

# 氷床コア解析に新しいパラダイムを

安成哲三（筑波大学地球科学系）

## 1. はじめに

南極ポストーク基地からの2000m氷床コアは、全球的な気温（酸素同位体比）と大気中のCO<sub>2</sub>濃度が、氷期・間氷期サイクルの時間スケールではほぼ平行的に変動しているという衝撃的な結果を出すことにより、気候変動の研究に大きなインパクトを与えた。これは、わずか一点でのデータでも、研究目標と解析する要素をうまく選べば、すばらしい地球科学的成果を挙げることができる、ということを実例に示した例といえよう。

ひるがえって、日本のこれまでの氷床コア解析研究の成果が何であったかと問われた時、残念ながら一言でスバツといえるものは非常に少ない。少なくとも、この分野を少し外からみている者には、そう見える。これは、ポストークのような16万年にも及ぶ長い時系列データが得られなかった、からだだろうか。確かにそれも、あろう。しかし、それだけではない、と私には思われる。

一昨年の夏、シアトルでの国際シンポジウム「雪氷圏と気候 (Ice and Climate)」に参加した私は、氷床コア解析による古環境・古気候研究が、予想以上に進んでいることを強く感じ（安成他、1990参照）。例えば、英国南極局の Peelらの研究 (Peel and Mulvaney, 1990) は、南極半島での短い氷コア解析から、ウェッデル・ポリニアの過去の変動と南極周辺の大気循環の変動を示唆する興味深い結果を提出していた。このような研究に感じ取れるものは、豊かな発想と的を得た解析手法である。

日本は今、ドーム計画という大規模な氷床コア掘削計画を押し進めつつある。この計画が真に実りあるものとなるかどうかは、計画に対するハード側の準備もさることながら、ソフト側の準備、即ち研究のプロポーザルにかかっていると見えよう。否、これ無しに研究は有り得ないはずである。「たとえ一点でもとにかく掘る」ことが既にポストークでなされた以上、そしてそれなりの（どころか、大変な）成果が出た以上、同じ論理はもはや使えないはずである。といて、「南極氷床の標準コアを採る」などという論理は、あまりにも弱すぎるではないか。だいたい何が「標準」なのだろうか。（そもそも研究のフロンティアにおいて、「標準」などということば自体、百害あって一利無し、ではないか。）

と、批判ばかりしていても仕方がない。そこで、今後の（日本での）氷床コア解析研究に、私自身の興味から具体的な提言を試みたい。

## 2. 氷床コアに成層圏循環の変動を探る

ドーム研究計画を予定しているドームFは、極渦と呼ばれる南極氷床上の寒冷な気団の下にある。この上空の南極成層圏は、岩坂泰信氏のことば（岩坂、1990）を借りれば、地球の低緯度からさまざまな化学物質が輸送、集積され、季節に応じてさまざまな化学反応が行われている「空の化学工場」である。オゾンホールは、この化学工場の「異常事態」として現れていることが、現在明らかになりつつある。しかも、この異常は、上空の工場から対流圏・氷床上へ「たれ流された工場廃液」によっても検知しうる可能性が指摘されている。とすると、この工場廃液を過去20万年も規則正しくため込んだ氷床コアは、氷期・間氷期サイクルに伴う地球大気物質循環と、それを担う成層圏の大気循環の変動を探る、非常に良い記録帳ではないだろうか（図1参照）。

具体的には、極域成層圏雲（PSC）から落ちてくる硝酸、硫酸化合物を中心にトレースして、過去のPSCの活動頻度などの情報を追っかけることになるであろう。このことは同時に、過去の極域成層圏の温度変動の情報ももたらすことになる。このことはさらに、南極氷床の大気に果たす役割が、過去と現在で同じか違ったかといった、地球気候における大きな問題にもつながってくるのではなかろうか。

この場合、研究の戦術としては、成層圏起源と対流圏起源を判別できる物質および分析手法の確立といったことも必要になるかも知れない。

いずれにせよ、オゾンホールに代表される極域の成層圏循環と物質循環の変動をこそ、ドーム研究計画の中心に据え、これに対応する研究者グループを早急に作っていくことが、ソフト側の準備として必要なのではなかろうか。

