

令和元年6月20日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00633

研究課題名(和文) 山岳湖沼の環境変化に应答した水草・大型藻類の多様性の変動予測

研究課題名(英文) Fluctuation prediction of the diversity of aquatic plants and Macroalgae in response to environmental changes in mountain lakes

研究代表者

芹澤 如比古 (SERISAWA, Yukihiro)

山梨大学・大学院総合研究部・准教授

研究者番号：80408012

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：山岳湖沼における環境変化の結果起こり得る水草・大型藻類の多様性の変動を予測することを目的に、富士五湖において湖の環境と水草・大型藻類の現地調査および光合成の室内実験を行った。その結果、富士五湖の湖水環境、特に水中光量などの光環境の周年変化を明らかにするとともに、水生植物相の長期的・短期的な変化を詳らかにした。また、富士五湖における水草・大型藻類の種組成、分布および生育頻度の水深に伴った変化と、生育下限水深、水草複数種の補償光量と温度の関係などの光合成特性を明らかにした。そして、温暖化と光環境の悪化が、高標高域の山岳湖沼に生育する水生植物の多様性に悪影響を齎すことを可視化することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

水中光量などの環境は水草や大型藻類の生残を規定する要因となるが、それらの環境が明らかにされている湖沼は少ない。また、水生植物は陸上植物に比べて人目に触れる機会が少ないことから、それらの多様性が大きく失われている現状はあまり知られていない。本研究で得られた知見は今後起こり得る環境変化がもたらす水生植物の多様性の変動予測に寄与し、多様性の維持に貢献する。また山岳湖沼における現場調査は技術や多大な労力を要するため、これまであまり行われて来ていないことから、本研究において潜水調査などから明らかにされた現場環境と水生植物の種組成や生育量に関する情報は今後、水生植物の生態学的研究の一助となるであろう。

研究成果の概要(英文)：In order to predict possible changes in the diversity of aquatic plant and Macroalgae as a result of environmental changes in mountain lakes, field studies of environment and aquatic plants in Fuji Five Lakes and laboratory experiments of photosynthesis were conducted. The annual change of water environment of Fuji Five Lakes, especially the light environment such as the light intensity in water, and the long-term and short-term fluctuations of aquatic flora were clarified. The changes of species composition, distribution and frequency of aquatic plants with water depth, and the lower growth limit were also clarified. In addition, the photosynthetic characteristics such as the relationship between temperature and the compensation light intensity of multiple species of aquatic plants were clarified. Therefore it visualized that global warming and deterioration of the light environment course an adverse effect on the diversity of aquatic plants growing in mountain lakes.

研究分野：植物生理生態学

キーワード：環境応答 水中光量 水生植物相 水質環境 光合成温度特性 光合成光特性 分布下限水深 水平垂直分布

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

富士五湖は富士山の北麓、山梨県側に位置する面積、湖岸線延長、最大水深、湖沼型が多様な5つの湖であり、標高は832~982mと日本の湖沼の中では著しく高い山岳湖沼である。一般に標高が低く、湖底が泥質で、透明度が低い湖沼と対局にある山岳湖沼では、環境や生態系を支える一次生産者である水草・大型藻類に関する知見が乏しい。しかし、富士五湖の水質については山梨県による月1回の調査が1973年度より継続中であり、山中湖では水生植物相に関する知見が古くから集積している。研究代表者は9年をかけて地道な調査を続けた結果、それまで情報が乏しかった富士五湖の光環境をある程度把握することができた。また、水草・大型藻類の一般的な採集方法である船上または岸辺から採集器を投げ入れて湖底を引き摺る採集(芹澤ら2013a, 2014a, 渡邊ら2011, 2012a, b, 2013a, b, 2014, 白澤ら2012, 田口ら2013, 佐野ら2014)の他、限定的な場所ではあるが潜水による採集(芹澤ら2009a, b, 2010a, 2015a)を行い、種組成についてもある程度は明らかにしてきた。その過程でフジマリモをこれまで生育が確認されていなかった精進湖や本栖湖で発見することができ(芹澤ら2015a)、フジマリモや一部の車軸藻類などは採集器では採集されず、見落とされてしまうことが判明した。また、それらの生育場所には湖底からの湧水がしばしば確認された。したがって、これら希少種の分布域や生育量、生育環境を特定するためには、地道な潜水による調査や湖水環境の垂直的な測定を行うことが必要となった。

