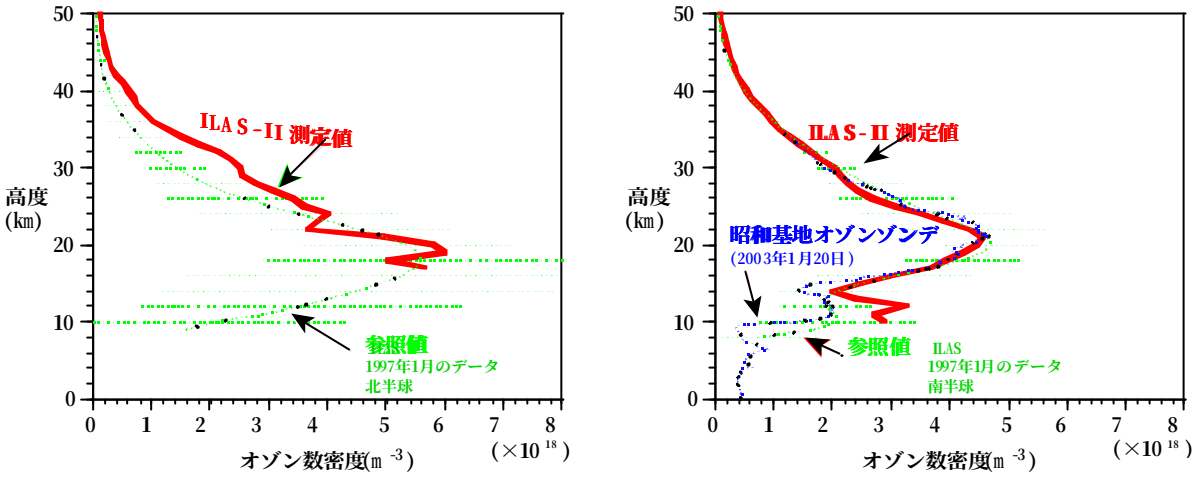
ISSN 0917-0820

独立行政法人　国立環境研究所

地球環境研究センターニュース

Center for Global Environmental Research



【地球環境研究センターのILAS-IIデータ処理運用施設で処理された衛星センサILAS-IIのオゾンの初期観測データ（左は北半球、右は南半球、本文20ページ参照)】

2003年(平成15年)2月号(通巻第147号)　***Vol. 13　No. 11***

◇目　次◇

●地球温暖化研究イニシャティブ第2回影響・リスク評価プログラム会合の報告
　社会環境システム研究領域環境計画研究室　室長　　原沢 英夫

●IGBP/IHDP/WCRP合同グローバル・カーボン・プロジェクト(GCP)共同議長による講演(II)
　○炭素と気候のカップリング　WCRP (Robert Dickinson)
　○炭素循環と気候システムにおける人為的側面　IHDP (Oran Young)

●地球環境研究*up-to-date*インタビュー：第10回
　○東京大学気候システム研究センター長(教授)　　住 明正氏

●地方の時代：自治体は地球環境問題にどう取り組む？
　○人・環境にやさしい糸満市庁舎
　　沖縄県糸満市総務企画部契約管財課　検査担当　　金城 寛

●地球環境研究センターを“一”から知ろう
　○ILAS-IIデータ処理運用システムの本格運用始まる
　　地球環境研究センター　衛星観測担当　　横田 達也

●環境省だより
　○オゾン層観測センサ(ILAS-II)の運用に向けて　　環境省地球環境局研究調査室　　奈良 税

●地球環境研究センター活動報告(1月)

独立行政法人　国立環境研究所　地球環境研究センター
Homepage:http://www.nies.go.jp
http://www-cger.nies.go.jp

地球温暖化研究イニシャティブ
第2回影響・リスク評価プログラム会合の報告

社会環境システム研究領域環境計画研究室
室長　　原沢 英夫

2002年11月6日に総合科学技術会議の進める地球温暖化研究イニシャティブの影響・リスク評価プログラムの第2回会合が開催された。参加者は100名に及び、温暖化の影響研究の現状と今後の方向について活発な議論が行われた。現在進められている地球温暖化研究イニシャティブ、特に影響・リスク評価プログラムの進捗状況について紹介するとともに、この会合の概要について報告する。

1. 地球温暖化研究イニシャティブ

(1)環境分野の推進戦略

地球温暖化研究イニシャティブについては地球環境研究センターニュースでも何回か紹介されている(地球環境研究センターニュースVol.13 No.2、No.3、No.5)。重複するが、簡単に総合科学技術会議の地球温暖化研究イニシャティブ(以下、温暖化イニシャティブ)について紹介する。

総合科学技術会議が設置されたのが2000年1月であり、3月30日には第二期科学技術基本計画が閣議決定された。この基本計画は、平成13年度から5ヵ年の科学技術の方針を示しているが、その中で、国家的、社会的課題に対応した研究開発の重点化を行うとして、ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテク・材料が重点分野として挙げられた。

環境分野については推進戦略が示され、①地球温暖化、②ゴミゼロ型・資源循環型技術、③自然共生型流域圏・都市再生技術、④化学物質リスク総合管理、⑤地球規模水循環変動、が研究イニシャティブとして決定された。ここで「研究イニシャティブ」とは、関係省庁が連携して政策目標の達成に至る道筋を設定したシナリオの下に複数のプログラムを有機的に結びつけたものと位置づけされている。従来の研究は規模にかかわらず「プロジェクト」と位置づけられ、イニシャティブ－プログラム－プロジェクトの仕組みが整うことになる。平成14年度から①～③の研究イニシャティブが開始され、次年度以降④、⑤が開始される予定である。

今後わが国の地球温暖化研究については、温暖化イニシャティブを中心に展開していくことになる。時期を同じくしてIPCC(気候変動に関する政府間パネル)の第四次評価報告書の作成が始まるなど、温暖化研究が国際的にも新たに展開しつつあること、京都議定書が近々発効し温暖化防止対策が本格化することから、温暖化研究の一層の推進と、得られた研究成果や情報の内外への発信がますます重要になってきた。地球温暖化研究イニシャティブの詳細については2003年度中に発刊予定である年次報告書を参照いただきたい。

(2)温暖化イニシャティブ

温暖化イニシャティブの目的とするところは、気候変動枠組み条約の究極的な目標である、大気中の温室効果ガス濃度の安定化に資する現象、影響、対策に関する科学的知見を得ることであり、6つの研究プログラムから構成される。すなわち、①温暖化総合モニタリングシステム、②温暖化将来予測・気候変化、③温暖化影響・リスク評価、④温室効果ガス固定化・隔離技術開発、⑤エネルギー等人為起源温室効果ガス排出抑制技術の開発、⑥温暖化抑制政策の各研究プログラムである。

6つの研究プログラムは、気候変動研究分野(①、②、③、⑥)と対策技術研究分野(④、⑤)とにグルーピングされ、気候変動研究分野については、運営会合を設置し、ほぼ月1回の頻度で会合を開いて、温暖化イニシャティブと各研究プログラム間、及び研究プログラム間のコミュニケーションをはかっている(図1)。

各研究プログラムは現在様々な研究資金で実施されている個々の研究課題(プロジェクト)を上記目標を達成するための研究課題群として位置付け、舵取りをするものである。当初の方針では、研究プログラム独自で研究を企画し実施するものではなかったが、運営会合の議論の過程で、単にプロジェクトの舵取りだけではなく、研究プログラムとしての研究企画・提案や仕組みについても検討を行っている。

(3)影響・リスク／抑制政策プログラム会合

影響・リスク評価プログラムと温暖化抑制政策プログラムは、緊密な連絡をとりながら進めることが必要との認識から、共同して事務局を国立環境研究所に設置し、活動を行っている。2002年5月2日に第1回影響・リスク／抑制政策プログラム会合を開催して以来、運営会合においてプログラムの活動方針等を議論してきた。その過程で、研究課題代表者のみでなく専門家をまじえて舵取りをするコアメンバー会合、気候シナリオについて検討するワーキンググループ、研究マップ作成のための作業やアンケート調査の企画と実施、活動内容を対外的に発信する方法を検討してきた。

第2回プログラム会合は、別々に企画し、11月6日に影響・リスク評価プログラム会合、そして11月30日に温暖化抑制政策プログラム会合にかえて、政策決定者をも巻き込んだワークショップを開催した。

2. 第2回影響・リスクプログラム会合の概要

参考までに本会合の目的と日時・場所、プログラムを表1に示した。100名弱の参加を得て、影響・リスク分野における研究の現状や今後の課題について熱心な議論が行われた。

(1)第1セッション(午前)

温暖化イニシャティブのリーダーである石井紫郎議員によるイニシャティブの目的等の講演に続き、気候変動分野の市川惇信座長に運営会議における議論、影響・リスクプログラムへの期待について講演いただいた(写真1)。

続けて、影響・リスク評価プログラムの三村信男世話人からはプログラム会合の方針や活動状況について講演いただいた(写真2)。

影響・リスク研究と取り巻く国際的な動向及び関連の深い他のイニシャティブについてそれぞれ筆者と西澤泰彦補佐(総合科学技術会議事務局)が報告した。

前回のプログラム会合は、各省庁から提出された研究課題の代表者を中心として、クローズドの会合であったが、活動を開始して半年が経過し、ある程度プログラムの方向性も見えてきた段階での会合であったので、広く産官学に参加を呼びか

