

(3)と(4)式から、技術革新は排出権の取引価格を低下させるが、削減の規制の強化は排出権の価格上昇をもたらす。余剰額は

$$A_1 = \frac{e^2 b_1^3}{2(b_1 + b_2)^2} \quad (6)$$

$$A_2 = \frac{e^2 b_1^2 b_2}{2(b_1 + b_2)^2} \quad (7)$$

$$A_1 + A_2 = \frac{b_1^2 e^2}{2(b_1 + b_2)} \quad (8)$$

に従って算出される。

2-2. 温室効果ガス削減技術開発と排出権市場

排出権市場の余剰分析において、第1国にとって、排出権取引からの余剰が小さくなることは、各国が温室効果ガスの削減のために排出権市場への依存を低下することを意味する。この場合、第1国は排出権市場において有利な立場を確保することが可能であると考えられる。技術革新は温室効果ガスの削減に直接的に影響するだけでなく、温室効果ガス削減が実施される国際的な仕組みを左右する重要な要因であると言える。(6)~(8)式を用いて、技術革新と各国の余剰の関係が明らかにされる。各国の余剰を技術革新が反映される係数 b_1 および b_2 で微分された式は(9)~(12)式で表示される³⁾。ただし、第1国は第2国と比較して大きな削減目標を持つことが気候変動の枠組みを巡る交渉において前提条件とされており、温室効果ガスの削減技術の開発に第2国よりは熱心に取り組むと仮定される。この仮定は、不等式 $b_1 < b_2$ で表現される。

$$\frac{\partial A_1}{\partial b_1} = \frac{e^2 b_1^3 (b_1 - 3b_2)}{2(b_1 + b_2)^3} < 0 \quad (9)$$

$$\frac{\partial A_1}{\partial b_2} = -\frac{e^2 b_1^3}{(b_1 + b_2)^3} < 0 \quad (10)$$

$$\frac{\partial A_2}{\partial b_1} = \frac{e^2 b_1 b_2^2}{(b_1 + b_2)^3} > 0 \quad (11)$$

$$\frac{\partial A_2}{\partial b_2} = \frac{e b_1 (b_1 - b_2)}{2(b_1 + b_2)^3} < 0 \quad (12)$$

上の式は以下のことを意味する。第1国における削減技術の進歩は自国の排出権市場の利用に関

3) 気候変動と技術革新の問題は田中 (2010a), (2010b) で理論的に解説される。

する余剰を高める。また、第2国での削減技術の進歩は、第1国にとって排出権市場の取引からの余剰を高める。第1国は自国と第2国での削減技術の進歩と排出権市場の利用を拡大することに積極的になる。規制の対象とはならない第2国は、技術進歩に関しては第1国と異なる誘因を有する。第1国で進む技術進歩は第2国の排出権市場取引からの余剰を縮小させる。その一方で、第2国は自国内で進む技術進歩からはより大きな余剰を獲得することが可能となる。排出権市場のような国際的な市場の仕組みは、排出権の義務を持たない国においても、温室効果ガスの削減技術の取組が進む誘因となる。

本論文においては、係数 b_1 および b_2 は温室効果ガス削減と経済的コストとの関係を示すものである。Kolstad⁴⁾ は不確実性が支配して、ダイナミックな調整が必要になる状況のもとでは、energy intensity および carbon intensity などの intensity が有用なインセンティブ指標であることを説明する。本論文において、係数 b_1 および b_2 は温暖化防止交渉への各国の参加誘因を決定する指標の一部を形成することが式の上で確かめられた。この係数と intensity の関係を明確にすることによって、温暖化防止交渉への各国の参加誘因と気候変動対策の関係が分析可能となる。

