

地球温暖化対策の評価 ～CO₂に値段はつけられるか？～

前総括主任研究官 川島 雄一郎

1. はじめに

グローバル社会では地球温暖化対策はまだまだホットトピックである。本年12月にパリで行われるCOP21（国連気候変動パリ会議）に向けて各国で自主的な排出削減目標の設定に関する議論が深まってきたおり、地球温暖化の防止に向けて世界各国が力をあわせられるかどうか、試される展開となる。温暖化問題の特徴の一つとして、CO₂に色はないという面がある。どこの国から排出されたCO₂かは問わず温暖化が進行し、結果として世界各国（特に発展途上国と言われているが）に損害が広がっていく。

温暖化問題のもう一つの特徴に、CO₂は半永久的に存在し続けるということがある。一度排出されたCO₂はその後長年にわたって大気中に蓄積され地球を温暖化し続けていき、例えば雨が降ったからと言って大気中からなくなったりはしない。ここに温暖化問題がきわめて長期的な視野をもって取り組んでいかなければならない要因がある。そしてこの延長線上に、世代間格差という側面も出てくる。現役世代が排出したCO₂により実際に損害を受けるのは将来世代。CO₂排出抑制が痛みを伴う政策であるとするならば、現役世代が将来世代のために受容できるコストはどの程度か、答えを見いだすのが非常に難しい。

現在様々な形で地球温暖化対策（CO₂排出抑制策）が進められているが、この評価にあたって政策効果を定量的に測定する観点から、CO₂価格の算定が不可欠となる。長期的な観点から分析が必要となる地球温暖化対策について、その不確実性ゆえ単純明快な答えは導き出せないが、価格算定に関して学術上どのような議論が行われているか、また各国がどのような価格設定をし政策効果を分析しているか、レビューすることは非常に意義深いことと思われる。

この問題に関し、ITF(International Transport Forum)において研究グループ(Working Group on Assessment of Policies for Long-Term Transition to Sustainable Transport)が設置され、議論が行われた。同研究グループにおける議論を参考に、地球温暖化対策の政策評価について、特にCO₂価格の算定という観点から考察してみたい。

2. CO₂の価格は？

地球温暖化対策に関する政策評価を費用対効果分析によって行う場合（または一般的な費用対効果

分析における CO2 削減効果分の測定を行う場合)、対策の実行によって達成される CO2 削減量を費用換算するため、CO2 価格を設定する必要がある。この場合に使用される価格はいくらが適当か、という問いに対して、「排出権取引市場における取引価格」との答えを得るケースが多い。政策評価に際して適用すべき値としてセカンドベストのチョイスとして採用することはありうるものの、市場が正常に機能していない場合これを使用するのはためらわれる。事実、EU-ETS (EU Emissions Trading System)をはじめ世界には様々な排出権取引市場が存在し、それぞれのマーケットで取引価格が形成されているが、排出権取引市場は有効に機能していないケースが多く、排出枠の過剰供給などの理由により実際いくつかの市場では取引価格が大幅な下落を見せている。

同様に CO2 価格を考える際にしばしば引用されるものとして、炭素税があげられる。仮に炭素税が地球温暖化に関する外部費用を元に設定されていると仮定すれば、税率を CO2 価格として考慮することも可能であるが、実際そうした課税を行っているケースはない(少ない)のではないか。我が国においては地球温暖化対策税を課しているが、その税率は¥289/tCO₂ となっており、これが地球温暖化による外部費用を元に算定された額であるかどうか疑問である。

3. 政策評価で使用するにあたって

地球温暖化対策の効果は CO2 排出削減量 (トン) × CO2 価格 (円/トン) で計算する。政策効果を説明する際、削減量のみを提示するケースも多いが、政策実施に伴うコスト (金銭的成本、規制コストなど) との比較が可能となるよう金銭換算することにより、費用と便益のバランスを分かりやすく示すことができる。より適切な政策決定を促す観点からすると、CO2 価格の設定には重要な意味がある。

地球温暖化対策の効果の測定に際し、まずは CO2 排出削減量を算出する必要がある。削減量の算出自体はケースバイケースで対応することとなるが、よく見逃されるポイントとして以下の点に留意する必要がある。

- ✓ Well to Wheel (油井から車輪まで) : 車両から排出される際の CO2 排出量だけが注目されがちであるが、例えば動力源が電気であれば発電時、水素であれば水素製造時など、燃料製造段階なども含めて CO2 排出量もカウントすべきとの考え方がある。これに基づき日本自動車研究所では、2011年3月「総合効率と GHG 排出の分析報告書」において、ガソリン車 147g/km、ハイブリッド 95g/km、電気自動車 55g/km、燃料電池車 79g/km との試算を公表している。
- ✓ 発電時の CO2 排出原単位 : Well to Wheel の考え方に基づき測定を行う場合、発電時の CO2 排出原単位にも着目する必要がある。電気事業連合会では、2010年時点のものとしてフランス 0.07kg-CO₂/kWh、日本 0.47 kg-CO₂/kWh、中国 0.77 kg-CO₂/kWh、インド 0.88 kg-CO₂/kWh を発表している。これは発電方式によって CO2 排出量が異なるためであり、我が国においても原子力発電所の停止などの影響に留意する必要がある。

