

地球温暖化対策の共同実施による負荷削減とそれに要する費用の配分に関する理論的研究

GAME-THEORETIC DECISIONS ON IMPUTED VOLUME OF REDUCED ENVIRONMENTAL LOADS AND
ASSOCIATED COST ALLOCATION IN JOINT IMPLEMENTATION AGAINST GLOBAL WARMING

内 海 秀 樹*・盛 岡 通**

Hideki UTSUMI*・Toru MORIOKA**

ABSTRACT; In this study, we recognize the action of the offerer and the acceptor in Joint Implementation to be cooperative game, evaluate decisions on imputed volume of reduced environmental loads and associated cost allocation in Joint Implementation. And we theoretically make clear the domain of imputed volume of reduction and attributed cost allocation satisfied with each cost effect of emission reduction in Joint Implementation better than cost effect of independent reduction of environmental loads by each party, by means of the management of imputed volume of reduced environmental loads and associated cost allocation in Joint Implementation between two parties with different cost effect of emission reduction each other, .

Even if the acceptor in Joint Implementation has no share of the total cost needed for Joint Implementation, the extent that improves each cost effect of reduced emission is determined by the ratio of marginal cost of a unit of emission reduction of the offerer in Joint Implementation to average cost of a unit of emission reduction in Joint Implementation. It is clear that the offerer with higher marginal abatement cost of emission can give more imputed volume of reduction to the acceptor in Joint Implementation.

KEYWORDS; carbon dioxide, global warming, Joint Implementation, imputed volume of environmental loads, cost allocation

1. はじめに

地球温暖化対策は、二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの大部分を排出している先進国によって、ま
ず行われる必要がある。しかし、先進国の中には、省エネルギーや燃料転換などの対策が進んでいる国もあ
り、それらの国の国内での追加的な対策には多額の費用が必要とされている。一方、発展途上国では地球温
暖化対策につながるエネルギー効率の改善などの余地が残されている場合もあり、先進国の資金と技術を用
い発展途上国で温室効果ガス排出量の削減を実施する方が費用効果的であるとの見解も存在する。

これらの背景をもとに、先進国の資金と技術を発展途上国に供与し、発展途上国にて温室効果ガスの排出
量の削減を実施するという、一種の協力形態によって行われる地球温暖化対策として、共同実施 (Joint
Implementation) という概念が、先進国によって提案されている。しかし、その提案の内容を巡って先進国と
発展途上国との間に意見の対立が見られ、共同実施の実現にはいくつかの課題がある。

本研究は、共同実施を行う上での課題のひとつである共同実施による温室効果ガス排出削減量の共同実施
供与側、受入側への帰属の問題を取り上げ、共同実施に必要な費用の供与側、受入側での配分の問題に関し
て定式化を行い、費用効果の面から合理性を満たす共同実施に要する費用の配分と共同実施による温室効果
ガス排出削減量の帰属の範囲について分析を行うことを目的にしている。

* 大阪大学大学院後期課程 Graduate Student, Dept. of Environmental Engineering, Osaka Univ.

**大阪大学工学部環境工学科 Dept. of Env. Engineering, Osaka Univ.

2. 共同実施の概要および問題点

共同実施とは、「各国が有する地球温暖化防止に関する技術、ノウハウ、資金等を組み合わせることにより、世界全体としての地球温暖化防止対策を費用効果的实施することを目的とした手法」ということができる。¹⁾しかしながら、低費用で温室効果ガス削減量が多いという費用効果性について、発展途上国からは、「能力構築 (Capacity Building)」や「取引費用 (Transaction Cost)」が勘定されておらず、実際の費用効果は先進諸国が主張するほど高くない可能性があり、具体的な事例に基づいて、共同実施の費用効果性を確認できるほど十分な検討がまだすすめられていないとの指摘がある。²⁾

また、発展途上国を中心とする「排出抑制のコミットメント」を有しない国々については、クレジットの配分を受けることによって現時点ではメリットはなく、温室効果ガスの排出削減についてのインセンティブは働かないと考えられている。したがって、「排出抑制のコミットメント」を有していない国との間で、バンキングのシステムの構築などを含めた利益の配分および、負担の配分の公平な実施を確保することが必要である。そして、このバンキングのシステムが成り立つためには、現在「排出抑制のコミットメント」を有していない国が将来「コミットメント」を有することが前提になるとされている。³⁾

