

令和 2 年 6 月 5 日現在

機関番号：32634

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H02033

研究課題名(和文)高山池沼を核とする生物多様性の形成とジオダイバーシティ

研究課題名(英文)The role of geodiversity in biodiversity development in and around high mountain ponds

研究代表者

高岡 貞夫 (TAKAOKA, Sadao)

専修大学・文学部・教授

研究者番号：90260786

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は北アルプス南部、梓川上流域の高山地域に点在する池沼を対象として、池沼の物理的環境の特性が、地形との結びつきが強いことを明らかにした。また、それに対応する生物相にも特徴が認められた。研究対象地域は積雪量の多い北アルプスに位置するため、地形に影響を受ける積雪環境の違いが、池沼の物理化学的性質や池沼周囲の植生の違いに反映し、池沼およびそこを利用する生物の多様性に関わっていることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、これまであまり注目されてこなかった高山地域における小規模の池沼を利用する生物を対象にその多様性を明らかにし、多様性の背景に地形および地形がつくる環境がかかわっていることを明らかにした。温暖化などの環境変化の影響を受けやすく、また外来種の侵入に対して脆弱であると考えられる高山地域の池沼について、その保全やジオパークに代表される環境教育などの諸活動に対しても本成果は貢献しうる。

研究成果の概要(英文)：This study clarified the effects of landforms and geomorphic processes on physical environmental conditions of alpine ponds and biodiversity in the upper Azusa River, central Japan. Landforms, pond sediments, hydrology as well as mammals, aquatic insects and diatoms were investigated in and around alpine ponds. The results of the study suggests that biota and biodiversity in the ponds are influenced by snowy conditions controlled by landforms.

研究分野：地理学

キーワード：ジオダイバーシティ 生物多様性 野生動物 進化生態 珪藻群集

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

高山地域の湖や池は高山生態系を構成する重要な要素の一つであり、そこに生息・生育する動植物や水質等に関する多くの研究が行われてきた。高山の湖や池は気候変化や大気汚染などによる環境変化の影響を受けやすく、また外来種の侵入に対して脆弱であることなどから、継続的なモニタリングを含めた調査研究も行われている。このような湖や池には高山という厳しい環境にありながら多様な種が生息し、池沼間の生物相の不均質性も高いことが指摘されているが、従来の研究は面積が 10,000 m²~100,000 m² 程度の大型のものが主たる研究対象とされ、本研究で対象とするような 1000 m² 以下の小規模な池沼については重要視されてこなかった。まずは、このような小さな高山池沼がどのような特徴を持つ生物によって、どのように利用されているのかを明らかにすることであるが必要である。水域に乏しい高山地域においては、水生動植物のみならず陸生動物にとっても重要な要素であると考えられ、高山地域全体における生態系の質的な豊かさ、あるいは脆弱性を理解するうえで、キーストーン的な存在である可能性がある。

また、山地における従来の湖や池の生物相に関する研究では、標高、面積、水深などの違いや池沼間の距離などに着目した研究が行われてきたが、池沼の成因や形成時期との関係、池沼内外の物理的環境との関係については、十分な解明がなされないままである。高山地域での地形地質調査や環境計測には様々な制約があるが、生物多様性の創出の仕組みを知るためには、その基盤となる環境条件の特性や成立過程に関する理解が欠かせない。

2. 研究の目的

本研究は北アルプス南部、梓川上流域の標高 2500 m~3000 m の稜線付近に点在する池沼を主な対象として、そこに生息・生育する動植物あるいは池沼を季節的に利用する動物の出現種や池の利用形態の多様性を明らかにすることと、それらの出現種の分布や生存の背景にある池沼の非生物的環境の特徴を明らかにすることを目的とする。さらに、こうして得た知見をもとに高山地域に点在する池沼が山地生態系の中で果たす役割を整理するとともに、池沼を核とする高山の生物多様性が形成・維持される仕組みが、地形・地質を基盤とした自然地理学的な環境場の多様性(ジオダイバーシティ)とどのような関係にあるのかについて分析することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 中部山岳地域での調査

日本アルプス全域を対象に、山地性ウェットランド(池沼や湿原)の成立条件とその地域性について、GIS 分析とリモートセンシングによる分析を行った。すなわち、DEM(10 m)、空中写真、衛星画像(ALOS2)、地質図(1/20 万)、メッシュ平年値 2010 等を用いて、ウェットランドが形成される地形・地質・気候条件やウェットランド周囲の植生の分析を行い、梓川上流域の池沼群の地域的な位置づけを明らかにした。

