

京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻大気・熱環境工学分野あるいは地球環境学堂地球益学廊環境統合評価モデル論分野の紹介

教授 松岡 譲 matsuoka@envhost.env.kyoto-u.ac.jp
助教授 藤原健史 takeshi@env.kyoto-u.ac.jp
助手 河瀬玲奈 rkawase@atthehost.env.kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

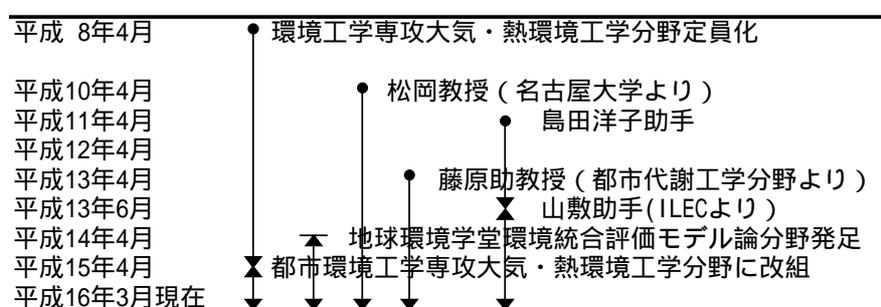
地球温暖化、酸性雨、途上国における大気汚染問題などの影響評価や対策を立てるには、自然科学だけでなく社会・人文科学分野にもわたる知識と情報を有機的に統合する必要があります。それらを踏まえた上で影響の大きさを推計したり、対策の立案やその効果を予測しなければなりません。われわれの研究室では、大気環境やエネルギーに関する問題を中心に地球環境や地域環境に係わる問題を取り上げて、出来るだけ広い領域範囲に立って関連情報の整理や関連事象の数理モデル化、定量的な検討解析、将来推計、対策の立案やその効果の評価などに関する研究を行っています。また、この研究室は工学研究科の都市環境工学専攻（旧環境工学専攻）と、地球環境学堂（地球環境学大学院の研究部の名称）の地球益学廊および地球環境学舎（地球環境学大学院の教育部の名称）の地球環境学専攻、環境マネジメント専攻にまたがって研究・教育を行っており、環境問題に関する工学的かつ経済学的アプローチを同時並行的に行うことによって社会性があり応用力高い人材を育成することに主眼を置いています。

2. 研究室の系譜

わが研究室は、京都大学の大学院重点化の一環として平成 8 年 4 月に環境工学専攻環境マネジメント工学講座の一分野（大気・熱環境工学分野）として定員化されましたが、実際の発足は松岡 譲教授が名古屋大学から移動した平成 10 年 4 月です。松岡教授は、京都大学助手、国立公害研究所総合解析部、京都大学助教授などを経て名古屋大学大学院工学研究科環境システム工学講座教授として地球環境問題、特に地球温暖化モデルの開発に取り組んでおりました。京都大学に移動後も引き続きこのテーマを継続し、現在においても研究室研究の一つの柱となっております。発足時には、教官 1 名のみで学生もおりませんでした。平成 10 年 5 月には地球工学科環境工学コース 4 回生 5 名の配属、また 10 月には博士課程への入学生があり、次いで、平成 11 年 4 月には島田洋子助手の着任（平成 13 年 3 月に神戸市環境保健研究所へ転出）など、研究室としてのさまを徐々に具えてきました。その後、平成 13 年 4 月には藤原健史助教授、同年 6 月には山敷庸亮助手の着任がありました。藤原助教授は、京大衛生工学科平岡研究室にて都市ごみ焼却炉の自動制御に関する研究で博士学位を取得し、その後、国立公衆衛生院衛生工学部、京都大学、大阪大学、

奈良先端科学技術大学院大学、京都大学環境工学専攻都市代謝工学分野（武田研）助教授を経て、当研究室に配置換えになりました。さらに、平成14年4月からは大学院地球環境学大学院との両任（ダブルアポイントメント）、平成15年4月には大学院工学研究科環境工学専攻環境マネジメント工学講座から工学研究科都市環境工学専攻環境システム工学講座への改組があり、また平成16年4月からは京都大学自体の法人化が行われます。この間、学部教育は、一貫し基幹講座（大学院に属しながら学部教育も兼任する講座）として工学部環境工学科および地球工学科環境工学コースを担当してきました。また、平成15年度の当研究室在籍学生数は、学部生3名、修士課程院生17名、博士課程院生4名の計24名と、発足当時に比べ4倍となっております。表1に、以上の系譜を一覧します。

