

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：84201

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24510044

研究課題名(和文)湖沼に蓄積する難分解性溶存有機物の藻類影響評価試験法の開発

研究課題名(英文)Development of toxicity test for algae by exposing recalcitrant dissolved organic matter accumulated in lakes

研究代表者

早川 和秀 (HAYAKAWA, Kazuhide)

滋賀県琵琶湖環境科学研究センター・その他部局等・その他

研究者番号：80291178

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：琵琶湖をはじめとする国内の閉鎖性水域ではCODが増加している問題に関連して、湖水のフルボ酸を難分解性溶存有機物の代表として抽出してその化学的特性を明らかにするとともに、化学物質の生態影響試験法の1つとして緑藻クラミドモナス生長阻害試験を行い、難分解性溶存有機物が植物プランクトンへ及ぼす影響評価を行った。

藻類生長阻害試験において、クラミドモナスの鞭毛再生には阻害影響がみられなかった。他の研究予算で実施された藻類生長阻害試験、甲殻類、魚類の阻害試験と合わせて、琵琶湖水のフルボ酸には湖水の濃度範囲では急性毒性による阻害影響はないと結論された。

研究成果の概要(英文)：Recalcitrant dissolved organic matter (DOM) is a possible factor of increasing COD in several closed-water areas in Japan, including Lake Biwa. In this study, we conducted to collect fulvic acid in Lake Biwa, and to clarify its chemical properties as a representative of recalcitrant DOM. Furthermore, we examined growth inhibition test of green alga Chlamydomonas, which is one of ecological impact test of chemical substances.

The results of the algae growth inhibition test using Chlamydomonas, the inhibition effect was not observed on the fulvic acid of Lake Biwa. We concluded that the fulvic acid under existing concentration present concentration in the lake was no inhibition effect for aquatic organisms, suggested by the present study and crustaceans and fish inhibition tests in another researches.

研究分野：環境学

キーワード：影響評価手法 毒性評価 溶存有機物 難分解性 化学特性評価 フルボ酸 琵琶湖

## 1. 研究開始当初の背景

琵琶湖をはじめとする国内の閉鎖性水域では COD が増加しているが、集水域からの流入負荷や水域内での生物生産などの明確な有機物増加をとまなわないことから、微生物利用性の低い水溶性有機物（難分解性溶存有機物）が蓄積している可能性が指摘されている（岡本・早川 2011）。これは新たな形の水質汚濁と見られ、水環境行政にとって重要な課題とされている（国立環境研究所 2007）。COD 増加の原因解明には、難分解性溶存有機物の正体およびその蓄積原因を科学的に明らかにすることが求められるが、水環境中に存在する有機物は数万種におよぶ物質の混合物とされ、その化学的同定は容易でない。優先すべき課題は、COD の環境基準を達成していないことの原因究明よりも、難分解性溶存有機物が水環境にとって影響を及ぼすものなら対策を講じなければならない点にある。よって、難分解性溶存有機物の湖沼の水質や生態系へ影響を明らかにすることが、水環境行政にとって対策の判断基準となる喫緊の課題である。

溶存有機物が水環境や生態系へ及ぼす影響については、欧米では腐植湖における溶存有機物の生態学的役割の研究が進んでおり（例えば Steinberg 2003）、藻類（植物プランクトン）への影響が最も大きいとされる。湖沼の溶存有機物が水中の光透過性を支配するため、藻類の光合成の制御因子となることに加え、溶存有機物から放出される生長阻害物質が藻類の増殖を抑制する可能性が指摘されている。ただし、逆効果といえる生長促進物質の放出例や溶存有機物と鉄のキレート形成による溶存鉄の増加が増殖を促進することもあるなど、この分野における研究はまだ未解明とあってよい。

