

# 水資源のエネルギー利用と河川環境管理

キーワード：河川環境，環境管理計画，水力発電，発電コスト

若谷佳史 山本公夫  
山中芳朗

## 〔要旨〕

人々の快適な環境への欲求を背景に，河川環境の管理が重要視されつつある。水資源のエネルギー利用によって，河川に係わっている発電主体も，河川環境管理の一端を担う必要がある。本研究では，①発電主体が取水した場合における，流況，水質，水温，水生生物，景観についての影響予測手法と，②水質，水生生物，景観についての評価方法および各影響に対する対策とそのコスト算定方法を確立するとともに，③いくつかの対策案（河川環境管理案）の中から，発電コストをもとに，合理的な案を選択する方法を検討した。

また，ケーススタディを通して，本手法の適用性を検討した。

- はじめに
- 河川環境管理の考え方
  - 基本方針
  - 河川環境への影響と対策
  - 合理的な河川環境管理
- 河川環境管理のための手法
  - 流況予測
  - 水質予測・評価
  - 水生生物の予測と対策
  - 景観予測・評価と対策
  - 河川環境管理手法
- ケーススタディ
- 成果と今後の課題

## 1. はじめに

人々が環境に対して求めるものは，かつての「安全で健康な環境」はもちろんのことであるが，これからは「快適な環境」に対する欲求が強まってくるのではなからうか。ところが，着々と進む住空間の都市化とともに，我々の周りにあった緑や水辺といった，身近な自然環境が失われてきているのも事実である。この結果，快適な自然と接するために，我々は否応なく遠くに出かけて行かざるをえなくなってきた。これまで，あまり目を向けることもなかった，極

くありふれた自然が一躍その価値を高め，我々の貴重な財産として浮かび上がってきつつあるといえよう。

一方，その様な自然は，地域の生活と生産を支える基盤であるとともに，広域的に見れば，様々な資源を産み出す場ともなっている。

山は，登山，ハイキング，散策の場であり，また優れた眺望の対象ともなれば，一方，林業を通して地域の生産の場でもある。川は，釣り，キャンプ，川下り等を楽しみ，渓谷や滝の風景で人々を引きつけるところであるが，また，内水面漁業の場であり，生活用水，農業用

水としての資源としても重要な関係を持っている。

本研究は、このような自然環境の存在から生じる価値と、自然環境を利用して産み出される価値との両者をどう調整し、地域にとってより望ましい環境の在り方と環境の導き方を検討するため、一つの方法論を提示したものである。

## 2. 河川環境管理の考え方

### 2.1 基本方針

利水と環境は河川の基本的機能である。ところが、利水による便益は地域に還元されずとはかぎらない。逆に、流域の環境を損なう可能性もある。近年、国民の快適環境への希求を背景に、利水と調和のとれた河川環境管理が望まれている。

発電主体も、その水資源の利用計画の中に、河川環境の維持・改善を図る計画を織り込み、河川環境管理の一端を担う必要がある。一方、発電主体は、水資源のエネルギー利用によって、低廉な電気を供給し公益に資する義務がある。従って、費用／効果の面で有効な河川環境管理方法を採択しなくてはならない。

ところが従来、発電主体は、総合的かつ合理的な河川環境管理を実施するというよりも、ケースごとに地元との話し合いなどをよりどころとした環境対策を行なって来た。

そうすることの理由は、以下に述べる問題点が存在するためである。

- ① 水資源のエネルギー利用による環境変化全体のメカニズムが判明していない
- ② 環境変化に対する評価方法が確立していないため、環境の維持水準が明確になっていない
- ③ したがってどのような環境対策が必要・

有効であるかわかっていない

- ④ 複数の対策代替案の中から有利な対策群を採択する方法がない

上記の問題点を解明し、発電主体による河川環境の総合管理の方法を確立するため、次のような基本方針にもとづいて、検討を行った。

- ① 発電用取水による河川環境の影響（原因となる諸条件が絡み合い影響を作り出すメカニズム）を把握し、影響予測手法を確立する。ただし、現在の科学レベルで解明できないメカニズムについては、影響の原因となる条件・状況のみを明らかにする。

なお、ここでいう環境は、自然環境のみならず、地域産業・生活なども含めて考える。

- ② 各影響の評価手法を確立し、環境の維持水準を定める。評価基準の考え方は、次に示すような3つのレベルに区分して扱うことにした。

i) 水質に対する環境規制のように制度的に定められているものは、その環境基準をクリアするか否かで評価する。ii) 貴重種、景観のように金銭で代替出来ないものは、それらの価値自体の維持水準によって評価する（貴重種への影響メカニズムは解明されていないため水質・水深等の棲息条件をもって維持水準の指標とする）。iii) 漁業等のように影響を金額で表現できるものは、損失所得（補償水準）によって評価する。

- ③ 環境影響への対策を探る。解明されていない影響メカニズムに関しては、原因となる諸条件の維持・改善をはかる。

- ④ 候補に挙げられた複数の環境対策（河川環境管理案）の中から、合理的な対策を選択する手法を開発する。

### 2.2 河川環境への影響と対策

#### 1) 影響全体のフロー

発電用取水による環境影響は、まず河川流量の変化から、水質変化を介して、最終的に漁業、観光資源などへ影響を与える。これらの影響のフローを表したものが図2.1である。図中では、影響は○で表し、各影響に対する対策は□で記している。

#### 2) 水質（水温を含む）

河川の流量変化は、希釈の変化、流速等の変化による曝気作用の変化などのメカニズムを介して、水質（濃度）の変化をもたらす。また、流量変化は、熱媒体である水の量変化、水面面積の変化による水面熱収支の変化などを通して、水温の変化を起こす。これらの影響メカニズムを表す予測手法については3.2に述べてあ

る。

水質変化は、農業用水・水道などの利水、水生生物の棲息条件、において、美観などに影響をおよぼす。また、水温変化は、水生生物の棲息条件（棲息可能な水温）に影響をおよぼす。

なお、これらの影響のメカニズムは、現段階では十分には解明できないため、これらの影響の予測と評価は行わず、水質・水温自体を、環境基準（他の利水、漁業、において、美観の指標と考える）や水生生物（貴重種）の棲息条件と照合して評価することとした。

