

日本及び世界の流域圏・流域管理の中での適用検討

—方法の汎用性と総合性—

原 雄一

京都学園大学バイオ環境学部

本プロジェクトが対象とした琵琶湖-淀川水系は、上流から下流まで多種多様な特性を有する水系であるが、大きくみると日本の国が管理する109水系の一つである。東京・神奈川を流下する鶴見川のように大部分が市街化された流域や、利根川水系の吾妻川の酸性河川のように、日本の他の流域には琵琶湖-淀川水系では見られない特性を有している流域も多い。さらに世界の流域に目を転じると、複数の国を流下する国際河川をはじめ、流域の大きさや気候・風土・民族などの面から、より大きな多様性を有している。このような本プロジェクトが対象とした琵琶湖-淀川水系以外での国内外の流域検討を進めるに当たって、本プロジェクトの成果の汎用性と総合性に関して記述する。

1. 流域を単位とする検討の履歴

まず、流域を単位とした水循環の健全化や流域診断・流域管理がすでにいくつかの流域で行われてきているが、このような流域を単位とする検討はいつごろからどのような背景から始まったのかについて述べたい。1970年代に生態学者E.P.オダムがその著書「生態学の基礎(上)」¹⁾の中で、「……ただ単に水体だけでなく、流域全体を最小の単位の生態系とみなさなければならない。…」と言及し、生物の生息空間との関係として流域の重要性を指摘している。日本では、旧国土庁が中心となって制定した1977年の第三次全国総合開発計画(略して三全総と呼ばれる)の中で流域圏について触れられている。三全総では流域を水系と称しているが、この水系ごとに、特性に基づいて流域の土地利用の可能性と限界を指摘し、流域での適正な開発と保全の誘導を図るとしている。21世紀の国土のランドデザイン²⁾のなかでも、地域連携の形態の一つとして流域圏という言葉が使われている。また、1975年6月号及び1977年5月号の建築文化(彰国社)に「エコロジカルプラン

グ 地域生態系の方法と実践」という特集が組まれた。エコロジカルプランニングとは、生態系がもつ潜在的な機能を最大限に生かして土地利用計画を進める必要性を指摘する考え方である。河川の計画が長い年月、治水あるいは利水を中心とした専門家によって実施されてきており、そのため河川空間での生物環境が大きく損なわれてきたことを考えると、エコロジカルプランニングの考え方は1997年の河川法の改正を先取りする考え方であったといえる。この特集の中で、環境管理・土地利用計画の前提となる土地ユニットの分類として河川集水域が用いられており、具体的には本プロジェクトの対象地域である琵琶湖-淀川水系全体を琵琶湖流域、木津川流域、桂川流域の3つのサブ流域に区分してエコロジカルプランニングのユニットを設定している。

以上の例からもわかるように1970年代にすでに流域を単位として土地利用、生態系、水循環などを考える方法論が設定され議論されていたわけである。しかし、その後1990年代の後半まで約20年間、この流域を単位とする考え方は表舞台から消えることになる。なぜ、この流域を単位する考え方が埋もれてしまったのか、これについては以下の諸事情が関係しているものと思われる。

- ・経済や交通は流域で閉じているのではなく、流域を越えて成り立っている。
- ・都道府県及び市町村の行政界が計画の境界であり、統計資料などもこの境界がユニットであった。
- ・研究機関でも森林、農業、都市、河川、湖沼、沿岸などのゾーン毎に計画・研究を進めていた
- ・河川管理者は堤防で挟まれた帯状の河川区域しかマネジメントできないため、流域全体への視野は育たなかった。
- ・一般市民の流域という枠組みに対する帰属意識は強くなかった。

以上の諸事情に加えて、背景として人口や産業

が急速に大規模化していく中で、流域そしてその中での土地利用、生態系、水循環を考えるゆとりのようなものがなかったことが20年間埋もれた原因と考えられる。

ではなぜ、90年代の後半になって再度流域を単位とする考え方ができたのかについて以下に述べる。契機は1992年のブラジルのリオデジャネイロで開催された地球サミットであると考えられる。この中で地球規模の問題として、地球温暖化、オゾン層の破壊、生物多様性など、地球規模に広がる人類と環境の危機に関して共通の認識が形成された。しかし、この時点では水に関する問題は温暖化など、より大きな問題の影に隠れてリストアップされていなかった。その後、地球温暖化の先行現象とも思われる、異常気象が多発し、日本及び世界の各地で洪水と渇水の双方に見舞われるという事態が続発した。このような現象を背景に、20世紀は石油で戦争が生じたが、21世紀は水で戦争が生じるという言葉とともに、水の危機が共通の認識となり、1997年にオランダのハーグで第1回の世界水フォーラムが開催された頃から多くの人々に水問題が共有の課題として認識されるようになったと考えられる。日本では、1997年は河川法の改正の年であり、河川管理のあり方について大きな転換期を迎えようとしていた。その中で水問題の解決に向けて水循環の適正化が一つの重要課題として指摘され、水循環の健全化を検討する土俵としての流域という概念が再評価されたものと考えられる。流域を基本とする考え方は、1998年に相次いで出された国関係の以下の資料からも定着したものと考えられる。

- 21世紀の国土のグランドデザイン（第五次全国総合開発計画、1998.3）国土庁
流域圏に着目した国土の保全と管理（第2部第1章第3節）の中で流域を土地管理の基本として土地利用を推進
- 水資源白書（日本の水資源、1998.8）国土庁
流域全体を視野に入れた総合的な流域マネジメントが必要とし、健全な水循環の創造に関する概念をわかりやすく図で表現
- 「環境保全上健全な水循環に関する基本認識及び施策の展開について」中間まとめ

（1998.12）中央環境審議会水質部会・地盤沈下部会合同審議 環境庁
流域ごとに水循環の目標値を設けることを盛り込む中央環境審議会

- 統合的水資源管理（IWRM：Integrated Water Resources Management）（2002、ヨハネスブルク）持続可能な開発に関する世界首脳会議

