



特集：地球環境政策にむけた研究

地球環境の研究は「研究のための研究」ではない。さしつけた地球環境問題をどう解決していくかの国際的議論に基づく大きなフレームワークのもとで、世界の環境保全戦略を構築するための対策や手順、さらには政策効果の評価方法を具体的に示す研究でなくてはならない。日本では戦略論は進んでいるが、これを支える本格的な政策研究の土壤形成はこれからである。本号は、国立環境研究所の内外で進められている地球環境政策形成支援を目的とした研究について特集し、その成果と展望を世に問うものである。

■ 目次 ■ ● 地球環境政策形成にむけた研究の総合化

総括研究管理官 西岡 秀三

● 地球温暖化を防止するための総合評価モデル

地球環境研究グループ

温暖化影響・対策研究チーム主任研究員 甲斐 啓子

● 環境資源勘定研究の第1期研究の成果と今後の研究計画

地域環境研究グループ

主任研究員 森口 祐一

● LCA (Life Cycle Assessment) の研究

社会環境システム部

資源管理研究室長 乙間 未広

● Second Generation Model-Japan の開発とそれによる炭素税導入の経済影響の分析

社会環境システム部

環境経済研究室 日引 聰

● IIASAにおける環境研究

地球環境研究グループ

温暖化影響・対策研究チーム主任研究員 甲斐沼 美紀子

地球環境政策形成にむけた研究の総合化

総括研究管理官 西岡秀三

1. 「遊び」ではいられなくなった科学

もともと科学には社会の「slack」（余裕、遊び、弛み、ため）としての側面がある。

アルキメデスが築城術に長けていた時代には、今までいう科学と技術は一体化していたようだが、占星術や鍊金術の時代になると、科学は夢と好奇心が半分、そのスピルオーバーが技術へ転化されることになる。さらに社会に余裕がででくると、科学は貴族の趣味となり、大学での専門職としても成立し、科学と技術が分化した。「技術」が実社会の問題を解決する道具として経済・政治の仕組みのなかに入り込み、工業化社会発展の基盤となる一方で、「科学」は没価値のこと、すなわち世間ばなれ自体をひとつの価値として、分析的手法にもとづく真理探求を役割として固定してきた。実社会も、研究者は「遊ばせておいて、なにか新しいものをいつか見つけてくれる人達」として、次の飛躍にむけての「ため」の役割を期待するようになったのである。

近代になって、核物理学は冷戦構造をさえた核兵器の基礎理論として世界政治に大きく関与したし、半導体の理論は情報化社会の基礎を築き、二重らせんが生物学・医学を飛躍的に進歩させたから、「遊び」はまさに「遊び」以上に役立っている。そして、人類が地球環境問題に直面したいま、補欠でよかつた科学は、ベンチの隅から引きずり出され、無死満塁のピンチをきりぬけるエースとしての登板を期待されている。

2. 地球環境研究にもマンハッタン計画がいる

科学と社会との二人三脚は、「遊び」である科学から社会への一方通行的知識伝搬だけではない。強力な社会のニーズが科学を引っ張り、「遊び」を「中核」に転化する。連合国と枢軸国の世界的対立の中で、緊急に組織化されたマンハッタン計画が、核物理研究を核兵器にまで技術化し、その後の米ソの軍拠競争にまで政治化した。

今日の地球環境問題は、その根本は自然と人間の対立あるいは共生であるが、解決の糸口は人間社会にある。これまで、地球物理、地球化学、生物、生態系のような科学の分野で自然のメカニズムについて研究がすすみ、また自然を利用した人間生存基盤のあり方については農学・工学が技術開発を進めてきた。さらに、経済発展のための人間行動については、心理学から社会・経済学を動員され、豊かさを作り上げてきた。これまで人間活動をいかに拡大増加させるかに向けて方向づけされてきた科学技術を、いまはむしろ如何に人間活動を減少させるかにむけ直さねばならない。地球環境問題の持つ不可逆性と認識・行動・効果実現までのおくれを考慮すると、早急に人知を結集して人類が共通の戦略をもってことにあたらねばならない。いまこそ世界規模でのマンハッタン計画を再度組む必要があろう。

3. 「アプローチ」を共有するのが精一杯

環境との接点がそれぞれに異なる国家やセクターが決定に参加することを考えると、地球環境問題を解決する一定の解があらかじめ

想定できるような状況にはない。多くの分野にまたがる問題であり、ある特定学問分野の一手法でスパッと切れるものではないし、全体を統合する単一原理はありそうもない。政策でも研究でも多分、「アプローチ」という言葉であらわされる行動原則を共有するまでで精一杯であろう。システム分析で用いる事実の確認、分析、予測、代替案提示、評価選択という「問題解決にむけたアプローチ」がひとつの切り口となり得る。また、行動を起こすことによってより確度の高い情報を得、それを次の行動決定にフィードバックする「探索的アプローチ」が、もう一つの共同行動原理となろう。こうしたアプローチを支援するための「しあげ」をどのように作り上げていくかが、研究の総合化の仕事である。

4.アプローチを支援するしあげ

予算でいえば、約500億円（観測・技術開発を含めると約5,000億円）といわれる地球環境関連予算のなかで、わずか25億円弱が環境庁の「地球環境研究総合推進費」（以下「推進費」という）である。数年前まで環境を冠した大学講座がほとんど無かったことを反映して、研究者資源も決して多くはない。そうしたわずかな資源を集中的に緊急の環境問題解決に向けるためには、

- ①環境問題の解決にむけた決定における個々の科学の役割を明快にし、研究の向かうべき方向を示すこと。
 - ②これらを実現するために、科学者の世界を結集すること
 - ③具体的な政策提言にむけて、横断的な科学的知見の結集を計ること
- が必要になっている。

地球環境研究は「分散型巨大科学」である。即ち、自然科学は自然を代弁し、社会科学は社会の仕組み作りをし、人文科学は環境の意

義を明らかにする。しかし、どの科学もそれだけで環境問題を解決するものではない。地球環境研究は各分野の研究者が自分の研究成果のピースを持ち寄り、となりの研究者と合わせて初めて研究の意義が浮かびあがてくるジクソーパズルなのである。そのパズルのパネルとなることが当地球環境研究センターのひとつの機能である。毎年の交流会議開催や研究者ネットワーク形成によって、上記②の機能を実現しようとしている。