琵琶湖における難分解性有機物の正体はまだ不明であるが、その一部にはフミン物質であるフミン酸やフルボ酸が指摘されている。そこで本研究では、水環境における溶存有機物の藻類の生長阻害の影響を検討する手法として、琵琶湖フルボ酸と緑藻クラミドモナスを用いた試験方法を開発する。クラミドモナスは、細胞の前端にある鞭毛を用いて遊泳運動をする単細胞藻類で、世代時間が約 5 時間と短く培養が容易であることや遺伝子解析でも特異な情報をもつことから生物や医学など様々な分野で広く使われている。環境影響評価試験に応用した場合には、短い世代時間でゆえに短期間で生長阻害評価が可能なことに加え、鞭毛の形成や遊泳運動からも阻害性を検出できる。鞭毛の形成阻害は感受性が高く、阻害状況からタンパク質生成阻害や細胞分裂阻害といった生理機能への阻害因子を評価できる（田中ら 2003）。

## 2. 研究の目的

本研究では、湖水中のフルボ酸を難分解性有機物の代表として抽出して、クラミドモナ

スの阻害試験を用いて、毒性影響評価を試みた。影響のない濃度を決定した上で、阻害因子とその背景となる溶存有機物の起源や特性について検討することを到達目標とした。

**＜1＞藻類阻害の背景となる溶存有機物の特性や起源等の考察**  
藻類阻害の背景となる溶存有機物の特性や起源等を推定するため、フルボ酸を抽出して、その化学組成や光学特性等を分析して、藻類阻害の背景となる溶存有機物の特性や起源について考察する。

**＜2＞フルボ酸のクラミドモナスによる藻類影響評価試験方法の確立**

フルボ酸が、藻類細胞に対して直接及ぼす作用機序および光透過性を減衰させることによる生長阻害だけでなく、金属との錯体形成や吸着など物理的作用に基づく間接的な影響もある。そこで、単細胞緑藻クラミドモナスの鞭毛再生による生体への作用機序に着目した新たな藻類への影響の評価方法の検討と、農業共存下における間接的な影響試験を行う。

**＜3＞琵琶湖水フルボ酸による生物毒性影響評価および総合的な検討**

本研究の化学特性の結果と生物影響試験を合わせて考察を行い、難分解性有機物の生態影響について総合的な評価を行う。

## 3. 研究の方法

**＜1＞藻類阻害の背景となる溶存有機物の特性や起源等の考察**

琵琶湖のフルボ酸は、2011 年 11 月琵琶湖北湖の湖心局 S 局の水深 2.5 m にて、神戸大学が所有する非イオン性樹脂 DAX-8 による吸着回収装置を用いて採取した (Fujitake et al. 2009)。本装置にて湖水を 0.45 μm フィルターでろ過した後、塩酸酸性 (pH <2) にして DAX-8 樹脂に通水して湖水中のフミン物質を吸着させた。これを、研究室にてアルカリ溶出してフミン物質を回収し、さらに精製してフルボ酸とフミン酸に分離した。

回収した琵琶湖フルボ酸 (以下 LBFA という) の生分解性試験を、OECD (経済協力開発機構) 化学品テストガイドライン (OECD 1992) に基づく DOC die away 生分解性試験法により行った。培養水 800 mL に LBFA を溶かし、粒子を除いたろ過湖水 1 mL を添加して細菌を接種した。20 °C の暗条件にて 100 rpm で振とう曝気しながら、28 日間の分解試験を行った。比較試験として、グルコースと国際腐植植物質学会で頒布するスワニー川フルボ酸 (以下 SWFA という) を行った。試験開始後、時間経過にともない試水を採取し、化学分析した。

水中のフルボ酸の分布と挙動について、DAX-8 樹脂によるバッチ定量法を用いてフルボ酸 (分析方法の違いを明確にするため、本方法によるフルボ酸を以下 AHS という) を定量して、変動を解析した。酸性化した湖水に樹脂を添加して 24 時間振とうし、樹脂添加

前後の溶存有機炭素 (DOC) 濃度測定の差分から AHS 濃度を算出した。湖水試料には N4 地点の 2.5~90 m の深度別試料を用い、2013 年春から 2014 年冬までの季節毎に採水した。

