

湖沼など閉鎖性水域における難分解性
有機物増加の原因解明に関する研究IV 琵琶湖水におけるトリハロメタン前駆物質としての
フミン物質と藻類由来有機物の動態解析

環境科学センター 山田 悦, 布施 泰朗

1. 緒 言

水道水に含まれているトリハロメタン (THM) は、浄水場で塩素処理の過程で生成し、発がん性や変異原性があり、人間の健康に対して有害であることから社会的問題となっている¹⁻³⁾。1970年代から1980年代にかけて浄水過程での塩素処理による THM 生成機構に関する研究が数多く行われ^{4,5)}、河川表流水を塩素処理すると THM が生成されることが明らかになり、全有機炭素量 (TOC)、化学的酸素要求量 (COD) 及び色度物質との相関性があったことから、その前駆物質としてフミン物質が推定された。

本研究室では既に、淀川水系河川水中のフミン物質濃度と分子量の同時測定を行い、淀川水系河川水におけるフルボ酸濃度はフミン酸濃度の約10倍であり、河川水中ではフルボ酸が優先したフミン物質であることを明らかにしている^{6,7)}。また、フルボ酸濃度と THM 生成能の季節変化を測定し、フミン物質濃度が高いほど THM 濃度が高くなり、フミン物質と THM 生成能に相関関係があること、藻類量や臭化物イオンの影響についても明らかにしている⁸⁾。しかし、今井らは霞ヶ浦湖水中の溶存有機物質 (DOM) をカラム分画し、親水性酸による THM 生成能は疎水性酸の約2倍であり、湖水では親水性酸の方が疎水性酸よりも重要な前駆物質であると報告している^{9,10)}。本研究室では、琵琶湖水及び淀川水系河川水中 DOM をカラム分画し、それぞれの画分を塩素化することにより、疎水性酸、疎水性中性物質及び親水性有機物質の THM 生成能に及ぼす寄与率を求めた。DOM に疎水性酸が占める割合は、河川水では30~60%、琵琶湖北湖水では25%前後で、河川水の方が高いという結果が得られた。THM 生成能は、河川水ではフミン物質など疎水性酸の寄与が70%前後と高く、一方、琵琶湖北湖水では疎水性酸の寄与は30%前後で、親水性有機物質の寄与と同程度であった。また、琵琶湖水における親水性画分の単位有機炭素あたりの THM 生成能は、河川の約2倍で、これは、親水性有機物質の種類が、河川と湖水では異なるためではないかと推定された^{11,12)}。

本研究では、琵琶湖水中の DOM をカラム分画し、DOM 及びその画分濃度並びに THM 生成能の鉛直分布や月変化を求め、これらの動態解析を行った。さらに、3種類の植物プランクトン、*Microcystis aeruginosa*, *Staurastrum dorsidentiferum* 及び *Cryptomonas ovata* を培養し、これら藻類由来有機物の THM 生成能を求め、土壌起源のフミン物質 (フミン酸・フルボ酸) の THM 生成能と比較することにより、藻類由来有機物及びフミン物質の琵琶湖の THM 生成能への寄与を解析した。

2. 実 験

2. 1. 試薬と装置

フミン物質の標準試料としては、Aldrich 製のフミン酸と、日本腐植物質学会提供の Dando（愛知県段戸，褐色森林土）及び Inogashira（静岡県猪之頭，黒ぼく土）のフミン酸とフルボ酸をそれぞれ用いた。Aldrich 製のフミン酸は，既報⁶⁾に従って精製した。塩酸などの酸は有害金属測定用試薬を，その他の試薬は特級試薬を用いた。

溶存有機物質（DOM）の分画には，非イオン性マクロ網状アクリル樹脂の Supelco 製 DAX-8（28-73mesh，平均表面積400m²/g 以上，平均孔径400~500Å）を使用した。DAX-8 樹脂は，既報¹¹⁾に従って精製して用いた。精製した DAX-8 樹脂 5ml をテフロンカラム（10Φ×50mm）に充填し，蒸留水を約 1L 通水しカラムのコンディショニングを行った。カラム通水は，タイゴンチューブを用いた Iwaki 製ペリスタリティックポンプ PST-100を使用した。全有機炭素計は島津製 TOC-VCSH を使用した。溶存有機炭素（DOC）濃度は，ろ過後の試料を 1M 塩酸で pH 2 になるように調整し，キャリアガス（純空気）を通気して無機炭素を除去した後に行った。pH 計は堀場製 F-15を用いた。

THM 生成能の測定には，島津製ガスクロマトグラフ装置 ECD-GC-14A と島津製クロマトパック C-R4A を使用した。キャピラリーカラムは，Quadrex の Halomatics 624，（0.53Φ×30m，膜厚3.0μm）を用いた。試料注入部の温度は200℃，検出器の温度は250℃とし，カラム温度は35℃で3分間一定とし，8℃/min で160℃まで昇温して20分間一定で測定した。

