黄土高原での大気境界層観測計画
ー 進展状況と名大 CREST での事例紹介 ー

檜山哲哉・篠田太郎・樋口篤志・坪木和久
（名古屋大学・地球水循環研究センター）

1. はじめに

本研究グループは、地球温暖化や農業活動等による人為的な地表被覆の改変が、黄河流域における水循環の変動（特に大気境界層過程や雲・降水過程）に対して、どのような影響を及ぼすのかについて調べることを目的としている。そのために、従来データの空白域であった黄土高原における大気境界層観測とデータ解析、得られた観測データを用いた雲解像モデルによる数値実験、そして衛星計測による地表面（植生）状態の広域データ解析等により明らかにしていく。特に、当該地域における地表面状態と総観気象場（水蒸気場）の季節変化に伴う陸面－大気境界層過程と、それに付随した対流雲の発達過程に着目し、水文気象現象の把握と数値モデルにおけるパラメタリゼーションの改良を目指す。

2. 黄土高原での大気境界層観測計画

本研究では、典型的な黄土高原地域に位置する中国科学院・長武黄土高原農業生態試験所の観測圃場（北緯 35 ° 12 ′、東経 107 ° 40 ′）において、運動量・顕熱・潜熱・CO_2 の各地表面フラックスを測定する。同様に、衛星計測の地上検証データを取得する目的で、高波長・高時間分解能の分光放射計も設置する。このために、高さ 30m の観測タワーを設置し、フラックス・放射観測装置を取り付ける。同時に、大気境界層と自由大気下端（地表面上 5km 程度までの大気）における三次元風速の鉛直分布と、大気境界層中・下層（地表面上 2km 程度までの大気）における気温の鉛直分布を、平成 15 年度に契約・購入したウィンドプロファイラーレーダにより測定する。以上のデータにより、大気境界層と自由大気間の運動量と熱輸送過程を様々な総観気象条件のもとで明らかにする。一方、大気境界層構造と対流雲の発達過程の関係を解明するため、大気境界層と自由大気間の水蒸気輸送過程を測定する必要がある。このため、マイクロ波放射計（平成 16 年度購入予定）を用いて地表面上 5km 程度までの大気における水蒸気量の鉛直分布を測定する。

