

## 地球環境研究センターニュース

Center for Global Environmental Research



【冬の落石岬モニタリングステーション：作業は屋外でも行われる（13ページ参照）】

2006年(平成18年)5月号(通巻第186号) **Vol.17 No.2**

## 目次

地球環境研究センターでの地球観測のあり方

地球環境研究センター 副センター長 野尻 幸宏

始まった「地球温暖化研究プログラム」による研究

地球環境研究センター長 笹野 泰弘

GCPつくば国際オフィスでの2年間を振り返って

GCPつくば国際オフィス 前事務局長 ペネロピ・カナーン

温暖化ウォッチ(10)～データから読み取る～

20世紀における地球温暖化と氷河の消長

スイス国立工科大学 教授 大村 纂

お知らせ

サマー サイエンスキャンプ2006

- 森林の中で地球温暖化を考えよう -

- 生物の力による環境浄化能力を考えよう(植物コース、微生物コース) -

日英共同科学研究プロジェクト第1回国際ワークショップ

「持続可能な発展につながる低炭素社会ビジョンの構築」

四季折々 - 落石岬 -

地球環境研究センター活動報告(4月)



## 地球環境研究センターでの地球観測のあり方

地球環境研究センター 副センター長 野尻 幸宏



5月1日付けで、地球環境研究センター副センター長を命じられました。就任にあたり、皆様にご挨拶申し上げます。私、2004年7月から1年10カ月間、内閣府参事官を併任し、総合科学技術会議の環境・エネルギー担当を勤めました。それまで、国立環境研究所では湖沼・海洋・大気のフィールド観測研究に専念して参りましたが、内閣府在任中は、環境研究のあり方、国全体のエネルギー問題など、科学技術と社会との関わりを考える仕事に突然飛び込み、自然科学研究とは違う世界を経験しました。この間にまとめた大きな決定文に、2004年12月の「地球観測の推進戦略」と、本年3月の「科学技術基本計画」を受けた「分野別推進戦略」がありました。「地球観測の推進戦略」は、地球観測サミットによるGEOSS(全球地球観測システム)10年実施計画策定と並行して検討したわが国の地球観測推進の基本をまとめたものです。CGERの大きな業務である地球環境モニタリングはすべてこのもとで行われることとなります。

ここで、国全体の戦略を作る中で感じた地球観測としてのCGERモニタリング事業のあり方を述べさせていただきます。地球観測は、プラットフォームと呼ばれる基地・設備が必要なものがほとんどです。これには、衛星・航空機・船舶・地上施設などがありますが、観測専門の設備の場合と、観測を目的としない設備に付加的に装置を加える場合があります。CGERで運営している大気観測所は前者に、民間航空機や商船の利用は後者にあたります。国内全体で主なところを見ると、観測衛星を宇宙航空研究開発機構が、地上観測設備を気象庁と国立環境研究所が、大型観測船を海洋研究開発機構、気象庁、水産庁、海上保安庁などが維持していますが、専用の航空機はありません。1990年の地球環境研究センター創立の頃、航空機を持つ方法がないか？専用の観測船をチャーターすることができないか？など大いに議論しました。結局、大気観測所、森林フラックス観測施設などの施設は持つものの、専用の船舶・航空機を用いた観測は行わない道を選びました。もちろん、船

や飛行機を持つには少なくとも数十億円の初期投資が必要で現実性が乏しかったのですが、結果的には、このことがCGERの地球環境モニタリングをユニークなものにしました。大型プラットフォームを持つと後年の維持にかかる経費で他の事業展開が困難になったと思います。

国立環境研究所が始めた民間航空機による観測や太平洋の商船観測は国際的なフロントランナーであり、各国がこれに続こうとしています。大気観測所も単にCO<sub>2</sub>やCH<sub>4</sub>を測るだけでなく、無人運営ながら研究的観測項目を加えることで、業務的観測にとどまらない成果を挙げつつあります。衛星観測は、大きな予算を使い環境省・国立環境研究所がGOSAT衛星観測の重要な部分を担うことになりましたので、成功に導き社会の要請に応える必要があります。

CGERの地球環境モニタリング経費は、国の地球観測関係予算の中でも数少ない長期継続性をもちつつも研究要素を加えることができるものです。運営にあたる我々は、そのことを強く認識して、長期継続するものを基本としながら、単なる業務的観測ではチャレンジできない地球環境のシステム理解に貢献する新しい手法・項目を取り入れながら、進めて行かなくてはなりません。これには、競争的研究資金などを活用して新たな手法への取り組みを行いつつ、そこから厳選したものについて長期継続を前提にモニタリング事業に加えて行くこと、それにあわせて観測の効率化を進めて行くことが必要だと思います。

国と世界の地球観測についていえば、CGERモニタリングのように長期継続が可能で、研究的要素が加えうる事業の拡充が是非必要と考えます。これは場合によってCGERのライバルになりますが、単にライバルではなくCGERで開発した手法・項目を他機関の制度・事業に普及させて行くことで、国あるいは世界全体の統合された地球観測を進めることが望めます。国内他機関との、さらには、国際的なコミュニケーションの中心になるように、観測運営を任されている我々CGERは努力を続けなくてはなりません。この点で、CGERが担当することとなったわが国の地球温暖化観測に関する連携拠点事業の推進事務局運営においては、コミュニケーションの中核となるような事業展開を致したいと思います。

## 始まった「地球温暖化研究プログラム」による研究

地球環境研究センター長 笹野 泰弘  
(地球温暖化研究プログラムリーダー)

