



環境儀

国立環境研究所の研究情報誌

地球温暖化の影響と対策

AIM— アジア太平洋地域における
温暖化対策統合評価モデル

- 1990. 7 AIM開発開始
- 1992. 5 UNFCCC「気候変動枠組条約」(国連本部)
- 1994. 4 AIM国際共同研究開始
- 1995. 3 COP1(ドイツ・ベルリン)
- 1995.12 IPCC第2次評価報告書
- 1997.12 COP3(日本・京都)
- 1999.10 COP5(ドイツ・ボン)
- 2000.11 COP6(オランダ・ハーグ)
- 2001. 4 IPCC第3次評価報告書
- 2001. 7 COP6再開会合(ドイツ・ボン)

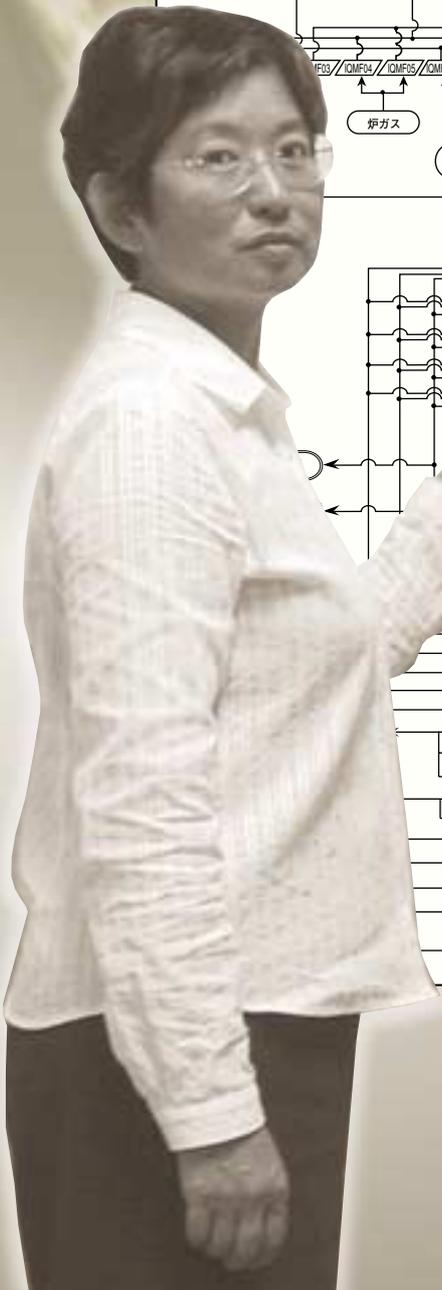
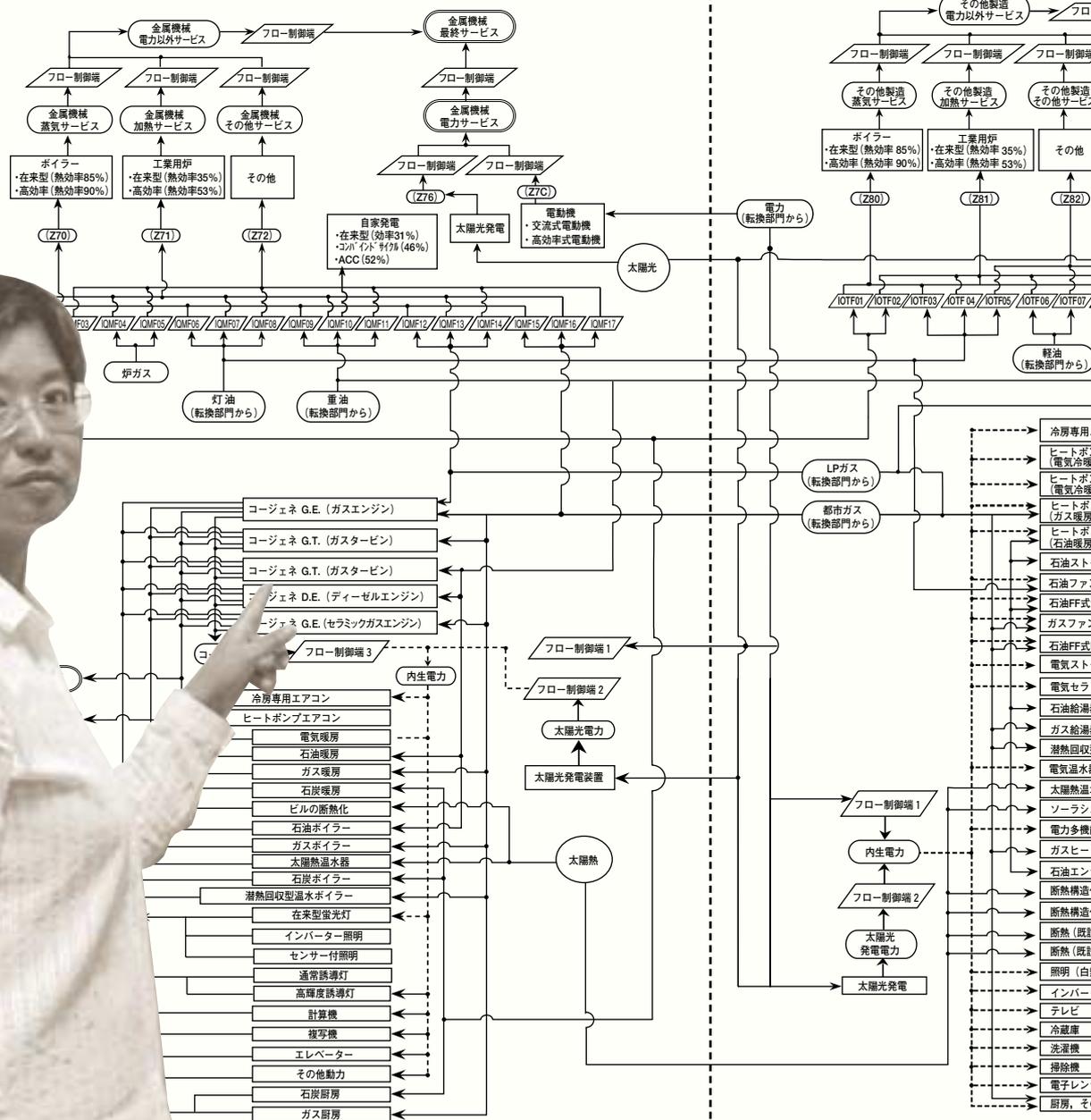
独立行政法人

