

網走湖塩淡水境界層制御実験による効果と 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3報）—

網走開発建設部 治水課

○亀井 尚
岡部 博一
米元 光明

網走湖はオホーツク海から逆流した塩水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を有しているが、近年、塩水層の上昇に伴う「アオコ」や「青潮」といった水質障害が頻発し問題となっており、学識者で構成される「網走湖水環境改善施策検討委員会（平成 21 年 11 月 24 日取りまとめ）」が設立され、技術的な検討が行われてきたところである。

網走開発建設部では、当該委員会と連携し、平成 17 年度から冬季に仮設ゲートを網走湖下流に設置し、塩淡水境界層制御実験を行っている。

本報文は、制御実験の結果と施設の設置・運用が環境に与える影響について報告するものである。

キーワード：保全・共生、モニタリング

1. 網走湖の概要

網走川は北海道の東北部に位置し、その源を阿寒山系の阿幌岳（標高 978m）に発して、津別町、美幌町を流下し、大空町において網走湖に至り、湖から流れ出て網走市内を約 7 km 流下してオホーツク海に注ぐ、幹川流路延長 115 km、流域面積 1,380 km²の一級河川である。

網走湖は、約千年前に現在の形となった海跡湖であり、長軸約 12 km、短軸 2~5 km の南北に長い形状を呈し、最大水深 16.1m、湖岸周囲長 42 km、面積 32.3 km²、湛水量約 2.3 億 m³の汽水湖である。



図-1 網走湖位置図

網走湖は、その成因からも分かるように湖水位が低く、観測開始以来の年平均水位は 0.39m である。

従って、オホーツク海の潮位が上昇した場合、網走湖に塩水が流入することになるが、平均 6m 程度の水深を有しているため、比重の大きい塩水が湖底に溜まり、上層が淡水で下層が塩水のはっきりした二層構造を有している。

下層の塩水層は水交換が少ないため、流域からの栄養塩類が蓄積し、有機物の分解等で酸素が消費され無酸素状態になっている。

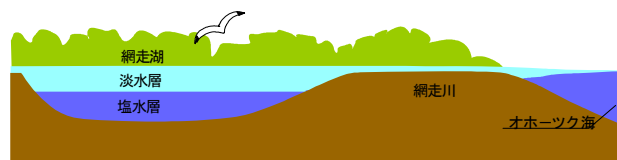


図-2 網走湖の塩水層

2. 塩淡水境界層制御について

網走開発建設部では、「湖域を利用する地域経済の発展」、「多様な生態系の保全」、「積極的な親水利用」を目標として、水質の改善を図るために策定された「網走川水系網走川水環境改善緊急行動計画」（平成 16 年 6 月）に基づいて各種の水質保全施策を実施している。

その内、「塩淡水境界層制御」は、汽水性の生態系の維持・保全を考慮し、現在 5m 前後で推移している塩淡水境界層水深を 6~7m に降下・安定させる施策であり、これによって青潮発生を抑制するとともに、塩水層からの栄養塩類の移流・拡散を抑え、アオコの発生を抑

制するものである。

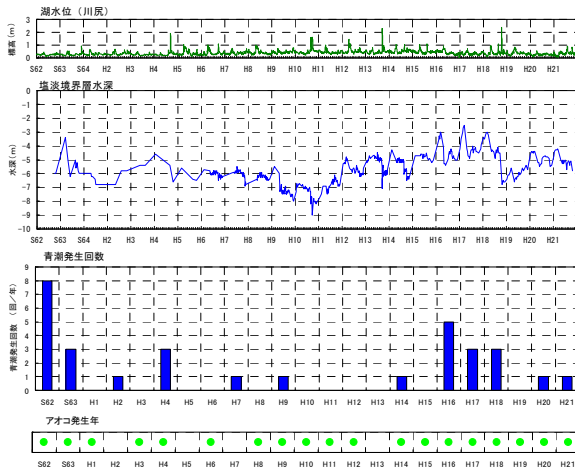


図-3 塩淡水境界層水深の変動と水質障害

(1) 塩淡水境界層制御実験について

網走湖における塩淡水境界層制御の手法や効果の検証および施設の設置・運用が周辺環境に与える影響を把握するため、平成 17 年度～平成 21 年度にかけて仮設ゲートによる現地実験を行っている。

