

11. 産業集積都市を対象とした温室効果ガスの排出権取引規模の試算

Emission trading of greenhouse gases of industrial city

長澤 恵美里*・藤田 壮**・村野 昭人***

Emiri NAGASAWA, Tsuyoshi FUJITA, Akito MURANO

To meet Kyoto Protocol, it is necessary for Japan to use Kyoto mechanism such as emission trading, CDM, and JI into domestic implementation. CO₂ emissions from the industrial production process are estimated based on the environmental reports. The market of the emission trading of greenhouse gases among manufacturing plants in industrial city is simulated by the cap and trade method. In addition, to analyze the factor of the CO₂ emission change, the production efficiency and CO₂ emission factor of each type of business are investigated.

KEY WORDS : Emissions trading, Greenhouse gas, Cap and trade, Industrial City

1. はじめに

近年、地球温暖化による世界の気候の変化が認められ、気候変動に関する政府間パネルの第3次評価報告書では、その原因がCO₂を含めた温室効果ガスであると報告された。そこで地球温暖化を抑止するため、大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることを目的とした気候変動枠組条約が締結され、後に気候変動に関する国際連合枠組条約の京都議定書が採択、発効された。

京都議定書では、日本は2008～2012年の5年間に1990年比で6%の温室効果ガス排出削減を達成しなければならない。日本を含めた先進国には各々に削減目標が与えられているが、日々の経済成長と事業の効率化を以前より行ってきた先進国にとっては難しい問題である。そこで、市場メカニズムを利用した京都メカニズムと呼ばれる柔軟性措置が認められた。

京都メカニズムには、協同実施、クリーン開発メカニズム、排出権取引の3種類が定められているが、本研究では、国内の企業間でキャップ・アンド・トレード方式による排出権取引を実施した場合の、市場規模を算定することを目的とする。具体的には、第一に、産業集積都市を対象として、環境報告書などをもとに生産工程から排出されるCO₂を算定し、各企業のCO₂排出枠となるキャップの設定を行った。各企業に与えられるキャップは、京都議定書で定められている日本の排出枠を考慮して、企業の1990年の製造工程におけるCO₂排出量から6%減の値に設定した。第二に、対象企業の単位生産額あたりのCO₂排出量を算定し、経済活動部門別に算定された生産額あたりのCO₂排出量と比較した。第三に、先に設定したキャップをもとに、CO₂排出超過分、余剰分の算定を行い、排出権取引市場の予測を行った。さらに、今後の研究の展開として、排出権取引制度が地域全体の環境効率の改善にもたらす影響について分析し、望ましい制度のあり方を提案する。

* 東洋大学大学院 工学研究科 Toyo University, Graduate School of Engineering,

** (独) 国立環境研究所 National Institute for Environmental Studies.

*** 東洋大学 地域産業共生研究センター Toyo Univ., Center for Regional Industrial Symbiosis Research

2. 政府プログラムにおける排出権取引の実践事例

2.1 キャップ・アンド・トレード方式採用国の比較

京都議定書の発効に伴い、各国の政府プログラムにおける排出権取引が具体的な形として行われつつある。その中でも、先進的な取り組みとして挙げられ、かつキャップ・アンド・トレードを採用している4事例に対して、プロジェクト名、開始年、期間、京都議定書削減目標値、対象温室効果ガス、参加企業数、遵守期間に削減できなかった場合のペナルティー、対象範囲の8項目を設定し、表1にまとめた。

各国を比較してみると、削減目標や制度の内容が異なるため、参加企業やペナルティーに差が生じていることがわかる。また、排出権取引に積極的な国は、法制度の整備も積極的に行われており、参加企業が多くなる傾向がある。全体として、京都議定書の遵守期間までには余裕があることで、余裕を持たせ調整を図っているが、遵守期間になれば有効かつ効果的な詳細モデルが構築される可能性が高い。以下に各国別の概要を整理する。

(1) 英国

2002年4月に、各国に先立って、自主的な温室効果ガス排出権取引である ETS (Emission Trading Scheme) が開始された。英国政府は温室効果ガス削減に関する取り決めとして、気候変動協定 (CCA, Climate Change Agreements) を約 6,000 社の企業と締結し、さらに、ETS 参加に至っては、自主参加企業として 34 社が加わった。初年度の排出権は、約 900 社で合計 700 万トンの取引が行われた。

