

## 日経BP 山口光恒の『地球温暖化 日本の戦略』 連載第 11 回

### 米キャップ・アンド・トレード法案の影響[前編]

<http://premium.nikkeibp.co.jp/em/column/yamaguchi/23/index.shtml>

### MIT が経済分析 法案の行方決める「国益」

2008 年 3 月 17 日(月)公開

#### 議会提出法案を経済分析する米国

これまで 2 度にわたり、米国議会に提出中のキャップ・アンド・トレード法案を取り上げてきた。このうち、「ブッシュ後にらむ米国」では、掲載した昨夏時点で、米国議会に提出されていた 10 法案全体を対象に概要を説明し、さらに、マケイン・リーバーマン法案とビンガマン・スペクター法案の両法案について、やや詳細に解説した。その後、法案全体に関して筆者なりの分析を行い、最後にマケイン・リーバーマン法案についてのエネルギー省(および環境保護局)の経済分析を紹介した。また、「米国の行方占うリーバーマン・ウォーナー法案」では、従来の案を統合し、より実現可能性を高めるかたちで昨年 10 月に提案されたリーバーマン・ウォーナー法案について詳細な紹介と分析を行った。

今回は、2007 年 4 月時点で議会に提出、あるいは提出予定だった 7 つのキャップ・アンド・トレード法案を対象にしたマサチューセッツ工科大学(MIT)の経済分析の内容を紹介しつつ、筆者なりのコメントを加えることとする。

この「MIT 経済分析」は、提出時期の関係で最右翼とされるリーバーマン・ウォーナー法案は対象となっていない。だが、原案段階のビンガマン・スペクター法案までを対象としたうえで、それらを統合した三つの基準ケース(core case)を想定している。カバー範囲も温室効果ガス(GHG)排出予想、排出権価格、社会厚生への影響、エネルギー市場への影響、他国との交易条件の変化などを論じ、続けて、カバー範囲縮小の影響、国際排出権取引の影響などの「感度分析(sensitivity analysis)」を行っている。

さらに、バイオ燃料問題を農業生産への影響と絡めて論じ、最後に 2050 年削減目標の達成後、その排出量をそのまま 2100 年まで続けることで長期の GHG 濃度および気温をどの程度のレベルで安定化できるかを試算した。そのための条件として途上国を含む世界レベルでの協調を挙げている。議会で審議中の法案は、仮に法律になるにしても法案の中味は原案とは相当異なる場合が多く、ことに温暖化法案のように影響の範囲が広ければ広いほど、賛同者を取り込むための妥協が繰り返されるのが常である。

とはいえ、それらはおおよそ MIT 経済分析の範囲に収まるものと考えられる。この意味で、この分析内容を承知しておくことは、米国のキャップ・アンド・トレード法案の影響をあらかじめ押さえておくという意味で価値があると考えられる。

もう一点、日本では法案審議に際し、その経済への影響、代替案との比較などの検討がまったく欠如している。これは、政策判断の基準である環境効果、経済効率、衡平性、実現可能性のうち、最初と最後の基準だけで政策実施の可否を考えるようなものである。温暖化対策のように、経済に与える影響が大きい場合には、政策の履行の妨げになる原因となる。換言すれば、「いくらコストがかかっても」という政策は成功しないのである。こうした点から、米国で法案についてどのような検討がなされているのかを日本の読者が知り、これを日本の状況と対比させることはそれなりの意味があると思う。

なお、MIT 経済分析ではモデルの前提や限界に細かく触れ（例えば、経済構造の硬直性の有無、前提とする生産性の伸びや新技術のコスト、その他の要素により計算結果は大きく異なる可能性がある）、分析結果の詳細な数値よりも全体としての方向性が重要であるとしていることを指摘しておく。また、モデルの詳細については原文を参照願う。

## 法案を基に三つの基準ケースを設定

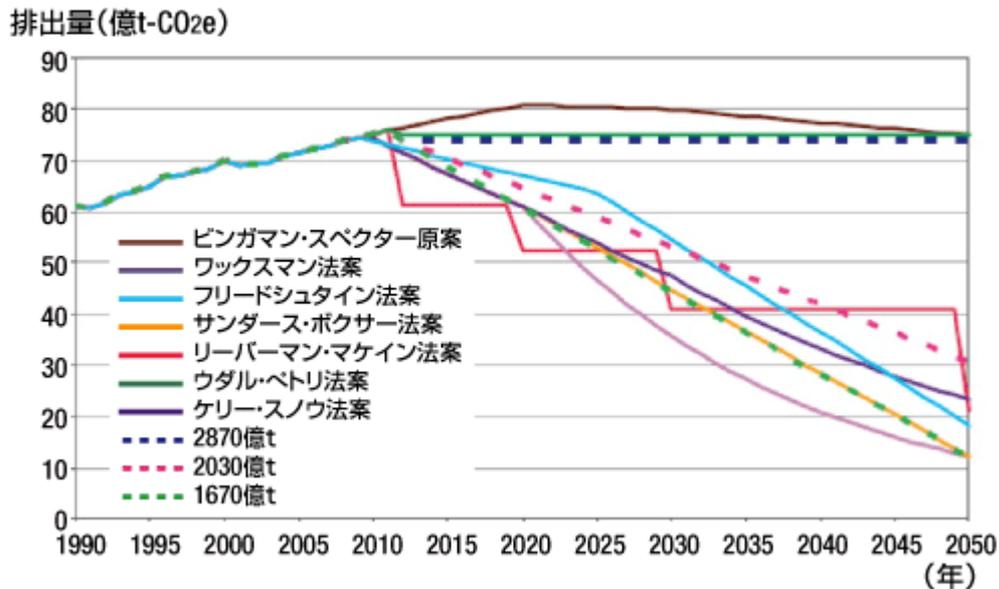
分析当時の法案を基に、これを三つの類型に分け、それぞれについて基準となる排出シナリオを作成した（いずれも対象は米国の排出量）。