さらに①についても、先端的課題に関するワークショップの開催、データベース利用、IPCCなどの科学と政策を結ぶ会議に積極参加することなどにより、世界の研究情報を「地球環境研究計画（地球環境研究総合推進費による研究計画）」に反映させつつある。

5.意思決定にむけて知識を集約する「総合化研究」

上記③を担当するものとしては「総合化研究」が推進費研究枠の中に設けられており、当センターが主体となって研究を実施している。具体的な政策に近いという面で工学および社会科学面での研究がさしあたり主体となるが、長期的観点からは人文科学も重要な役割を持つ。分野別研究では把握しきれないものの、そこに共通した、人口・貧困・資源・経済・貿易・発展過程・国際関係・ひとびとの生き方・倫理等の問題、さらには政策のツールとしての統計・指標・モデルの開発などが一体となってここで論議される。地球環境研究全体をどう構築するか自体も重要な研究テーマである。

1990年に推進費研究が始まって以来、総合化研究では「持続的発展に向けたモデル開発」「環境資源勘定システムの構築」「地球環境保全のための社会経済システムのあり方に関する国際比較研究」が行われ、上記の総合化

の理念のもとにそれぞれに経済学・社会学・工学・農学等を中心とする大学・国立研究機関及び民間の研究者延べ約100人を横断的に統合したチームを形成して研究をすすめてきた。このうち「社会経済システム研究」(Vol.6 No.2参照)は、平成7年度より推進

費に新たに設けられた「人間・社会的側面からみた地球環境問題」の枠に移動している。

本特集では、総合化研究を中心にして、とくに国立環境研究所の内外でなされている地球環境政策形成支援を目的とした研究のいくつかを紹介するものである。

地球温暖化を防止するための総合評価モデル

地球環境研究グループ

温暖化影響・対策研究チーム主任研究員 甲斐啓子

地球温暖化は世界の社会経済に大きい影響を及ぼし、また、その対策には大きな経済的負担を強いるものと予想されている。とりわけ、アジア太平洋地域において大きな被害が予想されており、また、この地域からの温室効果ガスの排出が急激に伸びていることから、この地域の対策が緊急の課題となってきている。このため、予想される被害を的確に予測するとともに、アジア太平洋各国の温室効果ガス排出量の伸びを推定し、対策を講じた場合の効果を体系的に明らかにすることが求められている。

これらの予測及び評価のため、温暖化影響・対策研究チームでは名古屋大学松岡謙教授と共に、「アジア太平洋地域における温暖化対策分析モデル(AIM: Asian-Pacific Integrated Model)」を開発している。

AIMは、温室効果ガスの排出・気候変化・その影響といった一連のプロセスを統合して分析できる「総合モデル」である(図1参照)。この総合モデルは、各国や地域の経済活動と地球規模の気候変化を結びつけて検討できるだけでなく、地球規模の気候変化が国や地域の社会経済にどのような影響を及ぼすかにつ

いても検討できるため、各種の対策を総合的に評価することが可能である。このようなモデルは現在、世界で3つが動いているが、AIMモデルの大きな特徴は、アジア太平洋地域に焦点を当てていること、及び技術の評価を重視している点にある。

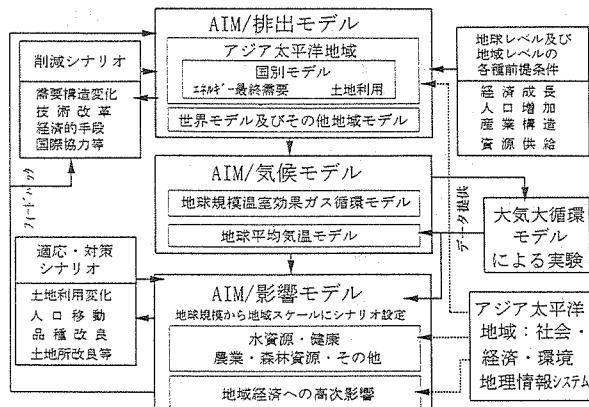


図1 AIMの全体構成

「AIM/排出モデル」の特徴は、市場均衡を基本にして長期的な経済活動の推移を予測するトップダウン型の経済モデルと、各種の技術の導入を考慮してエネルギー消費量等を部門別に積み上げて推定するボトムアップ型のモデルを統合したところにある。これによっ

て、長期的な社会経済の趨勢と個別的な対策の効果との関係を体系的に明らかにできるようになった。

図2は、こうして推計されたアジア太平洋地域の二酸化炭素排出量を表示したものであり、特別な政策を導入しない場合の2100年の値を示している。特に中国、インド、東南アジア、NIES諸国伸びが大きいことが分かった。

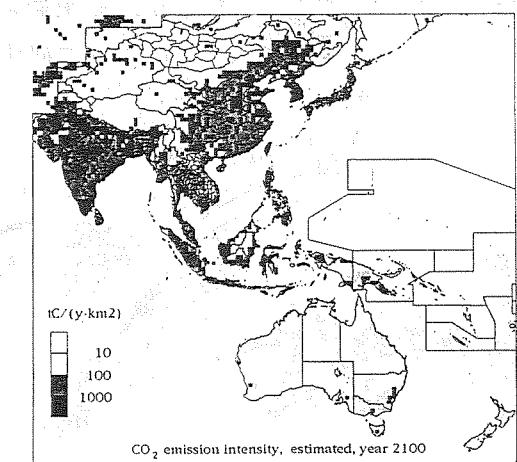


図2 アジア太平洋地域からの二酸化炭素排出量の予測（2100年、標準ケース）

「AIM/気候モデル」の特徴は、今まで開発されている大気化学反応、海洋交換、放射加熱等のモデルと、炭素循環等の独自に開発したモデルを一定のフレームに基づいて組み合わせたことにある。これによって、温室効果ガスの排出と気候変化を結びつけることが可能となった。

「AIM/影響モデル」については、水資源変化、植生変化、健康影響、災害リスクの変化、農業影響、海面上昇等のモデルの開発を進めているが、これらのモデルの特徴は、10~100キロメートル四方を単位地域とした高解像度の分析が可能な点である。これによって、アジア太平洋地域の温暖化影響による被害を詳細に分析できるようになった。

