

「水循環計画」の特性とその評価指標に関する予備的考察

林 健一*

1 検討課題とその背景

今夏、7月末からの少雨の影響を受け、首都圏の水がめの役割を果たす「利根川上流ダム群」の貯水量は、著しく低下し、流域の1都6県において、10%の取水制限措置がとられた。東京、埼玉、千葉、群馬の4都県の上水道は、利根川への依存度が6割を超えているといわれており、渇水や河川等の水位低下の影響が利根川・渡良瀬川流域内の各方面に広がりを見せたところである¹⁾。幸い、9月11日から開始した取水制限は、9月24日に緩和され、10月3日には全面解除されたが、私たちの社会に対し、水の効率的な利用や水利用の安定性確保という課題が改めて提起された形となった。

渇水は、地域によって発現状況が異なるが、近年、少雨化や年間降水量の変動幅の増大、少雪化等に伴う河川流況の変化により、利水安全度が低下し、渇水発生の頻度が高くなるなど、安定的な水供給に対する懸念材料となっている。気候変動の影響によって、今後さらに水需給バランスが地域的、時期的に不安定化する可能性もあることから、私たちの社会は、水利用の安定性の確保や、安全で良質な水資源の基盤となる、水循環の健全化(再生)という課題について、真摯に取り組

んでいかなければならない状況下にある。

「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、人間の営みと環境の保全に果たす水の役割が、適切なバランスの下に確保されている状態」と定義される。

自然の水文循環は、降水が土壌等に保持もしくは地下水や、地表水として流下して海域等へ流入し、大気中に蒸発して再び降水になる過程であり、太陽エネルギーによる「水」と「水によって運ばれる物質や熱」の輸送を中核とするものである。

こうした水文循環と人工の水循環系(水道、下水道、農業用水路等)が一体となった、水の循環システムの「健全な状態」や「適切なバランス」とは、どのような状態を指すのであろうか。また、こうした望ましい状態を実現するためにはどのような対策²⁾をとるべきであろうか。

「健全な水循環系」の定義は、こうした疑問について直接的な答えを用意していない。むしろ、この概念は、様々な水問題を解決していくための方向性を啓蒙する政策理念であり、かつ、その手法として、「流域」単位での総合的な取り組みが必要であることを示す政策目標の一種ともいえるのである。

こうした政策課題に取り組むためには、流

*中央学院大学社会システム研究所客員研究員・群馬県立群馬産業技術センター

域の水循環機構や環境状態を水文学的な観点から解明していくことに加え、流域内の関係主体（stakeholder）の臨床的な視点から現状分析が行われ、目標とする健全な状態（将来像）と、その実現に必要な対策や各主体の役割分担について検討していく必要がある。

政策目標の具体化や対策の立案にあたっては、各主体間の情報共有、合意形成などの民主主義的プロセスと政策形成・実施・評価過程の統合など、政策科学的な観点から検討が必要であり、本稿はこうした立場からの考察を行うものである。

流域内の関係主体の動的な相互作用により、水循環系の健全化（再生）に必要な対策が形成され、実行されていくための基盤として、計画（水循環計画）の策定が望まれている。

水循環計画に関する先行研究としては「健全な水循環系構築のための計画づくりに向けて」（H15.10公表）が編まれており、同書は計画策定方法のガイドラインとして、計画づくりの進め方、水循環系の再生に向けた基本理念を確定していくための検討事項などが示されているものの、計画の運用（管理・評価）手法に関する研究は、ほとんど見られない状況にある。

また、水循環に関する施策や方策については、各流域において試行錯誤が続けられている段階にあると指摘され（国土交通省，2011，p.138）、後述するとおり、水循環系の健全化という政策課題に対する自治体の対応状況は、課題の位置づけなどについて「ゆらぎ」がみられ、対策の実効性が懸念される。

本稿では、こうした現状に鑑み、第1の課題を自治体の実務担当者が水循環計画の策定や見直しをする際の参考情報となるよう、「水循環計画」の特性を解明し、計画に包摂される対策の特徴を明らかにしていくことと

し、計画を運用（管理・評価）していく上で重要な課題となる「評価指標」のあり方を考察し、指標選定の指針について提言することを第2の課題とする。

この分析素材としては、利根川流域圏域の内陸部に位置する栃木県が策定する「栃木県水環境保全計画」（以下「栃木県計画」という。）と、流域圏に隣接する臨海部に位置する神奈川県が策定する「第2期かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画」（以下「神奈川県計画」という。）を取り上げ、全国的な比較分析を行う上での足がかりを得ていくための予備的考察を本稿では行っていくものとする。

両県の計画のうち、本稿では、特に「地下水の保全再生対策」に焦点をあてていく。地下水は、水循環系を構成する重要な要素であるが、地下水の過剰採取による地盤沈下に加え、水循環の基盤機能の低下、さらには地下水環境問題（地下水汚染、地下水揚圧力、地下水流動障害など）など、新たな課題が顕在化している。そこで、各流域における地下水の現状と対策の効果を把握する指標の活用状況について分析を加え、指標体系のあり方や指標選定方法についての方向性を探求していくことを課題とする。

2 水循環計画の特性と対策の特徴

（1）都道府県レベルでの計画策定状況

著者は、水循環系の健全化（保全・再生）を目標とする行政計画の策定状況を把握するため、各都道府県のホームページを確認し、事例を収集した³⁾。事例収集の方針は、流域や行政区域全体を対象とした、a. 水収支や負荷収支など、水循環、水環境、水資源に関する現状分析を行っているもの、b. 健全な水循環、水環境、水資源の保全・再生に関する対

表 1 「健全な水循環系」の保全・再生を目的とした計画の策定状況

計画名	団体数	団体名
環境基本計画	24	北海道、山形県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、新潟県、石川県、福井県、山梨県、岐阜県、静岡県、京都府、大阪府、和歌山県、鳥取県、島根県、徳島県、香川県、愛媛県、福岡県、宮崎県、鹿児島県、沖縄県
長期水需給計画	3	茨城県、長崎県、広島県
水循環計画	20	青森県、岩手県、秋田県、宮城県、福島県、栃木県、神奈川県、富山県、長野県、愛知県、三重県、滋賀県、兵庫県、奈良県、岡山県、山口県、高知県、佐賀県、熊本県、大分県

