

伊勢湾流域1950-2000年における 人間活動と物質負荷に着目した環境変遷の分析

ENVIRONMENT ANALYSIS BASED ON HUMAN ACTIVITY AND POLLUTANT
LOAD FROM 1950 TO 2000 IN ISE-BAY RIVER-BASIN

菊池 佐智子¹・藤田 光一²・望月 貴文³

Sachiko KIKUCHI, Koh-ichi FUJITA and Takafumi MOCHIDHUKI

¹正会員 博(農) 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川環境研究室 派遣職員
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

²正会員 工博 国土交通省 国土技術政策総合研究所 環境研究部 環境研究官

³正会員 修(工) 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川環境研究室 研究官

Considering the versatility of the “Environmental Impact Assessment Techniques for Eco-Compatible River-Basin Management” to the East and Southeast Asia, we analyzed the Ise-Bay River-Basin as the objective. In order to grasp the artificial impact empirically, we collected various statistical data with spatial information from 1950 to 2000. From the relationship with the emission reduction of the pollution load using the cleanup approach and the increment since 1950, the following were clarified; 1) Improvement of the sewage system diffusion rate and disposal capacity; and 2) Application of “Ecological Services” which consists of natural energy and biological purification. Because of delimitation, funds, and degradation of “Ecological Services”, the foremost tasks are quantification of “Ecological Services” and investigation of “Ecological Services” in marine areas.

Key Words: Ise-Bay river-basin, geographic information system, population, land use, natural physiographic division, pollutant load

1. はじめに

自然共生型流域圏・都市再生技術研究イニシアティブ(内閣府総合科学技術会議:第2期科学技術基本計画(2001-2005)の重点分野・環境)を1つの重要な契機として、「流域圏」と「自然共生」を軸に、広域的に環境の質を再生・向上させる政策の定着を目指した研究開発が行われ^{1,2,3,4,5)}、最近では、東京湾、大阪湾流域と同様に人的作用の累積が進む一方で、人口に比してなお多くの自然地や農地を残す伊勢湾流域圏をフィールドに、高エネルギー投入型の環境改善策をどの程度「生態系サービス」活用策へと転換できるかを主軸にした環境管理技術の開発が行われている⁶⁾。

流域圏研究においては、対象フィールドの環境変遷を、人的作用が顕在化した時期を包含した長期的視点から把握することが共通して重要である。この作業には、GIS等汎用性の高いソフトウェアを使用して、各種統計データを地理的・空間的情報と関連付けて収集、整理するこ

とが有効であり、すでにいくつかの流域圏^{7,8,9)}において実践されている。しかし、高度成長期以前まで遡れるデータの限界、多くの要因が複雑に関係し、本来的に多面性を持つ流域を扱うことの困難さから、流域圏環境を長期的かつ構造的に分析・把握することは未だ容易ではない。

