都市を対象とした環境資源勘定の構築に関する研究

APPLICATION OF ENVIRONMENTAL RESOURCE ACCOUNTING TO FUKUOKA CITY

谷川寛樹*, 松本亨*, 井村秀文*

Hiroki TANIKAWA*, Tohru MATSUMOTO*, Hidefumi IMURA*

ABSTRACT; A framework of environmental resource accounting appropriate for a specific region such as an area of a certain prefecture or a municipality is presented and tested. Firstly, values of environmental resources are discussed in terms of economic benefits or environmental service they provide, and methods to estimate such values are reviewed. Then, the methods are applied to Fukuoka City. The cost to maintain the present quality of air and water in the City are estimated to be 5.5 and 70 billion yen, respectively. Willingness to pay (WTP) for them are 3.0 and 3.4 billion yen, respectively, while that for the natural environment 2.8 billion yen. The value of parks obtained by the Hedonic approach is 36 billion yen.

KEYWORDS; *Environmental resource accounting, Direct non-market, Indirect non-market, Willingness to pay, Willingness to accept compensation, Hedonic approach*

1. はじめに：都市における環境資源勘定について

経済発展と地域環境・地球環境保全との関係を論じるためのベースとなる環境資源勘定の必要性が指摘されている。その理論及び実践的手法については、現在、世界各国で多様な試みが試行錯誤的に行われているところである。これを一般論、抽象論から具体的な議論へと発展させるためには、実行可能な方法を提示し、その実際の適用事例をレビューしあうことが重要である。現在の検討事例としては、国レベルのものが多く、それと並行して、多様な地域特性を考慮した地域規模での検討も重要な位置を占める。ここで、環境資源勘定は、今後の地域環境管理施策の基盤的情報となるものと著者らは考えている。また、地域規模のアプローチの方が、現地に即した環境要素ごとのデータが入手でき、地域レベルでの環境資源の価値のきめ細かな評価、さらには資源循環や人間活動と環境質との関係も容易だという利点もある。

著者らは都市に着目した環境資源勘定について、都市のマテリアルフローの側面から評価するために、エネルギー及び物質別のフローとストックを定量化してきた。本研究では、まずこの従前研究の延長として、これまでの一連の研究によって得られた物的勘定データを整理・体系化する。次に、都市内に賦存する各種環境資源が有する価値（存在価値）の定量化を試みる。具体的には、「直接的非市場評価」による大気質・水質悪化の評価、「間接的非市場評価」による土地の市場価格を利用した緑地の評価、及び、大気質・水質の汚染防止費用について環境の価値評価を試み、それらの結果を都市の環境資源勘定として統合する方法について考察する。なお、手法の具体的適用は福岡市を対象として取り上げる。

2. 都市の環境資源勘定の枠組み

自然資源は、社会に財・サービスを提供し、社会から廃棄物を受け取る。環境資源勘定の体系そのものはまだ確立されたものではないが、1つのプロトタイプとして国や地域における自然資源の量的増減のフロー及びストックを表す物的勘定（一種のマテリアルバランス表）がある。さらに、これに貨幣的な価値勘定を結合させることによって国民経済勘定（SNA）に連動させていこうとする試みもなされている。

* 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

地域の環境管理のためには、まず、質と量の両面から環境資源を管理する物的勘定が必要である。次いで、経済発展と環境保全という政策目標を統合するために、貨幣価値で表された何らかの勘定が求められるといえる。

図2-1は、都市での環境資源勘定の枠組みを示したものである。都市の環境資源を物的側面と質的側面に分け、それぞれで評価を行う。物的勘定では、生産・消費・廃棄・再利用を通じたエネルギーや物質のフロー及びストックを推計する。それに伴う便益と環境負荷の推定もあわせて行う。質的勘定については、都市の環境資源を大気・水・土・生物に分け、市場評価・非市場評価により貨幣的な価値を推計する。表2-1は、都市の環境資源の種類と評価方法を示したものである。さらに、両体系から得られたデータを総合的に評価するために統合勘定として、以下の式により都市の環境資源勘定を求める。

