

閉鎖性水域の水質改善政策による発生ベースの便益計測

高木朗義*・大野栄治**・大國哲***・武藤慎一*

MEASUREMENT OF ACCRUED BENEFITS BY WATER QUALITY IMPROVEMENT POLICIES IN CLOSED WATER AREA

By

Akiyoshi TAKAGI, Eiji OHNO, Satoshi OOKUNI and Shinichi MUTOH

ABSTRACT: The water quality improvement policies are urgently demanded especially in closed water areas today. There are, however, some conflicts of interests among economic agents, where application of a comprehensive evaluation is required in order to check the feasibility of the policies. We have already built a computable general equilibrium (CGE) model, and measured the incidence benefits induced by the water quality improvement policies. However, there is some criticism on CGE model concerning the measurement accuracy. In order to cross check the accuracy of the CGE model, we have measured the accrued benefits in each regions in this study.

KEYWORDS: Accrued Benefits, Water Quality Improvement, Closed Water Area

1. はじめに

近年、公共用水域における水質汚濁問題の1つとして、内湾、内海、湖沼など閉鎖性水域における富栄養化問題が深刻になっている¹⁾。閉鎖性水域における水質改善政策としては、汚濁物質の除去をいかに行うかという問題とともに、その流入をいかに防ぐかという問題を併せて考えていくことが重要である。現在下水道の整備および高度処理化、合併処理浄化槽の普及、農業(畜産)の汚濁負荷削減対策、工場への排水規制強化、ノンポイント汚濁負荷削減対策といった発生源対策並びにヘドロの浚渫や覆砂等、様々な具体的政策が検討され、その一部は既に実施されている²⁾。閉鎖性水域、特に内湾に対する流域は非常に広いため、その水質改善政策に関与する主体も多種多様である。そこには複数の主体が政策に関与するために生じる利害関係の対立問題および費用負担問題が生じる。これまでも水質改善政策により享受する効果と負担する費用が地域、主体ごとに異なることは理解されていた³⁾が、その具体的な項目や定量的な評価が行われてこなかったため、

これらの問題の本質的な解決ができないままにある。

このような問題を解決することを目的として、これまで我々は閉鎖性水域における水質改善政策の便益評価が可能な応用一般均衡(CG E (Computable General Equilibrium))モデルを開発し、その検証として伊勢湾における水質改善政策による帰着ベースの便益を計測するという実証分析を行ってきた⁴⁾。しかし、その結果として示した帰着ベースの便益計測結果に対して、その計測精度が不明であるとの意見がある⁵⁾。そこで本研究では、この意見に対する回答の一つとして便益計測精度が比較的高いといわれている発生ベースの便益を計測することを試みるものである。発生ベースの便益と帰着ベースの便益は市場の価格体系に歪みのないファースト・ベストの経済では等しくなる⁵⁾。実際の市場では完全に等しくなるとは考えられないが、おおよその確認は可能であると考えられる。

具体的には、まず、閉鎖性水域における水質改善政策に対して、地域別に各主体の汚濁負荷削減によって発生する効果を整理し、地域、主体毎に享受する便益を発生ベースで捉えたマトリックスを作成す

*岐阜大学工学部土木工学科，**名城大学都市情報学部，***中日本建設コンサルタント(株)水工技術本部

る。次に、発生ベースの便益の各項目に対する計測方法を設定するとともに、それを用いて地域別、主体別の発生ベースの便益を計測する。最後に、帰着ベースの便益と比較し、精度を確認するものである。

2. 発生ベース便益の整理

2.1 整理の方法

水質など環境の価値は、利用価値と非利用価値に大別される。前者は環境を利用することによって得る価値、後者は利用しないが得る価値である。さらに、これらは表1のように分類される⁶⁾。

表1 環境の価値の分類

利用価値	直接的利用価値：実際に利用することによって得られる満足感。
	オプション価値：今は利用しないが、将来利用できることに対して得られる満足感。
	代位価値：自分は利用しないが、他の人が利用することに対して得られる満足感。
	遺贈価値：自分は利用しないが、子供や孫など将来世代が利用できることに対して得られる満足感。
非利用価値	存在価値：自分は今も将来も利用しないが、良好な環境が存在するという事実から得られる満足感。
	生態系の価値：利用することとは関係なく、その環境によって生物が息することによって得られる満足感。

