

The 3 Pillar Approach

～地球温暖化将来枠組みの構築～

慶應義塾大学経済学部
山口光恒研究会
ポスト京都班

有野 洋輔

佐々木知也

代田 修三

宮里麻衣子

宮本 大輔

吉田 一星

はじめに

第1章 将来枠組みにおける目標設定

1.1 長期目標について

- 1.1.1 長期目標の必要性とその在り方
- 1.1.2 将来枠組みにおける具体的長期目標について

1.2 550ppm 安定化シナリオと将来枠組みにおける留意点

- 1.2.1 550ppm 安定化シナリオ
- 1.2.2 シナリオからの示唆

第2章 途上国参加の実現を目指して

2.1 衡平性の観点から

- 2.1.1 衡平性とは
- 2.1.2 衡平性の5要素
- 2.1.3 衡平性を満たす提案

2.2 Multi-stage approach の説明

- 2.2.1 Multi-stage approach の概要
- 2.2.2 各ステージの内容
- 2.2.3 ステージ間の移行について (CR-index)
- 2.2.4 den Elzen による試算

第3章 削減費用の最小化を目指して

3.1 排出権取引の規模の拡大

- 3.1.1 排出権取引の経済学的意義
- 3.1.2 京都議定書における排出権取引
- 3.1.3 排出権取引の拡大による費用削減

3.2 革新的技術の開発・普及

- 3.2.1 革新的技術とは
- 3.2.2 革新的技術の開発・普及の留意点

第4章 将来枠組みの在り方

4.1 長期目標の設定

4.2 550ppm 達成のために必要な要素

- 4.2.1 途上国の実質的参加のために
- 4.2.2 GHG 排出削減費用最小化のために

4.3 3 Pillar Approach

4.4 さらなる論点

APPENDIX

参考文献

はじめに

地球温暖化問題の解決は、我々人類にとって21世紀における最重要課題の一つと言える。地球温暖化が確実に進行しており、それが人為的な大気中への温室効果ガス（以下GHG）の排出に起因することは、我々人類の共通の認識となりつつある。このままこの問題に対して何も対策を取らなければ、我々の社会、経済、そして我々が大きく依存している地球環境システムは大きな損害を被ることとなるだろう。そしてその代償を支払うのは将来世代である。GHG排出を削減し、その大気中の濃度を適切な水準で安定化させることによって、地球温暖化による被害を最小限に食い止めることが重要である。

地球温暖化はグローバルな環境問題であり、国際的な協力無くして解決はありえない。こうした認識の下、国際社会はこれまで様々な交渉を重ねてきた。その中でも、1992年に採択された国連気候変動枠組み条約（UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change）と1997年に調印された京都議定書（Kyoto Protocol、以下議定書）は最も重要な合意と言えるだろう。UNFCCCは、温暖化政策の究極の目標を「気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととしない水準において大気中のGHGの濃度を安定させる」と定義した。この目的のため、議定書は先進国と経済移行国から構成されるAnnex I国（APPENDIX 1 参照）に数量化されたGHGに関する抑制目標、または削減目標を課した。こうした合意が地球温暖化への関心を高め、科学的知見の蓄積と政策研究を加速させたということは評価されるべきであるが、これらが温暖化問題解決のための最初の一步に過ぎないということもまた認識しなければならない。

特に問題なのが、地球温暖化が長期的な問題なのにも関わらず、現行の議定書を中心とした枠組が長期的視点に欠けている点であり、例えば議定書は2008年から2012年にかけての5年間しかカバーしていない。また議定書は、アメリカと途上国が実質的に参加していないという意味で極めて不完全であり、その環境効果に関しては疑問符が付く。したがって、2013年以降に関して議定書とは異なった新たな枠組みの策定を進め、その際には長期的な目標を設定し、その達成に向けた筋道をはっきりと描く必要である。こうした認識の下、本稿では2013年以降の将来枠組に関して議論を深め、提案を行いたい。

まず第1章では、長期目標の必要性とそのあり方について検証し、550ppmにおけるGHGの濃度安定化を将来枠組における目標として提案する。この目標の達成には大規模なGHG削減を必要とする為、枠組みへの全世界的な参加と削減にかかる総費用の最小化の2点が重要となる。それぞれの論点につき、第2章と第3章において詳しく議論を進めていく。第2章では、議定書において実質的に削減義務を全く負っていない途上国の参加問題に焦点を当て、衡平性の観点からMulti-stage approachを提案する。そして第3章では、費用最小化の為に必要であると思われる国際排出権取引の拡大と革新的技術の開発・導入・普及に関して述べる。最後に第4章では、これまでの議論をまとめ、将来枠組の全体像を提案する。

第1章 将来枠組みにおける目標設定

本章では我々が提案する将来枠組みにおいて重要となる長期目標について、その必要性和どのような目標を設定すべきか、ということについて述べる。また設定した目標を達成するために、枠組み構築の際に考慮されるべき点について論じる。

1.1 長期目標について

1.1.1 長期目標の必要性とその在り方

気候変動は地球規模で生じる長期的な問題である。原因がCO₂を始めとするGHGの短期間の排出量ではなく、長期間で大気中に蓄積されたその濃度に起因するものであるためだ。短期におけるCO₂等のGHG排出量の増減はその濃度に大きな影響を与えない。長期間にわたって継続的にGHGの排出削減努力を行うことで初めて、将来濃度を安定化させることができるのである¹。したがって、地球温暖化についての将来枠組みを検討する際には大枠として長期的視点に立った目標を設定することが必要不可欠である。

京都議定書では第1約束期間である2008年から2012年の5年間に於いてGHG排出量を1990年比X%削減もしくは増加を許容、という形での短期的目標が課されている。例えば、先進国全体で-5.2%、各国別に日本-6%、米国-7%、ロシア±0%、EU-8%となっている。しかし、長期的な目標は示されていない。また、上述のように短期間の排出量の増減がGHG濃度に与える影響が少ないことを考慮すれば、京都議定書のような短期に排出量を規制する枠組みだけでは温暖化問題に対する解決には繋がらない²。これを踏まえた上で、我々が提案する将来枠組みでは気候変動問題の原因である大気中のGHG濃度についての安定化を長期目標として掲げる³。そして、その大枠のもとでより具体的に排出削減値や行動目標などの短期中期の目標を設定し実行することが有用であると思われる。なお、環境省の資料によれば欧州諸国で採用されている長期目標は温度変化の度合いや濃度の安定化である(表1-1)。

¹ CO₂の大気中での滞留期間は5～200年であるIPCC(2001)。

² IEA(2002)によれば同議定書の削減義務を完全に遂行したところで2010年においてBAU(Business As Usual:「特段の対策なかりせば」というケース)における濃度が383～383.5ppmだったものを382ppmにするだけであり、濃度に与える影響は少ない。

³ 仮に濃度ではなく温度変化を長期目標として設定した場合、どの排出量でその温度目標が達成されるのかなどといった不確実性が増加する点も鑑みて、安定化濃度を長期目標とした。

ポスト京都議定書班
The 3 Pillar Approach ～球温暖化将来枠組みの構築の提案～

表 1-1: ヨーロッパ諸国における長期目標

国名／時期	機関名	長期目標	中期目標
ドイツ (2003.10)	ドイツ連邦政府 気候変動諮問委員会 (WBGU)	・産業革命前と比較して地表の 温度上昇を最大 2°C、10 年で 0.2°C以下に抑える。 ・CO2 濃度を 450ppm 以下に 抑制。	2050 年までにエネルギー起 源 CO2 を 45～60%削減 (1990 年比)
イギリス (2003.2)	エネルギー白書	大気中の CO2 濃度を 550ppm 以下に抑制	2050 年までに CO2 排出量を 60%削減
フランス (2004.3)	気候変動問題 省庁間専門委員会	CO2 濃度を 450ppm 以下で安 定	・1 人あたり CO2 排出量を 0.5tC までに制限 (2050 年) ・世界全体で年間 30 億 tC の 排出量まで削減 (2050 年)
スウェーデン (2002.11)	スウェーデン環境 保護庁	全ての GHG の大気中濃度を 550ppm で安定化 (CO2 濃度を 550ppm 以下)	2050 年までに、世界の工業 先進国での CO2 及び他の GHG の 1 人あたり排出量を 4.5tC とし、その後随時減少 させていく (現在 8.3tC)

出典：環境省中央環境審議会（2004）より作成

1.1.2 将来枠組みにおける具体的長期目標について

UNFCCC 第 2 条では既述の通り「気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととならない水準において GHG の濃度を安定化させることを究極の目標とする」とされている。だが、現在の科学では「気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととならない水準」が一体どのような水準であるのかは明確にされていない。そうであるならば、現在の科学的知見や技術的観点から見て実現可能性のある最も低い濃度の安定化水準を将来枠組みにおける長期目標とすることが妥当であると考えられる。これは地球温暖化によって深刻かつ不可逆な環境損害をもたらされる可能性があるためである。UNFCCC 第 3 条 3 項においても「深刻なまたは回復不可能な損害の恐れがある場合には、科学的な確実性が十分でないことをもって、このような予防措置を延期する理由とすべきではない」という予防原則について言及されている。また、実現可能な最も低い濃度水準を目標とし、その達成を目指して努力することで将来に安定化濃度に関してより多くの選択肢を残すことが出来る。

では、実現可能性のある最も低い安定化水準とはどのような水準なのか。IPCC 第 2 次及び第 3 次報告書によると、現在の濃度 368ppm よりも低い 350ppm の場合ではある時点で

CO₂ 排出量がマイナスになる必要があり、既にそのレベルでの安定化は不可能だということが判明している。450ppm 安定化の場合、2000 年以降は世界全体として 1990 年レベル以下に排出量を保ち、更に継続的な削減が必要とされる。また、同レポートによれば 450ppm での安定化のためには 2005 年～2015 年の間に排出量はピークを迎え、その後大幅削減が求められる。しかし、京都議定書で削減義務を負っている先進国においては依然 CO₂ 排出量は増加傾向にあり、1990 年のレベルを大きく上回っている。加えて、2010 年には先進国全体の排出総量を上回るとされている途上国⁴には削減義務が課されておらず、こちらも増加の一途を辿っている。これらの点を考慮すると 450ppm 安定化のための条件は満たし難い。ゆえに、我々は現在の科学的知見及び技術の下での 450ppm という目標については実現が不可能という認識である⁵。よって、今回我々が提案する将来枠組みでは、温暖化による被害を最小限にとどめるべく、上記の予防原則に従って、現時点において実現可能性のある最も低い安定化濃度として考えられる 550ppm を長期目標として掲げる次第である。ここで留意すべきは、この目標が現時点での知見を基にした見解であり、将来より詳細が判明した際にはそれに応じて目標を変更する等、柔軟に対応すべき、という点である。

1.2 550ppm 安定化シナリオと将来枠組みにおける留意点

1.2.1 550ppm 安定化シナリオ

以下、2150 年を目安に 550ppm で大気中の GHG 濃度を安定化させるためのシナリオを示す(図 1-1)。これは IPCC 第 2 次レポートで紹介された 2 つの 550ppm における安定化のための排出経路予測シナリオ (S550 シナリオと WRE550 シナリオ) であり、2150 年に 550ppm での安定化のための GHG の排出経路が示されている⁶。

図中の緑の曲線は特段何の対策もとらなかった場合の予想排出経路の中位シナリオ (IS92a)⁷ であり、オレンジの線は現在の排出量を示したものである。S550 シナリオと WRE550 シナリオの詳細については BOX1 を参照願いたい。いずれのシナリオにおいても現在の水準に比べて排出量を当初は増加させ、その後減少させるという点は共通であるが、最初の増加量に大きな違いがあり、したがってその後の排出量の軌跡が異なってくる。S550 シナリオは、早急に大幅な排出抑制及び削減努力を開始する場合のシナリオである。現在約 70 億トン排出している状態からいったんは増加するもののその伸びは緩やかで、80～90

⁴ 図 1-3 参照

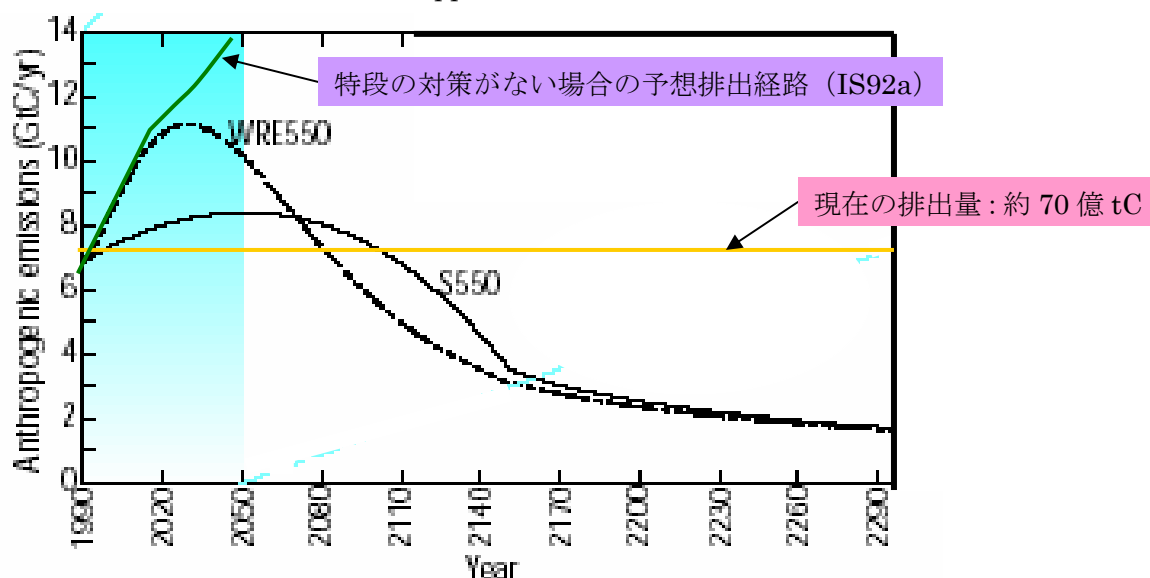
⁵ IPCC (2001) WG1, Synthesis Report

⁶ EU 諸国における目標年度は 2100 年程度、と明確にはされていない。しかし IPCC による研究ではより詳しい年度として 2150 年が挙げられている。

⁷ 1990 年から 2100 年までの期間における人口、経済成長、土地利用、技術変化、エネルギーの入手可能性と燃料構成に関する仮定に基づいて、将来の GHG 等の排出予測に関して IPCC によって開発された一連のシナリオ (IS92a～IS92f)。