以上を踏まえ、本稿では、まず、1970年代以前の未整備であった空間情報データを推定し、1950年から2000年まで均しく空間分布の変遷を追えるよう、人口や土地利

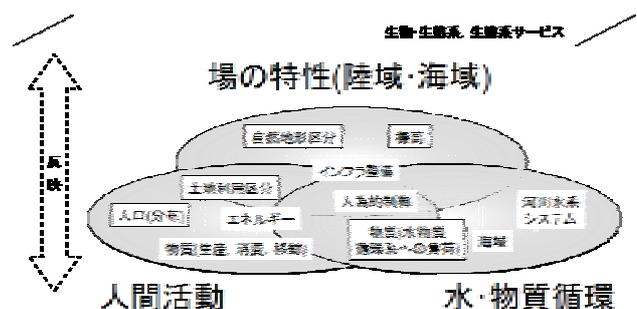


図-1 本研究で用いた流域圏の状況ととらえ方

表-1 データベース整備に使用した各種統計データ

名称	項目	データソース
土地利用	水田, 畑, 森林, 荒地, 市街地, 水域, その他に分類	国土数値情報(1976, 1987, 1991, 1997)
標高	標高	数値地図50mメッシュ標高 日本-
自然地形区分	標高の高い水源・上流域, 標高の低い水源・上流域, 下流・低地, 河川沿いの低地, 海辺沿いの低地	若松加寿江・久保純子・松岡昌志・長谷川浩一・杉浦正美(2005):日本の地形・地盤デジタルマップ
人口分布	総人口, 1次, 2次, 3次	地域統計メッシュ(1970, 1975, 1980, 1985, 1990, 1995, 2000). 国勢調査 市町村別人口推計(1950, 1955, 1960, 1965, 1970)
下水処理場	所在地, 放流先河川, 1日あたり処理水量, 流入水質・流出水質(BOD, COD, SS, T-N, T-P)	下水道統計 処理場施設, 水処理施設, 水質試験成績(1962, 1965-1986, 1988, 1989-2001, 2004). 水道年鑑(1960). 下水処理場ガイド 上巻(1991)
生活系処理形態別人口	下水処理人口, 非下水処理人口(単独浄化槽使用人口, 合併浄化槽使用人口, 計画処理人口, 自家処理人口, 未処理人口)	下水道統計 普及状況(1962, 1965-1986, 1988, 1989-2001, 2004). 廃棄物処理事業実態調査結果(1995-2005). 廃棄物処理事業実態調査 統計資料(1976-1994). 日本の廃棄物処理(1995-2000). 日本の廃棄物 '85(1963-1982). 環境統計集(2002). 第3回世界水フォーラム浄化槽分科会要旨集(2003) 長野県の統計状況 岐阜県統計書デジタルアーカイブ. あいちの下水道, みえData Box
工業製品出荷額	製造品出荷額	国土数値情報(1977, 1982). 工業統計メッシュ(1990, 1995, 2000). 完結 昭和国勢総覧 第1巻(1991). 日本の長期統計系列
飼養頭羽数	牛, 豚, 鶏に分類	国土数値情報(1975, 1980). 畜産統計, 畜産物流統計, 農林水産累計統計. 完結 昭和国勢総覧 第1巻(1991) 長野県の統計情報 岐阜県統計書デジタルアーカイブ. 愛知県県年統計表. 三重県県年統計表

用など主要データを新たに整備した。そして、流域圏の状況を場の特性、それを貫く水・物質循環、流域圏に作用する人間活動という相互に影響し合う3主要素からなるものと捉え、各種要素を具体的に表現するよう対象項目を整理し、極力相互に関連させて俯瞰的に分析するよう努めた(図-1参照)。以上により、伊勢湾流域の環境変遷を構造的に把握し、生態系サービスを活用した自然共生型施策とその展開⁶⁾に役立つ基本情報の獲得を試みた。なお、本稿では対象項目を図-1中の四角枠で囲われた「自然地形区分」「標高」「土地利用区分」「人口(分布)」「物質(水物質循環への負荷)」とし、海域は対象外とした。表題を「流域」としているのは、このためである。河川水系もインフラ整備の効果・影響と相まって、重要なサブ要素となりうるが、議論が拡散するので、本稿の対象からは除外した。

2. GISデータベースの整備と負荷量の算出

(1) GISデータベース整備に使用した各種統計データ

人為インパクトが伊勢湾流域に最も強く作用した高度経済成長期を挟む1950年から2000年の50年間の環境変質の把握には、GISでの作業が可能であり、流域(長野県の一部、愛知県、岐阜県、三重県)に共通したデータが整備され、国勢調査等の他の全国的なデータと整合性を有する¹⁰⁾、国土交通省作成の国土数値情報を採用した。この国土数値情報に加え、各種関係部局が作成した年鑑や統計書、報告書を収集してデータベースを整備した(表-1参照)。

a) 場の特性に関するデータ

標高データは、3次メッシュ内の50mメッシュの標高値を相加平均し、3次メッシュの平均標高とした。自然地形区分は、若松ら(2005)¹¹⁾の地形区分を「標高の高い水源・上流域(山地)」「標高の低い水源・上流域(丘陵, 砂礫質台地)」「下流・低地(扇状地, 後背湿地, 自然堤防, 三角州・海岸低地)」「河川沿いの低地(谷底低地)」「海辺沿いの低地(干拓地, 埋立地, 砂州・砂礫州)」「その他」の6区分に再編した。

b) 人間活動と場の特性の両方に関わるデータ

土地利用データは、整備年度によりその区分が若干異なるため、収集した4つの年度に共通する7区分(水田, 畑, 森林, 荒地, 市街地, 水域, その他)を設定して再編した。

c) 人間活動に関するデータ

人口分布データについては、地域統計メッシュデータを用いた。当該データが存在しない1965年度以前は、過去の国勢統計の市町村別人口データを1970年度の3次メッシュ人口分布に従って按分して作成した。生活系汚濁負荷の処理形態別人口は、上記方法にて算出した人口分布データに、下水道普及率を乗じた(下水処理人口)。次に、人口から下水処理人口を減じた値(非下水道人口)に処理形態別人口構成比(合併浄化槽, 単独浄化槽, 計画処理, 自家処理)を乗じて各処理形態別人口を求めた。下水処理場データは、所在地・放流先河川・1日あたりの処理水量・流入水質及び放流水質(BOD, COD, SS, T-N, T-P)を整理した。工業製品出荷額は、工業メッシュ統計データと製造品出荷額3次メッシュデータを用い、両データが存在しない1985年度以前は、県別製造品出荷額から変化率を算出し、その値を1982年度の3次メッシュ製造品出荷額に乗じて求めた。飼養頭羽数は、1975年度の農業センサス3次メッシュデータと同じ配分比率になるよう、1950年度から2000年度までの県別飼養頭羽数を按分して作成した。