水質改善政策による便益は、表1に示した環境の価値の変化分を貨幣換算したものである。このうち直接的利用価値については、利用する主体が様々であることから、経済評価を行う際に細かく分類する必要がある。これまでも公共用水域における水質改善による直接的利用価値の変化分は、下水道事業の費用効果分析に関する分野において、主に河川を中心として整理されてきた例はある⁷⁾。本研究では、閉鎖性水域の水質を直接利用する者、すなわち海水利用者を特定化し、利用者の行動を分析することによって、この例を参考に閉鎖性水域における水質改善政策に対して、各主体が享受する便益を発生ベースで整理する。また、帰着ベースの便益を整理するために用いる便益帰着構成表⁸⁾を援用して、地域、主体毎に享受する便益を発生ベースで捉えたマトリックスを作成して整理する。

2.2 前提条件

便益の整理にあたって、流域内の社会経済を構成する地域と主体を以下のように分類する。またこれらと水質との関係を図1に示す。

- 1) 流域内を内陸域と沿岸域の2つに区分する。内陸域と沿岸域は閉鎖性水域の水質の影響を直接受ける地域か否かで区分する。
- 2) 社会経済を構成する主体は、以下のとおりとする。流域内に居住して活動している家計

内陸域に立地して活動する代表的農業と企業
沿岸域に立地して活動する代表的漁業と企業
流域を一括管理する政府

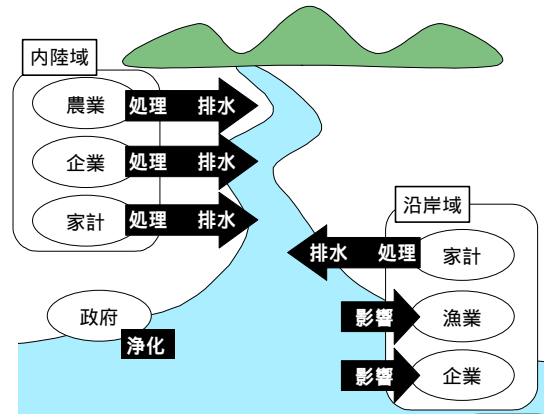


図1 地域・主体と水質との関係イメージ

2.3 整理結果

発生ベース便益を整理したマトリックスを表2に示す。

3. 発生ベース便益の計測方法

環境改善による発生ベースの便益を計測する方法は、顕示選好法と表明選好法に大別される。前者は非市場財である環境財と関係のある市場を見つけて、そこで観察できるデータ(RP(Revealed Preference)データ)をもとに行う方法であり、後者はアンケートなどにより直接尋ねて得られるデータ(SP(Stated Preference)データ)をもとに行う方法である。後者は前者に比べて様々なバイアスを含むことから、前者で計測が困難な場合に限って用いるべきとの意見が多い。前者には旅行費用法や費用節約アプローチ⁹⁾などがあり、後者にはCVM(Contingent Valuation Method)やコンジョイント分析などがある。

本研究では発生ベースの便益を計測するにあたって、以下に示す方法を用いることとする。

レクリエーション便益：旅行費用法

オプション価値・存在価値の増大、良好な生態系の維持・回復：CVM

上記以外の便益：費用節約アプローチ

旅行費用法とは、水質とその場所への訪問回数で測られるレクリエーション活動が弱補完関係にあることから、水質改善によって訪問回数、すなわち需要曲線が変化することによる消費者余剰の変化分を便益として捉えるものである。CVMとは、水質改善に対する支払い意思額(WTP(Willingness to Pay))などを直接アンケートで質問して聞き取る方法である。費用節約アプローチとは、水質を生産要素の1つと考え、水質改善による生産費用の変化を便益とするものである。水質が財の生産において他の生産