CO2 価格の設定について、これまで多くの学術研究が行われてきた。近年では 2006 年に発表された Stern Review (イギリス政府のために経済学者ニコラス・スターン卿によって発表された地球温暖

化に関する報告書) は、地球温暖化による甚大な被害の予測とそれを前提とした早急な対策の必要性を説いているが、これに基づき算出された CO2 価格は従来議論されてきた水準を大きく上回るものであったため、その妥当性などを含め多くの論争を巻き起こした。各国では地球温暖化対策に係る政策評価を適切に行う観点から、それぞれ独自に CO2 価格の設定に関する検討を行っているのが現状である。

4. 政策評価における CO2 価格 ～アカデミックアプローチ～

実際、政策評価を行う際に使用する CO2 価格はどのようにして算出すべきか？この点について、学術的には大きく分けて以下の二つのアプローチが提唱されている。

✓ **Damage cost approach** : CO2 がどれだけ社会的に損害を与えるか？

将来にわたる CO2 排出量、大気中での蓄積量、気温などの上昇の程度、それに伴う気象条件の変化などを踏まえ、社会的・経済的な損失を金銭換算する。これに基づき算出された値は、SCC (Social Cost of Carbon)とも呼ばれる。DICE¹、PAGE²、FUND³などの計量モデルが提示されている。温暖化対策の効果＝温暖化による社会的損害の緩和、という観点からすると、費用対効果分析において使用する上で最も論理的なアプローチといえる。しかしながらこのアプローチに対しては、将来にわたる経済的・社会的損害を正確に把握することは非常に困難（不可能）との批判がある。

✓ **Abatement cost approach** : CO2 を削減するのにどの程度コストがかかるか？

温暖化による損害を把握できないとの前提に基づく次善の策。削減費用は対策の種類、地域、モードなどによって異なるが、排出権取引市場における取引価格が CO2 削減に関する最小限界費用を示しているとの観点から、この取引価格を参考とする場合がある。しかしながら、現実には排出権取引市場が有効に機能していない点、そもそも理論的に費用対効果分析に当てはめるのは困難である点 (CO2 価格は限界費用でなく限界効用であるべき)、また、削減目標の達成が温暖化の影響を排除できることが前提となるが、現実にはそのような厳しい目標を設定するのは困難である点 (削減目標の設定レベルによって削減コストが異なる) が課題となる。

5. 将来の温暖化によるダメージは？

上述の Damage cost approach をとる場合、最大の課題は地球温暖化による損失の測定 (確定) である。遠い将来の社会的損失を予測するのは非常に困難であり、多くの不確実性を含むことになるのは疑いの余地はないが、一方で IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) などの場を通じ、世界各国で行われている様々な科学的知見の集約が図られており、予測の精度を高めるための努力が続

¹ Dynamic Integrated Climate-Economy Model (developed by William Nordhaus)

² Policy Analysis of the Greenhouse Effect (developed by Chris Hope)

³ Climate Framework for Uncertainty, Negotiation, and Distribution (developed by Richard Tol)

けられている。また、CO₂ 排出量に応じた経済的・社会的損害の計測モデルである DICE、PAGE、FUND など開発され、実際にこれらのモデルを採用して CO₂ 価格を算出している国もある。

しかしながら、こうした努力にもかかわらず、現在最も解決困難な問題としてクローズアップされているのが、Catastrophic Impact である。北極海やグリーンランドの氷山溶解、海流の停止、アマゾンの森林消滅などがその代表例であるが、実際に起こるかどうかわからないが起こると壊滅的な損害が発生するケース。高い不確実性、一度起こったら逆戻り・回復できない不可逆性、被害の甚大性といった特徴を持つこれらのケースをどのように勘案し、費用対効果分析に当てはめるべきか。不確実とはいえ、実際に起こったら無限の損害が発生すると仮定すると、その影響の緩和のための温暖化対策があらゆる政策に優先する（それほど温暖化対策の便益が上がる）との結論が導かれる。一方、ここで議論されている Catastrophic Impact と同様の性質をもつイベントは地球温暖化だけに限らず、例えば核戦争やテロやエボラ熱のような伝染病被害など他にも想定されるケースは数多くある。こうした事実にも目を向けながら、限りある政策資源の有効な配分を検討する必要がある。

6. Social Discount Rate(社会的割引率)のインパクト

また、CO₂ 価格を算出する上で、あるいは根本的には超長期にわたる地球温暖化そのものを考える上で、最も重要な要素の一つが割引率であると言われている。50 年後、100 年後に発生するかもしれない損害と現に直面している損害は同列に扱えない、とするのが基本的な考え方であり、通常、将来損害は一定の割引率によって割り引いて現在価値に換算することが多い。割引率が高ければ将来価値の現在価値は小さくなり、逆に割引率が低ければ現在価値は大きくなるという関係にある。

