

事業所間での排出量取引の可能性の検討

佐藤弘樹・山本佳世子

An Examination of the Possibility of the Emissions Trading among Enterprises

Hiroki SATOU and Kayoko YAMAMOTO

Abstract: This study aims to examine the Tokyo measures for controlling global warming plan system in the case of that CO₂ emission trade are virtually performed by the participated enterprises. In this study, the costs and benefits of the CO₂ emission trade are examined with two phases. The findings of this study are as follows; 1) The total cost is the largest at 30-45 % of reduction rate in the cases that the marginal abatement costs are fixed and constant, and the weighting are considered according to the carbon footprint of each enterprise. 2) It shows the possibility of performing CO₂ emission trade among nearest enterprises based on the GIS analysis.

Keywords: 排出量取引 (Emissions Trading), 二酸化炭素 (Carbon Dioxide), 限界削減費用 (Marginal Costs for Reducing)

1. 序論

1.1 研究の背景および目的

現在、地球温暖化が世界規模で深刻な問題となっている。このような世界的状況のなかで、日本では、鳩山イニシアチブで温室効果ガスの排出を 2020 年までに 1990 年レベルから 25%減らすことを目標とし、これを達成するために環境と経済双方の視点から戦略的に実施できる制度として、排出量取引制度が注目されるようになった。この制度は企業などが温室効果ガスの排出枠をそれぞれ定め、その排出枠を超えて排出した場合に、当該企業が排出量の少ない他企業から排出枠を購入することを可能にする制度である。そこで、本研究は温室効果ガス排出の中で唯一増加傾向にある二酸化炭素(以下 CO₂ とする)に着目し、CO₂ 排出量ならびに事業所数がわが国最多の東京都を研究対象地域として、東京都で行われている温暖化対策の東京都地球温暖化対策計画書制度に着目し、この制度の参加事業所が仮想的に排出量取引を行った場合の事業所間での取引の可能性について検討することを目的とする。

1.2 関連分野の先行研究と本研究の位置付け

図 1 に排出量取引に関する先行研究と本研究の位置付けを示した。排出量取引に関する先行研究を「概要・特性」「問題・影響」「設計」「評価・対策」の大きく 4 つのグループに分類したところ、本研究と同様な「評価・対策」に関する定量的な分析・評価を行った研究は少ないことが分かった。「評価・対策」に関する研究では、花田ら(2008)は日本における地域間排出量取引の試みとして独自のモデルを設計し、地域単位で評価を行っており、羅・時政(2007)は中国において都市単位で SO₂ 排出権取引の定量的な便益推定を行っている。これらの研究では排出量取引の評価を行っているものの、地域または都市単位で行っているだけであり、事業所単位では行ってはいない。しかし、本研究では評価単位をさらに詳細な事業所単位として、地理情報システム(以下、GIS とする)を利用して定量的な評価を行う点において、研究意義を示す。

2. 研究方法

2.1 研究の枠組みと方法

本研究では、羅・時政(2007)の排出量取引便益モデルを利用し、排出量取引制度の検討を行う。本研究では、以下で示す 2 段階に分けて、排出量取引の

費用便益等を検討する。

・第1段階

図2、3に示すように、各事業所の限界削減費用が一定の場合、変化する場合をそれぞれ想定して、図4のフローチャートに従い、事業所単位の費用便益を検討する。そして、排出量取引前後の費用等の比較をするとともに、削減目標に対する最大便益を導出し、削減目標について検討する。

・第2段階

GISを用いて、事業所間での取引の可能性について検討する。GISを利用する理由は、地図に排出量取引の状況を可視化することで、事業所間での排出量取引の可能性について、様々な視点からアプローチを行うことが可能であることである。また、本研究では、排出量取引を行う事業所間の総距離を直線距離で最短になるように、GISを利用して設定した。この理由は、最寄りの事業所間での取引を行うことにより、迅速な取引、低コスト、省エネなどが期待できることである。