表2 発生ベースの便益

	家計	内陸域		沿岸域		政府	計
		農業	企業	漁業	企業		
海水浄化費用の減少					海水浄化費用の減少		海水浄化費用の減少
冷却装置等の維持費の減少					冷却装置等の維持費の減少		冷却装置等の維持費の減少
船舶の維持費の減少				船舶の維持費の減少	船舶の維持費の減少		船舶の維持費の減少
良好な漁業資源の確保および漁労衛生環境向上による生産増大				良好な漁業資源の確保および漁労衛生環境向上による生産増大			良好な漁業資源の確保および漁労衛生環境向上による生産増大
レクリエーション効用の増大	レクリエーション効用の増大						レクリエーション効用の増大
水質の存在価値増大	水質の存在価値増大						水質の存在価値増大
水質のオプション価値増大	水質のオプション利用価値, 代位価値, 遺産価値増大						水質のオプション利用価値, 代位価値, 遺産価値増大
良好な生態系の維持・回復	良好な生態系の維持・回復						良好な生態系の維持・回復
ヘドロ浚渫費の減少						ヘドロ浚渫費の減少	ヘドロ浚渫費の減少
水質浄化費用の増大		- 汚濁負荷削減費用の増大	- 汚濁負荷削減費用の増大			- 下水道整備費 - 合併処理浄化槽整備費 - 面源対策費	- 下水道整備費 - 合併処理浄化槽整備費 - 面源対策費 - 汚濁負荷削減費用の増大
計	レクリエーション効用の増大 + 水質のオプション利用価値, 代位価値, 遺産価値増大 + 水質の存在価値増大 + 良好な生態系の維持・回復	- 汚濁負荷削減費用の増大	- 汚濁負荷削減費用の増大	船舶の維持費の減少 + 漁獲量の増大および漁労衛生環境向上による生産増大	海水浄化費用の減少 + 冷却装置等の維持費の減少 + 船舶の維持費の減少	ヘドロ浚渫費の減少 - 下水道整備費 - 合併処理浄化槽整備費 - 面源対策費	水質浄化の社会的純便益

要素と完全代替財である場合には、水質改善は生産要素投入費用の削減につながり、この費用削減額が水質改善便益となる。すなわち、水質が Q^a から Q^b へ変化した場合には生産費用 c の変化額 Δc として次式のように与えられる¹⁰⁾。

$$\Delta c = \int_{Q^a}^{Q^b} \frac{\partial c}{\partial Q} dQ \quad (1)$$

4. 発生ベース便益の計測

4.1 対象プロジェクト¹¹⁾

本研究では、伊勢湾における水質改善政策を対象として、地域別、主体別の発生ベースの便益を前述した手法により計測する。

伊勢湾には多くの海水浴場があり、ヨットなどマリンスポーツのメッカでもある。また海苔やアサリなどの養殖をはじめとする漁業も盛んで、貿易港としても発展してきた。しかし、近年における産業の発展や人口集中、並びに伊勢湾が持つ地形特性（閉

鎖的な水域で外海と海水の交換が少ない）等により伊勢湾は汚濁が進み、赤潮の発生により漁業が被害受けるとともに、海水浴にも影響を及ぼしている。

このような状況の中、伊勢湾では水質浄化計画が策定されている。この計画では伊勢湾の目標水質を定めており、伊勢湾内全体を平均すると表3のようになる。

表3 伊勢湾水質浄化計画の水質 [単位:mg/l]

	COD	T-N	T-P
現況	3.3	0.57	0.057
目標	2.3	0.39	0.031

COD(Chemical Oxygen Demand):化学的酸素要求量

T-N(Total Nitrogen):全窒素, T-P(Total Phosphorus):全磷

4.2 レクリエーション効用の増大

レクリエーション効用の増大は、旅行費用法によって計測した。ただし、居住地別、すなわち旅行費用別のRPデータが得られなかったためにSPデータを用いた。具体的には伊勢湾沿岸域は広域であるため、観光地を10区域に分割し、with / without におけ

る各観光地への年間訪問回数，平均同行人数，利用交通手段および居住地などのデータをアンケートにより調査した。

(1) 訪問頻度関数の推定

観光地への訪問需要関数を次のような重力モデルで定義する。

$$D_{ij} = N_i Y_{ij} = \frac{1}{k} \frac{f_1[Q] f_2[A_j] f_3[N_i]}{f_4[P_{ij}]} \quad (2a)$$

$$k = \frac{1}{M} \sum_i \sum_j \left(\frac{f_1[Q] f_2[A_j] f_3[N_i]}{f_4[P_{ij}]} \right) \quad (2b)$$

$$\sum_i \sum_j D_{ij} = M \quad (2c)$$

ここで， D_{ij} ：居住地 i から観光地 j への年間訪問者数， N_i ：居住地 i の世帯数， Y_{ij} ：世帯当たりの年間訪問頻度， Q ：水質浄化ダミー[有=1，無=0]， A_j ：観光地 j の魅力度， P_{ij} ：居住地 i から観光地 j への旅行費用， M ：伊勢湾沿岸域の観光地全体への年間訪問者数， k ：修正係数， f_1, \dots, f_4 ：任意の関数。

