

令和2年度
海域における水中音響調査委託業務

報告書

令和3年3月

アジア航測株式会社
株式会社KANSOテクノス

令和2年度海域における水中音響調査委託業務
目次

第1編	業務概要	1
1.	業務目的	1
2.	業務内容	1
2.1	計画準備	3
2.2	調査対象海域における準備、調整	3
2.3	海域における水中音響調査の実施	5
2.4	調査結果の解析、取りまとめ	7
2.5	専門家ヒアリング	7
2.6	音響データ解析手法の検討	8
2.7	協議・打合せ	9
2.8	報告書等のとりまとめ	10
3.	業務実施体制	10
4.	業務実施期間	12
第2編	水中音響調査業務	13
1.	調査の実施方法	13
1.1	計画準備	13
1.2	調査対象海域における準備、調整	15
1.3	海域における水中音響調査の実施	20
1.4	調査結果の解析、取りまとめ	65
2.	調査の結果	69
2.1	北海道石狩市沖海域	69
2.2	秋田県由利本荘市沖海域	80
2.3	岩手県久慈市沖海域	91
2.4	宮城県山元町沖海域	103
2.5	新潟県村上市沖海域	114
2.6	神奈川県横須賀市沖海域	125
2.7	福井県福井港沖海域	136
2.8	三重県志摩市沖海域	148
2.9	長崎県壱岐市沖海域	159
2.10	鹿児島県薩摩川内市沖海域	170
2.11	各海域の特徴	181
3.	専門家ヒアリング	182
4.	まとめ（総括・提案）	184
4.1	総括	184
4.2	今後の解析方針	187
第3編	音響データ解析手法の検討	191
1.	海生生物の音響調査	191
1.1	海生生物の音響観測手法	191
1.2	海中音の収集方法	191
1.3	A-tagによる生物ソナー音の観測	191
2.	AIによるデータ解析の概要	192

2.1	人工知能（AI）とは	192
2.2	AIによるデータ解析手法	192
2.3	生物調査へのAI活用事例	193
3.	AIを活用した解析手法の検討	193
3.1	従来のA-tagデータ解析手法とその課題	193
3.2	小型鯨類の鳴音判定へのAI適用	195
3.3	解析手法の検討	195
4.	解析の試行	196
4.1	解析対象と解析手法	196
4.2	AIによる解析手法	196
4.3	解析結果の評価方法	197
4.4	鳴音判定へのAI適用結果	199
5.	まとめ	208
5.1	AI適用の効果・課題	208
5.2	今後の海生生物調査への提案	209
6.	参考文献	209

第1編 業務概要

1. 業務目的

近年、洋上風力発電導入促進が世界的な流れとなっており、我が国でも洋上風力発電の導入加速が見込まれる。しかしながら、洋上風力発電事業をはじめとした海域における開発行為に際しては、施工時や供用時に様々な水中音を発し、これら水中騒音が魚類等の海生生物へ及ぼす影響を懸念する声大きい。

海域の水中音の発生に伴う影響を把握するためには、海域水中音の現況（人工音や自然音の状況、周波数別の音圧レベル、時間的空間的変動特性等）を把握する必要がある。しかし、我が国沿岸の海域水中音の状況について、統一的な手法により測定され、その特性を総合的に整理した情報が存在せず、先ずは我が国沿岸海域の水中音特性を体系的に把握することが課題となっている。

欧州では、2008年のMarine Directive¹及び水中音の測定方法が規定されているDescriptor11の採択に伴い、各国は水中音を把握することが求められており、例えば、バルト海に関連する各国は、上記Directiveに基づき、バルト海の水中音を初めて測定し、バルト海38地点に基づく水中音マップを作成している。

以上のことから、本業務は、全国の様々な海域において、現況の海域の水中音の状況を統一手法により測得し、そのデータを解析して環境影響評価に活用できる基本情報としてとりまとめ、適切な環境配慮のもとに洋上風力発電の導入促進に資することを目的として実施した。

2. 業務内容

業務の項目、調査数量、回数等を表1.2-1に示す。なお調査実施にあたっては、以下の点に留意して実施した。

●調査対象海域の環境特性や海域利用実態に配慮した調査の実施

本業務では、海域に観測機器を一定期間係留して実施するが、我が国沿岸海域は、高度に利用されていることから、調査の実施にあたっては、地域の関係者との調整のもと、調査を実施する必要がある。また、夏季調査の実施には、着手後、速やかに各種調整を行う必要があるため、各調査対象海域の利用状況に基づき調整先を事前把握することで、早期に夏季現地調査に着手した。

また、海域によっては波浪・流れによる係留系の流失等の危険性があるため、係留系設置に際しては地元漁業者等のアドバイスを得て、各海域の海象条件を考慮した係留を行った。

●水中音響特性を考慮した調査の実施

海域に一定期間機器係留を行う場合、シャックル等の金属部品を使用した係留系とすることが一般的であるが、本調査では音を発する可能性がある金属物の使用を極力排し、擦れ音や自己雑音の発生を極力排除するように努めた。

●その他：安全管理ならびに新型肺炎感染防止策

海上作業の安全管理を確実にを行うとともに、新型肺炎感染防止策は国の指導や関係自治体等の地域の意向を尊重したうえで、受託者内規に従い慎重に対応した。

¹ 欧州における海域の保全と管理についての枠組を規定。2012年までに加盟国は、環境目標を設定し、モニタリングを通して、海域の状況の評価を実施することが求められている。また、2015年までに各海域の計画を立て、2020年までに良好状態を達成しなくてはならない。

表1.2-1 調査項目・数量

項 目	調査 数量	回数	実施時期	方法，細目
1計画準備	—	1式		
2調査対象海域における準備、調整				
2.1 調査実施に向けた海域の特性の整理	—	1式	7月	
2.2 調査対象海域における調整等	—	1式	7～8月、 11～2月	
3海域における水中音響調査の実施	10地点	2回	8～9月、 11～3月	AUSMOS-V5.0を用いた15 昼夜連続観測 ^(注1)
4 調査結果の解析、取りまとめ				
4.1 音響記録データの一次処理	—	1式	9～3月	
4.2 気象・海象データの整理	—	1式	8～3月	
4.3 周辺の状況の把握	—	1式	8～3月	
4.4 調査結果の解析	—	1式	10～3月	
5 専門家ヒアリング	—	実施者1名 につき 2回	3月	解析の手法、結果の確認 及び今後の課題抽出
6 音響データ解析手法の検討	—	1式		
7 協議・打合せ	—	10回程度	7月×1回 8月×2回 10月×2回 1月×2回 2月×1回 3月×2回	各工程で適宜実施
8 報告書等のとりまとめ	—	1式	3月	11月・3月に各調査期の速 報作成，提出

注1) 夏季調査で福井県福井港沖と三重県志摩市沖については台風の影響により一時回収、再設置を実施している。

2.1 計画準備

業務実施に先立ち、実施計画書（案）を作成して、第1回打合せ時に環境省担当者と協議し、必要に応じて修正のうえ実施計画書を確定した。

2.2 調査対象海域における準備、調整

本調査では、水中音響録音機器を15昼夜にわたり同一地点に係留することから、その設置位置の決定に際しては、海面利用の現状を把握したうえで、海面を利用する関係者との調整のもと決定し、必要に応じて作業許可申請等の手続きを実施した。

また、夏季調査を適切な期間内に行うためには、業務着手から観測開始まで1ヶ月以内で完了する必要があった。

このことから、以下、(1)に示す情報を事前に整理したうえで、着手後速やかに(2)に示す関係機関との調整を行い、夏季調査ならびに冬季調査を適切な期間内に実施した。

なお、当初計画をしていた千葉県横芝光町沖については、関係機関との調整を経て夏季期間中に調査を実施することが困難であると判断したため、環境省担当官と協議したうえで神奈川県横須賀市沖に調査対象海域を変更した（第2回協議）。

(1) 調査実施に向けた海域の特性の整理

調査対象海域での調査実施にあたり、調査対象海域における自然的条件、社会的条件等の調整等が必要な項目を環境アセスメントデータベース“EADAS”を用いて整理した。海域の特性を整理した情報一覧を表1.2-2、作成した図面のイメージを図1.2-1に示す。

整理した情報に基づき、海面利用者と調査地点の詳細を設定するとともに、許可・申請が必要な調査対象海域については手続きを円滑に進めた。

表1.2-2 整理した情報一覧

	項目	出典
自然的条件	海底地形	海底デジタルデータM7000シリーズ
	海象観測地点	ナウファス、気象庁波浪統計
社会的条件	港湾等	港湾区域、港則法適用区域等
	漁業権	共同漁業権、区画漁業権、定置漁業権
	海底障害物	沈船、海底輸送管、海底ケーブル等
	船舶交通量	1～12月の各月データ
	行政界	陸上部

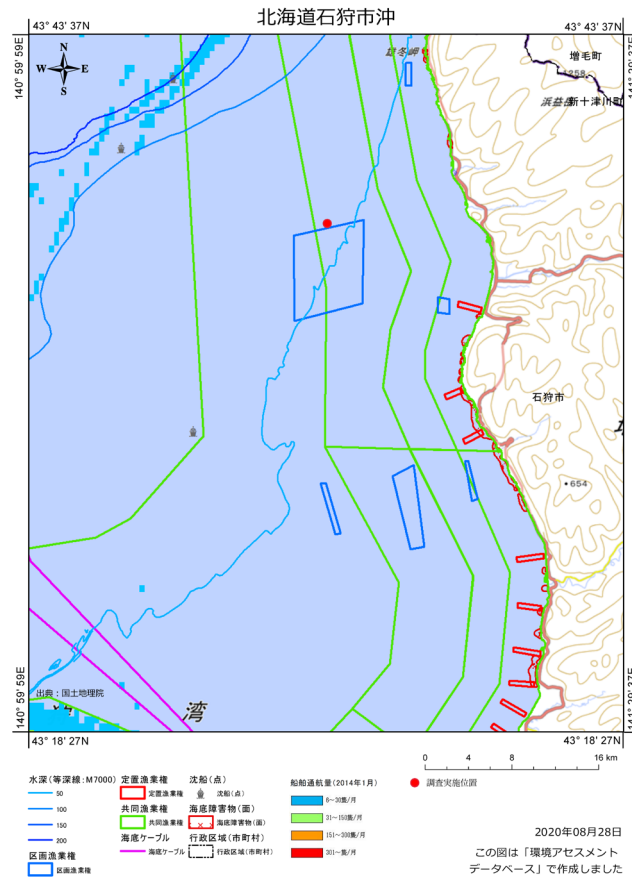


図1.2-1 海域の特性を整理した図面のイメージ（北海道石狩市沖）

(2) 調査対象海域における調整等

業務着手後、速やかに環境省担当者との打合せを行い、各調査対象海域における調整先に係る指示を受け、調査実施に向けた調整を実施した。各関係機関との調整事項を表1.2-3に示す。

表1.2-3 各関係機関との調整事項

関係機関	調整内容
行政機関	- 調査実施のお知らせ - 地元調整先の確認 - 法定外公共用財産の使用に関する許可申請等
海上保安部等	- 作業許可・作業届に関する確認、申請 - 簡易標識設置/廃止連絡票に関する確認、提出
漁業協同組合	- 調査実施の周知 - 係留系設置方法、位置の確認 - 調査実施日程の確認 - 作業船の手配 - その他(漁労活動の状況と関連する注意事項)

2.3 海域における水中音響調査の実施

水中音響調査は、図1.2-2の業務対象範囲に示す全10海域にて、表1.2-4の調査日程で実施した。水中音響録音機器は図1.2-3に示す1本構造、もしくは2本構造の2つの係留方法を基本とした係留系を採用し、係留方法にあたっては各関係機関と協議したうえで決定した。

調査で使用する水中音響録音機器は、20Hz以上の水中音響を録音できる機器（アクアサウンド社製 AUSOMS-V5.0）を用いた。本調査で用いた水中音響録音機器とその収録性能をそれぞれ図1.2-4と表1.2-5に示す。

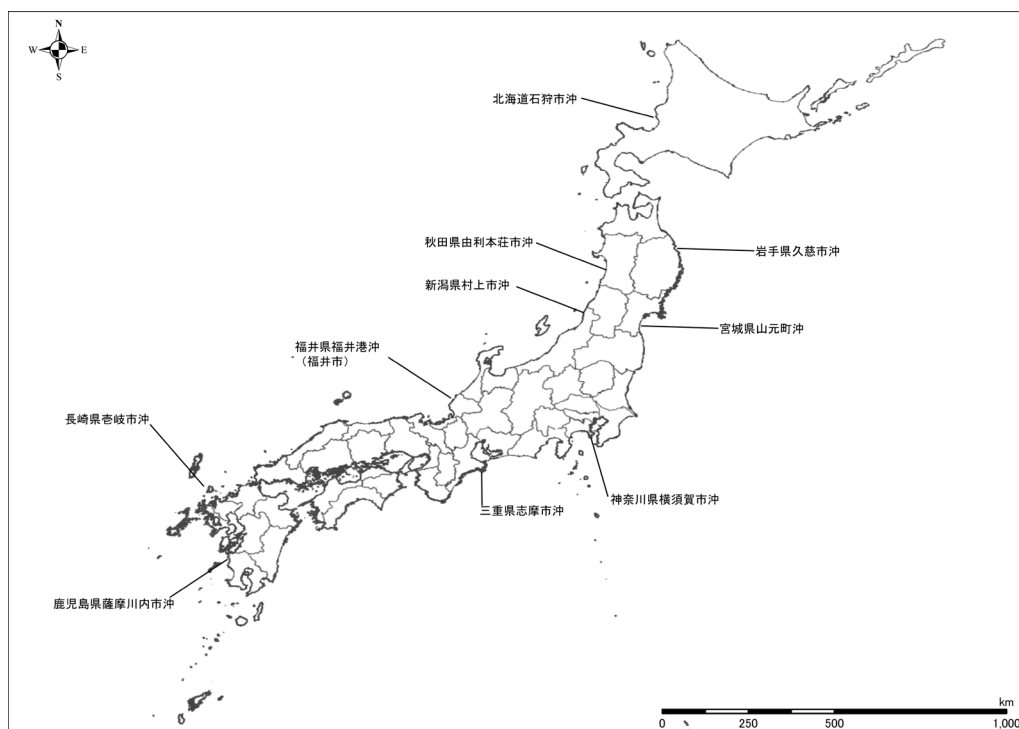


図1.2-2 業務対象範囲

表1.2-4 調査実施日程

	夏季1回目		夏季2回目		冬季	
	設置	回収	設置	回収	設置	回収
北海道 石狩市沖	2020/8/22	2020/9/7	—	—	2021/1/24	2021/2/13
秋田県 由利本荘市沖	2020/8/10	2020/8/25	—	—	2021/1/23	2021/2/13
岩手県 久慈市沖	2020/8/8	2020/8/23	—	—	2020/12/3	2020/12/18
宮城県 山元町沖	2020/9/6	2020/9/21	—	—	2020/12/1	2020/12/16
新潟県 村上市沖	2020/9/10	2020/9/29	—	—	2021/2/13	2021/3/1
神奈川県 横須賀市沖	2020/9/3	2020/9/19	—	—	2021/3/6	2021/3/23
福井県 福井港沖	2020/8/19	2020/8/30	2020/9/11	2020/9/16	2020/11/25	2020/12/11
三重県 志摩市沖	2020/8/20	2020/8/30	2020/9/15	2020/9/24	2020/12/1	2020/12/18
長崎県 壱岐市沖	2020/9/14	2020/9/29	—	—	2020/12/1	2020/12/18
鹿児島県 薩摩川内市沖	2020/8/6	2020/8/24	—	—	2021/2/11	2021/3/1

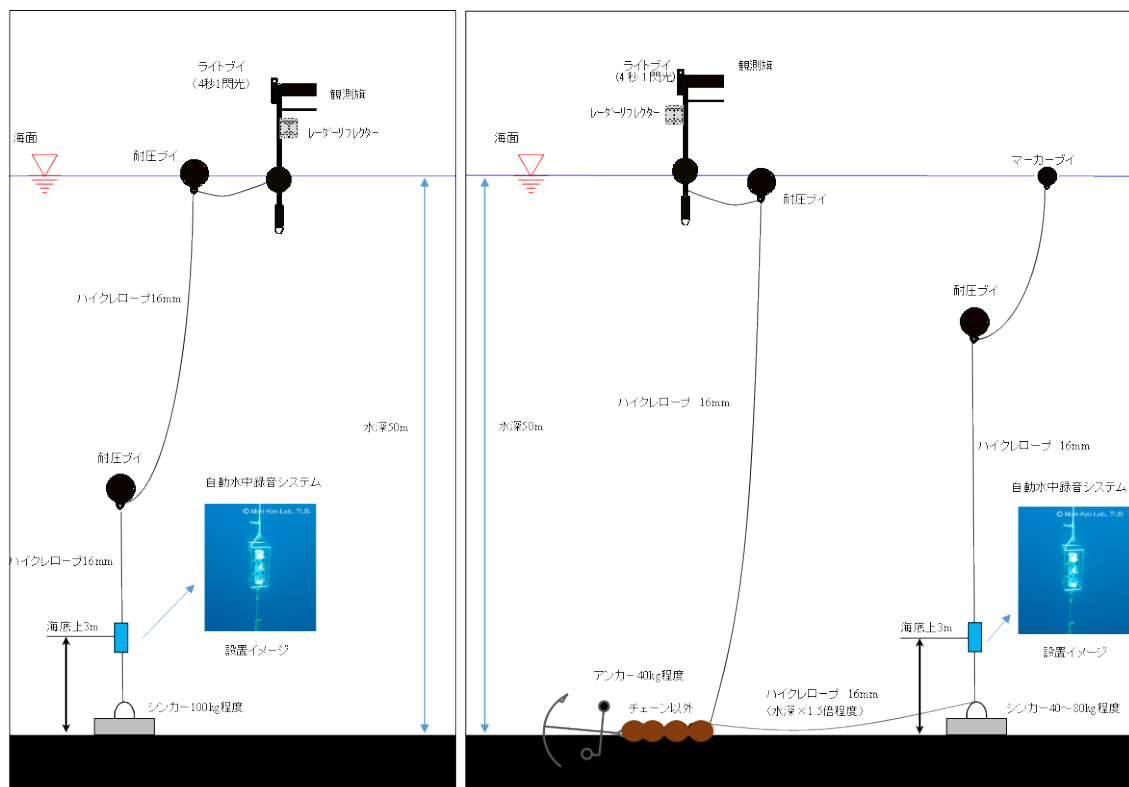


図1.2-3 海域における水中音響録音機器の係留系のイメージ



図1.2-4 調査機材 AUSOMS V-5.0 (アクアサウンド社製)

表1.2-5 水中音響録音機器の収録性能

項目	収録性能
録音周波数範囲	20Hz～20kHz (サンプリング周波数44.1kHz時)
録音チャンネル	2チャンネル (L: 低周波帯域ハイドロホン、R: 中周波帯域ハイドロホン)
サンプリング周波数	44.1kHz～192kHz
アンプゲイン	40～70dBで10dBステップ切替
録音時間 (連続)	16日 (サンプリング周波数44.1kHzで256GBのSDカード使用時)
電池寿命	録音モードにより異なる
基準信号	1kHz、-6dBV (キャリブレーション信号発生機能)
使用電池	単一アルカリ乾電池20個
最大SDカード容量	256GB

2.4 調査結果の解析、取りまとめ

(1) 音響記録データの一次処理

水中音響調査で取得した音声データについて一次処理(ソナグラムによる出力)を行った。

(2) 気象・海象データの整理

調査対象海域ごとに、それぞれの観測期間中の気象・海象データを最寄りの公設の観測機関等のデータを収集して整理した。

(3) 周辺の状況の把握

調査対象海域ごとに、周辺の人工音の発生源となる事象(例：海洋土木工事、海底地質調査等)について、関係機関にヒアリングを行い、状況を整理した。

(4) 調査結果の解析

調査対象海域ごとに、人工音の抽出と整理、時期別・時刻別の特性、周波数別の特性について解析を行った。解析にあたっては2.5の専門家ヒアリングを踏まえるとともに環境省担当官の指示に基づいて実施した。

2.5 専門家ヒアリング

(1) 有識者候補

対象とする専門家は、「①海域における水中音響そのものの特性について専門知識と経験を有する専門家」に加え、環境影響評価における調査・解析手法の標準化を検討する観点から「②主に海域における水中音響の影響を受ける可能性が想定される海生生物と水中音響との関係に明るい専門家」もヒアリング候補とした。

ヒアリング実施者は環境省担当者と協議のうえ、決定した(表1.2-6)。ヒアリングは、実施者1名当たり2回実施した。

表1.2-6 専門家ヒアリング実施者

氏名	所属・役職等	本業務との関連性について	ヒアリング実施日
赤松 友成	公財) 笹川平和財団 海洋政策研究所 海洋政策研究部長	海域の水中音響に係る我が国における第一人者であり、洋上風力発電事業にかかる環境影響調査に係る各種検討会委員等にも数多く参加している。過年度には本調査の具体的手法等に関する技術的アドバイスを得ている。 また、本業務仕様書2.6項における「音響学的手法による鯨類調査」の開発者でもあり、同項に係る技術的指導も期待できる。	2021年3月8日 2021年3月12日
島 隆夫	公財) 海洋生物環境研究所 海洋生物グループ 研究専門役	水中音の魚類影響について調査研究を実施している他、経済産業省委託「平成30年度発電所の環境影響評価審査に係る調査委託費(洋上風力発電所調査等手法の検討)」において環境水中音の調査解析を実施しており、魚類影響、環境水中音のいずれにも明るい。	2021年3月10日 2021年3月23日

(2) ヒアリング実施方針

1) 海域における水中音響の特性と本業務における解析方針について

観測結果(一次データ処理結果)に基づき、後続の「調査結果の解析」において実施すべき解析内容ならびに解析手法について、技術的アドバイスを得た。

また、「調査結果の解析」成果が得られた時点で、解析結果の妥当性ならびに結果の解釈について、技術的アドバイスを得た。

2) 環境影響評価における水中音響調査手法ならびに解析手法の課題・標準化について

本業務では、調査結果の解析ではデータの一次処理、水中音圧レベルの特性、周波数別音圧レベルの特性、人工音の抽出といった基礎的な解析を行った。

一方、海域における水中音響については、洋上風力発電等の海域の開発行為において環境影響評価項目として注目されているところであるが、その調査手法や観測結果の解析手法に標準化されたものはなく、各々の事業において、手探りで実施されているのが現状である。

本調査成果は我が国沿岸の北海道から九州にかけての太平洋岸と日本海岸全10海域において、ほぼ同時期に同一手法で海域における水中音響を調査した初の事例となる。本業務成果は、海域の背景雑音（いわゆるバックグラウンド）を得ることとなるが、環境影響評価において海域における水中音響特性をどのように把握すべきか、そのための調査手法はどうあるべきかを検討する極めて有用な成果となるものと考えられる。

このことから、専門家ヒアリングにあたっては、環境影響評価における水中音響調査手法ならびに解析手法の標準化を検討するにあたっての今後の作業方針や課題等に係るご意見をいただくことを想定して実施した。

2.6 音響データ解析手法の検討

(1) 現状と課題

現状の鯨類調査のための音響データ解析では、超音波記録計（A-tag）により記録された水中音響データから、鯨類が発するソナー音を波形の目視確認により確認しているが、この方法には以下の課題がある。

- ・ 解析を行う作業者の習熟度により解析結果に差が生じ、安定的な解析には熟練した人材の確保が必要
- ・ 解析にかかる期間や人件費の負担が大きく、解析作業の効率化が必要

上記課題は、大量データを人が判断していることに起因している。このような課題に対して、生物調査のためにAIを用いて解析を自動化した以下の既存事例を参考とした。特に鯨類のソナー音で実績のある文献2を主たる参考手法として検討した。

- ・ 希少鳥類の生息調査にAI技術を導入して解析を自動化し、長期間かつ広範囲の調査を実現（文献1）
- ・ AIを用いて小型鯨類のソナー音の検出を試み、95%以上を超える高い検出性能を実現（文献2）

文献1 斎藤他、“音声解析技術の活用による生物の生息調査手法”、環境アセスメント学会2019年度研究発表会要旨集、P151-154.