なお平成 20 年度実験までの塩淡水境界層制御効果や環境への影響（底生動物、付着藻類、ヤマトシジミ）については、昨年度の第 2 報にて報告したところである。



図-4 塩淡水境界層制御実験箇所図



写真-1 塩淡水境界層制御実験施設

(2) 塩淡水境界層制御施設の詳細

平成 20 年度までの現地実験結果に基づき、塩淡水境界層制御施設の構造と運用（案）を決定した。

a) 設計条件

塩淡水境界層制御施設を設置するに当たり、以下の要件を満たすことが必要である。

- ①河道の流下能力を確保すること。
- ②国定公園の景観に十分配慮すること。

- ③環境の変化に応じた柔軟なゲート操作に対応するため、扉高調節機能を有すること。
- ④塩水の逆流に対応可能な構造を有すること。
- ⑤流水の越流が可能な構造であること。

b) ゲート構造・形式

現場条件及び経済性等について総合的に評価した結果、鋼製起伏ゲートを選定した。

c) 扉高の設定

様々な扉高について実験した結果、優れた塩水阻止効果を得られた上に、ゲート閉鎖時も越流水深が確保でき、景観や環境に与える負荷が少ない EL+0.2m が最も優れていると判断した。

網走湖の平均水位は 0.39m であることから、ゲート閉鎖時は約 0.20m 程度の越流水深が確保できる。

d) 操作・運用

網走湖に塩水が流入するのを防ぐため、塩淡水境界層制御施設地点に逆流が発生した段階でゲートを閉鎖し、その後、順流に転じた段階でゲートを開放することにした。（逆流時閉鎖方式）

e) 操作期間

ゲート操作期間は塩淡水境界層が大きく上昇する 11 月～3 月を予定している。

なお、操作期間の設定にあたり、魚類の移動の阻害について考慮する必要があるが、詳細は次章で述べることにする。

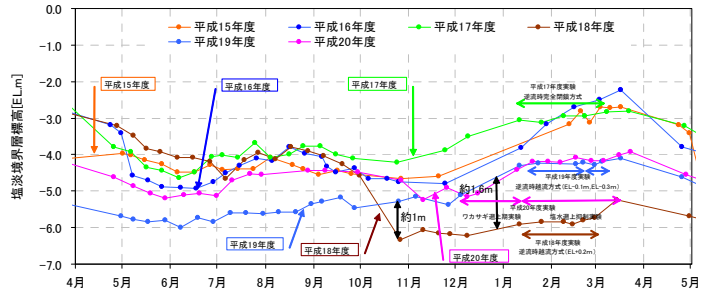


図-5 塩淡水境界層の変動と制御実験の効果



図-6 塩淡水境界層制御施設完成予想図

3. 魚類の移動に対する影響検討

(1) 対象魚類の選定

塩淡水境界層制御施設は、11 月から 3 月の期間に運用する予定であり、この時期に遡上もしくは降海する魚類に対する影響について検討する必要がある。

網走川はワカサギが自然繁殖する川として知られて

おり、その遡上盛期が塩淡水境界層制御期間と重なるため、ゲート操作による影響について調査した。

表-1 ワカサギの遡上時期とゲート操作期間

魚種	遡上時期	ゲート操作時間
ワカサギ	遡上 11~1月 4~5月	※月平均操作時間
		11月: 97時間
		12月: 175時間
		1月: 242時間
		2月: 230時間
3月: 237時間		

4. ワカサギ遡上調査について

(1) 網走川のワカサギの生態

ワカサギはサケ目キュウリウオ科に属し、基本的には河川で孵化した後、海で成長し、産卵のために河川に遡上する遡河回遊魚である。

網走川では、オホーツク海と網走湖の間を行き来する生態が知られており、産卵は網走湖の流入河川である網走川や女満別川で4月上旬~6月上旬に行われ、5~6月にふ化後、降湖し、その後7月~9月（盛期は8月上旬）にオホーツク海に移動する降海群と湖中残留群に分かれる。そして、降海群は11~12月頃を主体とし、数は少ないが翌年の3~4月頃にも遡上することが知られている。^{1),2),3),4)}