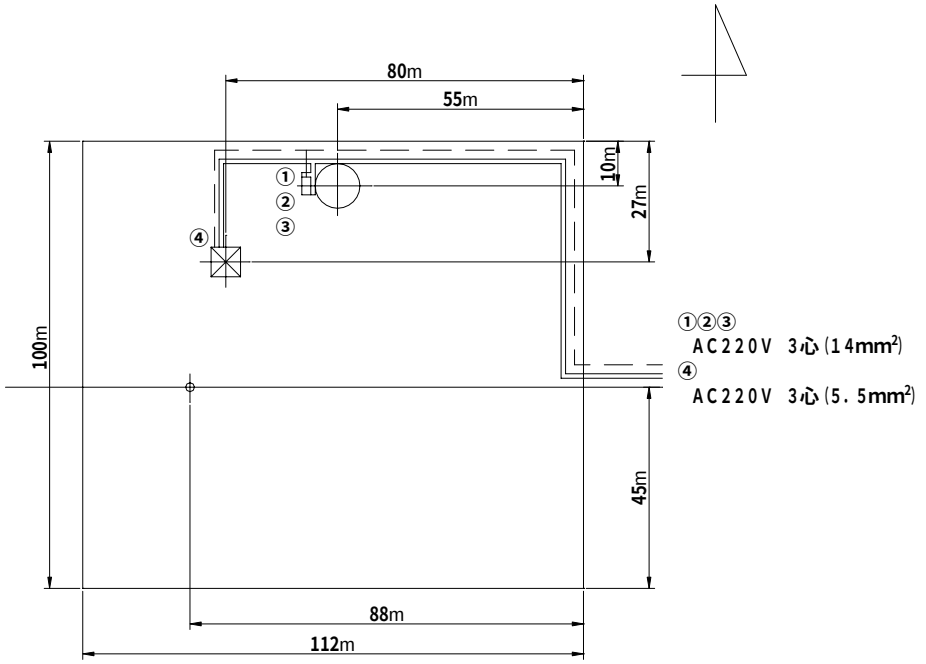

図１　中国科学院・長武黄土高原農業生態試験所の西圃場における
大気境界層観測装置の配置設計図

3. 名大 CREST での観測事例

3-1. マイクロ波放射計

科学技術振興事業団が行う戦略的創造研究推進事業の研究領域「水の循環系モデリングと利用システム」の「湿潤・乾燥大気境界層の降水システムに与える影響の解明と降水予測精度の向上」（研究代表者：中村健治・名古屋大学教授）の研究（以下、名大 CREST と略す）において既に購入し、中国安徽省・寿県気象局に設置されたマイクロ波放射計（Radiometrics 社(USA)製・TP/WVP-3000）のデータについて、現時点で手元にある 2003 年 8 月 1 日～9 月 8 日のデータの初期解析を行った。マイクロ波放射計は本黄河プロジェクトにおいても平成 16 年度に購入を予定している高額な機器であるため、本報告ではデータの信頼性等の検討を行った。期間中、停電等を除いては、データの取得を行えていた。主な初期解析結果は、以下の通りである。

(1) 全期間の時系列グラフから、１日あたり 15 分間隔データの一つが、欠測と判断される場合がある。ただし、この多くは生データとしては存在しているので、描画時のエラーと思われる。

(2) 描いた時系列グラフは、温位、相当温位、水蒸気混合比、相対湿度の高度－時間断面図である。その他、Liquid Water Content も描画し、チェックを行った。高度－時間断面図は全期

