

平成 30 年 6 月 11 日現在

機関番号：32658

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K07535

研究課題名(和文) 北海道東部の海跡湖能取湖における動物プランクトン群集の中期的変動の解析

研究課題名(英文) Interannual variability of zooplankton abundance in Lagoon Notoro-ko, northeastern Hokkaido

研究代表者

中川 至純 (NAKAGAWA, Yoshizumi)

東京農業大学・生物産業学部・准教授

研究者番号：70399111

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：北海道東部の海跡湖能取湖における動物プランクトンの中期的経年変動と気候変動の関連性を検討した。全ての分類群の個体数密度と水温および塩分の中期的変動は同調した。また、全動物プランクトンならびにカイアシ類、尾虫類、二枚貝類、棘皮類の変動の周期性は気候変動指数の周期性と類似する傾向を示した。能取湖における動物プランクトンの中期的動態と環境要因の間に関係性が存在する可能性がある。

研究成果の概要(英文)：Relationship between interannual variability of zooplankton abundance in Lagoon Notoro-ko, northeastern Hokkaido and climatic variation during several years was examined. Abundance of each zooplankton group showed a similar interannual variability with those of water temperature and salinity. Abundance of total zooplankton, copepods, appendicularians, bivalves and echinoderms showed a similar periodic pattern with that of climatic variation index. There is a possibility that interannual variability of zooplankton abundance in Lagoon Notoro-ko during several years relate with climatic variation.

研究分野：生物海洋学

キーワード：動物プランクトン 経年変動 能取湖 気候変動

1. 研究開始当初の背景

能取湖の水塊構造は季節的に交替する。北海道東部に位置する能取湖は、日本で13番目の大きさで、最深部は約21 m、平均深度は8.5 mの浅い海跡湖である。オホーツク海とは、湖口でつながっており、流入河川が少ないことから、能取湖は閉鎖性が高いにもかかわらず、湖外のオホーツク海の物理環境（宗谷暖流と東樺太海流）に大きく影響を受ける。湖口を通して、能取湖には夏季に宗谷暖流系暖水が、冬季には東樺太海流系の冷水が流入する（西野ら、2014）。また、冬季には、能取湖の海表面が凍結し、春季には融解する季節的に海水を形成する。能取湖は北半球で海水が形成する南限である。

動物プランクトンが能取湖の豊かな漁業資源を支えている。能取湖の漁業生産量は約4000トン（2011年）で、日本で最も面積が広い琵琶湖の生産量約2000トンを大きく上回っており、生産性が高い湖である。能取湖漁業は当該地域の経済基盤の一つとなっている。水塊構造が季節的に著しく変動する環境において、能取湖は高い漁業生産を維持している。この漁業生産性の高さは、プランクトン等の低次生産層の生物群の高い生産性に支えられているはずである。特に、動物プランクトンは魚類などの高次消費者の餌として、またホタテガイ等の濾過摂食者の競合者として、漁業生産に影響を与えている。すなわち動物プランクトンの生産動態を理解することは、能取湖の豊かな漁業生産のメカニズムを解明する上で必要不可欠である。

オホーツク海の海水面積はこの30年間では20%が減少している。今後全球的に温暖化が進行し、特に高緯度域において影響が大きくなることが予測されている。能取湖は、北半球で海水形成が起こる南限に位置し、地球温暖化の影響がいち早く現れる場所であると言える。地球温暖化による影響は、能取湖の漁業生産性にも影響を及ぼすことが強く予想される。能取湖における持続可能な漁業を達成するためには、環境変動に対する低次生産層の生物群の応答を理解し、予測に繋げることが必要不可欠である。これを達成するために、能取湖の物理環境データと共に動物プランクトンの動態をモニタリングし、環境変動と動物プランクトン群集の動態との関連性を長期的に解析することが喫緊の課題である。

2. 研究の目的

これまでの観測によって、能取湖の動物プランクトンの出現分類群が調査されてきており、カイアシ類が一年を通じて優占することや（北村ら、2014）、巻貝類や枝角類も顕著な季節変動を示すことがわかってきた（菅野・福田、1993）。能取湖にはどのような動物プランクトンが出現し、変動するのか？そして環境要因の季節変動との関連性について明らかにする。

