IGBP-GAIM第1回科学会議報告

林 陽生・清野 豁

(農業環境技術研究所)

Report of the First IGBP-GAIM Science Conference

Yousay HAYASHI* and Hiroshi SEINO**

*Department of Natural Resources, National Institute of Agro-Environmental Sciences, Kannondai 3-1-1, Tsukuba, 305 Japan

**Department of Environmental Management, National Institute of Agro-Environmental Sciences, Kannondai 3-1-1, Tsukuba, 305 Japan

1. はじめに

ドイツのバイエルン地方の避暑地、ガルミッシュ・パルテンキルヘン市の国際会議場(写真1)にて、1995年9月24~29日の間、GAIM(Global Analysis, Interpretation and Modeling: 地球環境変動の解析, 解釈及びモデリング)第1回科学会議が開催された。この国際会議は、地球環境の変動と変化を大気圏・陸上の生物圏・海洋の間の相互作用としてとらえ、各種モデルを用いて解析を行う研究に関する討議集会であり、IGBPのもとに設置されたフレームワークアクティビティの一つである(日本学術会議事務局, 1995)。

1990年に開始したIGBPは、昨年で前半に相当する研究期間が終了した。従って、今回のGAIM第1回科学会議には、研究計画における前半の成果を集約する役割が与えられた。

2. 会議の柱と参加状況

口頭発表による講演及びポスター発表が設けられ、どちらも古代(<20000年)、歴史時代(<2000年)、現代(<20年)、未来の各時代区分、及び個々の研究を地球規模のモデルへ組み上げる研究の5つのセッションに分けられた。講演には一つの大会議場を利用し、第1日目の古代に関する研究から最終日の未来に関する研究まで、順次時代を追って講演が行われた。より包括的な地球規模モデルへの組み上げに関する研究報告は、会議の第3日目に行われた。

世界の約35ヶ国から284名が参加した。日本からは

写真1 IGBP-GAIM第1回科学会議が開催されたガルミッシュ・パルテンキルヘン市の国際会議場

大学関係(3名)、気象研究所(3名)、リモートセンシング技術センター(1名)、東北農業試験場(1名)、農業環境技術研究所(5名)の合計13名が参加した。

会議の開催に先立って、IGBP議長のBolle氏及びLiss氏の挨拶が行われた。各セッションとも午前と午後の2つのパートを設け、パート毎に座長が担当する講演の短い概論と研究の背景などを述べた後に、4~5課題の講演を行う形式で進行的した。各セッションの講演課題名はかを表1に示す。講演の主な内容は以下の通りである。

3. 講演内容

(1) 古代(<20000年)

“古代”, すなわち歴史時代以前を中心とした時代を扱うセッションであり、第1日目に設定された。初めに、IGBPのコアプロジェクトの一つであるPAGES(Past

表1 IGBP-GAIM 第1回科学会議の内容

1. 古代

座長: W.R. Peltier

- H. Oeschger New results from past global changes-challenges for GAIM
 J. C. Duplessy Understanding glacial-interglacial variability of the climate system: a challenge for GAIM
 W. R. Peltier Dansgaard-Oeschger oscillations
 R. A. Figge A high resolution Holocene and late Glacial atmospheric CO₂ record: variability tied to changes in ocean thermohaline circulation
 J. Chappellaz Greenland and Antarctic CH₄ records and their implications with past climatic changes

座長: I.C. Prentice

- J.E. Kutzbach Climate sensitivity experiments for the changed orbital conditions and changed boreal forest and subtropical grassland distributions of 6000 yr BP
 N. de Noblet Paleostates of the vegetation-atmosphere system: model experiments on orbital forcing and vegetation feedback
 S.P. Harrison Lake records of regional climate changes at 6000 yr BP: a global analysis
 P.J. Bartlein Applications of paleoclimatic simulations and data syntheses to understanding the climate system
 J. Syktus Biotic zones during the last glacial computed from simulations with the CSIRO coupled GCM