2.2 第1段階の検討方法

第1段階における検討方法については、以下2.2.1~2.2.5の手順に沿ってそれぞれ行う。

2.2.1 費用便益の算出方法

排出量取引によって得られる便益についての計算を以下に示す。まず、総数Xの事業所がこの制度に参加していると仮定をする。そして、それぞれの事業所の基準となるCO₂の排出量を \bar{q}_i 、目標排出量を q_i^* 、全事業所削減費用最小化をもたらす最適排出量を q_i とする。また、排出量の価格をP、各事業所の限界削減費用を一定値 MAC_i とし(ここでは $MAC_i=1/\text{二酸化炭素排出原単位}$ とし求める)、排出量の購入事業所と売却事業所に分けてそれぞれの便益 π_i を求める。しかし、現実では限界削減費用は排出量とともに変化するものであり、排出量を削減するほど限界削減費用は徐々に大きくなる。しかし、限界削減費用を導出するためには様々なデータを必要とし困難であるため、本研究では限界削減費用を図3で示す直線で考える。図2、3は排出量取引における購入事業所と売却事業所の取引便益を図に表したものである。

購入事業所と売却事業所の便益を表すと同式となり、以下ようになる。

$$\pi_i(q_i) = (q_i^* - q_i)(P_x - MAC_i)$$

2.2.2 排出量競争均衡価格の P_x^* 導入

各事業所の限界削減費用 MAC_i の下での排出量競争均衡価格 P_x^* の推定方法を示す。まず、全事業所の限界削減費用を求め、高削減費用から低削減費用まで順序をつけて並べ、高い順から競り下げて排出量価格の候補を求める。また、この方法により、

全事業所を購入事業所と売却事業所にそれぞれ分ける。そして、下式のように、各事業所の排出量の総計 $\sum q_i$ が定められた各事業所の目標排出量の合計 $\sum q_i^*$ の差が、最も0に近くなった時の P_x^* を、排出量競争均衡価格とする。

$$Per_x = \sum_1^X q_i - \sum_1^X q_i^* \cong 0$$

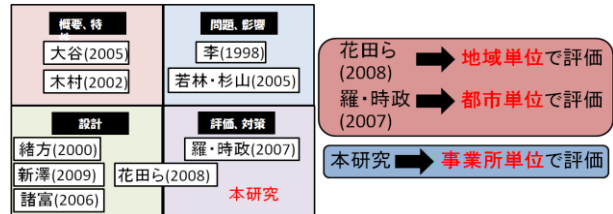


図1 本研究の位置付け

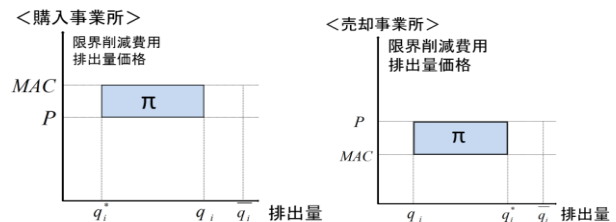


図2 排出量取引における購入事業所と売却事業所の便益(限界削減費用が一定の場合)

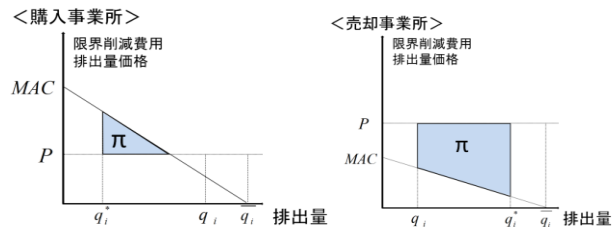


図3 排出量取引における購入事業所と売却事業所の便益(限界削減費用が変化の場合)

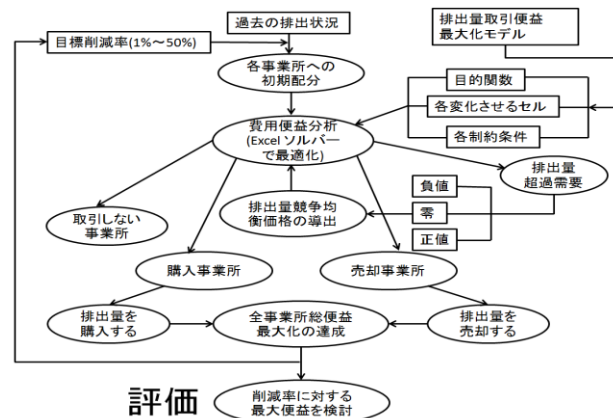


図4 費用便益の算出方法

(注) 羅(2009)を参考に作成

2.2.3 制約条件の設定

① 購入事業所

購入事業所は目標排出量以上を排出し、過剰排出部分を排出量購入で補うが、取引後の排出量を基準排出量以上にするにはできないため、以下の条件を与える。

$$\text{(条件 1)} \quad q_i \leq q_i^* \quad (i = 1, 2, 3, \dots, X)$$

$$\text{(条件 2)} \quad q_i \geq q_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, X)$$

