

国立環境研究所特別研究報告

Report of Special Research from the National Institute for Environmental Studies, Japan

SR - 82 - 2008

地球温暖化研究プログラム (中間報告)

Priority Program on Climate Change

平成 18 ~ 19 年度

FY2006 ~ 2007

NIES



独立行政法人 国立環境研究所

NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES

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

国立環境研究所特別研究報告

Report of Special Research from the National Institute for Environmental Studies, Japan

SR - 82 - 2008

地球温暖化研究プログラム (中間報告)

Priority Program on Climate Change

平成 18 ～ 19 年度

FY2006 ～ 2007

独立行政法人 国立環境研究所

NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES

重点研究プログラム「地球温暖化研究プログラム」(中間報告)
(期間 平成 18 ～ 19 年度)

重点研究プログラム責任者：笹野泰弘
重点研究プログラム研究幹事：江守正多
報告書編集担当：向井人史, 横田達也,
江守正多, 甲斐沼美紀子

序

本報告書は、重点研究プログラムとして実施している「地球温暖化研究プログラム」の平成18年度～19年度の成果を取りまとめたものです。本プログラムは、第2期中期計画（平成18年度～22年度）の間、継続して進める予定でありますが、中間的な成果をとりまとめて公表することで、今後の研究推進に反映させるための貴重なご意見を各方面よりいただくことを期待しています。

「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）」は2007年秋に第4次評価報告書を公表し、その中で「気候システムの温暖化には疑う余地はない。このことは、大気や海洋の世界平均温度の上昇や雪氷の広範囲にわたる融解、世界平均海面水位の上昇が観測されていることから今や明白である。」、また「20世紀半ば以降に観測された世界平均気温の上昇のほとんどは、人為起源の温室効果ガスの増加によってもたらされた可能性がかなり高い。」と述べています。こうした背景のもとに、世界が脱温暖化、低炭素社会の構築に向けて大きく動き出そうとしている今、気候政策の立案の基礎として、科学研究の果たすべき役割には非常に大きいものがあります。

化石燃料の消費によって排出される人為起源の二酸化炭素のうち、何割が陸域生態系あるいは海洋に吸収され、何割が大気中に残り二酸化炭素濃度の年々の増大をもたらすのか。陸域生態系や海洋による吸収量の年々変動は何によってもたらされるのか、地理的な違いは何によるのか、さらに温暖化が進行すると予測される将来において、これらの吸収源は現在と同様の吸収量を維持するのか。将来において許容し得る二酸化炭素濃度レベルを設定するためにも、観測的手法に基づいて地球上の炭素循環プロセスを明らかにし、炭素循環モデルの高度化を図ることが非常に重要です。

また、大気中の二酸化炭素をはじめとする温室効果ガス濃度の上昇は、気候（地域分布）にどのような変化をもたらし、それが自然環境や人間活動（食料生産、水資源、自然災害などの社会経済環境）にいかなる影響を与えるのか。そのときのリスクの大きさはどう評価され、その推定の不確実性はいかなるものなのか。さらに、将来の低炭素社会の構築に向けて、具体的にどのような社会を目指し、どのような段階を踏んで進めていくことが必要とされるのか。また、世界の国々との協調の中で、どのような仕組みを作れば、最も効果的かつ衡平な取り組みにつなげることができるのだろうか。こうした問題ひとつひとつを丁寧に解明し、プロセスを理解し、将来を予測することや、将来の社会のあり方を描きそれに至る道筋を示すことなど、さらに研究を深めるべき課題として非常に重要な意味を持ち続けています。

地球温暖化研究プログラムは、4つの中核研究プロジェクト、8つ（開始当初）の関連研究プロジェクト、ならびに地球環境研究センターが実施するモニタリング事業等のうち地球温暖化に関係する事業から構成されています。本報告書では中核研究プロジェクトの研究成果を中心に記載しています。

ご一読頂き、忌憚のないご意見、ご指導を賜りますよう宜しくお願い申し上げます。

平成20年12月

独立行政法人 国立環境研究所
理事長 大塚 柳太郎

目 次

I. 地球温暖化研究プログラムの概要	
1. プログラム全体の目的, 目標, 構成等	1
2. 中核研究プロジェクトの概要	2
3. 関連研究プロジェクトの概要	3
4. その他の活動の概要	4
II. 中核研究プロジェクト1: 温室効果ガスの長期的濃度変動メカニズムとその地域特性の解明	6
1. 研究の目的と経緯	6
2. プロジェクトとしてのプラットフォーム	6
2.1 大気観測	6
2.2 海洋観測	7
2.3 陸域の観測	7
3. 研究の成果	7
3.1 広域大気観測	7
3.1.1 グローバルな二酸化炭素収支	7
3.1.2 地域的濃度分布	9
3.1.3 鉛直分布	11
3.1.4 時系列変化に見られるアジアからの影響	12
3.2 海洋, 陸域フラックス観測	14
3.2.1 海洋 CO ₂ フラックス観測	14
3.2.2 海洋の炭素循環観測	14
3.2.3 陸域フラックス観測・解析	16
3.2.4 フラックスの新たな観測方法	17
3.2.5 土壌呼吸量の温暖化影響	17
3.3 物質輸送, 物質循環モデルによる検証	18
3.3.1 二酸化炭素	18
3.3.2 ハロカーボン	19
3.3.3 一酸化炭素	19
4. まとめ	19
III. 中核研究プロジェクト2: 衛星利用による二酸化炭素等の観測と全球炭素収支分布の推定	21
1. 研究の目的と経緯	21
2. 研究の成果	22
2.1 衛星観測データの処理アルゴリズム開発・改良研究	22
2.1.1 巻雲存在下の温室効果ガスカラム量の2ステップ導出手法の開発	22
2.1.2 カラム量推定手法における鉛直気圧グリッドの最適化	24
2.2 地上観測・航空機等観測実験による温室効果ガス導出手法の実証的研究	26
2.2.1 衛星センサの地上試験モデルを用いた高所観測実験によるカラム量の導出精度確認	26

2.2.2 衛星データ検証のための地上設置高分解能フーリエ変換分光器による 二酸化炭素カラム平均濃度の推定検討	26
2.3 全球炭素収支推定モデルの開発・利用研究	28
2.3.1 GOSAT データの利用による炭素収支推定の不確実性の低減率の試算	28
2.3.2 CO ₂ 部分カラム平均濃度の観測値を用いた陸域生態系 CO ₂ フラックスの最適化	29
IV. 中核研究プロジェクト3：気候・影響・土地利用モデルの統合による地球温暖化リスクの評価.....	32
1. 研究の目的と経緯	32
2. 研究の成果	32
2.1 近未来予測における地球温暖化シグナルの検出可能性	32
2.2 気候モデルの大気－海洋の結合の有無が温暖化時の熱帯低気圧活動の変化予測に与える影響	33
2.3 温暖化時の雲の応答における微物理過程の役割－日英の気候モデルによる雲水収支解析－	34
2.4 灌漑が気候システムに与える影響に関する全球気候モデルを利用した数値実験	36
2.5 気候予測の不確実性を考慮したアジア域の水稲生産に関わる適応策の検討	37
2.6 温暖化リスク情報の伝達に関する予備的調査	38
2.7 陸域生態系モデルによる温暖化影響評価	39
2.8 土地利用モデルの開発と炭素クレジットの検討	40
V. 中核研究プロジェクト4：脱温暖化社会の実現に向けたビジョンの構築と対策の統合評価.....	43
1. 研究の目的と経緯	43
2. 研究の成果	43
2.1 脱温暖化（低炭素社会）ビジョン・シナリオ作成研究	43
2.2 気候変動に関する国際政策分析	46
2.3 気候変動政策の定量的分析	49
3. まとめと今後の課題	51
[資料]	
I 研究の組織と研究課題の構成.....	55
1. 研究の組織	55
2. 研究課題と担当者	58
II 研究成果発表一覧	61
1. 誌上発表	61
(1) 中核研究プロジェクト1	61
(2) 中核研究プロジェクト2	65
(3) 中核研究プロジェクト3	66
(4) 中核研究プロジェクト4	69
(5) 関連研究プロジェクト.....	73
2. 口頭発表	76
(1) 中核研究プロジェクト1	76
(2) 中核研究プロジェクト2	81

(3) 中核研究プロジェクト 3	86
(4) 中核研究プロジェクト 4	90
(5) 関連研究プロジェクト	100
3. 書籍	104
4. 特許等	105

I. 地球温暖化研究プログラムの概要

1. プログラム全体の目的、目標、構成等

温室効果ガスによる地球温暖化の進行とそれに伴う気候変化は、その予測される影響の大きさや深刻さからみて、人類の生存基盤に関わる最も重要な環境問題の一つであり、持続可能な社会の構築のためにはその防止及び影響緩和に向けた取組が必要不可欠である。その一環として、平成17年2月に京都議定書が発効したことにより、「京都議定書目標達成計画」（平成17年4月閣議決定）の確実な実施による排出削減約束の達成が我が国の当面の重要課題となった。しかし、それに留まらず、京都議定書の第1約束期間以降の国際枠組みの構築、さらには将来の社会経済システムを温室効果ガスの排出の少ないものへと変革することを目指して、50年～100年後の中長期までを見据えた温暖化対策の検討を進め、脱温暖化社会（低炭素社会）の実現に向けた道筋を明らかにしていく必要がある。

このため本プログラムでは、温暖化とその影響に関するメカニズムの理解に基づいた、将来に起こり得る温暖化影響の予測のもとに、長期的な気候安定化目標及びそれに向けた世界及び日本の脱温暖化社会（低炭素社会）のあるべき姿を見通し、費用対効果、社会的受容性を踏まえ、その実現に至る道筋を明らかにすることを全体目標とした。また、以下のサブ目標を置いた。

サブ目標1 温室効果ガス濃度予測の高度化や排出インベントリの検証のため、温室効果ガスのグローバルな長期的濃度変動のメカニズムや地域別収支、温暖化影響を解明する。

サブ目標2 衛星観測により二酸化炭素及びメタンのカラム濃度のグローバルな時間・空間変動を把握し、二酸化炭素の収支変動を高精度で推定することにより、温室効果ガス削減戦略に貢献する。

サブ目標3 極端現象を含む将来気候変化とその自然生態系・人間社会への影響を高精度で予測できる気候モデル・陸域炭素モデル・影響モデルの開発と統合利用を行い、多様な排出シナリオ下での全球を対象とした温暖化リスクを評価する。

サブ目標4 脱温暖化社会の実現に至る道筋を明らかにするために、ビジョン・シナリオ作成、国際政策分析、対策の定量的評価の連携による温暖化対策

を統合的に評価する。

サブ目標5 IPCC等への参画を通じて国際貢献を図るとともに、アジア太平洋の発展途上国における人材育成と対策強化を支援するため、プログラムで開発した観測・評価手法等のノウハウを提供する。

本プログラムは、第1期（平成13～17年度）に実施された「地球温暖化の影響評価と対策効果プロジェクト」における研究成果と研究資産を引き継ぎ、さらにこれを発展させるべく、炭素循環にかかる観測的研究、気候モデルによる気候変化と影響評価、中長期的な温暖化対策の統合評価のそれぞれの研究を強くリンクさせることを意図している。

本プログラムは、研究部分として4つの中核研究プロジェクト、8つ（平成18年度開始当初）の関連研究プロジェクト、さらにその他の活動として、地球環境研究センターが知的研究基盤の整備事業の一環として行う地球温暖化関連のモニタリング、データベース、研究の総合化・支援に係る事業から構成される。

<中核研究プロジェクト>

- (1) 温室効果ガスの長期的濃度変動メカニズムとその地域特性の解明
- (2) 衛星利用による二酸化炭素等の観測と全球炭素収支分布の推定
- (3) 気候・影響・土地利用モデルの統合による地球温暖化リスクの評価
- (4) 脱温暖化社会の実現に向けたビジョンの構築と対策の統合評価

<関連研究プロジェクト>

- (1) 過去の気候変化シグナルの検出とその要因推定
- (2) 高山植生による温暖化影響検出のモニタリングに関する研究
- (3) 京都議定書吸収源としての森林機能評価に関する研究
- (4) 太平洋小島嶼国に対する温暖化の影響評価
- (5) 温暖化に対するサンゴ礁の変化の検出とモニタリング

- (6) 温暖化の危険な水準と安定化経路の解明
- (7) 温暖化政策を評価するための経済モデルの開発
- (8) アジア太平洋地域における戦略的データベースを用いた応用シナリオ開発

<その他の活動>

- (1) 地球温暖化に係る地球環境モニタリング
 - 大気・海洋モニタリング
 - 陸域モニタリング
- (2) 地球温暖化に係る地球環境データベースの整備
- (3) GOSAT データ定常処理運用システム開発・運用
- (4) 地球温暖化に係る地球環境研究の総合化・支援
 - グローバルカーボンプロジェクト事業支援
 - 地球温暖化観測連携拠点事業支援
 - 温室効果ガスインベントリ策定事業支援

本プログラムの実施に当っては、地球環境研究センターの4研究室が4つの中核研究プロジェクトの実施主体として中心的な役割を担う。これに、地球環境研究センター及び関係ユニットの研究者がプロジェクトメンバーとして参画している。また、関連研究プロジェクトについては、地球環境研究センターの研究者、関係ユニットの研究者が課題を担当している。地球温暖化に関わる地球環境研究センター事業は3つの推進室を中心に、関係ユニットからの兼務研究者の協力を得て実施している。いずれの研究プロジェクト・事業においても、NIES フェロー、ポスドクフェロー、アシスタントフェローの寄与は大きい。また、高度技能専門員、アシスタントスタッフなどの支援を得ている。

本報告では、まず本章において地球温暖化研究プログラムを構成する「中核研究プロジェクト」、「関連研究プロジェクト」、「その他の活動」について概要を紹介する。次章以降で、本プログラムのコアである4つの中核研究プロジェクトのそれぞれについて、研究の目的と経緯を述べ、平成18年度及び19年度の研究成果を取りまとめる。また、[資料] 編に「中核研究プロジェクト」および「関連研究プロジェクト」について、研究の組織、研究課題と担当者、研究成果発表一覧を示す。

2. 中核研究プロジェクトの概要

(1) 中核研究プロジェクト1 (温室効果ガスの長期的濃度変動メカニズムとその地域特性の解明)

二酸化炭素を始めとする大気中の温室効果ガスの多くは、人為的な寄与によってここ200年間、その濃度が増加している。このまま温室効果ガスが増加し続けると、地球の気候は今後100年程度の間大きく変化し、人類や地球の生態系にとって危険をもたらしかねない状況にある。それを防止するためには温室効果ガスの発生量抑制が必須であり、その目標設定に科学的な根拠を与えるためには、将来の大気中濃度の変化をより正確に予測しなければならない。そのためには、大気と陸域及び海洋の各圏の間での生物的過程あるいは物理的過程による二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素等の温室効果ガスの循環や移動の実態と濃度変動メカニズムを解明し、地球規模での収支を定量化する必要がある。

本プロジェクトでは、地球温暖化研究プログラムの中で、他のプロジェクトで行われる温暖化リスクの予測と評価や、対策の統合評価に資するため、将来の温室効果ガスの濃度増加に関するより精度の高い知見を与えることを目的に、温室効果ガスの各圏間の循環や移動、蓄積等のメカニズムとその地域特性に関して研究を行う。特に今後大きな経済成長を遂げると見込まれるアジア・オセアニア域に着目し、これらの地域での大気、海洋、陸域の濃度やフラックス観測に基づき、1990年代以降に見られる世界的な温暖化傾向が濃度増加、物質循環過程に及ぼす影響を解明する。その方法として、酸素濃度や同位体濃度などの新たな指標成分の活用方法を検討し、大気中の温室効果ガスの収支、またその変動を引き起こす人為的寄与や自然における変動メカニズムを長期的見地から明らかにする。同時に、それらの地域的な分布や特徴を明らかにし、アジア・オセアニアにおける将来の人為的な温室効果ガス発生抑制に係る目標設定のための情報を与える。

(2) 中核研究プロジェクト2 (衛星利用による二酸化炭素等の観測と全球炭素収支分布の推定)

温室効果ガス観測技術衛星 (GOSAT) プロジェクトは、環境省・国立環境研究所 (NIES)・宇宙航空研究開発機構 (JAXA) の三者共同プロジェクトである。京都議定書の第一約束期間 (2008年～2012年) に、衛星で太陽光の地表面反射光を分光測定して SN 比300以上を達成し (JAXA 目標)、二酸化炭素とメタンのカラム量を

雲・エアロゾルのない条件下で二酸化炭素については相対誤差1%、メタンについては相対誤差2%の精度で観測する。これら全球の観測結果と地上での直接観測データを用いることにより、インバースモデル解析に基づく全球の炭素収支分布の算出誤差を地上データのみを用いた場合と比較して半減すること（NIES目標）を目標にしている。

本プロジェクトではこの目標達成に向けて、様々な観測条件下において取得されたデータに対して、雲・エアロゾル・地表面高度などの誤差要因を補正し、高精度で二酸化炭素・メタンのカラム量を導出することを目的に、衛星観測データの定常処理アルゴリズムを開発する。衛星打ち上げ前には、数値シミュレーションに基づいてデータ処理アルゴリズムを開発し、航空機や地上で取得する擬似データや直接観測データによりアルゴリズムの精度を評価し改良する。また、衛星打ち上げ後は、データ処理の結果（データ質）を直接測定・遠隔計測データを用いて評価・検証し、データ処理アルゴリズムの更なる改良を行う。また、この衛星観測データと地上での各種の直接測定データとを利用して、全球の炭素収支推定分布の時空間分解能と推定精度を向上することを目的にインバースモデルを開発し、データ解析を行う。

（3）中核研究プロジェクト3（気候・影響・土地利用モデルの統合による地球温暖化リスクの評価）

効果的な温暖化対策を策定するためには、近未来および長期の将来に亘って人間社会および自然生態系が被る温暖化のリスクを高い信頼性で評価することが必要である。そこで、本プロジェクトは、近未来については、将来30年程度に生起すると予測される極端現象の頻度・強度の変化を含めた気候変化リスク・炭素循環変化リスクを詳細に評価し、適応策ならびに森林吸収源対策の検討や温暖化対策の動機付けに資することを目的とする。また、長期については、安定化シナリオを含む複数のシナリオに沿った将来100年程度もしくはより長期の気候変化リスク・炭素循環変化リスクを評価し、気候安定化目標ならびにその達成のための排出削減経路の検討に資することを目的とする。地球温暖化研究プログラムにおける位置付けとしては、炭素循環観測研究から得られる最新の知見を取り込みつつ、主として自然系の将来予測情報を対策評価研究に提供する。

この目的を達成するため、本プロジェクトでは、極端現象の変化を含む将来の気候変化とその人間社会および

自然生態系への影響を高い信頼性で予測できる気候モデル、影響モデル、および陸域生態・土地利用モデルの開発と統合利用を行い、炭素循環変動に関する最新の研究知見も取り入れた上で、多様な排出シナリオ下での全球を対象とした温暖化リスクを、不確実性を含めて定量的に評価する。

（4）中核研究プロジェクト4（脱温暖化社会の実現に向けたビジョンの構築と対策の統合評価）

地球温暖化の防止を目的として、空間的（日本・アジア・世界）、時間的（短期及び長期）、社会的（技術・経済・制度）側面から、中長期的な排出削減目標達成のための対策の同定とその実現可能性を評価するビジョン・シナリオの作成、国際交渉過程や国際制度に関する国際政策分析、および温暖化対策の費用・効果の定量的評価を行い、温暖化対策を統合的に評価する。既に温暖化影響が多くのある場所で見られていることから温暖化対策の実施に向けて京都議定書以降の枠組について国際的に合意し、世界各国と共同して対策を実施することは必須の課題である。本プロジェクトでは、広範囲に及ぶ温暖化技術の評価や対策実施に向けた合意形成のための方法論を確立すること、実現性・実効性・説得力のある環境政策シナリオ作成のための研究手法を確立することを目指している。

3. 関連研究プロジェクトの概要

（1）過去の気候変化シグナルの検出とその要因推定

十年以上の時間スケールを持つ長期気候変化のメカニズム解明に資するために、様々な気候変動要因を考慮した複数の20世紀気候再現実験結果と長期観測データとを比較解析することにより、過去に観測された長期気候変化シグナルを検出し、その要因を推定する。

（2）高山植生による温暖化影響検出のモニタリングに関する研究

世界各地で既に顕在化しているとされる地球温暖化影響について、都市化の影響が比較的少ない高山植生等をモニタリングすることにより、我が国における温暖化影響の検出・把握を行う。また、地球温暖化による影響についての新たな判定手法を検討し導入する。

（3）京都議定書吸収源としての森林機能評価に関する研究

日本における炭素吸収量を生態学アプローチで算定するモデルを開発することを目的とする。特に森林インベ

ントリに関する研究と連携し、モデルの精緻化を行い、京都議定書において温暖化対策として認められた森林管理活動を含め、吸収源活動の評価に利用できる吸収量算定モデルを開発し、モデルの不確実性解析に関する分析をモデル開発にフィードバックする。

(4) 太平洋小島嶼国に対する温暖化の影響評価

環境変動に対する脆弱性が極めて高いと考えられる太平洋の島嶼国を対象として、リモートセンシングデータを活用した地形及び土地利用のマッピングとともに、全球規模で州島の形成維持に関わる要因の収集及び解析を行い、地形の形成維持プロセスを明らかにする。それに基づいて、現在及び将来の環境変動と経済システムの変化による応答を予測し、持続可能な維持のための方策を提案する。

(5) 温暖化に対するサンゴ礁の変化の検出とモニタリング

近年、サンゴ礁では、共生している藻類が放出される白化現象が多数観察され、地球規模でサンゴ礁が衰退していることが報告されており、温暖化とともに、ローカルなストレスとの複合が原因として考えられている。白化現象を起こす地理的要因を明らかにするため、現地観測データや航空機、衛星センサー等リモートセンシングデータを用いた、サンゴ礁の変化の監視のためのアルゴリズム開発を行い、広域かつ継続的なサンゴ礁のモニタリングの実施に資する。

(6) 温暖化の危険な水準と安定化経路の解明

今世紀中頃（2050年頃）までに重点をおきつつ今世紀末までを対象として、種々の温暖化抑制目標を前提とした場合の、「危険な影響」が発生する可能性とその発生時期を提示することを目的とし、温室効果ガス濃度安定化等の温暖化抑制目標と、それを実現するための経済効率的な排出シナリオ、および同目標下での影響・リスクを明らかにする。

(7) 温暖化政策を評価するための経済モデルの開発

温暖化対策の効果と温暖化の影響を定量的に評価することを目的としてこれまで開発してきた統合評価モデル(AIMモデル)の改良や新たなモジュールの開発を行い、世界及びアジアの主要国を対象として、温室効果ガス排出量の削減ポテンシャルや温室効果ガス削減による経済活動への影響について分析し、温暖化政策の評価を行う。また、将来ビジョン・シナリオの定量的な分析に関する研究に、開発したモデルを適用する。

(8) アジア太平洋地域における戦略的データベースを用いた応用シナリオ開発

今後ますます深刻化することが危惧される、アジア諸国における廃棄物、大気汚染、水質悪化等の環境問題に対して、技術や制度を含めた様々な対策オプションを提供するための戦略的データベースを構築する。また、環境-経済モデルを統合することで、地域レベルから多国間の様々なスケールで、物質フローや健康影響、環境投資を行った場合の環境改善の効果等を評価する応用シナリオ分析を行う。

4. その他の活動の概要

(1) 地球温暖化に係る地球環境モニタリングの実施

1) 大気・海洋モニタリング

定点および移動体プラットフォームを利用した大気や海洋の観測を通してグローバルな視点での地球環境の現状把握を行い、また地球環境の変動要因を明らかにするための研究活動に資する高品質のデータを長期間モニタリングにより提供する。このため、以下の事業を行う。

- ・温室効果ガス等の地上モニタリング
- ・定期船舶を利用した太平洋温室効果ガス等のモニタリング
- ・シベリアにおける航空機モニタリング
- ・温室効果ガス関連の標準ガスの整備

2) 陸域モニタリング

陸域生態系での炭素収支(二酸化炭素フラックス)観測並びに生態系観測、陸水圏での水質のモニタリング等、陸域環境における重要なパラメータに関して国内外のネットワークを通じた長期モニタリングを実施する。このため、以下の事業を行う。

- ・森林の温室効果ガスフラックスモニタリング
- ・森林のリモートセンシング

(2) 地球温暖化に係る地球環境データベースの整備

地球環境研究や行政施策に資する基礎的データを取得・整備することを目的に、自然科学分野のモニタリングや社会科学分野のプロジェクトで得られたデータや成果を収集・整備し、データベースを構築する。また、各分野の複層的なデータベースを一元化し、円滑にデータ閲覧・取得できる統合化システムを開発・運用する。さらに、流跡線解析等の観測支援ツールを整備し、所内外の関連研究者の利便性の向上を図る。このため、以下の事業を行う。

- ・地球環境（大気・海洋・陸域）モニタリングデータベース
- ・温室効果ガス排出シナリオデータベース
- ・気候・影響モデルデータベース
- ・陸域炭素吸収源モデルデータベース
- ・温室効果ガス等排出源データベース
- ・炭素フローデータベース
- ・観測・解析支援ツール・データの整備・提供

（3）GOSAT データ定常処理運用システム開発・運用

温室効果ガス観測技術衛星（GOSAT）の観測データを定常処理（受信，処理，再処理，保存，処理結果の検証，提供）することを目的に，計算機システムを開発・整備し，運用する。衛星打ち上げ前はシステムの開発と整備を着実にを行い，衛星打ち上げ後はデータ処理・再処理・検証・保存・提供を行い，観測データが温暖化研究等の推進に十分に活用されることを目指す。

（4）地球温暖化に係る地球環境研究の総合化・支援

1）グローバルカーボンプロジェクト事業支援

Global Carbon Project（GCP）の国際オフィスとして，Earth System Science Partnership（ESSP）計画のひとつである気候－炭素－人間統合システムに関する研究を国際的に推進し，同時にわが国の炭素循環研究を支

援する。特に，炭素管理手法の向上に資することを目的として，炭素循環の自然科学的研究に「人間社会的次元」を統合した関連研究を国際的に推進する。

2）地球温暖化観測連携拠点事業支援

「地球観測の推進戦略」（総合科学技術会議決定）に基づき，地球温暖化分野の連携拠点を支える地球温暖化観測推進事務局として，国内の関係省庁・機関の連携を促進し，利用ニーズにこたえる観測の実現，国際共同観測体制である全球地球観測システム（GEOSS）の構築に貢献する。気候，温室効果ガス，炭素循環プロセス，温暖化影響等にわたり，観測実施機関間の調整機能，観測担当者と関係研究者間のネットワークコア形成，観測データ流通効率化等の実現を目指す。

3）温室効果ガスインベントリ策定事業支援

日本の温室効果ガス排出量・吸収量目録の作成およびデータ解析，作成方法の改善を継続的に行うとともに，気候変動枠組条約締約国会合（COP）等における国際交渉支援，ガイドライン作成・排出係数データベース等の気候変動に関する政府間パネル（IPCC）への貢献，キャパシティブUILDINGプロジェクトの実施等の国外活動を進める。

II. 中核研究プロジェクト1：温室効果ガスの長期的濃度変動メカニズムとその地域特性の解明

1. 研究の目的と経緯

二酸化炭素を始めとする大気中の温室効果ガスの多くは、人為的な寄与によってここ200年間、その濃度が増加している。このまま温室効果ガスが増加し続けると、地球の気候は今後100年程度の間大きく変化し、人類や地球の生態系にとって危険をもたらしかねない状況にある。それを防止するためには温室効果ガスの発生量抑制が必須であり、その目標設定に科学的な根拠を与えるためには、将来の大気中濃度の変化をより正確に予測しなければならない。そのためには、大気と陸域及び海洋の各圏の間での生物的過程あるいは物理的過程による二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素等の温室効果ガスの循環や移動の実態と濃度変動メカニズムを解明し、これらを含めた温室効果ガスの地球規模での収支を定量化する必要がある。

本プロジェクトでは、地球温暖化研究プログラムの中で、他のプロジェクトで行われる温暖化リスクの予測と評価や、対策の統合評価に資するため、将来の温室効果ガスの濃度増加に関するより精度の高い知見を与えることを目的に、温室効果ガスの発生や各圏間の循環や移動、蓄積等のメカニズムとその地域特性に関して研究を行う。特に今後大きな経済成長を遂げると見込まれるアジア-オセアニア域に着目し、これらの地域での発生や吸収のフラックス、大気濃度分布の観測に基づき、近年の世界的な気象の変動や人間活動などが温室効果ガスの濃度増加や物質循環過程にどのように影響を及ぼしているのかなどを解明する。

その方法として、広域の観測プラットフォームを整備し、濃度分布や時系列変動などを長期的に捉える。同時に大気の酸素濃度や同位体濃度などの炭素循環過程における指標成分の高精度観測を行い、炭素収支の研究を展開する。さらに物質によっては観測サイトにおける高精度高頻度微量分析技術を開発しつつ、温室効果ガスの収支、それらの地域的な分布や特徴を明らかにし、それらの変動を引き起こす人為的寄与や自然における変動メカニズム解明の見地から研究をすすめる。

一方では、海洋や陸域における生態系での炭素フラックスの変動観測を通じ、地域での変動の観測や変動メカニズムの検討、温暖化によるフィードバックに関する実

験的調査などを行なう。

これらの研究は地球環境研究センターの大気、海洋、陸域モニタリング事業や各種外部資金による観測研究とタイアップして、より高度な観測を推進していく計画である。

2. プロジェクトとしてのプラットフォーム

2.1 大気観測

本プロジェクトの大きな方向性として、航空機や定期船舶、陸上などの各種プラットフォームを用いた温室効果ガス観測網を整備する予定である。

航空機では（株）日本航空インターナショナルの定期路線を航行する5機の航空機を用いて、アジア-オセアニア、ヨーロッパ、アメリカへの航路上の二酸化炭素連続観測を安定的に観測すると同時に、各国の飛行場付近の鉛直方向の濃度分布観測を行なう。さらに日-オーストラリアの間を飛行する2機の機体によってボトルサンプラーで大気の採取を行い、CO₂、メタン、N₂O、CO₂に加えて炭素同位体（安定、放射性）の分析を行なう。これまで、日本航空の協力を得ながら航空機搭載型の測定器の開発と搭載への公式な許可の取得などを行なってきた（Machida et al., 2008）。2005年からの初期的な試験的運用を経て、定常的な観測に移行した。

民間船舶を用いた大気観測ではこれまでトヨフジ海運（株）の協力のもと行なってきた日本-オセアニア（Transfuture 5号）航路と、日本-中部アメリカ（Pyxis号）に加え、Seaboard International Shipping Co.の協力による、高緯度帯での日本-カナダ間の航路での大気観測を行なう。また、タイ、インドネシア、マレーシアなどを航行するアジア路線（トランスワールド号；トヨフジ海運所属）の観測を開始する。これらのプラット



図1 プロジェクトに協力をいただいている JAL 航空機および Transfuture 5号（トヨフジ海運）

フォームでは、二酸化炭素連続観測に加え、酸素、同位体、オゾン、CO、フロン類、ブラックカーボンなど多種類の観測を展開する。

波照間、落石のモニタリングステーションでは主要な温室効果ガスの観測をモニタリング事業として行っているが、これに加え酸素の連続観測や同位体比観測、多種類のフロン類の高頻度観測等を含め、総合的な観測を行なっていく。また、海外のサイトでのサンプリングを開始する。特に中国やインドでのサンプリングを行う。

2.2 海洋観測

海洋観測は太平洋をターゲットとしている。これまで地球環境研究センターのモニタリング事業として行ってきたアメリカ西海岸または東海岸と日本を往復するPyxis号による北太平洋観測に加え、2006年から日本-オーストラリア-ニュージーランドを45日で周るTransfuture 5号での西太平洋観測を開始した。両者とも表層海水の二酸化炭素分圧の航路上での観測を行っている(図2)。これまでは西太平洋での観測データの蓄積は少なく、有効なデータが得られることが期待される。航路上では海水のサンプリングを行い、栄養塩や放射性炭素などの観測を行う。放射性炭素は炭素循環や海洋の流れの変化を調べるための良い指標となる。

表層海水の二酸化炭素分圧より、北太平洋や西太平洋での各年の地域的な二酸化炭素吸収量を求め、その長期的なフラックス変動を求める。これらのデータから長期的なフラックスの地域的な変動と大気の変動との対応を調べる。



図2 本プロジェクトの観測ルートと地点

2.3 陸域の観測

陸域の二酸化炭素のフラックスの観測として、苫小牧や富士北麓で行っているフラックス観測の時系列変化の解析が基本的なデータとして存在する。さらに、チベットの草原での二酸化炭素吸収の観測を行う。チベット高原は高度が高いために冷帯の気候帯に属し、土壌などに有機物の蓄積が見られる。こういった地域は温暖化の影響が比較的早く出ると考えられている。この他、熱帯でのフラックス観測などで、中国の雲南での共同観測体制を整える検討を行う。このような地域的なフラックスの年々変動と大気中の二酸化炭素変動との関わりを検討する。

フラックスの変動が観測された場合でも、そのメカニズムを調べるためには、総光合成量や呼吸量など別々の観測が必要である。総光合成量などの変動を調べるために、新たな観測手法の検討を行ったり、土壌呼吸量の連続観測ネットワークの構築などを行う。土壌呼吸の観測に関しては、これまで観測手法の確立を行ってきた大型チャンバーを用いた方法を各地(日本、マレーシア、韓国、シベリアなど)に展開する。

土壌呼吸は温暖化により促進されると考えられており、大きな温暖化の炭素循環のフィードバックを引き起こす可能性があるものである。ここでは、大型土壌呼吸チャンバーを用いて、人為的に温暖化させた場合の土壌呼吸の変化を日本の森林土壌で調べ、温暖化の陸域炭素循環過程の地域的な変化について知見を得る。

3. 研究の成果

3.1 広域大気観測

3.1.1 グローバルな二酸化炭素収支

大気中の二酸化炭素は、長寿命の温室効果ガスの中でも6割程度の寄与をしているが、特に近年の温室効果の増加に最も大きな寄与をしている。二酸化炭素のグローバルな増加は、陸域の吸収や海洋の吸収の大きさにも大きく依存している。本プロジェクトでは、トレーサーとなり得る酸素や同位体等を長期的に観測することにより、温室効果ガスのグローバルな収支変化と気候との関連を考察する。

波照間、落石においては、15年程度の二酸化炭素濃度の記録がある。その間の増加量は30 ppm程度であり年間2 ppm程度の増加速度が観測されている。この増加速度は、化石燃料起源の二酸化炭素の寄与の約60%程度

になっている。自然の吸収は海洋と陸域の吸収があり、その分配の比率や大きさの変化は、今後の二酸化炭素の上昇を予測する上で重要な情報を提供する。

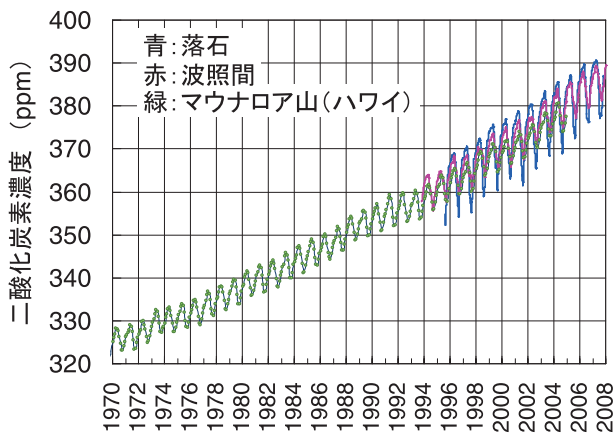


図3 ハワイと波照間、落石の二酸化炭素変動比較

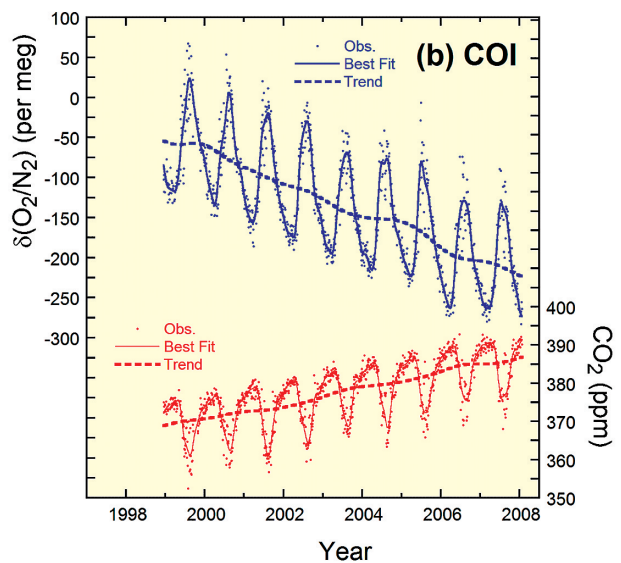
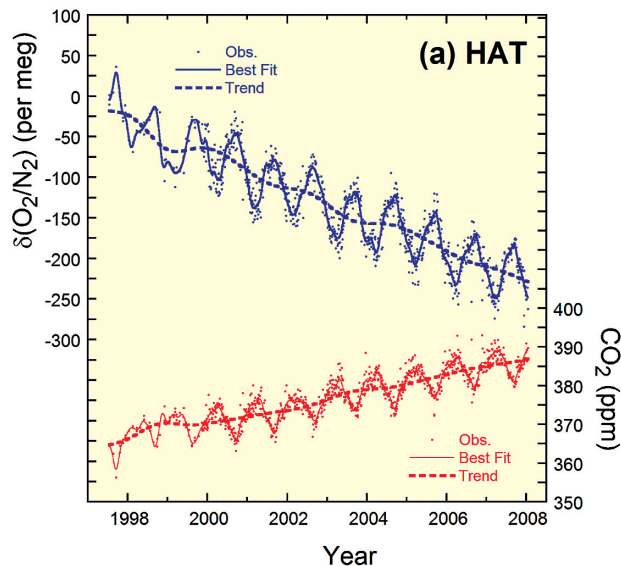


図4 波照間、落石での酸素、二酸化炭素濃度変化

酸素の観測として、波照間・落石における1999年7月から2007年7月までの8年間の観測結果を用いてグローバルなCO₂収支計算を行った(表1)。計算には観測されたO₂/N₂比とCO₂濃度から計算されるAPO (APO = O₂ + 1.1*CO₂)とNOAA/ESRLによる全球平均CO₂濃度を用いた(APO法)²⁾化石燃料起源のCO₂放出量は1998年から2004年の期間については統計値を用い、2005年から2007年までの3年間については外挿値を用いた。また、海洋からの酸素放出による補正量には0.48 Pg C yr⁻¹を用いた。

波照間・落石における8年間の観測結果に基づく海洋・陸域生物圏のCO₂吸収量はそれぞれ2.1Pg C yr⁻¹および1.4Pg C yr⁻¹であった。ここで求められる陸域生物圏のCO₂吸収量は森林破壊や土地利用変化に伴うCO₂放出も含めた正味の吸収量である。したがって、土地利用変化・森林破壊に伴うCO₂放出量が1.6Pg C yr⁻¹(AR4)であるとする、陸上植物圏は3.0Pg C yr⁻¹のCO₂吸収を行っていることが分かる。

船舶を用いた緯度別の二酸化炭素の安定同位体比の観測から、2007の始めまでの二酸化炭素の収支の計算を行なって酸素のデータと比較した(表1)。期間が少し異なるものの、同位体比を用いた場合でもほぼ同様の結果を得ることが可能であった。

同位体比の変動を用いて収支の年変動について検討を行った(図5)。この期間の陸域の二酸化炭素吸収は、気温変動と良く相関しており1998年、2002年、2005年

表1 平均的二酸化炭素収支 (Pg-C/年)

	人為発生	大気蓄積	海洋吸収	陸域吸収
酸素/窒素 1999-2008	7.5±0.4	4.0±0.2	2.1±0.7	1.4±0.9
同位体比 1996-2007	7.4±0.4	4.3±0.2	2.2±0.7	0.9±0.7

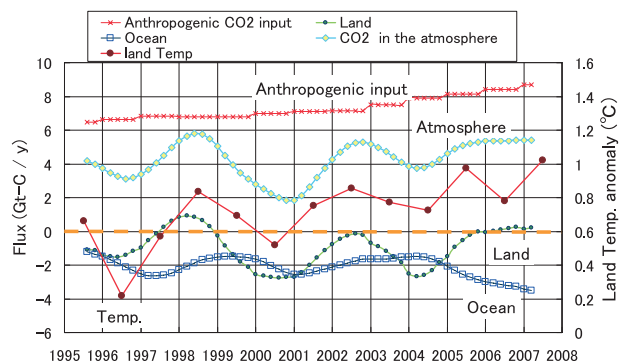


図5 グローバルな二酸化炭素収支の変動

に吸収量の減少がみられた。逆に海洋側はむしろ増加しているように見える。この時期の海洋の吸収量増加は、北太平洋でも見られておりその傾向が一致した。これらのデータからは特に大きなトレンドが見られなかった。陸域の吸収量は変動があるものの、まだ吸収しているように見える。今後の温度影響がどのように出てくるかが重要となろう。

放射性炭素同位体の分析が進み、1994年から2005年の44N, 25N, 12N, 赤道, 15Sにおける測定データを検討した。グローバルな炭素循環を調べる上でのトレーサーとして放射性炭素を使用できると考えられる。そのために緯度別に時系列解析を行い、各緯度の $\Delta^{14}\text{C}$ のトレンド、年々変動、季節変動成分を求めた(図6)。全体的な $\Delta^{14}\text{C}$ の減少傾向は世界の他のデータとも合っているが、緯度毎にそのトレンドや年々変動に特徴があることがわかった。緯度毎の傾向の違いが地域性を反映していると考えられる。季節変化からは、夏にその濃度が高くなることから、陸域の生態系での交換が $\Delta^{14}\text{C}$ の増加などに寄与していることが示唆された。

酸素の観測の時間分解能をさらに高めるために、日本-オセアニア間を往復する定期船上に大気中酸素/窒素比計測システムを設置し、北緯35度から南緯40度にわたる西太平洋中低緯度帯にて現場観測を開始した。波照間および落石ステーションにおいて現場観測に用いている大気中酸素/窒素比計測システムは、船舶のゆれの影響を受け十分な精度で測定できなかつたため、船上観測用に新たに計測システムを開発した。その方法として、ベースラインのみをモニターする参照用TCDを用いて船のゆれの影響を打ち消す方法を検討し、地上における

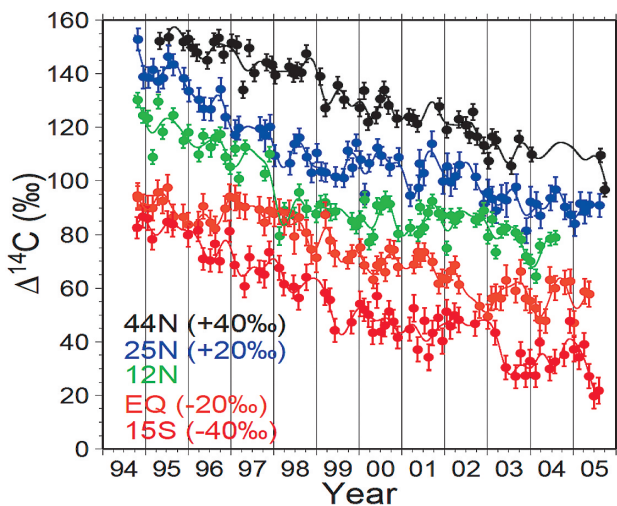


図6 放射性炭素の緯度別変動

現場観測と同等の測定精度で観測を行うことができるようになった。このように船上観測の方法を検討した後、2007年9月より船上観測を継続して行っている(図7)。これにより、大気中酸素/窒素比の各緯度帯における季節変化および経年変化などの時空間分布に加えて、数日スケールの変動も明らかになり、酸素の循環がより詳細に解析できるものと期待される。化石燃料の燃焼、陸域生態系の光合成および呼吸、海洋からの酸素放出などのプロセスの違いにより、酸素/窒素比と二酸化炭素濃度の変動比が異なることから、これらの変動比の解析を進めることで、炭素循環の解析が進むと期待される。

3.1.2 地域的濃度分布

本プロジェクトでの定点の観測値は、波照間、落石に加え中国、インドなどに展開している。これによって、アジア地域の濃度の違いなどを検討している(図8)。中国の貴陽での観測では、波照間に比べ CO_2 の濃度の大きさは同程度であるのに、 CH_4 や CO などの濃度が相対的に高いことが特徴であった。インドにおいては、バックグラウンドに近い濃度が観測されたが、夏季の CO_2 の濃度は同じ緯度帯でのデータより低い特徴があり、この地域の特徴が現れていると思われる。その他、熱帯雨林

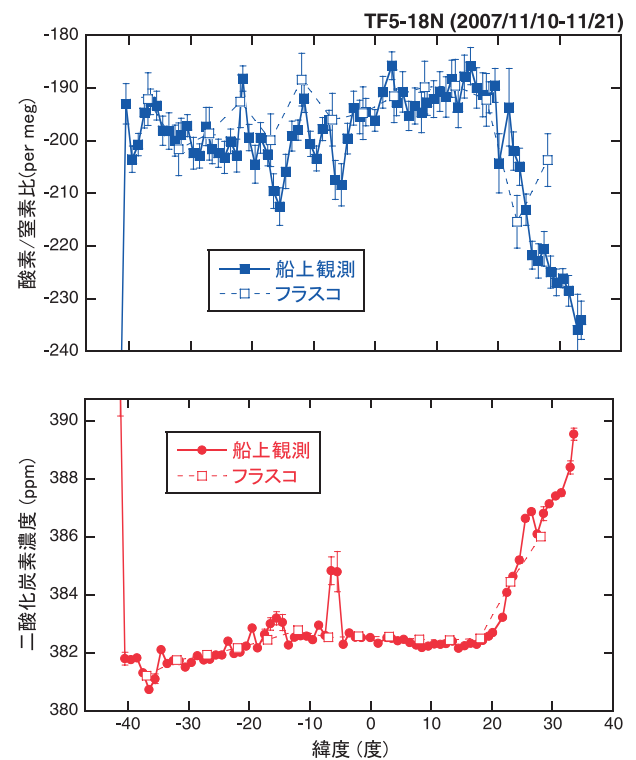


図7 2007年11月10-21日に観測協力船 Trans Future 5にて観測した大気中酸素/窒素比および二酸化炭素濃度の緯度分布

域のマレーシアのパソや中国雲南省でのシーサンバンナでの試験的なサンプリングを行っている（シーサンバンナでは、盆地の性格が強く現れているので、サンプリング時間の調整が必要である）。

定期航路をもつ商船を用いて、日本-北米、日本-オセアニアラインでの大気サンプリングを行い、緯度方向、経度方向のバックグラウンドデータの採取を継続的に行った（図9）。二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素の平均的な緯度分布を年毎に示した（図10）。日本付近の緯度帯で、二酸化炭素、亜酸化窒素などのピークが見られるが、発生源に近いことによる分布がでていると考えられる。二酸化炭素に比べ、亜酸化窒素の赤道域での濃度の相対的な高まりは、発生源吸収源分布に基づいていると考えられる。メタンも北半球高緯度に向かって直線的に濃度が高くなっており、人為起源に加えて自然起源のメタンが北半球高緯度に寄与していることがわかる。年毎の濃度上昇は、二酸化炭素、亜酸化窒素には顕著であるが、メタンにおける濃度上昇はあまり見られない。

日本と東南アジア間を航行する船舶観測では、メタン、亜酸化窒素、代替フロン類（HFC、PFC、SF₆等）、対流圏オゾンの観測を行った。また、OHラジカルとの

化学反応を通じてメタンや代替フロンなどの大気中寿命に影響を及ぼすとともに、メタン、ブラックカーボン、代替フロン類の人為発生源からの放出量を推定する際にリファレンス兼トレーサーとなる一酸化炭素・二酸化炭素の測定を行った。また、温室効果ガスと同様に温暖化に寄与し、アジアからの排出が多いブラックカーボンの連続観測のための基礎的検討を行った。

これまで継続してきた日本-オセアニア航路上でのメタン濃度と東南アジア航路で得られたデータを比較すると、東南アジア航路で取られたデータは、太平洋上のバックグラウンド濃度よりかなり高いことが多く、アジア発生源の影響が示唆された。また、メタンと亜酸化窒素の濃度の相関が非常に高いことがわかった。今後この海域の含むアジア大陸のメタンと亜酸化窒素の発生量の比が地域ごとにどのように異なっているのかが、本観測を含む大気ネットワーク観測から明らかになるものと期待される。得られた大気中一酸化炭素濃度は50から820 ppbvの範囲で大きな変動を示した。一般に、清浄な外洋域では、大気一酸化炭素濃度は50から150 ppbvの間で変動することが知られているが、本観測では典型的な海洋性大気中の一酸化炭素の濃度よりもはるかに高い濃度が観測された。これは、船舶が一酸化炭素の主要発生源である大陸沿海域を航行するためであると考えられる。

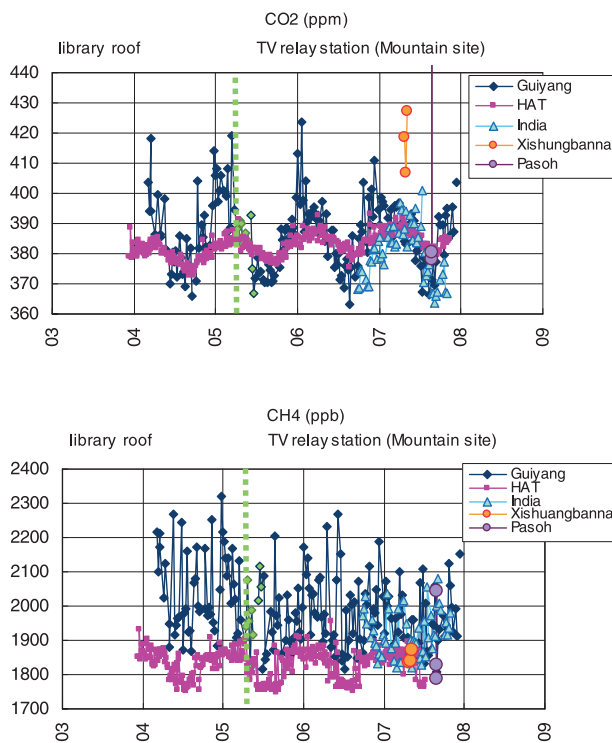


図8 波照間、貴陽（中国）、インド北部でのボトルサンプリングによる大気濃度データ。パソ（マレーシア）、シーサンバンナ（中国）の一時的サンプリングデータも追加してある

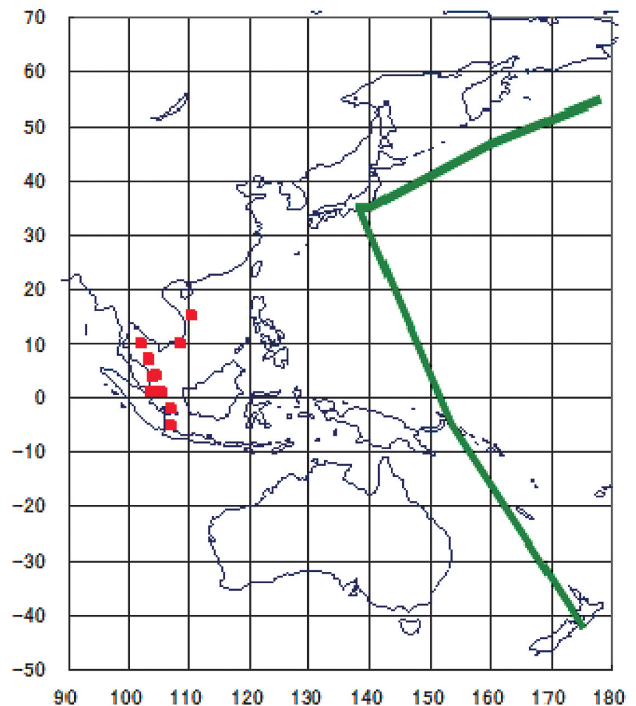


図9 船舶による緯度分布観測とアジアでのサンプリング位置

代替フロン中のHFC-152a濃度は、大きな南北差を示すと共に、東南アジア海域において同緯度帯の西太平洋上よりやや高濃度となる傾向が見られた。この化合物はスプレーなどの使用量が急増しており、また、大気中寿命が比較的短い(1.4年)ことを反映していると考えられる。HFC-134もカーエアコンの冷媒として急速に利用が広まっており、HFC-152aと同様に顕著な南北差を示し、東南アジア海域では西太平洋よりも高濃度であった。一方、主として海洋から放出されるDMSの大気中

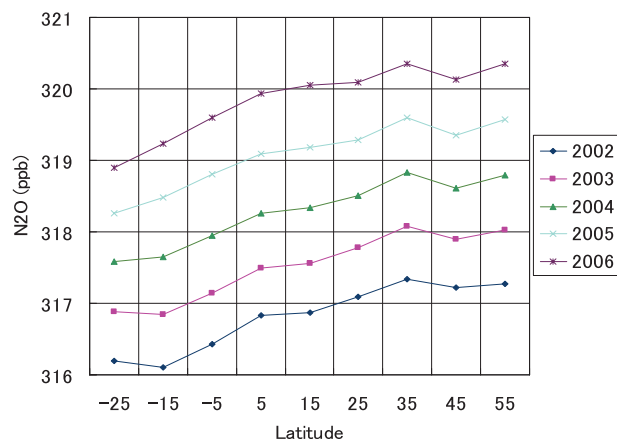
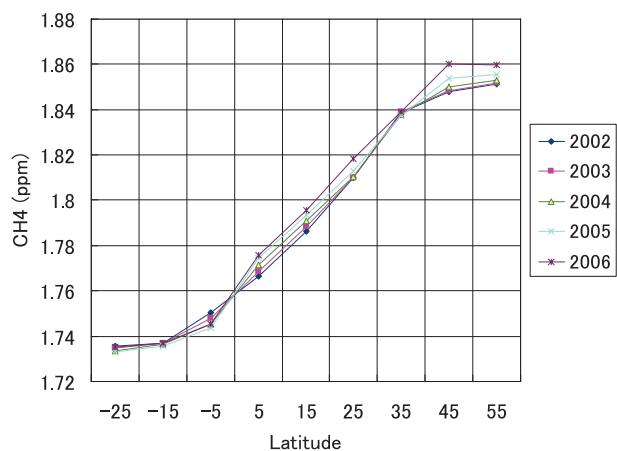
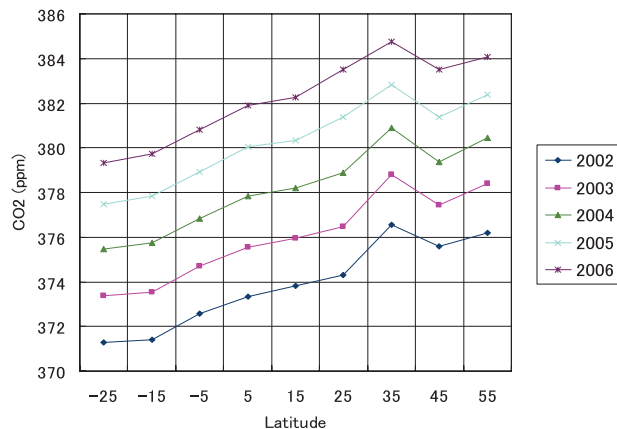


図10 太平洋での温室効果ガスの緯度分布

濃度は、地理的にも時期的にも大きな変動を示し、外洋よりも沿岸域で高濃度となる傾向が見られた。また、熱帯植物、海洋(温暖海域)、工業生産、バイオマスバーニングなどが主要な発生源である塩化メチルは東南アジア海域にいて同緯度にある西太平洋上よりも高濃度を示した。

3.1.3 鉛直分布

民間航空機を利用したCO₂濃度の連続観測は、2006年11月より定常観測に移行し、これまでに2,200回以上の観測飛行を行い、航空機の離着陸時に約4,500本の鉛直分布データを取得できた(図11)。

