は、市街地の土地利用メッシュを対象に、設置面積分の表層タンクの最終浸透能が荒地地の最終浸透能になるものとする。設置面積は市街地における建物用地面積の割合と雨水貯留浸透施設を設置する割合（整備率）の積により与えられる。貯留も考慮する必要があるので発生高さも全て荒地地の値を用いる。

このため、市街地の建物用地面積割合を94%と設定し、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、整備率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- 4.1.3.3) (式- 4.1.3.4)により設定する。ここに、 x は整備率 ($0 \leq x \leq 1$)、 y は建坪率 ($0 \leq y \leq 1$) を表す。

$$1.0 \times 10^{-5} \times (1-0.94xy) + 5.0 \times 10^{-5} \times 0.94xy \quad (\text{cm/s}) \quad (\text{式- 4.1.3.3})$$

$$5.0 \times 10^{-3} \times (1-0.94xy) + 1.0 \times 10^{-2} \times 0.94xy \quad (\text{m}) \quad (\text{式- 4.1.3.4})$$

⑫市街地の緑地化

建物用地、道路用地の規模を問わず、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。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、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。

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）

3.2.1 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。また「東京湾干潟等の生態系再生研究会」³⁾などでも注目されているアマモの浄化機能も考慮している、評価方法については 3) の水域生態系モデルでの評価方法にて説明する。

2) 陸域生態系に関する政策評価のためのモデルの設定条件

陸域生態系の保全・再生施策として 3.3.3 において整理されている①公園の整備③道路の整備（エコブリッジ、樹林帯の設置）④河川沿いの緑化⑤大規模民有地の周縁の緑化⑥法規制による緑地の担保（市街地拡大の規制）を用いる。設定方法の詳細は 3.3.3 を参照されたい。

3) 水域生態系に関する政策評価のためのモデルの設定条件

3.2.3(B) で作成したアマモの生息場評価において環境要因として①水深、②水中光量、③塩分、④泥分率を設定している。塩分は全域で SI が 1 であることから、残る 3 つが施策評価の対象となる。水深、泥分率については干潟再生適地に SI を向上させるように設定することにより HSI の評価値を上げることができる。水中光量については水質と関連づけることにより水物質循環モデルとの相乗効果を評価することができる。

具体的には、まず、水物質循環モデルにより求めた東京湾の COD 値の改善度（アマモの生育特性から 6 月の数値を用いる）を、実測値から求めた COD と透明度の関係式より透明度の改善度合いに変換し、その透明度と全天日射量から環境要因である水中光量を求め、アマモの HSI に及ぼす COD 値改善の影響を算出する。

次に、求めたアマモの HSI 値(0~1)の変化を被度(0~100%)の変化に線形換算すること

で、アマモの変化が今度は湾内の水質浄化に新たに寄与する度合いの算定を以下のように行う。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¹⁴⁾、被度と株数の関係¹⁵⁾、単位株あたりのアマモの重量¹⁶⁾、アマモ体中の窒素重量割合¹⁷⁾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¹⁷⁾、その浄化量を 18 mgP/m²/day と設定する。これらの浄化量を HSI が高くなった箇所に相当するブロックの窒素・リンの底泥溶出速度から差し引いた条件で、湾内水質の年間計算を再度行う。

以上は、流域の施策群による湾内の水質改善効果がアマモの生育場改善に及ぼす作用、さらにそれが湾内の水質改善に及ぼす作用を 1 サイクル計算したことになる。これらの相互作用は連動させて計算することが望ましいが、まずはこのような簡略化した方法により、相互作用の重要度を議論できる情報を得ることとした。

4) 熱環境に関する政策評価のためのモデルの設定条件

熱環境政策の方向性として、大きく以下の 3 つの方法に整理される。

- (a)人工排熱の低減（省エネ機器、ライフスタイルの改善）
- (b)表面被覆の改善（路面や建築物の表面温度の高温化抑制）
- (c)冷却作用の利活用（風、水、緑）

ここでは①保水性舗装、②保水性建材、③環境保全型ライフスタイルの転換、④エコカーの普及、⑤屋上緑化、⑥市街地の緑地化、⑦堤外地も含めた河川沿いの緑地化について、評価することとする。それぞれの施策について熱環境モデル上での評価方法について下記に示す。

①保水性舗装

3.3.2 で開発した持続性のある保水性舗装技術の開発により、熱環境モデルのパラメータである保水率を現状のゼロからある値（0 から 1 まで）を与えることにより、水分蒸発による冷却作用により路面温度を低減させることができる。今回は保水率を 0.1 と設定した。

②保水性建材

上記と同様に持続性のある保水性建材の開発により、熱環境モデルのパラメータである保水率を現状のゼロからある値（0 から 1 まで）を与える。単位面積当たりのヒートアイランド現象の改善効果が保水性舗装より小さい場合でも、都市における建物面積率が高いために気温低減効果が期待できる。今回は保水率を 0.05 と設定した。

また、現在、歩道やバルコニー、屋上などでブロック型の保水性舗装・建材が実用化されているがコストは 10,000 円/m² 前後である¹⁸⁾。

③環境保全型ライフスタイルの転換

省エネルギーの普及および省エネルギー行動の実践により、人工排熱の低減を目指す必要がある。夏季の電力需要の 4 割は冷房需要であり、気温が 1℃上昇すると我が国の電力需要は約 500 万 kW（一般家庭約 160 万世帯相当）増加すると言われている。本検討では、

冷房設定温度を 30℃と設定した場合の冷熱削減効果を各建物における人工顕熱の原単位の減少に反映させた。

④エコカーの普及

エネルギー消費量が依然として増加している中で、近年、運輸部門における排熱量の割合が増加する傾向にあり、ハイブリッドカーや電気自動車の普及が期待されている。今回は道路からの人工排熱量を1割削減することとした。

⑤屋上緑化

都市において緑地率の向上を図る上で、屋上緑化は効果的な手段の1つであり、副次的なものも含めて下記のような効果がある。

(a) 都市環境の改善効果

- ・ ヒートアイランド現象の緩和（都市気象の改善）
- ・ 空気の浄化や騒音の低減
- ・ 都市の自然性の向上
- ・ 都市のアメニティの向上
- ・ 都市景観の形成

(b) 人間に対する生理的・心理的效果

- ・ やすらぎ空間の創出（鎮静効果）
- ・ 身近な情操教育・環境学習の場の創出

(c) 建物に対する経済効果

- ・ 省エネルギー（夏期の温度上昇の軽減・冬期の保温）
- ・ 建物のイメージアップや集客力向上
- ・ 温度変化の緩和による耐久性の向上
- ・ 輻射熱の減少による防火

既存の検討事例¹¹⁾に基づき、建物用地の緑地率（各土地利用面積に占める緑地面積の割合）が現状の23.6%から、屋上緑化により29.1%に向上した場合の熱環境改善効果を評価した。

⑥市街地の緑地化

市街地の高層化を進め、オープンスペースを確保することにより、道路や建物用地を緑地や公園に転換することとした。熱環境モデルでは市街地（道路、建物用地）の3割が緑地に転換されるとした場合の熱環境改善効果を評価した。

⑦堤外地も含めた河川沿いの緑地化

都市において河川空間は風の通り道としてヒートアイランド現象の緩和効果があることが現地実験やシミュレーション結果から示されている¹¹⁾。本検討では、多摩川と荒川の両岸に緑地帯を整備し、熱環境の改善効果を評価した。

(2) モデルによる環境改善政策の評価

(1)で示した水環境、生態系、熱環境の個々の施策について、その効果とコスト及び社会への影響について評価する。ここでは、施策の特性を把握することを目的とするため、施策条件については、想定される最大限の条件で設定した。

1) 水物質循環モデルによる施策評価

以下の水物質循環モデルによる個々の施策評価については、東京湾に流入する全河川（東京湾に直接排出する下水処理水を含む）を対象に流量で重み付け平均した COD 水質により行う。また個別の施策実施に要するコストについて定量可能な範囲での概算を試みるとともに、施策の実施に伴う負担についてもあわせて整理する。コストの算定においては可能な限り、既存の資料や実績に基づいているが、全てを網羅できているわけではないことから、単純に施策毎にコストの比較をするには知見はまだ不十分である。

①下水道整備

下水道の整備は、生活系の汚濁負荷を削減する最も基本的な施策である。東京湾流域においては、東京湾およびその流域を排水域とするものとして、現在 119 の下水処理場がある。全ての下水処理計画区域の全域に対して整備されたと設定して計算を行ったところ、COD の低下は 0.3mg/l となる。現在、河川や下水処理場から東京湾に流出する COD 水質が 7mg/l 近くあることを考えると、既に東京湾流域圏では下水道整備が相当程度進んでいることもあり、必ずしも新規の下水道整備だけでは東京湾の大幅な水質改善に繋がらないことを示している。