② 売却事業所

売却事業所は目標排出量以下に排出を抑制し、余剰排出枠を生み出し、排出量として売却する。また、売却できる排出量は最大で基準排出量の半分とし、以下の条件を与える。

$$\text{(条件 1)} \quad q_i \leq q_i^* \quad (i = x+1, x+2, \dots, X)$$

$$\text{(条件 2)} \quad q_i \geq 0.5q_i^* \quad (i = x+1, x+2, \dots, X)$$

2.2.4 各事業所の費用・取引便益の計算式

① 排出量競争均衡価格 P_x^* における各事業所の費用の計算

排出量競争均衡価格 P_x^* で取引した場合の費用は、以下の式になる。

$$Cost_i = MAC_i(q_i - q_i^*) - P_x(q_i^* - q_i)$$

② 排出量競争均衡価格 P_x^* における各事業所の便益の計算

便益の計算は、直接規制で削減を行う時のコストと排出量取引を利用して削減を行う時のコストの差として、以下の式になる。

$$Cost_i = MAC_i(q_i - q_i^*) - P_x(q_i^* - q_i)$$

③ 直接規制(排出量取引しない時)の費用の計算

直接規制の費用は限界削減費用のみであるので、以下の式になる。 $Cost_i = MAC_i(q_i - q_i^*)$

2.2.5 費用便益の検討

排出量取引における便益について、4つのパターンに分けて検討を行った場合についての特徴を表1に示す。以下においては、排出減が期待でき、さらに本研究の目標としている排出量取引に参加している事業所の多くが便益を得られる④の重みづけ型を最も重視し、排出量取引の検討を行う。

2.2.6 重みづけの検討

本研究では、売却事業所において、二酸化炭素排出量が小さい事業所ほど売却できるように設定する。以下では、簡単な数値を例にあげて説明する。例：却事業所の売却できる総量を5[t]とする。

① 参加事業所をA～E事業所とする

② 基準排出量を以下の数値とする

A: 1[t], B: 2[t], C: 3[t], D: 4[t], E: 5[t]

以下の①～⑤の手順に従い売却事業所が売却できる排出量を決定する。

① 各事業所の数値に対して逆数比をとる

A: 1/1, B: 1/2, C: 1/3, D: 1/4, E: 1/5

② 通分して比を求める

60 : 30 : 20 : 15 : 12

③ 比の合計を求める

60+30+20+15+12 = 137

④ 各事業所に分配する比を求める

60/137, 30/137, 20/137, 15/137, 12/137

⑤ 比をもとに売却できる総量から各事業所が売却できる排出量を決定する

A事業所: 5[t] × 60/137, B事業所: 5[t] × 30/137

C事業所: 5[t] × 20/137, D事業所: 5[t] × 15/137

E事業所: 5[t] × 12/137

表1 排出量取引における便益の設定方法とその特徴

| 手段 | 設定方法 | メリット | デメリット |
|------------------------|--|---------------------------------|--|
| ①総便益最大型 (※限界削減費用一定) | 購入事業所において、限界削減費用が大きい事業所ほど排出量を購入し、売却事業所において限界削減費用が小さい事業所ほど排出量を売却できるように設定する | 処理費用が高い、安い事業所が購入、売却をするため、総便益が最大 | 便益を多く得ている事業所が存在する反面、便益を得られない事業所が多く存在する |
| ②総便益最大型 (※限界削減費用変化) | ①では限界削減費用が一定の場合を想定したが、本来、限界削減費用は生産と共に変化するものであるため、変化する場合を同様に検討する(計算方法は①と同様) | 処理費用が高い、安い事業所が購入、売却をするため、総便益が最大 | 便益を多く得ている事業所が存在する反面、便益を得られない事業所が多く存在する |
| ③総便益分配型 (※限界削減費用変化) | ①、②では便益を多く得ている事業所が存在する反面、便益を得ていない事業所が多く存在したため、売却事業所において売却する排出量を同等量に設定する | 売却事業所において、得られる便益が同等程度となる | 売却できる排出量を同等量と設定したため、事業所間での競争原理が働かなくなる |
| ④重みづけ型 (※限界削減費用変化) | 売却事業所において、基準排出量が小さい事業所ほど排出量を売却できるようにし、多くの事業所が便益を得られるように設定する | 個々の事業所が排出量を減らそうとするインセンティブが生まれる | 大規模事業所や、CO ₂ を多く排出する事業内容を行っている事業所ほど売却できない可能性がある |

