

# 古環境国際協同研究計画の動向

松本英二<sup>1)</sup>

## 1. 地球圏—生物圏国際協同研究

近年、二酸化炭素やメタン等の増加による温暖化、オゾン層の破壊など地球環境の変化が国際的な大きな問題となっている。しかし、地球規模の環境変化の機構については、未だ不確実の部分が多く、これが地球環境に関して適切な予測と対策を立てることを困難にしている。

地球圏—生物圏国際協同研究 (International Geosphere-Biosphere Programme, 略称 IGBP) の目的は、50～100年後の地球環境の変化を正しく予測するために、地球システムの動態の理解を深めることにある。そのためには、大気、海洋、陸域からなる地球システムを支配する物理的、化学的、生物的諸過程とその相互作用に関わる広範な研究が必要となる。

国際学術連合 (ICSU) は1986年にベルンで開かれた総会で、IGBP を1990年から10年間、国際協力により実施することを決定した。この国際的提唱に対して、わが国では、日本学術会議を中心に検討し、平成2年4月に「IGBP の実施について」政府に勧告を行った。この日本の計画案では、主要な研究地域として、モンスーンアジア地域、西太平洋域、極域をあげ、次の7つの研究領域を設定した。

- 研究領域 1 大気微量成分の変動および生物圏との交換
- 研究領域 2 海洋における物質循環と生物生産
- 研究領域 3 陸域生物群集への気候変化の影響
- 研究領域 4 大気圏・水圏・陸圏と生物圏との相互作用を考慮した気候解析とモデリング
- 研究領域 5 環境変化のモニタリング
- 研究領域 6 古環境の変遷
- 研究領域 7 地球環境と人間活動の相互作用

従来より、多くの研究機関で環境についての学術研究が行われてきているが、グローバルで広領域の観点から取り組む必要のある IGBP では、多数の研究機関による

組織的・総合的な研究の推進が図られるべきである。そのことが、地球システムの動態の理解を深め、地球環境変化のより正確な予測を可能とし、変化に対する対策に学術的基礎を与えることになる。

## 2. 古環境研究計画

地球システムは、決して不変・不動の平衡状態にあるのではなく、常に変化している。温室効果ガスの増加による温暖化も他の自然の変化に重なって現われる。温暖化の将来予測は、自然の変化に関する十分な知識なしには達成されない。

様々なタイムスケールで地球上でおきた気候・環境変化は、自然の中に連続して記録されている。第1表にそれらのうち代表的なものをあげた。1例として樹木の年輪について述べる。

樹木の幹は、春から夏に成長し、秋から冬に成長が遅い。そのため、成長速度に応じて木材の密度が違ってくる。これが1年づつの年輪で、この年を数えれば何年前に成長したのかわかる。また、樹木の成長は、温度、降水量、日照量など気候要素と密接に関係し、年輪の幅

第1表 自然がもつ環境情報

種類	分解能	期間	環境パラメータ
極域氷床	年	10 <sup>5</sup> 年	TH CaBVM S
深海堆積物	100年	10 <sup>7</sup> 年	T CwBVML
浅海堆積物	年	10 <sup>8</sup> 年	T CwBVML
造礁サンゴ	年	10 <sup>8</sup> 年	TH Cw L
樹木年輪	年/季節	10 <sup>4</sup> 年	TH CaBVM S
湖沼堆積物	年	10 <sup>6</sup> 年	TH CwBVML
黄土	10年	10 <sup>6</sup> 年	H CsB M
古土壌	100年	10 <sup>6</sup> 年	TH CsBV

T: 温度, H: 湿度又は降水量, C: 化学組成, (a) 大気, (w) 水, (s) 土壌, B: 生体量, V: 火山噴火, M: 地磁気, L: 海面, S: 太陽活動

1) 名古屋大学水圏科学研究所:  
〒464-01 愛知県名古屋市千種区不老町

キーワード: 地球環境, IGBP, 古環境, 二酸化炭素

や密度として記録される。このように、樹木の年輪を手がかりにして、過去の気候について知ることができるのである。鹿児島県屋久島の杉の中には数千年のものもある。これら生材に加えて化石材を使って、過去1万年近くまでさかのぼることができる。しかし、樹木年輪から地球全体の古気候を復元するには、年輪データが著しく不足しているし、年輪データから気候パラメータへの変換も検討すべき点がある。

樹木年輪のほかにも、氷床、水底堆積物、サンゴ等自然の連続記録が数多くある。これら自然記録を解読し、変化を引き起こした要因とそれに対する地球の応答を定量化に理解するのが古環境研究の目的である。

IGBP では古環境研究の重要性を認めて中心研究課題とした。課題名は Past Global Changes (略称 PAGES でページズと読む) である。スイスのベルン大学の H.