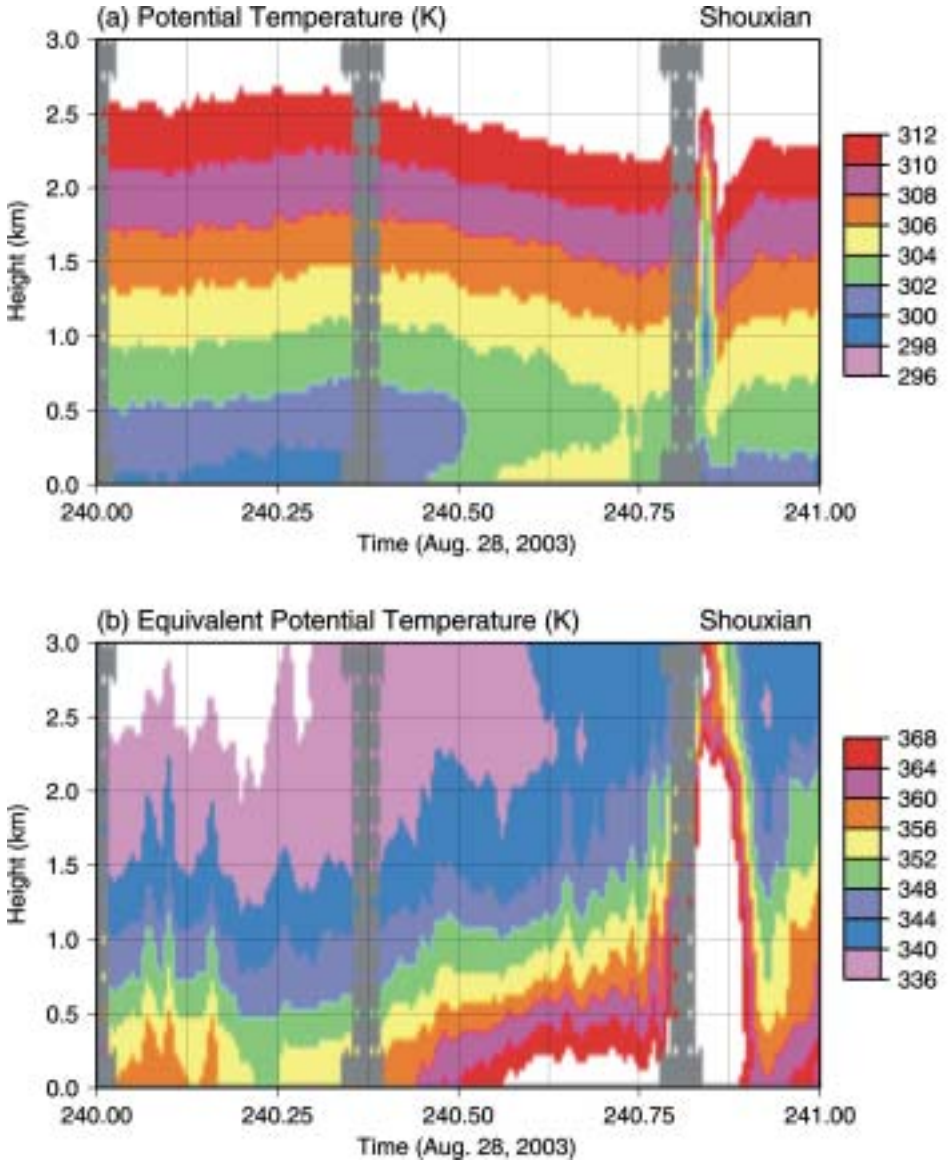

図２　中国安徽省・寿県気象局においてマイクロ波放射計を用いて得られた温位(a)と相当温位(b)の日変化（2003 年 8 月 28 日）

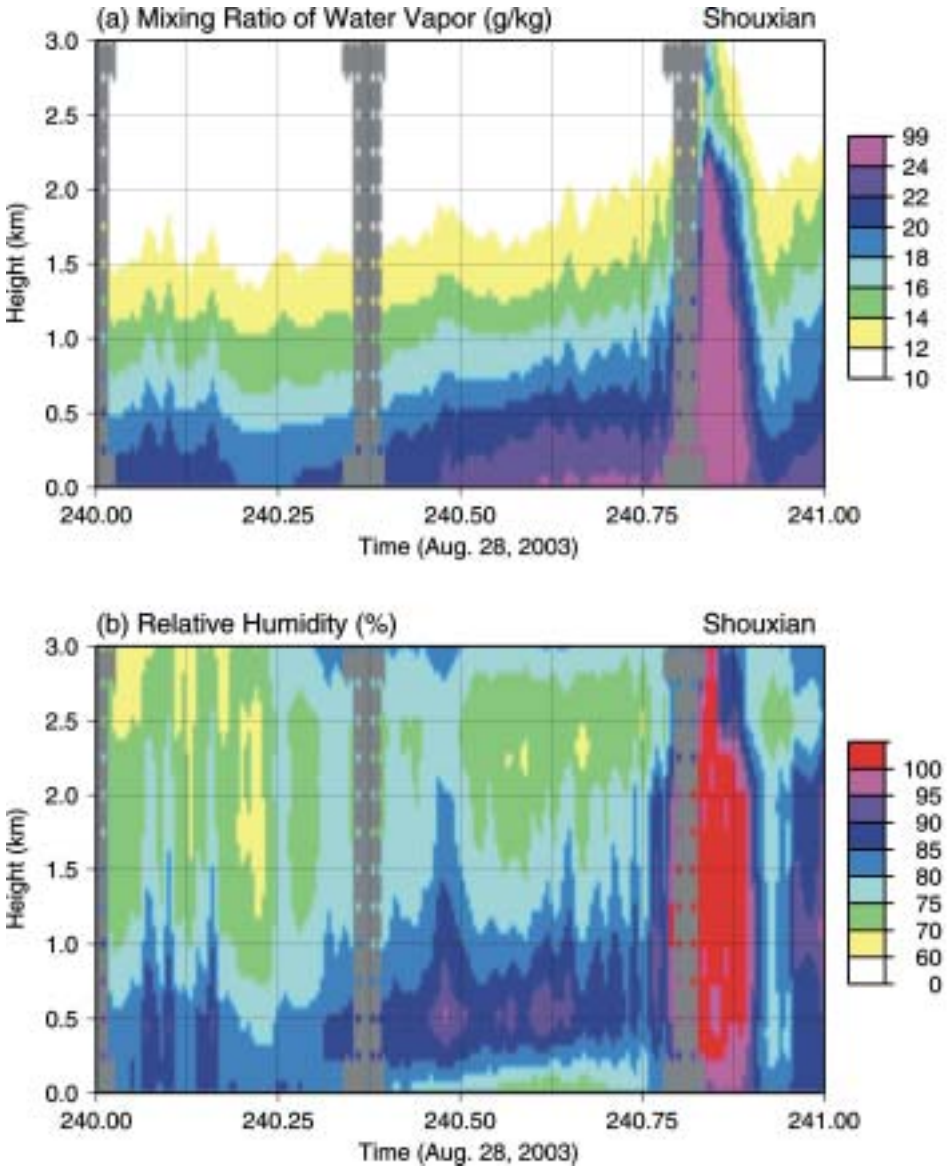

図３　中国安徽省・寿県気象局においてマイクロ波放射計を用いて得られた
混合比(a)と相対湿度(b)の日変化（2003 年 8 月 28 日）

間の時系列と境界層の日変化をターゲットとした高度 3km までの１日毎の時系列を描いた（図２および図３に、2003 年 8 月 28 日の例を示す）。

(3) 対流混合層の発達を明瞭に見て取れるのは、8 月 22 日、8 月 23 日、8 月 26 日、8 月 28 日、9 月 1 日、9 月 2 日、9 月 3 日、9 月 4 日、9 月 5 日、9 月 6 日である。対流混合層の高度は 1km 以下（相対湿度が最大になるのは 0.5km）であった。

