

3.2 都市・流域圏管理モデルの開発

3.2.1 都市・流域圏管理モデルの意義と現状

自然システムと社会経済システムが非線形に絡み合った複雑系システムの管理のためには、定量的な予測システムが不可欠であり、IPCC (2001) やミレニアム・エコシステム・アセスメント(MA, 2005) においてその基本型が開発されてきた。自然システムにおける大気・陸域・沿岸域は水循環・エネルギー循環・物質循環を通じて連結しており、それらの結合したシステムとして流域圏を理解する必要がある。流域圏システムを駆動しているものは水・エネルギー・物質循環であり、このためモデルは水・熱・物質を独立変数として時間的・空間的変動を表現するものとして連続方程式・運動量方程式・熱物質方程式により記述されている。現在のモデル開発の現状は流速・温度・物質分布の時空間変動予測を可能とするものになっているが、流域圏が提供する財とサービスの予測にまでは至っていない。一方、好適生物生息域の推定には環境因子を関数とするロジスティックモデルが多く用いられており、環境変動に伴う好適生息域への影響評価が行われている。

効率的な政策や技術的リアクション決定に役立つための統合流域圏モデル(図-3.2.1)として、自然システム(流域モデル、沿岸域生態系モデル、生物生息推定モデル、下水道モデル、森林モデル、農業生産モデル等)、社会システム(社会シナリオ、負荷発生インベントリー、資源循環技術オプション等)及び政策評価の3つのシステムを有機的に組み合わせたものが求められている(例えば、環境省、2005)。

しかし、従来開発された都市・流域圏管理モデルの多くは自然システムであり、社会システム、及び政策評価に関してはまだ開発途上の段階にある。

統合流域圏モデルとしては、社会シナリオから決定される総人口、産業総生産額(第1次産業生産額、第2次産業生産額、第3次産業生産額)、土地利用を非操作変数として定量化することにより、環境への負荷発生インベントリーが決定され、これら直接・間接ドライバーにより自然システムが駆動し応答する。流域圏生態系が供給する環境資源への影響を評価し、その劣化を回避し持続可能にするための有機循環政策や水循環政策、生態系保全政策、土地利用改善政策の効果を定量的に示すとともに、そのトレードオフを評価することが可能なモデルシステムが求められている。

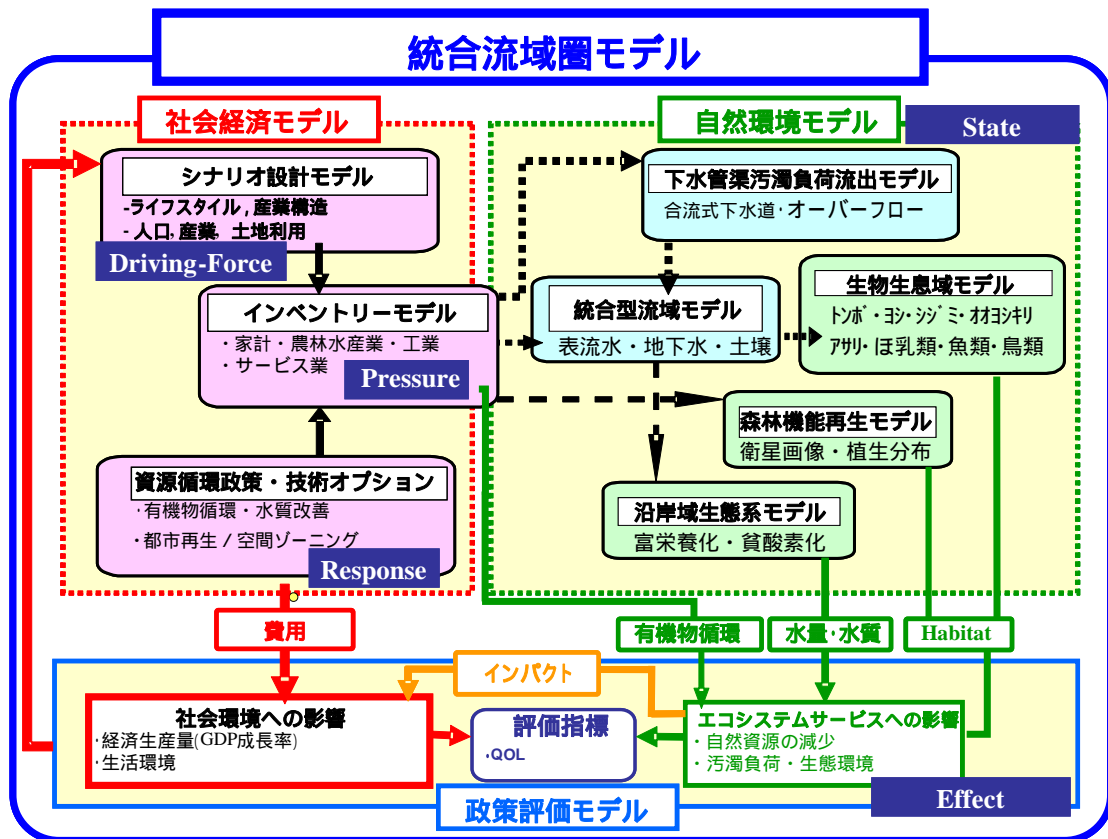


図-3.2.1 このイニシアティブで提案する統合モデルの概要

3.2.2 都市・流域圏モデルの開発状況

現在までに自然共生型流域圏・都市再生技術イニシアティブにより、各研究機関で多くのモデル開発がなされてきた。以下にそれらの概要を示す。

統合流域圏モデル

大気 - 陸域 - 海域全ての水・エネルギー循環過程を結合した統合流域モデル構造を以下に示す。

国立環境研究所で開発したグリッド型の統合流域 NICE (NIES Integrated Catchment-based Eco-hydrology) モデル (図-3.2.2) は、地表流・不飽和流・地下水流・河川流間での水・熱の相互作用を考慮しつつ MODIS 等の衛星データから得られる植生の季節変化を同化しており、植生の季節変化に応じた水・熱循環のシミュレーションが可能である (Nakayama and Watanabe, 2004a; Nakayama and Watanabe, 2004b)。本モデルは地下水と海域との結合による淡水・塩水フロント形成、地下水と湖沼モデルとの結合による地下水由来での湖沼への湧出量推定 (Nakayama and Watanabe, 2005b; 中山・渡辺, 2005)。