(2) 梓川上流域での調査

空中写真判読と DEM 解析による地形分類予察図を作成したうえで、特に池沼形成に関係する地形を中心に現地調査を実施した。玄文沢周辺では、池沼や湿地を含む 3 か所の線状凹地で掘削調査を実施し、地質の記載を行ったほか、放射性炭素年代測定やテフクロロジーなどによる数値年代の推定に必要な試料の採取を行った。

池沼の水質については流域内の池沼で採水した試料について化学分析を行った。また、特定の池沼については観測機器を設置した連続観測を行った。

哺乳類については、池沼の周囲において哺乳類の足跡、糞、採食跡などの記録を行ったほか、ニホンザルについては GPS を装着し、個体の移動経路を記録した。水生昆虫を中心とする底生動物について、池ごとの出現種を季節を変えて記録したほか、採取した試料を用いて遺伝子解析を実施した。珪藻類については、梓川流域内のすべての池沼で試料採取を実施し、出現種の記載を実施した。

4. 研究成果

(1) 北アルプスにおける池沼および周辺植生の多様性と地域性

北アルプス全域にわたる 1703 ヶ所の地すべり地を対象にして、山岳地域に点在する池沼や湿原の成立条件とその地域性に関する分析を行った。機械学習のアルゴリズムの一つであるランダムフォレストを用い、要因の影響度の大小について検討した結果、湿地や池沼の成立には融雪水を供給する積雪の多寡、蒸発散量に影響する夏季の気温の高低、集水地形の形成や地表水の浸透性と関係する地質の種類が大きな影響を持つことが確認された。また、池沼周囲の植生は積雪の増加する北部ほど多様であること、梓川上流域は北アルプスの中では積雪が少なく、地形の影響をより強く受けて池沼が成立していることが明らかになった。

(2) 地形発達と池沼の形成

梓川上流域、玄文沢上部の緩斜面上において、花崗閃緑岩の重力変形で生じたと考えられる3か所の線状凹地の埋積物をハンドオーガでコア掘削した。その結果、欠損がほとんどない深度1~3 mの柱状コアを回収することに成功し、堆積物中の有機物の¹⁴C年代測定やテフラ粒子の岩石学的記載を行った。その結果、きぬがさの池と西穂池では、遅くとも約4200 cal BPころには腐植が集積する場が形成されており、現在みられるミズゴケ泥炭地に発展してきたものと推定された。このことは、これらの水域・湿地をとどめるのに適した凹地ないし半凹地がこの年代にはすでに形成されていたか、この時代に形成されたことを示唆する。玄文沢とそれに隣接する善六沢では、5400~3200 10Be BPに2回以上の深層崩壊が発生したことが先行研究で判明しているが、きぬがさの池や西穂池を擁する線状凹地の形成・発達はこちらの斜面変動に関連したものであった可能性がある。他方、完新世後期の4200 cal BPころ生じたグローバルないしセミグローバルな気候変動（完新世メーガーラヤン期の始期として知られる）が知られており、2つの線状凹地における腐植の集積開始は地形変化と気候変化の相乗で生じた可能性もある。

(3) 水質・水位の変動

梓川上流域の高山池沼とその周囲の溪流の合計47地点において、2017年5月から2019年11月にかけて水試料の採取を行い、水質の一般特性を明らかにした。その結果イオン濃度が高い湧水とは対照的に高山池沼ではイオン濃度が低く、その水質形成には降水や融雪水が大きく関与していることが明らかになった。また重点調査対象とした3か所の池沼において、水文観測機器や自動撮影カメラ等によるデータ収集と分析を行った。そのうち、きぬがさの池においては、結氷、解氷、水位増減の季節変化が観測され、池沼環境の変動性が明らかにされた。これらのうち、きぬがさの池では定常水位が約0.4mであったが、融雪期には水位上昇がみられたほか、2019年6月の集中豪雨時には1.48mまで上昇することがあり、池沼が位置する地形によって水位変動の特性が影響を受けることが示唆される。

