

B-54 アジア太平洋地域統合モデル（AIM）を基礎とした気候・経済発展統合政策の
評価手法に関する途上国等共同研究

（3）政策シナリオおよび国際比較に関する研究

独立行政法人国立環境研究所

社会環境システム研究領域	統合評価モデル研究室	甲斐沼美紀子・増井利彦・藤野純一
	前領域長	森田恒幸
	領域長	原沢英夫
	環境計画研究室	高橋潔・肱岡靖明
	環境経済研究室	日引聡
（社）システム総合研究所		榎木義一
（財）環境研究センター		田井慎吾

＜研究協力者＞ （独）国立環境研究所社会環境システム研究領域 花岡達也
国際応用システム分析研究所 Nebojsa Nakicenovic, Marek Makowski

平成12～16年度合計予算額 152,725千円
（うち、平成16年度予算額 27,314千円）

〔要旨〕本研究では、IPCCで議論されているSRESシナリオおよび気候安定化シナリオ、ミレニアム・エコシステム・アセスメントで提案されている生態系シナリオ、ACROPOLIS (Assessing Climate Response Options: POLIcy Simulations)で検討されているエネルギー政策シナリオを検討するとともに、アジア太平洋地域への温暖化の影響を評価した。将来の気候変化の程度の見積もりには、温室効果ガス排出量の見込みに関する不確実性が含まれるが、これには、排出の推計手法に起因する不確実性に加え、人間が今後どのような社会・経済・科学技術等の発展の道筋を選択していくかに大きく依存する。そこで、シナリオにより、将来に起こりえそうな社会経済の様態を網羅的に取り扱い、シナリオに基づいたモデル解析によって、将来起こりうる社会像の道筋を定量的に示す。本研究では、まず、SRESによる対策なしのシナリオに加え、二酸化炭素濃度の安定化という条件を与えた対策シナリオ（Post-SRESシナリオ）を作成し、世界の9つのチームとその結果について比較・分析を行った。また、IPCC第四次評価報告書の作成に貢献するために、第三次評価報告書以降の排出シナリオの世界中の研究者による研究成果を収集し、温室効果ガス排出シナリオデータベースを更新した。また、アジア地域を対象として、人口、GDPなどの駆動力やエネルギー消費量、環境影響などについて推計し、その結果をUNEP/GE03に提供した。さらに、アジア地域の対策時におけるエネルギー供給技術のシナリオを検討するとともに、簡易気候モデルを用いて様々なシナリオ下における気候変動とその影響を定量化した。また、EMF (Energy Modeling Forum)、ACROPOLISなどのモデル比較プロジェクトを通じてモデルを検証した。EMFでは気候安定化制約を課したときのCO₂以外の温室効果ガスを含めたマルチガスへの対策について、経済モデル

による削減潜在性と経済影響に関する検討を行った。ACROPOLISでは最終需要モデルを用いてエネルギー効率の改善や地球温暖化対策と地域環境対策の統合政策の影響などについて検討した。

〔キーワード〕 地球温暖化、排出シナリオ、国際比較、気候安定化、温暖化対策技術

1. はじめに

長期的な社会・経済シナリオをベースに、気候安定化シナリオと経済発展シナリオの統合化を検討する。IPCCでは将来の社会像を想定して、二酸化炭素排出量を予測している。想定されている社会は、高成長社会、多元化社会、循環型社会、地域共存型社会の4つである。高成長社会では、マーケットの利点を活用して世界中がさらに経済成長を遂げ、教育、技術そして社会制度に大きな革新が生じるシナリオであるが、急激な経済の拡大は大量のエネルギー資源を必要とし、資源開発や新エネルギーへの投資が加速される。一方、多元化社会シナリオは、世界の各地域が固有の文化を重んじ、多様な社会構造や政治構造を構築していくことによって、世界の経済や政治がブロック化していくシナリオである。循環型社会は地球公共財としての環境の保全と経済の発展を地球規模で両立し、バランスのとれた経済発展を図るシナリオであり、地域共存型社会は環境や社会への高い関心に基づくが、地球規模の問題への関心や国際的な問題解決という方向に向かわず、地域の問題と公正性を重視してボトムアップの方向で発展を図るシナリオである。

まず、これらの社会・経済シナリオをベースとして、国別の対策シナリオ、先進国間の国際協調メカニズムを活用した対策シナリオ、及び、南北間の国際協調メカニズムを通じた対策シナリオを作成した。また、環境政策の技術革新に及ぼす効果、環境産業のマクロ経済効果、環境改善の経済へのフィードバックなどの対策によるプラスの効果等も合わせて検討した。次に、これらの社会・経済シナリオをベースに、大気中の二酸化炭素濃度の安定化に向けて2300年までの超長期を視野に対策シナリオを作成した。また、対策時におけるアジアのエネルギー供給シナリオを作成するとともに、様々なシナリオ下における気候変動とその影響を評価した。また、IPCC第四次評価報告書(Fourth Assessment Report: AR4)の作成に貢献するために、世界中の研究者による第三次評価報告書(Third Assessment Report: TAR)以降の排出・緩和シナリオの研究成果を収集し、SRESやTARなど、過去のIPCCの評価報告書の作成に活用された温室効果ガス排出シナリオデータベースをさらに更新した。

また、UNEP/GE03において異なる政策アプローチに基づく4つのシナリオを想定し、将来の展望を行った。これらは、市場優先シナリオ、政策優先シナリオ、安全優先シナリオ、持続可能性優先シナリオであり、人口、経済、技術、ガバナンスなどについて独自の想定を行ったものである。これらの社会・経済シナリオをベースに温室効果ガスの排出量、大気環境、水環境の変化等を予測し、様々なシナリオ下における気候変動とその影響を評価した。また、IPCCでは第4次報告書の一つの議題として気候安定化の目標設定があるが、EMFではそれに対応すべく放射強制力安定化シナリオを設定し、目標値を達成した際のモデル間の結果比較を行っている。さらに、ミレニアム・エコシステム・アセスメント(MA)では生態系保全の観点からSRESを参考に1) 世界経済協調シナリオ(SRESのA1に近い)、2) 力による序列シナリオ(A2に近い)、3) 技術解決シナリオ(B1に近い)、4) 地域適応シナリオ(B2に近い)、の4つのシナリオを想定し、シナリオ間の経済成長および生態系影響の解析を行っている。また、ACROPOLISでは技術を詳細に扱う最終需要モデルを用いた柔軟メカ

ニズム、効率標準化、外部経済性の内部化などに関するシナリオを設定し、エネルギー需給、CO₂排出、地域汚染物質排出などを評価している。こうしたシナリオの結果を、EMFやACROPOLIS等の国際比較プログラムやシナリオ間比較を行うことでシナリオの検証を行い、モデルを改良した。

2. 研究目的

気候安定化政策と経済発展政策を統合して推進するための問題点を明らかにし、経済発展を考慮した温暖化防止対策のあり方について検討する。他のサブテーマで開発されるモデルや地域詳細研究、新気候シナリオに基づいて、わが国及びアジア地域の途上国における気候安定化政策と経済発展政策、国内環境政策を統合する方策について評価するとともに、海外の研究機関と共同でモデル及びシミュレーション結果の国際比較を行い、モデルとその結果の有効性を検証することを目的とする。

3. 研究方法

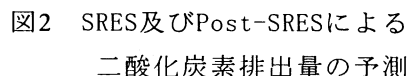
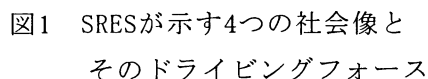
AIMモデルを用いて、温室効果ガス排出シナリオや対策シナリオにおける温室効果ガス排出量やエネルギー需給量、地域大気汚染物質排出量などを定量化する。特に、アジア・太平洋地域に焦点をあて、アジアのシナリオを詳細に分析する。まず、排出権取引やCDMなどの国際協調メカニズムが二酸化炭素削減の対策費用に及ぼす影響や、エネルギー技術の革新、将来の社会・経済要因等が二酸化炭素削減に必要な対策費用に及ぼす影響や、経済影響について解析する。また、2100年以降を対象にした超長期の排出シナリオおよび対策シナリオをAIM-SSGを用いて推計するとともに、各シナリオにおける気候変動とその影響を簡易気候モデルを用いて評価、分析を行う。また、オーストリア国際応用システム分析研究所（IIASA）のMESSAGEモデルを用いて、アジア・太平洋地域を対象に対策シナリオにおけるエネルギー技術の普及について検討する。さらに、トップダウンモデルに関しては、米国エネルギー・モデリング・フォーラム（EMF）を通じて、二酸化炭素以外の温室効果ガスの削減対策などの比較検討を行う他、ボトムアップモデルに関しては、ACROPOLISを通じてエネルギー効率の改善や、大気汚染物質の対策が二酸化炭素排出量に与える影響の比較を行い、モデルを精緻化する。

4. 結果・考察

（1）世界長期排出シナリオの推計

地球温暖化がどの程度進むかは、自然の系の不確実な挙動を別にすれば、われわれ人間社会がどのような方向に発展するかによって大きく左右される。将来の社会の発展方向の描き方により、エネルギー利用や土地利用変化の予想が大きく変わり、温室効果ガスや硫黄酸化物などの排出シナリオが大きく違ってくる。その結果、温暖化の予測に大きな差が生じ、また、どの程度の温暖化対策を必要とするかにも大きな違いが出てしまう。このように、様々な要因が関わるとともに不確実性が高い地球温暖化問題に対応する方法として、シナリオアプローチがある。このシナリオアプローチでは、起こりうる将来像を表現するとともに、目標とする将来像や望ましくない将来像を描いた上で、目標を達成するためや望ましくない状況を回避するために現在何をしなければならぬかを逆算することが可能で、議論する材料を提供してくれる。IPCCによって提示されたSRES（Special Report on Emissions Scenarios）では、それまでに作成されたシナリオを再考し、シナリオを特徴づける駆動力（人口、経済発展、技術等）が議論され、最終的に、A1B、A1FI、

SRESシナリオを前提とした気候予測では、人類の将来の発展方向は多様であり、そのどれを選ぶかによって温暖化の程度や対策の意味は大きく違ってくることを示した。リサイクルやエネルギーの効率的利用を徹底する循環型社会（B1）や廃棄物そのものを減らして自然と共生する地域共存型社会（B2）、あるいは原子力や新エネルギーなどを導入して高成長を続ける高度技術指向型高成長社会（A1T）など、これらの方向に発展すれば、温暖化対策の難しさが比較的軽減される。



また、図3にA1FIシナリオとB1シナリオに進んだ時の、CO₂濃度安定化に必要なCO₂排出削減量の比較を示す。このように、将来発展シナリオの違いによってCO₂削減の難易度が異なり、削減必要量が大きいほど、対策コストも増大し、困難さが増す。

また、図4に、大気中のCO₂濃度を550ppmに安定化させるための費用をGDP減少率によって示す。国内総生産（GDP）の減少に繋がるとの懸念から、温暖化対策の強化を嫌う向きがあるが、発展シナリオの選び方によっては、逆にプラスになりうる場合があることが示された。

