

オホーツク海沿岸能取湖の2008年結氷期における海洋環境とクロロフィル a の動態

西野康人*・佐藤智希**・谷口 旭***

(平成26年5月21日受付/平成26年7月25日受理)

要約: オホーツク海は漁業資源の豊かな海として知られるが、冬季、海水に覆われるときの調査研究例はきわめて少ない。その要因としてオホーツク海の海水の大半は流水であり、調査が困難であることがあげられる。そこで、本研究では定着水に着目し、道東オホーツク沿岸域にある能取湖で2008年2月6日から3月18日にかけての結氷期に調査を実施した。本研究の結果、海水中の積算クロロフィル a 量は、2月中は海水の成長にともない増加し、3月に減少する傾向を示した。特に2月29日から3月10日にかけては、急激に積算クロロフィル a 量が減少した。一方、水柱の積算クロロフィル a 量は8.7-119.1 mg/m²の範囲にあり、調査期間中増加する傾向にあった。特に3月18日には急激な増加がみられ調査期間中最大値となった。2008年の結氷期は3月10日前後を境として、海水生成期から融解期にシフトしたと考えられる。積算クロロフィル a 量は、海水生成期には約25%は海水中に存在し、融解期では95%以上が水柱に存在し、このシフトによって一次生産の生産構造に変化が起こったことが示唆された。海水と水柱の値を合算した総積算クロロフィル a 量は、2月6日から3月10日までの海水生成期間には10.9-46.6 mg/m²、海水融解期である3月18日は121.5 mg/m²であった。2007年の非結氷期の積算クロロフィル a 量と比較すると、前者は8月から12月の積算クロロフィル a 量の少ない期間と同程度であり、後者は4月下旬から5月上旬の比較的積算クロロフィル a 量が多いときを上回る値であった。すなわち、弱光環境に適応したアイスアルジーや植物プランクトンが、能取湖の結氷期のクロロフィル a 量に寄与していることが推察された。

キーワード: 海水、オホーツク海、能取湖、アイスアルジー、積算クロロフィル a

緒 言

オホーツク海は冬季に海水に覆われる季節的 seawater 域として知られ、北半球では海水域の南限である¹⁾。高緯度から低緯度まで広範に海水が分布することは、オホーツク海の気候や生態系に多大な影響を与え、その結果として資源生物の豊かさへと反映していると考えられる。その一方で、オホーツク海における海洋環境ならびに低次生産層に関する調査・研究の例は少ない。特に海水と生物生産に関する研究例はきわめて少ない。その要因として、オホーツク海の海水のほとんどは流水であり、生成過程からの履歴を調査することがきわめて困難であることがあげられる。

そこでわれわれは定着水に着目した。定着水は沿岸域に生成され、海水生成期から融解・崩壊期までの一連の過程を経時的に調査することが可能である。したがって、海水が凍ることによる生物生産への影響を理解するには、定着水は好適といえる。

道東沿岸域には複数の海跡湖が存在し、オホーツク海と湖口でつながり、冬季に結氷するものも複数存在する。特にサロマ湖と能取湖はオホーツク海に永久開口されてお

り、海水が流入する環境にある。ただし、サロマ湖は流入河川が多く、陸水の影響も強くあらわれる。特に海水は表層に生成されるため、陸水の影響を受けやすい。そこで、本研究では陸水の影響の少ない能取湖を調査地として選定した。能取湖は道東オホーツク沿岸域に位置し、湖口部でオホーツク海に開口する海跡湖である。湖水は潮汐により交換され、河川からの陸水流入が少ないため、湖水の塩分はオホーツク海と同程度(33 psu 前後)であり^{2,3)}、閉鎖性の高い湾としての側面を有する。さらに能取湖は、冬季に結氷する。例年、12月下旬から1月上旬にかけて湖面の氷結がはじまり、1月中旬から3月下旬にかけて全面的に結氷し、3月下旬から4月上旬にかけて融解・崩壊する。すなわち、能取湖の水は、海水でありかつ定着水であり、海水が生物生産におよぼす影響を把握するには好適な場と言える。これまで能取湖の結氷期における知見は、水柱や海水の一部のクロロフィル a 濃度や水柱の栄養塩濃度に関するものに限られており⁴⁻⁶⁾、結氷期の能取湖における水柱ならびに海水環境は不明な点が多い。そこで能取湖における海水生成が低次の生物生産に与える影響を明らかにすることを目標に2008年から結氷期の能取湖において調

