

2.2 まとめ（盛岡通）

（1）自然共生型流域圏・都市再生技術研究がめざすこと

「共生」は新しいテーマであるが、同時にこれまでも取り組まれてきたという点では、研究蓄積のある領域である。それだけに、水循環のダイナミクスや森林保全の技術や飲料水の安全性確保などのように、既に個別の研究として展開されているのを基盤とすればよいという考え方も根強いし、それが的を射ている面もあろう。それだけに、あえて、森林域、農業地域、都市域を通して、しかも作用から圧力、影響、政策効果に到るまでを一括して扱うことがなぜ必要となっているかを考えることは、研究の姿を展望する上で意義があることだろう。

同じ意識は、既に、この研究イニシアティブを支援すべく開催されたシンポジウムの報告書^{1) 2) 3)}においても、意見交流の過程で識者によって強く打ち出されているように思える。書籍のこの章では、専門家の自由な提案という形をとったゆえに、このような統合的、あるいは総合的視点をあえて打ち出して執筆するという編集方針はとられていない。すなわち、いわゆる科学技術の自由な発展を個々人が担いつつ、全体の和集合で示すという方向である。それだけに、ここで総括といった役割を個人で担うのはあまりにも荷が重いばかりか、間違いを犯す可能性もあるので、なぜ、新たな研究的な統合（Integration）が必要なのかという点に絞って論じることで責任の一端を果たしたい。

日本の森林は戦後のある時期には薪炭林として伐採されていわゆる禿山となった山が少なくない。農地拡大等で池沼や低湿地が干拓されて水棲生物の豊かな水域が急減した。また、市街地の拡大で家庭污水や事業所排水が河川の極度の汚染を招いた。これらは、ある意味ではエコシステムに振りかかった急性毒性としてのハザードである。経済発展の途上国ではそれへの根本的対策が必要なのは言うまでもない。しかし、これらの急速な自然の悪化や水環境の劣化は、日本国内では、農林水産業分野も含めた産業技術と都市技術の発展により大いに改善され、場合によっては、以前より快適なエコシステム・サービスを提供するに到ったケースもある。しかし、個々の技術の適用や装置・施設の操作にもかかわらず、対策からまれ落ちた部分や見逃してきた部分が地下茎のようにつながって問題として顕在化してきた現象、課題群として滲み出した現象には、現代日本の高い科学技術をもってしても、確実なソリューションを得るに到っていないのである。

それは何であろうか。東京首都圏ではまず、清浄にならない東京湾に関心が注がれた。

東京湾の青潮は貧酸素水塊の上昇により生じるとされ、東京湾に流入する負荷の総量規制をこれほどに強化しても、あるいは下水道の高度処理を積極的におこなっても、東京湾の水環境は改善されていない。合流式下水道の雨天時の越流水が原因ではないかと想定され、あるいは浅い海域の浄化能力を埋立等で奪ってしまったのが原因ではないとも言われている。さらに、地下水についても栄養塩の濃度が高くなっていて、降雨初期の雨水の汚れや土地の表面の汚れともあいまって、以前のように清浄な水で希釈するという状況にない状態で、それに適応した生物の増殖がさらに好ましくない環境への変化につながっているように思える。

今回の自然共生型流域圏・都市再生技術研究では、シミュレーション技術の発展によって、都市構造物や埋立地の位置を変えて水質予測を行うことが可能になり、これに雨天時の負荷の流入の河川や放流下水のフラックスを加えて、水質をダイナミックに表現あるいは再現して評価する段階にほぼ達しつつある。ただ、課題はそれの入力側のサブ・システムを多様な施策の有意な組み合わせで表現して、その効果を予測・解釈することである。すなわち、様々な技術的代替案、あるいは物質的效果をもつ社会経済的な代替案を科学的手順で系統的に構築し、それらの効果を環境モデルで予測するシステム研究が必要であろう。そこには、干潟の生物相が再生、復活してゆく過程での「エコシステム・サービス」なども新たな環境目標としてシミュレーション・モデルで評価してゆくことも含まれよう。