2.3 第2段階の検討方法

第2段階では、直線距離で事業所間の総距離が最短になるように、GISを利用して設定し、事業所間の取引の可能性について検討を行う。

2.3.1 東京都事業所データの作成

本研究の基図となる東京都事業所データの作成にあたっては、図5のフローチャートに従って作成し、これをもとに研究を進める。

2.3.2 総距離最小の検討

本研究では、以下の手順に沿って、事業所間の総距離を直線距離で最短になるように求めた。

- ① 売却事業所とすべての購入事業所との総直線距離を求める
- ② 直線距離が長い事業所から順に、最寄りの購入事業所と取引を行う設定する
- ③ 購入事業所のいずれかが限界値(購入事業所においてこれ以上排出量を購入すると損失になる限界値)に達するまで②を繰り返す
- ④ いずれかの購入事業所が限界値に達したら、残っている購入事業所において、①と同様の作業を行う
- ⑤ すべての事業所の売買を成立させるまで、②～④の作業を繰り返す

3. 利用データ

本研究では、以下の3種類のデータを利用する。

- ① 東京都地球温暖化対策計画書制度で得られた事業所のCO₂に関するデータ(2005～2008年度)
- ② 産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID): 2005年度表(β版)
限界削減費用を求めるためのCO₂排出原単位[t-CO₂/百万円]のデータ
- ③ 数値地図25000(空間データ基盤)
GISの基図として用いた地図データ

4. 排出量取引制度の検討

4.1 第1段階の検討

4.1.1 第1段階における各費用の算出結果

表2は、本研究の算出方法を用いて、東京都地球温暖化対策計画書制度への参加事業所が、仮想的に排出量取引を行った場合に、各費用の算出結果を示したものである。この結果は、それぞれ総便益が最大の時の結果である。これより、限界削減費用が一定の場合、変化の場合、共に便益を得られることが明らかになった。さらに、限界削減費用が一定の場合と比べて、変化する場合は総便益が小さくなっているが、これは購入事業所において、便益がマイナスの事業所が存在し、総便益が減少したためである。

4.1.2 第1段階における検討結果

図6～9に、2008年度を例として、削減率を変化させた時の総便益を示す。総便益最大型(※限界削減費用一定)と総便益最大型(※限界削減費用変化)では総便益の最大化に着目して導出したものであり、それぞれ削減率が34%、44%の時に総便益が最も大きいことを示すことができた。しかし、総便益最大型(※限界削減費用変化)では、事業所間で便益に差が生じるなどの問題があることから、便益分配型(※限界削減費用変化では便益がマイナスとなる事業所がなく、得られる便益の差が大きく生じないように設定した。この結果として、削減率が44%の時に総便益が最も大きいことを示すことができた。さらに、重みづけ型(※限界削減費用変化)では、基準排出量に重みづけを行い、売却事業所において売却できる量を設定したところ、削減率が44%の時に最も総便益が大きいことを示すことができた。

4.2 第2段階の検討

本研究では、GISを利用して、事業所間での取引の可能性について検討を行う。図10は、直線距離で事業所間での取引が最も小さくなるように設定し、取引における売却量を矢印の太さで示したものである。なお、本来は排出量取引市場を通じて売却することになるが、本研究は事業所が直接的に取引を行うものとする。また、購入事業所において排出量を購入すると便益がマイナスとなる事業所や、自事業所の限界削減費用が排出量競争均衡価格に選ばれた事業所は取引を行わず、自社で削減することになるため、図10ではポイントデータのみを示す。これらの結果として、総距離が最小に設定したことで、最寄りの事業所を中心に取引を行うことがわかる。また、排出量の購入事業所において購入量に大きな差異が生じているため、売却量(=矢印の量)の差が顕著に表れていることがわかる。さらに具体的な数値では、購入事業所の中で、最も多くの事業所と取引した事業所は176の取引を行い、逆に最も少なかった事業所は、2つの事業所と取引を行うことを示すことができた。

