

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 27 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26650164

研究課題名(和文)アンバランスな食物網構造の湖沼生態系の解明

研究課題名(英文)Ecological studies on a lake ecosystem with unbalanced food web structure

研究代表者

中野 伸一(Nakano, Shin-ichi)

京都大学・生態学研究センター・教授

研究者番号：50270723

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：佐鳴湖では、夏季にシアノバクテリアのSynechococcus属が優占したが、冬季には渦鞭毛藻類で動物プランクトンの餌となり得るKatodinium属が優占した。動物プランクトン密度は低く、とくに冬季は甲殻類、ワムシ共にほとんど検出できなかった。Synechococcusに対する摂食圧の測定を行った結果、佐鳴湖では生産されたSynechococcusの53から175%がおそらく鞭毛虫による摂食で死滅した。本湖の食物連鎖は、主に微生物食物網により駆動されており、生食連鎖は、たとえ冬季で動物プランクトンにとって摂餌し易い植物プランクトンが存在していても、あまり機能していないと思われた。

研究成果の概要(英文)：In Lake Sanaru, dominant phytoplankton in summer was cyanobacterial genus Synechococcus, and that in winter was dinoflagellate genus Katodinium which is an edible prey for meso-zooplankton. Density of zooplankton was usually low relative to that in previous studies, especially in winter. 53 to 175% of Synechococcus abundance was consumed by grazing, and flagellates were probably the most important grazers. Hence, it is likely that the food web dynamics in Lake Sanaru is driven by microbial food web between Synechococcus and flagellates. Herbivorous food chain between eukaryotic phytoplankton and meso-zooplankton is less important, even if there is the plenty of edible preys for meso-zooplankton.

研究分野：水域生態学

キーワード：食物網構造 佐鳴湖 シネココッカス 動物プランクトン 微生物食物網

1. 研究開始当初の背景

夏季の静岡県・佐鳴湖では、ピコ植物プランクトンの *Synechococcus* 属が圧倒的に優占する。我々は、これまでにピコ植物プランクトンと摂食者である鞭毛虫との食物連鎖（微生物ループ）について研究を行った（Takasu et al., pers. comm.）しかし、これら微生物以外にどのようなプランクトンが生息しているか、ほとんど情報が無かった。我々は、植物プランクトンや動物プランクトンのおおまかな組成を知ろうと、2012年8月31日に、試みに本湖の試水 100 リットルほどについてプランクトンネットを引き、プランクトンの濃縮サンプルを採った。ところが、大変奇妙なことに、得られたサンプルには植物プランクトンも動物プランクトンもほとんど得られなかった。静岡県は、2005年から2007年にかけて、近隣の関係研究機関の協力の下、本湖の生態系について詳細な調査を行った（静岡県産業部、2008）。その結果、動物プランクトンでは *Sinocalanus* 属や *Pseudodiptomus* 属が優占的であるが、その個体密度は概して低かった（澤本、2008）。植物プランクトンでは、*Synechococcus* 属が圧倒的に優占である（谷ら、2008）が、堆積物コアの分析からは *Thalassiosira*、*Puncticulata* などの海産珪藻類の属や、*Cyclotella*、*Aulacoseira*、*Gomphonema* などの淡水産珪藻類の属が検出された（谷ら、2008）。

著者らは、浅くて富栄養化が著しい点で佐鳴湖と共通する中国・太湖において、溶存有機物動態の研究を行っている。この研究でも、試みにプランクトンネットを引き、プランクトンの濃縮サンプルを採った。その結果、太湖では、植物プランクトンは *Microcystis* 属が圧倒的に優占していたが、動物プランクトンはほとんど採取されなかった。