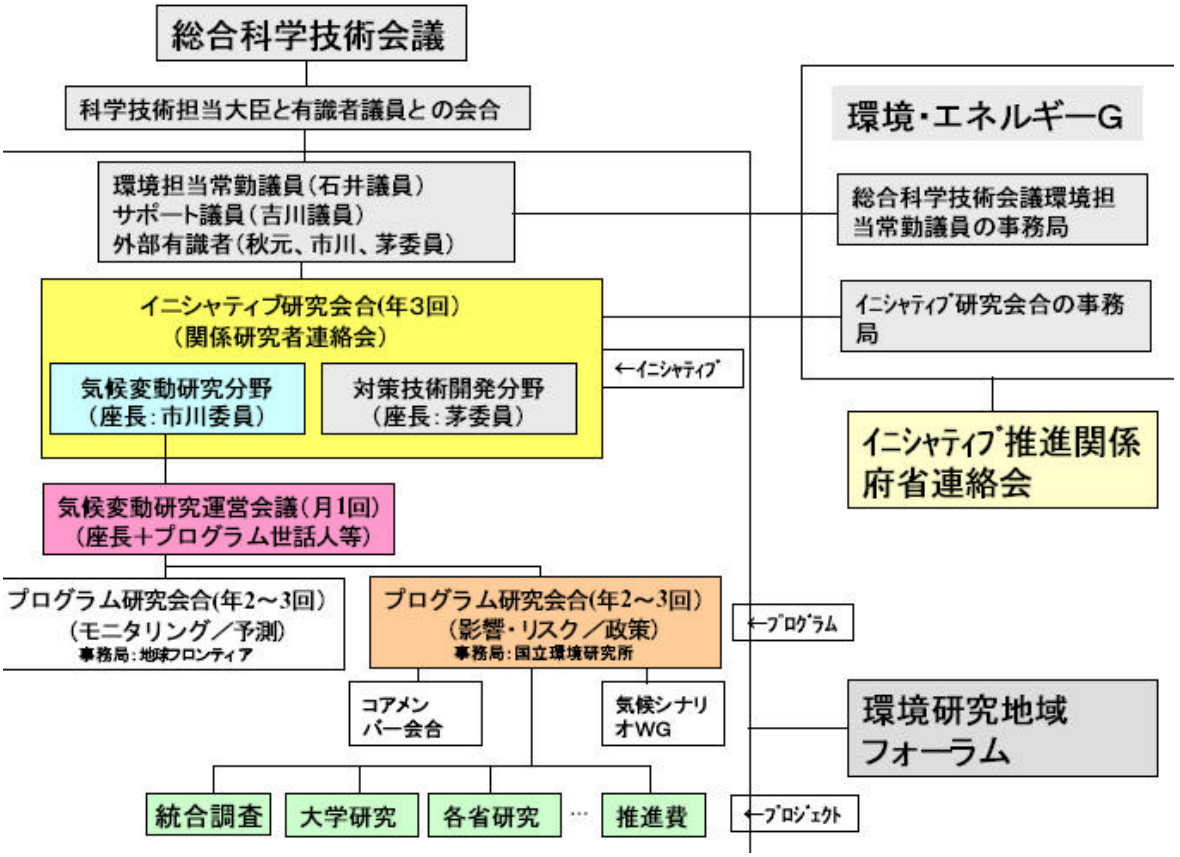


図1　地球温暖化研究イニシャティブの推進体制

表1　総合科学技術会議 地球温暖化研究イニシャティブ 第2回影響・リスク評価プログラム会合 プログラム

１．目的
・影響・リスク分野の研究者および研究管理担当者に温暖化イニシャティブの紹介
・研究マップ作成など影響・リスク評価プログラムの目標・方針の紹介
・各分野の研究計画の交流と温暖化イニシャティブとの連携
・今後の方針、研究展望に関する討論
２．日時・場所
・日時：11月6日(水)　午前10時～午後５時／・場所：主婦会館プラザエフ　7階カトレア
３．プログラム(敬称略)
(午前)　司会：農環研　林　陽生
10:00-10:15　挨拶　石井紫郎議員（総合科学技術会議）
10:15-10:45　温暖化イニシャティブの背景、目標、方針　市川惇信座長
10:45-11:10　影響・リスク評価プログラムの研究マップと方針　三村信男（茨城大）
11:10-11:30　国際的な研究計画の状況　原沢英夫（環境研）
11:30-12:10　関連イニシャティブの動向　西澤泰彦（総合科学技術会議事務局）
13:00-15:30　各分野からの研究計画の報告　司会：原沢英夫（環境研）
1)地域気候シナリオ　横田寛伸（気象庁）・佐藤康雄（気象研）
2)水資源　吉谷純一（土木研）
3)健康影響　兜真徳（環境研）
4)生態系　大政謙次（東大）
5)農林業　林陽生（農環研）
6)漁業　明田定満（水産工研）
7)沿岸影響・防災・国土保全　吉田等（国総研）
8)水災害　松浦知徳（防災技研）
9)その他の計画　原沢英夫（環境研）
15:45-16:50　総合討論　影響・リスク研究は何を目指すべきか　司会：三村信男（茨城大）
16:50-17:00　閉会

けての会合として企画した。ただし、まだ研究者ネットワークなどの影響・リスクプログラムに関わる人的ネットワークができておらず、関連学会のメーリングリストなどや口コミなどによる広報であったために、範囲が限られていた。

(2)第2セッションおよび総合討論(午後)

午後は各分野における研究の現状や研究計画についての報告を中心とし、影響・リスク分野の研究について報告があった。詳細は割愛する。

(3)総合討論

午前、午後の講演や報告をもとに総合討論を行った(写真3)。三村世話人がコーディネーターとなり、第2セッションの関連分野の報告者をまじえてワークショップ形式で進めた。以下、討議された内容について概要を紹介する。Cはコメント或いは質問、Aはイニシャティブ、プログラム担当者側の回答である。

【影響研究マップについて】

影響研究の現状や計画を把握する手段として影響研究マップを作成しているが、いろいろな意見が出された。

写真1　温暖化イニシャティブ(気候変動分野)を率いる市川惇信座長による講演

C：農林水産業などは、対策をとったらエネルギーが増え、化学物質を使うようになる。そうした相互リンケージはどのように表現されているか？

A：影響マップは、影響・リスク分野における研究の進展状況(現状や方向)を示すものである。研究成果などのデータを積み重ねることにより、また複数分野にまたがる総合的な研究を位置付けることにより、相互リンケージを捉えうる。

写真2　総合討論の司会進行を勤める三村信男世話人

写真3　総合討論の様子

C：影響マップの評価基準について、透明性が欠けているのではないか？

A：評価基準については、既存の影響・リスク研究の成果をもとに作成したもので、研究成果の多少で判定しているが、今後分野別の研究の現状をアンケート等により把握して、さらに包括的なものにしていく予定である。

【プログラムの方向性】

プログラムの方向性に関しては、省庁間連携、行政と研究、個別プロジェクトとプログラム、欠けている研究や予算について意見が出された。

○省庁間連携について

C：総合科学技術会議では、複数省庁が出した同じような課題の調整はするのか？

A：省庁間連携については、予算要求の課題説明時に調整している例がある。予算獲得に際しても省庁連携は重要である。また、研究者サイドで十分詰めたうえで、省庁にまたがる研究計画を立て、それを関連省庁が認識して総合科学技術会議にあげていくことも重要であろう。

○予算化されている行政目的の課題とより広い範囲の課題

C：日本の農林水産業への影響だけでなく、アジアの食糧安全保障などの視点が非常に重要である。その視点があると、個別の研究が全体につながっていくのではないか。

C：各省庁の行政目的に直接かかわる研究に加えて、より広い範囲の目標を掲げて大学などの研究者を取り込む仕掛けが必要であろう。

C：予算要求は各省毎であり、そのなかで研究としての幅を広げるよう取り組んでいる。ネットワークをつくることは簡単ではないので、考えていく必要がある。

A：日本のプロジェクト型の研究、特に大きなテーマを多くの研究者の力を結集してどう進めていくか、重要な課題である。

○個別プロジェクトのプログラムへの全体的な統合

C：プロジェクトをどのように全体として統合して、プログラムに仕上げるか。IPCCのように科学者が政策決定者に提案すると同様に、日本でも研究グループが各省庁に提案することが重要であろう。今日の議論は縦軸の議論であり、IPCCのようにcross-cutting issueを共通の問題として取り上げることも必要ではないか。

C：日本のみでなく、アジア・太平洋地域を念頭に置いて、影響がどうなるかの視点が必要であり、プログラムとしてカバーしていくべきである。

C：イニシャティブで良い成果がでても、それを社会にどう生かすか、貢献するか、その相互作用の部分をカバーしなければ良い研究にはならない。

C：適応戦略を考えていくとき、分野を越えた情報交換やそのような場の設定が是非必要である。それをフォーラムとして国際的に拡大していく。

C：健康リスクについて言えば、他のリスクと比較可能であり、政策決定者との情報交換も必要である。

○欠けている研究

影響・リスク研究で欠けている分野について以下のような指摘があった。

・交通手段の影響・リスク

・農業分野では、温暖化の影響を受ける側と影響を及ぼす両面。また土壌の炭素の蓄積も問題

・産業エネルギーや国土における人・物・金への影響

・産業としての影響と環境としての海や生態系への影響：海洋生態系を物質循環を通じて陸域の生態系、河川の生態系とリンクしてみてくことが必要

○予算について

C：総合科学技術会議の評価で良い評価のものは、是非満額で予算をつけて欲しい。

○行政担当者との連携

C：イニシャティブ関連の研究課題として予算を獲得した段階で、行政担当者の手からはなれて、研究者に頼るのはどうか？　イニシャティブの二本柱は各研究者の活動とグループとしての成果であったはず。最初から関与していた行政担当者が調整、進行管理までも関与したほうが良い。

C：関係府省連絡会が具体的な研究とのリンクがないが、何らかの関与、責任を果たすべきである(図1参照)。

A：当初は、予算権限を持つ行政担当者が入ると率直な発言ができないという懸念があった。しかし、抑制政策のように行政とのリンクなくして進まないプログラムもあり、また影響・リスクでも国土保全や自然災害など、これまで行政主導で実施してきた分野においては連携が重要になっている。プログラム推進上、密接に関係ある行政官とはどのような形で連携していくかを運営会議、イニシャティブ会合で議論したい。

