

網走湖塩淡水境界層制御効果と生物環境への影響について

—網走湖塩淡水境界層制御実験について（第2報）—

網走開発建設部 治水課 ○大田見 定
米元 光明
岡部 博一

網走川下流に位置する網走湖は、観光及び内水面漁業の場として地域経済に大きな役割を果たしている。一方、網走湖はオホーツク海より流れ込んだ塩水が蓄積することにより上部が淡水層、下部が高濃度の栄養塩を含む無酸素塩水層の二層構造となっている。近年、湖内の富栄養化の進行に伴い藍藻類の異常増殖より生じる「アオコ現象」、下層の無酸素塩水層が強風下で浮上することにより生じる「青潮現象」といった水質障害が頻発している。

本報告は、塩淡水境界層を降下・安定させる具体的な手法を検討するために、海水の逆流を制御する実験による塩淡水境界層制御効果と生物環境への影響について報告するものである。

1. 網走湖の概要

網走湖はオホーツク海に注ぐ網走川の河口から約7km上流に位置する海跡湖（図-1、表-1）であり、オホーツク海と繋がっており、ここから海水が流入する。この時、密度の差により海水は下層へ流入するため、上層が淡水で下層が塩水の二層構造（図-2）となっている。



図-1 網走湖位置

表-1 網走湖概要

湖面積	32.3km ²
最大水深	16.1m
平均水深	6.1m
代表生物	アオサギ アカメイトンボ ミズバショウ群落
水産物	シラウオ ワカサギ ヤマトシジミ

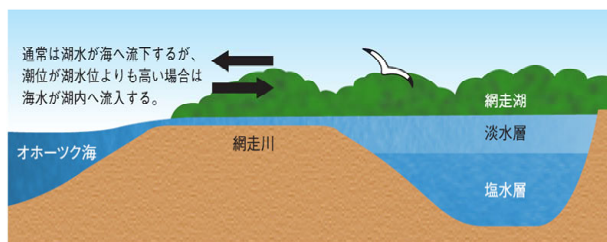


図-2 網走湖の二層構造

下層の塩水層は水の交換が少なく有機物の分解等で酸素が消費されるため無酸素状態である。また、窒素、リンなども底泥からの溶出により淡水層の数十倍と高い濃度となっている。

2. 塩淡水境界層制御実験

網走湖では塩水層の上昇に伴い青潮、アオコといった水質障害が頻発する状況にあるため、清流ルネッサンスII（網走川水環境改善緊急行動計画）を策定し、塩淡水

境界層深度を6~7mに保つことを目標に塩水遡上の制御を目的として、平成17年度より仮設の可動堰による実験施設を設置し、塩淡水境界層制御効果を把握するための現地実験を行った。

(1) 実験施設概要

実験施設として仮設のスライドゲート（6門）を網走川の河口から約7.0kmの地点に設置した。（図-3）同箇所は網走湖から下流河道への流出部であり、網走湖へ流入する塩水を最も効率的に制御できる箇所である。



図-3 実験施設設置位置図



図-4 実験施設の外観

(2) 実験施設の操作時期、操作方法

a) 実験施設の操作方法

実験施設は順流時に堰を開放し、逆流時に堰を閉鎖する逆流時閉鎖方式での操作とし、図-5の通り平成17年度は逆流時に塩水遡上を完全に止める完全閉鎖、平成18年～19年度は一部越流させる方式で堰の高さを変えることにより越流水深を変えて実施した。