図3は十年確率で生じる渇水時の流量の変

化を示したものである。黒い部分は、渇水時の流出量が40~50%程度減少する地域であり、アジア太平洋地域の大変広い地域で温暖化によって渇水被害のリスクが増加することが判る。

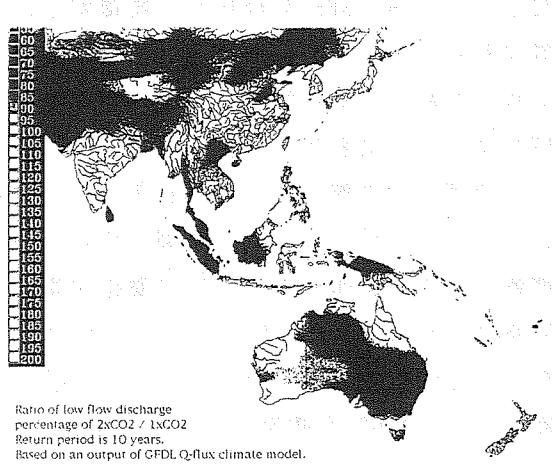


図3 十年確率の渇水時における月間流出量変化の予測

図4はマラリアによる影響を予測したシミュレーション結果で、二酸化炭素濃度が二倍になった時点でマラリアのリスクがどの程度拡大するかを示している。アフリカ南部、オーストラリア北部、中国南部、東南アジア、インド、南アメリカ南部でマラリアのリスクが高まる可能性があることが明らかになった。

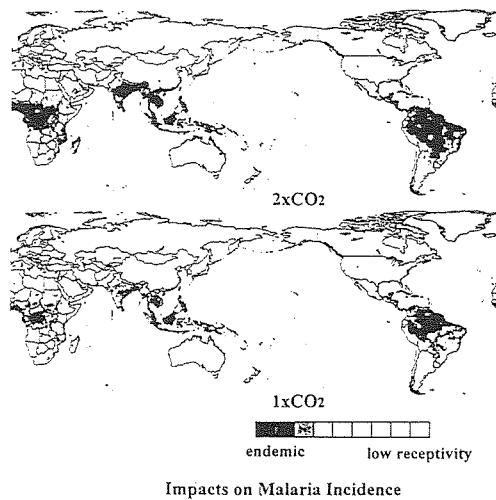


図4 二酸化炭素濃度二倍時のマラリアリスク拡大の予測

なお、温暖化の影響及び対策に関する研究としては、他に、対策技術の評価、植物生態系への影響予測、健康影響に関する研究等の個々の研究プロジェクトが進められているが、これらの成果が、AIMの開発に反映されるよう、緊密な連携が図られている。また、このモデ

ル開発は、世界の共同プロジェクトへと発展しつつあり、現在、アジア地域の途上国と国別モデルの開発や改良を共同で進め、この地域の温暖化対策の評価や国際協調政策のあり方の検討を進めている。

環境資源勘定研究の第1期研究の成果と 今後の研究計画

地域環境研究グループ
主任研究員 森口祐一

環境資源勘定とは、ひとことでいえば、環境負荷や自然資源に関する「帳簿」であり、汚染物質や自然資源のフロー やストックを帳簿の形式にならって記載する物的勘定と、環境汚染による被害や自然資源の減耗を金銭的価値で表現して、従来の経済統計と同じ表上に書き込む貨幣的勘定に大別される。最近、この手法が急速に注目を集めているのは、「持続可能な発展」の達成に向け、環境保全と経済発展の両立を目指した新しい評価体系の確立が緊急の課題となっているためである。地球サミット(UNCED)で採択されたアジェンダ21では、1章を割いて、環境資源勘定開発の必要性を述べている。一方、わが国でも環境基本法第30条において、「環境が経済から受ける影響及び経済に与える恩恵を総合的に評価するための方法の開発に関する科学技術」の振興を明記するなど、この問題に対する関心は内外で急速に高まっている。

こうした内外からの要請に応えるために、わが国の環境資源勘定を作成する手法を整備することが急務であることから、地球環境研究総合推進費により、平成3年度のフィージ

ビリティスタディ(FS)の後、平成4~6年度の3年間、「環境資源勘定体系の確立に関する研究」を実施した。本課題は、国立環境研究所、農林水産省森林総合研究所、農業総合研究所、経済企画庁経済研究所の3省庁4研究所により、総合化研究の枠で実施した。FSによる検討の結果、世界有数のCO₂排出国であり、自然資源の大半を輸入に依存するわが国では、地球規模の環境問題を環境資源勘定の視野にいれることができるとの認識に至ったことから、国立環境研究所では、地球規模の環境変化を反映した環境資源勘定の手法の開発を分担課題として設定した。

国立環境研究所における3年間の研究期間中の取り組みの概要は以下のとおりである。
①持続可能な発展の定義およびこれを計量するための指標について文献レビューを行い、各々をいくつかの類型に整理した。
②OECD等における環境資源勘定に関する国際的活動に参加し、諸外国における最新の取り組みについて情報を収集し、環境勘定の多様なアプローチを類型化した。
③環境経済統合勘定(SEEA)を具体的な問題に適用する際の問題

点の抽出およびデータの入手可能性の整理を行った。④地球規模の問題、金融フロー類に伴う環境変化、環境悪化の蓄積等を扱えるようにするための理論的枠組みとして、国連統計局によるSEEA（環境・経済統合勘定）を改良した枠組み（SEEA完全体系）を提案した。⑤自然資源や工業製品の貿易に伴う環境変化の事例分析のため、国連貿易統計を編集した貿易マトリクスを作成し、木材資源の国際フローや国内での部門間フローを明らかにするとともに、これらのフローを図示するための情報システムを作成した。⑥二酸化炭素等の温室効果ガスを例に、貿易に内包される環境負荷の国際収支の事例分析を行った。⑦いわゆるグリーンGDPを政策目標指標とすることの有効性を、世界経済モデルを用いた二酸化炭素削減シミュレーションによって評価した。

このほか、農林水産省の2研究所では農業分野、林業分野を対象とした部門別の勘定の作成手法の検討を行った。また、経済研究所は、1993年の国連SNA（国民経済計算体系）改訂によりサテライト勘定として導入された環境・経済統合勘定の試算を行っており、その結果が毎日公表されたところである。

