

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

佐藤 祐一¹・萩原良巳²・内藤正明³

¹学生員 京都大学大学院 工学研究科 (〒606-8372 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)

³正会員 工博 京都大学教授 工学研究科 併任 地球環境学舎 学舎長 (〒606-8372 京都市左京区吉田本町)

近年日本において、流域環境への影響が危惧される水資源開発を行う際には、関連するステイクホルダー間の合意形成の基での意思決定が重要課題となってきた。しかし、地域性や住民意識などが十分に考慮されないまま開発計画が立てられることも少なくない。水資源開発の意思決定においては、結果よりも結果にいたるプロセスが重要であるとの認識に立ち、本研究では、その意思決定を行うためのシステム論的なプロセスの提案を行うと共に、その吉野川可動堰問題への適用を行う。そこではまず、ステイクホルダーとして開発推進派と環境保護派を設定し、それらの効用関数を構築する。そして凸依存性を考慮したグループ効用関数を用いて、開発推進派が環境保護派に対して歩み寄りを進めたときの意思決定について述べる。

Key Words : water resources development, decision-making, stakeholders, the Yoshino River movable floodgate problem, group utility function, consensus building

1. はじめに

近年日本において、河川流域環境への影響が危惧される水資源開発に対しては、流域住民や日本国民が河川に対して抱く審美意識や倫理意識から、必ずと言ってよいほど中止するべきだとの声があがるようになってきた。しかし、一方で治水・利水対策を望む声があるのも事実であり、洪水や渇水の際に被害を受ける程度は人によって異なるという不公平性の問題も存在する。そこで関連するステイクホルダー間の合意形成の基での意思決定が重要課題となってきたが、地域性や住民意識などが十分に考慮されないまま開発計画が立てられ、議論が紛糾している場合も少なくない。これは、各ステイクホルダーの意思や意向を考慮に入れた上で合意形成に結びつけるための体系が確立されていないことが一因であると考えられる。

そこで本研究では、水資源開発の意思決定においては結果よりも結果にいたるプロセスが重要であるとの認識に立ち、水資源開発に何らかのコンフリクトが伴う際の意思決定についてシステム論的なプロセスの提案を行うことを目的とする。その為に、まずシステムズ・ア

ナリシスの枠組みに則ってその流れを説明する。システムズ・アナリシスとは、「複雑な問題を解決する為に意思決定者の目的を的確に定義し、代替案を体系的に比較評価し、もし必要とあれば新しく代替案を開発することによって、意思決定者が最善の代替案を選択するための助けとなるように設計された体系的な方法」と定義される¹⁾。次に、河川が抱える問題はその河川ごとに様々であり、水資源開発におけるコンフリクトを全て同一のモデルで記述することはできないと考えられるので、ここでは四国吉野川の可動堰建設問題を対象とし、そこにおける問題点を明らかにした上で、ステイクホルダー間の合意形成を考慮した意思決定の分析を試みる。そしてこの結果を利用することで、どのようなアクションを取ればより合意が進んだ基での意思決定に結びつくかを明確にできると考えられる。

なお本研究においては「合意形成」を、「何らかの利害や価値観の相違によって競合しあう（即ちトレード・オフの状態にある）グループが生じたときに、あるグループが他のグループの立場を考慮して譲歩したり、あるいは相互に譲歩したりすることで、集団全体としての望ましい意思決定を目指すこと」と定義する。

2. 意思決定システムの構成

コンフリクトを伴う水資源開発の意思決定システムをシステムズ・アナリシスの枠組みに則り、フローチャートで提案したのが図-1である。これは、それぞれの河川やそこにおける問題ごとにこの枠組みで考察を進めていくことで、その特徴や個性を浮き立たせ、適した解決方法を見つける為のものである。

水資源開発は近年様々なステイクホルダーの存在により、合意形成に基づく意思決定を行うことが困難となってきた。Barrow²⁾によると、開発に関わる主なステイクホルダーは、開発者、専門家、監視者（個人、メディア、NGO）、規制者（法律、政府機関）、コミュニティ、調査者に分類されるとあるが、この他生態系、将来世代も（発言は不可能だが）ステイクホルダーとして考えられる。意思決定に当たっては、まず、これらステイクホルダーがどのような時間・空間範囲で広がりを見せ、時空間で相互にどのようなコンフリクトを形成しているかを明確化、もしくは推測する必要がある。

次に、現状調査と開発後の変化予測を行う必要がある。ここで注意すべきことは、開発後の変化予測を定量的もしくは定性的に無理に行おうとせず、予測できない場合は不確実として取り扱うことである。なぜなら、ステイクホルダー間で予測が違うために議論が平行線を辿っているという事例が多々見受けられ、将来の状態を正確に記述することは現実的にも合意形成を目指す目的の上でも不適切であると言えるからだ。こうして現状と開発後の将来予測を記述した後、対象河川の今後あるべき姿を明らかにし、目標を設定する。