* 東京農業大学 生物産業学部アクアバイオ学科

** 独立行政法人水産総合研究センター北海道区水産研究所

*** 三洋テクノマリン株式会社

査を開始した。

本稿では、2008年に能取湖が完全結氷していた期間に実施した調査の結果をもとに、結氷期間中の水柱と海中の海洋環境とクロロフィル *a* の動態について報告する。

方 法

調査は能取湖（北緯 44 度 03 分 東経 144 度 09 分）の湖央部に位置する最深部（水深約 20 m）を観測定点とし（図 1）、水上観測が可能となった 2008 年 2 月 6 日から 3 月 18 日にかけて、およそ週 1 回の頻度で、計 5 回実施した。調査項目は、アイスオーガー（直径 7 cm）による氷柱の採取、採水（海水直下、5 m, 10 m, 15 m, 18 m）、CTD 小型水温塩分計（JFE アドバンテック社製）による水温、塩分、密度（シグマ T）の測定である。海水の氷柱は、3 部（上部、中央部、底部）に分け、それぞれ厚さ 5 cm を切り取り、研究室にて融解後、試水とした。海水の融解は、10℃以下に保った暗条件下で、およそ 1 時間かけておこなった。海水ならびに氷柱より得られた試水はサイズ別（>10 μm, 10-2 μm, <2 μm）クロロフィル *a* 濃度の測定ならびに栄養塩濃度の測定に供した。

クロロフィル *a* 測定は試水をサイズ分画後、ジメチルホルムアミドで抽出し、蛍光光度計（10-AU、ターナーデザイン社製）を用いて、Welshmeyer 法により測定した。栄養塩はオートアナライザー（swAAAt、ビーエルテック社製）を用い 5 項目（ケイ酸塩、リン酸塩、アンモニウム塩、亜硝酸塩、硝酸塩）を測定した。

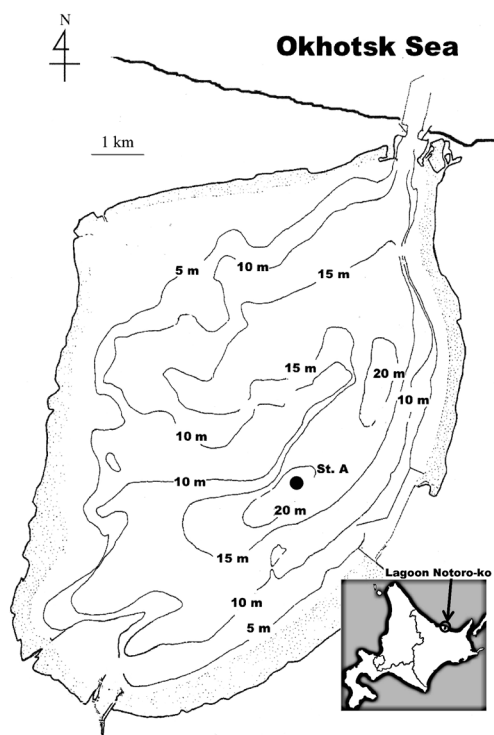


図 1 能取湖における観測定点

結果および考察

(1) 水柱の水温・塩分・シグマ T（図 2）

調査期間中の水温は -1.0 から -2.3℃ の範囲にあり、表層で低く、底層で高くなる傾向がみられた。2 月 18 日の表層 5 m 付近に水温躍層がみられ、躍層以浅の水温は -1.8℃ 以下と過冷却状態にあった。以降 3 月にかけて、水柱の水温は徐々に上昇する傾向を示し、10 m 以深に水温躍層がみられた。

塩分は、4 月 5 日の表層 1 m を除くと、31.7-33.3 psu の範囲にあり、非結氷期の塩分に比べ低い傾向がみられた³⁾。しかし、2 月 18 日の表層では 33.3 psu と高い塩分が観測され、水温と同様に 5 m 以浅に塩分躍層が観測された。また、3 月 18 日の 4 m 以浅では 30 psu 以下の低塩分が存在し、塩分躍層を形成していた。

密度（シグマ T）は、ほとんどの測点で 26 を上回り、非結氷期にくらべ高い傾向がみられた³⁾。特に 2 月 18 日の表層では、26.8 の高密度を観測し、水温、塩分と同様に 5 m 以浅に密度躍層が形成されていた。一方、3 月 18 日の 4 m 付近で密度躍層が形成され、25 を下回る密度が観測された。

冬季、道東オホーツク海沿岸には東樺太海流の沿岸分岐が到達することが知られている⁷⁾。藤井ら⁸⁾は東樺太海流の特性として塩分 32 psu 以下と報告しており、また、青田⁹⁾は東樺太海流の影響を受けた水塊の塩分は北海道沿岸域では 32.4 psu 以下になるとしている。本研究の結果では、結氷期間中の能取湖には 32.4 psu 以下の塩分の水塊は常に存在しており、特に 2 月上旬と 3 月下旬では塩分は 32.0 psu 前後であった。すなわち、東樺太海流の影響を受けた水塊