富士五湖の透明度や栄養塩類の濃度などの水質は1972~2001年にかけて長期的には河口湖と精進湖ではやや改善傾向、本栖湖、西湖、山中湖では悪化傾向にあり(有泉・吉澤2002)、2002~2010年にかけて短期的には本栖湖、西湖、河口湖では改善傾向、山中湖、精進湖ではほとんど変化していないという(長谷川・吉澤2011)。また、河口湖では水質の改善に伴って野生絶滅とされていた車軸藻類のホシツリモが復活し(Kato *et al.* 2005)、現在、その分布域や生物量が拡大していることが研究代表者らの調査により判明している(渡邊ら2012b, 2013a, b)。また、2014年には研究代表者らの調査により本栖湖の1定点で外来種のオオカナダモの侵入が確認され(佐野ら2014)、今後の分布の広がり方を注視する必要がある。さらに、富士五湖では近年、世界文化遺産に登録されたことから国内外からの観光客が急激に流入しつつあり、それに伴って観光開発も進められており、湖水環境を含めた生態系の保全が緊急の重要課題となっている。

### 2. 研究の目的

山岳湖沼の環境の変化の結果起こり得る水草・大型藻類の多様性の変動を予測することを目的とした。

### 3. 研究の方法

富士五湖(山中湖、河口湖、西湖、精進湖、本栖湖)の複数地点において、湖の環境(透明度、表層水の濁度、電導度、pH、水深別のD<sub>0</sub>、水温、光量)を毎月測定する周年調査(環境特性の把握)と、繁茂期における水草・大型藻類の現地生態調査(種組成、分布、生育量など生態的特性の把握)、代表的な種の光合成の室内実験(光合成-光特性や光合成-温度特性など生理特性の把握)、および既往資料と得られたデータの解析を行い、過去から現在までの水草・大型藻類の種組成、水平・垂直分布、生育量の変遷を詳らかにし、環境変化の結果起こり得る多様性の変動を予測する。

### 4. 研究成果

周年調査より、富士五湖全てで水質環境と光環境の季節変化を明らかにし、光環境が優れている順に本栖湖>西湖本湖=西湖根場>奥河口湖>山中湖 河口湖本湖=河口湖船津>精進湖であることがわかった。また、既往資料解析より富士五湖の湖水環境と水生植物相の長期的・短期的な変化を詳らかにした。さらに、精進湖、西湖、河口湖の複数地点で実施した潜水調査より、水草・車軸藻類の水深別の種組成と生育頻度を詳らかにするとともに、各種の地点別の分布下限水深を特定し、底質や湧水などの微環境の違いが光環境に影響して分布下限水深が同一湖沼内でも異なっていることが判明した。さらに、温度と光量を変えて行った水草複数種の光合成測定実験より、絶滅危惧種のヒメイバラモとトリゲモ、富士五湖全てで広範囲に分布するクロモの温度別光曲線、光補償点、光飽和点、最大光合成速度、光合成最適温度、光補償点温度曲線、光合成温度曲線を詳らかにした。光補償点は温度の上昇によっても増大することから、高標高域に存在する山岳湖沼である富士五湖においても温暖化による水温の上昇や光環境の悪化は、水生植物の分布下限水深の浅化を招き、絶滅危惧種のような競争に弱い種は浅部では淘汰されるため、生物多様性に悪影響となることが判明した。

### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計10件)

- 1) 芹澤如比古, 渡邊 亮, 中村誠司, 原野晃一, 芹澤(松山)和世. 2019. 水草研究会第39回全国集会のフィールドワークで精進湖, 本栖湖, 河口湖から確認された水生植物. 水草研究会誌 108: 13-25 (査読無し)
- 2) 芹澤如比古, 中村誠司, 加藤 将, 志賀 隆, 山ノ内崇志, 首藤光太郎, 坪田和真, 緑川昭太郎,