式(2a)～(2c)は，訪問需要量が総量制約を満足することを意味する。この目的は，個別世帯へのアンケート調査より推定した訪問需要関数による入れ込み客数の予測値と実測値とのバイアスを修正することである。伊勢湾は愛知県，三重県にまたがり，各県独自に入れ込み客数がカウントされているので，修正は愛知県，三重県ごとに行った。

式(2a)において， $f_1 = \exp[a_2 Q]$ ， $f_2 = \exp[A_j] = \exp[a_0 + a_{j+2} R_j]$ ， $f_3 = N_i$ ， $f_4 = \exp[a_1 P_{ij}]$ ， $k = 1$ ， $Y_{ij} \rightarrow Y_{ij} + 1$ と設定して対数変換すると，次式を得る。

$$\ln[Y_{ij} + 1] = a_0 + a_1 P_{ij} + a_2 Q + \sum_{j=1}^9 a_{j+2} R_j \quad (3)$$

したがって，訪問頻度関数は次式で与えられる。

$$Y_{ij} = \frac{1}{k} (\exp[a_1 P_{ij} + a_2 Q + A_j] - 1) \quad (4)$$

ここで， R_j ：観光地 j のダミー， a_0, \dots, a_{11} ：パラメータ。

式(3)のパラメータ推定結果を表4に，式(15)の魅力度 A_j と修正係数 k を表5に示す。

(2) 水質浄化によるレクリエーション便益の計測

式(4)の訪問頻度関数を用いて，伊勢湾の各観光地への訪問需要における消費者余剰の増加分を計測すると，表6のようになる。

4.3 水質の存在価値の増大

水質の存在価値の増大に加え，水質のオプション利用価値，代位価値，遺産価値の増大，さらに良好

表4 式(3)のパラメータの推定結果

パラメータ(変数)	推定値 [t値]
0(定数)	2.132 [32.570]
1(旅行費用)	-0.000161 [-32.593]
2(水質浄化事業ダミー)	0.196 [7.077]
3(鳥羽ダミー)	0.399 [6.430]
4(伊勢ダミー)	0.188 [3.035]
5(松阪ダミー)	-0.410 [-6.411]
6(四日市ダミー)	-0.572 [-8.638]
7(名古屋港ダミー)	-0.570 [-8.295]
8(内海ダミー)	-0.212 [-3.296]
9(半田ダミー)	-0.944 [-14.084]
10(吉良ダミー)	-0.754 [-11.642]
11(蒲郡ダミー)	-0.390 [-6.093]
重相関係数	0.610
標本数	2,180

注) 標本数 = 109[居住地] × 10[観光地] × 2[事業有無]

表5 観光地の魅力度 A_j と修正係数 k

伊勢湾の観光地	魅力度 A	予測値 [人/年]	実測値 [人/年]	修正係数 $k = /$
鳥羽	2.531	5,517,480		
伊勢	2.320	3,944,755		
松阪	1.722	1,079,282		
四日市	1.560	657,227		
三重県計	-	11,198,744	13,788,000	0.812
名古屋港	1.562	659,947		
内海	1.920	1,810,378		
半田	1.188	259,130		
吉良	1.378	396,179		
蒲郡	1.742	1,146,541		
伊良湖	2.132	2,822,683		
愛知県計	-	7,094,858	13,932,586	0.509
合計		18,293,602	27,720,586	(0.660)

注) 実測値は愛知県，三重県観光統計書より調査した値。印は「下の数値に同じ」という意味。

表6 レクリエーション便益 [単位：百万円/年]

観光地	愛知県	岐阜県	三重県	計
鳥羽	5,484	661	3,476	9,620
伊勢	3,889	407	2,709	7,005
松阪	886	44	1,234	2,163
四日市	395	15	966	1,376
名古屋港	636	24	1,545	2,204
内海	2,634	193	2,596	5,423
半田	2	0	785	787
吉良	119	2	1,133	1,254
蒲郡	1,526	78	2,027	3,631
伊良湖	4,343	387	3,429	8,159
合計	19,912	1,811	19,901	41,624

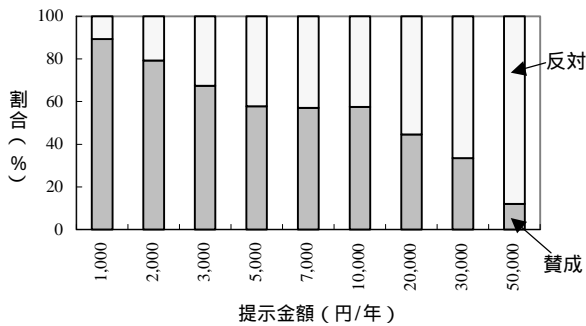


図2 提示金額に対する賛否割合 (伊勢湾流域全体)