(2) 排出汚濁負荷量の算出方法

汚濁負荷量の推定は、生活系・工業系・畜産系の汚濁負荷に加えて、市街地系、農地系からの面源負荷についても行う¹²⁾必要があり、後二者には「原単位法」¹³⁾を採用した。具体的内容は以下に合わせて説明する。

a) 生活系排出汚濁負荷量の算出

下水処理場を除く処理施設(し尿処理場, 農業集落排水施設, コミュニティプラント)からの汚濁負荷量は下水処理場と比較して小さい¹⁷⁾として算定せず、「1日あたりの処理水量×放流水質(BOD, COD, T-N, T-P)」「下水処理場」「処理形態別人口×汚濁負荷量原単位」(その他の排出形態)を算出した(表-2参照)。

b) 工業系排出汚濁負荷量の算出

工業系排出汚濁負荷量の算出に用いた産業中分類別

表-2 生活系排出汚濁負荷量の算出に使用した原単位¹²⁾

(g/人・日)	BOD	COD	T-N	T-P
合併浄化槽	15.0	11.0	6.7	0.9
単独浄化槽	47.0	28.0	11.0	1.2
計画処理, 自家処理, 未処理	42.0	22.0	3.9	0.4

表-3 畜産系排出汚濁負荷量の算出に使用した原単位^{7,12,13,14)}

項目 (g/頭/日)		長野県	岐阜県	愛知県	三重県
BOD	牛	6.400	6.400	6.400	6.400
	豚	2.000	2.000	2.000	2.000
	鶏	0.000	0.000	0.000	0.000
COD	牛	42.000	48.000	53.000	48.000
	豚	10.000	12.000	13.000	12.000
	鶏	0.370	0.370	0.370	0.370
T-N	牛	30.000	34.000	30.000	34.000
	豚	5.600	5.600	5.600	5.600
	鶏	0.225	0.225	0.225	0.225
T-P	牛	4.500	5.000	4.500	5.000
	豚	6.000	6.000	6.000	6.000
	鶏	0.075	0.075	0.075	0.075

表-4 面源汚濁負荷量の算出に使用した原単位^{12,16)}

年次 (kg/ha/年)	森林			畑		
	COD	T-N	T-P	COD	T-N	T-P
1995以前	25.40	3.80	0.30	26.80	68.60	0.74
2000	36.40	4.40	0.34	26.70	69.00	0.72

年次 (kg/ha/年)	水田			市街地			
	COD	T-N	T-P	BOD	COD	T-N	T-P
1995以前	111.10	15.40	1.65	314.50	206.00	22.25	6.50
2000	111.10	12.80	1.65	128.00	107.00	16.20	1.90

表-5 家庭下水基本原単位^{10,14,15,16)}

年次	し尿 (g/人・日)				雑排水 (g/人・日)			
	BOD	COD	T-N	T-P	BOD	COD	T-N	T-P
1985以前	18.00	10.00	9.00	0.90	32.00	17.00	3.00	0.90
1990	18.56	9.36	8.25	0.90	39.44	16.64	2.75	0.30
1995	18.56	9.36	8.25	0.90	39.44	16.64	2.75	0.30
2000	18.00	10.00	9.00	0.90	40.00	17.00	2.00	0.40

排出汚濁負荷量は、「細分類排水量原単位(m³/日/百万円)」と「細分類排水水質原単位(mg/L)」¹²⁾、平成12年度工業統計表に記載された「全国産業細分類別出荷額(百万円)」から設定し⁷⁾、メッシュ製造品出荷額を乗じて算出した。

c) 畜産系排出汚濁負荷量の算出

畜産系排出汚濁負荷量は、飼育形態により大きく変化する^{12,13)}とされていることから、本稿ではそれらの飼育形態を考慮した既往研究¹²⁾の畜産系排出汚濁負荷量原単位に飼養頭羽数を乗じて算出した(表-3参照)。

d) 面源(森林・農地・市街地)汚濁負荷量の算出

各面源汚濁負荷量は、既往研究^{12,13,14,15)}の原単位を使用した。水田の汚濁負荷量は、排出される総量から用水の負荷量を差引いた純排出負荷量¹²⁾とした(表-4参照)。

e) 下水処理・浄化槽等による浄化対策

1970年代後半から1980年代前半にかけて各地で実施された家庭下水の実測調査のデータ^{12,13,14,16,17,18)}に基づき、無処理で個々の家庭から排出される家庭下水基本原単位