また、網走湖はワカサギの産地として知られており、道内の湖で最大の漁獲量を誇っている。

ワカサギの生態は未だ解明されていないことが多く、内水面漁業においては、漁獲量の年変動が大きいことが知られている。

そこで、網走湖ではワカサギの生態に配慮し、人工採卵や漁獲制限などによる資源管理が行われている。

表-2 網走湖のワカサギの生態 (1年目)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
遡上												
産卵												
ふ化												
降海												
湖内残留												

表-3 網走湖のワカサギ漁業

漁期	漁法	主な漁獲対象群
秋期	曳き網漁	秋期湖中残留群
冬期	氷下曳き網漁	冬期遡上群
春期	曳き網漁	春期遡上群
遡上期	ふくべ網漁	※人工採卵事業

(2) 塩淡水境界層制御実験とワカサギ遡上調査

塩淡水境界層制御実験は平成17年度に開始された。そこで、塩淡水境界層制御施設の運用がワカサギの遡上

に与える影響を調査するため、ふくべ網によるワカサギの遡上調査を行った。

実験開始当初は、塩水遡上制御効果等の詳細が判明しておらず、ゲートの構造や諸元及び運用等については検討段階であった。

当初の実験期間は、ワカサギの遡上に与える影響に関する知見がないため、ゲート操作はワカサギ遡上の盛期を避けて1月以降に設定した。

そして、平成17年度から19年度の3箇年にわたる調査の結果、ワカサギ遡上盛期を過ぎて捕獲数は少ないながら、塩淡水境界層制御実験期間中にワカサギが網走湖に遡上しているのが確認された。

そこで、平成20年度はこれまでの知見に基づき、塩淡水境界層制御実験の開始をワカサギ遡上盛期に近い12月1日とし、ゲート操作の影響について詳細に調査した。

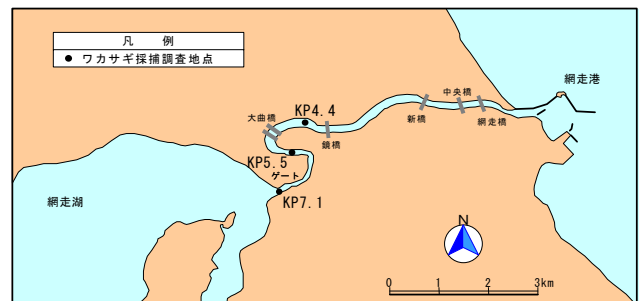


図-7 ワカサギ遡上調査箇所図

表-4 ワカサギ遡上調査箇所と期間

	KP4.4	KP5.5	KP7.1	調査期間
H17		○	○	11/10~3/17
H18		○	○	10/5~2/28
H19		○		1/1~1/31
H20	○	○	○	11/25, 17, 29~1/31