東京湾流域の下水道整備計画人口の内、未整備人口は約 200 万人であることから、流域下水道整備計画をもとに概算を行った結果、各世帯について下水道管への接続費用として約 31.5 万円を要すると仮定すると、さらに敷設費として 6300 億円、下水道接続人口の増加による二次処理施設の維持管理費の増分として年間 55 億円が必要である。また、下水道の運営・維持・管理のための下水道料金が徴収される。生活への影響としては、水洗化による衛生条件の向上、し尿処理の効率化等の生活環境の改善が見込まれる。また、下水道整備により、水質管理が一元的、確実に行われ、高度処理技術の導入等が効率的に進められる利点がある。

②合流改善

東京湾流域の 119 の下水処理場の内、合流式の下水道は約 6 割の 70 箇所を上る。モデル上では合流式の下水道では日雨量が 5mm を超過した場合は、超過分は汚水がそのまま排出されるとしているが、合流改善により全ての合流式の下水道が日雨量 25mm まで処理場で処理されるものとする、COD の改善効果は 0.5mg/l となる。雨水貯留池の増強とリアルタイムコントロール（RTC）の導入にあわせて 1 兆 7280 億円を要するなど多額の経費を要するが、下水道整備率が 100%に近いものの、合流式下水道が多数を占める東京圏周辺の水環境改善には一定の効果があると言える。

③下水の高度処理化

古くから稼働している下水処理場では排水水質が高い傾向にある。全ての処理場からの排水水質を BOD、COD、T-N は 8.0mg/l、T-P は 0.4mg/l とした場合（これを下回る水質で下水処理水が排出されている場合は現況のままとする）、COD の改善効果は 0.8mg/l となる。国土交通省都市・地域整備局下水道部によると東京湾流域で平成 16 年度末で高度処理施設が供用されていない下水処理場（85 箇所）の整備費として約 7270 億円、更に高度処理施設の維持管理費として年間約 260 億円が必要であると概算している。

④単独浄化槽の合併処理化

既設の単独処理浄化槽を合併浄化槽に転換した場合、生活雑排水が処理されて排出されるために、COD は 0.4mg/l 低下する。東京湾流域で単独浄化槽人口は約 300 万人であり、合併浄化槽（16～20 人槽）の設置費は約 326 万円であることから、全域に整備した場合約 4900 億円の費用が必要である。また単独処理浄化槽の撤去費として 300 億円が必要である（次の高度処理合併浄化槽の整備についても同様）。維持管理費として 1 基につき年間 6 万円することから、全体では年間約 90 億円の維持コストが発生する。

⑤高度処理合併浄化槽の整備

高度処理合併浄化槽は、COD の他、特にリンについて浄化機能の乏しかった合併処理浄化槽の浄化機能を向上させたものであり、下水道を補完するものとして期待されている。東京湾流域下水道整備総合計画に関する資料²⁾から排出負荷量は BOD、COD、T-N は 2.5g/人日、T-P は 0.25g/人日と設定する。下水道整備区域外の人口全てに対して高度処理合併浄化槽が整備されたとして計算を行ったところ、COD の低下は 0.5mg/l となった。整備費用としては、約 130 万円（5 人槽）の浄化槽を整備するとして、流域全体では 1 兆 3780 億円となり、また浄化機能の維持のためには、固形物の除去等の定期的な維持管理作業が必要となり、1 基当たり毎年 12 万円程度が必要になることから、全体では年間約 1270 億円のコストが発生すると想定される。下水道整備と比べより水質改善効果が期待されるものの、整備費用もより高価である。

⑥透水性・保水性舗装の整備

透水性舗装は、路面上の降雨の地中浸透を促し、雨天時汚濁負荷の流出を抑制するものである。流域内の道路面が全て透水性舗装にされたとして計算を行ったところ、COD の低下は 0.1mg/l であり、水質改善効果に大きな期待はできない。透水性舗装は都市洪水の緩和やヒートアイランド現象の抑制効果を有するが、整備単価については、1m²当たり約 9000 円とした場合、流域内の道路用地 160km²を整備するには約 1 兆 4000 億円とかなり高額のコストが必要となる。

⑦環境保全型ライフスタイルの転換

厨房管理による生活排水・汚濁の除去（静岡県生活環境部、1985）、および、東京都水

道局(2004)や東京都千代田区(2004)が提案している水使用量削減対策から、台所排水、トイレや風呂及び洗濯排水への配慮を行った場合の「環境保全型ライフスタイルへの転換による生活排水負荷の削減」として、水使用量では約 36%、負荷量としては BOD、COD:28%、T-N:30%、T-P:20%の削減がされると設定する。なお、下水道が整備されている場合は、モデル上で反映されるのは排水量の削減のみであり、処理施設への負担の軽減という副次的効果が得られる。

流域住民の生活から発生する汚濁負荷そのものの削減を図るものであり、流域全住民が水使用量、および負荷量の削減を行うと仮定したところ、COD の削減効果は 0.9mg/l となった。生活系の汚濁負荷量が多い東京湾流域では水質改善効果は高く、また対策費用が不要であり、省資源や下水処理場や浄化槽における処理費用の削減にも寄与する他、東京湾の水環境改善に対する啓発的な取り組みとなることも考えられる。

⑧環境保全型農業

面源対策として過剰施肥を削減し、肥料の水域への流出を抑制するものである。流域内の全ての農地で完全に汚濁負荷の流出が抑止されると仮定したところ、COD の低下は 0.2mg/l と評価された。この施肥量の設定は極端な設定であるが、施策の実行においては農作物の質や産出量に影響が生じるリスクや、施肥における作業増加や農作物の質の低下や収量の減少等のリスクを伴う。この施策は特定の分野に負担を生じさせるため、公平性の観点から助成制度や不作時の収入補填等の制度を設ける必要がある。また、農業系も含め面源負荷の流出過程については時間的・空間的な変動が大きいことから現地モニタリングも含めた調査研究が必要である。

⑨下水処理水の再利用（中水道の整備）

下水処理水の排水水質は放流水域の水質より通常劣るため、下水処理水を再利用し、水域への排出量を削減すれば、水域の水質改善が図られる。現在の処理水の 10%が再利用されると仮定して計算を行ったところ、COD の低下は 0.2mg/l となる。処理水の系統的な利用を図るためには中水道の整備等が必要となるが、多摩市の中水道整備事業の例から単価を 170 万円/m³・日と設定し、東京湾流域での整備費用を概算したところ、およそ 15 兆 4700 億円となり、相当の費用が必要になると考えられる。

⑩家畜し尿の農地還元

家畜の不適切な処置による水域への流出を防止するものであり、流域内の畜産全てについて対策を講じた場合、COD の低下は 0.2mg/l となった。家畜し尿のコンポスト化に要する費用は、100 箇所施設の整備とした場合、施設購入費として約 5240 億円、運用費として年間約 185 億円が必要となる。また、家畜し尿の再利用には、流通システム等の整備や畜産業者への助成制度等も必要になると考えられる。また、家畜し尿の再利用に伴う、悪臭、再利用システムの採算性等も検討課題となると考えられる。

⑪各戸雨水貯留・浸透施設の設置（屋上緑化）

雨水貯留施設は雨水を貯留し都市洪水を緩和することを目的とするが、雨水流出の抑制に伴い汚濁負荷流出の抑制を期待できる。全ての家屋（建坪率 50%）が施設整備を行ったと仮定して計算を行ったところ、COD の低下は 0.4mg/l である。一方、雨水貯留施設の一般的な整備単価は 1 戸につき 6 万円であることより費用を概算すると約 5800 億円となる。また、屋上緑化（地被植物）の場合約 1 万円/m² のコストを要することから、東京湾流域圏ではおよそ 12 兆 8000 億円の費用が必要である。

⑫市街地の緑地化

市街地の 3 割と多摩川と荒川の両岸 500m を緑地化した場合、COD は 0.2mg/l 低下する。民地において法的に緑化を行うこととした場合には用地買収費は発生しないが、社会的なコンセンサスが得られるかが課題となる。また、都市構造の改変を想定して、低層密集住宅から高層住宅への転換を図る場合、その転居費用など見積もるのは容易ではないが、リノベーションと一体となって効率的に進めるよう、施策誘導により市街地の緑地化が効率的に図られることが期待される。植樹に要する費用は 1m² につき 3,000 円であることから、市街地の 3 割を緑化する場合のコストは約 2 兆 4500 億円と巨額となる。

⑬調整池の整備

調整池は不浸透化した市街地に初期降雨を貯留することにより都市洪水を緩和すると同時に降雨時の汚濁負荷流出の抑制も目指すものである。調整池を公共施設および中高層住宅について 600m³/ha 確保することとし、これらが市街地に占める面積が 1 割と仮定して、パラメータを設定したところ、COD は 0.1mg/l 改善した。本検討のモデルでは東京湾流域圏に市街地メッシュが 2,741 あることから、約 1600 万 m³ 分の調整池を確保する必要がある。調整池の一般的な整備単価が 1m² あたり 5 万円(深さ 3m の場合)であることから費用を概算すると約 2700 億円となる。用地費を含んでいないので居住地の高層化や公共施設の建て替え等の機会に応じて調整池が確保されていくよう、法整備を進めることも 1 つの方向性である。