国立環境研究所

<http://www.nies.go.jp/>

地球温暖化，とりわけ今後のアジアの影響は AIMは，私たちが進む道を考えるための，情

エネルギーシステムのフロー図（家庭部門、業務部門など）

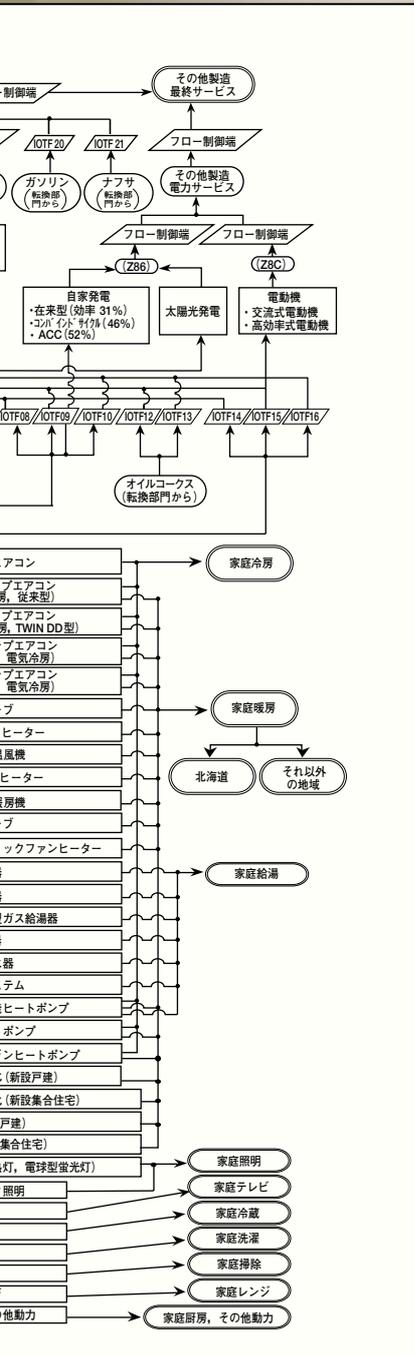




懸念されます。 報を提供します。

2001年7月ドイツのボンで行われたCOP6再開
会合では、京都議定書の大枠が合意されました。10
月末から行われる予定のCOP7(モロッコ・マラケ
シュ)では、いよいよ具体的な話が大詰めを迎えます。

国立環境研究所では、10年以上前から地球温暖化
の影響・対策研究に取り組んでいます。本号ではそ
の中でもアジア太平洋地域における温暖化対策統合
評価モデル(AIM)を取り上げ、アジアと共に研究す
る姿を紹介します。



C O N T E N T S

地球温暖化の影響と対策

アジア太平洋地域における温暖化対策統合評価モデル-AIM

INTERVIEW

研究者に聞く P4-P9

SIMULATION

AIMを用いた最新研究成果から P10-P11

- ・アジア太平洋地域の温室効果ガスの排出量予測
- ・温暖化による影響
- ・京都議定書から米国が離脱したときの経済影響

統合評価モデルの開発をめぐって P12-P13

- ・経済とマテリアルを統合した応用一般均衡モデル
- ・適応策を考慮した温暖化影響評価モデル
- ・中国のクリーン開発メカニズム導入の評価モデル
- ・アジア太平洋地域の環境-経済統合評価モデル

AIM研究のあゆみ P14

研究者に聞く

甲斐沼 美紀子 社会環境システム研究領域・統合評価モデル研究室長

原沢 英夫 社会環境システム研究領域・環境計画研究室長



アジア太平洋地域における温暖化対策統合評価モデル(AIM)の開発に取り組んでいる甲斐沼美紀子さんと、原沢英夫さんに研究のねらい、成果、エピソードなどを聞きました。お2人は現在、「温暖化の影響評価と対策効果プロジェクト」の総合研究官を併任し、この分野の研究を精力的に進めています。

●AIMの誕生

——今回は地球温暖化影響・対策研究で、AIMを取り上げました。まずは足かけ11年間に及ぶ開発のきっかけからお願いします。

甲斐沼 AIMとはAsian-Pacific Integrated Modelの略で、その頭文字を取ってAIMと呼んでいます。日本語では「アジア太平洋地域における温暖化対策統合評価モデル」です。統合評価モデルとは、経済、エネルギー、土地利用、気象、陸域生態系、海洋など多分野に及ぶ広範囲な現象から、政策的要請に関係する要素を選び出し、関係性を見るために開発される計算機シミュレーションモデルのことです。この種のモデルは、政策決定やその基礎となる研究の全体の理解を得ることを目的にしています。地球環境問題のような複合した巨大な系を対象とする場合に用いられます。

1980年代後半から地球環境問題がクローズアップされ、私たちのチーム「温暖化影響・対策研究チーム」(当時)ができました。この問題を政策的に扱うためには、まず温室効果ガスの排出量を予測し、それが気候をどのくらい変化させ、その結果、農業、健康などどのような影響を及ぼすかを、一連の流れとして予測

して行く必要がありました。このため、全体をつないで評価できる統合評価モデルを作ることになりました。モデルの開発に当たっては、当初から京都大学の松岡譲教授の参画をいただきました。

——アジア太平洋地域における統合評価モデル、AIMはなぜ誕生したのですか。

原 沢 80年代終わりから90年代にかけて米国、欧州を中心に温暖化影響をシミュレーションする統合評価モデルの研究が行われていました。とくにオランダは温暖化問題に対して積極的で、すでにモデルの開発が始められていました。私たちはゼロからのスタートだったので、いろいろなところから勉強を始めました。

そこでまず何が重要かを考えたときに、アジアの問題が頭に浮かびました。アジア地域は、人口規模は膨大ですが、経済規模は欧米に比べれば相対的には小さく、二酸化炭素(CO₂)排出量は先進国に比べれば少ないです。しかし今後人口も増え、経済も急速に発展することを考えると、CO₂の排出量は急速に増えていくことが予想されます。このまま放っておくと21世紀の終わりくらいには、アジア地域の排出量が世界の半分を



占める可能性すらあります。これはたいへんなことです。

アジアからの排出量を抑えていくために研究者に何ができるのかを考えました。温暖化などグローバルな問題は、研究も国内だけをターゲットにするのではなく、より広い地域をカバーする研究が求められています。欧米では欧米全域をターゲットにしたモデル、あるいはよりマクロなものですが世界全体モデルがあります。私たちは、アジア地域をカバーできる、より詳細なモデルを構築し、アジア地域の研究者、行政関係者に利用してもらえるものをつくっていかうと考え、始めたのが誕生の理由でしょうか。

