

第 部

自然共生型流域圏・都市再生技術研究 の現状

第1章 流域圏・都市が抱える課題とその克服に向けた将来展望

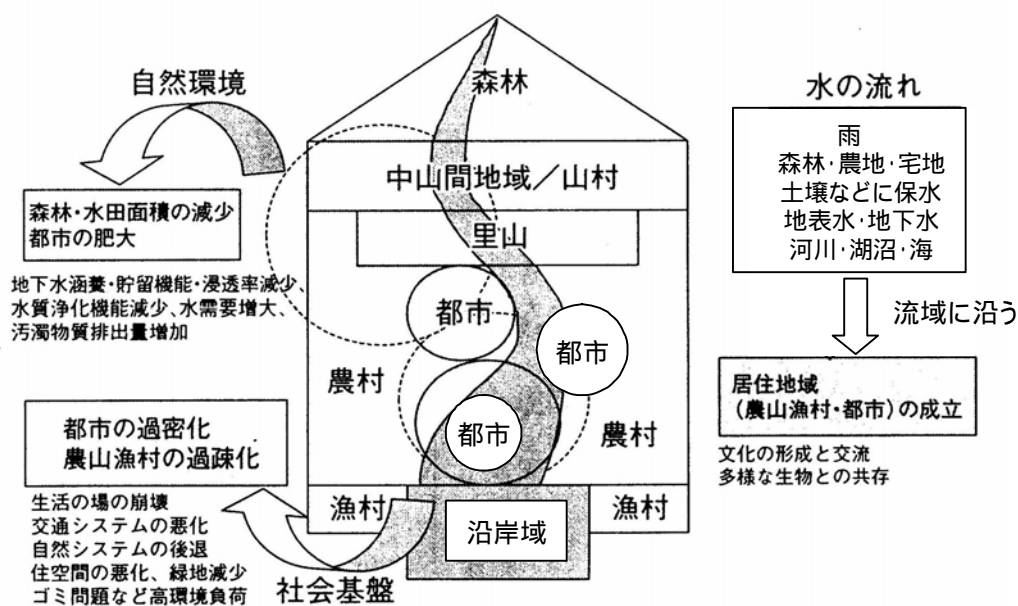
1.1 流域圏・都市再生における課題

1.1.1 流域圏・都市の課題とは？

我々が現在直面している環境問題の多くは河川流域と密接に関わっている。たとえば、生活排水のように水が汚濁物を運ぶ場合は当然として、山奥のどこかに捨てられたゴミはやがて形を変えて水とともに川に出ていき、自動車の排ガスに含まれる有害物質も大気中を漂った後、降水に溶け込んで再び地上に降り注ぎ、川に出ていく。

つまり、現代の川は水を介した汚濁物の移動・集積ルートであるという見方も可能である。その意味で、流域とは汚濁物を集める範囲とってよい。なお、流域圏とは流域に沿った沿岸域を加えた範囲と定義（渡辺信 2005）される。

しかし、ほんの数十年前までは、本当にごく一部の川を除いては今よりよほどきれいだったに違いない。汚濁物を見方を換えれば資源である。屎尿は大切な肥料、草は家畜のエサ、樹木は家財や薪となり、薪の灰はまた肥料となり……。都市で発生する屎尿など、結構な値段で取引されていたくらいである。食料を消費する都市と分解・生産を担う農村は物質循環の輪でしっかりとつながっていたのだ。



このような関係が良好に維持されていれば、川の流れは清く保たれ、人の暮らしに不可欠な水を良質に維持することができる。良好な水質は人の暮らしにとってというだけでなく、河川・湖沼・湿地等、水域生態系の保全にとっても重要な条件である。

しかし、都市と農村の食を通じた循環的關係が絶えて久しい。

農業技術近代化の過程で進展した化学肥料の多投入は都市の有機物資源を不要とし、都市は有用資源から汚濁物へと化した尿尿を他の生活排水と合わせ下水として処理することとなった。すなわち、都市はそれまで農村が担っていた分解の役割を受け持ち、さらに食料生産のための資源である窒素の除去まで行わなければならなくなった。農村は、分解すなわち浄化という重要な役割を止め、生産性の向上に進む結果、化学肥料や農薬による環境への悪影響を懸念されることとなった。また、それまで適切な利用を通じて維持されてきた里山等の生態系は、利用の途がなくなるとともに生物多様性の低下をきたすようになった。

ごく単純化すれば、問題の基本的構図は上記のとおりといえるが、現在では、有機廃棄物に占める尿尿のウェイトは相対的に低下し、大量の食料・飼料等輸入に伴って発生する人間の尿尿以外の廃棄物も、流域の水環境に大きな影響を与えている。また、都市の過密化と農山村の過疎化は、そのこと自体暮らしの場の悪化を意味するのはもちろん、流域の水質・生態環境の悪化という問題を増幅し、かつ複雑化している。

