

ウィンドファームに対するサケの回避行動及び蜻集行動の 実態把握に関する調査手法の有効性の確認結果

令和8年3月
内閣府総合海洋政策推進事務局

1. 調査の概要

【調査目的】

令和6年度「水産資源の回遊行動の実態等の把握及び海洋構造物の設置に伴う影響把握のための調査手法に係る検討調査事業」において、回遊性魚類について既設のウィンドファーム等からの回避行動及び蝟集行動の実態を把握するための調査手法について検討したことから、調査手法の有効性を確認することを目的とした確認調査を実施する。

【調査内容】

表1 調査項目

対象	調査項目	調査数量及び地点数	調査方法	解析項目
サケ (<i>Oncorhynchus keta</i>)	バイオテレメトリー調査	(発信機):50個体 発信間隔:30秒 (受信機):20地点	捕獲されたサケに発信機を装着して放流し、その後の行動を設置型の受信機で観測する。	設置型受信機で観測された時間及び位置情報をもとに個体の回遊ルートを推定する。
	バイオロギング調査 (アーカイバルタグ)	50個体 測定間隔:30秒 (バイオテレメトリー調査と同じ個体に同時に装着)	捕獲されたサケにデータロガーを装着して放流し、再捕獲された個体の経験した水温や深度データを取得する。	再捕獲された個体の放流位置、回収位置、記録された水温や深度をもとに回遊状況を推定する。
環境 条件	水質調査	石狩湾のウィンドファーム周辺及び石狩川河口周辺の水深10~30mの30地点	バイオテレメトリー調査の期間中に多項目水質計による水質の鉛直観測を行う。	水温、塩分、溶存酸素、クロロフィルa等
	水中音調査	発電施設の内外にそれぞれ1地点 観測期間:1か月程度	発電所の内外に水中音記録計を設置して騒音の状況を取得する。	サケが通過したタイミングの洋上風力発電設備稼働時の水中音を確認する。

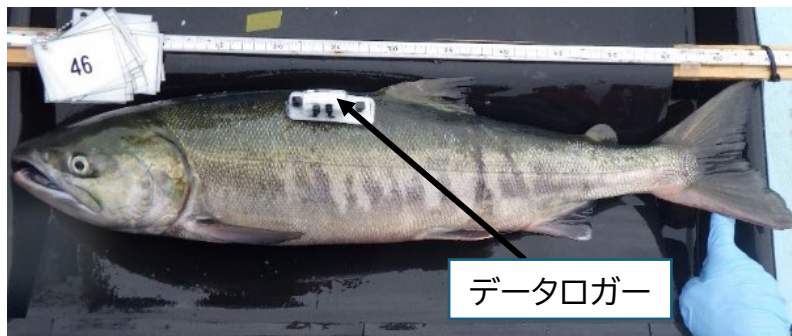


図1 サケへの機器装着イメージ



図2 調査手法イメージ 水産振興コラム(2023年12月第16回)より

1. 調査の概要

【調査海域】

北海道石狩湾の石狩湾新港洋上風力発電所(Ishikari Offshore Wind Farm、以降ファームとする)及びファームから河口までの海域とした。

【調査期間】

現地調査は下記の日程で実施した。

サケの放流 : 9/30、10/1

水質調査 : 10/2

調査実施期間 : 9/30~11/1

2. 調査の作業内容

バイオテレメトリー調査

【受信機の設置】

- ファーム内に8地点、ファーム周辺に6地点、ファームから石狩川河口に6地点設置した。※1、※2
- ファーム周辺2地点の受信機(St.2、12)には水中音記録計も設置した。
- 受信有効距離は受信機を中心として半径500m

※1 発電事業者からの指示に基づき洋上風力発電設備と海底ケーブルから100m以上離して設置した(最も近いSt.2から海底ケーブル間で115m)。

※2 回収後受信機St.5、14は浸水により故障していたため、以後欠測として解析から除外した。

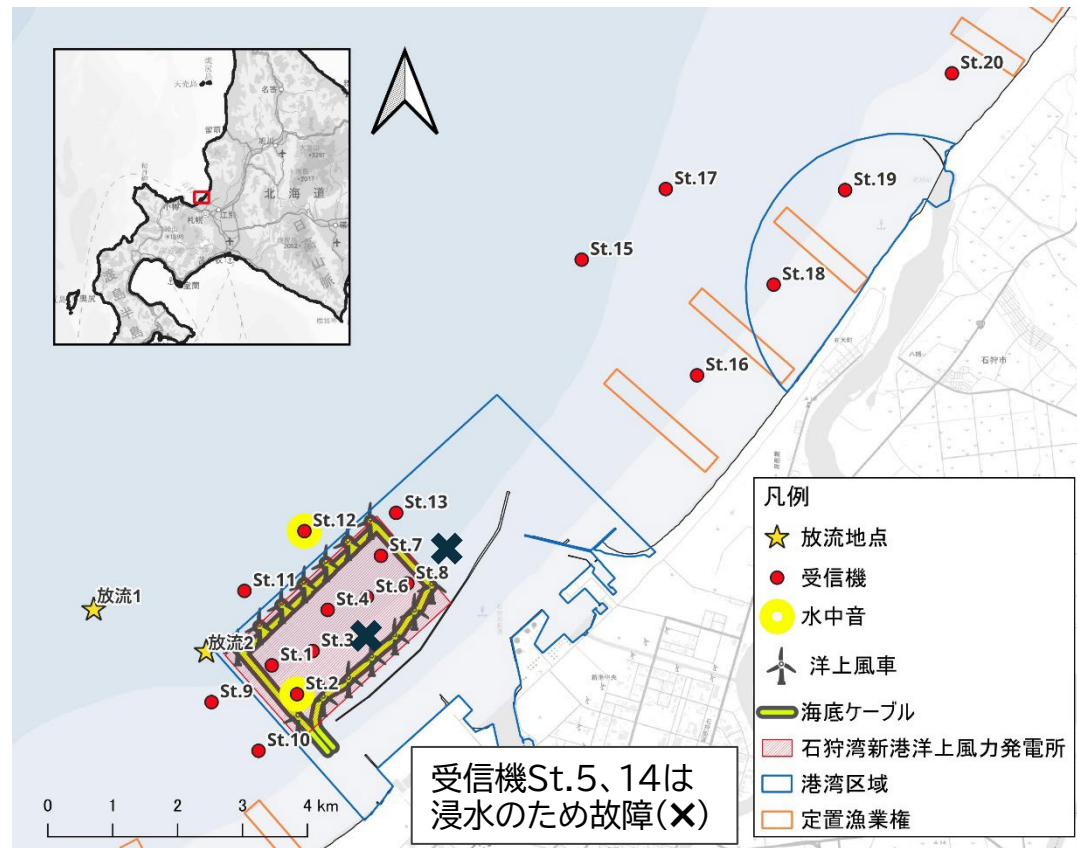


図3 受信機の設置地点とサケの放流地点

表2 調査工程

作業項目	令和7年														
	8月			9月			10月			11月			12月		
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
バイオテレメトリー調査				受信機設置			放流			受信機回収					
バイオロギング調査							放流			再捕獲の報告を元に回収					
水質調査							放流の前後で実施								
関係者周知	港湾関係者や石狩湾のサケ漁業者等を対象に実施														

2. 調査の作業内容

バイオテレメトリー調査
バイオロギング調査

【サケへの機器の装着、放流】

定置網で捕獲したサケの尾叉長や雌雄、成熟度を記録した後に機器（発信機及びデータロガー）を装着し、放流地点2か所から計50個体を放流した。

【データの回収】

受信機：放流からおよそ1か月後に受信機を引き揚げた。
データロガー：放流した個体を漁獲した漁業者からデータロガーを回収した。

【水質調査】

調査範囲に格子状に配置した測点で、放流日と同時期にスポット観測した。

表3 使用機材

機材	商品名	開発社名	備考
発信機	GoldCodeピンガー (AQPX-1030P)	株式会社アクアサウンド	発信間隔30秒
受信機	測位対応設置型受信器 (AQRM-2000)	株式会社アクアサウンド	-
データロガー	水深水温ロガー (AZBL003-100)	AI TECHNOLOGY 株式会社	測定間隔30秒
多項目水質計	RINKO-Profiler (ASTD-3XTU)	JFEアドバンテック株式会社	測定間隔：鉛直方向に0.1mごと
水中音記録計	SoundTrap ST600 HF	Ocean Instruments 社	-