A：プログラムの目標自体に広い意味での政策決定者へ情報提供することがあり、研究に直接かかわっている行政担当者とは意見交換するのが有効である。

【成果の出し方】

○研究成果の活用や提供

C：若い人にも研究成果をわかり易く伝えることが重要。ひいては、国際貢献もできる。

C：研究成果は論文として発表するが、データ・情報(例えば、台風データベース)をとりまとめて、共有してく仕掛けが必要。

C：プログラム、イニシャティブの成果の国内、国際的な発信を如何にしていくか？

【国際貢献】

C：研究成果を国際的に提供することが重要になっているが、国内中心の予算枠のなかでは、国際関連の予算がつかない。従来振興調整費などは、国際的な研究成果の提供などに有効に活用できたが、最近は予算がつかない。

A：振興調整費については、省庁統廃合後に総合科学技術会議が非常に厳格な審査をすることになり、特に審査委員として大学の先生が多いので、国系の研究機関につくことが少なくなってしまった。この点は、総合科学技術会議にあげて、検討してもらう余地がある。

以上のコメントや要望については、その後の運営会議でもとりあげ、改善すべき点について議論を行っている。

3. おわりに

温暖化イニシャティブ及び影響・リスク評価プログラム会合の動きを紹介した。2002年4月に開始された温暖化イニシャティブは、当初進むべき方向や問題を模索するような状態であったが、ほぼ1年を経過して進むべき方向や問題が明らかになりつつある。従来の研究がどこまで進み、今後どういう方向に行こうとしているかを、早急に把握し、プログラムへ反映させるための研究マップ作りを最優先課題として取り組んでおり、その一環として研究者を対象にアンケートを実施する予定である。

温暖化の影響研究は1988年にIPCCがスタートして以降本格化し、この10余年の間に大きく進んだ。その蓄積を基礎に、国際的にも新たな温暖化研究が展開されようとしている。例えば、2007年を目処にIPCCの第四次評価報告書の作成が開始され、またさらに大きな枠組みとしてSustainable Scienceやミレニアム生態系プロジェクトも進められている。こうした国際的動向をいち早く捉え、研究に活かすとともに、研究成果を積極的に発信して、貢献していくことも温暖化イニシャティブに期待されている。

影響・リスク評価プログラムは研究プロジェクトをゆるくつなぎながら、成果を共有したり、共通の問題を解決したりしながら、温暖化イニシャティブの推進に貢献したいと考えている。この情報や人的ネットワークに加わっていただくとともに、研究成果を内外に発信していただきたい。影響・リスクプログラム、抑制政策プログラムの進捗状況については、近々開設予定のホームページ等で随時提供していく予定である。

IGBP/IHDP/WCRP合同グローバル・カーボン・プロジェクト(GCP) 共同議長による講演(Ⅱ)

グローバル・カーボン・プロジェクト(以下、GCP)を実施する主要三機関、IGBP(地球圏ー生物圏国際協同研究計画)、IHDP(地球環境変化の人間・社会的側面に関する国際研究計画)、WCRP(世界気候研究計画)に所属し、同プロジェクト共同議長を務める三人が各自の分野の説明をしながら、GCPの研究内容、研究の方向性を紹介しました。前回のRaupach氏(IGBP)からの報告(地球環境研究センターニュース前号を参照)に続き、今回はDickinson 氏(WCRP)とYoung氏(IHDP)の講演内容を掲載します。

◆炭素と気候のカップリング◆　WCRP：ロバート・ディキンソン(Robert Dickinson)

また日本に来ることができて嬉しく思っています。私が大学院生だった40年前に来日した当時から、日本には私の専門分野で優れた科学プログラムがありました。30年前、炭素とオゾン層の関係をテーマに京都で開かれた会議で、私は、気候と炭素のカップリングという問題を含む発表をしました。以前真鍋先生の論文で、CO_2量が倍になり、太陽定数が2%増加し、オゾンが変化したら、気候にどんな影響を与えるかを計算した研究を読んだことがありました。この研究で、太陽定数の2%増がCO_2の倍増と同じというところに私はとても興味を持ちました。歴史的に見ると、CO_2排出量の倍増は、15年後くらいにまさに私たちのコミュニティーが実際に経験することで、これが引き起こす変化は間もなく起こるのです。もう一つ私にとっての重要な経験は、1980年代にオーストリアのヴィリックで開催された国際ワークショップでした。ここでは、CO_2排出量は今後増加を続け、従って温暖化も進み続けるのであり、CO_2量が2倍になった段階でストップするわけではないことを、科学者たちが世界に訴えるべきだという結論に達しました。またこの時、それまでのエネルギーシナリオでは2050年という年が設定されていましたが、これは時期が早すぎると判断され、代わって2100年が設定されました。当時のシナリオはかなり大雑把なものでした。国立環境研究所の発表など見ていますと、社会科学的な面も考慮され、現在はシナリオが飛躍的にレベルアップしたとつくづく感じます。

Raupach氏がGCPの概要説明をしてくれたので、私は、気候と炭素のカップリングがなぜ重要かについて、私の経験を通してお話したいと思います。

写真1　講演するDickinson氏

1. 土壌呼吸作用の正確な把握

気候と炭素は相互に関係しあっているので、この二つの連結が研究プログラムに加えられたことを嬉しく思います。

例を三つほど簡単にご紹介します。

今振りかえるとはっきりしているように思われますが、当時は問題になったことで、アメリカの生態学者が、カナダの亜寒帯林でのフィールド実験データとGCM(大循環モデル)で予測された炭素フラックス(冬季の土壌中炭素)を比較した時、両者に大きな違いがあることに目を留めました。科学者たちは、この違いは、気候モデルによる雪の日射が予測通りに作用をしていなかったからだとすぐ気付きました。雪を一つの層のみとして考えると、雪によるエネルギー輸送の全体像を知るのは不可能です。このケースでは、昼間のサイクルという短いタイムスケールを適用したため、長いタイムスケールでの地表への日射が考慮されないことになりました。要するに、カナダの冬の冷た

い空気に接する地表面はかなり気温が下がるのに、雪に覆われた部分は零度以下よりずっと気温が下がることはないという現実が、計算にうまく入れられていなかったということです。ですから、この問題を解決するために、ここ数年、多層の積雪モデルが取り入れられています。このように、気候モデルの中で雪をより正確にインプットすることにより、土壌呼吸作用のより正確な把握が可能になりました。

2. 蒸発散の割合を解明し、土壌水分ダイナミクスを理解する

二つ目の例はもう少し複雑です。1年半ほど前の夏、新しいNCAR(アメリカ大気研究センター)気候モデルについて話し合うためにブレケンリッジで開かれたNCARワークショップで私の頭に浮かんだことです。この時私たちは、モデルでは樹冠からの蒸発が現実に妥当と思われる量よりはるかに多いことに気が付きました。また、蒸散は非常に少なすぎ、このモデルによって計算された炭素フラックスが蒸散をもとにしているために、アマゾンの炭素同化作用(carbon assimilation)の数値は非常に低いものになっていました。どれくらい低いかというと、ファクター2とか3というレベルで、現実離れした数字でした。なぜこんなことになったかという理由は、モデルへの雨のインプット方法が関係しているものとすぐにわかりました。実際には対流性降雨が起こっていたのに、単なる降雨の平均値(grid-score average)がインプットされて、モデル上は霧雨が常に降っていることになっていました。また、モデルには、太陽放射、つまり対流雲を通る日射の平均値も含まれていました。降雨と日照が同時に起こっていることになっていて、私は、これも樹冠からの蒸発を表す数値を増加させる理由だったと思います。降雨についてのインプットを調整する方が太陽の場合よりも簡単で、降雨をダウンスケールすることにより可能です。また、我々は、地表蒸発によるもう一つの影響も発見しましたが、ここではそこまで詳しく触れません。

炭素について言えることは、蒸散、樹冠からの蒸発、地表からの蒸発という三つの現象の間で、樹冠が蒸発散をどういう割合で行っているかについて詳しく理解しなければ、炭素のことも解明できないということです。最近、私は、このことが気候モデル作成においても重要な意味を持っていると考えるようになりました。重要なことは、蒸散が水フラックス・システムの一部であるということです。何十年もの間、気象学者たちは、土壌水分を気候システムによる土地への影響を記録した「メモリー」と考えてきました。しかし、気候影響長期メモリーとなり得るのは蒸発散作用の中で蒸散だけです。表面からの蒸発、特に樹冠からの蒸発は短時間しか続かない現象なので、基本的に、これは土壌水分ダイナミクスの主要な動きからは除外されます。ですから、蒸発散についての三つの要素の割合を解明することが、炭素解明だけでなく、基本的な土壌水分ダイナミクスを正しく理解するために重要なのです。