都市の環境資源勘定＝都市の総所得

- －都市の環境資産の減少分
- －都市の環境保全対策費用
- －地球の環境資産の減少分
- －地球の環境保全対策費用
- ＋都市の環境便益の増加分

図2-1 環境資源勘定の枠組み

3. 物的勘定のケーススタディ

3. 1 都市における物的勘定の推計手法

物質・エネルギーの循環はきわめて複雑で、全てを正確に把握することは困難である。筆者らはこれまで

図3-1 福岡市の物質収支

表 2-1-1 (1) 都市内環境資源の種類と便益評価方法

都市内環境項目				環境資源評価法		
大分類	中分類	小分類	細分類	環境便益/被害	市場評価	直接的非市場評価 WTP, WTA, WTAC, TCA, Hedonic / 等
大気 Atmosphere	大気質	大気汚染 大気汚染	全球汚染 オゾン層破壊 酸性雨による被害 酸性雨による被害 酸性雨による被害 (光化学スモッグ) 毒性被害 (NOx・SOx・煤塵・Toxics)	浄化作用	維持費用	間接的非市場評価 対策費用、被害費用、代償費用 / 等
				地球気候変化	維持費用/改善費用	環境対策経費(脱炭・脱硝等)の設置費用/空気清浄機の価格
				オゾン層破壊	維持費用/改善費用	温暖化による農作物生産変化額
				酸性雨による被害	維持費用/改善費用/補償費用/ヘドニック不動産	海面上昇による土地損失価格
	風	風	風	悪性被害	改善費用/補償費用	汚染対策設置費用/汚染破壊/森林破壊の修復費用
				毒性被害	ヘドニック資金/ヘドニック不動産	健康被害による治療費用
				(光化学スモッグ)	ヘドニック資金/ヘドニック不動産	モーターリング費用
				毒性被害	改善費用/補償費用	健康被害による治療費用
				(NOx・SOx・煤塵・Toxics)	ヘドニック資金/ヘドニック不動産	汚染対策設置費用
				気象緩和	気象緩和に対する維持費用	気温上昇に伴う電力需要増加費用
				気象緩和	維持費用	風力発電の設置費用
				心理的影響	維持費用	空調機の設置費用/維持管理費用
	感覚	感覚	感覚	心理的影響	改善費用/補償費用	ゴミ処理費用
				健康被害	改善費用/補償費用	悪臭対策設置費用
				健康被害	改善費用/補償費用	健康被害(ストレス)による治療費用
				健康被害	改善費用/ヘドニック資金	健康被害(騒音)による治療費用/実際の補償費用/騒音対策費用(被償品)
				健康被害	改善費用/補償費用	健康被害(ストレス)による治療費用
				健康被害	改善費用/補償費用	実際の補償費用
水	水量	水利用	飲料水 農業用水 工業用水 中水 水利用 地下水	利用	現状での維持費用/補償費用	ダム建設にかかる費用/上水道施設の設置費用/維持管理費用
				利用	水道料金	水源林の維持管理費用
				利用	利用料金	再利用施設の設置費用/維持管理費用/再利用分の上水道費用
				利用	利用料金	中水道施設の設置費用/維持管理費用/再利用分の上水道費用
	水質	水質汚濁	水質汚濁	利用	利用可能状態の維持/改善費用/利用不可能状態の補償費用	地下水を利用しない場合の節約費用
				浄化作用	水の改善費用	下水処理場に運搬した処理費用
				水質汚濁	水質改善に対する改善費用	合併浄化槽・簡易浄化槽の設置費用/下水道処理施設の建設費用
				水質汚濁	水質汚濁に伴う水利用不可能/補償費用	維持管理費用/下水道処理料金
				水質汚濁	維持費用/改善費用/補償費用	水質モニタリング費用/工場・家庭の排水処理施設設置費用/維持管理費用
				水質汚濁	地価影響/ヘドニック不動産/改善費用/補償費用	健康被害による治療費用/実際の補償費用
土 Geosphere	地形	海	海岸線	水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	改善費用/補償費用	健康被害(ストレス)による治療費用
				水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	天然水に匹敵した時の費用/浄水施設の価格/水道水の品質悪化に伴う費用
				水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	海岸線の維持保全費用
				水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	海岸線の維持保全費用
	河川	河川	河川	水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	海岸線の維持保全費用
				水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	海岸線の維持保全費用
				水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	海岸線の維持保全費用
				水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	海岸線の維持保全費用
				水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	海岸線の維持保全費用
				水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	海岸線の維持保全費用
土 Geosphere	河川	河川	河川	水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	海岸線の維持保全費用
				水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	海岸線の維持保全費用
				水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	海岸線の維持保全費用
				水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	海岸線の維持保全費用
	河川	河川	河川	水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	海岸線の維持保全費用
				水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	海岸線の維持保全費用
				水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	海岸線の維持保全費用
				水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	海岸線の維持保全費用
				水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	海岸線の維持保全費用
				水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	水色味に対する改善費用/地価影響/ヘドニック不動産	海岸線の維持保全費用

