

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 21 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24404008

研究課題名(和文)太湖生態系機能復元のための底質環境の実態調査

研究課題名(英文) Investigation of benthic environment for recovery of ecological function in Lake Taihu.

研究代表者

西村 修(Nishimura, Osamu)

東北大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：80208214

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：中国江蘇省にある浅い富栄養化湖沼である太湖において、底質形成機構を明らかにするために、底質有機炭素の起源と底生動物の有機物利用の実態を脂肪酸や炭素安定同位体比を用いて調査した。その結果、太湖の懸濁物質には藍藻に由来する脂肪酸が多く存在していたが、底質からは季節や場所によらず高等植物に由来する脂肪酸が最も多く検出され、高等植物に由来する有機物が底質に蓄積していることが明らかとなった。底生動物の同化餌源を調べた結果、主に藍藻を摂食・同化する一方で、高等植物の餌利用の割合は小さかった。底生動物による藍藻の選択的餌利用が底質に高等植物が蓄積している一因と考えられた。

研究成果の概要(英文)：The origin of sedimentary organic carbon and assimilated food source of dominant benthic animals were investigated with fatty acid biomarker and stable carbon isotope in hyper-eutrophic shallow lake, Lake Taihu in China. While suspended matter in Lake Taihu contained much more cyanobacteria derived fatty acid biomarker than higher plants, higher-plant-derived fatty acid biomarker was dominant in sediments from whole of the lake in summer and winter. Fatty acid analysis revealed that dominant benthic animals mainly assimilated cyanobacteria not higher plants. The consumption of cyanobacteria by benthic animals may one of the possible explanation for accumulation of higher-plant-derived organic carbon in sediments from Taihu.

研究分野：環境生態工学

キーワード：底質 藍藻 高等植物 有機物起源 脂肪酸 安定同位体比

1. 研究開始当初の背景

中国江蘇省にある太湖は、集水域 3000 万人の水源であると同時に活発な漁業が行われており地域住民の生活にとって非常に重要な湖である。さらに太湖には固有種が生息し生物多様性においても貴重な価値があるのみならず、醸し出す風光明媚な景観は観光資源としても高い評価を受けており、太湖が有する様々な生態系機能を適切に管理することはグローバル的観点からも重要な課題として位置付けられている。

しかし周辺地域の発展に伴い深刻な富栄養化が引き起こされ、藍藻類の異常増殖が発生してしまっており、太湖の生態系機能は大幅に劣化している。工場排水の規制など太湖に流入する栄養塩の規制は始まっているが、状況が改善しているとは言い難い。栄養塩流入規制による対策は我が国における富栄養化湖沼においても常套的に用いられてきているものの、太湖同様に改善の兆しは見られない。

そのような状況の中、底質の有機汚濁化による内部負荷の増加は相対的に重みを増しており、底質環境に目を向けることの重要性に対する認識が世界的に高まりつつある。特に太湖は 2250km² と中国 4 番目の面積を誇る広大な湖でありながら、平均水深は 2m と著しく浅いため、底質からの栄養塩の回帰や、有機物分解に伴う貧酸素化など底質が水質に与える影響は相対的に顕在化しやすいという特徴を有していると考えられる。すなわち劣化した太湖の生態系機能を復元するためには底質環境の改善が不可欠である。

底質環境を改善するに当たっては、底質の有機汚濁の現状を把握するとともに、有機汚濁が発生する機構を理解することがもたらされる。特に底質に蓄積する有機物の起源を明らかにすることは、底質の有機汚濁を予防するための対策を考案する上で重要である。湖沼の有機物起源としては主に外来性のものと内部生産に分けられるが、太湖の底質有機物起源に関する情報は見られない。また、底質有機物動態の重要な因子として、底生動物による摂食作用が考えられる。太湖における食物網に関する調査・研究は高次消費者への藍藻毒の蓄積に関するものが多く、底泥の摂食に焦点をあてた研究は極めて少ない。