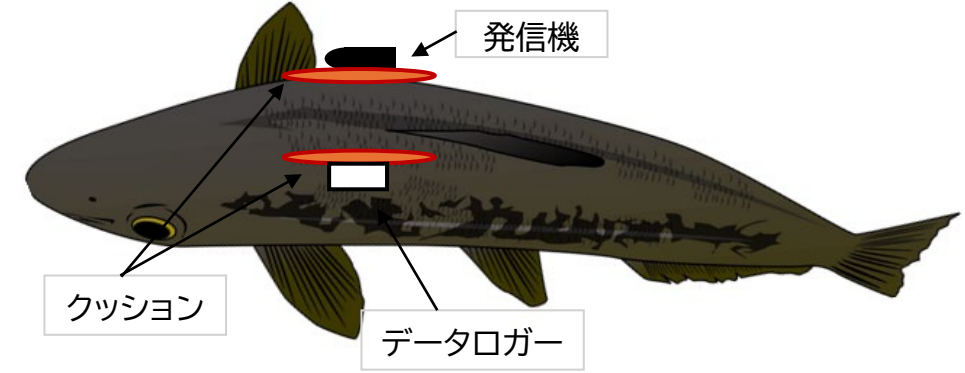


図4 機器装着イメージ

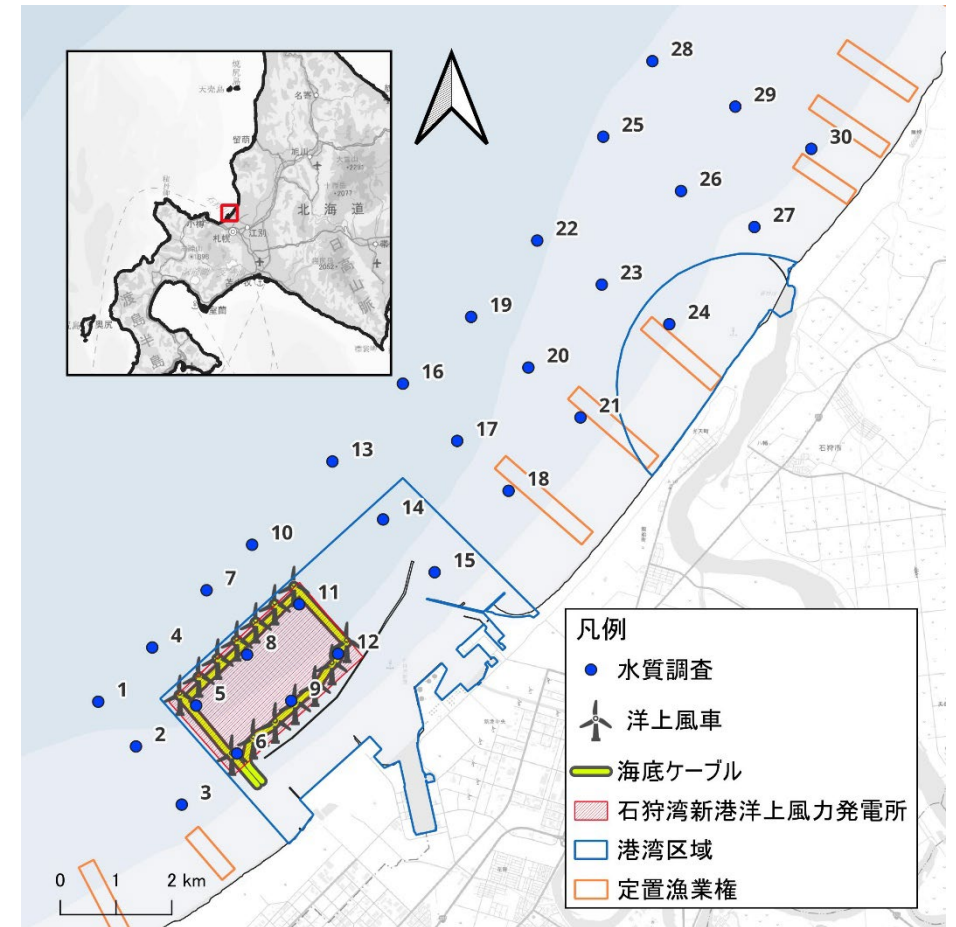


図5 水質調査の地点

2. 調査の作業内容(続き)

【調査時の様子】海上での作業は、受信機設置⇒サケへの装着⇒放流⇒水質調査⇒受信機撤去の順で実施した。

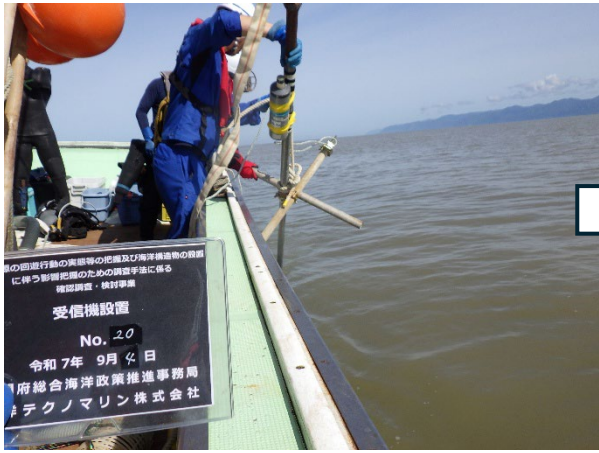
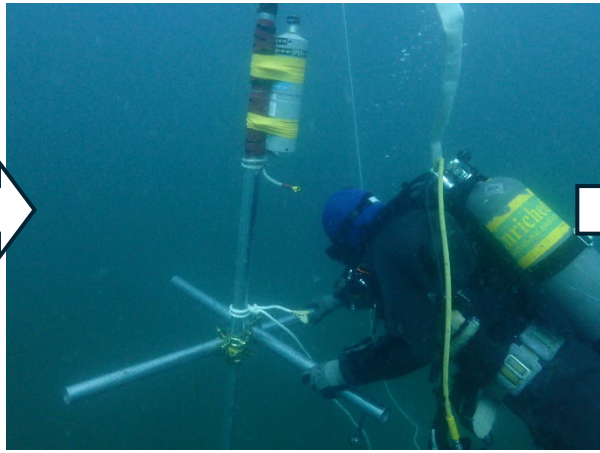



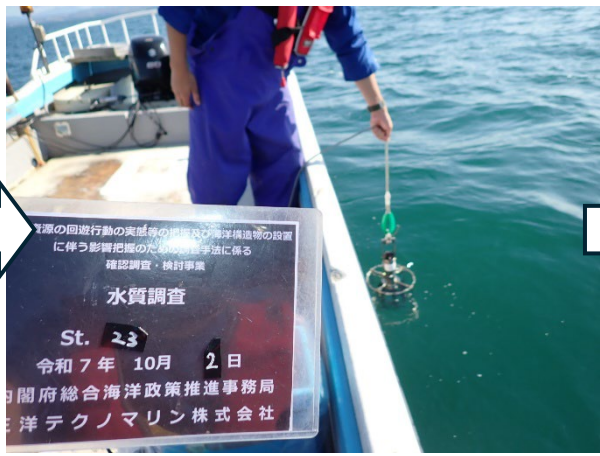


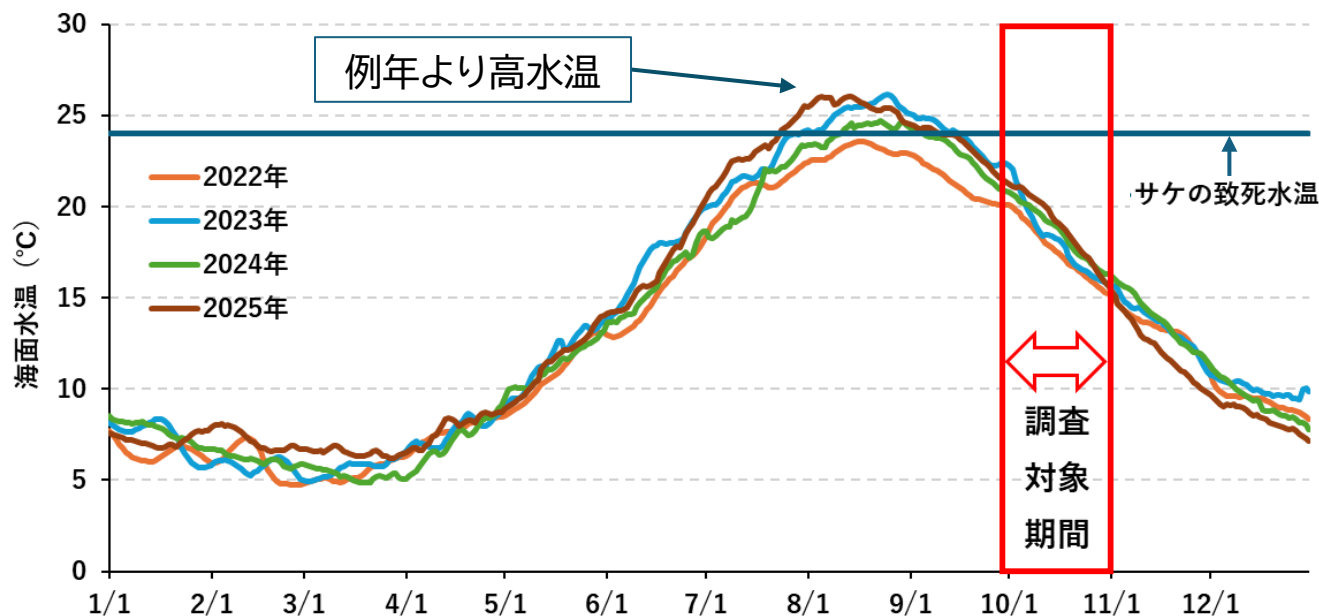
受信機設置(船上)	受信機設置(水中)	サケへの機器の装着①	サケへの機器の装着②
			
サケの放流	水質調査	受信機の撤去前(水中)	受信機の撤去後(船上)
			

図6 作業の様子

3. 調査結果

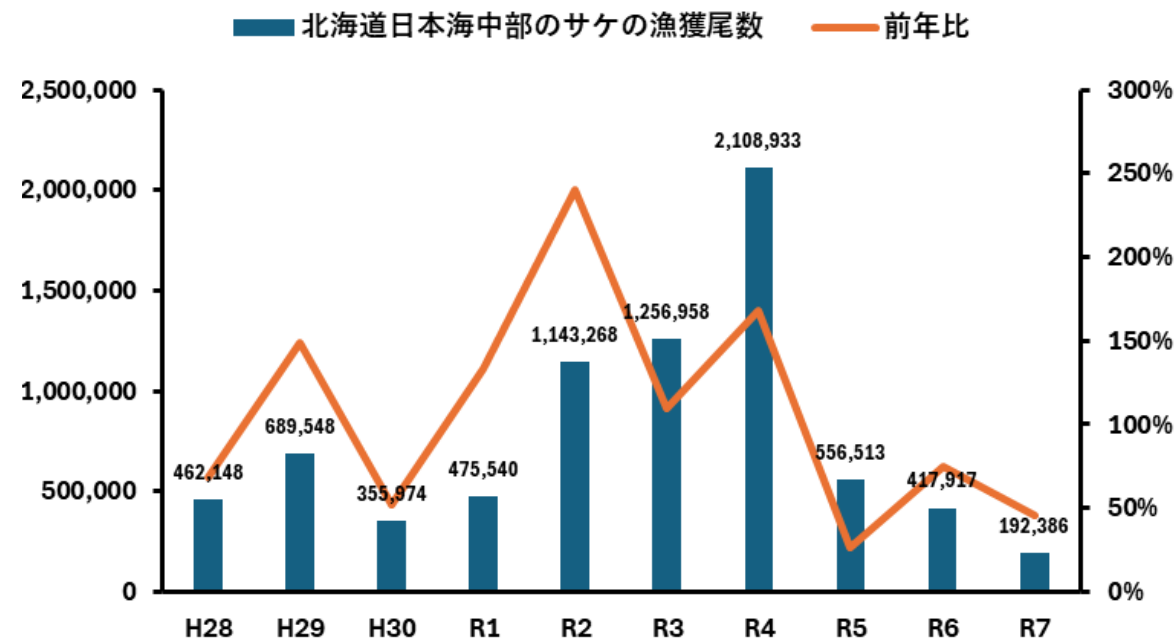
石狩湾における海面水温の推移と漁獲の推移を整理した。

- 夏季に石狩湾の海面水温がサケの致死水温^{※1,2}を超える高水温であった。
- 今年度のサケの漁獲尾数は、北海道日本海中部地区^{※3}の過去10年間の漁獲量の中で最も少なかった^{※4}。



※1 Brett J.R. (1952) Temperature tolerance in young Pacific salmon, genus *Oncorhynchus*.
 ※2 Schmidt-Nielsen K. (2005) Animal Physiology: Adaptation and Environment.

