

京都大学	博士 (工学)	氏名	泉山 寛明
論文題目	風化基岩における凍結融解による土砂生産プロセスとそのモデル化に関する研究		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、風化基岩の凍結融解プロセスに関して、熱収支の基礎式と凍結時にも適用できる浸透流の基礎式を用いて同時解析し、さらに凍結融解による土砂化プロセスを観測と実験によって詳細に検討し、凍結融解による風化基岩からの土砂生産量を精度よく予測する手法を開発することを目的としている。また、この手法により、地球温暖化など、土砂生産量に及ぼす様々な要因の影響についても明らかにすることも目的としたものであって、6章から成っている。</p> <p>第1章は序論であり、研究の背景と目的、および論文の構成が述べられている。</p> <p>第2章では、田上山地の風化花崗岩の裸地斜面からの土砂生産プロセスが現地調査・観測と実験により明らかされ、それに基づいた風化花崗岩の土砂化モデルが提案されている。すなわち、風化基岩が土へと変化する過程において、基岩の間隙構造が徐々にゆるくなることを間隙率の深度分布の測定値から明らかにし、その知見から風化基岩の土砂化プロセスを間隙率の変化からモデル化しようとしている。土砂化する直前の間隙率が0.43程度であることも現地調査から明らかにしている。この土砂化モデルでは、凍結融解1回あたりの間隙率の増加率が重要であり、それについては、水の飽和度にもよるが1.1から1.3程度であることを実験的に明らかにしている。以上より、風化花崗岩について、凍結融解により間隙率は増加し、間隙率が限界値(約0.43)に達するまで凍結融解を繰り返した後、土砂化するというモデルが提案されている。</p> <p>第3章では、風化基岩内において、凍結融解回数、凍結深さ、含水量を予測できる熱収支と浸透流の同時解析モデルが提案されている。浸透流解析では、凍結による間隙構造の変化を孔隙径分布の変化で表現し、水分の凍結率を考慮した新規的な物理的モデルを構築している。基岩内温度分布を推定する熱収支解析では、地表面温度を境界条件として入力するが、これは一般的に測定されていないので、地表面の熱収支式と熱移動方程式を組み合わせ、一般的な気象データから地表面温度が推定できるように工夫している。そのためこのモデルは汎用性の高いものである。</p> <p>同時解析モデルを用いて実斜面内の温度分布を解析した結果、このモデルはほぼ実測値を再現することができることが明らかにされた。ただし、風速など与えた条件が対象斜面地点のものとは限らないため、計算値と実測値との間には多少の相違も認められた。その他、凍結時に地表面方向へ水分が移動することが現地で確認されているが、その過程は間隙水の凍結を考慮した本浸透流解析モデルで再現することができた。</p> <p>第4章では、第3章で述べた一般的な気象データから風化基岩温度分布を推定する手法を応用して、凍結融解による風化基岩からの土砂生産量を左右する様々な要因の影響が検討されている。要因としては、凍結融解の履歴、地形、地球温暖化等が挙げられる。凍結融解の履歴に関しては、その影響は大きく、土砂生産量を正確に予測するためには考慮する必要がある。地形の影響については、低標高地帯では概ね北向き斜面で凍結融解が活発であるものの、高標高地帯では南向き斜面の方が活発になる場合があることが示されている。また、標高が高くなるほど凍結融解が活発になる訳で</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	泉山 寛明
<p>はなく、ある標高で最も活発となり、それより高い位置では凍結状態が長期間続くため、活発でなくなる場合があることが示されている。地球温暖化の影響を検討した結果、全体的には、温暖化により凍結融解は活発ではなくなる傾向にあるものの、高標高地帯の一部ではむしろ凍結融解が活発になる場合もあることが述べられている。</p> <p>第5章では、2章の土砂化モデルを基礎として、様々な地質の風化基岩を対象とした汎用性の高い土砂化モデルが提案されている。土砂化モデルの開発に当たっては、凍結融解を繰り返し経験した時の、風化基岩サンプルの間隙率の変化および土砂化量の変化を実験的に調べている。実験の結果、風化花崗斑岩および風化頁岩については、風化花崗岩と同じく、規定回数以上の凍結融解を経験すれば土砂化するというモデルが適用できることが示されている。一方、風化砂岩と風化流紋岩については、凍結融解による間隙率の増加はほとんど見られず、サンプル表面から少しずつ土砂が生産される傾向にあり、風化花崗岩とは異なる土砂生産プロセスを持つことが示されている。従って、風化砂岩と風化流紋岩については、凍結融解1回ごとに、風化基岩面から砂の粒径程度の深さまでが土砂となるという土砂化モデルが提案されている。</p> <p>第6章では、本論文で得られた成果とともに、今後の展望について要約している。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、わが国で顕著に見られる凍結融解作用による風化基岩からの土砂生産プロセスを現地調査・観測と実験により明らかにするとともに、一般的な気象条件から精度よく計算できる土砂生産量の予測モデルを構築しようとするものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 基岩の風化現象の中での凍結融解作用による風化の位置付けを明確にしながら、土砂生産現象における凍結融解作用の重要性を指摘した。
2. 風化基岩の凍結融解プロセスにおいて、間隙水の凍結による間隙率や透水性・保水性の変化、浸透流による熱の移流、含水率の変化による凍結潜熱量の変化が重要であり、それを考慮した風化基岩内の熱移動と水移動を同時に解析する精緻な手法が開発された。計算精度も観測値から検証され、実用性もあることが認められた。なお、凍結時の浸透流解析において、間隙水の凍結による孔隙径分布の変化に着目した解析モデルを開発しており、凍結融解時の浸透現象を説明することができた。
3. 風化基岩が土砂化するプロセスは風化基岩の種類によって大きく2つに分類されることが分かった。すなわち、花崗岩や花崗斑岩、頁岩は凍結融解の繰り返しによって空隙率が増加し、強度が低下して土砂が剥離する。一方、砂岩や流紋岩では、凍結融解作用によって空隙構造はあまり変化せず、むしろ表面の薄い層で土砂が剥離する。このような土砂生産プロセスの違いを考慮した土砂化の経験モデルを構築した。
4. 2と3の結果を総合して、新規性が高く、汎用性のある凍結融解による土砂生産モデルを構築した。この手法は、凍結融解作用による土砂生産量の地域分布特性、地形による影響、地球温暖化の影響などの検討に応用できる実用的なものである。
5. 凍結融解による土砂生産量を表す指標として凍結融解強度指数を提示し、この指数の全国分布、標高分布、地形による違いなどを示し、土砂管理に有用な情報を提供できるようにした。また、地球温暖化で気温が2度上昇した場合の凍結融解強度指数の変化を図示し、今後の土砂生産量の変化の方向性について明らかにした。

本論文は、以上のように、凍結融解による土砂生産の本質をついた解析モデルを提案しており、それゆえ気候変動の影響評価にもつながり、新規性、汎用性、応用性が高いものである。砂防工学や土砂管理において、学術上、実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2月17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。