影響への対策としては、汚染源対策（污水処理施設の整備）と流量確保の2つが考えられる。

#### 3) 他の利水

流量変化によって、農業・水道等の利用量が

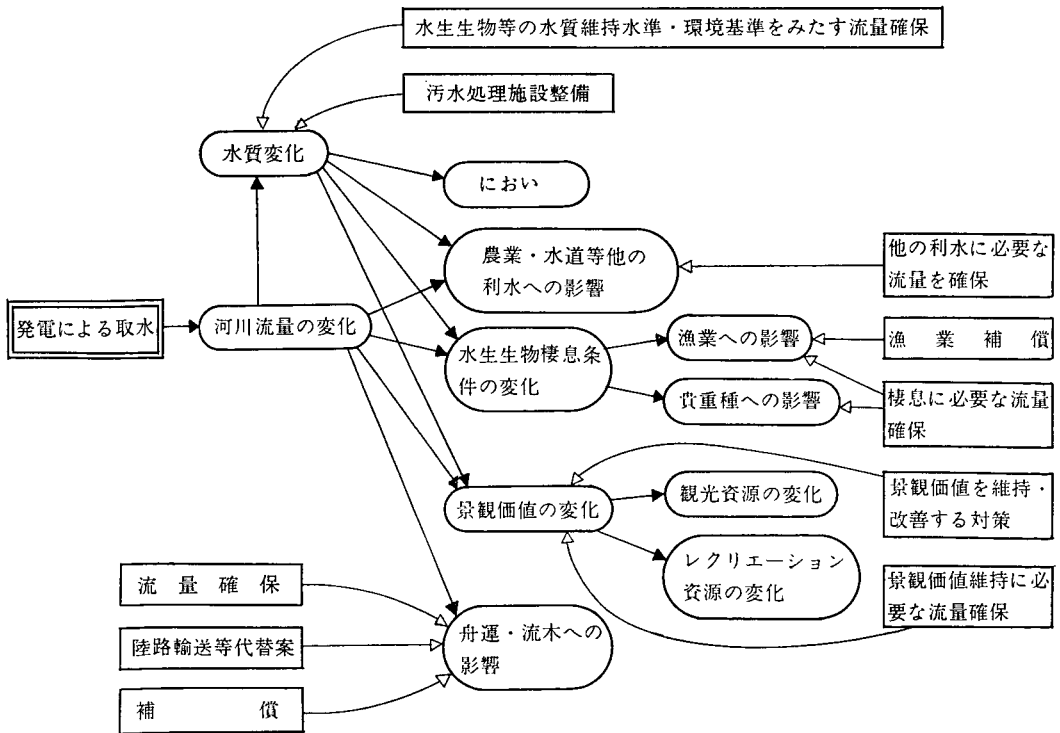


図 2.1 発電用取水による河川環境影響

変化し、これらの産業主体の生産量や費用に影響を与える可能性がある。本来、発電用利水とその他の利水は、相互の費用／便益を勘案して、水の配分を決定することが合理的な考え方であろう。しかし、利水については、費用負担者の特定、便益の帰属等多くの検討課題を含んでおり、単純な費用／便益分析は困難であるといわざるをえない。さらに、利水には、水利権など制度的な問題が絡むため、本研究では、他の利水に必要な流量は必ず確保するという方針で対処している。

#### 4) 漁業

水生生物は、水深、水質、水温、餌の量などの棲息条件の変化によって、すみつく量や密度が変化する。したがって、流量変化にともない上の棲息条件が変化し、河川にすむ水生生物の量が変化する。水生生物の量変化にともなう漁業への影響は、漁獲対象魚種の量変化を金額換算したものをもって評価する。

しかし、棲息条件と河川にすむ水生生物の量との因果関係については、現在多くの知見が存在しない。そこで、漁獲量は、棲息可能な場所の面積（または体積）を予測し、原単位（場所  $1\text{ m}^2$  または  $1\text{ m}^3$  あたりの棲息可能尾数）を掛けあわせて予測する。

棲息可能な場所は、各場所の水深・水質・水温予測結果と、各水生生物の棲息可能条件を照らし合せて決定する。餌の量に関しては、複雑な生態系によって規定されているものと考えられるが、その予測手法については、直接予測するのではなく、3.1 で述べる流況形態別原単位という考え方で餌の条件を表現する。

なお、サケなどの遡河性魚類は、河川的面積・体積よりも、河川全区間について魚の通路が存在することが一番の問題である。通路確保を

評価の基準とする。

対策としては、漁業主体の所得損失に対する補償と流量確保が考えられる。

#### 5) 貴重種

貴重種は、その保護を第一義とする。したがって、漁業のように棲息する量によって評価せず、棲息条件の維持水準によって評価する。棲息条件としては、水質・水温・水深・流速などが考えられる。

対策は、第一に流量の確保が考えられる。

#### 6) 景観

流量変化・水質変化は、水面面積、水の動き、水音、よごれなどの条件変化を通して、景観価値へ影響を及ぼす。当然、景観価値は、上記のような流れに関するもの以外に、人工物（堤防、橋、建物など）、構図などによっても規定される。景観価値の構成要因を明らかにし、景観価値の維持によって評価を行う。

対策は、まさに景観価値の構成要因を操作することであり、3.4 で述べる。

#### 7) 舟運・流木など

流量変化にともなう水深・水面幅変化で、舟運の運行・流木の疏通に影響を与える。

水力発電所が立地する河川中上流域においては、舟運流木の問題は近年減少していることなどを考慮し、予測・評価手法および対策の検討は行わない。

### 2.3 合理的な河川環境管理

図 2.2 に示したように、河川環境管理の案は複数の対策で構成しているので、幾つかの案が作成できる。河川環境の保全・改善と他の利水主体の所得水準維持をはかるという制約のもとで、発電主体がこれらの河川環境管理案の中から、合理的なものを選択する方法について述べる。