湖沼の中には、湖水中に多くのデトリタスが存在し、濁度の高いものがある。ハンガリーのバラトン湖は、大量のデトリタスで湖水が濁っているが、このデトリタスは動物プランクトンの餌資源として重要であろうと指摘されている（Toth and Zankai 1985, Zankai and Ponyi 1986）。このような結果は、沿岸海洋でも報告が有り（Vincent et al. 1996, Yoshino et al. 2012）、国際的に広く受け入れられている事実であろう。佐鳴湖と太湖が、バラトン湖と共通して有している特性は、浅い水体であり、デトリタスが濁度が高い点である。しかし、先述の通り、佐鳴湖と太湖には動物プランクトンの現存量が極めて低いことを考えると、これら湖沼のデトリタスが動物プランクトンの餌資源として機能しているとは思えない。

2. 研究の目的

本研究では、佐鳴湖ではなぜ動物プランクトンが少ないのか？、本湖の食物網の構造は他の湖沼と異なるのか？ 本湖で卓越する食物連鎖は何か？を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

2014年9月6日、2015年2月7日、2015年9月5日、2016年2月5日に、静岡県・佐鳴湖の表層水 50 リットルを採取し、20ミクロンおよび70ミクロンのプランクトンネットで試水を濃縮した。得られたサンプルは、酸性ルゴール液を用いて固定し、実験室内でさらに濃縮し、光学顕微鏡を用いて濃縮サンプル中の動物プランクトン個体数を計数した。また、採取した湖水を GF/F ガラス繊維フィルターでろ過し、植物プランクトンをフィルター上に捕集した後、アセトン抽出により植物プランクトン色素を抽出し、HPLCによる色素分析を行った

ピコ植物プランクトンに対する原生生物による摂食について、佐鳴湖の湖水による希釈法を用いて測定した。

4. 研究成果

夏季の佐鳴湖では、2014年、2015年共に *Synechococcus* 属が優占していた ($1-2 \times 10^6$ cells ml^{-1}) が、冬季にはいずれの年も渦鞭毛藻類の *Katodinium* 属が優占した。後者は、動物プランクトンの餌資源として機能し得るサイズと形態である。この結果は、植物プランクトン色素分析とも一致しており（図1）初夏は珪藻によるフコキサンチンが優占であったが、8月と9月は藍藻によるカロテンとゼアキサンチンが優占し、12月から2月までは、一時的に珪藻が優占するが、渦鞭毛藻によるペリディニンが優占した。

一方、動物プランクトン個体密度は、夏季・冬季ともに低く、とくに冬季は甲殻類、ワムシともにほとんど検出できなかった。夏季は、ワムシが2014年に 54 ind. L^{-1} 、2015年に 18 ind. L^{-1} であったが、甲殻類動物プランクトンはそれぞれ 1.5 ind. L^{-1} （全てカイアシ類。ノープリウス幼生を含む）3.9 ind. L^{-1} （うち、カイアシ類 3.7 ind. L^{-1} 、枝角類 *Daphnia* 0.2 ind. L^{-1} ）であった。

希釈法による *Synechococcus* に対する摂食圧の測定を行った結果、佐鳴湖では生産された *Synechococcus* の 53-175%がおそらく鞭毛虫による摂食で死滅した。この食物連鎖は、日中は活発に機能していたが、夜間はほとんど機能していないと示唆された。