文献2 斎藤、赤松、“機械学習を用いた小型鯨類ソナー音の検出”、海洋音響学会2020年度研究発表会講演論文集、20-30（2020）

(2) 検討内容

1) AI（人工知能）等を活用した音響測定データの解析手法の検討

「機械学習を用いた小型鯨類ソナー音の検出」の研究で実績がある図1.2-5の方法を参考に解析手法の検討を行った。具体的には、音響データから鯨類ソナー音の代表的なサンプルを抽出して機械学習を用いて標準モデルを作成した。

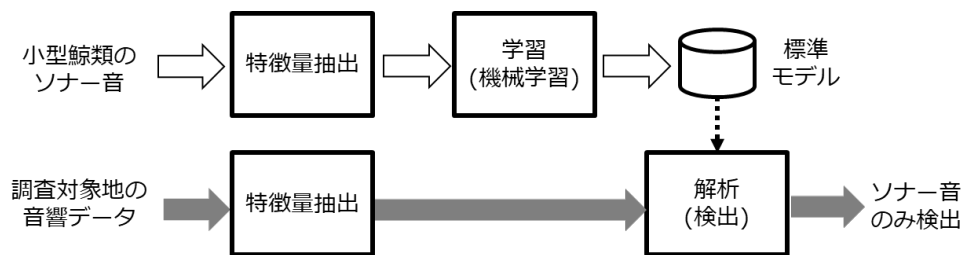


図1.2-5 既存事例の音響データ解析（上：学習、下：解析）

2) AIによるデータ解析の試行

上記1)項で作成した標準モデルに基づき、平成24年度～平成28年度風力発電等に係る環境アセスメント環境基礎情報整備モデル事業において得られたデータのうち、鯨類の存在が比較的高頻度に確認された地点を数箇所選択し、その地点の音響データに対して、作成したモデルによる自動検出を試行した。

3) AIによるデータ解析結果の評価等

AIによる自動検出結果と過年度成果において目視確認により確認された小型鯨類のソナー音判定結果を比較し、両者検出結果の差異を検討し、AIによるデータ解析結果の有効性ならびに検出作業の効率性等について評価した。

2.7 協議・打合せ

本業務では、必要に応じて表1.2-7の通りに環境省担当官と協議・打合せを行った。打合せ実施回数：10回（業務着手時、中間時、報告書納品時、他必要に応じて実施）

表1.2-7 打合せ回数、日付及び主な内容

回数	日付	主な内容
1	2020/7/7	・業務着手時（対面）
2	2020/8/7	・調査対象海域の変更（メール）
3	2020/8/27	・台風接近に伴う水中音響録音機器の一時回収（メール）
4	2020/10/23	・音響データ解析手法の検討（対面）
5	2020/10/28	・夏季調査の概要報告及び冬季調査の予定 ・報告書の構成案の確認（Web会議）
6	2021/1/7	・冬季調査データの取得状況 ・今後の解析作業方針（Web会議）
7	2021/1/29	・新潟県村上市沖、鹿児島県薩摩川内市沖の冬季調査の再観測（電話、メール）
8	2021/2/25	・神奈川県横須賀市沖の冬季調査の再観測（電話、メール）
9	2021/3/3	・音響データ解析手法の検討（Web会議）
10	2021/3/31	・成果品納品

2.8 報告書等のとりまとめ

本業務の成果について、環境省担当官と調整のうえで、報告書を取りまとめた。なお、納入した成果品は以下の通りであり、環境省 大臣官房 環境影響評価課に提出した。

- 報告書 5部（A4版 200頁程度、軽印刷）
- 業務資料（調査データの一次処理をしたデータファイル等を取りまとめたもの） 1部（A4版500頁程度、ファイル綴じ）
- 報告書、業務資料等の電子データを収納した電子媒体（ハードディスク）3セット
なお、業務終了後の追加的な解析等に向けて、調査の具体的な仕様等が整理されたデータファイルを作成し、納品した。
- 音響記録データ（測定データファイル）
- 音響記録データの一次処理をしたデータファイル、図表等
- 調査期間中の気象・海象データ等、解析にあたって収集したデータファイル等

3. 業務実施体制

業務は、以下に示す体制にて実施し、作業は表1.3-1に示す通り分担して実施した。

【代表企業】

アジア航測株式会社 環境部

〒215-0004 神奈川県川崎市麻生区万福寺1-2-2

電話：044-967-6306 ファックス：044-952-0884

【共同実施者】

株式会社KANSOテクノス 環境部

〒541-0052 大阪府大阪市中央区安土町1-3-5

電話：06-6263-7337 ファックス：06-6263-7313

表1.3-1 本業務における役割分担

作業項目		代表企業 アジア航測(株)	共同実施者 (株)KANSOテクノス
2.1 計画準備		◎	△
2.2 調査対象海域における準備、調整	(1) 調査実施に向けた海域の特性の整理	◎	—
	(2) 調査対象海域における調整等	○	○
2.3 海域における水中音響調査の実施		○ (5海域)	○ (5海域)
2.4 調査結果の解析・とりまとめ	(1) 音響記録データの一次処理	○	◎
	(2) 気象・海象データの整理	○	○
	(3) 周辺の状況の把握	(5海域)	(5海域)
	(4) 調査結果の解析	○	◎
2.5 専門家ヒアリング		◎	◎
2.6 音響データ解析手法の検討		◎	◎
2.7 協議・打合せ		◎	○
2.8 報告書等のとりまとめ		◎	△

また本業務では、関連する経験を有する技術者を適正に配置し、効率的に確実な成果を得ることができるよう配慮した。また、専門的な知識と経験を要するAIを用いた音響データ解析の経験を有する外部協力者を配置した。配置した技術者の一覧を表1.3-2に示す。

表1.3-2 業務実施体制

区分	氏 名	所属・役職	摘要
【全体統括・管理】 アジア航測・KANSOテクノス			
管理技術者	市橋 理	アジア航測株式会社 環境部 副部長	洋上風力発電事業に係る環境影響評価や海域の環境調査の経験を豊富に有する。本業務関連業務実績を有する。
同補佐	細川 岳洋	アジア航測株式会社 環境・エネルギー技術部 副部長	洋上風力発電事業に係る環境影響評価に関する知見が豊富で、本業務関連業務実績を有する。
同補佐	三木 眞弘	株式会社KANSOテクノス 環境部 環境アセスグループ チーフマネジャー	洋上風力発電事業を含めた発電事業に係る環境影響評価に関する知見が豊富で、本業務関連業務実績を有する。
【水中音響調査チーム①】 :アジア航測			
リーダー	壱岐 信二	環境部 総合環境課	洋上風力発電事業に係る環境影響評価や海域の環境調査の経験を豊富に有する。 また、本業務の基本計画に携わった経験を有する。
担当者	藪内 哲郎	環境部 総合環境課	
	中村 光一	環境部 総合環境課	
	井上 昌宏	環境部 総合環境課	
再委託	株式会社エコニクス、ジャパンジャスティス株式会社		
【水中音響調査チーム②】 :KANSOテクノス			
リーダー	神前 東平	環境部 都市環境グループ	洋上風力発電事業に係る環境影響評価や海域の環境調査の経験を豊富に有する。また、水中音調査業務の実績も有する。
担当者	廣辻 日出夫	環境部 水環境グループ	
担当者	播本 孝史	環境部 水環境グループ	
担当者	小嶋 謙介	環境部 都市環境グループ	
再委託	三洋テクノマリン株式会社		
【音響データ解析手法の検討チーム】:アジア航測			
リーダー	入江 潔	環境部 総合環境課	水中音響の解析に関する知見を有する。
担当者	伊藤 慶造	環境部 総合環境課	
再委託	富士通九州ネットワークテクノロジーズ株式会社		AI等による音響解析に関する経験を有する。

4. 業務実施期間

業務実施期間は令和2年7月10日から令和3年3月31日までである。工程、手順を示した業務フローを表1.4-1に示す。

表1.4-1 業務フロー

項目	2020年						2021年					
	7月	8月		9月	10月	11月	12月	1月	2月		3月	
	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20	
2.1 計画準備	—											
2.2 調査対象海域における準備、調整	—	—				—	—					
2.3 海域における水中音響調査の実施		—	—	—			—	—	—	—	—	
2.4 調査結果の解析、とりまとめ		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2.5 専門家ヒアリング											—	
2.6 音響データ解析手法の検討							—	—	—	—	—	
2.7 協議・打合せ	-	-	-			-		-	-		-	-
2.8 報告書のとりまとめ											—	—

第2編 水中音響調査業務

1. 調査の実施方法

1.1 計画準備

夏季及び冬季の適切な期間中に水中音響調査を実施するため、調査対象海域を5海域の2グループに分割し、それぞれ15昼夜の連続観測を行うことで、夏季で概ね2ヶ月間、冬季で概ね3ヶ月間で調査を完了させる調査工程を設定した。

夏季調査において、台風の接近で水中音響録音機器の流失等が考えられる場合は、台風が接近する前に速やかに機器の回収を行った。台風が通過した後に、機器の再設置を行い、不足期間の再観測を行った。

なお、夏季調査の福井県福井港沖と三重県志摩市沖については、台風の影響により一時回収、再設置を実施した。

また日本海側に位置する調査対象海域の冬季の調査については、冬季期間中の季節風の影響を受けて工期中に現地調査を実施することが難しいと判断されたことから、環境省担当官と協議したうえで、地元漁業関係者の同意が得られた場合には、当初の12月から11月中旬に前倒しにして調査を実施することとした。

冬季調査の新潟県村上市沖、神奈川県横須賀市沖、鹿児島県薩摩川内市沖については、取得したデータに異常があり、再観測を実施した。

夏季及び冬季の調査の工程表を表2. 1-1 (1)～(3)に示す。

表2.1-1 調査工程表（実績）

調査対象海域	設置位置	設置水深 (m)	夏季 調査実施日(実績)						冬季 調査実施日(実績)															備考	関係漁協 電話番号		
			2020年8月			2020年9月			2020年11月			2020年12月			2021年1月			2021年2月			2021年3月						
			10	20	31	10	20	30	10	20	30	10	20	31	10	20	31	10	20	28	10	31	30				
北海道石狩市沖	43° 36'38.49″ N 141° 14'41.61″ E	56	8/22設置～9/7回収												1/24設置～2/13回収												石狩湾漁協 浜益支所 0134-79-3225
秋田県由利本荘市沖	39° 34'07.52″ N 139° 57'54.51″ E	51	8/10設置～8/25回収												1/23設置～2/13回収												秋田県漁協 018-845-1622
岩手県久慈市沖	40° 11'19.63″ N 141° 54'23.87″ E	77	8/8設置～8/23回収						12/3設置～12/18回収																		久慈市漁協 0194-52-3111
宮城県山元町沖	37° 59'5.94″ N 141° 1'5.82″ E	28	9/6設置～9/21回収						12/1設置～12/17回収																		宮城県漁協 仙南支所 0223-35-2111
新潟県村上市沖	38° 10'55.00″ N 139° 22'30.00″ E	30	9/10設置～9/29回収						11/25設置～12/11回収						2/13設置～3/1回収 (再観測)						冬季調査取得データに異常があり、再観測を実施						新潟漁協 岩船支所 0254-56-7621
神奈川県横須賀市沖	35° 12'18.96″ N 139° 34'1.8″ E	27	9/3設置～9/19回収						1/6設置～1/21回収						3/6設置～3/23回収 (再観測)						冬季調査取得データに異常があり、再観測を実施						長井町漁協 046-856-2556 大楠漁協 046-856-4116
福井県福井港沖	36° 9'14.92″ N 136° 3'22.2″ E	40	8/19設置～8/30回収 9/11再設置～9/16再回収						11/25設置～12/11回収												夏季調査は、台風接近に伴う海況悪化に備え、機器を一時回収して、台風通過後に再設置、不足期間の再観測を実施						福井県漁連 0776-24-1203 三国港漁協 0776-82-3269
三重県志摩市沖	34° 12'14.6″ N 136° 46'51.9″ E	45	8/20設置～8/31回収 9/15再設置～9/24再回収						12/1設置～12/18回収												夏季調査は、台風接近に伴う海況悪化に備え、機器を一時回収して、台風通過後に再設置、不足期間の再観測を実施						三重外湾漁協 和具事業所 0599-85-1122
長崎県杵岐市沖	33° 41' 44.9″N 129° 38' 23.2″E	50	9/14設置～9/29回収						12/1設置～12/18回収																		郷ノ浦町漁協 0920-47-1960
鹿児島県薩摩川内市沖	31° 52'36.63″ N 130° 7'15.25″ E	52	8/6設置～8/24回収						1/11設置～1/26回収						2/11設置～3/1回収 (再観測)						冬季調査取得データに異常があり、再観測を実施						川内市漁協 0996-26-2011

注）冬季調査の新潟県村上市沖、神奈川県横須賀市沖、鹿児島県薩摩川内市沖については取得したデータに異常があり、再観測を実施した。

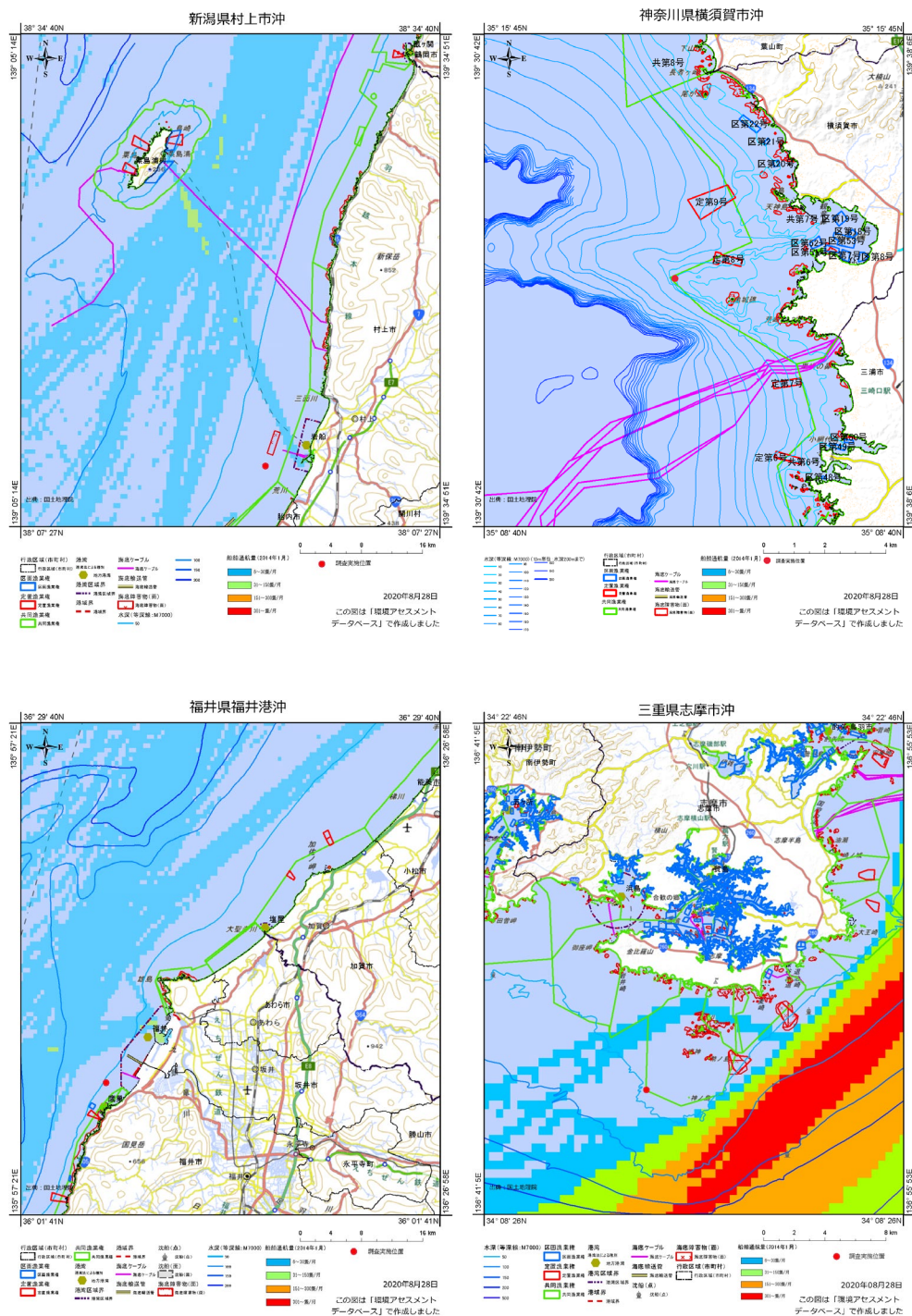


図2.1-1 (2) 海域の特性を整理した図面

(2) 調査対象海域における調整等

先述した図2.1-1の図面をもとに表2.1-2で示す調整先の関係機関と協議して、調査地点の詳細を設定するとともに、許可・申請が必要な調査対象海域については手続きを円滑に進めた。また、各海域を管轄する海上保安部、地域振興局関連部署、漁業協同組合等を対象に調整を行った。各海域の関係機関に提出した資料は別途資料編に示した。

また、海域によっては海底地形等の状況に応じて設置水深の調整の他、流況や波浪条件により、流失等のリスクを減ずることを目的に適正なアンカーを使用する等、調査実施にあたって留意した。機器の設置水深は、原則水深50mとしたが、海底地形により同水深帯が著しく沖合となる場合や漁業等の海面利用の状況によって適宜関係機関と調整して、設置位置を決定した。

本業務における調査対象海域の特徴及び調査を実施するにあたっての留意点・着眼点を表2.1-3に示す。

表2.1-2 各調査対象海域における調整先

北海道石狩市沖	【行政】石狩市 環境市民部 環境政策課 【漁協】石狩湾漁業協同組合 浜益支所 他
秋田県由利本荘市沖	【行政】秋田県 農林水産部 水産漁港課 【漁協】秋田県漁業協同組合 南部支所（本荘西目地区，松崎出張所） 他
岩手県久慈市沖	【行政】久慈市 企業立地港湾部 企業立地港湾課 【漁協】久慈市漁業協同組合 営漁指導課 他
宮城県山元町沖	【行政】宮城県 環境生活部 再生可能エネルギー室 【漁協】宮城県漁業協同組合 仙南支所（亙理運営委員会，山元運営委員会） 他
新潟県村上市沖	【行政】新潟県 産業労働部 産業振興課 新エネルギー資源開発室 【行政】村上市 環境課 【漁協】新潟県漁業協同組合 当摩支所，山北支所 他
神奈川県横須賀市沖	【行政】横須賀市 経済部 農林水産課 【漁協】長井町漁業協同組合、横須賀大楠漁業協同組合
福井県福井港沖	【行政】福井県 安全環境部 環境政策課 【港湾】福井港湾事務所，福井埠頭(株)，(株)三国，福井国家石油備蓄基地 【漁協】三国港漁業協同組合，三国港機船底曳網漁業協同組合 他
三重県志摩市沖	【行政】志摩市 産業振興部 水産課 【漁協】三重外湾漁業協同組合 志摩支所 他
長崎県壱岐市沖	【行政】長崎県 労働産業部 新産業創造課 海洋・環境産業班 【漁協】郷ノ浦漁業協同組合（必要に応じて島内他漁協も調整） 他
鹿児島県 薩摩川内市沖	【行政】薩摩川内市 市民福祉部 環境課 【漁協】川内市漁業協同組合，北薩摩漁業協同組合（川内市漁協経由） 他

表2.1-3 調査対象海域の特徴及び調査実施にあたっての留意点・着眼点

調査対象海域	海域の特徴・留意点・着眼点
北海道 石狩市沖	● 水深 50m 付近で、ヒラメやカレイが対象の刺網漁やミズダコが対象のタコ樽流し漁のほか、ホタテ養殖が広範囲に設置されている。南側には石狩港湾があり船舶交通量が非常に多い。 ◇ 船舶交通量の少ない石狩市沖北部の浜益を対象とし、ミズダコ樽流し漁、ホタテ養殖を中心に十分な協議を重ねて調査地点を設定した。
秋田県 由利本荘市沖	● 水深約 50m では共同漁業権外で周辺の漁協が入会状態となっており、底曳き網漁の規定ラインが離岸距離 4 マイル（約 7.4km）より沖合で実施されている。 ● 由利本荘市の南側での漁場利用頻度が高いが、岩城内以北では少ない傾向にある。 ◇ 底曳き網漁を中心とした操業実態を考慮しつつ、由利本荘市岩城内道川地先付近において共同漁業権と底曳き網漁の規定ライン（離岸距離 4 マイル（約 7.4km））の間に調査地点を設定した。
岩手県 久慈市沖	● 主に水深 30～50m で、7～8 月を中心に通年タコカゴ漁が行われており、水深 100m までの範囲で実施しているほか、12～2 月に底曳網が行われている（8 月休漁）。 ◇ 比較的使用頻度が少ない水深 80m 付近且つ漁業影響の少ない 1 本構造の係留系を採用した。
宮城県 山元町沖	● 沿岸部の漁場利用は刺網漁が中心であり、沖合部は底曳網、岸側の水深 10～12m までは貝桁網。冬季 12 月は刺網漁盛期となることから、冬季調査は 1 月以降で調整。共同漁業権区域は一部周辺漁協との入り会いとなっていることから、調査の周知にあたっては考慮する。 ◇ 水深 50m は沖合 30～40km と遠い点、漁業権や既設の観測ブイ等の状況等を考慮して、水深 30m で係留することとした。
新潟県 村上市沖	● 主な漁業として離岸距離 3 マイル（約 5.6km）以深で、冬季に板曳漁が行われる。夏季にはごち網（曳網）が操業されている。 ● 岩船港より北側では天然礁が発達しているほか、刺網漁が盛んに実施されている。 ◇ 板曳網漁の範囲外の離岸距離 3 マイル（約 5.6km）以浅にて調査地点を設定し、漁業への影響を抑えた。
神奈川県 横須賀市沖	● 刺網漁、底曳き網漁をはじめ採貝漁業も行われている。共同漁業権界付近では、アジ、イワシ等の定置網漁が行われている。 ● 湾奥部に浄化センターが位置し、川を經由して処理水を排水している。 ◇ 漁場利用及びプレジャーボート等の海面利用状況に配慮し、共同漁業権界近傍で比較的海面利用が少ない海域を調査地点に設定した。なお、係留する際には当該海域を利用するマリナーにも周知を行った。
福井県 福井港沖	● 福井港港湾区域内には水深 50m 付近に海底輸送管が設置され、利用する石油備蓄基地や荷役業者の大型の船舶が多く航行する。また、港湾区域のため漁協に加えて港湾関連機関の調整先が多い。 ◇ 港湾区域内では港湾事務所や海上保安署、荷役業者等関係者が多く、特に石油備蓄基地のバースの利用頻度等に留意し、海上事故防止を徹底するためにも関係者との綿密な協議の上、調査地点を設定した。
三重県 志摩市沖	● 離島域では、イカナゴバッチ網漁やタコツボ漁、小型底曳き網漁が行われ、外洋に面した沖合域ではカツオ、アジ、サバのまき網漁が行われている。 ◇ 岩礁部が多いことによる音の乱反射やイカナゴバッチ漁や小型底曳網等の操業実態を考慮しつつ、漁協や地形に詳しい漁業関係者等と十分に協議を行い、調査地点を設定した。
長崎県 壱岐市沖	● 壱岐市沖合では主にイカ釣り漁やブリ・サワラの一本釣りが操業されている。また周辺の離島へのフェリーを中心に、船舶交通量が多い傾向にある。 ◇ 水深 50m 付近ではサワラ漁やイカ漁を中心に操業されている点に考慮しつつ、離島の多い地形の特徴等を踏まえて漁協との調整を行い、調査地点を設定した。
鹿児島県 薩摩川内市沖	● 共同漁業権外では、川内市漁協のほか北部の北薩摩漁協からも入会で利用している。 ● 周辺海域では、タイごち網（4～12 月頃、離岸距離約 8km 範囲）、フグカゴ漁（5～10 月頃、同・約 4～8km 範囲）、シラスバッチ網（3～5 月・11～12 月頃、同・約 5km 範囲）が実施されている。 ◇ 水深 50m 付近では多くの漁法が実施されており、特に地元漁業者に聞くと、ごち網漁が広く操業範囲を利用されるため、調整時や調査実施時には、ごち網漁船の関係者を中心に協議を行い、漁業者への影響を最低限に抑えながら機材設置、調査地点を設定した。