流域を単位とする考え方の世界の潮流は、統合的水資源管理の中で以下のように示されている。

統合的水資源管理とは河川の上流から下流、海岸までを一つの流域を単位とし、関係する複数の自治体や住民、企業など関係者が一体となって流域の水問題を考える取り組みのこと。流域の保有する水量を考慮して流域の水利用を考えたり、下流域の水質を考慮して上流域の排水処理を考えるなど、自治体の枠を超えて協働することで、水質汚濁や生態系破壊などの水問題の解決につながることを期待されている。

出典：環境goo <http://eco.goo.ne.jp/word/ecoword/E00550.html>（平成19年2月末現在）

2. 流域単位の検討の時代にはいつ何が変わるのか

2.1. 総合性と不確実性

流域単位の検討の時代に入る前は、流域の中に含まれるそれぞれの領域、すなわち森林、河川、農地、都市、下水道・上水道などの水インフラ、産業、交通、流通、食品、観光、風土などの専門ごとに検討されるのが普通であった。河川という一つの分野だけでもさらに細分化され、河川水理と河川水質は専門分野も人も異なる。水理はわかるが水質は素人ということになる。このような細分化によって、その分野の特定の専門家による専門分野に特化した事業や研究などの実施が進められてきた。この結果、特定の領域に限定された最適化が組織や個人の目標となる。このパラダイムは、それぞれの領域の最適化の集積が全体の最適化に繋がるであろうという暗黙の仮説に基づいている。この仮説（すなわち個別最適化の集積が全体最適化に繋がる）が近年いくつかの事例からも

疑問視されてきている。

治水を例にとると、治水の基本的な考え方は、治水という領域に特化し、陸域に降った雨を如何にすばやく海に流すかということである。これを実行するための多くの河川構造物の建設や事業が実施され、連続堤防、蛇行河川の直線化、疎度を下げるための三面張りが全国通津々浦々まで広がっていった。この治水の検討に際して、河川に生息する生物は「検討対象外」ということでほとんど考慮されることなく事業は長期間継続し、河川の生物相が著しく貧弱となってきた。もちろん、河川の生物相は流入する生活排水などに起因する水質などにも大きく影響を受けているが、器としての河川の構造の変化による影響が大きい。河川の構造の変化が浄化機能の低下や生息空間の劣化を進めた。少なくとも、治水、水質、生物などの各領域は「総合的」に検討される必要があった。そうすることによって三者のバランスをどのようにとるかという考えははじめて生まれるわけである。このような反省に立って1997年に河川法の改正が行われ、環境という「領域」の必要性がはじめて公認された。1964年に河川法が改正されて33年の年月が過ぎており、この間膨大な生物の生息環境の劣化が生じた。

流域単位の検討とは、治水の例に見るように、特定の領域を取り上げたとしても、その領域に関連するであろう他の領域を設定し、それらを「総合」的に検討することを意味している。この「総合」性が流域の検討の時代にはいって最も強く認識された事項と考えられる。「総合」化はより多くの領域を検討の中にも含めることから、結果として各領域が本来持っている小さい不確実要素が重なり合い、より大きな「不確実性」が生じる。この「総合」と「不確実」が流域検討の時代に際しての大きな特徴と考えられる。

2.2. 不確実性に関する検討

総合性と不確実性のうち後者への対処は、まだほとんど手をつけられていないのが状況と考えられる。2100年の地球温暖化の影響の検討がこの不確実性への挑戦として有名であり、IPCC (International Panel on Climate Change: 気候変動に関する政府間パネル) は世界のこの分野の頭脳200名以上の研究者の参加により2100年の地球の平均気温や海面上昇を推定した。推定条件によって大きく結果が異なることから、これからの地

球社会の発展の有様をいくつかのシナリオとして表現し、シナリオごとに予測が行われた。このIPCCが用いたシナリオアプローチが雛形として、いくつかの流域検討^{注1)}の際にも採用されている。本プロジェクトにおいてもこのシナリオアプローチを採用している。IPCCは膨大な作業を通じて結果を導いたわけであるが、100年先の地球を予測するという大きな不確実性の前に、その結果は大きな振幅を持つものになったことは、やむを得ないことであると考えられる。天気予報も現在ではコンピュータとモデルの進化による数値予測をベースに的中率と予報の細やかさをサービスすることができつつある。日本で最初に天気予報が出されたのは、明治17年6月1日午前6時であり、ドイツのクニッピングの指導により次に示されるような予報が日本全国を対象に発せられた。現在の天気予報はこの最初の予報に比べて格段に進歩しているが、IPCCの2100年の温暖化予測もまだ始まったばかりであり、不確実性への対応の困難さを暗示していると考えられる。

全国一般風ノ向キハ定リナシ天気ハ変り易シ 但シ雨天勝チ
(Variable winds, Changeable, some rain.)

出典：いであ株式会社 健康&天気情報

<http://www.bioweather.net/column/weather/contents/mame026.htm> (平成19年2月末現在)

不確実性へのアプローチは流域管理の中では、順応的管理 (adaptive management) の方法が採用されている³⁾。本プロジェクトのコンセプトの中でもこの順応的管理を提案している。順応的管理は江戸時代に「見試し」という手法が取り入れられており、これの現代版とも呼べるものと考えられる。見試しは、江戸時代での河川管理において、百姓たちが自分たちで管理する用水などで、それまでの慣行にない新たなことがらを取り入れるにあたって用いた方法で、「見試し3年」、「見試し5年」という試行期間を設けたといわれている⁴⁾。また、順応的管理の7つの鉄則として、松田^{注2)}は以下の7つの鉄則を述べている。

1. 用いた仮説を明記すること
2. 方策の変え方を予め決めておくこと
3. 評価基準を定めること
4. 不確実性を考慮したりリスク管理を行うこと

5. 想定内を増やすこと
6. 信頼関係を築くこと
7. 現在の判断が間違いかもしれないと自覚すること

松田はこの鉄則の中でも2番目の「方策の変え方を予め決めておくこと」を重視しており、臨機応変にその段階で方向性を決めるのは似非順応的管理であるとし、どのようになるとどうするかは予め決めておくことが順応的管理において重要であると力説している。

このように順応的管理は古くからある思想を現代版にリメイクしたものであるが、実施例が少なくこれからの課題であり、いくつかの経験と失敗を積み重ねながら内容が固まっていく段階と考えられる。