●AIMの構造

—— AIMそのものはどういうものですか。統合評価モデルとおっしゃいましたが、非常に複雑なモデルを

作って、それにさまざまな数値を入れて行うものだろうと想像するのですが。

甲斐沼 AIMは政策課題や国際機関の要請に応じてそれぞれ開発していきます。AIMの主要モデル(次頁左下)を見てください。一度に全体のモデルができたわけではなくて、いろいろなパーツに分けて段階的に作り、それを組み合わせて、政策課題に対応していきます。

—— それぞれのパーツをもう少し具体的に説明してください。

甲斐沼 AIMは大きく分けて3つのモデル群で構成されています。CO₂やメタンなどの温室効果ガスの排出量を算定する排出量算定モデル群、その排出量算定に基づいて今度は、どのくらい大気中のガス濃度が変化して気温が上がるかを予測する気候計算モデル群、

コラム「地球温暖化の話」

原因

地球の大気中には、水蒸気・二酸化炭素(CO₂)・メタンなどの「温室効果ガス」と呼ばれる気体があります。それらのガスは、地表から放射された赤外線を吸収する働きを持っています。吸収された赤外線の一部は再び地表に向かって放射され地表を暖めます。これが温室効果です。この効果によって地表は約33℃暖められて平均15℃となり、快適な生活空間をつくってきました。ところが産業革命以降の石油や石炭の大量消費や森林伐採により、大量のCO₂などの温室効果ガスが大気中に排出され続け、地表付近の気温を急速に上昇させ、地球全体の気候を大きく変えようとしています。これが地球温暖化といわれる現象です。

影響

氷河の縮小や、永久凍土の融解など、温暖化の影響が世界で観測されています。IPCCの第3次評価報告書は、1990年から2100年の間に気温の上昇は1.4～5.8℃、海面上昇は9～88cmと予測しており、すでに温暖化の影響は顕在化していると結論づけています。たとえば、世界の穀物生産への影響では、温暖化の程度が小さいと中緯度地域では農作物の収量は増加するとの予測もあります。しかし温暖化が進むにつれ、世界の穀倉地帯の多くが乾燥するなどマイナスの影響が大きいと予測されています。また日本の米作は高緯度地域では増産、低緯度地域では高温による生育障害が起こるため、複合的には減産が予測されています。一方、海面の上昇は、小さな島国やバングラデシュなどの低地の居住者にとっては深刻な問題です。さらに極端な気象現象の発生頻度や強度が変化し、人間社会への悪影響が懸念されています。

温暖化によって起きる極端な気象と影響

現象	影響
最高気温の上昇	・高齢者や都市の貧困層における死亡や重病発生の増加
暑い日や熱波の増加	・家畜や野生動物の熱ストレスの増加 ・観光先、目的地の変更 ・多くの農作物の被害増加
最低気温の上昇	・冷房需要の増大とエネルギー供給の信頼性低下 ・寒さに関連した人間の死亡率・罹病率の減少
寒い日、霜日、寒波の減少	・多くの農作物の損害のリスクの減少、他の農作物のリスクの増加 ・一部の害虫、疾病媒介生物の生息範囲や活動の拡大
豪雨頻度の増加	・洪水、地滑り、雪崩、泥流による被害の増加 ・土壌浸食の増加 ・洪水流量の増加 ・政府・民間の洪水保険システムや災害救援への圧力の増大

(IPCC地球温暖化第3次評価報告書—政策決定者向け要約—より抜粋)

研究者に聞く

さらに気候変化の影響を予測する温暖化影響モデル群です。各モデル群は4~7つのモジュールで構成されています。目的に応じてこれらを組み合わせたり、単独で使ったりします。

たとえば排出量算定モデル群は、温室効果ガス排出の原因となる社会経済活動を再現するもので、経済メカニズムとこれらの活動の関係を再現する経済モデル、国内産業や私たち一般の生活を含めてエネルギー消費がどう変化するかを予測するエネルギーモデル、農地の拡大などの土地利用変化によってどの程度の森林が伐採されるかを予測する土地利用モデルなどがあります。

——排出量算定モデル群中の経済モデルですが、具体的なモデルの中身はどうなっているのですか。

甲斐沼 経済モデルは、エネルギーや食料などの将来の需要と供給を推計し、その消費量を算定するために使います。また、温暖化対策によってこれらの需要や供給に変化が出てきたとき、経済全体の活動量がどの程度変化するかを計算するときにも使います。たとえば、今後の経済発展のためにどのくらいエネルギーが必要になるか、また、そのためにさまざまなエネルギーをどのくらいの値段で供給できるか、その中で石炭や石油、天然ガスといった化石燃料がどのくらいの割合を占めているか、などを計算します。そしてCO₂の排出量が予測できます。また、温暖化対策によってエネルギーの価格が上がったとき、エネルギーをたくさん使う産業の生産が減り、逆にエネルギーを節約する機器を作る産業は伸び、その結果、経済全体の活動レベルがどのくらい変化するかについても予測

できます。

——このような予測には不確かさが伴うと思うのですが。

甲斐沼 そのとおりです。たとえば、エネルギーを効率的に使う技術がたくさん入ってくれば、それだけ化石燃料の消費量は減る可能性がありますし、温暖化対策をやっても経済全体の活動レベルが下がらないことになります。このため、どのような技術がどの時点で入ってくるかについても、予測モデルを作っています。

——そうすると経済モデルは技術モデルと組み合わせさせて使っているのですか。

甲斐沼 そうですね。技術モデルによってエネルギー効率を計算し、それをもとに経済モデルを動かしています。経済モデルでは全体の効率のみを扱いますが、技術モデルではそれを個々の技術に落とし、どの技術がこう変わったから効率がこれだけ上がったという説明ができます。2つのモデルをうまくリンクさせながら全体の予測を行っていきます。

●AIMの技術モデル

——技術モデルを少し詳しく説明して下さい。

甲斐沼 それでは鉄鋼の例をお話しします。鉄を生産する際、いろいろな過程でエネルギーが使われます。コークス生成、粗鋼生産、鑄造のそれぞれの工程に対応した技術が使われますが、使われる技術によってエネルギー消費量が違ってきます。たとえば、粗鋼生産に使う炉は大きく分けて高炉、電気炉、熔融還元炉の3種類があります。電気炉の場合はくず鉄を使うので、鉄鉱石から鉄鋼を作るよりエネルギーが少なくすみ、品質を度外視すれば省エネとなります。熔融還元炉は、次世代のものと考えられており、エネルギー効率がよいのが特徴です。高炉は今の標準的な技術です。

