

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

（2）統合評価モデル開発及び統合政策評価フレームの構築に関する研究

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
	環境経済研究室	日引聡
	環境計画研究室	高橋潔・肱岡靖明

京都大学大学院地球環境学堂

松岡譲

<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
京都大学大学院地球環境学堂 藤原健史・川瀬玲奈
東京工業大学大学院社会理工学研究科

棟居洋介・游松財・宛悦

中国エネルギー研究所 Xiulian Hu・Kejun Jiang・Hongwei Yang・Zhu Sonli
インド経営大学院 P.R. Shukula
インド(株)リアイアンス産業 Ashish Rana

平成 12～16 年度合計予算額 185,574 千円
(うち、平成 16 年度予算額 37,224 千円)

[要旨] 本研究の目的は、アジア太平洋地域において排出される温室効果ガスを予測するとともに、発展途上国において削減対策を推進するためのインセンティブを明らかにするための統合評価モデルの開発と、開発したモデルをもとにした政策評価の枠組みを構築することである。開発するモデルは、地域レベルにおける温室効果ガス削減対策や大気汚染対策を分析する地域詳細モデル、経済活動が環境に及ぼす影響の将来推計を行う経済・マテリアルモデル、アジア太平洋地域各国の経済活動量、エネルギー需給、環境汚染排出量等の将来シナリオを推計する地域環境シナリオ分析モデル、及び国際市場を通じた環境政策の経済への影響を分析するための多地域多部門応用一般均衡モデル、地球温暖化の影響を評価するための影響モデルなどである。これらのモデル群を用いることで、気候変動政策、地域的な環境対策、経済影響を踏まえた政策決定の検討が可能となる。こうしたモデルの枠組みは、今後環境問題が深刻化することが懸念されている発展途上国においても有効な政策支援ツールとなることから、トレーニングワークショップを実施し、中国、インド、タイを中心にモデルの普及と人材育成を行った。

[キーワード] 地球温暖化、温室効果ガス、統合評価モデル、地域環境、政策評価

1. はじめに

アジア太平洋地域からの温室効果ガス排出量は、今後の経済発展とともに急速に増加すると予想されている。このため、アジア太平洋地域における対策が地球温暖化対策の鍵を握っており、この地域の発展途上国の温暖化対策への参加を促す方策を検討することが緊急の課題である。しかしながら、発展途上国内においては地球温暖化対策は必ずしも最重要課題ではなく、気候政策を発展途上国でも展開するためには、これらの国々が現在抱える大気汚染などの地域の環境問題と地球規模の環境問題の解決を同時に行える方策を見出すことが必要であるとともに、気候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、プラスの効果についての検討を行うことが重要となっている。このため、気候政策だけではなく、気候政策と他の環境政策、あるいは気候政策と経済政策を同時に考える枠組みが必要であり、こうした統合政策を評価することができるモデル開発が求められている。

2. 研究目的

本サブテーマでは、気候政策を中心に、気候政策と地域の環境対策との統合効果、気候政策のマクロ経済への影響、気候政策と適応政策との統合効果などを評価するための個々のモデルを開発することを研究目的とする。また、これらのモデルを、アジア太平洋統合評価モデル (AIM) に統合することで、推計しうる各種政策の効果や影響から、気候対策の効果や持続可能な発展への総合的な寄与を評価することも併せて行う。

3. 研究方法

これまで開発してきた AIM を基礎として、以下の各モデルの開発を実施してきた。

- ・国及び地域レベルでの温室効果削減方策や大気汚染対策の評価を行う地域版統合政策評価モデル (AIM/Enduse 及び AIM/Local) と大気汚染物質の濃度分布を推計するモデル (AIM/Air)
- ・世界における温室効果ガス削減技術の評価を行う世界多地域多部門技術選択モデル (AIM/Enduse [Global])
- ・アジア太平洋地域各国のエネルギーの消費量と大気環境に負荷を与えるガスの排出量を推計する地域環境シナリオ分析モデル (AIM/Trend)
- ・地域環境シナリオ分析モデルとの連携をとりながらアジア各国の貿易を考慮してアジア各国の経済影響を推計する応用一般均衡モデル (AIM/CGE)
- ・経済活動が環境に及ぼす影響の将来推計を行う環境経済・物質収支統合モデル (AIM/Material)
- ・地球温暖化の影響を評価するためのモデル (AIM/Impact)

さらに、統合政策分析用モデルとして、上記の各モデルとリンクしたモデルの開発を行い、環境政策の評価を行ってきた。

- ・AIM/Enduse の結果を技術係数に反映させ、省エネ資本投資と排出量取引との相互効果が温暖化の経済影響の緩和に果たす役割を分析する動学的最適化モデル
- ・AIM/CGE をもとに、CDM (クリーン開発メカニズム) の効果と発展途上国への影響を評価するための多地域応用一般均衡モデル
- ・AIM/CGE をもとに、わが国で環境税を導入した場合の産業移転の可能性を評価するための多地域応用一般均衡モデル

- ・ AIM/Material に、家電リユース、IT 技術の普及、中小企業対策など特定の対策をより詳細に表現したモジュールを付加した応用一般均衡モデル
- ・ AIM/Material をもとに、国内の経済活動を地域別に分析した一国多地域応用一般均衡モデル
- ・ AIM/Impact をもとに洪水対策が温暖化影響の緩和に果たす役割を評価した動学的最適化モデル
- ・ 大気汚染対策の効果とその経済的影響を定量的に評価するための AIM/Local、AIM/Material をリンクさせた政策統合モデル

4. 結果・考察

(1) 地域版統合政策評価モデル (AIM/Enduse 及び AIM/Local) の開発・統合

本研究では、地球温暖化対策の地域レベルでの大気環境効果を分析するために、温室効果ガスと大気汚染物質の排出量を推計するモデル (AIM/Enduse 及び AIM/Local)、汚染物質の濃度分布を推計するモデル (AIM/Air) を開発した。さらに、それらを補助する役割を担う複数のモジュールとして、対策の限界費用を推計するモジュール、排出量分布を地図上に表示するモジュール (A-GIS) を開発した。これらを連携させることで温暖化対策と大気汚染対策について総合的に評価・検討することが可能になった。

排出量を推計するモデルの特徴は、エネルギー技術及び環境負荷除去技術に関する詳細なデータベースを有し、最大 10 種類の任意のガスを分析対象とすることができるように開発された点である。また、これまでに開発してきた国レベルの排出量を分析するモデル (AIM/Enduse) と、本研究課題で改良してきた大規模発生源や都市レベルの面源レベルの排出量を分析するモデル (AIM/Local) を統合した。統合後のインターフェイスを図 1 に示す。このモデルは、個々のエネルギー消費技術に着目したボトムアップ型のモデルである。図 2 に示すように、エネルギーサービス量 (粗鋼生産量や輸送サービス量、冷房需要量など) を所与のものとし、そのサービス量を満たすためのエネルギー技術

(設備) の組合せを 3 年間の総費用最小化という経済的規範に基づき決定する。そして、技術毎のエネルギー消費量の積み上げによって全体を推計するモデルである。温室効果ガスと大気汚染物質が同時に推計できるモデルを開発したことで、地球温暖化対策の大気汚染物質低減効果を定量的に把握することができ、政策としての環境税、環境規制、補助金等の対策や民生部門における生活レベルでのきめ細かい対策の効果など、地球温暖化対策と大気環境対策の両

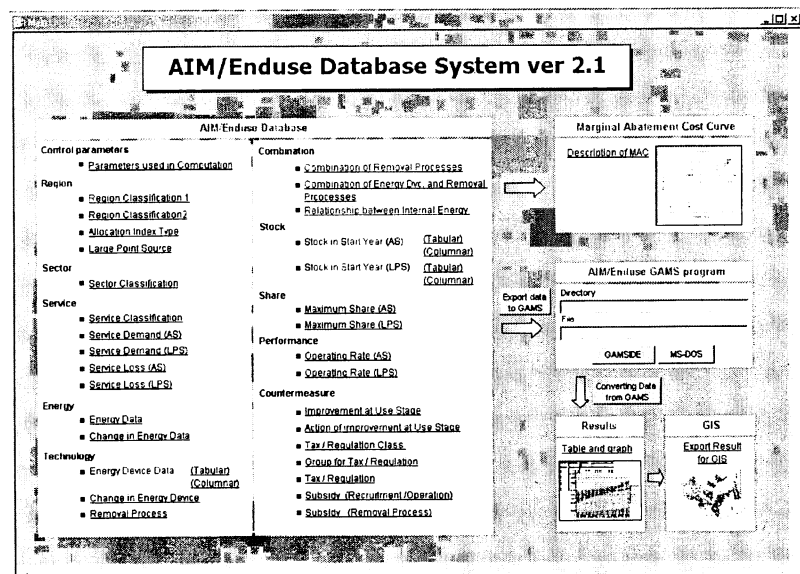


図 1 AIM/Local のインターフェイス画面

方を考慮に入れた総合的な施策検討を行うことが可能となった。

AIM/Air は、地域大気環境への影響を分析するために開発したモデルである。

AIM/Air は、SO₂、NO_x、PM の汚染物質を対象として、大気汚染物質の排出源と排出強度をもとに汚染物質の拡散計算を時系列で行い、汚染物質の着地濃度や沈着量を明らかにするモデルである。AIM/Air では、AIM/Local の結果を活用するためのモジュール、インターフェイスが組み込まれており、利用点源（大規模

発生源）と面源を分け、個々に時間排出パターンを設定して計算する。また、拡散計算を高速に実行するための計算アルゴリズムの改良や、対象地域設定のためのインターフェイス開発を行い（図 3）、シミュレーションのためのデータ収集を中国、インドで実施した。