これらの鉛直分布のうち、比較的観測頻度の大きい北ヨーロッパ(N.EU:ロンドン、アムステルダム、パリ)、南ヨーロッパ(S.EU:ミラノ、ローマ)、バンクーバー(YVR)、仁川(ICN)、成田(NRT)、ホノルル(HNL)、バンコック(BKK)、ジャカルタ(CGK)およびシドニー(SYD)上空で得られたデータを高度帯毎に平均して高度別の季節変動を比較したものが図12である。ホノルル(21.3°N)以北の北半球では夏に低く冬に高い明瞭な季節変動が全ての高度帯において認められる。バンコックでは高度2 km以下の境界層内と2 km以上の自由対流圏とでは季節変動の位相や振幅が大きく異なっている。2 km以下では1月から3月にかけての高濃度が極大値を作っているが、高濃度の出現頻度は年によって大きく異なっており、これらの原因がバンコック付近の森林火災である可能性が高い。赤道近くのジャカルタでは明瞭なCO₂濃度の季節変動は観測されない。南半球のシドニー上空では振幅は小さいものの、3-4月付近に極小、10月付近に極大を示す季節変動が存在している。

季節振幅の緯度による違いを比較すると、赤道域のジャカルタ上空における振幅が全ての観測地点の中で最

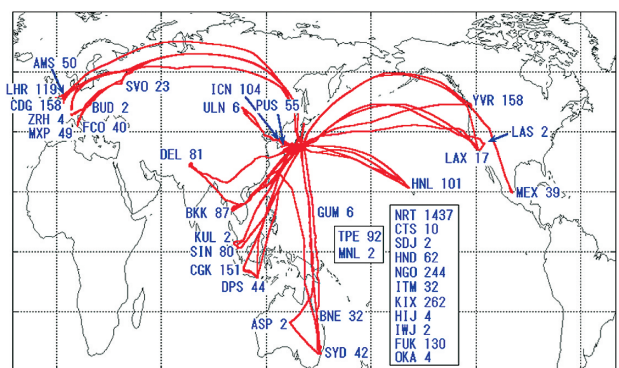


図11 航空機の航路と鉛直分布採取数

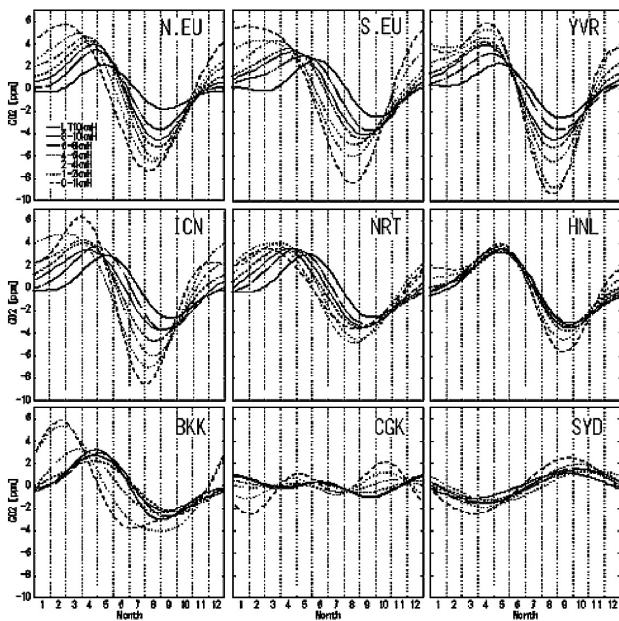


図12 南・北ヨーロッパ、バンクーバー：YVR、仁川：ICN、成田：NRT、ホノルル：HNL、バンコック：BKK、ジャカルタ：CGK およびシドニー：SYD 上空における CO₂濃度の平均的な季節変動

も小さくなっている。南半球のシドニー（SYD）上空では北半球のどの観測点よりも小さい。北半球では全体的に高緯度になるほど季節振幅が大きくなる傾向がある。高度10 km 以上における春先の成層圏大気の影響を受けた季節振幅の抑制は成田以北で観測されており、高度6-8 km との振幅差は高緯度になるほど開いており、より成層圏大気の影響を受けやすくなることが原因として考えられる。

個々の観測データのフィッティングカーブからのばらつきは観測地点によって違っており、南北ヨーロッパの高度2-4 km においては1.5 ppm ほどであるが、アジア域では約 2 ppm と大きくなっている。一方北米西海岸はヨーロッパと似た緯度帯に位置しているが、ばらつきは1.1 ppm と小さい。太平洋上のホノルルではさらに小さく0.6 ppm となっている。これらのばらつきは観測域周辺に存在する放出源・吸収源の強さやその不均一性に依存していると考えられる。このようなばらつきの情報は、CO₂濃度の高高度観測やカラム量観測を行う際の時間的な代表性を考える上で極めて重要である。

9 地点における CO₂濃度の年平均値を比較すると、境界層内の高度1-2 km で最も年平均濃度が低いのはシドニーの381.8 ppm である。北半球では局地的な影響を受けているバンコックや成田では境界層内の濃度は高めで

ある。高度2-4 km の自由対流圏下部では、南半球から北半球低緯度にかけて約 2 ppm の濃度勾配が存在する。ホノルル以北ではアジアの2 地点を除けば有意な緯度勾配は存在しない。高度10 km 以上では成層圏大気の影響で年平均濃度も北半球高緯度で低い値を示している。

CO₂濃度年平均値の鉛直分布を比較すると、仁川や成田といった東アジア域では自由対流圏に比べて境界層内で非常に濃度が高くなっている。大陸の風下であるが故に大陸上の陸上生態系や人間活動の影響を受けやすいことがこの地方の特徴であると言える。南北ヨーロッパも人間の活動が盛んな地域であるが、低高度での CO₂濃度が東アジア域ほど高濃度になっていない。これはヨーロッパが大陸の西方に位置するためであると考えられる。バンクーバーは大陸の西岸に面しているために、低高度での鉛直勾配がさらに小さくなっている。太平洋上のホノルル（HNL）はさらに勾配が小さく、観測された全高度にわたって年平均値が極めて均一である。南半球のシドニー（SYD）では濃度勾配が逆転しており、低高度ほど濃度が低くなっている。2007年の1-2 km と10 km 以上の濃度差は約0.7 ppm であった。

3.1.4 時系列変化に見られるアジアからの影響

濃度分布のデータからもアジアでの温室効果ガスの発生量の影響が大きいことが明らかになってきた。同時に、時系列データからもその影響が捉えられる。特に、二酸化炭素やフロン類などの影響は波照間での連続データから解析される。二酸化炭素は、特に中国での発生量の急増がここ数年懸念されている。

(a) 二酸化炭素

波照間島では、冬季を中心に秋季から春季にかけて主に大陸（中国）から大気塊が輸送され、大気微量気体成分濃度（メタン、二酸化炭素、亜酸化窒素、一酸化炭素、水素等）が高まることが知られている。ハワイなどと比較することで波照間での冬季の二酸化炭素の濃度の急増なども検出できた。

また、観測される大気微量気体成分の濃度変動には高い相関関係が見られ、その濃度の変動比は発生源強度の比を反映していると考えられる。そこで、特に CO₂と CH₄の日平均値の変動に見られる相関関係について、1996-2006年の11年間のデータを用いて解析を行った。観測された日平均値から経年変動成分および季節変動成分を取り除いて総観規模の変動成分を求め、月毎に相関

プロットの傾き（変動比）と相関係数を求めた。その結果、変動比（ $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CH}_4$ ）が冬季に極大、夏季に極小となる明瞭な季節変動を示すことが分かった。特に、夏季（7, 8, 9月）には負の変動比を示した。これは、夏季には陸上植物の光合成による CO_2 吸収が呼吸による放出を上回り、正味として陸域が CO_2 の吸収源となっていることを反映したものと考えられる。東アジア域の影響を強く受けている期間（11月から4月）の $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CH}_4$ 比の年平均を見ると、1996年から2006年にかけて約35%増加していることが分かった。これは東アジア域における CO_2 の CH_4 に対する放出量が相対的に増加していることを示唆している。統計によると、中国における化石燃料起源 CO_2 排出量は2000年以降急激に増加しているとされ、本研究の結果と整合的であるが、統計上の CO_2 排出量の変化と検出される $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{CH}_4$ 比の変化から見積もられる排出量変動とは必ずしも一致しておらず、統計値の確度の問題を提起することになった。

(b) ハロカーボン

波照間観測ステーションおよび落石観測ステーションにおいてCFC類5種（CFC-11, CFC-12, CFC-113, CFC-114, CFC-115）、HCFC類5種（HCFC-22, HCFC-141 b, HCFC-142b, HCFC-123, HCFC-124）、HFC類5種（HFC-23, HFC-134a, HFC-152a, HFC-125, HFC-32）、PFC類3種（PFC-116, PFC-218, PFC-318）、SF₆、その他ハロカーボン6種（トリクロロエタン、トリクロロエチレン、クロロホルム、四塩化炭素、ジクロロメタン、テトラクロロエチレン）の高頻度観測を継続した。

図13に波照間島で2004年5月～2008年3月に観測されたHCFC-22, HCFC-141 b, HFC-134 a, HFC-152 a, HFC-32の測定結果を示す。各化合物は、ベースライン濃度の季節変動と共に、数時間～数日の短期的な濃度増加を示した。波照間島におけるベースライン濃度の増加率は、2006年秋～2007年秋の場合HCFC-22：5.4%, HCFC-141 b：3.0%, HCFC-142 b：5.5%, HFC-134 a：9.7%, HFC-152 a：11.0%, HFC-32：37.5%に上るなど、HFC類を中心に代替フロン類の顕著な増加が認められた。2006年秋に観測を開始した落石岬では、波照間島に比べてHFC類、HCFC類濃度の季節変化は小さく、初夏には波照間島よりも高濃度になる傾向が見られた。

これまで観測例が少ないPFC類について、PFC-116, PFC-218, PFC-318の濃度は波照間島と落石岬で同程度であり、ベースライン濃度はそれぞれ、3.7ppt, 0.5

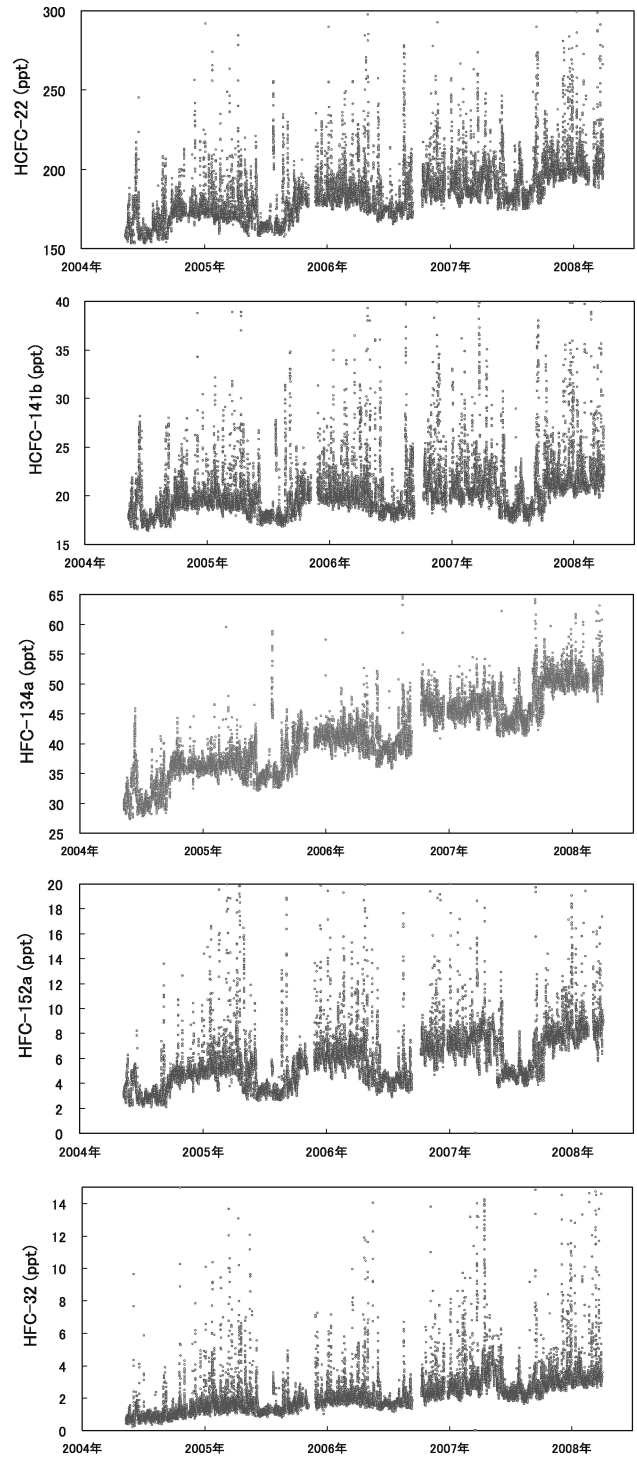


図13 波照間島で観測された大気中ハロカーボン濃度の変動（2004年5月～2008年3月）。上からHCFC-22, HCFC-141 b, HFC-134 a, HFC-152 a, HFC-32

ppt, 1.4pptである（2007年11月）ことが分かった。波照間島におけるPFC-116濃度にはごくわずかな増加傾向（+0.07 ppt/年）が見られたが、これは北アイルランドのMace Headで観測されているPFC-116濃度の増加速度と同程度である。

バックトラジェクトリー解析に基づいて中国、台湾、

日本が起源であると特定された汚染イベントを解析した結果、どの国においても現在排出されているハロカーボン類の温室効果の中で、すでに全廃が決まっているCFC類による温暖化への寄与がなお20～30%に上ることが明らかになった。

3.2 海洋、陸域フラックス観測

大気観測から得られる濃度の変化の情報は、海洋や、陸域のフラックスの変化の結果として現れる。従って、地域的にどのようなフラックスの変化が生まれているのか実際に調べるのが非常に重要である。ここでは、太平洋における二酸化炭素の吸収量の地域変動を時系列的に調べることによって、大気から二酸化炭素吸収の変動について検討する。観測としては、これまで、データの蓄積のある北太平洋および、昨年度から開始した西太平洋で行なう。

また、陸域では、アジアの地域での吸収量変動について、フラックス観測データの解析を行なう。またフラックス変動のプロセス解析のための方法論の検討をする。同時に、温暖化影響により変化する可能性がある土壌呼吸への応答を調べるために野外実験などを行う。

3.2.1 海洋 CO₂フラックス観測

ここでのターゲットになっている北太平洋での海洋二酸化炭素分圧 (pCO₂) 観測を継続し (図14)、ここ10年程度のデータをまとめ、pCO₂の気候値やトレンドの算定を行った。さらに、pCO₂のトレンドと海洋表層水温変動を考慮した海洋の炭素吸収量の経年変化や、その吸収の地域性を調べた (図15)。これによると10年の間の北太平洋全域 (北緯22.5-55度、東経145-240度間) における平均 CO₂吸収量は0.48 PgC/yであった。これは、全海洋吸収の25%程度を占めている。年々変動は98年に増加、99年に減少したあと、2005年に向かって吸収量の増加が

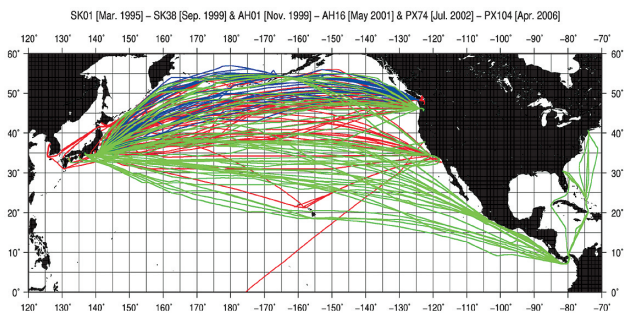


図14 これまでの北太平洋での海洋観測ライン

観測された。その変化の大きさは10% (0.05 PgC) 程度でありそれほど大きな変化ではなかった。また、海域ごとの輸送量の変化を見てみると、中緯度域の西部海域 (東経145-190度間) では海洋の CO₂吸収が強化される傾向にあり、東部海域 (東経190-240度間) では吸収が弱くなっている傾向が見られた。これは、この10年間に於いて北太平洋西部では、平均的に海洋 pCO₂の年増加率が大気 CO₂分圧のそれよりも小さく、逆に東部海域では、海洋 pCO₂の年増加率が大気よりも大きくなっていったことに起因している。以上のような詳細な観測結果がまとめられることは世界的にも無く、貴重なデータセットとなった。

西太平洋での観測を進めるために、オセアニア航路を航行する民間船舶 Transfuture (トヨフジ海運所属) に昨年度新たにシステムを設置し、日本-オーストラリア-ニュージーランドの間の海洋二酸化炭素観測を開始した。

また、時系列のデータは短いですが、観測で得られた約1年分の観測データを基にして、各海域の大気海洋 pCO₂分圧差 ($\Delta pCO_2 = \text{海洋} - \text{大気}$) の季節変化を調べた (図16)。北太平洋亜熱帯海域では冬に低く夏に高くなり、水温に伴う変化が顕著である。また、赤道付近では季節性が小さく、分圧差もほぼ0となっている。タスマン海海域においても季節変化の振幅は小さい。さらに、NOAAによる観測結果 (CW) と比較すると、両者はよく一致していることが分かる。また、この海域の ΔpCO_2 年平均値は約 $-40 \mu atm$ であり、この海域は一年を通して CO₂吸収海域であることが明らかとなった。

3.2.2 海洋の炭素循環観測

海洋の物理的循環を調べることに加え、大気との二酸化炭素交換の度合いなどを調べる良い指標として放射性炭素 (¹⁴C) がある。一般に、海洋における無機炭素中

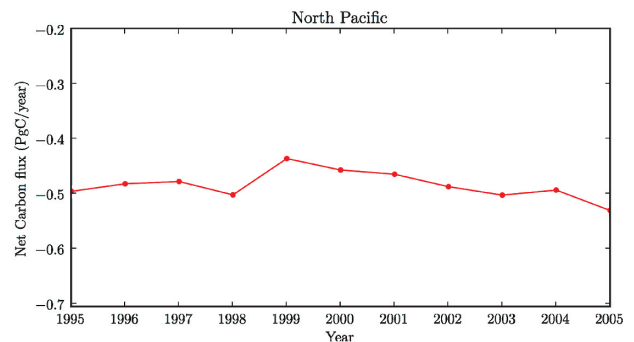


図15 北太平洋二酸化炭素フラックスの経年変化

の放射性炭素は、大気-海洋間の二酸化炭素ガス交換によってのみもたらされるため海洋表層水が最も濃度が高く、海洋へ取り込まれてからの経過時間が長い深層水では放射性崩壊によって濃度が低くなる傾向にある。表層水に含まれる¹⁴C濃度の時間的変遷は、水平方向の海水交換を無視できるものと仮定すれば、大気-海洋間の二酸化炭素ガス交換と混合層下の海水との上下混合によって表現できる。

ここでは、2003年夏より、北太平洋での海洋二酸化炭素分圧 (pCO₂) 観測の試料海水を利用して、その¹⁴C濃度を測定し、当該海域における大気-海洋間の二酸化炭素ガス交換速度の地域的相違、あるいは季節的変動を詳細に解析する研究をスタートさせた。

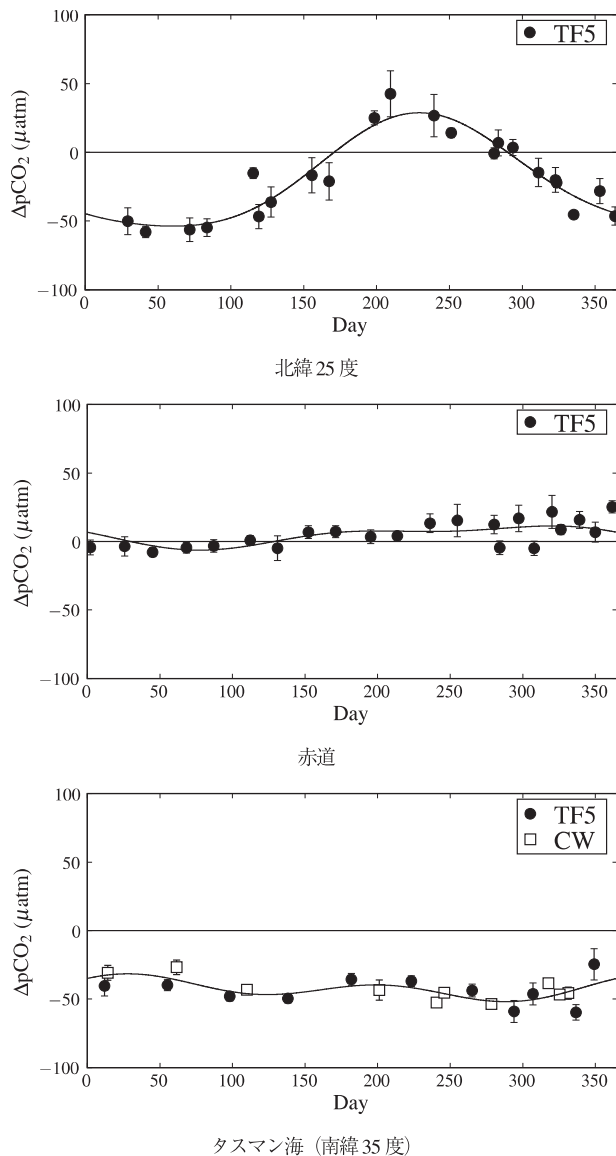


図16 西太平洋の各海域における大気海洋二酸化炭素分圧差の季節変化 (海洋-大気分圧差: μatm)

図17は、2003年秋 (日本から合衆国: 9月下旬, 合衆国から日本: 10月中~下旬) と2004年春 (3月中~下旬) に採取された試料の測定結果である。図17aによって明らかのように、西部海域の北緯40度付近を境に¹⁴C濃度に明確な相違がある。この境目は亜熱帯から北上する黒潮 (暖流) と亜寒帯から南下する親潮 (寒流) が接合する亜寒帯前線で、季節や観測年によって上下する。

亜寒帯前線の南側で採取された試料 (北緯20-40度付近) の¹⁴C濃度によると、西部域が東部域よりも相対的に高いことが分かる。これは、黒潮が表層を循環する北太平洋海流によって¹⁴C濃度の高い亜熱帯の表層水を運ぶ循環系であるのに対して、東部域のカリフォルニア海流が亜寒帯前線北側のアラスカ湾から冷たい¹⁴C濃度の低い海水を運ぶことに由来するものと思われる。さらに、東部亜熱帯域は赤道湧昇が卓越する海域なので、¹⁴C濃度の低い下層の海水 (見かけの海水年代が古い海水) との混合を表しているものとも考えられる。

同時に得られた水温や塩分のデータから、航路上の海域は西から、黒潮海域、北太平洋海流域、カリフォルニア海流域の3つに分類される (図18)。これら3つの海域における $\Delta^{14}\text{C}$ の平均値は、それぞれ、58%、53%、19%で、北太平洋の東西で約40%も異なることが分かった。この結果を翌2004年春のデータ (図17b) と比較すると、黒潮海域と北太平洋海流域では同等か2003年秋のほうがやや低く、カリフォルニア海流域では明らかに2003年秋のほうが低い傾向にあるようである。これらの傾向は、当該海域における表層海流等の季節的な変動によるものと思われるので、今後、データの蓄積によって詳しい解析を進める。

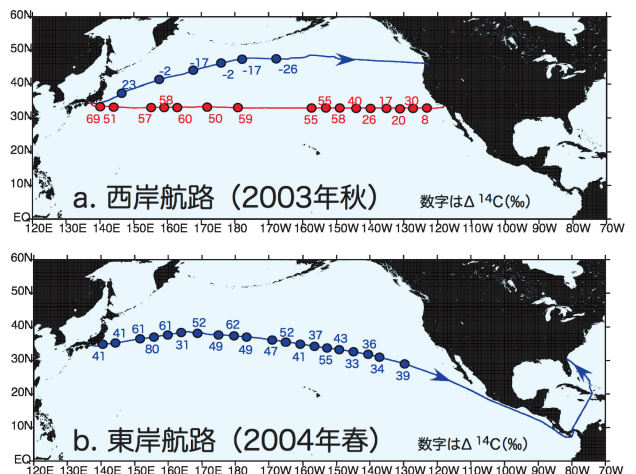


図17 北太平洋表層水中の放射性炭素濃度 (a: 2003年秋, b: 2004年春)

3.2.3 陸域フラックス観測・解析

本プロジェクトでは陸域のフラックスとして、日本でのデータとして地球環境研究センターのフラックスサイト（天塩、苫小牧、富士北麓）に加え、中国のチベットのデータを採取している。

特に日本のサイトでは攪乱の影響が調べられている。森林樹冠消失以前の苫小牧や富士北麓の吸収量は年間 200 gC/m^2 程度になっているが、天塩の実験サイトではあまり大きくない吸収量であった。天塩や苫小牧の森林部が消失した後のフラックスの変化を見たところ、3年間はまだ吸収量が回復せず呼吸による CO_2 の放出が光合成による吸収に対して卓越するため、正味としては大きな発生源となることが観察された。しかしながら、天塩での観測データにおいては、地上植生の回復に当たって、光合成による CO_2 の吸収量は年々増加していることが確認されており、近い将来、正味の吸収に転じることが予想される。自然攪乱および人為的な攪乱は森林の群落スケールでの炭素収支の年々推移に大きな影響を与えるものであり、苫小牧や天塩などの自然および人為攪乱の影響を受けたサイトでの長期的な観測により、攪乱の影響をモデル化するための重要なデータが集積されるものと期待される。

広大なアジア陸域生態系は、多様な気候と生態系を持つ。地球全体の陸域生態系の炭素収支を評価するため、この地域の炭素収支を把握する必要がある。しかし、欧米地域と比べ、この地域の炭素収支観測は5年以上遅れている。近年、多くの炭素フラックス観測がアジア陸域

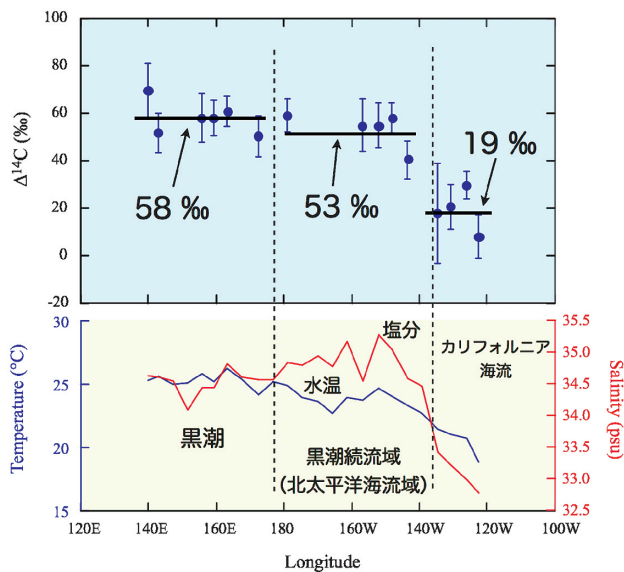


図18 北緯33度上の $\Delta^{14}\text{C}$, 水温, 塩分の水平分布 (2003年秋, PX 86 W 航海)

各地で行われているが、炭素収支の全体像についてはやはり観測データからの知見がない。そこで、アジア陸域49の観測サイトの炭素フラックス観測結果を取りまとめ(図19)、アジア陸域生態系の炭素吸収とそれに及ぼす環境要因を解明した。これまでの観測結果では、アジア陸域の年間純生態系交換量 (NEE) は、生態系によって大きく変化し、北方林、温帯林と熱帯林の平均値は、それぞれ 132.6 , 250.1 と $180.1 \text{ gCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ と観測値から推定されている。これらの測定値の空間変動 (生態系の変動) は、緯度が低くなると大きくなることがわかった。また、アジア各地の生態系の年間 NEE は、年平均気温と降水量との間に高い相関が示された。この研究では、アジア陸域生態系は、現在炭素のシンクであることも示唆された。

一方、チベット高原の草原生態系は、これまで多くの炭素が蓄積されているとの推測があったが、広範囲の現地調査データが極めて不足であり、その実態がほとんど把握されていなかった。2001年から4年間、地球環境研究推進費の一部で北京大学と国立環境研究所が共同で大規模な土壌炭素調査を行った。その後、2005年から室内分析や、調査データの解析、それにさらに衛星データを利用して、2005年度までのチベット高原全体の炭素蓄積量 (土壌30, 70, 100 cm まで) の推定ができた。その結果、調査地域の草原は、深さ 1 m までの土壌炭素蓄積密度が平均 6.5 kgm^{-2} で、すなわち 1 m^3 に平均 6.5 kg の C があることが分かった。チベット高原の草原生態系は、温帯林または冷温帯林の土壌炭素蓄積密度に近いこ

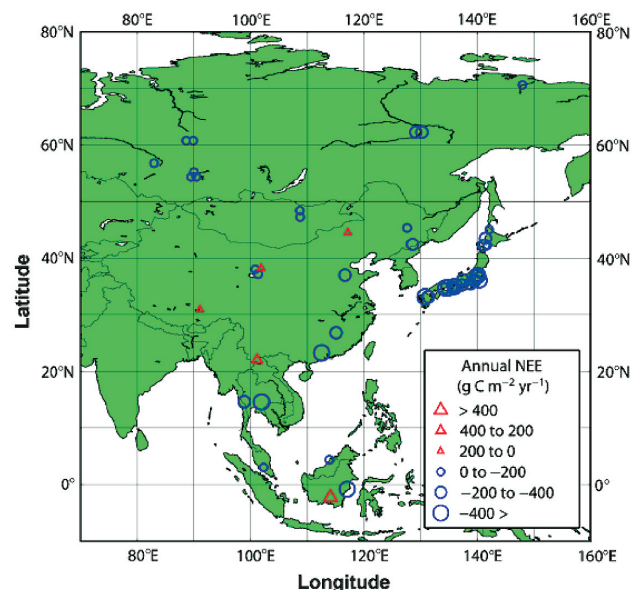


図19 アジア陸域生態系の炭素フラックスの空間変動

とがわかった。また、もっとも高いところでは、土壤炭素密度が16-20 kgm⁻²との高い値も示された。チベット草原全体の土壤炭素蓄積は、東南から西北まで低下し、降水と温度の空間分布に一致していることが示された(図20)。降水量と気温の高いところは、土壤炭素の蓄積量も高い。さらに、高山メド (Alpine meadow) 草原は、高山草原より高い蓄積量が示された(表2)。現在の調査データでは、チベット高原の草原生態系の112万平方キロの面積だけで、73.6億トンの土壤炭素蓄積が推定されている。

3.2.4 フラックスの新たな観測方法

陸域生態系のCO₂フラックスを呼吸・光合成に分離評価するための新しい試みとしてCO₂の安定同位体比や硫

表2 チベット高原の高山乾燥草原 (alpine steppe, AP) と高山低草原 (alpine meadow, AM) の地上部バイオマス (AGB) と土壤有機炭素 (SOC) 密度と蓄積量 (From Yang et al. 2008)

	面積 (10 ⁴ km ²)	AGB (g m ⁻²)	SOC 密度 (kg m ⁻²)			SOC 蓄積量 (pg ²)		
			30cm	50cm	100cm	30cm	50cm	100cm
AP	61.08	54.1	2.94	3.67	4.38	1.80	2.24	2.68
AM	51.74	110.4	6.17	7.51	9.05	3.19	3.89	4.68
計	112.82	79.9	4.42	5.43	6.52	4.99	6.13	7.36

化カルボニル (COS) など呼吸・光合成と直接的なリンクを持つ大気成分を指標成分 (トレーサー) として用いるアプローチを提唱しているが、2007年度は大気中にCO₂のおよそ100万分の1の濃度で存在しているCOSを少量のサンプルから高精度に測定するための測定システムの開発を行った。その結果、可搬性・試料成分の保存性に優れたガラスフラスコをサンプリングに用いた観測が可能となった。また、Evalと呼ばれるガスバリアフィルムでアルミ薄膜をラミネートしたバッグが、CO₂の安定同位体比に対して極めて高い保存性能を持つことが確認された。この容器を中間貯留容器として用いることで、これまで困難であった渦集積法と呼ばれる手法を応用した群落スケールでのCO₂の安定同位体比のフラックスの定量が可能となると予想された。これらの開発の結果、渦集積法を応用して森林群落スケールでのCO₂安定同位体比やCOSのフラックスを定量するための技術的な要件が満たされたと判断したため、これを森林でのタワー観測現場に設置し、実際の野外観測を開始するための準備に取りかかっている。

3.2.5 土壤呼吸量の温暖化影響

土壤呼吸量増加に対する温暖化によるフィードバックの寄与を見積もるために、年間を通して土壤を人工的に

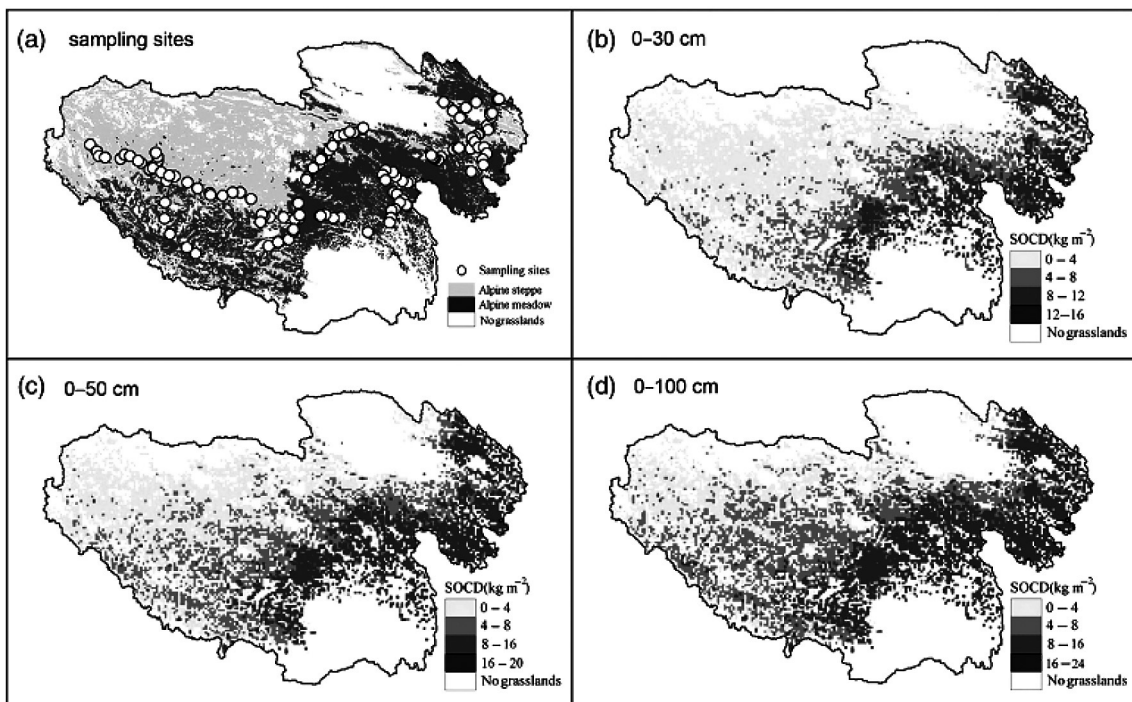


図20 土壤炭素調査から推定されたチベット高原草原生態系の炭素蓄積量
a: 調査点の分布と植生; b, c, d: 30 cm, 50 cm, 100 cm の土壤炭素蓄積密度

加熱し、その寄与量を大型自動開閉チャンバーを用いて評価するなどの調査を研究所内林地で行なってきたが、これを北海道の天塩、広島、苗場などに展開し、計測を開始した(図21)。データは順調に採取されているが、まだあまり長い時系列がそろっていない。しかし、つくばのデータによると、加温している方のチャンバーでは20-30%程度のCO₂放出の増加が認められた(図22)。温度と呼吸反応曲線から見積もると、加温によって呼吸速度のQ₁₀(土壌温度が10℃変化したときの呼吸速度の変化率)はむしろ下がっているような傾向もあり、そのため増加割合が小さめに出る可能性が示唆された。しかし、乾燥の度合いなどその他の要因も複雑に絡むことがわかった。

3.3 物質輸送, 物質循環モデルによる検証

本プロジェクトの中でのモデル研究は、中核研究プロジェクト2と連携しながら行なっている。最終的なグ



図21 天塩におけるチャンバー実験開始

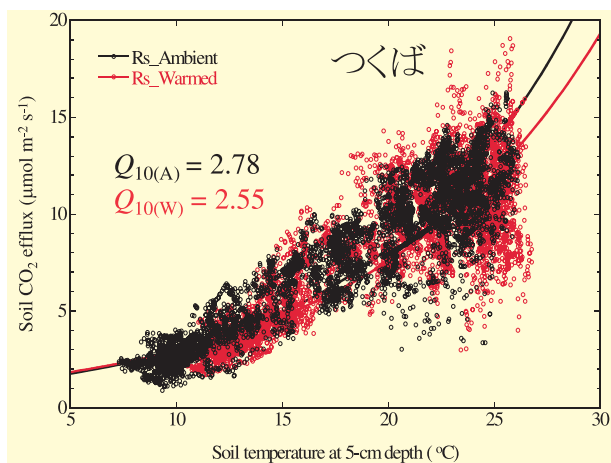


図22 つくばにおける加熱区と非加熱区の応答曲線の比較

ローバルな二酸化炭素収支の地域的分布を描き出すためのインバースモデルは、プロジェクト2のGOSATによる観測および本プロジェクトにおける実際の観測値などを利用してしながら、グローバルな収支モデルを用いて行なうことになる。そのモデルの精度の向上のために、本プロジェクトでの実際の観測データを用いたパラメータの調整などが非常に有効である。例えば、航空機などを用いて観測している鉛直方向の分布のデータを用いて、インバースモデルの再評価などが行なわれている。

従ってここではグローバルなモデルではなく、ローカルな観測結果に対する詳細なモデルについての報告を行なう。本プロジェクトでの温室効果ガスの観測データは各種あるが、ここでは特に二酸化炭素や、ハロカーボン、CO、オゾンなどに対する地域モデルシミュレーションの改良やその中間結果について報告する。

3.3.1 二酸化炭素

グリッド型モデルを用いて計算した全球の二酸化炭素濃度の三次元データと粒子拡散型モデルを用いて計算した空気塊のバックトラジェクトリーとを併用してフォワード計算を行う新規のモデル(結合モデル)を開発した。グリッド型モデルにはNIES輸送モデルver.08³⁾と粒子拡散モデルにはFLEXPART⁴⁾をそれぞれ採用した。

図23は結合モデルとNIES輸送モデルで計算した波照間の2002年の二酸化炭素の濃度変動を観測値³⁾と比較したものである。尚、結合モデルの結果は波照間から放出した空気塊の二週間分のバックトラジェクトリーを使用して計算したものである。図をみると両モデルとも季節

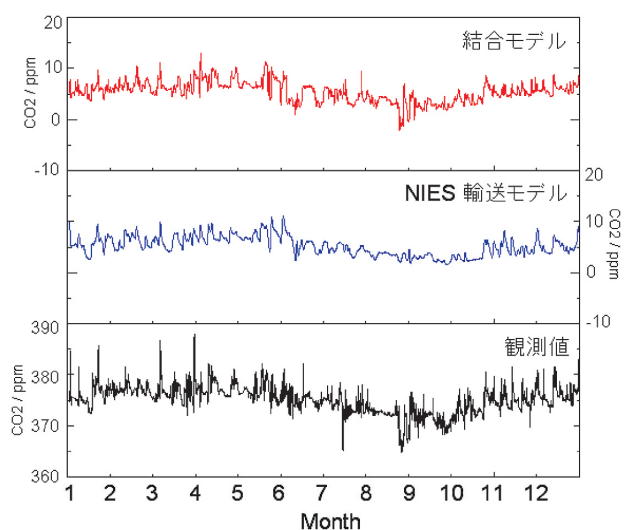


図23 波照間の二酸化炭素モデルシミュレーション

変動に関しては同程度に再現できている。しかし、ピーク高やピーク形に関しては、結合モデルの方がより細かく観測値を再現しているように見られる。両モデル及び観測値の濃度変化から季節変動を取り除き、モデル結果と観測値との間の相関係数を計算すると、NIES 輸送モデルが0.473、結合モデルが0.510となり、結合モデルの方がより良い観測値との一致を示すことが確認された。

このように、従来のグリッド型モデルより、トラジェクトリーを用いる新たなモデルの方が詳細な濃度変動に追従できる可能性を持っていることがわかった。ピークの詳細な一致度は季節によっても異なっていることから、トラジェクトリーライン上でのソースやシンクの精度が関連していることが想定され、このことから逆に、発生源密度や吸収速度見積についての情報が得られる可能性があると考えられた。

3.3.2 ハロカーボン

ハロゲン系温室効果気体の東アジアにおける地域別排出源を推定するために、コロラド州立大学により開発された領域気象モデル RAMS (Regional Atmospheric Modeling System) にオンライントレーサーモデルを組み込み、排出源分布を仮定して、HCFC-22の濃度分布の計算を行った。このシミュレーションにより得られた、東アジアの主な放出領域に由来する各トレーサー濃度の波照間の位置における時系列を観測値と比較し、観測値が示した鋭い濃度ピークと同期して現れた計算値のピークについてピーク面積を計算し、逆計算を行った。中国由来の気塊が波照間に到達する頻度の高い冬季を選び、2005年～2007年の3年間のHCFC-22観測値を用いて逆計算を行った結果、境界値として用いたGEIAの放出量分布が日本・韓国・台湾由来については整合性が高かったものの、中国に対しては10倍以上、低く見積もられている、という結果が得られた。この結果は、 Δ HCFC-22と Δ CO (Δ はバックグラウンド濃度からの増加分)の比から見積もられた、中国からのHCFC-22排出量 (Yokouchi et al., 2006) とも整合しており、中国からのHCFC-22排出量が、現在の統計値よりも10倍近く上回っていることが示唆された。

3.3.3 一酸化炭素

一酸化炭素の放出量と放出源の逆推定については、2005年3月に行われた集中観測で得られた8地点にお

ける地表観測データと領域化学輸送モデルを組み合わせることで行われた。一酸化炭素の排出については、2001年にNASA等によって行われた大規模航空機観測 (TRACE-P) で、中国からの排出が約40-50%過小評価であることが明らかとなったが、その後の情報は報告されていなかった。また、中国の急速な経済発展により、窒素酸化物の排出が急増していることが分かっているが、一酸化炭素についても懸念がもたれていた。逆計算で求められた、2005年における中国の排出量は165 Tg/yrであり、2001年と比較して15%の伸びが認められた。また、伸びが認められる地域は、中国沿岸の北京から上海にかけてのエリアであった。窒素酸化物と比較しても小さな伸びであるが、エネルギー使用量増加により、生物燃料から石油・電気等へ利用エネルギーのシフトが起こったためと考えられる。また、MOPITT衛星センサーから得られた中国上空における一酸化炭素のカラム量の変化も、2001年から2005年にかけて、同様の微増傾向を示し、逆推計された放出量の推移と衛星から得られた濃度の推移が良く一致していることが明らかとなり、モデル、衛星、インベントリーの三者に整合的な結果が得られた。

4. まとめ

これまでの観測による温室効果ガス濃度変動の解析結果として、継続的な二酸化炭素、 N_2O 、代替フロンなどの増加が示された。メタンに関しては2000年以降、どの緯度帯も濃度上昇は小さかった。

アジア地域を観測対象としている観点から解析して行くと、二酸化炭素やある種のフロンの急激なアジア地域の放出量の増加が検出されてきた。

グローバルな二酸化炭素収支観測では、温度と陸域の吸収はまだ続いていることが示されたが、陸域での変動は依然大きかった。ただし、二酸化炭素吸収トレンドの長期変化はまだ見えてきていないので、炭素循環のフィードバックによる吸収量変化が検出されるためにはさらなる観測の継続が必要であろう。

アジアの東側にある北太平洋の吸収量の10年の観測から、その年変動は小さい様子が示されたが、近年の若干の増加も示された。アジアの陸域の吸収量も緯度別や年変動はするものの、いまのところ全体としては吸収が大きいと考えられた。ただ、森林において自然攪乱が起ると3年程度の放出が起こることがわかった。陸域につ

いてのフラックスは、地域性や温暖化のフィードバックによる変化が考えられるために、長期的な観測が必要である。

今後、全体の吸収の時系列の変動などが大気の変動とどのように関連し、収支を変化させるのにどの程度寄与しているのかを解析するために観測を継続する。

引用文献

- 1) Machida T., Matsueda H., Sawa Y. and coauthors (2008) Worldwide measurements of atmospheric CO₂ and other trace gas species using commercial airlines. *J. Atmos. Oceanic. Technol.* in press
- 2) Tohjima Y., Mukai H., Nojiri Y., Yamagishi H., Machida T. (2008) Atmospheric O₂/N₂ measurements at two Japanese sites: estimation of global oceanic and land biotic carbon sinks and analysis of the variations in atmospheric potential oxygen (APO), *Tellus*, doi:10.1111/j.1600-0889.2007.00334.x
- 3) Stohl A., Hittenbeger M., Wotawa G. (1998) Validation of the Lagrangian particle dispersion model FLEXPART against large scale tracer experiments. *Atmos. Environ.*, 32, 4245-4264
- 4) Maksyutov S., Belikov D., et al. (2007) Application of the transport model for inverse modeling studies of the regional and global budgets of CO₂, NIES Supercomputer Annual Report 2007. CGER NIES, Tsukuba, Japan, submitted
- 5) Mukai H., Katsumoto M., Ide R., Machida T., Fujinuma Y., Nojiri Y., Inagaki M., Oda N., Watai T. (2001). Characterization of atmospheric CO₂ observed at two-background air monitoring stations (Hateruma and Ochi-ishi) in Japan (abstract), paper presented at Sixth International Carbon Dioxide Conference, Org. Comm. of Sixth Int. Carbon Dioxide Conf., Sendai, Japan

Ⅲ. 中核研究プロジェクト2：衛星利用による二酸化炭素等の観測と全球炭素収支分布の推定

1. 研究の目的と経緯

我が国は、2008年度の人工衛星の打ち上げを目標に、世界初の二酸化炭素及びメタンといった温室効果ガスの衛星観測を目的とした温室効果ガス観測技術衛星(GOSAT)プロジェクトを進めている。GOSATプロジェクトは、環境省・国立環境研究所(NIES)・宇宙航空研究開発機構(JAXA)の三者共同プロジェクトである。京都議定書の第一約束期間(2008年～2012年)に、衛星で太陽光の地表面反射光を分光測定してSN比300以上を達成し(JAXA目標)、二酸化炭素とメタンのカラム量(地上から鉛直上方に大気上端まで延ばした大気柱内に存在する気体分子の総量)を雲・エアロゾルのない条件下で1000 km四方の空間平均と3ヵ月の時間平均で二酸化炭素については相対誤差1%、メタンについては相対誤差2%の精度で観測する(手法開発はNIES目標)。更に、これら全球の衛星観測結果と地上での直接観測データを用いることにより、インバースモデル解析に基づく全球の炭素収支分布の算出誤差を地上データのみを用いた場合と比較して半減すること(NIES目標)を目標にしている。インバースモデル解析とは、大気輸送モデルの逆計算によって、観測された全球の二酸化炭素の濃度分布とその時間変動(季節変化等)を説明するように地域別の二酸化炭素のネット吸収・排出量を推定する解析方法である。

本中核研究プロジェクトではこの目標達成に向けて、種々な観測条件下において取得されたデータに対して、雲・エアロゾル・地表面高度などの誤差要因を補正し、高精度で二酸化炭素・メタンのカラム量を導出することを目的に、衛星観測データの定常処理アルゴリズムを開発する。衛星打ち上げ前には、数値シミュレーションに基づいてデータ処理アルゴリズムを開発し、計算された擬似観測データや航空機や地上で取得する直接観測データによりアルゴリズムの精度を評価し改良する。また、衛星打ち上げ後は、データ処理の結果(精度)を直接測定・遠隔計測データを用いて評価・検証し、データ処理アルゴリズムの更なる改良を行う。また、この衛星観測結果と地上での各種の直接測定データとを利用して、全球の炭素収支推定分布の時空間分解能と推定精度を向上することを目的にインバースモデルを開発し、データ解

析を行う。

以上の研究目的を達成するために、本プロジェクトでは、以下の三つのグループにより研究を実施している。

- 1) 衛星観測データの処理アルゴリズム開発・改良研究
- 2) 地上観測・航空機等観測実験による温室効果ガス導出手法の実証的研究
- 3) 全球炭素収支推定モデルの開発・利用研究

なお、本プロジェクトが平成18年度より開始されるまでに、平成16年度より平成18年度までの3年間、地球環境研究総合推進費により「温室効果ガス観測衛星データの解析手法高度化と利用に関する研究」が実施された。当研究(以下、「推進費による研究」)は、国立環境研究所を中心に、気象研究所、産業技術総合研究所、東京大学、京都大学、名古屋大学、筑波大学、東北大学、地球フロンティア研究システムを研究分担者として研究が実施された。本プロジェクトの開始年度は推進費による研究の最終年度にあたり、その研究成果を受けて、当中核プロジェクトが開始された。推進費による研究では、温室効果ガスを対象とした衛星観測データ全般を対象に、雲・エアロゾルの影響がある衛星観測データから高精度に温室効果ガスのカラム量を導出する解析手法の検討を行った。当プロジェクトのこれまでの研究成果の一つである「巻雲存在下の温室効果ガスカラム量の2ステップ導出手法」は、推進費による研究で検討されていた3ステップ法を改良して得られたものである。推進費による研究では、実際に衛星によって観測されるデータの特徴を把握するため、類似仕様のセンサー(地上試験モデル)を地上設置及び航空機に搭載してデータを取得し、その解析手法の開発と実証を行った。開発しているカラム量解析手法の妥当性を検証するための実験の実施は推進費の最終年度(当プロジェクトの初年度)に実施したが、その詳細のデータ解析は当プロジェクトの2年度目に行った。更に、推進費による研究では大気輸送モデル計算への衛星観測データの利用手法(データ同化手法)の開発研究を行った。以上のように、当プロジェクトの先行研究として推進費による研究が行われた。当プロジェクトでは、GOSATに特化した研究として、より精緻で実用化を目指した研究を実施している。

2. 研究の成果

当プロジェクトで研究を実施している三つの研究グループごとに、これまでに得られた主要な成果を紹介する。

2.1 衛星観測データの処理アルゴリズム開発・改良研究

GOSATの観測するデータを処理して二酸化炭素(CO₂)及びメタン(CH₄)のカラム量を導出するためのアルゴリズムの開発研究として、処理フローの確定、巻雲・エアロゾルの影響と各パラメータ導出の可能性の検討、放射伝達計算上の問題点の調査、巻雲やエアロゾルの存在する様々な大気条件下での取得データに対応するデータ処理手法の開発、それらにより導出されるCO₂及びCH₄のカラム量の誤差評価を、数値シミュレーションを中心に実施した。

2.1.1 巻雲存在下の温室効果ガスカラム量の2ステップ導出手法の開発

薄い巻雲が存在する場合の観測データより温室効果ガスカラム量を高精度で導出する手法を開発した。検討手法としては数値シミュレーションを用いた。以下に巻雲存在下での温室効果ガスカラム量導出手法(2ステップ法)について示す。

衛星に搭載されている雲判別のためのセンサー(TANSO-CAI)によって温室効果ガス観測センサー(TANSO-FTS)の観測視野内が雲の全く存在しないクリアスカイであると判断されても、多くの場合、視野内に薄い巻雲(cirrus cloud)が存在する。巻雲の存在を無視したデータ処理では温室効果ガスカラム量を正確に求めることができない。そこで、一般に巻雲が存在する高度が8~12 km程度であることと、それより高々度では水蒸気量が極めて少ないため、水蒸気の吸収による飽和波長領域では地表面からの太陽反射光は水蒸気によりほぼ完全に吸収され、巻雲からの反射信号(パ斯拉ディアン)のみが、その波長帯の信号として観測される性質を利用して、巻雲情報と同時に温室効果ガスカラム量を求める手法を開発した。

GOSATには、フーリエ変換分光器であるTANSO-FTSが搭載され、短波長赤外波長帯では0.76 μm帯(バンド1)、1.6 μm帯(バ

ンド2)、2.0 μm帯(バンド3)の3つのバンドのスペクトルデータが取得される(図1参照)。検討のため、雲やエアロゾルのモデルが含まれ、多重散乱を考慮した放射伝達を計算するRSTARコード¹⁾をベースに、その計算波長刻みを細かくしたHSTARコードを利用して輝度スペクトルの計算を行った。

これらの輝度スペクトルに各バンドのSN比に相当するノイズを加えて擬似的な観測データを作成し、そのデータから非線形最小二乗推定により、各種の未知パラメータを導出する。温室効果ガスカラム量の導出には、簡便手法としてRodgersの線型最適化手法²⁾を利用して誤差の大きさを見積もった。

なお、気体の未知パラメータとしては、最終的にカラム量を算出するとしても、カラム量はどの気圧(高度)にどれだけ量の気体が存在するかによって変わるため、中間的には地表から高度15 kmの間の気体濃度の高度分布を推定し、そこからカラム量を計算している³⁾。気体濃度の高度分布の導出結果はノイズによっては不安定となる場合があるが、カラム量としては安定に求められる。

ここでは巻雲の未知パラメータとしては、図2に示すように、巻雲の高度とその光学的厚さを気体濃度と同時に推定した。巻雲によって太陽光が減衰して地表面に到達し、そこで反射して衛星に到達する光と、巻雲により反射された光(パ斯拉ディアン)が衛星センサーに到達する光とが合成されて観測される。

研究の結果、以下の2ステップ手法を開発した。

[第1ステップ]: バンド1(0.76 μm帯)と、バンド

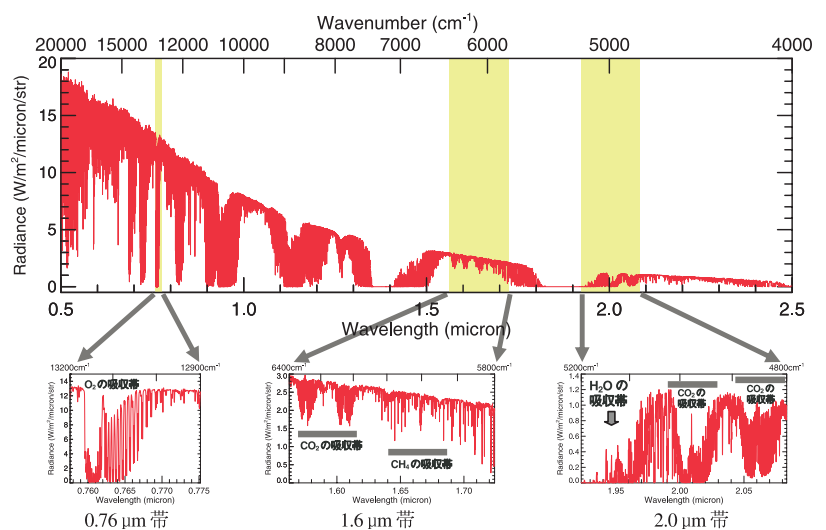


図1 GOSATの搭載センサーによって観測されると予想される太陽放射の輝度スペクトル例

3 (2.0 μm 帯)の水蒸気の飽和波長域(図3)から、巻雲の高度 h と光学的厚さ τ_c を推定する。この際、バンド1の地表面分光反射率も同時に推定する。

[第2ステップ]: 第1ステップで求められた h と τ_c を利用して、バンド2(1.6 μm 帯)の CO_2 吸収波長域から CO_2 カラム量と、その波長域における地表面分光反射率を推定する。また、これとは独立に、第1ステップで求

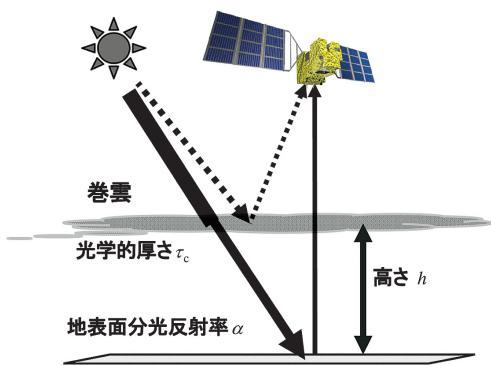


図2 巻雲が存在する場合の観測

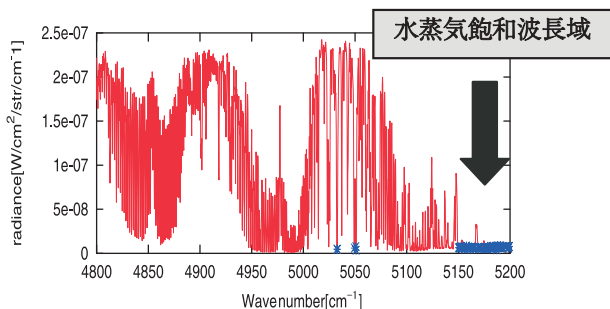


図3 巻雲からのパ斯拉ディアンズ情報として利用するバンド3の水蒸気飽和領域

められた h と τ_c を利用して、バンド2(1.6 μm 帯)の CH_4 吸収波長域から CH_4 カラム量と水蒸気カラム量、及びその波長域における地表面分光反射率を推定する。