2.3. 総合性についての検討

琵琶湖流域での検討事例は図1に示すようにさまざまなものがある。図1で取り上げている課題以外にも、琵琶湖流域で大きな問題となっているダム問題や外来魚と生物多様性、環境ホルモン、水辺環境の喪失と再生、農林業での後継者問題、住民参加型の行政の推進、経済の推進と環境保全

など、あらゆる流域課題が山積している。流域は、上流から森林、里地、農地、都市を経て沿岸部に至るまで河川を介して土地利用が変わっていくのが一般的であり、このような多様な環境の全体を捉えることが流域単位での検討という意味に相当する。個々の領域ごとの個別最適化から多くの領域の関連性を踏まえた総合化が流域検討の基本構造であるといえる。これまでも総合や学際と名のついた研究プロジェクトが多く実施されてきているが、単に複数の領域の要素が最終報告書に綴じられているものも多く、本当の意味での総合、融合、学際にとどこまで迫っているかは疑問である。領域間の多くの情報や意見の交換、場合によっては激しい議論を通じて、連携、融合を進めながら、現状を打開できる新しい見方や考え方を導き出すことが求められている。

3. 総合化を妨げる流域内の階層について

流域での総合化を進める際に乗り越えなければいけないのが流域内に存在する「階層」である。本プロジェクトでもこの階層を基本コンセプトとしている。簡単な表現を使えば、「こちら側」と「向こう側」の間に壁があるということである。「こちら側」と「向こう側」の考え方や価値観、

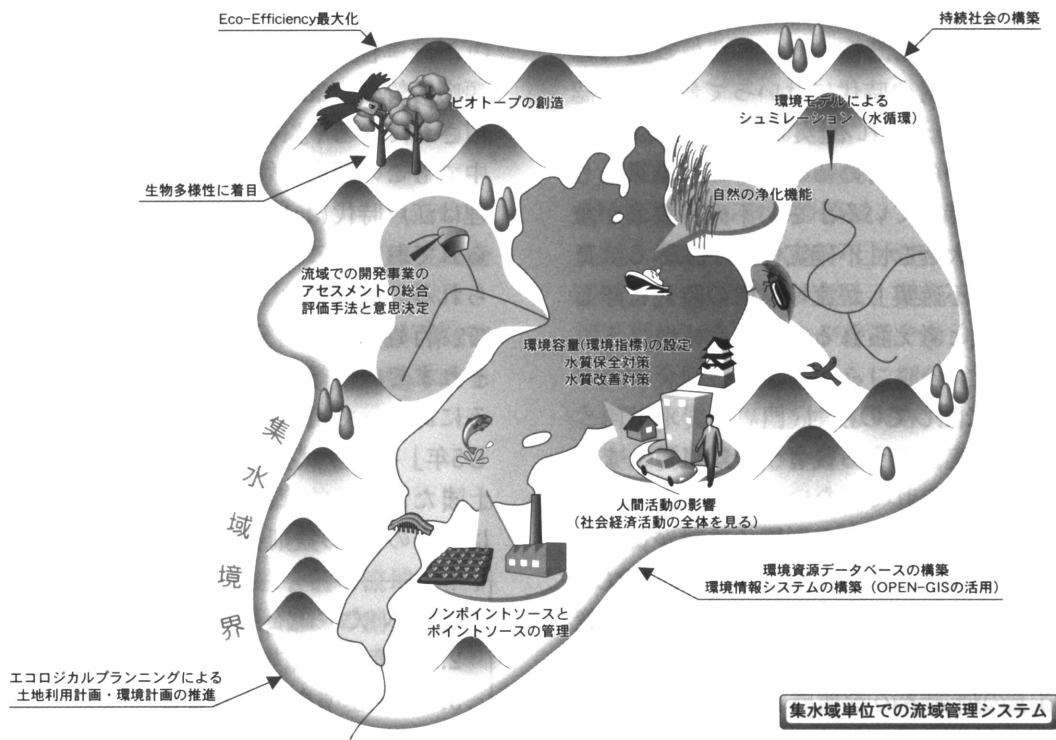


図1 琵琶湖流域での検討事例

作法などに差異があるために、両者の連携による総合化を困難にしている。では、流域の中にどのような階層があるのか、考えられるものとして以下に示す。

【立場の階層】

国や県の行政としての立場で琵琶湖流域を見る場合、市町村の行政として見る場合、地元住民の生活者の立場で見える場合など、立場によって見方が異なってくる。それぞれ順にマクロ、メソ、ミクロという空間的な階層におおよそ区分できるが、土地改良組合やNPOなど、中間的な空間階層としての立場も存在することから、より複雑な「立場の階層」が生じている。

【政策の階層】

立場の階層に近いが、政策という面からみた階層が存在する。すなわち、日本全国を対象に実施される、治水・利水や下水道政策などの政策と、河川沿いの集落での湧水による水利用心得などが挙げられる。日本全国を対象とする政策の場合、地域の差異を救い上げるよりも共通的なマニュアル（トップダウンの通達のようなもの）に縛られることが強く、これに対して河川沿いの地域の湧水の利用（愛知川など）は地域独自の考え方によって行われる。

【上流・下流の階層】

河川流域の上流の市町村と下流の市町村の基本的な生活構造の違いによる階層が存在する。古くから最も基本的に存在する階層の違いであり、水の利用に関する水争いなどに代表される。下流が都市で上流が農山村という図式が多いが、その逆もある。上流の森林保全に要する費用などを水源税として下流の都市の人々に課すという検討が行われている（高知県や神奈川県など）。

【住民の属性の階層】

都市に暮らす住民と農村集落の住民の地域でのライフスタイルの違いからくる階層がある。都市の住民は快適な住環境の中で職場や学校との往復の生活が主となることから、普段、地域の中の水や自然と触れ合うことは少なく、週末や祭日の余暇の活動を通じて地域を見る場合が多い。農村集落の住民は田畑や森林など自らの職場が自然と近接していることから、日常の暮らしの中で自然の

穏やかな面だけでなく不都合や脅威とも向き合うことになる。近年、農業人口の減少とともに、両者の中間的な層も増加しており、より複雑化してきている。

【住居歴の階層】

先祖代々から地域の中で正業を営み居住してきた住民（旧住民）と近年移り住んできた住民（新住民）との階層の違いである。旧住民と新住民では土地に対するアイデンティティに基本的な違いがある。また、職業の面での違いがあることが多い。旧住民の年齢層が相対的に高く、新住民は低いという傾向も見られる。これまでに挙げた階層を複合する性格を有しているものと考えられる。