3. 気候モデルに人為的側面を

三番目の例は、私自身の研究ではなく、ハドレー研究所のもので、2001年にCoxらによる論文がネイチャー誌に発表されました。彼らは気候モデ

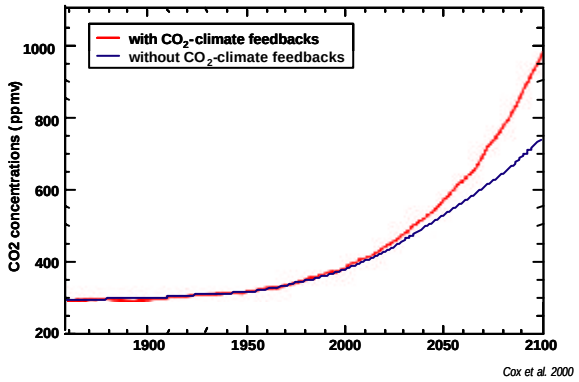


図1　二酸化炭素排出量予測

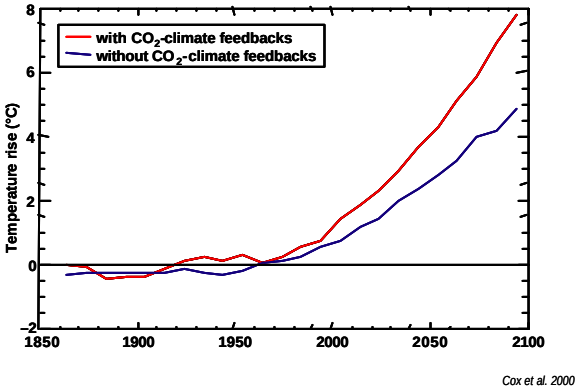


図2　気温上昇予測

ルを用いて地球温暖化のシミュレーションを行い、大気中と海洋の両方のinteractive carbonを用いました。ここで彼らは、陸域生物圏が吸収源から排出源に転じることを発見しました。モデル上で起こった気候の重要な特色、これは、吸収源から排出源への変化の理由の少なくとも一部とも言えますが、エルニーニョが発生し、たとえ温暖化が起こらなかったとしても、エルニーニョが南米に干ばつをもたらし、結果的にアマゾンの森林を消滅させるというものでした。しかし、このようなシミュレーションは自然要因だけを考慮したものですから、人間活動の影響もインプットされるとさらに興味深い結果が得られるでしょう。個人的には、私はこの同じモデルに人為的側面も加えられればとてもおもしろいと思います。

図1および図2は彼らのモデルをまとめたものです。図1はCO_2排出がinteractiveではないシナリオ、そして、図2は自然システムです。図1は、CO_2排出量の変化で、CO_2と気候のフィードバックを入れたものがより増加の度合いが大きくなっています。気温も同じような変化を示し、降雨シミュレーションに示されているように、水サイクルに大きな影響を与えます。彼らは、CO_2施肥効果が高濃度のCO_2、例えば2倍に増えたCO_2では飽和状態により、様々な呼吸が増加し続けるため、吸収源から排出源への移行は避けられないと考えています。これは正しいかもしれませんし、彼らの計算は非常に重要な成果を生み出したことには違いありません。しかし、この特定ケースについて言えば、彼らのモデルに基づく研究の詳細すべてを信じる理由はないと思います。むしろこの研究の意義は、次に何をすべきかを明らかにしたことにあるでしょう。

◆炭素循環と気候システムにおける人為的側面◆　IHDP：オラン・ヤング(Oran Young)

また日本を訪れることができ、嬉しく思います。私が初めて来日したのは1970年で、正式な協議や交渉プロセスのモデルづくりを研究テーマとして、一学期間を過ごしました。現在は、京都議定書などの国際環境協定作りの場での協議、交渉に関心を持っています。1970年の研究テーマがそのままライフワークになったわけです。私の専門分野は、GCPにもおおいに関係があると思っています。

これまで、「人間－自然システム」と連結された「炭素－気候システム」についての話が何度か出てきました。GCPの主要目標の一つは、このカップリングシステムの特徴やダイナミクスに対する理解をより深めるために、人間活動の側面を融合させる方法を見つけることです。私は、この人間的側面について簡単にお話ししたいと思います。例えば、人間的側面を見る時に理解すべきこと、人間的側面を理解する上で社会科学、人間科学から得られる情報、そして、炭素－気候システムの解明と関係のある事項を理解するために、自然科学コミュニティーと社会科学コミュニティーが有する科学リソースをどう融合させるかなどについてお話しようと思います。

1. CO_2濃度の上昇と人間活動

みなさん、このグラフ(図1)はご覧になったことがあると思います。これを見ると、ごく最近まで、大気中のCO_2濃度は狭い幅の中で上昇と下降を繰り返していたのがわかります。しかし、右端の赤

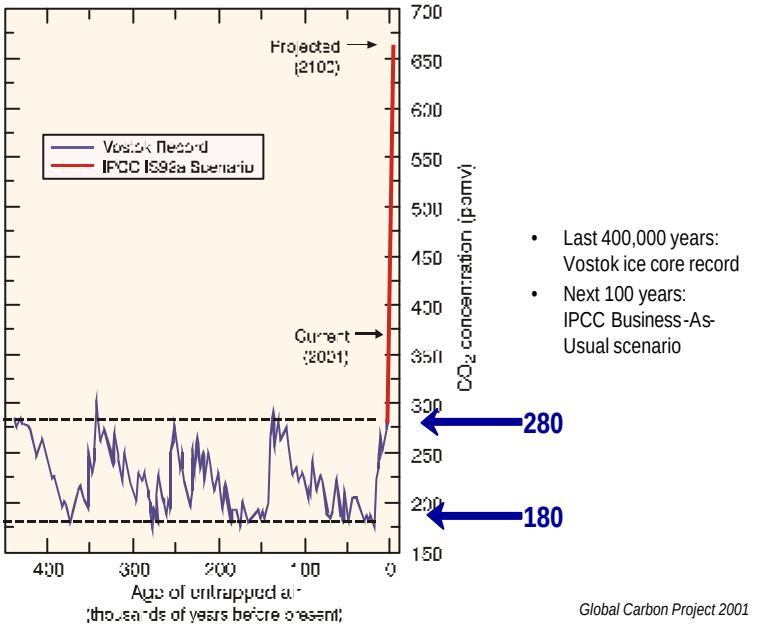


図1　過去と将来における大気中二酸化炭素濃度変化

線は、現在のCO_2濃度370 ppmvを通って、ほぼ垂直に急上昇しています。明らかに最近起こったことが原因でこうなったのです。これには産業革命とその後の様々な人間活動がCO_2排出量を増加させたことと関連があるというのが、一般的な理解です。グラフでは、排出量は増加を続け、650 ppmvや700 ppmvに達すると予測されています。

人間的側面という観点から見ると、CO_2濃度が急上昇する以前の最近の過去から2001年、そして今後の将来にどのようにして到達したのか、あるいは到達するのかを理解するうえで、このグラフはまさに「人間活動物語」と言えます。この物語を説明したり、起こった出来事の理由を理解したり、近い将来に何が起こるかを予測するためには、これまで以上に人間の動きを理解する必要があるのです。今日、これまで、みなさんがお聞きになった話は、「シナリオを通じてこの問題と取り組もう」、「幾つかのシナリオを基に、生物物理学的な結論を導き出そう」ということでした。しかし、仮に、シナリオ作りのレベルを越え、「このような状況のもとで、人間はどういう対応をするのか」を実際に説明、または予測しようとするとします。これはフィードバックの話になります。この複雑な炭素－気候システムの中のフィードバック過程で、人間がどう行動するかについての疑問を様々なレベルで理解する必要があります。そして、CO_2排出量に影響を与えている人間のフィードバックを、個人レベル、社会レベル、社会間レベル、国際的レベルでの行動として見ることができます。

2. 炭素－気候システムにおける人間の反応(個人レベル)

個人レベルでは大気中のCO_2濃度に対し人々が大きな反応を示すとは考えられません。仮に「確実にCO_2濃度は産業革命前と比較して2倍に増えるだろう」と教えても、たぶん何とも思われないでしょう。むしろ、直接自分たちの生活と関係してくるため、気候変動に反応を示す可能性のほうが高いです。

このような状況下で人がどのような選択肢を取り、どのような反応を示すか予測した研究があります。2002年のノーベル経済学賞を受賞した、経済学者であり心理学者でもあるDaniel Kahnemanも

写真1　講演するYoung氏

その一人です。例えば、不確かなことに対し、人は、「明日も今日とそう変わるはずがない」と都合よく思ったり、たとえ何らかの変化があっても、それは徐々に現れ、何かが急激に変わったりはしないと思うのです。そして、起こる可能性が低いなら無視しましょうという態度になります。つまり、科学者の懸念が強くなっても、一般の人は、少なくとも当分の間、急激な気候変動現象を危機感を持って深刻にとらえることはないでしょう。人々は、損得に対して非対称的な態度になります。現在持ってないものを得ることより、すでに所有している物を失うことの方を心配します。また、新しいことを始めるコストも気にかかります。気候変動対策のために既に手に入れたものを手放すのは嫌でしょう。しかし同時に、システムの危機、システムへの衝撃が発生した状況で、人々の態度はがらりと変わることも事実です。

これを示すごく最近の例として、テロリズムがあります。9月11日の事件が起こるずっと前から専門家たちはテロの危険を指摘し続けてきました。でも、実際には目に見える対策には結びつきませんでした。そして、9月11日を境に状況は急転し、それ以前に戻ることは不可能になりました。ですから、人間のフィードバックは環境へのCO_2排出が増えることに対してではなく、グラフ右端の突出した部分にあらわれる気候変動に対し、一人ひとりがどう反応するかという意味でとらえなければなりません。

3. 炭素－気候システムにおける人間の反応(社会的レベル)

気候変動に対する人間の反応、フィードバックを社会的なレベルで見ることもできます。この分

野で、『発展経路依存システム』"path dependent system"というテーマをめぐる社会科学の研究が重要になっています。細切れに変革を行うことのできない相互依存システムを取り扱います。例をお話しましょう。まず、自動車を発明しました。この自動車を走らせるために高速道路もたくさん造りました。道ができたおかげで、人々は郊外に住むことができるようになり、居住区が中心から周辺に移りました。大きな家も建ち、それを維持するためのエネルギーもそこで供給されるようになりました。郊外に腰を落ち着けると、もう街の中心まで歩いて買い物に行ったりできなくなり、かわって以前は農場だった場所に大型スーパーが建ちました。こうしてあっという間に、一つの消費体系ができ上がり、この中のある一部分だけ取り出してそれを変えるというのは不可能になってしまいました。ですから、この段階で、自動車を無くそうとか、居住パターンを変えよう、と言っても無理で、全部が一つのパッケージに収まってしまっているのです。大気中のCO_2が2100年までにどんな動きをするかを知るためには、社会的レベルの発展経路依存システムのダイナミクスを理解する必要があります。

4. 炭素－気候システムにおける人間の反応(社会間、国際的レベル)