次に能取湖の動物プランクトン季節変動の中期変動パターンを明らかにする。気候変動が能取湖の動物プランクトンへどのような影響を及ぼしているのかを明らかにするには複数年のデータを用いた経年変動の解析が必要である。能取湖における動物プランクトンの経年変動と気候変動の関連性を検討する。

3. 研究の方法

(1) 観測地点

能取湖の最深部（水深約21 m）の定点（44° 3 2.1' N, 144° 9 38.8' E）において、結氷期も含めて周年に亘って月に1から2回の頻度で観測を実施した（1月は除く）。通常観測には所属機関所有の小型船舶を利用したが、結氷期直前のような観測困難な状況では、西網走漁業協同組合の船舶を利用した。

(2) 環境データ

定点における水塊構造を把握するために表面から湖底の水温および塩分データを多項目水質計を用いて取得した。塩分のデータから能取湖の水塊が宗谷暖流または東樺太海流由来か判断した。得られたデータを水柱積算した上で深度で除して、平均値として表して解析に用いた。水温および塩分の経年変動を明らかにするために、各年度の平均値を算出した後、解析データの平均値（平年値）からの偏差を求めた。また、気候変動の指標として太平洋十年規模振動（PDO: Pacific Decadal Oscillation）指数および冬季の北太平洋指数（NPI: North Pacific Index）を解析に使用した。

(3) 動物プランクトン

小型の個体を含めた動物プランクトンの現存量を明らかにするために目合0.10 mmのプランクトンネットを使用した。水深15 mから海表面までの鉛直曳により動物プランクトンを採集した。動物プランクトンサンプルは、最終濃度が5%となるように中性ホルマリンで固定し、実体顕微鏡下で同定し、計数した。本研究期間以前に採集された動物プランクトンサンプルについても、同様に実体顕微鏡下で同定し、計数した。得られた計数値および濾水計から求められた濾水量から各動物プランクトン分類群の個体数密度を算出した。得られたデータを水柱積算した上で深度で除して、平均値として表して解析に用いた。動物プランクトンの経年変動を明らかにするために、各年度の平均値を算出した後、解析データの平均値（平年値）からの偏差を求めた。

4. 研究成果

(1) 水塊の季節変動

能取湖の水温および塩分は季節的に変動することが明らかとなった（図1、図2）。

能取湖の海面が結氷する2月および3月には、0 を下回る冷水が分布し、海氷の融解後、水温は夏季に向かって上昇した(図1)。平成22年度から29年度においては、8月および9月に水温が最高値を示した。これ以降、水温は急激に低下し、12月の平均水温は2.4であった。

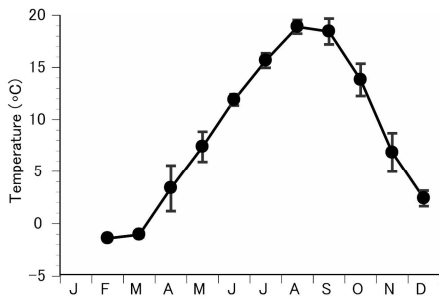


図1. 能取湖における水温の季節変動(平成22~29年度)

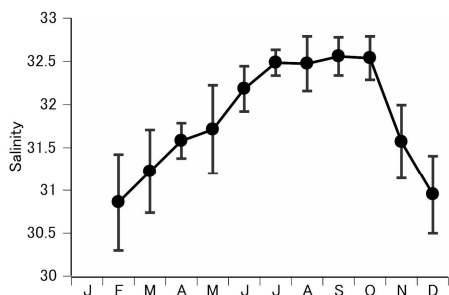


図2. 能取湖における塩分の季節変動(平成22~29年度)

塩分は2月に最も低く、その後上昇する傾向を示した(図2)。5月までの塩分は32を下回ったことから、東樺太海流水の影響を受けていると思われる。また塩分の上昇傾向は夏季まで続き、夏季から秋季に宗谷暖流水の影響が最も強く表れることが明らかとなった。10月以降は急激に塩分が低下し、11月には塩分は32を下回り、再び東樺太海流の影響を受けることが分かった。

各月の水温および塩分の年変動を知るために変動係数で評価すると、変動係数は水温では冬季から春季に高くなり、特に4月に65%で最大となった。6月から9月は3.5%-6.7%で年変動は冬春季に比べて小さかった。塩分では、変動係数は冬季が比較的高く、夏季に低い傾向を示した。夏季の宗谷暖流流入期の水温および塩分は比較的年変動が小さいことが分かった。