1.3 海域における水中音響調査の実施

本業務は「水中音響」の実態を出来る限り正確に記録するものであることから、「可能な限り広域の周波数帯の記録を測得すること」「係留系等の調査機器が発する自己雑音を排除すること」等に留意して調査計画を立てた。

(1) 調査準備（係留系組立・相対キャリブレーション）

本業務では現況の海域の水中音の状況の把握を目的としているため、係留系で使用するシヤックルやシンカー、チェーンといった金属物の使用を極力排し、擦れ音や自己雑音の発生を極力排除するように努めた。

また、個々の水中音響録音機器について、2020年10月と2021年3月に使用機材を同時に海中に沈め相対キャリブレーションを実施することで、各調査対象海域間の水中音響特性について一定の整合性が保たれていることを確認した。なお、10月は本業務で使用した全7台の機器の相対キャリブレーションを実施し、3月は全6台の機器の相対キャリブレーションを実施した。

(2) 現地調査の実施

1) 調査使用機材

調査で使用する水中音響録音機器は、アクアサウンド社製AUSOMS-V5.0を用い、予備機1台を含め全7台で運用した（図2.1-2）。水中録音のパラメータについては表2.1-4の通りに設定した。

また、長期にわたって水中音響録音機器を係留することから、電蝕防止のための防蝕亜鉛板を水中音響録音機器の架台に装着するように努めた（図2.1-3）。

設置時・点検時・回収時にはメモリーCTD RINKO-Profiler（JFEアドバンテック社製：ASTD-101）等を使用して、水温・塩分の測定を実施した（図2.1-4）。

表2.1-4 水中録音パラメータ

録音パラメータ	設定値
サンプリング周波数	44.1kHz
量子化bit数	16bit
ローパスフィルタ	なし
ハイパスフィルタ	20Hz
アンプゲイン	40dB



図2.1-2 水中音響機器 AUSOMS-V5.0（アクアサウンド社製）

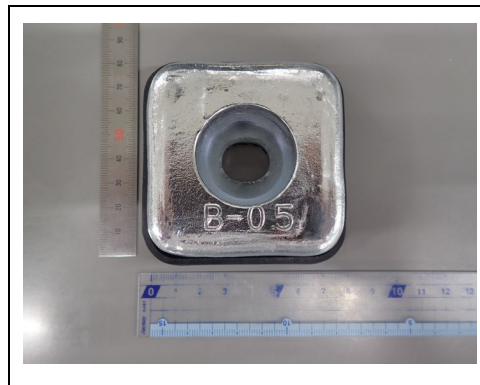


図2.1-3 防蝕亜鉛板



図2.1-4 メモリーCTD・RINKO-Profiler（JFEアドバンテック社製）

2) 水中音響録音機器の設置

漁業関係者や大型船舶等の海上交通に対する海上事故の防止に配慮し、係留系には「観測旗、ライトブイ、レーダーリフレクター」を配置するとともに、漁労活動の妨げ防止や時化に対する係留系の耐久性を両立させるため、図2. 1-5に示す1本構造、もしくは2本構造の2つの係留方法を基本とした係留系を採用した。原則として耐久性のより高い2本構造を採用したが、岩手県久慈市沖では夏季、冬季調査期間中ともに調査地点周辺で刺網漁やタコかご漁が盛んに行われていることから、漁業影響の少ない1本構造を採用した。同様に、福井県福井港沖、三重県志摩市沖、長崎県壱岐市沖についても地元漁業関係者からの要望により1本構造を採用した。

係留の際には、水中音響録音機器のマイクを水面側に向けて、マイクが海底上3m地点になるように係留して、潮汐や海生生物の鳴音、人間の活動等の経時変化を捉えられるように15昼夜連続での観測を実施した。

夏季及び冬季の調査日程を表2. 1-5に示す。

表2. 1-5 調査対象海域の観測期間

	夏季1回目		夏季2回目		冬季	
	開始	終了	開始	終了	開始	終了
北海道 石狩市沖	2020/8/22 14:00	2020/9/6 14:00	—	—	2021/1/24 14:00	2021/2/8 14:00
秋田県 由利本荘市沖	2020/8/10 9:00	2020/8/25 9:00	—	—	2021/1/23 10:00	2021/2/7 10:00
岩手県 久慈市沖	2020/8/8 6:00	2020/8/23 6:00	—	—	2020/12/3 8:00	2020/12/18 8:00
宮城県 山元町沖	2020/9/6 6:00	2020/9/21 6:00	—	—	2020/12/1 8:00	2020/12/16 8:00
新潟県 村上市沖	2020/9/10 12:00	2020/9/25 12:00	—	—	2021/2/13 12:00	2021/2/28 12:00
神奈川県 横須賀市沖	2020/9/3 7:00	2020/9/18 7:00	—	—	2021/3/6 10:00	2021/3/21 10:00
福井県 福井港沖	2020/8/19 12:00	2020/8/30 12:00	2020/9/11 12:00	2020/9/15 12:00	2020/11/25 12:00	2020/12/10 12:00
三重県 志摩市沖	2020/8/20 12:00	2020/8/30 12:00	2020/9/15 12:00	2020/9/20 12:00	2020/12/1 12:00	2020/12/16 12:00
長崎県 壱岐市沖	2020/9/14 12:00	2020/9/29 12:00	—	—	2020/12/2 12:00	2020/12/17 12:00
鹿児島県 薩摩川内市沖	2020/8/6 12:00	2020/8/21 12:00	—	—	2021/2/11 12:00	2021/2/26 12:00

注) 夏季調査の福井県福井港沖と三重県志摩市沖については、台風の影響により一時回収、再設置を実施した。

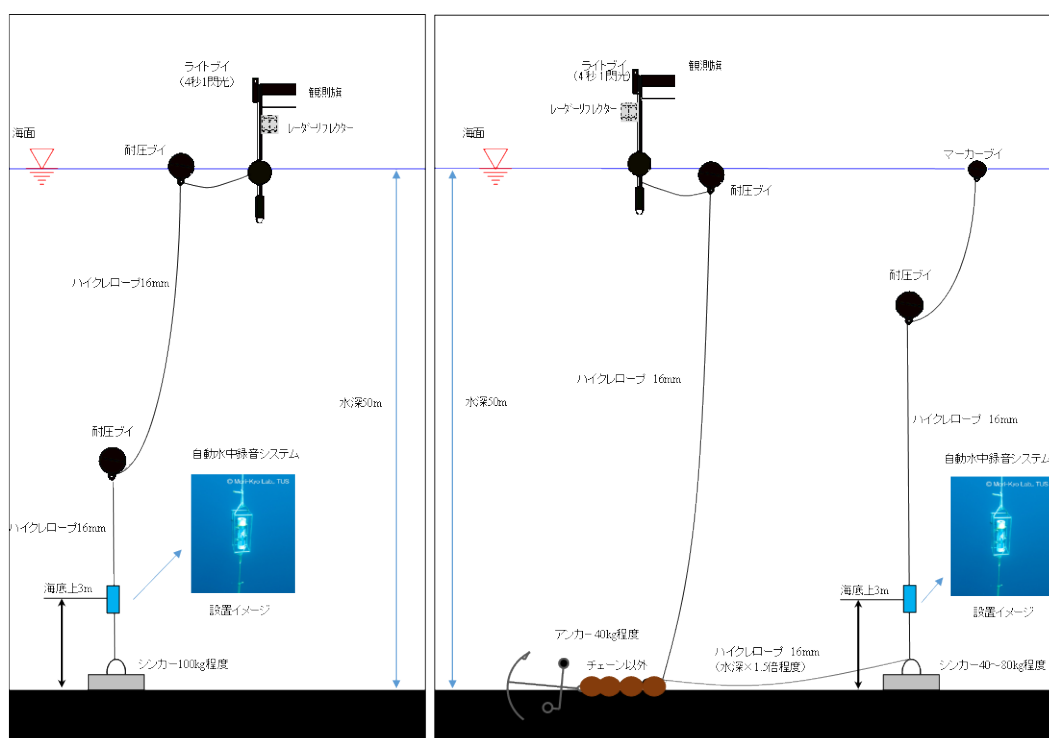


図2. 1-5 海域における水中音響録音機器の係留系イメージ

3) 水中音響録音機器の流失等への対策

時化等による係留系流失に備え、ボンデン（ブイ）にスマートフォンやパソコンで位置情報が確認できる小型GPSのTRKM010（Trackimo社製）を使用し、常時モニタリングが実施できる体制を整えることで緊急時に円滑な対応ができるよう備えた。小型GPSのTRKM010（Trackimo社製）の外観図を図2. 1-6に、位置情報モニタリング画面のイメージを図2. 1-7に示す。

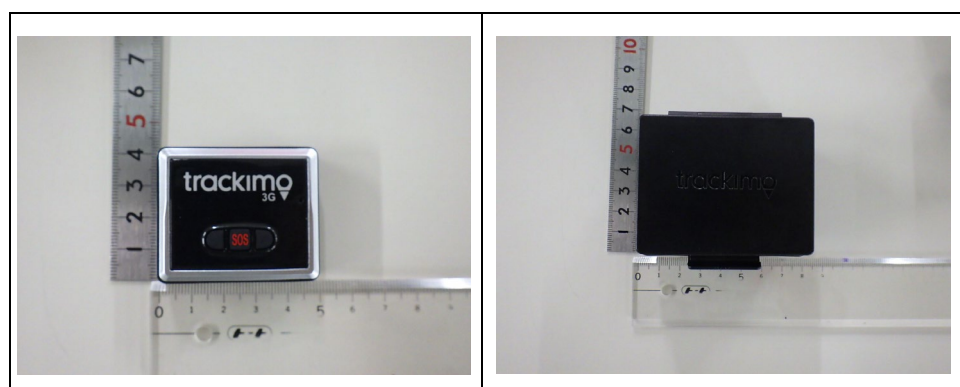


図2. 1-6 小型GPS TRKM010（Trackimo社製）

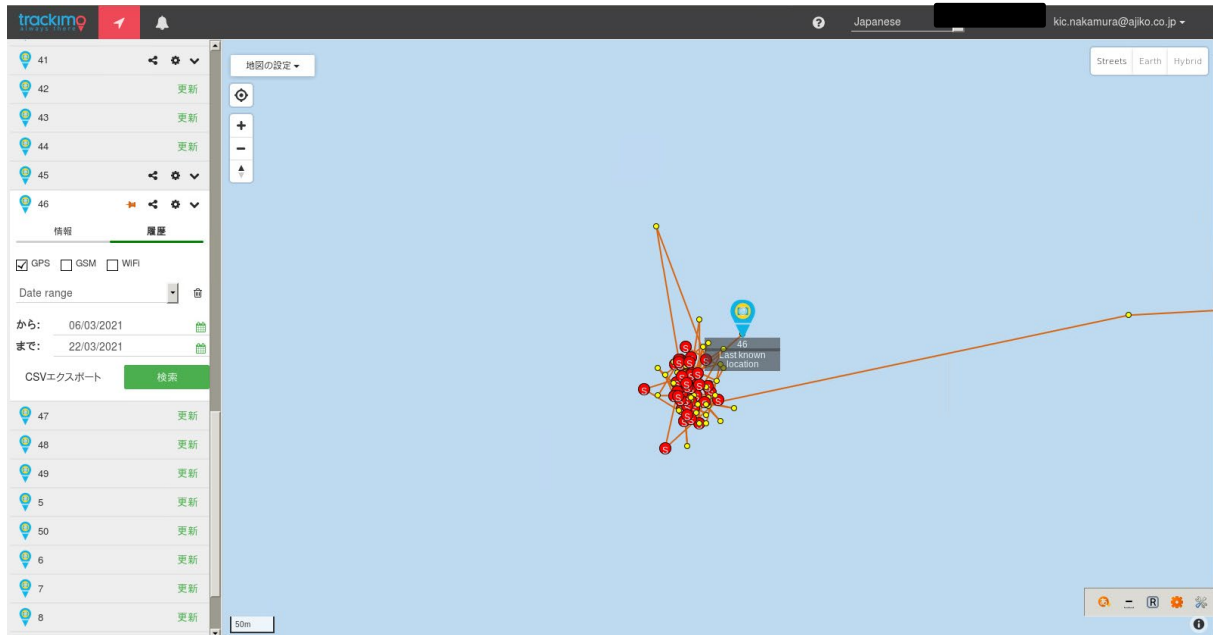


図2.1-7 小型GPS TRKM010 位置情報モニタリング画面イメージ

4) 水温・塩分鉛直分布の測定

観測期間中は、水温・塩分の鉛直分布の違いにより、音の伝搬特性の違いが生じることから、メモリーCTD・RINKO-Profiler (ASTD101:JFEアドバンテック社製) 等を使用し、水中音響録音機器の設置時・点検時・回収時において計3回測定して、水温・塩分の鉛直分布図を作成した。

また気象庁より旬平均海面水温（平年差）と深さ50mの旬平均表層水温（平年差）を取得し、調査対象海域の水温の平年差について整理した。

各調査対象海域の水温・塩分の鉛直分布図及び旬平均海面水温（平年差）と深さ50mの旬平均表層水温（平年差）の図を図2.1-8～図2.1-47に示す。

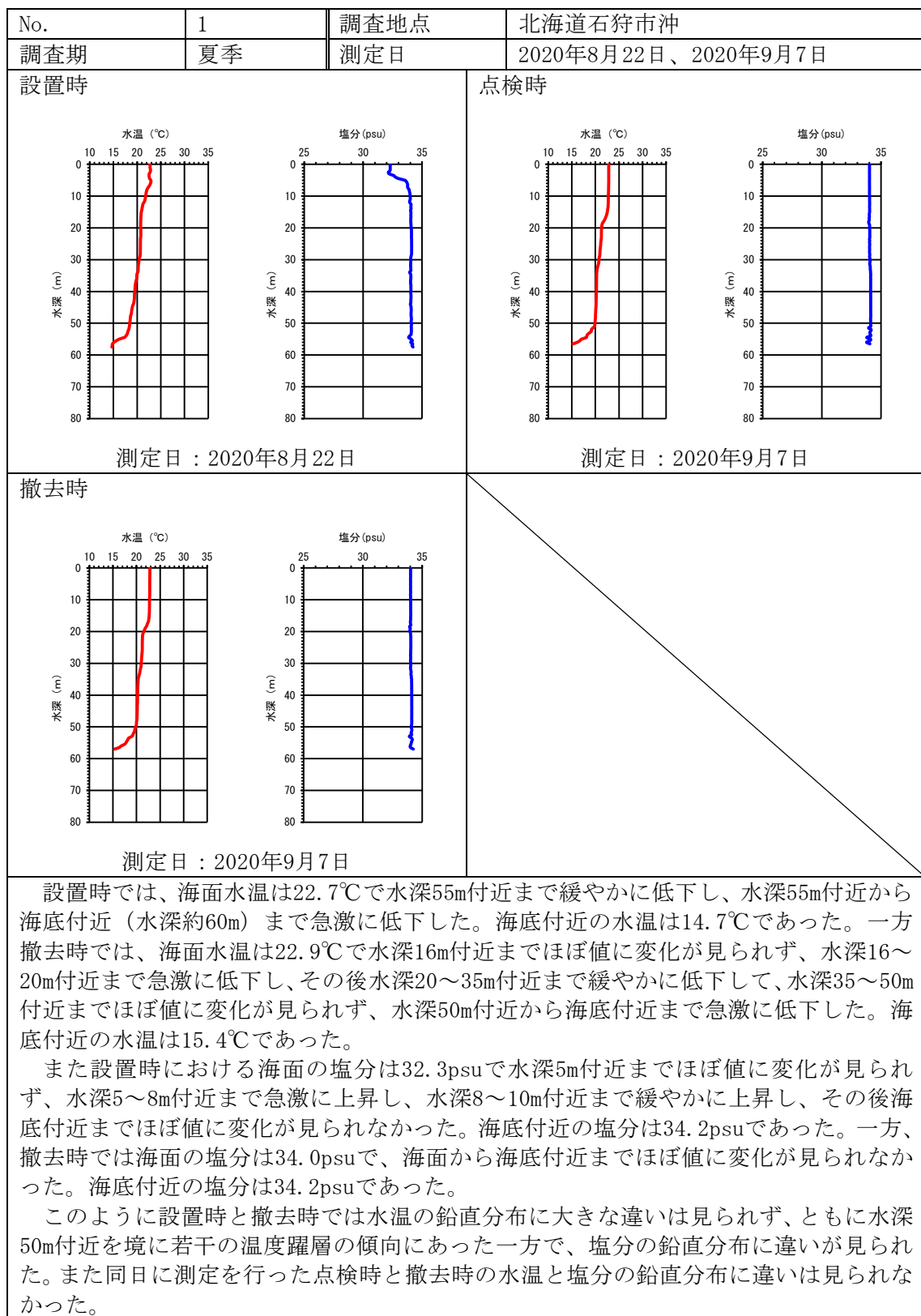
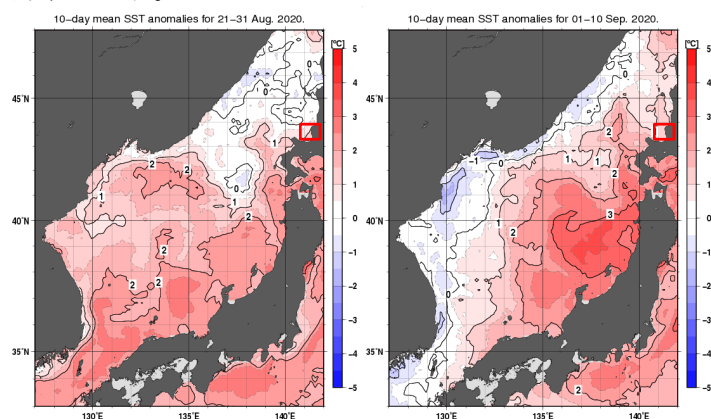


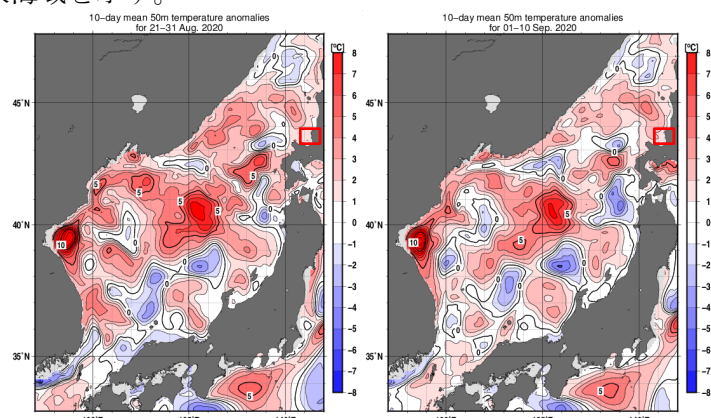
図2.1-8 北海道石狩市沖の夏季における水温と塩分の鉛直分布

海面水温の平年差（左から2020年8月下旬、2020年9月上旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均海面水温（平年差）「日本海海域」

深さ50mの水温の平年差（左から2020年8月下旬、2020年9月上旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均表層水温（深さ50m）（平年差）「日本海海域」

赤枠で示した調査対象海域の海面水温ならびに深さ50mの水温は、2020年8月下旬、2020年9月上旬ともに平年より1℃高かった。

図2. 1-9 北海道石狩市沖の夏季における海面水温と深さ50mの水温の平年差

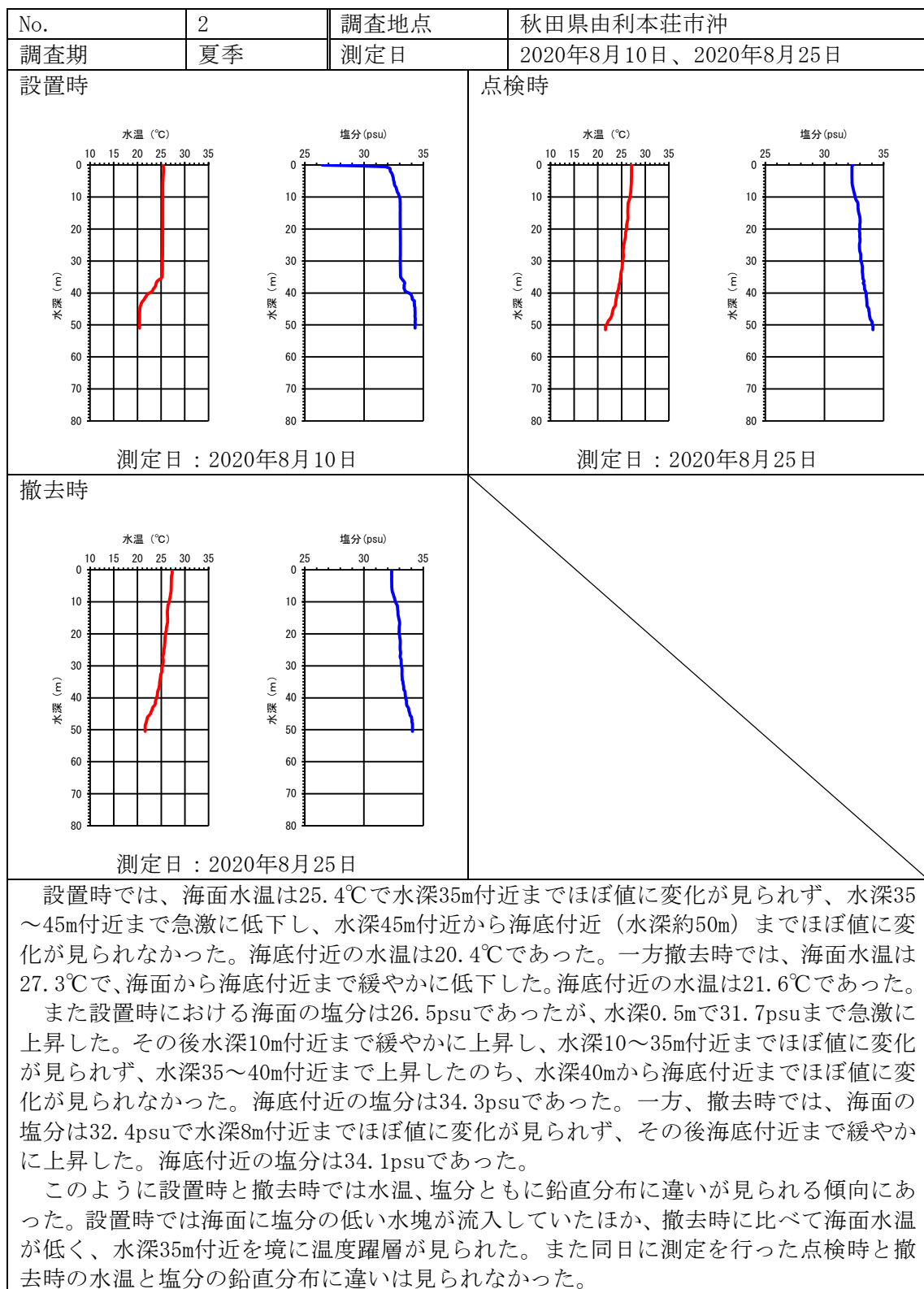
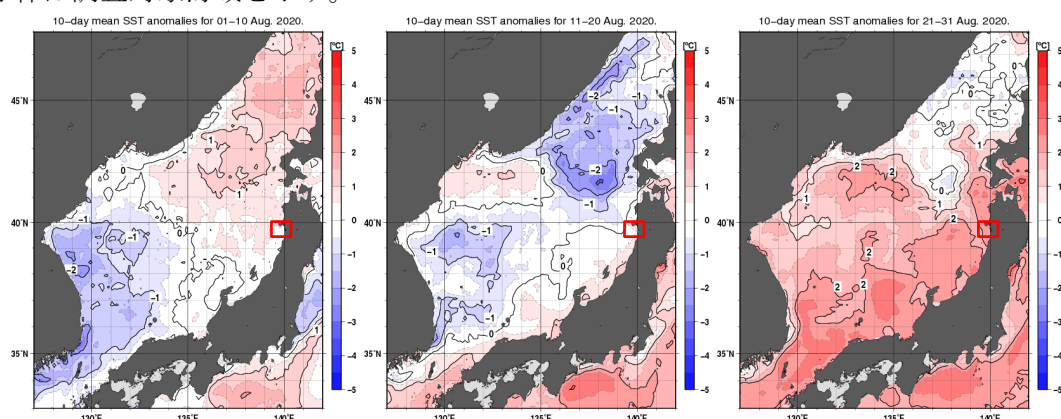


