

第3章 自然共生イニシアティブにおける取り組み

3.1 都市・流域圏環境モニタリング

3.1.1 流域圏・都市の環境モニタリングの意義・取り組みについて

(1) 流域圏・都市における環境モニタリングの意義

自然共生型流域圏・都市再生イニシアティブにおいて「都市・流域圏環境モニタリング」は4つのプログラムの中で第1のプログラムと位置づけられている。この背景には都市・流域圏の再生・修復を図るためには、対象とする流域圏・都市における現状分析および過去からの変遷を辿ることにより問題の把握と課題の整理をすることが、流域圏・都市再生を実行する際の出発点となるからに他ならない。言い替えれば、複合的な構造要因で形成される環境問題の実態把握のためにはモニタリング（データ取得）により、概念や哲学の枠を超えた、データに裏付けされた対象の構造把握による流域圏・都市の好ましい姿が見えてくる。

(2) で後述するとおり、これまでに様々なモニタリングデータの蓄積が進んでいるが、流域の統合的管理を意図したモニタリングデータの活用においては、モニタリングデータの精度、連続的観測、広域的観測や測定対象項目などの問題から有効な流域管理に結びつかないという課題がある。また 3.1.2 で扱う雨天時や洪水時の物質循環については、輸送特性の研究の蓄積が漸く進み始めた段階であり、今後は雨天時における広域的、連続的な観測体制の構築が健全な水物質循環のために不可欠である（井伊・藤田，2005）。

またモニタリングデータを用いてモデリングによる評価、自然共生型社会創造シナリオの検討結果をフィードバックさせて、今後流域圏・都市再生に必要なモニタリングの対象を掘り起こすことを目指すものである。自然共生型流域圏・都市再生イニシアティブでは、流域圏・都市における環境モニタリングを、図-3.1.1 に示す3つのプログラムに整理している。

流域圏・都市の変化の把握

流域圏・都市における人口や土地利用の変化、各種社会資本や産業構造などの社会的変化などのような基盤情報の変遷を把握することは、自然との共生を考える上で最も基本的な事項である。都市・流域圏単位での過去から現在に至るまでの基礎的な情報をデータベース化する際に GIS 技術を活用することによって、モニタリングにより得られたデータとともにモデリングに活用されることとなる。その結果、情報基盤の整備が相乗効果をもつ

が進められることとなる。

水物質循環のモニタリングおよび実態解明

流域における水物質循環は、流域の状態を捉え、流域の健全性を評価し、流域圏再生のあり方を探る上で最も基本的な現象である。水物質循環に関わる定量化には森林・農地からの雨水流出や地下水による流出、農業、畜産業、工業、生活活動などの人間活用による水利用、排出に関わるモニタリングを晴天時のみならず、雨天時を含めた連続的な観測技術を築くことにより、水物質循環の実態を把握に資することとなる。

生態系のモニタリングおよび実態・機能解明

で述べた国土基盤情報と、生物に関わる環境情報（生息分布、植生状況など）を用いることにより、生態系モデルへの活用及び検証が可能となる。また、的確に様々な情報を重ね合わせ比較・分析することにより、流域の環境条件の把握や、動植物間等の環境要素間の関係把握が可能となる。このためにも、全ての情報を機械的に重ね合わせるのではなく、物理環境、植生等による環境類型区分、生物の生息状況などを、関係性の分析や生息場予測評価の対象となるか意識しながら情報基盤として整備することが重要である(藤田, 2004)。