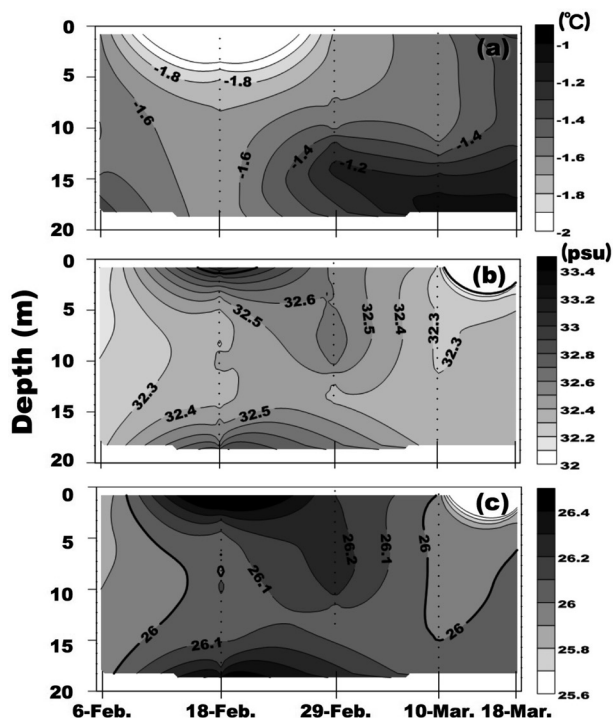


図 2 水柱における水温 (a)、塩分 (b)、シグマ T (c) の経時変化

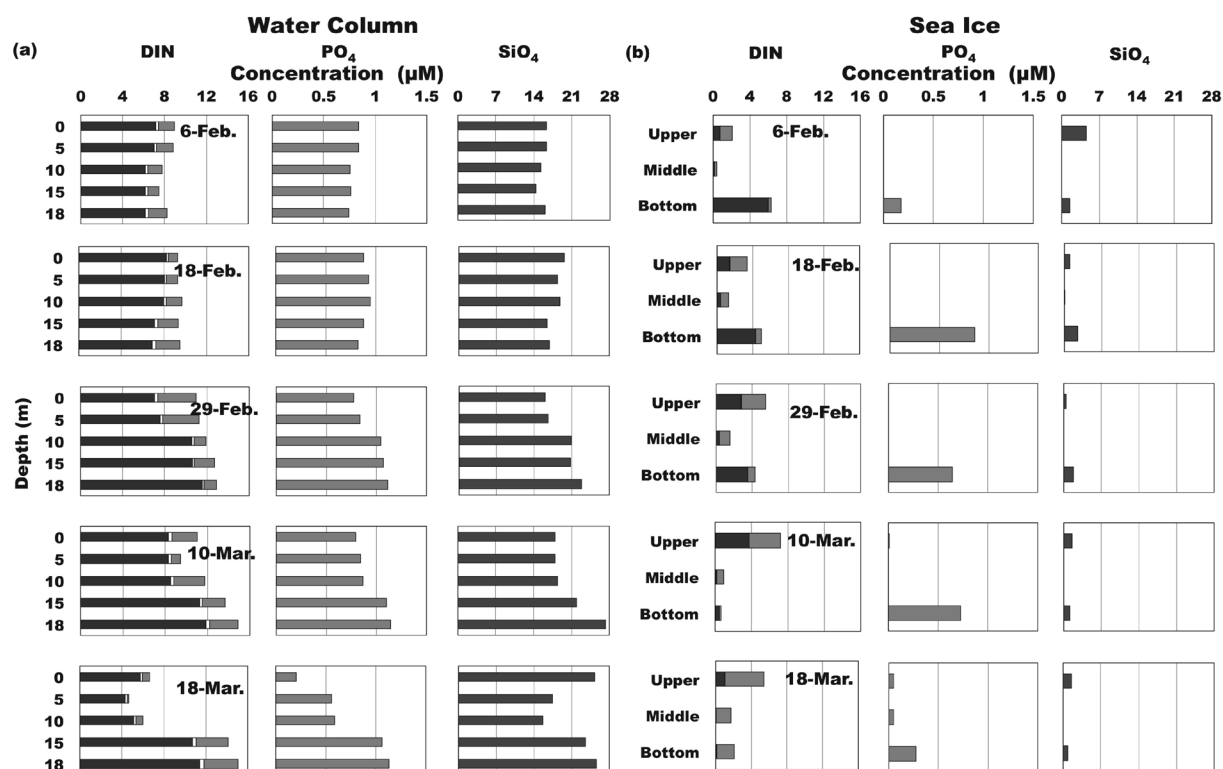


図3 水柱(a)と海水(b)中における溶存無機窒素(硝酸態窒素■, 亜硝酸態窒素□, アンモニア態窒素■), リン酸態リン, ケイ酸態ケイ素の鉛直分布の経時変化

が能取湖内に流入していたことが推察される。

(2) 海水の厚さ・塩分 (表1)

海水の厚さは2月6日には20cmであったものが、2月18日には29cmと厚さを増し、2月29日、3月10日はそれぞれ30, 31cmと厚さに大きな変動はみられなかった。その後、3月18日には21cmと氷厚は薄くなった。気象庁のデータによると、全天日射量は2月下旬の平均値は10.9MJ/m²であったものが3月中旬では13.0MJ/m²、3月下旬では13.9MJ/m²と顕著に増加する傾向にあり、日射量の増加そして水温の上昇にともない海水の融解がすすんだと推察される。