表1 研究室の系譜



3. 教育活動

われわれの研究室では地球環境や大気環境に係わる問題を、工学技術、社会科学など出来るだけ広い観点から取り上げ、定量的モデリングなどの手法を使って取りまとめ、それらに基づいた対応策の立案やその効果判定といったことを行っております。こうした営みの研究的な側面については次節にまとめておりますが、ここでは教育活動を中心に紹介しますと、まず、学部の地球工学科では低学年対象の数理系基礎科目「地球工学基礎数理」および情報系基礎科目「情報処理及び演習」を分担するほか、環境工学コース及び土木工学コース3回生向けに地域大気環境問題や地球環境問題に関する基礎的かつ必須的な知識の教授を目的とする「大気地球環境工学」を開講しています。さらに大学院工学研究科では「大気環境管理」及び「環境システム論」を開講し、前者では地球温暖化問題を例にとって、技術開発とその普及、科学的メカニズムの解明と政策対応などのフロンティアの紹介を出来る限りビビッドに行うよう努めています。また、後者では、都市環境や環境施設を中心に数理的解析やモデリング技術を教授し、環境技術・研究者としてのディシプリン涵養を行っております。また、地球環境学大学院向けには、近年、地球環境政策の策定支援に不可欠なツールとなって来た「地球環境モデリング」に関する講義を開講し、その歴

史や実際政策との係わりに関する講義及び地球環境問題のモデルとして本質を失わない程度に簡略化したモデルプログラムの作成演習を行っております。

このように本研究室は、学部教育としては工学部に、大学院教育としては工学研究科及び地球環境大学院に属しており、それぞれの大学院用の研究室名として大気・熱環境工学分野及び環境統合評価モデル論分野と異なった名前を持っていますが、修士研究あるいは博士研究の指導・内容にはほとんど分け隔てなく行っております。研究室内のセミナーとしては、研究室員全員が参加し週1回の頻度で行うものや、個別的な研究領域に関連する教官、学生を対象とした小セミナー等を延べにして週5回程度は行っています。全員参加のセミナーでは、教官あるいは学生を報告者としてある程度まとまった段階での研究経過報告やホットな論文の紹介などを行っており、担当となった者は報告前にかかなりの時間を割いて準備をしなければなりません。

また、本研究室は、複数組織に跨ることや広範囲な領域を研究対象としていることもあって学生の多様性が高く、平成15年度を例にとれば、女子学生比率は25%、出身大学・学部についても京都大学からは地球工学科環境工学コースは勿論のこと、同学科土木工学コース、工学部分子工学科及び農学部、また他大学としては名古屋大学理学研究科、東京大学工学部、大阪大学工学部、同志社大学工学部、釜山大学工学部などに及んでおります。

4. 研究内容

前述した「地球環境や大気環境に係わる問題を、工学的及び社会科学的側面から定量的なモデリング手法で表現し、それらに基づき対応策の立案やその効果判定を行う」と言った研究アプローチを次の三つの領域を中心に展開しています。

4.1 地球環境統合評価モデルの開発

社会・経済活動に伴い、二酸化炭素、亜硫酸ガス、ばいじんなどが環境中に放出され、周囲や地球全体に影響や損害を与えます。これらの問題に対処するためには、人口都市化、経済発展、エネルギー消費等の事象と汚染物の排出、その環境への影響等の事象を一連のものとして統合的に把握し、効果的かつ予見的な対策を実施していく必要があります。このような問題を検討する道具として、近年、統合評価モデル(Integrated Assessment Model, IAM)が必須的役割を担うようになってきました。松岡らは1990年頃から国立環境研究所と共同して地球温暖化に関する統合評価モデル(アジア太平洋統合評価モデル、AIM)の開発を行ってきました。図1はこのモデルのフレームを描いたものです。この活動は現在でも発展されており、今後100年間の地球環境をめぐる様々な問題、例えば途上国大気環境問題、土地利用改変問題、地球規模水資源問題などについて、より包括的な視野から検討するツールへの構築を目指しています。さらに、この研究は中国エネルギー研究所、インド経営大学院、A I T、ソウル大学等と共同で遂行しており、これら各国への適用や情報収集のため頻繁な交流を行っております。また、このモデルは気候変動に関する政府間パネ