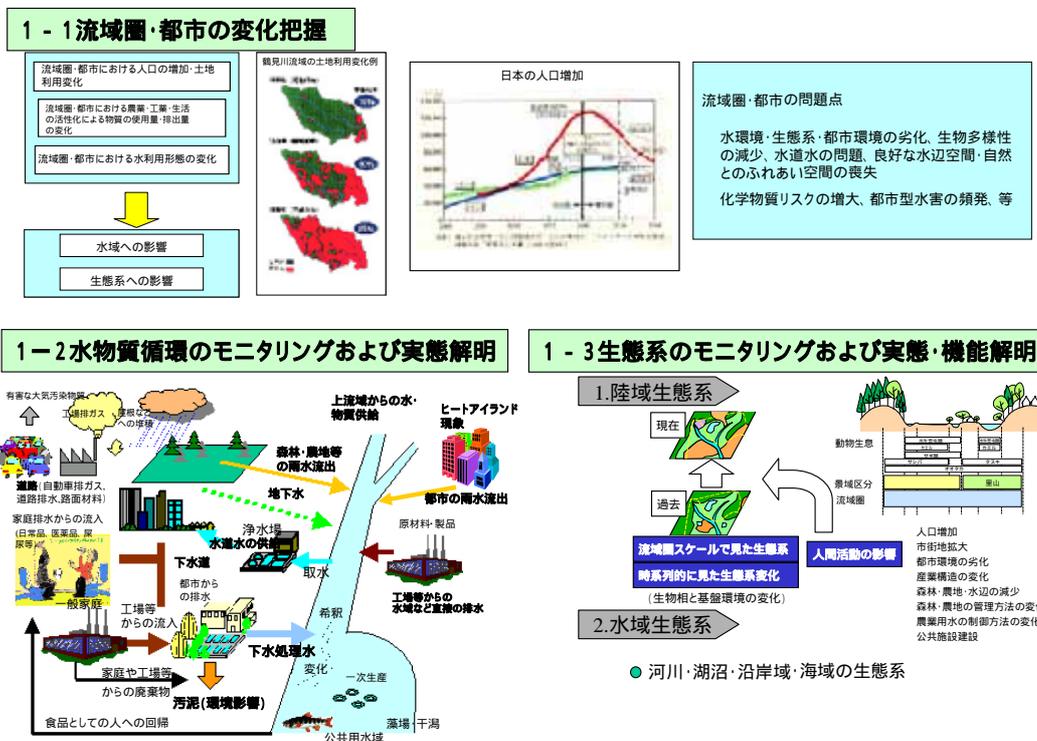


図-3.1.1 流域圏・都市の環境モニタリングプログラムのイメージ

以上のような観点から、「自然共生型流域圏・都市再生イニシアティブ」では、モデル流域圏での水物質循環、生態系などの環境状況を総合的に観測・診断するとともに、全国の過去～現在までの都市・流域圏の再生・管理に関わるデータを収集し、これらの環境総合情報システムを構築することを目指している。

(2) 流域圏・都市における環境モニタリングの取り組み

(1) で指摘したようにモニタリングデータをモデリングに活用する際には、基盤情報の充実が求められる。情報基盤の整備においては、昨今の情報化の流れを受けて、環境分野に関連の深い地理的な情報も、従来の紙ベースのものから電子的なものも含め、様々な主体によって各種のデータが整備されている。しかし、それらは形式に互換性がなかったりその存在が一部にしか知られていなかったりするために、せっかく整備したのに十分に活用されているとは言いがたいケースが多い。また、基本となる地形図等は本来どんなデータベースでも利用されるはずだが、共通に利用しやすいデータベースが存在しないために、基本図の部分からデータベースの構築が行われることもあり、結果として二重投資になっているケースもある。

こうした状況を改善するためには、誰もが共通に利用できる基本的な情報を集積した基礎情報のデータベースを整備し、それでは不足する情報を必要に応じて整備するという仕組みを構築するのが効率的である。さらに、この追加的に整備する情報も、外部との交換や再利用が可能な標準化された形式で準備することが望ましいことから関東甲信越地域について、多くの目的に共通に利用される、地形図・土地利用図・人口データ等の基礎的な

表-3.1.1 整備したコモndataベース一覧

データの種類	内容	スケール	図化範囲
地球地図(ベクトルデータ)	交通網、境界、水系、人口集中地区	1:1,000,000	全世界
自然環境GIS	現存植生図・自然環境・保全の地域指定等	1:50,000	全国
国土数値情報・数値地図25000	地形図・水系・各種社会資本	1:25,000	全国
数値地図2500、国土基本図・都市計画図、街区レベル位置情報		1:2,500	都市計画区域
地球地図(ラスターデータ)	標高、植生、土地利用、土地被覆	1km	全国
地域メッシュ統計	国勢調査、センサスデータ	1km	全国
国土数値情報	土地利用ほか各種国土基盤情報	100m	全国
標高	標高データ	50m	全国
衛星画像	Landsat7/TM, Terra/Aster	30m, 15m	全国
細密数値情報	土地利用、行政地域、都市公園等	10m	首都圏等

