

水質汚濁負荷削減のための排出権取引について*

On emission trading for reduction of water pollution*

奥田隆明**・赤根幸仁***

By Takaaki OKUDA**・Yukihito AKANE***

1. 序論

我が国の水環境は20世紀の工業化・都市化を背景に次第に深刻化していった。近年では、内湾・内海・湖沼といった閉鎖性水域における有機汚濁物質による汚染が社会問題となり、特に後背地に大きな汚濁源を有する東京湾・伊勢湾・瀬戸内海において問題となっている。そのため、広域的な閉鎖性水域の水質改善を図ることを目的に、当該水域に流入する汚濁負荷量の総量を規制する総量規制制度が導入され、水質の改善が進められてきた。しかし、こうした取組みにもかかわらず、これらの閉鎖性水域では依然として環境基準の達成が実現されていないのが現状である。

他方で、近年、環境意識の高まりを背景にして、悪化した水循環の再生を目指した取組みが各地で実施され始めている。東京湾の「東京湾再生プロジェクト」、伊勢湾の「伊勢湾再生推進会議」など、関連省庁・都道府県・市町村が連携して再生計画を作成し、具体的な取組みを実施し始めている。しかし、これらの流域圏には大都市や中小都市、農業地域、森林地域等の様々な地域が存在しており、削減に向けた取組みの容易な地域と困難な地域が混在している。このような流域圏で効率的な汚濁負荷の削減を実現するためには個々の取組みではなく、地域間で連携して対策を行っていく必要がある。そのためには新たに地域間の取組みを経済的に支える制度の導入が求められる。

こうした取組みを経済的に支える制度の一つに「排出権取引」がある。「排出権取引」は環境政策の経済的手法の一つであり、汚濁負荷の排出主体に排出権を配分し、

各排出主体がそれぞれの削減費用と市場での排出権価格を勘案し、費用が最小となるように排出権の市場取引を行う制度である。これによって、流域全体で対策の効率的な実施が図られ、対策にかかる費用を最小化することができると言われている。しかし、こうした新たな制度を導入した場合には、様々な社会経済的影響が発生することが予想されるため、それらの影響を事前に評価しておくことが必要である。

そこで、本研究では排出権取引の影響評価モデルを提案し、さらにそのモデルを実際に閉鎖性水域である伊勢湾に適用することで、排出権取引導入の影響が、地域によってどのように波及するのか、汚濁負荷削減対策がどのように進展するかなどについて分析することを目的とする。

2. 排出権取引制度

(1) 排出権取引の理論的側面と事例

現在、水質汚濁負荷の削減政策は排出規制や総量規制などのように直接規制による手法が主流となっている。これは、規制対象が明確であり、導入しやすいことや、規制される側としても受け入れやすいことが理由に挙げられる。しかし、直接規制は削減費用の大小を十分に考慮しないで削減量を決める場合が多いため、規制主体によって削減の限界費用が異なることが多い。そのため、経済的な観点から効率的な削減が実現されていないなどの問題も有している。こうした問題点を解決し、より効率的な削減を実現するための方法として、経済的手法を導入することが提案されている。経済的な手法には、環境税や補助金等のほか、近年では排出権取引の導入が検討されている。排出権取引は、目標とする汚濁負荷の排出量に合わせて排出権の初期配分を行い、各排出主体が汚濁負荷の削減費用と市場での排出権の価格を比較して対策費用が最小となるように排出権の取引を行うことによって、流域全体での限界費用が一致し、汚濁負荷の削減にかかる費用を最少化するという手法である。

水質汚濁の排出権取引の事例としては、アメリカで行

*キーワード：水質汚濁負荷、排出権取引、CGEモデル

**正員、博士(工学)、名古屋大学大学院環境学研究科
(愛知県名古屋市千種区不老町、
TEL052-789-4654、FAX052-789-1462)

***学生員、学士(工学)、名古屋市上下水道局
(愛知県名古屋市中区三の丸3-1-1、
TEL052-972-3608、FAX052-972-3710)

われている「水質取引政策」が挙げられる。これは、アメリカの連邦水質浄化法で定められた総量規制の義務を達成するために汚濁負荷削減クレジットを取引することを認めたものである。これによって、コネチカット州の事例では削減費用の約 20%を削減することができると推計されている。¹⁾しかし、日本でこうした水質汚濁の排出権取引を導入した事例は無いのが現状である。そのため、日本で排出権取引市場を導入するためには、その影響を事前に評価しておくことが重要であり、以下で説明するような様々な検討が行われてきている。