Oeschger 教授を座長として数年間検討し、次の8つの研究課題を決定した。

- (1)太陽活動の変化とその応答
- (2)地球軌道の変化とその応答
- (3)大気微量成分の変化と気候
- (4)火山活動とその影響
- (5)氷床質量収支と海面変化
- (6)生態圏動態と環境変化
- (7)急激な気候変化
- (8)古環境図の作成

これらの研究課題の扱うタイムスケールは、過去2千年と20万年とした。これは、現在が約10万年の氷期一週間のサイクルの途上にあり、またこの長期変化には数十～数百年の中期変化が含まれているからである。前述の8つの研究課題に加えて、古環境・古気候モデリング、

第2表 PAGES 計画のマトリックス

ACTIVITY	TASK	
	STREAM I	STREAM II
1. Solar and orbital forcing and response	-History of solar activity	-Sedimentary records -Deconvolution
2. Fundamental Earth system processes		
a. Trace-gas composition and climate	-Climate and trace gas records	-Improved temporal resolution -Northern and Southern Hemispheres -Carbon cycle -CO <sub>2</sub> and CH <sub>4</sub> in glacial/interglacial
b. Global impacts of volcanic activity		-Record of volcanism -Critical periods -Volcanic records in ice
c. Ice-sheet mass balance in global sea-level change		-Snow accumulation -Temperature-accumulation relationships -Monitoring current conditions -Ice-sheet modelling
d. Biosphere dynamics		-Marine and terrestrial ecosystems
3. Rapid and abrupt global changes		-Record abrupt events -Identification of forcing mechanism -Role of preconditions
4. Multi-Proxy Mapping	-Transfer functions -Map of climatic anomalies -Climate Data in representative regions -Data from tropics -Response of climate to known events	-Definition of key sites -Glacial data set -Land/sea correlations -Palaeoenvironmental maps -Maps of vegetation change

古環境データ管理、試料採取・分析・年定決定等の技術開発の3つをPAGESにとって必要不可欠な課題とした(第2表)。

日本の計画案の研究領域6“古環境の変遷”は5つの研究課題よりなる。

- (1)南極氷床コアの解析
- (2)西太平洋堆積物の解析
- (3)モンスーンアジア地域の古環境
- (4)日本の歴史時代の環境変化
- (5)古環境のモデリング

### 3. 古環境研究のトピックス

PAGESの研炭課題となっているなかで特筆すべき最近の成果について述べることにする。

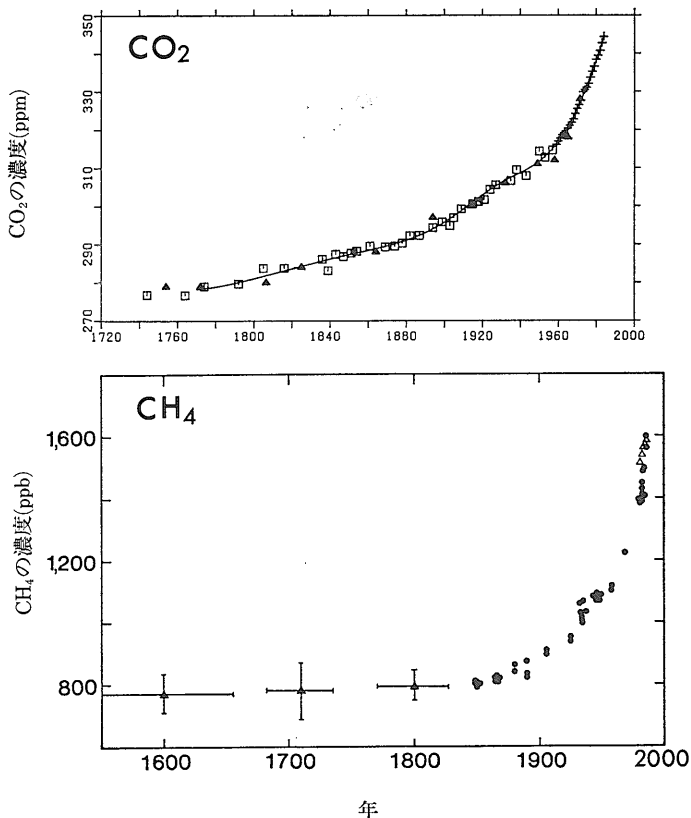
#### 3.1. 大気微量成分の変化

大気中の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)やメタン(CH<sub>4</sub>)などの温室効果ガスの増加は深刻な問題となっている。最近のトピックスは、氷床コア分析から、大気中のCO<sub>2</sub>やCH<sub>4</sub>の変化が明らかにされたことである。