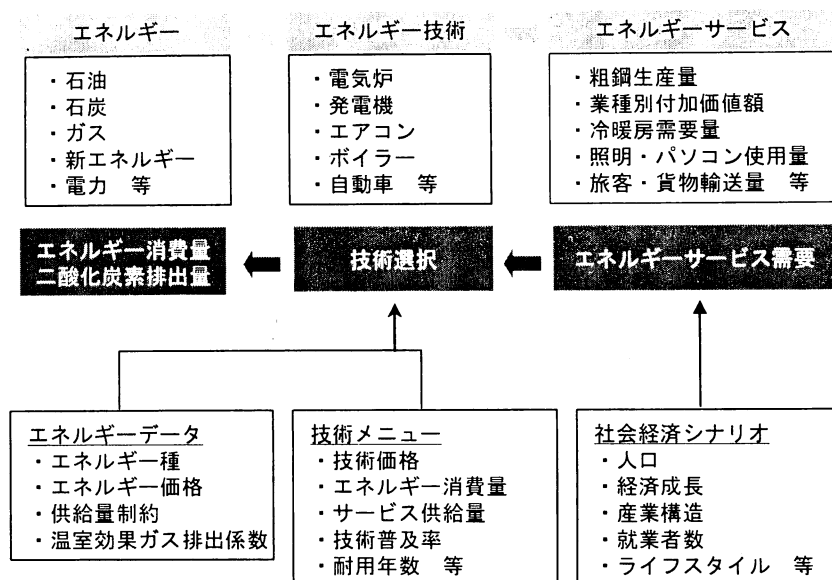


図 2 AIM/Enduse の構造

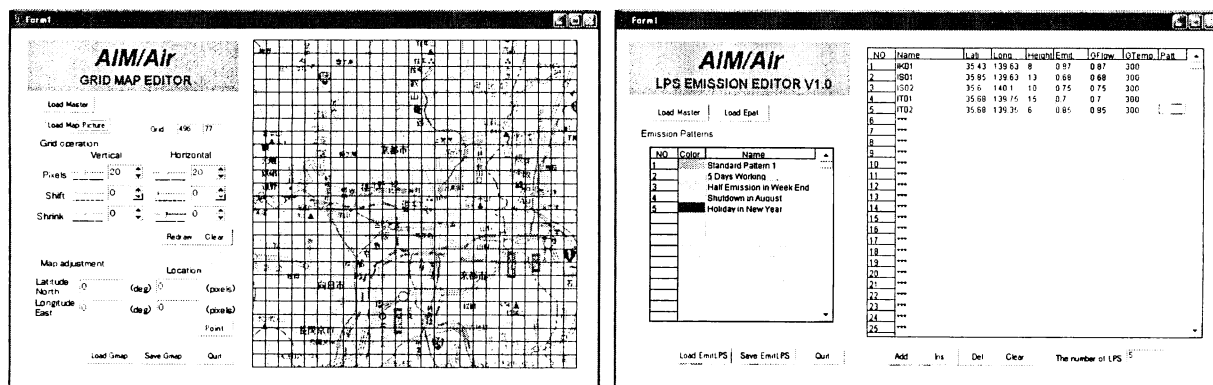


図 3 AIM/Air におけるインターフェイス（左：対象地域設定画面、右：点源データ入力画面）

対策の限界費用を推計するモジュールは、排出モデルに格納されている技術データベースの情報に基づいて技術毎の温室効果ガス削減費用を計算し、限界費用と削減量との関係をグラフ表示する（図 4）。排出量分布を地図上に表示するモジュールは、排出モデルとのリンクが可能で、排出モデルによって計算された発生源毎排出量を地理情報システム(GIS)での表示用にデータを変換する。さらに、メッシュデータへの変換も行い、濃度分布推計モデルの入力データの作成も行う。これらのモジュールによって将来排出量や対策効果についてステークホルダーなどに対して分かり易い形で提示することが可能になった。

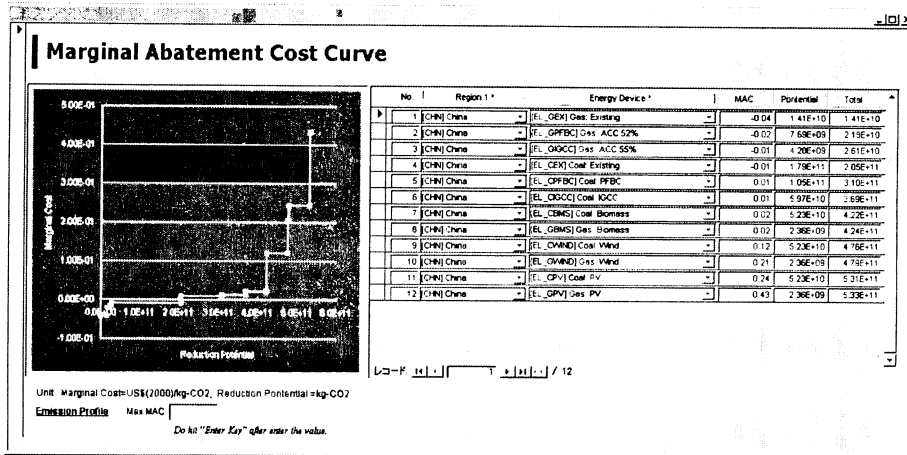


図4 限界削減費用のグラフと技術別削減費用の例（中国の発電部門）

(2) 世界多地域多部門技術選択モデル (AIM/Enduse [Global]) の開発

これまでに、日本、中国、インドなどアジア地域において、技術選択を詳細に考慮した多部門技術選択モデルとして、国レベルの AIM/Enduse モデルを開発してきた。そこで本研究では、さらに対象地域を世界に拡張した世界多地域多部門技術選択モデルである AIM/Enduse [Global]モデルの開発に取り組んでいる。この AIM/Enduse [Global]では、これまでに開発されてきた世界多地域多部門経済モデルと対となる世界モデルとして、「各国・各地域の技術レベルに応じた公平な排出削減分担」「CDMによる途上国の環境改善・地域経済および世界経済への影響」「貿易政策による地域経済・環境影響・技術普及の変化」「持続可能な発展に向けた技術普及と気候変動政策の相互便益効果」などを分析することを目的としている（図5）。

まず、分析の目的に応じて主要な地域を考慮した検討ができるように、本研究では、表1に示

表1 世界技術選択モデルの地域分類

Group	Region
Asia	1) Japan 2) China 3) India 4) Indonesia 5) Korea 6) Thailand 7) Other South-east Asia 8) Other South Asia
Middle East	9) Middle East
Oceania	10) Australia 11) New Zealand
North America	12) Canada 13) USA
South America	14) Argentine 15) Brazil 16) Other Latin America
EU	17) EU-15 in Western Europe 18) EU-10 in Eastern Europe
Russia	19) Russia
Africa	20) Africa
Rest of the World	21) Rest of the World

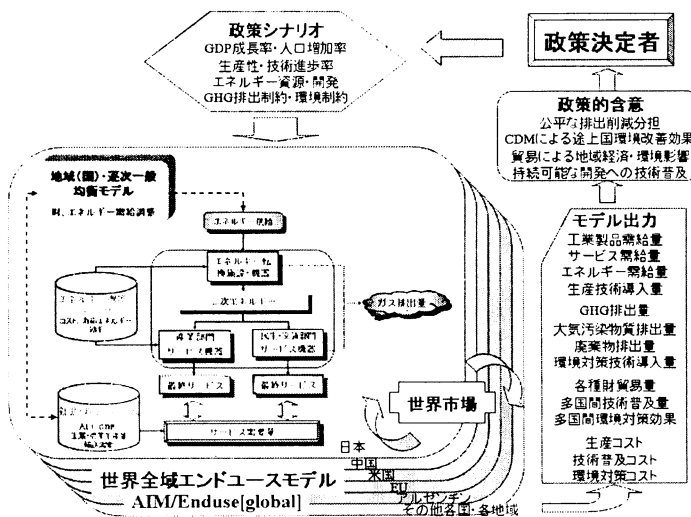


図5 世界21地域モデルの概要

すように世界を 21 地域に分類した。また、対象部門として、エネルギー転換部門、産業部門(鉄鋼、セメント、化学、紙パルプなど)、民生部門(家庭・業務)、運輸部門、農業部門など網羅し、その他にも、本研究の特長として、非 CO₂ 対策にも対応するために、メタン排出部門および F ガス(フロンガス) 排出部門も設定した。そして、各地域および各部門における温室効果ガスの排出量を求めるために、各部門における現在の技術リスト、技術価格、各技術の設備量、エネルギー消費量、将来の潜在普及率などを把握し、将来の革新的な技術も網羅した詳細な技術データベースを構築した。また、地域毎の経済成長率や将来人口推計等の社会経済指標に基づき、各地域内の部門毎の最終サービス需要の将来推計を行い、それに伴うエネルギー消費量および温室効果ガス排出量の予測をおこなった。

また、本研究では、地域毎の削減費用を推計するために、AIM/Enduse [Global]のデータを用いて限界削減費用曲線(MAC)を算出するモジュール AIM/Enduse [MAC]を新たに AIM/Enduse モデルに付加した。そして、AIM/Enduse [MAC]を用いて、地域毎および部門毎に構築した詳細なデータベースを基にして、地域毎および部門毎における限界削減費用と削減ポテンシャルについて分析を行った。ただし、削減ポテンシャルの推計においては、まず、技術レベルを現状に固定したケースで 2020 年の温室効果ガスの排出量を推計し(標準ケース)、現在利用可能な先進的な対策技術が市場選択の下で導入された場合(市場選択ケース)を考慮して標準ケースと比較し、それらの前提の下で、先進国および途上国における削減ポテンシャルが求められている。

図 6 に、地域毎および部門毎に求めた 2020 年における限界削減費用と温室効果ガスの削減ポテンシャルを、先進国と途上国に分類して総計し、分析した結果を示す。図中の右上がりの曲線は、先進国の限界削減費用曲線を表し、右下がりの曲線は、途上国の限界削減費用曲線を左右に反転させたものである。520 億 US\$の費用(図 6 中の A の面積に相当)で先進国と途上国を合わせて約 34 億 tCO₂eq の温室効果ガス(図 6 中の A の底辺の長さに相当)が削減可能となることが示された。また、1200 億 US\$の費用をかけると約 42 億 tCO₂eq、1960 億 US\$では約 49 億 tCO₂eq の温室効果ガスがそれぞれ削減できることが示された。