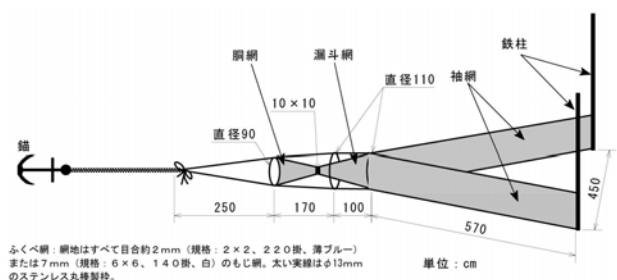


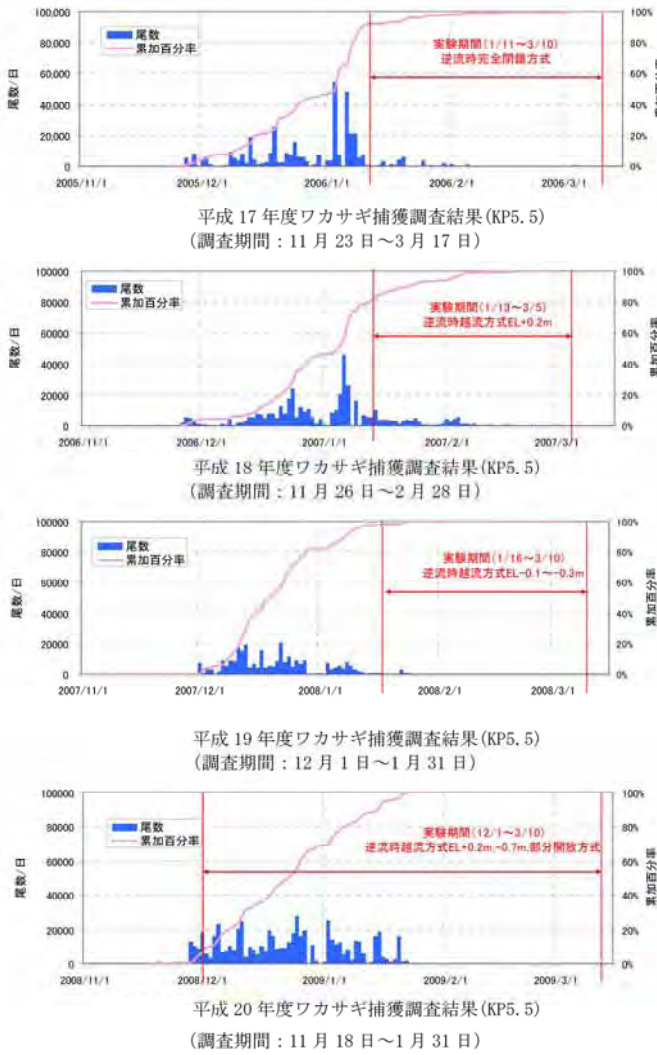
図-8 ふくべ網の構造

(3) 平成20年度ワカサギ捕獲調査結果

平成20年度は、塩水阻止効果検証のため、従来までの逆流時越流方式 (EL+0.2m) の他に、ゲート操作を必要としない常時越流方式 (EL-0.7m)、常時部分開放方式 (1/4河道断面を常時開放) による実験を行った。

それぞれのゲート操作方式によるワカサギ遡上に対する影響を確認するため、ゲートの上流側 KP7.1 と下流側 KP4.4、KP5.5 でふくべ網による捕獲調査を実施し

た。



逆流時越流方式で制御した12月1日～12月5日及び12月9日～12月17日のワカサギ捕獲尾数は、KP5.5 (ゲート下流) と KP7.1 (ゲート上流) では、ほぼ同時期に遡上のピークが確認された。

このことから、逆流時越流方式では、ワカサギの遡上にほとんど影響を与えないと思われる。

常時部分開放方式で制御した12月6日～12月8日の期間では、KP7.1の捕獲尾数がKP5.5と比べて少ない傾向がみられた。

これは、1/4断面開放に伴うゲート地点の流速上昇が原因と思われる。

また、常時越流方式では、同時に実施した音響探査装置の映像から、ワカサギの群れがふくべ網の対岸側に多く遊泳したのを確認したため、単純に捕獲尾数による比較はできないが、音響探査装置で多くの魚群が確認されたことから、逆流時越流方式と同様に、ワカサギの遡上にほとんど影響を与えないと思われる。

なお、各ゲート操作方式における KP4.4 と KP7.1、KP5.5 のワカサギ捕獲尾数における明確な相関はみられなかった。

(4)平成 20 年度ワカサギ行動調査結果

ワカサギが遡上する時間帯や流向・流速との関係を把握するため、ふくべ網の設置箇所 KP4.4、KP5.5、KP7.1 の網口にデジタルカメラを下流に向けて設置し、5分間隔で自動撮影してワカサギの撮影尾数を計測した。