(2) 水温・塩分の経年変動および気候変動

能取湖の水温および塩分は、中期的には(平成22年度から29年度)低下する傾向を示した(図3、図4)。水温は10年で0.73、塩分は10年で0.19低下する速度であった。

一方、能取湖の水温および塩分は中期的には低下傾向にあるが、周期性も認められた(図3、図4)。すなわち、水温は、平成22年度、23年度、26年度および27年度は平年値よりも高く、平成24年度、25年度、28年度および29年度は平年値よりも低かった。塩分は、平成22年度、23年度、24年度、26年度および27年度に平年値よりも高く、平

成25年度、28年度および29年度は平年値よりも低い値を示した。水温および塩分ともに、4-5年の周期で変動している可能性が考えられた。これらは宗谷暖流や東樺太海流の勢力の年変動が影響している可能性が考えられる。

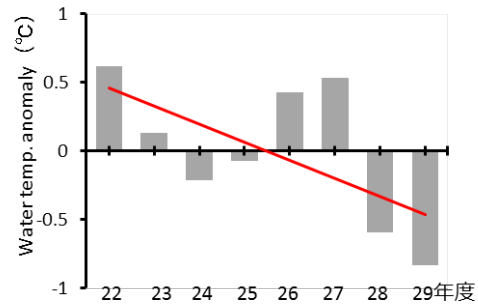


図3. 各年度の平均水温を用いた水温の年偏差

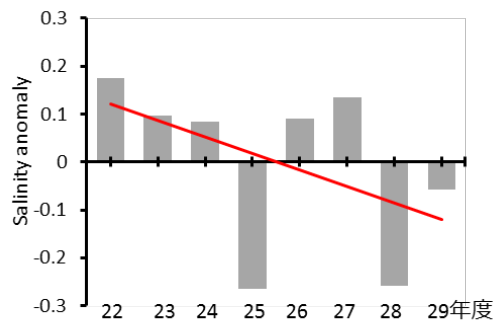


図4. 各年度の平均塩分を用いた塩分の年偏差

PDO指数は、平成22年度から25年度では負の値で変動し、平成26年度から29年度は正の値を示した(図5)。北太平洋中央部は、平成22年度から25年度では海面水温が高い状態の「温暖モード」を示し、平成26年度から29年度では海面水温が低い「寒冷モード」を示した。

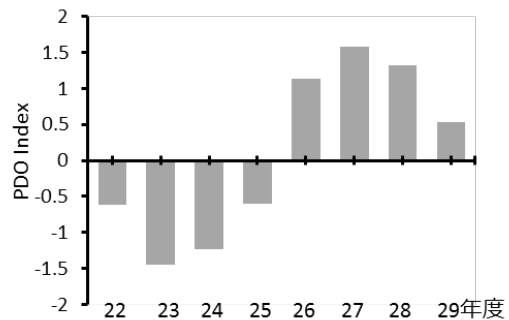


図5. 各年度のPDO指数

一方、アリューシャン低気圧の勢力を示す冬季の北太平洋指数は、平成22年度から25年度には正の値を示し、平成26年度および27年度には負の値、平成28年度および29年度には再び正の値を示した(図6)。この結果は、平成22年度から25年度はアリューシャン低気圧の勢力が弱く、平成26年度および27年度は低気圧の勢力が強めであり、その後28年度および29年度では、再び低気圧の勢力が強くなったことを示した。両指数共に、平成22年度から25年度は温暖モードを示し、26年度および27年度は寒冷モードを示した。