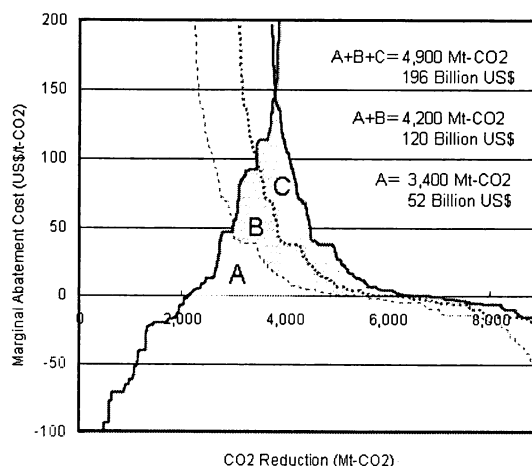


図 6 先進国および途上国の限界削減費用と削減量の関係(割引率=5%, 2020年)

なお、現在の AIM/Enduse [Global]は、国レベルの AIM/Enduse モデルで表現されている各種サービス需要を満たすために必要な投入要素や設備にかかる費用を各種制約の下で最小化する最適化モデルとして表現できるようになっていない。今後は、さらに地域毎および部門毎のデータベースを充実させ、AIM/Enduse [Global]モデルの改良を進めていく予定である。

(3) 地域環境シナリオ分析モデル(AIM/Trend)の開発

将来の環境について推計しようとする場合、様々な要素が複雑に絡み合っており、また、不確

実な事象が数多くあるために、推計を非常に困難なものにしている。そこで、複数の人の知見を取り入れながら、様々なシナリオを描いて対策を検討する必要がある。将来の種々の将来シナリオを、対話を通して検討するための簡略型統合モデル（AIM/Trend）を開発した。

急激な人口増加・経済発展を背景としてアジアは 21 世紀前半の世界経済を牽引するといわれているが、アジアは様々な様式・文化を持つ国々で構成されており、発展の度合いは国ごとに異なる予想される。そこで、将来のアジアの各国レベルの経済活動量、エネルギー需給、環境汚染排出量等を過去のトレンド分析に主眼をおいて、まずアジア太平洋地域

42 カ国を対象としてモデルを開発した。図 7 に本モデルの構造を示す。

国際エネルギー機関（IEA）のエネルギーバランス表が利用可能な 25 カ国については詳細モデル（モデル A）を、エネルギーバランス表が利用できない 17 カ国については簡易モデル（モデル B）をそれぞれ作成した。モデル A ではまずエネルギー需要を推計し、エネルギー転換部門から遡って一次エネルギー供給量を求めた。モデル B については直接一次エネルギー供給量の推計を行う。

一次エネルギー供給量と想定される技術シナリオから CO₂、SO₂、NO_x、CH₄、N₂O、CO の排出量を計算する。

現状推移シナリオと技術推進シナリオの 2 つのシナリオを用意した。現状推移シナリオでは、アジア・太平洋地域で安定した経済発展を見込む一方、環境への関心は低い水準で推移する社会を想定している。技術推進シナリオでは、環境への関心が政治レベルにまで高まった結果、2000 年から 2030 年にかけて、現状維持シナリオに比べ新エネルギー開発や省エネ技術開発が比較的速やかに行われる社会を想定している。これらのシナリオをベースに将来推計を行った。

また、IEA のエネルギーバランス表をベースにした詳細モデル A の枠組みを世界 14 地域の世界モデルに拡大し、世界におけるアジアの位置づけについてのシナリオ分析を行った。Trend 版世界モデルは世界の中のアジアの主要な指標を予測するとともに、次項で示す AIM/CGE への基礎情報を提供している。

（4）多地域多部門一般均衡モデル（AIM/CGE）の開発

国際市場を通じた環境政策の経済への影響を分析するために世界を対象とした応用一般均衡モデル（AIM/CGE）を開発している。AIM/CGE を用いることで、国レベルのモデルでは取り扱うことのできない国際市場を通じた環境政策の影響を評価することができる。

図 8 に AIM/CGE の基本構造を示す。AIM/CGE では、GTAP データベースをもとに IEA のエネルギーバランス表や FAO の土地利用データベース、オランダ RIVM の EDGAR（SO_x 及び NO_x

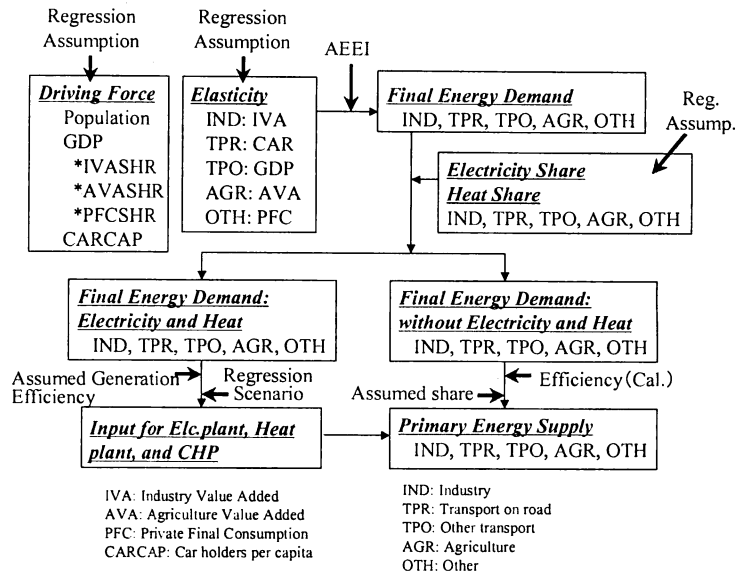


図 7 AIM/Trend の構造

の排出データベース)等の各種データを整合的にモデルに組み込むためのモジュールが準備されており、任意の地域区分、財の区分でシミュレーションを行うことが可能である。また、CES生産関数を用いた汚染除去関数を組み込むこともオプションとして可能である。エネルギーは、石炭、原油、石油製品、ガス、電力からなり、電力を生産する発電部門は、石炭、原油、石油製品、ガスを燃焼する火力発電部門と、地熱、原子力、水力、太陽光、風力、廃棄物、バイオマスの非火力発電が想定されている。

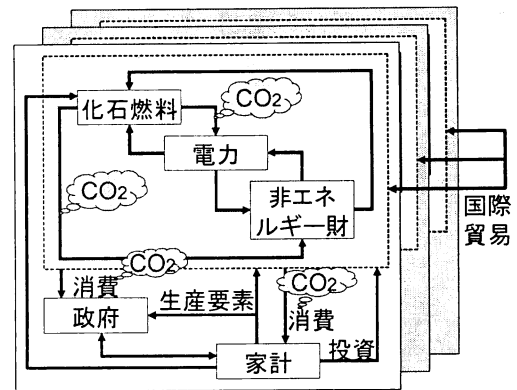


図8 AIM/CGEの基本構造

将来シナリオとして、IPCC/SRESの4つのシナリオに基づくシミュレーションが可能であるが、任意に想定することも可能である。また、シミュレーションにおいては、化石燃料の枯渇をはじめ、土地利用や温暖化による農業生産性変化などの要素を選択して取り込むことが可能である。

ミレニアム・エコシステム・アセスメント(MA)のシナリオ・ワーキンググループの長期シナリオ作成に対しては、MAで想定されたシナリオに基づき、本モデルの自然生態系に関連するモジュールを利用してシミュレーションを実施した。このほか、本モデルが持つ世界モデルという特性を活かして、京都議定書達成時の各地域の経済活動への影響や、CDM、排出量取引等の京都メカニズムの効果、さらにはアジア地域における自由貿易協定の締結による経済及び環境への影響が分析されている。

(5) 環境経済・物質収支統合モデル(AIM/Material)の開発

AIM/Materialは、AIM日本モデルとして開発された応用一般均衡モデルに、二酸化炭素排出量を評価するモジュール及び廃棄物の排出とその処理を評価するモジュールを組み入れたモデルであり、経済活動が環境に及ぼす影響を、物質として定量的に評価するとともに、環境対策を導入することによる効果と経済活動への影響を定量的に分析することを目的としている。

本モデルは物質収支と、環境・経済活動の相互関係を表現したモデルからなる。物質収支モデルは経済データ、エネルギー、様々な物質の物量のデータを入力として、経済収支だけではなく物質収支も均衡した結果を出力する。環境経済モデルは、産業間の投入産出構造や産業と家計の間の需給構造と、汚染処理や環境負荷の構造を統合したモデルであり、2000年産業連関表を対象として各種パラメータがキャリブレートされている。環境対策を評価するために、環境投資が内生化されており、環境投資の蓄

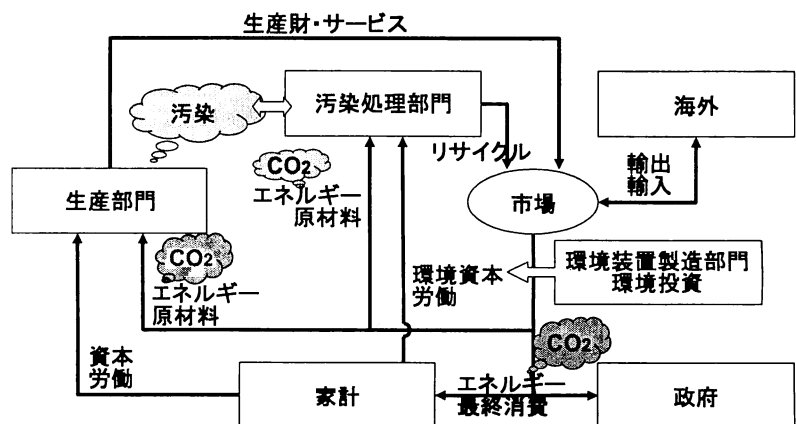


図9 AIM/Materialのモデル構造

積によって汚染物除去の容量が拡大する状況がモデル上で示される。特に、エネルギー効率改善については、AIM/Enduse モデルとリンクが可能となるようにインターフェイスが準備されており、温暖化対策税導入時における効率的な技術の導入を考慮した上での経済的影響を整合的に評価することが可能である。図9にモデル構造を示す。生産関数においては、経済収支とともに物質収支も均衡させるために、国産財、輸入財の統合や生産財や再生品の統合について、代替弾力性をエネルギー財については無限大、非エネルギー財については0と仮定している。代替弾力性を0と定めている財については、将来の技術水準によって、その比率が変化できるようになっている。また、廃棄物の処理については、各部門での処理のほか、廃棄物処理部門における直接再利用、直接最終処分、中間処理が想定されている。