結果

数値シミュレーションにより、Rural, Dust, Yellow Sand, Sea Sprayのいずれかのタイプのエアロゾルと巻雲とが存在する大気場に対して擬似観測スペクトルを作成し、当手法のカラム量推定誤差を評価した。同一の観測条件に対して50パターン異なる観測ノイズを加えた擬似観測スペクトルを用意し、カラム量推定処理を行った。カラム量の真値と推定値との差の平均値と標準偏差、及び総合誤差(= $\sqrt{(\text{平均値})^2 + (\text{標準偏差})^2}$) (いずれも単位は%)の一例を表1に示す。参考として、巻雲もエアロゾルも存在しない完全クリアスカイ条件($\tau_c = \tau_a = 0$; τ_a はエアロゾルの光学的厚さ)の結果を併せて示した(ただし、クリアスカイ条件は3パターンのノイズのみで試行)。なお、カラム量推定の際のエアロゾル光学特性としてはRuralのものを用い、高度分布は地表から高度3 kmまで一様に分布すると仮定した。GOSATではTANSO-CAIからエアロゾルの光学特性は得られるが、高度分布は得られないため、実際のエアロゾル高度分布と仮定との違いがカラム量推定誤差に影響する。

表1の結果より、まずクリアスカイの場合には、3回の試行ではあるが約0.2%の精度でカラム量の導出が可能であったことがわかる。また、黄砂(Yellow Sand)を

表1 地表面が針葉樹の場合の CO_2 カラム量の推定誤差 (50回の推定試行, 上段: バイアス, 中段: 標準偏差, 下段: 総合誤差)

巻雲の光学的厚さ τ_c (0.55 μm)	エアロゾルタイプ 田舎 (Rural)		エアロゾルタイプ 土壌 (Dust)		エアロゾルタイプ 黄砂 (Yellow Sand)		エアロゾルタイプ 海塩 (Sea Spray)	
	0	τ_a	1回目: -0.13%	※雲及びエアロゾルの存在しないクリアスカイ 3回の推定試行平均で誤差は-0.18%				
0.05	=	0.22%	τ_a	-0.02%	τ_a	0.47%	τ_a	0.07%
	0.1	0.25%	=	0.22%	=	0.21%	=	0.22%
	τ_a	-0.10%	0.1	0.22%	0.1	0.51%	0.1	0.23%
	=	0.22%	τ_a	0.01%	τ_a	1.02%	τ_a	0.20%
	0.2	0.24%	=	0.23%	=	0.21%	=	0.22%
	0.2	0.24%	0.2	0.23%	0.2	1.04%	0.2	0.29%
0.1	τ_a	-0.13%	τ_a	-0.06%	τ_a	0.52%	τ_a	0.09%
	=	0.22%	=	0.22%	=	0.21%	=	0.22%
	0.1	0.25%	0.1	0.23%	0.1	0.56%	0.1	0.23%
	τ_a	-0.12%	τ_a	-0.08%	τ_a	1.08%	τ_a	0.19%
	=	0.22%	=	0.22%	=	0.21%	=	0.21%
	0.2	0.25%	0.2	0.24%	0.2	1.10%	0.2	0.29%

除いて巻雲やエアロゾルが濃いときも薄いときも0.2～0.3%の精度で導出が可能であることがわかる。黄砂では推定誤差が1.0%を越える場合があるが、これは黄砂が実際には高々度（4～8 km）に存在するにもかかわらず、低高度（3 km 以下）に存在すると仮定していることに起因すると予想される。黄砂や火山噴火性エアロゾルのように高々度にエアロゾルが存在する場合には、エアロゾル輸送モデルなどの補助情報からエアロゾル高度分布情報を得て、カラム量導出処理に利用するなどの改良が今後考えられる。

2.1.2 カラム量推定手法における鉛直気圧グリッドの最適化⁴⁾

カラム量推定手法である最大事後確率推定法 (Maximum A Posteriori Method; MAP 法)²⁾ で使用される Jacobian 行列 \mathbf{K} を用いて、規格化した Jacobian 行列 $\tilde{\mathbf{K}}$ を次式のように定義する。

$$\tilde{\mathbf{K}} = \mathbf{S}_\epsilon^{-1/2} \mathbf{K} \mathbf{S}_a^{1/2} \quad (1)$$

ここで、 \mathbf{S}_ϵ は観測誤差共分散行列、 \mathbf{S}_a は未知パラメータの背景誤差共分散行列である。 $\tilde{\mathbf{K}}$ を次式のように特異値分解したとき、

$$\tilde{\mathbf{K}} = \mathbf{U} \mathbf{\Lambda} \mathbf{\Lambda}^T \quad (2)$$

その固有値の総和 $\text{tr}(\mathbf{\Lambda})$ が1を超える場合には、気体濃度変化 $\mathbf{S}_a^{1/2}$ によって観測ノイズ $\mathbf{S}_\epsilon^{1/2}$ を超えるシグナルが観測スペクトルに現れる。逆に固有値の総和が1に満たない場合、そのシグナルは観測ノイズに埋もれる。

全 N 層からなる系を考えると、規格化 Jacobian 行列は各層に対応するカラムベクトル $\tilde{\mathbf{k}}_i$ (応答ベクトル) を使って

$$\tilde{\mathbf{K}} = [\tilde{\mathbf{k}}_1 \ \tilde{\mathbf{k}}_2 \ \cdots \ \tilde{\mathbf{k}}_N] \quad (3)$$

と書くことができる。応答ベクトルのノルムが1より大きい場合、それに対応する層での気体濃度変化 $\mathbf{S}_a^{1/2}$ は観測ノイズ $\mathbf{S}_\epsilon^{1/2}$ を超えるシグナルを示すことになる。カラム量を推定するという点では、各層のシグナルが大きく異なることが望ましい。そこで、鉛直グリッドの最適化の基準として、

$$|\tilde{\mathbf{k}}_i| = 1 \quad (i=1, \dots, N) \quad (4)$$

を採用する。具体的には、応答ベクトルのノルムが層の

厚さ ($|\delta(\ln p)|$; ここで p は: 気圧) と正の相関をもつことを利用して、下記の手順により最適な鉛直グリッドを見積もる。

- (1): 気体濃度の目標推定精度を $\mathbf{S}_a^{1/2}$ とする。
- (2): 任意の鉛直グリッドについて規格化 Jacobian 行列を計算する。
- (3): $|\tilde{\mathbf{k}}_i| \propto |\delta(\ln p)|$ を仮定し、 $|\tilde{\mathbf{k}}_i| = 1$ となる層の厚さ $|\delta(\ln p)|$ を最下層から順番に求める。
 - ・ $|\tilde{\mathbf{k}}_i| > 1$ の層は、 $|\tilde{\mathbf{k}}_i| = 1$ となるように分割する。
 - ・ $|\tilde{\mathbf{k}}_i| < 1$ の層は、上の層を順番に足し合わせて $\sum |\tilde{\mathbf{k}}_i| = 1$ の層となった段階で $\sum_{j=1}^i |\tilde{\mathbf{k}}_j|$ となるように分割する。
- (4): 上記の (2), (3) を繰り返す。

結果

CO₂ 1.6 μm 帯を使用して CO₂ カラム量の推定を行うという観点から最適化した鉛直気圧グリッド (鉛直層の境界) を図4に示す。なお、ここでは CO₂ の目標推定精度として 1.0% (3.8 ppmv) を想定し、地表気圧は 1013.25 hPa とした。比較のため、標準大気モデルの鉛直気圧グリッドも図4に示している。最適化した気圧グリッドは、最下層から約 100 hPa の高度までほぼ等間隔となった。つまり、大気層に含まれる CO₂ 分子数がほぼ等しくなるような鉛直グリッドである。CO₂ 濃度変化に関する情報は、1.6 μm 帯では基本的に CO₂ による吸収過程に起因することから、CO₂ 濃度変化によって生じる輝度スペクトルの変化量は大気層に含まれる CO₂ 分子数にほぼ比例すると考えられる。その点では、見積もられた最適鉛直気圧グリッドは整合の取れたものと考えられる。また 100 hPa より上層では、CO₂ 濃度変化に対する輝度スペクトルの応答がノイズレベルを下回ることから、最適鉛直グリッドとしては大気上端までの 1 層を形成する結果となった。標準大気の気圧グリッドと比べると、最適グリッドは 600 hPa より下層でより細かく、600 hPa よりも上層は粗い気圧グリッドとなる。

最適化した鉛直気圧グリッドを用いた CO₂ 推定は、図5に示す Averaging kernel 関数により特徴付けられる。Averaging kernel 関数は特に背景誤差共分散 \mathbf{S}_a に依存するが、ここでは高度間の相関がなく鉛直一様な分布を仮定しているため、図5は 1.6 μm 帯を使った CO₂ 濃度推定の Averaging kernel 関数としては、最も基本的な構造を示すものである。個別の Averaging kernel 関数は大きく

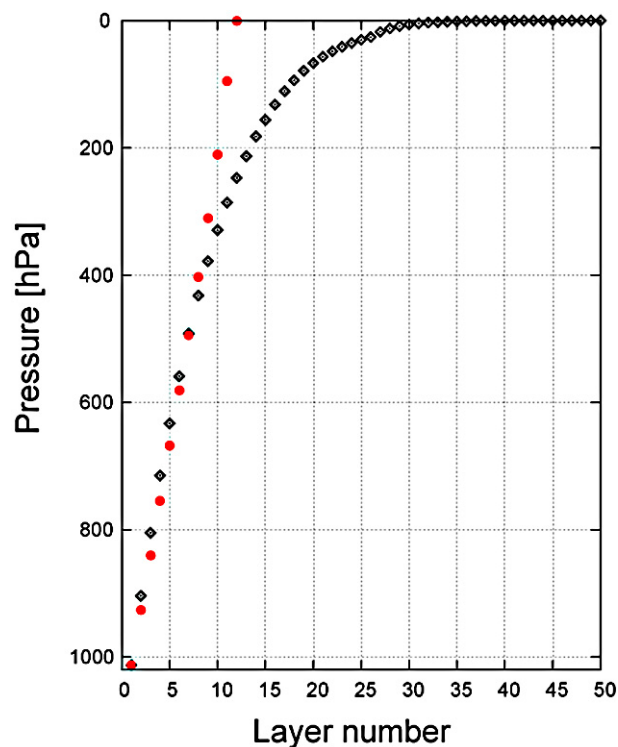
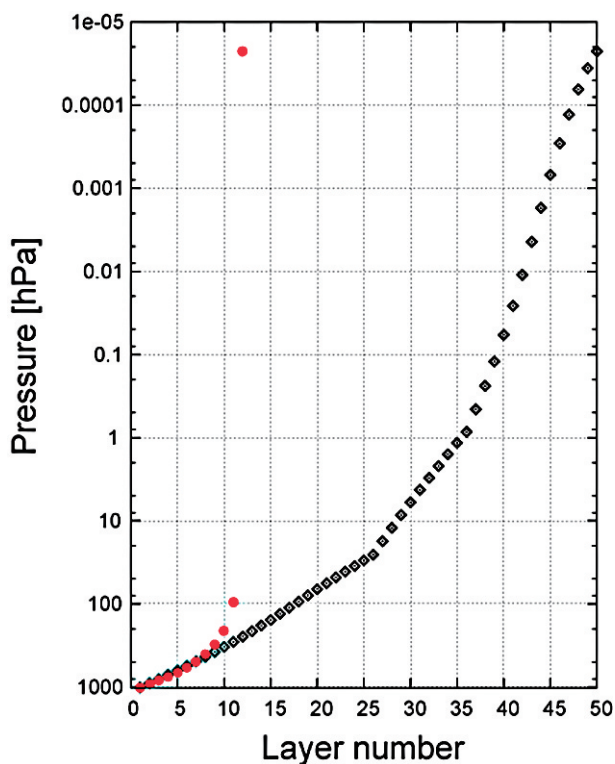


図4 鉛直気圧レベルの比較 (●: 最適化グリッド点, ◇: 標準熱帯域大気グリッド点。
地表面気圧 = 1013.25 hPa)

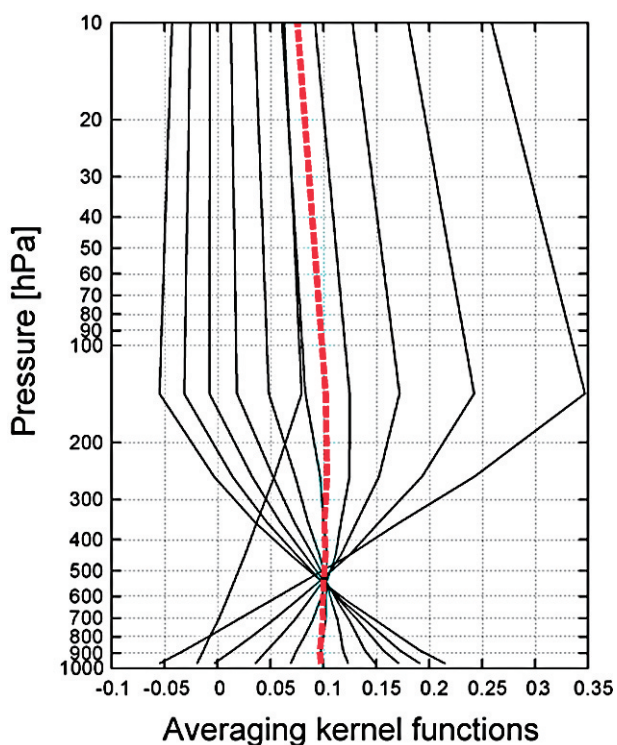


図5 1.6 μ m帯を使ったCO₂濃度推定のAveraging kernel関数。赤の点線はCO₂カラム量に対するAveraging kernel関数×0.1, 実線は個々のAveraging kernel関数(Averaging kernel関数行列の行ベクトル)で、各大気層の導出感度を表している

分けて、地表で最大値を取り上層に向かって徐々に減衰するモード、及び130 hPa付近に最大値を取り下層に向かって減衰するモードの2つのモードに分類でき、130 hPaより上層ではいずれのモードも緩やかにゼロに近づいてゆく。一方、CO₂カラム量に対するAveraging kernel関数は、上記の2つのモードの重ね合わせの結果、地表から約100 hPaの層をほぼ1に近い値で一様に覆い、100 hPaより上層ではゼロに向かって減衰する。また、この場合、Averaging kernel行列のトレースとして表される独立な自由度(Degree of Freedom for Signal; DFS)は約1.68であった。

鉛直グリッドの最適化は必ずしもCO₂濃度推定の鉛直分解能を向上させるものではなく、実際、最適化した鉛直グリッドを用いて評価したAveraging kernel関数は、いずれも鋭利な極大値をもたない。このことは、各層の応答ベクトル(式(3))が互いに独立ではないことに起因し、CO₂高度分布の推定は困難といえる。一方、CO₂カラム量推定に関するAveraging kernel関数は地表から気圧高度約100 hPaまでほぼ一様な値をもつ。DFSが約1.68であることを考慮すると、1.6 μ m帯の太陽散乱光データはCO₂カラム量の推定に適していると解釈するのが妥当である。

2.2 地上観測・航空機等観測実験による温室効果ガス 導出手法の実証的研究

2.2.1 衛星センサの地上試験モデルを用いた高所観測 実験によるカラム量の導出精度確認

衛星観測データから CO₂カラム量を導出するアルゴリズムの妥当性を衛星打ち上げ前に評価するために、筑波山山頂付近 (36.2°N, 140.1°E, 標高約800m) に衛星センサと類似した仕様の地上試験モデル (BBM) を設置し、太陽の地表面反射光を観測すると同時に、観測光路中の CO₂カラム量の状況を知るために CO₂濃度計を小型航空機 (セスナ) に搭載して高度約 3 km までの CO₂濃度プロファイル (in-situ データの取得) の直接観測を行う実験を平成18年12月に実施した。その際、カラム量導出の誤差要因の一つである境界層内のエアロゾルの実態把握のため、スカイラジオメータとライダー (波長 355 μm) によるエアロゾル観測を併せて実施した。当フィールド観測の概要を図 6 に示す。

具体的には以下のように機器を配置し、観測を実施した。

- BBM を筑波山ケーブルカー山頂駅の駅舎 2 階に設置した。
- 筑波山旧気象測候所には、CO₂ in-situ 測定装置、スカイラジオメータを設置し、全天カメラによる雲画像撮影を実施した。
- BBM 観測ターゲットにおいて、地表面反射率を測定した。
- BBM 観測ターゲット近郊の桜川市役所真壁庁舎には、CO₂ in-situ 測定装置、スカイラジオメータ、気象測器、ライダーを設置して連続観測を行い、また、全天カメラによる雲画像撮影を実施した。

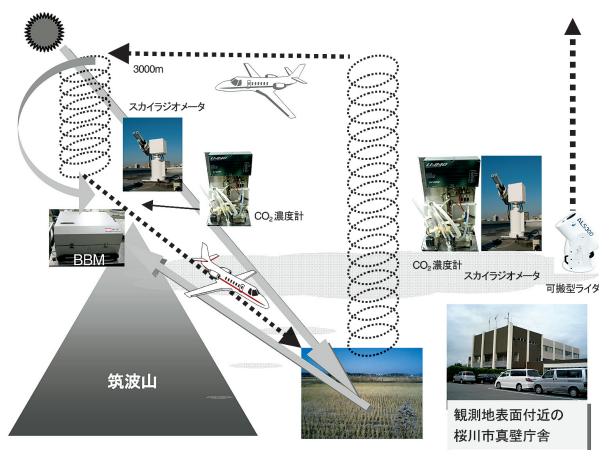


図 6 平成18年度に実施した筑波山高所観測の概要

e) BBM による地表面散乱光観測時の観測光路をできるだけ重ねるようにして、セスナ搭載 CO₂ in-situ 測定を行った。セスナでは同時に、気温、気圧、湿度の高度分布を測定した。

結果

セスナ観測から、日によっては午前中に地表付近に高濃度の CO₂が蓄積していることがあるものの、対流活動が活発化するにつれ上空のより低濃度の CO₂と混合し、正午頃には大気境界層内で高度方向にほぼ一様な CO₂濃度分布となる様子が見られた。

CO₂カラム量推定の際、使用した太陽放射スペクトルの Fraunhofer 線の位置・強度に不備が見つかったため、Fraunhofer 線と重なる波数点を除いて解析を行った。なお、この解析の後、より精度の高い太陽放射スペクトルを外部研究者と協力して作成した。BBM 観測スペクトル (使用波数範囲: 6280–6380 cm⁻¹) から推定した CO₂カラム量 (高度 0–3.2km) と、セスナ観測値から評価したカラム量とを比較した結果を図 7 に示す。スカイラジオメータ観測から得られたエアロゾル光学特性を用いて、エアロゾルを考慮した場合と考慮しなかった場合でそれぞれ CO₂カラム量の推定を行った。エアロゾルを考慮した場合と考慮しなかった場合とでは、導出された CO₂カラム平均濃度 (CO₂カラム量/乾燥空気のカラム量) に -0.5~+2.5ppm の差が生じた。また、セスナ観測による実測値と比較したところ、エアロゾルを考慮せず導出した CO₂カラム量との間には最大 1.5% 程度の差があったが、エアロゾルを考慮して導出した CO₂カラム量との間の差は 1.0% 以内に収まった。実測値と推定値との差は、大気が十分に混合したと考えられる午後には小さくなる傾向がある。

以上のことから、地上設置の模擬観測データの解析により、衛星観測データ処理を目的としている CO₂カラム量導出手法 (アルゴリズム) は基本的には問題がなく動作することが確認された。また、解析にはエアロゾルへの対処が必要であることも確認された。

2.2.2 衛星データ検証のための地上設置高分解能フーリエ変換分光器による二酸化炭素カラム平均濃度の推定検討

衛星観測データの解析結果は、そのバラツキの程度とバイアス値を評価する必要がある。それをデータプロダ

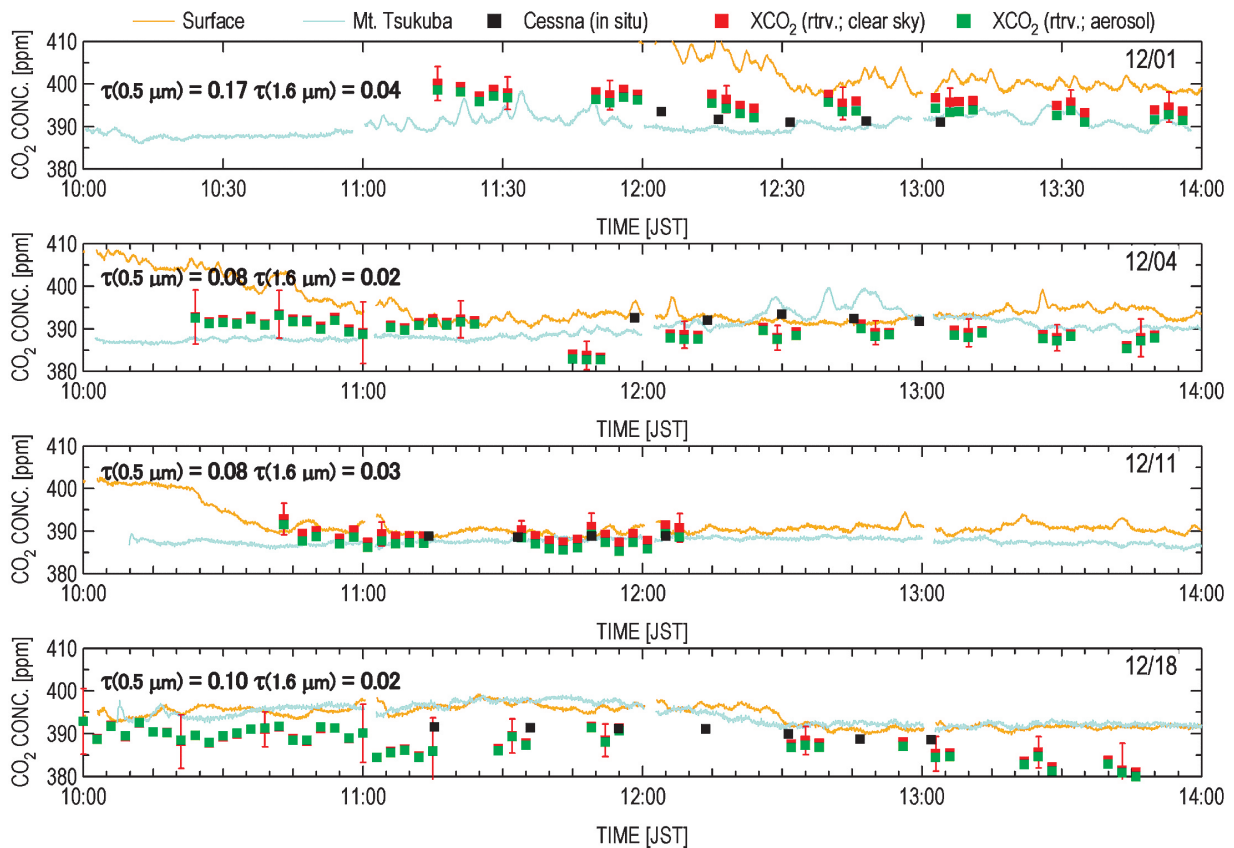


図7 筑波山山頂実験のデータ解析結果（赤：クリアスカイと仮定しエアロゾルを考慮しなかった場合，緑：エアロゾルを考慮した場合，黒：セスナ航空機による in situ 観測データから求めた CO₂カラム平均濃度，実線：地表面及び山頂に設置した連続測定器の CO₂濃度値）

クトの「検証」と呼んでいる。検証には、衛星観測データの導出結果よりもより精度の高い測定器による極力近い場所と時間での観測結果と比較する必要がある。カラム量の検証として有効な計測手段として、地上設置の高分解能フーリエ変換分光器によるカラム平均濃度の取得が挙げられる。GOSATの軌道は、3日に1回つくば上空を通過するため、つくばに設置されている地上高分解能フーリエ変換分光器を検証観測装置として利用する予定にしている。

国立環境研究所では、地上高分解能フーリエ変換分光器（FTS, Bruker IFS 120 HR）を用いて太陽直達光スペクトルを定常的に観測している。ここでは、1.6 μm 帯の CO₂吸収スペクトルの解析から CO₂カラム平均濃度の導出を行った。得られた結果を in-situ 航空機観測の結果と比較し、FTS 観測から求めたカラム平均濃度の精度を評価した。また、つくばにおける CO₂カラム平均濃度の季節変動や経年変動を導出し、相模湾上空における航空機観測と比較した。

2004年1月から2006年12月にかけて測定された波数分解能0.05 cm⁻¹のスペクトルに対して解析を行った。

FTS 観測は基本的に晴れた日に1日1回実施し、3年間で約300日分のスペクトルが取得された。大気吸収スペクトルの解析には、リトリーバル解析プログラム SEASCRAPE Plus (Remote Sensing Analysis Systems, Inc.) を使用し、6300~6347 cm⁻¹の波数領域に対して解析を行った。解析に必要な CO₂濃度の鉛直分布の初期推定値としては、つくばの気象研タワー、相模湾上空の航空機サンプリングおよび三陸上空の大気球による成層圏大気サンプリングの観測データに対してそれぞれ経年変動と季節変動を仮定してフィッティングすることで得られたモデル計算値を用いた。

リトリーバル解析によって得られた CO₂濃度の鉛直分布からカラム量が計算されるが、CO₂カラム量の変動は、大気中の CO₂濃度の変動以外にも気圧の変動によっても起こる。地表における気圧の変動は数日で3%程度にも及ぶため、これに伴って CO₂カラム量についても同程度の変動が起こり得る。そこで、CO₂カラム量を乾燥空気のカラム量で割り、鉛直方向に平均化された CO₂濃度 (CO₂カラム平均濃度) に変換することによって気圧変動の影響を補正した。ここで、乾燥空気のカラム量

は、解析に用いた高層気象台（館野）のレーウィンゾンデ観測値とNCEP再解析データの気圧及び気温の鉛直分布から得られる全空気カラム量から、同じスペクトルからCO₂と同時に導出された水蒸気のカラム量を除くことによって求めた。

結果

FTS観測から得られたCO₂カラム平均濃度の精度を評価するため、FTS上空で行われたin-situ航空機観測の結果（高度3 kmまで、それより高い高度はモデル計算値を使用）と比較した。ここで、両者を定量的に比較するためにRodgers and Connerの方法³⁾により、in-situで観測されたCO₂濃度がFTSではどのように観測されるかをFTSのAveraging kernel行列と初期推定値を用いて求めた。その結果をin-situで観測されたCO₂濃度とみなしFTS観測から得られた濃度と比較した結果、両者は1%の範囲内で一致した。

図8に初期推定値として日平均値、月平均値、季節平均値のそれぞれを用いた場合のCO₂カラム平均濃度の予備解析結果を示す。これらから、初期推定値への依存性は小さく、安定してCO₂カラム平均濃度が求められることが確認された。

図8のCO₂カラム平均濃度の時系列からは明瞭な季節変動や経年変動が観測された。更にCO₂カラム平均濃度の時系列に対してフィッティングを行い、季節変動および経年変動成分を求めた。観測値とフィッティングカー

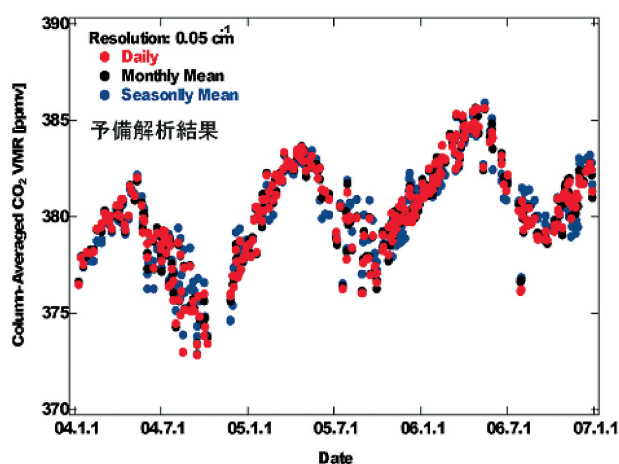


図8 GOSAT データプロダクトの検証に利用する予定の地上設置高分解能フーリエ変換分光器によるCO₂カラム平均濃度の推定例（予備解析結果）。導出されたCO₂カラム平均濃度は初期推定値依存性が小さいことが解る [Ohayma & Morino (論文投稿中)]

ブとの残差の標準偏差は0.8ppm程度であった。

以上は予備解析結果ではあるが、地上設置高分解能フーリエ変換分光器がGOSATの検証観測装置として有効であることが示された。

2.3 全球炭素収支推定モデルの開発・利用研究

2.3.1 GOSAT データの利用による炭素収支推定の不確か性の低減率の試算⁵⁾

逆計算モデルによる炭素収支解析には現在は地上観測データが利用されている。そこで、将来利用が可能となるGOSATによる衛星観測データが、対象地域の月・年単位での炭素収支推定の精度向上にどの程度寄与し得るかの評価を行った。この評価には、既存の地上観測ネットワークより得られるデータと、将来的に提供されるGOSAT観測データ（本報告では模擬データを使用）との合成データを用い、CO₂フラックス（収支量）の不確か性と、GOSAT観測データ利用による不確か性低減率を求めた。

月単位でのCO₂フラックス逆計算では、全球を22分割する計算領域の季節変化をRaynerら⁶⁾、Gurneyら⁷⁾、Patraら⁸⁾によって開発された手法を用いて求めた。全球を分割する計算法に由来した誤差を低減するため、まずMaksyutovら⁹⁾による66領域モデルを使用し、最終的にCO₂フラックスを22領域について求めた。

今回の評価に使用するGOSAT観測模擬データには、2005年における地上観測地点でのCO₂濃度とCO₂カラム平均濃度の全球分布を大気輸送モデルで計算した結果を使用した。この計算には逆計算モデル推定の気候学的なCO₂フラックスを用いた。本評価で使用するGOSAT観測模擬データは陸域限定とし、またGOSATが観測するCO₂カラム量のデータ数は月平均晴天率データから算出し、適用した。得られたCO₂カラム平均濃度は経緯度7.5°×7.5°のグリッドセル毎に平均した。GOSATから得られる単一のCO₂カラム平均濃度値に含まれるランダム誤差を2.5ppm、バイアス誤差を0～3ppmとすると、月平均のCO₂カラム平均濃度の総合誤差は0.5～3.5ppmとなる。

地上観測データには151の観測地点からのデータのみを用いた。これらの観測地点におけるCO₂測定濃度の誤差は実データを基に計算されており、複数年にわたる平均から季節変動があることが分かっている (GLOBALVIEW-CO₂)¹⁰⁾。

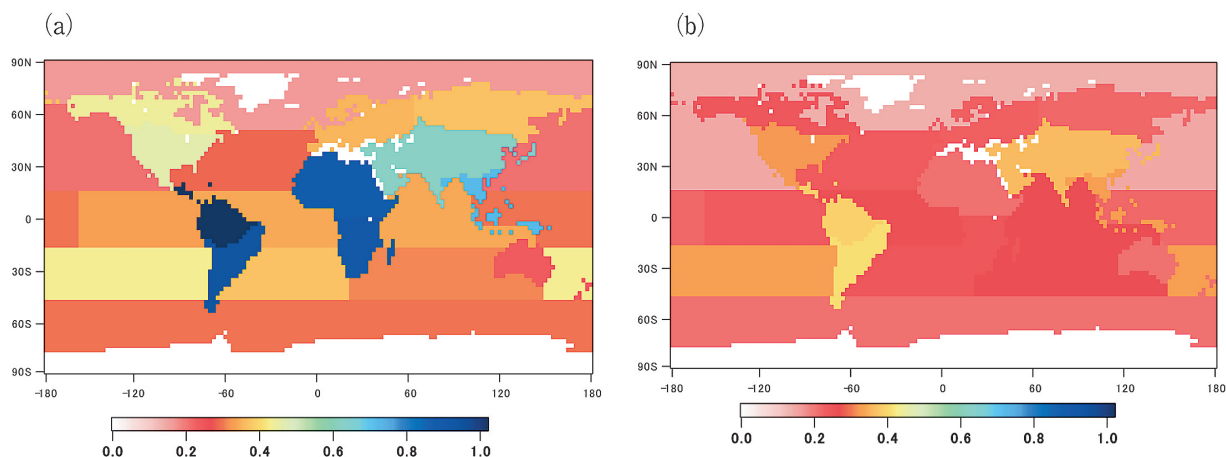


図9 CO₂フラックスの年平均不確定性 (GtC/yr/region)。(a) 地上観測値のみを使用した場合、(b) 地上観測値とGOSATデータの両方を使用した場合。GOSATから得られる1つのCO₂カラム平均濃度データに含まれるランダム誤差を5 ppm、バイアス誤差を0.5 ppmとした

結果

逆計算モデルによる年平均CO₂フラックス不確定性の全球分布を、(1) 地上観測データのみを使用した場合と、(2) 地上観測データにGOSAT観測模擬データを加えた合成データを使用して求めた場合について図9に示す。図10には合成データを使用した場合のCO₂フラックス不確定性の低減率を示す。22領域における地上観測データにGOSAT観測模擬データを加えることで、特に地上観測の空白域である南米やアフリカにおいて、CO₂フラックスの不確定性が減少した。

地上観測データを使用する場合と比較して、合成データ使用時のCO₂フラックスの平均誤差を、陸域全体、22領域全体において半減させるには、7.5°×7.5°グリッドセルの月平均のCO₂カラム平均濃度として、それぞれ1.3ppm、0.4ppm以下の精度が必要である。陸域限定のGOSAT模擬観測データのみを用いた場合、地上観測データ使用時と同程度にCO₂フラックスの不確定性を低減するには、7.5°×7.5°グリッドセルの月平均のCO₂カラム平均濃度として0.7ppm以下の精度が必要である。

以上の結果より、高精度の衛星観測は、地上観測と同様にCO₂フラックス不確定性の低減に有効であるといえる。地上観測ネットワークの空白域では、GOSATデータによってCO₂フラックス不確定性が最大60%程度低減すると期待される(図10)。

2.3.2 CO₂部分カラム平均濃度の観測値を用いた陸域生態系CO₂フラックスの最適化

GOSAT観測データからCO₂カラム量を導出するアル

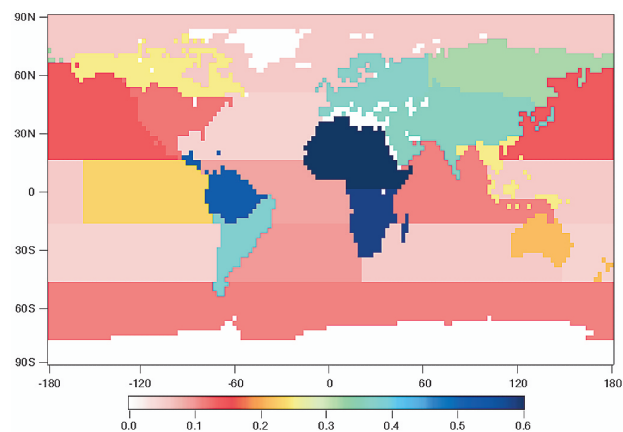


図10 22領域における、CO₂フラックスの不確定性の減少率 (GOSATデータと地上観測値 vs. 地上観測値)

ゴリズムでは、CO₂濃度の鉛直分布の先験値が必要である。この先験値は、CO₂濃度の季節変化や総観規模変化をよりよく再現するように調節されたCO₂フラックスを用いて、モデル計算によって求められる。陸域生態系は大気中CO₂濃度の変動に大きく寄与していることから、より良いCO₂濃度の先験値を得るために、陸域生態系モデルのCO₂フラックスの最適化を行った。具体的には、Carnegie-Ames-Stanford Approach (CASA) モデルの2つのパラメータ (光利用効率 E_{max} と土壌呼吸速度 Q_{10}) を、CASAで評価された11の植生タイプ(図11)について最適化した。この際、観測とシミュレーションで得られたCO₂部分カラム平均濃度の季節変動の差が最小になるよう調整した。CO₂部分カラム平均濃度の季節サイクル観測値はGLOBALVIEW-CO₂ (2007)¹⁰より取得可能な北半球の17例(図11参照)のCO₂濃度の鉛直分布より

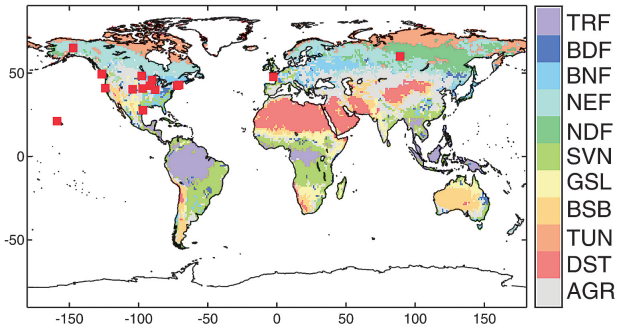


図11 CASA 植生タイプの分布図。TRF：熱帯雨林，BDF：広葉落葉樹林，BNF：広葉針葉混合樹林，NEF：針葉常緑樹林，NDF：針葉落葉樹林，SVN：サバンナ，GSL：多年生牧草，BSB：広葉低木，TUN：ツンドラ，DST：砂漠，AGR：農地。赤い四角印は本研究で使用した17例のCO₂濃度鉛直プロファイルデータの観測地点を示す（GLOBALVIEW-CO₂，2007）¹⁰

得た。航空機による離散的な高度（4～8飛行高度）におけるCO₂濃度の観測値を用いてフラックスモデルのパラメータの最適化を行った場合、モデルの鉛直輸送構造にわずかな欠損があるだけで結果が大きく変わりうることが判ったため、CO₂部分カラム平均濃度を離散的なCO₂濃度の代わりとして使用することにした。CO₂部分（全）カラム平均濃度のデータを用いることで、このような影響を回避することができる¹¹。

結果

パラメータE_{max}とQ₁₀の初期値は、それぞれ0.55 gC/MJ PARと1.50とし、5階層の反復計算を行った。最適化されていない初期値と、最適化されたパラメータを用いて計算したCO₂濃度の鉛直分布を、観測値と共に図12に示す。図12より、最適化することにより、地上観測ステーションのCO₂濃度の季節変動が大きく改善され、

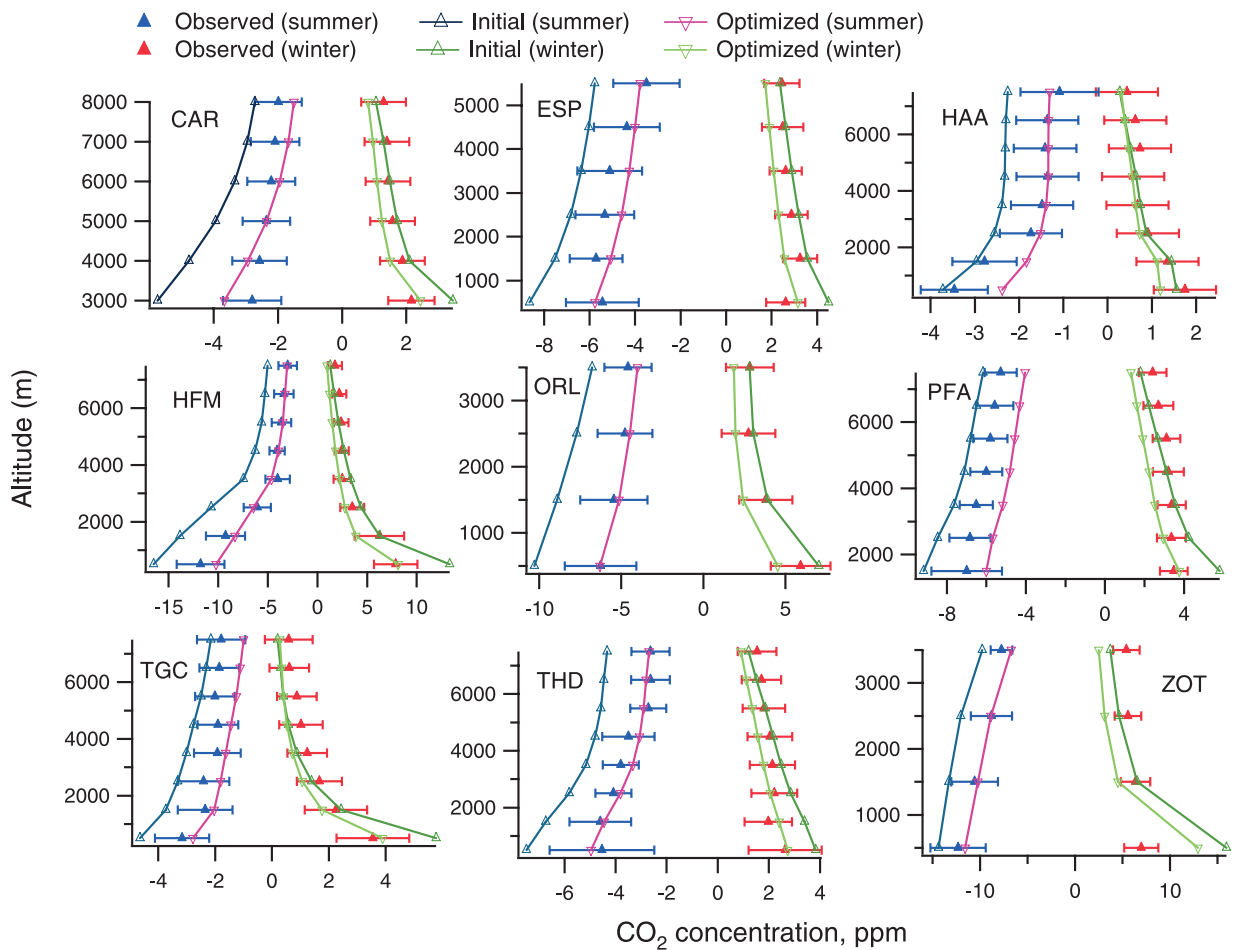


図12 CO₂濃度鉛直プロファイルの初期値、最適化値、観測値の比較。冬は1，2，3月の平均値，夏は7，8，9月の平均値。CAR：Carr（コロラド），ESP：Estevan Point（カナダ），HAA：ハワイ，HFM：Harvard Forest（マサチューセッツ），ORL：Orleans（フランス），PFA：Poker Flat（アラスカ），TGC：Sinton（テキサス），THD：Trinidad Head（カリフォルニア），ZOT：Zotino（ロシア）

同時にモデルの鉛直混合が特に冬に弱くなることがわかる。したがって、鉛直構造そのものを最適化しない限り、離散的な CO₂濃度を用いた CASA（もしくはフラックス）モデルは妥当ではないことがわかった。

引用文献

- 1) Nakajima T.Y., Nakajima T., Aoki Te., Higurashi A., Tanaka A., Verstraete M.M., Hashibe Y. (2004) EORC Bulletin: GSS Reference Handbook (RSTAR Reference Handbook). Technical Report No. 15, 360 p., ISSN 1346-7913, JAXA/EORC
- 2) Rodgers C.D. (2000) Inverse methods for atmospheric sounding: Theory and practice. 238 p., ISBN 981-02-2740-X, World Scientific
- 3) Rodgers C.D., Connor B.J. (2003) Intercomparison of remote sounding instruments. *J. Geophys. Res.*, 108 (D3), 4116, doi: 10.1029/2002JD002299
- 4) Ota Y., Yoshida Y., Yokota T. (2008) Study of retrieving column amount of carbon dioxide from satellite-based near-infrared observation of solar scattered light in clear sky condition—Error estimation and optimization of vertical pressure grid—. *J. Remote Sensing Soc. Japan*, 28, 152-160
- 5) Maksyutov S., Kadyrov N., Nakatsuka Y., Patra P.K., Nakazawa T., Yokota T., Inoue G. (2008) Projected impact of the GOSAT observations on regional CO₂ flux estimations as a function of total retrieval error. *J. Remote Sensing Soc. Japan*, 28, 190-197
- 6) Rayner P., Enting I., Francey R., Langenfelds R. (1999) Reconstructing the recent carbon cycle from atmospheric CO₂, $\delta^{13}\text{C}$ and O₂/N₂ observations. *Tellus*, 51B, 213-232
- 7) Gurney K.R., Law R.M., Denning A.S., Rayner P.J., Baker D., Bousquet P., Bruhwiler L., Chen Y.H., Ciais P., Fan S., Fung I.Y., Gloor M., Heimann M., Higuchi K., John J., Maki T., Maksyutov S., Masarie K., Peylin P., Prather M., Pak B.C., Randerson J., Sarmiento J., Taguchi S., Takahashi T., Yuen C.W. (2002) Towards robust regional estimates of CO₂ sources and sinks using atmospheric transport models. *Nature*, 415, 626-630
- 8) Patra P.K., Ishizawa M., Maksyutov S., Nakazawa T., Inoue G. (2005) Role of biomass burning and climate anomalies on land-atmosphere carbon fluxes based on inverse modelling of atmospheric CO₂. *Global Biogeochem. Cycles*, v. 19, GB 3005, doi: 10.1029/2004GB002258
- 9) Maksyutov S., Kadyrov N., Nakatsuka Y., Shirai T., Koyama Y., Carouge C., Valsala V., Naja M. (2008) Application of the transport model for inverse modelling studies of the regional and global budgets of CO₂. NIES Supercomputer Annual Report 2006, CGER NIES, Tsukuba, Japan, 23-32
- 10) GLOBALVIEW-CO₂ (2007) Cooperative atmospheric data integration project-carbon dioxide., in, CD-ROM, NOAA ESRL, Boulder, Colorado [Also available on Internet via anonymous FTP to ftp.cmdl.noaa.gov, Path: ccg/co2/GLOBALVIEW]
- 11) Maksyutov S., Shirai T., Belikov D., Kadyrov N., Koyama Y., Nakatsuka Y., Valsala V., Peregryn, Saito M., Niwa Y., Imasu R. (2007) Application of transport model for inverse modeling studies of the regional and global budgets of CO₂. NIES Supercomputer Annual Report 2007, CGER NIES, Tsukuba, Japan, 114-121

IV. 中核研究プロジェクト3：気候・影響・土地利用モデルの統合による地球温暖化リスクの評価

1. 研究の目的と経緯

効果的な温暖化対策を策定するためには、近未来および長期の将来に亘って人間社会および自然生態系が被る温暖化のリスクを高い信頼性で評価することが必要である。そこで、本プロジェクトは、近未来については、将来30年程度に生起すると予測される極端現象の頻度・強度の変化を含めた気候変化リスク・炭素循環変化リスクを詳細に評価し、適応策ならびに森林吸収源対策の検討や温暖化対策の動機付けに資することを目的とする。また、長期については、安定化シナリオを含む複数のシナリオに沿った将来100年程度もしくはより長期の気候変化リスク・炭素循環変化リスクを評価し、気候安定化目標ならびにその達成のための排出削減経路の検討に資することを目的とする。地球温暖化研究プログラムにおける位置付けとしては、炭素循環観測研究から得られる最新の知見を取り込みつつ、主として自然系の将来予測情報を対策評価研究に提供する。

この目的を達成するため、本プロジェクトでは、極端現象の変化を含む将来の気候変化とその人間社会および自然生態系への影響を高い信頼性で予測できる気候モデル、影響モデル、および陸域生態・土地利用モデルの開発と統合利用を行い、炭素循環変動に関する最新の研究知見も取り入れた上で、多様な排出シナリオ下での全球を対象とした温暖化リスクを、不確実性を含めて定量的に評価する。

平成18年度は、気候モデル、影響・適応モデル、陸域生態・土地利用モデルの各サブテーマについて、各モデルの開発・改良ならびに各モデルを用いた将来予測実験およびその解析を行うとともに、モデル間の結合もしくは統合利用に向けての準備作業を進めた。

平成19年度は、環境省地球環境研究総合推進費S-5「地球温暖化に係る政策支援と普及啓発のための気候変動シナリオに関する総合的研究」が開始され、その4つのテーマのうち2つで、本中核研究プロジェクトが主軸となり、国内の他の研究機関と密接に協力して研究を推進する体制が確立した。また、文部科学省「21世紀気候変動予測革新プログラム」も同時に開始され、本中核研究プロジェクトにおける気候モデル研究の一部はそこに位置づけられた。このため、主にこれらの研究課題に沿

う形で研究を進めた。

本報告書では、各サブテーマからのこれまでの主要な成果として、以下の各研究テーマについての成果を記述する。

サブテーマ1（気候モデル研究）

- 1) 近未来予測における地球温暖化シグナルの検出可能性
- 2) 気候モデルの大気-海洋の結合の有無が温暖化時の熱帯低気圧活動の変化予測に与える影響
- 3) 温暖化時の雲の応答における微物理過程の役割-日英の気候モデルによる雲収支解析-

サブテーマ2（影響・適応モデル研究）

- 1) 灌漑が気候システムに与える影響に関する全球気候モデルを利用した数値実験
- 2) 気候予測の不確実性を考慮したアジア域の水稲生産に関わる適応策の検討
- 3) 温暖化リスク情報の伝達に関する予備的調査

サブテーマ3（陸域生態・土地利用モデル研究）

- 1) 陸域生態系モデルによる温暖化影響評価
- 2) 土地利用モデルの開発と炭素クレジットの検討

2. 研究の成果

2.1 近未来予測における地球温暖化シグナルの検出可能性

近未来の気候変動を予測する場合、地球温暖化のシグナルがそれほど大きくないため、内部変動によって温暖化シグナルが覆い隠されるかもしれない。このような内部変動による不確実性は、初期値アンサンブル実験によって定量化できる。ここでは、中解像度大気海洋結合モデルMIROC3.2(水平解像度：大気 $\sim 2.8^\circ$ 、海洋 $\sim 1.0^\circ$)を用いて10メンバーの初期値アンサンブル実験を行い、温暖化シグナルが内部変動よりも大きくなるかどうかを調べた。それぞれのメンバーは、1850年から2000年までは、20世紀の自然起源および人為起源の外部条件を与えて積分し、2001年から2030年まではSRES A1Bシナリオの人為起源外部条件のもとで計算し

た。1951年-1970年から2011年-2030年への変化を各メンバーで計算し、何メンバーで同符号の変化を予測したかを調べた。

図1aは、暑い夜（夏の期間の日最低気温が、1951年-1970年の上位5%よりも高くなる日）の頻度が何倍になるかのアンサンブル平均予測を示す。アンサンブル平均では、陸上の全ての地点で暑い夜の頻度が増加すると予測している。図1bは、10アンサンブルメンバー中何メンバーが暑い夜の頻度が増加すると予測したかである。陸上のほとんどの地点で、全てのメンバーが暑い夜の頻度増加を予測している。同様の解析を、暑い昼（夏の日最高気温の上位5%よりも高くなる日）、寒い昼（冬の日最高気温の下位5%よりも低くなる日）、寒い夜（冬の日最低気温の下位5%よりも低くなる日）に関しても行ったが、陸上の大部分で全メンバーが暑い昼の増加と寒い昼・夜の減少を予測した（図省略）。つまり、陸上のほとんどの地点において、温暖化の影響が数十年規模の内部変動よりも大きくなることを示している。言い換えれば、近い将来の温暖化による極端な高温の増加と極端な低温の減少は、内部変動によって偶然覆い隠されることはなく、世界各地で顕在化する可能性がかなり高いことを示唆している。

年平均降水量と年間上位4位の強い日降水の強度変化に関しても調べた（図省略）。アンサンブル平均予測でみたとき、高緯度と熱帯では降水は強まるが、亜熱帯の一部では弱まる。これは2100年までの長期予測と同じ傾向である。しかし、メンバー間の予測の一致度は、気温の場合と比べて低い。それでも、高緯度と熱帯の一部での強い降水の増加は、ほとんどのメンバーで予測が一致した。一方、亜熱帯での降水は、多くの場所で変化の

符号も一致しない。これは、亜熱帯での降水の近未来予測が難しいことを示している。

ここでは中解像度モデルで予測を行ったが、今後より高解像度のモデルを開発することで、空間詳細な影響評価に結びつくことが期待できる。また、本研究の結果は、初期値が十分に異なる状態でのアンサンブル予測であるが、データ同化による初期値化を行うことで、内部変動による予測の不確実性を狭めることができるかもしれない。

2.2 気候モデルの 대기-海洋の結合の有無が温暖化時の熱帯低気圧活動の変化予測に与える影響

従来の全球気候モデル（GCM）を用いた熱帯低気圧の研究では、大気モデル（AGCM）による実験が一般的であった。しかし計算機資源の増加によって、大気海洋結合モデル（CGCM）による実験も可能となってきている。本研究では、CGCM実験で得られた現在気候および温暖化時の海面水温データを用いてAGCM実験を行うことによって、大気-海洋の結合/非結合の違いが、熱帯低気圧活動の温暖化予測に与える影響を明らかにした。

従来のAGCMによるシミュレーションでは、現在気候実験（以下A20）よりも温暖化実験（A21）において、熱帯低気圧はより強い勢力（より低い中心気圧）にまで発達し（図2）、より強い風雨をもたらす傾向にある。これは、温暖化すると蒸発が活発になり、大気中に含まれる水蒸気量が増加するため、その水蒸気をエネルギー源とする熱帯低気圧がひとたび発生すると従来以上に強く発達するためと考えられている。しかし、同じ海面水温データを用いても、CGCMによる現在気候

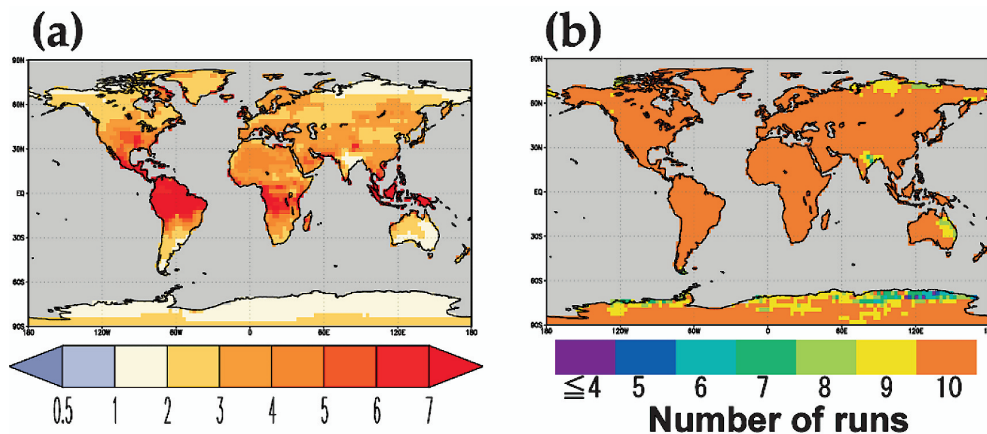


図1 (a) 暑い夜の頻度が、2011年-2030年では1951年-1970年の何倍になるかのアンサンブル平均予測。
(b) 10メンバー中何メンバーで暑い夜の頻度が増えると予測したか。

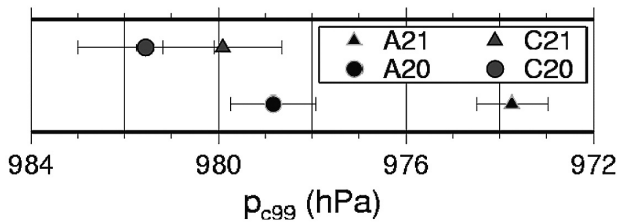


図2 AGCMおよびCGCMによる現在・温暖化実験における熱帯低気圧の中心気圧の99パーセントイル値

実験 (C 20)・温暖化実験 (C 21) とともに、AGCM による同様の実験 (A 20, A 21) よりも熱帯低気圧の中心気圧の低下が抑えられている (図 2)。これによって、温暖化に伴う熱帯低気圧活動の変化は、従来の AGCM で見積もられた差 (A 21-A 20) と比較すると、CGCM での評価 (C 21-C 20) はより小さくなる。CGCM の方がより現実に近い実験と考えると、AGCM 実験では熱帯低気圧の強さを過大評価する傾向にあるとも言える。この傾向は、熱帯低気圧の中心気圧の変化だけではなく、熱帯低気圧に伴う降水量の変化—平均降水よりも、極端に強い降水の変化—にも見られる。

