

# 衛星リモートセンシングによる全球蒸発散量推定について

## Estimation of global evapotranspiration using satellite remote sensing

○多炭雅博\*

Masahiro Tasumi

### 1. はじめに

世界の真水利用の7割は農業用に利用されており、農業用水需要は今後も増加の一途をたどると予測されている。1950年に25億人であった世界人口は1987年に50億人を超え、2050年には90億人に達すると見込まれる。この人口増加に伴う食糧需要の増大に加え、途上国の経済発展や地球温暖化問題、資源エネルギー問題が相まって、将来は水資源の持続的管理や需給バランスの達成が非常に難しくなってくる。現在でもすでに、アラル海の消滅や、アメリカ合衆国オガララ帯水層の枯渇問題等、世界各所で灌漑農業が地域の水環境に重大かつ不可逆的な影響を与えている。

水資源の逼迫する乾燥地の灌漑農業地帯では、水収支における蒸発散量の重要性が高い。蒸発散量の推定方法としては、気象データから算出した基準蒸発散量に作物係数を掛ける方法が採られていることが多いが、近年では人工衛星画像を使ったリモートセンシングモデルや、各種物理モデル等の活用も増えている。本発表では、人工衛星画像を使った蒸発散量推定モデルについて、自身のこれまでの研究について紹介する。

### 2. 衛星画像を利用した広域蒸発散量推定—これまでの研究

衛星画像を利用した広域蒸発散量推定に関する研究は1980—1990年代頃から盛んに行われており、これまでに様々な種類の蒸発散推定モデルが提案されてきた。これら蒸発散量推定モデルをアプローチ別に見ると、地表面温度と植生指標の関係から経験的に蒸発散量を求めるものや、地表面放射収支及び熱収支解析によるもの、また大気・植物・土壌水分・生態系モデル等の一部として衛星画像を利用するものが代表的である。またモデルによってその用途や目的、対象範囲等も様々である。灌漑分野ではオランダのBastiaanssenらが提案したSEBALモデルが有名で、世界銀行の関わる灌漑プロジェクト評価等においてよく利用されているようである。

筆者らはこれまで、アメリカの西部乾燥地・灌漑農業地帯を中心に、SEBALモデルの派生モデルであるMETRICモデルを開発・運用してきた。アメリカ西部では、このような人工衛星画像を利用した精密な蒸発散量マップの需要はかなり高く、地域行政による実利用の段階に入っている。その需要の内訳としては、「持続的な水利用」や「地域水環境保全」、「農業用水の有効利用」等、農学または環境科学的な立場からのものもあるが、水利権問題解決のための合意形成や、農業用水の利用状況の監視、水訴訟対策等、社会的・人間的な問題を解決するためのツールとしての需要が多いようである。

---

\* 宮崎大学農学部 (Faculty of Agriculture, University of Miyazaki)

キーワード：蒸発散，リモートセンシング

図1に示すのはアイダホ州水資源局による灌漑農地の蒸発散モニタリングの例である。この地域は農業用水の過剰利用による地下水位の低下が顕著で、地域内各所で住民による水利権訴訟が頻発している。この問題を抜本的に解決する手段の一つとして、州が農業セクターからの水利権の買い上げを進めており、衛星による蒸発散マップが水利権買い上げ候補地の選定や、施策の効果の追跡調査に役立てられている。

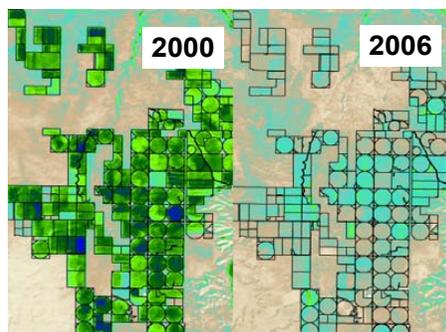


図1. 水利権買い上げ前の2000年と、買い上げ後の2006年における蒸発散量マップ(アイダホ州水管理局提供)

### 3. 全球蒸発散量の推定—現在の研究

現在著者らは、これまでの METRIC モデルの運用経験を生かし、JAXA が 2014 年度の打ち上げを目指している気候変動観測衛星、GCOM-C1 の陸域プロダクトとしての「蒸発散指標」推定アルゴリズムの開発に取り組んでいる。この蒸発散指標は作物係数と同義で、1 km 程度の空間分解能を持つ作物係数マップを全球レベルで継続的に自動生成・公開していくことを最終目的としている。ユーザーはこの作物係数マップを蒸発散や土壌水分量の指標として利用できる。また個別に入手した気象データから基準蒸発散量を算出することで、作物係数マップを日・月・年単位の蒸発散量マップへ変換することも可能である。

この際の作物係数の推定には、Kimura(2007)や Senay ら(2007)が提唱している地表面温度の指標 ( $ET_f$ ) の利用を有力視している。 $ET_f$  は地表面温度を地表面の蒸発散効率の指標として利用するものであり、以下の式で定義される。

$$ET_f = \frac{T_s(dry) - T_s}{T_s(dry) - T_s(wet)} = \frac{T_s(dry) - T_s}{\Delta T_s}$$

ここで  $T_s$  は地表面温度、 $T_s(dry)$ ・ $T_s(wet)$  はそれぞれ、地表面が十分乾燥または湿潤していた場合に取り得るであろう地表面温度の理論値。

この地表面温度の指標である  $ET_f$  と作物係数は比例すると仮定し、 $ET_f$  から作物係数を推定することを考えている。

### 4. おわりに

近年衛星画像の整備も進み、またコンピュータの画像処理性能やデータ保存環境も飛躍的に向上した。その中で衛星画像を利用した広域蒸発散量推定技術は、今後更に発展していくものと考えられる。TPP 問題等グローバル化の一層進む現代、世界の水資源問題は日本の食料安全保障にも大きく関わる問題であるので、問題解決に繋がるツールに育てたい。

【引用文献】 Kimura, R. (2007). Estimation of moisture availability over the Liudaogou river basin of the Loess Plateau using new indices with surface temperature. *J. Arid Environ.*, 70:237–252.

Senay G.B. et al.,(2007). A Coupled Remote Sensing and Simplified Surface Energy Balance Approach to Estimate Actual Evapotranspiration from Irrigated Fields. *Sensors*, 7:979-1000.