さらに、気候モデルの実験用に2300年までの超長期排出シナリオを作成した。この対策シナリオは、TGCI(A Task Group on Scenarios for Climate Impact Assessment)の要請により、気候影響と適応に関する研究をSRESシナリオと組み合わせて推進することが提案されたことに基づき、気候モデルの標準入力のための排出シナリオを提供することを目的としたものである。そこで、AIM-SSG（安定化シナリオジェネレーター）を用いて、世界の9つのモデルがこれらのシナリオを作成し、AIMチームはそのコーディネート役をつとめた。また、モデル及びシナリオにおいて排出量が大きく異なるSO₂についても同様の超長期排出シナリオを作成した。図5に、大気中のCO₂濃度と排出経路の関係を示す。図6に、大気中の二酸化炭素濃度安定化シナリオの評価に向けた2100年から2300年までの二酸化炭素排出シナリオを示す。これより、濃度の安定化が達成された後も、CO₂を長期にわたって削減する必要があることがわかる。

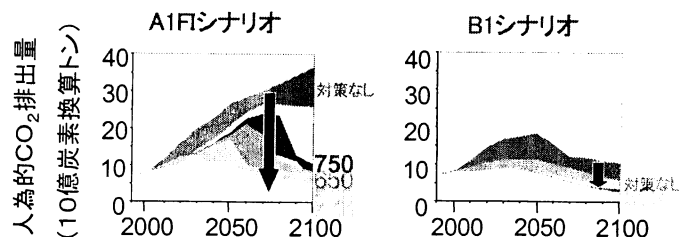


図3 A1FI及びB1シナリオでの濃度安定化に必要な削減量

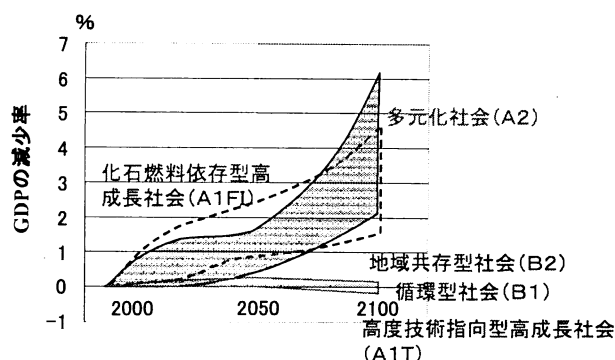


図4 大気中のCO₂濃度を550ppmに安定化させるための費用（GDPの減少率）

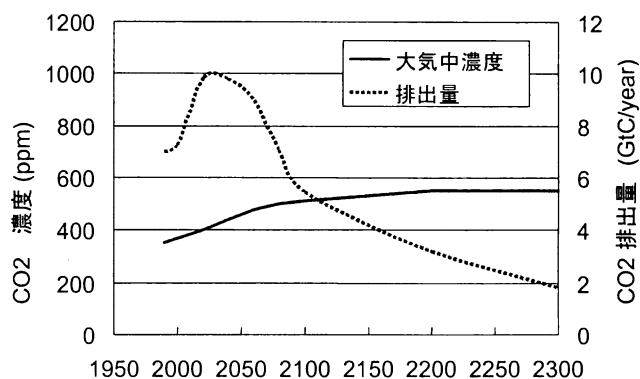


図5 550ppm 安定化経路の例（AIM-SSG）

（2）SRESシナリオをベースとした経済・気候変動影響の推計

SRESの4つのシナリオの中からB2を基準シナリオとし、B2で描かれている経済活動、温室効果ガス排出量が再現できるように技術進歩率等のキャリブレーションを行い、気候変動による農業影響のフィードバックを考慮した排出削減政策の効果を分析した。想定したシナリオは、基準シナリオのほかに、先進国のみが二酸化炭素排出量を削減するシナリオ（2010年は京都議定書、それ

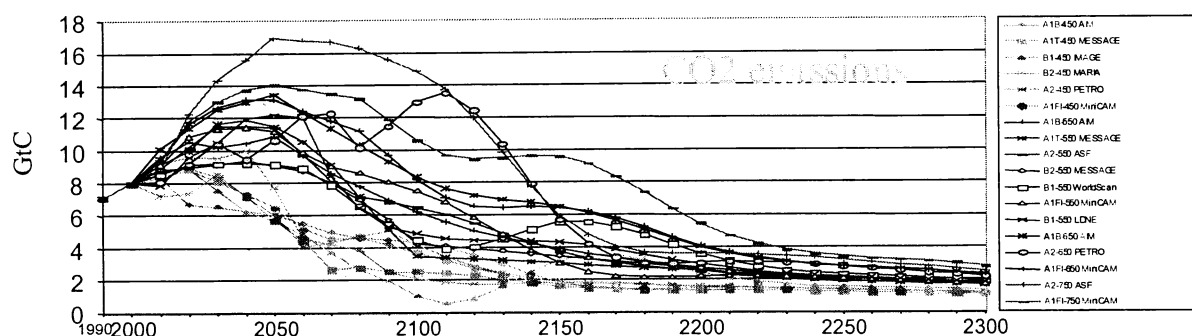


図6 長期安定化二酸化炭素排出シナリオ

以降は5%/10年で削減)、世界全体が二酸化炭素排出量を削減するシナリオ(550ppm安定化)の3つである。

排出シナリオは、多様な発展パターンを我々が選択しうることを不確実性として取り込んだものであり、一方で、気候モデルは、温室効果ガス濃度の増加に対する気候システム・地球システムの反応に関して、科学的にまだ不明な点に起因する不確実性を持っている。そして、将来の温暖化による影響の評価は、この排出シナリオと気候モデルを用いてシミュレートされる将来の気候変化推計に基づいて行われる。そこで、気候変化の生起確率を考察するために、6つのSRESシナリオをベースとして、GFDL R15a, CSIRO Mk2, HadCM3, HadCM2, ECHAM4/OPYC, CSM 1.0、DOE PCMの7つの簡易気温変化モデルによる(GCM)の気温変化の結果について比較検討した。図7は、GCMごとの気候感度特性をパラメーターとして取り入れた簡易気温変化モデルを用いて2100年までの気温上昇をシミュレートし、全球平均の気温変化の予測幅を見たものである。SRESシナリオの中で最も排出が将来的に低いレベルに抑えられるB1シナリオでは、気温変化の平均が 2°C 、その標準偏差が 0.5°C となっている。このように、B1シナリオの結果は、他のシナリオに比べて相対的に低い気温変化が予測されるが、気候モデルの持つ不確実性のために、その予測結果の幅は $1^{\circ}\text{C} \sim 3^{\circ}\text{C}$ の分布を持っている。一方で、A1F1シナリオでは、気温変化の平均が 4.5°C 、その標準偏差が 0.9°C と気温変化への影響が大きい。全シナリオの平均でみると、気温変化の平均は約 3°C となっている。

また、図8は、1990年から2100年にかけて、日本、中国、インド、カナダにおける冬小麦の生産性の変化とその生起確率を示している。大気中の CO_2 の増加は、温暖化をもたらすが、一方で植物が光合成を行い成長するために欠かせないものでもある。そこで、 CO_2 の肥沃化を考慮した場合と考慮しない場合で、生産性の変化とその生起確率を

比較検討した。例えば、日本では、 CO_2 の肥沃化を考慮した場合は、生産性の変化の平均が 24.3% であるのに対して、 CO_2 の肥沃化を考慮しない場合は、生産性の変化の平均は -6.5% と、傾向が大

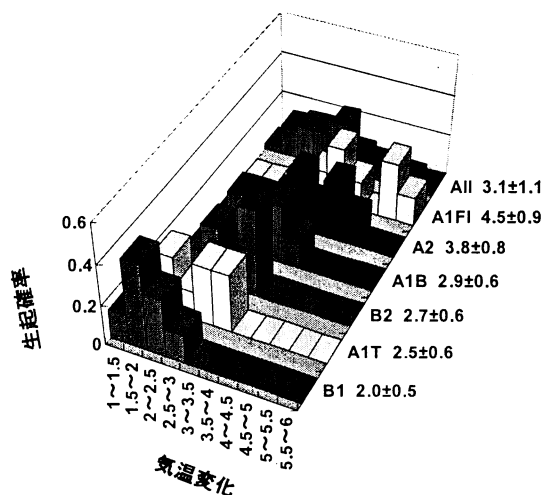


図7 1990～2100年の全球平均気温変化

きく変化している。また、同様の傾向が、中国、インド、カナダの例においても見られる。

そこで、インドのケースについて、さらに詳細に考察した。図9は、CO₂の大気中の濃度制約を450pp、550ppm、650ppmおよび750ppmとした対策シナリオの下で、インドにおける冬小麦の生産性の変化とその生起確率を示したものである。図より、標準ケースでは34%の生産性の減少が見られ、550ppmのケースでは20%の減少、450ppmのケースでは14%の減少となり、濃度制約の厳しい対策シナリオになるほど、生産性の減少が抑えられることがわかる。

また、温室効果ガスの排出削減対策による直接的な影響だけでなく、これらの穀物の生産性の変化による間接的な影響も検討した。図10は、SRESシナリオをベースとし、それぞれの標準シナリオの下で大気中のCO₂濃度を制約したときの、穀物の生産性の変化による、2100年時の経済への影響を表している。図より、例えばインドでは、何も温暖化対策が取られない場合は、GDPロスは6.8%であったのに対し、450ppmのケースでは、GDPロスは約1~4 %と減少した。

