

京都大学	博士（工学）	氏名	大泉 伝
論文題目	ヒマラヤ Imja 氷河湖における気象水文観測と三次元水温構造解析に関する研究		
（論文内容の要旨） 本論文は、ヒマラヤ Imja 氷河湖における気象水文現地観測の結果と、三次元流動解析モデル Imja3D を用いた湖の三次元水温構造解析に関する研究について述べたものであり 6 章からなっている．その概要は以下のである． 第 1 章は導入部であり、本研究の背景、問題設定、研究目的、本論文の構成を述べるとともに、先行研究と観測の紹介を行い、氷河湖の水温構造の 3 次元解析の必要性について詳しく述べられている． 第 2 章では、ヒマラヤ山脈標高 5500m に存在する氷河湖である Imja 湖の概要を説明し、水温の数値計算のために申請者が自ら行ったイムジャ湖周辺での 2009 年・2011 年の気象水文観測の結果が示されている．特に 2011 年の現地観測においては過去に行われたことがない湖周辺での同時気象観測が申請者により行なわれており、本研究独自の観測データセットとして整えられている．観測結果より、(1) イムジャ湖周辺の気温は空間的にほぼ一様であること、(2) 風速は湖に近いほど大きいこと、(3) 風向には 24 時間毎の日周期があることを明らかにし、この結果が 4 章以降の数値解析における境界条件として用いられている． 第 3 章においては三次元非静水圧流動解析モジュール BIWA-3D を基に、本研究の解析のために修正された Imja-3D の説明が述べられている．特にモデルにおいて仮定された SGS モデルやその適用について、本モデルを Imja 氷河湖に用いて研究を行なった経緯が記されている． 第 4 章では、Imja-3D の再現性の検証と 2008 年の年間を通した水温構造の再現が行なわれている．水温構造の解析は、氷河湖の拡大を研究する上で非常に重要な要素であるが、観測結果がほとんど無いためにままです十分に行われてこなかった．本章における 2008 年を対象とした数値計算においては、2009 年の風向と風速の現地観測結果と、公開されている 2008 年の気温データが用いられている．先行研究で得られた 2002 年の湖盆図形状より数値地図を作成し、境界条件として用いている．さらに計算結果が 1997 年 7 月 15 日に行われた水温観測結果と比較されている．計算結果では観測結果と同様に、湖の水面付近に弱い水温躍層が現れ、湖の表層から低層にかけて広範囲に広がる摂氏 2-3 度の水塊が再現されており、Imja-3D により湖の水温構造が再現されていることが確認された．さらに年間を通した計算が行なわれ、3-10 月の月平均水温構造結果より、モンスーン期の 6-9 月にかけて表層から低層にかけて水温は摂氏 2-3 度で湖中層に広く分布し、特に 7-8 月には水面付近に弱い水温躍層が現れることが示されている．また摂氏 2-3 度の水温は、湖に接する氷河の末端で氷塊分離を引き起こすとされる水温と一致することが明らかにされている． 第 5 章では、2011 年の観測で新たに入手した湖盆図と気象観測結果、さらに MRI-GCM20 による近未来気候予測計算結果を境界条件として用いた再現計算が行なわれ (1) 氷河湖の特徴である湖盆形状の変化による水温構造への影			

京都大学	博士（工学）	氏名	大泉 伝
響の解析，さらに（２）MRI-GCM20 の近未来気候値（2016-2020）を用いた水温構造と 2008 年の水温構造の比較，がそれぞれ解析された．湖盆の形状変化が水温構造に与える影響の評価においては，2009 年の湖盆は 2002 年の湖盆に比べて湖盆の表面積が大きいため，大気の熱収支がより活発になり，また貯水容量が小さいため蓄熱容量が小さくなり，これらの相乗効果により水温がより気温に応答しやすいことが示されている．さらに近未来計算と 2008 年の水温構を比較した結果においては，近未来の解析においては 5-6 月にかけて水温が上昇し，9-10 月に下降する傾向が示されており，対して 2008 年は 5-7 月にかけて緩やかに上昇し，9-10 月は緩やかに下降する傾向が示されている．これは MRI-GCM20 の将来気温が 2008 年より 6-9 月は高く，それ以外の時期は低くなることによる結果であると考えられ，さらに今後も湖の表面積の拡大と貯水容量の低下が続けば，より気温に応答しやすくなり湖に接する氷河の融解が促進する可能性を示唆している． 第 6 章は，本研究の結論であり，得られた成果をとりまとめている．			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、ヒマラヤ高所域に存在するイムジャ(Imja)氷河湖を対象とし、現地観測による気象水文調査および三次元非静力流動解析モデルによる水温構造の再現を目的としたものであり、以下のような成果を上げている。

(1) 2009年10月および2011年7月～10月の二度にわたるヒマラヤ高所域・イムジャ湖その周辺地域における気象水文観測を行い、高所域でのモンスーン期・ポストモンスーン期における気象・水文データを収集・解析し、(a)イムジャ湖周辺部の風速、風向、気温に有意な相関が見られること、(b)氷河上およびエンド・モレーン上での長期間の気象観測により、気温は周辺で一様であるが、風速が湖に近い観測点ほど強い傾向を実測データにより示している。

(2) イムジャ氷河湖における氷河融解期の水温構造について数値計算によりその再現を行い、過去の研究者らによる観測結果を裏付ける解析結果を得た。また、本計算を行なうにあたって気温を推定するための様々な推定や現地に近い気象観測所のデータ利用を通じて、元々観測データが不十分な高所域の湖の数値解析を行なうにあたっての重要な条件や推定方法を示した。

(3) 2002年計測の湖盆図と、2009年計測の湖盆図の両者を用いて、水温構造の再現性についての検討を行った結果、湖盆形状の違いが水温成層形成に変化を与え、氷河融解時期の鉛直混合特性にも影響を与えることが数値計算結果により明らかにした。

(4) 気象研究所による全球20kmメッシュの大循環モデル(MRI-GCM20)計算結果を境界条件とし、近未来(2015-2020)における水温構造をImja-3D非静力数値モデルを用いて解析し、その水温上昇時期が現在気候に比較して早まること、また、湖の冷却時期も早まり湖の水温構造が変化することを明らかにしている。さらに、将来気候における湖の決壊危険性の増減について検討し、近未来におけるイムジャ氷河湖をはじめとするヒマラヤ山岳地域における氷河湖決壊の可能性を議論するにあたって有用な情報を導出した。

以上のように、本論文は、現地観測が困難な高所域に存在する氷河湖の危険度を評価するにおいて非常に重要となる湖の水温構造の三次元分布の解明に資する理論と技術を与えているものと言え、学術上、實際上、寄与するところが少なくない。よって、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。