

治水利水環境を重み付けして統合した 河川環境評価方法の研究

安東 尚美¹・仲矢 順子²

¹正会員 工修 NPO法人流域調整室 代表者理事 (〒613-0036 京都府久世郡久御山町田井西荒見91-1)
MXE02232@nifty.com

² 農修 NPO法人流域調整室 (〒613-0036 京都府久世郡久御山町田井西荒見91-1)

本稿では、河川が人間の生活環境に及ぼす影響を統合的に評価するHIR (Human Index of River Basin) という手法では、治水安全度、水質、利水用量、生態系環境としての健全度、緑地化による温暖化防止や農産物利用に伴うCO₂固定による健全度、の5つの指標を設定し、階層評価法(AHP法)を適用し、アンケート調査を行って、HIR各項目の重み付けを行った。重み付け係数は水害や利水の経験により、治水安全度と生態評価において有意な差が認められた。京都山城の木津川支川天井川流域である南谷川と天津神川に適用した結果、HIMで38/50と20/50になったのと同様、集水域が大きく近郊住宅地としての開発が進んでいない右支川南谷川の方が、HIRにおいても4.424(天津神川2.96)と高い環境評価になった。

Key Words : Human Index of River basin, Analytic Hierarchy Process, Flying rivers, Water hazard and use experience

1. 既往研究の概要

これまで、流域整備や河川改修の方法は、まず、治水経済評価を基に治水事業の経済効果で工法を選択し、多自然や環境が問題にされる場合は代替案の費用や支払い意思額、交通費や地価で評価する方法などで評価されてきた。

従来の費用対効果に代わる河川改修工法の比較方法として費目別に産業連関表を用いることにより用地取得や水害保険は評価できた^{1) 5) 6)}が、木津川支川天井川の切り下げ各案を評価することはできなかった^{1) 2) 3) 4)}。

河川改修工法の既往評価方法を社会分析の基礎式⁹⁾から考えると、従来のB/Cは(2)式の第1項、産業連関分析において得られた波及効果は、消費への配分を考慮するため、(2)式第2項となるものと考えられる。

社会分析の基礎式

$$SB = (EB - a \cdot C) + a \cdot C \cdot d \quad (1)$$

$$= EB - C(a - d/v) \quad (2)$$

ただし、SB: 社会便益(効率価格)

EB: 経済便益(効率価格)

C: 消費に配分された便益 (市場価格表示)

a: 消費変換係数(市場価格から経済価格への)

d: 配分ウェイト

v: 投資の消費に対するウェイト

「河川に関わる環境整備の経済評価の手引き(試案)」⁷⁾によると、環境整備の便益を計測する代表的な手法として、次の4つが挙げられており、数々の適用例^{4) 9)}もある。

①代替法(同様な便益をもたらす代替市場財で評価)

②ヘドニック法(事業がもたらす土地資産額の増加分で評価)

③CVM(仮想市場法、アンケートによる住民の支払い意思額で評価)

④TCM(旅行費用法、訪れる人の交通費を機会費用として評価)

治水経済評価による被害額は、「回避される被害額の算定」として代替法に含められ、治水も人間にとっての環境向上のための経済便益であると評価できるが、他の経済評価法とも、消費に配分されたら負の社会便益となり、流域や氾濫域における物質循環や暮らしやすさを総合的に反映するものとはなっていない。

そこで、筆者は、河川の生態指標HIM(Habitat Index of Morishita's)や、流域の二酸化炭素収支を木津川支の4つの天井川に適用し¹⁾、近郊住宅地として開発が進む左支川と、断層による起伏のため取水域が大きく100年

間土地利用があまり変わらない右支川と比較した。

2. HIRの設定過程

(1)HIRを設定した対象流域の概要

人間の暮らしやすさ、生活環境の良さを統合的に評価する指標 HIR(Human Index of River Basin)は、淀川の支川である木津川中下流に存在する天井川の環境評価方法を検討する過程において、次のように設定された。

京都山城地方を流れる木津川の支川は、左右岸とも天井川化しており、内水災害地対策として樋門やポンプ場を有している。古生層、花崗岩貫入、洪積層など支川流域の卓越地質¹³⁾にあまり依存せず江戸時代初期の木津川への連続堤建設に伴い天井川化²⁾したもので、ここ数十年間の上流ダム建設や河床砂利採取による木津川河床低下にポンプ排水を増大しない切り下げが可能となり、支川整備のあり方が問われている。