また、フルボ酸のもつ光学的特性を利用して、過去に琵琶湖で観測した湖水の紫外吸光、蛍光データを解析した。試水はニスキン採水器により採取したものをガラス繊維フィルター(Whatman GF/F)でろ過後、溶存態有機炭素濃度、紫外・可視光吸光、蛍光測定を行ったものである。これまで個々に解析を行っていたものを統合的に解析して、溶存有機物全体の挙動とフルボ酸の挙動の関係を見た。

## <2> フミン物質のクラミドモナスによる藻類影響評価

SWFA、LBFA を溶解、中和後、供試濃度に調整した。培養は SG I 培地に 0.1%酢酸ナトリウムを添加したものを使用し、室温、白色蛍光灯による連続照明下 (>4,000 lux) で行った。供試生物のクラミドモナス *Chlamydomonas reinhardtii* の脱鞭毛は細胞懸濁液をホモジナイズ (17,000 rpm、3 min) することにより行った。

第一に直接的な影響試験を行った。培地 9 mL を入れた 20 mL 三角フラスコを用意し、対数増殖期 ( $2\sim4\times 10^6$  cells/mL) のクラミドモナスを脱鞭毛した細胞懸濁液 1 mL を添加した。これに SWFA 標準液を最終濃度で 10、50、100、500 mg/L になるように等量添加し、培地量で調整して最終的に 10 mL とした。

実験開始から 1、4 時間後に、再生した鞭毛の様子をニコン製光学顕微鏡及びデジタルカメラで撮影して記録した。それらの画像の一枚あたり任意の 50 細胞にて、画像解析ソフト (三谷商事製 WinROOF) を用いて再生鞭毛長を計測した。対照区に対する各試験区の再生鞭毛長との比較から鞭毛再生への影響を評価した。

第二にフルボ酸との共存下での農薬に対する影響試験を行った。細胞中の微小管重阻害を作用機序として、除草剤の主成分に利用されるオリザリン (和光純薬) を用いた。オリザリン標準液はアセトンを用いて供試濃度に調整した。20 mL 三角フラスコに脱鞭毛細胞懸濁液 9 mL に LBFA 1 mL を、対照区には超純水 1 mL を添加した。さらに、オリザリン標準液 100  $\mu$ g/L を添加した。その後、培養と同一条件の連続照明下に静置した後、鞭毛の再生を観察した。

## 4. 研究成果

### <1> 藻類阻害の背景となる溶存有機物の特性や起源等の考察

湖心局における採水量は 8,600 L で、フルボ酸およびフミン酸の粉末試料それぞれ 1.7 g および 0.5 g を得た。収量は 43%であった。

生分解試験の結果、グルコースの試験では系内の DOC 濃度が時間経過とともに徐々に減少したが、LBFA、SWFA では DOC 濃度の減少は

見られなかった。濁度 (細菌密度) は、時間経過とともに上昇したことから、細菌の繁殖はあるがフルボ酸では DOC の顕著な減少に至らなかったと考えられる。また、100 日間分解試験も実施したが、栄養塩の添加に関わらず、琵琶湖水およびフルボ酸の分解があまり進まなかった。以上のことから、LBFA は難分解性であることを確認した (早川ら 2015)。