な生態系の維持・回復と合わせた支払意思額をCVMにより求めた。CVMに関するアンケート調査は、電話帳から無作為に抽出した8,000世帯の伊勢湾岸地域住民を対象に、郵送配布・郵送回収により実施し、2,885件(回収率:36.1%)を回収した。回収票のうち2段階の質問に対する回答が整合しているもののみを採用して集計した結果、図2のようになった。支払意思額の累積分布関数を次式で定義する。

$$F[t] = \frac{1}{1 + \exp[b_0 + b_1 t]} \quad (5)$$

ここで、 $F[t]$ ：支払意思額の累積分布関数、 t ：支払意思額[円]、 b_0, b_1 ：パラメータ。

支払意思額の平均値は、以下のようにして求められる。

$$E[t] = -\int_0^T t \cdot dF[t] = -\int_0^T t \cdot F'[t] \cdot dt = -[t \cdot F[t]]_0^T + \int_0^T F[t] \cdot dt \quad (6)$$

ここで、 T ：支払意思額の上限值。式(6)の T は理論的には無限大であるが、推定された累積分布関数によっては上限値を設定しないと平均値が無限大になることもあるため、 $T = 100,000$ [円/世帯/年]と設定した。地域別の便益は表7のとおりである。

表7 水質の存在価値増大の便益

地域	支払意思額の平均値 [円/世帯・年]	便益 [百万円/年]
愛知県	17,951	35,223
岐阜県	18,062	8,263
三重県	19,671	7,384
計	-	50,870

4.4 船舶の維持費の減少

便益は費用節約アプローチで求めた。まず、便益算定式である式(1)の近似式として次式を定義する。

$$B_{ship}^i = (C_{ship}^a - C_{ship}^b) x_{ship}^i \quad (7)$$

ここで、 B_{ship}^i ：船舶の維持費の減少便益、 C_{ship} ：船舶1t当たりの維持費(円/t)、 x_{ship}^i ：船舶総トン数、

a, b ：現況、目標を表す添字。

算定に必要なデータのうち、船舶の総トン数は愛知県、三重県の統計資料より収集した。船舶の維持費は、伊勢湾及び他湾(東京湾、大阪湾、若狭湾、瀬戸内海)で活動している造船企業、マリナー管理企業、海運企業に対してアンケートおよびヒアリングを行い調査した。

現況及び目標における船舶の維持費は伊勢湾及び他湾の水質と船舶の維持費の関係から推定した。

$$C_{ship} = 15,596 Q_{COD} + 22,936 \quad (8)$$

ここで、 C_{ship} ：船舶1t当たりの維持費(円/t/年)
 Q_{COD} ：COD値(mg/l)。

式(8)より現況及び目標における単位維持費は、表8のように推定され、便益は表9のようになった。

表8 単位維持費の推定結果

	COD値(mg/l)	単位維持費(円/t/年)
現況	3.3	74,403
目標	2.3	58,807

表9 船舶の維持費の減少による便益

	船舶の総トン数(t)	便益(百万円/年)
愛知県	270,334	4,216
岐阜県	0	0
三重県	292,489	4,562
計		8,778

4.5 良好な漁業資源の確保および漁労衛生環境向上による生産増大

便益は費用節約アプローチで求めた。まず、便益算定式である式(1)の近似式として次式を定義する。

$$B_{fish}^i = C_{fish}^{bi} - C_{fish}^{ai} \quad (9)$$

B_{fish}^i ：便益、 C_{fish}^i ：漁獲高(百万円/年)。

算定に必要なデータは、愛知県、三重県および農林水産省の統計資料より伊勢湾および他湾の漁業生産額(海面漁業、海面養殖業)を収集した。

現況及び目標における漁獲高は伊勢湾及び他湾の水質と漁獲高の関係から伊勢湾全体を推定し、愛知県と三重県に按分した。

$$C_{fish}^i = -48,876 Q_{COD} - 180,781 \times 10^3 / A + 305,937 \quad (10)$$

ここで、 A ：湾水面積(km²)。

式(10)より現況及び目標における漁獲高は、表10のように推定され、便益は表11のようになった。

表10 漁獲高の推定結果

	COD値(mg/l)	漁獲高(百万円/年)
現況	3.3	61,528
目標	2.3	110,404

注) 伊勢湾水面積 = 2,175(km²)