億トンにピークに徐々に削減する軌跡が描かれている。一方、WRE550 シナリオはしばらく IS92a に沿って排出量は増加し続け、約 110 億トンにピークに急激に削減するシナリオである。このように両者の間に違いはあるが、いずれのシナリオからも 550ppm での安定化を目指すには図 1-1 から分かるように GHG 排出量を 2150 年には約 30 億 tC 程度に抑えねばならない。S550 シナリオでは 2050 年のピーク、80～90 億 tC から 100 年間で約 50 億 tC、WRE550 シナリオでは 2030 年の 110 億 tC から約 120 年間で 80 億 tC もの削減が必要との予測である。550ppm 安定化は途上国の経済発展や人口増による排出量増加といった点も考慮すると、達成が可能ではあっても容易ではないことが見て取れる。

【図 1-1: 550ppm 安定化シナリオ】



出典: IPCC 第 2 次報告書をもとに一部独自に作成

1.2.2 シナリオからの示唆

S550、WRE550 の両シナリオから読み取れることは 550ppm 安定化を実現させるためには地球全体で相当な量の GHG を削減していかなければならないということである。そこで、我々の提案する 550ppm での安定化を長期目標として掲げる将来枠組みを構築する際に重要となる 2 つの留意点を以下に挙げる。

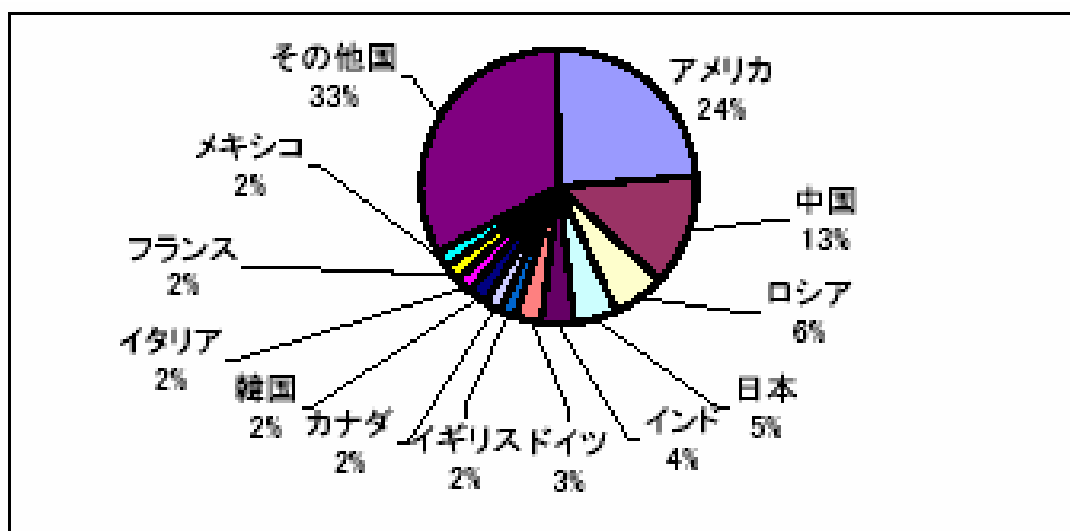
第 1 点目は GHG 排出量の大幅な削減にはより多くの国の意味ある参加が必要不可欠という点である。数ヶ国が削減努力をしたところで他国が排出を増加させ続けているようでは大幅な削減は到底見込めない。京都議定書においては、世界最大の排出国である米国が離脱し、また途上国に削減義務がないため、議定書がカバーしている CO2 排出量は世界全体の排出量の三分の一でしかない (図 1-2)。加えて、今後、経済成長により途上国の排出量

ポスト京都議定書班
The 3 Pillar Approach ～球温暖化将来枠組みの構築の提案～

が先進国のそれを上回ることが予測される（図 1-3）。このような京都議定書の欠点に対する反省を生かし、将来枠組みはより多くの国の参加を促すものにする必要がある。続く 2 章ではこの点に着目して将来枠組みを検討する。

二点目として挙げられるのがアメリカの議定書離脱の理由の一つにされている費用の問題である。世界全体で各々が大幅削減するということは多大な費用を要する。これは経済への悪影響を招くだけでなく⁸、温暖化対策に費用をかけすぎることによって他の問題に充てる資源が不足するという問題を引き起こしかねない。環境と経済の両立がかなわず、自国の経済へ悪影響をもたらすような枠組みは如何なる国にとっても受け入れがたいものと思われる。また UNFCCC 第 3 条 3 項には「気候変動に対処するための政策及び措置は、可能な限り最小の費用によって地球規模で利益がもたらされるように、費用効果の大きいものとするということについても考慮を払うべきである」ということも述べられている。この点については 3 章以降検討する。

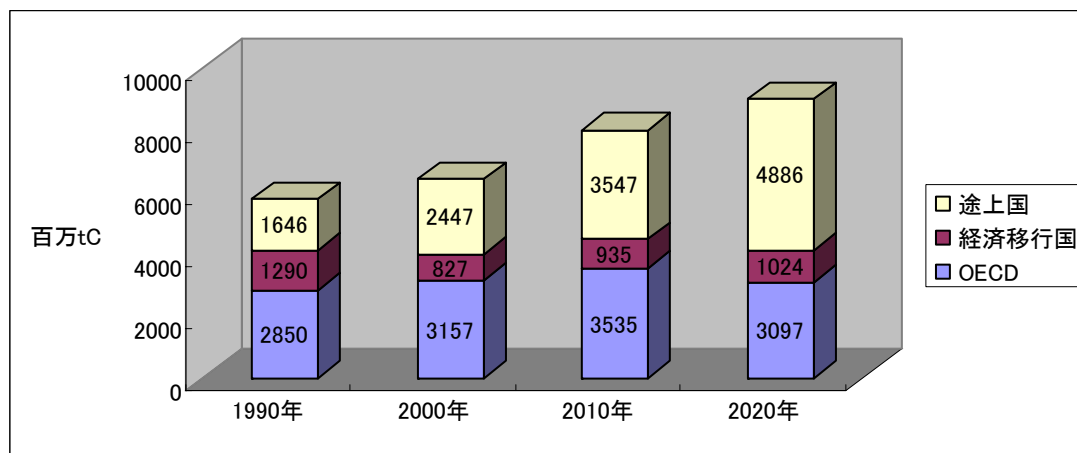
【図 1-2: 世界のエネルギー起源 CO2 排出量の各国比（2000 年）】



出典：経済産業省（2003）

⁸ 京都議定書による各国の GDP への影響については IPCC WGIII で触れられている。

【図 1-3: 世界の CO2 排出量の見通し】



出典：経済産業省（2003）より作成

BOX 1 S550 シナリオと WRE550 シナリオ⁹

S550、WRE550 の両シナリオとも 2150 年での 550ppm での安定化を想定しているにも拘らず、その過程における GHG 排出量の軌跡は大きく異なる。S550 シナリオによる予測は、1990 年の濃度と濃度の変化率、所定の安定化レベルと達成時期、そして予想排出経路は急激な削減をすべきでない、という 3 つの制限の下になされている。WRE550 シナリオはその S550 シナリオの予想排出経路に、新たに費用対効果という観点を加え、経済と環境の両者を考慮したものとなっている。この点が両者の違いである。つまり、WRE シナリオが IS92a に沿って排出を続けた後、急激にその量を減らす排出経路となっているのは、今すぐ削減を開始し継続的な削減を行うよりも、今は無理に削減せず近い将来に大幅な削減を行う方が低コストだということを意味している¹⁰。だからといってこれはただ機会を待っていれば良い、または何もしなくても良いということではない。あくまでもこの WRE550 シナリオの曲線は排出経路シナリオの一つであり、こうした経路を辿るための対策や投資は早期の段階から行われるべきである。対策はしているが、それが削減という成果となって現れてくる時期が遅い、ということである。

⁹ Wigley, Richels, Edmonds (1996)

¹⁰ 理由として次の 3 点が挙げられている。

- ① Positive marginal productivity of capital
- ② Capital stock (Stock for energy production and use is typically long - lived)
- ③ Technical progress

第 2 章 途上国参加の実現を目指して

2.1 衡平性の観点から

第 1 章では地球温暖化という長期に渡る問題において、将来により多くの選択肢を残す 550ppm という目標を掲げた。550ppm での安定化を目指すために、途上国の実質的な参加が必要不可欠であることが言える。そのためにも第 2 章では途上国が主張する衡平性の観点から将来枠組みを検討する。まず本節では衡平性の定義と要素を説明し、各要素を満たすような具体例を挙げる。

2.1.1 衡平性とは

衡平性とは「偏ることなく、すべてを同等に扱うこと」、「主観を交えないこと」を意味する (John Ashton and Xueman Wang(2001))。ところが、現実には厳密な意味で衡平性を満たすことは極めて困難であると言えるだろう。例えば、90 年を基準年とした京都議定書の固定的排出上限 (キャップ) は、発展段階や発展速度、さらに地球温暖化問題の優先順位が異なる先進国と途上国を「同等に扱うこと」ができていないと言えない手法である。概して途上国では経済面で今後の急成長が展望されており、環境面では大気汚染、水質汚染といった公害問題が深刻で温暖化問題の優先順位が相対的に低い場合が多い。こうした理由から、途上国は現在排出削減義務を負っていないという状況である¹¹。世界第一の経済大国であるアメリカもまた、経済成長への悪影響の懸念と途上国の不参加をその理由とし、2001 年 3 月議定書から離脱した¹²。

各国に一定の義務を課さなければならないという性質上困難ではあるが、国際環境協定である以上、一握りの国の利害しか反映されないという状況は回避されなければならない。しかし、国際交渉の場は各国の利害が衝突する場であるため、科学的根拠のない交渉を繰り返したのでは再び議定書のような結果を引き起こしかねない。そのため、将来枠組み構築にあたって、衡平性の観点を組み込んだ具体的な提案を行なう必要があると言える。

¹¹ COP1 において途上国は削減義務を負うこと拒否し、UNFCCC(1995) I. Decisions adopted by the conference of parties (ベルリン・マンドート) の第 2 条 b 項で “Not introduce any new commitments for parties not included in Annex I” と明記されるに至った。

¹² 米国ブッシュ大統領の声明(2001.3.13) “I oppose the Kyoto Protocol because it exempts 80 percent of the world, including major population centers such as China and India, from compliance, and would cause serious harm to the U.S. economy.”

2.1.2 衡平性の 5 要素

地球温暖化問題には様々な要素の衡平性が存在する。John Ashton and Xueman Wang(2001)によると衡平性は 5 つの要素に分けられる。責任 (responsibility)、平等の権利 (equal entitlement)、対策能力 (capability)、基本的なニーズ (basic need)、他国と同等の努力 (comparable effort) である。以下一つずつ説明する。

①責任

温暖化は大気中の CO₂ などの GHG 濃度の上昇によって起こることが明らかである。現段階の濃度の上昇は先に工業化し多くの GHG を排出した先進国にまず責任がある。しかし、途上国の今後の経済発展を考えた場合、将来的には途上国にも責任が発生すると考えられる。この点から「共通だが差異ある責任」¹³が掲げられ、その下に各国は対策を進める必要がある。

②平等の権利

温暖化問題において環境・大気などは公共財であり、先進国・途上国関係なく全人類が平等に、衡平に利害関係者である。したがって、新たな枠組みにおいてはこの平等という権利も考える必要がある。

③対策能力

温暖化の防止や影響の緩和の対策をとるには資金や技術が欠かせない。先進国の方が問題を解決する技術にアクセスできる可能性が高く、資金的な余裕もある。先進国に比べ途上国は対策能力も少ないので、各国の対策能力を考慮した衡平な枠組みが求められる。

④基本的なニーズ

途上国（特に最貧国）では、貧困の撲滅、公衆衛生の充実、教育の普及などの基本的なニーズを満たすという問題に対処しつつ、持続可能な開発を実現することが重要な課題である。途上国ではこれらをはじめとする国内問題が第一であり、地球温暖化問題を最優先課題にすることはできない。まずは途上国に発展の機会を与えることが必要である。

⑤他国と同等の努力

各国は他国と同程度の努力量ならば協定を結ぶが、他国の負担が自国よりも軽ければ不公平と非難し、協定を結ぶことは困難であろう。各国の義務履行に関する費用負担を努力と言うため、この要素は他の要素（特に対策能力）とも関連する。国際的な協定は自国のみが費用を払うのではなく、他国も同等に費用を払うという相対的な費用負担によって合意される。

¹³ UNFCCC 第 3 条第 1 項

2.1.3 衡平性を満たす提案

以上であげた衡平性の要素を満たす提案を問題点と共に挙げる。

「責任」を軸とする案としてブラジル提案が挙げられる。歴史的な排出の責任を数値化して各国に削減の義務を課すというものである（ただし先進国のみ）¹⁴。しかし、途上国は削減・抑制の義務を負っていないため「平等の権利」を満たさない。また、これは早く工業化した国に多くの削減義務を課すため¹⁵、時として、極端な費用負担を課すことになる。

「平等の権利」を軸とする案としては一人当たり排出量を世界中で収束させる **Contraction & Convergence**（以下、C&C BOX.2 参照）が挙げられる。これは全ての国が枠組みに一齐に参加し、一人当たり排出量のある目標年を設けて世界中で一点に収束させるものである。全ての国が同時に枠組みに参加することで過去の「責任」や各国の「対策能力」を考慮していない。

また、費用に関する衡平性の要素「他国と同等の努力」を軸とする案として排出権取引（**Emission Trading**）が挙げられる（第3章を参照）。排出権取引は限界削減費用の高い国が安い国から排出の権利を購入することによって、より低い費用で目標を達成させることができる。これは、各国の限界削減費用が一定になるまで取引を行うため「他国と同等の努力」を満たすことができる¹⁶。

我々は、衡平性の要素のうち「責任」「対策能力」「基本的なニーズ」の3つの要素を基に各国の参加のタイミングやコミットメントを差異化するとともに、「平等の権利」を満たすように一人当たり排出量を全世界で収束させる枠組みを提案したい。そのために、衡平性の要素を一人当たりの指標で表すことを考えた。例えば各国の温暖化に対する「責任」（寄与度）としては一人当たり排出量が指標となる。また、「対策能力」、「基本的なニーズ」は一人当たりGDPを指標として用いることができる。なぜなら、一人当たりGDPの大きな国は先進国が多く、資金や技術などの「対策能力」があると言え、逆にそれが小さい国は「対策能力」がないと言えるからである。また、この数値が非常に小さい場合は最貧国であり、そのような国は「基本的なニーズ」を満たす必要がある。つまり、この指標は「基本的なニーズ」を表す指標ともなり得るのである。さらに排出権取引を加えることで取引の結果として「他国と同等の努力」を満たし、5要素全てを加味することができる。次節ではこのような枠組みとして**Multi-stage approach**を紹介した上で、我々独自に他の要素を加味した提案を述べる。

¹⁴ UNFCCC (1997)

