

住民意識に基づく 河川開発代替案の多面的評価モデルに関する研究

○佐藤 祐一¹・萩原良巳²

¹ 正会員 工修 京都大学大学院 都市環境工学専攻 (現: パシフィックコンサルタンツ株式会社)
(〒 606-8501 京都市左京区吉田本町)

² 正会員 工博 京都大学教授 防災研究所 (〒 611-0011 宇治市五ヶ庄)

影響範囲が広範となる河川開発においてはステイクホルダー間でコンフリクトが生じやすいため、自然科学的な側面のみならず住民の意識を考慮して計画を立てることが重要となる。しかし、住民意識を評価して計画に結び付けるための体系的手法はほとんど存在しない。そこで本研究では、ステイクホルダーの視点に基づいて河川開発代替案の多面的評価を行う方法論の提案を行った。具体的には、各ステイクホルダーの評価基準を「満足関数」と呼ぶものに投影し、統一的に扱えるようにするモデルを構築した。またこれを吉野川可動堰問題に適用し、代替案の多面的評価を行った。

Key Words: water resources development, alternatives, multi-evaluation model, stakeholder, consensus building, the Yoshino River movable weir problem

1 はじめに

従来河川開発計画は、基本高水流量や利水安全度といった確率論に基づくプロセスによって策定され、住民意識の反映については、多くの場合公聴会の実施といった対応にとどまってきた。しかし長良川河口堰問題、吉野川可動堰問題、川辺川ダム建設問題のように、影響範囲が広範で様々なステイクホルダーが存在する場合には、住民間で鋭いコンフリクトが生じ意思決定に多大な困難が伴っている。

こうした問題に対し、住民意識の評価を意思決定に結び付けることを目的としたアプローチとしては、CVM (Contingent Valuation Method) や旅行費用法など、全ての価値を貨幣などの統一尺度に変換し総合的に評価する方法が挙げられる。これは治水・利水の効用や審美性・倫理性を含む環境の価値など、全ての価値を統一的に表すことができるが、スコープ無反応性やインセンティブの問題など¹⁾、アンケートにおいてバイアスを生じる問題が指摘されており、政策決定の手段としては研究段階にある。また解の発見や解に至るプロセスに着目したアプローチとしては、数理計画の分野において、

1. コンフリクト調整問題を目標間のトレード・オフ分析という視点から捉える「多目的計画法」
2. コンフリクト調整問題を複数主体 (プレイヤー) 間の交渉過程 (ゲーム) と見なす「ゲーム理論」

という二つの流れがある²⁾。前者にはパレート最適化モデル、Maximin 基準、AHP、コンコーダンス分析、ゴールプログラミングなどの手法があり³⁾、後者の例としては坂本ら⁴⁾や生田目⁵⁾のアプローチが挙げられる。しかしステイクホルダー間の合意形成が課題となってきた近年、こうした政策決定に活かす手法とは別に、代替案の持つ多様な側面を公正に評価することでステイクホルダーに社会的な視点を持たせ、合意形成のプロセスを通じてよりよい意思決定につなげるための手法の開発が急務である。

以上を受け本研究では、複数の河川開発代替案が各ステイクホルダーの意識に与える影響を評価する方法を提案する。具体的には、ステイクホルダーへの影響を多面的に評価しつつもその大きさの相互比較が可能となるような方法論を構築する。これにより、各ステイクホルダーは他のステイクホルダーへの影響を自身のそれとの比較の上で評価することが可能となり、合意形成に必要な「歩み寄り」、そして「フレーム・オブ・レファレンス (当事者の抱える判断・意味付けの枠組み) の組替え⁶⁾」をより促進できると考えられる。またこの方法を吉野川可動堰問題に適用し、その有効性を見る。

なお本研究は、水資源開発と環境保全のコンフリクトを対象とした佐藤ら⁷⁾の研究をバックグラウンドとしたものであるが、ステイクホルダーの意識評価を行うモデルにおいてステイクホルダー間の整合性が取れるよう

に改善を行ったものであり、また可動堰問題への適用においても治水・生態系だけでなく親水に関するステイクホルダーの評価を新たに行ったことを明記しておく。

2 満足関数の構築手法

(1) 住民意識評価の枠組み

河川開発代替案がステイクホルダーに与える影響は、治水、利水、環境と幅広く、また評価にあたってそれぞれ軸の単位も異なる。従ってこれらを統一的に扱うためには、前述のように統一測度（貨幣など）に変換するか、あるいは変数値を何らかの基準で関数に投影して共通単位に直す尺度化が必要である。内藤ら⁹⁾はこの尺度化の方法のうち、指標の総合化が可能でかつ最も一般的な形として、確実性下での選好強さを表す価値関数を挙げている。これは変数 x_i を何らかの関数によって、ある価値量 v_i に変換するものである。

$$v_i = v_i(x_i) \quad (1)$$

また Keeney and Raiffa⁹⁾ によれば、価値関数は以下の手順で作られる（図-1 参照）。

1. 評価基準の値 x の変域 ($x^0 < x < x^*$) を設定する。また $v(x^*) = 1, v(x^0) = 0$ のように正規化する。
2. この x の変域内の点 x^m で、 x^0 であるときに x^m になることと、 x^m であるときに x^* になることが無差別となる点（価値中点）を意思決定者に尋ねる。
3. この x^m に対応する価値 $v(x)$ の値を 0.5 とする。
4. 同様にして x^0 と x^m の価値中点 $x^{0.25}$ を求め $v(x^{0.25}) = 0.25$ とし、 x^m と x^* の価値中点 $x^{0.75}$ を求め $v(x^{0.75}) = 0.75$ とする。順次同様に価値中点を求めていく。
5. 適当なところでこれらの価値中点を滑らかな曲線で結べば価値関数が得られる。