表 11 良好な漁業資源の確保および漁労衛生環境向上による生産増大による便益

	便益(百万円/年)
愛知県	14,056
岐阜県	0
三重県	34,820
計	48,876

4.6 海水浄化費用の減少

便益は費用節約アプローチで求めた。まず、便益算定式である式(1)の近似式として次式を定義する。

$$B_{pure}^i = (C_{pure}^a - C_{pure}^b) x_{pure}^i \quad (11)$$

ここで、 B_{pure}^i : 海水浄化費用の減少便益、 C_{pure} : 単位水量当たり海水浄化費用(円/m³)、 x_{pure}^i : 年間海水浄化水量(m³/年)。

伊勢湾沿岸域に立地する事業所において、海水を自己浄化して使用している可能性のある業種(海水を製品処理用水及び洗浄用水として使用している業種)は、「食料品製造業」、「化学工業」である。

海水使用量は統計資料によって把握できるが、このうち浄化して使用している量は不明である。また海水浄化の単位費用も不明である。海水浄化費用と海水使用量における浄化水量の割合は、伊勢湾沿岸域の事業所および海水浄化施設製作(水処理)メーカーへアンケートおよびヒアリングを行い調査した。調査した結果、伊勢湾沿岸域において海水を自己浄化して使用している企業は存在しなかった。よって、海水浄化費用の減少便益は0(円/年)となる。

4.7 冷却装置等の維持費の減少

便益は費用節約アプローチで求めた。まず、便益算定式である式(1)の近似式として次式を定義する。

$$B_{radiator}^i = (C_{radiator}^a - C_{radiator}^b) x_{radiator}^i \quad (12)$$

ここで、 $B_{radiator}^i$: 便益、 $C_{radiator}$: 単位水量当たり冷却装置等の維持費(円/m³)、 $x_{radiator}^i$: 年間海水冷却等用水量(m³/年)。

伊勢湾沿岸域に立地する事業所において、海水を冷却用水等に使用している業種(海水を冷却用水または温調用水として使用している業種)は、「食料品製造業」、「化学工業」、「石油製品・石炭製品製造業」、「鉄鋼業」である。年間冷却等用水量は統計資料により収集した。現況及び目標における冷却装置等の維持費は、伊勢湾および他湾(東京湾、大阪湾、瀬戸内海)沿岸域に立地する事業所および冷却装置等の製作メーカーに対してアンケートおよびヒアリングを行い調査した。

現況及び目標における単位水量当りの冷却装置等の維持費は伊勢湾及び他湾の水質との関係から推定した。

$$C_{radiator} = 10.715Q_{T-P} + 0.0493 \quad (13)$$

ここで、 Q_{T-P} : T-P 値(mg/l)。

式(13)より現況及び目標における単位維持費は、表 12 のように推定され、便益は表 13 のようになった。

表 12 単位維持費の推定結果

	T-P 値(mg/l)	単位維持費(円/年/千 m ³)
現況	0.057	660
目標	0.031	381

表 13 冷却装置等の維持費の減少による便益

	水量(百万 m ³ /年)	便益(百万円/年)
愛知県	573	159
岐阜県	0	0
三重県	195	54
伊勢湾		213

4.8 ヘドロ浚渫費の減少

便益は費用節約アプローチで求めた。まず、便益算定式である式(1)の近似式として次式を定義する。

$$B_{sludge}^i = (x_{sludge}^{ai} - x_{sludge}^{bi}) C_{sludge} \quad (14)$$

ここで、 B_{sludge}^i : ヘドロ浚渫費の減少便益、 x_{sludge}^i : ヘドロ浚渫量(m³)、 C_{sludge} : ヘドロ浚渫の単位費用(円/m³)。

運輸省および愛知県、三重県港湾課へアンケート及びヒアリングを行い、年間ヘドロ浚渫量及び費用を調査した。

調査の結果、現況及び目標のヘドロ浚渫量が得られたため、便益は表 14 に示すとおりとなった。

表 14 ヘドロ浚渫費の減少による便益

	ヘドロ浚渫量(m ³ /年)		便益(百万円/年)
	現況	目標	
愛知県	123,363	75,251	151
岐阜県	0	0	0
三重県	3,310	2,014	4
伊勢湾			155