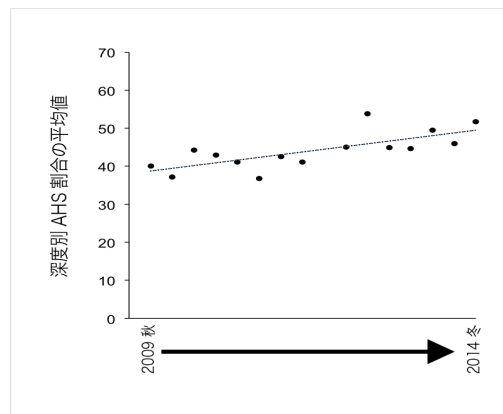


図 1 深度別 AHS 割合の平均値の経時的変化

AHS の 2013 年春~2014 年冬の琵琶湖における各季節の深度別 AHS 濃度を測定した結果、水深 20~80 m の AHS 濃度は深度や季節による影響をほとんど受けず、0.5 mgC/L 程度であることが明らかとなった (Kida et al. 2015)。また、表層 2.5~15 m と底層 90 m の AHS 濃度は季節によって変動し、最大 0.7 mgC/L 程度まで増加し、概して DOC 濃度の増減に対応して増減する傾向が見られた。これらの結果は 2010 年春から継続的に行ってきたこれまでの結果とほぼ一致した。AHS が DOC の 40~60%程度を占めることが明らかになり、溶存有機物 (DOM) の主成分として重要であることが示された。季節ごとの深度別 AHS 割合の平均値を 2009 年秋から 2014 年冬まで時系列的にプロットすると (図 1)、DOC 濃度はそれほど変化しないにも関わらず、AHS 濃度はわずかに右肩上がりに増加していた。この結果は、BOD と COD の経年モニタリング結果から報告されている湖内の難分解性有機物の増加傾向と矛盾しない結果であり、AHS が難分解性有機物の指標となり得る可能性が示唆された。

湖水中の紫外吸光度やフミン物質に由来する蛍光強度の時系列変動は、DOC やクロロフィル a の変動と必ずしも一致しない現象があることが知られていた。本研究において統合的に解析を進めた結果、紫外吸収スペクトルの一部 (図 2、a' (285)) や、タンパク質様成分 (Peak-T) が DOC の時系列変動と一致することが明らかとなった (Hayakawa et al. in prep.)。したがって、琵琶湖水中の DOC の時系列変動は、産出されるタンパク質や核酸の変動に依存していることから、細菌類の生産が DOC の変動に大きく寄与している。

フルボ酸様蛍光 (Peak-M) の時系列変動は、DOC のものとは異なり、変動幅も小さく、安

定して存在するものであった。主な起源としては、深水層に蓄積した有機物の分解産物と考えられた。

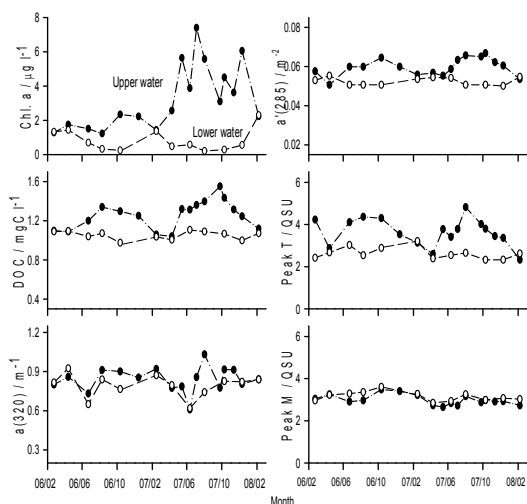


図2 北湖沖帯におけるクロロフィル a (Chl a)、溶存有機炭素 (DOC)、紫外吸光 (a320, a' 285)、蛍光 (Peak-T, Peak-M) の時系列変動

### <2> フミン物質のクラミドモナスによる藻類影響評価

SWFA の直接影響試験の結果、SWFA 存在下におけるクラミドモナスの再生鞭毛長は、1 時間後の最高濃度区 (500 mg/L) で再生鞭毛が短くなる現象が見られたが、4 時間後には対照区との差は解消された (図 3)。LBFA の直接影響試験の結果、LBFA 存在下における鞭毛再生は、最高濃度区 (50 mg/L) において 1、4 時間後の再生された鞭毛長と対照区との間に差は見られなかった (図 4)。

クラミドモナスの鞭毛は切断直後から再生が開始され、切断後 2 時間ではほぼ切断前の

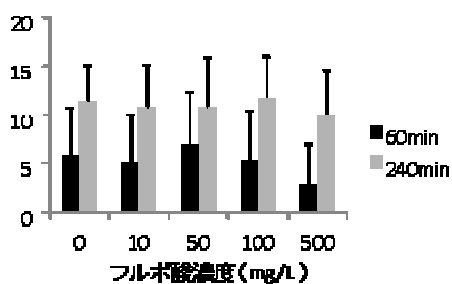


図3 スワニー川フルボ酸 (SWFA) の各濃度におけるクラミドモナスの経過時間別再生鞭毛長 (n=50, バーは標準偏差)