以上に基づき、まずハードな代替案の解釈・評価を行い、次にソフトな代替案の設計・解釈・評価に移る。ハードな代替案とソフトな代替案を段階的に解釈・評価する点で従来のシステムズ・アナリシスとは異なるが、これは、ハードな対策が必要とされる地域がまだ存在し、まずハードな対策がその地域にとって必要不可欠であるかどうかを判断した上でソフトな対策の設計に移るという認識に基づいている。なおここでハードな代替案とは、河川や流域を工事で直接改変するダムや堰、堤防補強などを指し、ソフトな代替案とは、情報や警報の制度向上や住民意識の変化、ステイクホルダー間の歩み寄りなど、ハードな代替案によらないもの全般を指す。

次章では四国吉野川を対象とし、そこで生じている問題構造を明らかにした上で、上記の流れに沿った意思決定の分析を行う。ただし本研究では、吉野川の可動堰建設問題を取り上げ、対象地域を第十堰近辺に絞る。またハードな代替案として現状維持と可動堰建設を考え、ソフトな代替案としてステイクホルダー間の歩み寄りを考えることにする。なお目標の設定については、ステイ

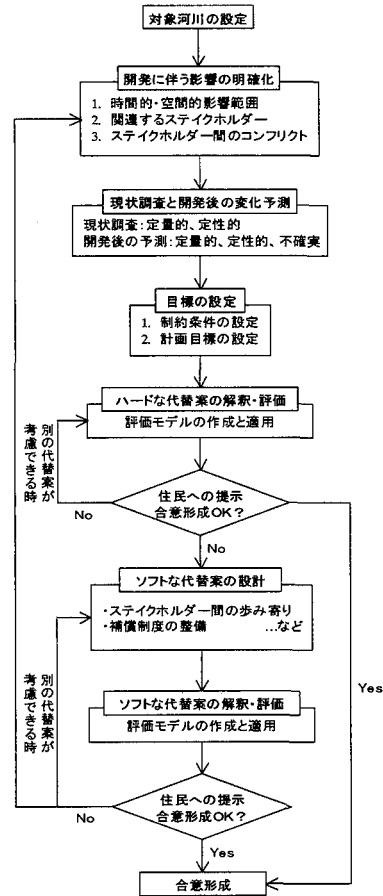


図-1 水資源開発の意思決定システム

クホルダーの主張が全て同様に重要であるとの認識に基づいて行うことにする。

3. 四国吉野川における意思決定システムの提案

(1) 吉野川の概要と問題構造

吉野川は、四国西部に位置する山間部にその源を発し、四国中央部を東に流れ、徳島平野の中央部を貫流する。徳島県の石井町、上板町にまたがる第十堰（固定堰）から旧吉野川を分流したのち、河口部では川幅1kmを超える大河となって紀伊水道に注いでいる。その流域は四国4県にまたがり、流路延長は194km、流域面積は3,750km²と我が国でも有数の大河である（図-2）。また地形が急峻で河川勾配も急な為、降雨が短時間に流れ下ることから洪水量が大きくなる過酷な自然条件下にある³⁾。

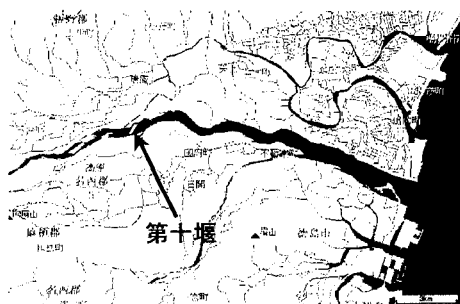


図-2 吉野川流域

現在、この第十堰を撤去して可動堰を建設する計画が挙げられているが、その主な理由は①第十堰の老朽化と流失時の利水被害、②せき上げによる上下流間の不公平性の問題、③異常深掘れによる堤防の安全度低下、④第十堰の魚類遡上の困難性、である³⁾ (以後、これらの意見を持つ人々をまとめて「開発推進派」と呼ぶ)。

また、この可動堰建設計画に反対する人々は、主に①第十堰は歴史・文化遺産である、②第十堰は豊かな生態系を育む、③旧建設省による計画の強行推進、といったことを理由としている (以後、これらの意見を持つ人々をまとめて「環境保護派」と呼ぶ)。

