

網走湖水環境改善施策検討

最終報告書

平成22年3月25日

網走湖水環境改善施策検討委員会

目 次

1. はじめに	1-1
2. 網走湖の水環境現況	2-1
2.1. 網走湖の概要	2-1
2.2. 網走湖の水環境	2-8
2.3. 網走湖における水質障害	2-14
3. 検討の経緯	3-1
3.1. 網走湖の水質検討の経緯	3-1
3.2. 塩淡水境界層制御の効果の概要	3-9
3.3. 塩淡水境界層制御の対策手法の選定	3-11
4. 現地実験及びモニタリング調査	4-1
4.1. 現地実験計画	4-1
4.2. モニタリング調査	4-8
5. 実験結果と塩水遡上制御効果	5-1
5.1. ゲート操作状況と実験結果	5-1
5.2. 実験による塩水遡上阻止効果の検討	5-6
5.3. 湖内塩分量との比較による塩水遡上制御効果の検証	5-18
5.4. 塩淡水境界層標高の変動（近年の比較）	5-22
5.5. 実験結果と塩水遡上制御効果のまとめ	5-23
6. 冬季の塩水遡上制御による下流河川環境への影響	6-1
6.1. 物理・水質・底質環境への影響	6-2
6.2. 底生動物・付着藻類への影響	6-23
6.3. 魚類への影響	6-26
6.4. ヤマトシジミへの影響	6-40
6.5. 水辺の植生への影響	6-59
6.6. 下流河川環境への影響のまとめ	6-62

7. 塩淡水境界層*と湖内環境の関係	7-1
7.1. 塩淡水境界層と水質の関係.....	7-1
7.2. 塩淡水境界層と水質障害の関係.....	7-5
7.3. 塩淡水境界層と底生動物の関係.....	7-6
7.4. 塩淡水境界層とヤマトシジミの関係.....	7-7
7.5. 塩淡水境界層と植物プランクトンの関係.....	7-9
7.6. 塩淡水境界層と呼人浦の水草の関係.....	7-10
7.7. 塩淡水境界層と湖内環境の関係のまとめ.....	7-12
8. シミュレーションによる効果予測	8-1
8.1. シミュレーションによる予測検討の目的.....	8-1
8.2. 塩水遡上制御施設の長期的効果の予測.....	8-4
8.3. 操作期間を延長した場合の効果の予測.....	8-8
8.4. シミュレーションによる効果予測のまとめ.....	8-14
9. 透過性構造物による塩水遡上制御効果	9-1
9.1. 検討の概要.....	9-1
9.2. 塩水遡上実験.....	9-1
9.3. シミュレーションによる効果の検討.....	9-3
9.4. 透過性構造物の塩水遡上制御効果.....	9-4
10. 柔軟な制御が可能なゲート設計	10-1
10.1. 設計の基本条件.....	10-1
10.2. 形式選定の条件と流れ.....	10-2
10.3. 一次選定.....	10-3
10.4. 二次選定.....	10-7
10.5. 完成イメージ.....	10-10
11. 今後のモニタリング調査方針	11-1
11.1. モニタリング調査の目的.....	11-1
12. まとめ	12-1

1. はじめに

網走川は、その源を阿寒山系の阿幌岳(標高978m)に発し、山間部を流下し、津別町市街部で津別川を合わせ、平野部を流れながら美幌町市街部において美幌川を合流する。美幌町を貫流し大空町において網走湖に至り、トマップ川および女満別川を湖内に集め、湖から流れ出て網走市街地を経てオホーツク海に注ぐ、幹川流路延長115km、流域面積1,380km²の一級河川である。

網走川河口から約7km河道を隔てた所に位置する網走湖は、湖及び湖周辺が昭和33年に網走国定公園に指定されており、豊かな自然を有している。この自然を生かして、観光・レクリエーションの場として利用されており、網走市における年間の観光入込客数は140～210万人に達している。さらに、網走湖はヤマトシジミ(*Corbicula japonica*)、ワカサギ(*Hypomesus nipponensis*)、シラウオ(*Salangichthys microdon*)などの水産資源が豊富であり、地域の産業の基盤を担っている。

網走湖では、昭和62年から青潮が発生するようになり、水中の酸素不足から魚類等が大量に斃死する被害が生じている。また、昭和57年以降、アオコはほぼ毎年発生しており、景観を悪くするとともに悪臭を発生する等の影響が生じている。

地域にとって重要な網走湖において、青潮発生、アオコの発生が顕在化したことから、昭和62年には、「網走湖水質保全検討委員会」が設立され、青潮の発生機構の検討が行われた。

また、平成元年のアオコ大量発生を契機として、平成2年に富栄養化対策およびアオコ発生抑制方法について検討するため、「網走湖水質保全対策検討委員会」が設立され、その成果を受けて平成5年度に河川管理者が実施する直轄河川環境整備事業が採択された。さらに、平成16年6月には、「網走川水系網走川水環境改善緊急行動計画(清流ルネッサンスⅡ)」が策定され、河川管理者に加え、北海道、網走市、大空町、美幌町、津別町を実施主体とする流域対策を含めた総合的な水質改善施策が実施されることとなった。

平成17年に、網走開発建設部が実施する施策について技術的検討することを目的とした「網走湖水環境改善施策検討委員会」(以下、「本委員会」という。)が設立された。本委員会では、最も効果の期待される塩淡境界層制御について塩水遡上制御実験及びその影響・効果の検証を行ってきた。

本報告書は、これまでの本委員会における検討についてとりまとめたものである。

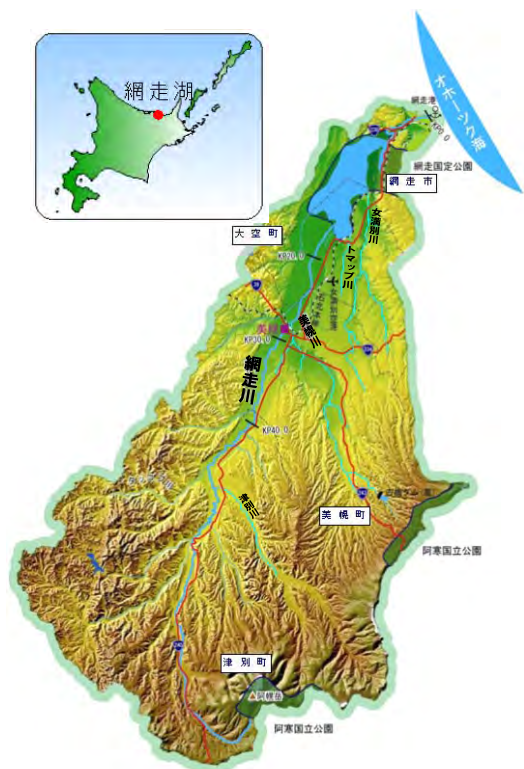


図 1.1 網走川流域図

2. 網走湖の水環境現況

2.1. 網走湖の概要

(1) 網走湖の概要・諸元

網走湖は日本で 16 番目、北海道で 7 番目に大きい湖で、面積 32.3km²、約 2 億 3 千万 m³ の水量を有する。

網走湖は南北に長い湖であり、長軸方向は約 11km、短軸方向は湖の中心部で約 4km である。湖盆の形状をみると、湖心部分が水深約 16m と最も深くなっている。女満別湾は、湾口部に網走川が流入しているため、土砂堆積により湾全体が浅くなっている。これに対して淡水流入量が少ない嘉多山湾は比較的深く、湾中央部で 5m 以上の水深である。また、湖口付近に閉鎖性の呼人浦がある。

網走湖は潮汐によってオホーツク海の海水が流入する汽水湖であり、上層が淡水で下層が塩水の 2 層構造が形成されている。



項 目	諸 元
成 因	海跡湖
面 積	約 32.3km ²
最大水深	約 16m
周 囲 長	約 42km

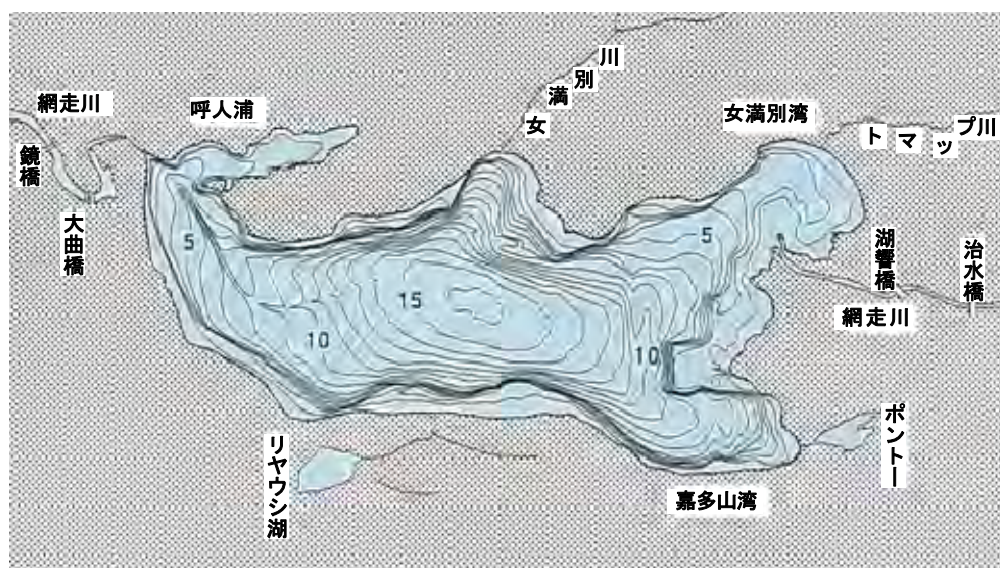


図 2.1 網走湖の等深線図

(2) 社会環境

1) 自然環境

網走湖及び湖周辺は、昭和 33 年に網走国定公園に指定されており、女満別湖畔に生育する湿性植物群落は国の天然記念物に指定され、湖畔のヤチダモ林一帯はアオサギのコロニーとなっているなど、豊かな自然を有している。

湖内には汽水湖特有の動植物がみられ、多様な生態系を形成しているとともに、ヤマトシジミ、ワカサギ、シラウオといった水産資源も豊富であり、道内でも有数の内水面漁場となっている。



女満別湿性植物群落（国指定天然記念物）



湖畔のヤチダモ林一帯（アオサギのコロニー）



アオサギ



ヤマトシジミ漁

図 2.2 網走湖及び湖周辺の自然環境

2) 観光・レクリエーション

網走湖の女満別湖畔は女満別空港(大空町)から約 5km のところに位置し、東岸を走る国道 39 号線は、知床等を結ぶシーニックバイウエイを形成している。

このようなアクセスに適した立地により、湖周辺には図 2.3 に示すようなキャンプ場やスポーツセンター、サイクリングロード、ボート漕艇場、温泉・宿泊施設などがあり、地域住民はもとより道内外から多くの利用客が訪れており、他の施設と合わせた網走市の過去 10 年間の年間観光入込客数は 140 万～210 万人である(図 2.4)。

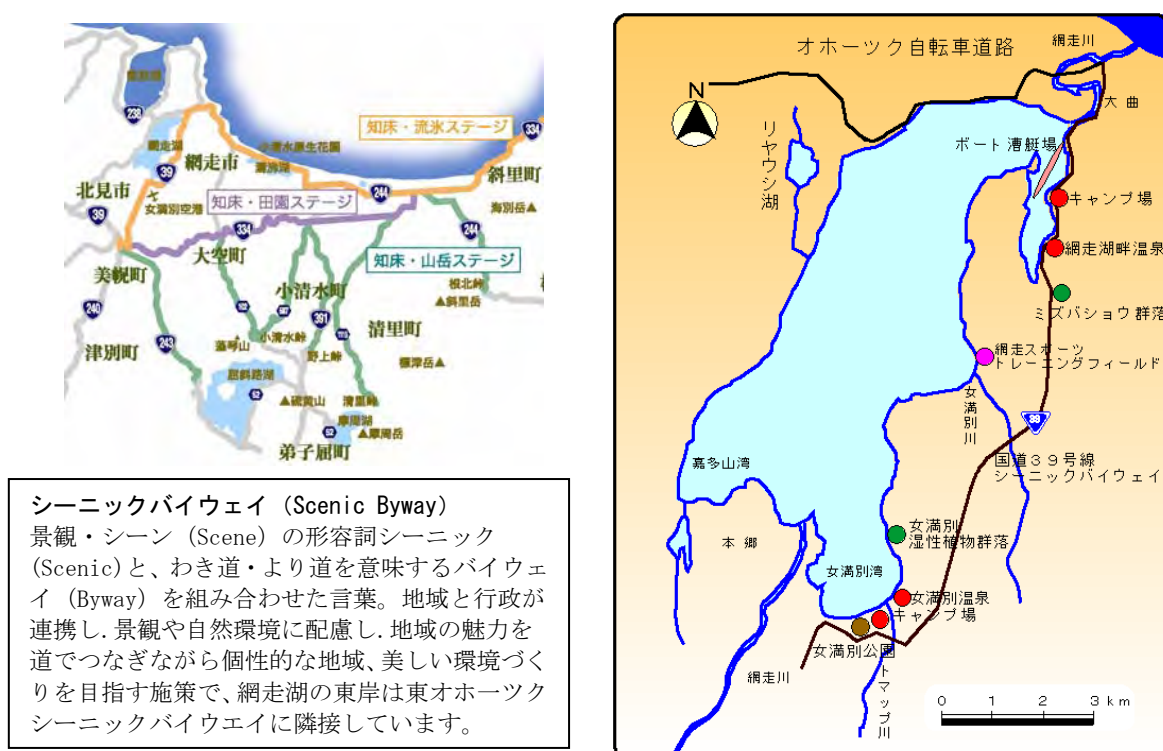


図 2.3 網走湖の観光・レクリエーション施設

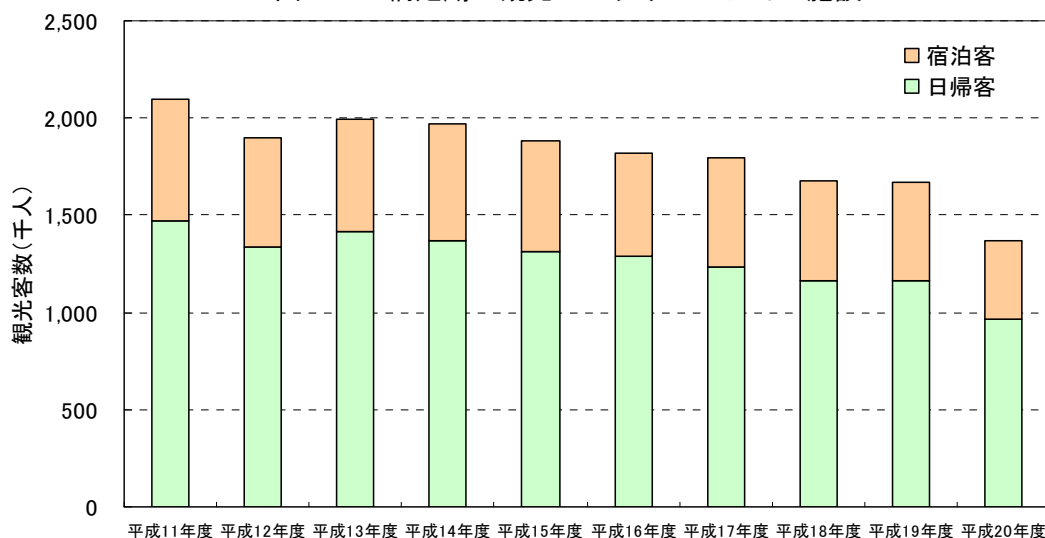


図 2.4 網走市の観光入込客数の推移 (出典：北海道観光入込客数調査報告書)

3) イベント

網走湖周辺では、その自然環境を利用したイベントが一年を通じて開催されている。



7 月に網走湖女満別湖畔で開催される「女満別観光夏祭り」。豪快なドラゴンボート競技会や水上花火大会などが行われている。



秋には、遡上するサケを間近に見ることができる「カムバックサーモン・オロチョン祭り」。



12～3 月に網走湖で行われるワカサギ釣り。



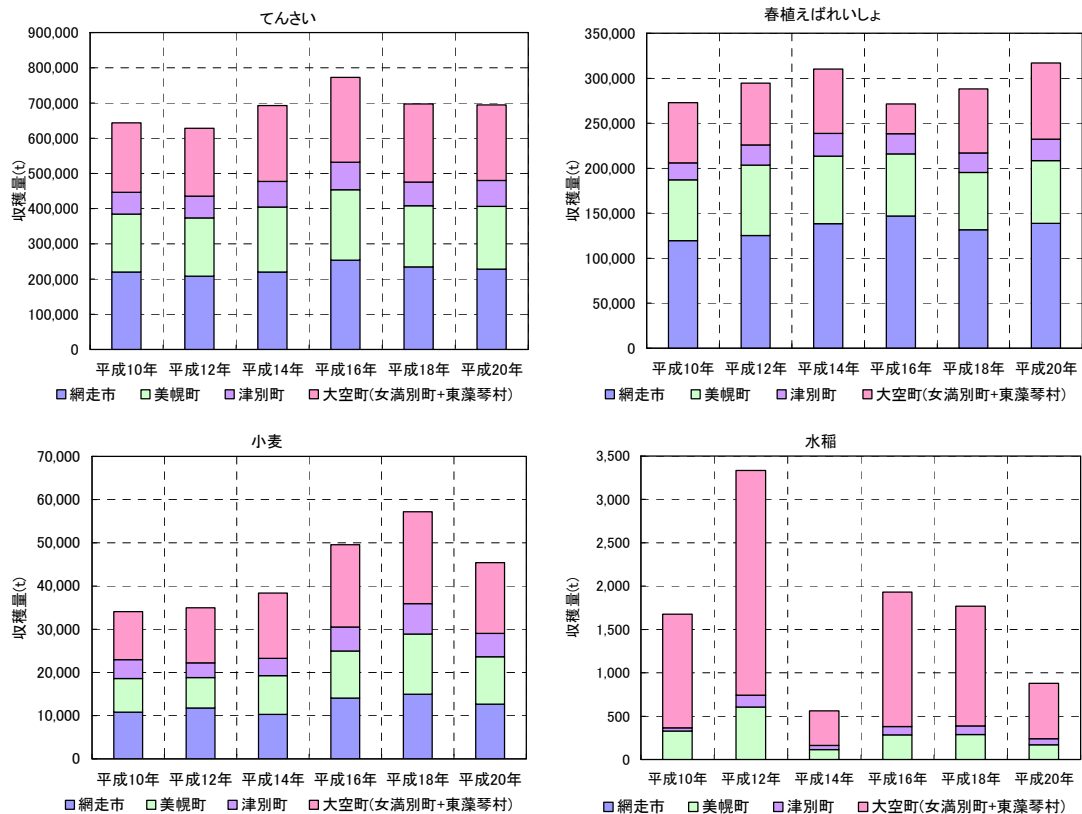
2 月初旬に呼人浦キャンプ場周辺で開催される「あったか網走」。

図 2.5 網走湖周辺のイベント

(3) 網走川流域の農業

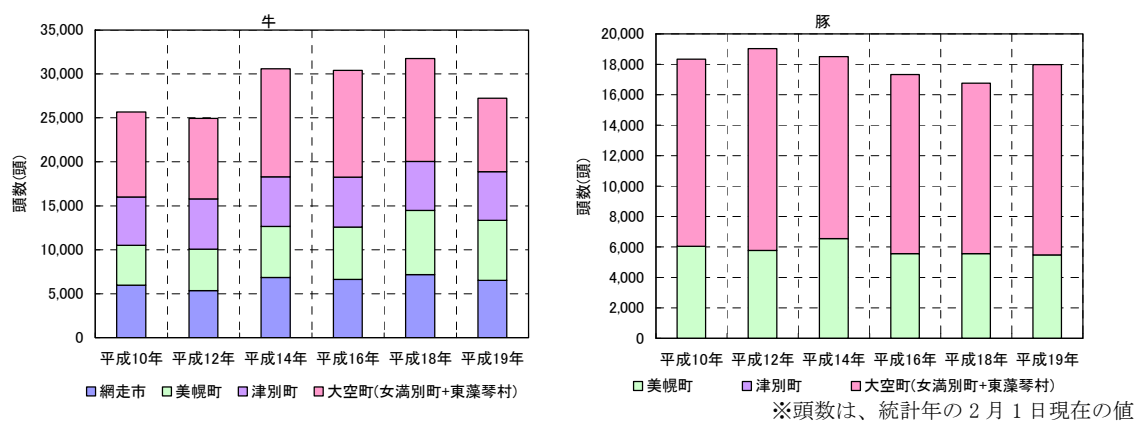
網走川流域に位置する各市町別の主要作物をみると、てんさい、ばれいしょ、小麦及び水稲となっており、特にてんさい及びばれいしょの収穫量の多いのが特徴で、それぞれ全国シェアの16%、12%を占めている（出典：第31回 平成21年北海道市町村勢要覧 北海道統計協会、農林水産省ホームページ）。

家畜飼養頭数では、各市町に共通して牛の飼養頭数が多く、豚については、美幌町及び大空町（旧女満別町及び旧東藻琴村：平成18年3月31日 合併）で飼養されている。



※収穫量は、統計年の暦年集計値（1月から12月）

図 2.6 作物別収穫量の推移（出典：北海道市町村勢要覧）



※頭数は、統計年の2月1日現在の値

注1) 平成12年は農林業センサス、他年は北海道農林水産統計年報による。

注2) 網走市の豚頭数は公表していないため、美幌町、津別町、大空町の3町について示す。

図 2.7 家畜飼養頭数の推移（出典：北海道農林水産統計年報、農林業センサス）

(4) 漁 業

1) 網走湖及び網走川の漁期、漁場と漁法

網走湖及び湖下流の網走川は、漁業資源の豊かな汽水環境であり、網走漁業協同組合及び西網走漁業協同組合の内水面漁業権が設定されている。漁場区域は大曲水位観測所を境として下流側に網走漁業協同組合及び西網走漁業協同組合の漁業権第 3 号が設定されており、上流側に西網走漁業協同組合の漁業権第 4 号が設定されている。

また、社団法人北海道さけ・ます増殖事業協会により、サケ (*Oncorhynchus keta*) の親魚捕獲事業が行われている。

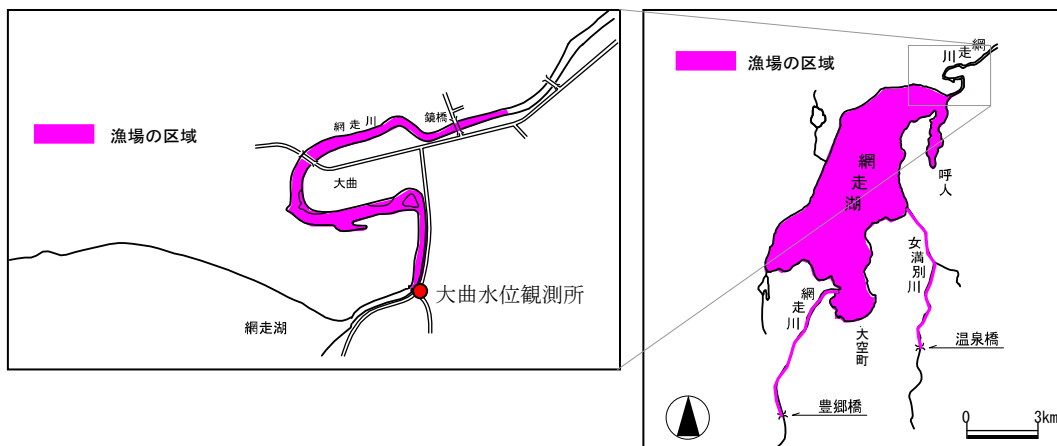
表 2.1 網走湖及び網走川の漁期、漁場と漁法

(漁業対象)

魚 種	漁 期	漁 場	漁 法
ワカサギ	1 月～3 月、9 月～12 月	網走湖：漁業権番号 第 4 号 (水深 3～4m の淡水層)	船曳網漁 (結氷期は、氷下曳網漁)
シラウオ	9 月～10 月		船曳網漁
ヤマトシジミ	5 月～11 月	網走湖：漁業権番号 第 4 号 (淡水と接する湖底全面) 網走川：漁業権番号 第 3 号	ジョレン漁
スジエビ	9 月	網走湖：漁業権番号 第 4 号 (水深 1～2m)	フクベ漁
コイ	1 月～12 月	網走湖：漁業権番号 第 4 号 (水深 3～4m の淡水層)	刺網漁

(増殖用の特別採捕)

魚 種	捕獲期	捕獲場所	備 考
サケ	9 月～12 月	網走川河口から上流約 2.6km にウライ (やな) を設置	サケ・マス増殖事業の一環として、遡上親魚の捕獲・採卵



【漁業権番号 第 3 号】

(漁業権者：網走漁業協同組合及び西網走漁業協同組合)

【漁業権番号 第 4 号】

(漁業権者：西網走漁業協同組合)

図 2.8 網走湖及び網走川における漁業権の設定状況

2) 網走湖の漁獲高

網走湖における漁獲高をみると、シジミ（網走湖ではヤマトシジミ、以下同様）が最も多く過去10ヶ年の平均で5億円/年程度であり漁獲量も安定している。ワカサギは1億円/年、シラウオは3千万円/年であるが漁獲量の年変動は比較的大きい。

シジミ、ワカサギについて、道内漁獲量に占める網走湖の漁獲割合をみると、近年ではシジミ、ワカサギともに約8割を占めており、網走湖は道内水産業からみても重要な湖であるといえる。また、網走湖下流の網走川で採取されたシジミは、再生産がほとんどない藻琴湖に放流され漁業資源を支えている。さらに、網走湖に流入する網走川や女満別川河口付近で捕獲・採卵されたワカサギの受精卵は道内だけでなく福島県、秋田県等の道外の湖沼に出荷されており、網走湖は他地域のワカサギ資源を支える重要な湖である。

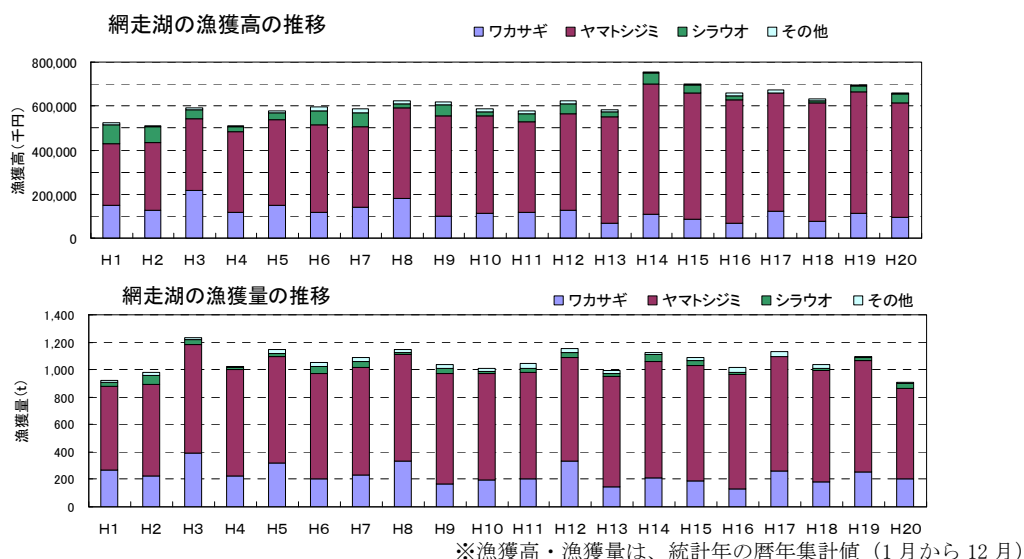
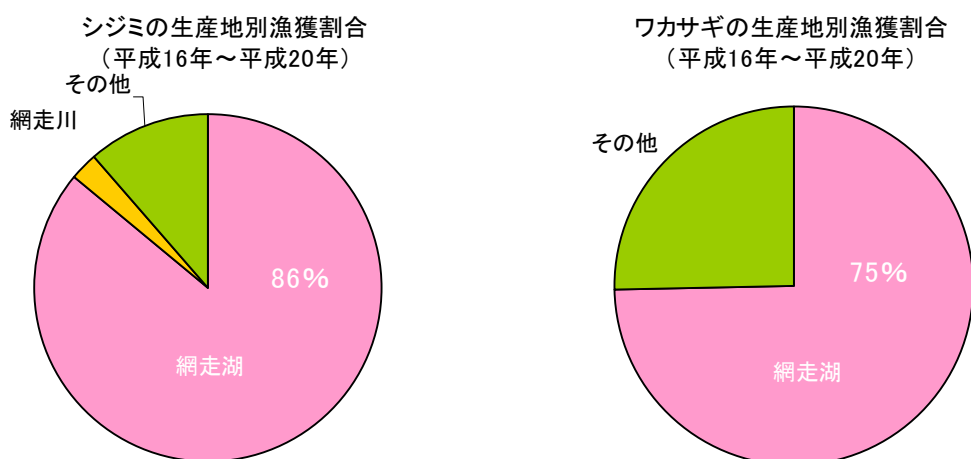


図 2.9 網走湖の漁獲高と漁獲量の推移（出典：西網走漁業協同組合資料）



※統計年の暦年集計値（1月から12月）による

図 2.10 道内漁獲量に占める網走湖の漁獲割合（平成16年～平成20年平均）
（出典：漁業・養殖業生産統計、西網走漁業協同組合資料）

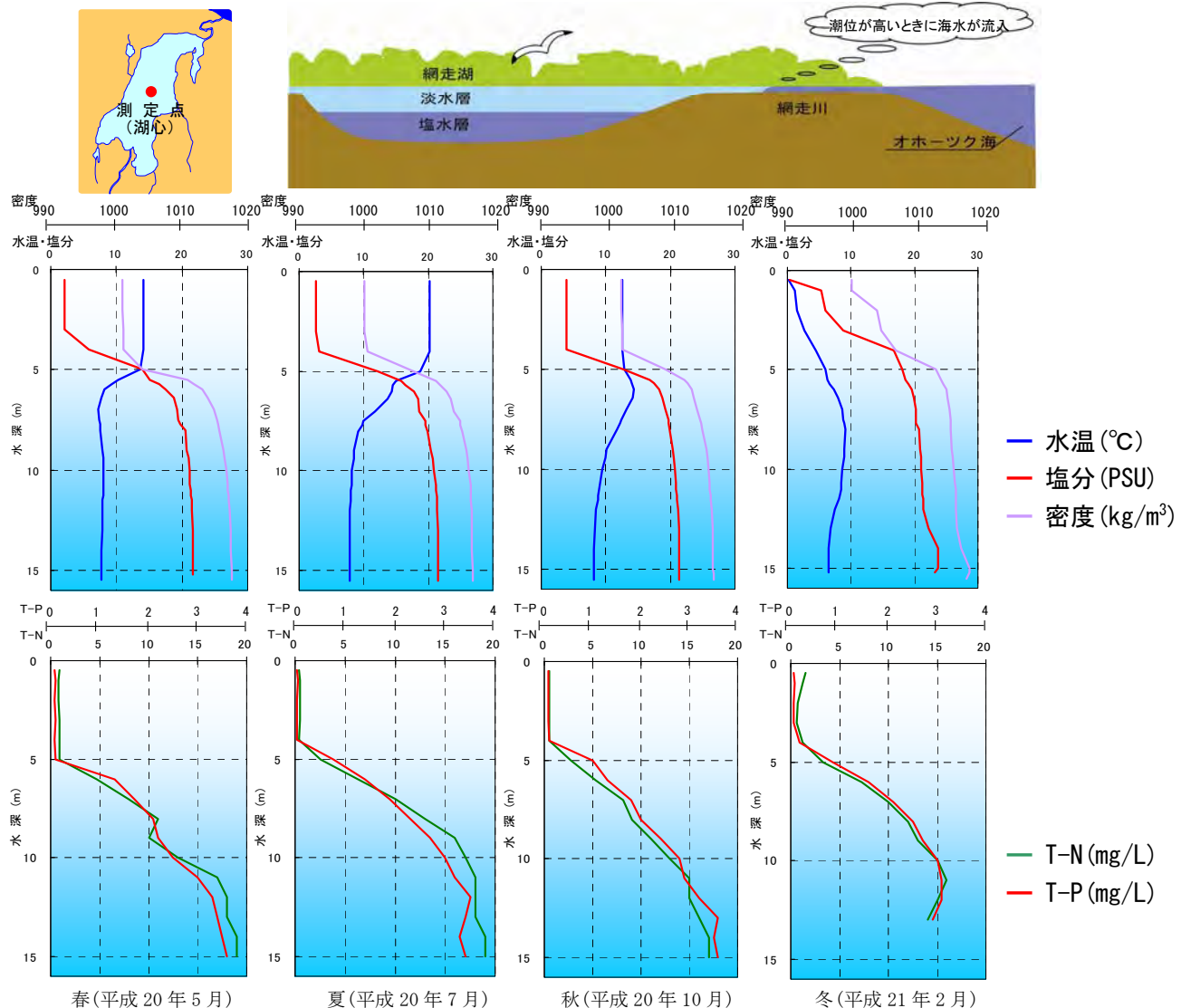
2.2. 網走湖の水環境

(1) 網走湖の特徴

網走湖は、潮位が高いときはオホーツク海から海水が流入するため、上部が淡水層、下部が塩水層の二層構造※をした特徴的な汽水湖である。

二層構造の季節変化を水温、塩分より求めた密度でみると、春季から秋季では、上部の低密度層（淡水層）と下部の高密度層（塩水層）に明瞭に分かれており、鉛直混合が起こりにくい構造となっている。冬季は結氷により風の影響が無くなる上、非出水期であるため流入水量が減少して淡水層内の混合が抑制されるため、鉛直方向の密度の変化が他の季節よりやや緩やかとなり明瞭な二層構造とはならない。解氷後は、春の強風により擾乱すること、また、融雪出水により淡水層の交換が進行することで、淡水層の塩分は上下層でほぼ均一な濃度となり、塩淡水境界層は降下する。

湖の水量の半分近くを占める塩水層は重く、高濃度の栄養塩（窒素・リン）を含んでいる。また、一旦湖に進入した塩水は長期にわたって湖内に留まり、淡水層からの酸素の供給が少ないことや、淡水層の魚やプランクトンの死骸が沈降して分解されるときに酸素が消費されるため、無酸素状態となっている。



※本検討では、塩分が10PSUとなる位置を塩淡水境界層とし、水面から塩淡水境界層までの距離を「塩淡水境界層水深」とした。

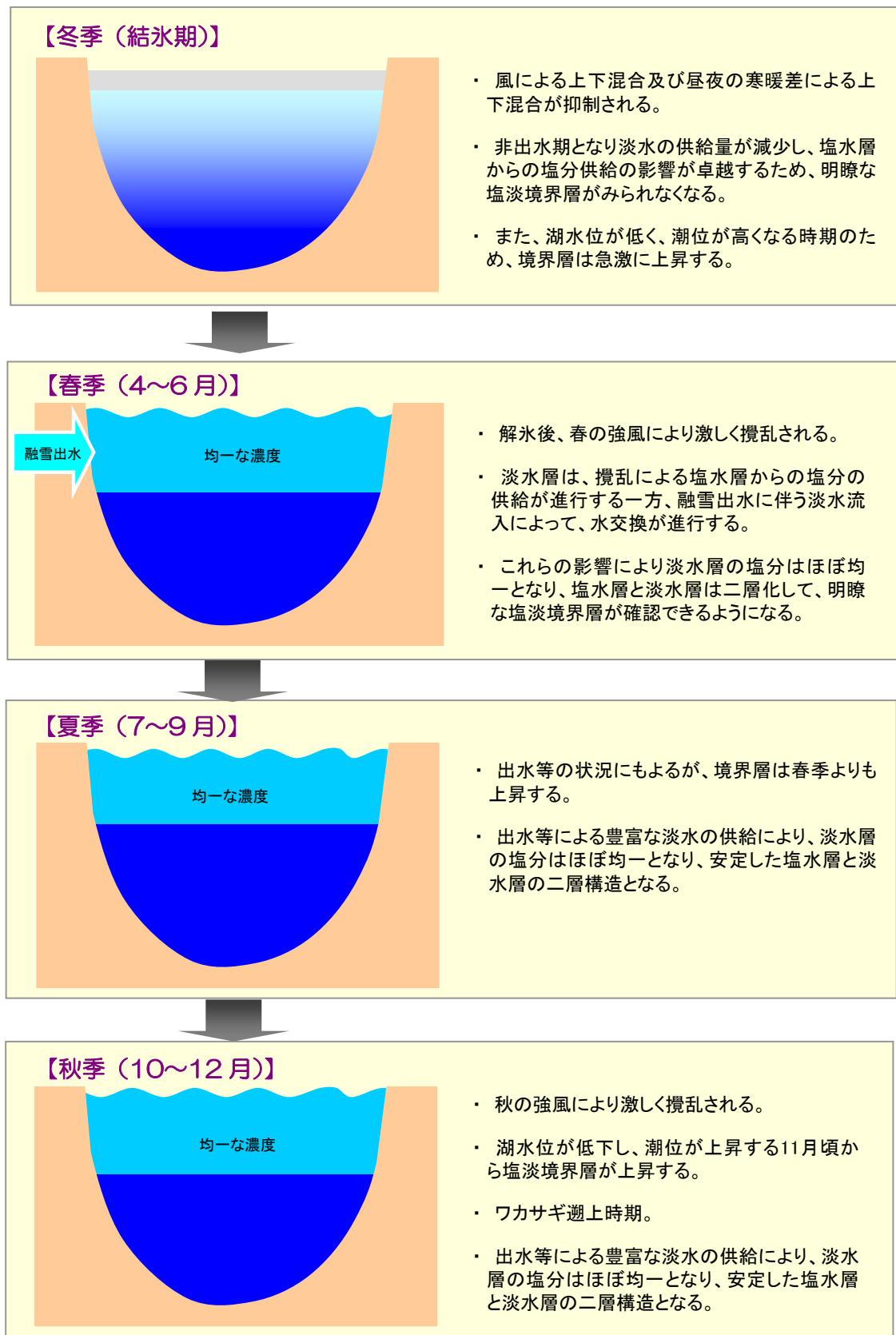


図 2.12 網走湖の2層構造の形成過程

注. PSU: 現在の塩分は電気伝導度と水温と圧力の関数として定義され、これが「実用塩分1978(The Practical Salinity Scale 1978)」である。この実用塩分を算出する関数は過去の定義による塩分 (‰) と同等の数値となるように調節されている。単位は無次元であるが便宜的に (PSU) を標記することが多い。

(2) 塩淡水境界層の推移

網走湖における塩水層の形成は、昭和 5 年頃からでありその後、海水の湖内への流入により、徐々に塩淡水境界層が上昇した。昭和 30 年以降、塩淡水境界層水深は 8m～12m 程度の範囲で推移していたが、昭和 55 年頃から上昇し、昭和 62 年には 5m 程度に達した。

昭和 55 年頃から昭和 62 年にかけては、網走川流域の年間降水量（網走地点）が少なく網走湖の年平均流入量（本郷地点）も少なかった時期に相当し、流量の低下が塩水の浸入を助長し、塩淡水境界層の上昇につながったものと考えられる。

昭和 62 年以降、塩淡水境界層水深は一時 5m～8m 程度で推移していたが、平成 15 年頃から上昇し、冬季には 3m 程度にまで上昇した。この原因については、十分に明らかではないが、平均潮位の上昇及び流入量の減少が一因と考えられる。その後、平成 18 年 10 月の大規模な出水により、塩淡水境界層水深は 7m 近くにまで低下したが、その後、徐々に上昇している。

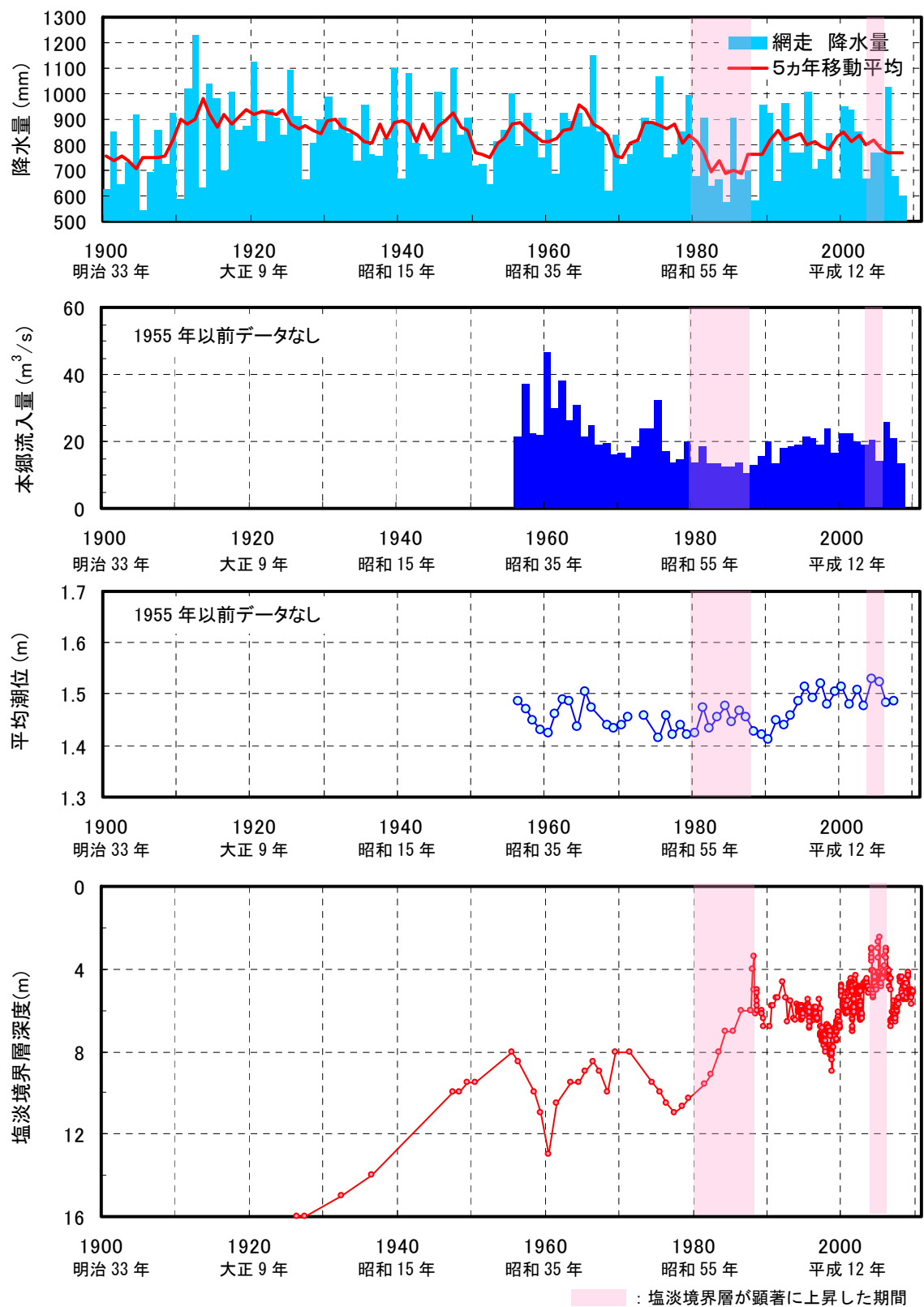
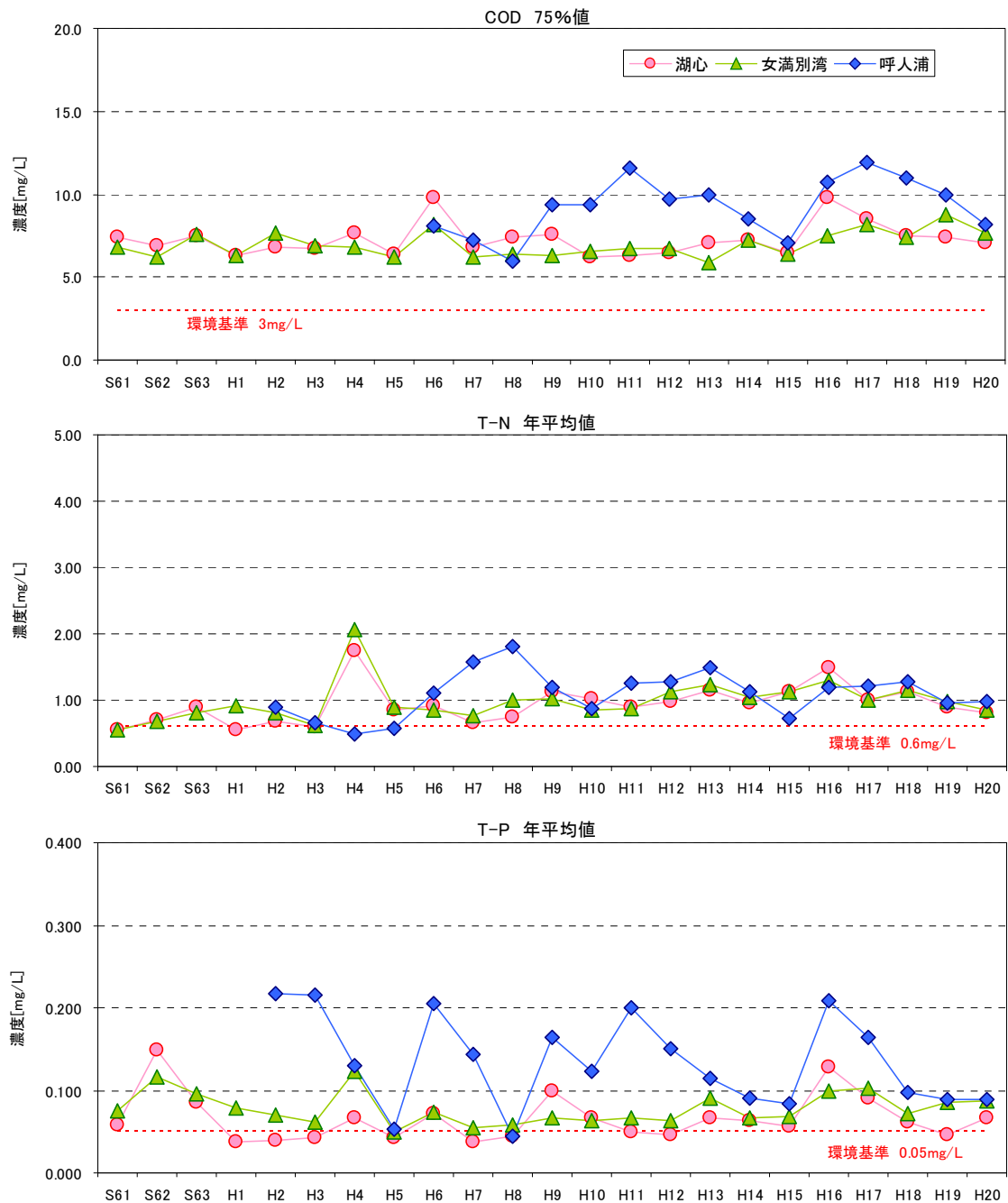


図 2.13 網走湖における降水量、流入流量、年平均潮位、塩淡水境界水深の推移
 出典：年降水量：気象庁 平均潮位：海岸昇降検知センター

(3) 水質の現況

湖水の COD、T-N、T-P は、長期的にみると湖心、女満別湾、呼人浦の 3 地点ともに概ね横ばい傾向にあるが、年による増減もみられ、湖心においては、塩淡水境界層水深が上昇した平成 16 年、平成 17 年に濃度が高くなっている。



※濃度は暦年平均値（1月から12月）

図 2.14 COD75%値、T-N 及び T-P の年平均値の推移〔表層の値〕

2.3. 網走湖における水質障害

網走湖では、塩淡水境界層の上昇に伴い、青潮、アオコといった水質障害が頻発するようになった。

青潮は、強風が一定時間連続して吹いた場合に風下に湖水が吹き寄せられ、風上側に下層の無酸素水が上昇して魚類の斃死等の被害が発生する現象であり、塩淡水境界層水深が 5m 程度となった昭和 62 年以降に発生するようになった。

アオコは、気温が高く、好天時に植物性プランクトンが窒素やリンなどを栄養に異常増殖を起こし、湖面や湖岸に絵の具を流したような状態となる現象である。淡水層の富栄養化は流域からの窒素やリンの汚濁負荷に加え、塩水層からの栄養塩供給によるものと考えられる。アオコについては昭和 57 年以降毎年のように発生しているが、塩淡水境界層が上昇したことにより塩水層からの栄養塩供給量が増加したことも原因の一つと考えられる。

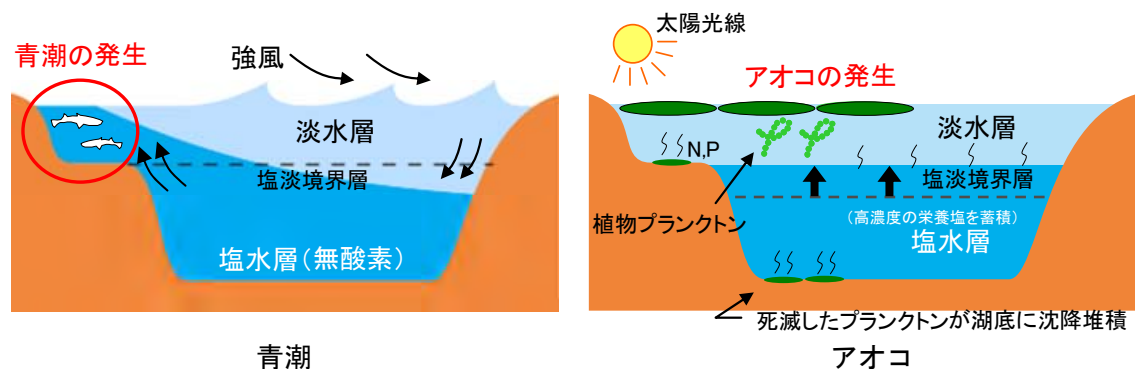


図 2.16 青潮とアオコの発生メカニズム

表 2.2 青潮とアオコの発生年

年	昭和													平成																			
	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
青潮											●	●		●		●			●		●	●	●			●		●	●	●	●	●	●
アオコ	●					●	●	●	●	●	●	●	●		●	●		●		●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●

塩淡水境界層が上昇した平成 16 年から平成 18 年にかけては、塩淡水境界層が高く青潮の発生頻度が多く、平成 16 年は 5 回、平成 17 年は 3 回、平成 18 年は 3 回発生している。アオコについても、毎年、湖内の広い範囲で、長期にわたって発生が確認されている。

平成 18 年 10 月の大規模な出水により塩淡水境界層が低下した後の平成 19 年は、青潮は発生せず、アオコの発生も呼人浦に限られている。

その後、平成 20 年から平成 21 年にかけては、再び塩淡水境界層は上昇傾向にあり、アオコ、青潮が発生している。

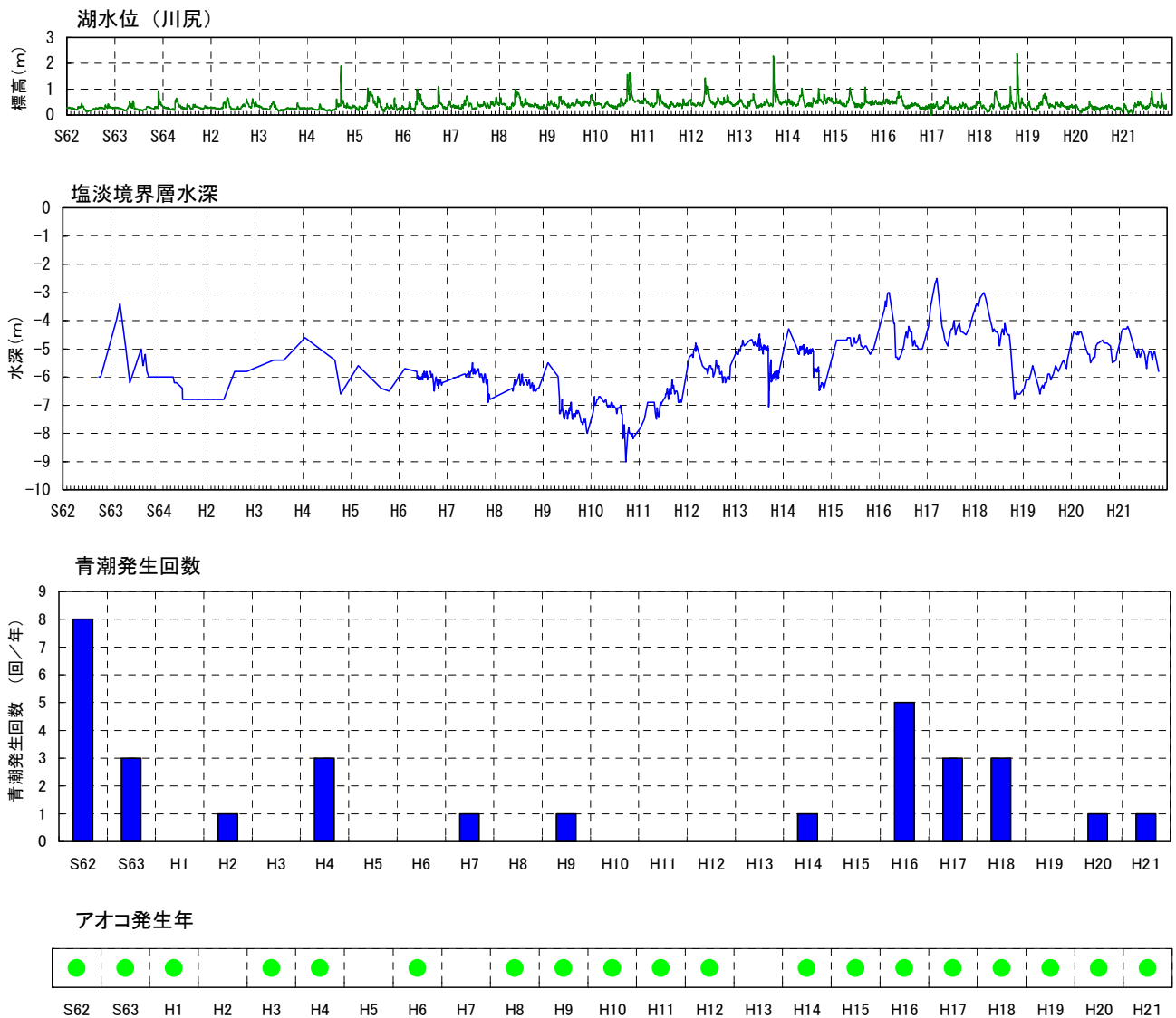


図 2.17 塩淡水境界層の推移と青潮、アオコ発生状況

3. 検討の経緯

3.1. 網走湖の水質検討の経緯

網走湖は貴重な自然環境、親水空間、産業活動の場として欠かさない湖であり、網走湖の水質保全・改善のため、専門家等による各種委員会を設置し、対策を検討している。

- ① 昭和 62 年に網走湖で初めて青潮が発生したのを契機として、水環境改善の必要性が強く認識され、同年に、「網走湖水質保全検討会」が設立され、「青潮発生機構の検討」が行われた。
- ② 平成元年のアオコ大量発生を契機として平成 2 年に、「富栄養化対策およびアオコ発生抑制方法」を検討する「網走湖水質保全対策検討委員会」が設立された。その成果を受け、平成 5 年度に河川管理者による網走湖浄化事業を行う直轄河川環境整備事業が採択された。
- ③ 平成 16 年 6 月には、「網走川水系網走川水環境改善緊急行動計画（清流ルネッサンスⅡ）」が策定され、北海道、網走市、大空町、美幌町、津別町を実施主体として加え、流域対策も含めた総合的な水質改善施策が実施されることとなった。
- ④ 清流ルネッサンスⅡの策定を受け、平成 17 年に網走開発建設部が実施する施策について技術的検討を行うため本委員会が設立された。

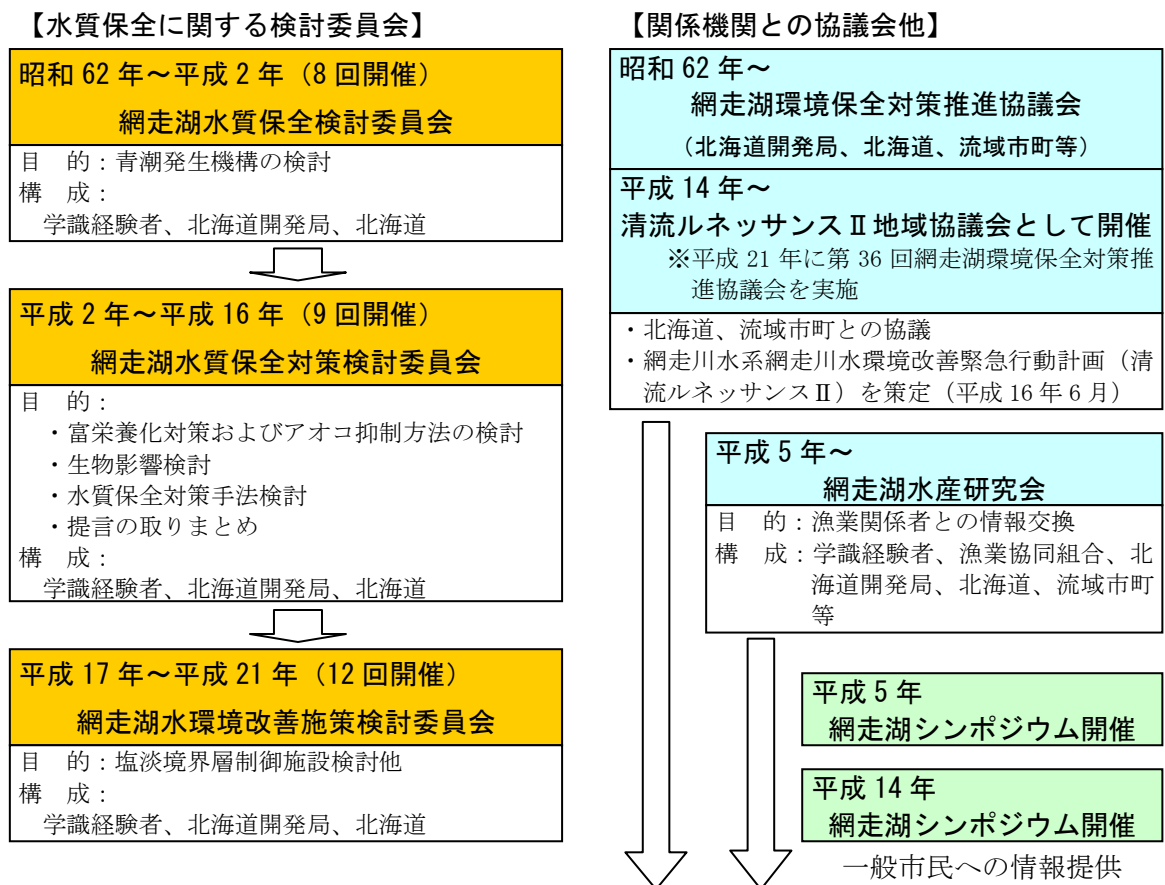


図 3.1 網走湖の水質検討の経緯

清流ルネッサンスⅡの概要

本委員会で対象とする網走開発建設部の実施する施策は、平成 16 年 6 月に策定された「網走川水系網走川水環境改善緊急行動計画（清流ルネッサンスⅡ）」において中核を担うものである。

（清流ルネッサンスⅡ抜粋）

（1） 計画の目標年度

本計画は現況基準年度を平成 14 年度、計画目標年度を平成 26 年度とする。

（2） 網走湖において緊急的に改善を目指す目標水環境

清流ルネッサンスⅡでは、網走湖において「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」が可能な水環境を達成することを目指している。

「湖域を利用する地域経済の発展」、「多様な生態系の保全」を図るためには、青潮、アオコといった水質障害の改善が必要である。「積極的な親水利用」を図るためには、レクリエーションなどで湖辺を中心とした利用が活発な呼人浦、女満別湾の水質改善が必要である。

これらの観点から、網走湖の水環境の改善目標は以下のとおりとされている。

網走湖の水環境の改善目標

- 青潮発生の抑制
- アオコ発生頻度の低減
- 湖内閉鎖性水域の水質改善

清流ルネッサンスⅡにおける「網走湖の水環境の改善目標」の達成のための水環境目標について、各数値目標およびその設定根拠について引用すると次の通りである。

1) 青潮発生の抑制

網走湖における青潮は、春季及び秋季に南北方向の強風が吹いたときに発生することが明らかとなっている。また湖水の密度分布は季節により異なるため、春季型と秋季型を想定し流動モデルにより発生限界条件を求めた。その結果を図 3.2 に示す。

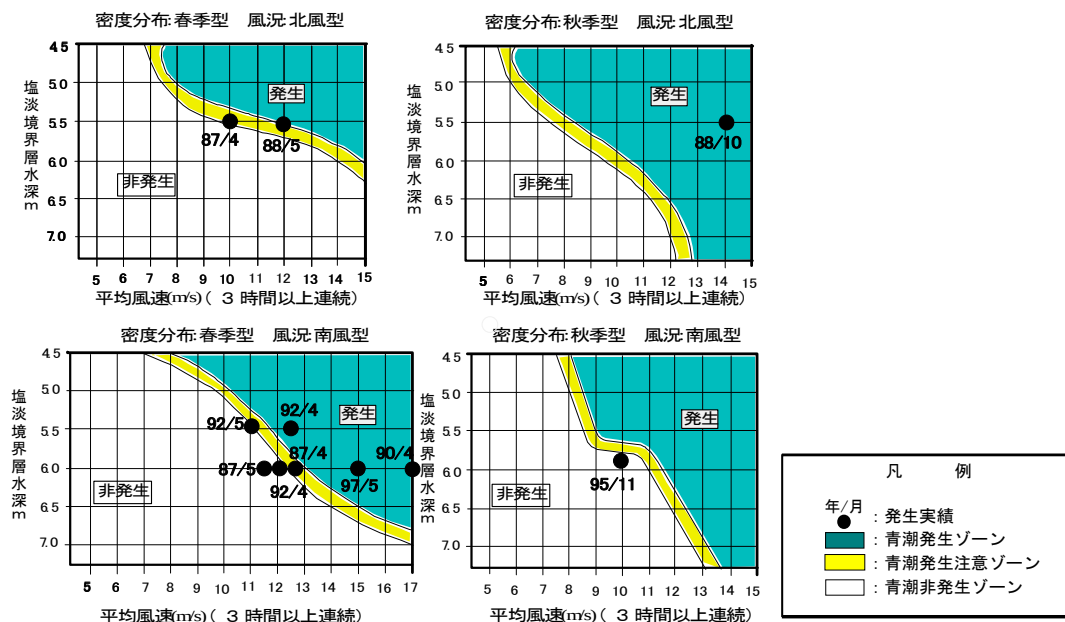


図 3.2 青潮の発生限界条件

図 3.2 より各境界層水深※の青潮発生限界風速を整理した結果を表 3.1 に示す。

ここで、青潮発生限界風速とは、図 3.2 に示す青潮発生ゾーンと青潮発生注意ゾーンの境界の平均風速を読み取った値であり、境界層水深別に春季型（北風型・南風型）及び秋季型（北風型・南風型）の 4 パターンの青潮発生限界風速を範囲として示している。

青潮発生限界風速は、境界層水深 5m では 8.5m/s、境界層水深 6m では 12.8m/s、境界層水深 6.5m では 14.0m/s、境界層水深 7m では 16.3m/s となっており、境界層水深が上昇している時は弱い風でも青潮が発生することがわかる。

表 3.1 各境界層水深の青潮発生限界風速

境界層水深	青潮発生限界風速 (中央値)
5m	6.5～10.5m/s (8.5 m/s)
6m	10.5～15m/s (12.8m/s)
6.5m	12.0～16m/s (14.0m/s)
7m	12.5～20m/s (16.3m/s)

※本検討では、塩分が 10PSU となる位置を塩淡水境界層とし、水面からの塩淡水境界層までの距離を「塩淡水境界層水深」、塩淡水境界層の標高を「塩淡水境界層標高」とした。

また、網走における過去の風速資料から、平均風速別の発生確率を算出した結果を図 3.3に示す。強風ほど発生確率は低く、各境界層水深の青潮発生限界風速の発生確率は、境界層水深 6m (12.8m/s) では 4 年に 1 回、境界層水深 6.5m (14.0m/s) では 7 年に 1 回、境界層水深 7m (16.3m/s) では 50 年に 1 回となる。

一方、網走湖に生息するヤマトシジミの卵発生及び生育に必要な塩分を確保するためには、塩淡水境界層水深を 7m より深くしないことが必要となる。

以上より、本計画では青潮の発生確率を現況の 2～3 年に 1 回から、7 年に 1 回程度まで抑制することを目標とし、塩淡水境界層水深を 6～7m に制御する。

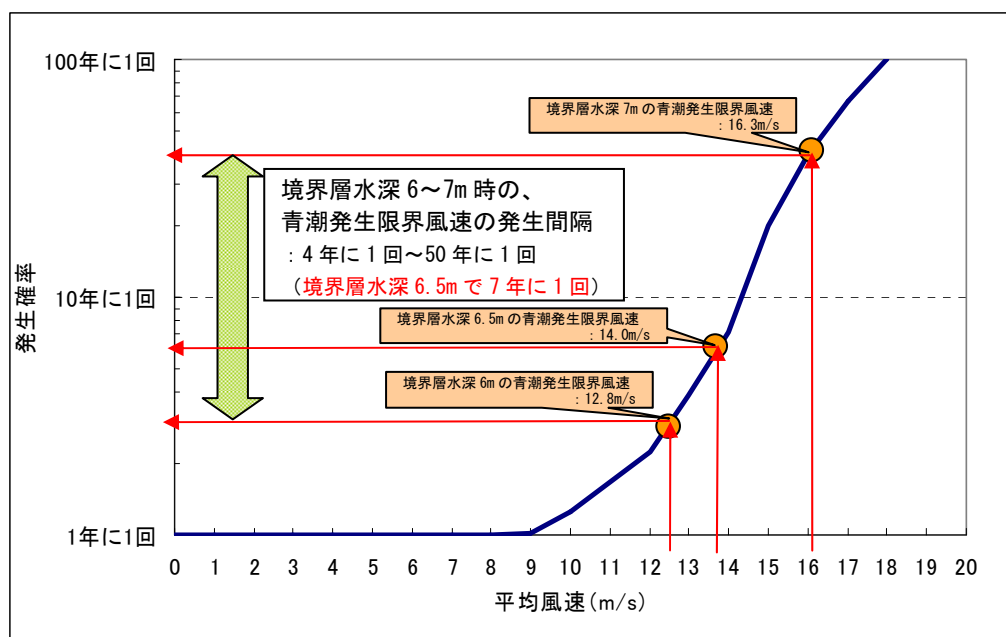


図 3.3 平均風速の発生確率

※風の発生確率は、網走における過去の風速資料（1923～1988）から、最大風速と平均風速との関係を求め、年最大風速（10 分間平均値）の超過確率より予測した値である。

2) アオコ発生頻度の低減

網走湖におけるアオコの発生は、夏季に無機態のリンが十分に存在することが条件になっている。網走湖の淡水層における全リン濃度とアオコ発生に関するこれまでの解析結果によれば、過去 12 年間の夏季（7～9 月）における全リン濃度とその調査日にアオコ発生が報告されている割合（%）（以下「アオコ発生割合」という）の関係は、全リン濃度が 0.07mg/l 以下ではアオコ発生割合が 20%程度であり、全リン濃度が 0.08mg/l を越えるとアオコの発生割合が 60%程度に増加している。

このことから、本計画ではアオコ発生頻度を現況のほぼ毎年発生の状態から、5 年に 1 回（発生割合 20%より推定）まで低減させるものとし、網走湖湖心淡水層の全リン濃度の目標値を 0.07mg/l とする。

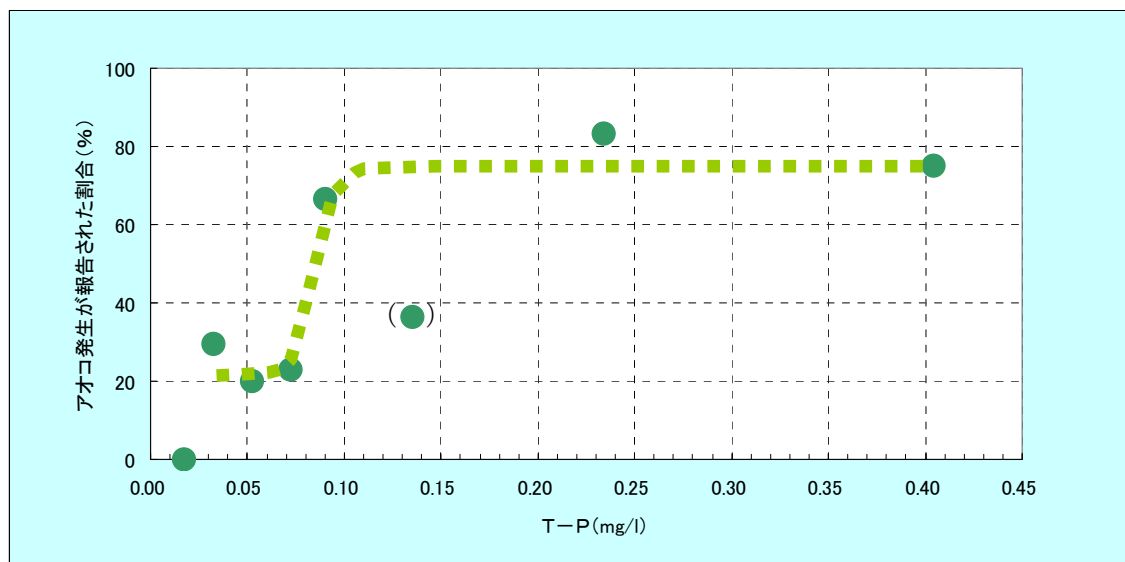


図 3.4 全リン濃度別のアオコ発生割合

（対象年：1991～2002 年（7～9 月、水温 18℃以上）、調査地点：湖心、女満別湾、呼人浦）
注）アオコ発生が報告された割合（%）は、全リン濃度が概ね同レベルの調査日において、アオコの発生が報告されている期間での調査日の割合（%）を示した。