2. 2. 琵琶湖水試料のサンプリング

2006年12月から2007年12月まで琵琶湖水試料の採水は，琵琶湖南湖の2地点，浜大津（St. 1）と雄琴（St. 2），並びに琵琶湖北湖の4地点，近江舞子（St. 3），近江高島（St. 4），多景島（St. 5）及び近江今津（St. 6）の計6地点で毎月行った。2008年は7月から，琵琶湖南湖の1地点，堅田沖中央（St. 9B），並びに琵琶湖北湖の3地点，南比良沖中央（St. 12B），安曇川沖中央（St. 15B）及び



Fig. 1 Sampling stations in Lake Biwa St. 1 Hamaotsu, St. 2 Ogoto, St. 3 Omimaiko, St. 4 Omitakashima, St. 5 Takeijima, St. 6 Omiimazu, St. 9B Katada, St. 12B Minamihira, St. 15B Adogawa, St. 17B Imazu.

今津沖中央 (St. 17B) の計 4 地点で毎月採水を行っている。採水地点を Fig. 1 に示す。各地点では表層水を採水したが、St. 3, St. 5, St. 12B 及び St. 17B ではバンドーン採水器を用い、水深別に採水した。採水した試料水は、研究室に持ち帰り、できるだけ早くミリポアのメンブレンフィルター (0.45 μ m) でろ過した。

2. 3. 琵琶湖水中 DOM の分画とフミン物質の測定

琵琶湖水中の DOM の分画法は既報の方法^{11), 12)} に従って行った。pH 2 で DAX-8 樹脂に吸着しアルカリで溶出するものを疎水性酸、吸着しないものを親水性有機物質とした。疎水性塩基は 4 % 以下と存在割合が小さいので^{11), 12)}、ここでは、それ以外の DOM を疎水性中性物質とした。Dando フルボ酸を用いた DAX-8 樹脂への吸着及び脱着の実験では、吸着率は 100%, 回収率は 92% と良い結果が得られた。

各画分の DOC 濃度は以下のように計算した。

$$\text{HoA (疎水性酸)} = (\text{DOC3} - \text{B1}) \times \text{溶出液体積} / \text{試料体積}$$

$$\text{HoN (疎水性中性物質)} = \text{DOC1} - \text{HoA} - \text{Hi}$$

$$\text{Hi (親水性有機物質)} = \text{DOC2} - \text{B2}$$

ここで、DOC1~DOC3 は、未分画試料、DAX-8 樹脂に非吸着画分、及び吸着画分それぞれの DOC 値である。B1 及び B2 は、樹脂カラムを 0.1M 水酸化ナトリウム及び pH 2 の蒸留水がそれぞれ通過後の DOC 値である。B1 及び B2 はそれぞれ $0.30 \pm 0.20 \text{mgC/l}$ ($n = 4$), $0.20 \pm 0.15 \text{mgC/l}$ ($n = 4$) であった。

琵琶湖水中のフミン物質は、既報の蛍光検出-ゲルクロマトグラフ法^{7), 11)} を用い、濃度と分子量の同時測定を行った。Dando フルボ酸を標準物質としてフミン物質濃度を求めた。

2. 4. 植物プランクトンの培養

植物プランクトンは、国立環境研から提供された *Microcystis aeruginosa* (NIES-109), *Staurastrum dorsidentiferum* (NIES-665), 及び *Cryptomonas ovata* (NIES-275) を使用し、既報の方法^{13), 14)} に従って、培養した。藍藻類の *Microcystis* はアオコを形成する代表種、緑藻類の *Staurastrum* は 1985 年以前の優占種、褐色鞭毛藻類の *Cryptomonas* は 1985 年以降の優占種である。改変 VT 培地 630ml を入れた容量 1L の三角フラスコ 3 本をオートクレーブ (120 $^{\circ}$ C, 2atm) で 20 分加熱滅菌した後、藻類培養液を *Microcystis* は 10ml, *Staurastrum* と *Cryptomonas* は 15ml をそれぞれ接種した。*Microcystis* と *Staurastrum* の培養温度は 20 $^{\circ}$ C, *Cryptomonas* の培養温度は 15 $^{\circ}$ C とし、照度 2000lux (明暗各 12 時間周期) で無菌静置培養した。培養液をミリポア製のメンブレンフィルター (孔径 0.45 μ m) で吸引ろ過し、ろ液を試料とした。

2. 5. THM 生成能の測定

試料水 50ml を pH 7 に調整し、次亜塩素酸ナトリウムを活性塩素濃度 10ppm になるように添加した。25 $^{\circ}$ C 暗所で 24 時間反応させ、(1+10) リン酸 0.625ml および 0.5w/v% Na₂SO₃ 溶液 0.10ml をそれ