しかしステイクホルダーごとに異なる価値関数を構築する場合にこの手法を適用すると、ステイクホルダー間で整合性のとれた価値関数の決定ができない、価値中点を尋ねるための質問が分かりにくいといった問題が生じる¹⁰⁾。前者について具体的には、評価基準の値 x の変域がステイクホルダーごとに任意に決められるため、変域の取り方に不公平がないかどうかのチェックが不可能である。

従って本研究では、価値関数の「選好強さの差に基づいて構築する」という点は参考にしつつも、整合性の問題やアンケートの設計までも考慮に入れた「満足関数」というものを新たに定義し、これによってステイクホルダーの確実性下における選好強さを表現する。即ち、満

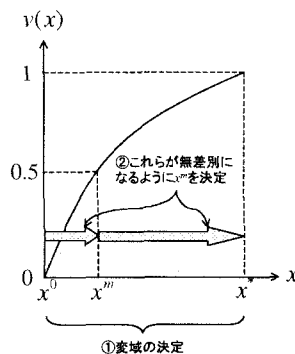


図-1 価値関数の構築手法

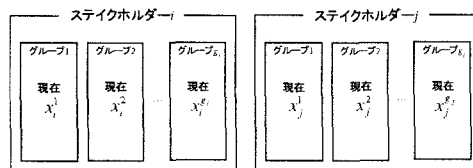


図-2 ステイクホルダーとグループの関係

足関数も価値関数と同様、評価基準の値 x_i を何らかの関数によってある価値量 s_i に変換するものである。

$$s_i = s_i(x_i) \quad (2)$$

なお以下では、この価値量 s_i を「満足量」と呼ぶことにする。

この満足関数の構築手法は以下の通りである。まず、各ステイクホルダーをその評価基準の値により複数のグループに分割する。次に、改善を必要とする度合いをグループごとに求め、最後に各ステイクホルダーの満足関数を、整合性を取った上で構築するという流れをとる。以下、その詳細について説明する。

(2) ステイクホルダー内の「グループ」の導入

同一のステイクホルダーではあっても、その便益や被害を受ける程度は人によって様々である。そこでまず、ステイクホルダーを単一の評価基準値を持つ集団として考えるのではなく、いくつかのグループに分けて捉える。また、満足関数 $s(x)$ は評価基準の値 x に対して単調増加であると仮定する。いまステイクホルダー i が有する評価基準の値を x_i と表す。またこのステイクホルダーを g_i 個のグループに分割し、それぞれのグループの現在の状態（評価基準の値）を $x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^{g_i}$ （ただし $x_i^1 < x_i^2 < \dots < x_i^{g_i}$ ）として表す（図-2 参照）。

なおどのような基準で、いくつのグループに分けるのかは、現地調査やヒアリングに基づき、住民を含めた関

係者で議論を行った上で最も妥当と判断される分け方を採用することが必要である。

(3) 必要度の定義

次に、改善を必要とする度合いを「必要度」として定義し、これをグループごとに求める。いまこの必要度が、それぞれのグループの現在の状態 x_i^p ($p = 1, 2, \dots, g_i$) がどの程度であるのか、将来的にはどの程度の改善が必要とされているのか、そしてそれを必要と考える人はどの程度なのか、ということによって構成されるものとする。これは、大きな改善を必要と考える人の割合が高ければ高いほど、そのグループにとっての必要度は高いと考えられるからである。

そこでまず、対象となる人々に「あなたの現在の状態を考えた場合、自身の評価基準（治水、利水、環境など）に関してどこまでの改善が必要だと考えますか？」という質問を行う。これは、鋭いコンフリクトが生じている河川開発計画においては、「どこまで欲しいか」という「欲望」ではなく、「どれだけあれば我慢できるのか」という「必要性」の視点を意思決定に反映させていくことが重要だと考えられるからである。また「我慢」の視点から質問を行えば、自身の評価基準の改善に伴って他に悪化する要素（治水安全度が上がる代わりに環境が悪くなるなど）がなかったとしても、回答者は改善の必要性に関して限界を示すものと考えられる（逆に、自身の評価基準の改善に従って他に悪化する要素がないときに「欲望」を尋ねると、回答者は「どこまでも改善して欲しい」と答えると考えられる）。

次にグループごとに、現在の状態 x_i^p （各グループに固有の定数）を原点に取り、横軸を将来的に望む x_i 、縦軸をその x_i までの改善が必要と考える人の比率 $r_i^p(x_i)$ の関数で表したグラフを描く（図-3 参照、以後これを「必要グラフ」と呼ぶ）。またこの比率 r_i^p は、現状に対して不満があり改善を必要と考える人々と、現状で満足している人々と合計が 1 となるように、

$$\int_{x_i^p}^{x_i^*} r_i^p dx_i = 1 - (\text{現状で満足している割合}) \quad (3)$$

ただし $r_i^p \geq 0$

を満たすものとする。

そして、あるグループの現在の状態が x_i^p であるときの必要度 $N_i(x_i^p)$ を、以下の式

$$N_i(x_i^p) = \frac{1}{x_i^* - x_i^p} \int_{x_i^p}^{x_i^*} (x_i - x_i^p) r_i^p dx_i \quad (4)$$