3) 網走湖の湖内閉鎖性水域の水質改善

網走湖の呼人浦、女満別湾の閉鎖性水域については、特に親水利用が活発な水域である。しかし、これらの水域については底泥等からの内部負荷の割合が高く、本湖を対象とした浄化対策のみでは水質改善効果が十分でない。そこで、底泥対策等を実施することで水質改善を図る必要がある。

呼人浦、女満別湾におけるアオコ発生割合と全リン濃度との関係を図 3.5に示すが、全リン濃度を女満別湾、呼人浦それぞれ 0.07mg/l、0.09mg/l以下にすることで、アオコ発生頻度は本湖目標と同じ 5 年に 1 回に低減する。

このことから、本計画ではアオコ発生頻度を本湖の目標と同じ 5 年に 1 回に抑制するものとし、全リン濃度の目標値を女満別湾 0.07mg/l、呼人浦 0.09mg/l とする。

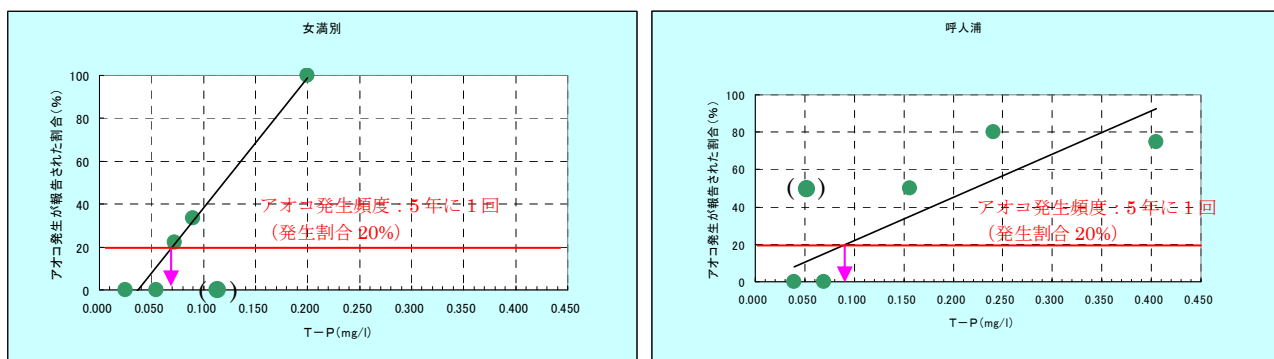


図 3.5 全リン濃度別のアオコ発生割合

(対象年：1991～2002 年（7～9 月、水温 18℃以上）、調査地点：女満別湾、呼人浦)

注) アオコ発生が報告された割合 (%) は、全リン濃度が概ね同レベルの調査日において、アオコの発生が報告されている期間での調査日の割合 (%) を示した。() は、アオコ発生頻度を検討する時に除外したデータであることを示す。

備考) 図 3.4 は網走湖全域（湖心、女満別湾、呼人浦）を対象として、図 3.5 は湖内閉鎖性水域の女満別湾、呼人浦をそれぞれ対象として、全リン濃度とアオコ発生が報告された割合との関係を整理したもの。

横軸には、全リン濃度の観測値を濃度区分（T-P 濃度：0～0.1mg/l は 0.02mg/l 刻み、0.1mg/l 以上は 0.1mg/l 刻み）ごとに集計した値（平均値）を示す。

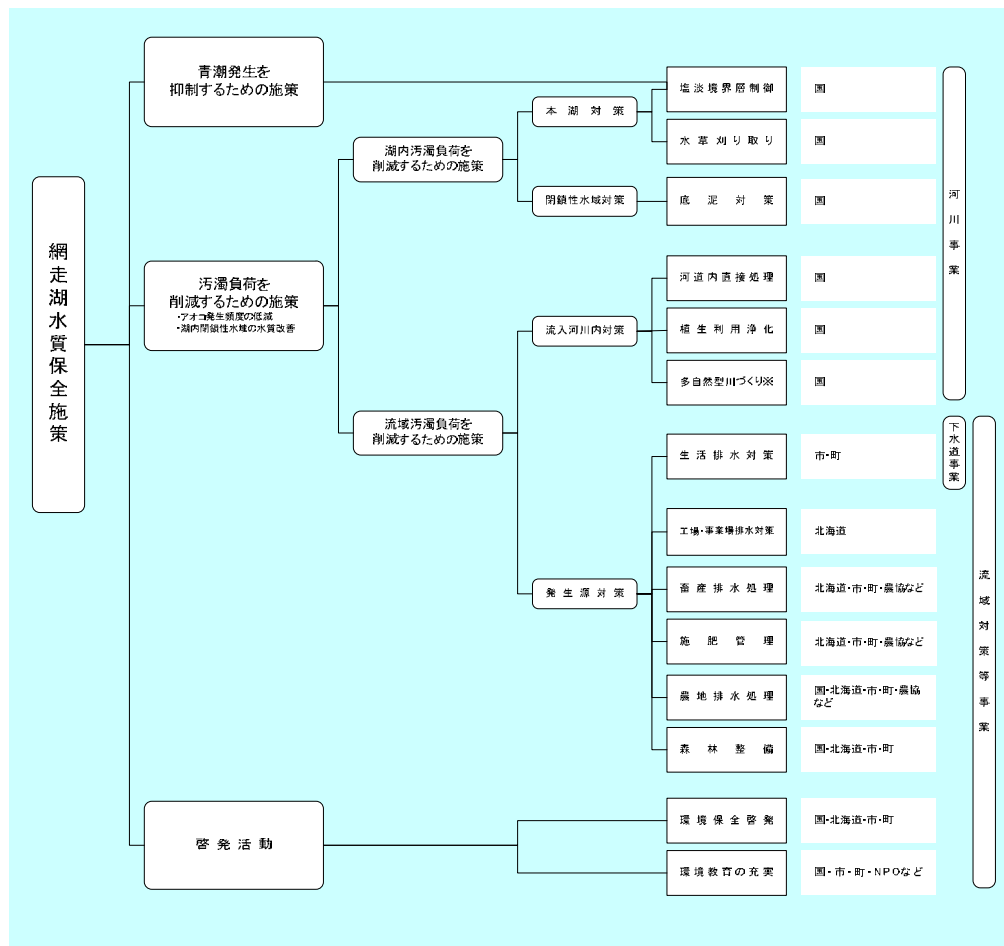
縦軸は、全リン濃度の濃度区分ごとに、アオコ発生報告が報告された割合 (%) を次式により算出した値を示す。

$$\begin{array}{l} \text{アオコ発生が} \\ \text{報告された割合 (\%)} \end{array} = \frac{\text{アオコを確認した調査日の回数}}{\text{調査日の回数}} \quad (\text{全リン濃度区分ごとに算出})$$

(3) 網走湖の目標を達成するための施策内容

網走湖における水質保全施策の全体像を図 3.6に示す。

水質保全施策の構成は、青潮発生を抑制するための施策と、アオコ発生頻度の低減及び湖内閉鎖性水域の水質改善のための汚濁負荷を削減するための施策、啓発活動の三つを柱とする。



※ 多自然型川づくりは治水対策で実施

図 3.6 実施する施策の構成

(4) 各水質保全施策による負荷削減量のとりまとめ

網走川流域の水質保全施策による負荷削減量は以下の通りとなる。

表 3.2 各水質保全施策による負荷削減量

		湖内汚濁負荷			流域汚濁負荷				
		塩淡水境界層制御	水草刈取	底泥対策	河道内直接処理	植生利用浄化	生活排水対策	畜産排水処理	農業排水処理
現況負荷量	T－P (kg/日)	455kg/日			118kg/日				
		573kg/日							
負荷削減量	T－P (kg/日)	51.0	0.6	16.7	0.1	0.8	0.1	33.9	0.1
		68kg/日			35kg/日				
		103kg/日							
対策別の負荷削減割合	T－P (%)	75.0	1.0	24.0	0.3	2.3	0.3	96.8	0.3
		100%			100%				

3.2. 塩淡水境界層制御の効果の概要

本委員会で検討の対象とする『塩淡水境界層制御』は、清流ルネッサンスⅡにおいて実施する施策の1つであり、塩淡水境界層の水深を6～7mに降下・安定させることで、青潮発生を抑制するとともに、塩水層からのリンの拡散を低減し、アオコの発生を抑制するものである。

(1) 青潮発生の抑制効果

網走湖における青潮は、主に強風と塩淡水境界層の上昇が発生条件となっており、塩淡水境界層が上昇している時には弱い風でも青潮は発生する。

塩淡水境界層制御は、塩淡水境界層を降下・安定させることが可能なため、強風時においても水面まで塩水層を上昇させず、青潮発生を抑制する効果がある。

なお、青潮を完全に抑制するためには、塩淡水境界層水深を7mより深くする必要があるが、ヤマトシジミなどの汽水性の生態系の維持・保全を考慮し、6～7mの制御とするものである。

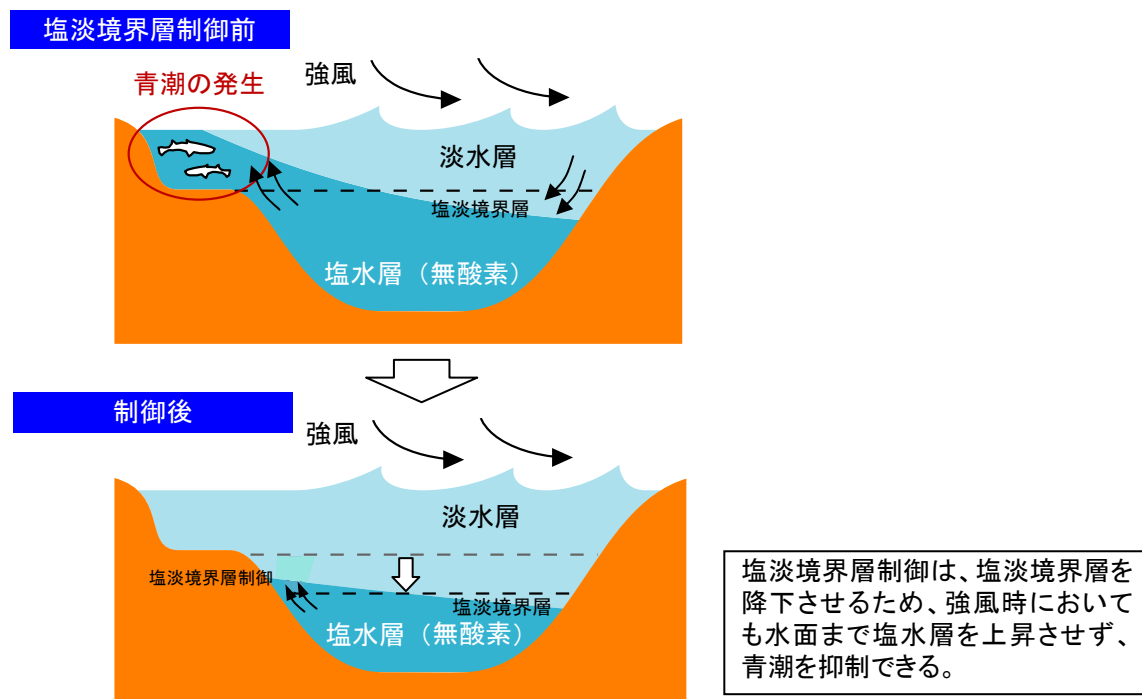


図 3.7 塩淡水境界層制御による青潮発生の抑制効果

(2) アオコ発生の抑制効果

網走湖のアオコ発生に影響を及ぼす淡水層のリンの汚濁負荷源は、流域汚濁負荷と湖内汚濁負荷（塩水層からの拡散等による負荷、底泥からの溶出負荷）があり、そのうち塩水層からの拡散等による負荷が最も大きく影響している。

この塩水層からの拡散等による負荷は、淡水層と塩水層との接触面積によって変化し、塩淡境界層が上昇している時には接触面積が大きくなるため、塩水層から淡水層へのリン負荷の供給が増加する。

塩淡境界層制御は、塩淡境界層を降下させることでこの接触面積を小さくし、リン負荷の供給を減少させること及び、淡水層の体積の増加により、淡水層のリン濃度を低下させ、アオコ発生を抑制する効果がある。

塩淡境界層の降下による負荷削減効果は、清流ルネッサンスⅡで計画する全施策の負荷削減量の約50%に相当する主要な対策である。

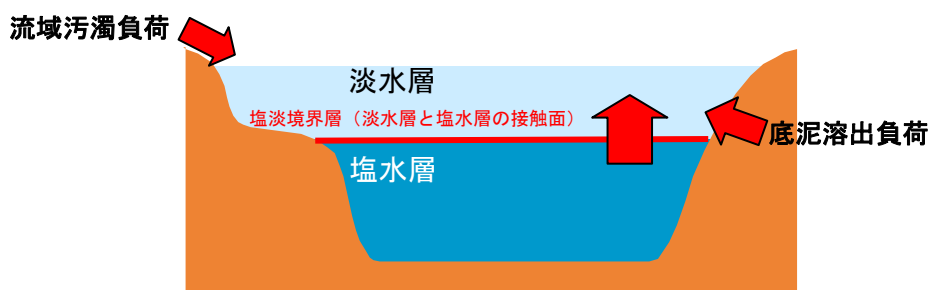


図 3.8 網走湖における主なリンの汚濁負荷発生源

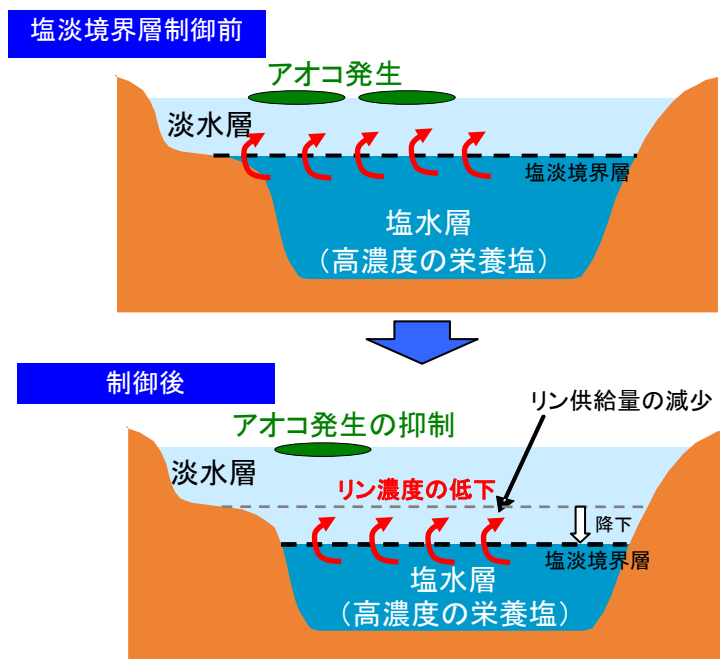


図 3.9 塩淡境界層制御によるアオコ発生の抑制効果

3.3. 塩淡水境界層制御の対策手法の選定

塩淡水境界層の水深を 6～7m に降下・安定させる『塩淡水境界層制御』の対策手法について、各制御手法を比較することで、網走湖に適用できる手法を選定した。

(1) 塩淡水境界層制御手法の一次選定

塩淡水境界層制御の対策手法として、「塩水遡上制御対策」、「下部塩水層放流」、「浄化用水導入」の 3 つを比較検討し、一次選定では環境や生態系等を大きく変えないで水質改善が可能な「塩水遡上制御対策」が選定された。

表 3.3 対策案の概要

制御手法		概要図	説明	判定
塩水遡上 制御対策	塩水調整 ゲートによる制御		塩水調整ゲートを設置し、海水の流入を調整し、塩淡水境界層上昇を抑制する。	環境に与える影響が 最小限で最も現実的 ○
	潜りマウンドによる制御		潜りマウンドにより施設上流側の水位を上昇させ、海水の流入を防止し、塩淡水境界層の上昇を抑制する。	
	櫛状構造物による制御		櫛状構造物を設置し、乱流による海水流入量の低減を図り、塩淡水境界層上昇を抑制する。	
下部塩水層 放流	ポンプによる排水		ポンプにより下部塩水層を排除し、塩淡水境界層を降下させる。	無酸素水排出による下流環境への影響が広範囲で大きい。 ×
	逆サイフォンによる排水		逆サイフォンにより下部塩水層を排除し、塩淡水境界層を降下させる。	
	空気揚水塔による排水		空気揚水塔により下部塩水層と上部淡水層を混合し、流下させることにより塩淡水境界層を降下させる。	
浄化用水 導入	ダムによる導水		ダムに貯留した水を放流し、下部塩水層を放流水に連行させ、湖外へ排除し塩淡水境界層を降下させる。	新規開発水量の確保が困難 ×
	近傍河川からの導水		常呂川よりの導水により下部塩水層を連行させ、湖外へ排除し塩淡水境界層を降下させる。	

(2) 塩淡水境界層制御手法の二次選定

一次選定で最も実現の可能性が高いと考えられた塩水遡上制御手法について「塩水遡上抑制効果」、「制御面での評価」、「治水面での評価」、「環境面での評価」の観点から比較し、表 3.4 に示すとおり二次選定を行った。検討の結果、「塩水調整ゲートによる塩水遡上制御」が、最も適当であると判定された。

これを受けて平成 17 年度から、「塩水調整ゲートによる塩水遡上制御」について現地実験を行い、ゲート操作による環境への影響や塩水遡上の抑制効果を検討した（図 3.10）。

また、治水上の課題が懸念される「潜りマウンドによる塩水遡上制御」についても、平成 20 年度に現地実験により「塩水調整ゲートによる塩水遡上制御」のゲート操作方法の 1 つとして検討した。また「櫛状構造物による塩水遡上の抑制」については別途実験室での室内実験により検討したが、十分な効果は得られなかった（第 9 章参照）。



図 3.10 塩水遡上制御実験施設概要

表 3.4 塩水遡上抑制対策手法の比較検討

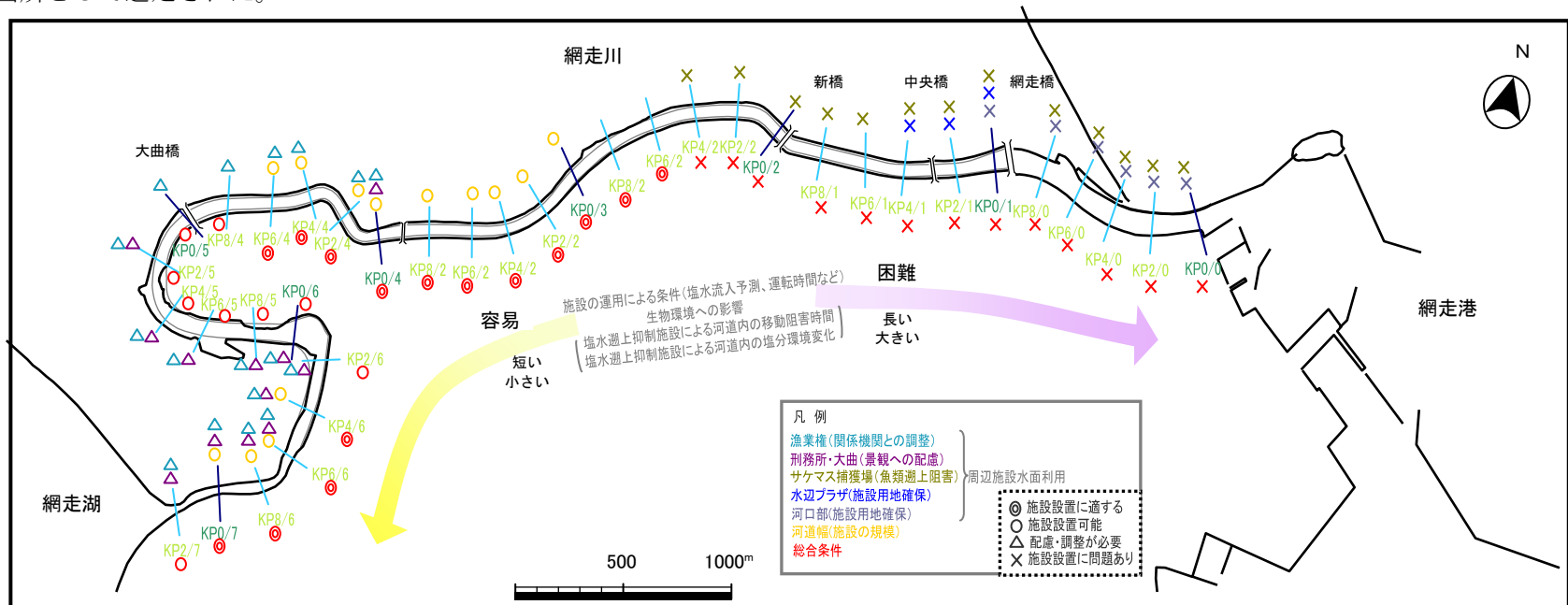
制御手法	概 要 図	塩水遡上抑制効果		制御面での評価		治水面での評価		環境面での評価		総 合 評 価	
		評 価	判 定	評 価	判 定	評 価	判 定	評 価	判 定		
① 潜りマウンドによる塩水遡上制御		・潜りマウンドにより湖水位を常時上昇させ、潮位より湖水位が高くなる期間を増加させることで、塩水遡上を抑制。	○	・海水位、湖水位の変化に対応出来ない。 ・流入塩水の調節はできない。	△	・現河道断面に潜りマウンドを設置すると、洪水時に流下させる措置が別途必要。	△	・天端が常に水没していることから、魚類、船舶の移動等への影響は小さい。 ・湖水位上昇による周辺環境への影響を検討する必要がある。	△	治水・環境面の課題を解決できれば、現実的。	△
② 塩水調整ゲートによる塩水遡上制御		・ゲートを閉じることで遡上塩水を直接抑制。 ・起伏式、ラバー式など数種の方式があり設置事例も多い。	○	・ゲート開閉操作により流入塩水の調節が可能。	○	・塩水遡上時のみの運用をすることで、洪水時の影響はなし。	○	・ゲートによる環境への影響、魚類等の通行阻害の可能性はある。ゲート操作方法、堰高を検討し影響を軽減する必要がある。	△	環境面の課題を解決できれば現実的。	○
③ 櫛状構造物による塩水遡上の抑制		・櫛状構造物により遡上塩水を乱し、塩水遡上を抑制。 ・塩水遡上抑制効果を検証する現地調査が必要。	△	・可動式の構造とすることで流入塩水の調節が可能となる。	○	・可動式の構造とすることで洪水時の影響はないが、河道流下断面を減少させることで、流水の流下に影響する可能性あり。	△	・魚類等の通行阻害を引き起す可能性がある。	△	治水上の課題の解決と、制御効果が確認できれば現実的。	△

(3) 施設設置箇所の検討

塩淡水境界層制御施設の設置箇所選定にあたり、以下の検討を行った。

- ・河道地形条件から、KP3.0～4.6、KP6.4～7.0 では比較的河道幅が狭く塩水遡上制御施設の規模を小さくすることが出来る。
- ・塩水遡上抑制効果の判定を容易にするためには施設は極力、上流に設置した方が有利である。
- ・塩分の変化など河道内に生息する生物に与える影響を考慮すると設置位置は極力、上流部にすることが望ましい。
- ・市街地が隣接しているため、河口から中央橋付近では制御施設用地の確保は困難。
- ・サケ・マス捕獲施設（KP2.6）より下流は、サケの遡上に影響を及ぼす可能性が考えられることから、当該施設より上流での設置が望ましい。
- ・鏡橋付近から網走湖の区間には漁業権が設定されており、施設設置には関係機関と十分調整を行う必要がある。
- ・冬季に結氷せず、施設の維持・管理が行えること。

以上の条件から塩水遡上制御施設の設置位置は、下流環境への影響が最小限となる位置でかつ結氷等の影響を受けにくい、湖口直下の KP7.0 が設置箇所として選定された。



4. 現地実験及びモニタリング調査

塩水遡上制御実験は、網走湖の水質浄化を目的とし、オホーツク海から逆流して湖に流入する塩水を抑制するための適切な方法を検討するために実施した。

塩水遡上量の変化は河川や湖の物理環境や魚類や底生動物をはじめとした生物の生息環境に様々な影響を与える可能性があるため、北海道、網走市の水産部局および漁業関係者の協力を得て、実験に関する各種調査を行った。

4.1. 現地実験計画

塩水遡上量の制御効果と施設の運用が、河道内及び湖内の環境へ与える影響等を把握することを目的とした現地実験計画を策定した。

(1) 実験施設

実験施設は、湖口の直下流 KP7.0 地点に設置した。河道を 8 径間に区分し、うち 2 径間は止水及び河岸の保護の為にコンクリート矢板で止水し、残り 6 径間に鋼製のスライドゲートを設置した。スライドゲートは天端高の調整可能な構造とした。



図 4.1 現地実験計画位置

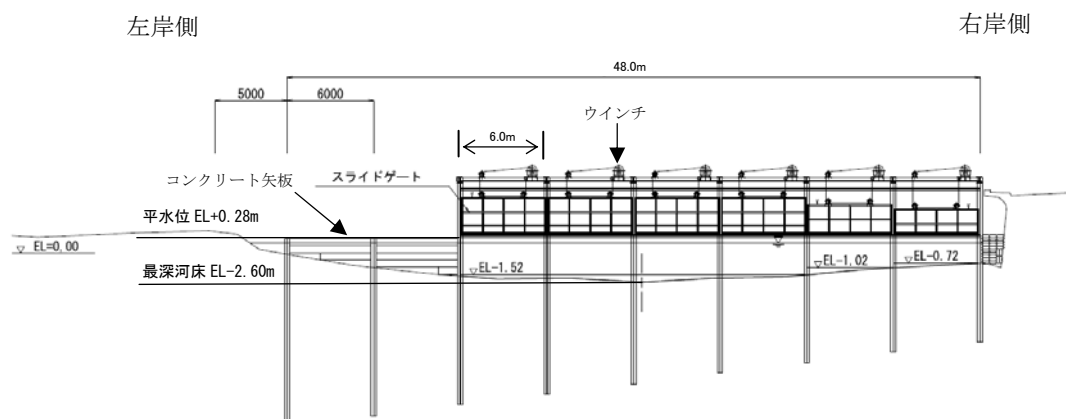


図 4.2 現地実験施設

(2) 実験の内容

ゲート操作は、順流時は塩水の流入が無い状態とし、逆流時は塩水の湖への流入を防ぐため閉鎖することとした。

以下に、各実験年度のゲート操作方法を示す。

1) 平成 17 年度実験

i. 実験の目的

逆流時にゲートを完全に閉鎖する運用を行った場合の、塩水遡上制御効果の確認と、環境への影響を把握した。

ii. ゲート操作方法

逆流時完全閉鎖方式 (図 4.3 参照)

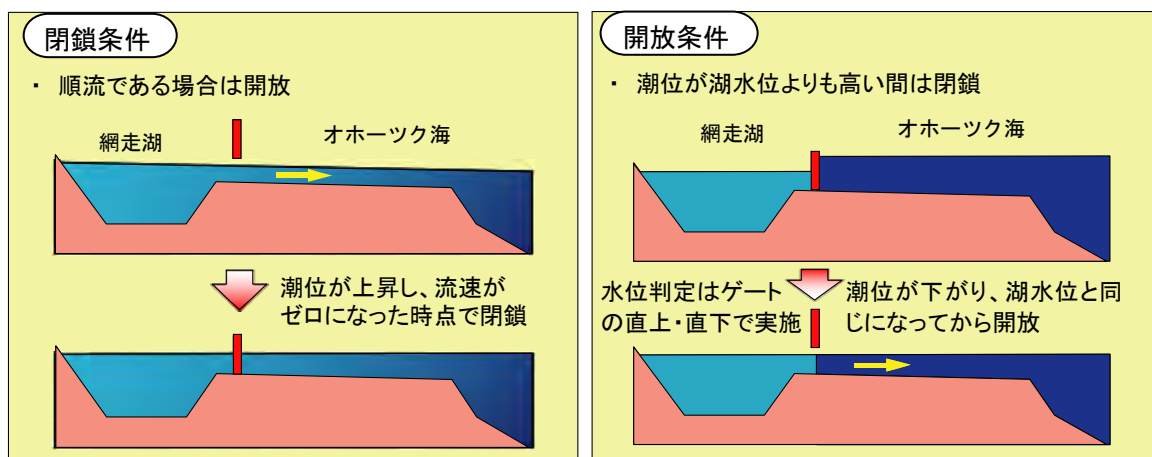


図 4.3 ゲート操作方法（逆流時完全閉鎖方式）

iii. ゲート操作期間

① 潮位と水位の関係

月別の潮位と水位の差をみると、潮位が湖水位（川尻漁場水位観測所）より高い時間は、冬季（11～3 月）と夏季（6～8 月）に多くみられ、この期間でのゲート運用が最も塩水遡上制御効果を期待できると考えられる。

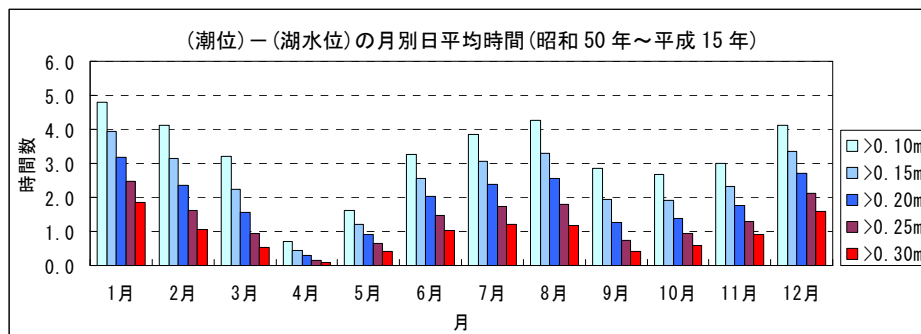


図 4.4 月別の潮位と湖水位の水位差の関係

② 水産資源の移動阻害

塩水遡上制御効果は、潮位と水位の関係からみると冬季（11～3月）と夏季（6～8月）の効果が高いと考えられる一方、施設の運用は、魚類の移動への影響を最小限とする必要がある。網走湖における主要魚類の移動・生活域概要から検討すると、主要な魚類が遡上、降海が比較的少ない冬季が望ましい。

表 4.1 網走湖における主要魚類の移動・生活域概要と実験期間

魚種	区分\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	備考
ワカサギ	[1年目]													
	卵				流入河川									網走川、女満別川、トマツ川
	仔魚					湖域								
	稚魚						降海							(稚魚期降海群)
								湖域						(湖中残留群)
	未成魚	湖域										遡上		(秋期遡上群)
				遡上	(秋期遡上群に比べて非常に少ない)									(湖中残留群)・(秋期遡上群)
	成魚				流入河川									(春期遡上群)
	[2年目以降]													
						降海								(産卵後降海群)
シラウオ	卵					湖域								2m以浅の砂質底(北岸)
	稚仔魚						湖域							
	未成魚・成魚					遡上			降海					河口汽水域まで移動(湖内残留群もあり)
カラフトマス	稚仔魚	(湖内放流)			降海									4～5月下旬湖内放流
	成魚							遡上						8～10月下旬流築(やな)で捕獲
サケ(シロサケ)	稚仔魚	(湖内放流)			降海									4～5月下旬湖内放流
	成魚									遡上				9～12月下旬流築(やな)で捕獲
実験期間		←	→											平成17年度～平成19年度
		←	→									←	→	平成20年度

出典

- 平成8年度 網走湖浄化対策検討業務報告書 平成9年3月 財団法人河川環境管理財団
- 昭和56年度事業報告書 網走湖産ワカサギ生態調査 北海道立網走水産試験場 宇藤均・辻敏・坂崎繁樹 1982
- 昭和57年度事業報告書 網走湖産ワカサギ生態調査 北海道立網走水産試験場 宇藤均・辻敏・坂崎繁樹 1983
- 昭和58年度事業報告書 網走湖産ワカサギ生態調査 北海道立網走水産試験場 宇藤均・小林喬・坂崎繁樹・黒萩尚 1984
- 網走湖産ワカサギの生態と資源 北海道立網走水産試験場 技術資料 NO.2 2000
- 網走湖産シラウオの生活史研究の現状 隼野寛史 魚と水 No38 2002
- 網走湖産シラウオの生活史 隼野寛史 育てる漁業 No358 (社)北海道栽培漁業振興公社 2003
- 網走湖産シラウオの生活史解明 水産孵化場道東内水面室 北海道立水産孵化場 HP より 平成17年度 <http://www.fishexp.pref.hokkaido.jp/hatch/seika/H17/H1702/seikanaisuisitu.htm>
- シラウオ遡上時期は、北海道立水産孵化場道東内水面室への聞き取り調査より

③ 実験期間の設定

以上のことから、当初実験期間は、塩水の湖内流入量が比較的大きく、ワカサギを含む魚類の移動阻害とならない1月中旬～3月上旬とした。

iv. 塩水阻止率

実験期間中、流量で87.9%、塩分量で97.2%の逆流塩水を阻止した。

2) 平成 18 年度実験

i. 実験の目的

平成 17 年度の逆流時完全閉鎖方式で、概ね塩分の遡上を阻止できていることが判明したため、より環境への影響を緩和できる逆流時越流方式で実験を行った。

ゲート天端高を EL. +0. 2m とし、塩水遡上制御効果の確認と、環境への影響を把握した。

ii. ゲート操作方法

逆流時越流方式（ゲート天端高：EL. +0. 2m）（図 4. 5 参照）

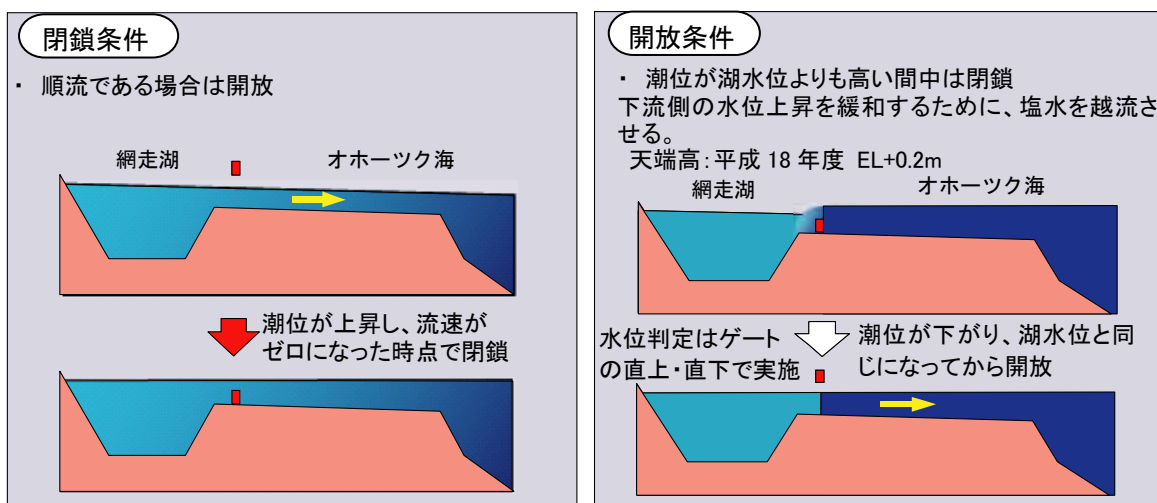
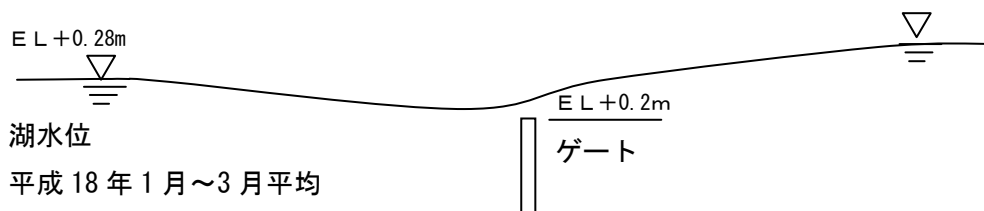


図 4. 5 ゲート操作方法（逆流時越流方式）

ゲート天端高は、平成 17 年度実験の実験期間である平成 18 年 1 月～3 月における湖水位の平均が EL+0. 28m であったことから、湖水位に対して逆流時において越流水深を確保できる条件として、EL+0. 2m に設定した。



iii. ゲート操作期間

実験期間は、平成 17 年度実験と同様に、塩水の湖内流入量が比較的大きく、ワカサギを含む魚類の移動阻害とならない 1 月中旬～3 月上旬とした。

iv. 塩水阻止率

実験期間中、流量で 76. 3%、塩分量で 96. 3%の逆流塩水を阻止した。

3) 平成 19 年度実験

i. 実験の目的

平成 18 年度実験において、逆流時越流方式でも十分な塩水遡上制御効果があることが確認された。そこで天端高を下げるほど、塩水遡上の阻止率は低下する一方で、下流河道に与える影響は軽減することができるため、平成 19 年度実験では、天端高をさらに下げて、塩水遡上阻止効果と環境への影響の軽減効果を把握した。

ii. ゲート操作方法

逆流時越流方式（ゲート天端高：EL-0.1m、EL-0.3m）（図 4.6 参照）

ゲート天端高は、平成 18 年度実験において EL+0.2m では塩水遡上阻止率が 96%と高かったことから、水位、流速の変化等の環境への影響を更に小さくできると考えられる EL-0.1m、-0.3m にゲート高さを設定して実験を行った。

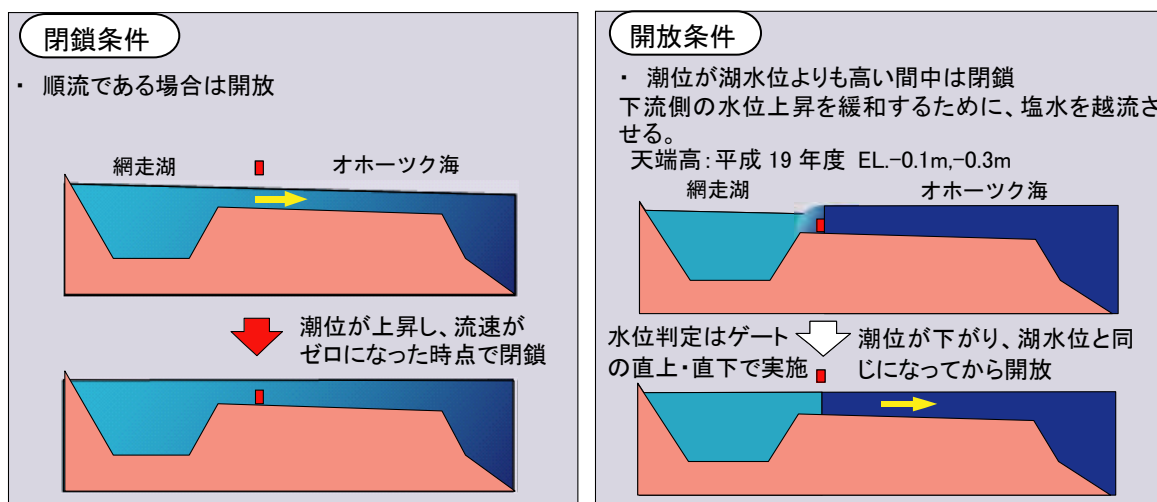


図 4.6 ゲート操作方法（逆流時越流方式）

iii. ゲート操作期間

実験期間は、平成 17 年度、平成 18 年度実験と同様に、塩水の湖内流入量が比較的大きく、ワカサギを含む魚類の移動阻害とならない 1 月中旬～3 月上旬とした。

iv. 塩水阻止率

逆流時越流方式 E.L-0.1m では流量で 35.4%、塩分量で 83.1%の逆流塩水を阻止した。

逆流時越流方式 E.L-0.3m では塩分量で 56.7%の逆流塩水を阻止したが、本ケースは観測期間が短くデータが十分に取得できなかったことなどによる影響により、参考値扱いとした。

4) 平成 20 年度実験

i. 実験の目的

平成 18 年度、平成 19 年度実験において、逆流時越流方式の塩水遡上抑制の有効性は確認できた。平成 20 年度実験では逆流時越流方式 EL+0.2m に加えて、より簡易な操作方法等であり、「潜りマウンドによる塩水遡上制御手法」の効果が検証できる常時越流方式 EL-0.7m、常時部分開放方式 1/4 についても、塩水遡上制御効果の確認と環境への影響を試験的に把握することとした。

ii. ゲート操作方法

逆流時越流方式（ゲート天端高：EL. +0.2m）（図 4.7 参照）

常時越流方式（ゲート天端高：EL-0.7m）（図 4.8 参照）

常時部分開放方式（ゲート開放幅：1/4）（図 4.8 参照）

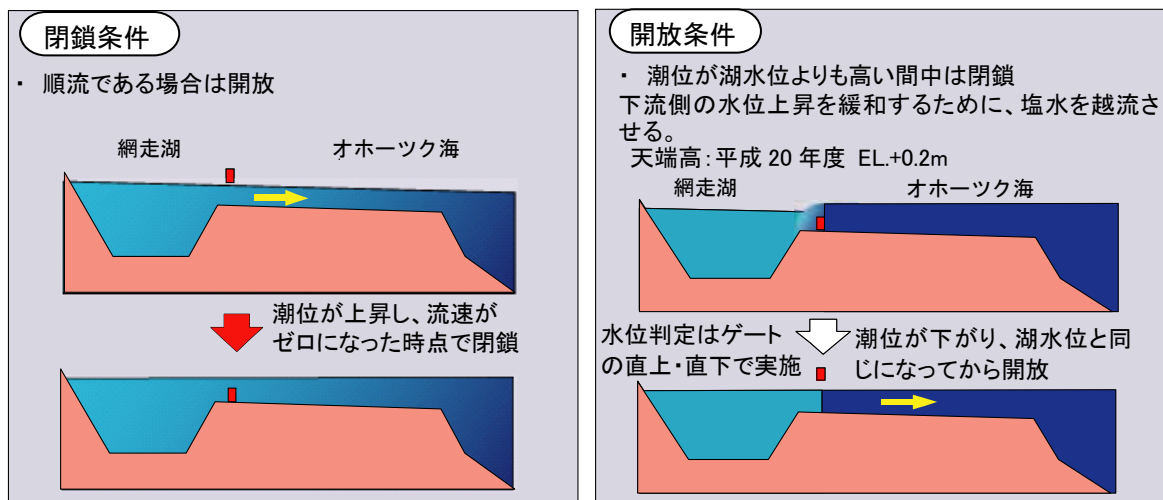


図 4.7 ゲート操作方法（逆流時越流方式）

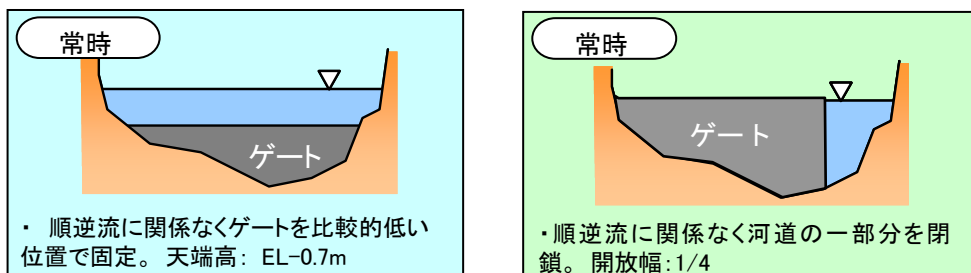


図 4.8 ゲート操作方法（左：常時越流方式、右：常時部分開放方式）

iii. ゲート操作期間

ワカサギを含む魚類の移動阻害とならない 1 月中旬～3 月上旬のゲート操作では、塩水遡

上量の抑制効果は不十分であるため、平成 20 年度実験では実験期間をワカサギの遡上期を含む 12 月上旬～1 月上旬において常時越流方式 EL-0.7m、常時部分開放方式 1/4、逆流時越流方式 EL+0.2m で実験を行いワカサギへの影響を把握した。

但し、ワカサギ遡上期の実験期間中に塩淡水境界層が上昇し、環境への影響が懸念されたため 1 月中旬以降は高い塩水遡上阻止率が確認されている逆流時越流方式 EL+0.2m で実験を行った。

iv. 塩水阻止率

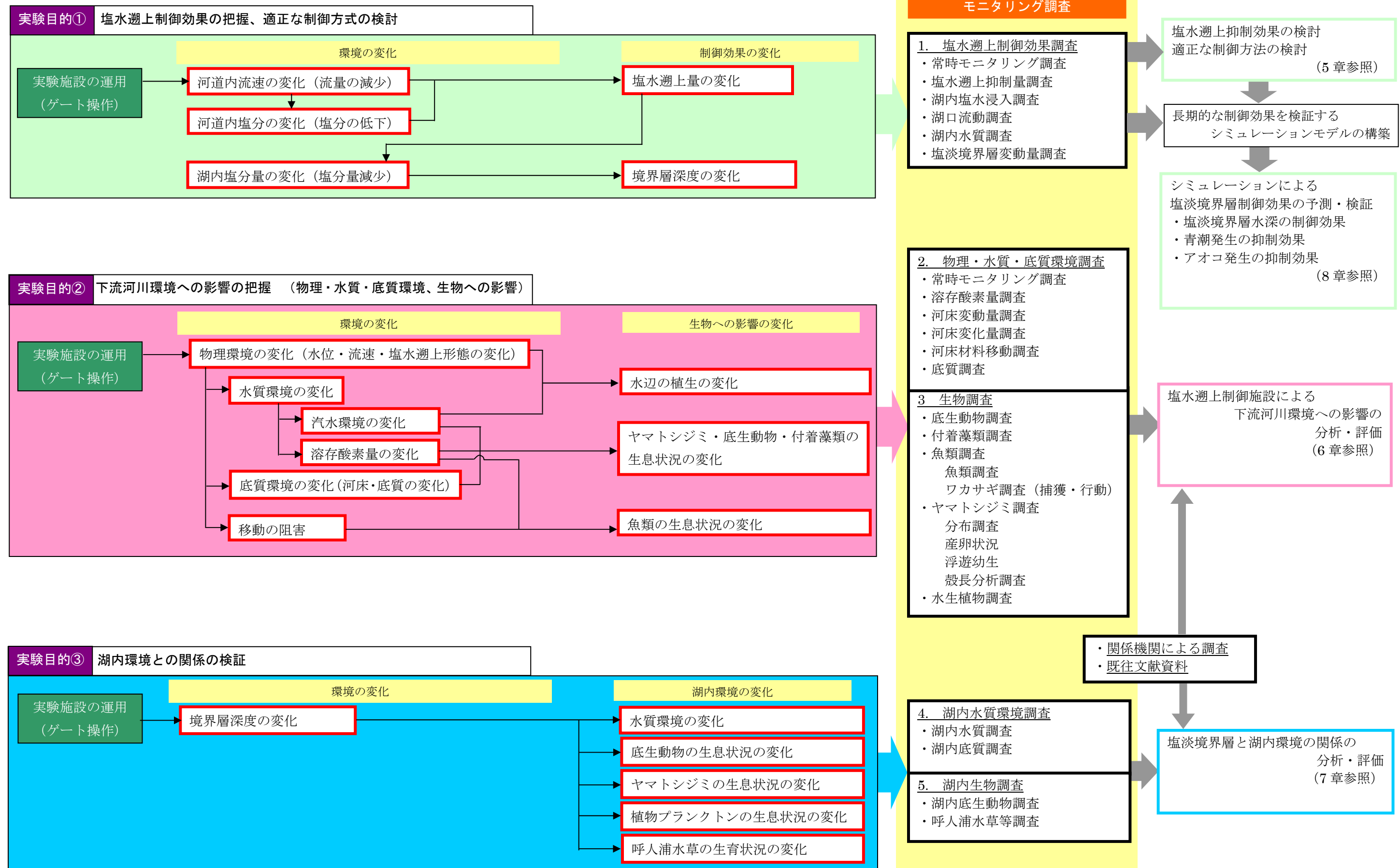
逆流時越流方式 E. L+0.2m では流量で 73.7%、塩分量で 95.0%の逆流塩水を阻止した。

常時越流方式 E. L-0.7m では流量で 55.0%、塩分量で 39.0%の逆流塩水を阻止した。

4.2. モニタリング調査

(1) 調査の位置付け

図 4.9にモニタリング調査の全体構成を示す。

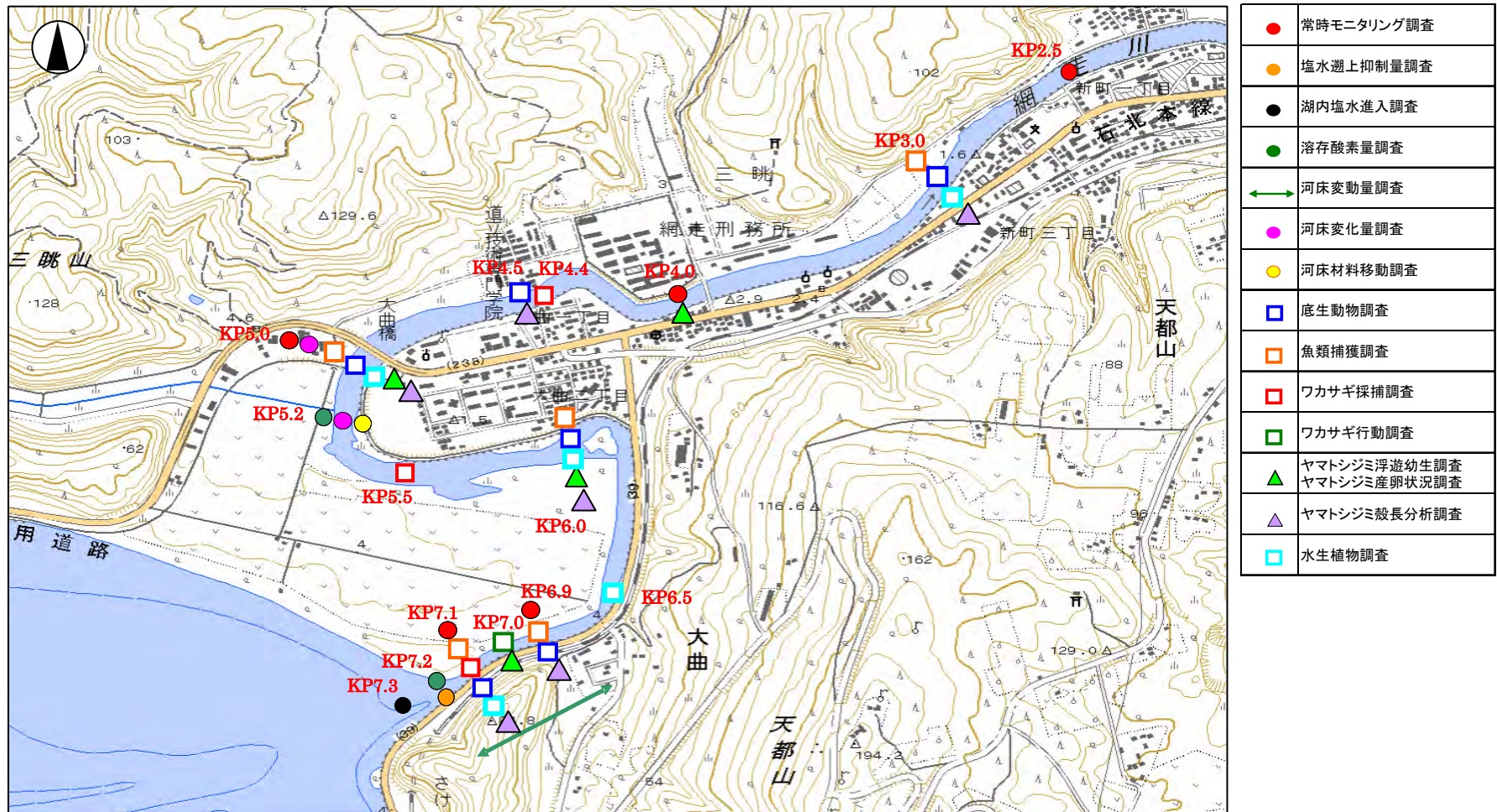


：モニタリング調査を実施した項目

図 4.9 モニタリング調査の全体構成

※本検討では、塩分が 10PSU となる位置を塩淡水境界層とし、水面からの塩淡水境界層までの距離を「塩淡水境界層水深」、塩淡水境界層水深の標高を「塩淡水境界層標高」とした。

(3) 調査位置



注) 実験施設位置 : KP7.0

図 4.10(1) モニタリング調査位置 (下流河川)

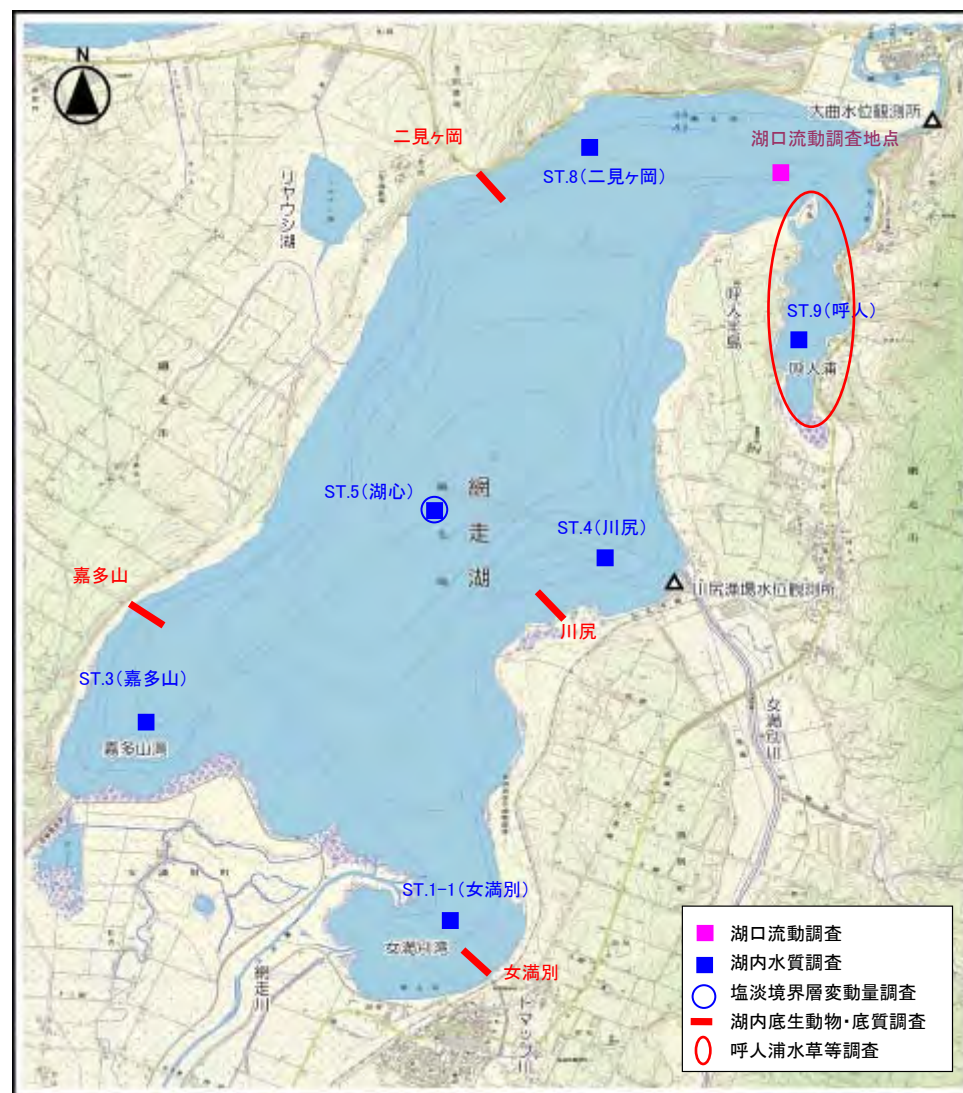


図 4.10(2) モニタリング調査位置 (湖内)

5. 実験結果と塩水遡上制御効果

平成 17 年度～平成 20 年度実験のモニタリング調査結果に基づき、実験施設による逆流時の流量・塩分量の阻止効果について整理した。併せて、実験による塩淡水境界層水深※の制御状況について確認した。

5.1. ゲート操作状況と実験結果

各実験期間におけるゲート操作状況と水文状況の一覧を以下に示す。

表 5.1 ゲート操作状況と水文状況一覧表

項 目		平成17年度実験	平成18年度実験	平成19年度実験		平成20年度実験		
ゲート方式		逆流時 完全閉鎖方式	逆流時 越流 (E. L+0. 2m) 方式	逆流時 越流 (E. L-0. 1m) 方式	逆流時 越流 (E. L-0. 3m) 方式	逆流時 越流 (E. L+0. 2m) 方式	常時 1/4開放方式	常時 越流 (E. L-0. 7m) 方式
実験期間		平成18年1月11日 ～3月10日	平成19年1月13日 ～3月5日	平成20年1月16日 ～2月26日	平成20年2月27日 ～3月10日	平成20年12月1日～5日 平成20年12月9日～17日 平成21年1月12日 ～ 3月10日	平成20年12月6日～8日	平成20年12月18日 ～平成21年1月11日
実験日数	日	59	52	42	13	72	3	25
ゲート操作回数	回	47	47	38	12	74	—	—
平均閉鎖時間	時間/回	8. 2	6. 6	8. 4	8. 1	7. 6	—	—
ゲート幅	m	6m幅×6門=36m						
河道幅	m	50m						
閉鎖条件		A+B≤TP+0. 90m A: 網走港の予報潮位の最大値 (天文潮) B: 実験施設の操作直前における網走港の潮位偏差						期間中 常時閉鎖
開放条件		ゲート下流側の水位 (潮位) が引き潮に応じて徐々に降下し、 ゲート上流側の水位と同一レベルになった時点						
特記事項		漏水期間1/11～2/5						
淡水流入 (本郷) 条件	(m ³ /s)							
実験期間 全体	平均値	9. 32	10. 88	9. 20	10. 07	16. 02	10. 86	13. 41
	最小値	8. 30	10. 43	8. 45	9. 75	8. 29	8. 59	9. 86
	最大値	11. 80	13. 40	9. 75	11. 87	35. 36	18. 42	19. 42
	分 散	1. 09	0. 65	0. 41	0. 64	20. 93	7. 14	12. 98
実験期間 ゲート閉鎖時	平均値	9. 24	10. 86	9. 18	9. 88	16. 03	同 上	
	最小値	8. 30	10. 43	8. 45	9. 75	8. 59		
	最大値	11. 80	13. 40	9. 75	11. 87	35. 36		
	分 散	1. 09	0. 61	0. 43	0. 44	20. 58		
潮水位 (川尻) 条件	(E. L:m)							
実験期間 全体	平均値	0. 24	0. 23	0. 18	0. 21	0. 16	0. 25	0. 28
	最小値	0. 09	0. 10	0. 08	0. 16	0. 03	0. 23	0. 11
	最大値	0. 40	0. 45	0. 27	0. 27	0. 39	0. 26	0. 47
	分 散	0. 08	0. 06	0. 04	0. 03	0. 01	0. 00	0. 01
実験期間 ゲート閉鎖時	平均値	0. 25	0. 23	0. 18	0. 22	0. 16	同 上	
	最小値	0. 09	0. 10	0. 11	0. 17	0. 03		
	最大値	0. 39	0. 41	0. 27	0. 27	0. 39		
	分 散	0. 08	0. 06	0. 04	0. 02	0. 01		
網走港潮位条件	(E. L:m)							
実験期間 全体	平均値	-0. 01	-0. 10	-0. 04	0. 01	-0. 05	-0. 03	0. 06
	最小値	-0. 93	-0. 84	-0. 80	-0. 52	-0. 87	-0. 31	-0. 68
	最大値	0. 86	0. 67	0. 73	0. 55	0. 85	0. 19	0. 95
	分 散	0. 34	0. 32	0. 31	0. 26	0. 10	0. 02	0. 11
実験期間 ゲート閉鎖時	平均値	0. 36	0. 30	0. 34	0. 31	0. 31	同 上	
	最小値	-0. 06	-0. 10	-0. 02	0. 05	-0. 11		
	最大値	0. 84	0. 67	0. 73	0. 55	0. 85		
	分 散	0. 18	0. 15	0. 16	0. 12	0. 03		

※本検討では、塩分が 10PSU となる位置を塩淡水境界層とし、水面からの塩淡水境界層までの距離を「塩淡水境界層水深」、塩淡水境界層の標高を「塩淡水境界層標高」とした。

(1) 平成 17 年度の実験結果 (図 5.1)

- 平成 18 年 1 月 11 日～3 月 10 日 逆流時完全閉鎖方式 (59 日間)

KP7.1 の塩分観測結果から塩淡水境界層の上昇を抑制する効果があることが確認できた。

実験施設閉鎖時にゲート下部からの漏水がみとめられた。平成 18 年 1 月 11 日～2 月 5 日に KP7.1 で塩水の流入及び塩淡水境界層の若干の上昇が見られたのは、この漏水によるものであると考えられる。漏水対策は平成 18 年 2 月 5 日に実施し、以降、漏水によると考えられる塩水の遡上は認められない。

○ 平成 17 年度実験 逆流時完全閉鎖方式 (平成 18 年 1 月 11 日～3 月 10 日)

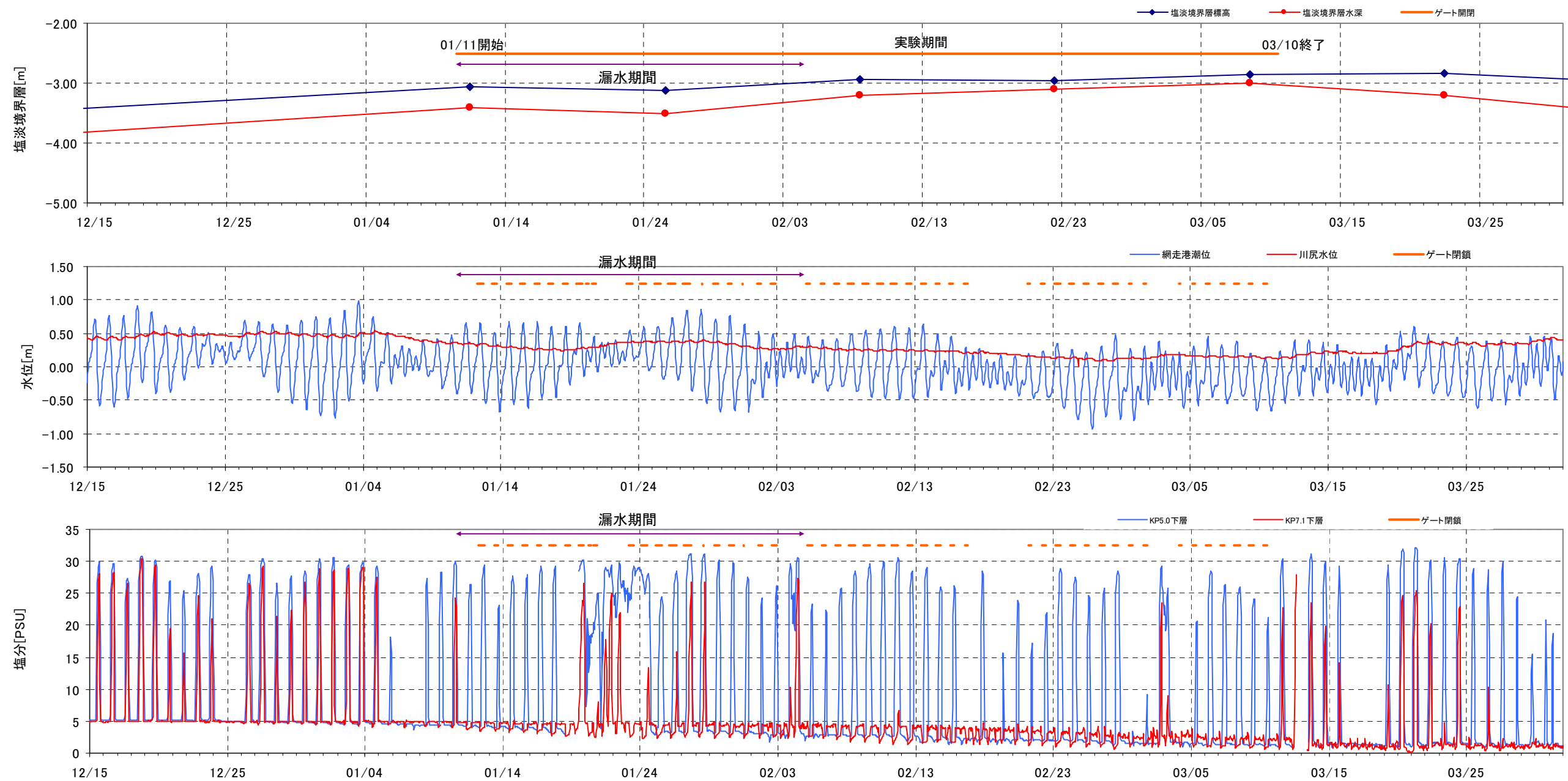


図 5.1 平成 17 年度の実験結果
(上図: 塩淡水境界層標高、中図: 潮位・湖水位変動、下図: 塩分変動[KP5.0 下層, KP7.1 下層])

(2) 平成 18 年度の実験結果 (図 5. 2)

- 平成 19 年 1 月 13 日～3 月 5 日 逆流時越流方式 EL+0. 2m (52 日間)

KP7. 1 の塩分観測結果より、塩水の侵入は概ね阻止できているが、湖水位と潮位の差が大きい場合に塩水が流入した。

期間中、塩淡水境界層は概ね横ばいで塩淡水境界層の上昇を抑制する効果があることが確認された。

○ 平成 18 年度実験 逆流時越流方式 E. L+0. 2m (平成 19 年 1 月 13 日～3 月 5 日)

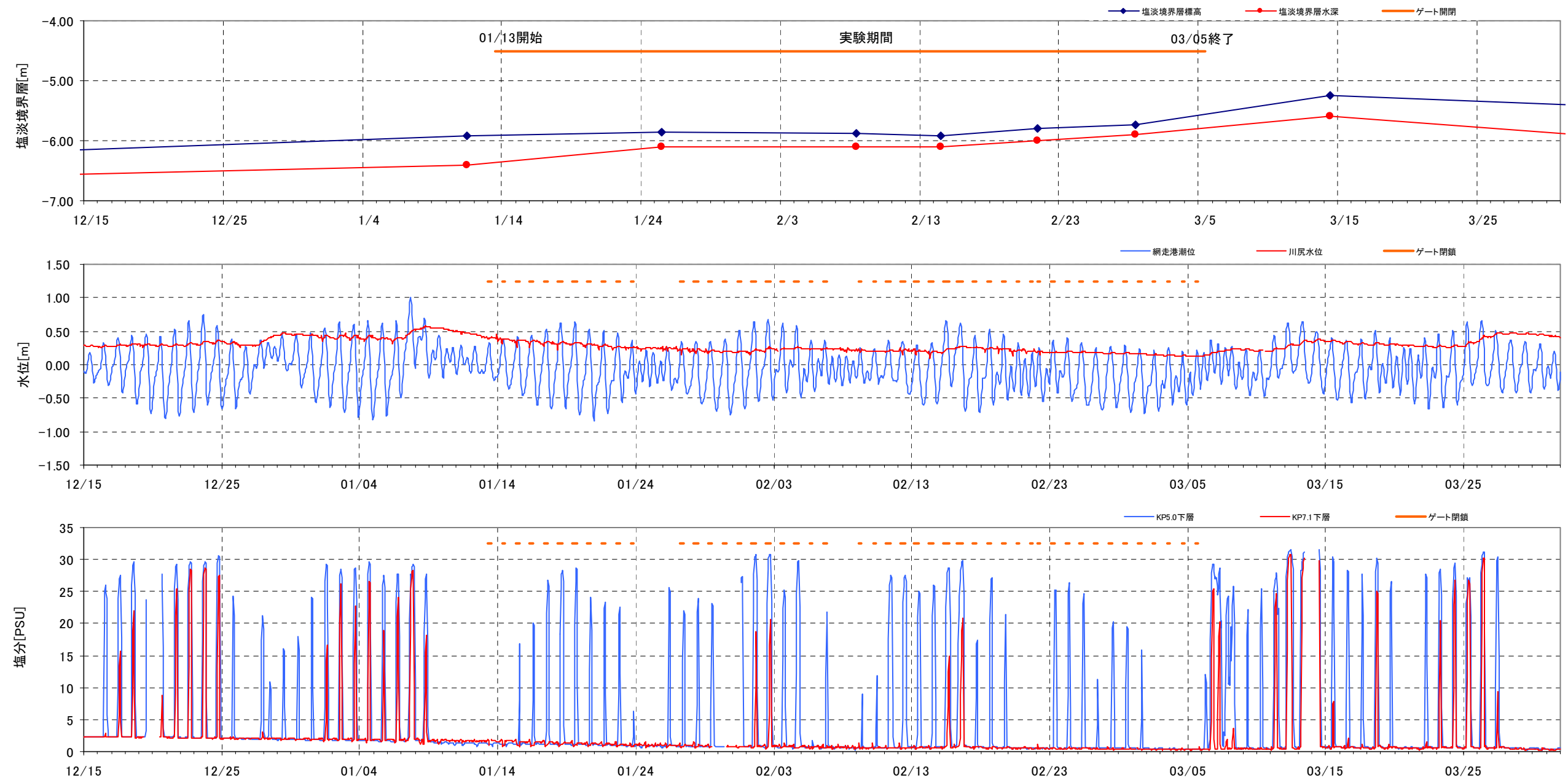


図 5. 2 平成 18 年度の実験結果
(上図:塩淡水境界層標高、中図:潮位・湖水位変動、下図:塩分変動[KP5. 0 下層, KP7. 1 下層])

(3) 平成 19 年度の実験結果 (図 5.3)

- 平成 20 年 1 月 16 日～2 月 26 日 逆流時越流方式 EL-0.1m (42 日間)

KP7.1 の塩分観測結果より、湖水位と潮位の差が大きい場合に塩水が流入していた。

塩淡水境界層は概ね横ばいで推移しており、塩淡水境界層の上昇を抑制する効果があることが確認された。

- 平成 20 年 2 月 27 日～3 月 10 日 逆流時越流方式 EL-0.3m (13 日間)

本方式の実験期間は短いが KP7.1 の塩分観測結果より、塩水は頻繁に堰を越えて流入していた。

塩淡水境界層は概ね横ばいで推移し、塩水の流入はあったが塩淡水境界層を上昇させる量ではなかったと推察される。

○ 平成 19 年度実験

逆流時越流方式 E.L-0.1m (平成 20 年 1 月 16 日～2 月 26 日)

