

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
Study About Environmental Valuation of River Improvement Method
Considering Flood Control and Water Use

安東 尚美¹ 仲矢 順子¹
Naomi Ando Junko Nakaya

ABSTRACT: River improvement methods have been valuated Cost by Benefit, and payable cost or alternative index are used for environmental evaluation. This paper says that using industrial matrix by stage is able to valuate to obtain land and flood insurance but difficult to valuate environmental or water use phases of several ideas to cut down ceiling bed rivers. Using Human Index of River Basin including flood safety and CO2 balance besides Habitat Index of Morishita's, it has been found that around river basin water proof method whith both old and new habitants take part in can be valuated.

KEY WORDS : Valuation of river improvement method, Environmental index , Habitat index , Human Index of River basin

1. はじめに

筆者は、河川改修におけるさまざまな工法について、従来の費用対効果に代わるものとして、費目別に産業連関表を用いることで評価できる工法・治水策を明らかにするとともに、治水、利水も含めて環境評価とし、社会効果における便益として組み込む手法について考察してきた。

環境を経済評価する方法には代替案の費用や支払い意志額、交通費や地価で評価する方法などがあるが、社会効果の便益の中に、環境評価では代替法に分類される洪水被害軽減額や二酸化酸素の収支、水質や生態系評価を、消費に回されて波及するものとして産業連関表による波及効果を組み込むこととした。今回は便益をHIR (Human Index of River basin) と規定し、生態指標HIM (Habitat Index of Morishita's) に倣って簡易な評価基準で、京都府山城地方の天井川の評価を行った。

2. 京都山城の天井川と切り下げ各案の効果、環境評価について

2. 1 木津川支川の天井川

淀川の一支流、木津川中流域には図-1. のように多くの天井川と内水災害地がみられ、切り下げや拡幅・河床掘削、蛇行直線化などの改修がなされてきた。

本稿では、1953年の山城水害後にも改修されておらず切り下げが検討されている天津神川のほか、山城水害を契機に改修された南谷川、玉川、1972年に改修された手原川を対象とした。このうち、木津川左支川である天津神川について切り下げ各案の評価を行い、また天津神川と右支川南谷川との環境評価の比

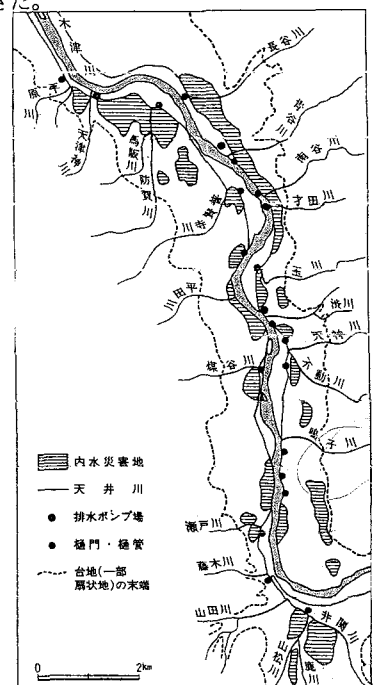


図-1. 木津川流域の天井川と内水災害地
(注)『日本地誌 14 京都府・兵庫県』(二宮書店)による

¹ 特定非営利活動法人 流域調整室 River Basin Control Room

表-1. 対象河川の流域諸元

河川名	流域面積 km ²	流路長 km	
		集水域	天井川区間
南谷川	5.8	5.4	0.55
玉川	7.8	5.3	1.8
天津神川	1.2	1.9	1.6
手原川	3.1	2.5	0.6

較を行った。

2. 2 天津神川の切り下げ各案の評価

天津神川は流路延長3.5kmであり、そのうち天井川区間は1.6km、水源地は京奈和高速道路のインターチェンジで、河道上流端を調整池、中流部の住宅開発地内に農業用ため池を持つ河川である。天井川になったのは、中世から木津川に連続堤が築かれた近世初期と言われ¹⁾、1884年の堤防決壊で大被害を受けており²⁾、現況では高盛土に乗った三面張り河道の様相となっている。J R片

町線より下流の100mほどの区間は確率流量1/50年の疎通能力があるが、より上流ではその1/3の流下能力しかない所が数カ所あり、天井川切り下げによる河道改修が計画されている。河道改修案には、これまで通り木津川へ自然流下させ、氾濫域のみポンプで排水する案と、下流部で河道下を暗渠で横過する防賀川を平面交差で合流させ木津川へポンプ排水追加ポンプ容量+6m³/s必要)する案とがある。