⑭干潟・アマモ場の造成（東京湾）

東京湾沿岸の中からいなげの浜、幕張の浜を人工干潟として再生した場合について検討した。水質の改善効果については、後述する水域生態系モデルでの評価と合わせて説明する。人工干潟の一般的な整備単価が 1m² あたり 14,000 円であることから、再生するエリアは 7.5km² としているので、造成費は 1050 億円が必要である。

以上の施策の概要を表 4.1.3.3 にまとめて示す。東京湾に流入する全河川を対象に流量で重み付け平均した水質（以後、「平均水質」と呼ぶから）、各施策（群）の実施による現況からの改善効果として COD だけでなく BOD, T-N, T-P も含めて図 4.1.3.1 にまとめた。

まず、図 4.1.3.1 から、施策群 0、すなわち人口に 2030 年推計値を用いたこと以外、現

況と変わらない条件では、河川水質に現況とほとんど差が出ていないことがわかる。これは、この圏域の現況から2030年にかけての人口変化が微減と推定されているため、施策(群)の効果に比べ人口変化の影響が大幅に小さいと計算されるためである。このことを踏まえ、以後は、施策(群)の実施効果を現況値との比較で見えていく。

次に、図- 4.1.3.1から、排出負荷量の6割を生活排水で占める東京湾流域では、合流改善や下水の高度処理化、高度処理合併浄化槽の整備など生活排水対策の効果が相対的に大きい傾向にあることが把握できる。生活排水対策につながる非ハード的対策（下水処理場への負担を減らすことを含む）、すなわち排水量や排出負荷量の削減を流域住民自らが実践することの重要性も計算結果に現れている。

施策(群)の組合せ効果（各施策を包含する施策群単位の棒グラフにより表示）を見ると、複数の施策の実施により、効果が着実に増大することが確認できる。このことは、異なる施策群を重ねることについても言える（図- 4.1.3.1では、施策群1と2を合わせて実施した場合、施策群1、2、3を合わせて実施した場合も効果の計算値が示されている）。以上のことは、単独の施策(群)では目的に達しない場合に、施策(群)の組み合わせ実施を進めることの重要性を改めて示すものである。

表- 4.1.3.3 東京湾水物質循環モデルでの設定内容

水環境政策	
施策群1	下水道の整備: 下水処理計画区域の全域に下水道整備を行う
	合流改善: 日雨量25mm(現況5mm)以下までは処理排水を排出
	下水の高度処理化: 処理場からの排出負荷量をBOD,COD,TNは8.0(mg/l), TPは0.4(mg/l)と設定
	単独浄化槽の合併処理化: 下水道整備予定外の地域全体について、単独浄化人口を全て合併浄化人口に転換
	高度処理合併浄化槽整備: 下水道整備予定外の地域全域に高度処理合併浄化槽を整備(排出負荷量はBOD,COD,TNは2.5g/人日, TPは0.25g/人日)
施策群2	透水性・保水性舗装整備: 市街地メッシュのうち幹線道路面積について表層タンクのパラメータを畑・荒地の値を設定する
	環境保全型ライフスタイルの実践: 全住民が環境保全型ライフスタイルを実行することにより排水量が36%削減されると設定。また生活雑排水未処理人口の生活雑排水からBOD,CODは28%, TNは30%, TPは20%の削減
	環境保全型農業: 環境保全型農業の推進により田畑への施肥量を削減し、作物の生長に必要な分以外を100%削減すると設定
	下水処理水の再利用: 全下水処理水の10%を生活用水として再利用することで生活用水取水量と排水量を削減
	家畜し尿の農地還元: 全家畜し尿を農地に還元することで家畜由来の負荷量を100%削減すると設定
施策群3	各戸雨水貯留・浸透: 全家庭の屋根全体(建坪率)に貯留浸透施設を設置し表面流出を抑制(市街地メッシュのうち宅地用地面積について表層タンクのパラメータを畑・荒地の値を設定)
	市街地の緑地化: 市街地メッシュの3割と荒川, 多摩川の河道メッシュを緑地化(土地利用を「森林」に設定)
	調整池の整備: 市街地メッシュのうち公共施設, 中高層住宅地について雨水の流出を一時貯留させる調整池を設定(600m ³ /ha)

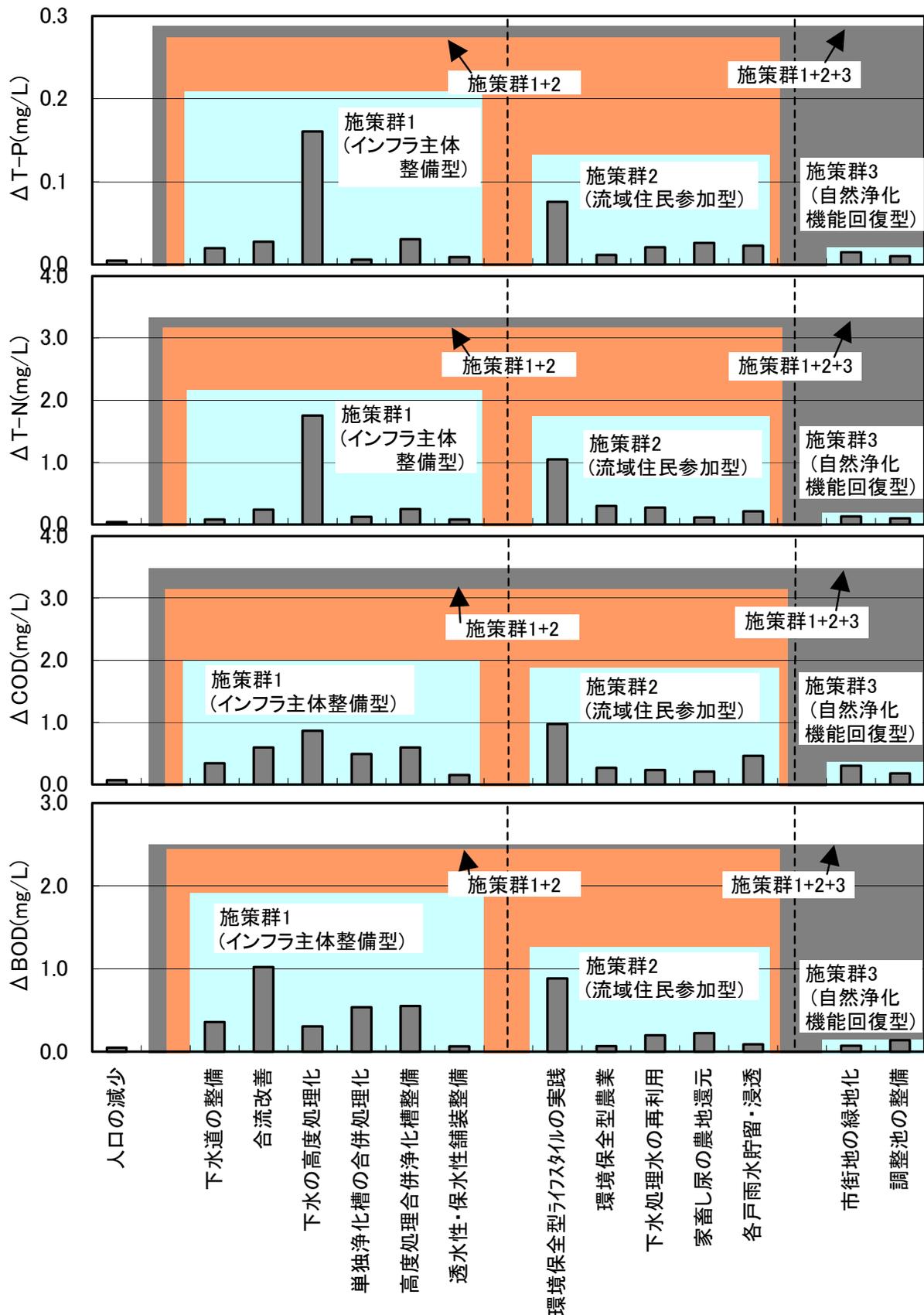


図- 4.1.3.1 東京湾流入河川の平均水質に関する施策(群)の実施効果 (現況との差分)
 (現況(計算値) : BOD 4.3 mg/l、 COD 6.9 mg/l、 T-N 5.8 mg/l、 T-P 0.46 mg/l)