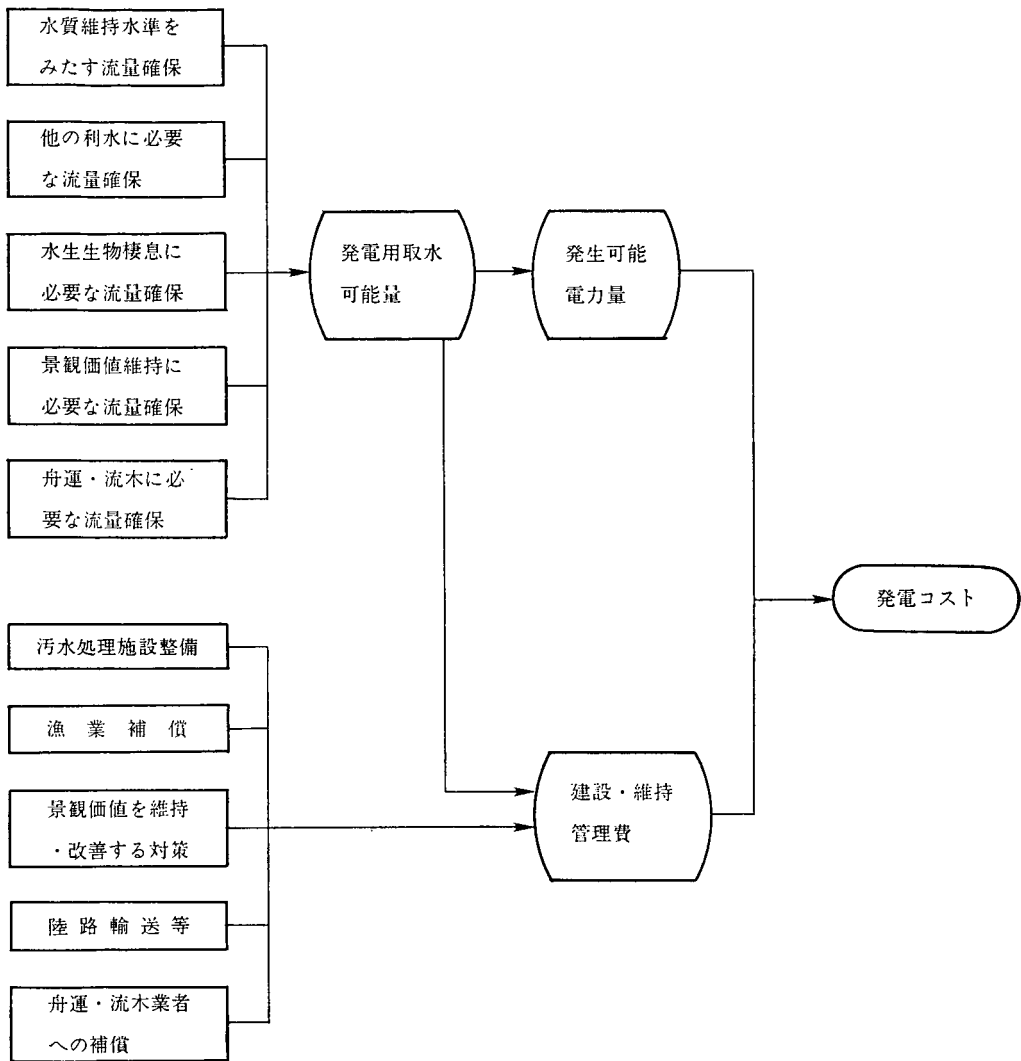


図 2.2 河川環境管理案と発電コストの関係

対策は、流量を操作するものとそれ以外のものに大別できる。発電主体にとって、前者は発電用取水可能量を変化させ、後者は建設費・維持管理費を変化させる。そして発電取水可能量の変化は発生可能電力量に影響をおよぼすとともに、発電所の計画変更をもたらすため建設費に影響をあたえる。発生可能電力量と建設費・維持管理費は、発電コスト(単位は円/kWh)で統合して表現できるので、発電主体にとって

は、発電コストを小さくすることを目的に河川環境管理案を選択することが合理的行動といえる。以上の関係を図 2.2 に示した。

### 3. 河川環境管理のための手法

河川環境管理を実施するためには、影響メカニズムの予測手法、影響評価手法、環境対策などの諸手法の確立が必要である。本章では、それらの概要についてふれる。

### 3.1 流況予測

流況とは、流量、流速、水深、水面幅など流れの状況をいう。

#### 1) 流量予測

一般の水力発電所は、図 3.1 のように、ダムから取水して、導水管を経て落差（水頭差）を

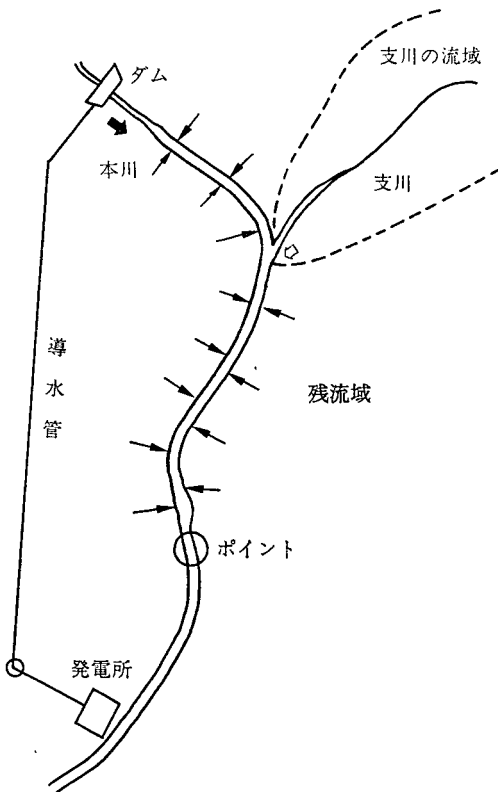


図 3.1 河川と水力発電所

かせぎ、発電を行う。当然、ダムから発電所の区間の河川流量は、発電取水の分だけ、自然流量より少ない。河川区間のあるポイント（地点）の流量は、ダムからの放流量と支川・残流域の流入量（図 3.1 の↓印と↑印）の総和である。ダムからの放流量は取水調整で操作できるので予測可能であるが、支川・残流域の流入量は測定する場合を除いて、正確な予測が困難で

ある。本研究では、簡便なやり方として、流出解析法のラショナル式の考え方を採用し、支川・残流域の流域面積によってその流入量を推定し、各ポイントの流量を予測することにした。

#### 2) 流況予測

各ポイントの流量と断面形状から、各ポイントの流況（流速・水深・水面幅等）を予測する手法の設定としては、人工水路の設計等に用いるマンニングの公式〔1〕を河川上流にもほぼ適用できることを確認して、応用した。

また、アユの棲息状態と深い関係がある流況形態（早瀬・平瀬・淵）は、従来、専門家の判断にもとづいて分類していたが、本研究では、フルード数〔1〕という水理指標にもとづいて分類する手法を開発した。この手法によって、流量変化にともなう流況形態変化を予測できるようになった。