また大気境界層と地表面間での水・熱フラックスの相互作用を考慮することにより大気モデルとの結合、農業生産モデル(DSSAT)との結合により農地における水使用量を組み込み流域水循環に及ぼす影響の評価等が可能になった(Nakayama *et al.*, 2005)。

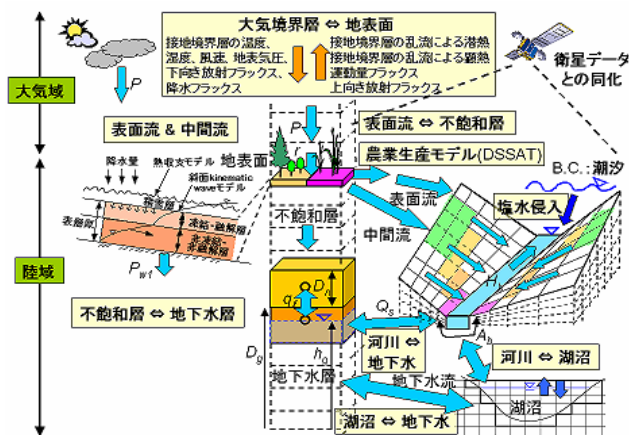


図-3.2.2 統合流域モデルの概要(環境省、2005)

たとえば、釧路湿原へ適用した結果では、直線化した河道に伴う土砂流入と湿原域でのヨシ・スゲ群落の衰退とハンノキ林の侵入に伴う土壌水分量の減少及び地下水位の低下が再現され、湿原域での乾燥化とハンノキ林侵入が初めて定量的に明らかになった(Nakayama and Watanabe, 2004a)。また、釧路湿原への流入河川の再蛇行化による河床勾配の減少・河川の滞留時間の増大に伴って、地下水位・土壌水分量の増加、河川基底流量の増加、洪水時ピーク流量の減少、といった結果が得られ、河道再蛇行化により湿原生態系は回復に向かう可能性を示唆した。

さらに、農地での地下水汲み上げや都心部での涵養率減少などを考慮した利根川全流域を含む関東平野を対象とした地下水シミュレーション(メッシュ数：229×190×10 層、水平方向 1km メッシュ)の結果(2001 年の平均値)は、1970 年代以降の都心部での地下水汲み上げ規制によって地下水位上昇を示しているものの依然として東京湾海拔ゼロメートルよりも低いといった地下水位分布の観測結果をほぼ再現している。今後、沿岸域での地下構造物による地下水流動の遮断等詳細なデータの取得によりモデル精度向上を図る必要がある。

閉鎖性海域における物質循環は物理過程(流動)と生物・化学過程(生態系)に支配されている。特に窒素・リンは河川や排水を通じて直接海域に供給されるのみならず、底泥からの溶出、底層での分解等により供給され、鉛直混合により表層に供給され生物生産に再利用される。

このため潮汐流、密度流、吹送流を再現し、水平のみならず鉛直構造も再現できる三次元流動モデル(Blumberg and Mellor, 1983; Blumberg and Goodrich, 1990; 渡辺ら, 1998; Watanabe, et al., 1999) を適用した生態系モデルを開発した。本モデルには、富栄養化現象に最も重要と思われる有機汚濁負荷量の影響、内部生産(植物プランクトンの増

殖過程)、窒素・リンの諸形態の現存量変化、底泥での酸素消費と溶出過程などの生物・化学過程を組み込んでいる(環境省総量規制報告書、2005)。

このモデルを用いて平成11年4月～平成12年3月の間の再現計算を実施し、平成11年8月10日に観測された大規模な青潮の発生状況(小倉久子, 東京湾の青潮発生状況(1999年); 千葉県水保研年報(平成11年度), p121～126)が、貧酸素水塊の発達形成過程として良く再現されることを明らかにした(図-3.2. 3)。