平成7年度からは、平成6年度で終了したもう一つの総合化研究課題と課題を再編し、「持続的発展のための環境と経済の統合評価手法に関する研究」の一部として環境資源勘定研究を継続する計画である。国立環境研究所では、「政策目標の設定と評価のための環境資源勘定と環境指標の統合手法に関する研究」を、また、経済研究所では「環境・経済統合勘定の推計に関する研究」を分担し、環境・経済モデルや環境指標等と環境資源勘定をどのように連携させていくかについて研究を進める計画である。

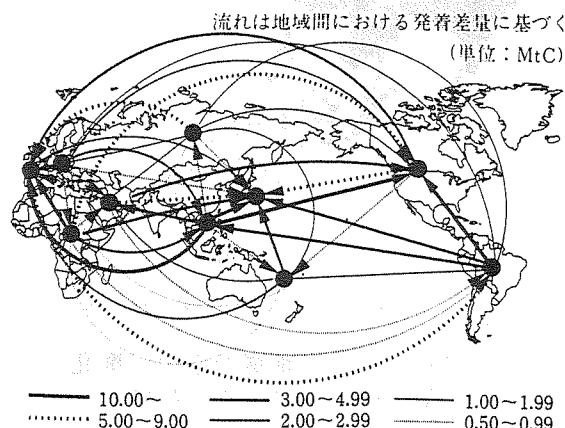


図 貿易による二酸化炭素の間接排出量の国際収支図(地域別のGDP当り排出量で補正した場合)

LCA (Life Cycle Assessment) の研究

社会環境システム部
資源管理研究室長 乙間末広

近年、国内外を問わず、消費者及び企業の双方で、あらゆる活動を環境への負荷のより少ないものにしていくとする関心が高まっている。また、環境保全についての基本理念を定めた「環境基本法」においても、環境

への負荷の少ない持続可能な社会構築の必要性が明文化され、さらに、この目的に向かって、国、地方自治体、事業者、国民それぞれがとるべき責務を規定している。

これに関連して、最近、新聞等でLCA（ライ

フサイクルアセスメント)に関する記事が目に付くようになっている。LCAとは、製品やサービスシステムに関して、そのゆりかごから墓場までのライフサイクル全体を精査し、もたらされる環境負荷を定量的につつ総合的に評価する道具であり、日常の物の生産、消費に係わる活動やサービスの享受がどの程度環境に負荷をかけているかを比較、考量するのに役立つ。また、製品やサービスの全体としての比較だけではなく、LCAの実施により生産過程、消費過程、廃棄過程など重大な環境負荷を生じる具体的なライフステージが明らかになることから、戦略的、効率的な改善に必要な情報が得られる。

LCAの概念が意図するところは非常にシンプルであり、要するに、対象がもたらす環境負荷を時間的、場所的なズレのある間接効果をも含めて全てを計量し総合評価しようとするものである。従って、「地球温暖化」などの地球規模の環境対策とは極めて馴染み易く、持続可能な社会システムの構築には重要な概念と言える。

概念のシンプルさに対比して、その実施には多大な労力を必要とする。一般に、ISO(国際標準化機構)などで議論されているLCAは、

- (1) Goal Definition and Scope (目標設定と範囲)
- (2) Inventory Analysis (目録分析)
- (3) Impact Assessment (影響評価)
- (4) Interpretation (改善の評価)
(or Improvement Assessment)

というフェーズに分割される。中でもインベントリー解析では、具体的な製品について、波及効果の及ぶ範囲をライフサイクルとして規定し、総合評価に必要となる項目のデータを網羅的に収集することになるが、その戦略的手法に今のところ画一的なものはなく、研究の対象と目的に依存する部分が多い。また、

環境負荷が環境をどのように変え、人間の健康や生態系等にどのように影響するかを評価するインパクト評価までを含めた研究はほとんど実施されていない。

国立環境研究所での研究

国立環境研究所においても、LCAについては比較的早くから取り組んでいる。平成2年度から地球環境研究総合推進費により開始された地球温暖化対策関連の研究課題において、エネルギー消費や温室効果ガスの排出に着目し、自動車や住宅のライフサイクル分析を行っている。成果としては、自動車に関して、産業連関表を活用し、ライフサイクルCO₂排出の分析を行い、走行のための燃料による寄与と、自動車の生産・維持管理や道路建設・補修による寄与の割合がおよそ2:1であることを明らかにしたこと、などが挙げられる。

翌平成3年度からは、同じ推進費の汚水・廃棄物関連の研究課題において、飲料容器のライフサイクルエネルギーの比較やごみ発電のエネルギー収支分析など、廃棄物処理・リサイクルシステムのライフサイクル分析を実施し、より合理的なシステム構築に向けて情報を提供した。

これらの先行的な研究を踏まえて、平成6年度から開始した「地球温暖化防止対策技術の総合評価に関する研究」では、LCAをキー概念として、民生、交通、エネルギー等の分野における各種技術を評価する研究を始めている。さらに、ライフサイクルCO₂排出量の分析手法や対策の総合評価手法の開発にも着手している。

一方、地球温暖化問題に限らず、LCAを広く環境問題に適用するため、LCAを中心課題とした予備的研究を平成6年度より始め、平成8年度からは特別研究として本格的にプロジェ

クト化する予定である。現在、各方面で実施されているLCAの大半は、ライフサイクル全体にわたる、エネルギー・資源の利用及び廃棄物（気体、液体、固体）の排出に関するデータを収集するインベントリー解析にとどまっており、環境への影響の観点から種々の代替案を選択したり、対策案実施の意思決定を支援するレベルまでには達していない。予定の特別研究では、自動車交通等の輸送システム及び廃棄物処理・リサイクル等の循環システムを対象に、インベントリーで同定された環境への負荷が人間や生態系にどのような影響を与えるかを総合的に評価する方法を検討し、具体的な施策立案に役立つLCAの開発を目指す。LCAのフェイズでいうところのインパクト評価手法の検討を行う。

以上が国立環境研究所のプロジェクト研究に組み込まれているLCA研究の概要であるが、その他にも、資源の循環利用と廃棄物の減量化に関する経常的な研究においてもLCAの研究に取り組んでいる。

