

B-052 アジア太平洋統合評価モデルによる地球温暖化の緩和・適応政策の評価に関する研究  
 (2) 緩和・適応政策評価のための世界モデルの開発に関する研究

京都大学大学院 地球環境学堂

松岡譲・倉田学児・河瀬玲奈

〈研究協力者〉	国立環境研究所	増富祐司
	岡山大学	藤原健史
	中国能源研究所	Xiulian Hu・Kejun Jiang・ Hongwei Yang
	インド経営大学院アーメダバード校	P.R. Shukla
	ソウル大学	Dong Kun Lee
	韓国環境研究所	Seong Woo Jeon・Hui Cheul Jung
	中国科学院地理科学天然資源研究所	Zehui Li・Jiulin Sun・Songcai You
	アジア工科大学	Ram M. Shrestha
	インド経営大学院ラックナウ校	Rahul Pandey
	マウラナ・アザド国立工科大学	Manmohan Kapshe

平成17～19年度合計予算額	17,550千円
(うち、平成19年度予算額)	5,850千円)
※ 上記の合計予算額には、間接経費	4,050千円を含む

[要旨] 京都議定書で定められている温室効果ガス排出量の削減が義務づけられている国は、世界の一部であるが、その影響はすべての国に及ぶ。また、気候を安定化させるためには、すべての国が何らかの形で参加することが必要不可欠である。以上のような背景から、世界を対象とした経済活動、環境の変化を対象としたモデルの構築と、モデルに資するデータの整備を行った。サブテーマ(1)と同様に、世界モデルにおいても環境負荷の発生や、対策による負荷削減の過程を詳細に分析できる環境要素モデルと、環境政策の効果をマクロ的に整合的に評価する環境政策評価モデルの構築を行う。前者については、エネルギー需要を詳細に扱うAIM/Enduse [Global]の開発と地域別の削減ポテンシャルの推計、大気汚染物質の排出-濃度の過程を記述したAIM/Airのモデル開発とモデルの有効性の確認、世界の水資源管理を評価するためのモデルへの入力とした世界流域データベースの作成と、詳細な空間単位で水不足評価を行った。後者については、世界を24地域に分割した応用一般均衡モデルを新たに開発し、化石燃料の枯渇や再生可能エネルギーの導入について検討を行った。

[キーワード] 統合評価モデル、世界モデル、地球温暖化、エネルギー、持続可能性

## 1. はじめに

京都議定書では、主として先進国を中心とする国々に対して温室効果ガス排出量の削減が義務づけられている。一方、長期的な気候の安定化のためには、温室効果ガス排出量の削減に発展途

上国が参加することが必要不可欠となる。また、地球温暖化の影響は、より脆弱な基盤を有する発展途上国に顕著となることが示され、一部では既に影響が出現した地域も見られ、適応策の実施が重要である。とりわけ、発展途上国では、ミレニアム開発目標に見られるように、経済発展と環境負荷削減の両立が極めて重要な課題であり、温暖化政策と、他の環境問題、経済発展をいかに融合するかが課題である。

## 2. 研究目的

地球温暖化問題の解決のためには、各国における温室効果ガス排出量の削減が必要不可欠であり、排出量取引や共同実施など、各国が協調して対策を行うことが求められている。また、将来の気候の状況を定量的に評価するためには、世界のすべての国や地域を網羅した温室効果ガス排出量の推計が必要となる。その一方、温室効果ガス排出量の削減だけではなく、既に温暖化の影響が出現している地域に対する適応策の実施や、特に発展途上国に対しては、ミレニアム開発目標に見られるように、経済発展や他の環境問題の解決などを考慮する必要があるが、世界の国々は多様で、それぞれが抱えている様々な課題に対応できるような枠組みをもったモデルの開発が求められている。本研究では、これまでに開発してきたAIM（Asia-Pacific Integrated Model）の世界を対象としたモデルの拡張・改良を行い、京都議定書第一約束期間さらには長期的な温暖化対策に資する様々なモデルを構築し、それらのモデルを用いて温暖化対策及び持続可能な発展に向けた政策分析を行うものである。

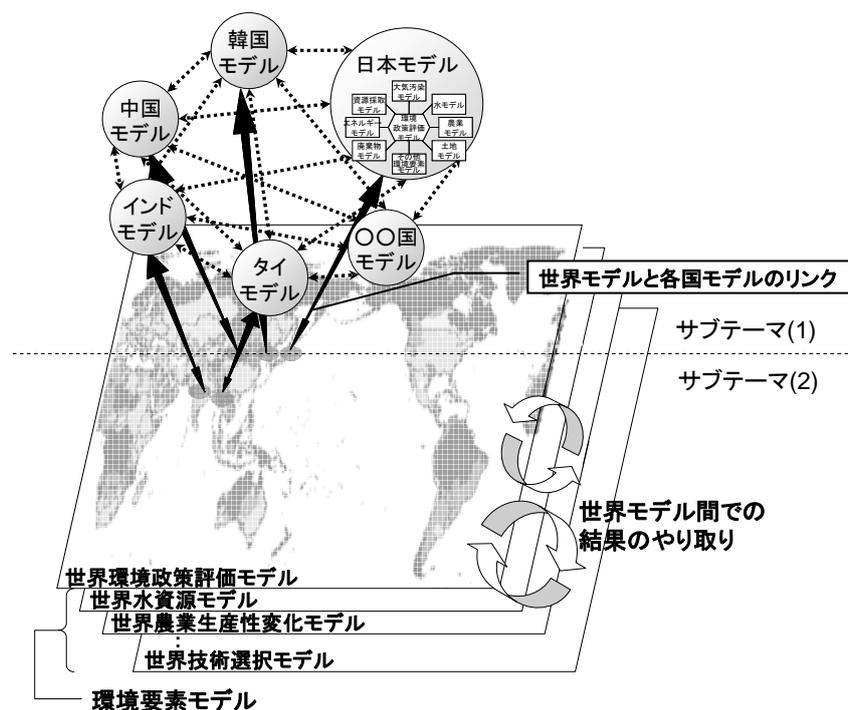


図1 構築する世界モデル群のイメージとサブテーマの関係

地球温暖化問題を中心に開発してきたAIMの世界モデルを、水や土地など他の環境問題と経済発展の両面を分析できるモデルへと拡張するために、国別モデルと同様に個別の環境問題を対象とした環境要素モデルの開発・改良と、様々な環境政策を統合的に評価する環境政策評価モデル

の開発を、本研究の第一の目的とする。また、モデルの構築やモデルを用いた分析に資するデータベースの開発、更新を第二の目的とする。

### 3. 研究方法

サブテーマ(1)で述べたように、国別モデルの政策評価においても、貿易等の国際市場や地球規模で推計される気候変化は各国の経済活動に影響を及ぼすことから、世界モデルの支援は必要不可欠である。本研究では、温室効果ガス排出量の将来推計と温暖化対策の効果と影響を評価するためにこれまで開発してきた世界経済モデルに、温暖化以外の環境負荷を統合的に組み入れ、様々な環境政策を地球規模で定量的に評価する世界環境政策評価モデルへと改良する。

また、世界環境政策評価モデルを用いて政策評価を行う際に必要となる世界環境要素モデルの開発・改良を行う。これまでに開発してきた世界環境要素モデルについては、世界環境政策評価モデルとの統合を目的とした改良を行う。世界を対象としたエネルギー技術選択モデルなど、新たに必要となるものについては、開発を行う。さらに、開発、改良を行った世界環境政策評価モデルと世界環境要素モデルの統合を行う。

### 4. 結果・考察

#### (1) 世界を対象とした環境要素モデルの開発

##### 1) 世界を対象とした技術選択モデルの開発とそれを用いた解析

世界を対象とした技術選択モデル(AIM/Enduse[Global])は、世界地域別の温室効果ガスの排出量を予測し、個別の対策技術による温室効果ガスの潜在的削減量および削減費用を評価することを目的として開発した。このモデルを適用し、世界21地域の2020年における温室効果ガス排出の削減量を推計した。

世界全体の2020年における温室効果ガスの削減量は、図2に示すように、削減費用がtCO<sub>2</sub>あたり100ドル以下の場合、世界全体で88～113億tCO<sub>2</sub>、Annex Iで25～36億tCO<sub>2</sub>、Non Annex Iで64～77億tCO<sub>2</sub>と推計された。

