

伊勢湾再生か、伊勢湾流域圏再生か？ ～伊勢湾流域圏プロジェクト研究の紹介～

名古屋大学大学院工学研究科 准教授 戸田 祐嗣

1. はじめに

流域圏を社会の持続性について議論していく上での管理単位と考えた場合、最重要課題と考えられるのは、流域で人間活動の結果として負荷増加あるいは減少させられた各種物質が、水系を通じて最終的に沿岸域へと供給されるシステムをどのように維持管理していくのかの設計である。

従来、経済活動に伴う環境負荷の処理は、エネルギー投入型の解決がとられてきた。このため、自然環境が持ついわゆる浄化機能はほとんど省みられず、経済活動に伴う土地改変が生じる際も、種としての特定の生物保護の観点以外では影響評価が十分に行われてきたとは言いがたい。その結果、良好な環境を維持するためには、絶えずエネルギーや資源を投入する必要が生じてきた。人口増加、経済活動の活発化が期待できた右肩上がりの時代においては、産業活動の促進が基本的な国家的目標であり、このような形の社会構造であっても、経済成長により解決可能と考えられてきた。

しかし現在、社会が安定期に入り、人口は横ばい又は減少、経済活動については、国家主導型から個人消費に重心が移動していくことが予想されている。地球環境の持続性問題の視点からも、化石エネルギーや資源消費を低減する必要があり、このような種々の制約条件下で社会の持続性を担保するためには、自然共生型社会への移行が必要と考えられる。

本報告では、現在、伊勢湾流域圏を対象に実施されている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」について紹介する。

2. 伊勢湾流域圏の特徴 ～湾域水質の再生から流域圏の再生へ～

「自然共生型流域圏」は内閣府総合科学技術会議による第2期科学技術基本計画（2001-2005）の重点分野・環境の「自然共生型流域圏・都市再生技術研究イニシアティブ」の実績を引き継いでいる。これらの先行するプロジェクトでは、東京湾流域圏、大阪湾流域圏を中心に、

基本的に湾域の環境再生を流域圏環境再生のターゲットと設定した大規模研究プロジェクトが推進された。では、伊勢湾流域圏の再生に向けて、東京湾、大阪湾流域圏での先行事例と同様に湾域再生をターゲットとし得るかにして本章で議論したい。

図-1に伊勢湾および東京湾における湾域への窒素負荷の内訳を示す。東京湾では事業場系の負荷割合が高く、陸域負荷の大部分が下水処理という人工系の処理施設を経由して湾域へ到達するのに対して、伊勢湾では下水道処理率が未だ低く、生活系、農林水産業系の負荷割合が高い。このことから、東京湾流域圏で湾域の再生を行うには、陸域からの負荷物質の殆どが経過する下水処理に対して、大規模化・高度化など集中的なエネルギー投入型対策を講じることにより効率的な湾域水質改善が期待されるが、伊勢湾流域圏では陸域自体で解決すべき課題が多く残されている。

窒素負荷の内訳

首都圏流域の都市域負荷がきわめて大きいタイプと異なり流域での対応が求められている

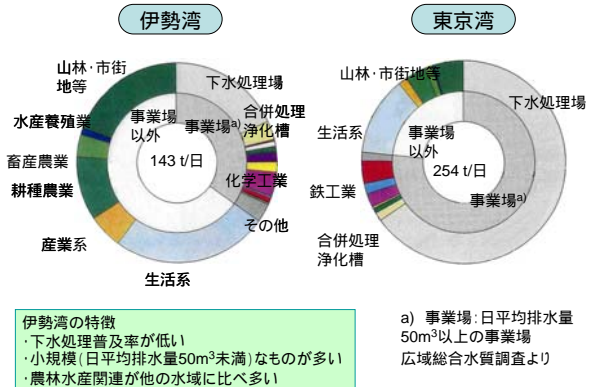


図-1 伊勢湾・東京湾への窒素負荷の内訳

また、一方で湾域への負荷低減を流域圏管理の目標においた場合、当然の帰結として、湾域への負荷低減に寄与する現象のみが保全・管理の範疇となり、負荷低減に寄与しない現象については関心が薄くなる。図-2に一例として、矢作川下流域での河道内で生物活動を考慮した物質循環解析を行った結果を示すが、窒素、リンともに流入する物質の殆どが流下していることが分かる。河道や陸域における物質循環解析については、この他にも多