(2) 排出権取引の検討事例

国土交通省²⁾では、「下水道事業における排出権取引制度に関する検討」として、排出権取引の導入における検討課題と導入のあり方について検討し、課題整理を行っている。この検討では、東京湾流域の下水道事業者を対象とした排出権取引モデルの検討を行っている。このモデルでは、対象流域を東京湾流域の 1 都 3 県 3 市（埼玉県・千葉県・東京都・神奈川県・横浜市・川崎市・千葉市）とし、流域内の下水処理場で高度処理に伴う汚濁負荷排出権を取引するものと仮定している。排出権取引の効果は、全体の対策費用の最大 10%程度と示されている。都県別では、東京都が売却、埼玉・千葉・神奈川県が購入となり、削減効果は埼玉県・千葉県・東京都で約 10%、神奈川県で約 20%となると推計されている。

石田ら³⁾も同様に東京湾の下水処理場を対象に高度処理にかかる費用の最小化に関する検討を行っている。この研究では、取引を行うための協議会を設置し、取引に係る手間を省くために、各下水処理場が個別に協議会と取引するのではなく都県ごとに一括して協議会と取引する方法を導入している。また、初期排出権の設定方法として、現状の汚濁排出量に比例させて各排出源に配分する方法ではなく、各処理場の排水量に比例させた初期排出権を配分する方法を用いている。これは、現状の排出量に比例させる方法では、すでに高度処理を導入している下水処理場の初期排出権が小さくなり、取引上不利になってしまうことが考えられるためである。その結果、費用の節約効果は東京湾流域全体で約 27%になると推定されている。この研究では、排出権の均衡価格は 77 (万円/t.CODeq) となった。

東京湾以外で排出権取引を検討した事例としては、日本下水道事業団ら⁴⁾が伊勢湾流域の下水処理場を対象とした検討も行っている。この検討では、伊勢湾流域の 3 県 1 市を対象とし、検討の結果、伊勢湾全域の高度処理導入に係る費用の約 20%削減できる結果となった。

下水道事業者以外の取引を検討した事例としては、島

田ら⁵⁾が霞ヶ浦流域を対象とした排出権取引モデルを提案している。このモデルでは、これまでの検討では下水処理場の高度処理に伴う排出権の取引を対象としていたのに対し、農村部の汚濁負荷削減対策による削減効果に関しても排出権の取引を認めている。これは、点源系・面源系を含めた総合的かつ効率的な汚濁負荷削減を図り、水質環境基準の達成を促進することを目的としたものである。この研究では、下水処理場の高度化に伴う削減単価よりも農業対策の削減単価の方が低いことから、高度処理と同時に面源対策を推進することが有効であると示されている。その結果、農業対策を進展させることによって汚濁負荷の削減費用を約 19%削減できることを示している。

(3) 本研究の位置づけ

これらの研究から、排出権取引市場の導入により効率的な汚濁負荷削減対策の実施が可能になることが明らかにされてきているが、他方で、これらの研究は、何れも下水道整備計画における対策や湖沼水質保全計画における対策等、技術的対策を対象とした排出権取引の導入について検討が行われ、排出権取引の導入により当該分野の予算の範囲内で技術的対策を効率的に実施することが可能になることを示しているに過ぎない。しかし、今後更なる水質の改善を図るためには技術的な対策だけでなく、汚濁負荷の発生量が多い産業の生産規模を縮小するなどといった経済的な対策を行うことも必要になると考えられる。しかし、技術的対策だけでなく経済的対策も含めた排出権取引を導入した場合には、様々な社会的影響が発生することが予想される。

そこで本研究では、汚濁負荷の削減目標に応じた排出権をそれぞれの地域に初期配分し、各地域の産業が排出権取引市場から排出権を購入して生産を行うという排出権取引制度を仮定し、こうした新たな制度の導入によって、技術的な対策や経済的な対策がどのように進展するのか、また、こうした対策を実施するための費用負担を誰が行うことになるのかを明らかにする影響分析モデルの開発を試みる。

3. 排出権取引の影響評価モデル

(1) モデルの全体構成

本研究では、排出権取引市場を導入することによって発生する経済活動や汚濁負荷削減政策への影響を評価するために図-3.1 に示す影響評価モデルを提案する。このモデルは、1) 経済的対策モデルと 2) 技術的対策モデルの 2 つのサブモデルから構成される。経済的対策モデル

