

3. 健全な水循環系の構築

1999年10月の健全な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。

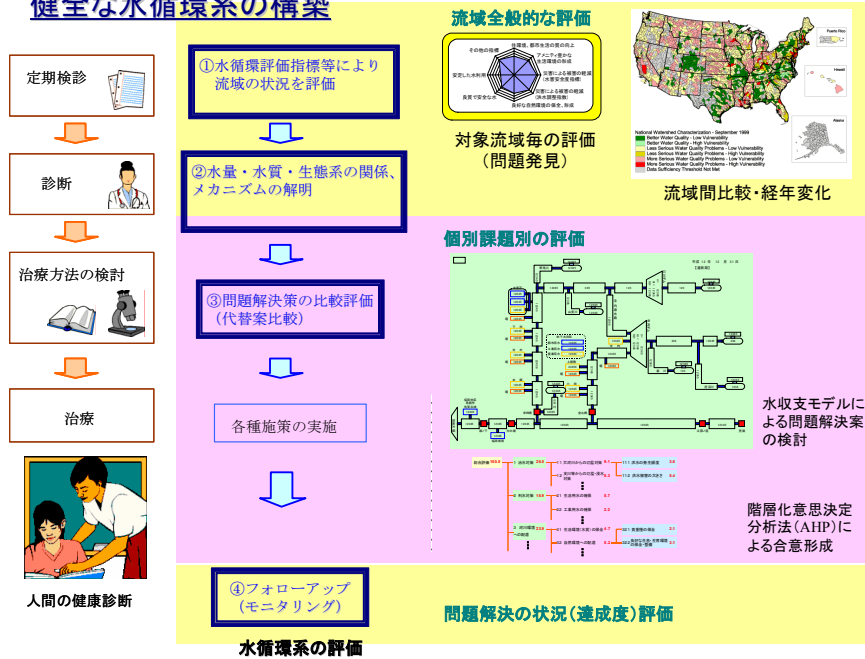
水循環系は大循環、中循環及び小循環に分けることができる。大循環は雨が地表、地下をたどり、河川を通じて海まで達するという流域全体の水循環系、中循環は都市域など一定の広がりをもった地域における水循環系で河川や水路、下水道など、自然の循環系と人工の循環系が互いに結びついたもの、小循環は各家庭、事業所単位の小さな水循環系で最も基本的単位とそれぞれ考えることができる。それぞれの規模ごとにとり組みは異なることから、水循環系の問題の性質によって、適切な流域（大流域、中流域、小流域）を設定していく必要がある。特に大循環を考える場合は流域外との関わりも生じる。本研究では「流域管理」の観点から、流域における取り組みを想定した水循環系を主たる対象とすることとしており、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。

健全な水循環系の構築は発生している問題に対して個別に対応するだけでなく、流域の視点から治水・利水・環境のバランスを考慮して健全な水循環系の構築をめざす総合的な取り組みであると考えられる。水循環系の健全性を確保するための取り組みを支援するために、流域全体の治水・利水・環境のバランスを考えた総合的な評価手法を提示することとしている。

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－1）。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、さらに健全化の取り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することによってし、各主体のそれぞれが主体的な取り組みを促進することが水循環評価には期待される。

水循環評価は図－1 ①にある流域総合評価と②③にある個別評価の両方を総称している。本研究では①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り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指標の作成、②③として、問題解決策の比較評価のツールの作成を実施し、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り組みを可能にする手法を検討する。

健全な水循環系の構築



図－1 水循環評価と健康診断の比較

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

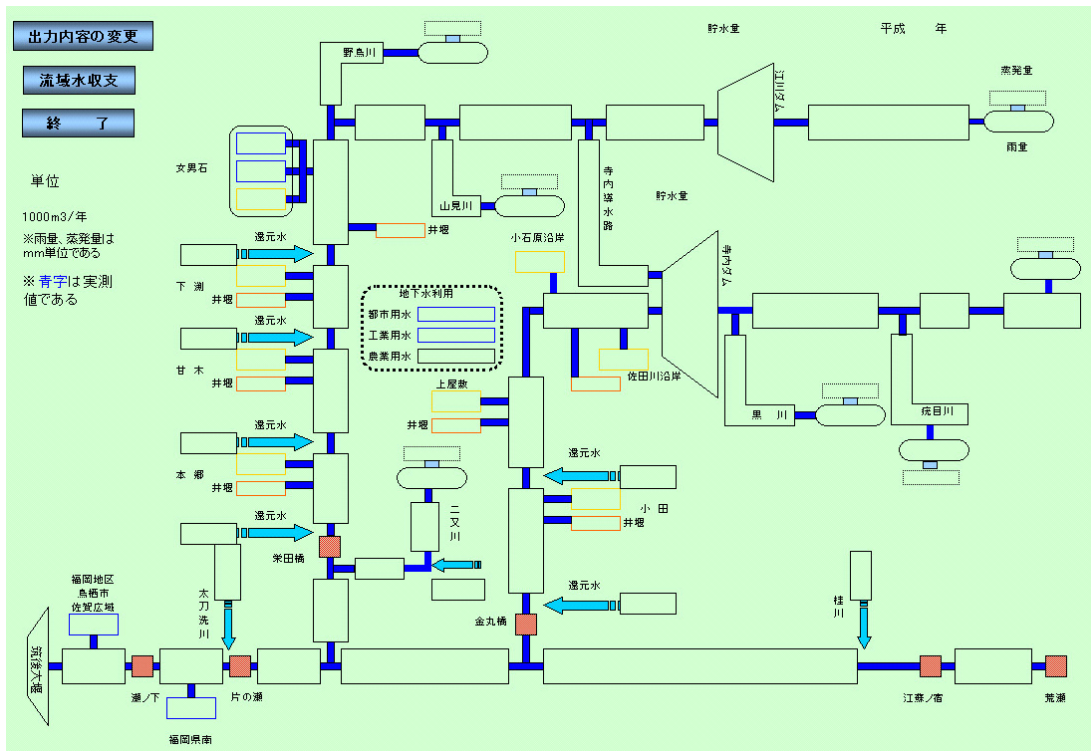
3. 1 水収支モデル

健全な水循環系を構築するための問題解決策は、トレードオフ関係にある水量、質といった各要素間の最適な解決策を見出していく評価比較が必要である。水量についての水利関係者間の調整に資するツールの一つとして水収支モデルを開発する。

