

山梨大学大学院 学生員 ○船田 晋 山梨大学工学部 正会員 石平 博
山梨大学工学部 正会員 竹内邦良 山梨大学工学部 正会員 徐 宗学

1. はじめに

蒸発散は大気-陸面間における水・エネルギー循環の重要な水文過程であるが、地表面の土壌水分量や気象因子、地形などの影響を受けるため、その時空間分布の把握は非常に困難である。蒸発散量の間接的な推定手法の一つとして蒸発散位と実蒸発量の間にある補完関係に基づく手法があり、その代表的なものとして Brutsaert-Stricker 法 (以下、補完法)がある。補完法は、少数の気象要素から地表面の乾湿状態を反映した実蒸発散量の算定が可能な手法であり、プロットスケールにおいてその有用性が確認されている。本研究では、この補完法に用いて、近年整備されている全球気象データセットから、日本を含むアジア・太平洋地域における実蒸発散量分布の推定を試みる。さらに推定結果と流域水収支との比較により推定精度の検証を行うとともに、広域の蒸発散量推定における問題点についても検討を行う。

2. 推定方法と使用データ

Brutsaert and Stricker (1979)は、実蒸発散量と蒸発散位との間の補完関係に基づいて、次式を提案した。

$$E = (2\alpha - 1) \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n - G) - \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} f(U_2)(e_s - e_a) \dots\dots\dots (1)$$

ここで、E: 実蒸発散量、 R_n : 純放射量、G: 地中熱貯留量、 $f(U_2)$: 風速関数、 e_s : 飽和水蒸気圧、 e_a : 水蒸気圧、 α : Priestley-Taylor 係数、 Δ : 飽和水蒸気圧曲線の勾配、 γ : 乾湿計定数である。また本研究では、気象データとして、英国 East Anglia 大学の CRU (Climate Research Unit) 作成の全球気候データセットを用いた。このデータセットは、気温、風速などの気象要素の月平均値 (気候値: 1961~1990 年) を空間解像度 0.5° でグリッド化したものである。今回の検討では、このデータセットから、解析対象領域であるアジア・太平洋地域 ($70^\circ \text{E} \sim 180^\circ \text{E}$, $50^\circ \text{S} \sim 50^\circ \text{N}$) のデータを抽出し、(1) 式の入力となる気温、水蒸気圧、風速、雲量のデータを整備した。

3. 広域蒸発散量の推定と検証

3.1 アジア・太平洋地域の蒸発散量分布 アジア・太平洋地域は、多様な気候が混在し、地形や地表面状態も複雑であることから、世界の水文気候の縮図といっても過言ではない。したがって、このような地域における広域水収支を把握することは非常に重要である。図-1 は、補完法により求めた対象領域内の年蒸発散量の分布図である (図 1)。ただし、オーストラリア東部には欠測地域がある。推定した実蒸発散量は、湿潤地域では多く、乾燥地域では蒸発抑制の効果により小さい値となっているなど、空間分布パターンについては概ね妥当な推定結果が得られたと考えられる。

3.2 流域水収支法による検証 次に、本研究での推定蒸発散量の定量的な妥当性を検証するために、推定蒸発散量と流域水収支法により求めた蒸発散量との比較を行う。ここでは、千葉大学環境リモートセンシング研究センター (CEReS) において整備されている世界各地の流域水収支データベース (<http://aqua.cr.chiba-u.ac.jp/gdes/wbwb.html>) より対象地域の中の 53 流域を抽出し、流域水収支より得られた蒸発散量 E_{wb} と補完法による推定値 E_{est} との比較を行った (図 2 中 ◆ のプロット)。ただし、図-1 の蒸発散量推定においては、式(1)における $\alpha = 1.26$ (後述) としている。両者を比較した結果、 E_{est} は湿潤地域において 300mm ほど過大評価されることが明らかとなった。

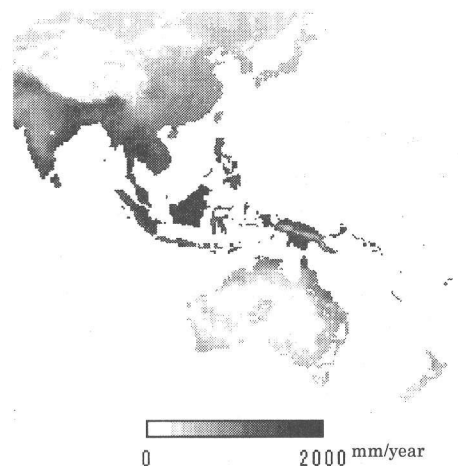


図 1 アジア・太平洋地域の蒸発散量分布図

キーワード 補完法、蒸発散、アジア・太平洋地域、水収支

連絡先 〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11 Tel 055-220-8588 Fax 055-253-4915

