

特集

地球温暖化問題と京都メカニズム

京都議定書上の排出量取引等に対するEUの数量制約提案の経済的帰結

Economic Consequences of EU's Proposal of Quantity Restraints on the Kyoto Mechanism

戒能一成*・西條辰義**・大和毅彦***

Kazunari Kaino

Tatsuyoshi Saijo

Takehiko Yamato

1. 序

気候変動枠組条約の第3回締約国会議として開催された1997年12月の京都会議において京都議定書が採択された。議定書では付属書B国と呼ばれている先進国と市場経済移行国を中心とする38カ国が、約束期間である2008年から2012年にかけて、1990年レベルの温室効果ガスの総量から全体で少なくとも5%削減することになった。たとえば、日本は6%、アメリカは7%、EUは8%、ロシアは0%である。この目標を達成するために、議定書では各国の国内削減とあわせて3つのメカニズムを採用した。排出量取引、共同実施およびクリーン開発メカニズム(CDM)である。今日では3つのメカニズムは京都メカニズムと総称されている。

京都メカニズムにおいて重要な論点になっているのが補完性(supplementarity)である。つまり、各国は国内削減を優先し、補完的に京都メカニズムを使用すべきであるとの議論である。実際、EUをはじめ、幾つかの国々は、京都メカニズムの使用に関して数量制約を課すべきであると主張している。

とりわけ、1999年5月17日、ヨーロッパ共同体の閣僚級会合は新たな数量制約を採択し、EUは同じ年の5月下旬から6月上旬にかけて開催された気候変動枠組条約の補助機関会合にてこれを提案した¹⁾。EU提案は次のとおりである。付属書B国の各国における3つの京都メカニズムからの排出量の純増(需要量)は以下の(1)ないしは(2)の最大値を超えてはならない。

(1) (1990年における排出量×5+約束排出量)×

 $\frac{1}{2}$ の5%;ないしは

(2) 1994年から2002年の間のいずれかの年における実際の排出量を5倍したものと約束排出量の差の50%

一方、付属書B国の各国における3つの京都メカニズムからの純移転(供給量)は上記の(1)を超えてはならない。

例でEU提案を理解しよう。かりにある付属書B国の1990年における温室効果ガスの総排出量が100単位であったとし、この国の約束排出量が1990年レベルの94%であるとしよう。このとき(1)を用いると、 $\{(100 \times 5 + 94 \times 5) / 2\} \times 0.05 = 24.25$ を得る。つまり、約束期間の間におけるこの国の京都メカニズムからの温室効果ガスの純増は最大限24.25単位までとなる。次に(2)をみよう。1994年から2002年までの期間における年あたりの実排出量の数値は9つある。たとえば、1999年の実排出量が124単位であったとしよう。(2)によると、 $(124 \times 5 - 94 \times 5) \times 0.5 = 75$ を得る。約束期間における京都メカニズムからの純増は75単位までとなる。このように、この国は10個の数値の中からひとつの数値を選ぶのである。一方、この国は(1)から得られた24.25単位まで他国に移転(供給)できる。

EU提案のひとつの狙いは、「ホット・エア」を押さえることである。たとえば、ロシアの約束排出量は1990年比で100%であるが、排出量取引がはじまる2008年以降における排出量は90年レベルを大幅に下回ると予測されている。そこで、ロシア等の市場経済移

* 通商産業省 資源エネルギー庁企画調査課課長補佐

〒100-0013 東京都千代田区霞ヶ関1-3-1

** 大阪大学社会経済研究所教授、CREST(科学技術振興事業団)

〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘6-1

*** 東京都立大学経済学部助教授

〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1

* 本稿は著者たちの見解を示すものであって、通産省の見解を示すものではない。

** 科研費(基盤B課題番号11430002)からの助成に感謝する。

*** 旭硝子財団からの助成に感謝する。

行国が排出削減をすることなくその余った排出量を売ること、他国が排出削減を免れることができる。これをホット・エアという。供給量・需要量の上限を設けることによってホット・エアが各国の約束の達成に用いられないようにするというのである。

