

健全な水循環系の構築 - 水循環評価指標の作成 -



河川研究部 ダム研究室 主任研究官 村瀬 勝彦

1. はじめに

流域の都市化、農業形態の近代化、林業の衰退等が進み、水利用形態の変化、水質汚濁等、水循環に関する様々な問題が顕在化している。これらの問題に対処して健全な水循環系の構築を目指すためには、水循環の各要素のバランス・地域特性を評価する手法を開発する必要がある。国総研では2001年度から水循環評価指標の作成に取り組んできた。評価指標の作成によって各種施策の効果をわかりやすく評価し、流域管理を行っていく際の合意形成の手段として活用することが期待できる。

2. 健全な水循環系とは

1999年10月の健全な水循環系構築に関する関係省庁連絡会議の中間とりまとめ¹では「健全な水循環系とは、流域を中心とした一連の水の流れの過程において、人間社会の営みと環境の保全に果たす水の機能が、適切なバランスの下にともに確保されている状態」と定義されている。



図 - 1 水循環系の概念

図 1 に示したように水循環系は大循環、中循環及び小循環に分けることができる。大循環は雨が地表、地下をたどり、河川を通じて海まで達するという流域全体の水循環系、中循環は都市域など一定の広がりをもった地域におけ

る水循環系で河川や水路、下水道など、自然の循環系と人工の循環系が互いに結びついたもの、小循環は各家庭、事業所単位の小さな水循環系で最も基本的単位とそれぞれ考えることができる²。それぞれの規模ごとに取り組みは異なることから、水循環系の問題の性質によって、適切な流域（大流域、中流域、小流域）を設定していく必要がある。特に大循環を考える場合は流域外との関わりも生じる。本研究では「流域管理」の観点から、流域における取組みを想定した水循環を主たる対象とすることにしており、この意味からは中循環を中心としつつ、中循環と大循環の間を検討の中心に想定していくこととする。

3. なぜ水循環評価指標なのか

水循環系の評価は、流域管理の各段階に応じて流域の状態を評価していくものであり、人間の健康診断と比較して考えるとわかりやすい。健康診断では、一般に健康と考えられる状態と比較して自分がどのように位置付けられるのかという観点（他者との比較）と過去の状態からどのように変化し、将来どのような状態になるかという観点（時間的変遷）が重要である（図 - 2）。水循環評価でも流域間比較を行い、それぞれの流域の時間的変遷を確認することが必要であり、さらに健全化の取組みを行う主体が多岐にわたることから、このような情報を流域で共有化し、それぞれが主体的な取組みを促進することが期待される。

水循環評価は流域総合評価及び個別評価の両方を総称しているが、個別評価の方法は地域によって異なり、その原因・メカニズム解明、問題解決方法の検討も多岐にわたる。したがって、本研究では水循環評価手法として流域間の比較、流域全体の経年変化の観察、情報の共有化や流域における取組みの達成状況を確認するといった流域総合評価のための手法に主眼を置き、流域の特性、経年的変化の把握を通じた問題発見及び問題解決のための関係者間の幅広い取組みを可能にする指標を検討する。



図 - 2 水循環評価と健康診断の比較

4. 水循環評価指標の構築

水循環評価指標の構築にあたっては、まず国内外かつ水に関連しないものも含めた幅広い事例を収集して分析した。その上で、指標構築の考え方を明らかにして、日本全国を網羅する指標算定を試みる。

(1) 事例分析

水循環に関係する指標としては多くの事例があるが、流域総合評価の一例として米国環境保護庁（EPA）による流域指標（Index of Watershed Indicators, IWI）を挙げる^{3）}。IWIは水質の脆弱性に関する情報を全米各流域について指標で表したもので 都市流出、水質基準適合、飲料原水、土壌の有害物質、有害物質関連の水質、生活環境項目関連の水質、有害物質関連の排水負荷、生活環境項目関連の排水負荷、農地流出、人口動態、ダム整備、魚類等の保全、水生・湿地生物危険種、沿岸河口域の汚濁及び 湿地喪失割合の15項目で評価した上で、現状（condition）と水質汚濁に対する脆弱性（vulnerability）の2つの側面から6段階で総合評価している。また評価にあたっての計算根拠、データベース、データが不十分かどうか判定する基準なども明示されている。この指標は1977年Clean Water ActでEPAが求められた2年毎の水質状況の報告書をよりわかりやすく、効果的な形で地方政府に伝えることを目的として作成されているもの^{4）}である。

今回の指標構築にあたっては、水質のみではなく、洪水

等の災害に対する安全度、水利用、生態系といった水循環に関連するものを幅広く対象にし、IWIのように流域単位で日本全国を表示していくことが有効である。

(2) 指標構築の考え方

OECD^{5）}では環境指標として、環境への負荷（pressures）・自然の状態（state）・人間活動による対応（response）の組み合わせをPSRの枠組みとして紹介している。これに似たものとして原因（driving force）・状態・影響（impact）・対応を組み合わせたDPSIRの枠組みなど、指標作成に必要な構成要素について多くの提案が行われている^{6）}。水循環指標としては構成要素に加えて、洪水等の災害に対する安全度、水利用、水質、生態系といった分類である程度、指標を総合化する必要がある。