くの研究が行われているが、概して陸域や河川の生態系による湾域への物質負荷の低減は、負荷物質の発生源対策等と比して効果が小さい場合が多い。これらの結果から、もし湾域の負荷削減を保全・管理目標にすると、陸域や河川の生態系は主たる興味の対象から外れることになる。湾域の再生と陸域、河川域の再生を切り離して別個に考える場合にはそれでも良いが、湾域、陸域の総体としての環境を総合的に保全・管理していくためには、湾域への負荷低減をターゲットとするのではなく、陸域も含めた流域圏の環境そのものを再生のターゲットとするアセスメント技術の開発が望まれる。

各物質の収支
(全区間, 全期間)

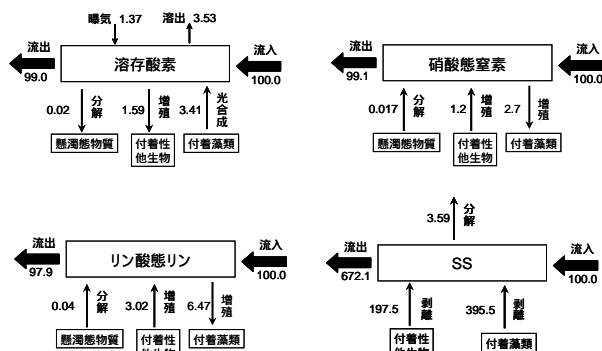


図-2 矢作川下流域河道内での物質収支計算

3. 研究実施体制と戦略

(1) 実施体制

本研究ではこれまで述べた背景から、以下の5つのサブテーマでの構成を考えた(図-3参照)。(1)自然共生型流域圏管理ビジョン・シナリオの戦略統合、(2)自然共生型流域圏管理シナリオの作成と戦略比較、(3)流域圏における生態系サービス評価モデル構築、(4)陸域生態系の機構解明と修復技術開発、(5)海域生態系の機構解明と修復技術開発。(1)は既述のように、流域圏管理に自然共生型シナリオを持ち込む論理を整理し、環境影響緩和に生態系サービスの概念を持ち込むことの優位性(持続性の観点から)を明らかにするほか、研究全体の駆動と調整も同時に行う。また、伊勢湾に流入するさまざまな水系の流域委員会や、2007年3月に伊勢湾再生行動計画を策定した「伊勢湾再生推進会議」との連携、パイロット事業の提案とその展開を社会実験としてフィードバックさせるような仕掛けにもかかわっていくところとしている。(2)は、(1)を政策や施策群として具体化して戦略比較することに備える。(3)は戦略比較の要諦である生態系サービスの評価手法にかかわる。現実には、(1)、(2)でも、また、個別景観を扱う(4)、(5)でも生態系サービスの具体的想定や提案が必要で、(3)ではしばらくは評価モデルの先行的

提案にかかわり、後半では生態系サービスモデルの標準化にかかわることになる。(4)、(5)は、それぞれ流域と沿岸域・湾域における生態系の構造を把握し(生態系サービスを指標化して表現)、人的インパクトによる変質機構の理解から修復技術開発に向かう。たとえば、さしあたって流域では、河川のさまざまなセグメント(砂床、礫床河道)や人工構造物周辺(ダム下流、水制群区間、放水路など)、取水・農業用水路のネットワークや都市と農地の物質循環などが着目され、沿岸域ではアサリに着目した生息場とアサリの浄化機能に着目するほか、湾内流動、水質動態・生態系シミュレーションモデルなどのツールに関する研究を行う。

それぞれのサブテーマに各研究機関を配し、研究機関ごとに研究運営でき進行管理できるよう配慮したが、すでに述べたように実際にはすべて相互の重複した研究活動となり、頻繁に研究会を開催して、相互の情報交換を行うとともに、「生態系サービス」の考え方やそれを引き出す「施策群」などについて、議論の中からコンセプトを固めていく。

