

主要国による気候変動対策努力の定量的評価

環境システム学科 循環型社会創成学研究室 2016 年度修了 47-146676 高井 悦二郎

指導教員：田崎智宏教授 松橋啓介准教授 中島謙一准教授

キーワード：気候変動対策、温室効果ガス排出削減、資金拠出、定量的評価、
包絡分析法 (DEA)

1. 研究の背景と目的

気候変動の問題がますます深刻になっており、その有効な対策が求められている。気候変動対策は特定の国のみが取り組んでも根本的解決にならないことから、国際社会が協調して効果的に対策を進めることが必要である。過去には温室効果ガスの排出削減量を様々な観点から各国に割り当てる議論もされたが、国ごとの立場や状況によって違いが大きかったため、現在では各国が排出削減目標を自主的に提出し、相互にチェックする方式がとられている。また、近年の国際社会では資金提供による気候変動対策への貢献も重要視されている。しかし、現時点ではこれらの気候変動対策、特に資金拠出額の定量的評価が不十分である。

そこで本研究では、主要 22 か国の気候変動対策による国際社会への寄与の大きさを貢献度としたうえで、温室効果ガスの排出削減だけに限らず、各国が気候変動対策のために拠出している資金を定量化し、それによって削減が想定される排出量に換算することで貢献度を定量的に評価することを目的とした。これにより国際社会が協調して気候変動対策に取り組むための知見を提供することをねらいとしている。

2. 方法

2.1 各国の貢献度の算出

地球温暖化への対策への貢献度として、本研究では温室効果ガス排出削減による貢献度 X_{er} (式(1)) と資金拠出による貢献度 X_m (式(2)) の 2 つを算出した。

$$X_{er} = \frac{E_b - E_c}{E_b} \dots (1) \quad X_m = \frac{F/A_c}{E_b} \dots (2)$$

ここで、 E_b : ベースライン (約束草案がない場合) の温室効果ガス(GHG)排出量 (t)、 E_c : 約束草案に基づく温室効果ガス排出量 (t)、 F : 年あたりの資金拠出額(\$/年)、 A_c : 世界全体の GHG 排出削減に掛かる平均費用(\$/t)である。

また、これらの貢献度は、能力、平等、責任という 3 つの公平性概念に基づいて国間で比較可能なように基準化した。各公平性概念で基準化した貢献度 $X_{.s}$ を式(3)に示す。

$$X_{.s} = \frac{\text{貢献度 } X}{\text{基準化係数}} \dots (3)$$

基準化係数は、能力を表す係数として 1 人あたり GDP を、平等を表す係数として 1 人あたり GHG 排出量を、責任を表す係数として累積 GHG 排出量を、それぞれ用いた。

さらに、GHG 排出削減と資金拠出を統合した貢献度 X_{sy} を式(4)で求めた。

$$X_{sy} = \frac{(E_b - E_c) + F/Ac}{E_b} \dots (4)$$

2.2 DEA による貢献度評価

包絡分析法(Data Envelopment Analysis,以下 DEA)は、複数の事業体が産出物を生産する際の投入と産出に基づく効率性を測る手法である。DEA は複数の投入と産出を用いた効率性の比較・評価が可能で、事業体ごとの投入と産出の特徴を尊重したままで効率性を比較・評価できる利点がある。さらに DEA では、評価対象のなかで最も効率的と考えられる事業体が形成する包絡面（効率的フロンティア）を得ることができ、非効率的と評価された事業体は各項目をどれだけ改善すればこの包絡面に到達でき、効率的になるかのターゲット値を求めることができる。アウトプットとして GHG 排出削減量・拠出金額、インプットとして GHG 累積排出量・人口・GDP を用いた。

本研究では、産出の変数として GHG 排出削減量と拠出金額、投入の変数として公平性基準に基づき GHG 累積排出量（責任基準）、人口（平等基準）、GDP（能力基準）を選択して、各国の気候変動対策の貢献度指標（効率性）とターゲット値を算出した。DEA には、DEAP version2.1 を使い、output-oriented の CRS（Constant returns to scale）モデルを選択して分析を行った。

3. 結果と考察

各国の GHG 排出削減による貢献度を図 1 に示す。各国の GHG 排出削減による貢献度は、最高値が南アフリカであり 0.46、最低値が中国であり 0.04 となった。南アフリカ・ノルウェー・スイスなど上位グループ、EU・メキシコの中位グループ、日本・米国・中国・ロシアなどの下位グループに分けられた。