出典) 各都道府県のホームページを確認し、著者が作成。

策を定めているものとした。

この方針に該当する計画の策定状況は、表 1 のとおりであるが、環境基本計画の一部に水循環（環境）の保全・再生に関する対策を定めている自治体が最も多く、24 団体あった。この計画と併せて、長期水需給計画や水循環計画を定めている自治体を確認することができた。このうち水需給計画の一部に関連する対策等を定めている自治体は 3 団体、水循環計画を定める自治体は 20 団体あった。本稿の検討対象である「水循環計画」を策定する都道府県の割合は 43% を占めていた。

(2) 水循環健全化対策の位置づけ

この結果は、「水循環系の健全化（再生）」という政策課題に対し、行政計画という手法により対応しようとしている点で共通するものの、この課題をどのような視座から捉えようとしているのかという点で、自治体間の考え方の違いを表していると考えられる。こうした自治体間の違いについて、いかに解釈すべきであろうか。

行政計画は個々の計画が実現しようとする固有の価値や目的を本来的に有し、こうした計画の基本的な性格（視点、役割）の違いは、不可避免的に実施される対策の上に反映される。

そこで、各計画に期待される役割を見てい

くと、まず、「環境基本計画」とは、環境基本条例に掲げる基本理念のもと、環境目標と政策体系を具体的に提示するものであり、地域における望ましい環境像と環境要素ごとの目標を掲げて、目標を実現するための総合的な政策体系等を示している計画である。

「長期水需給計画」とは、水資源の総合的な開発及び利用の合理化の基本となる計画であり、水の需要の見通しと供給の目標、供給目標を達成するために必要な施設の建設に関する事項等を定めている計画である。

「水循環計画」とは、健全な水の循環系の保全、再生についての基本理念や目標を定めて、目標達成に必要な対策を定めている計画である。

対策の根拠とする行政計画の違いにみられる自治体間の対応（視座）の相違は、「水循環系の健全化（再生）」という政策課題を「環境」政策や「水資源」政策の一部あるいは固有の政策領域として捉えるのが適当であるのか、その課題の位置づけについて、自治体実務の現場の「ゆらぎ」を示しており、学問的な見地からも議論の余地があるといえよう。

この点について、抽象的だが、若干の私見を述べておくと、水循環系の健全化が求められる理由には、図 1 に見るような、水環境を取り巻く状況の変化がある。そこでは、各流域の生態系、社会経済システムの持続可能性

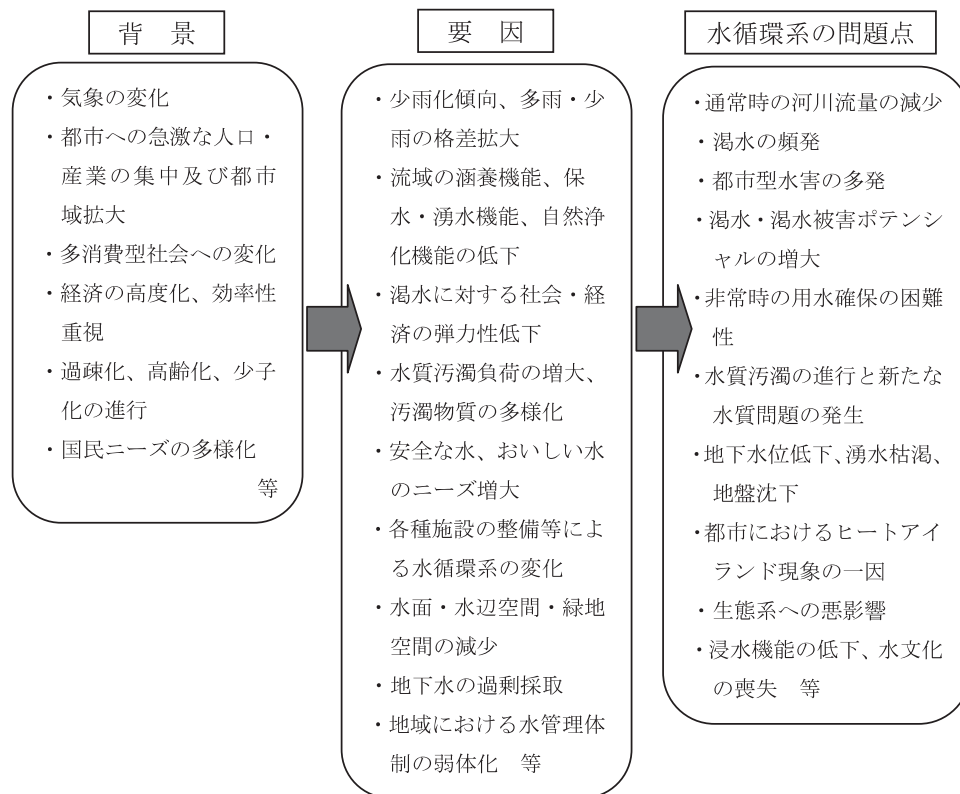


図1 水循環を取り巻く状況変化と問題点
出典) 国土交通省 (2011, p.137)

が問われており、個別事象の直接的な発生源よりも、システムの構造要因に踏み込んだ課題解決が求められているのである。

つまり、環境保全を中心とした対策から、社会経済システムの構造改革を進めていく対策として深化しなければならず、このための目標とその実現手段が具体化されなければならない。また、対策の効果的な実施には、従来の環境保全策や水資源政策に基盤を持ちつつも、そこから一歩踏み出した、新たな計画体系が構想され、そこに一元化されることがふさわしいのではないだろうか。さらに、具体的な対策の在り方としては、対症療法策にとどまらず、問題発生原因をなくす予防策が基調となることが望ましいであろう。

