

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 SILVA, AMILA

蒸発散量は、水文循環系の諸要素の中で評価が最も困難であり、従来は、ある水文期間での水収支の残差を可能蒸発散量を用いて時間的に配分するなどの便宜的な方法が取られてきた。近年、流域の土地条件や気候・気象条件の変化に対する応答を適切に表現し予測できる物理水文モデルへの発展の中で、物理的合理性を持ちかつ実用的な蒸発散の評価手法の開発が水文モデリングにおける重要な研究課題となっている。本論文は、この課題の解決に挑戦したものであり、「Incorporating Energy and Water Budgets into Evapotranspiration Estimation in Hydrological Modeling (水文モデルの蒸発散評価に対する熱・水収支的視点の導入)」と題し、8章で構成されている。

第1章は、序論であり、水循環と熱循環ならびに両者の相互作用がレビューされた後、1) 既往の蒸発散モデリングにおける不確実性を明らかにし、蒸発散の適正な評価のための要件を見出すこと、および、2) 水文モデルに適正な蒸発散量評価手法を見出すこと、の2つの目的が上げられている。また、論文の全体の構成が示されている。

第2章では、蒸発散評価の取り扱いに焦点を当てて分布型水文モデル (distributed hydrological model;以下 DHM) と地表面モデル (land surface model;以下 LSM、本研究では米国の National Center for Atmospheric Research が開発した LSM を対象) について関連文献のレビューがなされている。主な論点として、DHM では実蒸発散量評価が可能蒸発散量に基礎を置いているのに対して、LSM では熱収支と水収支の両方の要件から直接実蒸発散量が算定されること、LSM の方が蒸発散の記述が詳細であり、熱収支式と水収支式が同時に解かれていることから地表面の水文過程については DHM より適正であること、等が指摘されている。

第3章では、水文学における蒸発散評価法が概説された後、本研究において可能蒸発散量の評価に採用される Penman-Kimbley 法について解説されている。また、この研究で対象とされる2つの観測サイト (千葉県海老川流域) とデータについて説明されている。

第4章では、実蒸発散量評価に影響する要素について議論されている。DHM では、まず可能蒸発散量 (ここでは、その一種である reference crop evaporation) が算定され、次に植生からの実蒸散量と表層土層からの実蒸発量に配分されるが、本研究では、その配分を決める関数として、葉面積指標と2つの調整パラメータを持つ関数および土壌水分量と1つの調整パラメータを持つ関数 (合計3つの調整パラメータにより配分) が採用される。この章の後半では、可能蒸発散量の評価の空間的変動を支配する要素が何であるかについて、2つの観測サイトのデータによって調べられ、地中熱流、相対湿度、純放射、気温および風速の5要素の中で、相対湿度が支配的効果を持つ要素であることが明らかにさ

れる。

第5章では、LSM と DHM の実蒸発散量算定アルゴリズムの具体的振舞いが観測データを適用することによって吟味された後、LSM の結果を用いて DHM の蒸発散配分パラメータを決定する方法が提案されている。

LSM の土壌の水理/熱パラメータ群には、データが無いところでも適用が可能なように土壌組成に対して標準値が与えられている。まず、それら標準値を用いて観測サイトに LSM のアルゴリズムを適用したところ、土壌水分の計算値が観測値と大きな差を示した。そこで、現地の土壌サンプル試験から得られたパラメータを適用したところ、土壌温度、土壌水分とも良い一致が見られ、LSM を局地的に適用し、精度の良い計算値を得るためには現地に則した土壌パラメータ値を使用すべきであることを明らかにしている。

DHM の実蒸発散算定アルゴリズムには可能蒸発散量を実蒸発散量に配分する3つの調整パラメータが含まれており、それらは植生と土壌特性に応じて経験的な値が与えられている。それらのパラメータ値を用いて推定された実蒸発散量は LSM で算定されたそれよりかなり過小な値となった。そこで、LSM の期間合計実蒸発散算定値に合致するように3つのパラメータを調整したところ、植生からの実蒸散量と土壌面からの実蒸発量とへの配分ならびに両者の時系列計算値とも LSM からの算定値に良く一致することが見出された。

以上から、現地に則した土壌パラメータを用いて LSM から算定された実蒸発散量に合致するように、DHM の3つの蒸発散配分パラメータを調整することにより適正な実蒸発散量を算定するという、DHM に対する新たな実蒸発散算定法が提案された。LSM で実蒸発散を算定するには DHM に比べて多くの観測値とパラメータが必要であるが、本研究で提案された手順により一度蒸発散配分パラメータを決定しておけば、DHM において効率的に適正な実蒸発散量を算定することが可能となる。

第6章では、LSM に含まれるパラメータの感度分析と非計測パラメータの最適化が取り扱われている。非計測パラメータのうち土壌の熱伝導率と最適蒸発散含水量の2つが高い感度を持つことが明らかにされ、土壌水分量と土壌温度の両方の誤差が最小になるように2つのパラメータが最適化される。

第7章では、これまで対象とした観測サイトとは異なる気候条件を持つタイの Sukhothai 微気象・水文観測点の観測データを適用することにより、LSM 適用の妥当性ととも第5章で提案された DHM の新たな実蒸発散算定法の妥当性が検証されている。

第8章には、本論文の結論とともに今後の研究の方向が要約されている。

以上要するに、本研究は、DHM と LSM における実蒸発散モデルの振舞いを観測データとの対照の上で詳細に明らかにするとともに、DHM に熱収支の点からも合理的な実蒸発散量算定手法を導入して、その妥当性を明らかにしたものであり、水文・水資源工学の今後の発展に貢献するところ大である。よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。