ぞれ添加し、反応を停止した。n-ペンタン中に THM を抽出し、その濃度を ECD-GC 法で測定して全 THM 生成能を求めた。

3. 結果と考察

3. 1. 琵琶湖における DOM 及びその画分の鉛直分布

2007年春季（4月）における琵琶湖表層水中 DOM は、北湖4地点では0.89–0.94mgC/l と、地点による濃度差は小さかったが、南湖2地点では1.05–1.26mgC/l と、北湖に比べ DOM 濃度は高く、地点による濃度差も認められた。夏季（7月）における琵琶湖表層水中 DOM は、1.25–1.43mgC/l と、4月に比べ南湖と北湖との濃度差は少なかった。2008年の DOM 濃度は、7月の表層水濃度が2007年と比較すると低かったが、採水地点による濃度差は小さかった。

琵琶湖北湖（近江舞子 St. 3）における湖水の水温と DOM 濃度の月別の鉛直分布を Fig. 2 に示す。近江舞子での湖水中 DOM 濃度は、4月には表層水、水深40m 共に0.94mgC/l で、水深による差は認められなかった。表層水と水深40m での DOM 濃度の違いは、5月まではほとんどなかったが8月で0.41mgC/l と最大になり、その後濃度差は小さくなり、12月には差がなくなった。琵琶湖北湖水の鉛直方向の DOM 濃度は、6～11月において水深10–30m を境に大きく低下した。2007年の近江舞子における湖水の水温は、1～3月は上下の差がなく、4月に表層水の水温が高くなり、5月から水温躍層ができ始め、8月には水深10–20m に水温躍層が形成された。10月頃から表層水の水温

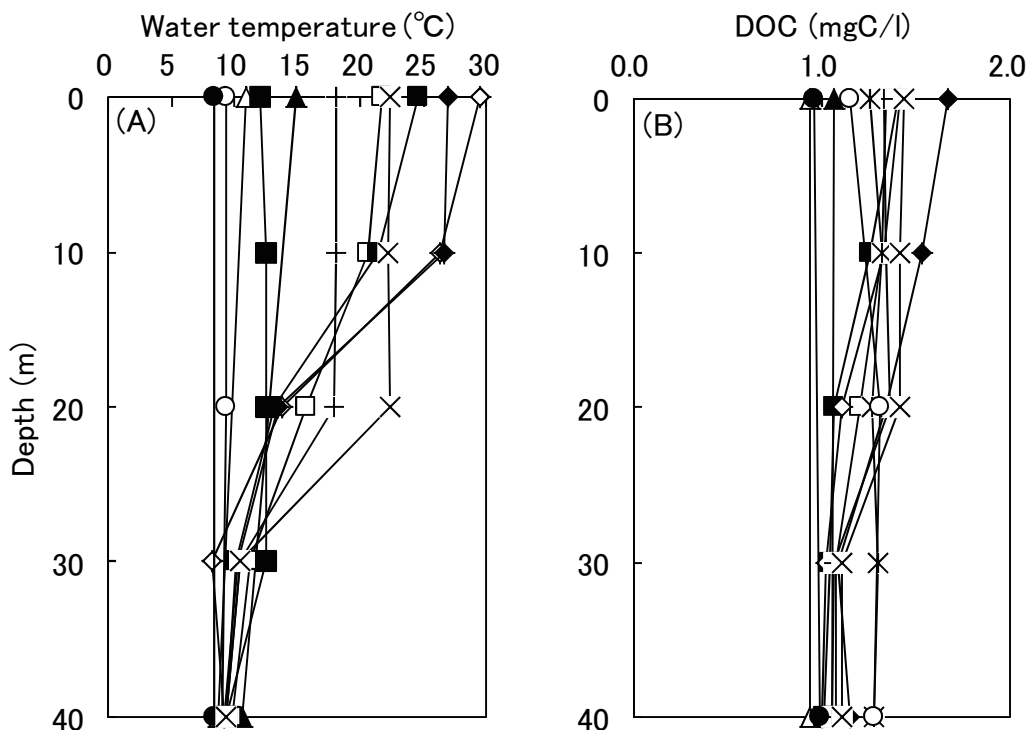


Fig. 2 Vertical distribution of water temperature and concentration of dissolved organic matter (DOM) from water samples of Lake Biwa (St. 3 Omimaiko) (2007).

○: January, ●: March, △: April, ▲: May, □: June, ■: July,
◇: August, ◆: September, ×: October, +: November, *: December

が低下し始め、12月には上下の水温差がほとんどなくなった。近江舞子の湖水中 DOM 濃度と水温の鉛直分布を比較すると、循環期の4月頃まで DOM 濃度は水深による差がないが、成層期では DOM 濃度が水温躍層（水深10–20m）の上下で大きく変化している。水深別に採水して分析した多景島（St. 5）、南比良沖中央（St. 12B）及び今津沖中央（St. 17B）でも近江舞子と同様の結果が得られた。これらの結果より、琵琶湖水中 DOM 濃度は、湖水の水温の鉛直分布による影響が大きいことがわかった。