- (1)は 2050 年に 2012 年と同レベルの排出量とするケース
- (2)は 2050 年に 1990 年対比 50%削減ケース
- (3)は同 80%削減ケース

この場合の累計排出量は、(1)が CO<sub>2</sub> 換算で 2870 億 t、(2)が 2030 億 t、(3)は 1670 億 t である。この三つの基準ケースと法案（およびその原案）との対比は、下の図の通りである。

### ■基準排出シナリオが示す CO<sub>2</sub> 削減の可能性

### 三つの基準シナリオと提出(提出見込み)法案の対比



マサチューセッツ工科大学は提出された法案を基に三つのシナリオを作成し、実現の可能性に言及している。法案は成立までに紆余曲折があるが、中身は分析範囲内にとどまる(出典:『MIT 経済分析』10 ページ。なおリーバーマン・マケイン法案は対象分野のみ)

図から「基準排出シナリオ」が、実際の法案を代表していると見て差し支えないことがわかる。なお、2007年7月(つまりMIT 経済分析終了後)に最終的に議会に提出されたビンガマン・スペクター一法案では、削減目標は当面2030年まで(目標は1990年レベル)で、それ以後は、米国の五大貿易相手国が同等の削減努力をしていると大統領が認定しなければそれで打ち止め、認定した場合に限り、2006年対比60%削減を目指すとされている。これは、1990年対比では約54%削減に当たり、現時点では、基準シナリオ(2)に相当する点に注意が必要である。また、最新の提案であるリーバーマン・ウォーナー法案は、1990年対比63%削減目標を掲げている。

こうしたことから、MIT 経済分析のうち主として(2)と(3)の基準ケースを対象に論じることとする。なお、提出法案のうち累計排出量が最も(2)に近いのが、リーバーマン・マケイン法案(2160億t)、(3)に近いのがサンダース・ボクサー法案(1670億t)である。

また、基準ケースでは以下の点を前提にしている。

- キャップ(排出上限)は土地利用変化に伴うCO<sub>2</sub>排出を除き、経済全体にかかるとともに原子力発電の増設はなく、他国からのクレジット購入もないとの仮定に基づく
- 初期配分は無償配分とする
- バンキング(早期に目標以上の削減を行い、削減超過分を貯蓄しておいてそれを将来の排出に充当すること)を許容する

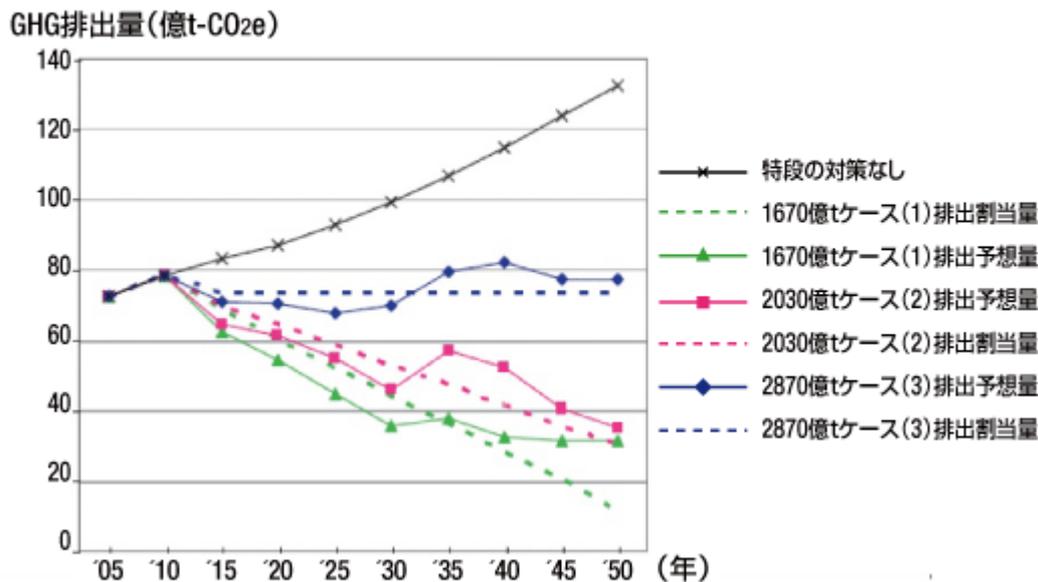
- EU(欧州連合)、日本など米国以外の先進国(ロシアを除く)は、2050年には1990年対比50%削減し、それ以外のロシアを含む途上国は2025年に対策を開始して2034年までに2015年水準を維持、2035年にさらに対策を強化して、同年から2050年までの間は2000年水準に戻してそのまま安定化させる
- 米国以外の国や地域の間では排出権取引はないが、それぞれの国・地域(EUを含む)では、排出権取引を実施している

## 基準ケースの排出経路、排出権価格、社会厚生損失分析

仮定した三つの基準ケースの下での排出経路、排出権価格、社会厚生損失のうち、排出経路は下の図の通りである。

### ■2035年までは割当量を下回る予想排出量

#### 排出割当量と実際排出量の相違



MIT 経済分析は2035年を転機と仮定する。途上国が積極的に温暖化対策に取り組み、原油価格が下落すると予測するからだ(出典:『MIT 経済分析』16ページ)

図が示すように予想排出量は、初期には割当量を下回り、後半は逆転する。例えばケース(2)、つまり2030億tケースでは、2050年の割当量は50%削減であるが排出予想量は40%強の削減であり、ケース(3)は80%削減の割当量に対し、実際の排出見込みは50%削減である。2035年に実排出予測量が上昇するが、これは、すでに述べた通り、途上国が2035年に対策を強化して一挙に2000年水準の排出に戻すことを仮定しており、この結果、化石燃料のうち特に原油への需要急減により価格が下落する。