国立環境研究所では、平成18年4月より第2期の中期計画に基づく研究を開始したところである。本中期計画においては、研究所として4つの重点研究プログラムを設定し、プログラムを構成する中核研究プロジェクトを中心に重点的に予算と研究者の配分を行うことにしている。すなわち、地球温暖化研究、循環型社会研究、環境リスク研究、アジア自然共生研究の4つの重点研究プログラムである。さらに、第2期の中期計画期間の開始に合わせて研究組織の改編がなされ、3つの研究センターが再編強化され、また1研究グループが新設された。このうち、地球環境研究センターはこれまで、(1)大気・海洋・陸域の地球環境モニタリング、(2)地球環境データベース構築やスーパーコンピュータ利用などに係る地球環境研究の支援や、(3)グローバルカーボンプロジェクト(GCP)国際オフィスを始めとする各種の事務局・オフィスの役割等を通しての地球環境研究の総合化を3つの柱として事業の展開を図ってきたが、これらの事業に加えて、重点研究プログラムのひとつである「地球温暖化研究」を中心になって推進する役割を新たに担うこととなった。このため、事業の推進を担当する3つの推進室と研究を担う4つの研究室という体制に再編された。本稿の目的は、新たに開始された「地球温暖化研究プログラム」における研究計画の概要を紹介することにある。

改めて言うまでもないことであるが、温室効果ガス濃度の上昇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、深刻さを考えると、将来の人類の生存基盤にかかわる最も重要な環境問題のひとつだといえる。そうだとすると、持続可能な社会の構築のためには、地球温暖化の防止、あるいは気候変化の抑止、その影響の緩和に対する取り組みが必要不可欠である。一方、京都議定書が昨年発効し、政府は京都議定書目標達成計画を閣議決定し、その確実な実施が求められている。しかしながら、京都議定書

で定められた温室効果ガスのマイナス6%(1990年比)の達成だけが重要なわけではなく、それから先を見据えた取り組みをいかに進めるかが大きな問題として我々の前に横たわっている。すなわち、京都議定書の第一約束期間以降の国際的な枠組みの構築とか、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す、そのための50年後、100年後を見据えた中長期的な観点からの温暖化対策の検討を進めていくこと、さらには新しい社会経済システムの実現への道筋を明らかにしていくことが必要である。

こういう観点から地球温暖化研究プログラムでは、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下に、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のあるべき姿を見通して、費用対効果また社会的受容性を踏まえて、その実現に至る道筋を明らかにすることを全体の目標としている。最終的に、脱温暖化社会への道筋を明らかにすることを目標としており、そこでは社会科学の観点からの研究が重要な役割を果たすことになる。一方、自然科学の観点からは、こういった気候変化までは許容されるのか、あるいはどこまでの気温上昇は許されるのか、どの濃度レベルまでなら許容できるのか、そのためにはどこまで温室効果ガスの排出を抑えなければならないのか、これらの問題をひとつひとつ科学的裏付けのもとに明らかにする必要があり、そのためには依然として現象の理解、機構の解明もまた取り組むべき重要な課題として残されている。

地球温暖化研究プログラムは、このように非常に幅の広い課題を取り扱うことになる。このため、国環研がこれまでに培ってきた観測研究、モデル研究、社会システム研究などの温暖化研究能力の総力を注ぎ、また、地球環境モニタリングなど当センターが営々と築いてきた資産を最大限に活かして、本プログラムを実施することとしている。



プログラムは、4つの中核研究プロジェクト、8つの関連プロジェクト、さらに地球環境研究センターが行う温暖化関連の諸活動とから構成されている。以下では、4つの中核研究プロジェクトの概要を紹介したい。本ニュースの次号以降で、プログラムを構成する4つの中核研究プロジェクトの詳細を順次、紹介することになっている。

中核研究プロジェクト1は、「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」を主題としている。人為発生源からの温室効果ガスの振る舞い、特に海洋や陸域生態系による吸収、大気中への蓄積について、観測を中心としてその機構と地域的な特性を明らかにすることを目指している。温暖化の進行とそれに伴い気候が変化した環境下で、陸域や海洋での吸収はどのように変化するのか、そのフィードバック機構など、将来の濃度予測の精緻化を図る上で解明すべき点は多い。観測には航空機や船舶が利用され、地上観測ステーションでの連続的な詳細観測が行われる。また、これらの観測データを統合的に利用し、いわゆる「インバースモデル」を利用して、温室効果ガスの発生源・発生量の地域的な分布や季節的な変化の見積もりを行う。

環境省、宇宙研究開発機構、国立環境研究所の三者の共同事業として進められているGOSATプロジェクト(人工衛星を利用したグローバルなCO<sub>2</sub>濃度分布の測定と、発生量・吸収量の地域的な分布の推定)に対応する課題を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」)で担当する。そのため、衛星観測データの解析手法の開発、データ処理手法の開

発、また得られたデータに関してデータ質の評価・検証、データを利用したインバースモデルによる全球規模の炭素収支分布の推定を行う。GOSATプロジェクトのうち当研究所の担当部分はこれらの研究面だけではなく、地球環境研究センターの事業としての側面がある。後者については、衛星データの処理運用システムの開発・運用に係る事業として、本プログラムにおいては関連活動として位置づけられている。

中核研究プロジェクト3はモデルを中心とした研究であり、気候モデル、影響モデル、土地利用モデル等の統合による地球温暖化リスクの評価を主要課題としている(「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」)。すでに、国内の主要機関が協力して開発して来ている気候モデルや炭素循環モデルに、水資源影響モデル、農業影響モデルなどを組み合わせ全体として整合の取れたモデルとし、さまざまなシナリオのもとで将来予測実験を行い、気候変化予測にとどまらず、その影響まで含めて予測し、リスクの評価に結びつける。モデルの計算結果を用いて、30年程度の短中期的な観点からの解析と100年程度を見越した長期的な解析を行うこととしている。前者では、例えば、大雨や台風の出現頻度、真夏日の出現状況など、いわゆる極端現象を含む詳細な予測を行う。これは、当面の温暖化対策の動機付け、あるいは適応策の検討の材料として重要なものである。長期的には、科学的裏付けのある影響・リスクの評価と関連付けた、将来の温室効果ガスの安定化目標の設定という課題につながる。さらに、このプロジェクトでの新たな視点は、これらの将来予測において「不確定性」を定量的に評価し、影響・リスクを表現していこうという点にある。科学でなし得ることは将来の可能性の提示であって、判断をするのは判断材料を示された国民である。そのためにも、不確実性の情報を含め、的確な判断材料を提供していくことが研究者の重大な責務と言える。