図-9 実験期間中のワカサギ捕獲調査結果

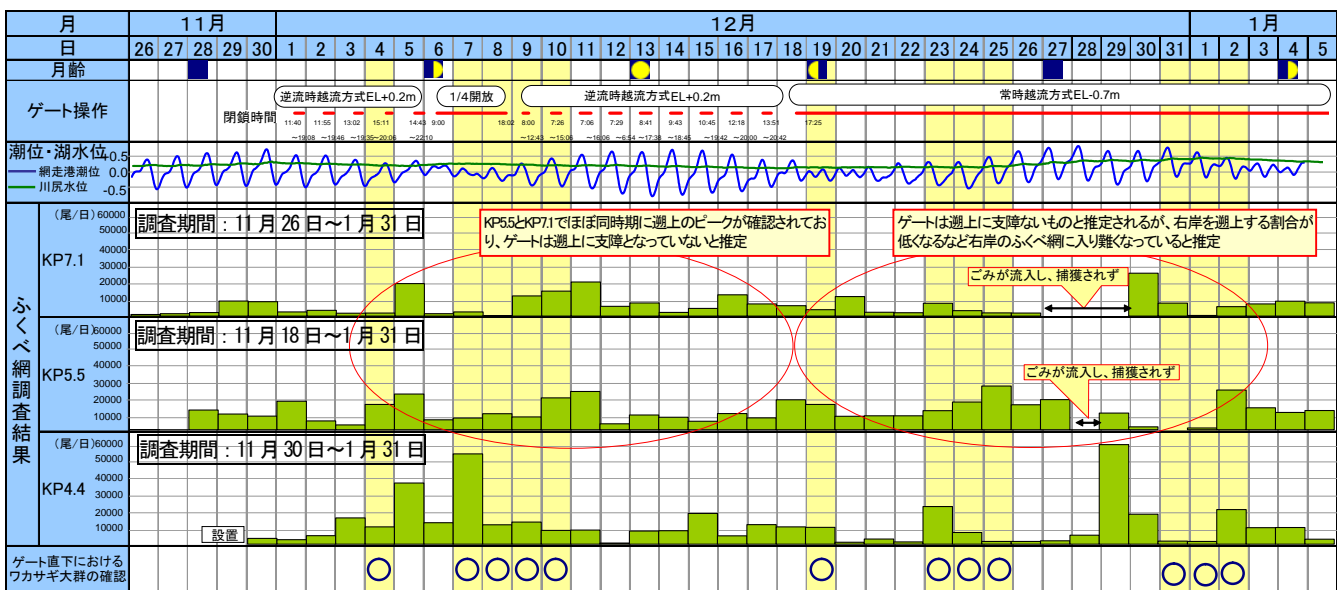


図-10 平成 20 年度のふくべ網によるワカサギ捕獲調査結果

また、塩水遡上制御効果を計測するために設置した電磁流速計により 10 分間隔で流向・流速が観測されており、これらのデータを総合して解析することにより、ワカサギの行動の詳細と塩淡境界層制御実験の影響について整理した。

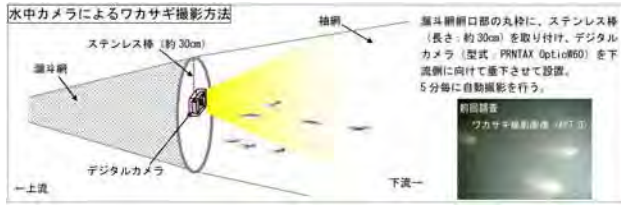
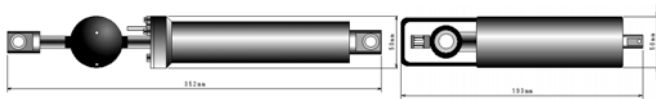


図-11 自動撮影カメラ設置状況



測定項目	流速	方位	水温	測定項目	水温	電気伝導度
センサタイプ	2線電圧降下方式	ホール素子	サーミスタ	センサタイプ	サーミスタ	電阻感測セル
測定範囲	0~±500cm/s	0~360°	-5~40℃	測定範囲	-5~40℃	0~60mS/cm
分解能	0.02cm/s	0.01°	0.001℃	分解能	0.001℃	0.001mS/cm
精度	±1cm/sまたは±2%	±2°	±0.05℃	精度	±0.05℃	±0.05mS/cm
メモリアイプ	2Mバイトフラッシュメモリ			メモリアイプ	2Mバイトフラッシュメモリ	
メモリ容量	17018データ			メモリ容量	13848データ (15分インターバルで123日)	
A/D変換	16ビットデジタル変換			A/D変換	16ビットデジタル変換	
測定モード	連続モード、バーストモード			測定インターバル	1秒、1分、2分、10分	
測定インターバル	0.5秒、1秒、2秒、5秒、10秒、15秒、20秒、30秒			電源/容量	リチウム電池 (SR2) / 750mAh	
バーストインターバル	1分~1440分			消費電流	42mA	
サンプリング数	1, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 180, 240, 300, 600, 1200			ケース材質	チタニウム	
電源/容量	リチウム電池 (7Ah)			重量	空中重量900g 水中重量550g	
消費電流	85mA			耐圧性能	1000kPa相当	
ケース材質	チタニウム			引張強度	約2N (200gf相当)	