省エネ型技術は従来型技術に比べ、導入価格は比較的高価なんです。したがって、最初の技術導入時の価格差とランニングコストとしての燃費の価格差を比較して、省エネ型技術を導入するかどうかが決まります。炭素税を課すなどで石油価格が高くなると、ランニングコストが大きくなって省エネ機器が導入されやすくなりますし、また、省エネ機器に補助金が出れば、初期のコストが安くなって省エネ機器は

AIMプロジェクトで開発した主要モデル

排出量算定モデル群

世界経済モデル/エネルギー技術選択モデル
マテリアルリサイクルモデル/産業モデル
土地利用モデル
シナリオ作成用リンケージモデル
コミュニケーション用簡略モデル

気候計算モデル群

炭素循環モデル/大気化学反応モデル
全球平均気候モデル
地域気候内挿モデル

温暖化影響モデル群

水資源影響モデル/農業影響モデル
潜在自然植生変化モデル/健康影響モデル
影響の経済評価モデル



普及しやすくなります。鉄の場合はコークスを作る過程で可燃ガスが出ますし、大量の廃熱がいろいろなところから出ますので、それを再利用することも考慮しなければなりません。実際には下の図のようなフローチャートをつくり、計算式を用いた思考実験を行って最適な技術の組み合わせを選び、同時にエネルギーの種類と温室効果ガスの排出量を算定します。

—— AIM技術モデルは中国などですでに使われているのですか。

甲斐沼 国際共同研究を通じて中国、インド、韓国などで使われています。ただし、技術のメニューは国によって違います。中国では日本で使われていないエネルギー効率の悪い平炉がまだ現役です。各国でエネルギー技術やプロセスなどが違うため、技術モデルはそれに合わせて作る必要があります。また、鉄などの製品は国際的に取引されるので、経済モデルを用いて日中間の鉄の輸出入なども予測します。

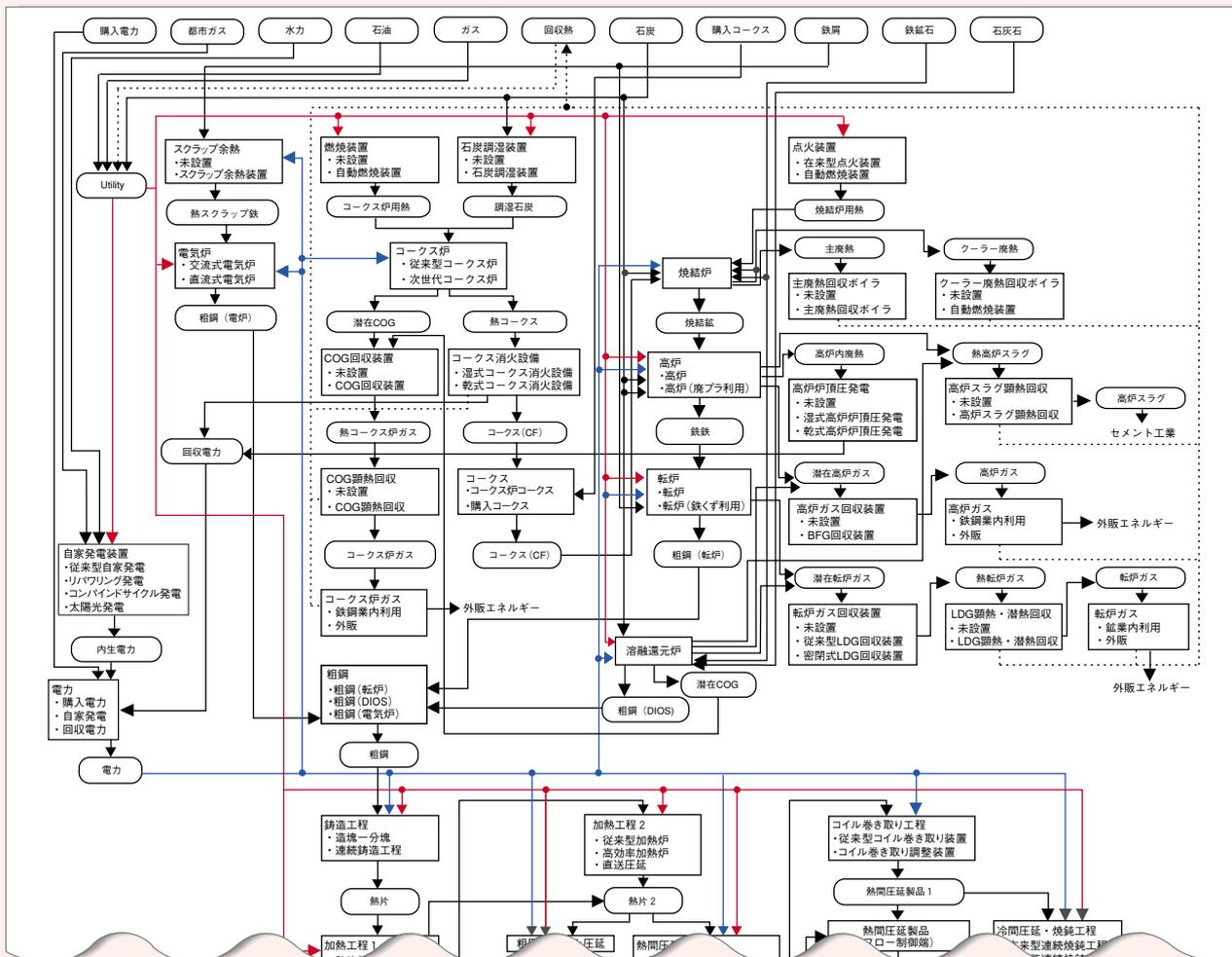
●AIMの影響モデル

—— 中国の技術選択のシミュレーションなど大いに興味がわきそうですね。次に気候変化とその影響を分析するモデルの中身をお願いします。

原 沢 気候計算モデル群では、排出された温室効果ガスが大気中でどのくらい留まるかをまず計算します。このため、大気と海洋との間や大気と陸域生態系との間の炭素の流れを再現します。また、大気中でメタンなどがどのように化学変化するかについても計算します。そして、大気中に留まった温室効果ガスの濃度をもとに将来の気温の変化や雨の降り方の変化を予測します。

—— 影響モデルについてはどうですか

原 沢 影響モデルの場合、地域の影響をより詳しくみるために地理情報システムを用いたモデルの開発を行っていますが、基礎となるデータがなかなか入手できず、結構たいへんな作業です。とくにア



技術モデルの例 (鉄鋼フローチャート)

研究者に聞く

アジアは日本を除いてデータが乏しいので、多くの研究者と協力関係を作りながらデータベースを継続的に整備しているという状況です。京都大学の松岡先生が中心となってモデルの構成などアイデアを出し、プロトタイプを作って実際にデータを使いながら検証しています。一つのモデルを数年くらいかかって作っています。その後、それをGCM*から得られた将来のいろいろな気象条件ごとにモデルでシミュレートして、影響を分析していきます。



