

地域の水資源に着目した環境資源勘定の構築に関する研究
STUDY ON THE ENVIRONMENTAL RESOURCE ACCOUNTING
ON THE LOCAL LEVEL: A CASE STUDY OF WATER RESOURCE

大平晃司*・上野賢仁**・中口毅博***・二渡 了****・井村秀文****
Koji OHIRA*, Takahito UENO**, Takehiro NAKAGUCHI***,
Tohru FUTAWATARI**** and Hidefumi IMURA****

ABSTRACT; In order to achieve sustainable development, establishment of environmental resource accounting systems which integrate the environment and economics is becoming important both on the national and local levels. In this study, water resource accounting system on the local level is developed, taking up the area of Fukuoka prefecture as a case-study. The accounting system for natural water can be divided into two sub-systems. The first is the physical accounting system of water supply and demand. This sub-system aims to quantify the amount of water drawn from rivers, used for various purposes and drained out into urban sewage systems, and the associated environmental loads in terms of water pollutants. The second is the economic accounting system including the benefit and the cost of waste water treatment; the benefits of drinking water in our daily life; and amenity values of clean and fresh waters. Finally, these two sub-systems are to be incorporated. According to this idea, it is tried to collect relevant data and carry out economic valuation of water resources to the extent possible.

KEYWORDS; environmental resource accounting, water resource, natural resource pricing, willingness to pay, economic valuation

1. はじめに

今日の環境問題の解決のためには、環境という希少資源が持つ価値を経済システムに内部化する（「環境と経済の統合」）必要があり、そのための1つの手段として「環境資源勘定」が注目されている[1]。すなわち、「環境資源勘定」とは、環境という資源の持つ多様な経済価値を正しく評価し、それを経済指標の中に統合しようとする試みである。そのために、現在、国際的にもさまざまな検討がなされているが、本論文では、地域の水資源に着目した環境資源勘定の構築を目指す。

ここで、水資源は、森林、土地資源等と同様に、地球に存在する「自然資本」ストック（natural capital）の一つである。これは、人、資本、自然資源と結び付けられ、人びとの望む場所、時、形態に応じて供給されるようになると経済財となる。また、それ自体に固有の価値、すなわちレクリエーションの価値・景観的価値、文化的・精神的つながり、生態系の維持、保全価値を備えている。水資源を含めた自然資源の多くはこれまで自由財として利用されてきたが、その経済的価値を評価することによってこれに適正な価格を付与することが課題になっている（「自然資源の価値づけ」（resource pricing））。こうし

*住宅・都市整備公団 Housing and Urban Development Corporation, **熊本工業大学土木工学科 Department of Civil Engineering, Kumamoto Institute of Technology, ***（株）社会調査研究所 Marketing Intelligence Corporation, ****九州大学工学部環境システム工学研究センター Institute of Environmental Systems, Faculty of Engineering, Kyushu University

た価格付けが行われることによって、資源の配分・利用・管理・政策決定が改善され、環境的価値と経済的価値の統合が促進されるものと期待されている。[2]

水資源の勘定体系は、図1に示すように、物理的な勘定と経済的な勘定に分けて考えることができる。物理的な勘定は、量的勘定と質的勘定に分けることができる。このうち量的勘定は、降水量、蒸発散量、表面流出量、地下浸透量等の自然系と、取水量、消費量、転換量、排水量等の人工系に分類できる。また、質的勘定は、BOD、COD、T-N、T-P等の負荷量と、浄水場、下水処理場、土壌、河川等の浄化量に分類できる。一方、水資源の経済的勘定は、まず、生産の投入物としての利用価値と、消費者にとっての利用価値に分類できる。これらの利用価値は、それぞれ、量的勘定と質的勘定に分類できる。量的勘定としては、水が自由に使用できる等の水資源利用価値がある。質的勘定としては、消費者がおいしい水を飲める、地域住民が憩いの場として利用できる、自然の浄化能力、利用にともなう水質悪化を改善するためのコスト等の勘定がある。このような水資源の持つ多様な環境価値を評価し、それらを統合していく必要がある。