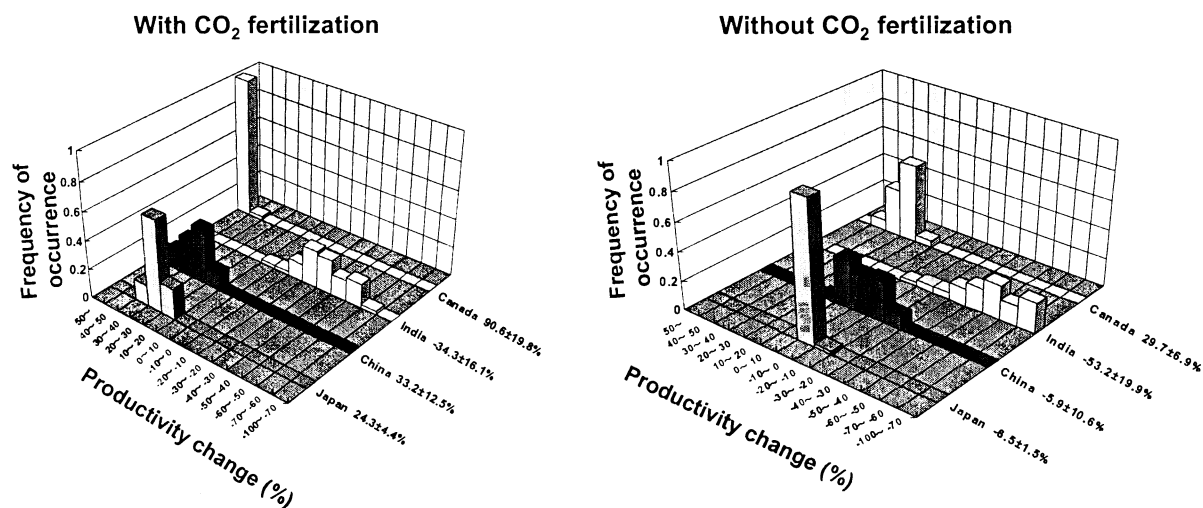


図8 1990～2100までの冬小麦の生産性の変化

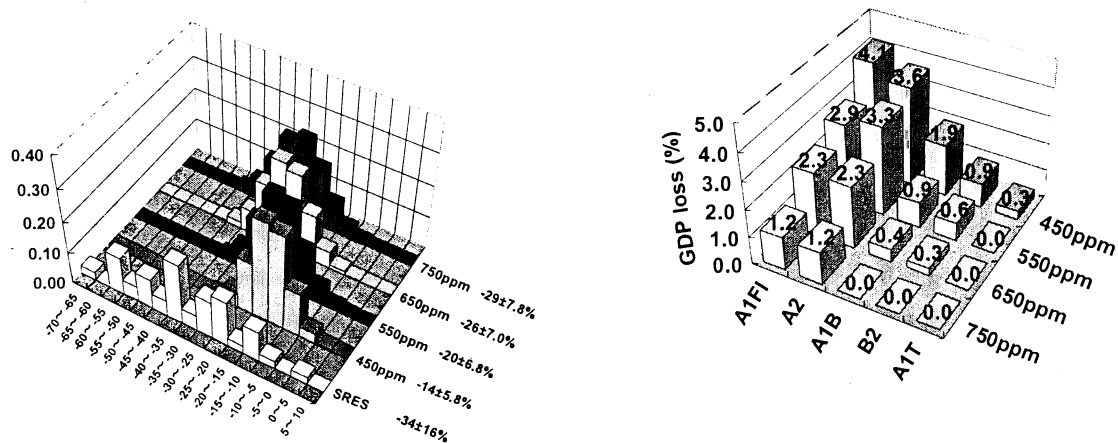


図9 インドの冬小麦の生産性変化の生起確率

図10 インドにおける2100年時のシナリオ毎の経済ロス

(3) 安定化シナリオの統合評価

EMF比較研究では、これまで京都議定書による対策を実行した場合の経済影響や長期の気候安定化シナリオを達成するための排出シナリオおよびそれによる自然環境の変化や経済的影響について分析してきた。主にトップダウン型の経済モデルを中心としたモデル比較を行っている。そこで、このEMF比較研究に参加して、AIMの応用一般均衡タイプの世界モデルを用いて、京都シナリオや大気濃度安定化シナリオのもとでの温室効果ガスの排出量、対策による経済影響、気候変動による農業や健康影響、および対策を行った場合の影響の緩和の程度について推計した。

まず、大気中二酸化炭素濃度を安定化するシナリオについての経済影響を推定するために、大気濃度安定化シナリオにむけた革新技術の導入可能性について検討した。EMFでは、大気安定化シナリオとして、450ppm、550ppm、650ppmを取り上げ比較した。将来の技術革新を期待して2030年以降安定化に向けて対策を行うシナリオ、経済影響も考慮しながら早めに対策を行うシナリオなどについて検討した。対策を後に延ばすシナリオでは、2030年までは対策コストはかからないが、2100年にかけてコストは増大、限界費用は1000US\$（1992年価格）を超えてしまう。大気濃度安定化のためには、京都議定書で定められた以上の削減をする必要があり、途上国も含めて、温室効果ガス排出量の上限設定方法が問題となり、途上国への技術移転による対策コストの削減方策などを検討する必要がある。

また、世界モデルを用いて、大気中二酸化炭素濃度を安定化するシナリオについて経済影響だけでなく、気候変動による農業、健康影響を推計した。安定化シナリオとしては大気中濃度安定化550ppmシナリオをとりあげた。また、京都議定書に米国が参加する場合、参加しない場合、2020年以降参加する場合、途上国が2030年以降参加する場合等についても、経済影響、気候影響を推計した。

図11は、EMF19のシナリオを用いてマラリア感染リスクにさらされる人口の1990年から2100年の変化率を推計したものである。マラリア感染リスクは、中国、ネパール等、現在マラリア感染率の低い国が影響を受けることがわかった。

EMF19では、その他、一定の炭素税を仮定した場合のシナリオを用いて、気候変動への影響について比較検討した。同

じ安定化目標濃度についても排出経路によってその影響は異なってくる。そこで、排出量を早めに削減するシナリオ（WGI550）、技術革新が見込まれる後半になって対策を集中的に行うシナリオ（WRE550）およびその中間経路（MID550）の3つのシナリオを検討した。図12に2100年までの経済ロスを、割引率5%として推計したものを示す。対策を遅めに行うシナリオの方が全ての地域で経済ロスは少ないと推計された。これは、割引率が高いことと、気候変動の影響を勘案していないことがこの結果に大きく効いている。気候変動による食料生産および健康影響は、対策を

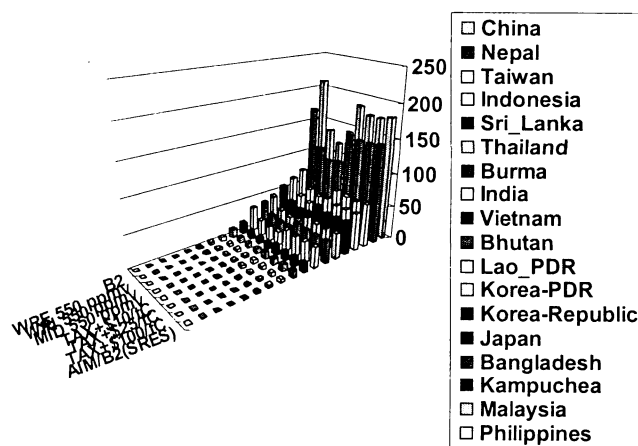


図11 マラリア感染リスクにさらされる人口の変化(1990年と比較した2100年の人口)

遅らせるほど大きくなる。

また、図13に標準シナリオについて、図14に技術革新が見込まれる後半になって対策を集中的に行うシナリオ（WRE550）について、その最終需要部門における世界のエネルギー需要の推移を示す。標準シナリオでは、固形燃料の割合が18%（2000年）から48%（2100年）に増加し、特にそのうち中国が約半数を占めていた。しかし、WRE550シナリオでは、2100年におけるエネルギー需要は標準シナリオの約半分まで削減されている。特に、主な削減要因は石炭の削減であり、WRE550シナリオでは、2100年における石炭の割合は29%にまで削減されている。

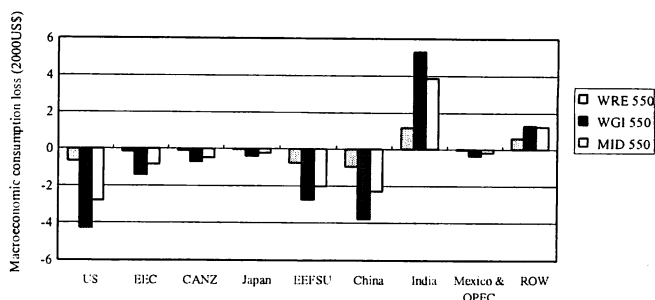


図12 いくつかの排出削減による
経済ロス総計の比較

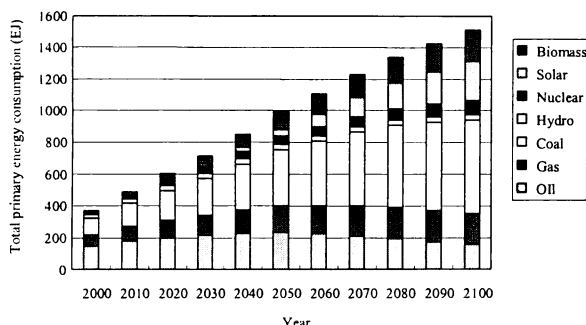


図13 世界のエネルギー需要の推移
(標準シナリオ)

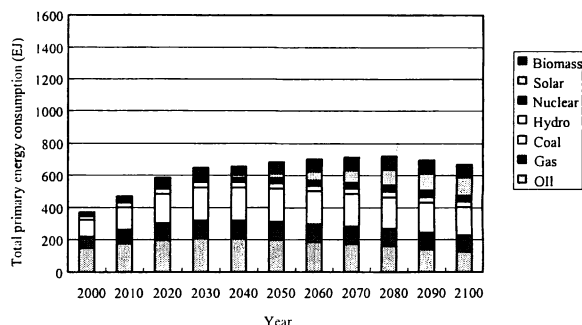


図14 世界のエネルギー需要の推移
(WRE550シナリオ)

(4) CO₂以外のガスを含めた削減シナリオの比較

EMF比較研究では、EMF21プロジェクトとして、CO₂以外の温室効果ガス（Non-CO₂ガス）を含めた削減対策と気候変動政策の解析に関する研究を行った。全温室効果ガスに占める化石燃料・セメント起源のCO₂排出量は2000年で59%、CH₄、N₂O、代替フロンガスなどのCO₂以外の温室効果ガスが25%、土地利用起源のCO₂排出量が19%と推計されている。全温室効果ガスの15%を占めるCH₄の排出源別割合を見ると、CO₂の排出とは違って、農業関連の排出が52%と約半分を占めている。牛などの反芻動物から排出される分が28%、水田でのコメ生産から排出される分が11%と農業関連が多いことと、固形廃棄物や污水处理での排出が合わせて23%になっている点などが、CO₂の排出パターンと大きく異なっている。N₂Oではさらに農業関連の排出割合が大きくなっている。特に化学肥料などを施肥した耕地からの排出が多い。Non-CO₂ガスのもう一つの特徴は、温室効果ガスに占めるNon-CO₂ガスの割合が途上国で大きいことである。ブラジル、アルゼンチンでは半分以上がNon-CO₂ガスであり、アジアではインド、インドネシア、中国で大きい。先進国ではオーストラリア、フランスなどの農業国でNon-CO₂ガスの割合が大きくなっている。

EMF21では、Non-CO₂ガスを含めた削減対策と気候変動政策を模索するため、①Non-CO₂ガスに関するデータ設定（排出量、削減コストカーブ）、②経済モデルによる削減ポテンシャルの評価、③土地利用による排出量および固定量の推測、の3つのグループが有機的に結合して研究を進めている。①では米国EPAやドイツECOFYSが中心となって排出量データおよび排出削減コストカーブを推計している。②では世界中からAIMを含めた19のモデルチームが集まり、設定したシナリオに関してシミュレーションを行っている。③では長期の土地利用を予測しそれに伴うマルチガスの排出量および固定量を推測している。

今回集まっている経済モデルには2030年から2040年をターゲットにした中期モデルと2100年以降まで計算できる長期モデルがある。既存のCO₂を評価する経済モデルにNon-CO₂ガス削減対策を加えるために、①Non-CO₂ガスの排出量、②Non-CO₂ガスの限界削減コストデータ、③気候モデルとのリンクの3点を中心に検討している。

図15に主要なモデルによる全球でのCH₄の排出量の推計を示す。今後、CH₄排出量が2000年から2100年にかけて2倍以上に増加すると予測するモデル（MERGE）やほとんどかわらないとするモデル（IPAC）等かなりモデル間で開きがある。このため、削減の可能性やその経済的コストを推計していく上で、モデル構造や限界削減コストなどについてモデル間で比較を進めている。

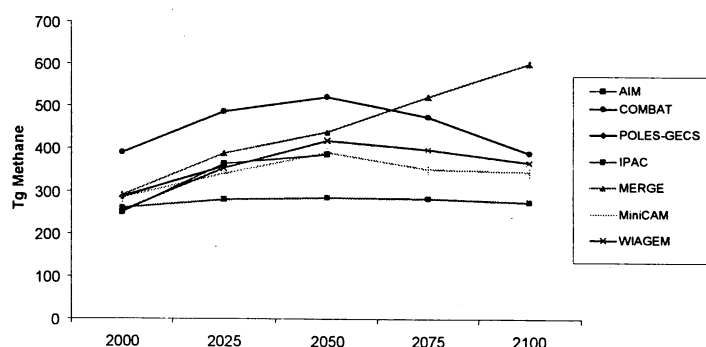


図15 CH₄排出量の推計比較（世界）

また、EMF21では長期気候安定化シナリオとして、2150年までに温室効果ガスの放射強制力が産業革命以前の4.5W/m²で安定化するような排出シナリオを想定した。これまで主に大気中