ここでは、吉野川可動堰建設問題に関するステイクホルダーを、計画に伴って何らかの利害を被る住民と生物に着目して次のように設定する。

- (A) 治水に関して…せき上げにより洪水時に不公平を受ける人々
- (B) 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
- (C) 生態系から見た環境に関して…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
- (D) 人から見た環境に関して…第十堰を利用している人々、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
- (E) その他…将来世代

ハードな代替案として可動堰建設と現状維持の二つを考えた場合、ステイクホルダー (A) と (B) は前者、(C) と (D) は後者の代替案を主に推進すると考えられる。即ち、(A) と (B) は開発推進派としてグループを組み、(C) と (D) は環境保護派としてグループを組むことが考えられる。以後、そのグループ間で対立構造が生じた状態での意思決定と、何らかのソフト面での対策がなされた後の意思決定の比較を行う (図-3)。なお (E) についてはそのどちらのグループも考えられるが、本問題に関しては関連する様々な要素の時系列変化を予測することが困難であるため、考察を見送ることにする。従って、代替案の比較をする際には、現在の「人」

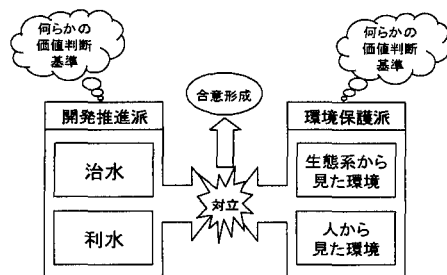


図-3 グループ間の対立構造

と「自然」という視点から将来像としてどれが最も望ましいのかを探ることにする。

また (A) や (B) に関して、そのインパクトの大きさについては開発推進派と環境保護派で意見が異なるが、その解については議論を待つこととし、両者の共通認識である事実を取り上げて以下分析対象とする。

(2) 開発推進派と環境保護派の効用関数

本節では、開発推進派と環境保護派がそれぞれどのような価値基準に基づいて水資源開発に対する是非の判断を行うのかについて、その評価モデルの提案を行う。ここでは「効用関数」の存在を仮定し、それぞれがこの関数に基づいて判断を行うものとする。従って、開発推進派は「治水」と「利水」に関するそれぞれのステイクホルダーの効用関数を合成したもの、環境保護派は「生態系から見た環境」と「人から見た環境」に関するそれぞれのステイクホルダーの効用関数を合成したもので判断を行うと考えられるが、ここでは簡単のために、開発推進派は「治水」の効用関数、環境保護派は「生態系から見た環境」の効用関数で判断を行うものとして試算を行う。従って、前者を構成する意思決定主体は「治水」に関わるステイクホルダー、後者を構成する意思決定主体は生態系となる。

a) 「治水」の効用関数

「治水」の価値と言った場合に、それは「効率性」と「公平性」で構成されていると考えられる⁴⁾。しかし吉野川においては、「効率性」という点である程度のレベルまで開発が行われてきた今、「公平性」が今後の治水・利水を考える上での重要課題であるとの認識から、ここでは「公平性」でもって「治水」の価値を測る。

ここでは「公平性」を、事象の結果として生じた不運の度合いに関する公平さを表す「事後公平性」と、予想される限界リスクの分布に関する公平さを表す「事前公平性」に分類して評価する⁵⁾。本来ならば、これらは厳密な洪水流出解析等に基づいて計算されなければならないが、吉野川においてはそのデータが存在しない為に、

以下のような仮定を置き、公平性を算出することにする。

- 1) 第十堰によるせき上げがあれば、洪水は上板町もしくは石井町でしか生じない。
- 2) 洪水時に自分の町に破堤・越流被害が生じる確率は町が河川に接する距離に比例する。
- 3) 自分の町で破堤・越流が起こった場合の不運さは1、起こらなかった場合の不運さは0。
- 4) 可動堰を建設してせき上げが生じなくなったときの全体の公平性は1。

3) の仮定は、他の地域で越流・破堤が生じた場合、伝播してくるまでの時間で余裕を持った避難行動を取ることが出来るという考えに基づいたものであり、人的被害に関する不運さを測ったと言える。以上を図で表したのが図-4である。また図中のA、B、Cはそれぞれ上板町、石井町、徳島市の人口を表し、X、Yはそれぞれ上板町、石井町が河川に接する距離を表す。これらの値をまとめたのが表-1である。なお、上板町の下流は旧吉野川流域であり、吉野川よりも治水計画規模が低く吉野川が氾濫するよりも前に浸水被害が生じていると考えられる為、ここでは考慮に入れていない。