- 上嶋崇嗣, 渡邊 亮, 井藤大樹, 中村高志, 山本真也, 芹澤(松山)和世. 2019. 富士北麓, 河口湖における水草・車軸藻類と湿生植物の分布状況 - 2017 年 -. 富士山研究 13:17-27(査読あり)
- 3) 中村誠司, 上嶋崇嗣, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2018. 富士北麓, 西湖における水草・車軸藻類と環境の 2015 年までの変遷. 山梨大学教育学部紀要 27:105-113(査読無し)
  - 4) 上嶋崇嗣, 中村誠司, 渡邊広樹, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2018. 富士北麓, 河口湖における水草・車軸藻類と光環境. 山梨大学教育学部紀要 26:147-156(査読無し)
  - 5) 中村誠司, 上嶋崇嗣, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2018. 富士北麓, 精進湖における水草・車軸藻類と環境の 2015 年までの変遷. 山梨大学教育学部紀要 26:157-164(査読無し)
  - 6) 中村誠司, 上嶋崇嗣, 佐野英樹, 田口由美, 渡邊広樹, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2017. 富士北麓, 本栖湖の水草・大型藻類と光環境. 富士山研究 11:11-22(査読あり)
  - 7) 芹澤如比古, 金原昂平, 芹澤(松山)和世. 2017. 富士北麓, 精進湖に生育するフジマリモの分布状況. 山梨大教育学部紀要 25:193-199(査読無し)
  - 8) 芹澤如比古, 上嶋崇嗣, 芹澤(松山)和世. 2016. 富士北麓, 山中湖における水中光量と消散係数. 富士山研究 10:23-29(査読あり)
  - 9) 中村誠司, 上嶋崇嗣, 渡邊広樹, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2016. 富士五湖における水質の周年変化と長期的変動. 富士山研究 10:31-40(査読あり)
  - 10) 芹澤如比古, 上嶋崇嗣, 中村誠司, 渡邊広樹, 白澤直敏, 芹澤(松山)和世. 2016. 富士北麓, 西湖と精進湖の水草・大型藻類と光環境. 山梨大教育人間科学部紀要 17:201-210(査読無し)

[学会発表](計 31 件)

- 1) 芹澤如比古, 原野晃一, 芹澤(松山)和世. 2019.3.17. 山梨県甲府盆地における淡水紅藻オオイシソウの発見. 日本藻類学会第 43 回大会, 京都大学, 京都府京都市, 藻類 67:62-62(展示発表:芹澤)
- 2) 中村誠司, 渡邊亮, 松井悠一郎, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2019.3.16. 富士北麓, 河口湖における沈水植物と車軸藻類の潜水調査結果. 日本藻類学会第 43 回大会, 京都大学, 京都府京都市, 藻類 67:64-64(展示発表:中村)
- 3) 渡邊亮, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2018.12.2. 山梨県の水田域における水草・大型藻類植生の時期的変化. 陸水学会甲信越支部会第 44 回研究発表会, 富山県黒部市, お酒のお宿 喜泉, 日本陸水学会甲信越支部会報 44:22-23 (口頭発表:渡邊)
- 4) 東祐之介, 原野晃一, 渡邊亮, 中村誠司, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2018.12.2. 千代田湖の水草・大型藻類と環境の周年変化. 陸水学会甲信越支部会第 44 回研究発表会, 富山県黒部市, お酒のお宿 喜泉, 日本陸水学会甲信越支部会報 44:24-25 (口頭発表:東)
- 5) 中村誠司, 渡邊亮, 松井悠一郎, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2018.12.2. 潜水調査で明らかにされた河口湖の沈水植物と車軸藻類の垂直分布. 陸水学会甲信越支部会第 44 回研究発表会, 富山県黒部市, お酒のお宿 喜泉, 日本陸水学会甲信越支部会報 44:43-44(口頭発表:中村)
- 6) 渡邊亮, 中村誠司, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2018.9.1. 山梨県の水田域に生育する水草・大型藻類の市町村ごとの類似性. 水草研究会第 40 回全国集会, 敦賀市南公民館(福井県敦賀市), 水草研究会第 40 回全国集会研究発表要旨集:4-5(口頭発表:渡邊)
- 7) 中村誠司, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2018.9.1. 富士五湖に生育するイバラモ属植物の光と温度に関する光合成特性. 水草研究会第 40 回全国集会, 敦賀市南公民館(福井県敦賀市), 水草研究会第 40 回全国集会研究発表要旨集:14-15(展示発表:中村)
- 8) 原野晃一, 東祐之介, 渡邊亮, 中村誠司, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2018.9.1. 山梨県の流水域における水草・大型藻類. 水草研究会第 40 回全国集会, 敦賀市南公民館(福井県敦賀市), 水草研究会第 40 回全国集会研究発表要旨集:19-20(展示発表:原野)
- 9) 原野晃一, 中村誠司, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2017.11.26. 山梨県の主要河川の水質環境に関する既往資料解析. 陸水学会甲信越支部会第 43 回研究発表会, 山梨県, 精進湖レイクホテル, 日本陸水学会甲信越支部会報 43:53-54(展示発表:原野)
- 10) 東祐之介, 原野晃一, 近山卓也, 渡邊亮, 上嶋崇嗣, 中村誠司, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 甲府市千代田湖(丸山貯水池)の水生植物と環境. 2017.11.26. 陸水学会甲信越支部会第 43 回研究発表会, 山梨県, 精進湖レイクホテル, 日本陸水学会甲信越支部会報 43:55-56(展示発表:東)
- 11) 上嶋崇嗣, 中村誠司, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2017.11.25. 富士五湖に生育する水草の光合成特性の比較. 陸水学会甲信越支部会第 43 回研究発表会, 山梨県, 精進湖レイクホテル, 日本陸水学会甲信越支部会報 43:15-16(口頭発表:上嶋)
- 12) 中村誠司, 上嶋崇嗣, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2017.11.25. 富士北麓, 西湖における水生植物の水平・垂直分布. 陸水学会甲信越支部会第 43 回研究発表会, 山梨県, 精進湖レイクホテル, 日本陸水学会甲信越支部会報 43:17-18 (口頭発表:中村)