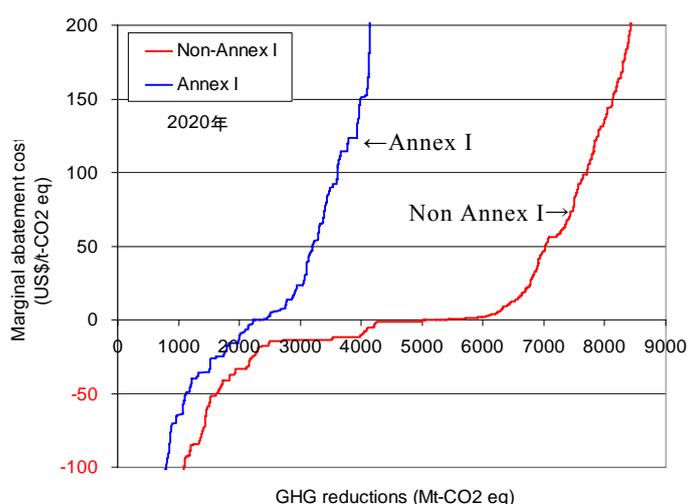


図2 Annex I及びNon Annex Iにおける2020年の限界削減費用曲線（割引率＝5%/年）

世界全体の削減量を部門別にみると、発電部門、産業部門が世界全体の削減量の約5～6割を占

め、特に、エネルギー効率の低い新興国・途上国においてその傾向が顕著となる。また、民生家庭・業務、運輸部門がそれぞれ世界の約1割、非CO<sub>2</sub>部門(農畜産、廃棄物、フロンガス排出部門)が世界の約2割を占めた。

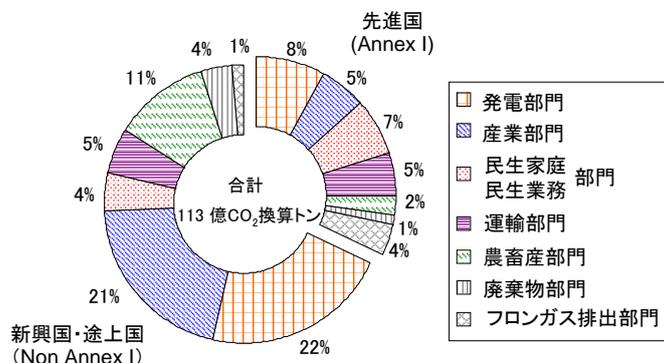


図3 2020年の部門別削減ポテンシャル (削減費用100US\$/tCO<sub>2</sub>)

地域別の削減量については、中国、米国、インド、EU、ロシアの上位5地域が世界全体の約6割を占め、アフリカ、南米、中東、ブラジル、東南アジアを加えた上位10地域で世界全体の削減量の約8割に相当する。削減費用毎の削減量をみると、途上国において対策費用が0ドル/tCO<sub>2</sub>eq以下の対策による削減量が大きく割合を占めている。途上国に対しては、社会的障壁を取り除き、安価な対策が確実に推進されるように支援することによって大きな削減を獲得することができることが示唆された。一方、地球温暖化による気温上昇を2度程度に抑えるためには、世界全体の排出量を半減程度もしくはそれ以上の削減が必要であるが、本分析の対象とした対策技術による削減だけでは不十分である。産業構造の変化によるエネルギー消費の削減、コンパクトシティやモーダルシフトなど低炭素社会にむけた社会構築などを更に進めていく必要となる。

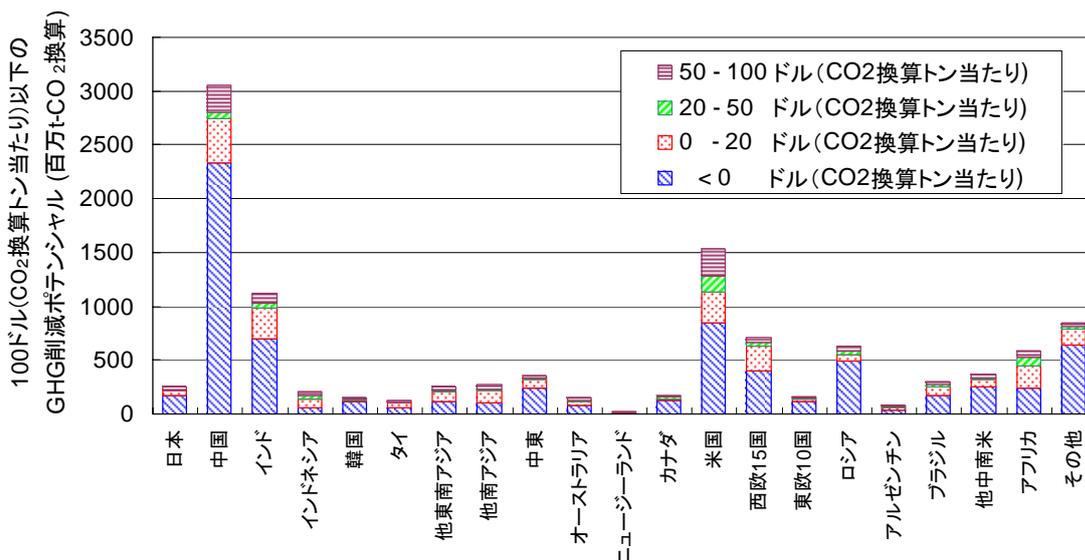


図4 2020年の費用別地域別削減ポテンシャル (削減費用100US\$/tCO<sub>2</sub>)

2) AIM/Airモデルの改良

急速に経済成長するアジア各国からの大気汚染物質の排出を起源とした長距離輸送による環境影響を評価するために、本研究では、AIM/Airモデルの開発を行っている。AIM/Airモデルは、気象場を再現するために米国国立大気研究センターの開発しているメソスケール気象モデルMM5 (Ver.3-7)を、化学輸送モデルには、米国環境保護庁が中心となって開発したModel-3/CMAQ (Ver.4.5)を使用した。図5にAIM/Airモデルが対象とする領域を示す。

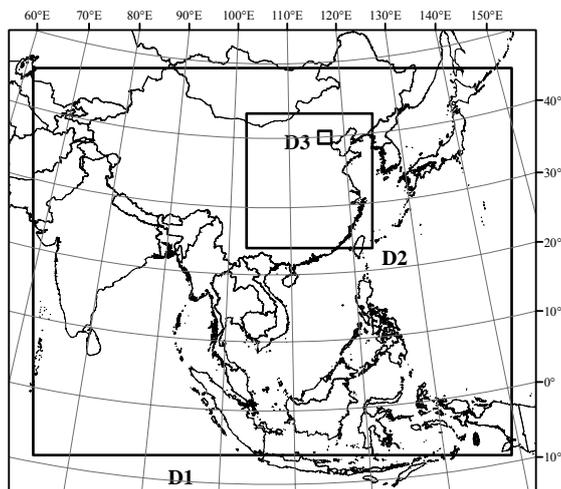


図5 実行領域

図5に示すD1の領域を対象とした計算結果を自動計測された大気汚染物質の時系列データを提供している東アジア酸性雨モニタリングネットワーク (EANET) の観測データと比較し、計算結果の検討を行った。図6に、EANETのSO<sub>2</sub>濃度の月平均観測値及び計算値の比較結果を示す。多くの観測点で計算値が観測値の半分以上2倍以下の点線の範囲内であったが、西安、厦門において計算値が過大評価に、厦門、珠海において過小評価となる値が見られた。これらの観測点は他の観測点よりも排出源の近くに位置しており、格子サイズが80kmの領域D1では、大規模な排出源と観測点と同じグリッド内に含まれることが原因と考えられる。

