

エネルギー産業の新しい展開と 価値創造型市場ネットワーク

高森 寛

エネルギーにかかわる産業取引の市場化・自由化に関連して、いくつかの問題や課題を概観する。エネルギー・セキュリティについて、各種エネルギー源の間の代替性、相互補完性を確保するように、柔軟性のある産業・経済の構造に転換していくために、インフラの整備、特に、制度などを含むソフトなインフラの整備が重要である。省エネへの課題については、市場の原理と価格メカニズムをテコにしての産業取引の舵取りをする方策が価値創造的な道である。エネルギー問題は、環境問題と切り離せない時代になってきた。しかし、市場と競争の原理の枠組みから、環境は外部経済の問題であり、これらを調和させるためのソフトインフラのデザインが望まれる。市場ネットワークのモデルと、市場-環境の調和のモデルを示す。

キーワード：エネルギー・セキュリティ、市場の原理、省エネ、産業と環境の舵取り、ソフトインフラ・デザイン

1. はじめに

エネルギーにかかわる産業取引の市場化・自由化に関連して、まず、いくつかの問題や課題を概観したい。

わが国のエネルギー・セキュリティの問題が重要になっている。ひとつには、わが国の経済・産業が、今後、各種エネルギー源をどのようにミックスしていくかの問題がある。天然ガス、石油、石炭などの化石エネルギー源や、風力、太陽光、水素燃料、原子力などの各種エネルギー源をどのように使い分けていくかの問題は、特に、化石エネルギー源については、それらの供給と需要のバランスが、全地球的な規模で、どのように逼迫していくかにかかっており、また、今後、それらが、一体、どのような価格で利用できるのかという不透明な事態に大きく依存する問題になる。

各種エネルギー源は、電気エネルギーに、あるいは、それを介して、相互に、転換と補完および代替が可能であるから、産業経済の構造を、そのような転換・補完性に関して柔軟にしておくことが、重要と思われる。そのような柔軟性の確保には、そのためのハードなインフラストラクチャと制度などソフトなインフラストラクチャの確立と創出が重要課題となる。不透明な将来に備えて、各種エネルギー源に関して、転換・補完

の柔軟性の確保には、それなりの社会インフラへの投資が必要であり、その柔軟性を確立することの価値づけができないと、投資計画ができない。そのような柔軟性創出の価値評価と政策策定には、リアルオプションのアプローチが有効であろうと思われる。

石油価格の急騰が予想される今日、わが国の経済を、いますぐ、天然ガスに依存する構造にしようとしても、わが国は、先進国の中でも、唯一、ガスパイプライン網というインフラが無いに等しいほど貧弱であるという現実がある。とりあえず、海外から液化天然ガスの形で購入してきて、電気エネルギーに変換して、国内の諸地域のエネルギー需要に応えるという仕組みを充実させなければならない。ここでも、電気エネルギーを運ぶ送電網というハードなインフラストラクチャの整備・拡充と、それを効率的に運用し、活用する企業間の連携の仕組みづくりなどのソフトなインフラストラクチャの創出が重要になる。

もうひとつは、これまでのように、ふんだんにエネルギーを消費して、成長し、拡大してきた産業・経済が、これからは、極力、エネルギーを使わない省エネ構造に転換していかなければならないという課題がある。しかし、中央集権的な計画経済ではない産業経済を、省エネという新しい課題に、どのように対応させていけるのであろうか。

たかもり ひろし
千葉商科大学 政策研究科
〒272-8512 市川市国府台1-3-1

2. 市場の原理をベースにした需要と供給と環境の調和へむけて

産業・経済の各所・各局面において、エネルギーが、効率的に、転換・補完され、さまざまな形態で、価値創造的に消費されるには、それぞれの局面でのエネルギー取引が、「市場」という場で行われ、それぞれの市場でのエネルギー消費と供給が価格弾力的になる仕組みづくりが、最も重要な課題である。無駄なエネルギーは使わないという経済行為も、代替エネルギーへの転換・補完の活力ある経済行動も、市場メカニズムを介して、有効に誘導し、価値創造的に、実現することが可能である。