3. 2. 琵琶湖水における DOM 及びその画分の月変化

琵琶湖水の DOM 濃度は、2007年は南湖、北湖のすべての地点で1～4月に低下して4月に最小値となり、5～9月に上昇し、9月以降低下した。南湖の DOM 濃度は、より南に位置する浜大津が雄琴より高く、4月は1.26mgC/l と低く、9月は1.73mgC/l と増加した。北湖の DOM 濃度は、南側の近江舞子でやや高い値を取る傾向を示したが、地点による濃度差は比較的小さかった。2008年における琵琶湖北湖水の DOM 濃度は、7月の表層水濃度が前年と比較すると低かったが、8月にやや上昇した後の濃度変化は小さかった。

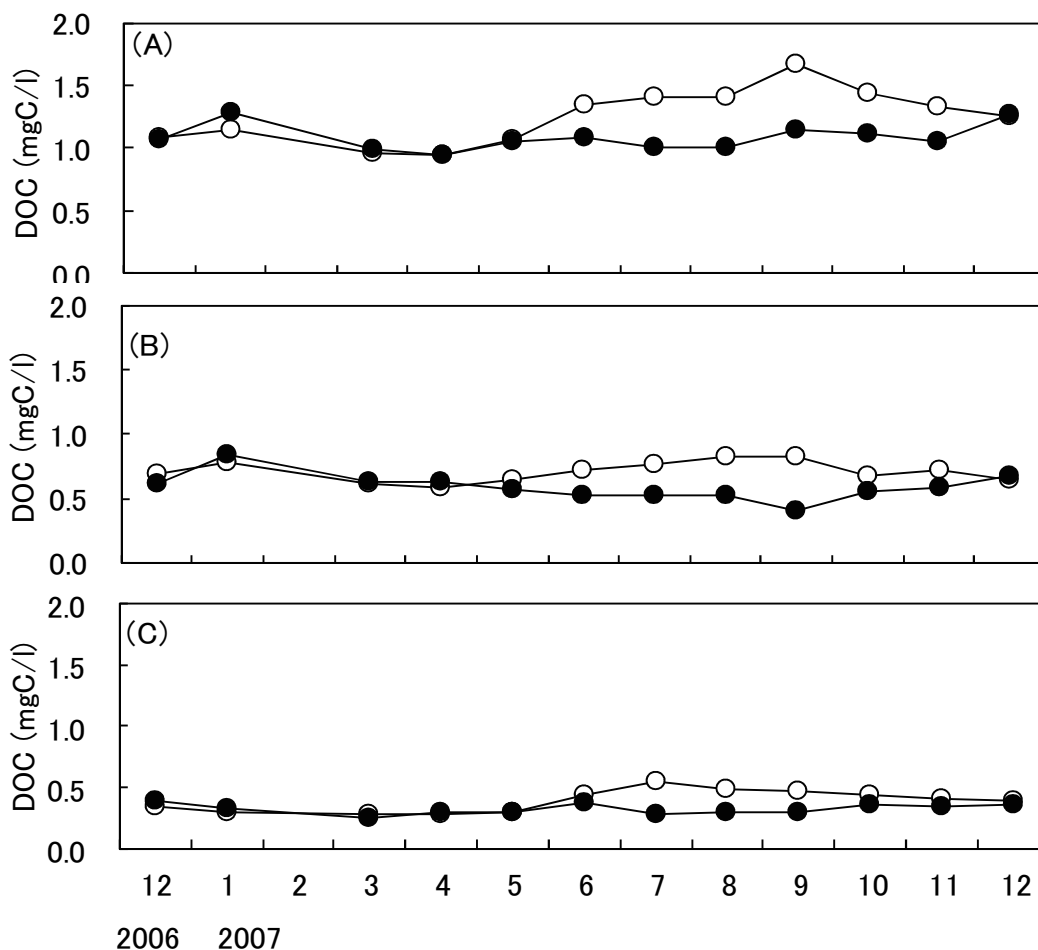


Fig. 3 Monthly changes in the DOC concentrations of DOM (A), hydrophilic (B), and hydrophobic (C) DOM fractions from water samples of Lake Biwa (St. 3 Omimaiko). depth: ○ 0m, ● 40m

琵琶湖北湖（近江舞子 St. 3）における DOM, Hi 及び HoA 濃度の月変化を, Fig. 3 の (A) ~ (C) にそれぞれ示す。近江舞子の DOM 濃度は, 4 月の 0.94mgC/l から 9 月には 1.67mgC/l と大きく増加し, 12 月には 1.25mgC/l まで低下した。近江舞子における DOM 濃度は, 2006 年 12 月から 2007 年 5 月までは表層と水深 40m でほとんど差はなかったが, 6 ~ 11 月にかけて表層水の DOM 濃度が水深 40m の DOM 濃度に比べ高濃度となった。多景島 (St. 5) でも DOM 濃度は同様の月変化を示した。2002 年の琵琶湖調査では, 近江今津付近における表層水の DOC 濃度は, 4 月の 1.10 mgC/l から 8 月には 2.20mgC/l まで増加し, 秋季に減少したと報告されている¹⁵⁾。近江舞子の表層水の Hi 濃度は, 1 月の 0.78mgC/l から 4 月に 0.59mgC/l まで低下し, それ以降増加して 9 月に 0.82 mgC/l となり, その後再び低下して 12 月には 0.65mgC/l となった。水深 40m での Hi 濃度は 1 月に 0.84mgC/l と高い値を示した後低下して 9 月には 0.40mgC/l と約 1/2 の値となったが, その後増加して 12 月には濃度 0.67mgC/l を示した。1 ~ 6 月における近江舞子の湖水の HoA 濃度は 0.27 - 0.37 mgC/l で水深による濃度差は少なく, 7 ~ 11 月は表層水の HoA 濃度が水深 40m より高く, その濃度差は 0.06 - 0.26mgC/l であった。多景島での表層水と水深 40m の HoA 濃度の濃度差は, 近江舞子より小さく 0.01 - 0.15mgC/l であった。