¹⁵ COP3 前に提案されたブラジル提案の原案は「早く工業化した国が多く削減せよ」という主張に基づき、2020年までにCO₂排出量を1990年比で30%削減することを主張している。例えばイギリスは65%もの削減を求められている。

¹⁶ ここではcap & tradeのtradeのみを考えている。capについては先に挙げたような削減割当を当てはめるので、初期配分における衡平性は満たされている。

BOX.2 Contraction & Convergence

Contraction & Convergence は全人類はGHGを排出する権利を平等に持つという主張のもと、Aubrey Meyer(2000)によって提唱された。各国は一人当たり排出量を同じ値に向けていくべきであるとされる。総排出量を長期的に収縮（Contraction）させて、一人当たり排出量を一つの値に収束（Convergence）させると言うものである。具体的には2013年以降に枠組みに一斉に参加し、目標年（2030年や2050年）に一人当たり排出量を全世界で一点に収束させて、2100年以降に450ppmや550ppmで濃度の安定化をはかるものである。

長期的な視点に立って国際的な排出を収束させることは「平等の権利」の観点から評価できる。また、先進国には一人当たり排出量の削減を要求するが途上国には増加を許可することになり、「基本的なニーズ」や経済成長を阻害しないことが特徴である。

しかし、先進国・途上国の国内状況に関係なく一斉に枠組みに参加するため、各国の「対策能力」や過去の排出「責任」を衡平に見ていない点が問題である。そもそも、各国の状況の違いは経済の発展度合いだけでなく、産業構造、地理的条件（地形、気候）なども含まれる。そのような違いは生活に必要なエネルギー使用量の差となる。また、「平等の権利」を重視した枠組みであるが、結果的に先進国に大幅な削減を求めている点、途上国に必要な以上の排出許可（排出権取引を行った場合にホットエアとなる）を与えている点で、その一般受容性に疑問符を投げかけざるをえない。

2.2 Multi-stage approach の説明

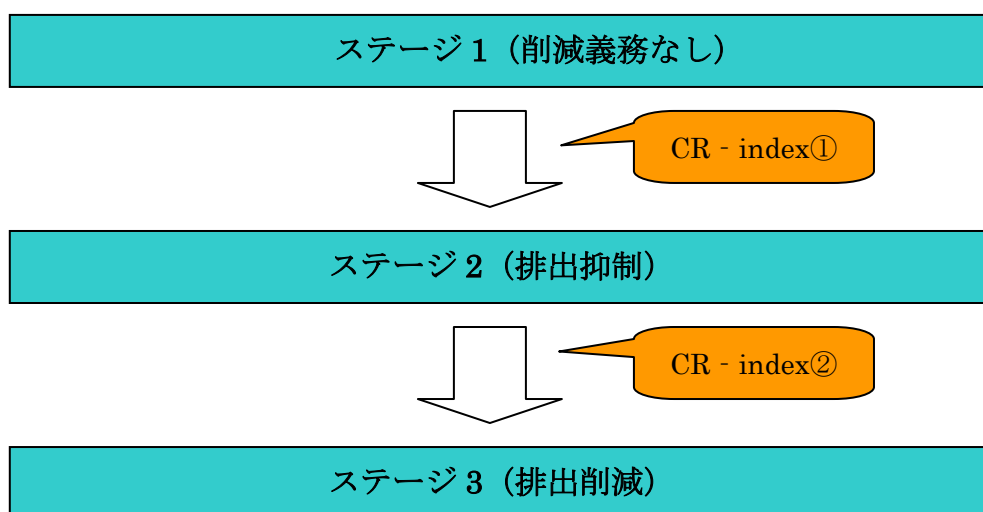
これまでは長期目標の550ppmでの安定化を目指す為に途上国の参加が必要であり、その為には衡平性の観点を充分加味した枠組みでなくてはならないことを述べた。そして具体的には世界的に一人当たりGHG排出量を収束させること（平等の権利）、過去の排出責任（責任）と経済力（対策能力）と基本的ニーズに応じてコミットメントのタイミングと削減義務の厳しさを差異化させることである。この点につき優れているのが、オランダ（RIVM）の研究者den Elzenにより発案された“Multi-stage approach”である。本節ではこの衡平性の観点を充分に加味した“Multi-stage approach”について説明し、実際にこのアプローチをポスト京都期間（2013年以降）に当てはめた試算、データを紹介する。その上でこのアプローチを参考に我々の提案を後の章で述べる。

2.2.1 Multi-stage approach の概要

まずMulti-stage approachの目的としては2150年までにGHG濃度を550ppmで安定化させるということである。このアプローチの特徴としては、上述の過去の排出責任（責

任)と経済力(対策能力)と基本的ニーズに応じてコミットメントのタイミングと削減義務の厳しさを差異化させるべく、3つの削減義務の段階で構成されていることである。そのステージごとにそれぞれ異なる削減義務が設けられている。具体的には、削減義務なしのステージ1、排出抑制のステージ2、そして排出削減のステージ3から成っており(図2-2、図中のCR指標については後述)、ステージが上がるにつれて削減義務の度合いが厳しくなっている。ポスト京都期間開始時での各国はどのステージに属するかと言うと、対策能力、責任、基本的なニーズを考慮し最貧国はステージ1から、その他途上国はステージ2から、先進国はステージ3からが妥当とされている。このように、Multi-stage approachは既述の衡平性の要素に配慮したアプローチであることが分かる。では以下、各ステージの説明及びステージ間の移行について説明する。

【図2-1: Multi-stage approachの概要図】



2.2.2 各ステージの内容

まずステージ1に属している国は、削減義務がない国すなわち京都議定書における途上国のようにCO₂排出量削減の義務が課されず、いくら排出しても構わないという段階である。ステージ2に属している国は、排出抑制をしなければならない国である。具体的にはこのステージには経済発展を考慮した効率目標(CO₂排出量/GDP)が設けられる。この目標は効率さえ改善すれば経済成長を阻害しないという点において絶対量割当と比較した場合、途上国の受容性が高い。最後にステージ3は京都議定書のように削減義務(絶対量割当)を負った各国で削減目標が定められ、排出削減をしなければならないステージであ

ポスト京都議定書班
The 3 Pillar Approach ～球温暖化将来枠組みの構築の提案～

る。この削減義務寮は京都議定書のように長期の視点を加味せずに交渉のみによって割り当てるのではなく、2150年にGHG濃度を550ppmで安定化させるようにステージ3に属する全ての国の約束期間内の割当総排出量を出し、それを各国に振り分ける。振り分け方法は以下の通り、「各国の割当削減量＝総削減量×各国の割合」で求める。各国の総排出量と一人当たり排出量を掛け合わせた値を用いて「各国の割合」を出し、その割合で「総削減量」から「各国の割当削減量」を出すのである(図2-3)¹⁷。この割当方法を用いることによって、中国のように総排出量が多いが人口が多いため一人当たり排出量は少なくなるという国でもその国の責任と能力にあった割当量が与えられる。また、このように割当量を算出することで各国間の一人当たり排出量は収束に向かっていくことが予想される。この割当方法に基づいた各地域の排出経路は図2-4で示される通りである。

【図2-2: 各国の割当削減量 (ステージ3において)】

$$\boxed{\text{各国の削減量}} = \boxed{\begin{array}{c} \text{ステージ3に属する国の} \\ \text{総削減量} \end{array}} \times \boxed{\begin{array}{c} \text{各国の割合} \\ \text{(Sn)} \end{array}}$$

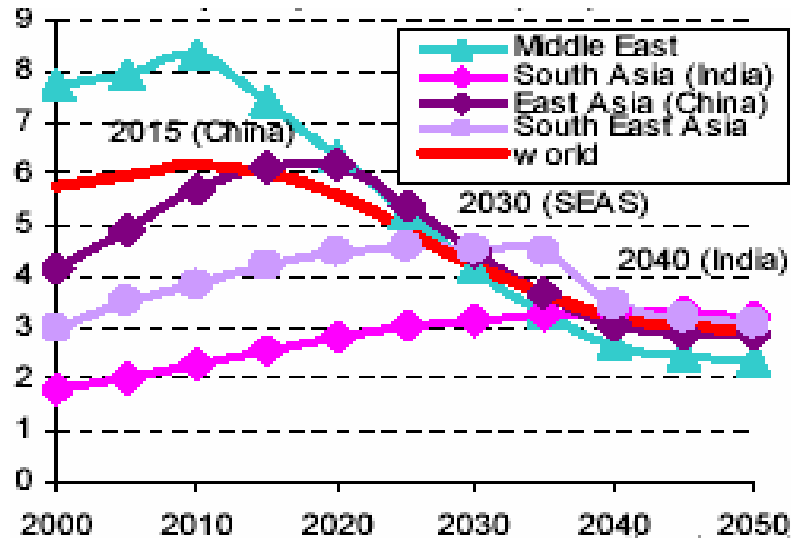
$$S_n = X_n / X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n$$

$$X_n = \text{総排出量}(n) \times \text{一人当たり排出量}(n)$$

n: 任意の国

【図2-3: 各地域の一人当たり排出量(単位: tCO₂/year)の推移】

¹⁷各国、総排出量×一人当たり排出量で値を出し、他の国のそれと比べ、各国間の割合を出し、割当削減量を決める。例えば、ステージ3にA国とB国しかおらず、A国の総排出量と一人当たり排出量を掛けた値が100、B国のそれが200だと想定する。またある約束期間において世界全体で削減しなくてはならない排出総量を600とした場合、上記の式から、A国の排出削減量は600×(100/100+200)=200となる。同様にB国は400となる。



出典：den Elzen(2004)

2.2.3 ステージ間の移行について (CR-index)

Multi-stage approach では各国は、最初に振り分けられたステージに永久的に属するのではなく、CR-index という指標を用い、各国のその数値がある値に達したら次のステージに進まねばならないシステムである¹⁸。この CR-index が各国のコミットメントのタイミングの差異化を図る重要な指標となっている。CR-index は UNFCCC (気候変動枠組み条約) の第三条一項に記載されている “Common but differentiated responsibilities and respective capabilities” の Responsibility と Capability の頭文字を取ったもので、Capability (対策能力) は一人当たり GDP (単位：1000 \$) で示し、Responsibility (責任) は一人当たり GHG 排出量 (単位：CO₂-eq) を用いて示している。この二つの指標を 1 対 1 で足し合わせたものが CR-index¹⁹となる。この試算によって各地域²⁰の CR を出すと次の表になる。(表 2-1)。

¹⁸ ステージ 1 からステージ 2、ステージ 2 からステージ 3 への移行。ステージが下がることは原則的にならない。

¹⁹ den Elzen(2004)は “～, in this particular variant, a one - to - one weight produces fairly satisfactory results.” と述べている。

²⁰ den Elzen のモデルでは各地域別にデータを作成しているが、実際には地域単位ではなく国ごとの参加となる。

ポスト京都議定書班
The 3 Pillar Approach ～球温暖化将来枠組みの構築の提案～

表 2-1: 1995 年時の各国・各地域の CR-index²¹

国名・地域	一人当たりGDP (1000 \$)	一人当たりCO2 排出量 (tCO ₂ -eq)	CR-index
アメリカ	28	26	54
カナダ	24	21	45
オセアニア	17	19	36
日本	24	11	35
OECD諸国 欧州	20	11	31
旧ソ連	5	12	18
東欧	7	9	15
中東	5	7	12
南アメリカ	7	5	12
中央アメリカ	5	5	10
南アフリカ	2	4	7
東アジア(中国)	3	4	7
北アフリカ	3	3	6
東南アジア	3	3	6
南アジア(インド)	2	2	4
西アフリカ	1	1	2
東アフリカ	1	1	2

出典：den Elzen(2004)

²¹ CR-index は厳密には少数点以下も計算されているが、表には分かり易く整数部分しか掲載していない。

2.2.4 den Elzen による試算

den Elzen はステージ 1 からステージ 2 への移行時の値として CR-index を 5 とした。これは自国の CR-index が 5 に達した時点でステージ 1 からステージ 2 へ移行しなくてはならないということである。同様にステージ 2 からステージ 3 への移行は自国の CR-index が 12 に達したときとしている²²。各国の CR-index とこの移行数値の CR-index① (=5)、CR-index② (=12) を基に試算した途上国²³のステージ 2 及び 3 への移行年を下表に示す(表 2-2、2-3)。この移行年は den Elzen による各地域の将来における CR-index の予想を基に算出されたものである(図 2-5)。CR-index の数値を変える事によって当然移行年は変わらう。また前節で述べたように京都メカニズムの排出権取引(ET)は衡平性の 5 要素のうちの「他国と同等の努力」を加味できる²⁴。ETをこのアプローチに組み込むことで実質的に衡平性の 5 要素を全て満たすアプローチとなる。

表 2-2: ステージ 1 から 2 への地域別移行年

地域	中米	南米	北アフリカ	西アフリカ	東アフリカ
移行年	2013	2013	2013	2055	2065
地域	南アフリカ	中東	南アジア	東アジア	東南アジア
移行年	2013	2013	2015	2013	2013

出典：den Elzen(2004)

表 2-3: ステージ 2 から 3 への地域別移行年

地域	中米	南米	北アフリカ	西アフリカ	東アフリカ
移行年	2015	2013	2050	2100	2100
地域	南アフリカ	中東	南アジア	東アジア	東南アジア
移行年	2060	2013	2050	2015	2030

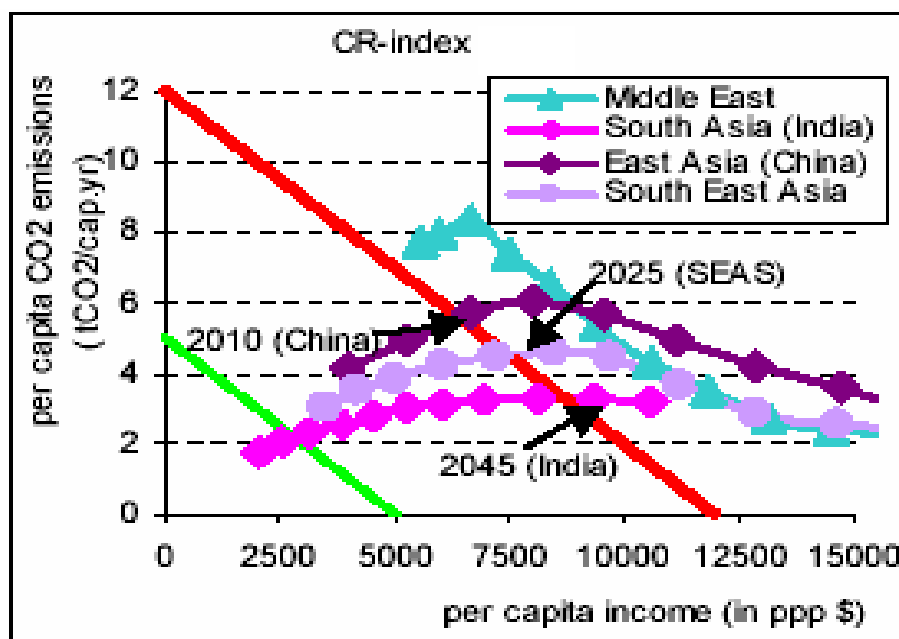
出典：den Elzen(2004)