この小論では、エネルギーにかかわる需要や供給の取引が市場で行われるということを前提にして、特に、電力産業が市場をベースにして機能するという前提に立って、まず、上に述べた省エネ、エネルギー転換・補完性の柔軟なシステムづくり、ハードおよびソフトのインフラとしての地域市場間のネットワークを分析し、デザインするモデルを記述したい。

さらには、エネルギー問題は、環境問題と切り離せないというのが、今日の社会的な認識である。しかし、市場ベースの経済における産業の活動は、本来、市場での需要に応じて、供給企業が競合して利益を追求する場である。その際に、生産活動は、副次的に、CO₂を排出するなどの形で、環境に負荷をかけ、社会への価値毀損をもたらす。このように、環境問題は、産業の供給者と需要者の経済行動の目的や制約のパラメータには入っていないという意味で、外部経済の問題、すなわち、「市場の失敗」として認識されるべきである。

市場という自由競争の場には、中央集権的に直接に介入できないし、個々の生産者の生産量、市場供給量や、消費者の需要量、価格などをコントロールすることはできないし、するべきではない。できるのは、市場取引のルール、自由な競争の土俵づくり、すなわち、よりよい制度をデザインしての効率的な舵取りである。

本稿の後半では、企業家精神を发扬し、価値創造の活力の源泉たるべき市場の原理と環境・外部経済の調和管理のための舵取り、競争のルールづくり、すなわち、制度のデザインを論じたい。

上にのべたような各種のソフトなインフラストラクチャのデザインや創出は、昨今、叫ばれているサービス・サイエンスが、研究の対象とし、取り組んでいく

べき重要なテーマであると、筆者は思っている。

3. 市場のネットワークとそのデザイン

3.1 地域市場間を結ぶインフラストラクチャの価値評価とデザイン

地域的に分断されている市場が融合・統合されるには、地域間を結ぶインフラストラクチャが重要である。そのインフラがもたらす価値創出の仕組みと、インフラの効率的な運用と管理の仕方を分析評価するためのモデルを示したい。具体的な素材として、図1に示すような三つの地域にわたって、電力というエネルギー財を取引する市場で、三つの企業が競合して経済活動をしているものとして示す。

各地域市場*i*の特性は、財、すなわち、商品の価格*p_i*に対応しての需要量*d_i*を表す需要関数で記述される。その関係は、次の逆需要関数と呼ばれる関係で表現できる。

$$p_i(d_i) = c_i^0 - c_i d_i, \quad i=1, 2, 3 \quad (1)$$

複数の生産者、すなわち、供給者が、いくつかの生産拠点で生産した財を、他地域にも移送し、販売することで、利益を追求する。インフラ・ネットワークをプラットフォームとして、生産者は、互いに、利益追求の価格競争を展開し、市場価格が均衡する。

この例では、それぞれの地域には、いま、ひとつの企業が電気エネルギーという財を生産しているが、各企業は、その地域だけでなく、他の地域の市場へも供給できるものとする。ただし、他地域の市場に供給するには、地域間を連絡するインフラ、いまの例では、送電線を利用しなければならない。

地域1を生産拠点として、各地域の市場で事業展開をする企業Aの利益追求の目的は

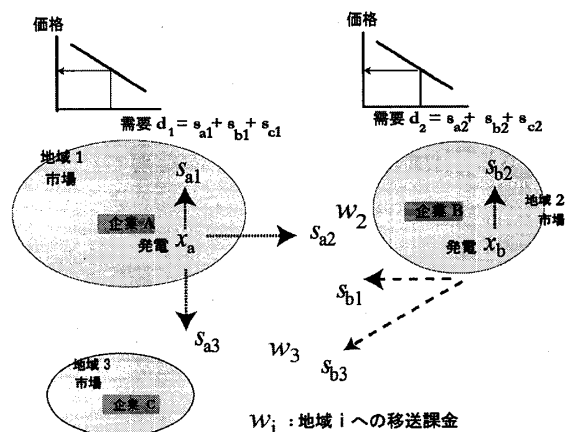


図1 地域市場のネットワーク

$$\max_{S_{Ai}, x_A} \sum_{i=1}^3 p_i(d_i) \cdot S_{Ai} - C_A(x_A) - w_2 S_{A2} - w_3 S_{A3} \quad (2)$$