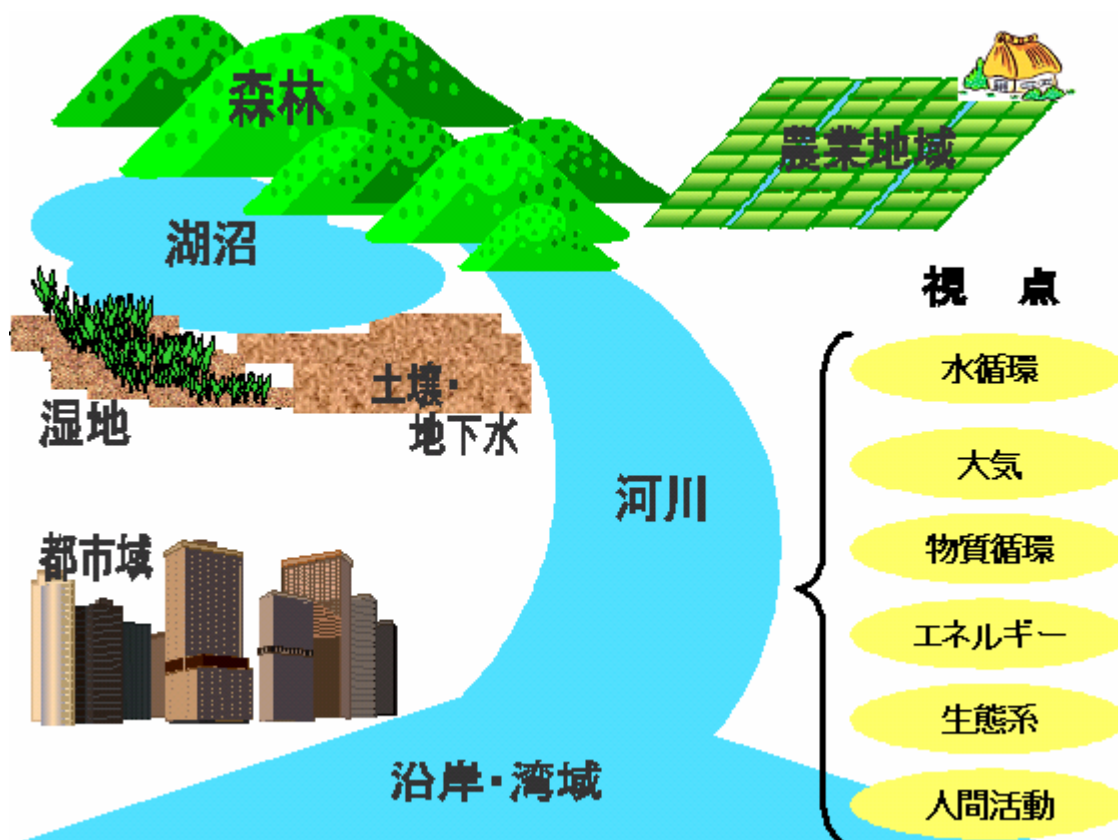
1. 1. 2 流域のどこで何が問題となっているか？

ところで、我々が日常使用する水道水はどこに取水源があって、どの程度良質の水が得られているか、また、生活排水は下水道でどこまで運ばれ、どんな処理が施されて、どの程度の水質の処理水がどこに放流されているか、について知っている人はわずかであり、多くの人は普段そのようなことに関心を抱かない。

流域の山村から沿岸までさまざまに居住する住民が、それぞれの暮らしや生産活動による相互の影響についてなかなか日常的関心を持ち得ない。これは、流域というスケールに特徴的な問題でもある（藤田 2004）。

流域圏・都市の現状に関心を持ち、課題を理解することが解決の大前提である。流域内諸活動の相互影響は、後述のモデル分析によってある程度の客観的共通理解が可能と考えられる。

以下では、現状の課題を理解する第一歩として、流域圏を8エリアに分け、それぞれに



ついて下記の視点を踏まえて概観するとともに、視点ごとに整理して流域圏・都市が抱える課題の特徴を指摘することにする。

(1) エリアごとの整理

森林

我が国の国土面積の3分の2に当たる約2,500万haが森林で覆われ、このうち約1,000万haはスギやヒノキ等の人工林となっている。しかしながら、近年の木材価格の低迷や中山間地域の過疎化・高齢化の進展等による林業の不振、人工林の管理水準の低下、伐採後の再造林放棄地や放置里山林の増加等に伴い、森林の持つ多様な機能の維持・発揮が危惧されている。

・森林域からの水流出

森林流域は流域圏の最上流部に位置するため、清澄な水を安定して供給することが求められている。日本では、森林域からの水流出量については、明治時代から代表的な流域で水文観測が始められ、少数地点ではあるが長期間のデータが蓄積されている。しかしなが

ら、水流出に関する素過程や伐採を含む森林の管理による影響については不明確な点が多く残されている。また、日本の山地は地形が急峻であるばかりでなく、地質や気象、植生も多様であるため、水流出に関与する要因も複雑である。そのため、こうした立地環境の多様性を考慮に入れた管理技術の開発が必要である。

・森林の物質動態と水質

森林域での水質については、近年になってその実態解析が行われ始めた段階であり、土壌中や風化層を含む水質形成メカニズムの解明が急がれている。このうち、窒素については、降水によるインプットや微生物の窒素固定に伴うインプットを植物が吸収したり土壌中に蓄積することによって、渓流流出水の窒素濃度がきわめて低いレベルに抑えられていることが明らかになりつつある。ミネラル類については、流域の地質条件が強く影響を与えているが、風化による付加が加わるため、多くの場合、降水によるインプットより渓流水を通じたアウトプットの多いことが明らかになりつつある。森林流域において、水質保全機能を発揮させるための自然共生型管理を行うには、未解明な部分が多い土壌中での水や各種物質のフラックスを解明し、林齢や林相の違いとともに間伐等の森林管理による影響を明らかにする必要がある。

・里山生態系の維持管理

近年、里山域における生物多様性や景観の保全、安らぎ機能や環境教育の場として社会的関心が高まっている。本来、里山は薪炭林や農用林として、伝統的土地利用によって維持されてきた二次的自然景観であるが、昭和30年代の資源・エネルギー革命に伴ってその資源的価値が低下し、多くは放置されたり他の土地利用へ転用されているのが現状である。そのため、里山林においても高齢林化、竹林の拡大、孤立・断片化、マツノザイセンチュウ病によるマツ林の衰退等が進行し、景観や生物多様性も変化している。里山の景観や生物多様性を保全し、機能の再生を図るためには、資源的・経済的価値が低下した里山林にいかにかん手を加えるかが大きな問題点となっている。そのためには、里山生態系の維持・更新技術の開発とともに、公的支援の導入手法や伝統的利用を補完する新たな価値観に基づく合意形成手法の構築がポイントと考えられる。