図7 石狩湾沿岸の海面水温の推移 (気象庁より)



※3 北海道のサケの漁獲を集計する地区の区分のうち石狩湾を含む地区
 ※4 北海道 水産林務部 水産局漁業管理課 北海道秋さけ漁獲速報(旬報)
<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/ggk/akisakegyokakusokuhou.html>

図8 北海道日本海中部のサケの漁獲尾数とその前年比

3. 調査結果 - バイオテレメトリー調査

【受信機での受信】

- 50尾放流のうち36尾を受信機で受信した。
 - 10尾は同じ受信機で長期間受信が続いたことから、受信範囲内で死亡したと考えられる。
 - 残りの26尾はファームの通過や滞留の状況が確認できた。
- 放流地点付近の受信機で最も長時間受信されていた。
- 14個体はどの受信機でも受信されなかったが、そのうち1尾(個体No.20)はファームの範囲内の刺網で漁獲された。

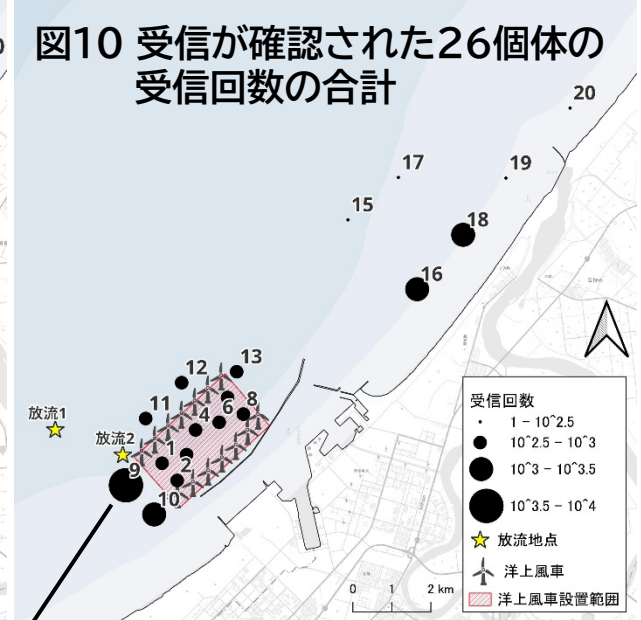
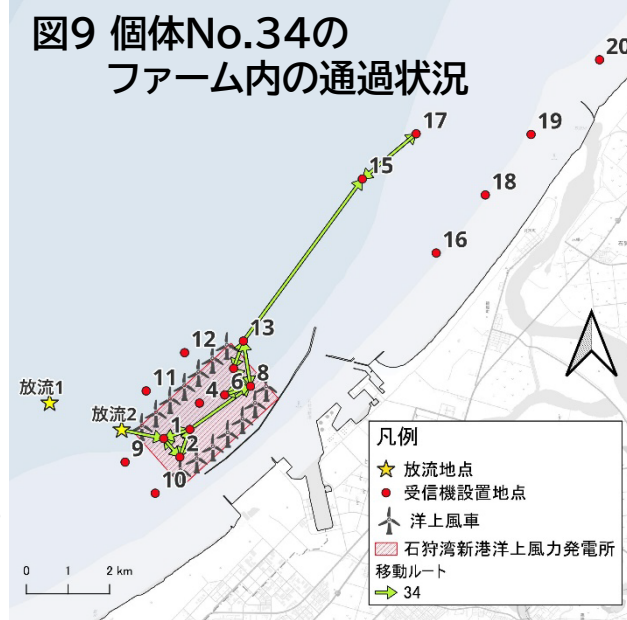


表4 受信機ごとの受信があった個体と受信回数

サケの個体No. (赤字は死亡と推定された個体)

	2	3	4	5	6	8	10	12	13	19	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	26個体計
St.1	2		3			1			479	6		25	3						642	2	60	2	1			3	14			4	8	15	21		44		
St.2	4		4			2		1				2	2						180	2	1	1	1			1	2			1	1				18		
St.3	1		6						3				3						118	1	35	1	2			2	1		1			2			18		
St.4			6					1					3	30	1		3				46			2		5	5		2			2			25		
St.6	1		6					2					2	18	2		3							1		4	3		1			1			23		
St.7	2		5					2					1	25	2		4			1		1	1			4	10		2			2			26		
St.8	1		7					1					1	4	2		4			2		1				4	301		1			2			25		
St.9	1			1		1	2	2	6	66	25	55	2		2				128		5	2	1	2	25	3	29	12		40	606	31	77	51	52	253	
St.10	30		2	1	2	1	19	5							1	1			4		3			2	2	2	2			1	3				71		
St.11	1									305	7	66	3	2		2	2	2			82	1	2	2		5	26	5	1	11		11	9	9		63	
St.12		2	4										3	135						1			1	1		2	7		8			8			33		
St.13	2	1	6					1						2	1		3			2		1	1			1	9		2			4			24		
St.15	7					2													3				1	1			2								14		
St.16	4		29	4												7																		1	45		
St.17	4																																		4		
St.18	4			2												49								2		2									59		
St.19	1																							1		1									3		
St.20		2																								1									3		

放流地点に近いSt.9の受信機の受信回数が多くなっている

死亡と推定された個体を除く合計

※オレンジはファーム内、緑はファーム周辺、青は河口付近

3. 調査結果 – バイオテレメトリー調査

【ウインドファームの滞在時間】

受信機を「ファーム内」、「ファーム周辺」、「河口付近」に分類し、個体ごとの受信状況を1時間ごとに整理した。

- 受信があった全ての個体はファーム内、またはファーム周辺で受信された。
- ファーム内では12個体の受信が確認され、平均2.9時間滞在していた。
- ファーム周辺で受信後に速やかに河口付近で検出される個体もあれば、ファーム周辺で1日以上滞在した後で受信範囲外に移動した個体も確認された。

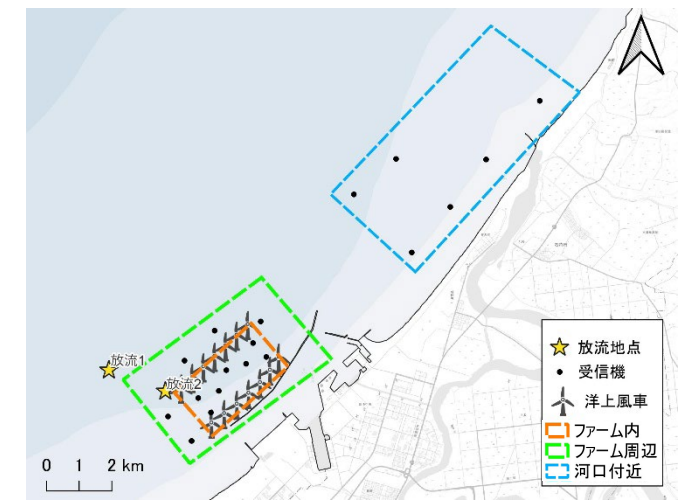
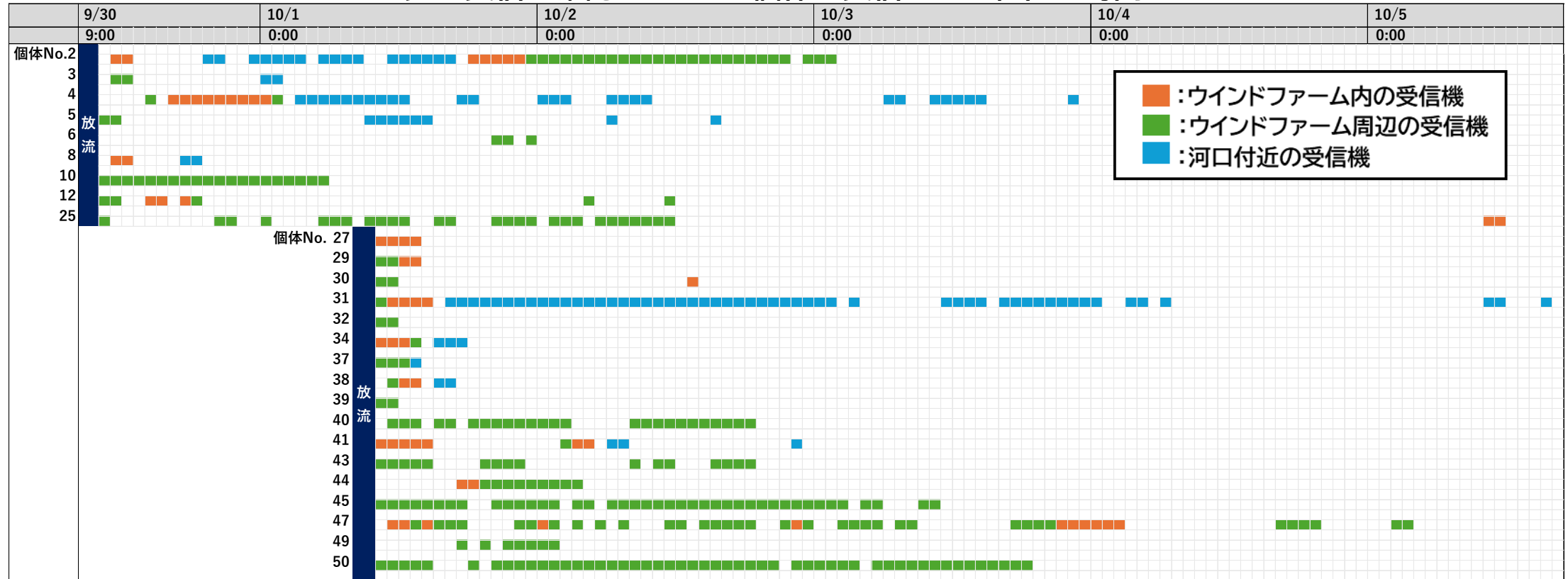