の二酸化炭素濃度を例えば550ppmvに安定化させる二酸化炭素シナリオを安定化シナリオとして用いてきたが、EMF21ではCO₂以外の温室効果を持つガスである非CO₂ガス（CH₄、N₂O、Fガス）を含めた安定化シナリオを描くため、放射強制力を目標値設定の指標として用いた。計算ケースは温室効果ガスに対する制約を課さない1) BaUケースと制約を課すケースの二つに大別される。安定化シナリオをCO₂の削減だけで達成する2) CO₂ onlyケースとCH₄とN₂Oなどの非CO₂ガスを含めた3) multi gasケースの2つのケースを想定し、合計3つのケースを世界を対象とした一般均衡モデルであるAIM/CGEモデルを用いて試算した。

図16にCO₂排出量を示す。BaUケースは何らの気候安定化制約を課していないため排出量が最も大きい。CO₂ onlyケースの排出量が最も小さい。multi gasケースの排出量は前者の間に位置している。このケースではCH₄およびN₂Oの排出量削減が行われるために、同等の放射強制力目標値を達成する際にはCO₂ onlyケースよりもCO₂排出量の制約が緩和されるためである。また、図17にCH₄排出量の推移を示す。CO₂ onlyケースではその他ガスの削減技術の導入を行っていないにも関わらずCO₂削減による財の需給構造の変化および生産量の減少によりCH₄排出量も若干減少している。multi gasケースでは想定次第で大幅なCH₄排出削減が行われうる。

世界全体のGDPの推移および炭素価格（限界削減費用）の推移を検討すると、図16、図17のような排出パスを通るとき、2050年以降、グラフ上でもシナリオによるGDPの相違が見られるようにな

り、2100年にはBaUに対してCO₂ onlyケースで8.7%、multi gasケースでも5.1%の経済ロスが試算された。また、炭素価格についてもCO₂ onlyケースの価格が高く、経済影響が大きくなることが定量的に示された（図18）。

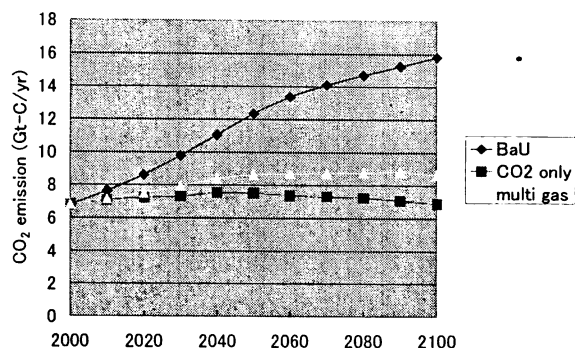


図16 CO₂排出量の推移

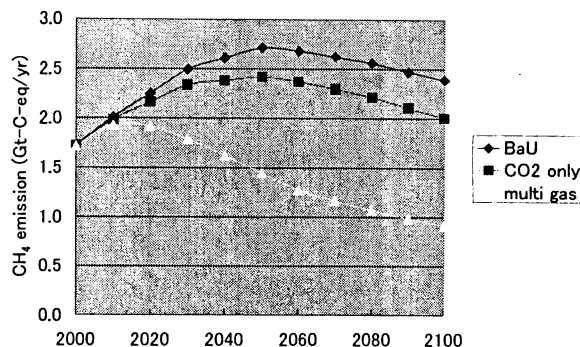


図17 CH₄排出量の推移

また、AIM/CGEモデルで得られた結果と、世界各地で開発されているモデルの試算結果について比較することで、AIM/CGEモデルの特徴を検討した。放射強制力安定化（2150年以降4.5W/m²）目標下での大気中CO₂濃度およびCH₄濃度の推移比較、BaUケースに対するmulti gasケースのCH₄排出量削減率の推移を比較すると、図19の大気中CO₂濃度を見ると、実線で示されるCO₂ onlyケースの大気中CO₂濃度の方が点線で示されるmulti gasケースよりも値が小さく、2100年ではモデルにより20から70ppmv程の差が見られる。

CO₂ onlyケースでは2100年の濃度が450から520ppmぐらい、multi gasケースでは470から550ppmぐらいの間に収斂している。一方、図20のCH₄濃度を見ると、図19のCO₂濃度に比べてモデル間のばらつきが大きく、2100年に1200ppmvから3200ppmvと広い範囲にシナリオが分布している。このひと

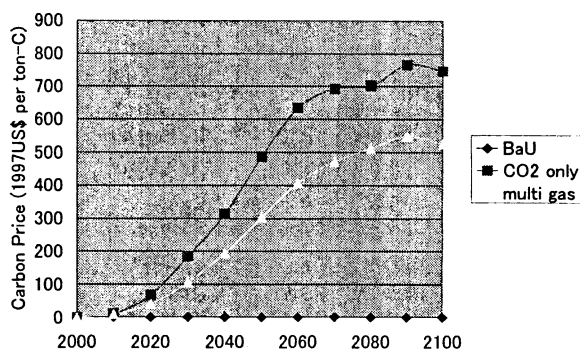


図18 炭素価格の推移

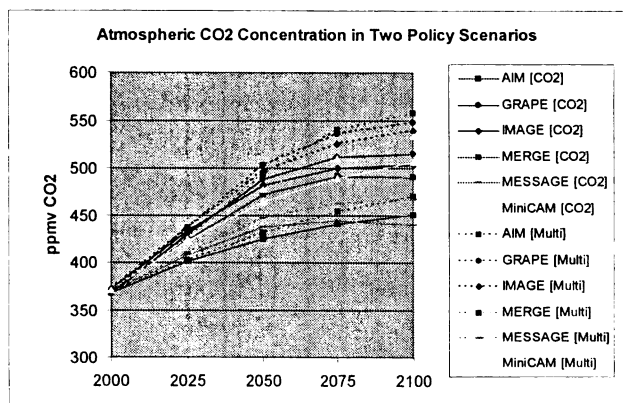


図19 放射強制力安定化(2150年以降4.5W/m²)目標下での大気中CO₂濃度の推移比較

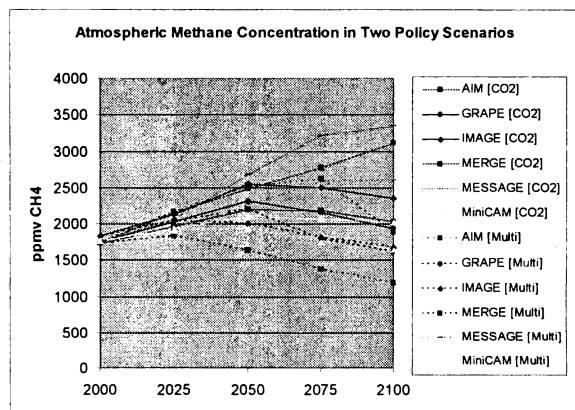


図20 放射強制力安定化(2150年以降4.5W/m²)目標下での大気中CH₄濃度の推移比較

つの理由となるCH₄の排出削減割合を分析すると、2025年からすでにモデル間で削減割合の試算結果にばらつきがみられ、2100年になると約25%の削減から約70%の削減を見込むモデル試算まで広く分布している。これは、参考となる削減技術コスト関数をそれぞれのモデルで参照しているものの、BaU排出量の想定や技術改善率、最大削減可能割合などに関するコンセンサスがとられておらず、モデル作成者の判断に多くを委ねられていることが原因のひとつとして考えられる。CO₂の削減技術に比べてCH₄やN₂Oの非CO₂ガスの排出予測、削減技術に関するさらなる情報が必要である。今後はさらに非CO₂ガスの削減技術データの精度を高めたシナリオを提供する予定である。

(5) 温室効果ガス削減のためのエネルギー政策シナリオ比較プロジェクト

ACROPOLISはエンドユースモデルに焦点をあてたモデル比較プロジェクトである。日本からAIMとDNE21、ヨーロッパからMARKAL-MACRO、POLESなどの7つのモデル、その他合わせて計15のモデルが参加している。これまで、なりゆきシナリオと安定化シナリオ（550ppm）シナリオを比較・検討した。そこで、さらに、CO₂、SO₂、NO_xに関する外部不経済を内部化した場合について検討した。外部性としてEUの研究結果から、SO₂に関しては平均8000\$/トン-SO₂、NO_xに関しては7000\$/NO_x、CO₂は19\$/トン-CO₂とし、相応する費用を環境税として上乗せした場合のサービス技術および燃料の変化を調べた。図21は参照ケース（Ref）と政策ケース（Tax）の場合の石炭発電における技術シェアの変化を示したものである。高率の硫黄税導入のため、石炭からガスに燃料転換が進むとともに、IGCCの導入が進むと予想される。CO₂に関しては想定されている炭素税率が低いため、EMMモデル以外では炭素税によるCO₂排出量削減効果は少なかった。EMMではSO₂、NO_x税との複合効果として、CO₂排出量は550ppm安定化シナリオと同程度まで削減された。ほとんどのモデルでは、高率の税が導入された直後はシステムコストが急増するが、汚染の排出量の少ない技術の導入が進むにつれて経済影響の回復がみられた。

また、温室効果ガス削減に資するエネルギー技術普及を促進させるエネルギー政策の検討を行った。ここで検討したシナリオは、標準ケース(REF)に加え、最終需要側における民生部門、産業部門、運輸部門、サービス部門において効率改善を想定した効率標準化ケース（それぞれCS3_R, CS3_I, CW3_T, CS3_T, CS3_S）と、発電部門における効率改善を想定したケース(CS3_P)および全ての部門における効率改善を想定した柔軟メカニズムケース(CS3_C)である。AIM/TrendモデルとAIM/Enduseモデルを組み合わせた解析により、エネルギー効率改善の効果、温室効果ガスのCO₂だけでなく地域汚染物質のSO₂、NO_x排出量削減の副次的効果および外部経済性評価などを行った。その結果、柔軟メカニズムケースでは、GHGだけでなくSO₂も同時に削減でき、特に発電部門での技術開発・投資を促進させることが推奨されることがわかった。また、効率標準化ケースでは、効率改善は一次エネルギー需要および最終エネルギー需要の削減に効果があり（図22で

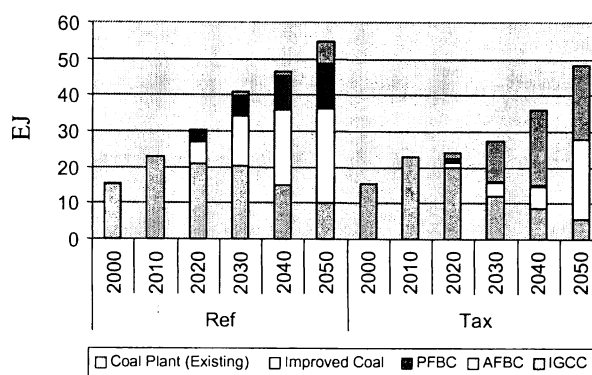


図21 石炭発電における技術変
(世界集計)

