

チベット高原における大気・雪氷相互作用の観測計画

観測計画の目的と観測内容、観測期間、観測地点、観測装置、観測データの処理方法、観測データの公開方法、観測計画の進捗状況、観測計画の今後の展望

1. はじめに 安成哲三 (筑波大学地球科学系)

2. 科学的背景

ENSOのメカニズムに関連して、最近アジアモンスーンの役割が指摘されている。その中のモンスーンの年々変動の機構に関連しては、チベット・ヒマラヤ地域を含むユーラシア大陸での積雪の役割が、古くから指摘されている。特に、海拔5,000mの高度で広がるチベット高原での雪氷圏の変動は、熱収支の変動を通じて、アジアモンスーンの変動にかなり大きな影響を与えている可能性が予想されるが、未だに観測からの裏付けは得られていない。ここで述べる計画は、地上と衛星による観測により、このことへの解明をめざしたものである。

3. 観測計画の概要

ENSOとアジアモンスーンが密接に関連していることは、Walker(1932)以来、多くの研究が指摘してきた。しかし、モンスーンを含むユーラシア大陸域での先行する大気循環が、赤道太平洋域に於けるENSOの発現に、より積極的な役割を演じている可能性を指摘したのは、最近のBarnett(1985)、Yasunari(1987)の研究である。Meehl(1987)はさらさらにインド・アジア・熱帯太平洋域での大気・海洋系が、先行する夏のアジアモンスーンの強弱に関連して、約2年の周期で変動していることを明らかにし、Yasunari(1990)は、熱帯西太平洋の暖水域の混合層水温が、実際にインドモンスーンの変動と極めて高い相関で変動していることを見いだした。

一方、これらの観測事実を裏付ける数値実験は、Yamagata and Masumoto(1989)によって行われて、Anderson and McCreary(1984)タイプの簡単な大気・海洋結合モデルにモンスーンの加熱変動を加えることにより、検証が試みられている。更に最近では、大気・海洋結合大循環モデルにより、大気・海洋結合系に対する陸面の影響という視点での実験が始められている(Masumoto and Yamagata, 1990; Sumi and Takeuchi, 1990)。

アジアモンスーンの変動と大陸の積雪変動、あるいは地表面状態の変動との関係については、古くはBlanford(1886)の指摘に始まるが、近年のHahn and Shukla(1976)などによる、衛星データからの冬の積雪面積と次の夏のインドモンスーン降水量の間の明

瞭な負相関の検出は、両者の間のより物理的な因果関係を示唆する証拠となっている。ユーラシア大陸上の積雪面積変動が、実際にどのような大気循環の変動をもたらすかは、森永(1987)、Morinaga and Yasunari(1987)やKodera and Chiba(1989)によって、調べられている。

広域積雪の大気に与える効果の物理過程としては、まずアルベード効果が考えられるが、冬(春)の積雪と夏の大気という、時差を持った効果としては、むしろ融雪水文学的過程が重要であることを、Yeh et al.(1983)は簡単な大気大循環モデルによる数値実験で示した。この線に沿ったモデルによる研究は、Barnett(1989)や Yasunari et al.(1990)によってさらに進められている。

しかしながら、以上に示したいずれのデータ解析研究、モデル研究も、データの精度、モデルの分解能の問題のために、チベット高原の効果については、ほとんど特定できていない。さらに、実際の地表面熱収支に大きな役割を果たしている可能性のある積雪水量や永久凍土の季節変化、経年変動についての観測的事実は、現地での観測とより高分解能の人工衛星データによる解析を待たざるをえない。

### 3. IHP-IVにもとづくチベット観測計画

「国際水文学計画」(International Hydrological Programme: IHP)は、ユネスコが提唱する政府間共同調査事業であり、地球の水資源の合理的管理のための科学的基礎を提供することを目的としている。これは、国際水文学10年計画(IHD)の後を次ぐもので、1990-1995年の期間は、その第4期(Phase-IV)にあたる。IHP-IVは、全体計画のタイトルとして、「変化しつつある(地球)環境における水文学的研究」を掲げ、いくつかのサブプログラムを立てている。そのひとつ(H-4)に、「グローバル水循環における雪氷の役割」があり、これに関連した国際共同プロジェクトとして、わが国を中心として「高山地域の水循環における雪氷の役割」が提案され、本年3月のIHP政府間理事会において、正式に採択された。この国際共同観測計画の全体及びアジア地域のコーディネーターには、樋口敬二名大教授が指名された(詳しくは、日本雪氷学会誌「雪氷」52巻1号(1990)参照)。このプロジェクトの中心的観測計画として、「チベット高原の水循環における雪氷の役割」が、名大、筑波大、京大等の研究者により、企画されている(研究代表者は、上田豊名大水圏研助教授)。このプロジェクトはもちろん、氷河を含む雪氷圏とその周囲の水循環・水収支に比重をおいたものであるが、積