筆者らは、福岡市を対象として、上で述べたような水資源勘定体系のうち、水量に着目した物理的勘定を行った[3]。本報告では、物理的勘定としてさらに、①降水量と蒸発散量に基づく水資源賦存勘定表、②取水量、転換量、消費量、排水量に基づく水資源利用勘定表、③BOD、COD、T-N、T-P等の負荷量に基づく水資源負荷勘定表、④以上の①～③に基づく地域水資源勘定表を追加作成した。また、経済的勘定として、新たに「水が自由に使用できることの水資源利用価値」について検討し、これを基にした水資源経済勘定表の作成を試みる。具体的には、1994年9月～95年5月まで夜間断水の続いた福岡市とそうした不自由のない熊本市の両者において実施した市民対象アンケート調査の結果に基づき、水が自由に使えることの経済的価値の評価を試みる。

2. 水資源勘定表（物理的勘定）の作成

福岡、北九州、筑豊、筑後の4生活圏と、福岡県全体および福岡市について、賦存、利用、負荷に関する勘定表の作成を試みた。

2.1 水資源賦存勘定表の作成

国土数値情報の3次メッシュで与えられた降水量と、次の方法で求めた蒸発散量から、水資源賦存量を集計した。アメダスのメッシュ別月平均気温データ[4]を用いて、毎月の最大可能蒸発散量をソーンスウエイト法により推定し、蒸発散量 E ($m^3/年$) を次の(1)式および(2)式により求める[5]。図2に用いた変数を示す。[3]

$$E = e + f(P\alpha - we) \quad (1)$$

$$w = \frac{P}{P_m} \times 1.71 \times 10^{-4} \quad (2)$$

e	: 最大可能蒸発散量
f	: 林冠被覆率 (果樹園・樹木畑・森林: 1.0 荒地: 0.05 建物用地: 0.025 その他: 0)
P	: 年降水量
α	: 樹冠遮断率 (=0.2)
w	: 1年のうちで林冠が濡れている時間割合
P_m	: 平均降雨強度

図2 用いた変数の説明

2.2 水資源利用勘定表の作成

福岡市について作成した水資源利用

勘定表を表1に示す。計算は次の手順で行った。

まず、転換における水道水計 (C6) を水道給水量とし、水道水の域内 (C4) と移入 (C5) を水利権の比で配分した。また、福岡市では水道水源は全て表流水であるので、表流水の取水の域内 (A1) を転換と消

費の和 (A4+A13)、移入 (A2) を転換の移入 (A5) として計上した。なお、水道水の転換ロス (水道水転換計 (C6) - 水道水消費計 (C13)) を水道水取水 (C1、C3) に負の値で計上した。ただし、簡易水道、専用水道、工業用水道は域内とした。消費は、農業 (7) と製造業 (8) の合計値を産業部門計 (9) とし、家庭用 (10) と業務用 (11) の合計値を民生部門計 (12) とし、さらに (9) と (12) の合計値を消費計 (13) とした。無収水量は (11) に計上した。

製造業消費の表流水 (A)、地下水 (B)、水道水 (C)、回収水 (F) はデータが存在する。水道転換量については、取水源の構成比で振り分けている。ただし、移入分はすべて表流水とした。農業は、取水源割合 (表流水98%、地下水2%〔6〕) で振り分け、雨水は、農地面積に降水量を乗じて計上した。家庭用と業務用は、合計 (E) を水道水 (C) とした。業務用の回収水 (F11) は、オフィスなど雑用水利用と下水処理場場内再利用を計上している。

排水については、農業排水 (E14)、製造業排水 (E15) は、農業消費 (E7)、製造業消費 (E8) を計上した。また、排水計 (E20) は、(E14 ~ F19) の合計を計上した。製造業排水については、便宜的に全排水から (E15) を引いた値を計上している。

2.3 水資源負荷勘定表の作成

作成した水資源負荷勘定表を表2に示す。農林業、製造業、合併・単独・非水洗化、市街地等は負荷原単位を乗じて推定した。下水は、下水処理場別のBODとCOD平均測定値に流入水量を乗じて求めた。なお処理区域が複数の生活圏にまたがる場合は、負荷量を処理人口に応じて配分した。

2.4 地域水資源指標の作成

2.1~2.3の収支表から、一人当たり民生部門水消費量 ($\text{m}^3/\text{人} \cdot \text{年}$) と、一人当たり民生部門BOD排出量 ($\text{kg}/\text{人} \cdot \text{年}$) の環境指標を作成した。それぞれを図3と図4に示す。

3. 水資源の経済的勘定

3.1 調査方法及び調査項目

福岡市および熊本市の市民を対象に、アンケート調査を実施した。調査概要とアンケート調査結果 (一部) を表3、表4に示す。

表1 水資源利用勘定表 ($\text{千 m}^3/\text{年}$)