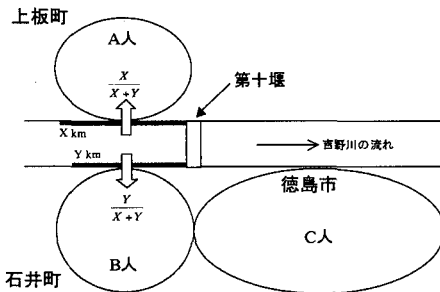


図-4 公平性算出の為の仮定

表-1 公平性算出の為のデータ

A	13,033 (人)
B	26,152 (人)
C	267,904 (人)
X	7 (km)
Y	7 (km)

以上に基づけば、第十堰がある場合の事後公平性、事前公平性は以下のように求められる⁵⁾。

《事後公平性》

事象が起こった後の一人の個人の感じる不公平さは、自分が被害を被ることで好ましい結果を受ける個人が何人いるか、また好ましさの程度がどれだけかに関係しているとする。従って、上板町、石井町の一人の個人が感じる不公平さの尺度 n_{ak} 、 n_{al} は、自分の居住地域以外

の地域に住んでいる住民の数と、不運さの差の積（上記の仮定 3）参照）で与えられるとすると、それぞれ次のようになる。

$$n_{ak} = (1-0) \times \frac{B+C}{A+B+C}, \quad n_{al} = (1-0) \times \frac{A+C}{A+B+C}$$

これを上板町、石井町の全ての個人について加え合わせ、確率と効用の積の和の大小によって意思決定者が代替案選択を行うという期待効用理論⁶⁾に基づけば、事象が起こった後の不公平性は

$$\frac{X}{X+Y} \cdot \left(n_{ak} \cdot \frac{A}{A+B+C} \right) + \frac{Y}{X+Y} \cdot \left(n_{al} \cdot \frac{B}{A+B+C} \right)$$

となる。またこれを 0~1 で基準化し、公平性の尺度に直せば、事後公平性 U_a は次式となる。

$$U_a = 1 - 4 \left(\frac{X}{X+Y} \cdot n_{ak} \cdot \frac{A}{A+B+C} + \frac{Y}{X+Y} \cdot n_{al} \cdot \frac{A}{A+B+C} \right)$$

《事前公平性》

事象が起こる前の不公平性は、そのリスク（生起確率と不運さの大きさの積）が平均値よりも大きい人の数と乖離の度合い、そして平均値よりも小さい人の数と乖離の度合いを足し合わせたもので表されるものとする⁵⁾。従って、リスクの平均値を s とすると、上板町、石井町、徳島市の一人の個人についての平均からの乖離を表す尺度 n_{bk} 、 n_{bl} 、 n_{br} はそれぞれ次のようになる。

$$n_{bk} = \left\{ \frac{X}{X+Y} \cdot (1-0) - s \right\}^2, \quad n_{bl} = \left\{ \frac{Y}{X+Y} \cdot (1-0) - s \right\}^2, \quad n_{br} = \{0-s\}^2$$

$$\text{ただし } s = \frac{\frac{X}{X+Y} \cdot (1-0) \cdot A + \frac{Y}{X+Y} \cdot (1-0) \cdot B + 0 \cdot C}{A+B+C}$$

これを全ての個人について加え合わせ 0~1 に基準化し、公平性の尺度に直せば、事前公平性は次式となる。

$$U_b = 1 - 4 \left(n_{bk} \cdot \frac{A}{A+B+C} + n_{bl} \cdot \frac{B}{A+B+C} + n_{br} \cdot \frac{C}{A+B+C} \right)$$

以上に示した事後公平性 U_a 、事前公平性 U_b によって「治水」の効用関数 U_f は表される。ここで、洪水が起こるという低確率で非日常のことも、生じた後の被害の大きさや人々への影響を考えると日常時から十分考慮に入れておくべきだと認識から、事後公平性も事前公平性と同等に重要であると考え、 U_f を次式で表すものとする。

$$U_f = \frac{1}{2} (U_a + U_b) \quad (1)$$

b) 「生態系から見た環境」の効用関数

水資源開発を行ったときに、それが生態系に与える影響を正確に予測することは極めて困難である。吉野川の第十堰を可動堰にすることにおいてもそのことが言える。せき止められる土砂、汽水域や砂州の変化などが生態系に与える影響は、長期間にわたる観測によって初めて明らかになる。従って、「生態系から見た環境」の効用関数は、生態系の変化は予測不可能であるということ

を前提とした評価手法であることが望まれる。

その為にまず、代替案ごとの「生態系から見た環境」の変化を次のように単純化して考える。現状維持の代替案に関しては、確率 1 で現在の環境が保全されると考える。そして可動堰建設の代替案に関しては、確率 p_i で予想される最良の環境状態、確率 $(1-p_i)$ で予想される最悪の環境状態に変化すると考える。そして、生態系は「できるだけ不確実な戦略（代替案）は取りたくない」と考えていると仮定する。言い換えれば、100% 確実である現状維持の代替案を過大評価する傾向にあるとする。