日本を対象としたモデルでは、エネルギーは各種石油製品を個別に取り扱うことが可能であり、2002年に期限を迎える道路特定財源の暫定税率の変更や2003年から予定されているエネルギー関係諸税の税率変更が二酸化炭素排出量にどのような影響をもたらすのか定量的に評価した。道路特定財源の税率を暫定税率から本則に戻すシナリオ（ガソリン：53.8→28.7円/l、軽油：32.1→15円/l）では、2010年に現状推移シナリオと比較して6.5MtCの二酸化炭素排出量が増加する（図10）。これは、ボン合意で定められた森林による吸収分の55%に相当する。

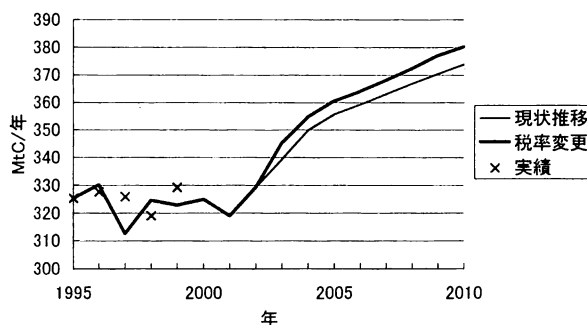


図10 道路特定財源の税率変更による二酸化炭素排出量の推移

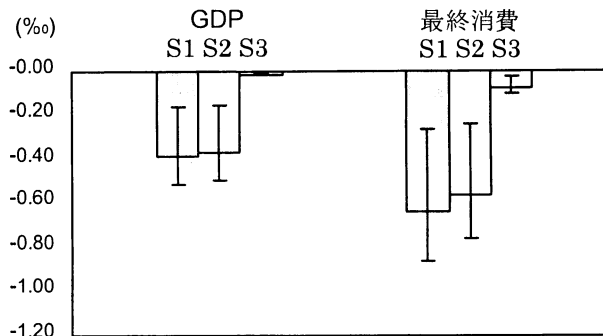
このほか、日本における温暖化対策税の議論に対して、本モデルやAIM/Enduseを活用した様々な試算結果を提供してきたが、どのような課税の枠組みが効率的に二酸化炭素を削減することが可能になるかを示すために、欧州各国で既に導入されている温暖化対策税を日本に適用したシミュレーションを、AIM/Material Japanを用いて行った。

本モデルをインド及び中国に適用することを目的として、モデルの改良及び完成したモデルを用いた環境政策の評価を行った。

インドを対象としたAIM/Material Indiaでは、インドにおける有害廃棄物を削減することによる経済活動への影響と、その対策としての環境投資の効果に関する分析が可能となるようにモデル開発を行った。日本モデルと異なり有害廃棄物を対象とした理由は、インドにおける環境問題の優先順位を考慮に入れたためである。その結果、2010年の有害廃棄物の排出量は1994年と比較して60%も増大するが、2002年以降有害廃棄物の排出を10%ずつ削減するシナリオでは、約2%のGDPロスが発生する。これに対して、有害廃棄物処理に対する投資を5%ずつ増大させることで、GDPロスの半分以上は改善されるようになり、わが国と同様に環境投資の経済活動への効果が示された。また、土地利用や水質汚濁といった自然資源への影響を評価するモジュールを開発し、バイオマスエネルギーの導入など様々な環境対策がもたらす経済及び環境への影響を評価している。

中国を対象としたAIM/Material Chinaの開発では、地球温暖化対策の促進を目的として大気汚

染による健康影響を評価するモジュールの開発を組み込んだ分析を行った。2000年を対象として、既存の大気汚染物質の濃度に関する研究結果を用いて、大気汚染の影響が労働力及び医療サービス需要の増加を通じて中国の経済活動に及ぼす影響について評価した（図 11）。大気汚染による疾病率や死亡率の増加は、労働力の供給量を減少させることから、経済活動にマイナスの影響をもたらす。また、疾病率の上昇による医療サービス需要の増加は、消費構造の変化を招き、マクロ経済にもマイナスの影響を及ぼす結果となった。



S1: 労働力の低下・医療サービス需要の増加を内生化
 S2: 労働力の低下を内生化
 S3: 医療サービス需要の増加を内生化

図 11 中国における大気汚染のマクロ経済への影響（2000年）

(6) 地球温暖化の影響を評価する AIM/Impact モデル

地球温暖化対策としては、温室効果ガスの排出量を削減する緩和策のほか、気候変化に対して自然生態系や社会・経済システムを順応・適応させることで温暖化の悪影響を軽減する適応策がある。当初、政策検討・評価研究の注目は緩和策に集まっていたが、緩和策の膨大な費用や最大限の緩和策を実行したとしても依然重大な気候変化は免れ得ないことや、既に温暖化が進行していることが明らかになるに従い、適応策への注目が高まりつつある。本研究では、地球温暖化の影響を定量的に評価するためのモデルの開発を行い、適応策の想定が可能なものについては開発した影響モデルを用いて適応策の効果について評価を行った。

① 温暖化影響モデルの開発

温暖化対策の統合的な影響を評価するため、気候変動による動物媒介性疾患（マラリア、デング熱）の影響、植生変化への影響を予測するモデルを開発した。マラリアやデング熱は気候変動による影響とともに GDP の影響も受けることがわかった。アフリカや南米の熱帯地方において特にその感染地域が拡大する可能性があることがわかった。また、植生変化への影響モデルを朝鮮半島に適用した。森林の移動速度を 1 年あたり 0.25km と仮定すると、図 12 に示すように IPCC/SRES の A2 シナリオで表される気候変動は、朝鮮半島の森林を 2100 年までに 2.08% 消失さ

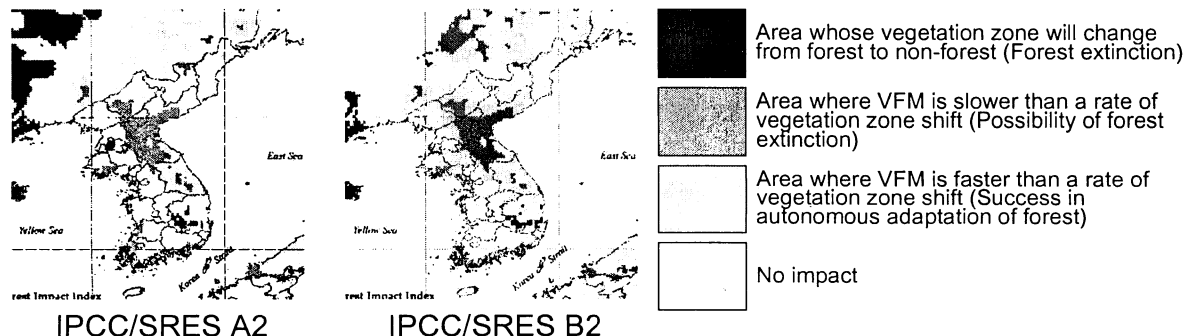


図 12 朝鮮半島における温暖化影響（GCM は HadCM3 を使用）

せることを明らかにした。

② 農業生産性評価モデルの改良と適応策の評価

農作物の生産性は気温、降水量などの気候因子に強く依存し、気候変動の影響は甚大である。本研究ではこれまでに開発してきた潜在作物生産性評価モデルのうち、イネとコムギの主要2穀物について以下のような改良を行った。

- a) 現状気候下における実際の植付け時期、収穫時期、栽培期間の国平均値情報を収集し、栽培期間中の平均気温と栽培期間（日数）との関係性を調べ、イネ・コムギの栽培種に関する情報を勘案した上で、イネについては4種類、コムギについては5種類に細分化した。
- b) これまでのモデルでは、天水農業のみを取り扱い灌漑を考慮していないために生産地域を過小評価する傾向があったため、本研究では灌漑の効果を考慮した。
- c) 機械化率を投入労力の代理変数とし、機械化率は単位耕地面積あたりトラクター台数を仮定する。これによって、国ごとの投入労力の差異を考慮可能となった。

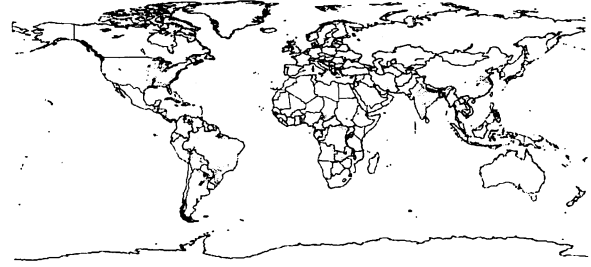
以上のように改良したモデルを用いて、(a)栽培する作物品種の変更、(b)植え付け時期の変更、を適応策として取り上げ、現状（1961年～1990年の平年的状況）と2050年（2036年～2065年の平均）についてそれぞれ穀物潜在生産性を推計し、温暖化の影響と適応策による影響の低減を評価した。

将来シナリオのうち、気候シナリオは、CCSR/NIESモデルによるIPCC/SRESのA1B排出シナリオシミュレーションの出力結果による気候変化（ベースライン期間から2036年～2065年の平均）を足し合わせて作成した。将来の灌漑率の空間分布情報は、現状の0.5°×0.5°の空間解像度の灌漑率ラスタデータに、農地面積・灌漑農地面積の国別過去統計値に基づいて計算した1990年代の変化トレンドの外挿により作成した国別灌漑面積率変化シナリオを掛け合わせることで作成した。将来の機械化率シナリオは、過去の国別時系列統計値から単位耕地面積あたりトラクター数の1961年～1990年までの30年間平均を作成し、これを一人あたりGDPで説明する回帰式を推定し、IPCC/SRESのA1Bシナリオで前提とされている一人あたりGDPから将来値を推計した。