早期に排出権取引を導入した背景には、京都議定書に定められた目標値達成の有効な手段の一つとして、データの収集、市場の調査を行うことが挙げられる。また、システムの確立を図ることにより、今後、世界規模で行われることが予想される排出権取引市場の拠点として、自国を位置づける狙いがある。

表1 キャップ・アンド・トレード・モデル採用国における排出権取引プロジェクトの比較

	英国	欧州連合 (EU)	デンマーク	アメリカ
プロジェクト名	ETS (Emission Trading Scheme)	EU-ETS (EU-Emission Trading Scheme)	パイロット・プロジェクト	酸性雨プログラム
開始年月	2002年	2005年	2000年	1995年
期間	2002-2006年 2007-2012年	第一段階:2005-2007年 第二段階:2008-2012年	2000-2003年	第一段階:1995-1999年 第二段階:2000年-
京都議定書 削減目標	▲12.5%	▲8%	▲21%	▲7%(批准していない)
対象 温室効果ガス	全6種類の温室効果ガス	CO ₂	CO ₂	SO ₂
参加企業(社)	気候変動協定:6,000 自主参加:34(2002) 取引参加:約900 (2003:取引開始初年度)	12,000以上	電力会社9	第一段階:263の 石炭火力発電所 第二段階:全米の殆ど全ての石 炭火力発電所
ペナルティー (円/t)	環境税減免なし 約5790	各国毎の法律に基く	約840	約31,200
対象範囲	国全体	EU加盟国10カ国を 含むヨーロッパ28カ国	国全体	第一段階では殆ど中西部 第二段階では米国全体

(2) 欧州連合 (EU)

2003年に制定された気候変動法 (climate change legislation) に基づき、EUの排出権取引(EU-Emission Trading Scheme)は行われた。EU加盟国を含むヨーロッパ28ヶ国が対象であり、ヨーロッパ全体から排出される温室効果ガスの約半分を対象とする。対象とする企業は10,000社を超え、ヨーロッパ最大規模の市場であるとともに、EUの排出権取引市場の中心として機能する。

(3) デンマーク

デンマークは英国より以前の2000年に、排出権取引のキャップ・アンド・トレードを用いた初期モデルを実施した。デンマークの二酸化炭素排出量の約30%を占める電力会社を中心に、対象企業が設定されている。電力業界はエネルギーの効率化が必然の課題であるが、国内のエネルギー効率化対策の対象となっていないため、排出権取引での改善が期待される。しかし、デンマーク国内の取引実績は、あまり活発で無く、国外との取引を視野に入れた新たな政策が求められている。

(4) 米国

京都議定書には最終的に批准しなかったものの、米国内では20以上の州で独自の温室効果ガス削減プログラムが行われている。また、国内の大規模プロジェクトとして行われた酸性雨プログラムは、対象は二酸化炭素ではなく、酸性雨の原因として挙げられる二酸化硫黄(SO₂)であるが、排出権取引を基調に作成されたものである。米国修正大気浄化法 (US Clean Air Act Amendment, CAAA) により削減量が設定され、酸性雨プログラムと同様に窒素酸化物(NO_x)のプログラムも行われている。

2.2 国内の自主参加型排出権取引

国内初の排出権取引として、2006年4月より、環境省による自主参加型の国内排出権取引制度が実施された。この制度は自主的に参加する企業が、CO₂削減の設備投資の為に補助金を受けると同時に、排出枠が設定され削減目標を達成した企業と、達成できなかった企業が排出権を売買する仕組みになっている。また、参加主体は、補助金と排出枠を交付される目標保有参加者と、排出枠の取引のみを行う取引参加者の2主体からなっている。この排出権取引では、国内排出権制度に関する知見や経験の蓄積と、自主的、積極的に排出削減に取り組む事業者をCO₂排出抑制設備導入補助により支援し、追加的な削減努力を引き出すことを目的として行われている。

3. 産業集積都市の企業における排出権取引量の試算

首都圏の産業集積都市を対象に、製造業におけるCO₂排出量をもとにして、その取引規模を試算した。各企業の環境報告書に記載されているCO₂排出量、売上高、使用エネルギーなどの値を用いて、第一にCO₂排出権取引を行うフレームとなる各企業の排出枠の算出手順を定めた。第二に、算出手順により排出枠フレーム値を示し、産業集積都市の排出権取引規模の試算を行った。第三に、CO₂排出量と売上高を用いて単位売上額当りのCO₂排出量を算出し、各業種ごとの全国平均値と比較した。