京都大学 松岡教授

—— 将来気温が上がって降水量に変化は出るのですか。

原 沢 降水量そのものは気候モデルの中に降雨など水循環を表わすしくみが入っています。気候を形づくる雲の話とか雨が降り蒸発してまたどこで降るとかです。気候変動の影響はGCMの計算結果、気温、降水などをモデルに入れて行っています。気温に比べると降水量の予測は難しいので、影響の場合は最低3つぐらいのGCMの結果を使って計算し、比較しながら解析します。ある気候モデルだけが絶対ということ

はないのですから。

●AIMの貢献

—— 外国でも同じようなモデルがありますね。それらとAIMとの大きな違いはどこにあるのでしょうか。

原 沢 欧米のモデル開発の場合、先進国の専門家が一方的に途上国モデルを作って、「こうなりますよ」と結果を置いていくのがほとんどです。一方AIMの場合は、アジアの研究者が自ら自国のモデルを作り上げることを基本にしています。自分たちの手でモデルを作り、それを国の政策に生かしていくことを目的にしています。このやり方は今後とも変えません。

—— 気候変動枠組条約(UNFCCC)やIPCC*におけるAIMの関わりはどのようなものですか。

原 沢 UNFCCCについては、京都議定書*に関する政策分析を行っています。またIPCCについては、排出シナリオの作成やアジア地域の影響の面で貢献しています。排出シナリオは各国から排出されるCO₂などの量を想定するものです。気候変動関係の研究は、IPCCが作成した排出シナリオをベースにして行われています。排出シナリオをもとに将来の気候変化がGCMによって予測されますし、その予測結

メモ

GCMとは

大循環モデル(General Circulation Model)の略称。地球の大気・海洋の循環をシミュレートするモデルです。大気大循環モデルはAGCM(Atmospheric GCM)、海洋大循環モデルはOGCM(Oceanic GCM)と呼ばれ、大気と海洋の流れや温度などの状態の時間変化を計算します。大気と海洋が相互作用する長期的な気候変化を表現するためには、AGCMとOGCMを結合したAO-GCM(大気海洋結合大循環モデル)が用いられ、温暖化研究でもこれを使います。国立環境研究所では東大気候システム研究センターと共同で、CCSR/NIESモデルと呼ばれるGCMを開発しています。

IPCCとは

「気候変動に関する政府間パネル(Intergovernmental Panel on Climate Change)」の略です。1988年に世界気象機関(WMO)と国連環境計画(UNEP)が共同で設立した国連の組織で、二酸化炭素(CO₂)などの温室効果ガスの大気中濃度、気温上昇の予測、気候変動によって人間社会や自然が受ける影響、対策など最新の知見を収集し、科学的なアセスメントを行うことを使命としています。IPCCが2001年4月に公表した第3次評価報告書は、ここ50年間の温暖化は人間活動が主たる原因であり、IPCCの新たな排出シナリオに基づく予測から1990年に比べて2100年には1.4~5.8℃気温が上昇し、水資源、農業・食糧、自然生態系、人間社会などに深刻な影響を及ぼすと予測しています。IPCCの報告書は気候変動枠組条約締約国会議など温暖化対策を国際的に議論する際に、科学的知見をまとめたもっとも権威ある報告書として認められています。

京都議定書

1997年に第3回気候変動枠組条約締約国会議(COP3)が京都で開催されました。この会議では、先進国全体の温室効果ガスの排出量を、2010年前後までに1990年よりも少なくとも5%削減するという法的拘束力のある数値目標が採択されました。これが京都議定書です。また目標の達成を助けるしくみとして、先進国間で削減目標に達しない国が目標より多く削減した国から排出枠を購入できるしくみ(排出量の取引)、先進国が途上国に出資したプロジェクトによる排出削減量の一部を自国の削減枠として計上できるしくみ(クリーン開発メカニズム)などが決まりました。



果をもとに影響や対応策も評価されるので、今後の気候変動の研究の一番重要なところですよ。

新しい排出シナリオは、世界の統合評価モデルを研究しているAIMを含めた6グループが参加して議論を重ね、作業を分担しながら作成しました。その成果は2000年3月にIPCCの特別報告書として公表されました。この報告書は、Special Report on Emissions Scenariosと呼ばれ、その頭文字をとってSRESシナリオと呼ばれています。

また、今年4月に出されたIPCC第3次評価報告書では、SRESシナリオからさらに進んで、長期的な対策シナリオが作成されました。これにもAIMが参加しているだけでなく、森田恒幸さん(社会環境システム研究領域長)がこの国際プロジェクトをコーディネートしました。また、私もコーディネーターとして報告書のアジアの章をアジア各国の研究者と協力してまとめました。

●エピソード、苦労談

——ところで、AIM開発も11年続いています。この長い間たくさんの苦労話があると思います。ぜひお聞かせ下さい。

甲斐沼 1990年に当時の環境庁で地球環境研究総合推進費という新しい予算枠ができたのですが、統合評価モデルそのものを理解してもらえなくて、AIMモデル開発予算は通りませんでした。でも何もしないわけにもいけないので、その年はあちこち駆け回って補助をいただいたり、研究費をやりくりしてなんとか

IPCC第3次評価報告書作成をリードする森田さん(右から2番目)準備研究を始めました(翌年から予算がつきました)。最初の3年が終わった時点で、森田、原沢、松岡の3氏がインド、中国、韓国、インドネシアに、共同研究相手を探しに行ったんです。

原 沢 重い液晶プロジェクターをかついで、モデルのデモンストレーションをして回りました。ある国の政府高官に説明したとき、最初の質問が「このプロジェクターはカラオケに使えるか?」。「・・・」一瞬言葉を失いました。共同研究を軌道に乗せるまで数年かかりましたが、中国エネルギー研究所やインドの経営大学院を始め、アジアの一流研究者と国際チームを作ることができました。

——カラオケねえ。つらいですね(笑)。ところでAIMは、研究所内ではどう評価されていますか?