表 3.1 に流況の予測例を示す。

表 3.1 流況の予測結果例  
河川上端流量=0.05 m<sup>3</sup>/s

ポイント No.	流量 m <sup>3</sup> /s	平均流速 m/s	水深 m	水面幅 m	水断面面積 m <sup>2</sup>	フルード数	流況形態
1	0.060	0.236	0.21	1.75	0.25	0.198	平瀬
2	0.063	0.192	0.41	1.48	0.33	0.131	淵
3	0.085	0.086	0.39	4.23	0.99	0.056	淵
4	0.086	0.153	0.32	3.51	0.56	0.122	淵
5	0.102	0.202	0.34	2.60	0.51	0.146	淵
6	0.122	0.320	0.34	1.58	0.38	0.208	平瀬
7	0.146	0.276	0.31	4.47	0.53	0.256	平瀬
8	0.213	0.300	0.34	2.89	0.71	0.194	平瀬
9	0.291	0.315	0.27	6.04	0.92	0.258	平瀬

### 3.2 水質予測・評価

水質の指標としては、BOD、SS、DO、窒素成分、大腸菌などがあるが、河川上流部の特性を勘案し、BOD を水質の代表指標として扱うことにする。また、水温は、水生生物の棲息に多大な影響を与えるので、予測手法を明らかにすることにする。

1) BOD 予測・評価

BOD 濃度の予測には、一般に Streeter-Phelps 型モデル<sup>[2]</sup>が利用されており、実河川への適用実績もあるため、本研究でもこのモデルを採用した。ただし、モデルのパラメータである自浄係数を実河川で算定したところ、従来、河川下流部等に用いられていた係数より大きな値であることが判明した。自浄係数が大きいということは、その河川自身の浄化作用が高いことを意味する。この結果は、河川上流部では流れが激しく、生物化学的自浄作用以外に、物理的自浄作用が高いためと考えられる。

BOD の評価は、生活の環境保全に関する環境基準<sup>[3]</sup>に、照合して評価する。たとえば、アユを漁獲している河川（水産2級）では、BOD濃度は 3 ppm 以下にする必要がある。

2) 水温予測・評価

水温変化は、平衡水温をもとにした熱収支モ

デル<sup>[4]</sup>（水面の熱収支と支川・残流域の流入影響もふくむ）によって予測する。このモデルを実際の河川上流部に適用したところ、十分に適合することが確認できた（図 3.2）。水温の評価は、水生生物の棲息条件と照らし合せて行う。

3) 水質対策コスト

流量確保以外の対策として、污水処理施設の整備がある。施設の建設費・維持管理費をすべて発電主体が負担すべきか否かは、非常に難しい問題であるが、今回は、発電主体が建設費・維持管理費ともに負担すると仮定した。

污水処理施設は、河川に流量を確保するほど、規模・性能を縮小してよいので、その建設費は確保する河川流量の関数となる。この建設費を、 $CW(Q)$  円と表すことにする。施設の維持管理費は、発電所全体の経費におりこんで算定する。

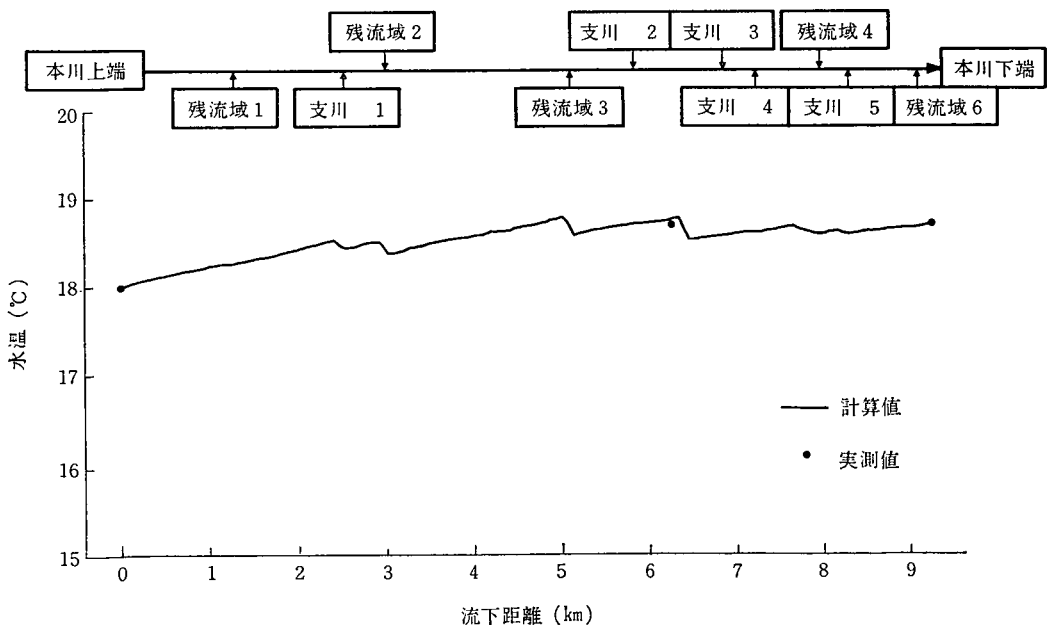


図 3.2 熱収支モデルによる水温算定例

### 3.3 水生生物の予測と対策

河川上流部の代表魚種であるアユとヤマメについて、棲息可能尾数の予測手法を開発する。貴重種については、その保護の考え方を示す。また、併せて漁業対策について考察する。

#### 1) アユ棲息可能尾数の予測

アユは、初夏から夏にかけてのすみつき成長期に、なわばりを形成し、河底の藻類を摂餌する。このことから、アユの棲息分布は、平面的であることが推察される。したがって、なわばりとして1尾が占有する水面面積（棲息原単位）と、河川区間における総水面面積を算定することによって、その河川区間内の棲息可能尾数を推定できる。

#### 2) ヤマメ棲息可能尾数の予測

ヤマメは河川の一定の空間を利用して棲息しているため、ヤマメは1尾あたりの利用水体積と、河川区間の総水体積から、その河川区間内の棲息可能尾数が推定できる。

#### 3) 貴重種の保護

貴重種については、棲息場所の環境を保護することが、第一である。貴重種が選好する水深・流速・水質・水温等の条件を調査し、その条件にみあう流量を確保する。

#### 4) 漁業の対策（補償）

上記の方法によって、発電取水量によって減少する尾数を推定することができる。これを確保する河川流量の関数  $X(Q)$  尾と表し、1尾あたりの利益を  $Y$  円/尾とすれば、漁業主体の年間減益分は、 $X(Q) \times Y$  円である。これは、利率率を  $r$  として、 $X(Q) \cdot Y/r$  円の資産を失ったことと同等である。したがって、漁業補償の水準は、 $X(Q) \cdot Y/r$  円と見積ることができる。この値を、 $CF(Q)$  と表すことにする。