生態系によるこうした選好を説明する為に、本研究では、Kahneman and Tversky のプロスペクト理論⁷⁾を用いた評価手法の提案を行う。これは、

$$U_i = \sum w(p_i) v(x_i) \quad (2)$$

$w(p_i)$: 確率に対する主観的重み関数
 $v(x_i)$: 確実性下の価値関数

の大きさで意思決定者が代替案選択を行うとしたものである。なお p_i は確率、 x_i は結果を表す。即ち期待効用理論と異なり、確率部分にもその確率に応じた重みを掛け合わせることになる。

プロスペクト理論は変曲点を持っている主観的重み関数と価値関数から成り立っており、意思決定過程を編集 (editing) と評価 (evaluating) の 2 局面に分ける。まず編集課程で、類型化 (何らかの基準点に従って利得を正領域 (利得領域) と負領域 (損失領域) に分類)、結合化 (等利得の確率和算) など、経済主体はヒューリスティックな情報認知を行う。次に評価過程において、 $w(p_i)$ に関しては、100% 確実である代替案を過大評価する傾向を表現する為に、概して確率を過小評価、低確率は過大評価、末端近くでの非連続性などの特性を持たせ、 $v(x_i)$ に関しては、利得領域では凹関数、損失領域では凸関数、利得よりも損失の方が急勾配などの特性を持たせる。以上がこの理論の特徴であり、これらを図示したものが、図-5 である。

ここで x_i には、可動堰建設計画で最も影響を受けると考えられる魚類の生息環境の評価指標である森下らの HIM (Habitat Index Morishita)⁶⁾ 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」など魚が生息する為の条件を 10 項目選び、最低 10 点最高 50 点の評価値をつけるものである。ただし本研究では、この項目の一つである「攪乱の度合い」に関してはプロスペクト理論で代表させる為に除外し、9 項目最低 9 点最高 45 点として評価することにする。

以上に基づいて第十堰付近での現地調査を行い、代替案ごとの HIM の値を表-2 のように設定した。これから明らかにように、可動堰を建設したときの最良点 25 点と最悪点 19 点の状態の差は、「川が上下に連なっている

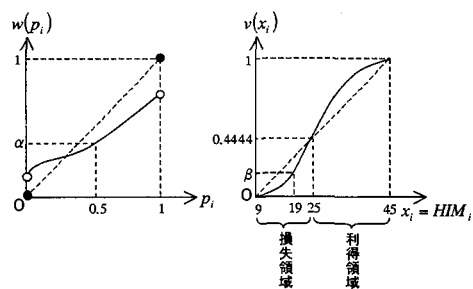


図-5 プロスペクト理論

表-2 現地調査による代替案ごとの HIM の値

	確率	評価項目										合計
		上下の連なり	細流・水路	伏流水	河床の石の大小	水深の大小	流速の大小	水生植物	水辺林	水面への光		
現状維持	1	3	3	5	3	3	3	3	1	1	25	
可動堰建設	p_i	5	3	3	3	3	3	3	1	1	25	
	$1-p_i$	1	3	1	3	3	3	3	1	1	19	

か」「冠水率の高い水辺や伏流水はあるか」によって生じたものであり、これらの項目の得点が予測不可能であると考えることとする。ここで本研究では、最良の状態となるか最悪の状態となるかは全く不明であるとの認識から、 $p_i=0.5$ と考えて以下計算を行うものとする。また x_i に関しては、現状の 25 点を基準点と考え、これ以上を利得領域、以下を損失領域と考えることにする。

このようにすると、図-5 から分かるように、計算の際に必要な数値は図中の α と β であり、Kahneman and Tversky によって提唱された関数形をどのように取るかによってこれらの値は変わってくる。この α と β は図-5 や式 (2) より、「生態系の生息環境の変化に対する選好」を表すパラメータであり、その値が大きければ生態系が変化に比較的強いことを、逆に小さければ変化に比較的弱いことを示すと考えられる。意思決定者を魚類にした場合、この関数形の取り方に決まった手法というものはない。従って①生態系が変化にどの程度弱いかを調査し、推定する方法、②専門家に尋ねる方法、③環境保全派の市民に尋ねる方法、④センシティブな動物・植物に着目して決定する方法、などが考えられるが、ここでは $\alpha=0.450$ (変化には弱いと考えられる為 $\alpha < 0.5$ であるが、可動堰建設は今ある第十堰という構造物の差し替えを行うものであり、何もないところに構造物を造るほど大きな影響はないとの認識に基づき、0.5 よりも若干小さな値であるとする)、 $\beta=0.174$ (損失領域で急勾配の関数である為 $y=\alpha x^2$ を仮定) と考えて試算することにする。