(3) 水循環計画に期待される役割

行政計画は、長期から短期までの様々な課

題に応じて、「基本構想（基本指針）」「基本計画」「実施計画」という三階層の体系により構成される（斎藤，1994，P.10-11）。

個々の計画の性格を識別していくための指標として、各計画の役割を整理していくと、「基本構想（基本指針）」の役割は、地域社会の将来目標とビジョンを長期的視点に立って提示するものであり、地域構造の特性を表す主要指標と計画の基本構想（対策の共通的な方向性）を柱とするものである。後述する基本計画、実施計画にとって共通基盤となるとともに、関連する個別計画や具体的な対策（事業）を立案、実施する場合において、ガイドラインの役割を果たすものである。

これに対し「基本計画」は、計画全体の中心的存在である。そこでは、基本構想の提示する将来像を実現するための対策の体系が導かれ、各対策の対象領域の現況から、対応を

必要とされる課題が抽出され、必要な対応策が具体化されている。また、これらの対応策の実施結果の達成状況を把握する目標値が検討、設定されている。

基本計画の中において、各目標の実現手段として提示された対策は「実施計画」の事業として引継がれ、さらに詳細な事業内容の設計や、必要とされる行政資源の配分の調整が行われる。つまり、実施計画は中長期の基本計画と短期の予算編成過程を橋渡しする役割を果たすものである。

各自治体が水循環計画に期待している役割を明らかにするため、策定された水循環計画が、これらのいずれに分類されるのか、表2に整理した。その結果、基本構想（基本指針）としての性格を有する計画（9計画）と、基本計画の役割を担う計画（14計画）に大別された。

こうした相違は、各自治体が計画に期待する性格・機能の違いを反映しているといえるが、基本構想（基本指針）としての水循環計画は、その機能として、水に関する対策を総

表2 水循環計画の策定状況

	計画・指針名称	策定年月 (当初)	策定年月 (現行)	ビジョン	基本計画
1 青森県	青森の水健全化プログラム	H19.4	同左	○	
2 岩手県	北上川上水系流域基本計画 他	H19.2			○
3 宮城県	宮城県水循環保全基本計画	H18.2	同左	○	
4 秋田県	秋田県「水と緑」の基本計画	H16.3	H21.3		○
5 福島県	うつくしま「水との共生」プラン	H18.7	同左		○
6 栃木県	栃木県水環境保全計画	H16.3	同左		○
7 神奈川県	かながわ水源環境保全・再生実行計画	H17.11	H23.11		○
8 富山県	とやま21世紀水ビジョン	H3.3	H18.3	○	
9 長野県	長野県水環境保全総合計画	H4.2	H20.2		○
10 愛知県	あいち水循環再生基本構想	H18.3	同左	○	
	あいち水循環再生行動計画	H18.3	同左		○
11 三重県	伊勢湾再生行動計画	H19.3	同左		○
12 滋賀県	琵琶湖総合保全整備計画（マザーレイク21計画）	H12.3	H23.10		○
13 兵庫県	ひょうごの森・川・海再生プラン	H14	同左		○
14 奈良県	なら水循環ビジョン	H22.6	同左	○	
15 岡山県	瀬戸内海の環境保全に関する岡山県計画	—	H20.3		○
16 山口県	やまぐちの豊かな流域づくり構想（樫野川モデル）	H15.3	同左	○	
17 高知県	四万十川条例総合プラン21	H8.3			○
	物部川清流保全計画	H3.3	H18.3	○	
	仁淀川清流保全計画	H11.3	H22.3	○	
18 佐賀県	有明海再生のための県民行動計画	H17.3	同左	○	
19 熊本県	熊本地域地下水総合保全管理基本計画	H21.2	同左		○
20 大分県	おおいた清らかな水環境保全指針	H18.3	同左		○

出典）各都道府県のホームページを確認し、著者が作成。

合的かつ横断的に推進する役割を果たす上で基礎となる、基本的な方向（指針）を示すことを期待しているのである。

前掲図1に見るとおり、水循環系の健全化（再生）対策は、水環境を水質、水量の他、水辺の生態系、利水、治水、親水など多面的に捉え、総合的に推進することが求められている。これらの各分野においては計画目的の異なる諸計画（環境基本計画、水資源計画、河川の整備計画、土地利用に関する計画、まちづくりに関する計画、防災に関する計画、森林に関する計画、農業に関する計画、農地に関する計画等）が一般的に策定されている。

これらの計画に基づき、具体的な対策の立案、実施、評価を行う際に、水循環系の健全化（再生）の実現に向けて、配慮すべき方向性を示すなど、計画の縦割り状況を調整、誘導するための指針となることが、前者の基本指針には期待されているのである。このタイプの例としては「富山県水ビジョン」があり、同計画は自らの役割を「富山県総合計画（元気とやま創造計画）に掲げる「安心とやま」の実現を目指して、行政のみならず、あらゆる主体が健全な水循環系の構築を目的に、将来像を共有し、整合を図りながら、水にかかる施策等を総合的かつ横断的に推進するための基本的な方向を示すものである。従って、関連する個別計画にあっては、このビジョンの基本的な方向に沿って策定・推進される」としている（富山県，2006，P.5）。

また、後者の基本計画は、水循環系の健全化（再生）に向けた目標を具体化し、目標達成に必要な対策や関係主体の取り組みを定めているが、総合計画や環境基本計画等の上位計画の示す基本的な方向性をより具体化する、「分野別基本計画」としての役割が期待されているのである。

例えば、長野県は「第4次長野県水環境保全総合計画」の役割を、「長野県環境基本計画に示す基本的な方向に沿って、また、河川環境管理基本計画、湖沼水質保全計画、地域森林計画等の諸計画とあいまって、水環境保全対策の総合的な推進を図る」としている（長野県，2008，P.2）が、こうした役割を担う計画がこのタイプとなる。