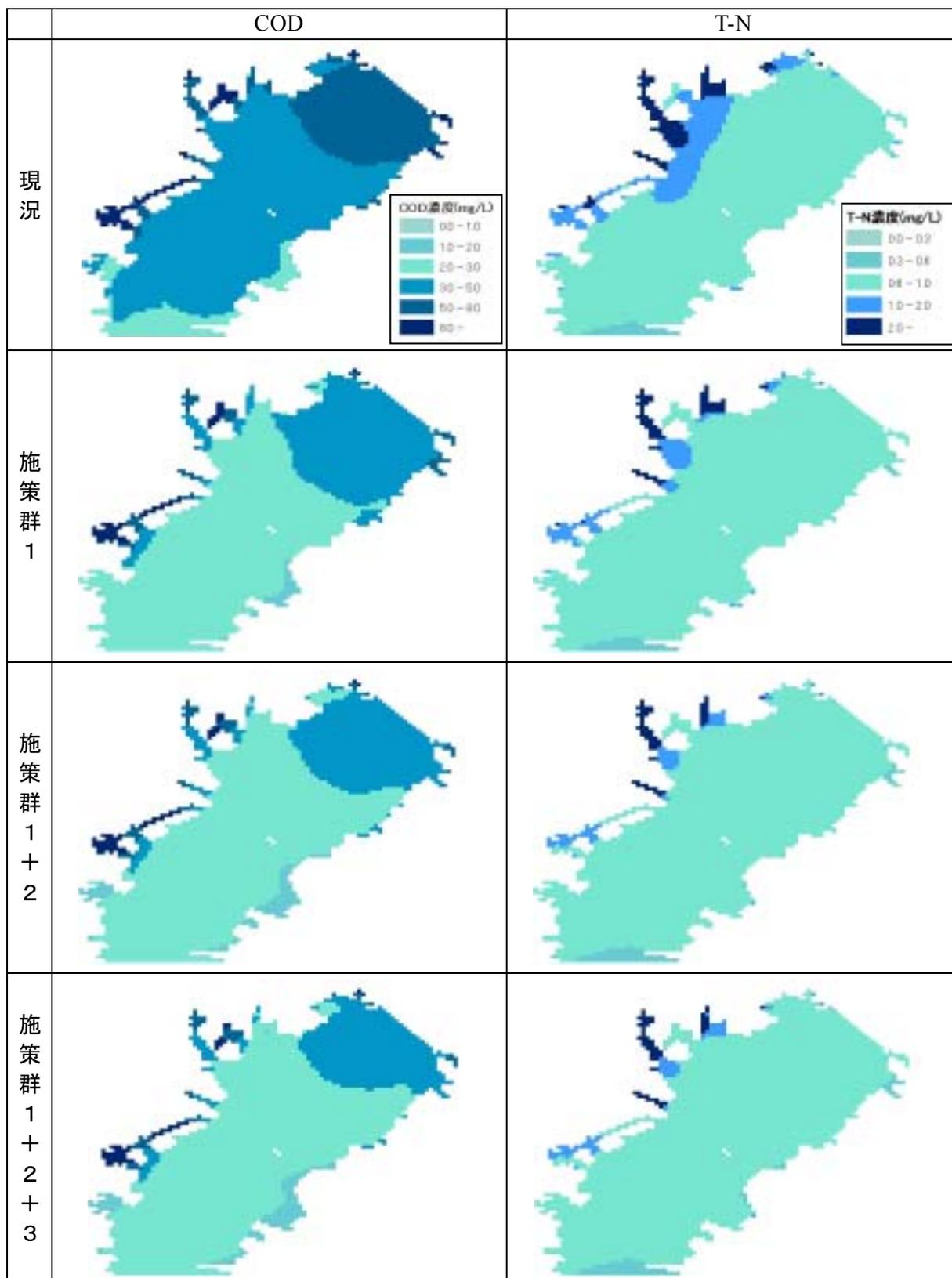


図- 4.1.3.2(1) 東京湾とその流域における施策群の実施による環境改善効果
 (東京湾の水質は7月15日12時の濃度分布を表示)

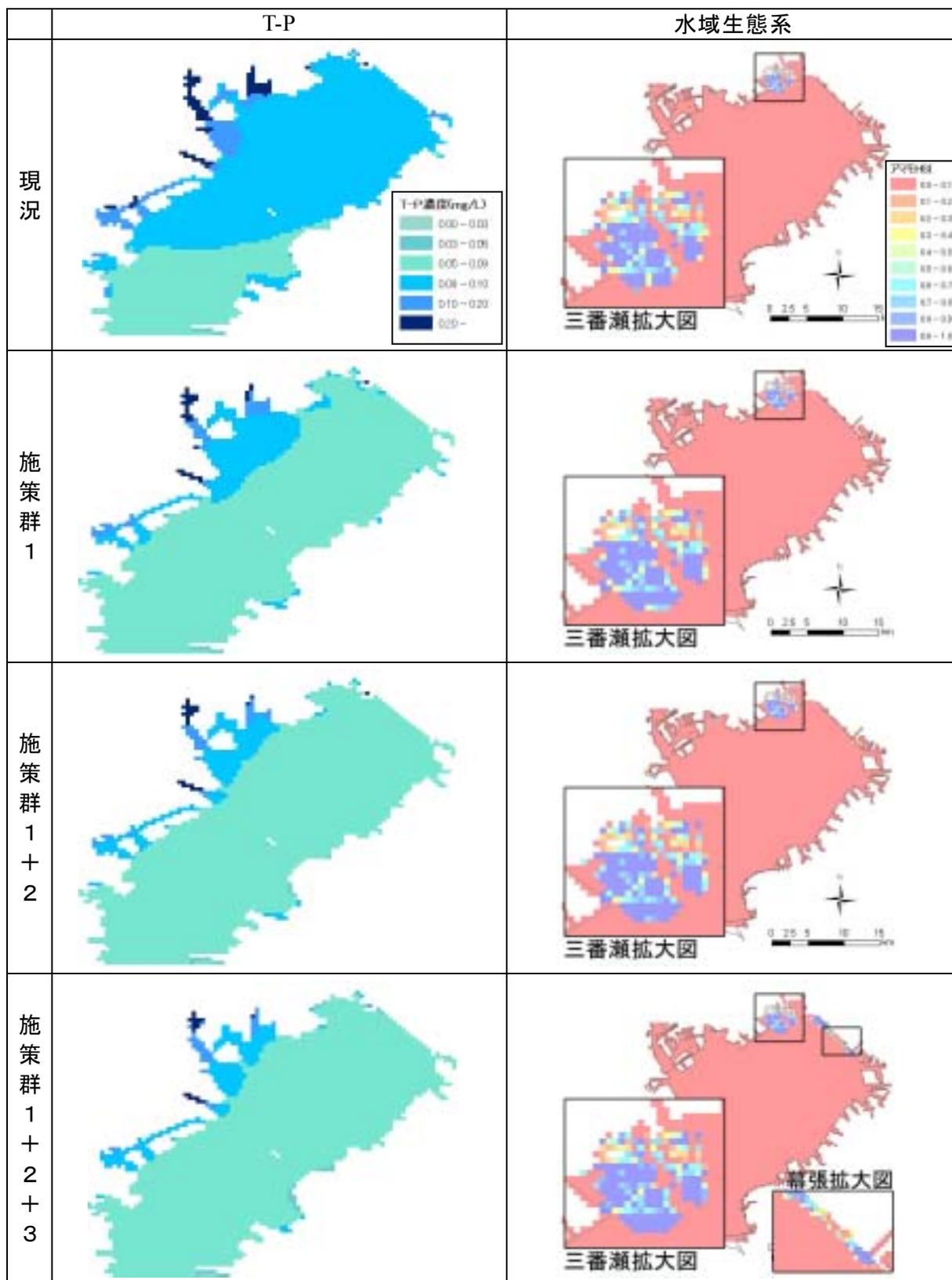


図- 4.1.3.2(2) 東京湾とその流域における施策群の実施による環境改善効果
 (東京湾の水質は7月15日12時の濃度分布、水域生態系はアマモのHSIを絶対値で表示)