【研究分野の階層】

流域の中に存在する研究フィールドとして、上流から森林、農業、河川、都市、沿岸等と区分され、これらの土地特性ごとに研究者、研究組織が異なっている。大学の中では農学部、工学部、理学部などが対応するが、学問の細分化が進み、非常に多くの研究室に区分されている。これらの研究者、研究組織は、専門領域の囲い込みとその中での後継者の育成という流れのなかで、大きな壁として交わりの少ない状況のなかで階層化していると見ることができる。

【政策主体の階層】

流域の中の水の循環を考える場合、水は上流から徐々に下流へと重力の法則に従いシームレスに流下する。自然の流れだけでなく、多くの人工的な水路や水の制御施設を経由しながら流下する。本来シームレスな水の流れであるが、河川区域では国土交通省河川局、森林区域では林野庁、農業地域では農林水産省が主に管轄する。これに水質や動植物の分布に関するものは環境省、一部のダムは厚生労働省や経済産業省が関る。また、都道府県と市町村が空間的に分担して関わってくる。このような政策主体ごとの水の情報は主体ごとの管理という階層に阻まれ、連続性をもった水の総合的な管理を妨げている。

【調査精度の階層】

流域での水環境の診断を行う場合、精緻な測定結果を出す場合には高価な水質検査機器が必要である。一方、住民自身でも行うことができる安価

な水質調査でバックテストと呼ばれる簡易法がある。前者は精度が高く測定地点が限られるという性格を有し、後者の測定精度は低いが多く地点で同時に測定が行えるという特性がある。このような調査精度の違いをそれぞれの長所として生かしながら融合させることができれば、新しい取り組みの可能性が広がるものと考えられる。

【調査主体の階層】

流域の調査は、大学や研究所の高度な専門知識を有する専門家集団が行う場合と、高度な専門知識は持たないが地元で生活拠点を有し、日々対象地域と接する機会が多い集団が行う場合がある。前者は高度な機器を有する場合が多く、精緻な結果を得ることができる。後者は計測器に現れないような質的な状況の変化を感知することが可能である。調査主体の違いに起因する調査手法の基本的な違いがあることから、この両者の壁を乗り越え連携する考えが必要となる。

【対策種別の階層】

流域での環境改善や環境再生を目指す場合の対策の実施に当たってのアプローチの違いによる階層がある。対策には構造物の設置によるハード対策と参加主体の意識の向上などのソフト対策に大きく分けられる。環境こだわり農業や環境税の設置などもソフト対策に相当する。高度な科学技術や土木技術で克服する場合と、昔の知恵を現在の文脈に生かす伝統的生態的知識 (Traditional Ecological Knowledge) など、多くの種類、そして階層に分けられる。

【現象の階層】

流域のさまざまな事象の中で、何に着眼するかによって階層に分かれる。通常、治水対策、利水対策、生物多様性対策、農業濁水対策、農業生産向上対策などが挙げられるが、これら以外にも対策に関するアプローチは非常に多くの要素が挙げられる。ハード対策がよいかソフト対策がよいかという議論から、どのように両者をうまく組み合わせるか、いわゆるベストミックスのあり方が注目されている。

【文系と理系の階層】

古くからある理系と文系のアプローチの違いによる階層である。大学での学部構成が文系と理系

で異なることからこれまで会い交わることは少なく、それぞれの分野で研究が進められてきた。近年、問題解決の場で、理系の工学的アプローチの限界が認識され始め、文系の参加型アプローチや折り合いのつけ方などが問題解決の場に必要との認識が強くなり、両者の融合、すなわち文理融合の必要性が高まってきた。しかし、融合の壁は厚く、ステップダウンして文理連携という言葉での表現が多く使われている⁵⁾。

【施策規模の階層】

同じ種別の対策を実施する場合でも、流域下水道などの広域を一度に処理する考え方と、発生源の近くで個別の浄化槽で対策する方法がある。両者の中間的な下水道施設もある。また、下水道の場合どの程度まで処理するか (三次処理など) によっても施設規模が異なる。治水の対策でも同様のことが言える。このような対策に際しての施設規模は、規模の違いだけでなく基本的な発想の違いも含まれることから、同じような対策種別であっても強い階層を持つ場合が多い。

【環境項目の階層】

流域を検討する場合にどの調査項目に着眼するかによる階層がある。環境項目は大気、水質、騒音、生態系、景観、農業、水産業、林業、観光、交通などがあげられる。これらは個別に調査されることが多いが、通常お互いが関係性を有している。たとえば、水質の議論は大気を通じての降下物質が関係する。生態系についても大気からの影響が大きい。これまでの調査項目は専門性が背後にあることから個別に実施されることが多いが、流域検討では関連性の理解から徐々に複数の項目を総合的調査として取り組む事例が見られる。

以上見てきたように流域の中にはさまざまな総合化を妨げる階層があり、したがってこの階層を如何に乗り越えるかが重要な共通的な課題として上がってくる。筆者の経験した階層の例では、流域の上流から下流への水の流れる問題 (水路網) がある。流域での水循環の態様を知ることは、流域課題検討の基本であるが、河川管理者である国土交通省河川局と農業地域を管轄する農林水産省は組織という階層があり (縦割りとも称される)、両者がもつ水の流れるに関する情報の共有化はされていない。河川管理者は河川からの農業取水に関

する情報は整理しているが、どの水系（農業用水路や運河など）を経てどの範囲に水が供給（灌漑）され、どの地点でどの程度の落水が河川にあるのかはほとんど不明に近い。河川からの取水に関しても管理しているのは許可水利権として登録済みのものだけであり、従来からの慣行水利権に関しては把握されていない。しかも、許可水利権として管理しているのは、登録上の数値であり、実際にどれだけの量と頻度で取水しているかに関してはわかっていない。流域全体の健全な水循環を「総合的」に検討する場合、国土交通省側から見て水の流れに関する膨大な範囲の情報がブラックボックスになっており、この階層の存在が総合化を大きく阻害している。水基本法の制定の議論あるいは流域管理庁を新たに設置するというのは、法制度面でこの階層を解消し、スムーズな総合化を図ることを意図している。