²²“A lower CR - value would imply the early participation of the low - and middle - income non - Annex I regions, especially for East Asia and Southern Africa, which may not be realistic. CR - values as high as 15 lead to negative emission allowances for the Annex I regions. Therefore, a CR - threshold value of 12 was chosen.” den Elzen(2004)

²³ Annex I 国はポスト京都期間も京都議定書と同様削減義務を負うステージ 3 に開始と同時に属する。また京都議定書を離脱したアメリカもこのモデルでは 2013 年にステージ 3 にいるものとして考えられている。

²⁴ 各国間の限界削減費用が均等化されるため。詳しくは次章で述べる。

【図 2-4: CR-index の各地域の推移】



出典：den Elzen(2004)

第3章 削減費用の最小化を目指して

3.1 排出権取引の規模の拡大²⁵

3.1.1 排出権取引の経済学的意義

OECD（1994）によると、排出権取引は税・課徴金、補助金、デポジット制と並んで経済的手法の一つと分類される。排出権取引とは、ある環境負荷物質の排出総量を決定して「排出枠（許可された排出量の上限）」を排出源にあらかじめ配分し、各排出源が排出枠と実際の排出量の差を取引することを認め、効率的に排出量を再配分しながら、目標とする排出総量を最小の費用で達成しようとする制度である。そのメカニズムの核心は、限界削減費用の均等化である。限界削減費用に相違のある二国が存在すると想定すると、限界削減費用の安い国が自国で削減をし、限界削減費用の高い国に売却することにより、両者が利益を得ることができる²⁶。大事なのは、限界削減費用が異なる主体が複数存在する限り効率改善の余地があるということである。

排出枠をあらかじめ排出源に割当てするため、排出総量は確定するが、排出権価格は市場取引によって変動するためその費用は不確定である。京都議定書は2010年に附属書I国の総排出量を1990年比5.2%削減することを謳っているため総排出量はわかるが、排出権市場の価格予見の困難性や自国削減の総費用の不確実性によって費用が不確定、という性質を帯びている²⁷。

3.1.2 京都議定書における排出権取引

GHG削減の費用効果的な手法である排出権取引は、1998年11月のCOP4（ブエノスアイレス）から本格的に議論が始まった。COP5（ボン）、COP6（ハーグ）においても排出権取引について盛んな議論が交わされ、2001年10月に開催されたCOP7（マラケシュ）にて最大の焦点であった議定書の運用ルールが採択されるに至った（マラケシュ合意）。その規定の中で、共同実施（JI）、クリーン開発メカニズム（CDM）による削減分を自国の削減量としてカウントし、かつ排出権として売買することも可能になった。JI、CDM、排出権

²⁵ Multi-stage approach との関連で、我々はステージ3の国のみ排出権取引に参加できるものと設定する。もし仮にステージ2の国が排出権取引に参入することを許容する場合、膨大な量の排出権が売却され排出権価格の暴落、ひいては排出権市場の崩壊という事態も起こりうるためである。

²⁶ A国の限界削減費用をMAC1、B国のそれをMAC2、排出権価格をPとする。もしMAC1>MAC2であれば、A国は価格P（MAC1>P>MAC2）でB国から排出権を購入する。（すなわち、B国は自国削減した排出権をA国に売却する。）MAC1<MAC2であれば、その逆である。いずれにせよ、限界削減費用が均等化するまで以上のような取引が行なわれる。以上、単純化のために二国間のモデルを説明したが、複数国間のモデルも基本的に原理は変わらず、限界削減費用均等化こそが社会的削減費用を最小化する要となる。

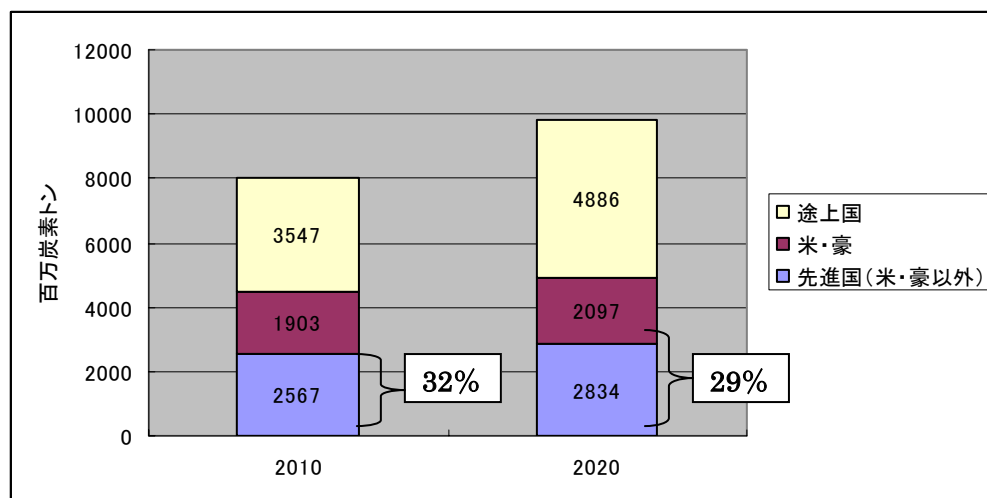
²⁷ 近年、費用の不確実性という点を問題視した学者達が活発にハイブリッド理論の構築をしている。

取引の3種類は総称として京都（柔軟）メカニズムと呼ばれ、文字通り GHG 削減を費用効果的に行うために柔軟性を与えるメカニズムである。

排出権取引は議定書第 17 条にて規定されている²⁸。京都議定書における排出権取引は国家間取引であって国内におけるそれと明確に区別されなければならない。排出権取引への参加国は附属書 B 国、すなわち OECD 加盟国、中央・東ヨーロッパの経済移行国、ロシア連邦、ウクライナ、旧バルト三国である²⁹。周知のように、京都議定書が 2010 年にカバーする排出量は全世界の約 1/3 の 32%であり、米国と豪州が依然として議定書を批准しなかった場合、2020 年には附属書 I 国がカバーする排出量は全世界の 29%にまで減少すると予測されている（図 3-1）³⁰。

図 3-1 の結果を用いて日本政府は地球温暖化を防止するという環境効果の側面から、今後米国のみならず主要排出国である中国やインドが排出抑制・削減をしていくことの重要性を説いている（経済産業省 2003）。以上は環境効果の面での主張であるが、それに加えて実は排出権取引の効果、つまり経済効率性の観点からも排出権取引の規模の拡大が不可欠であることを次節にて説明する。

【図 3-1: 世界の二酸化炭素排出量見通し】



出典：経済産業省（2003）をもとに作成

²⁸ 議定書第 17 条「…附属書 B に掲げる締約国は、第三条の規定に基づく約束を履行するため、排出権取引に参加することができる。排出権取引は、同条の規定に基づく排出の抑制及び削減に関する数量化された約束を履行するための国内の行動に対して補足的なものとする。」

²⁹ 附属書 B 国と附属書 I 国はいわゆる先進国を意味する。気候変動枠組条約では「附属書 I 国」であったベラルーシとトルコはその後非締約国となったため京都議定書での「附属書 B 国」ではなくなったという事例があるが本質的な違いはないため、本論分では両者とも先進国と呼ぶことにする。

³⁰ 米・豪以外の先進国の排出総量は増加しているが、世界排出量に占める割合は減少している。

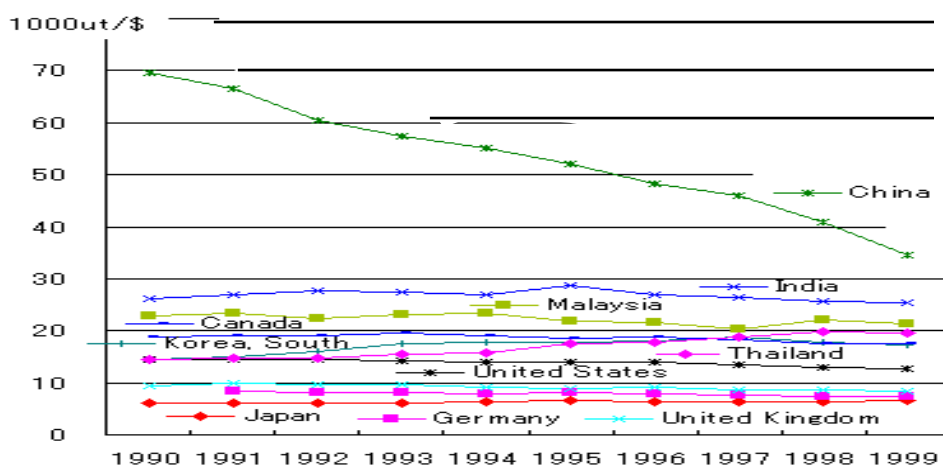
3.1.3 排出権取引の拡大による費用削減

3.1.1にて、限界削減費用が均等化する時、社会的最小費用での削減達成が可能であること、すなわち各国の限界削減費用に相違がある限り社会的に効率性改善の余地があることを示した。この理論を基礎に第一約束期間とその後の排出権取引に関して考察を加える。

第一約束期間において、排出権取引の結果先進国間で限界削減費用が均等化した場合、社会的最小費用が達成されていると言えるが、あくまでそれは先進国間における最小費用であって世界的な最小費用ではない。では、「先進国間最小費用」と「世界的な最小費用」ではどちらがより低費用を実現できるのだろうか。議定書の先進国間取引では途上国の限界削減費用が均等化しないため、先進国と途上国双方の限界削減費用が均等化する後者の方が、社会的な低費用を達成可能である。大事なことは、新たに参画する国の限界削減費用の高低によらずに、取引の範囲を拡大することで社会的総費用を削減できる点である。

これとの区別で重要なことは、第二約束期間以降に途上国が排出権取引に参加し始めた場合、限界削減費用が低減すると予想されることである(表 3-1 参照)³¹。図 3-2 によると、日本や EU 諸国、米国などの先進国は省エネが進んでおり、中国、インドなどの途上国は相対的に省エネ水準が低いことがわかる。一般に、高い省エネ水準を達成している先進国は限界削減費用が高く、比較的低費用での省エネ投資の余地が大きい途上国では限界削減費用が低い(経済産業省 2003)。そのため、途上国が参画した全世界排出権取引の方が限界削減費用を低減させることができ、結果的に一層の費用低下が望めるわけだ。

【図 3-2: GDP あたりエネルギー消費量の推移】



出典:「東アジア共生へのシナリオ」 <http://www.nihonkaigaku.org/ham/eacoex/index.html>

³¹ 排出権取引なし、先進国間排出権取引、全世界排出権取引という3つのケースを想定した限界削減費用に関するIEAの試算である(IEA2001 p.36)。予想通り世界的排出権取引(表3-1 網掛け部分)はその他のどのケースのシナリオよりも限界削減費用が低くなっている。

表 3-1: 排出権取引のある場合とない場合の CO2 限界削減費用 (\$ 2000 年時点/tCO2)

モデル	排出権取引 なし 米国	排出権取引 なし EU	排出権取引 なし 日本	附属書 B 国 排出権取引	世界的 排出権取引
SGM	48	—	—	22	8
MERGE	81	—	—	34	24
G-Cubed	19	49	74	11	4
POLES	24	38—41	71	33	10
GTEM	111	228	222	36	—
WorldScan	11	23	26	6	—
GREEN	44	58	23	20	7
AIM	49	63	75	19	13
平均	48	77	82	24	8

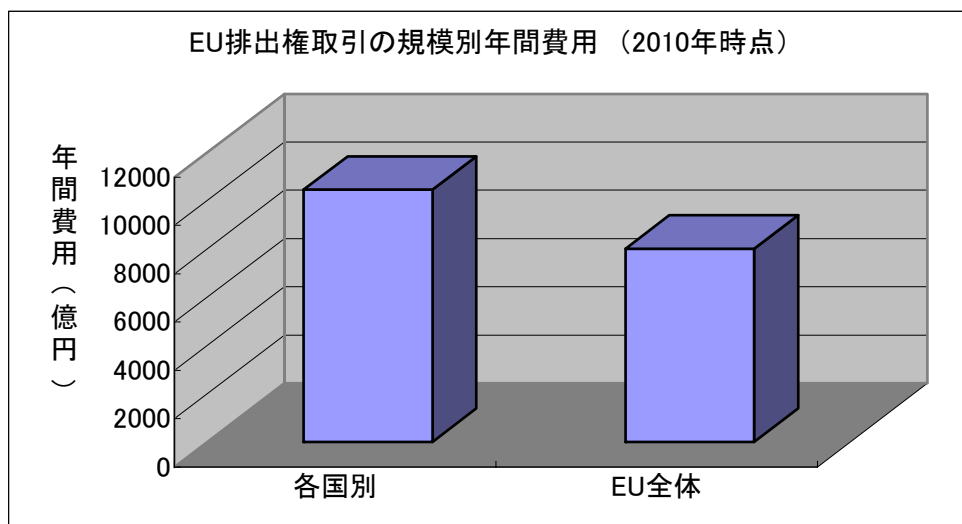
出典：IEA (2001) “International Emission Trading: from concept to reality”

規模の拡大によって費用低減が達成可能であることを示した事例を挙げる。2005 年から開始される EU 排出権取引³²における費用試算である。図 3-3 と図 3-4 で示すのはともに取引の規模が拡大することによって費用を削減することができるという試算結果である³³。各 EU 加盟国が個々に国内排出権取引に取り組んだ場合、年間費用は総額 90 億ユーロ（約 1 兆 440 億円）に達するが、EU 全体で排出権取引に参加することで年間費用は 69 億ユーロ（8000 億円）で済む（図 3-3）。図 3-4 で示す試算は、EU 全体での排出権取引を想定しているが、参加業種が異なる場合の費用削減を計算している。結果は、参加業種の規模を拡大することによって EU 全体でかかる年間費用を低減させることができることを示している。