計画の概念的な区分は、計画内容の具体性、詳細性と相まって相対的なものだが、さらに、水循環計画のあり方として、構想タイプと実施計画タイプ、水循環再生タイプ（問題解決）と将来に向けて事前に対策を実施する水循環予防（診断、将来予想）タイプなど、様々なバリエーションがありえることが指摘されている（岡安，2004，p.12）。

今後「水循環計画」を策定していく場合には、計画策定プロセスにおいて、計画に期待する役割を関係主体の間で十分に議論し、既存の計画体系との関係からみた位置づけ（守備範囲）を明確化しておく必要がある。

（4）「水循環系の健全化」対策の体系

健全な水循環系の定義は前述した性格を有するものであるが、「水循環系の健全化（再生）」という目標を達成するため、どの様な対策を実施しようとしているのであろうか。

平成11年6月に策定された「新しい全国総合水資源計画～ウォータープラン21」を例に国レベルの考え方をみると、健全な水循環系の確立に向けて、a. 持続的水利用システムの構築、b. 水環境の保全と整備、c. 水文化の回復と育成の3点を基本的な方向として示している。

これらについて具体的にみていくと、a. は、安全な水を安定的に利用できるような持続的水利用システムの構築、水に関する危機管理施策の充実、様々な水質問題への対処施策の

推進を主な内容としている。次に、b. は、水の有する多面的な機能が発揮されるような水環境の保全と整備、水質と水量の確保を主な内容としている。c. は、水を大切に作る意識を育むこと、水環境の保全と整備への理解と協力を得ることにつながる、水文化の回復と保全を図ることや、国民の主体的参加を推進するための取り組みを主な内容としている。

水循環系の健全化（再生）という政策課題は、近時提唱されたものであるが、分野横断的な対策を実施することが可能な地方自治体の政策としてこれを実施していく場合、自らの政策体系の中でいかなる位置づけや優先順位を与えていくべきであろうか。栃木県計画と神奈川県計画を例として、「水循環系の健全化（再生）」対策を体系化したものが表3である。

表3にみるとおり、「水循環系の健全化（再生）」対策は、多様な施策群を含む点に特徴があり、各流域の環境や水資源に関する諸施策を「水循環」という観点から横断的に捉え直しているともいえるであろう。水循環の健全化という、地球の水文大循環全体を対象とする課題に取り組むためには、さまざまな既存の政策による解決を企図するアプローチがあり、その総体が「水循環系の健全化（再生）」対策群を形成していると考えられる。こうした性格を有する政策領域において独自のディシプリンは存在しえるのか、慎重に見極めていく必要がある。

また、水循環計画は課題の性格上、総花的な計画となる可能性を秘めており、屋上屋を架することを避けるため、基本指針の役割に特化していくのか、重点対策を中心とする戦略計画（行動計画）を構想し、計画の到達目標（目標値）を明確化し、その目標を達成するための対策を効果的に実施していくことを企図していくのかについて、自覚的な検討が

必要であろう。

次章では後者の課題、つまり、計画の目標管理において重要な課題となる評価指標（環境指標）のあり方を中心に考察を進めていくものとする。

3 地下水保全再生対策にみる評価指標の活用状況と課題

(1) 水循環計画における評価指標の活用状況
行政計画の管理と評価については、これまで自治体総合計画を中心に検討がなされており（斎藤，1994 など）、そこでは、計画の実現性と有効性を把握、評価する基礎的な枠組みとして、評価指標による成果の把握が計画の実効性を向上させる上で有効であるとされている⁴⁾。

水循環計画の目標管理に関するツールとしては「環境指標」がある。環境指標は、水循環の状態（健全性）の実態把握、対策の進捗状況の評価をはじめ、これらの指標情報に基づく関係主体間のコミュニケーション（情報認知、理解、意思決定、合意形成）を支援するものであり、指標の設定と活用は、計画の目標管理を行う上で重要な課題となる。

そこで、前述した調査結果により、水循環計画における評価指標の活用状況を見ていくと、表4のとおり、指標を活用している団体は15あり、設定していない団体は5あった。

(2) 指標の分類基準

本章では、栃木県、神奈川県計画を例として、評価指標の活用状況の分析を予定しているが、この分析に先立ち、環境指標の概念を整理するとともに、指標の分類基準とする経済協力開発機構（OECD）の「PSR モデル」について概観を加えていくことにする。

表 3-1 「水循環系の健全化（再生）」対策の体系－水循環機能の保全再生

大柱		中柱	構成施策・事業
水循環機能の保全・再生	森林の保全・再生	基盤整備	森林の整備（造林・治山・林道整備・砂防）
			保安林の指定、適正な管理
			平地林の保全
			広域的水源林の整備
			地域水源林の整備
		森林資源の有効活用	県産木材の安定的生産・供給の推進
			県産木材の需要・消費拡大の推進
			間伐材の搬出促進
		担い手確保	林業の担い手確保
			かながわ森林塾による人材育成
	河川・湖沼の保全・再生	河川環境の整備	河川・水路における浄化対策の推進
			多自然型川づくりの推進
			親水性のある河川等の整備
			河川の維持流量の確保
			水辺景観の保全・創出
			魚道の整備
			河川美化対策の推進
		水辺環境の保全	水辺の生態系の保全
			水辺生物の保全
			外来種の駆除
		湖沼の環境保全	ダム湖水質の浄化対策
			アオコ異常発生抑制対策
			自然浄化機能の活用
			ダム貯水池の堆砂対策
			湖面管理対策
	農地等の保水機能向上	農地の整備保全	耕作放棄地の活用
			棚田・谷津田の保全
			優良農地の確保と保全
		農業生産基盤の整備	環境に配慮した農業の推進
			環境に配慮した農業用用水路の整備
			ため池の整備
		雨水の流出抑制	雨水貯留・浸透施設の設置促進
			浸透性舗装の整備促進
		緑地の整備	都市公園の整備
			都市緑化の推進
			緑化活動の推進
	地下水の保全	地下水の保全・再生	地下水の現況把握
			地下水の適正利用
			地下水質保全対策の推進
			地下水保全に関する広域的調整及び規制・指導
			地下水涵養対策の推進
	水の有効利用	節水の推進	節水意識の醸成
			水道配管の漏洩防止
		水の循環利用の推進	雑用水利用の普及
			処理水の利活用
			工業用水の回収利用 農業用水の効率的利用