2. 研究の目的

底質有機汚濁の現状と形成機構を明らかにすることを目的として、まず、太湖全域における底質有機炭素起源の分布を明らかにする。さらに、主要な底生動物がどのような有機物を餌として利用しているのか明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 脂肪酸バイオマーカーによる全域調査

2012 年 8 月、2013 年 2 月に太湖における底質有機炭素の起源の面的分布を明らかに

するために、太湖全域の 33 地点 (図 1) において、底質を採集した。底質は船上からエクマン採泥器で採取し、表面およそ 1cm 程度の部分を底質サンプルとして脂肪酸分析および全有機炭素含有率の分析に供試した。2012 年 8 月の調査においては各サンプリング地点で表層水も採取した。採集した表層水はガラスフィルター(GF/F, 0.7 μm)でろ過し、ろ紙上に残ったものを懸濁物質サンプルとして脂肪酸を分析した。脂肪酸組成は Abdurcadir & Tsuchiya (2004) の One-step method を用いた。本研究では炭素数 24 以上の長鎖脂肪酸を高等植物由来、18:3n6 および 18:4n3 を藍藻由来の脂肪酸バイオマーカーとして用いた。

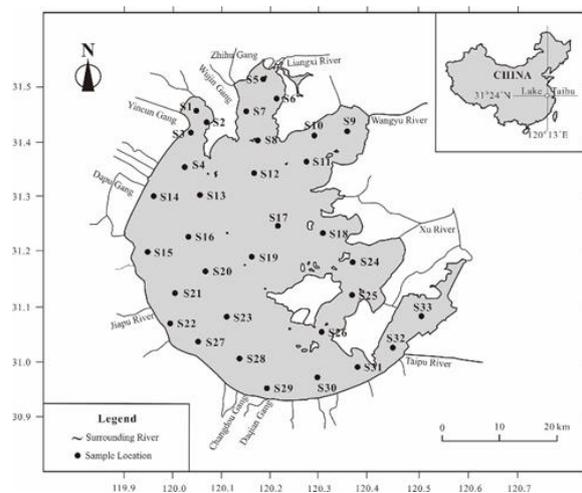


図 1 太湖全域調査時のサンプリング地点

(2) 底生動物の餌源解析

2013 年 8 月に太湖全域にてエクマン採泥器を用いて、太湖において優占して生息している巻貝, *Bellamya* sp. および二枚貝, *Corbicula fluminea* を採取した。採取した底生動物は水道水を入れた水槽に 24 時間入れておき、消化管内のものを排出させた。その後、軟体部を取り出し、凍結乾燥後脂肪酸分析に供試した。

4. 研究成果

(1) 脂肪酸バイオマーカーによる全域調査

懸濁物質から検出された藍藻及び高等植物由来の脂肪酸バイオマーカーの含有量を図 2 に示す。懸濁物質に含まれる藍藻に由来する脂肪酸バイオマーカーは主に西岸や北部の湾域で多く検出される傾向にあった。高等植物は北西部や南東部に含有量の極大が現れている。懸濁物質に含まれるそれぞれの有機物起源の脂肪酸バイオマーカーの含有量を比較すると、藍藻に由来する脂肪酸バイオマーカーの含有量が高く、藍藻の増殖が著しい太湖の好況を反映する結果となった。