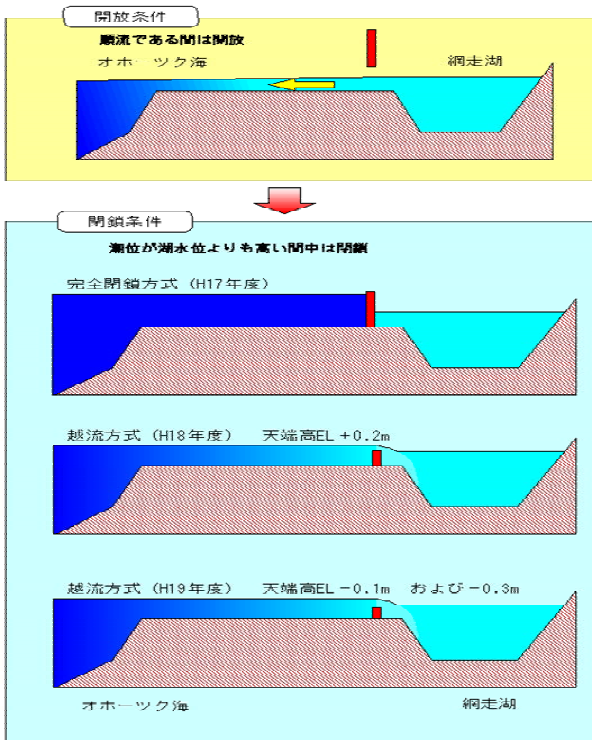


図-5 ゲート操作方法

b) 実験期間

実験施設は逆流時に可動を閉鎖するため魚類の通過阻害になる可能性がある。そのため網走湖・網走川の主要な魚種であるワカサギ、シラウオ、サケ等の遡上に影響を与えない1月上旬～3月上旬迄の2ヶ月間を実験期間とした。

(3) 実験結果

a) 塩淡水境界層の変動

塩淡水境界層は、融雪出水で低下したあと、横ばいに推移し、11月から12月頃に上昇するが、実験を行った平成17年度から平成19年度の実験期間については、いずれも塩淡水境界層の上昇が抑制された。

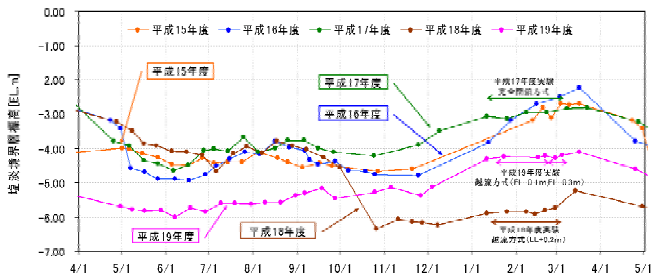


図-6 湖心における塩淡水境界層標高の各年度比較

b) 塩水遡上の阻止率

塩水の遡上は網走港と網走湖の水位差によって到達距離に変化が生じ、非実験期（ゲートなし）では水位差が大きいほど塩分の流入が大きく図-7に示すとおり30cm以上になると大量の塩水が湖内に流入する。堰により逆流時に閉鎖した場合、完全閉鎖、標高+0.2mでは塩水の遡上はほぼ阻止された。また、堰の高さを変えた場合、水位差40cm以上になると塩水の流入が見られゲート高が低いほど阻止効果は減少する。図-8に示すように、EL-0.1mで83%、EL-0.3mで57%の阻止効果が確認された。