注) ヘドロ浚渫の単位費用 : 3,137 円 / m³

4.9 生活環境改善等

本研究では、伊勢湾水質浄化費用として下水道整備費を計上するが、下水道事業は伊勢湾の水質改善のみならず、様々な効果を期待して行われるため、伊勢湾水質に寄与する分を分離して取り出すことが必要となる。しかし、この作業は不可能であるため、下水道整備の総費用を計上し、それに合わせるため上述の項目以外の便益、すなわち伊勢湾水質改善に起因しない便益を計上する。これらの便益は発生ベースの便益として表現されていない項目であるが、

伊勢湾水質浄化計画の主要施策が下水道整備であり、定量的な費用便益分析を行うためには計測せざるを得ないと考え計上することとした。本研究では、これらの便益を「下水道事業における費用効果分析マニュアル(案)」に基づいて算定した。算定式及び結果は以下のとおりである。

(算定式)

$$\begin{aligned} \text{生活環境改善便益} &= \text{中小水路の覆蓋費用の減少} \\ &\quad + \text{水路底部の清掃費用の減少} \\ \text{便所の水洗化便益} &= \text{浄化槽設置関連費用の減少} \\ &\quad + \text{浄化槽汚泥関連費用の減少} \end{aligned}$$

表 15 生活環境改善便益 [単位：百万円/年]

地域	中小水路の覆蓋費用の減少	水路底部の清掃費用の減少	計
愛知県	199,426	16,856	216,282
岐阜県	82,875	4,718	87,593
三重県	90,469	5,324	95,793
計	372,770	26,898	399,668

表 16 便所の水洗化便益 [単位：百万円/年]

地域	浄化槽設置関連費用の減少	浄化槽汚泥関連費用の減少	計
愛知県	91,089	50,230	141,318
岐阜県	25,498	14,643	40,141
三重県	28,772	16,440	45,212
計	145,359	81,313	226,672

4.10 水質浄化費用の増大

伊勢湾の水質浄化費用の増大として、各自治体による下水道整備費、合併処理浄化槽整備費、面源対策費、及び工業、畜産における汚濁負荷削減費用の増大を算定した。算定結果は以下のとおりである。

表 17 水質浄化費用の増大 [単位：百万円/年]

地域	下水道整備費	合併処理浄化槽整備費	面源対策費	計
愛知県	239,998	13,927	33,758	287,683
岐阜県	97,481	1,605	12,858	111,944
三重県	72,818	1,874	10,942	85,634
計	410,297	17,406	57,558	485,261

注) 面源対策費は負荷削減施策と削減量の関係が不明なため、面源からの汚濁負荷削減に面源以外の汚濁負荷削減の平均単位費用を乗じて求めた。

表 18 汚濁負荷削減費用の増大 [単位：百万円/年]

地域	工業	畜産	計
愛知県	20,468	3,236	311,386
岐阜県	4,573	937	117,455
三重県	5,732	708	92,074
計	30,773	4,881	520,915

4.11 計測結果のまとめ

計測した結果を表 19 に示すマトリックスに整理した。

表では「生活環境改善、便所の水洗化」の値が大きく、伊勢湾水質浄化に対する純便益を読み取るとはやや難しいが、流域内も含めた水質浄化計画全体では、社会的純便益および各地域での純便益は正になっていることがわかる。

このうち内陸域に位置し、伊勢湾沿岸に面していない岐阜県における純便益が最も小さくなっている。すなわち上下流問題が実際に生じていることがわかる。この解消方法として、公平性の指標を「各地域に同程度の便益を享受させる」と考えると、沿岸域の愛知県、三重県から何らかの手当てが必要であると考えられる。あるいは各地域の家計数(各地域の対象世帯数は愛知県：約 195 万世帯、岐阜県：約 45 万世帯、三重県：約 38 万世帯)を考慮して「各家計に同程度の便益を享受させる」と考えると、三重県に居住する家計の便益が愛知県、岐阜県に比べて大きいいため、三重県から何らかの手当てが必要であると考えられる。

5. CGE モデルによる計測精度の確認

CGE モデルを用いて計測した場合の社会的便益は、2,584 億円であり³⁾、本研究の結果とほぼ同じ値を示している。しかし、これは逆に精度が高いものでないことを意味している。本研究で示した便益には、流域内において下水道整備がもたらす「生活環境改善、便所の水洗化」の値が含まれているが、CGE モデルによる計測にはその分は含まれていない。したがって、その分だけ計測誤差があると言える。