自然条件・社会条件データを「コモンデータ」と、モデルの構築や政策の実施等、目的に応じて整備されるデータを「スペシフィックデータ」を追加的に整備した。これらのデータはネットワークを通じてオンラインで利用者に配信され、利用者は必要な時にデータの閲覧・検索等を行うことができる（吉川ら，2003）。整備したコモンデータベースの一覧を表-3.1.1 に示す。

スペシフィックデータの一例として荒川の水質の変遷を紹介する。図-3.1.2 は埼玉県公共水域水質測定結果を用いて、昭和 50 年代と平成 4 年～13 年の BOD 平均値を調査地点毎に求め、調査地点より上流側を調査地点と同質の BOD 平均値を調査地点と同質の BOD 値と仮定し、水質ランク別に河川の色を変え、表示したものである。これにより流域全体の水質の状況や水質が改善した河川域を把握することができる。

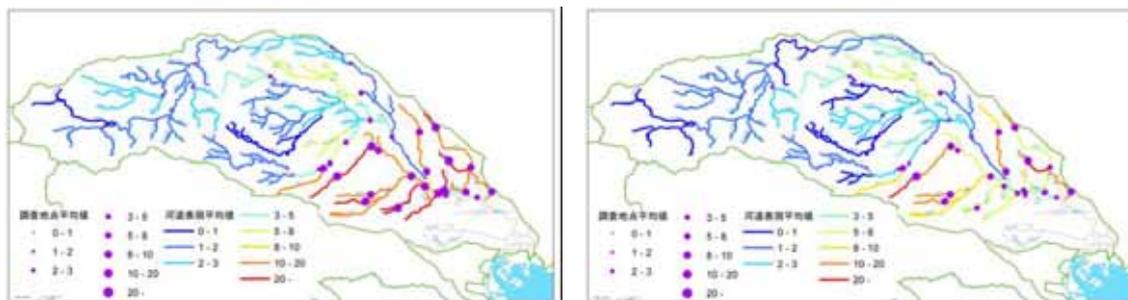


図-3.1.2 荒川流域における水質データから作成したライン表示図
(左：昭和 50 年代、右：平成 4 年～13 年)

表-3.1.2 水物質循環系・生態系に関わるモニタリングデータ一覧

対象場	関連データ	分類			
		水循環系	物質循環系	生態系	その他
地表面(気象条件)	気象庁年報				
河川	雨量年表、流量年表(国土交通省) 日本河川水質年鑑((財)日本河川協会) 全国水生生物調査(国土交通省、環境省) 河川水辺の国勢調査(国土交通省)				
陸域、陸水域、海域	自然環境保全基礎調査(環境省)				
陸域	全国の地盤沈下地域の概況(環境省)				
大気、海域	化学物質環境実態調査(環境省)				
河川、湖沼、海域	公共用水域調査結果(環境省、都道府県) 亜鉛の検出状況(環境省) 水浴場の水質調査結果(環境省) 要調査項目・存在状況調査結果(環境省)				
河川、湖沼、海域、地下水	水質汚濁に係る要監視項目の調査結果(環境省)				
地下水	地下水質測定結果(環境省、都道府県)				
生活系	水道統計表(地方自治体) 下水道資料(都道府県)				
工業系	工業統計表(経済産業省) 特定事業所排水量(都道府県) 水質汚濁物質排出量総合調査(環境省、都道府県) 水質汚濁防止法等の施行状況(環境省)				
農業系・畜産系	農林水産統計(都道府県) 農業センサス((財)農業統計協会) ゴルフ場暫定指導指針対象農薬に係る水質調査結果(環境省) 水田等農用地を中心としたダイオキシン類の排出実態調査結果(環境省) 農用地土壌汚染に係る細密調査結果及び対策の概要(環境省) 農用地土壌及び農作物に係るダイオキシン類実態調査結果(環境省)				

コモンデータベースの充実により、基盤情報に関わる自然条件、地理条件や社会条件を把握することができるが、水物質循環や生態系の構造理解のためにはそれぞれに関連するモニタリングデータが不可欠である。表-3.1.2 に水物質循環や生態系に関連するデータリストを示す。ここに記載しているのは極めて一般的な情報に限られているが、その他にも各都道府県や研究機関などで独自にモニタリングデータを収集している事例がある。