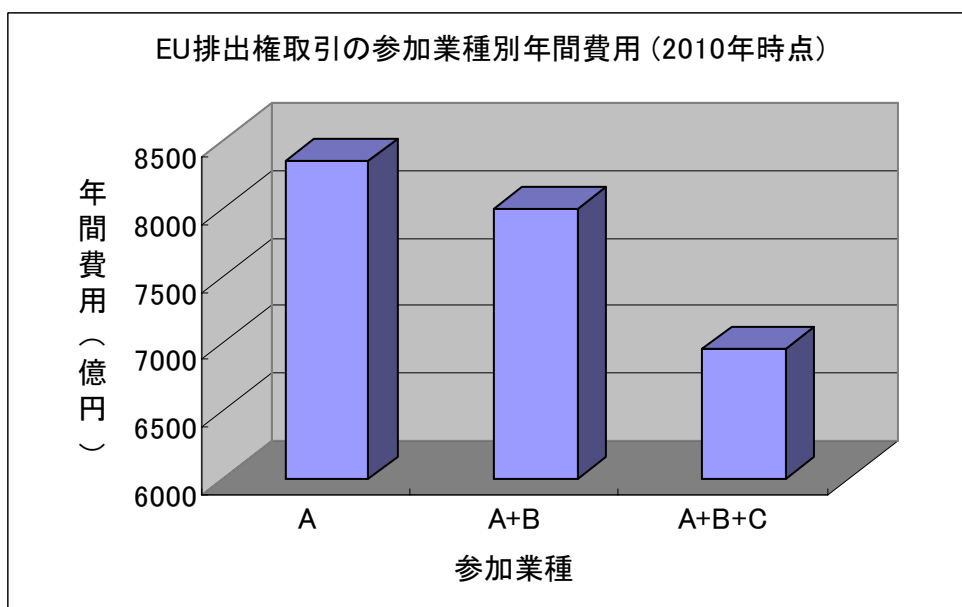
³² EU 排出権取引は国家間取引ではなく対象施設への割当てによる企業間取引である。

³³ ここでは、限界削減費用ではなく EU 各国の取引総額を表示している。限界削減費用の高低は参加業種によって多様であるため、取引規模を EU 全体に拡大した場合の限界削減費用の増減を予測することは困難である。以上から、単純に取引規模を拡大することによる社会的費用低下を示すデータとして用いようと思う。なぜなら、例えば限界削減費用 (MAC) が異なる a 国と b 国との間で取引が行われた (MAC_a > MAC_b とする) 場合、a 国にとっては限界削減費用の低下になるわけだが、b 国にとっては増加になるからである。このように、限界削減費用の増減はどちらの国の視点に立つかによって変わる相対的な事象であることがわかる。

【図 3-3: 排出権取引の規模の拡大と費用削減①】



【図 3-4: 排出権取引の規模の拡大と費用削減②】



A : エネルギー供給産業 (電力) B : エネルギー多消費型産業 (鉄鋼、セメント)
C : その他 (農業、運輸、家電、業務など)

出典: 経済協力開発機構 (OECD)・小林節雄・山本壽訳 (2002)

以上から、排出権取引の規模の拡大が費用削減を促進することがわかった。しかし 2150 年での大気中 GHG 濃度を 550ppm で安定化させるためには、先進国、途上国双方が将来枠組みにおいて大幅な削減をする必要があるため、各国の費用負担が排出権取引拡大だけ

では対処できないほど大きくなる可能性は否めない。また、排出権取引の拡大はより一層の国際的な所得移転を伴うため、政治的受容性の観点から厳密に各国の限界削減費用が均等化するまで取引が行われることはないだろう。こうした要素を勘案すると、時間的経過とともに技術進歩によって省エネ化、燃料転換が促進され、限界削減費用を押し下げていく効果が期待される。温暖化問題における技術進歩は短期的ではなく中長期の時間経過の中ではじめて起こりうるものであるという認識に立ち、次節において革新的技術の開発・普及について述べる³⁴。

3.2 革新的技術の開発・普及

産業革命以降に排出された GHG の地球温暖化への寄与度の中で、CO₂ の寄与度が最も大きいことが確認されている³⁵（環境省 2004）。大気中への CO₂ 排出の中で、その大半を占めているのはエネルギー起源 CO₂ である（IPCC 2001）。よって、大気中の GHG の排出を削減するには、エネルギー供給サイドの燃料を脱炭素化すべきである。しかし、今後数十年間は化石燃料の使用は消費エネルギーの大半を占めると言われている（IEA 2004）。そこで、化石燃料の使用により発生する CO₂ を吸収し、固定化する技術も不可欠である。以上より、長期的視点から GHG を大幅に削減し、費用を最小化するためには、革新的技術の普及が必要不可欠といえる。

革新的技術の普及のタイミングを設定する際には、エネルギーシステムの「慣性効果」と技術の「学習効果」の両方を、考慮しなければならない³⁶。さらに、抜本的にエネルギーシステムを転換する革新的技術の開発・普及には時間が非常にかかる。以上の留意点から、将来枠組みにおける目標設定には政府が開発・導入・普及のイニシアティブを取ること、さらに経済的手法によって市場に対して早期から持続的に長期的な技術開発・普及へのインセンティブを与えることが必要である。

3.2.1 革新的技術とは

$$\text{CO}_2 \text{ 排出量} = \text{①} \times \text{②} \times \frac{\text{GDP}}{\text{人口}} \times \text{人口}$$

①

CO₂

エネルギー
消費量

②

エネルギー
消費量

GDP

GDP

人口

³⁴ 革新的技術の定義は次節において示す。

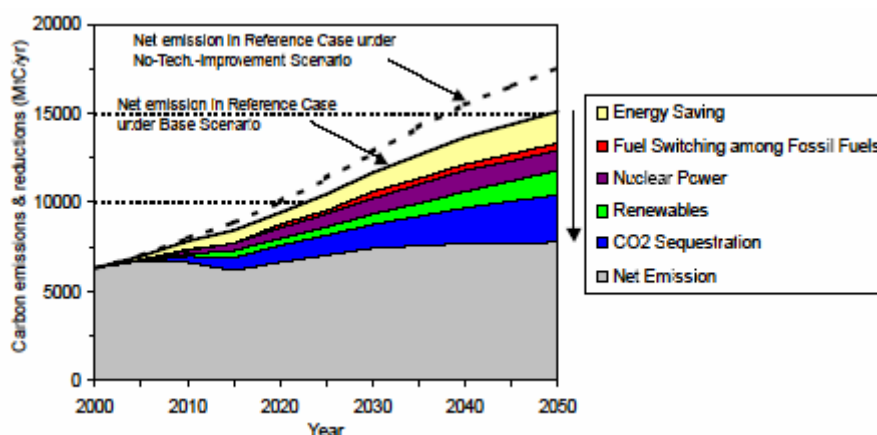
³⁵ 1998年での産業革命以降に排出された GHG の地球温暖化への寄与度の内訳は、二酸化炭素 60.1%、メタン 19.8%、一酸化二窒素 6.2%、CFC 及び HCFC 13.5%、その他 0.4%である。

³⁶ 「慣性効果」「学習効果」については、3.2.2にて説明する。

脱温暖化社会形成のための技術は、①炭素集約度の低減を図る技術（燃料転換）、②エネルギー効率の向上を図る技術（省エネ）の大きく2つある³⁷。この中で、我々は革新的技術を「エネルギー供給サイドの脱炭素化を図り、現在も存在するが長期においてのみ普及する技術」として定義し、②ではなく①に焦点を当てる。なぜなら、省エネ技術は重要であるものの、「リバウンド効果」がある限り②のみでは脱温暖化のための本質的な解決にはならないためである³⁸。

我々の定義する革新的技術の例として、風力発電・太陽光発電といった既存の新エネルギー技術が市場化し大規模に普及すること、再生可能エネルギーから水素燃料を製造する技術、そして炭素隔離がある³⁹。さらに将来的な技術には、宇宙太陽光発電や核融合発電が挙げられる⁴⁰。革新的技術は、一方が他方に代替するのではなく、並行的に存在していくことで各々がGHG削減達成に寄与していくという点を明記しておく（図3-5）⁴¹。

【図3-5: エネルギーの並行的存在】



出典：経済産業省(2004)

37 この式は「茅恒等式」と呼ばれ、CO2排出の構造を右辺の4つの要素で表現したものである。

38例えば、ある機器のエネルギー効率が向上しても、その使用が以前より増加した場合、結果としてエネルギー使用量は変わらない、あるいは以前より増加する可能性がある。このような事例をリバウンド効果と呼ぶ。しかしながら、既存技術で省エネを行うことは重要であり継続すべきである。我々が省エネ努力を過小評価しているわけではない点を明確にしておく。

39 先に挙げたように、今後数十年間も化石燃料の使用はなくなる。そのため、再生可能エネルギーによる脱炭素化に加えて、発電所などエネルギー集約型産業が化石燃料を消費する際に発生するCO2を吸収し、固定化することが今後数十年は不可欠と、我々は考える。

40 宇宙太陽光発電とは、衛星軌道上で太陽エネルギーを太陽電池パネルで集め、送信装置によって地上のアンテナに送り、送られてきたエネルギーを地上で利用可能な電力に変換するシステムである。また、核融合発電とは核融合反応で発生するエネルギーを利用したものである。

41この図は、財団法人 地球環境産業技術研究機構 (RITE) の試算によって、導かれたものである。この図を見ると省エネの部分(クリーム色)が大きいことが分かる。しかし、この図が示す技術進歩の経路を我々は提案しているのではなく、我々はこの図を各技術が並行に存在することを示すために用いたのである。

3.2.2 革新的技術の開発・普及の留意点

慣性効果と資本ストックの転換

エネルギー供給サイドの顕著な特徴のうち1つは、慣性効果である。資本ストックは各々異なる寿命を持つが、エネルギー部門の資本ストックの寿命は比較的長い。例えば、発電所やパイプラインなどは、約30年もしくはそれ以上使用され続ける。1次エネルギーとして化石燃料が選択されたことにより、技術発展は化石燃料に依存したものになっている。World Energy Outlook(2004)によると、今後数十年間は化石燃料が引き続き世界のエネルギーミックスの主流を占めることと推測されている(IEA 2004)。このように、供給側の選択により、関連する産業やインフラが化石燃料消費依存型に偏ることをロックイン効果という。

GHG 排出抑制の延期は必ずしも企業の利益にならず、むしろ不利益になりうるという見解がある。仮に、ある火力発電所の稼働から30年経過した時点で、再生可能エネルギーが利用可能段階になっていれば、化石燃料から再生可能資源にほぼ完璧な転換が適切な費用で実現できるであろう。しかし、投資を始めて5年経過した時点で気候変動問題の重要性を認識しそこから短期間で炭素集約度を低減させる設備に更新する場合、炭素集約型産業の投資回収期間に満たない段階で膨大な費用をかけて炭素集約型産業の操業を止めなければならぬことを意味する。この場合、段階的に対策をとることに比べて、余分な費用がかかる。よって、政策立案者は出来るだけ早い段階からエネルギーシステムの転換を促していく必要がある。

学習効果

革新的技術の開発・普及は排出削減行動と関連して起こるということが知られている⁴²。技術の開発・普及は「開発→導入→普及」と線形的なプロセスを進んでいくものではない。現実には、幾重にも各過程を往復しつつ、市場で経験を得て、改良を重ねながら費用も低減していき、普及が進んでいく(図 3-6)。そして、ある技術が市場で普及すると予測されることにより、企業は R&D 投資を増やし、技術開発・普及を促進していく。CO₂ 排出を抑制させる政策は、企業がエネルギー関連の R&D 投資を温暖化対策技術へシフトさせるインセンティブを与える。

⁴² Grubb(1997)参照。

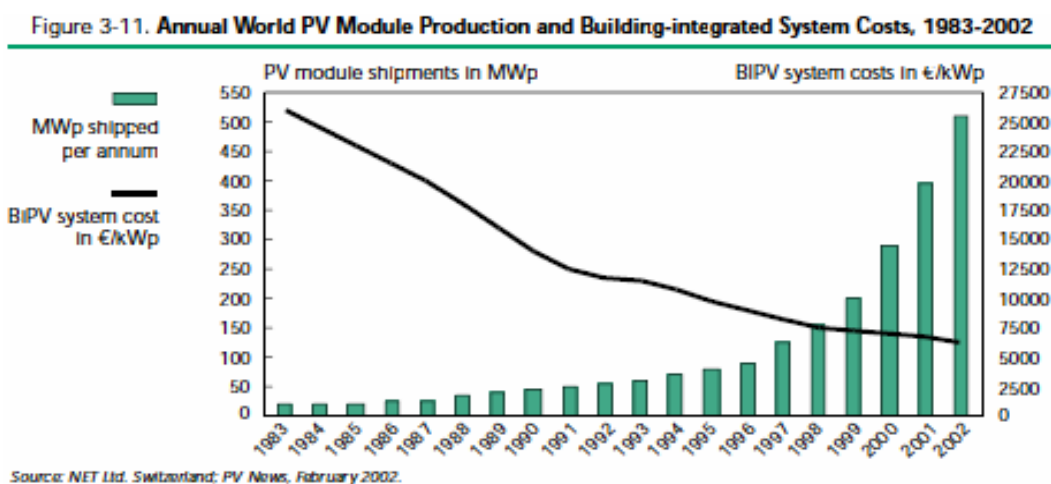
【図 3-6: 技術開発から普及への流れ】



出典：環境省（2004）を基に作成

ここで、太陽光発電の例を挙げる。太陽光発電の費用は、システムの規模・設置場所・技術などに左右される。現在、太陽光発電費用は他の電力生産システムよりも高いため、短期では主要なエネルギー源にはならない⁴³。ただし、電力生産量を増加することが可能になることによって、費用が低減していき、それに伴い普及が進んでいる。図 3-7 のビルに設置された太陽光発電システムの例からもこのことが分かる。

【図 3-7: 規模の拡大と費用の低減①】



出典：IEA（2004）

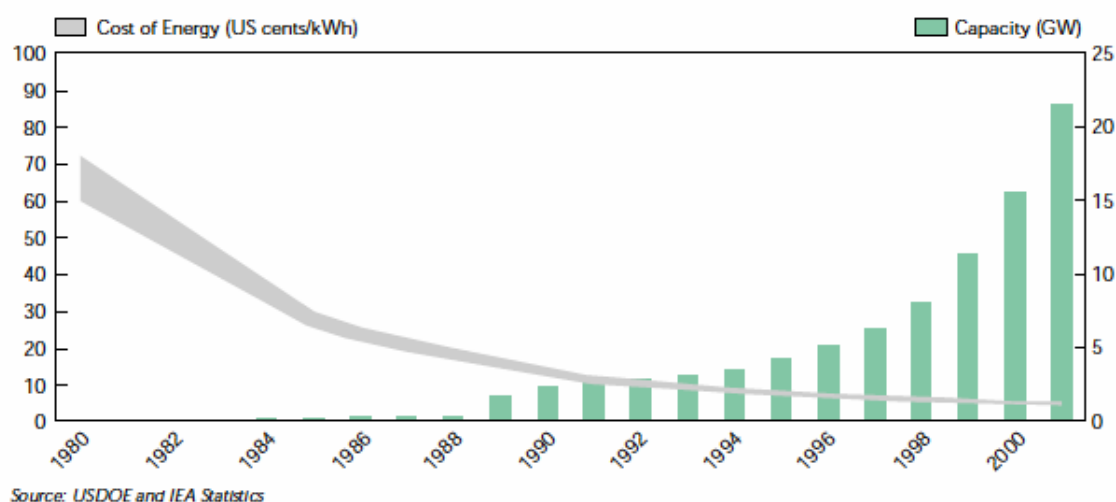
次に風力発電の例を挙げる。風力発電は 1970 年代のオイルショックを契機に、開発・普及が始まった。政府主導の R&D、導入政策そして製造業者などの民間部門の R&D 投資が行われるようになり、技術進歩が進み、1990 年代から導入量が増大している。それは大型のタービンを持つ設備が導入されてきたことに加え、卸売価格(費用)が低減していることに