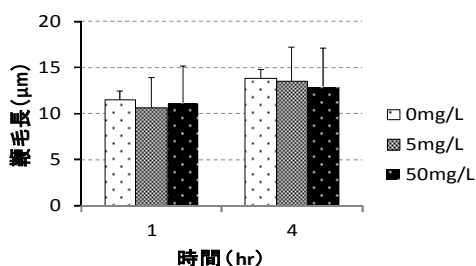


図4 琵琶湖フルボ酸 (LBFA) の各濃度におけるクラミドモナスの再生鞭毛長 (n=50, バーは標準偏差)

長さにまで再生し、4 時間で安定した長さを保つようになる。したがって、500 mg/L SWFA 存在下では、クラミドモナスの鞭毛再生の初期段階において、一時的な阻害が起こっており、鞭毛タンパクの生合成に影響していた可能性が示唆された。鞭毛を構成する微小管は細胞分裂にも重要な役割を担っている。このことから、現状の琵琶湖水中では存在しない非常に高濃度のフルボ酸の存在下であれば、鞭毛再生や細胞分裂などの機構に対して、一時的な阻害が生じる可能性がある。

LBFA 50 mg/L とオリザリン 1 mg/L の共存下における鞭毛再生は、オリザリンのみ 1 mg/L の濃度区と比べて、1、4 時間後で差は見られなかった (図 5)。したがって、本結果からは LBFA による鞭毛再生阻害およびオリザリンの鞭毛再生阻害の緩和作用は確認できなかった。オリザリンは、オクタノール/水分配係数 (logP<sub>ow</sub>) が 3.73 であり、土壌等に吸着しやすい性質を有する。そのため、オリザリンと LBFA を混合して接触時間を長くした場合に、吸着量が変わる可能性があり、LBFA の量比をさらに検討する必要がある。

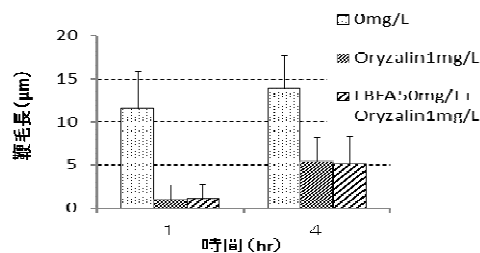


図5 単独又は LBFA 50 mg/L 共存下でのオリザリン 1 mg/L におけるクラミドモナスの再生鞭毛長 (n=50, バーは標準偏差)

### <3> 琵琶湖水フルボ酸による生物毒性影響評価および総合的な検討

本研究とは別の研究プロジェクト (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター 政策課題研究) において、水環境における難分解性溶存有機物の生物への影響を評価するために、湖水のフルボ酸を難分解性有機物の代表として、化学物質の生態影響試験法である藻類、甲殻類、魚類に対する毒性影響試験を行った。それぞれの結果からは、現状の湖水フルボ酸の濃度では、明確な阻害を示す範囲になかった (早川ら 2015)。本研究の結果と合わせて藻類に対する毒性は現状の琵琶湖水中に存在するフルボ酸の濃度レベルにおいて影響はないと考えられた。ただし、以上の研究が毒性効果のすべてを否定するものではない。フルボ酸よりも毒性が強いとされるフミン酸でも調べる必要があるが、琵琶湖においてフミン酸の存在量はフルボ酸の 1/5 程度であり、琵琶湖水中のフミン酸の化学組成はフルボ酸と類似している。よって、現時点ではフミン物質による生物への急性毒性は問題にならないと考える。