国土交通省河川局では、「水に関するあらゆる情報を収集整備し、国民がそれを共有し、活用することによって実現された、安全で多様な文化を持つ国土」を「水情報国土」として定義し、その構築に向けてハード（光ファイバーネットワーク、監視カメラ（CCTV）等）とソフトの整備を進める政策を打ち出している。

この政策を推進する第一歩として、水情報国土データ管理センターが設置された（<http://www.mlit.go.jp/river/IDC/index.html>）。現在、本センターを窓口として、「水文水質データベース」、「川の防災情報」、「河川環境に関するデータベース」が提供され、あわせて簡易的なクリアリングハウス機能及びヘルプデスク機能が備えられている（藤田，2004）。

また、環境省では環境総合データベースとして物質環境、大気環境、水環境、化学物質、自然環境、地球環境、全般の大項目毎の情報をインターネット上で公開している（<http://www.env.go.jp/sogodb/index.html>）。このデータベースには、環境省などで継続的に調査を実施し、または情報を更新している数値情報、地図情報、事例情報又は辞典的情報を内容とするものを検索可能な機能が整備されている。

次項以降では、晴天日及び雨天時の汚濁負荷流出挙動の把握のためにモニタリング技術、東京湾における環境モニタリング、関東平野における地下水モニタリングの概要、及び農村地域の水質モニタリングの取り組みについて紹介する。

参考文献

藤田光一(2004):河川環境分野におけるGIS活用の意義と課題 環境アセスメント学会誌, 2, 39-44.

井伊博之・藤田光一(2005):流域の水と物質循環, 土木学会水工学委員会河川部会, 河川技術論文集, 11, 7-12.

吉川勝秀・奥山祥司・百瀬浩(2003):自然共生型流域圏・都市再生のための基盤GIS情報「コモンデータベース」の作成について, 土木学会誌, 88, 4, 40-42.

3.1.2 河川におけるモニタリング

(1) はじめに

東京湾流域には合流式下水道が多く採用されており、合流式下水道からの流出汚濁負荷による東京湾への影響が懸念されている。

これまで、この合流式下水道の越流水の影響について放流先水域も含めて評価すべきとされ、当面の目標として「公衆衛生上の安全確保」が新たに加えられたが、どの吐き口において消毒を実施すべきか、越流回数をどの程度まで制御すべきか、といった点については、合流式下水道越流水と放流先水域の水質の関係について検討された事例や調査データがほとんどなく、具体的な議論が十分ではないのが現状である。

そこで、効率的な合流式下水道の改善の推進に資することを目的として、東京湾流域の合流式下水道で整備された自然排水区である平作川流域を対象として(図-3.1.3)、実態調査を行い、窒素、リン、大腸菌群を含めた汚濁負荷流出特性を把握した。

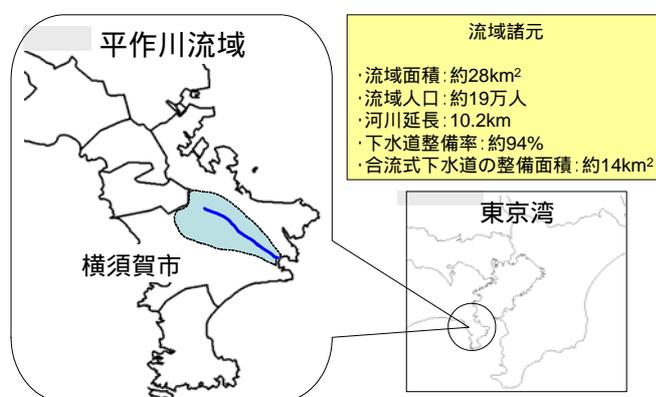


図-3.1.3 モデル流域の概略

(2) 研究方法

晴天日及び雨天時の汚濁負荷流出挙動

晴天日及び雨天時の水質の経時変化を比較し、雨天時における汚濁負荷流出挙動の把握を行った。雨天時に各調査地点における水質の変化を捉えるため、対象河川2箇所、下水道管渠1箇所、浄化センター1箇所で採水を行った。

汚濁負荷流出特性

BOD、COD、SSは流量と汚濁負荷量の関係を表すと図-3.1.4のように履歴曲線は時計回りのループを描く(ループ特性)とされていることから、大腸菌群等の流量と汚濁負荷量の関係を表し、BOD等との比較を行い、流出特性の把握を行った。