出典）栃木県計画及び神奈川県計画により著者作成。

表 3-2 「水循環系の健全化（再生）」対策の体系－水環境の保全再生・基盤整備

大柱	中柱	構成施策・事業
水環境の保全・再生	水環境への負荷低減	公共用水域の水質監視
		水環境モニタリング
		異常水質対策
		污水处理施設の整備
		公共下水道の整備促進
		合併処理浄化槽の整備促進
		生活排水対策の普及啓発
		工場・事業場に対する監視、指導
		工場・事業場の自主的な取組の促進
		化学物質対策
		汚染防止対策の推進
		化学物質の情報共有
		その他の汚染源対策
保全・再生の基盤整備	保全再生を推進する仕組みづくり	森林地域対策
		農業地域対策
		都市地域対策
		不法投棄対策
		水道水等の水質保全
		水道水の安全確保
		飲用井戸の安全確保
		水源の保護
		水文化の共有
		水辺空間を利用したまちづくり
		遊水地の保全
		水文化の保護・継承
		環境学習の推進
		水とふれあう機会の確保
		学校、家庭、地域における取組の促進
		指導者の養成
		学習プログラムの充実
		自主的活動の促進
		ボランティア活動等の県民参加促進
		水源地域と都市的地域の交流促進
		市町村の取組を促進する仕組みづくり
		活動を支える仕組みづくり
		環境コミュニケーションの推進
		県民、事業者、民間団体等との連携
		流域自治体等との交流、連携
		水環境に関する情報の共有
		調査研究の推進
		情報の収集、公表

出典）栃木県計画及び神奈川県計画により著者作成。

表 4 水循環計画における評価指標の活用状況

	団体数	団体名
評価指標の設定あり	15	岩手県、宮城県、栃木県、神奈川県、富山県、長野県、愛知県、三重県、滋賀県、兵庫県、奈良県、高知県、佐賀県、熊本県、大分県
評価指標の設定なし	5	青森県、秋田県、福島県、岡山県、山口県

出典）各都道府県のホームページを確認し、著者作成。

①環境指標とその分類

環境指標 (environmental indicator/index) は「自然環境そのものおよび、人為的 (時には自然的) な原因によって生じた環境状態の変化が、人間の生活と生存にもたらす各種の利害を定量的に評価する尺度」と定義される (内藤・西岡・原科, 1986, p.28)。

当初は「環境の状態」(state of the environment) つまり、環境の質を捉え、表現することが中心であったが、「環境の状態、その変化の原因となる人間活動や環境への負荷の大きさ、環境問題への対策などについて、可能な限り定量的に評価するものさし」(森口, 1998, p.99) との定義に見られるように、最近では、環境の質の測定、分析に加え、環境対策の評価にまで指標の対象範囲が拡大している。

環境関連計画との関係で環境指標の役割を整理すると、地域の環境状態などの「政策目標の具体的表現」を行う役割と「政策効果の定量的評価の基準」としての役割が期待されている。

本稿では、地下水保全再生対策において活用されている指標の特徴を明らかにするとともに、評価指標の選定指針や新たな指標体系のあり方を模索していくことをその課題としているが、これら2つの機能を有する環境指標を想定し考察していくものとする。

② OECD の「PSR モデル」

経済協力開発機構 (OECD) が開発した「PSR モデル」は、環境情報を体系的に整理し、指標化していくための概念的枠組として、世界的に広く浸透し、国際機関や各国等が環境指標を開発する際に広く用いられており、我が国の環境省総合環境政策局が刊行している「環境統計集」も主に、これを踏まえたものとなっている。

このモデルの特徴は、人間活動と環境の関係を「環境への負荷 (Pressure)」, それによる「環境の状態 (State)」, これに対する「社会の対応 (Response)」という一連の流れ (PSR) の中で包括的にとらえようとするものであり、各要素の定義は次のとおりとなっている。

a. 環境への負荷 (Pressure)

環境への負荷は、人間の活動による環境への負荷を表す指標である。ここでいう「負荷」とは、直接的負荷 (資源利用、汚染物・廃棄物排出等) と同様に潜在的あるいは間接的な負荷 (活動そのものや環境の変動傾向等) を網羅している。富栄養化や水資源の例としては、水圏や土壌への窒素・リンの排出量、水資源利用強度などがある。

b. 環境の状態 (State)

環境の状態の指標は、環境質と天然資源の定性的・定量的側面に関係し、環境政策の究極的目的を反映する。さらに環境状態の指標は、環境の全体的な状況と時間の経過に伴う変化を示すよう策定されている。この指標の例としては、BOD、COD、窒素・リンの濃度、渇水頻度・期間・程度などがあげられる。

c. 社会の対応 (Response)

社会による対応 (対策) の指標は、社会が環境面の課題事項に対応する程度を示すものであり、下水道処理施設接続人口、水道価格、下水道処理に対する使用者料金等がその例としてあげられる。

本稿では、このモデルを活用し、評価指標の分類を行っていくことにする⁵⁾。

(3) 地下水保全・再生対策の指標活用状況とその課題

地下水は、周知のとおり、水循環系を構成する重要な要素である。近年、地下水をめぐる環境は大きく変化しており、かつて高度経済成長時代に深刻な課題となった地下水の過剰採取による地盤沈下は、地下水採取規制等により鎮静化しつつある。一方で、水循環における基盤機能の低下、さらには地下水環境問題（地下水汚染、地下水揚圧力、地下水流動障害など）など、新たな課題が顕在化している（守田，2012，p.185）。