ポスター発表: 30課題

2. 歴史時代

座長: J.L. Sarmiento

- D. Schimel Nutrient regulation of the carbon cycle
 I. Fung Atmosphere-biosphere CO₂ exchange for the past 200 years: implications for a detection strategy
 W. Seiler The changing chemical composition of the atmosphere
 P. Crutzen The importance of tropical ozone for the atmosphere: the need for the measurement initiative ITOY, an IGAC initiative

座長: W.R. Emanuel

- F. Joos Estimating net-fluxes of carbon between atmosphere and biosphere: a Monte Carlo simulation using atmospheric CO₂ and ¹³CO₂ observations
 E. Maier-Reimer The role of ocean carbon cycles in analysing changes in the carbon cycle during the fossil fuel period
 A. Mouchet The oceanic carbon cycle over the industrial era: sensitivity to the circulation and to the parameterization of biogeochemical processes
 A. Friend A prognostic model of global terrestrial ecosystem dynamics
 G. Alexandrov Towards quantifying the global pattern of carbon dioxide fertilization effect

ポスター発表: 36課題

3. 現代

座長: M. Heimann

C.D. Keeling	Interpretation of seasonal, biennial, decadal, and secular changes in the atmospheric CO ₂
I. Enting	The role of inversions in greenhouse gas studies
R. Keeling	The interhemispheric gradient in atmospheric O ₂ /N ₂ and implications for the carbon cycle
J. Orr	The ocean carbon-cycle model intercomparison project
R. Otto	Data requirements for global daily or hourly carbon and water cycle models

座長:A. Henderson-Sellers

P. Sellers	Global modeling of short- to mid-term responses of the terrestrial biosphere to increasing atmospheric CO ₂
K. Laval	The effect on climate of deforestation and desertification
C. Ciret	Coupling vegetation into global change models
R. Oglesby	Coupling a regional precipitation runoff model to global and regional climate models
R. Charlson	Atmospheric aerosols and climate feedback mechanisms

ポスター発表：88課題

4. 未来

座長: C.A. Nobre

B.D. Santer	The search for a model-predicted temperature-change signal in observed records of temperature change
S. Manabe	Natural variability of climate and the detection of the global warming
W. Broecker	Oceanic radiocarbon: separation of the natural and bomb components
H. von Storch	Climate research: linking natural and social worlds

ポスター発表：26課題

5. 地球規模のモデルへの組み上げ

座長: W.L. Gates

L. Bengtsson	The physical climate subsystem
J. Lelieveld	Chemistry changes in the troposphere since pre-industrial times
J. Melillo	Terrestrial biosphere-atmosphere system: a challenge for IGBP and WCRP
F. Woodward	Dynamic vegetation within a world of changing climate
J.L. Sarmiento	The relative roles of CO ₂ solubility, biological, and anthropogenic carbon in determining the oceanic carbon distribution
W. Ogana	Integrating the developing world in global change modelling

ポスター発表：41課題

Global Changes：古地球環境変動）とGAIMとの関連が示され、GAIMの果たすべき役割(Annex of IGBP, 1994)が改めて認識された。また、“古代”のタイムスケールから見た物理的気候システムを決定する要素として、エルニーニョ及びそれによって引き起こされる低緯度太平洋上の気圧場の振動現象である ENSO やモンスーンなどが極めて重要である点が示唆された。

この時代の研究で最も重要な成果の一つは、CO₂、CH₄、N₂Oなどの温室効果ガスの大気組成の変化に関するものである。特に、グリーンランドと南極の氷床コアに取り込まれた大気中のCH₄の解析成果の持つ意味の重要性が共通して示された。また、地軸の移動を駆動要素とした気候モデルを用いて紀元前 6000 年ころの地球環境を復元した結果が報告され、北半球ではモンスーンが

強まり、かつ明瞭な季節変化が現れた点が示された。さらに、同じころの湖の水面変動記録の解析結果からもモンスーンの規模が拡大したこと、特に西アフリカではこの現象が熱帯収束帯の北への移動に伴って起きたものと考えられることが論じられた。

(2) 歴史時代(< 2000 年)