### 3.4 景観予測評価と対策

#### 1) 景観影響予測・評価

河川景観の評価を規定する主な要因を、ビデオをもちいた心理実験によって抽出した。

要因は、河川の規模に応じた流量（比流量）、豊富な流量のときの水面面積に対する水面の状況（冠水率）、周辺の人工化の状態（人工物率）、水が持つ独特な表情（水の泡立ち具合）の4つである。景観評価モデルとしては、これらの要因と景観評価との関係を、重回帰分析で求めた<sup>[5]</sup>。

また、河川区間に多数ある視点の中から、どの視点を代表とし、その視点においてどの程度の景観価値を維持すべきかを、決定する方法を考案した。この方法は、視点の重要度を景観を、①眺めることへ関心度（例えば展望台やハイキング道では関心度が高い）、②誘因力（知名範囲・誘致範囲）、③視点近傍の環境の良さ（法指定を指標とする、例えば自然公園特別地区は環境良好とする）、④景観資源性（評判・いわれ・由緒などの要素をガイドブック等での紹介を参考に決める）の4つの視点特性から決定し、代表視点と景観価値維持水準を求めるものである。

景観評価モデルと視点重要度を組合わせて、各代表視点に必要な流量と景観対策を示すことができる。

#### 2) 景観対策

流量確保以外の景観対策として、①水量を豊かに見せる、②減水した状況を目につきにくくする、③視点環境を整備する、の3種類が考えられる（図 3.3）。また、景観対策のコストは、汚水処理施設のコスト（(3.2.1) 参照）と同様に考える。



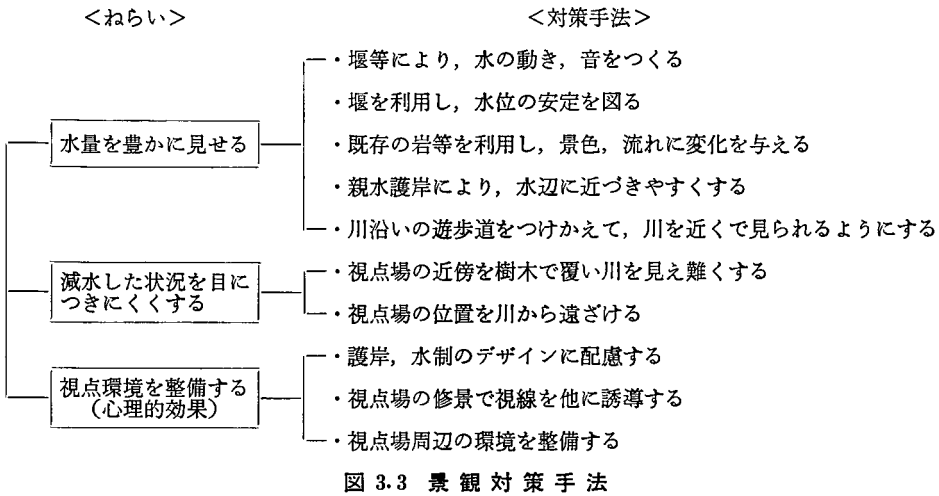


図 3.3 景観対策手法

3.5 河川環境管理法

1) 概念図

ある河川環境水準を維持する場合、流量確保による対策とそれ以外の対策との間には代替性がある。しかし、水生生物の貴重種などのように流量確保しか対策がない場合や、法規制等によって流量確保以外の対策を実施できない場合は、最低限の流量確保が要請される。以上のことをグラフ化すると、実行可能な河川環境管理案の集合は、図 3.4 の斜線部のように表されよう。

また、別に取水量変化にともなう発生可能電

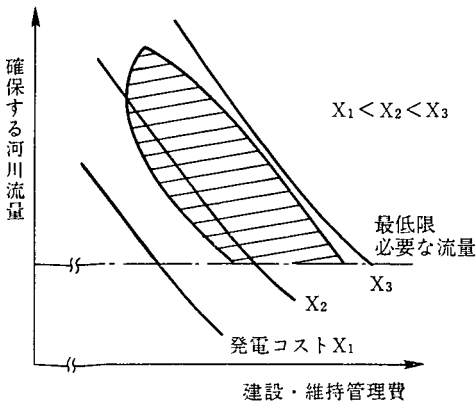


図 3.4 河川環境管理案と発電コストとの関係

力量と建設費・維持管理費との関係によって発電コストが決定され、図 3.4 の太線のように表される。左下にある太線ほど、発電コストが低い。従って、左下にある河川環境管理案が、発電主体にとって合理的な案になるといえる。

2) 確保すべき流量と対策コスト

水質、水生生物、景観それぞれから、次のような対策が必要になったとする。

[水質]

汚水処理対策費： $CW(Q)$

環境基準のクリアに最低限必要な流量： $QW$

[水生生物漁業]

補償費費： $CF(Q)$

重種保護に必要な流量： $QF$

[景観]

視点 1 について景観対策費： $CL_1(Q)$

視点  $n$  について景観対策費： $CL_n(Q)$

[対策コスト]

確保すべき流量を  $q$  とする。当然、 $q$  は  $QW$ ,  $QF$  より大きい。総対策コスト  $CE$  は、

$$CE(q) = CW(q) + CF(q) + \sum CL_i(q)$$

と表すことが出来る。

## 3) 年間発生可能電力量の推定

発生可能電力量を推定するために用意するデータは次の4つである。

発電所の最大取水量	$QMAX$
発電所の有効落差	$h$
発電所の発電効率	$\mu$
取水河川の自然流況	$Q(D)$

発電所の発電タイプを大きく自流式・調整池式と貯水池式の2つにわけて考えた。

## 〔仮定1〕

- ・自流・調整池式の発電所は、貯水能力がないものとみなし、日々の流量によって発電量が規定される。すなわち無効放流もあり、自然流況がそのまま発電量に結びつく。
- ・貯水池式の発電所は十分な貯水能力があるものとみなし、年間の総流量で、年間発電量が規定される。言い換えれば、流況曲線を平準化できる能力をもつ。

## ①自流・調整式発電所の年間発生可能電力量

流況曲線は、図3.5のように、流量とその流量が出現する日数の累積分布を示すものである。もし、確保すべき河川流量（本川上端から放流する水量） $q$ が設定されたときは、図3.5の図部の縦の長さが発電用に取水できる水量である。流況曲線を日の関数 $Q(D)$ で表すとすれば、発電用に取水できる水量 $QP(D)$ は(1)式で表せる。