と記述できる。ここで各変数は、次のように定義される：

x_A : 企業 A の生産水準 (MW/h 単位時間あたり
メガワット)

S_{Ai} : 企業 A が、地域 i の市場で、販売する量
(MW/h)

w_i : 地域 i に他の地域から移送してくるにあつ
ての課金額 (10³ 円/MWh)

$C_A(x_A)$: 企業 A が、生産水準 x_A のときの生産費
用 (10³ 円/MWh)

企業 A の利益目的(2)式の第 1 項は、三つの地域での
売上げ総収益で、 $C_A(x_A)$ は、生産費用である。生
産拠点ではない他の地域で、販売する S_{Ai} については、
地域間移送のインフラを利用するので、地域 i に持ち
込む際に、単位あたり w_i の課金がなされるものとする。

この移送課金 w_i は、個々の企業にとっては、外生
的な所与のパラメータで、この移送費用も含めて、利
益最大化のために、各市場への供給量を定める。しか
し、市場ネットワークのデザインという枠組みからは、
 w_i は、モデルから内生的に割り出される潜在価格、
すなわち、シャドウプライスとして知られる概念に相
当し、この価値概念の活用を示すのが、本稿のひとつ
の趣旨である。

企業 A が(2)の利益を最大化するにあたり、次のよ
うな制約で解くことになる。まず、各地域での販売量
 S_{Ai} は、トータルで、自らの生産量に等しいので、制
約

$\lambda_A : S_{A1} + S_{A2} + S_{A3} - x_A = 0, x_A, S_{A1}, S_{A2}, S_{A3} \geq 0, (3)$
のもとでの最大化問題となる。 λ_A は、この制約の潜
在価格である。

地域 2, 3 で生産している企業 B, C についても、(2)、
(3)式と、同様の利益追求の目的で行動している。

3.2 クールノーゲームの市場モデル

企業 A は、最大化問題(2)、(3)を、企業 B, C の意
思決定とは、独立に、単独に解決することができない。
それは、企業 A の決定変数 $x_A, S_{A1}, S_{A2}, S_{A3}$ だけを
決めても、(2)式の市場価格 $p_i(d_i)$ は、定まってこ
ないからである。すなわち、B の決定 $x_B, S_{B1}, S_{B2}, S_{B3}$ と C
の決定 $x_C, S_{C1}, S_{C2}, S_{C3}$ が定まって、はじめて、市場 i
における総供給量 $S_{Ai} + S_{Bi} + S_{Ci}$ が決まり、それと、需
要 d_i と等しい、すなわち

$$d_i = S_{Ai} + S_{Bi} + S_{Ci} \quad (4)$$

という市場清算条件が成り立つところに、価格 $p_i(d_i)$
が落ち着くという市場のメカニズム働いているからで
ある。いいかえれば、企業 A, B, C が、三つの市場
でゲームをプレーしている状況である。この三者間の
ゲームで、プレーヤー A, B, C の戦略を

$$S_f = (x_f, S_{f1}, S_{f2}, S_{f3}), f = A, B, C \quad (5)$$

と記そう。

図 1 の市場の例では、各プレーヤー企業の戦略の組
(S_A, S_B, S_C) が決まると、市場清算条件(4)式で、各市
場価格 p_1, p_2, p_3 が決まる。

そこで、クールノーゲームと呼ばれる市場モデルで
は、次のような想定のもとで、均衡価格 $p_i(d_i), i=1, 2, 3$
および各プレーヤーの均衡戦略の組 (S_A^*, S_B^*, S_C^*)
を見出す。ただし、 $S_f^* = (x_f^*, S_{f1}^*, S_{f2}^*, S_{f3}^*), f = A, B, C$
である。

「企業 f は、他企業の戦略 $S_k = (x_k, s_{k1}, s_{k2}, s_{k3}), k$
 $\neq f$, については、ある未知の値に、固定して動かな
いものと仮定して、自らの利益(2)を最大化する行動を
する」