このセッションは、人間活動が活発化し地球規模の環境に大きな影響が及んだ時代を包括するものとして位置づけられた。この時代の初期においては、土地利用の変化や地表水の消費形態の変化が起り、続いて化石燃料の消費の増大により大気質の変化が生じた。現時点では、過去の化石燃料消費量からだけでは推定できないほど、大規模かつ多様な種類の温室効果ガスの放出そして濃度上昇に直面するに至っている。

これらを背景として、大気の炭素循環、大気圏-生物圏の物質交換、オゾン、海洋の炭素循環に関する講演が行われた。中でも、炭素循環のサイクルの中で、特に高温条件下で土壌有機物が酸化される過程が重要であると同時に、降水量の増減がこの過程に関与する点が指摘され、地球環境変動とのリンケージに関する意見交換が行われた。また、歴史時代以降の地球環境を理解するうえで、大気中のCO₂濃度の変化及びこれとリンクしたミッシングシンクの問題が相変わらず重要な研究課題であり、いくつかの推定モデルが紹介された。さらに、モンテカルロ法を使った生物圏と大気圏間の炭素収支推定モデル、海洋における炭素循環の炭素同位体比及び生物化学的過程を組み入れた循環モデルが提示された。

(3) 現代(< 20 年)

このセッションでは、近い将来を含む現代の事象が取り扱われた。この時代は、観測結果が豊富であり将来の予測も可能であると同時に、地球環境が最も急速に変貌しつつある時代として位置づけられた。これを背景として、CO₂等の温室効果ガス、NとO、海洋及び陸上のCほかの変化予測モデル、森林伐採、砂漠化、水収支、エアロゾルほかに関する講演が行われた。

このセッションは、ポスターも含め会議全体の中でも最も研究課題数が多く、非常に活発な討議が行われた。午前のセッションの中で、CO₂濃度変動のメカニズムあるいは地球規模の収支を解明する有効な手段として、大気中のN₂濃度に対するO₂濃度の比をパラメータに採用する方法がR. Keeling氏により示された。これは、大気圏においては化石燃料の燃焼、森林破壊、陸上生物の活動などがO₂濃度変動に関与する一方、海洋中ではほとんど変化がないという作業仮説に基づいており、従ってCO₂とO₂濃度を同時に測定することができれば、従来不明の点が多い海洋の効果を評価することが可能である

という考えに立脚している(Keeling and Shertz, 1992)。そこで、新しく開発した分析装置を用いて大気成分比O₂/N₂を計測しCO₂濃度との関係を解析したところ、北半球では陸上における明瞭なCO₂の取り込みとO₂の放出が認められ、これが北大西洋上における両元素の取り込みとリンクしているというのが、発表の主旨であった。この論題の重要性を認識したうえで、高精度で成分比O₂/N₂を計測する技術に関し幾つかの質疑応答が行われた。

午後のセッションでは、モデルから求まるフィードバック効果に関する発表が行われ、[植生の減少→アルベドの増大→地表加熱の減少→乱流フラックスの減少→雲量の減少→降水量の減少→植生の減少]といった、正のフィードバック機構の可能性が提示され、活発な意見交換が行われた。

(4) 未 来

このセッションでは、将来の地球環境の予測に係わる講演が行われた。予測の基礎となる生物地球化学モデルを介して各セッションのカテゴリーを超えた討議が行われ、なかでも既知の変化から将来を予測する場合の問題点などが指摘された。この意味で、我々は限られた情報からの確に未来を予測する必要に迫られている、という認識を強く印象づけるセッションとなった。

プリンストン大学のS. Manabe氏は、地表付近の気温分布を推定するモデルを1000年間積分した結果をもとに、気候の応答特性について論じた。その中で、海洋循環と大気間の相互作用は10年~100年のタイムスケールで起こることを示し、これに応じた温暖化の規模に言及した。現時点の重要研究課題は、海洋循環を組み込んだモデルの早期確立にある点が強調された。この他、社会科学的立場から、自然現象と社会現象とのリンケージをいかに表現していくかが、気候研究にとって極めて重要な課題である点について、引き続き行われた講演の中で指摘された。