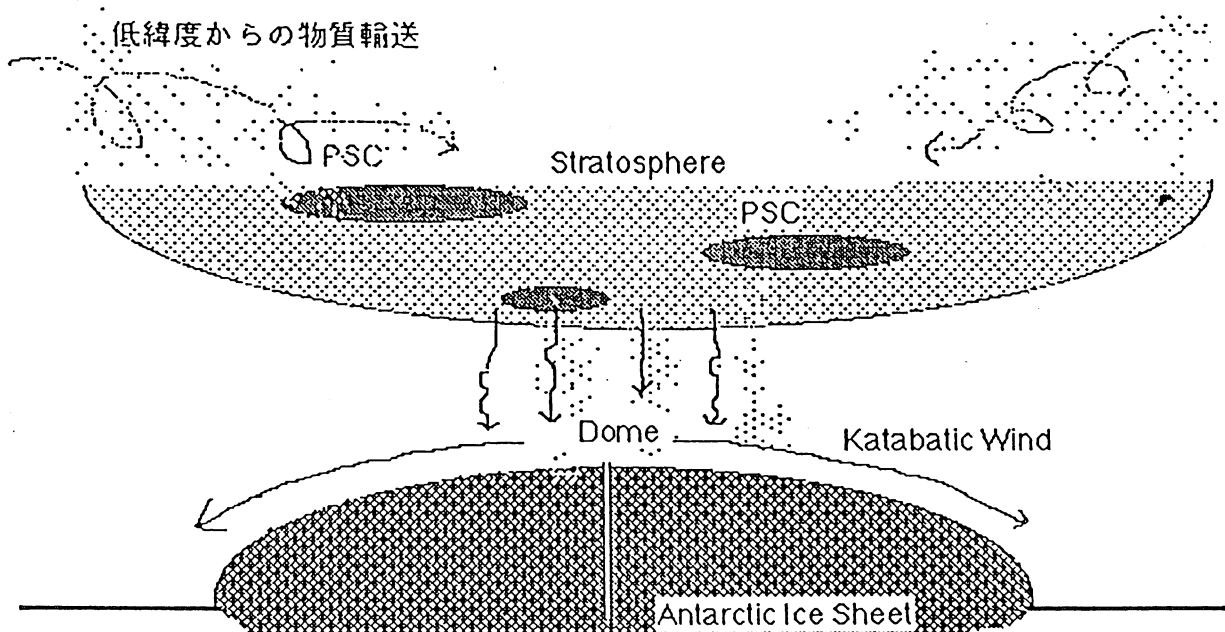


図1. 南極域成層圏と南極氷床コア解析の模式図。

### 3. 小氷期気候復元計画 (LIAMAP) の提唱

CO<sub>2</sub>などの温室効果ガスによる「地球温暖化」の可能性が、科学的論議に政治的論議が加わって、現在やかましいほど話題に挙がっている。確かに、観測データの蓄積され始めた19世紀末以降、巨視的にみると、北半球気温は上昇の一途をたどっており、特に1970年代後半からの気温の上昇率は、観測時代で見ると、過去最高の率となっている (Folland et al., 1990など)。しかしながら、この半球 (全球) 規模の昇温が、果して人類活動によって増加しつつあるCO<sub>2</sub>ガスの増加に因るものかどうか、まだ決定的な答えは出ていない。多くの研究者は、大気・海洋を結合させた大循環 (気候) モデルによる予測にかなりの期待をかけているようだが、このモデルは、大気だけの大循環モデルよりもさらにモデルとしての自由度が大きく、当面のあいだ、信頼できる結果はあまり期待できない。

もうひとつの道は、過去にさかのぼることである。即ち、人類活動による温室効果ガスの増加のほとんどなかった時期から増加し始めた今世紀はじめにかけての気温変化の時空間分布を、少なくとも北半球スケールで復元し、気候の自然変動として、現在の「温暖化」が、どの程度説明できるものなのかを押さえることである。特に、16世紀から19世紀にかけては、「小氷期」と呼ばれる気候の寒冷な時期であったことが、よく知られているが、世紀末以降の全般的な温暖化が、この寒冷期からの「戻り」として説明できる程度なのか否か、というところは、この問題における大きな議論の分かれ目である (Folland et al., 1990)。