ISOの動向

LCAは製品やサービスの環境的側面を総合的に評価し、それらを比較、改善する有効な手法として世界中から期待されており、その発展と普及のためにも手順の標準化が要求されるようになっている。このような状況のもと、ISOは環境管理関連の国際規格（14000シリーズ）の検討にあたり、環境管理システム（EMS）、環境監査（EA）、環境ラベル（EL）、環境パフォーマンス評価（EPE）、ライフサイクルアセスメント（LCA）の5つのテーマを掲げて1993年より討議に入っている。

LCA小委員会（SC5）はさらに5つのワーキンググループ（WG）を設け、以下の規格を目指している。

- (1) LCA - Principles and Guidelines

- (2) LCA - Inventory Analysis: General
- (3) LCA - Inventory Analysis: Specific
- (4) LCA - Impact Assessment
- (5) LCA - Interpretation
(or Improvement Assessment)

これらのWGには筆者を含め日本からも10名弱の専門家が参加している。作業の進行は、(1)、(2)が先行しており、特に、(1)の「原則とガイドライン」については最終案の最後の詰めに入っている。最大の争点はLCAを用いた公正な比較と情報提供（広告を含む）を維持するために必要となる、クリティカル・レビューとレポーティングをどのように実施し、どこまで義務化するかである。LCAの先進国と後進国、コスト負担への憂慮、貿易障害への配慮など激しい討論が行われている。中でも、将来LCAの発注者となる企業側と受託者となるコンサル側専門家の間での意見対立が際だっていた。しかしながら、参加者の全員がLCAの標準化を必要以上に遅れさせてはならないことを認識しており、議論は収束過程にあるといえる。あと1年程度で最終案の合意が見られるであろう。

(2)の「インベントリー解析」については、規格案の骨子が出来たところであり、文案の協議はこれからである。しかし、(1)の「原則とガイドライン」とは異なり、比較的科学的な議論に終始しており、最終案への合意は早いと予想される。

(4)の「インパクト評価」の規格については、科学的知見も比較的少なく、今まででは発散的な議論が続いていたが、規格案の作成に向けて、この夏から草稿に着手する。筆者もその一部を担当することになっている。

(3)、(5)のWGはまだまとまった議論がなされておらず、規格案作成の日程も今のところ定かでない。

いずれにしても、今後数年間にLCAに関する一連のISO国際規格が発表され、事業者はLCAを活用し環境に配慮した事業の推進をせまられることになり、LCAの普及に弾みがつくであろう。また、それに伴いより精度の高い

LCA、より簡便なLCA、新たな対象に適用できるLCAなど手法開発に対する様々な要求がでてくるものと思われ、この分野の研究活性化を怠るわけにはいかないであろう。

Second Generation Model-Japanの開発と それによる炭素税導入の経済影響の分析

社会環境システム部
環境経済研究室研究員　日引聰

1. はじめに

炭素税（化石燃料などに含まれる炭素分に比例してかける税金）の導入は、主に化石燃料の消費量を削減し、地球温暖化を防ぐための政策手段として注目されている。しかし、一方で、物価上昇による有効需要の減少を通して、実質GDP（国内総生産）を減少させる。このため、炭素税の導入によって、どの程度実質GDPが減少するのか、また、炭素税収をどのように使えば、あるいは、どのような政策を組み合わせれば経済への影響（言い換えれば、実質GDPの減少）を小さくできるか、などに関する知見が、政策検討する上で必要となる。このような問題に答えるために、経済モデルが世界中で開発されている。

私は、平成5年度から、温暖化対策の経済影響分析のための世界経済モデルを開発するプロジェクトである、SGM（Second Generation Modelの略称）プロジェクトに共同研究者として参加している。これは、アメリカのBattelle研究所のJ. Edmondsらが中心となって進めているプロジェクトであり、アメリカや日本を始めとする約20ヶ国あるいは地域のサブモデルを開発し、それをリンクさせて世

界モデルをつくるものである。現在は、USモデル、ECモデル、インドモデル、韓国モデル、日本モデルが完成し、メキシコモデル、ロシアモデル、ブラジルモデル、中国モデルなどを開発中である。今後は、アフリカモデル、東南アジアモデル、オセアニアモデルなどが開発される予定である。

このプロジェクトの中で、私はR.D.Sands（Battelle研究所）とともにSGM日本モデルを開発してきた。現在は、開発したモデルを使って、日本一国に関する政策分析を行なっている。以下では、まず、SGMについて簡単に説明し、次いで、これまでに行なった炭素税の経済影響の分析例を紹介する。最後に、今後の研究課題について述べることにしたい。

2. SGMの特徴

SGMは、Computable General Equilibrium Model（計算可能な一般均衡モデル）の一種である。このモデルの特徴は、

- ①エネルギー部門を詳細に描いている。したがって、一次エネルギー（石油、天然ガス、石炭、原子力、水力）の消費がどのように変化するかを分析でき、エネルギー・ミックスの

変化（炭素集約度の高いエネルギーからそうでないエネルギーへの代替）を考察できる。具体的には、以下のように9つの産業に分割され、さらに電力産業については5つの小部門に分割されたモデルである。

1	農林水産業
2	石油鉱業
3	天然ガス鉱業
4	石炭鉱業
5	核燃料製造業
6	電力／石油火力、LNG火力、石炭火力、原子力、水力
7	石油石炭製造業
8	ガス供給
9	その他産業

②一般均衡モデルである。

③前期までの資本ストックと外生変数（生産性上昇率、将来人口、石油・石炭・天然ガスの将来輸入価格）を所与として、毎期の産業連関表を計算する。（基準年は、1985年である。）

④各産業の生産関数はCES関数を仮定しているので、産業連関表における投入係数は、固定的ではなく、価格変化に応じて投入係数が変化する。すなわち、生産要素の価格の変化による生産要素間の代替が考慮されている。