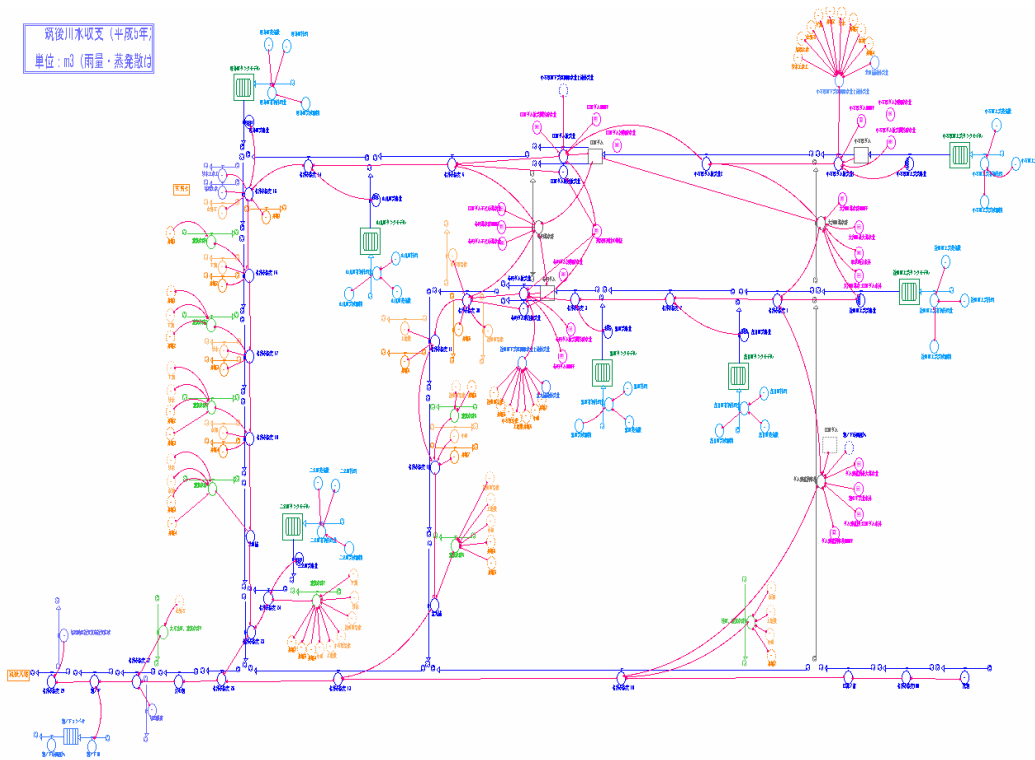
水を適切に配分して健全な水循環系を構築するためにツールとして、水収支モデルの作成を行った。環境意識の高まり等を背景に水資源に対する人々の価値基準は多様化する一方で新たな水資源開発は難しいことが多く、関係者の合意を得つつ、既存施設を有効に活用することが求められている。多様な価値を伴う水資源の配分は単一の方法で各種開発計画を評価し合意を得ることは困難になっており、こうした多様性に対処する意味で計画策定時の関係者間の議論、住民参加が重視されるようになってきている。そのため、健全な水循環系を構築するため、参加型意思決定を支援するツールとして水収支モデルの開発を行った。

参加型合意形成を現実に行うには、どのようにして全ての関係者が納得する解決方法を見つけるか、その意思決定プロセスを工夫する必要がある。とりわけ水利用が複雑化した流域では参加型合意形成は容易ではなく、関係者が意思決定に参加することを支援するツールが必要になるものと考えられる。意見調整プロセスにおいて流域の将来の予測あるいは各関係者の取組みによって想定される結果を考慮しながら議論を行うことを手助けするため、行政、専門家、その他関係者が集まってシミュレーションを行うモデルを作成する事例が米国にあるが、国総研では、このモデルを参考にして、わが国の背景に適合した参加型合意形成を支援するツールの作成を試みるケーススタディを筑後川水系小石原川・佐田川流域で行った。

当該流域の主な水利用は農業用水、工業用水、水道用水であるが、近年、湧水・地下水枯渇が懸念され、その保全・復活が期待されている。しかし、当該流域では水利用が高度に進み、複雑化しており、関係するデータがどの程度、整備されているかということも含めて、現状把握そのものが困難になっている。そのため、まず現状をどこまで把握できるかを明らかにするため、関係者でデータを持ち寄ってデータベースを構築し、その上で各種施設の影響、関係者の取組み等をシミュレーションするモデルの作成を試みた。入手できる範囲でデータベース、シミュレーションモデルを構築し、ある時点での取水量を変化させたときの流況の変化、既設の施設がなかったと仮定した時、あるいは逆に計画中の施設があった場合等のシミュレーションが可能な水収支モデルを作成したが、図-3. 1. 1は Excel®によるモデルと STELLA®を組み合わせたモデルの流域の状況を示したものである。



(1) EXCEL®による表示例



(2) STELLA®によるモデル表示例

図-3. 1. 1 水収支モデル

3. 2 合意形成を目指した代替案比較ツールの開発

3. 2. 1 はじめに

近年、財政事情や社会経済事情の変化等を背景として、社会資本整備における効率性・透明性・客観性、及び、その説明責任がこれまで以上に求められている。そのため、各事業分野においては、客観性の高い評価手法として費用便益分析（Cost Benefit Analysis）を用い、経済効率性に着目した評価が実施されている。しかし、現在の技術では、貨幣換算が困難効果・影響も未だ少なくなく、経済効率性に着目した費用便益分析結果のみをもって事業の必要性・有効性を意志決定する困難さも指摘されている。そのため、費用便益分析結果も1つの意志決定材料としつつ、貨幣換算が困難な効果項目も含めた形での総合評価手法の確立が求められている。

費用便益分析において計測が困難な項目（貨幣的価値では評価できない項目）等については、多基準分析手法を用いることで、その重要度を定量化し、費用便益分析とあわせて事業の総合的評価が可能となる。