3. ポスト京都議定書の交渉モデル

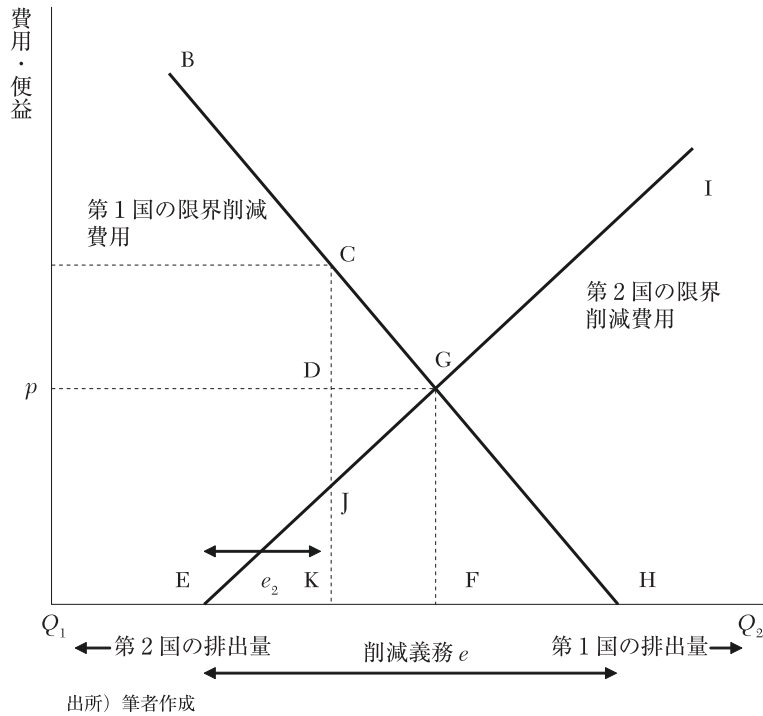
3-1. 削減額の第2国へ割当て

2008年にG8は洞爺湖サミットにおいて、2050年までに温室効果ガスをその当時の水準から50パーセント削減することを目標にすると宣言した。ポスト京都議定書での削減の体制を巡る協定では、中期あるいは、長期的な目標に関する合意は存在していて、この目標を実現するための体制づくりが進められる。交渉の過程での各国の間の削減額に世界の関心は集まるが、全体としては、削減額 e が積み増しされることと排出削減技術革新に関する期待がどの程度現実のものとなるかが重要なポイントとなる。本論文において不確実性に関する分析方法が提示されるが、ポスト京都議定書の削減体制では、これまで削減義務を有さなかった第2国にも削減義務 e_2 が課される場合に関する考察が進められる。以下では図1を修正した図2が用いられる。ただし、第2国がこの世界的な削減の枠組みに参加することを容易にするための処置が導入されると予想される。このような配慮をモデル分析に反映するために、割当量 e_2 が排出量の取引量を上回らない ($e_2 < x$) と仮定される。

排出権導入の前提として、第2国は三角形JEKの面積 (T_2) の削減費用を負担しなければならない。第2国の削減費用の増加額を考慮すれば、排出権市場が使用されることによって生じる余

4) Hansjürgens (2005) の7章を参照。

図2 第2国に削減義務が付加される場合



剰額は

$$A_1^p = \frac{b_1}{2} \left\{ \frac{eb_1 - e_2(b_1 + b_2)}{b_1 + b_2} \right\}^2 \quad (13)$$

$$A_2^p = \frac{b_2}{2} \left\{ \frac{eb_1 - e_2(b_1 + b_2)}{b_1 + b_2} \right\}^2 \quad (14)$$

$$A_2^p - T_2 = b_1 b_2 e \frac{b_1 e - 2(b_1 + b_2)e_2}{2(b_1 + b_2)^2} \quad (15)$$

に等しくなる。次に、規制量 e と e_2 が2つの国の余剰額に与える効果を見てみよう。第1国の余剰額に関して、 $eb_1 > e_2(b_1 + b_2)$ が満たされるとき、不等式

$$\frac{\partial A_1^p}{\partial e} = \frac{b_1^2 \{ eb_1 - e_2(b_1 + b_2) \}}{(b_1 + b_2)^2} > 0 \quad (16)$$

$$\frac{\partial A_1^p}{\partial e_2} = - \frac{b_1 \{ eb_1 - e_2(b_1 + b_2) \}}{(b_1 + b_2)} < 0 \quad (17)$$

が導出される。第1国に対する規制が第2国に対する規制と比較してある程度大きな場合には、

第1国は規制量の水準の増加とともに排出権取引を使用することからより大きな余剰を獲得することができる。第1国は、第2国に対する規制の増加とともに、排出権取引からの余剰が減少する。第2国に対する規制が大きくなると、第1国は排出権を利用しなくても自国の取組だけで、削減目標を達成できるという見通しを立てやすくなる、ということができる。

第2国が排出権取引を使用することから生じる余剰額と2つの国に対して設定される削減の目標額との関係は以下の不等式から明らかにされる。まず、第1国に対する規制が第2国に対する規制よりもかなり大きく

$$e > \frac{(b_1 + b_2)e_2}{b_1}$$

が満たされると仮定される。この仮定のもとにおいて、

$$\frac{\partial(A_1^f - T_2)}{\partial e} = b_1 b_2 \frac{b_1 e - (b_1 + b_2)e_2}{(b_1 + b_2)^2} > 0 \quad (18)$$

$$\frac{\partial(A_2^f - T_2)}{\partial e_2} = -\frac{b_1 b_2 e}{b_1 + b_2} < 0 \quad (19)$$

の成立が確かめられる。第1国に対する規制が強化される時、第2国が排出権市場に参加する誘因は高まるが、第2国に対する規制が強化されるとともに、第2国が市場の利用から得られる余剰は縮小する。

3-2. 技術進歩と削減義務

前節の議論において、排出権市場の利用が国家の自主的な判断に基づくので、各国が排出権市場に参加する誘因の指標として余剰分析が展開された。この余剰分析を通じて、各国が排出権市場へ参加することから得ることができる余剰は、2つのタイプの国に対する温室効果ガスの削減割当と削減技術の進歩に依存することが確かめられた。温室効果の削減技術の革新は多方面にわたっており、多額の資金を必要とするだけでなく、その成功の見込みは必ずしも高くはない。不確実な見通しのもとに温暖化交渉は進められるが、特に技術革新に関する不確実性が支配すると仮定して、第1国と第2国の技術進歩が進む事象と進まない事象が係数の組合せ (b_1^1, b_2^1) と (b_1^0, b_2^0) で表示され、この2つの事象の発生確率は π と $1-\pi$ で示される。ここで、次の不等式の成立が仮定される。

$$b_1^1 < b_2^1, b_1^0 < b_2^0, b_1^1 < b_1^0, b_2^1 < b_2^0.$$

排出権市場を利用することから得られる期待確率 $E(A_1^f)$ と $E(A_2^f - T)$ は(20)と(21)で定式化さ