しかし、28年度および29年度では異なる気候モードを示した。

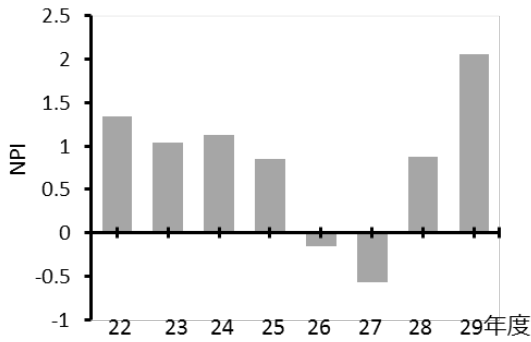


図6. 各年度のNPI

(3) 動物プランクトンの季節変動

全動物プランクトンは、結氷期の2月および3月に個体数密度が最も大きく、それ以降急激に増加し、宗谷暖流水の流入し始める6月に最大密度に達した(図7)。その後、個体数密度は12月に向かって減少する傾向を示した。全動物プランクトン個体数密度は冬季に小さくなることが明らかとなった。また、平成22年度から29年度において、変動係数の結果から、個体数密度は12月から4月に変動が小さく、それ以外では変動が大きいことが明らかとなった。冬季の季節風の勢力の指標となるNPIは平成26年度および27年度以外は弱く安定していたことも、冬季の動物プランクトン個体数密度の変動性が小さかった理由かもしれない。

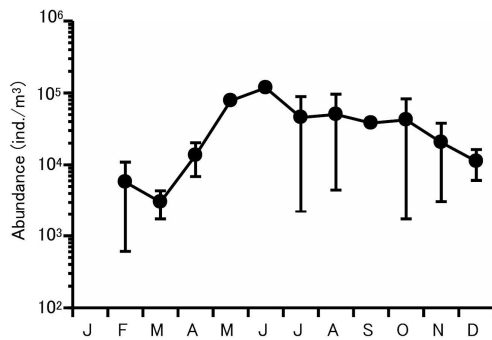


図7. 能取湖における全動物プランクトン個体数密度の季節変動(平成22~29年度)

(4) 動物プランクトンの経年変動

全動物プランクトンの個体数密度は、中期的には(平成22年度から29年度)減少する傾向を示した(図8)。また動物プランクトンの分類群ごとにおいても、個体数密度は中期的に減少する傾向を示した。

経年変動のパターンでは、全動物プランクトンは平成22年度、23年度および24年度に個体数密度が平年値より大きく、25年度以降については、平年値よりも小さかった。動物プランクトンの分類群ごとにおいては、変動のパターンは分類群で違いがみられた。カイアシ類、二枚貝類、尾虫類および棘皮類は、全動物プランクトンと同じ変動パターンを

示した。一方、クラゲ類や枝角類は、解析期間の前半および平成28年度あるいは29年度に平年値より密度が大きく、解析期間の中間で平年より密度が小さくなる変動パターンを示した。

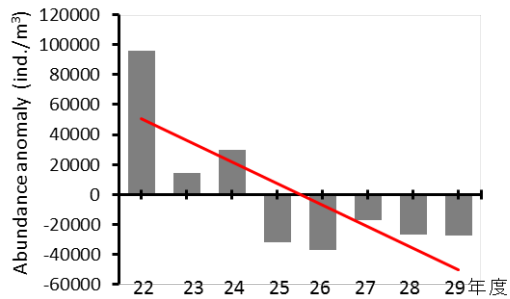


図8. 各年度の全動物プランクトン個体数密度の平年偏差

(4) まとめ

能取湖における全動物プランクトンおよび全ての分類群の個体数密度と水温および塩分の中期的変動は同調することが明らかとなった。また、PDO指数によると解析期間は温暖モードから寒冷モードへ移行することが明らかとなった。全動物プランクトンならびにカイアシ類、尾虫類、二枚貝類、棘皮類の変動パターンはPDO指数の変動パターンと類似する傾向を示した。能取湖における動物プランクトンの個体数密度の変動と水温および塩分の変動や気候変動との間に関係性が存在する可能性が考えられる。今後、この関係性のメカニズムを明らかにするには、各分類群について種レベルの変動を明らかにして、水温特性と環境データの変動や気候変動との関係性を検討する必要がある。

<引用文献>

- 西野 康人、佐藤 智希、谷口 旭、北海道東部の海跡湖能取湖における海洋環境 水温・塩分・溶存酸素・栄養塩の動態、Eco-Engineering、26巻、2014、3-9
- 北村 充彰、中川 至純、西野 康人、谷口 旭、北海道東部の海跡湖能取湖におけるカイアシ類群集の季節変動に及ぼす水塊交替の影響、Eco-Engineering、26巻、2014、89-94
- 菅野 泰次、福田 研二、能取湖における餌生物環境と湖に棲息するニシンの食性について、北大水産彙報、44巻、1993、158-170

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 8件)