- 13) 渡邊亮, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2017.11.25. 山梨県の水田に生育する水生植物の生育量の評価. 陸水学会甲信越支部会第 43 回研究発表会, 山梨県, 精進湖レイクホテル, 日本陸水学会甲信越支部会報 43: 19-20(口頭発表: 渡邊)
- 14) 山本真也, 中村高志, 芹澤如比古, 内山高. 2017.11.11. 富士北麓・河口湖で新たに見つかった湖底湧水とその起源. 2017 年度生物地球化学研究会現地セッション, 山梨県富士河口湖町, 民宿ひがしむら(展示発表: 山本)
- 15) 芹澤如比古. 2017.11.10. 富士五湖の陸水環境とフジマリモの生態. 2017 年度生物地球化学研究会公開講演会(招待講演)
- 16) 林卓磨, 山村英樹, 浜田盛之, 芹澤如比古, 芹澤(松山)和世, 中川洋史, 早川正幸. 2017.9.8. 淡水系状藻から分離された放線菌の分類学的多様性. 第 32 回(2017 年度)日本放線菌学会大会. 長野県若里市, 若里文化ホール. 第 32 回(2017 年度)日本放線菌学会大会要旨集: 88(展示発表: 林)
- 17) 渡邊亮, 中村誠司, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2017.9.2. 山梨県の水田域に生育する水草・大型藻類と標高との関係. 水草研究会第 39 回全国集会, 山梨大学, 山梨県甲府市, 発表要旨集 p7(口頭発表: 渡邊)
- 18) 芹澤如比古, 中村誠司, 上嶋崇嗣, 渡邊広樹, 芹澤(松山)和世. 2017.9.2. フィールドワーク予定地(河口湖, 本栖湖, 精進湖)で近年確認されている水草・大型藻類. 水草研究会第 39 回全国集会, 山梨大学, 山梨県甲府市, 発表要旨集 p12(口頭発表)
- 19) 中村誠司, 上嶋崇嗣, 渡邊広樹, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2017.9.2. 富士北麓, 精進湖における水草・車軸藻類と環境の変遷. 水草研究会第 39 回全国集会, 山梨大学, 山梨県甲府市, 発表要旨集 p17(展示発表: 中村)
- 20) 東祐之介, 原野晃一, 近山卓也, 渡邊亮, 上嶋崇嗣, 中村誠司, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2017.9.2. 山梨県甲府市千代田湖(丸山貯水池)の水草・大型藻類. 水草研究会第 39 回全国集会, 山梨大学, 山梨県甲府市, 発表要旨集 p18(展示発表: 東)
- 21) 上嶋崇嗣, 中村誠司, 渡邊広樹, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2017.9.2. 富士五湖における最近の沈水植物の分布状況. 水草研究会第 39 回全国集会, 山梨大学, 山梨県甲府市, 発表要旨集 p19(展示発表: 上嶋)
- 22) 山本真也, 中村高志, 芹澤如比古. 2017.5.20. 富士北麓・河口湖の湖底湧水と周辺地下水の水同位体比の比較. JpGU-AGU Joint Meeting 2017(日本地球惑星科学連合 2017 年大会), 幕張メッセ, 千葉県千葉市, AHW35-P07(展示発表: 山本)
- 23) 芹澤如比古, 中村誠司, 上嶋崇嗣, 芹澤(松山)和世. 2017.3.25. 富士北麓, 精進湖におけるフジマリモの分布水深と生育量. 日本藻類学会第 41 回大会, 高知大学, 高知県高知市, 藻類 65: 65(展示発表: 芹澤)