本研究では、低費用で温室効果ガス削減量が多いという費用効果性および、「排出抑制のコミットメント」を有していない国にもクレジットの配分を受けることによって、将来的にメリットが生じるという前提をおく。この前提に基づいて、共同実施による排出環境負荷の削減量を供与側および受入側のそれぞれへ帰属させる問題として定式化を試みる。

3. 本研究での枠組み

本研究のモデルは、排出源対策および吸収源対策などの共同実施における対策の種類には関係なく、同様に適用することができるとする。供与側と受入側は、温室効果ガス排出量の単位削減量に対する限界費用がそれぞれ異なるとし、供与側の方が受入側よりも高いと想定する。モデル中で供与側、受入側のそれぞれをプレイヤーとして位置付け、共同実施はこれら2人のプレイヤー間での提携とみなす。最初に、提携が供与側にとって単独で実行するよりも有利なことを示し、次に、提携に要する費用と提携によって削減された環境負荷排出量の配分・帰属の範囲について分析、考察を行う。

3. 1. 供与側にとって提携が有利になる条件

プレイヤーをそれぞれ P_1 ($i=1,2$) とする。 P_1 、 P_2 のそれぞれを提携の供与側、提携の受入側と位置付け、 P_1 、 P_2 が、単独で環境負荷排出量を削減するときの単位削減量に対する限界費用を、それぞれ、 MC_1 、 MC_2 とする。両者が提携を行って環境負荷排出量を削減するときの削減量を R 、削減するために要する費用を C とし、このときの平均費用 (C/R) を A とする。ここで、 MC_2 と A が等しいとし、 P_1 が、 P_2 と提携を行っている間は、 MC_1 よりも A が小さいと仮定すると、

$$A < MC_1$$

(1)

が、成立しなければならない。このとき要する費用 C を用いて、 P_1 単独での環境負荷排出の削減量を R_{d1} とすると、当然のことながら、

$$R > R_{d1}$$

(2)

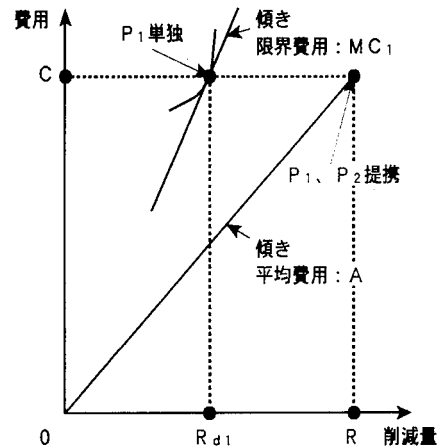


図3-1 P_1 単独時の限界費用と、 P_1 、 P_2 提携時の平均費用との関係

が、成立する。したがって、 P_1 単独で環境負荷排出量の削減を行うよりも、 P_1 と P_2 が提携して合計環境負荷排出量の削減を行うことの方が、より経済的に効率的であるといえる。

3. 2. 費用効果を向上させる費用の配分・削減量の帰属

次に、 P_1 、 P_2 の間で、提携に要する費用のそれぞれのプレイヤーへの配分と、提携による排出環境負荷削減量のそれぞれのプレイヤーへの帰属について考える。 P_1 、 P_2 の提携による環境負荷排出の削減量のそれぞれへの帰属の割合を t_i ($i=1,2$: $0 \leq t_i \leq 1$, $t_1 + t_2 = 1$) とし、提携に要した費用のそれぞれへの配分の割合を u_i ($i=1,2$: $0 \leq u_i \leq 1$, $u_1 + u_2 = 1$) とする。

提携に要する費用および提携による削減量をそれぞれ P_1 、 P_2 の双方に配分および帰属させた結果、それぞれが単独で環境負荷排出量を削減するより費用効果性が同じまたは向上するような（すなわち、単位環境負荷排出削減量あたりの費用が同じまたは小さくなる）配分、および帰属の成立する範囲について議論する。まず、 P_1 は、費用効果が自国よりも向上するときのみ提携を行うとすると、