「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」が、中核研究プロジェクト4の主要課題である。日本、アジア、世界といった空間的な軸での切り口、短期、中期、長期の時間軸、

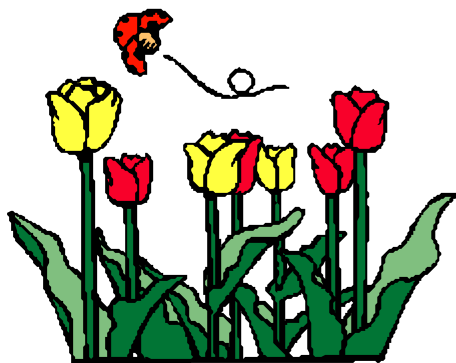


表1 地球温暖化プログラムの4つの中核研究プロジェクト

<p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- アジア・オセアニア・太平洋域の温室効果ガスの時空間変動観測とメカニズム解明</li> <li>- 発生源や吸収源の地域的特性の解明とインベントリの検証</li> </ul>
<p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- GOSAT全球観測データ解析手法の開発とデータ質の検証</li> <li>- データ同化手法を適用した大気輸送モデルによる炭素収支解析</li> </ul>
<p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 自然 社会システムの相互作用を考慮した統合予測モデリング</li> <li>- 長期安定化目標検討に資する、複数の安定化排出シナリオの下での温暖化リスク評価</li> <li>- 近未来(20~30年先)に深刻化が懸念される異常気象リスクの評価</li> <li>- 陸域生態系・土地利用、気候、影響の相互フィードバックに関する定量的評価と不確実性分析</li> </ul>
<p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ビジョン・シナリオ作成：中長期排出削減目標達成のための対策同定と実現可能性の評価</li> <li>- 国際政策分析：国際交渉過程や枠組の検討</li> <li>- 対策の定量的評価：温暖化対策の費用・効果の定量的評価</li> </ul>

技術、経済、制度といった社会的な側面、これらを意識しながらビジョン・シナリオの策定を行い、また国際政策分析、温暖化対策の定量的評価を進め、これらを統合して、温暖化の影響や対策の効果を総合的に評価することとしている。

4つの中核研究プロジェクトは互いに密接に関係している。例えば、中核研究プロジェクト1及び2で実施される観測に基づく温室効果ガスの排出量の変化要因の解析結果は、陸域生態系や海洋による二酸化炭素の吸収メカニズム、気候変化との相互作用の理解に不可欠なものであり、これは中核研究プロジェクト3における将来予測モデルの精緻化に寄与する。モデルによる将来予測に際しては、将来の社会変化シナリオが必要であり、中核研究プロジェクト4の成果が中核研究プロジェクト3に引き渡され、また逆に、気候変化や影響・リスクの将来予測の結果が温暖化対策の評価に用いられ

る。さらに、地球環境研究センター事業として実施されている大気・海洋モニタリング、陸域モニタリング、地球環境データベースの整備などは、温暖化研究の基盤をなすものであり、中核研究プロジェクトの推進においてこれらの事業との連携は必須のものである。

地球環境研究センターでは、この他、グローバルカーボンプロジェクト国際オフィス、温室効果ガスインベントリオフィス、地球温暖化観測推進事務局などを擁しており、これらの国際的あるいは国内の関連プロジェクトの結節点としての活動を通して、地球温暖化研究の推進に貢献する。

本研究プログラムではこれらさまざまな研究、事業、活動の間の連携が極めて重要であると考えており、今回、地球環境研究センターに集うことになった研究者間の相互の働きかけを特に重視して、プログラム研究を進めて行きたいと考えている。

## GCPつくば国際オフィスでの2年間を振り返って

GCPつくば国際オフィス 前事務局長 ペネロピ・カーナン

私がグローバルカーボンプロジェクト(GCP)を去る前にこうして皆さんにお話できることを嬉しく思います。今日はこれまでの主な活動についてお話ししたいと思います。

### GCP設立の経緯

炭素の循環ということは、皆さんご存知でしょう。二酸化炭素は地球温暖化と関係があり、私たち人間は、ますます多くの温室効果ガスを排出しているのに、その吸収源は減る一方で温暖化に拍車がかかっています。

炭素のグローバルな循環を理解するうえでの大きな問題は、炭素がどこにでもあることです。植物や動物の体内にも含まれています。石油やガスは動植物の死骸の堆積ですから、ここにも炭素がありますし、その他の堆積物にも炭素は含まれています。そして、大気中、海洋、陸地、地中を循環しています。このような状況で、炭素循環のしくみや相互作用に影響する要因、炭素循環の様々な構成要素パターンを解明するのは、途方も無い試みなのです。

2001年、WCRP(世界気候研究計画)、DIVERSITAS(生物多様性科学国際協同プログラム)、IGBP(地球圏-生物圏国際協同研究計画)、IHDP(地球環境変化の人間社会側面に関する国際研究計画)の4つの大きな科学コミュニティが協力し、地球システ

