

京都大学	博士（工学）	氏名	PEDRO LUIZ BORGES CHAFFE
論文題目	SNOW COVER AND SNOWMELT ANALYSIS IN JAPANESE CATCHMENTS: MAPPING AND MODEL DEVELOPMENT (日本の河川流域における積雪と融雪に関するマッピングとモデル開発)		
(論文内容の要旨)			
本論文は、日本全国の積雪量と雪水当量(SWE)の現状とその将来変化について AMeDAS, Aphrodite などの降雨データベース及び気象研究所の気候モデル AGCM20 を用いて解析し、全国の将来積雪量について予測を行うとともに、姉川流域における積雪量について分布型流出モデルと気温指標法によりモデルを構築し、観測結果との比較を行ったもので、以下の5章からなっている。 第1章は序論であり、本論文の背景と目的及び既往の研究を踏まえた本研究の位置付けについて述べている。本研究の目的として、(1)日本の積雪地帯と主な河川流域について気候変動に対して最も影響感度が高い地域の選定、(2)琵琶湖・姉川流域における積雪量と融雪量の評価、(3)貯水池の影響を考慮した流出モデルにエネルギー収支融雪モデルを組み込んだの流出解析、の三つを上げ、それぞれ第2、第3、第4章に対応させた。さらに、琵琶湖・姉川流域の地理的特性と水管理・環境問題を概括し、琵琶湖水質に対する姉川の融雪水の影響についての概要を述べるとともに、分布型流出モデルについてレビューしている。 第2章では、気候変化に対する日本の各分割地域及び主要流域毎の影響感度を評価している。AMeDAS の内挿気温データ、日降水量データベース APHRO_JP、気候モデル AGCM20 の出力である気温、降水量、融雪量のデータを用いて、雨雪限界気温及び降水量によって我が国における積雪地帯を分類、マッピングし、さらに、選定した10流域それぞれについて、現在気候（1979～2003年）に対し将来（2075～2099年）において積雪条件がどのように変化するかを調べた。1度の気温上昇により日本において無雪地帯が6%増加し、積雪不安定となる領域が8%増加すること、これらの領域は東北地方に集中することを明らかにした。東北地方や北陸地方の積雪が気候変動に最も影響されやすく、雨雪限界気温のわずかな差が無雪地域に大きな影響を与えること、10流域の中では最上川及び阿賀野川流域が最も影響を受けることを明らかにした。寒い冬の相対的頻度の出現傾向が、降雪の多い日本の北東部の山地域で顕著であり、積雪・融雪パターンに影響を与える。AGCM20の総融雪量から、将来の積雪水当量は日本全域で減少し融雪ピークの出現が早くなること、北海道における積雪はあまり影響を受けない分類となったが、融雪ピークの出現は早くなり、変動しやすくなることが示されている。 第3章では、姉川流域における積雪・融雪に関する現地観測の目的・手法・得られたデータについて述べるとともに、温度指標法を用いた分布型積雪・融雪モデルを構築し、滋賀県北部の姉川流域に適用した。観測地点における積雪水当量の実測値を用いて、積雪量が多い場合と少ない場合の二つのケースについてモデルパラメータ（温度係数と降水修正係数）の組み合わせを選び、2009年と2010年の冬期についてモデル計算を実行し、8日周期で得られるMODIS衛星の積雪面積情報との比較を流域全体及び標高別に行った。計			

京都大学	博士（工学）	氏名	PEDRO LUIZ BORGES CHAFFE
算結果は MODIS 衛星の積雪面積情報をよく反映しており，計算された積雪水当量は，積雪量が多い場合を想定したモデルにおいて流域上流での融雪時期が適切に再現されたが，流域下流における再現性は積雪量が少ない場合を想定したモデルのほうがより適切であることがわかった． 第 4 章では，融雪モデルにエネルギー収支を考慮した土壌植生大気伝達（SVAT）モデル，融雪量と雨量を入力とするセル分布型流出モデル及びダム貯留効果をレベル・プール法で表現した貯水池モデルを組み合わせ，姉川ダム流域の積雪及び融雪流出流量の評価を行った．SVAT モデルによる積雪・融雪の消長のパターンに関してはダム地点の観測積雪深を良く表現できた．総積雪深に関しては積雪密度を一定とおいたため過大評価となったが，消雪時期に関しては 2010 年の冬に 10 日遅れたものの翌 2011 年冬には良好な一致を見た．また，ダム機能を考慮した流出モデルのパラメータを夏期の流況によりキャリブレーションし，その過程で飽和透水係数，表層土壌空隙厚，河道粗度が鋭敏な 3 つのパラメータであることを明らかにしている．流出モデルによるダム水位，ダムからの放流量は過大となった．一方，減衰曲線は適切に表現された．これらにより，ダム貯水池に対するレベル・プール法の特徴が明らかにされるとともに，構築されたモデルの長期の水資源管理における有用性が示されている． 第 5 章は本論文の結論であり，主要な結論と今後の課題及び展望を記述している．			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、日本の積雪地帯と主な河川流域について気候変動に対する影響感度を調べマッピングするとともに、琵琶湖・姉川流域における積雪量と融雪量の評価、貯水池の影響を考慮した流出モデルにエネルギー収支融雪モデルを組み込んで融雪流出解析を行ったものであり、得られた主な成果は次の通りである。

1) 気候変化に対する日本の各地域及び流域毎の影響感度を、AMeDAS データ、日降水量データベース APHR0_JP、気象研究所気候モデル AGCM20 の出力を用いて、雨雪限界気温及び降水量によって我が国における積雪地帯を分類して評価したところ、将来気候においては日本全域で積雪水当量が減少すること、1 度の気温上昇により日本において無雪地帯が 6%増加し、積雪不安定となる領域が 8%増加すること、そのような領域は東北地方に集中することを明らかにした。さらに、雨雪限界気温のわずかな差が無雪地域に大きな影響を与えること、東北地方や北陸地方の積雪が気候変動に最も影響されやすく我が国の代表的河川においては最上川及び阿賀野川流域が最も影響を受けることを明らかにした。

2) 滋賀県北部の姉川流域において、積雪・融雪の観測を実施し、温度指標法を用いた分布型積雪・融雪モデルを構築した。観測地点のデータを用いて、積雪量が多い場合と少ない場合の二つのケースについて得られたモデルパラメータそれぞれについて融雪計算を実行し、MODIS 衛星の積雪面積情報との比較を行った。それぞれの計算結果は MODIS 衛星積雪情報をよく反映しており、積雪量の多いケースのモデルにおいて流域上流での融雪が適切に再現されたが、流域下流における再現性は積雪量の少ない場合のモデルのほうがより適切であることを明らかにした。

3) 融雪流出モデルとして、土壌植生大気伝達 (SVAT) モデル、セル分布型流出モデル及びダム貯留効果を考慮するモデルを組み合わせ、姉川ダム流域の積雪及び融雪流出流量の評価を行った。SVAT モデルによる積雪・融雪の消長のパターンに関してはダム地点の観測積雪深を良く表現できた。総積雪深に関してはやや過大評価となるものの、消雪時期に関しては全般的には良好な一致を得ることができた。

以上のように本論文は、我が国における積雪・融雪の現状及び将来について再現計算と気候変動に対する予測計算を行い、さらに具体的に琵琶湖北部・姉川流域における現地観測と分布型積雪・融雪モデルの構築、MODIS 衛星情報との比較により、冬期の流域水文条件に関する重要な知見を得ており、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。また、平成24年8月10日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。