ル(IPCC)地球環境アウトルック(GEO3)、ミレニアム・エコシステム・アセスメント(MA)など、地球環境問題に関する国際的評価作業の主要モデルとして使用されました。

また、これらの研究に関連し、平成14年の土木学会論文賞、平成12年及び平成13年の京都大学衛生工学研究会研究奨励賞を受賞しました。

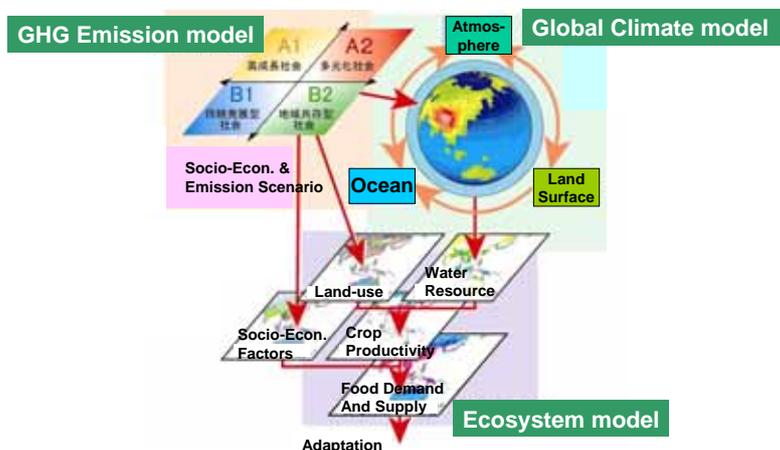


図1 地球温暖化統合評価モデル

4.2 産業および家庭からの環境負荷の発生とその抑制技術の展開に関する研究

この領域の研究では、1) 産業や家庭における資源使用、廃棄物発生あるいはエネルギー消費行動や、2) それらを抑制するキーテクノロジーの展開、及び、3) それらの営みとマクロ経済との関連性、を数理モデルを使用して人間活動が環境に及ぼすストレスとその抑制努力の絡み合いをダイナミックかつ定量的に描き、それらに基づき環境施策、環境技術の評価と進展に係わる諸問題を研究しています。具体的には、一般均衡型経済モデルや社会経済システム内の物質収支・変換を表現するモデルをベースとして、家計における消費嗜好や財の使用・廃棄メカニズムあるいは生産工程の工学的表現に基づいた物質収支・環境負荷発生やそれらを抑制する工夫などを統合し、循環型社会のデザインを行うにあたって十分なりアリスティックさと表現力を持つモデルの構築を目指しております(図2)。またこの構築にあたっては、1) 家計消費行動及び企業生産活動における経済的、時間的、制度的制約条件の推移と環境イノベーション技術の発展・普及の絡み合いをいかに表現するか、2) それらをどのように組み合わせれば、今後50年間に予想される各種の環境制約を克服できる経路を描けるか、の二点が要諦であり、それに向けた研究勢力の集中に腐心しております。これらの研究に関連して開発したモデルにAIM/enduseと称するものがありますが、このモデルはCOP3の際のわが国削減目標論争や、最近の炭素税論争などの根拠として使用されました。