一方、阻害試験の方法を、本研究で行ってきた個体レベルの応答や観察結果による毒

性試験だけでなく、物質の動態、細胞、組織レベルの応答にまで広げれば、反応は鋭敏な分、有害な影響を見出す可能性がある。例えば、フミン物質が遺伝子発現を行う DNA に影響を及ぼすとする報告もある (Steinberg 2003)。しかし、そのような細胞・組織レベルの応答が個体レベルにまで影響が表れるには、細胞内での修復機能を考えると、ただちに問題視することはできない。環境行政では、個体レベルで明確な有害と判断されなければ対策を行いにくい。それゆえ、本研究では細胞、組織レベルの応答にまで試験を広げなかった。毒性学の分野では、細胞・組織のレベルから個体レベルまでの生物応答と有害化学物質の評価体系を構築している段階にある。今後、その分野での発展を期待する。

本研究の結果、琵琶湖では難分解性有機物に対する喫緊の対策は必要でないが、今後の琵琶湖における有機物の管理のあり方を考える必要がある。有機汚濁に関する環境基準は、我が国で最も早く作られた基準でありながら、時代の流れの中で本来の目的を失いつつある。有機汚濁の捉え方と基準設定の変遷についてレビューするとともに、現在の有機汚濁指標の問題点を整理した (津田ら 2014)。その結果、これまでの指標である COD には多くの問題点が見られた (津田ら 2014)。その解消のために新たな有機物指標のあり方もまとめた (早川ら 2015)。

#### <引用文献>

- Fujitake, N., 他 (2009): Chemical properties of aquatic fulvic acids isolated from Lake Biwa, a clear water system in Japan. *Humic Substances Res.*, 5/6: 45-53.
- 早川和秀、他 (2015): 琵琶湖における新たな水質指標に関する研究. 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター試験研究報告書 平成 23~25 年度 10, 52-75.
- Hayakawa, K., ほか: Distribution and characteristics of ultraviolet absorption and fluorescence of dissolved organic matter in a large lake (Lake Biwa, Japan). (In prep.)
- Kida, M., 他 (2015): Quantitative monitoring of aquatic humic substances in Lake Biwa, Japan, using the DAX-8 batch. *Organic Geochemistry*, 83-84, 153-157.
- 国立環境研究所(2007): 有機物リンケージに基づいた湖沼環境の評価および改善シナリオ作成に関する研究 平成 16~18 年度. 国立環境研究所特別研究報告 SR-78-2007.
- 岡本高弘・早川和秀 (2011): 琵琶湖における溶存有機物の現状と課題. *水環境学会誌*, 34(5):151-157.
- OECD (1992): Test No.301: Ready Biodegradability. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 3. Degradation and Accumulation, OECD, Paris
- Steinberg, C.E. (2003) *Ecology of Humic Substances in Freshwater*. Springer, Berlin, 440pp.
- 田中仁志, ほか (2003): 藻類生長阻害試験による水田地帯を流下する河川の生態影響評価、*用水と廃水*, 45(8), 743-750.
- 津田久美子, ほか(2014): 有機汚濁と環境基準-琵琶湖を例にして-. *用水と廃水*, 56(3), 59-72.
- #### 5. 主な発表論文等
- 〔雑誌論文〕(計 8 件)
- Fujitake, N., Tsuda, K., (他 3 名), Maruo, M., Yonebayashi, K. (2012) Seasonal characteristics of surface water fulvic acids from Lake Biwa and Lake Tankai in Japan. *Limnology*, 13, 45-53. 査読有  
DOI:10.1007/s10201-011-0354-4
- Tsuda, K., Takata, A., (他 2 名), Fujitake, N. (2012) Method for quantitative analysis of aquatic humic substances in clear water. *Analytical Sciences*, 28, 1017-1020. 査読有  
DOI:http://doi.org/10.2116/analsci.28.1017
- Thottathil, S.D., Hayakawa, K., Hodoki, Y., Yoshimizu, C., Kobayashi, Y., Nakano, S. (2013) Biogeochemical control on fluorescent dissolved organic matter dynamics in a large freshwater lake: Lake Biwa, Japan. *Limnology and Oceanography*, 58(6), 2262-2278.  
DOI: 10.4319/lo.2013.58.6.2262 査読有
- 津田久美子, 早川和秀, 岡本高弘(2014) 有機汚濁と環境基準—琵琶湖を例にして—. *用水と廃水* 56(3), 59-72.  
[http://www.youhaisui.com/backnumber2/back2\\_01403.html](http://www.youhaisui.com/backnumber2/back2_01403.html) 査読有
- Kawahigashi, M., (他 2 名), Fujitake, N. (2013) Investigations of environmental changes based on chemical analyses of humic substances. *Humic Substances Research*. 10, 1-9.  
[http://www.research.kobe-u.ac.jp/ans-soil/jhss/\\_userdata/hsr10\\_rev1.pdf](http://www.research.kobe-u.ac.jp/ans-soil/jhss/_userdata/hsr10_rev1.pdf) 査読有
- 早川和秀、(他 13 名)、藤嶽暢英、山田悦、布施泰朗、田中仁志、杉山裕子、丸尾雅啓 (2015): 琵琶湖における新たな水質指標に関する研究. 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター試験研究報告書 平成 23~25 年度 10, 52-75.  
[http://www.pref.shiga.lg.jp/d/biwako-kankyo/lb\\_eri/03yomu/03-01kankoubutsu/03-01-03research\\_report/no9/files/04\\_.pdf](http://www.pref.shiga.lg.jp/d/biwako-kankyo/lb_eri/03yomu/03-01kankoubutsu/03-01-03research_report/no9/files/04_.pdf) 査読無
- Kida, M., Maki, K., (他 3 名), Hayakawa, K., Sugiyama, Y., Fujitake, N. (2015): Quantitative monitoring of aquatic humic substances in Lake Biwa, Japan, using the DAX-8 batch. *Organic Geochemistry*, 83-84, 153-157. 査読有  
DOI:10.1016/j.orggeochem.2015.03.015
- 丸尾雅啓 (2015) 淡水における金属の化学スペシエーション. *海洋化学研究*, 28, 2-9.  
[http://www.oceanchemistry.org/publications/TRIOC/PDF/trioc\\_2015\\_28\\_2.pdf](http://www.oceanchemistry.org/publications/TRIOC/PDF/trioc_2015_28_2.pdf) 査読有