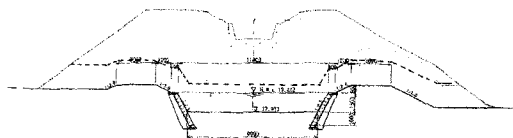


図-2. 天津神川切り下げ断面図

(点線は自然合流案) S=1:500

表-2. 天井川切り下げ改修案別の波及効果／費用一覧

		建設補修	土木	セメント・セメント製品	建設・建築用金属製品	特殊産業機械	不動産	計	B/C
		(撤去工)	(その他)	(コンクリート)	(ガードレール鋼線・矢板等)	(排水機場)	(用地取得)	(諸経費含む)	波及効果/費用
自然合流切り下げ案	費用(千円) C	7,000	468,000	1,136,884	23,116	1,200,000	1,020,000	3,855,000 4,510,000	1/3.4
	一次波及効果	9,047	624,558	1,547,847	30,199	1,567,680	1,229,104	5,008,435	1.299
	二次波及効果	3,901	253,190	721,349	12,977	673,659	200,310	1,865,384	0.484
平面交差+6m ³ /s切り下げ案	費用(千円) C	7,000	470,000	1,196,884	23,116	1,640,000	1,020,000	4,357,000 5,097,000	1/3.8
	一次波及効果	9,047	627,227	1,629,536	30,199	2,142,496	1,229,104	5,667,609	1.301
	二次波及効果	3,901	254,272	759,418	12,977	920,667	200,310	2,151,544	0.494

※使用資料 平成7年 京都府産業連関表(部門投入係数表)³⁾

平成7年 京都府産業連関表部門逆行列係数表 [I-(I-M) A]型³⁾

直接工事費に対する一次波及効果や二次波及効果、間接費を含めた事業費に対する洪水被害軽減額の便益率は、自然合流案、ポンプ追加による防賀川との平面交差案とも大差はなく、波及効果という面では投入する財が大きい平面交差案の方が少し大きくなる。

なお、平面交差案の場合は新設ポンプによって浸水を免れる防賀川沿いの水田に対する被害軽減も便益に含めているが、自然合流案の場合、図-4. のとおりの天津神川沿いに限定されている³⁾。

公共事業は市場価格でなく、社会的必要性によって決まるものであるため、費用便益比や費用便益差、あるいは産業連関表など投資基準のみで事業の優劣を評価することは限界があると言える。

3. 投資効果のみでない環境評価法の検討

3. 1 社会分析の基礎式と産業連関表の適用例

そこで、社会分析の基礎式⁵⁾を適用し、河川改修工法について評価する。(2)式の第1項は従来のB/Cに対応し、(2)式第2項は産業連関分析において得られる、消費への配分を考慮した波及効果に対応するものと考えられる。

社会分析の基礎式

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

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

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

表-3. 密集市街地を流れる都市河川改修各案の波及効果の比較

	技術的問題点	C/B	一次波及効果	二次波及効果
①河道改修案	治水上の問題点はなし 病院の移転など実質困難（施工）	4.86	1.226	0.253
②トンネル案	分流施設に水理実験が必要（治水） 対象区間の地質調査が必要（施工）	2.83	1.273	0.378
③二層式河川案	合流河川ピーク時に圧力水となる（治水） 密集地での切り替えに手間取る（施工）	4.16	1.257	0.335
④調節池併用案	流域貯留施設を多く必要とする（治水） 用地取得・管理に地元協力必要（施工）	6.16	1.230	0.264
⑤調節池併用案 （用地の一部他事業）	流域貯留施設を多く必要とする（治水） 地元協力と他事業との調整必要（施工）	5.68	1.240	0.291
⑥洪水保険	地元同意と避難機構の確立が必要	1.0 (年毎)	1.288	0.316

密集市街地を流れる都市河川改修各案の比較に産業連関表を用いた場合、B/Cでは比較できなかった用地の一部を他事業による案や、水害保険も比較できる。

対象流域は、下流域の半分が密集した旧市街地となっており、上流域と下流域の一部は標高の比高百数十メートルの山となっている。合流点は自然流入で、上流域山地には流域面積の7%

ほどの開発計画があるこの数km²の流域に計画された4つの治水計画について、従来の費用便益B/Cと、事業費項目別に産業連関表を用いた場合の一次波及効果/C、二次波及効果/Cを比較した⁶⁾。便益Bは、治水経済調査によるものである。

産業連関表では環境面の便益は表現できないが、「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⁸⁾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)

全てを効率価格で治水経済評価による被害額は、代替法に含まれ、「回避される被害額の算定」とされ、環境などの悪影響を他の手段で防止したり、環境を再生するのに要する費用も代替法に含まれるが、それぞれ別の方法として計上するのでなく、治水・利水・生態ともに、人間にとっての環境指標であるとして価格で統一的に表現することは困難である。