一方、日本、アメリカ、カナダ、オーストラリア、ノルウェー、ニュージーランド、アイスランド等の国々はEU提案の実施により市場の効率性が損なわれるとして提案に反対している。とりわけ、この提案により、排出量の価格が高騰すると予測する政策担当者もいるようである。京都議定書以来、各国はさまざまな提案をしているが、それらの戦略的な経済分析はほとんど行われていないといってよい。本稿においては、Kaino-Saijo-Yamato論文⁵⁾にもとづき、できるだけ単純な経済モデルを用いてEU提案の経済的帰結を探ることにする。

EU提案は、付属書B国の各国がふたつの意味合いで戦略的な行動をとりうることを示唆している。まず、排出量の需要国にとっては、可能な10の制約のなかから一つ制約を選択しようという意味で、数量制約の選択そのものが戦略になっている。もう一つは、(2)における期間が2002年までなので、将来の排出量をコントロールすることができることである。たとえば、2000年に温室効果ガスの製造を禁止し、2001年にその禁止を解くことによって2001年の排出量は増加することになるであろう。つまり、意図的に(2)における最大純増の数値を大きくすることが可能になる。ところが、排出量の供給国にとっては、(1)が適用されるので、上限の数値はひとつしかない。それゆえ、排出量の上限を戦略変数として用いることはできない。この非対称性が重要な役割を果たすことになる。

京都メカニズムすべてに制約を課するのがEU提案である。ところが、議定書では共同実施(6条)および排出量取引(17条)は国内削減に補完的であることが明記されているのに対し、CDM(12条)にはその記述がない。CDMの補完性については決着をみていないのが現状である。本稿ではCDMに制約をつけるためには議定書の改定が必要であるとの立場に立ち、CDMには制約がつけられないとする。

EU提案の経済的な分析を最初にしたのは、Baron et al.²⁾である。彼らは需要国が10の制約のうち最も大きい数値を選ぶと仮定している。一方、戒能⁴⁾も同じように数値例を用いて提案を分析している。本稿では、あらかじめ需要国が制約のうち最大値を選ぶと仮

定せずに、EU提案のエッセンスを示すできるだけ単純なゲーム論的なモデルを構築する。そこで需要国が制約の選択を戦略として選択できる場合、どのような帰結を得るのかを検討する。

我々は以下の2段階ゲームを考える。第1段階では、各需要国が同時に数量制約をおくかどうかの意思決定をする。第2段階では、数量制約をおくと意思決定した需要国は、他の需要国の第1段階での意思決定を知った上で、数量制約の値を決める。このゲームにおいて、すべての需要国が数量制約を選ばないという戦略は均衡でないことが示される。

まず、供給国に数量制約が課せられない場合には、すべての需要者が必ず数量制約を選択するのが最適戦略になることを示す。次に、供給国に制約が課せられる場合でもCDMによる排出量の供給がある場合には、少なくとも1カ国は必ず数量制約をおくのが最適戦略になることを検討する。つまり、数量制約がない場合と比べて、数量制約をおくことによってEUを含む需要国は得をすることになるのである。

この背後で、排出量の供給国は数量制約がない場合と比べて損をすることになる。つまり、CDMによる排出量を供給するであろう発展途上国、市場経済移行国などの犠牲において排出量の需要国は得をするのである。もちろん、世界全体の総余剰も減少する。

2. モデル

0国、1国、2国の3カ国から構成されるモデルを考える。0国は排出量の供給国で、1、2国は排出量の需要国である。図1における横軸は温室効果ガスの排出量で、縦軸は限界削減費用(MAC)である。各国の限界削減費用曲線は線形で、1国と2国のMAC曲線と約束排出量は同じとする。右下がりになっているのは、排出量を減らせば減らすほど、削減一単位あたりの費用、つまり限界削減費用が上昇することを示している。たとえば、0国の場合、初期値が b_0 である。この b_0 から京都議定書で定められた約束排出量まで排出を削減せねばならない。約束排出量を新しい原点として図1-1と図1-2を重ね合わせたのが図2である。