〔学会発表〕(計 33 件 主要なもののみ記載)

Tsuda, K., Takata, A., Sugiyama, Y., Hayakawa, K., Fujitake, N.: Development and application of a method for quantitative analysis of aquatic humic substances in clear water. ASLO Meeting 2012, 2012年7月、大津

Utsumi, R., Sugiyama, Y., Hayakawa, K., (他4名), A., Fujitake, N.: Comparison of Dissolved Organic Matter (DOM) in Lake Biwa Separated by C18 and DAX Solid Phase Extraction. ASLO Meeting 2012, 2012年7月、大津

Thottathil, S.D., Hayakawa, K., Nakano, S.: Biogeochemical control on fluorescent dissolved organic matter in a large freshwater lake (Lake Biwa, Japan) ASLO Meeting 2012, 2012年7月、大津

早川和秀, (他2名), 杉山裕子, 熊谷哲: 琵琶湖水中の紫外吸収・蛍光物質の分布と特性の評価. 日本陸水学会第77回大会, 2012年9月、名古屋

内海理伽, 早川和秀, 藤嶽暢英, (他4名), 杉山裕子: C18、DAX 固相抽出法によって分離された琵琶湖溶存有機物の分布と化学的特徴の比較. 日本陸水学会第77回大会, 2012年9月、名古屋

田中仁志, 早川和秀, (他2名): 難分解性有機物フルボ酸の藻類への影響. 第18回バイオアッセイ研究会・日本環境毒性学会合同研究発表会, 2012年9月、熊本

木田森丸, (他7名), 杉山裕子, 早川和秀, 藤嶽暢英: 琵琶湖水中の水系フミン物質の季節および深度別の変化. 日本腐植物質学会第28回講演会, 2012年11月、東京