では、汚濁負荷の削減目標を達成するために初期配分された排出権を取引することで、排出権の価格を決定する。このときに、対象地域でどのような経済的対策が行われるかを分析する。技術的対策モデルでは、経済的対策モデルで求められた排出権取引価格に基づいて、汚濁負荷削減の技術的対策がどの程度実施されるのかを決定する。そこで、技術的対策の実施に伴って経済的対策モデルに入力する汚濁負荷係数が変化するため、対策実施後の汚濁負荷係数を経済的対策モデルに入力し再び排出権取引を行い、新たに排出権価格が決定する。そして、経済的対策モデルと技術的対策モデルを相互に繰り返し計算することで最終的に実施される対策および各地域の費用負担などを測定することができる。

このモデルで取り扱う取引汚濁物質には、COD, T-N, T-P を一元化した T-COD を用いる。閉鎖性水域では有機汚濁物質は内部生成による割合が高く COD のみの削減ではなく T-N, T-P を含めた総合的な削減が必要であるため、3 種の汚濁物質を一元化した値で取引を行うものとした。T-N, T-P に関しては、換算係数を用いて COD 当量に換算した値で取引を行う。換算係数に関しては、石田ら³⁾の算出した値を参考に、COD:T-N:T-P=1:19.7:142.5 を用いる。次節以降で 2 つのサブモデルの詳細について説明する。

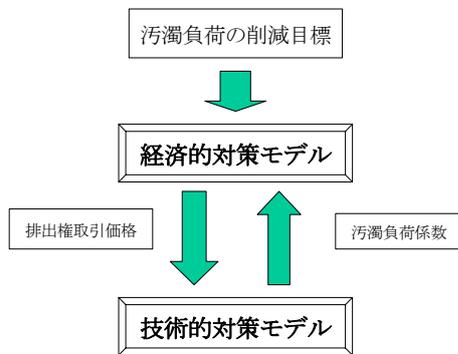


図-3.1 モデルの全体構成

(2) 経済的対策モデル

経済的対策モデルでは、応用一般均衡モデルを用いて排出権取引市場の影響評価を行う。これは、排出権取引市場という現実には存在しない仮想市場を導入する場合に、コンピュータ上で影響の評価を行うことができるからである。応用一般均衡モデルを用いることで、排出権は経済市場内で取引され、需要と供給が均衡する価格が決定される。つまり、

$$\sum_r \sum_i D_i^r = \sum_r S^r \quad (3.1)$$

の関係が成立する。ここで、 D_i^r は排出権の需要、 S^r は排出権の供給、 r は地域、 i は産業。

排出権の需要関数は産業の生産によって決定される。各産業は図-3.2 に示すような生産関数のもとで生産を行っているものとする。つまり、労働・資本・域外財・対象地域での生産物については、通常の応用一般均衡モデルと同様な多段階 CES 型関数を用いて結合され、さらに最上位でその合成財が排出権と結合されるような生産関数を仮定する。このとき、合成財と排出権はレオンチェフ型関数で結合され、一定の生産を行うためには一定の排出権を投入する（汚濁負荷を排出する）必要があるものとする。また、この投入係数（汚濁負荷係数）は対策を行うことによって変化するものとする。

他方、排出権の供給関数は、排出権の初期配分によって決定される。本研究では汚濁負荷の削減目標（ $\alpha\%$ ）を達成するために、汚濁負荷の大きさ S_0^r に応じた排出権を各地域に割当てる。つまり、汚濁負荷の初期配分を S_1^r とすると、

$$S_1^r = (1 - \alpha / 100) S_0^r \quad (3.2)$$

そして、各地域は配分された排出権の中から自地域の生活活動によって発生する汚濁負荷量の分を除いた排出権を市場に供給するものとする。各地域は技術的対策を行うことによって、自地域から発生する汚濁負荷量を削減できるため、市場に供給することができる排出権の総量を増やすことができる。さらに、排出権を売却することによって得た収入を技術的対策の費用とすることができる。

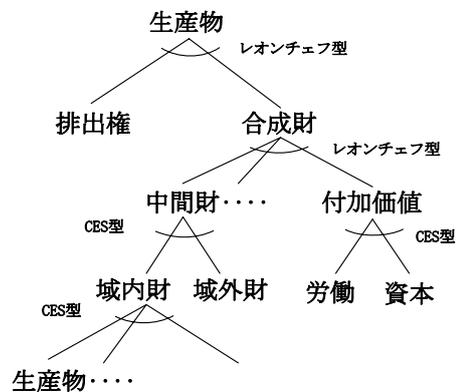


図-3.2 生産関数

(3) 技術的対策モデル

本研究では、技術的対策として1) 下水処理施設整備、2) 高度処理の導入、3) 溶出抑制型肥料の導入を対象として分析を行った。技術的対策モデルでは、それぞれの対策ごとに対策の費用と効果を算出し、効果が費用を上回る場合に対策が実施されるものとした。