米国はバンキング条項を利用して、初期の段階で可能な限り割当量以上に削減し、原油価格下落の時期に、原油使用量を増加させる(これにより、CO<sub>2</sub> 排出量は増加するがこれまでの貯金で賄う)という行動を仮定している。これ以外にも、将来の割当量縮小とそれによる排出権価格上昇を見込んで、早めに削減するインセンティブは当然働くものと思う。

次に排出権価格はどうか。ケース(2)では 2015 年に、CO<sub>2</sub> 換算で 1t 当たり 41 ドルであるが、これが実質利子率(4%と仮定)と同率で上昇し、2050 年には 161 ドルと予想される。同様にケース(3)では、同じく 53 ドルから 210 ドルに上昇すると試算されている。

対策の経済コストの中心である厚生損失(Change in Welfare、物価上昇に伴う消費の減少からレジャー時間の増加のプラスを差し引いた分)は、ケース(2)では 2015 年の 0.04%から 2050 年には 1.45%に、ケース(3)では同じく 0.07%から 1.79%へと、それぞれ増加すると見込まれる。ここで興味深いのは、2035 年の動きである。ここでは、途上国の対策強化による原油価格下落効果(交易条件の変化)で厚生損失がプラスに働くなどして(ケース 2)、減少割合が低くなっている(ケース 3)。

つまり途上国(あるいは米国以外の国)の政策と米国の政策の相対的強弱が、エネルギー価格の変化など交易条件の変化を通して米国経済への影響度合いを変えるのである。この点については、追って感度分析で扱っている。

## 温暖化対策が与えるエネルギー市場への影響

温暖化対策が進むにつれて、化石燃料と電力価格に大きな影響を及ぼすようになる。原油価格は需要減により相対的に下降し、ガソリンなど石油製品の価格上昇率も低下する。ケース(3)に、この傾向が顕著に表れるが、ほかの場合も、ほぼ同様の動きである。2035 年に価格が下落するが、この理由は既述の通り、途上国の対策強化である。

米国の天然ガス価格は、はじめの 10 年程度は政策を導入しない「参照ケース」の場合と比べて特段の変化は見られない。しかし、2030 年~2040 年にかけて参照ケースを上回り、その後、これを下回る。この動きは三つの基準ケース共に共通である。この理由は、政策導入により発電部門の燃料が、石炭から天然ガスにシフトするので天然ガス価格が上昇するが、排出権価格が一定限度以上に上昇すると「炭素隔離・貯留(以下 CCS)」付きの石炭火力発電が競争力を持ち、ガスに対する需要の減少が予想されるからである。また、暖房用のガスについても排出権価格が高騰する結果、電気への移行が見込まれる。こうした動きは、ケース(3)において最も顕著である。

石炭価格は、参照ケース対比で下落を続けるが、2030 年ごろの CCS 導入で下げ止まる。電力価格(電力については排出権価格を含む)は、政策導入で上昇するが、2040 年ごろまでには上げ

止まり、あるいは下降に転じる。この時期には、CCSを含め脱炭素発電となっているからである。上記の結果、一次エネルギー使用量は、参照ケースに比べてケース(2)で19%、ケース(3)で24%の減となる。

もう一点注目すべきは、バイオ燃料によるガソリン代替の進展である。ガソリンは、参照ケースでは2050年に87%の増加が見込まれるが、ケース(2)の場合には逆に32%の減、ケース(3)では40%の減となる。米国(およびその他先進国)の政策強化の結果、CO<sub>2</sub>を排出しないバイオ燃料は増加するが、2030年の途上国の政策強化により原油価格の下落とバイオ燃料の高騰が起これ、いったんは比率を下げる。しかし、その後は世界規模での政策強化により、再び増加に転じると見込まれる。なお、MITモデルでは、バイオ燃料はガソリン代替燃料と仮定しているが、電気自動車などの技術が進めば、バイオ燃料への需要を電気が代替することになる点に注意が必要である。

## 他国の温暖化政策で変わる米国の交易条件

ここまで、MITモデルでは、米国以外の先進国と途上国の政策の導入時期と程度を固定し、そうした国と米国の間での排出権取引はないものとして検討してきた(基準ケース)。その場合でも、前述したように他国の政策は、交易条件の変化を通して米国に影響を与える。

これを具体的に見よう。「米国とその他先進国のみが対策をとった場合(ケースA)」および「米国のみが対策を導入した場合(ケースB)」の二つのケースを基に考える。シミュレーション結果は、米国のCO<sub>2</sub>価格は基準ケースが最も高く、ケースA、ケースBになるほど低下する。この理由は次の二点である。第一は、他国の政策は原油価格の下落に繋がり、この価格でさらにCO<sub>2</sub>を削減するには排出権価格がより高くなる必要があること、第二は、他国の厳しい政策(基準ケース)でバイオ燃料価格が上昇し、この結果、米国で必要削減量を確保するためには高い排出権が必要であることである。