一方で、東京の環境を象徴する言葉が「暑い東京」である。それは廃熱の集合効果であり、一つ一つの源でコンプライアンスに反しているわけではない。エネルギーの利用は温室効果ガスの排出をもたらす、地球温暖化を促進しているが、エネルギー利用密度の高い地域にも廃熱による影響をもたらしている。東京都心部では乾いた市街地が連続することで、増加する廃熱を冷却（水冷）する機能を失い、いわゆるヒートアイランドを生じている。その一方で、都心部の地下水のくみ上げの禁止によって地下水位が上昇しているのも見逃されてきた。今のところは、建物とオープンスペースとの関係で風の道を構築する効果が推定されているが、それはkmのオーダーの接地境界層のスケールである。シンボリックに水まき隊の運動が展開されているが、科学的には、「増加させた水面やマイクロ・ミストがもたらす冷却効果でいかにどの廃熱の増加を打ち消すことができるのか」といった関心に応じたモデル構築やシミュレーションが必要になっているように思える。

加えて、地下水の利用も水量の涵養、冷熱利用、そして水面のアメニティなど総合的な環境価値の実現、あるいは生活福祉水準の向上にまでつなげて分析、評価がなされること

が望まれている。単純にビルの壁面にナノ加工建材を貼り付けてそれを濡れ壁にして、地下水を利用しながら、ビル周りを冷却するといったことだけに収斂しない発想と豊かな代替案づくりを担うのが、都市再生をめざした自然共生の科学技術であろう。同時に、これだけの人間活動の集中は、熱収支上もマクロな都市大気（地域気候）の換気機能に異常をきたしているのではないかという仮説に基づく環境地政学的研究が必要な状態に達しているように思える。実のところ、都市圏の広域大気、広域水系、そして都市圏の広域生態系を連動させて問題構図を描くような骨太の環境方針こそが研究者の役割ではないだろうか。

（２）見えにくい効果が積もって影響となるのを観察する境界

東京首都圏の陸域の活動が増大することやエコシステムの調整機能が劣化することが結果として東京湾の環境に影響を与える様子は、見えにくい効果が積もって下流に影響をもたらす典型的な例であった。その場合に管理のために主として観察の境界としたのは沿岸域であり、それを貫く負荷のフローが容量限界を超えないかどうかを問うている。この「**容量限界を沿岸域に設定する課題群**」は、一つ一つの影響は顕著ではないとしても「集合的」な場合には注意が必要であり、いくつかが集まって後に影響が生まれるという意味では「蓄積的」であり、ひとたび変化を生むと元に戻すのも事後に対応するにも困難となるという意味で「経路依存的」である。このような恐れとしての環境負荷に対しては、直接的な環境負荷に対してよりも長期的視野に立ち、分野横断的な政策対応が必要になる。「予防的アプローチ」と呼ばれるものは、統合的な研究なしには不可能である。

このような視点の課題群には、他にどのようなもの⁴⁾があるだろうか。第二には、「**容量限界を都市圏の土地と負荷排出活動に設定する課題群**」を挙げることができる。東京首都圏の快適さを改善しつつ熱滞留と二酸化炭素放出で世界の大都市圏の典型として割り付けられた仮想的な圏域の容量限界を突破しているので、都市再生プログラムとしての厳密な負荷総量管理やコンパクトシティ化と縁辺部の再自然化による空間の受け皿の管理などが効果的という仮説に基づいたものである。第三には、「**容量限界を自然の生物生態との共生関係に置く課題群**」がある。ここでは、人間活動空間が自然地を侵食して生物多様性の維持・継承を妨げている影響を都市圏レベルで緩和してその回復を促すには、圏域で相当な規模の自然再生とそのネットワークの形成が効果的であるという仮説を立てている。第四には、「**資源生産性や自然経済的持続可能性基準で見た容量限界**」を設定する課題群があろう。ここでは、流域の平野部の活動密度としては食糧、水、エネルギー等とそれに

重なる有機物のフローが過大となる形で問題が露呈していて、マクロな物質フロー密度の新規投入削減、廃棄物埋立量（環境放出量）の削減、内部再資源化量（継続的に利用する自然資源利用量の割合）の飛躍的増大が、物質循環に起因する多消費の基本構図からの脱却に効果的との仮説を立てることができるだろう。