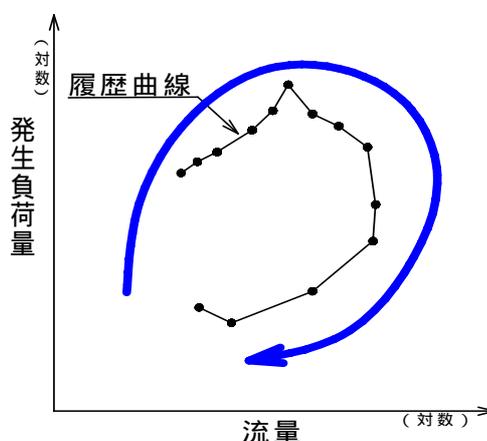


図-3.1.4 履歴曲線模式図

(3) 研究結果

晴天日及び雨天時の汚濁負荷流出挙動

合流式下水道及び流末河川における晴天時、雨天時の水質調査を行った結果の一例（大腸菌群）を図-3.1.5 及び図-3.1.6 に示す。

晴天時の水質はほぼ一定していたものの、雨天時にはファーストフラッシュが見られ、降雨初期には高濃度の流出があり、その後は晴天時を水質まで徐々に回復することがわかった。この傾向は時間的な違いはあるものの合流式下水道及び河川において同様の傾向が見られた。

雨天時汚濁負荷流出特性

平作川における流量と汚濁負荷量の関係は、図-3.1.7 と図-3.1.8 に示すとおりであった。大腸菌群は BOD に近い流出特性であり、負荷量は流量の 1 乗にほぼ比例すると考えられ、土研モデルによる流出負荷量の算出が可能であると考えられる。合流式下水道においても、またリン・窒素についても同様の傾向が見られた。

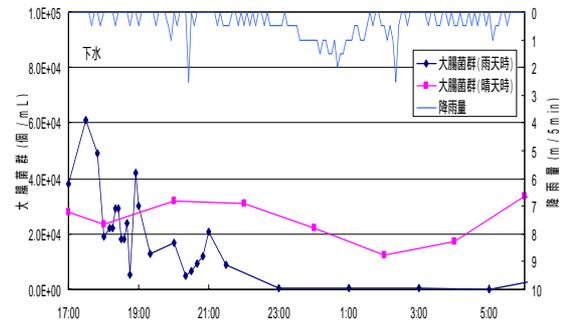


図-3.1.5 下水水質観測結果（大腸菌群）

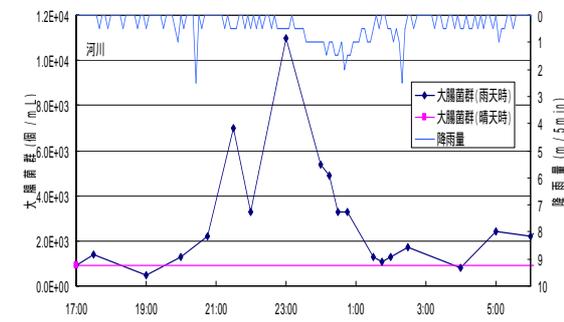


図-3.1.6 河川水質観測結果（大腸菌群）

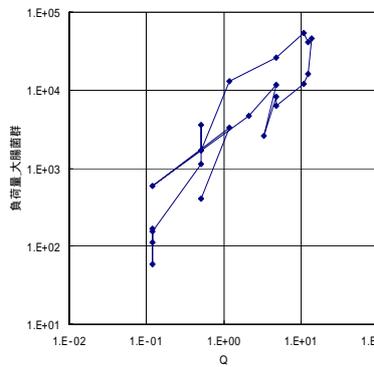


図-3.1.7 履歴曲線(大腸菌群)

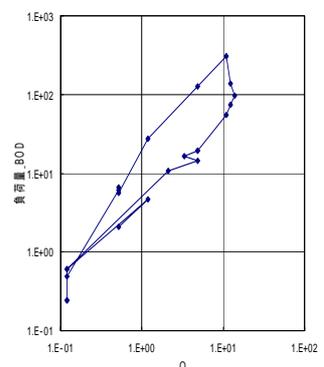


図-3.1.8 履歴曲線

(4) まとめ

東京湾流域の合流式下水道で整備された自然排水区である平作川流域の水質実態調査において、晴天時において流出水質はほぼ一定であるのに対し、雨天時には初期降雨において高濃度の流出があること、雨天時の汚濁負荷流出特性については、栄養塩類（窒素、リン）や大腸菌群についても、BOD、COD、SS と同様の傾向が見られ、負荷量は流量にほぼ比例することが確認された。これらの結果を活用して、合流式下水道を含めた河川からの東京湾への流出汚濁負荷量についても算出可能であると考えられる。