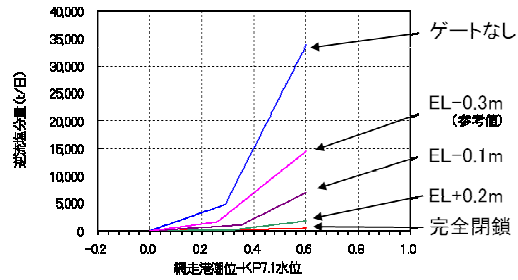


図-7 水位差と通過塩分量

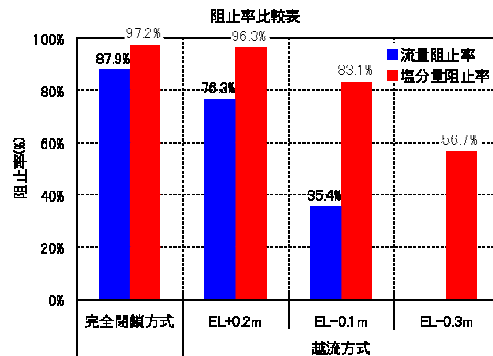


図-8 塩水遡上阻止率比較表

3. 塩淡水境界層制御効果

堰による塩淡水境界層の変動について、シミュレーションにより予測を行った。図-9に実験時と同様に1月上旬から3月上旬を操作期間として、過去32年間のデータを基に長期に堰を運用した場合の清流ルネッサンスIIの目標（塩淡水境界層深度6～7m）の達成率を示す。

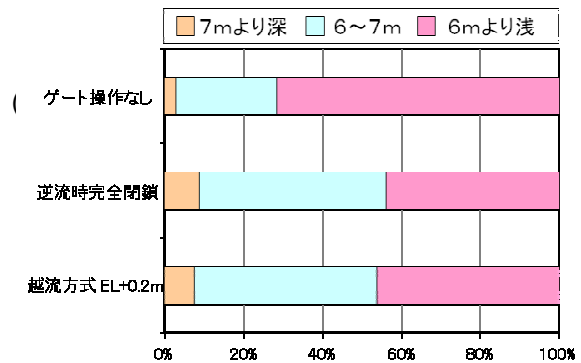


図-9 塩淡水境界層の目標達成率 (1月上旬から3月上旬の運用)

目標達成率は、ゲート操作が無い時の約30%に比べ完全閉鎖、越流閉鎖（EL+0.2m）ともに増加していることが分かった。しかし、実験期間である2ヶ月の操作では清流ルネサンスⅡの目標を達成出来ないことから、堰の操作期間を延長した場合について予測計算を行った結果について図-10に示す。

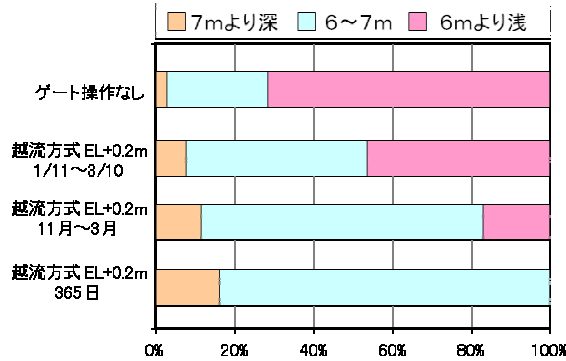


図-10 操作期間別の目標達成率

堰の操作を11月から行うことで大幅に目標期間が増加することが分かった。但し、通し回遊魚が移動する時期にゲート操作を行っていないため、ゲート操作による魚類等への影響を明らかにする必要がある。

4. 環境への影響

実験による網走湖及び下流河道への魚類、底生動物、付着藻類などの生物への影響についてモニタリング調査を実施し評価を行った。

(1) 底生動物への影響

下流河道の底生動物の個体数は実験による影響より出水等による影響が大きく、平成18年10月におきた大規模出水ではニホンドロソコエビやシネロブススタンフォルディーがほとんど消失し個体数自体も激減したが、1年程度で構成種、個体数ともに回復が見られた。一方、実験前後で行った調査結果を見ると大きな変化は見られていないことから堰による影響は少なく、出水等により影響が生じた場合でも1年程度で回復すると考えられる。

