

社会経済システムへの影響を考慮した閉鎖性水域における水質汚濁負荷削減量の最適配分

岐阜大学 正会員 高木朗義
岐阜大学 正会員 武藤慎一
株式会社中央コンサルタンツ 稲垣貴政

1. はじめに

近年、閉鎖性水域では富栄養化が深刻な問題となっており、下水道の高度処理化や事業所への排水規制、面源対策など様々な水質改善策が検討されている¹⁾。これらの施策の実施にあたっては直接的あるいは社会経済システムを通じて様々な主体の活動に影響を与えるばかりでなく、上下流間で利害関係が対立するという問題も生じる。そこで本研究では、水質改善に必要な汚濁負荷削減量に着目し、水質目標を達成するという条件の下で、これに必要な物理的な総汚濁負荷削減量を与件として、地域、主体別に課す汚濁負荷削減量が社会経済全体に対して最も効率的なケースを検討する。具体的には、水質改善策による社会経済システムへの影響を観察するためにCGEモデルを構築し、様々な汚濁負荷削減量の配分パターンに対する地域、主体間への影響を便益帰着構成表に整理することにより、その中から社会的純便益が最大となる配分パターンを探索するという問題を考える。これはCGEモデルを下位制約条件に持つ均衡制約条件付き数理最適化問題(通称MPEC)として定式化され、本研究ではこの問題を遺伝的アルゴリズム(GA)を用いて近似的に解くことにより、閉鎖性水域の水質改善に必要な汚濁負荷削減量の最適配分を求めることを目的とする。なお、本研究における具体的な数値解析は、伊勢湾およびその流域を対象として行う。

2. MPECの定式化

(1) 下位問題(CGEModel^{2),3)}

本モデルの概要を以下と図-1に示す。

上流都市(都市1)と下流の閉鎖性水域沿岸都市(都市2)の2都市からなっている。

都市1には排水により閉鎖性水域の水質に影響を及ぼす工業、農業および排水処理機械を製造する企業が存在し、都市2には閉鎖性水域の水質の影響を受ける漁業、レクリエーション産業(以下R産業)が存在している。各都市には家計および政府が存在している。

家計の排水処理(汚濁負荷削減)、面源対策は、政府が一括して行い、工業・農業の排水は自己処理する。

各主体の立地選択行動は考慮しない。

各主体活動および排水処理(汚濁負荷削減)行動を捉えている。

排水処理行動後に排出される汚濁物質が閉鎖性水域に蓄積すること、および汚濁物質の蓄積が再び社会経済活動へ及ぼす影響を捉えている。

(2) 上位問題

現在の社会経済システムにおいて、水質改善に必要な汚濁負荷削減の全体量を与件とし、社会的純便益が最大となるような地域、主体間の汚濁負荷削減量の配分を求めるという問題を考える。

3. 検討対象

先に述べたように、本研究では伊勢湾流域を対象として数値解析を行う。伊勢湾では平成8年度末に「伊

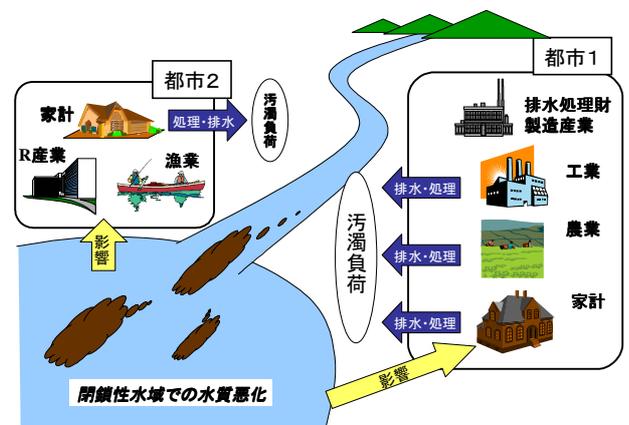


図-1 モデルの全体イメージ

「伊勢湾特定水域高度処理基本計画」⁴⁾(以下、基本計画とする)が策定され、将来の水質目標を達成するための全体および各主体の汚濁負荷削減量(指標: COD)が表-1のように定められている。本研究ではこの汚濁負荷量の全量を与件とし、各主体への配分を社会経済システムから見て効率的なものに見直すものである。

4. 解析結果

CGE モデルの解析にあたっては国民経済計算年報や愛知県、岐阜県、三重県の統計書などからデータセットを構築し、家計の効用関数および各産業の生産関数のパラメータを決定した。この CGE モデルを下位問題として社会的純便益が最大となる場合の汚濁負荷削減量の配分を GA を用いて近似的に求めた。その結果を表-2 に示す。また、基本計画および最適配分を達成するための施策を実施した場合の便益帰着構成表を表-3、4 に示す。