指標の総合化して指数を作成するには、ある定性的な要素を構成する複数の要因データを重み付けによって組み合わせる手法があるが、この手法では重み算出を適正に行うことが難しく、算定された指標の意味を解釈して具体的な行動に結び付けることが困難である。そのため総合化にあたっては、できるだけ総合化した指標自体の意味がわかりやすくなるよう努める。例えば、流域人口（P）と下水道普及人口（R）の2つを組み合わせると水のきれいさ（S）を考える総合化作業を仮定すると、 $S=w_1P+w_2R$ （ w_1 と w_2 は重み）では人口を下水道の普及という全く異質な要素を組み合わせたS自体がどのような意味を有するのかにわかに判断しがたい。しかし $S=R/P$ と表示すると、S自体は人口あたりの下水道普及率であり、Sを改善させるためには下水道を普及してRを増大させるか、人口・汚濁負荷量そのものを減らすかが必要であることが明確になる。

以上のことから水循環指標の総合化にあたっては、Pを人間活動が水循環に及ぼす影響、Sを自然が有する状態、Rを水循環改善の取り組みであるとして、P、S、Rを例えば、「指標 $I=R \times S / P$ 」のように組み合わせることを考える。これにより求められた指標Iが自然の有する状態1単位あたりの人間活動の影響度合い（ P / S ）に対する改善の取り組みRの割合という形で、指標自体に意味を付加することができる。数値化できるかどうかは別にして、災害に対する安全度、水利用、水質、生態系のそれぞれのイメージとしては表-1のようなものが考えられる。P、S、Rについては、利用可能なデータを試行錯誤する形で組み合わせていくことになるが、このプロセス自体に多くの人が参加して知見

表 - 1 指標の要素

分類	PSR	考えられる要素例
災害に 対する 安全度	P	人口・資産の集中度
	S	洪水被害額、降雨の少なさ、浸透
	R	治水対策、災害情報システム
水利用 (河川水量)	P	人口、水利用原単位、水の消費量
	S	河川流量・流況、水資源賦存量
	R	貯水量、節水率
水質	P	汚濁負荷、経済活動、流出量に占める排水量の割合
	S	河川水質、水量、水域の非閉鎖性
	R	排水規制、下水道の整備
生態系	P	開発面積、開発の速度
	S	種の適応性、種の数
	R	保護・規制、有効な保全対策

を集積することが望ましいと考えられる。

3) 作成例

今回の指標作成では、データの入手可能性等を勘案して全国一級河川109水系を対象にするが、利根川のように大河川では流域を1つの指標で表示してしまうと、指標から具体的な取組みに結び付けることが難しいため、流域を適宜、250程度に分割した。なお、指標作成に用いた元データなど、さらに詳細に参照できるように指標の表示方法も工夫する予定である。

図 3 は都市用水のPとSとして需要（流域内で必要となる量）と水資源賦存量を表示した例である。水資源賦存量 = 年間降水量 - 地方ごとの平均的蒸発散量⁷⁾、都市用水の需要 = 人口 × 1人あたり使用量 + 工業出荷額 × 10万円あたり使用量を1kmメッシュで計算している。この図から水の需要と水資源賦存量の分布は一致していないことが多いことが分かる。例えば、東京都の河川からの取水量（地下水を除く）は水利権量の約8割が利根川・荒川水系に依存している実態⁸⁾とも一致する。

今後は、ダム貯水量やダム等による水資源開発水量のような対策（R）を考慮した上で、P、S、Rを総合化して流域水循環指標を作成することになる。これにより、水資源開発の進捗も明らかにすることができると考えられる。

5. おわりに

水循環評価指標の作成として、流域間比較や時間的変遷

の確認を通じた情報の共有、流域での主体的な取組みの促進を目標として流域総合評価を行うための指標の構築を試みた。指標の構築にあたっては、多様な水循環スケールから具体的に指標を算定するという、技術的な課題から、算定された指標の理解度や具体の施策への適用性の検討という、実施にあたっての課題まで、多くの課題が山積している。しかしながら、このような課題や限界を十分理解しつつ、たたき台として指標を提示していくことが具体的な取組みの第一歩として意義があると考えられる。2003年3月に日本で開催された第3回水フォーラムでも、議論から具体的な行動が求められた。たたき台をベースに幅広く議論を行い、さらに不足データの観測をスタートさせる等、引き続き取組みを進めたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 健全な水循環系構築に関する関係省庁連絡会議：「健全な水循環系構築に向けて（中間とりまとめ）」、1999年10月、<http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/junkan/>
- 2) 国土交通省土地・水資源局水資源部：平成14年版 日本の水資源、2002
- 3) U.S. Environmental Protection Agency：Index of Watershed Indicators: An Overview, <http://www.epa.gov/iwi/>, 2002
- 4) Ronald Shafer：The Good, the Bad and the Ugly: Reporting on Progress towards National Water Quality Goals- Lessons Learned from the U.S. Experience, Abstract for Monitoring Tailor-Made IV conference in Netherlands, <http://www.mtm-conference.nl/>, 2003
- 5) OECD: Environmental indicators, OECD core set, Paris, 1994
- 6) The United Nations: The First World Water Development Report, pp.29-60,481-498, UNESCO, 2003年（概要の和訳は<http://www.unesco.org/water/wwap/>にある）
- 7) 市川正巳: 水文学, 朝倉書店, 1990
- 8) 国土交通省土地・水資源局水資源調査室: 21世紀に向けた水資源施策の方向と水資源を巡る現状について ダム年鑑, 2001
- 9) 国土交通省土地・水資源局水資源部：平成15年版 日本の水資源、2003