大気中のCO<sub>2</sub>の連続精密測定は、ハワイ島のマウナロア観測所で1958年から非分散赤外分析計を用いて開始され、315ppmから今日の353ppmへと上昇を続けている。ガスクロマトグラムによるCH<sub>4</sub>の連続測定は1978年からであり、1,510ppbから今日の1,720ppbへの変化を記録している。しかし、連続測定が開始される前の信頼できるデータはほとんどない。この空白を埋めるために氷床コアが使われている。

南極やグリーンランドの内陸部では、低温のため夏でも積雪の融解がおこらず、蓄積されて巨大な鏡餅のような氷床となっている。氷床上に積もった雪は、1年中融けることなく毎年積もり続ける。積もった雪はより上部に積もった雪の重みで圧縮され、雪粒子の間の空隙がどんどん小さくなって、遂に独立気泡として氷の中に閉じこめられる。この気泡を抽出・分析することにより、過去の大気組成を知ることができる。

氷から空気を抽出する方法は、氷を収納した密封容器を真空排気したのち、氷を粉碎して放出された空気を回収し、CO<sub>2</sub>やCH<sub>4</sub>をガスクロマトグラムを赤外吸光度計によって定量する。氷1kg当たり高々100mlの空気しか含まれていないので、少量の氷試料から精度の高い測定を行うには、高度の計測技術が要求される。また、氷の年令は $\delta^{18}O$ や電気伝導度の季節変化を用いて決定



第1図 氷床コアの気泡分析から求めた大気CO<sub>2</sub>とCH<sub>4</sub>濃度の変化(Siegenthalerら, 1987, Pearmanら, 1988)。

される。ここで注意しなければならない事は、気泡とそれを含む氷の年令に若干の違いがあることである。一般に、気泡空気の年令は氷の年令より若く、その年令差は、場所によって大きくちがう。

第1図は南極のサイプル基地とロードームの氷床コアの気泡分析から明らかにされた過去数百年間のCO<sub>2</sub>とCH<sub>4</sub>濃度の変化である。大気中のCO<sub>2</sub>の濃度は、1700年代には280ppmとほぼ一定で、1800年代に入って徐々に増加し、1960年以降急激に増加している。この間に約70ppmもの増加があった。SiegenthalerとOeschger(1987)は、このCO<sub>2</sub>カーブを炭素循環モデルで解析し、1900年代初頭までは森林破壊の寄与が大きく、その後は化石燃料によることを明らかにした。大気中のCH<sub>4</sub>は1600~1700年代は800ppbで、1800年代に入るとわずかに増加し、1900年に900ppb、1950年に1,100ppbとなり今日の1,720ppbへと続く。増加の原因については今のところ断定できないが、その増加傾向が人口増加とよく似ている。

#### 3.2. 海面変化

大気中の CO<sub>2</sub> や CH<sub>4</sub> などの増加は、地球の温暖化をもたらす。地球の温暖化は、陸上の雪氷の融解と海洋への流入によって、海面上昇を引き起こすと考えられている。急激な海面上昇は、臨海低地の水没、塩水の侵入、海岸浸食など、人類社会に大きな影響を与えることになる。気候変化と海面との関係を明らかにするには、2つのアプローチがある。1つは気温と雪氷の質量収支から明らかにすることである。他の1つは、過去における気候変化と海面との関係を地学的に明らかにすることである。

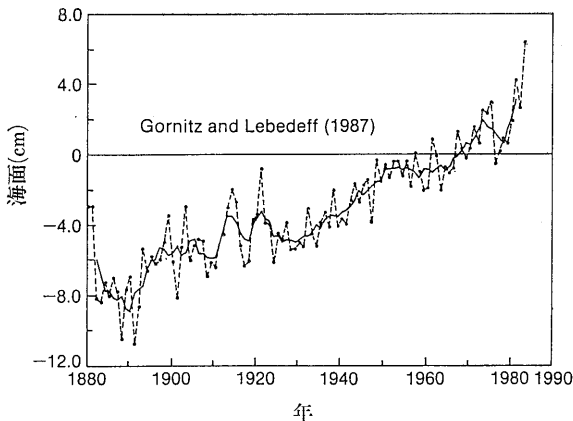
気温と雪氷収支との関係から過去百年間の海面上昇の要因について述べてみる。Gornitz と Lebedeff (1987) は、世界 130ヶ所の検潮所の平均海面データから、1880～1982年間の全球的海面変化カーブを示した(第2図)。このカーブから過去百年間の海面上昇量 10±1 cm が読みとれる。この海面上昇の主な原因として、過去百年間に 0.45±0.15℃ 気温が上昇したことによる海水の熱膨張と陸上の雪氷の融解が考えられる。