表5 受信が確認された26個体の受信された位置と時間



3. 調査結果 – バイオテレメトリー調査

【受信範囲内の滞在時間】

ファームの通過や滞在の状況が確認された26個体について、各受信機で連続して受信され続けた時間を一度の連続した「滞在時間」として算出し※、受信機ごとに滞在時間の合計(図12)と滞在時間のばらつき(図13)を算出した。

※5分より短い時間が受信が続く状態を連続して「滞在」していたとして、一回の滞在の持続時間を集計した。

- 受信機ごとに全ての個体の滞在時間を合計した結果、放流地点に最も近いSt.9の範囲に最も長時間滞在しており、次点でSt.10(St.9の近傍)、St.18(石狩川河口付近)に滞在していた。
- 受信機で連続して捉えられた滞在時間はほとんどが10分程度であった。

それぞれの受信機に対して、サケがどの程度の時間滞在していたかを最小値、中央値、最大値で示した。
第1四分位数から第3四分位数までの間はデータの中心としてデータの50%が含まれ、外れ値や極端な値の影響を受けにくい「典型的な値の集まり」となる。

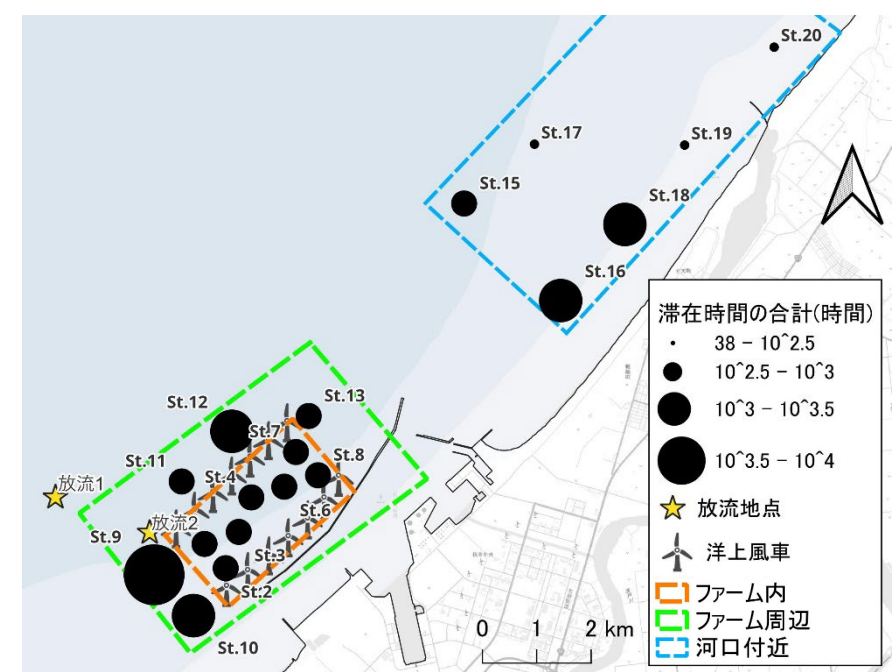


図12 各受信機付近にサケが滞在していた時間の合計

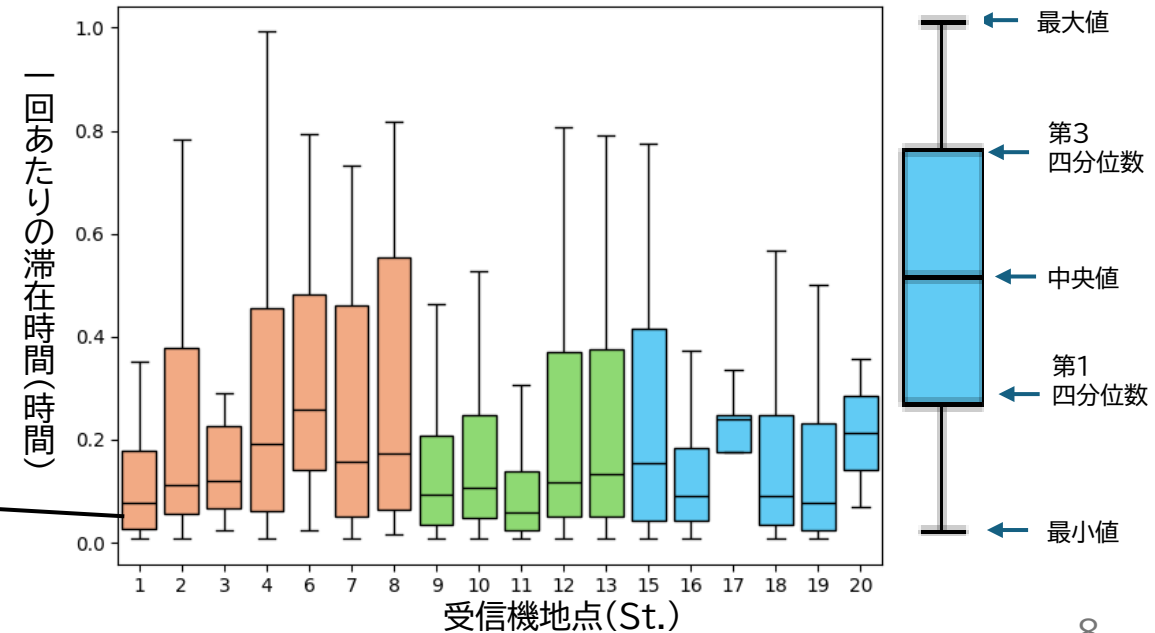


図13 受信機におけるサケの滞在時間のばらつき

3. 調査結果 - バイオロギング調査

【再捕獲の結果とデータ回収】

- 50尾を放流したうち、6尾分のデータロガーを回収した(再捕獲率12%)。
- 石狩湾内で5尾、石狩川上流の千歳川で1尾再捕獲された。
- 1尾(個体No.20)はデータロガーの故障によりデータの大部分が欠損していた。

表6 再捕獲された個体と再捕獲地点

個体No.	放流日	捕獲日	再捕獲地点	場所
2	9/30	10/3	石狩湾新港	石サケ定第1号
3	9/30	10/10	千歳川	千歳水族館
10	9/30	10/1	石狩湾新港	石サケ定第1号
20	9/30	データロガー故障	石狩湾新港	ウインドファーム内の刺し網
29	10/1	10/5	厚田港	石サケ定第6号
37	10/1	10/3	浜益港	石サケ定第13号



図14 再捕獲地点

個体No.2の場合の例

- 放流から深度20m付近と表層を鉛直方向に頻繁に行き来していた。
- 放流から約36時間後に深度が0mから10m制限されたことから、この頃に定置網に入ったと考えられる。
- その後放流から3日後の朝に深度、水温が一定になった後、深度0mになり、水温が低下したことから、水揚げされたと考えられる。

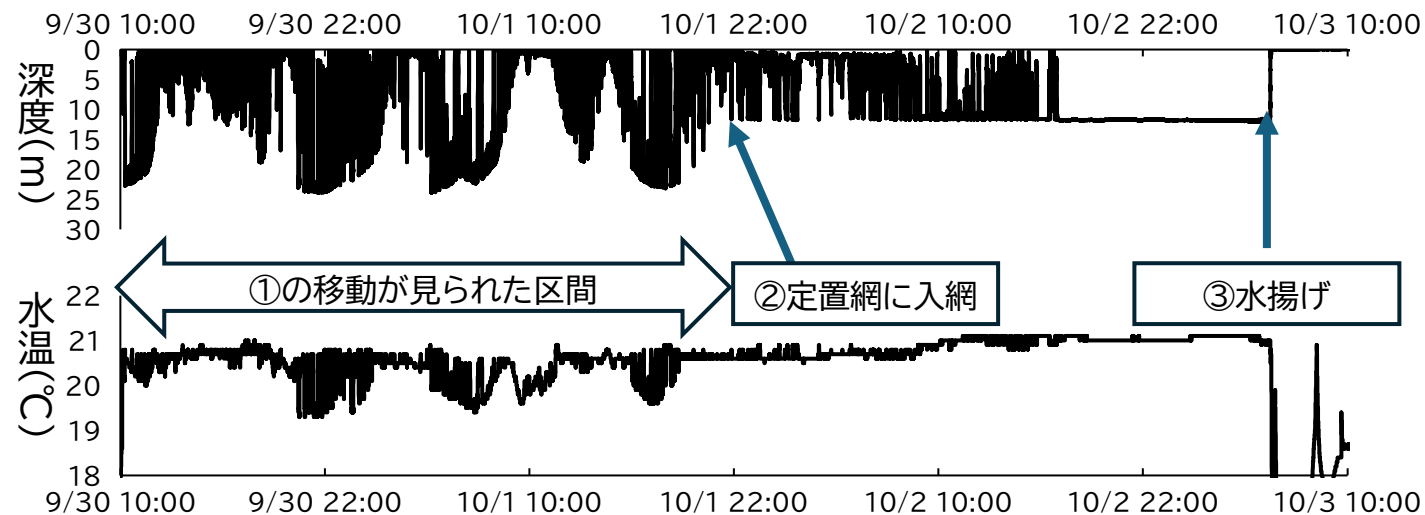


図15 代表的な個体(No.2)の経験していた深度と水温

3. 調査結果 - 水質調査

水質調査により調査範囲の水温と塩分の分布状況を確認した。

- 放流の翌日(2025/10/2)に実施した。
- 調査海域の水温はおよそ19~21℃の範囲で、サケの回遊に適した水温より高い※ため、回遊への影響が懸念される。
- 石狩川河口付近では表層から1m付近まで河川水による低水温、低塩分の分布が確認できた。

※ Tanaka et al.(2000) Behavioural Thermoregulation of Chum Salmon During Homing Migration in Coastal Waters.