この仮定のもとで、企業 A は $x_A, S_{A1}, S_{A2}, S_{A3} (\geq 0)$
のみを意思決定変数として、最大化問題(2)、(3)のラグ
ランジェ関数は、

$$L(S_{A1}, S_{A2}, S_{A3}, \lambda_A) = \sum_{i=1}^3 p_i S_{Ai} - C(x_A) - w_2 S_{A2} - w_3 S_{A3} - \lambda_A (S_{A1} + S_{A2} + S_{A3} - x_A)$$

となり、最適相補性条件は、次のようになる。

$$\frac{\partial L}{\partial x_A} : x_A \cdot (-k_A x_A + \lambda_A) = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial S_{A1}} : S_{A1} \cdot (p_1 - c_1 S_{A1} - \lambda_A) = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial S_{Ai}} : S_{Ai} \cdot (p_i - c_i S_{Ai} - w_i - \lambda_A) = 0, i = 2, 3$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_A} : S_{A1} + S_{A2} + S_{A3} - x_A = 0 \quad (6)$$

企業 B, C についても、同様の相補性条件が成り立
つ。これらの方程式の解として得られるのが、この市
場のクールノー均衡解と呼ばれるものである。

以上の企業行動のモデルでは、未知数は $x_f, S_{f1}, S_{f2}, S_{f3}, \lambda_f, f = A, B, C$ および $p_i, i = 1, 2, 3$ の 18 個である。
ただし、市場清算条件(4)を逆需要関数(1)に使うので、
変数 d_i は、未知数として扱っていない。一方、相補
性方程式(6)は、各企業について 5 つあるので、トータ
ルで、15 本の方程式になる。加えて、逆需要関数(1)
式が 3 本であるので、均衡解が定まる。

このようにして決まるクールノー解は、いわゆるナ

ッシュ均衡と呼ばれるプレイヤー間での安定的な戦略の組を構成している。ナッシュ均衡とは、例えば、上の手続きで得られた解として、企業 A, B, C の戦略の組

$$(S_A^*, S_B^*, S_C^*),$$

$$\text{ただし, } S_f^* = (x_f^*, s_{f1}^*, s_{f2}^*, s_{f3}^*), f = A, B, C \quad (7)$$

が得られたとしよう。このとき、企業 A の競合相手 B, C が戦略行動 S_B^*, S_C^* から乖離しないことを所与とするなら、企業 A にも、戦略 S_A^* から離れるインセンティブが働かない。すなわち、互いに、他の競合プレイヤーの行動がその (S_A^*, S_B^*, S_C^*) から動かないことを所与として、それぞれのプレイヤーとも、その行動戦略 $S_f^*, f = A, B, C$, の生産・供給から戦略変更しないのが最適である。

以上を整理するなら、まず、財が地域間に移送される際の課金額 $W = (w_1, w_2, w_3)$ が与えられると、それに反応する関数として、各市場の需要特性(1)および企業行動から、各種の供給量 $S(W) \equiv (S_A^*, S_B^*, S_C^*)$ と価格 $P(W) \equiv (p_1, p_2, p_3)$ が決まる。言い換えるなら、3次元の実数の点 W から 21次元 R^{21} の均衡解 $S(W) \in R^{18}$, $P(W) \in R^3$ への写像が定義されることになる：

$$F(W) \equiv (S(W), P(W)): R^3 \rightarrow R^{21} \quad (8)$$

3.3 階層型のゲーム構造

前節で記述した地域間市場モデルは、地域間移送価格 $W = (w_1, w_2, w_3)$ が与えられたとき、市場への三つの供給企業が、市場で利益を競うゲームを展開して各市場での各企業の供給と市場価格がどのように落ち着くかのクールノー均衡を求めるモデルであった。しか