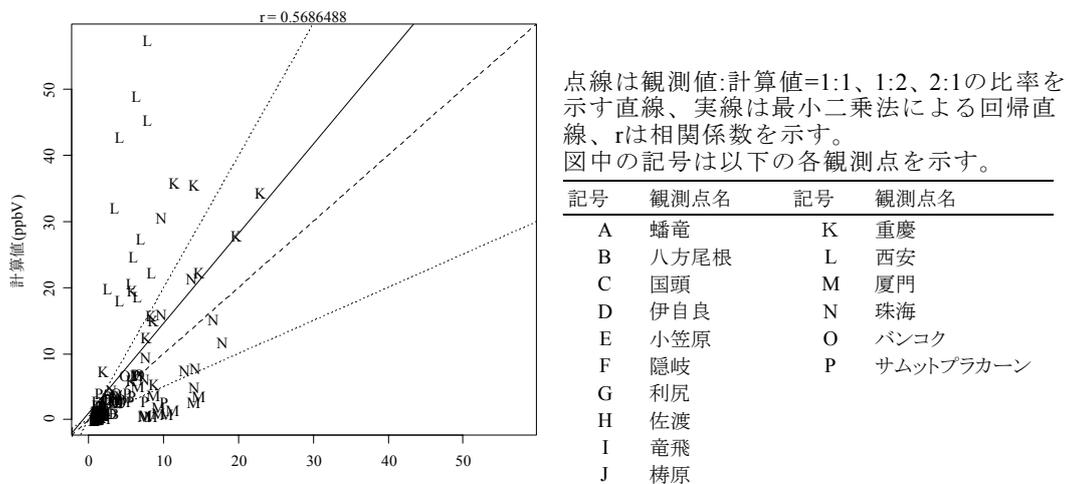


図6 EANET自動計測器観測点におけるSO<sub>2</sub>濃度の月平均濃度の観測値と計算値の比較 (2001年)  
また、北京、天津、廊坊、高碑店を中心とした地域におけるバックグラウンドSO<sub>2</sub>濃度は、年平均

均値が5～7ppb、日平均値の最大値は50ppbとなった。北京の1年間の濃度を図7に示す。バックグラウンドSO<sub>2</sub>濃度は年平均5ppb、日平均値の最大は32ppbで、東の東唐山や西南の石家荘などのSO<sub>2</sub>排出源の影響が大きいと考えられる。この32ppb (約85μg/m<sup>3</sup>)は中国の2級環境基準値150μg/m<sup>3</sup>の57%に相当するため、領域外からのSO<sub>2</sub>の流入が領域内のSO<sub>2</sub>環境基準値超過に影響する可能性があると考えられる。また、冬季には高バックグラウンド濃度時に高いピークが見られた。

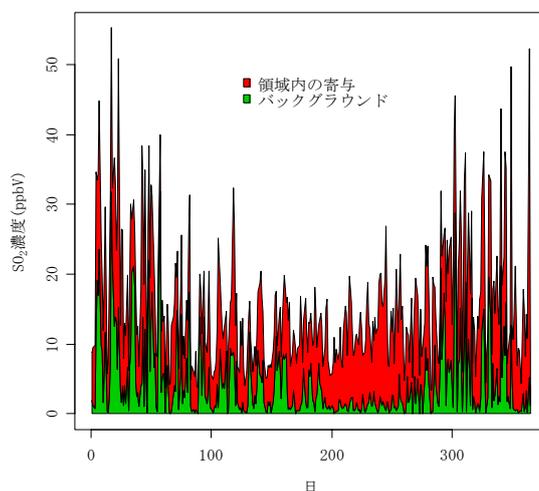


図7 北京でのSO<sub>2</sub>濃度変化

また、アジア各国からの排出量インベントリを航空機観測や地上常時観測データなどの観測データを用いてキャリブレーションする手法の開発も進めた。図8は、計算対象領域と今回のキャリブレーションに主として利用した2001年3月にNASA等が主体となって実施されたTRACE-P航空機観測のフライトルートを示している。計算領域のDomain1はアジアの大部分をカバーできるように、Domain2は中国沿岸部の主要な排出源とTRACE-Pの航空機観測ルートがカバーできるように設定した。Domain1、Domain2の格子間隔はそれぞれ80kmと20kmである。

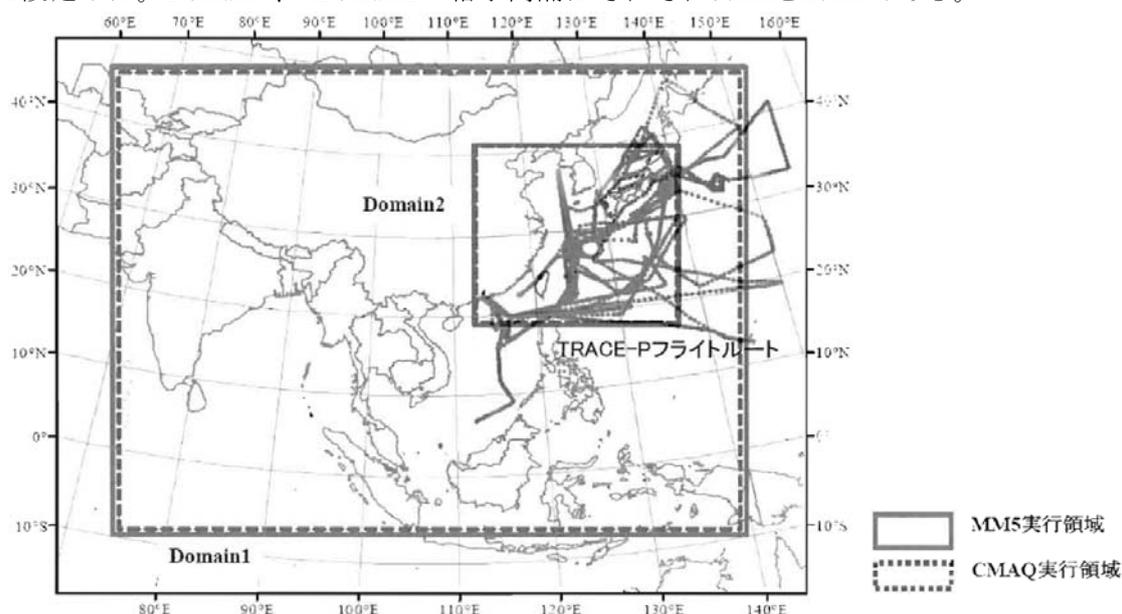


図8 MM5とCMAQの実行領域およびTRACE-P航空機観測の主な飛行ルート

対象とした汚染物質は一酸化炭素(CO)とした。これは、化石燃料やバイオマス燃焼によって排出される人為起源物質の代表であると共に、対流圏中での寿命が比較的長く、排出量インベントリのキャリブレーションに最も適しているためである。また、COは不完全燃焼により発生するため、燃焼装置や燃焼管理の程度によりエミッションファクターが著しく変動するために、排出量推計の不確実性の幅が非常に大きい物質の一つである。

人為排出源のインベントリには、主にStreets *et al.* (2003)を用い、データの無い国については、Olivier *et al.* (2005)によるEDGAR3.2 Fast Trackのデータを用いた。メッシュ化には、入力データを工業部門、家庭部門、運輸部門に分類し、人口分布および道路分布データを用いて配分を行った。バイオマス燃焼起源のCO排出量は、ABBI(Asian Biomass Burning Inventory)(Michael *et al.*, 2005)の2001年を対象とした一日毎の1°×1°のデータを利用した。

キャリブレーションは、まず航空機観測とモデル計算値の比較をした上で、モデル計算の排出源データを、人為起源（中国）、人為起源（中国以外のアジア）、バックグラウンド濃度、バイオマス燃焼の4つに分類して、航空機観測ルート上での各排出源からの寄与を計算した上で、すべての観測点における観測とモデル計算値との誤差が最小となり、かつ排出量が負とならないような制約条件下での最小自乗法により各排出源の排出量の補正係数を求めた。結果は表1のように中国からの排出量が2.2倍、中国以外が3.4倍となった。バイオマス燃焼については一日毎に補正係数を求めたが、0倍～7倍程度まで日によって大きく異なる結果となった。

表1 人為起源排出量およびバックグラウンド濃度の補正結果

排出源		補正係数
人為起源	中国	2.203
	中国以外	3.411
バックグラウンド		1.276

図9は、高度別の計算値と観測値の誤差をキャリブレーションの前後について整理したものである。キャリブレーション前には、全般的にCO濃度が過小評価されていたが、キャリブレーション後には、バイアスが全高度に渡って解消されている事がわかる。誤差の標準偏差も特に低高度で縮小している事が確認できた。以上のように、本研究で開発した手法が排出量インベントリの精緻化に有効である事が確認できた。