海水中の塩分は、上部では2.3-9.2psuと層別ではもっとも変動幅が大きく、3月10日から3月18日にかけて急激に塩分の低下がみられた。中央部における塩分は0.7-4.7psuと部位別ではもっとも低い値を示し、上部と同様に3月18日に調査期間中もっとも低い値となった。下部では5.2-7.4psuと変動幅がもっとも小さかった。他の部位同様に3月18日にもっとも低い値となった。上部は、海水生成時に取り込まれた塩分が水柱に排出されにくい位置にあり、3月10日までもっとも塩分が高い状況にあったものと推察される。また3月18日の塩分の急激な低下は、昇温によるブラインポケットの拡大にともない塩分の排出が進んだことの影響が推測される。中央部での3月18日の急激な塩分低下も同様の要因によるものと推察される。一方、下部では海水に接した状況にあるため、塩分の変動幅が小さくなったと推察される。また他の部位と同様に3

表1 海水中の部位別塩分と海水の厚さ

		6-Feb.	18-Feb.	29-Feb.	10-Mar.	18-Mar.
塩分	上部	8.3	9.2	7.9	7.7	2.3
	中央部	4.7	3.2	1.5	4.5	0.7
	下部	6.3	6.7	7.4	7.2	5.2
海水の厚さ		20cm	29cm	30cm	31cm	21cm

月18日に塩分の低下がみられた。3月18日は水柱の塩分が表層で30psuを下回る顕著な低下がみられており、この影響が海水下部の塩分低下にあらわれたことが考えられる。

(3) 栄養塩 (図3)

海水中の溶存無機窒素 DIN (硝酸態窒素, 亜硝酸態窒素, アンモニア態窒素) の濃度分布の結果を図3に示す。調査期間中、上部では増加傾向を示し、2月6日には2.1μMであったものが、3月10日には7.2μMとなった。一方、底部では減少傾向を示し、2月6日には6.3μMであったものが、3月10日には0.7μMとなった。中央部では0.4-1.8μMの範囲にあり、大きな変動はみられなかった。DINのうち、上部ではアンモニア態窒素が占める割合が高かった。下部では、2月6日から3月10日の期間では硝酸態窒素が優占したが、3月18日はアンモニア態窒素が94.1%を占めていた。

水柱のDINは、2月6日から3月10日までは全層で8.0μM以上の高い値を示し、2月29日以降は底層で濃度が高くなる傾向を示した。特に3月18日は15mと18mの底層

では $14.0\text{ }\mu\text{M}$ 以上の高い値を示したが、0-10m では $4.7\text{--}6.7\text{ }\mu\text{M}$ と顕著に低い値であった。水柱の DIN のうち、硝酸態窒素の占める割合がもっとも多く $64.4\text{--}92.4\%$ を占めていた。

海水中のリン酸塩濃度は上部と中央部ではほぼ枯渇した状態にあり、下部でも $0.9\text{ }\mu\text{M}$ を超えることはなかった。一方、水柱のリン酸塩濃度は2月6日から3月10日にかけては全層で $0.9\text{ }\mu\text{M}$ 前後の値を示し、2月29日と3月の底層では $1.0\text{ }\mu\text{M}$ を超えた。ただし、3月18日の0mでは $0.2\text{ }\mu\text{M}$ 、5、10mでは $0.6\text{ }\mu\text{M}$ と低い値となった。

海水中のケイ酸塩濃度は、上部と底部で測定されたものの、その値は $0.4\text{--}4.6\text{ }\mu\text{M}$ と低かった。また、中央部では検出されなかった。

一方、水柱のケイ酸塩濃度は $14.4\text{--}27.3\text{ }\mu\text{M}$ の範囲にあり、比較的高い濃度が観測された。また2月29日以降は底層で極大がみられる傾向にあった。ただし3月18日は0mでも極大が観測された。

水柱の栄養塩濃度は、DIN、リン酸態リン、ケイ酸態ケイ素のいずれも高く、とくに DIN では硝酸態窒素が占める割合が高いことより、栄養塩豊富な東樺太海流の影響を受けた水塊の流入が示唆される⁸⁾。2月6日から3月10日までの期間、いずれの栄養塩も鉛直的にほぼ同様の濃度で

あったが、3月18日の5mと10m層でいずれの栄養塩も濃度の低下がみられた。このときの水柱のクロロフィル *a* の鉛直分布は5mと10m層に調査期間中最大値となるクロロフィル極大が確認されており、植物プランクトンによる消費に起因すると推察される。

海水中の栄養塩濃度は、海水上部でアンモニア態窒素とケイ酸態ケイ素の濃度が高い傾向を示していた。調査地から3km圏内に水産加工場が存在し、能取湖の沿岸部では氷上釣りも行われている。これら人間活動がアンモニア態窒素の濃度に影響した可能性が考えられる。また、2、3月には黄砂が飛来することもあり、ケイ酸態ケイ素はエアロゾルとして存在したものが、氷上に供給されたことが可能性のひとつとして考えられるが、詳細は不明である。