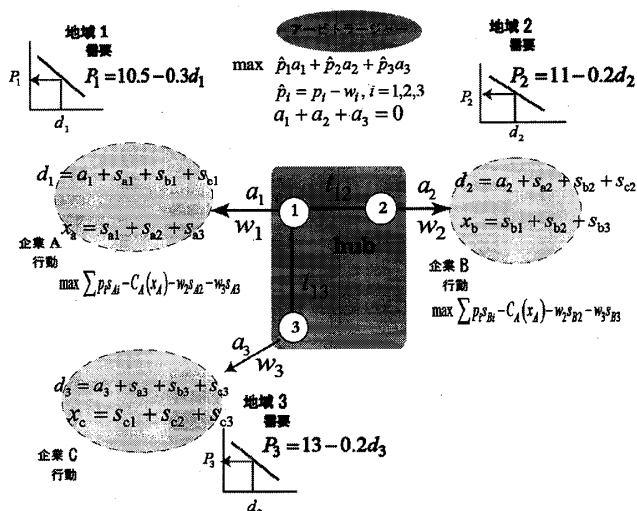


図2 地域間を連結するインフラストラクチャ

し、このモデルでは、どんな市場にも、必ず存在するアービトラジャー (arbitrager) なるプレイヤーが欠けている不完全な市場モデルである。

アービトラジャーとは、図2に示すように、地域市場 i における供給販売量を $a_i, i = 1, 2, 3$ として、利益

$$\max_{a_i} A = \hat{p}_1 a_1 + \hat{p}_2 a_2 + \hat{p}_3 a_3$$

$$\text{制約: } a_1 + a_2 + a_3 = 0 \quad (9)$$

を追求するプレイヤーである。ただし、 $\hat{p}_i = p_i - w_i, i = 1, 2, 3$ である。このプレイヤーは、自分では生産をしないで、市場 i で a_i の量を価格 p_i で販売するにあたり、他地域で購入してこの市場に持ち込むので、単位量あたり w_i が課金されて、ネットでは、 $\hat{p}_i = p_i - w_i$ の利益を得る。販売量 a_i が負の値のときは、市場価格 p_i で購入するアクションを意味し、その場合は、それを他地域へ持ち出すので、 w_i の払い戻し金を受ける。

アービトラジャーが問題(9)のアクションで正の利益 A を得られる場合、それは、いわゆる「タグもうけ」であり、裁定利益と呼ばれる。市場の価格は、裁定利益を得る機会が存在しない値に、均衡しなければならない。そのような市場では、次が成立することを示すことができる：

$$p_i - w_i = \pi, i = 1, 2, 3 \quad (10)$$

を満たす正の実数 π が存在する。

さらに、図2に示すように、連結ハブを介して、地域1, 2の連結インフラと地域1, 3の連結インフラを設置すると想定する場合、1から2へ向けて、移送される量 t_{12} , および1から3に移送される量 t_{13} は、それぞれ

$$t_{12} = S_{A2} + S_{C2} - S_{B1} - S_{B3}$$

$$t_{13} = S_{A3} + S_{B3} - S_{C1} - S_{C2}$$

となる。ここで、地域間を移動する財が、電気エネルギーの場合は、逆方向の移送は、互いに相殺される。これらの連結インフラの移送容量を、それぞれ、 L_{12}, L_{13} とするなら、各市場での価格や需要量は、制約 $-L_{12} \leq t_{12} \leq L_{12}, -L_{13} \leq t_{13} \leq L_{13}$ のもとで求めなければならないし、また、それら制約の潜在価格が、これら連結インフラの価値づけを与える。

4. 産業インフラと環境インフラの調和のためのソフトインフラのデザイン

この節でも、ひとつの具体的な例として、電力産業を想定し、電力というエネルギー財について、その需要に対して、複数の生産企業が市場で供給取引するシ

システムを想定し、その複数生産者のCO₂排出が管理されるプログラムのデザインを紹介する。

ここでは、この産業ガバナンスの問題を、トータルの削減目標を追求しようとする主体、すなわち、削減プログラムの管理主体をプレイヤーAとし、また、一群の生産者・供給者グループをプレイヤーBとして、これらプレイヤーA、Bの間でのゲームの状況としてモデル化する。そして、さらに、企業群Bの内部においても、個々の企業間がクールノーゲームを展開するという階層構造をなしているかたちで、これは、産業インフラと環境の相互干渉モデルである。このモデルは、ソフトインフラストラクチャーとしての制度のデザインの問題を扱っており、それは、市場の原理を活かしながら、利益が競合する複数のプレイヤーの間で、環境保全という外部経済を管理するソフトシステムづくりへむけての試論である。