環境水中フミン物質濃度測定用に開発した蛍光検出-ゲルクロマトグラフ法で琵琶湖水を測定すると, 近江舞子でのフミン物質濃度は 3 月から 5 月にかけて減少して 0.31mg/l となり, その後増加して 8 月に 0.59mg/l と最大値に達し, それ以降減少し 12 月には 0.31mg/l となった。蛍光検出-ゲルクロマトグラフ法で琵琶湖水中の DOM を測定すると, ピーク 1 (RT = 30min), ピーク 2 (RT = 32min) 及びピーク 3 (RT = 35min) の主に 3 つのピークが検出され, これらのピークの分子量はそれぞれ 5000 - 10000, 3000 - 5000, 3000Da 以下に相当する^{7), 11)}。標準物質として用いた土壌起源のフルボ酸のゲルクロマトグラムではピーク 1 がほとんどで, 琵琶湖水の DOM では高分子量のものに対応する。また, 3 種類の植物プランクトン, *Microcystis aeruginosa*, *Staurastrum dorsidentiferum* 及び *Cryptomonas ovata* の培養時における生産有機物のゲルクロマトグラムでは主にピーク 3 が検出され, 琵琶湖水の DOM では分子量 3000Da 以下の比較的 low molecular weight のものに対応する^{13), 14)}。

5 ~ 11 月に琵琶湖表層水の DOM, Hi 及び HoA 濃度が増加した原因を明らかにするため, Hi あるいは HoA 濃度とクロロフィル濃度の関係及び Hi あるいは HoA 濃度とフミン物質濃度の関係を Fig. 4 の (A) と (B) にそれぞれ示す。Hi あるいは HoA 濃度とクロロフィル濃度の関係は, それぞれ $y = 0.14x + 0.61$ ($R^2 = 0.61$), $y = 0.18x + 0.29$ ($R^2 = 0.61$) と, 良い正の相関関係を得た。これは, 植物プランクトンの増加が, 親水性有機物質のみでなく疎水性酸の増加にも寄与していることを示している。一方, Hi あるいは HoA 濃度とフミン物質濃度の関係は, それぞれ $y = 0.54x + 0.51$ ($R^2 = 0.51$), $y = 0.64x + 0.16$ ($R^2 = 0.52$) と良い正の相関関係を示した。DAX-8 樹脂に定量的に吸着する土壌起源のフミン物質は疎水性酸であり, 親水性有機物質の増加には植物プランクトンなど内部生産の寄与が大きいと考えられる。藻類由来有機物の内, フルボ酸様蛍光物質は土壌起源フミン物質と蛍光特性は同じだが主に親水性であり, タンパク質様蛍光物質は主に疎水性である^{13), 14)}。