そして、「生態系から見た環境」の効用関数が式 (2) の U_e で表されるものとする。

(3) グループ効用関数を用いたグループ効用値の算出

3章 (2) で示されたように、開発推進派と環境保護派はそれぞれ異なる効用関数を有しており、これらの間で利害が対立している。このようなときにどのような集団意思決定を下すかという問題について、本研究ではグループ効用関数を導入して考えることにする。これは開発推進派と環境保護派の効用関数を合成したものであるが、これを用いることでステイクホルダーが他のステイクホルダーの効用を考慮して自身の効用を変化させるという動きをモデル化することができる為、「どのようにすればより良い社会が達成されるか」という視点をもったステイクホルダーの嗜好構造を捉えた上で、社会的決定を行うことができる⁵⁾。なおここでは、このグループ効用関数によって判断しようとする主体が存在していると考えているのではなく、このグループ効用関数によって判断することを仮に「合理的である」とした場合、どのような意思決定を下すことが合理的であると言えるのか、ある代替案を合理的であると言う為には今後どのような手段が必要となるか、また合理的な選択を下さないとなれば何故その必要があるのか、と考察を進めていくためにこのグループ効用関数を導入している。

グループ効用関数を $w(U_f, U_e)$ とし、これによって集団意思決定を行うものとする。まず、開発推進派の正規化された条件付グループ効用関数を次のように定義する⁵⁾。

$$w_f(U_f | U_e) = \frac{w(U_f, U_e) - w(U_f^0, U_e)}{w(U_f^*, U_e) - w(U_f^0, U_e)}$$

ただし

$$w(U_f^*, U_e) > w(U_f^0, U_e), \quad U_f^0 = 0, \quad U_f^* = 1$$

とする。このとき

$$w_f(U_f^0 | U_e) = 0, \quad w_f(U_f^* | U_e) = 1$$

に正規化される。またグループ効用についても

$$w(U_f^0, U_e^0) = 0, \quad w(U_f^*, U_e^*) = 1$$

と正規化するものとする。

ここで U_f^0 , U_f^* は、それぞれ開発推進派にとって最悪の結果が生じたときの効用、最良の結果が生じたときの効用とし、 U_e^0 , U_e^* は環境保護派にとってのそれらとする。この条件付グループ効用関数は、環境保護派の効用値 U_e が与えられたときに、開発推進派が感じるグループ効用を自身の効用値の関数として表したものである。同様にして、上の式中の U_f と U_e を入れ替えたもので、環境保護派についての条件付グループ効用関数を定義する。

次に、ステイクホルダー間の歩み寄りの程度を記述するために、凸依存性の概念を導入する。これは次のように定義される⁵⁾。即ち、開発推進派の効用 U_f が環境保護

派の効用 U_e に対して m 次凸依存性を満たすとは、任意の U_f , U_e に対して

$$w_f(U_f | U_e) = \sum_{j=0}^m \mu_j(U_e) w_f(U_f | U_e^j), \quad \sum_{j=0}^m \mu_j(U_e) = 1$$

を満たす相異なる U_e^j と μ_j が存在することを意味する。この定義は、 U_f 上の全ての正規関数が、条件レベルの異なった他の $(m+1)$ 個の正規関数の凸結合で表されることを意味している。即ち、相手の効用値によって自身の条件付グループ効用値が変化することを示しており、これによって開発推進派の環境保護派に対する歩み寄りが定式化される。同様にして、逆の場合も定義される。なお開発推進派と環境保護派の歩み寄りの程度を単純化する為、以下では $m=1$ として考察する。

以上を用いて、次の a), b) の場合にそれぞれどのような集団意思決定をするかについて述べる。

a) 開発推進派、環境保護派の相互の自己主張が強いとき

U_f と U_e が相互に効用独立であり、

$$w_f(U_f | U_e) = U_f, \quad \forall U_e$$

$$w_e(U_e | U_f) = U_e, \quad \forall U_f$$

を満たすときにはグループ効用関数に関して Keeney and Kirkwood⁹⁾ による以下の分解表現が得られる。

$$w(U_f, U_e) = aU_f + bU_e + (1-a-b)U_fU_e$$

ここで U_f , U_e を求める式 (1)、式 (2) に表-1 のデータや表-2 の結果を代入して代替案別の U_f , U_e を求めたものが表-3、開発推進派の意見も環境保護派の意見も同様に重要であるとの認識に基づいて、それらの重み a , b をそれぞれ 0.5 として目標設定し、双方のグループ効用関数を図示したものが図-6 である。