そこで、本研究では、多基準分析手法のひとつである AHP（階層化意思決定法）の河川事業への適用について検討し、河川事業における代替案比較手法について整理した。

3. 2. 2 AHP（階層化意思決定法：Analytic Hierarchy Process）について

AHP は、問題の要素を最終目標－評価基準－代替案の関係で捉えて、階層構造を作り、最終目標からの観点によって評価基準を設定し、各代替案（施策）の重要度を評価する手法である。そして、最終的には最終目標からみた代替案の評価換算が可能となる方法である。AHP は代替案に却下線を担保しながら定量的に評価可能である点が他の多基準分析手法より優れており、またわかりやすさ・手軽さ・説明性等の観点から意志決定問題において多くの実績を有しているといわれている。

3. 2. 2. 1 AHP の基本的な考え方

AHP を使って問題を解決するには、問題の要素を、「最終目標 ⇒ 評価基準 ⇒ 代替案」の関係でとらえて段階構造を作り上げる。そして、最終目標からみて評価基準の重要さを求め、次に各評価基準からみて各代替案の重要度を評価し、最後に、これらを最終目標からみた代替案の評価に換算する。AHP はこの評価の過程で、経験や勘を生かして、これまではモデル化したり定量化したりすることが難しかったことも扱えるのが特徴である。

AHP は次に示す 3 段階から成り立つ。

① 第一段階 問題の階層化

複雑な状況下にある問題を、階層構造に分解する。ただし、階層の最上層は 1 個の要素からなり、総合目的（ゴール）である。それ以下のレベルでは意思決定者の主観的判断により、いくつかの要素が 1 つ上のレベルの要素との関係から決定される。

② 第二段階 要素のペア比較

各レベルの要素間の重み付けを行う。つまり、ある1つのレベルにおける要素間のペア比較を、1つ上のレベルにある関係要素を評価基準にして行う。Nを比較要素数とすると、意思決定者は $n(n-1)/2$ 個のペア比較をすることになる。さらに、このペア比較に用いられる値は、 $1/9, 1/8, \dots, 1/2, 1, 2, \dots, 8, 9$ とする。

③ 第三段階 優先度の計算

以上のようにして得られた各レベルのペア比較行列（既知）から、各レベルの要素間の重み（未知）を計算する。これには行列の固有ベクトルの考え方をを使う。

なお、このペア比較行列は逆数行列であるが、意思決定者の答えるペア比較において首尾一貫性のある答えを期待するのは不可能である。そこで、このあいまいさ（不整合性）の尺度として、コンシステンシー指数を定義する。

各レベルの要素間の重み付けが計算されると、この結果を用いて階層全体の重み付けが計算され、この結果を用いて階層全体の重み付けを行う。これにより、総合目的に対する各代替案のプライオリティ（優先度）が決定する。

3. 2. 2. 2 AHPの実施手順

AHPの分析は、図3-2-1に示すような流れに沿って実施する。主に、次に示す4段階である。

- ① 評価項目の体系化と評価指標の設定
- ② 評価項目のウェイト付け
- ③ 対象事業の採点
- ④ 総合評価値の算出

まず、多種多様な評価項目を網羅的に樹形図（ツリー）形式に整理し、その項目間の重要度（ウェイト）を計測する。ウェイトは評価基準設定者を被験者とした評価項目間の一対比較アンケートにより数量化する。次に、整理した評価体系の細項目を評価基準として、評価対象の事業について評点をつける。最後に項目間のウェイトと評点から総合評価値を算出する。この手順を踏んで求められた評価項目体系、項目間ウェイト、および対象道路の評点は、評価者が納得するまで合意形成を図らなければならない。したがって、必要に応じてフィードバックを繰り返して修正を行い、同時に全体の整合性を見直すことが必要である。

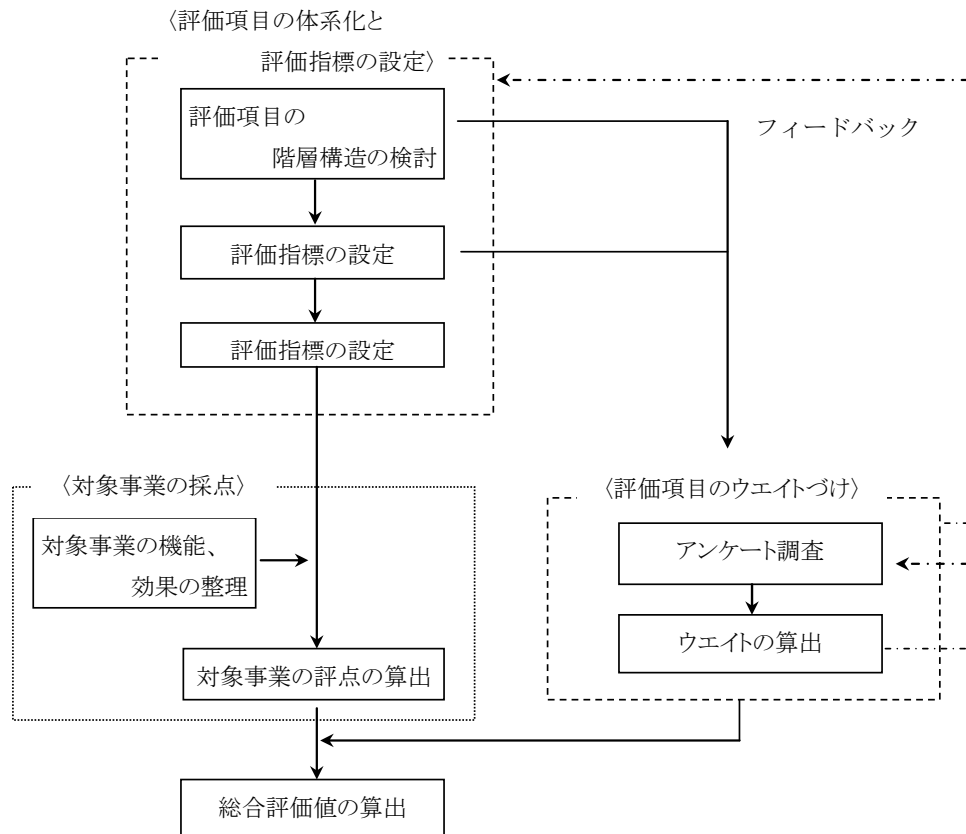


図 3-2-1 AHP の実施手順

3. 2. 3 AHP の河川事業への適用検討

3. 2. 3. 1 河川事業における評価項目の設定と体系化（階層構造化）

1) 評価目的の整理

評価項目の設定に先立って、本調査で AHP を用いて評価する目的について整理する。先述の通り、AHP は意思決定を合理的に実施するうえでの有効な手段である。その用途（用途）としては、大きく以下の 2 点が想定される。