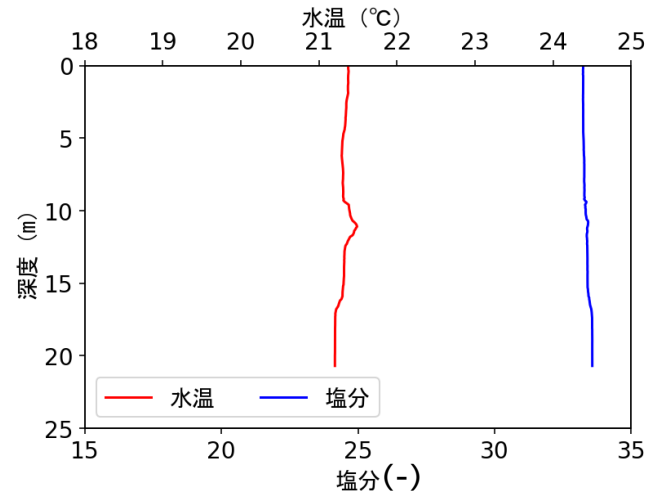


図16 放流地点付近(1)の水温、塩分の鉛直分布

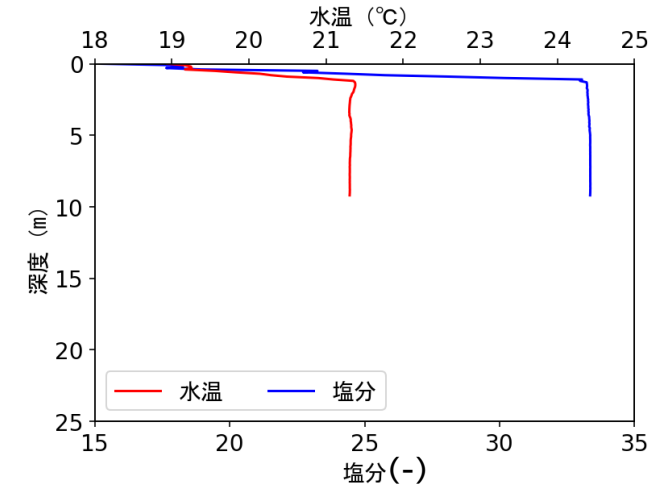


図17 石狩川河口付近(27)の水温、塩分の鉛直分布

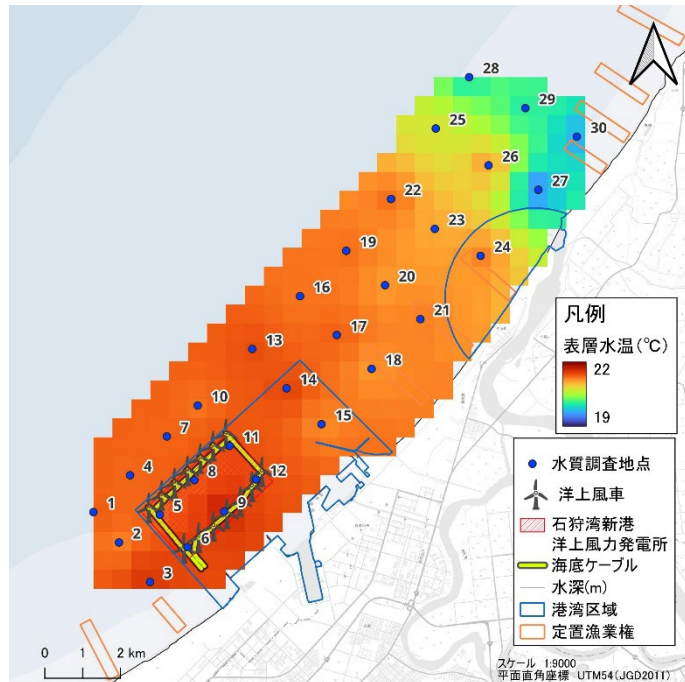


図18 表層の水温分布

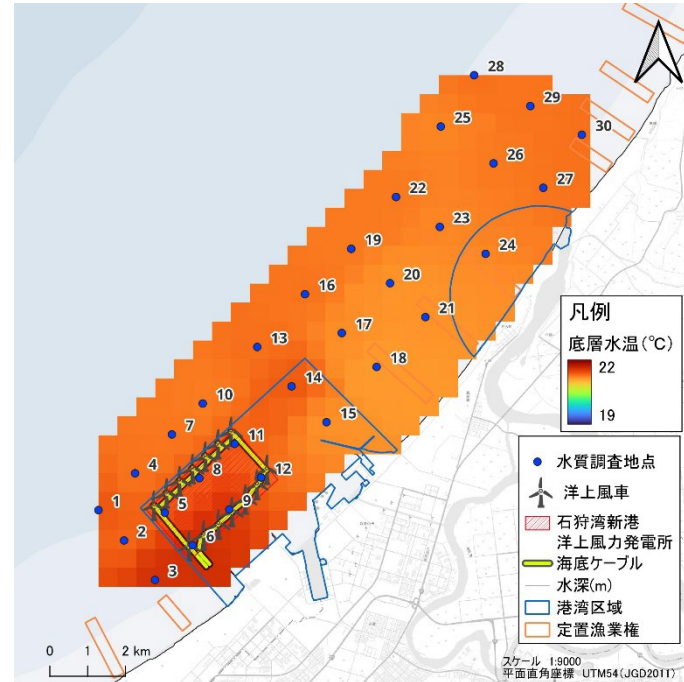


図19 底層の水温分布

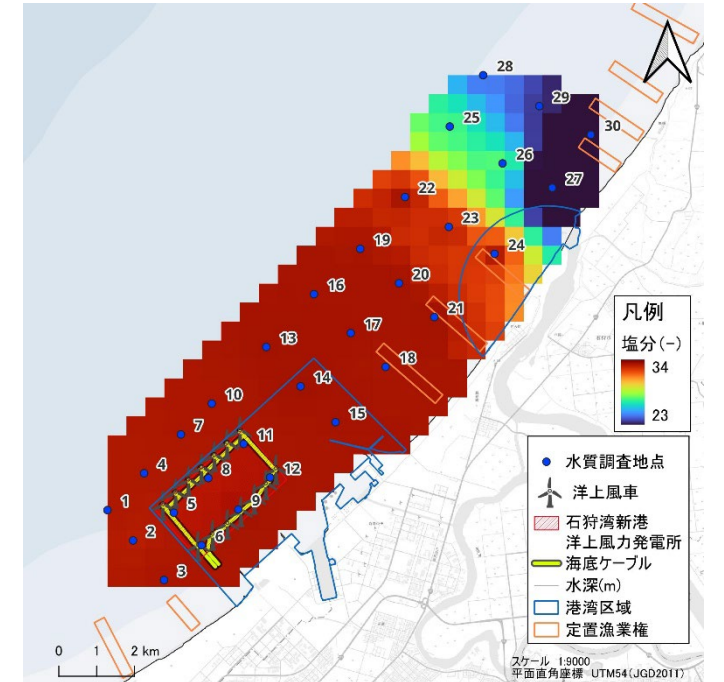


図20 表層の塩分分布

3. 調査結果 - 再捕獲された6尾の回遊状況

個体No.2

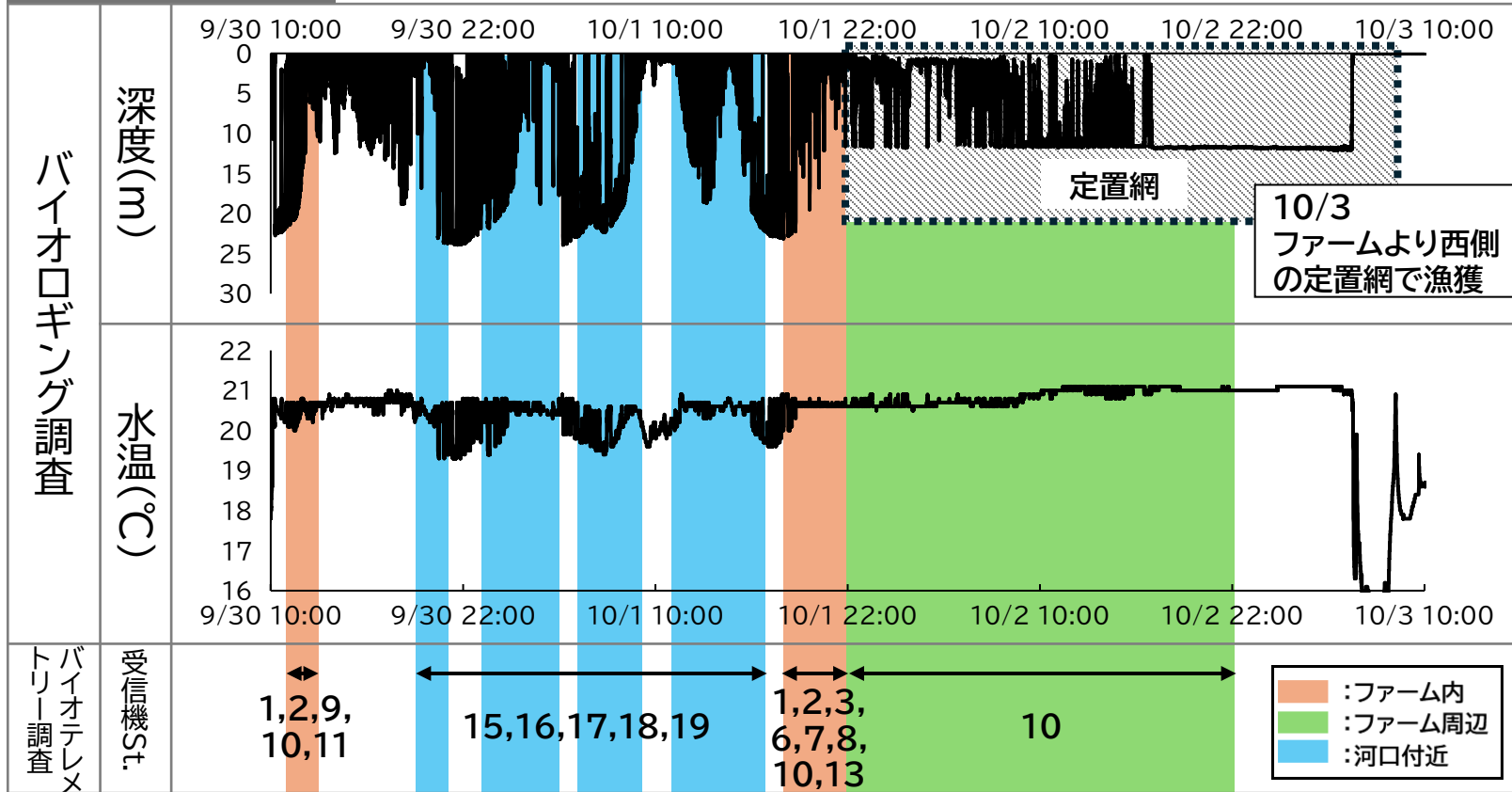


図21 放流以降の回遊の状況(個体No.2)



図22 移動の状況(個体No.2)

- 放流後、表層と海底との間を上下に移動しながら速やかにファーム内を通過した。