この原因として考えられるのは、第 1 に処理費用関数の設定に問題あること、第 2 にレクリエーション便益の定義が本研究では旅行費用の違いのみを捉えているが、先行研究では滞在時間までも考慮していること、第 3 に先行研究では産業主体を本研究ほど細かく設定していないことなどが挙げられる。

今後の進め方としては、特に第 1 の問題がこれまででは不明な部分が多かったが、本研究において明瞭になったため、この成果を活かして CGE モデルにおける生産関数を再考し、精度の向上を図っていきたい。

6. おわりに

本研究では、閉鎖性水域における水質改善政策の便益計測方法として提案してきた CGE モデルの計測精度に関する批判に対して、その予測精度を確認することを第一の目的として、便益計測精度が比較的高いといわれている発生ベースの便益を計測することを試みたものである。発生ベースの便益と帰着

表 19 発生ベース便益の計測結果のまとめ

[単位：百万円 / 年]

	愛知県					岐阜県				三重県					計
	家計	畜産業	工業	漁業	自治体	家計	畜産業	工業	自治体	家計	畜産業	工業	漁業	自治体	
冷却装置等の維持費の減少			159									54			213
船舶の維持費の減少			4,216									4,562			8,778
良好な漁業資源の確保および漁業衛生環境向上による生産増大				14,056									34,820		48,876
レクリエーション効用の増大	19,912					1,811				19,901					41,624
水質の存在価値増大、水質のオプション価値増大、良好な生態系の維持・回復	35,223					8,263				7,384					50,870
ヘドロ浚渫費の減少					151									4	155
生活環境改善、便所の水洗化	367,600					127,734				141,006					636,340
水質浄化費用の増大		-3,236	-20,468		-287,683		-937	-4,573	-111,944		-708	-5,732		-85,634	-520,915
主体毎の合計	422,735	-3,236	-16,093	14,056	-287,532	137,808	-937	-4,573	-111,944	168,291	-708	-1,116	34,820	-85,630	265,941
地域毎の合計			129,930				20,354				115,657				

注) 主体毎の合計では船舶の維持費の減少を工業として計上している。

ベースの便益は実際の市場では完全に等しくなるとは考えられないが、おおよその確認は可能であると考えられることから行ったものである。

具体的には、まず、閉鎖性水域における水質改善政策に対して、地域別に各主体の汚濁負荷削減によって発生する効果を整理し、地域、主体毎に享受する便益を発生ベースで捉えたマトリックスを作成した。次に、発生ベースの便益の各項目に対する計測方法を設定するとともに、それを用いて地域別、主体別の発生ベースの便益を計測した。最後に、帰着ベースの便益と比較し、精度を確認した。

結果として誤差があることがわかったが、本研究の過程で得られたデータや情報が、CGE モデルの精度向上に役立つ可能性があることもわかった。今後はこの成果を活かして、CGE モデルの精度向上を図っていきたい。

参考文献

- 1) 西条八束編：内湾の環境科学，培風館，pp.4-54，1984。
- 2) 伊勢湾浄化下水道計画連絡協議会：伊勢湾に関する下水道事業費用効果分析，下水道協会誌 Vol.36, No.439，pp.40-46，1999。
- 3) Johansson， P-O.： Cost-Benefit Analysis of

Environmental Change，Cambridge University Press，pp.32-33，1993。

- 4) Akiyoshi TAKAGI, Shinichi MUTO, Taka UEDA： Economic Evaluation of Water Purification Policy in The Closed Water Area with Dynamic Spatial Computable General Equilibrium Model，The 6th World Congress of the Regional Science Association International，2000。
- 5) 赤井伸郎・金本良嗣：費用便益分析における地域開発効果，費用便益分析に係る経済的基本問題，pp.49-66，社会資本整備の費用効果分析に係る経済学の問題研究会編，1999。
- 6) 栗山浩一：公共事業と環境の価値，築地書館，1997。
- 7) (財)下水道新技術推進機構：下水道事業における費用効果分析マニュアル(案)，1998。
- 8) 森杉壽芳編著：社会資本整備の便益評価，勁草書房，1997。
- 9) 萩原清子・萩原良巳：水質の経済価値，環境科学会誌，第6巻，pp.201-213，1993。
- 10) 堤武・萩原良巳編著：都市環境と雨水計画，勁草書房，2000。
- 11) 高木朗義・大野栄治：水質浄化事業による環境改善便益の計測，環境システム研究 Vol.27，pp.9-16，1999。