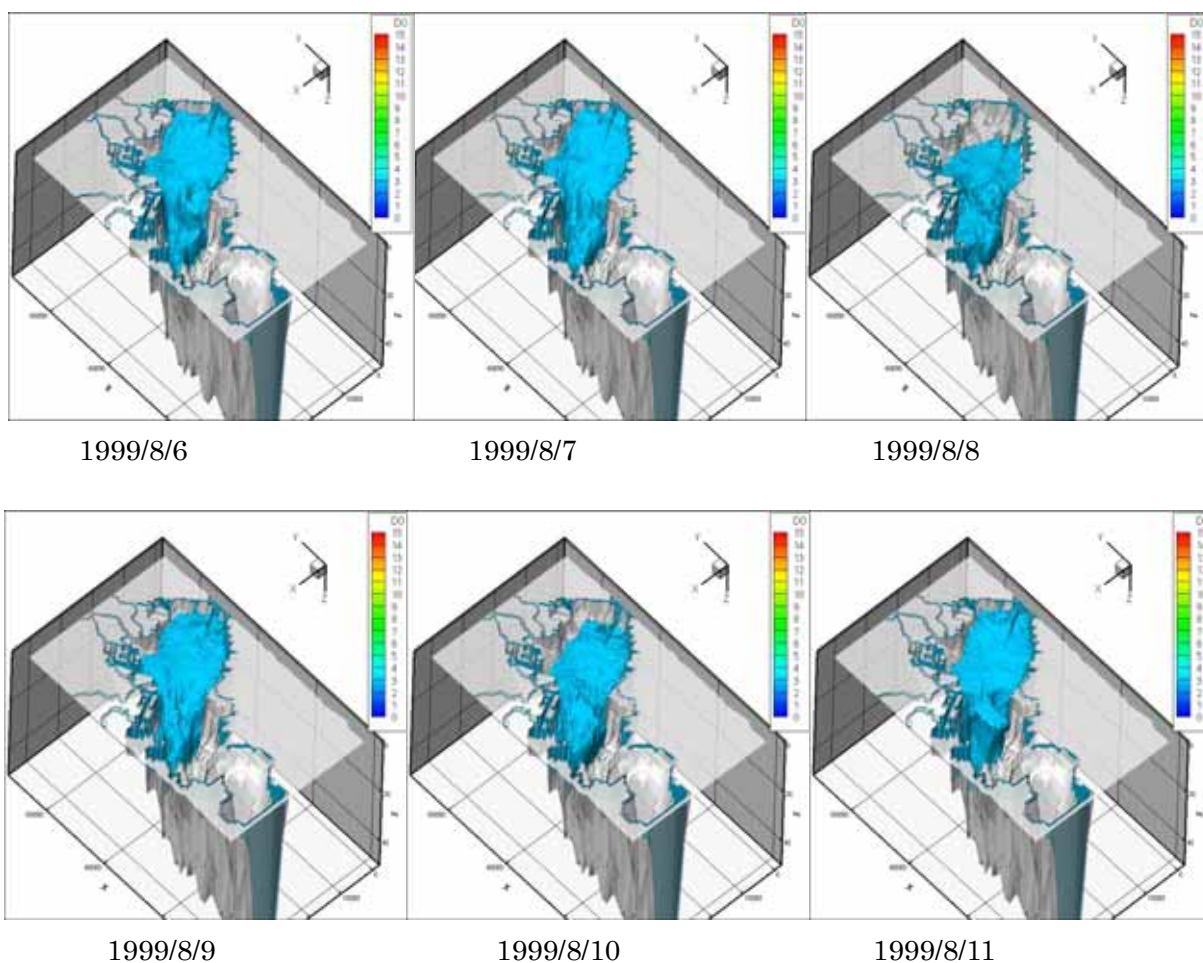


図-3.2.3 東京湾における青潮発生時の DO 等濃度面の変動(環境省、2005)

本モデルを用いて陸域からの点源・非点源負荷削減、下水道整備による負荷削減、干潟の造成による影響等の施策効果を検討した結果は、環境省第6次総量規制施策の検討に用いられ、その答申に反映された。

統合型の水物質循環モデル

流域における水物質循環は、流域の状態を捉え、流域の健全性を診断し、流域再生のあ

り方を探るための最も基本的な現象である。施策インベントリーに対する評価を行うための水物質循環モデルを構築している。検討対象とする東京湾、霞ヶ浦流域では流域の高度な土地利用と閉鎖性水域における沿岸域の開発などにより水環境など悪化を招いている。これに対応するため様々な政策や事業が実施されてきているが、閉鎖性水域を抱える流域についてはまだ根本的な解決に至っていないケースが少なくない。このため、土地利用等流域条件や取排水条件の異なる様々な流域の水物質循環現象の再現が可能な分布型水物質循環モデルである「陸域モデル」と、流域からの外部負荷、底泥溶出等の内部負荷、及び植物プランクトンの内部生産による水域の水質形成機構を表現できる「水域モデル」の統合モデルを構築することにより流域における様々な施策検討を行うことが可能となる。

陸域モデルは概念型の分布型であるタンクモデルを改良し、蒸発散・地下水・地表流、及び湖沼を考慮するとともに、人工系水循環(上水・工業用水・農業用水・生活排水・工業排水・下水処理排水)を組み込み、さらに水循環を介して流動する栄養塩等の物質循環を表現するモデルとなっている。扱う物質はリン、窒素、COD、BOD であり、東京湾流域を 1 km x 1 km の 15,558 メッシュに分割し、鉛直方向に表層・不飽和層・地下水層の 3 層としている。水平方向の移動は落水線に沿って設定された河道モデル(対象河川：利根川(江戸川分派点まで)江戸川、荒川、中川、隅田川、多摩川、鶴見川、小櫃・養老・小糸川)により表現し、各層における吸着・脱着と河道における掃流・自浄作用を考慮している。水域モデルは 500m メッシュを 4 層分割し、マルチレベル密度流モデルによる流動と、窒素・リン・COD・Chl-a・DO・動物プランクトンを独立変数とする物質循環モデルとなっている。土地利用、水利用、排出負荷データ及び流域条件データベースをもとに平成 13 年における東京湾及びその流域でのシミュレーションを行ったところ、河川流量・水質の時間変化特性、東京湾水質の時空間変化特性を大局的に再現された(図-3.2.4) (福田ら、2005)。一方、霞ヶ浦流域では、陸域では物理型のモデルを採用し、水域では全体の空間的、時間的な平均水質を表現できればよく、水域の物質循環で DO を考慮していないことを除けば東京湾内の物質循環モデルと基本的な考え方は同じである(藤田ら、2005)。

また、農地を巡る水・物質については、施肥の量や方法を改良した環境保全型農業技術(越野・安田、2001)の適用、用水の循環利用による負荷削減(白谷ら、2004)や富栄養灌漑水の積極的利用による浄化対策(端ら、2004)の効果等、従来よりも詳細に評価可能なモデルの開発を進めている(端、2004)。