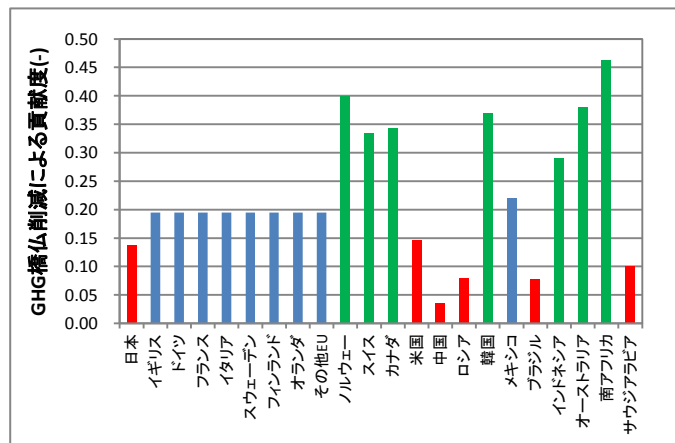


図 1 各国の GHG 排出削減による貢献度

EUは一つの地域としてベースラインと約束草案の排出量を推定しているの、同じ貢献度になっている。排出量の大きい国は貢献度が小さく、排出量の小さい途上国は貢献度にばらつきが見られる結果となった。上位グループは約束草案によって大きな排出削減目標を提出している国である。最低値の中国はやや複雑な内容の約束草案を提出しており、約束草案による排出量の推定値に幅があるのだが、小さい方の推定値を用いている。大きい方の推定値を用いた場合、貢献度は 0.15 となる。次に、3つの公平性で基準化した GHG 排出削減による貢献度を図 2 に示す。能力ではインドネシア・南アフリカ、平等ではインドネシア・スイス・メキシコなど、責任ではノルウェー・スイスが大きな貢献度になった。能力で見た場合は途上国ほど貢献度が大きくなったが、平等では先進国・途上国問わず貢献度の違いが見られる結果となった。

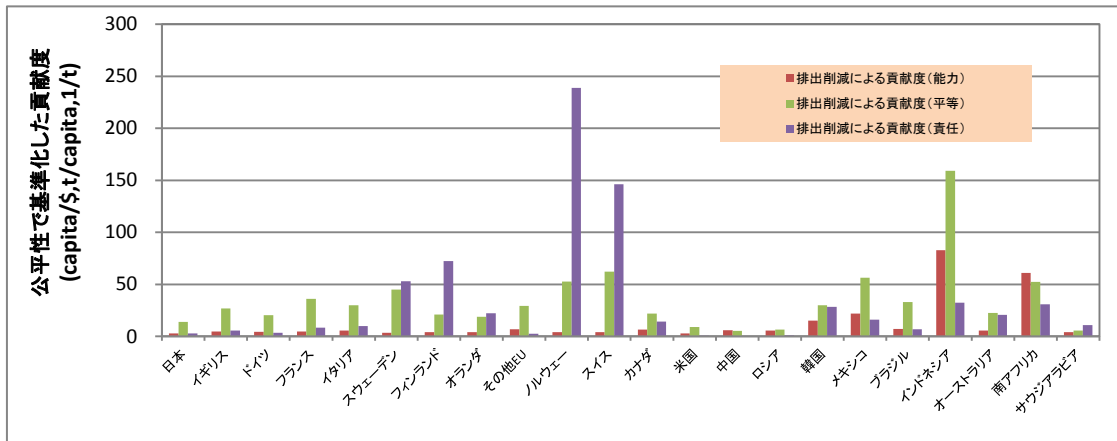


図2 公平性で標準化した各国のGHG排出削減による貢献度

責任では北欧諸国・スイスの貢献度が大きくなった。オーストラリア・カナダのようにもとは貢献度が大きい国が、基準化されると小さくなるといった結果が得られた。

GHG 排出削減と資金拠出による統合的貢献度を図3に示す。1位のノルウェーが2位のカナダに2.9倍の差であった。ノルウェーは国の経済規模に比して大きな資金拠出をしていることがわかった。2~6位のカナダ・イギリス・スウェーデン、南アフリカ、スイスに着目すると、排出削減による貢献度には差があるが、資金拠出が加わることで同程度の貢献度になっている。資金拠出による貢献度はやはり先進国に限られており、途上国は近年経済力を増している国であっても資金拠出には消極的な姿勢が明らかになった。