(4) 哺乳類の池沼利用

哺乳類については、梓川最上流に生息するニホンザル横尾群（35頭）のメス個体にGPS首輪を装着し、行動追跡を実施した。GPS首輪の装着個体はダケカンバ等の広葉樹の開葉時期に応じて高標高域に移動し、夏期には奥又ノ池や涸沢周辺に滞在することがあることが明らかになった。重点調査対象とした池沼に設置したカメラには、春季の融雪・解氷時期から秋の結氷期までの哺乳類の利用が記録された。

(5) 水生昆虫の多様性

梓川上流域の高山域に分布する23地点の池沼において記載した水生昆虫相をクラスター解析によりグルーピングした。この結果、北アルプス内の池沼は4群に区分され、池沼環境（池周囲の草本量、地底質：池底を覆う砂泥量、標高）の深い関与が示唆された。また、立地的には互いに近距離である池沼間においても成因による環境の相違がみられる場合には、それらの群集構造が大きく異なる事例もみられた。このような高山帯や亜高山帯の孤立・散在的な池沼環境に生息するオンダケトビケラやアミメトビケラなどの種群に注目し、その遺伝子解析を実施した。これらのうちオンダケトビケラ類に関しては、日本産全種の分布域を網羅する地理的遺伝構造解析を実施し、この種群における梓川上流域の系統進化・生物地理学的な位置づけを議論することができた。オンダケトビケラ類では地理的距離と遺伝的距離間の正の相関関係が強く、山域ごとの遺伝系統の分化が顕著であることから日本の山岳形成史を強く反映していることが示唆された。以上の結果から、高山帯・亜高山帯の池沼の群集・集団構造には池沼の成因や周辺植生やその結果としての地底質などの影響が、また遺伝構造には山岳形成史や山塊の地理的配置の影響が大きいことが明らかとなった。

(6) 珪藻類の分布特性

珪藻類については、梓川上流域の54地点の池沼で採取された表層泥試料を用いて珪藻群集観察用のプレパラートと電顕試料を作製した。これらについて形態の記載とそれに基づく種の分類を行った結果、梓川の氾濫原に分布する池沼と稜線上の池沼との間に群集構造の明らかな違いが認められるほか、稜線上の池沼間においても群集構造の違いが認められた。すなわち、稜線上の33池沼では、Eunotia属、Pinnularia属、Neidium属などが多産する一方、梓川周辺の谷底の18池沼では、多様な底生付着生が出現することが明らかになった。比較的多く出現した主要な分類群のなかには、小型で光学顕微鏡での同定が困難な分類群（例えば、Achnantheidium属、Staurosira属やそれと類似した形態を持つ属、Eunotia属の一部）も含まれており、さらなる分類学的検討が不可欠であると考えられる。