原 沢 当初はなかなか厳しかったですね。研究所は自然科学系の研究者が多いですから、自分で実験や観測をしてデータをとるのが研究活動の中心になります。でもAIMは、もともと政策にどう役立つかという問題解決型モデルを志向しています。モデルそのものはオリジナルなのですが、既存のデータを利用して、将来を予測して行くという形です。そういう研究スタイルそのものへの理解に時間がかかりました。

——それだけAIMは難しいともいえますね。

原 沢 結構順調のように見えて、本当に苦労してここまでできています。

——長い時間ありがとうございました。

AIMを用いた最新研究成果から

アジア太平洋地域において地球温暖化による大きな被害が予想されていますが、一方で、この地域からの温室効果ガスの排出量が急激に伸びており、その対策が緊急の課題となっています。ここでは、アジア太平洋地域での対策の可能性、温暖化による被害、さらに米国が京都議定書から離脱したときの経済影響の3つについて紹介します。

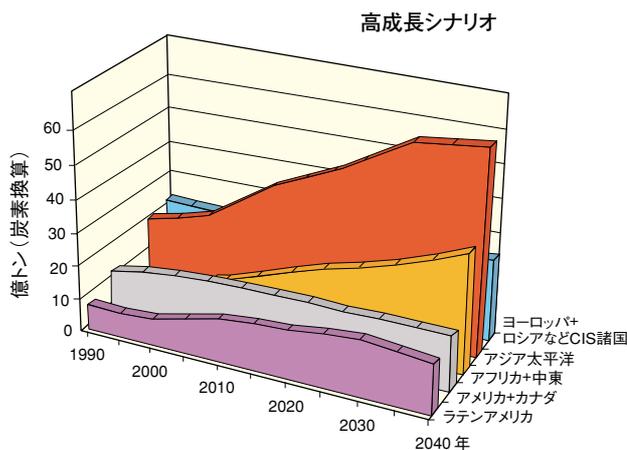
1. アジア太平洋地域の温室効果ガスの排出量予測

京都議定書では、発展途上国の温室効果ガス削減は義務付けられませんでした。しかし、発展途上国の対策の必要性は認識され、今後の排出見通しと削減可能性に大きな関心が集まっています。AIMモデルを用いて、アジア太平洋各国における温室効果ガス排出量の伸びと、事前に対策を講じた場合の効果を予測しています。将来の予測は社会がどのような方向に進んでいくかによって違ってきますが、今後世界が高成長を持続すると想定した場合、アジア太平洋地域の経済発展のポテンシャルは著しく大きく、また石炭から他のエネルギーへの燃料転換が進まないことから、この地域での二酸化炭素(CO₂)排出量の伸びは圧倒的に大きいものと推

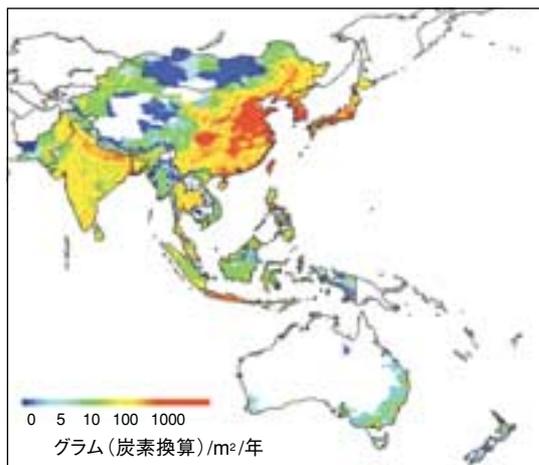
定されます。

中国においては、急速な経済発展によってエネルギー消費量は大きく伸び、2030年には世界第1位の温室効果ガス排出国になることが予想されます。この伸びが、省エネ技術導入などの温暖化防止対策によってどこまで削減できるかを推計しました。このまま高成長が続けば、2030年には2000年と比較して2.3倍のCO₂を排出すると予想されますが、たとえば省エネ技術がスムーズに導入される場合には2倍程度になると推計されました。この削減量は、日本の1990年におけるCO₂排出量の約80%に相当します。

世界の地域別CO₂排出量の見通し



2030年のアジア太平洋地域におけるCO₂排出強度



2. 温暖化による影響

温暖化により引き起こされる重大な影響の一つとして、平均気温上昇とそれに起因する蒸発散変化、降水分布変化などを反映して、農作物の生産適地が変化することが考えられます。

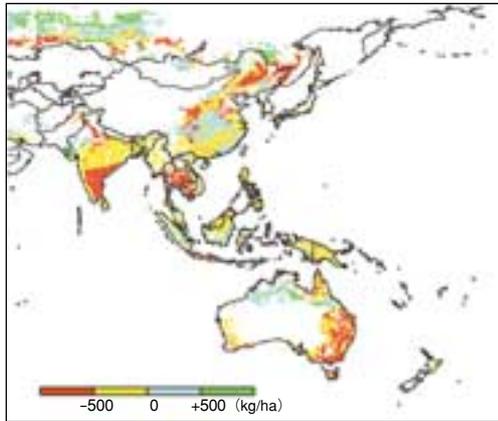
将来の気候予測にはいまだ大きな不確実性があるため、どの地域がどのような影響を受けるかについて正確に予測することはできません。しかし、現状で寒冷

な気候が原因で農作物栽培にあまり適さないロシアやカナダといった高緯度地域で農作物生産性が向上すること、逆に現状で穀物栽培に適した気温の上限に近いところで農作物生産を行っている低緯度地域では現在栽培されている作物は生産に向かなくなり、高温に耐性を持つ品種や他の作物への変更が必要になることなどが、定量的にわかってきました。



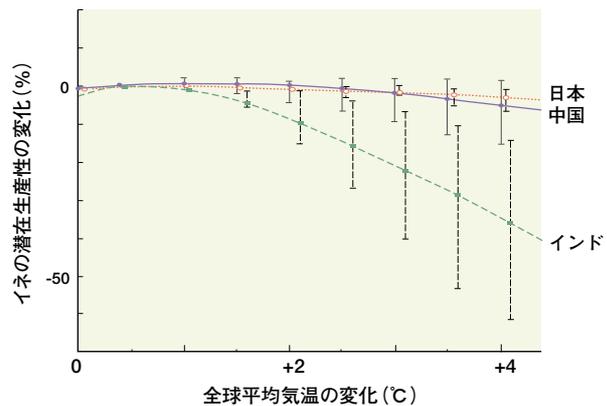
イネの潜在生産性の変化

(2050年代と現在を比較、気候モデルとしてCCSR/NIESモデルを使用)



全球平均気温の上昇に伴うイネの潜在生産性の変化

(縦線は複数の気候モデルによる予測値のバラツキ)



また、温暖化の影響は必ずしも気温上昇に応じて比例して増加するものではなく、ある程度の気温上昇までは大きな影響がないにもかかわらず、ある温度を境目に急激に影響が増加する場合があります。これは、温暖化を野放しにせず、排出削減対策を通じて抑制