- 放流から10時間で河口付近まで移動し、一日近く河口付近に滞在していたが、その後ファームに戻りファームを横断した後、ファームの南西にある定置網で漁獲された。
- ファーム内の通過は2回で、通過にかかった時間はそれぞれ1時間、3時間であった。

3. 調査結果 - 再捕獲された6尾の回遊状況

個体No.3

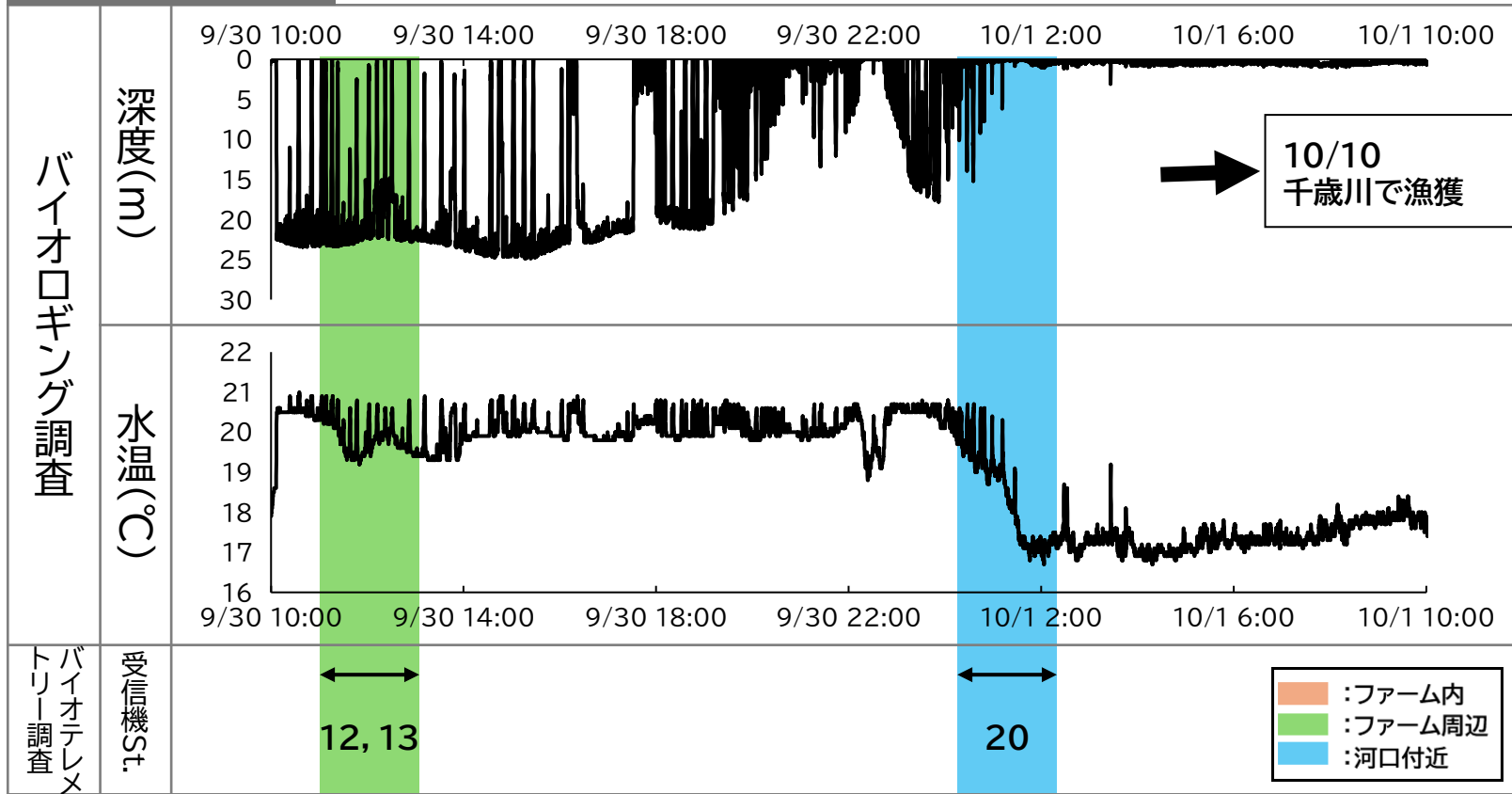


図23 放流以降の回遊の状況(個体No.3)



図24 移動の状況(個体No.3)

- 放流から1時間後にファームの北側を2時間かけて通過した。
- その後も表層と海底との間を上下に移動しながら約12時間で石狩川河口付近に到達し、石狩川を遡上した。
- 遡上から9日後に河口から70km以上離れた千歳川で漁獲された。

3. 調査結果 - 再捕獲された6尾の回遊状況

個体No.10

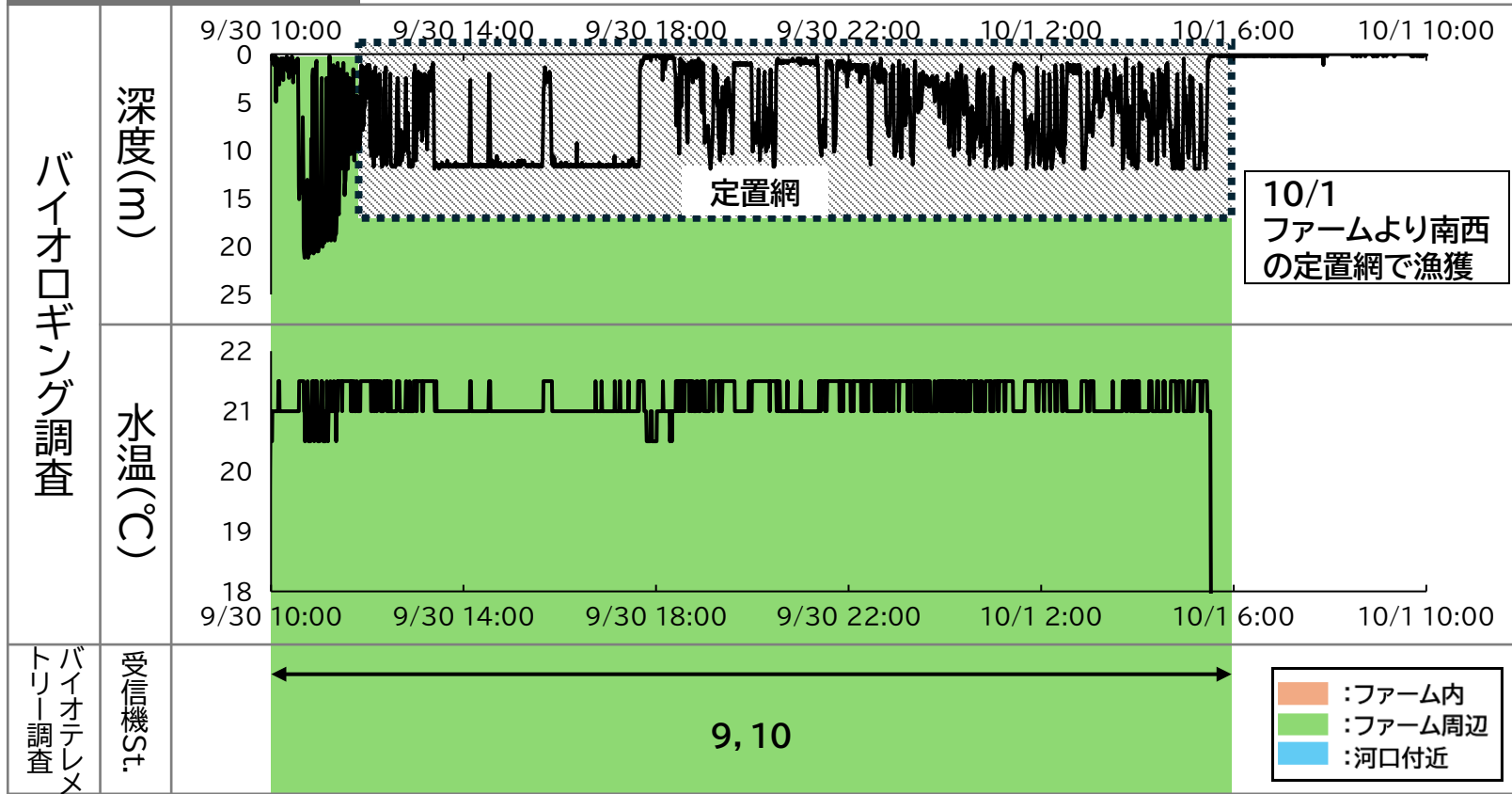


図25 放流以降の回遊の状況(個体No.10)