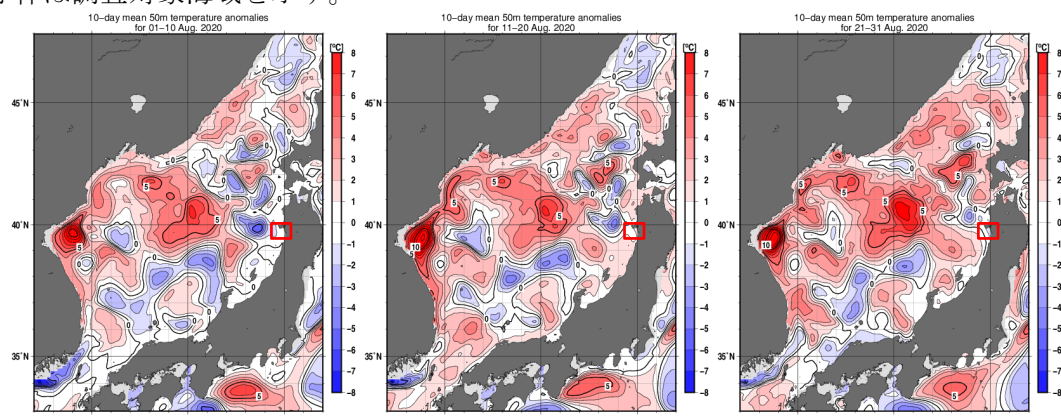
図2.1-10 秋田県由利本荘市沖の夏季における水温と塩分の鉛直分布

海面水温の平年差（左から2020年8月上旬、2020年8月中旬、2020年8月下旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均海面水温（平年差）「日本海海域」

深さ50mの水温の平年差（左から2020年8月上旬、2020年8月中旬、2020年8月下旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均表層水温（深さ50m）（平年差）「日本海海域」

赤枠で示した調査対象海域の海面水温は、2020年8月上旬では平年並み、2020年8月中旬では平年より1℃高く、2020年8月下旬では平年より2℃高かった。

調査対象海域の深さ50mの水温は、2020年8月上旬では平年並み、2020年8月中旬では平年並みもしくは平年より1℃高く、2020年8月下旬では平年並みであった。

図2.1-11 秋田県由利本荘市沖の夏季における海面水温と深さ50mの水温の平年差

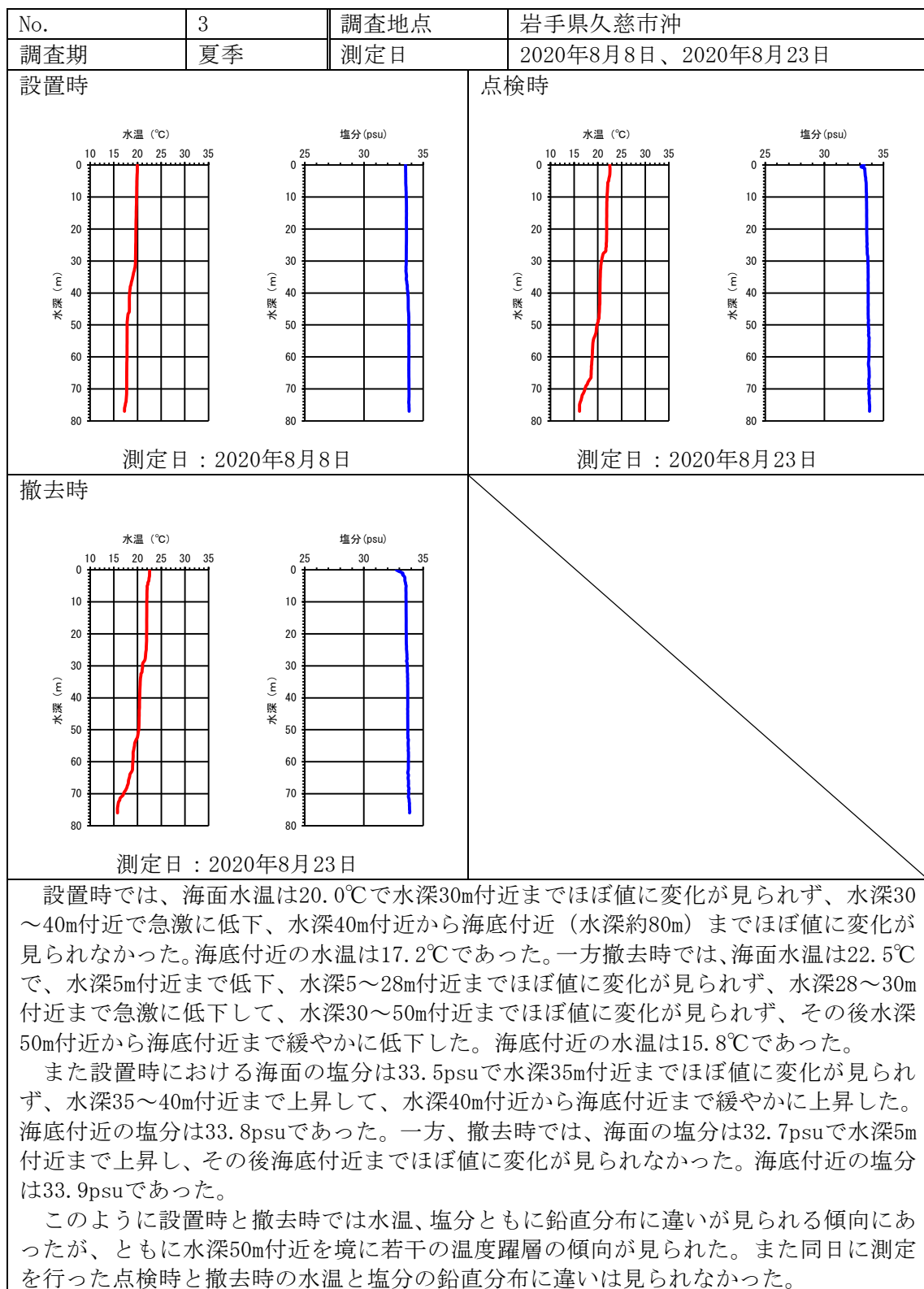
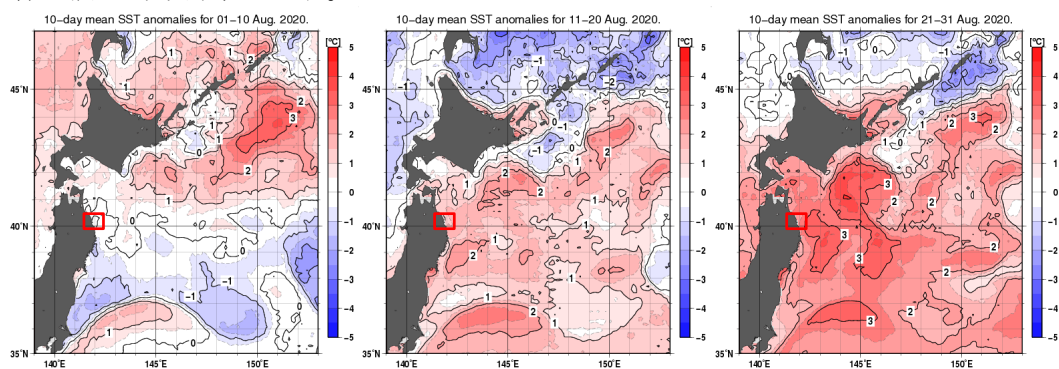


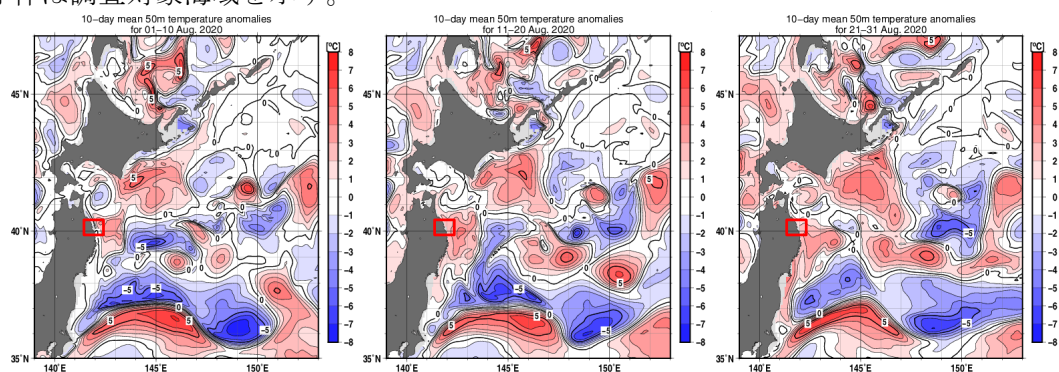
図2.1-12 岩手県久慈市沖の夏季における水温と塩分の鉛直分布

海面水温の平年差（左から2020年8月上旬、2020年8月中旬、2020年8月下旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均海面水温（平年差）「親潮域海域」

深さ50mの水温の平年差（左から2020年8月上旬、2020年8月中旬、2020年8月下旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均表層水温（深さ50m）（平年差）「親潮域海域」

赤枠で示した調査対象海域の海面水温は、2020年8月上旬では平年並み、2020年8月中旬では平年より1℃高く、2020年8月下旬では平年より2℃高かった。

調査対象海域の深さ50mの水温は、2020年8月上旬では平年並みもしくは平年より1℃高く、2020年8月中旬と2020年8月下旬では平年より1～2℃高かった。

図2.1-13 岩手県久慈市沖の夏季における海面水温と深さ50mの水温の平年差

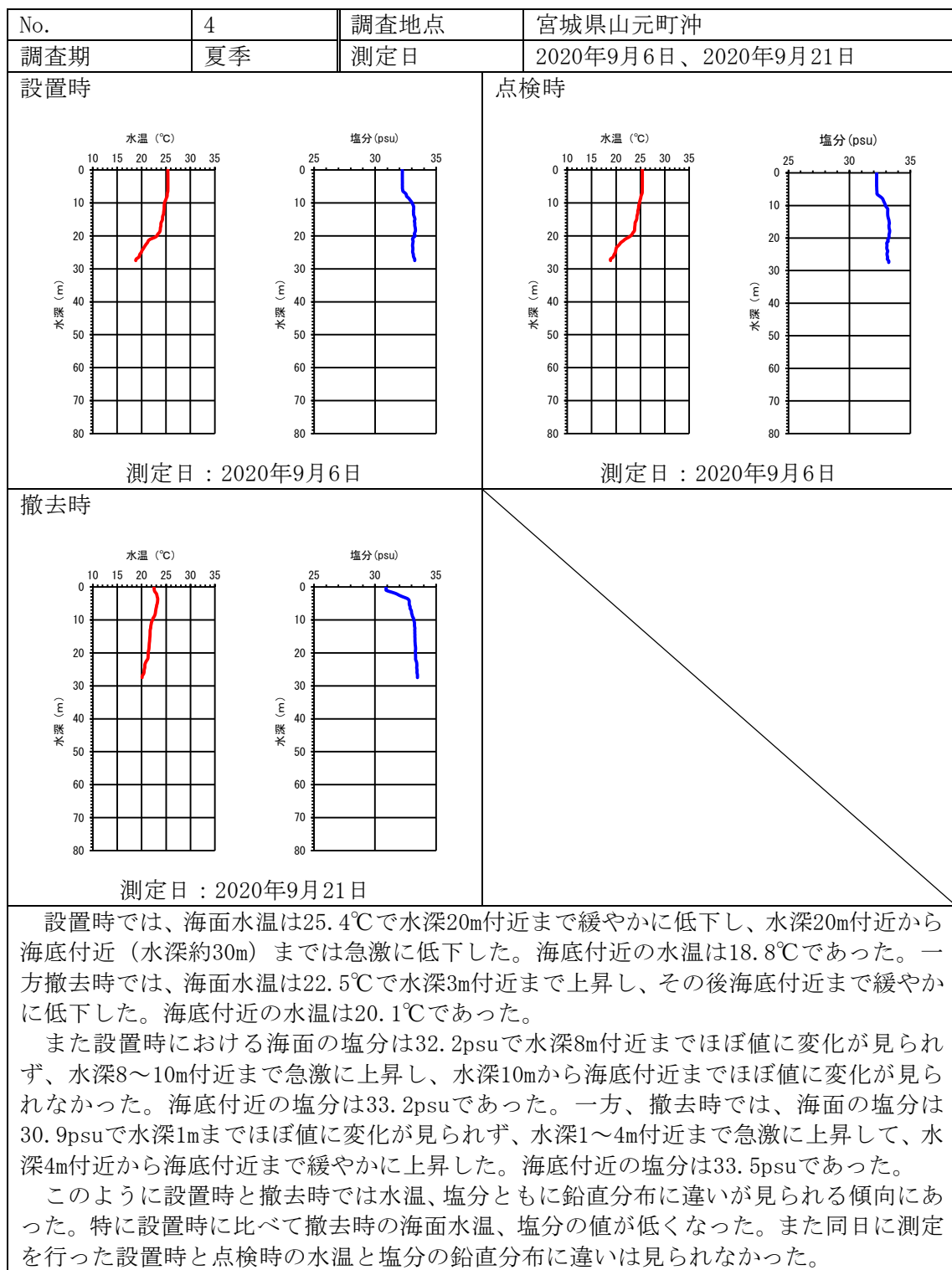
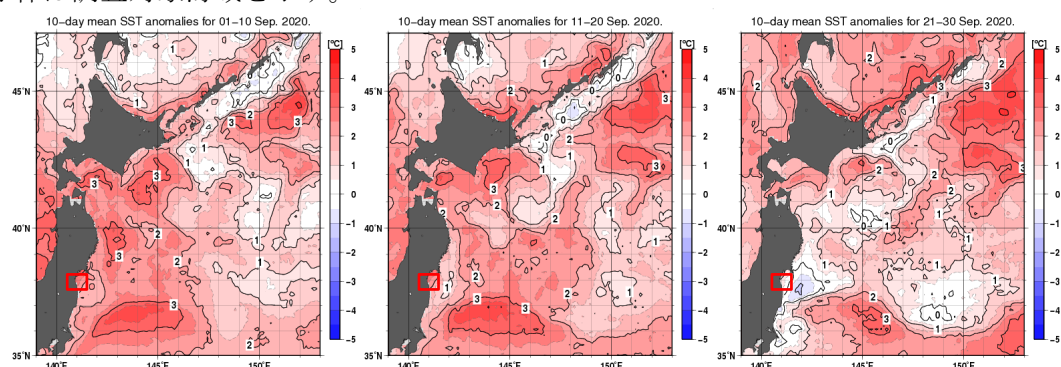


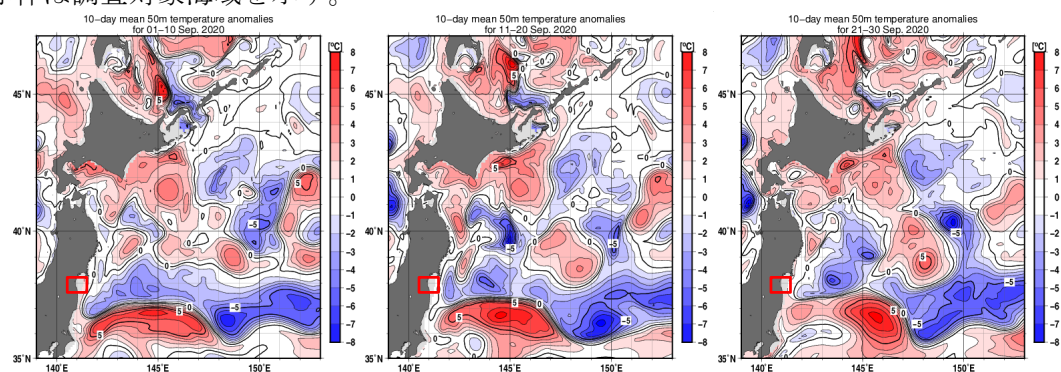
図2.1-14 宮城県山元町沖の夏季における水温と塩分の鉛直分布

海面水温の平年差（左から2020年9月上旬、2020年9月中旬、2020年9月下旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均海面水温（平年差）「親潮域海域」

深さ50mの水温の平年差（左から2020年9月上旬、2020年9月中旬、2020年9月下旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均表層水温（深さ50m）（平年差）「親潮域海域」

赤枠で示した調査対象海域の海面水温は、2020年9月上旬と2020年9月中旬では平年より1～3℃高く、2020年9月下旬では平年より1～2℃高かった。

調査対象海域の深さ50mの水温は、2020年9月上旬では平年より1℃高く、2020年9月中旬では平年並み、2020年9月下旬では平年並みもしくは平年より1℃高かった。

本業務では、水深約30mに水中音響録音機器を設置しており、深さ30mでの水温の平年差についての情報は取得できなかった。

図2.1-15 宮城県山元町沖の夏季における海面水温と深さ50mの水温の平年差

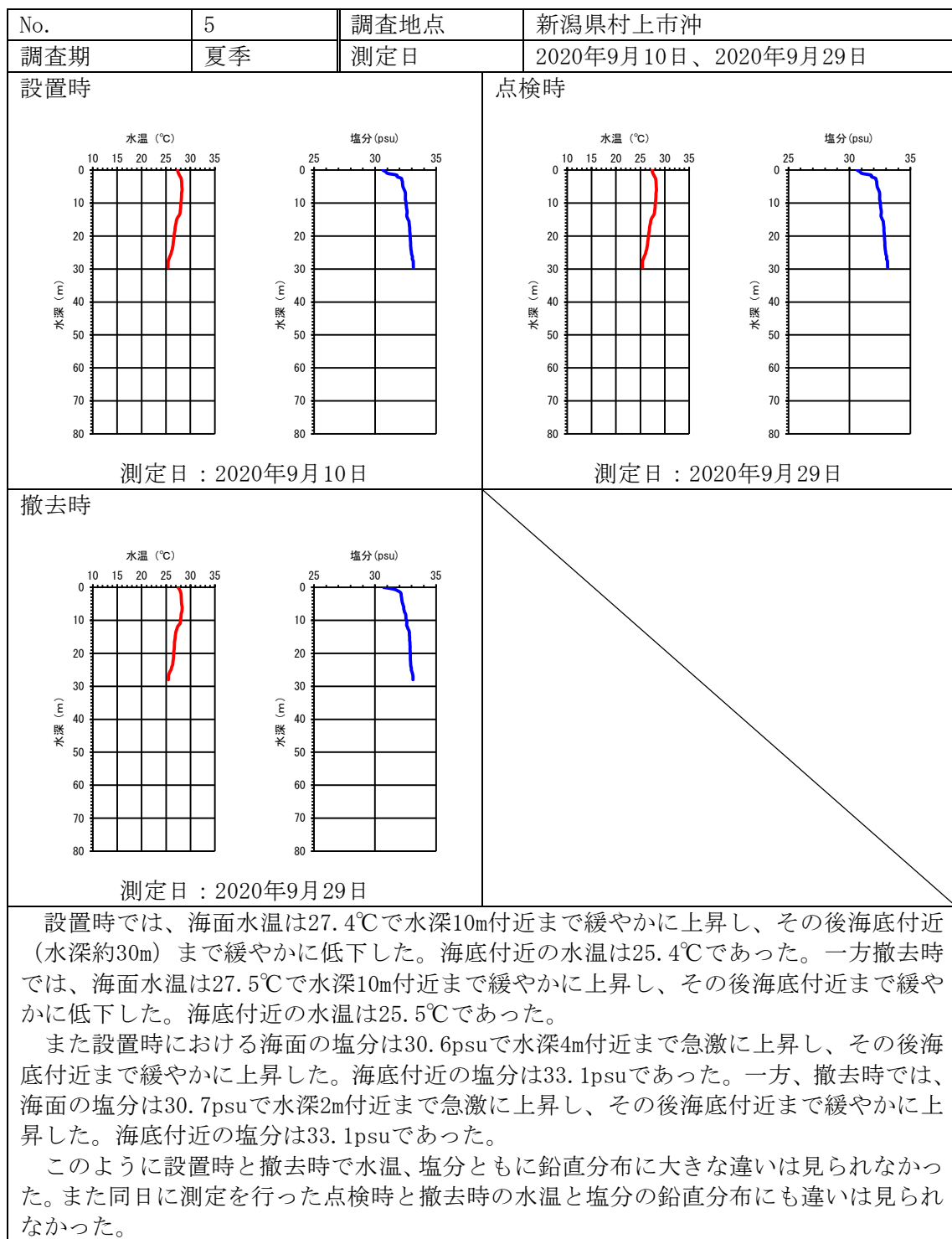
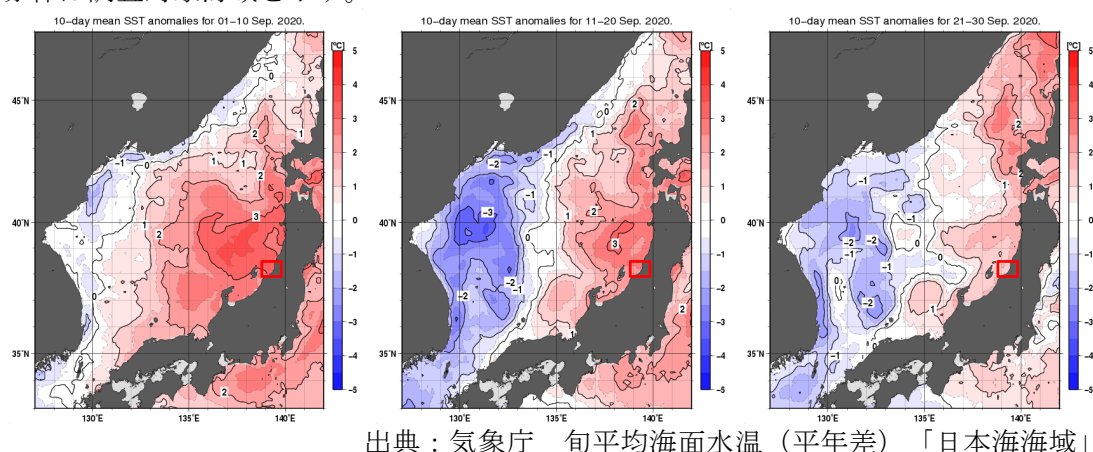
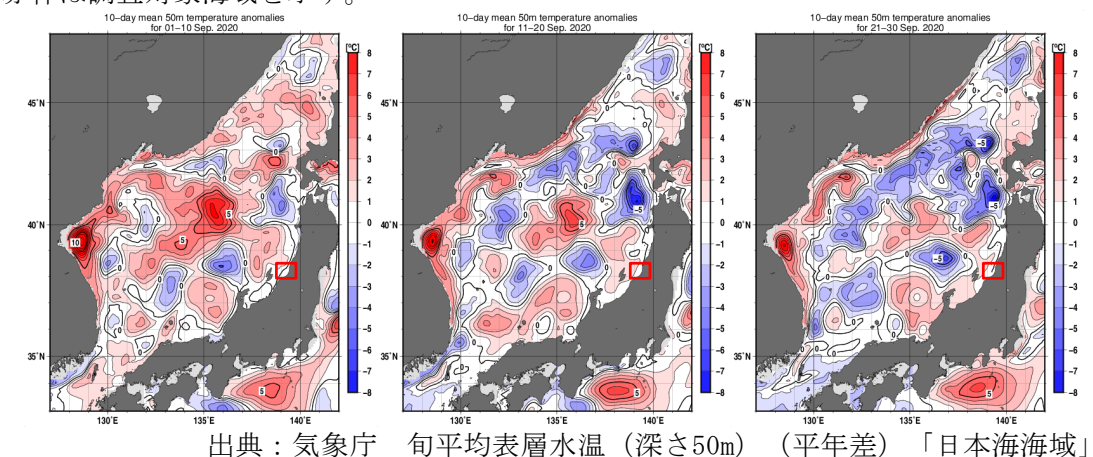