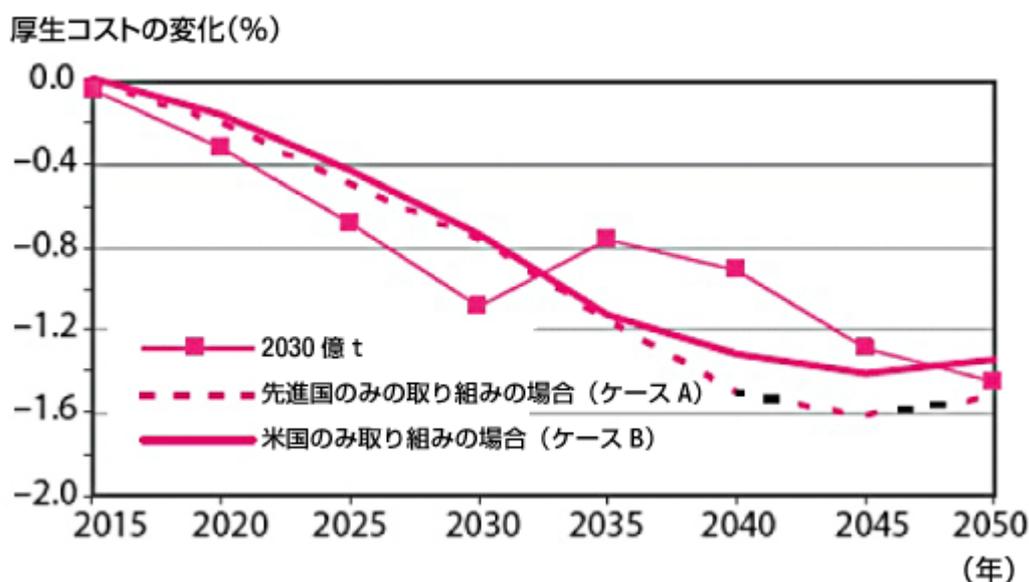
厚生損失への影響はどうか。単純に考えればCO<sub>2</sub>価格が安いほど削減費用は安く、厚生損失が低くなり、CO<sub>2</sub>価格が高いほど削減費用は高く、厚生損失も高い。

2050年50%削減の基準ケース(2)で見よう。前述した「ケースA」および「ケースB」のいずれの場合も、基準ケースに比べて米国以外での削減量が少ないので原油価格が高く、それを反映してCO<sub>2</sub>価格が安く、政策の直接コスト(厚生コスト)も基準ケースより低い。基準ケースでは、2035年に途上国で政策強化が図られ、原油価格が低下するが、米国は原油輸入国であるので交易条件が改善し、米国にプラスとなる。

また、海外でバイオ燃料への需要が増加し、土地利用変化を通して農産物の価格が上昇する。米国は農産物の輸出国であるので、この点も米国にとってプラスとなる。その結果、削減の直接コストは増加するものの交易条件の変化が米国に有利に働くので、厚生損失は低下する。途上国での削減強化がなければ、原油価格下落や農産物価格上昇による交易条件の改善が期待できないので、厚生損失は増加を続ける。ただし、基準ケースでも 2050 年には、直接コストの増大が交易条件改善と相殺し、ケース A、ケース B ともにほぼ同水準となる。

## ■CO<sub>2</sub> 価格が左右する削減コストと厚生損失

### 2030億tケースにおける他国の政策の厚生コストへの影響



原油輸入国である米国は、原油価格の影響を大きく受ける。もちろん温暖化対策も例外ではないが、それを左右するのは途上国の取り組みだ(出典:『MIT 経済分析』26 頁)

以上ここまで、MIT 経済分析の内容について紹介してきた。次回は、さらに内容について紹介を進めながら、MIT 経済分析への筆者の評価について述べたい。

## キャップ・アンド・トレード法案の影響 [中編]

<http://premium.nikkeibp.co.jp/em/column/yamaguchi/24/index.shtml>

### MIT の経済分析で 主要政策の優劣が明確に

2008 年 3 月 31 日(月)公開

### 外部条件の変化による効果の違いを可視化

マサチューセッツ工科大学(MIT)は、2007年4月時点で米国議会に提出、あるいは提出予定の7つのキャップ・アンド・トレード法案について経済分析を行っている。前編では公表されている内容を紹介しつつ、筆者なりのコメントを加えたが、今回も同様に解説を加えながら紹介したい。

MITの経済分析のなかには、各種条件を変化させたときの効果を検証したものもあり、6つのケースの検討を行っている。

1. バンキング(早期に目標以上の削減を行い、削減超過分を貯蓄しておいて、それを将来の排出に充当すること)なしの場合
2. キャップ・アンド・トレードの対象範囲が狭い場合
3. 原子力発電を増設する場合
4. オークション収入をリサイクルした場合
5. 排出権価格の上限値(安全弁)設定の効果
6. 米国とそれ以外との排出権取引をリンクさせた場合

本稿では、このうち(2)のキャップ・アンド・トレードの対象範囲が狭い場合、(3)の原子力発電の増設の場合、(6)の米国とそれ以外との排出権取引をリンクさせた場合の三つのケースを中心に取り上げる。

なお、(1)のバンキングであるが、前編で紹介した通り、基準ケースではこれを認めている。これを認めなかった場合には、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)価格は初期段階では基準ケースより安いですが、後半には驚くほど値上がりする。厚生損失(Change in Welfare: 物価上昇に伴う消費の減少からレジャー時間の増加のプラスを差し引いた分)も、最初の25年ほどは基準ケースより低いですが、その後、大幅に悪化する点を付記しておく。温暖化への影響という面では累計排出量が重要なので、バンキングの効果が極めて大きいとすることができる。

## 経済分析で明らかになった原子力発電の優位性

まず、(2)のキャップ・アンド・トレードの対象範囲を縮小した場合について考えてみる。

米議会に提出された法案は、「経済全体を対象とする」としながら、実際には、ほとんどの場合、小規模企業や家庭、農業などを対象範囲から除いている。現時点で最も成立の可能性が高いと考えられているリーバーマン・ウォーナー法案も、キャップ・アンド・トレードの対象範囲は米国全体の温室効果ガス(GHG)排出量の8割程度である。

MITモデルでは、農業、家庭(ガスおよび暖房用石油)、サービス分野を除外したシミュレーションを実施した。この場合、カバー範囲は77%となるが、モデル上では対象分野の方が排出量の伸びが大きいので、この割合は2050年に83%まで高まる。この場合、排出権価格は基準ケースに