⁴³ 2002 年度のアメリカや日本などの市場では、モジュールの平均価格が\$3.5/Watt と報告された(IEA 2004)

起因している(図 3-8)。1980 年に IEA 加盟国では⁴⁴、卸売価格発電費用が\$0.70/kWh であったが、それ以降着実に低減していき、現在では\$0.035～0.04/kWh である⁴⁵。

【図 3-8: 規模の拡大と費用の低減②】

Figure 3-18. Cost and Capacity Trends in Wind Power, 1980-2001



出典：IEA（2004）

政府の役割～政策の重要性～

政府が各段階に応じて、適切な政策を行うことによって、革新的技術の開発・普及を促進させる。まず、開発段階に実施する政策について述べる。この段階では、政府の R&D 補助が重要である。有望な技術であっても、巨額の初期投資を有するものは、初期段階では市場原理に任せては普及が見込めない。なぜなら、投資に見合った資金の回収が見込めないためである。革新的技術の場合も同様で、政府が積極的に R&D 補助を行い、技術を導入段階に至るまで発展させることが必要である。

次に、導入段階に実施する政策について述べる。この段階での政策は、基準や目標の設置といった直接規制、経済的手法などがある。法整備による直接規制の例として、「再生可能エネルギー・ポートフォリオ基準」(Renewable Portfolio Standard, 以下、RPS 制度とする)が挙げられる。これは、再生可能エネルギーを普及させるための政策手段としてアメ

⁴⁴ IEA 加盟国は 2004 年 11 月現在、オーストラリア・オーストリア・ベルギー・カナダ・チェコ・デンマーク・フィンランド・フランス・ドイツ・ギリシア・ハンガリー・アイルランド・イタリア・日本・韓国・ルクセンブルグ・オランダ・ニュージーランド・ノルウェイ・ポルトガル・スペイン・スウェーデン・スイス・トルコ・イギリス・アメリカ合衆国の 25 カ国である。また、欧州委員会もその活動に加わっている。

⁴⁵ 新規石炭火力発電所の発電費用は\$0.035～0.04/kWh と推測される (IEA 2004)。石炭火力発電と風力発電の発電費用が等しい理由について述べる。後者は設備投資額が前者のそれよりはるかに高いが、再生可能エネルギー (風力) のため燃料を購入しなくて済むので、費用が等しくなる。

ポスト京都議定書班
The 3 Pillar Approach ～球温暖化将来枠組みの構築の提案～

リカで開発された。RPS 制度は電力小売事業者に対して、その供給電力量の一定割合(割当量)を、風力や太陽光などの再生可能エネルギーからの電力によってまかなうことを義務付ける政策である。このように、革新的技術のために、ニッチ市場をつくることは技術の改良、費用の低減を図るためにも重要である。

次に、経済的手法として、環境税、排出権取引がある。これらは脱炭素型社会の方向へ価格シグナルを与え、そして革新的技術への需要を喚起することによって技術進歩を促す。よって、政府が R&D 補助を行うだけでなく、市場へ CO2 排出抑制のインセンティブを付与することによって、自律的な排出削減を行うことが求められる。

国際的技術協力の必要性

地球環境問題である温暖化防止のためには、より効果的な GHG 削減技術を全世界的に普及させ各国が大幅に GHG を削減していくことが望ましい。革新的技術開発(炭素隔離や化石燃料から水素への燃料転換等)は、開発、インフラ整備等への投資額やリスクも膨大となることから、現在、主要排出国が参加した国際的協力体制が築かれはじめたという段階にある。例えば、2003年6月米国ワシントンにおいて、炭素隔離について今後の技術協力に関する合意がなされた(「炭素隔離リーダーシップ・フォーラム(CSLF)」)。同様に、2003年11月米国ワシントンにおいて、日、米、英、独、中国、インド等15カ国及び欧州委員会が参加し、水素経済の構築に向けて取り組みを進めていく枠組文書に合意した(「水素経済のための国際パートナーシップ(IPHE)」)。これにより、今後水素技術に関する研究・開発・実証・商業利用を実施すること、共通の規則・基準の策定を通じて価格競争的な水素経済の構築を目指す等の国際的協力が進められていくことになった。

このように、国際的技術協力へ向けた取り組みは開始間もない段階にあり、将来の GHG 大幅削減に向けて今後数十年間、各国政府は他国政府と協調していく姿勢を貫く必要がある。また、あくまで民間のプロジェクトであって経済合理性が主要な動機であるものの、CDM や JI 等の京都メカニズムも国境を越えて技術の波及を促進していくための手段として重要な役割を果たすだろう。国際的技術協力は、UNFCCC や京都議定書に規定された文言ではないが、この二つの条約の代替案となるべき性格のものではなく並存していくべきものである。

第4章 将来枠組みの在り方

本章ではこれまでの議論を簡潔にまとめた上で、1つの将来枠組みのあり方を提案する。そしてそれを環境効果、経済効率性、衡平性、そして実現可能性という環境政策を評価する際に最も重要と思われる4つの観点から検証する。

4.1 長期目標の設定

地球温暖化は何世代にも渡る長期的な問題であり、したがって長期的な目標が必要である。しかし、京都議定書にはこの長期的な観点が抜けており、いかなる将来枠組みにおいてもこの点につき改善が必要である。すなわち、具体的なGHGの安定化濃度に関して長期的目標を設定し、それへの道筋を立てることが肝要である。その際に留意しなければならないことが2点ある。1つは現在の科学的知識ではどの濃度でGHGを安定化するのが望ましいのかははっきりしないという不確実性の問題、そしてもう1つはGHGの濃度がある水準を超えると大規模かつ不可逆的な環境損害をもたらされる可能性があるという問題である。この2点を考慮すると、今から実現可能な最も低い水準でGHGの濃度安定化を目指すことで、将来世代により多くの選択肢を持たせることが重要だと言える。本稿ではそのような濃度安定化の水準を550ppmと考え、議論を進めてきた。

4.2 550ppm達成のために必要な要素

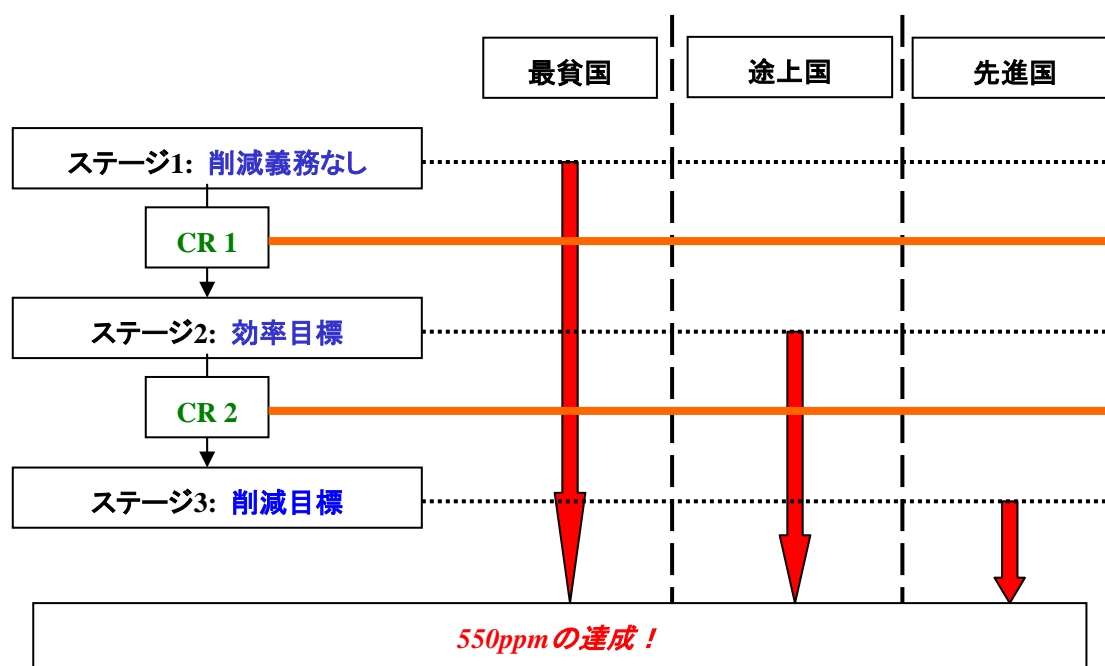
550ppmは決して簡単な目標ではない。これを達成するためにはGHGの大規模な排出削減が必要であり、このため将来枠組みにおいては以下の2点が必要条件となってくる。第1に、全世界的な枠組みへの参加と削減努力が必要である。特に議定書では全く削減義務を負っていない途上国の実質的参加を達成することが必要不可欠である。近い将来、途上国のGHGの排出量は、先進国のそれを上回るとされている。したがって途上国に削減義務を課さないまま550ppmを目指すという将来枠組みなどは、まさに絵に描いた餅である。第2に、GHGの排出削減にかかる費用を最小化する仕組みが必要である。これは経済への悪影響を最小化するという意味でも、そして人類が直面する他の重要課題のためにより多くの資金を残しておくという意味でも重要である。特に経済面での悪影響を緩和することができれば、アメリカの将来枠組みへの参加の可能性が高まると考えられる。以下にそれぞれの論点についてのこれまでの議論をまとめる。

4.2.1 途上国の実質的参加のために

将来枠組みにおいて途上国の実質的参加を達成するためには、衡平性の観点が考慮されて

いなければならない。具体的には、一人当たりでの GHG 排出量を収束させること、そして過去の排出責任と経済力に照らし合わせて枠組への参加のタイミングと削減義務の厳しさを差異化させることの 2 点が重要である。こうした衡平性の観点から見て優れていると思われるのが、Multi-stage approach である。詳しい説明は第 2 章において既に述べたが、下の図 4-1 が示すように、この枠組は 3 つのステージで構成されている。それぞれのステージには異なる削減義務が設けられ、その厳しさの度合いはステージごとに増して行く。最初の段階において最貧国はステージ 1 から、その他の途上国はステージ 2 から、そして先進国はステージ 3 からの参加となる。このように削減義務と参加のタイミングがうまく差異化されている点が評価できる。また最貧国とその他の途上国に関しては、一人当たり排出量と一人当たり GDP の和から求められる CR-index がある基準値に達した時点で、次のステージへと移行する。ステージ 3 においては、一人当たり排出量の多い国が比較的大きな削減義務を負う。このようにして一人当たり排出量を収束の方向に向かわせながら 2150 年における 550ppm での GHG 濃度安定化を目指すこととなっている。

【図 4-1: Multi-stage approach】



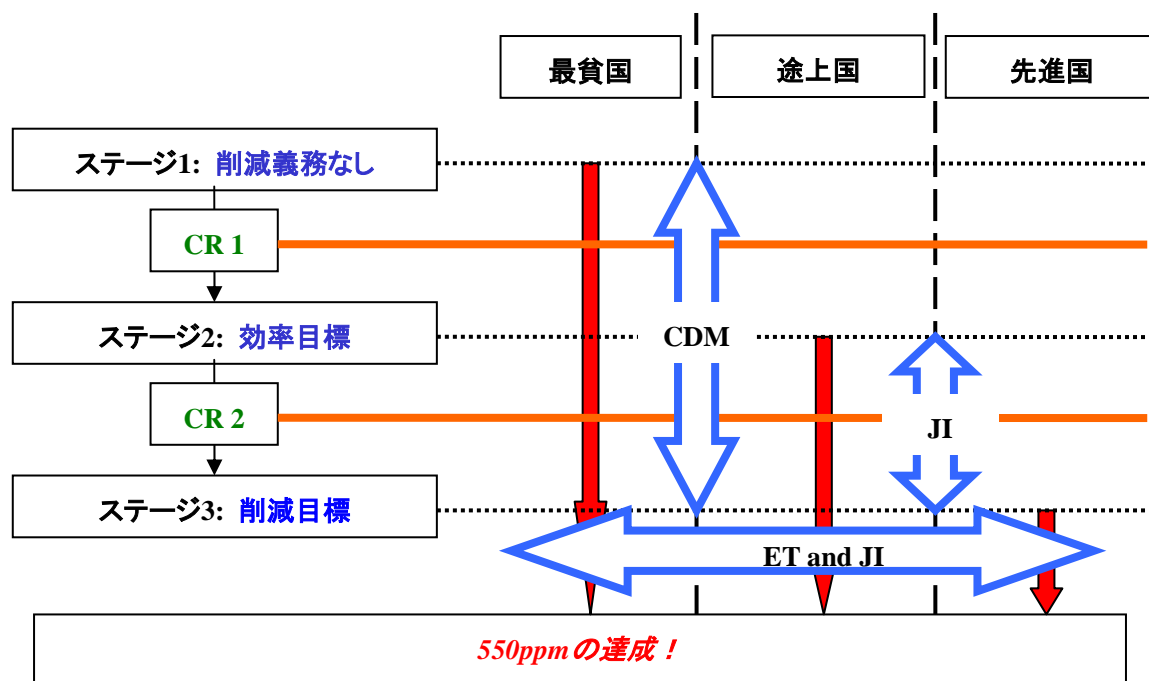
4.2.2 GHG 排出削減費用の最小化のために

排出削減にかかる総費用を最小化するためには、短期的には経済的手法によって限界削減費用を均等化させること、そして長期的には技術進歩によって限界削減費用曲線の下方向シフトと傾斜の緩和の 2 点が考えられる。前者の限界費用均等化に関しては、議定書にお