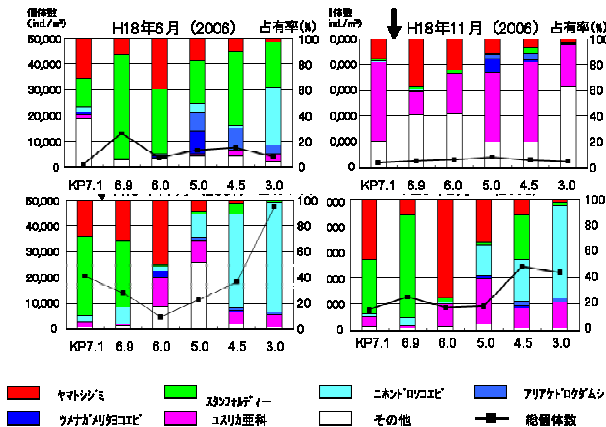


図-11 底生動物の個体数と種構成の変化

(2) 付着藻類への影響

網走川下流の付着藻類は淡水性の珪藻が主体であり構成に大きな変化は認められなかった。施設の運用は下流の汽水環境に変化を及ぼすが、塩分の影響を小さくする方向に作用するため影響は少ない。（図-12）

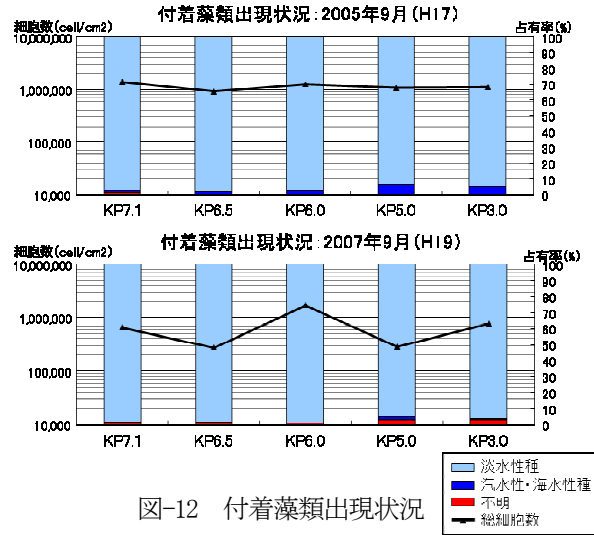


図-12 付着藻類出現状況

(3) 魚類への影響

実験施設による流路分断により遡河回遊魚等の移動に影響が懸念されるが、網走川・網走湖における主要魚種の生活史を図-13に取りまとめた。実験を遡上阻害を受けない時期に実施していることから影響は少ないと思われる。但し、施設の運用期間延長を検討するためにワカサギ遡上期にゲート操作を行った場合の遡上への影響を明らかにする必要がある。

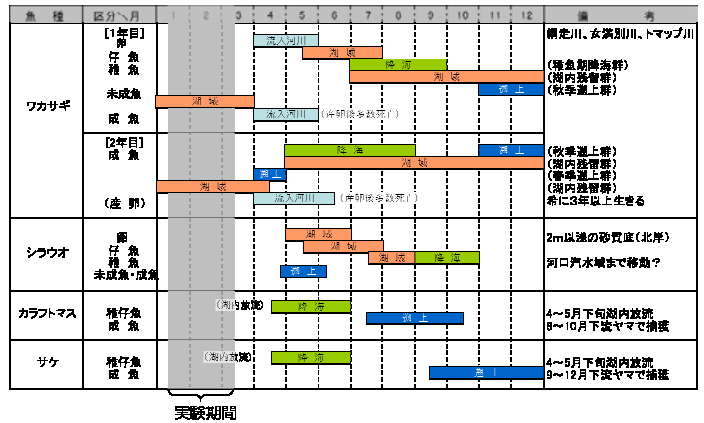


図-13 主要水産魚種の生活史

(4) ヤマトシジミへの影響

網走湖及び網走川下流部の主要な水産資源であるヤマトシジミへの影響について現地調査による評価を行った。

a) 網走湖に生息するヤマトシジミへの影響

網走湖の下層（塩水層）は無酸素であり、シジミの生息域は塩淡水境界層に左右されることになるため、堰により塩淡水境界層が制御された場合の影響について調査を行

った。

平成15年から平成19年の湖内の標高別シジミ資源量推定結果をみると、標高-0.5m～-2.0mのシジミ資源推定量に大きな変化は見られないが、標高-2.0m～-3.0mは半減、漁場外となる標高-3.0m～-4.0mでは大きく減少している。これは近年の塩淡水境界層の急激な上昇が原因と考えられる。平成19年は塩淡水境界層は低下したが、シジミの成長に時間がかかることもあり生息数に回復は見られていない。(図-13)