本湖の食物連鎖を通じた物質循環は、主として微生物ループにより駆動されており、植物プランクトンから動物プランクトンへの

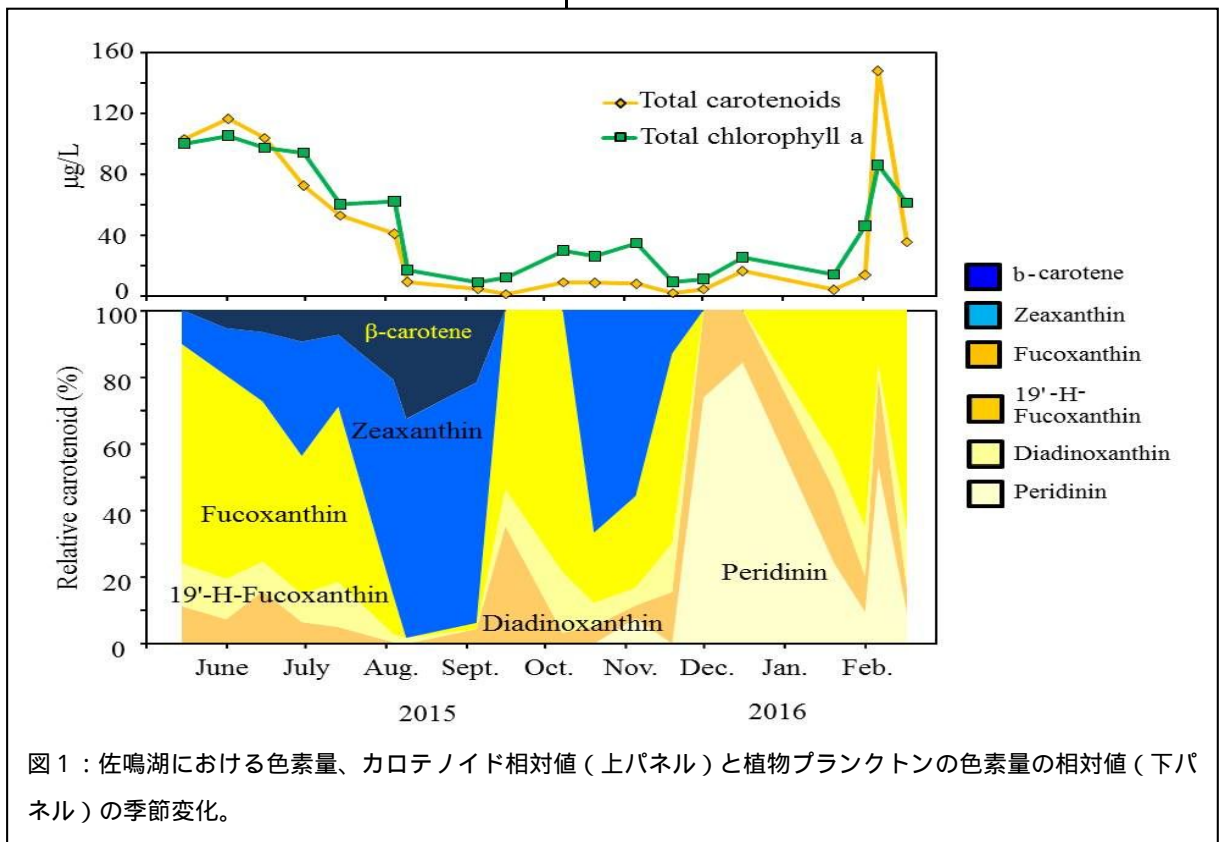


図1：佐鳴湖における色素量、カロテノイド相対値（上パネル）と植物プランクトンの色素量の相対値（下パネル）の季節変化。

表1：佐鳴湖における各種動物プランクトンの個体密度 (ind. L⁻¹)

生物	2014年9月	2015年2月	2015年9月	2016年2月
カイアシ類	0.2	ND	3.7	ND
ノープリウス幼生	1.4	ND	ND	ND
枝角類	ND	ND	0.2	ND
その他甲殻類	0.3	ND	ND	0.1
ワムシ類	54	ND	18	ND
繊毛虫	ND	0.3	7.2	4.9

表2：佐鳴湖における *Synechococcus* の増殖速度と鞭毛虫による摂食速度（一番下） および先行研究との比較。

湖沼	栄養状態	ピコ植物プランクトン密度 (10 ⁴ cells ml ⁻¹)	鞭毛虫密度 (10 ³ cells ml ⁻¹)	ピコ植物プランクトン増殖速度 (d ⁻¹)	ピコ植物プランクトン被食速度 (d ⁻¹)	増殖と摂食の比
バイカル湖 ¹	貧栄養	~200	データ無し	0.42	0.57	1.36
バイカル湖 ²	貧栄養	7.6–57	5.4–10.4	0.56–1.61	0.43–0.83	0.43–1.20
エリー湖 ³	貧 - 中栄養	0.91–19	データ無し	0.52–3.5	0.37–2.3	0.34–1.10
佐鳴湖 (本研究)	過栄養	120–850	12–44	0.69–1.68	0.49–1.49	0.41–1.75