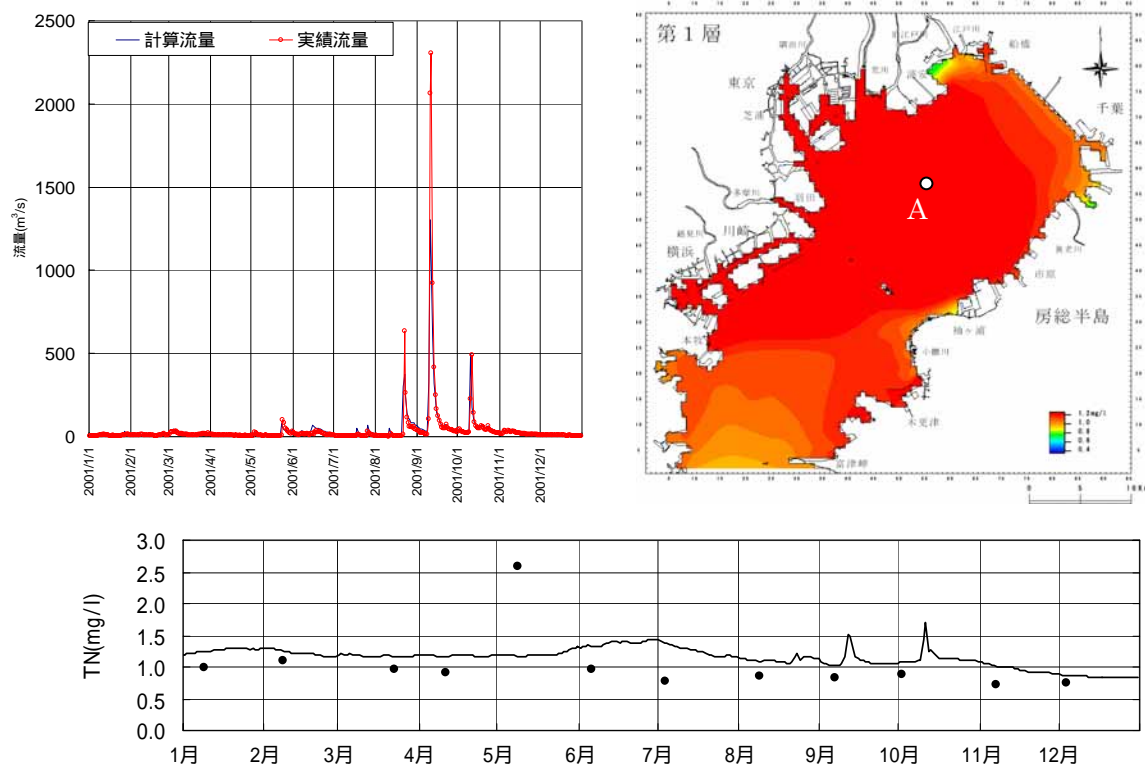


図-3.2.4 再現結果(左：流量(荒川・大芦橋)、右：水質(COD)(多摩川・調布橋) 下：A地点における水質 (TN) (点：実測値、実線：計算値)

下水道モデル

-A 下水道管渠汚濁負荷流出モデル

合流式下水道は、汚水と雨水を同一の管渠で排除することから、雨天時に未処理水が自然吐き口や排水ポンプ所から公共用水域に排出され、公共用水域の水質悪化に影響を与えていると指摘されてきた。東京都区部全域を対象とした場合、その下水管渠総数は10万本を越えており、全ての管渠を計算の対象とするのは計算コストや所要時間から現実的ではない。このため Horton-Stralher 河道位数理論に基づく管渠網の集中化手法を提案し、10 処理区からなる東京都区部全域の下水道管渠網に対して本集中化手法の適用による管渠網の簡素化を行い、実際に観測された降雨イベントを入力データとして、都区部全域からの越流水由来の汚濁負荷流出量に関する試算を行い、ポンプ場での観測値を良く再現していることが判明した(林ら、2004)。

越流水を由来とする、地表面堆積負荷と生活污水由来それぞれの浮遊性懸濁物質、全リン、ならびに全窒素とアンモニア態窒素の流出負荷フラックスを、荒川右岸域、同左岸域、

それぞれについて計算した。2002年9月28日から10月1日までの右岸域からの越流負荷量（地表面堆積物由来浮遊性懸濁物質 2604 トン、生活污水由来浮遊性懸濁物質 2209 トン、全窒素 327 トン、アンモニア態窒素 140 トン、全リン 66.6 トン）が都区部全域からの負荷量の約 9 割を占めた要因として、排水区域面積が左岸に比べて 4 倍程度大きいという点とともに、雨水自然吐き口が左岸域でゼロであるのに対して右岸域でおよそ 700 程度あることが挙げられる(林ら、2004)。

-B 下水道モデル

排出規制の強化や下水道整備が進むにつれて公共用水域の水質は改善しているものの、依然として合流式下水道雨天時越流水（CSO）由来の汚濁問題は存在しており、適切な汚濁負荷の削減を行うには CSO の現象解明が必要である。このような背景から、国土技術政策総合研究所では合流式下水道越流水の与える影響を評価することを目的に分布型汚濁負荷モデルを開発するとともに、これまでの解析できなかった窒素、リン、大腸菌群数についてもモデル化を行った。分布型モデルは、図-3.2.5 に示すように「流域モデル」と「管路モデル」に分かれ、「流域モデル」は従来の集中型モデル（日本下水道協会、1982）を一部改良して適用した路面からの流出負荷量が管内堆積負荷量に寄与するモデルで、各流域における汚濁負荷の挙動を反映するものである。「管路モデル」は各流域から出た汚濁負荷を統合した負荷移送を表現する管内堆積を考慮しない完全混合モデルを採用した。分布型への改良を行うことで、貯留、浸透、部分分流化など各流域での対策を明確に反映することが可能となり、合流式下水道からの越流負荷量についてその挙動を把握することができる（山田ら、2005）。