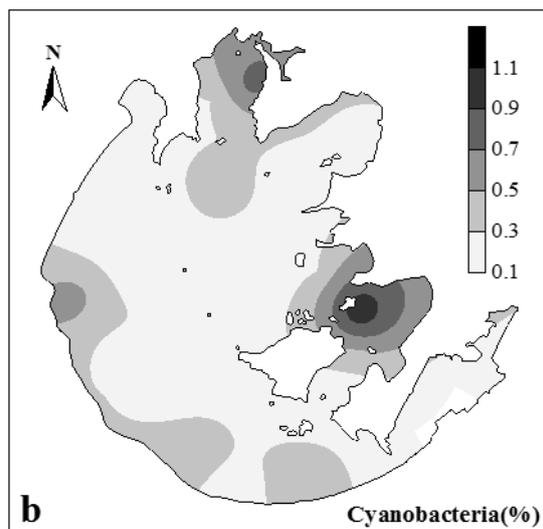
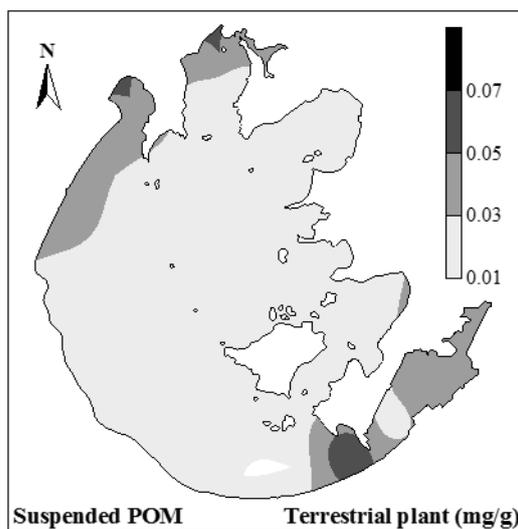
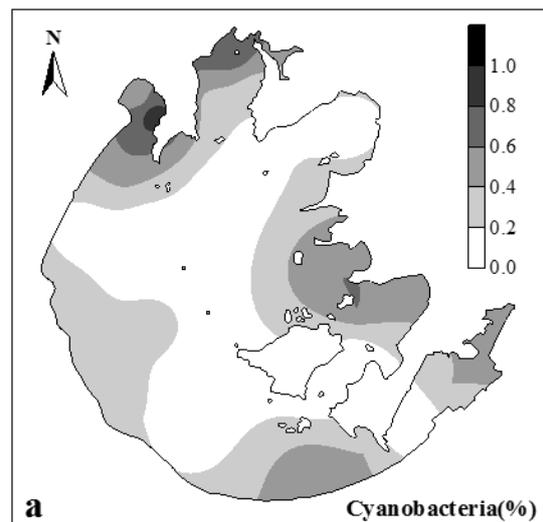
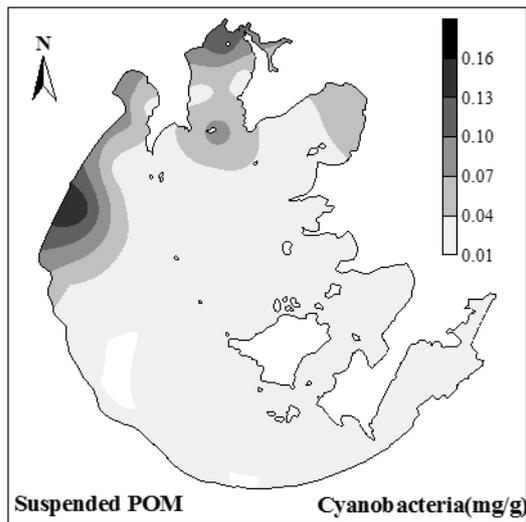


図2 2012年8月における懸濁物質中の藍藻由来の脂肪酸バイオマーカー含有量(上)と高等植物由来の脂肪酸バイオマーカー含有量(下)