(1) 個別事業を対象とした事業効果の確認

- ・ 個別事業における複数の代替案（例えば、治水優先型事業、環境保全型事業など）の優劣を比較するための評価を行う。
- ・ 従来型の B/C が、主に治水効果のみを評価していた点を勘案し、B/C の結果に加えて B/C 以外の効果や事業の実施環境（実現性、技術的難易度など）を評価項目として、各代替案を総合的に評価する。

(2) 対象河川が目指すべき方向性の明確化

- ・ 対象河川で必要な個別事業を検討する前に、対象河川が今後目指すべき方向性を明確化するための評価を行う。

- ・ 今後の河川整備を行う上で重要な項目を整理し、対象河川で特に何が必要なのかを評価する。個別事業については、その評価結果に基づいて、ウエイトが大きい（効果が大きい）項目に関連する事業を優先的に実施していく。

(1) は事業の代替案の優劣を比較するもの、(2) は対象河川の長期計画（河川整備計画など）策定時の実施を想定したものであるといえる。いずれも重要な使途であるが、本調査では、まず、現場（河川事務所等）での使用を想定し、主に(1)の目的で適用可能な手法を整理することとした。

2) 評価項目の設定と階層構造化

評価項目は、以下の内容を基本に設定した。

- ・ 評価の体系をわかりやすくするため、評価要素間の関係を多段階の階層構造として記述する。階層は、「大項目」、「中項目」、「小項目」を基本とする。
- ・ 大項目は、「河川整備（事業）の目的」とする。
- ・ 中項目は、「河川整備の目的を実現するための方策（実現方策）」とする。
- ・ 小項目は、「事業実施による実施効果や影響等」とする。

評価項目について本調査では、大項目から小項目について、新河川法に記載された目的を踏まえ、河川整備事業に求められる視点や評価項目を、既存の河川整備基本方針や河川分科会の取りまとめを参考に設定する（出来るだけ全国共通のものとして捉える）。河川整備基本方針が策定されている一級河川の内容を参考にした。参考とした箇所は、「1. 河川の総合的な保全と利用に関する基本方針」、河川分科会とりまとめの「Ⅲ. 主要な施策展開」である。

資料を収集・整理し、設定した評価項目と階層構造を以下に示す（図 3-2-2）。

【全体比較＜大項目の比較＞】

- | | | |
|-------------|---|--------------------------|
| ・ 治水対策 | ： | 災害の発生の防止、軽減 |
| ・ 利水対策 | ： | 水資源の確保、普段の河川水量の確保 |
| ・ 河川環境への配慮 | ： | 河川環境の整備と保全 |
| ・ 社会的影響への配慮 | ： | 住民や地域への影響に配慮 |
| ・ 事業効率 | ： | 事業の効率的(投資費用に対する効果の割合)な実施 |

【治水対策に関する評価項目＜中項目の比較＞】

- | | | |
|-----------------|---|---------------|
| ・ 大河川からの氾濫対策 | ： | 大河川からの洪水被害の防御 |
| ・ 支川等からの氾濫・浸水対策 | ： | 支川等からの浸水被害の防御 |

- ・ 高潮対策 : 海岸付近の高潮被害の防御
- ・ 住民の防災意識の高揚 : 住民の防災に対する意識の高揚

【大河川からの氾濫対策に関する評価項目<小項目の比較>】

- ・ 洪水の発生頻度 : 洪水が発生する回数の減少
- ・ 洪水被害の大きさ : 同じ洪水が起こった場合の被害最小化

【利水対策に関する評価項目<中項目の比較>】

- ・ 生活用水の確保 : 水道用水を確保
- ・ 工業用水の確保 : 工業用水を確保
- ・ 農業用水の確保 : 農業用水を確保
- ・ 普段の河川水量の確保 : 魚類(アユなど)や水質、景観等に必要な普段の河川水量を確保
- ・ 節水など水利用に対する住民意識の高揚

【河川環境への配慮に関する評価項目<中項目の比較>】

- ・ 生活環境の保全 : 水質の保全
- ・ 自然環境への配慮 : 多様な動植物の生育環境への配慮
- ・ 河川空間の整備と保全 : 河川空間環境(親水性など)への配慮
- ・ 河川内の土砂・樹木対策 : 河川内の土砂や樹木の適切な管理
- ・ 良好な川の風景の保全 : 川における風景(見た目)に配慮
- ・ 河川美化など維持管理への住民参加

【自然環境への配慮に関する評価項目<小項目の比較>】

- ・ 貴重種の保全 : 貴重な動植物への配慮
- ・ 良好な生息・生育環境の保全・整備 : 動植物全般の生息・生育環境への配慮

【河川空間への配慮に関する評価項目<小項目の比較>】

- ・ 流域に伝わる文化の継承 : 流域の歴史・文化に配慮
- ・ 親水性の確保 : 魚釣り・水遊びの場など水辺への近づきやすさに配慮
- ・ レクリエーション空間の確保 : 公園・運動場など散策・スポーツ活動等に配慮