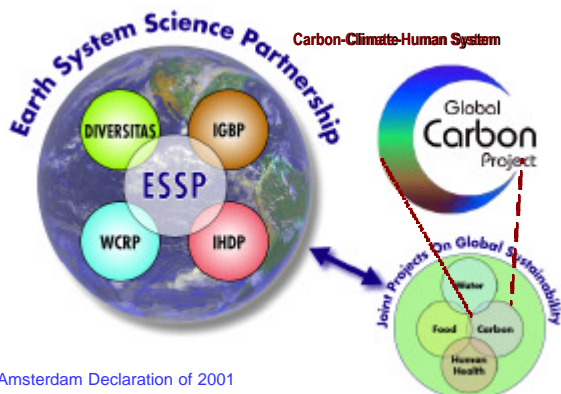


ム科学パートナーシップ(ESSP: Earth System Science Partnership)というものを組織し、これはアムステルダム宣言に盛り込まれました。

科学は自身のあり方について考え直す必要に迫られていました。つまり、狭い分野で知識を追い求め、地球科学と社会科学を分離するのではなく、どちらも人間の側面を構成するものとしてとらえる融合的な取り組みが必要とされたのだと思います。このESSPからグローバル・サステナビリティに関する4つの研究プロジェクトが生まれ、水、食物、人の健康とともに炭素プロジェクトGCPが立ち上げられました(図1)。

GCPには2つの国際オフィスがあります。一つはオーストラリアのキャンベラにあり、陸域生態系モデラー・生物学者が責任者です。もう一つは、ここつくばで、主に自然科学と社会科学の融合への理解、ビジョンづくり、それを推進する役割を果たしています。さらに、北京を始めいくつか地域オフィスがあり、ワシントンDC、パリ、イタリアには支援オフィスがあります。

4つの国際組織からなるGCP科学運営委員会が承認した科学的枠組みは、3つのテーマから成り立っています。第1は全球炭素循環のパターンと変動性の理解、第2は炭素循環を形成する要素のメカニズム、相互作用、フィードバック、そして第3は炭素管理です。この3つのテーマをもとに科学プランが



Amsterdam Declaration of 2001

図1 地球システム科学パートナーシップとグローバル・サステナビリティ

策定され、その後1年半ほどの間に、2つの主要プロジェクトが開始されました。ひとつは炭素吸収源の脆弱性についてで、特に泥炭地、ツンドラ湿地、火災に弱い森林を取り上げます。もうひとつは、第3のテーマと強い関連性があり、今日、これから私がお話したいことですが、都市と地域における炭素管理についてです。

#### エコロジカル・フットプリントかPOETICsへ

科学運営委員会の科学プランに基づくガイダンスをご紹介します。全球炭素循環の人間の側面を示し、科学者が調査研究の対象にしたいと考えていることです。我々人間の行動は社会的要因が引き起こすものであるとは言わないで、人間を地球に分布する一生物種と捉える考え方で、私たちが取る行動の意味や意思決定は他のものとの相互関係のなかで形成されるということです。このすべてを「人間の側面」と呼ぶことは誤解を招くかもしれません。それでも、私たちはこの課題と取り組み、これらを説明できる社会科学と炭素循環の自然科学を融合させなければなりません。

そこで、まず、私たちは炭素フットプリント(エコロジカル・フットプリント)を示すいくつかの国の融合データを検討しました。人間が居住するためにはどのくらいの生態系サービスが必要かを探るのです。たった4つの社会的変動要素によって75%以上のエコロジカル・フットプリントの変化を説明できます。「世界システムの位置」(全球レベルでの不平等性のシステム、つまり世界、各国間での所得格差や階級差などの形をとって現れる不平等さ)、「国内での不平等」、そして不平等の側面と見なすことの出来る「識字率」の3つには、「不平等」という共通項があります。残る一つは「都市化」です。

しかし、たとえ私たちがこのことを突き止めても、グローバルな規模で、「不平等な購入や不平等な支出を改めましょう」と訴えるのは、とても難しいでしょう。ですから、全球炭素フットプリントを管理するには、それを地域レベルに引き下ろす必要があります。そこで、「人口(Population)」つまり居住者の数とその特性、次に、階層、血縁組織、経済システムなどの「組織(Organization)」

そして、これらが特定地域の「環境(Eco-Environment)」に対し、その地域の「技術(Technology)」が用いられることで、どんな影響を及ぼしあうか、さらに、これらのうち何が「制度・慣習(Institution)」として成立し、政治的、経済的の制度や家族、宗教的慣習になっているのか、最後に、その地域を支える「文化(Culture)」的要素をとりあげます。これらすべてをまとめて、それぞれの語の頭文字を取り、POETICs(ポエティックス)と呼ぶことにしました(図2)。私は、覚えやすいので、この命名を気に入っています。このように、ある特定の場所を包括的に捉えるのは重要で、POETICsをすべての場所が持つ“枠”とし、個々の場所はみな独特の枠を持つと考えると、それに合う炭素管理の介入戦略を策定することができそうです。そこで、私たちは地域の炭素収支、つまり排出源と吸収源のバランスを主な原因と人間の側面に分けました。主な原因のうち二つは土地利用とエネルギー起源の排出で、収支(バジェット)という面から見ると、使いすぎであったり、蓄えがあったりします。

#### 都市・地域レベルでの炭素排出を研究するURCMプロジェクト

都市・地域炭素管理(Urban and Regional Carbon Management)イニシアティブ、略してURCMと呼んでいるプロジェクトは、都市と地域レベルでの直接、間接的炭素排出に関する研究において、主な駆動要因(ドライバー)が何か、炭素収支の基本的な原因は何か、特定の炭素軌跡(フットプリン



図2 POETICs



ト)を残す軌道(パスウェイ)はどのようにして発展するのかなどを突き止められるように方向付けする取り組みを行い、その介入方法を探り、実際の炭素管理について意思決定をサポートします。