表-3 代替案別の効用値

	U_f	U_e
現状維持	0.826	0.444
可動堰建設	1.00	0.278

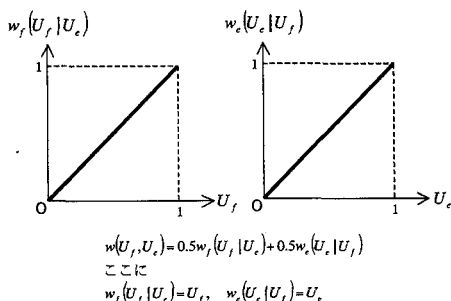


図-6 開発推進派と環境保護派のグループ効用関数：効用独立性が成立する場合

これは双方が自らの効用値がグループの効用値だと考えており、ともに自己主張が強いときと考えられる。このときのグループ効用関数 $w(U_f, U_e)$ を表-3 と図-6 に基づき、現状維持の代替案と可動堰建設の代替案とで計算してみると、前者が0.635、後者が0.639 となり、可動堰建設の代替案が優位となったが、そのグループ効用値の差は極めて小さい。そこで図-5 における α について感度分析を行うと、 $\alpha=0.400$ のときには可動堰建設のグループ効用値は 0.624 となり、現状維持の代替案が逆に優位となった。即ち、開発推進派と環境保護派の双方の自己主張が強い場合には、図-5 中の α や β など不確定定数の存在を考えると、それらを正確に決定できないことには代替案の優位性を判断することができない。従って社会的な意思決定を行う際には、何らかのソフトな代替案を取ることで、 α や β を変化させても代替案の優位性が変化しないようにする必要がある。本研究では、この代替案として開発推進派と環境保護派の歩み寄りを取り上げるが、環境保護派を構成するステイクホルダーが魚類だけであり、魚類が開発推進派に歩み寄りを示すことは現実では考えられないので、次項では、開発推進派が環境保護派に対して歩み寄りを示したときについて考える。

b) 開発推進派が環境保護派に歩み寄りを示すとき

U_e が U_f に対して効用独立であり、 U_f が U_e に対して 1 次の凸依存性を持つときについて考える。このときのグループ効用関数の分解表現は、次のようになる¹⁰⁾。

$$w(U_f, U_e) = a w_f(U_f | U_e^0) + b w_e(U_e | U_f^0) - a w_e(U_e | U_f^0) w_f(U_f | U_e^0) + (1-b) w_e(U_e | U_f^0) w_f(U_f | U_e^*)$$

ここで a) と同様に、開発推進派、環境保護派に対する重み a , b をそれぞれ 0.5 とし、双方のグループ効用関数を図示したものが図-7 である。これは開発推進派が環境保護派に対して歩み寄りを示し、環境保護派の効用値が高い場合には自身の効用値が多少低くても良い、と考えていることを表している。なお $w_f(U_f | U_e^*)$ の関数形については、 $f(x) = a + b \cdot \exp(\alpha x)$ という形を取るものとする。(0,0) と (1,1) を通るという条件から、図-7 中の第 3 式になる。

このとき、現状維持の代替案が可動堰建設案よりも優位になるには、 $1 < k < 4.45$ であれば良いことが分かった。図-8 に $k=4.45$ (即ち $\alpha=0.450$, $\beta=0.174$ のときに代替案が無差別になる) のときの開発推進派のグループ効用関数を示したが、これは $w_f(U_f | U_e^*) = U_f$ の直線に極めて近く、a) から明らかなように、開発推進派が環境保護派にわずかに歩み寄りを示すだけで現状維持の代替案が優位になることがわかる。

しかし、以上は $\alpha=0.450$, $\beta=0.174$ として計算したものであった為、ここで $\alpha=0.480$, $\beta=0.260$ において再び計算を行うことにする。プロスペクト理論の性質より $0 <$