前稿においては、大阪近郊住宅地として開発が進む左支川のうち天津神川と手原川、山地流域面積が広く明治以降の土地利用変化も小さい右支川のうち南谷川と玉川について、HIMと二酸化炭素収支を計算した^{10)、12)}。HIMは、源氏ホタルで知られる南谷川 38 > 玉川 28 ≥ 手原川 27 > 天津神川 20 となり、二酸化炭素収支は、左支川はプラス 1700 ~ 2000、右支川はマイナス 3000 前後となった²⁾。

(2)重み付けの重要性和AHPの採用理由

HIM といった生態にとっての指標には「変化があることによる棲みやすさや安全性」「移動しやすさによる食糧確保」「植生による快適さ」の要素がある。

前稿では、治水、利水、生態(環境)は、とって同等に重要な河川の要素だとする改正河川法の精神にのっとっていると考え、重み付けを行わないで同等に加算して HIR の提唱を行った¹⁾が、HIM に準ずる流域住民の暮らしやすさの指標にするためには、人々の河川要素に対する重みを把握する必要があると考え、意思決定法の一つである AHP (Analytic Hierarchy Process) 法(階層分析法)によるアンケート結果を整理して重み付けを行うこととした。

AHP 法は、数値化しにくい個人の選考を評価することで政策決定によく用いられる手法で、「どちらが重要か」「どのくらい重要か」ということを段階で表し、最頻値が生じるところで数値化し評価しようとするものである。

(3)AHP法適用の手順

アンケートの内容は次の通りで、流域調整室が行う「川の学校」行事案内を配布・送付する際に同封したりして、2003 年 11 月～2004 年 4 月までの間に 52 名から回答を得た。殆どが近畿地方在住者を対象としているが、10 名ほどはメールにより全国から得た回答である。

アンケートのお願い(河川や流域の環境評価の研究に用います)

1. 川の近くにお住まいですか?
・() 川のそばに住んでいる ・近くに川は思い浮かばない
2. 水害の経験はありますか?
・() の経験がある ・ない
3. 子供の頃、川で遊んだ経験はありますか?
・ある() ・ない ・大人になってからある()
4. 川から水を引いたりすることはありますか
・農業や工業など仕事である()
・生活用水を河川や地下水によっている ・用水の実感はない
5. 河川流域の環境に関わる条件を互いに比べた場合あなたはどちらの程度大事だと思いますか?
A. 洪水や土砂災害などのときに安全(治水)
B. 水がきれいである(水質)
C. 用水が十分である(用水)
D. 河川生態系が豊かである(生態)
E. 流域の緑が豊富で風景が良い(景観)

	ずっと 大事	やや 大事	どちらか 間じくらい	やや 大事	ずっと 大事
(記入例)					
A 治水					
B 水質					
C 用水					
D 生態					
E 景観					
A 治水					
B 水質					
C 用水					
D 生態					
E 景観					
A 治水					
B 水質					
C 用水					
D 生態					
E 景観					

～ありがとうございました。～

1. 川のそばに住んでいる者は 40 名、3. 子供の頃、川で遊んだ経験のある者は 46 名と、回答を寄せた人の殆どが川に関心のある人であったと考えられ、5. で重み付けについてまとめるにあたって、
2. 水害経験(有り 17 名、無し無記入 35 名)、
4. 用水の実感(有り 18 名、無し 34 名)といった回答が分かれるものについてのみ、別途集計することにした。

回答者全体について表-1. のように集計を行い、人数の最も多かったところ（同数なら平均を取って）重みを表-2. のようにまとめ^{15) 16)}、行列の固有値¹⁴⁾や項目の重み、整合度 C.I.や整合比 C.R. (0.1 以下もしくは 0.15 以下なら適合) を求めた。

今回の検討では、用水の実感がない者についてのみ 0.1 以上 0.15 以下、全て 0.1 未満となっており、AHP 法を採用することにおける適合性の面では問題がないと言える。

表-1. アンケート集計結果(全体)

	ずっと大事	やや大事	どちらでもない	やや大事	ずっと大事
A	2	8	16	14	8
A	5	11	26	6	0
A	4	6	16	13	9
A	5	11	17	13	2
B	9	22	14	3	0
B	4	9	21	8	6
B	6	23	14	3	2
C	0	5	16	14	13
C	2	7	25	11	3
D	13	14	16	4	1

表-2. 一対比較表と固有値 λ 、重み(全体)