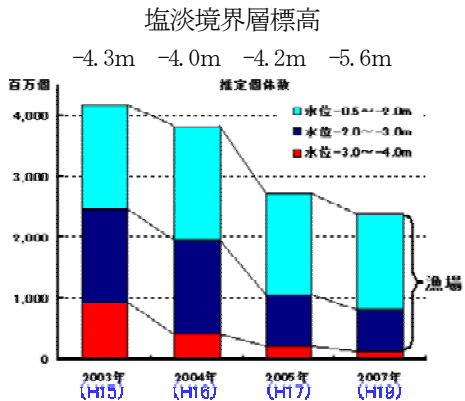


図-13 シジミ推定個体数推移 (10mm以上)
(出典：北海道立水産試験場道東内水面室資源量調査結果)

一方、2mm以下のシジミについて平成18年と平成19年で水深別の分布状況を調べると平成18年の生息域が比較的浅い範囲に限られるのに対し、平成19年はより深いところまで範囲が広がっており、塩淡水境界層の低下により生息域が拡大している状況が確認される。(図-14) このことから、塩淡水境界層が低下することにより、シジミの生息域の拡大が期待される。

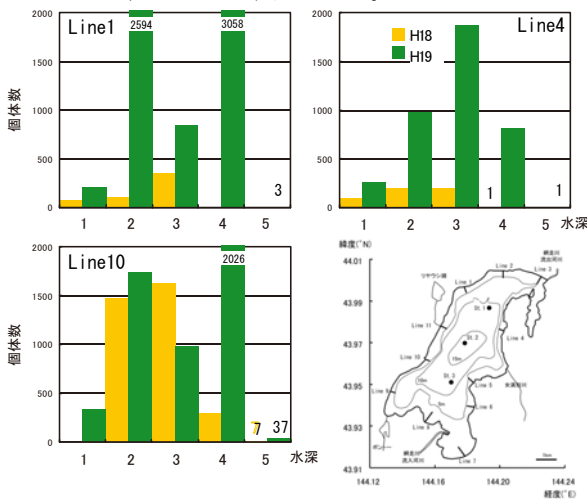


図-14 シジミ推定個体数推移 (2mm以下)
(出典：北海道立水産試験場道東内水面室資源量調査結果)

b) 下流河道内に生息するヤマトシジミへの影響

河道内に生息するシジミについては北海道立網走地区水産技術普及指導所東部支所のとりまとめにより資源量の調査が実施されている。網走川のヤマトシジミの分布

域は、ST. 5～ST. 8を中心に消長を繰り返し、近年では平成15～17年にST. 6～8で1m²当たり2,000個体以上の分布域が確認された。このように網走川下流部のヤマトシジミについては、実験施設がない状態においても、生息密度の変動が大きいことが確認された。(図-15)