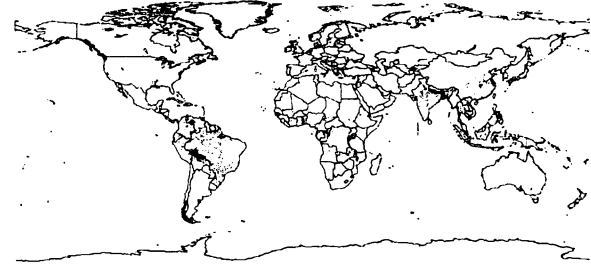
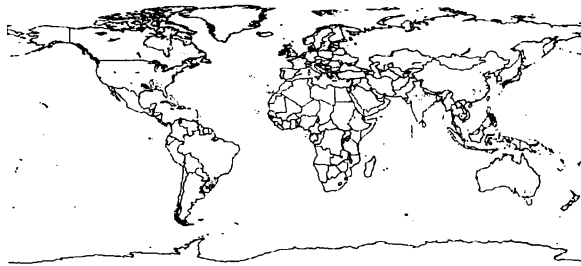
適応の効果を評価するために、将来の農業生産については、表2の4つのケースを想定した。地図上の生産性変化とそれを世界11地域に集計した結果を図13に示す。途上国における将来の灌漑率の増加・投入労力の増加（気候変化以外の将来変化因子）が生産性に及ぼす効果を考慮した場合、低緯度途上国の生産性は現状に比べ必ずしも減少せず、地域によっては上昇することが示された。ただし、気候変化状況に応じた適切な作物種・植付け日選択が行われない場合には、気候変化以外の将来変化因子による生産性向上は気候変化による生産性減少に打ち消されるため、適応実施が必要であることがわかる。また、高緯度地域における生産性向上は、適切な作物種・植付け日選択が行われることが前提となることが明示的に示された。

		植え付け時期	
		現状観測されている植え付け時期に実施	気候変化に応じて植え付け時期を変更(適応策)
栽培する作物品種	現在栽培されている品種を継続	CNTN (適応無しケース)	CNTY
	気候条件に応じて品種を変更(適応策)	CYTN	CYTY (適応ケース)

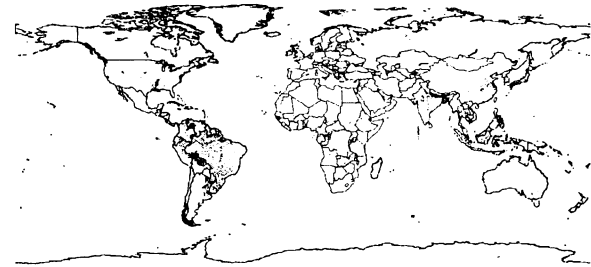
表2 適応策に関する将来ケース



現状



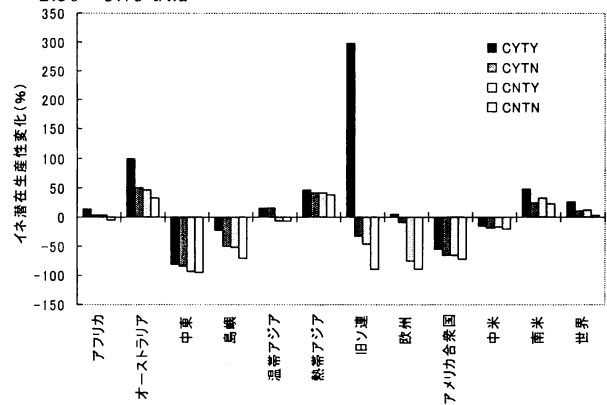
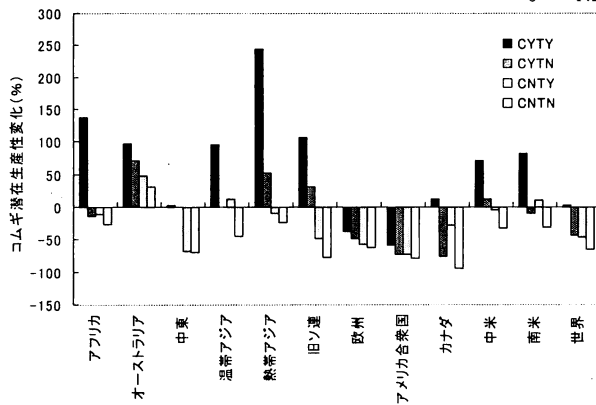
2050年 適応無しケース (CNTN)



2050年 適応ケース (CYTY)



0 1.25 2.50 3.75 t/ha



コムギの生産性

イネの生産性

図 13 コムギ (左) とイネ (右) の潜在生産性の変化 (地図) と地域平均 (グラフ)

(7) モデルによる統合政策の効果分析

地球温暖化対策だけではなく、他の環境問題や経済活動の影響を統合的に評価するためには、これまでに説明してきた統合評価モデルである AIM を基礎とした上で、個別課題に特化した様々なモデルの支援が必要となる。本研究では、様々な環境政策の効果を定量的に評価するために、①AIM/Enduse、②AIM/CGE、③AIM/Material、④AIM/Impact のそれぞれに対して、モデルの拡張やモジュールの追加を行った。さらに、⑤これまでに開発してきた各種のモデルを統合による政策評価を、中国を対象に行った。

① AIM/Enduse の拡張

ア. 省エネ資本投資と排出量取引の効果

動学的最適化モデルの枠組みで構築した世界多部門経済モデルを開発し、基準シナリオと京都議定書の削減目標を実行するための対策シナリオの経済影響について分析した。対策シナリオとして、Annex I 地域における排出量取引シナリオ、省エネ投資によるエネルギー効率改善シナリオ、排出量取引と省エネ投資の両方を考慮するシナリオを想定した。対策シナリオの作成に当たっては、AIM/Enduse モデルの結果から、省エネ資本の蓄積とエネルギー効率改善の関係を反映させている。本モデルを用いた分析から、以下のようなことが明らかとなった。(a)省エネ投資を導入することにより、二酸化炭素制約による日本の GDP の低下は追加対策をとらない場合と比較して3割～5割に抑えることができる。特に、省エネ投資を排出量取引と組み合わせた場合に経済活動の回復が最も大きい。(b)日本の省エネ投資により日本以外の各地域にも二酸化炭素制約による GDP 減少を改善することができる。(c)日本の省エネ投資により、日本の排出許可証の購入量が減少することから世界の許可証の価格が低下し、2020年において AnnexI 地域全体で約9兆円の負担額を減らすことができる。以上のことから、省エネ資本投資と排出量取引を適切に組み合わせるポリシーミックスを導入することで、効果的な温暖化対策を実現させることを示した。

② AIM/CGE の拡張

ア. CDM が発展途上国にもたらす経済発展の評価

二酸化炭素削減対策の一つとして CDM (クリーン開発メカニズム) が注目されているが、対象となる技術は、植林から大規模な省エネ技術の導入まで様々である。本研究では、日本が国内及び中国に対して実施する植林政策と、鉄鋼部門において省エネ設備を導入する施策を対象に、これらの活動がマクロ経済に及ぼす影響を定量的に評価することができるように、AIM/CGE に新たなモジュールを追加して分析を行った。(a)二酸化炭素制約を導入しないシナリオに対して、(b)先進国に京都議定書に基づいた二酸化炭素制約を導入した場合のシナリオ、(c)日本国内に1万 ha/年の植林を実施する政策シナリオ、(d)CDM として中国で2.93万 ha/年の植林を行う政策シナリオ、(e)CDM として鉄鋼部門での省エネ設備を導入する政策シナリオ、を設定して分析を行った。日本において植林するケース(c)では、初期段階では投資の波及効果も見られるが、やがて二酸化炭素制約が厳しくなり、かつ植林投資の費用も増大することから植林面積が毎年増加するにも関わらずその効果はほとんど変化しなかった。これに対して中国において植林するシナリオ(d)においては、二酸化炭素制約の緩和量が大きくなることから日本の GDP の回復は高まる。このため、中

国では(b)における GDP と比較すると小さいが、中国国内での植林の波及効果により(a)の GDP より大きくなる。(e)では、CDM 実施の費用が高くなるにもかかわらず、日本の炭素制約は緩和されることから日本の GDP は(b)と比較して回復する。中国では、(e)において最も GDP が高くなる。さらに、発展途上国において温室効果ガス削減が将来課せられる場合、(d)では低コストの炭素削減対策が限定され、より費用の高い対策で対応することになる。以上の結果から、発展途上国における経済発展に配慮した CDM の実施が必要となることを明らかにした。

イ. 国際市場を考慮した産業プロセスの変化と二酸化炭素の削減可能性

二酸化炭素排出量の削減に向けた個々の産業における取り組みを評価するために、鉄鋼部門における粗鋼生産を高炉による工程と電炉による工程に分離するモジュールを AIM/CGE に付加した。二酸化炭素排出量の削減を考慮しない場合と日本が単独で京都議定書に基づく二酸化炭素排出量の削減を行う場合の各々について、高炉鋼から電炉鋼への生産の移行によって生じる鉄鋼業及びマクロ経済全体への影響を評価した。電炉鋼の生産シェアを現状の 35%から 40%に拡張すると、現状推移シナリオでは GDP が 150 億ドルのマイナスになるのに対して、炭素制約下では 10 億ドルの増加となり、二酸化炭素排出削減下での電炉鋼生産プロセスの効果を明らかにした。

ウ. 日本における炭素税導入が海外直接投資の変化に及ぼす影響

日本における温暖化対策の実施は、国内の製造業の海外進出を促し、産業の空洞化を招く可能性があることが指摘されている。その可能性を分析するために、資本の海外移転（海外直接投資）を内生的に評価できるようなモジュールを開発し、AIM/CGE に組み込み、わが国で温暖化対策税を導入することによる、日本から中国へのエネルギー集約産業の資本移転の可能性について定量的に評価した。その結果、日本において温暖化対策税が導入される状況においても、エネルギー集約産業が日本から中国に移転する条件は、生産された財が同質の場合に限られ、その場合においても海外直接投資額はごくわずかであり、マクロ経済への影響も低いことが明らかとなった。