神奈川県平作川流域（詳細は 3.1.2 参照）での汚濁負荷シミュレーションによる計算結果を図-3.2.6 に示す。採水調査結果と比較して、シミュレーション結果は、水質および負荷量を概ね再現できている。

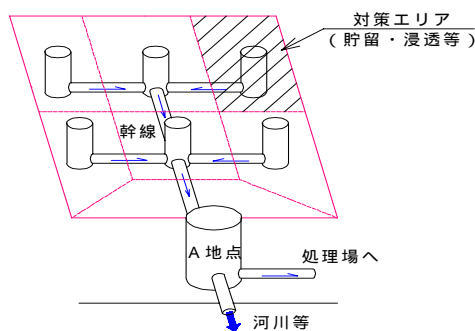


図-3.2.5 分布型モデル基本ユニット

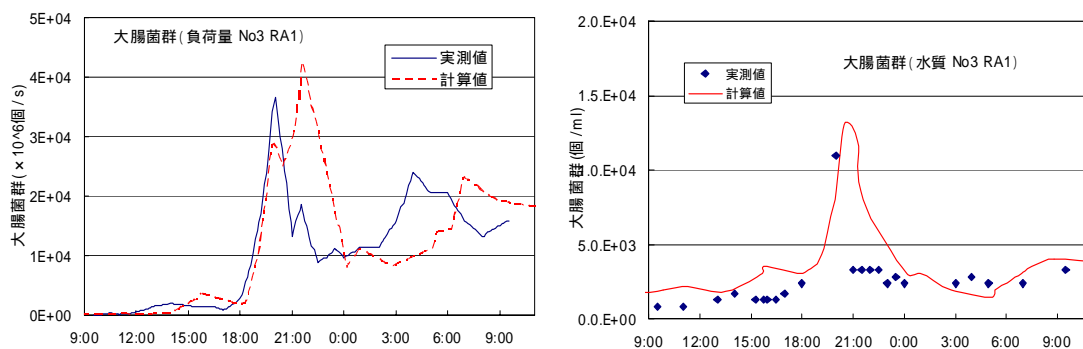


図-3.2.6 汚濁負荷シミュレーションと実測結果との比較

生物生息モデル

-A 水域生息場評価モデル

HEP (Habitat Evaluation Procedures) モデルは、ある一定範囲の場が対象生物にとってどの程度生息場として適した状態であるかを評価するもので、施策等による場の環境変化から生物が受ける影響を評価できる。従来の生息場評価は限られた範囲で行われることが多かったが、本モデルを用いて東京湾等の4水域において表-3.2.1に示す生物種を対象として、広域的な生息場評価を行った。

生息場評価の例として、東京湾のアサリ、霞ヶ浦のヨシ群落についての評価結果を示す。アサリについては水深・強熱減量・全硫化物・DO・中央粒径を、ヨシ群落については水深・傾斜角・代表粒径・春季最大有義波高をそれぞれ環境要因として適性値を設定した。アサリ、ヨシ群落の生息に対する各要因の影響は同等と仮定し、各要因のSI (選好指標) の積からHSI (生息場選好指標) を算出した (図-3.2.7, 図-3.2.8 (左))。

表 - 3.2.1 検討対象種

東京湾	アサリ、アマモ、ワカメ、イシガレイ、チゴガニ、ダイシャクシギ
荒川	モクスガニ、ヤマトシジミ、メダカ、ギバチ
多摩川	モクスガニ、チゴガニ、メダカ、カワラノギク、ホトケドジョウ、ヤマメ、カジカ、マハゼ
霞ヶ浦	ヨシ群落、オオヨシキリ、ヤマトシジミ、浮葉植物、沈水植物、シラウオ、ワカサギ

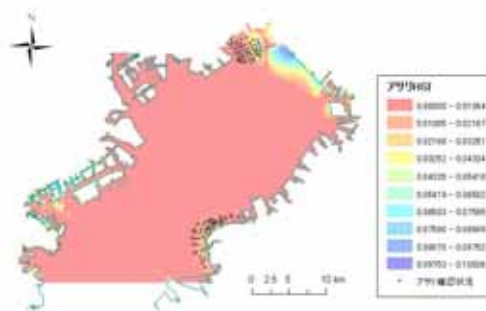


図-3.2.7 アサリの生息場予測結果 (東京湾)

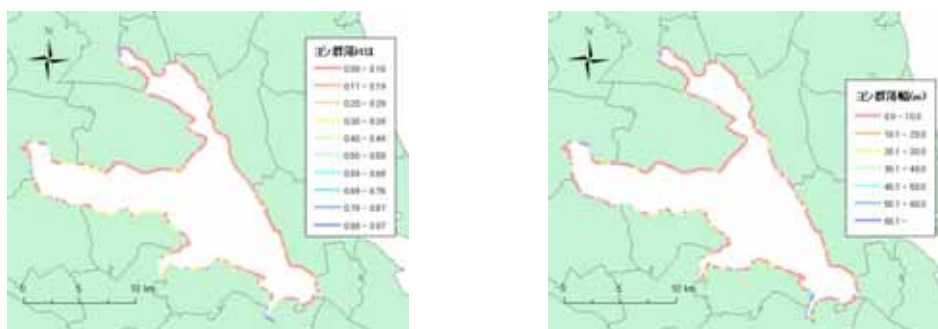


図-3.2.8 霞ヶ浦におけるヨシ群落の生息場予測結果（左）および現況（右）

-B 水産から見た環境変動評価モデル

水産・漁業の立場から、水域における水・物質循環や生態系の変動特性の評価を試みる場合、対象水域の生物生産を代表する生物種（漁獲量や資源量という形態で生物生産情報の豊富な水産有用種）を考慮した検討が行われることが望ましい。水産総合研究センターでは、汽水域（涸沼）を解析対象とし、流域の物質循環（栄養塩、溶存酸素、動植物プランクトン等）を検討する低次生態系モデルに加えて、汽水域の生物生産を代表する生物種であるシジミによる濾水、栄養塩排出、呼吸、成長、生殖過程等の個体群動態特性を考慮した汽水域生態系モデルを構築した。このモデルによりシジミ個体成長に関する解析を行い実測値と比較したところ、良好な結果を得た(図-3.2.9)。