2050年に約15%の電力用エネルギー削減) CO₂削減につながるが、改善余地には上限があることがわかった。外部経済性の内部化では、地域汚染物質と地球温暖化ガス削減の両者に役立つが、前者の削減効果の方が大きく、その傾向は世界全体でも見られることがわかった。また、図23より、柔軟メカニズムケースでは、最大で12%のCO₂が削減されることが示された。

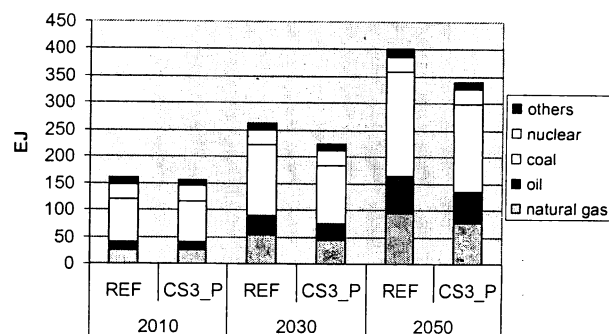


図 22 基準ケースと効率標準化シナリオにおける電力部門へのエネルギー投入

(6) SRES以降のシナリオ分析

将来の温室効果ガス排出量のシナリオは、人口成長、経済発展、エネルギー供給など、様々なドライビングフォースの設定の仕方によって大きな影響を受ける。また、多様な緩和対策を考慮することで、様々な緩和シナリオが考えられる。そこで、IPCCの評価報告書の作成に貢献するために、1997年に、温室効果ガス排出シナリオデータベースがAIMチームによって初めて開発された。これは、森田データベースと呼ばれ、1997年以降も、継続してデータが更新され続けてきた。ここには、排出・緩和シナリオに関する様々な情報が集められ、SRESや第三次評価報告書(Third Assessment Report; TAR)など、IPCCの評価報告書の作成に活用されたデータが格納されている。

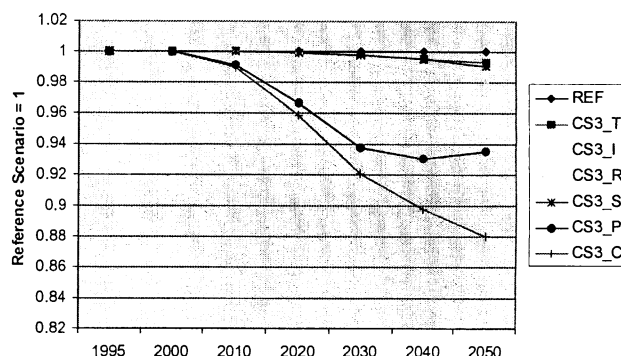


図23 CO₂排出量に関する基準シナリオからの緩和シナリオの変化率の推移

しかし、TAR以降も、世界中の研究者によって開発された様々なモデルによって、排出・緩和シナリオが作成され続けている。また、2007年に完成予定のIPCC第四次評価報告書(Fourth Assessment Report; AR4と略記)において、TAR以降の排出・緩和シナリオの研究成果について、多くの側面から評価される予定である。そこで、AR4の作成に貢献するために、世界中の研究者によるTAR以降の排出・緩和シナリオの研究成果を収集し、温室効果ガス排出シナリオデータベースを更新した。また、更新された温室効果ガス排出シナリオデータベースを用いて、緩和シナリオの結果を比較検討し、TAR以降にわかった顕著な特徴を考察した。

本研究で示す分析結果は、世界中の研究者へのアンケートによって集められた、TAR以降の新しいデータを基にしている。図24は、世界のCO₂排出量について、基準シナリオからの緩和シナリオの変化率の推移を表している。エネルギー転換や技術変化など様々な対策の潜在性によって、CO₂排出削減量に大きな幅が見られるが、基準シナリオからの緩和シナリオの変化率が、21世紀後半において、最大で約90%程度を削減できると見込んだ結果も示されている。

図25は、550ppmv安定化濃度シナリオにおける、GDP成長率とエネルギー強度の改善率の関係を

示している。図より、GDP成長率とエネルギー強度の改善率の間に高い相関関係がみられ、GDP成長率が高いほど大きなエネルギー強度の改善が見込まれている。特に、SRES4地域分類を用いて地域別の傾向を分析すると、たとえば、ASIAやALMといった発展途上国地域において、高いGDP成長率がエネルギー強度の大きな改善を促していることがわかる。これは、途上国において、経済の成長と共にエネルギーを利用する技術の効率が大きく向上することによって、エネルギー利用の強度が低くなることを意味している。一方で、OECDのような先進国地域では、GDP成長の見込みが小さく、エネルギー強度の改善も小さい。したがって、先進国地域では、将来のCO₂排出量を削減するためには、エネルギー利用の効率の向上だけではなく、総合的な緩和対策を取る必要があることがいえる。

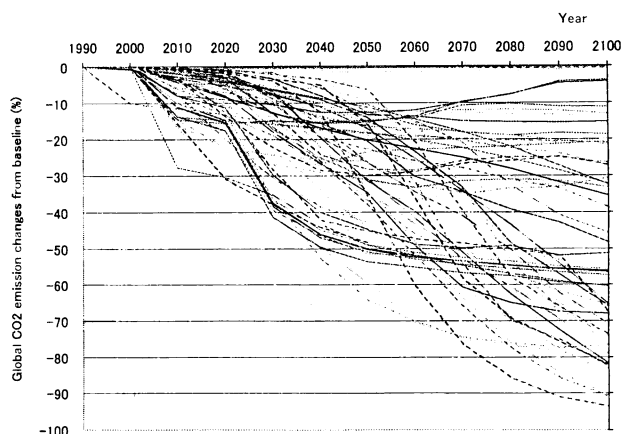
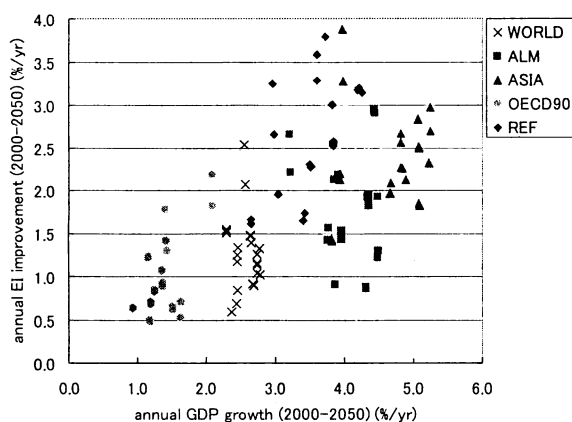
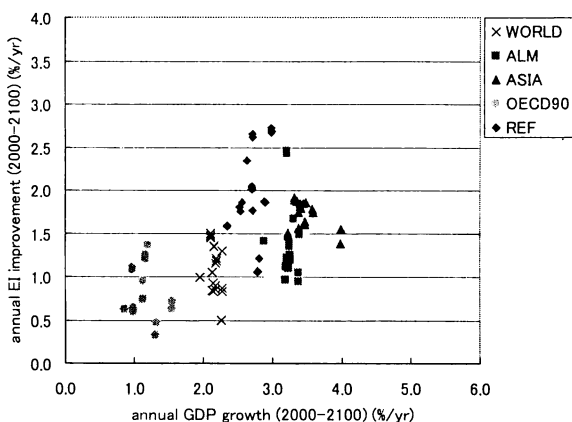


図24 世界のCO₂排出量に関する基準シナリオからの緩和シナリオの変化率の推移



(a) 2000- 2050年



(b) 2000- 2100年

図25 550ppmv安定化濃度シナリオにおけるGDP成長率とエネルギー強度の改善率
[(a) 2000- 2050年, (b) 2000- 2100年]

また、550ppmv安定化濃度シナリオにおける炭素強度の減少率とエネルギー強度の改善率の関係を表したものを図26に示す。図より、21世紀前半では、ASIA、ALMおよびREFにおいてエネルギー強度の改善率の方が大きく、一方で、21世紀後半では炭素強度の減少率の方が大きくなる。よって、ASIAやALMでは、21世紀前半ではエネルギー強度の改善によってCO₂排出量を削減しており、21世紀後半では炭素強度の減少によってCO₂排出量を削減しているといえる。

また、図27に、基準シナリオからの緩和シナリオの地域別のCO₂削減率と炭素税との関係を示す。全体的に大きな幅の炭素税が考えられるが、2050年においては、およそ 50～100 \$/t-Cに集中しており、2100年においては、400～500 \$/t-Cに集中しているといえる。また、同じ割合の炭素税

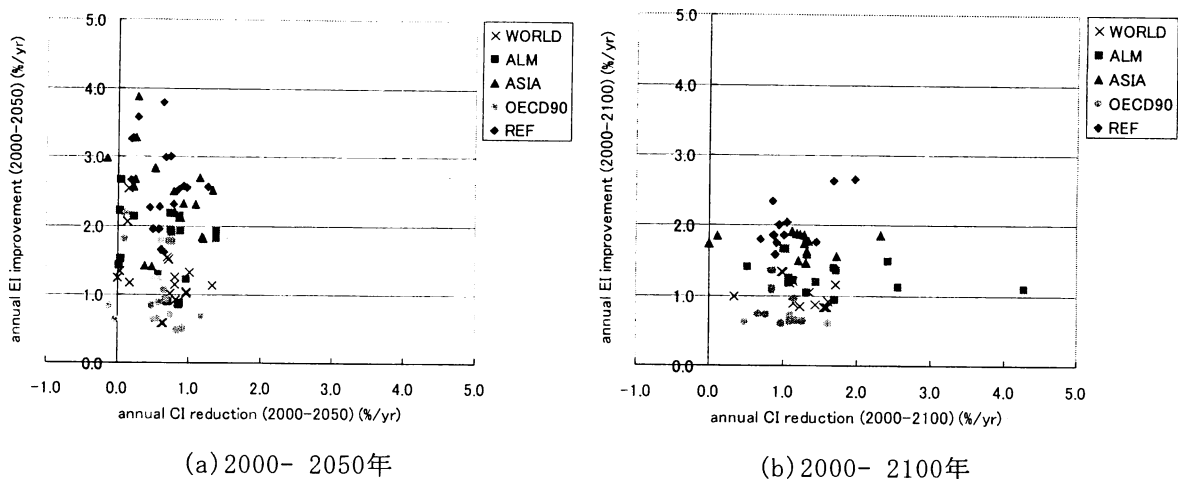


図26 550ppmv安定化濃度シナリオにおけるエネルギー強度と炭素強度
[(a)2000 - 2050年, (b)2000 - 2100年]