E.L-0.3m (平成 20 年 2 月 27 日～3 月 10 日)

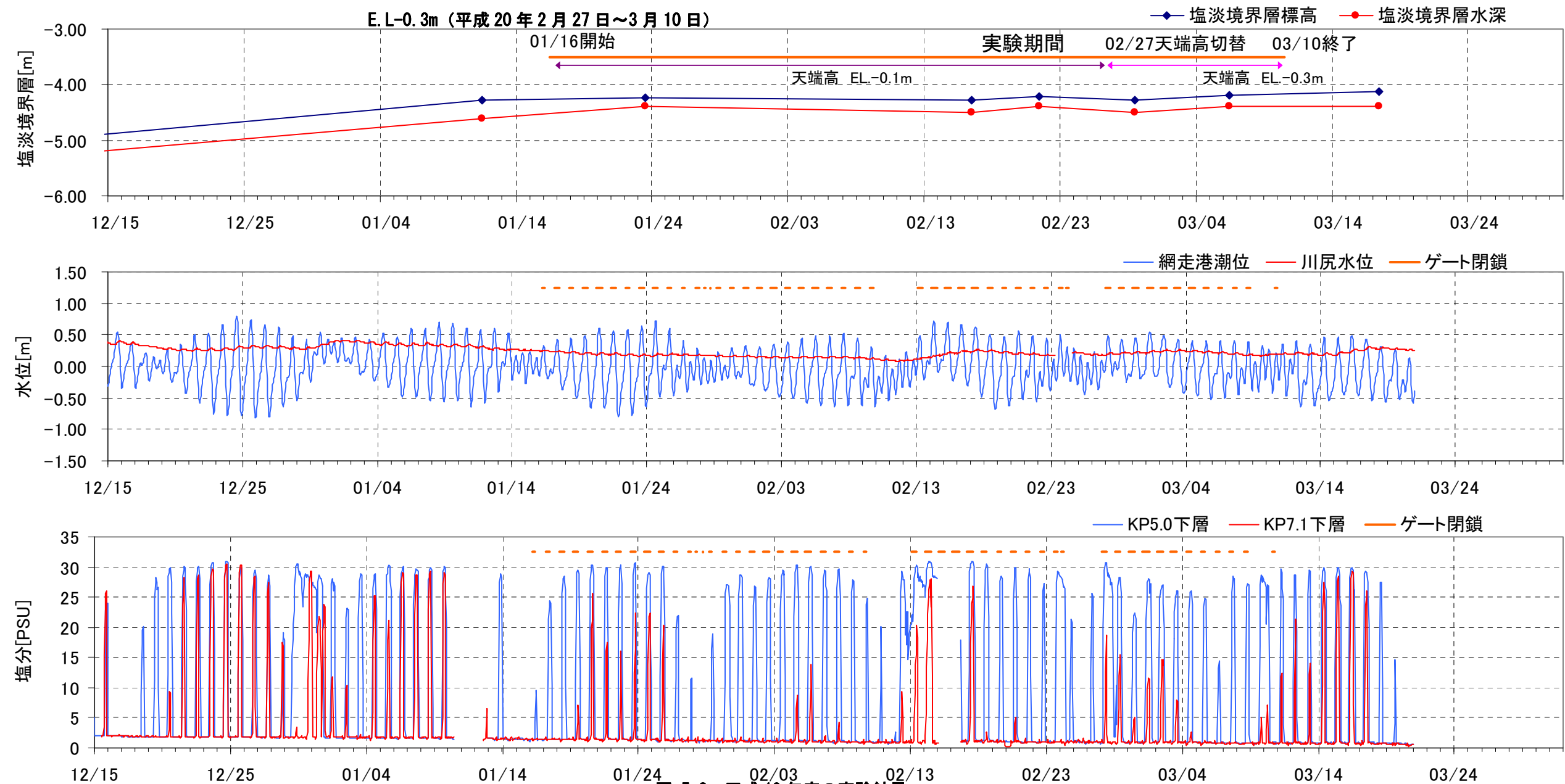


図 5.3 平成 19 年度の実験結果

(上図: 塩淡水境界層標高、中図: 潮位・湖水位変動、下図: 塩分変動[KP5.0 下層, KP7.1 下層])

(4) 平成 20 年度の実験結果 (図 5. 4)

・平成 20 年 12 月 1 日～5 日、平成 20 年 12 月 9 日～17 日、平成 21 年 1 月 12 日～3 月 10 日 逆流時越流方式 EL+0. 2m (72 日間)

KP7. 1 の塩分観測結果より、塩水の侵入は概ね阻止されていた。

・平成 20 年 12 月 18 日～平成 21 年 1 月 11 日 常時越流方式 EL-0. 7m (25 日間)

実験開始時に低気圧が接近した影響で潮位が上昇したことで湖水位が低くなったため、塩水が遡上しやすい環境となり塩淡水境界層が急激に上昇した。

・平成 20 年 12 月 6 日～8 日 常時半開放方式 1/4 開放 (3 日間)

小潮期の順流時に試験的に運用したものであるが、ゲート開放部の流速が 2m/s 以上と速くなったため 3 日間で運用を中止した。

○ 平成 20 年度実験 逆流時越流方式 E. L+0. 2m (平成 20 年 12 月 1 日～12 月 5 日、12 月 9 日～12 月 17 日、平成 21 年 1 月 12 日～3 月 10 日)

常時部分開放方式 1/4 開放 (平成 20 年 12 月 6 日～12 月 8 日)

常時越流方式 E. L-0. 7m (平成 20 年 12 月 18 日～平成 21 年 1 月 11 日)

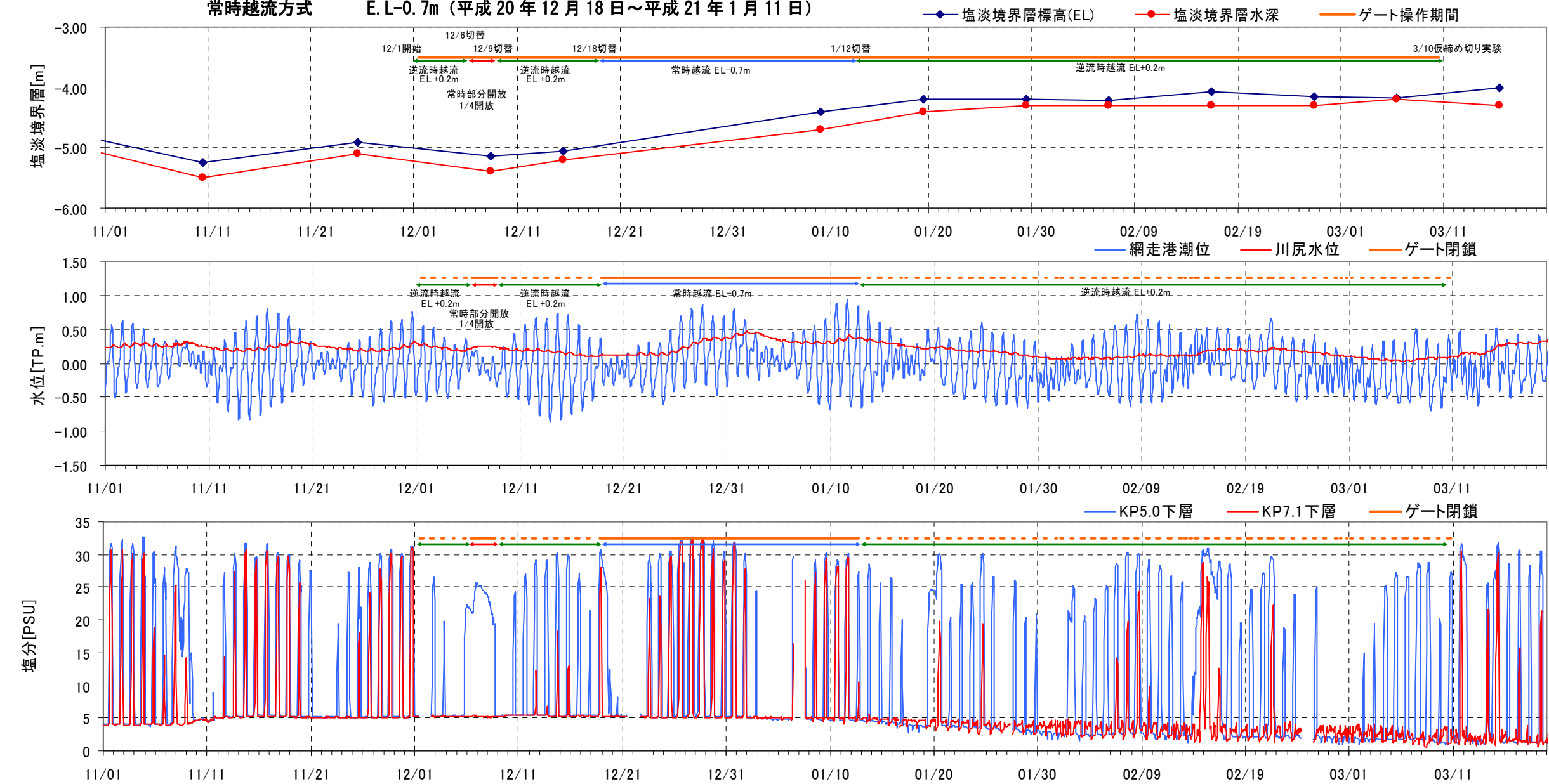


図 5. 4 平成 20 年度の実験結果
(上図: 塩淡水境界層標高、中図: 潮位・湖水位変動、下図: 塩分変動 [KP5. 0 下層, KP7. 1 下層])

5.2. 実験による塩水遡上阻止効果の検討

(1) 阻止率計算方法

ゲート操作を実施することにより減少する流量および塩分量と、ゲート操作を実施しなかった場合（ゲートが無い場合）の流量と塩分量の比率を阻止率とした。

また、ゲート操作を実施しても通過する流量および塩分量と、ゲート操作を実施しなかった場合の流量と塩分量の比率を通過率とした。

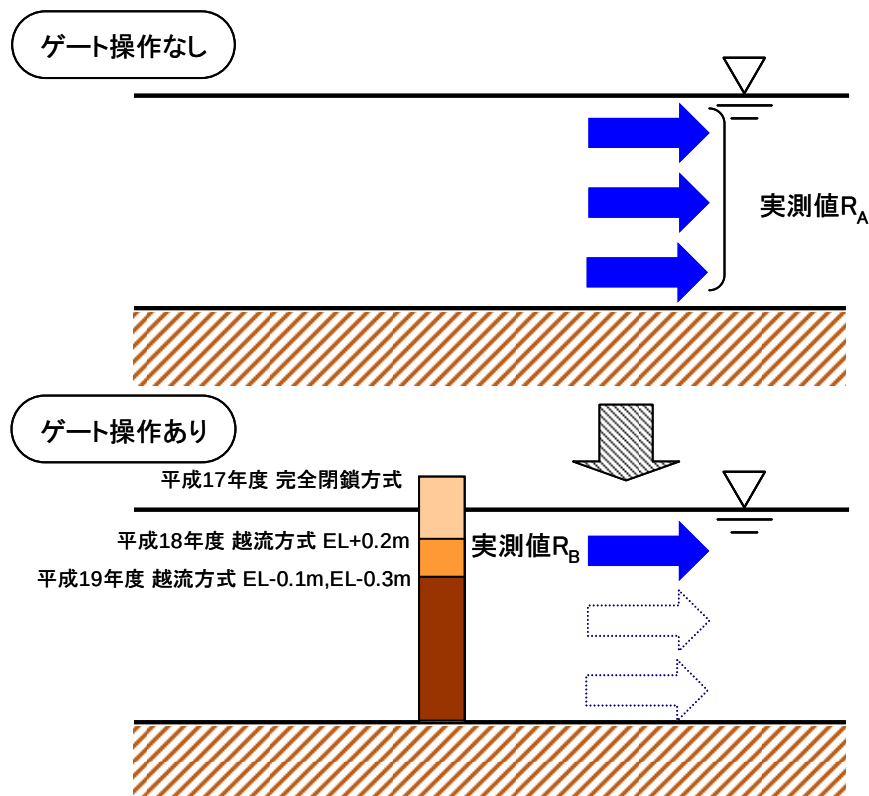


図 5.5 逆流阻止率の算出方法

$$\text{通過率} = \frac{R_B}{R_A} \times 100[\%]$$

$$\text{阻止率} = \frac{R_A - R_B}{R_A} \times 100[\%]$$

R_A : ゲート開放時の通過流量 (m³/s)

R_B : ゲート閉鎖時の通過流量 (m³/s)

各年度における実験データは期間が限定的であることから、逆流量および逆流塩分量の過去の水文資料（昭和 50 年～平成 21 年）に適用して一般化した阻止率を算定するために、網走港潮位と KP7.1 水位の差と逆流塩分量の関係について整理した。

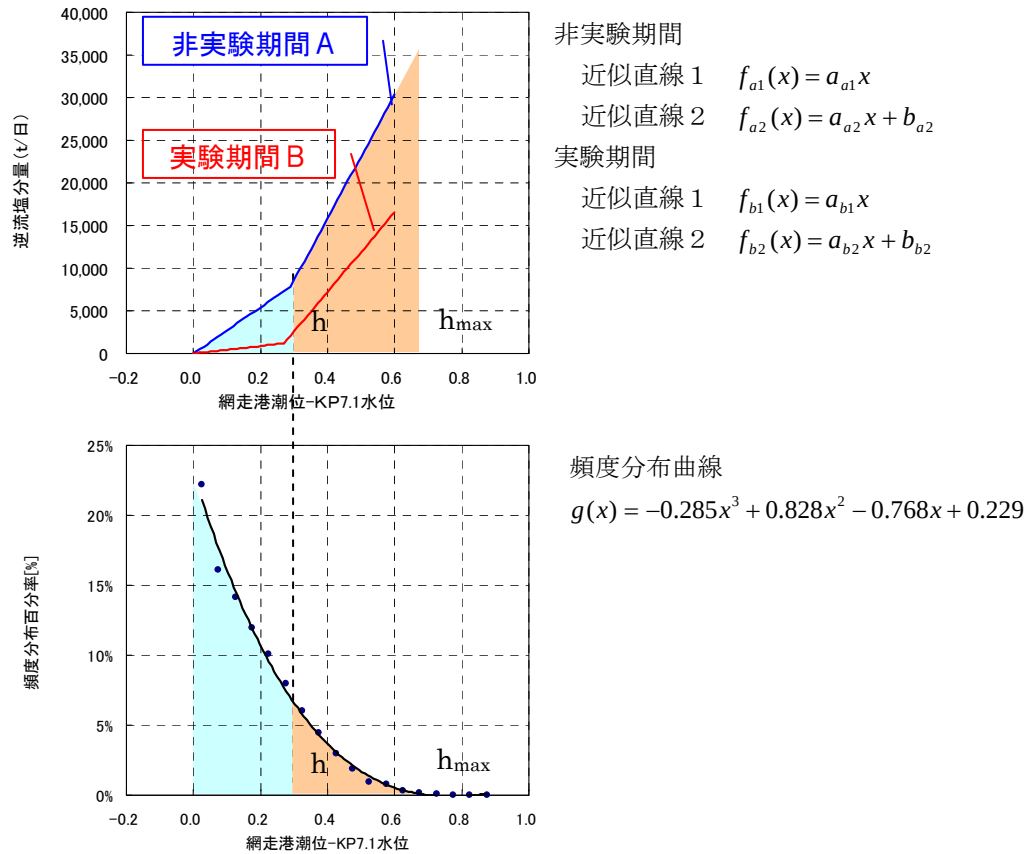


図 5.6 逆流した塩分量と潮位一測点水位の関係

$$\alpha_1 = \int_0^h f_1(x) \cdot g(x) dx$$

$$\alpha_2 = \int_h^{h_{\max}} f_2(x) \cdot g(x) dx$$

※近似直線が 1 本の場合には、 $f_1(x) = f_2(x)$ で算出する。

逆流(塩分)量 $R = \alpha_1 + \alpha_2$

$$\text{阻止率} = \frac{R_A - R_B}{R_A} \times 100[\%]$$

2 本の近似直線より、ゲート操作期間(B)と非実験間(A)を上記の手法により阻止率を算出した。

(2) 実験期間(b)と非実験期間(a)の相関関係の比較

1) 平成 17 年度実験

平成 17 年度実験における実験期間(b)と非実験期間(a)の相関関係は次のとおりである。平成 17 年度実験では、1 月 11 日～2 月 5 日において漏水とその対策を実施し、漏水が無い場合と傾きが異なったため、この期間のデータは棄却した。なお、近似直線は、得られたデータの特性に応じて、流量では 1 本の直線近似、塩分量では 2 本の直線近似とした。非実験期間については、対象期間を平成 17 年から平成 21 年の実験を行っていない期間とした（平成 18 年度, 平成 19 年度, 平成 20 年度とも実験同様）。

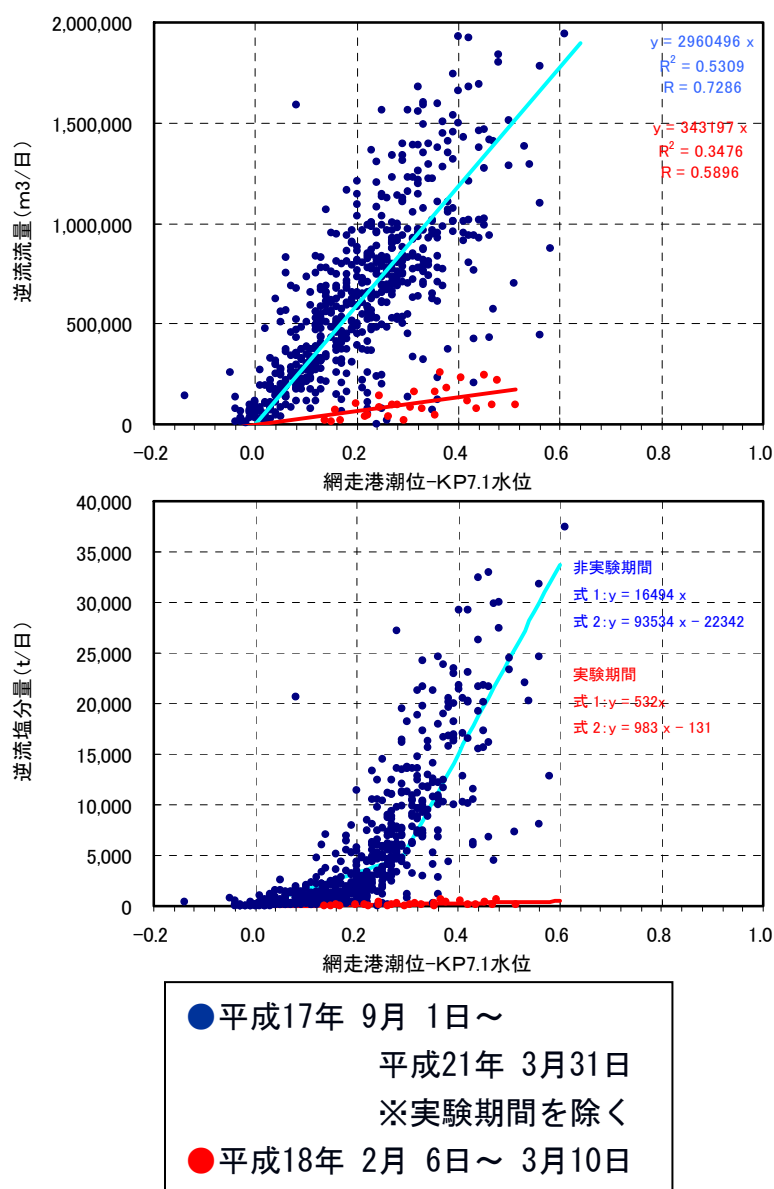


図 5.7 逆流した塩分量・流量と網走港潮位-KP7.1 水位の関係
(逆流時 完全閉鎖方式 平成 18 年 1 月～3 月)

2) 平成 18 年度実験

平成 18 年度実験におけるゲート操作期間 (b) と非実験期間 (a) の相関関係は次のとおりである。

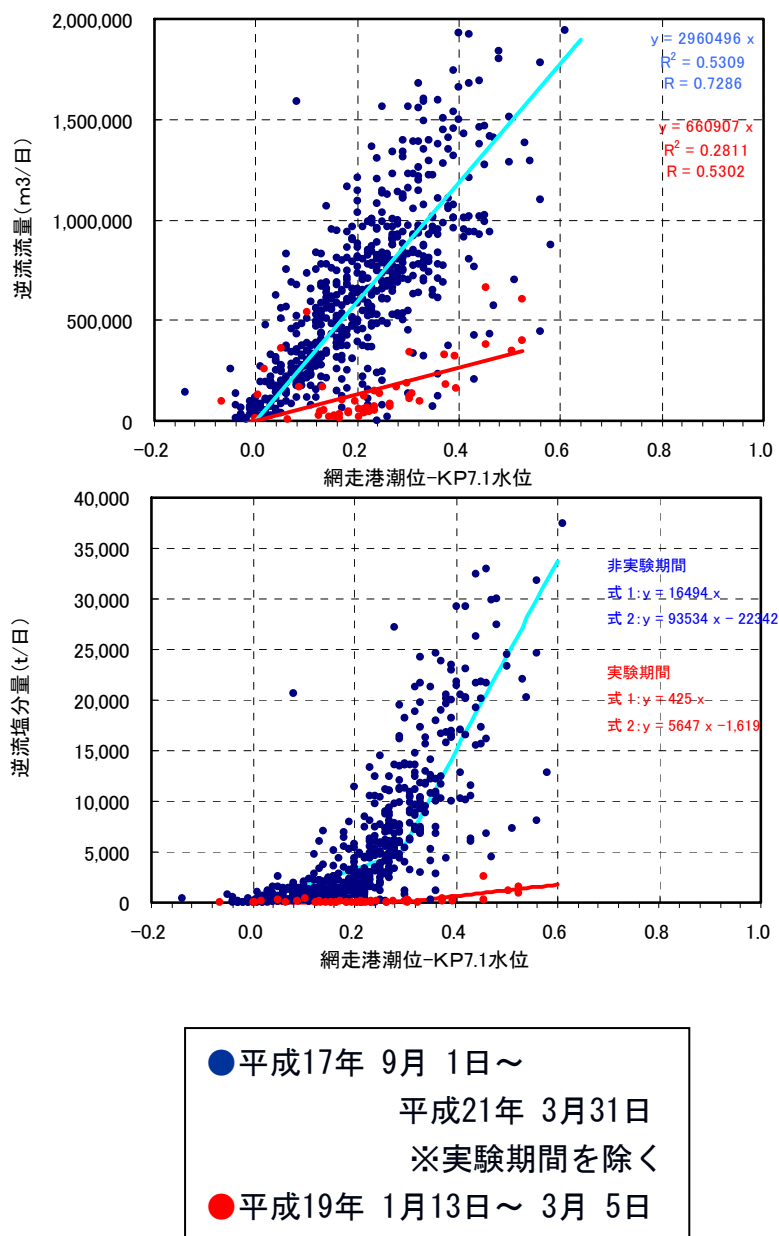


図 5.8 逆流時流量及び通過塩分量と「潮位-KP7.1の水位」との関係
(逆流時 越流方式[EL+0.2m] 平成 19 年 1 月～3 月)

3) 平成 19 年度実験

平成 19 年度実験におけるゲート操作期間 (b) と非実験期間 (a) の相関関係は次のとおりである。なお、ゲート越流高 EL-0.1m と EL-0.3m の 2 条件で実験しており、それぞれの場合について分けて示した。

i. EL-0.1m

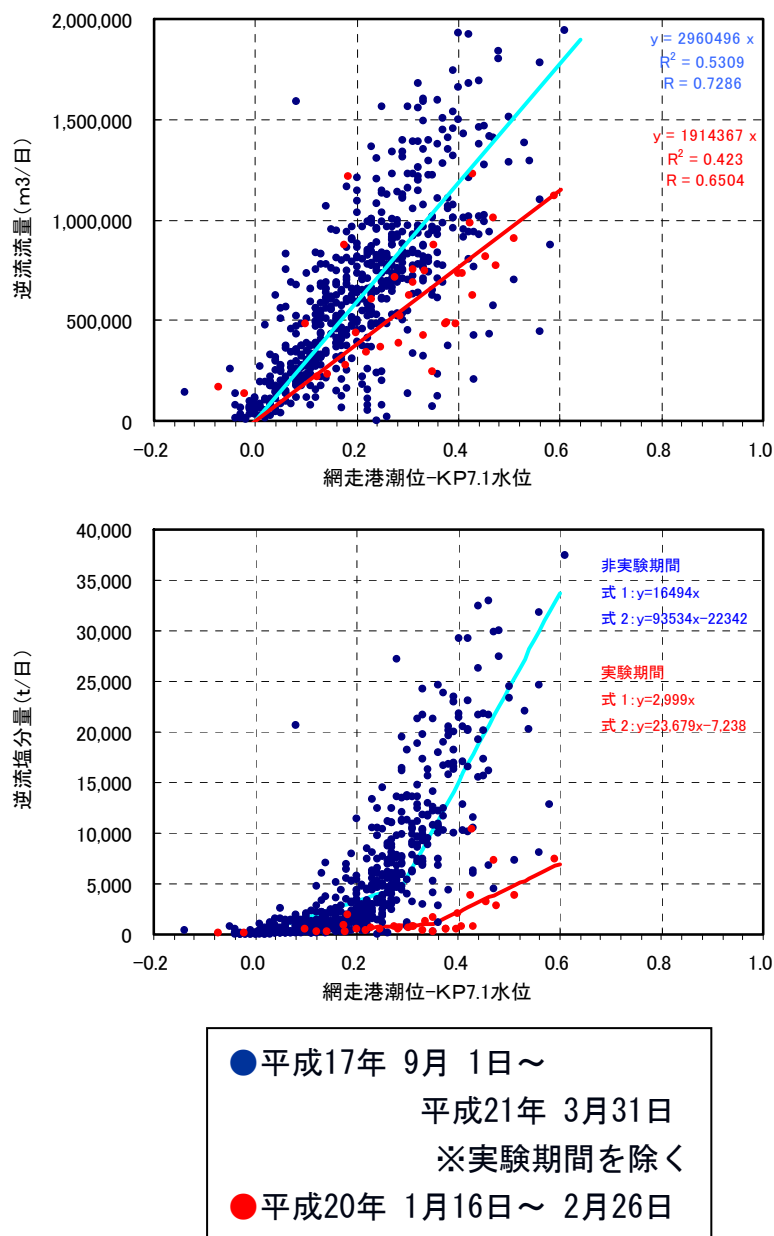


図 5.9 逆流時流量及び通過塩分量と「潮位-KP7.1の水位」との関係
(逆流時 越流方式[EL-0.1m] 平成 20 年 1 月～2 月)

ii. EL-0.3m

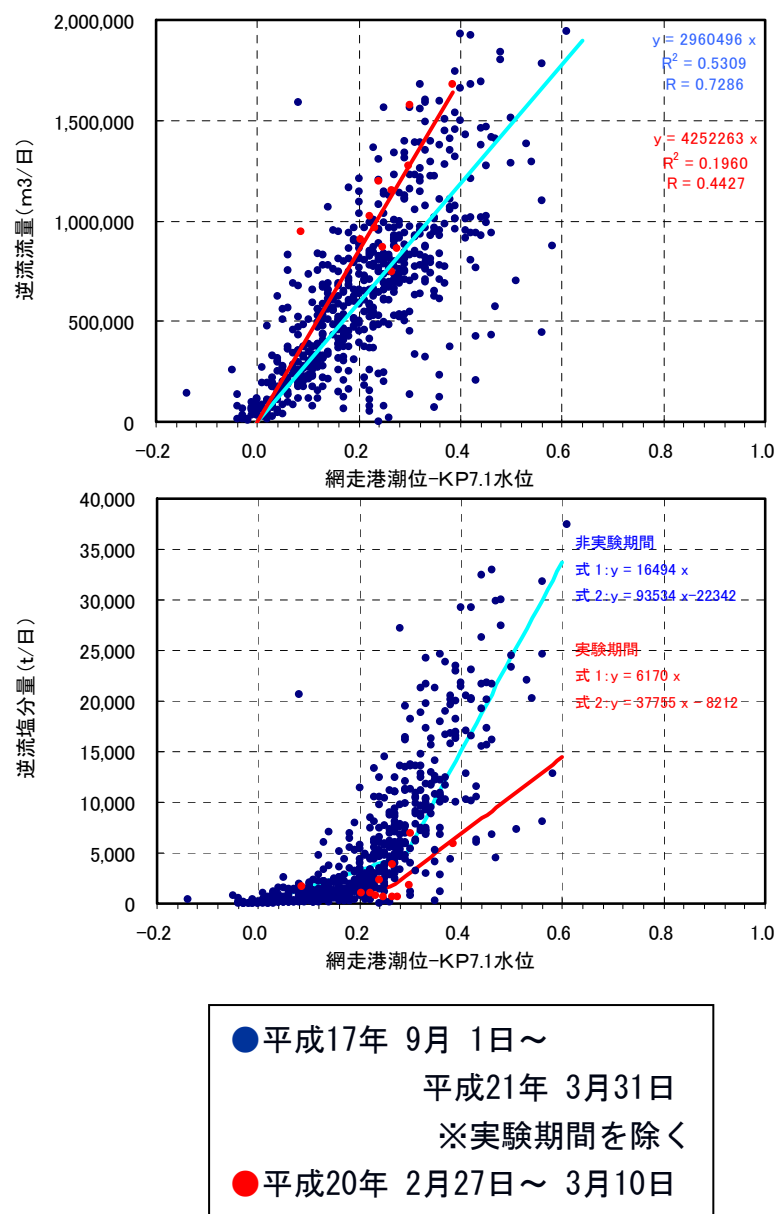


図 5.10 逆流時流量及び通過塩分量と「潮位-K P 7.1 の水位」との関係
(逆流時 越流方式[EL-0.3m] 平成 20 年 2 月～3 月)

4) 平成 20 年度実験

平成 20 年度実験におけるゲート操作期間 (b) と非実験期間 (a) の相関関係は次のとおりである。なお、逆流時越流方式 EL+0.2m と常時越流方式 EL-0.7m と常時部分開放方式 1/4 開放の 3 条件で実験している。ただし、部分開放方式 1/4 実験は順流時のみとなっているために算出はしていない。それぞれの場合について分けて示した。

i. 逆流時越流方式EL+0.2m

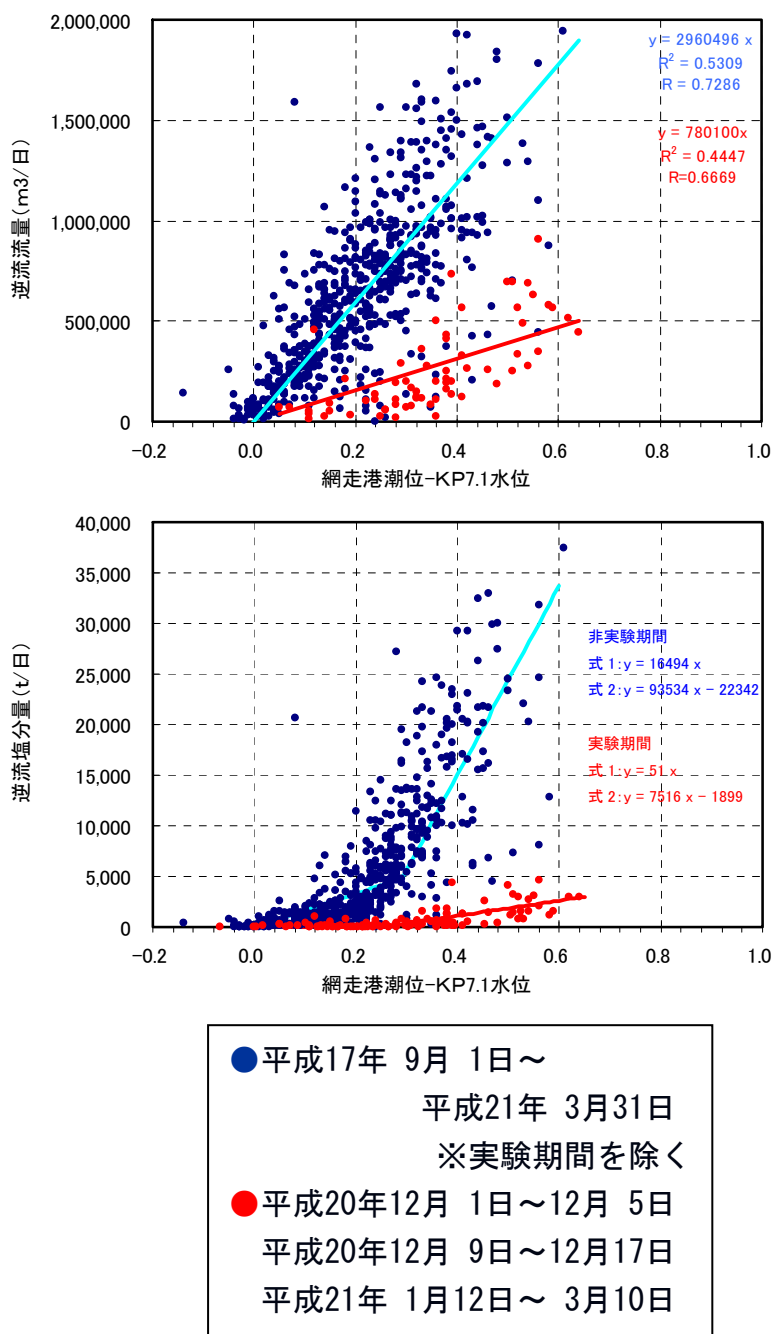


図 5.11 逆流時流量及び通過塩分量と「潮位-K P 7.1 の水位」との関係
(逆流時 越流方式[EL+0.2m] 平成 20 年 12 月～平成 21 年 3 月)

ii. 常時越流方式EL-0.7m

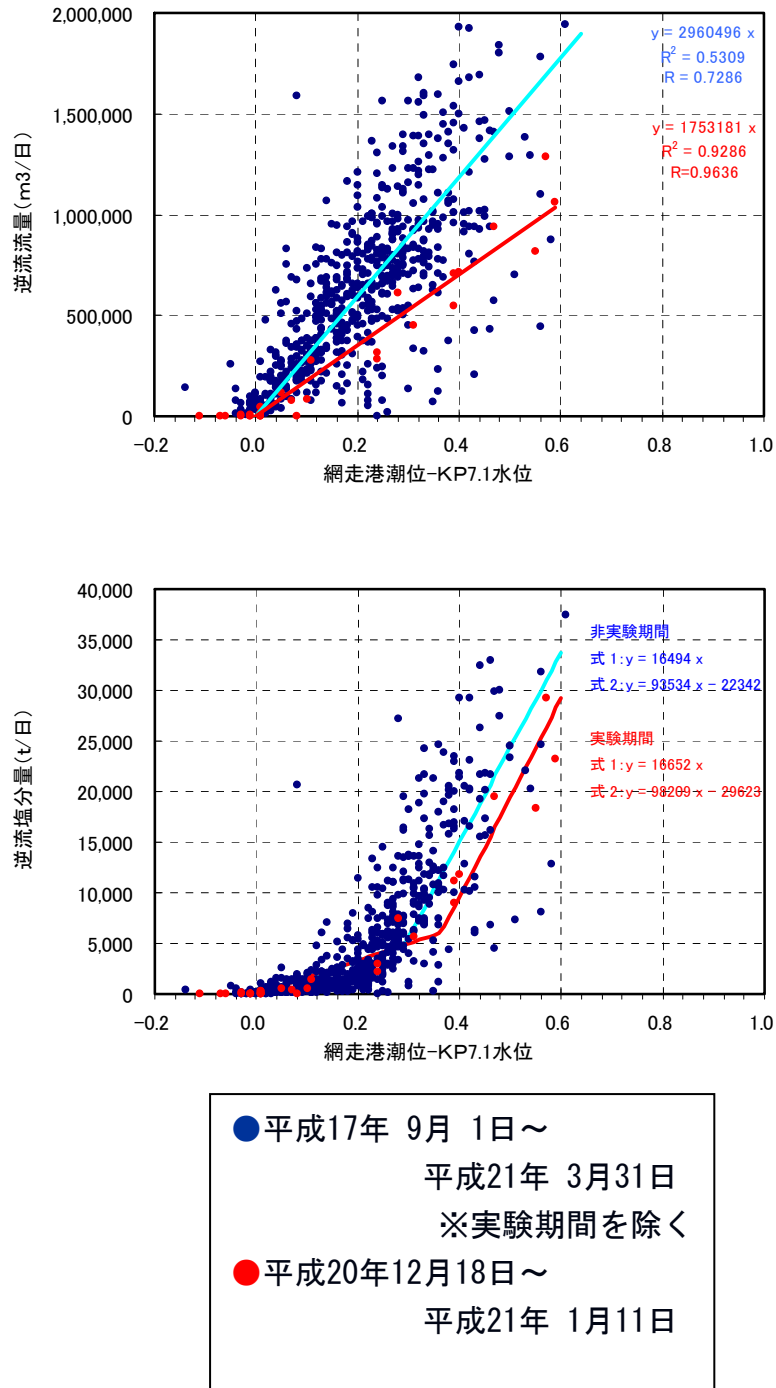


図 5.12 逆流時流量及び通過塩分量と「潮位-K P 7.1 の水位」との関係
(常時 越流方式[EL-0.7m] 平成 20 年 12 月～平成 21 年 1 月)

5) 実験施設制御効果のまとめ

平成17年度～平成20年度実験による網走港潮位-KP7.1水位と逆流流量の関係及び逆流塩分量との関係は、越流水深が深くなるほど逆流流量及び逆流塩分量は増大する傾向にあるということである。

なお逆流時越流方式 EL-0.3m において、非実験期間と流量の関係が逆転しているのは観測期間が短くデータが十分に取得できなかったことなどによる影響があり参考値扱いとする。

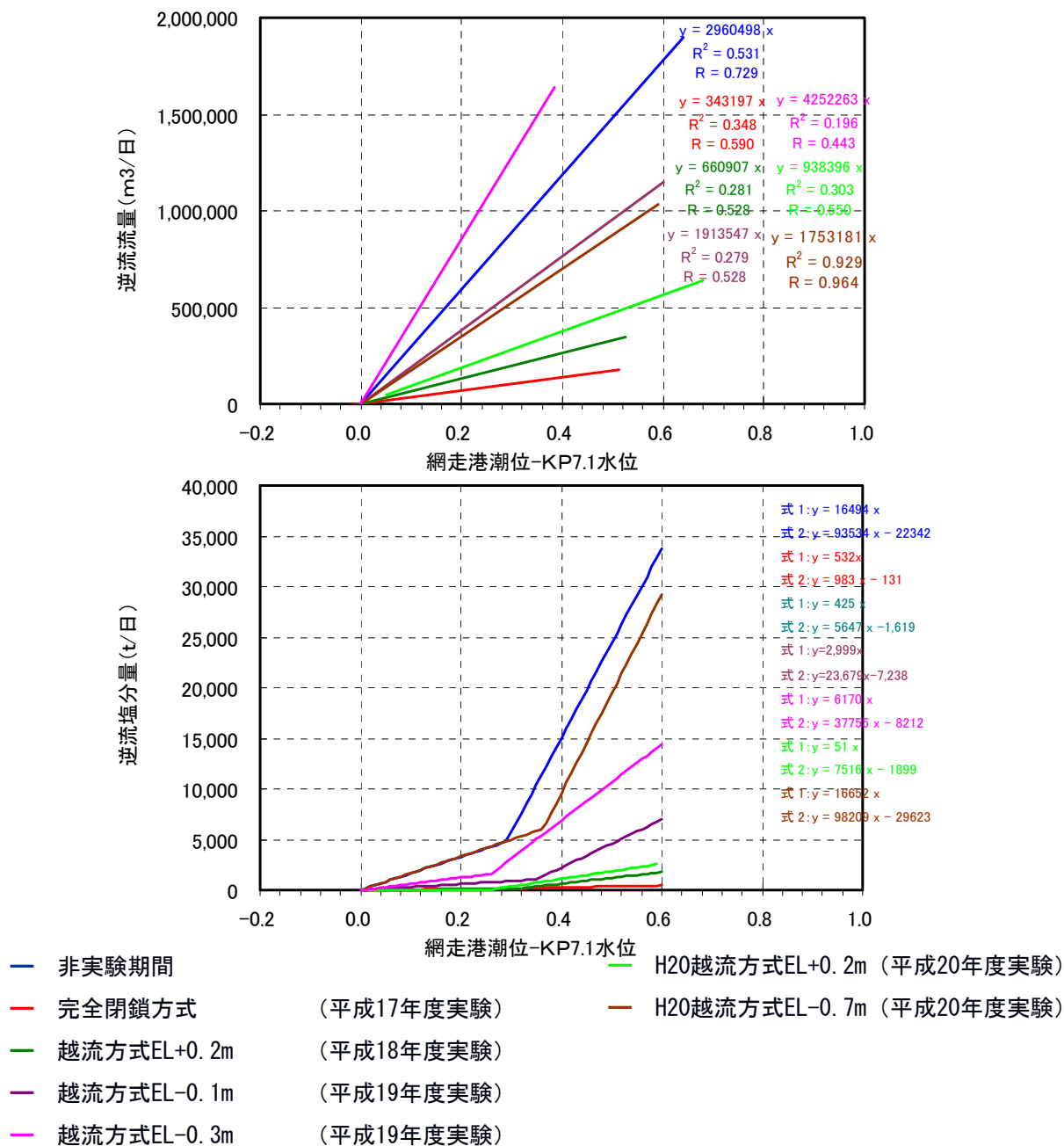


図 5.13 逆流時流量及び通過塩分量と「潮位-KP7.1の水位」との関係
(平成16年9月1日～平成21年3月31日)

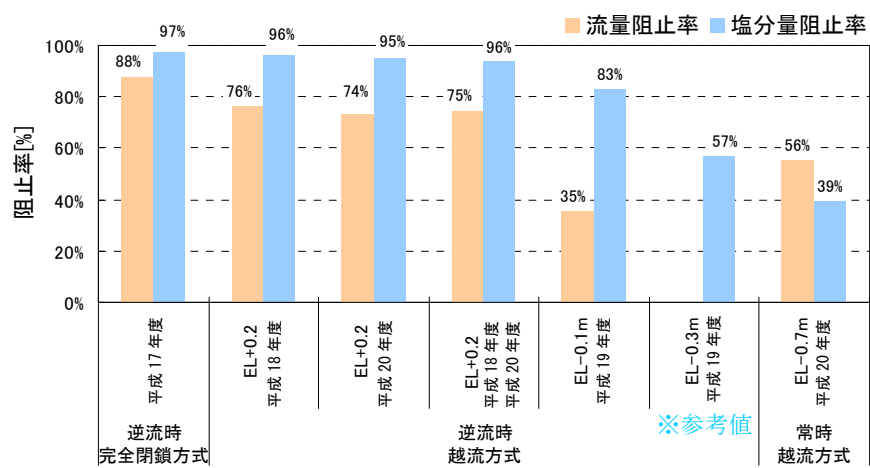


図 5.14 実験期間内における阻止率比較図

(3) 逆流阻止率の算定

1) 平成 17 年度実験

平成 17 年度実験期間内における逆流阻止率は、流量 87.9%、塩分 97.2%であり、塩分はほぼ阻止できることが分かった。

表 5.2 逆流阻止率（流量・塩分量）

	逆流時 完全閉鎖方式	備 考
流 量	87.9%	実験施設閉鎖時に漏水が認められたため、2月初旬に漏水対策を実施しており漏水時(1月11日～2月5日)のデータは除外している。
塩 分	97.2%	
実験期間	平成18年1月11日～3月10日 59日間	

※ 非実験期間は平成 17 年 9 月～平成 21 年 3 月までのゲート操作をしていない期間を使用した。

※ 阻止率算定に用いた実験期間は漏水期間を除く平成 18 年 2 月 6 日～3 月 10 日の期間を使用した。

2) 平成 18 年度実験

平成 18 年度実験期間内における逆流阻止率は下記のとおりであり、流量 76.3%、塩分 96.3%である。

表 5.3 逆流阻止率（流量・塩分量）

	逆流時 越流方式 EL. +0.2m
流 量	76.3%
塩 分	96.3%
実験期間	平成 19 年 1 月 13 日～3 月 5 日 52 日間

※ 非実験期間は平成 17 年 9 月～平成 21 年 3 月までのゲート操作をしていない期間を使用した。

3) 平成 19 年度実験

平成 19 年度実験期間内における逆流阻止率は、越流天端高 EL. -0.1m では、流量 35.4%、塩分 83.1%であり、越流天端高 EL. -0.3m では、塩分 56.7%であった。

表 5.4 逆流阻止率（流量・塩分量）

	逆流時 越流方式 EL. -0.1m	逆流時 越流方式 EL. -0.3m
流 量	35.4%	—
塩 分	83.1%	56.7%
実験期間	平成 20 年 1 月 16 日～2 月 26 日 42 日間	平成 20 年 2 月 27 日～3 月 10 日 13 日間

※ 非実験期間は平成 17 年 9 月～平成 21 年 3 月までのゲート操作をしていない期間を使用した。

※ -0.3m は観測期間が短く参考値。

4) 平成 20 年度実験

平成 20 年度実験期間内における阻止率は、逆流時越流天端高 EL. +0.2m では、流量 73.7%、塩分 95.0%であり、常時越流天端高 EL. -0.7m では、流量 55.5%、塩分 39.0%であった。なお、常時部分開放方式 1/4 開放では、流速が速くなりワカサギの遡上が困難な状況となったため 3 日間で実験を打ちきった。

表 5.5 逆流阻止率（流量・塩分量）

	逆流時 越流方式 EL. +0.2m	常時 越流方式 EL. -0.7m
流 量	73.7%	55.5%
塩 分	95.0%	39.0%
実験期間	平成 20 年 12 月 1 日～12 月 5 日 平成 20 年 12 月 9 日～12 月 17 日 平成 21 年 1 月 12 日～3 月 10 日 70 日間	平成 20 年 12 月 18 日～1 月 11 日 27 日間

※ 非実験期間は平成 17 年 9 月～平成 21 年 3 月までのゲート操作をしていない期間を使用した。

天端高を下げると、塩分がゲートを越えやすくなるために塩分阻止率が低下している（塩分量の通過率が増加）。

5.3. 湖内塩分量との比較による塩水遡上制御効果の検証

検証目的

網走湖の下流河道で測定された流量および塩分から算出される塩分量の収支は湖内における塩分量の収支と等しくなることから、湖内の塩分鉛直分布から推算される湖内塩分量の変化量と河道内の塩分量収支を比較することで、河道内における塩分量算定方法の妥当性を検証した。

(1) 平成 17 年度実験

平成 17 年 9 月～平成 18 年 3 月まで網走河道内で測定した流速、塩分データに基づいて河道内通過塩分量（ゲート地点の 10 分間隔データの積分値）算出し、網走湖湖心の塩分鉛直分布より算出した湖内塩分量（累積塩分）との関係を比較した。

平成 17 年 9 月、12 月を基点としたゲート地点の通過塩分量をみると湖内塩分量の変動と一致している。

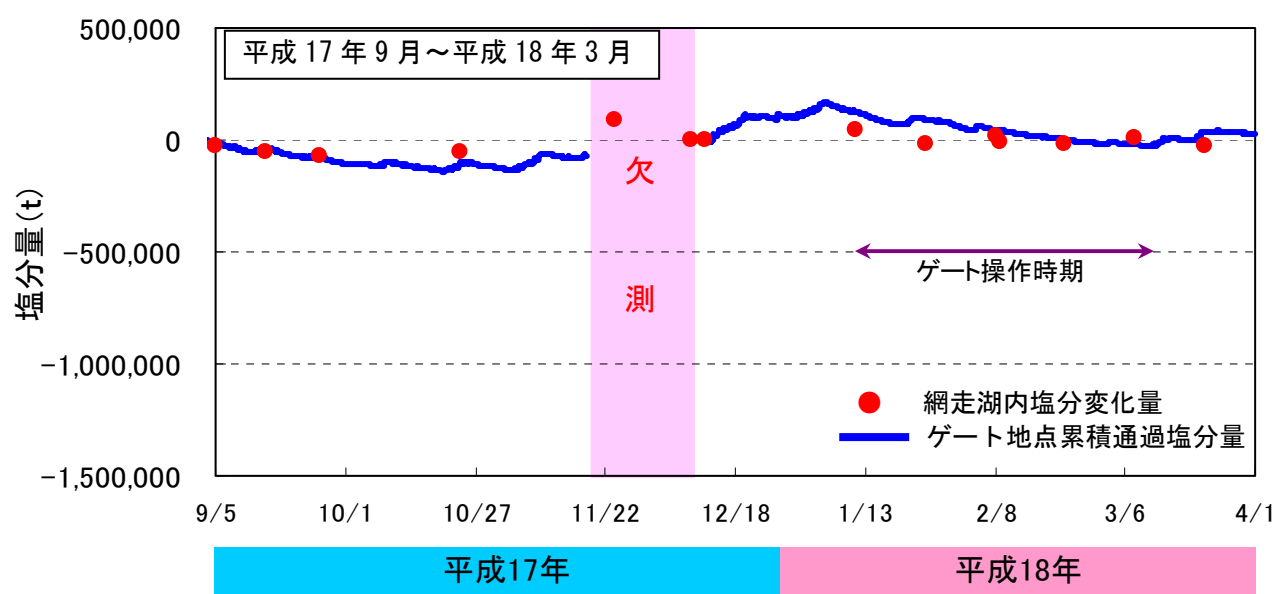


図 5.15 平成 17 年度 河道内累加塩分通過量と網走湖内塩分変化量の比較
【期間：平成 17 年 9 月～平成 18 年 3 月】

(2) 平成 18 年度実験

平成 18 年 4 月～平成 19 年 5 月まで網走河道内で測定した流速、塩分データに基づいて河道内通過塩分量（ゲート地点の 10 分間隔データの積分値）算出し、網走湖湖心の塩分鉛直分布より算出した湖内塩分量（累積塩分）との関係を比較した。

平成 18 年 4 月を基点としたゲート地点の通過塩分量を見ると、KP7.1 の変動は、平成 18 年 10 月の異常出水を含めた時期で湖内塩分量の変動と一致している。

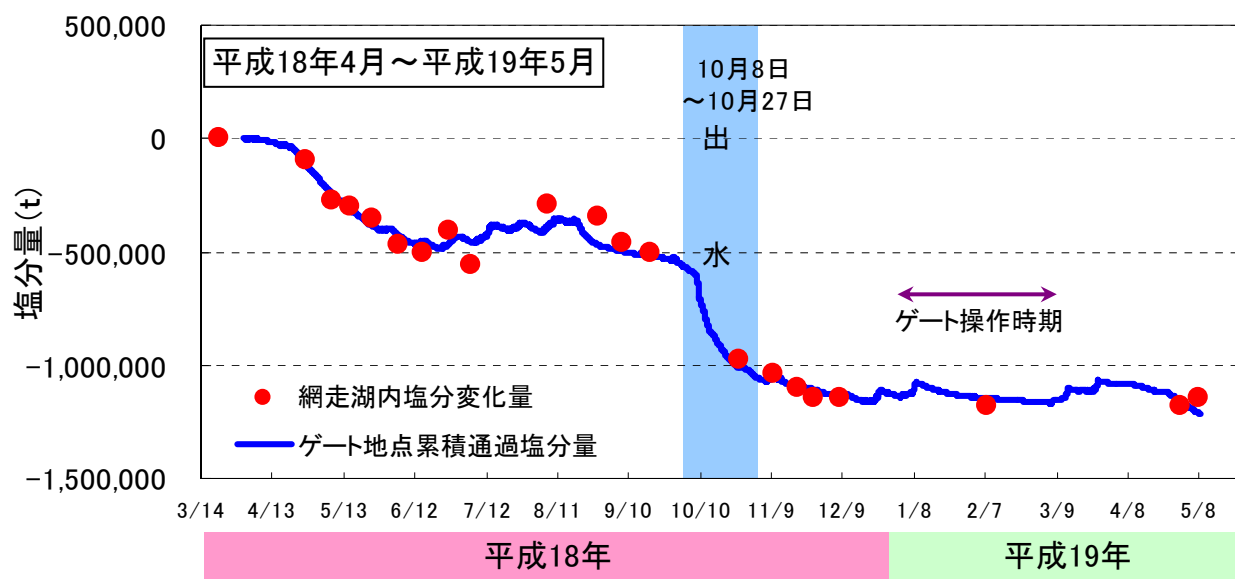


図 5.16 平成 18 年度 河道内累加塩分通過量と網走湖内塩分変化量の比較
【期間：平成 18 年 4 月～平成 19 年 5 月】

(3) 平成 19 年度実験

平成 19 年 3 月～平成 19 年 4 月まで網走河道内で測定した流速、塩分データに基づいて、河道内通過塩分量（ゲート地点の 10 分間隔データの積分値）算定し、網走湖湖心の塩分鉛直分布より算出した湖内塩分量（累積塩分）との関係を比較した。

湖内塩分量とのばらつきはみられるが、湖内変動と概ね一致している。

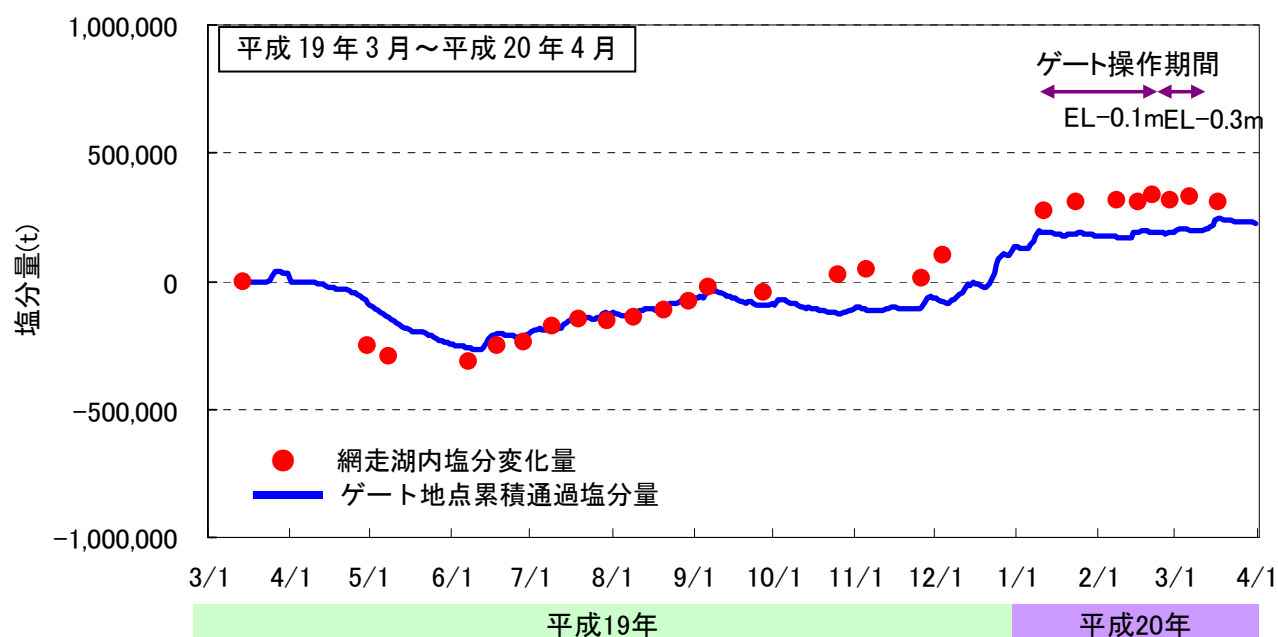


図 5.17 平成 19 年度 河道内累加塩分通過量と網走湖内塩分変化量の比較

【期間：平成 19 年 4 月～平成 20 年 5 月】

(4) 平成 20 年度実験

平成 20 年 5 月～平成 21 年 3 月網走河道内で測定した流速、塩分データに基づいて、河道内通過塩分量（ゲート地点の 10 分間隔データの積分値）算定し、網走湖湖心の塩分鉛直分布より算出した湖内塩分量（累積塩分）との関係を比較した。

また、平成 20 年 11 月 8 日に発生した青潮による影響により湖心付近の塩分が攪乱されたと考えられることから、通過塩分量との関係が乖離している。したがって、平成 20 年 12 月より再計算した。

湖内の塩分量とばらつきはあるが、収支の変動は概ね同等の変動をしているものと考えられる。

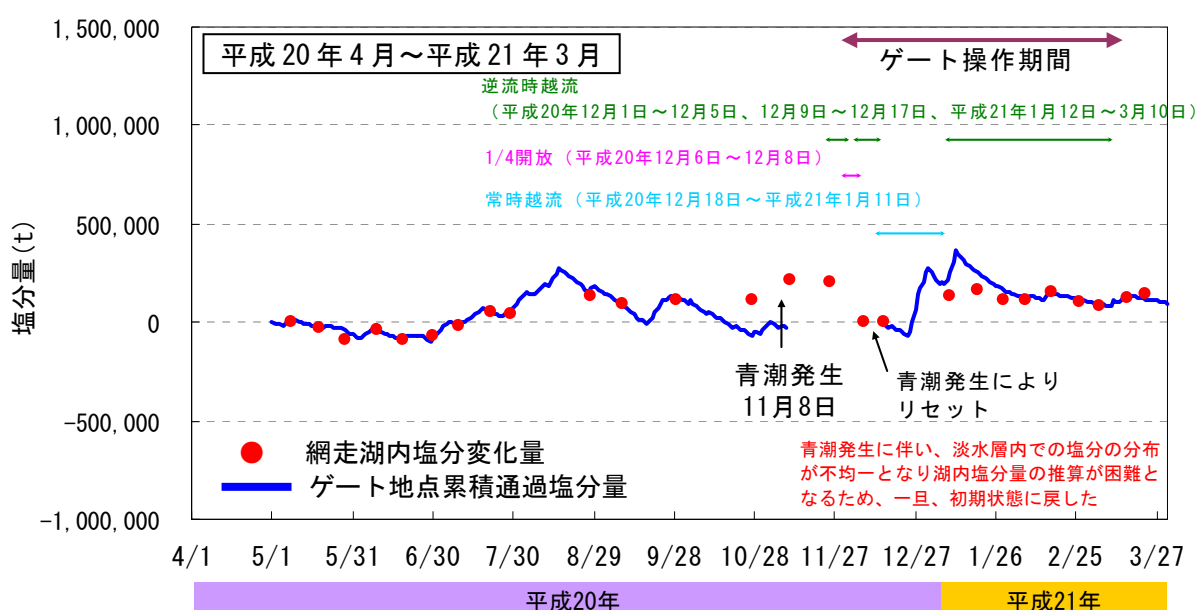


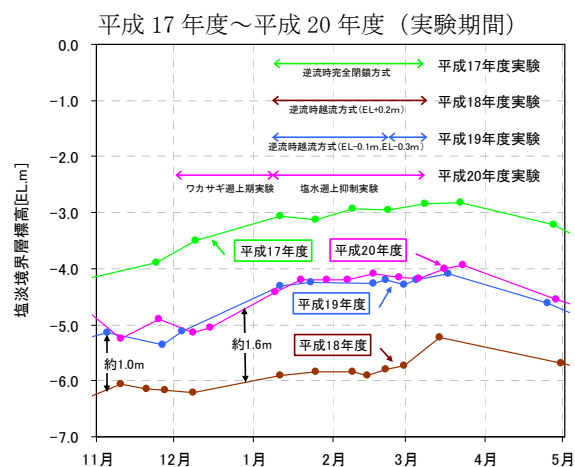
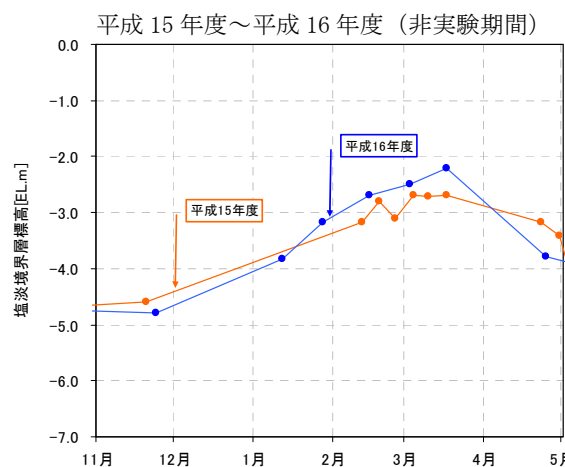
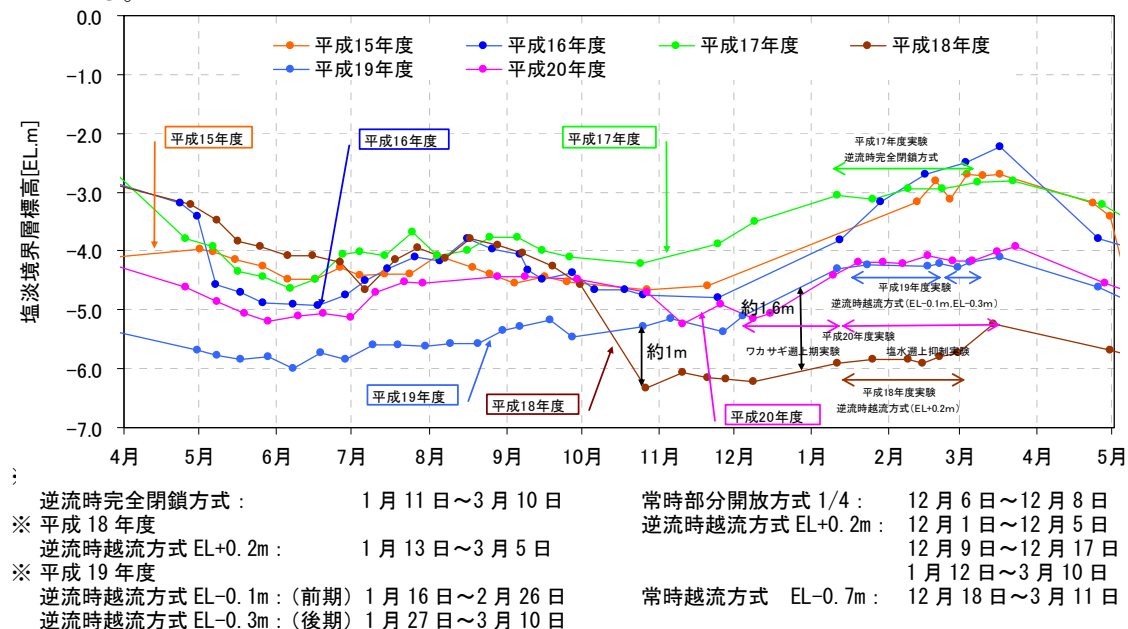
図 5.18 平成 20 年度 河道内累加塩分通過量と網走湖内塩分変化量の比較

【期間：平成 19 年 4 月～平成 21 年 3 月】

5.4. 塩淡水境界層標高の変動（近年の比較）

塩淡水境界層標高は通常では、融雪洪水及び夏季・秋季洪水により下降し、11月～3月にかけて上昇する傾向があり、これらの特徴的なサイクルの中でその標高が変動している。実験開始前の平成15年度～平成16年度は、融雪出水期までの間に2m程度急上昇し標高3m以上となった。平成17年度～平成20年度は、塩淡水境界層制御実験を実施したことにより、実験期間の塩淡水境界層の上昇は抑制され、制御開始時の水準を保持していた。特に平成20年度は12月期のワカサギの遡上実験中に様々な実験ケースを試みた際に塩淡水境界層標高が急上昇したため、急遽逆流時越流方式EL+0.2mで制御を行い、塩淡水境界層標高を4m以下に抑制することが出来た。

但し、実験末期は逆流阻止の影響で湖水位が低下した状況となるが、仮設ゲートの撤去を融雪出水前に行う必要があり、制御を終了せざるを得ないため3月中旬に塩淡水境界層が上昇している。



※年度標記について：グラフ中、例えば平成17年度は、平成17年4月から平成18年3月末までを指す。ただし次年度での変動を判りやすくするために、時間軸は4月から翌年4月末までとしている。

図 5.19 塩淡水境界層標高の変動

5.5. 実験結果と塩水遡上制御効果のまとめ

区 分	実験の経緯と結果の概要	実験結果の評価																																											
流量・塩分量の阻止率 (塩水遡上抑制効果)	・ 網走湖内への塩水遡上を抑制し、湖内の水質浄化を行うため、平成 17 年度～平成 20 年度にかけて実験ゲートによる塩水遡上抑制実験を実施した。 ・ 実験は網走川河道内の KP7.0 地点に設置した実験ゲートにより行い、下表に示す 6 操作方式別に塩水遡上抑制効果を検証した。 ・ 実験による塩水遡上抑制量を把握するため、実験ゲートの上下流で水位、流況、水温、塩分の連続観測を実施した。 ・ 網走港と KP7.1 の水位差に対する逆流流量、逆流塩分量の関係を整理し、非実験期間と実験期間の比較を行うことで塩水の逆流阻止率を検討した。操作方式別の制御効果は下表の通りである。 <table><tr><th rowspan="2">操 作 方 式</th><th rowspan="2">実 施 年 度</th><th colspan="2">阻止率(%)</th><th rowspan="2">備考</th></tr><tr><th>流量</th><th>塩分量</th></tr><tr><td>逆流時 完全閉鎖方式</td><td>平成 17 年度</td><td>88</td><td>97</td><td></td></tr><tr><td rowspan="3">逆流時越流 (EL+0.2m) 方式</td><td>平成 18 年度</td><td>76</td><td>96</td><td></td></tr><tr><td>平成 20 年度</td><td>74</td><td>95</td><td></td></tr><tr><td>上記 2 カ年 評 価</td><td>75</td><td>96</td><td></td></tr><tr><td>逆流時越流 (EL-0.1m) 方式</td><td rowspan="2">平成 19 年度</td><td>35</td><td>83</td><td></td></tr><tr><td>逆流時越流 (EL-0.3m) 方式</td><td>—</td><td>57</td><td>※1</td></tr><tr><td>常時越流 (EL-0.7m) 方式</td><td rowspan="2">平成 20 年度</td><td>56</td><td>39</td><td></td></tr><tr><td>常時 1/4 開放方式</td><td>—</td><td>—</td><td>※2</td></tr></table> ※1 逆流時越流 (EL-0.3m) 方式は、データ数が少ないため参考値として取り扱う。 ※2 常時 1/4 開放は順流時のみのデータであるため、阻止率は計算せず。	操 作 方 式	実 施 年 度	阻止率(%)		備考	流量	塩分量	逆流時 完全閉鎖方式	平成 17 年度	88	97		逆流時越流 (EL+0.2m) 方式	平成 18 年度	76	96		平成 20 年度	74	95		上記 2 カ年 評 価	75	96		逆流時越流 (EL-0.1m) 方式	平成 19 年度	35	83		逆流時越流 (EL-0.3m) 方式	—	57	※1	常時越流 (EL-0.7m) 方式	平成 20 年度	56	39		常時 1/4 開放方式	—	—	※2	・ 各ゲート操作のうち、「逆流時完全閉鎖方式」と「逆流時越流 (EL+0.2m) 方式」は、いずれも塩分量阻止率 95%以上の効果となった。 ・ 一方で「逆流時越流 (EL-0.1m) 方式」の塩分量阻止率は、先の 2 方式（「逆流時完全閉鎖方式」と「逆流時越流 (EL+0.2m) 方式」）に比べ、塩分量阻止率が 10%以上低くなっていた。 ・ ゲート設置による塩水遡上抑制効果は、ゲートの天端が高いほど、塩分量阻止率も高くなった。 ・ 「逆流時越流 (EL+0.2m) 方式」は、「逆流時完全閉鎖方式」に比べ、流水を一部通過させる為、下流河道の流況などへの影響緩和が期待できる。
操 作 方 式	実 施 年 度			阻止率(%)			備考																																						
		流量	塩分量																																										
逆流時 完全閉鎖方式	平成 17 年度	88	97																																										
逆流時越流 (EL+0.2m) 方式	平成 18 年度	76	96																																										
	平成 20 年度	74	95																																										
	上記 2 カ年 評 価	75	96																																										
逆流時越流 (EL-0.1m) 方式	平成 19 年度	35	83																																										
逆流時越流 (EL-0.3m) 方式		—	57	※1																																									
常時越流 (EL-0.7m) 方式	平成 20 年度	56	39																																										
常時 1/4 開放方式		—	—	※2																																									

6. 冬季の塩水遡上制御による下流河川環境への影響

塩水遡上制御実験施設の運用による下流河川環境への影響評価は、次のフローに基づき実施するものとする。すなわち、塩水遡上制御実験により、堰下流の河川環境が変化するが、この変化は、モニタリング調査により物理・水質・底質環境の変化として把握し、それらの変化が生物の生息・生育に与える影響を検討する。また、塩水遡上制御施設による長期的な影響の見通しについて考察するとともに、課題点を抽出するものとする。