図-12 電磁流速計(左)と水温塩分計(右)の諸元

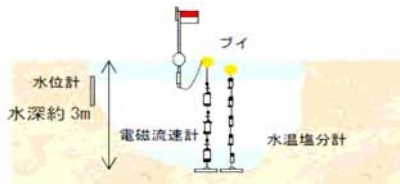


図-13 電磁流速計及び水温塩分計設置図

a) 逆流時越流方式 (EL+0.2m)

カメラで自動撮影されたワカサギ尾数と行動時間帯及び流向・流速との関係 (図-14) をみると、ワカサギは主に日没から日の出にかけての時間帯における流速 30cm/s 程度の順流時に遡上していた。

従って、順流時にゲートを開放している逆流時越流方式であれば、ワカサギの遡上に与える影響は小さいものと思われる。

なお、ワカサギの瞬間遊泳速度については 53cm/s と報告されている⁵⁾。

b) 常時部分開放方式 (1/4 開放)

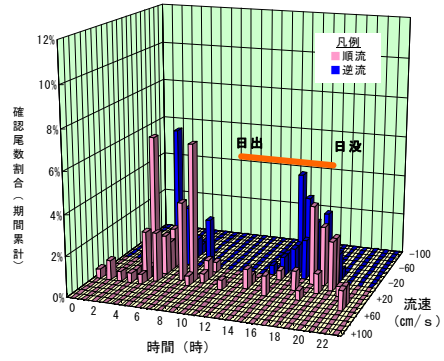
常時部分開放方式は、オホーツク海の小潮に当たる 12月6日~12月8日に実施した。

しかし、ゲート直下で 2m/s 以上の流速を記録するなど、ワカサギの遡上に悪影響を与えるおそれがあるため、常時部分開放方式の実験は 3日で中断した。

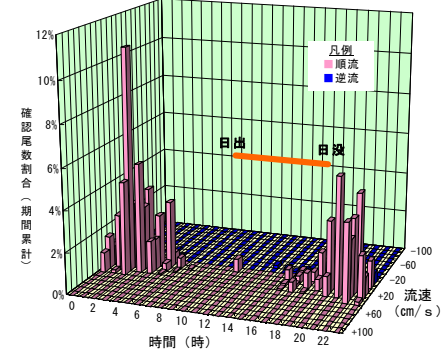
このことから、本方式は塩淡境界層制御方式としては不相当であると判断した。

Hisashi Kamei, Hirokazu Okabe, Mitsuaki Yonemoto

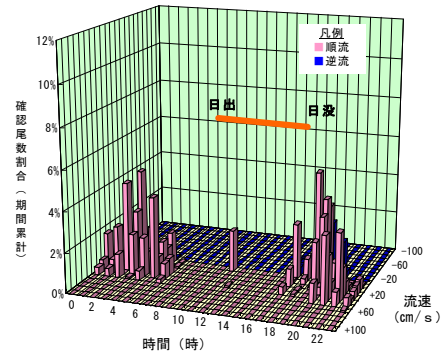
(KP7.1、逆流時越流方式EL+0.2)



(KP5.5、逆流時越流方式EL+0.2)



(KP4.4、逆流時越流方式EL+0.2)



※データ集計期間: 12/1~12/5, 12/9~12/17, 1/13~1/31

※尾数割合: 全確認尾数に対する割合

注) 確認尾数は、水中カメラ (デジタルカメラ) をふくべ網口に設置し、5分毎に撮影した画像からワカサギの出現尾数をカウントしている。

図-14 ふくべ網の水中カメラによるワカサギ確認尾数と時間・流速との関係

c) 常時越流方式 (EL-0.7m)

常時越流方式で制御した 12月18日から1月12日は、下流に比べて上流の KP7.1 における捕獲尾数が少なかったが、別途実施した音響探査調査の映像を分析した結果、流況の変化により左岸にワカサギが多く遊泳しており、このため、右岸に設置したふくべ網の捕獲数が少なくなったと思われる。

また、流向・流速と遡上するワカサギ確認尾数割合の経時変化 (図-15) より、下流の KP4.4, KP5.5 では日没から日の出にかけての順流時に遡上するものが多く確認された。