これらに対して、自然共生型流域圏のイメージや目標が設定される。このとき、ミレニアム・エコ・アセスメントでは自然資源の容量や機能が十分に大きいところに、人間活動がエコシステム・サービスの劣化と悪化をもたらしているという構図を描いている。しかし、世界でも最も市街化や都市化の進んだ東京都市圏の流域を対象とするときには、人間社会の側で作り出した社会的共通資本（社会インフラ）の機能を取り扱うことが必要になる。すなわち、自然側の自然共生と同時に人間側の社会効用の向上をめざす。このようにエコシステム・サービスの回復と質的改善を推進してゆくときに、人間側と自然側とでどのような共生の仕組みが形成されてゆくことになるだろうか。

第一の容量限界の類型では、自然側の自然共生の程度として、低水量保全や地下水涵養に代表される水量と富栄養化や微量有害物汚染に代表される水質の両面からの**健全な水循環**がまず対象として注目され、水質・水量改善政策が試みられる。これは、当然のこととして人間側の社会インフラのストックを増大させる。すなわち、代謝や循環・浄化等を伴った上下水道などや資源化施設等の**物的環境インフラ**が整った程度を高めることになる。第二の容量限界の類型では、自然的土地の保全と市街地内オープンスペースの維持等の両面からの**豊かな自然空間**を対象として、土地管理政策が試みられる。ここには、公園等の都市装置の充足やコンパクトな市街地形成などの**空間インフラ**の整備の程度が大きな役割を演じる。同時に、農村域の開発調整方式や総合治水や流域管理の名称で呼ばれる社会的（あるいはガバナンスを支える）**制度インフラ**の検討と革新が期待される領域でもある。すなわち、人間側の自然共生の程度を測る分類項目が、自然側の分類項目と一対一に対応するのではなく、それが多くの自然側の項目に影響を与える図式である。

ちなみに、生物生態との共生関係に容量限界を置く第三の課題群では、生物生息の豊かさや多様性を維持・回復させようとするが、それは圏域、都市スケールの土地利用あるいは土地管理と深く関係し、その上で、緑被を超えたいわゆる景観生態やネットワーク性、生物生息域の質を生み出そうとしている。都市化の著しい流域で、このような**生態系保全**の目標をミレニアム・エコ・アセスメントで言うところの、基礎的（supporting）、供給（provisioning）、調整（regulating）、文化的（cultural）というエコシステム・サービス

の種類のどれにひきつけて具体化すればよいかははまだ定かではない。どちらかという国内では、保全・回復それ自身に政策の目標が設定されている印象が強い。この分野では、荒川ピオトープのように河川の基盤整備として物的インフラとして人間側が整えた政策事例もあるが、そういった場合でも啓発や体験を合わせて展開する面が強調されていて、環境学習を促すシステム整備がなされ、**人的な資産**の育成が人間側の共生の程度を表している。

水循環を考え、そこから自然共生を語ろうとするのに、なぜ、有機汚染から源流をさぐって有機物の総体のフローにこだわるのかという点は、流域スケールで共生を考える際のカギでもある。水系に混入した有機物は基本的には自然生産と工業生産によってもたらされた有機資源が変質し、残存したものであり、その混入を防ぎ、量的にも削減することが水質保全の原点であるという理解をしたい。しかも、この有機資源が都市や地域をめぐっている量のかなりは、流域の外部からの採取、調達したものであり、これを水系に捨てずに循環利用に資する形で使えば、水をきれいにできるし、同時に有機物の面から資源循環を促進させることができる。すなわち有機物の**適正な資源循環**を促進する政策は自然共生型流域圏・都市再生技術の重要な目標に向けられている。もともと、日本の資源循環政策は金属、化成品（化石燃料由来）、無機物（土石類）、有機物の4群ごとに組み立てられると思われるが、そのなかで有機物は特異な位置を占めている。すなわち、大気への排出を避けると地球温暖化対策につながり、汚泥のようなウェットなバイオマスも森林内残木や非食部作物等のドライなバイオマスも、その回収利用によって、水質改善、エネルギー利用、そして結果として温暖化対策に資することができる。