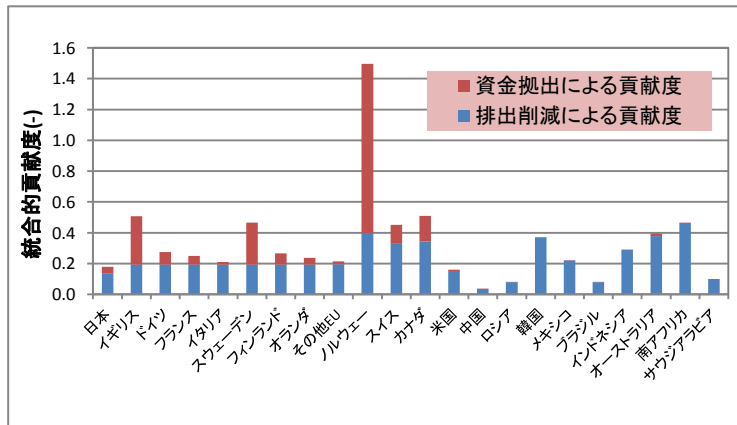


図3 排出削減と資金拠出による統合的貢献度

DEAによって得られた各国の気候変動対策への貢献度を図4に示す。大きく3つのグループに分かれた。第一のグループは茶色で示したフィン

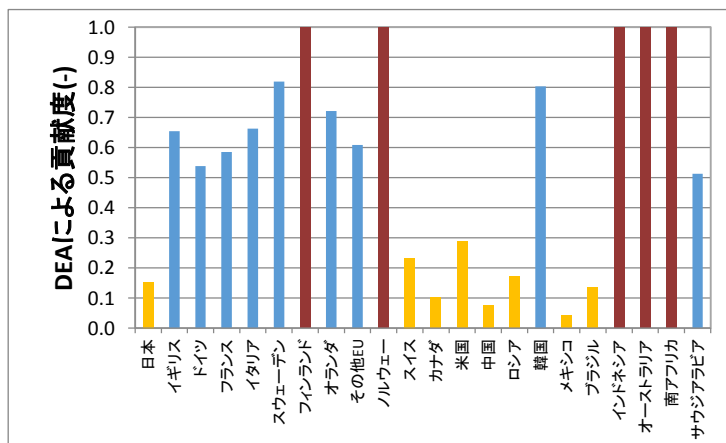


図4 DEAによる貢献度

ランド・ノルウェー・インドネシア・オーストラリア・南アフリカであり、DEAによる貢

献度指標が1となり、これらの国々がトップランナー（効率的フロンティア）と評価された。第二のグループは、青色で示した9か国であり、中程度の貢献度（0.5~0.8程度）あると評価された。主に、EU諸国が含まれている。第三のグループは、日本・スイス・カナダ・米国・中国など黄色で示した8か国であり、DEAによる貢献度指標が0.05~0.3と低い国々である。先進国でみると、概してEU諸国がDEAによる貢献度指標が高く、他方、日本・スイス・カナダ・米国で低くなった。途上国で排出大国の中国・ロシアも貢献度が低くなった。

国	GHG排出削減量の不足分 (100万トン)	拠出金額の不足分 (100万ドル)
日本	909	730
イギリス	155	227
ドイツ	346	140
ノルウェー	0	0
スイス	44	42
カナダ	245	321
米国	2255	585
中国	6072	8
ロシア	1023	50
ブラジル	655	3

表1 GHG排出削減量と
資金拠出の不足分

DEAで得られたGHG排出削減のターゲット値と現状値との差（不足分）では中国が60億72百万トン、米国が22億55百万トンであり、この2つの排出大国でさらなる貢献が期待されていることがわかった。その後ロシアが10億23百万トン、日本が9億9百万トンと続く。資金拠出の不足分では日本が7億30百万USドル、米国が5億85百万USドルとなった。日本は最も大きな追加的資金拠出を求められている結果となった。その後カナダが3億20百万トン、イギリスが2億27百万トンと続く。

4. 結論

主要22か国のGHG排出削減と資金拠出による貢献度を定量的に求め、さまざまな基準を用いて比較を行った。その結果、スイスやカナダはGHG排出削減における貢献度が大きいと評価され、フィンランドは資金拠出では貢献度が大きいと評価された。このように、各国のベースラインと約束草案によるGHG排出量を用いて算出したGHG排出削減量による貢献度と、DEAによる貢献度には評価には差がある。日本・米国・中国・ロシアはいずれの分析でも貢献度が小さいという結果になった。また、3つの貢献度によって基準化された貢献度は元の貢献度と大きな差があり、各国がそれぞれの公正性基準を勘案して適切な貢献を目指すことが求められる。統合的貢献度を算出した結果からは、資金拠出による貢献は現状では小さいことが示されたが、今後増加していくことがCOP21でも合意されており、資金拠出による貢献を進めていくことが期待される。また本研究では、均一な貢献度のために必要な追加資金を二つの方法で示すことができた。これらの研究結果に基づき、各国は自国の状況に応じた貢献を目指す必要がある。

5. 参考文献

総務省統計局 世界の統計 2015, <http://www.stat.go.jp/data/sekai/0116.htm>

Akimoto et al. Comparison of marginal abatement cost curves for 2020 and 2030: longer perspectives for effective global GHG emission reductions, *Sustain Sci* (2012) 7:157–168

末吉俊幸 DEA—経営効率分析法— 朝倉書店