

# Water discharge and sediment load from a glacier-covered drainage basin: observations and modelling

(氷河流域からの水・土砂流出機構：観測とモデリング)

## 学位論文内容の要旨

氷河からの水・土砂流出特性は、氷河底に存在する排水システムによって支配される。過去の研究から、氷河底には流出が遅く内部に水を貯留しやすい「分散型システム」と、流出が早く水を貯留しづらい「水路型システム」と呼ばれる二つの排水システムが存在すると考えられている。これまで様々な氷河において、氷河からの土砂流出量が急激に増大する「土砂流出イベント」という現象が観測されている。この現象は氷河底の分散型システムに貯留されていた水が、水路型システムとの連結によって排水される事が原因であると考えられている。しかし、氷河底の直接観測は極めて困難である事から、このイベントの水文学的、堆積学的特性は未だ十分に明らかになっていない。本研究の目的は、イベントの発生メカニズムを含めた氷河からの水・土砂流出機構を明らかにする事である。2001年に土砂流出イベントの発生が確認されたアラスカ・ガルカナ氷河流域を調査流域とし、流量、土砂流出量、気温、降雨量の観測を2001年から2005年の融解期に行った。

観測結果から、各年の6月、8月においては融解水・土砂流出量と気温との間には線形の比例関係が存在する事が示された。しかし、7月は土砂流出イベントの発生によって、この線形関係が失われた。土砂流出イベントは2001年、2003年、2005年に発生した事が確認され、その規模の大小と土砂流出量変動の傾向から、「slow type of large scale」タイプ(slow type)と「fast type of large scale」タイプ(fast type)の2種類に分類された。

土砂流出イベントの発生メカニズムを明らかにするため、水・土砂流出の時系列変動を再現するモデリングを行った。土砂流出イベントの原因となる氷河内貯留がどこで行われているかを明らかにするため、タンクモデルを改良した「土砂流出イベントモデル」を考案した。このモデルは、氷河流域を水の供給に対する応答速度の違いから、積雪域、裸氷域、そして裸氷から積雪へと表面状態が変化する遷移領域の3つの領域に分割し、それらのいずれかに孤立した貯水槽があると仮定する。土砂流出イベントにおける水・土砂流出はこの貯水槽からの流出であるとし、実測値との比較検討を行った。モデル結果から、slow type のイベントは、積雪域からの流出である事が示唆された。土砂流出量の顕著な増大は、氷河底排水システムが高水圧下で連結する事によって起こる侵食力の増大に寄るものであると考えられる。fast type のイベントは遷移領域からの流出である事が示唆された。この時、氷河底排水システムは比較的低い水圧下で発生していると考えられる。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 知 北 和 久

副 査 教 授 池 田 隆 司

副 査 教 授 見 延 庄 士 郎

副 査 教 授 中 尾 正 義 (総合地球環境学研究所)

## 学位論文題名

# Water discharge and sediment load from a glacier-covered drainage basin: observations and modelling

(氷河流域からの水・土砂流出機構：観測とモデリング)

近年の温暖化によって山岳氷河の縮退が著しいことは、世界共通の認識となっている。しかし、氷河の流動に伴う水や土砂の動きについては、依然不明の点が多く、今後の急速な氷河後退に伴う災害対策についても後手の状態となっているのが現状である。

城戸君の研究は、アラスカの氷河、ガルカナ氷河からの水・土砂流出について、自身で得た5年間に及ぶ観測データをもとに、その特性と機構を系統的に明らかにしたものである。流量・気象観測については、いわゆる自動観測が比較的容易であるが、測定が困難とされる土砂濃度の観測をこれだけ長期に行った例は、世界的にも他に例を見ない。この困難な観測を5年間続けることで、年によって不定期に起こる、急激な水・土砂流出を引き起こるバースト現象について、その水文学的・堆積学的特徴を整理することができた。城戸君の業績は、このバースト現象に伴う水・土砂流出量の時間変化をモデリングによって再現することに成功したことであり、これによって、氷河内貯留の規模・位置とバースト現象の規模との因果関係が明らかにされた。

本論文は、他の氷河でも一般的に起こると言われてきたバースト現象について、その発生機構の系統的な解明に資するものといえ、今後増大するとされている洪水・土砂災害の予測に対する布石をなすものと考えられる。

よって著者は、北海道大学博士(理学)の学位を授与される資格あるものと認める。