もし  $Q(D) - q > QMAX$  のときは

$$QP(D) = QMAX$$

もし  $Q(D) - q \leq QMAX$  のときは

$$QP(D) = Q(D) - q \quad (1)$$

ここで、発電効率を考慮した仮定を設ける。

## 〔仮定2〕

取水量 $QP(D)$ が最大取水量 $QMAX$ の30%より下回ったから、発電効率 $\mu$ は0にな

る。

すると、年間発生可能電力量 $E$ は(2)式で表すことができる。

$$E = 24 \cdot \mu \cdot g \cdot h \cdot \int QP(D) dD \quad (2)$$

ただし  $QP(D) \leq 0.3 \cdot QMAX$  のとき  $\mu = 0$

## ②貯水池式発電所の年間発生可能電力量

1年単位の取水可能量で考えると、年間発生可能電力量は、(3)式となる。

$$E = 24 \cdot \mu \cdot g \cdot h \cdot \int (Q(D) - q) dD \quad (3)$$

ただし、 $\int (Q(D) - q) dD > 365 \cdot QMAX$  のときは、

$$E = 24 \cdot 365 \cdot \mu \cdot g \cdot h \cdot QMAX$$

## 4) 発電コストの算定

取水量によって、導水管・発電機器等の規格が異なるため、当然建設費も異なる。したがって、河川環境対策費を含まない建設費は、確保すべき河川流量の関数 $CO(q)$ と表せる。総建設費 $C(q)$ は $CE(q) + CO(q)$ である。

金利・償却費、諸税、水使用料、保守修繕費などの経費すべてを、資本費関連経費率 $k$ に置き換えれば、発電コスト $CP$ は次式で表される。

$$CP(q) = k \cdot C(q) / E(q)$$

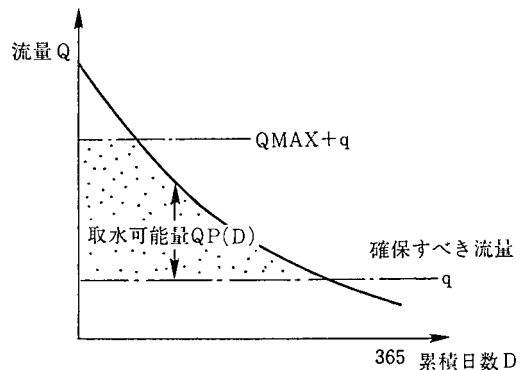


図 3.5 流況曲線と取水可能量

### 4. ケーススタディ

#### 1) 地域の概要

ケーススタディは次のような地域を想定した。河川の中流部で、人家や田畑が点在しているものの、水道・農業用水などの取水はない。水質基準としてはA (BOD で 2ppm) が設定されている。貴重種は棲息していないが、漁業としてアユを漁獲している。また、渓谷美をほこる景勝地が、区間の下流部にある。舟下りや流木による河川利用はない。

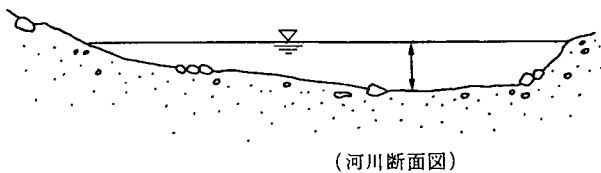
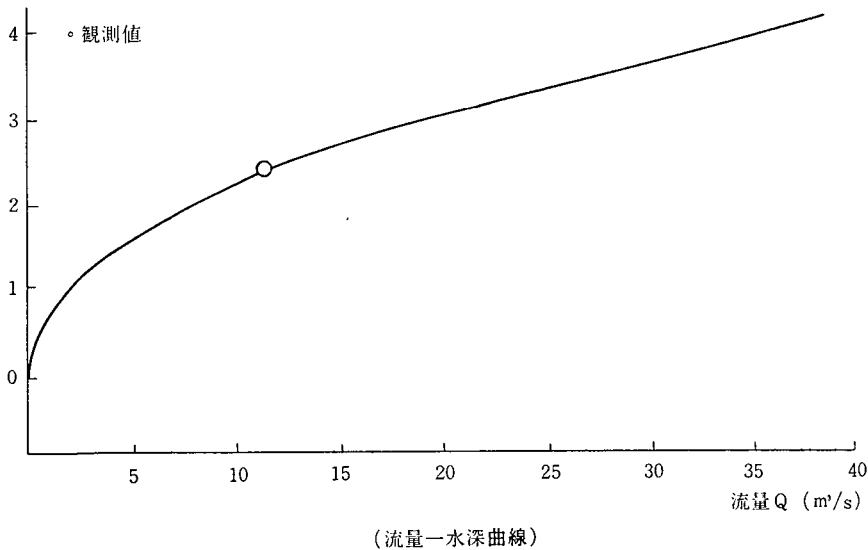
なお、発電所は自流式で、建設費は 144 億円とした。

#### 2) 流況予測

対象河川区間に適当な数のポイントを設定し、それぞれについて、図 4.1 のような流量-水深、水面幅、流速などの関係を求めた。これらを参考に、早瀬・平瀬・淵の面積を算出した。

#### 3) 水質予測

本川に河川の支川・残流域から流入する流量と BOD 濃度を設定した。この設定は、渇水期にあたる条件で、かなり厳しいものである。また、本川上端からの流量を 0、すなわち本川上端の流量をすべて発電用取水すると仮定した。この条件のもとで、BOD 濃度の予測を行ったところ、河川区間全体で、環境基準の 2ppm をクリアしており、問題がないことが確認でき