を設定した(表-5参照)。この値を用いて、1950年から2000年の50年間の人口増加による汚濁負荷の増大を算出することは、現在までの浄化対策の効果やその依存の程度の議論を可能にすると考えた。

3. 環境変遷の分析結果

2章で述べたデータ整備および算定法より得た環境変遷に関する情報を、図-1の3つの主要素間の関係という切り口から以下に分析した。

(1) 場の特性の変化と人間活動との関わり

a) 人口増が生じた自然地形区分

人口は、593万6,051人(1950年)から1,057万9,395人(2000年)となり、50年間で約460万人(1.78倍)増加した(図-2参照)。この人口増加は、自然地形区分別に見ると、「標高の低い水源・上流域」が236万人(2.06倍増)と最も多く、次いで、「下流・低地」が165万人(1.82倍増)、「谷底低地」が50万人、「海岸沿いの低地」が21万人と続き、「標高の高い水源・上流域」が唯一減少(7万7,000人)していた(図-2, 3参照)。

b) 土地利用区分の変化

著しい人口増加の傾向を示した「標高の低い水源・上流域」では、主に森林と水田が市街地に改変され、人口増加に寄与した(図-4上参照)。これは、高度経済成長に伴う都市住宅需要の急増から、森林および水田が都市近郊に広くまとまって残る土地として、評価され、開発が進んだため¹⁹⁾と考えられた。また、「下流・低地」では、主に水田が市街地に改変されて人口増加に寄与した(図-4下参照)。これは、都市住民の急増による宅地不足、地価高騰が水田売却²⁰⁾に拍車をかけたためと考えられた。

土地利用区分別の面積割合では、市街地が5%から10%、水田が14%から11%、畑が6%から5%、荒地が3%から2%という変化がある一方で、森林は1950年から2000年の50年間で量的変化は見られなかった。これは、伊勢湾流域に

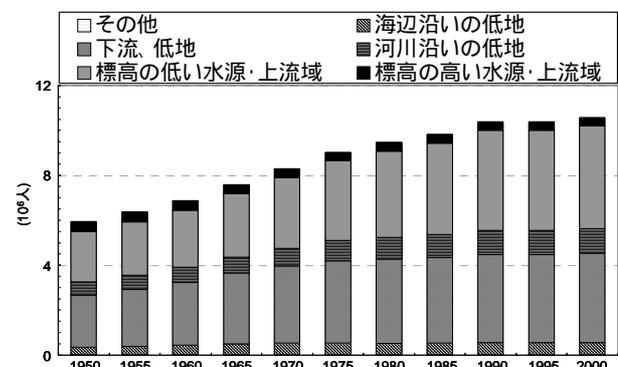


図-2 1950年から2000年の自然地形区分別の人口推移(自然地形区分「その他」の人口増減は小さく、グラフには表現できていない)