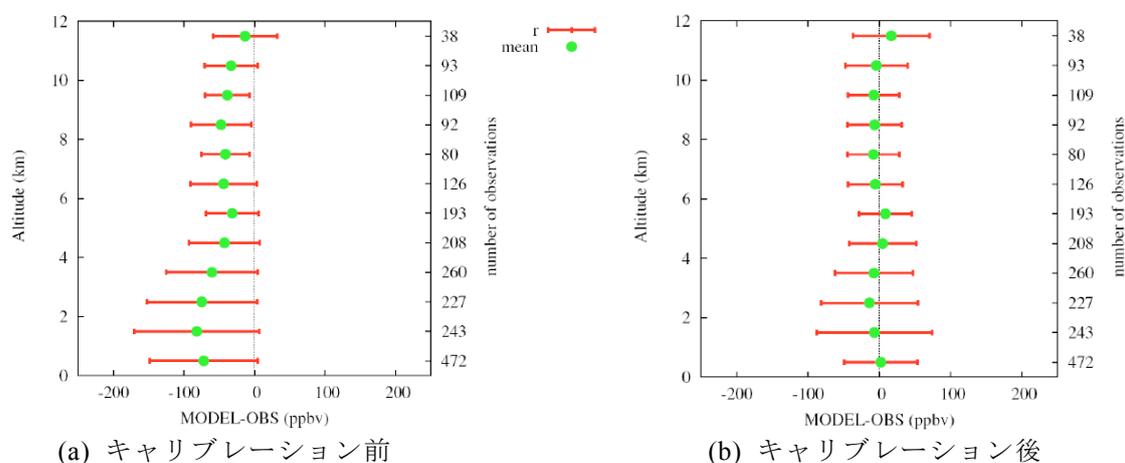


図9 高度別の計算値と観測値の誤差（右軸の数値は各高度帯で比較に使用したデータ個数）

### 3) 世界流域データベース (GDBD) の開発と世界水不足評価

本研究では、統合的で持続的な水管理システム構築に向けた基礎情報の整備・提供を目的として、正確で信頼性の高い流域界データ (世界流域データベース: GDBD) を作成し、次にこれを基に、全球を対象に詳細な空間単位で水不足評価を行った。

GDBDは世界中の国や機関から得られる流域界地図や河川地図を用いてHYDRO1kの標高データを修正することにより開発した。GDBDの精度検証を、GRDC流量観測所データ4883点を用いて、上流流域面積の計算値と報告値を比較することにより行った。図10の(a)がGDBDの比較結果で、(b)はHYDRO1kの比較結果である。図10では、横軸として報告されている上流流域面積を、縦軸として計算した上流流域面積を、それぞれ常用対数で示している。図10の(a)と(b)を比べると上流流域面積が10000km<sup>2</sup>以下の観測所においてHYDRO1kより報告値との一致度が向上しており、GDBDの流域界データが上流流域の流域界や流域面積が小さい流域の流域界を正確に表現できていることが分かる。

なお、本データベースは、[http://www-cger.nies.go.jp/cger-j/db/enterprise/gdbd/gdbd\\_index\\_j.html](http://www-cger.nies.go.jp/cger-j/db/enterprise/gdbd/gdbd_index_j.html)からダウンロード可能である。

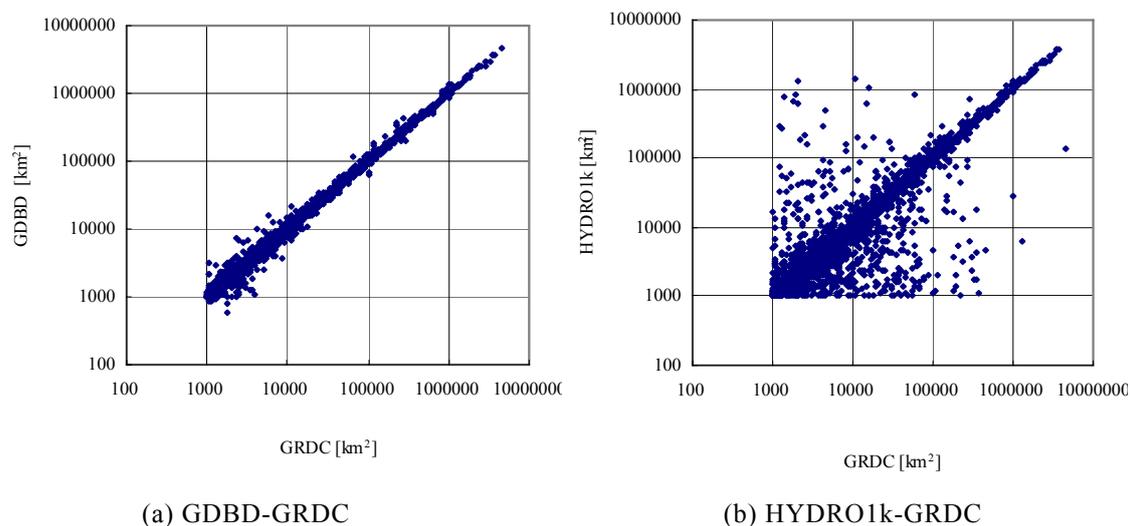


図10 上流流域面積比較[log10-log10]

次にGDBDを基に詳細な空間単位で水不足評価を行った。図11に全球月単位水不足頻度図を示す。ここで月単位水不足頻度とは、各月の水消費量が水供給量 (河川流量) を上回った月数のことである。本研究では1986-1995年の120ヶ月を対象に月単位水不足頻度を計算した。図11よりサウジアラビア、サハラ砂漠周辺地域、インダス川流域、カリフォルニア半島、チリなどで広範囲に水不足頻度が高い地域があることが示された。その他、空間詳細化により、一つの流域内であっても、人口分布や地形に左右され、水不足頻度は空間的に非一様であることが明らかとなった。



図11 月単位水不足頻度（1986-1995年：120ヶ月）

#### 4) スtock・フロー分析に関する研究

2050年においてCO<sub>2</sub>排出量を大幅削減させるためには、社会の様々な要素を現在から大きく変化させなければならないと考えられる。特に、エネルギー集約型素材であり、蓄積性の高い鉄のストック・フローの把握は、エネルギー消費の面からも、また循環型社会形成の視点からも重要な課題である。鉄は、インフラ、大型生産資本などの耐久財の生産に使用されており、これら耐久財の需要は、ストック需要量と大きく関係していると考えられる。例えば、日本をはじめとする先進諸国においては、住宅、インフラ整備、および、生産資本に代表される耐久財需要がほぼ飽和状態に達している。これに伴い、将来の耐久財需要は、資本減耗による維持管理のための需要が主な駆動力となると考えられる。一方で中国のような開発途上国においては、現在、インフラ、住宅整備が急速に進んでおり、鉄鋼需要は、経済発展との関係がまだまだ大きいと考えられる。

本研究では、今後の様々な社会経済・技術的・政策的要因の変化と、鉄のストック・フロー変化のメカニズムを明らかにすることを目的に、耐久財のストック量を、その財に含まれる鉄鋼量に着目し推計するモデルを計量経済学的方法により構築した。また、耐久財の生産に伴う鉄のフローについても推計を行う。推計の対象は日本と中国とし、耐久財を日本9分類、中国7分類とし、それぞれの耐久財に含まれる鉄のストック量を推計した。

モデルの適合性評価として、過去数十年の期間にて、平均絶対誤差率を指標としてパーシャルテスト、ファイナルテストを行った。

日本のモデルでは、ファイナルテストの結果は平均絶対誤差率が3.3～9.1%となり、ほぼ良好な結果を得た。本研究による最終需要財のストック量合計の推計値を、鉄源協会および日本鉄鋼連盟による推計値と比較したものを図12に示した。2000年における他研究の推計値が12.2～12.9億トンであるのに対して、本研究の推計値は10.9億トンであるのは、最終需要財の減耗率の差、推計期間を通して一定と仮定した需要関数が原因と考えられる。

図13に日本における鉄鋼の財別生産量、投資量、ストック量を示す。財ごとにみると、ストック量では、建築物と土木構造物の占める割合が大きくそれぞれ50%、28%であり、次に機械類が20%を占める。鉄鋼の生産量は1970年以降全体としては増加傾向にあったが、1990年以降は減少傾向となっていることが分かった。内訳としては自動車や他輸送機械などの機械類としての投入が全体の55%と多く、次に、建築物が25%、土木構造物が15%と続く。生産量、投資量、ストック量の