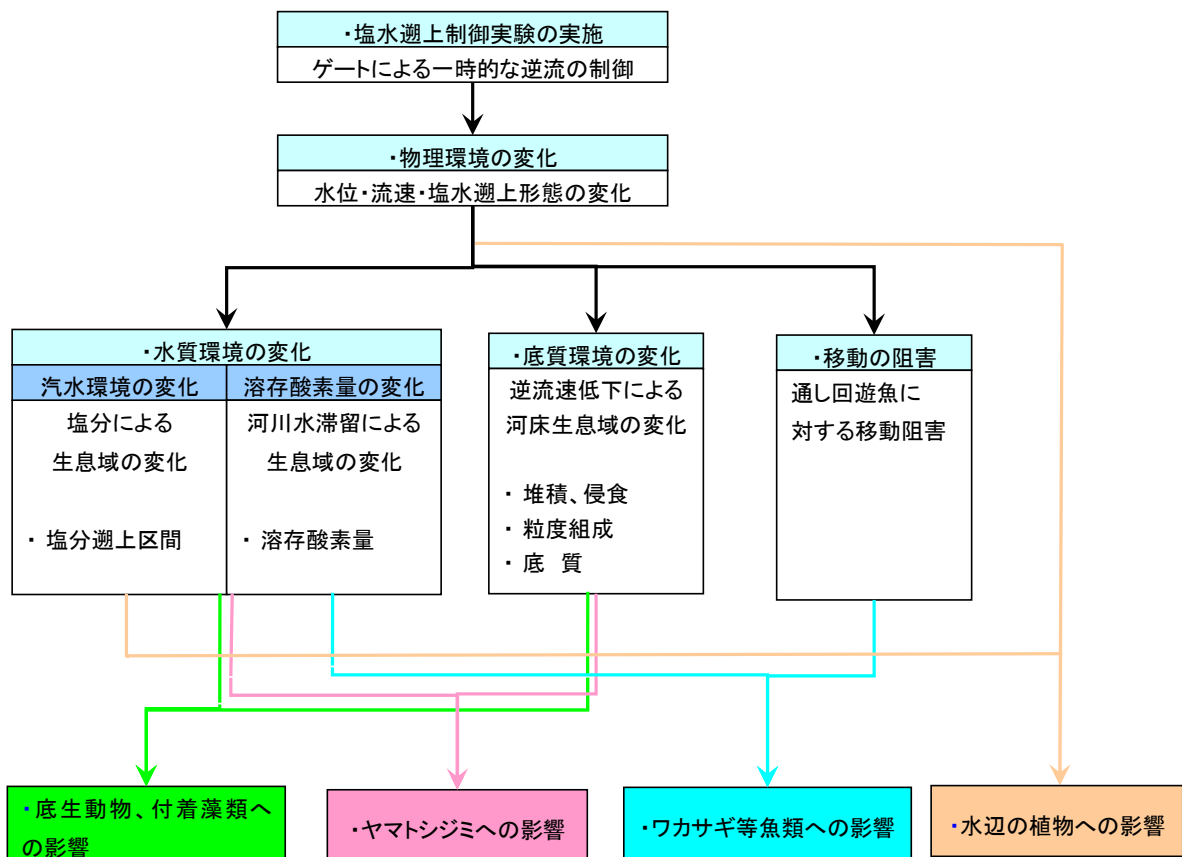


図 6.1 下流河川環境への影響フロー

6.1. 物理・水質・底質環境への影響

(1) 水位・流速への影響

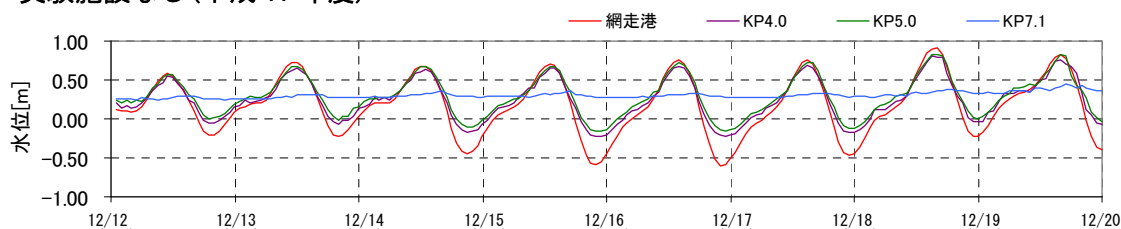
1) 水位

実験施設がない場合の満潮時の河川水位をみると、KP5.0 までは網走港と同程度の値となっているが、KP6.9 では河川水位が低くなっている。網走川下流部では、満潮時に概ね KP6.0 付近 までは満潮時の河川水位は網走港の潮位と同程度であり、KP6.0～KP7.0 の 1km 程度の区間で湖水位に摺り付いていることとなる。また、干潮時には上流から順次水位が低くなっている。

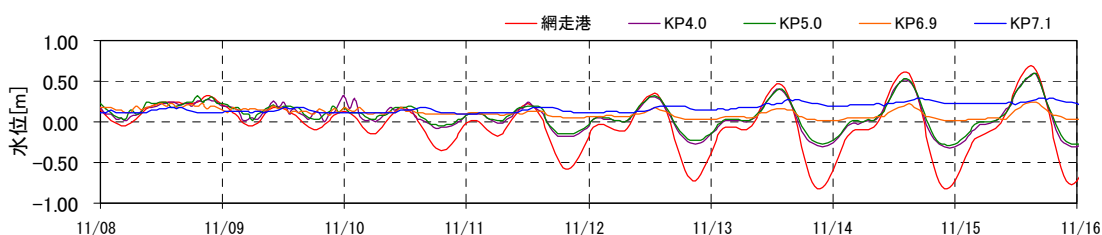
逆流時完全閉鎖方式(平成 17 年度)、逆流時越流方式(平成 18 年度, 平成 19 年度, 平成 20 年度)の実験により逆流時に堰を閉鎖した場合については、越流高に関係なくゲート下流側(KP6.9)において潮位と同じレベルまで水位が上昇している。

また、平成 20 年度に実施した常時越流方式(EL-0.7m)での KP6.9 の水位変動は実験施設がない場合と同様の傾向にあり、順・逆流ともに潮位変動よりも湖水位の影響を受け、水位の変動量が小さくなっている。これは、潮位と湖水位の差が大きい条件では、常時越流方式(EL-0.7m)による制御効果が小さかったことを示唆している。

実験施設なし(平成 17 年度)



実験施設なし(平成 20 年度)



逆流時完全閉鎖方式(平成 17 年度)

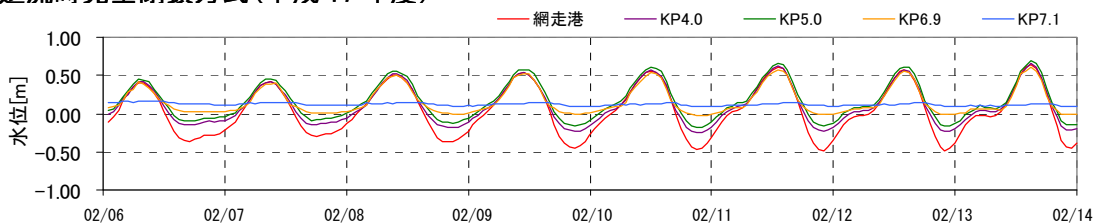
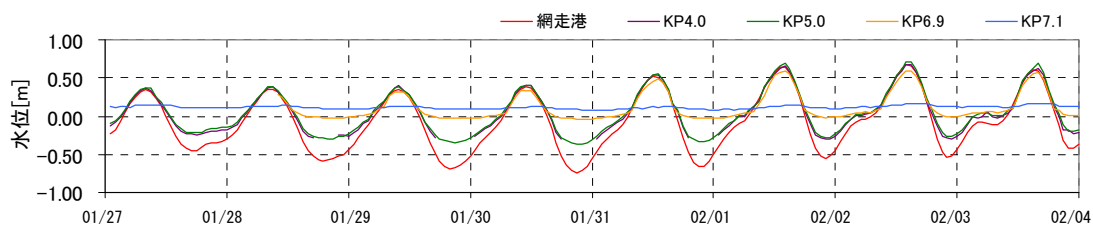
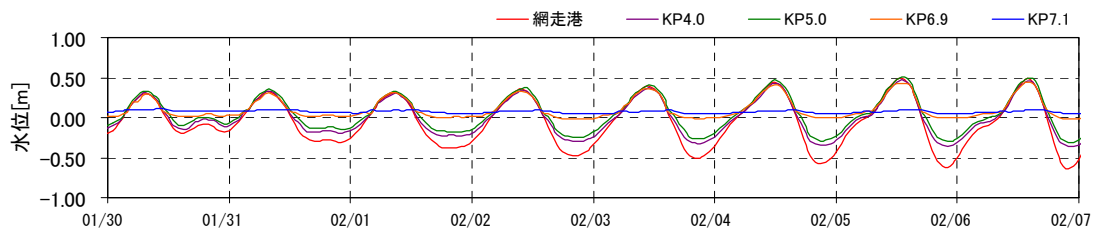


図 6.2 下流河道内における水位の推移【1】

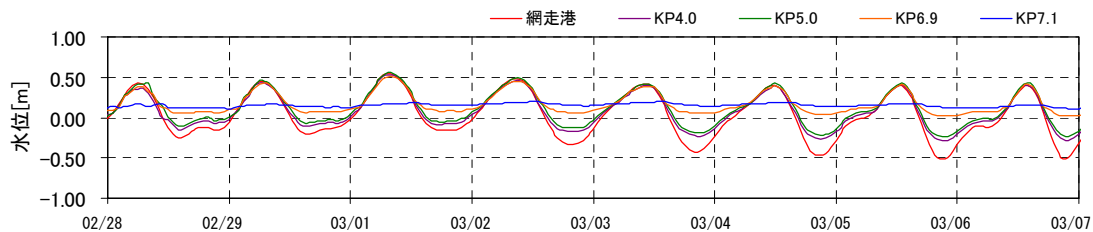
逆流時越流方式 EL+0.2m(平成 18 年度)



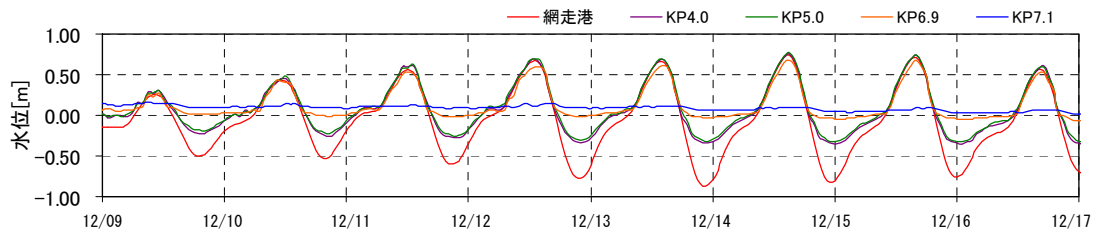
逆流時越流方式 EL-0.1m(平成 19 年度：前期)



逆流時越流方式 EL-0.3m(平成 19 年度：後期)



逆流時越流方式 EL+0.2m(平成 20 年度)



常時越流方式 EL-0.7m(平成 20 年度)

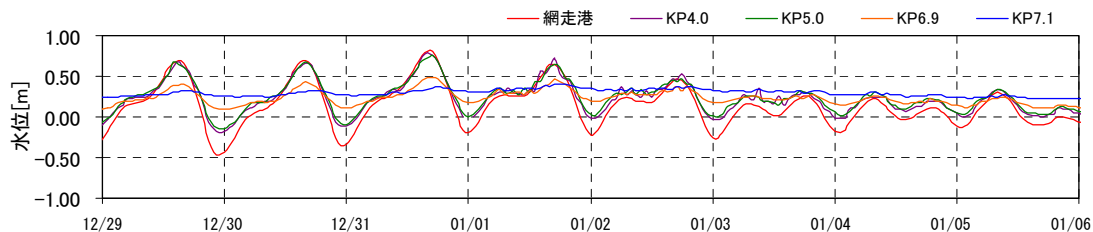


図 6.3 下流河道内における水位の推移【2】

網走港の満潮位と各地点の最高水位の関係について、KP5.0 までは、実験施設の有無に係わらず網走港の潮位との相関は変わらず、実験施設による水位上昇の影響はほとんどみられないが KP6.9 では、実験施設による顕著な水位上昇がみられる。

これらのことより、ゲート操作による河道内水位への影響を整理すると、図 6.5に示すように、KP6.0 付近より下流ではゲート施設の有無による水位の変化はほとんどないが(既往の調査結果より KP5.0~KP6.0 の水位勾配は小さいと考えられる)、KP6.0 付近~ゲート直下については、逆流時に流水が堰き止められることにより、水位が上昇すると考えられる。

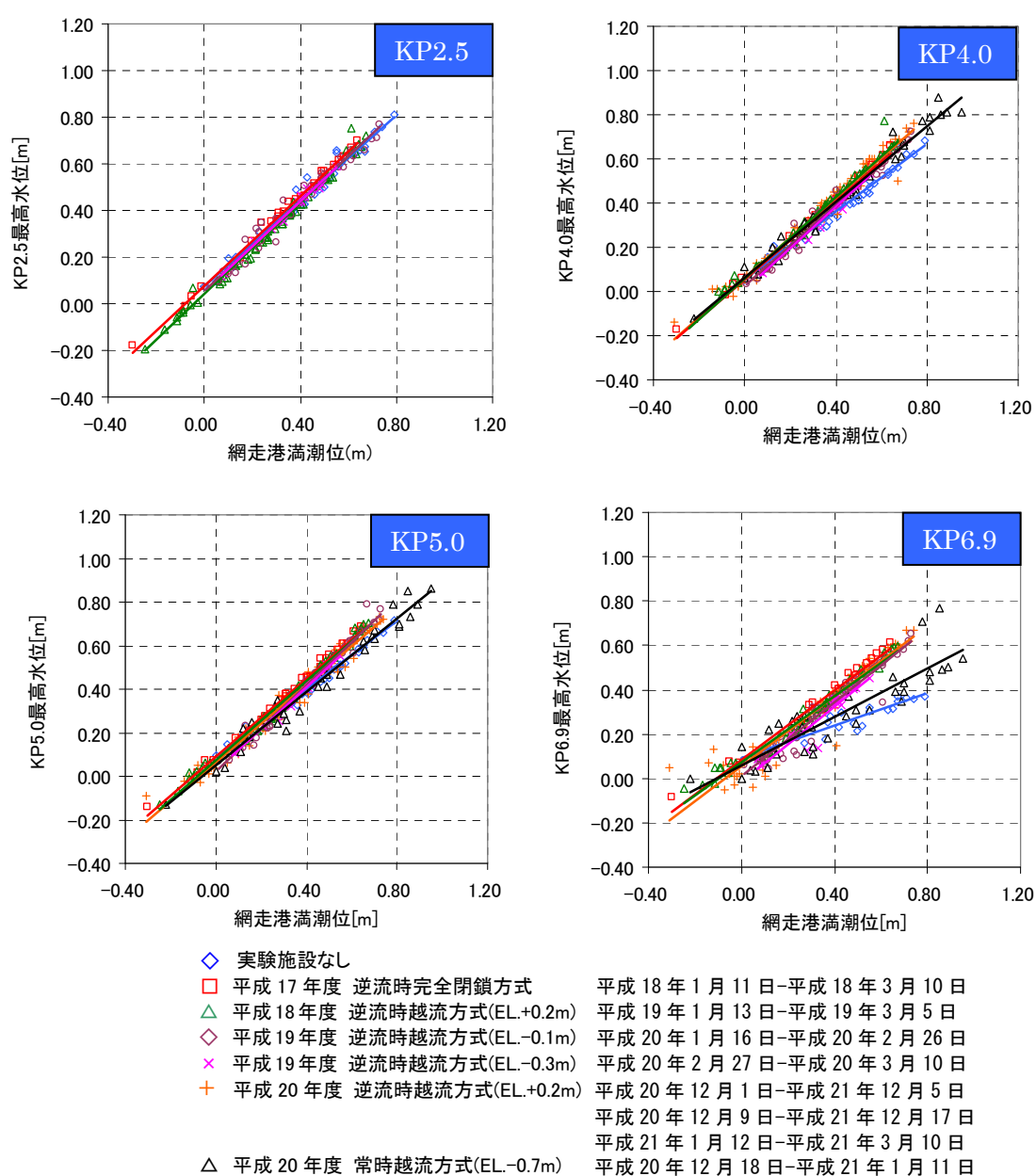


図 6.4 網走港満潮位と下流河道内における最高水位との関係

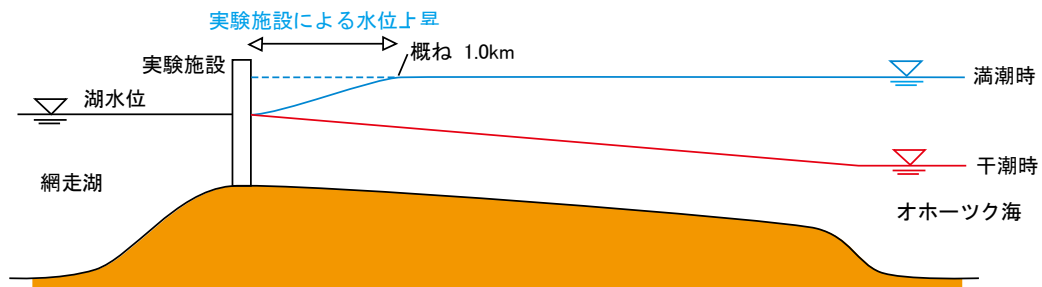


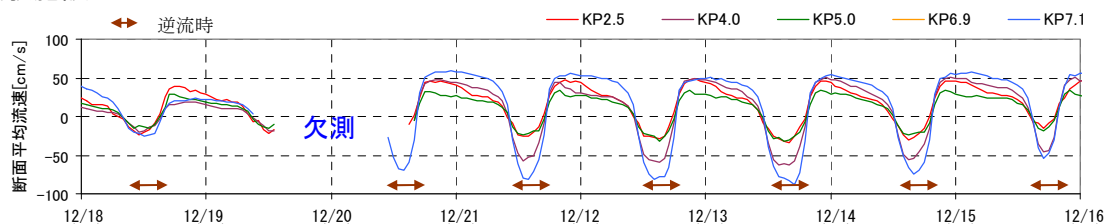
図 6.5 実験施設による水位変化

2) 断面平均流速

平成 17 年度から平成 20 年度に実施した各実験時において、大潮時における網走港及び各観測点の断面平均流速について、実験施設がない場合は逆流速度が 20cm/s～80cm/s であるが、完全閉鎖とした場合は、逆流速度が 10cm 程度以下となっている。また、下流の KP2.5 でも同様であり逆流速度低下の影響は下流河道全域に及ぶ。越流方式とした場合には、越流堰高が低いほど逆流速度は大きくなり、「実験施設なし」の場合に近づく。また平成 20 年度の常時越流方式 EL-0.7m の場合は逆流速度が 20cm/s～70cm/s 程度であり、実験施設がない場合とほぼ同等の傾向にある。これはゲートによる制御効果が小さかったことを示唆しているが、加えて低気圧の通過により潮位が上昇した時期に実験を行っていたため、逆流量が多くなり制御効果が小さくなったと考えられる。

なお、順流時については堰を開放しているため実験施設による影響はほとんどないと考えられる。

実験施設なし



逆流時完全閉鎖方式(平成 17 年度)

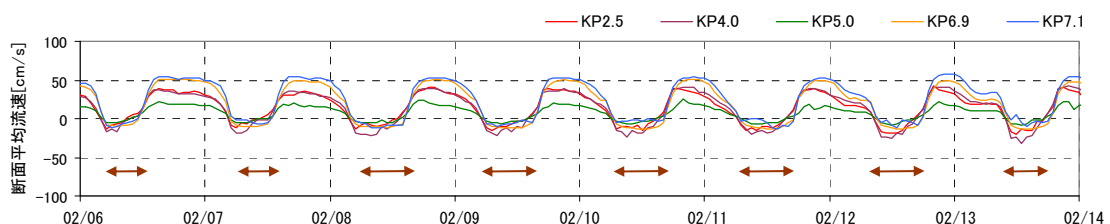
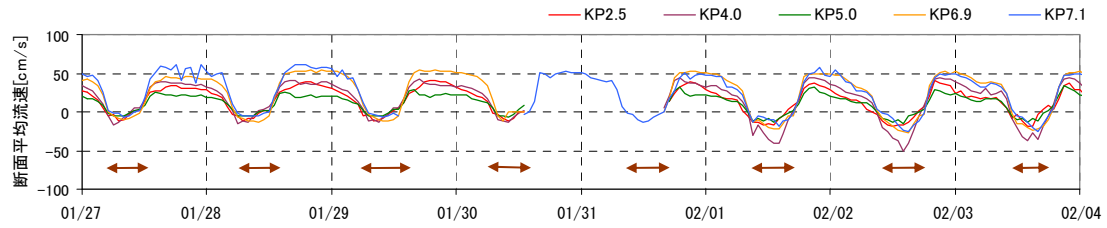
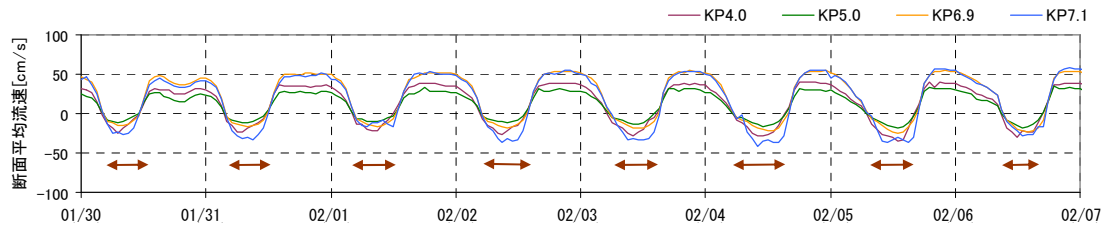


図 6.6 下流河道内における断面平均流速の推移【1】

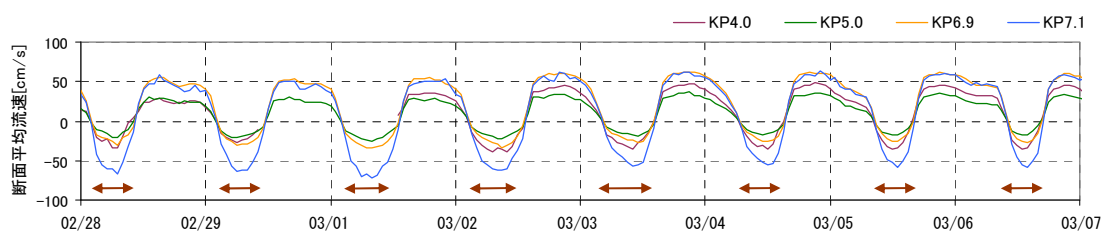
逆流時越流方式 EL+0. 2m(平成 18 年度)



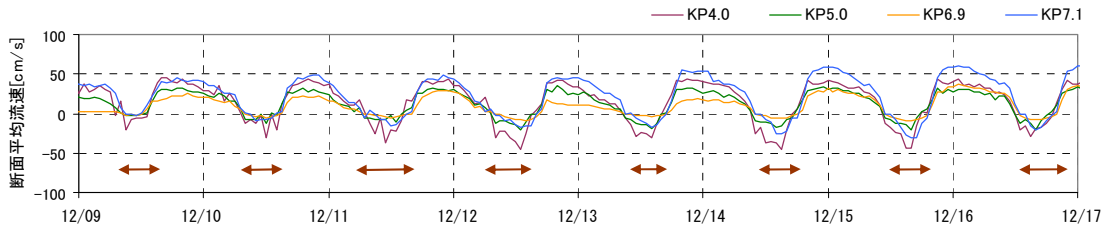
逆流時越流方式 EL-0. 1m(平成 19 年度：前期)



逆流時越流方式 EL-0. 3m(平成 19 年度：後期)



逆流時越流方式 EL+0. 2m(平成 20 年度)



常時越流方式 EL-0. 7m(平成 20 年度)

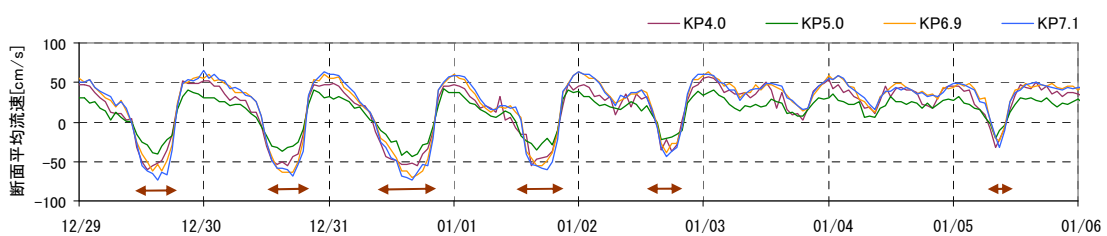


図 6.7 下流河道内における断面平均流速の推移【2】

網走港の潮位と湖水位（川尻漁場）の逆流時の最大水位差とその時の断面平均流速（逆流速）の関係を整理し、各地点の断面平均流速をみると、KP2.5からKP6.9の広範囲において実験施設がある場合に逆流速が小さくなっており、逆流時越流方式についてみると、越流堰高を低くしたほうが逆流速の低下は軽減される傾向にあることが判る。

また常時越流方式EL-0.7mでは、逆流速の低下は逆流時越流方式EL-0.3mよりもさらに軽減される傾向であった。

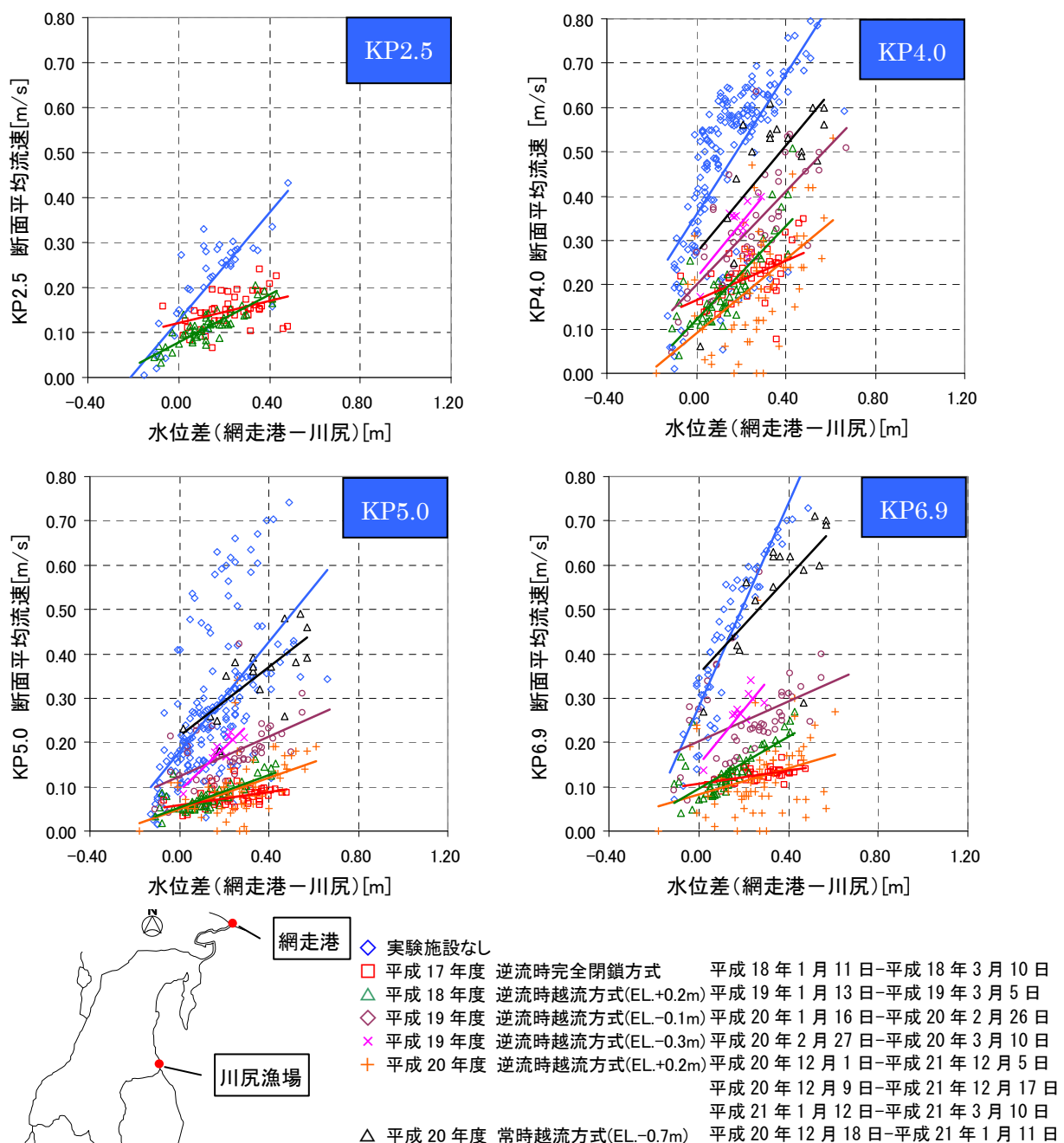


図 6.8 水位差（網走港と川尻）と下流河道内における断面平均流速の関係

(2) 汽水環境への影響（塩水遡上距離）

網走川では潮汐により塩水が遡上しているが、海と湖の水位差が大きいほど塩水遡上距離が長くなると考えられる。そのため、横軸に網走港と KP7.1 の水位差、縦軸に塩水遡上距離をプロットし整理した。ここで塩水遡上距離とは下層の塩分が 10PSU である地点の距離である（定点観測地点以外のデータは内挿により算出）。

非実験期間は水位差 0.05m を越えると塩水が湖に浸入し始めるが、完全閉鎖方式では概ねゲート 1.0km 付近で塩水は留まると考えられる。越流方式の場合は堰高が低いほど、少ない水位差で堰を越えて塩水が湖内に浸入していると考えられる。湖水位の状況等によってはばらつきがあるものの、逆流時越流方式(EL+0.2m)では水位差が 0.40m~0.45m 程度、逆流時越流方式(EL-0.1m)では水位差が 0.35m 程度、逆流時越流方式(EL-0.3m)では水位差が 0.20m 程度、常時越流方式 EL-0.7m では水位差が 0.20m 程度を超えると、塩水が湖内に浸入する場合があると考えられる。

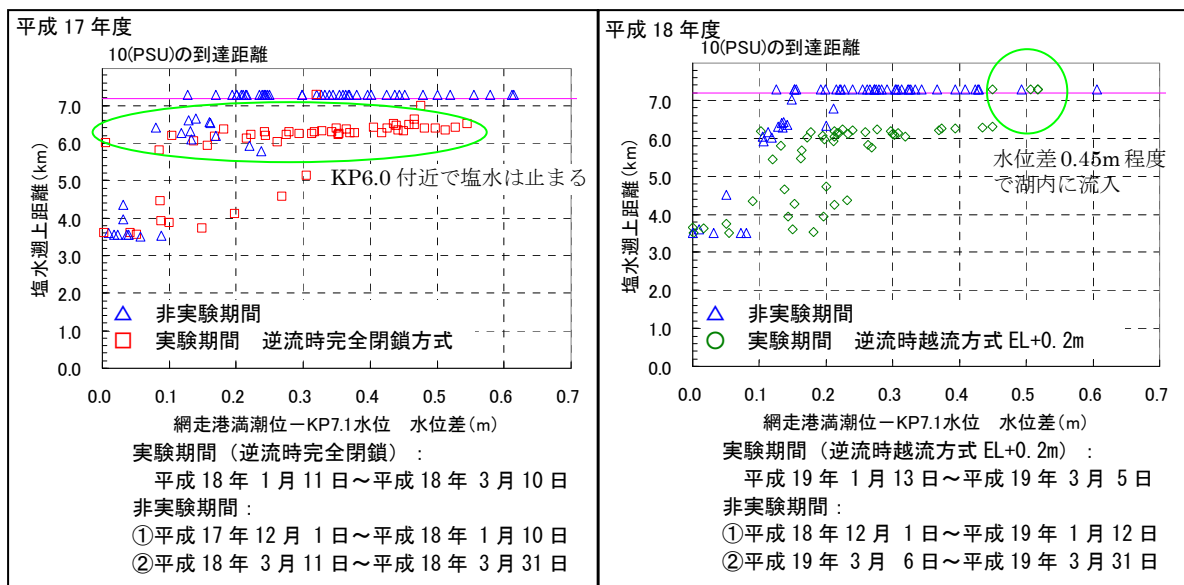
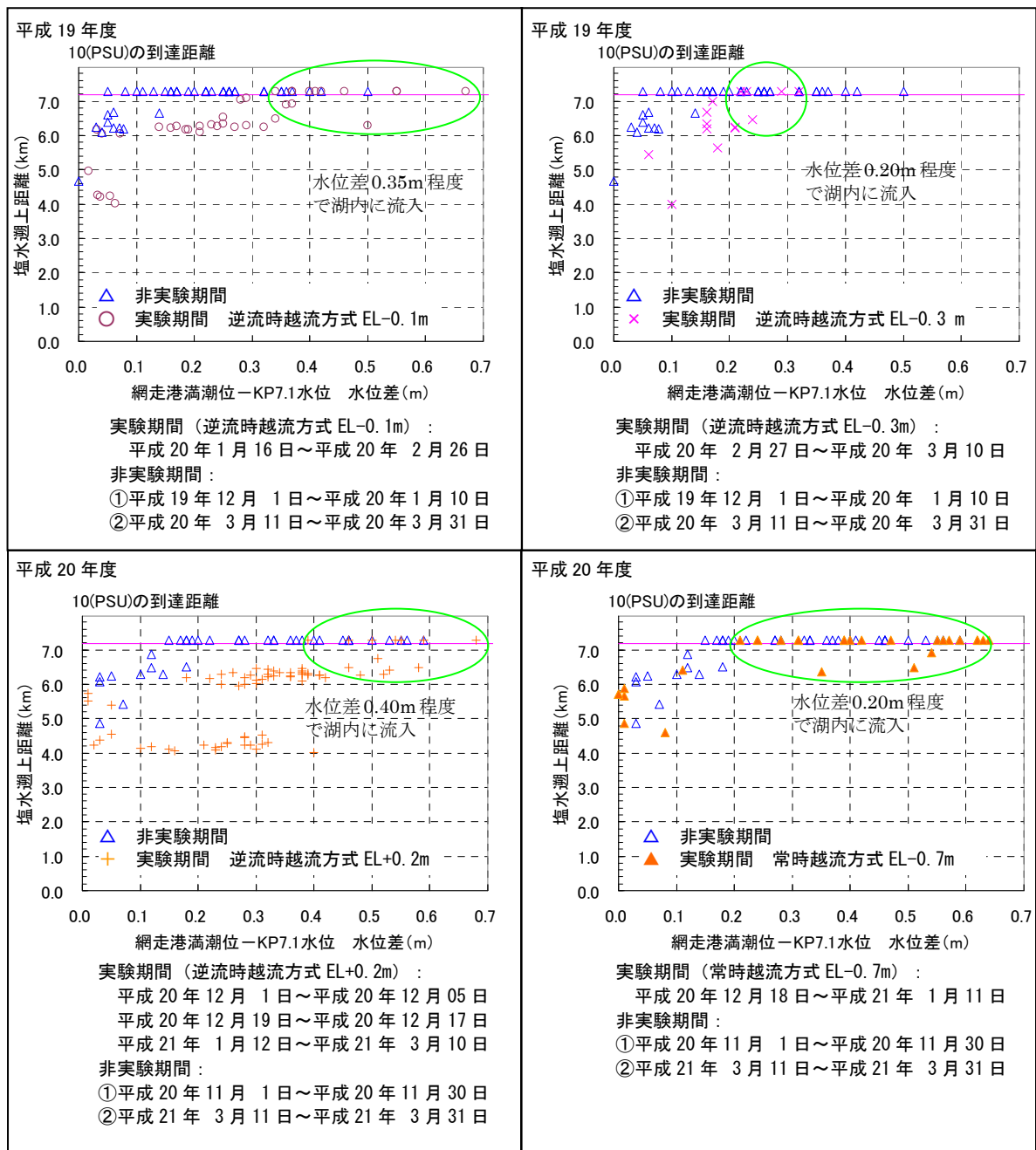


図 6.9 塩分遡上距離（平成 17 年度、平成 18 年度）



△ 非実験期間 □ 逆流時完全閉鎖方式 ◇ 平成18年度 逆流時越流方式 (EL. +0.2m) ○ 平成19年度 逆流時越流方式 (EL. -0.1m)
× 平成19年度 逆流時越流方式 (EL. -0.3m) + 平成20年度 逆流時越流方式 (EL. +0.2m) ▲ 平成20年度 常時越流 (EL. -0.7m)

図 6.10 塩分遡上距離（平成 19 年度、平成 20 年度）

(3) 溶存酸素量への影響

KP5.2 及び KP7.2 の溶存酸素量の変化について図 6.11 に示す。なお、KP7.2 については平成 17 年度と平成 18 年度の実験期間のみの調査である。

溶存酸素量の変動をみると、夏季は水温の上昇により飽和溶存酸素量が低下するため溶存酸素量は低くなる。また、1～3 月にも減少傾向がみられるが、これは湖の結氷により大気からの酸素供給がなくなるためと考えられる。

実験による影響については、平成 17 年度から平成 20 年度の実験期間において、溶存酸素量は、環境基準（5mg/l 以上）及び水産用水基準（7mg/l 以上、サケ・マス・アユ）を満足している。

注．水産用水基準：（社）日本水産資源保護協会が水産資源保護の観点から定めた基準。最新版は 2005 年版である。
昭和 38 年に水産庁からの要請により策定され、改訂を重ね今日に至っている。

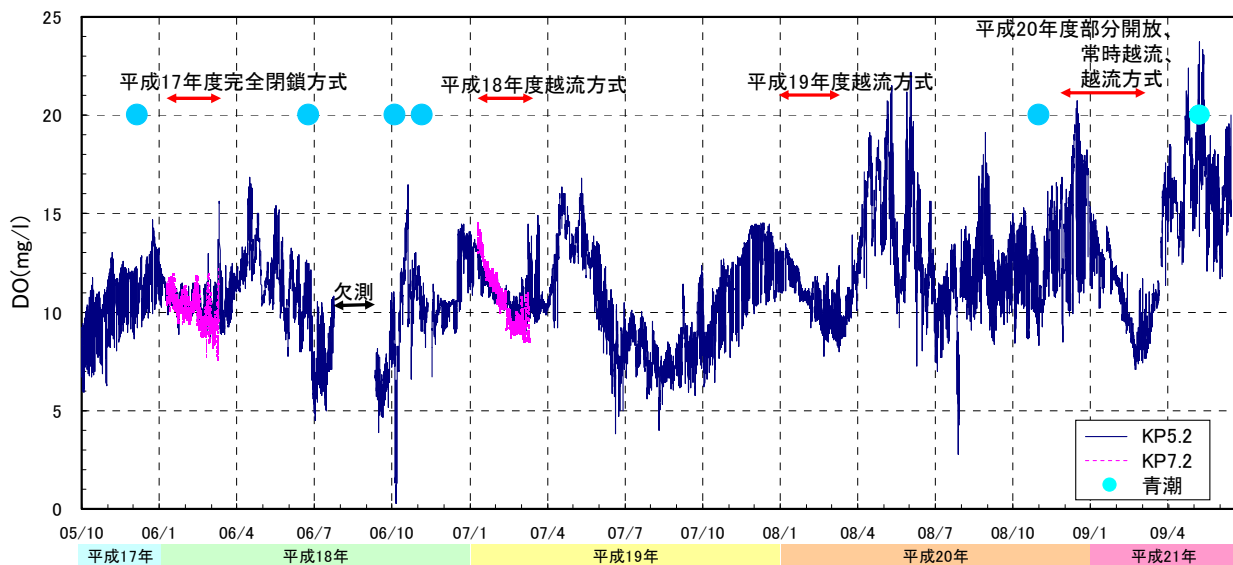


図 6.11 下流河道内における溶存酸素量の推移

(4) 河床への影響

1) ゲート周辺の河床変動

実験によりゲート操作を行った場合、ゲート上下流において流況に変化が生じ、河床変動に影響を及ぼす可能性がある。そのため、実験前後でゲート上下流の複数の断面で河道の横断測量を実施し、横断形状の比較を行った。

平成 17 年度については、実験施設の上流 50m では断面平均で -8cm の変化、下流 30m では断面平均で $+8\text{cm}$ の変化が見られた。また局所的には数十 cm の変化があった。平成 18 年度については、ゲート上流 100m から下流 180m の区間の各断面において、断面平均で $-2\sim+5\text{cm}$ の変化が見られた。平成 19 年度及び平成 20 年度については、ゲート上流 100m から下流 180m の区間の各断面において、断面平均で $-1\sim+4\text{cm}$ 程度の変化であった。

以上のとおり、実験前後における河床の変化は、いずれの年も断面平均で数センチ程度であり、ゲート操作によるゲート周辺の河床に影響は及ぼさないものと考えられる。

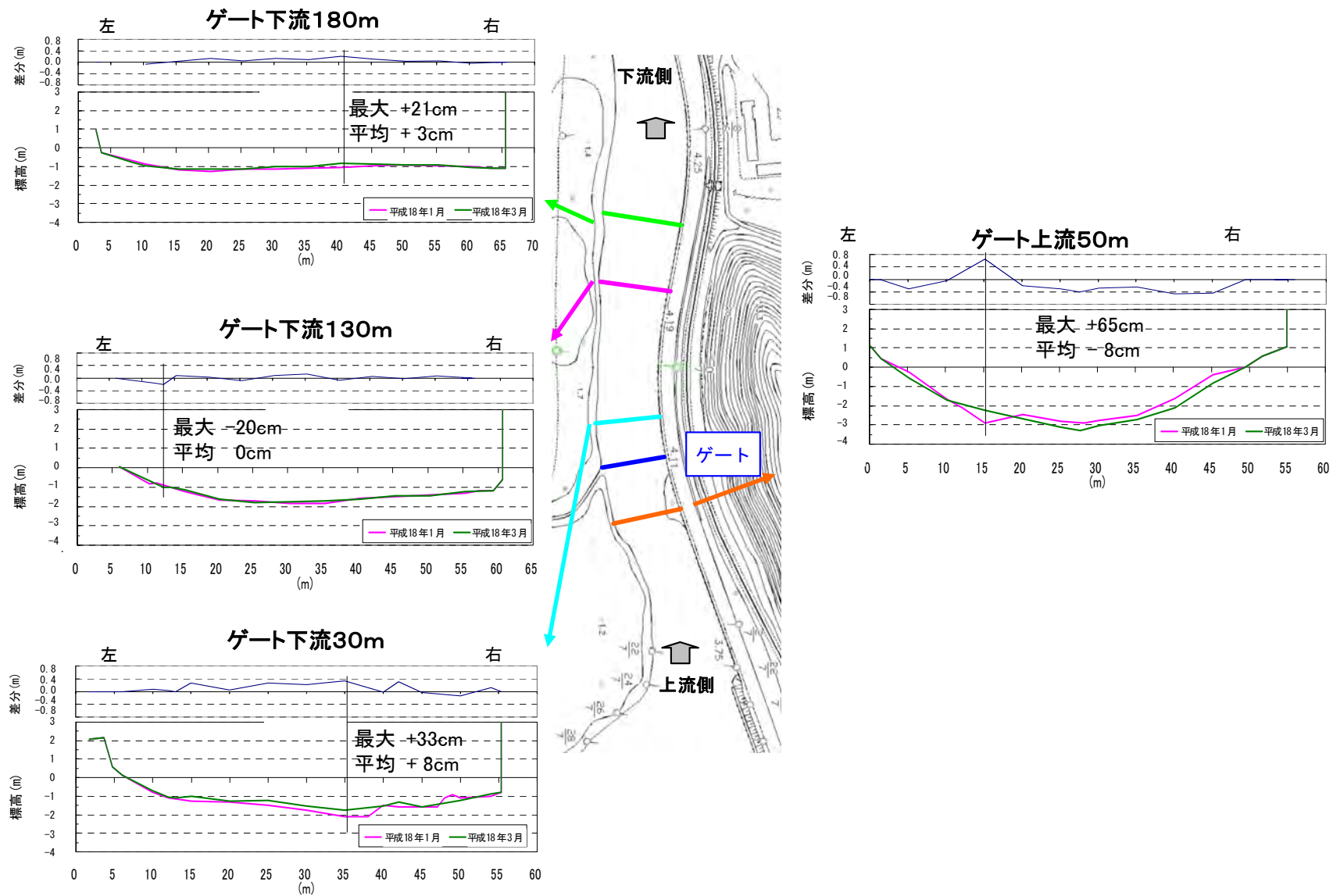


図 6.12 平成17年度実験前後における河床変動の状況（平成18年1月、平成18年3月）

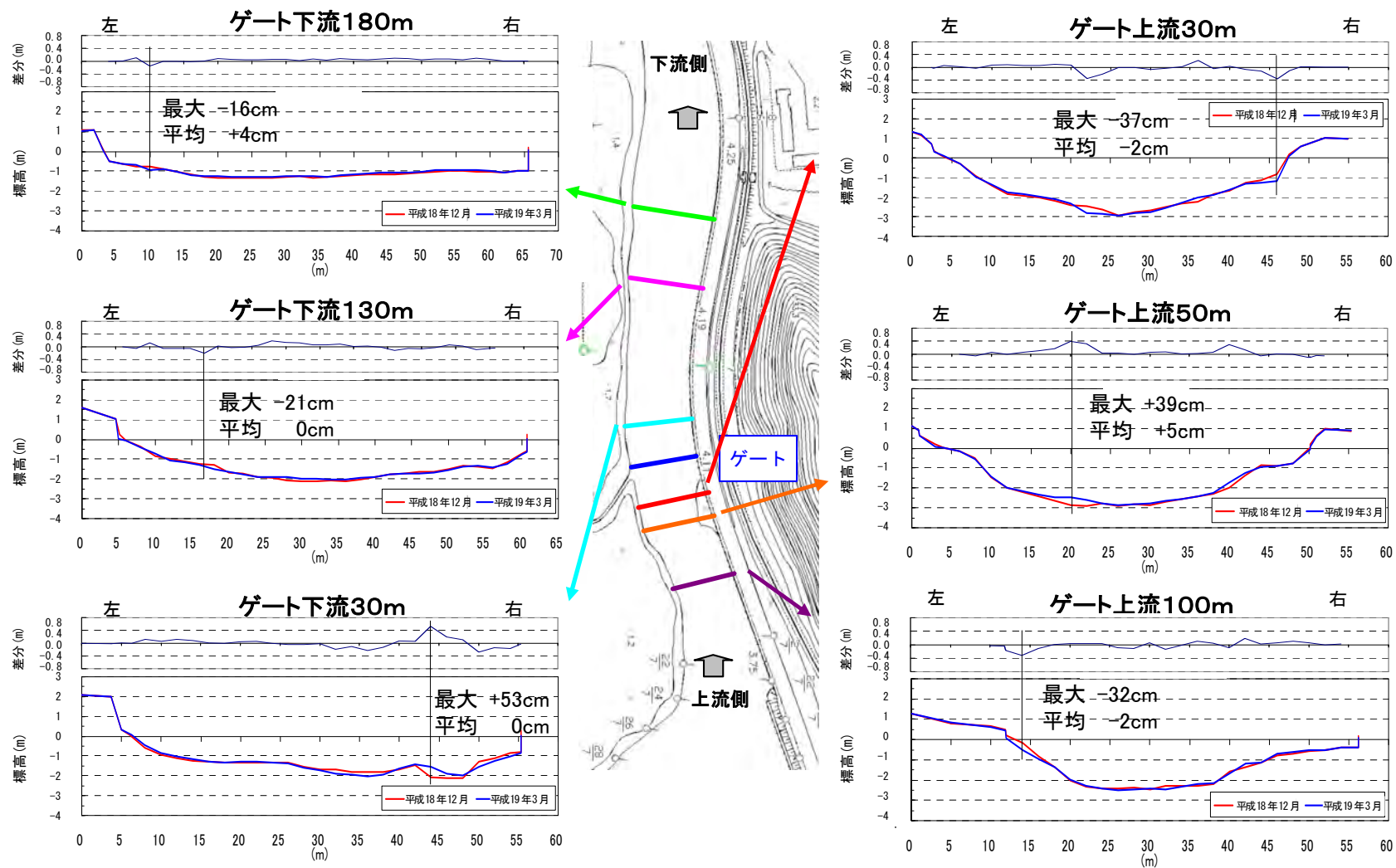


図 6.13 平成 18 年度実験前後における河床変動の状況（平成 18 年 12 月、平成 19 年 3 月）

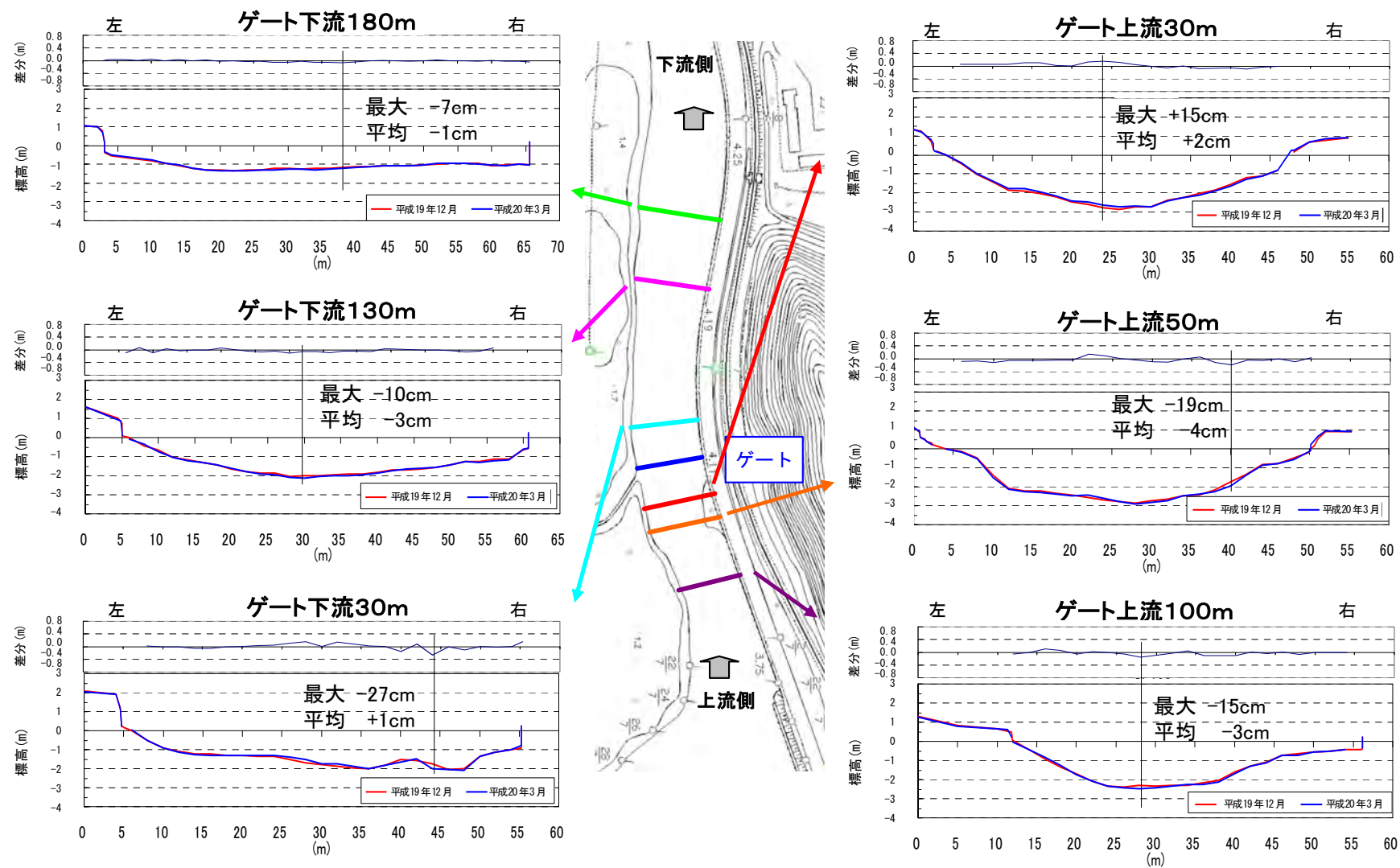


図 6.14 平成 19 年度実験前後における河床変動の状況（平成 19 年 12 月、平成 20 年 3 月）

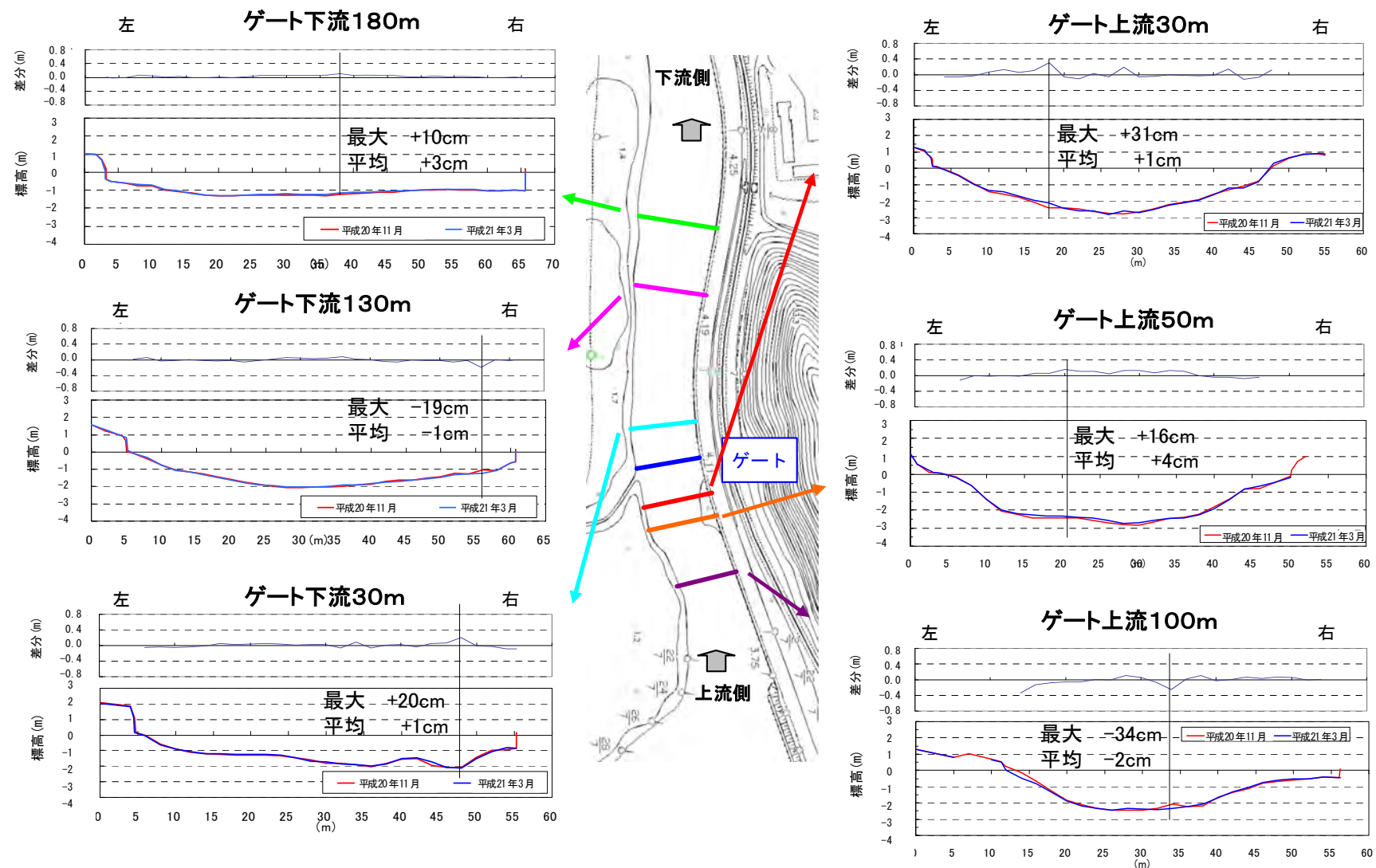


図 6.15 平成 20 年度実験前後における河床変動の状況 (平成 20 年 11 月、平成 21 年 3 月)

2) 下流河道の河床変化

実験によるゲート操作が網走川の下流部の河床に与える影響を確認するため、平成 18 年度の実験前後において、下流河道の各断面の横断測量及び砂面計による観測を実施した。

平成 18 年度の実験前後における下流河道の各断面の河床変化は、断面平均で-4~+6cm 程度である。

砂面計により河床変化を連続観測した結果、河床の変化は、非実験期間、実験期間とも変化量幅±5cm 以下であった。

従って、ゲート操作によるゲート下流河道の河床への影響は及ぼさないものと考えられる。

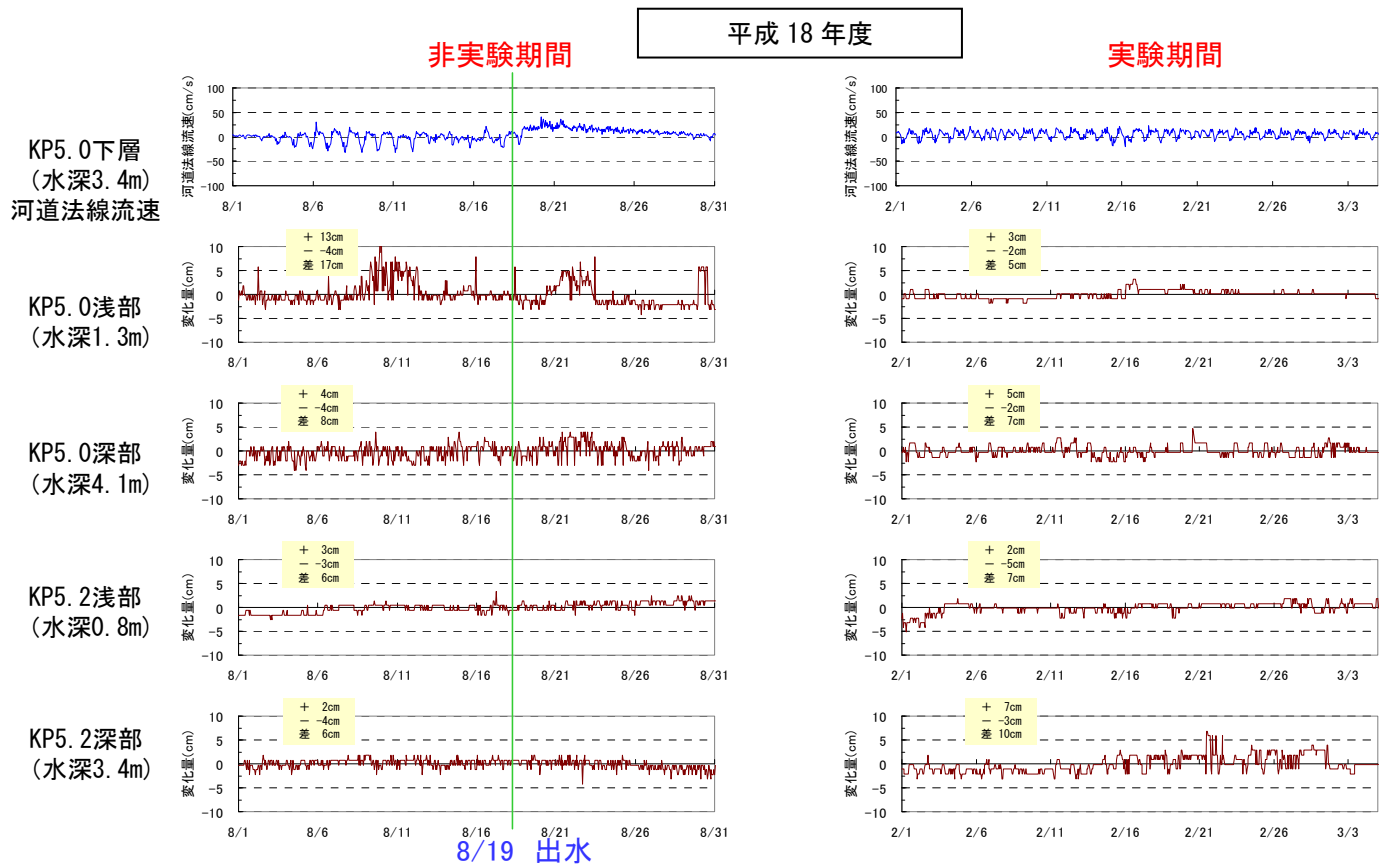


図 6.16 非実験期間と実験期間の河床変動（平成 18 年度）

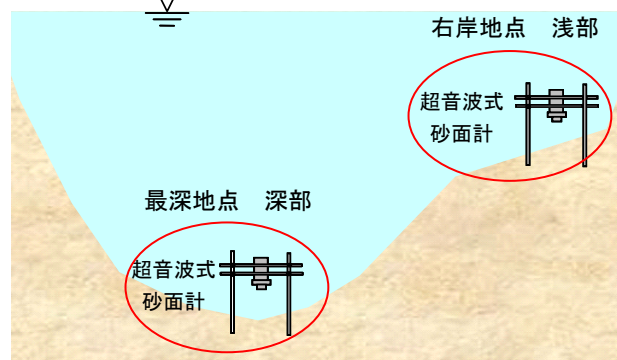


図 6.17 砂面計設置模式図

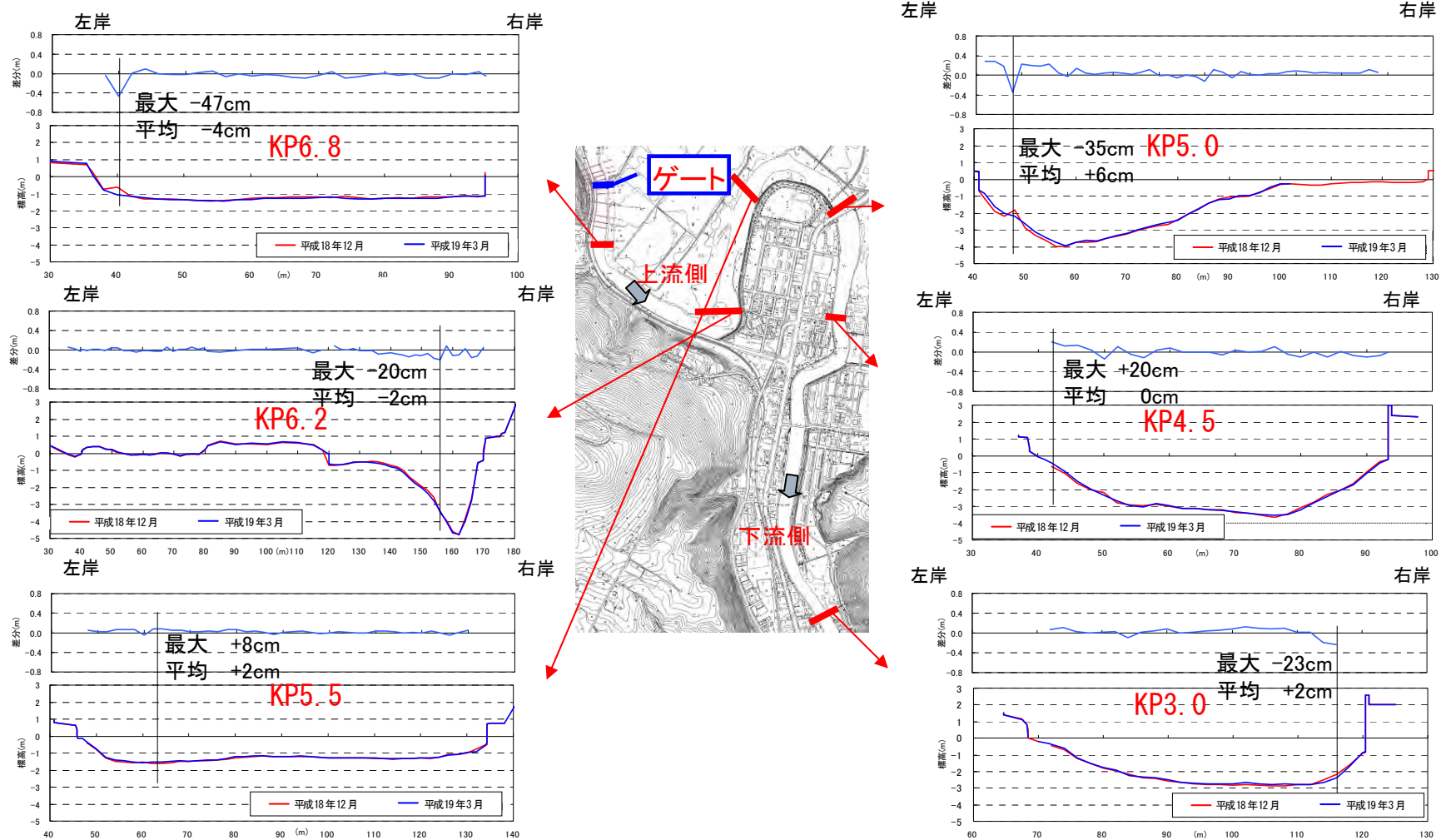


図 6.18 河床変化の状況 (平成18年12月、平成19年3月)

3) 河床材料の変化

KP5.0 及び KP5.2 地点の河床材の状況は、砂と礫が大部分を占めている。

中央粒径は、0.2～5mm 程度であり、深い方で粒径が大きい傾向がみられた。下記の平成 18 年 9 月と平成 19 年 2 月の比較では、KP5.0 及び KP5.2 地点深部において粒径の分布状況の変化がみられたが、これは、平成 18 年 10 月の出水によるものと考えられる。

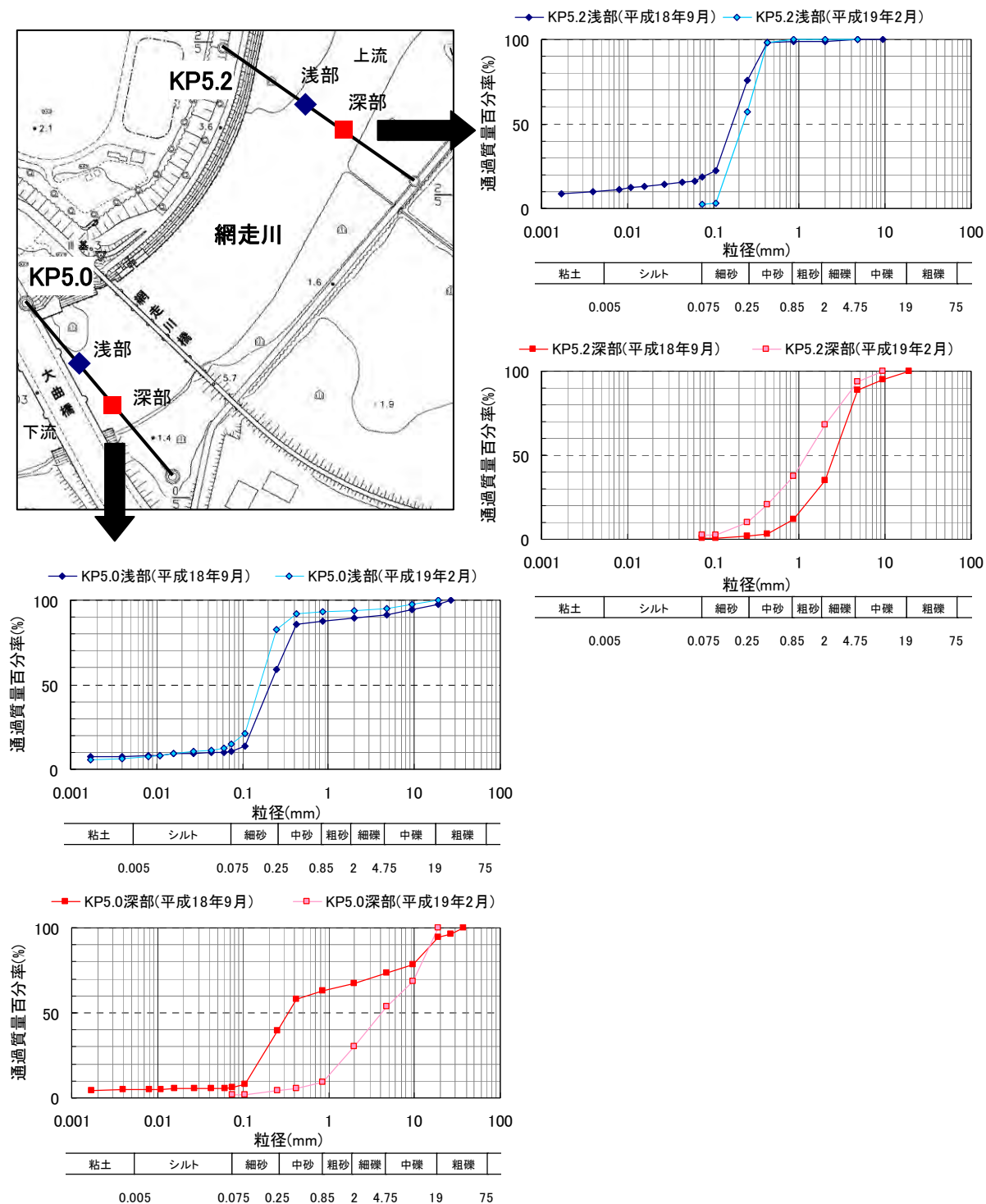


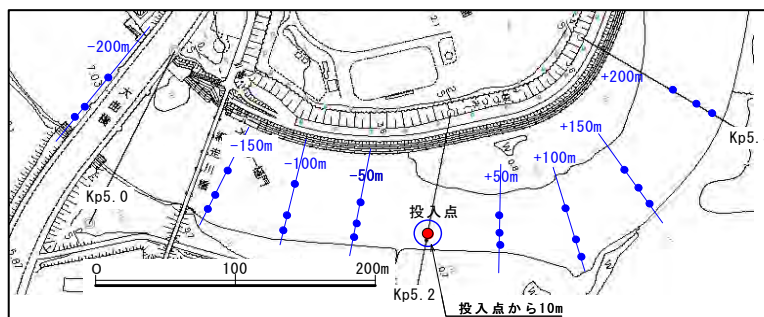
図 6.19 粒径加積曲線 (平成 18 年 9 月、平成 19 年 2 月)

4) 蛍光砂による実験

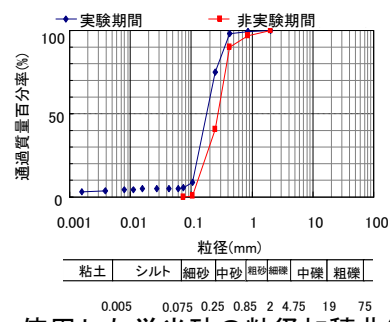
ゲート操作が網走川の下流部の土砂移動に与える影響を確認するため、下流河道の中央部でヤマトシジミの好漁場となっている大曲地点上流において、蛍光砂を用いた河床移動調査を実施した。Kp5.2 から河床材料を採取し、蛍光塗料で着色後 3m×1m の範囲に厚さ 0.15m で投入し 2 日後、4 日後、6 日後、10 日後、14 日後に回収し移動の範囲を確認した。調査範囲は上下流 200m の範囲で 50m ピッチに横断方向に 3 地点とした。なお 7～8 月には上下流 800m まで補助点を設定したが蛍光砂はほとんど確認されなかった。