3.1 排出権取引モデルの構築

排出枠の設定には、グランドファザリング法を使用して、1990年のCO₂排出量を基準値として、そこから日本の目標である6%削減した量を排出枠と設定した。1990年のCO₂排出量は、環境報告書に記載されている対象工場のCO₂排出量から引用した。対象工場単独のデータがない場合は、グループ全体の数値を工場数で按分した。CO₂排出量が記載されていない企業に対しては、エネルギー使用量から各種エネルギー源別のCO₂排出量原単位を乗じてCO₂排出量を算出した(表2)。

次に、2004年度のCO₂排出量を調査し、算出した排出枠の値との差分を排出権取引量とした。すなわち、排出枠より2004年のCO₂排出量が上回れば、その差分が超過分となり排出権を購入し、下回ればその差分

が余剰分となり売却できる。

情報が入手可能であった主要な 10 事業所について算定を行った結果、余剰分を排出権として売却することができる工場は 3 箇所、売却可能 CO₂ 総合計量は 0.92 万トンであった。一方、排出量が超過して排出権を購入しなければならない企業は 7 工場、超過する CO₂ 総計は 290 万トンとなり、余剰分を大幅に上回る結果となった。

排出権取引の価格を設定して、10 工場における取引規模を試算する。排出権取引が行われて

いる英国の場合、CO₂ 1 t 当たり 523～2,356 円（1 ポンド 190 円換算）で取引が行われている。また、EU では 675～4,050 円（1 ユーロ 135 円換算）、デンマークでは 600 円（1 デンマーククローネ 15 円換算）で取引が行われている。これらの価格をもとに、算定すると 15～120 億円の市場規模となる。なお、対象とした 10 事業所の生産量は産業集積都市全体の約 17% を占める。

表 2 CO₂ 排出量の算定根拠

企業番号	産業分類	1990年CO ₂ 排出量			2004年CO ₂ 排出量		
		特定工場 (t-CO ₂)	工場数 按分 (t-CO ₂)	エネルギー 換算 (t-CO ₂)	特定工場 (t-CO ₂)	工場数 按分 (t-CO ₂)	エネルギー 換算 (t-CO ₂)
1	電気機械		○			○	
2	電気機械		○			○	
3	輸送機械		○			○	
4	電気・ガス・ 熱供給・水道業	○			○		
5	化学		○			○	
6	化学		○		○		
7	化学		○		○		
8	化学		○		○		
9	化学		○			○	
10	鉄鋼		○	○			○

3.2 単位売上あたりの CO₂ 排出量の検証

対象企業の単位売上あたりの CO₂ 排出量を、2000 年における業種別の全国平均値と比較した（図 2）。その結果、電気機械、輸送機械、化学の 3 業種は全国平均を下回っていた。この原因として、対象企業の製造工程で環境に配慮した、各種の省エネ対策が行われていることがあげられる。一方、電気・ガスを含むエネルギー製造業は原子力発電所の運転停止によって、全体の単位当たりの原単位が 2000 年に比べ高い値を示していることが原因で、全国平均値を上回ったと推定される。また、鉄鋼業において、CO₂ 排出量の大幅な増加が見られている。これは鉄鋼製品が高付加価値化することに伴い、単位製造量あたりのエネルギー投入量が増加したことが原因と考えられる。