¹ Nagata et al. 1994, ² Katano et al. 2005, ³ Gobler et al. 2008

生食連鎖は、たとえ冬季で動物プランクトンにとって摂餌し易い餌が存在していても、あまり機能していないと思われる。

<引用文献>

- Gobler et al. (2008) Grazing and virus-induced mortality of microbial populations before and during the onset of annual hypoxia in Lake Erie. *Aquat. Microb. Ecol.* 51:117-128
- Katano et al. (2005) Abundance, growth and grazing loss rates of picophytoplankton in Barguzin Bay, Lake Baikal. *Aquat. Ecol.* 39:431-438
- Nagata et al. (1994) Autotrophic picoplankton in southern Lake Baikal: abundance, growth and grazing mortality during summer. *J. Plankton Res.* 16:945-959
- 澤本 (2008) 動物プランクトン組成と季節変化、静岡県戦略課題研究「快適空間『佐鳴湖』の創造」の創造」、研究報告書、静岡県産業部、281-298
- 静岡県産業部 (2008) 静岡県戦略課題研究「快適空間『佐鳴湖』の創造」の創造」、研究報告書、静岡県産業部
- 谷ら (2008) 佐鳴湖沖帯における微生物群集と食物連鎖への影響、静岡県戦略課題研究「快適空間『佐鳴湖』の創造」の創造」、研究報告書、静岡県産業部、299-314
- 谷ら (2008) 堆積物コアから読み取る佐鳴湖の植物プランクトンの変遷とその要因、静岡県戦略課題研究「快適空間『佐鳴湖』の創造」の創造」、研究報告書、静岡県産業部、315-324
- Toth and Zankai (1985) Feeding of *Cyclops vicinus* (Uljanin) (Copepoda: Cyclopoida) in Lake Balaton on the basis of gut content analyses. *Hydrobiologia* 122: 251-260.
- Vincent et al. (1996) Photosynthetic and bacterial production gradients in a larval fish nursery: the St. Lawrence River transition zone. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 139: 227-238.
- Yoshino et al. (2012) Intertidal bare mudflats subsidize subtidal production through outwelling of benthic microalgae. *Est. Coast. Shelf Sci.* 109: 138-143.
- Zankai and Ponyi (1986) Composition, density and feeding of crustacean

zooplankton community in a shallow temperate lake (Lake Balaton, Hungary). *Hydrobiologia* 135: 131-147.

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1件)

中野伸一 (2015) 湖沼・海洋沖帯の微生物ループにおける原生生物の生態学的役割、*原生動物学雑誌*、48: 21-30 査読有

〔学会発表〕(計1件)

中野伸一、谷幸則、高巢裕之、岸本結、藤永承平：アンバランスな食物網構造の湖沼生態系の解明：佐鳴湖のプランクトン食物網の不思議、日本陸水学会第80回函館大会、2015年9月27日、函館

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計0件)

取得状況 (計0件)

〔その他〕

ホームページ等：特に無し

6. 研究組織

(1)研究代表者

中野伸一 (NAKANO, Shin-ichi)

京都大学・生態学研究センター・教授

研究者番号：50270723

(2)研究分担者

谷幸則 (TANI, Yukinori)

静岡県立大学・食品栄養科学部・准教授

研究者番号：20185190

(3)研究協力者

高巢裕之 (TAKASU, Hiroyuki)

岸本結 (KISHIMOTO, Yui)

藤永承平 (FUJINAGA, Shohei)

蔡吉 (SAI, Kichi)