図2.1-16 新潟県村上市沖の夏季における水温と塩分の鉛直分布

海面水温の平年差（左から2020年9月上旬、2020年9月中旬、2020年9月下旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



深さ50mの水温の平年差（左から2020年9月上旬、2020年9月中旬、2020年9月下旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



赤枠で示した調査対象海域の海面水温は、2020年9月上旬では平年より3℃高く、2020年9月中旬では平年より1～2℃高く、2020年9月下旬では平年より1℃高かった。

調査対象海域の深さ50mの水温は、2020年9月上旬、2020年9月中旬、2020年9月下旬いずれも平年並みであった。

本業務では、水深約30mに水中音響録音機器を設置しており、深さ30mでの水温の平年差についての情報は取得できなかった。

図2.1-17 新潟県村上市沖の夏季における海面水温と深さ50mの水温の平年差

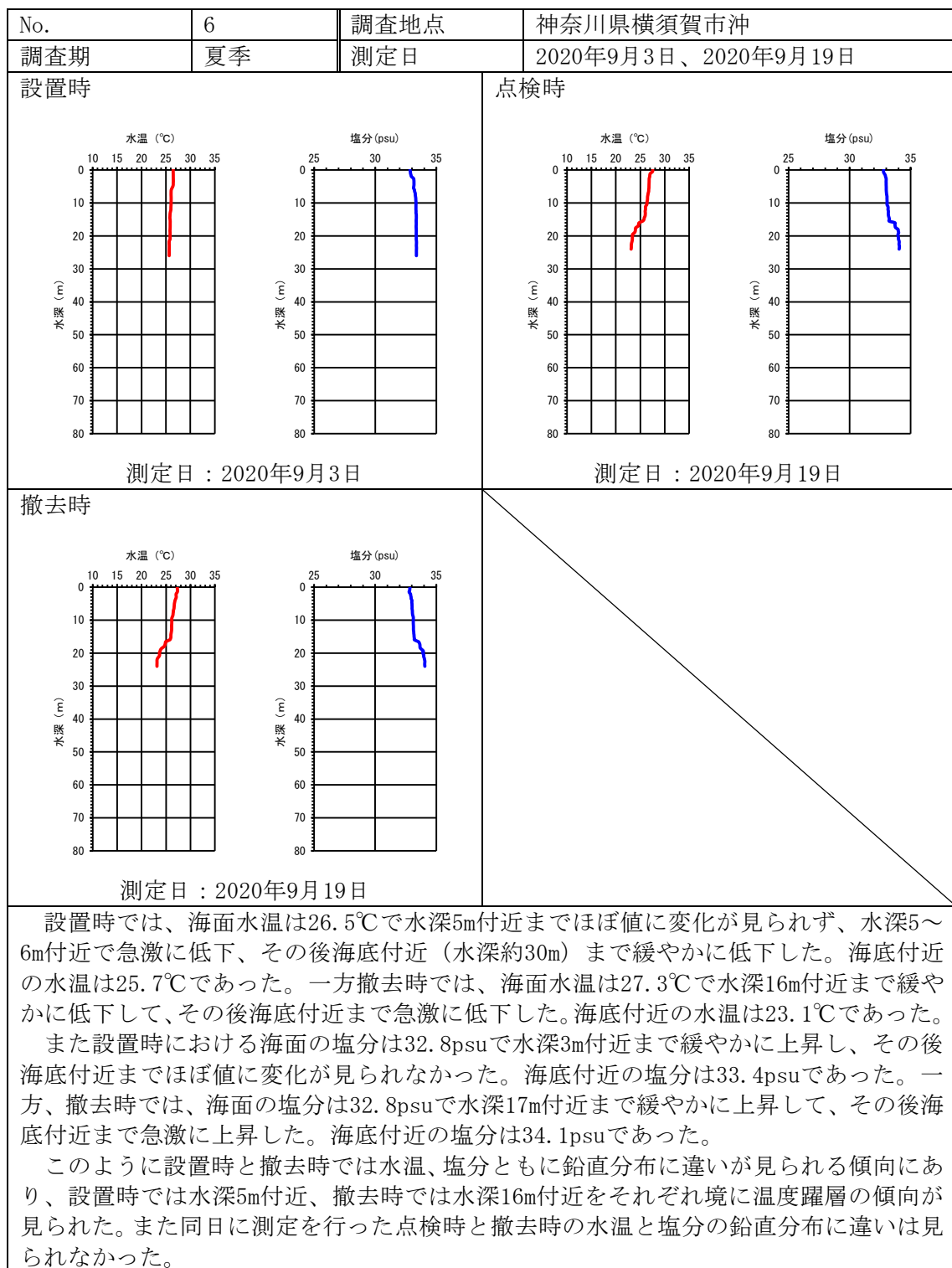
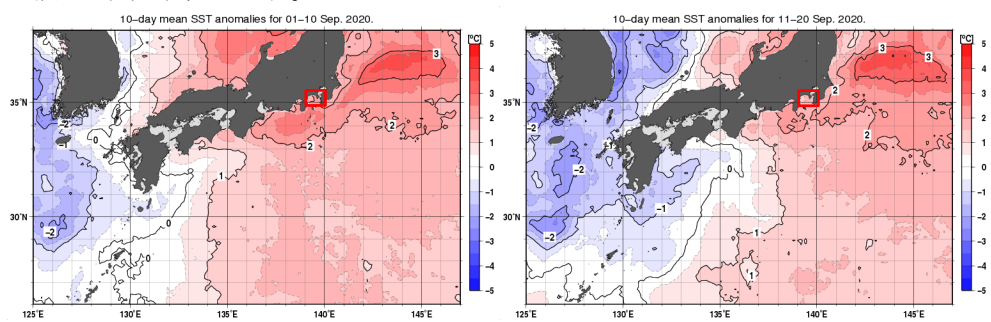


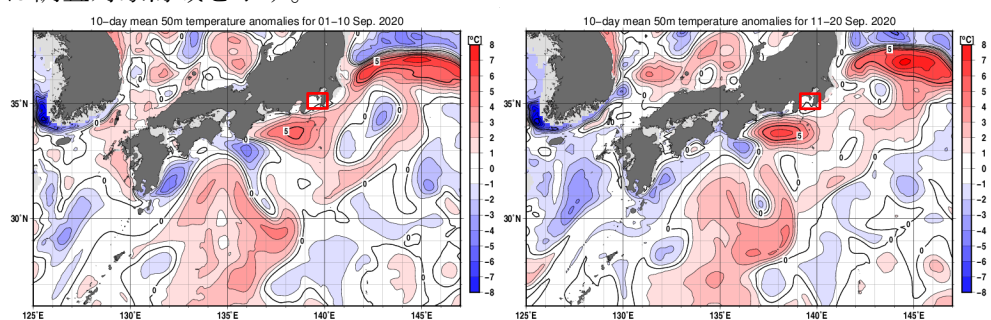
図2.1-18 神奈川県横須賀市沖の夏季における水温と塩分の鉛直分布

海面水温の平年差（左から2020年9月上旬、2020年9月中旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均海面水温（平年差）「黒潮域海域」

深さ50mの水温の平年差（左から2020年9月上旬、2020年9月中旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均表層水温（深さ50m）（平年差）「黒潮域海域」

赤枠で示した調査対象海域の海面水温は、2020年9月上旬では平年より2℃高く、2020年9月中旬では平年より1℃高かった。

調査対象海域の深さ50mの水温は、2020年9月上旬、2020年9月中旬どちらも平年並みであった。

本業務では、水深約30mに水中音響録音機器を設置しており、深さ30mでの水温の平年差についての情報は取得できなかった。

図2.1-19 神奈川県横須賀市沖の夏季における海面水温と深さ50mの水温の平年差

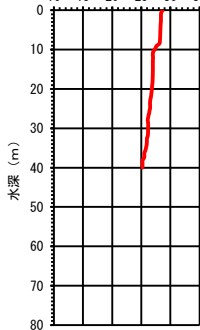
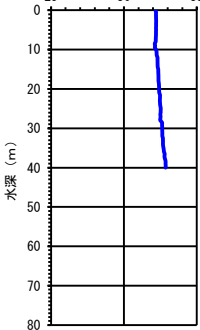
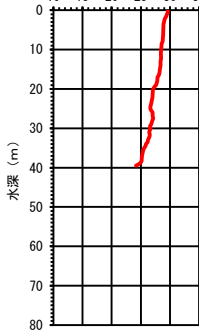
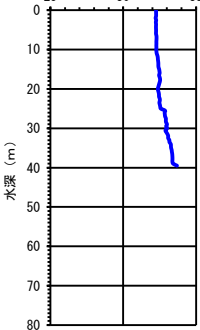
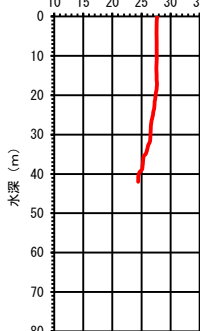
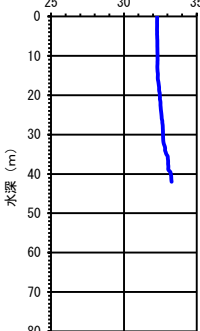
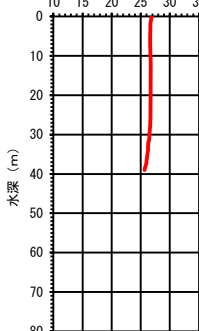
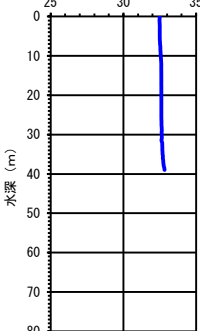
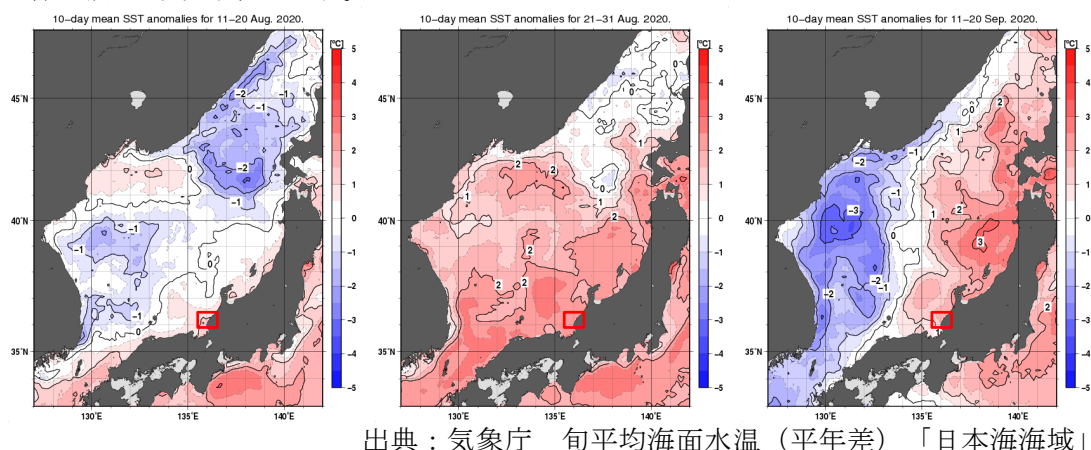
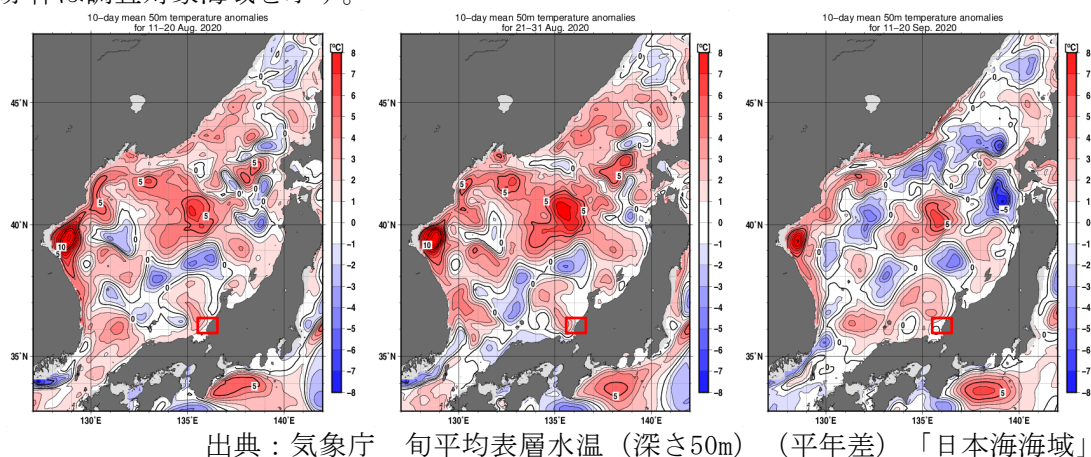
No.	7	調査地点	福井県福井港沖
調査期	夏季	測定日	2020年8月19日、2020年8月30日、 2020年9月11日、2020年9月16日
設置時		点検時	
水温 (°C)  水深 (m) 塩分 (psu)  水深 (m) 測定日：2020年8月19日		水温 (°C)  水深 (m) 塩分 (psu)  水深 (m) 測定日：2020年8月30日	
点検時		撤去時	
水温 (°C)  水深 (m) 塩分 (psu)  水深 (m) 測定日：2020年9月11日		水温 (°C)  水深 (m) 塩分 (psu)  水深 (m) 測定日：2020年9月16日	
設置時では、海面水温は28.7℃で水深9m付近までほぼ値に変化が見られず、水深9～10m付近で急激に低下し、水深10m付近から海底付近まで緩やかに低下した。海底付近の水温は25.2℃であった。 台風接近に伴い水中音響録音機器を一時回収した2020年8月30日の点検時では、海面水温は29.6℃で、海面から海底付近まで緩やかに低下した。海底付近の水温は24.2℃であった。 水中音響録音機器を再設置した2020年9月11日の点検時では、海面水温は27.7℃で水深20m付近までほぼ値に変化が見られず、その後海底付近まで緩やかに低下した。海底付近の水温は24.4℃であった。 撤去時では、海面水温は26.9℃で水深28m付近までほぼ値に変化が見られず、その後海底付近まで緩やかに低下した。海底付近の水温は25.7℃であった。 また設置時における海面の塩分は32.2psuで水深10m付近までほぼ値に変化が見られず、その後海底付近まで緩やかに上昇した。海底付近の塩分は32.9psuであった。 台風接近に伴い水中音響録音機器を一時回収した2020年8月30日に実施した点検時では、海面の塩分は32.3psuで水深10m付近までほぼ値に変化が見られず、その後海底付近まで緩やかに上昇した。海底付近の塩分は33.7psuであった。 水中音響録音機器を再設置した2020年9月11日の点検時では、海面の塩分は32.3psuで水深15m付近までほぼ値に変化が見られず、その後海底付近まで緩やかに上昇した。海底付近の塩分は33.3psuであった。 撤去時では、海面の塩分は32.5psuで、海面から海底付近までほぼ値に変化が見られなかった。海底付近の塩分は32.8psuであった。 このように設置時と台風接近に伴い水中音響録音機器を一時回収した日に実施した点検時では水温、塩分ともに鉛直分布に違いが見られず、水中音響録音機器を再設定した日に実施した点検時と撤去時においても水温、塩分ともに鉛直分布に違いが見られなかった。しかし、8月に実施した設置時及び点検時と9月に実施した点検時及び撤去時では、季節的な変動が見られる傾向にあった。			

図2.1-20 福井県福井港沖の夏季における水温と塩分の鉛直分布

海面水温の平年差（左から2020年8月中旬、2020年8月下旬、2020年9月中旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



深さ50mの水温の平年差（左から2020年8月中旬、2020年8月下旬、2020年9月中旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



赤枠で示した調査対象海域の海面水温は、2020年8月中旬では平年より1℃高く、2020年8月下旬では平年より2℃高く、2020年9月中旬では平年より1～2℃高かった。

調査対象海域の深さ50mの水温は、2020年8月中旬、2020年8月下旬、2020年9月中旬いずれも平年並みであった。

本業務では、水深約40mに水中音響録音機器を設置しており、深さ40mでの水温の平年差についての情報は取得できなかった。

図2.1-21 福井県福井港沖の夏季における海面水温と深さ50mの水温の平年差

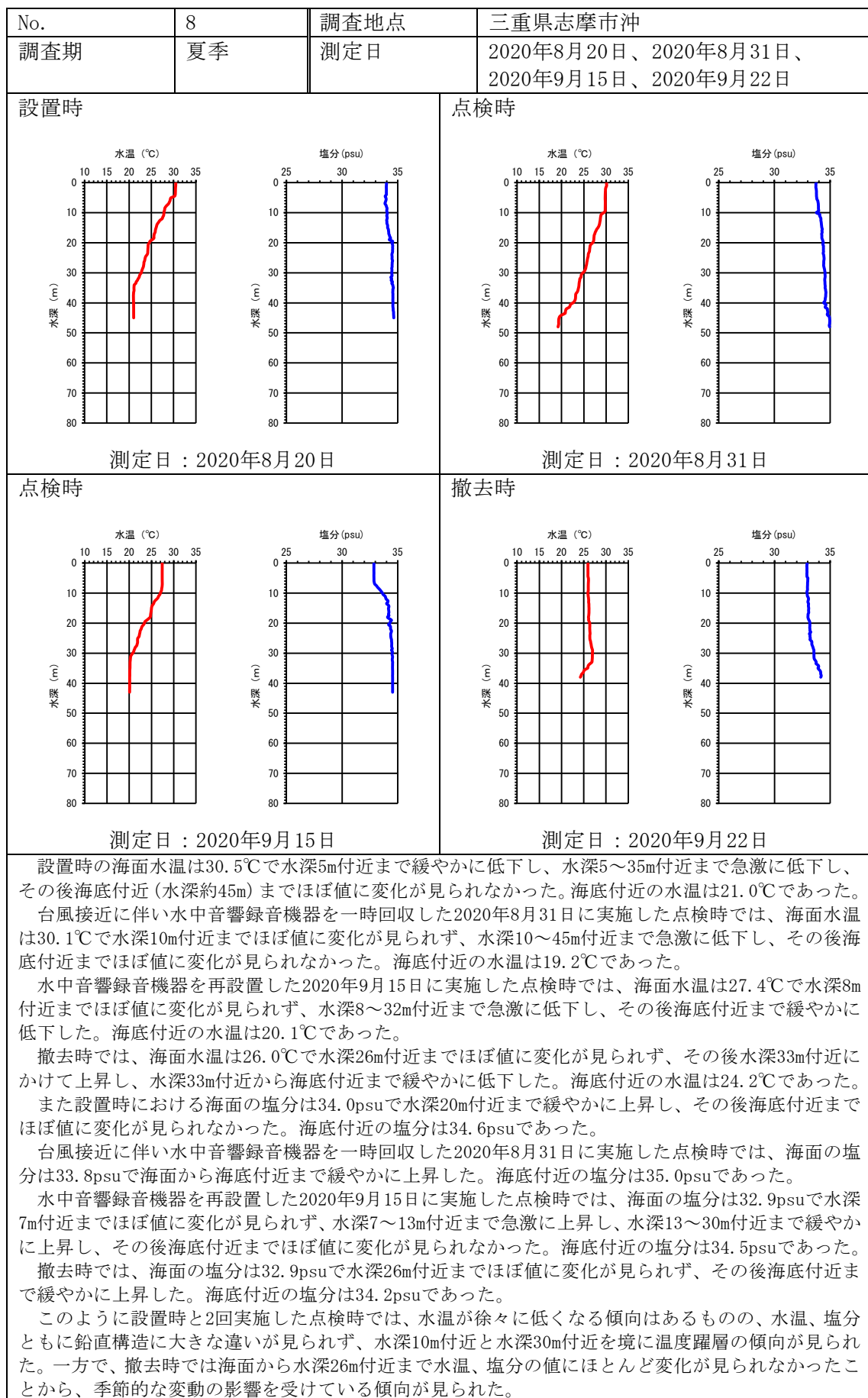
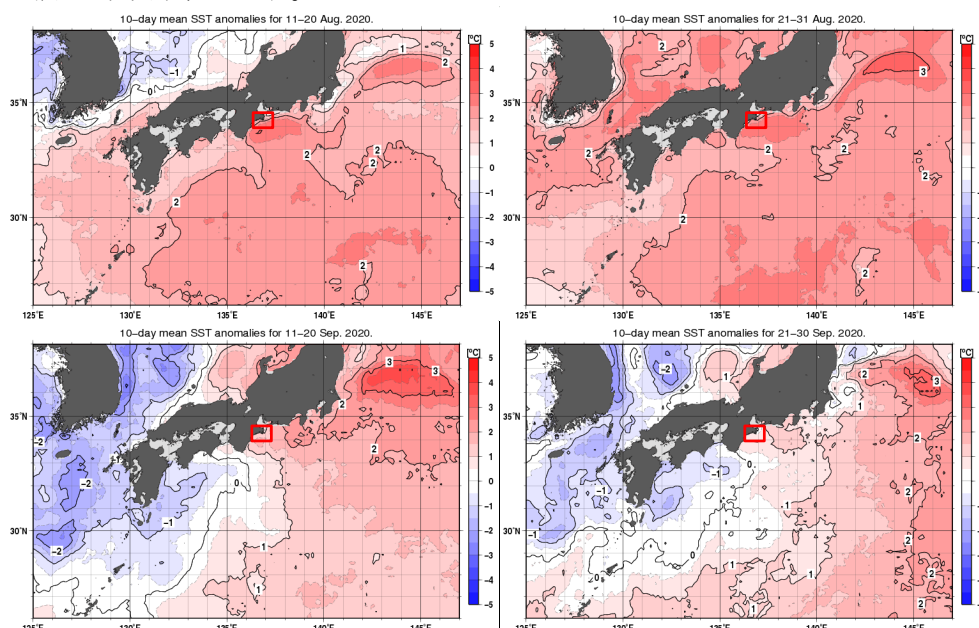


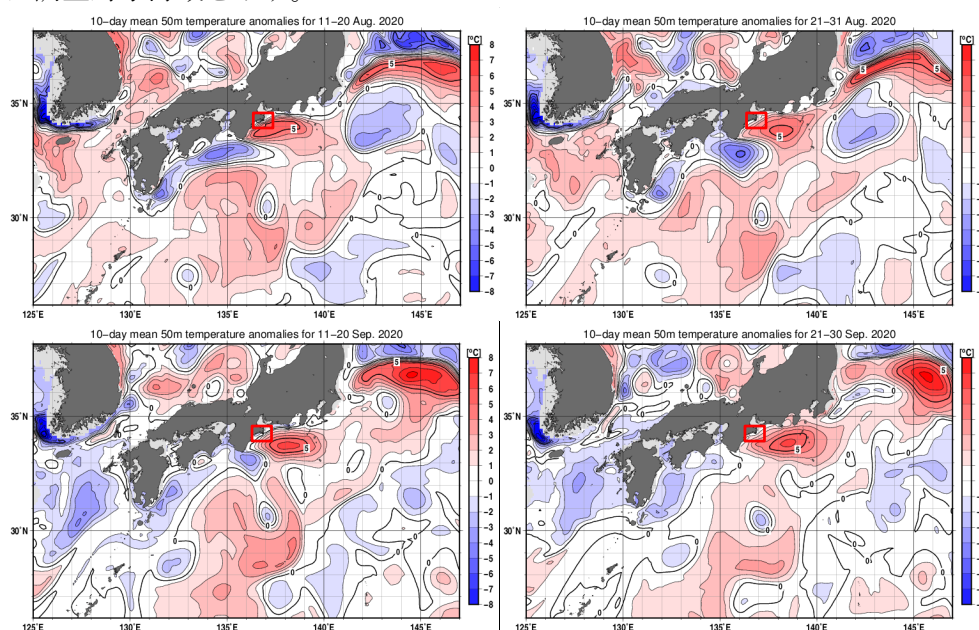
図2.1-22 三重県志摩市沖の夏季における水温と塩分の鉛直分布

海面水温の平年差（左上：2020年8月中旬、右上：2020年8月下旬、左下：2020年9月中旬、右下：2020年9月下旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均海面水温（平年差）「黒潮域海域」