ポスト京都議定書班
 The 3 Pillar Approach ～球温暖化将来枠組みの構築の提案～

いて定められた京都メカニズムを継続して利用をすれば良い。具体的には下の図 4-2 が示すように、ステージ 3 において排出権取引 (ET) と共同実施 (JI) を、ステージ 3 と 2 の間において JI を、そしてステージ 3 と 1 の間においてクリーン共同メカニズム (CDM) を行うことができる。ステージ 2 における JI やステージ 2 とステージ 1 の間における CDM も制度的には可能だが、実現可能性が低いため、ここでは考えないこととする。第 3 章では、ET の経済効率性と参加主体の数が比例関係にあると述べたが、Multi-stage approach においてはステージ 3 に徐々に途上国が加わっていくため、ET の経済効率性は時間と共に増していくと考えられる。この時、参加主体の数がある時点において一気に増加すると、排出権価格が暴落をもたらすことによって市場に大きな混乱をきたし、さらに将来枠組みの環境効果を損なう可能性がある。したがって、参加主体の数を徐々に増やしていくことが肝要である。また後者の技術進歩の関しては、エネルギーの供給側における革新的技術の開発・導入・普及による脱炭素化の促進が特に重要であると言える。このためには国際的な技術開発協力、ステージ 3 における約束期間の長期化による技術進歩に起因する排出削減の十分な評価、そして慣性効果や学習効果に配慮した新技術の早い時点からの段階的導入などが必要である。また国内レベルにおいて、各国政府が適切な政策を取る必要がある。

【図 4-2: Multi-stage approach と京都メカニズム】



4.3 3 Pillar Approach

以上の議論を踏まえた上で、本稿では **Multi-stage approach**、京都メカニズムの継続利用、そして革新的技術の開発・導入・普及の 3 本柱から構成される **3 Pillar Approach** を採用し、550ppm での GHG の濃度安定化を目指していくことを提案したい。本項では、それぞれの柱がどのように機能し、お互いどのように作用し合い、そして全体としてどのように長期目標を達成していくのかということに関して詳しく述べたい。そして次項において、**3 Pillar Approach** そのものや国際的な温暖化政策一般に関してさらに議論すべき点を簡潔にまとめ、本稿の結びとしたい。

1 本目：Multi-stage approach

3 Pillar Approach における最初の柱である **Multi-stage approach** は衡平性に大きく配慮した考え方であり、責任 (**responsibility**)、平等の権利 (**equal entitlement**)、対策能力 (**capability**)、そして基本的なニーズ (**basic need**) を満たしている。これを採用したことによって、将来枠組みにおいてそれぞれの国が過去の排出実績と経済水準に応じて差異化されたタイミングで差異化された削減義務を負うことが可能となった。したがって、途上国の観点から見て、**3 Pillar Approach** は各国に一律に絶対値による削減義務を課した議定書に比べてより受け入れやすい枠組みであると言え、途上国の実質的参加の可能性は大きく向上したと考えられる。

2 本目：京都メカニズム

2 本目の柱である京都メカニズムの継続利用によって、限界削減費用を均等化させることによって、短期的に GHG 削減にかかる費用を最小化することができる。さらに排出権取引に限ってみれば、**Multi-stage approach** と組み合わせることによって、参加主体の数が徐々に大きくなることによってその効率性は徐々に増していく。こうした仕組みはアメリカの将来枠組みが自国経済に与える悪影響という意味での懸念を部分的に解消することができ、アメリカによる将来枠組みへの参加の道を切り開くことができる。さらに、京都メカニズムは衡平性の他国と同等の努力 (**comparable effort**) の原則を満たしており、**Multi-stage approach** と合わせると衡平性の 5 原則を全て満たしていることになる。

3 本目：革新的技術

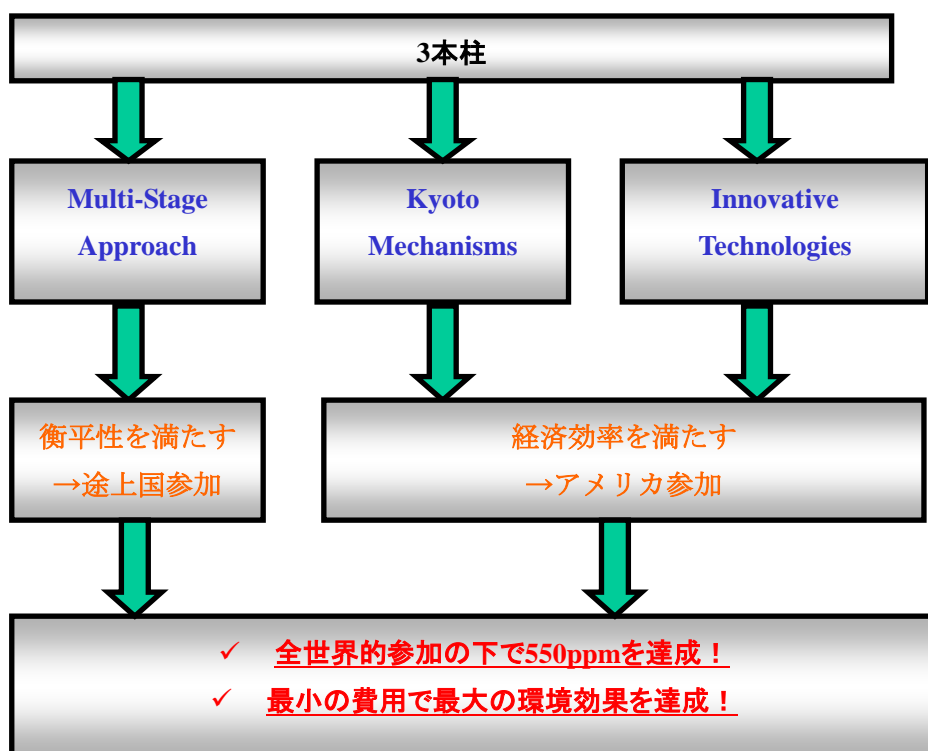
最後の柱である革新的技術の開発・導入・普及によって、長期的に GHG 削減費用を大幅に低下させることができる。この考え方は、現行の議定書からは欠落したものであるが、気候変動問題解決のためには欠かせない要素である。またこの考え方は、革新的技術の役割の重要性を説いて、その出現を待つて最少の費用で GHG を削減すべきだとするアメリカの主張にある程度一致するものだといえる。このように、2 本目と 3 本目の柱を組み合わせ

ポスト京都議定書班
The 3 Pillar Approach ～球温暖化将来枠組みの構築の提案～

ることでアメリカの懸念を大きく払拭することができると考えられ、3 Pillar Approach はアメリカにとっても現行の議定書よりもより参加しやすいものとなっていると言える。また GHG 削減費用の最少化は、マクロ的に見たグローバルな資源の効率的配分という観点からも、またミクロ的に見た各国における資源の効率的配分という観点からも望ましいものである。さらに言えば、JI や CDM を活用することによって、先進国でまずは発展するだろうと思われる先端技術の経済移行国や途上国への移転を促進することができる。この意味でも 2 本目と 3 本目の柱を組み合わせることは効果的だと言える。

以上見てきたように、1 本目の柱は衡平性の問題を解決することによって途上国の参加を促し、2 本目と 3 本目の柱は将来枠組みの経済効率を増すことによってアメリカの参加を促すことができる。また、それぞれの柱がシナジー効果を発揮し、それぞれの効果を高めている。このように、3 Pillar Approach は、途上国とアメリカの同時参加を実現することによって、将来枠組みへの全世界的参加を達成することができると考えられる。したがって本稿では 3 Pillar Approach によって、全世界的な協力の下、現在の知見から実現可能な最も低い GHG 安定化濃度と考えられる 550ppm を達成し、気候変動に起因する大規模かつ不可逆的な環境損害を防ぎ、最小の費用で最大の環境効果を目指すことを 2013 年以降の将来枠組みとして提案したい（図 4-3 参照）。

【図 4-3: 3 Pillar Approach】



4.4 さらなる論点

論点①：3 Pillar Approach における長期的目標設定に関して

温暖化政策の環境効果について考える時に最も重要な点は、いかにして大規模かつ不可逆的な環境損害を防ぐか、ということである。この観点から言えば、長期的目標を現在の知見から実現可能な最も低い GHG 安定化濃度と考えられる 550ppm に設定したことは、現時点では理にかなった決定だと言える。しかし、地球温暖化は不確実性の問題であり、550ppm が将来にわたって望ましい水準であり続けるとは限らない。例えば将来、科学的知見のさらなる蓄積や技術進歩などによって、望ましい濃度水準、または実現可能と考えられる濃度水準の幅が変化していく可能性がある。したがって、3 Pillar Approach においては長期的目標に柔軟性を持たせる必要がある。仮に将来のある時点において 450ppm が大規模・かつ不可逆的な環境損害を防ぐという意味で望ましい水準と判明したならば、ステージ 3 における全体の削減量を増加させると共に、革新的技術の開発・導入・普及の速度を上げることで、それを目指す必要があるだろう。これとは逆に 650ppm が望ましい水準と分かったならば、ステージ 3 における全体の削減量を減少させると同時に、余った資源を適応や他の環境問題の解決に投入することで、全体として環境効果を向上させる必要があるだろう。

論点②：適応の必要性

ここでさらに重要な論点は、将来に対する不確実性はあるものの、いずれにせよ現在の水準で GHG の濃度を安定化させることはほぼ不可能であるということである。これは、GHG の濃度やその変化による影響には慣性があり、GHG の排出量の変化に反応するのに一定の時間がかかることに大きく起因する。仮に技術進歩によって全世界レベルで GHG の排出量が大きく減り始めたとしても、GHG の濃度はしばらく上昇し続け、そしてその影響はさらに長い期間続くことになるだろう。少なくとも今世紀中や来世紀中に現在の水準で GHG の濃度を安定化させることを目指すことは非合理的であり、将来において気候変動はある程度進行するものだと認識しなければならない。今回提案した 3 Pillar Approach はあくまで気候変動緩和策であって、これに加えて今後は国際レベルと各国レベルの両方において適応策のあり方をより活発に議論していく必要があるだろう。

論点③：3 Pillar Approach の実現可能性に関して

今回提案した 3 Pillar Approach は本質的に衡平性と経済効率を満たしており、そしてこのことが全世界的参加につながり、枠組みの環境効果を高めている。そして上に述べた長期的目標の柔軟性と適応への考慮が十分になされれば、その環境効果はさらに高まると考えられる。このように、3 Pillar Approach は環境政策を評価する際に最も重要と思われる 4 つの要素のうち 3 つを満たしていると考えられるが、残りの 1 つである実現可能性に関し

ポスト京都議定書班
The 3 Pillar Approach ～球温暖化将来枠組みの構築の提案～

ては、さらに議論をしていく必要がある。

実現可能性に関する懸念は大別して2つあると考えられる。1つは、一人当たり排出量の収束を目指していることから、アメリカを始めとする先進国への削減負担が多大なものとなり、合意形成が困難となる可能性が挙げられる。ここで重要な点は、本稿で提案している将来枠組みにおいては、一人当たり排出量の収束というのはあくまで地球温暖化対策の大きな方向性を述べているのであって、絶対目標ではないということである。また、各国の産業構造の違いなどを考慮すれば、一人当たり排出量の収束が必ずしも望ましい結末とは言いきれない。したがって、実際の将来枠組みにおける先進国の削減負担は、最終的に一人当たり排出量が必ず収束するようなC&Cなどのモデルに比べて相対的に小さくなるだろう。また、第3章で述べているように、京都メカニズムの活用や、技術進歩による排出削減の促進によって、先進国への経済的な負担を最小限にとどめる仕組みが組み込まれている。こうしたことから、合意形成が成される可能性も十分にあると言える。

もう1つの懸念は、UNFCCCのような地球温暖化問題に関する国際機関と途上国においてキャパシティービルディングが行われる必要があるということである。本稿で提案した将来枠組みは、削減義務の細分化、CR-indexのreviewの必要性、そして効率目標の採用などによって京都議定書に比べて格段に複雑になった。したがって、当該の国際機関において優秀な人材の確保・育成や組織の拡張・成熟が必要であろう。また、多くの途上国が実質的な削減義務を負うため、ここでもキャパシティービルディングが必要であろう。こうしたことが行われなければ、将来枠組みはまさに絵に描いた餅となってしまいうだろう。

論点④：3 Pillar Approachの位置付け

3 Pillar Approachは国際レベルでの、オフィシャルな、そして気候変動緩和に関する政策である。もちろんこれは、気候変動問題解決のための重要かつ効果的な対策であるが、これだけでは不十分である。前述したように適応策も必要であるし、また3 Pillar Approachと平行して存在し、それを補完するようなオフィシャルではない合意や枠組みがあってもいい。例えば、民間部門においてセクター別での自主的かつ国際的な効率目標の設定やそれに伴う技術協力・移転などが考えられる。また、国レベル、地方レベル、そしてコミュニティレベルにおいても、国際的な枠組みや上位の政策と整合性を取った上で、適切な緩和・適応対策が行われる必要がある。このように気候変動問題解決のためには、様々なレベルにおいて、様々な種類の対策が、様々な主体によって行われる必要がある。3 Pillar Approachはそのような非常に広範囲にわたる政策パッケージの中核として考えるべきであり、それによって全ての問題が解決できるわけではない。しかしながら、国際レベルでのオフィシャルな枠組みは非常に重要であり、それが他の政策の形成に大きな影響を及ぼすこともまた事実である。これまで議論してきたように、3 Pillar Approachは気候変動問題解決に向けて正しい方向を目指しており、政策パッケージの中核としての役割を十分に果たすことができると考えられる。

APPENDIX

APPENDIX 1

ANNEX I 国	(OECD+EIT)
アイスランド	トルコ
アイルランド	日本
アメリカ合衆国	ニュージーランド
イギリス	ノルウェー
イタリア	ハンガリー
ウクライナ	フィンランド
エストニア	フランス
オーストラリア	ブルガリア
オーストリア	ベルギー
オランダ	ベラルーシ
カナダ	ポーランド
ギリシャ	ポルトガル
スイス	ラトビア
スウェーデン	リトアニア
スペイン	ルーマニア
チェコスロバキア	ルクセンブルク
デンマーク	ロシア
ドイツ	EC

ANNEX II 国	
アイスランド	デンマーク
アイルランド	ドイツ
アメリカ合衆国	トルコ
イギリス	日本
イタリア	ニュージーランド
オーストラリア	ノルウェー
オーストリア	フィンランド
オランダ	フランス
カナダ	ベルギー
ギリシャ	ポルトガル
スイス	ルクセンブルク
スウェーデン	EC
スペイン	

APPENDIX2 中国がステージ3に入るタイミング

第2章で示した CR-index を実際の中国のデータを用いて作成したものが図1である。CR-index は一人当たり GDP (単位: 1000 \$) と一人当たり GHG 排出量 (単位: CO₂-eq) の和で表され、GDP のデータは OECD (2004) に掲載されている為替と購買力平価の両方を用い二通りの CR-index の将来予測を行った。ステージ3入りする CR-index の値は 12 とされているため、為替を用いた場合 2030 年、購買力平価を用いた場合は 2015 年に中国はステージ3入りすることになる(表1の網掛け部分)。