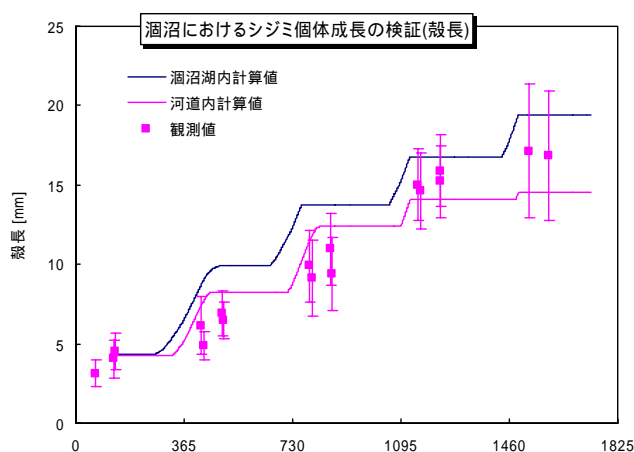


図-3.2.9 シジミ個体成長に関する解析値と実測値の比較

-C 農業排水路における魚類生息場の物理環境ポテンシャルの推定

農業工学研究所で開発された農業排水路の魚類生息モデルを用いて、谷津田によって構成される千葉県下田川流域を対象に、当流域の主要種であるタモロコについて、農業排水路における魚類生息場における潜在的収容力（ポテンシャル）を推定した。2002年7月～2004年6月の各月1回、電気ショッカーによるタモロコの採捕及び物理環境5要因（水深、流れ、底質、植生被度、水面幅）の計測を行い、仔魚、稚魚・未成魚、成魚の各成長段階について、環境要因に関する適性指数 HSI（最適 $1 \geq \text{HSI 値} \geq \text{不適 } 0$ ）を作成した。相関分析を利用して各成長段階における主要要因を決定し、各水路の成長段階別、月別の生息場ポテンシャル HU（ m^2 ）を計算した。各水路の HU に季節的変動は認められず、単位水面積あたりに換算した HU（%）は成魚で 36～77%、稚魚・未成魚で 29～80%、仔魚で 8～53%の範囲にあった（小出水ら、2005）。

-D サシバ（*Butastur indicus*）の生息適地

サシバ *Butastur indicus* は、日本および極東アジアで繁殖し、南西諸島から東南アジアにかけての地域で越冬する渡り性の猛禽類であるが、近年個体数の減少が指摘されている。また、サシバは水田と樹林とが組み合わされた谷津田に生息し、近年の開発や、水田の休耕田化や土地改良事業などで質的にも変化している谷津環境のシンボルとして注目されている。国土技術政策総合研究所では、栃木県の市街地、水田地帯、低山帯を含む範囲を対象として、サシバの分布状況を調査するとともに、その環境選好性を明らかにする目的で環境要素との関係を解析してサシバの営巣場所数を予測するモデルを作成した（百瀬ら、2005）。

営巣場所の調査は、サシバの繁殖期に宇都宮地域 276 km^2 （南北 12 km ，東西 23 km ）と鹿沼地域 72 km^2 （南北 12 km ，東西 6 km ）で実施し、調査地全域の林縁部を中心に踏査してサシバの分布状況を確認した。そして、調査地を東西方向、南北方向とも約 2 km 四方の 84 個のメッシュに分割し、そして、それぞれのメッシュごとにサシバの営巣場所の有無と、植生、地形、人口との関係について相関解析を行った。

植生は、自然環境 GIS の植生図（第 2・3 回現存植生図に基づく 5 万分の 1 植生図）を用いた。植生凡例は、樹林（アカマツ林、落葉二次林、スギ・ヒノキ・サワラ植林）、その他樹林（河畔林、その他林地）、水田、草地（畑地、草地）、住宅地、水域、その他に統合した。また、その他植生要素として、水田面積と周辺長との比、樹林と水田の境界線の長さ、

表-3.2.2 サシバ営巣場所数と各環境要素との単相関

	サシバ	樹林	他樹林	水田	草地	住宅地	水域	その他	樹林-水田	樹林-草地	人口	水田形状	周囲樹林	周囲接線	地形起伏
サシバ	1.000														
樹林面積	0.343	1.000													
その他樹林面積	-0.038	-0.299	1.000												
水田面積	-0.240	-0.513	-0.130	1.000											
草地面積	0.309	-0.035	0.359	-0.290	1.000										
住宅地面積	-0.358	-0.543	0.085	-0.198	-0.335	1.000									
水域面積	-0.245	-0.298	0.156	0.206	0.054	-0.028	1.000								
その他面積	-0.133	-0.072	0.199	0.015	0.099	-0.157	0.554	1.000							
樹林-水田接線長	0.843	0.363	-0.089	-0.175	0.358	-0.452	-0.254	-0.095	1.000						
樹林-草地接線長	0.571	0.489	-0.097	-0.403	0.586	-0.470	-0.273	-0.110	0.665	1.000					
人口	-0.398	-0.514	0.267	0.185	-0.218	0.477	0.213	0.186	-0.346	-0.467	1.000				
水田形状	0.362	0.227	-0.043	-0.662	0.145	0.292	-0.186	-0.122	0.353	0.349	-0.220	1.000			
周囲樹林面積	0.261	0.950	-0.387	-0.412	-0.060	-0.558	-0.224	-0.065	0.289	0.477	-0.530	0.177	1.000		
周囲樹林-水田接線長	0.834	0.300	-0.123	-0.119	0.363	-0.435	-0.208	-0.143	0.933	0.611	-0.376	0.328	0.268	1.000	
地形起伏	-0.019	0.834	-0.377	-0.391	-0.158	-0.387	-0.184	0.043	0.066	0.327	-0.377	0.118	0.877	0.002	1.000