各国の限界削減費用曲線を $MAC(x_i) = a_i - (a_i/b_i)x_i$, $i = 0, 1, 2$ とする。ただし、 x_i は*i*国の排出量から約束排出量を引いたものである。つまり、新しい原点からの距離である。1国と2国の限界削減費用曲線と約束排出量は同じなの

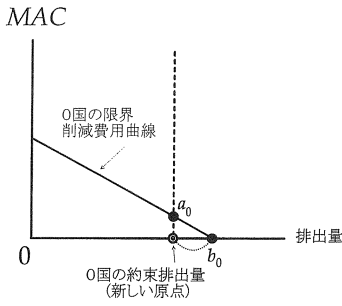


図1-1: 0国

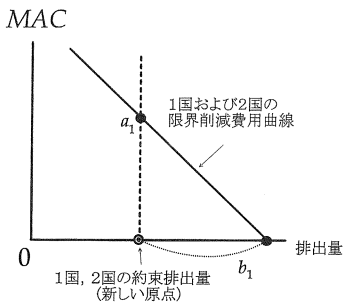


図1-2: 1国および2国

図1 限界削減費用曲線と約束排出量

で

(A1) $a_1 = a_2$ and $b_1 = b_2$.

これに加えて

(A2) $a_1 > a_0 > 0$, $b_1 > 0$, and $b_0 > 0$

を仮定する。 $a_i/b_i > 0$ なので、各国の限界削減費用曲線は右下がりになる。さらに、0国の限界削減費用曲線は $x_i = 0$ において1国および2国のそれよりも下

側に位置する。図2が示すように、排出量市場が競争的であるとするならば、0国は排出量の供給国に、1国および2国は需要国になるであろう。

図2で数量制約のない競争市場を検討しよう。0国の供給する排出量の供給量と1国および2国の需要する需要量が一致する点で排出量の価格 $p(\phi)$ が決まる。 $p(\phi)$ の ϕ は数量制約を課す国の集合が空集合であることを示す。1国と2国は全く条件が同じなので同じ量だけ排出量を需要するであろう。0国は需要量の総和である $x_1(\phi) + x_2(\phi)$ 分だけ排出量を供給するであろう。競争均衡においては、各国の限界削減費用と競争均衡価格 $p(\phi)$ が同じになることに注意しておこう。

0国は、自国のみで初期値 b_0 から約束排出量まで削減をすると三角形 $0 - b_0 - a_0$ の面積の費用がかかる。ところが $-[x_1(\phi) + x_2(\phi)]$ までさらに削減することによって排出量を売ることができる。自国のみで約束排出量まで削減する場合を比較の基準とすると、さらにかかる費用は0国の限界削減費用曲線と $-[x_1(\phi) + x_2(\phi)]$ から原点 0 までの間の面積となる。この分の排出量を価格 $p(\phi)$ で販売すると、三角形 $f - a_0 - p(\phi)$ の面積に相当する部分が利潤となる。この利潤を0国の供給者余剰と呼ぶことにする。一方、需要国である1国の場合は、自国のみで初期値 b_1 から約束排出量まで削減をすると、三角形 $0 - b_1 - a_1$ の面積の費用がかかる。ところが b_1 から $x_1(\phi)$ まで国内で削減し、 $x_1(\phi)$ 分だけ排出量を価格 $p(\phi)$ で購入できる。自国のみで約束排出量まで削減する場合を