海水下部ではリン酸態リンの濃度が高くなる傾向を示し、硝酸態窒素も2月中は同様の傾向を示しており、これらは水柱より供給されたと推察される。一方、海水中央部の栄養塩濃度はいずれも低い傾向を示しており、陸上と水柱からの供給が限定的であったことの影響と推察される。

(4) クロロフィル *a* (図 4)

(a) サイズ別クロロフィル *a*

海水中のクロロフィル *a* 濃度は、上部では $2.2\text{--}9.0\text{ }\mu\text{g/L}$ 、

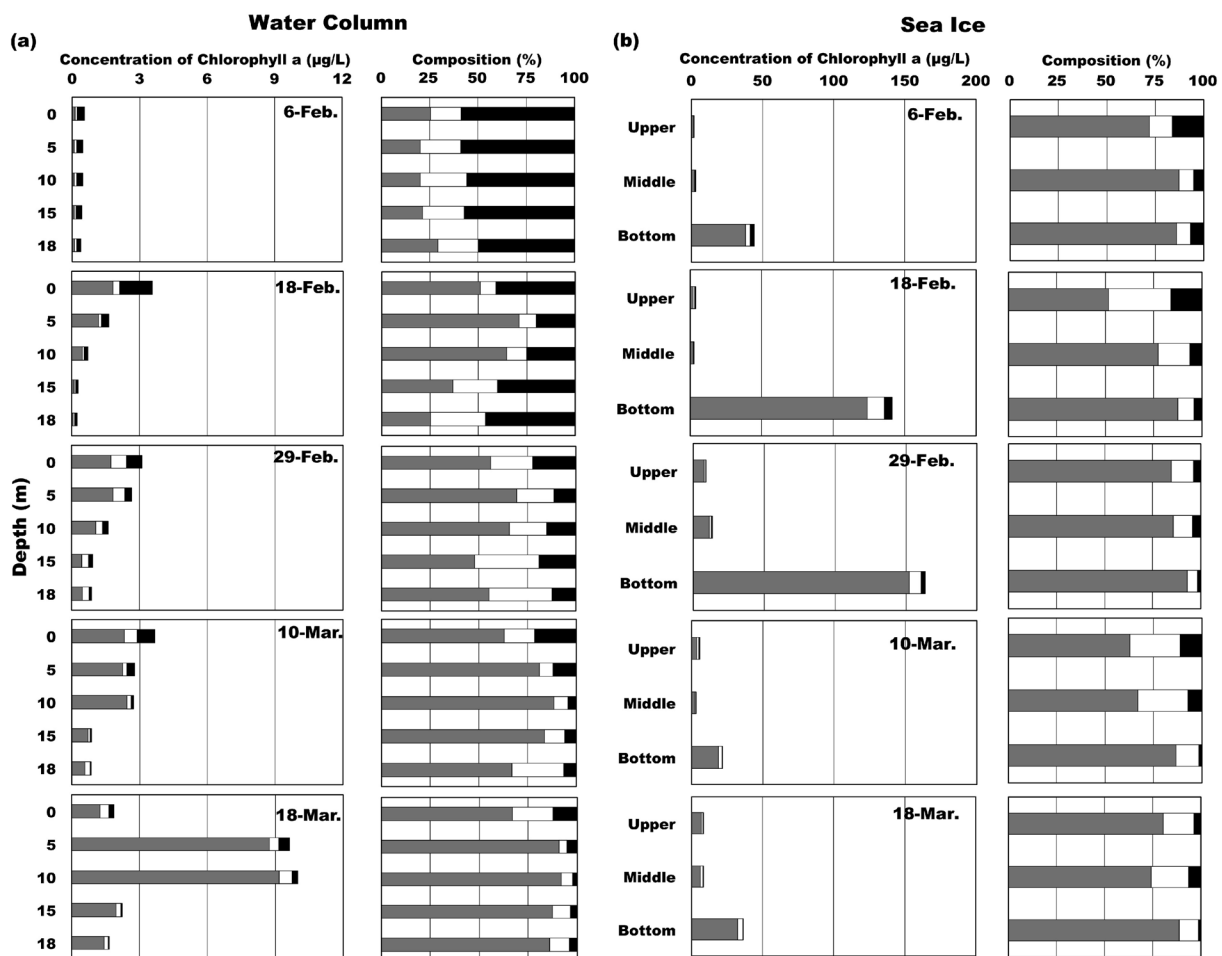


図 4 水柱 (a) と海水 (b) におけるサイズ別クロロフィル *a* 濃度の鉛直分布の経時変化と組成比
10 μm 以上 : ■ 10-2 μm : □ 2 μm 以下 : ■

中央部では2.8-13.4 $\mu\text{g/L}$ であったのに対し、海水下部では21.8-164 $\mu\text{g/L}$ であり、いずれの調査日でも海水下部でクロロフィル極大が観測された。海水中は栄養塩濃度が水柱にくらべ低かったことより、水柱の栄養塩を利用しやすい下部でクロロフィルa濃度が高くなったと推察される。