次に底質中の藍藻に由来する脂肪酸バイオマーカーの含有率を図3、高等植物に由来する脂肪酸バイオマーカーの含有率を図4に示す。高等植物は2012年8月と2013年2月で南東部に含有率の極大が確認された。藍藻の極大が確認された地域は2012年8月と2013年2月で異なっており、2012年8月は北西部の湾内に、2013年2月は東部の沿岸域にそれぞれ確認されている。含有率を比較すると藍藻のバイオマーカー脂肪酸の含有率が1%程度であるのに対して、高等植物に由来するバイオマーカー脂肪酸はほぼ全域で10%以上検出されている。この傾向は2012年8月、2013年2月に共通しており、太湖底質では高等植物に由来するバイオマーカー脂肪酸が夏季・冬季ともに卓越していることが明らかとなった。バイオマーカー脂肪酸の含有率は起源となる有機物によっても異なるため、脂肪酸含有率がそのまま有機物起源の量に反映されるわけではない。そこで、底

図3 底質に含まれる藍藻由来の脂肪酸バイオマーカー含有率の平面分布 a: 2012年8月, b: 2013年2月

質の有機炭素含有率とそれぞれのバイオマーカー脂肪酸の含有率の関係を解析した(図5)。藍藻由来のバイオマーカー脂肪酸と底質の有機炭素含有率の間には有意な関係性は見られなかったが、高等植物に由来する脂肪酸バイオマーカーと底質の有機炭素含有率の間には有意な正の相関があり、高等植物由来の脂肪酸バイオマーカーの多い地点ほど底質の有機炭素含有率が高くなることが示された。このことは、高等植物に由来する有機炭素が底質に蓄積していることを示している。

太湖では藍藻の異常増殖が恒常化しており、懸濁物質からは藍藻に由来する脂肪酸バイオマーカーが高等植物に由来するバイオマーカーよりも多く検出されたが、底質に蓄積している有機物の起源は主に高等植物であることが明らかとなった。

(2) 底生動物の餌源解析

巻貝および二枚貝から検出された藍藻由

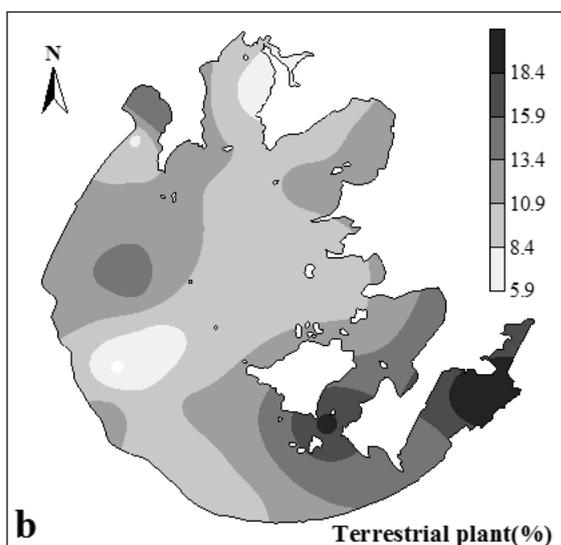
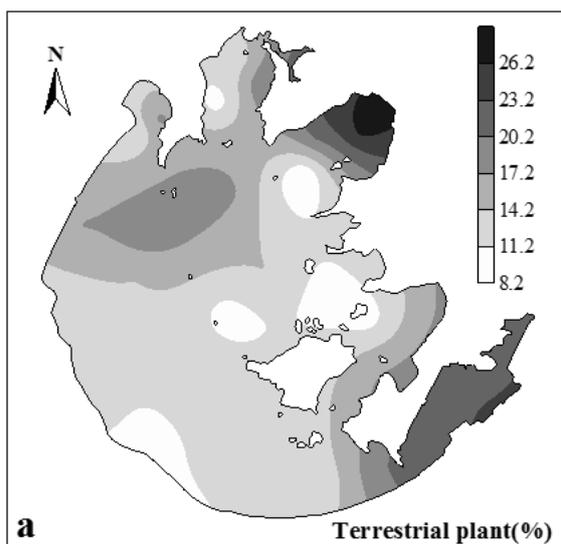


図4 底質に含まれる高等植物由来の脂肪酸バイオマーカー含有率の平面分布 a: 2012年8月, b: 2013年2月

来および高等植物由来の脂肪酸バイオマーカー含有率を図6に示す. 巻貝からは高等植物に由来する脂肪酸バイオマーカーは検出されなかった. 二枚貝からは, 藍藻および高等植物由来の脂肪酸バイオマーカーが検出されたが, 藍藻の方が含有率が高い傾向にあった. これらの結果は巻貝, 二枚貝ともに餌として藍藻を利用していることを示しており, 高等植物と比較してその寄与度も高いことを示唆している.