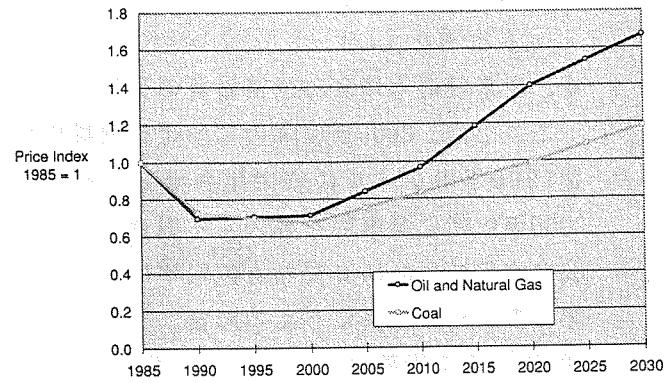
3. SGMの主要な仮定と基本ケースの設定

炭素税を分析する前に、まず、基準ケース（何の政策もない場合に想定される将来の日本経済）を設定する必要がある。SGMでは、①将来の各産業の技術進歩（生産性の上昇率）、②石油、天然ガス、石炭の将来の輸入価格、③将来人口、④貿易収支の4つの仮定を設定することによって、基準ケースを設定することができる。これらの仮定は、以下の通りである。

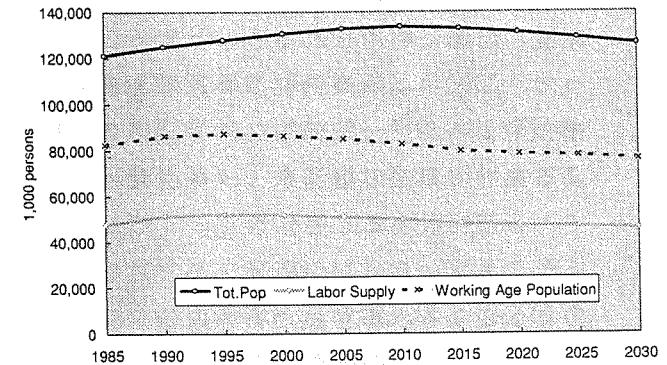
①産業別の将来の技術進歩率

	産業	生産性上昇率（%/年）
1	農林水産業	1.00%
2	石油鉱業	1.00%
3	天然ガス鉱業	1.00%
4	石炭鉱業	1.00%
5	核燃料製造業	0.01%
6	電力	0.10%
7	石油石炭製造業	0.00%
8	ガス供給	0.00%
9	その他産業	1.00%

②石油、天然ガス、石炭の将来の輸入価格



③将来人口



④貿易収支

ここでは、貿易収支－GDP比率について以下のような仮定をおいている。

年	1985（実現値）	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
比率	3.6%	3.0%	3.0%	2.0%	1.0%	0.0%	-1.0%	-2.0%	-2.0%	-2.0%

以上の仮定から、1985～2030年の間の日本経済について、SGMによって想定される基準ケース計算結果についてまとめると以下のようになる。

①1995年以降の実質GDPは年平均1.5%～20.%の間で安定的に成長し、2030年の実質GDPは、1995年のそれの1.7倍になる。

②1995年以降の一次エネルギー消費は、年平均0.7%で増加し、2030年の一次エネルギー供給は1995年のそれの1.3倍になる。

③1995年以降のCO₂排出量は、年平均0.6%で増加し、2030年のCO₂排出量は1995年のそれの1.2倍になる。

4. 炭素税導入による経済影響の分析

ここでは、2000年以降の二酸化炭素排出量を1990年のレベルに安定化させるために、2000年以降に炭素税を導入する場合に、

- ①安定化のために必要な炭素税率はいくらか？
- ②このとき、経済に与える影響、特に、実質GDPに与える影響はどれくらいか？

について、分析結果を紹介しよう。ただし、炭素税の導入によって生じる税収は、所得税減税の財源に利用されるものとする。したがって、2000年以降炭素税の導入によるエネルギーやエネルギー集約的な財の価格の上昇による家計の負担の増加を、所得税減税によって、一部相殺することになる。

シミュレーションの結果をまとめると以下のようにになる。ただし、右中央のグラフはシミュレーションの結果をグラフに表したものである。これは、先に設定した仮定の下で、安定化のために導入すべき炭素税率、基準ケースと比較したときの二酸化炭素削減率及び実質GDPの減少率を表している。

- ①CO₂安定化のために、削減すべきCO₂の削減率は、基準ケースと比較して、2000年には16%であり、以降年々削減率は大きくなり、

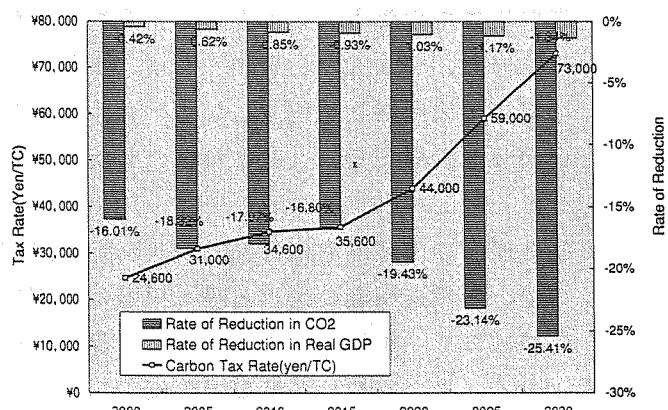
2030年には25%になる。

②このとき、2000年において導入すべき炭素税の水準は、炭素1t当たり24,600円であり、年々その水準は高くなり、2030年では、73,000円になる。

③2000年以降の実質GDPは、基準ケースと比較して、平均0.9%減少する。

④二酸化炭素の削減率の年々の増加とともに（16%→25%）、炭素税率が上昇し、実質GDPの減少率も大きくなる。

⑤年々の炭素税率の上昇率や実質GDPの減少率の増加率が二酸化炭素の削減率の増加率以上に大きい。これは、二酸化炭素を削減するための限界費用が遞増するからである。



炭素税率と二酸化炭素削減率および実質GDPの減少(対基準ケース)

5. まとめと今後の研究課題

先の分析結果からもわかるように、基準ケースで将来1.5～2.0%の実質経済成長を想定している中で、対基準ケースの実質GDP減少率が平均0.9%であるということは、炭素税の導入による経済影響はそれほど小さくないことを示唆している。ただし、このモデルでは、太陽エネルギーの利用可能性の拡大や複合発電の大幅な導入など、新たなエネルギーや現在開発中あるいは将来開発可能性のある技術などの導入が考慮されていない。したがって、