中国にとっては為替 GDP を用いた方が削減義務を負うタイミングを遅くさせることができることがわかり、中国は為替 GDP を選好するだろうと予想される。なお、CR=12 という値は、den Elzen(2004)で任意に用いられたものであるため、実際の交渉では CR=12 という値を変更することも可能である。いずれにせよ、ここで示した中国の参加のタイミングはモデル上のものであるため絶対的なものではなく、あくまで目安となるべきものである点を注意されたい。

【図1: 2050年までの中国の CR-index 予測】

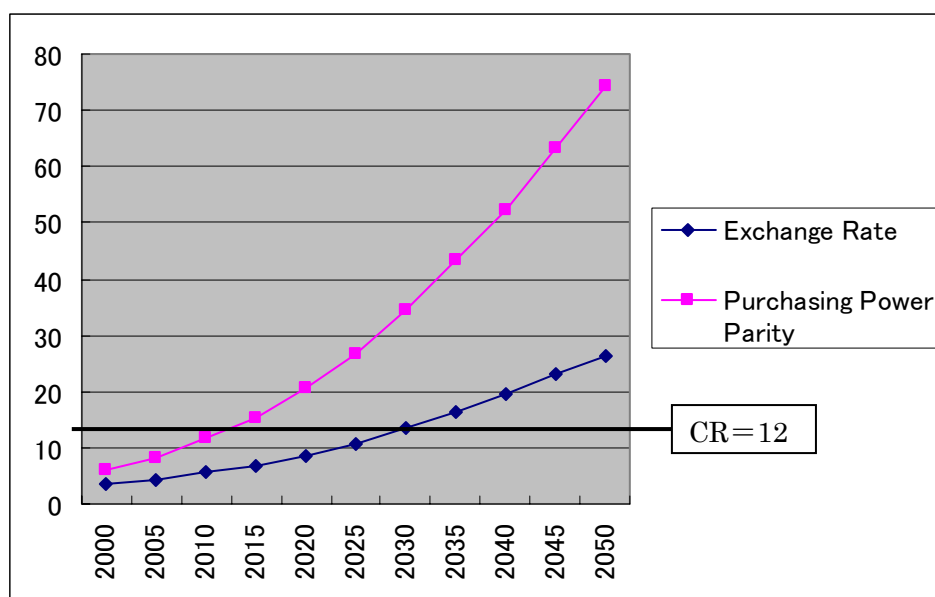


表1: 中国の CR-index

年	為替	購買力平価
2000	3.4	6.2
2005	4.1	8.2
2010	5.6	11.6
2015	6.9	15.4

ポスト京都議定書班
The 3 Pillar Approach ～球温暖化将来枠組みの構築の提案～

2020	8.6	20.5
2025	10.7	26.6
2030	13.5	34.4
2035	16.5	43.4
2040	19.5	52.3
2045	23.0	63.3
2050	26.4	74.3

出典：RITE 友田氏作成資料

APPENDIX 3 2003年～2050年の利用可能技術の一覧表

このマトリックスには各々3つのシナリオにより出現する技術が書かれている。1つ目のシナリオは「Clean but not sparkling」である。このシナリオの特徴は、民間・政策立案者ともに地球環境に対して非常に関心が高いが、技術進歩は比較的ゆっくりと進むことである。次のシナリオは「Dynamic but careless」である。このシナリオの特徴はダイナミックな技術進歩と気候変動問題への優先順位が低いこと、そして政策による介入がなくとも経済成長と急速な技術進歩によって問題を解決できるという一般観念があることである。最後のシナリオは「Bright skies」である。このシナリオの特徴は、急速な技術進歩が起こること、民間・政策立案者ともに地球環境問題に対して非常に関心が高いことである。また、経済成長は「Dynamic but careless」シナリオで最も高く、次に「Bright skies」シナリオ、「Clean but not sparkling」シナリオと続く。エネルギー価格は「Clean but not sparkling」シナリオで最も高い価格を示し、「Bright skies」シナリオ、「Dynamic but careless」シナリオの順に下がっていく。

Time horizon and sector	Clean but not sparkling	Dynamic but careless	Bright skies
2003-2025			
エネルギー供給	省エネ 石炭火力発電からガスタービン発電 (OECD) クリーンコール火力発電 (途上国) 天然ガス燃料によるエネルギー生産 コンバインドサイクルガスタービン (OECD から途上国へ) 天然ガス輸送技術 熱・電気複合利用 micro-generation (gas) 大気汚染削減技術 (SO _x , NO _x , PM)	省エネ (燃料転換を目指す目的) 石油・天然ガスの探索・採掘・輸送技術 オイルシェール・タールサンドの処理技術 新規石炭・天然ガス発電 ガス融解・再ガス化技術 大気汚染削減技術 (SO _x , NO _x , PM) 大規模水力発電 (途上国) 風力発電 (競争力を持つ) 分散型電源 (OECD)	急速な省エネ 低炭素集約型燃料 (天然ガス・再生可能資源) コンバインドサイクルガスタービン (OECD から途上国へ) ガス輸送技術 ガス融解・再ガス化技術 クリーンコール (石炭が豊富な途上国) 熱・電気複合利用 micro-generation (gas) 大気汚染削減技術 (SO _x , NO _x , PM)

ポスト京都議定書班
The 3 Pillar Approach ～球温暖化将来枠組みの構築の提案～

固定燃料電池	核開発計画：2015-2025（途上国と幾つかの OECD 加盟国）	固定燃料電池
原子力発電所（OECD：長寿命化・安全性向上）		少数の新規原子力発電所（OECD：長寿命化・安全性向上）
再生可能エネルギー：太陽光・風量・バイオマス・水力（途上国）		新型原子炉の探求
核融合への継続的な R&D		再生可能エネルギー：太陽光・風力・バイオマス・水力（途上国） 核融合への継続的な R&D

Time horizon and sector	Clean but not sparkling	Dynamic but careless	Bright skies
2025-2050			
	省エネ	核開発計画再開（世界規模）	核開発計画再開（世界規模）
	再生可能エネルギー技術向上	水素生産技術（原料：ガス・石炭・原子力・バイオマス）	再生可能エネルギーのシェア増大（風力・太陽光・高温の太陽熱・バイオマス）
	天然ガスへの継続的な取組	燃料電池発電	燃料電池発電
	核開発計画再開（途上国）	水素輸送・長期保蔵技術	水素生産技術（原料：ガス・原子力・バイオマス）
	炭素貯留	炭素貯留	水素輸送・長期保蔵技術
	核融合への継続的な R&D	核融合への継続的な R&D	電力保蔵技術への R&D
		風力発電	炭素貯留（大規模使用の準備段階）
		太陽熱技術の発達	核融合（商業化段階）
		核融合（商業化段階）	

出典：IEA（2003）

参考文献

- ・ 石弘光 (1999)、『環境税とは何か』岩波新書、岩波書店
- ・ 大塚直 (2004)、『地球温暖化をめぐる法政策』昭和堂
- ・ 加藤尚武 (1991)、『環境倫理学のすすめ』丸善ライブラリー
- ・ 環境省(2004a)、中央環境審議会地球環境部会『気候変動問題に関する今後の国際的な対応の基本的考え方について (中間とりまとめ)』
- ・ 環境省(2004b)、中央環境審議会地球環境部会、気候変動に関する国際戦略専門委員会『気候変動問題に関する国際的な戦略について』
- ・ 倉阪秀史 (2004)、『環境政策論：環境政策の歴史及び原則と手法』信山社出版
- ・ 経済協力開発機構 (OECD)・石弘光監訳 (1994)、『環境と税制－相互補完的な政策を目指して』有斐閣
- ・ 経済協力開発機構 (OECD)・尾崎陶彦訳 (2004)、『排出権取引の制度設計』技術経済研究所
- ・ 経済協力開発機構 (OECD)・小林節雄・山本壽訳 (2002)、『OECD 諸国における国内排出権取引の現状と展望』技術経済研究所
- ・ 経済産業省 (2003)、経済産業省産業構造審議会環境部会地球環境小委員会「気候変動に関する将来の枠組みの構築に向けた視点と行動 (中間とりまとめ)」
- ・ 澤 昭裕・関 総一郎 (2004)、『地球温暖化問題の再検証－ポスト京都議定書の交渉にどう臨むか』 東洋経済新報社
- ・ 公害調査センター (2003)、『季刊環境研究』130号、公害調査センター
- ・ さがら邦夫 (2002)、『地球温暖化とアメリカの責任』藤原書店
- ・ 佐和隆光 (1997)、『地球温暖化を防ぐ』岩波新書、岩波書店
- ・ 総合科学技術会議・内閣府政策統括官 (2002)、「地球温暖化研究の最前線－環境と世紀の知と技術 2002－」『総合科学技術会議地球温暖化研究イニシアティブ気候変動研究分野報告書』財務省印刷局
- ・ 高村ゆかり (2002)、『京都議定書の国際制度』信山社
- ・ 松尾直樹 (2002)、『米国新機構イニシアティブの分析－ブッシュ政権の気候変動問題に対する考え方』地球環境戦略研究所 (IGES)
- ・ 山口光恒 (2000)、「地球環境問題と企業」岩波書店
- ・ Berk and den Elzen(2001), “Options for differentiation of future commitments in climate policy: how to realize timely participation to meet stringent climate goals?” Climate Policy Vol.1 no 4, December
- ・ David Victor(2001), “The Collapse of the Kyoto Protocol” Princeton University Press
- ・ Claussen.E & L.McNeilly(1998), “Equity & Global Cimate Change” Pew Centre on

ポスト京都議定書班
The 3 Pillar Approach ～球温暖化将来枠組みの構築の提案～

Global Climate Change, Arlington, VA

- EIA (2004), “International Energy Outlook 2004”, EIA-DOE, Washington, DC
- Grubb, M. (1997), “Technologies, energy systems, and the timing of CO2 emission abatement: an overview of economic issues”, Energy Policy, vol. 25, n° 2, February
- Grubb, M. (2003), “A Strategic Assessment of the Kyoto-Marrakech System”, Briefing Paper No.6, The Royal Institute of International Affairs.
- IEA(2001), “International Emission Trading: from concept to reality”, OECD/IEA, Paris
- IEA(2002), “Beyond Kyoto—Energy Dynamics and Climate Stabilization,” OECD/IEA, Paris
- IEA (2003a), “World Energy Investment Outlook”, OECD/IEA, Paris
- IEA (2003b), “Technology Innovation, Development and Diffusion” Information Paper, OECD/IEA, Paris
- IEA (2003c), “Energy to 2050: Scenarios for a Sustainable Future”, OECD/IEA, Paris
- IEA (2003d), “Renewables for Power Generation –Status and Prospects –”, OECD/IEA, Paris
- IEA (2004a), “World Energy Outlook”, OECD/IEA, Paris
- IEA (2004b), “Renewable Energy: Market & Policy Trends in IEA Countries”, OECD/IEA, Paris
- IPCC (1995) , “Climate Change 1995: SECOND ASSESSMENT REPORT” WG I Scientific bases
- IPCC(1997), Technical Paper III “Stabilization of Atmospheric Greenhouse Gases :Physical, Biological and Socio—economic Implications”
- IPCC (2001) , “Third Assessment Report: Climate Change” Synthesis Report
- John Ashton and Xueman Wang(2003), “equity and climate: in principle and practice”, The Pew Center on Global Climate Change.
- Kevin A. Baumert(2002), “Options For Protecting The Climate” The World Institute
- McKibbin W. J. and Wilcoxon, P. J. (2002), “Climate Change Policy after Kyoto, Blueprint for a Realistic Approach”, Brookings Institution Press
- M.G.J.den Elzen, M.M. Berk, P. Lucas(2004), “Simplified Multi-stage and Per Capita Convergence: an analysis of two climate regimes for differentiation of commitments”
- Meyer,A (2000) Contraction and Convergence. The Global Solution to Climate Change. Schumacher briefings 5, Greenbooks for the Schumacher Society, Bristol, USA.

ポスト京都議定書班
The 3 Pillar Approach ～球温暖化将来枠組みの構築の提案～

- Müller, B., A. Michaelowa & C. Vrolijk (2001), “Rejecting Kyoto, A study of proposed alternatives to the Kyoto Protocol”, Climate Strategies
- OECD (1999), “Action against Climate Change: The Kyoto Protocol and Beyond”, OECD, Paris.
- OECD (2004), “1972-2002 Emissions de CO2 Dues A La Combustion D’energie”, OECD, Paris.
- Thomas C. Heller and P.R. Shukla (2003), "Development and Climate: Engaging developing countries". The Pew Center on Global Climate Change.
-
- UNFCCC (1997), “Paper no.1 : Brazil Proposed Elements of a Protocol to United Nations Framework Convention on Climate Change” presented by Brazil in Response to Berlin Mandate,UNFCCC/AGBM/1997/MISC.1/Add.3 GE.97一,Bonn.
- United Kingdom Energy White Paper(2003), “Our energy future – creating a low carbon economy”
- Wigley, Richels, Edmonds (1996) , “Economic and Environmental Choices in the Stabilization of Atmospheric CO2 Concentrations” NATURE vol.379, 18 January 1997
- William A. Pizer (2003), “Climate Change Catastrophes”, Discussion Paper 03-31, Resources for The Future.
- William D. Nordhaus (2001) , “After Kyoto : Alternative Mechanisms to Control Global Warming”

インターネットソース

- 宇宙航空研究開発機構 (JAXA) : http://www.jaxa.jp/index_j.html
- 核融合科学研究所 (NIFS) : <http://www/nifs.ac.jp/index-j.html>
- 環境省 : <http://www.env.go.jp/>
- 経済産業省 : <http://www.meti.go.jp/>
- 財団法人地球環境産業技術研究機構 (RITE) : <http://www.rite.or.jp/>
- 財団法人地球環境戦略研究機関 (IGES) : <http://www.iges.or.jp/index.html>
- 財団法人日本エネルギー経済研究所 (IEEJ) : <http://enen.ieej.or.jp/>
- 資源エネルギー庁 : <http://www.enecho.meti.go.jp/>
- 全国地球温暖化防止活動推進センター (JCCCA) : <http://www.jccca.org/>
- 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) :
<http://www.nedo.go.jp/index.html>
- Energy information Administration: <http://www.eia.doe.gov/>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) : <http://www.ipcc.ch/>

ポスト京都議定書班
The 3 Pillar Approach ～球温暖化将来枠組みの構築の提案～

- National Institute for Public Health and the Environment (RIVM):
<http://www.rivm.nl/en/>
- Resource for the Future: <http://www.rff.org/>
- The International Energy Agency (IEA): <http://www.iea.org/index.asp>
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) :
<http://unfccc.int/2860.php>