これらの結果より, 春季から夏季における DOM 濃度の増加は, HoA と Hi 濃度両方の増加の寄

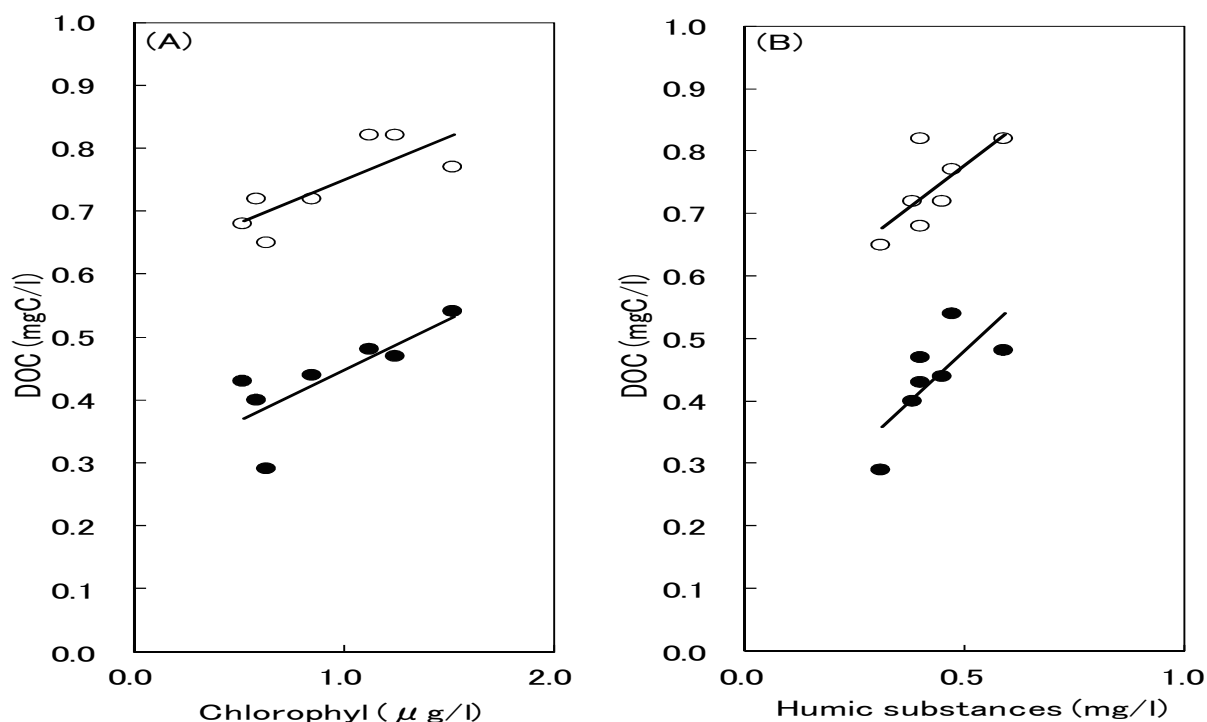


Fig. 4 Relationships between the concentrations of hydrophilic or hydrophobic DOM fractions and chlorophyll (A), and relationships between the concentrations of hydrophilic or hydrophobic DOM fractions and humic substances (B)
○ hydrophilic DOM, ● hydrophobic DOM

与が大きく、琵琶湖北湖の春季から夏季の溶存有機物質の増加は、フミン物質の増加に加えて内部生産による親水性有機物質の増加によるものと考えられる。

3. 3. 琵琶湖水における THM 生成能の鉛直分布と月変化

2008年における琵琶湖水の DOC と THM 生成能の関係を求めた。2008年 7～12月の南比良沖中央 (St. 12B) における水温、DOC 及び THM 生成能の鉛直分布を Fig. 5 に示す。2007年と同様、2008年の 7～11月は成層期で水深10～20m に水温躍層が形成され、DOC 値は表層水では 7～9月よりも10月の値が高く、7～9月は水深10m 付近で最も高い値を示し、いずれの月も DOC 値は水温躍層の上下で大きく変化した。表層水の DOC 値が 7～9月に10月より低いのは、表層水のフミン物質濃度が 7～9月に低かったためと考えられる。これは表層水のフミン物質濃度が秋季よりも夏季に高かった2007年とは異なっていた。THM 生成能も表層水では 7～9月よりも10月の値が高く、水深10m 付近でそれぞれ $42.5\mu\text{g/l}$, $37.5\mu\text{g/l}$, $47.9\mu\text{g/l}$ 及び $46.1\mu\text{g/l}$ と高い値を示し、水深20m 以下では $35\text{--}40\mu\text{g/l}$ の値で水深による変化は小さかった。2008年 7～12月の南比良沖中央 (St. 12B) における表層水の THM 生成能と DOM 濃度は $y = 50.1x - 25.5$ ($R^2 = 0.268$)、THM 生成能とフミン物質濃度は $y = 19.9x + 34.8$ ($R^2 = 0.422$) という関係が得られ、THM 生成能には溶存有機物質とフミン物質の両方が寄与することがわかる。