していく必要があることを示します。AIMでは、将来の気候予測に基づく農作物の生産性変化を推計し、さらにその推計結果に基づき、世界各国の農作物生産量・輸出入量の変化についても将来見通しを行っています。

3. 京都議定書から米国が離脱したときの経済影響

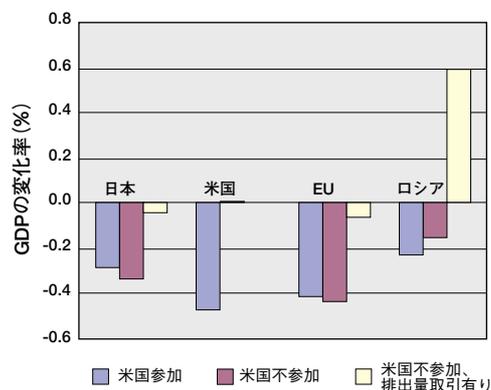
地球温暖化防止のための京都議定書の批准問題が大詰めを迎えています。離脱を表明している米国抜きでも批准すべきだとの意見は、欧州だけでなく日本国内でも少なくありません。しかし、米国抜きで議定書が発効した場合、日本や欧州は国際競争力において米国より不利となり、それぞれが被るマクロ経済的損失が心配されます。たとえば、石油化学製品や鉄鋼などはエネルギーを大量に使って生産するので、日本の企業が温暖化対策を実施した場合、対策を先延ばしにする米国企業より競争力が落ちる可能性があります。どうすれば、この経済的悪影響を回避できるのでしょうか。AIMモデルを使って検討してみました。

まず、米国も参加して京都議定書を達成する場合、2010年時点のGDPは、日本が0.28%、米国、0.47%、EUが0.41%、ロシアが0.23%下がると推定されます。これに対して、米国が不参加の場合、日本、EUのGDP損失が大きくなり、0.33%、0.43%下がると推定されます。米国に比べて国際競争力が落ちることが主な原因です。逆に米国のGDPは0.01%

ほど増加します。

このような事態を避けるためには、京都議定書で認められている国際排出量取引を導入するのがもっとも効果的です。米国が参加しない場合は、排出枠の需要が減って取引価格が下がり、日欧は安い排出枠を購入することができます。これにより、日本および欧州のGDP損失は0.04~0.06%にまで軽減されます。

京都議定書実施によるGDPへの影響



統合評価モデルの開発をめぐって

世界では

統合評価モデルは各国の政策決定に必要なものとの認識が定着してきました。米国では国立太平洋北西研究所、マサチューセッツ工科大学、エール大学、スタンフォード大学で開発された4つのモデル、欧州では、公衆衛生環境研究所(オランダ)、国際応用システム分析研究所(オーストリア)、チンダル気候変化研究センター(イギリス)、ポツダム気候影響研究所(ドイツ)の4つのモデルが政策決定に適用されています。日本ではAIMが代表的なモデルで、アジアの途上国とも共同で開発しています。

統合評価モデルは今まで主に地球温暖化問題に用いられてきましたが、途上国の環境問題、自然生態系の変化、さらに環境と経済の両立といった、より広い問題の分析に使われるようになってきました。



AIMは国際共同研究として開発しています。(第6回AIM国際ワークショップより)

国立環境研究所では

2010年前後における二酸化炭素削減の可能性やその経済影響の分析は、ここ1,2年における統合評価モデルに与えられた大きな課題でしたが、京都議定書以降、2020年から2030年をめざした対策のあり方、さらに今後1世紀にわたる長期的な対策のあり方が問われています。この新しい局面に対応するため、国立環境研究所では、2001年4月から重点特別研究プロジェクトの一つとして「地球温暖化の影響評価と対策効果プロジェクト」を開始しました。その一環として新たに次のような統合評価モデルの開発に取り組んでいます。

1. 経済とマテリアルを統合した 応用一般均衡モデル

温室効果ガス排出量の削減効果の評価に加えて、廃棄物対策や環境投資等、総合的な環境政策の経済活動への影響を分析するために、日本におけるマテリアルフロー(モノの流れ)と経済を統合した応用一般均衡モデルの開発を行っています。

温室効果ガスを削減するための対策はいろいろありますが、鉄鋼部門における電炉の導入や廃プラスチックをコークスに代えて投入するなど、廃棄物問

題にも関連した対策が数多くみられます。廃棄物問題は、地球温暖化問題と並んで重要な環境問題の一つです。廃棄物処理やリサイクルは重要ですが、そのために非常に多くのエネルギーを消費すると地球温暖化を助長させることになります。

こうした複数の環境問題を同時に解決するような施策の導入が求められています。また、深刻な不況からの脱却を図る日本経済においては、環境問題だけでなく経済活動の活性化も見据えた対策が求められています。



AIM研究のホープ達(左より増井、高橋、Yang、藤野)

そこで、さまざまな環境政策や環境保全に向けた環境投資により、モノの流れや種々の環境負荷がどのように改善され、経済活動はどのように変化するか、ということを開発中の応用一般均衡モデルを使って総合的に評価しています。また、このモデルを発展途上国に適用し、環境を保全しながら経済発展を実現させるために必要な対策とその影響を評価しています。(増井 利彦)

2. 適応策を考慮した温暖化影響評価モデル

排出削減に並ぶ温暖化対策として、影響に対する適応の重要度が増えつつあります。そのためAIMでは、従来から進めてきた地球規模の直接的な温暖化影響(農作物の収量低下や河川流量変化等)評価のためのモデル開発に加えて、その直接影響が連鎖的に私たちの生活に与える影響(穀物市場価格の高騰や、それにより引き起こされる食糧不足等)を包括的に見積もるためのモデル開発を進めています。そのモデルの利用により、適応策を講じた場合の効果とそれにかかる費用を比較して、私たちが取り入れるべき適切な適応策を提案します。

また、将来の気候変動による悪影響の低減を目的とした社会資本形成が早い時期に行われた場合、気候変動の悪影響が顕著になる前(21世紀前半)にも、自然災害の緩和を通じて経済発展に役立つ場合があることに注目し、予防的な適応策投資のあり方について検討します。

影響・適応評価の入力データである気候モデルによる将来気候予測は、影響評価結果を大きく左右します。AIMでは気候モデリング研究チームが開発する将来気候シナリオを利用し、影響・適応策評価を行っています。(高橋 潔)

3. 中国のクリーン開発メカニズム導入の評価モデル

今後、中国における温室効果ガス排出量は急速に増加すると予想されています。一方、京都議定書で提案されたクリーン開発メカニズム(CDM)に大きな関心が集まっています。それは議定書の中ではこの規定が南北格差を埋める唯一の方法であるとともに、