財ごとのシェアの違いは、それぞれの財の耐用年数の違いによるものである。

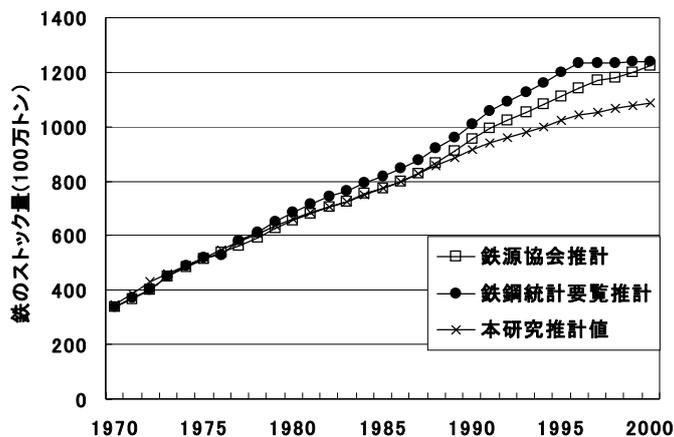


図12 鉄のストック量のお他研究との比較

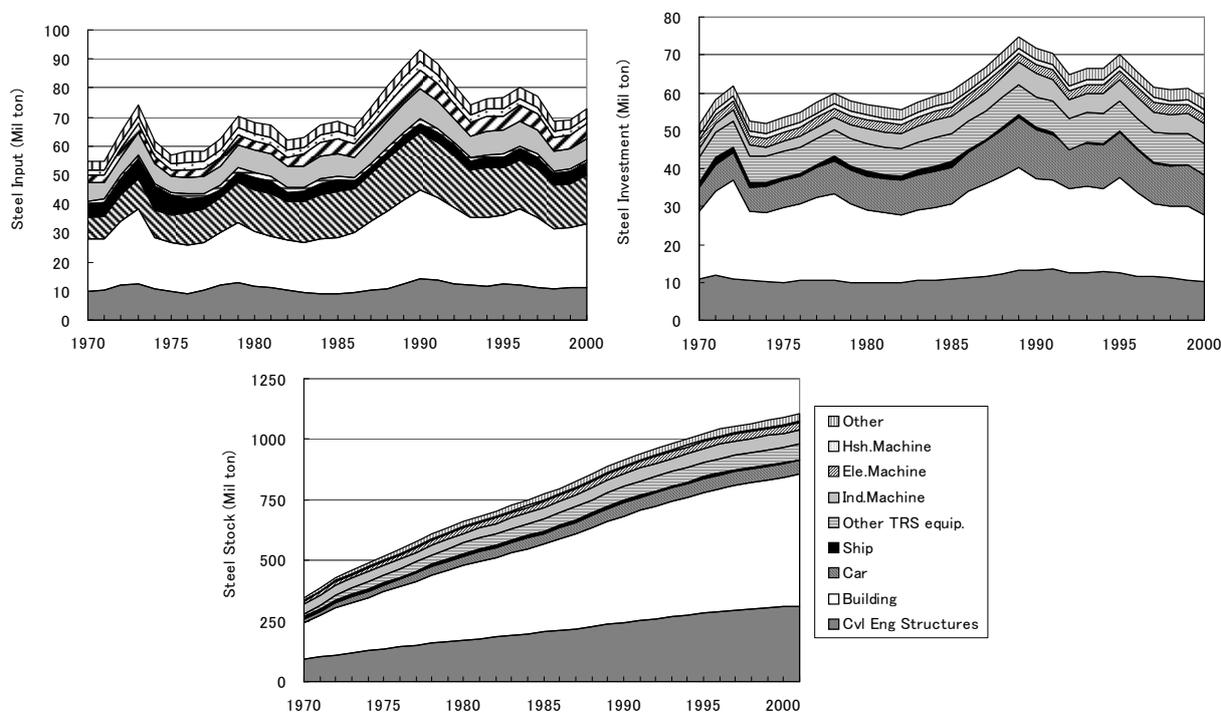


図13 日本における鉄鋼の財別生産量（左上）、投資量（右上）、ストック量（下）

図14に中国における鉄鋼の財別生産量、投資量、ストック量の結果を示す。中国を対象としたモデルの適合評価においては、建築物および土木構造物への鉄鋼投入量において、ファイナルテストの値の誤差が27%、48%と大きくなっている。土木構造物生産については、修正済みR<sup>2</sup>値も0.77となっている。その他の式については、修正済みR<sup>2</sup>値が0.9以上となっており、また、ファイナルテスト、パーシャルテストの値も10%前後までに収まっている。

推計結果から、中国の鉄鋼のストック量は過去20年間で8倍に増加し、20億トンに達した。その内訳は2005年で、建築物57%、機械類23%、土木構造物11%であり、鉄道車両、船舶、自動車を合わせた交通機械は8.5%程度であった。この値は、アメリカに続き世界第2位となるが、1人当たり

のストック量2005年で1,565(kg/人)といまだ少なく、日本やイタリアの値の45年ほど前にはほぼ相当する。ストックへの投資量については、1995年以降、建築物の割合が6割強程度で推移してきたが、過去5年ほどで機械類が急激に伸び、2004年には4割を占めた。

また、統計が乏しく、情報が不足している中国の鉄スクラップ発生量について、自家発生スクラップと市中スクラップの別に推計し、他の研究との比較したところ、ほぼ良好な結果を得た。図15に示すように、鉄スクラップ発生量は、過去20年で2.9倍に増加し、2005年で5414万トンであった。ただし、自家発生スクラップ発生量は、連続鋳造率の増加により、ほとんど変化していない。一方、市中スクラップは大きく増加しており、その内訳は、機械類が一番割合が高く55%を占め、次に建築物、自動車と続く。鉄スクラップの需給バランスでは、2004年までは投入量を国内発生量で賄っていたことが示されたが、2005年には、投入量が発生量を上回った。現実では、回収システムが整っていないために、需要量の不足分を輸入しているが、市中スクラップのリサイクル率は2005年で83%にまで達した。