(7) 生物相形成に与える地形の影響

池沼の成立時期、池沼の水質や水位変動、植生を中心とする池沼周囲の環境は、地形との結びつきが強いことが明らかになった。また、それと対応する生物相にも特徴が認められた。研究対象地域は積雪量の多い北アルプスに位置するため、地形に影響を受ける積雪深や消雪時期の違いが、池沼の物理化学的性質や池沼周囲の植生の違いに反映し、池沼およびそこを利用する生物の多様性に関わっていることが示唆される。一方、近接する、環境の類似した池沼間でも、遺伝子レベルでは異なるタイプに分かれる事例が水生昆虫に関して認められ、より広域的な検討も含めて、生物多様性とジオダイバーシティの関係をとらえる必要性が認識された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 4件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Sadao Takaoka	4. 巻 39
2. 論文標題 Regional variations in vegetation patterns on landslides in the snowy mountains of central Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Mountain Research and Development	6. 最初と最後の頁 R33-R41
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1659/MRD-JOURNAL-D-19-00028.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 高岡貞夫・苅谷愛彦	4. 巻 28
2. 論文標題 長野県梓川上流域における地形植生史：山地の斜面発達と植生分布構造	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 植生史研究	6. 最初と最後の頁 47-58
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 苅谷愛彦	4. 巻 2
2. 論文標題 日本の山地における残雪凹地と地すべり地形の研究：動向と意義および課題	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 山の科学	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 苅谷愛彦・高岡貞夫・齋藤めぐみ	4. 巻 51
2. 論文標題 北アルプス上高地・玄文沢源頭の西穂池における線状凹地埋積物（NSH-2018 コア）の層序と年代	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 専大自然科学紀要	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 苅谷愛彦	4. 巻 64(5)
2. 論文標題 これからの日本アルプス山岳地形学	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地理	6. 最初と最後の頁 60-67
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 苅谷愛彦	4. 巻 58
2. 論文標題 寒冷地域の第四紀地表プロセスに関する研究動向と課題	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第四紀研究	6. 最初と最後の頁 29-56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 苅谷愛彦・高岡貞夫	4. 巻 50
2. 論文標題 北アルプスの稜線上に形成された線状凹地埋積物：「きぬがさの池」の事例	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 専修自然科学紀要	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 苅谷愛彦	4. 巻 62(9)
2. 論文標題 上高地をとりまく山々の崩壊	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 地理	6. 最初と最後の頁 70-77
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 苅谷愛彦・高岡貞夫・齋藤めぐみ・小塚朋子
2. 発表標題 梓川右岸分水界上の「西穂池」における線状凹地埋積物の層序と年代
3. 学会等名 日本山の科学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石橋真那美・苅谷愛彦・目代邦康
2. 発表標題 横尾岩小屋モレーンより低位置で発見された氷河性堆積物の可能性をもつ岩屑
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 苅谷愛彦・寺松夏乃・目代邦康
2. 発表標題 上高地・上宮川谷沖積錐における巨礫の分布とその供給-移動-定置様式
3. 学会等名 日本地理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Koji Tojo
2. 発表標題 Molecular phylogeography of insects in the East Asian region: The deep phylogenetic relationship between the Korean Peninsula and the Japanese Islands
3. 学会等名 Japan-Korea Joint symposium of Entomological societies of Japan and Korea (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井上恵輔・三上賢司・東城幸治
2. 発表標題 日本の高山帯・亜高山帯に生息する水生昆虫の群集構造と遺伝構造
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 齋藤めぐみ・高岡貞夫・苅谷愛彦
2. 発表標題 北アルプス高山・亜高山帯に分布する池沼の珪藻群集
3. 学会等名 日本珪藻学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高岡貞夫
2. 発表標題 北アルプスにおける地すべり地植生の比較研究 - ランダムフォレストを用いた分析 -
3. 学会等名 日本第四紀学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 苅谷愛彦・高岡貞夫
2. 発表標題 上高地・玄文沢源頭「きぬがさの池」における線状凹地埋積物の層序と年代
3. 学会等名 日本山の科学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高岡貞夫
2. 発表標題 自然の変化が激しい山岳地域における公園利用の問題点 上高地沖積錐の事例
3. 学会等名 日本地理学会2017年秋季学術大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高岡貞夫
2. 発表標題 中部地方の山地における湿地の分布特性と地形
3. 学会等名 日本生態学会第65回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 苅谷愛彦・高岡貞夫
2. 発表標題 日本アルプスの地すべり性凹地を埋積する第四紀有機質堆積物の古環境・古生態学的研究への応用
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2017年大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 東城幸治	4. 発行年 2019年
2. 出版社 講談社	5. 総ページ数 293-327
3. 書名 生き物の内部情報から全体を見渡す(井上幹生・中村太土編『河川生態系の調査・分析方法』)	

1. 著者名 高岡貞夫	4. 発行年 2018年
2. 出版社 古今書院	5. 総ページ数 12-26
3. 書名 地形からみた生態系研究：地すべりがつくる自然の豊かさの解明（岩田修二編『実践 統合自然地理学：あ たらしい地域自然のとらえ方』）	

1. 著者名 高岡貞夫	4. 発行年 2017年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 98-101
3. 書名 植生遷移への影響（山川修治・常盤勝美・渡来靖編『気候変動の事典』）	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	苅谷 愛彦 (KARIYA Yosihiko) (70323433)	専修大学・文学部・教授 (32634)	
研究 分担者	泉山 茂之 (IZUMIYAMA Shigeyuki) (60432176)	信州大学・学術研究院農学系・教授 (13601)	
研究 分担者	東城 幸治 (TOJO Koji) (30377618)	信州大学・学術研究院理学系・教授 (13601)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	佐々木 明彦 (SASAKI Akihiko) (20608848)	国土館大学・文学部・准教授 (32616)	
研究 分担者	齋藤 めぐみ (SAITO Megumi) (40455423)	独立行政法人国立科学博物館・地学研究部・研究主幹 (82617)	
研究 分担者	吉川 夏彦 (YOSHIKAWA Natsuhiko) (60726892)	慶應義塾大学・法学部（日吉）・助教 (32612)	