福岡市			表流水 A	地下水 B	水道水 C	雨水 D	合計 E	回収水 F
取	域内	1	123,394	7,151	-8,542	129,274	251,277	—
	移入	2	90,624	—	—	—	90,624	—
	取水計	3	214,018	7,151	-8,542	129,274	341,901	—
転	域内	4	64,401	0	64,401	—	—	—
	移入	5	90,624	—	90,624	—	—	—
	転換計	6	155,025	0	155,025	—	—	—
消	農業	7	55,292	1,128	—	129,274	185,694	—
	製造業	8	3,701	6,022	8,445	—	18,169	43,785
	産業部門計	9	58,993	7,151	8,445	129,274	203,863	43,785
費	家庭用	10	—	—	91,157	—	91,157	—
	業務用	11	—	—	46,881	—	46,881	10,076
	民生部門計	12	—	—	138,038	—	138,038	10,076
排	消費計	13	58,993	7,151	146,483	129,274	341,901	53,861
	農業	14	—	—	—	—	185,694	—
	製造業	15	—	—	—	—	18,169	10,346
水	下水	16	—	—	—	—	218,712	—
	合併	17	—	—	—	—	4,740	—
	単独	18	—	—	—	—	5,592	—
非水洗化	排水計	19	—	—	—	—	8,414	—
	排水計	20	—	—	—	—	451,666	—

表2 水資源負荷勘定表 ($\text{t}/\text{年}$)

福岡市		BOD		COD		T-N		T-P	
		直接	誘発	直接	誘発	直接	誘発	直接	誘発
農林業	1	175	—	149	—	118	—	16	—
製造業	2	1,593	1,151	7,848	5,518	989	261	51	46
産業排出計	3	1,768	1,151	7,997	5,518	1,107	261	67	46
下水	4	732	—	2,097	—	データなし	—	データなし	—
合併	5	135	—	111	—	96	—	19	—
単独	6	905	—	544	—	189	—	28	—
非水洗化	7	2,146	—	1,233	—	379	—	58	—
民生排出計	8	3,918	—	3,985	—	663	—	105	—
市街地等	9	44	—	52	—	73	—	15	—
総計	10	5,729	—	12,034	—	1,844	—	187	—

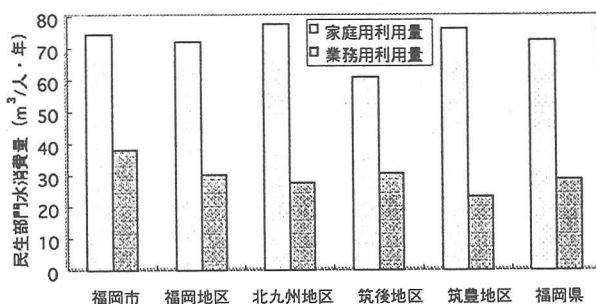


図3 民生部門水消費量

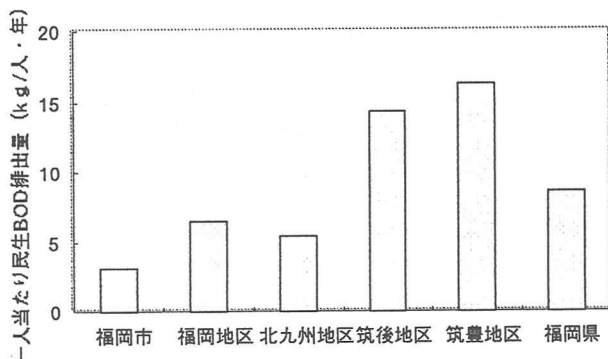


図4 民生部門BOD排出量

3.2 水資源の経済価値を考察

3.1 のアンケート調査結果をもとに、代償受け取り意志額 (willingness to accept compensation, WTAC)、支払い意志額 (willingness to pay, WTP) の考え方[7]を適用し、水資源の経済価値について検討した。福岡市についての結果を表5に示す。福岡市における夜間断水(午後11時から午前7時)のWTACは3,526(円/月・人)である。渇水対策(夜間断水の解消)に対するWTPは964(円/月・人)である。また、24時間断水解消に対するWTPは10,946(円/月・人)である。市民全体(1,268,626人:平成5年度人口データ)では、それぞれ、約44億(円/月)、約12億(円/月)、約139億(円/月)となる。

