



## CLIVAR/PAGES (気候変動と古気候に関する会議) の報告\*

阿部 彩子\*\*

### 1. はじめに

WCRP の副計画の1つである CLIVAR と、IGBP の副計画である PAGES (Past Global Changes) が、11月16日より5日間、イタリアの Venice で合同会議を開いた。筆者は CLIVAR-SSG の住委員の代役として会議に参加させていただいたので、ここに会議の報告をしたい。

会議の目的は、「10~100年スケールの気候変動の解明および地球温暖化予測」という CLIVAR (立案段階) の掲げる目標のために、既に実行段階にある PAGES が古気候学的な観測事実に基づいてどのような情報を提供できるか検討すること、さらに古気候学者と気候モデラーとの共同研究を推進することであった。PAGES 側からは教科書でよく目にする大御所や Nature 誌に最近登場する30~40代の active な研究者がぞろぞろ (28名) 招待されて来ており、一方、CLIVAR からは SSG の中から9名の参加であった (付記参照)。

会議は, Duplessy (CLIVAR/PAGES のリエゾン役, フランス) と Overpeck (PAGES, NOAA) による趣旨説明が行われた後、まず、CLIVAR と PAGES 双方による基調講義、第一部、第二部の討論という順序で進められた。第一部ではプロセスの観点から ENSO と海洋深層循環の2つの working group にわかれて議論した。それぞれの working group は、CLIVAR の前身である TOGA と WOCE に対応しており、メンバーも TOGA と WOCE に分かれて議論された。第二部は、abrupt climate change と natural

variability の2グループに分かれての議論で、ここでは、気候変動を総合的に見るためそれぞれのグループには TOGA も WOCE も混じっての議論が行われた。会議の締めくくりはそれぞれのグループのまとめの発表になるはずであったが、予定外に GCM による paleo-climate modeling についての総合討論が半日かけて行われた。これは、会議を通して、気候モデル (GCM) がこの二つの異質の分野の気候研究者にとっての橋渡しの道具だという見方が広がったためである。

### 2. 基調講義 : 「Mr. CLIVAR の注文」

CLIVAR 側の Key Lecture では、Philander と Cane, Shukla が ENSO/Monsoon システムについて、Sarachik が海洋熱塩循環の力学について、Bengtsson が気候予測可能性と気候の自然変動性について解説した。また、Shukla と Sarachik が CLIVAR プロジェクトが必要としている「観測」データがどんなものであるかを大まかに説明した。

これに対し、PAGES 側の演者らはどのような古気候データが有効で、何が見えるかを提示した。データの種別別に、時間分解能や情報についてざっとまとめると次のようになる。低緯度では、太平洋の珊瑚礁の成長速度や同位体分析から過去300年以上の ENSO の変動が分解でき (Dunbar (NOAA)), 大西洋では最長800年の SST 復元がされた場所もある (Paezold (ドイツ Bremen 大学))。精密な分析技術を駆使すると月単位の時間分解能が得られる。樹木年輪データは、陸上の気温や降水量データの復元に用いられ、全米をはじめに世界中でネットワーク化され過去200年はさかのぼれる (Cook, Lamont)。ユーラシアの樹木年輪データはこれまで稀少だったが、今後集めていく計画が進められている。山岳氷河コアは高緯度だけでなく

\* Report on CLIVAR/PAGES.

\*\* Ayako Abe-Ouchi, 東京大学気候システム研究センター。

© 1995 日本気象学会

中国チベット域や南米氷河でも採取されている。これから各地点での数100から数1000年にわたる降水量や気温の変動について年々の分解能で情報がえられる(Thompson, Ohio 大学)。氷床コアからは年々の気温や降水量変動がかりうじて分解できるがむしろ数1000年間の10から100年の変動を見出すのに役立つのである(Johnsen, Iceland 大学)。また、前の間氷期(13万年前)の気候変動シグナルの抽出で、気候の安定性に関する論争が続けられている。残念ながら海底コアは一般に100年以下の時間スケールを分解できない(Boyle, MIT)が、プランクトン、栄養塩や同位体比のデータから海洋循環に関する情報が様々に得られ、氷期間氷期を通じて大きく変化した深層循環の変動シグナルを見出す作業は重要である。

### 3. ENSO システムに関する議論:「何を測ってほしいのか」

ENSO/Monsoon の変動に関しては、PAGES と CLIVAR との協力が期待できそうであることがわかった。すなわち PAGES 側から次のようなデータが得られそうである: 珊瑚のデータを扱うグループだけでも10-20もあり今後もあちこちで海面水温変動のデータが得られそうである。気象学者や海洋学者の助言によってもっとターゲットが絞られれば、高い技術を使ってより精度の高い海面温度データが得られてきそうである。また、陸上ではアンデスなど低緯度でも得られる氷コアや南米やアフリカの熱帯でも年輪データ採取がすすめられつつあり、これに加えてチベットの氷コアや中国・日本の古文書とアフリカの湖水位などからモンスーンの活動や ITCZ の情報が得られそうとのことである。