人間の反応、フィードバックを社会間、国際的な視点から見ることもできます。この多くは、例えば「気候レジーム(体制)」のような、新しい仕組みを構築することと関連しています。社会学者の研究のなかに大変興味深いものがあって、それは「共有財」"collective goods"の確立に関するものです。きちんと機能する組織、例えば気候体制は、多くの意味で、共有財と言えます。これには非排他的という特徴があり、誰かに与えられれば全員がそれを受け取ります。また、非競争的で、たくさんの人が気候システムの恩恵を受けても、他の人の恩恵を邪魔することはありません。

しかし、このような共有財には、「ただ乗り」問題もつきものです。持たないより持った方がいい、でも、もし自分が何も貢献しないで他の人がやってくれればもっといいという考え方です。「非排他的」システムですから、貢献しない自分が除外される恐れはなく、いいとこ取りが可能です。単なるシナリオ上だけでなく、現実のアウトカム、つまり2050年や2100年の大気中CO_2濃度に関し、我々の将来を理解するためには、このようなただ乗り問題解決方法を知る必要があります。

5. 生物物理学的側面と人間的側面の研究の融合

社会シナリオが科学シナリオと組み合わされると、どんなメリットがあるか簡単にお話しましょう。仮に、効果的な炭素隔離体制、つまり、炭素を隔離することを可能にする規則や手続きのセットを作ろうとします。2050年や2100年のCO_2濃度を念頭に置きながら、総排出量問題に取り組むための一つの方法としてです。ここで、二つのコミュニティーが協力しあわなければなりません。例えば、炭素吸収源が飽和状態になる可能性、吸収源のメカニズム、また生物多様性への影響を最小限に押さえるためにシステムに何らかの制限を加えるべきか等、知らなければならないことがたくさんあります。これらの問題を議論する際に、他の事との関連性、またこれらが同じ状態で永続するものではないことについて理解しなければなりません。しかし、さらに、適切な炭素会計、検査、モニタリング、報告システムを作り上げるためには、人間活動の側面も考慮する必要があります。システムの不備を補う各種の遵守メカニズムも必要です。また、例えば、炭素クレジットを獲得するために植えた森林が竜巻で破壊されたというような場合に、クレジットや会計上どう対応すればいいかなどを決める責任制度もいるでしょう。

このような面で、人間的側面と生物物理の研究が合体し、GCPが基本姿勢として打ち出しているように、生物物理、自然科学、社会科学のそれぞれのコミュニティーが協力して、気候変動問題への取り組み、また関係研究の推進に努めなければなりません。

＊本稿は、2002年11月18に開催されたGlobal Carbon Project Opening Seminarでの講演内容を地球環境研究センターニュース用に事務局で和訳、編集したものです。なお、関連する記事が地球環境研究センターニュースVol.12 No.10～No.12(2002年1月号～3月号)に掲載されています。

地球環境研究up-to-dateインタビュー　第10回

東京大学気候システム研究センター長（教授）：住 明正氏

インタビュアー：井上 元(地球環境研究センター総括研究管理官)

地球観測衛星の役割

井上：2002年12月14日に、種子島宇宙センターから地球観測プラットフォーム技術衛星(ADEOS-Ⅱ；Advanced Earth Observation Satellite-Ⅱ)を搭載したH-ⅡAロケット4号機が打ち上げられました。今回は、そのプログラムサイエンティストでいらっしゃる東京大学気候システム研究センター長の住先生に、ADEOS-Ⅱプロジェクトでどういうサイエンスが可能となるか、また、衛星による大気観測の将来などについてお話をお聞きしたいと思います。

住：日本における衛星を利用した地球観測の分野は、1996年に打ち上げられたADEOSによって初めて世界的な水準に達し、本格的に開始されたと言えるでしょう。しかし、ADEOSは衛星の太陽電池パドルの故障のため約8ヵ月で観測を終了してしまいました。また、H-ⅡAの打ち上げでは、これまではトラブルも多かったのですが、今回は順調に打ち上げが成功しました。

井上：H-ⅡA ロケットは今回で4回連続して打ち上げに成功しましたが、今回がもっとも重要な衛星ですね。過去に失敗を経験したことが成功につながったわけですね。

住：そうですね。しかしロケットには固有の問題があります。部品数が非常に多いのにも関わらず大量に生産されていないわけですから、どうしてもある確率で事故は起こり得ます。ですから、100％成功するロケットはないということを社会に理解していただく必要があります。

井上：先生はADEOS-Ⅱのプログラムサイエンティストをされていますが、最近のセンサの開発は科学的ミッションを優先的に考えて進められるという印象を私は持っています。

住：どんな衛星でも一回打ち上げるのに最低100億円程度かかります。それを科学的ミッションだけで行う体制には、残念ながら日本はまだなっていません。常に、技術開発・宇宙開発の側面が存在します。しかし、このことは重要な問題なのです。宇宙の問題では、技術の維持・継続の問題は常に存在します。技術の面では、開発の要素がなくては現状のレベルを維持することすら不可能です。多くの方は一度作製したものを再度作るのは何でもないと思っているかも知れませんが、人のトレーニングも含めて開発を進めていかないと維持できません。しかも技術開発には当然経費がかかります。現在のような経済状況では使われなくなった技術は死んでいきます。ですから、技術の維持にはコストがかかるという認識を社会が持ってくれるといいと思います。

井上：ビジネスベースとして応用は三菱重工業㈱が行うようですが、民間の需要だけでビジネスとして成り立たないでしょう。

住：諸外国では軍需から一定の投資がありますから成り立ちますが、それと比較すると今の日本の体制には無理があります。これは宇宙関係者の共通意見です。日本の経済が縮小している中で産業のすべての分野を維持できないとしたら、国としてどれを選んで特化していくかという判断を迫られることになります。しかしながら、日本としては宇宙を維持していかなければならないと私は考えていますし、それなりの投資が国家として必要と考えています。

井上：気象衛星のひまわりは衛星のなかでも非常に大きな役割を果たし、一般の人が関心を持っています。

住：宇宙からの観測の中で、気象衛星の果たした役割は大きいと思います。気象衛星を使えば気象現象の変化をビジュアルに表現できますし、衛星観測とテレビなどのメディアを直結し、気象情報が一般の人に入ってきています。天気の変化は早く、毎時毎時大きく変わりますし、需要もあり、しかも分かりやすいので、気象衛星に関しては国民的支持が大きいですね。

井上：気象衛星はひまわりだけではなく、技術開

発も進んでこれまで観測できなかったものも可能になってきていますね。将来の発展についてはどういうふうに見ていますか。

住：衛星観測の長所としては二つあると思います。一つは、衛星観測の特徴として、リモートセンシング(以下、リモセン)であるため相対的な計測になりますが、グローバルな観測に強いことです。もう一つは観測頻度の多さです。

気象を観測するのに衛星が有効だった点の一つは、雲などにより大気擾乱が把握できたことです。低気圧や前線には特有の雲の分布が存在しますので、雲のパターンを見ると現象が理解できるわけです。もう一つの利点は、大気は透明なのですが雲を通して可視化でき、それを衛星で観測できたために大気の運動を理解することができることです。リモセンが最も優れているのは、広い範囲を観測し、大気現象のパターンが分類できることです。

井上：気象関係の人からの要望があって技術者や研究者が開発していくのでしょうか。それとも、要望とは別に開発された測定方法や技術を衛星に搭載することを検討して進められるのでしょうか。

住：気象に関しては気象関係者からの要望が先でしょう。飛行機に乗れば雲は見れますし、パイロットは昔から雲を眺めていました。最初はビジコンカメラ(広い波長域に対応できる光伝導効果を利用した低速型撮像管カメラ)を搭載し、写真に撮影された雲のパターンから運動を理解しました。それが原点です。また、もともと赤外光の吸収のない波長域を通して地表面を見ていましたが、次の段階として温度を出していくというものでした。しかし当初のモチベーションから言うと、写真から始めたという事は、パターン分類が動機でしょうね。その時に、雲がいいトレーサーになっているというのが気象学において好運でした。

井上：ビジュアルなものからその後、マイクロ波を利用した雲や水蒸気量の観測などに発展していったわけですね。

住：マイクロ波はレーダーに使われている電磁波で地上から観測していました。可視光線は雲にさえぎられ、地上の情報をなかなかうまくとれません。一方衛星には使える電力と重量が制限されるという問題があります。また、海面水温など海洋観測の分野はデータを取る手段が他にないので衛星は有効です。それでも1980年代にアメリカでSpace Oceanographyとしてセンサ開発が提案された時には非常に反対されました。と言いますのは、多くの研究者は衛星に関して特別の感情を持っています。アメリカではNASA（アメリカ航空宇宙局)が担当していますが、衛星観測は他の地球観測とは別の分野として扱われていますし、非常にお金のかかる分野ですから、必然的に予算が大きいことになります。「衛星のほうはお金をいっぱい使っているのに、我々の分野は貧乏だ」というような感情的なしこりがあったように思います。しかし客観的に評価すれば、海面散乱計や海面高度計などは、想像以上に大きな成果を出しています。

さて、衛星観測のもう一つの長所である観測数の多さについて面白い話をご紹介しましょう。1979年にFGGE(First GARP Global Experiment)という全球の大気の流れを一年間観測する一大プロジェクトがありました。これに対応して、日本では初めてひまわりを上げましたし、世界でも静止気象衛星や極起動衛星などに基づく全地球観測システムが完成した頃です。この実験の中では、世界中で40隻の観測船を用意し、いろいろな海でゾンデを上げて観測を行うことも行われました。同時に気象衛星から雲の移動を利用した風の観測を行いました。多くの人は、「衛星から雲の移動で風を見積もるなんて」として信用しませんでした。しかし、衛星からの風観測は、精度は多少悪くても、データ数が多く、大きなスケールの循環パターンの解明には非常に優れていることがわかりました。逆にどんなに精度が良くても、データ数が少ないラジオゾンデの観測だけでは大きな循環は理解できません。当時日本では気象衛星の導入と気象庁の再編・合理化が同時に進行していて、衛星観測について労使間の対立に基づく否定的な感情もありましたが、最後には、衛星観測の重要性は認識されました。しかし、短所もあります。長期トレンドを測る場合は、衛星は劣化していきますから気候観測には向いていません。キャリブレーションが必要になってきます。