表2-1-② 都市内環境資源の種類と便益評価方法(つづき)

[illegible]

の研究で、都市内のエネルギーフローと、建設部門・廃棄物部門のマテリアルフローを評価した。エネルギーフローについては、一次エネルギーが生産、転換（電力）、消費、排出、リサイクルといった都市活動を通して、どのように変化し、環境に負荷を及ぼすかといった一連の流れを評価した²。マテリアルフローについては、建設部門・廃棄物部門を取り上げ、関連した物質のフローとストックを評価した³。本論文では、マテリアルフローに新たに民生部門を組み込む。さらに水循環⁴、環境負荷物質⁵を統合し、福岡市の物質収支を作成する。

3. 2 推計結果

図3-1は、福岡市の物質収支をまとめたものである。移入量計574万トン、移出量計406万トンであるので、福岡市内のストックは、蓄積傾向にある。特に、蓄積された建設資材は、建築物や都市基盤の役割を終えた後、建設廃材となる。福岡市の蓄積量に占めるリサイクルの割合は18%である。循環型都市を目指すためには、このような廃棄物を資源としてリサイクルすることが必要である。

4. 質的勘定のケーススタディ

4. 1 間接的非市場評価

(1) 大気

消費都市である福岡市においては、自動車からの排出ガスが大気汚染の主な原因である。ここでは、大気の間接的非市場評価として、SOxとNOx、煤塵についての汚染対策費用を推計する。

SOx・煤塵については、福岡市の工場・事業場が設置している脱硫装置・電気集塵機の設置・運転費用（表4-1）より、対策費用を求める。推計の結果を表4-2に示す。年間処理費用は、SOxが3,100万円/年、煤塵が、6億円/年となった。福岡市内では、大規模工場・事業場が少ないために比較的小さな値となった。

NOxについては、図3-1より排出総量2,133tに対して、1,685t（79%）が自動車であるので、三元触媒の価格により対策費用を求める。メーカーへの取材によると触媒は普通乗用車のみにはしか取り付けしていない。そこで、普通乗用車の耐久年数と年間走行台キロにより年間対策金額を推計する。推計の結果を表4-2に示す。推計の際、三元触媒の価格を一台あたり7万円、普通自動車の廃車までの総走行距離を10万km⁶とした。

以上より、大気汚染対策費用による大気の間接的非市場評価額は、約55億円である。

(2) 水

博多湾は、湾口が狭く閉鎖性であることから、外海水の交換が遅く陸地からの汚濁物質が蓄積しやすい地形となっている。博多湾の水質変化(COD)を図4-1に示す。1980年代のCODは、70年代に比べ下降傾向にあったが、90年代に漸増傾向にある。図4-2が示すように、窒素に関する福岡市の汚染排出源の約7割は、下水処理水からの汚染である。そこで、水資源の間接的非市

表4-1 単位大気汚染物質あたりの処理費用

	脱硫装置	電気集塵機	自動車三元触媒
削減物質	SOx	ばいじん	NOx
発生源分類	固定源	固定源	移動源
単位処理コスト	759	97	0.70
(単位)	(円/SO ₂ Nm ³)	(円/kg)	(円/台km)
単位処理コストあたり削減量	1	1	2.875
(単位)	(SO ₂ Nm ³)	(kg)	(g)

表4-2 福岡における大気汚染対策費用適用例

	脱硫装置	電気集塵機	自動車三元触媒
福岡市の対策量(1992年)	40,285	-	6,860
(単位)	(SO ₂ Nm ³)	-	(百万台キロ)
	58	6,600	19,724
(単位)	(tonS)	(ton)	(ton)
福岡市の対策費	31	642	4,802
(単位)	(百万円)	(百万円)	(百万円)

図4-1 博多湾の水質変化(COD)

図4-2 汚染発生源（窒素・リン）

表4-3 下水処理の処理能力と費用(1992年)

処理場数		6
処理能力	m ³ /日	611,000
年間処理量		
SS	t/年	27,900
COD	t/年	8,390
BOD	t/年	22,100
全窒素	t/年	2,600
全リン	t/年	642
処理費		
運転費	百万円/年	23,200
建設費の減価償却費	百万円/年	42,000

図4-3 製造業の排水処理費用(1992年)

場評価として、都市内の水質汚濁対策施設への投資額を推計する。ここでは、公共下水処理施設と各産業の排水処理施設にかかる建設費と維持・管理費を推計する。

公共下水処理場の処理能力と運転費用は、表4-3のようになる。処理能力については、下水処理場に流入する水質と放流する水質の差に処理水量を乗じて求めた。3章で算定した福岡市のCOD排出量は1,100tであるので、総発生量は9,500tとなり、除去率は88%であることが分かる。