深さ50mの水温の平年差（左上：2020年8月中旬、右上：2020年8月下旬、左下：2020年9月中旬、右下：2020年9月下旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均表層水温（深さ50m）（平年差）「黒潮域海域」

赤枠で示した調査対象海域の海面水温は、2020年8月中旬では平年より1～2℃高く、2020年8月下旬では平年より2℃高く、2020年9月中旬と2020年9月下旬では平年より1℃高かった。

調査対象海域の深さ50mの水温は、2020年8月中旬では平年より1～4℃高く、2020年8月下旬では平年より1℃高く、2020年9月中旬では平年並み、2020年9月下旬では平年並みもしくは平年より1℃高かった。

図2.1-23 三重県志摩市沖の夏季における海面水温と深さ50mの水温の平年差

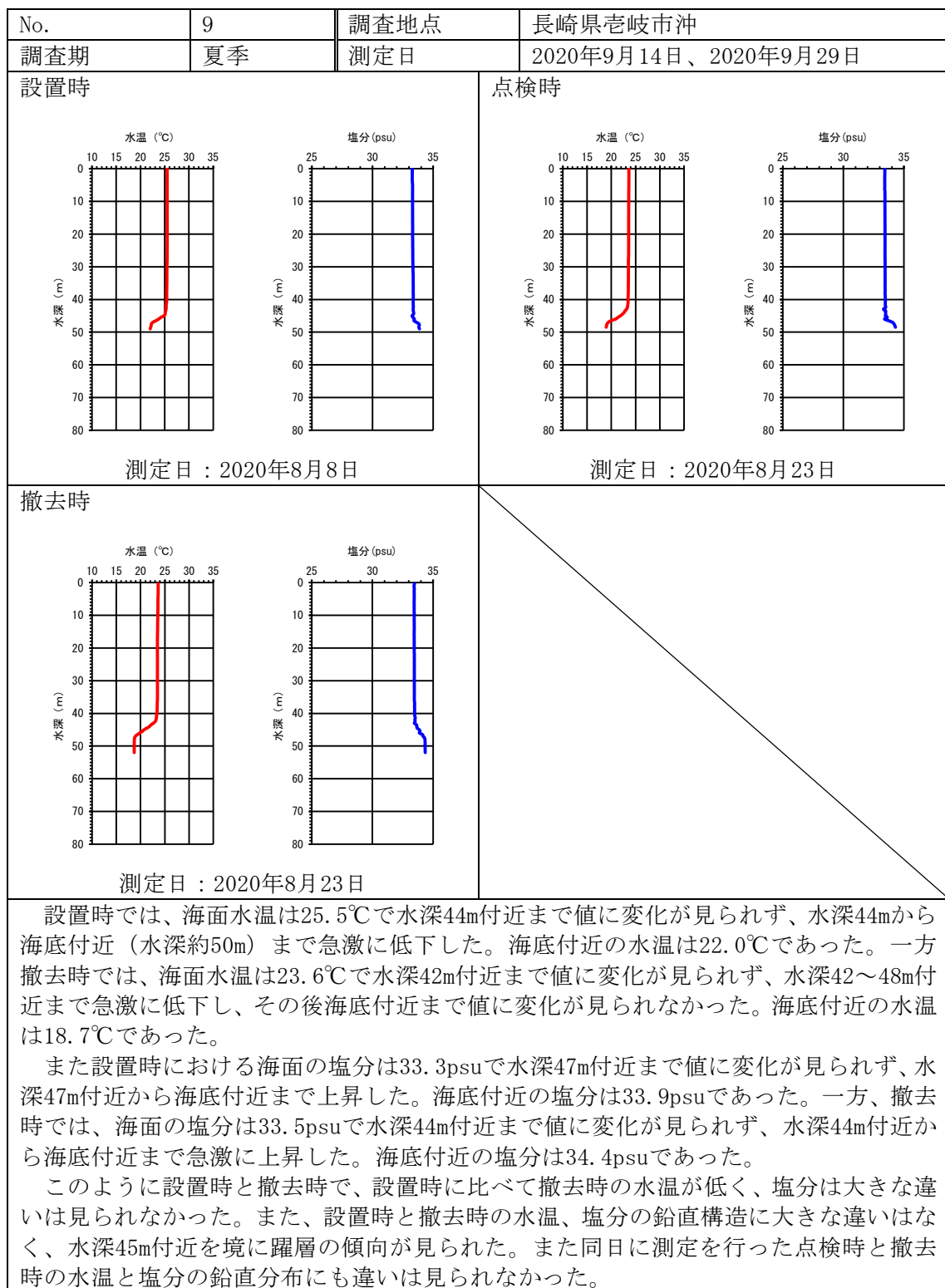
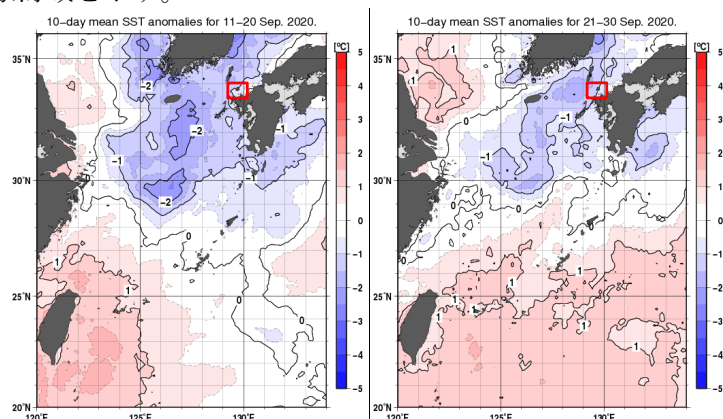


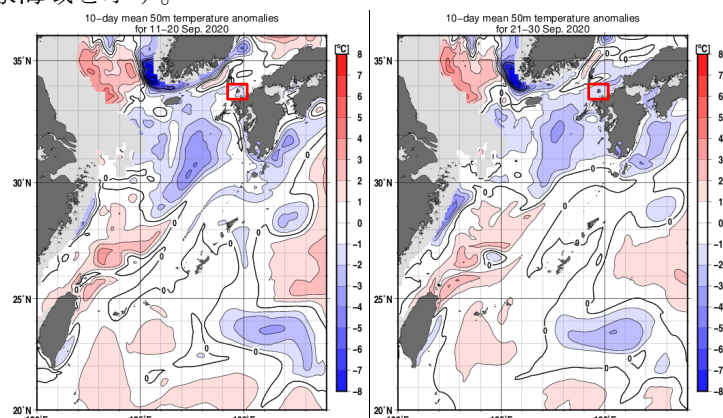
図2.1-24 長崎県壱岐市沖の夏季における水温と塩分の鉛直分布

海面水温の平年差（左から2020年9月中旬、2020年9月下旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均海面水温（平年差）「東シナ海海域」

深さ50mの水温の平年差（左から2020年9月中旬、2020年9月下旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均表層水温（深さ50m）（平年差）「東シナ海海域」

赤枠で示した調査対象海域の海面水温は、2020年9月中旬、2020年9月下旬ともに平年より1℃低かった。

調査対象海域の深さ50mの水温は、2020年9月中旬では平年並みもしくは平年より1℃低く、2020年9月下旬では平年より1℃低かった。

図2. 1-25 長崎県壱岐市沖の夏季における海面水温と深さ50mの水温の平年差

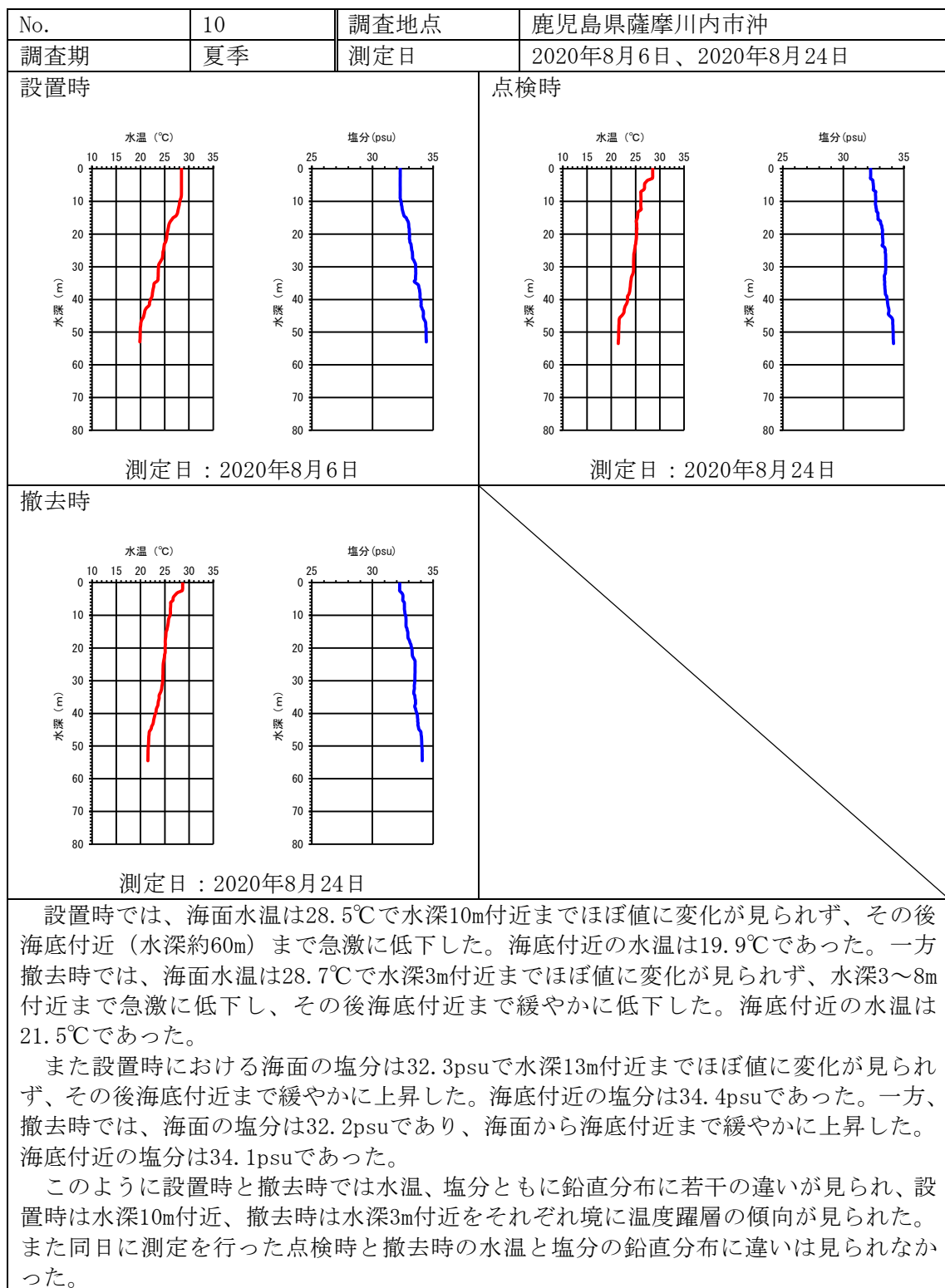
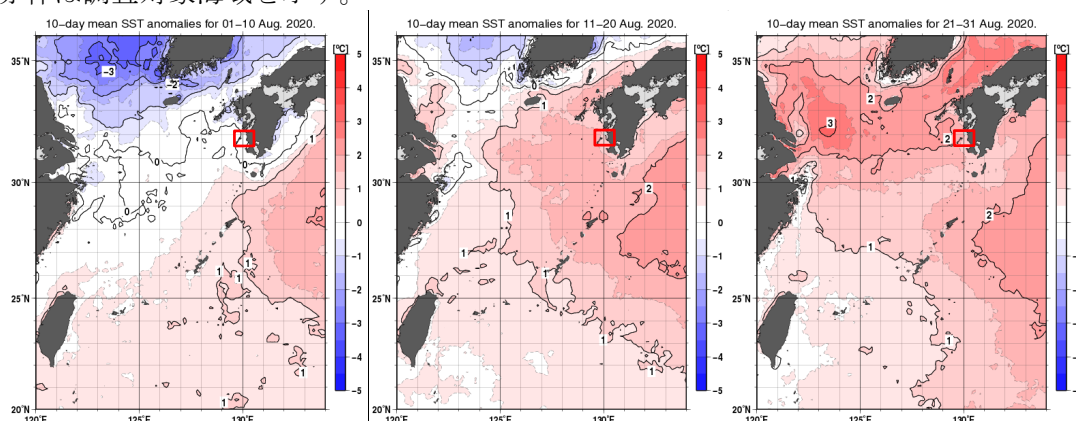


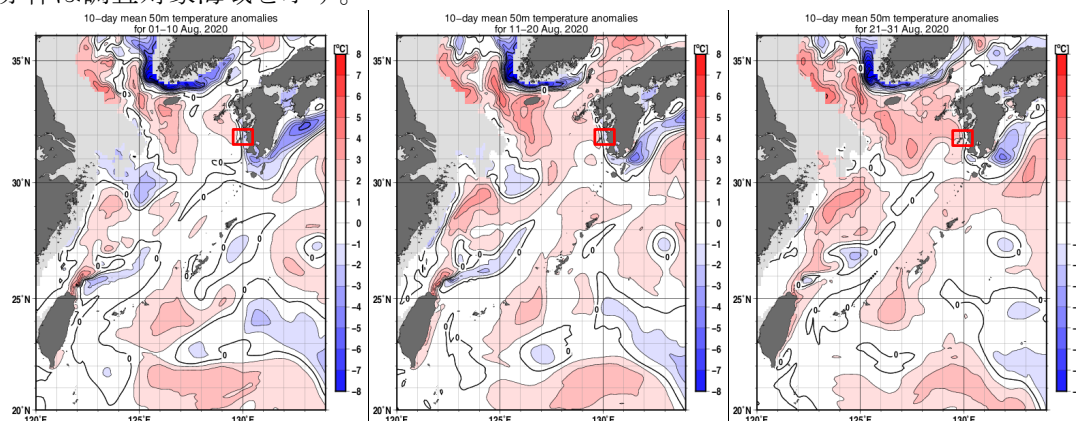
図2. 1-26 鹿児島県薩摩川内市沖の夏季における水温と塩分の鉛直分布

海面水温の平年差（左から2020年8月上旬、2020年8月中旬、2020年8月下旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均海面水温（平年差）「東シナ海海域」

深さ50mの水温の平年差（左から2020年8月上旬、2020年8月中旬、2020年8月下旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均表層水温（深さ50m）（平年差）「東シナ海海域」

赤枠で示した調査対象海域の海面水温は、2020年8月上旬では平年並み、2020年8月中旬、2020年8月下旬では平年より1℃高かった。

調査対象海域の深さ50mの水温は、2020年8月上旬、2020年8月中旬では平年より1℃低く、2020年8月下旬では平年並みであった。

図2.1-27 鹿児島県薩摩川内市沖の夏季における海面水温と深さ50mの水温の平年差

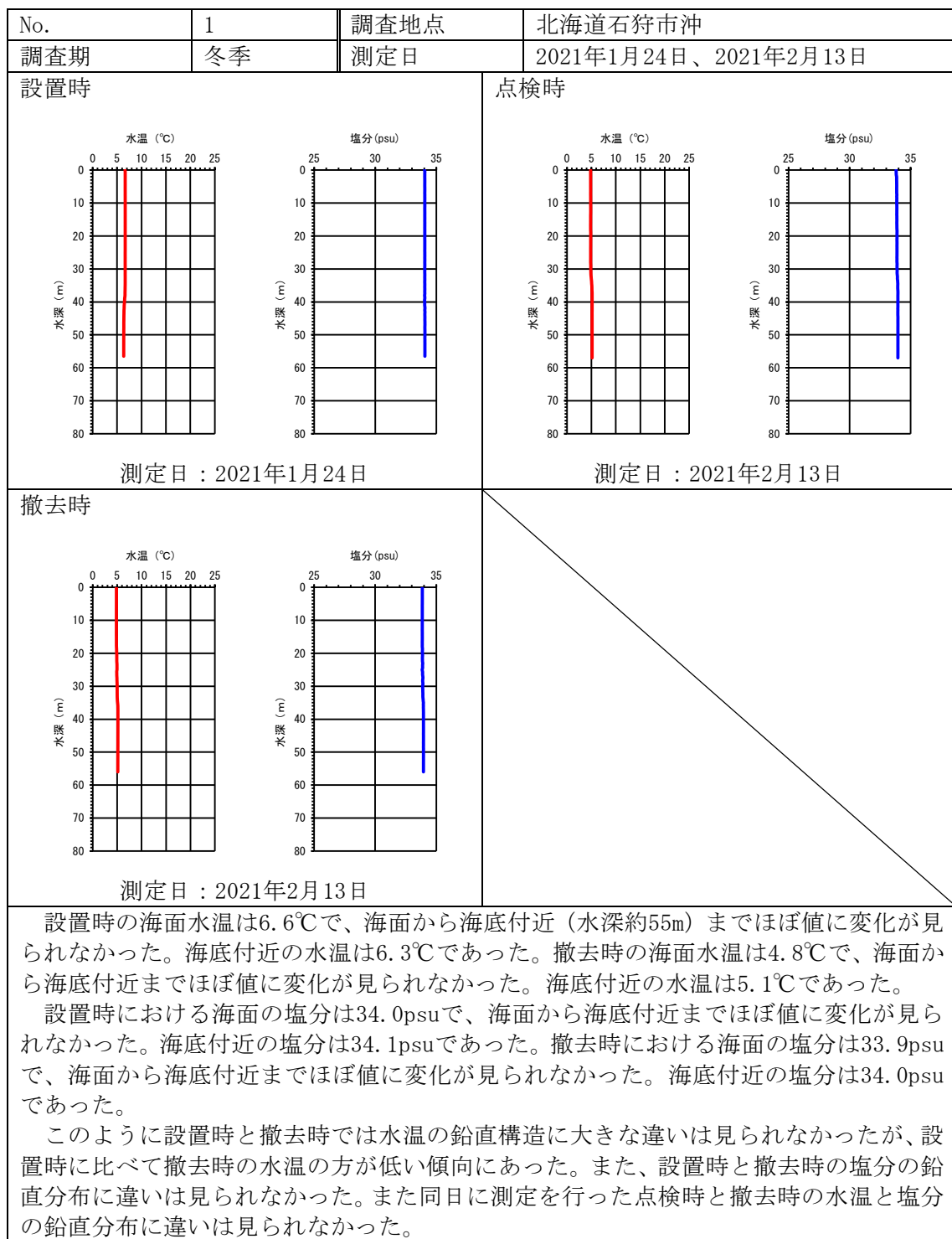
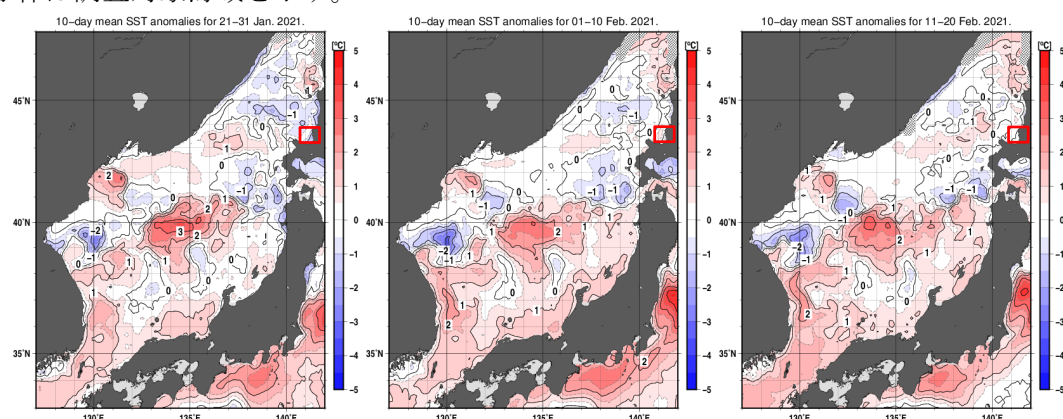


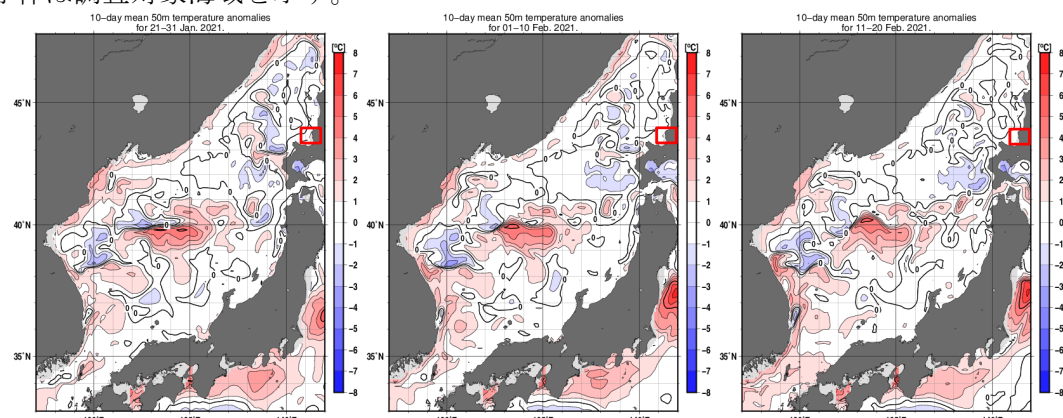
図2.1-28 北海道石狩市沖の冬季における水温と塩分の鉛直分布

海面水温の平年差（左から2021年1月下旬、2021年2月上旬、2021年2月中旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均海面水温（平年差）「日本海海域」

水深50mの水温の平年差（左から2021年1月下旬、2021年2月上旬、2021年2月中旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均表層水温（深さ50m）（平年差）「日本海海域」

赤枠で示した調査対象海域の海面水温は、2021年1月下旬では平年より1～2℃低く、2021年2月上旬では平年並みもしくは平年より1℃低く、2021年2月中旬では平年並みであった。

調査対象海域の深さ50mの水温は、2021年1月下旬では平年より1℃高く、2021年2月上旬では平年並みもしくは平年より1℃高く、2021年2月中旬では平年並みであった。