3.3 Priestley-Taylor 係数 (1)式の Priestley-Taylor 係数(以下、 α)については、一般的に $\alpha=1.26$ として解析することが多いが、気温や湿度、地表状態によって大きく変化することが報告されており(近藤, 1984)、日本の数ある試験流域での検討結果から 1.15 付近が平均値として相応しいという報告もある。この α は(1)式の蒸発散量に最も影響を与える純放射量を含む放射項(右辺第一項)の係数であることから、 α の与え方如何によっては蒸発散量に大きな差が生ずると考えられる。そこで、気候条件によって α を変化させることによる推定精度の向上について検討を行った。なお、この検討においては、気候区分を表す指標として以下に示す湿润指標(UNESCO(1984)、以下、HI)を用いた。

$$HI = P/E_p \quad \dots\dots\dots(2)$$

ここで、P:年降水量、 E_p :Penman 式による年蒸発散位であり、HI と気候区分の対応は表 1 の通りである。さらに、流域水収支より得られた蒸発散量 E_{wb} を真値として α を逆算し、これと HI との関係から α を式(3)のようにモデル化した。

$$\alpha = 1.0907 HI^{-0.0903} \quad \dots\dots\dots(3)$$

ただし、(3)式の適用範囲は、 $HI \geq 0.29$ である。この式を用いて気候条件の違いによる α の変化を考慮して蒸発散量を再計算したところ(図 2 中□のプロット)、湿润地域における過大評価は是正されるなど、推定精度の向上が確認された。また近藤(2001)による低緯度の実蒸発散量の最大値(1600~1800mm 程度)と比較しても、ほぼ妥当な値が得られた。上記の検討より、広域場での蒸発散量推定においては α を気候区別に与える必要があることが示された。

3.4 HI と α の関係 次に、世界中のタワー観測による気象、熱フラックス観測ネットワークである FLUXNET(<http://www.daac.ornl.gov/FLUXNET/fluxnet.html>)のデータを用いて、乾燥・極乾燥地域や非常に湿润な地域における α と HI の関係について検討を行った。図-3は、比較的長期の観測値があり、かつ異なる気候区分に属するアメリカ大陸中の 29 地点における、潜熱フラックスと気象データから逆算した α とその地点の HI との関係を表している。これより α は極乾燥地域、あるいはより湿润な地域になるに従い、減少する傾向が確認された。

4. まとめ

補完法を用いて、東南アジア太平洋地域の実蒸発散量分布を推定した結果、以下のような結果が得られた。

- (1)推定結果においては、乾燥地における蒸発抑制などが再現されており、ほぼ妥当な空間分布パターンが得られた。
- (2)推定値を流域水収支と比較した結果、湿润地域における過大評価などの問題が明らかとなったが、 α を気候区ごとに变化させることにより、その問題を解決した。

【謝辞】

水収支データベースの利用については、千葉大学 CEReS の近藤昭彦助教授にご協力頂いた。ここに謝意を記す。

【参考文献】

- (1)Brutsaert, W. and Stricker, H., 1979. An advection-aridity approach to estimate actual regional evapotranspiration. *Water Resour. Res.*, 15, 443-450. (2)UNESCO, 1984, Map of the world distribution of arid regions, Paris. (3)近藤純正, 1984, 複雑多様な地表面の熱収支-研究の指針-, 天気, 31, 573-581. (4)近藤昭彦, 2001, モンスーンアジアの水文地域, 水資源セミナー講演概要集, 京都大学防災研究所, 73-82. (5)S., Funada, 2001, Application of Complementary Method for Estimating Areal Actual Evapotranspiration in Southeast Asia and the Pacific, *INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ACHIEVEMENTS OF IHP- V IN HYDROLOGICAL RESEARCH*, UNESCO Jakarta Office, 249-258.

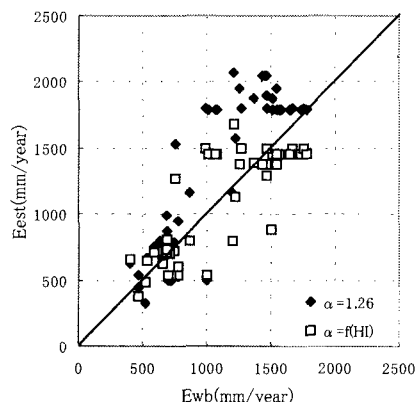


図 2 水収支法による蒸発散量と推定値

表 1 湿润指標による気候区分

気 候 区 分	湿 潤 指 標 HI
極 乾 燥	$0.00 \leq HI < 0.03$
乾 燥	$0.03 \leq HI < 0.20$
半 乾 燥	$0.20 \leq HI < 0.50$
亜 湿 潤	$0.50 \leq HI < 0.75$
湿 潤	$0.75 \leq HI$

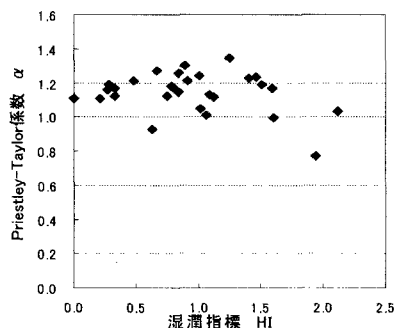


図 3 湿润指標と Priestley-Taylor 係数