3.1.4 関東平野における地下水流動モニタリング

(1) 研究の背景

関東平野は国内最大の堆積平野であり、国内最大の地下水賦存域でもある。関東平野では、東京を中心とした首都圏の形成とともに人口や産業が集まり、これに伴い、地下水利用が積極的に行われてきた。また、水資源としての地下水開発を目的とした地下水調査も数多くなされてきた。中でも、水理地質図(木野・安藤, 1962)によって系統的な調査が行われ、水理地質構造の概要や水質組成の平面的な分布などが明らかとなった。しかし、平野全体での水循環・地下水流動系の把握には至っていない。

近年では、新しい地下水流動の指標である環境同位体や地下温度に関する研究が行われ、関東平野全体の水文環境を明らかにできるようになってきた。本研究では、関東平野における湧水、地下水、深部地下水の水質や環境同位体、温度など、地下水流動に関する最新の情報を整理し、水文環境図「関東平野」(林・内田, 2005)として編纂を行った(図-3.1.10)。

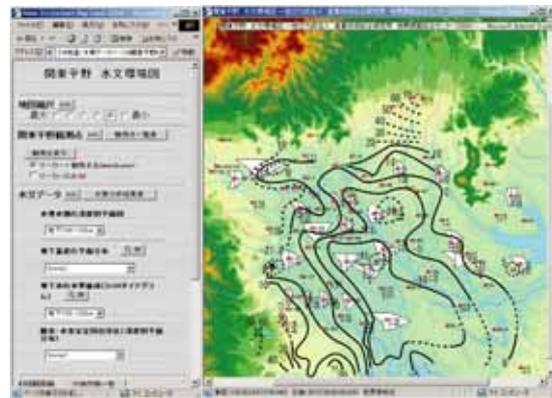


図-3.1.10 水文環境図「関東平野」

(2) 関東平野の地下水流動と今後の課題

深部地下水の起源が天水と化石海水(変質海水)の混合であると考えられることや、温泉水やコア間隙水の水質組成が立体的な分布を示すことから、深部においても地下水流動があることが示唆された。この一方で、環境省の行った調査によると、揚湯量が低下している温泉施設が関東平野を含めて全国的に増加しており、深部地下水環境が大きく変化していることが考えられる。今後、深部地下水を含めた関東地下水盆を包括する地下水流動系の構造を明らかにすることが重要である。

参考文献

林 武司・内田洋平(2005): 水文環境図 No.3「関東平野」, CD-ROM, 産業技術総合研究所 地質調査総合センター .

木野義人・安藤 武(1962): 関東平野中央部水理地質図及び説明書, 20p, 地質調査所 .

3.1.5 農村地域の水質モニタリング

(1) 研究の背景

流域の水環境対策において、工場・事業場等の点源に対して、主に施肥や家畜排せつ物を起源とする農耕地の面源汚染問題は、排出者やその寄与割合の特定が困難であることなどの理由から対策が遅れてきた。面源負荷の流出は、その特性上、土壌特性や水理地質、水文気象条件等によって異なるとともに、流出に際して年単位の時間遅れを伴う事例も報告されている(板橋・竹内, 2005)。地下水硝酸性窒素汚染問題は、1970年代から顕在化し、解決への道筋を含めて全国的にいくつかの事例があるが、今なお、面源汚染に対して十分な対応がとられているとは言い難い(久保田ら, 2005a)。しかし、近年、急速に法制度の整備が進められる中で、具体的な面源負荷削減の進展が期待されている。

(2) 農村地域の水質モニタリングと今後の課題

農村地域では、1999年の家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律(家畜排せつ物法)や持続性の高い農業生産方式の導入に関する法律(持続農業法)の制定に伴い、素掘貯留の廃止や減肥料・減農薬など待ったなしの対策が求められている。さらに、2005年3月に閣議決定された新食料・農業・農村基本計画では、農業環境規範の策定やクロスコンプライアンスの導入、さらに環境直接支払制度の導入など、従来の法的規制に加えて経済的手法を含めた環境対策が営農段階において強力的に推進されようとしている。耕種部門では施肥量の削減だけでなく、局所施肥や分施、緩効性肥料、有機性肥料の活用、栄養診断の活用など施肥法の確立をはじめとする様々な環境保全型施肥技術の導入が課題となっている。今後、これら営農面の環境対策の効果を検証することも課題のひとつに挙げられよう。