樹林と草地の境界線の長さを用いた。地形は、国土地理院発行の「数値地図 50m メッシュ (標高)」を使用した。メッシュの中心点を通り東西、南北に 2 分割する線を設定し、その線に沿った地表距離の合計値と直線距離との比を起伏量として、地形の起伏を示す指標として用いた。また人口については、総理府の国勢調査メッシュ統計 (3 次メッシュ) により、メッシュ内の人口を用いた。解析に当たっては、まずこれらの各要素とサシバの繁殖数との単相関をとり (表 3.2.2) サシバとの相関の高い要素を採用候補として重回帰分析を行った。また、採用候補と要素間の相関が高く、重回帰分析に盛りこむ上で不適切な場合は、よりサシバとの相関が高いか、あるいは生態的に妥当と考えられるものを採用し、もう一方を削除した。

その結果、周囲メッシュを含んだ樹林 - 水田接線長と人口を環境要素として重回帰分析を行ったところ、サシバの営巣場所数との間の決定係数は $r^2 = 0.70$ で、有意な関係が認められた (表-3.2.3)。図-3.2.10 は、重回帰モデルの予測値を実際の営巣場所数と照らし合わせたものである。それぞれの点は 2km メッシュを調査地の西側から順に並べたもので、大まかな位置を下部に示してある。なお、予測値が負のものはゼロとした。

サシバの分布と環境要素との関係について、当該メッシュでなく、隣接する周囲メッシュを含んだ樹林 - 水田接線長について、その接線長が長いほうが良く、他の要素よりも影響を与えており、さらに、人口は少ないほうが良いという結果を得た。また、水田面積と負の相関が見られたことから、大規模な水田ではなく、水田が樹林に囲まれてとまり場所と採食場所である水田までとの距離の近い谷津田のほうが採食可能な場所が多く、良好な環境と思われる。

表-3.2.3 サシバ営巣場所数と各環境要素との重回帰分析の結果

説明変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	F 値	P 値	T 値	標準誤差	偏相関	単相関
周囲樹林-水田接線長	0.0000547	0.798	149.66	0.000	12.23	0.00000	0.806	0.834
人口	-0.0000591	-0.098	2.26	0.137	-1.50	0.00004	-0.165	-0.398
定数項	-0.4044826				-1.42	0.28544		

決定係数 R² = 0.70, P < 0.001, AIC = 288.54

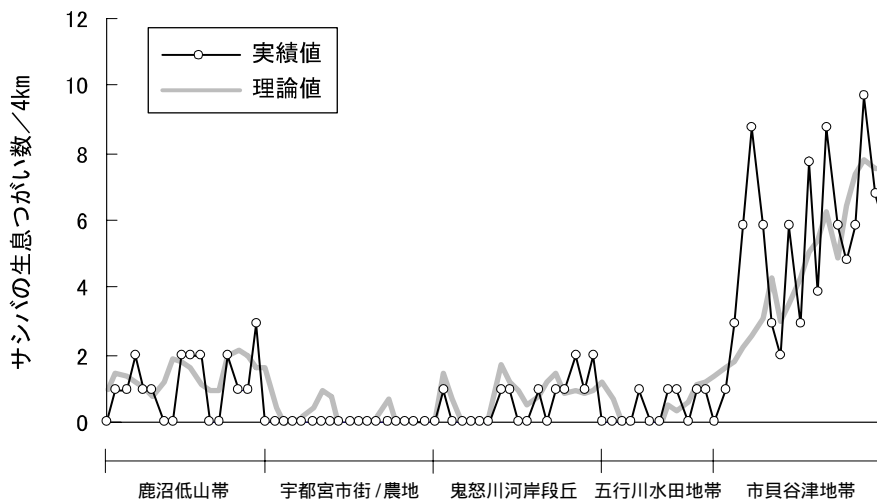


図-3.2.10 サシバ営巣場所数を予測する重回帰モデルの予測値と、各メッシュにおける実際の営巣場所数との関係

本研究で得られた予測モデルは一般的な環境情報を用いて広域的な予測を行うものであり、事業の計画段階における検討や広域的な土地利用計画の策定のために役立つと考えられる。また、本研究で示された、好適な環境が連続的に存在することが種の生息にとって重要であるという結果は、狭い範囲で生息環境を評価する際にも、忘れてはならない観点であると考えられる。

サシバを対象とした研究は東京都を対象にして同様に実施されている。分析には東京都現存植生図表示プログラム（東京都環境局、2001）に収録されている1970年代のサシバ生息データを使用し、生息を説明する変数としては、各3次メッシュ内に含まれる植生面積以外に、サシバの生息環境より、傾斜および森林と水田の隣接長を使用した。なお、小島(1982)の研究結果をもとに、当該メッシュとともに、周辺メッシュを加えた9メッシュでの値も説明変数とした。モデル構築に際しては、個々の変数の値がサシバ生息に効果があるかどうかをMann-Whitney検定で調べ、さらに、当該3次メッシュの変数と、その周辺メッシュを含めた変数の間は多重共線性が高いので、一方の変数のみを選択した。以上より、サシ

