

## 地球温暖化に伴う気候変動が積雪寒冷地の水環境に及ぼす影響の定量評価手法の研究

著者	工藤 啓介
学位名	博士（工学）
学位の種類	課程博士
報告番号	甲第441号
研究科・専攻	工学専攻・先端環境創生工学コース
学位授与年月日	2019-09-25
URL	<a href="http://doi.org/10.15118/00010096">http://doi.org/10.15118/00010096</a>

氏 名 工藤 啓介

学 位 論 文 題 目 地球温暖化に伴う気候変動が積雪寒冷地の水環境に及ぼす影響の  
定量評価手法の研究

論 文 審 査 委 員 主査 教授 中津川 誠  
教授 木村 克俊  
准教授 有村 幹治

## 論文内容の要旨

地球温暖化に伴う気候変動の影響は既に顕在化しており、降雪・積雪・融雪に大きく依存する積雪寒冷地の水環境や生態系ではより強い影響を受ける。気温上昇に伴う水温上昇、植物プランクトン異常増殖頻度の増加等が顕著となり、内水面漁業等の地域経済に影響が及ぶことが懸念される。気候変動が及ぼす影響は、温室効果ガスの排出削減等の「緩和策」を最大限実施しても完全に避けられず、影響に備えるための「適応策」の実施が重要となっている。しかしながら、気候変動による影響は地域の特性によって大きく異なるため、市町村等の地域レベルで気候変動の影響リスクを評価することが課題である。

そこで本研究は、気候変動に対する地域レベルでの「適応策」立案に資することを目的として、既に脆弱性を有する積雪寒冷地の汽水湖及び河川環境を対象に、まず1つ目として、地域レベルの変動特性を把握可能な気候変動予測データの高解像度化手法を構築し、次に2つ目として、湖沼環境における水質解析モデルを構築し、水質変化の観点から気候変動の影響を定量的に評価し、最後に3つ目として、河川水温を推定可能な解析モデルを構築し、水温変化と冷水性魚類の生息環境の観点から気候変動の影響を定量的に評価した。

具体的な研究内容として、統計的ダウンスケーリングによる高解像度気候変動予測データの推定では、バイアス補正を適用した統計的ダウンスケーリング手法を構築し、地域気候モデルMRI-NHRCM20の気候変動予測データを解像度1kmへ細分化した。観測値との比較によりバイアス補正の妥当性を検証するとともに、気候変動に伴う水文特性を分析した。

次に、積雪寒冷地汽水湖の水環境変化の分析では、水質解析モデルを構築してシミュレーションを行い、気候変動に対する水質特性及び既に顕在化しているアオコの発生頻度増加のリスクについて検証した。

最後に、積雪寒冷地河川の水温変化と冷水性魚類の生息環境に対する影響の分析では、河川流量と水温の積による熱フラックスの河道追跡モデルを構築し、気候変動に対する水温特性及び水温が上昇した場合のイトウ *Hucho perryi*、サクラマス（ヤマメ） *Oncorhynchus masou* の生息に最適な水温域の変化について検証した。

以上より、本論文は、積雪寒冷地の地域レベルにおける気候変動の影響を水環境の観点か

ら定量的に評価する上で有効な手法を提示するものである。気候変動に対する地域レベルでの水環境管理や生態系保全のあり方を検討し、地域に根差した効果的・効率的な「適応策」を立案する上で非常に有益であり、本論文の社会的意義は極めて高いと考える。

## ABSTRACT

The water environment has been strongly affected by climate change in snowy cold regions. The effects of climate change is inevitable, even if mitigation plans for greenhouse gas reduction are implemented. It is necessary to evaluate quantitatively the effects of climate change on the water environment to formulate adaptation plans in snowy cold regions. Therefore, in this research, I first estimated high-resolution data that can predict meteorological characteristics with climate change in snowy cold regions. Secondly, I quantitatively evaluated the future change of water quality in brackish lake, water temperature and the impact on cold water fish habitat in snowy cold river.