人間にとっての多様な環境指標を統一的に表現する方法としては、意思決定法の一つであるAHP（Analytic Hierarchy Process）法（階層分析法）が有効と考えられる。治水、利水、環境面で優れた河川改修法を選定あるいは優れた河川を評価することを目的とし、改正河川法に明記されたそれぞれの重みは同一、として算定を行なう。

4. 人間にとっての環境指標HIRの提案と適用

4. 1. 河川の生態評価法（HIM）

河川環境を評価する方法として、『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』¹⁰⁾、河川技術論文集、菅和利、森下郁子、伊藤啓太郎、2002、に、HIM（Habitat Index Morishita'98）という指標が紹介されている。HIM指標の内容は、次のとおりである。

HIM1：川が上下につながっているか

HIM2：細流、水路等のつながりが有効か

HIM3：冠水率の高い水辺（湿地）や伏流水はあるか

HIM4：河床に大小の石があるか

HIM5：水深に大小があるか

HIM6：流速に大小があるか

HIM7：ヨシ、水草等水生植物があるか

HIM8：水辺林が連続しているか

HIM9：水面への光の当たり方

HIM10：擾乱の度合い

それぞれのHIM指標を、5、3、1の3段階に分けて、天井川区間の上流について適用してみると、表－4. のとおりとなった。

評価対象の一つとなった南谷川の天井川区間より上流には源氏ホタルが生息するので有名であるが、カワニナを食べて成長する幼虫の時期に河床に礫がある、さなぎになったらもぐれる土が河岸にある、河畔林や草がなくて温度が調整されている、交尾時にあまり明るくない、水田に多くの水を要する交尾時まで水量が確保されている、といったホタルの一生にとっての条件とも一致している。

手原川は『昭和47年度 手原川 小規模河川工事全体計画設計書 京都府』¹¹⁾によると、全区間、1/100年（現在の確率評価では1/30年）で、従来の三面張りではなく兩岸護岸形式で改修されている。地元の薪小学校の児童により総合学習の時間を利用した生態調査が行われており、水質は良くはないがオイカワやドンコなどの魚類も見られるという、城陽市水環境フェスティバル（2003年3月30日）での発表を参考に、隠れ場所となる河床の石や流速・水深の変動もあるものとして評価を行った。

南谷川のホタルは、1953年水害後の改修で蛇行をショートカットした部分にホタル公園が作られて以降減少しているが、保全活動や捕獲者に罰金を課す条例でもどってきた。平常時の水量は、地元の人によると、数十年前に比べて減っているとのことである。

1953年に農業用ため池である大正池が決壊して土石流により107名の死者を出し拡幅された玉川は、河岸が桜堤となっており、階段護岸のところに水の濁った魚道ができてからホタルが見られなくなったとのことである。

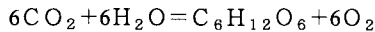
4. 2 土地利用、二酸化炭素収支による評価法

人間にとっての快適な環境の一つとして、流域や氾濫域の二酸化炭素の収支を考え、100年前、河川改修時、及び現代の土地利用面積から『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』¹²⁾、栗栖昌紀、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、p.66～67を参考に、上記4流域における二酸化炭素排出量の変化

表－4. 4つの天井川のHIM評価

	手原川	天津神川	南谷川	玉川
	3	3	5	5
HIM2	3	3	3	3
HIM3	1	1	5	3
HIM4	3	1	5	3
HIM5	3	3	3	1
HIM6	3	1	3	1
HIM7	3	1	3	3
HIM8	1	1	3	3
HIM9	1	1	3	3
HIM10	5	5	5	3
合計	27	20	38	28

をまとめた。なお、農耕地の二酸化炭素換算については、小山弘道（鶴殿研究所代表）が、作物をすだれの材料として取り出すヨシ原について次のような式を提案しており、1991～1995年の綴喜郡単位面積収穫量に対してブドウ糖と炭素の比率である72/180を乗じて換算した。