このように、**健全な水循環、豊かな自然空間、適正な資源循環、生態系保全**の4つの自然側の目標に対して、**物的環境インフラ、空間インフラ、人的な資産、制度インフラ**、を人間側の所作として組み立てることによって自然共生を達成しようとしている。

（3）自然共生型流域圏の社会的目標と研究課題の設定

もともと、自然共生型流域圏・都市再生技術研究は、多くの個別研究のストックがあるにもかかわらず、その上に科学的知見が必要とされてスタートした研究課題である。すなわち新興分野ではない。それだけに、既に個別研究の多くはそれ自身で社会的目標や意義を与えられていて、いまさら、それを組み替える必要は薄いという認識を持ちやすいところからスタートしている。それだけに、分野融合、ストックとフロンティアとの融合など

を積極的に展開してゆくことが、イニシアティブの活力と社会貢献を高めてゆく上に必要である。

この面から見ると、個人的にイニシアティブの初期に整理したフレームは、今から見ると、全く旧聞に属する整理の仕方に過ぎないと反省させられる。しかし、流域ごとに水とかがわってきた歴史や知恵を簡単には統合したりはできないだろうから、ここで再録して次の構想に活かしてゆきたい。表 - 1 は著者が総合科学技術会議の自然共生型流域圏・都市再生技術研究検討会で得た情報をもとに、整理して学会のシンポジウムで 2003 年に発表したもの⁴⁾である。ここで類型化した論点を始点として、分析・評価や技術開発を流域に広げること、メカニズムの科学的解釈から自然共生の政策評価までつなげること、さらに進んで自然共生の知恵のアーカイブを構築すること等を推進してゆく必要がある。

このとき、既にミレニアム・エコ・アセスメント⁵⁾(MA Chapter 14 :Integrated response) では、4 つの主要な分野で統合が試みられるべきであると提言していること、あるいは先行した都市・地域研究⁶⁾(City-region 2020、 p.228-229) ではさらに 6 つに分けて統合の方針を示していることに留意すべきであろう。まずは、ミレニアム・エコ・アセスメントの視点からは自然生態系システムと社会システムの統合をはかり、生態系を構成するシステムへの理解が不可欠とされるが、より広範囲には環境、経済、社会福祉、技術政策間での統合を図ることが示唆されている。このことは、政策立案セクター、民間セクターでの統合や異なる関係者や機関での政策統合にまで範囲の広がる領域である。土地利用政策、住宅政策、教育政策、交通政策等政策間での統合化というように都市・地域研究では明確化されている。

第二は、政策研究でしばしば現れる時空間や需要・供給の側面での統合である。活動やサービスの需要側と供給側の統合、短期的な政策効果と長期的なトレンドを見据えた時間軸上の政策の統合であり、空間的には国際地域、国家、地域、都市、近隣という空間スケールや流域、小集水域、区分域等のスケール間での政策統合を図ることである。第三には、施策の推進上で財源、人材、企画等の横断的統合を進め、同時に関係者、担い手、参画者などの連携・協働の面での統合を進めることが強調されている。ここでは対等な関係の構築とルールの形成に加えて、行動のネットワーク化による知識の集約と運営管理を行うスタイルを確立することが期待されている。そして、当然のように、情報システムの発展により、GIS 上でのモデリングや意思決定のサポートツールを統合的な政策評価に有効に活用すべきことも指摘されている。

こうしてみると、自然共生型流域圏・都市再生技術に関する科学技術の課題は、まさしく分野融合のテーマであり、「水循環」を基調としつつも、その原因となる人間活動のもたらし環境へのプレッシャという点で、地球温暖化対策研究、資源循環研究等の技術開発との間で融合した形で開発が試みられるべきであろう。

参考文献

- 1) 自然と共生した流域圏・都市の再生ワークショップ実行委員会編著、自然と共生した流域圏・都市の再生、山海堂、p.1-307、2005
- 2) 丹保憲仁監修、変革と水の21世紀、山海堂、p.1-223、2004
- 3) 石川幹子、岸由二、吉川勝秀編、流域圏プランニングの時代 自然共生型流域圏・都市の再生 技報堂出版、p.1-307、2005
- 4) 盛岡通 自然共生流域圏の形成にかかるシステム統合化の視点 第31回環境システム研究論文発表会講演集 2003年 p237-244
- 5) Joseph Alcamo, Hassan, Rashid M.(2003) Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment 2003 Island Press 245pp.
- 6) Joe Ravets, with Peter Roberts 「City-Region 2020 Integrated planning for a sustainable environment」2000 TCPA, Earthscan Publications Ltd.