Present climate data in MRI-NHRCM20 with spatial resolution of 20km was reliably modified by the bias correction scheme using DSJRA-55, which is regional downscaling data with spatial resolution of 5km resulting from the observation data. Then, by applying the statistical downscaling method based on a spatial interpolation, high resolution climate information with spatial resolution of 1km became available.

In Lake Abashiri, which is brackish lake in Eastern Hokkaido, blue tide and blue-green algae occur frequently from the mid 1970's. These obstacles in water quality have big influence on natural environments in Lake Abashiri. For the water quality simulation with climate change, the analysis model was constructed that considered fluid movement and advective diffusion of water temperature and water quality. The results of water quality simulation indicated that climate change is expected to raise brackish lake surface temperature by approximately 4°C and increase salinity of surface of the lake by approximately 1psu during blue-green algae developmental period.

Sorachi River, which is snowy cold river in Hokkaido, has suitable habitat for salmonid fish, such as *Hucho perryi* and *Oncorhynchus masou*. *Hucho perryi* is designated as an endangered fish and the impact of raising water temperature with climate change is concerned. For the river water temperature simulation with climate change, the analysis model was constructed that based on channel tracking of heat flux. The results of river water temperature simulation indicated that climate change is expected to raise river water temperature by approximately 4.7°C in March, also river water temperature area suitable for spawning of *Hucho perryi* might be limited.

In the future, the quantitative evaluation method will be used for formulating effective and efficient adaptation plans based on characteristics of snowy cold regions. The analysis model will be further developed for evaluating the influence of climate change accurately and the water environmental management.

## 論文審査結果の要旨

本研究は、3つの内容から構成され、1つ目が「気候変動予測データの高解像度化手法の提案」、2つ目が「気候変動が汽水湖水質に及ぼす影響の定量評価手法の提案」、3つ目が「気候変動が河川水温・冷水性魚類の生息環境に及ぼす影響の定量評価手法の提案」である。

1つ目の気候変動予測データの高解像度化に関する研究では、RCPシナリオに基づいた地域気候モデルMRI-NHRCM20の予測データに対して、微地形を反映した気候物理モデルDSJR A-55を適用したバイアス補正及び統計的ダウンスケーリング手法が提案された。この手法を用いて計算された現在気候と将来気候下の水文諸量を比較し、気象水文分布特性の地域的な差異が良好に表現されているとともに、気候変動に伴い積雪寒冷地の水循環が大きく変化することが示され、積雪寒冷地の地域レベルでの気候変動予測に対する有用性が示された。

2つ目の積雪寒冷地の汽水湖を対象とした湖沼水質への影響に関する研究では、水文諸量・汚濁負荷流入・塩淡水境界層の変化や水温・水質の移流拡散を考慮した解析モデルが提案された。このモデルを用いて計算された将来気候下の湖沼水質の変動特性を検証し、塩分濃度上昇による青潮・アオコ発生リスクの可能性や水環境を保全するための水質改善施策実施の重要性について示された。提案された手法は、全国的にも前例の少ない解析であり新規性・独自性を有するとともに、気候変動による湖沼環境の影響評価に対して有用である。

最後に、積雪寒冷地のダム流域を対象とした河川水温・冷水性魚類の生息環境への影響の定量評価手法については、表面・中間・地下水流出と河川水面の熱フラックスの河道追跡による河川水温解析モデルが提案された。このモデルを用いて計算された将来気候下の河川水温の変動特性を検証し、冷水性魚類であるイトウやサクラマス(ヤマメ)の産卵に適した水温域の変化や産卵環境を保全するための産卵場造成等の施策実施の重要性について示された。提案された手法は全国的にも前例の少ない解析であり新規性・独自性を有するとともに、気候変動による河川生態系の影響評価に対して有用である。

以上より、本論文は、気候変動が積雪寒冷地の地域レベルの水環境に及ぼす影響を定量評価する上で有効な手法を提示するものであり、気候変動に対する今後の水環境管理や生態系保全のあり方を検討し、地域に根差した効果的・効率的な「適応策」を立案する上で有用であると考えられる。よって、ここで得られた成果は、水環境分野の発展や地球温暖化対策に大きく寄与するもので工学上きわめて有益であり、本論文は博士論文に値すると認められる。