ここで紹介した計算結果は、もし新エネルギーなどに関する技術開発が進展しなかった場合の、最悪のケースの場合の経済影響を示したもの、言い換えると、経済への影響の最大値を表している。新しい技術の導入可能性を考慮すれば、エネルギー効率がより上昇したり、炭素集約的なエネルギーからそうでないエネルギーへの代替がよりスムーズに進むことにより、炭素税の水準も低下し、経済への影響がより小さくなるであろう。

最後に、今後に残された課題について述べたい。

第一に、炭素税の経済影響を考える場合、その税収をどのように使うか、たとえば、炭素税収を使って政府支出を増加させるか、所

得税減税の財源に使うかなどを考慮に入れて分析することが重要になる。（Tax recycleの問題）今後は、炭素税収の使い方の違いによって、経済に与える影響や炭素税率はどの程度違うかについて分析し、どのようなTax recycleをすれば経済への影響を小さくできるかについて検討する。

第二に、現在のモデルを、新しい技術の導入可能性を考慮したモデルに拡張する必要がある。これを使って、炭素税の導入による経済影響や炭素税率を求め、炭素税の導入が新しい技術の導入時点をどの程度早め、技術の導入がない場合に比べて経済への影響をどの程度小さくできるか、について分析する。

IIASAにおける環境研究

地球環境研究グループ

温暖化影響・対策研究チーム

主任研究員 甲斐沼美紀子

1. IIASAの概要

国際応用システム解析研究所（IIASA: International Institute for Applied Systems Analysis）は、1960年代、ケネディ・フルシチョフ会談で軍縮が話し合われた時、軍事目的に投資する代わりに、平和目的の研究所を作ろうということが合意され、さらにジョンソン・コスイギン会談を経て、1972年の10月に設立された学際的な研究所である。

IIASAは、現在、ウィーンより南西約20km離れた、ハプスブルク家の古城、Schloss Laxenburg内にある。Schloss Laxenburgは、18世紀に、ハプスブルグ家の夏の別荘として建てられたもので、当時の皇帝が狩りを楽し

んだ広大な庭園の中にある。

所長の応接室は、フランツ・ヨーゼフ皇帝の後、エリザベートの居室でもあったところで、テレジアン・カットのシャンデリア、 2.5×4 mのマリア・テレジアの肖像画、あるいはロココ調の家具等が当時の様子を偲ばせている。附属の劇場用のホールでは、今でも音楽会が催されたりしており、会議も時にはこのホールで行われる。マリー・アントワネット達が遊んだというBelvedere（見晴らし部屋）も修復されており、夏には各国から来た学生達の居室として使われている。

当初は東側諸国と西側諸国との交流の場として重要な役割を果たしてきたが、ベルリン

の壁の崩壊後はIIASAの役割も変化してきており、現在は地球環境の研究を中心に多くの国際的な研究が行われている。

現在、IIASAには、アメリカ合衆国、ロシア、カナダ、日本、オーストリアなどの17ヶ国が理事国として参加しており、約30ヶ国から、250人前後の研究者およびスタッフが在籍している。

2. IIASAでのプロジェクトの紹介

IIASAでは人口問題、酸性雨問題、土地利用の変化、森林資源の減少、エネルギー問題などが取り組まれてきた。酸性雨解析用のRAINSモデルや、世界食料需給モデルのBLSモデル、人口予測シナリオなど是有名である。

現在は、i) 地球環境の変化、ii) 世界経済と技術変化、iii) システム解析手法の3つのグループに分かれており、それぞれのプロジェクトは以下の通りである。

i) GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE

- Transboundary Air Pollution
- Regional Material Balance Approches to Long-Term Environmental Policy Planning
- Implementation and Effectiveness of International Environmental Commitments
- Modeling Land Use and Land Cover Changes in Europe and Northern Asia
- Radiation Safety of the Biosphere
- Population, Development and Environment

ii) GLOBAL ECONOMIC AND TECHNOLOGICAL TRANSITIONS

- Environmentally Compatible Energy Strategies
- Forest Resources, Environment and

Socioeconomic Development of Siberia

- Economic Transition and Integration
- Systems Analysis of Technological and Economic Dynamics

iii) SYSTEMS METHODS FOR THE ANALYSIS OF GLOBAL ISSUES

- Optimization under Uncertainty
- Methodology of Decision Analysis
- Dynamic Systems
- Risk Policy and Complexity
- Advanced Computer Applications

また、毎年6月～8月の間夏期学校が開かれており(YSSP: Young Scientist Summer Program)、理事国から60～70人の博士過程の学生達が参加している。今年は国立環境研究所からも社会環境システム部の川島康子研究員が参加し、政策研究をしている。現在IIASAで活躍している研究者の中にはYSSP出身者も多い。

3. IIASAに滞在して

IIASAでは、環境、エネルギー、食糧問題等の応用を主体とした研究とともに、理論や方法論などのシステム解析手法の開発なども行われている。私は、1994年4月1日から9月30日の半年間、意思決定支援システムの方法論(MDA: Methodology of Decision Analysis)のプロジェクトに参加する機会を得た。IIASAでは1970年代にDantzig博士によって線形計画法の研究が始められて以来、ポーランドの研究者達とも協力して、線形計画法や多目的意思決定などの方法論やソフトウェアの研究・開発が行われてきた。

これらの手法の応用として、農業問題や水

資源問題への応用が盛んで、数千の変数を持ち、数千の制約式を持った大規模な問題が解かれている。

筆者は、MDAで、日本で開発していたエネルギー需要モデルの解法の研究を行った。本モデルは、産業部門、家庭部門、運輸部門などの各部門ごとに、ボイラーや電気製品、車や飛行機などで使われているエネルギーを集計し、エネルギーの将来予測を行うモデルである。モデルを適用して、環境税が省エネ技術等の個別対策技術を普及させるためにどの程度の効果があり、結果としてどの程度の二酸化炭素を削減できるか、また、環境税とともに補助金等の各種政策を組み合わせることによって、これらの効果がどの程度増加するかを明らかにするための研究を行っている。