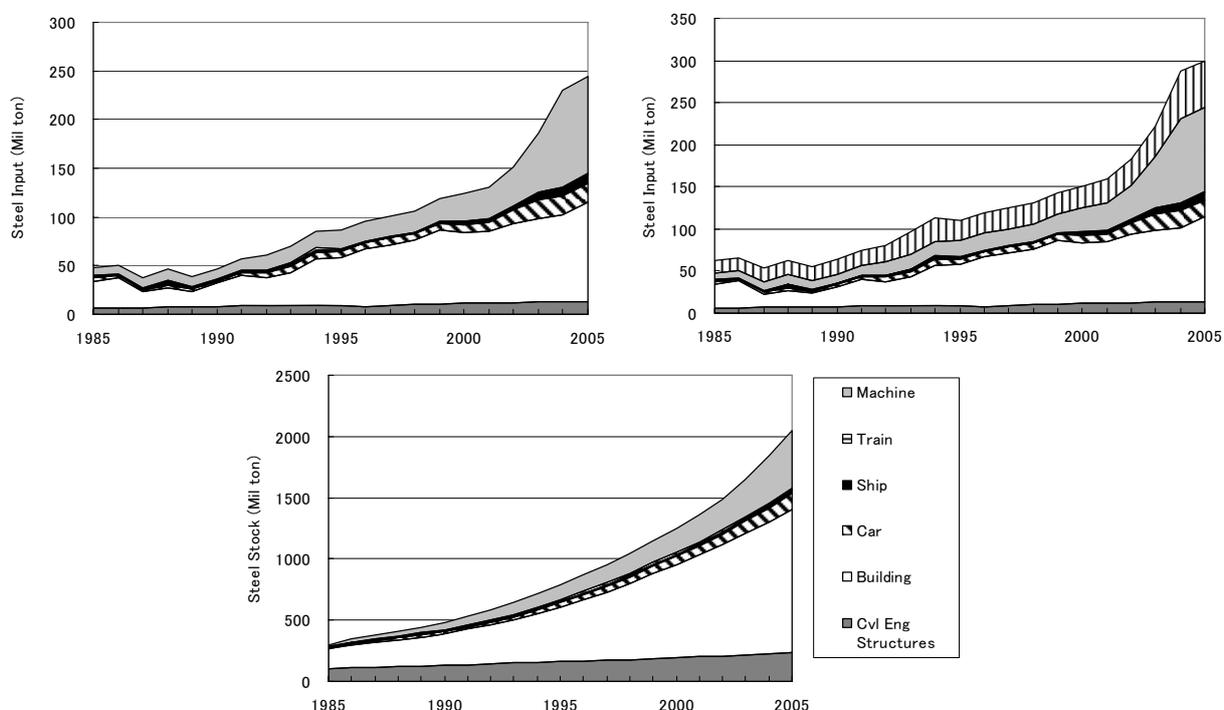


図14 中国における鉄鋼の財別生産量（左上）、投資量（右上）、ストック量（下）

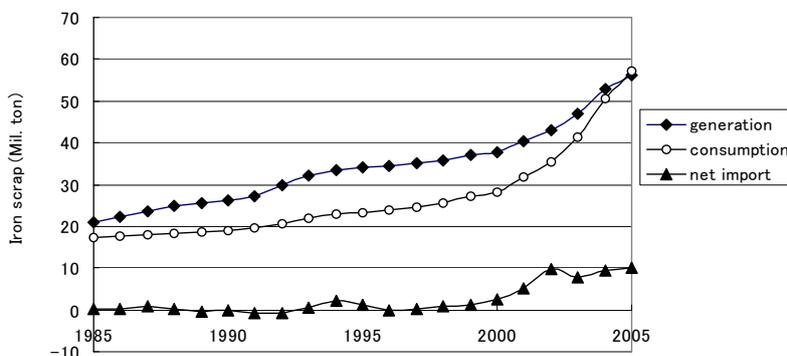


図15 鉄スクラップの需給バランス

## (2) 世界を対象とした環境政策評価モデルの開発

本研究では、世界全体を網羅した経済データであるGTAPバージョン6 (Dimaranan; 2006) をもとに、環境政策評価モデルとして、世界を24の地域に分割し、21の財で表現した世界経済モデルの開発を行ってきた。本モデルの特徴は、以下の通りである。

- ・化石燃料の枯渇に伴う採掘費用の増加を明示的に組み込む。
- ・石炭・原油・天然ガスについては物量のバランスを確保する。
- ・資本蓄積について、設置前については部門間の移動は自由であるが、設置後の移動は起こらない。
- ・CO<sub>2</sub>のみならず、他の温室効果ガス、大気汚染物質の排出量についても内生的に計算する。

本モデルを用いて、SRESのB2をベースとした基準ケースと、基準ケースに対して、2010年以降に100\$/tCO<sub>2</sub>の税を課したケース（課税ケース）を想定し、試算を行った。図16に、基準年である2001年、2030年の基準ケースと課税ケースについて、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oそれぞれの排出量を示す。

(1) に示した技術選択モデルの結果と比較すると、世界全体の削減量が大きくなる傾向にある。これは、Enduseモデルでは前提であった課税による生産構造の変化が影響するためである。また、削減量のうちエネルギー転換部門に占める比率が大きくなった。(1) のEnduseモデルとのリンクをはかることで、技術及び経済活動の整合性を両立させた分析が可能となる。

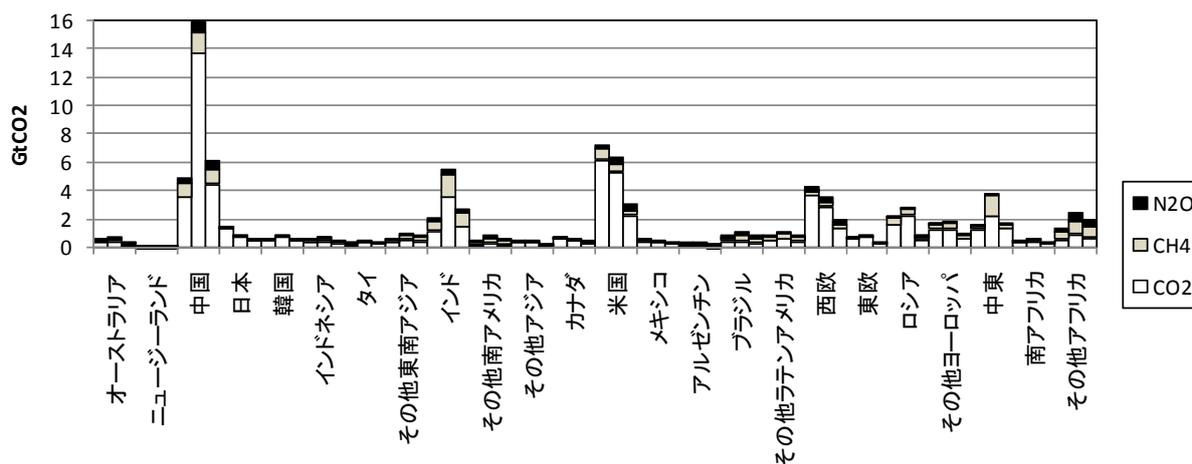


図16 世界経済モデルにおける温室効果ガス排出量

(各地域の左側：2001年、中：2030年基準ケース、右側：2030年100\$/tCO<sub>2</sub>ケース)

また、本モデルを簡易気候モデル、農業生産性変化モデルと統合することで、温暖化によるコメ、コムギ及びトウモロコシの生産性の変化がマクロ経済全体に及ぼす影響についても評価した。試算の結果、図17に示すとおり、温暖化による農業生産性への影響は気温上昇とともに大きくなるが、作付時期の変更や作付種の変更といった適応策の導入により、生じる影響を抑えることが可能であることを示した。しかしながら、より高い気温上昇では、こうした適応策の効果も相殺され、温暖化の緩和策と適応策を適切に組み合わせることが重要であることを示した。

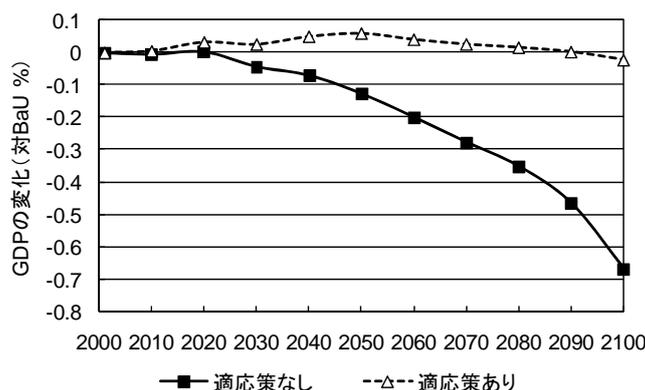


図17 温暖化による農業生産性変化がGDPに及ぼす影響

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

地球温暖化対策を中心に様々な環境政策の効果を定量的に評価することを目的とした世界モデルとして、経済モデルである応用一般均衡モデルを基礎とした環境政策評価モデルの改良と、世界各国のエネルギー需要に焦点を当てたエネルギー技術選択モデル (AIM/Enduse [Global])、二酸化炭素排出量に大きな影響を及ぼす鉄のストック、フローを評価するモデル、大気汚染の評価をおこなう大気汚染物質濃度評価モデル (AIM/Air)、世界の水不足を流域別に月単位で評価することができる河川流量計算モデルの開発を行った。また、世界モデルの統合作業として、環境政策評価モデル、簡易気候モデル、農業生産性変化モデルの統合によるコメ及びコムギの生産性変化がマクロ経済に及ぼす影響と適応策の効果について評価を行った。

AIM/Enduse [Global]の分析結果から、2020年における100US\$/tCO<sub>2</sub>以下の温室効果ガスの潜在的総削減量は、先進国、途上国それぞれで25~36億t-CO<sub>2</sub>、65~77億tCO<sub>2</sub>が見込まれた。なお、環境政策評価モデルの試算から、そうした費用が課せられる社会では生産構造の変化も起こり、より多くの温室効果ガス排出量が削減される可能性があることを示した。河川流量計算モデルの結果から、水不足の評価には時間スケールの詳細化が必要であることが示唆された。環境政策評価モデルの解析結果から、適応策の導入により温暖化影響はある程度は抑えることができるものの、緩和策なしでは影響が徐々に大きくなることが示された。

### (2) 地球環境政策への貢献

計算結果の一部については、UNEP/GEO4などの国際プロジェクトに提供されるとともに、2008年5月にパリで開催された環境省・経済産業省主催のInternational Workshop on Sectoral Emission Reduction Potentialにおいて報告されている。

## 6. 引用文献

- D.Streets, T.Bond, G.Carmichael, S.Fernandes, Q.Fu, D.He, Z.Klimont, S.Nelson, N.Tsai, M.Wang, J.Woo, K.Yarber(2003) An Inventory of Gaseous and Primary Aerosol Emissions in Asia in the Year 2000; Journal of Geophysical Research, 108, D21, 8809.
- J.Olivier, J.van Aardenne, F.Dentener, L.Ganzeveld, J.Peters (2005) Recent Trends in Global Greenhouse

Gas Emissions: Regional Trends and Spatial Distribution of Key Sources, in Non-CO2 Greenhouse Gases (NGGG-4), Millpress, 325-330.