また、水質汚染機構の解明ならびに水質改善に要する時間を推定する上で、流域の水理地質構造の把握が重要である。久保田ら(2005b)は、流域を対象に水質汚染機構の解明を行う中で、流域に広く堆積する軽石層が硝酸性窒素汚染の広域的な拡散に寄与していることを示した。松森(2005)は、流域の詳細な3次元深層土壌構造の把握に加えて、地形連鎖を活用して水田や休耕田を利用した窒素負荷を軽減する機能の定量化を試みている。また、加藤(2004)は、農耕地土壌からの硝酸性窒素の溶脱と浅層地下水を通じた負荷流出に関わる時間スケールについて理論的な整理を行っている。

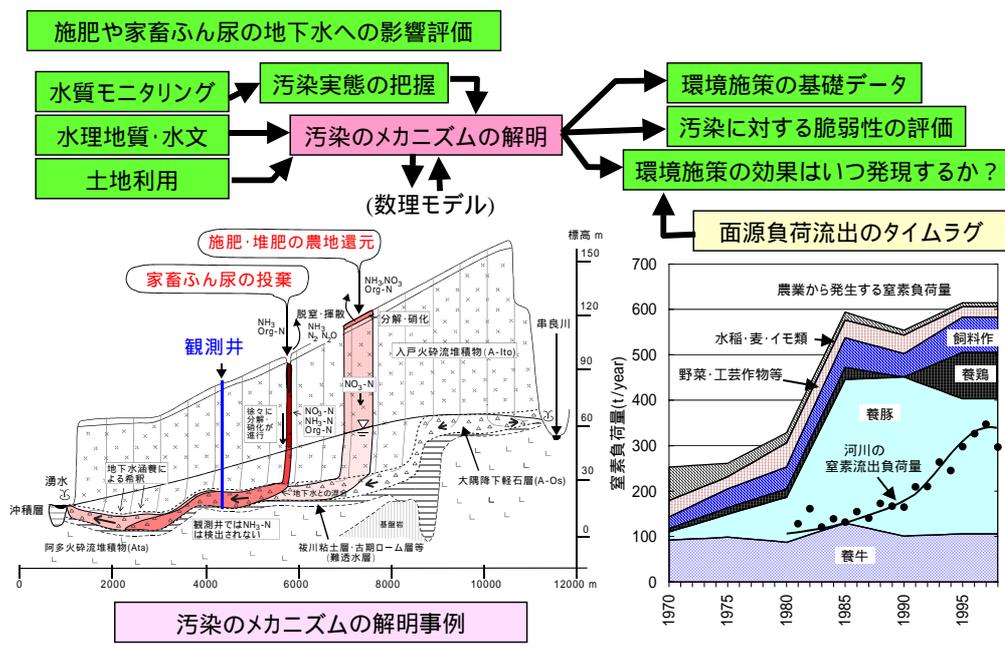


図 3.1.11 畑作・畜産農業地域の水質モニタリングの目的と活用

さらに、水質実態の理解のために、数理モデルによる実態解明と予測も重要な課題である。板橋・竹内 (2005) は、流域を対象とした流域水質解析・評価システムの構築を行って霞ヶ浦流域に適用し、発生負荷量と実測による流出負荷量との比較から窒素流達率等について検討を行った。その結果、窒素流達率が、2つの要因の積、すなわち、湛水域・水田を通過する水による窒素負荷の大きさに関与する要因と、湛水域・水田内の水理学的滞留時間に関与する要因の積と有意な負の相関があることを示した。また、Shiratani et al.(2004)は、水田を主体とする流域の数理モデルの構築に基づき、行政施策の選択に有用なシナリオ分析を行っている。今後は、水質保全上、営農が与えるインパクトが大きい農業主体の流域を対象として、流域の水理地質構造を考慮に入れた数理モデルの構築や改良を進めるとともに、シナリオ分析による行政施策を意識した研究を進める必要がある。