井上：NOAA(アメリカ海洋大気庁)のセンサも劣化が言われていますね。キャリブレーションのための努力がされています。センサの寿命は3年だそうですが、実際には5年程度使われる場合も多く、その間の変化に対応できるかどうかという問題もあります。

住：そのとおりです。軌道時間も高度もずれてき

ます。ですから、気象観測に関しては、キャリブレーションをきちんとしなければならないこととデータギャップという問題があります。一方で、衛星の製作にはコストが非常にかかるということがあるため、データギャップを埋めるのは費用が高くつくという問題があり、難しいところです。
井上：地上の観測者のなかには、あれだけの予算があれば自分たちはもっといい観測ができるのにと言う人もいます。
住：しかし、地上系で測定できる物理量とリモセンで測れるものは本質的に違います。

衛星データを気候変動研究の分野に
井上：気象学では衛星データを活用すると思いますが、先生のご専門である気候変動の分野とのつながりについてお伺いしたいと思います。
住：先ほどから申し上げているように、グローバルなスケールでしかも振幅の大きい変動に対しては、衛星観測は有効です。その意味において衛星が最も大きな役割を果たしたのはエルニーニョです。インドネシアや西太平洋にある雲の塊がエルニーニョとともにドラスティックに移動し、それに伴う顕著な現象をビジュアルにとらえました。また、熱帯太平洋全域に及ぶ海面水温の変動をはっきりと捉えました。エルニーニョは地球の気候においては非常にダイナミックな変動ですから、それが解明されたことは重要ですね。また、ピナツボ火山については、エアロゾルの影響で海面水温が下がるということを衛星でとらえることができました。大きなスケールの現象の解明、早いプロセスの検証やアルベドの測定については衛星観測が向いています。
井上：直接測っているわけですから。
住：雲の効果など、気象のなかで放射に関する基本的な情報は衛星データから出ていますが、変動を見るにはある程度の長期観測が必要になってくるので、今のところ衛星には向いていません。温暖化して地球の平均気温が1年に5°Cも上がれば話は別ですが、50年程度の時系列データが必要になってきます。ですから長期の観測というのが今後の課題でしょう。衛星観測の分野でビジュアルに地球環境の変化を示したのはオゾンホールとアマゾンにおける熱帯林減少です。地球環境問題を視覚的に訴えたことは重要でした。今後はアジア地域の黄砂の把握や熱帯雨林の伐採など土地利用の変化の監視などが重要になると思います。反面、科学的に考えると、現在、衛星観測の中心はパターン分類から物理量を計測することに移行していて、そのアルゴリズムの開発が大問題になっています。
井上：長期トレンドを見るためには、きちんと計測していけば、10年、20年後に重要な変化がわかると思います。ですから、どこかできちんと測っていて、それをリファレンスにして補正ができる体制を作っていくことも大切でしょうね。そうしていけば、将来的には長期の変動が見えてくるはずです。
住：先ほどから話題になっているキャリブレーションについては、完全なリファレンスを見つけるのは難しいと思います。特にセンサのキャリブレーションは難しいでしょう。今後の課題です。通常は地上で計測したものと比較しています。
井上：キャリブレーションは、光学センサの性質をよく知っているところがきちんとできるわけですから、自分たちで衛星を上げているというのは、正しいデータの解釈をするために重要なことです。NASAに頼るのではなく、日本でもやっていく必要はあります。
住：絶対的な校正源を作るところが大変でしょう。地味な分野ですがきちんとしていく必要があります。
井上：いろいろなタイプのキャリブレーションが必要だと思います。キャリブレーションにもっと力を注ぐべきだとデータ解析をしている人たちは思っているようです。
住：NASAではキャリブレーションを専門にしている人がいますが、日本では専門家が少なく、層が薄いですね。これはすべてのサイエンスについて言えることですが、日本のやり方としては、先頭を走っていると言うより先頭に追いついていくやり方だったので、基本的なプロが少なくなってしまいます。

Climateの変化をWeatherの情報として伝える
井上：ところで、気候変動モデルによる将来予測というのは比較的新しい分野かと思います。日本では多くの気象研究者が参加してきました。国立環境研究所も気候システム研究センターと共同で気候モデルを開発していますが、先生がこの分野に入った経緯は何だったのでしょうか。

住 明正(すみ あきまさ)教授プロフィール xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

東京大学気候システム研究センター長

1948年岐阜県生まれ。1971年6月、東京大学理学部物理学科を卒業し、1973年3月に東京大学大学院理学系研究科 理学専門課程修士課程を修了。同年4月から気象庁東京管区気象台調査課に勤務。気象庁予報部電子計算室、ハワイ大学物理部気象学教室、気象庁予報部電子計算室を経て、1985年4月に東京大学理学部地球物理学科助教授となり、1991年7月、東京大学気候システム研究センター教授。1995年7月より現職。

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

住：おっしゃるとおりです。海洋の分野は海の中を観測できないので研究が遅れていますし、何か手段ができても長期スケールのものはすぐに検証ができません。気象学では、従来測定できなかったエアロゾルと雲の微物理量も測れるようになり、これから新しい分野がまた開発されていくでしょう。さらに、水蒸気のリモセンが可能になるかどうかが大きな問題です。

井上：二酸化炭素も水蒸気とパラレルな関係で、測定方法について調査したことがありますが、水蒸気の観測には未だにゾンデが有効な手段です。地表面に近いところの観測は難しいですね。

住：水蒸気についてはきちんと測れる測器がまだありません。私は静止衛星に搭載するFTS（フーリエ分光放射計）センサは有効だと思います。5 kmスポット、鉛直1 kmで水蒸気を計測することができると言われています。鉛直に1 km、できれば500 mが望ましいのですが、そして横方向に10～15 kmの分解能で水蒸気の分布がとれると、水平構造を理解するのに役立つと思いますから期待しています。基本的な温度、水蒸気を高分解能で測ることは、今後気象に関しては重要になってきます。また、雲に関しては、現状では、物理としてはかなり解明されているので、きちんとした初期状態を与えると、モデルによる雲の再現性はかなりいいようです。2002年3月に運用が開始された地球シミュレータ(注1)では雲を分解するグローバルモデルが可能でしょう。それが実現すると、現在領域で走らせているメソスケールモデルがグローバルで走らせることができるようになり、物理についてはしっかりしたものになります。地球温暖化に関しては雲のレスポンスが大きいのですが、はっきりと解明されてなく、それによって温暖化の程度も変わり得るということになります。雲の微物理的な性質については、あちこちの観測で得られたデータを参考にしていますが、一ヵ所で測ったものが普遍的かという疑問がありますので、雲の問題にアタックするためにも衛星観測は重要です。ADEOS-Ⅱに搭載されたGLI (Global Imager)やAMSR (Advanced Microwave Scanning Radiometer：高性能マイクロ波放射計)による観測も強力なワンステップになると思います。

井上：先ほどのclimateとweatherのお話にもあったように、人の生活に結びつくところの情報提供をしていけるということですね。

住：気候変動はモデルに依存しています。変動のもとになるモデルの部品が検証されれば変動精度も上がります。今の衛星観測の重要な点はモデルの精度を上げることに使えるデータを提供できることです。

地球環境研究には選択と集中を考慮して多様な戦術を

井上：最後に、地球環境研究のあり方について、先生はどんなお考えをお持ちですか。

住：私は、地球環境研究を進めるためにはプロとしての優秀な研究者がいて、そして、コーディネートは別の人が考える方がいいと思います。これまでは、優秀な研究者は何事もできるという仮定の下に色々な仕事を重複して進めてきましたが、いずれうまくいかなくなるでしょう。また、研究者が他の分野まで行おうとするとプロがアマチュアになってしまいます。ですから、これなら世界に通用する技術を持っているというプロの部分を強化することが、まずは重要と思います。現在はあまりに皆が総合的(integration)な方向に行きすぎているのではないでしょうか。総合するのもプロの仕事なのです。大学でも個々の学問と環境のような総合的な教育を進めていくことに混乱が生じていますが、まず基礎的部分を強化していくことが大切だと思います。強固になっていればうまく組み合わせたintegrationができます。

井上：大学の組織も変わりつつありますね。

住：また、現在のような情報社会で情報量が増えていくなかで、学生が意識的に情報を取捨選択していくのは困難なことです。これは高度情報社会のなかで、一芸に秀でてゆくことの難しさでしょう。一つのことを続けていると時代遅れになってしまうという孤立感に襲われることもあります。それを防ぐには、マネージメントや資金配分をする人の見識が重要になります。

井上：かつてのように論文の数が評価軸になってしまうと、数が増えて自分の研究に関連した論文を読むだけでも大変になります。また、自分の研究の一部分を他の人が行っていると独創性が失われるような気がして、せっかくいい研究であっても進まないこともあります。同じ分野だけでなく別の分野の情報収集、情報交換も大切ですが、それによって流されてしまうのは問題です。

住：そこが難しいところです。当然、他の人が研

究していることを知らなければなりません。一方、異なる分野間の資源配分などの問題をうまくコントロールしていけるような鑑識眼を持った人が必要でしょう。価値観の違う人が数人いて、資金配分などを考えるのがいいと思います。一つの価値観しかないとサイエンスは発展していかないでしょう。かつて資金が少ないため地方分権的に行われていた研究が、現在はお金があるために中央集権的になり、中央にコントロールされているのが気になります。論文が一種の領収書のようなものになり、誰にも読まれず議論をしなくなっては意味がありません。