では同じ海面水温を用いたにもかかわらず、AGCM と CGCM で評価に差が生じた理由について考察する。CGCM では大気モデルと海洋モデルが結合しているために、大気現象と海洋現象がお互いに影響を及ぼしあっている。CGCM では、強い熱帯低気圧が近づくにつれて、その強い風で海洋は攪拌され、より下層の冷たい海水が湧昇することによって、海面水温は低下する (図 3)。水温が低くなると蒸発が抑えられ、大気中の水蒸気量も抑制されるので、それをエネルギー源とする熱帯低気圧の強度も抑えられると考えられる。一方、AGCM では海面の状況が大気に伝わるだけであって、大気現象が海洋に変化をもたらすことはない。そのため、熱帯低気圧が近づいても海面水温は下がることが無く、蒸発は抑制されず、熱帯低気圧の活動が抑制されることもない。

この大気—海洋結合効果が海面水温の低下を通じて熱帯低気圧の強さを抑制する効果は、現在気候よりも温暖化実験時に大きい。これは、温暖化時に海水温が上昇する幅が表層付近で大きく、同じ強さの熱帯低気圧が近づいて攪拌した場合に温暖化実験の方が海面水温の低下幅が大きい (図 4)。これが原因で、AGCM と比べて CGCM の方が熱帯低気圧活動に対する温暖化の影響は小さく見積もられる。

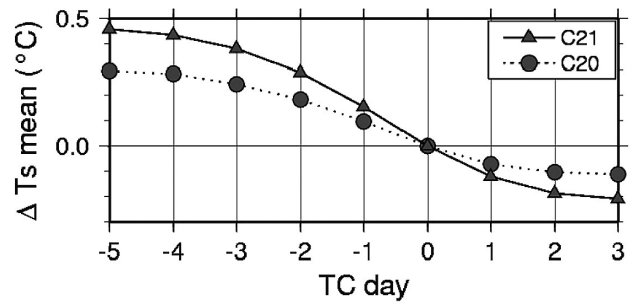


図3 CGCMの現在・温暖化実験における熱帯低気圧周辺の海面水温の変化

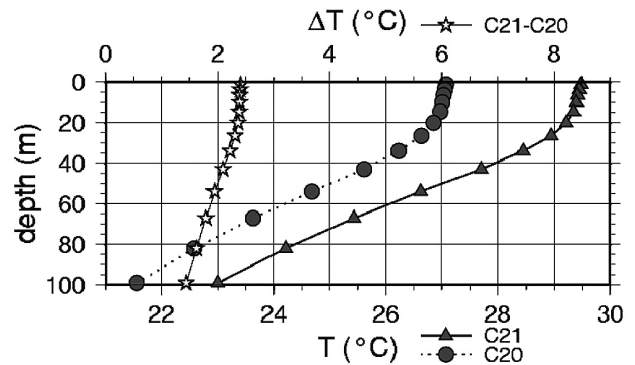


図4 CGCMの現在・温暖化実験の北太平洋9月の平均海水温の鉛直分布

高解像度化のために、AGCM を用いて温暖化の影響評価をするケースは今後も少なくはないと考えられる。しかし、この熱帯低気圧に対する温暖化影響の過大評価傾向に配慮して実験を行う必要がある。

2.3 温暖化時の雲の応答における微物理過程の役割—一日英の気候モデルによる雲水収支解析—

IPCC 第 4 次評価報告書で示された気候変化予測においてモデル間の気候感度のばらつきは依然として深刻な問題であり、その要因として雲フィードバックの不確実性 (モデル間の推定の不一致) が挙げられる。雲フィードバックの不確実性低減のためには、温室効果気体増加に対する雲の応答でモデル間の違いがどのような仕組みで生じるか明らかにすることが重要である。そこで本研究では、例として二つの気候モデル MIROC と HadGEM 1 を採り上げ、大気中 CO₂ 倍増に対する雲の応答が両者で異なる仕組みを議論し、この問題に取り組むための方法論を検討した。

使用するモデルは、空間解像度として MIROC は T42 (2.8°×2.8°) L20, HadGEM1 は N48 (3.75°×2.5°) L38 を選択する。共に大気 GCM を混合層海洋と結合した構

成でCO₂倍増に対する応答を計算し、雲水量（液相+固相）の収支に注目して相互比較を行った。比較対象とした変数は雲水量 Qc の支配方程式の右辺に現れる収支項であり、下に概念的に示すように（i）凝結・蒸発項、（ii）降水項、（iii）移流拡散項、（iv）残差項に大別される。

$$\frac{\partial Q_c}{\partial t} = \underbrace{[\text{Condensation}]}_{(i)} - \underbrace{[\text{Precipitation}]}_{(ii)} + \underbrace{[\text{Advection}]}_{(iii)} \underbrace{[\text{Diffusion, etc.}]}_{(iv)} + \underbrace{[\text{Residual}]}_{(iv)}$$

雲水のCO₂倍増に対する準平衡応答を図5と図6の上段に示す。実線で重ねて図示したのは混合雲（液相と固相が共存する雲）の分布する気温範囲で、MIROCでは0℃から-15℃、HadGEM1では0℃から-40℃である。二つのモデルの違いに注目すると、混合雲がMIROCでは増加する一方、HadGEM1では中・低緯度域を中心に減少する特徴に気付く。混合雲が応答する仕組みを理解するため、CO₂倍増後20年間の雲水の過渡的応答を年平均時系列として求め、雲水収支各項について求めた同様の時系列との間で相関係数を計算した（図5, 6下段）。相関係数は、符号が負の場合は値を0に変更し、正の場合は雲水応答が負であるグリッドについてのみ符号を負に変更した。従って、図5, 6下段に色で示したのは雲水収支項が雲水応答を促進する領域であり、色が青（赤）の場合は雲水の増加（減少）が促進されている。これらの図から、HadGEM1の混合雲減少は主に水蒸気の凝結/蒸発項（CND-EVP）と雲水の昇華項（DEP-SBL）に関係していること、およびMIROCの混合雲増加が水蒸気の凝結/蒸発（CND-EVP）と雲水の重力沈降（ICE-SDM）に由来することが示唆された。雲水収支解析からはこのように、雲が変化する仕組みについて従来より詳細な情報を得ることが可能である。今後は他の研究機関のモデル開発者と連携して収支解析の対象を拡げ、より普遍的な知見を得られるように努める所存である。

2.4 灌漑が気候システムに与える影響に関する全球気候モデルを利用した数値実験

世界には2.5×10⁶ km²の灌漑農地があり、年間1100-1800 km³（蒸発散量ベース）の灌漑用水が供給されている。灌漑農地での蒸発散量の増加は気候システムに影響を与えると考えられているが、全球気候モデルを利用し

て定量的に評価した事例は少ない。数少ない研究も、非耕作期間を含む通年を灌漑していたり（Boucher *et al.*, 2004）、非灌漑農地を含む農地全体を灌漑していたり（Lobell *et al.*, 2006）と非現実的な設定に基づく実験が多かった。そこで、全球統合水資源モデルH07（Hanasaki *et al.*, 2007 a, b）の取水・灌漑モジュールを全球気候モデルMIROCに移植し、灌漑農地の耕作期間中の土壌水分をコントロールするという、現実的な設定で実験を行い、気候システムへの影響を精査することを目的とする。

利用したのは空間解像度T42の全球気候モデルMIROCである。大気モデルはAGCM 5.7b、海洋はslab oceanモデル、陸面過程モデルはMATSIROである。MATSIROは、一つの計算グリッド内で複数の土地利用を扱える（モザイクスキームを持つ）バージョンを利用した。灌漑と取水は全球統合水資源モデルH07のサブモデルを利用した。これは全球の耕作期間を推定し、その耕作期間中の土壌水分をコントロールする機能がある。

まずMATSIROのモザイクスキームを利用し、各計算グリッドを2つに分割し、その一つを灌漑農地とした。こうすることによって、灌漑地と非灌漑地で独立した土壌水分量と蒸発散量フラックスを計算することができる。灌漑農地面積はDöll and Siebert（2000）を利用した。耕作期間（播種日と収穫日）は1990年付近を対象としたモデル推定値を利用した（Hanasaki *et al.*, 2007 a, b）。簡便のため、二期作や二毛作は無視した。灌漑は灌漑農地の耕作期間中の表層1 mの土壌水分を飽和の75%に保つことと定義した。灌漑用水は河川から取水するオプションと、仮想的な水源から無制限に取水するオプションの2つの計算ができるようにした。このモデルを利用して以下の5つの実験を行った（表1）。この中ではICU実験が最も現実に近いと考えられる設定である。計算期間は全て25年で、前半の10年はスピンアップに利用し、後半の15年を解析対象とした。

まず、MIROCの中で計算された灌漑用水量の妥当性について検証を行った。表2に示されているのは各実験

表1 実験設定

実験名	灌漑	期間	取水源
CTL	なし	-	-
IAS	あり	通年	河川
IAU	あり	通年	無制限
ICS	あり	耕作期間中	河川
ICU	あり	耕作期間中	無制限

の全球の灌漑要求水量（灌漑地の土壌水分量を灌漑期間中、飽和の75%に保つために必要な水量）および灌漑供給水量（実験中に灌漑地の土壌水分に加えられた水量）である。ICU 実験において推定された全球の年間灌漑要求水量は830 km³であった。先行研究はこれを1090–1320 km³と推定しているので、本研究は過小評価傾向であるが、妥当な値が得られたことが分かる。先行研究と本研究では降水量や放射量といった気象条件や二期作や二毛作の有無などの設定条件が異なることが原因だと考えられ、さらなる改良が必要である。

次に、灌漑が気候システムに与える影響について調査した。表3に示されているのは各実験の4つの状態量（蒸発量、可降水量、気温、降水量）のCTL実験からの変化量である。ICU実験において、灌漑によって全球の平均気温は0.08 K下がり、降水量は1.5%増えることが示された。この効果は陸域でより顕著で、平均気温は0.17 K下がり、降水量は3.8%増えることが示された。

気温変化の分布を示したのが図7である。気温の変化は主要な灌漑地の上空のみならず、世界中に広く及んでいることが示された。

2.5 気候予測の不確実性を考慮したアジア域の水稻生産に関わる適応策の検討

気候変化は世界各地の農業生産性に甚大な影響を及ぼすと見込まれており、その影響を軽減するための早急な対策の検討が必要である。また気候変化の影響及び適応策の効果を定量的に検討する際に、将来気候予測の不確実性を考慮することは極めて重要である。そこで本研究

表2 全球の灌漑要求推量と灌漑供給量 [km³/yr]

実験名・先行研究	灌漑要求水量	灌漑供給水量	比率
IAS	1170	520	44 %
IAU	1170	1170	100 %
ICS	830	300	36 %
ICU	830	830	100 %
Döll and Siebert, 2002	1090(1 st and 2 nd crop)	-	-
Hanasaki et al., 2007b	1200(1 st and 2 nd crop)	460(from river)	38 %
Jachner et al., 2007	1320(1 st and 2 nd crop)	610(from river)	46 %

表3 各実験の4つの状態量のCTL実験からの変化量（全球/陸域）

実験名	蒸発量変化率	可降水量変化率	気温変化	降水量変化率
IAS	+0.5%/+1.1%	+0.5%/+0.7%	+0.06K/+0.10K	+0.4%/+0.3%
IAU	+1.4%/+4.7%	-0.8%/-0.5%	-0.15K/-0.24K	+1.0%/+2.8%
ICS	+0.4%/+0.9%	+0.4%/+0.4%	+0.04K/+0.02K	+0.8%/+0.8%
ICU	+1.5%/+4.9%	-0.1%/+0.5%	-0.08K/-0.17K	+1.5%/+3.8%

では多数の大循環モデル（GCM）の出力を用いて包括的に将来気候予測の不確実性を考慮し、近未来まで（～2030年代）の気候変化がアジア域の水稻生産量に及ぼす影響に対する適応策の効果を定量的に評価した。またこれにより、アジア域における有効な適応策の検討を行った。

本研究では、気候変化による生産量減少のリスクを定量化し、各適応策を実施した場合のリスク軽減効果を比較することにより、アジア域における有効な適応策の検討を行った。ここで生産量減少のリスク [%] は以下の式で定量化した。

$$\text{生産量減少のリスク} = \frac{\sum (\text{生産量の変化率} \times \text{確率})}{\text{生産量変化率} < 0}$$

上式の確率とは、将来の気候変化によりその生産量変化が起こる確率である。この確率は、GCMが予測する将来気候シナリオがどれも等確率で将来起こると仮定して与え、1/Nとした。ここでNは使用した将来気候シナリオ数である。本研究では世界中の大学や機関で開発されたGCMの出力を基に49の将来気候シナリオを用いた。気候変化による生産量変化率の計算にはM-GAEZモデルを使用した。M-GAEZモデルは国際応用システム分析研究所（IIASA）と国際連合食糧農業機関（FAO）で開発されたGAEZモデル（Fischer *et al.*, 2002）を改良したモデルである。

本研究で検討する適応策は、植え付け日・品種の変更、天水田から灌漑水田への転換、水田の拡大である。植え付け日・品種の変更は、現在の植え付け日と品種を将来の気候に適したものに変更する適応策である。ただし、品種の変更において考慮するのは現存する品種であり、将来、品種改良により開発される品種は考えない。

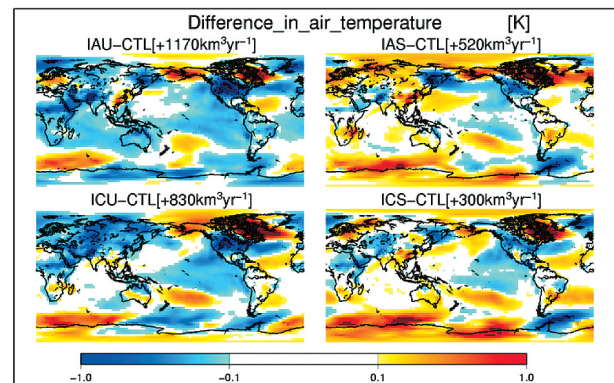


図7 各実験とCTL実験の年平均気温の差

天水田から灌漑水田への転換は、水資源を降水のみに頼る天水田に灌漑設備を導入し、水制約による生産量の減少を軽減する適応策である。水田の拡大は、現状において水田以外に使用されている土地を水田へ転換し、生産量を増加させる適応策である。ただし、拡大する際の水田は天水田とする。本研究で検討する適応策のうち、植え付け日・品種の変更は、農民の自発的行動に基づいた適応策であり、自発的適応策と呼ばれ、比較的lowコストで実施可能である。一方、天水田から灌漑水田への転換、水田の拡大は、政策的判断の下、計画的に実施される適応策であり、計画的適応策と呼ばれ、実施には多くの資金を必要とする。

図8はアジア域の生産量上位10カ国とアジア全体の生産量減少のリスクを示している。これに対し、図9は植え付け日・品種の変更を実施した場合の生産量減少のリスクの軽減率を示している。この図より植え付け日・品種の変更はバングラデシュ、インド、ミャンマー、パキスタンにおいて、大きなリスク軽減効果があることがわ

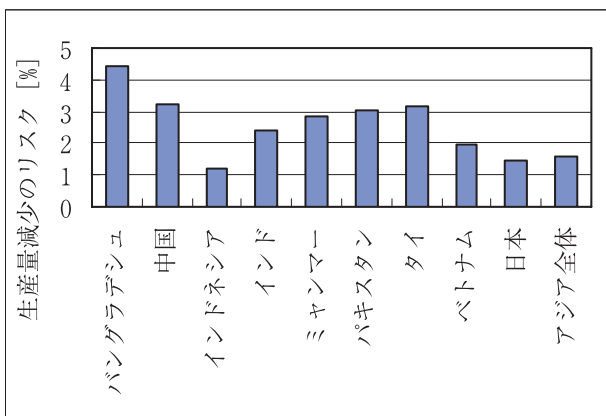


図8 生産量減少のリスク [%] (生産量上位10カ国)

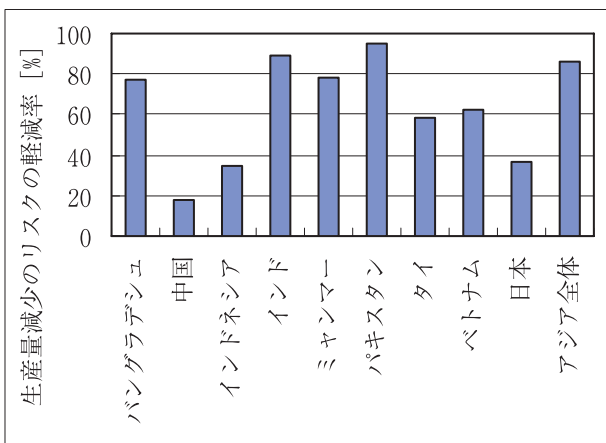


図9 植え付け日・品種の変更を実施した場合の生産量減少のリスクの軽減率 [%]

かる。これらの途上国にとって、このような低コストの自発的適応策でも大きなリスク軽減効果があることの意味は大きい。しかしながら、中国、インドネシア、日本においては植え付け日・品種の変更によるリスク軽減効果は小さく、計画的適応策を実施する必要性が高い。図10に天水田から灌漑水田への転換（転換率1%）、水田の拡大（拡大率1%）を実施した場合の生産量減少のリスクの軽減率を示す。水田を1%拡大した場合、パキスタンを除くすべての国で10%以上のリスク軽減効果があることがわかった。また天水田から灌漑水田へ1%の転換は、インド・パキスタンにおいてリスクの軽減効果が大きいことがわかった。実際にこれらの計画的適応策をそれぞれの国でどの程度実施するかは、許容できる生産量減少のリスク、それぞれの適応策の実施コストに依存するが、上記の結果は実施検討のための有用な情報となることが期待できる。

2.6 温暖化リスク情報の伝達に関する予備的調査

温暖化リスクに関する科学的知見は、長期にわたる継続的取組みを要する温暖化対策の着実な実施のために必須の基礎情報であるにも関わらず、国内外の各種意思決定主体や国民各層に対して、最大限利用可能な予測情報が十分に届いているとは言い難い状況にある。本研究では、気候・影響シナリオに関するユーザーズの把握や、最新の科学的理解に関するユーザーの認知度や認知経路の理解に基づき、ユーザーへの効果的な伝達方法につい

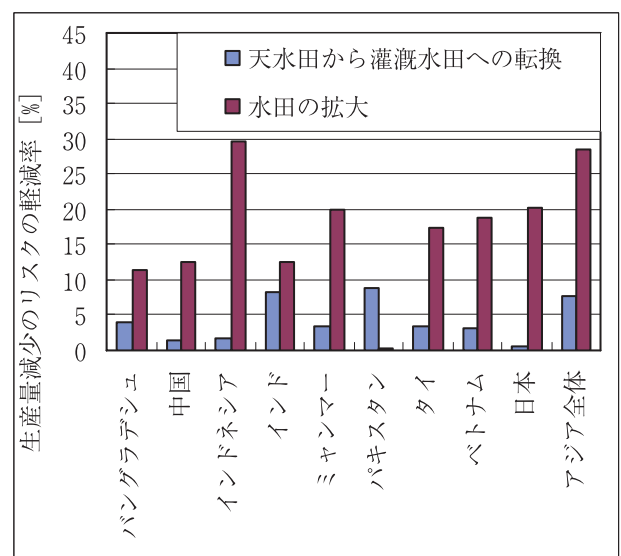


図10 天水田から灌漑水田への転換（転換率1%）、水田への拡大（拡大率1%）を実施した場合の生産量減少のリスクの軽減率 [%]

て検討することを目的としている。その検討結果は、本中核研究プロジェクトでの研究の進め方やそこで得られる科学的知見の伝え方に反映されることになる。

本研究では、予備的調査として、影響予測研究を精力的に進めている分野別研究者を一所に集め、影響研究以外の温暖化問題研究者や、科学研究-国民-政策を結びつける役割を日々担っている報道・メディア関係者らも交えて、シンポジウム形式で意見交換を行った。

以下の手順でシンポジウムを実施し、その議論内容の整理から、気候・影響シナリオに関するユーザーズの把握、最新の科学的理解に関するユーザーの認知度や認知経路の理解、ユーザーへの効果的な伝達方法についての検討を行った。

シンポジウムでは、まず、シンポジウム参加者（分野別の温暖化影響評価の専門家、その他の温暖化問題専門家、報道・メディア関係者ら）に、国民・政策決定者等に効果的に知見伝達することを念頭に、各分野専門家らに対して温暖化リスクに関する具体的な質問を提起してもらった。次に、提起された質問に対して、専門家らが現時点での見解を示した。その後、将来の温暖化影響の国民や政策決定者への伝え方について総合討論を行った。さらに、シンポジウム終了後に、分野別影響評価の専門家が集まり、シンポジウムでの議論を踏まえて、各分野のリスク伝達の鍵となりうる影響について検討した。

シンポジウム実施の結果、参加者が提起した影響予測に関する質問を整理し問いの構造化を行うことが出来た。またシンポジウム後の専門家会合の結果、各分野のリスク伝達の鍵となりうる影響について検討・整理が出来た。ここで、伝達の鍵となりうる影響とは、生起や規模に関する定量的理解・予測が不十分だが、その理解・予測が進んだ場合に、温暖化の影響に関する包括的相場観を大きく左右する可能性がある事項のことを指す。例えば、海面上昇・氷床の影響に関しては、温暖化時の南極氷河の流動の可能性についての見解がリスク伝達の鍵のひとつであると判断できた。また、北極海の海水の消失速度も鍵の一つである。陸域生態系に関しては、生態系がもたらすサービスの変化の見積もりが鍵の一つであり、生態系サービスという概念を一般の人にわかりやすく伝えることの重要性が指摘された。加えて、種の絶滅確率に関する見積もりも鍵となる。水文・水資源に関しては、国内の身近な影響の予測だけではなく海外で問題

が顕在化していることを伝えることの重要性が指摘された。農業・食糧については、将来の食卓がどうなるかということが国民の関心事であるが、現時点での研究が抽出できるもの（国内の作物収量変化）のみでは適切な回答が出来ず、海外輸出国での影響の波及効果や、海外市場動向の考慮が重要な研究課題であることが示された。また、温暖化影響（収量減少）のしわ寄せが、途上国貧困層に行くことも鍵の一つである。海洋・水産業については、水産業（成魚への影響）に対する一般からの興味は大きいですが、現状ではまだ科学的に良くわかっていないことが指摘された。また、海洋酸性化、メタンハイドレートに関する影響リスクの見通しもリスク伝達の鍵である。サンゴの白化については、陸域生態系同様、白化によって失われるサービスの見積もりと伝達の重要性が指摘された。

2.7 陸域生態系モデルによる温暖化影響評価

陸域生態系モデル (Sim-CYCLE) を、より多様な生態系機能への温暖化影響評価に用いられるよう高度化した。特に土壌流出 (エロージョン) に焦点を当て、既存の炭素循環スキームに経験的なエロージョン評価式を組み込んで、流出に伴う炭素の系外輸送を導入した。この過程は、炭素収支評価の高精度化だけでなく、農耕地の生産力評価の上でも重要であり、気候変動 (降水量増加・減少) や土地利用変化の影響を複合的に受けている。エロージョンの評価には、米国で開発された RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) を用い、高分解能地形データ、土壌組成データ、植生被覆データに基づいてグローバルな評価を実施した。気候変化と土地利用を考慮するシミュレーションは2期間に分けて実施された。前半の1901~1990年は観測された過去の気候・土地利用データを用い、後半の1991~2100年はIPCC第4次報告書の気候予測データ (BCCR, CCCma, GFDL, HCCPR, INM, IPSL, MIROC-high/med, MRI: IPCC-SRES A1B 排出に基づく) を用いた。1990年前後では、エロージョンによる土壌移動はグローバル合計で 1.6 Pg C yr^{-1} に達し、その空間分布は著しく不均質であった。特に、多雨地帯、地形の急峻地、耕作地への転換が進んだ地域で多量の土砂生成が推定された。このいずれの要因にも当てはまるモンスーンアジア地域は、概して高いエロージョン速度が見られ、この地域の重要性が示唆された。時間的には、過去に土地利用変化が進ん

だ地域では、それに伴うエロージョン量も増加していた。後半の将来予測においても、降水量の変化や土地利用変化によって、多くの地域でエロージョンの発生様式が変化することが予測された。その結果、移動量の合計は32~57%増加し、土壌の脆弱性が将来的に増加する可能性と、グローバル炭素循環への影響が示唆された。

さらに、陸域炭素循環モデルを拡張し、窒素循環や微量ガス交換プロセスを組み込んだ新しいモデル (VISIT) を開発した。窒素循環は、温室効果ガスの一つである亜酸化窒素 (N_2O) 発生や、栄養塩利用可能性による生産力・分解への律速を考慮する上で必要である。土壌中の有機・無機窒素、微生物、植生バイオマス中の窒素プールを設定し、各プール間の窒素移動、特に無機窒素の硝化・脱窒による N_2O 放出による収支を随時評価した。微量ガス交換として、バイオマス燃焼に伴う CO_2 、 CO 、 CH_4 、ブラックカーボンなどの放出、土地利用変化に伴う CO_2 放出、生物起源揮発性有機物質 (BVOC: イソプレン、モノテルペンなど) 放出、さらに湿原・水田からの CH_4 放出と森林・草原での CH_4 酸化を導入した (最近発見された植生からの CH_4 放出についても予備的評価を行った)。IPCC 報告書などに記載されているように、陸域生態系からは相当量の CH_4 や N_2O が放出されているが、従来の観測・モデル評価は CO_2 に重点化しており、必ずしも温室効果 (放射強制力) 総計に基づくものではなかった。しかし、高い温暖化係数をもつこれらのガスを考慮に入れることで、現在の陸域生物圏機能やその将来変化には大幅な再検討が必要である可能性が示唆された。予備的計算では、湿原・水田からの CH_4 放出 (1990年代) は $236.4 \text{ Tg } CH_4 \text{ yr}^{-1}$ 、全陸域からの N_2O 放出は $11.7 \text{ Tg } N_2O-N \text{ yr}^{-1}$ と推定された。これらは100年間の温暖化係数 ($CH_4=25$, $N_2O=298$) に基づくと、 CO_2 重量で 5 Pg 以上に相当し、温暖化予測で無

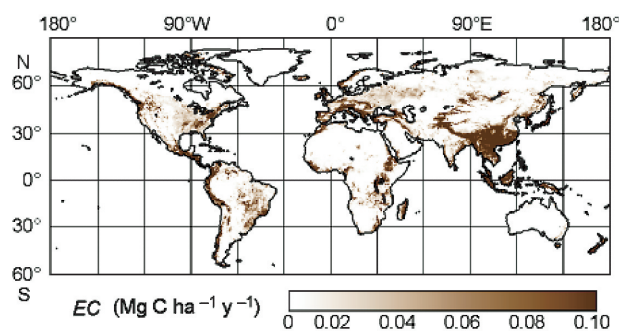


図11 現在のエロージョンによる土壌炭素の移動量分布の推定結果

視できない要素と考えられる。VISIT のもう一つの特徴は、土地利用変化に伴う炭素収支・生態系機能の変化を評価可能なことである。過去から将来にわたる耕作地面積変化に基づいて、森林伐採に伴う放出量进行评估することができた。上述のエロージョン導入と合わせて、陸域炭素収支のフロー評価が高度化され、より詳細な検討が可能になった (図11, 図12)。

モデルの不確実性評価として、各フローの推定に複数のスキームを適用し推定幅や時間変化を比較した。また、将来の温室効果ガスの大気濃度や気候変動シナリオ間での推定幅についても検討を開始した。モデル検証としては、フラックス観測サイト (例えば岐阜高山、富士吉田) における温室効果ガス交換観測データと比較を行い、適用したスキームが平均的交換量を妥当に再現していることを確認した。一方、季節変化や降水後の放出変化に関しては (特に火山灰土壌で)、現状のスキームには問題点が残されている可能性が示唆された。

2.8 土地利用モデルの開発と炭素クレジットの検討

近年では、途上国の森林減少防止の議論が活発に行われている。これは土地利用変化にともなう二酸化炭素の大気中への放出を抑制することが問題となっているためである。このような、森林保護を目的とした国際的取り決めは、林業の高収益化や土地利用変化抑制を誘発し、森林から農地への転換を相対的に減少させるため、穀物価格の上昇を引き起こし、食料問題を引き起こすことが考えうる。しかし、炭素クレジットの導入によって土地利用変化にどのような影響を与えるかの評価がされた例は少ない。そこで、炭素クレジットの導入に伴う土地利

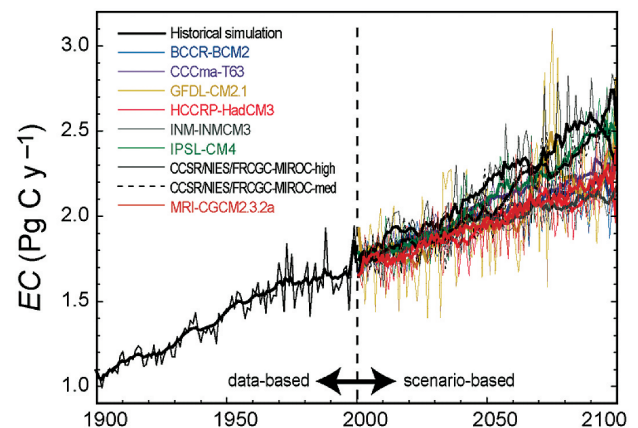


図12 全陸域のエロージョンに伴う土壌炭素移動量の時間変化 (いくつかの気候予測シナリオに基づく)

用変化を予測する手法を開発し、これを用いて炭素クレジットが土地利用に与える影響を評価した。

本研究では、土地利用変化を経済的な観点から評価する。予測期間は2000年～2030年とした。この期間内では、気候変動が作物に与える影響はさほど大きくないと仮定する。また、2000年から2030年の期間では全世界の人口、GDPは増大するため、農地に植林を行うことは少ないことが推測される。そのため、植林は草地に行う場合のみを評価対象とする。したがって、①林地から農地への転換、②草地から林地への転換、③非管理森林から林地（管理森林）への転換の3つの土地利用変化を対象とした。これらの土地利用の変化は、単位面積当たりの収益を、農地として利用した場合と林地として利用した場合で比較を行い、農業収益が大きい場合は林地から農地に移行すると仮定した。農業収益を計算するために、農業経済モデルをサブモデルとして組み込み、同時に林業収益を計算するために、林業経済モデルをサブモデルとして組み込んだ。また、土地利用変化は、同一の国の中でも、地域により異なる変化をすることが予測される。これは、面積の大きい国などでは、地域により農産物や樹木の生長が異なるためである。そこで、穀物価格や木材価格は国を単位として推定を行い、土地利用変化は全球を0.5°のメッシュ単位で取り扱いを行い、土地利用変化の推定を行った。

モデルの挙動を確認するために、2000年をベースに2030年までの予測を行い、2000年までの統計値とのトレンドとの比較を行った。その結果、統計値の2000年以前の変化は、2000年以降の予測とほぼ連続している様子がわかる。しかし、コンゴ民主共和国などの農地面積が小さく、現状では輸出国ではない国では農地面積の増加が過大評価となる傾向が見られた。この原因としては、農業の経営費用のモデル化が不十分なためではないかと考えられる。しかし、絶対値としては大きくなく、全球の土地被覆変化に与える影響は小さい。

次に、炭素クレジットが土地利用変化に与える予測を行った。炭素価格一定の条件では、北米やヨーロッパでの植林が進み、赤道地域の開墾が減少する傾向がわかる。特に開墾（Deforestation）が減少する影響が大きい。一方、SRES B2シナリオにおいて2000年を100としたときの2030年の木材の価格は炭素価格大きく設定す

るとそれに伴って、木材価格が上昇する。

しかし、炭素価格は一定ではなく、上昇する可能性がある。そこで、一定の割合で年々上昇すると仮定して計算を行った。その結果を図13に示す。この結果は、各々上昇率が1%、5%である。年間5%の増加は50年間で炭素価格が10USDから43USDに上昇する。炭素価格の上昇が1%の場合、植林面積がやや減少するが、開墾の面積は大きく変化しない。しかし、上昇率が割引率（2%）を上回る場合は、伐採時に支払う炭素クレジットが成長時に獲得する炭素クレジットを上回るため、林業の収益性が悪化する。このため、植林面積が減少すると同時に、農地への転換が行われるようになる。さらに、炭素価格の上昇率が割引率を大きく上回る場合は、土地利用変化にともなう伐採時の支払いが大きくなるため、農地への転換が減少する。このような場合は、林業の採算性が悪化するため、本研究では扱っていない管理森林の放棄が発生し、森林の荒廃に繋がる恐れがある。この結果は、炭素クレジットの導入には慎重な検討が必要不可欠であることを示すとともに、本研究で開発された土地利用モデルの有用性を示す物と考えられる。

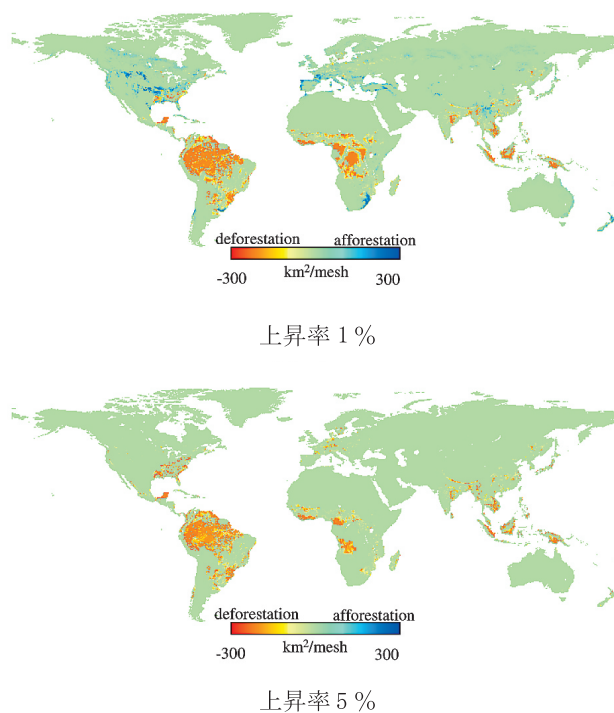


図13 炭素クレジットの上昇と土地利用変化

引用文献

- 1) Boucher O., Myhre G., Myhre A. (2004) Direct human influence of irrigation on atmospheric water vapour and climate, *Clim. Dyn.*, 22, 597–603
- 2) Döll P., Siebert S. (2000) A digital global map of irrigated areas, *ICID J.*, 49, 55–66
- 3) Döll P., Siebert S. (2002) Global modeling of irrigation water requirements, *Water Resour. Res.*, 38, 1037, doi: 10.1029/2001WR000355
- 4) Fischer G., van Velthuisen H., Shah M., Nachtergaele F.O. (2002) Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21 st Century: Methodology and Results. IIASA RR-02-02. IIASA, Laxenburg
- 5) Hanasaki N., Kanae S., Oki T., Masuda K., Motoya K., Tanaka, K. (2007) An integrated model for assessment of global water resources. Part 1: Input meteorological forcing and natural hydrological cycle modules, *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, 4, 3535–3582
- 6) Hanasaki N., Kanae S., Oki T., Shirakawa N. (2007) An integrated model for assessment of global water resources. Part 2: Anthropogenic activities modules and assessments, *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, 4, 3583–3626
- 7) Jachner S., Gerten D., Bondeau A., Lucht W., Rohwer J., Schaphoff S. (2007) Agricultural green and blue water consumption and its influence on the global water system, *Water Resour. Res.*, submitted
- 8) Lobell D.B., Bala G., Duffy P.B. (2006) Biogeophysical impacts of cropland management changes on climate, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L06708

V. 中核研究プロジェクト4：脱温暖化社会の実現に向けたビジョンの構築と対策の統合評価

1. 研究の目的と経緯

温暖化対策は京都議定書を契機として進展しているが、気候変動枠組条約の究極の目標である気候安定化を達成するためには、長期に亘る総合的な取り組みが必要とされている。英国貿易産業省は2003年2月に「エネルギーの未来—低炭素社会の設立」なるエネルギー白書を発表し、2050年60%削減計画を示した。欧州委員会は2005年に、世界の温室効果ガス排出量を2050年までに1990年比で50%削減し、先進国については2050年までに60-80%削減する必要があるとした。

大幅な温室効果ガスの削減のためには、化石燃料由来のエネルギーに強く依存している現在の社会のあり様を大きく変えるための技術開発、ライフスタイルチェンジ、社会システムの新しい方向を示す必要がある。このため、本プロジェクトにおいては、社会システムの変革とイノベーションを考慮した「低炭素社会」のビジョンの提案を行う。将来ビジョンの実現可能性を検討するためには、目標とすべき将来像から現状へ至る道筋を逆算し、その途中での各種判断が将来像に与える影響を推計する必要があるが、それらを整合性を持って定量的に検討できるモデルを構築する。また、「気候変動枠組条約 (UNFCCC)」などの国際的政策決定過程や「気候変動に関する政府間パネル (IPCC)」など科学的評価過程に貢献し、定量的な中長期目標の実現に向けた対策シナリオ・オプションを提示することにより、国内政策形成過程に反映できる対策の提案を行う。国際交渉過程や枠組みの検討を行う国際政策分析では、京都議定書第一約束期間が終了する2012年以降の国際的取り組みのあり方に関して、将来あるべき国際制度の構造とその構造下の個別諸制度（排出量取引制度等）のあり方、および、そのような国際制度への合意に至るための交渉プロセスを具体的に提案し、政策立案に貢献する。

さらに、本プロジェクトで開発する手法を適用して、経済発展を損なうことのない、緩和策、適応策両面を考慮に入れた長期的な地球温暖化対策の実施と、短・中期的な環境保全や経済発展の関係の分析をアジア主要国の研究者と共同で行うことにより、アジアを中心とした途上国における温暖化対策の促進に貢献することを目的とする。

2. 研究の成果

2.1 脱温暖化（低炭素社会）ビジョン・シナリオ作成研究

(1) CO₂排出量70%削減の可能性

我が国を対象として、2050年日本において、主要な温室効果ガスであるCO₂を1990年に比べて70%削減するような低炭素社会を実現できる技術的なポテンシャルが存在することを示した。まず、今後、半世紀の間に社会が変化することを考慮して、日本社会経済が2050年に向けてどのような方向に進むかについて、幅を持った将来像（たとえば経済発展・技術志向のシナリオA、地域重視・自然志向のシナリオB）を想定し、専門家のブレインストーミングによって、それら二つの社会を定性的に描いた。そして、それぞれの社会像での低炭素社会実現の方策を、都市・交通・産業・エネルギー供給等の場面ごとに検討した。

エネルギー需要の40%削減とエネルギー供給の低炭素化によって、CO₂排出量を70%削減できる可能性がある。需要側のエネルギー削減は、一部の部門でエネルギー需要増があるものの、人口減や合理的なエネルギー利用によるエネルギー需要減、需要側でのエネルギー効率改善で可能となる。各部門でのエネルギー需要量削減率（2000年比）は以下のように見積もられた。幅は、想定した2050年社会のシナリオによる差である。

産業部門では構造転換と省エネルギー技術導入などで30~40%運輸旅客部門では適切な国土利用、エネルギー効率、炭素強度改善などで80%、運輸貨物部門では、物流の高度管理、自動車エネルギー効率改善などで50%、家庭部門では建て替えにあわせた高断熱住宅の普及と省エネ機器利用などで40~50%、業務部門では、高断熱ビルへの作り替え・建て直しと省エネ機器導入などで40%である。

エネルギー供給側では、低炭素エネルギー源の適切な選択（炭素隔離貯留も一部考慮）とエネルギー効率の改善の組み合わせで、低炭素化が図られる。

2050年70%削減を実現する対策の組み合わせとその効果を検討した結果を、シナリオAについて図1に示す。

(2) 低炭素社会実現に向けた方策の構築

70%削減を2050年に実現するには、どの時期に、どのような手順で、どのような技術や社会システム変革を導入すればよいのか、それを支援する政策はどのようなものがあるかを検討した。

ある対象分野での低炭素化を進めるために取った技術的対策、社会制度改革、推進施策の効果は、その分野だけにとどまらず、他の対象分野の低炭素化を進めるものともなる。たとえば、家庭・オフィスを対象にした低炭素化では、直接には高断熱住宅の普及や太陽エネルギー利用が有効であるが、エネルギー供給側の低炭素化や自然エネルギー利用促進も、寄与する。逆に、自然エネルギー推進には家庭などでの利用場面拡大が必要である。「見える化」の促進や環境教育は、すべての施策を下支えする。また、削減に向けては、いくつかの技術的社会的障壁があり、それらを取り除くには、順序だった手順で時間をかけてそれらを取り除いてゆく必要がある。こうした相互関係を念頭に置きながら、効果の大きさを勘案して程よくくりでまとめたものが、ここでいう「方策」である。

方策は、目指す将来像、実現への障壁と段階的戦略、行動の手順書の3つの組合せで示した。各要素について以下に説明する。

①目指す将来像：2050年にどのような社会システムを作ろうとする方策なのかを記している。可能な限り、温室効果ガス削減や技術水準、普及率などの目標設定を試みた。

②実現への障壁と段階的戦略：方策はすぐには実現できない。まずその方策を実施するための、地ならしの期間がある。そして社会に浸透する期間、社会に定着するまでの期間が必要である。また、そこでは、技術的あるいは社会システムとして克服すべき障壁がたちはだかる。そうした障壁を取り除くためには、時間を要するのみならず、さまざまな行動や政策が適切な順序で行われる必要がある。すぐに来る、あるいはなさねばならない行動や政策もあれば、それ以前に別な障壁がクリアされなければならないこともある。また、継続した努力によって障壁が取り除かれる場合もある。それらを実現への障壁と段階的戦略としてまとめた。

③行動の手順書：①および②で示した対策や政策を時系列に組み合わせた工程表を示した。現状の課題を解決し将来像を実現するための行動や政策の時系列的な組み合わせである、実現戦略を記している。

モデル研究から得られた効果的削減可能分野を主対象として、その分野で取りうる対策とそれを推進する政策を組み合わせた12の方策を、有識者の意見を加えて、構

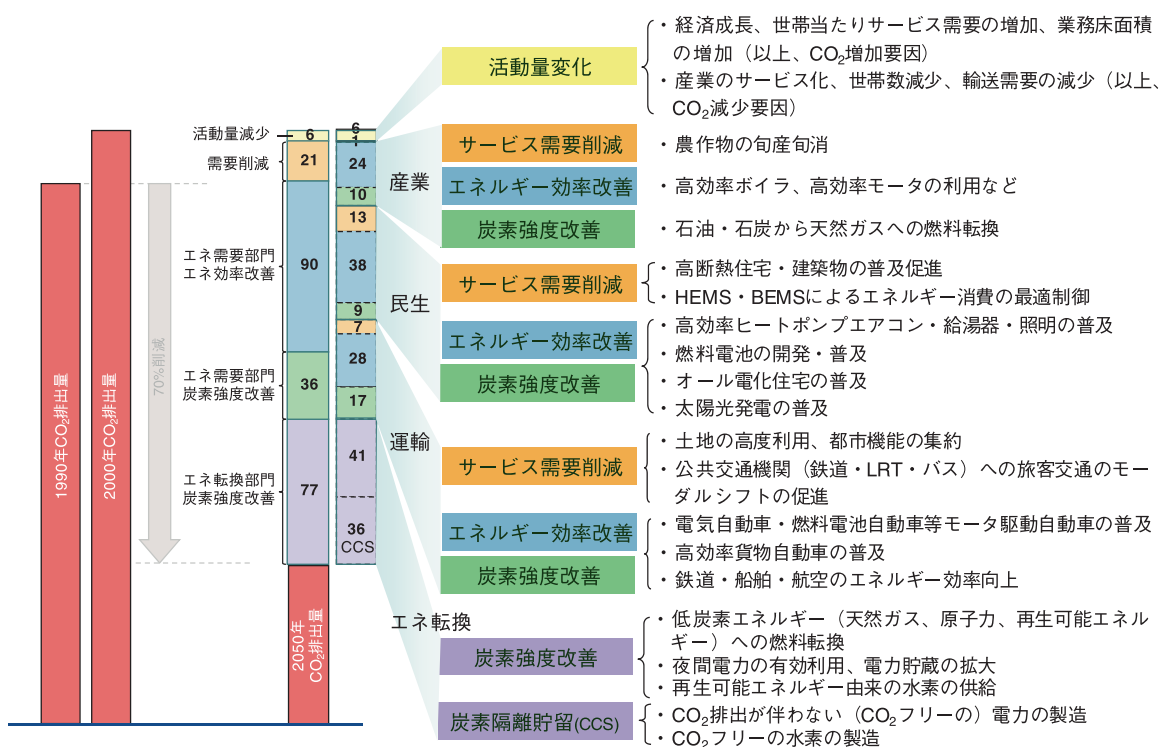


図1 2050年70%削減を実現する対策の組み合わせとその効果 (シナリオ A)

成した（表1）。主な対象分野としてみれば、1、2は住宅オフィス系、3、4は農林業、5は産業、6、7は運輸系、8、9、10はエネルギー供給系、11、12はすべての分野を横断する方策といえよう。

なお、炭素税や排出量取引のような分野横断的に効果を持つ経済的手法は、一部の方策の中において政策として組み込まれているが、方策そのものとしては挙げていない。経済的手法を追加することによって、価格効果が入れば12の方策は全体としてさらに効果を発揮するものと考えられる。また、公共事業、資本市場など社会資本整備は、低炭素社会に向けて適切になされていることが前提となっている。

12の方策を組み合わせることにより、2050年70%削減は可能である。産業部門では30～35 MtC、民生部門では56～48 MtC、運輸部門では44～45 MtC、エネルギー転換部門では95～81 MtC、活動量の変化により6～21 MtCの削減が見込まれる。削減の分担は、おおむね産業13～15%、民生24～21%、運輸19～20%、エネルギー転換41～35%となった（活動量変化の分担は3～9%）。

対策別では、エネルギー需要部門でのエネルギー効率改善とエネルギー需要部門およびエネルギー転換部門での炭素強度改善が大きく削減に寄与している。全体にエネルギー需要側での努力が鍵を握っているといえる。

（3）日英低炭素社会研究プロジェクト活動の発展

日英低炭素社会研究プロジェクトの一環として、2006年6月14日から16日に東京で「持続可能な発展につながる低炭素社会のビジョンの構築」をテーマに第1回ワークショップを開催した。19カ国・地域と6つの国際機関から54名の専門家が参加した。会合の成果として、低炭素社会は、そこに至る道筋は異なるものの、先進国と途上国が共通に目指すゴールであるとの認識が共有されるとともに、各国から様々な形での低炭素社会が実現可能であることが報告された。

第1回ワークショップの成果をさらに発展させるべく、2007年6月13日から15日にロンドンにて第2回国際ワークショップを開催した。約20カ国60名の専門家が集まり、国だけでなく都市や交通セクター、民生セクターさらには、人々のライフスタイルをどのように変更

表1 低炭素社会に向けた12の方策

	方策の名称	説明	CO ₂ 削減量
1	快適さを逃さない住まいとオフィス	建物の構造を工夫することで光を取り込み暖房・冷房の熱を逃がさない建築物の設計・普及	民生分野 56～48
2	トップランナー機器をレンタルする暮らし	レンタルなどで高効率機器の初期費用負担を軽減しモノ離れしたサービス提供を推進	
3	安心でおいしい旬産旬消費型農業	露地で栽培された農産物など旬のものを食べる生活をサポートすることで農業経営が低炭素化	産業分野 30～35
4	森林と共生できる暮らし	建築物や家具・建具などへの木材積極的利用、吸収源確保、長期林業政策で林業ビジネス進展	
5	人と地球に責任を持つ産業・ビジネス	消費者の欲しい低炭素型製品・サービスの開発・販売で持続可能な企業経営を行う	
6	滑らかで無駄のないロジスティクス	SCM ^{*1} で無駄な生産や在庫を削減し、産業で作られたサービスを効率的に届ける	運輸分野 44～45
7	歩いて暮らせる街づくり	商業施設や仕事場に徒歩・自転車・公共交通機関で行きやすい街づくり	
8	カーボンミニマム系統電力	再生可能エネ、原子力、CCS ^{*2} 併設火力発電所からの低炭素な電気を、電力系統を介して供給	エネルギー 転換分野 95～81
9	太陽と風の地産地消	太陽エネルギー、風力、地熱、バイオマスなどの地域エネルギーを最大限に活用	
10	次世代エネルギー供給	水素・バイオ燃料に関する研究開発の推進と供給体制の確立	
11	「見える化」で賢い選択	CO ₂ 排出量などを「見える化」して、消費者の経済合理的な低炭素商品選択をサポートする	横断分野
12	低炭素社会の担い手づくり	低炭素社会を設計する・実現させる・支える人づくり	

（右欄の数値はシナリオ A および B に12の方策を適用させたときの CO₂排出削減可能量、単位は MtC）

*1 SCM (Supply Chain Management)：材料の供給者、製造者、卸売、小売、顧客を結ぶ供給連鎖管理

*2 CCS (Carbon dioxide Capture and Storage)：二酸化炭素隔離貯留

すれば低炭素社会が実現できるか議論を行い報告書にまとめた。

これらのワークショップの成果はそれぞれ、2006年11月にナイロビで行われたCOP12/CMP2および2007年12月にバリで行われたCOP13/CMP3にてサイドイベントを行い発表するとともに、日英環境大臣のサインの入ったペーパーを国際交渉関係者に配布し活動を広く知らしめた。

さらに、2008年2月13日から15日に東京にて第3回国際ワークショップを行い、約20カ国70名以上の専門家により、個人のライフスタイル変更とその影響、持続可能な発展と低炭素社会の両立の可能性、低炭素社会を実現する投資、セクター別に見た低炭素社会に向けた障壁およびチャンスの4つのテーマについて議論を深めた。それらの成果をまとめた、Call for ActionおよびExecutive Summaryは、2008年3月14日から16日に千葉で行われたG20で鴨下一郎日本国環境大臣およびHirary Ben 英国環境・食糧・農村地域省大臣から紹介された。

2.2 気候変動に関する国際政策分析

(1) 国際枠組み交渉に関する背景の分析

気候変動問題への対処を目的として2005年に発効した京都議定書では、先進国等の2008-2012年の5年間(第1約束期間)に排出される温室効果ガス排出量に関して数量目標が課されたと同時に、排出量取引等いわゆる京都メカニズムや遵守手続き等、新たな諸制度が承認された。また、2013年以降の排出量(第2約束期間)に関しては、京都議定書下では2006年から、気候変動枠組条約下では2008年から、国際交渉が始まっている。現在、京都議定書に途上国の排出量を対象とした実質的な抑制策を求める規定がない、あるいは、世界最大排出国である米国が京都議定書に批准していない、といった課題が指摘されており、2013年以降の取組みにおいてはこれらの課題の克服が求められている。

他方、近年では、気候変動対策を目的としたすべての国際的活動が、気候変動枠組条約及び京都議定書のいわゆる国連下での多国間条約に規定されているわけではない。年々より多くの活動が、地域レベル(例えば欧州地域内の排出量取引制度)や国内レベル(例えば米国の州レベルでの排出量取引制度)で進展しており、これらの活動と国連下での活動との関連性が問われている。本研

究では、気候変動枠組条約下での交渉を中心に据えつつ、外部の多様な活動を効率的に活用していきながら国際合意を得られるような具体的な国際制度について検討した。

(2) 次期枠組みに関する諸提案の分析

次期国際枠組みに関する提案は、特に米国が京都議定書への不参加を決めた2001年以来、多数の論文等にて公表されている。本研究では、次期枠組みに関する多様な提案をレビューし、その主要な提案事項をまとめた。レビューの結果、提案の傾向は、3つの時期に区分して特徴を把握することができた(表2)。また、このレビュー結果から将来枠組みに関して多くの人々が共有する認識として、次の3点を指摘できた。①気候変動枠組条約と京都議定書の継続を前提とした制度構築となるだろうという予想、②制度の中身のみならず、どのフォーラムでその制度を実現するのかといった手続き論に関心が増加している、③今後は制度の構造から厳しさ(数値)の話が中心となるだろうという予想。

(3) 次期枠組みに関する国内ステークホルダー意識調査

日本から提案すべき国際制度案は、日本国内関係者にとっても受け入れられるものでなければならない。そこで国内ステークホルダーの意識および意向を確認するために、国内ステークホルダーによるグループワークならびにデルファイ法を用いたアンケート調査の2つの作業を並行して実施した。

1) 国内ステークホルダーによるグループワーク会合

国内ステークホルダーによるグループワーク会合を2007年8月6日に開催した。気候変動問題に関する国内外の対策に詳しい専門家、産業関係者、環境保護団体関係者を招へいし、25名の出席を得た。参加者を3つに分けたグループにそれぞれ「A. 日本がEUの主張する国ごとの排出量目標設定を支持する場合の交渉の行方」「B. 日本が最後まで国ごとの絶対排出量目標設定を拒む場合の交渉の行方」「C. 途上国をいかに参加させるか」というテーマを提示し、グループ内で議論してもらった。進め方はKJ法に類似した方法を採用した。すなわち、ブレインストーミングし、個別意見を付箋紙に書いて、模造紙に貼り、項目同士の間には見えにくいトレードオフ関係や連鎖を示していく。こうして午前中

の作業が終了するころには、グループごとに一つずつ図(チャート)が完成した(例として図2)。午後のセッションでは、グループの発表を行った。各グループのファシリテーターが午前中の議論の経緯や結果を、午前

中に作成した図を使って発表した。その後、残りの2グループの参加者とともに質疑応答などの討論を行った。

2) デルファイ法を用いたアンケート調査

同調査を2007年6月から9月にかけて実施した。調

表2 次期枠組みに関する提案のレビュー結果まとめ

	京都議定書未発効時 (2001-03年)	提案レビュー・比較検討期 (2004-05年)	京都議定書発効後 (2006-07年)
提案の背景と全般的な特徴	米国の京都議定書不参加により議定書発効が危ぶまれた時期。京都議定書延長を前提とした提案と、大きく異なる制度提案とに2分できる。	ある程度多様な提案が出揃い、各種提案を比較する論文が増えた時期。京都議定書発効の見極めの時期でもあり、新提案は少ない。	京都議定書発効後、京都議定書の存在を前提とした制度提案が多数になる。望ましい制度のみならず、そのような制度に至る交渉過程に関する手続き論も。
代表的提案あるいは論文、報告書(著者名)	Contraction & Convergence Multi-Stage Approach Hybrid Approach Climate Marshall Plan Technology Fund Dynamic Target	Bodansky, Chou, et al. South-North Dialogue Hohne and Lahme Kuik CEPS Task Force Group IISD	BASIC Project Policy INDABA CCAP Sectoral Approach IEA/OECD MATCH Project Development First
評価	最も多様で共通点の少ない提案が提示された時期。その後の時期の提案の原型の多くはこの時期に見出される。欧州と米国の研究者で大きく傾向が異なるのもこの時期の特徴。	定説的な提案をモデルに組み込み、提案の定量化を目指した研究と、「排出量」「技術」「排出量取引制度」等項目ごとに個別に議論を展開するタイプに分けられる。	気候変動枠組条約と京都議定書の2本だてのプロセスを踏まえた議論に。条約あるいは議定書をどのように改正すべきか、という観点からの議論も。