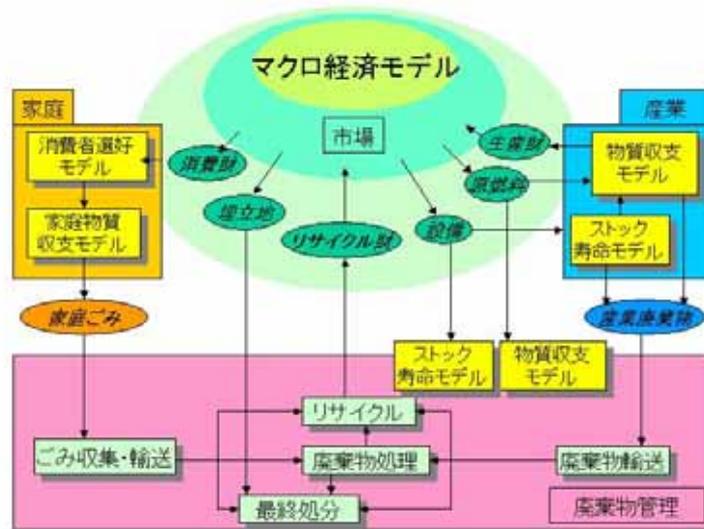


図 2 産業および家庭からの環境負荷抑制行動の発生とその抑制技術の展開に関する研究フレーム

4.3 環境変化に関わる地球規模物質循環および地球環境変化の人間・社会影響に関するシミュレーション

大気に排出された汚染物質は、排出源近くの大気汚染を引き起こすとともに、隣国や場合によっては世界全域に影響を及ぼします。大気流動、降水、化学変化を考慮した汚染物質の輸送や変化、汚染に伴う健康影響や経済影響の評価、被害を回避するための排出量抑制対策などの検討などが必要となりますが、当研究室では社会・経済データベースや地理情報システムを駆使した計算機シミュレーションによって、大陸規模にわたる環境汚染物質の排出、輸送と変化などを定量化するとともに、政策シナリオを設定し将来推計を行っています。例えば図 3 は 2020 年までに運転が予定されている火力発電所、工場からのイオウ酸化物の、アジア全域における拡散、沈着を示したものです。また、これらの研究に関連して平成 11 年の京都大学環境衛生工学研究会研究奨励賞を受賞しました。

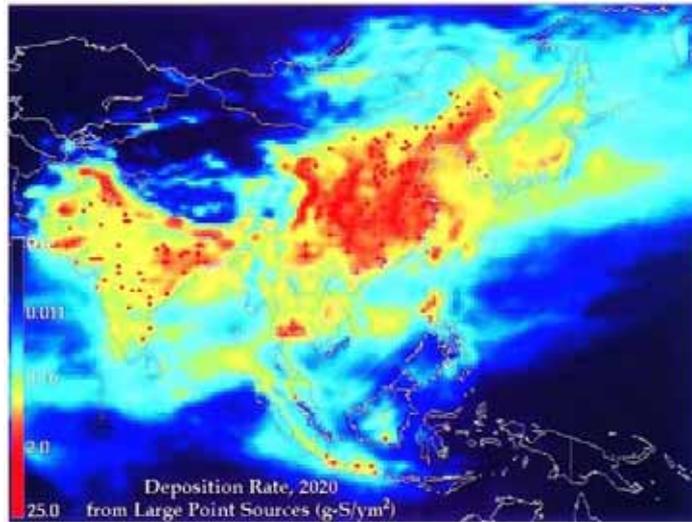


図3 イオウ酸化物のアジア全域における拡散・沈着の計算

また、地球温暖化問題や酸性雨問題などは、人間・社会システムに対し地球規模あるいは大陸規模のスケールの影響を100年以上の超長期間にわたり及ぼし続けることが想定されます。気候変動による穀物生産性変化、水需給の逼迫化、マラリアの蔓延、あるいは酸性雨による土壌酸性化などです。この分野における計算例として、例えば図4左側の上下2図は1990と2050年における単位面積あたりの水需要を示したもので、中国やインド・ヨーロッパで水需要が高まることが予測されています。また、図4右側の3図はそれぞれ異なった大循環モデル（上からCCC, ECHAM4, CCSR/NIES）によって計算された将来の気象データをもとに流出解析を行い、2050～2059年の10年間の平均流出量から、1980～1989年の平均流出量を引いて、気象変動による増減をカラーで示したものです。用いる大循環モデルによって結果が異なりますが、アマゾン流域南部では平均流量が100mm/年以上減少し、逆にインドや南アジア地域においては増加しています。これらの情報から将来の水ストレスについて検討することができます。

こうした問題は4.1に述べた地球環境統合評価のサブ課題でもありますが、研究作業の観点から見ますと対象毎にかなり異なった背景知識を必要とし、ある程度独立して研究推進を行った方が効率的です。これに属する研究課題としては、1) 気候変動や経済発展に伴う水需給変化のモデリング、2) 人間活動や地球環境問題による土地利用・土地被覆変化や農業生産性変化に関する諸問題、などがあり、研究室発足以来、継続し研究を行って来ました。これらの領域に関するわが研究室の特徴は、対象とする影響現象の自然科学的メカニズム（プロセス）とそれらの影響の社会・経済システムへの影響伝播や適応メカニズムを総合してモデリング・解析することであり、そうした意味でも4.1に述べた統合評価アプローチの影響を強く受けております。また、これらの研究に関連しては平成14年の土木学会地球環境論文賞を頂いております。