上述の通り太湖全域の底質有機炭素の起源解析において, 高等植物起源の有機物が蓄積していることが示されたが, これは底生動物による餌利用で藍藻に由来する有機物が消費され, 結果として残存した高等植物由来の有機物が蓄積している可能性が考えられる.

また, 他にも細菌による分解作用も有機物動態を決定する因子として大きいと考えられるが, 一般的に藍藻などの微細藻類は高等

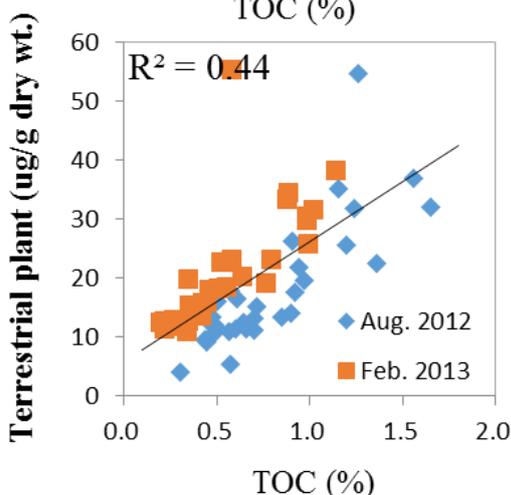
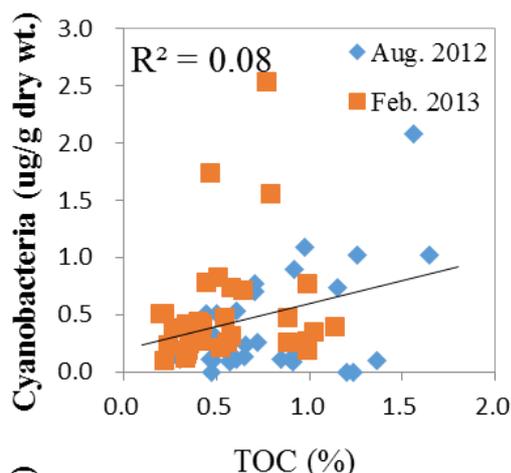