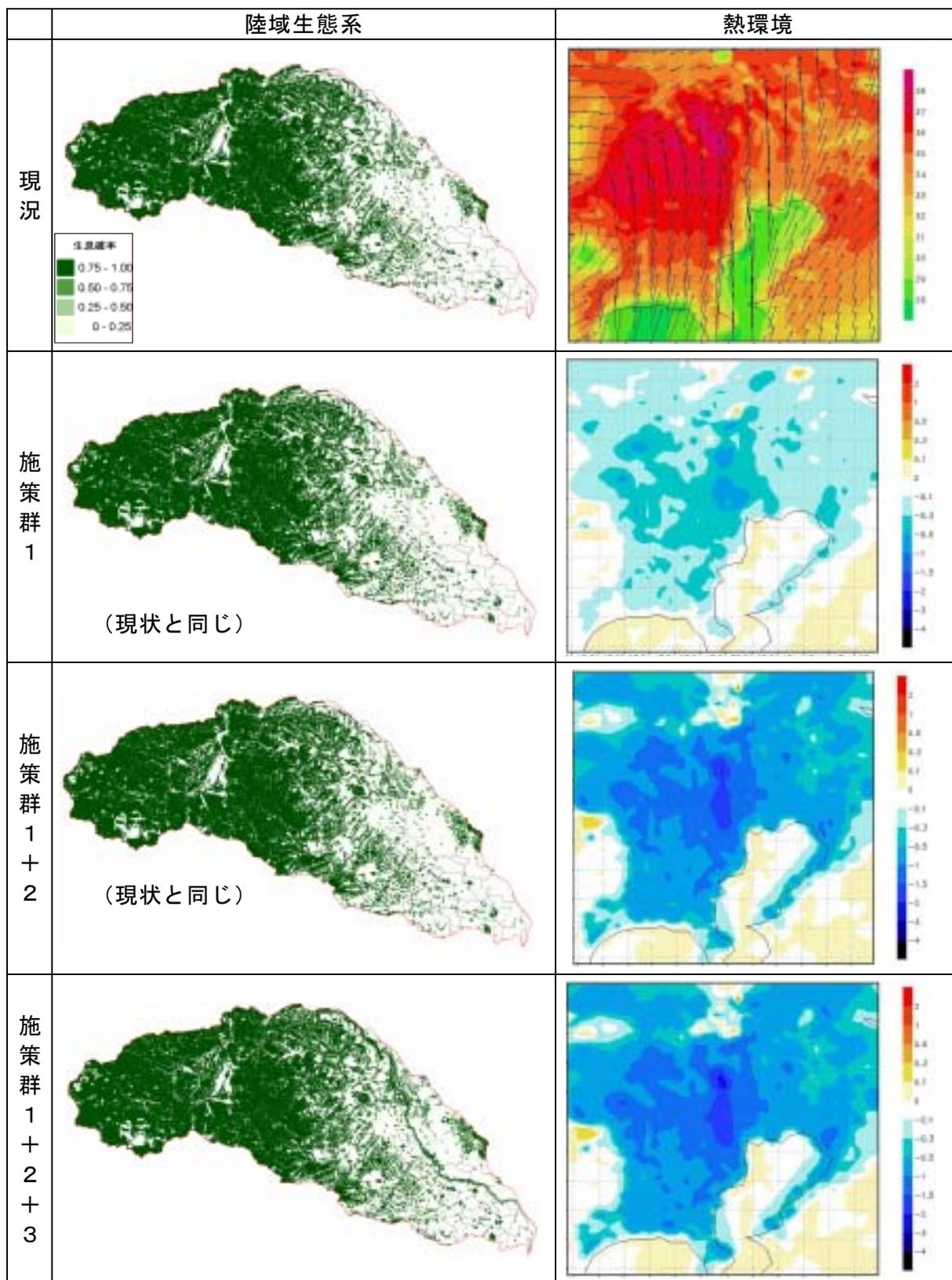


図- 4.1.3.2(3) 東京湾とその流域における施策群の実施による環境改善効果
 (陸域生態系は荒川流域のシジュウカラの生息確率を絶対値で、
 熱環境については、現況は14時の気温を絶対値で、その他は現況との差分を表示)

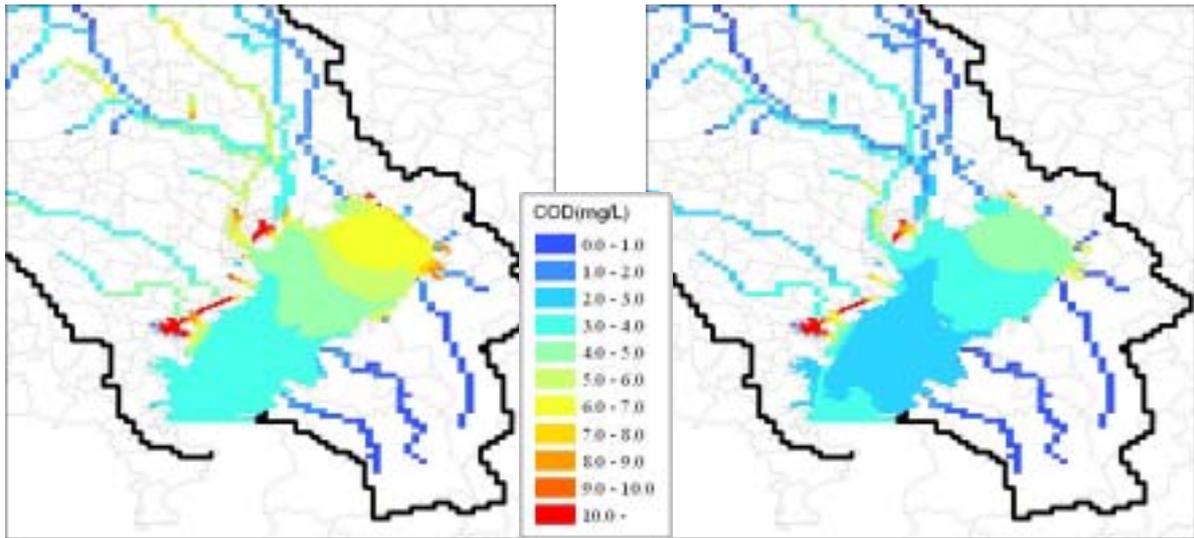


図- 4.1.3.3(1) 現況の水域の COD 分布

図- 4.1.3.3(2) 施策群 1 の水域の COD 分布

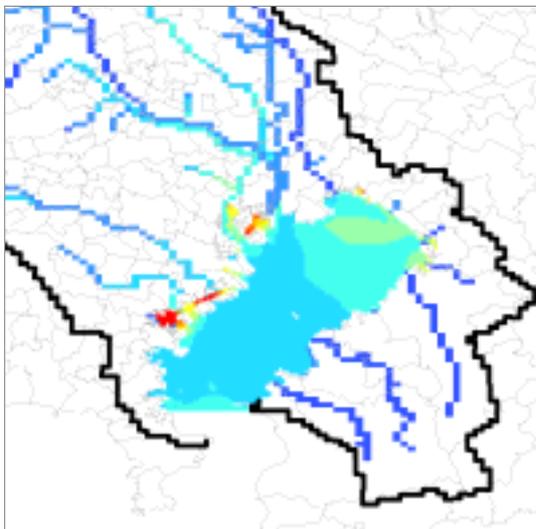


図- 4.1.3.3 (3) 施策群 1 + 2 の水域
の COD 分布

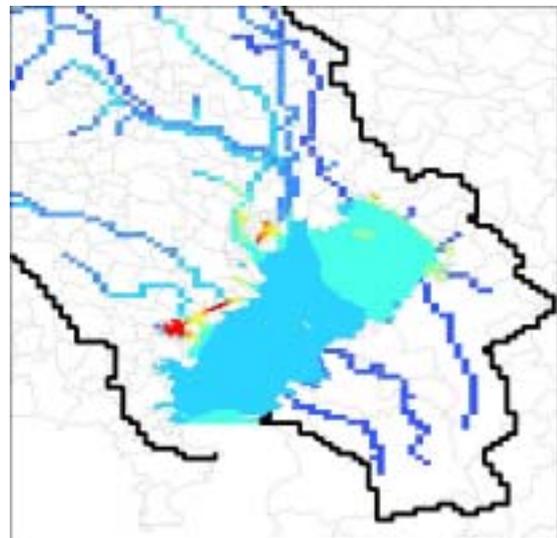


図- 4.1.3.3(4) 施策群 1 + 2 + 3 の
COD の水質分布

図- 4.1.3.2は、施策群を1、1 + 2、1 + 2 + 3と重ね合わせていく毎に東京湾の水質分布がどうなっていくかを示したものである。前述のように、アマモ生育場の改善効果との相互作用を1サイクル考慮して算出している。COD、TN、TPのいずれについても、施策群の重ね合わせが進むと効果が増していき、濃度の高いエリアが湾全体にわたって縮小していく計算結果になっていることがわかる。

図- 4.1.3.1は、流域での施策(群)のいわば地先(施策が実施された場所の近く)での効果を現すもの、図- 4.1.3.2はその遠隔地での集積的效果を現すものと言える。そこで施策(群)の地先での効果と、遠隔地であるが流域で広く問題を共有すべきエリア(ここでは東京湾)への効果を視覚的に理解するために河川水質と東京湾の水質の改善効果を同時に示したのを図- 4.1.3.3に示す。これは河川は年平均水質を示し、東京湾は7月15日12時における水質分布を表している。本図からも、流域と流域からの汚濁負荷の影響を受ける水域とをつな

げて考えていくことの重要性、有用性を示唆するものと言える。

2) 陸域生態系モデルによる施策評価

ここでは荒川流域（中域）におけるシジュウカラの生息確率を評価する。図- 4.1.3.2(3)に示すように施策群1、1+2では土地利用の改変を伴わないため、現状と同じ結果となる。施策群1+2+3で3.3.3におけるシナリオ3の施策を行った場合の評価結果を示す。図- 4.1.3.2(3)、図-3.3.3.19に示すとおり、質の高い潜在的な生息地面積が12%増加している。また、30年間で必要な経費が荒川流域で3,450億円と見積もられた。荒川流域の1人当たりの負担額に換算すると、約3,200円/人・年の負担が求められる。

