

第 27 回
三菱財団 事業報告書
平成 8 年度

THE MITSUBISHI FOUNDATION ANNUAL REPORT 1996

財団法人
三菱財団

ユーラシア大陸における温暖化の実態解明へ向けた 観測システムの開発 ②

Development of the In-situ Observing System for Understanding the Mechanism of the Recent Warming over Eurasia

代表研究者

筑波大学地球科学系教授

安成 哲三

The Automated Weather Station which can measure surface radiation fluxes and sensible and latent heat fluxes with soil moisture by TDR method have been developed in cooperation with National Center for Atmospheric Research (NCAR) of USA. A proto-type system for GEWEX Asian Monsoon Experiment (GAME) was tested in Thailand during summer monsoon season of 1996, which successfully measured these fluxes with sufficient accuracy.

研究経過

近年、地球温暖化の一環として、大きな問題になっているユーラシア大陸上での気温の上昇の実態と、そのメカニズムを解明する際には、少なくとも数年以上にわたる長期間の放射収支、熱収支を測定可能な自動観測システム(AWS)が必要である。しかし、熱収支測定可能なAWSは、非常に短期間の特別観測で用いられるもの以外には、長期モニタリングに適用可能なものは、まだ開発されていなかった。本研究では、米国立大気科学研究センター(NCAR)と連携して、土壌水分を含む熱収支・放射収支自動観測システムPAM-flux/GAMEの開発を行い、1号機を完成させ、1996年夏季モンスーンのタイで、GAME(アジアモンスーンエネルギー水循環研究観測計画)の一環としてテストを観測を行い、正確なフラックスが測定できることが確認された。同時に、このAWSからGMS静止気象衛星を利用したデータ転送システムの開発も行った。

1. PAM-flux/GAMEシステムの構成と特色

このAWSシステムの測定項目は、上向き・下向き短波・赤外放射の4成分、放射収支、2高度気温・湿度、風向、超音波温度風速計による風速3成分、降水量、地表面放射温度、地中熱流量、TDR法による土壌水分である。さらにこのシステムには、静止気象衛星GMSを中継機としてデータ

の自動送信システムが装着可能である。

このPAM-flux/GAMEシステムは、放射収支計による放射収支のみならず、4成分の短波(可視光線)、赤外放射を独立に測ることにより、放射観測精度を高めるとともに、地表アルベド、雲量や大気中の水蒸気量に関する情報を得ることが可能である。また、超音波温度風速計により、渦相関法による顕熱フラックスの直接測定を行う他、バンドパス・コバリアンズ法(Horst and Onclay, 1995)による潜熱フラックスの測定が可能であることが、PAM-fluxの大きな特長である。この手法はまだ確立されたものではなく、どのような場合でもこの手法が有効かどうか、ひとつの問題点であったが、この問題は、後述するようにタイでのテストにより、かなり解消されたといえる。また、このシステムでは、2高度で独立に温度・湿度を同時に測定することによりポーエン比法による熱収支の算定が可能であるだけでなく、地表面温度のモニターを加えたことにより、直接測定 of 顕熱フラックスを利用して、バルク係数を決め、バルク法による熱収支も算定可能となっている。すなわち、3種類の手法で、独立に熱収支を算定、比較し、精度の確認をするだけでなく、目的と状況に応じて、いずれの手法でも適用可能なように、測器系が組み合わされている。

このシステムのもうひとつの特色は、TDR(Time-Domain Reflectometry)法というマイクロ波を利用した土壌水分センサーにより、非破壊

の状態では土壌水分のプロファイルの自動測定を可能にしていることである。土壌水分は、地表面放射収支、熱収支を決める重要な要素であり、この要素の長期自動モニターは、季節変化以上の長周期の地表面温度、気温の変動機構を解明する上で、不可欠である。

これらのデータは、データ収録装置に格納されると同時に、GMS 静止気象衛星へのデータ転送を16進数で行うことにより、準リアルタイム、オンライン方式でデータを日本で回収することも可能である。

2. PAM-flux/GAME のタイでの野外テスト結果

1996年8月21日から31日の10日間にわたって、自動気象ステーションの運用テストをおこなった。目的は、地表面フラックスを測定する観測器材と解析方法の評価、連続した土壌水分測定可能性調査、高湿度、高温度下におけるステーション全体の運用問題点の調査、そしてソーラーパネル、商用電源、プロパン発電機でのDC電源の3種類の電源を用いた運用の可能性の調査である。この目的のために、日本から8名がタイの中央平地部の Sukhotai (北緯17度3分、東経99度42分、標高50m) 付近の非灌漑水田にタイ国立灌漑局 (RID) の全面的な協力の元に観測地点を設定し、テストを実施した。

(1) フラックスの測定

気象ステーションに付属する超音波風速温度計、バンドパスコバリアンス用温湿度計、2高度の温湿度計、放射温度計を利用することで、4種類の方法 (a: 渦相関・バンドパスコバリアンス法、b: ボーエン比法、c: プロファイル法、d: バルク法) で地表面フラックスの評価をおこなった。真の値として気象ステーションにならべて設置した超音波風速温度計と赤外線湿度計による高精度のフラックスを採用した。このフラックスとの比較の結果、PAMによる渦相関・バンドパスコバリアンス法のフラックスの測定と良く一致することが確かめられた。ただし、ステーション内蔵の自動計算プログラムの結果そのままでは信頼性に問題があることも同時に確かめられ、測定後の人間による解析の重要性も確認された。