海水は温度が上昇すると体積を増す。過去百年間の気温上昇によって海洋の温度分布がどのように変化したかがわかれば、海面上昇量を計算できる。Wigley と Raper (1987) は拡散-湧昇モデルを使って温度変化を求め、海面上昇量 4±2 cm の値を求めた。

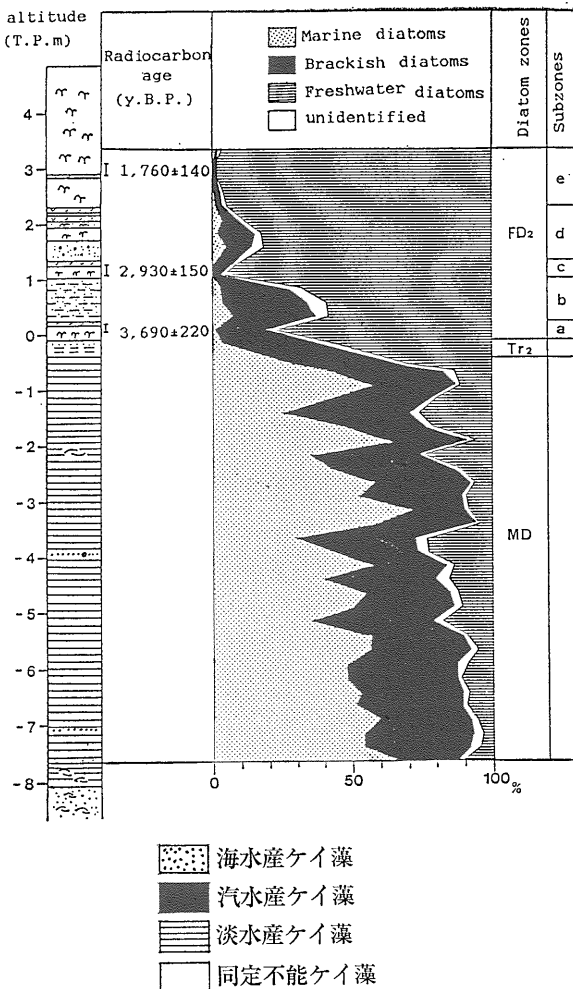
気温上昇によって陸上の雪氷が融けると海面は上昇する。陸上の雪氷を、山岳氷河、グリーンランド氷床および南極氷床にわけ、おのおのについて雪氷収支の立場から評価してみる。山岳氷河の多くは、過去百年間に縮小していることが知られている。Meier (1984) は氷河の縮小による海面上昇量 4.2±2.7 cm を見積った。グリーンランド氷床の質量収支データを用いると 2.3±1.6 cm の値となる。一方南極では温度が低いため、0.45℃ 程度の気温上昇では氷の融解はおこらず、むしろ降雪量が増加し、海面低下となる。しかし、Fourtin と Oerlemans (1990) によれば、海面低下量は無視できる程小さい。

さて、計算結果を合計すると (4±2)+(4.2±2.7)+(2.3±1.6)=10.5±6.3 cm となる。この 10.5 cm は検潮器による実測値 10 cm とよく一致する。この計算から、過去百年間の海面上昇では、海水の熱膨張と山岳氷河の融解の寄与が大きいことがわかる。

地学的方法の1つの例をあげる。海岸にある汽水湖や湿地では、海面変化に連動して海水の流入量が変わり、湖内の生態系が変化する。湖水の一次生産担うケイ藻は、淡水、汽水、海水で、生息する種が異なる。ケイ藻の殻はシリカできているため、その遺骸は化石として堆積物中によく保存されている。ここでは、釧路湿原の堆積物中のケイ藻遺骸群集組成の変化から、完新世後期