参考文献

- [志水俊夫(1 9 9 7): 宝川森林理水試験地における水研究の歩み .水利科学 233 .1-29 .]
- [太田猛彦・服部重昭監修 (財)水利科学研究所編(2 0 0 2): 地球環境時代の水と森 . 日本林業調査会 . pp222.][蔵治光一郎(2 0 0 3): 森林の緑のダム機能(水源涵養機能) とその強化に向けて . 森林の公益的機能 新解説シリーズ3 .(社)日本治山治水協会 . pp76 .][広瀬顕・岩坪五郎・堤利夫(1 9 8 8): 森林流出水の水質についての広域的考察(1) . 京都大学農学部演習林報告 60 . 162-173 .][加藤正樹ほか(1 9 9 9): 森林と渓流水質 - その形成メカニズムと実態 - . わかりやすい林業研究解説シリーズ 107 .(財) 林業科学技術振興所 . pp98 .][杉村乾ほか(2 0 0 1): 森林の役割評価とその適正配置 - 新たな森林計画のためのガイドブック - . わかりやすい林業研究解説シリーズ 109 (財) 林業科学技術振興所 . pp92 .][独立行政法人森林総合研究所関西支所(2 0 0 5): 里山の過去、現在、未来 . 独立行政法人森林総合研究所関西支所 . pp6]

農業地域

・日本の農業用水の現状と課題

日本の総水利用の約2/3に相当する約572億m³を農業用水が占め、さらにその95%が水田灌漑に利用されており、水田灌漑用水は、健全な水循環を考える上で重要な因子である。水田灌漑を主とする農業用水は、貯水池や河川などの水源から取水されたのち幹線水路、分水工、支線水路などから構成される農業水利施設により、各水田に供給され、その下流の数多くの水田等でさらに、何回も反復利用される。そして、一旦、小流域内で利用された用水も下流の河川水や地下水に還元され、下流で再び農業用水や都市用水として利用される複雑な利水構造を有している。これまで、農業用水の確保と有効利用においては、自然水文環境、貯水池や用水路などの人工物である水利施設およびこれらを管理する農村利水組織である土地改良区の3つの要素が有機的に機能してきた。これらの総体が農業水利システムである。

近年では、上水道などが慢性的に不足している都市近郊において、水田が広範囲に激減し、水利用形態が大きく変化した地域では、農業水利施設を改善して農業用水から生み出された用水を上水道などに振り分けるなどの水利権の転用も行われている。

しかし、現在では、農家の高齢化が進行しているため、高齢者にやさしい、管理の容易な新たな水利システムへの再編も一つの課題として、必要となってきた。

一方、農業水利施設のネットワークにより、水田の他に地域全体に農業用水を行き渡らせ、その結果、地域の水環境の保全、豊かな生物が育まれる水田生態系の創出、また、農村地域においては、防火用水、消流雪用水などの多目的水利用を可能にしている。

このように、農業用水は、農業生産への産業用水以外に地域用水として多くの多面的機能を発揮している。地域資源を活用して維持されている農村地域では、農業用水を中核とする農業水利システムは不可欠な資源であると同時に、流域圏において健全な水循環系を構築する上でも重要な社会共通基盤である。

・畜産業への過剰な物資の流入

農地が硝酸態窒素やリンの局所的あるいは面的汚染源となっているとの指摘がある。これを軽減するために、負荷源となる化学肥料などの使用削減に努めるエコファーマー制度などが注目されているが、これらの取り組みはまだ点に過ぎない。また、物質循環という観点からみると、化学肥料のみならず飼料なども含めて系外から地域全般に移入される全物質量を統合管理しなければ、抜本的な改善は難しい。とくに、安価な輸入濃厚飼料に依存する畜産業からの環境負荷物質は、現状では農業外処理を考えざるを得ないほど増加している。

畜産業周辺の窒素収支をみると、年間 100 万トン内外の窒素が流入し、そのうち 80 万トンが環境中にもどっていく。国内で生産される食料や飼料中に含まれる窒素が 51 万トンであることからすれば、輸入濃厚飼料への依存体質が明らかである。また、日本の全農地 474 万ヘクタールに、この負荷窒素 80 万トンをすべて還元したとすると、1ヘクタール当たり 170kg の窒素還元量になる。水田でイネに施用する窒素量が年間 1ヘクタール当たり 80kg であることからすれば、この還元量は実に多い量といえる。つまり、畜産業における輸入濃厚飼料への依存体質を変えないかぎり、畜産業からの環境負荷物質は大部分を農業外処理する必要がある

一方、化学肥料の使用量についてみると、わが国の使用量は BRICS 諸国（ブラジル、ロシア、インド、中国）等に比べて著しく減少している。しかし、地域内の物質循環を促すために、産業廃棄物となっている様々な有機物資源を農地に極力還元しようとする今後の方針からすれば、化学肥料の削減は益々重要になる。ただし、家畜排泄物等に由来する有機物資源は、作物肥料としてみるとカリ過剰であり、作物の正常な生育にはアンバランスな組成となっている。このため、それらの有機物資源を農業利用するためには、成分バラ

ンスを修正するための調製処理が不可欠となる。

・生物生息地の攪乱と減少

2002年に閣議決定された「新たな生物多様性国家戦略」では、里地・里山における二次的自然の変質が生物多様性の危機として喚起された。この大きな要因は、農村地域における土地利用の変貌、過疎や高齢化による農業の担い手不足である。

100年間の土地利用変化を解析すると、牛久市近郊では、明治初期（1880年代）には草地面積が14%を占めていたが、現在草地は消失し、その62%は住宅地などに開発されている。また、水田、畑地、林地も21～48%が住宅地などに開発され、100年間を通じて地目の変化しなかった面積割合は30～58%にすぎない。このように、各地の農村における土地利用は著しく変化し、農業が育んできた多様な生物のすみかは減少あるいはかく乱されている。また、残存する農林地は宅地や舗装道路等によって分断されているため、そこに生息する生物は自由な往来ができない。このため、個体群間の遺伝子交流が制限され、生物の永続的な生存に重大な危機をもたらしている。

一方、農家戸数をみると、主業農家は43万戸、準主業農家は51万戸であり、それぞれが所有する農地は、全農地面積474万ヘクタールのうち約49および17%となっている。これに対して、副業的および自給的農家は200万戸であり、これらの弱小農家が所有する農地は約33%に達している。今後、農業の構造改革ならびに農業就業者の高齢化（2010年には60%が65才以上に達する見込み）が進行すると、弱小農家の離農が増加し、余剰農地が各地で生まれる。これらが担い手農家へ集積されなければ、放棄される農地は増加し、里地・里山における二次的自然は益々変質して、生物多様性の劣化が懸念される。