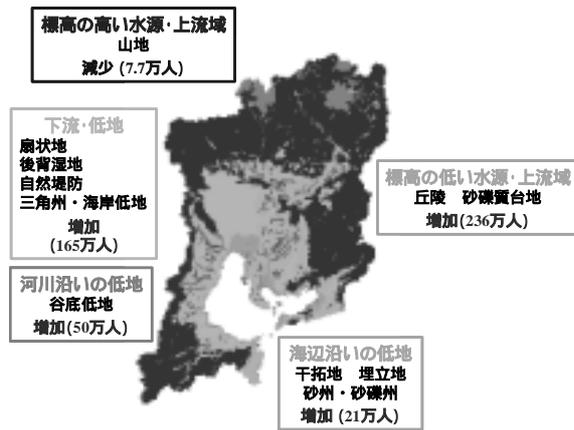


図-3 自然地形区分からみた人口分布と増減の状況

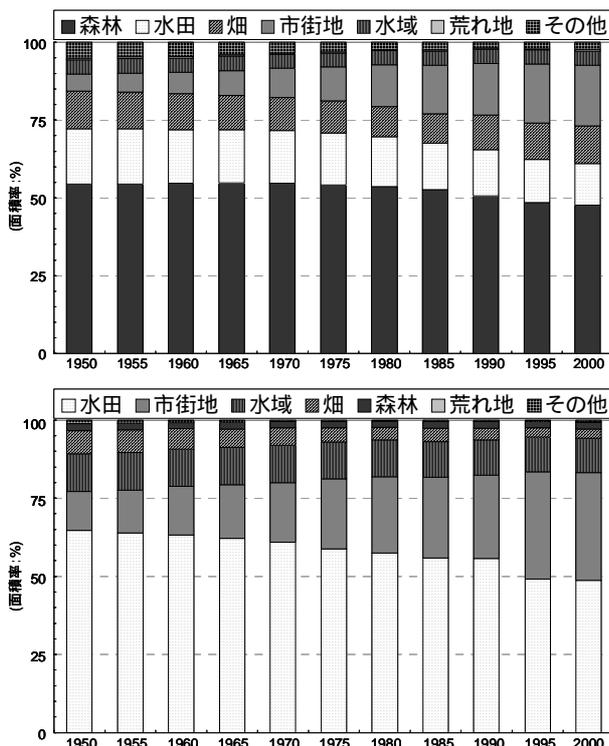


図-4 50年間の土地利用の変遷

(上: 標高の低い水源・上流域, 下: 下流・低地。両者とも荒れ地の出現は少なくグラフに表現されていない)

発生した約400万人の人口増加が、流域の丘陵地・砂礫質台地、沖積低地の土地利用を局所的に変化させたこと(図-4参照)を示しており、流域の上流水源域の森林への影響は小さいことが考えられた。

(2) 人間活動が水物質循環に与えた大局的影響

沖積平野周縁部から海側に集中した人口増と都市化の進行による人間活動の増進は、河川水量を生み出す森林・水源域に作用していないことから、人間活動が伊勢湾流域圏全体の水・物質循環に与えた大局的な影響は、水循環系に加えられた物質、すなわち汚濁負荷量(COD, T-N, T-P)の経年変化を通して把握できると考えた(図-5参照)。1950年から2000年までの50年間を通して、CODは

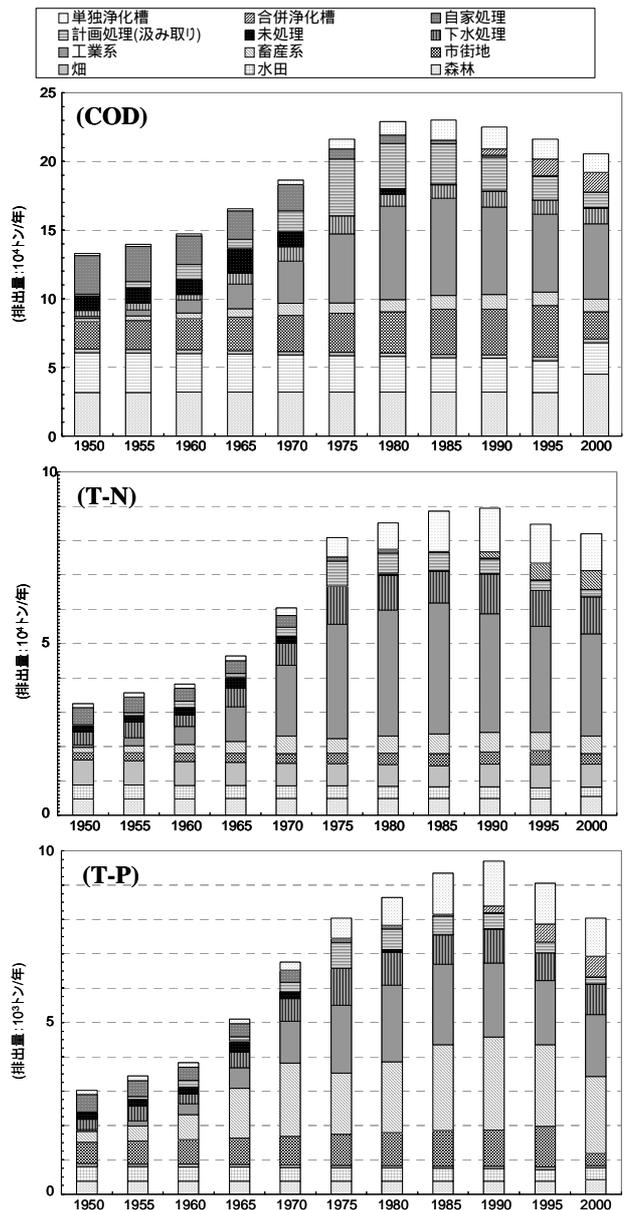


図-5 処理形態別にみた排出汚濁負荷量の変遷

(上から、6項目目までの単独浄化槽・合併浄化槽・自家処理・計画処理(汲み取り)・未処理・下水処理を生活系負荷とする)