ただし $x_i^* \geq x_i^p \geq x_i^0$

で定義する。つまり必要度とは、現在の状態と必要とする将来値の差に、その将来値を必要とする人数の比率を掛け合わせ、最良値と最悪値の差で基準化したものであ

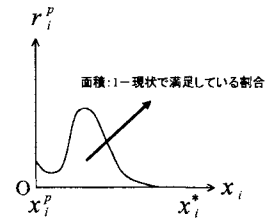


図-3 必要性とそれを望む人の割合（必要グラフ）

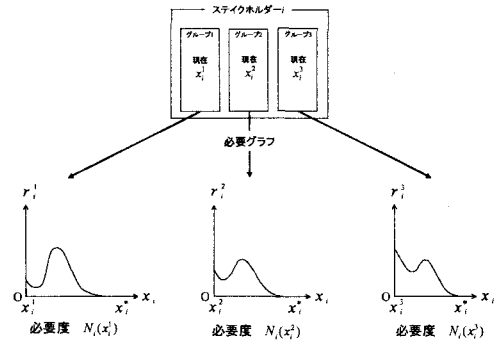


図-4 グループ毎の必要グラフと必要度

ると定義する。この式(3)、式(4)を用いることにより、ステイクホルダーの評価基準 x_i の単位に関わらず、必要グラフの形状から「改善を必要とする度合い」を算出することができる。すなわちステイクホルダー間の必要度の比較が可能となる。そしてこの必要度を、各グループに対して求める。あるステイクホルダー内に 3 つのグループがあるとしたときに、それぞれのグループ毎の必要グラフと必要度の関係を図示したものが、図-4 である。

(4) 必要度から満足関数を構築する

最後にグループごとの必要度を用いてそのステイクホルダーの満足関数を求める。満足関数は確実性下での選好強さを表すものであるため、Keeney et al. の価値関数と同様、選好強さの差に基づいて構築されなければならない。そこで、「 x_0 から x_m になることと x_m から x^* になることが無差別となる」ということを、「 x_0 から x_m になったときに必要性の満たされた度合いと、 x_m から x^* になったときに必要性の満たされた度合いが等しくなる」と解釈することで、必要度と満足関数の関係を求める。

いま、「必要性の満たされた度合い」を「必要度の減少量」とするならば、 x_i 上に任意の 3 点 x_i^l, x_i^m, x_i^r （ただし $x_i^l < x_i^m < x_i^r$ とする）を取ったとき、「必要度の減

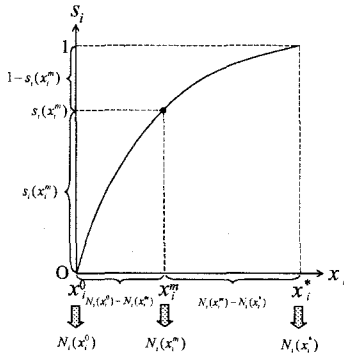


図-5 満足関数と必要度の比

少量が等しければ、その満足関数の値の差も同じ」であるので、

$$\begin{aligned} s_i(x_i^m) - s_i(x_i^l) &= s_i(x_i^m) - s_i(x_i^l) \\ \Leftrightarrow N_i(x_i^m) - N_i(x_i^l) &= N_i(x_i^l) - N_i(x_i^0) \end{aligned} \quad (5)$$

が成り立つ。即ち、満足関数の差が同じとなるような状態変化の例をいくつか取ってくれば、それらの間では必要度の差も同じとなる。これは図-5において常に

$$\begin{aligned} s_i(x_i^m) : \{1 - s_i(x_i^1)\} \\ = \{N_i(x_i^0) - N_i(x_i^m)\} : \{N_i(x_i^m) - N_i(x_i^1)\} \end{aligned} \quad (6)$$

が成り立つことを意味する。

従って、満足関数と必要度の関係は、

$$s_i(x_i^p) = \frac{N_i(x_i^0) - N_i(x_i^p)}{N_i(x_i^0) - N_i(x_i^1)} \quad (7)$$

として表される（図-6参照）。以上のことは、必要度と満足量が一意の関係にあること、更に言えば、改善に対する必要性（必要度）が大きければそのグループにとっての満足量は低いということの意味している。

また必要度から満足関数を構築する意義としては、必要度は各グループに固有な値として算出されるが、満足関数は将来予測など現状が変化したときに必要性を感じる度合いがどのようになるのかを推測する関数であり、0～1に基準化される。

(5) ステイクホルダー間の整合性

ここでは簡単の為に、ステイクホルダーが2種であるときを例として、以上で構築した満足関数が、異なるステイクホルダー間で整合性が取れていると言えるのかについて考察する。

2章(1)においても述べたように、Keeney et al. の手法では、必ず構築された価値関数間での整合性の問題が生じる。そこで本研究では、各ステイクホルダーが有

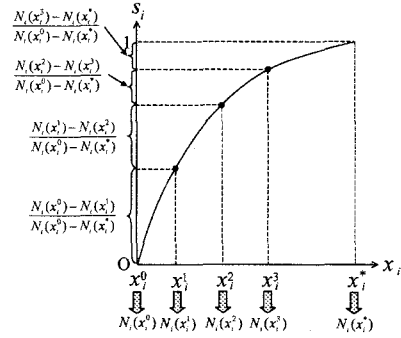


図-6 必要度と満足関数の関係

する別次元の軸をどのように突き合わせるのかという問いに対して、その必要度で整合性を図るものとする。つまりステイクホルダー間の整合性を、「ステイクホルダー*i*の評価基準の値 x_i とステイクホルダー*j*の評価基準の値 x_j に対する満足量が同じであれば、その点における必要度も同じである」と考えるならば、

$$s_i(x_i) = s_j(x_j) \Leftrightarrow N_i(x_i) = N_j(x_j) \quad (8)$$

が成り立たなければならないから、式(7)より、

$$\begin{aligned} \frac{N_i(x_i^0) - N_i(x_i)}{N_i(x_i^0) - N_i(x_i^1)} &= \frac{N_j(x_j^0) - N_j(x_j)}{N_j(x_j^0) - N_j(x_j^1)} \\ \Leftrightarrow N_i(x_i) &= N_j(x_j) \end{aligned} \quad (9)$$