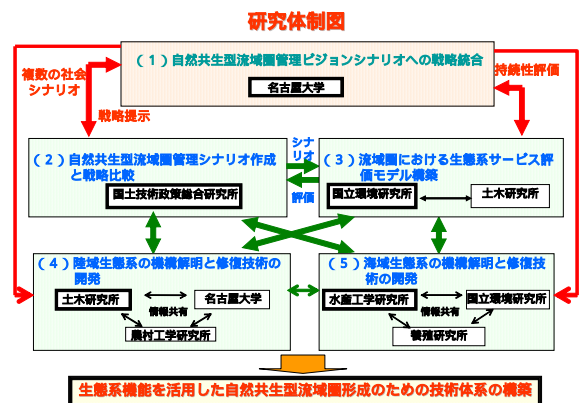


図-3 研究体制

(2) 類型景観と生態系サービス

第2章に記した観点から、「伊勢湾流域圏の自然共生型環境管理技術開発」プロジェクトでは、伊勢湾流域圏を様々な景観要素(以下、類型景観と称す)に分割し、それぞれの類型景観で保全すべき生態系機能・生態系サービスを評価するとともに、その類型景観のネットワークとして流域圏の環境保全を考えていくという戦略をとっている(図-4参照)。類型景観での生態系の構造、機能を評価した「ストック」、「変化」とそれらをつなぐラインでの「フロー」、「フラックス」を評価して流域圏全体の評価を行うという方法論である。

上記の方法論で流域圏環境を評価していくためには、まずは流域圏を適切な類型景観に区分していく必要がある。伊勢湾流域圏は伊勢湾に流入する河川流域の複合体であり、流入する河川は一級水系だけでも宮川、櫛田川、

雲出川，鈴鹿川，揖斐川，長良川，木曾川，庄内川，矢作川，豊川の10河川があげられる．これらの河川は，流域内に名古屋のような大都市圏を流れる河川から，流域に広大な農業地域を抱える河川，山地から海域までの距離が短く流域の殆どが山地で占められる河川などがあり，流域特性の大きく異なる河川流域によって構成されている．これら複数の河川流域を適切な類型景観に区分していくために，河川のセグメント構成（図-5）や流域土地利用状況についてGISベースで整理している．

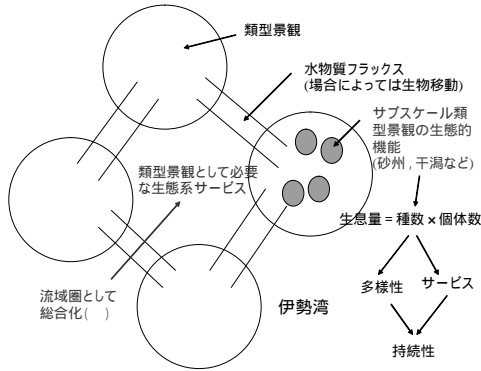


図-4 類型景観とそのネットワークの概念図

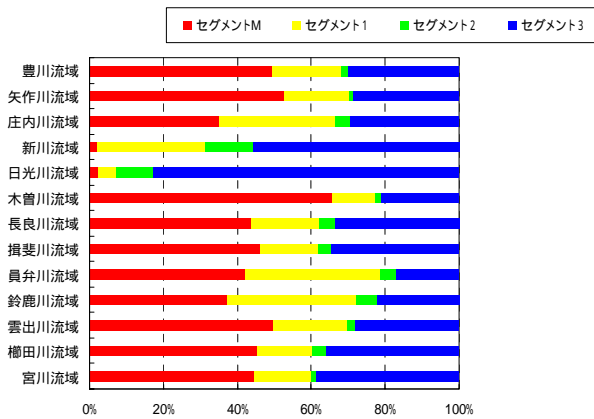


図-5 伊勢湾流入河川流域のセグメント区分

(3) 社会シナリオと施策群

さまざまな人的インパクトによって今後の発展や持続性が阻害され疲弊につながる変質を受けている流域圏がある．本研究プロジェクトでは，それに対して流域圏（流域と沿岸域・湾域）の生態系を「鏡」としてアセスメントする技術・手法の開発を目指す．流域圏疲弊の修復（持続性確保）への社会シナリオとしては，高度な技術力依存型，循環型社会志向，自然共生型，生活様式改革型などがあげられるが，本研究ではを前提とした．すでに流域圏変質の認識から修復施策も始まっているが，，ではいずれも高エネルギー投入が避けられず，こうした施策も含めて自然共生型に向けた施策群提案とその実効性評価を課題とした．は，生活様式における直接的な環境負荷解消やエネルギー消費源を見込ん