市街地系面源負荷、工業系負荷、生活系負荷、T-Nは工業系負荷と生活系負荷、T-Pは市街地系面源負荷、畜産系負荷、工業系負荷、生活系負荷が有意な増加を示していた。

次に、2000年の時点における汚濁負荷量の種類とその削減に向けた対策を検討した。CODでは、生活系負荷は25%であるのに対し、面源負荷はその約2倍弱の44%であった。27%と比較的高い値を示した工業系負荷は、すでに具体的対策がとられているが、面源負荷のハード、ソフトの両面からの対策は不十分である。工業系負荷、生活系負荷の削減の動向とも関連して、森林管理技術の開発、刈取後の水田への湛水²⁰⁾など、面源負荷の削減施策を検討する必要性が示唆された^{21,22,23,24)}。T-Nについては、36%を占める生活系負荷のうち、13%は下水処理、

13%は単独浄化槽に起因していた。T-Nの削減には、削減に向けた各家庭での取り組み、浄化・処理技術の検討に加え、排出されたNを有効活用する施策の立案が必要である。T-PIについては、生活系負荷が32%、畜産系負荷、工業系負荷もそれぞれ25%、20%と高い水準にあった。COD、T-Nと比較して、畜産系負荷が強く起因していることからその対策が急務であり、家畜排せつ物の管理の適正化と利用を検討する必要性^{25,26)}が改めて確認された。

今回、収集・新規作成した各種統計データは、整備規模や時代背景、分類基準等に違いがあることから、これらのデータを完全に並列で単純比較することは難しく、また、従来指摘されているように、汚濁負荷量算出に使用した原単位、特に面源負荷の精度には課題を残している。したがって、図-5に示した結果を吟味する際には、上記課題に留意し、個々の数値ではなく、流域の全体的な傾向把握に役立てるのが適切と考えられる。なお、図-5の排出の傾向は高度経済成長期から現在を対象とした既往研究^{14,27,28)}と比べ、大きな違いはないことが確認できた。

4. 環境変遷の分析を自然共生型管理技術に生かすという観点からの考察

最後に、冒頭に述べた辻本ら(2006)⁶⁾による自然共生型環境管理技術の開発に向けて、3章までの分析結果から技術施策上の意味をさらに考察した。辻本ら(2006)⁶⁾は、保全される生態系を“環境の鏡”とし、高エネルギー投入型の環境改善策をどの程度「生態系サービス」に転換可能かを環境管理の主軸(“環境管理の鏡”)とした。これを本稿の課題設定に換言すると、「高度経済成長期を中心とした人間活動の顕著な集積に伴い増加した汚濁負荷量をどのようにあるべきレベル・バランスまで戻し、生態系サービスの活用がどこまで可能か」となる。

そこで、この議論を展開するため、図-5のCODとT-Nを編集した(図-6参照)。図-6の白矢印は、高度経済成長期以前の1950年から現在までの排出汚濁増加量、黒矢印は、浄化対策による排出汚濁削減量を表現している。

まず、白矢印で示した排出汚濁増加量は、CODに比べてT-Nの増加が著しい。これは、排出汚濁負荷量を高度経済成長以前のレベル・バランスに設定した場合、T-Nの削減目標量が実質的に大きいことを示している。黒矢印で示した排出汚濁削減量は、CODでは高度経済成長期以前の1950年以降から増加傾向にあり、2000年の時点で、その量は白矢印の排出汚濁増加量とほぼ等しくなっていた。一方、T-Nでは、削減量に変化は見られず、2000年の時点で、その量は白矢印の排出汚濁増加量の半分以下であった。これらのことは、1950年以降実施されてきたさまざまな浄化対策が、CODではその排出汚濁負除去量

の削減に効果があったが、T-Nではその効果が低かったことを示している。これからの生活系負荷の処理システム整備においては、本稿で明らかになったT-Nの削減を考慮する必要がある。そのためには、高エネルギー投入型の手法だけではなく、「生態系サービス」を活用した環境管理施策をその処理技術に取り込むよう検討しなければならない。しかし、排出汚濁負荷量を高度経済成長期以前の1950年のレベル・バランスに設定した場合、T-Nはもちろん、CODにおいても高エネルギー投入型、「生態系サービス」を活用した環境管理施策のどちらの手法を適

