

2004 年度 後期第 6 回 活地球圏セミナー(04/11/17)

「チベット高原の大気陸面過程」

講演者：石川裕彦(防災研究所)

報告者：坂本圭(京都大学理学研究科)

短波放射で陸面に入ってきた熱は、長波放射として放出される以外に、顕熱と水分蒸発に伴う潜熱という形で大気に対する強制力として働く。水循環においても、降水によって陸面に与えられた水分が、河川によって再分配され、水分蒸発としてやはり大気の駆動力となる。これらのプロセスをモデル化して大気大循環モデルに組み込むことが、大気力学の再現精度向上に重要であるが、そのためにはこれらの大気陸面過程のより正確な解明が必要である。

大気陸面過程の解明のための世界的な共同研究の一環として、アジア地域に於いて GEWEX Asian monsoon experiment (GAME) が行われた。この中の 1 つとして、チベット高原で観測を行った。チベット高原はアジア・モンスーンの駆動において重要な地域であると考えられているが、そこでの観測は非常に少ない。風向・風速・気温などの基本的な測定に加えて、長波・短波放射の測定や、乱流計を用いた乱流フラックスの測定も行った。

観測の結果、地表面が乾いている期間では顕熱と潜熱の比は 4:1 程度だが、地表面が湿っている期間では蒸発が盛んになりその比は逆転することが明らかになった。さらに、乱流フラックスに関して、ある高さでの気温と地表気温の差と風速に依存させたバルク式を決定し、フラックスの年々変動も推測した。その結果、平年では 5 月ごろから潜熱の寄与が増大するが、モンスーンのオンセットが遅かった 1998 年では 7 月ごろまで潜熱フラックスがほとんど 0 であったことも分かった。

多くの観測結果が得られたが、新たな問題も浮上してきた。それは、フラックスのインバランスの問題である。放射収支から計算される正味放射(R_n)は、原理的に潜熱(IE)、顕熱(H)、地中への熱流(G)に分配されなくてはならない。モデル計算でも、 $R_n = IE + H + G$ の関係を用いている。しかし、計測結果ではこれが満たされず、最大 30%ものズレが生じることがわかった。このインバランスの原因として、例えば林による蓄熱効果が過去には挙げられているが、下草が生えているだけの平坦なチベット高原ではその説明はなりたない。

これを説明するために、いろいろな効果を検討している。1 つは、様々なセンサーによって観測された物理量の空間代表性がそれぞれ異なるというフットプリントの問題である。これを検証するために、琵琶湖の北東、長浜の少し北のほうで、稲刈りを終えた田んぼに乱流計測装置を十数台ほど並べた観測を行った。その結果、それぞれの観測にはかなりの差があることが分かり、現在上空からの地表面温度観測などを参考にこの原因を検討しているところである。

観測以外に、LES (Large Eddy Simulation) を用いた乱流に関する数値シミュレーションの研究も行われている。シミュレーションによると、不安定成層の場合でも数百 m スケールの組織構造ができ、一旦できた組織構造はあまり大きくは移動しない様子が見られた。また、乱流はある狭い領域で非常に強化されており、それ以外の広い範囲で測定した場合は乱流の強さを過小評価してしまうことも明らかになった。このような組織乱流が存在すると、統計的な一様性を前提にしているフラックス観測では、そもそもちゃんと測れない...ということになってしまう。

乱流構造の水平スケールが十分に小さければ、ある程度の長さの(かつ基本場が変わらない)観測時間を確保することによって、ある1点での乱流フラックス観測によっても統計的に意味のある値が得られる。しかし、擾乱のスケールがそれではカバーできない大きさであれば、観測値をその擾乱スケールより広い領域の代表値として扱うことはできない。今後、本観測で得た乱流フラックスのような測定結果を大循環モデルのグリッドスケールの代表値として組み込むためには、擾乱の空間スケールと測定値が代表するスケールを考慮した確率的な手法が必要になるのではないかと考えられる。