参考文献

[農林水産省食料・農業農村政策審議会 農村振興分科会 農業農村部会 企画小委員会、世界の水資源とわが国の農業用水(企画小委員会報告)平成15年2月] 織田健次郎(2004) わが国の食糧供給システムにおける1980年代以降の窒素収支の変遷、農業環境研究成果情報20、p54-55。] [デイビッド スプレイグら、(2004)迅速測図を用いて過去100年間の土地利用変化を定量的に計測する、農業環境研究成果情報20、p54-55。]

都市域

都市域は宅地化や舗装等によって不浸透化しており、地下水の減少や大雨時の都市型洪水の増加を生じさせている。このことは、河川の平常流量の減少にも繋がっている。また、計画的開発事業を含む郊外部の住宅地の拡大や、市街化区域内農地の宅地化など、いわゆる都市化によって、都市域における生物生息域の縮小や、生物生態系ネットワークの機能低下が生じており、生物の多様性が低下している。このため、保水性・浸透性を有する舗装の開発、ネットワーク性を考慮した計画的な緑地等のオープンスペースの整備、都市域の土地利用のコントロール等が求められる。

さらに、都市生活は上下水道と不可分の関係にあり、大量な飲料水や工業用水の利用によって自然の水循環に大きな影響を与えている。取水量の削減に寄与する処理水の効率的利用も、あまり進んでいるとはいえない。

水利用の問題としては、河川等の水質の悪化等によって安全な水道水が確保できない状況が生じている場合がある。特に近年、まとまった水量を確保するため都市排水の影響を受けた下流域での取水も生じており、平常時における水質上の問題が多いのみならず、突発的な汚染事故リスクも高まっている。また、不法投棄による土壌汚染、地下水汚染が顕在化してきている。

都市からの排水の課題としては、まず、合流式下水道からの雨天時汚濁の流出が河川やその流達先の水域での問題となっている。また、下水道等の整備が進んでいない地域においては、生活排水による汚濁負荷が依然として大きい。さらに近年では、油分や土壌汚染など、都市に起因する微量の物質による影響も懸念されている。このため、合流式下水道の改善や分流式下水道への転換、化学物質の評価・管理手法の確立などが求められている。

排水処理の課題としては、排水処理に伴う大量の汚泥が、資源とコストの両面で問題になっている。さらに生活スタイルの変化による家庭排水における汚濁量の増加や、家庭からの排水に含まれる汚濁物質の質的变化等が懸念される。これは、下水処理コストや浄化槽管理費の増大、浄化槽の管理不足による家庭排水の汚濁負荷の増大につながる可能性がある。また近年、微量有害物質や病原性微生物による水質リスクも問題となっており、水系としてのリスク管理、及び、確実に安価な高度処理技術の開発が求められている。

都市生活及び都市の産業に起因する環境問題には、エネルギーの大量消費もある。エネルギー消費は化石燃料の消費につながっており、クリーンエネルギーへの転換、省エネ型の機器開発が求められている。自動車によるエネルギー消費は、それに伴ってディーゼル

車による NO_x、SO_x の排出など排ガス汚染ももたらしており、燃料電池車等の開発とともに、交通抑制型の都市構造の構築が求められている。また、自動車や産業排熱、生活排熱等によって都市ヒートアイランド化が問題となっており、各種のエネルギー消費の抑制技術の開発、緑地やオープンスペースの確保、保水性・浸透性舗装の実施、風の道を確保する都市の構築などが求められている。

以上のような多種多様な課題の解決において重要となるのが、都市住民のライフスタイルの転換である。節水や省エネの促進、排出する汚濁の低減、屋上緑化、省エネ型機器への転換など、住民のライフスタイルの転換が上記のような都市の課題解決にはきわめて有効であるものが多い。このようなライフスタイルの転換を促すためにも、緑地や水辺の創造、自然の生態系の回復等を通じて、環境改善の効果と意義が実感できる機会や、子供の自然教育の場、高齢者への生きがいの場の提供が求められている。

湖沼

・総合的水収支の必要性

流域下水道整備や護岸整備に伴う透水性の変化、水資源開発に伴う水収支の変化、農林・上工下水・流入河川を管理する各行政機関の未連携によるデータ欠如、連続監視データの欠如や未整理・解析、水収支総合的モデルの未熟等が起因し、これまで複雑な利水状況を有する湖沼合理的な水収支が算定出来なかった。特に地下水の動的把握が不可能であったため、十全な水収支統合的モデル構築が出来なかった。今後は我が国の代表的な湖沼において地下水の流入を加味した詳細な水収支統合的モデルを構築・導入し、湖沼環境管理施策に反映させていく必要がある。

・ダム調節に伴う問題

ダムによる水量調節や堰運用による水位変動の平滑化により、渇水(乾燥)・洪水(湛水)のサイクル欠如に伴う河川敷生物生息域の単純化等の変化、ダム湖底層水放流におけるダム下流域における水温低下と魚類の成長不全等の生息生物への影響や、排砂ダム運用による下流域における土砂・濁水流出の影響が懸念されている。

・富栄養化による水道用水処理の障害

湖沼を水道水源として利用する際に、湖水中の植物プランクトンが浄水過程での処理障

害となることある。それは、過剰に含まれる植物プランクトンが浄水過程の最初に行う凝集沈殿を阻害したり、ろ過の閉塞を起こしたりするためである。また、凝集沈殿後に発生する汚泥の含水率が高くなり、脱水性を低下させ、処理に要する労力、時間、費用を上昇させる要因となっている。

・自然湖岸の改変による生態系の多様性低下

ヨシ原に代表される自然湖岸が改修工事等により大幅に喪失し、魚類の生息場や産卵地、水鳥の営巣地等が急速に減少した。またこれらの自然湖岸は、陸域 - 水域間において遷移する生物生息地をつなぐエコトーンとして代替不可能な生態系ネットワークとして機能していたため、その喪失は取りも直さず固有の生物種の生息地の喪失となり、結果的に湖沼特有の生物相の貧相化を招いた。