URCMイニシアティブは、組織だった視点を作ろうとした試みです。先ほどお話したように、ある地域のPOETICsを調べるとき、その地域の中にある幾つかの都市のPOETICsを個々に見て、それら都市間のつながりを見て、炭素がある場所から別の場所に移動する流れを考慮しなければなりません。計算結果から、私たちは、都市は、都市レベルで実際に排出される炭素量の約3倍の炭素を実際は出していると考えています。つまり、直接に排出する炭素に加え、都市の外で生産されて、その後、都市に持ち込まれ消費された物も都市の排出炭素量として計算に加えると、こういう結果になります。このような間接的、目に見えない排出炭素の量は非常に多いと考えられています(図3)。

URCMの枠組みに時空間という要素を加えると、POETICsで示した軌道ができ、それに従って進んでいくと炭素フットプリントを見つけることができます。炭素の排出源と吸収源のバランスの変化を見ると、過去には炭素の排出よりも貯蔵のほうが多く、しだいに両方同じくらいになり、その後、バランスが崩れ始めます。自己の境界を越え、炭素フットプリントが限界に達すると、政策決定への介入の時期のようですね(図4)。

炭素管理の科学はグローバルな論理とそれを地域的に適用させることの組み合わせであり、POETICsの枠組みにある社会システム駆動要因を追求するものです。ただし、その方法は多岐にわ

たり、ケーススタディ、統計比較、メタ・アナリシス、社会ネットワーク分析、自然実験、などが考えられます。

自然科学と社会科学の融合は一般的になりつつあるようですが、私たちが提案しているのは、地球システム科学の分野との“結婚”、社会科学と関連性のあるエリアでの協働分析作業を目指しています。そのためには、様々な定義づけ、関心事、分析レベル、分析ユニットの統一を取る必要があります。

炭素循環に関しては、これまでいろいろなエリアでたくさんの研究が行われてきました。例えば、気候変動と政策ツール、組織的なアプローチ、環境の歴史の変遷、社会的変化、消費、グローバル体制、非常に複雑なメカニズムを持つ砂漠化などがあります。また、都市・地域レベルでの炭素循環だけを取り上げた先進的なケーススタディもあります。ただし、これらは明確に解説する力が十分とは言えず、基本的に排出インベントリーや土地利用インベントリーにとどまり、炭素管理に発展させることが可能な科学ポリシーを築くほどには用語も方法もまとまっていない印象があります。それでも、これらは興味深い研究と言えるでしょう。例えば、南米を研究対象にした初期のケーススタディ、アジア太平洋地域で炭素管理を開発戦略に取り入れようとした研究、そしてソバカル・ダカル(Shobhakar Dhakal)氏の都市のエネルギー



図3 都市と地域における炭素の流れ

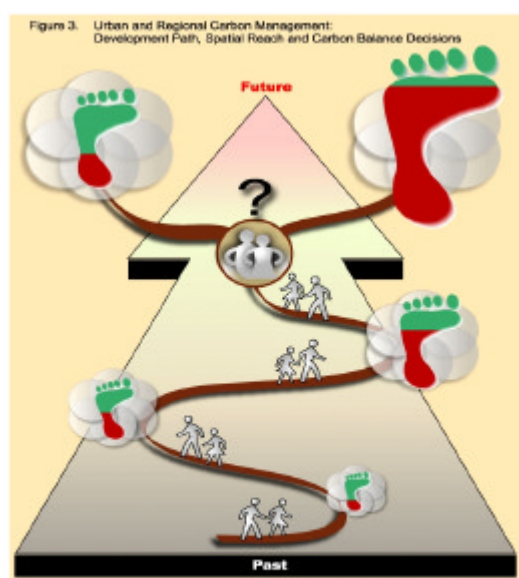


図4 都市と地域における炭素管理



利用と温室効果ガス排出についての研究などがあります。

#### 開催したセミナーや研究発表

これまでGCPプロジェクトのもとで、多数のセミナー、会議、研究発表が行われました。セミナーは17回行われ、様々な国、組織団体から全部で22人の発表者と10人の討論者を招待しました。今後も継続的にセミナーは開催されていくでしょう。社会科学の分野の会議も4回開催しました。これらには、社会ネットワーク理論と方法論を都市・地域炭素管理にどう応用できるかをテーマにした会議、またURCMの前身、RC6と呼ばれたプロジェクトを提案した会議がありました。RC6は、地域(Regions)・都市(Cities)・炭素(Carbon)・気候(Climature)・文化(Culture)・変化(Change)・影響(Consequences)のそれぞれの語の頭文字である1つのRと6つのCを取ったものですが、説明するとき7語全部言うのは大変なので、今はURCM、「都市・地域炭素管理」となり、ちょっと言いやすくなったわけです。3つ目ですが、私たちは科学とジャーナリズムの協力推進にも力を入れ、一般市民の意識を高めて、活動に参加するための優れた人材づくりを目指しました。そこで、私たちは、カンボジア、ベトナム、タイ、中国、ラオス、日本の協働によるメコン河生態系モニタリング(MeREM)プロジェクトに参加しました。4つ目として、「日本の都市と地域における炭素管理のためにオゾン層保護推進派から何を学ぶか」をテーマに小さな会議を開きました。

私たちが発見した多くのことは、地域や都市レベルに存在する社会ネットワークの利用に関連したことです。これらを、変化を起こすための手段として利用できるはずなのですが、同時に、将来の炭素削減のためには既存のネットワークの現状を理解する必要があります。

また、URCMのサイトを新しく作りました。データベースというよりは、ケーススタディを集め、都市や地域で炭素管理のためにどんな活動が実施されているのかを、みなさんに知ってもらうこと