雪の大気に果たす役割において、融雪水文学的過程が非常に重要であること、チベット高原での雪水圏の変動とモンスーンの変動は、熱収支の変動を通じて密接に関連している可能性があること、等を考慮すると、先に述べた ENSO・モンスーン問題のためのプロジェクトとしても位置づけることができる。

観測は、高原中央部のタングラ地域で、氷河・積雪・凍土面上での熱収支・水収支、土壌中の熱、水分フラックスなど、インテンシブな地上気象・水文学的観測を行うほか、できるだけ多くの自動気象記録計による、広域での地上気象要素の連続観測を、チベットでの観測経験の豊かな中国科学院蘭州氷河凍土研究所と共同で、行う予定である。特に1992年のIHP国際雪水観測年（或は、国際宇宙年）には、人工衛星データと地上での集中観測データによる、放射収支、熱収支、水収支の総合解析も計画されている。また、その目的からいって、西太平洋における TOGA-COARE と in-phase な観測期間の設定も考えられる。その線に沿って、この計画は、文部省による J-COARE 計画（創成的基礎研究(C)「アジア・太平洋地域を中心とする地球環境の研究」課題1-1:西太平洋域における大気・海洋結合系のダイナミクスの観測）の一部とも提携しつつ実行されれば、より大きな成果が期待できる。

#### 4. 関連するいくつかのプロジェクト

このIHP-IVがらみのチベットの観測計画以外に、ほぼ同時期に、チベット高原及びその周辺を対象とした気圏・水圏科学のプロジェクトが、国内で策定され、あるいは進行中である。文部省特別事業費によるHEIFE（黒河流域における地空相互作用に関する日中共同研究）、科学技術庁振興調整費による「砂漠化機構の解明に関する国際共同研究」、科学技術庁地球科学技術特定調査研究費による「アジア・モンスーン機構の解明に関する研究」などが、それである。特に「アジア・モンスーン機構の解明に関する研究」では、気象研究所と中国の国家気象局の共同で、チベット高原での熱収支観測が予定されている。限られた人員と予算を考えると、これらの関連する研究・観測計画の間での現地での相互協力や、データ、情報の相互交換など、少なくともまず国内での相互補完、協力の体制を作り上げておくことは、成果を上げるために何よりも必要なことである。このことはまた、長い目で見た日中の科学協力・交流のためにも、是非必要なことであろう。

## 5. おわりに

ENSOに代表される熱帯での大気・海洋相互作用に、アジアモンスーンを媒介としてユーラシア大陸やチベット高原での大気・雪氷相互作用（或は、もっと広義には、大気・陸面相互作用）が密接に、しかも積極的に関与しているという考えは、あくまでまだ仮説の域を出ない。しかし、科学にとって大切なのは、定量化・精緻化型研究だけではなく、仮説検証型の研究も必要である。地球科学は今、個別の分野での研究から、文字どおり「地球の科学」としての研究を求められている。このような時にこそ、後者の型の発想によるプロジェクトが大切になってくるのではないだろうか。この計画は、同時に、来るべきGEWEXやIGBP へ向けてのパイロット・プロジェクトとしても、位置づけたい。

## 参考文献

- Anderson, D.L.T. and J.P. McCreary, 1984: *J. Atmos. Sci.*, 42, 616-629.
- Barnett, T.P., 1985: *J. Atmos. Sci.*, 42, 478-501.
- Barnett, T.P. et al., 1989: *J. Atmos. Sci.*, 46, 661-685.
- Blanford, H.F., 1884: *Proc. Royal Soc. London*, 37, 3-22.
- Hahn, D.J. and J. Shukla, 1976: *J. Atmos. Sci.*, 33, 2461-2462.
- Kodera, K. and M. Chiba, 1989: *Papers Meteor. Geophys.*, 40, 51-54.
- Masumoto, Y. and T. Yamagata, 1990: Submitted to *J. Meteor. Soc. Japan*.
- Meehl, G.A., 1987: *Mon. Wea. Rev.*, 115, 17-50.
- Morinaga, Y. and T. Yasunari, 1987: *IAHS Pub. No. 166*, 73-78.
- Morinaga, Y., 1987: 筑波大学地球科学研究科修士論文（英文）, 55pp.
- Sumi, A. and K. Takeuchi, 1990: Abstracts of TOGA Sci. Conf., Hawaii.
- Walker, G.T. and E.W. Bliss, 1932: *Mem. Royal Meteor. Soc.*, 4, 53-84.
- Yamagata, T. and Y. Masumoto, 1989: *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, A329, 225-236.
- Yasunari, T., 1987: *J. Meteor. Soc. Japan*, 65, 81-102.
- Yasunari, T., 1990: *Meteorol. & Atmos. Phys.*, in press.
- Yasunari, T. et al., 1990: To be submitted.
- Yeh, T-C. et al., 1983: *Mon. Wea. Rev.*, 111, 1013-1024.