高水位・固定水位の水門操作により同じ場所が波浪の影響を受け、抽水植物の植生が破壊されている。そのため、洗堀によって植生地際の地盤低下によってヨシなどの株立ちが目立つ状況が続いている。波浪を弱めても水深は戻らないため粗朶の消波堤は機能していない。唯一湖底浚渫土の埋立によって植生が再生されているが、本来の季節的な水位変動を取り戻さないのが原因は解消していない。

・大規模浚渫による湖水の異常白濁化現象

霞ヶ浦では過去 10 年前に見られなかった湖水の白濁現象が見られ、時期的に一致する大規模浚渫が原因とする見方が出ている。浄化や浚渫土の有効利用目的であるが、浚渫によって透明度は改善されてはならず、かつて冬に透明度が高まる現象さえ見られない状況が一般的になりつつある。沈水植物帯の復元は透明度の改善が欠かせないが、現状では解決策が講じられていない。

・外来種による生態系の多様度の低下（オオクチバス等）

在来種に強い食害を示すとされ特定外来生物被害防止法にも指定されたオオクチバス・ブルーギル、アメリカナマズのみにとどまらず、現在、全国の内水面で既に繁殖・定着が認められている外来魚は枚挙にいとまがないのが現状である。また魚類のみならずカメ等の水生動物、水草等の植物においても相当数の外来種が広範囲に分布を拡大しており、駆除は到底不可能と思えるほどである。これらの移入種の定着により、食害、近似種間での

交雑，生息域の奪取等が発生することにより，在来種の生息域の減少が著しく，生物多様性が極端に低下している。

また，護岸改修等が外来種の定着を助長したり，国内移入種が在来種を駆逐する等の減少がみられている湖沼も少なくない。

湿地

・湿原域開発による地下水位低下と湿原後退

湿原域における河川の直線化，湿原周辺域の開発による不透水性構造物建設や土砂流出と堆積，農業活動による栄養塩の流出・過剰供給によるハンノキやササの過剰繁茂により，湿原域に供給される水が減少し，地下水位の低下や富栄養化を招いている。その結果，湿原本来の草本植生が維持されなくなり乾燥地に適した植生に置き換わり，湿原本来の生態系が維持されていない現象がみられている。

・富栄養化湿原由来温暖化ガス発生量の未把握

炭酸ガスのみならず，温暖化効果が高いとされるメタンや亜酸化窒素の発生量とその動態について，局所的な測定がなされているが湿地の寄与は十全に定量的な把握されていない。またこれらの温暖化ガスの発生と湿地の物理化学，あるいは生物的環境との因果関係も十全には明らかにされていない。過去に堆積した泥炭に富栄養の流入水が加わり泥炭の分解が進み，二酸化炭素やメタンの発生増加の懸念が指摘されているが十分な解析がなされていない。

・湿原の履歴情報の欠如

湿原自体の体系的分類が旧態依然のままで，外国の分類体系を借用していることや，重要な湿原のリストアップはなされているものの，インベントリーとしての施策がなされていない。主な湿原でも植生調査や動物相調査以外に個々の湿原固有の網羅的な記載資料が十分でなく，各湿原本来の生態系についての物質循環や水循環などの全体像が把握出来ない。このため，湿原周辺の生態系の変化に伴う湿原環境の遷移とその因果関係を科学的に明らかにすることが出来ず，当該流域における適切な湿原の量的把握とその周辺生態系におよぼしている影響を定量的に評価することが出来ない状態である。

河川

河川は流域圏水循環の根幹をなすものである。原則として自然の状態では流域圏に降った雨水は、表層や地下水を經由して河川水となって海に注ぎ込むことになる。生活用水、農業用水、工業用水といった人工系の水循環の多くは、河川水を取り込むことで成立している。

流域の不浸透化による地下水の減少、水利用の増加などにより、平常時、低水時の河川流量が減少し、渇水が頻発している。一方、都市部では近年の豪雨頻度の増加と相まって都市型洪水被害が多発している。また流域の不浸透化は都市に起因する面源負荷の増加も招いている。このため、保水性・浸透性舗装や雨水浸透ますの普及、緑地の整備など、浸透化の促進による地下水の涵養や、治水・利水施設の運用ルールの弾力化、水利権の調整や融通体制の整備による円滑な渇水調整、効果的な面源対策等が求められている。

さらにこのような平常時の河川における流量の減少は河川としての貯熱機能の低下をもたらし、河川水温の上昇を引き起こしており、ヒートアイランド緩和効果や生態系への悪影響も懸念されている。また流量の減少によって、河川の流量における生活雑排水や下水処理水の占める割合が相対的に増大することになる。結果、河川流量の中の窒素、リン等の濃度が増加し、水道原水の質的な低下も懸念されている。このため、生活排水対策の推進や下水処理の高度化、高度な浄水技術の開発が求められている。

経済活動の高度化、国民生活の向上に伴って、様々な物質が生み出されている。環境ホルモン等一部の化学物質等ではその人体への有害性等が指摘されており、またそれらが水を通じて生活環境に入り込んでいることから、水道原水としても大きな課題であり、対策が求められている。

また、河岸のコンクリート化、直線化等によって、動植物の生息環境の消失、分断化が生じるとともに、河川の自然浄化機能が損なわれている。さらにダム等の建設・運用に伴う流況の平滑化、及びそれに伴う土砂移動の減少や河道地形の変化により、土砂の輸送が阻害されている。その結果、ダム貯水池の堆砂によるダムの短命化や海岸浸食等が生じるとともに、河道内の生態系に変化（樹林化、外来植物の繁殖）が生じている。また特に河川を横断する工作物（ダム、堰）については、近年、魚類等の遡上阻害なども問題となっている。

河川は、動植物の良好な生息・生育空間であり、また、多くの人々が河川空間における自然とのふれあいを通じ、心のうるおいややすらぎを得ようとしており、市民の自然保護

活動や環境学習の鳩もなっている。このように、河川空間における生態系の保全・再生は極めて大きな課題である。

このため、前述のような地下水涵養などの流況改善対策に加えて、蛇行の復元、瀬や淵の配置、河岸の自然の修復等の河川の再自然化や、魚類の生息・生育場の確保のための河川横断工作物対策など、河川流況のダイナミズムを回復する対策が求められている。