比べ低下する。対象部門の伸びの方が高いという面では、排出権価格は相対的に高くなるが、低炭素技術の選択肢が豊富にある電力部門が対象になっていること、農業分野以外での CO<sub>2</sub> 以外の GHG 削減費用が安いことが相殺効果として働き、全体としては排出権価格の低下となって現れる。厚生損失についても基準ケースより低くなるが、対象範囲が狭いことに加え、CO<sub>2</sub> 価格も低いからである。これは、別の観点から見れば、環境効果の低下である。つまり、基準ケースに比べて排出量は増加する。

次に、(3)の原子力発電が増設される場合はどうか。基準ケースでは、「原子力発電の増設はなし」とした。しかし、CCS(炭素隔離・貯留)のような技術の開発が遅れたり、コスト高だったりすると、改めて原子力への関心が高まる。安全性などの経済的要因以外の制限を外すと、2020年以降は原子力発電が増大を続け、50%削減ケースでは、2050年に現在の発電量の6.6倍にあたる19.9EJ(EJ:エクサジュール=10<sup>18</sup>ジュール)、80%削減ケースでは6.8倍の20.5EJに達する。この場合、GHG排出量、排出権価格および厚生損失は基準ケースとほぼ同じである。

原子力とCCSは一種のトレードオフの関係にある。「原子力発電の増設はなし」とした場合には、CCSが2020年以降、増大を続ける。しかし、原子力への制約が外れ、経済性の面でCCSと競合するようになると、2040年以降、CCSは原子力に敗退していく。排出権価格が大幅に上昇すると、原子力の方が競争力を持つようになるからである。どちらの場合でも、CCSなしの石炭火力発電は消える運命にある。

前述した原子力発電の伸びをわかりやすく言えば、現在、米国内に約100基ある原子力発電所を、あと500基程度新設するのに等しい。もし、原子力に制約がかかれば、この分をCCSで代替しなければならない。これを見ただけでも、米国の排出量を2050年までに(2012年から)半減することの意味が理解できよう。

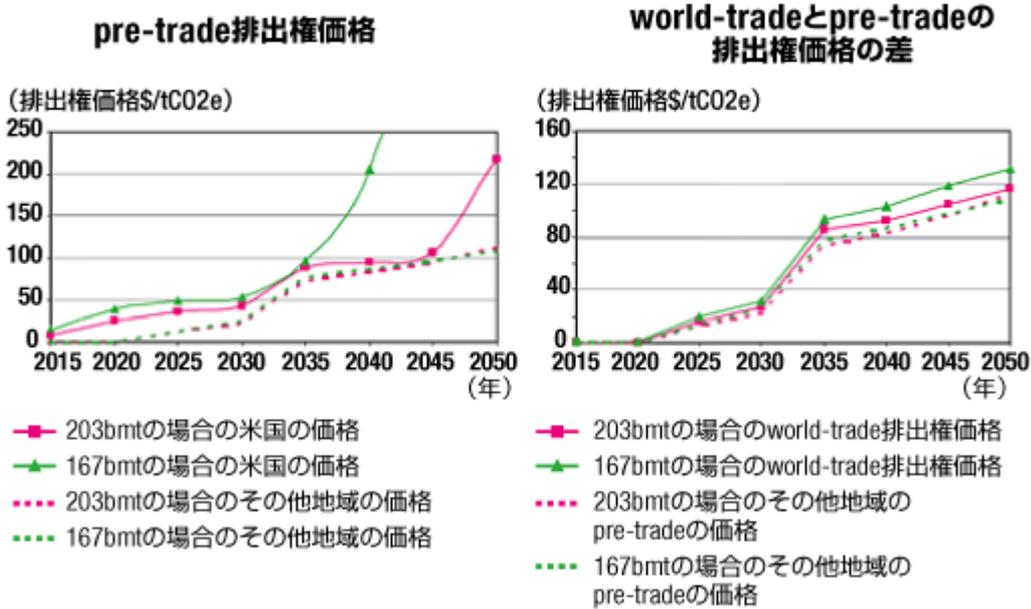
ここで興味深いのは、これに伴って投資がCCSに集中し、他の分野の投資が不足することによる厚生損失を指摘している点である。こうした点は、温暖化対策に際して常に考慮せねばならない要素である。

## 排出権取引導入で米国が利益を得るための条件

次に(6)の、米国とそれ以外との排出権取引をリンクさせた場合であるが、基準ケースでは、各国・地域の間での排出権取引はないものとしていた。以下の図では米国以外の国・地域間での排出権取引のシナリオを想定し(pre-trade)、これに米国が加わった場合(world-trade)との対比で、国際排出権取引の効果を検討している。

■国際排出権取引参加によって、米国は厚生損失を防げるのか？

国際排出権取引実施と排出権価格



国際排出権取引を導入しても、米国に利益はほとんどもたらされない。利益を得るとしたら、米国および他の先進国が同等の厳しい削減目標義務を負う場合だけである(出典:『MIT 経済分析』39 ページ)

左の図は、国際排出権取引実施前の米国と、それ以外の国の排出権価格の相違を表したものである。例えば、50%削減を目指す 203bmt ケースでは、初期は米国の排出権の方が高いが、それほど差はない。決定的な差が生じるのは 2045 年以降である。これに対して 80%削減の 167bmt ケースでは、2035 年以降、米国の相場が大幅に高くなっている。両者とも、米国は排出権の購入者となるが、その程度は後者の方が強い。

次に右の図であるが、米国が国際排出権取引に参加したあとの排出権価格と、それ以前の米国以外の国の排出権価格との違いを表している(左図の「203<167>bmt の場合のその他地域の価格」と右図の「203<167>bmt の場合のその他地域の pre-trade の価格」は同じものであり、目盛りが違っている点に注意)。米国の参加による値上がり幅は、203bmt ケースに比べ 167bmt ケースが格段に大きい。