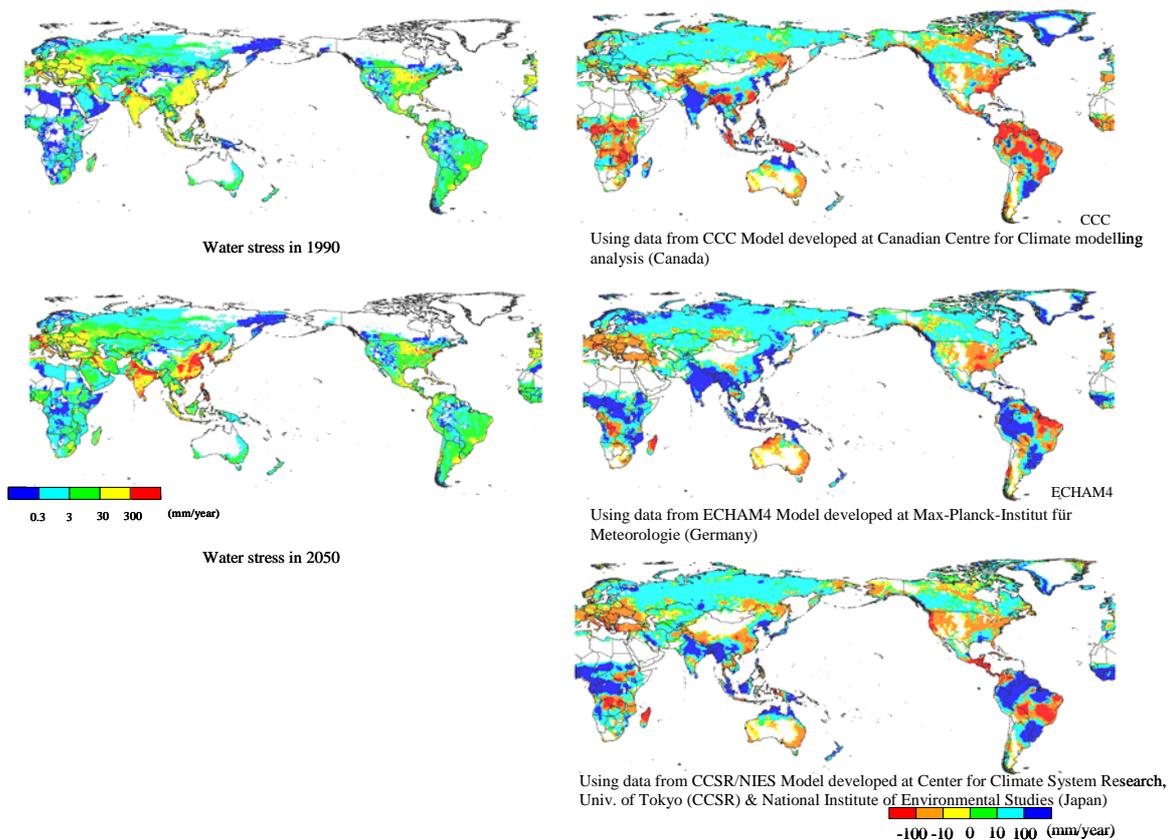


図4 1990年と2050年における単位面積あたり水需要量と水資源量の変化

EIT にしろ EIM にしろ、これらの領域の研究を遂行するには専門的知識に加え、計算プログラムやデータベース開発技能と強力な計算機環境が必要となります。本研究室では、前者については勉強会を設け組織的なスキルアップに努力しており、また後者については33 CPU のクラスター計算機、数TBに及ぶ大規模サーバーおよびそれらのテープバックアップ装置を整備し、研究効率の改善に努力しております。

5. おわりに

以上、わが研究室の紹介を行いました。これらのことから判るように環境工学系の流れを汲む研究室としては、現場実験等を行わずもっぱら計算機解析を中心としたユニークな活動内容となっております。その代わりに大量の資料や書籍を参照しながら、出来る限り広い視野に立った問題解析を、コンピュータ技法等を駆使しながら遂行しなければなりません。そのためには、工学以外のディシプリンにも通暁しなければならず、この忙しい時代、教官も学生もそうした時間を取ることはなかなか困難なのが実状です。また、手抜き箇所やプログラムあるいは入力ミスが1箇所でもあれば、命取りとなることもありますから、その場合には目を皿のようにしてチェックしなければなりません。大学研究室とし

てなじみ難い点および大学研究室ならではの点を兼ね備えた研究分野ではありますが、今世紀の環境工学を担う重要な分野であることを確信しており、いっそうのご支援とご指導を期待する次第です。