C. Michel, C. Liousse, J. Grégoire, K. Tansey, G. Carmichael, J. Woo (2005) Biomass burning emission inventory from burnt area data given by the SPOT-VEGETATION system in the frame of the TRACE-P and ACE-Asia campaigns; Journal of Geophysical Research, 110, D09304.

B. Dimaranan(2006) Global Trade, Assistance, and Production: The GTAP 6 Data Base; Center for Global Trade Analysis, Purdue University.

## 7. 国際共同研究等の状況

### (1) モデル開発時における国際共同研究

本研究では、アジアの発展途上国のモデル構築、シミュレーション分析を実施するにあたって、以下の各国の研究機関と共同で作業を行っている。

- 1) 中国：中国能源研究所、中国科学院地理科学天然資源研究所
- 2) インド：インド経営大学院アーメダバード校、インド経営大学院ラックナウ校、マウラナ・アザド国立工科大学
- 3) 韓国：ソウル大学・韓国環境研究所
- 4) タイ：アジア工科大学

### (2) 結果の適用時における国際共同研究

本研究で得られた成果は、以下の国際共同研究に貢献している。

- 1) EMF（エネルギー・モデリング・フォーラム）：John Weyant教授（米国スタンフォード大学）を中心としたモデル比較研究に参加し、AIMモデルの試算結果を提供している。また、トランジション・シナリオの検討にも参加し、今後も研究成果を提供する予定である。
- 2) IPCC（気候変動に関する政府間パネル）：第四次評価報告書の作成及び第五次評価報告書に向けたシナリオ開発に関する報告書作成に貢献した。
- 3) UNEP/GEO4（国連環境計画/世界の環境の見通し4）：シナリオ作成に使用するモデルの開発を本研究で実施してきた。
- 4) ECOFYSのTD/BUモデル比較研究：IPCC第四次評価報告書で示された削減ポテンシャルについて、異なるモデル間での比較を行うプロジェクトに参加している。

## 8. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) 松岡譲(2005) 気候変動問題の統合評価モデリング; 国際経済、 56、 5-29.
- 2) 山下隆久、村上正晃、松岡譲(2005) わが国におけるエネルギー技術の革新に伴うCO<sub>2</sub>排出量削減効果の分析; 環境衛生工学研究、 19、 3、 114-119.
- 3) Y.Matsuoka(2006) How much should we reduce greenhouse gas emissions in order to combat the global warming problem?; SANSAI An Environmental Journal for the Global Community, 1, 1-20.
- 4) 藤森真一郎、河瀬玲奈、松岡譲(2006) 全世界における人間活動に伴う窒素フローの推計に関

する研究; 環境システム研究論文集、 34、 209-220.

- 5) 島田幸司、田中吉隆、五味馨、松岡譲(2006) 低炭素社会に向けた長期的地域シナリオ形成手法の開発と滋賀県への先駆的適用; 環境システム研究論文集、 34、 143-154.
- 6) K.Gomi, K.Shimada, Y.Matsuoka, M.Naito(2007) Scenario study for a regional low-carbon society; Sustainability Science, 2, 1, 121-131.
- 7) 増富祐司、花崎直太、高橋潔、肱岡靖明、松岡譲(2007) 季節変動を再現する河川流量計算モデルの開発と全球水不足評価; 水工学論文集、 51、 235-240.
- 8) S.Fujimori, Y.Matsuoka(2007) Development of estimating method of global carbon, nitrogen, and phosphorus flows caused by human activity; Ecological Economics, 62, 3/4, 399-418.
- 9) 明石修、松岡譲(2007) 都市構造と旅客交通からの大気環境負荷物質排出量の関連に関する横断的研究; 環境システム論文集、 35、 129-138.
- 10) 藤森真一郎、梶井洋志、松岡譲(2007) 全世界における鉄フローの定量化に関する研究; 環境システム論文集、 35、 343-354.
- 11) 長谷川知子、花岡達也、松岡譲(2007) 農業・廃棄物部門におけるCH<sub>4</sub>とN<sub>2</sub>Oの排出量とその削減ポテンシャルに関する評価; 環境システム論文集、 35、 491-498.
- 12) 花岡達也、明石修、日比野剛、長谷川知子、藤野純一、松岡譲、甲斐沼美紀子(2008) 世界地域別の温室効果ガス排出削減量と削減費用の評価; エネルギー資源学会 (近刊).

<その他誌上発表(査読なし)>

- 1) 松岡譲(2005) 危険な気候変化のレベルと気候政策の長期目標; 季刊環境研究、 138、 7-16.
- 2) 河瀬玲奈、松岡譲(2005) 欧州諸国の長期シナリオ策定における気候安定化目標に関する議論; 季刊環境研究、 138、 77-83.
- 3) 河瀬玲奈、松岡譲、甲斐沼美紀子、花岡達也(2005) 世界主要国の二酸化炭素排出量削減シナリオの解析; 環境システム研究論文発表会講演集、 33、 269-274.
- 4) 後藤慎平、藤原健史、松岡譲(2005) 都市道路ネットワークからの大気汚染物質の拡散に関する研究; 環境衛生工学研究、 19、 3、 69-72.
- 5) T.Fujiwara, Y.Matsuoka, S.Goto(2005) Diffusion of air pollutants emitted from urban road networks; The Planning of Urban Energy and Environmental Systems, 121-128.
- 6) 松岡譲(2006) 地球温暖化問題の統合的な評価; 環境衛生工学研究、 20、 1、 3-14.
- 7) 仲座方伯、藤原健史、松岡譲(2006) 家計消費の分析に基づいた廃棄物発生量推計の研究; 環境衛生工学研究、 20、 3、 83-86.
- 8) 河瀬玲奈、村瀬透、松岡譲(2006) 耐久財に含まれる鉄のストックおよびフローの長期推計; 環境衛生工学研究、 20、 3、 91-94.
- 9) 我部山彰則、松岡譲(2006) 世界主要国における二酸化炭素排出量に関する計量経済モデルの構築; 環境衛生工学研究、 20、 3、 133-136.
- 10) 足立進吾、藤原健史、松岡譲(2006) アジア地域における硫黄酸化物の化学反応と輸送過程に関するマルチスケール解析; 環境衛生工学研究、 20、 3、 145-152.
- 11) 増富祐司、乾祐介、高橋潔、松岡譲(2006) 世界流域データベースの開発; 第14回地球環境シンポジウム講演論文集、 137-144.

- 12) 足立進吾、藤原健史、松岡譲(2006) アジア地域における硫黄酸化物の化学反応と輸送過程の解析; 第14回地球環境シンポジウム講演論文集、 193-198.
- 13) T.Fujiwara, Y.Matsuoka, S.Adachi(2006) A Study on transport and transformation process of sulfur oxides in Asia by using multi-scale analysis; The proceedings of the 12th Seminar of JSPS-MOE Core University Program on Urban Environment, 321-326.
- 14) R.Kawase, Y.Matsuoka(2006) GHG Emission Scenarios for Low Carbon Society toward 2050 in Main Countries; The proceedings of the 12th Seminar of JSPS-MOE Core University Program on Urban Environment, 333-341.
- 15) Y.Masutomi, Y.Matsuoka(2006) Development and validation of global basin database in Asia-Pacific (GBDB-AP); Proceeding of 3rd. APHW Conference, CD-ROM.
- 16) S.Fujimori and Y.Matsuoka(2006) A study on the anthropogenic intervention in the global phosphorus cycle, International Conference on Ecobalance, 17, 389-392.
- 17) 花岡達也、日比野剛、宮下真穂、明石修、松岡譲、甲斐沼美紀子、藤野純一(2006) 世界地域別の温室効果ガス排出削減ポテンシャルおよび対策コストの評価; 環境システム研究論文発表会講演集、 34、 19-26.
- 18) 花岡達也、甲斐沼美紀子、松岡譲(2007) 世界地域別のフルオロカーボン類排出削減ポテンシャルの評価; 第23回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集、 65-68.
- 19) Asia-Pacific Integrated Modeling Team(2007), Aligning Climate Change and Sustainability -Scenarios, modeling and policy analysis; CGER-REPORT, CGER-I072-2007.
- 20) T.Hanaoka, O.Akashi, Y.Kanamori, T.Hasegawa, G.Hibino, K.Fujiwara, Y.Matsuoka, M.Kainuma(2008) Global Greenhouse Gas Emissions Reduction Potentials and Mitigation Costs in 2020 - Methodology and Results -, CGER Research Report (CGER-D081-2008), Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies.
- 21) 花岡達也、河瀬玲奈、松岡譲、甲斐沼美紀子(2008) 温室効果ガス排出主要国における気候安定化シナリオの要因分析; 第24回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集、 13-16.