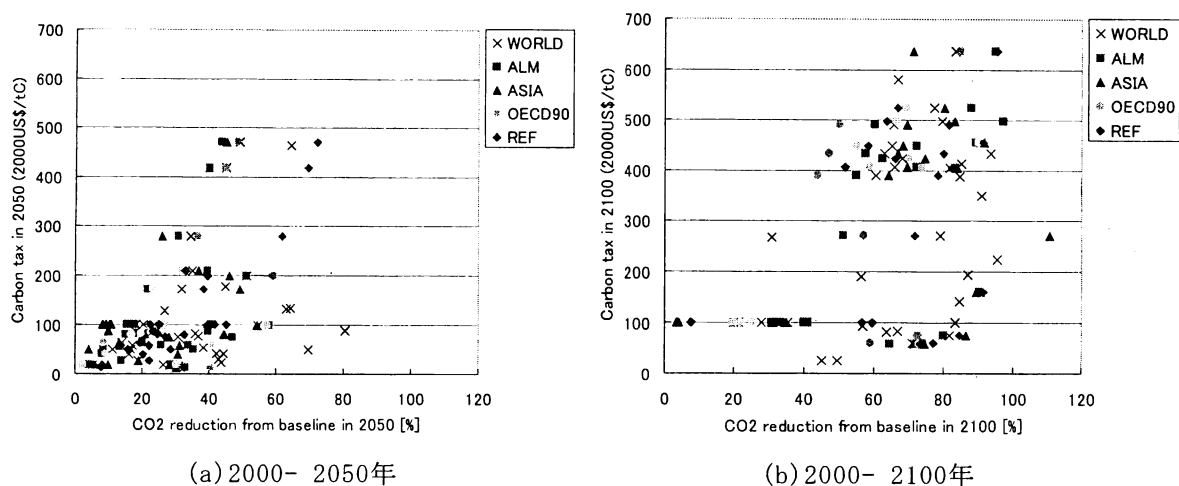


図27 炭素税と地域別のCO₂削減率 [(a)2000 - 2050年, (b)2000 - 2100年]

が課された場合、CO₂排出削減策の効果は、地域によって大きく異なることがわかる。

(7) アジア地域におけるSRESシナリオの解析

AIMモデルおよびMESSAGEモデルをもとに、アジア地域における社会経済、エネルギー技術の推移による温室効果ガス排出量を検討した。技術革新によるエネルギーシステムの構造変化の指標として、図28にアジアの1次エネルギー消費量の石油・天然ガス、石炭、及び非化石燃料（再生エネルギー／原子力）のシェアを示す。この図は6つのSRESシナリオに対応したアジア地域におけるシェアを示したものである。三角形のそれぞれのコーナーは、一次エネルギーが一種類（100%）の資源（石炭（左）、石油／天然ガス（上）、非化石燃料（右））になる場合を示し、そのエネルギー抽出技術、輸送、転換、および配送により最終消費者へ供給されるという仮説に基づいたケースに対応している。

持続可能なエネルギーに転換を遂げるシナリオでは、途中の燃料として天然ガスを使うが、最終的に非化石燃料技術へと転換する。その場合には、温室効果ガス排出量の増加はさほど増えな

いか（B1シナリオ）、初期には増えても、長期で見れば低下していく（A1B、A1Tシナリオ）。長期的に見れば、エネルギー供給は発電と合成燃料の生産に重点がおかれる。所得の増加とともに、石炭を調理用に使うなどの化石燃料の直接的消費は少なくなり、高品質でクリーンなエネルギーが使用されるようになる。A2シナリオは石炭依存度が60%と非常に高くなっている。B2シナリオの石炭依存度はA2シナリオ程高くないが、B1などの他のシナリオと比較するとかなり高い。アジアにおいては、エネルギーの多段利用、コージェネレーションやクリーンエネルギーへのインフラ投資が今後の研究や技術開発の中心となる。

また、図29に、SRESをもとに作成したアジアのエネルギー供給シナリオを、大気中のCO₂濃度安定化シナリオであるpost-SRESに対して拡張した結果を示す。図より、どのシナリオにおいても安定化するCO₂濃度が高くなると、再生可能な資源のエネルギー供給シェアが増加し、代わって石炭の供給量が減少する傾向を示す。ただし、エネルギー効率が向上し、OECD諸国において石炭の利用が段階的に削減されているにもかかわらず、世界におけるエネルギー需要は引き続き増え続け、特にアジアにおける需要の増加により、石炭の利用の割合も増加する。例えば、A2シナリオでは、アジアの石炭シェアは当初は減少するものの、

その後、ますます資源が限定されてくるにつれ増加し、アジアの石炭シェアは2100年には60%以上に達する。このA2シナリオは、GHG排出に関してここで解析したシナリオ中、最も望ましくないものである。

ところで、エネルギーを消費する最終需要側を大きく分類すると、産業部門、民生・業務部門、運輸部門の3部門に分けられるが、2000年の世界における最終エネルギーの割合は、それぞれ35%、40%および25%に相当する。特に、アジア地域では、それぞれ35%、50%および15%となり、民生・業務部門におけるシェアが大きい。そこで、アジアにおける民生・業務部門での最終エネルギー消費量のシェアについて分析した結果を図30に示す。三角形のそれぞれのコーナーは、Conv. C-fuels（従来型の炭素含有燃料）、Adv. C-fuels（先進型の炭素含有燃料）、およびHydrogen/El（水素と電力）を表している。図より、民生・業務部門における最終エネルギーのシェアは、どのシナリオにおいてもほぼ同様な傾向が見られ、常に、従来型の炭素含有燃料から水素および電力

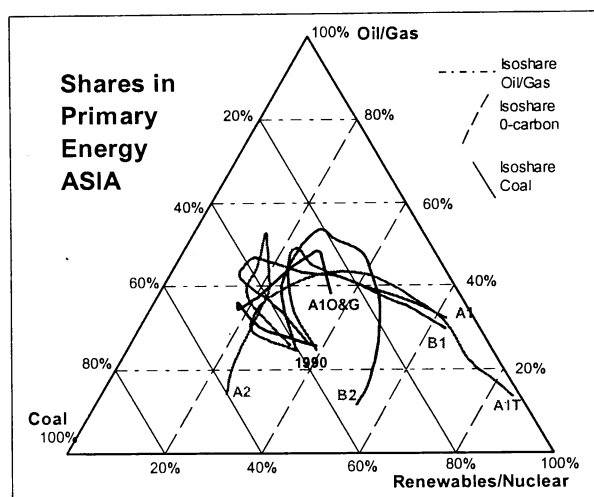


図28 アジア地域における一次エネルギー供給量のシェア

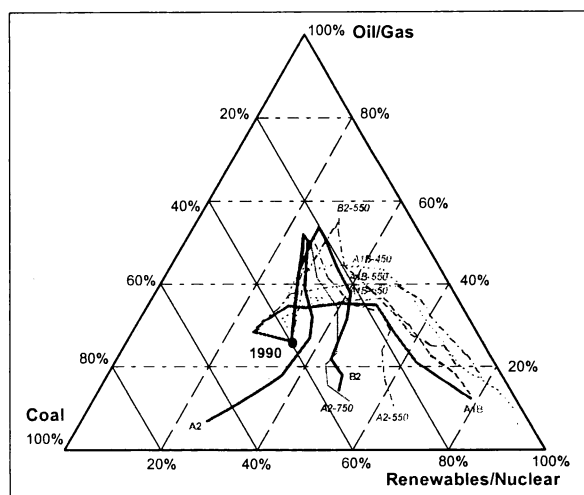


図29 post-SRESシナリオ下におけるアジアのエネルギー供給シナリオ

へと推移していく。反対に、メタノールやエタノールといった先進型の炭素含有燃料については、市場の潜在性は小さく、将来的に多くても約10%程度のシェアにしかない。また、基準シナリオと対策シナリオの傾向を比較しても、ほとんど大きな変化はみられない。したがって、アジア地域の民生・業務部門における最終エネルギーについては、シナリオにかかわらず、気候政策の有無に影響されることなく、クリーンな脱炭素エネルギーへと推移するといえる。

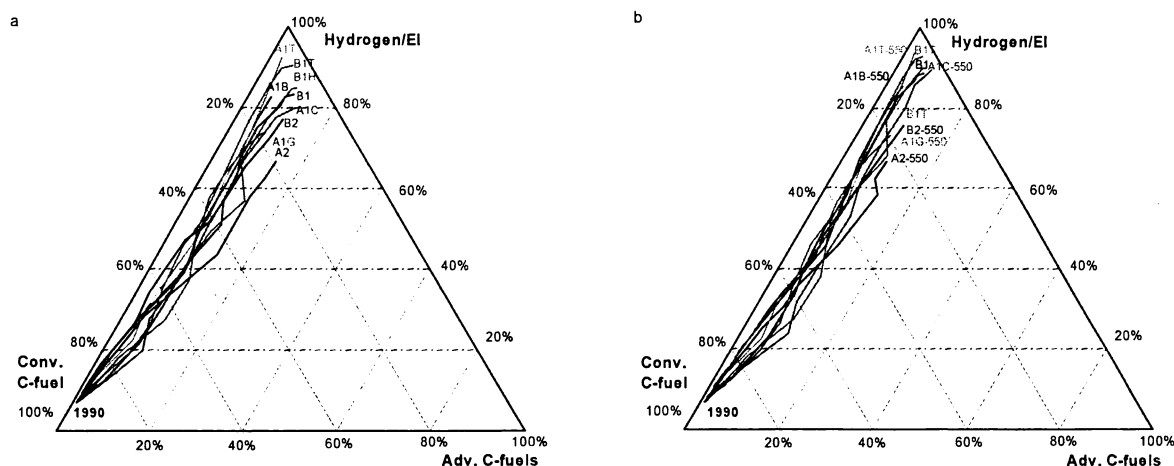


図30 アジアの民生・業務部門における最終エネルギー消費
(a) ベースラインシナリオ、(b) 対策シナリオ

(8) アジア地域におけるGE03シナリオの解析アジア地域のシナリオをベースとして、人口、GDPなどの駆動力やエネルギー消費量、環境影響などを推計し、UNEP/GE03に提供した。アジアでは人口増加や経済成長が続く環境影響が深刻になり、市場を通じた社会・経済要因への2次影響がさらに大きくなると予想され、局地的な環境影響や多様性が問題となり、技術革新がさらに重要視される。GE03で想定したシナリオは、市場優先シナリオ、政策優先シナリオ、安全優先シナリオ、持続可能性優先シナリオである。市場優先シナリオは、政策的・市場的失敗がなければこのまま続くであろうが、政治的・市場的問題が生じれば、地域が孤立化し安全優先シナリオへと進む可能性が大きい。政策優先シナリオは二酸化炭素排出量などの環境指標から見れば均衡のとれたシナリオであるが、局所レベルでの環境に大きな影響を与える可能性がある。持続可能性優先シナリオは、地域の経済発展が環境保護と地域的公平性に向かっているため、在来型ほど経済成長は大きくないが、安定したシナリオといえる。

そこで、それぞれのシナリオに対応して、アジア太平洋地域42カ国を対象として、エネルギー消費量、CO₂排出量、SO₂排出量、NO_x排出量、一般廃棄物発生量、森林面積の変化、水消費量等について、アジアの将来シナリオを想定して分析した。そして、これらのシナリオの結果をモデル間で比較検討した。GE03で使われたモデルのうち、PoleStarとGLOBIOは定性的なシナリオに近い簡略モデルであり、AIM、IMAGE2.2とWaterGapは豊富なデータを有する定量的分析を行うためのモデルである。AIMとIMAGE2.2モデルは市場優先シナリオでのエネルギー起源の排出量については同じような傾向を持つ。また、安全優先シナリオでの大気汚染物質の排出量が大きく予想されている。持続可能性優先シナリオの想定が若干異なっており、IMAGE2.2ではクズネツ効果以上に政

策効果を導入しているため、AIMの予測値より大きくなっている。

図31に、AIMによって計算された、今後30年間のCO₂排出量の変化率の予測を南アジア、東南アジア、東アジア、中央アジア、オセアニアの地域別に示す。国別の値は地域別の変化量に占める割合を示す。市場優先シナリオでは、高成長の仮定によりCO₂排出量が増加するが、対策シナリオでは、省エネ技術の導入によりCO₂排出量の削減が進むと推定される。一方、安全優先シナリオでは、省エネ技術への転換が進まないまま、人口が増えると予想されるため、CO₂排出量が大幅に増える。経済発展と環境保全の両立を目指した持続可能性優先シナリオでは、CO₂排出量は対策シナリオよりは増えるが、ある程度抑制でき