また、福岡市民は飲料水に対して1ヶ月当たりいくら支払っているかを、仮に飲料水利用量を1(ℓ/日・人)として試算すると、695(円/月・人)となり、市民全体で約8.8億(円/月)支払っていることになる。同様の試算で熊本市は460(円/月・人)となり、福岡市民と比べると水質面で235(円/月・人)の自然の恵みを受けていることになる。さらに、夜間断水が起こらない便益(福岡市民のWTP:964(円/月・人)、熊本市のWTP:2,664(円/月・人))を加えれば14,000~45,000(円/年・人)の自然の恵みを受けていることになる。

断水時間とWTPの関係を図5に示す。24時間断水のWTPは両市民とも似通った値であるが、8時間断水のWTPでは差が見られる。これは、24時間断水は両市民とも経験していないのに対して、8時間断水の場合、福岡市民は経験に基づいて価格付けを行うことができたためと考えることができる。断水時間の価格付けは「水が自由に使用できることの水資源利用価

表3 アンケート調査概要

対象都市	福岡市(断水地域)	熊本市(水に困っていない地域)
配布物	アンケート用紙3枚、アンケート依頼文1枚、返信用切手付封筒1枚を封筒に入れたもの	
配布方法	各家庭の郵便受けに投函	
配布日	平成6年12月	
住居形態	一戸建て(400) 集合住宅(400)	一戸建て(290) 集合住宅(310)
回収数	259通	189通
回収率	32.4%	31.5%
調査項目	市民が水道使用量、料金等に興味を持っているかを調べる。 現在の水道水の価値を市民がどう評価しているかを調べる。 上質の水に対していくら支払っているか。 水道水の水質に対する市民の意識を調べる。 市民の節水意識・行動を調べる。 雑用水利用に対する意識を調べる。	

表4 アンケート調査集計結果(一部)

質問内容	有効回答数	
	福岡市	熊本市
問3(福岡市) 現在の夜間断水(午後11時から午前7時)による不自由をもしお金に換算したとすると、あなたは1ヶ月当たりいくらに相当するとお感じになりますか。具体的な金額をお書き下さい。	() 円/月	
0円	19.3%	7.6%
～500円	8.5	9.2
～1,000円	9.3	10.9
～2,500円	13.9	9.2
～5,000円	20.5	15.8
～10,000円	8.5	14.1
10,001円～	3.5	16.8
無回答	16.6	15.8
問4 あなたは飲料水にどのような水を使っていますか。最もよく当てはまる項目に一つだけ○をしてください。		
1. ミネラルウォーターを買って飲んでいる	6.6%	1.6%
2. 浄水器をつけている	31.7	17.4
3. 水道水をそのまま飲んでいる	10.4	39.7
4. 水道水を沸かして飲んでいる	37.1	31.0
5. 井戸水を飲んでいる	0.8	2.2
6. ジュース、お茶等を買って飲んでいる	2.3	2.2
7. その他	6.6	2.7
無回答	4.6	3.3
2. →その浄水器の値段はいくらですか() 円	96,461円	121,675円
回答数	31.7%	15.2%
問15(福岡市) もしお金を払うことによって夜間断水(午後11時から午前7時までの断水)を解除してもらえたとすれば、あなたは1ヶ月当たりいくらぐらい払ってもよいと思いますか。		
(熊本市) 仮に夜間断水(午後11時から午前7時までの断水)が余儀なくされる事態になったとします。もし、お金を払うことによってそれを解除してもらえたとすれば、あなたは1ヶ月当たりいくらぐらい払ってもよいと思いますか。		
() 円/月ぐらい	964円	2,664円
0円(2の回答数)	45.9%	25.9%
1円～500円	6.6	5.8
501円～1,000円	10.4	13.2
1,001円～2,500円	8.5	13.2
2,501円～5,000円	10.0	16.9
5,001円～10,000円	1.5	7.9
10,001円～	0.0	1.6
その他	9.3	6.3
無回答	7.7	9.0
問16 仮に24時間断水になったとします。お金を払うことによって断水を解除してもらえたとすれば、あなたは1ヶ月当たりいくらぐらい払ってもよいと思いますか。	() 円/月ぐらい	
0円	1.9%	0.5%
1円～500円	1.2	1.6
501円～1,000円	1.9	3.8
1,001円～2,500円	3.1	6.5
2,501円～5,000円	27.4	29.9
5,001円～10,000円	30.9	26.1
10,001円～20,000円	7.7	11.2
20,000円～50,000円	6.9	5.9
50,000円～	0.8	0.5
無回答	18.1	14.1