赤チーム: テーマ「セクターアプローチや政策措置等、国の排出目標を設定しない方法を軸にした場合、いかなる国際制度？」

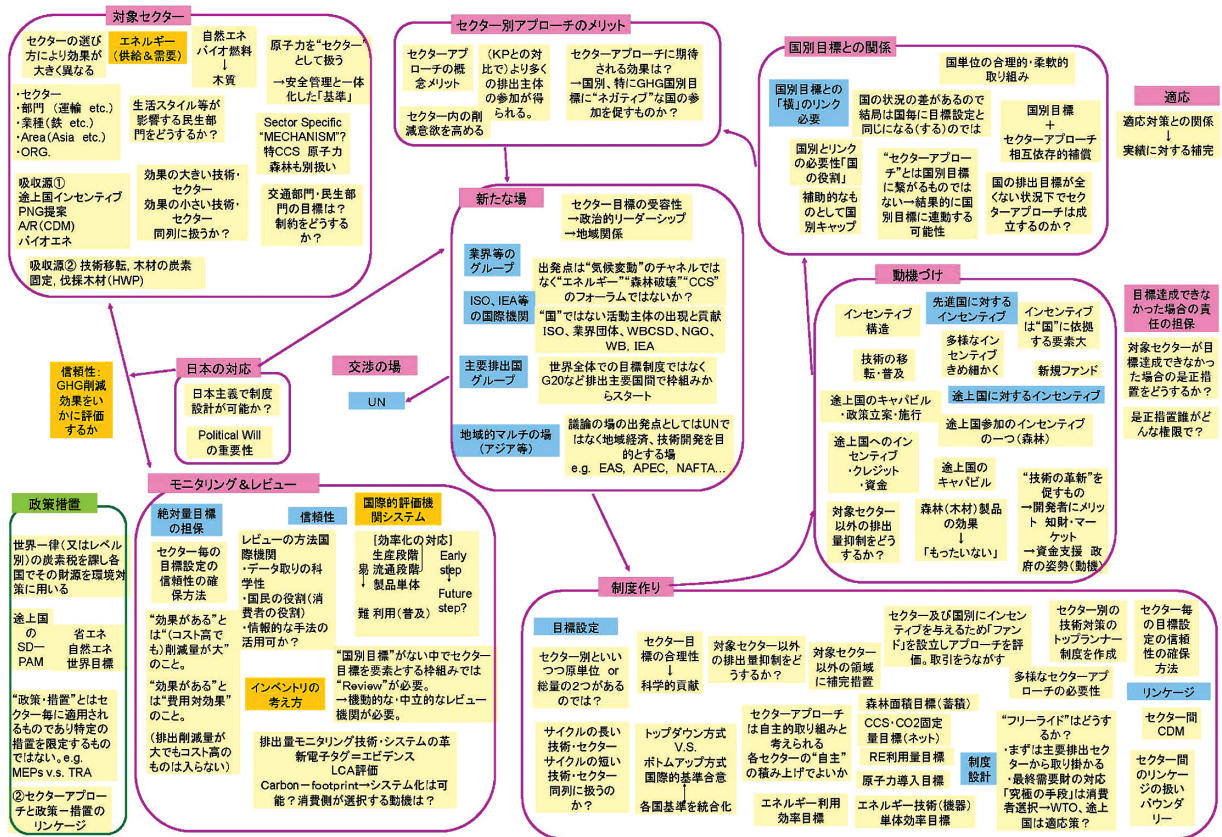


図2 グループワークにて作成された図の例

査対象者は、専門家グループワーク会合参加者、および、参加を依頼したが参加できない者で、2回の調査両方に回答した回答者は25名であった。(参考：デルファイ法とは、専門家を対象として不確実な将来を予測するための手法。同じ回答者に同じ設問を2回繰り返して実施。2回目には1回目の集計結果を被験者に知らすことにより、その情報が回答に及ぼす影響を調査する。)

回答結果から、2007年7月時点において、日本の専門家が予想した将来枠組み交渉に関する調査結果として、次の点を明らかにした。

- i) 多くの専門家が、次期枠組みに関する合意が今後5年間の間になんらかの形で得られると予想していたが、合意の構造に関する予想は分かれ「多数派」と呼べるグループは見いだされなかった。
- ii) 合意を予想するグループは、できることから動かしていこうとするレジームに近い世界を予想するグループ(ボトムアップ)と、地球全体の炭素管理を重視するグループ(トップダウン)に分かれた。
- iii) 前者のアプローチのメリットは地球全体の排出量を配慮しすぎで動けなくなる(合意できなくなる)ことを回避できることである。同アプローチが国際合意されるために必要となる検討要件としては、中国をはじめとする途上国の巻き込み方(技術移転が中心)、現在京都型キャップ&トレードの継続を支持しているEUのポジション(米国の参加を重視するようになる)、米国がいかなる内容なら合意するか(国ごとのキャップには消極的と予想)、が挙げられる。
- iv) 後者のアプローチのメリットとしては、地球全体の排出量を管理するという環境保全性という観点からの機能である。同アプローチが国際合意されるために必要となる前提条件としては、京都型では合意できない部分をセクターアプローチとの組み合わせで乗り切るといった制度構築、途上国に対しては技術移転や適応策など多様な手段で参加を要請、EUのさらなる力強いリーダーシップの堅持とそれを支持する国々の存在、が挙げられる。

(4) ディスカッションペーパーの作成

上記(1)(2)で得られた知見をふまえ、十分な環境保全効果を持つポテンシャル、及び国内外で受け入れられるポテンシャルを持つ将来枠組み案に関するディス

カッションペーパーを作成(龍谷大学の高村ゆかり氏と共著)し、国内外に配布して議論のたたき台として利用した。本枠組みは、既存の国際制度を最大限活用し2年間という短い交渉期間で決められる範囲の制度である点を強調した上で、現在排出抑制義務を持たない米国や途上国にとっても義務を受け入れられる提案となることを心がけた。主な構造は次のとおり。①世界全体での長期目標と中期目標：2050年までの世界総排出量、及び2020-30年の中期目標について認識を共有する。単一の目標に合意できない場合にはある程度の幅を持たせう。②先進国の短中期排出量目標を京都議定書の第2約束期間という位置づけで決定する。③「②」以外の国(途上国と米国を想定)は、気候変動枠組条約の4条(約束)を拡張する形で排出抑制策実施を義務とする。この義務を決定する際には、政策実施効果を事前に評価する手続きを踏む。④全条約締約国の中で、ある規模以上の排出集約的な産業を保有する国は、産業ごとに法的拘束力のある効率改善目標を定める。国際競争力や炭素リーケージの課題を克服することが目的となる。⑤上記②~④にて示した約束を実施するための国際制度として、炭素市場の整備、途上国への技術移転や資金的支援、森林の取扱い、適応措置、等がある。

(5) アジア太平洋地域における次期枠組みに関するダイアログ会合

諸提案のレビュー研究により得られた結果の一つに、「提案者の大半が欧米人であり、次期枠組みに関する議論そのものが途上国の意識から離れたところで進展してしまっている」という点が挙げられた。そこで、アジア諸国が各々の国内で次期枠組みに関する政策立案能力を高め、気候変動対策の長所を最大限に生かせるような交渉ポジションを自律的に形成し、その結果として次期枠組みが気候変動緩和とアジア諸国の発展を両立するものとなることを目的として、アジア諸国の政策研究者との共同研究を実施した。またその一部として年1回の頻度でワークショップを開催した。

平成19年度のワークショップでは、バングラデシュ、中国、インド、インドネシア、韓国、タイについて、国の一般的政治制度、気候変動に関する現状(温室効果ガス排出量の傾向および気候変動の影響の大きさ)、気候変動に関する国際交渉における当該国のポジションおよびそのポジション形成のための政府内制度手続き、およ

び、次期枠組みに関する国内政策立案動向について調査した。特に特徴があったのが国内制度であった。

次期枠組みに関する国際的な協議は始まっているにも関わらず、中国と韓国以外の国では国内に次期枠組み関連の議論に対処するための組織が設立されていないことが分かった。これらの国に関しては、まずそのような組織を設立し、その中で主体的に自国のポジションを作り上げていく必要がある点が指摘された。

2.3 気候変動政策の定量的分析

温室効果ガス排出量の評価や気候変動政策の効果、影響の定量化、さらには途上国における経済発展と環境保全の両立する経路を分析することを目的として、様々なモデルの開発を行ってきた。開発してきたモデルは、エネルギーを消費する技術の選択や水問題への対応など個々の分野を対象にしたモデルと、一般均衡の枠組みで社会全体を評価したモデルに大別され、それぞれ、対象地域は世界全体や特定の国など多岐にわたっている。以下では、主な成果を示す。

(1) 世界を対象とした技術選択モデル

の開発とそれをを用いた解析

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。削減費用がtCO₂あたり100ドル以下の場合、世界全体で88~113億tCO₂、付属書I国(気候変動枠組条約の付属書に記載されている緩和措置を要請されている国、主に先進国)で25~36億tCO₂、付属書I以外の国で64~77億tCO₂と推計された。部門別では、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CO₂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。地域別では、中国、米国、インド、EU、ロシアの上位5地域の削減ポテンシャルが世界全体の約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(図3)。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/tCO₂eq以下の対策による削減量が大きい割合を占めている。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。

(2) 水不足評価のためのモデル開発

世界流域データベースを作成し、これをもとに全球を対象に詳細な空間単位で水不足評価を行った。図4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。空間詳細化に

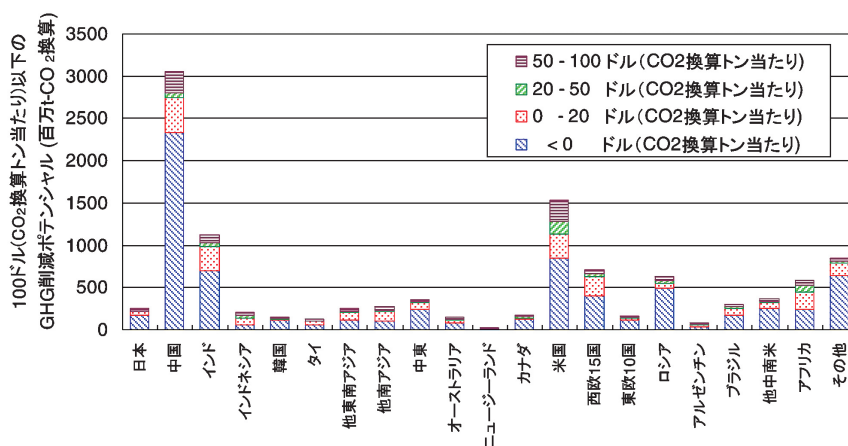


図3 2020年の費用別地域別削減ポテンシャル(削減費用100US\$/tCO₂)

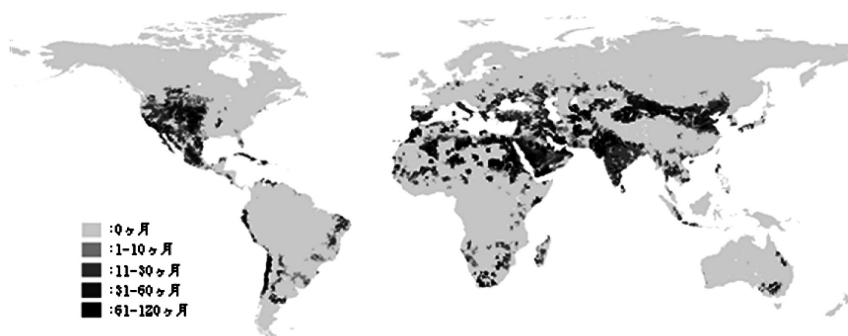


図4 月単位水不足頻度(1986-1995年:120ヶ月)

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。

(3) 世界を対象とした経済モデルの開発

AIM/Enduse [Global] と対応するように、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 AIM/CGE [Global] の開発を行ってきた。本モデルを簡易気候モデル、中核プロジェクト3で開発されている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、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。

また、大気中の温室効果ガス濃度を安定化させる目標に対して、世界経済モデルを用いた対策毎の温室効果ガス排出削減量を推計し、その結果が IPCC 第4次評価報告書に引用された(図5)。

(4) 国別エネルギー技術選択モデルの改良

アジアの主要国を対象に、国別のエネルギー技術選択モデル開発・改良、技術データの更新、シミュレーションを、中国、インド、タイの研究協力機関と共同で実施し、各国で検討されている温暖化対策の評価を行った。

中国では、これまで開発した鉄鋼、セメント、非鉄金属モデルに加えて、エチレン製造、アンモニア製造、石油精製についてのモデル化を行うとともに、セメントや発電部門における大規模発生源の情報を改訂した。インドでは、CO₂以外のガス排出量も多いことから、複数のガスについてのモデルの更新を行った。また、発電、セメント等の部門を対象とした2005年のCO₂排出量のインベントリの改訂や、副次効果としてCO₂とSO_xの排出削減について評価した。タイでは、2050年のCO₂排出量をBaU比15%削減する目標を達成する対策がもたらす大気汚染物質の削減という副次的効果について評価を行った。韓国においては、家庭部門を対象としてCO₂排出量削減の可能性について検討した。2030年の家庭部門では、照明において高い削減ポテンシャルがあるとともに、照明や冷蔵庫では追加的な費用をかけることなくCO₂排出量が削減可能となることを示した。

(5) 国別経済モデルの開発と技術選択モデルとの統合

中国、インド、タイを対象に、各国の環境政策を整合的に評価することを目的として、国別の応用一般均衡モデル(AIM/Material)を、トレーニングワークショップを通じて各国の研究者と共同で開発した。各国の産業連関表、エネルギーバランス表等の基準年のデータや、潜在的成長率、人口、技術変化、国際価格について将来シナリオを作成し、基本的なシミュレーションを行った。

また、開発してきた国別の経済モデルと技術選択モデルの統合を日本及び中国を対象に行った。技術選択モデルを用いて、将来想定される社会経済や政策に対応して導入される技術メニューを明らかにし、その結果から計算される、エネルギー効率改善や新たな技術を導入するために必要な費用を経済モデルに組み込んで、想定した各施策の効果を評価した。日本を対象とした分析では、京都議定書の目標達成を目的とした炭素税の効果と影響について評価を行った。目標達成は可能であるが、これまでの結果と比較して第1約束期間までに残された期間が短くなったことから、より費用の高い技術を導入することが必要となることを示した。一方、中国を対象とした分析では、中国政府が示したGDPあたりのエネルギー消費量の目標

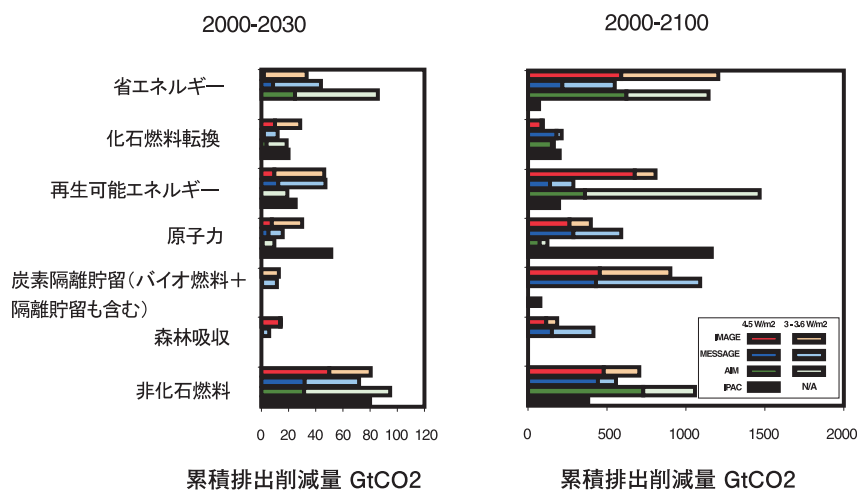


図5 温室効果ガス削減目標と対策別の削減量

達成の可能性について分析した。技術選択モデルで想定されている技術メニューでは目標達成は困難であり、より先進的な技術を積極的に導入する必要があることを示唆した。

3. まとめと今後の課題

2050年に日本の温室効果ガス排出量の70%削減(1990年比)を実現する社会像を描き、その実現可能性を示し、実現するための方策について検討した。アジア地域統合評価モデル(AIM)の拡張、改良を行うとともに、それらを用いて短期から中・長期に至る様々な温暖化対策の効果と影響について定量的な分析を行った。また、京都議定書第1約束期間が終了する2012年以降の国際的取り組みのあり方に関して検討し、将来枠組み案に関するディスカッションペーパーを作成し、国内外に

配布して議論のたたき台として利用した。さらに、日英共同研究「低炭素社会の実現に向けた脱温暖化プロジェクト」やアジアのAIMネットワークを活用して、国別低炭素社会シナリオについて検討した。

今後、政策オプションを詳細に検討して、2050年の社会像からバックキャストによって政策のタイミングを分析することにより、短・中期の環境政策についても具体的に検討する。低炭素社会づくりを世界に広げるためには、持続的発展などの低炭素以外の要素も考慮する必要があるため、他の環境問題との関係を考慮した低炭素社会シナリオを描く。日本・アジア・世界における低炭素社会ビジョン・シナリオ研究の方策をまとめ、普及を図るとともに、持続的発展の立場からも低炭素社会実現の必要性を検討し、低炭素社会への道筋を示す。

[資 料]

I 研究の組織と研究課題の構成

1 研究の組織

[A 研究担当者]

地球環境研究センター

センター長

笹野泰弘

副センター長

野尻幸宏

炭素循環研究室

室長

向井人史

高橋善幸

梁 乃申

寺尾有希夫

下山 宏

奈良英樹

津守博通

須永温子

衛星観測研究室

室長

横田達也

山野博哉

森野 勇

青木忠生

Sergey Oshchepkov

Andrey Bril

江口菜穂

吉田幸生

太田芳文

田中智章

齊藤 龍

Raphaël Desbiens

Anna Peregon

(炭素収支評価システム担当)

主席研究員

Shamil Maksyutov

古山祐治

Claire Carouge

Nikolay Kadygrov

齊藤 誠

Dmitry Belikov

中塚由美子

Vinu Valsala

温暖化リスク評価研究室

室長

江守正多

(陸域モデリング担当)

主席研究員

温暖化対策評価研究室

室長

大気・海洋モニタリング推進室

室長

陸域モニタリング推進室

地球環境データベース推進室

室長

循環型社会・廃棄物研究センター

センター長

アジア自然共生研究グループ

広域大気モデリング研究室

流域生態系研究室

高橋 潔
小倉知夫
伊藤昭彦
長谷川聡
増富祐司
横島徳太
塩竈秀夫
阿部 学
岡田直資
長友利晴

山形与志樹
木下嗣基
岩男弘毅
清野達之
加藤悦史
石渡佐和子

甲斐沼美紀子
亀山康子
藤野純一
花岡達也
Lee Huey-Lin
芦名秀一
池上貴志
酒井広平
岩淵裕子

町田敏暢
白井知子

小熊宏之

松永恒雄

森口祐一

谷本浩志
永島達也
島崎彦人

社会環境システム研究領域

領域長

原沢英夫

環境経済・政策研究室

室長

日引 聡

久保田泉

統合評価研究室

室長

増井利彦

肱岡靖明

花崎直太

金森有子

徐 燕

交通・都市環境研究室

室長

小林伸治

松橋啓介

化学環境研究領域

動態化学研究室

室長

横内陽子

荒巻能史

斉藤拓也

大気圏環境研究領域

大気物理研究室

室長

野沢 徹

日暮明子

大気動態研究室

室長

遠嶋康德

山岸洋明

生物圏環境研究領域

生理生態研究室

名取俊樹

唐 艶鴻

[B 客員研究員等]

客員研究員

松岡 譲

(京都大学)

平成 18 年度～ 19 年度

藤原健史

(京都大学)

平成 18 年度

倉田学児

(京都大学)

平成 19 年度

河瀬玲奈

(京都大学)

平成 18 年度～ 19 年度

島田幸司

(立命館大学)

平成 18 年度～ 19 年度

大政謙次

(東京大学大学院)

平成 18 年度

増沢武弘

(静岡大学)

平成 18 年度

野上達也

(石川県白山自然保護センター)

平成 18 年度

小川弘司

(石川県白山自然保護センター)

平成 18 年度

西川洋子

(北海道環境科学研究センター)

平成 18 年度

共同研究員

蟹江憲史	(東京工業大学)	平成 18 年度～ 19 年度
梅宮知佐	(早稲田大学)	平成 19 年度
Priyadarshi R. Shukla	(インド経営大学院大学)	平成 18 年度～ 19 年度

[C 海外共同機関] (18～19 年度)

ベランギ政策提言 NGO	(インドネシア)
人民大学	(中国)
チュラロンコン大学	(タイ)
バングラデシュ先進研究所 (BCAS)	(バングラデシュ)
ソウル大学	(韓国)
インド経営大学院大学	(インド)
中国能源研究所	(中国)
アジア工科大学 (AIT)	(タイ)
フランス開発研究所	(フランス)
SOPAC (太平洋島嶼国応用地質委員会)	(フィジー)
韓国海洋研究院	(韓国)

2 研究課題と担当者

地球温暖化研究プログラム

プログラムリーダー	笹野泰弘
副プログラムリーダー	野尻幸宏

中核研究プロジェクト 1 「温室効果ガスの長期的濃度変動メカニズムとその地域特性の解明」

プロジェクトリーダー 向井人史

サブテーマ 1 「アジア-太平洋域での広域大気観測による温室効果ガスの収支や地域的特性に関する研究」

向井人史, 町田敏暢, 遠嶋康徳, 横内陽子, 谷本浩志, 斉藤拓也, 山岸洋明, 寺尾有希夫,
下山 宏, 奈良英樹, 橋本 茂, 須永温子

サブテーマ 2 「アジア-太平洋域の CO₂海洋吸収及び陸域生態系フラックス変動特性の評価に関する研究」

野尻幸宏, 荒巻能史, 津守博通, 高橋善幸, 梁 乃申, 唐 艶鴻

サブテーマ 3 「物質輸送・循環モデルによる温室効果ガスの変動の検証に関する研究」

Shamil Maksyutov, 古山祐治, 白井知子

中核研究プロジェクト 2 「衛星利用による二酸化炭素等の観測と全球炭素収支分布の推定」

プロジェクトリーダー 横田達也

サブテーマ 1 「衛星観測データの処理アルゴリズム開発・改良研究」

横田達也, 青木忠生, Sergey Oshchepkov, 江口菜穂, 吉田幸生, 太田芳文, Andrey Bril,
Raphaël Desbiens

サブテーマ 2 「地上観測・航空機等観測実験による温室効果ガス導出手法の実証的研究」

小熊宏之, 森野 勇, 田中智章, 齊藤 龍, 荒木光典

サブテーマ 3 「全球炭素収支推定モデルの開発・利用研究」

Shamil Maksyutov, Anna Peregon, Claire Carouge, 古山祐治, 齊藤 誠, Dmitry Belikov,

中核研究プロジェクト3 「気候・影響・土地利用モデルの統合による地球温暖化リスクの評価」

プロジェクトリーダー 江守正多

サブテーマ1 「気候モデル研究」

江守正多, 野沢 徹, 日暮明子, 小倉知夫, 永島達也, 横島徳太, 塩竈秀夫, 長谷川聡,
阿部 学, 岡田直資, 長友利晴

サブテーマ2 「影響・適応モデル研究」

高橋 潔, 原沢英夫, 肱岡靖明, 花崎直太, 増富祐司

サブテーマ3 「陸域生態・土地利用モデル研究」

山形与志樹, 伊藤昭彦, 木下嗣基, 加藤悦史, 岩男弘毅, 清野達之, 石渡佐和子

中核研究プロジェクト4 「脱温暖化社会の実現に向けたビジョンの構築と対策の統合評価」

プロジェクトリーダー 甲斐沼美紀子

サブテーマ1 「低炭素社会実現のためのビジョン・シナリオ作成」

甲斐沼美紀子, 藤野純一, 亀山康子, 花岡達也, 原沢英夫, 増井利彦, 金森有子, 森口祐一,
小林伸治, 松橋啓介, Lee Huey-Lin, 芦名秀一, 池上貴志, 酒井広平, 岩淵裕子
(客員研究員) 松岡 譲, 河瀬玲奈, 島田幸司
(共同研究員) Priyadarshi R. Shukla

サブテーマ2 「国際交渉過程や枠組の検討を行う国際政策分析」

亀山康子, 久保田泉
(共同研究員) 蟹江憲史, 梅宮知佐

サブテーマ3 「温暖化対策の費用・効果の定量的評価」

甲斐沼美紀子, 増井利彦, 藤野純一, 花岡達也, 金森有子, 日引 聡, 肱岡靖明, 花崎直太,
徐 燕
(客員研究員) 松岡 譲, 藤原健史, 倉田学児, 河瀬玲奈
(共同研究員) Priyadarshi R. Shukla

関連研究プロジェクト1 「過去の気候変化シグナルの検出とその要因推定」

担当責任者 野沢 徹

永島達也, 塩竈秀夫, 横島徳太, 阿部 学, 岡田直資

関連研究プロジェクト2 「高山植生による温暖化影響検出のモニタリングに関する研究」

担当責任者 名取俊樹

原沢英夫
(客員研究員) 増沢武弘, 野上達也, 小川弘司, 西川洋子

関連研究プロジェクト3 「京都議定書吸収源としての森林機能評価に関する研究」

担当責任者 山形与志樹

サブテーマ1 「吸収量評価モデルの開発」

山形与志樹, 木下嗣基

サブテーマ2 「吸収量評価モデルの不確実性解析」

山形与志樹，木下嗣基

関連研究プロジェクト4 「太平洋小島嶼国に対する温暖化の影響評価」

担当責任者 山野博哉

サブテーマ1 「小島嶼国に対する温暖化の影響評価と適応策」

山野博哉

サブテーマ2 「リモートセンシングによる脆弱性評価」

松永恒雄

サブテーマ3 「GISによる統合情報システムの構築」

島崎彦人

関連研究プロジェクト5 「温暖化に対するサンゴ礁の変化の検出とモニタリング」

担当責任者 山野博哉

サブテーマ1 「統合モニタリング手法の開発と適用」

山野博哉

サブテーマ2 「リモートセンシングによるモニタリング」

松永恒雄

サブテーマ3 「現地観測によるモニタリング」

山野博哉

関連研究プロジェクト6 「温暖化の危険な水準と安定化経路の解明」

担当責任者 肱岡靖明

原沢英夫，高橋 潔，増井利彦，亀山康子，久保田泉，花崎直太，増富祐司

関連研究プロジェクト7 「温暖化政策を評価するための経済モデルの開発」(18年度終了)

担当責任者 増井利彦

サブテーマ1 「世界を対象とした技術選択モデルの開発」

甲斐沼美紀子，増井利彦，藤野純一，花岡達也，芦名秀一

サブテーマ2 「地球温暖化対策の影響を評価するための経済モデルの改良」

増井利彦，肱岡靖明，藤野純一，花岡達也，高橋 潔，徐 燕

サブテーマ3 「世界及びアジアの主要国を対象とした温暖化政策の効果と影響の評価」

増井利彦，甲斐沼美紀子，肱岡靖明，藤野純一，花岡達也，高橋 潔，芦名秀一，徐 燕

関連研究プロジェクト8 「アジア太平洋地域における戦略的データベースを用いた応用シナリオ開発」

担当責任者 甲斐沼美紀子

増井利彦，藤野純一，花岡達也，肱岡靖明，花崎直太，金森有子，徐 燕

II 研究成果発表一覧

1 誌上発表

(1) 中核研究プロジェクト1：温室効果ガスの長期的濃度変動のメカニズムとその地域特性の解明

発表者・(刊年)・題目・掲載誌・巻(号)・頁

Yamaji K., Ohara T., Uno I., Tanimoto H., Kurokawa J., Akimoto H. (2006) Analysis of the seasonal variation of ozone in the boundary layer in East Asia using the Community Multi-scale Air Quality model: What controls surface ozone levels over Japan?, *Atmos. Environ.*, 40 (10), 1856–1868

Hirata R., Hirano T., Saigusa N., Fujinuma Y., Inukai K., Kitamori Y., Takahashi Y., Yamamoto S. (2007) Seasonal and interannual variations in carbon dioxide exchange of a temperate larch forest, *Agricultural and Forest Meteorology*, 147, 110–124

Takahashi Y., Liang N. (2007) Development of chamber-based sampling technique for determination of carbon stable isotope ratio of soil respired CO₂ and evaluation of influence of CO₂ enrichment in chamber headspace, *Geochem. J.*, 41 (6), 493–500

Takahashi Y., Liang N., Hirata R., Machida T., Fujinuma Y. (2008) Variability in carbon stable isotope ratio of heterotrophic respiration in a deciduous needle-leaf forest, *J. Geophys. Res.*, 113, G01022

Koike M., Jones N.B., Palmer P.I., Matsui H., Zhao Y., Kondo Y., Matsumi Y., Tanimoto H. (2006) Seasonal variation of carbon monoxide in northern Japan: Fourier transform IR measurements and source-labeled model calculations, *J. Geophys. Res.*, 111, D15306

Tanimoto H., Mukai H., Hashimoto S., James E. Norris (2006) Intercomparison of ultraviolet photometry and gas-phase titration techniques for ozone reference standards at ambient levels, *J. Geophys. Res.*, 111, D16313

Sawa Y., Tanimoto H., Yonemura S., Matsueda H., Wada A., Taguchi S., Hayasaka T., Tsuruta H., Tohjima Y., Mukai H. et al. (2006) Widespread pollution events of carbon monoxide observed over the western North Pacific during the EAREX 2005 campaign, *J. Geophys. Res.*, 112, D22S26

谷本浩志, 向井人史 (2006) 日本におけるオゾン標準とトレーサビリティシステムの構築, *大気環境学会誌*, 41 (3), 123–134

Kuwana M., Kondo Y., Miyazaki Y., Komazaki Y., Kim J.H., Yum S.S., Tanimoto H., Matsueda H. (2007) Cloud condensation nuclei activity at Jeju Island, Korea in spring 2005, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 7 (6), 15805–15851

Matsumoto K., Minami H., Hayano T., Uyama Y., Tanimoto H., Uematsu M. (2007) Regional climatology of particulate carbonaceous substances in the northern area of the east Asian Pacific rim, *J. Geophys. Res.*, 112, D24203

Tanimoto H., Sawa Y., Yonemura S., Yumimoto K., Matsueda H., Uno I., Hayasaka T., Mukai H., Tohjima Y., Tsuboi K., Zhang L. (2007) Diagnosing recent CO emissions and springtime O₃ evolution in East Asia using coordinated ground-based observations of O₃ and CO during the East Asian Regional Experiment (EAREX) 2005 campaign, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 8 (1), 3525–3561

Tanimoto H., Sawa Y., Matsueda H., Yonemura S., Wada A., Mukai H., Wang T., Poon S., Wong A., Lee G. et al. (2007) Evaluation of standards and methods for continuous measurements of carbon monoxide at ground-based sites in Asia, *Pap. Met. Geophys.*, 58, 85–93

Tanimoto H., Mukai H., Sawa Y., Matsueda H., Yonemura S., Wang T. (*3), Poon S., Wong A., Lee G., Jung J.Y. et al. (2007) Direct assessment of international consistency of standards for ground-level ozone: Strategy and implementation toward metrological traceability network in Asia, *J. Environ. Monit.*, 9, 1183–1193

Nakajima T., Yoon S.C., Ramanathan V., Shi G.Y., Takemura T., Higurashi A., Takamura T., Aoki K., Sohn B.J., Kim S.W., Tsuruta H., Sugimoto N., Shimizu A., Tanimoto H., Sawa Y., Lin N.H., Lee C.T., Goto G., Schutgens N. (2007) Overview of the Atmospheric Brown Cloud East Asian Regional Experiment 2005 and a study of the aerosol direct radiative forcing in east Asia, *J. Geophys. Res.*, 112, D24S91, doi: 10.1029/2007JD009009

Fang J., Brown S., Tang Y., Nabuurs G., Wang X., Shen H. (2006) Overestimated biomass carbon pools of the northern mid-and high latitude forests, *Clim. Change*, 74, 355–368

- Hirota M., Tang Y., Hu Q., Hirata S., Kato T., Mo W., Cao G., Mariko S. (2006) Carbon dioxide dynamics and controls in a deep-water wetland on the Qinghai-Tibetan Plateau, *Ecosystems*, 9, 673–688
- Kato T., Tang Y., Gu S., Hirota M., Du M., Li Y., Zhao X. (2006) Temperature and biomass influences on interannual changes in CO₂ exchange in an alpine meadow on the Qinghai-Tibetan Plateau, *Global Change Biology*, 12, 1285–1298
- Li Y., Du M., Tang Y., Zhao L., Wang Q., Zhao X., Gu S. (2006) UV-B changing characteristics of alpine meadow area at Haibei station in Qiliang Mountain, *Journal of Arid Land Resources and Environment* 20 (3), 79–84
- Li Y., Wang Q., Du M., Zhao L., Xu S., Tang Y., Yu G., Zhao X., Gu S. (2006) A study on replenishment and decomposition of organic matter in and Mat-Cryic Cambisols CO₂ flux between vegetation and atmosphere, *Acta Agrestia Sinica* 14 (2), 165–169
- Li Y., Zhao L., Xu S., Yu G., Du M., Wang Q., Sun X., Tang Y., Zhao X., Gu S. (2006) Plant community structure and ecological characteristics of the alpine wetland in Haibei area of Qilian Mountains, *Journal of Glaciology and Geocryology*, 28 (1), 76–84
- Shen H., Tang Y., Washitani I. (2006) Morphological plasticity of *Primula nutans* to hummock-and-hollow microsites in an alpine wetland. *J. Plant. Res.*, 119, 257–264
- Zhao L., Xu S., Li Y., Tang Y., Zhao X., Gu S., Du M., Yu G. (2006) Relations between carbon dioxide fluxes and environmental factors of *Kobresia humilis* meadows and *Potentilla fruticosa* meadows, *Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin.*, 26 (2), 133–142
- Noda H., Muraoka H., Tang Y., Washitani I. (2007) Phenological changes in rate of respiration and annual carbon balance in a perennial herbaceous plant, *Primula sieboldii*. *J. Plant. Res.*, DOI 10.1007/s10265-006-0066-8
- Zhang Y., Tang Y., Jiang J., Yang Y. (2007) Characterizing the dynamics of soil organic carbon in grasslands on the Qinghai-Tibetan Plateau. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 50 (1), 113–120
- Hirota M., Kawada K., Hu Q., Kato T., Tang Y.H., Mo W., Cao G., Mariko S. (2007) Net primary productivity and spatial distribution of vegetation in an alpine wetland, Qinghai-Tibetan Plateau, *Limnology*, 8, 161–170
- Noda H., Muraoka H., Tang Y.H., Washitani I. (2007) Phenological changes in rate of respiration and annual carbon balance in a perennial herbaceous plant, *Primula sieboldii*, *J. Plant Res.*, 120, 375–383, doi: 10.1007/s10265-006-0066-8
- Zhang Y.Q., Liu C., Tang Y.H., Yang Y.H. (2007) Trends in pan evaporation and reference and actual evapotranspiration across the Tibetan Plateau. *J. Geophys. Res. —Atmospheres*, 112, D12110, doi: 10.1029/2006JD008161
- Zhang Y.Q., Tang Y.H., Jiang J., Yang Y.H. (2007) Characterizing the dynamics of soil organic carbon in grasslands on the Qinghai-Tibetan Plateau, *Science in China Series D-Earth Sciences*, 50, 113–120
- Chen J., Yamamura Y., Hori Y., Shiyomi M., Yasuda T., Zhou H., Li Y., Tang Y.H. (2008) Small-scale species richness and its spatial variation in an alpine meadow on the Qinghai-Tibet Plateau, *Ecol. Res.*, doi: 10.1007/s11284-007-0423-7
- Shen H., Tang Y.H., Muraoka H., Washitani I. (2008) Characteristics of leaf photosynthesis and simulated individual carbon budget in *Primula nutans* under contrasting light and temperature conditions, *J. Plant Res.*, doi: 10.1007/s10265-008-0146-z
- Zhang Y.Q., Yu Q., Jiang J., Tang Y.H. (2008) Calibration of Terra/MODIS gross primary production over an irrigated cropland on the North China Plain and an alpine meadow on the Tibetan Plateau, *Global Change Biol.*, 14, 1–11, doi: 10.1111/j.1365-2486.2008.01538
- Cui X., Gu S., Zhao X., Wu J., Kato T., Tang Y.H. (2008) Diurnal and seasonal variations of UV radiation on the northern edge of the Qinghai-Tibetan Plateau, *Agric. For. Meteorol.*, 148, 144–151
- Ejiri M.K., Terao Y., Sugita T., Nakajima H., Yokota T., Toon G.C., Sen B., Wetzel G., Oelhaf H., Urban J., Murtagh D., Irie H., Saitoh N., Tanaka T., Kanzawa H., Shiotani M., Aoki S., Hashida G., Machida T., Nakazawa T., Kobayashi H., Sasano Y. (2006) Validation of the Improved Limb Atmospheric Spectrometer-II (ILAS-II) Version 1.4 nitrous oxide and methane profiles, *J. Geophys. Res.*, 111, D22S90, doi:10.1029/2005JD006449
- Terao Y., Logan J.A., Douglass A.R., Stolarski R.S. (2008) Contribution of stratospheric ozone to the interannual variability of tropospheric ozone in the northern extratropics, *J Geophys. Res.*, 113(D18309)

- Tohjima Y., Mukai H., Nojiri Y., Yamagishi H., Machida T. (2008) Atmospheric O₂/N₂ measurements at two Japanese sites: estimation of global oceanic and land biotic carbon sinks and analysis of the variations in atmospheric potential oxygen (APO), *Tellus*, 60 (2), 213–225
- Chierici M., Fransson A., Nojiri Y. (2006) Biogeochemical processes as drivers of surface fCO₂ in contrasting provinces in the subarctic North Pacific Ocean, *Global Biogeochem. Cycles*, 20 (1), GB1009, doi10.1029/2004GB002356
- Fransson A., Chierici M., Nojiri Y. (2006) Increased net CO₂ outgassing in the upwelling region of the southern Bering Sea in a period of variable marine climate between 1995 and 2001, *J. Geophys. Res.*, 111 (C8), C08008, doi10.1029/2004JC002759
- Law C.S., Crawford W.R., Smith M.J., Boyd P.W., Wong C.S., Nojiri Y., Robert M., Abraham E.R., Johnson W.K., Forsland V., Arychuk M. (2006) Patch evolution and the biogeochemical impact of entrainment during an iron fertilisation experiment in the sub-Arctic Pacific, *Deep-Sea Research II*, 53, 2012–2033
- Saito H., Tsuda A., Nojiri Y., Nishioka J., Takeda S., Kiyosawa H., Kudo I., Noiri Y., Ono T., Taira Y., Suzuki K., Yoshimura T., Boyd P.W. (2006) Nutrient and phytoplankton dynamics during the stationary and declining phases of a phytoplankton bloom induced by iron-enrichment in the eastern subarctic Pacific, *Deep-Sea Research II*, 53, 2168–2181
- Sarma V.V.S.S., Saino T., Sasaoka K., Nojiri Y., Ono T., Ishii M., Inoue H.Y., Matsumoto K. (2006) Basin-scale pCO₂ distribution using satellite sea surface temperature, Chl a, and climatological salinity in the North Pacific in spring and summer, *Global Biogeochem. Cycles*, 20, GB3005, doi10.1029/2005GB002594
- Timothy D.A., Wong C.S., Nojiri Y., Ianson D.C., Whitney F.A. (2006) The effects of patch expansion on budgets of C, N and Si for the Subarctic Ecosystem Response to Iron Enrichment Study (SERIES), *Deep-Sea Research II*, 53, 2034–2052
- Wong C.S., Timothy D.A., Law C.S., Nojiri Y., Wong L.X.S.-K.E., Page J.S. (2006) Carbon distribution and fluxes during the SERIES iron fertilization experiment with special reference to the fugacity of carbon dioxide (fCO₂), *Deep-Sea Research II*, 53, 2053–2074
- Fujii M., Yamanaka Y., Nojiri Y., Kishi M.J., Chai F. (2006) Comparison of seasonal characteristics in biogeochemistry among the subarctic North Pacific stations described with a NEMURO-based marine ecosystem model, *Ecological Modelling*, 202, 5–67
- Tsuda A., Takeda S., Saito H., Nishioka J., Kudo I., Nojiri Y., Suzuki K., Uematsu M., Wells M.L., Tsumune D., Yoshimura T., Aono T., Aramaki T., Cochlan W.P., Hayakawa M., Imai K., Isada T., Iwamoto Y., Johnson W.K., Kameyama S., Kato S., Kiyosawa H., Kondo Y., Levasseur M., MACHIDA R.J., Nagao I., Nakagawa F., Nakanish T., Nakatsuka S., Narita A., Noiri Y., Obata H., Ogawa H., Oguma K., Ono T., Sakuragi T., Sasakawa M., Sato M., Shimamoto A., Takata H., Trick C.G., Watanabe Y.W., Wong C.S., Yoshie N. (2007) Evidence for the grazing hypothesis: Grazing reduces phytoplankton responses of the HNLC ecosystem to iron enrichment in the western subarctic Pacific (SEEDS II), *J. Oceanogr.*, 63, 983–994
- Bindoff N.L., Willebrand J., Artale V., Cazenave A., Gregory J., Gulev S., Hanawa K., Le Quere C., Levitus S., Nojiri Y., Shum C.K., Talley L.D., Unnikrishnan A. (2007) Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level. *In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L. (eds.)], Cambridge University Press, United Kingdom and New York, NY, US., pp385–432
- 野尻幸宏, 地球温暖化と将来世界, 東島 清・大貫惇睦編著, 現代社会と科学技術, 大阪大学出版会, 2008年
- 藤沼康実 (2007) 酸素濃度を測って二酸化炭素の挙動を推定する, *グローバルネット*, (207), 34–35
- Ishizawa M., Chan D., Higuchi K., Maksyutov S., Yuen C., Chen J., Worthy D. (2006) Rectifier effect in an atmospheric model with daily biospheric fluxes: impact on inversion calculation, *Tellus*, 58B, 447–462
- Deng F., Chem J.M., Ishizawa M., Yuen C-W, Mo G., Higuchi K., Chan D., Maksyutov S. (2007) Global monthly CO₂ flux inversion with a focus over North America, *Tellus B*, 59 (2), 179–190
- Maksyutov S., Onishi R., Naja M., Yaremchuk A., Patra P., Inoue G. (2007) Atmospheric CO₂ simulations with a high resolution model and synoptic scale variability of CO₂ column. *In: CGER Supercomputer activity report, vol. 14-2005, CGER-I070-2007, 49–54. Tsukuba, Japan: CGER NIES*

- Maksyutov S., Kadygrov N., Nakatsuka Y., Machida T., Patra P.K. (2007) Application of the transport model for inverse modeling studies of the regional and global budgets of CO₂, submitted CGER Supercomputer activity report
- Peregon A., Maksyutov S., Kosykh N., Mironycheva-Tokareva N. (2008) Map based inventory of the wetland biomass and NPP in West Siberia, *JGR Biogeosci.*, v. 113, G01007, doi:10.1029/2007JG000441
- Watai T., Machida T., Ishizaki N., Inoue G. (2006) A lightweight observation system for atmospheric carbon dioxide concentration using a small unmanned aerial vehicle, *J. Atmos. Ocean. Tech.*, 23 (5), 700–710
- Barkley M., Monks P., Hewitt A., Machida T., Desai A., Vinnichenko N., Nakazawa T., Fedoseev N., Watai T. (2007) Assessing the near surface sensitivity of SCIAMACHY atmospheric CO₂ retrieved using (FSI) WFM-DOAS, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 7, 3597–3619
- Gloor M., Dlugokencky E., Brenninkmeijer C., Horowitz L., Hurst D., Dutton G., Crevoisier C., Machida T., Tans P. (2007) Three-dimensional SF₆ data and tropospheric transport simulations: Signals, modeling accuracy, and implications for inverse modeling, *J. Geophys. Res.*, 112 (D15112)
- Stephens B., Gurney K., Tans P., Sweeney C., Bruhwiler L., Ciais P., Ramonet M., Bousquet P., Nakazawa T., Aoki S., Machida T., Inoue G., Vinnichenko N., Lloyd J., Heimann M., Shibistova O., Langenfelds R., Steele P., Francey R., Denning S. (2007) Weak Northern and Strong Tropical Land Carbon Uptake from Vertical Profiles of Atmospheric CO₂, *Science*, 316 (5832), 1732–1735
- Peylin P., Bréon F.M., Serrar S., Tiwari Y., Chédin A., Gloor M., Machida T., Brenninkmeijer C., Zahn A., Ciais P. (2007), Evaluation of Television Infrared Observation Satellite (TIROS-N) Operational Vertical Sounder (TOVS) spaceborne CO₂ estimates using model simulations and aircraft data, *J. Geophys. Res.*, 112, D09313, doi: 10.1029/2005JD007018
- Ishidoya S., Morimoto S., Sugawara S., Watai T., Machida T., Aoki S., Nakazawa T., Yamanouchi T. (2008) Gravitational separation suggested by O₂/N₂, δ¹⁵N of N₂, δ¹⁸O of O₂, Ar/N₂ observed in the lowermost part of the stratosphere at northern middle and high latitudes in the early spring of 2002, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L03812
- Matsueda H., Machida T., Sawa Y., Nakagawa Y., Hirotsu K., Ikeda H., Kondo N., Goto K. (2008) Evaluation of atmospheric CO₂ measurements from new flask air sampling of JAL airliner observations, *Papers in Meteorology and Geophysics*, 59, 1–17
- Matsueda H., Machida T., Sawa Y., Nakagawa Y., Hirotsu K., Ikeda H., Kondo N., Goto K. (2008) Evaluation of atmospheric CO₂ measurements from new flask air sampling of JAL airliner observations, *Papers in Meteorology and Geophysics*, 59, 1–17
- Zhou L., White J.W.C., Conway T.J., Mukai H., MacClune K., Zhang X., Wen Y., Li J. (2006) Long-term record of atmospheric CO₂ and stable isotopic ratios at Waliguan Observatory (2006) Seasonally averaged 1991–2002 source/sink signals, and a comparison of 1998–2002 record to the 11 selected sites in the Northern Hemisphere, *Global Biogeochem. Cycles*, 20, GB2001, doi(2006)10.1029/2004GB002431
- 日置 正, 中西貞博, 向井人史, 村野健太郎 (2006) 日本海沿岸で粒径別連続採取したエアロゾル中の水可溶性イオン種および微量金属成分による長距離輸送現象の解析 – 2002年春の黄砂イベントを中心に –, *エアロゾル学会誌*, 21(2), 160–175
- Mukai H., Nakazawa T., Brand W., Huang L., Levin I., Allison C., White J., Leuenberger M., Assonov S. (2006) About disagreements in inter-comparison activities of isotope ratio measurements for CO₂, Report of 13th WMO/IAEA Meeting of Experts on CO₂ concentration and related tracer measurement techniques, Boulder USA, 2005.10.
- Viallon J., Moussay P., Esler M., Wielgosz R., Bremser W., Novák J., Vokoun M., Botha A., Van Rensburg M.J., Zellweger C., Goldthorp S., Borowiak A., Lagler F., Walden J., Malgeri E., Sassi M.P., Gomez P.M., Patier R.F., Madruga D.G., Woo J.C., Kim Y.D., Macé T., Sutour C., Surget A., Niederhauser B., Schwaller D., Frigy B., Váraljai I.G., Hashimoto S., Mukai H., Tanimoto H., Ahleson H.P., Egeløv A., Ladegård N., Marsteen Tørnkvisst L.K., Guenther F.R., Norris J.E., Hafkenscheid T.L., Van Rijn M.M., Quincey P., Sweeney B., Langer S., Magnusson B., Bastian J., Stummer V., Fröhlich M., Wolf A., L Konopelko. A., Kustikov Y.A., Rumyanstev D.V. (2006) International Comparison CCQM-P28, Ozone at ambient level (Pilot study), *Metrologia*, 43: Tech. Suppl., 08010, doi: 10.1088/0026-1394/43/1A/08010

- Aikawa M., Suzuki M., Hiraki T., Tanmaki M., Kondo A., Mukai H., Murano K. (2006) Intensive field survey of aerosol and gas concentrations with 6-th interval sampling in winter in Japan, *Water Air & Soil Poll.*, doi:10.1007/s11270-006-9324-6
- Yamagishi, H., Westley M.B., Popp N.B., Toyoda S., Yoshida N., Watanabe S., Koba K., Yamanaka Y. (2007) Role of nitrification and denitrification on the nitrous oxide cycle in the eastern tropical North Pacific and Gulf of California, *Journal of Geophysical Research-Biogeosciences*, doi: 10.1029/2006JG000227.
- Yokouchi Y., Taguchi S., Saito T., Tohjima H., Tanimoto H., Mukai H. (2006) High frequency measurements of HFCs at a remote site in East Asia and their implications for Chinese emissions, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L21814
- Clerbaux C., Cunnold D.M., Anderson J., Engel A., Fraser P.J., Mahieu E., Manning A., Miller J., Montzka S.A., Yokouchi Y. et al. (2007) Chapter 1. Long-Lived Compounds, *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2006 (WMO Global Ozone Research & Monitoring Project-Report No.50) (WMO ed., 572p.)*, 1. 1-1. 63
- Yokouchi Y., Osada K., Wada M., Hasebe F., Agama M., Murakami R., Mukai H., Nojiri Y., Inuzuka Y., Toom-Saunry D., Fraser P. (2008) Global distribution and seasonal concentration change of methyl iodide in the atmosphere. *J. Geophys. Res.*, 113, D18311

(2) 中核研究プロジェクト2：衛星利用による二酸化炭素等の観測と全球炭素収支分布の推定

- Aoki T., Yokota T., Inoue G., Nobuta K., Kotani A. (2007) Information and disturbances contained in the reflected solar radiation spectra measured with space-borne Fourier transform spectrometer for greenhouse gas mapping, *Proc. SPIE*, 6405, 640506
- Enguchi N., Yokota T., Inoue G. (2007) Characteristics of cirrus clouds from ICESat/GLAS observations, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L09810
- Saitoh N., Ota Y., Taguchi S., Imasu R. (2007) Assessment of uncertainty in CO₂ concentrations retrieved from thermal infrared spectra of GOSAT satellite, *Proc. SPIE*, 6405, 640508
- Oshchepkov S., Bril A., Yokota T., Inoue G. (2007) Application of the equivalence theorem to simulate GOSAT observation data under cirrus-present condition, *Proc. SPIE*, 6405, 640509
- Saito R., Hacker J.M., Inoue G., Yokota T. (2008) Attempt to identify sources of atmospheric methane and carbon dioxide concentrations found in in situ aircraft measurements over Southern Australia, *J. Geophys. Res.*, 113, D14108
- 笹野泰弘 (2007) 2.1.3 衛星, 航空機, 気球観測 a. 衛星観測, *実験化学講座 20-2 環境化学 (第5版)* (日本化学会編, 丸善, 519p.), 61-64
- Bril A., Oshchepkov S., Yokota T., Inoue G. (2007) Parameterization of aerosol and cirrus cloud effects on reflected sunlight spectra measured from space: application of the equivalence theorem, *Appl. Opt.*, 46 (13), 2460-2470
- Bril A., Oshchepkov S., Yokota T. (2007) Carbon dioxide retrieval from reflected sunlight spectra in the presence of cirrus cloud: model studies, *Proc. SPIE*, 6745 (674502), 1-8
- Peregon A., Maksyutov S., Kosykh N.P. (2007) Mironycheva-Tokareva, Nina P. Map based inventory of wetland biomass and net primary production in western Siberia, *J. Geophys. Res.*, G01007, 10.1029/2007JG000441.
- Peregon A., Uchida M., Shibata Y. (2007) Sphagnum peatland development at their southern climatic range in West Siberia: trends and peat accumulation patterns, *Environ. Res. Lett.*, 2, 45014, 10.1088/1748-9326/2/4/045014
- Patra P.K., Gurney K.R., Denning A.S., Maksyutov S., Nakazawa T., Baker D., Bousquet P., Bruhwiler L., Chen Y.H., Ciais P. et al. (2006) Sensitivity of inverse estimation of annual mean CO₂ sources and sinks to ocean-only sites versus all-sites observational networks, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L05814
- Ishizawa M., Chan D., Higuchi K., Maksyutov S., Yuen C., Chen J. (2006) Worthy D. Rectifier effect in an atmospheric model with daily biospheric fluxes: impact on inversion calculation, *Tellus*, 58B, 447-462
- Deng F., Chem J.M., Ishizawa M., Yuen C-W, Mo G., Higuchi K., Chan D., Maksyutov S. (2007) Global monthly CO₂ flux inversion with a focus over North America, *Tellus B*, 59 (2), 179-190

- Nakamichi S., Kawaguchi Y., Fukuda H., Enami S., Hashimoto S., Kawasaki M., Umekawa T., Morino I., Suto H., Inoue G. (2006) Buffer-gas pressure broadening for the (3 0 (0) 1)III ← (0 0 0) band of CO₂ measured with continuous-wave cavity ring-down spectroscopy, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 8, 364-368
- Nakayama T., Fukuda H., Sugita A., Hashimoto S., Kawasaki M., Aloisio S., Morino I., Inoue G. (2007) Buffer-gas pressure broadening for the (0 00 3) ← (0 00 0) band of N₂O measured with continuous-wave cavity ring-down spectroscopy, *Chem. Phys.*, 334, 196-203
- Nakayama T., Fukuda H., Kamikawa T., Sugita A., Kawasaki M., Morino I., Inoue G. (2007) Measurements of the 3ν₃ band of (14) N (15) N (16) O and (15) N (14) N (16) O using continuous-wave cavity ring-down spectroscopy, *Appl. Phys. B*, 88, 137-140
- Nakayama T., Fukuda H., Kamikawa T., Sakamoto Y., Sugita A., Kawasaki M., Amano T., Sato H., Sakai S., Morino I. et al. (2007) Effective interaction energy of water dimer at room temperature: An experimental and theoretical study, *J. Chem. Phys.*, 127, 134302
- 横田達也 (2006) 人工衛星 GOSAT による地球規模の二酸化炭素濃度観測, *電気評論*, 504, 58-59

(3) 中核研究プロジェクト3 : 気候・影響・土地利用モデルの統合による地球温暖化リスクの評価

- Obersteiner M., Alexandrov G.A., Benitez P.C., McCallum I., Kraxner F., Riahi K., Rokityanskiy D., Yamagata Y. (2006) Global supply of biomass for energy and carbon sequestration from Afforestation/Reforestation activities, *Mitigation Adap.Strategies Global Change*, 11 (5/6), 1003-1021
- Alexandrov G.A., Yamagata Y. (2006) A peaked function for modeling temperature dependence of plant productivity, *Ecol. Modell.*, 200 (1/2), 189-192
- Ito A., Sasai T. (2006) A comparison of simulation results from two terrestrial carbon cycle models using three climate data sets, *Tellus*, 58B, 513-522
- Ito A. (2006) Simulation of global terrestrial carbon cycle using the JRA-25 reanalysis as forcing data, *SOLA*, 2, 148-151
- 岩男弘毅, 西田顕郎, 山形与志樹 (2006) 緯度経度整数地点の土地被覆情報を用いた土地被覆図の検討手法, *写真測量とリモートセンシング*, 45(4), 35-46
- Iwao K., Nishida K., Kinoshita T., Yamagata Y. (2006) Validating land cover maps with Degree Confluence Project information, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L23404
- 江守正多 (2006) 高解像度気候モデルによる気候変化予測とその信頼性, *地球環境*, 11(1), 3-10
- Emori S. (2006) The reliability of future climate change projection by high-resolution climate models, *Global Environ. Res.*, 10 (2), 143-149
- Suzuki T., Takayabu Y.N., Emori S. (2006) Coupling mechanisms between equatorial waves and cumulus convection in an AGCM, *Dyn. Atmos. Oceans*, 42, 81-106
- Tsushima Y., Emori S., Ogura T., Kimoto M., Webb M.J., Williams K.D., Ringer M.A., Soden B.J., Li B., Andronova N. (2006) Importance of the mixed-phase cloud distribution in the control climate for assessing the response of clouds to carbon dioxide increase: a multi-model study, *Clim. Dyn.*, 27, 113-126
- Lin J.-L., Kiladis G.N., Mapes B.E., Weickmann K.M., Sperber K.R., Lin W., Wheeler M.C., Schubert S.D., Genio A. Del, Emori S. et al. (2006) Tropical intraseasonal variability in 14 IPCC AR4 climate models. Part I: Convective signals, *J. Clim.*, 19, 2665-2690
- 江守正多 (2007) 大気と海洋はどのように変化したか, *科学*, 77(7), 702-708
- Dairaku K., Emori S., Higashi H. (2008) Potential changes in extreme events under global climate change, *J. Disaster Res.*, 3 (1), 39-49
- Suzuki T., Ninomiya K., Emori S. (2008) The impact of the cumulus suppression on the Baiu front simulated by an AGCM, *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, 86 (1), 119-140