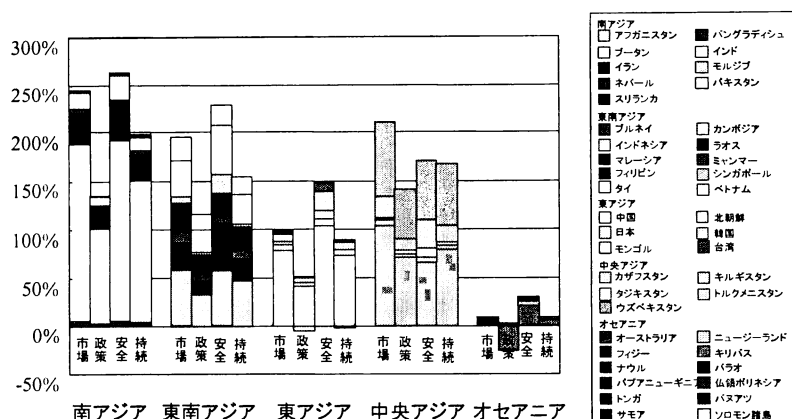


図31 アジア地域別のCO₂排出量の変化
(2002～2032年の30年間)

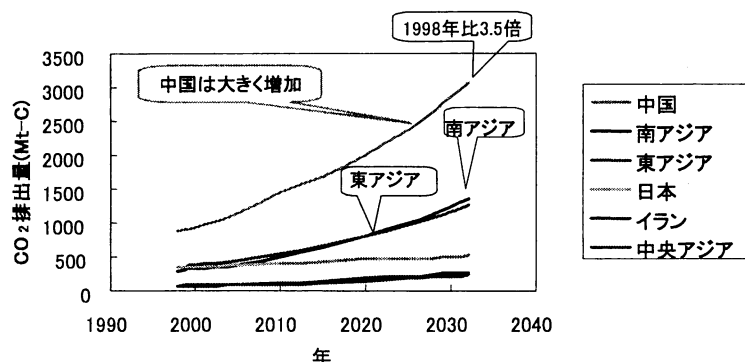


図32 CO₂排出量推計結果－安全優先シナリオ

ると期待される。また、図32は、安全優先シナリオにおけるCO₂排出量の推移を示している。図より、中国における排出量の伸びが最も顕著であることがわかる。

(9) 生態系と経済発展に関するシナリオの解析

ミレニアム・エコシステム・アセスメント (MA) ではSRESをもとに将来のエコシステムの変化を表現する4つのシナリオを設定され、このMAに提供するシナリオを作成した。それぞれのシナリオを定量化するため、AIM/Ecosystemモデルを開発し、温暖化対策に加えて生態系の変化とそれによる人間の福祉への影響に関する評価を行った。MAでは、制度対象範囲と環境管理へのアプローチを軸として、1) 世界経済協調シナリオ (SRES (IPCC排出シナリオ) のA1に近い)、2) 力による序列シナリオ (A2に近い)、3) 技術解決シナリオ (B1に近い)、4) 地域適応シナリオ (B2に近い)、の4つのシナリオを想定し、そのときの人口、GDPなどの経済要因と森林面積、大気汚染物質の排出、水需給、農業生産などの生態系要因の定量的分析を行った (図33参照)。

それらの解析から、1) 2050年まではどのシナリオも生態系への圧力は小さくならない、2) 特に世界経済協調シナリオや技術解決シナリオなどのグローバリゼーションは生態系破壊につながる、3) 技術解決シナリオと地域適応シナリオを比較したところ、地域 公害対策と生態系保全は異なる、4) 地からによる序列シナリオで見られる人口増加は生態系の回復の妨げとなること、5)

世界経済協調シナリオや技術解決シナリオで見られる技術進歩（土地生産性の改善）は生態系の回復に寄与する、6) 特定の政策を導入しない限り生態系を維持することはできないことなど、経済モデルだけでは評価できないエコシステムへの様々な影響を検討することができた。今後はさらに経済活動、生態系保全、気候安定化の関係についてシナリオ解析を進める予定である。

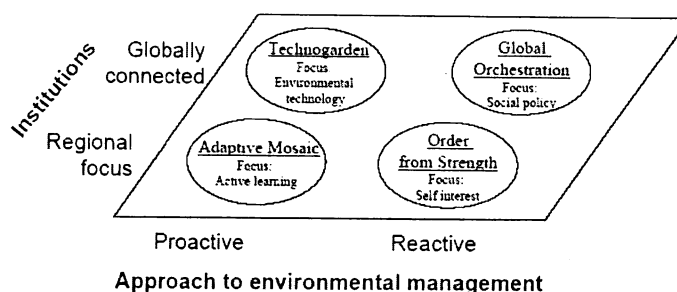


図33 MAで想定した4つのシナリオの相対位置

5. 本研究により得られた成果

IPCC 対策シナリオ（Post-SRESシナリオ）を作成して、モデル間の比較を行った。また、IPCCの対策シナリオの予測期間をさらに延長して超長期シナリオを作成し、気候グループに提供した。気候グループでは種々のシナリオをベースに大気中CO₂濃度、放射強制力、気候変化を予測した。気候変動予測をベースに温暖化影響を推計し、気候安定化シナリオによる影響緩和を推計した。また、温室効果ガス排出シナリオデータベースを更新し、TAR以降の対策シナリオの結果を比較検討した。

また、モデル比較プロジェクトを通じてモデルを検証した。まず、EMFに参加して、革新技术の導入による温室効果ガス削減の可能性と大気濃度安定化シナリオによる経済影響について検討した。EMF19では、種々の異なった対策経路の比較・検討を行い、経済的には対策を遅めに行うシナリオの方が経済ロスが少ないが、気候変動による食料生産への影響や健康影響は大きくなることを定量化した。EMF21では、AIMを含めた19のモデルチームが集まり、CO₂以外の温室効果ガスであるCH₄、N₂O、Fガスを含めた気候安定化シナリオの開発を行い、排出パス、経済影響を定量化した。また、ACROPOLISでは、技術効率改善シナリオと地球・地域大気汚染対策シナリオについて比較・検討し、世界14地域の最終需要モデルの開発・改良を行った。そして、エネルギーに関する各種シナリオについて比較・検討し、柔軟メカニズム、エネルギー効率改善、外部経済性の内部化の効果を解析した。

また、アジアのシナリオに注目して、詳細なエネルギー供給技術データを持つMESSAGEを用いて予測を行うとともに、AIMモデルの結果と比較した。AIMのアジアのシナリオはUNEP/GE03にアジアの定量的シナリオとして提供した。また、MAでは、エコシステムモデルを用いて、提供するシナリオを作成した。生態系サービス保全に有効な方策は、気候安定化政策で推奨される方策とは必ずしも一致しないことを示した。

6. 引用文献

特に記載すべき事項はない。

7. 国際共同研究等の状況

IPCCのリードオーサーとして、温室効果ガス排出シナリオに関する特別報告書（SRES）を纏めるとともに、SRESシナリオをベースとした温暖化対策シナリオPost-SRESのオーガナイザーをつとめ、対策シナリオを構築した。IPCCの第4次報告書に向けて気候安定化に関する新シナリオの検討を進めるとともに、ミレニアム・エコシステム・アセスメント（MA）のリードオーサーとして、IPCCの超長期温暖化対策シナリオを気候モデルグループに提供し、MAの影響シナリオ作成（生態系シナリオ）に協力した。IIASAと共同してアジアのエネルギー技術シナリオ、対策シナリオについて検討した。EMFやACROPOLISに参加して対策シナリオのモデルの比較検討をおこなった。また、日本でEMFワークショップを開催し、世界の第一線で活躍する約30名の研究者らが気候安定化シナリオ構築に関する最新知見を交換した。また、UNEP/GE03の技術報告書に比較データを提供し、完成した報告書におけるアジアのシナリオの普及に努めた。また、また、エコアジアや環境有識者会議（APFED）にアジアのシナリオを提供した。

8. 研究成果の発表状況

（1）誌上発表

＜論文（査読あり）＞

- ① M.E.Schlesinger, S.Malyshev, E.V.Rozanov, F.Yang, N.G.Andronova, B.D.Vries, A.Grubler, K.Jiang, T.Masui, and T.Morita: Technological Forecasting and Social Change, 65, 167-193 (2000)
"Geographical Distributions of Temperature Change for Scenarios of Greenhouse Gas and Sulfur Dioxide Emissions"
- ② K.Jiang, T.Masui, T.Morita, and Y.Matsuoka: Technological Forecasting and Social Change, 63, 207-229 (2000)
"Long-term GHG Emission Scenarios for Asia-Pacific and the World"
- ③ T.Kram, T.Morita, K.Riahi, R.A.Roehrl, S.V.Rooijen, A.Sankovski, and B.D.Vries: Technological Forecasting and Social Change, 63, 335-371 (2000)
"Global and Regional Greenhouse Gas Emissions Scenarios"
- ④ T.Morita, N.Nakicenovic, and J.Robinson: Environmental Economics and Policy Studies, 3, 2, 65-88 (2000)
"Overview of Mitigation Scenarios for Global Climate Stabilization Based on New IPCC Emission Scenarios (SRES)"
- ⑤ K.Yamaji, J.Fujino, and K.Osada: Environmental Economics and Policy Studies, 3, 2, 159-171 (2000)
"Global Energy System to Maintain Atmospheric CO₂ concentration at 550 ppm"
- ⑥ K.Jiang, T.Morita, T.Masui, and Y.Matsuoka: Environmental Economics and Policy Studies, 3, 2, 239-254 (2000)
"Global Long-term Greenhouse Gas Mitigation Scenarios based on AIM"
- ⑦ A.Rana and T.Morita: Environmental Economics and Policy Studies, 3, 2, 267-289 (2000)
"Scenarios for Greenhouse Gas Emissions: A Review of Modeling of Strategies and Policies in Integrated Assessment Models"
- ⑧ R.Swart, J.Mitchell, T.Morita and S.Raper: Global Environmental Change, 12, 3, 155-165 (2002)

“Stabilisation scenarios for climate impact assessment”

- ⑨ 和気洋子、藤野純一、鄭雨宗、竹中直子：三田商学研究、46、6、29-48（2004）

「日韓FTAと環境評価の政策シミュレーション分析」

- ⑩ M.Kainuma、Y.Matsuoka、T.Morita、T.Masui and K.Takahashi: Energy Economics, 26, 709-719 (2004)

“Analysis of Global Warming Stabilization Scenarios: The Asian-Pacific Integrated Model”

<その他誌上発表（査読なし）>

- ① T.Morita: The Sustainable Future of the Global System III, F.Lo et al. (eds), United Nations University (2000)

"Global Modeling and Future Scenario for Climate Stabilization based on SRES World - A Comparative Analysis on Development Paths and Climate Policies -"

- ② N.Nakicenovic, J.Alcamo, G.Davis, B.De Vries, J.Fehmann, S.Graffin, K.Gregory, A.Grubler, T.Y.Jung, and T.Morita: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change, N. Nakicenovic et al (eds), Cambridge University Press (2000)

"Special Report on Emissions Scenarios"

- ③ T.Morita and J.Robinson: Climate Change 2001 Mitigation, 115-166 (2001)