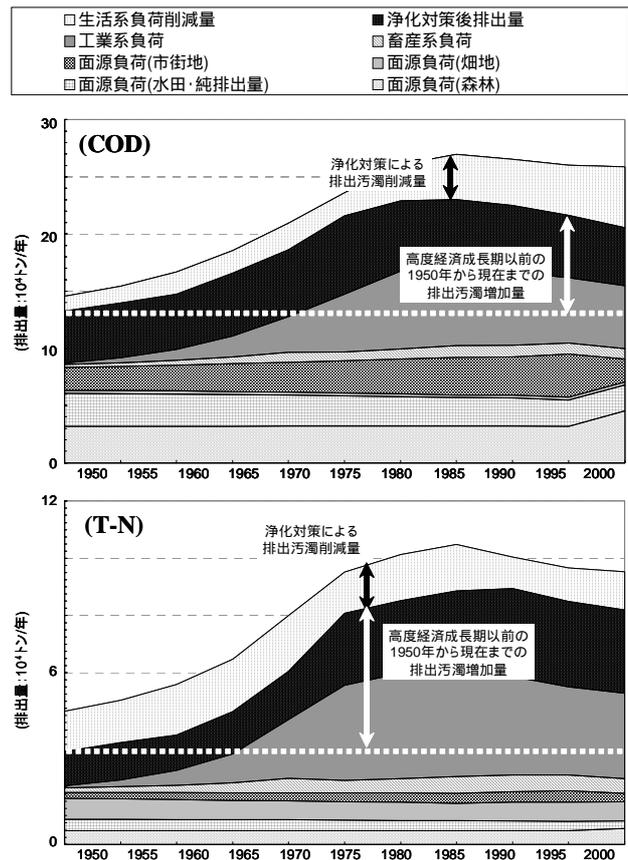


図-6 浄化対策による物質負荷の削減 (上:COD, 下:T-N)

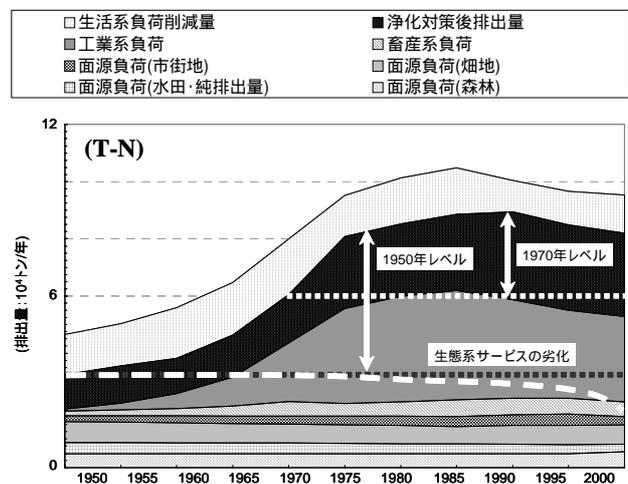


図-7 T-Nを例にした生態系サービスの展開

用しても、1950年レベル・バランスへの転換は現実的とは言いがたい。

そこで、生活系負荷の処理システム整備に向け、検討すべき視点を図-7にまとめた。本稿では海域を対象外としたため、排出汚濁負荷の海域での挙動を考慮していなかった。図-6の浄化対策による物質負荷の削減状況をさらに詳細に把握するためには、海域での汚濁物質の挙動と、流域圏での利用可能な生態系サービスのレベル・バランスを把握する必要がある。この作業は、生態系サービスの現状を考慮した環境管理施策の検討に有効である。以上から、図-1のフレームを意識した本稿での議論は、削減に取り組むべき物質とその排出形態、目指すべきレベル・バランスの具体的設定等、環境管理施策の展開の方向を示唆するものである。