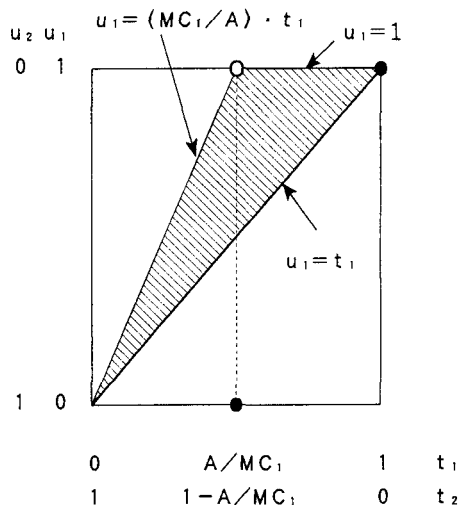


図3-2 P_1 、 P_2 にとって提携の方が費用効果的になる範囲

$$(C \cdot u_1) / (R \cdot t_1) = A \cdot (u_1 / t_1) < MC_1 \quad \therefore u_1 < (MC_1 / A) \cdot t_1 \quad (3)$$

を満たさなければならない。このときの u_2 を t_1 、 t_2 で表すと、

$$1 - u_2 < (MC_1 / A) \cdot t_1 \quad \therefore u_2 > - (MC_1 / A) \cdot t_1 + 1 \quad (4)$$

$$\therefore u_2 > (MC_1 / A) \cdot t_2 - MC_1 / A + 1 \quad (5)$$

P_2 は、提携による平均費用が、自国で対策を実行するときの平均費用以下であるとよいとすると、

$$A \cdot u_2 / t_2 \leq A \quad \therefore u_2 \leq t_2 \quad (6)$$

$$\therefore u_2 \leq -t_1 + 1 \quad (7)$$

このとき u_1 を t_1 で表すと、

$$1 - u_1 \leq -t_1 + 1 \quad \therefore u_1 \geq t_1 \quad (8)$$

したがって、 t_1 （あるいは t_2 ）に対して、 u_1 の取りうる範囲は、式(3)、式(8)、 $u_1 = 1$ より図3-2の斜線部分になる。ただし、 $u_1 = (MC_1 / A) \cdot t_1$ 以外の境界を含む。

さて、これらのことより P_2 への提携に必要とされる費用の配分が0のとき、すなわち、 $u_1 = 1$ 、 $u_2 = 0$ のとき、 t_1 が、

$$A / MC_1 < t_1 \leq 1 \quad (9)$$

の範囲にあるとき、すなわち、提携による排出環境負荷の削減量の P_1 への帰属割合が、 P_1 が単独に排出環境負荷の単位量の削減を行うための限界費用に対する、提携での排出環境負荷の削減のための平均費用の比よりも大きければ、 P_1 が、提携によって必要とされる費用のすべてを負担したとしても、経済的には、 P_1 にとって合理的な選択であるといえる。

また、この下限値の比が小さくなればなるほど、つまり、 P_1 の単独での排出環境負荷の単位削減量に対する限界費用が、提携によって行う排出環境負荷の削減量に対する平均総費用に比較して大きくなればなるほど、提携による P_1 への帰属量が先の場合より少なくても、提携を行う方が P_1 にとって合理的であることがわかる。このことは P_2 へのクレジットの配分が多くなる可能性があることを意味する。

4. 考察

4. 1. 共同実施の事例に関する考察

本モデルに共同実施のひとつの形態である森林再生を適用してみる。Winjum et al(1993)は、12の森林諸国について森林再生、植林そして自然再生の実施費用の試算を行っており、その一部を表4-1に示す。ここでいう実施費用とは、用地準備、ストック費用（例えば、播種／伐採、苗床／温室繁殖、伝播、荷造、貯蔵、運搬など）そして植林労働およびその管理を含んだもののことである。ここには、伐採期間内の森林ストックの維持費及び森林資源による便益は含まれていない。そして、実施費用の計算では、将来50年間を通じての成果を現在価値として示している。

実際には、共同実施による削減量は事例ごとに算定されているが、本研究では仮想的にその削減量 R を10万tCと設定し考察を行う。供与側としてドイツおよびカナダを取り上げ、受入側としてメキシコを取り上げる。 MC_1 、 A 、 R 、 C のそれぞれを表4-2に示すように設定する。

表4-1 実施費用の試算結果

	tC/ha				\$/ha				\$/tC	
	上位	中位 ^{*1}	下位	n	上位	中位 ^{*2}	下位	n	※2/※1	
ドイツ	38	48	48	6	442	1391	3662	6	2	9
カナダ	39	39	39	8	335	417	513	10	1	1
メキシコ	59	105	105	8	354	402	526	4		4