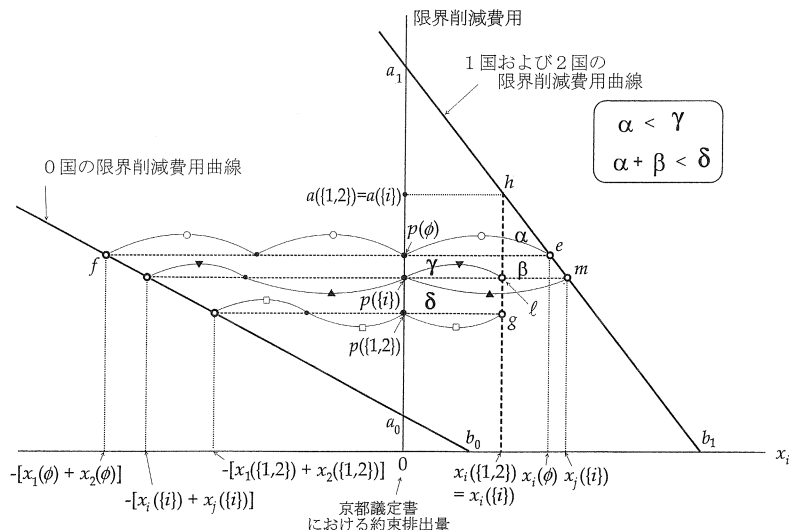


図2 供給者に数量制約を課さない場合の均衡取引量、均衡価格および利得

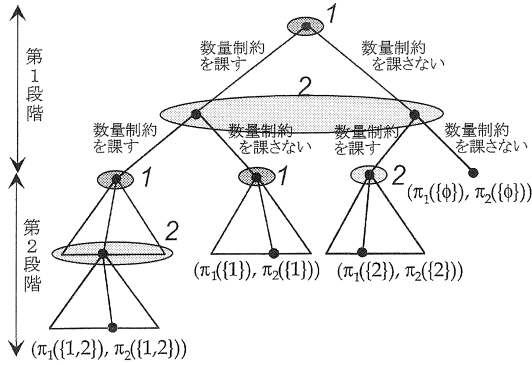


図3 2段階数量制約ゲーム

比較の基準とすると、ちょうど $p(\phi) - e - a_1$ の面積に相当する部分だけ得をする。この得を1国の需要者余剰と呼ぶことにする。2国も全く同様である。

以下では供給者である0国は数量制約を課すことができず、1国と2国のみが数量制約を課す場合を考えよう。1国と2国は図3で示すような2段階ゲームに直面していると想定する。一番上の●が出发点である。第1段階で、1国と2国は数量制約を課すか課さないかを同時に意思決定する。図中の楕円形は2国がその中のふたつの●のうちどちらに位置しているのかわからないことを示す。数量制約を課すかどうかの意思決定の後、1国と2国は相手国の意思決定を知った上で、第2段階に入る。だから第2段階における出发点の楕円形の中の●はひとつである。この段階では、数量制約を課すと第1段階で決定した国は、いくらの数量制約を課すのかを決定する。1国と2国ともに数量制約を課すと決めた場合、第2段階では数量制約の数値を同時に決める。楕円形の形状に注意してほしい。数量制約の数値を決めた後、排出量の需要量と供給量が一致する点で価格が決まると仮定する。

以下ではこのゲームの均衡を求めることにする。 $R \subseteq \{1, 2\}$ を第1段階において数量制約を課すとする国の集合としよう。このとき $x_i(R)$ を i 国の均衡における取引数量、 $\pi_i(R)$ を i 国の均衡における利得(余剰)、 $p(R)$ を均衡価格とする。3つの場合を考えねばならない。

ケース1 : $R = \emptyset$ (数量制約がない場合)

上述の数量制約のない競争市場の場合と同様、排出量の供給と需要が一致するように、つまり $-x_0(\phi) = x_1(\phi) + x_2(\phi)$ となるように取引数量が決まる。同時に均衡価格 $p(\phi)$ および利得 $\pi_i(\phi) (i = 0, 1, 2)$ も決まる。1国、2国ともに条件が同じなので、二つ