土壌・地下水

・都市域における地下水位過剰上昇

地盤沈下防止のために地下水汲み上げを規制してきたため、東京の地下鉄道網を構成するトンネルシールド周囲の地下水水位が上昇し、シールドが浮遊することになり埋設構造の維持管理上問題が発生している。このため、シールド周囲の地下水を揚水しているが、ほとんど未利用のまま都内の河川に排水しているのが現状である。従って今後は地盤沈下の状況を勘案しつつ、地下埋設都市交通網の維持管理のための都市域における地下水汲み上げの緩和と、冷媒等への適正な利用を積極的に検討するべきである。

・旧日本軍廃棄化学兵器による有機ヒ素汚染

広島県大久野島，茨城県神栖市，神奈川県平塚市，千葉県習志野市で，旧日本軍の遺棄化学兵器由来と思われる猛毒の有機ヒ素化合物ジフェニルアルシンによる汚染土壌・地下水現場が発見された。特に茨城県神栖町では有機ヒ素化合物により汚染された地下水を飲用してしまった周辺住民の健康被害が顕在化した。今後も同様の有機ヒ素汚染現場が発見されると思われる、特に農作物や地下水への汚染が懸念される箇所では、迅速な調査方法と汚染源推定，周辺住民への情報開示，有効な浄化技術の開発評価等について進めていくことが強く望まれている。

沿岸域・湾域

・赤潮の発生

富栄養化が顕在化している東京湾，伊勢湾，大阪湾等の閉鎖性内海域では，陸域からの汚濁負荷流入の総量規制等の環境施策が実施されているにも拘わらずに根本的な環境改善が見られない。その要因の一つとして、海底に堆積した有機汚泥（ヘドロ）を無機化する際に、海底面付近の大量の溶存酸素を消費し、海底面付近が貧酸素状態になることである。

海底面付近の貧酸素水塊が沿岸域に吹き寄せられれば“青潮”である。海底面付近の貧酸素化は底泥からの栄養塩溶出を促し、栄養塩溶出は植物プランクトンの大量発生を促すことから、“赤潮”の原因ともなる。沿岸域における物質循環の悪循環の要因として、成層化と流動の停滞が挙げられる。

・水産資源への影響

遠洋漁場における国際規制の強化や、我が国周辺水域の水産資源状況の悪化等により、我が国の漁業生産量は最盛時と比較して半減、約600万トン程度まで減少する反面、養殖業も含めた沿岸漁業は280万トンを越す漁業生産量を維持していることから、沿岸域は我が国漁業にとり最も重要な水域となりつつある。沿岸域は藻場・干潟や浅場の消失、富栄養化の進展等、環境悪化が進む水域でもあることから、沿岸域環境の維持保全や改善は、水産資源の適切な保存管理と持続的利用の確保の立場から最も重要な課題である。

・生態系

上流にある河口堰やダムの影響で上流からの土砂の供給が少なくなり、特に河口域では浸食が進んだ箇所がある。干潟は砂泥の浸食と堆積が釣り合っているために成立しているが、浸食されて転石海岸に変改してきていると推定されている。しかし漂砂の詳細な研究が進んでいないので不明の点が多い。また、塩性湿地も陸域の環境変化によって浸食が進み絶滅に瀕する植物の生育地が減少している。

・磯焼け現象

磯焼けの原因として、従来、陸域からの鉄分等の微量元素欠乏説が論じられてきたが、その可能性が完全に否定されたわけではないが、磯焼けの持続原因として、ウニ類等藻食性動物の過剰摂食（海藻群落の生物生産量に比べて、藻食性動物の摂食量が過剰）説が有力であり、日本各地の磯焼け現象の大部分が該当する。南日本沿岸ではアイゴ等藻食性魚類による摂食被害が近年顕著になってきている。

(2) 視点ごとの整理

ア．水循環

・水循環系

国土において水は様々な経路を通過して循環しているが、それは降雨、蒸発散、貯留、表面流出、地下浸透等といった自然系の水循環と、都市活動を持続、発展させるために構築された上下水道や農業取排水路等の人工系の水循環から構成されている。自然的な流れと人工的な流れが交錯し、水は存在形態と存在場所を変えながら循環しているが、この流れのシステム全体を水循環系と呼んでいる。水は、この水循環の過程で、生態系を育むとともに、人の生活や社会活動に必要な水資源として、また時には洪水等災害として人類と深く関わってきたが、近年の急激な土地利用変化、社会・ライフスタイルの変化等は、a) 流域の保水・貯留・浸透機能の低下、b) 水使用量の増加、c) 洪水調節等による流量コントロールとして水循環に影響を及ぼしており、水循環系の健全性が損なわれ、河川等平常時水量の減少、都市洪水流量の増加、流量の平滑化、地下水位の低下等の問題を引き起こしている。

なお、水循環系は地下水の流出入や流域を越えた水使用等により、必ずしも河川流域で閉じているものではないが、河川流域は、水循環系を考える上での国土の単位となり得る。このため、以下流域を単位として、水循環の現状と課題について述べる。

水循環へのインパクト

水循環への主なインパクトとしては、以下のものが挙げられる。

a) 流域の保水・貯留・浸透機能の低下

都市化されていない本来の地表面は土壌や植生に覆われ、窪地等を有することにより、雨水を保持、貯留したり、地下に浸透させる機能を有している。しかし、高度経済成長期以降顕著となった都市化においては、森林や湿地、農地等が市街化されるとともに、地表面のコンクリート化、下水道等の雨水排水システムの整備等により、流域の有する保水・貯留・浸透機能が減少した。また、林業の衰退に伴う森林の荒廃・管理の低下、農業の効率化に伴う農業排水路の不浸透化等も、これら機能の低下に影響している。

事例) 鶴見川

b) 自然系水循環の減少

戦後の急激な人口増加、都市への人口の集中やトイレの水洗化等ライフスタイルの変化に伴う一人当たり水使用量の増加により、特に生活用水使用量が増加しており、回収率の向上等による工業用水使用量の減少にもかかわらず、水使用量全体は増加している。また、下水道の整備に伴い、使用後の都市用水は自然系の水循環に速やかに戻らず、バイパスされることにより、自然系水循環の水量が減少している。

