

学 位 論 文 題 名

融雪流出解析における熱収支融雪モデルと
その適用に関する研究

学位論文内容の要旨

融雪流出水は農業用水をはじめ重要な資源となり、地域の生活、産業に密接に関連している。しかしその一方でしばしば融雪洪水に代表される融雪災害の発生要因となっている。

農業土木をはじめとする科学技術の分野では、融雪期の流出解析に関係した融雪量の算定には簡便な流量対応の経験的手法が多く用いられ、現象解析を基礎とする熱収支的手法の適用は極めて少ない。

最近ではアメダス観測網の充実、加えてコンピュータの発達、普及とあいまって、経験的手法の簡便さという利点も薄れる傾向にあると考えられる。

本論文では融雪に関する現地調査を行い、それらの結果から各種気象要素を基礎とする熱収支による融雪演算モデルを構築し、融雪期流出予測解析の地域間汎用化、精度の向上を図ったものである。

第1章では、積雪地帯の河川流況を例示し、融雪期のダム流入量が年間総流入量の30～40%にも相当することを示した。また、それが短期に集中することから資源化されていない実態とその対策について指摘した。さらに、農業就業構造と水稻の栽培形態の変化による農業用水需要の短期集中化、暖冬による流況の変化にともなう水不足の実態について述べた。また、融雪洪水の被害状況を1981年の豪雪年について示し、利水面、防災面ともに融雪流出諸過程の研究が重要であるとした。

第2章では本論文の目的を示した。融雪流出解析では、降雨・降雪の判別から積雪へ、積雪から融雪水へ、融雪水の流出への三つの変換過程が必要である。積雪から融雪への変換過程については経験的手法と熱収支的手法があり、これらについての既往の研究を概観した。その結果、融雪流出解析の分野における熱収支法の適用が極めて少ないこと、ならびに経験的手法の問題点を指摘した。さらに融雪流出を的確に把握することの重要性を示し、この目的のために熱収支法に基づく積雪・融雪モデルの構築と融雪流出解析への適用を行った。

第3章では現地調査から熱収支積雪・融雪モデルの構築とその適用、モデルの融雪流出解析への適用に至るまでの研究方法の概要を示した。また、岩手大学附属御明神牧場内に設けた現地調査地、モデルの適用地点、融雪流出解析の対象流域について、その位置、気象等の概要を示した。

第4章では岩手大学附属御明神牧場に設けた現地調査地における融雪と気象要素の観測方法を示した。また融雪に関する積雪における熱収支を検討してその成果から熱収支融雪モデルを構築した。

1) 日中の融雪現象において、融雪熱量の一部は前夜における積雪の冷却貯熱量を消去し、雪温を高めるために消費される。

2) 前項に基づき、冷却による積雪の熱伝導、積雪層の保水能および積雪保留水の凍結等を考慮した融雪モデルを構築した。

3) モデルを1986～1988年の3年間に計算単位を1時間として適用したところ、日融雪流下量の再現性は良好であり、相対誤差は0.19であった。

4) モデルの適用結果からみると、融雪期の放射収支量は、日中の融雪ならびに夜間の冷却において支配的な要素であることが示された。

5) モデルを1986年の積雪期間に適用した結果、融雪開始日の計算値は実測とほぼ一致した。

6) 1日を夜間と日中に2分した12時間単位で融雪モデルの計算を行った結果は、1時

間単位の計算と比較して、ほぼ同等であった。

5章では長期流出解析を目的として、12時間単位でのモデルの適用を行うためにモデルの入力気象要素を、気象官署、アメダス資料を用いて推定する方法を示した。また、これらの推定要素を用いてモデルを適用し、その実用化を試みた。

1) 日最高・最低気温、日平均・最小湿度、日平均風速、日照時間を用いて、融雪モデルへの入力要素である12時間平均気温、同湿度、日射量、下向き長波放射量の推定方法を示した。推定された気象要素の精度は概ね良好であった。

2) 推定された気象要素を用いて融雪モデルを適用した結果、アルベドを期間一定としたため、消雪日付近の計算融雪流下量が、やや過小に評価された。

6章では融雪流出解析へ適用するために、前章までの熱収支融雪モデルに改良を加え、融雪量とともに積雪深、積雪水量の推定も可能な熱収支積雪・融雪モデルに拡張した。さらにこのモデルを札幌、湯田（岩手）、釜淵（山形）、高坂（山形）、上越（新潟）、刀利（富山）の6地点の計38年に適用し、その適合性を検討した。

1) 現地調査資料を用いて、粘性圧縮理論に基づく密度の推定方法を検討するとともにアルベドと表層密度との回帰式を作成し、その妥当性を示した。これらの推定機構と降雪深要素を利用した降水形態の判別機能を熱収支融雪モデルに与えて熱収支積雪・融雪モデルを構築した。

2) 熱収支積雪・融雪モデルを上記6地点に適用した。積雪深への適合性を目的とした計算においても積雪水量の適合性は良好であり、モデルの妥当性が示された。

3) 適用地点における日中の熱収支を比較し、場所によって構成要素の相違が大きいことが判明した。

7章では釜淵1号沢流域、高坂ダム流域、刀利ダム流域を対象に熱収支積雪・融雪モデルによって融雪流出解析を行った。

1) 流出モデルとしてタンクモデルを採用し、最適化手法の一つであるSP法によって対象3流域のタンクモデルのパラメータを同定した。

2) 流域の気温、湿度、風速、放射要素に関する仮定を設け、融雪流出解析を行った。とくに放射要素に関しては林相や地形の影響を考慮し、日射量に対しては平坦開地に対する減率、下向き長波放射量は増率を仮定した。その結果、簡便な手続きで本モデルの適用が可能であることを示した。