だものであるが，それらを当初から考えるものではない．自然共生型施策群への移行による修復効果を最大化することを当面の目標とするが，サブテーマ(1)では若干の社会シナリオ比較も行う．

上述の研究戦略の成否は，(i)流域圏を適当な個数の類型景観に分類でき，(ii)それぞれの類型景観で生態系の構造・機能が評価でき，(iii)それを生態系サービスという概念の上で定量化でき，(iv)それらの総合体として流域圏を表現でき，持続性指標として統括できるかである．以上が，生態系サービスを指標とした流域圏環境影響評価技術にかかわる分である．アセスメント，流域管理としてはさらに，この流域圏がどのように変質してきたかを，人的インパクトに対する環境・生態系のレスポンスとして捉え，その過程を上記の流れで記述できるか，また，それに基づいて，自然共生型としての環境(生態系)修復技術を提示できその効果を評価できるかである．こうした戦略での研究全体の駆動がサブテーマ(1)の役割である．

サブテーマ(4)，(5)で先行的にいくつかの類型景観で生態系の構造・機能に関する研究がスタートしているが，サブテーマ(1)は，流域圏全体の中でこれらの類型景観の位置づけと，なお研究を要する類型景観の抽出が現時点での課題である．

サブテーマ(2)は，自然共生を原則とした社会シナリオを施策群としてシナリオ化する．逆にサブテーマ(1)では，こうした施策群の自然共生型の中での位置づけが検討される．すなわち，サブテーマ(1)，(2)はシナリオの統合と分割の関係にある．

サブテーマ(2)では，各類型景観あるいは流域全体の変質を政策や社会の変化の中で捉えるとともに，インパクト・レスポンスの仕組みを整理して，自然共生型の環境修復施策群についてさしあたってメニュー出しを始めている(図-6，国土技術政策総合研究所)．これによってサブテーマ(4)，(5)では各類型景観での生態系構造の理解とモデル化のレベルが適切か否か自己診断できる．

施策群のメニュー出し(案)

<ul style="list-style-type: none"> ダムにおける堆砂対策(土砂還元) 河川の再自然化 流況のダイナミズムの回復 正常流量の確保 河川の氾濫による農地への土砂供給 取排水系統の変更 森林管理の強化による流出土砂の抑制 利水施設の有効活用(運用改善) 循環灌漑 水路ネットワークの修復 休耕田の活用による水源涵養機能の回復 冬季の農業用水路への還水 農地管理の強化による土壌浸食の抑制 家畜し尿の農地還元 環境保全型農業 	<ul style="list-style-type: none"> 河川、森林、農地、都市、海域で分類 は高エネルギー投入型施策 下水高度処理、合流改善 高度処理型合併浄化槽の設置 透水性・保水性舗装 下水処理水の再利用 雨水貯留浸透の整備 環境保全型ライフスタイルの転換 都市部に緑地の確保 調整池の確保 浅海域の深掘削(浚渫地)の埋め戻し(覆砂) 浅海域の底泥の除去(覆砂、浚渫) 藻場の再生 干潟の造成
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

他の目的のための施策群との連携という観点からのメニュー出し
ex: 治水のための河川改修，開発のための埋め立て，
施設の恒久的管理のための土砂管理

図-6 自然共生型シナリオの元での施策群の例

(4)陸域生態系の構造と生態系サービス

本研究のアセスメント技術の特徴は、生態系サービスという評価視点であり、その作業基盤をサブテーマ(3)においている。サブテーマ(3)では、生態系サービス評価モデルを先行的に検討する。それらはサブテーマ(1)、(2)で、持続性や自然共生型施策の評価になじむかをチェックされ、サブテーマ(4)、(5)には、生態系機能の解明が生態系サービスという概念で指標化できるかという視点を持ち続けさせるよう働きかける。