- Kitamura M., Nakagawa Y., Nishino Y., Segawa S., Shiomoto A., Comparison of the seasonal variability in abundance of the copepod *Pseudocalanus newmani* in

Lagoon Notoro-ko and a coastal area of the southwestern Okhotsk Sea, Polar Science, 査読有、2018、Vol.15、62-74
DOI: 10.1016/j.polar.2017.12.004

Nakagawa Y.、Kitamura M.、Shiomoto A.、Feeding rates of dominant copepods on phytoplankton in the coastal area of the southwestern Okhotsk Sea. Transactions on Science and Technology, 査読有、2016、Vol.3(2-2)、439-443

Nakagawa Y.、Kitamura M.、Nishino Y.、Shiomoto A.、Community structure of copepods associated with water mass replacement in the coastal area of the southwestern Okhotsk Sea during ice-free period. Bulletin of the Society of Sea Water Science Japan, 査読有、2016、Vol.70(1)、49-50

Nishino Y.、Satoh T.、Ecology and hydrography of sea ice and the water column in Lagoon Notoro-ko during frozen period, Eco-Engineering, 28(1)、査読有、2016、Vol.28(1)、7-14

Nakagawa Y.、Ichikawa H.、Kitamura M.、Nishino Y.、Taniguchi A.、Copepod community succession during warm season in Lagoon Notoro-ko, northeastern Hokkaido, Japan, Polar Science, 査読有、2015、Vol.9(2)、249-257
DOI: 10.1016/j.polar.2015.02.001

Nishino Y.、Nakagawa Y.、Kitamura M.、Particulate matters flux and standing stocks of ice algae and phytoplankton in ice covered Lagoon Notoro-ko. Bulletin of the Society of Sea Water Science Japan, 査読有、2015、Vol.69(6)、382-383

西野 康人、中川 至純、北村 充彰、2012年結氷期、オホーツク海沿岸能取湖におけるクロロフィル *a* と水柱環境、日本海水学会誌、査読有、2015、Vol.69(6)、373-381

Nishino Y.、Satoh T.、Taniguchi A.、Temporal variation of microalgal chlorophyll *a* in surface ice and underlying water in lagoon Nooro-ko, Hokkaido, Japan, La mer, 査読有、2015、Vol.53、53-60

[学会発表](計24件)

北村 充彰、北海道オホーツク沿岸海跡湖能取湖におけるカイアシ類群集の年変動、平成30年度日本水産学会春季大会、2018
Nakagawa Y.、Interannual variability of

zooplankton abundance in Lagoon Notoro-ko during 2010-2015, The Eighth Symposium on Polar Science, 2017

中川 至純、能取湖における植物プランクトンに対する微小動物プランクトンの摂食圧、汽水域研究会2017年大会、2017

中川 至純、北海道オホーツク沿岸海跡湖能取湖における動物プランクトン群集の経年変動、平成29年度日本水産学会春季大会、2017

北村 充彰、秋季および春季の海跡湖能取湖におけるカイアシ類群集の短期変動、2016年度ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会、2016

中川 至純、北海道東部の海跡湖能取湖におけるプランクトン群集に関する総合的研究、オホーツク海洋生物研究会、2016

中川 至純、オホーツク海沿岸域および沖合域における動物プランクトン研究、平成27年度日本水産学会北海道支部大会、2015

西野 康人、能取湖の結氷期、クロロフィル *a* の動態からみえてきたこと、平成27年度日本水産学会北海道支部大会、2015

Nishino Y.、Ecology and hydrography of sea ice and the water column in Lagoon Notoro-ko during frozen periods in 2008 and 2012, The Sixth Symposium on Polar Science, 2015

Sugino T.、Seasonal variations in abundance of pico- and nano-plankton in Lagoon Notoro-ko adjacent to the southwestern Okhotsk Sea, The Sixth Symposium on Polar Science, 2015

北村 充彰、オホーツク海沿岸能取湖の非結氷期におけるカイアシ類の季節変動特性、2015年度日本ベントス・プランクトン学会合同大会、2015

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中川 至純 (NAKAGAWA Yoshizumi)
東京農業大学・生物産業学部・准教授
研究者番号：70399111

(2) 研究分担者

西野 康人 (NISHINO Yasuto)
東京農業大学・生物産業学部・教授
研究者番号：50424677

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

瀬川 進 (SEGAWA Susumu)