本プロジェクトでは、総合化を妨げる多種多様な階層の中から、主として【立場の階層】及び【文系と理系の階層】を琵琶湖東岸の彦根市稲枝地区を舞台として、農業濁水問題の事例を取り上げ検討を進めていると考えられる。【立場の階層】は空間スケールの階層と一致すると考えられることからマクロスケール、メソスケール、ミクロスケールという表現が同時にされている。すなわちマクロスケールが国や県の行政者の立場で見える現象、メソスケールが市町村や土地改良組合の立場で見える現象、ミクロスケールが集落や小さなコミュニティで見える現象である。何が見えるかによって基本的な考え方が異なることを意味している。

【文系と理系の階層】は研究者の側での階層であり、これまで伝統的に指摘されてきた階層の違いである。文理連携、文理融合という言葉で両者の関わりを強めていく表現がされている。文理融合が最初に使われた言葉であるが、実際に進めてみると予想以上に困難であるとの認識から、もう少し緩やかなつながりという意味で文理連携という表現にステップダウンした経緯がある⁴⁾。文理融合・文理連携はどちらかといえば理系サイドからの強い要望があり、文系の考え方を流域管理の中に生かす必要が生じてきたからと考えられる。もともと流域管理という概念は、河川管理や土地利用管理から発展してきたものであり、理系サイドでの仕事の範疇であった。理系という枠の中で仕事や研究が進められてきたが、近年、この理系

サイドの流域改善に関して大きな壁に突き当たっている現状がある。たとえば琵琶湖などの閉鎖性流域での水質改善が、下水道整備の普及や高度処理の導入にも関わらずCODなどの指標で見ると、水質改善に寄与していないのではという指摘が発端であり、ハードのみの施策の限界に来ているという認識が強いと考えられる。住民の意識に関する理解やそれに関連する施策の導入、あるいは合意形成などの仕組みを同時平行で進める必要性から文系への流域管理への参画の要望が理系サイドから出てきたものと考えられる。

4. 他の事例にみる階層への取り組み

さて、以上のような流域内の階層の存在に関していくつか既往の事例を参考に、どのような階層にチャレンジし、また工夫されたかについて記述する。

① 豊かさの指標（新国民生活指標）

この指標は、これまでのGNPや所得などの貨幣的なものさしで豊かさを表現していたことに対して、豊かさの意味をより広く違った面から評価すべきであるとの認識から国の主導のもとに提案されたものである。都道府県ごとに豊かさの指標値が算出された（図2参照）。この取り組みは、ある価値を表現するときに、それまでの限定されていた項目の壁を乗り越え、広い範囲からの価値基準を導入したことにある。評価項目間での階層にチャレンジしたことになる。結果はレーダーチャートの形で表現することによって、どの項目が優れており、どの項目に課題があるかなど表現方法にも工夫がこらされている。学ぶ、遊ぶ、癒す、育てる、働く、費やす、住む、交わる、以上8項目のレーダーチャートで表現されている。8項目の得点を合計することによって総合的な順位付けが可能となっている。合計することができるよう

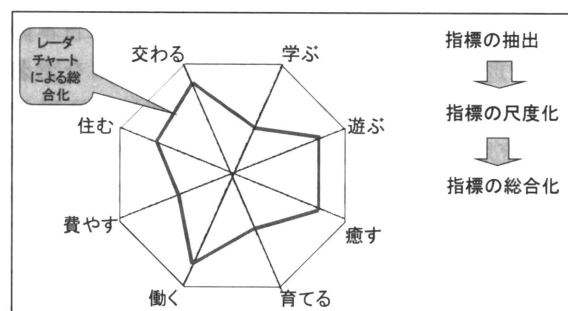


図2 総合化された豊かさの指標の表示

に、8項目のそれぞれの単位は尺度化もしくは指数化されており、0-1（もしくは0-100）の共通のスケール上の数値に置き換えられている。

② 環境指標の総合化検討

環境指標は1980年代に国立環境研究所を中心に包括的な検討が実施された。一口に環境といっても、自然環境、生活環境、社会環境など多くの項目や概念から構成されている。個々の項目ごとの測定や評価は行われてきたが、環境を全体としてみたときの状態、すなわち環境を俯瞰的に評価したときの指標が求められた。アプローチとしては、図に示すように空間軸（局所⇔広域）、時間軸（短期⇔長期）、項目軸（個別⇔複合）の3つの軸の集約化によってより上位の概念の指標に迫っている。このプロジェクトでは、個別のミクロに相当する指標から集約化により、複合・長期・広域の指標、すなわちマクロスケールの指標の算出が行われている。

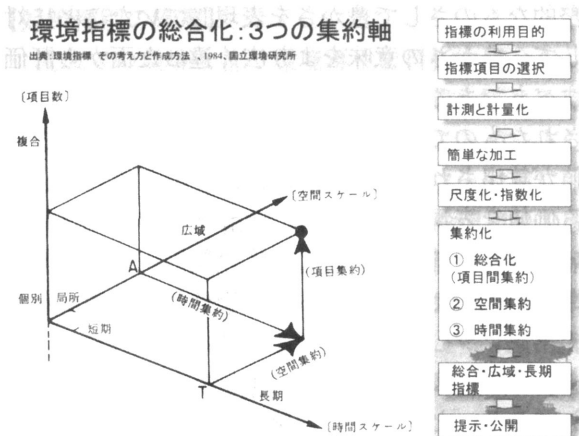


図3 環境指標の総合化検討

出典：国立環境研究所「環境指標—その考え方と作成方法—」昭和59年度 特別研究報告より

③ 全国109水系を対象とした流域診断 —治水・利水・環境・生態系を例として—

国土交通省国土技術政策総合研究所では日本の国が管理する1級水系109水系（図4参照）をおおよそ面積1000km²のサブ流域に区分し、合計で265の流域図を作成した。この265のサブ流域を対象に、治水・利水・環境・生態系ごとに流域の診断を行うことができる指標と、その指標を通じての今後の流域検討をどのように行うかの方向性を出すことが目的である。このプロジェクトは日本全国を対象としていることからマクロスケールの