- 江守正多 (2008) [入門] 今さら聞けない 地球温暖化と CO₂ の基礎知識 Q1 地球温暖化は本当に進んでいるの? Q2 温暖化によって将来の地球はどうなる?, 化学, 63(7), 18-20
- 江守正多 (2008) 地球温暖化予測の「翻訳」に向けて, JGL: Jpn Geosci. Lett. (日本地球惑星科学連合ニュースレター), 4(2), 1-3
- 江守正多 (2008) 地球温暖化が進むとどうなるか-社会問題化する地球温暖化問題-, 道路建設, 2008(7), 9-12
- 江守正多 (2008) 地球温暖化: 日本への影響-加速する温暖化-, 駐日英国大使館, 2008, 1-12
- 江守正多 (2008) 地球温暖化の将来予測とその信頼性, 人間環境論集, 8, 1-20
- Yokohata T., Emori S., Nozawa T., Ogura T., Kawamiya M., Tsushima Y., Suzuki T., Yukimoto S., Abe-Ouchi A., Hasumi H., Sumi A., Kimoto M. (2008) Comparison of equilibrium and transient responses to CO₂ increase in eight state-of-the-art climate models. *Tellus A.*, 60, 946-961
- Ogura T., Emori S., Webb M.J., Tsushima Y., Yokohata T., Abe-Ouchi A., Kimoto M. (2008) Towards understanding cloud response in atmospheric GCMs: the use of tendency diagnostics, *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, 86 (1), 69-79
- Ogura T., Webb M.J., Bodas-Salcedo A., Williams K.D., Yokohata T., Wilson D.R. (2008) Comparison of cloud response to CO₂ doubling in two GCMs, *SOLA*, 4, 29-32
- Ogura T., Emori S., Webb M.J., Tsushima Y., Yokohata T., Abe-Ouchi A., Kimoto M. (2008) Towards understanding cloud response in atmospheric GCMs: the use of tendency diagnostics, *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, 86 (1), 69-79
- 木下嗣基, 山形与志樹, 岩男弘毅 (2008) 炭素クレジットが土地利用に与える影響の予測, 環境科学会誌, 21 (1), 37-52
- Shiogama H., Nagashima T., Yokohata T., Crooks S.A., Nozawa T. (2006) Influence of volcanic activity and changes in solar irradiance on surface air temperatures in the early twentieth century, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L09702
- Shiogama H., Christidis N., Caesar J., Yokohata T., Nozawa T., Emori S. (2006) Detection of greenhouse gas and aerosol influences on changes in temperature extremes, *SOLA*, 2, 152-155
- Shiogama H., Nozawa T., Emori S. (2007) Robustness of climate change signals in near term predictions up to the year 2030: Changes in the frequency of temperature extremes, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L12714
- Shiogama H., Hasegawa A., Nozawa T., Emori S. (2008) Changes in mean and extreme precipitation in near-term predictions up to the year 2030, *SOLA*, 4, 17-20
- 高橋 潔 (2006) 6.2 気候変動を抑制するための長期目標設定, 地球温暖化はどこまで解明されたか-日本の科学者の貢献と今後の展望 2006 - (小池勲夫編, 丸善, 277p.), 188-194
- 高橋 潔 (2006) 5.3 農林水産業への影響, 地球温暖化はどこまで解明されたか-日本の科学者の貢献と今後の展望 2006 - (小池勲夫編, 丸善, 277p.), 149-158
- 高橋 潔 (2006) 温暖化が農業生産に及ぼす影響とその適応策, 地球環境, 11(1), 111-119
- 高橋 潔 (2007) 温暖化影響はどのようなものが懸念されているか, *Estrela* (164), 2-10
- Takahashi K., Honda Y., Emori S. (2007) Assessing mortality risk from heat stress due to global warming, *Journal of Risk Research*, 10 (3), 339-354
- Takahashi K. (2007) Impacts of global warming on agricultural production and adaptations in response, *Global Environ. Res.*, 10 (2), 243-252
- 高橋 潔, 松井哲哉, 脇岡靖明, 田中信行, 原沢英夫 (2008) 温暖化政策支援モデルのための県別ブナ林影響関数の開発, 地球環境研究論文集, 16, 111-119
- Nagashima T., Shiogama H., Yokohata T., Takemura T., Crooks S.A., Nozawa T. (2006) Effect of carbonaceous aerosols on surface temperature in the mid twentieth century, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L04702
- 野沢 徹 (2007) 過去の気候変化シグナルの検出とその要因推定, 環境研究, (143), 73-79
- Nozawa T., Nagashima T., Ogura T., Yokohata T., Okada N., Shiogama H. (2007) CGER'S Supercomputer Monograph Report, vol.12, Climate Change Simulation with a Coupled Ocean-Atmosphere GCM Called the Model for Interdisciplinary Research on Climate: MIROC, CGER Report I073

- Zhang X., Zwiers F.W., Hegerl G.C., Lambert F.H., Gillett N.P., Solomon S., Stott P.A., Nozawa T. (2007) Detection of human influence on twentieth-century precipitation trends, *Nature*, 448, 461–465
- Santer B.D., Mears C., Wentz F.J., Taylor K.E., Gleckler P.J., Wigley T.M.L., Barnett T.P., Boyle J.S., Brüggemann W., Nozawa T. et al. (2007) Identification of human-induced changes in atmospheric moisture content, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 104 (39), 15248–15253
- Allen M., Pall P., Stone D., Stott P., Frame D., Min S., Nozawa T., Yukimoto S. (2007) Scientific challenges in the attribution of harm to human influence on climate, *Univ. Pennsylvania Law Rev.*, 155 (6), 1353–1400
- Barnett T.P., Pierce D.W., Hidalgo H.G., Bonfils C., Santer B.D., Das T., Bala G., Wood A.W., Nozawa T., Mirin A.A. et al. (2008) Human-induced changes in the hydrology of the western United States, *Science*, 319, 1080–1083
- Hasegawa A., Emori S. (2007) Effect of air-sea coupling in the assessment of CO₂-induced intensification of tropical cyclone activity, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L05701
- Hanasaki N., Kanae S., Oki T. (2006) A global river discharge simulation taking into account water withdrawal and reservoir operations, *J. Hydrosoci. Hydraul. Eng.*, 24 (2), 53–63
- Dirmeyer P.A., Gao X., Zhao M., Guo Z., Oki T., Hanasaki N. (2006) GSWP2 multimodel analysis and implications for our perception of the land surface, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 87 (10), 1381–1397
- 花崎直太, 増富祐司, 高橋 潔, 脇岡靖明, 原沢英夫, 松岡 譲 (2007) 温暖化政策支援モデルのための全球水資源影響関数の開発, *環境システム研究論文集*, 35, 367–374
- 犬塚俊之, 新田友子, 花崎直太, 鼎信次郎, 沖 大幹 (2008) 水の供給源に着目した日本における仮想的な水輸入の内訳, *水工学論文集*, 52, 367–372
- Shen Y., Oki T., Utsumi N., Kanae S., Hanasaki N. (2008) Projection of future world water resources under SRES scenarios: water withdrawal, *Hydrol. Sci. J.*, 53 (1), 11–33
- 花崎直太, 増富祐司, 高橋 潔, 脇岡靖明 (2008) 全球水資源評価における家庭・工業用水取水量の将来推計式の相互比較, *地球環境研究論文集*, 16, 1–8
- Hanasaki N., Kanae S., Oki T., Masuda K., Motoya K., Shirakawa N., Shen Y., Tanaka K. (2008) An integrated model for the assessment of global water resources—Part 1: Model description and input meteorological forcing, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 12, 1007–1025
- Hanasaki N., Kanae S., Oki T., Masuda K., Motoya K., Shirakawa N., Shen Y., Tanaka K. (2008) An integrated model for the assessment of global water resources—Part 2: Applications and assessments, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 12, 1027–1037
- 脇岡靖明, 高橋 潔 (2006) 地球温暖化抑制のための温室効果ガス安定化濃度・排出経路・影響閾値の統合評価, *地球環境*, 11(1), 129–138
- 脇岡靖明, 高橋 潔, 久保田泉 (2006) 統合評価モデルを用いた温室効果ガス安定化濃度目標下におけるイネ・小麦の潜在生産変化の国別影響評価, *環境情報科学別冊 / 環境情報科学論文集*, 20, 19–24
- 蟹江憲史, 脇岡靖明, 西本裕美, 森田香葉子 (2008) 2050年温室効果ガス世界半減シナリオの日本へのインプリケーション, *地球環境*, 12(2), 135–143
- 増富祐司, 花崎直太, 高橋 潔, 脇岡靖明, 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
- Yamagata Y. (2006) Terrestrial carbon budget and ecosystem modelling in Asia, *Global Change Newsl.*, (67), 6–7
- Schlamadinger B., Bird N., Johns T., Brown S., Canadell J., Ciccarese L., Dutschke M., Fiedler J., Fischlin A., Yamagata Y. et al. (2007) A synopsis of land use, land-use change and forestry (LULUCF) under the Kyoto protocol and Marrakech Accords, *Environ. Sci. Policy*, 10 (4), 271–282
- Canadell J.G., Kirschbaum M.U.F., Kurz W.A., Sanz M.J., Schlamadinger B., Yamagata Y. (2007) Factoring out natural and indirect human effects on terrestrial carbon sources and sinks, *Environ. Sci. Policy*, 10 (4), 370–384
- 山形与志樹, 中村仁也 (2007) 炭素吸収源変動リスクを考慮したグローバルな温暖化対策に関する動的ゲーム分析, *環境科学会誌*, 20(2), 107–117

Benitez P.C., McCallum I., Obersteiner M., Yamagata Y. (2007) Global potential for carbon sequestration: Geographical distribution, country risk and policy implications, *Ecol. Econom.*, 60 (3), 572-583

クラクスナー F., 山形与志樹 (2007) オーストリアにおけるバイオマスエネルギー利用の発展, 季刊木質エネルギー, 15, 2-5

山形与志樹, Kraxner F. (2008) バイオエネルギー利用につながる森林管理, 木質エネルギー, 19, 2-5

Yokohata T., Emori S., Nozawa T., Ogura T., Okada N., Suzuki T., Tsushima Y., Kawamiya M., Abe-Ouchi A., Hasumi H. et al. (2007) Different transient climate responses of two versions of an atmosphere-ocean coupled general circulation model, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L02707

Yokohata T., Emori S., Nozawa T., Ogura T., Yukimoto S., Suzuki T., Tsushima Y., Kawamiya M., Abe-Ouchi A., Hasumi H., Sumi A., Kimoto M. (2008) Comparison of equilibrium and transient responses to CO₂ increase in eight state-of-the-art climate models, *Tellus A*, 60 (5), 946-961

(4) 中核研究プロジェクト4：脱温暖化社会の実現に向けたビジョンの構築と対策の統合評価

Ashina S., Nakata T. (2006) Analysis of implementation strategy of CHP systems for CO₂ reduction in Japan's residential sector, *Proceedings of the 29th IAEE International Conference*, 1-17.

芦名秀一, 中田俊彦 (2006) : 都道府県を対象とした家庭部門 CO₂削減方策の定量評価—岩手県への家庭部門高効率エネルギー機器導入ケース, *エネルギー・資源*, 27(6), 38-44

Akashi O., Ashina S., Ehara T., Fujino J., Fujiwara T., Hanaoka T., Hanasaki N., Harasawa H., Hibino G., Hijioka Y., Kainuma M., Kawase R., Maui T., Matsuoka Y., Miyashita M., Shimada K., Shukla P.R., Takahashi K. (2007) *Aligning Climate Change and Sustainability – Scenarios, modeling and policy analysis –*, CGER Report I072

Ashina S., Fujino J. (2007) Simulation analysis of CO₂ reduction scenarios in Japan's electricity sector using multi-regional optimal generation planning model, *Proceedings of the 9th IAEE European Conference*, 1-8.

芦名秀一, 藤野純一 (2008) 多地域最適電源計画モデルを用いたわが国電力部門における CO₂削減シナリオの検討, *エネルギー・資源*, 29(1), 1-7

Ashina S., Nakata T. (2008) Energy-efficiency strategy for CO₂ emissions in a residential sector in Japan, *Appl. Energy*, 85, 101-114

池上貴志, 荒巻俊也, 花木啓祐 (2008) ライフサイクルインベントリ分析による下水熱利用地域冷暖房システム導入効果の解析, *土木学会論文集 G*, 64(2), 107-122

甲斐沼美紀子, 相沢智之 (2006) 京都議定書と CO₂削減対策, *フルードパワーシステム*, 37(3), 12-16

甲斐沼美紀子 (2006) アジア太平洋地域統合評価モデルの開発と適用, *計測と制御*, 45(10), 839-843

Nakicenovic N., Kolp P., Riahi K., Kainuma M., Hanaoka T. (2006) Assessment of emissions scenarios revisited, *Environ. Econ. Policy Stud.*, 7 (3), 137-173

甲斐沼美紀子 (2007) 低炭素社会の実現に向けた脱温暖化 2005 プロジェクト, *日本貿易会月報*, (7/8), 27-29

Kainuma M., Matsuoka Y., Masui T., Takahashi K., Fujino J., Hijioka Y. (2007) Climate policy assessment using the Asia-Pacific Integrated Model, *Human-induced Climate Change* (Schlesinger M., Kheshgi H., Smith J eds., Cambridge Univ. Pr., 426p.), 314-327

Kainuma M. (2007) Issues related to mitigation in the long-term context, *CLIMATE CHANGE 2007 MITIGATION OF CLIMATE CHANGE*, 169-250

甲斐沼美紀子 (2008) 地球温暖化対策モデル, *環境工学の新世紀* (土木学会編, 技報堂出版, 278p.), 241-244

甲斐沼美紀子 (2008) 温室効果ガス削減のための中・長期シナリオ, *環境浄化技術*, 7(4), 38-43

甲斐沼美紀子 (2008) 気候変動の影響と対策 AIM モデルにもとづくシミュレーション, *人間環境論集*, 8, 21-35

- 山下隆久, 金森有子, 松岡 譲 (2007) 人口・世帯構成と環境負荷発生量の係わりについて, 環境システム研究論文集, 35, 315-325
- 亀山康子 (2006) 2013年以降の国際制度をめぐる動きと提案－現状動向と今後の予測－, 環境と公害, 35(4), 37-42
- 亀山康子 (2006) 地球環境保護政策の現状－気候保全に向けた国際協調－, 公衆衛生, 70(6), 437-440
- 亀山康子 (2006) 国際環境政策, 環境経済・政策学の基礎知識 (環境経済・政策学会編, 有斐閣, 446p.), 220-221
- 亀山康子, 田村堅太郎, 高村ゆかり, 蟹江憲史, 新澤秀則 (2006) シナリオ・プランニング・アプローチを用いた気候変動対処のための国際枠組み分析, 環境情報科学別冊/環境情報科学論文集, 20, 505-510
- 亀山康子 (2007) ハイリゲダムサミットから COP13CMP3, 洞爺湖サミットへの国際社会の動向, 資源環境対策, 43(15), 24-28
- 亀山康子 (2007) 阪口功著「地球環境ガバナンスとレジームの発展プロセス－ワシントン条約と NGO・国家」書評, 国際政治, (149), 179-182
- 亀山康子 (2007) 長期協力への対話が始動, 日本経済研究センター会報, (961), 26-29
- Kameyama Y. (2008) Process matters: building a future climate regime with multi-processes, *Clim. Policy*, 7 (5), 429-443
- Sari A.P., Soejachmoen M.H., Kanie N., Kameyama Y. (2008) Evolution of debates over the “beyond 2012” climate regime Conclusion: Synthesis of findings The “beyond 2012” debate in Japan, Kameyama Y., Sari A.P., Soejachmoen M.H., Kanie N., *Climate Change in Asia*, United Nations University Press, 18-30 237-252 120-131
- 亀山康子 (2008) 気候変動問題と交通－身近な取組みとグローバルな対応－, 国土交通, 61(3), 24-25
- 亀山康子 (2008) 地球温暖化対策のための国際枠組みに関する動向, 土木学会誌, 93(7), 26-27
- 久保田泉, 高橋 潔, 脇岡靖明 (2006) 政策決定支援のための適応に関する検討, 環境情報科学別冊/環境情報科学論文集, 20, 457-462
- 久保田泉 (2006) 6.4 気候変動への適応策, 地球温暖化はどこまで解明されたか－日本の科学者の貢献と今後の展望 2006－ (小池勲夫編, 丸善, 277p.), 202-209
- 久保田泉 (2007) 地球温暖化問題に関する国際交渉－適応策を中心として－, 地球温暖化と太平洋島嶼地域 (南太平洋海域調査研究報告 No. 47) (森脇広, 河合溪編, 鹿児島大学多島圏研究センター, 50p.), 19-27
- 久保田泉 (2008) 気候変動枠組条約第 13 回締約国会議 (COP13) および京都議定書第 3 回締約国会合 (CMP3) の成果と今後の展望, *L & T* (39), 25-31
- 久保田泉 (2008) 第 4 章 将来枠組みに関する諸提案の分析, 環境法政策学会, 温暖化防止に向けた将来枠組み, 商事法務, 24-29
- 高橋 潔 (2006) 6.2 気候変動を抑制するための長期目標設定, 地球温暖化はどこまで解明されたか－日本の科学者の貢献と今後の展望 2006－ (小池勲夫編, 丸善, 277p.), 188-194
- 高橋 潔 (2006) 5.3 農林水産業への影響, 地球温暖化はどこまで解明されたか－日本の科学者の貢献と今後の展望 2006－ (小池勲夫編, 丸善, 277p.), 149-158
- 高橋 潔 (2006) 温暖化が農業生産に及ぼす影響とその適応策, 地球環境, 11(1), 111-119
- 高橋 潔, 久保田泉 (2006) 温暖化の適応に関する研究およびその実施の促進をめざして－温暖化影響のリスク評価・リスク管理の視点から, 環境情報科学, 35(3), 39-44
- Takahashi K. (2007) Impacts of global warming on agricultural production and adaptations in response, *Global Environ. Res.*, 10 (2), 243-252
- 高橋 潔 (2008) 1.2 気候モデルが予想する今世紀の大変化, 1.3 人間は気候変化の危険を察知できるか, 西岡秀三, 日本低炭素社会のシナリオ, 日刊工業, 7-12, 12-15
- 橋本征二 (2007) 地球温暖化問題と廃棄物管理, 環境技術会誌, (128), 9-16
- Hanaoka T., Kainuma M., Kawase R., Matsuoka Y. (2006) Emissions scenarios database and regional mitigation analysis: a review of post-TAR mitigation scenarios, *Environ. Econ. Policy Stud.*, 7 (3), 367-389

- 長谷川知子, 花岡達也, 松岡 譲 (2007) 農業・廃棄物部門における CH₄ と N₂O の排出量とその削減ポテンシャルの将来推計, 環境システム研究論文集, 35, 491-498
- 肱岡靖明, 高橋 潔, 久保田泉 (2006) 統合評価モデルを用いた温室効果ガス安定化濃度目標下におけるイネ・小麦の潜在生産変化の国別影響評価, 環境情報科学別冊 / 環境情報科学論文集, 20, 19-24
- 肱岡靖明, 高橋 潔 (2006) 地球温暖化抑制のための温室効果ガス安定化濃度・排出経路・影響閾値の統合評価, 地球環境, 11(1), 129-138
- Hijioka Y., Takahashi K. (2006) Integrated assessment of greenhouse gas stabilization concentrations, emission pathways, and impact threshold values for control of global warming, *Global Environ. Res.*, 10 (2), 261-270
- Hijioka Y., Masui T., Takahashi K., Matsuoka Y., Harasawa H. (2006) Development of a support tool for greenhouse gas emissions control policy to help mitigate the impact of global warming, *Environ. Econ. Policy Stud.*, 7 (3), 331-345
- 肱岡靖明, 高橋 潔, 久保田泉 (2007) 気候安定化レベル検討のための支援ツール開発－温暖化影響データベース, 環境情報科学論文集, (21), 423-428
- Hijioka Y., Matsuoka Y., Nishimoto H., Masui T., Kainuma M. (2008) Global GHG emission scenarios under GHG concentration stabilization targets, *J. Global Environ. Eng.*, 13, 97-108
- 肱岡靖明 (2008) 地球温暖化は何が問題なのか, 月刊下水道, 31(8), 6-10
- 蟹江憲史, 肱岡靖明, 西本裕美, 森田香菜子 (2008) 2050年温室効果ガス世界半減シナリオの日本へのインプリケーション, 地球環境, 12(2), 135-143
- Arimura T.H., Hibiki A., Johnstone N. (2007) An empirical study of environmental R&D: what encourages facilities to be environmentally innovative?, *Environmental Policy and Corporate Behaviour* (Johnstone N. ed., Edward Elgar Publ., 278p.), 142-173
- 日引 聡, 有村俊秀 (2007) 事業所レベルの環境マネジメントのインセンティブとステークホルダーの影響－環境管理に関する OECD 事業所サーベイから－, 計画行政, 30(2), 61-68
- Arimura T.H., Hibiki A., Katayama H. (2007) Is a voluntary approach an effective environmental policy instrument? A case for environment management systems, Discussion Paper (Resource for the Future) (RFF, 28p.)
- 藤野純一 (2006) 6.5 日本の脱温暖化シナリオ, 地球温暖化はどこまで解明されたか－日本の科学者の貢献と今後の展望 2006－(小池勲夫編, 丸善, 277p.), 209-215
- 藤野純一 (2006) 脱温暖化社会：なぜ必要か？ どうすれば実現できるか？, 技術と経済, 471, 2-15
- 藤野純一 (2006) 温室効果ガス排出シナリオ, 環境経済・政策学の基礎知識 (環境経済・政策学会, 有斐閣, 446p.), 4-5
- Kawase R., Matsuoka Y., Fujino J. (2006) Decomposition analysis of CO₂ emission in long-term climate stabilization scenarios, *Energy Policy*, 2113-2122
- 藤野純一 (2006) 6.6 排出抑制を進める政策措置, 地球温暖化はどこまで解明されたか－日本の科学者の貢献と今後の展望 2006－(小池勲夫編, 丸善, 277p.), 216-220
- 藤野純一 (2006) 脱温暖化社会の実現に向けて－問われる日本の総合力－, 産業と環境, 21-24
- 河瀬玲奈, 松岡 譲, 藤野純一 (2006) CO₂大幅削減に向けた欧州諸国の取り組みとわが国の挑戦, エネルギー・資源, 27(2), 53-59
- Fujino J., Nair R., Kainuma M., Masui T., Matsuoka Y. (2006) Multi-gas mitigation analysis on stabilization scenarios using aim global model, *Energy J.*, 343-353
- Fujino J., Kainuma M., Nishioka S. (2007) Proceedings of the First Workshop of Japan-UK Joint Research Project “Developing Visions for a Low-Carbon Society through Sustainable Development”, CGER Report I071
- 榎原友樹, 藤野純一, 日比野剛, 松岡 譲 (2007) 低炭素社会検討の前提となる社会経済ビジョンの構築, 地球環境, 12(2), 145-151
- 藤野純一, 日比野剛, 榎原友樹, 松岡 譲, 増井利彦, 甲斐沼美紀子 (2007) 低炭素社会のシナリオとその実現の可能性, 地球環境, 12(2), 153-160

- 藤野純一, 日比野剛, 榎原友樹, 芦名秀一 (2007) 低炭素社会に向けたエネルギー選択に関する考察, 地球環境, 12(2), 171-178
- Strachan N., Fujino J. (2007) Low-Carbon Society modelling, Achieving a Sustainable Low-Carbon Society: Symposium & Workshop (2nd workshop Jpn-UK Jt. Res. Proj.) (Cornelius S. ed., Nobel House, 76p.), 36-37
- 藤野純一 (2007) “CO₂ 70%削減”の投げかけにともなう活発な議論と前向きな取組みに期待, 紙パルプ技術タイムス, 50(6), 57-60
- 藤野純一 (2007) IPCC 第4次評価報告書に見る地球温暖化の現状と将来: 低炭素社会に向けての課題, 産業と環境, 36(6), 23-28
- 藤野純一 (2007) 低炭素社会に向けた挑戦, 資源環境対策, 43(5), 49-56
- 藤野純一 (2007) 低炭素社会に向けた挑戦? 問われる日本の総合力?, 技術と経済, 486, 14-22
- 藤野純一 (2007) なぜ温室効果ガスを6%削減しなければならないのか, 環境会議, (春号), 136-141
- 藤野純一 (2007) 温暖化の何が危険なのか, 環境会議, (秋号), 32-39
- 藤野純一 (2007) 脱温暖化2050プロジェクト その成果と今後の展望, 電気評論, 92(11), 26-30
- 藤野純一 (2008) 世界のメインストリームとなった低炭素社会づくり, 産業と環境, 37(2), 31-35
- 藤野純一 (2008) 人口減少社会における都市づくりと地球環境, 新都市, 62(2), 40-43
- 藤野純一 (2008) 日本低炭素社会に向けて-70%削減を実現する12の方策-, 産業と環境, 37(8), 67-73
- 藤野純一 (2008) 自然に憧れられる日本, 日本エネルギー学会誌, 87(2), 155
- Masui T., Hanaoka T., Hikita S., Kainuma M. (2006) Assessment of CO₂ reductions and economic impacts considering energy-saving investments, Energy J., Special Issue, 175-190
- 増井利彦 (2007) 物質循環を考慮した統合環境政策評価モデルの開発に関する研究, 環境科学会誌, 20(1), 81-83
- 増井利彦 (2007) 温暖化はまだ先の話なのか?, 環境会議, (秋号), 70-75
- 増井利彦, 松岡 譲, 日比野剛 (2007) バックキャストイングによる脱温暖化社会実現の対策経路, 地球環境, 12(2), 161-169
- 増井利彦 (2007) 低炭素社会をどのように構築するか, ESTRELA, (164), 20-27
- 増井利彦 (2008) 温暖化対策の視点から見た道路特定財源をめぐる議論, 環境と文明, 16(1), 6-7
- Xu Y., Masui T. (2008) Assessing the impacts of an oil products tax in China using a computable general equilibrium model, Environ. Econ. Policy Stud., 9, 81-105
- 増富祐司, 花崎直太, 高橋 潔, 脇岡靖明, 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
- 松橋啓介 (2006) : 持続可能な交通とまちづくりの方向性, 環境研究, 141, 22-28.
- 松橋啓介 (2007) : 低炭素社会に向けた交通システムの将来ビジョンの構築について, 都市計画論文集, 42(3), 889-894.
- 松橋啓介, 工藤祐揮, 森口祐一 (2007) : 交通部門におけるCO₂排出量の中長期的な大幅削減に向けた対策, 地球環境, 12(2), 179-189.
- 松橋啓介 (2007) : 日本における低炭素社会に向けた対策の検討, 交通工学, 42(6), 38-43.
- 森口祐一, 松橋啓介 (2007) : 日本の自動車を取り巻く社会情勢の将来展望, 自動車技術, 61, 31-36.

【プロジェクト 1】

- Shiogama H., Nagashima T., Yokohata T., Crooks S.A., Nozawa T. (2006) Influence of volcanic activity and changes in solar irradiance on surface air temperatures in the early twentieth century, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L09702
- Shiogama H., Christidis N., Caesar J., Yokohata T., Nozawa T., Emori S. (2006) Detection of greenhouse gas and aerosol influences on changes in temperature extremes, *SOLA*, 2, 152-155
- Nagashima T., Shiogama H., Yokohata T., Takemura T., Crooks S.A., Nozawa T. (2006) Effect of carbonaceous aerosols on surface temperature in the mid twentieth century, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L04702
- 野沢 徹 (2007) 過去の気候変化シグナルの検出とその要因推定, *環境研究*, (143), 73-79
- Zhang X., Zwiers F.W., Hegerl G.C., Lambert F.H., Gillett N.P., Solomon S., Scott P.A., Nozawa T. (2007) Detection of human influence on twentieth-century precipitation trends, *Nature*, 448, 461-465
- Santer B.D., Mears C., Wentz F.J., Taylor K.E., Gleckler P.J., Wigley T.M., Barnett T.P., Boyle J.S., Bruggemann W., Nozawa T. et al. (2007) Identification of human-induced changes in atmospheric moisture content, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 104 (39), 15248-15253
- Allen M., Pall P., Stone D., Stott P., Frame D., Min S., Nozawa T., Yukimoto S. (2007) Scientific challenges in the attribution of harm to human influence on climate, *Univ. Pennsylvania Law Rev.*, 155 (6), 1353-1400
- Barnett T.P., Pierce D.W., Hidalgo H.G., Bonfils C., Santer B.D., Das T., Bala G., Wood A.W., Nozawa T., Mirin A.A. et al. (2008) Human-induced changes in the hydrology of the western United States, *Science*, 319, 1080-1083

【プロジェクト 2】

- Natori T. (2006) Impacts of global warming on alpine plants growing in the Japanese alpine zone and possibility of monitoring global warming impacts with alpine vegetation. *Global Environmental Research* 10 (2) 161-166
- 名取俊樹 (2006) 温暖化の高山植物への影響 - 温暖化影響モニタリングの可能性, *地球環境*, 11, 121-26

【プロジェクト 4】

- Shimazaki H., Yamano H., Yokoki H., Yamaguchi T., Chikamori M., Tamura M., Kayanne H. (2006) Global mapping of factors controlling reef-island formation and maintenance, *Proc. 10th Int. Coral Reef Symp.* (Suzuki Y. et al., *Jpn. Coral Reef Soc.*, 1997p.), 1577-1584
- Yamano H., Shimazaki H., Matsunaga T., Ishoda A., McClenen C., Yokoki H., Fujita K., Osawa Y., Kayanne H. (2006) Evaluation of various satellite sensors for waterline extraction in a coral reef environment: Majuro Atoll, Marshall Islands, *Geomorphology*, 82, 398-411
- 佐藤大作, 横木裕宗, 藤田和彦, 桑原祐史, 山野博哉, 島崎彦人, 茅根 創, 渡邊真砂夫 (2006) 海面上昇後のマーシャル諸島マジュロ環礁における地形維持過程の数値シミュレーション, *海洋工学論文集*, 53, 1291-1295
- Yamaguchi T., Chikamori M., Kayanne H., Yamano H., Yokoki H., Najima Y. (2006) Conditions and activities supporting early prehistoric human settlement on Majuro Atoll in Marshall Islands, Eastern Micronesia, *Proc. 10th Int. Coral Reef Symp.* (Suzuki Y. et al., *Jpn. Coral Reef Soc.*, 1997p.), 1549-1555
- Yamano H., Yamaguchi T., Chikamori M., Kayanne H., Yokoki H., Shimazaki H., Tamura M., Watanabe S., Yoshii S. (2006) Satellite-based typology to assess stability and vulnerability of atoll islands: a comparison with archaeological data, *Proc. 10th Int. Coral Reef Symp.* (Suzuki Y. et al., *Jpn. Coral Reef Soc.*, 1997p.), 1556-1566
- Yokoki H., Yamano H., Kayanne H., Sato D., Shimazaki H., Yamaguchi T., Chikamori M., Ishoda A., Takagi H. (2006) Numerical calculations of longshore sediment transport due to wave transformation in the lagoon of Majuro Atoll, Marshall Islands, *Proc. 10th Int. Coral Reef Symp.* (Suzuki Y. et al., *Jpn. Coral Reef Soc.*, 1997p.), 1570-1576
- Yamano H., Kayanne H., Yamaguchi T., Kuwahara Y., Yokoki H., Shimazaki H., Chikamori M. (2007) Atoll island vulnerability to flooding and inundation revealed by historical reconstruction: Fongafale Islet, Funafuti Atoll, Tuvalu, *Global Planet. Change*, 57, 407-416

Yamano H., Shimazaki H., Murase T., Itou K., Sano S., Suzuki Y., Leenders N., Forstreuter W., Kayanne H. (2007) Construction of digital elevation models for atoll islands using digital photogrammetry, GIS for the Coastal Zone: A Selection of Papers from CoastGIS 2006 (Wollongong Pap. Maritime Policy, No.16) (Woodroffe C.D. et al. eds., Univ. Wollongong, 458p.), 165-175

山野博哉 (2008) 地図の無い島－環礁州島における地理情報の整備と地球温暖化に対する脆弱性評価・適応策への応用－, 地学雑誌, 117(2), 412-423

Murase T., Tanaka, M., Tani T., Miyashita Y., Ohkawa N., Ishiguro N., Suzuki Y., Kayanne H., Yamano H. (2008) A photogrammetric correction procedure for light refraction effects at a two-medium boundary, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 74 (9), 1129-1136

【プロジェクト 5】

Yoshida M., Hanaizumi H., Yamano H. (2006) A method for extracting flow lines in coral reef field using aerial photographs, Proc. 10th Int. Coral Reef Symp. (Suzuki Y. et al., Jpn. Coral Reef Soc., 1997p.), 1746-1752

Pelletier B., Cabioch G., Chardon D., Yamano H. (2006), Lithologie des pentes externes du recif barriere de Nouvelle-Caledonie. Campagne de dragages dragages 2005-NC-DR du N.O. Alis (Sci. Terre; Geol. -Geophys. No.68) (Pelletier B. eds, IRD, 54p.) (in French)

Idip D., Jr., Kayanne H., Yamano H., Matsunaga T., Shimazaki H. (2007) Chapter 18. Coastal Habitat Map of Palau, Coral Reefs of Palau (Kayanne H. et al. eds., Palau Int. Coral Reef Cent., 231p.), 170-202

Yamano H. (2007) The use of multi-temporal satellite images to estimate intertidal reef-flat topography, J. Spatial Sci., 52 (1), 71-77

山野博哉 (2008) 日本におけるサンゴ礁の分布, 沿岸海洋研究, 46(1), 3-9

Murase T., Tanaka, M., Tani T., Miyashita Y., Ohkawa N., Ishiguro N., Suzuki Y., Kayanne H., Yamano H. (2008) A photogrammetric correction procedure for light refraction effects at a two-medium boundary, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 74 (9), 1129-1136

山野博哉 (2008) サンゴ礁の今, 月刊みんぱく, 9, 3

Hyeong K., Shimamura M., Watanabe T., Yamano H., Sugihara K., Kim J. (2008) Evaluation of Jeju/Tsushima hermatypic corals as sea surface temperature (SST) recorders, Ocean and Polar Research, 30 (3), 351-359

【プロジェクト 6】

久保田泉 (2006) 6.4 気候変動への適応策, 地球温暖化はどこまで解明されたか－日本の科学者の貢献と今後の展望 2006－ (小池勲夫編, 丸善, 277p.), 202-209

久保田泉, 高橋 潔, 脇岡靖明 (2006) 政策決定支援のための適応研究に関する検討, 環境情報科学別冊 / 環境情報科学論文集, 20, 457-462

高橋 潔 (2006) 温暖化が農業生産に及ぼす影響とその適応策, 地球環境, 11(1), 111-119

高橋 潔, 久保田泉 (2006) 温暖化の適応に関する研究およびその実施の促進をめざして－温暖化影響のリスク評価・リスク管理の視点から, 環境情報科学, 35(3), 39-44

Takahashi K. (2007) Impacts of global warming on agricultural production and adaptations in response, Global Environ. Res., 10(2), 243-252

高橋 潔 (2007) 温暖化影響はどのようなものが懸念されているか, Estrela (164), 2-10

Takahashi K., Honda Y., Emori S. (2007) Assessing mortality risk from heat stress due to global warming, Journal of Risk Research, 10 (3), 339-354

高橋 潔, 松井哲哉, 脇岡靖明, 田中信行, 原沢英夫 (2008) 温暖化政策支援モデルのための県別ブナ林影響関数の開発, 地球環境研究論文集, 16, 111-119

花崎直太, 増富祐司, 高橋 潔, 脇岡靖明 (2008) 全球水資源評価における家庭・工業用水取水量の将来推計式の相互比較, 地球環境研究論文集, 16, 1-8

Hanasaki N., Kanae S., Oki T., Masuda K., Motoya K., Shirakawa N., Shen Y., Tanaka K. (2008) An integrated model for the assessment of global water resources – Part 1: Model description and input meteorological forcing, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 12, 1007–1025

Hanasaki N., Kanae S., Oki T., Masuda K., Motoya K., Shirakawa N., Shen Y., Tanaka K. (2008) An integrated model for the assessment of global water resource – Part 2: Applications and assessments, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 12, 1027–1037

原沢英夫 (2006) (コラム 1) 気温上昇 1℃, 2℃, 3℃ で何が起きる?, 気候変動 + 2℃ (山本良一監修, ダイアモンド社, 144p.), 46

原沢英夫 (2006) 地球温暖化の危険なレベル, *地球環境*, 11(1), 121–127

原沢英夫 (2006) 温暖化のもたらす異常気象とその社会影響, *環境情報科学*, 35(3), 4–7

Harasawa H. (2006) “A Consideration on Dangerous Level of Global Warming”, *Global Environmental Research*, Vol.10, No.2, pp.253–259

Harasawa H. (2006) “Key Vulnerabilities and Critical Levels of Impacts in East & South East Asia”, *Avoiding Dangerous Climate Change*, Cambridge University Press, 392pp. 243–249

原沢英夫 (2007) 気候変動と生態系の変化, *河川*, 63(1), 48–51

原沢英夫 (2007) 地球温暖化の市民生活への影響, *地球環境*, 11(1), 87–94

脇岡靖明, 高橋 潔 (2006) 地球温暖化抑制のための温室効果ガス安定化濃度・排出経路・影響閾値の統合評価, *地球環境*, 11(1), 129–138

脇岡靖明, 高橋 潔, 久保田泉 (2006) 統合評価モデルを用いた温室効果ガス安定化濃度目標下におけるイネ・小麦の潜在生産変化の国別影響評価, *環境情報科学別冊 / 環境情報科学論文集*, 20, 19–24

Hijioka Y., Takahashi K. (2006) Integrated assessment of greenhouse gas stabilization concentrations, emission pathways, and impact threshold values for control of global warming, *Global Environ. Res.*, 10 (2), 261–270

Hijioka Y., Masui T., Takahashi K., Matsuoka Y., Harasawa H. (2006) Development of a support tool for greenhouse gas emissions control policy to help mitigate the impact of global warming, *Environ. Econ. Policy Stud.*, 7 (3), 331–345

脇岡靖明, 高橋 潔, 久保田泉 (2007) 気候安定化レベル検討のための支援ツール開発—温暖化影響データベース, *環境情報科学論文集*, (21), 423–428

蟹江憲史, 脇岡靖明, 西本裕美, 森田香菜子 (2008) 2050年温室効果ガス世界半減シナリオの日本へのインプリケーション, *地球環境*, 12(2), 135–143

Hijioka Y., Matsuoka Y., Nishimoto H., Masui T., Kainuma M. (2008) Global GHG emission scenarios under GHG concentration stabilization targets, *J. Global Environ. Eng.*, 13, 97–108

脇岡靖明 (2008) 地球温暖化は何か問題なのか, *月刊下水道*, 31(8), 6–10

増富祐司, 花崎直太, 高橋 潔, 脇岡靖明, 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*, 第 51 巻, 235–241

【プロジェクト 8】

藤野純一 (2008) 自然に憧れられる日本, *日本エネルギー学会誌*, 87(2), 155

増井利彦 (2007) 物質循環を考慮した統合環境政策評価モデルの開発に関する研究, *環境科学会誌*, 20(1), 81–83

2 口頭発表

(1) 中核研究プロジェクト1: 温室効果ガスの長期的濃度変動のメカニズムとその地域特性の解明

発表者・(暦年)・題目・学会等名称・予稿集名

Aramaki T., Nojiri Y., Imai K. (2006) Variation in total mass flux, nutrients and particulate matters during SEEDS-II, North Pacific Marine Science Organization 15th annual meeting (poster), Abstracts

荒巻能史, 野尻幸宏, 内田昌男, 柴田康行 (2008) 商船を利用した北太平洋表層水中の放射性炭素濃度のモニタリング, 第10回AMSシンポジウム, 同予稿集

Aramaki T., Nojiri Y., Mukai H., Kushibashi S., Uchida M., Shibata Y. (2008) Preliminary result of radiocarbon monitoring in surface water in the North Pacific, 11th International Conference on Accelerator Mass Spectrometry, Abstracts

白濱世司, 平野高司, 佐野智人, 岡野康宏, 犬飼 孔, 藤沼康実 (2006) カラマツ林の風倒害跡地における CO₂ 収支, 農業環境工学関連学会 2006 年合同大会, 同予稿集 (CD-ROM)

Kadygrov N., Maksyutov S. (2007) On the utility of GOSAT column average CO₂ observations in reducing uncertainties of CO₂ flux estimates, AGU 2007 Fall Meet. (Poster Session), Abstracts (CD-ROM)

Carouge C. (2006) Towards an estimation of daily European CO₂ sources and sinks at high spatial resolution by inversion of atmospheric transport, 第12回大気化学討論会, 同講演要旨集

Koyama Y., Maksyutov S., Tohjima Y., Mukai H., Machida T. (2007) High resolution simulation of the atmospheric greenhouse gases variability with a largangian particle dispersion model, AGU 2007 Fall Meet. (Poster Session), Abstracts (CD-ROM)

Koyama Y., Maksyutov S., Belikov D., Tohjima Y., Mukai H., Machida T. (2008) High resolution simulation of the atmospheric greenhouse gases variability with a coupled Eulerian-Lagrangian transport model, Transcom 2008 Workshop, Program

齊藤 誠, 唐 艶鴻 (2007) チベット高原における CO₂ 交換量と環境要因の関係, 農業環境工学関連学会 2007 年合同大会, 同予稿集, H63

Saito T., Yokouchi Y., Mukai H. (2007) Continuous measurements of perfluorocarbons at remote monitoring stations in Japan, AGU 2007 Fall Meet. (Poster Session), Abstracts (CD-ROM)

白井知子, 菅田誠治, 横内陽子 (2006) 東アジアにおけるハロカーボンの放出・輸送シミュレーション-初期結果報告-, 第12回大気化学討論会, 同講演要旨集

白井知子, 菅田誠治, 横内陽子 (2006) 東アジアにおけるハロカーボンの放出・輸送シミュレーション-フォワード計算-, 第17回大気化学シンポジウム, 同講演要旨集

白井知子, 菅田誠治, 横内陽子, Maksyutov S. (2007) 波照間における観測値を利用した東アジアにおける HCFC-22 排出量推定, 平成19年度 第13回大気化学討論会, 同予稿集, 57

白井知子, 菅田誠治, 横内陽子, 大原利真, Maksyutov S. (2007) 東アジアにおける代替フロン放出・輸送シミュレーション, 日本地球惑星科学連合 2007 年大会, 同予稿集

高橋善幸 (2006) 大気・陸域生態系間の CO₂ 同位体収支の不均衡における土壌有機物分解成分の重要性, 日本地球惑星科学連合 2006 年大会, 同予稿集 (CD-ROM)

Takahashi Y., Hirata R. (2006) Profiling of vertical distribution of CO₂ in forest canopy, AsiaFlux Workshop 2006 (Poster Session), Abstracts

Takahashi K., Liang N. (2007) Variability of carbon stable isotope ratio of soil heterotrophic respiration, Ecosummit 2007, Abstracts, 350

高橋善幸, 平田竜一, 藤沼康実 (2007) 富士北麓カラマツ林における CO₂ 高度分布の長期観測, 農業環境工学関連学会 2007 年合同大会, 同予稿集

Takahashi Y., Hirata R. (2007) Simultaneous flux measurements of CO₂, its stable isotope ratios and trace gases based on eddy accumulation technique for flux partitioning, 2007 AGU Fall Meet., Abstracts, B13B-1195

Takahashi Y., Hirata R. (2007) Use of stable isotope and trace gases as additional tracers in flux partitioning, AsiaFlux Workshop 2007, Abstracts, 32

高橋善幸 (2007) 化学トレーサーによる CO₂ フラックスの呼吸光合成分離評価に関する試み, 日本地球惑星科学連合 2007 年大会, 同予稿集, J244-008

平田竜一, 高橋善幸, 藤沼康実 (2008) 温帯カラマツ林における純生態系 CO₂ 交換量の季節変化, 日本農業気象学会 2008 年度全国大会, 同予稿集

Tanimoto H., Kato S., Akimoto H., Yamano H. (2006) Possible linkage of marine algae, organics emissions, and photochemistry, 4th International Symposium on Biological and Environmental Chemistry of DMS (P) and Related Compounds, Abstracts

Tanimoto H., Mukai H., Ohara T., Uno I. (2006) Impact of changing climate and emissions on surface ozone distributions and evolution, Regional climate variability and its impacts in the Mediterranean Area, NATO Advanced Research Workshop, Abstracts

Tanimoto H., Ohara T., Kurokawa J., Mukai H., Uno I., Yamaji K. (2006) Interannual variations and recent trends of surface ozone in East Asia: Integrated observations and chemical transport model analysis, American Geophysical Union 2006 Fall Meeting, Abstracts

Tanimoto H., Ohara Y., Mukai H., Sawa Y., Matsueda H., Yonemura S., Uno I. (2006) Interannual variations and recent trends of surface ozone in East Asia: standardization and integration of measurements, and chemical transport model analysis, Joint IGAC/CACGP/WMO Symposium, Abstracts

Tanimoto H. (2007) Interannual variations and recent trends of surface ozone in East Asia: Standardization and integration of measurements and chemical transport model analysis, Joint Task Force on Hemispheric Transport of Air Pollution and WMO Workshop on Integrated Observations for Assessing Hemispheric Air Pollution, Abstracts

谷本浩志 (2006) アジアにおける対流圏オゾン: 過去の観測事実と将来のモデル予測, 気象学会 2006 年度春季大会, 同予稿集

谷本浩志 (2007) 測定の標準化と観測の統合化に基づく地表オゾンの時空間変動に関する化学輸送モデル解析, 第 17 回大気化学シンポジウム, 同予稿集

澤 庸介, 谷本浩志, 米村正一郎, 田口彰一, 松枝秀和, 早坂忠裕, 鶴田治雄, 遠嶋康徳, 向井人史, 菊地信行, 片桐秀一郎, 和田 晃 (2006) ABC-EAREX2005 期間中に観測された CO 濃度の上昇, 気象学会 2006 年度春季大会, 同予稿集

澤 庸介, 谷本浩志, 米村正一郎, 田口彰一, 松枝秀和, 早坂忠裕, 鶴田治雄, 遠嶋康徳, 向井人史, 和田 晃, ABC-EAREX2005 期間中の CO 濃度の上昇, 第 12 回大気化学討論会, 同予稿集

谷本浩志 (2007) 対流圏における光化学オゾンとその支配要因に関する地球化学的研究 (2007 年度日本地球化学会奨励賞受賞講演), 2007 年度地球化学会年会, なし

Chen J., Tang Y. (2006) Daily variability of light-use efficiency (LUE) and its implication to LUE-based GPP model in an alpine meadow on the Qinghai-Tibetan plateau, 2nd East Asian Federation of Ecological Societies International Congress, Abstracts

Gu S., Tang Y., Zhao X., Du M., Li Y., Zhao L., Cui X., Kato T. (2006) Carbon dioxide and evapotranspiration between the atmosphere and alpine meadow on the Qinghai-Tibetan Plateau. 2nd East Asian Federation of Ecological Societies International Congress, Abstracts

Hirota M., Zhang P., Kuriyama T., Gu S., Tang Y. (2006) Examining CO₂ partitioning for an alpine meadow on the Qinghai-Tibetan Plateau. Part I: Can we estimate daytime ecosystem respiration from nighttime ecosystem respiration? 2nd East Asian Federation of Ecological Societies International Congress, Abstracts

Kato T., Tang Y., Gu S., Hirota M., Du M., Li Y., Zhao X. (2006) Temperature plays a major role in controlling ecosystem CO₂ exchange in an alpine meadow on the Qinghai-Tibetan Plateau. 2nd East Asian Federation of Ecological Societies International Congress, Abstracts

Shen H., Tang Y., Washitani I. (2006) Distribution of *Primula nutans* in relation to microtopography in an alpine wetland. 2nd East Asian Federation of Ecological Societies International Congress, Abstracts

広田 充, 張 鵬程, 古 松, 唐 艶鴻 (2007) 青海・チベット高山草原における CO₂ フラックスの空間変動特性, 第 54 回日本生態学会大会 (ポスター発表), 同予稿集

- 大塚俊之, 廣田 充, 下野綾子, 唐 艶鴻 (2006) チベット高山草原の標高傾度に伴う土壤炭素蓄積量の変化, 第 53 回日本生態学会大会 (ポスター発表), 同講演要旨集
- 張 鵬程, 唐 艶鴻, 廣田 充, 山本昭範, 鞠子 茂 (2006) チベット高山草原における植生と土壤炭素フラックス, 第 53 回日本生態学会大会 (ポスター発表), 同講演要旨集
- 沈 海花, 李 瑞成, 下野綾子, 古松, 唐 艶鴻, 鷺谷いづみ (2006) チベット高原における標高に伴う開花植物のバイオマスアロケーション, 第 54 回日本生態学会大会 (ポスター発表), 同予稿集
- 唐 艶鴻, 沈 海花, 張 鵬程, 周 華坤 (2006) チベット草原における植物種数と地上部バイオマスの関係, 第 54 回日本生態学会大会 (ポスター発表), 同予稿集
- 白 水貴, 広田 充, 大塚俊之, 千賀有希子, 杜 明遠, 下野綾子, 唐 艶鴻 (2006) チベット高山高原の標高傾度に伴うセルロース分解と微小菌類相の関係, 第 54 回日本生態学会大会 (ポスター発表), 同予稿集
- Terao Y., Logan J.A. (2007) Correlation in interannual variability of ozone between lower stratosphere and troposphere, 日本気象学会 2007 年度春季大会, 同予稿集
- Terao Y., Kitagawa H., Mukai H., Nojiri Y., Uchida M., Shibata Y., Aramaki T. (2007) Interannual variability and trends of atmospheric radiocarbon (^{14}C) over the tropical western Pacific, 2007 AGU Fall Meet., Abstracts (CD-ROM)
- 寺尾有希夫, 北川浩之, 向井人史, 野尻幸宏, 内田昌男, 柴田康行, 荒巻能史 (2008) 民間船舶を利用した西太平洋における大気 ^{14}C 観測, 第 10 回 AMS シンポジウム, 同予稿集
- 遠嶋康徳, Prabir K.P., 向井人史, 野尻幸宏, 町田敏暢 (2006) 酸素濃度の変動と炭素収支: 酸素観測から年々の炭素収支は求められるか?, 第 12 回大気化学討論会, 同講演要旨集
- 遠嶋康徳 (2006) 大気-海洋間ガス交換のトレーサー APO とその応用, 2006 年度日本地球化学会年会, 同予稿集
- Tohjima Y., Mukai H., Machida T., Akama I., Amari T., Katsumata K. (2007) Evaluation of carbon isotope effect on CO_2 measurements by NDIR analyzer, 14th WMO/IAEA Meeting of Experts on Carbon Dioxide, Other Greenhouse Gases, and Related Tracer Measurement Techniques, Abstracts
- 遠嶋康徳, 向井人史, 谷本浩志, 町田敏暢 (2007) 波照間島で観測される微量気体成分の短期変動にみられる相関関係の変化は大陸からの放出量の変化を反映するか?, 日本地球惑星科学連合 2007 年大会, 同予稿集
- 遠嶋康徳, 向井人史, 町田敏暢, 赤間 功, 甘利岳人, 勝俣啓一 (2006) 非分散型赤外分析計を用いた CO_2 濃度測定に対する ^{13}C の効果の評価, 第 13 回大気化学討論会, 同予稿集
- Nakatsuka Y., Kadygrov N., Maksyutov S. (2006) Fitting the ecosystem model parameters to the observed seasonal cycle of atmospheric CO_2 , 第 17 回大気化学シンポジウム, 同講演集
- Nakatsuka Y., Maksyutov S., Kadygrov N., Machida T. (2007) Optimization of the seasonal cycles of CO_2 flux of CASA and the effects of the vertical mixing in a transport model, 第 13 回大気化学討論会, 同講演要旨集
- Nakatsuka Y., Kadygrov N., Maksyutov S. (2007) Assimilating observed seasonal cycles of CO_2 to CASA model parameters, 8th TransCom Workshop, Program
- Nakatsuka Y., Kadygrov N., Machida T., Maksyutov S. (2007) Optimization of the seasonal cycles of CO_2 flux of CASA and effects of weak vertical mixing in a transport model. Discussion meeting on atmospheric chemistry (poster), Abstracts
- Valsala V., Maksyutov S. (2007) CFC-11 cycle in the ocean simulated using assimilated ocean currents, Hokkaido Univ. COE Symp. Predict.Avoidance Abrupt Change Bio-Geosphere Syst., Abstracts
- Valsala V. (2007) Design and validation of an offline oceanic tracer transport model for carbon cycle study, Ocean Carbon Biogeochem. Summer Workshop (Poster Session), Abstracts
- 溝口康子, 平田竜一, 小林義和, 梁 乃申, 油田さと子, 藤沼康実, 平野高司, 宮田 明, 大谷義一 (2007) アジアにおけるフラックス観測の現状, 農業環境工学関連学会 2007 年合同大会, 同予稿集
- Peregon A., Maksyutov S., Naumov A., Glagolev M. (2008) Land-cover classification for inventory of the methane fluxes in west Siberian wetlands, EGU General Assem. 2008, Abstracts, EGU2008-A-00541

- Niwa Y., Imasu R., Maksyutov S., Satoh M. (2006) Using an icosahedral grid model as a transport model for estimating CO₂ sources and sinks, AGU 2006 Fall Meet., Abstracts (CD-ROM)
- Maksyutov S. (2007) Global atmospheric tracer transport modeling using multiprocessor computing systems, 4th Siberian Workshop Parallel Comput.
- Maksyutov S., Machida T., Shimoyama K., Kadygrov N., Itoh A., Patra P., Arshinov M., Krasnov O., Belan B., Fedoseev N. (2007) Inverse modelling of regional CO₂ fluxes using tower network in West Siberia, 8th TransCom Workshop, Program
- Maksyutov S., Machida T., Kadygrov N., Carouge C., Peylin P., Patra P.K. (2007) Study of the regional carbon fluxes through inverse modeling of the siberian atmospheric CO₂ observations, AGU 2007 Fall Meet., Abstracts (CD-ROM)
- Maksyutov S., Nakatsuka Y. (2008) Optimization of the terrestrial biospheric flux seasonality vs airborne profile data, Transcom 2008 Workshop, Program
- Machida T., Matsueda H., Sawa Y., Nakagawa Y., Kondo N., Ishikawa K., Nakazawa T., Ogawa T., Matsumoto Y., Suenaga T., Oka T. (2006) Global Observation of CO₂ and other Trace Species by Aircraft Annual, IAGOS Meeting
- Machida T., Matsueda H., Sawa Y., Nakagawa Y., Kondo N., Ishikawa K., Nakazawa T., Ogawa T., Matsumoto Y. (2006) Airborne CO₂ Measurement Network by Commercial Airlines, 3rd International Workshop on Greenhouse Gas Measurements from Space, Abstracts
- 町田敏暢, Maksyutov S., Patra P., 下山 宏, 篠原 梓, Arshinov M., Belan B., Krasnov O., 井上 元 (2006) タワーネットワーク大気観測から逆推定した炭素動態, S1 ワークショップ, 同予稿集
- 町田敏暢, Maksyutov S., 高橋善幸, 中澤高清, Arshinov M., Vinnichenko N., Belan B., Fedoseev N. (2006) シベリア上空における温室効果気体およびその関連気体の年々変動, 第12回大気化学討論会, 同予稿集
- 町田敏暢, 松枝秀和, 澤 庸介, 中川由起夫, 近藤直人, 石川和敏, 中澤高清, 小川利紘, 末永民樹 (2006) 定期航空機を利用した大気中温室効果気体の観測プロジェクト, 平成18年度日本気象学会春季大会, 同予稿集
- 町田敏暢, 松枝秀和, 澤 庸介 (2007) 定期航空機で観測されたCO₂濃度鉛直分布の地域特性, 第13回大気化学討論会, 同予稿集
- Machida T., Katsumata K., Tohjima Y., Watai T., Mukai H. (2007) Preparing and maintaining of CO₂ calibration scale in National Institute for Environmental Studies —NIES 95 CO₂ scale—, 14th WMO/IAEA Meeting of Experts on Carbon Dioxide, Other Greenhouse Gases, and Related Tracer Measurement Techniques, Abstracts
- Machida T., Matsueda H., Sawa Y., Ikeda H., Kondo N., Yoshida O., Nakazawa T., Oka T. (2007) Measurement of Atmospheric CO₂ using Commercial Airlines, 14th WMO/IAEA Meeting of Experts on Carbon Dioxide, Other Greenhouse Gases, and Related Tracer Measurement Techniques, Abstracts
- 町田敏暢, 松枝秀和, 澤 庸介, 池田 肇, 廣谷和生, 吉田 修, 近藤直人, 中澤高清, 岡 孝秀 (2007) 民間航空機を利用した大気中CO₂濃度の鉛直分布観測, 日本地球惑星科学連合2007年大会, 同予稿集
- 町田敏暢, 松枝秀和, 澤 庸介, 池田 肇, 廣谷和生, 吉田 修, 近藤直人, 中澤高清, 岡 孝秀 (2007) 民間航空機を利用した大気中のCO₂濃度の鉛直分布観測, 平成19年度日本気象学会春季大会, 同予稿集
- 町田敏暢, 松枝秀和, 澤 庸介, 中川由起夫, 池田 肇, 近藤直人, 中澤高清, 岡 孝秀 (2007) 民間航空機を利用した温室効果気体の観測—1年間の試験観測の結果について—, 第17回大気化学シンポジウム, 同予稿集
- 豊田 栄, 吉田尚弘, 町田敏暢, 遠嶋康徳, 高橋善幸 (2008) 対流圏大気中N₂Oのアイソトポマー比の分布と経年変動, 日本地球惑星科学連合2007年大会, 同予稿集
- 町田敏暢, 松枝秀和, 澤 庸介 (2008) 民間航空機で観測されたCO₂濃度の鉛直分布と季節変動, 日本地球惑星科学連合2008年大会, 同予稿集
- 町田敏暢, 松枝秀和, 澤 庸介 (2008) 民間航空機で観測されたCO₂濃度の高度別季節変動, 平成20年度日本気象学会春季大会, 同予稿集
- 橋本 茂, 向井人史, 谷本浩志 (2006) 気相滴定法から決定されるオゾン濃度の精度について, 第47回大気環境学会, 同予稿集