となり、これは即ち

$$N_i(x_i^0) = N_j(x_j^0) \text{ かつ } N_i(x_i^1) = N_j(x_j^1) \quad (10)$$

を表す。言い換えると、 x_i と x_j の最良値と最悪値における必要度が等しければ、前述の意味での整合性は取れたことになる。最良値のときの必要度が0（即ち最良値以上の改善を必要と考える人はいない）であるときには、最悪値における必要度が等しくなるように x_i と x_j の最悪値を設定すればよい。

この整合性の意味は以下のように解釈できる。即ち、開発と環境といった別次元の要求を同じ土俵で議論するために、改善に対する必要性の強さを表す「必要度」を導入し、これが異なるステイクホルダー間で同じであればその満足量も同じであると考えることを意味している。

またこの際、各グループの必要度の算出に関してはアンケート調査を前提としているため、その微小な変化により結論が大きく変化することがないかを調べるために、感度解析が必要となる。しかし現段階では、必要度は決定論的に導かれるものとして以下の分析を行う。

3 吉野川可動堰問題への適用

(1) ステイクホルダーの設定

本章では、河川開発に関連するステイクホルダー間でコンフリクトが生じている問題の例として四国吉野川の可動堰問題を取り上げ、前章までで提案した満足関数構築モデルの適用を行う。

旧吉野川流域への分流と塩水遡上防止を目的とした固定堰である「第十堰」は、およそ 240 年前に建築された。現在、治水上・利水上の様々な観点から第十堰の問題が指摘され、それを解決する方法として、その可動堰化が挙げられている。しかし環境保護の視点などからこの可動堰化には反対も多く、2000 年 1 月に行われた徳島市住民投票では、投票者の 9 割以上の人々が反対の意思を表明した。この可動堰建設の是非を巡り、推進派と反対派がそれぞれ議論を行っているが、両者が協同して解決に向けた議論を交わすことはなく、未だ平行線を辿ったままである。

従って吉野川可動堰問題に関わるステイクホルダーとしては、計画に伴って何らかの利害を被る住民と生態系に着目すると

1. 治水に関して…第十堰のせき上げにより洪水時に被害を受け易い人々
2. 利水に関して…第十堰の流失時に利水被害を受ける旧吉野川流域の人々
3. 生態系に関して…可動堰建設によって生息環境に何らかの影響の出る生物（の代弁者）
4. 親水に関して…第十堰をアメニティ空間として利用している人々、又はその歴史的・文化的価値によって何らかの便益を受けている人々

の 4 種が考えられる⁷⁾。しかし第十堰の流失の危険性の有無に関しては様々な意見があり、堰中の構造などのさらなる調査が必要となる。従って本研究では、それを除く治水に関するステイクホルダー、生態系に関するステイクホルダー、親水に関するステイクホルダーの 3 種を対象とし、代替案の多面的評価を行うことにする。

本来なら、直接的に利害を被る住民だけでなく、当該流域に特段の思い入れのある遠隔地の人々や、納税者としての国民全体などもステイクホルダーと捉えるべきである。しかし、「代替案の持つ多様な側面を公正に評価し、ステイクホルダーに社会的な視点を持たせよりよい意思決定につなげる」という本研究の目的を考えると、現状を正確に再現することは必ずしも必要ではない。なぜなら、まず直接的な利害を被る人の利己的意識を評価しそれを提示することで、「自分たちは他の人たちの状況も重要だと考える」とか「こんな人もステイクホルダーではないか」というフィードバック得て、それを元

洪水伝播時間		最大浸水深			
～30分	1点	～0.5m	5点	+	= 10点満点
30分～1時間	2点	0.5～2.0m	3点		
1～2時間	3点	2.0m～	1点		
2～3時間	4点				
3時間～	5点				

図－7 治水レベルの定義

にステイクホルダーの再構成を繰り返すプロセスが合意形成のためには重要と考えられるからである。

なお代替案としては、可動堰建設と現状維持の二つを評価の対象とする。

(2) 治水に関するステイクホルダーの満足関数

治水に関するステイクホルダーの満足関数を構築するためには、2 章で述べたように、その被害の被りやすさによっていくつかのグループに分割する必要がある。従って洪水被害の程度を、「河川流域に住む一人の住民」という視点から、「いつ洪水がやってくるか」「洪水によりどの程度の深さまで浸水するか」の二つにより定義する。

いま、第十堰上流の堤防が決壊した場合の洪水氾濫区域図（浸水深、時間経過）のデータ¹¹⁾（約 300m メッシュごとに、破堤が生じたときの浸水深と、氾濫後浸水被害が発生するまでの時間を示したもの）を用いて、それらの組み合わせにより治水レベルを図－7 のように 10 点満点で評価する。そして、

- 避難勧告を受けてから避難所まで安全に避難する時間（2 時間 20 分¹²⁾）と、避難勧告が発令されてから堤防が決壊するまでの時間（2000 年の東海豪雨で 2 時間 20 分～4 時間 30 分）の差が微小であること
- 「浸水深が 2.0m 以上の区域」は家屋の二階浸水を意味し家屋の流出の危険性を伴うこと