1) 下水道処理施設整備

下水道処理施設整備には、管渠施設・ポンプ施設・2次処理施設の建設が必要であり、それに伴って維持管理費が発生する。また、2次処理施設には用地費用も必要である。

管渠施設の費用は、管渠網統計則を用いる。⁷⁾ これは、河川工学で用いられる河川網則を下水管に適応したものである。

ポンプ施設および2次処理施設の建設費用は処理場の規模によって決定される。そのため、計画処理水量などをパラメーターとする式(3.3)などを用いて求めるものとする。

$$C_1 = 85.51 \times Q_1^{0.598} \times (106.7 / 81.1) \quad (3.3a)$$

$$C_2 = 932.18 \times Q_2^{0.7229} \quad (3.3b)$$

ここで、 C_1 はポンプ施設の建設費、 Q_1 は全体計画の揚水量(m^3 /分)、 C_2 は2次処理施設の建設費、 Q_2 は日最大処理水量(km^3 /日)。⁸⁾

また、対策の効果は、施設の整備に伴って、処理水質が改善されるため処理人口に改善分の処理水質を乗じることによって式(3.4)のように求める。

$$A = \sum_{i=1}^3 (a_i - a_0) \times \left(\frac{r_i}{r_1 + r_2 + r_3} \times X_1 \right) \quad (3.4)$$

ここで、 A は汚濁負荷の削減量、 a は処理水質、 r は整備率、 X_1 は新規の2次処理人口。また、 i は処理方法を示し、0:2次処理、1:農業集落排水施設、2:浄化槽、3:し尿処理を表す。

2) 高度処理の導入

高度処理の導入には、高度処理施設を建設することが必要であると見られ、それに伴って維持管理費と用地費用がかかる。高度処理施設の建設費も同様に式(3.5)の費用関数を用いて求めるものとする。

$$C_3 = 353.14 \times Q_2^{0.4646} \times (106.7 / 105.1) \quad (3.5)$$

ここで、 C_3 は高度処理施設の建設費、 Q_2 は日最大処理水量(km^3 /日)。

また、対策の効果に関しても、2次処理施設の整備と同様に処理水質の改善分に処理人口を乗じることによって求める。

3) 溶出抑制型肥料の導入

溶出抑制型肥料の費用と効果に関しては、島田ら⁹⁾の推計した値を参考にして求めた。その値を表-3に示す。これらの値に農地面積をかけることによって費用と効果をそれぞれ算出する。

表-3a 溶出抑制型肥料単価

	単位年費用 (円/t年)	単位面積当たり必要量 (t/km ² 年)
水稲田	46000	40
畑地	48000	23

表-3b 単位当たり削減量

	汚濁負荷削減量 (kg/t)	
	T-N	T-P
水稲田	6.0	—
畑地	8.6	0.1

参考文献

- 1) 経済協力開発機構：OECD 諸国における国内排出権取引の現状と展望，2003
- 2) 国土交通省：下水道事業における排出権取引制度に関する検討について，2003
- 3) 石田整・花木啓祐・荒巻俊也：東京湾流域の下水処理場を対象とした排出権取引制度導入による汚濁負荷削減費用の節約効果の推定，第31回環境システム研究論文発表会講演集，pp.445-450，2003
- 4) 国土交通省都市・地域整備局下水道部，日本下水道事業団：伊勢湾流域の下水道を対象とした汚濁負荷調整手法の導入による効果・影響に関する検討調査 報告書，2005
- 5) 島田明夫・渡辺晴彦・浅見泰司：霞ヶ浦流域における持続可能な水質保全のための都市・農村間の排出権取引モデル，環境アセスメント学会誌 4(1)，pp.65-76，2005
- 6) 橋本浩良：クロス・エントロピー法を用いた地域間産業連関表の推計，名古屋大学修士論文，2003
- 7) 田中修司：下水道管渠学，環境新聞社，269pp，2001
- 8) 日本下水道協会：流域別下水道整備総合計画調査指針と解説，2001