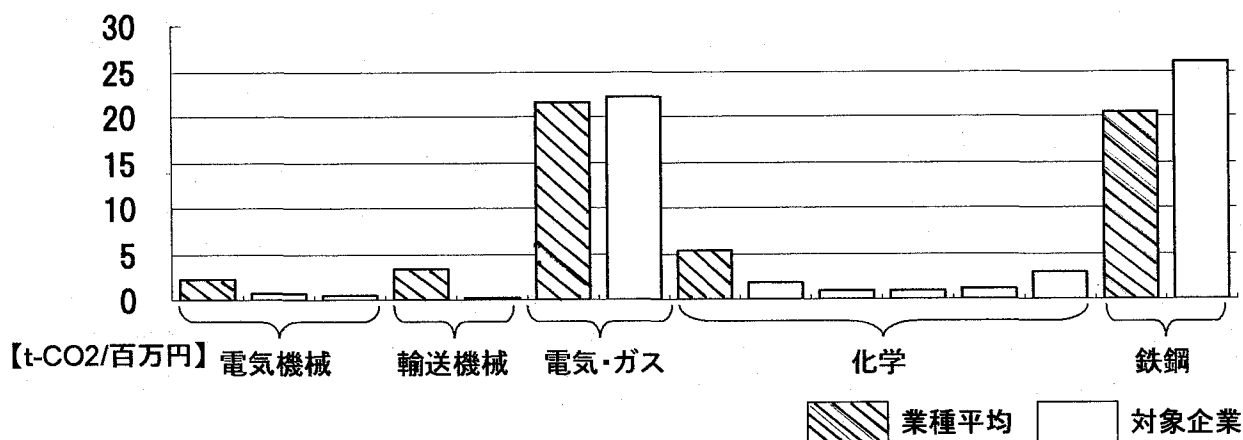


図 2 業種別単位売上あたりの CO₂ 排出量

4. 環境効率の変化要因の考察

4.1 業種別の環境効率

業種ごとの特徴の検討を進めて、企業から排出される CO₂ 排出量を、エネルギー効率と CO₂ 排出量原単位の二つの要素に分解して分析を行った。

CO₂ 排出量は式 (1) のように要素分解する。

$$\text{CO}_2\text{排出量} = \text{生産額} \times \frac{\text{エネルギー消費量}}{\text{生産額}} \times \frac{\text{CO}_2\text{排出量}}{\text{エネルギー消費量}} \quad \dots (1)$$

この式は、式 (2) のように展開することができる。

$$\frac{\text{生産額}}{\text{CO}_2\text{排出量}} = \frac{\text{生産額}}{\text{エネルギー消費量}} \times \frac{\text{エネルギー消費量}}{\text{CO}_2\text{排出量}} \quad \dots (2)$$

式 (2) の左辺は環境効率 (=X)、右辺の第一項はエネルギー効率 (=A)、第二項は CO₂ 原単位の逆数 (=B) とみなすことができる。すなわち、 $X = A \times B$ であり、両辺の差分をとって変形すると、式 (3) が得られる。

$$\frac{\Delta X}{X} = \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B} \quad \dots (3)$$

環境効率の変化率は、エネルギー効率の変化率と CO₂ 原単位の逆数の変化率の和で表される。

図 3 に環境負荷原単位データの全国平均値をもとに、横軸に業種別のエネルギー効率について、縦軸に環境効率の指標となる CO₂ 原単位の逆数について、1990 年から 2000 年への変化率を表示した。図の中で右に位置している業種はエネルギー効率とともに環境効率が上昇しており、反対に左に位置しているほどエネルギー効率とともに環境効率が悪化していることを意味している。非鉄金属や化学製品産業についてはエネルギー効率が横ばいのなかで環境効率の改善が大きいこと分かる。鉄鋼業について環境効率が上昇していないのは生産工程の複雑な製品へシフトしたことがその主要な原因と推測される。また、非鉄金属産業において、CO₂ 原単位が大きく向上したのは、エネルギー源を CO₂ 原単位の大きいコークスから、小さい重油・都市ガスへと大幅に転換したことが原因と考えられる。