注：いずれの場合も森林再生

出典：参考文献4)

表4-2 本考察における設定

		MC_1 または A \$/tC	R tC	C \$
ケース1				
プレイヤー1	ドイツ	2		
プレイヤー2	メキシコ	4		
提携実施		4	100000	400000
ケース2				
プレイヤー1	カナダ	1		
プレイヤー2	メキシコ	4		
提携実施		4	100000	400000

(1) ケース1

ケース1では、ドイツとメキシコを取り上げる。ドイツでは、この量の削減を行うためには、約2080ha（中位）の面積に対する森林再生が必要で、同量の削減をメキシコで行うには、約950ha（中位）の面積が必要とされる。このとき、 t_1 、 t_2 に対する u_1 、 u_2 の範囲を図4-1に表す。

t_1 が、 $0.14 < t_1 \leq 1.00$ を満たすとき、共同実施に必要とされる費用の全額をドイツが負担したとしても、自国内で対策を行うよりは、単位削減量あたりの費用の観点から合理的であるといえる。

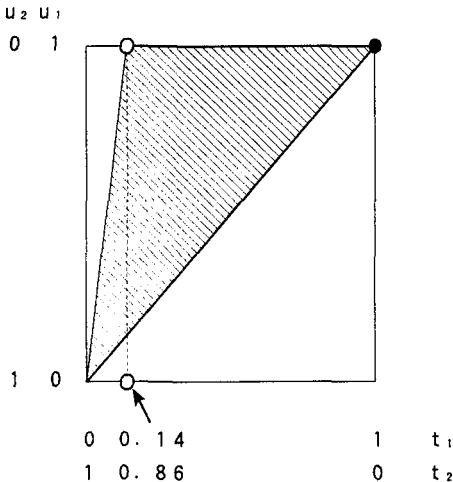


図4-1 ケース1—ドイツとメキシコの共同実施

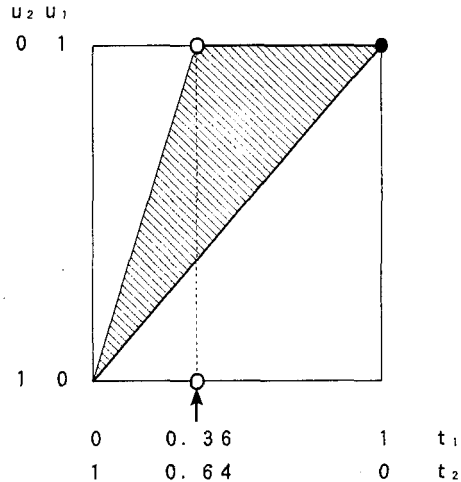


図4-2 ケース2—カナダとメキシコの共同実施

(2) ケース2

次に、ドイツよりも費用効果の高いカナダを取り上げ、カナダとメキシコの共同実施を想定する。提携による削減量は、ケース1と同様である。カナダ単独では、この量の削減を行うためには、約2560ha（中位）とドイツよりもより広い面積が必要であるが、その単位面積あたりの費用がドイツの約3割ですむため、結果的に費用効果は、約2.6倍になっている。このとき、 t_1 、 t_2 に対する u_1 、 u_2 の範囲を図4-2に表す。

t_1 が、 $0.36 < t_1 \leq 1.00$ のとき、ドイツと同様に、共同実施に必要とされる費用の全額をカナダが負担したとしても、自国内で対策を行うよりは、単位削減量あたりの費用の観点から合理的であるといえる。この2つのケースの比較では、カナダが、ドイツに対して費用効果が約2.6倍高い分だけ下限値は増加し、共同実施に要する費用の全額負担をしても、費用効果の面から合理的である部分の範囲が狭くなる。

4. 2. 排出源の種類と帰属、配分の問題

本研究のモデルでは、排出源対策や吸収源対策などの共同実施の種類の違いについては、温室効果ガス排出量の単位削減量に対する限界費用の違いとしてのみ把握している。したがって、共同実施供与側の国内での単位排出削減量に対する限界費用と、共同実施による単位排出削減量あたりの平均費用を比較する際に、異種の排出源対策および吸収源対策、あるいは排出源対策と吸収源対策を対象にすることが可能かという問題が残されている。単位削減量あたりの費用以外に、他に考慮すべき要素として、例えば、植林による土地利用の制約の問題や、供与側が移転させる技術と受入側の社会経済との親和性などをあげることができる。