から、「洪水伝播時間」と「最大浸水深」のどちらか一方でも 1 点であればその住民は洪水に対して極めて危険であると考えられるため、この治水レベルが 6 点以下の住民を治水に関するステイクホルダーと定義する。なお 6 点以下の住民は第十堰左岸の上板町と右岸の石井町に集中しており、双方の町が可動堰建設を推進していることから、この設定が妥当と考えられる。またその治水レベル（2,3,4,5,6 点）によって、5 つのグループに分ける。

以上のようにグループを設定すれば、次はそのグループごとの必要グラフから必要度を算出することが必要である。そのため本研究では、以下のような仮定を置くことで治水に関するステイクホルダーの必要グラフを求めた。

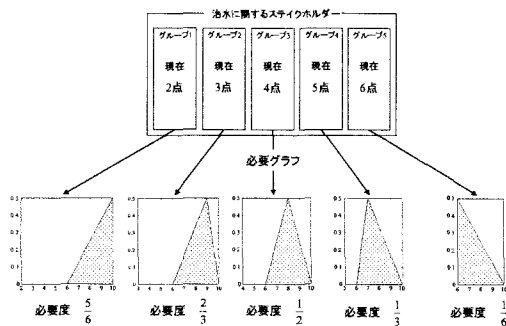


図-8 治水に関するステイクホルダーの必要度

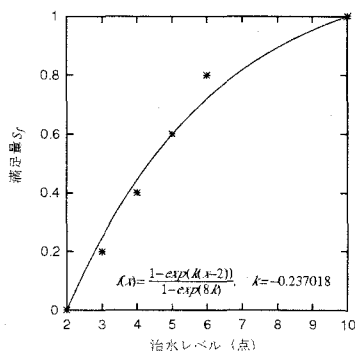


図-9 治水に関するステイクホルダーの満足関数

1. 誰もが治水レベルは6点以上であって欲しいと考えており、またその最大値は10点である
2. より低い治水レベルのグループほど、より大きな改善を望む人の割合が高い
3. 必要グラフにおける変化は全て線形で近似される

この仮定に従い、それぞれのグループごとの必要グラフを設定し、評価基準の最悪値として治水レベルが2点の人を取ったときの必要度を式(4)に従って計算したものが、図-8である。

さらに式(7)を用いれば、治水に関するステイクホルダーの満足関数が得られる。満足関数の曲線としては式(7)と矛盾しないものが望ましいが、本研究では限界効用逓減の傾向を表現するために

$$f(x) = a + b \cdot \exp(cx) \quad (11)$$

を仮定して近似曲線を引くと、最小二乗法により図-9の満足関数が得られる。

(3) 生態系に関するステイクホルダーの満足関数

本研究では可動堰建設により最も直接的で大きな影響を受けると考えられる「魚類」に着目し、これを生態

系に関するステイクホルダーと考える。そして環境の変化が魚類にもたらす影響を、その代弁者が定量的に表現するための手法として、魚類の生息環境の評価指標である森下ら¹³⁾のHIM (Habitat Index Morishita)を用いる。HIMとは、「川が上下に連なっているか」「河床に大小の石があるか」など魚が生息するための条件を10項目選び、それぞれ5点満点で評価することで、合計最低10点、最高50点の評価値をつけるものである。つまりこの手法は、ある河川環境を目で見て、それが魚類全体にとってどの程度適切であるかどうかを評価するものである。しかしもちろん、魚種によって「上下の連なり」を特に重視するものから、「河床の石」を重視するものまで様々であり、その重視の度合いを同様に魚種ごとに各項目につき5点満点で算出したものは、「要求度」と呼ばれている。従ってこの指標は、河川環境の変化を魚類の視点から定量的に表現できるということと、生息環境に対する魚種ごとの満足度合いが表現できるという点で、本研究の目的に合致した指標であると言える。

ここで対象地における現状のHIMを各項目 i ($i = 1, 2, \dots, 10$)について h_i^s 、ある魚種 j の各項目 i についての要求度を h_{ij}^d とし、各魚種 j についての「HIM不足分」 h_j^l を以下の式で定義する。

$$h_j^l = - \sum_{i=1}^{10} \lambda_{ij} \quad (12)$$

$$\lambda_{ij} = \begin{cases} h_{ij}^d - h_i^s, & \text{if } h_{ij}^d \geq h_i^s \\ 0, & \text{if } h_{ij}^d < h_i^s \end{cases} \quad (13)$$

つまり、この「HIM不足分」が負の方向に大きければ大きいほど、その魚種が現状の生息環境に対して不満を持っていることを意味する。

本研究では、平成4～6年度特定地点別の生息実態調査¹⁴⁾より、第十堰周辺に生息する周縁魚、回遊魚、純淡水魚の種類を抽出し、この不足分が-10、-8、-6、-4、-2、0のいずれであるかにより、魚類を6グループに分けた。その上で、生態系に関するステイクホルダーの必要グラフに関して以下のような仮定を置いた。

1. どのグループにおいても不足分0を望む割合が最も高い
2. 必要グラフは線形で近似される
3. どのグループも全く同じ必要グラフの形状を有するものとする

この必要グラフの形状は、現在第十堰周辺に生息している魚類について、HIM不足分とその魚種の数の関係から導いた(重相関係数 $R = 0.68$)。これらに従い、グループごとの必要グラフを設定したものが、図-10である。

