

## 大気境界層班のこれまでの成果と今後の研究課題

檜山 哲哉

(名古屋大学・地球水循環研究センター)

### 1. 大気境界層班の研究目標

黄河中流域に位置し広大な面積を有する黄土高原は、気候学的に次のような特徴があり、黄河流域における水循環変化を考える上で非常に重要な地域である。

- 1) 中国の乾燥域と湿潤域の境界に位置する半乾燥域であり、アジアモンスーンの影響下にあつてその年々変動の影響を受けやすい。したがって降水量などの水循環変化が大きい。
- 2) 平坦な台地と急峻な谷が混在する複雑地表面であり、従来の水文気象学的観測手法では精度良い蒸発散量の推定が困難であると考えられる。
- 3) 夏季には熱的低気圧が発生しやすく、半乾燥域でありながら積雲対流が生じる。また、このような条件下での大気-陸面間のエネルギー・水輸送過程と雲・降水過程の研究は例が少ない。

以上の気候学的特徴を鑑み、本研究班では、近年の黄河中流域における水循環変化を気候学的に捉えつつ、エネルギー・水輸送を通じた地表面-大気境界層-雲層（自由大気）間の相互作用に着目した研究を行う。手法的には、最新の測器による長期連続観測（日変化～季節変化～年々変化）を行うことで、複雑地表面上の大気境界層の成立過程と積雲対流との相互作用を解明し、複雑地表面における広域蒸発散量の推定手法を確立することを目的とする。

### 2. これまでの研究成果

#### 2.1 人工衛星データを用いた複雑地表面における広域蒸発散量の推定手法の検討

黄土高原は台地状の平坦面と急峻な谷からなる複雑地形を有し、平坦な台地面上では人為（農業活動）により不均一な地表被覆を形成している。このような複雑地表面からの蒸発散量の定量は、均一で平坦な地表面に由来から適用されてきた水文気象学的観測手法（空気力学的手法）を用いた場合、基本的に不可能である。

空気力学的手法に頼らない広域蒸発散量の推定には、人工衛星データの利用が有効であると考えられる。MODIS や ASTER などの人工衛星データを用いて、短波放射量、アルベド、長波放射量、地表面温度、地表面射出率をグリッド毎に決定し、地表面近傍の気温を気象局などで測定しているデータから得ることで、日毎かつ広域の蒸発散量を推定する手法を開発している。

一方、上記手法の検証には精度良い蒸発散量の観測データが必要である。そこで我々は、黄土高原南部に位置する中国科学院・長武黄土高原農業生態試験所の小麦圃場 (35.24°N, 107.68°E, 標高 1224 m) において、渦相関法による乱流熱フラックスの観測を 2004 年 6 月より開始し、現在も継続させている。精密なクオリティーチェックを経て得た潜熱フラックスから、時間単位での蒸発散量の経時変化を約 2 年半、取得している。

また、同圃場において小麦の植物季節（フェノロジー）を分光放射計により連続的に計測することによって、AVHRR や TM、MODIS などの異なるセンサーの人工衛星データから、広域かつ長期にわたる地表面状態（植物季節）を得るための手法開発も行っている。これまでに得られた分光放射計測データの解析から、正規化植生指数 (NDVI) の推定には、センサーによる観測波長の差異は重要ではなく、むしろ観測日時やセンサー角、空間分解能が大きく影響することが明らかになってきた。

## 2.2 黄土高原南部における大気境界層の季節変化と日変化に関する研究

対流圏下部における水循環過程は、地球環境を把握する上で必要不可欠な研究対象である。特に、陸面—大気境界層—雲層間における水の相変化を含めた水輸送過程を、観測や数値モデルによって詳細に定量評価することが必要である。従来、大気境界層の観測は欧米などの平坦で比較的均一な地表面に限られ、アジアにみられるような複雑地表面上での観測事例が不足していた。

本研究班は、長武黄土高原農業生態試験所の小麦圃場に 32m タワーを設置し、接地境界層下部における乱流熱フラックスの長期観測を行いながら、ウィンドプロファイラーレーダ (Wind Profiler Radar : WPR) とマイクロ波放射計 (Microwave Radiometer : MR) を用いて対流圏中・下層における 3次元風速や大気屈折率、気温、水蒸気量の鉛直分布を連続的に観測している。これまでに得られた観測データとその解析結果から、以下のことが明らかになってきた。

- 1) 対流圏下部が層状性雲に覆われない晴天日を抽出し、WPR 観測から得られたエコー強度の鉛直分布により日最大の大気境界層高度を決定した結果、日最大大気境界層高度には明瞭な季節変化がみられなかった。大気境界層の上端付近に生じた積雲などの対流雲が存在した場合、エコー強度の鉛直分布から見積もった大気境界層高度には、大きな誤差を含むことが原因として挙げられた。今後、WPR 観測によるエコー強度の鉛直分布から大気境界層高度を決定する方法を改良する必要がある。
- 2) 本研究地域では、夏季になると積雲や雄大積雲などの対流雲が発達するケースが多い。MR による大気水蒸気量の鉛直分布観測から、そのような場合には、大気境界層と雲層 (自由大気) 間で活発に水蒸気の交換が行われていた。従来の研究からは、局地循環にともなう可降水量の日変化が報告されていたが、本研究のように、高時間分解能で、かつ高度別に観測された大気水蒸気量の日変化については、ほとんど報告例が無い。特に興味深い点は、積雲対流によって大気境界層と雲層 (自由大気) の間で、活発に水蒸気の交換が行われていることを観測的に示した点である。
- 3) 長武試験地における 2回 (2005年と2006年の夏季) の集中観測結果から、低気圧性の擾乱による降水強度の強い降水が、この地域における年降水量と地下への涵養量に大きく寄与していることが示唆された。

## 2.3 黄土高原における総観規模での水蒸気輸送と夏季の擾乱

長武試験地に強い降水強度の降水をもたらす擾乱が、どのような総観気象場で観測されるのかについて、2004年と2005年の2年間のNCEP/NCAR再解析データを用いて調べた。5日平均での大気水蒸気の水平移流量をユーラシア大陸周辺地域で地図化したところ、長武試験地を含む黄土高原南部で観測される擾乱は、主にベンガル湾方向から、多量の大気水蒸気が流入した場合に観測されることが示唆された。今後、1980年代以降について、大気水蒸気場と本地域の降水量データを用いて、総観規模での水蒸気輸送と降水量の年々変動に関する解析を行っていきたい。

## 3. 今後の研究課題

長武黄土高原農業生態試験所におけるこれまでの観測データの蓄積とそのデータ解析を踏まえ、最終年度に向けた大気境界層班の残された研究課題を下記に列挙する。

- 1) 黄土高原における大気境界層と対流雲の日変化過程に関する総括
- 2) 複雑地表面における広域蒸発散量の推定手法の確立
- 3) 1990年代以降の黄土高原 (黄河中流域) における降水量減少に関する気候学的検討
- 4) 長武試験地における表層土壌水分量と河川流出量の年々変動に関する研究  
(降水強度や年降水量との関係を含めた検討)