3) 菅原の融雪計算方法によって同様に融雪流出解析を行い、前項の結果と比較し、本モデルの適用結果が融雪期の相対誤差評価において、より良好であることを確認した。

8章結論では本研究によって得られた主要な結果を概括し、本モデルが融雪洪水予測にも適用可能であることを示唆した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 梅 田 安 治
副 査 教 授 堀 口 郁 夫
副 査 教 授 新 谷 融

学 位 論 文 題 名

融雪流出解析における熱収支融雪モデルと その適用に関する研究

本論文は緒言、本論7章22節および結論から構成され、図97、表54、写真1、引用文献74を含む159頁の論文である。他に参考論文10編が添えられている。

融雪流出水は農業用水をはじめ重要な資源となる反面、融雪洪水に代表される融雪災害の発生要因となっている。

融雪量の算定には簡便な流量対応の経験的手法が多く用いられ、現象解析を基礎とする熱収支的手法の適用は極めて少ない。

本論文では各種気象要素を基礎とする熱収支による融雪演算モデルを構築し、融雪期流出予測解析の地域間汎用化、精度の向上を図ったものである。

第1章では、積雪地帯の河川では融雪期に流出が集中し、それが十分に資源化されていない実態とその対策について指摘した。さらに、水需要の短期集中化等にもなう水不足の実態について述べた。また、融雪洪水の被害状況を豪雪年について示し、利水面、防災面ともに融雪流出諸過程の研究が重要であるとした。

第2章では融雪に関する既往の研究成果を概観し、評価するとともに、融雪流出解析諸過程のなかで、降雪の堆積から消雪に至る過程を再現する熱収支法に基づく積雪・融雪モデルによる融雪流出解析を行うことが研究の目的であることを示した。

第3章では研究方法と研究対象地点について概説した。

第4章では現地調査地における気象要素等の観測方法を示した。また、積雪における融雪サイクルについて考察し、熱収支融雪モデルを構築した。

1) 融雪熱量の一部は前夜における積雪の冷却貯熱量を消去するために消費される。これに基づき、熱の授受にともなう諸過程を考慮した融雪モデルを構築した。

2) モデルを3年間に1時間単位で適用した。融雪流下量の再現性は良好であった。

3) モデルの適用結果からみると、融雪期の放射収支量は、日中の融雪ならびに夜間の冷却において支配的な要素であることが示された。

- 4) モデルを積雪期間に適用した結果、融雪開始日の計算値は実測とほぼ一致した。
- 5) 12時間単位でモデル適用した結果は前項の計算と比較して、ほぼ同等であった。

5章ではモデルの入力気象要素を、気象官署、アメダス資料を用いて推定する方法を示し、モデルの実用化を試みた。

1) モデルへの入力要素である12時間平均気温、同湿度、日射量、下向き長波放射量の推定方法を示した。推定された気象要素の精度は概ね良好である。

2) 推定された気象要素を用いて融雪モデルを適用した結果、アルベドを期間一定としたため、消雪日付近の計算融雪流下量が、やや過小に評価された。

6章では融雪流出解析へ適用するために、熱収支融雪モデルに改良を加え、融雪量とともに積雪深、積雪水量の推定も可能な熱収支積雪・融雪モデルに拡張した。さらにこのモデルを北海道から北陸に至る札幌、湯田、釜淵、高坂、上越、刀利の6地点に適用し、その適合性を検討した。

1) 粘性圧縮理論に基づく密度の推定方法を検討するとともにアルベドと表層密度との回帰式を作成し、これらの推定機構と降水形態の判別機能を熱収支融雪モデルに与えて熱収支積雪・融雪モデルを構築した。

2) 熱収支積雪・融雪モデルを6地点に適用したところその適合性は良好であった。

3) 適用地点の日中の熱収支を比較し、その相違点を示した。

7章では釜淵1号沢流域、高坂ダム流域、刀利ダム流域を対象に熱収支積雪・融雪モデルによって融雪流出解析を行った。

1) 流出モデルとしてタンクモデルを採用し、SP法によって対象3流域のタンクモデルのパラメータを同定した。

2) 流域の気温、湿度、風速、放射要素に関する仮定を設け、融雪流出解析を行った。その結果、簡便な手続きで本モデルの適用が可能であることを示した。

3) 菅原の融雪計算方法によって同様に融雪流出解析を行い、前項の結果と比較し、本モデルの適用結果が、より良好であることを確認した。

以上のごとく本研究で得られた成果は、入手可能な気象要素によって熱収支法による融雪流出解析が可能であることを示し、経験的手法の適用が常識化しつつあった農業土木学をはじめとする流出解析の分野に貢献しうるものである。

よって審査員一同は、別に行った学力確認試験の結果と合わせて、本論文の提出者、倉島栄一は博士(農学)の学位を受けるのに十分な資格があるものと認定した。