また調査時期は、実験期間中の平成 20 年 2 月（逆流時越流方式 EL-0.1m）と、非実験期間中の平成 20 年 7 月～8 月の 2 時期に実施した（7 月～8 月は出水期にあたるが、調査期間中に出水実績はなく、安定した流況下で実施した調査結果である）。

蛍光砂の移動は蛍光砂の投入点からの分散状況は、実験期間中、非実験期間中ともに同様な傾向であることから、土砂の移動への影響は小さいと考えられる。



蛍光砂の投入地点と採取地点



使用した蛍光砂の粒径加積曲線

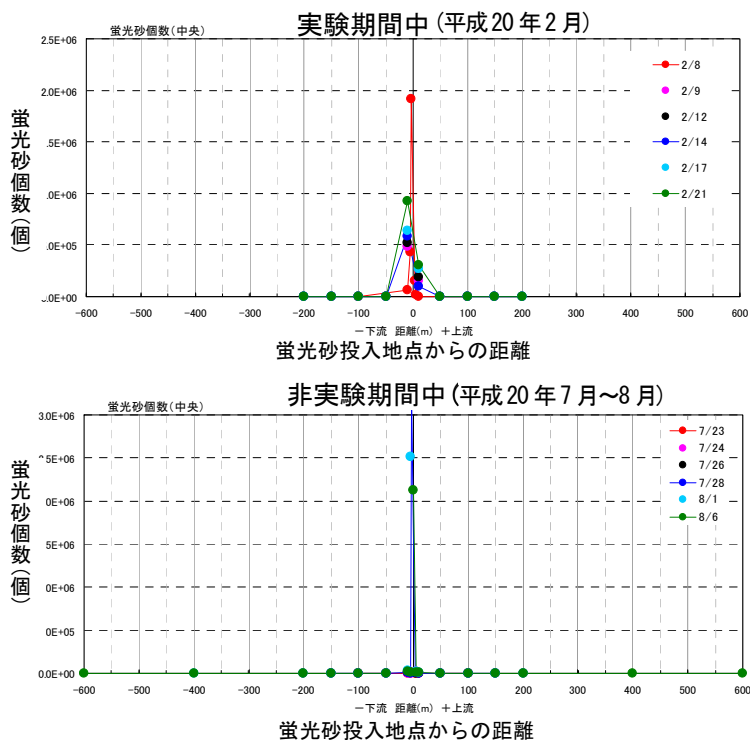


図 6.20 蛍光砂の移動状況（実験期間中、非実験期間中）

注）左・右岸地点では蛍光砂の確認個体数が少なかったため、中央地点の調査結果を示す。

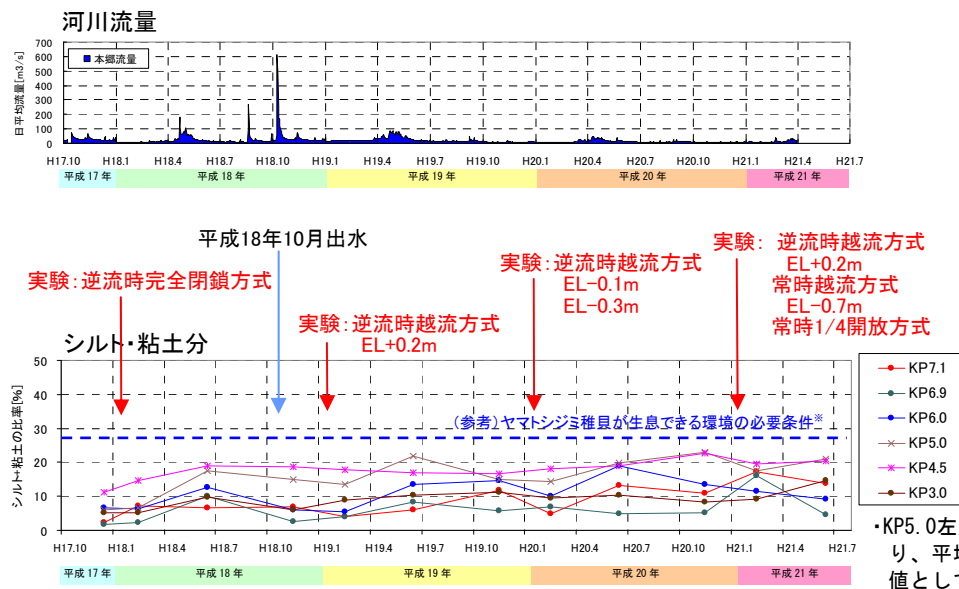
(5) 底質への影響

実験施設によるゲート操作が下流河道の底質の質的な変化が生じる可能性があるため、4ヶ年の実験期間を通じて年3回の底質調査を実施した。

1) 粒度組成

実験開始前の平成17年12月から平成21年6月までの粒度組成調査結果を図6.21に示す。

粒度組成は、シルト+粘土の比率は概ね20%以下、砂分は概ね60~90%の範囲で推移しており、実験開始前の平成17年12月と比べて大きな変化はみられなかった。



・KP5.0左岸は河岸崩落地点であり、平均するにあたって異常値として除外した。

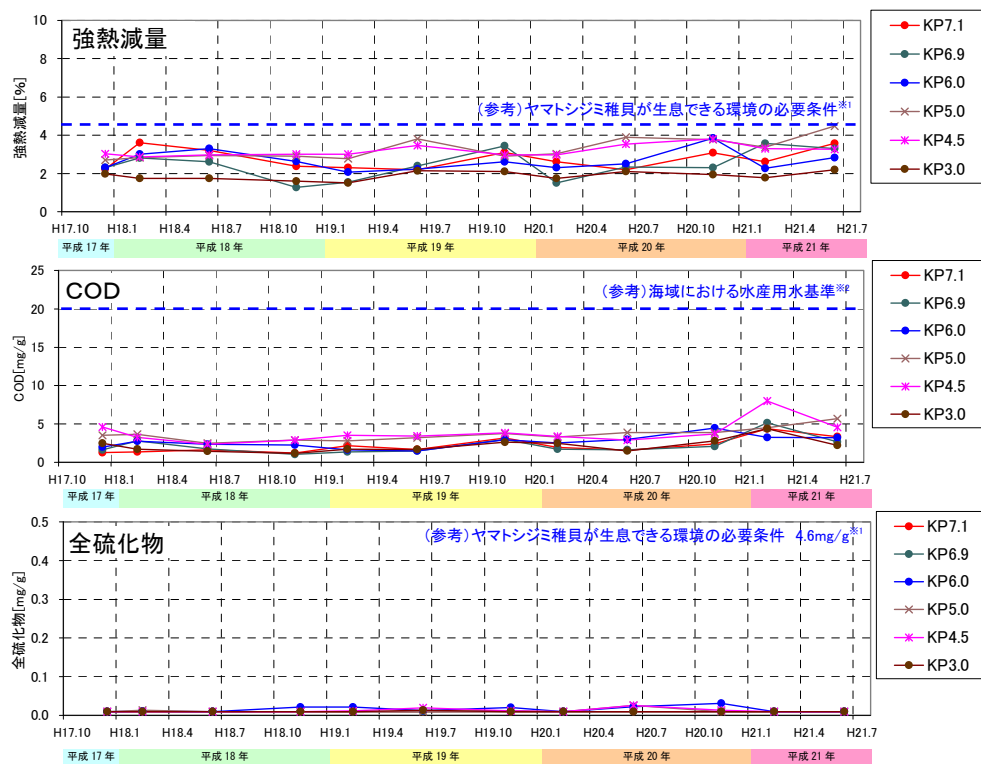
※文献：育てる漁業 網走湖の環境とヤマトシジミの生態について、北海道立網走水産試験場 資源増殖部、馬場勝寿、平成9年12月

図 6.21 シルト・粘土分の変化（左岸・中央・右岸の平均）

2) 強熱減量等

実験開始前の平成17年12月から平成21年6月までの底質の強熱減量、COD、全硫化物を図6.22に示す。

底質の強熱減量は4.5%以下、CODは8mg/g以下、全硫化物は最大で0.03mg/g以下で推移しており、実験開始前の平成17年12月と比べて大きな変化はみられなかった。



※1 文献：育てる漁業 網走湖の環境とヤマトシジミの生態について，北海道立網走水産試験場 資源増殖部，馬場勝寿，平成 9 年 12 月

※2 文献：水産用水基準（2005 年版），社団法人日本水産資源保護協会，平成 18 年 3 月

図 6.22 強熱減量、COD 及び全硫化物の推移（左岸・中央・右岸の平均）

(6) 物理・水質・底質環境への影響のまとめ

これまで検討した物理・水質環境への影響を図 6.23にまとめた。実験施設による最も大きな影響は、実験施設の運用による一時的な逆流の制御であり、これらは魚類等の移動、下流河道の物理・水質環境に影響を及ぼす可能性がある。

水位については、実験施設による水位の上昇は実験施設下流 1km 付近の区間に限られ、最大 30 cm 程度であった。

流況については実験施設による逆流速の低下は下流部を含めた広い範囲で認められたが、逆流速の低下はゲート堰高が低くなるにつれて緩和されることが確認された。

塩水については、実験施設を設置した場合においても KP6.0 以上まで到達する。したがって、実験施設の下流 1km 付近については、実験施設がない場合に頻繁に塩水が到達していたものが、ゲート操作をした場合はゲートに近づくほど到達頻度が少なくなる。なお、ゲート堰高を下げた場合は、湖と海の水位差が大きい場合には塩水はゲートまで到達し、越流して湖内まで流入する。

溶存酸素については、実験施設の運用による大きな影響は認められなかった。

実験施設の運用による河床への影響については、平成 17 年度の実験において施設上下流で若干の堆積・侵食傾向が見られたが、下流河道における顕著な堆積・侵食等の影響は見られなかった。河床材料（粒径分布、底質）についても実験期間中において大きな変化はみられなかった。河床材料の移動は、実験期間中、非実験期間中ともに、平常時における移動はごく少ないと考えられる。

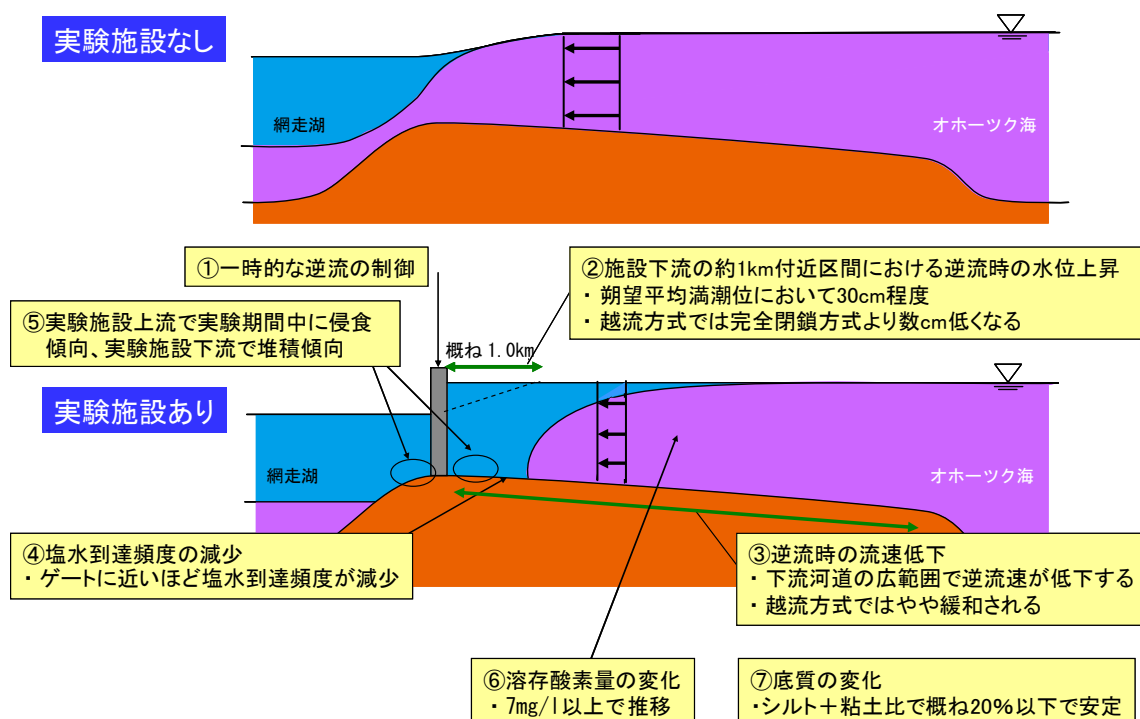


図 6.23 物理・水質環境への影響のまとめ

6.2. 底生動物・付着藻類への影響

(1) 生息・生育環境の変化

実験施設による網走川下流の底生動物・付着藻類への影響としては、底質の変化、汽水環境の変化、溶存酸素量の変化が影響する可能性が考えられる（図 6.24）。

前述したように、底質の変化のうち河床変動は断面平均で数 cm 程度の変動であり、粒度組成・有機物濃度などの河床材料の性質についても大きな変化は認められなかった。また、河床材料の移動についても、実験期間中、非実験期間中ともに平常時の移動はごく少なく、ゲート操作による変化は認められなかった。

汽水環境については、実験施設による塩水遡上状況の変化はあるものの、ゲート操作で塩水遡上を阻止した場合においても概ね KP6.0 付近までは塩水は遡上しており、潮汐による塩水到達状況が大きく変化するのはゲート下流 1km 程度の範囲であった。

溶存酸素量については、実験期間中に生物にとって問題となるような顕著な低下はみられない。

以上のことより、底生動物・付着藻類の生息生育環境については、ゲート運用による大きな変化はないものと考えられる。

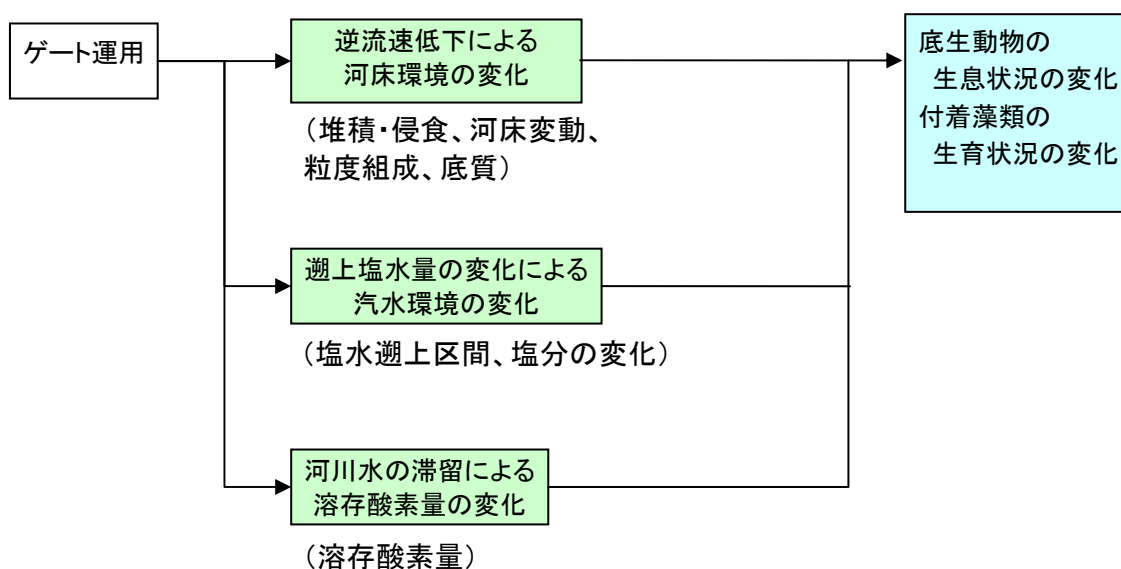


図 6.24 底生動物・付着藻類に関する影響

(2) 底生動物・付着藻類への影響

実験の実施による網走川下流部の底生動物・付着藻類への影響をモニタリングするため、4 ヶ年にわたって底生動物・付着藻類の調査を実施した。

1) 底生動物

網走川下流部の底生動物は、平成 17 年度の調査結果にみられるように、下流側でニホンドロソコエビ (*Grandidierella japonica*) が多く、上流側でシネロブス スタンフォルディー (*Sinelobus stanfordi*) が多い分布である。平成 18 年 6 月から平成 18 年 11 月にかけて底生動物の種構成が大きく変化し、優占していたニホンドロソコエビとシネロブス・スタンフォルディーがほとんどみられなくなり、ユスリカ亜科 (*Chironominae* sp.) が主体となった。平成 18 年 10 月に大規模出水が発生したが、ニホンドロソコエビとシネロブス・スタンフォルディーの 2 種は出水時の流速増大に伴い流失の影響を受けたと考えられる。平成 19 年 11 月調査では、ニホンドロソコエビとシネロブス・スタンフォルディーの増加が確認され、出水から 1 年が経過してもとの種組成に回復している状況が確認される。その後、平成 20 年度にかけても上流側がシネロブス・スタンフォルディー、下流側がニホンドロソコエビを主体とした種構成が継続している。この種構成が網走川下流部における出水等の擾乱を受けない時の底生動物相の基本形を示すものと考えられる。

実験の影響としては、実験実施前の 11 月もしくは 12 月の調査結果と実験期間中の 2 月の結果を比較すると、平成 17 年度～平成 20 年度の実験において個体数のばらつきはあるものの種構成に大きな変化はみられない。

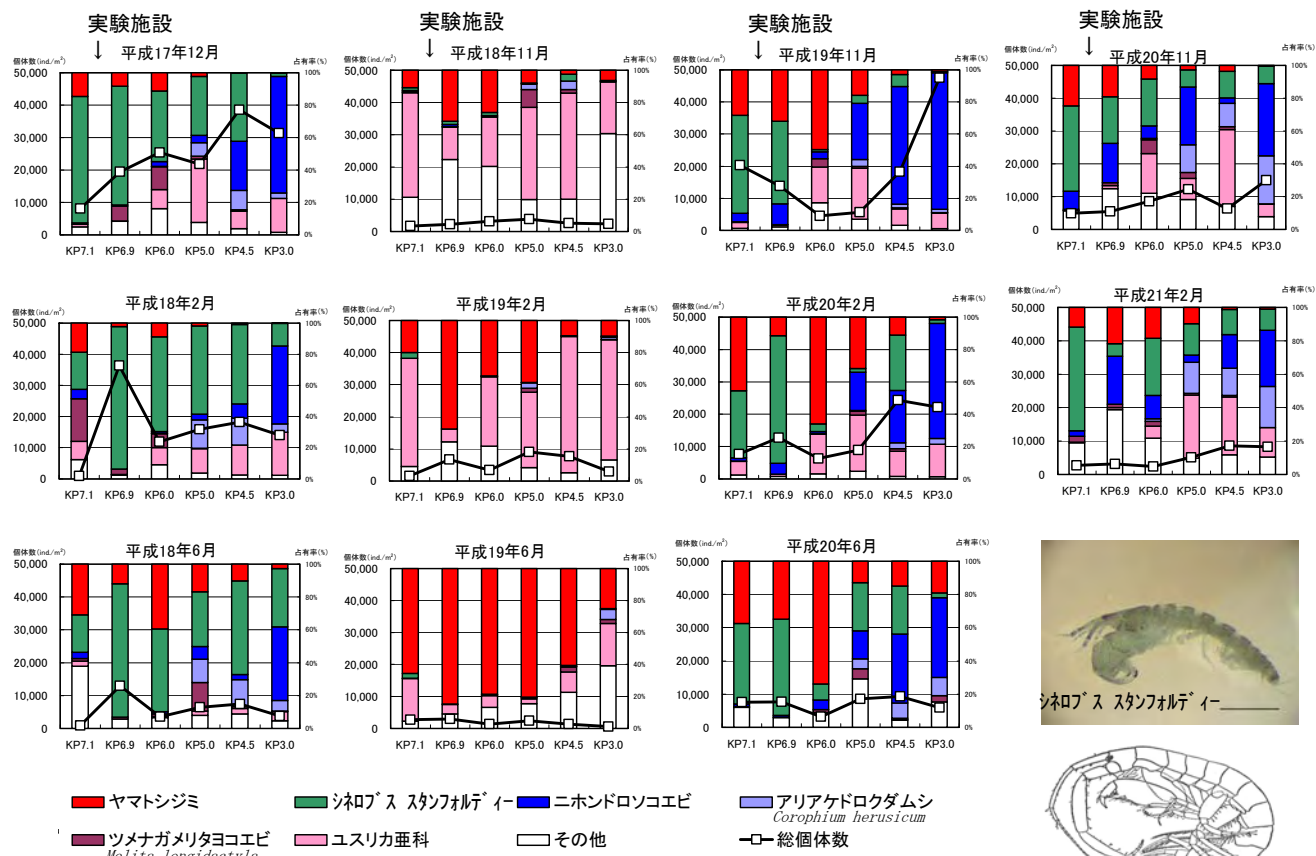
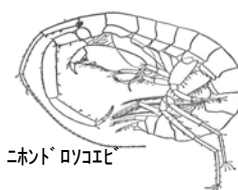


図 6.25 底生動物の個体数と種構成の推移

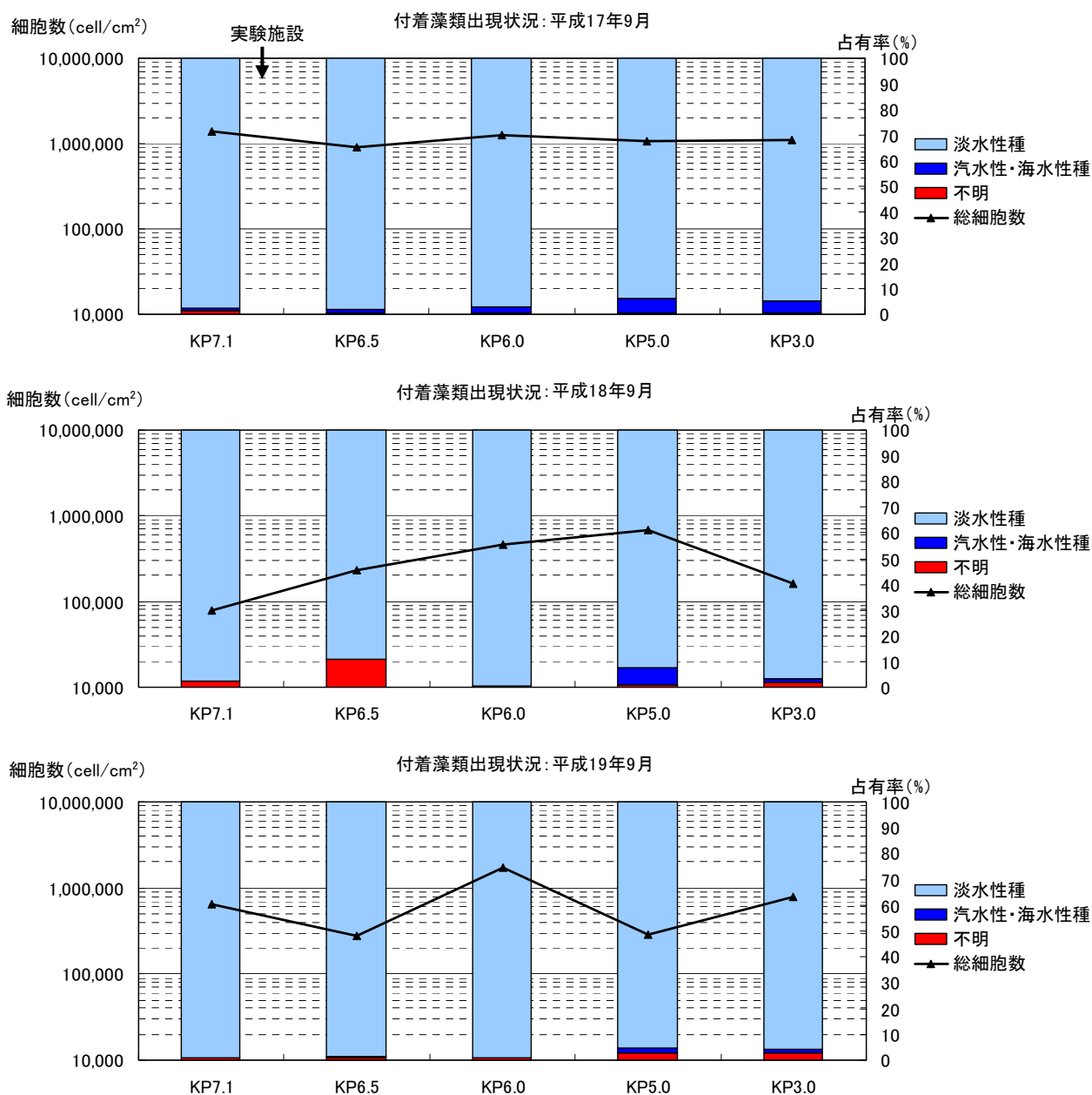


2) 付着藻類

平成17年度～平成19年度の調査結果より付着藻類への影響をとりまとめると次のとおりである（平成20年度は調査されていない）。

調査は年に1回9月に実施しており、付着藻類の細胞数密度と種組成を調査している。

網走川下流部の付着藻類は淡水性の珪藻が主体であり、3ヶ年同時期の比較で構成に大きな変化は認められなかった。



淡水性種：湖沼、池沼、河川、湿原等の淡水域において出現する種

汽水性種：汽水湖や河口域に出現する種

海水性種：海産の内湾・沿岸に出現する種

図 6.26 付着藻類出現状況の推移

6.3. 魚類への影響

(1) 生息環境の変化

実験施設による網走川河道の魚類への影響としては、溶存酸素量の変化、逆流時の閉鎖など流況の変化が影響する可能性が考えられる（図 6.27）。

前述したように、溶存酸素量については、実験期間中に生物にとって問題となるような大きな低下はみられない。

また、ゲート設置箇所を遡上・降海する魚種があり、逆流時に河道を閉鎖するゲート施設が影響する可能性が考えられる。そのため、図 6.27に示すように魚類の移動阻害に対する影響について考察する。

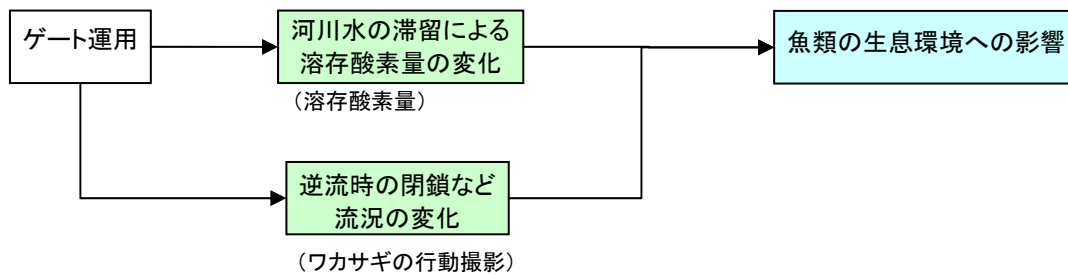


図 6.27 魚類に関する影響

(2) 対象魚種の抽出

実験施設が一時的に逆流を制御することにより、通し回遊魚等の移動に影響がある可能性がある。そのため、網走川における主要水産魚種の生活史についてとりまとめた（再掲）。その結果、実験期間付近において遡上するワカサギについて、実験施設による遡上阻害の有無について評価した。

・ワカサギ

主に11月～12月に遡上し（近年は1月までずれ込むこともある）、実験期間と遡上時期が重複するため影響を評価。

・シラウオ

4月～6月に河口付近海域から網走湖に遡上すると考えられており、実験期間中の遡上・降海はないと考えられる。

・カラフトマス

実験期間における遡上・降海はない。

・サケ（シロサケ）

9月中旬～12月に遡上するが、実験施設よりも下流の梁（やな）で捕獲される他、遡上するサケも認められるが、順流時の開放により、影響はほとんどないと考えられる。

表 6.1 主要水産魚種の生活史（再掲）

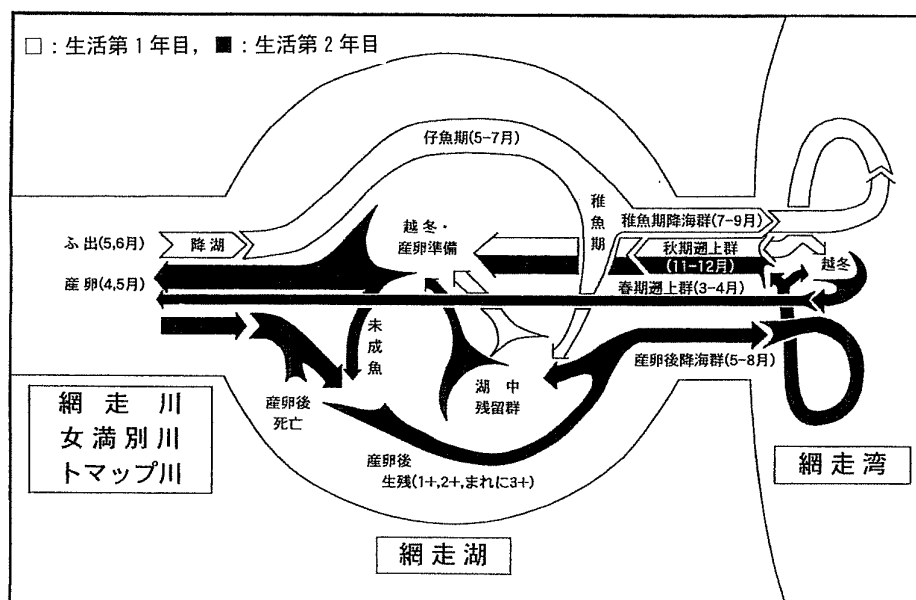
魚 種	区分\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	備考
ワカサギ	[1年目]													
	卵				流入河川									網走川、女満別川、トマツ川
	仔 魚				湖 域									
	稚 魚							降 海						(稚魚期降海群)
								湖 域						(湖中残留群)
	未 成 魚	湖 域										遡 上		(秋期遡上群)
				遡 上	(秋期遡上群に比べて非常に少ない)									(湖中残留群)・(秋期遡上群)
	成 魚			流入河川										(春期遡上群)
	[2年目以降]													
	成 魚					降 海								(産卵後降海群)
シラウオ	卵					湖 域								2m以浅の砂質底(北岸)
	稚 仔 魚					湖 域								
	未成魚・成魚				遡 上				降 海					河口汽水域まで移動(湖内残留群もあり)
	成 魚													
	(産卵)				流入河川									稀に3年以上生きる
カラフトマス	稚 仔 魚				降 海									4～5月下旬湖内放流
	成 魚							遡 上						8～10月下流梁(やな)で捕獲
サケ (シロサケ)	稚 仔 魚				降 海									4～5月下旬湖内放流
	成 魚									遡 上				9～12月下流梁(やな)で捕獲
実験期間		←	→											平成17年度～平成19年度
		←	→											平成20年度

(3) ワカサギの生態

1) 生活史

網走湖産ワカサギは4月上旬～6月上旬に流入河川である網走川、女満別川、トマップ川などに遡上し、砂礫底に産卵する。仔魚は5月～6月に孵化後、降湖し、湖内で成長するとされている。網走湖産ワカサギは資源の年変動が大きく、湖内で初期生活期を過ごした後に、湖中残留群と海に下る遡河回遊群とに分岐する。この分岐要因については、網走湖には環境収容量があり、湖内のワカサギ生息密度がこれを超えると、ワカサギの降海が始まり、超える度合いが高ければ高いほど降海する量も多くなると考えられている。降海移動時期は、7月～11月にみられるが盛期は主に8月上旬である。

降海したワカサギは主に11月～12月に遡上し湖に戻るとされているが、実験期間中、遡上時期の遅れがみられ、1月においても遡上魚が確認されている。



(宇藤 1988 を改変)

図 6.28 ワカサギの生活史

出典：平成10年度第2回網走湖水産研究会資料、網走湖産ワカサギの遡河回遊と環境条件、北海道立網走水産試験場、鳥澤 雅、1999

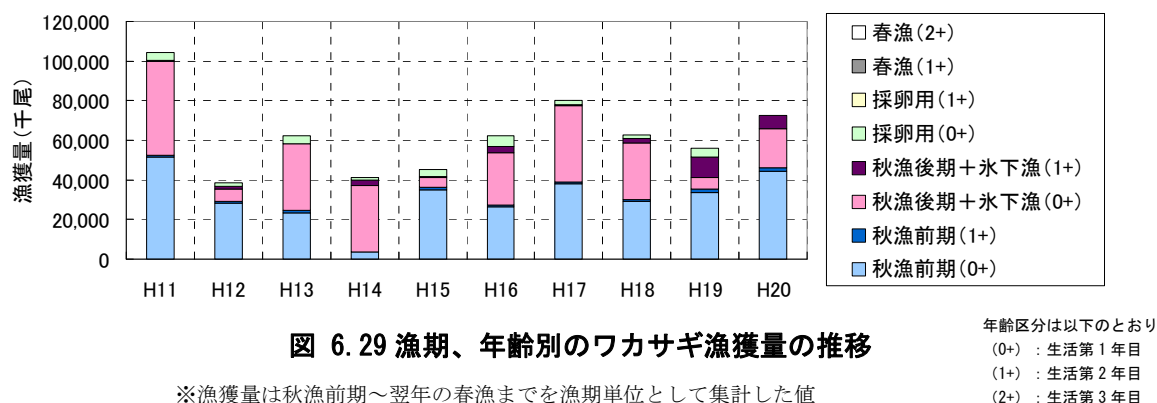
2) 漁期単位での漁獲量の変動

現在、網走湖におけるワカサギ漁は、秋漁前期、秋漁後期、冬季の氷下漁、採卵事業による漁獲、採卵事業の後に行われる春漁に分けられ、漁獲量が多い漁期は、主に湖内残留群を対象とした秋漁前期及び、主にゲート操作を行う 11 月以降に遡上する遡河回遊群を対象とした秋漁後期と氷下漁である。

網走湖産ワカサギの漁期単位の漁獲量は、図 6.29 に示すとおりゲート操作の有無にかかわらず毎年大きく変動しているが、秋漁初期の対象は主に湖内残留群のため漁獲量は比較的安定しており、氷下漁の漁獲量は主に遡河回遊群のため年によって大きく変動している。

また、一般にワカサギは年魚と言われることが多いが、網走湖では複数年生存する個体も確認されており、体長にも大きな差がある。

なお、年齢別漁獲量を把握するために漁期単位（秋漁前期～翌年の春漁まで）の尾数で集計しており、また各年のワカサギの体長にもばらつきが大きいいため、網走湖の漁獲量（t）の推移(図 2.9)とは傾向が異なる結果となっている。



出典：北海道立水産孵化場道東内水面室資料

(4) ワカサギへの影響

1) ワカサギ遡上時期と実験期間

ワカサギの遡上については、既往の調査結果（「網走川におけるワカサギの遡上調査報告書」昭和 61 年 11 月, 西網走漁業協働組合）によれば逆流から順流に転じた以降、多く遡上している。

また、大曲地点 (KP5.5) に設置したふくべ網によるワカサギの捕獲尾数 (図 6.33) より、平成 17 年度、平成 18 年度は 1 月上旬に明確なピークがみられるが、平成 19 年度、平成 20 年度、平成 21 年度は平均的に遡上しているなど、ワカサギの遡上状況は年によって大きく異なっており、その生態は不明な部分が多い。

平成 17 年度～平成 19 年度は、ワカサギの遡上時期を避けるため、実験期間を 1 月中旬から 3 月上旬としていたが、平成 20 年度は、ワカサギ遡上期の 12 月を含む 12 月～3 月を実験期間とし、ゲート操作方法が異なる 3 操作によるワカサギ遡上行動への影響について調査した。

平成 20 年度は、逆流時越流方式 EL+0.2m でワカサギが十分遡上することが確認されたが、平成 21 年度は、同じ逆流時越流方式 EL+0.2m のゲート操作時と、一週間程度ゲート操作しない期間を設け、自然状態の時期のワカサギ遡上行動を比較することで、ワカサギ遡上行動への影響について調査した。



図 6.30 遡上するワカサギの群れ



図 6.31 ゲート部右岸を遡上するワカサギ

出典：網走川におけるワカサギの遡上調査 報告書
昭和 61 年 11 月 西網走漁業協働組合

(平成 20 年度調査、水中カメラによる撮影)

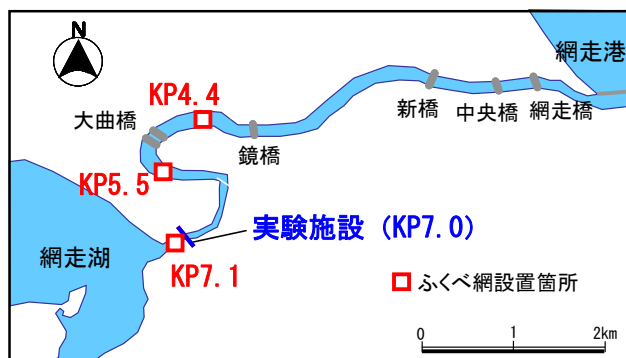
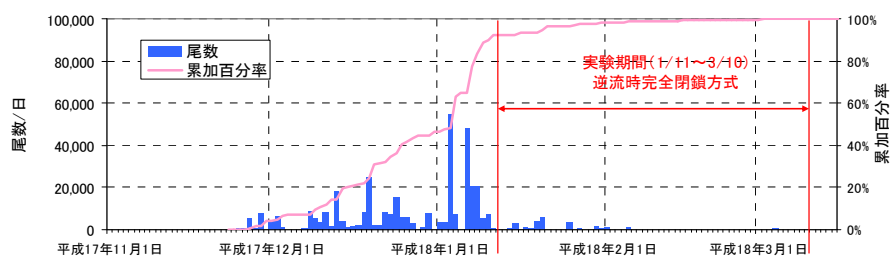
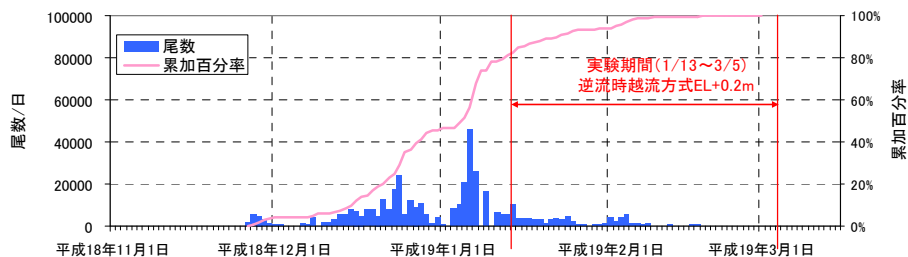


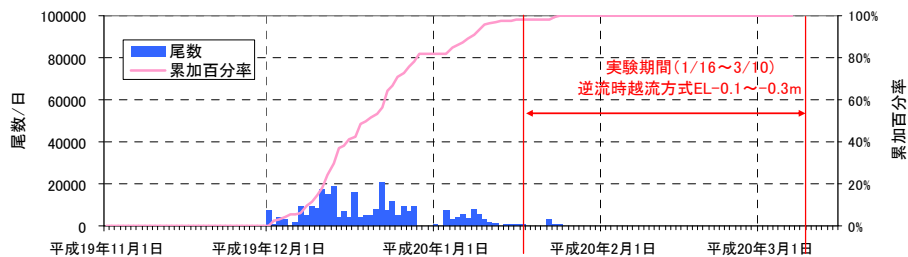
図 6.32 ふくべ網設置位置図



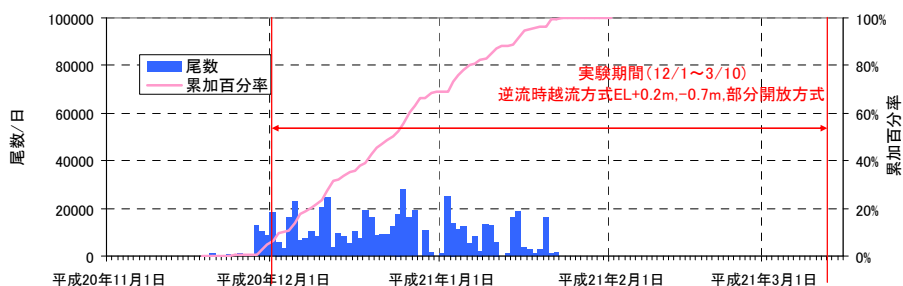
平成 17 年度（調査期間：11 月 23 日～3 月 17 日）



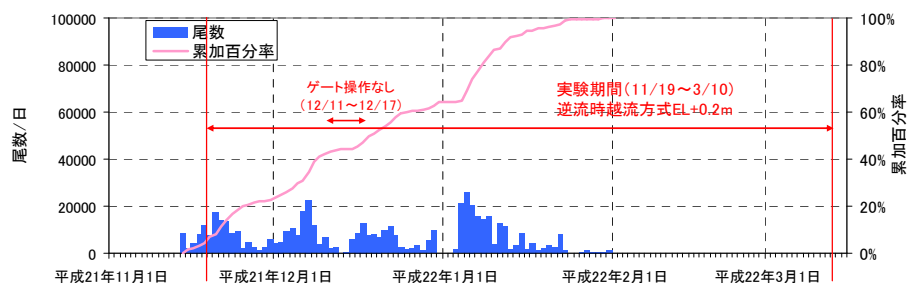
平成 18 年度（調査期間：11 月 26 日～2 月 28 日）



平成 19 年度（調査期間：12 月 1 日～1 月 31 日）



平成 20 年度（調査期間：11 月 18 日～1 月 31 日）



平成 21 年度（調査期間：11 月 14 日～1 月 31 日）

図 6.33 KP5.5 地点におけるワカサギの捕獲結果

※11 月～12 月のワカサギ捕獲尾数は西網走漁業協同組合の調査結果による

2) ゲート操作方法によるワカサギ遡上行動への影響

平成 20 年度及び平成 21 年度の調査結果より、ワカサギ遡上状況、及びゲート操作方法が異なる操作によるワカサギ遡上行動への影響をとりまとめると次のとおりである。調査結果の総括を図 6.34、図 6.36に示す。

図 6.34 平成 20 年度のふくべ網による捕獲調査結果

※1 ふくゞ網調査結果は、前日9時頃設置、当日9時頃に回収した捕獲尾数を示す。

※2 KP5.5 地点の 11 月～12 月のふくべ網調査結果は西網走漁業協同組合の調査による。

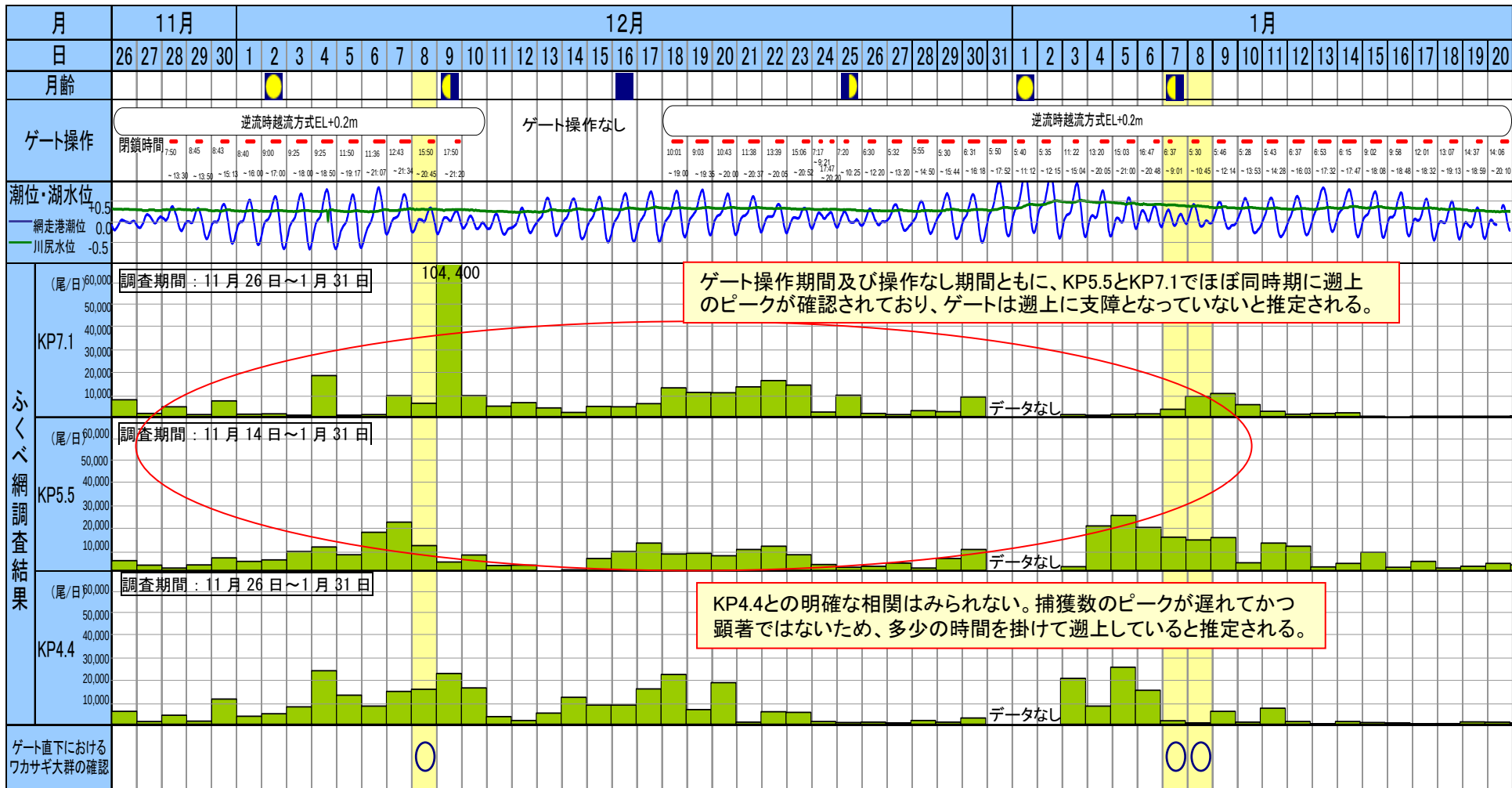


図 6.35 平成 21 年度のふくべ網による捕獲調査結果

※1 ふくぐ網調査結果は、前日 9 時頃設置、当日 9 時頃に回収した捕獲尾数を示す。

※2 KP5.5 地点の 11 月～12 月のふくべ網調査結果は西網走漁業協同組合の調査による。

・ 逆流時越流方式 (EL+0.2m)

平成 20 年度では、逆流時越流方式 (EL+0.2m) で制御を行った 12 月 1 日～12 月 5 日及び 12 月 9 日～12 月 17 日の 2 期間におけるふくべ網の捕獲結果は、KP5.5 と KP7.1 (ゲート上流) では、遡上尾数も同程度であり、ほぼ同時期に遡上のピークが確認されている。この結果から、逆流時越流方式 (EL+0.2m) では、ワカサギは十分に遡上するものと推定される。

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 6.36) より、ワカサギは主に日没から日出にかけての時間帯の流速 30cm/s (断面平均) 程度の弱い順流時に遡上していると推測される。したがって、順流時にはゲートを開放している逆流時越流方式であれば、ワカサギの遡上行動に影響を与える影響は小さいと推定される。

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※。

※ 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

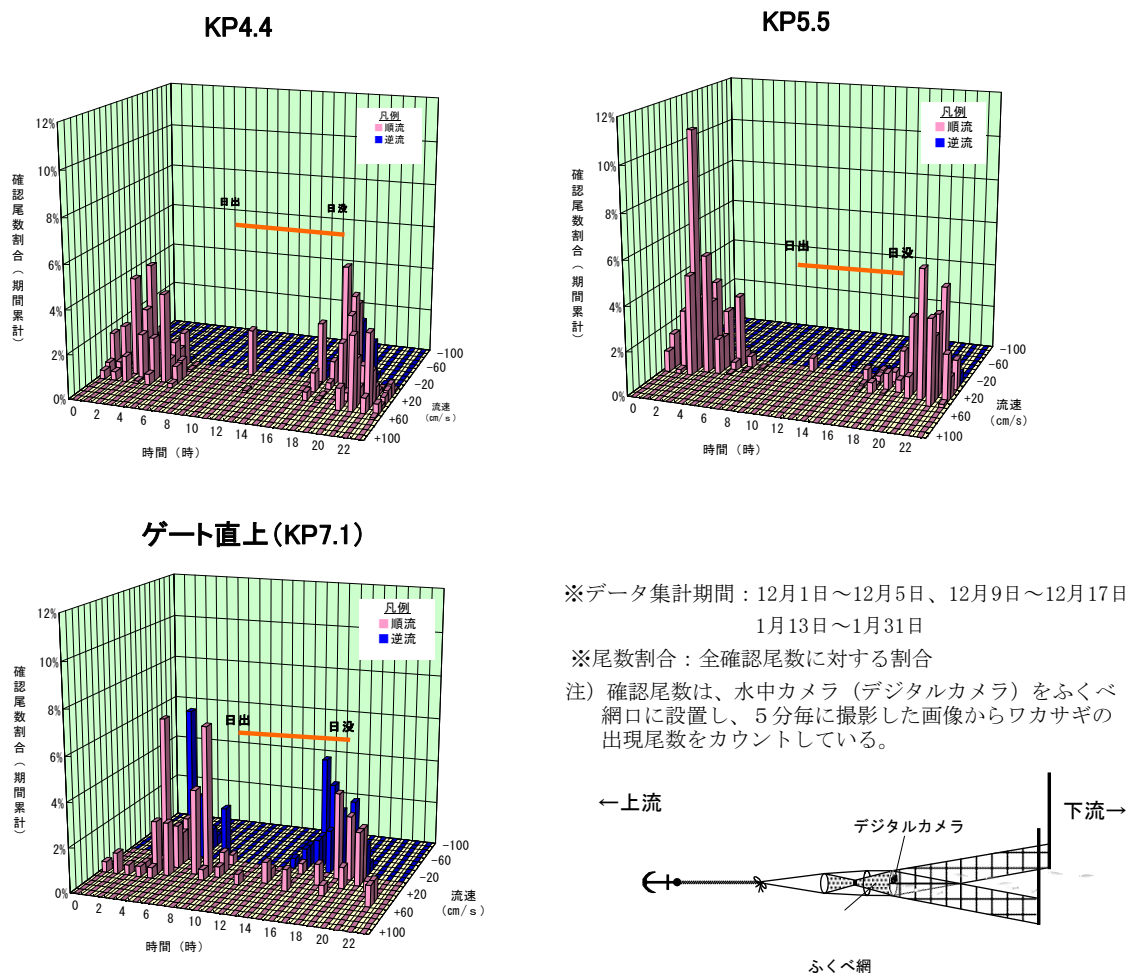


図 6.36 ふくべ網の水中カメラによるワカサギ確認尾数と時間・流速との関係 (逆流時越流方式 (EL+0.2)、平成 20 年度)

平成 21 年度では、ふくべ網の捕獲結果は、12 月 9 日を除くとゲート操作期間及び操作なし期間ともに、KP5.5 と KP7.1（ゲート上流）では、遡上尾数も同程度であり、ほぼ同時期に遡上のピークが確認されている。平成 21 年度の結果からも、逆流時越流方式（EL+0.2m）では、ワカサギは十分に遡上するものと推定される。

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 6.40）は、ゲート操作しない期間を含む全期間（11 月 26 日～1 月 31 日）において、日没から日出にかけての時間帯の順流時にワカサギが多く確認される傾向がみられ、平成 20 年度と同様の傾向にある。

なお、平成 21 年度はワカサギの遡上している箇所の流速を直接測定しており、60cm/s 以下程度の流速となっている場所を中心に遡上が行われているが、80cm/s 程度でも遡上しているものもあることを確認した。

ゲート操作なしの期間（12 月 11 日～12 月 17 日）については、KP4.4、5.5 ではふくべ網での捕獲量が少なく、同じく KP7.1 のゲート上流においても捕獲量が少なく、ゲート操作をした場合と同様にゲート上下流の捕獲量の傾向が一致している。ただし、遡上状況の特徴については、目視では 1 回しか遡上が確認されておらず、ふくべ網の捕獲量（図 6.36）およびふくべ網の水中カメラによるワカサギ確認尾数とも少なく、明確な傾向が現れなかった。

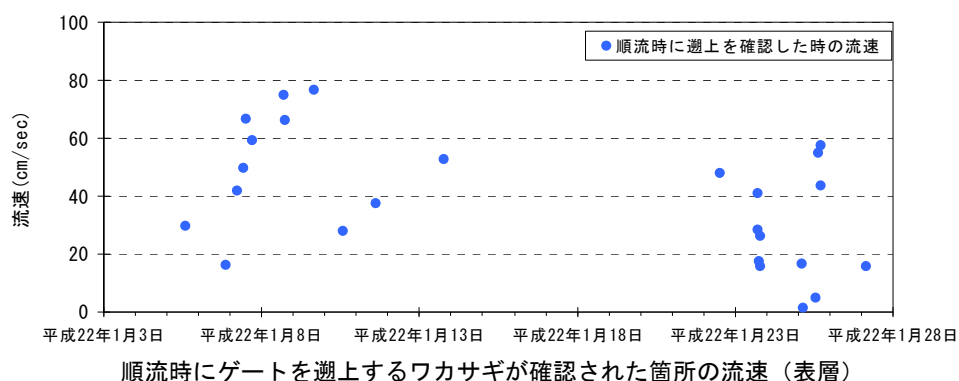


図 6.37 ゲート遡上時の流速

なお、別途実施した音響探査装置による遡上状況の調査では、逆流時越流方式と同じく、日没から日の出の時間帯に順流の弱い流速時に遡上が多く確認されている。

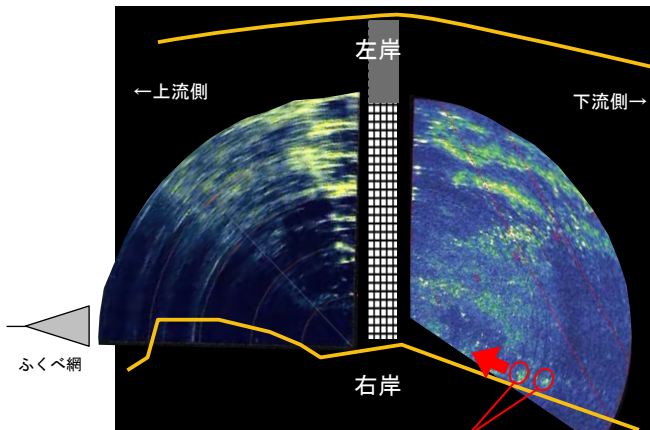
これより、順流時にゲートを開放している逆流時越流方式であれば、ワカサギの遡上行動に影響を与える影響は小さいと推定される。



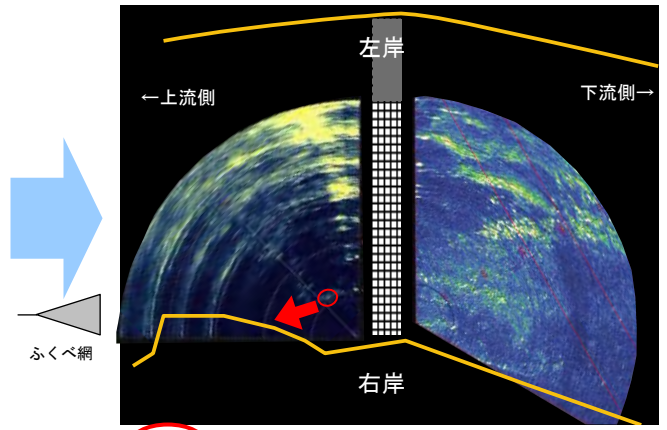
図 6.38 流速測定状況

12月13日

18:02 (順流時)



18:13 (順流時)



魚影

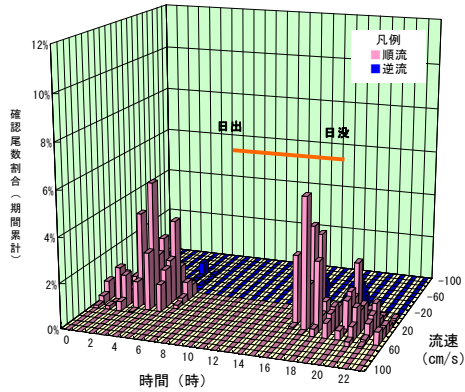
右岸護岸に沿って遡上する群れ

魚影

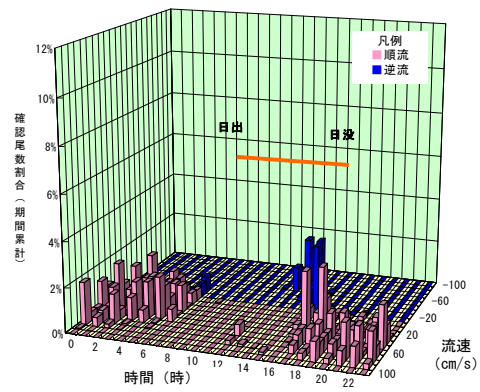
図 6.39 音響探査装置によるゲート付近の魚群確認状況

注) 魚影は、連続映像をもとに判定

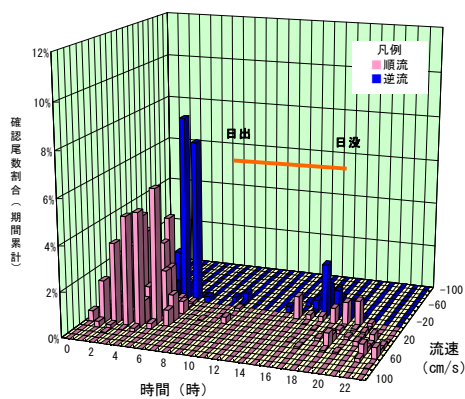
KP4.4



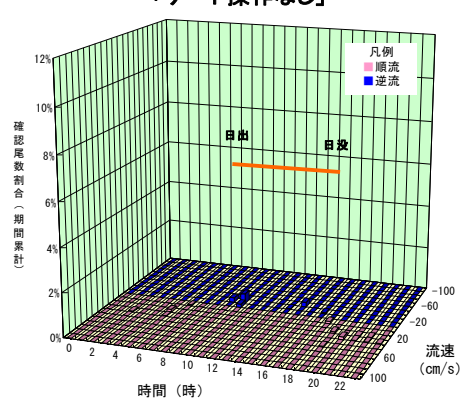
KP5.5



ゲート直上 (KP7.1)



ゲート直上 (KP7.1)
「ゲート操作なし」



※データ集計期間 : 11月26日～1月31日 (1月1日～1月7日はデータ欠測)

ただし、ゲート直上 (Kp7.1) 「ゲート操作なし」は12月11日～12月17日のゲート操作を行わなかった期間のデータを抜粋したものである。

※尾数割合：全確認尾数に対する割合

注) 左図の内数で表示

図 6.40 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
(逆流時越流方式 (EL+0.2)、平成21年度)

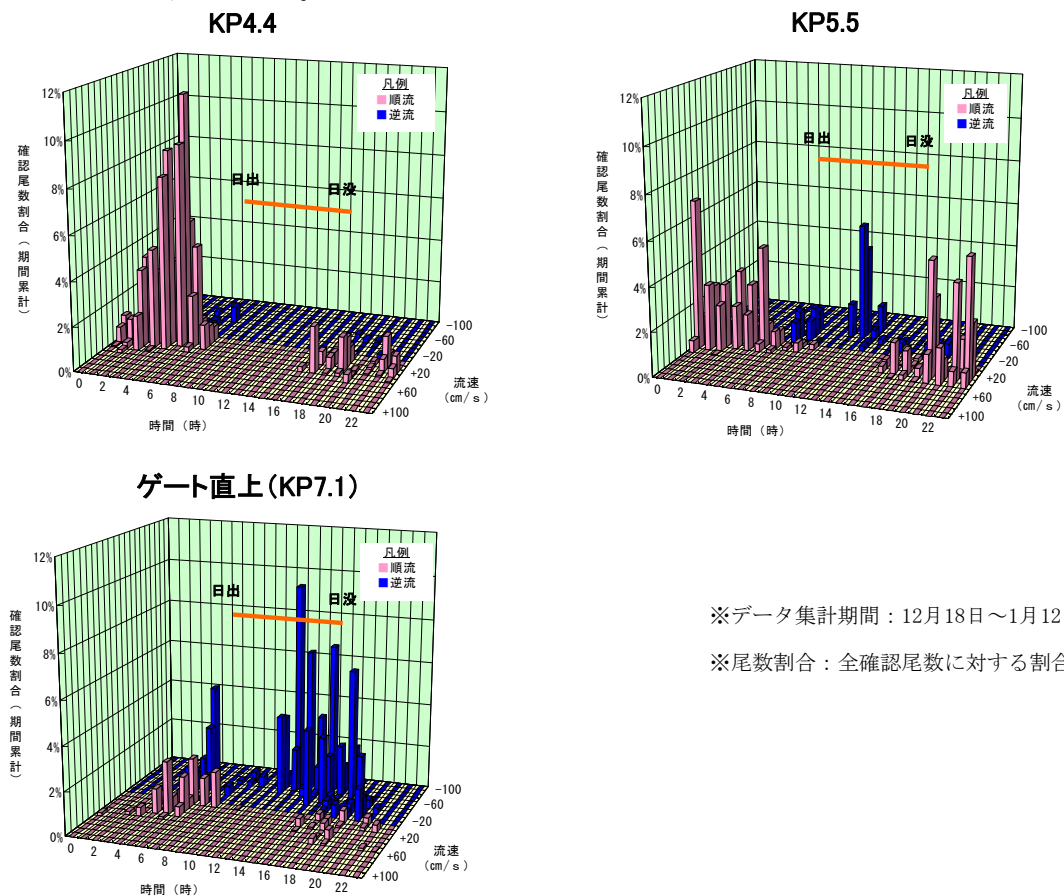
・ 常時部分開放方式（1月4日開放）

平成20年度において、常時部分開放方式（1月4日開放）で小潮である12月6日～12月8日の3日間実施したところ、ゲート直下で2m/sを超える流速となり、ワカサギが遡上不可能な状況となった。ふくべ網における採捕数も1月4日開放時は少なく、ワカサギが遡上しづらい状況となっていたものと推定される。

・ 常時越流方式（EL-0.7m）

平成20年度において、常時越流方式（EL-0.7m）で制御を行った12月18日から翌年1月12日におけるふくべ網の採捕結果は、下流に比べてKP7.1において採捕数が減少している。別途実施した音響探査装置の映像を分析した結果、ワカサギが遡上する様子が確認できたが、ゲート下流左岸の止水矢板下流域にワカサギが滞留し、河道の中央、左岸側から遡上したり、逆流に乗ってゲートを通過する様子も記録されており、このため右岸側に設置したふくべ網に捕獲される量が少なかったものと推定される。

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6.41）より、下流のKP4.4、KP5.5では日没から日出にかけての時間帯で順流時に遡上するものが多いが、ゲート直上（KP7.1）では昼間の逆流時の時間帯に多い傾向が見られ、下流とは異なる行動をとっていたものと推定される。



※データ集計期間：12月18日～1月12日

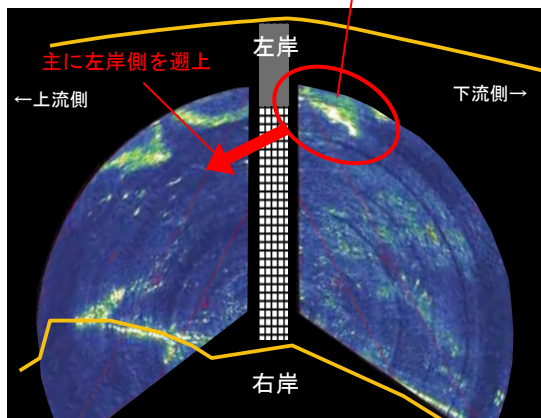
※尾数割合：全確認尾数に対する割合

図 6.41 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
（常時越流方式（EL-0.7）、平成20年度）

12月29日

8:32 (順流時)

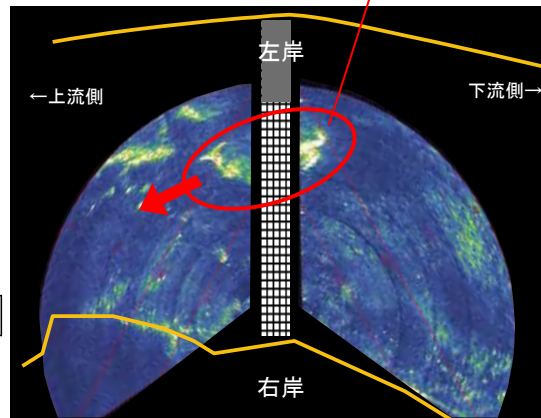
ゲート下流左岸止水矢板下流に滞留するワカサギの群れ



魚影

10:14 (逆流時)

逆流時に左岸の群れが上流へ移動する場合も確認



魚影

図 6.42 音響探査装置によるゲート付近の魚群確認状況

注) 魚影は、連続映像をもとに判定

3) ワカサギ遡上への影響

平成 20 年度、平成 21 年度の調査結果より、逆流時越流方式 (EL+0.2m) 及び常時越流方式 (EL-0.7m) の制御では、ワカサギは十分遡上すると考えられる。また、常時部分開放方式 (1 月 4 日開放) ではワカサギの遡上は困難である状況が確認された。

6.4. ヤマトシジミへの影響

塩水遡上制御施設の設置が下流河道に生息するヤマトシジミに与える影響について検討する。

(1) 生息環境の変化

実験施設による網走川下流のヤマトシジミへの影響としては、底質の変化、汽水環境の変化、溶存酸素量の変化が影響する可能性が考えられる。

前述したように、底質については、河床変動や河床材料の移動状況、粒度組成・有機物濃度などの河床材料の性質についても顕著な変化は認められなかった。

汽水環境については、実験施設による塩水遡上状況の変化はあるものの、ゲート操作で塩水遡上を阻止した場合においても KP6.0 付近までは塩水は遡上しており、潮汐による塩水到達状況が大きく変化するのはゲート下流 1km 程度の範囲であった(逆流時越流方式の場合)。

溶存酸素量については、大きな変化はなかった。

以上より、ゲート下流 1km 区間における汽水環境の変化はあるものの、底質、溶存酸素については、下流河道のヤマトシジミの生息に対して大きな影響を及ぼすような環境の改変はみられない。

しかし、網走川下流河道のヤマトシジミの生息分布状況、生態については明らかとなっていないため、平成 17 年度からヤマトシジミの生息分布状況、平成 20 年度からヤマトシジミの生態を把握するための調査を行った。以下では、これら調査により把握した生息分布、生態を踏まえてヤマトシジミへの影響について考察した。

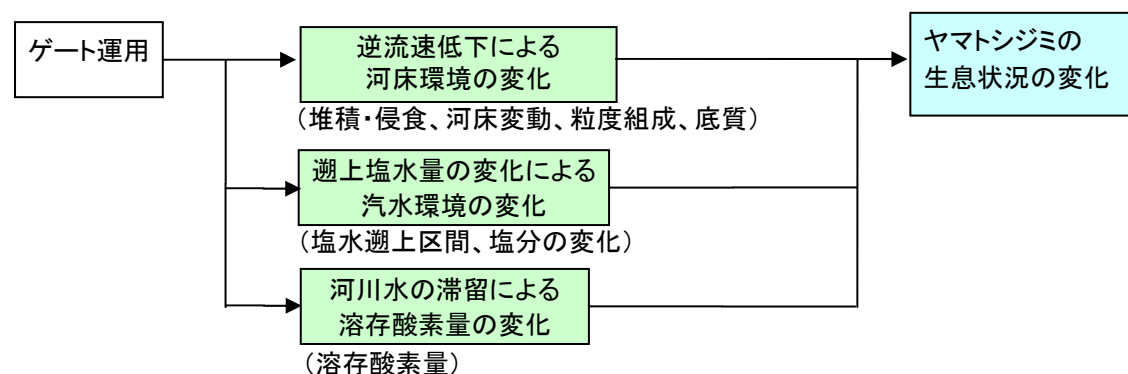


図 6.43 ヤマトシジミに関する影響

(2) ヤマトシジミの生態

1) 生活様式

ヤマトシジミは砂礫質の底質中に埋在して水中の有機懸濁物を餌としている。水温の高い夏季には底質の表層近くにおいて、摂餌、成長、成熟、産卵などの代謝活動を活発に行い、水温の低下する冬季になると殻長の3倍近い深さまで砂礫中を鉛直移動し、ここで低い代謝活性を維持しながら越冬する。そして春季になり水温が上昇すると再び表層に移動する（出典：日本のシジミ漁業 その現状と問題点 中村幹雄 著編 たたら書房）。

2) 生活史

網走湖の湖内に生息するヤマトシジミについては、その生活史が道立水産孵化場道東内水面室等により調査され、知見が蓄積されている。一方、網走川下流河道に生息するヤマトシジミの生活史については、明らかでないことが多い。ここでは、参考として網走湖におけるヤマトシジミの生活史を示す。

（網走湖におけるヤマトシジミの生活史）

ヤマトシジミは7月～9月に放卵・放精があり、浮遊幼生となり、7～10日間程度浮遊した後に着底する。着底時の稚貝は0.2mm程度であり、ほとんど成長せずに越冬し、1年後で0.6～0.8mm程度となる。2歳で2.0～4.0mm、3歳で6.0～9.0mm程度の殻長となる。ヤマトシジミの成長速度は、環境に大きく依存しており、網走湖では成長が極めて遅いことが特徴であるとされている（例えば穴道湖の一例では1年で5mmに成長する）。

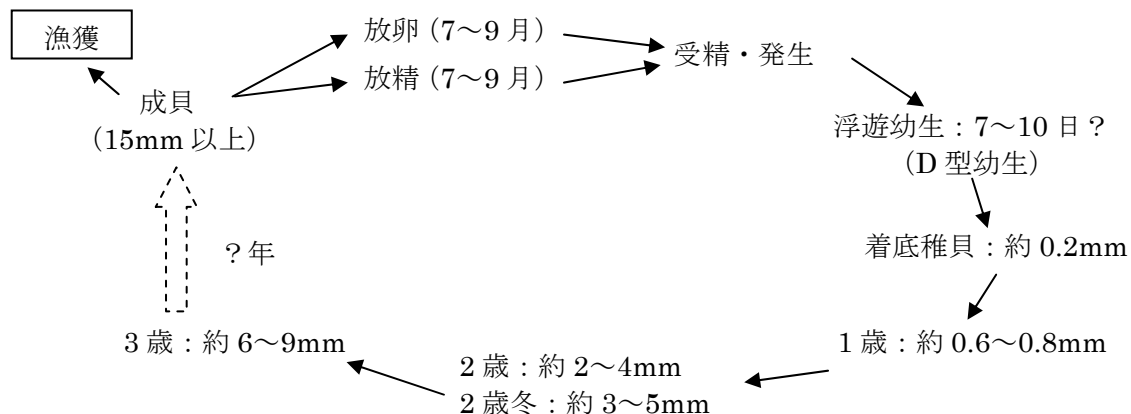


図 6.44 網走湖におけるヤマトシジミの生活史

（出典：平成15年度 第15回網走湖水産研究会資料、2003年網走湖ヤマトシジミ資源量調査結果について、北海道立網走水産試験場ほか、2004）

(3) 下流河川のヤマトシジミ生息分布状況

網走川下流部については、北海道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 20 年～平成 21 年に ST. 6～7 で 1m^2 当たりおよそ 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く、実験施設の影響を検討するうえでは留意する必要がある。