南比良沖中央 (St. 12B) の湖水の単位有機炭素あたりの THM 生成能は、表層水、水深10m 及び

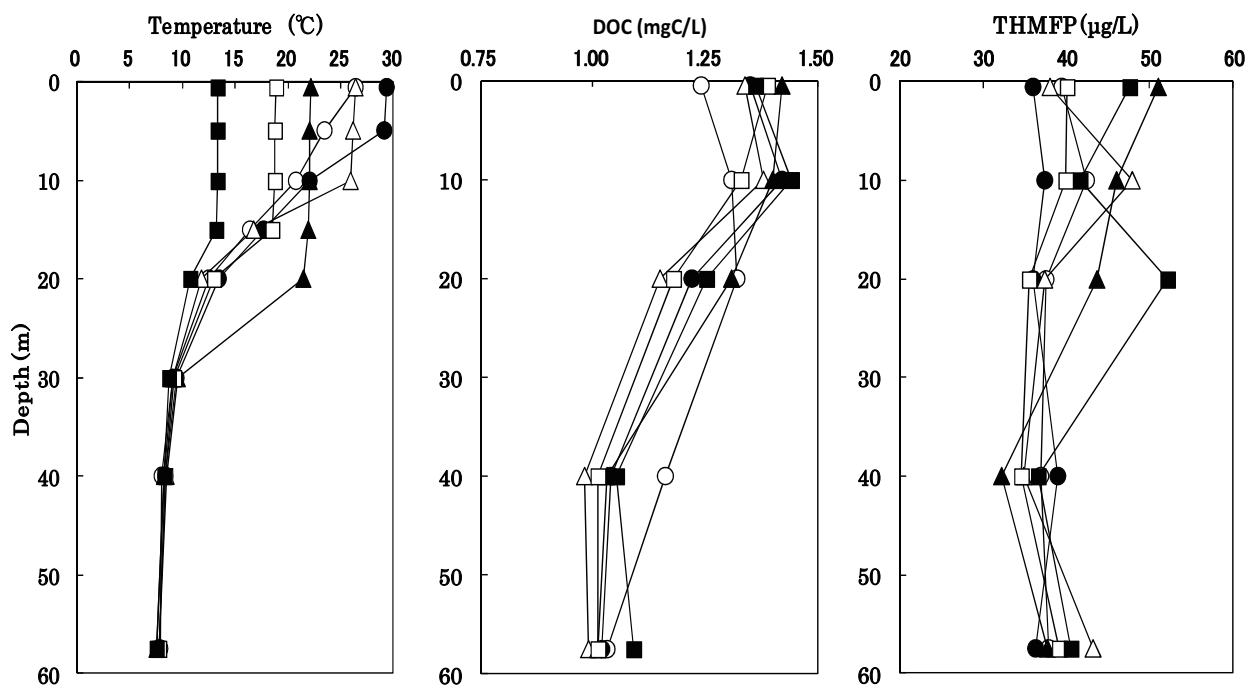


Fig. 5 Vertical distribution of water temperature, DOC and trihalomethane formation potential (THMFP) from water samples of Lake Biwa (St. 12B Minamihira) (2008).
○: July, ●: August, △: September, ▲: October, □: November, ■: December

水深60m付近で、8月には26.7, 26.4及び35.7 $\mu\text{g}/\text{mgC}$, 9月には28.4, 34.7及び43.7 $\mu\text{g}/\text{mgC}$ と、水深の浅い所の方が低い値となる傾向を示した。水深別に採水を行った今津沖中央 (St. 17B) でも南比良沖中央と同様の結果が得られた。これらの時期に水深の浅いところではクロロフィルの増加が観測され、単位有機炭素あたりの THM 生成能の相対的な低下には、植物プランクトンの寄与が推測される。南比良沖中央 (St. 12B) の湖水表層水での単位有機炭素あたりの THM 生成能とフミン物質濃度は、 $y = 12.7x + 26.5$ ($R^2 = 0.42$) という関係が得られ、単位有機炭素あたりの THM 生成能は、フミン物質濃度の増加により高くなることがわかった。

3. 4. 標準フミン物質及び藻類由来有機物のトリハロメタン生成能

土壌起源の標準フミン物質 (フルボ酸, フミン酸) 並びに湖水に生息する 3 種類の植物プランクトンの培養時と生分解時における藻類由来有機物の単位有機炭素あたりの THM 生成能を求めて Table 1 に示す。土壌起源のフミン物質は褐色森林土由来の Dando フルボ酸及び Dando フミン酸を用いた。

植物プランクトンは *Microcystis aeruginosa*, *Staurastrum dorsidentiferum* 及び *Cryptomonas ovata* を改変 VT 培地で培養し、定常期における藻類由来有機物を採取したものと定常期の試料に 2.5%琵琶湖水を添加して生分解を行った生分解143日後の試料を用いた。褐色森林土由来のフルボ酸及びフミン酸並びにアオコの原因である *Microcystis* 由来有機物の THM 生成能は、それぞれ87.8 $\mu\text{g}/\text{mgC}$, 74.2 $\mu\text{g}/\text{mgC}$ 及び58.9 $\pm 11.0\mu\text{g}/\text{mgC}$ ($n = 4$) と、琵琶湖水の値の 2 倍あるいはそれ以上の値であった。一方、*Staurastrum* 由来有機物及び *Cryptomonas* 由来有機物の単位有機炭素あたりの

Table 1 Trihalomethane formation potential (THMFP) per unit organic carbon on chlorination of standard humic substances and algal dissolved organic matter (DOM) released from three kinds of phytoplankton

Sample	THMFP/ $\mu\text{g mgC}^{-1}$
Humic substances	
Dando HA	74.2
Dando FA	87.8
Algal DOM released from plankton	
During cultivation	
<i>Microcystis aeruginosa</i>	58.9 \pm 11.0 (n = 4)
<i>Staurastrum dorsidentiferum</i>	17.4 \pm 8.0 (n = 4)
<i>Cryptomonas ovata</i>	23.9 \pm 5.4 (n = 4)
During biodegradation	
<i>Microcystis aeruginosa</i>	39.6
<i>Staurastrum dorsidentiferum</i>	20.2
<i>Cryptomonas ovata</i>	33.0