- ・ 自然・環境学習の場の確保： 自然観察・環境学習としての場の確保に配慮

【社会的影響への配慮に関する評価項目＜中項目の比較＞】

- ・ 地域住民の生活環境： 地域住民の移転等、住民生活への影響
- ・ 地域活性化： 地域づくり・まちづくりに対する効果出現への努力

【地域住民の生活環境に関する評価項目＜小項目の比較＞】

- ・ 居住地環境： 事業に伴う住居の移転等、居住地および居住地環境への影響
- ・ 生活基盤： 事業に伴う農地等の買収、その他の生活基盤に配慮

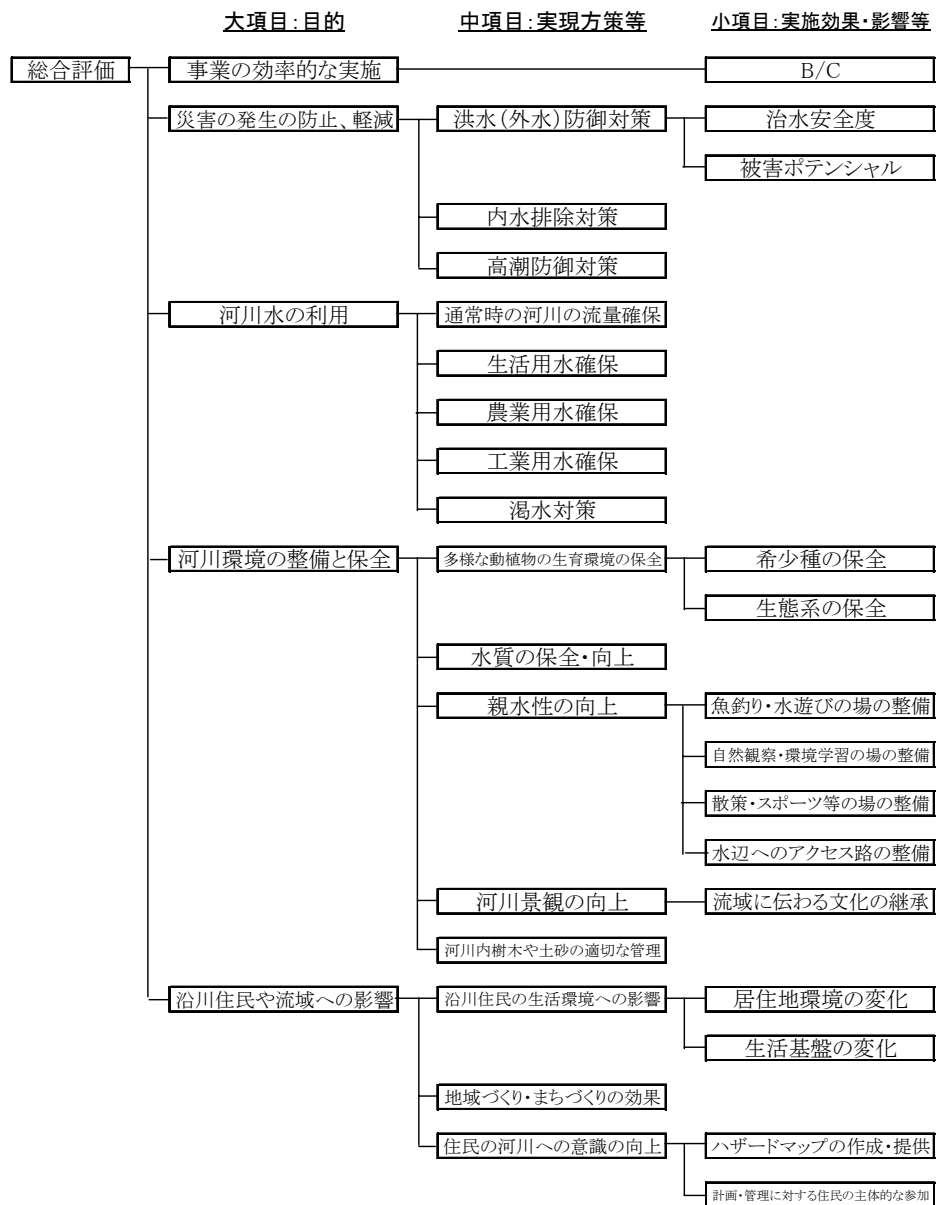


図 3-2-2 評価項目の階層構造

3.2.3.2 適用する AHP 手法について

これまで設定した階層構造に従い、大項目から中項目、小項目の順に質問する形式とした。回答者に階層構造と評価項目を示し、それらの構造と内容をもとに大項目、中項目、小項目の評価項目のうち、どちらがより重要かを9段階で答える形式としている(表 3.2.1)。

表 3.2.1 アンケート形式

	常に左側が重要	左側がかなり重要	左側が重要	やや左側が重要	同じ程度	やや右側が重要	右側が重要	右側がかなり重要	常に右側が重要	
治水対策	*	-	*	-	*	-	*	-	*	利水対策
治水対策	*	-	*	-	*	-	*	-	*	河川環境への配慮
治水対策	*	-	*	-	*	-	*	-	*	社会的影響への配慮
治水対策	*	-	*	-	*	-	*	-	*	事業効率
利水対策	*	-	*	-	*	-	*	-	*	河川環境への配慮
利水対策	*	-	*	-	*	-	*	-	*	社会的影響への配慮
利水対策	*	-	*	-	*	-	*	-	*	事業効率
河川環境への配慮	*	-	*	-	*	-	*	-	*	社会的影響への配慮
河川環境への配慮	*	-	*	-	*	-	*	-	*	事業効率
社会的影響への配慮	*	-	*	-	*	-	*	-	*	事業効率

本調査は、AHPの河川事業への適用可能性について検討するものであるため、アンケートではAHPに必要な設問のほかに、評価項目やアンケートの回答のしやすさ等についても訊く項目を設けた。アンケートで設けた設問は以下の通りである。

【設問内容】

- ・ 個人属性に関する設問（性別、年齢、所属（職員か否か）、流域への居住の有無、居住年数、河川への訪問頻度）
- ・ AHPに必要な一対比較に関する設問
- ・ 追加したほうが良いと思う評価項目、アンケート自体について（自由記述）

3. 2. 4 モデル地域での AHP の適用

3. 2. 4. 1 アンケート調査

本調査では、A 川流域をモデル地域として選定し、アンケート調査を実施した。AHP は、評価対象に対して、ある程度の知識を有する者に対して、実施すべきものであるとされる。したがって、本調査では、河川管理者とその関係者に対して、アンケートを実施した。

大項目間の比較結果を次に示す。また、回答の傾向を把握するために、「左側が非常に重要」を 1、「左側がかなり重要」を 2 といった順で点数付けをし、その平均と標準偏差を整理した。今回の調査では 9 水準を設定したため、「同じ程度」の評価は 5 となる。したがって、平均値が 5 以下であれば左側が重要、5 以上であれば右側が重要と考える回答者が多いということになる。標準偏差は、回答のばらつきを確認する指標であり、この値が大きいほど回答者によって評価が分かれる比較内容であるといえる。

さらにここでは、「同じ程度」とした回答が全回答に占める割合を整理している。この値が大きいほど、回答者が比較に迷う（判断が難しい）内容か、もしくは情報不足等により評価対象そのものが“わからない”内容になっている可能性がある。