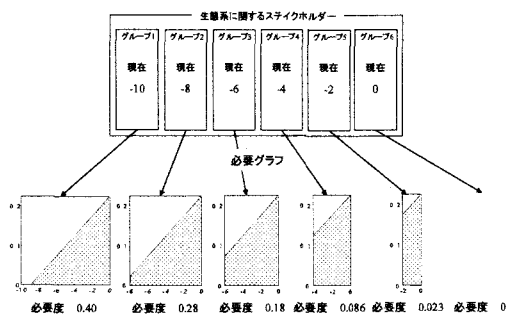


図-10 生態系に関するスティックホルダーの必要度

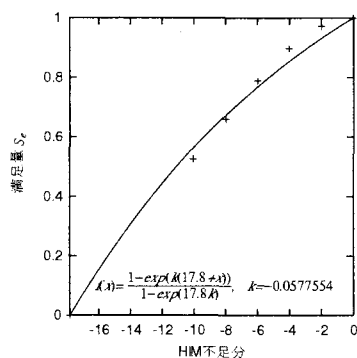


図-11 生態系に関するスティックホルダーの満足関数

ところで必要グラフに基づいてグループごとの必要度を求めるためには、2 (5) で述べたように、スティックホルダー間の整合性を保てるような最悪値の設定が必要となる。治水に関するスティックホルダーの最悪値における必要度が $\frac{5}{6}$ であり、生態系に関するスティックホルダーもこれに合わせるためには、式 (4) より「HIM 不足分」が -17.8 であればよい。従ってこれを生態系に関するスティックホルダーの最悪値として設定すれば、必要度は式 (4) より図-10 に示すようになる。

また満足関数の曲線として治水に関するスティックホルダーと同様式 (11) を想定すると、最小二乗法により生態系に関するスティックホルダーの満足関数は図-11 のように得られる。

(4) 親水に関するスティックホルダーの満足関数

環境の価値は大きく分けて、利用価値と非利用価値からなると考えられる¹⁵⁾。親水という観点からは、前者はレクリエーションなどによる現在あるいは将来の直接的利用を意味し、後者は環境の存在そのものに対する満足や、子孫へ環境を残そうという意志を意味する。後者の存在についてはおおそ認められており、その評価は

表-1 親水に関する各グループにとって必要な項目と代替案の評価

水辺デザインの基本目標	水辺デザインの目標	各利用に必要な項目				各代替案の評価	
		親い	水に触れる	生物	景観資源	現状維持	可能値建設
水辺デザインの基本目標	親水が滑りやすいこと(親水性)		○	○		○	△
	安全な空間であること	○	○	○		×	△
	見通しが良いこと	○	○	○		○	△
	危険箇所が隠蔽できること	○	○	○		△	○
アクティビティ	見通しが良いこと	○	○	○	○	○	△
	歩きやすいこと	○	○	○	○	○	○
	近づきやすいこと	○	○	○	○	○	△
	見通しが良いこと				○	○	△
景観性	遊歩道・遊歩道が親いこと				○	○	△
	変化に富んだ空間であること				○	○	×
	緑地のある空間であること				○	△	×
	親水が滑りやすいこと(滑り性)		○		○	○	△
多様性	手入れされた空間であること	○	○	○		△	○
	多様な空間から構成されていること		○	○	○	○	×
	多様な生物生息の場であること			○		○	△
	多様な遊びができること		○			○	×
多様性	コミュニティの場であること	○				○	○
	遊歩道等の場であること	○				○	×
	文化・創作活動の場であること	○				○	△
	親水・遊歩道・教育の場であること	○	○	○	○	○	○

重要であるが、利用価値計測によって環境価値の相当部分が計測できることも指摘されている¹⁶⁾。ため、本研究では利用観察調査を基にした利用価値の評価によって親水に関するスティックホルダーの満足関数を構築することにする。

そのためにはまず、対象河川における親水レベルの大小を評価できる基準が必要となる。本研究では、萩原¹⁵⁾がまとめた「水辺デザインの目標」を基にして、HIMと同様各目標を5点満点で評価する方法をとった。水辺デザインの目標は表-1にまとめる20項目であり、従って各代替案は100点満点で評価される。

また第十堰の利用行動を把握するために、村上¹⁷⁾による調査データを利用した。この調査方法の概要は、現地での観察調査を、2002年夏～2003年春の四季の日中、平日と休日1日ずつ計8日行い利用実態調査を行うものである。具体的方法としては、左右両岸それぞれ2～3名の調査員が、全調査区を見渡せる位置に常時待機し、両岸の堰取り付き部へ来訪した全員の行動を観察し、位置と時刻および行為を地図に記録していった。その結果、およそ20～30種の利用行為が観察された。また第十堰は越流の有無(季節や天候によって変わる)や採取可能な生物資源(季節によって変わる)、景観を際立たせるファクターの有無(花や夕陽など)によって卓越する利用行為が大きく変化することも調査の知見として得られている。従って本研究では、利用行為を「憩いを目的とした行為」「水に触れることを目的とした行為」「生物に関連した行為」「景観資源を利用した行為」の4つに分類し、親水に関するスティックホルダーをこの

4つの行為に従い4グループに分けた（それぞれ順にグループ1、…、4と呼ぶ）。

また各種の行為に必要な水辺の要素を表1の水辺デザインの目標より抽出し、各グループはその要素のみ考慮するとした。各グループがある代替案によって受ける親水の程度を「親水レベル」と呼ばば、これは

$$\text{親水レベル} = \frac{\sum_j (a_{ij} \times p_j)}{5 \sum_j a_{ij}} \quad (14)$$

ここで

i : グループ ($i = 1, 2, 3, 4$)

j : 水辺デザインの目標 ($j = 1, 2, \dots, 20$)

a_{ij} : グループ*i*が水辺デザインの目標*j*を考慮するときは1, 考慮しないときは0

p_j : 対象とする代替案の水辺デザインの目標*j*の得点 (1, 3, 5点)