ただ、PAGES 側が協力するにしても、漫然とデータを集めるわけにはいかない、というあたりまえのことが問題となった。むしろ、CLIVAR 側が何を分かればよいのか、どのような仮説をたてているのかが問われているのである。どこが鍵となる場所なのか(どこで何をどの精度で測ればよいのか)を示すことが求められている。一応まず最近200年くらいの ENSO/monsoon の自然変動問題を優先課題として提言するということで結論に至った。

### 4. 海洋循環に関する議論:「10~100年は無理な注文」

これに比べて、海洋の熱塩循環に起因する10~100年

スケールの変動については議論がすれ違いに終わった。古海洋循環の変動は目を見張るようなものが氷期に集中して記録されている反面、最近の数世紀のデータについてはこれまで報告がされてこなかった。深海底コアの分解能が普通1000年くらいであるため原理的に10~100年スケールの現象の分析は非常に困難である。

ただし、ごく限られた海域(例えば日本海)や沿岸付近は堆積速度が速く時間分解の可能性があるので、CLIVAR 側が強い科学的動機と意義づけとすることができれば PAGES も動くという雰囲気ではあった。

それより、氷期間氷期スケール(千から万年スケール)の変動についてこれほどデータが出てきているのに海洋物理屋はなぜこれを先に片付けないのかという疑問が盛んに PAGES 側から出た。ENSO のワーキンググループではデータがすでに豊富に存在し変動メカニズムも大筋でわかっているおかげで議論が盛り上がったが、海洋の熱塩循環のグループは CLIVAR/PAGES 両者とも不服そうな様子であった。

### 5. 過去の気候変動をめぐる議論:「forcing がわかっていない問題…」

Bengtsson 座長が具体的な例をまず出し合おうと呼びかけ、abrupt climate change(急な気候変化)についてうまく議論を引っ張った。急な気候変化をとりあげるのには、もちろん地球温暖化予測と検出の可能性をにらんでのことである。小氷期(14~19世紀)、2000年前、8000年前、Younger Dryas(YD, 氷期の終わりの急激な寒冷化パルス)、前の間氷期の5つの課題にしばらく後、優先順序をめぐってえんえんと議論が続けられた。YDの終末の温暖化ははっきり大きなシグナル(100年で数度)なので「科学的魅力は一番」(A. Berger)であり、「結合システムの安定性を調べるよい例題」(Bengtsson)というのが PAGES 側の見方だが、CLIVAR の立場は、「小氷期問題が先決であろう」という Broecker の意見で代表されていた。

最近では、小氷期は全球的なものではなく、異なる場所で異なる時期に温暖・寒冷の波が10年スケールで押し寄せていて非常に confusing な時期であることがわかってきている。小氷期研究では、GCMの積分時間を延ばして少なくとも統計的な性質(時空間変動)と、さらに forcing の候補があればその forcing に対する応答(変動の統計的な性質も含む)を調べるということが重要であることを確認しあった。

## 6. 気候モデルの役割: 「問題はデータでなくアイデアだ。」

最終日は Sylvie Joussaume (パリ) を中心に古気候モデリングの課題について議論した。「自然変動の解明のため、今世紀および小氷期の気候をまずターゲットとしてデータの提出・整理およびモデルの側から仮説の提出の両方が必要である」とこと、「基本場の大きく違う気候について GCM で再現が出来た上でなければ、10年から100年の variability を議論しても意味がない」という2点がとりあげられた。

モデル感度の定量化と仮説検証をねらって大気 GCM による古気候実験で陸面の感度をしらべる作業がすすめられているが (PMIP, Paleoclimate Modeling Intercomparison Project), それに必要な SST など境界条件のデータの欠落を埋めることが必要である (Joussaume). その次の課題は大気海洋結合 GCM の感度実験をおこなうことである。とくに海洋 GCM に関しては現在と大きく異なる気候における海洋の応答を調べるべきであることが強く指摘された (A. Berger). 例えば、大西洋の沈み込みの弱かった氷期の状況を再現すること (flux correction の是非を含めて議論)、南極周海の海洋循環に対する温度、塩分の影響を調べることなどである。

「データを説明する理論や仮説が必要であろう。モデルを用いればプロセスやアイデア (理論や仮説) をテストできるのに、今までテストすべきアイデアがあまりにも少なかった。だから、“I do not worry the data, but idea.” 例えば、モデルの中で、氷期の気候を再現しようとする氷床が維持できない状況なのはなぜなのだろうか?」と CLIVAR 側の M. Cane は厳しいがもっともな意見を出した。また、PAGES 側の Grootes (ドイツ) からはデータをどこで採ってくればよいか指摘してほしいという注文がでた。

## 7. 雑感

学生や通勤客とともにベニスの街の往来を歩きながら、観光客として前回訪れたときの印象と違って今回は、ベニスが生きている姿を見ることができた。コーヒープレイクの際には、Palazzo Papadopoli という宮殿内の会場から大運河を行き交う船やゴンドラが一望出来た。Brainstorming の疲労を和らげるのに効果的なほど、室内の豪華な天井画やシャンデリアは圧巻であった。それにしても、研究発表のための学会出席と異なり国際会議で今回ほど緊張と疲れを覚えたことは