- 24) 中村誠司, 上嶋崇嗣, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2017.3.25. 富士北麓, 精進湖における水生植物相とその分布範囲及び現存量. 日本藻類学会第 41 回大会, 高知大学, 高知県高知市, 藻類 65: 67(展示発表: 中村)
- 25) 上嶋崇嗣, 中村誠司, 加藤将, 坂山英俊, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2017.3.24. 富士五湖における最近の車軸藻類の分布状況. 日本藻類学会第 41 回大会, 高知大学, 高知県高知市, 藻類 65: 71(展示発表)
- 26) 中村誠司, 上嶋崇嗣, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2016.11.27. 富士北麓, 精進湖における水草・車軸藻類の水平・垂直分布. 陸水学会甲信越支部会第 42 回研究発表会, 布引温泉こもろ, 長野県小諸市小諸温泉, 日本陸水学会甲信越支部会報 42: 35-36(口頭発表: 中村)
- 27) 渡邊亮, 中村誠司, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2016.11.27. 山梨県内の水田域における水草・大型藻類 2016. 日本陸水学会甲信越支部会第 42 回研究発表会, 布引温泉こもろ, 長野県小諸市小諸温泉, 日本陸水学会甲信越支部会報 42: 37-38(口頭発表: 渡邊)
- 28) 上嶋崇嗣, 中村誠司, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2016.11.27. 富士五湖の光環境, 特に水中光量の比較. 陸水学会甲信越支部会第 42 回研究発表会, 布引温泉こもろ, 長野県小諸市小諸温泉, 日本陸水学会甲信越支部会報 42: 68-69(展示発表: 上嶋)
- 29) 上嶋崇嗣, 中村誠司, 渡邊広樹, 加藤将, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2016.8.20. 富士北麓, 河口湖における光環境と水生植物の分布状況. 水草研究会第 37 回全国集会, 高知県立牧野博物館, 高知県高知市, 発表要旨集 p15(展示発表: 上嶋)
- 30) 中村誠司, 上嶋崇嗣, 佐野英樹, 田口由美, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2016.8.20. 富士北麓, 本栖湖における光環境と水草・大型藻類の分布状況. 水草研究会第 37 回全国集会, 高知県立牧野博物館, 高知県高知市, 発表要旨集 p16(展示発表: 中村)
- 31) 渡邊亮, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古. 2016.8.20. 山梨県内の水田域における水草・大型藻類の分布状況. 水草研究会第 37 回全国集会, 高知県立牧野博物館, 高知県高知市, 発表要旨集 p17(展示発表: 渡邊)

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号(8桁)：

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名：芹澤(松山) 和世；中村 誠司

ローマ字氏名：MATSUYAMA-SERISAWA, Kazuyo; NAKAMURA, Seiji

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。