図26 移動の状況(個体No.10)

- 放流後すぐに洋上風力発電施設の南西側の受信機を通過し、定置網に漁獲され、翌日朝に水揚げされた。
- 放流から定置網で漁獲されるまでの間、ファーム周辺に滞在していた時間は3時間であった。

3. 調査結果 - 再捕獲された6尾の回遊状況

個体No.20

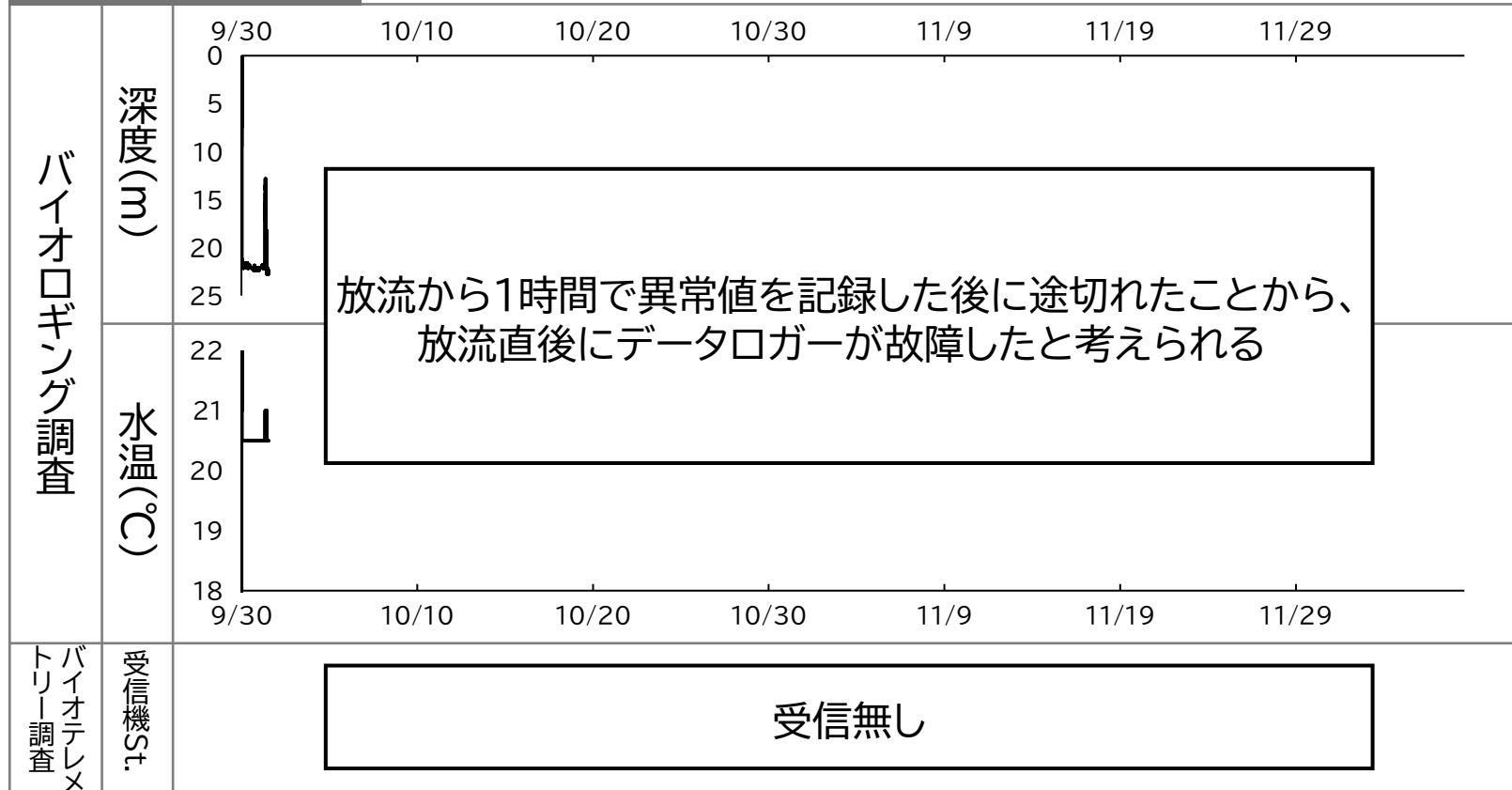


図27 放流以降の回遊の状況(個体No.20)



図28 移動の状況(個体No.20)

- 放流から一度も受信機で検出されることないまま、放流から二か月後の11/24以降にファーム内の刺網で漁獲された。個体の生死や腐敗状況は不明。

3. 調査結果 - 再捕獲された6尾の回遊状況

個体No.29

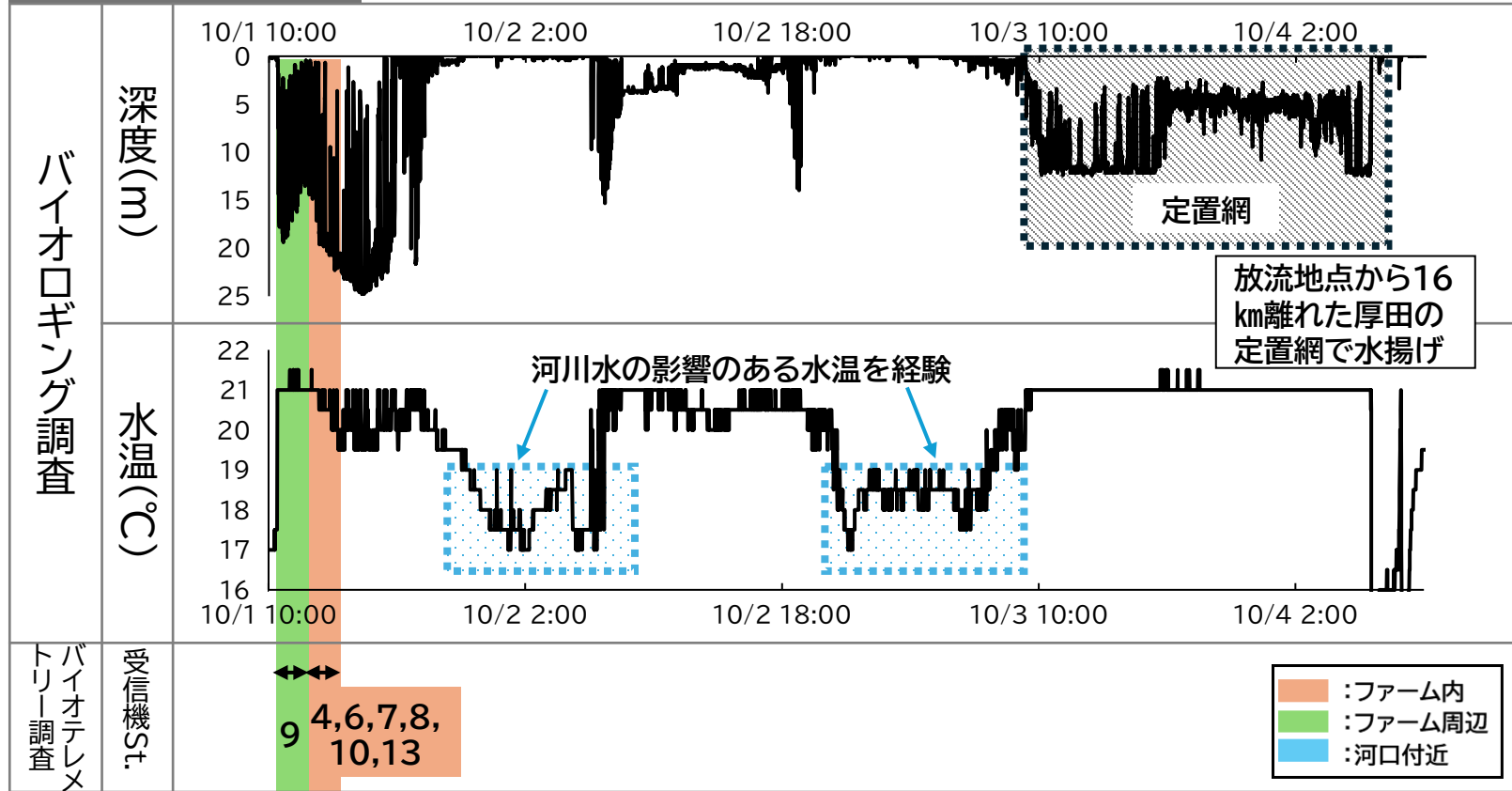


図29 放流以降の回遊の状況(個体No.29)

- 放流後速やかにファーム内に入し、ファーム内を1時間かけて通過した。
- その後、いずれの受信機でも受信されることなく、河川水と考えられる低温の水を経験した後、放流から2日後に放流地点から16km離れた厚田の定置網で漁獲された。



図30 移動の状況(個体No.29)