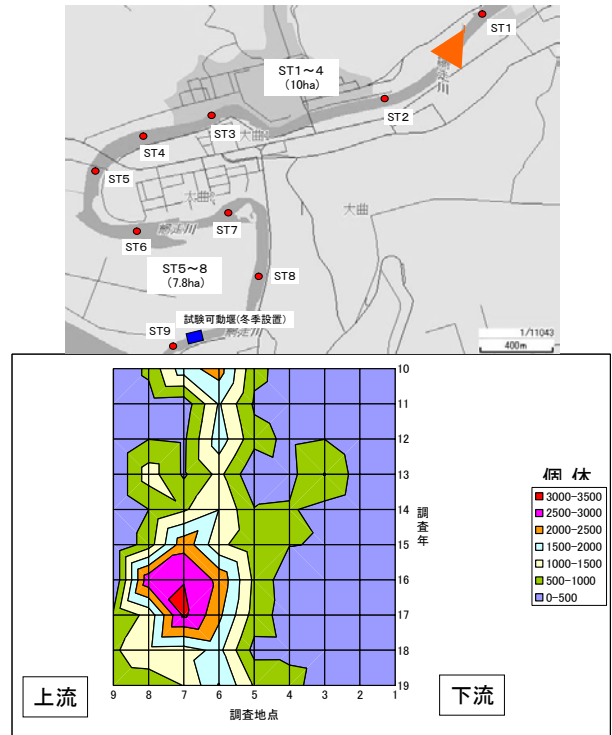


図-15 下流河道のシジミ分布状況経年変化
(出典：網走地区水産技術普及指導所東部支所資料)

また、実験前後のシジミの分布状況を見ると、地点により個体数の変動は見られるが、全体として激減するなどの状況は見られず、また分布域には大きな変化は見られていない。(図-16)

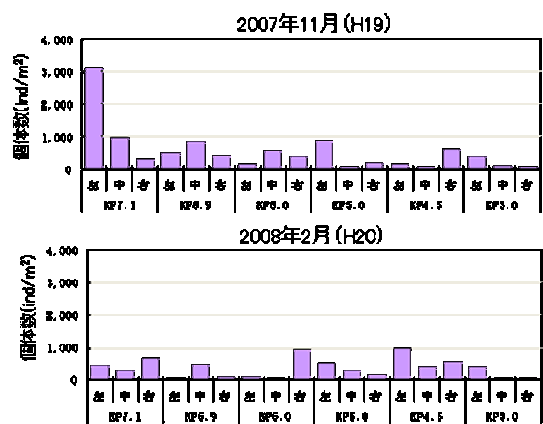


図-16 実験前後の河道内シジミ分布状況 (5mm以上)

下流河道部のシジミについては実験期間中に個体数の変動があったものの、自然変動があったことを考慮すると実験による影響は少ないと考えられるが、本調査のみで評価は困難である。

5. 河道内ヤマトシジミの供給形態

前述の通り実験前後によるシジミの分布に大きな影響は見られなかったが、河道のシジミについては知見がほとんど無いため、その供給形態が川由来か湖由来か不明である。そのため堰を実際に運用した場合に河道内のシジミへの影響を明らかにするためにシジミの供給形態を把握するための調査を行った。

(1) ヤマトシジミの産卵状況調査

ヤマトシジミの放卵・放精は7～9月であり、水温と塩分が大きく影響すると言われている。また、産卵後に軟体部（貝の身）の重量が減少することから、湖と下流河道のシジミを採取し、全体重量に対する軟体部の重量比率である軟体部指数の変動により産卵の有無の判断を行った。なお、網走湖での調査は北海道立水産孵化場が実施しており、下流河道での調査と同一の調査日、調査手法で実施した。