4.1 産業インフラの費用特性とCO₂排出特性

いま、 n 個の生産企業が、ひとつの市場に、競合して同一の財あるいはサービスを供給しているものとする。その市場の特性として、ある時点 t での需要量 d (GW/h)と、そのときの価格 $p(d)$ (円/kWh)の関係は、逆需要関数

$$p(d) = \alpha_0 - \alpha d \quad (11)$$

で、記述されるとしよう。また、企業 i の単位時間あたりの変動生産費は、そのときの生産水準 x_i (GW/h)の関数として、典型的には、 $C_i(x_i) = \frac{1}{2} k_i x_i^2$ (百万円/h)のように、生産 x_i の増加とともに、加速的に、増大する。また、生産活動に伴うCO₂排出量も、生産 x_i (GW/h)の増加とともに、加速的に、例えば、 $E_i(x_i) = \frac{1}{2} e_i x_i^2$ (千トン/h)のように増大するのが、一般的である。

4.2 生産者間のCO₂排出取引の市場モデル

いま、図3に示すように、 n 個の生産企業が、(11)式の需要関数で表されるひとつの市場で、その供給量 $x_i, i=1, 2, \dots, n$ を巡って競合しているものとしよう。各企業 i は、自らの生産・供給量 x_i (GW/h)を決めるが、他企業の生産・供給量 $x_k, k \neq i$ や、市場価格 p (円/kWh)およびCO₂排出の取引価格 π (千円/トン)を決めることはできない。そこで、それら $p, x_{k \neq i}, \pi$ を所与とするならば、企業 i が、その利益最大化の市場供給量 x_i を決める問題 $S_i[x_i; p, x_{k \neq i}, \pi]$ は、

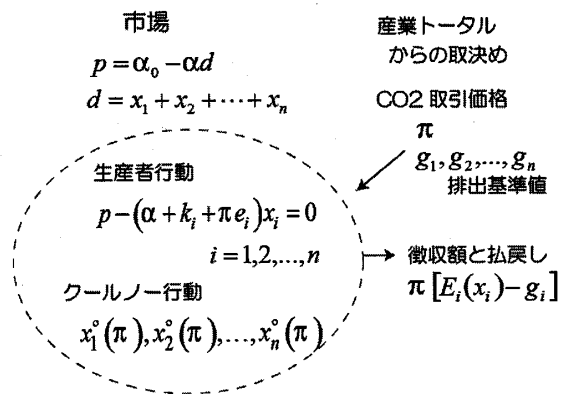


図3 CO₂排出取引の枠組

$$\max_{x_i} z_i = px_i - C_i(x_i) - \pi[E_i(x_i) - g_i] \quad (12)$$

と記述できる。ただし、各企業からの総供給量 $x_1 + x_2 + \dots + x_n$ と、市場の需要 d とが等しい条件に、市場価格 p は、逆需要関数(11)によって決まる。ここで、 g_i は、企業 i に与えられた基準となるCO₂排出水準であり、 $E_i(x_i) - g_i$ は、企業 i の排出CO₂が基準値を超える分である。その超過分に対して、単位あたり π (千円/トン)の課金なされるルールを考えよう。このルールでは、CO₂排出量が基準 g_i を下回る場合は、企業 i にとって収入となる。

他企業の生産量およびCO₂排出課金 π が与えられたとき、企業 i の利益最大化問題 $S_i[x_i; p, x_{k \neq i}, \pi]$ について、最適化条件は、

$$\frac{\partial z_i}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} (px_i) - C'(x_i) - \pi E'_i(x_i) = 0 \quad (13)$$

と書ける。 $C_i(x_i) = k_i x_i^2 / 2$, $E_i(x_i) = e_i x_i^2 / 2$ の場合は、

$$p - \alpha x_i - k_i x_i - \pi e_i x_i = 0, \quad i=1, 2, \dots, n \quad (13')$$