上図より流量から水深をもとめ  
下図で、その水深に対応する水  
面幅、流水断面積等を求める。

図 4.1 あるポイントの流量と水深の関係

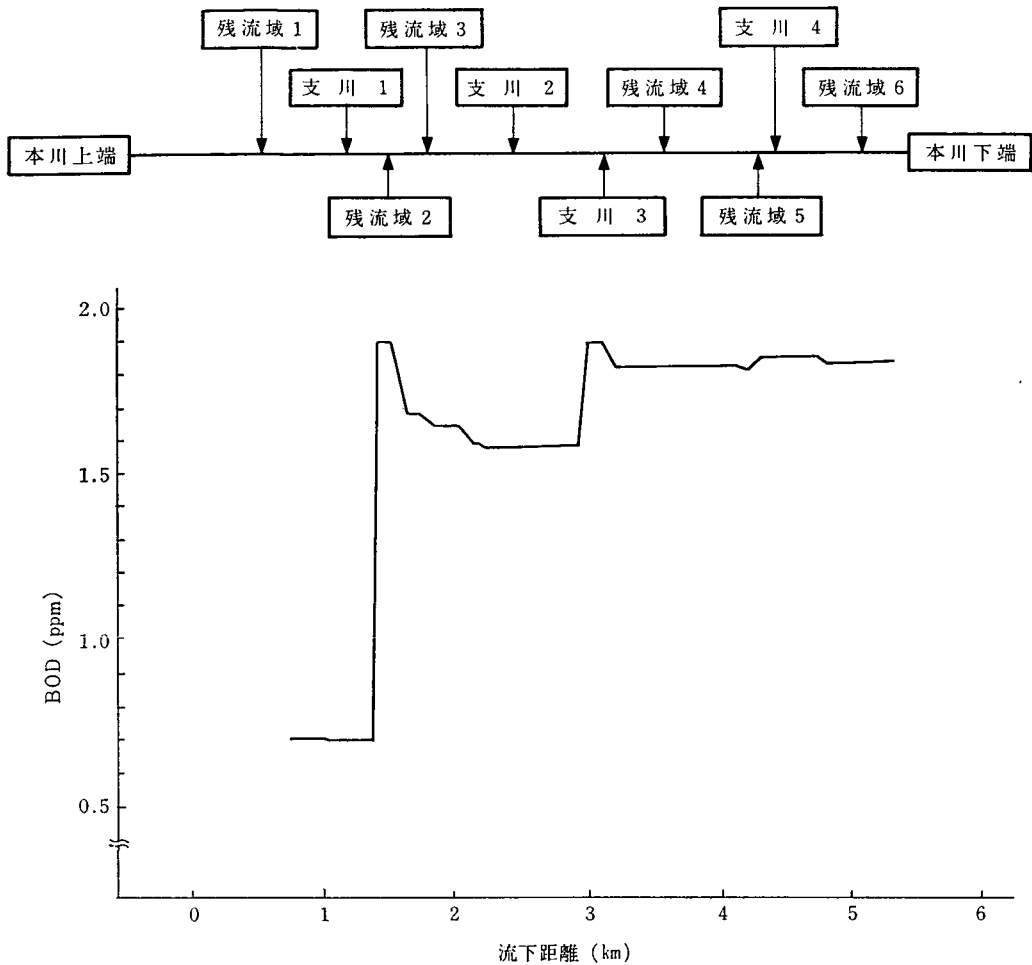


図 4.2 BOD 濃度の予測の設定条件と結果

た (図 4.2 上図)。

また、対象河川では、アユを漁獲しているため、アユのすみつき期である7～9月における水温の予測を行った。本川上端からの流量を0として予測した結果、河川全区間で、アユの棲息可能な温度である15℃から25℃の間におさまっていた (図 4.3)。

結局、本ケーススタディにおいては、水質面から流量を確保する必要も、污水处理施設を建設する必要もない。

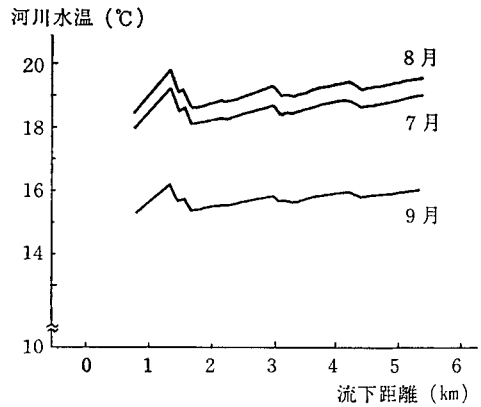


図 4.3 水温の予測結果

4) 景観コスト

河川区間内に存在する視点の中には、似たような特性をもつ視点が重複しているため、表 4.1 のような表を作成し、代表視点を 8 つに絞りこんだ。似た特性を持つ視点の中から、最も視点重要度が高いものを選出している。

表 4.1 代表視点的選定

視点場の属性 景観パターン	橋	道 路	展望施設	遊歩道
河 原 型	F	A	G	C
岩 壁 型	B	H	E	D

各代表視点の視点重要度を基に、①視点重要度から景観維持水準を求める、②各視点のシーンにおける人工物率を計測する、③そして景観維持水準と人工物率から景観評価モデルおよび流況予測モデルを逆算し、各視点に必要な流量を算定する、④各視点に必要な流量を流すために、本川上端から確保すべき流量を、支川・残

流域からの流入を考慮して算定する、という手順を踏んで、⑤各視点の景観維持水準をクリアする本川上端から確保すべき流量を決定する(表 4.2)。この結果、視点 G の景観維持をはかるために、約 5 m<sup>3</sup>/s の流量を、本川上端から確保する必要がある(これをケース 1 とよぶ)。

表 4.2 景観に必要な流量

視点	視点重要度 (1,000 点) (満点)	必要な 流量	支川・流 残流域流 入量	本川上端 から確保 すべき量	全視点を クリアす る流量
A	310	0.13	0.0	0.13	
B	230	0.04	0.42	-0.38*	
C	480	0.85	1.53	-0.68*	
D	480	0.90	1.53	-0.63*	5.12
E	590	2.50	1.54	0.96	
F	200	0.06	1.92	-1.86*	
G	540	7.19	2.07	5.12	
H	200	0.02	2.12	-2.10*	