つぎに、都市内の製造業が、各污水处理設備に投資している金額を推計する。具体的には、製造業種別の排水処理施設への投資金額を全国値から比例配分により推計する。推計結果を図4-3に示す。

以上より、水質汚濁対策費用による水資源の間接的非市場評価額は、約671億円となる。

(3) 土

都市内の緑地（都市公園）が地価に及ぼしている影響額の推計を行う。推計にあたっては、都市ゾーン毎の地価関数を推定し、いわゆるヘドニックアプローチを行う。さらに、土地の市場評価として都市内の地価総額を求め、影響額との比較を行う。

都市内において、1つのまちを形成している（中心部が明確に分かっている商業地区・住宅地区を含む）地区を選定する。福岡市内では、図4-4のように、4つのゾーン（1都心・2西新・3香椎・4大橋）に分類する。さらに、各ゾーン内の商業・業務地区、住宅地区において、ヘドニックアプローチにより地価関数を推定する。

地価関数の推定に関する既存研究⁷においては、関数型として線形型、対数型、Box-Cox変換等が用いられているが、本研究においては、住宅地および商業・業務地ともに対数型を採用し、

$$\log V = a_0 + \sum_{i=1}^8 a_i x_i \quad (1)$$

とする。回帰分析にはステップワイズ法を用い、推定に用いた変数の定義は、表4-4の通りである。被説明変数は1995年の公示地価と福岡県基準地価格を用い、説明変数は公示地価と福岡県基準地価格の記載事項および、取材データを用いる。

上記にて求めた地価関数をさらに都市内緑地施設に適用して、この市場価値評価を行う。具体的な都市内緑地施設として大濠公園を取り上げる。この公園は、ゾーン1・ゾーン2のちょうど中間に位置する。そこで、公園が存在しない場合の地価分布を推計し、実際値と推計値との差から公園の存在価値を算定する。ゾーン1・ゾーン2の住宅地域と商業地域について、地価関数を推計した結果は、表4-5の通りである。この関数から推計された公園周辺地区の地価と実際の地価を比較し、都市公園による影響を算出する。公園からの距離Xと、影響値Yの関係式は、

$$\ln Y = -0.009X + 12.691 \quad (2)$$

t値 (-4.684) (62.159)

となる（図4-5）。式2を積分して求めた公園の周辺地への影響

図4-4 都心ゾーンの分類

表4-4 地価関数に使用した変数

記号	変数	単位
V	公示地価	円/㎡
a1	都心部から最寄駅までの時間距離	分
a2	ゾーン中心部から最寄駅までの時間距離	分
a3	最寄り駅までの距離	km
a4	地積	㎡
a5	接面道路幅	m
a6	下水道ダミー	-
a7	第一種住居専用地域ダミー	-
a8	第二種住居専用地域ダミー	-

表4-5 地価関数推計結果

	相関係数	変数	単位	回帰係数	t値
ゾーン1 (都心ゾーン)	0.801	都心からの時間距離	分	-0.114	-2.850
		最寄駅からの距離	km	-0.284	-4.982
		残差	-	13.167	86.625
	0.922	都心からの時間距離	分	-0.276	-6.133
		駅からの距離	km	-1.225	-12.129
ゾーン2 (西新ゾーン)	0.940	道路幅	m	0.033	8.250
		残差	-	14.621	108.304
	0.929	都心部からの時間距離	分	-0.045	-5.625
		ゾーン中心部からの距離	km	-0.059	-2.458
		駅からの距離	km	-0.177	-8.850
	0.929	道路幅	m	0.073	7.300
		残差	-	12.629	85.331
	0.929	ゾーン中心部からの距離	km	-0.241	-10.955
		地積	㎡	-0.001	-3.333
		残差	-	14.041	135.010

図4-5 都市公園の地価への影響

図4-6 都市公園の地価への影響額

額は、有効影響距離400mとして推定すると、約360億円となった。これに対して、公園周辺（400m圏内）の地価総額は、実際値を元に推測すると約1,379億円となる。図4-6のように、前記の影響額の地価に閉める割合は、26%となる。

4. 2 直接的非市場評価

大気・水に関する直接的非市場評価のために、福岡市民を対象に住民意識調査を実施した。調査期間は平成8年8月8日～16日で、福岡市内の150地点において324通を配布した。回収は郵送法により行い、回収数は95通、回収率は29%であった⁸。「空気のきれいさ」、「静けさ」、「周辺の水辺」、「周辺のみどり」について次の3種類の方法で価値を尋ねた。a 家計支出との相対比較による環境の価値、b 環境改善のための支払い意志額、c 容認のための補償費用受取額。a につ