調査期間中の海水下部のクロロフィルa濃度は2月6日には44.3 $\mu\text{g/L}$ であったものが、2月18日には141 $\mu\text{g/L}$ 、2月29日には164 $\mu\text{g/L}$ と2月中旬から下旬にかけて顕著な増加傾向を示した。一方、3月10日には21.8 $\mu\text{g/L}$ 、3月18日には36.6 $\mu\text{g/L}$ と激減した。2月29日と3月10日の海水の厚さはほぼ一定であったことより、下部における海水の崩壊は起こっていなかったと考えられる。このとき、海水中央部のクロロフィルa濃度も13.4 $\mu\text{g/L}$ から3.3 $\mu\text{g/L}$ と顕著な減少がみられており、海水下部のアイスアルジーのみが放出されたわけではない。本研究の結果のみでは詳細は不明であるが、可能性のひとつとして気温や海水温の昇温にともない、ブラインポケットのサイズが拡大し、アイスアルジーが放出されたことが考えられる。

海水中のサイズ別クロロフィルa濃度は、いずれも10 μm 以上の画分が占める割合がもっとも高く、総クロロフィルa濃度の51.8-84.5%を占めていた。海水サンプルの検鏡の結果では珪藻類が主要分類群であり（未発表）、ASAMI *et al.*⁶⁾も能取湖の海水中には珪藻類が優占することを報告しており、能取湖におけるアイスアルジーの主体は珪藻類であったことが示唆された。一方、10-2 μm と2 μm 以下の画分は海水上部、中央部で組成割合が高くなる傾向を示した。これら部位はリン酸態リンが顕著に低濃度であり、このことが10 μm 以上の画分の増殖に影響した可能性が考えられる。

水柱のクロロフィルa濃度は、2月6日は全層で0.5 $\mu\text{g/L}$ 以下の低濃度であったが、その後、増加傾向を示し、2月18日から3月10日にかけては0mで3.0 $\mu\text{g/L}$ 以上であった。またこの期間は表層にクロロフィル極大がみられ、深度とともに濃度が低くなる傾向がみられた。海水の影響で水柱は弱光環境にある。その状況下で、もっとも光量の多い表層で植物プランクトンが増加したと考えられる。一方、3月18日には5,10m水深でクロロフィルa濃度がそれぞれ9.6, 10.0 $\mu\text{g/L}$ と顕著なクロロフィル極大がみられた。日射量の増加と気温や海水温の上昇により海水が薄くなることで、光の透過率が増し、有光層が深くなったことが推察される。また、3月18日には10m以浅に水温躍層、5m以浅に塩分躍層、密度躍層が確認されており、植物プランクトンが上記水深付近に留まりやすい状況にあった。これら条件が影響し、クロロフィルa濃度が高くなった可能性が考えられる。

水柱のサイズ別クロロフィルaは2月6日には全層で2 μm 以下の小さい画分が5割以上を占めた。以降、2 μm 以下の画分が占める割合は減少傾向を示した。一方、10 μm 以上の画分が占める割合は2月6日に最も少なく、以降、増加傾向を示し、3月18日の5m以深では9割以上を占めていた。2 μm 以下の画分の濃度は0.1-1.5 $\mu\text{g/L}$ の範囲にあり、大きな変動は見られなかった。10-2 μm の

画分も同様の傾向を示したのに対し、10 μm 以上の画分の濃度は0.1-9.2 $\mu\text{g/L}$ と変動幅が大きかった。すなわち、総クロロフィルa濃度の変動は10 μm 以上の画分の濃度に起因すると言える。

(b) 積算クロロフィルa量（図5）

海水中の積算クロロフィルa量は、2月6日は2.2 mg/m^2 であったが、その後増加傾向を示し、2月29日には10.1 mg/m^2 と期間中最大の値となった。3月10日には1.5 mg/m^2 と激減し、3月18日も2.4 mg/m^2 と低い値となった。3月10日のクロロフィルa量の激減は、下部での減少が主たる要因であった。3月10日の海水の厚さは2月29日とほぼ同じであったことより、海水の崩壊による減少ではなく、下部に垂下していたアイスアルジーが水柱に放出されたものと推察される。

一方、水柱中の積算クロロフィルa量は2月6日には8.7 mg/m^2 を示し、その後、増加傾向を示し、3月18日には期間中最大の119.1 mg/m^2 となった。ここでの増加は水深5mと10mでみられたクロロフィル極大に起因する。

2月の海水中の積算クロロフィルa量は全体の20%以上を占めており、海水成長期にはアイスアルジーが一次生産に寄与していたと考えられる。一方、海水が融解期にはいった3月には、海水中のクロロフィルaの割合は2%程度となり、アイスアルジーの一次生産への直接的寄与は減少したと考えられる。