エ. 農業生産性を評価した世界の経済活動への影響

AIM/CGE に、温室効果ガス排出に伴う気候変化と、それに伴う農産物の生産性の影響を経済活動にフィードバックさせるモジュールを追加し、発展途上国における温暖化対策への参加が経済活動や気温上昇にどのような変化をもたらすかについて分析を行った。IPCC/SRES の B2 シナリオを用いてシミュレーションを行った結果、途上国の参加がない場合には、2100 年の全休平均気温は約 3℃となり、温暖化による農業生産性の変化がもたらす GDP 変化は世界平均では小さいものの、南アジアやアフリカ、ラテンアメリカなど地域によっては 3～7%低下する。途上国が温暖化対策に加わることで、2100 年の全休平均気温は約 2℃に抑えられ、前述の各地域で見られた GDP の影響も半分程度に抑えることができる。

③ AIM/Material の拡張

ア. IT 投資が温暖化対策に及ぼす効果に関する分析

IT（情報技術）の普及に対して、物流の効率化や移動の代替、脱物質化や情報提供などを通じて環境負荷削減の効果が期待されている。一方、IT 機器の製造やインフラ整備等を通じて環境負

荷を増大させることが指摘されている。そこで、AIM/Material JapanにおいてITに関する活動を細分化し、IT社会における二酸化炭素排出量の削減の可能性について評価した。ITを活用したオンライン店舗を想定した場合、中途半端にオンライン店舗が普及する状況を想定すると、既存の店舗と併存し、オンライン店舗がない場合と比較して二酸化炭素排出量は増大する。徹底してオンライン店舗が普及し、既存の店舗に取って代わるとともに商品の配送が効率化されることで、二酸化炭素排出量は削減できることを示した。

イ. 家電製品のリユースが温暖化対策に及ぼす影響を評価するためのモジュール開発

AIM/Material Japanでは、廃棄物の発生とその処理の詳細なフローが再現されており、この特性を活かして、家庭の家電製品（耐久消費財）のリユースが廃棄物問題のみならず地球温暖化問題の解決にどのような影響をもたらすかについてシミュレーションが可能となるように、廃棄物発生のモジュールを詳細に表現し、これを組み入れたモデルの開発を行った。その結果、家庭で小規模にリユースを拡張することは、一般廃棄物最終処分量の削減をもたらす一方、家電製品のエネルギー効率の改善を妨げ、二酸化炭素排出量は2010年で現状推移シナリオと比較して2万tC増加させる。これに対して、政府や事業所等大規模にリユースを行うことは、生産構造そのものの変化をもたらし、廃棄物最終処分量の削減とともに、2010年における二酸化炭素排出量は現状推移シナリオと比較して同5万tCの減少をもたらし、大規模なリユースの拡張は廃棄物問題、地球温暖化問題の両方に寄与しうることを示した。

ウ. 中小企業における環境対策

AIM/Material Japanの経済活動は規模による細分化は行っていないが、実際には大企業と中小企業では環境対策が大きく異なることが指摘されている。中小企業に対する温暖化対策を分析するために、経済活動を大企業と中小企業に分割したモジュールの開発も行った。温暖化対策税の議論では、中小企業への税の減免が検討されているが、効果的な温暖化対策を実現させるためには、中小企業に対しても課税を行い、代わりに所得税の減免や資金援助を行うことにより、中小企業の受ける経済的影響を緩和する方が望ましいことを明らかにした。

エ. 国内を多地域に分割したモデルによる温暖化対策、環境対策の効果に関する分析

AIM/Material は一国の経済発展と環境負荷の関係を分析するためのモデルであるが、地域に存在する経済活動によって環境への影響も大きく異なる。こうした地域の影響をより詳細に分析するために、国内を複数の地域に分割する多地域モデルの開発にも着手した。

中国を対象とした多地域モデルでは、中国を東部・中部・西部の3つの地域に分割したモデルの開発を行い、中国において実施されている西部大開発を想定した投資をシナリオとして入力して計算を実施した。その結果、西部における水需要の増大とそれに伴う水不足が発生し、その影響が他地域にも及ぶことを示し、生産投資だけではなく環境投資が、中国の経済発展にとって重要になることを明らかにした。

日本を対象とした多地域モデルとして、全国を9地域に分割した1990年地域間産業連関表をもとにモデルを開発し、温暖化対策税を導入した場合の地域経済への影響を分析した。1990年の経済活動を対象に、各地域ごとに二酸化炭素排出量を6%削減することを前提としてシミュレーシ

ョンを行うと、各地域の二酸化炭素の限界削減費用は4万円/tCの差が生じることを示した。また、各地域間で排出枠を取引するか否かにより、各地域の生産額は大きく変化することを示した。

④ AIM/Impact の拡張

ア. 洪水対策と温暖化政策

気候政策と水環境管理政策の統合政策効果を評価するため、気候の変動性と将来気候変化を勘案した投資の最適化を取り扱う経済モデルを開発し、中国を対象として、1995年から2100年までの105年間についてシミュレーションを行った。本研究では、人口、複数生産セクタにおける労働者雇用、技術変化、消費性向、政策オプション、気候変化の生起確率などをモデルで統合的に扱うことにより、複数のシナリオについて、最適治水適応投資を計算し、GDP、一人当たり消費、回避されたダメージ等を計算した。この結果、気候変化を無視して投資を最適化した場合、2020年あたりから深刻な被害があらわれ始め、2100年にかけて影響が増大することがわかった。気候変化による水害被害は気候変動性と将来気候変化の両方を考慮した投資によって効果的に抑制することが可能である。また、長期的に見た場合、気候変化の生起に関わらず、懸念される気候変化に適応するための投資をしておくことが、maxmin原則による最適な選択肢であることが示された。

⑤ これまでに開発してきた各種のモデルを統合による政策評価

ア. 中国における大気汚染対策とその影響評価

大気汚染物質の健康及び経済活動への影響を評価するために、中国を対象にこれまで開発してきたAIM/Material China、AIM/Local、A-GIS等のモデルの統合と政策評価を実施した(図14)。AIM/Material Chinaを用いて経済活動やエネルギー価格の推計を行い、その結果をAIM/Localに入力し、大気汚染物質の発生を地域毎に詳細に推計した。その結果に対して、大気汚染物質の簡易濃度推計モデル、A-GISを通じて大気汚染物質と人口の分布の関係を明らかにし、メタ分析を用いて、大気汚染物質の濃度から疾病率や死亡率の増加を推計した。これを中国全体で集計し、

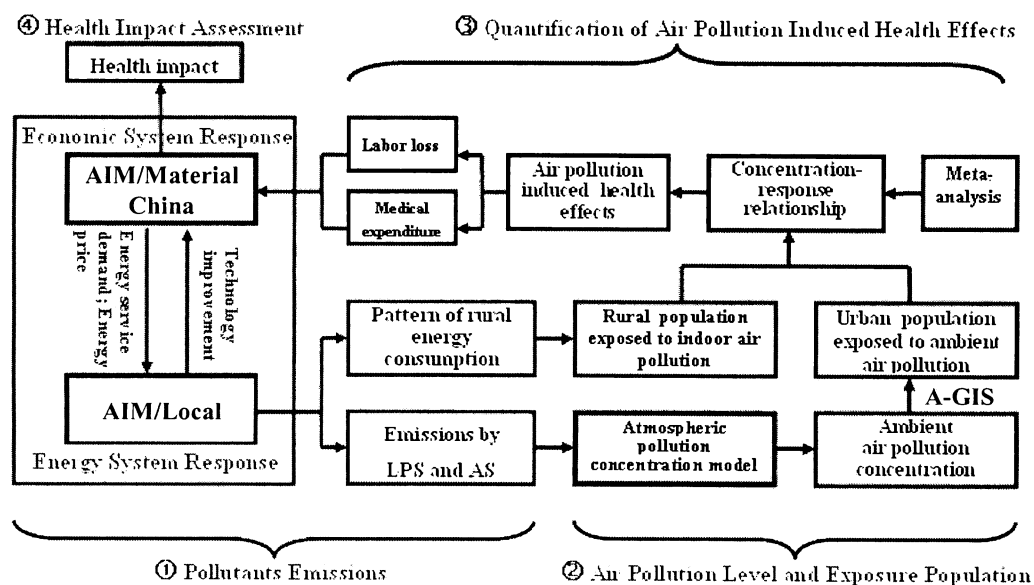
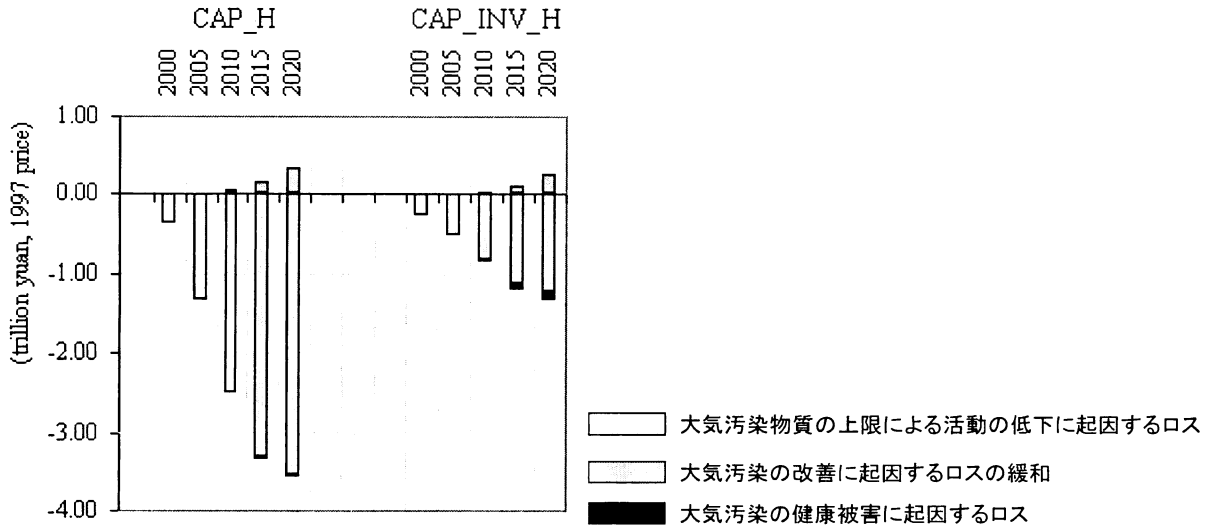