こうした地下水を巡る課題に対応するため、水循環計画において「地下水保全・再生対策」が定められているが、その評価指標体系を構築していく前段として、分析素材としている栃木県計画、神奈川県計画の指標活用状況を整理したものが、表5である。

表5には、計画の目標管理に活用されている指標に加え、各県の環境白書において取り組み状況を説明するために活用されている指標を含めているが、対策を展開する前提となる

環境への負荷や環境の状態などを示す指標が部分的に活用されているのにとどまり、設定された指標数はごく少数であった。また、対策の有効性を直接把握する指標（成果指標、満足度指標）や目標達成への貢献度を把握する指標の設定例は見られなかった。

2県のみの事例を基に一般化していくことは困難であるが、今後は、計画の有効性を確保する観点からは、計画の目指す将来像と十分関連づけられた目標値の設定とその測定のための指標や、環境の質等を示す物理的データの整理と指標化が課題となるであろう。また、住民等関係主体の行動データ、さらには、住民等の観察結果や満足度等の評価データの把握とその指標化が課題となるであろう（拙稿，2012参照）。

つまり、水循環の基盤となる地下水の現状や課題、さらには、対策の有効性という、より本質的な事柄を端的に把握し得る環境指標の設定が望まれるのであり、最後にこの点について検討を加えていくことにする。

表5 地下水保全・再生対策で活用されている環境指標

対策名 (Issues)	環境への負荷 (Pressure)	環境の状態 (State)	社会の対応 (Response)
地下水の現況把握 水位、水質のモニタリング 観測井の整備		水質環境基準適合率 (定点・メッシュ調査)	モニタリング実施市町村数
地下水の適正利用	工業用水使用量に占める 回収水の利用割合%		
広域的調整、規制指導		地盤沈下量の経年変化 2 cm/年以上の地盤沈下 量面積	
地下水質保全対策 浄化設備の維持整備		水質環境基準適合率 (定点・メッシュ調査)	保全計画策定市町村数 対策実施市町村数
地下水涵養対策 休耕田借上げ 樹林地等買上げ 浸透性舗装の実施 雨水浸透升の設置			保全計画策定市町村数 対策実施市町村数

出典) 著者作成

(4) 今後設定されることが望ましい環境指標の指針案

地下水は、それぞれの地域における自然環境と社会環境のバランスのもとに、その土地にあった地下水位が存在する。その地下水位が何らかの要因で地域特性としての水収支バランスの許容範囲（変動許容範囲）を超えて大きく変化すると、地盤沈下、液状化、土構造物の斜面崩壊などの現象が発生し、その影響で地下水環境問題や地下水・地盤災害に発展する場合がある（地盤工学会，2008，p.73以下）。

そこで、本節では、「地下水位の変化」をキー概念として、表6に示したPSRのカテゴリー別に、指標選定の方向性（指針案）を検討していくことにする。

①カテゴリー1（環境への負荷）の指標のあり方

カテゴリー1は、環境への負荷を示す指標

群であるが、具体的には、地下水位の変化を生じさせる原因がこれに該当する。地下水位の変動は、地域的、季節的に大小異なるものの、自然的誘因もしくは人為的誘因によって変動しながら存在している点に特徴がある。

このうち、自然的誘因による地下水位の変化の要因と変化の方向性は、表7-1のとおりであるが、特定の環境問題に限定されない、各種気候条件に関する定性的傾向を把握する、一般的な指標群となろう。

これに対して、人為的誘因による地下水位の変化要因等は、表7-1のとおり、自然的誘因と異なり、対策の実施や制御が可能な要因である。こうした誘因、要因を把握していくための指標として、地下水の水質、水位、水量、地下水・地盤環境に関する補助的指標が選定されるべきであろう。

表6 今後設定されることが望ましい環境指標の指針案

対策名 (Issues)	環境への負荷 (Pressure)	環境の状態 (State)	社会の対応 (Response)
地下水の現況把握	カテゴリー1 地下水位の変化が生じる原因を把握する指標群 カテゴリー2 地下水位の変化がもたらす環境影響を把握する指標群 カテゴリー3 関係主体の取組みを把握するための領域別の指標群 影響 地下水の健全性を示す総合的環境指標		意思決定情報
地下水の適正利用			
広域的調整、規制指導			
地下水質保全対策			
地下水涵養対策			

出典）著者作成

表 7-1 地下水位の変化をもたらす要因と変化の方向性

地下水位変化の誘因と 条件区分				地下水位変化の要因		水位変化傾向		
自然的 要因	潮位			感潮域		潮位に連動して上昇／低下		
	気圧	被圧層の場合		低気圧		間隙水圧は低下し水位は上昇		
				高気圧		間隙水圧は上昇し水位は低下		
	降雨（降雪）	豊水年		降雨涵養量増加		上昇		
		渇水年		降雨涵養量減少（地下水利用増加）		低下		
気候	温暖化		氷河等融解→涵養量増加・海面上昇		上昇			
	寒冷化		氷河等形成→涵養量低下・海面低下		低下			
人為的 要因	都市水源	地下水利用		過剰摂取		低下		
				採取規制→地下水採取量低下		上昇		
	農村環境	農業用水 （表流水依存）	水田	水田涵養量増加		上昇		
			減反	水田涵養量減少		低下		
		農業用水 （地下水依存）	水田	[水田涵養＜地下水採取量]		低下		
			減反	地下水採取量低下		回復（上昇）		
	涵養域	森林伐採・大型開発など		表面流出率増加→涵養量低下		低下		
		緑化地域拡大		表面流出率低下→涵養量増加		回復（上昇）		
	地下工事	地下水位低下工法		地下水位低下工法		低下		
		地下構造物設 置	流動阻害	上流側	上流側ダムアップ		上昇	
				下流側	下流側せき止め		低下	
			漏水	構造物内へ	漏洩水排水		低下	
				構造物外へ	圧力水（上下水道管など）の場合		上昇	
河川構造物	ダム・堰		設置	湛水→地下水涵養水源増加		上昇		
			撤去	貯留水消滅→地下水涵養水源減少		低下		