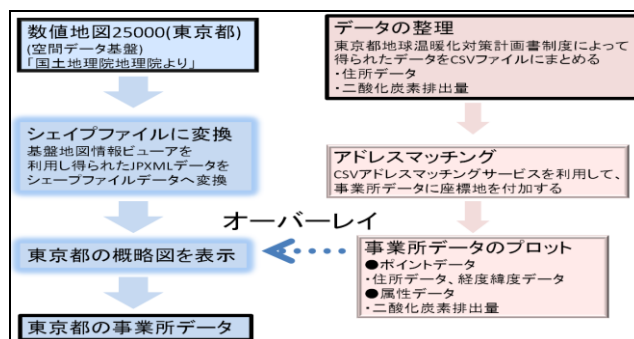


図5 東京都事業所データ算出フローチャート

表2 取引しない時の総費用と取引する時の総費用および総便益

| | 2005年度 | 2006年度 | 2007年度 | 2008年度 |
|------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 参加事業所数 | 264 | 292 | 309 | 320 |
| 直接規制の総費用 | 394,299.87(32%) | 40,892.11(33%) | 415,537.38(33%) | 421,571.218(34%) |
| | 113,915.70(43%) | 114,566.00(43%) | 116,413.43(43%) | 120,023.81(44%) |
| | 114,691.69(44%) | 120,736.00(45%) | 117,406.10(44%) | 115,652.23(44%) |
| | 114,697.13(44%) | 120,779.00(45%) | 117,431.20(44%) | 115,683.48(44%) |
| 取引後の総費用 | 166,901.41(32%) | 168,877.59(33%) | 245,309.03(33%) | 253,909.15(34%) |
| | 97,774.88(43%) | 98,408.00(43%) | 101,570.90(43%) | 105,732.16(44%) |
| | 119,275.71(44%) | 125,471.00(45%) | 121,890.97(44%) | 120,023.81(44%) |
| | 119,275.71(44%) | 125,471.00(45%) | 121,890.97(44%) | 120,023.81(44%) |
| 取引で得られた総便益 | 227,389.46(32%) | 240,064.51(33%) | 170,228.35(33%) | 167,662.10(34%) |
| | 16,140.81(43%) | 16,158.00(43%) | 14,842.51(43%) | 14,291.65(44%) |
| | 4,584.02(44%) | 4,734.00(45%) | 4,484.82(44%) | 4,371.57(44%) |
| | 4,578.58(44%) | 4,692.00(45%) | 4,459.76(44%) | 4,340.33(44%) |

注1) 総費用、総便益では、1段目は総便益最大型(※限界削減費用が一定)、2段目は総便益最大型(※限界削減費用変化)、3段目は総便益分配型(※限界削減費用が変化)、4段目は重みづけ型(※限界削減費用変化)をそれぞれ示す
 注2) 費用の単位は[百万円/年] 注3) ()の数値は削減率を示す

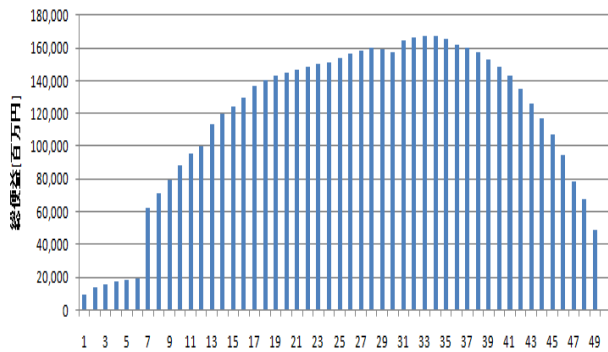


図6 総便益最大型(※限界削減費用一定)(2008年度)

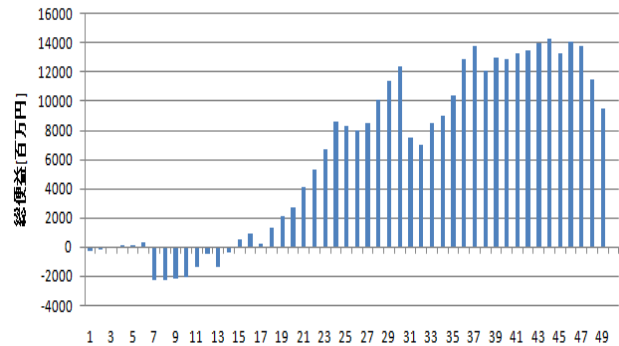


図7 総便益分配型(※限界削減費用変化)(2008年度)