図5 太湖全域における底質有機炭素含有率 (TOC(%)) と脂肪酸バイオマーカー含有率の関係 上: 藍藻, 下: 高等植物

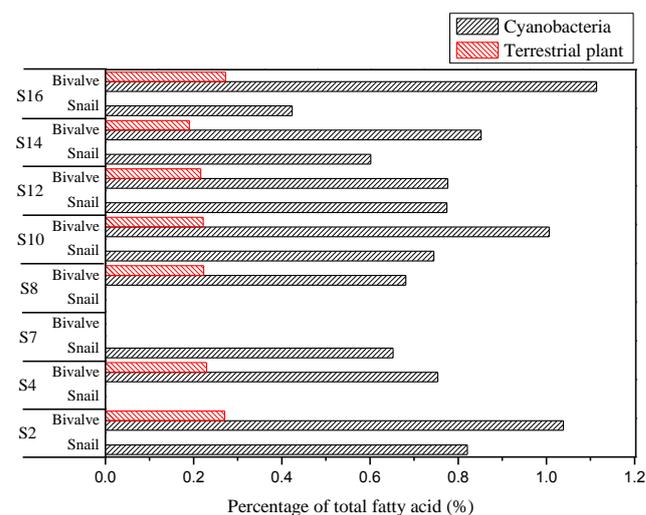


図6 2013年8月における各サンプリングステーションにおける巻貝と二枚貝の藍藻および高等植物由来の脂肪酸バイオマーカー含有率

植物に比べて分解性が高い. 実際, 申請者が行った 2011 年における太湖での予備調査においても, 細菌由来の脂肪酸の炭素安定同

位体比を用いた方法によって、底質中に含まれる細菌が藍藻と高等植物をどの程度、有機物として利用しているか調べたところ、藍藻の寄与が95%程度であり、太湖においても藍藻が高等植物と比較して優先的に分解されていることが示されている。

藍藻の異常増殖が起こっている太湖において藍藻由来の有機炭素が底質に蓄積していないのは底生動物による餌利用や細菌による無機化の影響であることが考えられた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

① Xiaoguang Xu, Wei Li, Megumu FUJIBAYASHI, Munehiro NOMURA, Osamu NISHIMURA, Xianning Li, Predominance of terrestrial organic matter in sediments from a cyanobacteria-blooming hypereutrophic lake, *Ecological Indicators*, Vol.50, pp. 35-43, 2015, 査読有, doi:10.1016/j.ecolind.2014.10.020

② Xiaoguang Xu, Wei Li, Megumu Fujibayashi, Munehiro Nomura, Takashi Sakamaki, Osamu Nishimura, Xianning Li, Feedback of Threshold via estimating sources and composition of sedimentary organic matter across trophic gradients in freshwater lakes, *Science of the Total Environment*, Vol.500-501, pp.373-382, 2014, 査読有, doi:10.1016/j.scitotenv.2014.08.113

[学会発表] (計 5 件)

① Megumu FUJIBAYASHI, Xiaoguang XU, Wei LI, Munehiro NOMURA, Xianning LI, Yoshio AIKAWA, Osamu NISHIMURA, Cyanobacteria as a food source for benthic animals in a hyper-eutrophic lake (Lake Taihu, China), 8th Shallow Lakes Conference, 2014年10月14日, Antalya, Turkey.

② XU Xiaoguang, LI Wei, FUJIBAYASHI Megumu, NOMURA Munehiro, NISHIMURA Osamu, LI Xianning, Potential source contributions of organic matter to sediments in eutrophic Lake Taihu, China: Is cyanobacteria the greatest? 第48回日本水環境学会年会, 2014年3月17日, 東北大学川内北キャンパス(宮城県仙台市)

③ 藤林恵, 野村宗弘, 相川良雄, 西村修, 許曉光, 李先寧: 異なる生産者構造を有する富栄養湖沼(太湖, 伊豆沼)における底質有機炭素の起源解析, 日本陸水学会第78回大会, 2013年9月11日, 龍谷大学瀬田キャンパス(滋賀県大津市)

④ XU Xiaoguang, FUJIBAYASHI Megumu, NOMURA Munehiro, NISHIMURA Osamu, LI Xianning, Investigating the sources of sedimentary organic matter in hypereutrophic

Lake Taihu (China) by using stable isotope ratio and fatty acid biomarkers, 第47回日本水環境学会年会, 2013年3月11日, 大阪工業大学大宮キャンパス(大阪府大阪市)

⑤ 藤林恵, 野村宗弘, 許曉光, 相川良雄, 西村修: 中国太湖における脂肪酸-炭素安定同位体比を用いた底生生態系の食物網解析, 日本生態学会第60回大会, 2013年3月7日, 静岡県コンベンションアーツセンター(静岡県静岡市)

6. 研究組織

(1)研究代表者

西村 修 (NISHIMURA, Osamu)
東北大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 80208214

(2)研究分担者

野村 宗弘 (NOMURA, Munehiro)
東北大学・大学院工学研究科・助教
研究者番号: 70359537

藤林 恵 (FUJIBAYASHI, Megumu)
東北大学・大学院工学研究科・助教
研究者番号: 70552397