値」の経済的評価と考えることができるが、これは実際の経験の有無によって、かなり異なった値になることがわかる。今回得られた福岡市民による8時間断水の経済的評価は、今後、「水資源利用価値」の経済評価を行う上で、貴重な資料の一つになると思われる。

3.3 水資源経済勘定表の作成

作成した水資源経済勘定表を表6に示す。水道、下水の便益(A2, 12)には水道料金、下水道料金をそのまま計上した。

農業の便益(A3)は、干害による米の被害量(t/年)を目的変数、降水量(mm/年)を説明変数として推計した。製造業(A4)、業務(A7)は推計できなかった。家庭用便益(A6)には3.2より、24時間断水解消のWTPである1万(円/月・人)を原単位として、人口を乗じて計上した。

費用(B)は、農業用水取水コスト、水道浄化コスト、排水処理コストを計上した。その他費用(C6)には福岡市に関してのみ、おいしい水を飲むために払っているコスト695(円/月・人)を原単位として人口を乗じて計上した。その他費用には河や海等を浄化装置として利用する場合の環境サービスも計上すべきである。

ただし、ここで作成した表6は、「量」と「質」両方のコストが混在しており、今後さらに改善する必要がある。

4. まとめ

福岡市を対象に、水資源勘定のうち物理的勘定として、①降水量と蒸発散量に基づく水資源賦存勘定表、②取水量、転換量、消費量、排水量に基づく水資源利用勘定表、③BOD、COD、T-N、T-P等の負荷量に基づく水資源負荷勘定表、④以上の①～③に基づく地域水資源勘定表を作成した。また、経済的勘定として、福岡市と熊本市を対象としたアンケート調査結果に基づく、水が自由に使用できることの水資源利用価値について検討し、水資源経済勘定表の作成を試みた。

表5 水資源の経済価値(福岡市)

	市民一人当たり (円/月・人)	市民全体 (億円/月)
夜間断水WTAC	3,526	44
夜間断水解消WTP	964	12
24時間断水解消WTP	10,946	139
回避支出額	695	8.8

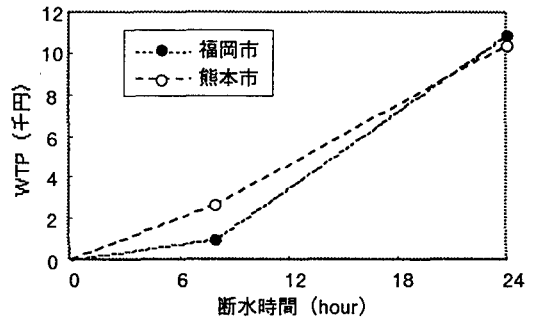


図5 断水時間とWTPとの関係

表6 水資源経済勘定表(百万円/年)

福岡市		便益	費用		差額
		A	浄化 B	その他 C	D
取水	1	—	366		-366
水道	2	28,415	32,512		-4,097
消	農業	3	99,613	366	99,247
	製造業	4		1,170	-1,170
	産業部門計	5	99,613	1,536	98,077
	家庭用	6	149,918	31,358	108,141
費	業務用	7		3,466	-3,466
	民生部門計	8	149,918	34,824	104,675
	消費計	9	249,531	36,360	202,752
排	農業	10	—		
	製造業	11	—		
	下水	12	16,123	30,975	-14,852
	合併	13	—	1,998	-1,998
水	単独	14	—	95,275	-95,275
	非水洗化	15	—		
	排水計	16	16,123	128,248	-112,125

《参考文献》

- [1] 環境庁編：環境白書 平成6年版 総説、pp.240～259、大蔵省印刷局、1994。
- [2] OECD環境委員会著、井村秀文監訳・解説：地球環境のための市場経済革命、p.320、ダイヤモンド社、1992。
- [3] 大平晃司ら：環境システム研究、Vol.22、pp.395～399、1994。
- [4] 国土庁：国土数値情報(磁気テープ)
- [5] 砂防学会：砂防学講座 第2巻 土砂の生育・水の流出と森林の影響、pp.192～198、山海堂、1993。
- [6] 国土庁：日本の水資源 水資源白書 平成6年版、大蔵省印刷局、1994。
- [7] ジョン・ディクソン他共著、長谷川弘訳：環境はいくらかー環境の経済評価入門一、p.62、築地書館、1992。