である。このように、行動方程式(13), $i=1, 2, \dots, n$, 需要構造(11)および需給の市場清算式 $x_1 + x_2 + \dots + x_n = d$ は、変数 x_1, x_2, \dots, x_n, p について $n+1$ 個の方程式系を与えるので、ゲームの解として、

クールノー解：

$$X(\pi) \equiv (x_1^o(\pi), x_2^o(\pi), \dots, x_n^o(\pi), p^o(\pi)) \quad (14)$$

を与える。また、この産業活動がもたらすCO₂総排出量は

$$E_T(\pi) = \sum E_i[x_i^o(\pi)] \quad (15)$$

となる。以上を整理して、関数(14), (15)は、取引価格 π を定義域として、写像 $[X(\pi), E_T(\pi)] : \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}^{n+2}$ を定義することになる。特に、 $\pi=0$ のときの解 $X(0)$ は、CO₂排出管理がない場合の通常の産業活動であり、BAU (business as usual) の産業活動と呼ばれている。このBAU活動は、 $E^o = \sum E[x_i^o(0)]$ のCO₂排出

をもたらしている。いま、この産業において、CO₂排出を γE° ($\gamma < 1$) のレベルにまで下げようという合意がなされたとしよう。このとき、各企業の単位CO₂排出に課金される取引価格 π は、写像(14), (15)において、 $E_T(\pi) = \gamma E^\circ$ を満たす π を求める問題に帰着する。

5. おわりに

わが国のエネルギー問題、特に、エネルギー・セキュリティ、各種エネルギー源の代替性、補完性活用のためには、ハードなインフラと、また、競争のルールなど、制度的なソフトなインフラの整備、創出が重要であることを論じた。そのような柔軟性が、市場メカニズムを介して実現されるためのインフラ創出に関わる基本モデルを示した。しかし、市場をベースにしたエネルギー経済は、必然的に、環境という外部経済の問題にぶつかる。本稿では、市場ベースの産業活動と環境問題を調和的に解決する制度的インフラづくりの試論的モデルを示した。

参考文献

- [1] 高森寛, 長坂研, 吳瑛祿, 地域間市場の分断と統合に係る基礎的研究, 日本OR学会研究部会「未来のインフラストラクチャ」2006年度研究報告書, 日本OR学会, 2007年, 4月.
- [2] 高森寛, 生産インフラストラクチャーと環境問題の調和へむけて—産業活動がもたらす外部経済性を市場メカニズムで管理するプログラムへの提案—, 日本OR学会研究部会「未来のインフラストラクチャ」2007年度研究報告書, 日本OR学会, 2008年, 4月.
- [3] D. W. Bunn, ed., *Modelling Prices in Competitive Electricity Market*, John Wiley & Sons, Ltd., 2004.
- [4] B. Hobbs and U. Helman, 2004. Complementarity-Based Equilibrium modeling for Electric Power Markets, in Bunn, D. W. (eds), *Modeling Prices in Competitive Electricity Markets*, John & Sons, Ltd., pp. 69-97.
- [5] D. S. Kirschen and G. Strbac, *Power System Economics*, John Wiley & Sons, Ltd., 2004.
- [6] G. Klepper and S. Peterson, Marginal Abatement Cost Curves in General Equilibrium: The Influence of World Energy Prices, Social Science Research Network Electronic Paper Collection: <http://ssrn.com/abstract=615665>, Nov., 2004.
- [7] R. Smale, M. Hartley, C. Hepburn, J. Ward and M. Grubb, "The impact of CO₂ emissions trading on firm profits and market prices," *Climate Policy* 6, 2006, pp. 29-46.
- [8] H. Takamori, K. Nagasaka and E. Go, "Toward Designing Value Supportive Infrastructure for Electricity Trading," *IEEE/CEC/EEE 2007: IEEE Joint Conference on E-Commerce Technology and Enterprise Computing, E-Commerce and E-Services*, Tokyo, July 28, 2007.