長期的な政策評価を行う際、この割引率のインパクトは非常に大きい。例えば、50 年後の費用または便益を現在価値に換算する際、1%の割引率を適用すれば 100 の効果が約 60.8 の現在価値となり、7%の割引率を適用すれば約 3.4 の現在価値しかなくなる。つまり高い割引率を適用した場合、将来の損害をほぼ無視するという結果になりかねないことから、割引率の設定は慎重に行う必要がある。

費用対効果分析を行う場合に適用する社会的割引率は、社会的時間選好性(将来の消費より現在の消費を好む性質)などにに基づき定められることが多いが、長期的な政策プロジェクトに関する政策評価を行う場合、将来の不確実性に合わせた修正が必要ではないかとの議論もある。地球温暖化に関しては、不確実とはいえ将来世代にツケを回すことに慎重であるべきとの考え方から Declining discount rate などの方法が提示されており、時間の経過とともに割引率を低くする修正措置が講じられることがある。

なお、現在我が国の交通プロジェクトに関する政策評価では、4%の社会的割引率が適用されている。

7. 各国における CO₂ 価格は？

以上のような議論を踏まえつつ、温暖化対策を評価する際の CO₂ 価格を設定する必要があるが、各国ではどのような取り組みが進んでいるか？

アメリカでは、それまで省庁ごとにばらばらに設定していた CO2 価格の統一を図るため、省庁横断チームによる検討を行い、2010 年にその結果をとりまとめている。Damage cost approach をベースに算出された価格は、割引率などの分類及び CO2 排出時点によって細かく適用価格が規定されており、全省庁において費用対効果分析を行う際に使用されている。

イギリスでは Abatement cost approach を採用し、政策評価において適用すべき CO2 価格を算出。ヨーロッパにおける排出権取引市場における取引価格をベースに設定している。EU-ETS でカバーされているセクターについては、市場における CO2 価格に基づき将来価格を予測して設定。交通分野など EU-ETS の対象外のセクターについては、限界排出削減コストを別途想定し価格設定している。

その他の国も含めて現状の CO2 価格設定状況をまとめると以下の通りとなる。この表における数字は、前述の研究グループにおいて最終確認中であり暫定的なものであること、ご容赦いただきたい。なお同研究グループにおいては、我が国における費用対効果分析では、交通分野では鉄道のみが CO2 削減効果をカウントしているとされており、他のモードでは (少なくともマニュアル上) 効果に算入しないこととなっていると報告されている。鉄道プロジェクトの費用対効果分析においては、¥10,600/t-C (約¥2,890/tCO₂) が適用されている。

交通プロジェクトの政策評価において使用されている CO2 価格

USD/tCO ₂	Approach adopted	2010	2020	2030	2040	2050
France	Abatement cost	39	123	295	Grows at 4.5% p.a.	
U.K. (non-traded)	Abatement cost	40-122	47-142	55-164	106-319	158-473
Norway	Abatement cost	Before 2015: 24		2015-2030: interpolated		After 2030: 91
The Netherlands	Abatement cost	12.6 to 194.90				
Germany	Damage cost	2010: 54-161		2030: 94-288	2050: 174-523	
U.S.	Damage cost	12-97	13-140	18-174	23-209	28-241
New Zealand	Damage cost	34.4				
Japan	Damage cost	25.7				
Sweden	Fuel tax on CO ₂	For investments < 10 years: 128			For investments > 10 years: 172	

Notes:

1. Carbon values are sourced from a preliminary OECD survey of monetary carbon values in selected member countries.
2. All carbon values were first inflated to 2013 prices in domestic currency using GDP deflators and then converted to USD using PPP conversion factors. GDP deflators and PPP data are sourced from OECD Statistics.
3. A conversion factor of 3.67 is used to convert tC to tCO₂ (for Japan).

8. おわりに

政策評価の結果の取扱いは非常に難しい。費用対効果分析は多くのプロジェクト評価の際に採用されているが、政策評価そのものにかかるコストを考慮すると、すべての効果 (特に社会的効果) を正確かつ説得力をもって数値化することは不可能に近い。CO2 価格に関するこれまでの議論は、政策評価の難しさを改めて認識させる。実際、前述の研究グループにおいては、オランダでは費用対効果分析の結果が 1 を下回る (効果が費用を下回る) 場合においても多くのプロジェクトが実行に移されているとの

報告があり、こうしたことから、費用対効果分析が果たして適切な分析手法であるのか、という議論もあった。

しかしながら、費用対効果分析は全く意味のない作業であると考えてるのは間違っている。限りある政策資源をどのように配分するか、それぞれの政策は具体的にどのような価値を創出するのか、という観点からベストな政策判断を行うため、計量化され可視化された分析情報を政策決定者に提供することには重要な意味がある。必要なことは、何が計量化され、何がされていないか、もしくは計量化されている要素にも不確実性などを考慮するとどの程度の変動幅が想定されるのか、を正しく認知した上で、コストとのバランスを勘案しながら政策決定を行っていくことである。仮に費用対効果分析の結果が1を下回ったとしても、計量化されていない(できない)価値を認識し、それがコストを上回ると判断すれば、その政策は実行に値するといえるはずである。費用対効果分析には有用性と限界があることを心にとめながら、政策立案過程の中で活用していく必要がある。