\* 印は支川・残流域の流入量で景観価値の維持可能

ここで、もしクリティカルな視点である視点 G に図 4.4 に示す景観対策を行った場合、視点

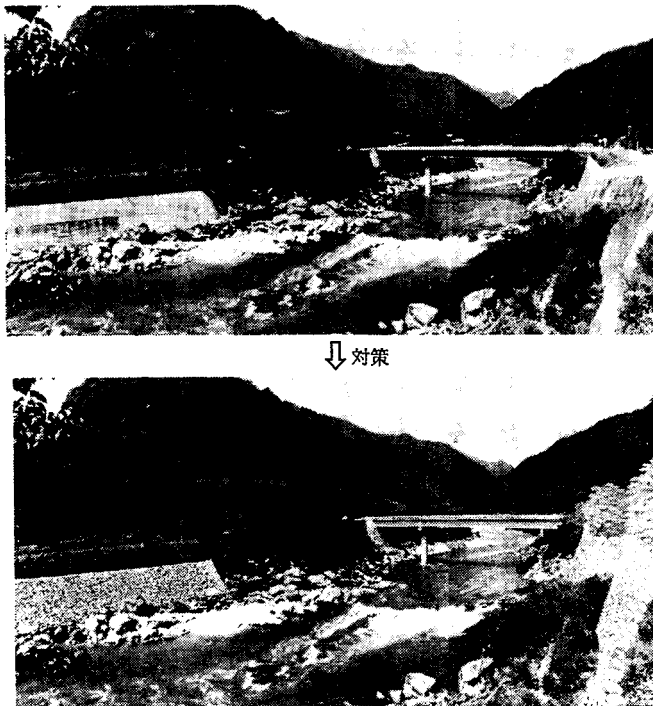


図 4.4 視点 G における景観対策

Gの人工物率は減少し、景観維持に必要な流量も減る。この時は、視点Eがクリティカルな視点となり、本川上端から確保すべき流量は約 $1\text{ m}^3/\text{s}$ となる。ただし、護岸工事費、橋梁塗装費、植栽費などに、約3,000万円が必要となる(ケース2)。

5) 水生生物のコスト

流況予測で算出した早瀬・平瀬・淵の面積と、アユの棲息原単位(3.3)をもとに、本川上端からの流量とアユ減少尾数の関係を求めた。図4.5に結果を示す。例えば、ケース1である本川上端から $5\text{ m}^3/\text{s}$ の水を流す場合は、現状の棲息可能尾数に比べ約3万尾のアユが棲息出来なくなる。また、ケース2である本川上端から $1\text{ m}^3/\text{s}$ の水を流す場合は、約5万5千尾減少する。ここで、アユ1尾あたりの利益を180円/尾、利率を0.08とおけば、ケース1での漁業補償費は6,800万円、ケース2での漁業補償費は12,400万円となる。

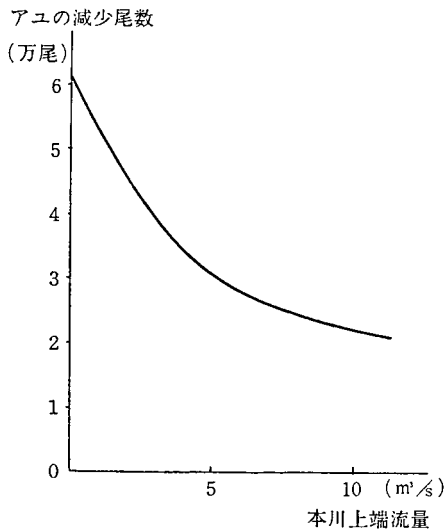


図 4.5 本川上端での流量とアユ減少尾数の関係

6) 発生可能電力量

この河川の自然流況図をもとに、本川上端か

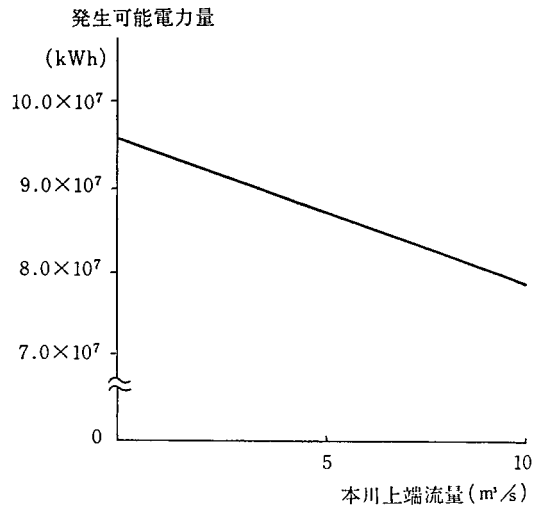


図 4.6 発生可能電力量

らの流量と年間発生可能電力量との関係を算定した結果が図4.6である。図によれば、本川上端から $5\text{ m}^3/\text{s}$ の水を流す場合(ケース1)は、年間8千7百万kWhの発生可能電力量となり、本川上端から $1\text{ m}^3/\text{s}$ の水を流す場合(ケース2)では、年間9千4百万kWhの発生可能電力量となる。

7) 発電コストによる代替案比較

以上、河川環境管理案を、2種類策定した。

表 4.3 2種類の河川環境管理案と発電コスト

仮定したパラメータ

発電所建設費	144 億円
資本費関連経費率	12%
償却期間	35 年
アユ一尾あたりの利益	180円/尾
景観対策費(工事費)	3,000 万円

項目	ケース	ケース1 本川上端流量 $5.0\text{ m}^3/\text{s}$	ケース2 本川上端流量 $1.0\text{ m}^3/\text{s}$
	水質対策		必要なし
漁業補償		6,800 万円	12,400 万円
景観対策		必要なし	3,000 万円
発生可能電力量		$8.7 \times 10^7\text{ kWh/year}$	$9.4 \times 10^7\text{ kWh/year}$
総建設費		144.68億円	145.54億円
発電コスト		20.0円/kWh	18.6円/kWh

各種パラメータを設定し、発電コストを算定したものが表4.2である。漁業と景観のコストはケース2の方が高いのだが、年間発生可能電力量はケース1の方が大きいため、発電コストはケース1の方が安く、より合理的な河川環境管理案といえる。

## 5. 成果と今後の課題

主な成果は次のとおりである。

① 発電主体が取水した場合における、流水、水質（BOD、水温）、水生生物（アユ、ヤマメ）、景観についての影響予測手法を開発・提案した。

② 水質、水生生物、景観についての評価手法と、各影響に対する対策とそのコスト算定方法を確立した。

③ いくつかの河川環境管理案の中から、発電コストをもとに、合理的な案を選択する方法を開発した。

本研究の手法は、河川環境の保全と、発電主

体の経済性を前提に構築されている。しかし、対策の良否を、環境保全と、発電主体の経済合理性だけで決めるべきではないケースもある。地元が地域振興や快適な環境づくりの上で何を要望しているのか、それに対して発電主体のとりえる対策が合致したものであるか、といった面での検討も大きな課題である。

### 参考文献

- [1] 例えば土木学会編；土木工学ハンドブック（上巻），技報堂出版
- [2] 例えば建設省河川局監修；建設省河川砂防技術基準（案）調査編，山海堂
- [3] 環境庁総務課編集；環境六法（水質汚濁に係わる環境基準について），中央法規
- [4] 西沢・新井；水温論，共立出版，1973
- [5] 若谷・山本；河川景観の評価，電力中央研究所報告 583006，1984

（わかたに よしふみ  
やまもと きみお  
やまなか よしろう  
経済部  
社会環境研究室）