ない。物理、化学や地球科学でこれまで学んできた基礎知識を総動員して聞き慣れない専門用語の意味を想像しながら、様々な時間スケールの古気候問題を考えなければならないからである。

筆者にとって今回の会議にはユニークな点が3つあった。1つは、物理系の研究者と地質系の研究者が1つの部屋で活発な議論をしたこと、2つめは、会議の進め方がこれまで経験したことのない欧米流の brainstorming であったこと、3つめは古気候研究を通して、地球温暖化問題にどう貢献できるか考えさせられたことである。

なにしろ、気象・海洋物理学者 (以下物理屋=CLIVAR) と地質・地球化学・生態・天体物理など様々な地球科学的手法で古気候の指標を「観測」している研究者 (以下古気候屋=PAGES) が同じテーブルにつくこと自体まだ珍しい。この種の会議は、初めてのことで、議論が自由闊達でいろいろなレベルに飛んでもおもしろかった。よびかけたのは CLIVAR で、「CLIVAR の為に」開かれたので、議論が時々紛糾することになった。PAGES 参加者が“Mr. CLIVAR の御注文により”とジョーク (皮肉?) する場面もあり、気候に対する認識のずれが表面化しては隠れもしたが、PAGES の人々がよく協力してくれたというべきであろう。(平たく言えば、物理屋と古気候屋とが各々自分こそ気候問題をよく考えていると信じて相手を軽視してきたような経緯があるようなので、これは、実は根の深い問題を含んでいる)。

気候研究は本来、季節変動から数100、数1000、さらに億年スケールまで階層構造を明らかにしながら多角的な視点でおこなわれるべきものである。ところが、これまで、数10年スケールまでは気象海洋屋の領域、100年から長いのは地質屋の領域と思われがちであり、総合的に議論がされることがなかった。今後、気象海洋学者が開発してきた気候モデルを用いて長い方の気候変動についてやるべきことがいっぱいある。PAGES の研究者は観測から気候変動の実態を浮き彫りにしてきたが、理論やモデル化する手立ては気象学や海洋物理学者が持っているからだ、また何より古気候研究では気象学や海洋物理学者の参加が必要とされている。TOGA-COARE でもどこでブイを打てば良いかについて理論屋と観測屋が組んで議論してきたように、どこで何を観測をしたらよいかを示唆する力量が気象海洋学者に問われているようである。

最後に、筆者以外には PAGES 側の地質学者も含め

て、日本(そしてアジア)からの出席者が一人もいなかった。これは、この分野が欧米主導であるためであろう。アジアにおいて新たな視点をもって気候研究を発展させてゆく重要性和責任を痛感させられた。

付記: 参加者リスト

・CLIVAR側: L. Bengtsson, M. Cane, J-C. Duplessy, K. Mooney, A. Navarra, G. Philander, E. Sara-

chik, J. Shukla, A. Abe-Ouchi

・PAGES側: E. Bard, A. Berger, E. Boyle, R. Bradley, K. Briffa, W. Broecker, J. Cole, E. Cook, E. Druffel, R. Dunbar, E. Fairbanks, R. Frassetto, P. Grootes, M. Hughes, E. Jansen, S. Johnsen, S. Joussaume, J. Jouzel, S. Kroepelin, G. Kukla, L. Labeyrie, J. Overpeck, J. Paetzold, N. Shackleton, T. Stocker, L. Thompson, R. Thunell, J. White.



## 教官公募

### 1. 公募対象 寒冷海洋圏科学部門(気象学)・助手1名

研究内容 当研究所は、本年度、寒冷圏および低温条件下における科学現象の基礎と応用の研究を目的とする全国共同利用の研究所として改組されました。その中で、当部門では寒冷海洋域が地球全体の気候システムにおいて果たしている役割の研究を中心課題としています。このたびの公募では、寒冷海洋域における大気現象を主として観測的手法によって研究する人を希望します。また、海洋との相互作用に関心を持っている人を希望します。

### 2. 着任時期 決定後なるべく早い時期

### 3. 提出書類 ①履歴書 ②主な研究歴 ③研究業績リスト ④主要論文別刷5編以内(リストに○印)⑤これまでの研究概要(2

千字程度)⑥これからの研究展望(2千字程度)⑦応募者についての意見を聞ける人があれば2名まで、氏名および連絡先

### 4. 公募締切 平成7年11月11日(土)必着

### 5. 提出書類送付先

〒060 札幌市北区19条西8丁目  
北海道大学低温科学研究所  
所長 秋田谷 英次

封筒の表に「寒冷海洋圏科学部門助手(気象学)応募書類」と朱書し、書留で郵送して下さい。

### 6. 問い合わせ先

寒冷海洋圏科学部門教授 竹内謙介

TEL: 011-708-5470,

E-mail: takeuchi@clim.lowtem.hokudai.ac.jp