- Mukai H., Tanimoto H., Hashimoto S., Machida T., Tohjima Y., Yokouchi Y. (2007) Standards for GHGs and Ozone Monitoring in Japan, 11th International Symposium on Biological and Environmental Reference Materials, Abstracts
- Mukai H., Machida T., Tohmine K., Kajita Y., Terao Y., Sunaga A. (2007) Preliminary experiment for change in oxygen isotope ratio of CO₂ in a glass bottle, 14th WMO/IAEA Meet. Experts Carbon Dioxide, Other Greenhouse Gases, Related Tracer Measurement Techniques (poster), Abstracts
- 向井人史, 橋本 茂, 谷本浩志 (2007) 大気中のオゾンやその他の温室効果ガスモニタリングのための標準濃度スケールについて, 第48回大気環境学会, 同予稿集
- 向井人史 (2007) 隠岐島におけるメタンスルホン酸濃度変動, 2007年度日本海洋学会秋季大会, 同予稿集
- 向井人史 (2007) 増加する大気中二酸化炭素の収支について - 炭素同位体比からの検討 -, 第48回大気環境学会年会, 同予稿集
- Yamagishi H., Tohjima Y., Mukai H. (2006) Detection of the oxygen emission due to the spring bloom in the western North Pacific using in-situ measurement of atmospheric oxygen/nitrogen ratio, AGU 2006 Fall Meet., Abstracts (CD-ROM)
- 山岸洋明, 遠嶋康徳, 向井人史, 野尻幸宏, 島野富士雄 (2006) 北海道落石岬における海洋および陸域生態系による大気中酸素/窒素比の変動, 2006年度大気化学討論会, 同予稿集
- Yamagishi H., Tohjima Y., Mukai H., Sasaoka K. (2007) In-situ measurements of atmospheric oxygen/nitrogen ratio at Ochi-ishi by using GC/TCD technique, 14th WMO/IAEA Meeting of Experts on Carbon Dioxide, Other Greenhouse Gases, and Related Tracer Measurement Techniques, Abstracts
- 山岸洋明, 遠嶋康徳, 向井人史, 野尻幸宏 (2007) 大気中酸素/窒素比の船上観測システムの開発, 2007年度大気化学討論会, 同予稿集
- 横内陽子, 斉藤拓也, 向井人史 (2006) 波照間島で観測される代替フロン類の季節変動および経年変化, 第17回大気化学シンポジウム, 同講演集
- 長島義斉, 横内陽子, 斉藤拓也, 向井人史 (2007) 波照間島で観測される高濃度塩化メチルと気象要因の解析, 第17回大気化学シンポジウム, 同予稿集
- 横内陽子, 斉藤拓也, 向井人史 (2007) 波照間島における海洋起源 VOC の大気観測, 2007年度日本海洋学会秋季大会 (シンポジウム D), プログラム
- Sano T., Hirano T., Shirahama S., Liang N., Oguma H., Inukai K., Fujinuma Y. (2006) Effects of typhoon damage on the vegetation properties and carbon dynamics in a larch forest, AsiaFlux Workshop 2006 (Poster Session), Abstracts
- Liang N., Takagi K., Kosugi Y., Tani M., Okuda T., Fujinuma Y. (2006) Comparison of ecophysiological technique with eddy covariance method and biometric approach for estimating carbon balance of forest ecosystems, AsiaFlux Workshop 2006, Abstracts
- 梁 乃申, 奥田敏統, 新山 馨, 山下多聞, 小杉緑子, 谷 誠, 藤沼康実, Abdul Rahim Nik, Philip E. (2006) マレーシア低地フタバガキ林における炭素循環, 第16回日本熱帯生態学会年次大会, 同講演要旨集
- Liang N., Okuda T., Kosugi Y., Matsuo N., Takanashi S., Okubo S., Tani M., Abdul Rahim Nik, Philip E., Fujinuma Y. (2006) Carbon cycle of southeast asian tropical forests, ATBC2006, Abstracts (Web)
- Liang N., Takagi K., Kosugi Y., Matsuo N., Takanashi S., Okubo S., Tani M., Fujinuma Y., Inoue G. (2006) Comparison of automated chamber technique with eddy covariance method and biometric approach for estimating carbon balance of forest ecosystems, WPGM 2006, Abstracts
- 梁 乃申, 藤沼康実 (2006) 土壌呼吸による温暖化影響の評価, 第54回日本生態学会大会, 同講演要旨集
- Liang, N., Fujinuma Y., Inoue G. (2006) Estimation of forest carbon sequestration by using multichannel automated chamber approaches, The Second Scientific Congress of East Asian Federation of Ecological Societies, Abstracts
- Liang, N., Kim S., Shimoyama K., Kim Y., Takagi K., Fujinuma Y., Inoue G. (2006) Soil CO₂ effluxes in East Asian forests, The Second Scientific Congress of East Asian Federation of Ecological Societies, Abstracts
- 梁 乃申, 向井人史, 高橋善幸, 藤沼康実, 角張嘉孝, 王 権, 中根周歩, 高木健太郎 (2007) 土壌呼吸に及ぼす温暖化影響の実験的評価, 農業環境工学関連学会 2007年合同大会, 同予稿集

佐野智人, 平野高司, 久木田大和, 白濱世司, 梁 乃申, 小熊宏之, 犬飼 孔, 藤沼康実 (2007) カラマツ林の風害跡地における植生変化と炭素動態の特徴, 農業環境工学関連学会 2007 年合同大会, 同予稿集

Sano T., Hirano T., Kukita D., Shirahama S., Liang N., Oguma H., Inukai K., Fujinuma Y. (2007) Change of vegetation and carbon dynamics in a larch forest after typhoon damage, AsiaFlux Workshop 2007 (Poster Session), Abstracts

Takagi K., Fukuzawa K., Liang N., Kayama M., Nomura M., Shibata H., Sasa K., Fujinuma Y., Akibayashi Y., Koike T. et al. (2007) Contribution of the soil respiration to ecosystem respiration during a series of forestry activities in northernmost Japan, AsiaFlux Workshop 2007 (Poster Session), Abstracts

Liang N., Kim S-D., Shimoyama K., Kim Y., Hirano T., Takagi K., Fujinuma Y. (2007) An automated chamber network for long-term measurement of soil CO₂ efflux, AsiaFlux Workshop 2007 (Poster Session), Abstracts

加藤大輔, 里村多香美, 梁 乃申, 中路達郎, 水永博己 (2008) カラマツ人工林における林床ごとの細根の寿命特性, 第 119 回日本森林学会大会, 同講演要旨集 (CD-ROM)

(2) 中核研究プロジェクト 2 : 衛星利用による二酸化炭素等の観測と全球炭素収支分布の推定

Aoki T., Yokota T., Inoue G., Nobuta K., Kotani A. (2006) Information and disturbances contained in the reflected solar radiation spectra measured with space-borne Fourier transform spectrometer for greenhouse gas mapping, SPIE Asia-Pac. Remote Sensing, Program

青木忠生, 横田達也, 井上 元, 信田浩司, 小谷 明 (2007) 宇宙からの FTS 観測における外来ノイズとその補正, 日本リモートセンシング学会 第 42 回学術講演会, 同講演会論文集

Aoki T., Yokota T., Inoue G., Nobuta K., Kotani A. (2007) Disturbances and their corrections in space observation with GOSAT Fourier transform spectrometer, SPIE Eur. Remote Sensing 2007, Programs

江口菜穂, 横田達也, 井上 元 (2006) ICESat/GLAS データを用いた絹雲の高度分布の解析, 第 16 回大気化学シンポジウム, 同講演集

江口菜穂, 横田達也, 井上 元 (2006) ICESat/GLAS データを用いた絹雲高度分布の解析, 日本気象学会 2006 年度春季大会, 同講演予稿集

江口菜穂, 小寺邦彦 (2006) 熱帯の絹雲分布に見る 2002 年南半球成層圏突然昇温の影響, 日本気象学会 2006 年度春季大会, 同講演予稿集

Eguchi N. (2006) Investigating vertical distribution of global cirrus clouds using the ICESat/GLAS observations, 3rd Int. Workshop Greenhouse Gas Meas.Space (IWGGMS) (Poster Session), Program

Eguchi N., Yokota T., Inoue G. (2006) Characteristics of cirrus clouds from the ICESat/GLAS observations, 2nd Asian-Pac. Radiat. Symp. (APRS 2006), Program

Eguchi N., Yokota T., Inoue G. (2006) Analysis of cirrus clouds by using the ICESat/GLAS data, 23rd Int. Laser Radar Conf., Proceedings

Eguchi N., Yokota T., Inoue G. (2006) Analysis of cirrus clouds by using the ICESat/GLAS data, 28th Symp. Remote Sensing Environ. Sci., Proceedings

Eguchi N., Yokota T., Inoue G. (2006) Cirrus cloud characteristics from the ICESat/GLAS observations, AGU 2006 Fall Meet., Abstracts (CD-ROM)

江口菜穂, 横田達也, 藤原正智, 長谷部文雄 (2006) ラジオゾンデ搭載用鏡面冷却型水蒸気計 (Snow White) を用いた上部対流圏の水蒸気観測 - 衛星観測データとの比較 -, 第 17 回大気化学シンポジウム, 同講演集

江口菜穂, 吉田幸生, 横田達也 (2007) GOSAT/TANSO-FTS 観測視野内の晴天率について, 日本気象学会 2007 年度秋季大会, 同講演予稿集

Ota Y., Imasu R. (2006) CO₂ concentration retrieval from IMG spectrum data, 3rd Int. Workshop Greenhouse Gas Meas. Space (IWGGMS) (Poster Session), Programs

- Imasu R., Saitoh N., Ota Y., Taguchi S. (2006) CO₂ retrieval performance of TANSO-FTS (TIR) sensor aboard greenhouse gases observing satellite (GOSAT), 15th Int. Symp.High Resolut. Mol. Spectrosc. (HighRus-2006), Proceedings
- Ota Y., Yokota T. (2006) Development of radiative transfer model including polarization effect in near infrared region for retrieving CO₂ amounts from space, AGU 2006 Fall Meet., Abstracts (CD-ROM)
- 齋藤尚子, 太田芳文, 田口彰一, 今須良一 (2006) GOSAT/TANSO-FTS 熱赤外領域での CO₂濃度導出手法, 第17回大気化学シンポジウム, 同講演集
- 齋藤尚子, 太田芳文, 田口彰一, 今須良一 (2006) GOSAT 熱赤外 FTS センサーによる CO₂濃度導出, 日本気象学会 2006年度秋季大会, 同講演予稿集
- 太田芳文, 今須良一, 横田達也 (2007) 衛星からの温室効果ガス観測における誤差の評価手法, 日本気象学会 2007年度春季大会, 同講演予稿集
- 齋藤尚子, 太田芳文, 丹羽洋介, 今須良一 (2007) GOSAT/TANSO-FTS 熱赤外領域での CO₂濃度同種手法 (その2), 第13回大気化学討論会, 同講演要旨集
- Saitoh N., Ota Y., Imasu R., Niwa Y. (2007) CO₂ vertical profiles retrieved from thermal infrared spectra of GOSAT/TANSO-FTS, ASSFTS13 (Poster Session), Abstracts
- Saitoh N., Ota Y., Niwa Y., Imasu R. (2007) Accuracy and precision of CO₂ vertical profiles retrieved from thermal infrared spectra of GOSAT/TANSO-FTS sensor, AGU 2007 Fall Meet. (Poster Session), Abstracts (CD-ROM)
- 今須良一, 齋藤尚子, 太田芳文 (2007) 熱赤外スペクトルを用いた CO₂濃度解析時における気温情報の導入方法, 日本気象学会 2007年度春季大会, 同講演予稿集
- 齋藤尚子, 太田芳文, 丹羽洋介, 今須良一 (2007) リトリーバルチャンネルの選択による CO₂濃度推定精度の向上, 日本気象学会 2007年度春季大会, 同講演予稿集
- 須藤洋志, 久世暁彦, 金子 豊, 浜崎 敬, 小熊宏之, 吉田幸生, 森野 勇, 横田達也, 井上 元 (2006) GOSAT 搭載 TANSO による温室効果ガス観測, 電子情報通信学会研究発表会, 信学技報
- 小熊宏之, 吉田幸生, 森野 勇, 須藤洋志, 久世暁彦, 横田達也 (2006) 短波長赤外フーリエ変換分光計 (GOSAT-BBM) を用いた CO₂吸収スペクトルの高所観測実験, 日本リモートセンシング学会 第41回学術講演会, 同講演論文集
- Oshchepkov S., Bril A. (2006) GOSAT SWIR Monte-Carlo simulations, 3rd Int.Workshop Greenhouse Gas Meas. Space (IWGGMS) (Poster Session), Program
- Oshchepkov S., Bril A., Yokota T. (2006) Application of the equivalence theorem to simulate GOSAT observation data under cirrus-present condition, SPIE Asia-Pac. Remote Sensing, Program
- Oshchepkov S. et al. (2007) Aerosol and cloud correction for the GOSAT data processing with respect to CO₂ retrievals, 4th Int. Working Group Greenhouse Gases Meas.Space (IWGGMS) (Poster Session), Abstracts
- Oshchepkov S., Bril A., Yokota T. (2007) DOAS-based methodology to account for cirrus cloud in observations of carbon dioxide from space, AGU 2007 Fall Meet. (Poster Session), Abstracts (CD-ROM)
- Kadygrov N., Kruchenitsky G., Lykov A. (2006) Urban heat island and its influence on atmospheric boundary layer temperature field, AGU 2006 Fall Meet., Abstracts (CD-ROM)
- Kadygrov N., Maksyutov S. (2007) On the utility of GOSAT column average CO₂ observations in reducing uncertainties of CO₂ flux estimates, AGU 2007 Fall Meet. (Poster Session), Abstracts (CD-ROM)
- Carouge C. (2006) Inversion of atmospheric CO₂ concentration continuous measurements, 3rd Int. Workshop Greenhouse Gas Meas. Space (IWGGMS), Program
- Carouge C., Peylin P., Bousquet P., Rayner P., Ciais P., River L., Maksyutov S., Machida T., Shimoyama K. et al. (2006) Regional CO₂ inversion study for Europe and West Siberia, AGU 2006 Fall Meet., Abstracts (CD-ROM)
- Carouge C. (2006) Towards an estimation of daily European CO₂ sources and sinks at high spatial resolution by inversion of atmospheric transport, 第12回大気化学討論会, 同講演要旨集

- Koyama Y., Maksyutov S., Tohjima Y., Mukai H., Machida T. (2007) High resolution simulation of the atmospheric greenhouse gases variability with a largangian particle dispersion model, AGU 2007 Fall Meet. (Poster Session), Abstracts (CD-ROM)
- Saito R. et al. (2007) Comparison between in-situ aircraft observation and direct solar spectral observation. Validation experiment of GOSAT No.2, 4th Int. Working Group Greenhouse Gases Meas. Space (IWGGMS) (Poster Session), Abstracts
- 齊藤 龍, 田中智章, 吉田幸生, 小熊宏之, 森野 勇, 横田達也, 井上 元, 原 熙 (2007) 筑波山近辺の気象不連続変化時における複数計器の相関と考察, 日本気象学会 2007 年度春季大会, 同講演予稿集
- 田中智章, 齊藤 龍, 吉田幸生, 小熊宏之, 森野 勇, 町田敏暢, 下山 宏, 原 熙, 井上 元, 横田達也 (2006) GOSAT-BBM を用いた 2006 年秋季筑波山観測, 第 17 回大気化学シンポジウム, 同講演集
- Tanaka T. et al. (2007) Aircraft observation of solar scattered light spectra from land surface. Validation experiment of GOSAT No.1, 4th Int. Working Group Greenhouse Gases Meas. Space (IWGGMS) (Poster Session), Abstracts
- Desbiens R., 青木忠生, 横田達也 (2007) Optimization of GOSAT atmospheric VMR profile retrieval using empirical orthogonal function representation, 日本気象学会 2007 年度秋季大会, 同講演予稿集
- Desbiens R., Aoki T., Yokota T. (2007) Optimization of GOSAT atmospheric retrieval of CO₂ in presence of atmospheric particles using empirical orthogonal function representation, AGU 2007 Fall Meet. (Poster Session), Abstracts (CD-ROM)
- Murata I., Nakajima H., Morino I., Ohyama H., Sakurai F. (2007) New HBr cells (No.30-39) —some One (or No-) problems—, NDACC Infrared Working Group Meet., Program
- Murata I., Nakajima H., Morino I. (2007) Site report for Tsukuba (and Syowa) MIR, NDACC Infrared Working Group Meet., Program
- Nakatsuka Y., Kadygrov N., Maksyutov S. (2006) Fitting the ecosystem model parameters to the observed seasonal cycle of atmospheric CO₂, 第 17 回大気化学シンポジウム, 同講演集
- Nakatsuka Y., Kadygrov N., Shimoyama K., Machida T., Maksyutov S. (2007) Optimization of ecosystem model parameters: Fitting the observed seasonal cycles of atmospheric CO₂ of Siberia, 日本地球惑星科学連合 2007 年大会, 同予稿集 (CD-ROM)
- Nakatsuka Y., Maksyutov S., Kadygrov N., Machida T. (2007) Optimization of the seasonal cycles of CO₂ flux of CASA and the effects of the vertical mixing in a transport model, 第 13 回大気化学討論会, 同講演要旨集
- Nakatsuka Y., Kadygrov N., Maksyutov S. (2007) Assimilating observed seasonal cycles of CO₂ to CASA model parameters, 8th TransCom Workshop, Program
- Valsala V., Maksyutov S., Ikeda M. (2007) Design and validation of an offline Oceanic Tracer Transport Model for Carbon Cycle study, Ocean Carbon Biogeochemistry Summer Workshop
- Bril A., Oshchepkov S., Yokota T., Inoue G. (2006) Parameterization of aerosol and cirrus cloud effect on reflected sunlight spectra measured from space: application of the equivalence theorem, AGU 2006 Fall Meet., Abstracts (CD-ROM)
- Bril A., Oshchepkov S., Yokota T. (2007) Carbon dioxide retrieval from reflected sunlight spectra in the presence of cirrus cloud: model studies, SPIE Eur. Remote Sensing 2007, Programs
- Peregon A. (2006) Wetland expansion on the southern edge of the West Siberian sphagnum wetlands, AGU 2006 Fall Meet., Abstracts (CD-ROM)
- シャミル・マクシュトフ (2006) 地球の炭素収支分布推定への衛星観測データの利用, 第 3 回 GOSAT シンポジウム
- Maksyutov S. (2006) GOSAT inverse modeling, 3rd Int. Workshop Greenhouse Gas Meas. Space (IWGGMS), Program
- Maksyutov S., Machida T., Shimoyama K., Carouge C., Peregon A., Patra P., Arshinov M., Belan B., Fedoseev N. et al. (2006) Top-down approach to West Siberian regional carbon budget: combination of the CO₂ observations and inverse modeling, AGU 2006 Fall Meet., Abstracts (CD-ROM)
- Niwa Y., Imasu R., Maksyutov S., Satoh M. (2006) Using an icosahedral grid model as a transport model for estimating CO₂ sources and sinks, AGU 2006 Fall Meet., Abstracts (CD-ROM)

- Maksyutov S. et al. (2007) Towards development of the operational system for GOSAT CO₂ data use in the inverse model of the atmospheric CO₂ transport, 4th Int. Working Group Greenhouse Gases Meas. Space (IWGGMS), Abstracts
- Maksyutov S., Machida T., Kadygrov N., Carouge C., Peylin P., Patra P.K. (2007) Study of the regional carbon fluxes through inverse modeling of the siberian atmospheric CO₂ observations, AGU 2007 Fall Meet., Abstracts (CD-ROM)
- Ohyama H., Morino I., Nagahama T., Machida T., Sugimoto N., Nakane H., Nakagawa K. (2006) Near-Infrared solar absorption spectra measured by a ground-based high-resolution FTS at Tsukuba: Retrieval analysis of the carbon dioxide 1.6 μm band, NDACC Infrared Working Group Meet., Program
- Morino I., Ohyama H., Nagahama T., Nakane H. (2006) Tsukuba NIR site report (Bruker IFS 120 HR), NDACC Infrared Working Group Meet., Program
- Morino I., Suto H., Inoue G., Fukuda H., Kamikawa T., Hashimoto H., Kawasaki M. (2006) Foreign-gas pressure broadening measurement of the CO₂ (3 00 1) III ← (0 0 0) band using continuous-wave cavity ring-down spectroscopy, 3rd Int. Workshop Greenhouse Gas Meas. Space (IWGGMS) (Poster Session), Program
- Ohyama H., Morino I., Nagahama T., Machida T., Sugimoto N., Nakane H., Nakagawa K. (2006) Near-Infrared solar absorption spectra measured by a ground-based high-resolution FTS at Tsukuba: Retrieval analysis of the CO₂ 1.6 μm band, 3rd Int. Workshop Greenhouse Gas Meas. Space (IWGGMS) (Poster Session), Program
- 福田久人, 上川拓磨, 中山智喜, 橋本 訓, 川崎昌博, 森野 勇, 須藤洋志, 井上 元 (2006) 連続光キャビティ・リングダウン分光法による N₂O 吸収線の圧力広がり測定, 第12回大気化学討論会, 同講演要旨集
- Morino I., Suto H., Inoue G., Fukuda H., Kamikawa T., Hashimoto S., Kawasaki M. (2006) Foreign-Gas pressure broadening for the CO₂ (3 00 1) III ← (0 0 0) band using continuous-wave cavity ring-down spectroscopy, 19th Int. Conf. High Resolut. Mol. Spectrosc., Abstracts
- 深堀正志, 森野 勇, 横田達也, 熊沢亮一, 渡邊 猛 (2006) CH₄ の 2ν₃ 帯の半値半幅の温度依存性, 日本気象学会 2006 年度秋季大会, 同講演予稿集
- Ohyama H., Morino I., Nagahama T., Suto H., Oguma T., Machida T., Sugimoto N., Nakane H., Nakagawa K. (2006) Retrieval analysis of the CO₂ 1.6 μm band in solar absorption spectra measured by a ground-based high-resolution fourier transform spectrometer at Tsukuba, AGU 2006 Fall Meet., Abstracts (CD-ROM)
- 福田久人, 中山智喜, 橋本 訓, 川崎昌博, 森野 勇, 井上 元 (2006) 連続光キャビティリングダウン分光法を用いた H₂O 吸収線圧力広がり測定, 第17回大気化学シンポジウム, 同講演集
- 大山博史, 森野 勇, 青木忠生, 横田達也, 岩木敏幸, 荒谷 修 (2006) 太陽大気吸収スペクトルの導出方法の検討: 高分解能 FTIR 測定データの適用例, 第17回大気化学シンポジウム, 同講演集
- 黒崎陽介, 福田久人, 橋本 訓, 川崎昌博, 森野 勇, 須藤洋志, 井上 元 (2006) 連続光キャビティ・リングダウン分光法を用いた CO₂/CH₄/N₂O 線幅の測定, 第16回大気化学シンポジウム, 同講演集
- 大山博史, 森野 勇, 長浜智生, 杉本伸夫, 中根英昭, 中川和道 (2006) つくば地上高分解能 FTS を用いたメタン 1.67 μm 帯の吸収スペクトル観測, 第16回大気化学シンポジウム, 同講演集
- Morino I., Fukuda H., Nakayama T., Hashimoto S., Inoue G., Kawasaki M. (2006) Foreign-Gas pressure broadening measurement of the Nitrous Oxide (0 00 3) ← (0 00 0) band using continuous-wave cavity ring-down spectroscopy, AGU 2006 Fall Meet., Abstracts (CD-ROM)
- 森野 勇, 中山智喜, 福田久人, 上川琢磨, 井上 元, 川崎昌博 (2007) キャビティリングダウン分光法による N₂O 3ν_{u3} バンドの圧力幅と同位体種測定, 第7回分子分光研究会, 同要旨集
- 中山智喜, 福田久人, 上川琢磨, 天野達夫, 佐藤啓文, 榊 茂好, Aloisio S., 森野 勇, 井上 元, 川崎昌博 (2007) H₂O, CO₂, N₂O の二量体の相互作用エネルギー, 第7回分子分光研究会, 同要旨集
- 中山智喜, 福田久人, 上川琢磨, 橋本 訓, 川崎昌博, 森野 勇, 井上 元 (2007) H₂O の圧力広がり測定による (H₂O)₂ のポテンシャルエネルギー深さの推定, 第23回化学反応討論会, 同予稿集
- 森野 勇 (2007) 温室効果ガスの野外観測と実験室分光, 2007 年日本化学会西日本大会 (依頼講演), 同講演要旨集
- 森野 勇, 内野 修, 工藤泰子, 山口高明, 横田達也 (2007) GOSAT の検証計画, 第13回大気化学討論会, 同講演要旨集

- 大山博史, 森野 勇, 町田敏暢, 長浜智生, 中根英昭, 中川和道 (2007) つくば高分解能 FTS による CO₂ カラム平均濃度の変動観測, 第 13 回大気化学討論会, 同講演要旨集
- 山農大輔, 坂本陽介, 川崎昌博, 森野 勇, 井上 元 (2007) キャビティリングダウン分光法によるメタンの圧力広がり係数の計測, 第 13 回大気化学討論会, 同講演要旨集
- Morino I., Ohyama H., Nagahama T., Nakane H. (2007) Tsukuba NIR Site Report in 2007 (Bruker IFS 120 HR), NDACC Infrared Working Group Meet., Program
- Nagahama T., Morino I. (2007) Status Report: Moshiri & Tsukuba NIR FTIRs, TCCON Sci. Team Meet.
- Suto H., Kuze A., Kaneko Y., Hamazaki T., Morino I., Oguma H., Yokota T., Inoue G. (2007) Development of airborne SWIR FTS for GOSAT validation and calibration, SPIE Opt. + Photonics 2007417, Program
- Morino I., Nakayama T., Fukuda H., Hashimoto H., Kawasaki M., Inoue G. (2007) Foreign-gas pressure broadening for the (0 0 3) ← (0 0 0) band of N₂O measured with continuous-wave cavity ring-down spectroscopy, 20th Colloquium High Resolut. Mol. Spectrosc. (Poster Session), Program & Abstracts
- Morino I., Nakayama T., Fukuda H., Kamikawa T., Kawasaki M., Inoue G. (2007) Continuous-wave cavity ring-down spectroscopy of the 3 v 3 band of ¹⁴N¹⁵N¹⁶O and ¹⁵N¹⁴N¹⁶O, 20th Colloquium High Resolut. Mol. Spectrosc. (Poster Session), Program & Abstracts
- Inoue G., Yokota T., Eguchi N., Yoshida Y., Aoki T., Morino I., Higurashi A., Oguma H. (2006) Estimation of CO₂ column concentration from space in the presence of cirrus cloud — Data Analysis of GOSAT Project —, Open Sci. Conf. GHG Cycle Northern Hemisphere, Abstracts (CD-ROM)
- Yokota T. (2006) GOSAT SWIR algorithms and ground-based experiment, 3rd Int. Workshop Greenhouse Gas Meas. Space (IWGGMS), Program
- Inoue G., Yokota T., Maksyutov S., Oguma H., Morino I., Higurashi A., Aoki T., Yoshida Y., Eguchi N., Suto H., Kuze A., Hamazaki T. (2006) Global carbon dioxide and methane column observation by GOSAT (Greenhouse gases observing satellite), EGU General Assembly 2006, Abstracts
- Yokota T., Aoki T., Eguchi N., Ota Y., Yoshida Y. (2006) Retrieval strategy of CO₂ column density from measurement data of the SWIR FTS aboard greenhouse gases observing satellite (GOSAT), SPIE Asia-Pac. Remote Sensing, Program
- Nobuta K., Kotani A., Ishihara H., Uemura N., Yokota T., Higurashi A., Morino I., Oguma H., Yoshida Y., Ota Y., Eguchi N., Aoki T., Inoue G. (2006) Error analysis of CO₂ column amount retrievals using SWIR synthetic data of the GOSAT FTS: Impact of atmospheric aerosols, AGU 2006 Fall Meet., Abstracts (CD-ROM)
- 横田達也 (2006) 衛星による成層圏オゾン層と対流圏温室効果ガスの精密測定, ISM シンポジウム「地球環境研究における統計科学の貢献」- 地球環境変動の不確実性への挑戦 -, 同講演予稿集
- 横田達也 (2006) 温室効果ガス観測技術衛星 (GOSAT) による二酸化炭素観測精度の検討と地上観測, 第 15 回生研フォーラム「宇宙からの地球環境モニタリング」, 同論文集
- Yokota T. et al. (2007) Data retrieval (Level 2) algorithms of the TANSO-FTS in SWIR bands and A pre-launch field experiment with GOSAT BBM-TOKYO in 2006, 4th Int. Working Group Greenhouse Gases Meas. Space (IWGGMS), Abstracts
- Yokota T., Eguchi N., Yoshida Y. (2007) Investigation of clear-sky and small albedo region from CALIOP and MODIS observations -Optimal region for retrieving carbon dioxide from GOSAT TANSO—FTS observation—, AGU 2007 Fall Meet. (Poster Session), Abstracts (CD-ROM)
- Suto H., Kuze A., Kaneko Y., Nakajima M., Hamazaki T., Yokota T., Inoue G. (2007) Airborne SWIR FTS for GOSAT validation, AGU 2007 Fall Meet. (Poster Session), Abstracts (CD-ROM)
- 吉田幸生, 小熊宏之, 森野 勇, 須藤洋志, 横田達也, 井上 元, 久世暁彦 (2006) 短波長赤外フーリエ変換分光器 (GOSAT-BBM) による二酸化炭素スペクトルの高所観測実験, 日本気象学会 2006 年度春季大会, 同講演予稿集
- 吉田幸生, 小熊宏之, 森野 勇, 須藤洋志, 横田達也, 井上 元, 久世暁彦 (2006) 筑波山における短波長赤外フーリエ変換分光計 (GOSAT-BBM) を用いた温室効果ガスの吸収スペクトル観測, 第 6 回分子分光研究会, 同要旨集

Yoshida Y., Oguma H., Morino I., Suto H., Yokota T., Inoue G., Kuze A. (2006) Measurement of CO₂ absorption spectra at an altitude of 800 meters by using the FTS (GOSAT-BBM) in SWIR region, 2nd Asian-Pac. Radiat. Symp. (APRS 2006), Program

Yoshida Y., Oguma H., Morino I., Suto H., Yokota T., Inoue G., Kuze A. (2006) Estimation of the CO₂ concentration from the measurements of solar absorption spectra at an altitude of 800 meters by using the FTS (GOSAT-BBM) in SWIR Region, AGU 2006 Fall Meet., Abstracts (CD-ROM)

吉田幸生, 横田達也, 井上 元 (2006) GOSAT による二酸化炭素カラム濃度導出のための巻雲物理量推定法の検討, 第 16 回大気化学シンポジウム, 同講演集

Yoshida Y. (2006) Analysis of CO₂ absorption spectra measured by FTS (GOSAT-BBM) in SWIR region at the top of Mt. Tsukuba, 3rd Int. Workshop Greenhouse Gas Meas. Space (IWGGMS) (Poster Session), Program

吉田幸生, 横田達也 (2006) GOSAT による二酸化炭素カラム濃度導出法の検討氷晶非球形散乱を考慮した場合, 第 17 回大気化学シンポジウム, 同講演集

吉田幸生, 横田達也 (2007) 巻雲存在下における CO₂ 気柱量推定アルゴリズムの検討 その 2, 日本気象学会 2007 年度秋季大会, 同講演予稿集

Yoshida Y., Tanaka T., Saito R., Oguma H., Morino I., Aoki K., Machida T., Yokota T. (2007) Aerosol effects on the estimation of the carbon dioxide concentration from the measurements of solar absorption spectra at an altitude of 800 meters by using the FTS (GOSAT-BBM) in SWIR region, AGU 2007 Fall Meet. (Poster Session), Abstracts (CD-ROM)

吉田幸生, 田中智章, 齊藤 龍, 小熊宏之, 森野 勇, 原 熙, 青木一真, 町田敏暢, 横田達也 (2007) 短波長赤外フーリエ変換分光器 (GOSAT-BBM) による二酸化炭素スペクトルの高地観測実験 その 2, 日本気象学会 2007 年度春季大会, 同講演予稿集

Watanabe H., Ishihara H., Ninomiya K., Hiraki K., Matsunaga T., Yokota T. (2007) Development of GOSAT ground data system at NIES and the data processing strategy, SPIE Europe Remote Sensing 2007, Programs

(3) 中核研究プロジェクト 3 : 気候・影響・土地利用モデルの統合による地球温暖化リスクの評価

阿部 学, 塩竈秀夫, 野沢 徹, 江守正多 (2007) パーフェクトモデルテストによる気候変化予測と現在気候再現性の関係の評価, 日本気象学会 2007 年度秋季大会, 同講演予稿集

伊藤昭彦 (2006) 陸域生態系モデルによる東アジアにおける炭素動態, 「システムアプローチで見えてきた東アジア陸域生態系の炭素動態」環境省地球環境総合研究推進費戦略プロジェクトワークショップ, 同予稿集

伊藤昭彦, 稲富素子, 加藤知道, 及川武久 (2006) フラックスサイトにおける陸域炭素循環モデルの検証と高度化, 「システムアプローチで見えてきた東アジア陸域生態系の炭素動態」環境省地球環境総合研究推進費戦略プロジェクトワークショップ, 同予稿集

Ito A., Kato E., Oikawa T. (2006) Evaluation of the carbon budget of terrestrial ecosystems in Asia by use of a process-based model, ESSP 2006 OSC (Poster Session), Abstracts

Inatomi M., Ito A., Toda S., Kaneko H., Koizumi H. (2006) Modeling evaluation of the net budget of greenhouse gases (CO₂, CH₄, and N₂O) budget for forest ecosystems: an application to a cool-temperate deciduous broad-leaved forest in Japan, ESSP 2006 OSC (Poster Session), Abstracts

Ito A. (2006) Model validation of net ecosystem CO₂ exchange at AsiaFlux sites: Toward carbon budget in Asia, AsiaFlux Workshop 2006 (Poster Session), Abstracts

Inatomi M., Ito A., Mariko S., Koizumi H. (2006) Development of a process-based model for analyzing the land-atmosphere exchange of CO₂, CH₄, and N₂O: Plot-scale study in comparison between a temperate deciduous forest and a temperate coniferous forest in central Japan, AsiaFlux Workshop 2006 (Poster Session), Abstracts

西田顕郎, 土田 聡, 本岡 毅, 岩男弘毅, 小熊宏之, 小杉緑子, 関川清広 (2006) PEN による衛星データ検証, 「システムアプローチで見えてきた東アジア陸域生態系の炭素動態」環境省地球環境総合研究推進費戦略プロジェクトワークショップ, 同予稿集

岩男弘毅, 西田顕郎, 山形与志樹 (2006) Degree Confluence Points 情報を用いた土地被覆図精度検証手法の開発, 日本リモートセンシング学会 第40回学術講演会, 同講演論文集

西田顕郎, 岩男弘毅, 佐々井崇博, 土田 聡 (2006) 広域観測とモデルによる炭素動態の時空間変動解析-2, 「システムアプローチで見えてきた東アジア陸域生態系の炭素動態」環境省地球環境総合研究推進費戦略プロジェクトワークショップ, 同予稿集

岩男弘毅, 西田顕郎, 木下嗣基, 山形与志樹 (2006) DCP データによる土地被覆分類図の検証と高精度化, 「システムアプローチで見えてきた東アジア陸域生態系の炭素動態」環境省地球環境総合研究推進費戦略プロジェクトワークショップ, 同予稿集

Tanaka A., Iwao K., Shibasaki R. (2006) A comparative study on classification techniques to extract urbanization area using satellite images, 27th Asian Conf.Remote Sensing 2006 (Poster Session), Proceedings (CD-ROM)

對馬洋子, 江守正多, 小倉知夫, 木本昌秀 (2006) GCM の雲水量の $1 \times \text{CO}_2$ 時および $2 \times \text{CO}_2$ 時における分布のモデル間相互比較, 日本気象学会 2005 年度秋季大会, 同講演予稿集

長谷川聡, 江守正多 (2006) 大気-海洋結合/非結合 GCM 実験における熱帯低気圧と降水, 日本気象学会 2005 年度秋季大会, 同講演予稿集

江守正多, Brown S. (2006) 温暖化による平均降水量および極端に強い降水量の力学的・熱力学的変化, 日本気象学会 2005 年度秋季大会, 同講演予稿集

鈴木恒明, 二宮洸三, 江守正多, 長谷川聡 (2006) 夏季アジア域の降水シミュレーションにおける対流抑制の効果, 日本気象学会 2005 年度秋季大会, 同講演予稿集

日名啓太, 神沢 博, 江守正多 (2006) 地球温暖化に伴う無降水日数の変化, 日本気象学会 2006 年度秋季大会, 同講演予稿集

大楽浩司, 黄 文峰, 江守正多, 山崎 昇, 松浦知徳 (2006) 洪水・渇水リスク評価のための領域大気・陸面・河川結合モデルの開発, 日本気象学会 2006 年度秋季大会, 同講演予稿集

安富奈津子, 木本昌秀, 江守正多 (2006) CCSR/NIES/FRCGC T106 CGCM から得られた地球温暖化時の夏季アジアモンスーン域の主要変動モード, 日本気象学会 2006 年度秋季大会, 同講演予稿集

江守正多, 塩竈秀夫, 野沢 徹 (2007) 2030 年までの確率的気候変化予測に向けて 第2報-降水量変化, 日本気象学会 2007 年度秋季大会, 同講演予稿集

江守正多 (2008) 地球温暖化の将来予測, 日本機会学会 2008 年度年次大会, プログラム

Okada N., Hasumi H., Oka A., Nozawa T. (2006) Variations in the atlantic meridional overturning circulation in the 20th century model simulations, 2006 Ocean Sci. Meet., Abstracts

Ogura T., Webb M. (2007) Response of cloud condensate budget to CO_2 increase in GCMs, CFMIP/ENSEMBLES Workshop, Program

Kinoshita T., Inoue K., Kagemoto H., Yamagata Y. (2006) Investigating of regional CO_2 absorption potential using wood biomass, 1st Int. Conf. Carbon Manage.Urban Reg. Levels: Connecting Dev. Decis. Global Issues, なし

木下嗣基, 山形与志樹 (2006) 土地利用変化予測モデルによる二酸化炭素排出量推定, 「システムアプローチで見えてきた東アジア陸域生態系の炭素動態」環境省地球環境総合研究推進費戦略プロジェクトワークショップ, 同予稿集

Kinoshita T., Yamagata Y. (2006) Development of global land-use change model, ESSP 2006 OSC (Poster Session), Abstracts

Kinoshita T., Yamagata Y. (2006) A global land-use model based on economical and terrestrial ecosystem modelling, 9th Biennial Conf. Int. Soc. Ecol. Econ., Proceedings

木下嗣基, 山形与志樹 (2007) 経済モデルによる全世界土地利用変化予測, 環境科学会 2007 年会, 同講演予稿集, 90

塩竈秀夫, 江守正多, 野沢 徹 (2006) 2030 年までの確率的気候変化予測に向けて, 日本気象学会 2006 年度秋季大会, 同講演予稿集

塩竈秀夫, Christidis N., Caesar J., 横島徳太, 野沢 徹, 江守正多 (2006) 20 世紀後半において温室効果ガス濃度とエアロゾル排出量の変化が気温の極端現象に及ぼした影響, 日本気象学会 2006 年度秋季大会, 同講演予稿集

- 塩竈秀夫, 永島達也, 野沢 徹, Simon A.C. (2006) 20 世紀前半の気温変動に対する自然起源強制力の寄与推定 (II), 日本気象学会 2005 年度秋季大会, 同講演予稿集
- 塩竈秀夫, 高橋 潔, 永島達也, 野沢 徹, 江守正多 (2007) 地球温暖化による降水量変化予測の排出シナリオ依存性, 日本気象学会 2007 年度秋季大会, 同講演予稿集
- 杉本憲彦, 橘 完太, 塩竈秀夫, 野沢 徹 (2007) 大規模気候データの高速自己組織化マップによる可視化抽出例, 日本気象学会 2007 年度秋季大会, 同講演予稿集
- Shiogama H., Nozawa T., Emori S. (2007) Robustness of climate change signals in near term predictions up to the year 2030, 10th Int. Meet. Stat. Climatol., Abstracts
- 高橋 潔 (2006) 長期機構安定化目標検討のための影響統合評価ツール開発, 第 1 回 IR3S/ICAS 国際シンポジウム, プログラム
- Takahashi K. (2006) Impact of change in extreme climate events, 11th AIM Int. Workshop
- 高橋 潔 (2006) 「危険な水準の温暖化」はいかにして回避することが可能か? - 京都議定書第一約束期間以降の目標設定と温暖化影響研究 -, 第 9 回日本生態学会公開講演会
- 高橋 潔 (2006) 温暖化の影響と適応, SAT イブニングセミナー Mar2006
- 高橋 潔 (2006) 適応研究の類型整理と課題検討, シンポジウム「地球温暖化・適応策」- 地球温暖化に対する適応策を考える -, 同予稿集
- 高橋 潔 (2006) 温暖化影響対策評価と文理融合, 第 2 回沼口敦さん記念シンポジウム「水循環環境科学のアプローチ」, プログラム
- Takahashi K. (2006) Evaluation of vulnerability in the Asia-Pacific region, Asia-Pac. Network Global Change Res. (APN) Sci. Symp., Program
- 高橋 潔 (2008) AR5 へ向けた動向, 気候変動将来推計情報の水文分野での利用促進シンポジウム, 同予稿集, 123
- Sudo K., Takigawa M., Nagashima T., Takahashi M. (2006) Chemistry-aerosol modeling in the FRCGC Earth System Model, 1st UJCC Int. Workshop Curr. Probl. Earth Syst. Modelling, Abstract (Web)
- 永島達也, 塩竈秀夫, 横島徳太, Simon A.C., 野沢 徹 (2006) 20 世紀中盤の地表気温に対する炭素質エアロゾル増加の影響, 第 11 回大気化学討論会, 同講演要旨集
- Nagashima T., Shiogama H., Yokohata T., Simon A.C., Nozawa T. (2006) Effect of carbon aerosols on the surface temperature trend in the 20th century, IAMAS 2005, Abstracts
- Nagashima T., K-1 Japan Project team (2006) An overview of K-1 Japan project for climate change projections, Predictability Evolut. Var. Multi-scale Earth System Int. Symp., Abstracts
- 渡辺真吾, 永島達也 (2006) 高解像度 AGCM を用いて重力波抵抗パラメタリゼーションを最適化する試み (II), 日本気象学会 2005 年度秋季大会, 同講演予稿集
- 永島達也, 塩竈秀夫, 横島徳太, 竹村俊彦, Simon A.C., 野沢 徹 (2006) 20 世紀中盤の地表気温変化に対する炭素質エアロゾル増加の影響, 日本気象学会 2005 年度秋季大会, 同講演予稿集
- Nozawa T. (2006) BC (black carbon) emissions for GCMs, 5th AeroCom Workshop, Program
- Nozawa T., Nagashima T., Shiogama H., CCSR/NIES/FRCGC Project Team (2006) Detecting and attributing external influences on the climate change in the 20th century, Northeastren Asian Symp. 2006 Clim. Change Carbon Cycle, Abstracts
- 野沢 徹 (2006) 過去の長期気候変化シグナルの検出とその要因推定, ISM シンポジウム「地球環境研究における統計科学の貢献」- 地球環境変動の不確実性への挑戦 -, 同講演予稿集
- Nozawa T. (2006) D&A studies with the MIROC model: Impact of carbonaceous aerosols on attributable warming and future prediction, IDAG Meet. 2007, Program
- 野沢 徹, 小尻利治, 小林 孝 (2006) 地球温暖化時の時空間高解像度降水分布の推定, 平成 17 年度京都大学防災研究所研究発表講演会, プログラム

- 荒井美紀, 宮坂貴文, 野沢 徹, 木本昌秀 (2007) アジアモンスーン域夏季降水に対するエアロゾルの影響, 日本気象学会 2007 年度秋季大会, 同講演予稿集
- 野沢 徹, 塩竈秀夫, 永島達也, 竹村俊彦 (2007) 人為起源の温室効果ガス増加による 20 世紀の昇温量推定に及ぼす炭素性エアロゾル増加の影響, 日本気象学会 2007 年度秋季大会, 同講演予稿集
- Nozawa T., Shiogama H., Nagashima T., Takemura T. (2007) Impact of carbonaceous aerosols on attributable warming and future prediction, 10th Int. Meet. Stat. Climatol., Abstracts
- Zhang X., Zwiers F.W., Hegerl G.C., Lambert F.H., Gillett N.P., Solomon S., Scott P., Nozawa T. (2007) Detection of human influence on 20th century precipitation trends, 10th Int. Meet. Stat. Climatol., Abstracts
- Nozawa T. (2008) Impact of carbonaceous aerosols on observationally constrained attributable warming and future prediction, 1st Int. Workshop Kakushin Program, Abstracts
- 長谷川聡, 江守正多, 三浦祐亮, 冨田浩文, 佐藤正樹 (2006) 全球雲解像モデル水惑星実験における温暖化による降水の力学・熱学的変化, 日本気象学会 2006 年度秋季大会, 同講演予稿集
- 長谷川聡, 江守正多, 塩竈秀夫, 三浦裕亮 (2007) 水惑星実験における SST と CO₂ 濃度の変化による降水の力学・熱学的変化, 日本気象学会 2007 年度秋季大会, 同講演予稿集
- Hasegawa A., Emori S. (2007) Effect of air-sea coupling in the assessment of CO₂-induced intensification of tropical cyclone activity, 1st International Summit on Hurricanes and Climate Change (poster)
- 花崎直太, 鼎信次郎, 沖 大幹 (2006) 統合水資源モデルによる地球温暖化に伴う世界の水需給変化の推定, 水文・水資源学会 2006 年研究発表会, 同予稿集
- 脇岡靖明, 高橋 潔, 原沢英夫, 久保田泉, 増井利彦, 亀山康子, 花崎直太 (2006) 長期目標設定に資する温暖化影響データベースの開発, 第 34 回環境システム研究論文発表会, 同講演集
- Masutomi Y., Takahashi K., Harasawa H., Matsuoka Y. (2008) Impact assessment of climate change for crop productivity considering uncertainties in climate modeling and emission scenarios, Int. Symp. Agric. Meteorol. (ISAM 2008), Abstracts, 79
- Masutomi Y., Takahashi K., Harasawa H., Matsuoka Y. (2008) Impact assessment of climate change for paddy rice productivity in Asia considering uncertainties in climate modeling and emission scenarios, Food Secur. Environ. Change, Abstracts, O11.03
- 岩男弘毅, 土田 聡, 西田顕郎, 川戸 渉, 小熊宏之, 岩崎 晃 (2006) 衛星による地球観測のための地上検証ネットワーク (PEN) を用いた観測結果, 日本リモートセンシング学会第 40 回学術講演会, 同講演論文集
- 山形与志樹, 水田秀行, 井上さやか, 熊倉広志, 中里裕美, 中村仁也 (2006) 空間ネットワーク間のダイナミクスを考慮したエージェントベースシミュレーションの構想 (持続可能な都市-地域システムとは? 地理的ネットワーク (GeoNet) のエージェントベースシミュレーションによる検討), ネットワーク生態学研究会 第 2 回サマースクール, 同予稿集
- 山形与志樹, 岩男弘毅 (2006) GeoGRID の地球温暖化研究への応用, GEO Grid Symp. 2006, なし
- 山形与志樹 (2006) 炭素動態把握のためのシステムアプローチ, 「システムアプローチで見えてきた東アジア陸域生態系の炭素動態」環境省地球環境総合研究推進費戦略プロジェクトワークショップ, 同予稿集
- 山形与志樹 (2006) 東アジアの炭素動態: 今後の課題と政策的含意, 「システムアプローチで見えてきた東アジア陸域生態系の炭素動態」環境省地球環境総合研究推進費戦略プロジェクトワークショップ, 同予稿集
- 菅野正人, 山形与志樹, 米 康光, 福士亮太 (2006) 航空レーザーによるカラマツ・トドマツ人工林の樹高と森林蓄積評価, 日本リモートセンシング学会 第 40 回学術講演会, 同講演論文集
- Yamagata Y., Ito A., Kinoshita T., Iwao K. (2006) Integrated system approach for the terrestrial carbon budget in Asia: Flux measurement, remote sensing, ecosystem and land models, ESSP 2006 OSC, Abstracts
- 水田秀行, 山形与志樹 (2007) 京都議定書における温暖化ガス排出量取引のシミュレーション研究, 第 26 回日本シミュレーション学会大会, 同大会発表論文集

Yokohata T., Emori S., Nozawa T., Ogura T., Okada N., Suzuki T., Tsushima Y., Kawamiya M., Abe-Ouchi A., Hasumi H., Sumi A., Kimoto M. (2006) Climate feedback processes in equilibrium and transient climate responses to CO₂ increase by general circulation models, 9th Int.Workshop Next Generation Clim. Models Adv. High Performance Comput. Facil., Abstracts

Yokohata T., Emori S., Nozawa T., Ogura N., Okada N., Suzuki T., Tsushima Y., Kawamiya M., Abe-Ouchi A., Hasumi H., Sumi A., Kimoto M. (2006) Transient climate response and reproducibility of present climate states by atmosphere-ocean coupled general circulation models, 3rd WGNE Workshop Syst. Errors Clim. NWP Models, なし

Yokohata T., Emori S., Nozawa T., Ogura T., Okada N., Suzuki T., Tsushima Y., Kawamiya M., Abe-Ouchi A., Hasumi H., Sumi A., Kimoto M. (2006) Role of climate feedback processes and ocean heat uptake in transient climate response to CO₂ increase on the atmosphere-ocean general circulation model, AGU 2006 Fall Meet., Abstracts

横島徳太, 江守正多, 野沢 徹, 小倉知夫, 對馬洋子, 阿部彩子, 羽角博康, 住 明正, 木本昌秀 (2006) CO₂増加に対する気候応答: 海洋熱吸収と海水アルベドフィードバック, 日本気象学会 2006年度春季大会, 同講演予稿集

横島徳太, 江守正多, 野沢 徹, 小倉知夫, 阿部彩子, 住 明正, 木本昌秀 (2006) 二酸化炭素増加に対する気候応答: 海洋と海水の役割, 日本地球惑星科学連合 2006年大会, 同予稿集 (CD-ROM)

横島徳太, 江守正多, 野沢 徹, 小倉知夫, 岡田直資, 對馬洋子, 鈴木立朗, 河宮未知夫, 阿部彩子, 蓮見博康, 住 明正, 木本昌秀 (2006) CO₂漸増地球温暖化実験: 様々なモデルにおける気候フィードバック, 日本気象学会 2006年度秋季大会, 同講演予稿集

竹村俊彦, 對馬洋子, 横島徳太, 野沢 徹, 永島達也, 中島映至 (2006) 大気大循環モデルによる20世紀の放射強制力の経年変化, 日本気象学会 2006年度秋季大会, 同講演予稿集

Yokohata T., Emori S., Nozawa T., Ogura T., Suzuki T., Tsushima Y., Kawamiya M., Abe-Ouchi A., Hasumi H., Sumi A., Kimoto M. (2007) Climate feedback processes in equilibrium and transient climate responses to CO₂ increase by general circulation models, Second International Conference on Earth System Modelling, -

横島徳太, 江守正多, 野沢 徹, 小倉知夫, 對馬洋子, 鈴木立郎, 河宮未知生, 阿部彩子, 羽角博康, 住 明正, 木本昌秀 (2007) CO₂平衡応答および過渡応答実験における気候フィードバック, 日本気象学会2007年春季大会, 同予稿集

Yokohata T., Emori S., Nozawa T., Ogura T., Tsushima Y., Kimoto M. (2007) Climate feedback analysis by an approximate partial radiative perturbation method, CFMIP/ENSEMBLES Workshop on assessment of cloud and water vapour feedback processes in GCMs, -

(4) 中核研究プロジェクト4: 脱温暖化社会の実現に向けたビジョンの構築と対策の統合評価

Ashina S. (2006) Overview of the Energy supply model, AIM Training Workshop 2006

芦名秀一, 藤野純一 (2006) 多地域電源計画モデルを用いたわが国電力部門における再生可能エネルギー導入ポテンシャルの定量的検討, エネルギー・資源学会 第23回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 同講演論文集

Ashina S. (2006) Development of energy supply model, 12th AIM Int.Workshop

Ashina S. (2006) Energy supply model, AIM Training Workshop 2006, Tsukuba, Japan, 2006

Ashina S., Fujino J. (2007) Simulation analysis of CO₂ reduction scenarios in Japan's electricity sector using multi-regional optimal generation planning model, 9th IAEE Eur. Conf., Proceedings

芦名秀一, 藤野純一 (2008) 低炭素社会実現のためのわが国家庭部門への水素エネルギー導入シナリオ, エネルギー・資源学会 第24回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 同講演論文集

芦名秀一, 池上貴志, 藤野純一 (2008) 太陽光・風力を活用した2050年低炭素社会エネルギー供給システムの検討-その2: エネルギー経済モデルを用いた日本における最適システム設計, エネルギー・資源学会 第24回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 同講演論文集

Ashina S. (2008) Advanced LCS modeling: Backcast model, 13th AIM Int. Workshop, Program

芦名秀一, 池上貴志, 藤野純一 (2008) 陽光・風力を活用した 2050 年低炭素社会エネルギー供給システムの検討—その 2: エネルギー経済モデルを用いた日本における最適システム設計, 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, 1-4.