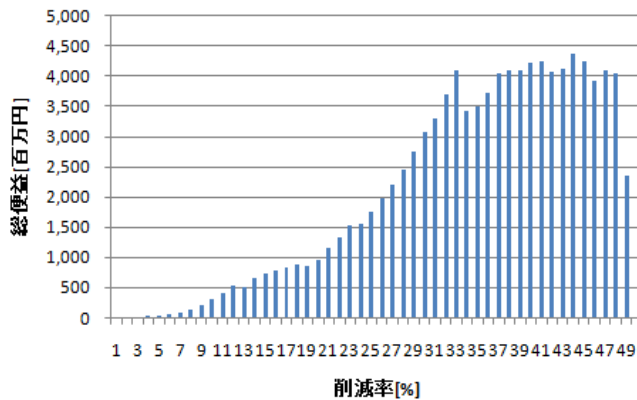


図8 総便益分配型(※限界削減費用変化)(2008年度)

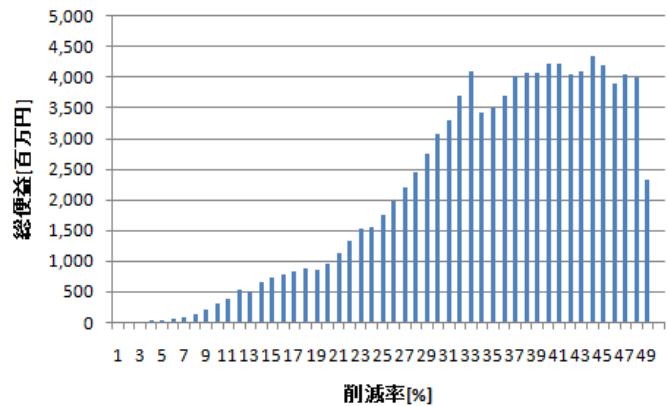


図9 重みづけ型(※限界削減費用変化)(2008年度)