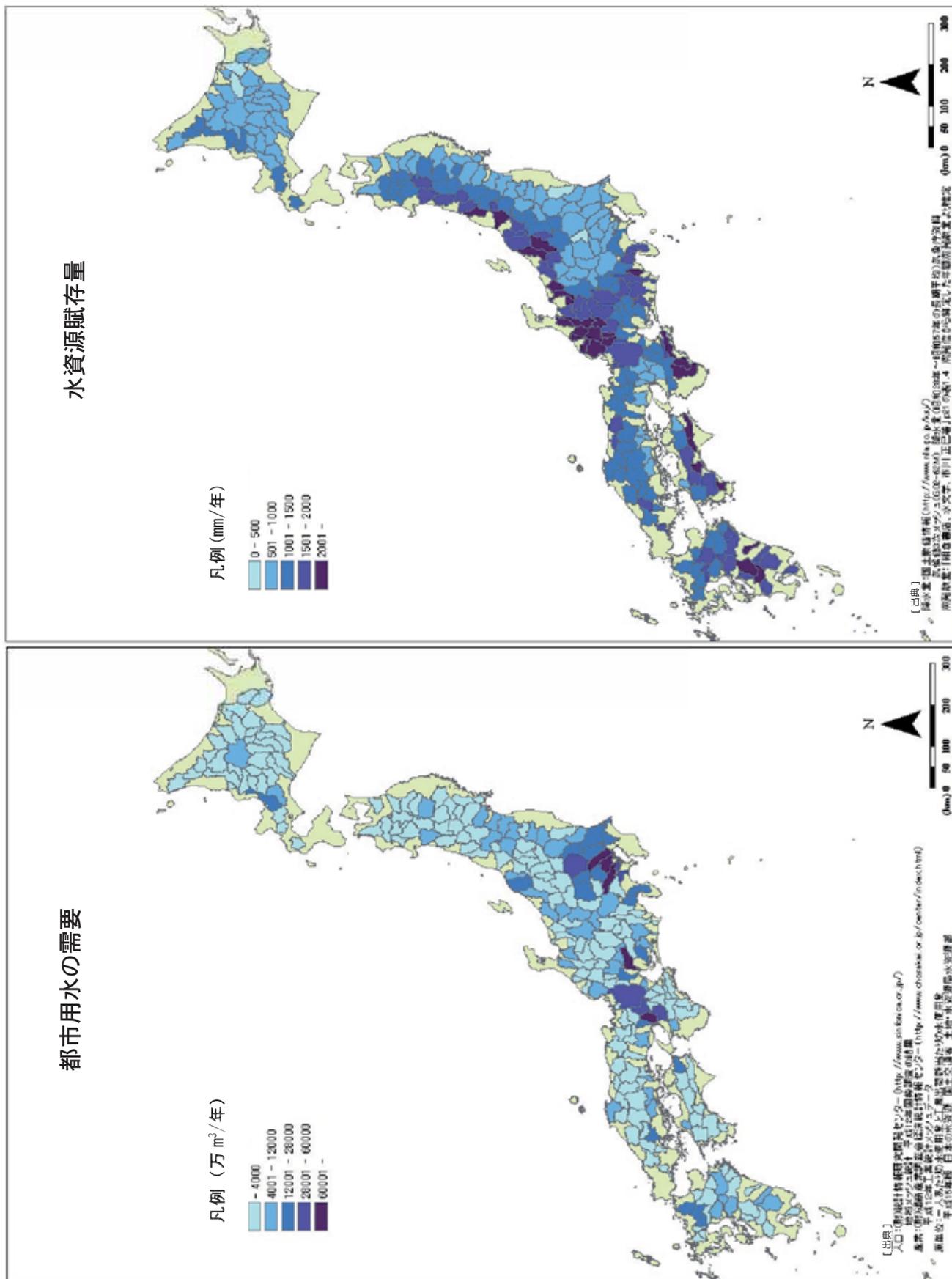


図 - 3 全国一級水系における都市用水の水需要と水資源賦存量の表示例