表 1：自然共生型流域圏の主な論点，具体的な研究課題フレームワーク

自然共生の流域圏の論点	自然共生の流域圏の社会的目標	調査研究の課題：明らかにしたい点	フレーム	具体的な方法
健全な水循環の再生	低水流量の確保とあいまって、降雨時の出水の削減、地下水涵養。	森林育成や面的貯留促進等で、低水時水量をどの程度に増加させることができ、その介入は健全か	高水流量の削減と低水流量の増大とを同時に達成することができる作用、状態、影響のモデルの作成	流出解析モデルを用いた地下水の涵養の推定、晴天時水流出の安定化の推定
ランドスケープの骨格構造に基づき、自然環境を保全・再生	丘陵地や河川低湿地などの地形、水流、植生などの骨格構造を保全継承する	丘陵部等の生態的価値が地表面の改変により影響を受けるので、それを回復しうるか	ゴルフ場、砕石場、産廃処分場などのモデル分析とそのモデル外挿による改善予測モデル	自然の豊かさなどの外的基準を空間の生態指標によって説明する回帰モデルの適用
水と緑のネットワーク化により、生物多様性を保全・回復	河川、ため池、湿地系ビオトープの保全育成と里山、都市緑地、森の保全と育成で回廊を	緑と水の基盤の質、量を介して、生物生態の価値をネットワークで増進しうるか	生態系のネットワークモデル、水量や植生の变化から指標生物の棲息を説明するモデル	景観生態学などの回廊性の評価や生態系変数のロジック型判定モデル(ファジー)
自然とのふれあいを再生するしくみをつくる	自然再生の重点地区での回復・創造によって、学習レクリのサービスを高める	自然の再生でアメニティの向上がふれあいのアウトカムに明確につながり評価しうるか	水辺の楽校、ビオトープ学習苑の利用でふれあい満足度が高まる社会システムモデル	総合的な効用や満足度を背景とした選好モデルによる定量化やコンジョイント分析
流域の生物生態系保全による田園的、農的基盤の強化	共生の担い手が田園地域で生業を営みうる形態や機能を形成	農的活動や事業の活発な展開と生物生態系保全との好循環の解明	エコ型のt菅農・営林基盤等への生態保全の影響とブームラン効果のモデル化	農的工法や整備水準別の生物生態の水準の当てはめモデル
安心して飲める水の確保と流域での環境リスク管理	恵みの飲み水の安全を得て、大気、水、土壌、生物圏のリスクを低減	資源と水の循環が進むときの飲料水の安全やリスク管理のあり方	流域負荷の巨視的な排出・移動の登録と曝露およびリスク評価モデル	流域を対象とした化学物質のPRTR及びマクロな曝露モデル
地下水の保全、地盤環境の管理、都市気候の保全等、環境基盤の管理	地盤・地下水、それに都市気候を資源として保全活用する	地下水や地盤、気候の緩慢な変化が作用力に起因するメカの解明	GISと連動した恐れとしての地下水枯渇、気温上昇、土壌汚染モデル	流域の巨視的な地圏・水圏・大気圏のレスポンスモデル
海域及び沿岸域の水と環境資源の健全さを確保する	沿岸域の自然再生、干潟や藻場の育成などで沿岸域、浅水域の恵みを享受しうるように	沿岸生態系の水、粒子、土壌、生物のインターアクションの解明と、持続するメカの解明	希少な干潟等の回復の条件と水量・水質で影響を受け駆動される再生のメカニズム	三次元富栄養化シミュレーションモデルに干潟生態系と雨天時流入のシステムを付属