謝辞

本研究は、文部科学省科学技術振興調整費「伊勢湾流域圏の自然共生型環境管理技術開発(代表:辻本哲郎)」の成果の一部である。

参考文献

- 1) 内閣府総合科学技術会議: 自然共生型流域圏・都市再生技術研究イニシアティブ報告書, 2005.
- 2) 国土交通省国土技術政策総合研究所: 自然共生型流域圏・都市の再生, 国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告, 2005.
- 3) 富士剛志: GISと数値モデルを用いた淀川流域圏森林機能の森林管理による将来予測, 地理情報システム学会講演論文集, Vol.16, pp.119-122, 2007.
- 4) 木山正一: 流域圏水質保全に関する持続的産業構造の評価「農業投入構造と地域間交易の効果」, 環境システム研究論文集, No.35, pp.219-226, 2007.
- 5) 大西文秀: 流域圏を視点にした水資源容量の資産とGISの活用-わが国の大都市圏における流域環境容量の試算を通して-, 地球環境シンポジウム講演論文集, Vol.15th, pp.249-254, 2007.
- 6) 辻本哲郎・戸田祐嗣・尾花まき子: 「伊勢湾流域圏の自然共生型環境管理技術開発」研究プロジェクトのねらい, 河川技術論文集, 第13巻, 土木学会水工学委員会河川部会, pp.291-296, 2007.
- 7) 藤田光一・伊藤弘之・小路剛志・安間智之: 物質循環モデルに使用するデータの収集整理, 水物質循環モデルを活用した水環境行政評価-東京湾とその流域を対象として~, 国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告 自然共生型流域圏・都市の再生資料編(), No.298, pp.162-177, 2006.
- 8) 大場真・町村尚・井上義雄・富士剛志・増本藍: 淀川流域圏における森林生態系サービスの多面的評価:現在および管理シナリオに基づいた将来, 環境科学会誌, Vol.20, No.3, pp.233-246, 2007.
- 9) 浮田正夫・関根雅彦: 瀬戸内海を里海に 森・川・海をつなげる 自然再生 - 榎野川流域圏の取り組み -, 瀬戸内海, No.49,

pp.16-20, 2007.

- 10) 建設省国土地理院: 第1編 数値地図情報の基礎知識, 数値地図ユーザーズガイド(改訂版), (財)日本地図センター, pp.1-48, 1994.
- 11) 若松加寿江・久保純子・松岡昌志・長谷川浩一・杉浦正美: 日本の地形・地盤デジタルマップ, 東京大学出版会, 2005.
- 12) 建設省都市局下水道部: 第3章 汚濁負荷量と汚濁解析, 流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説 平成11年度版, (社)日本下水道協会, pp.31-101, 2003.
- 13) 國松孝男・村松浩爾: 汚濁負荷の発生・排出機構, 河川汚濁のモデル解析, 技報堂出版, pp.2-90, 2004.
- 14) 国土交通省中部地方整備局: 伊勢湾下水道整備総合計画に関する報告書, 1997.
- 15) 独立行政法人 農業環境技術研究所: 水環境保全のための農業環境モニタリングマニュアル, 1999.
- 16) 建設省都市局下水道部: 第3章 汚濁負荷量と汚濁解析, 流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説 平成8年度版, (社)日本下水道協会, pp.27-93, 1997.
- 17) 建設省都市局下水道部: 第3章 汚濁負荷量と汚濁解析, 流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説 平成2年度版, (社)日本下水道協会, pp.27-65, 1990.
- 18) 建設省都市局下水道部: 第3章 汚濁負荷量と汚濁解析, 流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説 昭和58年度版, (社)日本下水道協会, pp.27-63, 1983.
- 19) 松井健・武内和彦・田村俊和: 丘陵地の自然環境, 古今書院, 1992.
- 20) 蔦谷栄一: 日本農業のランドデザイン, 農文教, pp.216-223, 2004.
- 21) 嶋津てる之・木村賢史・三好康彦: 家庭用合併処理浄化槽の処理水質向上に関する研究(その3), 東京都環境科学研究所年報, Vol.1991, pp.151-159, 1990
- 22) 高橋正宏: 技術者からみた下水道施設の課題, 空気調和・衛生工学, Vol.79, No.8, pp.27-34, 2005
- 23) 小瀬博之: 合流式下水道の課題とその対策, 空気調和・衛生工学, Vol.79, No.8, pp.35-38, 2005
- 24) 国土交通省河川局, 同都市・地域整備局下水道部, 農林水産省農村振興局, 林野庁森林整備部, 環境省水・大気局: 湖沼水質のための流域対策の基本的考え方~非特定污染源からの負荷対策~, 2006. <http://www.mlit.go.jp/river/kosyo/main.pdf>
- 25) 羽賀清典・藤野純一・中川悦光・三崎卓也・岡庭良安・須藤隆一・亀岡俊則・石橋保・宮坂邦夫・澤山茂樹・佐古猛・道宗直昭・中村作二郎: 家畜排せつ物の処理・リサイクルとエネルギー利用最新浄化・処理技術からバイオマス利用, 法対策, 有効利用事例まで, (株)エヌ・ティー・エス, 2004.
- 26) 前田善夫: 畜産環境問題の現状と対策-家畜ふん尿適正管理から利用促進へ, 畜産環境情報, Vol.33, pp.3-7, 2006.
- 27) 伊勢湾再生推進会議: 伊勢湾再生行動計画, 2007.
- 28) 環境省: 平成13年度 循環型白書, 2001.

(2008.4.3受付)