のように評価される。なお分母の $5 \sum_j a_{ij}$ は、考慮する要素の個数が異なるグループを統一的に評価するために、その最大値で割ることで基準化を行う項である。

また、親水に関するスティックホルダーの必要グラフに関して以下のような仮定を置いた。

1. どのグループの誰もが、多少なりとも何らかの改善を望んでいる
2. どのグループでも最大値を望む人の数が最も多く、現状を望む人の数が最も少ない
3. 必要グラフは線形で近似される

これらに従い、グループごとの必要グラフを設定したものが、図-12である。なお生態系に関するスティックホルダーと同様、最悪値における必要度を $\frac{5}{6}$ に合わせるためには、式(4)より「親水レベル」が-0.6であればよく、これを親水に関するスティックホルダーの最悪値として設定している。

また満足関数の曲線も同様に式(11)を想定すると、最小二乗法により、親水に関するスティックホルダーの満足関数は図-13のように得られる。プロットが上部に限られているため、関数としての妥当性は十分でないが、上に凸であるという傾向を再現することはできているので、この結果は(5)の多元的評価に用いる。

(5) 代替案の多元的評価

可動堰建設後の各スティックホルダー・各グループへの影響は以下のように算出した。

- 治水レベルに関しては、可動堰建設後の浸水深、伝播時間のデータがないため、全てのグループにとって治水レベルが2点上昇すると仮定した。

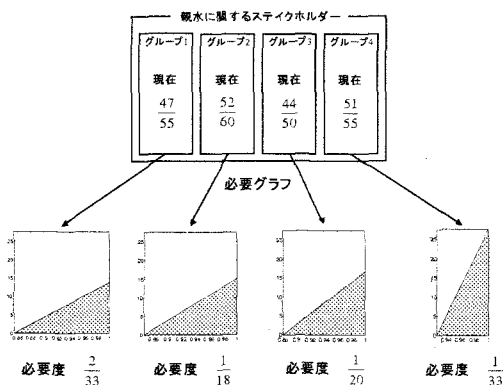


図-12 親水に関するスティックホルダーの必要度

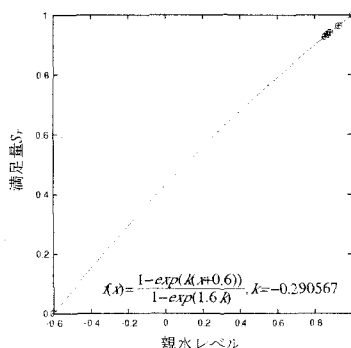
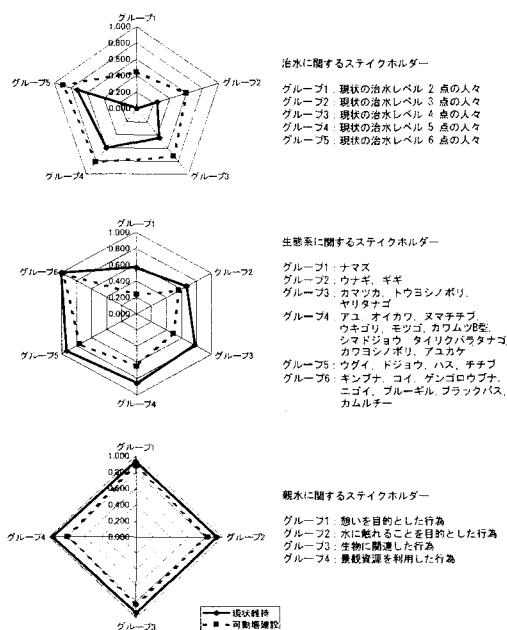


図-13 親水に関するスティックホルダーの満足関数

- HIM 不足分と親水レベルに関しては、可動堰建設によって HIM の「川が上下に連なっているか」など10項目、あるいは親水レベルの「流水が清浄であること」など20項目の得点がどのように変化するかを、建設省の資料¹⁸⁾などをもとに算定した。

図-9、図-11、図-13によって現状維持と可動堰建設の代替案選択が各グループの満足量(0~1)に及ぼす影響をファクタープロファイル形式で図にしたものが、図-14である。またそのグループを構成する人数(魚類の場合には種数)によってグループの重み付けを行い、各スティックホルダーへの影響を同様に図示したものが、図-15である。このような図を作成することで、各代替案がどのようなグループ、どのようなスティックホルダーにどの程度の影響を与えるのかを明確に示すことができ、より影響を受けやすいグループへの配慮を促すことができる。

この図から考察されるのは以下のようなことである。まず現状においては治水の得点が低く生態系や親水の

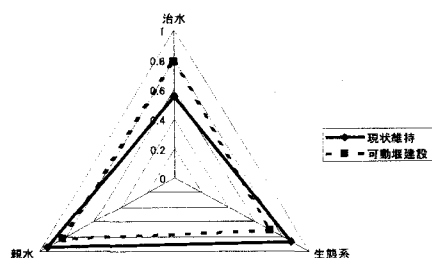


図ー 14 代替案選択が各グループに及ぼす影響

得点が高いのに対し、可動堰を建設すれば、治水の得点が大きく上昇し生態系と親水の得点が減少するというトレード・オフの関係が確認される。また、可動堰建設の影響は全てのグループに同一ではなく、生態系で言えば例えばグループ1やグループ3に対して影響が強く、逆にグループ6にはほとんど影響がない。親水のグループは、他のステイクホルダーのグループと比して可動堰建設の影響は少ないが、その中でも最も影響を受けるのは景観資源を利用している人である。このように、河川開発と環境保全の価値を公正に評価し、代替案が個別のステイクホルダーに与える影響を捉えることのできる点が、本研究で提案したモデルと手法の特徴である。