3) 水域生態系モデルによる施策評価

施策群の実施のやり方とアマモ生育場HSIとの関係を、やはり図- 4.1.3.2(2)に示す。また図- 4.1.3.4は、三番瀬と幕張・いなげエリアの各メッシュのHSI値を合計した値を示したものである。施策群1や施策群1+2のような施設整備を中心とする取り組みや産業・生活スタイルの転換による水質改善だけでも、透明度の改善を介して、三番瀬ではHSIが少し向上する結果となっている。一方、その他の地域では改善効果は現れていない。これは、他の環境要因の状況が悪すぎて、水質改善効果だけでは効果をもたらさないためと推定される。

施策群1+2+3の段階になると、施策群3における幕張・いなげの浜の再生や底質環境の改善という直接的な取り組みが加わるため、図- 4.1.3.2(2)や図- 4.1.3.4に示すように、干潟再生地域を中心に生育場の評価値が大きく向上する結果となっている。

以上から、湾内生物の生息生育状況を改善するために、干潟再生などの直接的な再生策とともに、流域における施策がもたらす効果も合わせて考慮することの重要性がうかがえる。なお、施策群1+2+3がもたらすアマモのHSI値の向上が湾内水質の改善に寄与する量は、東京湾への流入負荷に対して、窒素、リンをそれぞれ0.05%、0.16%除去するのと同量と計算された。この量は小さいものであるが、東京湾沿岸各地で藻場再生の取り組みが広がることによって、アマモ等のエリアがさらに増大していくことを想定すれば、生物状況の変化が湾の水質に与える影響を考慮することの重要性は引き続き留意されるべきであろう。

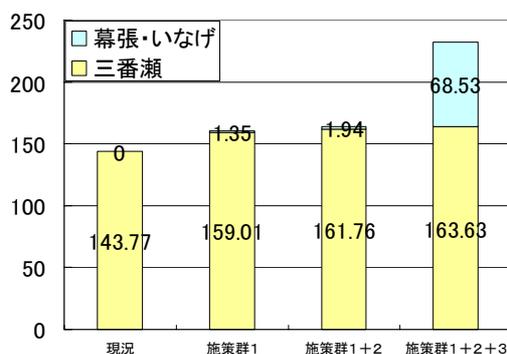


図- 4.1.3.4 アマモ HSI 値に与える施策群の重合せ効果

4) 熱環境モデルによる施策評価

熱環境の改善施策に関する具体的な設定条件を表- 4.1.3.4に、施策群を重ね合わせていく毎の熱環境の改善効果の計算結果を図- 4.1.3.2(3)に示す。保水性舗装を整備した場合(施策群1)、都心部を中心に現況と比較して最大0.5℃程度の気温が低下する結果となる。保水性舗装に加えて、環境に配慮した生活スタイルの実践等による排熱量の削減や屋上緑化や保水性建材の利用を加えることで(施策群1+2)、都心では最高気温が現況から最大2℃弱まで低下する結果となっている。さらに市街地の3割と荒川と多摩川の河川沿い500m幅を緑地に転換した場合(施策群1+2+3)、若干の気温低減効果が働き、最高気温に現況に比べ最大2℃強の低下が生じるとの結果となった。なお、図- 4.1.3.2(3)からは、両岸に緑地帯を設置した河川沿いでの気温低減効果は明確でない。これは、河川沿いの緑地増分がメッシュ単位と比較して量的に少ないため、2kmメッシュの本計算ではその効果が見えにくいと考えられる。

表- 4.1.3.4 熱環境モデルでの設定内容

熱環境政策	
施策群1	保水性舗装：「道路」の保水率を変更
施策群2	環境保全型ライフスタイルの転換：全「建物用地」について冷熱を50%削減
	エコカーの普及：「道路」の排熱量を1割削減
	屋上緑化：全「建物用地」に屋上緑化を行い、緑被率を向上 保水性建材の利用：全「建物用地」の保水率を変更
施策群3	緑地への転換：市街地の30%と荒川、多摩川の河川沿い500mを緑地に転換

4.1.4 実践に向けた方策の吟味・総合評価

(1) 流域再生のための施策の実施によるコスト

前節での各施策での検討結果に基づき、施策ごとのコストを表- 4.1.4.1に示す。単純には各施策のコストを比較するには、収集した知見ではまだ不十分であり、費用概算の精度の向上が必要であるが、参考資料の1つとなる。

施策群1では、透水性・保水性舗装の整備以外の施策については水物質循環の健全化に目的を特化しているため、水質改善の効果は相対的に高いと考えられる。各施策の比較においては、下水処理場での高度処理施設の導入の費用対効果が相対的に高いという結果が得られた。

施策群2では、ソフト的な対策を主としているが、中水道の整備と屋上緑化整備に要するコストが極めて高く、広域的に実践するには障害となるものと考えられる。また環境保全型ライフスタイルの実践には金銭的成本が極めて小さいものになると考えられる一方で、いかに社会的に受け入れられるかが大きな課題となる。

また、施策群3では、生態系の対策が主であるため、水物質循環の改善効果は施策群1、施策群2と比較して小さい。しかしながら、目に見える生態系の改善効果により環境行動の実践に結びつくという相乗効果が期待されることから、生態系の改善に繋がる自然再生事業の必要性は小さくないと言える。

表- 4.1.4.1 施策群の実施に係わるコスト（水環境政策に限る）

※本表に示す施策の実施によるコストは、既存の資料を用いて概算したものであり、全てのコストを網羅して評価できていないことから、実践に活用するには精査が必要である。

施策群	対策	コスト	備考
施策群 1 （社会資本整備による環境負荷の削減）	下水道整備(整備率 100%)	① 下水管渠の建設費：6,300 億円 ② 二次処理施設等の維持管理費の増分：55 億円/年	
	合流改善（雨天時汚濁排水対策）	雨水貯留池の設置、RTC の整備： 1 兆 7280 億円	雨水貯留池の整備のための用地費が別途想定される。
	下水処理場での高度処理導入	建設費：7270 億円 維持管理費：260 億円/年	施設整備のために用地買収費が必要な場合も考えられる
	単独浄化槽の合併処理化	合併浄化槽の整備費：4900 億円 単独浄化槽の撤去費：300 億円	
	高度処理型合併浄化槽の設置	高度合併処理浄化槽の整備費： 1 兆 3780 億円 高度合併処理浄化槽の維持管理費： 1270 億円/年	
	透水性・保水性舗装(整備率：道路面積の 100%)	透水性・保水性舗装の整備費： 1 兆 4000 億円	
合計		5 兆 8630 億円（維持管理費除く）	「合併浄化槽の整備費」は控除（重複するため）
施策群 2 （自発的または誘導的な環境行動の実践）	環境保全型ライフスタイルへの転換(100%の人が実行)	—	流域住民の協力が必要
	環境保全型農業(施肥削減率 100%)	—	環境保全型作物の認定制度や、不作時の補償制度等の仕組みの整備が必要
	下水処理水の再利用(再利用率 10%)	中水道整備費：15 兆 4700 億円	
	家畜し尿の農地還元(還元率 100%)	施設購入費：5240 億円 運用費：185 億円/年	コンポスト化のみで完全に家畜し尿の農地還元を達成できるわけではない
	雨水貯留浸透施設の整備(設置率：全家庭の 100%)	雨水貯留施設整備費：5800 億円 屋上緑化整備費：12 兆 8000 億円	
合計		29 兆 3700 億円（運用費等除く）	
施策群 3 （自然環境の再生・土地利用の改変）	市街地・河川沿いの緑地化	市街地の植樹費：2 兆 4500 億円	用地買収費が必要な場合も考えられる
	調整池の確保	調整池の整備費：2700 億円	用地買収費が必要な場合も考えられる
	干潟・アマモ場の造成	人工干潟の造成費：1050 億円	
合計		2 兆 8250 億円	

*一人当たりの一年当たりの負担額を維持管理費を考慮すると（減価償却を 50 年と仮定）

施策群 1：3540 億円/年（1 人あたり 約 12,000 円/年）

施策群 2：6060 億円/年（1 人あたり 約 21,000 円/年）

施策群 3：565 億円/年（1 人あたり 約 1,900 円/年）

となる。（施策群 3 は陸域生態系の施策を含めると約 5,100 円/年）

(2) 総合評価の試み

図- 4.1.3.2で水物質循環、生態系（陸域、水域）、熱環境の施策群の実施による改善効果を広域的に示したものの、あくまでもモデルによる環境変化を予測するアウトプットに過ぎず、流域や地域が主体的に選択する目標を設定するための総合的な定量評価を提示することが求められる。そこで総合評価の試みとして項目を指標化することにより、レーダーチャートを作成して検討を行う。対象とする項目は①透明度、②陸域生態系、③水域生態系、④気温、⑤金銭的負担、⑥生活上の負担感の6項目とする。始めに、各項目の評価方法を示す。