検討に相当する。指標の構築は図に示すDSRフレームの考え方をを用いている。DSRはそれぞれDriving force（環境への負荷等の駆動力）、State（それによる環境の状態）、Response（これに対応する社会的対応）の意味である。Dはpressure（圧力）のPとして表現される場合もある。環境指標としては従来、このDSRに相当するものにもどのようなものがあるのかを整理する段階であったが、本プロジェクトではDSRを組み合わせることによって新しい指標を作成した。指標は治水・利水・環境・生態系の分野ごとに行いこれらをさらに総合化することは行っていない。治水を例にとって作成した指標をみると、図に示すとおりであり、 $R/S \times 1/D$ を新しい指標として、「人口密度あたりの年間降雨量に占める洪水調節容量」を作成した。流域ごとに面積や降雨量、人口が異なることから、治水対策として洪水調節容量の絶対値による評価に比べて、面積あたりの表現形式にするよって流域特性を客観化して比較することが可能となる。このプロジェクトで超えようとしたのは、DSRの組み合わせによる総合化手法を用いた新しい指標（新しい見方、考え方）と流域ごとの個別多様性である。



図4 日本109水系の概要

出典：国土交通省 国土数値情報

④ 世界114流域での水害脆弱性評価指標（FVI）の構築

FVIはFlood Vulnerability Indexの頭文字で水害脆弱性指標と訳される。異常気象の多発により国内外において多くの水害が発生し、今後も温暖化の深刻化により洪水被害が増大することを受けて、流域の水害に関連するであろう降水量や地形、

土地利用などのデータを用いて世界の流域（図5参照）の水害の脆弱性を知ることができないかという目的で始まった、国土交通省国土技術政策総合研究所が主体となって実施された国際的なプロジェクトである。3年間のプロジェクト期間を終えた成果は2006年の3月のメキシコの世界水フォーラムにて発表され、一区切りが着いたところである。継続して研究が進められる予定になっているが、枠組みに関しては未定である。日本以外の参加組織としては、WWC（世界水評議会）やUNESCO-IHE（ユネスコ）などのメンバーとも共同で研究が進められた。ターゲットとなるのは、流域ごとの水害被害者数と被害額の2項目であったが、被害額のほうは、国ごとの貨幣価値の問題や洪水ごとの具体的な被害額の統計が整理されていないことから、結果として水害被害者数（死者）に絞って、この数値を推定できる指標とその式形を考えることが目標として設定された。

水害被害の状況は同じような豪雨があったとしても、被害の大きい所とほとんどない所に分かれる。必ずしも外力としての豪雨だけで決定づけができない、その他の要因が絡まってくるということが研究のスタート地点である。では、どのような要因が関係してくるのか。この要因を広く洗い出すために、水に関する専門家を集めてのブレインストーミングを実施した。この結果、非常に多くの水害被害に関連するであろう要因が列挙され、相互を関係づけるために要因連関図式のような因果関係がわかる形態で整理をした。しかし、あまりに多くの要因が列挙され、これをどのように集約して、使いやすい形にできるかは、全くの未知数であった。というよりも、かなり実際的にはとりまとめるということは不可能に近いほどの要因の数であった。したがって、当初はまず出揃った要因を扱いやすい数にまで何らかの優先順位や重みづけで減少させることが目標となった。

FVIを算出する式系としては、被説明変数に水害被害者数、説明変数に複数の要因が挙げ、重回帰分析により被説明変数を推定できると考えた。結果的には、この重回帰の方法は、十分な相関が得られなかったことと、海外の人にとって理解できにくい複雑な式系として認識されたことから、最終的には単純な足し算と引き算にウェイトをつける方法に転換した。この簡易式は受け手からの要求という背景からの偶然の産物であるが、結果としては有意な関係を見出すきっかけと

なった。

説明変数となる要因であるが、多くの水害に関連する要因がリストアップされた段階から絞込みの方法がつかめない状態が続いたが、ブレインストーミングのメンバーを変え、フィリピンのマニラ、スウェーデンのストックホルムなど、これまでと全く異なるメンバーによるブレインストーミングを実施することで、新しく「テレビの普及率」、「貧困率」などの要因の重要性が抽出できるように活路が徐々に開けてきた経緯がある。

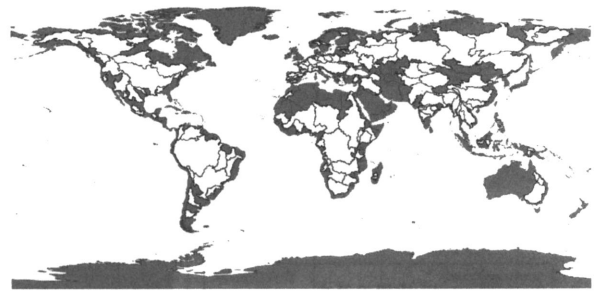


図5 世界114流域の概要

出典：Watersheds of the World-CD

<http://www.waterandnature.org/eatlas/index.html>.

⑤ 琵琶湖水物質循環モデル

琵琶湖流域を対象にした水と物質の循環モデルを構築するプロジェクトである。滋賀県、京都大学、国立環境研究所のメンバーの協同で進められ、GISをプラットフォームとして活用したシミュレーションモデルを目指している。陸域モデル、湖内流動モデル、湖内生態系モデルの3つのプログラムを分担で構築し、情報の受け渡しのインターフェースを調整してシームレスにGIS上で3つのプログラムが働くように調整されている（図6参照）。モデル構築の最初の段階は、流域での水と物質の循環を正確に再現することにあつた。そのため水と物質の動きに関連する多くのパラメーターが再現に必要であり、1回まわすための計算時間もそれによって日単位で必要となった。その後、モデルに対する要望として、単に水理水文の学術的な面での精緻さを示すだけではなく、流域でのさまざまなニーズ（下水道整備率など）を取り入れることができる要件が求められてきた（政策オリエンティッドなモデルと呼ばれる）。

これまではモデル開発は学術サイドの成果として存在し、必ずしも行政の計画に利用されることはほとんどなかった。すなわち学術と行政の間に



図6 琵琶湖流域水物質循環モデルの概念図

出典：「琵琶湖流域総合管理モデルの構築に向けた陸域水物質循環のシミュレーション」
 『水文・水資源学会2006年度研究発表要旨集』

は階層があり、学術の成果を行政が有効に活用できる土壌が育成されていなかった。本プロジェクトはこの階層の壁を乗り越え、両者の融合を目指すものであり、より細やかな行政ニーズを科学的な面からサポートできるモデルとしての役割が求められた。