を意図しています。

先ほど、科学者とジャーナリストとの協力について話しましたが、その関係で、私たちは山形放送が制作した1時間のドキュメンタリー番組づくりにも参加しました。また、ラジオ、テレビ、新聞、雑誌などから多くのインタビューも受けました。

GCPのプロジェクトではないのですが、ここでご紹介したいことがひとつあります。私たちの同僚、ゲオルギー・アレクサンドロフが担当している“Carbon Balance and Management”というオンライン・ジャーナルについてです。ここに研究論文をどんどん寄稿していただきたいと思います。特にこれまで研究論文を発表した経験の少ない若い研究者にとっては、編集者や一流の科学者のアドバイスを受けられる絶好のチャンスです。

#### 今後に期待

最後に、GCPの今後の活動展開について少しお話しします。

GCP主催による会議は、まずすでに日程が決まっているメキシコシティでの会議があります。ここでは、都市と地域レベルにおいて開発とグローバルな問題を関連付けることを話し合います。関心のある方は、ウェブサイト(<http://www.gcp-urcm.org/>)をご覧ください。

実は、私自身は任期が終わり、デンバー大学に戻ります。新しい事務局長として、都市経済、都市工学、そして都市の排出を専門とするソパカル・ダカール氏が4月3日に赴任されます。今後のアクション・プランについては、ダカール事務局長から後日紹介があると思います。

以上、これまでのGCPの動きや今後の抱負をおおまかにお話しました。私は、ここで素晴らしい経験ができたと思います。ほんとうにありがとうございました。

\* 本稿は3月15日に開催されたGCPセミナーの内容を事務局で和訳したものです。



温暖化ウォッチ (10) ~データから読み取る~

## 20世紀における地球温暖化と氷河の消長

スイス国立工科大学 教授 大村 <sup>あつむ</sup> 纂  
(国際雪氷学会 会長)

地球温暖化に伴い、氷河が縮小・消滅する可能性があると懸念されている。そこで本稿では、氷河の観測が本格的に開始された19世紀後半から現在までの観測値に基づいて、地球温暖化と氷河の消長の関わりについて考えてみよう。

アルプスの氷河では、第一次国際極地観測年(1882~1883)頃から計画的な観測が始められた。以来、スイスでは、毎年およそ100箇所の氷河が観測されてきた。このなかには大アレッチ氷河のように全長20 kmを超すヨーロッパ最大のものから1 kmに満たない小さなものまで含まれるが、最も多いのは全長数kmの規模のものである。20世紀を通じての傾向を見ると、すべての氷河が後退したと言ってよい。最大の大アレッチ氷河は2 kmも後退した。後退の規模は氷河の大きさに依存し、当然のことながら大きな氷河程変化の絶対値が大きく現れる。相対値、すなわち全長のパーセントで見ると、小さな氷河程敏感に反応する。これらの氷河の変化の歴史をもう少し詳細に見てみると、必ずしも20世紀を通じて単調に後退が進んだわけではないことが分かる。まず、小氷期より解放されたばかりの20世紀初頭には全氷河の8割で後退が見られたが、1910年代の第一次世界大戦にかけての寒冷化の時には全氷河の5割で前進が見られた。ヨーロッパは1930年から1940年代終わりにかけてかなり急激な温暖化を経験するが、この時には全氷河の9割が後退した。この温暖期も1950年代いっぱいまで終わりを告げると、氷河はその後すぐに前進を始め、1970年代終わり頃には約6割の氷河が前進していた。70年代後半に、私は、恩師のフリッツ・ミュラー教授とともにローヌ氷河の調査をしていたが、ローヌ氷河は明らかに前進していた。既に温暖化問題が取り沙汰されていた時期でもあり、その前進をどう説明すべきか当初戸惑ったが、気候値を注意深く見ると明瞭に寒冷化していることが分かり、その時期の氷河の前進を説明するこ

とが出来た。氷河はかなり忠実に温度変化に対応していたといえる。この20世紀中葉の寒冷化は、ヨーロッパに限って観測されたものではなく、世界中多くの地域で同じ傾向が見られた地球規模での現象であり、1940年から1970年までの30年間続いた。ヨーロッパではこの寒冷化は全球的傾向から10年ずれて起こり、1950年代から1980年頃まで続いて、先に記した氷河の前進を引き起こした。その後現在まで既に四半世紀、観測時代に経験のない急速な気温上昇が世界的規模で起きている。20世紀中に全球平均気温は約0.6 上昇したが、その内の半分に当たる0.3 は世紀末の20年間に起きている。それに対応して、この20年間の氷河質量の減少も観測開始以降最大のものとなった。全球的規模で見した場合、最大の氷河である南極氷床の質量収支は未だに定かではない。グリーンランドの現時点での質量収支は負であることが最近明らかになり、年間質量収支は - 50 ~ - 90 km<sup>3</sup>程度と計算されている。これは、10年あたり約2 mmの海面上昇に相当する。小さい氷河ほど気候変化に敏感であるから、こうした氷河はいったいどうなっているのだろうか。1950年代から20世紀末までの山岳氷河及びアイスキャップ、すなわちグリーンランド及び南極大陸以外の氷河の質量収支を10年ごとに集計した結果を表1に掲げる。これは冬と夏の質量収支が毎年計られている世界の34の山岳氷河の質量収支をもとにして計算した結果である。



表1 20世紀後半におけるグリーンランド及び南極大陸外の山岳氷河及びアイスクャップの質量収支  
(実測値に基づく。単位は水柱換算 mm/y)

年	冬期収支	夏期収支	正味年収支
1951~1960	800	- 905	- 105
1961~1970	808	- 997	- 189
1971~1980	913	- 1097	- 184
1981~1990	954	- 1187	- 233
1991~2000	961	- 1433	- 472