井上：研究のあり方というと総合化の視点の議論が多い中で、今の先生のお話は大変面白いですし、日本のオリジナルなサイエンスをどう形成していくかという意味では大切なことですね。

住：現在のようにグローバルスタンダードを追求すると、大きな組織が小さな組織を統合していくことになります。それは一つの方向ですが、反体制的なものも同時に認めていかないと多様な戦術が展開できません。地球環境研究に関しては分野を大きく広げすぎている感じがします。扱うテーマは大きく、全てをカバーしようとするとどうしても質は薄くなっていきます。選択と集中が重要です。

井上：集中型と選択した研究の進め方という点では、国立環境研究所ではある程度なされています。大学ではどうでしょうか。ある学生には大きな使命を与え、ある学生には成功するかどうかわからないがこつこつと研究をさせるということがありますか。

住：組織としてゆとりがあれば可能だと思います。強いところはゆとりがあり、小さな研究も進められ、さらに強くなります。ちょっとゆとりがない分野はどんどん縮小していきます。研究の分野でも同じことで、新しい時代にクリエイティブなものが出せなくなります。マネージメントをする人の判断と適材適所の人事ということになるのかも知れません。

井上：今日はいろいろと興味深いお話を伺うことができました。ありがとうございました。

(注1)地球シミュレータ：コンピュータ上に"仮想地球"を作り出し、地球規模の気候変動や地層/地殻変動メカニズムなどをシミュレーションで解明できる世界最速のベクトル型並列スーパーコンピュータ(横浜市に設置)。

地方の時代

自治体は地球環境問題にどう取り組む？

沖縄県
糸満市

人・環境にやさしい糸満市庁舎

沖縄県糸満市総務企画部契約管財課
検査担当　　金城 寛

1. はじめに

本市は、今、世界的にクローズアップされている二酸化炭素(CO_2)の大量廃棄による地球温暖化問題を真剣に考え、環境とエネルギーの双方に有効な新エネルギーの導入に積極的に取り組んでいく方針で、平成8年度に通商産業省資源エネルギー庁の補助を受けて『糸満市新エネルギービジョン』を策定した。

その骨子は、地球温暖化の被害が国境や世代を越えた世界の脅威であるということを充分認識し、21世紀の地球環境の保全に努めていこうということである。そのために私たちがなすべきことは、化石燃料の消費を抑制すること、つまり、二酸化炭素の排出抑制に極めて有効な「新エネルギー」を、今後、本市が計画する公共施設にできる限り導入してくことである。

よって、その取り組みの一環として、平成14年3月に完成した新庁舎(写真1)において最大限の新エ

写真1　新庁舎全景

ネルギー『太陽光発電』を導入した。現在モデル地区として、市民はもちろん、本市を訪れるすべての人に、クリーンエネルギーのまち・糸満をアピールしている。

2. 設置の基本方針

新庁舎は沖縄の伝統的な布地である芭蕉布のような外皮を先進の技術で再現し、亜熱帯特有の厳しい自然環境下で快適な空間を作り出している。

東西南北各面の日射に対応した各種ルーバーを設けることで建物の熱負荷を低減する。特に南側に面するルーバー及びシェルターは太陽電池と一体とすることで日差しを遮るとともに電力を供給し、建物の省エネルギー化に努める。

3. 日射制御による省エネルギー化

(1)日除け効果

建物の省エネルギー計画においては熱負荷の低減につながる建築的な対応を十分に行った上でエネルギーを効率的に利用する計画とすることが望ましい。建築計画上は、建設地の気象条件を考慮した断熱・日射係数の最適設計を行うことが重要である。

沖縄地方においては、強い日差しを遮り、通風を確保することによって快適な空間が得られる。古くは民家などに見られるアマハジ(雨端：軒下空間、写真2)、現在では花ブロック(有孔コンクリートブロック)など様々な工夫が亜熱帯気候の中で培われてきた。

(2)外装計画

糸満市庁舎では、各方位の日射特性に対応した形状のルーバーを設けることにより、有効な日射制御を図っている。南面の水平ルーバー・屋上のシェルターは、太陽電池の架台であると同時に高い太陽高度からの強い日差しを遮る機能を持ち、東西面は朝夕の日差しに対し開口率を下げる有孔PCパネル、北面は西日の廻り込みを避ける縦ルーバーを備えている。これら方位毎のルーバーが生み出す日除け効果により、年間の空調負荷を約3割削減できる(写真3)。

4. 太陽光エネルギーの活用

太陽光発電設備の導入

本市庁舎は、屋上部分に145 kw、南壁面に50 kwの太陽光発電パネルが、鉄骨材及びPC材による架台で固定されている。これらは、単に太陽光発電パネルを支持するだけでなく、沖縄における強い日差しを遮るシェルター・ルーバーとしての機能も持っている(図1および図2)。

発電電力は、庁舎内の動力・照明等に利用し、休暇時等の余剰電力は、系統連携システムによって逆潮流可能とし、売電している。

庁舎1階市民ホールには、発電量やCO_2削減量、そして環境問題・新エネルギーに対する市の取り組みを表示している。

5. その他（雨水・自然換気・自然採光・深夜電力の利用）

屋根面に降る雨水を雑用水や散水用として利用することや、安全で割安な深夜電力を利用して、氷蓄熱システムを導入し、昼間の冷房に利用している。

南北に風が通る断面構成によって中間期の気候

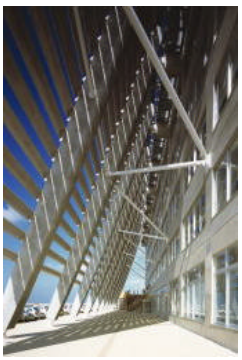


写真2　アマハジ

写真3　太陽電池と一体化したPC水平ルーバー

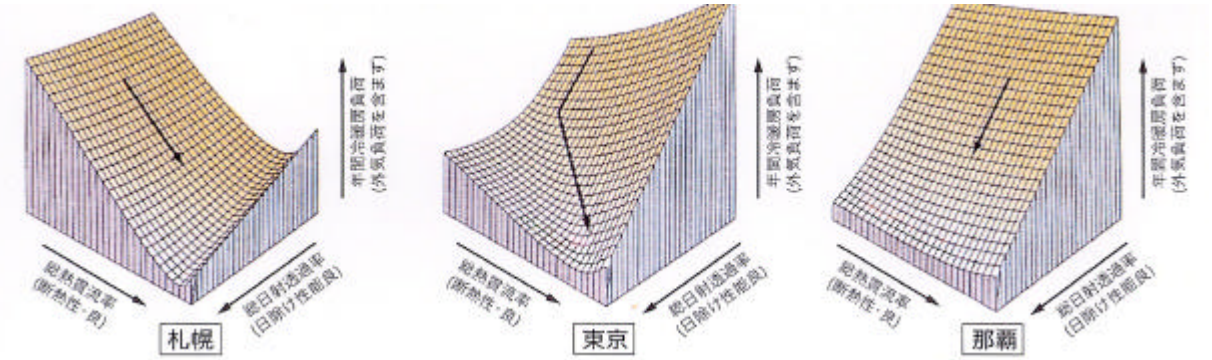


図1　PAL曲線の地域的変化(日本建築学会／建物の省エネルギー計画)

建築外装の設計の評価基準としては、PAL(Perimeter Anual Load：年間熱負荷係数)が用いられる。PALは高緯度・寒冷地域においては断熱性、低緯度・温暖地域においては総日射透過率(日除け効果)に大きく左右される。

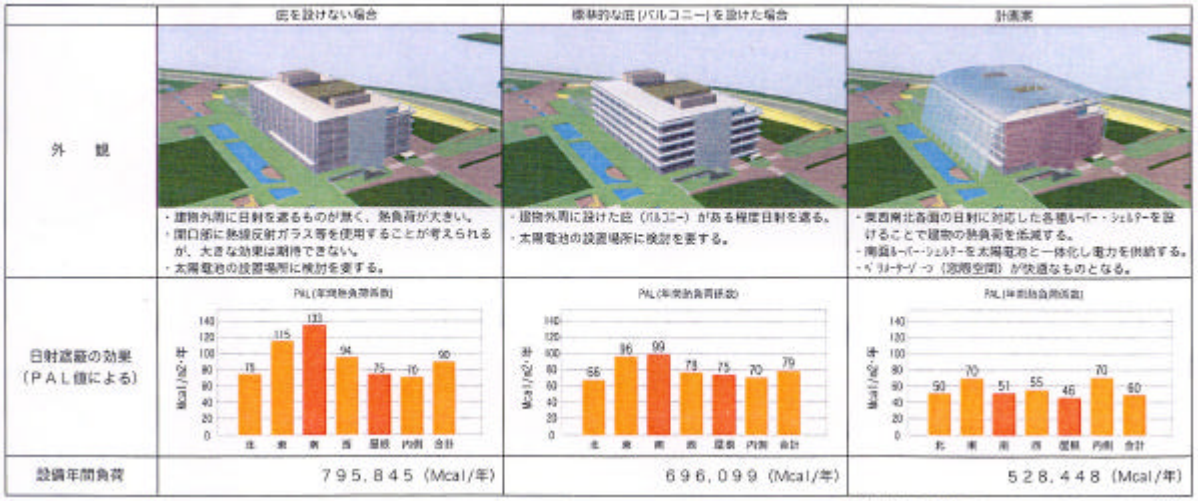


図2　日射遮蔽の効果とランニングコストの比較

が穏やかな時期には、吹き抜け(光と風の井戸)を介して自然換気による外気冷房を可能にする。

また、二面採光により照明電力を削減することが可能である。

6. おわりに

太陽光発電の公共施設への導入については、地球温暖化の主たる原因であるCO_2の排出抑制に極めて有効な『クリーンエネルギー』を広く取り入れることで地球的規模の環境問題へ貢献していくという趣旨だけを考えれば、それだけで地域住民の理解を得るには十分である。