この結果、米国の厚生損失にどのように影響を与えるだろうか。167bmt ケースの場合には、国際排出権取引は明らかに米国により結果をもたらす。例えば、厚生損失は 2020 年には 0.20% から 0.02%へ、2050 年では 4.86%から 2.81%に減少する。これに対して 203bmt ケースでは、2035 年ごろまではわずかながら厚生損失が減少するが、2040 年ではほぼゼロとなり、以降は損失が増大する。

もともと、このケースでは上述の通り、取引引きによる利得はそれほど大きくなかったが(右の図)、交易条件の悪化がこれを打ち消したものである。具体的には、米国が排出権を購入することで他国での削減を強いることになる。主たる削減の手段は、バイオ燃料への切り替えであり(これは MIT 経済分析の仮定である)、この結果、バイオ燃料の価格が上昇する。他方、バイオ燃料の輸入国である米国は、交易条件悪化(輸入増加)により、取引引きによる厚生損失の減少が相殺されるということである。

もう少し一般化すると、米国では国際排出権取引により GHG 削減コストが下がると考える場合が多いが、これは、米国のみが厳しい削減対策を実施し、他国はそうでないために彼我の CO<sub>2</sub> 価格に大きな差がある場合の話である。米国以外の先進国が同様の対策を導入していれば、この前提が崩れる。途上国については CDM(クリーン開発メカニズム)クレジットの取引引きがあるが、量が少ないため他の先進国との競争になる。これでは、取引引きにより米国のコストがそれほど下がることはない。

したがって、国際排出権取引導入で米国が利得を得るには、米国および他の先進国がかなり厳しい目標を負う場合のみであり、もし米国以外の国とほぼ同等の努力(CO<sub>2</sub> 価格の幅が上下 50% 程度)に止まるのであれば、利得の機会は少なく、むしろ厚生損失の可能性もある点に留意すべきである、としている。この前提として、さらなる削減の主流はガソリン代替としてのバイオ燃料としており、果たしてこれが、世界規模で妥当な仮定かどうかは検証の必要がある。とはいえ、一般論として注目に値する分析結果である。

なお、バイオ燃料を増やそうとすれば、これにより土地利用が従来の農業や林業からバイオ燃料用に変化する。その結果、土地利用変化に伴う土壌や植生からの GHG 排出量の増加がバイオ燃料による排出減を大幅に削減してしまうリスクを指摘し、土地利用に伴う排出をキャップ・アンド・トレードの対象にすべきだと主張している。

米議会に提出されているキャップ・アンド・トレード法案のほとんどは、農業に関連する排出を対象外としている。これには実務上も含めたさまざまな理由があると思うが、こうしたなかで MIT 経済分析の主張は傾聴に値する。法案を経済分析にかけることがいかに有意義かが、このことからでもわかるのではないだろうか。

## 米キャップ・アンド・トレード法案の影響[後編]

<http://premium.nikkeibp.co.jp/em/column/yamaguchi/25/index.shtml>

**データに裏付けられた緻密な分析を日本の政策決定にも導入すべき**

## 2100年における温室効果ガス濃度分析

これまで、2回にわたりマサチューセッツ工科大学(MIT)の経済分析を取り上げてきた。この「MIT 経済分析」とは、2007年4月時点で議会に提出、あるいは提出予定だった7つのキャップ・アンド・トレード法案を対象としたもので、温室効果ガス(GHG)の排出予想はもとより、排出権価格や社会厚生への影響にまで踏み込んだ内容となっている。今回は、「キャップ・アンド・トレードの対象範囲が狭い場合」や「原子力発電を増設する場合」など、各種条件が変化した場合の効果について、筆者なりのコメントを添えて紹介してきたが、今回も同様の方法で解説したい。

ここで分析した米国の法案はすべて、2050年までのGHG排出削減を対象としている。しかし、すでに過去のGHG排出で温暖化は不可避である。GHG濃度の長期安定化、あるいは「2℃目標」などを掲げるのであれば、最低でも100年間の時間軸で考える必要がある。こうした観点から、分析の対象を2100年までに拡張する。