出典）地盤工学会（2008，P.78）表 3-4、P.79 表 3-5 により作成。

②カテゴリー 2（環境の状態）の指標のあり方

カテゴリー 1 は、地下水位の変化の原因を把握していくものであるのに対して、カテゴリー 2 では、地下水環境の状態、つまり、地下水位の変化がもたらす環境影響の発現状況を把握する指標となる。

具体的には、地下水の水質（環境基準適合状況等）に加え、表 7-2 に示すような、地下水位の変化（低下・上昇）に伴う、環境への影響の発現状況をモニタリングするための指標群である。また、地下水に関する環境問題は、表 7-3 に示すとおり、一次的現象から二次的環境影響に連鎖していくため、この点を把握する指標群も必要となろう。

こうした地下水の現状（問題点）を把握する指標群に加え、水循環計画において目標とする将来像を示す環境指標や目標値についても設定されるべきである。

③カテゴリー 3（社会の対応）の指標のあり方

カテゴリー 3 では、カテゴリー 1、2 の指標がもたらす環境情報（意思決定情報）に基づいて関係主体が行う課題への対応状況とその成果（有効性・貢献度）の把握が課題となる。

具体的には、地下水位の回復や地下水環境問題への対応など、関係主体の取り組み状況を把握するための指標群に加え、実施された対策の成果、つまり、課題改善や目標達成の程度（有効性）や、目標達成への貢献度を確認、評価していくための指標の設定が望まれる。

また、以上の①から③の指標により把握した、地下水の水位、水質、地盤環境など、複数の評価指標の示す情報を集約、統合し、地下水の地域的環境特性や健全性を把握するための「総合的環境指標」の設定と評価結果の類型化も課題となるであろう。

表 7-2 (1) 地下水位の低下が及ぼす環境影響

地域特性項目			地下水位の低下に伴う発生現象	
			不圧帯水層	被圧帯水層
自然環境	地盤	粘土層（圧密層）分布	地盤沈下	
		表層に緩い砂層	-	-
		帯水層（還元性地盤）	酸欠空気発生等化学影響	
		不飽和地盤	-	-
	土壌	湿潤土壌	湿性生態系減退、ヒートアイランド	-
		乾燥土壌	-	-
	湧水		湧水枯渇	
	地域	沿岸	塩水化（地下水質）	
		斜面	-	-
社会環境	井戸利用地域		井戸涸渇等井戸障害	
	地下空間（トンネル・地下街など）		-	-
	既設構造物		沈下・変状	
	地下工事		-	-

出典）地盤工学会（2008, p.83）

表 7-2 (2) 地下水位の上昇が及ぼす環境影響

地域特性項目			地下水位の上昇に伴う発生現象	
			不圧帯水層	被圧帯水層
自然環境	地盤	粘土層（圧密層）分布	-	-
		表層に緩い砂層	液状化危険度増大	不圧帯水層の水位上昇の誘因
		帯水層（還元性地盤）	-	-
		不飽和地盤	水浸沈下	-
	土壌	湿潤土壌	-	-
		乾燥土壌	乾燥生態系減退	-
	湧水		-	-
	地域	沿岸	海水の淡水化（海中生態系影響）	
		斜面	斜面崩壊危険度増大	
社会環境	井戸利用地域		-	-
	地下空間（トンネル・地下街など）		湧水量増加（排水処理必要）	
	既設構造物		浮力発生浮上り・支持力低下	
	地下工事		地下水対策必要	

出典）地盤工学会（2008, p.85）

4 おわりに

本稿では、「水循環計画」の特性を解明し、計画に包摂される対策の特徴を明らかにするとともに、地下水保全再生対策に関する評価指標の選定指針の提示を試みた。

流域圏の現状の実態把握と対策の実施にあたり、水循環計画や環境指標に期待される役割は大きい。環境指標の分析の箇所で見えてきたように、流域の問題構造の諸関係や、地下水環境の全体像を総合的視点に立って把握し、対策の評価を可能とする指標とはなっ

表 7-3 地下水位の変化が及ぼす環境への影響

地下水位変化	一時的現象	二次的環境影響
低下	井戸涸渇	回復後の水質悪化
	地盤沈下	ゼロメートル地帯創出・進行、高潮危険度増大、都市洪水危険度増大、建物不同沈下、接続管路切断
	地下水の塩水化	沿岸地域地下水利用（農業用・飲用）への影響
	木杭の腐食	基礎支持力低下（構造物の不同沈下・変状・倒壊）
上昇	液状化危険度増加	表層が緩い砂地盤地域での地震時の液状化
	建物揚圧力増加	既設建物解体時の構造物の不安定化
	基礎支持力低下	構造物の不同沈下（変状・倒壊）、近接施工時の近接構造物への影響
	海水の淡水化	沿岸隣接域生態系への影響

出典）地盤工学会（2008, p.98）

いない状況が見られる。また、繰り返しになるが、平常時の河川流量の減少、雨天時の河川流出量の増加、各種排水による水質汚濁、水辺空間における水質浄化機能の低下や水生植物の生育機能の低下、水源地における森林の荒廃、さらには、気候変動が水循環に及ぼす影響などが、各流域圏で顕在化しており、流域を単位とする「水の循環系の健全化（再生）」が喫緊の課題となっている中で、地方自治体においては計画の実効性が疑問視される状況が観察されたところである。

こうした現状に鑑みて、行政実務担当者や住民をはじめとする関係主体が科学的な根拠（evidence）に基づいた指標の選定、活用を可能とするための指針を提案したところである。この選定指針はあくまで方向性のみを示した抽象的なものであり、他の水循環計画における指標の活用状況を参照しつつ、さらに指標体系として具体像を明らかにしていくことが今後の課題となる。

指標体系モデルを構築していこうとする試みに対しては、評価指標は個別の評価目的に

沿って本来取捨選択されるべきものであり、そうした側面を軽視した、総花的なカタログを提示するものという批判が考えられる。また、目標の明示的な設定は、手段たる行動の合目的性、行動結果の適合性、計画の成否の度合いの判定を容易にする反面で、目的の単純化、判定基準の単純化という問題点を内在している（西尾, 1990, p.264）ことも確かではある。