表4-6 直接的非市場評価の適用例

質問項目	a. 家計支出との 相対評価	b. 改善のための WTP	c. 現状に対する WTAC
	家計支出と比較すると周辺環境にどのくらいの価値を認めますか？	周辺環境を望ましいレベルまで改善するためにいくらかまで支払っても良いですか？	最低いくらか補償金を受け取れば現在の環境レベルを我慢できますか？
有効回答数	64	20	20
回答金額平均 (円/月・世帯)			
空気のきれいさ	4,150	1,500	3,500
静けさ	3,000	1,800	5,400
周辺水辺	2,300	1,100	2,200
周辺緑地	2,600	1,400	3,700
対福岡市全人口 (百万円)			
空気のきれいさ	17,400	3,000	7,200
静けさ	17,900	3,600	10,600
周辺水辺	11,200	3,400	7,000
周辺緑地	15,400	2,800	7,500

いては、家計支出を尋ねた上で、各環境項目に対して価格付けするものとした。b・cについては、周辺環境が望ましいレベルに達していないと回答した人に尋ねた。表4-6は、これらの集計結果を示したものである。都市全体での評価を行う際に以下を考慮して行った。a に関しては、回答金額をそのまま都市全世帯数に比例配分した。b・c に関しては、全世帯数に環境が望ましいレベルに達していないと答えた人の割合を乗じ有効世帯数とし、さらに、回答金額に有効世帯数を乗じて都市全体の評価とした。都市全体での評価結果は、有効世帯数の関係上 a が最も大きくなった。環境項目別にみると、三つの評価を通して「静けさ」が最も大きく、a 179億円、b 36億円、c 106億円となった。また、評価手法別にみると、一般的に議論されているように、WTPによる値がWTACによる値より全体的に小さくなり、二評価の乖離が目立つ結果となった。

5. まとめ

表5-1 非市場評価の適用結果

(単位: 百万円)				間接的市場評価		直接的市場評価		
				対策費用 による評価	地価に与え る影響額 による評価	家計支出 との相対 価値評価	改善のた めのWTP	現状に対す るWTAC
大気	大気質	大気 の きれいさ	NOx	4,800				
			SOx	31				
			ばいじん	640				
			計	5,471		17,400	3,000	7,200
	感覚	静けさ				17,900	3,600	10,600
水	水質	下水	汚水(公共)	67,100				
			汚水(産業)	2,900				
		計	70,000					
土	地形	周辺の水辺				11,200	3,400	7,000
	土地	都市公園		36,000				
		周辺の緑地				15,400	2,800	7,500

表5-1は、今回算定した質的評価の結果をまとめたものである。評価価値が最も大きかったのは水質汚染対策費用で700億円、最も小さかったのは周辺緑地の改善WTPで28億円であった。本論文では、地域の環境資源勘定に必要な基礎データおよび、環境価値の評価例を示した。貨幣換算による環境資源の経済評価は、人々が容易に認識できる客観的手法として非常に有効であるが、市場性のない環境資源を貨幣換算すること自体感覚的に認識し難い面がある。今回算定した大気や水・土地の価値もその結果を評価するに至っていない。質的勘定の評価体系や手法については、今後議論を深めていく必要がある。

【参考文献】

- 1) United Nations, Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting, New York, pp24, 1992
- 2) 谷川寛樹・井村秀文、地域に着目した環境資源勘定の構築、環境システム研究、Vol.22, pp400-407, 1994
- 3) 谷川寛樹・藤倉良・井村秀文、都市の物質収支と環境資源勘定に関する研究：建設用資材の投入と建設副産物、環境システム研究、Vol.23, pp274-278, 1995
- 4) 大平晃司・井村秀文ら、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、環境システム研究、Vol.23, pp321-325, 1995
- 5) (財)福岡都市科学研究所、都市活動と環境に関するシステムの研究、1995
- 6) (社)資源協会編、家庭生活のライフサイクルエネルギー、あんほろめ、pp101, 1993
- 7) 肥田野登、ヘドニックアプローチによる社会資本整備便益の計測とその展開、土木学会論文集、No449/IV-17, pp37-46, 1992
- 8) 貞森一範・谷川寛樹・松本亨・井村秀文、都市の環境資源勘定と環境課値の評価に関する研究：周辺環境及び都市公園、博多湾のケーススタディ、環境システム研究、Vol.24, 1996