



天 気

1992年7月
Vol. 39, No. 7

[シンポジウム]

1991年度日本気象学会秋季大会シンポジウムの報告

「グローバル水循環とアジア」*

座長 田 中 浩**
話題提供者 上 田 豊・安 成 哲 三
加 藤 内蔵進・村 上 勝 人
コメンテーター 増 田 耕 一・佐 藤 信 夫

地球温暖化が序々に進行しつつある。もし現在のよう
な人間活動が続くとすれば、来世紀後半には深刻な影響
が現われるかもしれない。温度が上昇するだけでなく、
水循環にもその影響が及ぶことになる。気象学では、現
実のありのままの状態に関して多くの知識を蓄わえるこ
とに努力が払われてきた。しかしながら、温暖化などに
より大状況的变化が起こったとき、水循環のパターンが
どのように変化するかは全くわかっていない。大気が温
暖化すれば、大気中に含まれる水蒸気の量は当然増加す
るので、温室効果のためいっそう気温は上昇する。この
正のフィードバックが続けば、大気はますます湿潤にな
り降水量も増加し、危惧されている砂漠化も抑制される
のではないかという期待が走る。しかし、水循環の中核
的役割を果たす「雲」を考慮に入れると、必ずしもこの
筋書きどおりになるかどうかはわからない。積雲対流が
一層活発になることによって、水循環が局在化すること
も考えられる。例えば、海洋で蒸発した水蒸気は直ちに
大量の雨に変換されて付近に降下し、遠方の大陸まで輸
送されなくなることもある。強い降雨が局在化すれば、

その周囲の広大な領域がむしろ乾燥化する。水循環の局
在化は、大気の湿潤化を抑制し、温暖化を遅らせるので
必ずしも悪くはないが、大陸が乾燥化することには歯止
めがかからない。

ユーラシア大陸は、その規模の大きさ、地形と気候の
多様性において特筆すべきものがある。海洋に隣接する
地域は大規模な季節風（モンスーン）の影響を受け、特
に南アジアでは多量の降雨が見られる。アジア・モン
スーンは熱帯太平洋域での大気海洋結合系とリンクして数
年周期の振動（QBO や ENSO）のベース・メーカー
の役割を果たしているともいわれている。梅雨もグロー
バルな大気の流れによって形成・維持される大きな前線
帯であり、特に中国大陸上に湿度傾度が強く温度傾度の
弱い特殊な降雨帯が形成される。チベット高原は平均
4,000m の広大な寒冷高地であり、その東部はインド洋
からのモンスーンの影響下にあり、夏期に降水（雨と雪）
が多く、氷河も拡大する。チベット高原には多年性雪氷
と凍土が広く分布し、季節変動と長期変動が織りなす固
有の水循環系を有している。中国奥地には、広大な乾燥
地帯、半乾燥地帯が広がっている。砂塵が舞い、heat
low（熱的低気圧）が発生する厳しい環境下にある世界
である。しかし、heat low によって輸送された水蒸気

* Global water circulation in Asia.

** Hiroshi Tanaka, 名古屋大学水圏科学研究所.

が、北側のタイガの針葉樹林にいくばくかの水を供給している可能性もある。

地球科学には二つの道がある。大気大循環モデル(GCM)の発達によって、ユーラシア大陸を砂漠の大陸にも、緑の大陸にも置き換え、場合によってはそれを除去して実験することも可能になった。このような実験によって、ユーラシア大陸が水循環に果たす役割を抽象的なレベルで把握することができよう。しかし、現場に足る踏み入れ、雪氷や凍土の厚さを計測し、蒸発量や降水量を観測し、オアシスの水源をたどるのも水循環の理解

へのもう一つの道である。この二つの道は、本来あざなえる縄のごとく、密接な関係にあるはずであるが、現実には両者はますます離れてゆく傾向にある。今回、アジアの水循環をネタに、抽象路線と現場路線の間の討論を行ってみようとする密かな意図があったのであるが、全体的な歩み寄り、何となく中間路線に収束してしまった感があり、いささか残念であった。GEWEX(全地球エネルギー・水循環観測計画)が終わったら、もう一度掘り下げてみたいテーマである。

205 (雪氷圏; 水循環; 氷河; チベット高原; ヒマラヤ; モンスーン)

1. アジア高山雪氷圏と水循環*

上 田 豊**

1. はじめに

アジアではその中緯度帯に、チベット高原を中心に高々度の山岳地域が東西につらなり、氷河・積雪・凍土からなる雪氷圏が形成されている。なかでもチベット高原には、永続的な多年性雪氷圏として、雪氷体である多量の氷河および土と氷の混合体である広範囲の凍土が分布する。それらのうえに、季節によって分布範囲が大きくかわる一時的な積雪が、季節性雪氷圏として加わり、多様で広大な雪氷圏をなしている。

氷河と凍土は、それぞれの表層において季節的な変動サイクルをもちながら年々の変化を累積し、それらを気候メモリーとしてとりこむ。そのようにしてこの多年性雪氷圏は、長いタイム・スケールの水と熱の貯留過程を水循環につけ加える。一方、季節的な積雪は、それ自体は年毎に更新され、高いアルベードや融解水の効果によって大気・陸面間の水・エネルギー交換の季節による変化を大きくする。さらに、年々の積雪分布量も年々の気象条件によって大きくかわり、チベット高原の水循環過程を変化に富んだものになっている。

このような水循環過程において、氷河・積雪・凍土が山岳および高原地形のもとにそれぞれどのような役割を果たし、相互にどのように関係しているのだろうか。ここでは、氷河を中心にこれまでの研究結果の要点を述

べ、今後の展望にもふれてみたい。

2. 大陸性と海洋性の雪氷圏水循環

雪氷圏では、水の相変化は、潜熱のやりとりや水自体の循環様式、存在形態を規定するものとして特に重要である。チベット雪氷圏は、湿潤・温暖で水交換の活発な海洋性地域から、乾燥・寒冷で水交換の不活発な大陸性地域にわたる。そのため、氷河の消耗過程は前者が融解、後者が蒸発によって特徴づけられ、それぞれの地域特性に対応した相変化をみせ、同高原の水循環様式を多様なものになっている。

第1図に、チベット高原とその周辺の雪線高度分布(施ほか、1990)を示した。ここでの雪線とは、氷河上で年間の雪氷収支が平衡する位置(平衡線)をさす。通常、高緯度から低緯度にむかって雪線高度はおおむね高くなるが、この図では、チベット高原南東部やトランス・ヒマラヤ山脈の南側では、逆に南ほど低い。これは、アジア・モンスーンによる海洋からの水蒸気が南寄りの氷河域ほど多量の降雪をもたらしているからと考えられる。このように、雪線高度の分布傾向から、気候地理的に、海洋性の水循環が優勢な地域の境界の目安をつけることができる。

チベット高原の氷河には、南東部で数千ミリ、北西部で数百ミリの年降水があり、海洋性氷河と大陸性氷河が分布する。涵養量(降雪量)の多い氷河ほど消耗量(融解・蒸発・昇華量)も大きく流動は活発で、氷河を通し

* Cryosphere of Asian high mountains and water cycle.

** Yutaka Ageta, 名古屋大学水圏科学研究所.