今後の持続的発展を考えるうえでも有効な手法と考えられているからです。CDMの実施に当たっては、国内の環境対策や長期的な経済発展に貢献することが期待されています。このため、中国にCDMを導入した場合の二酸化炭素削減効果および二酸化硫黄削減効果を推計するモデルを開発しています。

さらに、今後アジア地域において温室効果ガスの発生量削減対策だけでなく、廃棄物対策や水資源対策等を総合化した対策を実施していく必要があることから、国別排出モデルをさらに一般化して政策分析ができるようにするとともに、アジア各国へ適用していくことを予定しています。(Hongwei Yang, 中国エネルギー研究所)

4. アジア太平洋地域の環境-経済統合評価モデル

21世紀は「アジアの時代」といわれています。それは、成長を続けるアジアの経済活動が世界への影響力をさらに増していくことが予想されているためですが、それに伴う環境問題への懸念も増大しています。そこで、アジア太平洋地域における持続的発展の可能性を探るため、次のモデル開発を進めています。

まず、アジア太平洋地域40数カ国の経済活動・エネルギー需給・水需給・環境汚染物質の排出等を予測するため、過去のトレンド分析に主眼を置いた計量経済モデルを開発しています。各国の政策担当者や研究者たちとモデルを通じたコミュニケーションを重ねることで、各国独自の将来シナリオをデザインすることが目的です。次に、アジア太平洋地域の経済活動・環境対策などがそれぞれの地域、さらには世界に及ぼす影響を評価するため、貿易を考慮した応用一般均衡モデルを開発することで、経済的な持続可能性の道筋を探索します。そして、アジア各国レベルでの生産技術の推移を評価するため、複数の技術オプションの中から生産技術を選択するボトムアップ型のモデルを開発し、技術開発・普及の推移を評価します。これらのモデルを有機的に結合させることで、アジア太平洋地域の持続的発展の可能性を環境と経済の両面から定量的に評価していきます。(藤野純一)

AIM研究のあゆみ

本研究では、平成2年度から以下の課題に沿って、地球温暖化問題に関する対策・影響評価を行うことを目的にして統合評価モデルを開発してきました。

課題名 アジア太平洋地域における温暖化対策分析モデル(AIM)の構築に関する予備的研究(平成2年度)

アジア太平洋地域における温室効果ガスの排出・吸収量を推定して温暖化対策が社会経済へ与える影響を評価するためのAIMモデルの開発に着手し、社会経済シナリオの検討、世界モデルの開発、地理情報システムの整備等を行いました。

課題名 アジア太平洋地域における温暖化対策分析モデル(AIM)の構築に関する研究(平成3年度～平成5年度)

温室効果ガス排出及び気候変化についての世界モデルを拡張するとともに、国別技術選択モデルの基本部分を開発しました。また3つの影響モデル、すなわち水資源量変化モデル、潜在自然植生モデル、マラリア伝染性モデルを開発しました。

課題名 アジア太平洋地域における温暖化対策分析モデル(AIM)の開発に関する途上国等共同研究(平成6年度～平成8年度)

アジア地域の研究者と共同して主要国の国別モデルを開発するとともに、排出量取引などの分析が行える国際貿易を考慮した一般均衡モデルを開発しました。また、影響モデルの構成要素を精緻化するとともに農業影響モデルを開発しました。

課題名 アジア太平洋地域における温暖化対策統合評価モデル(AIM)の適用と改良に関する途上国等共同研究(平成9年度～平成11年度)

経済・エネルギー・土地利用・技術・ライフスタイルなどのモデルを組み合わせたシナリオ作成のためのリンケージモデルやAIM簡略モデルを開発しました。また気候変動シナリオのためのインタフェース、影響の経済評価モデルを開発しました。

課題名 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(平成12年度～平成14年度)

気候政策と地域環境政策等の国内政策、あるいは気候政策と経済政策を同時に実施していくための政策を評価するための統合モデルを開発しています。

この研究は以下の組織・スタッフにより実施されてきました。

<研究担当者>

社会環境システム研究領域

森田 恒幸, 原沢 英夫, 甲斐沼美紀子, 増井 利彦,
藤野 純一, 高橋 潔, 脇岡 靖明
(いずれも地球温暖化研究プロジェクト併任)

客員研究員

松岡 譲 (京都大学大学院工学研究科)

共同研究機関・共同研究者

エネルギー研究所(中国)

Xiulian Hu, Kejun Jiang, Hongwei Yang

地理科学自然研究所(中国)

Jiulin Sun, Zehui Li, Songcai You, Xianfu Lu

インド経営大学院(インド)

P. R. Shukla, Rahul Pandey, Ashish Rana

インド工科大学(インド) Murari Lal

インデラ・ガンジー研究所(インド) V.K. Sharma

サンミョン大学(韓国) Dong Kun Lee

韓国環境研究所(韓国)

Seongwoo Jeon, Hui Cheul Jung

環境省(インドネシア)

Dadang Hilman, Farhan Helmy

パッテル国立太平洋北西研究所(米国)

Ronald D. Sands

国際応用システム分析研究所(オーストリア)

Günther Fischer

メルボルン大学(オーストラリア)

Ian Penna

(財)地球環境戦略研究機関 Tae Yong Jung

龍谷大学 増田 啓子

『環境儀』

地球儀が地球上の自分の位置を知るための道具であるように『環境儀』という命名には、われわれを取り巻く多様な環境問題の中で、われわれは今どこに位置するのか、どこに向かおうとしているのか、それを明確に指し示すしるべとしたいという意図が込められています。『環境儀』に正確な地図・航路を書き込んでいくことが、環境研究に携わるものの任務であると考えています。

2001年7月

理事長 合志 陽一
(環境儀第1号「発刊に当たって」より抜粋)

環境儀 No.2

— 国立環境研究所の研究情報誌 —

2001年10月29日 発行

編集 国立環境研究所編集委員会

(担当WG: 甲斐沼美紀子, 清水英幸, 原沢 英夫, 平野靖史郎, 森田恒幸, 横内陽子)

発行 独立行政法人 国立環境研究所

〒305-8506 茨城県つくば市小野川116-2

問合せ先 (出版物の入手) 国立環境研究所研究情報室 0298(50)2343

(出版物の内容) // 企画・広報室 0298(50)2310

編集協力 (社)国際環境研究協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-1-13



このロゴマークは国立環境研究所の英語文字N.I.E.Sで構成されています。N=波(大気と水)、I=木(生命)、E・Sで構成される○で地球(世界)を表現しています。ロゴマーク全体が風を切って左側に進むように動くのは、研究所の躍動性・進歩・向上・発展を表現しています。



本誌は再生紙を使用しております