バの生息・非生息を目的変数として、変数増加法で判別分析を行った。結果として森林面積、最大傾斜および周辺の森林と水田の隣接長が採用され、判別率は全体で78.9%であった(杉谷ら、2005)。

-E オオヨシキリの生息適地

オオヨシキリ *Acrocephalus arundinaceus* は温帯域のヨシ原で繁殖し、熱帯域で越冬するユーラシア大陸に広く分布する汎存種である。河川敷やクレークの小さなヨシ原にまで生息しているため、中下流域の河川敷の生態系を代表する種となる。国土地理院の数値地図 50m メッシュ(標高)を、植生図として環境省の自然環境 GIS 第 2 版を用いて、市街地、水田、畑地、休耕地、グランド、ゴルフ場、落葉広葉樹林、常緑広葉樹林、松林、針葉樹植林、伐採地、裸地、イネ科草原、広葉型草原、湿地、開放水系の 16 に分類しなおして解析に用いた。航空写真をデジタイザーでスキャンした画像を ER-Mapper を使って幾何補正してデジタルオルソ写真を作成し、ヨシ原パッチデータを作成した。オオヨシキリの分布予測は、ロジステスティックモデルを用い、説明変数として、ヨシ原サイズ、形状、周縁長、平均標高、周辺の標高の高低差、周辺の最高標高、最近接ヨシ原の距離等のヨシ原の形質と、ヨシ原の周辺 1km 以内の植生あるいは土地利用比率を用いた。荒川流域では、1km 以内に休耕地がある形状指数が大きくて丸いヨシ原ほどオオヨシキリの生息確率が高くなることが明らかになった(永田・吉田、1999)。

$$\text{Logit}(p) = -0.131 + 1.724 \cdot \text{形状指数} + 0.596 \cdot \text{休耕地}(\text{ha})$$

-F 鳥類多様性モデル

既存の研究(福井ら、1998; 樋口ら、1982; 小川原、1993; 渋谷ら、1987; 川口、2002)をもとに、土地被覆の面積および多様度指数により鳥類の種多様性を説明することとした。データソースとして東京都繁殖状況調査を使用し、種類は東京都全域で計 124 種、メッシュ単位では最高 27 種、最低 0 種であった。なお、これらの種数は同調査で都市型とされた 9 種(キジバト、ツバメ、ヒヨドリ、シジュウカラ、カワラヒワ、スズメ、ムクドリ、オナガ、ドバト)を除いた種数である。植生情報は、第 3 回自然環境保全基礎調査植生調査および植生図第 4 回調査・第 5 回調査による 5 万分の 1 植生図(環境庁、1999)を使用し、3 次メッシュで集計を行った。植生の分類は、植生図を土地被覆 14 分類に再分類し、自然林、二次林、人工林、草原、水田、畑、不耕作地、市街地緑、水面、自然裸地、水辺

植物の各面積を用いた。多様度指数は、上記の各面積のシャノンの多様度指数を採用した。以上より、鳥類種数を目的変数にして変数増加法で変数を投入する F 値確率は 0.10 以上とし、重回帰分析を行った。非説明変数として市街地緑、土地被覆多様度、人工林、自然林、自然裸地、二次林、草原、水辺植物、畑、水田の 10 個の説明変数が選択され、決定係数は 0.57 であった(杉谷ら、2005)。

-G トンボ種生息適地

二次メッシュ単位で平均した平年の年平均気温(気象庁メッシュ気候値 2000)と平均傾斜角(国土地理院国土数値情報)に対して、トンボ92種の生息記録がある二次メッシュ(環境省自然局生物多様性調査動物分布調査報告書(昆虫(トンボ)類))の年平均気温と平均傾斜角の頻度分布から、それぞれ積率確率を求め、それぞれのトンボ種が生息する気温の範囲と傾斜角の範囲が推定できる。生息可能レンジは、積率確率が2.5%から97.5%までの範囲(観測点の95%が含まれる範囲)とみなした。ミヤマカワトンボの荒川流域での分布可能域(図-3.2.11)、及び92種のトンボ全種の分布域を重ねることで、それぞれの地点での潜在種数を推定することができる(図-3.2.12)。その結果、荒川では中流域が最も潜在種数が多いと推定され、場所によっては80種以上の生息が予測された。これを実際の生息記録と比較した結果、実際の生息記録種数のほうが潜在生息種数の推定値よりもかなり小さいことが判明した。

記録種数と潜在種数の比に対して土地利用の程度(ここでは二次メッシュ内の市街地の割合)を回帰分析した。その結果、種数が実現されていない原因の15%以上は自然環境の消失にあると考えられた(Tsuji and Tsubaki, 2004)。

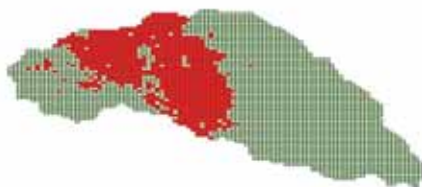


図-3.2.11 平年の平均気温と傾斜角から推定されたミヤマカワトンボの生息可能(赤いメッシュ)域

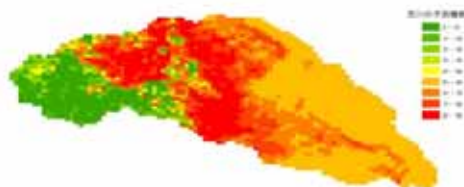


図-3.2.12 92種のトンボの生息可能な温度範囲と傾斜角から推定した潜在生息数