池上貴志, 荒巻俊也, 花木啓祐 (2007) 下水熱利用地域冷暖房システムの二酸化炭素排出削減ポテンシャルの評価—東京都区部を対象として—, 電気学会メタボリズム社会・環境システム研究会, 電気学会研究会資料

池上貴志, 芦名秀一, 藤野純一 (2008) 太陽光・風力を活用した 2050 年低炭素社会エネルギー供給システムの検討—その 1: GIS を用いた世界の太陽光・風力ポテンシャル量の推計—, エネルギー・資源学会 第 24 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 同講演論文集

Ikegami T. (2008) Assessment of the global technical potential of solar and wind energy using geographic information system, 13th AIM Int. Workshop, Program

池上貴志, 芦名秀一, 藤野純一 (2008) GIS を用いた日本地域別の太陽光・風力の経済的ポテンシャルの推計, 第 27 回エネルギー・資源学会研究発表会, 第 27 回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文要旨集, 98

Ikegami T. (2008) Japan Scenarios towards Low-Carbon Societies, Economics, Energy and Environment (3E) Modeling Workshop 2008, Abstracts, 15-32

池上貴志, 荒巻俊也, 花木啓祐 (2008) 東京都区部における下水熱利用地域冷暖房システム導入による二酸化炭素排出削減ポテンシャルの推計, 土木学会第 63 回年次学術講演会, 同概要集, 291-292

神戸麻美子, 佐藤千恵, 山本泰弘, 石塚洋行, 坂入久美子, 熊谷 現, 山川泰子, 高島弘樹, 高木美紅, 岩渕裕子 (2008) すみたまちつくば～未来理想図 2030～, 第 2 回つくば 3E フォーラム, プログラム

Kainuma M., Hijioka Y., Takahashi K., Masui T., Harasawa H., Matsuoka Y. (2005) AIM/Impact model, Energy Modeling Forum

甲斐沼美紀子 (2005) 科学が解明する地球温暖化のメカニズム—我々に何ができるのか—, 「横浜市民大学 at 東洋英和」公開講座

Kainuma M. (2006) Economic instrument for climate change, スウェーデン—日本 気候変動に関するセミナー

Kainuma M. (2006) Low carbon scenario toward 2050 for Japan, U.S.-China-South Korea Econ. Environ. Modeling Workshop

Kainuma M. (2006) Emissions scenarios: SRES, post-SRES, MA, UNEP/GEO, and LCA, Expert Meet. “Developing visions for a Low-Carbon Society through sustainable development”

Kainuma M. (2006) Chapter 9: The future today (Scenario & outlook), Asia Pac. Reg. Consult. 1st draft 4th Global Environ. Outlook Rep. (GEO-4)

Kainuma M. (2006) Do IAMs do risk management—Technology deployment portfolios, Workshop Crit. Issues Clim. Change

Kainuma M. (2006) MDGs in AIM, Workshop Crit. Issues Clim. Change

Kainuma M. (2006) Co-benefits analysis—quantifying co-benefits by AIM (Asia-Pacific Integrated Model)—, Int. Workshop Clim. Actions Co-Benefit Opportunities

Kainuma M. (2006) Developing the Asia-Pacific with climate change consideration integrated—perspectives from 2050 project and further—, 16th Asia—Pac. Semin. Clim. Change—Asia-Pac. Approach Clim. Friendly Clim.—resilient Soc.—

Kainuma M. (2006) EMF22: Climate policy scenarios for stabilization and in transition introduction and objectives, EMF22

Kainuma M. (2006) Asia-Pacific Integrated Model (AIM) for the analysis of climate policy options, JAIST

甲斐沼美紀子 (2006) 気候変動の影響と対策: AIM モデルによるシミュレーション, 2006 年度法政大学後期人間環境セミナー II

甲斐沼美紀子 (2006) グローバルな温暖化問題と地域の環境問題, 持続可能な滋賀社会づくりフォーラム

- Kainuma M., Masui T., Fujino J., Hanaoka T., Harasawa H., Takahashi K., Hijioka Y., Matsuoka Y., Kawase R. (2006) GHG mitigation cost analysis in world regions and evaluation of climate policies – Application of AIM, 3rd Int. Workshop Integrated Clim. Models
- Kainuma M. (2006) Recent development of AIM models and activities, 11th AIM Int. Workshop
- Kainuma M. (2006) Future direction of AIM, 11th AIM Int. Workshop
- 甲斐沼美紀子 (2006) 温暖化防止に向けてのアジア地域の対策について, 第2 環境制御工学専攻国際シンポジウム – 変動する環境とその制御技術 –
- 甲斐沼美紀子 (2006) 温暖化防止に向けての日本及びアジア地域の対策について, 第47 期生産性トップ・マネジメント・クラブ
- 甲斐沼美紀子 (2006) 気候変動の影響と対策, 日立製作所システム開発研究所 (研修会講師)
- 明日香壽川, 甲斐沼美紀子, 須藤智則, 木村ひとみ (2006) 将来枠組み提案: メニューアプローチによるマルチステージおよびセクター目標の導入, 環境経済・政策学会 2006 年大会, 同報告要旨集 (Web)
- Kainuma M. (2007) Climate policy assessment project with Asian-Pacific integrated model (AIM), KCP Meet. World Bank
- 甲斐沼美紀子 (2007) IPCC 第4 次報告 第3 作業部会 (緩和), 「環境を考える経済人の会 21」
- 甲斐沼美紀子 (2007) IPCC 第4 次報告 第3 作業部会 (緩和), 国際連合大学ゼロエミッションフォーラム 第8 回総会記念講演会 – 地球温暖化と低炭素社会 –
- 甲斐沼美紀子 (2007) IPCC 第4 次報告 第3 作業部会 (緩和), 第32 回芙蓉環境ビジネス協議会
- 甲斐沼美紀子 (2007) 脱温暖化社会に向けて, 「環境科学特別講座 – 研究最前線からの報告」 – 上智大学・国立環境研究所連携講座 –
- 甲斐沼美紀子 (2007) WG-3 長期排出軌道 – 長期的視点からみた緩和 –, エネルギー・資源学会 平成19 年度第1 回講習会
- 甲斐沼美紀子 (2007) 低炭素社会実現に向けたシナリオ構築, 第5 回しずおか環境・森林フェア 環境保全セミナー – 脱温暖化社会に向けて –
- 甲斐沼美紀子 (2007) 低炭素社会の実現にむけたシナリオ開発, 第1 回つくば3E フォーラム
- Kainuma M., Hanaoka T. (2007) Energy efficiency in the year 2050, Clim. Change Impacts Integrated Assess. Workshop 13
- Kainuma M. (2007) Views on future research challenges/questions/directions on driving forces of global environmental change, IIASA Post-Conf.
- Kainuma K. (2008) Asia-Pacific Integrated Model (AIM) for assessment of climate policy options, 平成19 年度 JICA 温暖化対策研修
- Kainuma M. (2008) Sectoral mitigation potential analysis, 気候変動枠組条約第28 回補助機関会合 (SB28) における日本国サイドイベント
- Kainuma M. (2008) Form modeling policy implementator, Workshop Clim. Change Impacts Integrated Assess.
- Kainuma M., Nakicenovic N., Weyant J., Edmonds J., Kram T., Rose S. (2008) Integrated Assessment Modeling Consortium (IAMC), Integrated Assessment Modeling Consortium (IAMC), -
- Kainuma M. (2008) Case-study on greenhouse gas emissions reductions potentials in 2020-regional and sectoral analysis-, Int. Workshop Sectoral Emission Reduct. Potential
- 合田 意, 松岡 譲, 金森有子 (2007) 家計調査を用いた世帯属性と環境負荷発生量の係わりに関する研究, 京都大学環境衛生工学研究会, 環境衛生工学研究
- 金森有子, 山下隆久, 松岡 譲 (2007) 人口・世帯構成が環境負荷発生量に及ぼす影響について, 環境経済・政策学会 2007 年大会, 同報告要旨集
- Kanamori Y. (2007) Modeling of environmental load generation by household with household production and lifestyle model, AIM/APEIS Train. Workshop, Progarne
-

Kanamori Y. (2008) Proposal of household economy-environment accounts by household type, 13th AIM Int. Workshop, Program

Kanamori Y., Matsuoka Y. (2008) Development of a model for estimation of household consumption and Environmental load generation, SCORE! (Sustainable Consumption Res. Exch. Network), Proceedings

亀山康子, 田村堅太郎, 高村ゆかり, 蟹江憲史, 渡邊理絵 (2006) シナリオプランニングアプローチを用いた気候変動問題に関する将来枠組み分析, 環境経済・政策学会 2006 年大会, 同報告要旨集 (Web)

亀山康子, 久保田泉 (2007) 気候変動枠組条約第 2 条の究極目的の位置づけに関する一考察 - 多国間環境協定間比較を中心に, 環境経済・政策学会 2007 年大会, 同報告要旨集

亀山康子 (2008) IPCC と国際対応, 社団法人環境科学会 2008 年会

亀山康子 (2008) 国際関係学の到達点と今後, 社団法人環境科学会 2008 年会

亀山康子 (2008) 気候変動対処を目的とした次期国際枠組みの構造分析 - デルファイ手法およびクラスター分析を用いたアンケート調査結果, 環境経済・政策学会 2008 年大会, 同要旨集

久保田泉 (2006) 2013 年以降の気候変動対処のための国際枠組みにおける適応策, 第 10 回環境法政策学会, 同報告要旨集

Kubota I. (2006) Possible elements of adaptation policy in the post-2012 framework -Focusing on integrating daptation into sustainable development Strategy, Int. Stud. Assoc. 48th Annu. Conv., Program

久保田泉 (2007) 将来枠組みに関する諸提案の分析, 第 11 回環境法政策学会, 同報告要旨集

Takahashi K. (2006) Impact of change in extreme climate events, 11th AIM Int. Workshop

高橋 潔 (2006) 「危険な水準の温暖化」はいかにして回避することが可能か? - 京都議定書第一約束期間以降の目標設定と温暖化影響研究 -, 第 9 回日本生態学会公開講演会

高橋 潔 (2006) 温暖化の影響と適応, SAT イブニングセミナー Mar2006

高橋 潔 (2006) 適応研究の類型整理と課題検討, シンポジウム「地球温暖化・適応策」- 地球温暖化に対する適応策を考える -, 同予稿集

高橋 潔 (2006) 温暖化影響対策評価と文理融合, 第 2 回沼口敦さん記念シンポジウム「水循環環境科学のアプローチ」, プログラム

Takahashi K. (2006) Evaluation of vulnerability in the Asia-Pacific region, Asia-Pac. Network Global Change Res. (APN) Sci. Symp., Program

Hanaoka T. (2006) Aligning climate change and sustainability, JICA Group Train., Geogr. Surv. Ins.

Hanaoka T. (2006) Global CH₄ and F-gas emissions and mitigation potentials up to 2020: Analysis with the AIM/Enduse [Global]model, 2nd Meet. Task Force Hemispheric Transp. Air Pollut.

Hanaoka T., Hibino G., Miyashita M., Akashi O., Matsuoka Y., Fujino J., Kaimuma M. (2006) GHG emission reduction potentials and mitigation costs in world regions using the AIM/Enduse [Global] model, 8th Int. Conf. Greenhouse Gas Control Technol., Proceedings

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, 第 34 回環境システム研究論文発表会, 同講演集

花岡達也, 甲斐沼美紀子, 松岡 譲 (2006) 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, エネルギー・資源学会 第 23 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 同講演論文集

Hanaoka T., Kainuma M., Fujino J., Matsuoka Y., Akashi O., Hibino G., Miyashita M. (2006) Development of AIM/Enduse [Global] model -GHG emissions reductions and costs in Asia regions-, 12th AIM Int. Workshop

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, エネルギー・資源学会 第 24 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 同講演論文集

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, エネルギー・資源学会 第 24 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 同講演論文集

- Hanaoka T., Kanamori Y., Kainuma M., Matsuoka Y., Akashi O., Hasegawa T., Hibino G., Fujiwara K. (2008) GHG reductions potentials and mitigation costs in world regions, 13th AIM Int. Workshop, Program
- Hanaoka T. (2008) Aligning climate change and sustainability, JICA Group Train., Geogr. Surv. Inst.
- Hanaoka T., Kainuma M., Masui T., Hijioka Y., Matsuoka Y. (2008) Global and regional transition-related modeling—Application of AIM—, EMF22 Workshop
- Hijioka Y., Nair R., Kainuma M., Masui T., Takahashi K., Matsuoka Y., Harasawa H. (2006) Overview of asia pacific scenario quantification by AIM, Asia Pac. Scenario Dev. Meet. GEO 4
- Nair R., Hijioka Y., Masui T., Takahashi K., Matsuoka Y., Kainuma M., Harasawa H. (2006) Development and refinement of GEO 4 scenarios for the Asia Pacific region, Asia Pac. Scenario Dev. Meet. GEO 4
- 肱岡靖明, 高橋 潔, 原沢英夫, 久保田泉, 増井利彦, 亀山康子, 花崎直太 (2006) 長期目標設定に資する温暖化影響データベースの開発, 第34回環境システム研究論文発表会, 同講演集
- Hijioka Y., Masui T., Kainuma M., Akashi O. (2006) Asia Pacific scenario quantification by AIM—Contribution to global environmental outlook 4—, 12th AIM Int. Workshop, なし
- 日引 聡, 島根哲哉 (2006) 空間的自己相関モデルによるごみ処理手数料化のごみ排出削減効果の計量分析, 日本経済学会 2006年度秋季大会, プログラム
- Matsuda A., Hibiki A. (2006) Environmental behavior of the firm and financial market evaluation, AERNA 2006 (Span.-Port. Assoc. Natl. Resour. Environ. Econ.), Proceedins (Web)
- Hibiki A., Managi S. (2006) Environmental information provision, market valuation and firm incentives: empirical analysis in Japan, CORE 1st Conf., Program
- Hibiki A., Managi S. (2006) Environmental information provisions, valuation of the market and Firm's incentive: empirical analysis of PRTRs in Japan, ISEIM 2006, Program
- 藤野純一 (2006) 脱温暖化社会はなぜ必要か問われる日本の総合力, 環境省平成18年度主体間連携モデル推進事業見学会兼シンポジウム「世界遺産合掌造りを守る断熱気密補強」
- 藤野純一 (2006) 地球温暖化問題: なぜ対策が必要か, どんな対策があるのか, 環境問題学集会
- 藤野純一 (2006) 脱温暖化2050研究プロジェクト—シナリオと対策技術—, 精密工学会ライフサイクルエンジニアリング専門委員会, なし
- 藤野純一 (2006) 温暖化の科学と持続可能性, 国連大学サマースクール
- Fujino J. (2006) Modeling LCS to identify Trend-Breaking options, COP12 & COP/MOP2 Side Event
- Fujino J. (2006) Japan Low Carbon Societies (LCS) scenarios study toward 2050, 2006 AIM Training Workshop
- 藤野純一 (2006) 脱温暖化社会の姿とその実現シナリオ, 省CO₂型地域・都市づくりに向けた自治体実行モデルの構築に関する調査 第1ワーキング第1回会議
- 藤野純一 (2006) 地球温暖化—何が起こるか, どう防ぐか—問われる日本の総合力, 愛媛県地球温暖化防止活動推進センター「地球温暖化防止フォーラム」
- Fujino J. (2006) Future Work, 12th AIM Int. Workshop
- Fujino J. (2006) Japan LCS study, 12th AIM Int. Workshop
- Fujino J. (2006) AIM approach to develop models for climate change and MDGs through sustainable development, Lat. Am. Modeling & Scenarios Workshop
- Fujino J. (2006) AIM approach for regional sustainability scenario, EMF22
- 久保山裕史, 藤野純一, 安藤範親, 藤井重雄 (2006) 日本の森林の有効活用のための国産材競争力向上に関する検討, 第1回バイオマス科学会議, 同予稿集
- Fujino J., Masui T., Nair R., Kainuma M., Matsuoka Y. (2006) Multi-gas mitigation analysis on stabilization scenarios using AIM global model, EMF 21—Multigas Mitigation Climate Change—
- Fujino J. (2006) Model development for Japan low carbon society scenario toward 2050, JICA Training Course

- 藤野純一 (2006) 2050 年低炭素社会に向けた水素の役割, 水素エネルギー / 燃料電池に係わる社会受容性に関するタスクフォース (2) 第 2 回会合
- 藤野純一 (2006) 日本の 2050 年脱温暖化シナリオー日本の果たすべき環境リーダーシップは?ー, 環境先進自治体会議, 同予稿集
- Fujino J. (2006) Low carbon society scenarios toward 2050 —Model development in Japan and global challenges—, 11th AIM Int. Workshop
- Fujino J., Kainuma M., Hibino G., Hori H. (2006) Preliminary analysis on BC/OC model using AIM, EMF 22 Working Group Meet.: Clim. Change Control Scenarios-Black Carbon & Land Modeling Subgroups
- Fujino J., Masui T., Hijioka Y., Takahashi K., Harasawa H., Kainuma M., Matsuoka Y. (2006) AIM activities related to ecosystem modeling, EMF 22 Working Group Meet.: Clim. Change Control Scenarios-Black Carbon & Land Modeling Subgroups
- Fujino J. (2006) Low carbon society in Japan: Backcasting from 2050, Workshop on “What Can Be Learned from Champions of Ozone Layer Protection for Urban and Regional Carbon Management in Japan-”
- 藤野純一 (2006) 日本における脱温暖化社会ビジョンと実現に向けた取組, 公開シンポジウム「脱温暖化社会に向けた挑戦ー京都議定書発効から 1 年ー」
- 藤野純一 (2006) 脱温暖化社会 2050 シナリオと対策技術, 公開シンポジウム「日本の 21 世紀型業務部門温暖化対策技術普及シナリオとは?」
- Fujino J. (2006) Development of Japan low carbon society (LCS) scenarios toward 2050 and global challenges, AGS Annu. Meet. 2006
- Fujino J. (2006) Japan-UK leadership toward Low Carbon Society (LCS), Japan-UK Workshop 2006: Sustainable Dev. Eng.
- 藤野純一 (2006) なぜ長期的視点が必要なのか?ー脱温暖化社会に向けた挑戦ー, 環境&エネルギーマネジメント戦略特別セミナー
- 藤野純一 (2006) 日本の 2050 年脱温暖化シナリオー地方の役割・日本の役割ー, グリーンエネルギー導入促進会議
- 藤野純一 (2006) 脱温暖化 2050 研究プロジェクト概要と進捗, 「長期エネルギーシステム評価に関する委員会」第 3 回
- Fujino J. (2006) Role of technology to achieve low carbon society (LCS), Boat House III
- 藤野純一 (2006) 脱温暖化社会の実現に向けてー問われる日本の総合力ー, 第 3 回洋上風力発電フォーラム, 同講演集
- 藤野純一, 増井利彦, 甲斐沼美紀子, 榎原友樹, 日比野剛, 松岡 譲 (2006) 2050 年低炭素社会に向けたシナリオ開発研究 (その 3), エネルギー・資源学会 第 23 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 同講演論文集
- 藤野純一, 宮下真穂 (2006) 低炭素社会構築に向けて建築システムに求めたいことー脱温暖化 2050 研究プロジェクト研究結果から 1ー, シンポジウム「建築から見た今後の温暖化対策シナリオとは?」, 同予稿集
- 宮下真穂, 藤野純一 (2006) 低炭素社会構築に向けて建築システムに求めたいことー脱温暖化 2050 研究プロジェクト研究結果から 2ー, シンポジウム「建築から見た今後の温暖化対策シナリオとは?」, 同予稿集
- 藤野純一 (2006) 地球温暖化問題: なぜ対策が必要か, どんな対策があるのか, 東京ガス技術研究所講演会, なし
- 藤野純一 (2006) 脱温暖化社会に向けた中長期的政策オプションの多面的かつ総合的な評価・予測・立案手法の確立に関する総合研究プロジェクトの進捗状況, 第 5 回「気候変動問題に対する中長期的取組みのあり方に関する検討委員会」
- 藤野純一 (2006) 脱温暖化を目指した新しい社会システムのあり方, 平成 19 年電気学会全国大会, 同予稿集
- Fujino J. (2006) Developing visions for a Low-Carbon Society (LCS) through sustainable development, 1st Workshop “Developing visions for a Low-Carbon Society through sustainable development”

- 藤野純一 (2006) 脱温暖化 2050 研究プロジェクト-シナリオと対策技術-, インバース・マニュファクチャリングフォーラム 第 11 回総会
- Fujino J. (2006) Energy efficiency: a Short term goal in achieving Low Carbon Societies (LCS), Energy Res.Innovation Workshop-WIRE
- Fujino J. (2006) Japan LCS modelling study, results of First Japan-UK 2050 LCS WS and further, Quantifying Energy Scenarios of a Low Carbon Soc. —Annu.Energy Modelling Conf. (AEMC) UK Energy Res. Cent.—
- Fujino J. (2006) Overview of the Japan Low-Carbon Society (LCS) scenario modeling study, Workshop Jpn. Low Carbon Soc., Scenarios Toward 2050
- Fujino J. (2006) Japan Low-Carbon Society (LCS) scenarios, Accenture Eergy Advis. Board
- 藤野純一 (2006) 日本脱温暖化シナリオ, Open Symp. “Developing visions for a Low-Carbon Society through sustainable development”
- 藤野純一 (2006) 日本低炭素社会構築に向けた挑戦なぜ必要か? どうすれば実現できるのか?, エネルギー総合工学研究所 第 255 回月例研究会
- Fujino J. (2006) Scenario development to analyze Japan Low-Carbon (LCS) Society toward 2050, IDDri
- 藤野純一 (2006) なぜ長期的視点が必要か: 脱温暖化社会構築に向けた挑戦, エネルギー・資源学会 サマータークショップ
- 藤野純一 (2007) 低炭素化社会に向けた挑戦 問われる日本の総合力, 第 35 回技術予測シンポジウム
- 藤野純一 (2007) 「今後の地球温暖化の行方を問う - IPCC 第四次評価報告書を受けて -」 どうすれば 2050 年 50 %削減が読み取れるか?, 第 11 期環境と経営のビジネストレンド研究会
- 藤野純一 (2007) 「温暖化の現状と温暖化対策の可能性」 - 2050 年日本低炭素社会シナリオ -, 平成 19 年度環境問題研究会
- 藤野純一 (2007) 2050 年, CO₂ 排出 70 %削減のシナリオ, 環境経営フォーラム
- 藤野純一 (2007) 低炭素社会への道筋-削減目標とその方途, 大気環境学会 地球温暖化シンポジウム, 同予稿集
- 藤野純一 (2007) 日本にとって低炭素社会を目指す意味は?, 日本技術士会 月例会
- 藤野純一 (2007) 低炭素社会に向けた挑戦, エネルギー問題に発言する会
- 藤野純一 (2007) 2050 年低炭素社会に向けた挑戦-問われる日本の総合力-, 日本技術士会 化学部会
- 藤野純一 (2007) 2050 年低炭素社会に向けた挑戦-問われる日本の総合力-, 昭和電線講演会
- 藤野純一 (2007) 日本低炭素社会シナリオ, NTT ドコモネットワーク企画部講演会
- 藤野純一 (2007) 低炭素社会なぜ必要か? どうすればできるのか?, 脱・温暖化社会を築くための公開講座
- 藤野純一 (2007) 低炭素社会なぜ必要か? どうすればできるのか?, セイリング型洋上風力発電研究成果報告会
- 藤野純一 (2007) 低炭素社会に向けて-日本 2050 年 CO₂ 排出量 70 %削減シナリオ, 日本民営鉄道協会
- 藤野純一 (2007) 低炭素社会に向けてなぜ 2050 年半減が必要か? どうすれば実現できるのか?, 平成 19 年度地球温暖化防止活動推進員等研修会
- 藤野純一 (2007) 2050 年を目指した低炭素社会を考える, 第 2 回次世代環境技術研究会
- 藤野純一 (2007) 低炭素社会に向けた挑戦 2050 年 CO₂ 排出量 70 %削減のビジョン, 「カーボンマイナス都市の実現に向けて」 - 民間技術による環境と経済の両立 -
- 藤野純一 (2007) 将来を見据えた低炭素社会への道筋, 第 1 回大気環境委員会
- 藤野純一 (2007) 日本低炭素社会構築に向けて なぜ必要か? どうすればできるのか?, 第 46 回全国消費者大会・環境分科会, 同予稿集
- 藤野純一 (2007) 低炭素社会 なぜ必要か? どうすればできるのか?, 環境共生住宅推進協議会 会員交流セミナー, プログラム
- 藤野純一, 増井利彦, 甲斐沼美紀子, 松岡 譲, 榎原友樹, 日比野剛 (2007) 2050 年二酸化炭素排出量 70 %削減に向けたシナリオ構築分析, 第 35 回環境システム研究論文発表会, 同講演集

藤野純一 (2007) 低炭素社会に向けた挑戦 なぜ必要か? どうすればできるのか?, 東北大学大学院環境科学研究科 第5回環境技術シンポジウム

藤野純一 (2007) 低炭素社会に向けた挑戦 なぜ必要か? どうすればできるのか?, 日本化学会「産学交流フォーラム」: 資源・エネルギー・環境問題を考える-資源・エネルギー・環境問題の展望と、解決への取り組み・挑戦, プログラム

藤野純一 (2007) 低炭素社会なぜ必要か? どうすればできるのか?, 西東京市生活環境部環境保全課「西東京市エコリーダー養成講座」

藤野純一 (2007) 2050年低炭素社会に向けた挑戦-問われる日本の総合力-, 科学技術と経済の会 名古屋支部 第69回講演会, プログラム

Fujino J. (2007) Purpose of this workshop and introduction of Japan scenario, AIM Training Workshop 2007, Program

藤野純一 (2007) 低炭素社会に向けて, 日本LCA学会・LCA日本フォーラム共催 第5回LCA講演会, 同講演集

藤野純一 (2007) 脱温暖化社会はなぜ必要か 問われる日本の総合力, 野田興風会 長寿大学

藤野純一 (2007) 日本低炭素社会構築に向けた挑戦 なぜ必要か? どうすれば実現できるのか?, Climate Cafe 温暖化について考えるべきことを考える会

藤野純一 (2007) 低炭素社会に向けて-日本2050年70%削減シナリオの構築-, 第1回つくば3Eフォーラム, 同要旨集

Fujino J. (2007) Japan Low-Carbon Society (LCS) study, Cleantech-Global Opportunities Bus.

Fujino J. (2007) Developing Low-Carbon Society (LCS) scenarios through sustainable development, Chevron Meet.

Fujino J. (2007) Japan: Clear visions make it possible to reduce of 70% CO₂ emissions by 2050, COP13/CMP3 Side Event "Low-Carbon Asia: To be or not to be" How to Align Climate Change and Sustainable Development

Fujino J. (2007) Results from the Low-Carbon Society modelling research, Achieving Sustainable Low-Carbon Soc.

Fujino J., Masui T., Kainuma M., Ehara T., Hibino G., Kawase R., Matsuoka Y., Nishioka S. (2007) Feasibility study to develop Japan Low-Carbon Society for 70% CO₂ emission reduction below 1990 level, Int. Energy Workshop 2007 (IEW), Program

Fujino J. (2007) Developing Low-Carbon Society (LCS) scenarios toward 2050, Haagen-Smit Symp. 7th Annu. Meet., Program

Fujino J. (2007) Low-Carbon Society (LCS) scenarios toward 2050, Asia-Eur. Environ. Forum-Global clim. policy after 2012-ASEM's contrib.

Strachan S., Fujino J. (2007) Low Carbon Society (LCS) Modelling, Jpn. -UK Achieving Sustainable Low-Carbon Soc.

Fujino J. (2007) Developing Low-Carbon society (LCS) scenarios through sustainable development, Asia Energy Environ. Modeling Forum (AEEMF) 3rd Annu. Workshop

藤野純一 (2007) 2050年二酸化炭素排出量70%削減に向けたシナリオ構築分析, 第35回環境システム研究論文発表会, 東京, 2007.10

藤野純一, 山本博巳, 山地憲治, 森 裕子 (2008) 低炭素社会に向けた液体エネルギー供給に関する分析-世界エネルギーモデルを用いたバイオ液体燃料と非在来型原油の役割分析-, エネルギー・資源学会 第24回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 同講演論文集

藤野純一, 花岡達也, 芦名秀一, 井原智彦, 加藤文佳, 小杉隆信, 吉田好邦, 藤 澤, 池上貴志, 松橋隆治 (2008) 2007年エネルギー・資源学会サマワーショップからの提言-産業・市場・消費におけるイノベーションの役割は?- , エネルギー・資源学会 第24回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 同講演論文集

藤野純一 (2008) 低炭素社会に向けた挑戦 なぜ必要か? どうすればできるのか?, 循環型経済社会推進機構意見交換会 (第6回)

Fujino J. (2008) Low-Carbon Society (LCS) scenarios through sustainable development, JICA Training Course

藤野純一 (2008) 低炭素社会に向けた挑戦 問われる日本/つくばの総合力, 第1回つくば3Eカフェ

- 藤野純一 (2008) 低炭素社会に向けた挑戦 なぜ必要か? どうすればできるのか?, 埼玉県 20 年度エコアップ宣言作成及びエコアップ認証制度説明会
- 藤野純一 (2008) 低炭素社会に向けた挑戦 なぜ必要か? どうすればできるのか?, Green Japan Forum グリーンパワーキャンペーン分科会 パネル討論 1:「再生可能エネルギー:供給サイドの将来展望」
- 藤野純一 (2008) 低炭素社会に向けた挑戦 なぜ必要か? どうすればできるのか?, 科学技術と経済の会 FF 会ミニ研修会
- 藤野純一 (2008) 低炭素社会に向けた挑戦 なぜ必要か? どうすればできるのか?, 第 423 回地域開発研究懇談会
- Fujino J. (2008) Introduction of LCS: Outputs of 3rd LCS workshop and next step, 13th AIM Int. Workshop, Program
- 藤野純一 (2008) 低炭素社会に向けた挑戦 日本の取り組み・グローバルな取り組み, 筑波大学プレ戦略「サステイナビリティ・スタディーズの構築」グループ
- 藤野純一 (2008) 低炭素社会に向けた挑戦 なぜ必要か? どうすればできるのか?, JEITA 第 2 回産業社会制御システムフォーラム (特別講演), 同講演集
- 藤野純一 (2008) 低炭素社会に向けた挑戦 なぜ必要か? どうすればできるのか?, 東京西北ロータリークラブ卓話
- 藤野純一 (2008) 低炭素社会に向けた挑戦 なぜ必要か? どうすればできるのか?, 第 5 回環境委員会活動発表会 (日本電線工業会環境委員会), プログラム
- Fujino J. (2008) Japan Low-Carbon Society (LCS) study, EUSEW 2008, Program
- Fujino J. (2008) Delivering a Low-Carbon and Sustainable Society, NERO/OECD Workshop Econ. Clim.Change, Program
- 藤野純一 (2008) 低炭素社会に向けた挑戦 なぜ必要か, どうすればできるのか?, 持続可能な社会に向けたビジネスモデルを考える会
- 藤野純一 (2008) 日本低炭素社会シナリオ構築と都市の役割, 社団法人環境科学会 2008 年会, 同予稿集, 160-161
- 藤野純一 (2008) 日本低炭素社会に向けた挑戦~なぜ必要か, どうすればできるのか~, RICOH Office Solution 2008 ~次のステージへ~
- 藤野純一 (2008) 低炭素社会に向けた挑戦-なぜ必要か, どうすればできるのか?- , 特別区議会議員講演会 (平成 20 年度第 2 回)
- 小野塚智大, 増井利彦 (2006) タイにおける水勘定表の推定と応用一般均衡モデルへの適用, 環境経済・政策学会 2006 年大会, 同報告要旨集 (Web)
- 野口綾也, 増井利彦 (2006) 中国に対する環境・経済の両面で効果的な技術移転に関する分析, 環境経済・政策学会 2006 年大会, 同報告要旨集 (Web)
- Masui T., Kainuma M., Fujino J., Hanaoka T., Harasawa H., Takahashi K., Hijioka Y., Matsuoka Y. (2006) Integrated assessment of economy and climate (AIM), Econ. Modelling Integrated Assess. Clim. Change, Abstracts (Web)
- 増井利彦 (2006) アジアの大気汚染物質の排出, 日本気象学会 2006 年度春季大会専門分科会: アジアにおける広域大気汚染とその環境影響, 同講演予稿集
- Masui T. (2006) Recent advances in Asia-Pacific Integrated Model (AIM) framework and applications, Clim. Change Mitigation Strategies: Adv. Modeling Dev. Econom.
- Masui T (2006) Activities of APEIS, 12th AIM Int. Workshop, Program
- Masui T. (2006) Advanced LCS model: Backcast model, 12th AIM Int. Workshop, Program
- Masui T., Takahashi T., Hijioka Y., Harasawa H., Fujino J., Kainuma M., Matsuoka Y. (2006) Land-Use model in AIM (Asia-Pacific Integrated Model), EMF22
- Masui T. (2006) Top-down and bottom-up linkage in AIM (Asia-Pacific Integrated Model), Quantifying Energy Scenarios of a Low Carbon Soc. —Annu. Energy Modelling Conf. (AEMC) UK Energy Res. Cent.—

Masui T. (2006) Overview of AIM/CGE model, 2006 AIM Training Workshop

増井利彦 (2007) 2050 年低炭素社会への道筋, 環境文明 21 ワークショップ

増井利彦 (2007) 低炭素社会の構築に向けて, 東京工大 世界文明センター公開研究会 温暖化と 21 世紀文明 (4)

増井利彦 (2007) 2050 年低炭素社会への道筋, ひらつか地域エネルギー協議会総会

高山寛人, 増井利彦 (2007) アジア諸国の発展に伴う二酸化炭素排出量の変化と緩和策に関する分析, 環境経済・政策学会 2007 年大会, 同報告要旨集 (Web)

張 曉曦, 増井利彦 (2007) 中国瀋陽市における家庭部門のエネルギー需要見通しと省エネルギー対策の効果の定量分析, 環境経済・政策学会 2007 年大会, 同報告要旨集 (Web)

Masui T. (2008) Model for future scenario development, 13th AIM Int.Workshop, Program

増井利彦 (2008) 環境と経済の統合について - 温暖化の観点から, 「環境と経済の統合」についてのセミナー

柳下正治, 早瀬隆司, 松橋啓介, 濱田志穂, 山田章博 (2007) 社会変革のためのステークホルダー会議の可能性 - 持続可能な交通を事例として -, 環境科学会 2007 年会, 同講演予稿集

松橋啓介, 工藤祐揮 (2007) 2050 年の脱温暖化社会実現に向けた LRT の役割, 第 2 回人と環境にやさしい交通をめざす全国大会, 京都

松橋啓介 (2007) 2050 年までに日本の運輸部門 CO₂ を約 70 %削減する対策について, 第 1 回つくば 3E フォーラム, つくば

工藤祐揮, 松橋啓介, 小林伸治, 森口祐一 (2008) 地域による自動車利用の違いを考慮した乗用車・軽乗用車の走行距離の算出, エネルギー・資源学会 第 27 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 同講演論文集, 355-358

松橋啓介 (2008) 人と交通と地域はどこに向かうのか, 第 2 回つくば 3E フォーラム

松橋啓介, 工藤祐揮, 近藤美則, 加藤秀樹, 米澤健一, 青柳みどり, 小林伸治, 森口祐一 (2008) 低炭素社会の地域と交通のイメージ, 第 2 回つくば 3E フォーラム

Lee H.-L. (2006) Commentary on "Incentives and Institutions: Global strategies to address climate change" by Prof. Carlo Carraro, Int. Workshop Achiev. Kyoto Protocol Key Issues Post Kyoto Period

Lee H.-L. (2007) The GTAP land use data base and illustrative modeling approaches for economy-wide analysis of global land use and the potential for greenhouse gases mitigation in agriculture and forestry, Biofuel Assess. Conf.

Lee H.-L. (2007) The GTAP land use data base and illustrative modeling approaches for economy-wide analysis of global land use and the potential for greenhouse gases mitigation in agriculture and forestry, Dep. Agric. Econom., Natl. Taiwan Univ.

Lee H.-L. (2007) The GTAP land use data base and illustrative modeling approaches for economy-wide analysis of global land use and the potential for greenhouse gases mitigation in agriculture and forestry, Dep. Int. Trade, Chung Yuan Christ. Univ., Taiwan

Lee H.-L. (2007) The GTAP land use data base and illustrative modeling approaches for economy-wide analysis of global land use and the potential for greenhouse gases mitigation in agriculture and forestry, Dep. Econom., Natl. Chi Nan Univ., Taiwan

Lee H.-L. (2007) The GTAP land use data base and illustrative modeling approaches for economy-wide analysis of global land use and the potential for greenhouse gases mitigation in agriculture and forestry, Dep. Econom., Natl. Tsing Hua Univ., Taiwan

Lee H.-L. (2007) Analysis of global land use and the potential for greenhouse gas mitigation in agriculture and forestry, Lecture in Academia Sinica

Lee H.-L. (2007) Analysis of global land use and the potential for greenhouse gas mitigation in agriculture and forestry, Lecture in Natl. Chiayi Univ.

Xu Y., Jiang K., Masui T. (2006) Application of AIM/CGE Model for China: Exercises in 2006, 12th AIM Int. Workshop

Xu Y., Masui T. (2006) Assessing the environmental policies in China with AIM/CGE model, Prog. Workshop Res. Proj. Promot. Sustainable Dev. Context Reg. Econ. Integration

- Xu Y., Masui T. (2007) Assessing the impacts of a fuel tax in China using a computable general equilibrium model, Int. Energy Workshop 2007 (IEW), Program
- Xu Y., Jiang K., Masui T. (2008) CGE linkage with AIM/Enduse: Assessing energy intensity reduction target in china, 13th AIM Int. Workshop, Program
- Xu Y., Jiang K., Masui T. (2008) Global CGE model linking with bottom-up models, AIM/APEIS Train. Workshop, Programme
- Jiang K., Xu Y. (2008) China's Energy and Climate Policies, Transdisciplinary Initiative Global Sustainability (TIGS) Symp. 2008, Programme
-

(5) 関連研究プロジェクト

【プロジェクト1】

- 阿部 学, 塩竈秀夫, 野沢 徹, 江守正多 (2007) パーフェクトモデルテストによる気候変化予測と現在気候再現性の関係の評価, 日本気象学会 2007年度秋季大会, 同講演予稿集
- Okada N., Hasumi H., Oka A., Nozawa T. (2006) Variations in the atlantic meridional overturning circulation in the 20th century model simulations, 2006 Ocean Sci. Meet., Abstracts
- 塩竈秀夫, Christidis N., Caesar J., 横島徳太, 野沢 徹, 江守正多 (2006) 20世紀後半において温室効果ガス濃度とエアロゾル排出量の変化が気温の極端現象に及ぼした影響, 日本気象学会 2006年度秋季大会, 同講演予稿集
- 塩竈秀夫, 永島達也, 野沢 徹, Simon A.C. (2006) 20世紀前半の気温変動に対する自然起源強制力の寄与推定(II), 日本気象学会 2005年度秋季大会, 同講演予稿集
- 杉本憲彦, 橋 完太, 塩竈秀夫, 野沢 徹 (2007) 大規模気候データの高速自己組織化マップによる可視化抽出例, 日本気象学会 2007年度秋季大会, 同講演予稿集
- 永島達也, 塩竈秀夫, 横島徳太, Simon A.C., 野沢 徹 (2006) 20世紀中盤の地表気温に対する炭素質エアロゾル増加の影響, 第11回大気化学討論会, 同講演要旨集
- Nagashima T., Shiogama H., Yokohata T., Simon A.C., Nozawa T. (2006) Effect of carbon aerosols on the surface temperature trend in the 20th century, IAMAS 2005, Abstracts
- 永島達也, 塩竈秀夫, 横島徳太, 竹村俊彦, Simon A.C., 野沢 徹 (2006) 20世紀中盤の地表気温変化に対する炭素質エアロゾル増加の影響, 日本気象学会 2005年度秋季大会, 同講演予稿集
- Nozawa T. (2006) BC (black carbon) emissions for GCMs, 5th AeroCom Workshop, Program
- Nozawa T., Nagashima T., Shiogama H., CCSR/NIES/FRCGC Project Team (2006) Detecting and attributing external influences on the climate change in the 20th century, Northeastren Asian Symp.2006 Clim. Change Carbon Cycle, Abstracts
- 野沢 徹 (2006) 過去の長期気候変化シグナルの検出とその要因推定, ISM シンポジウム「地球環境研究における統計科学の貢献」- 地球環境変動の不確実性への挑戦 -, 同講演予稿集
- Nozawa T. (2006) D&A studies with the MIROC model: Impact of carbonaceous aerosols on attributable warming and future prediction, IDAG Meet. 2007, Program
- 荒井美紀, 宮坂貴文, 野沢 徹, 木本昌秀 (2007) アジアモンスーン域夏季降水に対するエアロゾルの影響, 日本気象学会 2007年度秋季大会, 同講演予稿集
- 野沢 徹, 塩竈秀夫, 永島達也, 竹村俊彦 (2007) 人為起源の温室効果ガス増加による20世紀の昇温量推定に及ぼす炭素質エアロゾル増加の影響, 日本気象学会 2007年度秋季大会, 同講演予稿集
- Nozawa T., Shiogama H., Nagashima T., Takemura T. (2007) Impact of carbonaceous aerosols on attributable warming and future prediction, 10th Int. Meet. Stat. Climatol., Abstracts
- Zhang X., Zwiers F.W., Hegerl G.C., Lambert F.H., Gillett N.P., Solomon S., Scott P., Nozawa T. (2007) Detection of human influence on 20th century precipitation trends, 10th Int. Meet. Stat. Climatol., Abstracts
-

Nozawa T. (2008) Impact of carbonaceous aerosols on observationally constrained attributable warming and future prediction, 1st Int. Workshop Kakushin Program, Abstracts

竹村俊彦, 對馬洋子, 横島徳太, 野沢 徹, 永島達也, 中島映至 (2006) 大気大循環モデルによる 20 世紀の放射強制力の経年変化, 日本気象学会 2006 年度秋季大会, 同講演予稿集

【プロジェクト 2】

名取俊樹 (2006) 地球温暖化の指標としてのハイマツの年枝生長, 第 53 回日本生態学会大会

【プロジェクト 4】

Yamano H., Shimazaki H., Murase T., Itou K., Sano S., Suzuki Y., Leenders N., Forstreuter W., Kayanne H. (2006) Construction of digital elevation models for atoll islands using digital photogrammetry, CoastGIS'06, Proceedings

Kayanne H., Yasukouchi T., Yamaguchi T., Yamano H., Yoneda M. (2007) Island formation and early settlement in Majuro Atoll, Marshall Islands, 21st Pac. Sci. Congr., Abstracts

Yokoki H., Hayashi T., Kuwahara Y., Sato D., Yamano H., Kayanne H., Watanabe M. (2007) Field survey and numerical calculation on beach profile changes around Laura Islet, Majuro Atoll, the Marshall Islands, 21st Pac. Sci. Congr., Abstracts

Sato D., Yokoki H., Kuwahara Y., Fujita K., Osawa Y., Yamano H., Kayanne H., Watanabe M. (2007) Numerical calculation of the change of waves and longshore sediment transports due to the sea-level rise on Majuro Atoll, the Marshall Islands, 21st Pac. Sci. Congr., Abstracts

Fujita K., Osawa Y., Yamano H., Kayanne H., Ide Y. (2007) Distribution and sediment production of larger benthic foraminifera on reef flats of Majuro Atoll, Marshall Islands, 21st Pac. Sci. Congr., Abstracts

Kuwahara Y., Yokoki H., Sato D., Yamano H., Kayanne H., Yamaguchi T., Sato K., Watanabe M. (2007) Zoning map based on field surveying of vegetation and land use on Majuro Atoll, the Marshall Islands, 21st Pac. Sci. Congr., Abstracts

Yamano H., Kayanne H., Yamaguchi T., Kuwahara Y., Yokoki H., Shimazaki H., Chikamori M. (2007) The Nature of Tuvalu's vulnerability to sea-level rise revealed by historical reconstruction, 21st Pac. Sci. Congr., Abstracts

Osawa Y., Fujita K., Ide Y., Kayanne H., Yamano H. (2007) Anthropogenic influences on foraminiferal distribution on reef flats of Majuro Atoll, Marshall Islands, 21st Pac. Sci. Congr. (Poster Session), Abstracts

Join J.-L., Yamano H., Banton O., Pennober G., Collaborators of the INTERFACE team (2007) Interface: An integrated research program to assess vulnerability of reef islands and coral reefs to climate change based on groundwater observation, 21st Pac. Sci. Congr. (Poster Session), Abstracts

茅根 創, 安河内貫, 山野博哉, 横木裕宗, 佐藤大作, 藤田和彦 (2007) マーシャル諸島マジュロ環礁における有孔虫砂の生産-運搬-堆積収支, 日本サンゴ礁学会 第 10 回大会, 同講演要旨集

大西俊次, 今枝良平, 佐野滋樹, 伊藤和弘, 山野博哉, 茅根 創 (2007) マーシャル諸島マジュロ環礁における GPS 測量とジオイド, 第 108 回日本測地学会秋季大会, 同講演要旨集

Yamano H., Kayanne H., Yamaguchi T., Kuwahara Y., Yokoki H., Shimazaki H., Chikamori M. (2007) The nature of Tuvalu's vulnerability to flooding and inundation revealed by historical reconstruction for 108 years, GeoHab 2007, Abstracts

【プロジェクト 5】

Yamano H. (2006) The use of multi-temporal satellite images to estimate intertidal reef-flat topography, CoastGIS'06, Proceedings

山野博哉, 古瀬浩史, 佐藤崇範 (2007) 環境教育・行政・研究者のネットワークを活用した 2007 年夏のサンゴ白化データの収集, 日本サンゴ礁学会 第 10 回大会, 同講演要旨集

山野博哉, 杉原 薫, 渡邊 剛, 島村道代, Kiseong Hyeong (2007) 日本と韓国に分布する造礁サンゴの群集組成と骨格年輪を用いた環境指標の構築, 日本サンゴ礁学会 第10回大会, 同講演要旨集

永田俊輔, 杉原 薫, 山野博哉 (2007) 高緯度域でみられる *Favia* の形態的特徴, 日本サンゴ礁学会 第10回大会, 同講演要旨集

山野博哉 (2007) 日本におけるサンゴ礁の分布, 2007年度日本海洋学会秋季大会, 同講演要旨集

【プロジェクト6】

Kubota I. (2006) Possible elements of adaptation policy in the post-2012 framework -Focusing on integrating daptation into sustainable development Strategy, Int. Stud.Assoc. 48th Annu. Conv., Program

久保田泉, 高橋 潔, 肱岡靖明 (2006) 政策決定支援のための適応研究に関する検討, 第20回環境研究発表会, 環境研究科学論文集 20, 457-462

高橋 潔 (2006) 長期機構安定化目標検討のための影響統合評価ツール開発, 第1回 IR3S/ICAS 国際シンポジウム, プログラム

高橋 潔 (2008) AR5 へ向けた動向, 気候変動将来推計情報の水文分野での利用促進シンポジウム, 同予稿集, 123

花崎直太・鼎信次郎・沖 大幹 (2006) 統合水資源モデルによる地球温暖化に伴う世界の水需給変化の推定, 水文・水資源学会 2006年研究発表会, 同要旨集, 42

Hanasaki N., Kanae S., Oki T. (2007) "A global water resources assessment under climate change: A perspective on sub-annual variation in water resources and water use" EGU General Assembly 2007, Wien, Geophysical Research Abstracts, Vol. 9, 08473

Hanasaki N., Kanae S., Oki T. (2007) An integrated model for global water resources assessments: A perspective on sub-annual variation in renewable freshwater and water use, Hydrology delivering Earth System Science to Society, HESS Abstract

花崎直太, 内海信幸, 山田智子, 沈 彦俊, Magnus Bengtsson, 大瀧雅寛, 鼎信次郎, 沖 大幹 (2007) 温暖化時の水資源影響評価のための全球統合水資源モデルの開発, 第51回水工学講演会, 水工学論文集第51巻, 229

花崎直太, 増富祐司, 高橋 潔, 肱岡靖明, 原沢英夫, 松岡 譲 (2007) 「温暖化政策支援モデルのための全球水資源影響関数の開発」第35回環境システム研究論文発表会, 同講演集, 367-374

松本幸雄, 原沢英夫, 椿 貴博, 佐々木寛介, 田村憲治 (2006) 温暖化にともなうオキシダント濃度の変化と健康影響の予測 - 東京, 大阪周辺を例に -, 第47回大気環境学会年会, 同講演要旨集 (CD-ROM)

Hijioka Y., Nair R., Kainuma M., Masui T., Takahashi K., Matsuoka Y., Harasawa H. (2006) Overview of asia pacific scenario quantification by AIM, Asia Pac.Scenario Dev. Meet. GEO 4

Nair R., Hijioka Y., Masui T., Takahashi K., Matsuoka Y., Kainuma M., Harasawa H. (2006) Development and refinement of GEO 4 scenarios for the Asia Pacific region, Asia Pac. Scenario Dev. Meet. GEO 4

肱岡靖明, 高橋 潔, 原沢英夫, 久保田泉, 増井利彦, 亀山康子, 花崎直太 (2006) 長期目標設定に資する温暖化影響データベースの開発, 第34回環境システム研究論文発表会, 同講演集

肱岡靖明, 高橋 潔, 久保田泉 (2006) 統合評価モデルを用いた温室効果ガス安定化濃度目標下におけるイネ・小麦の潜在生産変化の国別影響評価, 第20回環境研究発表会, 同講演集, 19-24

肱岡靖明, 高橋 潔, 久保田泉 (2007) 気候安定化レベル検討のための支援ツール開発 - 温暖化影響データベース, 第21回環境研究発表会, 同論文集, 423-428

Hijioka Y. (2008) Development of AIM/Impact [Policy], The 13th AIM International Workshop

Masutomi Y., Matsuoka Y. (2006) Development and Validation of Global Drainage Basin Database in Asia-Pacific Region (GDBD-AP), Asia Oceania Geosciences Society 3rd Annual Meeting, Abstract, 197

Masutomi Y., Matsuoka Y. (2006) Development and Validation of Global Drainage Basin Database in Asia-Pacific Region (GDBD-AP), 3rd APHW Conference, Abstract CD-R, ST1-49-A50-132

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 2006 年度研究発表会, 同要旨集, 48-49

増富祐司, 乾 祐介, 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, 同講演論文集, 137-144

増富祐司, 花崎直太, 高橋 潔, 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, 同講演集, 235-241

Masutomi Y., Takahashi K., Harasawa H., Matsuoka Y. (2008) Impact assessment of climate change for crop productivity considering uncertainties in climate modeling and emission scenarios, Int.Symp. Agric. Meteorol. (ISAM 2008), Abstracts, 79

Masutomi Y. (2008) Risk Assessment of Climate Change for Crop Productivity in Asia, 2nd. Climate Risk Assessment Workshop

Masutomi Y. (2008) Risk Assessment of Climate Change for Crop Productivity in Asia, 13th. AIM International Workshop

【プロジェクト 8】

Kainuma M. (2006) Asia-Pacific environmental innovation project (APEIS) -Environmental innovation for sustainable development-, CSD-14 Partnerships Fair

Kainuma M. (2006) Use of strategic databases in integrated models, Workshop Clim.Change Mitigation Strategies: Adv. Modeling Develop. Econom.

Kainuma M. (2006) FY2007 implementation plan of APEIS-IEA, 6th RCC APEIS

Kainuma M. (2006) FY2006 research progress of APEIS-IEA, 6th RCC APEIS

Kainuma M. (2007) Views on future research challenges/questions/directions on driving forces of global environmental change, IIASA Post-Conf.

Hijioka Y., Masui T., Kainuma M., Akashi O. (2006) Asia Pacific scenario quantification by AIM —Contribution to global environmental outlook 4—, 12th AIM Int. Workshop

Fujino J. (2007) Purpose of this workshop and introduction of Japan scenario, AIM Training Workshop 2007, Program

Fujino J. (2007) Japan: Clear visions make it possible to reduce of 70% CO₂ emissions by 2050, COP13/CMP3 Side Event “Low-Carbon Asia: To be or not to be” How to Align Climate Change and Sustainable Development

Fujino J. (2008) Low-Carbon Society (LCS) scenarios through sustainable development, JICA Training Course

増井利彦 (2006) アジアの大気汚染物質の排出, 日本気象学会 2006 年度春季大会専門分科会: アジアにおける広域大気汚染とその環境影響, 同講演予稿集

Masui T. (2006) Overview of AIM/CGE model, 2006 AIM Training Workshop

Xu Y., Jiang K., Masui T. (2006) Application of AIM/CGE Model for China: Exercises in 2006, 12th AIM Int. Workshop

Xu Y., Masui T. (2006) Assessing the environmental policies in China with AIM/CGE model, Prog. Workshop Res. Proj. Promot. Sustainable Dev. Context Reg. Econ. Integration

Xu Y., Jiang K., Masui T. (2007) Hybrid modeling: Assessing energy intensity reduction target in China, 3rd Asia Energy Environ. Modeling Forum (AEEMF)

3 書籍

発表者・(暦年)・題目・学会等名称・予稿集名

- 江守正多 (2006) (コラム 9) 気候シミュレーションは未来へのメッセージ, 気候変動 + 2°C (山本良一編, ダイヤモンド社, 144p.), 110
- 寺門和夫, 江守正多 (2008) 図解雑学 地球温暖化のしくみ, ナツメ社, 223
- 江守正多 (2008) 地球が大変! ぼくたちわたしたちにできることは?, フレーベル館, 24
- 江守正多 (2008) こおりにのったペンギン ポーとちきゅう (1), ダイヤモンド社, 32
- 江守正多, NHK「気候大異変」取材班 (2006) NHK スペシャル 気候大異変 地球シミュレータの警告, NHK 出版, 131p.
- 山形与志樹 (2006) 陸域生態系の炭素吸収源機能評価 - 京都議定書の第2約束期間以降における検討にむけて -, 独立行政法人国立環境研究所 地球環境研究センター, CGER-D039-2006, 181p.
- Dairaku K., Emori S. (2007) Potential hydrological change due to greenhouse warming. In: Water-related disasters, climate variability and change: results of tropical storms in East Asia, Matsuura T., Kawamura R. (eds), Transworld Research Network, 105-123.
- 谷本浩志 (2007) 3.1 大気汚染物質, 3.1.2 オゾン・PAN, 環境化学, 第5版実験化学講座 20-2 巻, (鷺田伸明編), 丸善
- 遠嶋康徳 (2007) 2.1.2 清浄大気の調査法, 3.1.6 亜酸化窒素, 3.1.14 酸素, 環境化学, 第5版実験化学講座 20-2 巻, (鷺田伸明編), 丸善
- Nozawa T., Nagashima T., Ogura T., Yokohata T., Okada N., Shiogama H. (2007) Climate Change Simulations with a Coupled Ocean-Atmosphere GCM Called the Model for Interdisciplinary Research on Climate: MIROC CGER'S SUPERCOMPUTER MONOGRAPH REPORT, 12, 79p.
- 野尻幸宏 (2007) 第3章 2.8項 海洋の二酸化炭素の測定から, 第5版実験化学講座 20-2 環境化学, (日本化学会編), 丸善
- Bindoff N.L., Willebrand J., Artale V., Cazenave A., Gregory J., Gulev S., Hanawa K., Le Quere C., Levitus S., Nojiri Y., Shum C.K., Talley L.D., Unnikrishnan A. (2007) Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level. In: Climate Change (2007) The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L. (eds.)], Cambridge University Press, United Kingdom and New York, NY, US., pp385-432.
- Rothman D.S., Agard J., Alcamo J., Alder J., AlZubari W.K., der Beek T., Chenje M., Eickhout B., Florke M., Galt M., Ghosh N., Hemmings A., Hernandez-Pedresa G., Hijioka Y., Hughes B., Hunsberger C., Kainuma M., Kartha S., Miles L., Msangi S., Ochola W.O., Madruga R.P., Pirc-Velkarvh A., Ribeiro T., Ringler C., Rogan-Finnemore M., Sall A., Schaldach R., Stanners D., Sydnor M., van Ruijven B., van Vuuren D., Verburg P., in Verzano K., Zockler C. (2007) The future today, in Global Environment Outlook 4, UNEP, 395-454.
- 町田敏暢 (2007) 2.1.3.b 航空機観測, 3.1.4 二酸化炭素, 環境化学, 第5版 実験化学講座 20-2 巻 (鷺田伸明編), 丸善
- Yamano H., Shimazaki H., Murase T., Itou K., Sano S., Suzuki Y., Leenders N., Forstreuter W., Kayanne H. (2007) Construction of digital elevation models for atoll islands using digital photogrammetry. In: Woodroffe C.D., Bruce E., Puotinen M., Furness R.A. (eds.) GIS for the Coastal Zone: A Selection of Papers from Coast GIS 2006 (Wollongong Papers on Maritime Policy, No.16). Australian National Centre for Ocean Resources & Security, University of Wollongong, Wollongong, Australia, pp.165-175.
- 野尻幸宏 (2008) 地球温暖化と将来世界, 現代社会と科学技術, 東島 清・大貫惇睦編著, 大阪大学出版会, (印刷中)

4 特許等

出願者 国立環境研究所 町田敏暢, 気象庁長官, 株式会社ジャムコ
発明の名称: 航空機搭載型二酸化炭素連続測定装置
出願番号: 特願 2007-266386
出願日: 2007 年10 月12 日

出願者 国立環境研究所 町田敏暢, 気象庁長官, 株式会社ジャムコ
発明の名称: 航空機搭載型大気自動フラスコサンプリング装置
出願番号: 特願 2007-266387
出願日: 2007 年10 月12 日

REPORT OF SPECIAL RESEARCH FROM
THE NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES, JAPAN

国立環境研究所特別研究報告

SR－ 82 － 2008

平成 20 年 12 月 26 日発行

編 集 国立環境研究所 編集委員会

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 16 番 2

電話 029-850-2343 (ダイヤルイン)

印 刷 株式会社 イ セ ブ

〒305-0005 茨城県つくば市天久保 2 丁目 11-20

Published by the National Institute for Environmental Studies

16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8506 Japan

December 2008

無断転載を禁じます