(4) データを連続的に取得できているものの、精度については若干の疑問が残る。特に、高度 4～7km の相対湿度が常時大きな値となっており、Liquid Water Content がその高度に集中して存在するのはおかしい。ある高度に湿潤層が存在すると、その上層のデータは、著しく信頼性を欠くものと思われる。

(5) 最初の４日分について、ワイオミング大サイトのゾンデデータ（指定面のみ）との比較を行ったところ、850hPa より下層では高温で水蒸気量が多目であり、850hPa より上層では低温で水蒸気量少な目という傾向があった。今後、Radiometrics 社内で、データを再評価してもらう必要がある。おそらくは鉛直プロファイルの retrieve に使用する初期値に原因がある。

報告会当日（2003 年 10 月 28 日)、マイクロ波放射計に関する報告会での議論として、下記の２点が話題に出た。

・雨が降った場合のデータに、信頼性はあるのか？
・湿潤層より上層のデータに、信頼性はあるのか？

以上の答えは、双方ともに「信頼性は著しく低い」である。マイクロ波放射計の開発とその後の研究論文として、Solheim et al.(1998)や Guldner and Spankuch(2001)がある。これらの研究論文を十分に吟味しながらより良いデータ取得を目指していきたい。

3-2. ウィンドプロファイラーレーダ

報告会では、名大 CREST において購入し、マイクロ波放射計とともに中国安徽省・寿県気象局に設置されたウィンドプロファイラーレーダ（住友電工(日本)製・L-28）の解析例を報告した。このウィンドプロファイラーレーダは、本黄河プロジェクトにおいて平成 15 年度に既に購入している同型機である。主に、下記の２点について報告・議論した。

・ウィンドプロファイラーレーダにより得られた３次元風速の各成分データから、パワースペクトルやコスペクトルを描画することにより、卓越渦スケールを判定できるかどうかについて検討した。
・30m 観測タワーに設置した超音波風速計から得られた３次元風速の各成分データから、同様に接地境界層内の卓越渦スケールを描画し、ウィンドプロファイラーレーダから得られた対流混合層内の卓越渦スケールと比較した。

以上の検討から、ウィンドプロファイラーレーダにより得られた３次元風速の各成分データを用いれば、対流混合層内の卓越渦スケールを判定できることが明らかになった。30m 観測タワーに設置するフラックス・放射観測装置と組み合わせることにより、接地境界層と対流混合層内での様々な大気状態での乱流プリューム構造や大気境界層構造の把握が可能であると考えられる。

4. 今後の計画と研究のねらい

観測はなるべく長期に（継続的に）実施していく。最低でも、2004 年～2007 年の 3 年間の継続的な観測を行う予定である。得られた観測データは、混合層バルク相似則等におけるエントレーメントパラメータの再評価に使用するとともに、雲解像モデルの入力値として使用し、大気境界層過程や積雲対流過程のパラメタリゼーションの再評価に供する。特に、半乾燥地特有の気象条件下におけるエントレーメントパラメータの改良が行えるのが特徴である。雲解像モデルの初期条件には、領域気候モデルの出力値を用いる。このため、なるべく精緻な（空間解像度 1°以内の）客観解析データや再解析データも使用していきたい。パラメタリゼーションの改良が行えれば、より現実的な領域気候モデルを再構築し、陸面状態の変化による黄河流域の水循環変動（特に大気境界層過程と雲・降水過程）を再評価することが可能となると思われる。本研究では、その足掛かりを提示する。

参考文献

Guldner, J. and Spankuch, D. (2001): Remote sensing of the thermodynamic state of the atmospheric boundary layer by ground-based microwave radiometry. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, **18**, 925 – 933.

Solheim, F., Godwin, J. R., Westwater, E. R., Han, Y., Keihm, S. J., Marsh, K. and Ware, R. (1998): Radiometric profiling of temperature, water vapor and cloud liquid water using various inversion methods. *Radio Science*, **33**, 393 – 404.