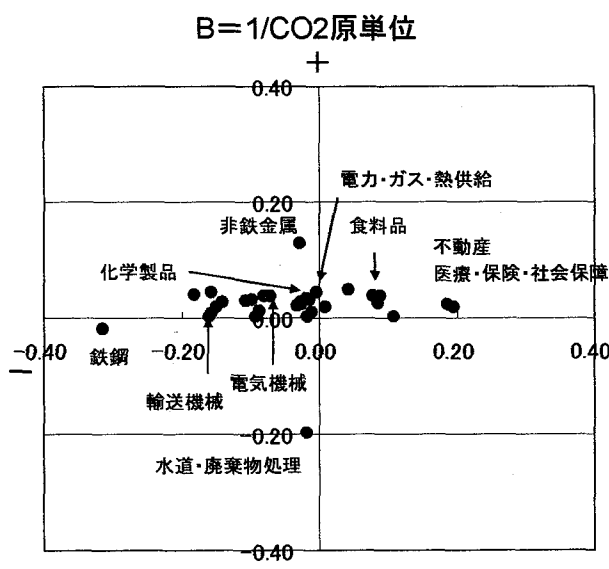


図 3 業種別の環境効率の変化要因

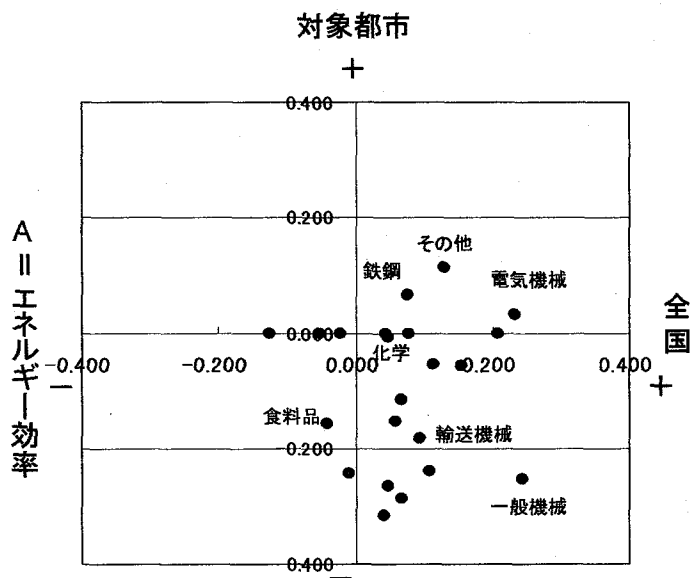


図 4 業種の別原材料投入率の変化

4.2 対象地域における業種別原材料投入率の変化

次に、3章で調査した産業集積都市を対象として、業種別の原材料使用額と製造品出荷額の割合を調査した。この割合が高いほど、原材料やエネルギーなどの原材料投入率が高い。

図4に原材料使用額と製造品出荷額の割合の1990年から2000年のデータ変化割合について、横軸に全国平均の値、縦軸に対象都市の値を業種別に表示した。全国平均では、ほとんどの業種において原材料投入率が増加しており、全体で11%増加している一方で、対象都市では、多くの業種において減少しており、全体で7%減少していることが分かった。すなわち、対象とした都市では工業のサービス化が進んでいることが明らかとなった。ただし鉄鋼業のように、大規模な製造施設を必要とする産業においては、全国平均と同様に原材料投入率が増加している。キャップの設定など、排出権取引におけるルールを策定する際には、このような業種ごとの特性を考慮することが求められる。

5. おわりに

本研究では企業が発行する環境報告書に記載されているエネルギー使用量やCO₂排出量をもとに、製造工程に着目した排出権取引について考察した。その結果、購入量が売却量を大幅に上回り、15～120億円の取引規模となることが試算できた。

さらに企業から排出されるCO₂排出量を、生産効率とCO₂排出量原単位の二つの要素に分解して分析を行った結果、水道・廃棄物処理産業ではCO₂原単位の悪化、鉄鋼産業では生産効率の大幅な悪化が、環境効率を下げる原因となっていることが分かった。

第一約束期間が始まる2008年まであと数年と迫る中、日本における排出権取引制度は、試験的な段階に留まっている。国内の排出権取引市制度を早急に整備し、世界各国の排出権取引市場との連動を視野に入れた発展を図ることが必要である。

その際には、サービス化が困難、国際競争に勝ち抜くために原材料投入率の削減が困難といった、業種の特性を考慮することが求められる。また、近年取り組みが増加しつつある企業間での廃棄物の循環利用によってCO₂排出量が削減できた場合、その削減量をどちらの企業に配分すべきかなど、明確なルール作りが求められている。

参考文献

- 1) 環境省：IPCC第三次評価報告書 統合報告書 政策決定者向け要約，2001
- 2) 気候変動ネットワーク：よくわかる地球温暖化問題 改訂版，中央法規出版，2002
- 3) 環境省：平成17年版 環境白書，ぎょうせい，2005
- 4) 中央青山サステナビリティ認証機構：排出権取引ハンドブック，中央経済社，2003
- 5) 経済産業省経済産業政策局調査統計部：工業統計表―産業編―，国立印刷局，2002
- 6) みずほ情報総研：図解よくわかる排出権取引ビジネス，日刊工業新聞社，2004
- 7) 動き始めた排出権取引 http://www.dbj.go.jp/japanese/download/br_report/ny/81.pdf
- 8) 岡野雅通：企業の環境活動に関する将来シナリオを検討する環境効率指標の要因分析と評価，環境システム研究論文集，vol33，pp329～334，2005
- 9) 市場構造研究所：エネルギー使用合理化取引市場設計関連調査 報告書，2005
- 10) 南齋規介，森口祐一，東野達：産業連関表による環境負荷原単位データブック（3EID）LCAのインベントリデータとして，（独）国立環境研究所地球環境センター，2002