しかし、より重要な課題は、各流域固有の課題を分析、評価するために必要な指標を選定し、それを活用した政策や環境配慮活動の実践により、計画の実効性を向上させ、水循環の健全化（再生）を実現していくことである。こうした実践活動を通じ、「地下水の保全・再生対策」の評価指標体系モデルが政策形成や環境配慮行動などの意思決定に有用かどうかという観点から、検証が行われていく必要があると考えている。

以上、省みて論ずべき問題が多々あるため、他日を期することとしたい。

[注]

- 1)群馬県内を中心とする具体的な影響の広がりについては、上毛新聞（2012.9.15 記事）、日本経済新聞（2012.9.15 北関東版記事）、読売新聞（2012.9.15 群馬版記事）に詳しく報道されている。
- 2)本稿では、「対策」という用語により、行政活動（政策・施策・事業）と、行政以外の関係主体が行う取り組みについて総称している。
- 3)47 都道府県のホームページを閲覧し事例収集を行った（調査期間 H24.8.30～9.20）。
- 4)実現性とは、事業が計画通りに執行されたかどうかに着目した概念であり、計画の執行過程の「管理」を課題とするもの。有効性とは、計画の実施によって、計画が最終的な目標としていた内容がどこまで達成されたのかという、計画の達成成果に関する「評価」を課題とするものである（斎藤，1994，p.2-6）。
- 5)最近では、PSR モデルにおいて P で表現されていたもののうち、汚染物質の排出量など、環境への負荷量を P として捉え、その背後にある負荷発生の駆動力を D として捉えるとともに、S を汚染物質濃度など環境の状態量と、これによる人間や生態系への影響 I（impact）に分離した D-P-S-I-R フレームワークが標準となりつつあるが（森口，2006，p.139）、本稿では議論を単純化していくため、PSR モデルを活用していく。

参考文献

- 岡安徹也（2004）「研究報告・健全な水循環系構築のための計画づくりに向けて」，JICE REPORT 第 5 号，pp.9-15
- 国土交通省（2011）「日本の水資源（平成 23 年版）」
- 斎藤達三（1994）『総合計画の管理と評価—新しい自治体計画の実効性』，学陽書房
- 地盤工学会（2008）『入門 34 地下水を知る』丸善
- 丹保憲仁・丸山俊朗編（2003）『水文大循環と地域水代謝』，技報堂出版
- 内藤正明・西岡秀三・原科幸彦（1986）『環境指標—その考え方と作成手法（計画行政叢書

②）』，学陽書房

- 内藤正明・森田恒幸（1995）『「環境指標」の展開—環境計画への適用事例（計画行政叢書 ⑧）』，学陽書房
- 中口雅博（2003）「日本における地域レベル環境指標の活用の現状と課題」PRI Review 第 7 号（2003 年冬季），pp.39-47
- 西尾勝（1990）『行政学の基礎概念』，東京大学出版会
- 日本地下水学会・井田徹治（2009）『見えない巨大水脈・地下水の科学』，講談社
- 拙稿（2011）「環境指標と行政評価指標の関係に関する一考察」，中央学院大学社会システム研究所紀要（11-2 号），pp.63-72
- 拙稿（2012）「群馬県環境基本計画の見直し結果の分析—環境指標の設定状況を中心に—」，中央学院大学社会システム研究所紀要（12-1 号），pp.63-72
- 村上篤司・藤川格司・石川良文（2008）『環境情報科学』，共立出版
- 森口祐一（1998）「持続可能な発展の計測方法」内藤正明・加藤三郎編『岩波講座地球環境学 10 持続可能な社会システム』，岩波書店，pp.97-126
- 森口祐一（2006）「環境指標とその開発の枠組み」環境経済政策学会編・佐和隆光監修『環境経済・政策学の基礎知識』，有斐閣，pp.138-139
- 守田優（2012）『地下水は語る—見えない資源の危機』岩波書店

行政資料

- 神奈川県（2011）「第 2 期かながわ水源環境保全・再生実行 5 か年計画」
- 健全な水循環系構築に関する関係省庁連絡会議（2003）「健全な水循環系構築のための計画づくりに向けて」
- 今後の地下水利用のあり方に関する懇談会（2007）「健全な地下水の保全・利用に向けて—『今後の地下水利用のあり方に関する懇談会報告—』」
- 栃木県（2004）「栃木県水環境保全計画」
- 富山県（2006）「富山県水ビジョン」
- 長野県（2008）「長野県水環境保全総合計画」

Preliminary Consideration of the Attributes of Water Cycle Schemes and Their Evaluation Indicators

Kenichi HAYASHI

Gunma Industrial Technology Center, Gunma Prefecture / Visiting Researcher,
Chuogakuin University, Research Institute of Social System

Abstract

This paper aims to clarify the attributes of the water cycle schemes that local authorities are utilizing as a way of responding to the policy issue of developing a healthy water cycle system. It also aims to consider what evaluation indicators, which are an important issue when it comes to overseeing and evaluating the schemes, should be like.

The consideration finds that, with regard to the attributes of the schemes, the existing policies on water environment and water resources are at a point where they are being viewed in a new way cross-sectorally from the standpoint of the water cycle. As a result of such attributes, there are fears that the schemes will lack focus.

Consequently, the consideration points out that, when formulating or reconsidering the schemes, it is necessary to clearly articulate the schemes' role. Namely, it must be clarified whether they will be specialized to act as a vision designed to adjust and steer the related sectors toward developing a healthy water cycle, or whether they will consist of strategic schemes centering on priority measures.

Next, in order for the interested parties to select indicators based on scientific grounds and to facilitate their use, the paper presents selection guidelines for indicators centering on groundwater conservation and recovery measures. It asserts that fleshing out indicator systems based on these guidelines is a task that lies ahead.