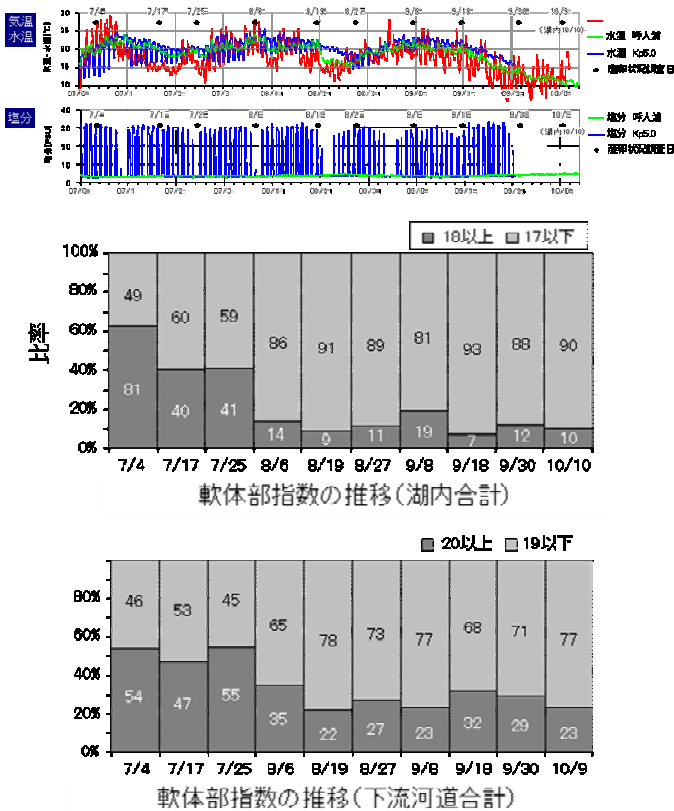


図-17 産卵状況調査（網走湖・網走川）

その結果、図-17に示すとおり、湖内では7月17日、8月6日に産卵前の軟体部指数と推定される割合が大幅に減少した。調査日の前に水温の上昇が見られることから、同日以前に一斉産卵があったと考えられる。下流河道については、湖ほど明確ではないが、産卵前の軟体部指数の割合は徐々に減少していることより、産卵はしているものと推定される。

さらにシジミ軟体部の生殖巣を検鏡した結果、湖内では、

7月4日の産卵前に確認された「ろ胞細胞」「卵」「核」が、軟体部指数が減少した8月6日には「ろ胞細胞」のみとなっており、放卵が確認された。（図-18）

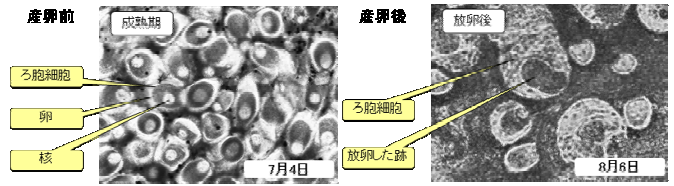


図-18 湖内ヤマトシジミの検鏡写真

一方、下流河道は8月6日時点で一部放卵が確認されたが、9月8日には成熟後に放卵されずに退行したのも確認された。（図-19）

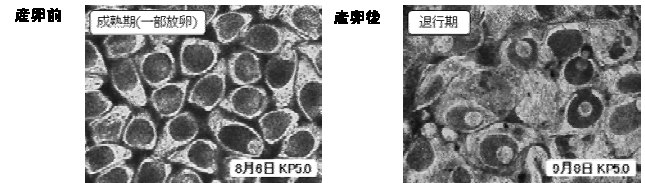


図-19 河道内ヤマトシジミの検鏡写真

以上のことから、湖内では明確な一斉産卵が見られるが、下流河道では産卵は行われているが、湖のような一斉産卵は行われていないと考えられる。これは下流河道は順流、逆流があることにより水温・塩分ともに日変動が激しく湖内のような一斉産卵ではなく少しずつ産卵し、一部は産卵できずに退行し吸収されていると考えられる。

(2) ヤマトシジミの浮遊幼生調査

産卵状況を確認するため浮遊幼生の調査を湖内・下流河道内で実施した。湖内については産卵状況調査と同じく道立水産孵化場で実施し、下流河道と同一の調査日、調査手法で実施した。

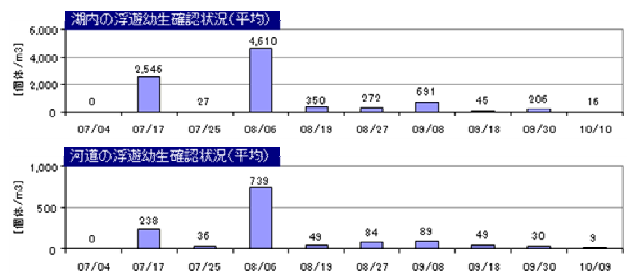


図-20 浮遊幼生調査結果（網走湖・網走川）

湖内における浮遊幼生は7月17日と8月6日に多く確認されており、産卵状況調査の結果と符合していることから湖内では7月17日と8月6日に大量に産卵が起きたものと考えられる。一方、下流河道における浮遊幼生は、湖内と同様の変動を示している。（図-20）