4. 温暖化総合モデルの開発

IIASAでは、エネルギーのプロジェクトを中心に戦略消費に起因する温室効果ガス削減の方策とその影響を総合的に分析する研究が行われている。

温室効果ガスの削減問題に関する会議が毎年開かれており、温室効果ガスの排出モデル、削減の影響をシミュレートする経済モデルなどが検討されている。

Energy Modeling Forum 14 (EMF14) もその一つであり、継続的に会議が開かれているが、昨年の12月にはIIASAで開催された。EMF14は、気候変動に関する世界の主要な総合モデルを、共通のシナリオの元に比較、分析し、それらのモデルの予測結果の違いが、モデル構造が違うためなのか、シナリオが違うためなのかを明らかにすることを目的としている。IPCCに取り上げられている16のモデルに、いくつかのモデルを加えて検討している。我々が開発しているAIM (Asian-Pacific Integrated Model: 本号p4、甲斐参照) もその1つであ

る。モデルはシンプルなものから複雑なものまで様々である。AIMは自然システムへの影響も含んだかなり複雑な総合モデルである。

EMF14では、シナリオの重要な入力を共通にするため、入力条件を標準化している。入力条件としては、人口、経済成長の見通し、石油価格、化石燃料資源制約、技術革新の程度などがある。例えば、世界人口予測としては、1990年に52億、2000年に62億、2100年に113億となるIPCCのIS92Aシナリオを使用している。二酸化炭素排出量の結果は、1990年に約58億トン・カーボンであったものが、標準シナリオで、2100年には、100億トン・カーボンから300億トン・カーボンになるという推定であった（但し、500億トン・カーボン近くになるという予測もあった）。

IIASAでは、人口、酸性雨や土地利用などのプロジェクトと共同して、温室効果ガスの排出量の予測とともに温室効果ガスの影響もモデル化することを試みている。

5. これからの交流

IIASAは、世界でもめずらしい政治とは一線を画した学際的な研究所である。これまでの理事国はアメリカ合衆国、西ヨーロッパ、カナダ、日本などの先進国と、旧ソビエト連邦を中心とした旧共産圏の国々であったが、最近は、発展途上国との連携を深めようとしている。このため、南北基金を設置して、途上国からの研究者を招聘している。このための資金は、ロックフェラー財団からも提供されている。

1996年4月22~23日には‘IIASA days in Japan’が企画されており、IIASAの主要な研究者達が日本を訪れシンポジウムが開催される予定である。日本との一層の交流が期待される。

地球環境研究センター活動報告（7月）

- 1995.7.上旬～下旬 地球環境モニタリングステーション落石岬にて計測システム構築作業を実施(北海道)
- 18 神沢研究管理官が極域気水圏シボウムに出席(東京)
- 19 地球環境研究総合推進費「オゾン層の破壊」分野の研究連絡会議を開催(つくば)
- 20 地球環境研究総合推進費「地球温暖化影響・対策」「地球温暖化現象解明」の2分野の研究連絡会議を開催(つくば)
- 21 地球環境モニタリング検討会GEMS/Water分科会摩周湖ベースラインモニタリング専門分科会開催(北海道、北見市)
- 21 地球環境モニタリング検討会成層圏モニタリング分科会北域専門分科会開催(北海道、陸別町)
- 24 地球環境研究総合推進費「酸性雨」の分野の研究連絡会議を開催(つくば)
神沢研究管理官が地球環境観測委員会将来衛星/センサ次期プロジェクトチームオゾンセンサグループ(第3回)に出席(東京)
- 25 西岡総括研究管理官が地球環境研究総合推進費「人間・社会的側面からみた地球環境問題」の分野の検討会に出席(東京)
- 26 地球環境研究総合推進費「熱帯林の減少」「野生生物種の減少」の分野の合同研究連絡会議を開催(つくば)
- 27 地球環境研究総合推進費「海洋汚染」の分野の研究連絡会議を開催(つくば)
- 28 大坪研究管理官と中井係員がIGBP専門委員会LUCC小委員会拡大役員会に出席(東京)
MIT地球環境研究グループ来訪(つくば)

地球環境研究センター出版物一覧 (CGERシリーズ)

C G E R N o .	タ イ ト ル
A001-'91	地球環境研究センター年報
A002-'93	地球環境研究センター年報 Vol.2 (1991年10月～1993年3月)
A003-'94	地球環境研究センター年報 Vol.3 (平成5年4月～平成6年3月)
D001-'92	G R I D - T S U K U B A (パンフレット)
D003-'94	温暖化の影響評価研究文献インベントリー (日本編)
D004-'94	GRID全球データセットユーザーズガイド
D005-'94	GRID GLOBAL DATA SETS: DOCUMENTATION SUMMARIES
D006-'94	GRID DATA BOOK
D007(CD)-'95	Collected Data of High Temporal-Spatial Resolution Marine Biogeochemical Monitoring by Japan-Korea Ferry (June 1991- February 1993)
M003-'93	ANNUAL REPORT ON GLOBAL ENVIRONMENTAL MONITORING -1993-
M004-'94	MONITORING REPORT ON GLOBAL ENVIRONMENT -1994-
I001-'92	GLOBAL WARMING AND ECONOMIC GROWTH

IO09-'93	The Potential Effects of Climate Change in Japan
IO10-'94	CGER'S SUPERCOMPUTER ACTIVITY REPORT 1992 Vol.1
IO12-'94	Climate Change: Policy Instruments and their Implications (IPCC Working Group III)
IO13-'94	Estimation of Carbon Dioxide Flux from Tropical Deforestation
IO14-'94	PROCEEDINGS OF THE TSUKUBA OZONE WORKSHOP
IO15-'94	IPCC Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations
IO16-'94	CGER'S SUPERCOMPUTER ACTIVITY REPORT Vol.2-1993
IO17-'95	PROCEEDING OF LAND USE FOR GLOBAL ENVIRONMENTAL CONSERVATION(LU/GEC)
GO01-'93	アジア太平洋地域における社会経済動向基礎調査データ<各国別資料集>

地球環境研究総合推進費報告書

地球環境研究総合推進費 平成5年度終了研究成果報告書

地球環境研究総合推進費 平成5年度研究成果報告集（中間報告書）（I）

地球環境変動に関する日米ワークショップ報告書

PROCEEDINGS OF THE THIRD JAPAN-U.S. WORKSHOP ON GLOBAL CHANGE MODELING AND ASSESSMENT Improving Methodologies and Strategies

平成7年9月発行

編集・発行 環境庁 国立環境研究所
地球環境研究センター
連絡先 交流係

〒305 茨城県つくば市小野川16-2
TEL. 0298-50-2347
FAX. 0298-58-2645

このニュースは、再生紙を利用しています。