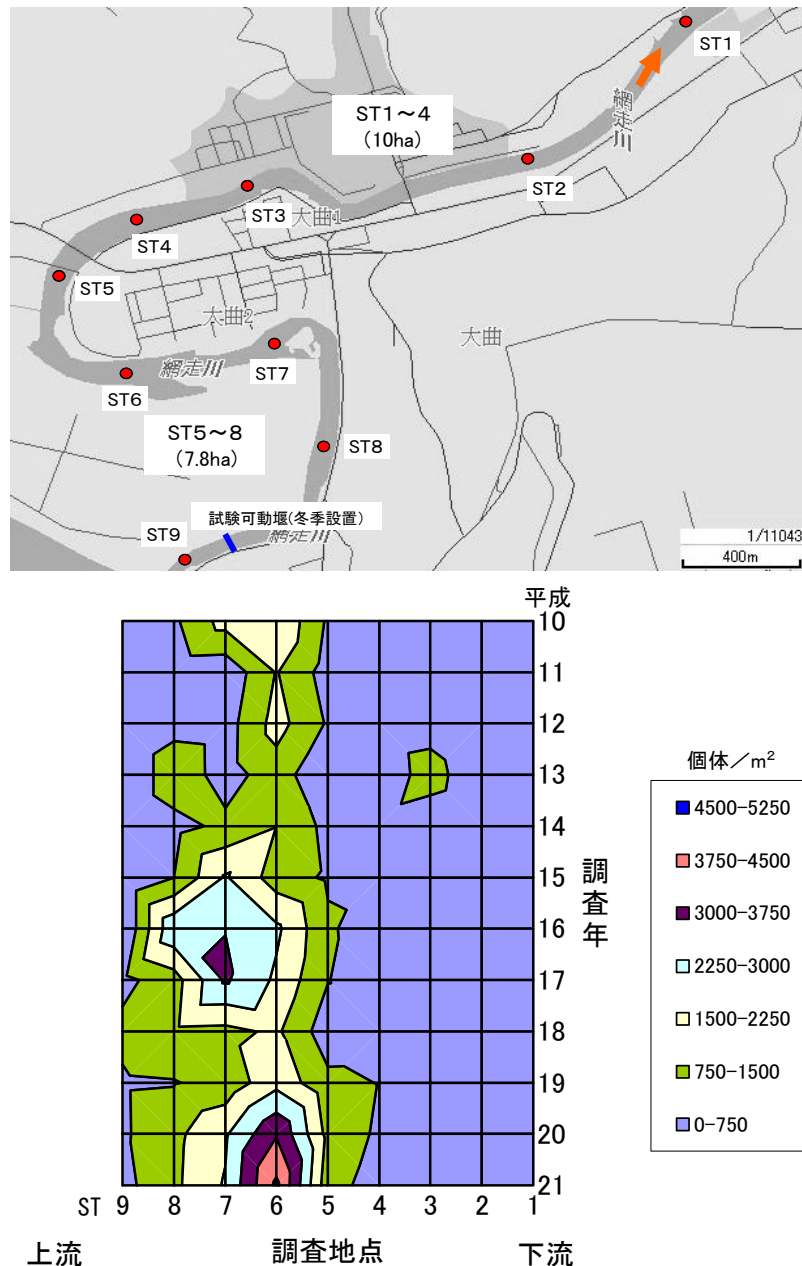


図 6.45 ヤマトシジミ生息分布状況の推移

出典: 網走川ヤマトシジミの分布状況調査について 網走地区水産技術普及指導所東部支所資料(平成 20 年)を一部改訂 (網走地区水産技術普及指導所提供資料に基づき平成 20 年, 平成 21 年の個体数を追加)

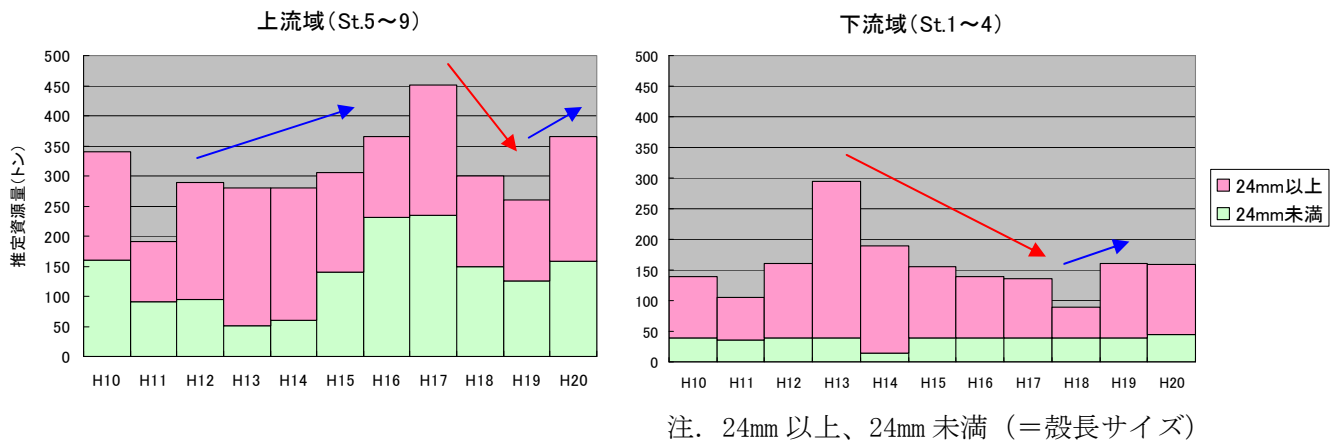


図 6.46 推定資源量の推移

出典: 網走川ヤマトシジミの分布状況調査について 網走地区水産技術普及指導所東部支所資料(平成20年)を一部改訂(網走地区水産技術普及指導所提供資料に基づき平成20年推定資源量を追加)

下流河道におけるヤマトシジミについて5mm以上の個体数の推移を図6.47に示す。初期加入の変動の影響を除くため、1~5mmの若齢貝を除いた。図6.46に示したように実験施設を運用していなくても毎年大きく変動するものであり、KP7.1左岸のように個体数が大きく変動を示す場合もあるが、全体としては、激減するなどの状況にはなく、3ヶ年の実験実施後にも分布域には大きな変化はみられなかった。なお、平成20年11月にKP4.5及びKP3.0の分布が減少しているが、このような現象は実験を開始する平成17年12月にもみられた。

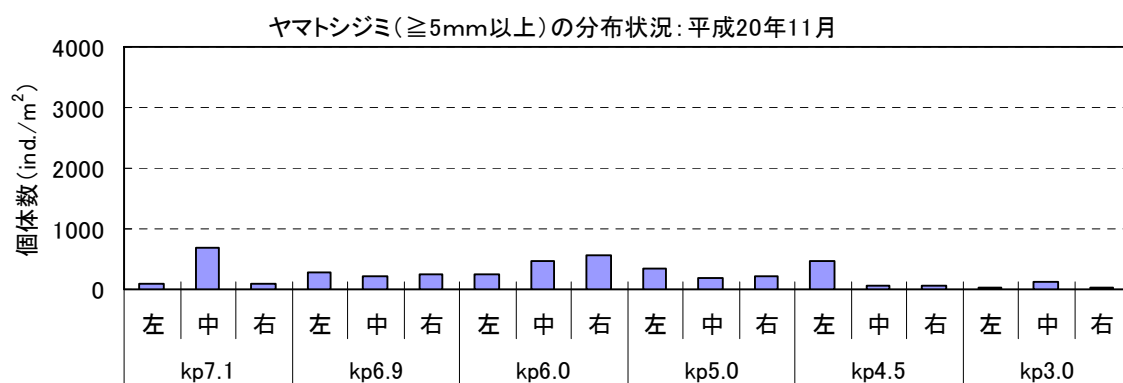
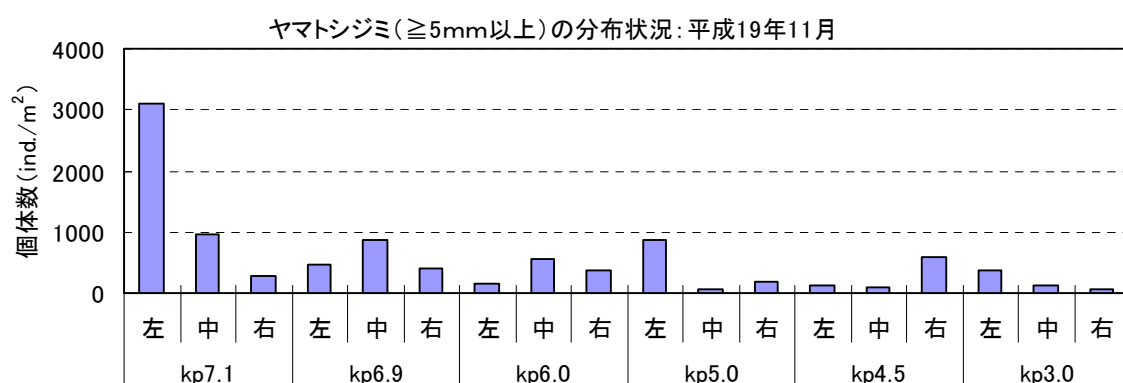
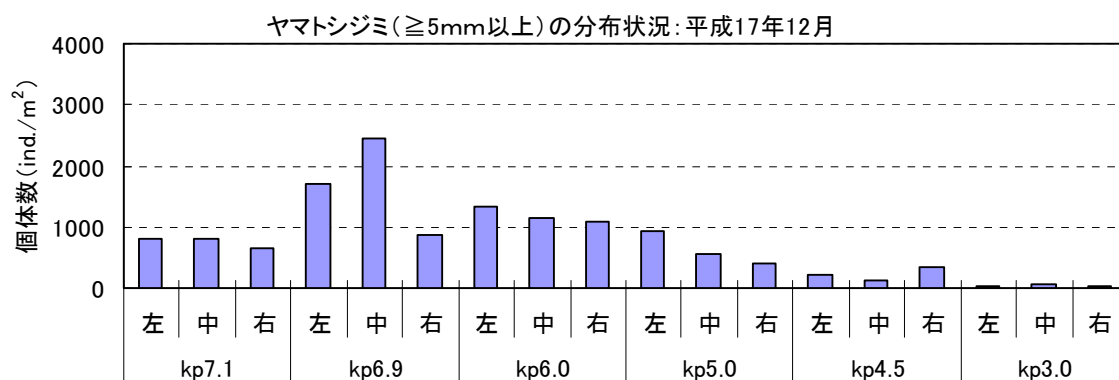


図 6.47 5mm 以上のヤマトシジミの生息分布状況

(4) 下流河道のヤマトシジミの生態

網走川下流河道のヤマトシジミについては、資源量の調査は実施されているものの、稚貝がどのように発生し、どのように成長しているか生態が明らかとなっていないため、平成20年度及び平成21年度の調査において、産卵状況、浮遊幼生の発生状況、浮遊幼生の着底後の成長状況について明らかにするための調査を行った。

1) 下流河道における産卵状況

下流河道及び湖内のヤマトシジミ成貝の軟体部指数により、産卵の有無を確認した。軟体部指数の推移を図6.48、図6.49に示す。

湖内では、平成20年には、調査期間中の7月17日、8月6日に軟体部指数が一定の値を超える割合が大幅に減少しており、同日以前に産卵があったと考えられる。なお、7月17日と8月6日の直前に湖水温が23℃程度まで上昇しており、また、塩分も3PSU程度であったことから産卵に適した環境になったと考えられる。

下流河道では、平成20年には、軟体部指数が一定の値を超える割合は徐々に減少しており、産卵が行われたものと推定されるが、湖内に比べて軟体部指数の変化は小さい。河道内の塩分・水温は、潮汐の影響で1日で大きく変化するため産卵にも影響があったと考えられる。

湖内では、平成21年には、軟体部指数が一定の値を超える割合は7月13日を最大として漸減傾向にあるものの、10月まで高い比率を維持していることから、産卵は多くなかったと推定される。7月下旬の降雨により湖水の塩分が2.0PSU以下になったことで、水温・塩分ともに産卵に適した環境となった期間が限られたためと考えられる。

下流河道では、平成21年には、軟体部指数が一定の値を超える割合は、調査期間を通じて高く推移しており、産卵はほとんど行われなかったと推定される。下流河道では塩水遡上時に塩分は上昇するものの同時に水温は低下するため、産卵には不安定な環境とみられ、産卵には順流時に湖からもたらされる水の水温・塩分が条件を満たすことが重要と考えられる。平成21年は湖水の水温・塩分が低かったことから、下流河道における産卵はかなり抑制されていたとみられる。

このように、水温、塩分の条件が異なる産卵が多い年、少ない年の両方の調査結果を得た。

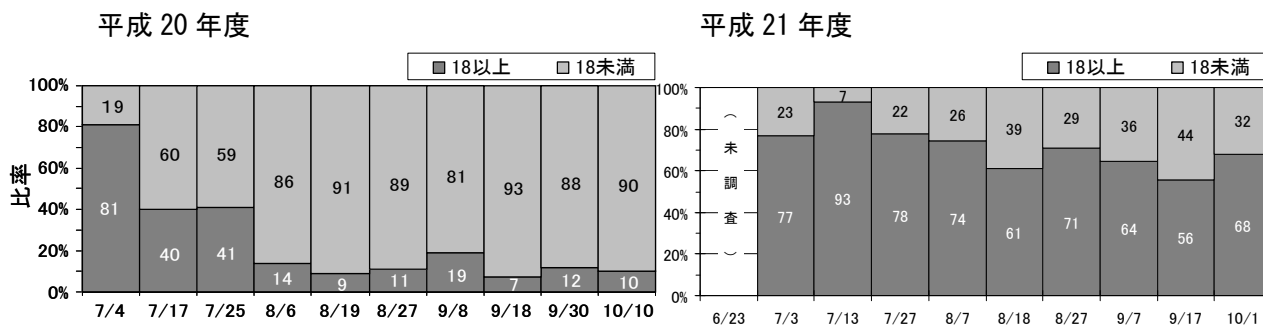


図 6.48 軟体部指数の推移（湖内）

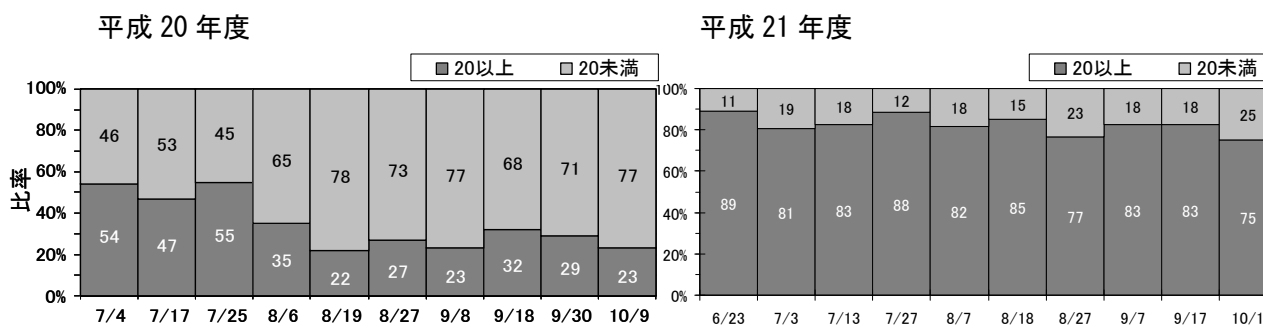


図 6.49 軟体部指数の推移（下流河道）

注 1) 軟体部指数とは、ヤマトシジミの全体重量に対する軟体部の重量の比率であり、産卵・放精により軟体部の重量が減少することにより、産卵の有無を判断する指標となる。

注 2) 図中の値（湖内 18 以上・18 未満、下流河道 20 以上・20 未満）は、平成 20 年の調査における湖内、下流河道それぞれの軟体部指数の度数分布図の推移をもとに、ヤマトシジミの浮遊幼生が出現する前の 7 月 4 日と出現終期の 10 月 9 日（河道内）、10 日（湖内）の度数分布図の境界値を設定した値である。

なおこの値は、産卵前後の個体が混在する産卵期（7 月～9 月）の軟体部指数の平均値と概ね一致する。

平成 21 年は、産卵が進まなかったことから浮遊幼生の出現前後で軟体部指数の度数分布に明確な差が現れず、境界値の設定が出来なかったことから、同じ境界値（湖内 18 以上・18 未満、下流河道 20 以上・20 未満）を用いた。

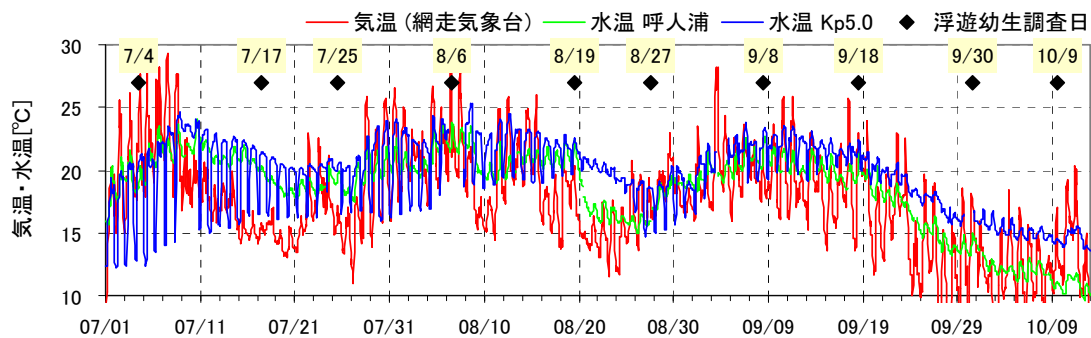


図 6.50 調査期間の下流河道・湖内の水温の推移（平成 20 年度）

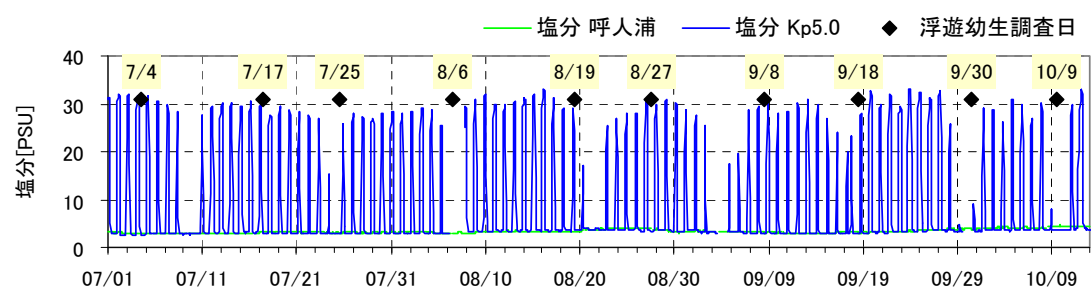


図 6.51 調査期間の下流河道・湖内の塩分の推移（平成 20 年度）

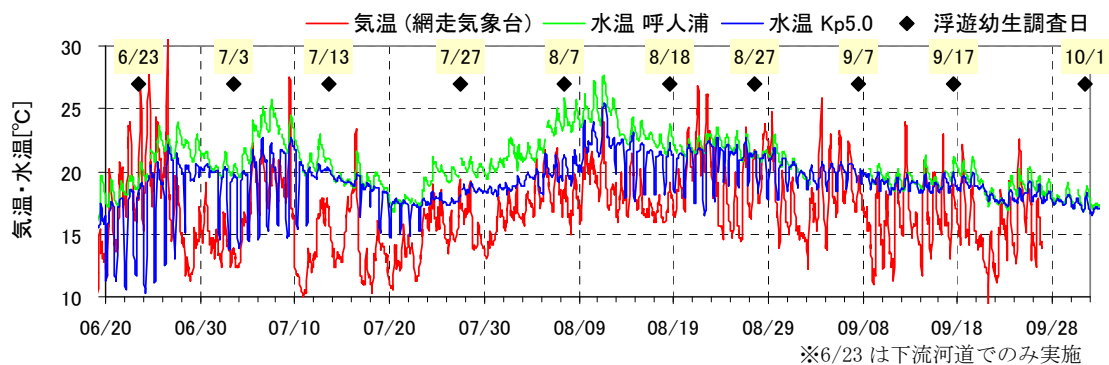


図 6.52 調査期間の下流河道・湖内の水温の推移（平成 21 年度）

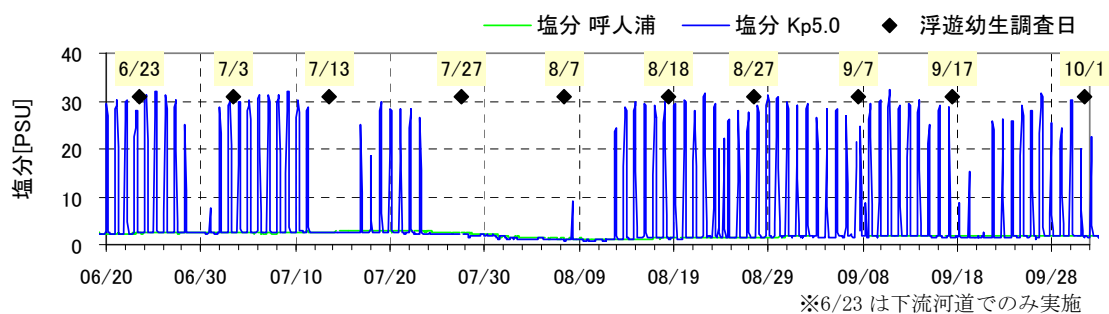


図 6.53 調査期間の下流河道・湖内の塩分の推移（平成 21 年度）

また、軟体部指数による産卵状況の確認と併せて、参考として、生殖巣の卵の顕鏡確認を行い、卵の熟度の進行状況を整理した（表 6.2）。

平成 20 年では湖内と下流河道の双方で産卵は行われており、湖内の方が早期に比較的安定して成熟が進行する傾向が確認された。

平成 21 年は水温・塩分の条件が整わなかったことから産卵が抑制され、顕鏡結果から、成熟卵の大部分が、退行・吸収される様子が確認された。

表 6.2 ヤマトシジミの卵の熟度区分結果

平成 20 年度

	網走川				網走湖		
	KP4.0	KP5.0	KP6.0	KP7.0	L-3	L-4	L-5
7/4	①	②	①	②	①	②	②
7/17	②	②	②	②	②	③	①
7/25	③	①	②	③	②	③	③
8/6	②	②	③	③	③	④	④
8/19	②	②	②	③	③	③	④
8/27	②	③	②	②	④	③	④
9/8	③	②	③	③	③	②	③
9/18	③	⑤	③	⑤	④	④	③
9/30	④	⑤	—	④	④	④	⑤
10/9	⑤	④	④	④	⑤	④	⑤

平成 21 年度

	網走川				網走湖		
	KP4.0	KP5.0	KP6.0	KP7.0	L-3	L-4	L-5
7/3	①	②	①	①	①	①	①
7/13	①	②	②	①	②	②	②
7/27	②	①	②	①	②	①	①
8/7	①	②	①	①	①	①	②
8/18	②	②	①	②	①	②	③
8/27	②	②	③	③	③	③	②
9/7	③	③	④	②	②	③	④
9/17	③	③	⑤	②	②	⑤	⑤
10/1	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤

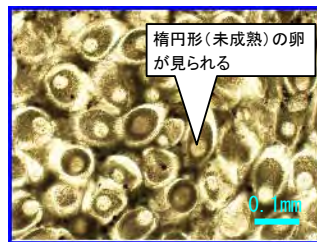
注. — は顕微鏡写真未撮影
— 凡 例 —

- ① : 成熟前期(未成熟卵有り) ③ : 産卵期
② : 成熟後期 ④ : 産卵後期(一部未抱卵)
⑤ : 退行期(吸収された卵有り)

熟度区分の指標

	ステージ	指 標
①	成熟前期(未成熟卵有り)	卵形は球形の他に楕円形のものがみられる
②	成熟後期	卵形は球形のみとなる
③	産卵期	卵と卵の間に空隙がみられる
④	産卵後期(一部未抱卵)	放卵後と考えられる濾胞細胞が多数みられる
⑤	退行期(吸収された卵有)	産卵時期を過ぎても成熟状態のままで、一部の卵が吸収されている

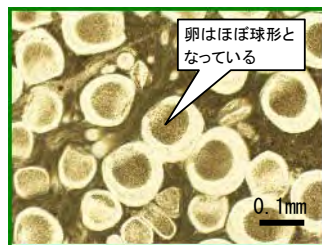
熟度区分の代表写真



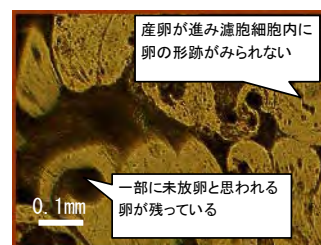
①成熟前期



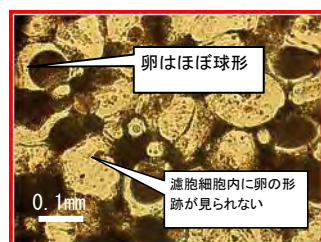
③産卵期



②成熟後期



④産卵後期



⑤退行期(吸収)

※熟度区分は、調査の時期、軟体部指数、写真の状況から総合的に判定

2) 浮遊幼生の発生状況

下流河道及び湖内における浮遊幼生の変動を図 6.54～図 6.57に示す。

平成 20 年には、湖内で 7 月 17 日、8 月 6 日に大量の浮遊幼生が確認された。この結果と、前述の産卵状況調査で軟体部指数が減少した日は合致しており、この時期に産卵があったと考えられる。下流河道においても、浮遊幼生の変動は湖内と同様の変動がみられ、8 月 6 日の浮遊幼生の分布を見ると干潮時に湖口付近で浮遊幼生が多く確認されている(図 6.58)。

前述した産卵状況調査では、下流河道では湖内ほど明瞭な軟体部指数の変化はみられなかったことを踏まえると、下流河道で確認された浮遊幼生は、湖から流下したものが大量に含まれている可能性が高い。

平成 21 年では、湖内で浮遊幼生がほとんど確認されておらず、最も多かった 7 月 13 日の確認数でみても前年の 1/10 以下である。この結果は軟体部指数の推移や水温・塩分の状況から、産卵が抑制されていたという考察と合致している。下流河道においても浮遊幼生は 7 月 13 日を除きほとんど確認されていない。7 月 13 日は小潮期に相当し、流速がほぼ 0 であったことから、湖、下流河道における浮遊幼生の移動傾向などについては、平成 21 年の調査結果からは推定が困難である。

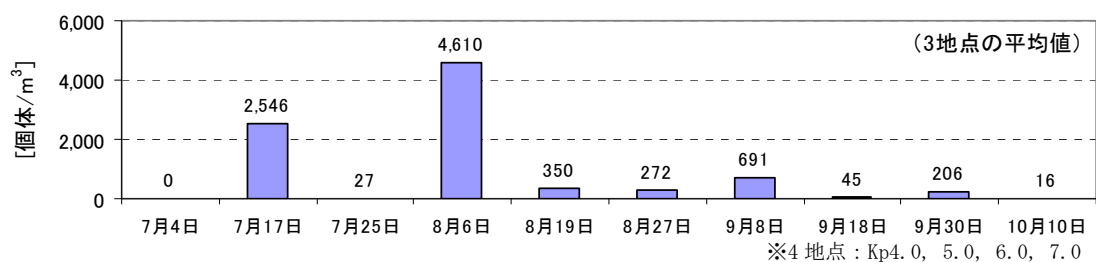


図 6.54 浮遊幼生の確認数（湖内）（平成 20 年度）

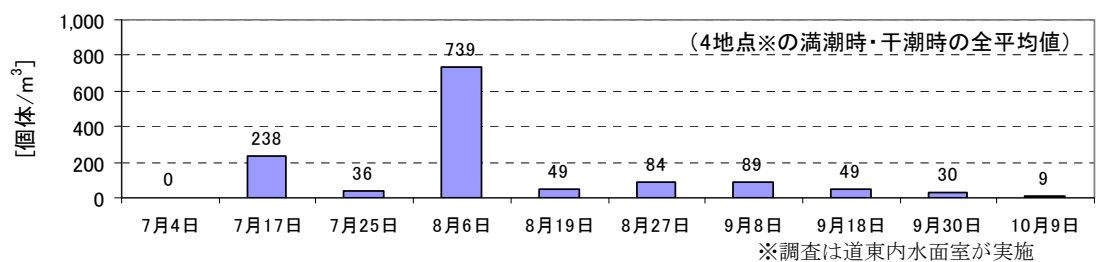


図 6.55 浮遊幼生の確認数（下流河道）（平成 20 年度）

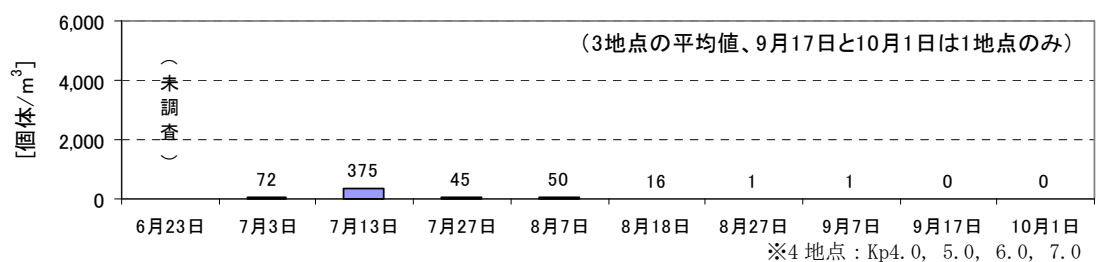


図 6.56 浮遊幼生の確認数（湖内）（平成 21 年度）

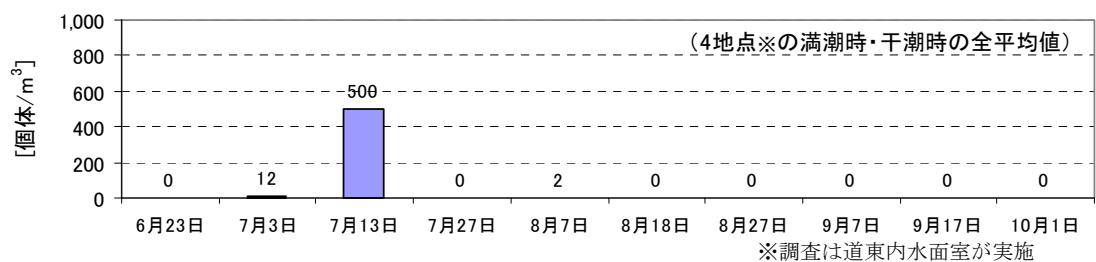


図 6.57 浮遊幼生の確認数（下流河道）（平成 21 年度）

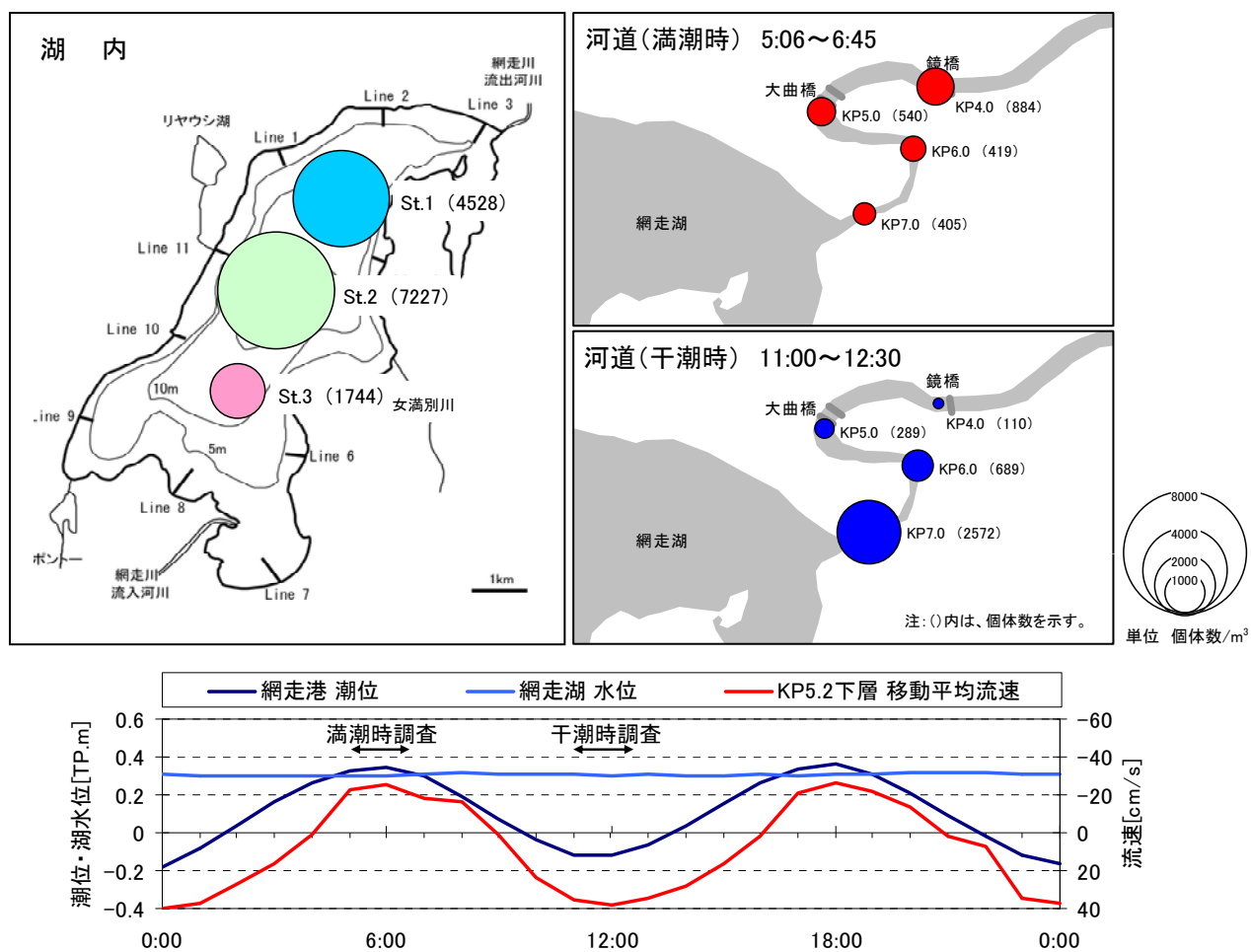


図 6.58 浮遊幼生の確認数（平成 20 年 8 月 6 日）

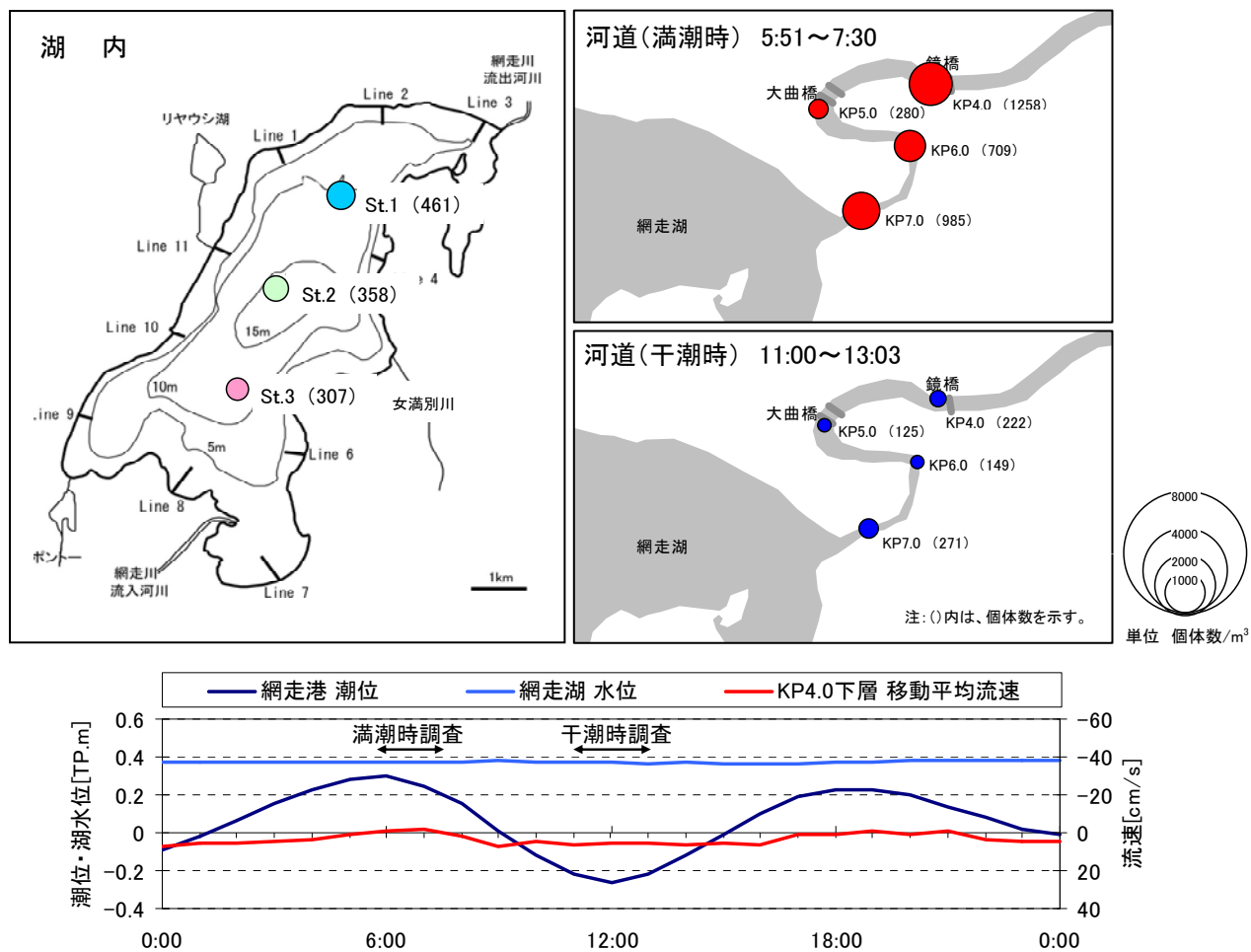
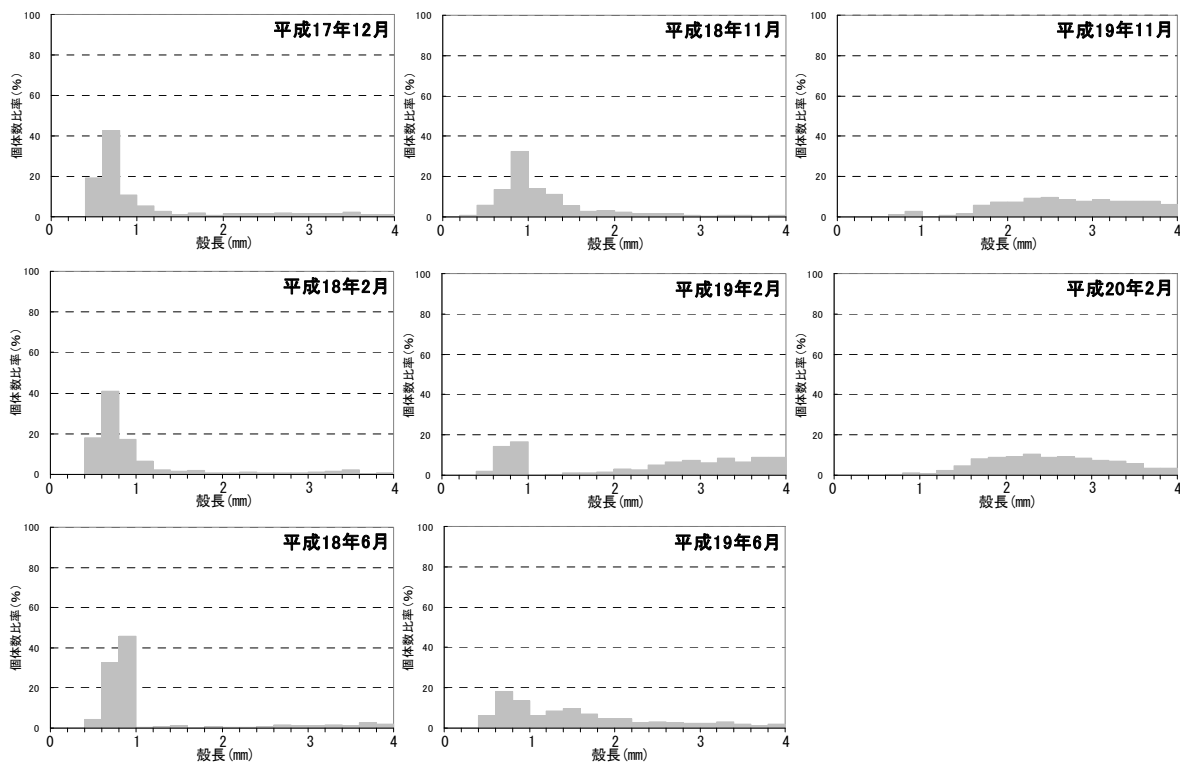


図 6.59 浮遊幼生の確認数（平成 21 年 7 月 13 日）

3) 浮遊幼生の着底後の成長状況

下流河道におけるヤマトシジミの主な生息域であるKP4.5～KP6.9における殻長組成調査結果（図 6.60）から、平成 17 年 12 月～平成 19 年 6 月においては、殻長 0.4～0.8mm にピークがみられ、順調に新規加入していると考えられる。

平成 19 年 11 月、平成 20 年 2 月は小殻長のピークが確認されていない。これは、平成 19 年は湖内塩水層の塩分が低く、ヤマトシジミの産卵が行われなかったことから、下流河道においても新規加入が少なかったものと考えられる。



網走湖内における年齢別殻長

着底稚貝	約0.2mm
1歳	0.6～0.8mm
2歳	2.0～4.0mm

出典：平成 15 年度 第 15 回網走湖水産研究会資料、2003 年網走湖ヤマトシジミ資源量調査結果について、北海道立網走水産試験場ほか、2004

図 6.60 殻長分布 (KP4.5、KP5.0、KP6.0、KP6.9 中央の合計)

網走川下流部におけるヤマトシジミの成長過程について既往の知見がなく、平成 19 年度までのピークとしてみられた 0.4～0.8mm の稚貝の年齢も判明していないため、平成 20 年 6 月～11 月の毎月及び翌 2 月に殻長組成調査を行い、着底後の成長状況を把握した。

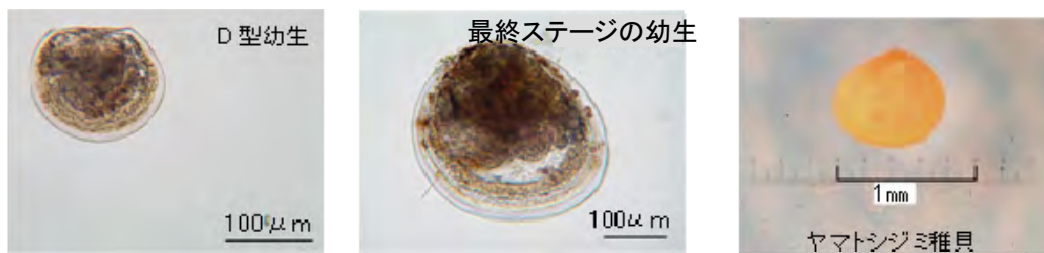


図 6.61 ヤマトシジミの浮遊幼生 (D 型幼生)、稚貝

平成 19 年度はヤマトシジミはほとんど産卵しなかったことから、平成 20 年 7 月 25 日までの時点では 1mm 以下の稚貝は確認されていなかった。平成 20 年度は 7 月 17 日及び 8 月 6 日に浮遊幼生が確認され、8 月 28 日以降 0.6～0.8mm 程度を殻長のピークとする稚貝が確認された。

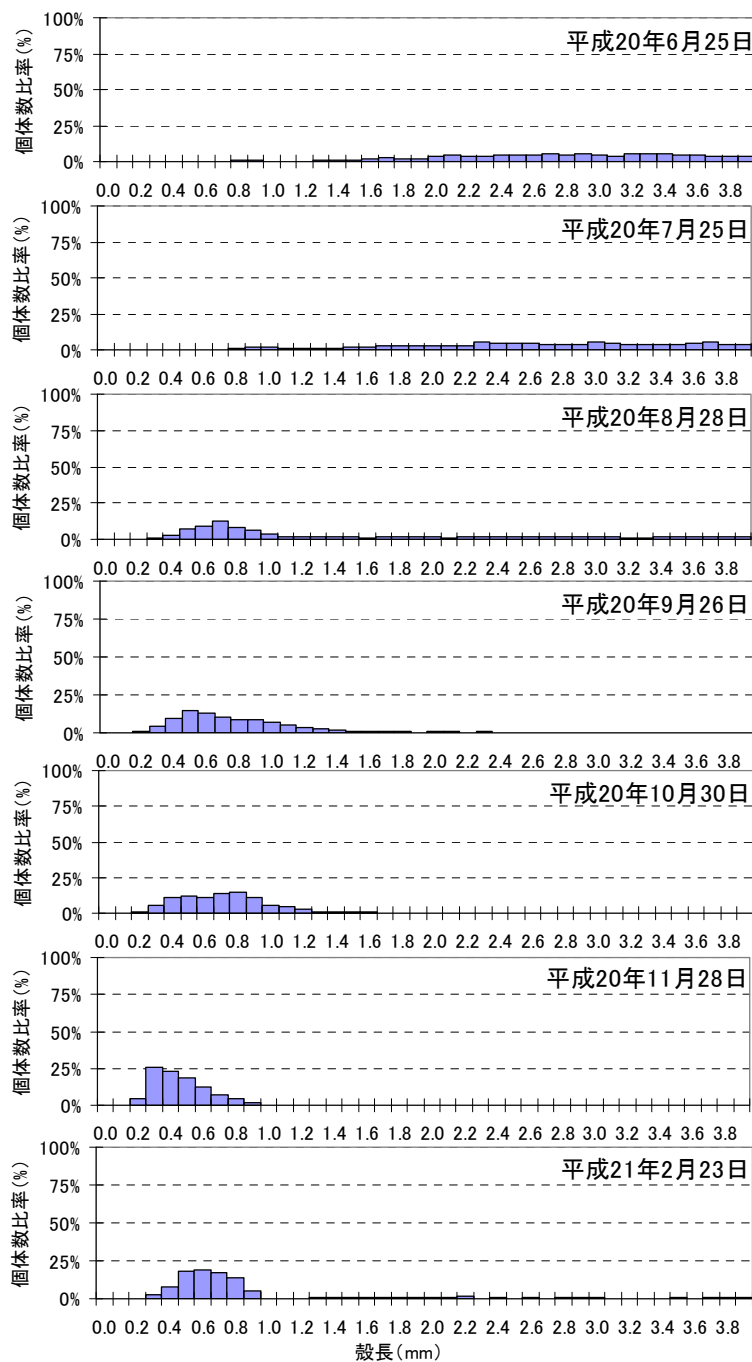


図 6.62 下流河道におけるヤマトシジミ稚貝の殻長組成の変化（平成 20 年度）
 （KP7. 1, KP6. 9, KP6. 0, KP5. 0, KP4. 5, KP3. 0 の合計）

平成 21 年度はヤマトシジミはほとんど産卵しなかったことから、新規に着底したと考えられる殻長 1mm 以下における個体数比率の増加やピークの形成は 10 月に入っても確認されず、1.0mm 程度を殻長のピークとする稚貝が確認された。11 月半ばには、2.6mm を殻長のピークとする稚貝が確認された。

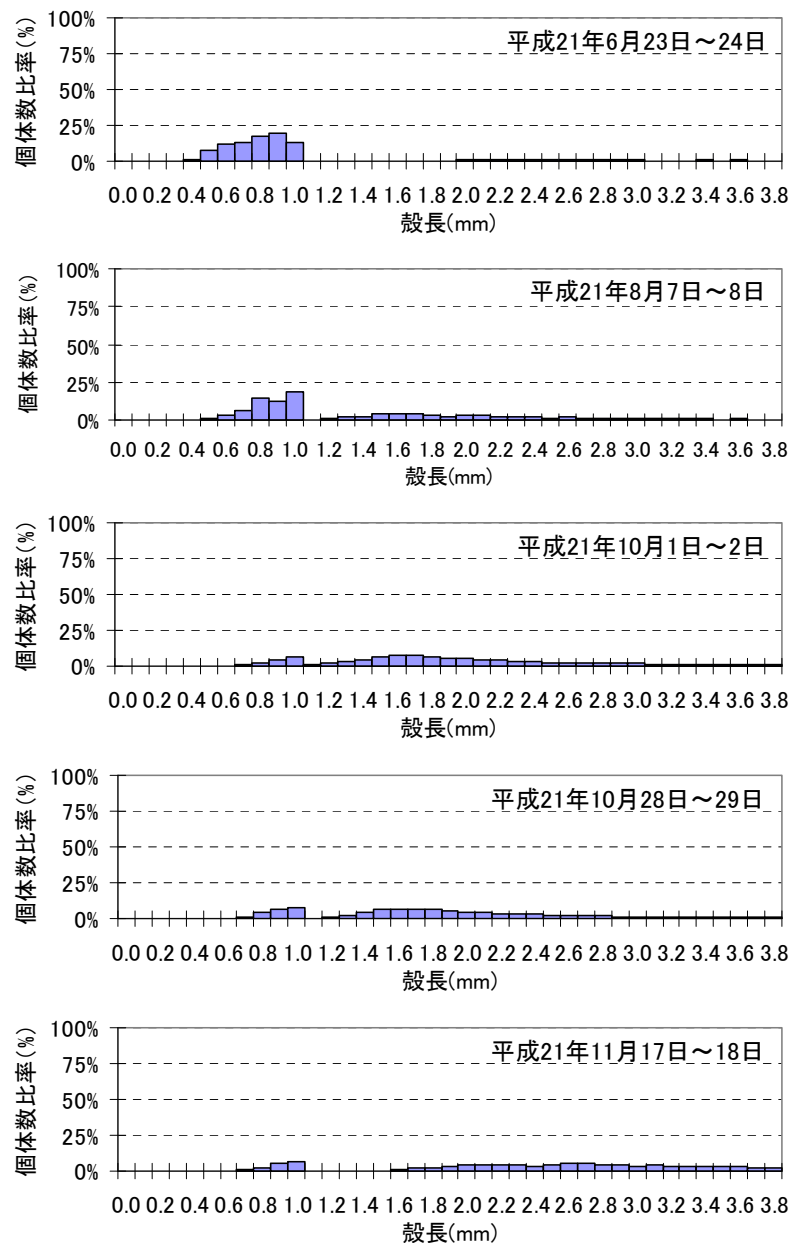


図 6.63 下流河道におけるヤマトシジミ稚貝の殻長組成の変化（平成 21 年度）

(5) ヤマトシジミへの影響

ヤマトシジミは、夏季の産卵によって再生産されており、下流河道は湖から流下した浮遊幼生の供給を受けつつ資源が維持されていると考えられる。

なお、湖内での産卵には淡水層の塩分が関係するが、冬季に生じる塩分の鉛直分布は春の解氷と同時に強風で攪乱され均一となり、冬期間の制御の影響は毎年春に解消されるため、夏季の淡水層の塩分の鉛直分布には影響しない（図 2.12 参照）。

また、蛍光砂による河床材料の移動状況や河床変動の実測値、及び河床材料の粒度組成も実験前後で大きな変化はないことから、浮遊幼生の着底や着底後の環境に大きな影響は無いものと考えられる（図 6.20 参照）。

溶存酸素については顕著な低下はみられていない。

以上より、冬季のゲートによる塩水遡上抑制が、下流河道のヤマトシジミの生息環境に大きな影響を与えることはないと考えられる。

6.5. 水辺の植生への影響

(1) 生育環境の変化

実験施設による網走川下流の水辺の植生への影響としては、河道の水位の変化による水際環境の変化と汽水環境の変化が影響する可能性が考えられる。

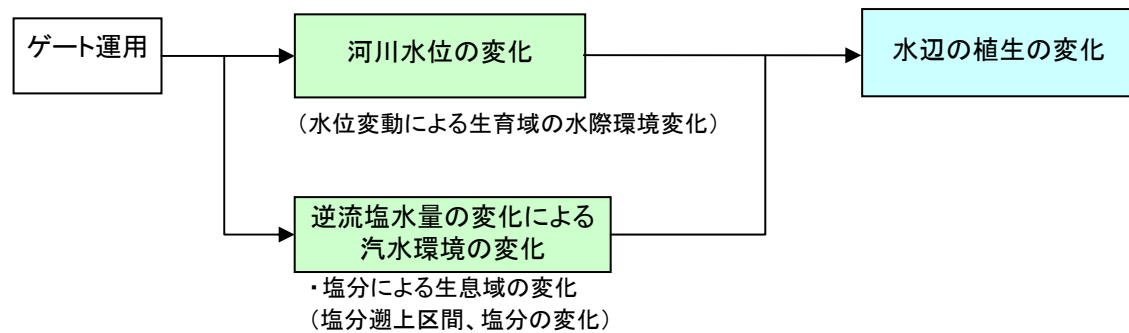


図 6.64 水辺の植生に関する影響

1) 水位の変化

実験施設の運用により下流河道部の水位が約 1km の範囲で変化（図 6.65）して水際環境が変化すると考えられる。

2) 汽水環境の変化

実験施設の運用により下流河道の塩分について、ゲート閉鎖時は塩水の遡上が抑制され、大潮時に湖まで到達していた 10PSU の塩水が KP6.0 前後までとなり（図 6.65）、実験施設運用前に比べ、塩分が低くなる状況となる。

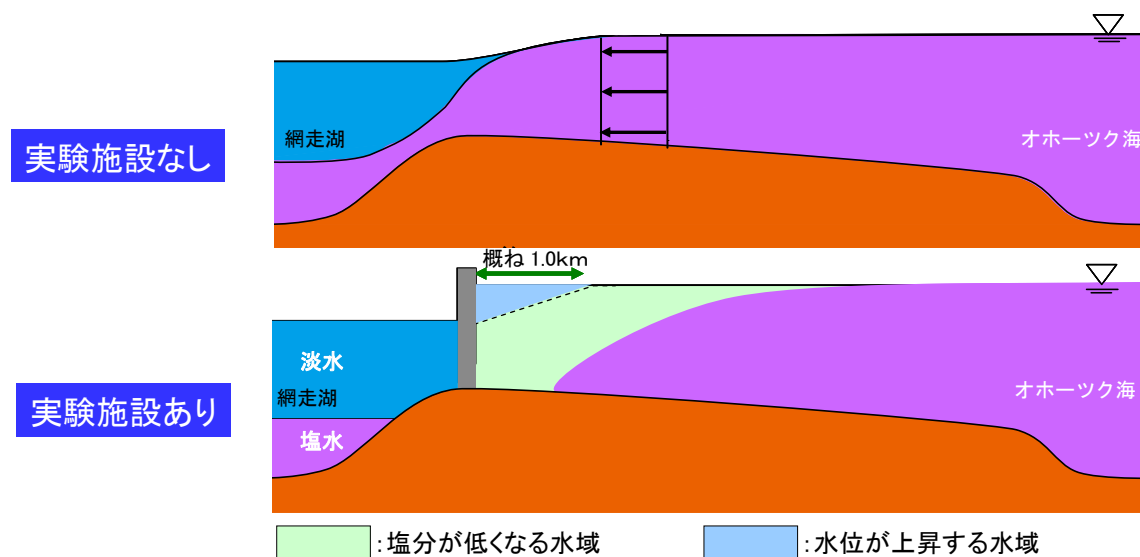


図 6.65 実験施設に伴う水際・汽水環境の変化

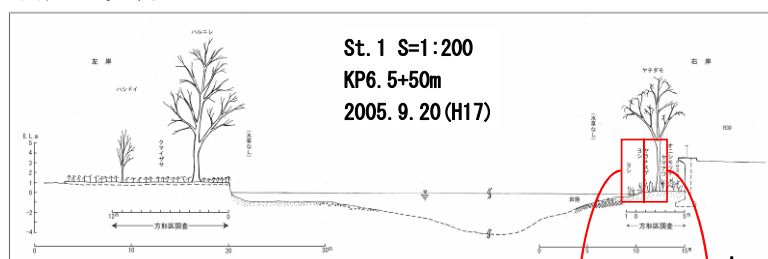
(2) 水辺の植生への影響

前述のように、実験施設の稼働により施設下流約 1.0km の区間 (KP6.0~KP7.0) は、最大 30cm 程度の水位が上昇するため水際環境が変化すると考えられる。また、この区間は塩分の低い河川水により冠水するものと考えられる。

この区間に位置する KP6.5 における 3 ヶ年の植生調査結果を比較すると、平成 18 年 9 月にはオニシモツケ (*Filipendula kamschatica*) 増加とヤラメスゲ (*Carex lyngbyei*) 減少、平成 19 年 9 月には草刈りによるクサヨシ (*Phalaris arundinacea*) の消失がみられるものの、出現種に大きな変化はなく被度に若干の変化が見られる程度であり、概ね自然要因による変動である。

また、水辺に生育する植物は汽水環境でも生育可能な淡水性の種を含むが、実験施設は塩分の影響を小さくする作用があること、水位の上昇による冠水はゲート操作期間の一時的なものであることから植生への影響は小さいものと考えられる。

平成17年9月

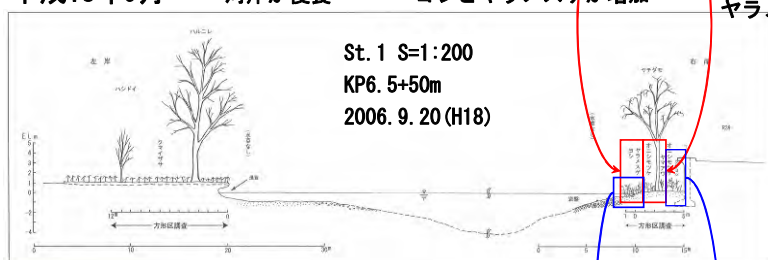


平成18年9月

河岸が侵食

ヨシとヤラメスゲが増加

オニシモツケが増加
ヤラメスゲが減少



平成19年9月

河岸が侵食

クサヨシが消失

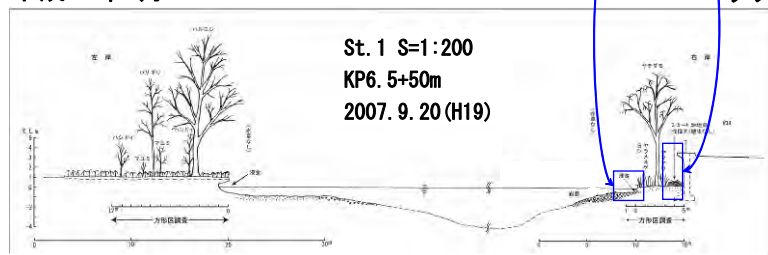


図 6.66 植生断面図の経年比較(エリアIV (KP6.5))

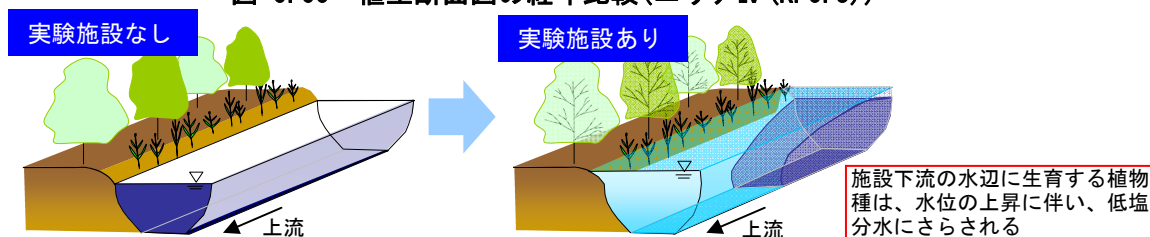


図 6.67 実験施設に伴う水辺の植生への影響

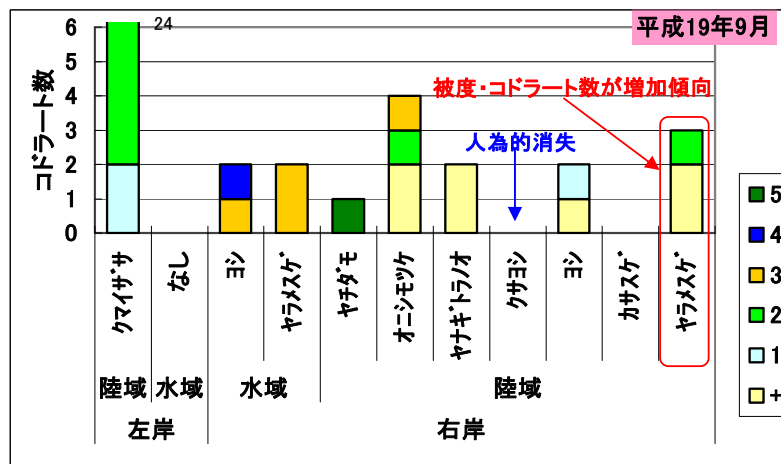
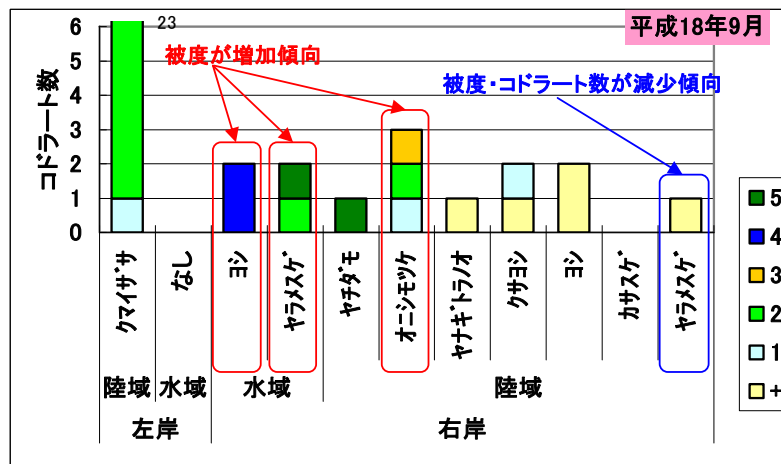
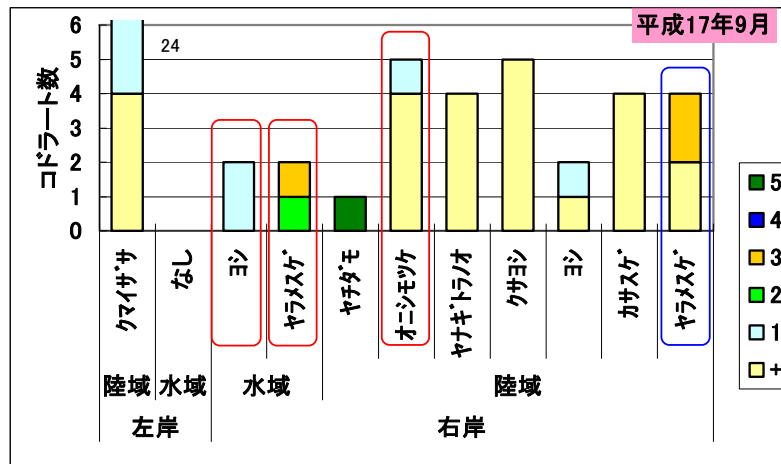


図 6.68 水辺の植物出現種と被度の推移

※ コドラート数とは、面積 50cm×50cm のコドラートをコドラート数の 1 単位として、種類別被度階級別に測線上のコドラート数を集計した値を示す。

※※ 図は全出現種のうち水際や湿地に生育する種を抽出して示した。

※※※ 陸域とは、水際より数 m～10m 程度の植生上湿地性と考えられる箇所を示す。

※※※※ + : 被度少ない 1 : 1/10 以下 2 : 1/10～1/4 3 : 1/4～1/2 4 : 1/2～3/4 5 : 3/4 以上

6.6. 下流河川環境への影響のまとめ

表 6.3 下流河川環境への影響のまとめ (1)

区 分	調査の経緯と結果の概要	実験の影響評価
物理・水質 ・底質環境	塩水遡上制御実験施設の運用による物理・水質・底質環境への影響を検討するため、水位、流速、塩水遡上の形態、溶存酸素量、河床及び底質について実験前後において、モニタリング調査を実施した。 ○水位について ・水位の上昇は施設下流約 1km の区間に限られ、最大で 30 cm 程度。 ○流速 ・逆流速度の低下は、下流部を含めた広い範囲で確認。 ・その影響は、ゲート高が低いほど緩和。 ○塩水遡上の形態 ・ゲートに近づくほど塩水到達頻度が減少。 ○溶存酸素量 ・溶存酸素量の大きな変化はない。 ○河床 ・ゲート付近で若干の浸食、堆積傾向。 ・下流河道の堆積・侵食等は大きな変化ない。 ・河床材量の大きな変化なし。 ・土砂移動は、実験前後で同様な傾向。 ○底質 ・粒度組成、強熱減量等、大きな変化ない。	塩水遡上制御実験施設の運用前後の調査結果から、実験施設による物理・水質・底質環境への影響は、一時的な水位の上昇やゲート付近において若干の河床の浸食、堆積が認められたものの、それ以外の項目については大きな変化はなく、生物の生息環境に影響を与えるような変化はみられない。
底 生 動 物 ・ 付 着 藻 類	塩水遡上制御実験施設の運用による底生動物・付着藻類への環境影響を検討するため、底生動物、付着藻類、について実験前後において、モニタリング調査を実施した。 ○底生動物 ・実験期間中とその前後の調査では、個体数にばらつきがあるものの、構成比に大きな変化なし。 ・平成 18 年洪水を受けて種構成等が変化したが、翌年には回復、平成 20 年度においても同様の種構成。 ○付着藻類 ・大きな変化ない。	塩水遡上制御実験施設の運用前後の調査結果から、実験施設による底生動物、付着藻類への影響は、底生動物で平成 18 年の洪水により種構成が変化したが、翌年には回復し、平成 20 年には種構成が洪水以前と同様となった。それ以外の項目については大きな変化はなかった。

表 6.3 下流河川環境への影響のまとめ (2)

区 分	調査の経緯と結果の概要	実験の影響評価
魚 類	塩水遡上制御実験施設の運用による魚類への環境影響を検討するため、ワカサギについて実験前後において、モニタリング調査を実施した。 ○魚類 ・ワカサギは主に日没から日出にかけての時間帯の流速 30cm/s 程度の弱い順流時に多く遡上していると推定される。 ・逆流時越流方式 (EL+0.2m) で制御を行った場合、ワカサギが十分に遡上すると考えられる。 ・常時部分開放方式 (1/4 開放) で制御を行った場合、流速が速くなりワカサギの遡上は困難と考えられる。 ・常時越流方式 (EL-0.7m) で制御を行った場合、下流とは異なる行動をとるが十分に遡上すると考えられる。	塩水遡上制御実験施設の運用前後の調査結果から、実験施設による魚類への影響は、逆流時越流方式 (EL+0.2m) で制御を行った場合、ワカサギの遡上行動に大きな影響を与えないと考えられる。
ヤマトシジミ	塩水遡上制御実験施設の運用によるヤマトシジミへの環境影響を検討するため、実験前後において、モニタリング調査を実施した。 ○ヤマトシジミ ・網走川におけるヤマトシジミの生息分布状況は、大曲を中心に消長を繰り返し、生息密度の年変動が大きい。 ・産卵状況は湖内では産卵には最低でも水温 22.5℃以上、塩分 2.3PSU 以上が必要である※が、網走川では塩分・水温が潮位の影響により 1 日で大きく変化することから湖内の産卵条件とは異なるものと考えられる。 ・浮遊幼生の発生状況は、湖内と同様の変動がみられ、平成 20 年においては干潮時に湖口付近で浮遊幼生が多く確認。 ・平成 20 年の浮遊幼生発生後に 0.6～0.8mm 程度を殻長のピークとする稚貝を確認した。 ・平成 21 年度はヤマトシジミはほとんど産卵せず、新規に着底したと考えられる殻長 1mm 以下での個体数比率の増加やピークの形成は 10 月に入っても確認されず、2.6mm 程度を殻長のピークとする稚貝が確認された。 ・水温、塩分の状況が異なる 2 カ年の調査により、産卵が多く行われた年とほとんど行われなかった年の状況を把握した。 ・また、下流河道の土砂の移動は、平常時はほとんどなく、湖から土砂とともに稚貝が供給されていないと考えられる。	塩水遡上制御実験施設の運用前後の調査結果から、実験施設によるヤマトシジミへの影響は、逆流時越流方式 (EL+0.2m) で制御を行った場合、ヤマトシジミは湖から流下した浮遊幼生の供給を受けつつ、夏季の産卵によって資源が維持されているため冬季のゲート操作は影響を与えないと考えられる。 また、冬季のゲート操作は、ゲート下流 1km 区間の汽水環境に変化はあるものの、下流河道の河床変動や底質及び溶存酸素量に影響を与えないと推定され、ヤマトシジミの生息環境に大きな影響はないと考えられる。

※ 出典：網走湖の環境とヤマトシジミの生態について、北海道立網走水産試験場資源増殖部 馬場勝寿, 育てる漁業 No295 (社) 北海道栽培漁業振興公社 1997

表 6.3 下流河川環境への影響のまとめ (3)