一方、OECD の農業環境指標の策定を巡る過程では、その物質のモニタリング結果に基づく実測値ベースの“状態指標”と、実測ではなく、その他容易に入手可能な統計データ等から推測される潜在的な汚染リスクを計算する“リスク指標”が検討された (図-3.1.12)。

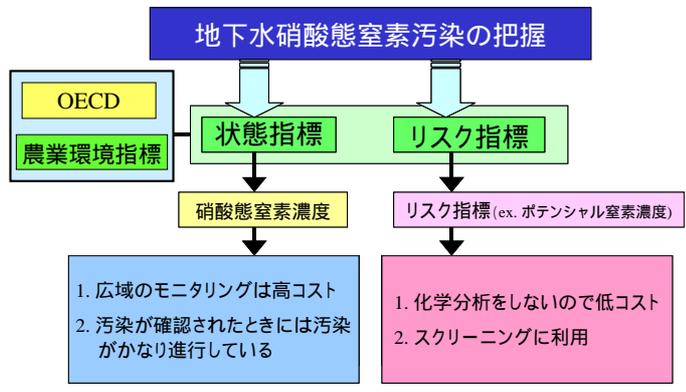


図-3.1.12 状態指標とリスク指標

リスク指標では、実測ベースのモニタリングのように、実測値そのものを把握することはできないが、広域を対象とする面源汚染では、コストや労力の面から実測によるモニタリングが困難であることから、汚染リスクの評価を含めたモニタリング手法の検討や導入が課題である。例えば、農業系窒素負荷による水質への影響を負荷量や水文条件等から計算される潜在的窒素濃度で評価することにより、実測によるモニタリングより安価で早く汚染の予兆を把握できることが示されている（図 3.1.13）。

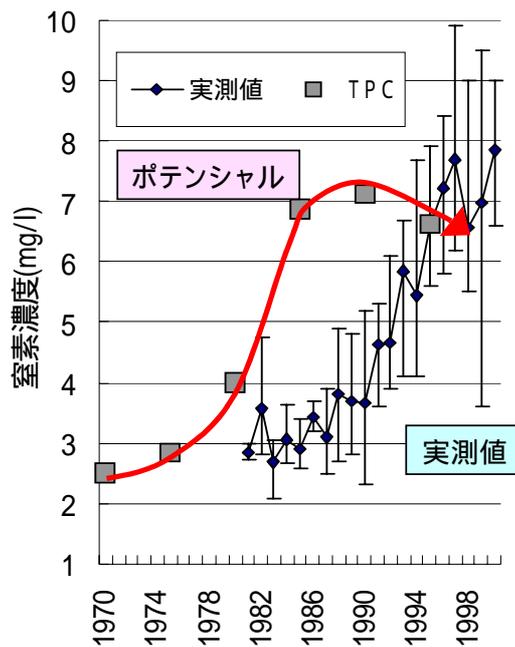


図-3.1.13 河川の潜在的窒素濃度(TPC)と実測値の推移（久保田ら，2002）

参考文献

- 板橋直・竹内誠(2005)：窒素負荷算定モデルを用いた地目連鎖系評価，続・環境負荷を予測する、博友社、pp.80-94 .
- 加藤英孝（2004）：土壌中の硝酸性窒素移動の時間スケール、90・113，独立行政法人農業環境技術研究所編、農業生態系における炭素と窒素の循環、養賢堂 .
- 久保田富次郎・増本隆夫・松田周(2002)：農業地帯における水資源の窒素汚濁リスクのマップ化手法について、第6回水資源に関するシンポジウム論文集、pp.177-182 .
- 久保田富次郎・古江広治・増本隆夫(2005a)：農畜産業対策を含めた流域水質管理への課題，農業土木学会誌、73、4、21-25 .
- 久保田富次郎・増本隆夫・松田周・古江広治(2005b)：水質環境と水循環から見た笠野原台地の水文地質特性、農業工学研究所技報 203、pp.81-100 .
- 松森堅治(2005)：地理情報システムを用いた窒素負荷予測モデル、続・環境負荷を予測する、博友社、pp.60-79 .
- Shiratani, E., Yoshinaga, I., Feng, Y. and Hasebe, H.(2004)：Scenario Analysis for Reduction of Effluent Load from Agricultural Area by Recycling the Run-off Water, Water Science and Technology, 49(3), pp.55-62 .