1) 透明度

水質の改善効果は数値だけではイメージすることが難しい。そこでCODと透明度との相関が比較的高いことに着目して、透明度を水物質循環に関する評価項目として採用する。図- 4.1.4.1は千葉県公共用水域測定地点の東京湾8地点（湾央）のCODと透明度の関係である。評価においては東京湾8地点のCOD年平均水質により評価する。

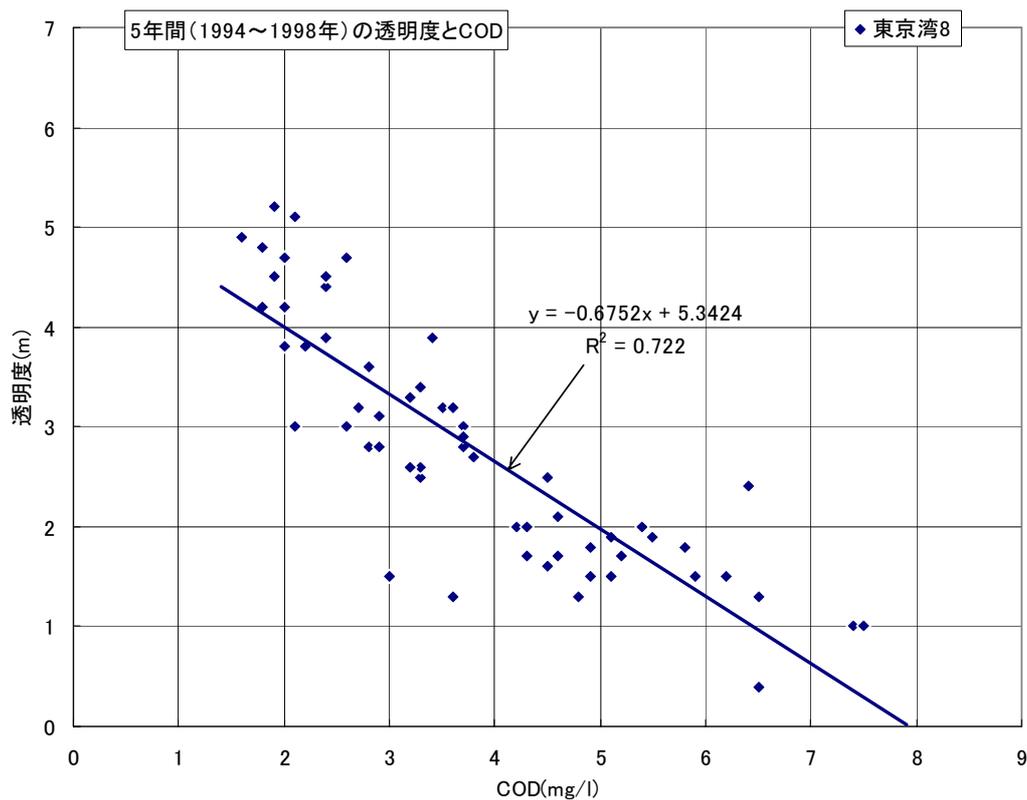


図- 4.1.4.1 CODと透明度の関係

2) 陸域生態系

施策の実施によりニホンリスやシジュウカラの潜在生息地の面積変化を定量化することができる。ここでは生息確率が0.75以上の質の高い潜在生息地の面積の増加率で評価を行うこととする。

3) 水域生態系

施策の実施による東京湾におけるアマモの生育場評価により定量的な評価を行う。ここでは図- 4.1.3.4に示す各メッシュの HSI の合計値の増加率により評価する。

4) 気温

ここでは、現況のシミュレーションで最も高温になる練馬における最高気温（14時）の現況からの改善効果（差分）により評価する。

5) 金銭的負担

表- 4.1.4.1で整理した施策群毎の1人あたりの年間の追加負担額により評価する。

6) 生活上の負担感

流域住民の生活様式に関わることで定量的な評価は容易でないが、施策群2では環境行動を行うための不便や負担を受容することが必要であること、施策群3で土地利用の改変に伴う一部住民の転居などの実行という負担の大きさを考慮して、概念的に評価する。生息生育場の改善により動植物に身近に触れ合える環境が創出されるなどの効用は1)~4)で、金銭的な負担の増加は5)で評価を行っているので対象外とする。

以上の項目の評価基準を表- 4.1.4.2に示し、この基準に基づいて施策群1、1+2、1+2+3について、個別の評価を表- 4.1.4.3に、レーダーチャートにより総合的に評価した結果を図- 4.1.4.2に示す。各項目について数値が大きいほど、人々にとって望ましい状態であることを示し、施策群を組み合わせる毎に六角形が右に寄っていくことが伺える。

表- 4.1.4.2 各評価項目の評価基準

レベル	1	2	3
透明度	2.5m	3.5m	4.5m
陸域生態系	現況比 100%	現況比 105%	現況比 110%
水域生態系	現況比 100%	現況比 150%	現況比 200%
気温	現況と同じ	1度低下	2度低下
金銭的負担	追加負担年 4万円	追加負担年 2万円	追加負担年 0円（現況）
生活上の負担感	さらに不便・負担を強いられる	不便・負担を強いられる	現状

表- 4.1.4.3 施策群毎の評価結果

レベル	現況	施策群 1	施策群 1+2	施策群 1+2+3
透明度(湾央)	2.6m	3.8m	4.2m	4.3m
陸域生態系	現状	変化なし	変化なし	ニホリス: 116km ² 増(7.9%増) ジギョウカラ: 201km ² 増(12.2%増)
水域生態系	143.8	160.4 (11.5%増)	163.7 (13.9%増)	232.1 (61.4%増)
気温	現状	0.6度低下	1.3度低下	1.9度低下
金銭的負担	現状	12000円増	33000円増	38000円増
生活上の負担感	現状	変化なし	不便・負担を強いられる	住民の移転など、さらに不便・負担を強いられる

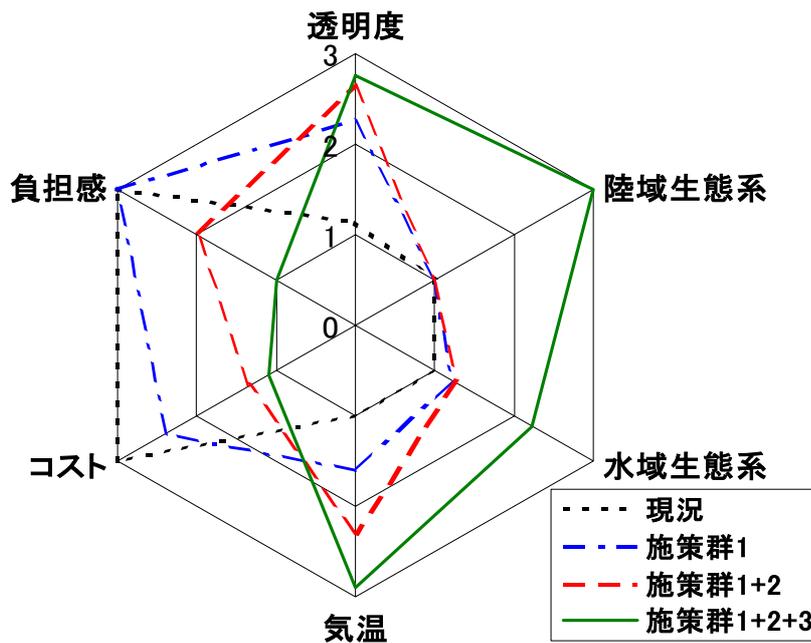


図- 4.1.4.2 施策群の実施による総合評価

評価項目によって重要度が異なり、指標化の方法についてもまだ不完全であるために、どのような施策群を選択することが望ましいかについて、簡単に結論を導くことは現時点では困難であるが、各施策を実施することによるプラス面とマイナス面についてある程度わかりやすく提示することができたのではないかと考える。

(3) 自然共生社会のイメージ

以上のように、4.1.3(2)で水物質循環、生態系（陸域、水域）、熱環境に関する統合的な施策の実施による施策群について、東京湾およびその流域という広域的な評価を行った。また、4.1.4(2)ではコストや社会的負担を含めた総合的評価を施策群ごとに比較することにより、ビジョン案の選択の材料の提供方法のたたき台を示した。

しかしながら、社会環境の変化など数字だけでは表現しきれない評価対象が依然として残されているだけでなく、生態系の改善により実生活にどのような変化が起こるのかなど、実現する社会のイメージ像を専門家でない一般の人々がこれらの結果だけから感覚的に理解することは依然として容易ではない。

そこで、まず現状と自然と共生した国土の再生したイメージ図を概念的ではあるが、図・4.1.4.3、図・4.1.4.4に示した。さらに水物質循環や生態系の健全化などによる流域圏の再生像を具体的に提示するために、水環境に焦点を当てて日常的に触れ合える郊外河川や都市河川、さらには家族連れで水生生物と戯れることができる湾岸における干潟について現状と将来像について表現を試みた。