流域(沿岸域・湾域から見て陸側)については、現在次のような景観に取り組んでいる。

(A)豊川下流部では、本川部と放水路の生態系の相違、氾濫原(水田の営農法の変化や土地利用変化)との水路網による「連結性」の変化による生態系機能の変化が着目されている。GISを用いた水路網ネットワーク把握の自動化などの技術開発も進められている(土木研究所)。

(B)矢作川では、明治用水の取水による本川砂河川生態系の変化を、付着藻類の繁茂・剥離とSS増加に着目して研究がされている。また、明治用水が利用される氾濫原での茶畑利用と施肥が地下水移動において水田域で脱窒されて河川に戻るシナリオを想定し、氾濫原での水田・茶畑・住宅地配列との関連を議論する研究にも着手している。このシナリオは、砂州を伏流する過程での水質浄化機能(生態系サービス)を砂州のサブ景観の配列と関連づけ(砂州景観保全戦略を導出し)ようとする研究とのアナロジーで進められている。矢作川中流部ではダムの影響による礫床河川生態系の変質と修復について、付着藻類、底生動物、魚類からなる単純化生態系モデルでの検討もこれまでになされている(名古屋大学)。

(C)木曾川下流水制群区間を対象に、水制群の塩水の挙動への影響を通して二枚貝生息場がどのように影響されているのかが着目されている。この区間では水制群に誘起されたワンド地形や植生それによる水質動態の検討もこれまでから継続しているところである(名古屋大学)。

(D)農業用取水施設(頭首工)は、河川水系の中だけでなく、氾濫原水域との魚類移動にかかわっている。これに関連して堰周辺河床の経年変化と魚道の機能がチェックされている。また、農地に灌漑された水が河川に戻るまでの間の土砂動態も着目されている(農村工学研究所)。

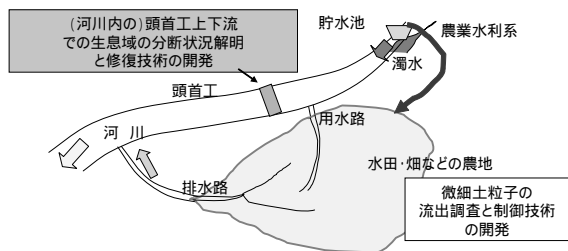


図-7 河川と氾濫原農地

(E)河川下流部の汽水湖が劣悪な水質環境となってい

ることも、この地域の典型の一つで(伊勢湾・三河湾との比較)、明治用水の排水河川群が流入する油ヶ淵を対象にして、水質・底泥動態が研究されている(土木研究所)。

(F)榑田川河口部は、現在なお堆積傾向の河口部の典型で、ここにおいて植生、底生生物の空間分布などが調査され、こうした調査結果を景観の持つ生息場機能、生態系サービス評価に活用するロードマップ的なものが提案されている(図-8)(国立環境研究所)。

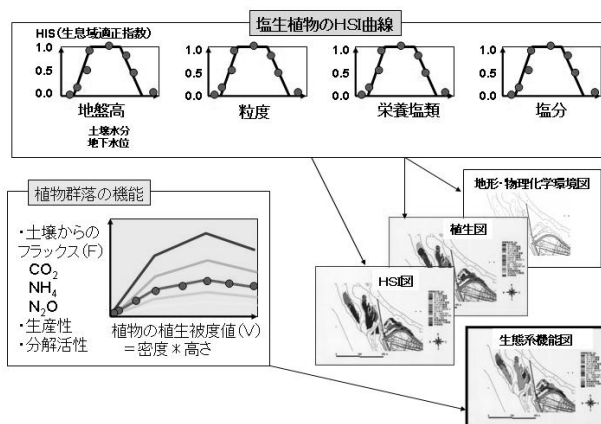


図-8 河口部生態系についての生息場・生態系サービス評価のアウトライン

流域では河川域での研究が主体で、若干河川と隣り合う氾濫原に言及したものもある。これらは、類型景観が自然地形に支配されていて自然共生型シナリオが想定しやすいことと関係している。