(5) 地球規模のモデルへの組み上げ

このセッションは、時代区分した各セッションの中間に設定され、モデルを利用した研究が果たす役割及び各種モデルの相違点・類似点、既存のモデルのより包括的なモデルへの組み上げに関する講演が行われた。ウッズホール研究所のJ. Melillo氏はこれらの点を集約し、さまざまなモデルが開発される中で、植被や種の構成及びそれらが蒸発散や光合成の過程を通して及ぼす影響などは独立に扱われており、現在これら地球生態モデルと総称されるものは、大気大循環モデル、植生分布モデル、地球生物化学モデルに分けられるとした。このうえで、当然近い将来においては、より複雑な相互作用を考慮し

たモデル(DEMOs: Dynamic Ecosystem Models)の構築が不可欠であることを強調した。この他、現時点におけるモデルの限界、限られた期間で研究を進める際の目的の優先度の問題などが論じられた。

(6) ポスター発表

口頭発表による講演と並行してポスターセッションが設けられた。ポスター発表課題の総数は221課題で、時代区分毎に会場内の1階及び2階のコーナーが割り当てられた。ポスターを巡回する時間帯は、午前と午後のティータイム(各1時間30分)及び18時以降のワイン・ピアタイム(?)が配分されたが、この他、12時から14時30分までのランチタイムを利用して充分に見て回ることができた。

“古代”に関するフロアでは、CO₂濃度、海洋循環、メタン、地軸変化、湖沼記録、及びモデルシミュレーション結果などが示された。“歴史時代”のフロアでは、講演されたトピックスに加え、森林伐採の実態、灌漑の効果、焼き畑、海面変動、リン・窒素・硫黄の収支の研究などが示された。“現代”に関しては、気候と生態系の相互作用、衛星画像解析、地球環境データベース、純一次生産力分布に関する研究が多数示された。さらに、“未来”については、二酸化炭素濃度が2倍になる条件が及ぼす影響、地球環境変化に関する「楽観的予測」の妥当性、多数のサブシステムの計画例、将来の農業と気候及び自然生態系との関係に関する研究などが示された。

4. ま と め

今回のIGBP-GAIM 第1回科学会議は、約35ヶ国から300名弱の研究者の参加のもとで、今後の地球環境に関わる研究推進のうえでの重要問題につき、活発な討議が行われた。その中で、一言でいえば、地球環境変動の解析・解釈及びモデリングの研究方向を決定するためのコンセンサス作りができた点が最大の成果といえるだ

ろう。

最後に行われた総合討論では、モデル研究の必要性が増せば増すほど、それらを支える実測データ収集の努力が重要なポイントとなる点が強調された。このことは、実測に基づく研究では、再現性に優れた現象を対象に十分な精度を確保することが重要であることを示唆しているといえよう。

この他、現時点におけるスタンダード値として、CO₂濃度変化率については $1.8 \pm 0.15 \text{ ppmv} \cdot \text{y}^{-1}$ を用いること、CO₂濃度分布については1986～1987年の平均とすることなどが確認され、会議は終了した。

個人的な感想としては、P. Keeling氏の講演が興味深かった。提示された新しい測定技術を用いることにより、実際のCO₂濃度変化が化石燃料の燃焼、陸上植物の活性、海洋効果の各項目といかにバランスして変化するかを知ることが可能となることを示唆しており、今後の研究の発展が注目される。

なお、本会議の参加に際し、平成7年度重点基礎研究「気候変動下の環太平洋地域におけるイネ生産の変動と持続的発展の解明」の援助を受けた。また、本会議に関する情報はWorld-Wide-Webのホームページ、<http://gaim.unh.edu>で検索することができる。興味のある方は参照頂きたい。

引用文献

- Annex of IGBP, 1994: IGBP in action: Work plan 1994–1998. IGBP Report, No. 28, pp. 151.
Keeling, R. F. and Sherts, S. R., 1992: Seasonal and interannual variations in atmospheric oxygen and implications for the global carbon cycle. *Nature*, **385**, 723–727.
日本学術会議事務局, 1995: 日本のIGBP研究の現状と将来(第4回)–日本のIGBP研究成果の中間取りまとめ–. 日本学術会議シンポジウム資料集, pp. 217.