の国の取引数量および利得は一致する。なおここでいう0国の利得 $\pi_0(\phi)$ とは供給者余剰のことであって、三角形 $f - a_0 - p(\phi)$ の面積である。一方 $\pi_i(\phi) (i = 1, 2)$ は需要者余剰である $p(\phi) - e - a_1$ の面積となる。なお、これらの値は外生的に与えた4つの値 $a_1, a_2, b_1, \#b_2$ のみによって決まる*1。

ケース2 : $R = \{1, 2\}$ (1国、2国共に制約を課す場合)

図2が示すように $-x_0(\{1, 2\}) = x_1(\{1, 2\}) + x_2(\{1, 2\})$ となるように取引数量が決まり、同時に均衡価格 $p(\{1, 2\})$ および利得 $\pi_i(\{1, 2\}) (i = 0, 1, 2)$ も決まる。ケース1の場合には、各国の行動を明示的に示さなくとも需給の一致条件で取引数量、均衡価格、利得が決まった。ところが、このケースでは各国がどのような数量制約を選ぶのが重要なポイントとなる。本稿では、他の国の数量制約戦略を与件として、自国の利得を最大にする戦略を選ぶというナッシュによる行動規範を採用する。たとえば、1国は、2国の数量制約である $x_2(\{1, 2\})$ を与えられたものとし、自国の需要者余剰である台形 $p(\{1, 2\}) - g - h - a_1$ の面積を最大にするように行動するのである。1国と2国の対称性により、 $x_1(\{1, 2\}) = x_2(\{1, 2\})$ および $\pi_1(\{1, 2\}) = \pi_2(\{1, 2\})$ を得る。ケース1と同様にこれらの値は外生変数によって表される。

ケース3 : $R = \{i\}$ (i 国のみが制約を課す場合)

i 国が数量制約を課し、 j 国は課さないとしよう。つまり、 i 国は j 国が数量制約を課さないことを知った上で、自国の利得が最大になるように $x_i(\{i\})$ を選ぶ。一方、0国および j 国は排出量の需給一致条件 $-x_0(\{i\}) = x_i(\{i\}) + x_j(\{i\})$ を満たすように $x_0(\{i\}), x_j(\{i\})$ を選ぶ。さらにはこの需給一致条件を満たすように均衡価格 $p(\{i\})$ が決まり、それに応じて利得 $\pi_j(\{i\}) (j = 0, 1, 2)$ も決まる。これらの値はさきほどと同様に外生変数によってのみ表される。図2における i 国の利得は、台形 $p(\{i\}) - l - h - a_1$ の面積で示される。一方、 j 国の利得は三角形の $p(\{i\}) - m - a_1$ 面積で示される。

以上の準備を経て、以下の結果を得る。

定理1 :

$$(i) \ x_1(\phi) + x_2(\phi) > x_1(\{i\}) + x_2(\{i\}) > x_1(\{1, 2\}) + x_2(\{1, 2\}) > 0 \text{ for } i = 1, 2 ;$$

注1) 以下、詳細な計算および定理の証明はKaino-Saijo-Yamato³⁾を参照されたい。

表1 基本モデルにおける第一段階の利得行列

		2国	
		制約を課す	制約を課さない
1国	制約を課す	$\pi_1(\{1,2\})$	$\pi_1(\{1\})$
	制約を課さない	$\pi_1(\{2\})$	$\pi_1(\{\emptyset\})$

- (ii) $p(\phi) > p(\{i\}) > p(\{1, 2\}) > a_0$ for $i = 1, 2$; and
- (iii) $\pi_0(\phi) > \pi_0(\{i\}) > \pi_0(\{1, 2\}) > 0$ for $i = 1, 2$.

定理1は、数量制約のない場合から1カ国のみが数量制約を課す場合、さらに2カ国共に数量制約を課す場合と変化するに従って、均衡需要総量は減少し、均衡価格は下落し、供給国である0国の利得は減少することを示している。図2を参照されたい。

定理2は、数量制約のない場合から1カ国のみが数量制約を課す場合、さらに2カ国共に数量制約を課す場合と変化するに従って、需要国の利得は増加することを示している。

定理2: $\pi_i(\{1, 2\}) > \pi_i(\{j\}) > \pi_i(\{i\}) > \pi_i(\emptyset)$ for $i, j \in \{1, 2\}, i \neq j$.