歴史時代の気候復元の方法として、古文書や木の年輪分析による方法等があるが、これらの手法は、間接的 (proxy) な証拠による類推的な復元であること、ローカルな影響の除去の困難であることなど、多くの問題を抱えている。これに対し、酸素・水素同位体比から気温変動を、また年層構造から降水量を、より直接的に算定できる氷床・氷河のコア解析は、この時間スケールの気候復元にも、重要な役割を果たすことができる可能性が高い。特に、このデータの採取が可能なグリーンランドや、北極・ヒマラヤ周辺域は、過去約1世紀の半球規模での気温変動と、それに関連した大気循環の変動を、ある意味で大きく支配してきた地域である。例えば、グリーンランドは、北半球の大気循環の変動を構成しているいくつかの地域的な循環パターン (これを、最近では、テレコネクション・パターンと呼んでいる) の中でも、最も卓越しているNAO (北大西洋振動) パターンのキー・エリアとなっている。同様に、アラスカ・ロッキー地域は、PNA (太平洋・北米) パターンの、ヒマラヤ・中央アジアの山岳域は、EU (ユーラシア) パターンの変動をみる上に、非常に好都合なところに位置しているともいえる (図2参照)。これらのパターンの (正負) 極性の振動は、北半球気温の変動に、密接に関連していることが、最近のいくつかの研究 (Moses et al., 1987; Yasunari, 1991; Trenberth, 1990など) で明らかになっている。

最近、全球的な温暖化における南半球の役割が注目され始めている (Yamamoto et al., 1991)。これは、観測時代、あるいは近年の地球の「温暖化」においても、圧倒的な面積を占める海洋の、気候メモリーとしての役割の重要性が指摘されつつあることを意味している。これに関連