浮遊幼生の発生ピークである8月6日の下流河道の浮遊幼生分布状況を見ると、順流である干潮時に湖内付近で多く確認され下流に行くに従い少なくなっており、逆流で

ある満潮時には逆に下流で多く確認された。河道における産卵が明確でないこと、干潮時に湖内付近で確認量が多いことを踏まえると、下流河道で確認された浮遊幼生は湖由来のものである可能性が高い。

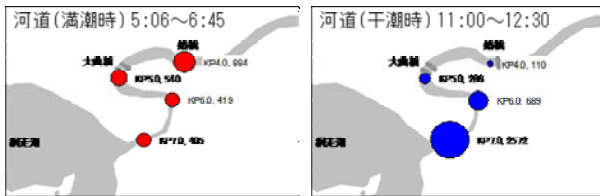
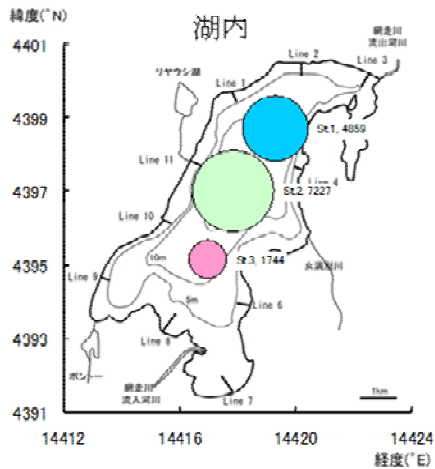


図-21 発生ピーク時の浮遊幼生分布図 (8月6日)

以上のことから、下流河道のシジミは河道内で一部再生産されているが、大部分は湖由来のものであると考えられ、産卵期である夏期の堰運用については、産卵から定着する期間に操作を行うと下流河道のシジミの再生産に影響を与える可能性がある。

6. まとめ

本報告では、網走湖の水質改善に向けて、水質障害発生の一因となっている塩淡水境界層の上昇を制御する対策

である「ゲート操作による海水の逆流制御」による塩淡水境界層制御効果について現地実験と予測シミュレーションにより評価を行うとともに、ゲート操作による生物環境への影響について評価を行った。

実験結果、予測計算より、ゲート操作により塩淡水境界層の上昇を抑制する効果が確認された。しかし実験期間の約60日間では清流ルネサンスⅡで目標とする境界層深度6~7mを達成できる割合が約6割程度であり、ゲート操作期間を延長し11月から運用を行うことで目標を達成できる割合が9割程度まで増大することが確認された。また、ゲート操作による生物環境への影響は実験前後により顕著な影響は見られなかった。但し運用期間の延長を考慮する場合、下流河道のヤマトシジミは湖から浮遊幼生の供給があることから夏期の運用は慎重な検討が必要である。

7. 今後の課題

今後、塩淡水境界層制御効果を高め、目標を達成するためにゲート操作期間の延長と実際の運用を考慮した簡易な操作手法・運用方法について現在実験中である。

(H20.12~H20.3予定) また、生物環境への影響として、ヤマトシジミについては河道内で確認された浮遊幼生が河道内で定着、成長しているかの調査(殻長組成調査)、ワカサギについては、ゲート操作が遡上に与える影響についても調査を実施しおり、ゲート操作期間延長による影響についても今後評価を行う予定であり、次報以下に述べることとする。

参考文献

- 1) 網走湖環境保全対策推進協議会(2004): 網走川水系網走川水環境改善緊急行動計画(清流ルネサンスⅡ)
- 2) 網走開発建設部(2008): 第10回網走湖水環境改善施策検討委員会資料。