この表の意味するところは意外で、こうした小規模の氷河の年間質量収支が - 135km<sup>3</sup>とグリーンランドを遥かに凌ぐものであり、10年あたり4 mmの海面上昇に相当することが判明した。これら小規模の氷河の総面積は、地球全体の氷河面積のわずか3%(南極大陸：86%、グリーンランド：11%)に過ぎないことを考え合わせると、小規模氷河の果たす役割の重要さに驚かされる。またこの表から、20世紀最後の10年に、質量の減少傾向がいかに加速されたかが分かる。その原因は積雪の減少に依るのではなく、圧倒的に夏期の融氷の増加に依っていることも理解できる。

この計算は世界全体を平均した結果であるが、地域的に見ると氷河の質量が増加している地域がある。それはスカンジナビア半島とさらにその北のスヴァールバル諸島である。これらの氷河は単に厚さを少々増しているという程度のものから雄々しく前進しているものまであり、地球温暖化を否定する根拠としてよく米国などでは使われる。しかし良く見ると質量増加の原因は寒冷化ではなくて近年における著しい降雪量の増加なのである。夏期の融氷量はこの地域でも過去20年間明瞭に増加している。ただ降雪量の増加速度があまりに大きいために、やはり増加している融氷量を凌いで

いるのであり、この北東大西洋沿岸地域での冬期積雪の増加の可能性はECHAM5など優れたGCMによる温暖化のシミュレーションですでに予知されていた現象に他ならない。

このようにして見ると、地球表面における数多くの事象のなかで、氷河こそ最も早く、また明瞭に地球温暖化現象を体現しているといつて差し支えない。氷河後退の現状に関して豊富な歴史資料と氷河学的痕跡のそろった氷河を限られた日程のうちで観察するには、スイス中部、フルカ峠のすぐ西にあるローヌ氷河と東スイスで観光地として名高いサンモリツ東方のモルタレッツ氷河が最もふさわしい。しかし、いくら観光地化しているとはいえ、夏でも氷河のうえに上がるには最小限、暖かい服装、ピッケル、ロープ、アイゼンは必要であり、できれば免許を持った地元の案内人をつけるべきである。

\*地球環境研究センターニュース Vol.16 No.5 (2005年8月号)から連載されている「温暖化ウォッチ～データから読み取る～」はホームページ(<http://www-cger.nies.go.jp/cger-j/c-news/series/series6/series6top.html>)にまとめて掲載されています。



## サマー・サイエンスキャンプ2006

財団法人日本科学技術振興財団が実施運営する「サマー・サイエンスキャンプ2006」は、公的研究機関が最先端の科学技術とふれあう場を提供するもので、青少年を対象に実際の研究現場で実習・研修が行われます。国立環境研究所では、国立環境研究所つくばメインキャンパス(茨城県つくば市)と、地球環境研究センターが温室効果ガス等の大気微量成分を観測している富士北麓フラックス観測サイト(山梨県富士吉田市)を会場に開催いたします。

対象：高等学校、中等教育学校後期課程又は高等専門学校(1～3学年生)等に在籍する生徒

募集要項は5月26日に発表される予定です

詳細はサイエンスキャンプホームページ(<http://ppd.jsf.or.jp/camp/>)へ

問い合わせ先

財団法人日本科学技術振興財団 振興事業部内 サイエンスキャンプ事務局

〒102-0091 東京都千代田区北の丸公園2番1号

TEL: 03-3212-2454 FAX: 03-3212-0014 E-mail: [camp@jsf.or.jp](mailto:camp@jsf.or.jp)

- 森林の中で地球温暖化を考えよう -

### プログラム1

会場：富士北麓フラックス観測サイト(山梨県富士吉田市)

会期：2006年7月26日(水)～7月28日(金)

募集人数：8名

プログラム概要紹介：地球では地球温暖化、オゾン層破壊、森林減少など様々な環境問題が生じています。これらの『地球環境問題(地球病)』の治療や予防のために、その病状を的確に検査診断し、早急に措置する必要があります。このために、国立環境研究所では様々な分野から地球環境研究に取り組んでいます。今回サイエンスキャンプを実施する『富士北麓フラックス観測サイト』では、地球病の一つである地球温暖化の原因となる二酸化炭素の収支/放出をはじめとする森林生態系の様々な機能について、総合観測研究を行っています。観測サイトは富士山の北麓に広がる森林の中に所在しています。この自然の中で森林生態系の様々な機能の観測を体験し、『地球温暖化防止に対する森林生態系の役割』を考えてみましょう。

なお、富士北麓フラックス観測サイトに関する詳細は、地球環境研究センターホームページ(<http://www.cger.nies.go.jp/index-j/topics/press/p060113/p060113.html>)をご覧ください。

- 生物の力による環境浄化能力を考えよう(植物コース、微生物コース) -

### プログラム2

会場：国立環境研究所つくばメインキャンパス(茨城県つくば市)

会期：2006年7月26日(水)～7月28日(金)

募集人数：12名(植物コースと微生物コース 各6名)

プログラム概要紹介：人間は便利で豊かな生活を送るために、多くの有機化学物質を使用し、環境へ排出しています。それらは大気、水や土壌を介して輸送され、植物や土壌細菌によって吸収・分解されます。このプログラムでは、化学物質の植物への吸収と微生物相への影響を調べます。

具体的には、植物コースでは実験用植物に化学物質を含む水を与えて、その物質が吸収される様子を観察します。微生物コースでは様々な環境から採取した土壌にどのような微生物がいるのかを調べます。実験にはHPLCやDGGEという少しレベルの高い技術を使用しますが、研究者がわかりやすくご説明しますので安心して受講してください。またそれぞれのコースともに、自然を観察するフィールド調査を行います。このキャンプでの経験が環境問題を科学的に理解するための最初のステップになることを期待しつつ、皆様のお越しをお待ちしています。