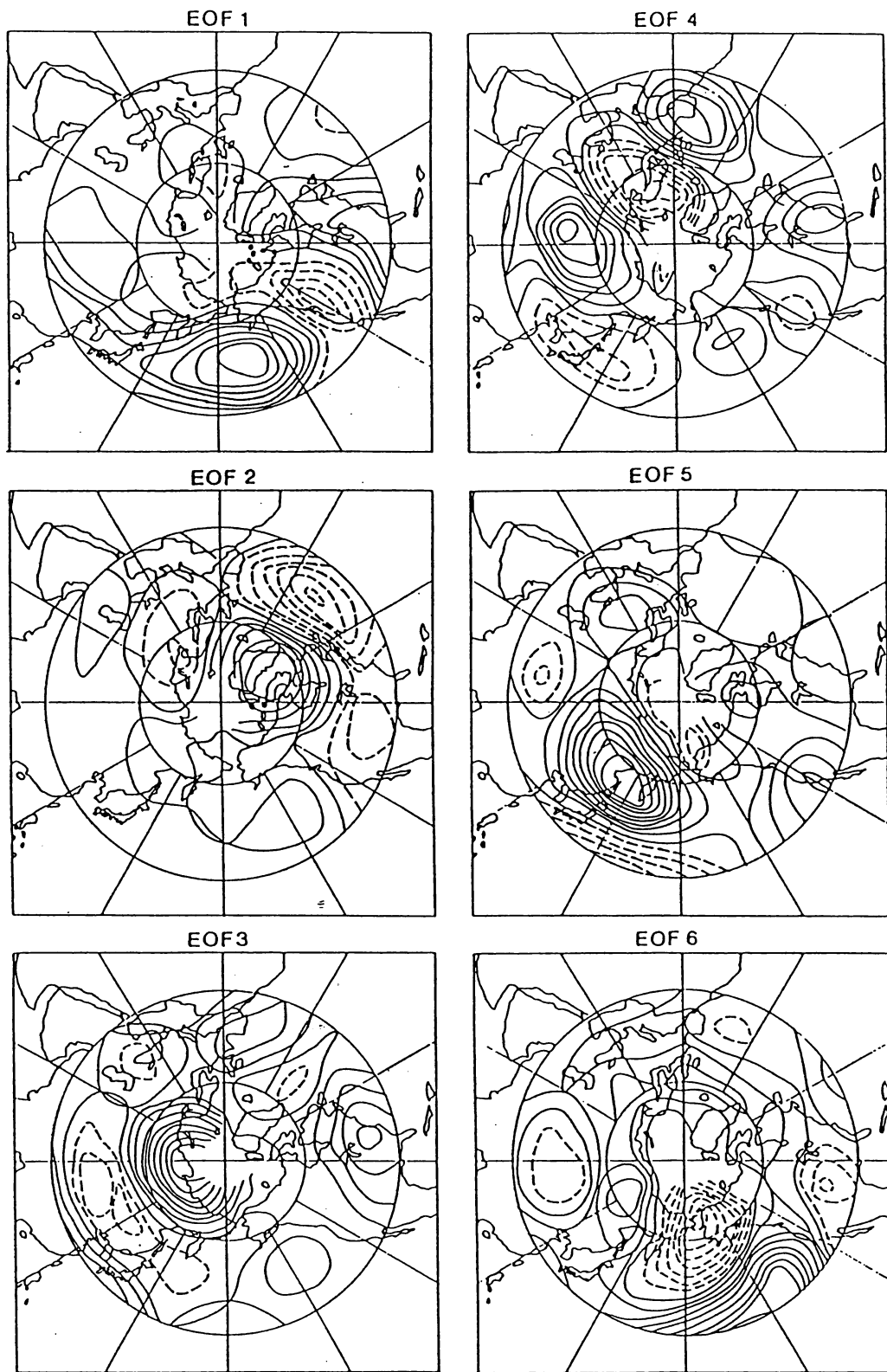


図2. バリマックス回転した主成分分析法により抽出した季節平均500 mb高度偏差におけるいくつかの卓越するテレコネクション・パターン。EOF1はPNA、EOF2はNAO、EOF4はEUパターンに対応する。実線は正偏差、破線は負偏差域を示す(Yasunari, 1990)。

して、南半球での「小氷期」がどうであったか、ということも、当然のことながら問題となろう。これらの問題を念頭においた、南極及びその周辺での浅層・多点の水コア解析の研究計画も、ぜひ望まれるところである。

いずれにせよ、全球的な浅層コア解析・ネットワークを基礎においた「小氷期気候復元研究計画 (Little Ice Age Climate Mapping Programme 略して LIAMAP)」とでもいうべき研究プロジェクトは、一点での深きを目指す「ドーム計画」に負けず劣らず重要な科学的プロポーザルを持っていると私は確信している。

#### 4. おわりに

科学の研究は、大きく分けて「事実枚挙型」と「仮説検証型」に分けられるようである。そして、地球科学の研究の多くは、前者の性格を持っていることが多い。前者は「博物学的」などとも言われ、なんとなく古いイメージがある。特に「近代的」な物理学を基礎にしていると自負する地球物理学者が、地理学や地質学の分野を批判的にいう時に、よくこの言葉を使うようである。しかし、地球物理でも、「環境モニタリング」等といえば聞こえはいいが、中身は前者と同じことであることが多い。もちろん、「事実枚挙型」が、決して悪いとも私は思わない。「通常科学」と言われている科学研究の大部分は、ある意味で、「事実枚挙型」である。この型の研究による膨大な蓄積無しに、新しいパラダイムを持った科学もでてこないであろう。しかし、この型だけでは、研究の新局面が、どうにも出てこない、という時期が、それぞれの研究分野には必ずあることも確かである。このような時に、後者の型の研究が、大きな、場合によっては、決定的な役割を果たすことになるだろう。

氷床コア研究にとって、現在欠けているのは、「仮説検証型」の研究計画と発想ではないか。私には、そう思われてならない。

#### 文 献

- Folland, C. K., Karl, T. R., and Vinnikov, K. YA. (1990): Observed Climate Variations and Changes. in "Climate Change. The IPCC Scientific Assessment" edi. by IPCC. 201-238.
- 岩坂泰信 (1990) : オゾンホール. 裳華房 137pp.
- Moses, T., Kiladis, G. N., Diaz, H. F., and Barry, R. G. (1987): Characteristics and frequency of reversals in mean sea level pressure in the North Atlantic sector and their relationship to long term temperature trend. J. Climatol., 7, 13-30.
- Peel, D. A. and Mulvaney, R. (1990): 200-hundred year climate record from Antarctic