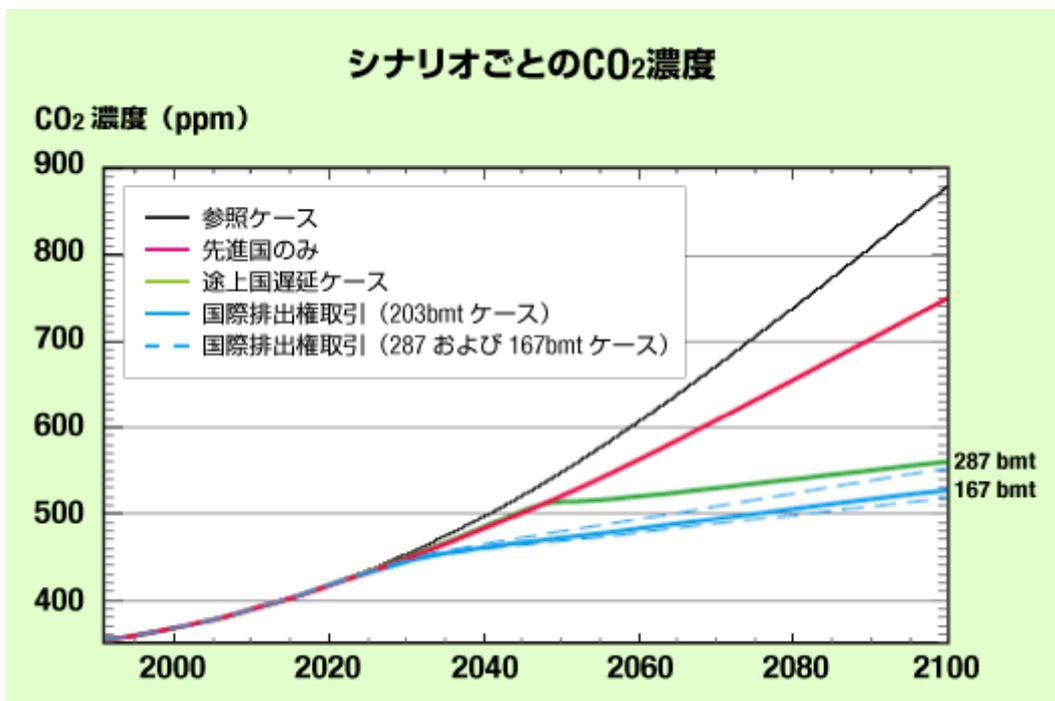
対象とするシナリオは6種類となる。

1. 参照シナリオ(特段の対策をとらない場合)
2. 2050年までの累計排出量が167bmtかつ国際排出権取引実施のケース
3. 同203bmtのケース
4. 同287bmtのケース
5. 途上国の対策が2050年まで実施されず、その時点で途上国の排出量が2000年レベルとなってそのまま2100年まで進行するケース
6. 途上国が2100年まで何の対策もとらないケース

(【2】～【4】の3種のシナリオでは、米国以外の先進国は2050年に50%削減、途上国は2035年以降2000年水準となり、米国を含むすべての国の2050年の排出量がそのまま2100年まで継続すると仮定している。また、途上国が2100年まで何の対策もとらないケース【5】、【6】の2種類のシナリオでは、米国を除く先進国の排出シナリオは2050年に1990年対比半減で変わらないが、米国の政策は203bmtに固定されたと仮定している)

こうした仮定のもとで、CO<sub>2</sub>濃度と気温に焦点を当てる。まず濃度はどうなるか。

### ■GHG濃度の安定化には100年単位の考察が必要



これまでの GHG 排出で地球の温暖化は不可避だが、GHG 濃度安定化には 100 年単位の考察と対策が必要になる(出典:『MIT 経済分析』47 ページ)

図の参照ケースでは、2100 年の濃度は 880ppm を超えてしまうこと、先進国のみの場合にも濃度が大幅に上昇してしまうこと(途上国参加の重要性)、たとえ時期が遅延したとしても途上国が参加すれば 2100 年の濃度は 560ppm 程度であること、450ppm は厳しすぎる目標であることがわかる。米国が 80%削減する 167bmt ケースでさえも 500ppmCO<sub>2</sub> を超えてしまうからだ。

## 達成困難な 450ppmCO<sub>2</sub> 安定化

これを別の角度から見よう。途上国も含め全世界がキャップ(排出上限)を受け入れて参加する理想的なキャップ・アンド・トレードが 2015 年に始まり、450ppmCO<sub>2</sub>(CO<sub>2</sub>e では CO<sub>2</sub> 以外の GHG の CO<sub>2</sub> 換算値を加えるので 523ppm となる)での安定化を達成するパスをモデルで描くと、世界全体での 2050 年(2100 年)の累計排出量は 1145(2168)bmtCO<sub>2</sub>e、そのなかでの米国の累計排出量は 229(399)bmtCO<sub>2</sub>e となる。

これに対して、米国が 203bmt シナリオ(基準ケース【2】に国際排出権取引が追加されたシナリオ)の場合の米国の 2050 年(2100 年)の排出量は 203(363)bmtCO<sub>2</sub>e と、450ppmCO<sub>2</sub> 安定化シナリオの下での排出量よりも少ない。これを表にすると次の通りである。したがって、米国にとっては 450ppmCO<sub>2</sub> 安定化最適シナリオ(上段)のほうが有利である。

■米国には 450ppmCO<sub>2</sub> 安定化シナリオが有利

世界と米国の累計排出目標				
	世界累計排出量 (bmtCO <sub>2</sub> e)		米国累計排出量 (bmtCO <sub>2</sub> e)	
	2012-2050	2012-2100	2012-2050	2012-2100
450CO <sub>2</sub> ( 523CO <sub>2</sub> e) 安定化(最適)	1145	2168	229	399
203bmt ケース(国際排出権取引あり)	1494	2834	203	363

米国にとっては 450ppmCO<sub>2</sub> 安定化シナリオが有利であるが、2012 年から途上国もキャップを受け入れることを前提としているため実現は困難と思われる

これをどう解釈するかであるが、筆者は世界の現状から見て、450ppmCO<sub>2</sub> 安定化最適シナリオは非現実的と思う。基準ケースであれば、2025 年に 2015 年レベルに向けた対策を実施し、2035 年以降は 2000 年水準で排出量を安定化させるという前提で、ある程度現実味をもっている。しかし、このシナリオでは、2012 年に途上国も含めてすべての国がキャップ(排出絶対量上限値)を被ることを前提にしており、中国やインドなど発展途上の国がこれをただちに受け入れる可能性はほとんどないからである。仮にこの推測が当たっているとすると、前ページの図から濃度 450ppmCO<sub>2</sub> 安定化は極めて厳しいと考えるのが妥当だと思う。

次に気温はどうか。主要な三つのモデルにより予測したところでは、参照ケースの場合の 2100 年の気温上昇は 3.5~4.5°Cの間、167bmt から 287bmt の三つの基準ケースおよび途上国参加遅延(2050 年に参加)シナリオでは 1.7~2.4°Cの間である。しかし、これは、2000 年からの上昇幅で、産業革命以後、気温はすでに 0.8°C近く上昇していることを考えると、ここを起点にすると 2.5~3.2°C程度の上昇となり、EU の「2°C目標」をオーバーしてしまうとしている。MIT の分析は、EU の 2°C目標(この場合の濃度は最低だと 350ppmCO<sub>2</sub>である)を実現性がないとして退けているのである。逆に、まったく対策をとらない、あるいは途上国の本格的参加が得られない場合には、今後 100 年間の気温上昇は、かなりのものと覚悟しなければならない。