ここに、C=12、H=1、O=16

264 108 180 192

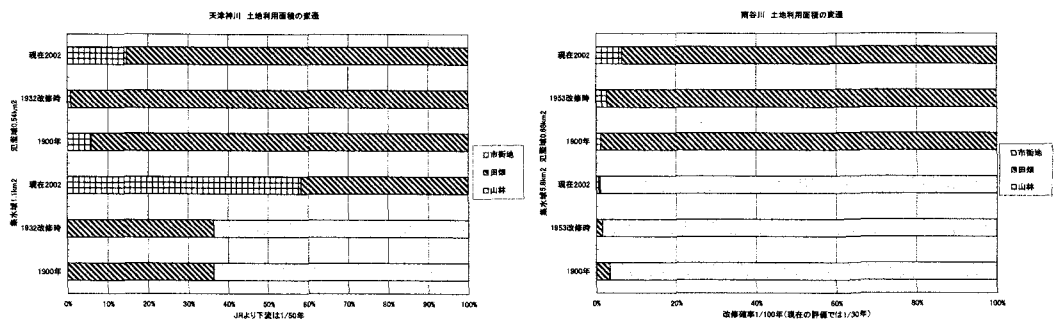
右支川は花崗岩の基盤岩よりなる山地から流出し集水域が大きく、流域の殆どが山林であることが100年間変わ

っていないが、左支川は洪積世から琵琶湖より流出する河川によって形成された大阪層群による田辺丘陵から流出するもので、集水域が小さく、天津神川では集水域の半分以上（手原川では27%）が市街地となっており、流域での二酸化炭素の収支は大きくマイナスに偏っている。

表－5. C O換算値の比較参考値

種別	炭素排出量(C換算)	採用値年
高木・低木	-4.1～年	-480 (山林)
農耕地	-4.1t/ha/年	-410 (田畑)
人間	365kg/人・年※	2960 (市街地)

※:人口密度人/ha



図－3. 天津川の土地利用面積の変遷

表－6. 土地利用面積から算定した流域毎の二酸化炭素排出量（C換算）の変遷

		手原川			天津神川			南谷川			玉川		
		集水域	氾濫域	合計	集水域	氾濫域	合計	集水域	氾濫域	合計	集水域	氾濫域	合計
単位 t/年	面積(km ²)	4.50	0.16	4.66	1.10	0.54	1.64	5.8	0.68	6.48	7.8	0.94	8.74
	1900年当時	-2150	-60	-2210	-500	-110	-610	-2740	-250	-2990	-3570	-130	-3700
	改修時点	-2140	100	-2040	-500	-210	-710	-2780	-220	-3000	-3630	-70	-3700
	2002年現在	1980	100	2080	1710	50	1760	-2650	-130	-2780	-3600	-50	-3650

天津神川切り下げ改修について見た場合、三面張りから兩岸護岸になることで生じる変動可能な低水路面積は、0.01km²、それで吸収できるCO₂は約30 t/年である。平面交差の追加ポンプ排水となる場合、さらに電気による経済的負荷やCO₂排出ももたらす。

天津神川の集水域は1.2km²しかなく、これを全て二酸化炭素を作物として取り出せる農地にしたとき、4流域を合計した田畑の面積は、1900年頃の3.03km²→改修時点の2.97km²→現時点の2.71km²と、日本の河川の中では激減はしておらず、食糧を中心とする農業生産はさほど減っていないと思われる。天津川で形成された氾濫域に農地が残っている。



人間にとっての河川環境指標として、HIR (Human Index of River Basin) を提案し、これを木津川支川の上記天井川に適用する。関西地盤活用協議会の土質資料や地下水位、水道水源、農業用水取水調査より、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。

5. 結論

治水安全度もCO2収支や農業生産も環境指標に含め、治水、利水、環境を同じ重みで加える方法HIRをとることによって、生態との共存ばかりでなく、流域や氾濫域に農地やその取水体系を残すことなど、新旧双方の住民にとって関心のある要素を含めて評価することができる。

表-7. 木津川左右支川天井川のHIR比較

		左支川 天津神川			右支川 南谷川		
		1600	1900	2000	1600	1900	2000
(年代)		1600	1900	2000	1600	1900	2000
治水安全度		1	3	3* ¹	1	3	5
利	農業生産	—	5	5	—	5	5
	水質	—	—	3* ²	—	5	5* ³
水	水量	—	—	3	—	5	3
環 境	CO2収支	5	5	1	5	5	5
	HIM	—	—	20/50	—	—	38/50
合計／15		8.2			13.7		

注) *1:切り下げ計画実施前。 *2:大谷川内里橋でのCOD値6~14を参考
*3:CODバックテストで2ppm以下(遊泳に適、<ホタル生息条件3.8ppm)
となったため

参考文献：

- 1) 京都府綴喜郡田辺町：『田辺町近代史』、1987
- 2) 新誌刊行委員会：『新誌』、1991
- 3) 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
- 4) 京都府総務部：平成9年度 京都府産業連関表
- 5) 松野正・矢口哲雄：開発プロジェクトの評価、公共事業の経済・社会分析手法、築地書館、1999.3
- 6) 永峰幸三：福祉の波及効果の大きさとは、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ー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) 青和利、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

- 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

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。