表1は、定理2をもとに作成した第1段階における利得表である。どの需要国も数量制約を課すのがベストな戦略となるのがわかる。数量制約が全くない場合に比べて、需要国は互いに数量制約を課すことによって得をするのである。これは定理1が示すように供給側の犠牲の上で成立している結果であることがわかる。

図2で定理2を眺めてみよう。どの国も数量制約をおかない場合の各国の利得は三角形 $p(\phi) - e - a_1$ の面積である。ここで*i*国のみが数量制約を課す場合、*i*国の利得は台形 $p(\{i\}) - l - h - a_1$ の面積になる。どちらの面積が大きいのかは図中の α と γ のどちらの面積が大きいのかに依存する。定理2は γ が α よりも必ず大きいことを主張している。ここで制約を課さない*j*国の利得は三角形 $p(\{i\}) - m - a_1$ の面積となり、これは $p(\phi) - e - a_1$ の面積よりも必ず大きい。さらに、両国とも制約を課す場合には、各々の国の利得は $p(\{1, 2\}) - g - h - a_1$ となる。なお、限界削減費用曲線が線形という特殊な環境下では $x_i(\{1, 2\}) = x_i(\{i\})$ となっている。問題は*i*国が制約を課す場合、制約を課さない*j*国も制約を課したいと考えるかどうかである。これは、図中の δ と $\alpha + \beta$ の面積の大小関

係で決まる。定理2は δ のほうが $\alpha + \beta$ よりも必ず大きくなることを示している。

Kaino-Saijo-Yamato⁵⁾は、供給国が数量制約を課す場合においても、CDMによる排出量の供給が背後にあるので、基本的には供給全体としては制約が効かないことを指摘している。この場合にも、彼らは、少なくとも一つの需要国が制約を課すことによって必ず得をすることを示している。

3. 結語

EUの数量制約提案の趣旨は、各国の国内削減を促し、ホットエアーを抑制するものであったと思われる。EUの政策立案者が意図するとせざるに関わらず、EU提案は、需要国側が得をし、供給国側が損をするという戦略的帰結を有している。

合衆国における二酸化硫黄の排出量取引では、相対取引と共に、年に一度、オークションで排出量を取引する。このオークションの取引方法には重大な欠陥があることをCason-Plott³⁾が被験者を用いる実験研究によって指摘した。合衆国環境保護庁でオークションを策定した人々に悪意があったわけではなからう。悪意なき過失は過失であることを研究者および政策担当者は自戒とせねばならない。気候変動枠組条約における締約国会議等でもさまざまな制度設計の提案がなされている。制度設計にあたって、常識や経験のみでは不十分である。ここに理論やそれを検証する実験研究の重要性がある。

参考文献

- 1) European Union Council, "Council Conclusions on a Community Strategy on Climate Change," Brussels, May 18, 1999.
- 2) R. Baron, M. Bosi, A. Lanza and J. Pershing, "A Preliminary Analysis of the EU Proposals on the Kyoto Mechanisms," Energy and Environment Division, International Energy Agency, March 28, 1999.
- 3) T. Cason and C. Plott, "EPA's New Emissions Trading Mechanism: A Laboratory Evaluation," Journal of Environmental Economics and Management 30 (1996), pp. 133-160.
- 4) 戒能一成「SBSTA/SBI-10での"Supplementarity"に関するEU提案の分析と評価」, 1999年8月.
- 5) K. Kaino, T. Saijo and T. Yamato, "Who would Get Gains from EU's Quantity Restraint on Emissions Trading in the Kyoto Protocol?" November 24, 1999 (<http://www.iser.osaka-u.ac.jp/~saijo/pdf/kyoto/eu-11-24.pdf>).