また、ゲート直上 (KP7.1) では、7時から15時までの明るい時間帯にもワカサギが撮影されたが、これら

は一部の調査日に集中していたことから、主要な行動形態を表した結果ではないものと思われる。

このことから、ワカサギは昼間に遡上することもあ
るが、主たる時間帯は夜間であると考えられる。

d) ワカサギ遡上への影響

平成 20 年度の調査結果より、逆流時越流方式及び常
時越流方式による制御では、ワカサギが十分遡上する
と思われる。

また、常時部分開放方式による制御では、ワカサギ
の遡上形態に影響を与える可能性があることが確認さ
れた。

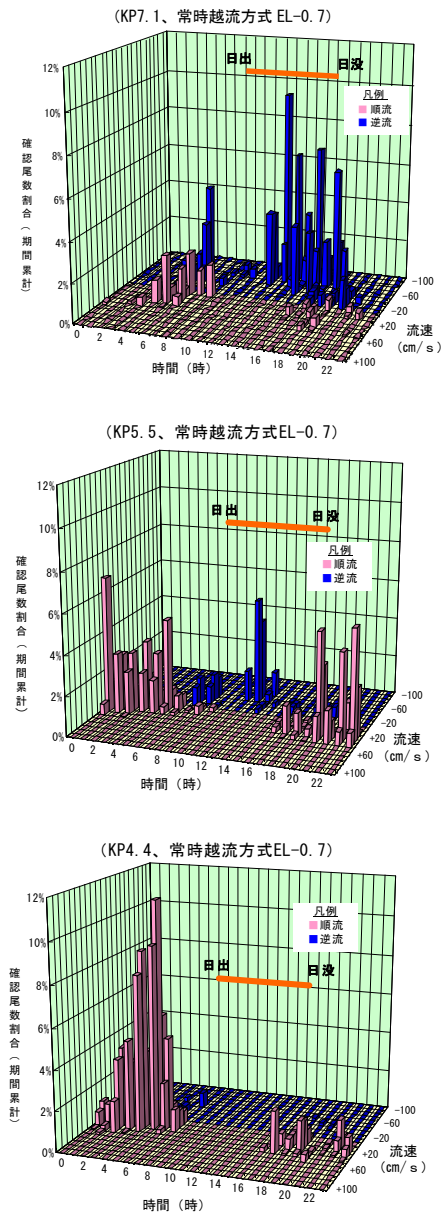


図-15 ふくべ網の水中カメラによるワカサギ確認尾数
と時間・流速との関係

5.まとめ

網走湖下流河道に建設が予定されている塩水遡上制
御施設は冬季に運用し、逆流時のみゲートを閉鎖する
ことは先に述べた。

つまり、ゲートの閉鎖は網走川の逆流に応じて断続
的に行われることになる。

ワカサギの遡上は、主に 11 月下旬～1 月上旬に行わ
れるため、塩淡水境界層制御による遡上への影響が懸念
された。

これまでの調査の結果、ワカサギは主に日没から夜
明けまでの暗い時間帯の順流時に遡上する性質がある
ことが確認された。

従って、塩水遡上制御施設が逆流時にゲートを閉鎖
し順流時に開放する運用を行う限り、ワカサギの遡上
に与える影響はほとんどないものと思われる。

平成 20 年度に実施した自動撮影によるワカサギ行動
調査で得られた成果は、単年の調査結果であるが、自
動撮影写真及び自動計測による各種水文データがリア
ルタイムで記録・保存されているため、遡上期のワカ
サギの行動に関する客観的・科学的な検証を行うこと
ができたと思われる。

本調査結果が、今後行われるワカサギ生態調査の一
助になれば幸いである。

【参考文献】

- 1) 宇藤均・辻敏・坂崎繁樹（北海道立網走水産試験場）：昭
和 56 年度事業報告書 網走湖産ワカサギ生態調査，1982 年 7
月
- 2) 宇藤均・辻敏・坂崎繁樹（北海道立網走水産試験場）：昭
和 57 年度事業報告書 網走湖産ワカサギ生態調査，1983 年 7
月
- 3) 宇藤均・小林喬・坂崎繁樹・黒萩尚（北海道立網走水産試
験場）：昭和 58 年度事業報告書 網走湖産ワカサギ生態調査，
1984 年 8 月
- 4) 北海道立網走水産試験場：網走湖産ワカサギの生態と資
源，技術資料 NO.2, 2000 年 3 月
- 5) 西浜雄二・渡辺貴聡・川尻敏文（網走市水産科学センタ
ー）：網走湖産ワカサギの産卵遡上に及ぼす河川濁流の影
響，2005 年 12 月