事例)

c) 洪水・利水のための流量制御

治水のための洪水ピーク流量のカット、利水のための湧水流量の増加・維持がダム等流況調節施設により図られており、これにより、河川等流況の平滑が生じている。

水循環に係わる課題

上記による水循環に係わる課題としては、以下のものが挙げられる。

a) 河川等の平常時水量の減少

流域の保水・貯留・浸透機能の低下に伴う地下水涵養と地下水流出の減少、水使用量の増加等に伴う河川水の高度利用等により、河川等の平常時流量の減少や地下水位の低下、湧水の枯渇等が生じる。平常時水量の減少は、魚類や水生生物の生息環境の悪化、水辺景観・親水機能の低下、水質汚濁の助長、非常時用水の不足等の問題を生じており、地下水位の低下は地下水利用への支障、湧水の枯渇は地域観光資源の喪失や魚類産卵場の消失等生態系への影響を生じている。

事例)

b) 都市洪水流量の増加、到達時間の短縮化

都市化の著しい流域における保水・貯留・浸透機能の低下により、降雨の表面流出成分の割合が増加しており、降雨の流出量の増加と流出時間の短縮化による、治水安全度の低下が問題となっている。

事例) 鶴見川

c) 流量の平滑化

河川水の高度利用や洪水調節のため、ダム等貯水池等により河川流量は平滑化される傾向にある。流況の平滑化については、流量のダイナミズムに依存した生物生息環境の劣化が懸念されている。

事例)

d) ヒートアイランド現象

都市化に伴う流域の不浸透化や蓋掛等による水面の減少は、地表面からの水の蒸発散を阻害することにより、水蒸気に伴う熱量輸送が低下し、地表面の蓄熱効果の増加、都市における生活、交通等による排熱量の増加、都市構造に伴う弱風化等と相まって、ヒートアイランド現象の原因となる。ヒートアイランド現象は、真夏日や熱帯夜の増加等生活環境を悪化させるほか、冷房エネルギー消費を増加させるといった悪循環を招いている。

・水を媒介とした物質移動

ここでは、水循環内の水の移動に伴う物質移動を「水を媒介とした物質循環」とする。水とともに移動する物質には大気や土壤に含まれる自然の物質の他、人間活動から生じる様々な物質が含まれる。水に混入する物質のうち、水質環境基準の健康項目に挙げられる人体に有害な物質については、高度経済成長期頃に問題となったが、その後の工場等における排水規制や排水処理技術の向上等により、達成率が99.6%まで改善しており、全国的にほぼ問題の無い水準に達している。一方、有機物による水質汚染は2004年現在と依然として解決されていない。工場等における排水規制や、都市域への人口集中やライフスタイルの変化による一人当たりの汚濁負荷量の増加に伴う下水道の整備等が行われてきたが、依然汚濁排出量は高いレベルにある。特に、湖沼や海域等の閉鎖性水域においては、流入してきた有機物が蓄積されるだけでなく、窒素、リンの栄養塩類が過剰に流入した場合には、水域の一次生産量が異常に増大して水質が著しく悪化する富栄養化現象が生じる。これら水質汚濁は、異臭味、発ガン性物質であるトリハロメタンの生成等水道利用上の支障、貧酸素や濁りによる生態系への影響の問題を生じる。また、都市化に伴う国土の不浸透化、干潟や自然海岸の埋め立て・利用、治水対策としての河岸の人工化等による自然浄化機能の低下の影響をあると考えられる。また、近年では環境ホルモン等微量化学物質や

病原性微生物による生態系や人の健康へのリスクが懸念されている。

水を媒介とした物質移動に対するインパクト

水を媒介とした物質移動に対する主なインパクトとしては以下のものが挙げられる、

a) 都市化や経済活動の拡大等に伴う汚濁負荷の増大

高度経済成長期以降、人口の増加、ライフスタイルの変化、社会・経済活動の拡大等に伴い家庭、事業所等からの汚濁負荷が増加しており、下水道の整備等が進められ減少傾向にあるものの、水域への汚濁負荷に対して依然高い比率を占めているほか、合流式下水道においては、雨天時における未処理排水の流出が問題となっている。また、農地における過剰施肥・肥料の不適切管理や家畜し尿の不適切管理に伴う汚濁負荷の流出や地下水への浸透、市街地からの雨天時流出負荷等面源負荷も比較的大きな割合を占めるとされている。

b) 土地利用変化等による国土の水質浄化機能の低下

土壌に浸潤した負荷は比較的長い時間をかけて土壌中を移動し、その過程で吸着、分解等の浄化作用を受けるが、都市化等に伴う流域の不浸透化は、このような機能の低下を招いている。また、河川の直線化、河岸・湖岸の人工化、干潟の埋め立て等による国土の自然浄化機能の低下が問題となっている。

c) 閉鎖性水域の特性

河川のような流れの場では、常に汚濁負荷が通過しており、下水道等による汚濁負荷削減効果は表れやすいが、流れのない特に閉鎖性の水域では汚濁負荷が蓄積され、底泥等に貯蔵された汚濁負荷物質が水中に回帰するため、流域対策の効果は現われにくい。また、このような場では、植物プランクトンの増殖による赤潮等の水質問題や、成層の形成と低層における有機物の分解貧に伴う酸素化が発生しやすい。

d) 環境ホルモン等の微量化学物質やクリプトスポリジウム等病原性微生物の混入

さらに、近年では内分泌を攪乱作用が懸念される環境ホルモン物質や極めて微量でも発ガン性等の毒性を有するダイオキシン類等の微量化学物質による人の健康や生態系へのリスク、家畜糞尿の不適切処分による病原性大腸菌やクリプトスポリジウム等病原性

微生物の地下水への浸潤や表流水への流出等に伴う水道原水の汚染が問題となっている。

e) 横断工作物等による物質移動の阻害

水は土砂を浸食・運搬し、国土を形成する。近年、土砂流出対策として講じられた砂防ダム等による土砂生産量の減少、森林の管理放棄等による流出土砂の増大、ダム・貯水池における堆砂・土砂移動の減少や港湾の建設等により、河川縦断方向及び沿岸方向に土砂収支の不均衡が生じている。また、近年ではシリカ、鉄等栄養塩物質の不足とそれに伴う沿岸海域の生態系の健全性の低下の関係が注目されている。