図14 中国における大気汚染評価のための統合評価モデルの枠組み

労働供給量の減少や、治療のための医療サービスの増加を明らかにした上で、この結果を再度 AIM/Material China にフィードバックさせ、大気汚染がマクロ経済に及ぼす影響を統合的に評価している。

疾病率の上昇による医療サービス需要の増加は、消費構造の変化を招き、マクロ経済にもマイナスの影響を及ぼす結果となった。さらに、こうした大気汚染被害を防ぐための政策シミュレーションを行い、中国における大気汚染対策が、マクロ経済を回復させることを示した（図 15）。



CAP_H : 2020 年の SO₂、PM₁₀ の排出量を 2000 年比 39.25%、47.35%削減

CAP_INV_H : CAP_H の削減を実現するために、汚染削減のための追加投資を行う

図 15 中国における大気汚染削減による GDP への影響とその緩和

5. 本研究により得られた成果

AIM モデルを基礎として、二酸化炭素削減対策を今後一層推進するために、地域環境政策、資本投資、排出量取引などとの統合政策（ポリシーミックス）の効果を推計するための新たなモデル開発に取り組み、これらを組み合わせることで、統合政策の効果が分析できるようになった。

一国を対象に温室効果ガス排出に深く関わる技術を詳細に評価するための AIM/Enduse と、国内の地域及び世界に拡張した AIM/Local、AIM/Enduse [Global]の開発により、温室効果ガス削減のための費用やその効果を定量的に評価することが可能になった。また、対象ガスを CO₂から CH₄、N₂O、代替フロンガスなどに広げることにより、より総括的な温暖化対策を分析することが可能となった。さらに、大気汚染分布モジュールを開発し、上記のモデルと組み合わせることで、地域環境への影響や地球温暖化政策の副次効果をより詳細に分析できるようになった。

地球温暖化政策の費用や経済的な波及効果を推計することを目的とした応用一般均衡モデルは、世界及び各国を対象に開発が行われ、地球温暖化対策による GDP の変化、産業構造の変化や他の環境問題への影響を明らかにしてきた。また、前述の技術選択モデルと統合させることにより、技術選択モデルが持つ技術のリアリティと応用一般均衡モデルが持つ経済活動の整合性を両立させた評価が可能となった。

地球温暖化影響を評価する AIM/Impact モデルの開発は、地球温暖化による影響の現象面からの予測や適応策の検討を可能としてきた。さらに、経済モデル等と組み合わせることにより、地球

温暖化影響の経済的評価が分析できるようになった。

こうしたモデルは、地球温暖化による影響や対策による経済的な側面を適切に評価するために必要なツールであり、これらのツールの開発を行ってきた本課題は、わが国及び世界、とりわけ発展途上国における気候・経済発展統合政策に貢献してきたといえる。

6. 国際共同研究等の状況

地域詳細モデルと AIM/Air の統合作業やシミュレーションのためのデータ収集、経済・マテリアル統合モデルの開発は、以下の発展途上国の研究者、研究機関と共同で行っている。

Prof. Hu Xiulian, Dr. Jiang Kejun, and Dr. Yang Hongwei (中国エネルギー研究所)

Prof. P. R. Shukla (インド経営大学院)

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

- ① 増井利彦、松岡譲、森田恒幸：土木学会環境システム研究論文集、28、467-475 (2000)
「環境と経済を統合した応用一般均衡モデルによる環境政策の効果分析」
- ② H.Yamamoto, K.Yamaji, and J.Fujino: Applied Energy, 66, 325-337 (2000)
"Scenarios Analysis of Bioenergy resources and CO2 Emissions with a Global Land Use and Energy Model"
- ③ 松岡譲、川口洋平：環境システム研究論文集、28、411-420 (2000)
「温室効果ガス排出に伴う気温・海水位上昇の簡易推計モデルについて」
- ④ 松岡譲、川口洋平：環境システム研究論文集、28、421-428 (2000)
「気候安定化と 21 世紀中の温室効果ガス排出量の関わりについて」
- ⑤ S.You, K.Takahashi, and Y.Matsuoka: Environmental Economics and Policy Studies, 4, 1, 45-65 (2001)
"Investment as an Adaptation Strategy to Climate Change: Case Study of Flood Damage in China"
- ⑥ Y.Matsuoka, T.Morita, and M.Kainuma: Present and Future of Modeling Global Environmental Change, Terra Scientific Publishing Company, 339-361 (2001)
"Integrated Assessment Model of Climate Change: The AIM Approach"
- ⑦ A.Sumii and T.Morita: Present and Future of Modeling Global Environmental Change: Toward Integrated Modeling, Terra Scientific Publishing Company, 363-372 (2001)
"Discussion on strategy toward modeling of integrated system"
- ⑧ T.Masui, Y.Matsuoka, T.Morita, M.Kainuma, and K.Takahashi: Present and Future of Modeling Global Environmental Change, Toward Integrated Modeling, Terra Scientific Publishing Company, 441-448 (2001)
"Development of land use model for IPCC New Emission Scenarios (SRES)"
- ⑨ 増井利彦・松岡譲・森田恒幸：環境経済・政策学会年報第 6 号、経済発展と環境保全、東洋経済新報社、69-82 (2001)
「応用一般均衡モデルを用いた地球温暖化・廃棄物対策の経済影響」

- ⑩ A.Rana: Review of Urban and Regional Development Studies, 15 , 1, 45-54 (2003)
“Evaluation of a renewable technology scenario in India for economic and CO2 mitigation effects”
- ⑪ D.Gielen, J.Fujino, S.Hashimoto, and Y.Moriguchi : Biomass and Bioenergy, 25, 177-195 (2003)
“Modeling of Global Biomass Policies”
- ⑫ K.Tokimatsu, J.Fujino, S.Konishi, Y.Ogawa, and K.Yamaji : Energy Policy, 31, 775-797 (2003)
“Role of Nuclear Fusion in Future Energy Systems and the Environment under Future Uncertainties”
- ⑬ J.Fujino, A.Morita, Y.Matsuoka, and S.Sawayama : Biomass and Bioenergy (in press)
“Vision for Utilization of Livestock Manure as Bioenergy Resource in Japan”
- ⑭ T.Masui : European Journal of Operational Research, (2005)
“Policy Evaluations under Environmental Constraints Using a Computable General Equilibrium Model”

<その他誌上発表（査読なし）>

- ① 山地憲治、山元博巳、藤野純一：バイオエネルギー、ミオシン出版、137-178 (2000)
「最適エネルギーシステムにおけるバイオマスの役割」
- ② 増井利彦：環境情報科学、30, 4, 36-37 (2001).
「シナリオ先導型システム分析」
- ③ 増井利彦：廃棄物研究財団財団だより、No.50, 12-17 (2001)
「環境保全と経済発展の両立に向けて」
- ④ 藤野純一：クリーンエネルギー、11, 2, 19-25 (2002)
「バイオガスを回収したときに残された汚水処理の問題点、畜産排泄物バイオガス化普及の鍵を握る汚水処理」
- ⑤ 藤野純一、森田明宏、松岡泰成、澤山茂樹：日本エネルギー学会誌、81,5, 304-310 (2002)
「畜産排せつ物のバイオエネルギー利用ビジョン」
- ⑥ 森田恒幸、藤野純一：環境と文明、11, 10, 2-4 (2003)
「環境教育における経済」
- ⑦ 増井利彦：循環型社会の制度と政策、岩波講座環境経済・政策学 第7巻第7章、細田衛士・室田武、岩波書店、195-226 (2003)
「循環型社会と環境産業」
- ⑧ 藤野純一：家畜排せつ物の処理・リサイクルとエネルギー利用、NTS, 37-58 (2004)
「家畜排せつ物のエネルギー利用システムの評価と今後の展開」
- ⑨ J.Fujino, S.Matsui, Y.Matsuoka, and M.Kainuma: Climate Policy Assessment, Springer, 218-232 (2002)
“AIM/Trend: Policy Interface”
- ⑩ G.Hibino, Y.Matsuoka, and M.Kainuma: Climate Policy Assessment, Springer, 234-244 (2002)
“AIM/Common Database: A Tool for AIM Family Linkage”
- ⑪ G.Hibino, R.Pandey, Y.Matsuoka, and M.Kainuma: Climate Policy Assessment, Springer, 247-298 (2002)
“A Guide to AIM/Enduse Model”

- ⑫ M.Kainuma, Y.Matsuoka, and T.Morita: Climate Policy Assessment, Springer, 3-13 (2002)
 “AIM Modeling: Overview and Major Findings”
- ⑬ T.Masui, A.Rana, and Y.Matsuoka: M.Kainuma, Y.Matsuoka, and T.Morita eds., Climate Policy Assessment, Springer, 177-196 (2002)
 “AIM/Material Model”
- ⑭ A.Rana, and T.Masui: Development and Application of Computer Techniques to Environmental Studies IX, 217-226 (2002)
 “Modeling for Environmental Policy in India”
- ⑮ 渡瀬勇祐、山敷庸亮、松岡譲：環境衛生工学研究, Vol.16, No.3, 166-171 (2002)
 「地球規模の簡易流出モデルに関する研究」
- ⑯ 成島浩、藤原健史、松岡譲：環境衛生工学研究, Vol.17, No.3, 236-241 (2003)
 「長距離輸送モデルを用いたアジア地域における硫黄酸化物沈着量の将来推計」
- ⑰ 藤森真一郎、河瀬玲奈、松岡譲：環境衛生工学研究, Vol.18, No.3, 2004, 89-94
 「世界バイオマスバランステーブルの構築」
- (2) 口頭発表 (学会)
- ① M.Kainuma, Y.Matsuoka, and T.Morita: Energy Modeling Forum and International Energy Workshop, Stanford, USA, 2000
 "Analysis of the Kyoto Mechanisms by the AIM Model"
- ② M.Kainuma: Asia-Pacific Expert Consultation on GEO3 Outlook, Bangkok, Thailand, 2000
 "Overview of AIM and Demonstration of AIM-trend Model"
- ③ M.Kainuma: START-CIRA Workshop, Washington, USA, 2000
 "Asia-Pacific Integrated Model"
- ④ J.Fujino, K.Yamaji, Y.Fujii, and H.Yamamoto: Greenhouse Gas Control Technology, Cairns, Australia, 2000
 "A Study on the Role of Biomass and Nuclear Energy to Limit the Atmospheric CO2 Concentration with a Long-term Global Energy Model"
- ⑤ 藤野純一、山地憲治、藤井康正、山本博巳：環境経済政策学会 2000 年大会 (2000)
 「最適化型長期世界エネルギーモデルによる供給サイドの地球温暖化対策について」
- ⑥ 山本博巳、藤野純一、山地憲治、安岡理恵子：第 17 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス (2000)
 「最適化世界土地利用エネルギーモデルによるバイオエネルギー評価」
- ⑦ 増井利彦、中川健太郎、森田恒幸：環境経済・政策学会 2000 年大会 (2000)
 「植林による CO2 削減効果とその経済的影響に関するモデル分析」
- ⑧ T.Masui: International Conference on Cleaner Production, Beijing, China, 2001
 “Evaluation of Environmental Conservation and Economic Benefits from Environmental Industry -Case Study of Japan and Tentative Application to China”
- ⑨ Y.Matsuoka: IFAC Workshop on Modeling and Control in Environmental Issues, Yokohama, Japan, 2001
 “Integrated assessment model of climate change - the AIM approach-”