図2.1-29 北海道石狩市沖の冬季における海面水温と深さ50mの水温の平年差

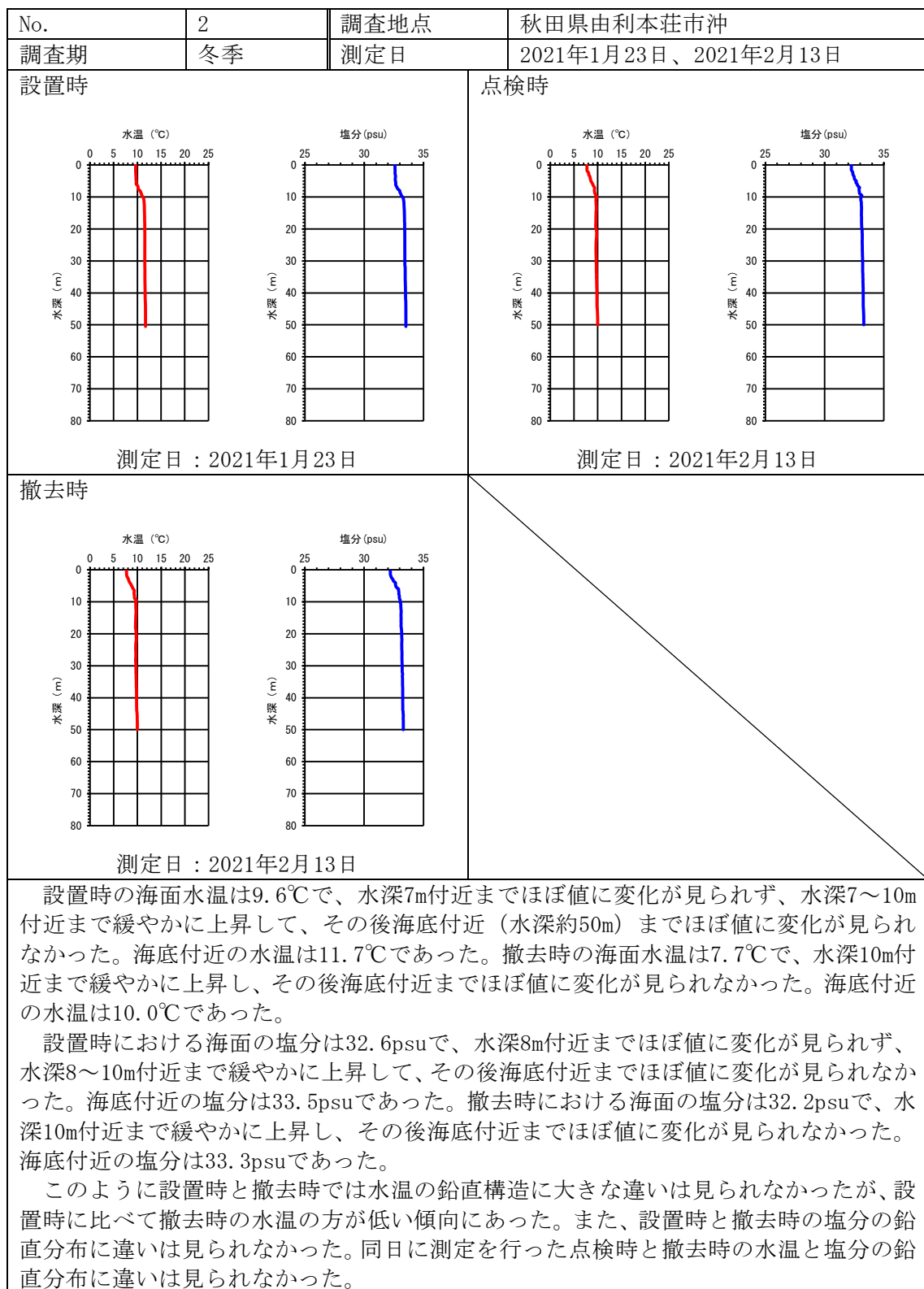
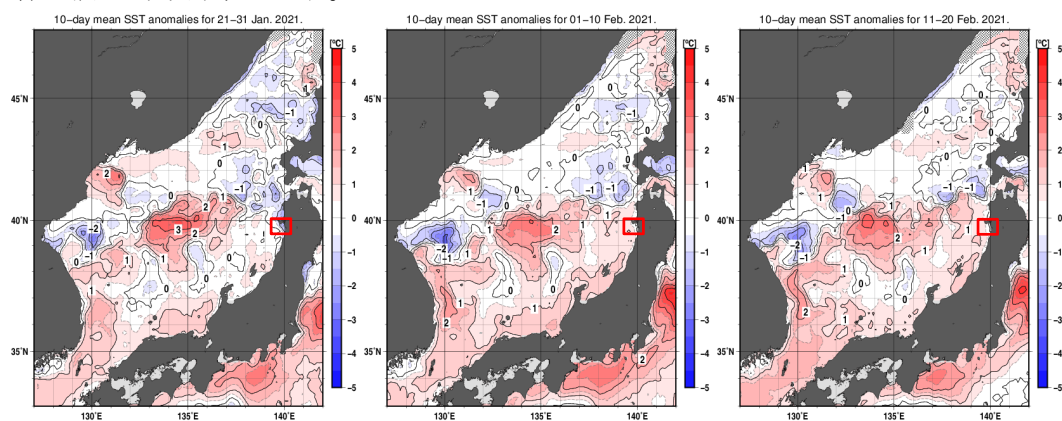


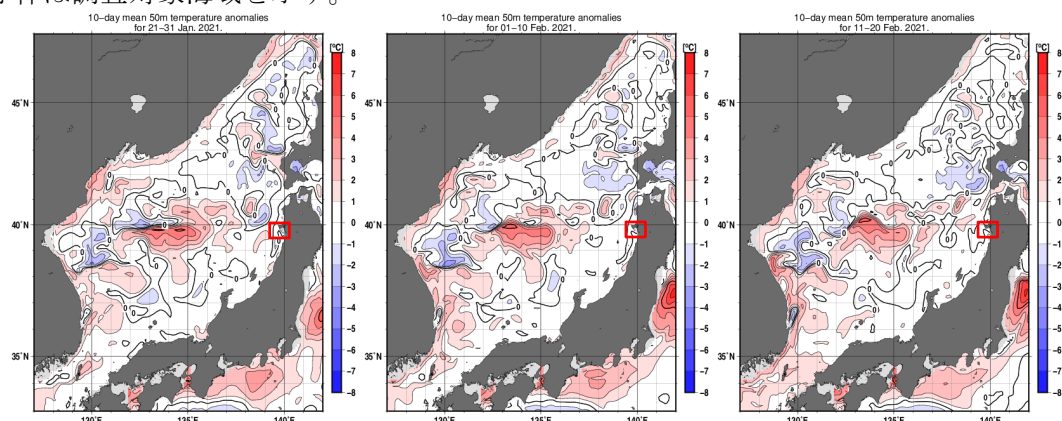
図2.1-30 秋田県由利本荘市沖の冬季における水温と塩分の鉛直分布

海面水温の平年差（左から2021年1月下旬、2021年2月上旬、2021年2月中旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均海面水温（平年差）「日本海海域」

水深50mの水温の平年差（左から2021年1月下旬、2021年2月上旬、2021年2月中旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均表層水温（深さ50m）（平年差）「日本海海域」

赤枠で示した調査対象海域の海面水温は、2021年1月下旬では平年より1℃低く、2021年2月上旬、2021年2月中旬では平年並みであった。

調査対象海域の深さ50mの水温は、2021年1月下旬、2021年2月上旬では平年並みで、2021年2月中旬では平年並みもしくは平年より1℃高かった。

図2. 1-31 秋田県由利本荘市沖の冬季における海面水温と深さ50mの水温の平年差

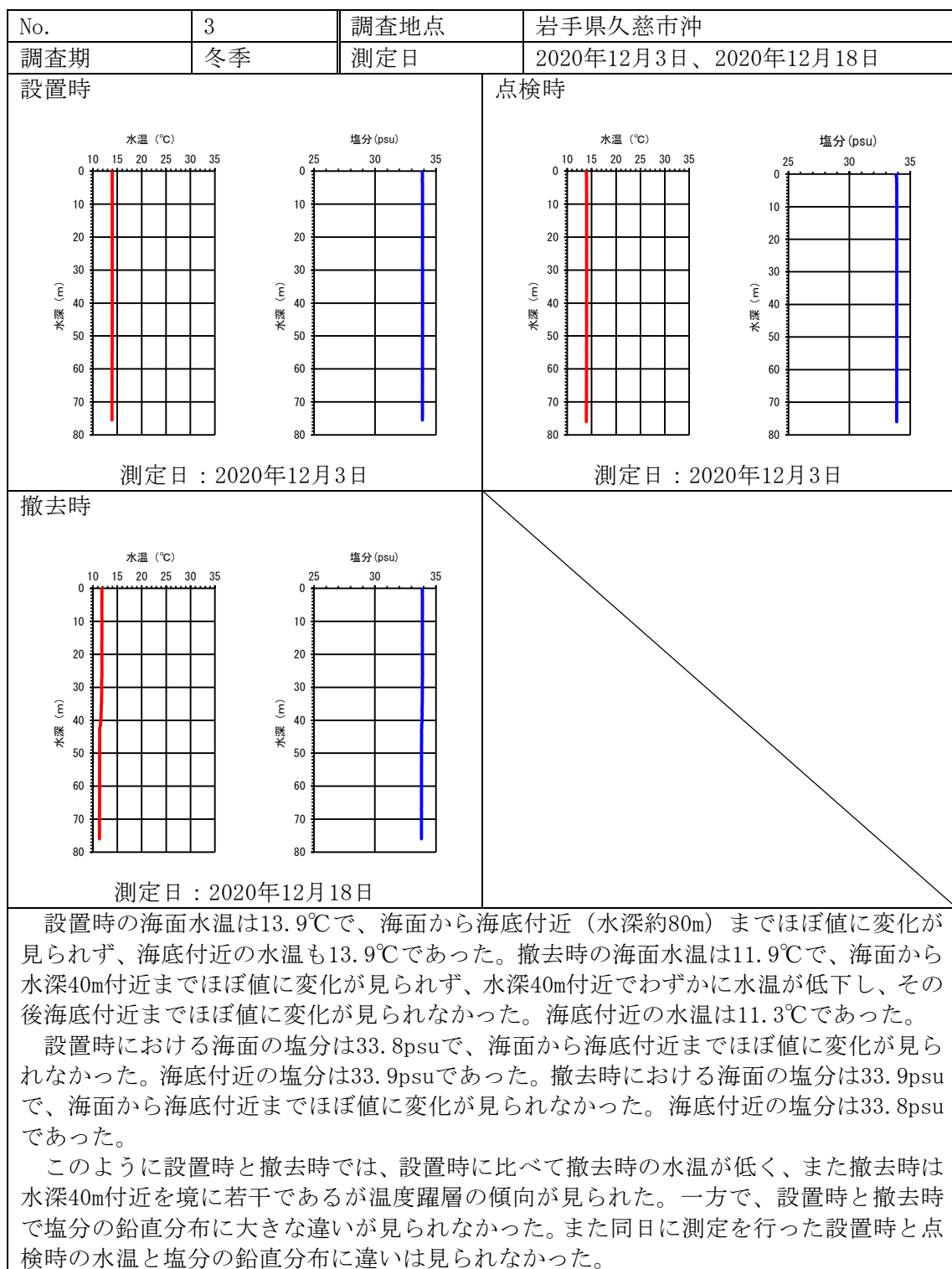
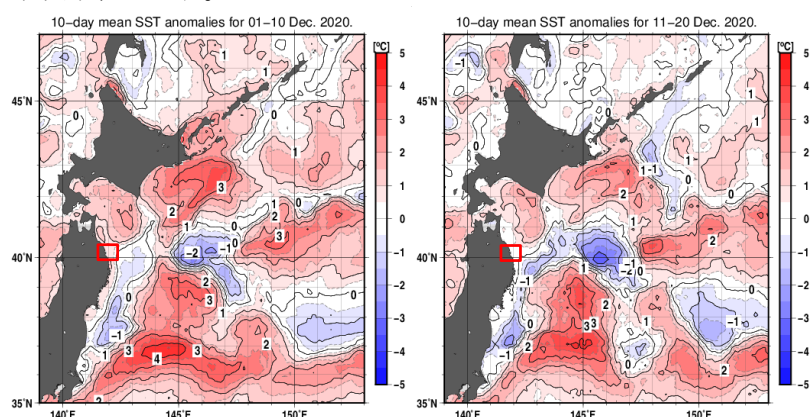


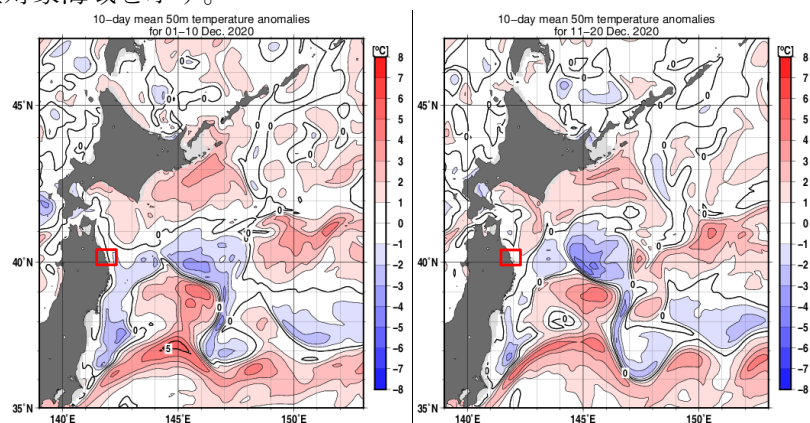
図2.1-32 岩手県久慈市沖の冬季における水温と塩分の鉛直分布

海面水温の平年差（左から2020年12月上旬、2020年12月中旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均海面水温（平年差）「親潮域海域」

水深50mの水温の平年差（左から2020年12月上旬、2020年12月中旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均表層水温（深さ50m）（平年差）「親潮域海域」

赤枠で示した調査対象海域の海面水温は、2020年12月上旬では平年より1℃高く、2020年12月中旬では平年並みであった。

調査対象海域の深さ50mの水温は、2020年12月上旬、2020年12月中旬ともに平年並みであった。

図2.1-33 岩手県久慈市沖の冬季における海面水温と深さ50mの水温の平年差

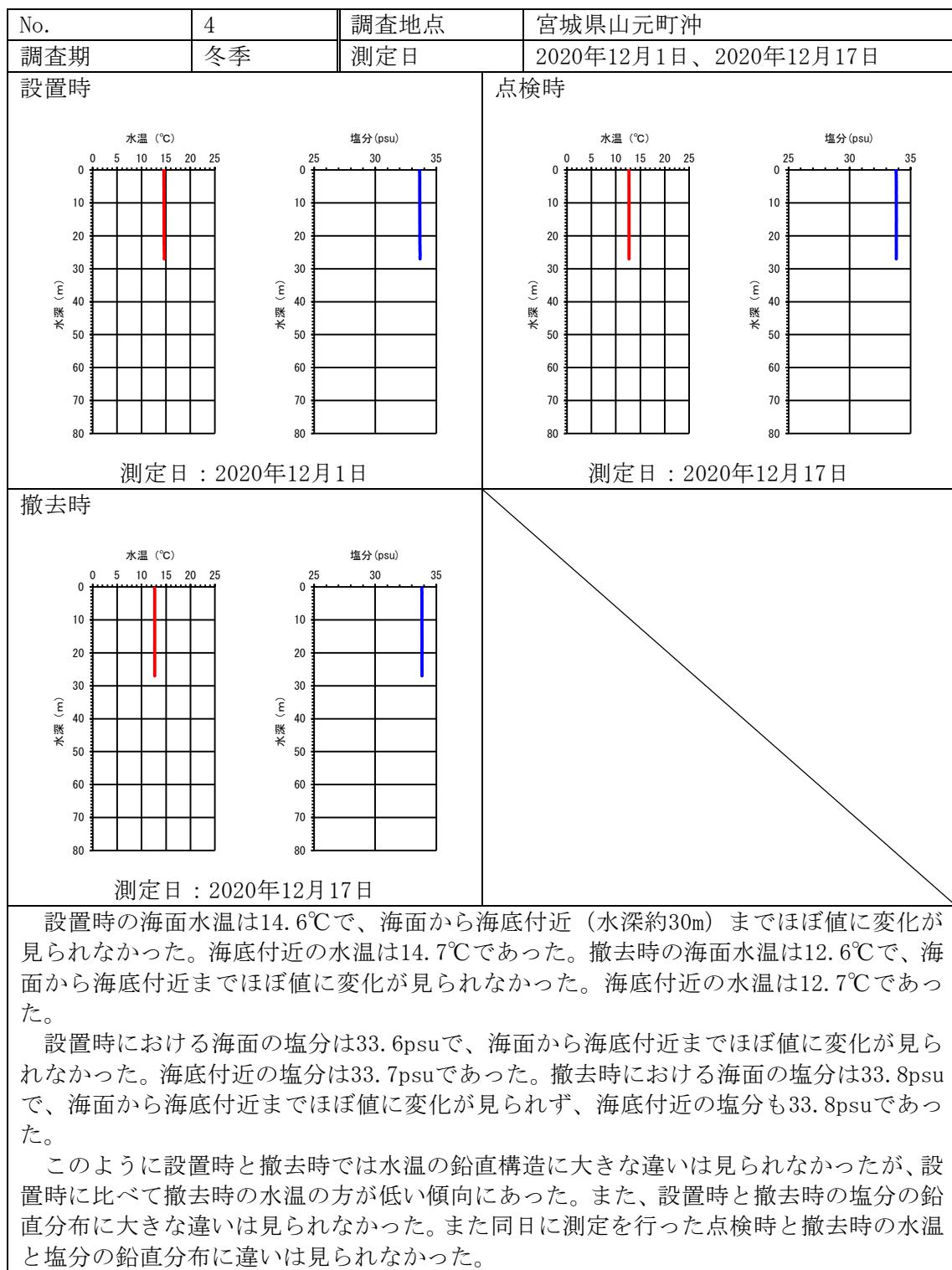
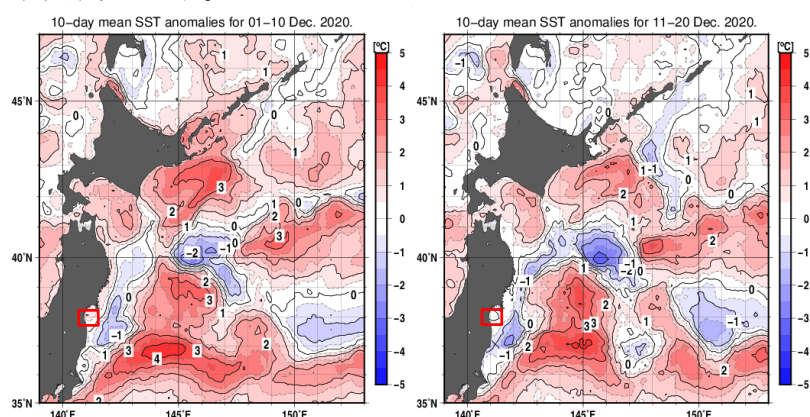


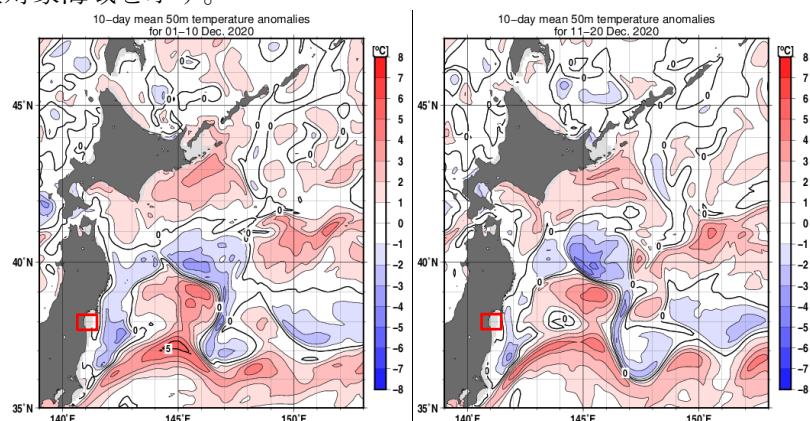
図2.1-34 宮城県山元町沖の冬季における水温と塩分の鉛直分布

海面水温の平年差（左から2020年12月上旬、2020年12月中旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均海面水温（平年差）「親潮域海域」

水深50mの水温の平年差（左から2020年12月上旬、2020年12月中旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均表層水温（深さ50m）（平年差）「親潮域海域」

赤枠で示した調査対象海域の海面水温は、2020年12月上旬では平年並みもしくは平年より1℃高く、2020年12月中旬では平年並みであった。

調査対象海域の深さ50mの水温は、2020年12月上旬、2020年12月中旬ともに平年並みであった。

本業務では、水深約30mに水中音響録音機器を設置しており、深さ30mでの水温の平年差についての情報は取得できなかった。

図2. 1-35 宮城県山元町沖の冬季における海面水温と深さ50mの水温の平年差

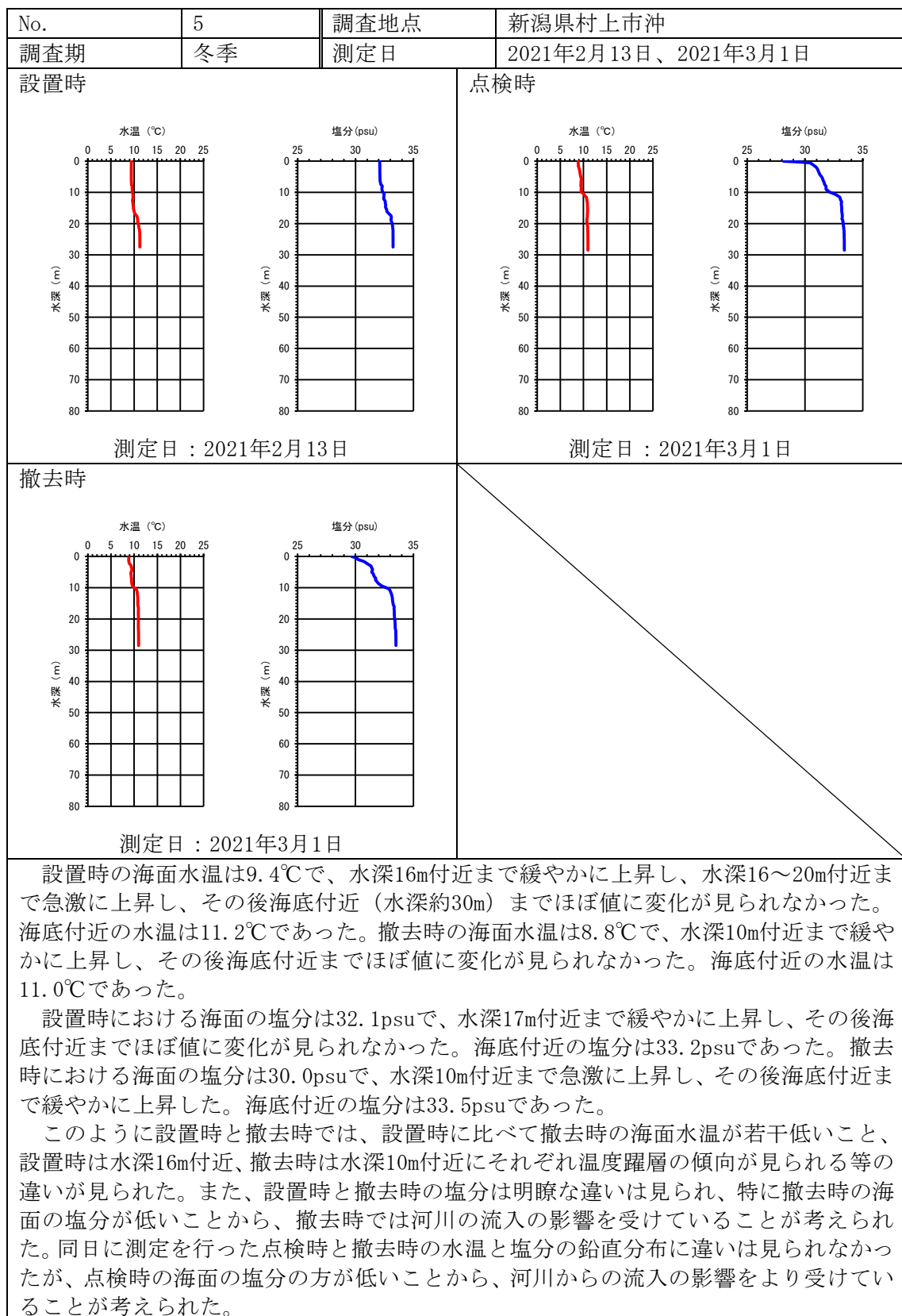
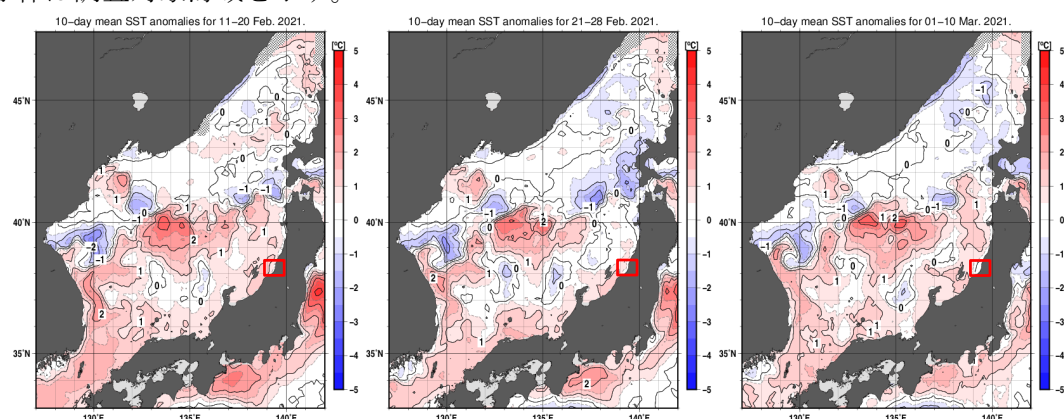