水を媒介とした物質移動に係わる問題

a) 水利用への影響

水道原水の有機汚濁が著しい場合は、飲料水としての処理費用の高額化や発ガン性物質であるトリハロメタンが生成され、健康上のリスクを生じる。また、水源である湖沼やダム貯水池において藻類の異常増殖が生じた場合は、しばしば異臭味や毒性の問題を生じる。また、環境ホルモン等の微量化学物質や病原性微生物についても、一定の水準を超えて含まれる場合は、健康上のリスクとなる。

b) 生態系への影響

有機物や窒素、リン等の栄養塩類物質は生物にとって必須の物質であるが、過剰な場合には、閉鎖性水域において、藻類の著しい増殖や汚濁底質における消費によるDOの大幅な低下が生じ、魚類や底生動物の生息環境が著しく悪化する。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。また、微量化学物質等の影響も懸念されるが、河川においてメス化した魚類が見られる等、環境ホルモン物質の影響が疑われる事例も見られる。

c) 親水利用への影響

水質の濁りは河川等水辺空間の景観を損なうとともに、水辺の親水機能を低下させる。また、大腸菌等による汚染がある場合は、親水活動に健康上のリスクを伴う。

e) 土砂の堆積・浸食

ダム・貯水池における堆砂によるダム・貯水池の寿命の短縮、河床の深掘・アーマ化、海岸浸食等の影響が生じている。

イ．大気

大気環境について、人の健康に係わるものとしてはNO_xとベンゼン、SPMに集約される。SO_xについては産業由来のSox汚染は解決されており、1970年代以降減少傾向にあり、2000年現在と低い水準にある。一方、自動車に起因する都市型大気汚染が問題となっている。光学オキシダントの原因物質とされるNO₂については1970年代前半以降ほぼ横這いであり、全く減少傾向が見られないほか、同じく光化学オキシダントの原因物質であり、発ガン性を有するベンゼンについても、一部基準点において環境基準値を超過している。SPMについても1980年代以降はほとんど減少しておらず、地点で環境基準を超過している状況が見られる。これらの基本的な汚染源はディーゼル自動車とされている。ディーゼル車の排出する特に粒径の小さい微粒子は発ガン性が指摘されている。

また、大気中の熱に着目すると、都市域におけるヒートアイランド現象が著しくなっている。これは、人の生活や交通・社会活動等に伴う排熱量の増加、緑地や水面等の喪失に伴う水分の蒸発散の減少と気化熱による地表面冷却効果の低下、アスファルトやコンクリート等による蓄熱、ビル等の人工構造物による風通しの阻害等によるものである。これにより、夏季における熱中症の発症例が増加しているほか、夏季の光化学オキシダントの発生や冬季のNO_xによる大気汚染を助長している。

さらに、地球規模ではCO₂等温暖化ガスの増加に伴う地球温暖化の進行が懸念されており、都市化の進んでいない地域においても、程度の気温上昇が見られている。年京都議定書が批准されたが、我が国では依然tと達成目標に達していない。

ウ．物質循環（廃棄物等）

現在、我が国においては、大量の資源が国内外から調達され、都市域を中心として利用・消費されるとともに廃棄されているが、このような物質の循環は物質の供給と廃棄の両面からの制約に直面しようとしている。

物質の供給面においては、化石燃料や貴金属である金・銀、鉛・スズ等の埋蔵量が乏

しいとされているほか、今後発展途上国の経済成長等により世界的な需要量が増大することにより、エネルギー、食料をはじめとする多くの資源を輸入に頼っている我が国においては十分な供給量を確保できない恐れがある。

一方、物質の廃棄面においては、処分方法の制約がある。江戸時代頃の我が国には、人のし尿や灰をはじめとする発生物や様々な日常品が再資源化・再利用される社会が形成されており、資源の外部供給、廃棄とも最小限化されていたが、その後、生活水準の向上や多様化により、多様な物質が大量に利用・消費されるとともに、再資源化されない物質やその量も増加し、衛生上の問題も生じるようになり、埋め立てや焼却処分による処分が行われるようになった。しかし、焼却処分については煤煙による二次公害やダイオキシン類の発生による環境汚染、消却のためのエネルギー使用が制約となっており、埋め立て処分については、埋め立て処分場の確保が制約条件となっている。

こうした状況において、現状においては焼却場におけるダイオキシン類や地球温暖化ガス等の発生対策を講じられているが、資源を積極的に循環利用し、供給と廃棄の制約の両面を緩和する、資源循環型社会の構築が目標として設定されている。

エ．エネルギー

我が国のエネルギー消費は、1950年頃までは石炭と水力を中心に薪炭も利用する構成で、使用総量が50,000(10¹⁰kcal/年)程度であったが、現在では石油が6割程度を占めるとともに、その他石炭、天然ガス、原子力が主要な構成となっており、総使用量は750,000(10¹⁰kcal/年)と1950年当時の約15倍まで上昇している。我が国のエネルギー消費構造は、化石エネルギーに大きく依存しているが、これらは枯渇性の資源であり、石油の可採年数が約40年、天然ガスが約70年等と言われるほか、国内自給率の極めて低い我が国においては、今後の地球全体における人口増加、発展途上国における経済活動の拡大等に伴い、化石燃料の確保はより一層厳しくなるものと思われる。また、今後化石燃料がより長期的に確保できたとしても、化石燃料の使用に伴うCO₂の排出に伴う地球温暖化や大気汚染が化石燃料使用の制約になると考えられる。このため、以下では社会の持続性確保のために必要なエネルギー使用効率の向上やクリーンで持続的利用が可能なエネルギーへの転換の観点から、現状の課題について示す。

省エネ・エネルギー効率の向上

省エネ・エネルギー効率の向上については、建物の建造における断熱強化、計画換気、高性能窓、日射制御等による冷暖房エネルギー需要の削減、高効率機器の導入等があげられる。

持続的利用可能エネルギーへの転換

枯渇資源である化石エネルギーから脱却し、持続可能なエネルギー確保を図るためには、太陽や風力、波力等のエネルギー利用やバイオマスエネルギーの利用が考えられている。