類型化された河道景観ごとの生態系の質については、これまでも研究の構成メンバーでの研究蓄積があり、これらも援用して、流域全体の河川水系部分を代替的にカバーできるかについては、サブテーマ(1)でも検討中である。また自然河道区分というより、人為的インパクトの厳しい典型例も、今後抽出・追加していく必要があるかもしれない。

(5)沿岸域生態系の構造と生態系サービス

沿岸域と分類したものは、(ア)海岸域、(イ)沿岸域、(ウ)湾域である。(ア)は河川の影響を受ける典型が6章の(F)であり、河川の影響を受けない典型での同様の調査との比較で伊勢湾海岸線域をカバーする予定である(国立環境研究所)。(イ)では、既述のようにアサリが注目される。これは、沿岸景観(砂浪、砂漣などの海岸地形、風、波浪などのその他の物理条件、ノリ養殖などの人間活動)と大きな関連があり、また水産活動としてこの地域の特徴的なものである。こうした視点でまず、アサリの収穫量が大きい榑田川河口周辺がフィールドとなった。

底面付近流速なども含めた沿岸域の地形を詳しく調査し、それと底生動物の生息場の関係を明らかにしようと

している(水産工学研究所)。

アサリについて、三重県・愛知県は主たる漁獲量を誇るにもかかわらず近年生産量低下に歯止めがかからないことにより、その回復が課題である。養殖研究所、国立環境研究所では、ノリ養殖の衰退からノリ網によって保全されていた物理環境(静穏環境や地形)が生息場提供機能を有していたものと想定し、櫛田川河口周辺沿岸でノリ網構造を設置しての現地実験を中心としたアサリの生態についての研究に着手している。とくに養殖研究所では、アサリの生活史との関連にも配慮して、アサリ幼生来遊量や着底稚貝の密度を調べて保護網の効果を検証しようとしている。国立環境研究所では、さらにアサリなど二枚貝の成長速度から水質浄化能を推算することや、覆砂、人工干潟などによる修復技術の研究に進もうとしている。

海岸・沿岸域の状況は陸域からの物質のフラックスの影響を強く受けるという視点も重要である。アサリ生産量の減少には貧酸素水塊の接触の議論があり、また一方では、沿岸域を通して陸域から湾内への流入負荷が湾内水質に影響する。この視点で、沿岸域周辺での生態系モデル作成、湾内水質動態シミュレーション(国立環境研究所)と連携させた検討も今後の課題となっている。

伊勢湾域の環境目標は、陸域からの負荷削減による水質浄化という単純な図式ではなく、湾域生態系を沿岸水産業による人工付加的な系の運動の中でバランスをとることがひとつのヒントになっている。

4. おわりに

本文は、平成18年度採択の文部科学省科学技術振興調整費での「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を解説したものである。広域な流域圏環境アセスメントを俯瞰的な統合モデルでなく、類型景観での生態系の構造や機能を見極めながら、その総合体としての評価技術を確立しようとしている。とくに、自然共生型シナリオにたって、個別施策群を連携して効果を挙げようとする流域管理には必須でかつアピール性のある提示が可能と考える。加えて、その要素であるメカニズムやダイナミズム解明の研究が同時並行で展開・発展するのも魅力である。

謝辞：本文を取りまとめるにあたり、平成18年度文部科学省科学技術振興調整費による本研究プロジェクトのメンバーの成果を研究会資料から引用した。

参考文献

- 1) 伊勢湾流域圏の自然共生型環境管理技術開発HP：
<http://www.civil.nagoya-u.ac.jp/~erpp/>
- 2) 伊勢湾再生推進会議HP：http://www.cbr.mlit.go.jp/kikaku/isewan_saisei/index.htm
- 3) 独立行政法人科学技術振興機構HP：<http://www.jst.go.jp/>
- 4) 名古屋大学工学研究科：Press e, No.20, pp.2, 2006.