よって、アンケートの信頼性を確保するためには、これを出来るだけ少なくする工夫が必要である。

表 3-2-2 大項目の一对比較結果

問2-1	に左側が非常に重要	り左側がかなり重要	左側が重要	重左側がやや	同じ程度	重右側がやや	右側が重要	り右側がかなり重要	に右側が非常に重要	
治水対策	3	2	10	9	27	5	2	0	3	利水対策
治水対策	1	2	8	13	20	7	7	1	2	河川環境への配慮
治水対策	1	3	8	10	29	5	4	0	1	社会的影響への配慮
治水対策	4	2	14	19	18	1	2	0	1	事業効率
利水対策	1	0	2	12	29	8	6	1	2	河川環境への配慮
利水対策	0	0	5	15	25	9	6	0	1	社会的影響への配慮
利水対策	2	2	8	12	24	9	3	0	1	事業効率
河川環境への配慮	3	1	8	14	25	9	1	0	0	社会的影響への配慮
河川環境への配慮	2	4	13	14	22	4	2	0	0	事業効率
社会的影響への配慮	2	1	8	14	30	6	0	0	0	事業効率

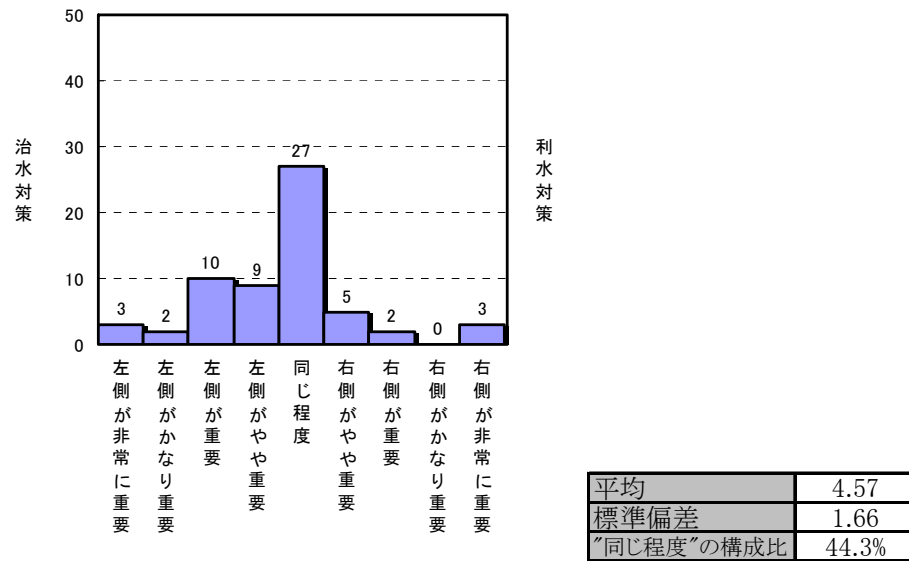


図 3-2-3 「治水対策－利水対策」間の比較の度数分布

3. 2. 4. 2 AHPによるウェイトの算出

アンケート調査結果から、各項目間の重み付けを計算し、総計（総合評価の値）が 100 になるように、ウェイト付けると、図 3-2-4 のようになる。

アンケート調査結果対し、整合度指標（C.I：コンステンシー指標）を用いて、回答結果の論理的な矛盾や不整合を判断したところ、C.Iの値が基準値以内に収まっており、設定した評価項目と階層構造の妥当性が確認された。