## 評価に値する MIT 経済分析

以上が MIT 経済分析の概略である。これに対する筆者の評価は次の通りである。

この分析当時、米国議会に提出されていた(あるいは原案ができていた)法案7つを三つの基準ケース(米国の排出量を 2050 年に 1990 年対比 80%削減、同 50%削減、同 2008 年水準維持)に代表させるかたちで進めている。2008 年初頭の時点で法案の数は 11 に増えているが、いずれもこの三つの類型に、ほぼあてはまる。分析の複雑さを避け、問題の本質を明らかにする意味で、

この手法は成功している。また、基準ケースに対し、カバー範囲縮小、原子力発電設備の増設、国際排出権取引実施などで感度分析(Sensitivity Analysis)を行っている点も、分析の信頼性を増すものである。

米国の三つの基準ケースに対応する他国への取り組みとして、米国以外の先進国が2050年に半減、途上国は2025年から削減対策を開始し、2035年には2000年レベルにするとの仮定もある程度、現実味がある。これに関連して、「途上国の排出削減なしの温暖化対策は意味がない」という点を具体的に濃度や気温上昇で示したことも、この分析を価値のあるものとしている。

この分析は、各ケースについて排出経路、排出権価格(CO<sub>2</sub>e 価格)、社会厚生損失、エネルギー市場・構成への影響などについて詳細に分析しているが、いわゆる費用便益分析(CBA: Cost-Benefit Analysis)は実施していない。その理由は、米国の温暖化対策により回避できる環境損害が他国の政策にも左右されるので、米国だけのCBAは意味がないからである。

この分析の特徴の一つは、交易条件の変化を含めた総合的な影響を示したことである。例えば、途上国の政策強化は原油価格の低下を招き、原油輸入国の米国にはプラスとなる。他方、バイオマス燃料への需要増によりバイオマス燃料価格が上昇する。米国では、バイオマス燃料を自給するために膨大な農地や森林を犠牲にすることはできないので、バイオマス燃料を輸入する立場であるが、この場合には交易条件が悪化する。他方、バイオマス燃料増産は世界規模での農産物の品不足を招く。これは農産物輸出国である米国の交易条件にプラスに働く。このように温暖化対策の直接影響を超えた分析になっている。

ほぼ同様のことが、国際排出権取引についても言える。一般的に国際排出権取引の主張は、それにより自国の削減費用が低下することを前提にしているが、仮にそうした場合であっても、その利得の幅が小さい場合には、交易条件の悪化により総合的には社会厚生損失がマイナスになることもあり得ることを指摘し、安易な排出権導入論に警鐘を鳴らしている。

こうしたなかで最大の特徴は、先進国と途上国の削減開始時期と程度に現実的な仮定を置くことで、EUの主張する「2°C目標」が事実上困難である点を論証したことであろう。削減目標の設定や削減コストの試算に際し、あまりに理想的状況を基にこれを行うことの危険性を立証したという点で、この分析は高く評価されてしかるべきである。

## 日本の政策決定に不足する緻密な分析・評価

他方、気になる点もいくつかある。その最大のもののはバイオマス燃料に関する記述である。例えば、途上国での政策強化あるいは排出権取引で、相手国からの排出権購入により相手国で一層の削減を強制する場合、さらなる削減の技術として必ずバイオマス燃料が登場し、それを基に交

易条件の変化を論じている。バイオマス燃料は確立した技術という観点から、追加削減の第一候補として挙げられているが、ガソリン使用量が圧倒的に多い米国でこそ、ガソリンからバイオマス燃料への転換はある程度の成果が上がるかも知れないが、米国以外では削減の候補はもっと別のところにあるのではないか。

例えば、財団法人地球環境産業技術研究機構(RITE)のシステム研究グループ秋元圭吾リーダーの試算によると、地球規模で2050年半減の場合、最大の排出削減は発電分野であり、次いで製造業、運輸の順である。本分析では、米国での削減を対象としているため、原子力とCCS(炭素隔離・貯留)がトレードオフの関係として描かれているが、世界で見るとこの両方が必要である。もし、こうした前提に立つと、バイオマス燃料の高騰とその貿易を前提とした交易条件の変化の分析の妥当性について、若干の疑問が生ずるのを禁じ得ない。少なくとも日本を中心に分析をする際には、こうした点を十分に検討する必要がある。

最後に、米国で乱立気味である各種キャップ・アンド・トレード法案に関し、これだけの分析を、MITを中心としたグループで行った点に関し深い敬意を表したいと思う。

翻って日本の政策決定過程を見ると、このような総合的分析はおろか、政策のコスト分析さえ行われず、この点について政府はもとより議会、各種審議会、NGO(非政府組織)、マスコミなど、どこからも疑問の声が上がらない。学界でも経済学者のごく一部しか、こうした問題提起をしていない。今後、この種の分析の必要性に対する理解が深まり、いろいろな角度からの分析結果を比較検討しながら政策決定が進む方向に、一刻も早く方向転換する必要がある(この点については、本年3月の総合資源エネルギー調査会需給部会の「長期エネルギー需給見通し」の公表に際し、参考値ではあるがイニシャルコストとして52兆円という数値が示されたのは注目すべき動きである)。

まして、7月に控えた洞爺湖サミット(主要国首脳会議)に向けて日本が世界に発信していく際に、ぜひこのような研究・分析に裏打ちされた説得力ある提案が求められていることを強調して本稿を閉じる。