3. 調査結果 - 再捕獲された6尾の回遊状況

個体No.37

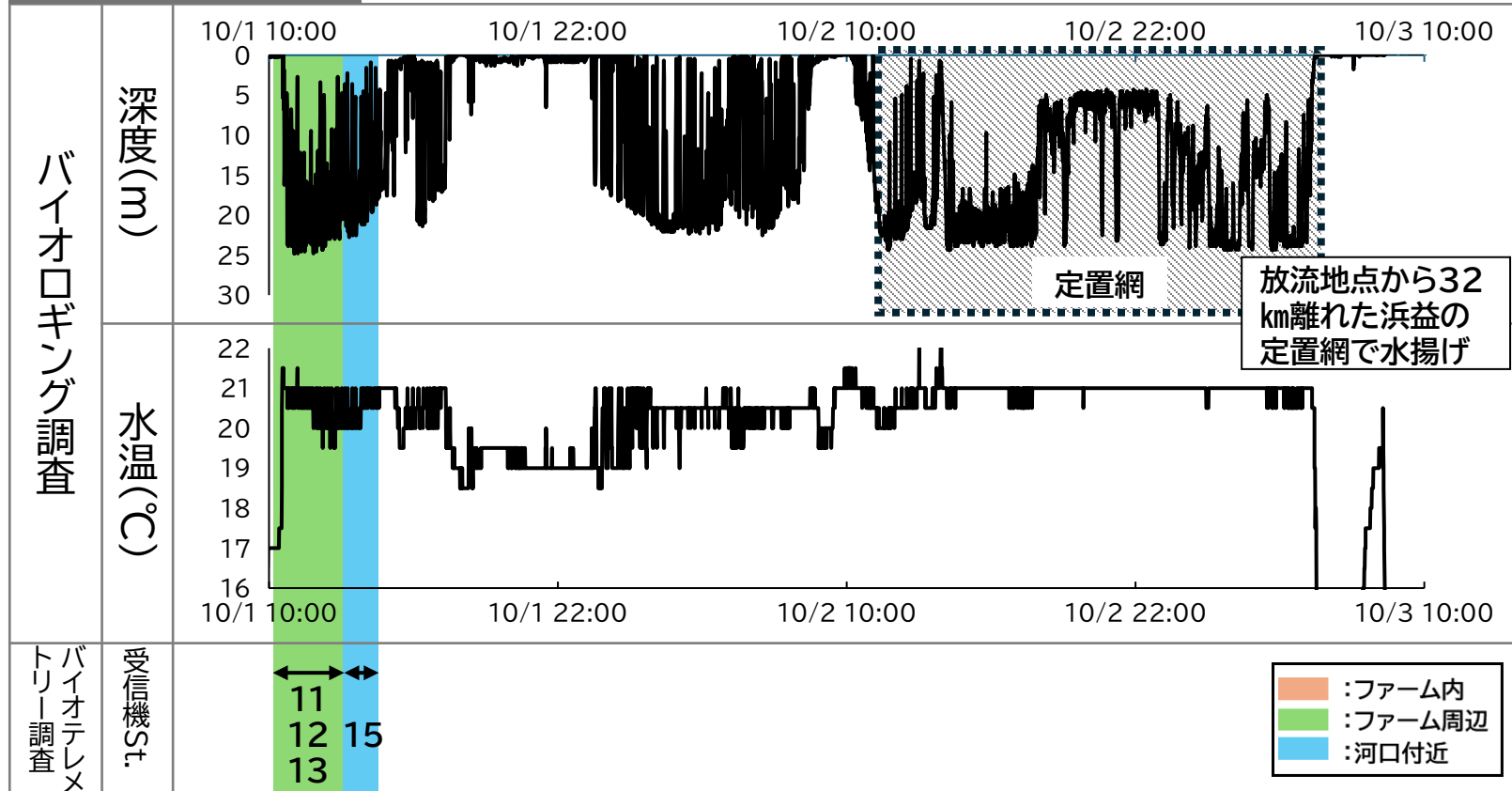


図31 放流以降の回遊の状況(個体No.37)

- 放流後速やかにファーム周辺を3時間かけて通過した。
- その後河口付近を通過した後、放流から2日後に浜益の定置網で漁獲された。



図32 移動の状況(個体No.37)

3. 調査結果 - 雌雄と成熟度

放流時に雌雄と成熟度の判別も実施した。
成熟度についてはギンケとブナの2段階に分けて判別した。
(図33)

放流時の雌雄は、オス24尾、メス26尾、成熟度はすべて
ブナであった。(図34)

放流後、受信機で受信した26個体の雌雄は、オス10尾、メ
ス16尾であった。(図35)

再捕獲した6個体の雌雄は、オス1尾、メス5尾であった。

ギンケ



ブナ



図33 成熟度判別の分類例

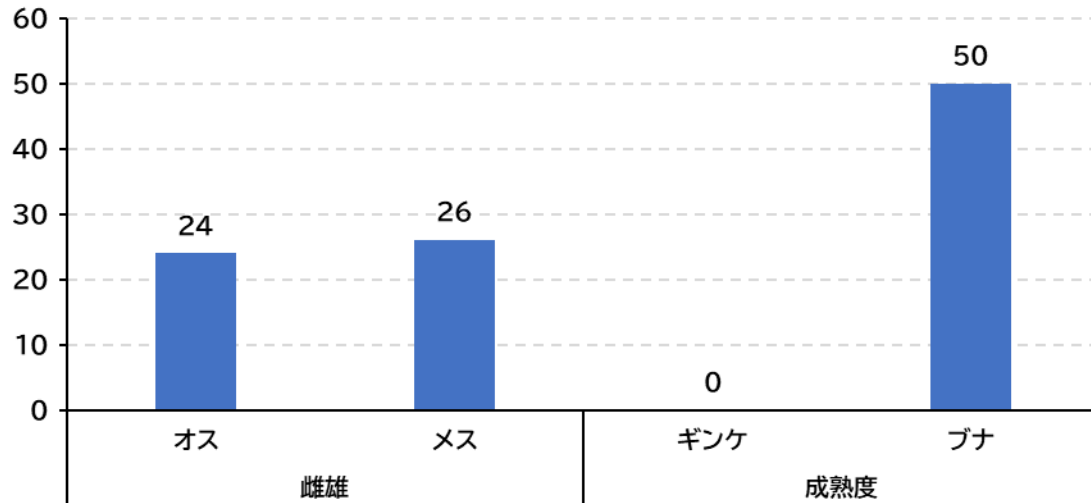


図34 放流した50個体の雌雄と成熟度

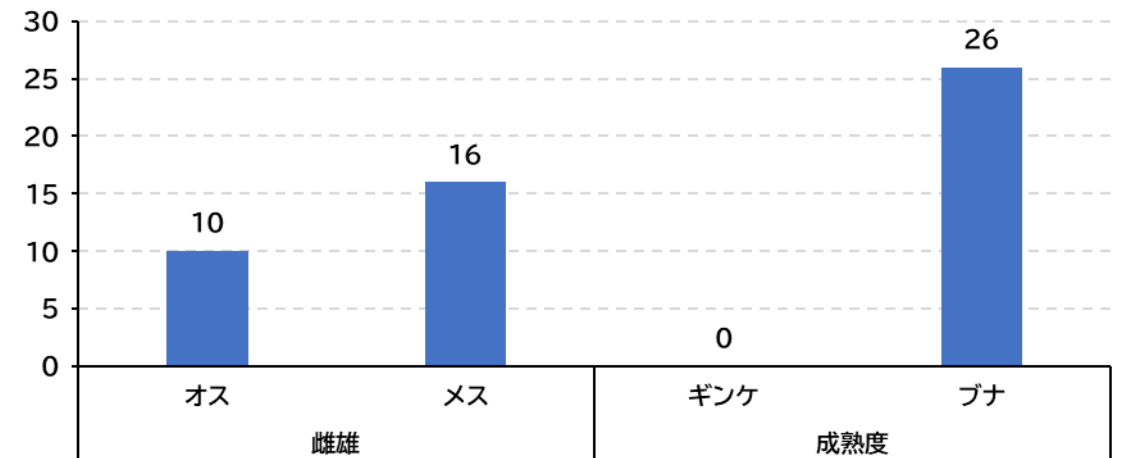


図35 受信機で受信した26個体の雌雄と成熟度

3. 調査結果 – まとめ

【バイオテレメトリー調査】

- 放流した50尾のうち受信機で26尾の行動を確認できた(うち5尾を再捕獲)。
- 放流後にファーム内を通過、滞在している状況を確認できた。

【バイオリギング調査】

- 50尾を放流したうち6尾分のデータロガーを回収した(石狩湾内で5尾、石狩川上流の千歳川で1尾)。
- 表層や底層を上下に移動する行動や、表層の低温の河川水から河川付近のサケの状況が確認できた。

【水質調査】

- 調査海域の水温はおよそ19～21℃の範囲であった。
- 河口付近の海域の表層では河川水による低水温、低塩分の分布が確認できた。

【まとめ】

- 高水温の影響等もあり再捕獲数は少なかった(12%)が、バイオテレメトリー調査の情報を含めると全体的には50%以上の個体(26尾)の移動の様子が確認できた。
- バイオリギング調査とバイオテレメトリー調査を組み合わせることで各個体の詳細な移動が確認でき、水質調査と合わせて解析することで、河川への接近のタイミングが確認できた。

4. 考察

本調査において、回遊性魚類が既設のウィンドファームを移動する様子を直接的に確認する手法として、バイオテレメトリー調査やバイオロギング調査は有効であることが確認できた。

- ・回避行動:ファーム内の通過状況を捕捉できたことから、通過状況を確認することで、ウィンドファームを回避している可能性を検討できる。
- ・蜻集行動:ファーム内の滞留時間を捕捉できたことから、ウィンドファームに蜻集している可能性を検討できる。

【今回の調査に関する課題】

受信機の配置について	・ 受信機と近い距離から放流したにもかかわらず、一度も受信されない個体が存在した。放流の位置や受信機の配置については検討が必要である。
ファームの稼働状況との比較について	・ ファームの稼働状況は、1時間に一度、15秒間の動画を撮影するように設定したカメラを用いて確認した。継続的に稼働状況(洋上風力発電施設の稼働基数やブレード回転数等)を把握すると、回遊への影響をより詳細に検討可能となる。

【今後のモニタリング調査計画に関わる課題】

モニタリング調査計画について	・ 今回はサケを対象としており、行動がある程度想定可能な調査であった。しかし、沖合において他の魚種を対象として実施する場合には、対象魚の生態を踏まえ、供試魚数及び受信機の配置等について検討することが考えられる。
----------------	---