また本研究の結果をステイクホルダーが見ることで、「可動堰は治水にこんなにより影響があったのか」とか「生態系にこんなに悪い影響があるのか」など、状況を客観的に眺めて自分の知らなかったことを知ることができ、「それではこうした方がよいのではないか」といったやり取りをステイクホルダー間で行えるような動機付けを作ることが可能だと考えられる。

さらに、本研究で提案した満足関数は、ステイクホルダー間で相互比較が可能なものとなっているため、「治水」「生態系」「親水」に適当な重みを設定することで代替案の総合評価が可能である。しかし誰もが納得する重みを設定することは困難で、またそれが仮にできたとし



図ー 15 代替案選択が各ステイクホルダーに及ぼす影響

ても、住民の意識の面からのみ代替案の総合評価をするべきではなく、治水安全度など従来のアプローチも含めて総合的に判断するべきである。従って無理に総合評価を行おうとはせず、それを見た住民が自分自身の重み付けで総合評価を行ったり、あるいは上述のような使い方をすることが合意形成には必要だと考えられる。

4 おわりに

本研究は、影響範囲が広範となる河川開発においてはコンフリクトが生じやすく、また住民意識を評価して計画に結び付ける体系的手法が存在しないことを背景として、ステイクホルダーの視点に基づいた代替案の多元的評価を行う方法論の提案を行った。そしてケーススタディとして吉野川可動堰問題に適用した。その結果、可動堰を建設することで治水に関するステイクホルダーの満足量は増加するが、生態系と親水に関するステイクホルダーの満足量が減少するというトレード・オフの関係が、定量的にかつ相互比較可能な形で確認された。河川開発に伴うコンフリクトにおいては、ステイクホルダーがそれぞれの主張を展開するだけという状況に陥りがちであるが、代替案の持つ多様な側面を公正に評価することで合意形成を進めることができると考えられる。

参考文献

- 1) 大野栄治編著：環境経済評価の実務，勁草書房，2000。
- 2) 吉川和広編著：土木計画学演習，森北出版，1997。
- 3) K.Paul Yoon and Ching-Lai Hwang: Multiple Attribute Decision Making (An Introduction), a Sage University Paper, 1995。
- 4) 坂本麻衣子，萩原良巳：水資源の開発と環境の社会的コンフリクトにおける均衡状態プロセスに関する研究，環境システム研究論文集，30，pp.207-214，2002。

- 5) 生天目章：戦略的意思決定，朝倉書店，2001.
- 6) 合意形成研究会：カオス時代の合意学，創文社，1997.
- 7) 佐藤祐一，萩原良巳，内藤正明：水資源開発に伴うコンフリクトと合意形成を考慮した意思決定システムの提案，環境システム研究論文集，30，pp.215-222，2002.
- 8) 内藤正明・西岡秀三：環境指標—その考え方と作成手法—，国立公害研究所，1984.
- 9) Keeney,R.L. and H.Raiffa: Decision with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs, Cambridge University Press, 1993.
- 10) 佐藤祐一，萩原良巳：河川開発と環境保全のコンフリクト存在下における意思決定システムに関する研究，日本地域学会第40回年次大会学術発表論文集，pp.457-462，2003.
- 11) 国土交通省四国地方建設局徳島河川国道事務所：第十堰上流の堤防が決壊した場合の洪水氾濫区域図～浸水深～，同～時間経過～，1/50,000.
- 12) 栗城稔，末次忠司，海野仁他：関川水害時の避難行動分析，土木研究所資料，3536，1998.
- 13) 森下郁子，森下雅子，森下依理子：川のHの条件，山海堂，2000.
- 14) 建設省徳島工事事務所：第十堰環境調査報告書 自然環境の現況編，1996.
- 15) 萩原良巳，萩原清子，高橋邦夫：都市環境と水辺計画，勁草書房，1998.
- 16) 大洞久佳，大野栄治：利用価値計測のみによる環境経済評価の可能性，環境システム研究論文集，30，pp.45-54，2002.
- 17) 村上修一，浅野智子，アロン・イスガー，佐藤祐一，永橋為介，安場浩一郎：歴史的頭首工の親水空間としての可能性—吉野川第十堰の利用観察調査をととして，日本建築学会四国支部研究報告集，4，pp.89-90，2004.
- 18) 建設省徳島工事事務所：第十堰改築事業に関する質問へのお答え，1997.

A Study on the Multi-Evaluation Model of Alternatives for Water Resources Development based on Residents' Consciousness

Yuichi SATO, Yoshimi HAGIHARA

It is important to make a water resources development plan considering not only natural science but also residents' consciousness because conflict between stakeholders easily occurs when the plan involves wide effects. However, there is almost no systematic way for connecting the evaluation of residents' consciousness with a plan. In this paper, we propose the way for multi-evaluation of water resources development based on a stakeholder's viewpoint. Concretely, we construct the model for treating each stakeholder's evaluation criteria systematically by changing it to "Satisfaction Function". This process is applied to the multi-evaluation of the Yoshino River movable weir problem's alternatives.