第2図 過去百年間の海面変化。



第3図 釧路湿原堆積物中のケイ藻遺骸組成 (Kumano ら, 1990)。

(過去5千年)の海面変化を示す。

釧路湿原は太平洋に面した臨海湿原である。第3図は釧路湿原の鶴居で採取した堆積物のケイ藻分析の結果である。ケイ藻を海水産、汽水産および淡水産の3つに類別し、出現頻度をパーセントで示した。第3図から明らかかなように、4200~3700年以前(yBP)にかけて海面低下がおき、それ以降3700~2900yBPと2900~1900yBPの2つの時期で海面が上昇した。今後の問題として、この時期の気候変化を明らかにすることである。ここではケイ藻分析という生物学的手法を用いたが、イオウ含量を使う化学的手法も有用であることがわかってきた。

#### 引用文献

- Fortuin, J. P. F. and Oerlemans, J. (1990): Parameterization of the annual surface temperature and mass balance of Antarctica. *Annals of Glaciology*, 14, 115-119.
- Gornitz, V. and Lebedeff, S. (1987): Global sea level changes during the past century. Nummedal, D., Pilkey, O. H. and Howard, J. D. eds. "Sea level fluctu-

ation and coastal evolution." SEPM Special publication, 41, 2-16.

- Kumano, S., Ihira, S., Maeda, S., Yamauchi, M., Matsumoto, E. and Matsuda, I. (1990): Holocene sedimentary history of some coastal plains in Hokkaido, Japan: IV. Diatom assemblages in the sediments from Kushiro Moor (2). *Ecol. Res.*, 5, 221-235.
- Meier, M. F. (1984): Contribution of small glaciers to global sea level. *Science*, 226, 1418-1421.
- Pearman, G. I. and Fraser, P. J. (1988): Source of increased methane. *Nature*, 332, 489-490.
- Siegenthaler, U. and Oerchger, H. (1987): Biospheric CO<sub>2</sub> emissions during the past 200 years reconstructed by deconvolution of ice core data. *Tellus*, 39B, 140-154.
- Wigley, T. M. L. and Raper, S. C. B. (1987): Thermal expansion of sea water associated with global warming. *Nature*, 330, 127-131.

---

MATSUMOTO Eiji (1991): Research Activities on the PAGES (Past Global Changes)

---

<受付: 1991年6月30日>

## 中国の資源情報

### 中国、東海で2石油・ガス田を把握

<中国地質鉱産報> 1990.11.16から

上海海洋地質調査局は“第六次5ヶ年計画”の期間に東海(東中国海, 東支那海)で初めて石油・ガス田を発見したのに続いて、また新たに一つの石油・ガス田と三つの石油・天然ガス胚胎構造を発見し、差し当たって開発に供し得る石油・天然ガスの探査鉱量の調査報告を提出した。

同局は1974年に開始した調査および探鉱を基礎に、“第七次5ヶ年計画”の期間にその結果を東海の陸棚堆積盆地の重点探鉱課題と結びつけて研究を進め、石油・天然ガス地質条件の知識と資源評価の上で重要な進展が見られた。現在すでに同堆積盆地内に多くのタイプの母油岩と母ガス岩が存在し、そのうち西湖堆積凹地と欧江堆積凹地に多数の石油・天然ガス発生の中心があることが実証され、この発見にもとづいて大型・中型石油・ガス田の石油と天然ガスの集積区もしくは集積帯が確定され、“第八次5ヶ年計画”の期間に東海において大型石油・ガス田を探査するための貴重な科学的根拠が得られた。

東海における石油・天然ガスの探査を科学技術的な研究と結びつけて実施した結果は当該探査の成功率を大きく向上させ、探査の各段階を踏む周期の短縮をもたらした。“第七次5ヶ年計画”の期間に同局が重点探査区域内で施工した14井の試錐探査井のうち5井が高産油層もしくは高産ガス層に、1井が可採産油・ガス層に逢着し、残りの数井がそれぞれ油微か天然ガス徴を得た。このうちの“平湖4号井”は現在のところ、中国の海底油井・ガス井の中で正式測定産出量をもっとも多い試錐井である(産油量1,892m<sup>3</sup>/d, 産ガス量148万m<sup>3</sup>)。それと同時に、“第六次5ヶ年計画”の期間に引続く探査の中で東海最初の石油・ガス田、すなわち平湖石油・ガス田が発見・確定され、さらに1石油・ガス層胚胎構造が発見されたのにまた続いて、新たに一つの石油・ガス田と三つの石油・天然ガス胚胎構造が発見されたわけである。

全国鉱量委員会は東海初の開発に供し得る石油・ガス探査鉱量をすでに審査・承認した。技術的・経済的評価の結果によると、平湖石油・ガス田は鉱量と生産性がいづれも早期開発の要求を満たすことのできる中型石油・ガス田である。

(岸本文男訳)