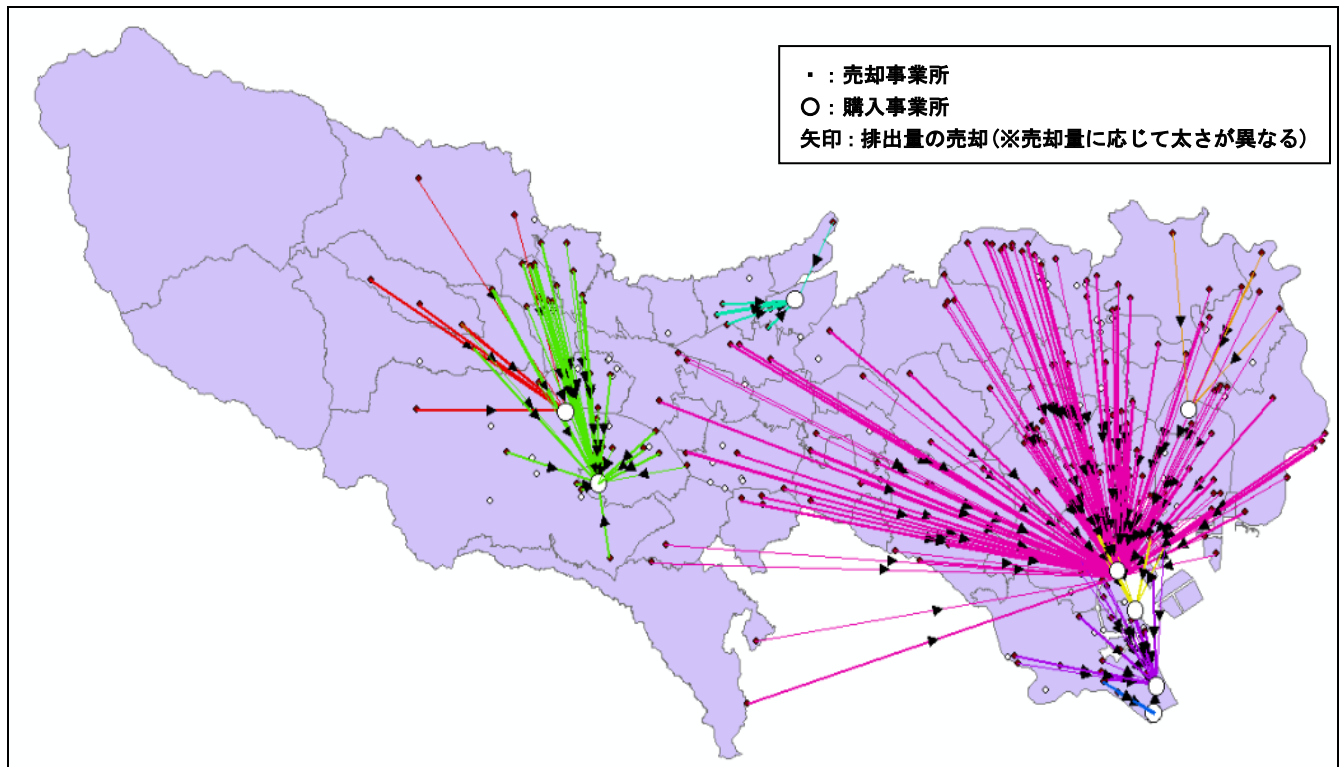


図 10 事業所間での取引図

5. 結論と今後の研究課題

本研究の結論は、以下のように要約することができる。

・第1段階

- 1) 限界削減費用が一定の場合、変化する場合共に削減率が30～45%の時に総便益が最も大きく、現在、東京都が6%または8%を削減目標としているが、さらに高い削減率を設定することにより、排出抑制とともに総便益を高めることを示すことができた。
- 2) 重みづけ型で示したように、個々の購入事業所において便益がマイナスとなる事業所がなく、売却事業所において基準排出量に重みづけを行うことにより、便益分配型と同程度の便益を得られることを示すことができた。

・第2段階

- 1) GISを利用し、直線距離で事業所間での取引が最小に設定した結果、最寄りの事業所を中心に取引を行っていることを示すことができた。
- 2) 購入事業所ごとに、購入量に大きく差異が生じていた。購入事業所の中で、最も多くの事業所と取引した事業所は176の取引を行い、逆に最も少なかった事業所は2つの事業所と取引を行っていることを示すことができた。

排出量の購入、売却は、本来は、排出量取引市場を通じて行うことになるが、本研究ではこれを考慮せずに結果を示した。そのため、今後の研究課題は、

排出量取引市場を考慮した取引の可能性について、様々なアプローチにより検討し、最終的に評価を行うことである。

<引用文献・参考文献>

- 1) 諸富徹(2006)「日本における排出量取引制度の制度設計」, 京都大学経済審査, 第75巻, 第2号, pp.129-149.
- 2) 東京都環境局「東京都地球温暖化対策計画書制度」(2005年3月掲載)
<http://www6.kankyo.metro.tokyo.jp/tochou_2/Wroot/asp/W201.asp> 2009年10月27日参照.
- 3) 南齊規介, 森口祐一(2009)「産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID):2005年表(β版)」, 独立行政法人国立環境研究所地球環境研究センター,
<http://www-cger.nies.go.jp/publication/D031/index-j.html> 2009年11月15日参照.
- 4) 独立行政法人経済産業研究所「京都議定書の第2約束期間を考える～制度(設計)工学の地球温暖化対策への適用～」(2002年12月掲載)
<<http://www.rieti.go.jp/jp/events/bb1/bb1021225.pdf#search=限界削減費用曲線>> 2010年4月9日参照.
- 5) 羅朝暉(2009)「中国におけるSO2排出権取引政策の研究—中国の環境制度と中国、日本、韓国間越境汚染・排出権取引モデルでの分析—」, ブイツーソリューション, pp.135-205.
- 6) 羅朝暉・時政島(2007)「中国におけるSO2排出権取引の便益推定」, 広島修道大学経済科学会, 第1巻, pp.59-84.
- 7) 花田邦明・福井英昭・福居万里子・森咲子・山口朋子(2008)「日本における地域間排出権取引の試み」, 日本政策学生会議, 39pp.
- 8) 佐藤弘樹・山本佳世子(2010a)「京都都排出量取引制度の事業所単位の評価」, 日本計画行政学会関東支部第4回若手研究交流会予稿集, pp.170-173.
- 9) 佐藤弘樹・山本佳世子(2010b)「事業所単位での排出量取引制度の便益評価に関する研究」, 日本計画行政学会第33回全国大会報告要旨集(印刷中).