⑥ 琵琶湖流域水ビジョン

琵琶湖には滋賀県が定めたマザーレイク21などさまざまな環境計画がある。これらの行政サイドで作成した計画は、行政であるが故のトップダウン的な性格を有する。これからの流域検討を進めるにあたって、県民参加は不可欠であるとの認識から、行政計画をより有効に機能させるためには、県民からのボトムアップ的な性格をどのように取り込んでいくかが課題であった。すなわち、これまでのトップダウンとこれからのボトムアップとの融合を図る仕掛け、さらにいえばエンジンのようなものが必要との認識であった。琵琶湖流域水

ビジョンは、この融合を進めるエンジンの役割が期待された。図7は琵琶湖流域の流域管理を湖の断面図として表現したものである。表面近くがマクロ、中間がメソ、湖底近くがミクロに相当する。行政は通常、全域を効率よく共通性の高い事項を優先にさまざまな事業を実施する。この際、湖底近くのミクロスケール（棚田、水路、集落など）は個別多様性が高く、このマクロスケールでの行政から見るとスポットライトが当たらない、いわばデッドゾーンに相当する。個別多様性が高いことから、行政が取り組むべき課題として表に現れることは少ない。当該箇所周辺のコミュニティによって管理されるほかない存在であることが多い。しかしコミュニティにとっては、これらがまさに当面の関心事項であり、マクロスケールでの行政の関心事項と遊離している。流域の環境はマクロからミクロまでシームレスな関係性を有しており、両者を融合して検討できる仕組みが必要となる。琵琶湖流域水ビジョンは、マクロスケール

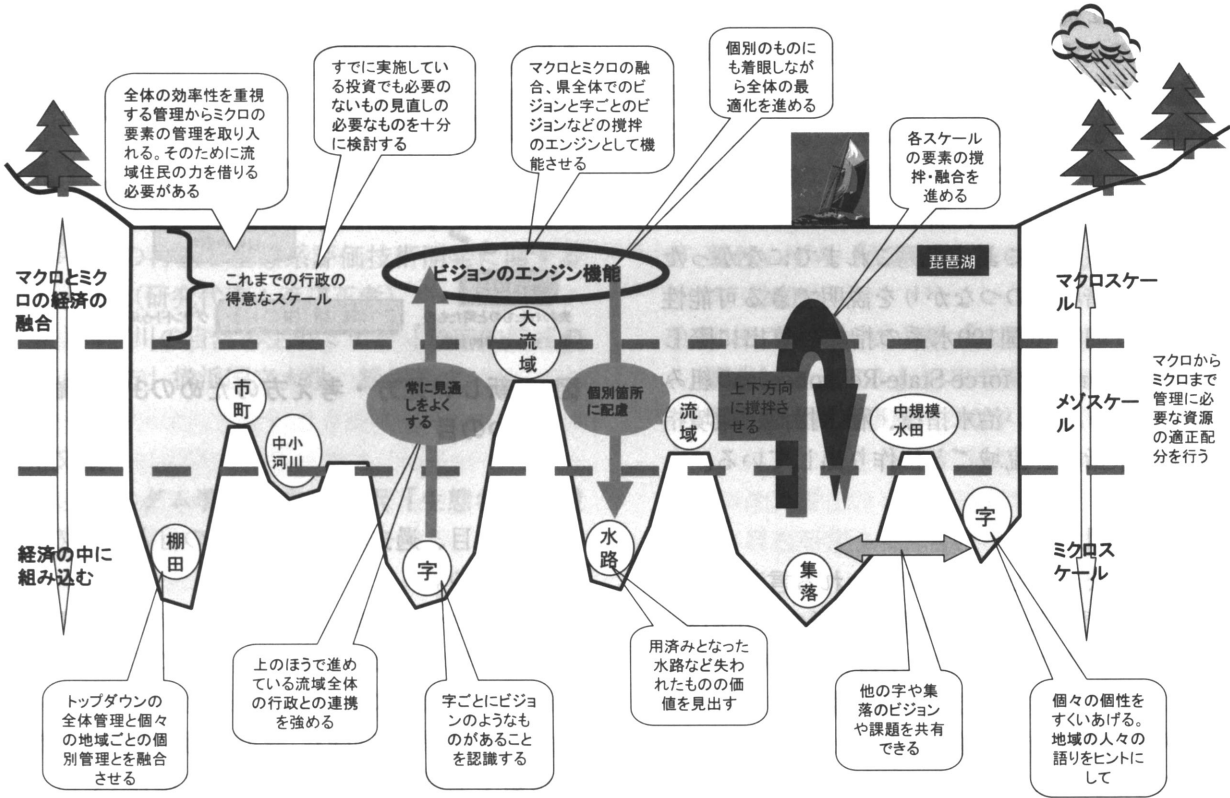


図7 マクロスケールの行政とミクروسケールの住民の関りとの融合

出典：滋賀県 琵琶湖水環境ビジョン作成業務において筆者が作成

ルに関する行政とミクروسケールに関心を持つ住民とが共通のビジョンを持ち、両者の融合を進めるエンジン部分に相当するものである。

5. プロジェクト成果の適用性

流域における課題検討を進める際の特徴はその総合化にある。この総合化はこれまでの個別領域という最適化の手法の限界を乗り越えるための方法論の構築と位置づけられる。トップダウンによる方法とボトムアップによる方法のどちらが適しているかということではなく、両者のバランスをどのように舵取りするかが、総合化の本来の意味するところである。総合化にあたって多くの階層（壁）の存在を識別し、どのように融合するか、その方法論が他の多くの流域でも必要とされている。本プロジェクトでは理系と文系、マクロスケールとミクروسケールの空間スケールを主たる階層として扱われた。各階層がどのように流域の中で位置付けられ関係しているのか、そのつながりを明らかにする方法として、本プロジェクトでは、要因連関図式、安定同位体などの新しい流域指標、独自の情報の他方への翻訳、両者のコミュニケー