結 語

これまで能取湖における結氷期の調査研究はきわめて少なく、海水生成初期から融解期にわたる経時的調査研究は、

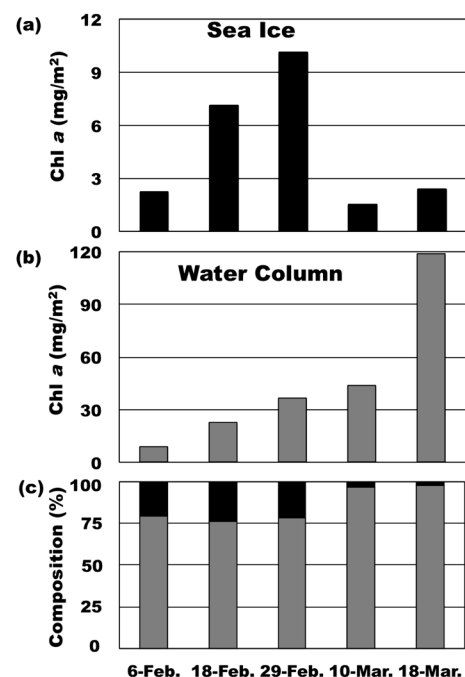


図5 海水中 (a) と水柱 (b) における積算クロロフィルa量の経時変化と組成比 (c)

本研究がおそらく初めてである。

本研究の結果、結氷期には能取湖に東樺太海流の影響を受けた水塊が流入していることが示唆された。東樺太海流は冬季に勢力を増すことが報告されており¹⁰⁾、また栄養塩も豊富であることが知られている⁸⁾。本研究でも、結氷期の能取湖の水柱中の栄養塩（DIN、リン酸態リン、ケイ酸態ケイ素）は、これまで報告されている非結氷期の栄養塩濃度とくらべて多い傾向がみられた³⁾。また、DINの組成は、非結氷期にはアンモニア態窒素が優占していたのに対し、結氷期は硝酸態窒素が優占していた。すなわち、結氷期のDINはオホーツク海から流入してきたことが考えられる。このことは、東樺太海流の影響を受けた水塊が能取湖に流入してきたことを支持する結果と言える。

2月18, 29日, 3月10日の海水直下の水深ではクロロフィル *a* 濃度は $3.0 \mu\text{g/L}$ を上回っており、非結氷期の濃度と比較しても低い値ではなかった³⁾。一方、水深にともないクロロフィル *a* 濃度は低下しており、海水による水柱への光量が律速要因であったことが推察される。

海水の厚さが薄くなり、表面の塩分がおおよそ 25 psu まで低下した3月18日には5, 10 m 層で顕著なクロロフィル極大がみられた。この時期、日射量の増加と海水の融解により、光の透過率が上がった可能性が考えられる。この中層でのクロロフィル極大はスプリングブルームの初期段階をとらえたデータの可能性が考えられる。能取湖の海水融解後の2008年4月18日には水深18 mで $28.0 \mu\text{g/L}$ ときわめて高いクロロフィル *a* 濃度が測定されている³⁾。この底層でのクロロフィル極大がスプリングブルームの終盤であったとすると、海水融解期から開水期にかけて、結氷期に供給された豊富な栄養塩と光環境の変化により、スプリングブルームが起こった可能性が示唆される。ただし、本研究では、氷上調査が可能な結氷期間に限られるため、3月下旬から4月上旬の海水融解期から開水期にかけてのデータは得られていないため、詳細は不明である。

結氷期間の積算クロロフィル *a* 量の変動は、海水では3月10日に激減しており、水柱では3月18日に急激に増加していた。2008年の結氷期は3月10日前後を境として、海水生成期から融解期にシフトしたと考えられる。海水生成期には、積算クロロフィル *a* 量の海水と水柱比率はおおよそ1:3であったが、融解期ではおおよそ1:40となった。積算クロロフィル *a* 量から推察されるアイスアルジーの一次生産者としての寄与は、結氷期はおおよそ25%あり、低くはなかったと考えられる。一方、融解期では、水柱での一次生産が主体となったと言える。

海水と水柱の積算クロロフィル *a* 量を合算した総積算クロロフィル *a* 量は、2月6日から3月10日までの海水生成期間には $10.9\text{--}46.6 \text{ mg/m}^2$ であり、海水融解期である3月18日は 121.5 mg/m^2 であった。2007年の非結氷期の積算クロロフィル *a* 量と比較すると、前者は8月から12月の積算クロロフィル *a* 量の少ない期間と同程度であり、後者は4月下旬から5月上旬の比較的積算クロロフィル *a* 量が多いときを上回る値であった。したがって、能取湖における結氷期の積算クロロフィル *a* 量は、非結氷期のものと

同程度であったといえる。ただし、本研究では一次生産量の測定は行っていないため、能取湖内での一次生産量は不明である。

本研究の結果、能取湖では結氷期において、非結氷期と同程度のクロロフィル *a* 量が存在することが示された。このことから結氷期でも一次生産は、大きな減少はないことが示唆される。海水は海面にフタをするものであり、水柱の光の透過率は低下させるが、弱光環境に適応したアイスアルジーや植物プランクトンの存在¹¹⁾ が、クロロフィル *a* 量の維持に寄与していることが推察された。