また、たとえ共同実施による費用の配分、削減量の帰属が行われた結果、単位削減量に対する平均費用が、自国内での単位削減量に対する限界費用より合理的であったとしても、排出源対策や吸収源対策の副次的効果、例えば、省エネルギーや森林の再生などのメリットが優先する場合は、必ずしもこのようには行動しないと考えられる。つまり、このモデルでの共同実施の供与側は、自国内での環境状態および環境対策の水準の高い国であり、追加的な削減対策を行うのがかなり厳しい状況にある国であるか、または、国内での環境

対策のインセンティブの小さい国かということができる。

4. 3. 受入側の限界費用と共同実施の平均費用

本研究では、受入側の単位排出削減量に対する限界費用 (MC_2) と、共同実施による単位排出削減量に対する平均費用 (A) は等しいとしている。この仮定は、受入側での地球温暖化対策の単位排出削減量に対する費用は、対策の種類に関係なく一定、もしくは、対策間で大きな開きはないという仮定をおいていることになる。 $MC_2 < A$ のとき、共同実施の対象となる対策よりも、もっと費用効果の高い対策が国内にあることを意味し、逆に、 $MC_2 > A$ のとき、共同実施の対象となる対策よりも、国内にある他の対策の方が費用効果の低いことを意味する。 MC_2 と A が異なる場合、それぞれの対象としている対策が同じであれば問題はないが、先に述べたような排出源対策と吸収源対策が混在するような場合は、 MC_2 の定義の仕方に課題があることが分かる。また、このことは、 MC_1 の定義についても同様の議論ができる。したがって、本モデルでは、 MC_2 と A の対象とする施策の性質が近いほど精度よく適用できることがいえる。

5. 結論および課題

- ・費用効果の異なる主体間の共同実施に必要な費用と削減量の配分・帰属の問題について、両方の費用効果を向上させる配分・帰属の存在する領域を求めた。その結果、共同実施受入側（相対的に費用効果が高い）が費用を負担する必要が必ずしもないような削減量の帰属を行うことのできる範囲は、共同実施の温室効果ガス排出量の単位削減量あたりの平均費用と、供与側の国内での温室効果ガス排出量の単位削減量に対する限界費用との比で決まることが明らかになった。
- ・本研究は、共同実施の供与側、受入側の双方の単独での温室効果ガス削減の実施よりも、共同実施の際の費用効果の向上を保証するために、共同実施にかかる費用とそれによって削減される量の配分を調整しようとするものであるが、この結果、共同実施供与側は、費用効果が低いほど、共同実施受入側により多くの温室効果ガス削減量の帰属をもたらす可能性があることが示された。
- ・本研究のモデルの共同実施供与側の例として、自国での対策が進んでいるような国か、自国の環境対策に対するインセンティブが働かない国をあげることができる。また、費用効果の比較対象になる共同実施における対策の種類とそれぞれの国内での対策の種類が近ければ近いほど、精度よく分析ができることが推察できる。
- ・共同実施供与側の国内での温室効果ガス排出量の単位削減量に対する限界費用と、共同実施による温室効果ガス単位削減量あたりの平均費用の比較に異種の対策を対象とするのは、費用効果以外の要素も入ってくるため、これは十分な検討を要する問題である。

参考文献

- 1) 環境庁・共同実施活動推進方策検討会,地球温暖化防止のための国際協力ハンドブック,1996
- 2) 地球温暖化対策共同実施検討委員会,地球温暖化対策の共同実施検討調査報告書,1995,pp12-13
- 3) 前掲書2),pp8-9
- 4) J.k.Winjum,R.k.Dixon and P.E.Schroeder, Forest Management and Carbon Storage:An Analysis of 12 Key Forest Nations, Water, Air and Soil Pollution 70(1/4),pp.239-258,1993
- 5) 岡田 憲夫・Marc M.KILGOUR,水資源配分問題のコンフリクト分析ー環境負荷量配分のゲーム論的アプローチー,地域学研究,18巻,1988,pp.113-124
- 6) 岡田 憲夫・錦織 敦,ゲーム理論を用いた環境負荷量配分モデルに関する研究,土木計画学研究・論文集,No.3,1986.1,pp.65-72
- 7) 盛岡 通・内海 秀樹,コンフリクト解析に基づく地球温暖化防止行動の評価に関する研究,土木学会論文集,No.515/II-31,pp.13-22,1995