## 日英共同科学研究プロジェクト第1回国際ワークショップ 「持続可能な発展につながる低炭素社会ビジョンの構築」

京都議定書が発効された一年後の2006年2月16日、日本国環境省(MoEJ)と英国環境・食糧・農村地域省(Defra)は、共同して科学的プログラム「低炭素社会の実現に向けた脱温暖化2050プロジェクト」を推進することを発表しました。日英それぞれにおいて低炭素社会の実現に向けた研究を実施するとともに、世界各国の同様の研究を集大成する国際ワークショップを2006年6月に東京で開催することになりました。

本ワークショップでは、深刻な温暖化影響を回避するための大幅な削減目標が課せられたとき、どうすればそれが実現できるか、世界各国の第一線級の研究者と政策決定者の対話を通して探って行きます。また、今後急速な経済発展が予想される途上国において、持続可能な発展と温暖化防止が両立する道筋を検討します。

日時：2006年6月13日(火)13時から17時まで (受付開始12時半より)

場所：三田共用会議所講堂 (〒108-0073 東京都港区三田 2-1-8)

言語：英語 (同時通訳有)

主催：日本国環境省、英国環境・食糧・農村地域省、(独)国立環境研究所

申し込み先：脱温暖化2050研究プロジェクトのホームページ(<http://2050.nies.go.jp>)をご覧ください。

\*会費は無料ですが、参加を希望される場合は、6月5日(月)までにお申し込み下さい。プログラム等詳細は脱温暖化2050研究プロジェクトのホームページ(<http://2050.nies.go.jp>)をご覧ください。



### 落石岬ステーション 冬の点検

冬の北海道の中でも根室地方は比較的気温は暖かいほうです。昼間寒くてもマイナス5度くらいで極寒というには程遠いものです。年間の降雪量もさほど多いものではありません。

落石岬ステーションの局舎の屋上には気象関係の測器があり、このメンテナンスも欠かせません。冬の点検時、ここから見る景色はとて素晴らしいものです。360度大パノラマの雪の世界は、自然への畏敬の念を抱かせます。しかし、この感動も2分程度が限界で、容赦なく吹く風は人間の心を「寒い」としか感じさせなくさせます。宮沢賢治が「雨ニモマケズ 風ニモマケズ」

と厳しい環境でも詩を表現し、心豊かにしていたことには驚嘆します。

ステーション内は22度に空調されています。室内での作業は真冬でも快適に行えます。一方、外周りの作業を30分もするとかなり冷えます。気温がそれほど低くなくても、強い風が吹くと体感温度がぐっと下がるのです。作業後、ステーション内に逃げ込んで冷たくなった防寒衣を脱がないとすぐには暖かいと感じません。

雪は少ないとは言え、落石岬に吹く強い風は地吹雪を発生させます。また、強い風によって岬のあちらこちらに雪が吹き溜まります。局舎への途中にある沢は特に吹き溜まります。酷いと2メートルくらいの雪が溜まります。こうなると専用車両での通行が困難になるので除雪車による除雪作業をしてもらいます。それでも車が雪にはまり立ち往生することは多々あります。何度も雪をかいては車を動かすことを繰り返します。おかげで雪かきは得意になりました。車が道半ばで故障し、車を置いて吹雪の中を徒歩で移動したこともあります。そんな時ただひたすら「寒い」としか感じません。人間、どんな状態の中にあっても詩的情緒を失いたくないものですが、私にはまだまだ修行が足りないようです。

ところで、宮沢賢治は「サウイフモノニ 私ハナリタイ」と結んでいました。この詩の中での言葉を、彼自身が成就できたのかは不明です。

(財)地球・人間環境フォーラムつくば研究所  
調査研究主任 島野 富士雄



冬の作業道

## 地球環境研究センター(CGER)活動報告(2006年4月)

### 地球環境研究センター主催会議等

2006. 4. 27 第18回グローバルカーボンプロジェクト(GCP)セミナー(つくば)  
Ms. Ioana Oprea(筑波大学国際総合学類4回生)が“ Globalization and Economic Growth Impacts on Carbon Dioxide Emissions in Asia-Pacific ” を発表した。

### 見学等

2006. 4. 14 日本海ガス(株)北陸コココーラプロダクツ(株)一行(5名)  
25 ラテンアメリカ技術交流センター(技術研修)一行(4名)  
28 茨城高等学校一行(40名)

### 2006. 4. 22 平成18年度科学技術週間施設一般公開



4月22日(土)に科学技術週間行事の一環として、国立環境研究所の施設公開が行われ、春の公開としては過去最高の1,137名の方が見学されました。多数の方々にお越しいただき、厚く御礼申し上げます。

地球環境研究センターでは、ポスターなどの展示による研究・事業内容の紹介、日常使っているエネルギーの大きさを身をもって体験していただく「自転車発電」、お子さん方にも地球環境問題に関心をもっていたくための「ぱらぱらマンガ」や「環境問題かんしん度チェック」などの工作やクイズを企画しました。

世界最高水準の高解像度気候モデルにより地球シミュレータで計算された最新の温暖化予測の動画や、昨年11月に開始した日本航空の定期航空機を利用した温室効果ガス観測などで実際に使われている最新鋭の観測装置の展示は、特に多くの方の目を引いていたようです。地球温暖化問題に対するご来場の方の関心は高く、スタッフに真剣な面持ちで質問される方が従来になく多いように感じられました。

次回の施設公開は、7月22日(土)に「国立環境研究所夏の大大公開」が予定されております。みなさまのご来訪をお待ちいたしております。

2006年(平成18年)5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：3200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。