区 分	調査の経緯と結果の概要	実験の影響評価
水 辺 の 植 生	塩水遡上制御実験施設の運用による水辺植生への環境影響を検討するため、実験期間中において3ヶ年のモニタリング調査を実施した。 ○水辺植生 ・種構成は、人為的なクサヨシの消失以外は大きな変化はない。 ・被度の状況は、若干の変化がみられる程度で、自然の変動の範囲内である。	実験施設は塩分の影響を小さくする作用があること、水位の上昇による冠水はゲート操作期間の一時的なものであることから植生への影響は小さいものと考えられる。

7. 塩淡水境界層※と湖内環境の関係

塩水遡上制御施設は、海域からの塩水侵入をゲート施設で阻止し、湖内の塩淡水境界層上昇を抑制するものであり、塩淡水境界層を低下させることによる青潮・アオコの発生抑制を目的としている。一方で塩淡水境界層を制御することによる汽水環境への影響が懸念される。

7.1. 塩淡水境界層と水質の関係

(1) 塩淡水境界層と淡水層塩分の関係

塩淡水境界層の変動は淡水層の塩分に影響を及ぼし、淡水層の塩分濃度の変化はヤマトシジミなど湖内の生態系に影響を及ぼす可能性がある。

塩淡水境界層が高い場合には淡水層の塩分が上昇し、塩淡水境界層が低下すると淡水層の塩分も低下することが確認される。特に、塩淡水境界層水深が2.5m付近にまで達した平成16年から平成18年の冬季は表層1mを除いて淡水層の塩分が顕著に高くなっている。

なお、表層1mの塩分についてみると、冬季に0近くまで下がる現象がみられるがこれは結氷により長期間風波による攪拌がなくなり、また出水も少なくなることから、流入した淡水が表層付近を流下することによるものと考えられる。

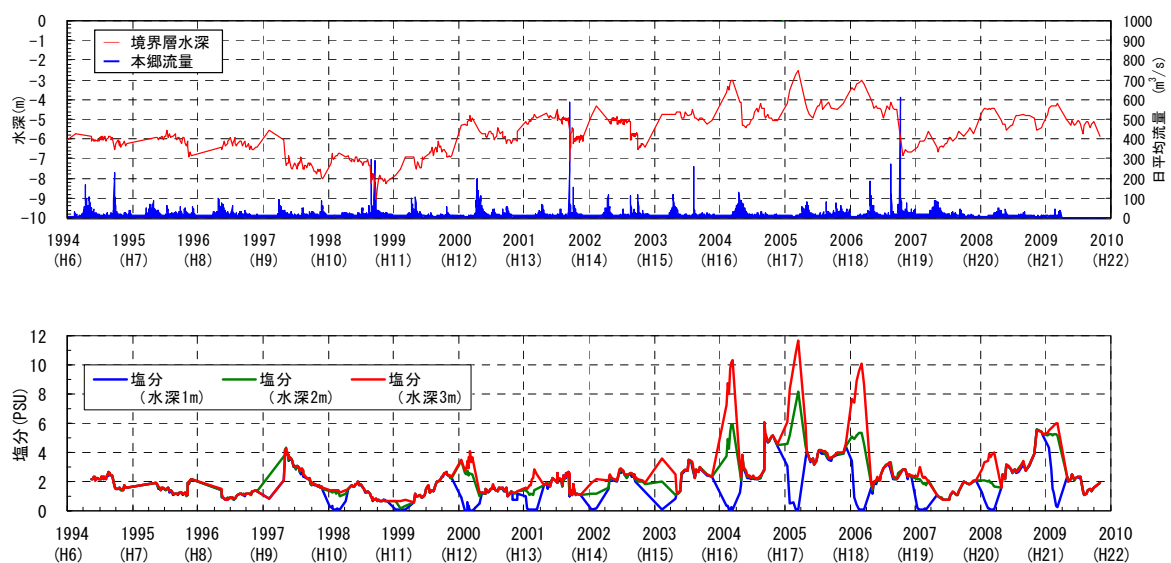


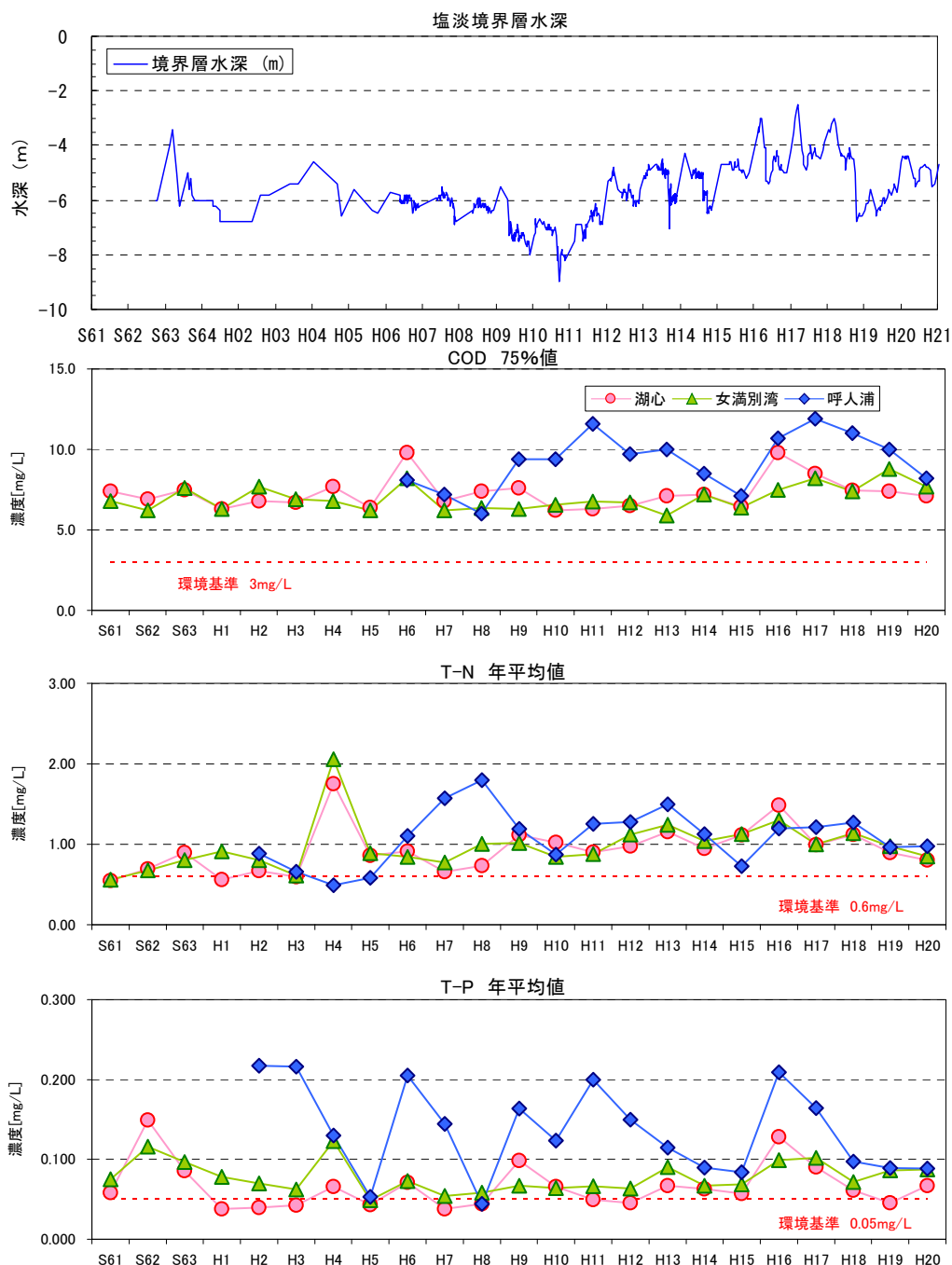
図 7.1 塩淡水境界層水深と淡水層の深度別塩分の推移

※本検討では、塩分が10PSUとなる位置を塩淡水境界層とし、水面からの塩淡水境界層までの距離を「塩淡水境界層水深」とした。

(2) 塩淡水境界層と淡水層水質の関係

塩淡水境界層水深は、平成 11 年頃より上昇傾向を示す。

COD、T-N、T-P は、長期的にみると湖心、女満別湾、呼人浦の 3 地点ともに概ね横ばい傾向にあるが、年による増減もみられ、湖心においては、塩淡水境界層水深が 3～5m 程度まで上昇した平成 16 年、平成 17 年に濃度が高くなっている。



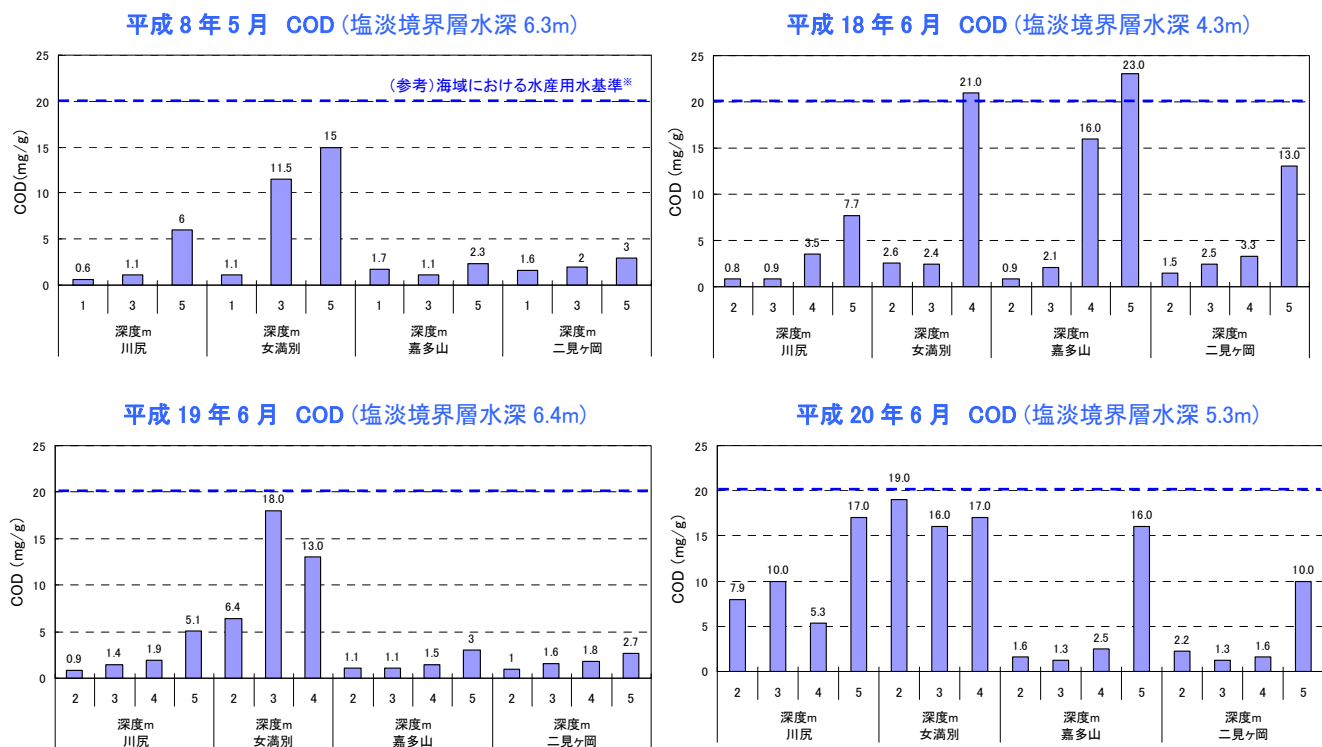
※濃度は暦年平均值（1月から12月）

図 7.2 水質と塩淡水境界層水深の推移〔表層（水面下 0.5m）の値〕

(3) 塩淡水境界層と底質の関係

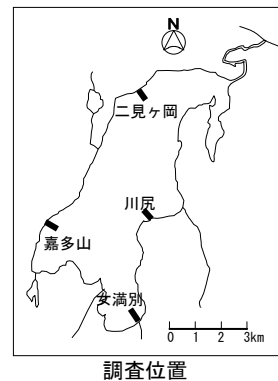
底質 COD は、平成 8 年 5 月では塩淡水境界層水深が 6.3m と比較的深く、閉鎖性水域の女満別湾では高いが、ほかの地点では全体的に低い状況であった。しかし、塩淡水境界層水深が 4.3m に上昇した平成 18 年 6 月では水深の深い場所を中心に高くなっている。平成 19 年 6 月に塩淡水境界層水深が 6.4m まで降下すると、再び閉鎖性水域の女満別湾を除き底質が改善している。さらに平成 20 年 6 月に塩淡水境界層が上昇すると、再び水深が深い場所や閉鎖性水域を中心に底質が悪化する傾向がみられる。

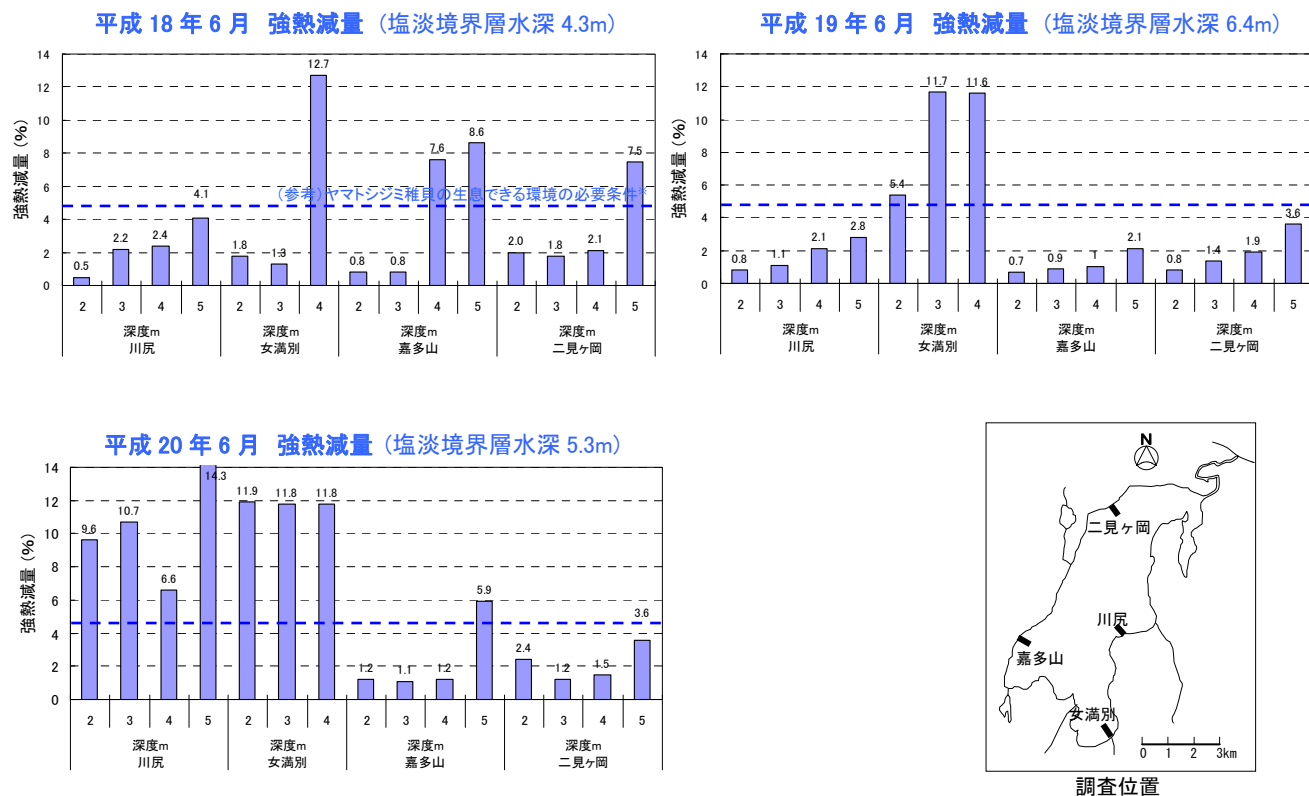
強熱減量、硫化物量についても、COD と同様に塩淡水境界層の上昇に伴い、水深の深い場所や閉鎖性水域を中心に高くなっており、また、塩淡水境界層が低下しても閉鎖性水域では底質が改善しづらい傾向がみられる。



※水産用水基準 (2005 年版), 社団法人日本水産資源保護協会, 平成 18 年 3 月

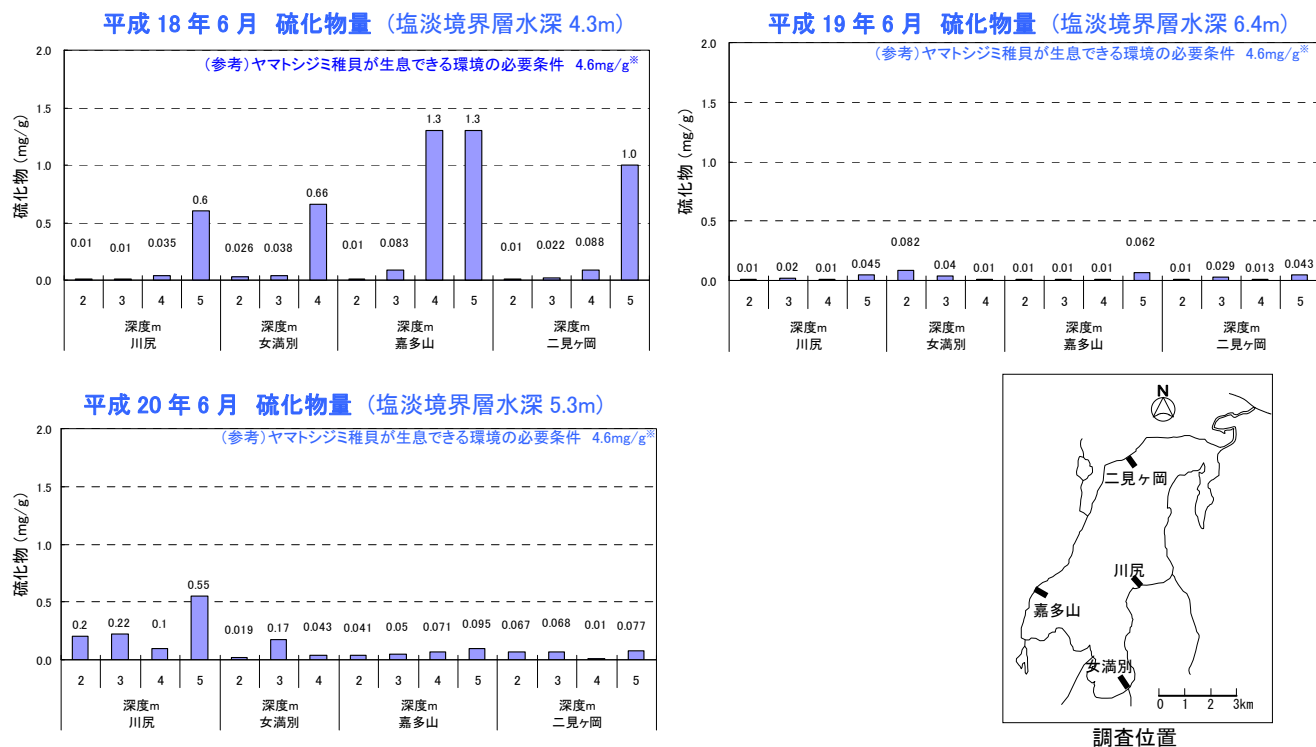
図 7.3 底質の COD





※文献：育てる漁業 網走湖の環境とヤマトシジミの生態について、北海道立網走水産試験場 資源増殖部, 馬場勝寿, 平成 9 年 12 月

図 7.4 底質の強熱減量



※文献：育てる漁業 網走湖の環境とヤマトシジミの生態について、北海道立網走水産試験場 資源増殖部, 馬場勝寿, 平成 9 年 12 月

図 7.5 底質の硫化物量

7.2. 塩淡水境界層と水質障害の関係

塩淡水境界層が上昇すると接触面積が増加し、塩水層から淡水層に供給される栄養塩が増加すること及び淡水層の体積の減少により、淡水層の栄養塩濃度が増加するためアオコが発生しやすくなる。また、塩淡水境界層の上昇は青潮の発生頻度の増大に繋がる。

近年の塩淡水境界層の上昇に伴い、網走湖ではアオコが頻繁に発生するようになり、また、青潮も発生回数が増加する状況となっている。平成18年10月の出水により塩淡水境界層が大幅に低下したため、平成19年はアオコの発生は呼人浦だけに限られ、さらに青潮の発生は確認されなかった。しかし、平成20年には塩淡水境界層が再び上昇し、アオコが広範囲に発生し、青潮も発生した。平成21年も、青潮が発生しており、アオコも広範囲に発生した。

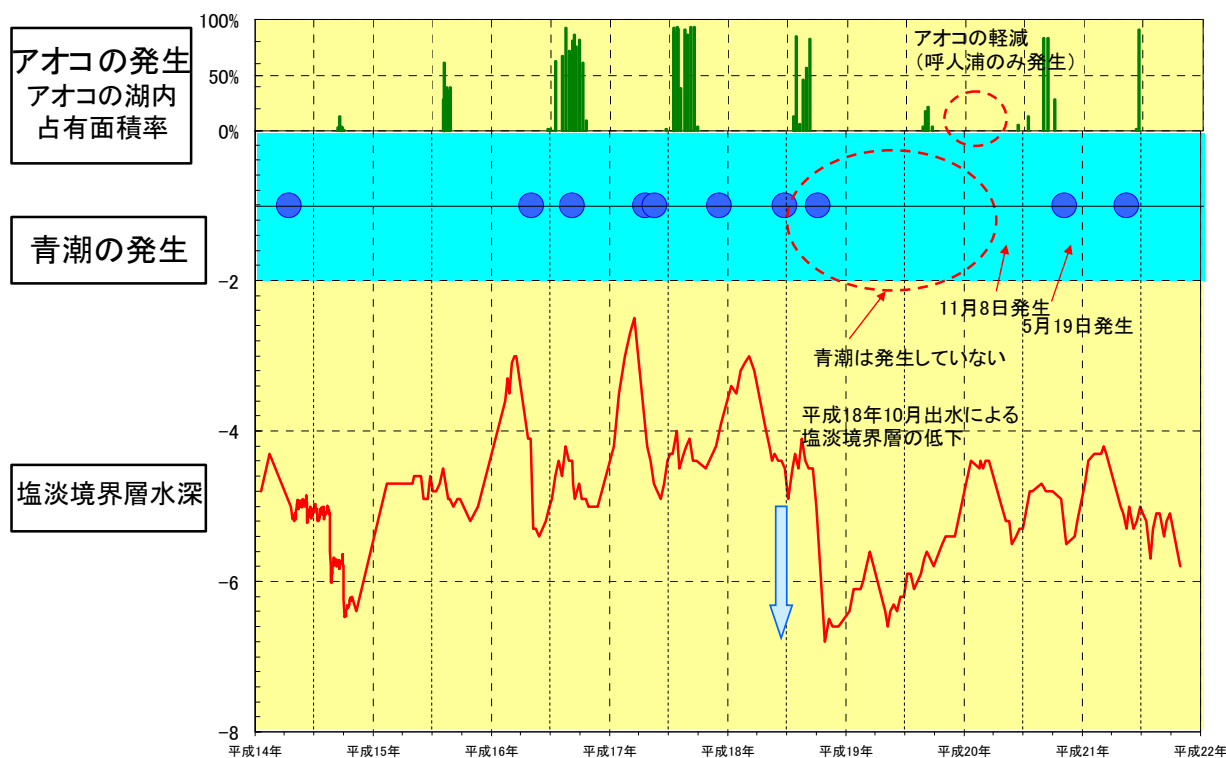


図 7.6 近年の塩淡水境界層の推移と青潮・アオコの発生状況

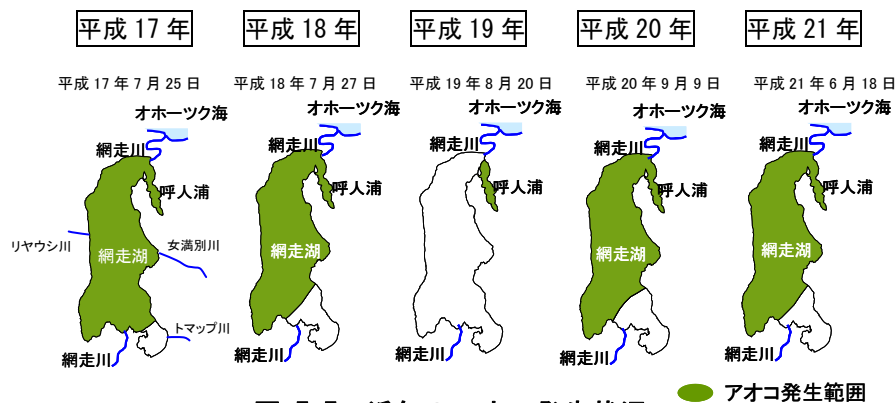


図 7.7 近年のアオコ発生状況

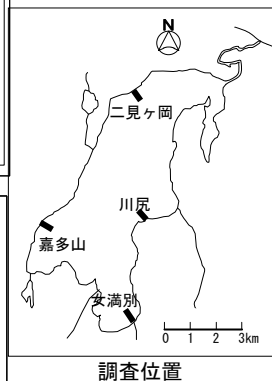
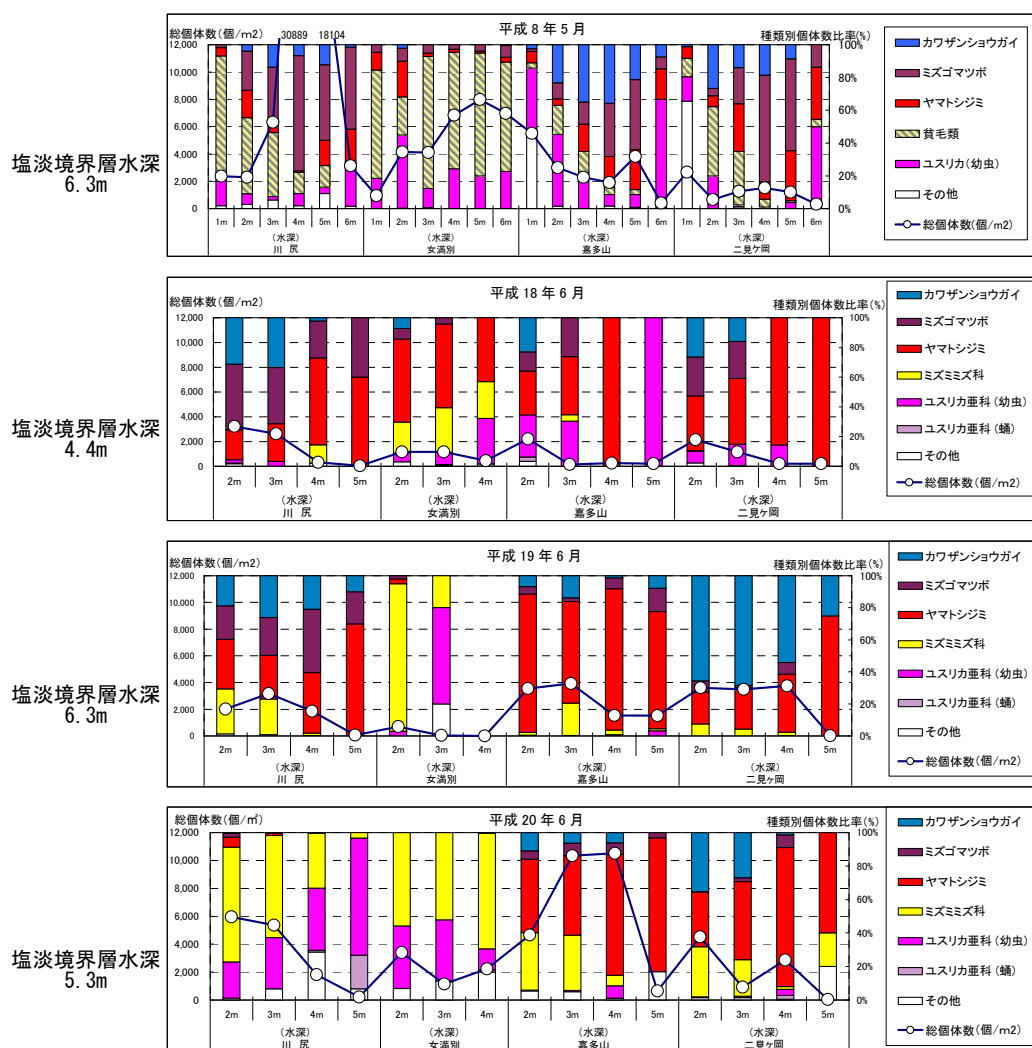
7.3. 塩淡水境界層と底生動物の関係

塩淡水境界層水深が深かった平成8年5月、上昇した平成18年6月、下降した平成19年6月、再び上昇した平成20年6月における、水深別の底生動物調査結果を示す。

塩淡水境界層水深が深かった平成8年5月に比べて、塩淡水境界層が上昇していた平成18年6月では、底生動物の個体数が顕著に少ない。また、特に水深4m、5mなどの深い所では、カワザンショウガイ (*Assiminea lutea japonica*) が生息していないなど、種組成の変化もみられた。

平成18年10月の出水により塩淡水境界層が低下し、前述のとおり、底質は女満別湾を除いて改善されたが、平成19年6月の調査結果をみると底生動物についても個体数の増加が確認できる。また、水深4m、5mにおいてもカワザンショウガイの生息がみられるなど、生物種の生息域の拡大が確認できる。ただし、女満別湾については底質と同様に改善していない。

平成20年6月は、塩淡水境界層水深が再び上昇したため、水深5mの深い箇所では、平成19年6月に確認されたカワザンショウガイは見られないなど、女満別湾以外の場所でも生物相が単純化している箇所がある。



7.4. 塩淡水境界層とヤマトシジミの関係

(1) 湖内水質とヤマトシジミ幼生発生の関係

ヤマトシジミの産卵期は7月～9月であるが、産卵量には水温と塩分が大きく影響し、淡水層の塩分が下がり過ぎるとヤマトシジミの産卵に影響を及ぼす可能性がある(産卵には最低でも水温 22.5℃以上、塩分 2.3PSU 以上が必要であるとされている〔室内試験〕。出典：網走湖の環境とヤマトシジミの生態について、北海道立網走水産試験場資源増殖部 馬場勝寿, 育てる漁業 No295 (社) 北海道栽培漁業振興公社 1997)。

例えば平成 19 年には、水温が十分高くない上、淡水層の塩分が低い状況であり、ヤマトシジミの産卵はほとんどなかった。

なお、湖内での産卵には淡水層の塩分が関係するが、冬季に生じる塩分の鉛直分布は春の解氷と同時に強風で攪乱され均一となり、冬期間の制御の影響は毎年春に解消されるため、夏季の淡水層の塩分の鉛直分布には影響しない(図 2.12 参照)。

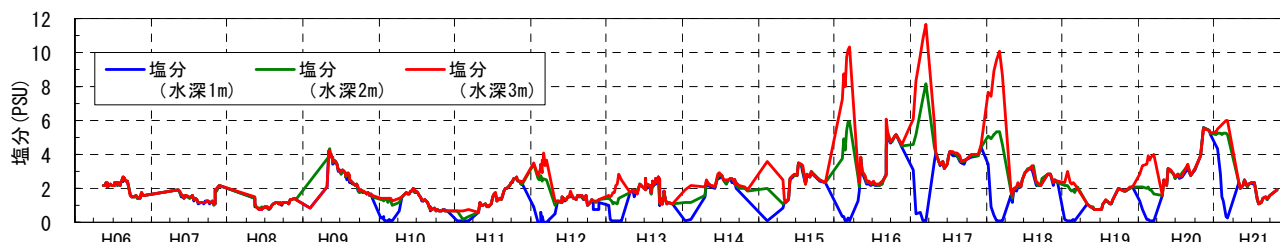


図 7.9 淡水層における水深別塩分の推移

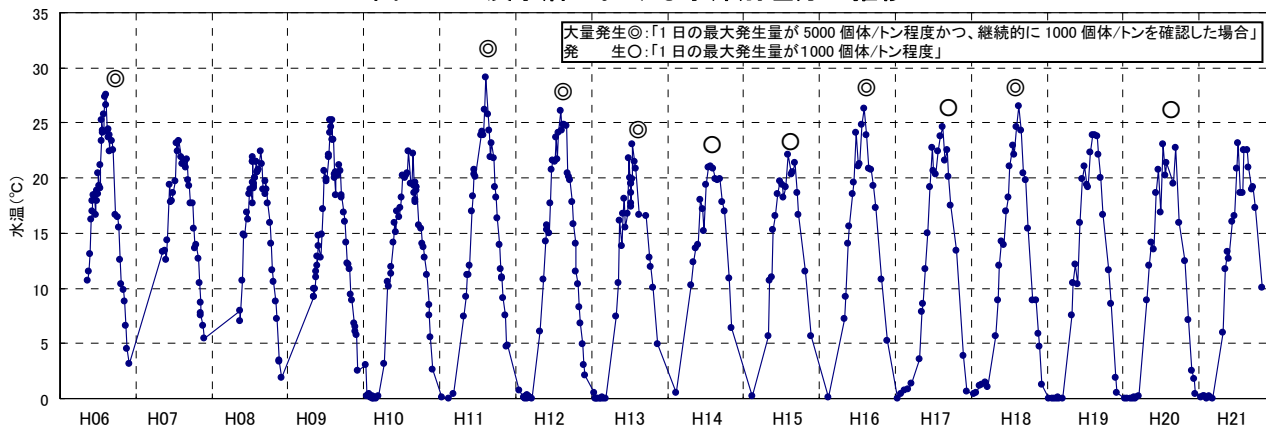


図 7.10 湖心の淡水層における水温の推移

※ヤマトシジミ浮遊幼生発生状況は、北海道立水産孵化場 道東内水面室の調査結果による

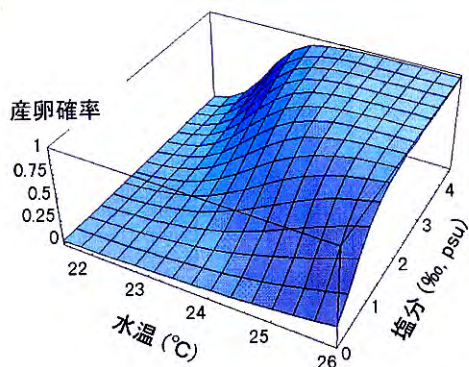


図 7.11 産卵確率と水温、塩分の関係

出典：北水試だより 北海道立水産試験場
第 48 号 2000
(北海道立網走水産試験場資源増殖部
馬場勝寿)

(2) 塩淡水境界層とヤマトシジミ生息域の関係

平成 15 年から平成 19 年の湖内の標高別ヤマトシジミ資源量推定結果をみると、標高-0.5 ～-2.0m は同程度であるが、標高-2.0～-3.0m は半減、漁場外となる標高-3.0～-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。ヤマトシジミは成長が遅いため（殻長 6～9mm となるのに 3 年を要する。出典：平成 15 年度 第 15 回網走湖水産研究会資料、2003 年網走湖ヤマトシジミ資源量調査結果について、北海道立網走水産試験場ほか、2004）、平成 18 年 10 月の出水により塩淡水境界層が大幅に低下したが、その後生息数は回復するまでに至っていない。

一方、2mm 以下のヤマトシジミについて平成 18 年から平成 20 年で水深別の分布状況を調べると平成 18 年の生息域の中心は水深 3m の比較的浅い範囲に限られるのに対し、平成 19 年、平成 20 年は水深 4m のより深い範囲に広がっており、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。塩淡水境界層が低下することにより、ヤマトシジミの生息域の拡大が期待される。

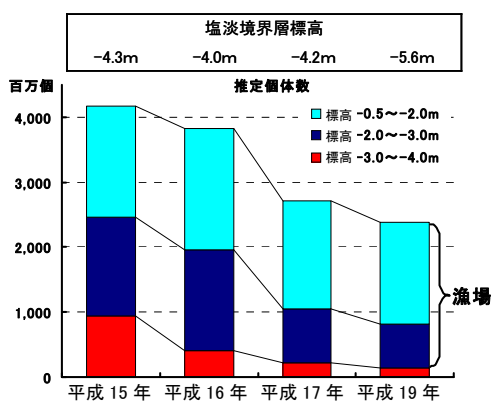


図 7.12 標高別ヤマトシジミ推定個体数の推移 (10mm 以上)

出典：北海道立水産孵化場道東内水面室提供資料、2007 年網走湖ヤマトシジミ調査結果について—資源・産卵・分布状況—、北海道立水産孵化場道東内水面室 田村亮一ほか、2008

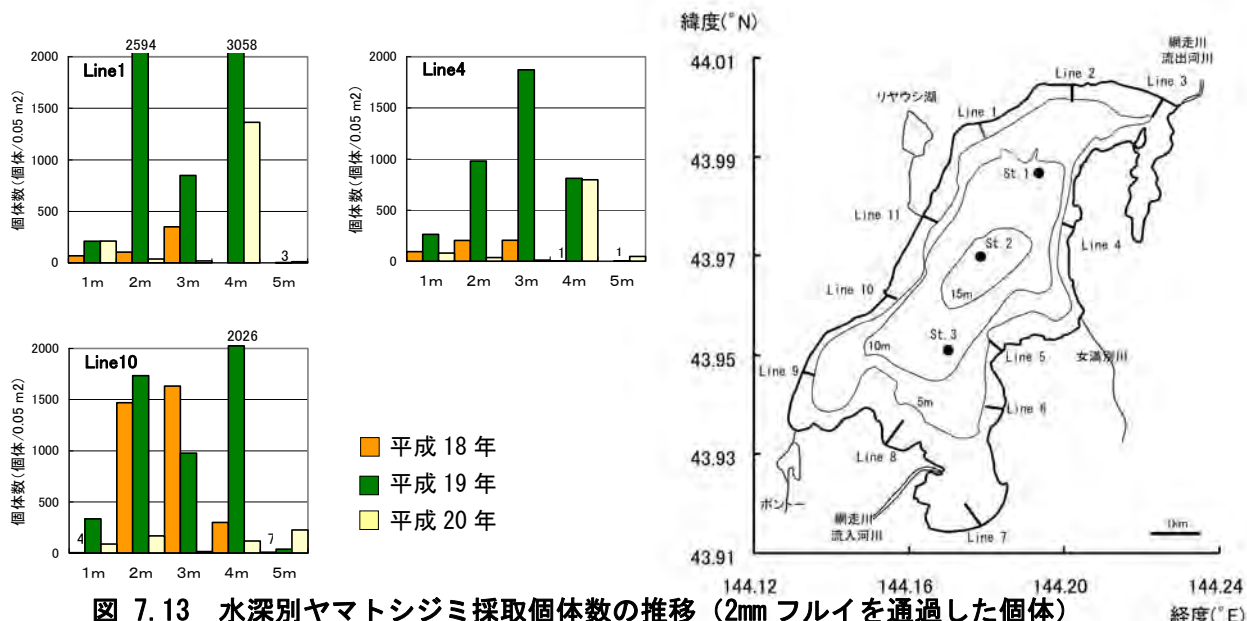


図 7.13 水深別ヤマトシジミ採取個体数の推移 (2mm フルイを通過した個体)

出典：2 北海道立水産孵化場道東内水面室提供資料、2007 年網走湖ヤマトシジミ調査結果について—資源・産卵・分布状況—、北海道立水産孵化場道東内水面室 田村亮一ほか、2008 を一部改訂（北海道立水産孵化場道東内水面室提供資料に基づき平成 20 年の個体数を追加）

7.5. 塩淡境界層と植物プランクトンの関係

植物プランクトンの平均総細胞数は平成 13 年までは 0.5×10^8 細胞/ℓ以下であったが、塩淡境界層の上昇に伴って、年によるばらつきはあるものの細胞数は増加傾向がみられ、平成 14 年には 1.4×10^8 、平成 17 年には 3.9×10^8 細胞/ℓと著しい増加がみられた。また、平成 18 年 10 月の出水により塩淡境界層が低下した後の平成 19 年には細胞数が減少する傾向がみられる（図 7.14）。

網走湖では、平成 10 年頃までは、藍藻類の *Anabaena flos-aquae* が優占しアオコの原因種となっていたが、その後 *Microcystis* 属や *Anabaenopsis arnoldii* などが原因種となった。平成 18 年 10 月の青潮・出水により、塩淡境界層が低下した後は、再び *Anabaena flos-aquae* が優占しており、塩淡境界層水深の変化に伴い植物プランクトンの種構成も変化している。

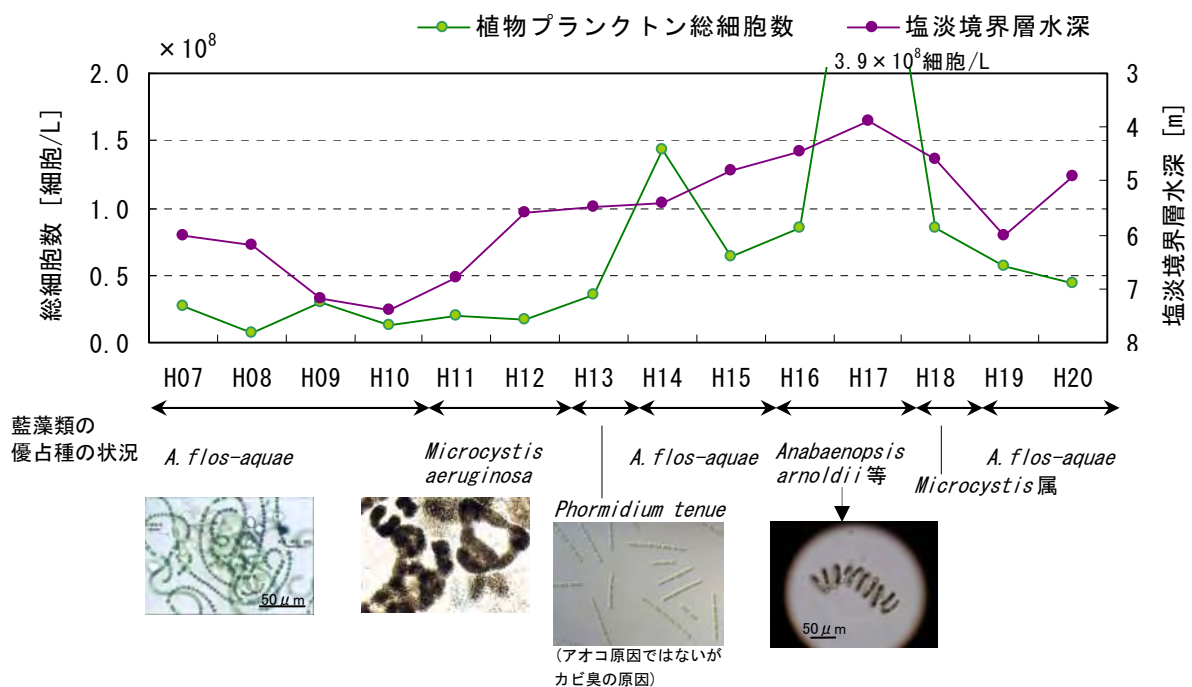


図 7.14 植物プランクトンの平均総細胞数と平均塩淡境界層水深の関係

（総細胞数は、5 月～11 月調査結果※の湖心地点における全層平均値）

※ 平成 7 年～平成 12 年は月 1 回のデータ、平成 13 年以降は 5 月～9 月の旬別データおよび 10 月～11 月の月 1 回のデータの平均値を示す

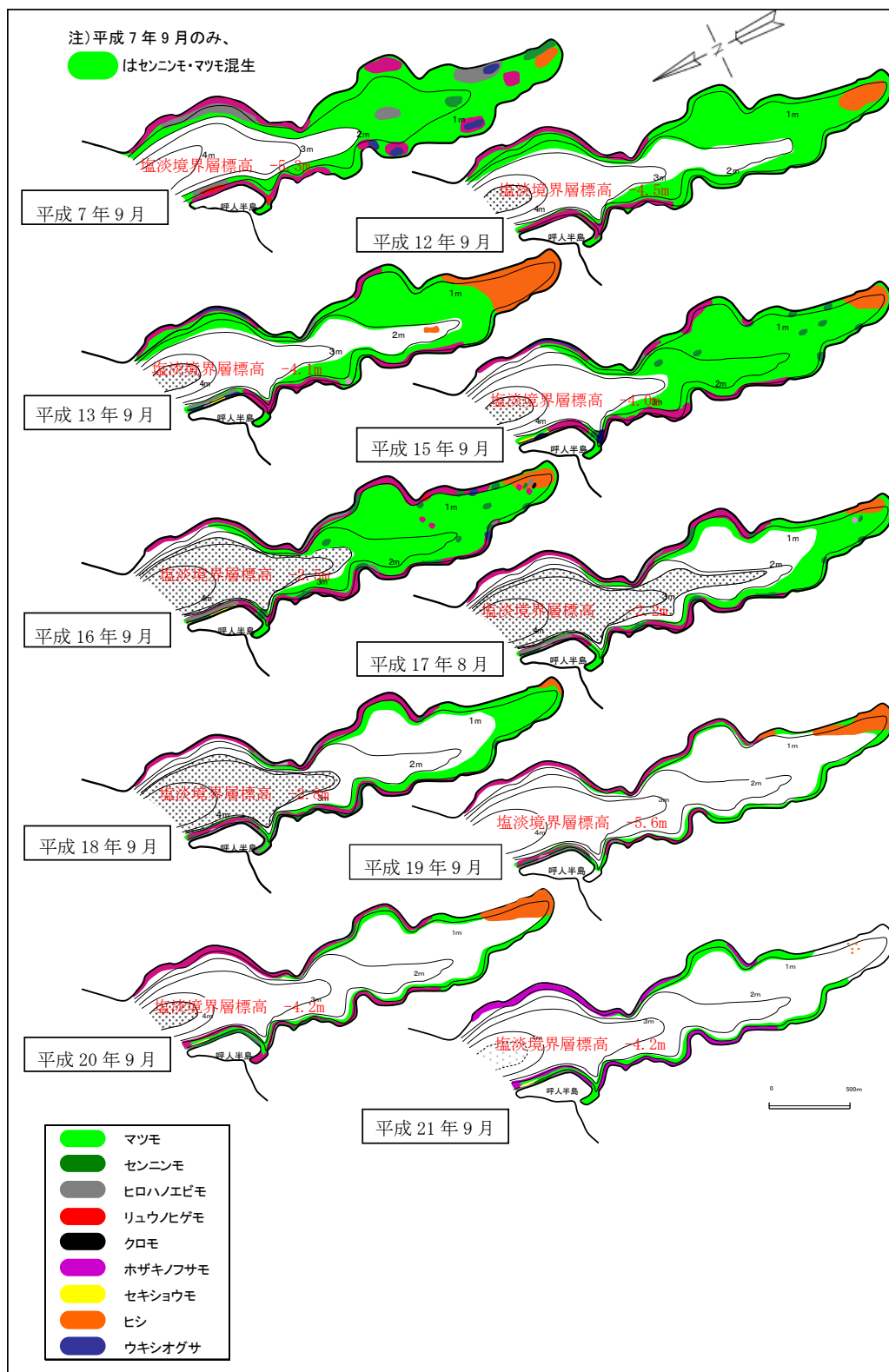
7.6. 塩淡境界層と呼人浦の水草の関係

水生生物の生息環境として重要である水草の分布面積は、浚渫時の刈取りにより平成 12 年に減少したが 3 年後の平成 15 年には減少以前のレベルになっており、回復に 3 年程度を要している。

その後、水草の分布面積は平成 15 年をピークとして減少傾向に転じ、特に平成 16 年～平成 17 年にかけて塩淡境界層水深の上昇に伴う呼人浦への塩水の流入によって減少した。平成 18 年 10 月出水により塩淡境界層が低下した以降は、呼人浦は淡水化しているが、平成 21 年 9 月時点において水草は回復していない。平成 21 年 9 月は湾奥部を中心に水草が減少しているが、これは日照不足によると考えられる。

平成 12 年に比べて、平成 16 年～平成 17 年の水草帯の縮小は著しく、回復するまで時間を要すると考えられる。

なお、塩淡境界層水深を 6～7m に維持することにより、呼人浦への塩水の侵入を回避することが出来るため、良好な水草の生息環境が維持出来ると考えられる。



注. 図中の塩淡水境界層標高は、水草が生育を活発にすると考えられる3月から7月～8月（調査月の前月）までの期間中において最も上昇した時の値を示した。

図 7.15 呼人浦における水草分布面積の推移

7.7. 塩淡水境界層と湖内環境の関係のまとめ

表 7.1 塩淡水境界層と湖内環境の関係 (1)

区 分	調査の経緯と結果の概要	実験の影響評価
淡 水 層 塩 分	塩淡水境界層水深と淡水層塩分濃度の関係を検討するため、平成 6 年よりモニタリング調査を実施している。 ○淡水層塩分 ・塩淡水境界層が上昇した平成 16 年から平成 18 年の冬季には、表層部を除いて淡水層の塩分が顕著に高い傾向がある。	塩淡水境界層の上昇を抑制することで淡水層塩分もそれに応じて変化する。
淡 水 層 水 質	塩淡水境界層水深と塩水層水質との関係を検討するため、昭和 61 年よりモニタリング調査を実施している。 ○淡水層水質 ・塩淡水境界層が上昇した平成 16 年から平成 17 年には、湖心において COD、T-N、T-P が高い傾向がある。	塩淡水境界層の上昇を抑制することで淡水層の COD 等を抑制することができる。
底 質	塩淡水境界層水深と底質との関係を検討するため、底質についてモニタリング調査を実施した。 ○底質 ・塩淡水境界層の上昇に伴い、水深の深い場所や閉鎖性水域を中心に底質が悪化しやすく、また塩淡水境界層が低下しても閉鎖性水域では底質は改善しづらい傾向がある。	塩淡水境界層の上昇を抑制することで底質の悪化を抑制することができる。
水 質 障 害	アオコ、青潮の発生状況と塩淡水境界層水深の関係について検討を行った。 ○アオコ・青潮 ・塩淡水境界層の上昇に伴いアオコ、青潮の水質障害が顕在化したが、平成 18 年の洪水による塩淡水境界層の低下により、抑制、軽減された。平成 20 年には塩淡水境界層が再び上昇し、平成 20 年、平成 21 年には青潮、アオコがともに発生した。	塩淡水境界層の上昇を抑制することで、アオコ・青潮の発生を抑制することができる。

表 7.1 塩淡水境界層と湖内環境の関係 (2)

区 分	調査の経緯と結果の概要	実験の影響評価
底 生 動 物	塩淡水境界層水深と底生動物との関係を検討するため、底生動物についてモニタリング調査を実施した。 ○底生動物 ・塩淡水境界層の上昇に伴い生物相が単純化し個体数が減少したが、平成 18 年の洪水による塩淡水境界層の低下により、底質と同様に女満別湾を除き回復した。平成 20 年には塩淡水境界層が再び上昇し、女満別湾以外の場所でも生物相が単純化した。	塩淡水境界層の上昇を抑制することで生物相の単純化等を抑制することができる。
ヤ マ ト シ ジ ミ	塩淡水境界層水深とヤマトシジミとの関係を検討するため、幼生発生状況、生息域についてモニタリング調査を実施した。 ○幼生発生状況 ・ヤマトシジミの産卵時期は 7 月～9 月で、産卵には水温と塩分が影響。塩分が下がると産卵に影響を及ぼす可能性あり。 ・平成 18 年の洪水による塩淡水境界層の低下後、平成 19 年、平成 21 年には、水温が低く、淡水層の塩分が低い状況であり、ヤマトシジミの幼生発生がほとんどない。 ・塩淡水境界層の上昇に伴い、低標高のヤマトシジミ資源量が低下していたが、平成 18 年 10 月の洪水および塩淡水境界層制御により、塩淡水境界層標高が 4m 以下で維持されているため、4m 以上の資源量が回復傾向。 ○生息域 ・塩淡水境界層が低下した、平成 19 年はヤマトシジミの生息域が拡大。	塩淡水境界層の上昇を抑制することで、ヤマトシジミの生息域の拡大が期待される。 なお、湖内塩分の鉛直分布は解氷と同時に攪乱されるなどするため、冬季のゲート操作が湖のヤマトシジミの再生産には影響しないと考えられる。

表 7.1 塩淡水境界層と湖内環境の関係 (3)

区 分	調査の経緯と結果の概要	実験の影響評価
植物プランクトン	塩淡水境界層と植物プランクトンとの関係を検討するため、植物プランクトンについてモニタリング調査を実施した。 ○植物プランクトン ・塩淡水境界層の上昇に伴い、細胞数が増加する傾向である。	塩淡水境界層の上昇を抑制することで、アオコ・青潮の発生の原因種を抑制することができる。
呼 人 浦 の 水 草	塩淡水境界層と水草との関係を検討するため、水草についてモニタリング調査を実施した。 ○呼人浦の水草 ・浚渫の影響により平成 12 年に水草は一時減少したが、3 年後には回復。 ・その後、平成 16 年～平成 17 年にかけて、塩淡水境界層の上昇に伴う呼人浦への塩水の流入によって水草は減少。 ・平成 18 年 10 月出水により塩淡水境界層が低下した以降は、呼人浦は淡水化しているが、水草帯の縮小が著しく、平成 20 年時点において水草は回復していない状況である。 ・呼人浦の塩分濃度が高くなったことにより、水草の回復に影響を及ぼしているとも考えられる。	塩淡水境界層の上昇を抑制することで、呼人浦への塩水流入を回避し、水草の生育環境を良好に保つことができる。

8. シミュレーションによる効果予測

8.1. シミュレーションによる予測検討の目的

平成 17 年度から平成 20 年度に実施した塩水遡上制御実験により、塩水遡上制御施設は、完全閉鎖方式や越流方式(EL+0.2m)で 95%を超える塩水遡上阻止効果があり、例年塩淡水境界層が急激に上昇する実験期間において塩淡水境界層^{※1}の上昇が抑制出来た。

ゲート操作期間の塩水遡上阻止効果については実験により確認されたが、塩水遡上制御施設を運用することにより、網走湖の水環境の改善目標をどの程度達成することが可能であるか明らかにするため、塩淡水境界層の長期的な変動を検証するためのシミュレーションモデル（塩淡水境界層計算モデル^{※2}）を構築し、塩水遡上制御施設を長期にわたって運用した場合の塩淡水境界層制御効果の評価を実施した。

※1 本検討では、塩分が 10PSU となる位置を塩淡水境界層とし、水面からの塩淡水境界層までの距離を「塩淡水境界層水深」、塩淡水境界層の標高を「塩淡水境界層標高」とした。

※2 池永均・向山公人・大島伸介・山田正：塩淡水二成層を形成する汽水湖沼の長期的な界面変動予測手法の開発, 土木学会論文集 No. 628/Ⅱ-48, pp. 77-96, 1999. 8

(1) 計算条件

以下の条件で計算を行った。

計算期間：平成 17 年 10 月から平成 20 年 4 月

入力データ：網走川流況（本郷流量） 時刻データ

網走港潮位 時刻データ

表 8.1 逆流時の塩水遡上に関する阻止率

	逆流時 完全閉鎖方式	逆流時 越流方式			
		EL+0. 2m		EL-0. 1m	EL-0. 3m
		平成 18 年	平成 20 年	平成 19 年	平成 19 年
流 量	88%	76%	74%	35%	—
塩 分	97%	96%	95%	83%	57%

※平成 18 年 1 月 11 日～2 月 5 日は漏水が起きており阻止率は流量 82%、塩分 94%で計算。
表の整理は当該期間を除く。

実験期間

逆流時完全閉鎖方式	平成 18 年 1 月 11 日～3 月 10 日 <u>59 日間(実運用時間約 17 日)</u>
逆流時越流方式(EL+0. 2m)	平成 19 年 1 月 13 日～3 月 5 日 <u>52 日間(実運用時間約 13 日)</u>
逆流時越流方式(EL-0. 1m)	平成 20 年 1 月 16 日～2 月 26 日 <u>42 日間(実運用時間約 12 日)</u>
逆流時越流方式(EL-0. 3m)	平成 20 年 2 月 27 日～3 月 10 日 <u>13 日間(実運用時間約 4 日)</u>

(2) 塩水遡上制御実験の効果（短期シミュレーション）

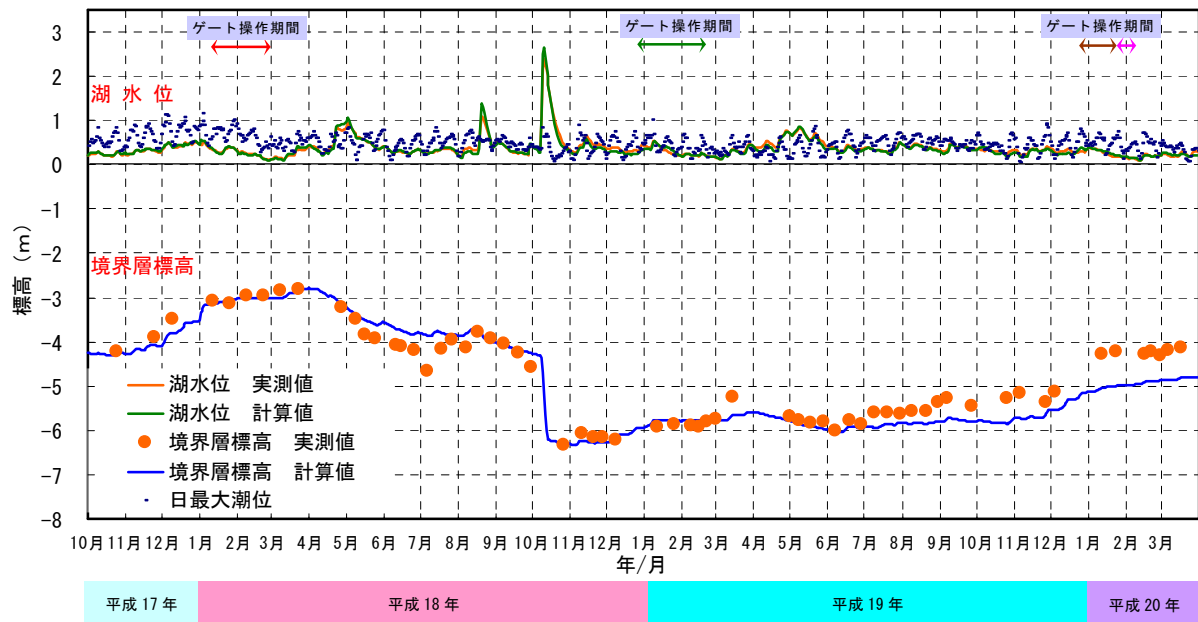


図 8.1 塩水遡上制御実験の効果

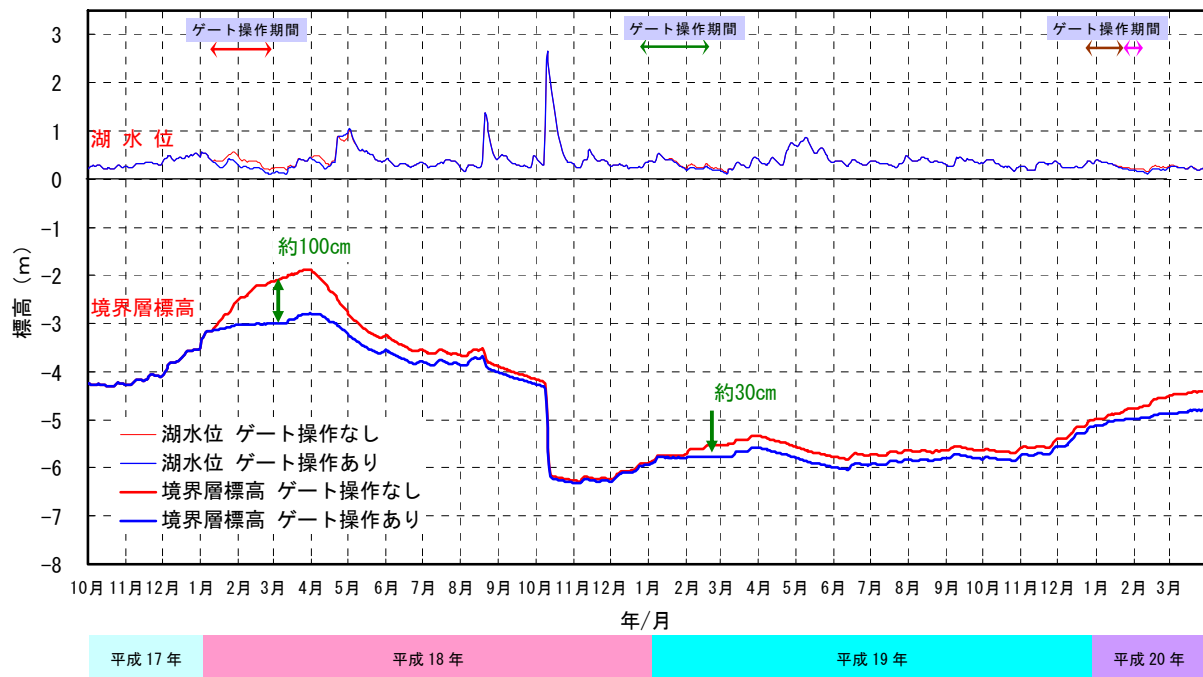


図 8.2 実験の有無による湖水位及び塩淡水境界層標高の比較

8.2. 塩水遡上制御施設の長期的効果の予測

塩水遡上制御施設を運用することにより、網走湖の水環境改善目標の達成状況を評価するため、過去 32 年間の水文データを用いて塩水遡上制御施設を運用した場合としなかった場合について予測計算を行い、塩水遡上制御施設の長期的な効果について評価した。

(1) 計算条件

長期間の予測計算では、過去 32 年間の水文データを用いて、ゲートを設置しない場合と、逆流時完全閉鎖方式の場合、逆流時越流方式 (EL+0.2m) の場合について計算した。

なお、ゲート操作期間は当初の実験期間であった 1 月中旬～3 月中旬の 2 ヶ月間としている。

また、塩淡境界層水深が 6m～7m となるように塩淡境界層水深の状況等を考慮してゲート操作を行うこととしている。

また、計算期間は当初のゲート操作期間となる 1 月 11 日～3 月 10 日までとした。

表 8.2 予測計算ケース

		ケース①	ケース②	ケース③
ゲート条件		ゲートなし	逆流時 完全閉鎖方式	逆流時越流方式 EL+0.2m
		ゲート設置せず	毎年 1月11日～3月10日(59日間/年)※1 塩淡水境界層水深が6m～7mとなるように渇水等の 流況を考慮してゲート操作	
塩水遡上時 阻害率	流 量	0 %	100 %	75 % ※2
	塩 分	0 %	100 %	96 % ※2
流量、潮位条件		本郷流量、網走港潮位とも、昭和 50 年のデータを 1 年目として年次を追 って平成 18 年が 32 年目のデータとなるように設定 1 年目 ← 昭和 50 年 2 年目 ← 昭和 51 年 ⋮ ⋮ 31 年目 ← 平成 17 年 32 年目 ← 平成 18 年		
境界層水深初期値		6.6m 【平成 19 年 1 月 1 日に相当】		

※1 うるう年を含む場合には 60 日間／年となる。

※2 逆流時越流方式 EL+0.2mの阻止率は、平成 18 年度および平成 20 年度実験における双方の阻止率から算定。

(2) 塩水遡上制御施設の効果

- 過去 32 年間（昭和 50 年～平成 18 年）の流況を平成 19 年 1 月 1 日の境界層を起点として塩淡水層の制御効果検証（シミュレーションにより制御効果を確認）
- 境界層水深 6 m 以深となる期間が ゲートを設置しない場合 30% 程度
 - 逆流時 完全閉鎖方式 1 月 11 日～3 月 10 日 60% 程度
 - 逆流時 越流方式(EL+0.2m) 1 月 11 日～3 月 10 日 60% 程度

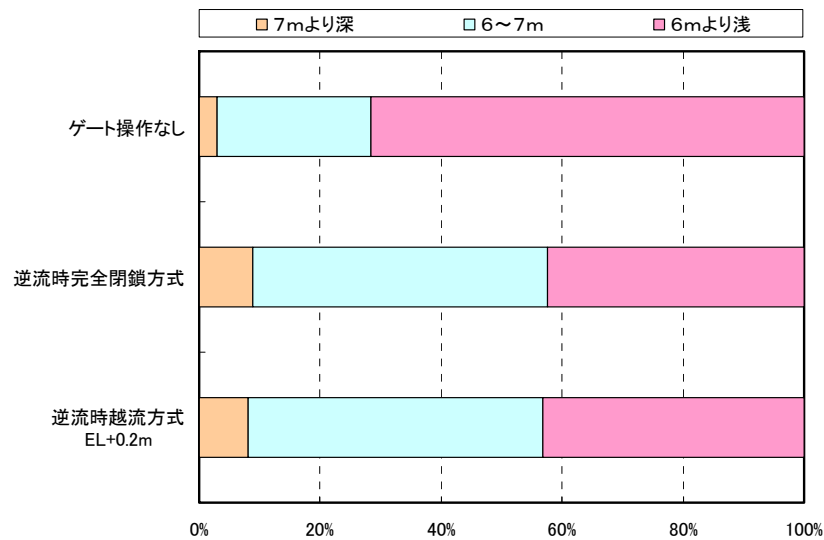


図 8.3 塩淡水境界層水深別の比率（32 年間の予測計算による水深別時間比率）

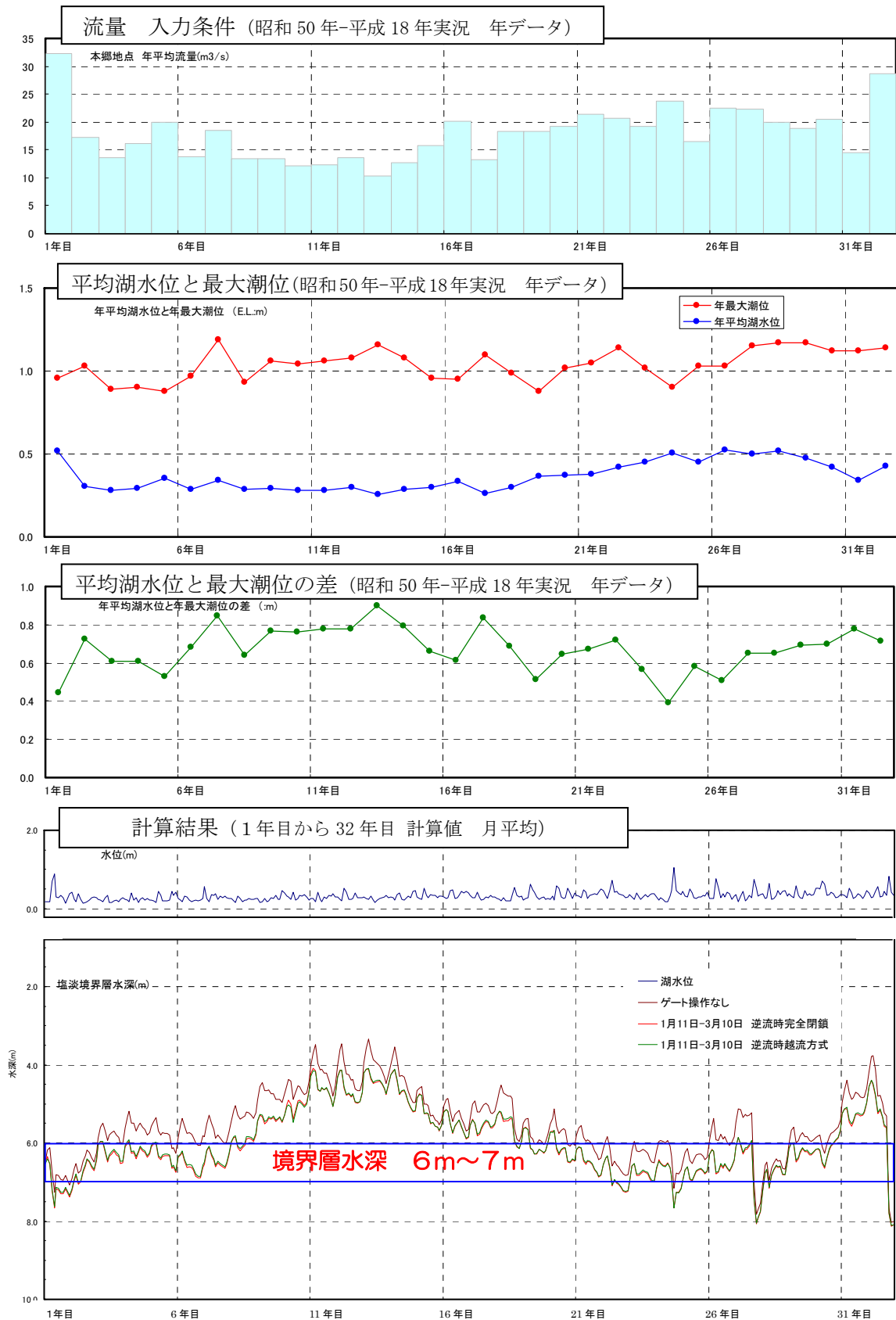


図 8.4 過去 32 年間の水文条件を用いた塩水遡上制御施設の効果予測

8.3. 操作期間を延長した場合の効果の予測

「8.2. 塩水遡上制御施設の長期的効果の予測」では、実験と同じく塩水遡上制御施設を 1 月 11 日～3 月 10 日の冬季 2 ヶ月間操作するものとして、目標達成状況の評価を行った。その結果、1 月 11 日～3 月 10 日の操作のみでは、目標達成期間が十分とは言えない結果となった。そのため、ここでは、ゲート操作期間を延長した場合の塩淡水境界層制御効果について試算した。

(1) 計算条件

ゲートの運用はワカサギの遡上への影響が少ないと考えられるため、期間延長計算として、逆流時完全閉鎖方式と逆流時越流方式 (EL+0.2m) のそれぞれについて、湖内への塩水流入が多い、12 月 1 日～3 月 31 日及び 11 月 1 日～3 月 31 日の期間制御した場合について計算した。