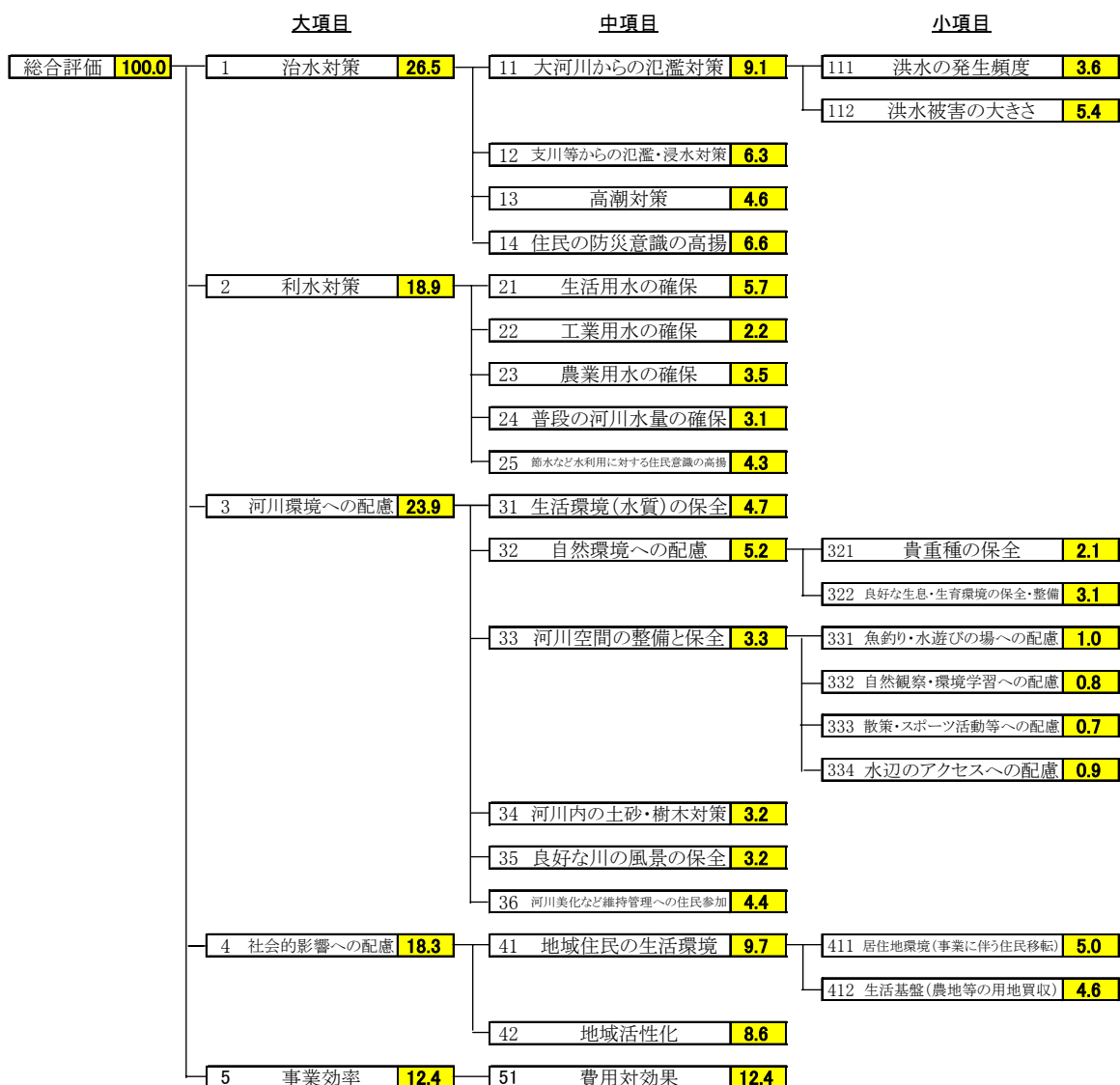


図 3-2-4 ウェイト付け結果

3. 2. 5 まとめ

3. 2. 5. 1 手法の汎用性について

本調査では、A川流域をモデル地区として選定し、AHPの適用可能性について検討した。その結果、構築した評価項目と階層構造が分析に耐えるものであることが確認された。

しかしながら、河川の評価項目は多様でかつ地域による差異が大きいものと考えられる。例えば、「治水対策」と「河川環境への配慮」のトレードオフ関係は、都市部と地方部とで大きな差異が生じる可能性があるものと推測される。また、観光面での活用が見られる河川では、評価項目についても追加検討が必要となる。

さらに、今回の結果は河川管理者としての立場から評価されたものが多数含まれており、評価対象に対する知識は十分であるが、河川にかかわる多様な団体(河川愛護団体、NPO、

漁業関係者等)からの評価および結果の検証が十分ではない。

今後は、本調査で構築した階層構造を他地域においても適用するとともに、河川に係る多様な団体にも協力を依頼し、評価項目や階層構造の妥当性や地域独自の視点について確認することで、手法の汎用性を確保する必要がある。

3. 2. 5. 2 アンケート手法について

本調査で実施したアンケートによって明らかとなった、アンケート手法自体の課題としては、大きく以下の2点が挙げられる。

- ・ 記載内容の難しさについて

アンケートの自由記述には、「河川管理者には理解できる用語でも、市民を対象に実施した場合に理解されるかどうか」を指摘する意見が多く見られた。

- ・ 一対比較の繰り返しに関する負担について

AHP手法では、評価項目をそれぞれ一対比較することが必要であるが、同一の階層に評価項目が多く含まれる場合、設問数が必然的に多くなる。

本調査では最大15通りの組み合わせが発生したが、設問の前半と後半の回答内容を比較すると、後半のほうが選択に要する時間が省略されていると考えられる現象が現れている(後半の設問のほうが、“同じ程度”を選択する比率が高くなっているため)。

これらの課題の改善点として、一つはイメージ図等を用いて評価対象に対する情報を効率的に回答者に伝達することが考えられる。さらに、回答者がその情報を正しく認識した上で回答したかをチェックする意味から、解答欄に“わからない”という設問を設けておく等の工夫が必要と考えられる。

また、同一属性の評価項目は最大でも5程度とするよう、事前に調整するとともに、設問の順番を回答者によって変えるなどの配慮も必要と考えられる。

3. 2. 5. 3 意志決定への活用方法について

本調査では、記載内容の難しさなどの課題が指摘され、その改善に向けた検討は必要であるが、一方で、AHPは評価対象(ここでは河川・流域)を正しく認識している方に実施するべきものである。よって、対象者の拡大のみを目的に、評価項目を束ねたり、階層構造を簡略化してしまうと、評価結果が意思決定を行う上での参考になり得ないものとなる危険性がある。それよりも、前項で示したような改善を行い、アンケートの信頼性を向上させる工夫が必要である。

また、AHPを用いた評価にあたっては、出来るだけ多様な属性の意見を伺うとともに、解析結果を安定させるために、一定数のサンプルを確保することが必要である。その際は、全ての属性を一括して評価するだけでなく、属性ごとに評価結果を算出し、その差異を検証するなどの配慮が同時に必要である。

これまで整理した課題に配慮しつつ、AHPを意思決定の場面で用いるための一つの方法として、2段階の評価が考えられる。AHPによる一対比較は、河川管理者以外の団体等、属性の多様性に配慮した人員で実施し、流域住民に対しては、一対比較ではなく、各項目の重要度のみをアンケートする方法である。

今後は、上記手法等の適用を通じて、意志決定における多様な意見の反映方法について分析・検証する必要がある。

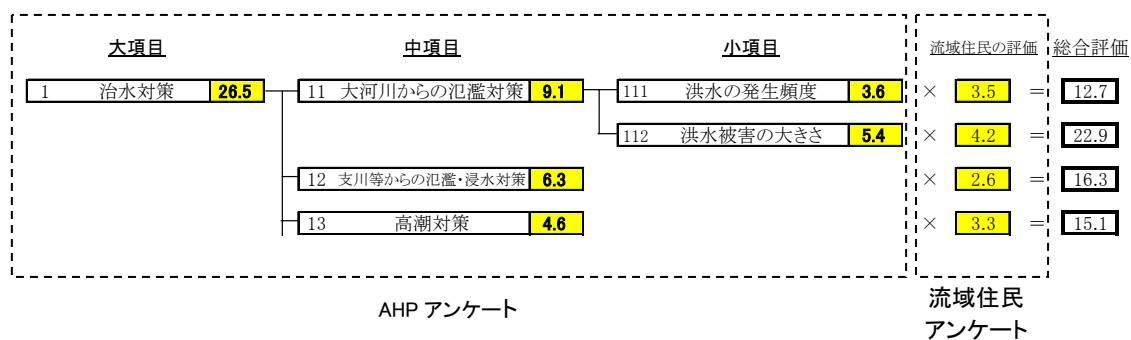


図 3-2-4 評価イメージ

3. 3 指標構築の考え方

水循環評価指標の構築にあたって、国内外の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作成を試みた。

(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¹⁾。IWIは水質の脆弱性に関する情報を①都市流出、②水質基準適合、③飲料原水、④土壌の有害物質、⑤有害物質関連の水質、⑥生活環境項目関連の水質、⑦有害物質関連の排水負荷、⑧生活環境項目関連の排水負荷、⑨農地流出、⑩人口動態、⑪ダム整備、⑫魚類等の保全、⑬水生、湿地生物危惧種、⑭沿岸河口域の汚濁及び⑮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²⁾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