東樺太海流の勢力は年変動があり、能取湖への流入時期も年により変化する³⁾。また海水生成の時期も気象条件に影響を受けるため、年変動がある。今後、能取湖における海水生成が一次生産にあたえる影響を評価するためには、長期的に調査を続ける必要がある。そして結氷期の一次生産力の測定と氷上調査が行なえない期間（海水生成初期と海水融解後期）の調査が必要である。特に後者は調査の困難をとまなうため、大きな課題のひとつである。

謝辞：本研究を行うに際し、東京農業大学生物産業学部アークバイオ学科水圏生態学研究室の学生諸氏には採集ならびにサンプル処理等にご協力いただいた。ここに感謝の意を表す。

引用文献

- 1) 大島慶一郎, 中野渡拓也, 若土正暁, (2006) 温暖化の高感度域オホーツク海：北太平洋へのインパクト. 低温科学, **65** : 67-75.
- 2) 今田和史, 坂崎繁樹, 川尻敏文, 小林耕一, (1995) 網走市4湖沼（網走湖, 能取湖, 濤沸湖, 藻琴湖）の湖盆形態と塩分環境. 北海道水産孵化場研報, **49** : 37-48.
- 3) 西野康人, 佐藤智希, 谷口 旭, (2014). 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** (1) : 3-9.
- 4) 蔵田 護, 西浜雄二, (1987) 能取湖における海洋条件の季節変化. 北水試研報, **29** : 17-24.
- 5) 西浜雄二, 蔵田 護, 多田匡秀, (1989) サロマ湖・能取湖・網走沖におけるクロロフィル量の季節変化. 水産海洋研究, **53** (1) : 52-54.
- 6) ASAMI, H. and IMADA, K.E., (2001) Ice algae and phytoplankton in the late ice-covered season in Notoro KO lagoon, *Hokkaido. Polar Biosci.*, **14** : 24-32.
- 7) 大島慶一郎, 小野寺純, 清水大輔, (2008) オホーツク海における漂流物の粒子追跡モデル実験. 沿岸海洋研究, **45** : 115-124.
- 8) 藤井 浄, 佐藤芳和, (1989) 日本海, オホーツク海沿岸の海洋構造と生産力. 水産海洋研究, **53** : 57-62.
- 9) 青田昌秋, (1972) 北海道オホーツク海沿岸沖における海況変動の研究 Ⅲ. 低温科学, **29** : 213-224.
- 10) OHSHIMA, K. I., WAKATSUCHI M., FUKAMACHI, Y. and MIZUTA, G., (2002) Near-surface circulation and tidal currents of the Okhotsk Sea observed with satellite-tracked drifters. *J. Geophys. Res. Oce.*, **107** : 1601-1618.
- 11) 工藤 栄, 菓子野康浩, (2002) 海水藻類の生理生態—サロマ湖での光合成に関する研究例を中心に—. 海水生態系, 月刊海洋, **30** : 130-139.

Temporal Change in Oceanographic Condition and Chlorophyll *a* in the Ice-covered Lagoon Notoro-ko, 2008

By

Yasuto NISHINO*, Tomoki SATO** and Akira TANIGUCH***

(Received May 21, 2014/Accepted July 25, 2014)

Summary : Lagoon Notoro-ko located in northeast Hokkaido, is connected to the Okhotsk Sea by an artificial channel and there are few incoming rivers. This lagoon is covered with sea ice during winter and early spring. So we conducted an investigation of temporal changing of oceanographic conditions and chlorophyll *a* in sea ice and water column from February 6 to March 18 in 2008. The quantity of integrated chlorophyll *a* in sea ice increased with the growth of sea ice during February and showed a tendency to decrease in March. Especially, the integrated quantity of chlorophyll *a* in sea ice sharply decreased upto March 10 (1.5 mg/m²) from February 29 (10.1 mg/m²). On the other hand, the quantity of integrated chlorophyll *a* of the water column tended to increase. A remarkable increase was found on March 18 (119.1 mg/m²) from March 10 (43.7 mg/m²). It is thought that the sea ice of the Lagoon Notoro-ko shifted around March 10 as the boundary for the melting phase from the product phase. The total quantity of integrated chlorophyll *a* was 10.9–46.6 mg/m² for the sea ice product phase (February 6 to March 10) and 121.5 mg/m² for the sea ice melting phase (March 18). The former was at the same level as the period with a small quantity of integrated chlorophyll *a* from August to December, and the latter value was more at the time when there was relatively much more integrated chlorophyll *a* in the beginning of May from the end of April. It was suggested that ice algae and the phytoplankton which adapted to the low light environment contributed to the quantity of chlorophyll *a* in the freezing period of the Lagoon Notoro-ko.

Key words : Sea Ice, Okhotsk Sea, Lagoon Notoro-ko, Ice Algae, Integrated Chlorophyll *a*

* Department of Aquatic Bioscience, Faculty of Bio-Industry, Tokyo University of Agriculture

** Hokkaido National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency

*** Sanyo TechnoMarine, Inc.