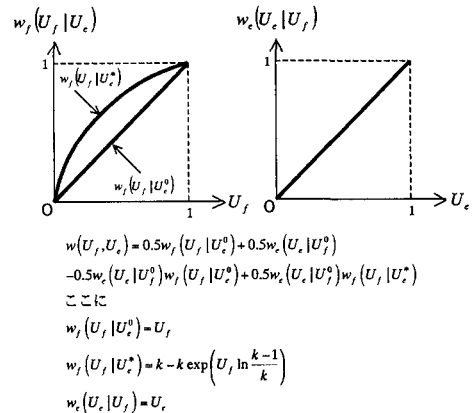


図-7 開発推進派と環境保護派のグループ効用関数：一方に 1 次凸依存性が成立する場合

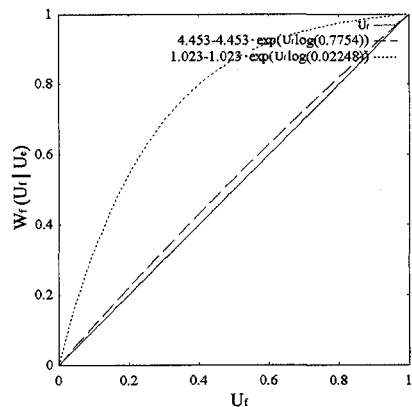


図-8 開発推進派のグループ効用関数

$\alpha < 0.500$, $0 < \beta < 0.278$ である為、この α と β の値は、生態系が生息環境の変化という事象に対して比較的強いと考えることを意味する。このときは、 $1 < k < 1.02$ であれば良いという結果になった。図-8 に $k=1.02$ (即ち $\alpha=0.480$, $\beta=0.260$ のときに代替案が無差別になる) のときの開発推進派のグループ効用関数を示したが、これより、生態系が変化に比較的強いと考えられるときに現状維持の代替案がなおも優位である為には、開発推進派が環境保護派に対して具体的にどの程度歩み寄りを示せばよいかわかる。

本研究では、生態系の変化に対する強さをどう捉えるかによって場合分けし、現状維持の代替案が優位となるときの k の値を算出したが、実際に開発推進派がどの程度の歩み寄りを示しているのかは、流域住民に対するアンケート等によって決定しなければならない。また、どのようなアクション (補償制度の確立など) によりどの

程度歩み寄りが進むかについても、今後調査を行う必要がある。

4. おわりに

本研究では、河川流域環境への影響が危惧される水資源開発について、その意思決定を行う為のシステム論的なプロセスの提案を行うと共に、その吉野川可動堰建設問題への適用を行った。まず、開発推進派の効用を治水の公平性で代表させ、環境保護派の効用を、プロスペクト理論を用いた生態系の効用で代表させた。そしてグループ効用関数を用いて、双方の自己主張が強いときと合意形成が進んだときの代替案選択の変化について述べた。今後は、吉野川流域の住民に対してアンケート調査を行って現状におけるグループ効用関数を描き、合意形成を進める為には具体的にどのようなアクションが必要となってくるのかを明らかにしていきたい。また、今回考慮できなかった利水の公平性や第十堰の歴史的・文化的価値や利用文化的価値についても評価して、意思決定に組み込みたいと考えている。

最後に、有益なご指摘を下さった審査員の方々に感謝いたします。

参考文献

- 1) 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
- 2) Barrow, C.J.: "Social Impact Assessment" ARNOLD, 2000
- 3) 建設省四国地方建設局:「第十堰改築事業に関する技術報告書 治水編」1995
- 4) 建設省近畿地方建設局:「治水計画の中間目標と事業実施順位の最適化に関する研究」pp.84-103, 1985
- 5) 田村坦之, 中村豊, 藤田眞一:「効用分析の数理と応用」コロナ社, 1997
- 6) Von Neumann, J. and Morgenstern, O.: "Theory of Games and Economic Behavior" Princeton University Press, 1944
- 7) Kahneman, Daniel, and Tversky, Amos.: "Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk" Econometrica, 47, pp.263-291, 1979
- 8) 森下郁子, 森下雅子, 森下依理子:「川のHの条件」山海堂, 2000
- 9) R.L.Keeney and C.W.Kirkwood.: "Group Decision Making Using Cardinal Social Welfare Functions" Management Science, vol.22- 1, pp.430-437, 1975
- 10) 田村坦之, 行村啓介:「凸依存性によるグループ効用関数の同定」計測自動制御学会論文集, 第18巻, pp.217-223, 1982

A PROPOSAL OF DECISION-MAKING SYSTEM CONSIDERING CONFLICT AND CONSENSUS BUILDING CAUSED BY A WATER RESOURCES DEVELOPMENT

Yuichi SATO, Yoshimi HAGIHARA, Masaaki NAITO

In case a water resources development results in a bad influence on basin environment in Japan in recent years, the decision-making based on the consensus building between related stakeholders has become important. However, developments are sometimes planned on condition the characteristics of the area, public opinion, etc. have not fully been taken into consideration. We recognize the process to the result is more important than the result itself in the decision-making of a water resources development, so that a systematic process for performing the decision-making is proposed and is applied to the Yoshino River movable floodgate problem in this paper. First, the group promoting development and the group protecting environment are set up as stakeholders, and those utility functions are built. In addition, using group utility function considering convex dependence, we describe the decision-making when self-assertion becomes weak and compromise progresses.