最適配分(表-2)と基本計画の配分(表-1)を比べてみると、最適配分における面源の削減率が低くなっている。面源は政府が家計から徴収した税によって行われるため、税金を投入して面源対策を行うことより各主体が汚濁負荷量を削減することの方が経済的に効率的であることを示している。また、最適配分の方が基本計画より 375 億円だけ社会全体として得をするという結果が得られた。

5. おわりに

本研究では、閉鎖性水域における汚濁負荷削減量の配分について、社会経済システムへの影響を CGE モデルにより定量的に捉えた上で、GA を用いて近似的な最適配分を求めた。その際、各地域、各主体への影響を便益帰着構成表に整理したため、費用負担問題も含めた評価を行ったと考えられる。

今後課題としては、社会経済システムとして最適な総汚濁負荷削減量、すなわち社会的に最適な環境基準を検討することや動学化により水質改善策の最適なスケジュールを検討することが挙げられる。

【参考文献】

- 1)植田和弘・岡敏弘・新沢秀則：環境政策の経済学，日本評論社，1997．
- 2)高木朗義・上田孝行・武藤慎一・稲垣貴政・橋本直也：閉鎖性水域における水質改善政策の経済分析，環境システム研究論文集，1999．
- 3)米田朗・氷飽楊四郎：霞ヶ浦における水質汚染改善のための経済政策，日本地域学会年次学術講演会，1998．
- 4)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，下水道協会会誌 Vol.136, No.439, pp.40-46，1999．

表-1 基本計画の汚濁負荷削減量(COD)

	家庭	工場	家畜	面源	合計
現況負荷量	169	115	16	105	405
目標負荷量	62	75	10	89	236
削減量	107	40	6	16	169
削減率	63	35	35	15	42

単位：負荷量(t/日)，削減率(%)

表-2 汚濁負荷削減量(COD)の最適配分

	家庭	工場	家畜	面源	合計
現況負荷量	169	115	16	105	405
目標負荷量	51	69	13	103	236
削減量	118	46	3	2	169
削減率	70	40	20	2	42

単位：負荷量(t/日)，削減率(%)

表-3 便益帰着構成表(基本計画)

	都市1						都市2				合計
	家計	工業生産部門	工業排水部門	農業生産部門	農業排水部門	排水処理財製造産業	家計	漁業	R産業	政府	
産業の排水処理費用		-506	506	-5	5						0
産業の排水処理費用超過負担			-9								-9
産業の排水処理財投資超過負担			-495		-5						-500
家計の排水処理費用	-1,006					1,006	-25			25	0
家計の排水処理費用超過負担						-817			-19		-836
家計の排水処理財投資超過負担						-189			-6		-195
水質浄化事業への税金超過負担	-580					580	-15			15	0
面源の排水処理財投資超過負担						-580			-15		-595
工業財価格変化	-542	556						-14			0
排水処理財価格変化			-2		0	-3	-1				0
農業財価格変化	-5			5				0			0
漁業財価格変化	26						1	-27			0
R財価格変化	-218						-5		223		0
資金率変化	50	-52		0		3	228	-6	-223		0
水質変化による直接的生産増大								32			32
レクリエーション効用の増大	4,090						90				4,180
存在価値の増大	490						19				509
合計	2,305	0	0	0	0	0	279	0	0	0	2,584

表-4 便益帰着構成表(最適配分)

	都市1						都市2				合計
	家計	工業生産部門	工業排水部門	農業生産部門	農業排水部門	排水処理財製造産業	家計	漁業	R産業	政府	
産業の排水処理費用		-578	578	-3	3						0
産業の排水処理費用超過負担			-7		0						-7
産業の排水処理財投資超過負担			-569		-3						-572
家計の排水処理費用	-1,103								1,103	-28	28
家計の排水処理費用超過負担									-896		-917
家計の排水処理財投資超過負担									-207		-214
水質浄化事業への税金超過負担	-52								52	-1	1
面源の排水処理財投資超過負担									-52		-53
工業財価格変化	-634	650								-16	0
排水処理財価格変化			-2		0	4	-2				0
農業財価格変化	-3			3					0		0
漁業財価格変化	26							1	-27		0
R財価格変化	-220								-5	225	0
資金率変化	76	-71		0		-4	230	-6	-225		0
水質変化による直接的生産増大									32		32
レクリエーション効用の増大	4,090						90				4,179
存在価値の増大	490						19				509
合計	2,669	0	0	0	0	0	290	0	0	0	2,959