	A	B	C	D	E	重み
A	1	1	1	1	1	0.192437
B	1	1	3	1	3	0.309842
C	1/3	1	1	1	1	0.152642
D	1	1	1	1	1	0.192437
E	1/3	1	1	1	1	0.152642

$\lambda = 5.19744$
 C.I. = 0.049361
 C.R. = 0.044073

(用水経験無し)

	無し	治水	水質	用水	生態	景観	f-Basic
A	1	1	1	1	1/3	1	0.158217
B	1	1	3	1	1	3	0.310466
C	1/3	1	1	1	1	1	0.145122
D	1	1	1	1	1	1	0.182936
E	3/1/3	1	1	1	1	1	0.203258

$\lambda = 5.46374$
 C.I. = 0.115934
 C.R. = 0.103512

(4)AHP法による重み付け結果と評価値

上述の AHP 法により、周辺住民の河川に対する意識を反映させたアンケート結果より、河川が人間の生活環境に及ぼす評価指標（治水安全度、産業、生活用水、余暇活動の場）について重み付けを行い、河川生態指標である HIM を参考にして評価した。

HIR では、アンケート項目を参考に、(1) 治水安全度、(2) 水質、(3) 利水用量、(4) 生態系環境としての健全度、(5) 緑地化による温暖化防止や農産物利用にともなう CO2 固定による健全度、の 5 つの指標を設定、各指標の数値化を可能とした。

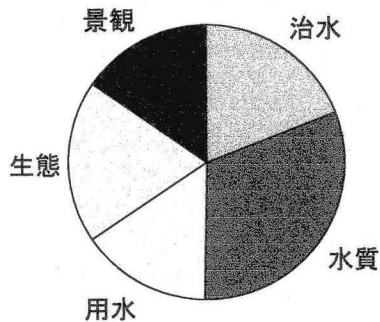
なお、産業・生活用水・余暇活動という区分ではなく、水を使う場面では水質水量が問題となること、人間活動は生態系と物質循環から捉えるべきではないかと考え、このような区分にした。

表-3.AHPによる重み付けとHIR評価値

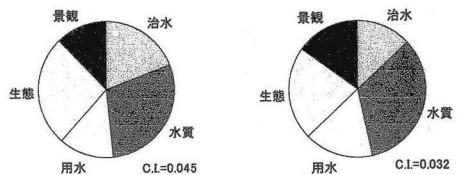
	全体	水害経験	治水安全度	水質	用水	生態	景観
天徳持川	2.960	2.865	2.942	2.874	2.962	2.962	2.962
南谷川	4.424	4.359	4.443	4.316	4.477	4.477	4.477
治水	0.192	0.193	0.130	0.092	0.158	0.158	0.158
水質	0.310	0.290	0.336	0.308	0.310	0.310	0.310
用水	0.153	0.130	0.162	0.092	0.145	0.145	0.145
生態	0.192	0.265	0.220	0.417	0.183	0.183	0.183
景観	0.153	0.122	0.151	0.092	0.203	0.203	0.203
固有値	$\lambda = 5.197$	5.181	5.127	5.032	5.464	5.464	5.464
整合度	C.I. = 0.049	0.045	0.032	0.008	0.116	0.116	0.116
整合比	C.R. = 0.044	0.040	0.028	0.007	0.104	0.104	0.104

アンケート回答者の経験によって重視する環境要素がどう変わるのか、図-1.に示す。

水害経験ありの場合は治水を、水害経験なしの場合は水質を重視する傾向があるが、用水実感有りの回答者が水質や生態を重視する程度ほどではない。

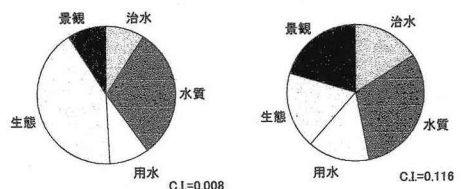


(アンケート回答者全体)



(水害経験有り)

(水害経験無し)



(用水実感有り)

(用水実感無し)

図-1.河川環境評価の重み付け

3. 対象河川へのHIRの適用における評価と課題

治水・利水・環境を同一評価した前稿¹⁾ に比べ、河川で用水を使っているという実感のある者は治水より生態を重視する、表-3より天津神川の用水経験有無による生態評価のみ有意差が認めらるという興味深い知見を得られたものの、天津神川と南谷川に関する評価値は、昨年の17と27より若干差が小さくなったものの、あまり変わることはなかった。