ションの活性化、などの手法を挙げている。いずれの手法も階層間の壁を乗り越える手法として他の流域での適用性は高いと考えられる。

【要因連関図式】

特定の領域からの参加者だけでなく、利害の対立も含むような多様な参加者によって、流域での現状と課題を明らかにしていく。この協働作業で作成された現状と課題の要因連関図式は、参加者が多様であることによって、これまで気がつきにくかった新しいキーワードを生み出す可能性がある。異なる領域間でのブレインストーミングを取り入れることから、やりにくさやまとまりをどのようにつけるかに当初は困難が発生すると考えられるが、階層を乗り越える大きな一歩となることが期待できる。世界114流域での水害脆弱性指標（FVI）でも多様な参加者によるブレインストーミングによって、それまでになかった新しい指標の発見につながっている。

【新しい流域指標】

新しい流域指標は、これまでにないチャンネル

からの見方を提供できる可能性をもっている。本プロジェクトではストロンチウムなどの安定同位体を新しい指標として活用し、琵琶湖に流入する中小河川の影響を特徴づけている。しかし、安定同位体は一般の人には理解が困難であることから、住民の目線に近い、親しみがもてる指標を新しく設定することによって、これまでになかった別の形での階層間のつながりを説明できる可能性が広がる。日本全国109水系の指標の算出に際してもDSR (Driving force-State-Response) の組み合わせにより新しい治水指標、利水指標、環境指標、生態系指標を流域ごとに作り出している。

【情報の翻訳】

階層が異なることはそこで使われる言葉の違いがある。専門家と住民では専門用語の壁がある。理系と文系の間でも通常使う言葉に違いが生じる。このような中で双方の言葉を翻訳することで理解が進み階層を乗り越えるステップとなる。翻訳の方法としては、共通の土俵となる視覚的な表現にGISを使うことも有効と考えられる。

【コミュニケーションの活性化】

コミュニケーションの活性化は、これまであげた要因関連図式、新しい流域指標、情報の翻訳を主に用いて行われる階層間の意思の疎通を意味する。コミュニケーションをどのような場で活性化させるか、通常行われるのが、ワークショップ、シンポジウム、出前講座、観察会、水路清掃など、共通の参加の場が必要となる。インターネットを通じた双方向のコミュニケーションも試行されてきているがまだその成果の確認はこれからの課題であろう。

6. 課題の今後の展望

総合化を流域の中で進めるにあたって、各要素に言及し、それらが内容として含まれているだけではなく、要素間の融合を図る必要がある。これまでも総合あるいは学際という言葉がついた研究プロジェクトはあったが、要素の列挙の段階で終わるものが多い。本来の総合化を図るためのステップとしてまず図8に示すような3つ軸と6つ目について今度の展望として提案したい。3つの軸として、空間スケール軸、文理連携軸、過去将来軸である。空間スケール軸は、マクロの目（鳥の目）とミクロの目（虫の目）、文理連携軸は文系の目

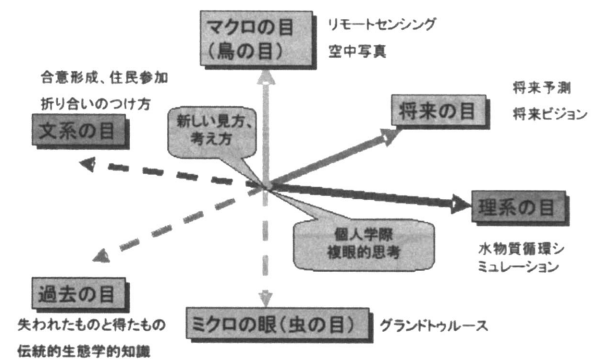


図8 新しい見方・考え方のための3つの軸と6つの目

と理系の目、過去将来軸は過去の目と将来の目から成り立つ。

空間スケール軸は、たとえば、ゴルフ場のような対象を考えるとときでも、コースに立つとききれいな緑の芝が眼前に広がるが、衛星写真で見ると特性としては裸地に近い。一方で衛星写真では樹木の種類や生態系を判読することは難しく、マクロな目とミクロの目を組み合わせることで対象を総合的に捉えることが可能となる。このようなことは、文理連携軸でも同じで、文科系での合意形成における折り合いのつけ方などの考え方と、理科系としての論理的な数値シミュレーションによる評価手法など、双方からのアプローチをうまく使い分け融合させることが必要である。また、過去から現在に至るまでの、空間形成の履歴やこれまでに失われたものとその価値評価の視点、将来に向けたビジョンをどのように形成し、それにいたるロードマップを具体的に示すことができるか、などの視点が重要と考えられる。

以上のような3つの軸上を分野の壁を乗り越え

表1 3つの軸と6つの目のキーワード

3つの軸	6つの目	キーワード
① 空間スケール軸	マクロの目 (鳥の目)	衛星リモートセンシング、空中写真、広域的土地利用
	ミクロの目 (虫の目)	グランドトールース、生物多様性、食物連鎖
② 文理連携軸	文系の目	住民参加、合意形成、要因関連図、折り合いのつけ方
	理系の目	論理的なシミュレーションモデル、数値指標作成、GIS
③ 過去将来軸	過去の目	空間形成の履歴・変化、伝統的生態系知識 (TEK)
	将来の目	将来ビジョン、将来シナリオ、ロードマップ

て自由に移動し、GISとモデリングなどの適切なツールを使いながら6つの目を複眼的に駆使できる人材が今後より求められるものと考えられる。

注釈

注1) 都市・流域圏における自然共生型水・物質循環の再生と生態系評価技術開発に関する研究（研究代表：渡辺正孝）

注2) 第4回川の自然再生セミナー「順応的管理の考え方」横浜国立大学 松田裕之

引用文献

1) E. P. オダム著 三島次郎訳『生態学の基礎

(上)』培風館（1974）

2) 国土庁『新・全国総合開発計画・21世紀の国土のランドデザインー地域の自立の促進と美しい国土の創造ー』（1998）

3) 柿澤宏昭『エコシステムマネジメント』築地書館（2000）

4) 鷲谷いずみ『生態系を蘇らせる』NHKブックス（2001）

5) 和田プロジェクト編『流域管理のための総合調査マニュアル』日本学術振興会 未来開拓学術研究推進事業（2002）