表 8.3 予測計算ケース（ゲート操作延長）

		ケース④	ケース⑤	ケース⑥	ケース⑦	ケース⑧
ゲート条件		逆流時 完全閉鎖方式			逆流時越流方式 EL+0.2m	
		毎年 12 月～3 月	毎年 11 月～3 月	毎年 11 月～3 月	毎年 12 月～3 月	毎年 11 月～3 月
		塩淡水境界層水深が 6m～7m となるように湧水等の流況を考慮してゲート操作				
塩水遡上時 阻害率	流 量	100 %			75 %	
	塩 分	100 %			96 %	
流量、潮位条件		本郷流量、網走港潮位とも、昭和 50 年のデータを 1 年目として年次を追って平成 18 年が 32 年目のデータとなるように設定 1 年目 ← 昭和 50 年 2 年目 ← 昭和 51 年 ⋮ ⋮ 31 年目 ← 平成 17 年 32 年目 ← 平成 18 年				
境界層水深初期値		6.6m 【平成 19 年 1 月 1 日に相当】				

(2) 操作期間を延長した場合の効果

- ゲート操作期間を 12 月 1 日～3 月 31 日、11 月 1 日～3 月 31 日の期間操作を継続した場合の制御効果の検証を行った。

- 境界層水深 6 m 以深となる期間が ゲートを設置しない場合 30% 程度
 逆流時 完全閉鎖方式 12 月 1 日～3 月 31 日 80% 程度
 逆流時 完全閉鎖方式 11 月 1 日～3 月 31 日 90% 程度

逆流時 越流方式 (EL+0.2m) 12 月 1 日～3 月 31 日 80% 程度
 逆流時 越流方式 (EL+0.2m) 11 月 1 日～3 月 31 日 90% 程度

- ゲートを単純に運用した場合、完全閉鎖方式、逆流方式とも境界層水深が 7m 以下となる期間が発生。

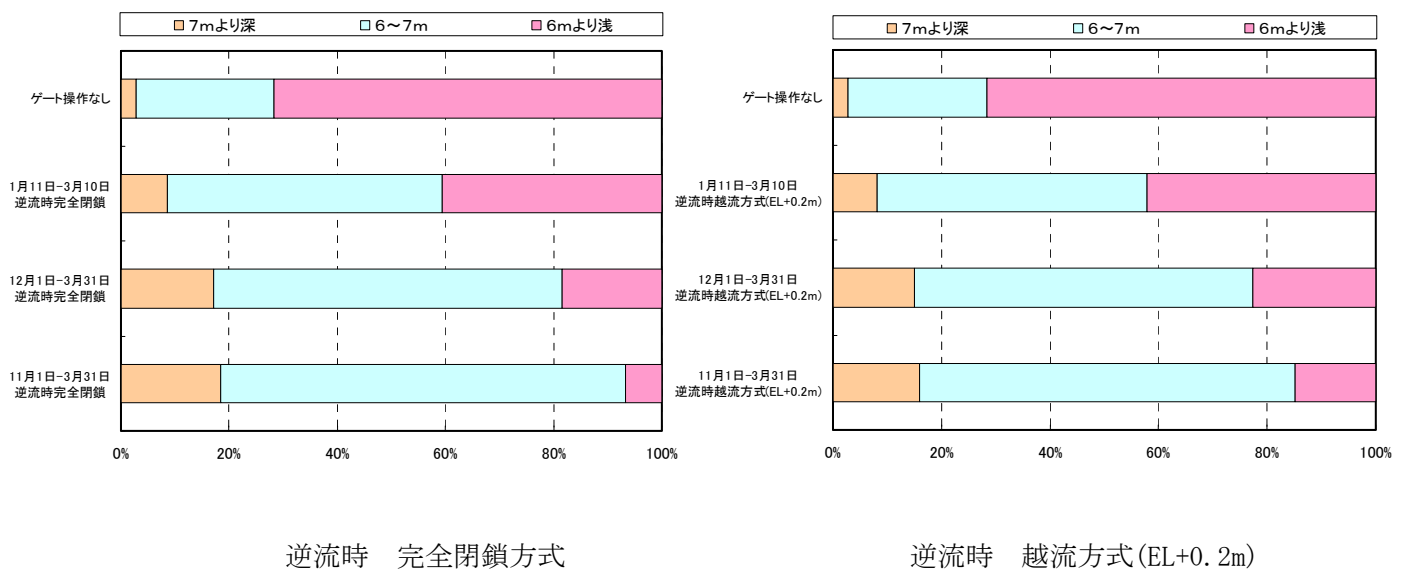


図 8.5 塩淡水境界層水深別の比率 (32 年間の予測計算による水深別時間比率)

(3) 青潮の発生の抑制

網走湖水環境の改善目標の 1 つである青潮の発生確率は、ケースごとに青潮発生実績がある 4 月～6 月及び 9 月～10 月の 5 ヶ月間の平均水深を用い、境界層水深・平均風速の発生確率（清流ルネッサンスⅡ）から各年の発生確率を求めてこれを平均した。

逆流時完全閉鎖方式、逆流時越流方式(EL+0.2m)ともに、11 月 1 日～3 月 31 日期間の制御においては清流ルネッサンスⅡの青潮発生確率目標を概ね達成できている。

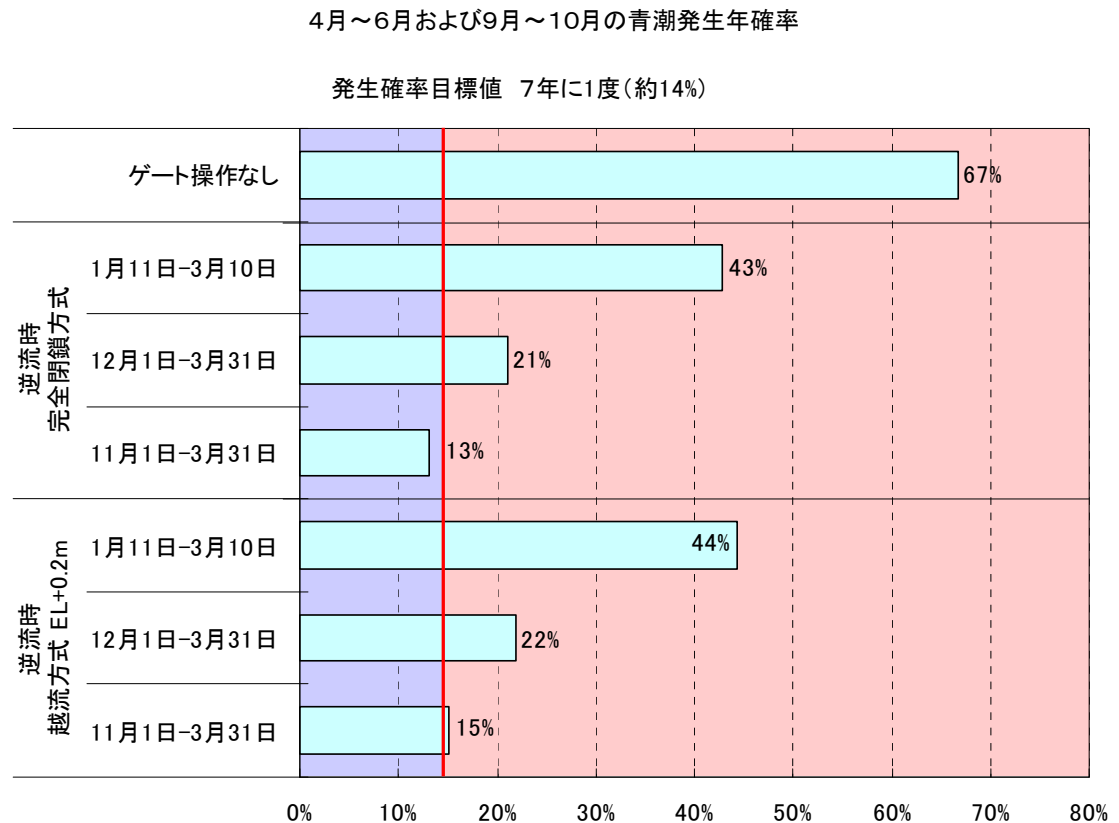


図 8.6 ケース別青潮発生確率

(4) アオコの発生確率の低減

アオコの発生割合を5年に1回に低減させるための各水質保全施設による負荷削減量における塩淡水境界層制御の分担、達成状況を検討した。

清流ルネッサンスⅡにて設定した現況(境界層水深 5.0m)と各シミュレーション結果より得られた平均の境界層水深とを比較して、負荷削減量を算出した。

逆流時完全閉鎖方式、逆流時越流方式(EL+0.2m)ともに、12月1日～3月31日制御、11月1日～3月31日制御を行うことによって清流ルネッサンスⅡにて設定した負荷削減量 51kg/日の目標を達成できている。

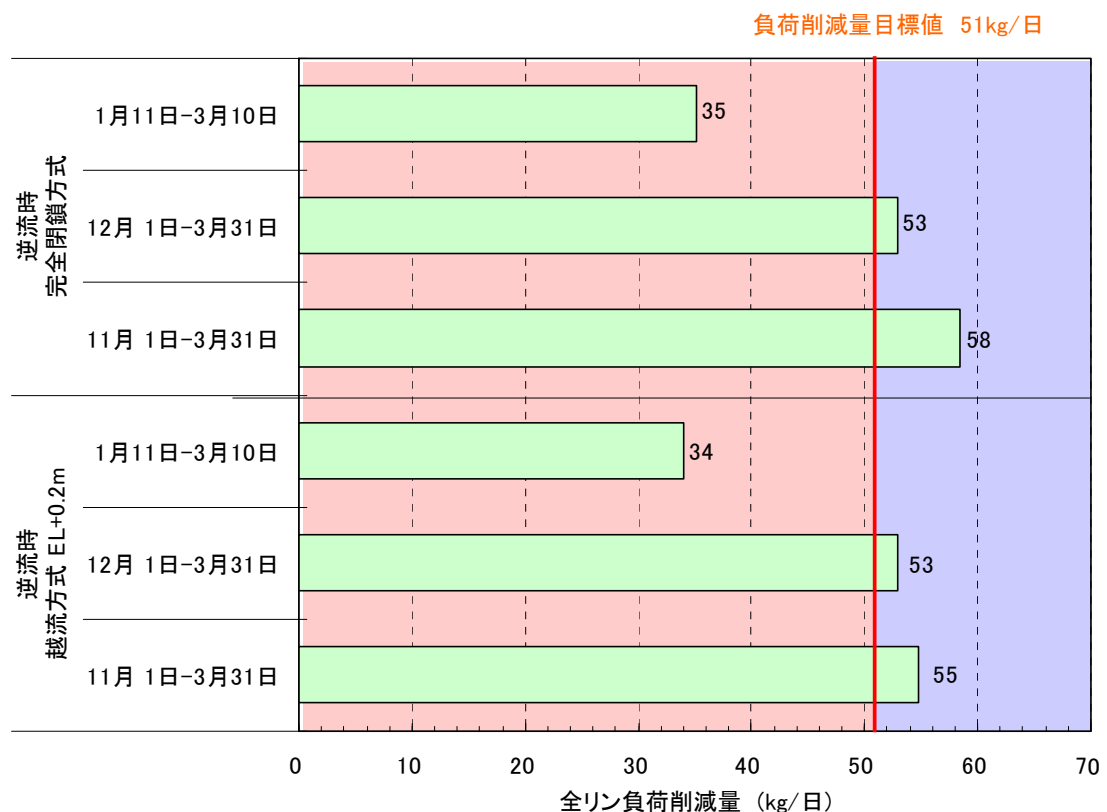


図 8.7 ゲート操作条件別全リン負荷削減量

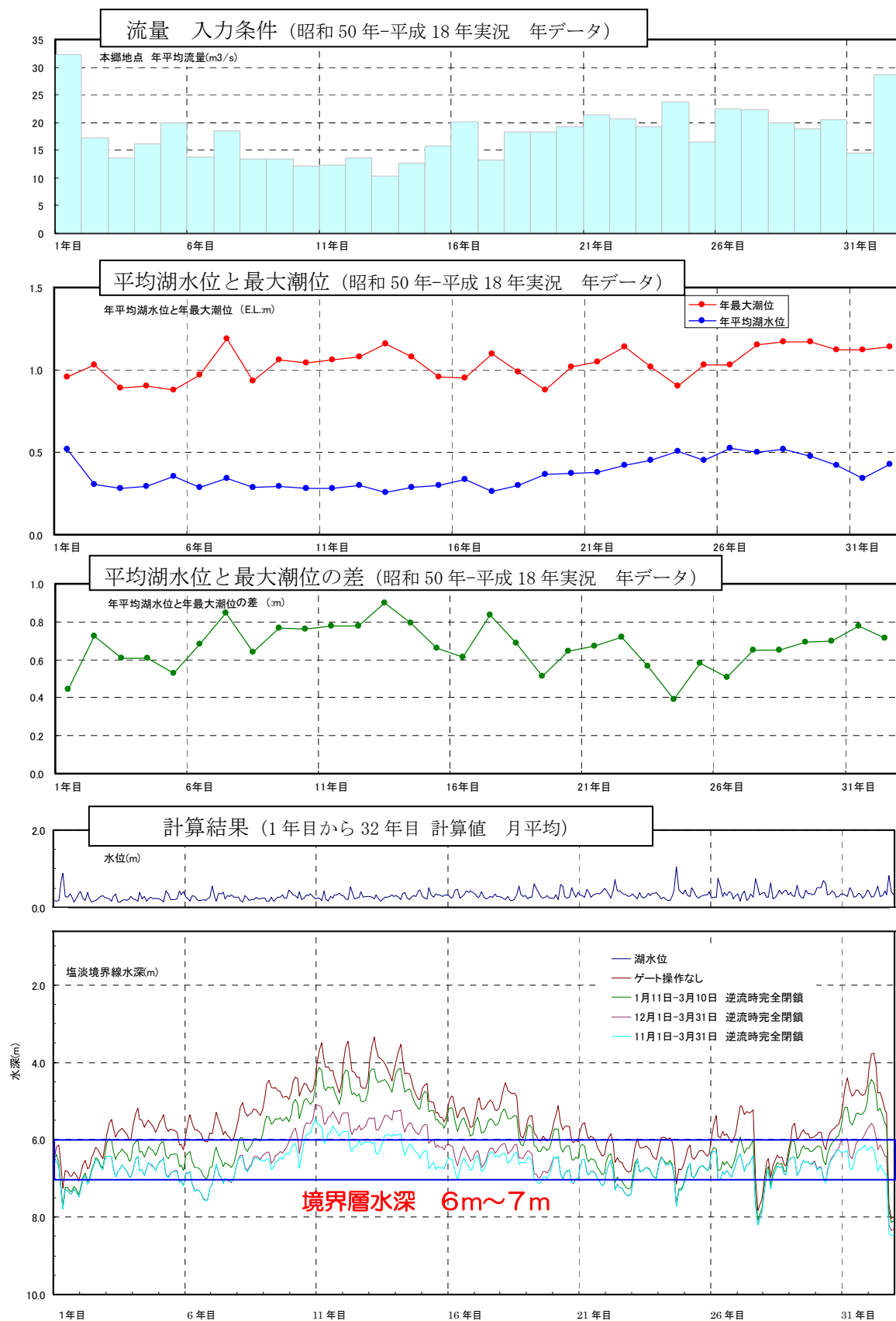


図 8.8 ゲート操作期間を延長した場合の塩水遡上制御施設の効果予測
(逆流時完全閉鎖方式)

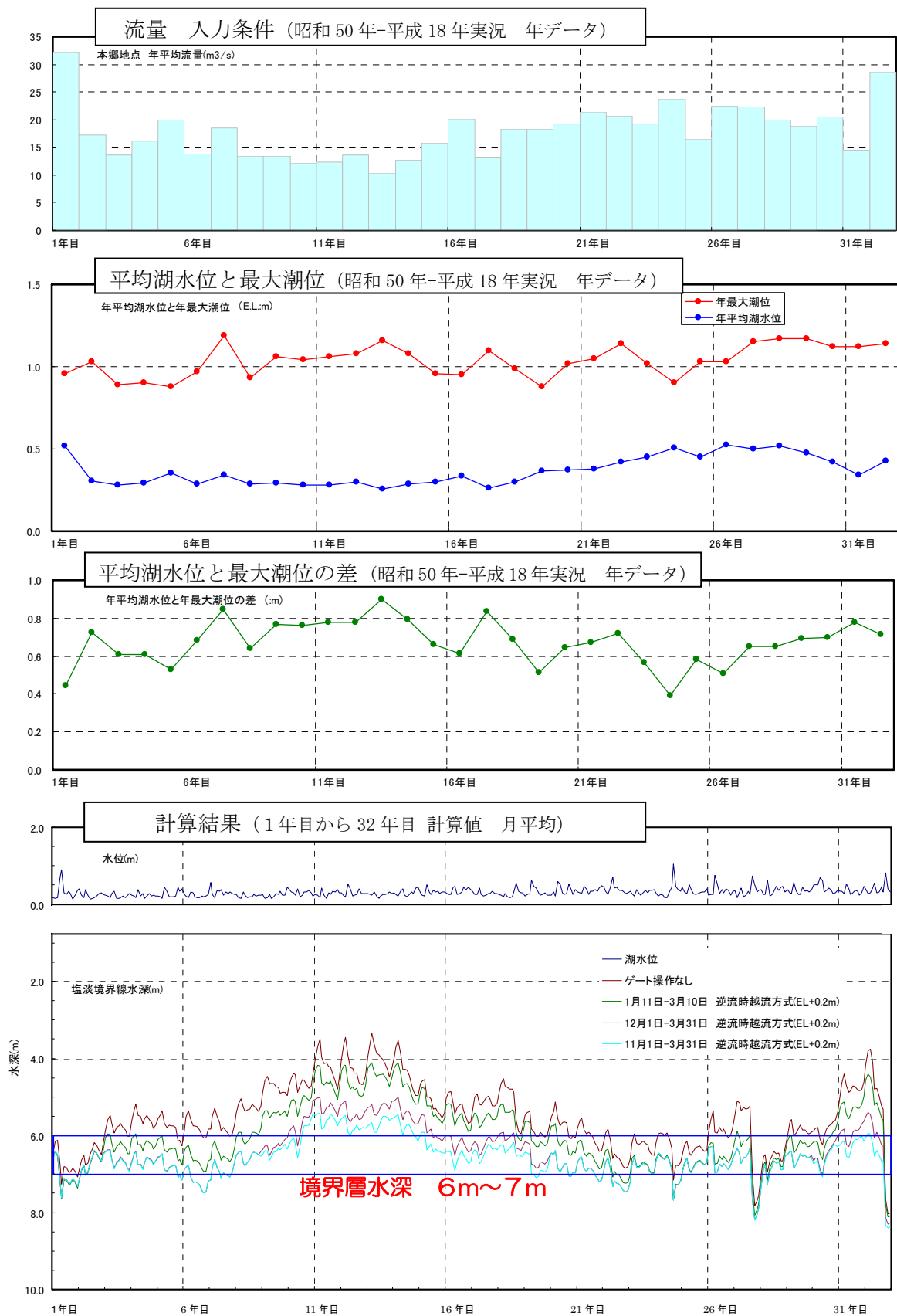


図 8.9 ゲート操作期間を延長した場合の塩水遡上制御施設の効果予測
(逆流時越流方式 堰高 EL+0.2m)

8.4. シミュレーションによる効果予測のまとめ

区 分	計算の経緯と計算結果の概要	計算結果の評価																		
境界層 制御効果	- 実験によって得られた実験ゲート操作方式別の塩水逆流阻止率をもとに、河道内に塩水遡上制御施設を設置・運用した場合の塩淡境界層制御効果を予測した。 - 実験で高い塩水逆流阻止率が得られた「逆流時完全閉鎖方式」と「逆流時越流（EL+0.2m）方式」の2方式を対象に、操作期間を実験期間と同じ、あるいは実験より操作期間を延長した場合の計4ケースについて予測した。	塩淡境界層水深が6m以深となる達成率について各計算ケース別に下表に整理した。 <table><tr><th>操作方式・運用期間</th><th>達成率</th></tr><tr><td colspan="2">逆流時 完全閉鎖方式</td></tr><tr><td>1月11日～3月10日</td><td>60%程度</td></tr><tr><td>12月1日～3月31日</td><td>80%程度</td></tr><tr><td>11月1日～3月31日</td><td>90%程度</td></tr><tr><td colspan="2">逆流時 越流（EL+0.2m）方式</td></tr><tr><td>1月11日～3月10日</td><td>60%程度</td></tr><tr><td>12月1日～3月31日</td><td>80%程度</td></tr><tr><td>11月1日～3月31日</td><td>90程度</td></tr></table>	操作方式・運用期間	達成率	逆流時 完全閉鎖方式		1月11日～3月10日	60%程度	12月1日～3月31日	80%程度	11月1日～3月31日	90%程度	逆流時 越流（EL+0.2m）方式		1月11日～3月10日	60%程度	12月1日～3月31日	80%程度	11月1日～3月31日	90程度
操作方式・運用期間	達成率																			
逆流時 完全閉鎖方式																				
1月11日～3月10日	60%程度																			
12月1日～3月31日	80%程度																			
11月1日～3月31日	90%程度																			
逆流時 越流（EL+0.2m）方式																				
1月11日～3月10日	60%程度																			
12月1日～3月31日	80%程度																			
11月1日～3月31日	90程度																			
青潮の 抑制効果	- 計算で得られた塩淡境界層水深より、施設設置に伴う青潮発生確率の変化を検討し、網走湖の水環境改善目標である青潮発生確率7年に1回程度（発生確率14%程度）と比較検証した。 - 塩淡境界層水深の計算結果より、青潮発生実績がある4月～6月、9月～10月の平均水深を算出した。次に、清流ルネッサンスⅡで検討した境界層水深・平均風速と青潮発生確率の関係から、塩淡境界層制御施設設置に伴う青潮発生確率の変化を検討した。	逆流時越流（EL+0.2m）方式の青潮発生確率を整理した。 <table><tr><th>操作方式・運用期間</th><th>発生確率</th></tr><tr><td colspan="2">逆流時 越流（EL+0.2m）方式</td></tr><tr><td>1月11日～3月10日</td><td>44%程度</td></tr><tr><td>12月1日～3月31日</td><td>22%程度</td></tr><tr><td>11月1日～3月31日</td><td>15%程度</td></tr></table>	操作方式・運用期間	発生確率	逆流時 越流（EL+0.2m）方式		1月11日～3月10日	44%程度	12月1日～3月31日	22%程度	11月1日～3月31日	15%程度								
操作方式・運用期間	発生確率																			
逆流時 越流（EL+0.2m）方式																				
1月11日～3月10日	44%程度																			
12月1日～3月31日	22%程度																			
11月1日～3月31日	15%程度																			
リンの 負 荷 削 減 効果	- 計算で得られた塩淡境界層水深より、施設設置に伴う負荷削減量の変化を検討し、網走湖の全リン濃度の目標0.07mg/l（女満別湾）、0.09mg/l（呼人浦）を満足するためのリン負荷削減目標51.0kg/日と比較検証した。 - 塩淡境界層水深の計算結果と、清流ルネッサンスⅡで検討した境界層水深と水質予測結果の関係から、塩淡境界層制御施設設置に伴うリンの負荷削減効果を検討した。	逆流時越流（EL+0.2m）方式の負荷削減効果 <table><tr><th>操作方式・運用期間</th><th>負荷削減量</th></tr><tr><td colspan="2">逆流時 越流（EL+0.2m）方式</td></tr><tr><td>1月11日～3月10日</td><td>34Kg/日程度</td></tr><tr><td>12月1日～3月31日</td><td>53Kg/日程度</td></tr><tr><td>11月1日～3月31日</td><td>55Kg/日程度</td></tr></table> 逆流時越流（EL+0.2m）方式制御を11月1日～3月31日に行うことで、清流ルネッサンスⅡの目標を概ね達成できる。また制御の終了時に湖水位の回復に配慮することにより効果的な制御が可能である。	操作方式・運用期間	負荷削減量	逆流時 越流（EL+0.2m）方式		1月11日～3月10日	34Kg/日程度	12月1日～3月31日	53Kg/日程度	11月1日～3月31日	55Kg/日程度								
操作方式・運用期間	負荷削減量																			
逆流時 越流（EL+0.2m）方式																				
1月11日～3月10日	34Kg/日程度																			
12月1日～3月31日	53Kg/日程度																			
11月1日～3月31日	55Kg/日程度																			

9. 透過性構造物による塩水遡上制御効果

塩淡水境界層制御手法の二次選定で比較検討を行うこととした「櫛状構造物による塩水遡上の制御」に関する検討は以下のとおりである（表 3.4 参照）。

9.1. 検討の概要

本章では、網走川で鮭類の捕獲を目的として設置している「築（やな）」による塩水遡上制御効果について検討した。

本検討では、塩水遡上実験より構造物が存在する場合の塩水遡上速度を計測して挙動特性について検討を行った。また、網走川において「築（やな）」という透過性構造物が塩水の遡上と流下に対して及ぼす影響を総合的に判断するために、1次元2層流の数理モデルを構築し、透過性構造物による塩水遡上制御効果について評価した。

9.2. 塩水遡上実験

透過性構造物による塩水遡上制御効果について確認するため、実験水路による室内実験を実施した。

(1) 塩水遡上実験の手法

実験水路はアクリル水路(水路長さ 9.2m ×幅 0.2m×高さ 0.6m) を用い、水路縮尺は現地と実験の水深比から 1/25 であり、水路勾配は現地に合わせて水平とした。

塩水遡上実験の手順の概念図を図 9.1に示す。最初に上流の水槽から淡水のみを供給して、水深を一定とする定常状態とする。次に下流の水槽から塩水を供給する事により、塩水を上流へと遡上させた。塩水の着色料には青色のメチレンブルーを用いた。実験に用いた透過性構造物は、透過率 79%と透過率 55%の 2 種類の市販の金網を用いた。

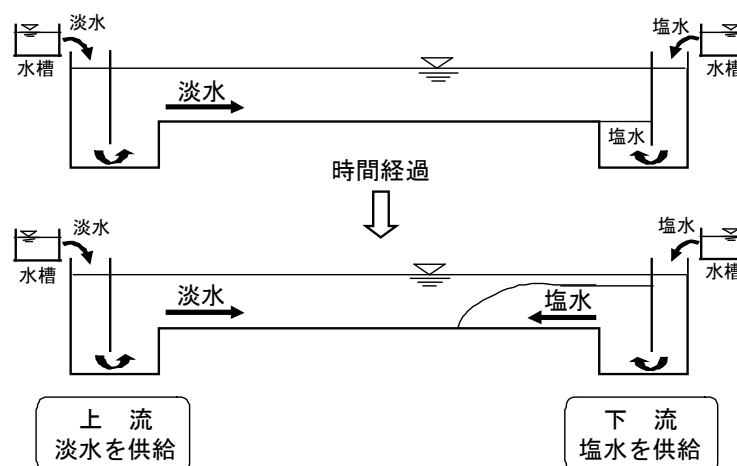


図 9.1 塩水遡上実験の概念図

(2) 塩水遡上の実験結果

実験結果より、塩水の浸入状況を図 9.2に示す。透過性構造部がない場合は、塩水の進入速度は平均で5.0cm/sであるが、透過性構造物を設置した場合は、構造物の手前において、透過率79%で4.8cm/s、透過率55%で4.1cm/sと遅くなっている。

透過性構造物には塩水の浸入を止める効果はないが、進入速度を遅くする効果があるため、潮汐に伴う塩水浸入を抑制する効果が期待できる。

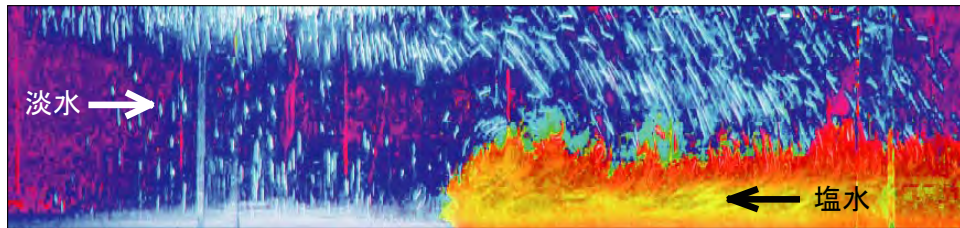
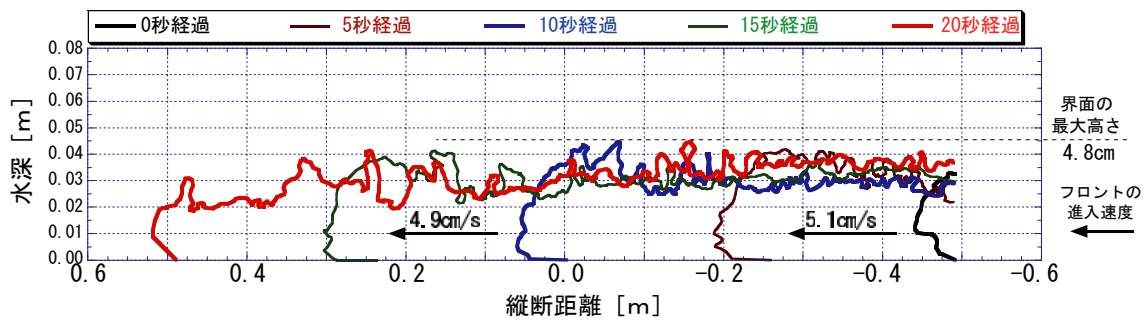
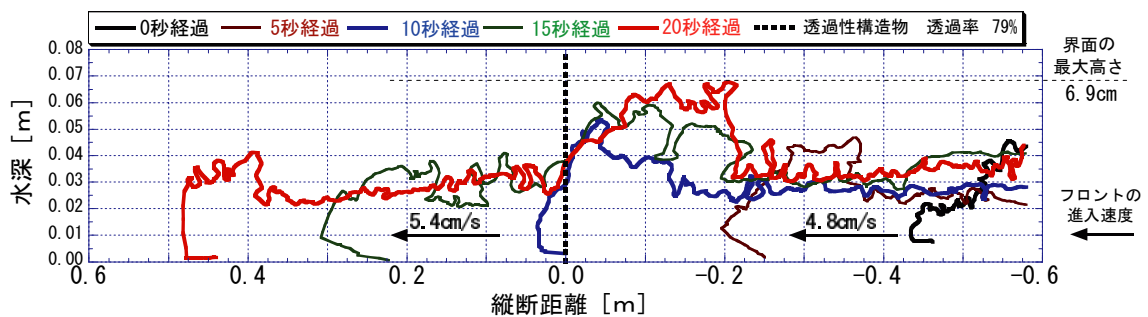


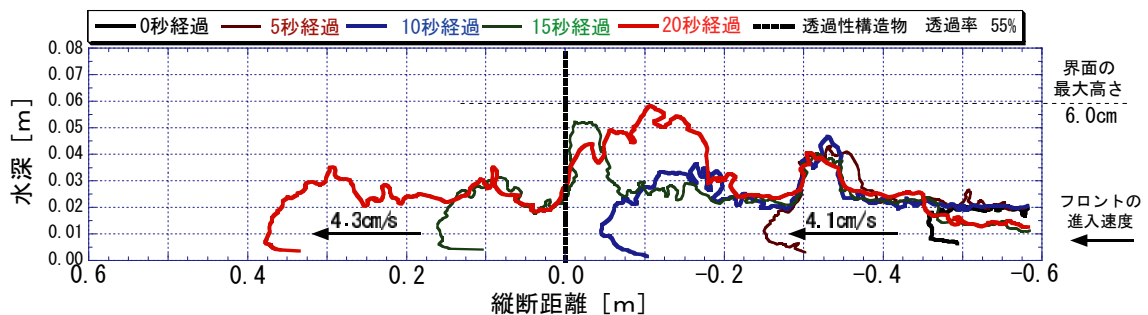
写真-2 画像処理済の流況写真 [透過性構造物なし 10秒経過]



a) 透過性構造物なし



b) 透過性構造物の通水率 79%



c) 透過性構造物の通水率 55%

図 9.2 淡水と塩水の界面の時間的变化

9.3. シミュレーションによる効果の検討

網走川における透過性構造物の塩水遡上への影響を評価するためのシミュレーションモデルを構築した。モデルは、透過性構造物の抗力係数は実験により求めた、1次元2層流モデルを基として連続式・運動方程式より構築した。

構築したモデルの妥当性を確認するために、小潮と大潮を含む20日間（平成18年6月6日～平成18年6月25日）の数値計算を行い観測値との比較を行った。図 9.3に河道内の4地点の水面下50cmにおける塩分の観測結果と計算結果を示す。モデルでは、塩分の濃度分布を計算していないため、淡水の場合は2PSU、塩水の場合は25PSUの値となるが、塩水の挙動を良好に再現している状況が確認できる。

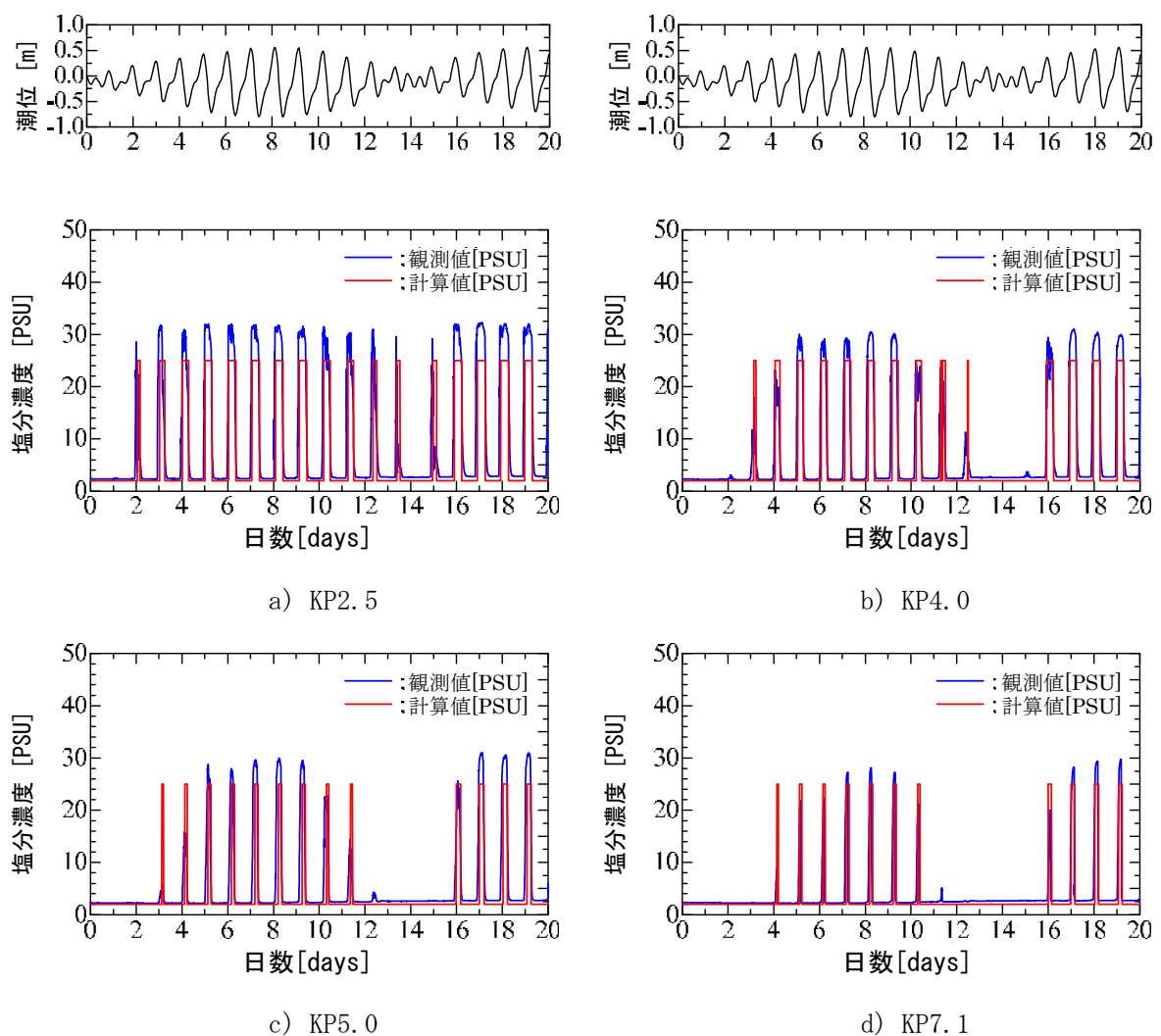


図 9.3 塩分濃度の観測値と計算値

9.4. 透過性構造物の塩水遡上制御効果

構築したモデルを用いて、前節と同様の期間(平成18年6月6日～平成18年6月25日の20日)を対象に、透過性構造物による塩水遡上制御効果を推定した。透過性構造物は築（やな）が設置されている箇所KP2.6に設置するものとした。

透過性構造物の透過率を20%、40%、60%、80%、100%と変えて計算を実施した場合の、網走湖へ流入した塩分量の累積値を図 9.4に示す。図 9.4より、大潮期間に網走湖へ塩水が流入しており小潮期間では流入していない。各透過率による流入塩分量の違いについては、累積値で比較すると違いが明確とならないため、透過率100%(構造物が無い場合)を基準として各透過率が抑制した塩分量を縦軸に取り、図 9.5に示す。縦軸の塩分量は(各透過率の流入塩分量)－(透過率100%の流入塩分量)として算出しており、塩水抑制効果があるほど負の方向(図では下方向)へ向かう。

図 9.5より、塩水遡上制御効果は構造物の目が細かいほどその効果は大きい。構造物の塩水遡上制御効果について、構造物がない場合の網走湖に流入した累積塩分量を100%とした場合、各構造物がある場合の網走湖に流入する累積塩分量は、97.3% (透過率20%)、97.7% (透過率40%)、98.5% (透過率60%)、99.3% (透過率80%) であった。

以上の通り透過性構造物は網走湖への塩水侵入を減じる効果はあるものの、その制御効果は数パーセントであり、ゲート方式における制御効果(越流方式 堰高EL+0.2mにおいて95%以上)と比べると小さい。

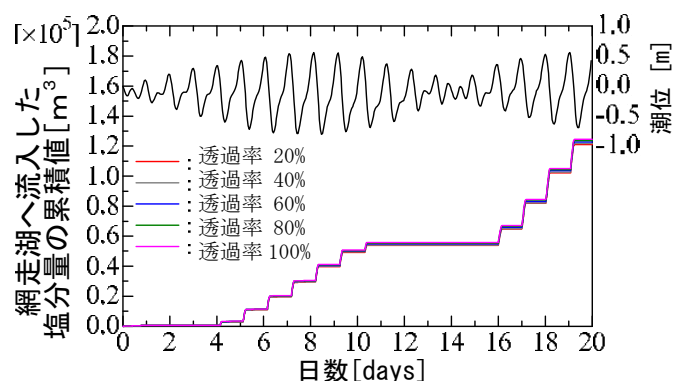


図 9.4 透過率の違いによる透過性構造物の制御効果（流入塩分量の累積値）

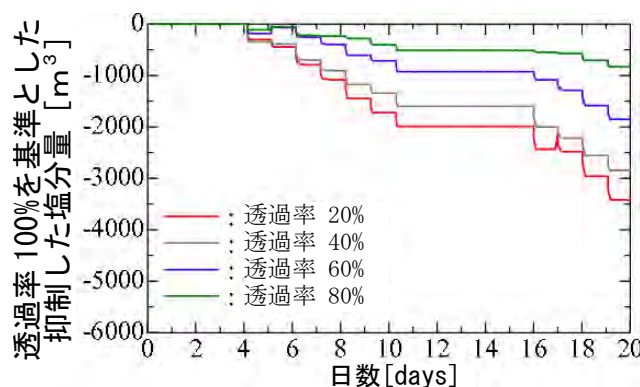


図 9.5 透過率の違いによる透過性構造物の制御効果（抑制した塩分量）

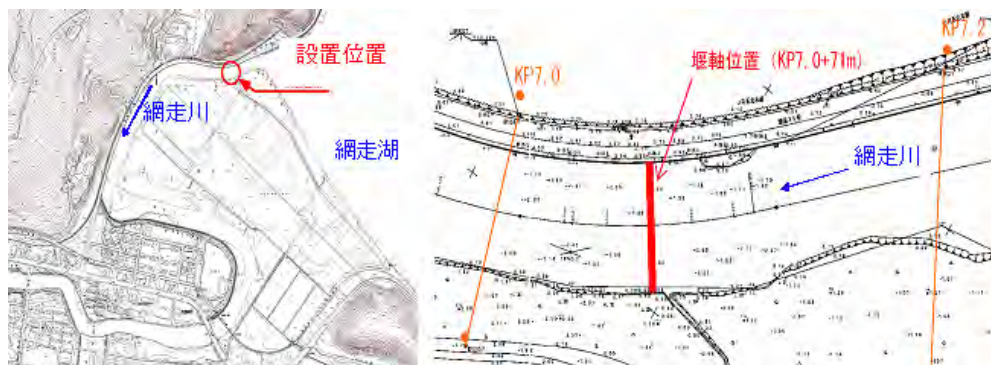
10. 柔軟な制御が可能なゲート設計

10.1. 設計の基本条件

塩水遡上制御施設は、塩淡水境界層水深を 6m～7m に安定的に維持できる機能を持つと同時に、湖の水環境などに応じて柔軟に制御方法が順応でき、かつ、下流河道への影響を最小限とする必要がある。十分なモニタリングを行うことを前提に、以下に基本条件を記す。

(1) 設置位置

下流河道への影響が最小限で結氷等の影響を受けにくく、実験施設による実績があり確実な効果が期待できること。また、既存の搬入路があるため施工時の改変範囲が最小限であることなどを考慮し、KP7.0+71m を選定した。



(2) ゲート形式・諸元

順応的な運用を行うため扉高を変更でき、制御期間以外には流水の通水に極力障害を与えない構造で、かつ、気象変動に伴う海面上昇への対応を考慮する必要がある。なお、障害率等を考慮し 2 径間の可動堰とし、運用の目安は EL+0.2m とする。

(3) 制御方法、制御期間

高い塩分阻止効果があり、下流河道の環境への影響が少なく、制御がワカサギの遡上に大きな影響を与えないことが実験によって確かめられている、逆流時越流方式 EL+0.2m を選定する。

なお、塩水の湖内流入が大きく、かつ、大半の生物が移動しない、11 月～3 月の制御を基本とすることで(渇水年には湖水位が平年並みにまで回復する 4 月中旬まで)、清流ルネッサンスⅡの目標を概ね達成できることが検証されている。

(4) その他配慮事項

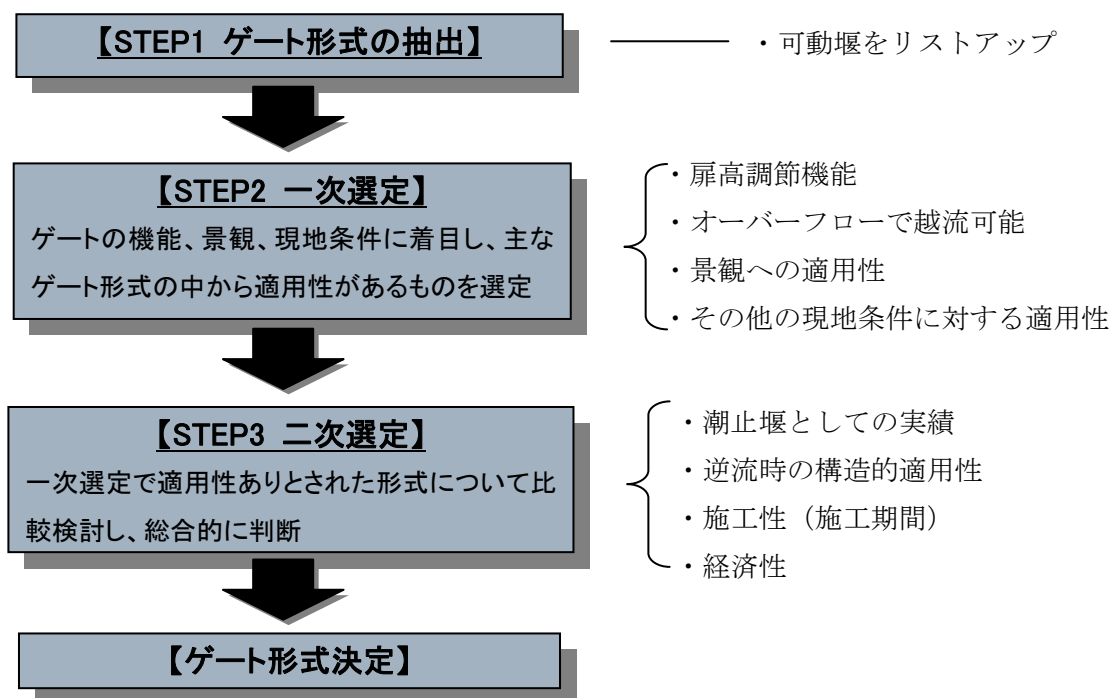
- ・ 網走国定公園内にあり景観に配慮する必要がある。
- ・ 右岸に国道 39 号(擁壁構造)が隣接している

10.2. 形式選定の条件と流れ

ゲート設計の基本条件を踏まえ、ゲート形式の選定は以下の2段階で実施した。

一次選定では主なゲート形式から「機能面」、「景観への配慮」、「立地条件」などを考慮してゲート形式を選定した。

二次選定では一次選定で選択されたゲート形式それぞれについて、実績、構造的適応性、施工性、経済性を勘案し最終的なゲート形式を決定した。



10.3. 一次選定

(1) 適用性による選定

一次選定として、リストアップしたゲート形式について、以下に示す制約条件を考慮して本施設として適用できる可能性があるものを選定した。

- ・ 扉高調節機能 : 順応的な制御が行えるように逆流時に湖内へ遡上する塩分量等を調整できること。
- ・ オーバーフロー形式 : 下流河道環境への影響を少なくするために環境負荷が小さな越流方式による調整が出来ること。
- ・ 景観性 : 設置位置が網走国定公園内にあることから、良好な景観が保持できる

(2) 一次選定結果

一次選定により、条件を満たした以下の3方式を選定した。

- ・ 鋼製起伏ゲート方式
- ・ SR 合成起伏ゲート方式
- ・ ライジングセクタ方式

表 10.1 一次選定結果

No.	形 式	扉高調節	オーバー フロー	景観	その他	評価
1	引き上げ式	×	△	×		×
2	引き上げ式2段			×		×
3	ラジアル	×	△	×		×
4	鋼製起伏					○
5	SR 合成起伏					○
6	ゴム引布製起伏	△				×
7	ドラム	×			×維持管理	×
8	バイザー	×		×		×
9	ライジングセクタ					○
10	セクタ	×			×設置空間	×
11	マイタ	×				×
12	スイング	×				×
13	ローリング	×		×		×
14	横引き	×			×設置空間	×
15	フローティング (フラップ式)	×				×
16	フローティング (直立浮上式)				×維持管理 ×実用化前	×

表 10.2 一次選定概要 (1)

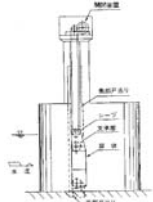
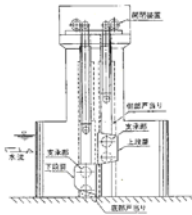
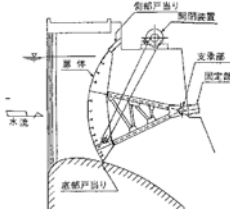
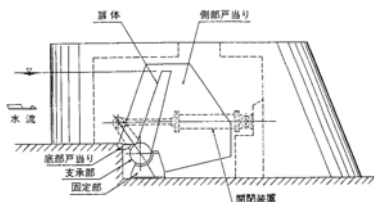
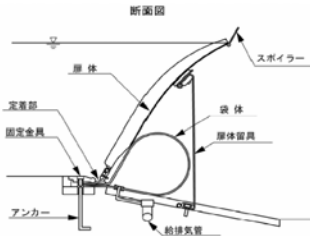
No.	形 式	扉高調節	越流	景観	その他	評価
1	引き上げ式 (例：ローラゲート) 	× 扉高調節 は不可能	△ 一般的に アンダー フローと なる	× 門柱が高 くなる		×
2	引き上げ式 2 段 (例：2 段式ローラゲート) 			× 門柱が高 くなる		×
3	ラジアル 	× 扉高調節 は不可能	△ 一般的に アンダー フローと なる	× 順流時に 扉体が水 面上とな る		×
4	鋼製起伏 					○
5	S R 合成起伏 					○

表 10.2 一次選定概要 (2)

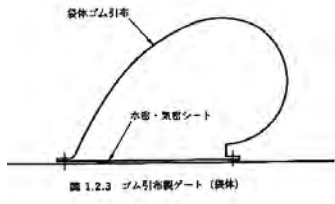
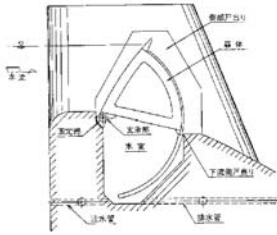
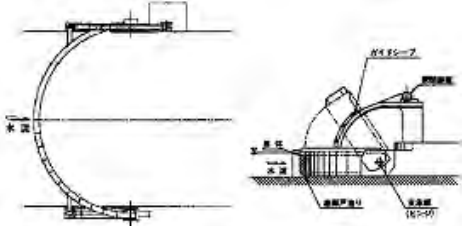
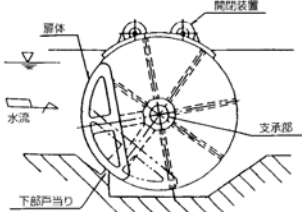
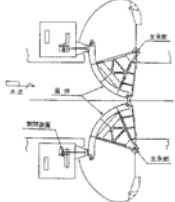
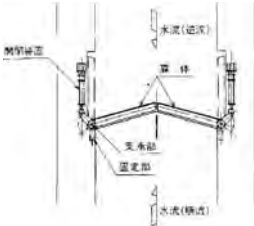
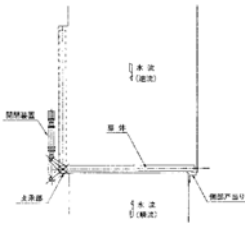
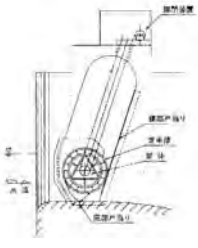
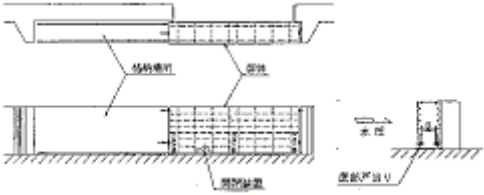
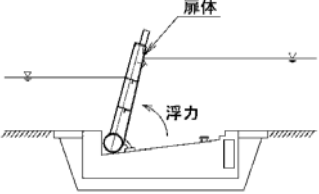
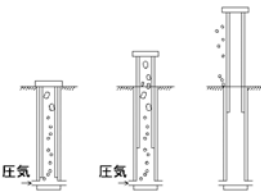
No.	形 式	扉高調節	越流	景観	その他	評価
6	ゴム引布製起伏  図 1.2.3 ゴム引布製ゲート (側視)	△ 細かな扉高調節は不可能				×
7	ドラム 	× 常時水没条件では扉高調節は不可能			× 扉体収納室位置が深く維持管理が困難	×
8	バイザー 	× 扉高調節は不可能		× 順流時に扉体が水面上となる		×
9	ライジングセクタ 					○
10	セクタ 	× 可動方向が水平で扉高調節は不可能			× 河岸に設置空間がない	×
11	マイタ 	× 扉高調節は不可能				×

表 10.2 一次選定概要 (3)

No.	形 式	扉高調節	越流	景観	その他	評価
12	スイング 	× 扉高調節 は不可能				×
13	ローリング 	× 扉高調節 は不可能		× 順流時に 扉体が水面 上となる		×
14	横引き 	× 可動方向 が水平で 扉高調節 は不可能			× 河岸に設 置空間が ない	×
15	フローティング (フラップ式) 	× 扉高調節 は不可能				×
16	フローティング (直立浮上式) ①浮上開始前 ②上昇中 ③浮上完了 				× 扉体収納 室位置が 深く維持 管理が困 難、 現時点で 実用段階 にない	×

10.4. 二次選定

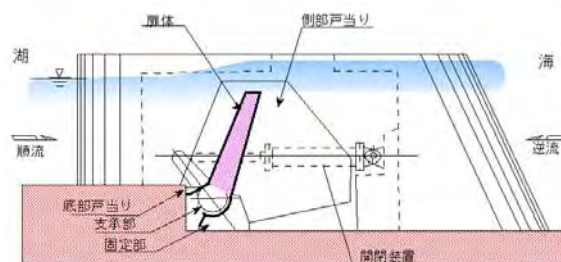
(1) 一次選定された各形式の総合比較

一次選定によって適用可能性を認められた 3 つのゲート形式（鋼製起伏ゲート、SR 合成起伏ゲート、ライジングセクタゲート）について、以下の項目により比較・検討した。

- | | |
|---------|--|
| ・実績 | : 潮止堰としての実績の有無 |
| ・構造的適用性 | : 順・逆方向の流れ（水圧）に対する構造的な適用性 |
| ・施工性 | : 想定される 2 ヶ年の施工期間内での実現性
(主たる工事を非洪水期に行うことから 2 ヶ年を想定) |
| ・経済性 | : 土木施設費・ゲート設備費の概算より比較 |

1) 鋼製起伏ゲート

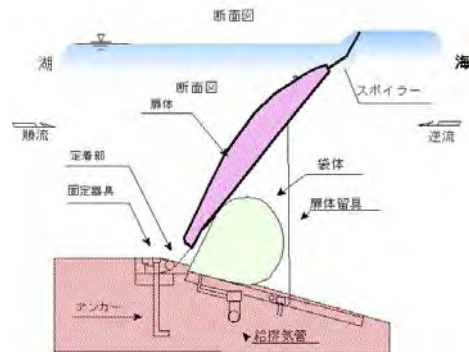
- ・水路底に固定した鋼製の扉体を油圧シリンダにより起立・倒伏させる



項 目	評 価	
実績 (潮止堰)	○	実績がある
構造的適用性	○	とくに問題はない
施工性 (施工期間)	○	2 ヶ年で施工可能
経済性	○	起伏装置に油圧設備を用いており、やや高価

2) SR合成起伏ゲート

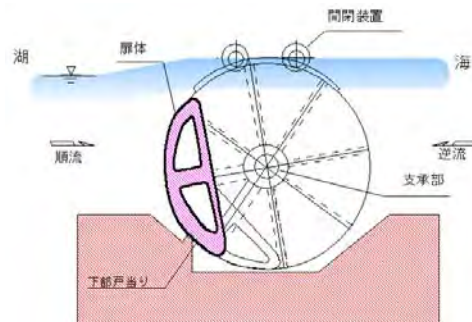
- ・合成ゴム引布製の袋体に空気または水を圧入・排除することにより扉体を起立・倒伏させる
- ・逆流に対応できる構造ではなく、感潮区間への適用には構造的課題がある
- ・逆流時に機能不全を生じる。



項 目	評 価	
実績 (潮止堰)	×	水位・流量制御の実績は増えているが、潮止堰としての実績はない
構造的適用性	×	順・逆2方向の流れに対応するための改良が必要
施工性 (施工期間)	○	2ヵ年で施工可能
経済性	×	起伏装置にゴム袋を用いているが、逆流に対応する施設に改造すれば高価となる

3) ライジングセクタゲート

- ・ゲート端部の円盤を回転させることにより扉体を開閉させる



項 目	評 価	
実績 (潮止堰)	△	潮止堰としての実績はないが、防潮水門としての実績はある
構造的適用性	○	とくに問題はない
施工性 (施工期間)	×	施設が大きく3ヵ年の施工期間が必要
経済性	×	施設が大きく高価となるほか、施工期間が長く仮設費用も増加する

(2) 二次選定結果

倒伏時に河床を平坦にすることが出来、扉高の微調整が可能であり、順応的な制御が可能な施設として実績、構造的適用性、施工性、経済性を勘案した総合的な比較の結果、「鋼製起伏ゲート」を選定した。

表 10.3 二次選定結果

項目	①鋼製起伏	②SR 合成起伏	③ライジングセクタ
実績 (潮止堰)	実績あり ○	なし ×	防潮水門であり △
構造的 適用性	適用可 ○	改良が必要 ×	適用可 ○
施工性 (施工期間)	2 ヶ年 ○	2 ヶ年 ○	3 ヶ年 ×
経済性	3 工法の中では 最も安価 ○	起伏装置の改造に 費用がかかる ×	施設が高価 施工期間も長い ×
選定結果	○	×	×

10.5. 完成イメージ

扉高の変更により可逆的な運用が可能で、順応的な運用や景観面への配慮など、求められる機能を満たした上で、実績・構造的適用性・施工性・経済性にも優れた「鋼製起伏形式」を採用した。

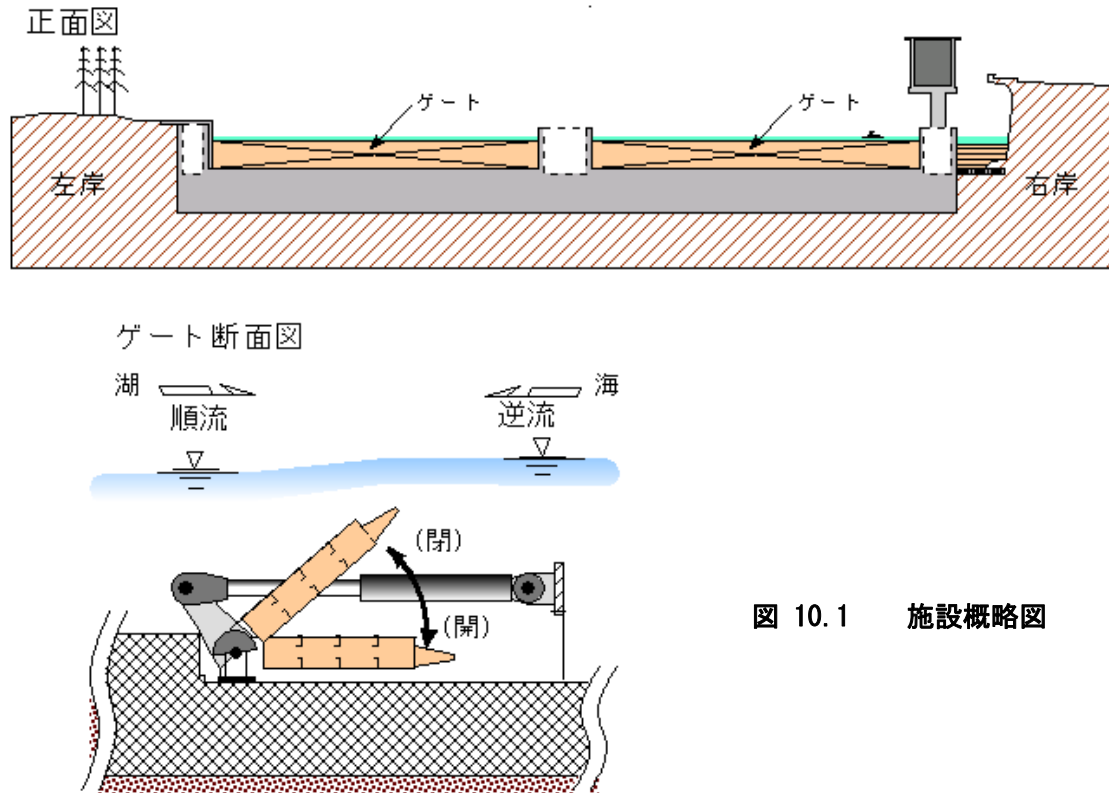


図 10.1 施設概略図

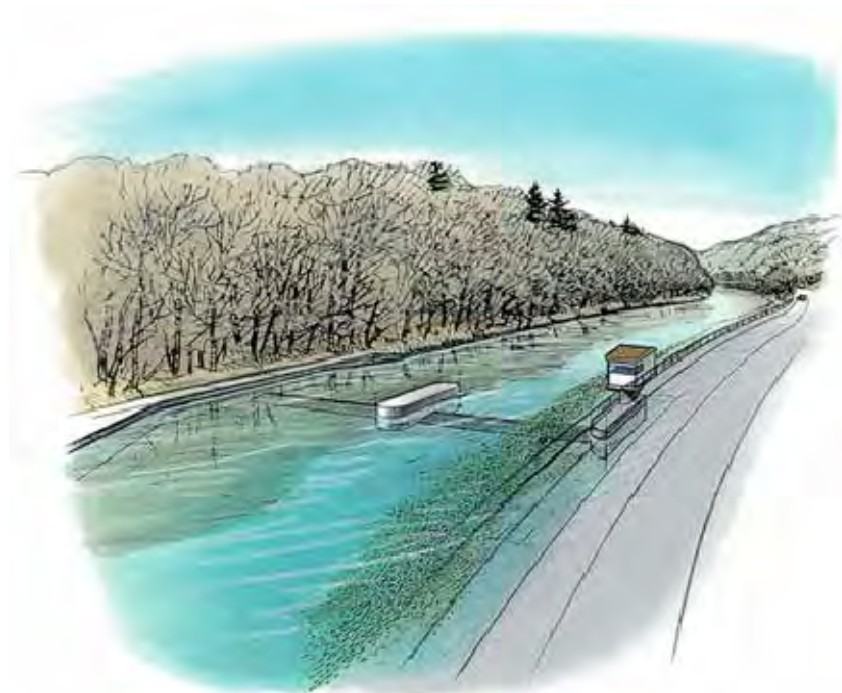


図 10.2 イメージパース

11. 今後のモニタリング調査方針

11.1. モニタリング調査の目的

網走湖の水環境改善のためには、塩淡水境界層水深を 6～7m に維持することが必要であり、これを実現するために平成 17 年度から平成 21 年度の 5 ヶ年にわたり塩水遡上抑制実験を行った。実験結果より、逆流時越流方式 EL+0.2m で 11 月～3 月を基本に制御を行った場合、概ね目標の塩淡水境界層標高に維持することが可能であり、ヤマトシジミやワカサギへの影響も含め、下流河道や湖の生物の生息環境に大きな影響がないと考えられる。

今後は、塩水遡上制御の効果、環境への影響を把握することを目的として関係機関と連携し、学識者等の意見を踏まえ、必要に応じ見直しを行いつつモニタリングを実施し、事業効果、環境への影響等の確認を行い、必要に応じて、適切な改善措置の検討を行う必要がある。

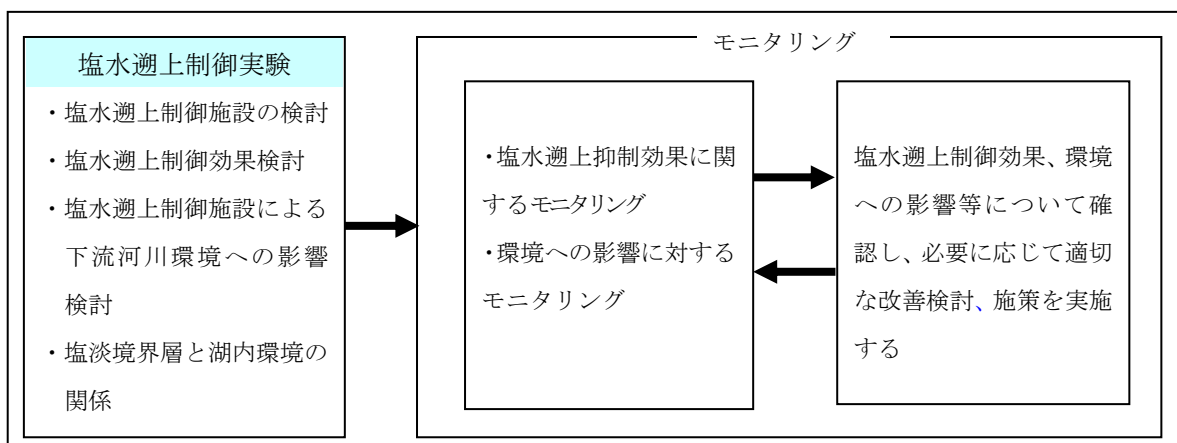


図 11.1 モニタリング調査の流れ

12. まとめ

○実験結果と塩水遡上制御効果

順流時は開放状態とし、逆流時は塩水の湖への流入を防ぐため閉鎖することとした。

制御実験を行った場合には、いずれの年においても制御期間中の塩淡水境界層の上昇を抑制することが出来た。

実験結果より、堰天端高を EL+0.2m とすることで塩水遡上の阻止効果を確保した上でゲート操作の環境への影響の緩和が可能である。

実験から得られた知見から長期シミュレーションにより基本的に 11 月～3 月の制御を行えば、清流ルネッサンスⅡの目標を概ね達成できると評価された。

○冬季の塩水遡上制御による下流河川環境への影響

1) 流速の減少などの影響による水質、底質環境への影響が懸念されたが、水質 (D0)、底質 (シルト・粘土分等) については、ヤマトシジミ等の生息に影響を与えるような変化は見られない。

2) ヤマトシジミの再生産については、その状況が明らかでなく影響の把握ができないため、
①土砂移動②産卵状況調査を実施した。

①下流河道の土砂移動は平常時にはほとんどなく、湖から土砂とともに稚貝が供給されていないと考えられる。

②ヤマトシジミの産卵と併せて浮遊幼生の発生が確認されるなど、夏期の産卵によって資源が維持されていると考えられる。また、湖内から多くの幼生が下流河道に供給され着底していると考えられる。

これらのことから、11 月～3 月を基本とするゲート操作はヤマトシジミの再生産に影響を与えないと考えられる。

3) 11 月下旬～1 月上旬にかけて湖に遡上するワカサギへの影響が懸念されたが、ふくべ網などによる調査から、順流時に開放していればゲートを通過して遡上していることが確認された。また、日没後夜明けまでの暗い時間帯を中心にかつ順流時に遡上する性質があることが確認され、順流時に開放する操作について影響は少ないと考えられる。

この他、底生動物、付着藻類、植生については大きな変化は見られない。

○塩淡水境界層標高と湖内環境の関係

塩淡水境界層が低下することにより、底質の COD 及び底生動物の個体数、生息域が回復する傾向にある。また、アオコ、青潮の発生が抑制されている。

ヤマトシジミの再生産について、塩淡水境界層が低下し淡水層の塩分濃度が下がり、水温が十分高くない場合には幼生の発生に影響がある場合がある。なお、淡水層の塩分濃度については春季の強風、融雪出水の影響が大きいいため冬期間の塩水遡上制御の影響は受けない。

ヤマトシジミの資源量については、塩淡水境界層の上昇に伴い低標高の資源量が減少したが、現在では塩淡水境界層の低下に伴い稚貝が回復傾向にある。

植物プランクトンは塩淡水境界層の上昇に伴い細胞数が増加する。

呼人浦の水草(主にマツモ)については、塩淡水境界層の上昇により減少したが、今後は塩淡水境界層の低下による回復が考えられる。

○結論

塩淡水境界層を制御することで、網走湖の水環境の改善が可能。その際、影響が懸念されていたゲート直下流の河道環境について調査分析した結果より、生物の生息・生育状況に影響を与えるような顕著な変化は現在のところ見られない。

制御期間について 11 月～3 月を基本とすることで、水環境改善の目標を概ね達成することが出来る。当該期間の制御は、ヤマトシジミの再生産、ワカサギの遡上へ影響は少ないと考えられるが、制御にあたっては柔軟な対応が必要である。

柔軟な制御が可能なゲート設計については、扉高の調節が出来ること、順流と逆流の両方に対応可能な構造的適用性などを考慮し、鋼製起伏ゲートの採用が妥当である。

今後、継続的に塩淡水境界層の制御を行う上で、生物の生息・生育状況を含む湖の水環境の変化を把握するため、引き続きモニタリングを行う必要がある。また、これらの湖の水環境の状況、気象変動による潮位の変化等を踏まえた順応的な対応が必要である。

規約および委員会名簿

・ 網走湖水環境改善施策検討委員会 規約

第1条 この会は、網走湖水環境改善施策検討委員会（以下「委員会」という。）と称する。

（目 的）

第2条 委員会は、網走川水系網走川水環境改善緊急行動計画（清流ルネッサンスⅡ）における網走湖水質保全施策のうち、網走開発建設部が実施する施策について技術的検討を行うことを目的とする。

（組 織）

第3条 委員は、学識経験者、関係行政機関等の者の中から網走開発建設部が委嘱する。

2. 委員会には委員長を置き、委員の互選によりこれを定める。

3. 委員長は、会務を統括する。

4. 委員会は他の専門家の意見を聞く必要が生じた場合、委員会の合議により招へいすることができる。

（運営等）

第4条 委員長は、委員会を招集する。

2. 委員会の庶務は、網走開発建設部治水課が行う。

（雑 則）

第5条 この規約に定めるもののほか、委員会の運営に関し必要な事項は、委員長が委員会に諮って定める。

附則

この要領は、平成17年7月7日から施行する。

- ・ 網走湖水環境改善施策検討委員会 名簿

網走湖水環境改善施策検討委員会 委員名簿

(委員：五十音順)

(平成 21 年 11 月現在)

区 分	氏 名	専 門	所 属 お よ び 役 職
委 員 長	山 口 甲	河 川 工 学	元北海学園大学工学部 教授
委 員	栗 倉 輝 彦	水 産 学	元北海道立水産孵化場 場長
〃	井 上 聰	応 用 動 物 学	前(社)北海道栽培漁業振興公社 技術顧問
〃	岩 田 理 樹	水 質	※北海道環境科学研究センター 環境科学部長
〃	海 老 江 邦 雄	水 環 境 工 学	北見工業大学 名誉教授
〃	河 村 博	水 産 学	北海道立水産孵化場 場長
〃	神 田 房 行	生 物 学	北海道教育大学釧路校 教授
〃	桑 原 連	生 物 生 産 学	東京農業大学 名誉教授
〃	佐 渡 公 明	水 文 学	北見工業大学 名誉教授
〃	清 水 康 行	水 圏 工 学	北海道大学公共政策大学院 教授
〃	平 井 康 幸	河 川 工 学	(独) 土木研究所寒地土木研究所 寒地水圏研究グループ寒地河川チーム 上席研究員
〃	前 田 寛 之	環 境 地 質 学	北見工業大学社会環境工学科 教授
〃	山 下 彰 司	河 川 環 境	(独) 土木研究所寒地土木研究所 寒地水圏研究グループ水環境保全チーム 上席研究員
〃	山 田 正	防 災 工 学	中央大学理工学部都市環境学科 教授
〃	渡 辺 康 玄	河 川 工 学	北見工業大学社会環境工学科 教授

※第 1 回から第 8 回までは加藤拓紀環境科学部長