HIRの天津神川と南谷川への適用にあたり、関西地盤活用協議会の土質資料や地下水位、水道水源、農業用水取水調査を参考にした。手原川や玉川を含めて、4河川とも、扇状地特有の井戸や扇端での湧水による取水はわずかで、木津川堤防沿いの深井戸で水道水を取水、天津神川や玉川はため池、手原川や南谷川は河川に設けた堰で農業用水を取水していることが判明した。よって、水量の評価はいずれの河川も3とした。

治水安全度については、施設で対応できる確率年と流域の開発度、水害土砂災害への対応度から評価できるが、用水経験で環境評価にこれだけの違いがあるということは、用水の現地聞き込みと同時にアンケートを行うなどすることで、評価値の精度を上げることができると考えられる。

表-4.木津川左右支川のHIR項目評価値

	(年代)	左支川			天津神川			右支川			南谷川		
		1600	1900	2000	1600	1900	2000	1600	1900	2000	1600	1900	2000
治水安全度	治水安全度	1	3	3 ^{*1}	1	3	4 ^{*4}	1	3	4 ^{*4}	1	3	4 ^{*4}
	利水	—	5	5	—	5	5	—	5	5	—	5	5
	環境	—	—	3 ^{*2}	—	—	5	—	5	5 ^{*3}	—	5	3
環境	CO2収支	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	HIM	—	—	20/50	—	—	—	—	—	—	—	38/50	—

注) *1:切下げ実施前。

*2:大谷川内里橋のCOD値6～14参考

*3:CODパッケージ2ppm以下(遊泳適、
＜ホタル生息条件3.8)

*4:1953年水害後に蛇行を短縮して改修

4. 結論

AHPによる重み付けを踏まえて統合的なHIR評価を行った結果、治水・利水・環境を同等に評価した昨年とほぼ同様の結果が得られ、近郊住宅地として開発の進んだ河川に対する評価を用水経験の有無によって適用した場合のみ有意差が現れた。治水安全度や水量水質の目標値と評価点の取り方について、アンケートと同時に評価を行うなど、更に検討する必要がある。

謝辞：この論文を作成するにあたり、クリタ財団の助成を受けたことを感謝します。

参考文献

- 1) 安東尚美・仲矢順子：治水利水を考慮した河川改修方法の環境評価に関する研究、土木学会環境システム委員会講演集、2003.10
- 2) 京都府綴喜郡田辺町：田辺町近代史、1987
- 3) 薪誌刊行委員会：薪誌、1991
- 4) 京都府田辺土木事務所：天津神川河川企画調査業務委託、1998
- 5) 京都府総務部：平成9年度 京都府産業連関表
- 6) 永峰幸三郎：福祉の波及効果の大きさは！、政策資料No.34、大阪地方自治研究センター
- 7) 河川に関わる環境整備の経済評価研究会：河川に関わる環境整備の経済評価の手引き(試案)、1999.3
- 8) 栗山浩一：公共事業と環境の評価－CVMガイドブック、築地書館、1997
- 9) 山田治徳：政策評価の技法、日本評論社、2000
- 10) 菅和利、森下郁子、伊藤啓太郎：水域生態系の定量評価手法の開発と治水計画策定への応用について、河川技術論文集、2002
- 11) 京都府：昭和47年度 手原川 小規模河川工事全体計画設計書、1972
- 12) 栗栖昌紀：緑地帯・水面などの配置が都市の気温分布にもたらす影響の定量化、京都大学大学院工学研究科環境地球工学専攻修士論文、1997
- 13) 井手町史編纂委員会：南山城水害誌、1983
- 14) 刀根薫：ゲーム感覚意志決定法、日本科技連出版社、1987
- 15) 刀根薫、真鍋竜太郎：AHP事例集一階層化意志決定法一、日本科技連出版社、1990
- 16) 木下栄蔵：AHPの理論と実際、日本科技連出版社、2000.

ESTIMATION METHOD OF RIVER ENVIRONMENT WEIGHTING FLOOD CONTROL AND WATER USE

Naomi ANDO, Junko NAKAYA

Alternative methods of Cost by Benefit based on flood economy, industrial matrix by stage valuable to estimate land capture and flood insurance was difficult to valuate several ideas cutting down flying rivers. Past environmental estimation was only economically but referring to Habitat Index of Morishita's, using Human Index of River Basin including flood safety ,CO₂ balance and water use, applied Analytic Hierarchy Process by ancate ,found that flood and water use experiences pull up ecological priority.