THM 生成能 (n = 4) はそれぞれ17.4 \pm 8.0 $\mu\text{g}/\text{mgC}$, 23.9 \pm 5.4 $\mu\text{g}/\text{mgC}$ で、琵琶湖水の値よりも低かった。一方、生分解時における藻類由来有機物の単位炭素あたりの THM 生成能は *Microcystis aeruginosa*, *Staurastrum dorsidentiferum* 及び *Cryptomonas ovata* で、それぞれ39.6 $\mu\text{g}/\text{mgC}$, 20.2 $\mu\text{g}/\text{mgC}$ 及び33.0 $\mu\text{g}/\text{mgC}$ と、培養時の値と比較するとプランクトン種による違いは少なかった。

これらの結果から、藻類由来有機物の単位有機炭素あたりの THM 生成能は、土壌起源のフミン物質の値よりは低く、培養時は藻類の種類によってかなり異なるが、生分解時は種類による違いは少ないことがわかった。2008年8月及び9月に採水した藻類の影響が大である琵琶湖水の単位有機炭素あたりの THM 生成能は26.4~28.4 $\mu\text{g}/\text{mgC}$ で、培養した藻類由来有機物の値とよく一致していた。また、2004年10月に採水した琵琶湖水の親水性画分の単位炭素あたりの THM 生成能は24.8 $\mu\text{g}/\text{mgC}$ ¹²⁾、霞ヶ浦の親水性画分の値は31.4 $\mu\text{g}/\text{mgC}$ と報告されている¹⁶⁾。これらの値も培養した藻類由来有機物の値と類似しており、親水性画分は藻類の生産有機物の寄与が大きいと言える。

4. 結 言

2006年12月から琵琶湖水を採水し、湖水中の DOM を疎水性樹脂 (DAX-8) で疎水性酸 (HoA), 疎水性中性物質 (HoN) 及び親水性有機物質 (Hi) にカラム分画し、DOM 及びその画分の鉛直分布や月変化など動態解析を行った。DOM とその画分の鉛直分布は、5月までは水深に関係なくほぼ均一だが、夏季6~9月には水温躍層 (水深10-20m) の間で大きく変化した。表層水の DOM, Hi 及び HoA 濃度は、5~9月に増加し、水深の深い所との濃度差が大となった。これらが増加した春季から夏季にはクロロフィルの増加がみられ、フミン物質の増加に加えて内部生産による Hi 濃度の増加が影響していると考えられる。トリハロメタン (THM) 生成能は、水深10m 付近で高く、水深20m 以下では35-40 $\mu\text{g}/\text{l}$ の値で水深による変化は小さかった。培養時における藻類由来有機物の単位有機炭素あたりの THM 生成能は *Microcystis aeruginosa* > *Cryptomonas ovata* > *Staurastrum*

dorsidentiferum の順で、その種類によってかなり異なり、土壌起源のフミン物質の THM 生成能より低い値を示した。一方、生分解時における藻類由来有機物の単位有機炭素あたりの THM 生成能は、その種類による違いは少なく、湖水の値に近い値を示した。

文 献

- 1) J.J. Rook: *J. Am. Water Works Assoc.*, **68**, 168 (1976).
- 2) J.J. Rook: *Environ. Sci. Technol.*, **11**, 478 (1977).
- 3) U.S Environmental Protection Agency (EPA): National interim primary drinking water regulations, Control of trihalomethanes in drinking water, Fedeml Register, Vol. 44, No. 231, p. 68624 (1979).
- 4) 梶野勝司: 衛生化学, **28**, 16 (1982).
- 5) 丹保憲仁編著: "水道とトリハロメタン," pp. 25 (1989), (技報堂出版).
- 6) E. Yamada, T. Ozaki, M. Kimura: *Anal. Sci.*, **14**, 327 (1998).
- 7) E. Yamada, K. Doi, K. Okano, Y. Fuse: *Anal. Sci.*, **16**, 125 (2000).
- 8) E. Yamada: *Anal. Sci.*, **13**, 385 (1997).
- 9) 今井章雄他: 国立環境研究所特別研究報告 SR-36-2001, 国立環境研究所 (2001).
- 10) 今井章雄, 福島武彦, 松重一夫, 井上隆信, 石橋敏昌: 陸水学雑誌, **59**, 53 (1998).
- 11) S. Aoki, Y. Fuse, E. Yamada: *Anal. Sci.*, **20**, 159 (2004).
- 12) 永井健一, 青木眞一, 布施泰朗, 山田 悦: 分析化学 (*Bunseki Kagaku*), **54**, 923 (2005).
- 13) S. Aoki, S. Ohara, K. Kimura, H. Mizuguchi, Y. Fuse, E. Yamada: *Anal. Sci.*, **24**, 389 (2008).
- 14) S. Aoki, S. Ohara, K. Kimura, H. Mizuguchi, Y. Fuse, E. Yamada: *Anal. Sci.*, **24**, 1461 (2008).
- 15) Y. Sugiyama, *Limnology*, **4**, 165 (2006).
- 16) 今井章雄, 第21回琵琶湖研究シンポジウム講演要旨集, p. 12 (2003).