- ⑩ T.Masui: IFAC Workshop on Modeling and Control in Environmental Issues, Yokohama, Japan, 2001
 “Quantitative Analysis on Economic Effects of Environmental Policies under Environmental Constraints Using Computable General Equilibrium Model”
- ⑪ A.Rana, T.Masui and P.K.Shukla: IFAC Workshop on Modeling and Control in Environmental Issues, Yokohama, Japan, 2001
 “General Equilibrium Analysis of Effects of Environment Policy on Indian Economy”
- ⑫ Y.Yamaryo, T.Masui, and T.Morita: IFAC Workshop on Modeling and Control in Environmental Issues, Yokohama, Japan, 2001
 “A Study on Avoiding Cream-Skimming Effect in Clean Development Mechanism”
- ⑬ M.Kainuma, T.Matsuoka, and T.Morita: IFAC Workshop on Modeling and Control in Environmental Issues, Yokohama, Japan, 2001
 “Development of Asia-Pacific Integrated Model for Analyzing Policy Options to Cope with Global Warming”
- ⑭ 大谷洋・増井利彦・森田恒幸：環境経済・政策学会 2001 年大会、京都（2001）
 「二酸化炭素排出削減における省エネルギー投資と排出権取引の相互効果」
- ⑮ 諏訪幸子・増井利彦・森田恒幸：環境経済・政策学会 2001 年大会、京都（2001）
 「国際市場を考慮した二酸化炭素削減による粗鋼生産プロセスの変化に関するモデル分析」
- ⑯ 藤野純一、山本博巳、山地憲治：エネルギー・資源、24, 1, 61-64（2003）
 「食料バイオマス・フロー見直しによる畜産排せつ物エネルギーポテンシャル見積もりの改訂」
- ⑰ 藤野純一、山本博巳、山地憲治：第 18 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス、東京（2002）
 「日本におけるバイオエネルギー供給可能量見積もりの比較検討—畜産排泄物の供給可能量見積もりについて—」
- ⑱ J.Fujino, H.Yamamoto, and K.Yamaji: The 7th Biennial Conference of the International Society for Ecological Economics, Sousse, Tunisia, 2002
 “Estimation of Bioenergy Supply Potential with a Long-term Global Energy System Model”
- ⑲ 入江康子、増井利彦、森田恒幸：環境経済・政策学会 2002 年大会、札幌（2002）
 「情報技術活用的高度化による環境負荷削減可能性に関する基礎的研究」
- ⑳ 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 -”
- ㉑ 増井利彦：環境経済・政策学会 2002 年大会、札幌（2002）
 「応用一般均衡モデルによる環境政策の効果分析」
- ㉒ 増井利彦：第 2 回日中韓環境産業円卓会議、兵庫県津名郡東浦町（2002）
 「環境投資及び技術革新の効果と環境産業 経済モデルによる分析」
- ㉓ T.Masui: The AIM Training Workshop 2002, Tsukuba, Japan, 2002
 “AIM Material Model”

- ⑳ 大川正人、増井利彦、森田恒幸：環境経済・政策学会 2002 年大会、札幌（2002）
「燃料電池による二酸化炭素削減および経済活動への影響評価に関する研究—応用一般均衡モデルによる定量的分析—」
- ㉑ K.Takahashi, Y.Hijioka, S.You, H.Harasawa, and Y.Matsuoka: 8th Workshop Climate Change Impact Integrated Assessment, Snowmass, Colorado, USA, 2002
“Climate change impact on water at global scale: recent studies in NIES”
- ㉒ A.Rana and T.Masui: IGES International Workshop on Climate Change Energy Modeling, Yokohama, Japan, 2002
“CO2 Emissions and Waste Management in AIM/Material Model”
- ㉓ 森田恒幸、藤野 純一：持続可能な社会に向けた環境教育・学習サマーセミナー（2003）
「環境教育における経済」
- ㉔ T.Masui and Y.Hijioka：MA Second Scenarios Group Summer Meeting, Rome, Italy, 2003
“Quantification of Global Long-Term Scenarios using AIM, Overview and simulation results”
- ㉕ 土田研一、増井利彦、森田恒幸：環境経済・政策学会 2003 年大会（2003）
「温暖化影響を考慮した発展途上国の温暖化対策への参加に関する分析」
- ㉖ 宮下真穂、増井利彦、森田恒幸：環境経済・政策学会 2003 年大会（2003）
「耐久消費財のリユース市場活性化に伴う環境と経済への波及効果に関する研究」
- ㉗ 宗健太郎、高橋潔、増井利彦、森田恒幸：環境経済・政策学会 2003 年大会（2003）
「アジア太平洋地域における地球温暖化影響の地理的相違に関する分析」
- ㉘ 根岸正州、増井利彦、森田恒幸：環境経済・政策学会 2003 年大会（2003）
「環境 NPO が企業活動およびマクロ経済におよぼす潜在的な便益に関する分析」
- ㉙ 諏訪幸子、増井利彦、森田恒幸：環境経済・政策学会 2003 年大会(2003)
「自然資源の保全と経済発展の両立に向けた政策の効果に関する分析」
- ㉚ T.Masui and T.Morita：OECD Environment and Modelling Workshop, Ottawa, Canada, 2003
“Climate/Ecosystem/Recycling links to CGE models”
- ㉛ 増富祐司、松岡 譲：第 31 回環境システム研究論文発表会講演集, 123-128 (2003)
「土地劣化の影響評価モデルによる劣化防止・緩和策の費用便益分析」
- ㉜ 成島浩、藤原健史、松岡譲：第 14 回廃棄物学会発表研究会（2003）
「アジア地域における硫黄酸化物沈着量の将来推計に関する研究」
- ㉝ J.Fujino：JICA Training Course, Tsukuba, Japan, 2004
“Projection of GHG Emission”
- ㉞ Y.Wan, H.Yang, and T.Masui：The 9th AIM International Workshop, Tsukuba, Japan, 2004
“Economic Impact of Air Pollution in China”
- ㉟ Y.Hijioka, K.Takahashi, and T.Masui: The 9th AIM International Workshop, Tsukuba, Japan, 2004,
“Contribution to Millennium ecosystem Assessment”
- ㊱ Y.Hijioka and T.Masui：The 9th AIM International Workshop, Tsukuba, Japan, 2004
“Strategic Database for Water and Solid Waste”
- ㊲ 藤原健史、久保田馨、松岡譲：平成 16 年度土木学会全国大会 第 59 回年次学術講演会(2004)
「酸性降下物による地球的規模の環境影響に関する研究」

- ④ 藤森真一郎、河瀬玲奈、松岡譲：平成 16 年度土木学会全国大会 第 59 回年次学術講演会 (2004)

「世界バイオマスバランステーブルの構築」

- ④ 藤森真一郎、河瀬玲奈、松岡譲：第 15 回廃棄物学会発表研究会 (2004)

「全世界におけるバイオマスバランステーブルの構築」

(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)

- ① 2002 年 AIM トレーニングワークショップ、2002 年 9 月 5-6 日、つくば
- ② AIM 国際シンポジウム (2003 年 10 月 4 日、つくば、国立環境研究所大山記念ホール)

(5) マスコミ等への公表・報道等

なし

8. 成果の政策的な寄与・貢献について

- ① JICA「温暖化対策コース」において AIM モデルの研修を行った (2002 年から 2005 年まで毎年 1 回)。
- ② 地球温暖化防止キャンペーンにおいて AIM モデルの予測結果を紹介した (2001 年 7 月)
- ③ 環境省の中央環境審議会総合政策・地球環境合同部会 地球温暖化対策税制専門委員会「我が国における温暖化対策税制について (中間報告)」(平成 14 年 6 月 pp13-20 道路特定財源の税率変更に伴う二酸化炭素排出量の変化～暫定税率が有する二酸化炭素排出抑制効果～) に結果を提供した。
- ④ 第 2 回日中韓環境産業円卓会議 (2002 年 7 月 主催：環境省・兵庫県) に、環境投資の効果分析の結果を提供した。
- ⑤ 環境省主催の第 3 回日中韓環境産業円卓会議に出席し、温暖化対策税と環境産業に関するモデル結果を報告した。
- ⑥ AIM トレーニングワークショップ (2002 年 5 月、バンコク； 2002 年 9 月、つくば； 2002 年 10 月、デリー； 2003 年 5 月、バンコク) を通じて、モデル開発の分野における人材育成に努めた。また、毎年 3 月に AIM 国際ワークショップ (つくば) を開催し、モデルの普及を行った。
- ⑦ 改良した世界モデルは、ミレニアム・エコシステム・アセスメント、シナリオグループに対して、情報提供を行うために活用した。
- ⑧ 「OECD 環境とモデリングに関するワークショップ」(2003 年 10 月、オタワ) に情報提供を行い、環境政策に必要なモデルの要件について議論に貢献した。