"Greenhouse Gas Emission Mitigation Scenarios and Implications"

- ④ M.Kainuma, T.Morita, Y.Matsuoka, T.Masui, J.Fujino, K.Takahashi, and S.You: Towards a Sustainable Asia and the Pacific, Report of ECO Asia Long-term Perspective Project, Phase II, IGES (2002)

“Future perspectives”

- ⑤ 森田恒幸、松岡譲：オペレーションズ・リサーチ、47、6、353-359（2002）

「地球温暖化予測シミュレーション」

（２）口頭発表（学会）

- ① 森田恒幸：地球環境行動会議（GEA）（2000）

「将来の発展の道筋と気候変動－IPCCの新しいシナリオ－」

- ② 森田恒幸：地球外交戦略検討会（2000）

「第二約束期間以降のコミットメント等に関する基礎的予測資料とその含意」

- ③ T.Masui: G8 Environmental Futures Forum, Spoleto, Italy (2001)

"Technologies and Economy -Evidence from Model Analysis"

- ④ T.Morita: The Eleventh Asia-Pacific Seminar on Climate Change, Kitakyushu, Japan (2001)

"IPCC Third Assessment Report Outline of WG3"

- ⑤ J.Fujino, T.Masui, K.Takahashi, M.Kainuma, Y.Hijioka, H.Harasawa, Y.Masuoka, and T.Morita: Joint Workshop on Asia-Pacific Environmental Innovation Strategy Project (APEIS) and Millennium Ecosystem Assessment (MA), Tokyo, Japan (2001)

"Environmental Assessments using Environment-Economy Integrated Models for the Asia-Pacific Innovation Strategy Project"

- ⑥ T.Morita: CREST/SEEPS/NIES International Symposium "Global Environment Issues and Global Research Network", Kyoto, Japan (2001)

- "Overview of post-SRES scenarios –new mitigation scenarios for IPCC-"
- ⑦ T.Morita: Climate Change Impact/Integrated Assessment Workshop, Snowmass, USA (2001)
"Future Community Activities –SRES, post-SRES and the beyond-"
 - ⑧ R.Swart, and T.Morita: Task Group of Climate Impact Assessment Meeting, Bridgetown, Barbados (2001)
"Recommendations for Stabilization Experiments"
 - ⑨ T.Morita: Forum for Globally-Integrated Environmental Assessment Modeling, Macao, China (2001)
"An Asian Perspective on Integrated Assessment Modeling"
 - ⑩ T.Morita: UK-Japan Expert Meeting on Climate Change, Tokyo, Japan (2001)
"An Integrated Assessment Modeling Project in Japan –Asia-Pacific Integrated Model (AIM)-"
 - ⑪ 藤野純一、甲斐沼美紀子、松岡譲、松井重知：環境経済・政策学会2001年大会報告要旨集，8-9 (2001)
「アジア諸国のエネルギー・環境を予測するAIM-Trendモデルを用いたシナリオ解析」
 - ⑫ J. Fujino: Asia-Pacific Forum for Environment and Development, Bangkok, Thai (2002)
"How can we Prospect Renewable energy Scenario in the Asia-Pacific region with Computer Simulation Model (AIM-Asia Pacific Integrated Model)"
 - ⑬ T.Morita: The Final Workshop of the Tyndall Blueprint Project, Southampton, UK (2002)
"Feasibility of International Co-operation"
 - ⑭ M.Kainuma, Y.Matsuoka, and T.Morita: EMF 19 Working Group Meeting, Stanford, USA (2002)
"AIM Results for EMF 19"
 - ⑮ T.Masui, T.Morita, Y.Matsuoka, and K.Tsuchida; Workshop on Climate Change, Kassel, Germany (2002)
"Future Climate Change Estimated by AIM Model, The Kyoto Protocol: What do models say about its long-term climate impacts?"
 - ⑯ M.Kainuma, Y.Matsuoka, and T.Morita: The 5th Conference on Global Economic Analysis, Taipei, Taiwan (2002)
"Economic impacts of greenhouse gas emission mitigation policies - analysis by AIM model -"
 - ⑰ M.Kainuma, Y.Matsuoka, and T.Morita: Annual Meeting of the International Energy Workshop jointly organized by EMF/IEA/IIASA, Stanford, USA (2002)
"A cost analysis of Kyoto based on the Asia-Pacific Integrated Model (AIM)"
 - ⑱ J.Fujino: Workshop on Long-Term Energy Scenarios: Implications for Nuclear Energy, Moscow (2002)
"ASIAP/AIM scenarios"
 - ⑲ J.Fujino: EMF Workshop on Climate Change Impacts and Integrated Assessment VIII, Snowmass (2002)
"AIM Framework for Multi-gas Analysis"
 - ⑳ J.Fujino, R.Pandey, G.Hibino, and M.Kainuma: Energy Modeling Forum 21 Multi-Gas Mitigation & Climate Change, Washington, D.C. (2002)

“Preliminary AIM team Study for Multi-gas Analysis”

- ㉑ J.Fujino and R.Pandey, G.Hibino, and M.Kainuma: TGCIA expert meetings on scenario application in research on climate change, impacts/adaptation and mitigation, Amsterdam, the Netherlands (2003)
- “Non-CO₂ emissions and mitigation options – AIM approach –”
- ㉒ M.Kainuma, Y.Matsuoka, and T.Morita: Annual Meeting of the International Energy Workshop jointly organized by EMF/IEA/IIASA, Stanford, USA (2002)
- “A cost analysis of Kyoto based on the Asia-Pacific Integrated Model (AIM)”
- ㉓ M.Kainuma: the 5th Asia-Pacific Forum on Science and Technology (APF2002) - Sustainable Development of Asia-Pacific Region -, Kanazawa, Japan (2002)
- “Environment outlook in the Asia-Pacific region”
- ㉔ 増井利彦: インバース・マニュファクチャリングフォーラム・ビジョン構築委員会、東京 (2002)
- 「循環型社会実現に向けたシナリオのシミュレーションについて」
- ㉕ 森田恒幸: 核融合フォーラム設立記念シンポジウム、東京 (2002)
- 「エネルギー・環境・社会・経済と核融合」
- ㉖ T.Morita: WSSD SIDE EVENT, Johannesburg, South Africa (2002)
- “Global Participation and Innovation are the Keys to Climate Change Mitigation”
- ㉗ T.Morita: WSSD SIDE EVENT, Johannesburg, South Africa (2002)
- “Economic Modeling Japanese Experience of Sustainable Development”
- ㉘ T.Morita: WSSD SIDE EVENT, Johannesburg, South Africa (2002)
- “Interactions and Collaborations between Scientists and Policy Makers”
- ㉙ T.Morita: International Workshop on Climate Change Mitigation and Challenges to Chinese Economics Development, Beijing, China (2002)
- “Emission and Stabilization Scenarios – SRES and post-SRES –”
- ㉚ T.Morita: The 5th Asia-Pacific Forum on Science and Technology (APF2002), Kanazawa, Japan (2002)
- “Overview of Environmental Industry in the Asia-Pacific Region”
- ㉛ A.Rana: ACROPOLIS Workshop, Athens, Greece (2002)
- “ACROPOLIS Case Study 3, Results from AIM”
- ㉜ T.Masui and T.Morita: TGCIA expert meetings on scenario application in research on climate change, impacts/adaptation and mitigation, Amsterdam, the Netherlands (2003)
- “Review of scenario use and issues for mitigation analysis”
- ㉝ 森田恒幸: 社会理工学研究科棟第 I 期竣工記念シンポジウム、東京 (2003)
- 「地球環境とリスク」
- ㉞ 森田恒幸: 慶應環境会議、東京 (2003)
- 「温暖化シナリオ研究の新展開」
- ㉟ 森田恒幸: FRONTIER2003、東京 (2003)
- 「地球環境研究からの期待」

- ③⑥ T.Morita: International Symposium on Climate Change Action, Tokyo, Japan (2003)
 “Asian Climate Change Mitigation - Current Status and Future Prospects -”
- ③⑦ T.Morita: International ESRI Forum, Tokyo (2003)
 “A Comparison of GHG Emission Scenarios between India and China”
- ③⑧ A.Rana: ACROPOLIS Workshop, Amsterdam, the Netherlands (2003)
 “ACROPOLIS Case Study 4, Results from AIM”
- ③⑨ J.Fujino : The 9th AIM International Workshop, Tsukuba, Japan (2003)
 “Multi-gas Model Analysis on stabilization scenarios”
- ④① M.Kainuma : 2nd GLEM Forum International Workshop, Katmandu, Nepal (2003)
 “Activities based on AIM model, Environmental Dimensions of Poverty”
- ④① J.Fujino : Energy Modeling Forum 21 Multi-Gas Mitigation & Climate Change, Copenhagen, Denmark (2003)
 “Model Analysis for Non-CO2 gas emissions and mitigation options - AIM approach -”
- ④② M.Kainuma : ACROPOLIS Workshop, Brussels, Belgium (2003)
 “Case Study 3 Results from AIM, Assessing climate response options : policy simulations -Insights from using national and international models”
- ④③ A.Rana : ACROPOLIS Workshop, Amsterdam, Netherlands (2003)
 “ACROPOLIS Case Study 4, Results from AIM”
- ④④ M.Kainuma, Y.Matsuoka, T.Morita, T.Masui, and K.Takahashi : First International Symposium on Systems & Human Science, Osaka, Japan (2003)
 “Integrated assessment of global warming stabilization scenarios by the Asia-Pacific Integrated Model”
- ④⑤ M.Kainuma : Workshop on GHG Stabilization Scenarios, Tsukuba, Japan (2004)
 “Introduction and Objectives”
- ④⑥ 西本裕美、松岡譲、藤野純一：環境経済・政策学会2004年大会報告要旨集，2-3（2004）
 「温室効果ガス濃度の安定化対策が世界経済に与える影響」
- (3) 出願特許
 なし
- (4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）
 GHG安定化シナリオワークショップ、2004年1月22-23日、つくば
- (5) マスコミ等への公表・報道等
 - ① 朝日新聞夕刊（2001年2月16日、全国版）
 - ② 朝日新聞（2001年4月11日、全国版）
 - ③ 毎日新聞（2001年5月16日、茨城版）
 - ④ 日本経済新聞（2001年6月8日、全国版）
 - ⑤ 毎日新聞（2001年6月8日、全国版）
 - ⑥ 朝日新聞（2001年6月23日、全国版）
 - ⑦ 日本経済新聞（2001年7月12日、全国版）
 - ⑧ 日経エコロジー（2001年8月号、11月号）

- ⑨ 日本記者クラブ研究会（地球温暖化～IPCCの最新レポートとその合意～、2002年6月）
- ⑩ Global Environment Outlook 3, UNEP（2002）（366, 367, 398ページ参照）
- ⑪ Global Environment Outlook 3 : Technical annex, UNEP
- ⑫ 環境省報道発表：温室効果ガス安定化シナリオ・ワークショップの開催について（2004年1月13日）
- ⑬ 環境新聞：温暖化ガス安定化へ（2004年2月25日、環境新聞社）

9. 成果の政策的な寄与・貢献について

気候グループと共同して気候の直接および間接の影響を推計し、排出シナリオとともに、IPCC、エコアジアパネル、APFED、WSSD、UNEP/GEO3などに分析結果を提供した。

「気候変動問題に関する今後の国際的な対応について－中間報告－」（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、平成16年12月）に情報を提供した。