(2) 口頭発表 (学会)

- 1) R.Kawase, Y.Matsuoka(2005) A review of national long-term CO<sub>2</sub> emission scenarios; Proceedings of the second seminar of JSPS-VCC Group7 in 2005, 85-93.
- 2) 河瀬玲奈、松岡譲、藤野純一(2005) 気候安定化に向けた国別シナリオの要因分析; 第24回エネルギー・資源学会研究発表会、 53-56.
- 3) 浪花伸和、藤原健史、松岡譲、藤吉秀昭、大塚康治、立尾浩一(2005) 家庭系有機廃棄物の資源化評価システムの開発; 第24回エネルギー・資源学会研究発表会、 373-376.
- 4) R.Kawase, Y.Matsuoka, T.Fujiwara(2005) Air pollutant emission in Asian Countries; The 9th-10th joint seminar of JSPS-MOE Core University program on urban environment, 417-429.
- 5) T.Fujiwara, Y.Matsuoka, S.Goto(2005) Estimation of air pollutants emitted from urban road networks; The 9th-10th joint seminar of JSPS-MOE Core University program on urban environment, 317-324.

- 6) R.Kawase, Y.Matsuoka, J.Fujino, M.Kainuma(2005) Analysis of CO<sub>2</sub> emissions in long-term national scenarios for climate stabilization; Annual Meeting of the International Energy Workshop 2005.
- 7) M.Kainuma, Y.Matsuoka, G.Hibino, J.Fujino, T.Hanaoka, M.Miyashita, O.Akashi, R.Nair, R.Pandey(2005) GHG emission reduction potentials and mitigation cost analysis in world regions; Annual Meeting of the International Energy Workshop 2005.
- 8) 河瀬玲奈、松岡譲(2005) 先進諸国における長期気候安定化計画の解析; 環境経済・政策学会2005年大会.
- 9) 西本裕美、松岡譲、肱岡靖明(2005) 京都議定書以降の気候変動対策における目標設定及び削減義務の分担に関する定量的評価; 環境経済・政策学会2005年大会.
- 10) 花岡達也、甲斐沼美紀子、松岡譲(2005) フルオロカーボン類の削減ポテンシャルと国際制度の一考察 -現状のCDM/JIの枠組みとその拡張解釈について-; 環境経済・政策学会2005年大会.
- 11) 庄司諭史、河瀬玲奈、松岡譲(2005) 農業活動に伴う温室効果ガスの排出削減に関する研究;第13回地球環境シンポジウム、 7-12.
- 12) 藤原健史、嶋村亮、松岡譲(2005) 情報通信技術の普及が環境に与える影響に関する研究; 第13回地球環境シンポジウム、 145-151.
- 13) 後藤慎平、藤原健史、松岡譲(2005) 発展途上国における道路ネットワークからの大気汚染物質の拡散に関する研究; 第46回大気環境学会年会講演要旨集、 602.
- 14) T.Hanaoka, M.Kainuma, Y.Matsuoka(2005) Global F-gas Emissions Scenarios and the Evaluation of Potential Reductions; Fourth International Symposium on Non-CO<sub>2</sub> Greenhouse Gases (NCGG-4) - Science, Control, Policy and Implementation.
- 15) Y.Masutomi, Y.Matsuoka(2006) Development and Validation of Global Drainage Basin Database in Asia-Pacific Region (GDBD-AP); Asia Oceania Geosciences Society 3rd Annual Meeting.
- 16) 増富祐司、乾祐介、高橋潔、松岡譲(2006)世界流域データベースの開発; 水文・水資源学会.
- 17) T.Hanaoka, G.Hibino, M.Miyashita, O.Akashi, Y.Matsuoka, J.Fujino, M.Kainuma (2006) GHG emission reduction potentials and mitigation costs in world regions using the AIM/Enduse [Global] model; The 8th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies.
- 18) T.Murase, R.Kawase, Y.Matsuoka(2006) Material Stock and Waste Generation by Human Activities Over the Past 100 Years; Third World Congress of Environmental and Resource Economists.
- 19) Y.Masutomi(2007) Development and Application of Global Drainage Basin Database (GDBD); The 12th AIM International Workshop.
- 20) 増富祐司、花崎直太、高橋潔、肱岡靖明、松岡譲(2007) 季節変動を再現する河川流量計算モデルの開発と全球水不足評価; 第51回水工学講演会.
- 21) 政井謙介、明石修、松岡譲(2007) 技術進歩を考慮した世界のCO<sub>2</sub>排出削減量に関する研究;環境衛生工学研究、21、 3、 179-182.
- 22) 長山友祐、松岡譲、後藤慎平(2007) アジア地域における環境負荷物質の排出量推計に関する研究; 環境衛生工学研究、21、 3、 175-178.
- 23) 長山友祐、後藤慎平、藤原健史、松岡譲(2007) アジア地域における環境負荷物質の排出量推計に関する研究; 第15回地球環境シンポジウム講演論文集、 43-48.
- 24) 大木望、藤原健史、松岡譲(2007) 将来のアジア地域における酸性酸化物の化学反応と輸送過

- 程の解析; 第15回地球環境シンポジウム講演論文集、83-88.
- 25) Y.Weng, T.Fujiwara, Y.Matsuoka(2007) Estimating the CO<sub>2</sub> Emission from Municipal Solid Waste Treatment System in Taiwan; Proceedings of The Third Seminar of JSPS-VCC Group 7 in 2007, 183-192.
  - 26) J.Yang, T.Fujiwara, Y.Matsuoka, W.Wang(2007) Case Study on Household Waste Generation Model Based on Consumption Expenditure; Proceedings of The 13th Seminar of JSPS-MOE Core University Program on Urban Environment, 293-302.
  - 27) Y.Nagayama, R.Kawase, Y.Matsuoka(2007) A study on emission estimation of air pollution in Asia; Proceedings of The 13th Seminar of JSPS-MOE Core University Program on Urban Environment, 77-85.
  - 28) Y.Nagayama, R.Kawase, Y.Matsuoka(2007) Air Pollutants Emission Estimation and Inventory in Asia, Proceedings of The Third Seminar of JSPS-VCC Group 7 in 2007, 111-120.
  - 29) T.Fujiwara, Y.Matsuoka, N.Ohki, S.Goto(2007) Emission Projection of Air Pollutants By Using End-Use Model and Analysis of The chemical Transport in Asia; Proceedings of The 13th Seminar of JSPS-MOE Core University Program on Urban Environment.
  - 30) G.Kurata, T.Kitada(2007) Evaluation of the contribution of ozone and its precursors from East Asian countries onto the urban air pollution in Japan; Proceedings of The 13th Seminar of JSPS-MOE Core University Program on Urban Environment, 33-38.
  - 31) T.Kitada, A.Sofyan, G.Kurata(2007) Numerical Simulation of Air Pollution Transport under Sea/Land Breeze Situation in Jakarta, Indonesia in Dry Season; Proceedings of The 13th Seminar of JSPS-MOE Core University Program on Urban Environment, 59-66.
  - 32) G.Kurata, T.Kitada(2007) Evaluation of the contribution of ozone and its precursors from East Asian countries onto the urban air pollution in Japan; Proceedings of The Third Seminar of JSPS-VCC Group 7 in 2007, 155-160.
  - 33) 花岡達也、明石修、日比野剛、長谷川知子、藤野純一、松岡譲、甲斐沼美紀子(2008) 世界地域別・部門別の温室効果ガス排出削減ポテンシャルの評価; 第23回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集、 119-122.

(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)

なし

(5) マスコミ等への公表・報道等

なし

(6) その他

なし