

博士論文の要旨及び審査結果の要旨		
氏名	ZHIGACHEVA Ekaterina	
学位	博士（農学）	
学位記番号	新大院博（農）第230号	
学位授与の日付	令和4年9月20日	
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当	
博士論文名	<b>Study on Response of Forested Catchments to Changing Atmospheric Environment in the Far East of Russia</b> （極東ロシアにおける変動する大気環境に対する森林集水域の応答に関する研究）	
論文審査委員	主査	客員教授・佐瀬 裕之
	副査	教授・中田 誠
	副査	客員教授・大泉 毅
	副査	教授・松岡 史郎
	副査	准教授・Whitaker, Andrew
<p>博士論文の要旨</p> <p>酸性沈着とそれによって引き起こされる酸性化は、大気汚染に関連するプロセスである。SO<sub>2</sub>とNO<sub>x</sub>の排出レベルが低下したとしても、酸性沈着は世界の重要な生態学的問題の1つであり続けている。過剰な硫黄（S）と窒素（N）の沈着からの生態系の回復に関連する多くの研究が、世界のさまざまな地域で発表されている。それでも、酸性化が進行している地域もある。</p> <p>そのような例の1つとして、ロシア極東にあるコマロフカ川（KMR）が挙げられる。東アジア酸性雨モニタリングネットワーク（EANET）のサイトの1つであるPrimorskayaがそこにあり、湿性沈着、乾性沈着、および河川水に関する長期データを提供している。しかしながら、集水域内で生じているプロセスはまだよく理解されていない。本研究では、以下の目的を設定した：酸性化の状況を評価し、沈着および流出フラックスに影響を与える可能性のある要因を特定すること；KMRの季節的傾向を沈着の傾向と比較すること；そして、日本海地域の他の場所と比較して、大気沈着に対する感受性の観点から集水域を特徴づけること。</p> <p>東アジア地域の他の場所と比較して、KMRの気候は冬の間、乾燥して寒冷である。降水中の海塩成分の比率は非常に低い。同時に、河川水は高いアルカリ度と酸緩衝能を特徴としている。川の上流は国有保護区であり、集水域で人間活動の影響は少ない。KMRは国境近くにあるため、長距離輸送の影響を受ける可能性もある。したがって、KMRは、酸性化プロセスをより正確に理解することのために、かなりユニークで興味深い研究対象となり得る。本研究では、EANETモニタリングからのデータに基づいて、湿性沈着、乾性沈着、および河川水フラックスのトレンド解析を実施した。</p> <p>2005年から2020年までの期間の結果を本学位論文に示した。乾性沈着フラックスは、気象および大気濃度データからインファレンシャル法によって計算され、2017年まで減少傾向を示した。硫酸イオン（SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>）および硝酸イオン（NO<sub>3</sub><sup>-</sup>）の湿性沈着フラックスは、2011年および2014年以降減少から増加に変化した。これらの傾向は、この地域で減少している排出量の最新の傾向と一致していないようであった。降水量は2010年頃からの温暖期に増加する傾向があり、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>とNO<sub>3</sub><sup>-</sup>のフラックスの増加に寄与していることを示唆している。</p>		

河川水酸性化の現象は、 $\text{SO}_4^{2-}$ および $\text{NO}_3^-$ 濃度の増加とともに KMR で検出された。全体的に、pH の低下傾向は、雨水の pH の上昇傾向に逆行していた。一方、最近の $\text{SO}_4^{2-}$ と $\text{NO}_3^-$ の河川水フラックスの増加は、温暖期の降水量の増加とそれに続く湿性沈着の増加、河川水流量の全体的な増加に起因する可能性があった。フラックス推計の不確実性も考慮に入れる必要はあるが、流入・流出の収支は S 流出とカルシウム (Ca) 流出の不一致を示していた。過剰な S 流出量は、地質学的 S の風化を含む、以前に集水域に蓄積された S の可動化に起因する可能性が示唆された。

KMR における酸性化現象のメカニズムをよりよく理解するために、同じ日本海地域の 2 つのサイト (伊自良湖と加治川) との比較を行った。これらの森林に覆われた集水域は、湿性沈着における DIN 濃度のレベルが高いことを特徴としていた。しかし、KMR の $\text{NO}_3^-$ 濃度は、沈着に応答して、より顕著に上昇するようであった。

本研究は、酸性物質の前駆体の放出レベルが低下する条件で生じた KMR の酸性化の現象を示した。S の過剰流出は、以前に蓄積された物質が河川水に可動化される可能性を示唆した。また、沈着と流出フラックスの増加と気候変動との関係が示唆された。さらに、KMR は、同じ領域のサイトと比較して、酸性化に対してより敏感であるように見受けられた。したがって、大気環境の変化だけでなく、気候変動に対する森林集水域の応答も、今後の研究でさらに調査する必要がある。

#### 審査結果の要旨

本研究は、東アジア酸性雨モニタリングネットワーク (EANET) のモニタリングデータに基づき、極東ロシアのコマロフカ川の酸性化メカニズムを論じたものである。これまで、酸性物質の大気沈着による森林生態系への影響について、情報が十分でなかった地域において、気候変動との関連性も含めて論じたものであり、学術的な意義は大きい。

大気沈着や気象データに比べて、河川データは限られており、オリジナリティを出すことも難しいと思われる状況において、データを有効に活用して、本論文は適切にまとめられた。また、現象を述べるだけでなく、メカニズム的な内容についても理解が進んでいることも確認された。

よって、本論文は博士 (農学) の博士論文として十分であると認定した。