しかしながら、現実問題として太陽光発電を導入するということは、たとえ国の助成措置があるにせよ、kw当たりの設置コスト約80万円(2001年度実績)と、まだまだ高い買い物であることは否めず、導入量に応じて建設事業費が膨らむことは避けられないことである。全国的に地方自治体の財政状況が厳しい中、たとえ自治体に地球環境問題に真剣に取り組む意欲はあっても、現実的には財政的理由で困難であると言わざるを得ない。従って、国の助成措置は当分の間必要な政策であると思う。

これまで、市内及び市外、県外から多くの方が視察に訪れているが、地域特性を生かした太陽光発電庁舎を見た機会に、自然環境への配慮、省エネ意識を高めていただければ、導入した意義は達成される。

地球環境研究センターを“一”から知ろう

ILAS-Ⅱデータ処理運用システムの本格運用始まる

地球環境研究センター
衛星観測担当　　横田 達也

国立環境研究所の衛星観測プロジェクトでは、地球環境研究センターが運用管理を担当するILAS-Ⅱデータ処理運用施設（以下、ILAS-ⅡDHF)を用いて、ILAS-Ⅱ（Improved Limb Atmospheric Spectrometer-Ⅱ；改良型大気周縁赤外分光計Ⅱ型)の観測データの受信・処理を開始しました。ILAS-Ⅱは、2002年12月14日にH-ⅡAロケット4号機によって宇宙開発事業団種子島宇宙センターより無事に打ち上げられ、予定された軌道に載った環境観測技術衛星ADEOS-Ⅱ(Advanced Earth Observing Satellite Ⅱ)に搭載されています。打ち上げ後は、予定されたスケジュールに従って、衛星の各機能や個々のセンサのチェックアウト作業が順次進められています。ILAS-Ⅱについては、2003年1月20日から23日にかけて、センサの機能確認とセンサの各設定パラメータ値の最適値を確認することを主目的とした初期チェックアウト作業が実施されました。この間、太陽を追尾した観測が実施されており、各高度の大気を透過した太陽光の分光データが取得・配信されています。ILAS-ⅡDHFでは、それらの観測データの処理を実施し、これまで開発してきたデータ処理システムの機能確認も併せて行いました。初期チェックアウト作業期間中に、ILAS-Ⅱによる両半球の高緯度地域33地点における高度別の観測データが取得され、主な観測結果については、環境省・国立環境研究所・宇宙開発事業団の三者で、2003年2月5日に共同記者発表が行われました。

ILAS-Ⅱの観測したデータは、可視チャネル、赤外チャネルともに、予想された分光スペクトルを示しています。記者発表で公開されたオゾン濃度の高度分布の一例(表紙写真参照)では、北半球(グリーンランド上空のオゾンの少ない極渦(注1)の中)と南半球(南極・昭和基地付近)のいずれについても良い結果が導出されています。

今後は、4月初めまでの衛星の初期チェックアウト期間に、ILAS-Ⅱで新たに加えられた3.0～5.7μmの赤外チャネルを用いたデータ処理手法のチューニングや、より精度の高い観測高度の決定方法などの検討を実施し、3月下旬の全搭載センサによる同時観測の試験(総合運用試験1)と、4月からの連続観測(総合運用試験2)に向けて、ILAS-Ⅱ観測データのデータ処理手法における各種の検討と、データ処理システム上のパラメータチューニングを行う予定です。また、ILAS-Ⅱの観測データを利用して、①極域オゾン層変動の監視の継続、②南極オゾンホールの発達から消滅までの連続観測、③極成層圏雲の組成等の定量的解析などの研究が実施されます。これらの研究は、国立環境研究所の重点特別研究プロジェクト「成層圏オゾン層変動のモニタリングと機構解明プロジェクト」で進められます。

なお、ILAS-Ⅱについては、本ニュースの「オゾン層観測センサ(ILAS-Ⅱ)の運用に向けて(環境省地球環境局研究調査室)」に概要が記述されていますので、本記事と併せてご覧ください。

(註)《表紙写真解説》
左図：ILAS-Ⅱが日本時間2003年1月23日午前1時52分にグリーンランド付近上空の極渦内を観測したオゾン濃度の高度分布(赤線)。右図：ILAS-Ⅱが日本時間2003年1月23日午前3時1分に南極昭和基地付近上空において測定したオゾン濃度の高度分布(赤線)。両図には、1997年の同時期(1月)にILASが観測したオゾン濃度の平均値と変動幅(標準偏差の3倍)を参照値(緑線)として示してある。また右図にはILAS-Ⅱの観測日の3日前に南極昭和基地で第43次日本南極地域観測隊によって観測されたオゾンゾンデの観測結果(青線)が示してあり、高度15 km以上でよい一致を示していることがわかる。

(注1)極渦(きょくうず)：北極と南極付近の成層圏で晩秋から春にかけて発生する強い西風(極夜ジェット)に囲まれた巨大な低気圧性の渦。オゾン層破壊の場となることが知られており、北半球においては日本上空など中緯度地帯までその影響を及ぼすことがある。

環境省だより

オゾン層観測センサ(ILAS-Ⅱ)の運用に向けて

環境省地球環境局研究調査室　　奈良 税

1. ILAS-Ⅱの概要

ILAS-Ⅱは、平成8年8月に打ち上げられた地球観測プラットフォーム技術衛星「みどり」に搭載されたILASの後継として開発されたセンサで、環境省が平成7年から開発を行ってきたものです。

このILAS-Ⅱは南北両半球の高緯度地域の上空(高度10～60 km)を、オゾン(O_3)及び硝酸(HNO_3)・二酸化窒素(NO_2)・亜酸化窒素(N_2O)等のオゾン層破壊に関連する物質を同時に観測することができ、オゾン層の破壊の実態について把握することができます。

2. 定常運用に向けて

このILAS-Ⅱが、宇宙開発事業団(NSADA)の開発した環境観測技術衛星「みどりⅡ(ADEOS-Ⅱ)」に搭載されて、平成14年12月14日10時31分、種子島宇宙センターより打ち上げられました。

その後のILAS-Ⅱは、1月20日からの約3日間の機能確認により、打ち上げ後初めてとなるデータ取得が行われました。この初データを基に、国立環境研究所によりデータ解析処理作業が行われ、その結果、ILAS-Ⅱの稼動状況に問題はなく、予定通りの機能を発揮していることが確認されました。

今後は、3月下旬のシステム総合試験(衛星全体が定常運用に近い状態)を経て、4月より定常運用を開始する予定となっています。

その後、ILAS-Ⅱとの比較観測のため、仏国立宇宙研究センターの協力によるキルナ(スウェーデン)での検証実験や、気象庁の協力による昭和基地(南極)でのオゾンゾンデ観測により地上実証データの取得を行い、ILAS-Ⅱのデータの信頼性確認等の重要な作業を行っていくこととしています。

これらの作業を経た後、ILAS-Ⅱのデータは、国立環境研究所よりインターネット等を通じて、世界中の科学者をはじめとして、広く一般に公開される予定です。

3. ILAS-Ⅱへの期待

ILAS-Ⅱの前身であるILASは平成9年6月に「みどり」が運用を停止したため、短期間のデータしか取得できませんでしたが、そのデータからは、冬季の北半球でのオゾン層破壊の定量的な把握や、オゾン層破壊を促進する北極及び南極上空の雲(極成層圏雲)の発生頻度、及びその化学的組成の推定、等の成果が得られました。

表　ILAS-Ⅱの主要諸元

観測対象項目	O_3、HNO_3、NO_2、N_2O、メタン(CH_4)、水蒸気(H_2O)、硝酸塩素($ClONO_2$)、エアロゾル、気温、気圧
測定高度	10－60 km
高度分解能	1 km
測定領域（緯度帯）	北半球　57－73 度 南半球　64－90 度

今回打ち上げられたILAS-ⅡはILASと比較して高度分解能や観測精度の向上及び観測対象物質の追加等の改良が図られたものであり、このILAS-Ⅱがオゾン層に関連する多種類の物質を同時に観測できる特徴を生かして、オゾン層の破壊の実態把握とともにオゾン層の消長のメカニズム解明などに役立てられることが期待されます。

4. おわりに

最後に、これまでILAS-Ⅱの開発・打ち上げにご尽力いただいた国立環境研究所及び宇宙開発事業団の関係者の皆様に感謝するとともに、今後もILAS-Ⅱをより有益に活用すべく、引き続きご協力をお願い致します。

地球環境研究センター(CGER)活動報告(2003年1月)

地球環境研究センター主催会議等

2003．1.28～29　平成14年度第3回全国環境研協議会酸性雨調査研究部会(向井研究管理官・井上係員/つくば)

国立環境研究所にて開催された標記部会に、地球環境研究センターはオブザーバとして出席し、「第3次全国調査結果のとりまとめについて」、および「第4次全国調査について」等の議論に参加した。

所外活動(会議出席)等

2003．1.15　千葉県高等学校教育研究会平成14年度理科総合分科会研究協議会において講演(藤沼研究管理官/千葉)

見学等

2003．1.10　鈴木俊一環境大臣
17　工学院エコ・シビルエンジニアリング研究会一行(5名)
23　茨城コープ環境セミナー一行(20名)
24　JICA地球温暖化対策コース一行(4名)
24　三井業際研究所技術企画委員会一行(20名)

2003年(平成15年)2月発行
編集・発行　独立行政法人 国立環境研究所
地球環境研究センター
ニュース編集局
発行部数：3150部
〒305-8506　茨城県つくば市小野川16-2
TEL: 029-850-2347
FAX: 029-858-2645
E-mail: cgercomm@nies.go.jp
Homepage: http://www.nies.go.jp
http://www-cger.nies.go.jp
★送付先等の変更がございましたらご連絡願います

このニュースは、再生紙を利用しています。
発行者の許可なく本ニュースの内容等を転載することを禁じます。