藤嶽暢英: フミン物質の化学構造特性とその多様性. 日本腐植物質学会第28回講演会シンポジウム「腐植物質から環境を読む」(招待講演) 2012年11月、東京

田中仁志, 早川和秀, 一瀬諭、藤嶽暢英、中村省吾: 湖沼に蓄積する難分解性溶存有機物の藻類に及ぼす影響. 第47回日本水環境学会, 2013年3月、大阪

早川和秀、岡本高弘, (他2名), 田中仁志, (他3名), 藤嶽暢英: 琵琶湖水中のフルボ酸の生物影響評価手法について. 日本陸水学会第78回大会, 2013年9月、大津

内海理伽, 早川和秀, 藤嶽暢英, (他3名), 杉山裕子: 活性アルミナを用いた琵琶湖溶存有機物の分画法の検討. 日本陸水学会第78回大会, 2013年9月、大津

藤嶽暢英, (他3名), 杉山裕子, 早川和秀: 琵琶湖水中のフミン物質の定量モニタリング. 日本分析化学会第62年会, 2013年9月、大津

木田森丸, (他2名), 早川和秀, 杉山裕子, (他3名), 藤嶽暢英: 湖沼や河川水の腐植物質含量はどのくらいを占めるか. 第29回日本腐植物質学会講演会, 2013年11月、佐賀

早川和秀, (他5名): 琵琶湖水中のフルボ酸が藻類と甲殻類へ与えるについて. 第48回日本水環境学会, 2014年3月、仙台

田中仁志, 早川和秀, 藤嶽暢英, (他2名): 単

細胞緑藻クラミドモナスの鞭毛再生による湖沼蓄積性難分解性物質の影響. 第48回日本水環境学会, 2014年3月、仙台

木田森丸, (他2名), 早川和秀, 杉山裕子, (他4名), 藤嶽暢英: 国内外の湖沼や河川におけるフミン物質含量—DAX-8樹脂吸着法による—. 第25回日本陸水学会近畿支部講演会, 2014年2月、大阪

Hayakawa, K., (他3名), Sugiyama, Y., Kumagai, T., Fujitake, N.: Re-assessment of dissolved organic matter in Lake Biwa using UV absorption and fluorescence. The 16th International Symposium on River and Lake Environment (ISRLE), 2014年8月、Chuncheon, Korea

Utsumi, R., Hayakawa, K., Fujitake, N., (他6名), Sugiyama, Y.: Distribution and chemical characteristics of dissolved organic matter in Lake Biwa extracted by hydrophobic adsorbents. The 16th ISRLE, 2014年8月、Chuncheon, Korea

Maruo, M., (他5名): Characterization of highly strong metal binding ligands in waters. The 16th ISRLE, 2014年8月、Chuncheon, Korea

早川和秀, (他9名), 藤嶽暢英, (他2名), 田中仁志, 杉山裕子, (他2名), 丸尾雅啓: 琵琶湖における新たな有機物管理の考え方について. 日本陸水学会第79回大会, 2014年9月、筑波

内海理伽, 早川和秀, 藤嶽暢英, (他4名), 杉山裕子: 活性アルミナを用いて分離した琵琶湖溶存有機物の化学的特徴. 日本陸水学会第79回大会, 2014年9月、筑波

早川和秀, 岡本高弘, (他7名): 琵琶湖における新たな有機物管理と指標の検討. 第49回日本水環境学会年会, 2015年3月、金沢

[図書] [産業財産権] [その他]  
なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

早川和秀 (HAYAKAWA, Kazuhide)  
滋賀県琵琶湖環境科学研究センター・総合解析部門・専門研究員  
研究者番号: 80291178

### (2) 研究分担者

杉山裕子 (SUGIYAMA, Yuko)  
兵庫県立大・環境人間学部・准教授  
研究者番号: 40305694

田中仁志 (TANAKA, Hitoshi)  
埼玉県環境科学国際センター・水士壌研究領域・専門研究員  
研究者番号: 40415378

藤嶽暢英 (FUJITAKE, Nobuhide)  
神戸大学・農学研究科(研究院)・教授  
研究者番号: 50243332

丸尾雅啓 (MARUO, Masahiro)  
滋賀県立大学・環境科学部・准教授  
研究者番号: 80275156