図- 4.1.4.4 自然と共生した国土の再生イメージ

流域圏 再生

水循環の変化がもたらす生活と社会

郊外の風景

郊外河川では川の水が汚れていると、川に対して人が無関心になります。川の水がきれいになることという意識が多くの人に芽生えます。その要望に対し、川に親しめるように様々な空間整備が実施とが触れ合えるようになり、さらに植物や生物にとって多様な生息環境が再生されます。

市民と社会の価値観によって生活空間がこんなに変わる

●下水処理の高度化や各家庭での排水対策などの努力により、川の水がきれいになります（水質の改善）。

●切り立った堤防を緩やかな斜面にし、川に近づけるので、川遊びができます。

●川への関心が高まり、ごみがなくなります。

●水がきれいになり、川への関心が高まると、多様な動植物の生息環境の再生が促進されます。



■調整池と他の地域との境界を緩やかにし、緑を増やすことにより、調整池の周りで人が憩うことのできる場が多くなります。

景

で、川と触れ合いた
施されると、川と人



- 空間整備の実施により、低層住宅が高層化され、緑が増加します。
- 川の周りで人が憩うことのできる場が多くなります。



流域圏再生

水循環の変化がもたらす生活と社会

都市の風

都市河川では多くの場合、川の周辺整備がされていますが、川の水は汚く人の憩える場ではありません。そのため様々な施策と都市の再開発を促進することにより、川の水がきれいになり、水辺空間が創出されます。さらに、これらの変化により、人の水環境に対する関心が高まり、動植物の多様な生息環境の再生が促進されます。

都市の質的な再開発を促進する水環境

●下水処理場の整備などの施策や上流域での努力により、水がきれいになります(水質の改善)。

●水環境の改善と都市再開発を連携させることで、快適な水辺空間が創出されます。

●快適な水辺空間ができると、人が多く集まります。

●川への関心が高まり、ごみがなくなります。

●水がきれいになり、川への関心が高まると、多様な動植物の生息環境の再生が促進されます。



■快適な水辺空間ができ、多くの人が集まるとともに、水中生物だけでなく、水鳥などの生息環境も再生されます。

景

ん。川の水をきれい
人の集まる場となり
主が促進されます。



■低層住宅や工場の高層化などの再開発により、緑が増加し、快適な水辺空間が整備されます。このため、川の近くで休息できるようになる場が多くなります。



流域圏 再生

水循環の変化をもたらす生活と社会

湾岸の風

海岸部では浅瀬がないと人が海と触れ合うことができません。海へ流入する川の水がきれいになり、流れる汚水に対する様々な施策を実施するとともに、浅瀬(干潟)を再生することにより、海岸部の水がります。また干潟の再生に加え海岸部の空間整備を行うことにより、海と人が触れ合えるようになる植物や生物にとって多様な生息環境が再生されます。

水循環と生態系が人間の行動と市民生活の質を変える



●合流改善などの施策や流入河川での努力により、水がきれいになります。

●浅瀬(干潟)の再生でさらに水がきれいになります。(他の施策との連携で、透明度が向上)

●浅瀬ができ、水がきれいになると、海で遊ぶことができます。

●海岸沿いの堤防を整備することで、海へ近づきやすくなります。

景

海へ排出さ
きれいな
なり、さらに



■空間整備の実施により、低層住宅や工場が高層化され、緑が増加します。また、浅瀬の再生により人が海と触れ合えるとともに、動植物の多様な生息環境の再生が促進されます。



4.1.5 まとめ

このように東京湾とその流域圏を対象に、政策シナリオの検討につながる施策群を具体的に設定し、水物質循環モデル・陸域生態系モデル・水域生態系モデル・熱環境モデルを適用して、施策群に応じた環境改善度合いを把握した。水質、生息確率、生育場評価値、気温が各モデルの出力値として定量化されることにより、施策群実施後の流域環境がある程度描かれることは、自然共生型流域圏の構築に向けて有用な情報になるものと考えられる。また、施策効果を表現しうる複数のシミュレーションモデルを用いた総合的な政策検討から得られる重要な観点として以下の点が挙げられる。

a) 多岐にわたる環境問題を解決するための対策を施策パッケージとして評価すること

水物質循環、生態系の健全化およびヒートアイランド現象の対策などの解決に向けては、個別に課題の解決の方策を検討するよりも、多くの課題を同時に改善する方法を選択することが効率的である。複数の環境問題に対する解決手法を施策パッケージとして提案し、シミュレーションモデルによる効果把握を試みたことは、具体的な政策決定へのプロセスに活用するという点で意味を持とう。

例えば、緑地の増加が水物質循環や熱環境の改善、陸域生態系の回復にも資するという複合的効果を持つ。これらを1つの政策シナリオに基づき、それぞれのシミュレーションモデルによって定量的評価が可能になる。

b) 複数の系に及ぼす相乗効果を考慮した施策検討

上記とも関連するが、複数のモデルから解を出す場合、モデル間で相互作用が働く事象については、それを計算に反映させることが重要である。

水質改善と水域生息場の改善が相互にフィードバックする関係は、この必要性を理解するためのわかりやすい例であり、今回簡略化した表現ではあったが、その効果を一部定量化した結果、これについての具体的な検討を行うことができた。

c) 施策による地先の水質改善効果と閉鎖性水域の水質改善効果の関係性を提示

東京湾の水環境の現状を知る機会は、多くの人にとって極めて少ないと言えよう。本検討において流域水物質循環モデルと東京湾流動・水質モデルを接続したことにより、流域の水質改善効果と東京湾の水質改善効果との連動性を示した。地先の努力が東京湾の水環境の回復にも資することを実感することにより、環境改善行動の実践を促す状況づくりにつなげていくことも、シミュレーションモデルに期待される効用の1つであろう。

d) 多面的な施策評価を忘れてはならない

モデルの結果を評価に用いる際には、各施策の効果やコスト（初期と維持管理段階）の比較とともに、数字だけでは表現できない質の違いにも留意すべきである。これには、施策実行面での確実性・信頼性・迅速性、地域住民への波及・浸透効果と好循環創出効果、自然とのふれ合い増進や教育の効果、地域づくりにかかわる効果など様々なものが考えられ、これらを含めた多面的な評価も施策やその組み合わせの選択において欠かすことができない。

参考文献

- 1) 中央環境審議会：第6次水質総量規制の在り方について(答申)， 2005.
<http://www.env.go.jp/council/toshin/t097-h1703.html>
- 2) 建設省関東地方建設局，東京湾流域別下水道整備総合計画検討委員会：東京湾流域別下水道整備総合計画に関する基本方針策定調査報告書， 1997.
- 3) 国土交通省港湾局，環境省自然環境局編：干潟ネットワークの再生に向けて～東京湾の干潟等の生態系再生研究会報告書～，pp22-23， 2004.
- 4) 環境省：平成14年度ヒートアイランド現象による環境影響に関する調査検討業務報告書，pp2. <http://www.env.go.jp/air/report/h15-02/index.html>
- 5) 川島博之：東京湾とその流域における窒素収支の歴史的変遷，沿岸海洋研究，33-2，p147-155， 1996.
- 6) 北澤大輔，多和田茂，藤野正隆：陸域からの物質負荷量に対する東京湾の水質の応答，沿岸海洋研究，40-2，p159-169， 2003.
- 7) 浮田正夫，山原康嗣，中西弘：大阪湾における流入負荷量の推移と内部生産，沿岸海洋研究ノート，29-1，p51-59， 1991.
- 8) 中辻啓二，寺辻貴康，山根伸之：近年70年の大阪湾水質の時間変化と環境事後評価の試み，海岸工学論文集，Vol.45，pp1011-15， 1998.
- 9) 運輸省港湾技術研究所，(財)港湾空間高度化センター，港湾・海域環境研究所：平成9年度東京湾の環境管理に関する調査-その2-報告書， 1998.
- 10) 眞柄泰基：日本における浄化槽の歴史と現状，第3回世界水フォーラム浄化槽分科会要旨集， 2003. <http://www.jeces.or.jp/e/news/images/proceedingsJ.pdf>
- 11) 吉谷純一，木内豪：都市空間におけるヒートアイランド現象の軽減に関する研究(その2)，土木研究所資料，第3783号， 2001.
- 12) 環境省：平成13年度ヒートアイランド対策手法調査検討業務， pp127-130， 2002.
- 13) 森山正和編：ヒートアイランドの対策と技術，学芸出版社，pp96-110，pp121-131， 2004.
- 14) 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.
- 15) 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， <http://assess.eic.or.jp/houkokusho/tayousei0008/>， 2000.
- 16) 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.
- 17) 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.
- 18) セキスイエクステリア WebSite：<http://www.sekisui-exterior.co.jp/shizai07.html>