一方、渦相関・バンドパスコバリアンス法のフ

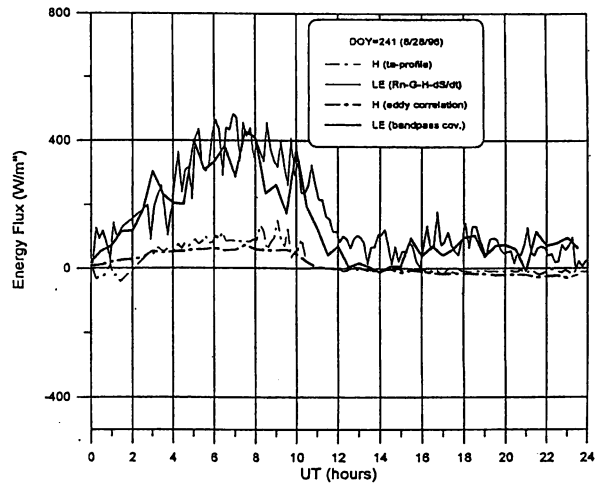


図1: スコタイ (タイ中部) における PAM-flux/GAME の熱フラックスのテスト結果。熱収支残差法とバンドパスコバリアンス法による潜熱 (LE) の比較を含む。

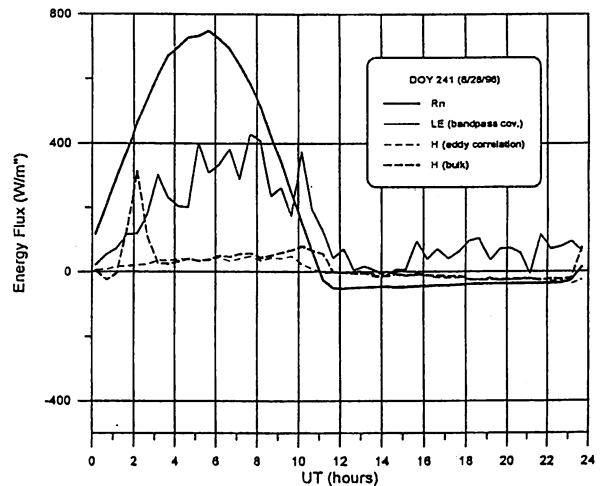


図2: 図1と同じ。但し、渦相関法とバルク法による顕熱 (H) の比較を含む。

ラックスと他の方法によって評価したフラックス結果が第1-2図に示してある。図より、2高度の気温センサーを用いたプロファイル法 (第1図)、1高度の気温センサーと地表面温度を用いたバルク法 (第2図) によりよい精度の顕熱フラックスが得られることがわかる。さらに、このようにして、得られた顕熱フラックスと別途測定された正味放射 (Rn)、地中熱流量 (G)、そして水体の貯熱量変化 (dS/dt) を利用して熱収支法を適用することで潜熱フラックス (LE) が求められる。これらの値とバンドパスコバリアンス法の値の比較を同時に第1-2図に示してある。比較的良い一致

が見られるものの、一部の大きな誤差が見られる。水体の貯熱量変化を評価する際の誤差が大きいことが原因と考えられ、今後のこの熱収支項の評価の重要性が示された。

一方、ポーエン比法、湿度センサーを用いたプロファイル法の結果は良くない。湿度センサーの精度が2高度の湿度差に比べて十分大きくないのが原因である。実際の利用にあたっては湿度センサーの2高度の差の利用は控えたほうが良いと思われる。

(2) 土壌水分

4 深度 TDR 式土壌水分センサーを5月に埋設し、今回の8月のテストの際に PAM に接続し観測をおこなった。3ヶ月程度の経過で測定上の問題は無く、長期連続測定の可能性が示された。

(3) 電源

ソーラーパネルでの運用、プロパンガス DC 発電機での運用、AC220V での運用とも問題なく行なう事ができた。今後運用する場所に応じて、3種類の選択肢から1つあるいは複数の電源を利用することが可能であると考えられる。

3. GMS 転送システムの開発

気象衛星「GMS (ひまわり)」は雲画像を送ってくるほかに、地上、海上における遠隔地の気象観測所から発信される観測情報を含む電波を中継し、地上に送り返す役割も担っている。気象庁の協力の下に、GAME ではアジア各国に置かれた AWS からの観測データを GMS を中継して日本で受信し、データセンターに準リアルタイムで収録する計画を進めてきた。

GAME で導入された AWS のひとつである PAM-flux/GAME には、Signal Engineering 社製の衛星通信用の送信機「SE110」が装備される。この送信機は元々米国の気象衛星 GOES 用に開発された物であったので、NCAR と共同で GMS 用に改造した。出力は10W である。この送信機を使い、PAM-flux の観測データ等の送信を各地点より1時間に1回行なう。送信フォーマットについては、NCAR と気象庁と調整した結果、文字による16進数表記とし、各種フラックス観測値の30分平均値と、通常気象要素(気温、風等)の1時間平均値

を含めることになった。送信項目には観測値のほか、AWS のバッテリー電圧やソーラーパネル電流情報などが含まれており、PAM-flux の稼働状態を常に監視することができる。現地の研究協力者と連携して、PAM III の動作不良に対して即時的な対応が可能となる。

現在まで、GMS による PAM-flux/GAME のデータ転送について NCAR と気象庁と技術的な調整が終わった。今後、公式の文書による気象庁との業務協定の締結、データ送信の試験を経て、実際の観測で転送システムを稼働させる予定である。これが実現することにより、観測結果の即時的な解析・研究、データセンターでの観測データの一括処理、自動気象観測装置の稼働状態の常時モニターが可能となり、円滑な観測体制の確立に大きく貢献する予定である。(完)