OECD³⁾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。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りがたい。しかし $S=R/P$ と表示すると、S自体は人口当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と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系に及ぼす影響、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-3. 3. 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を集積することが望ましいと考えた。

表-3. 3. 1 指標の要素

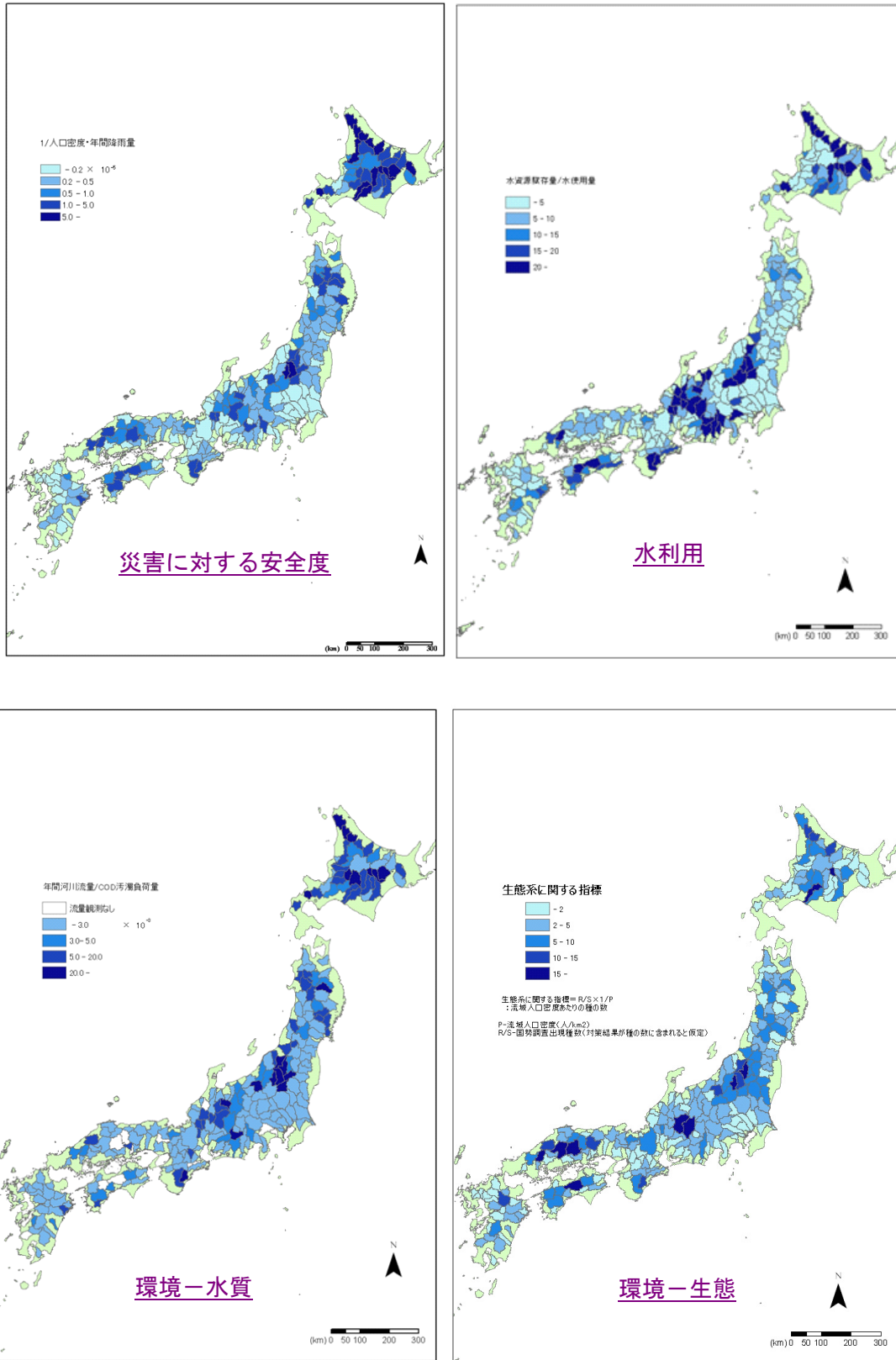
分類	PSR	考えられる要素例
災害に対する安全度	P	人口・資産の集中度、災害に対する無知
	S	降雨の少なさ、地形の堅固さ、浸透
	R	治水対策、災害情報システム、水防団
水利用 (河川水量)	P	人口、水利用原単位からの水の需要量
	S	水資源賦存量
	R	貯水量、節水率
環境-水質	P	汚濁負荷、経済活動
	S	水量、水域閉鎖性の緩和度
	R	排水規制、下水道の整備
環境-生態系	P	開発面積、開発圧力
	S	種の環境への適用度、種の多様性
	R	生態保護規制、有効なミティゲーション

(3) 指標の作成例

指標作成の第一歩として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。ただし、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。

図-3.3.1 は災害に対する安全度、水利用、環境（水質、生態系）について、P と S の組み合わせを試みたものである。具体的には災害に対する安全度として流域人口密度あたりの年間降水量の逆数、水利用として年間の水使用量あたりの水資源賦存量、環境（水質）として年間の COD 汚濁負荷量 1 トンあたりの年間河川水量、環境（生態系）として流域人口密度あたりの生物種数を表示した例である。これにより、例えば水利用の図からは都市部の水資源が周辺山地域に依存している実態とも一致することがわかる。ここでは P と S のみを示したが、水循環系を改善する要素として対策（R）を考慮した上で、P、S、R を総合化する必要がある。

図-3.3.1 PとSを組み合わせた指標作成例



参考文献

- 1) U.S. Environmental Protection Agency : Index of Watershed Indicators: An Overview, <http://www.epa.gov/iwi/>, 2002
- 2) 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
- 3) OECD : Environmental indicators, OECD core set, Paris, 1994