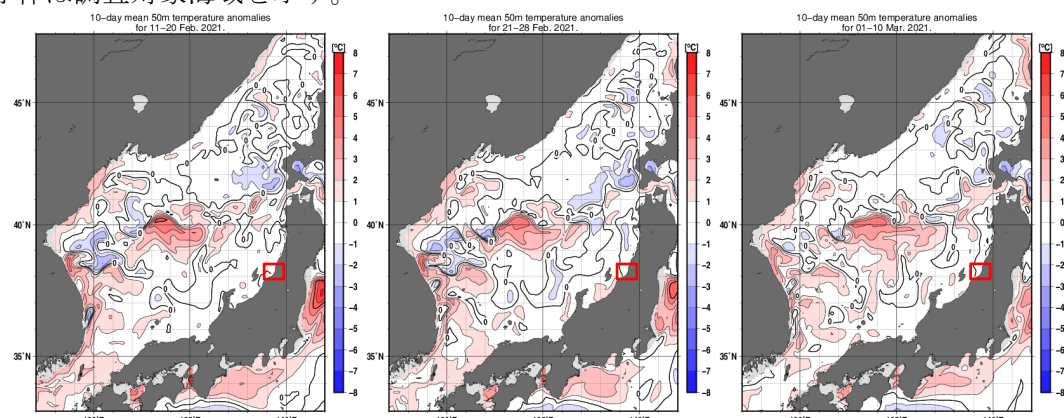
図2.1-36 新潟県村上市沖の冬季における水温と塩分の鉛直分布

海面水温の平年差（左から2021年2月中旬、2021年2月下旬、2021年3月上旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均海面水温（平年差）「日本海海域」

水深50mの水温の平年差（左から2021年2月中旬、2021年2月下旬、2021年3月上旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均表層水温（深さ50m）（平年差）「日本海海域」

赤枠で示した調査対象海域の海面水温は、2021年2月中旬、2021年2月下旬では平年並みもしくは平年より1℃高く、2021年3月上旬では平年並みであった。

調査対象海域の深さ50mの水温は、2021年2月中旬、2021年2月下旬、2021年3月上旬いずれも平年並みであった。

本業務では、水深約30mに水中音響録音機器を設置しており、深さ30mでの水温の平年差についての情報は取得できなかった。

図2.1-37 新潟県村上市沖の冬季における海面水温と深さ50mの水温の平年差

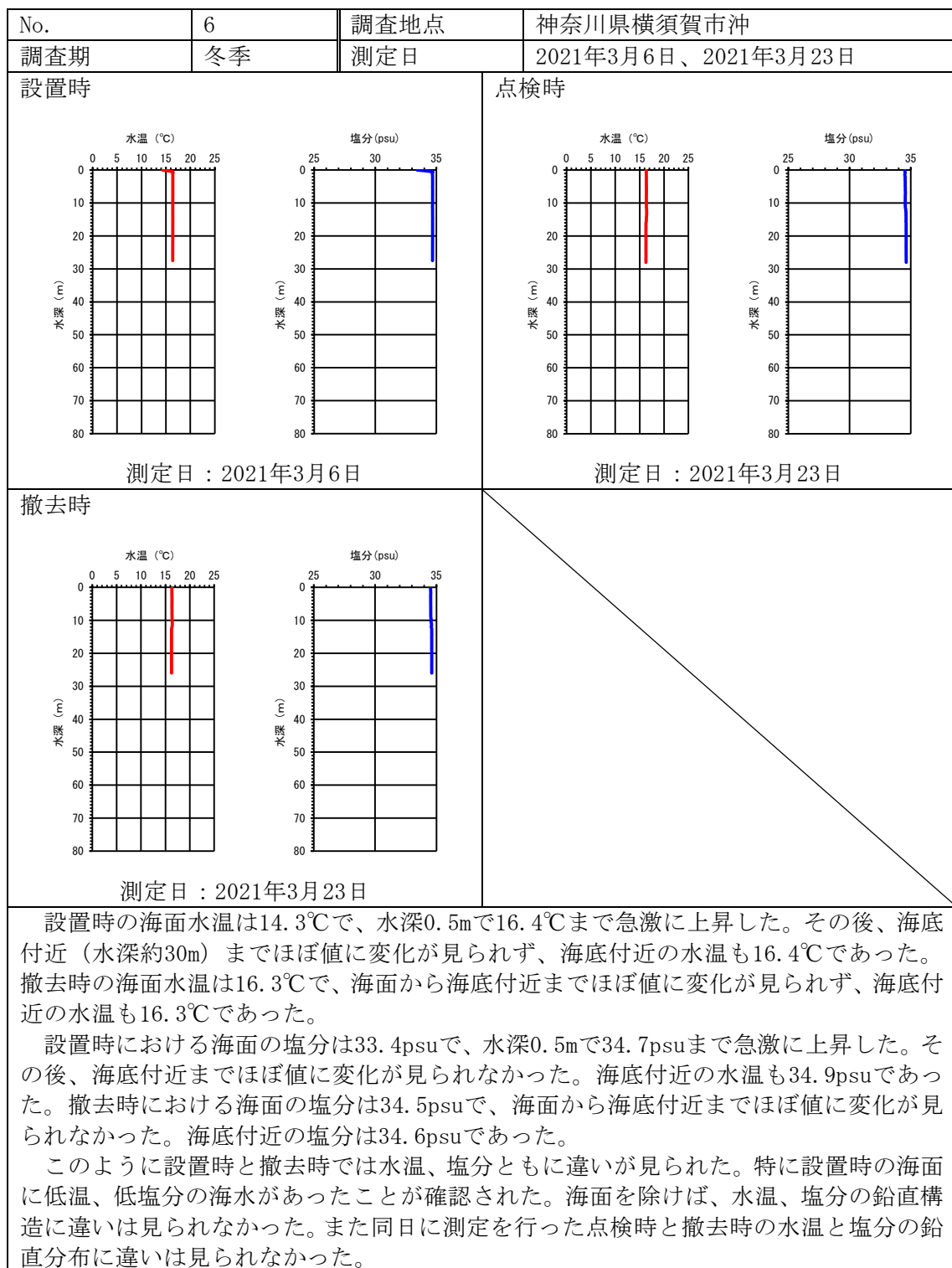
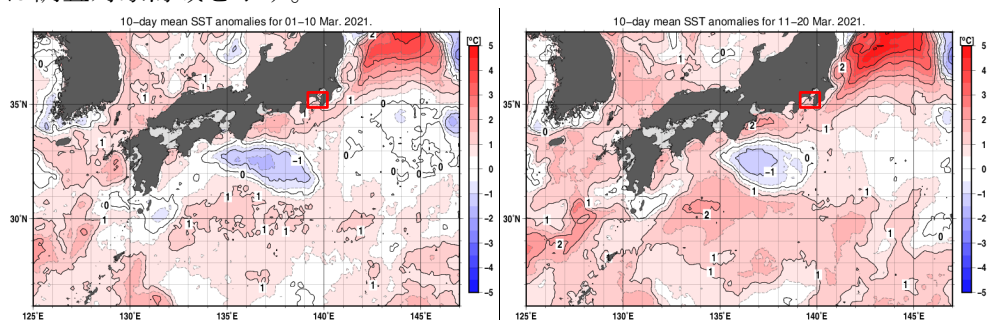


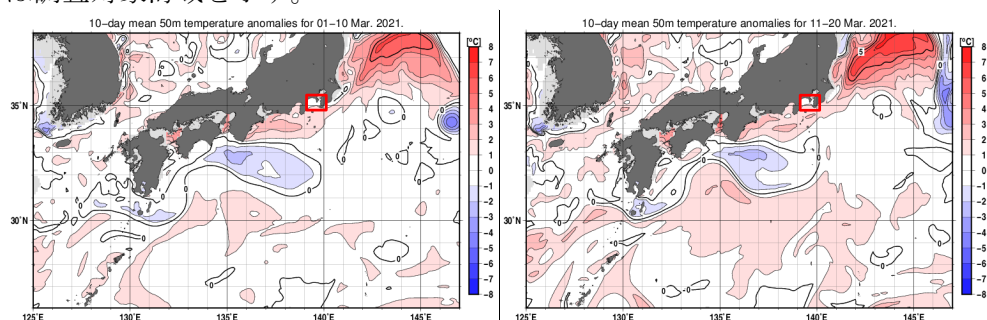
図2.1-38 神奈川県横須賀市沖の冬季における水温と塩分の鉛直分布

海面水温の平年差（左から2021年3月上旬、2021年3月中旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均海面水温（平年差）「黒潮域海域」

水深50mの水温の平年差（左から2021年3月上旬、2021年3月中旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均表層水温（深さ50m）（平年差）「黒潮域海域」

赤枠で示した調査対象海域の海面水温は、2021年3月上旬、2021年3月中旬ともに平年より1℃高かった。

調査対象海域の深さ50mの水温は、2021年3月上旬、2021年3月中旬ともに平年並みであった。

本業務では、水深約30mに水中音響録音機器を設置しており、深さ30mでの水温の平年差についての情報は取得できなかった。また、2021年3月末時点では2021年3月下旬の旬平均海面水温（平年差）ならびに旬平均表層水温（深さ50m）（平年差）の情報を取得することができなかった。

図2. 1-39 神奈川県横須賀市沖の冬季における海面水温と深さ50mの水温の平年差

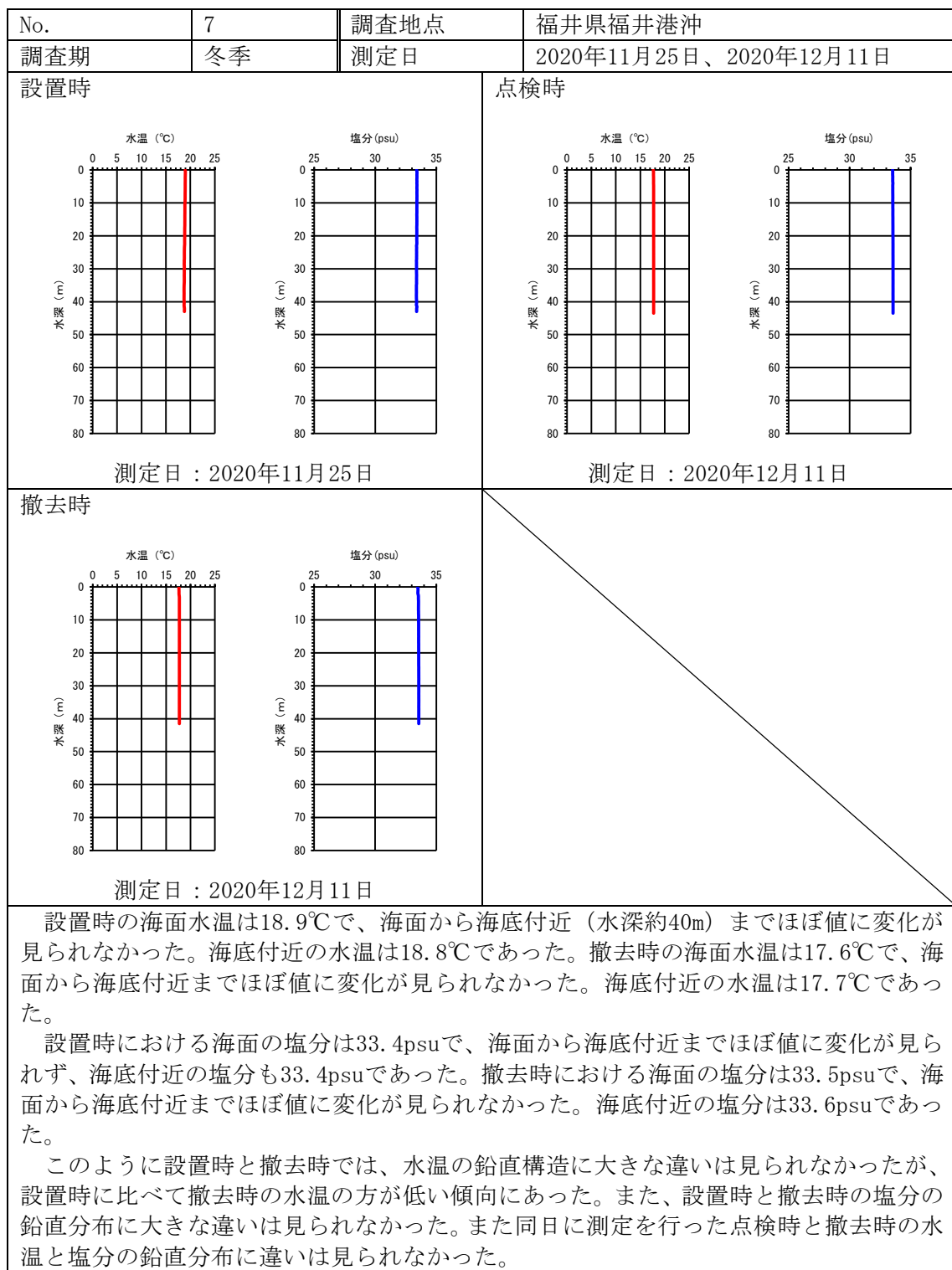
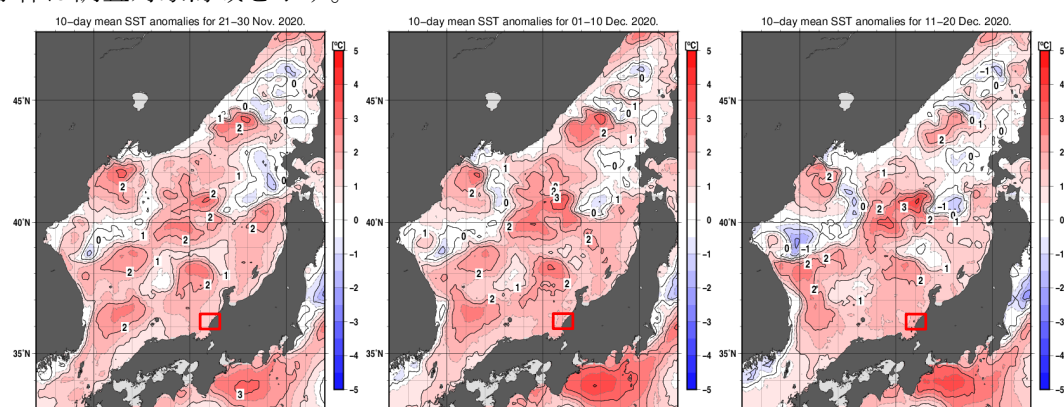


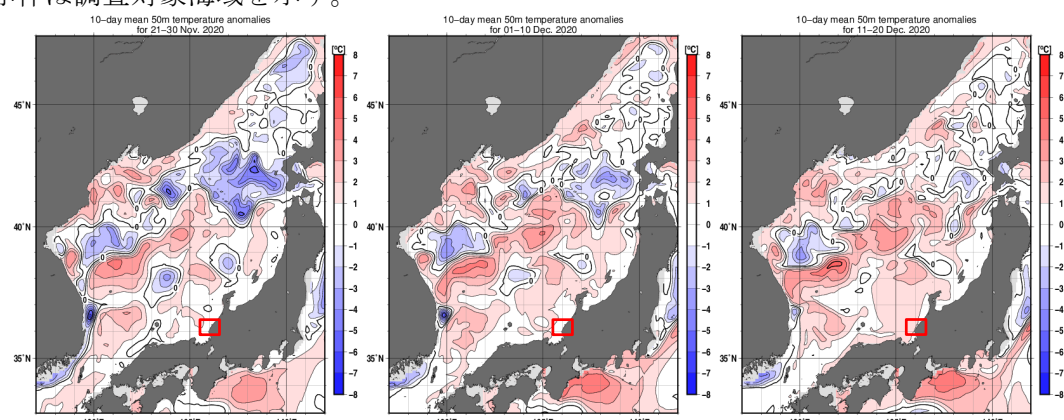
図2.1-40 福井県福井港沖の冬季における水温と塩分の鉛直分布

海面水温の平年差（左から2020年11月下旬、2020年12月上旬、2020年12月中旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均海面水温（平年差）「日本海海域」

水深50mの水温の平年差（左から2020年11月下旬、2020年12月上旬、2020年12月中旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均表層水温（深さ50m）（平年差）「日本海海域」

赤枠で示した調査対象海域の海面水温は、2020年11月下旬では平年より1℃高く、2020年12月上旬では平年より1～2℃高く、2020年12月中旬では平年より2℃高かった。

調査対象海域の深さ50mの水温は、2020年11月下旬、2020年12月上旬では平年並みで、2020年12月中旬では平年並みもしくは平年より1℃高かった。

本業務では、水深約40mに水中音響録音機器を設置しており、深さ40mでの水温の平年差についての情報は取得できなかった。

図2.1-41 福井県福井港沖の冬季における海面水温と深さ50mの水温の平年差

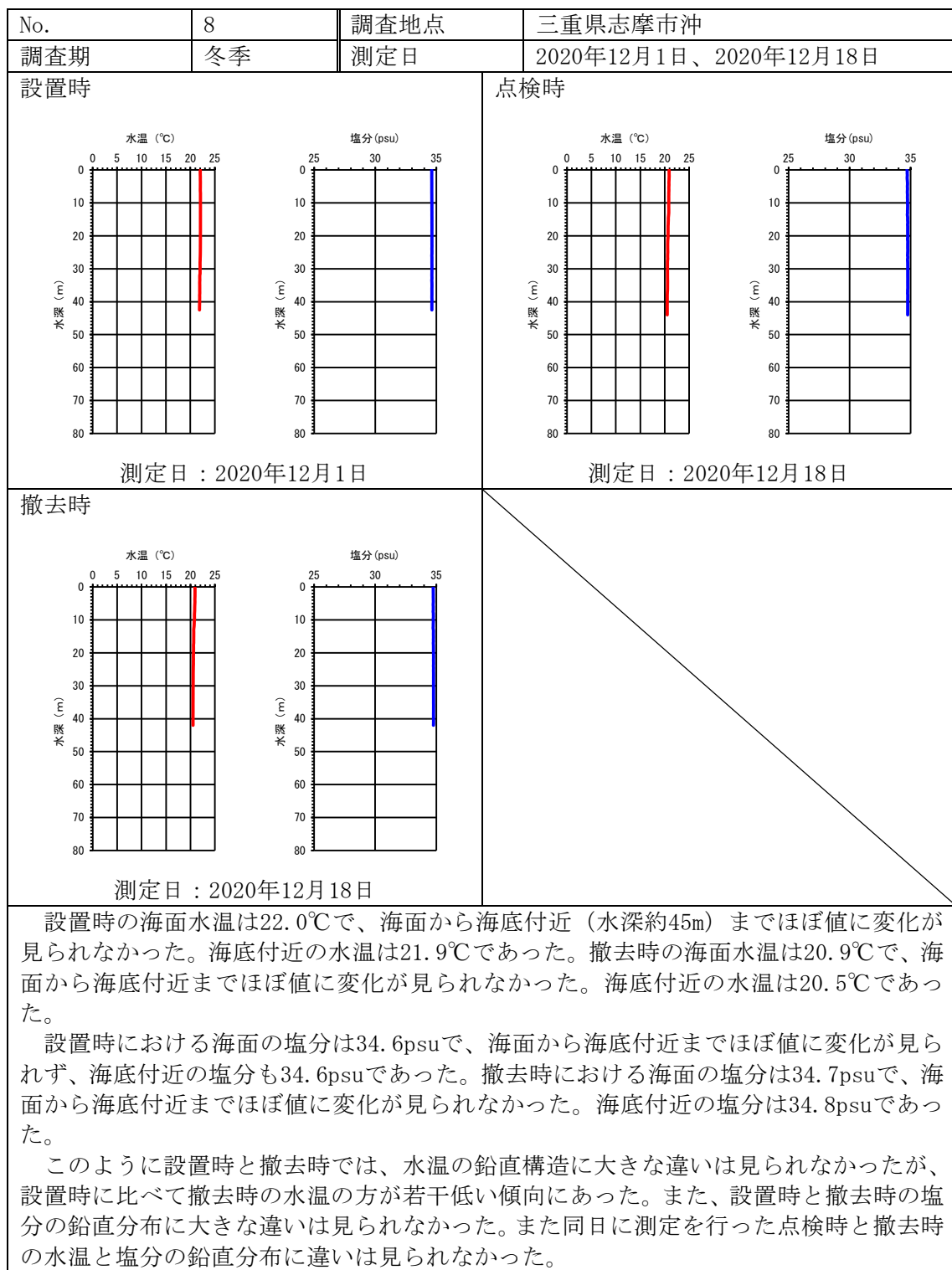
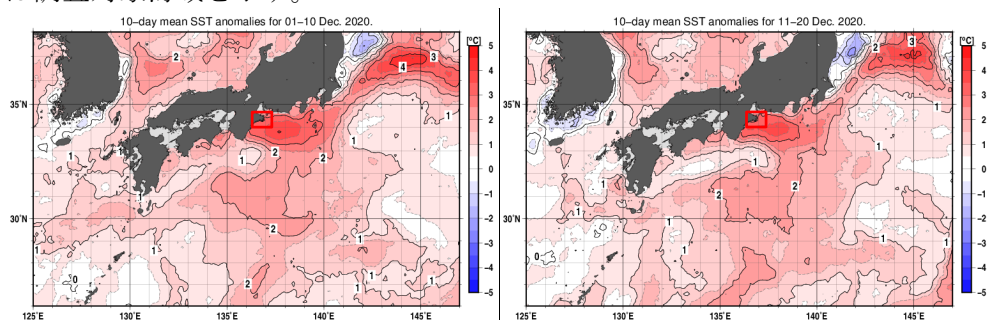


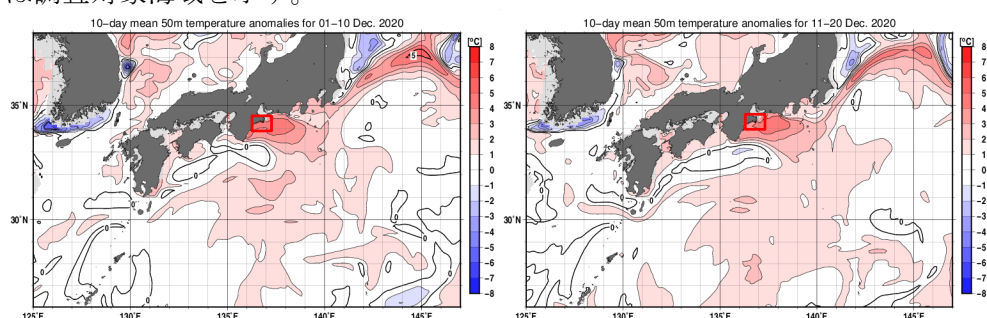
図2.1-42 三重県志摩市沖の冬季における水温と塩分の鉛直分布

海面水温の平年差（左から2020年12月上旬、2020年12月中旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均海面水温（平年差）「黒潮域海域」

水深50mの水温の平年差（左から2020年12月上旬、2020年12月中旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均表層水温（深さ50m）（平年差）「黒潮域海域」

赤枠で示した調査対象海域の海面水温は、2020年12月上旬では平年より3℃高く、2020年12月中旬では平年より2～3℃高かった。

調査対象海域の深さ50mの水温は、2020年12月上旬では平年より4℃高く、2020年12月中旬では平年より3～4℃高かった。

図2.1-43 三重県志摩市沖の冬季における海面水温と深さ50mの水温の平年差

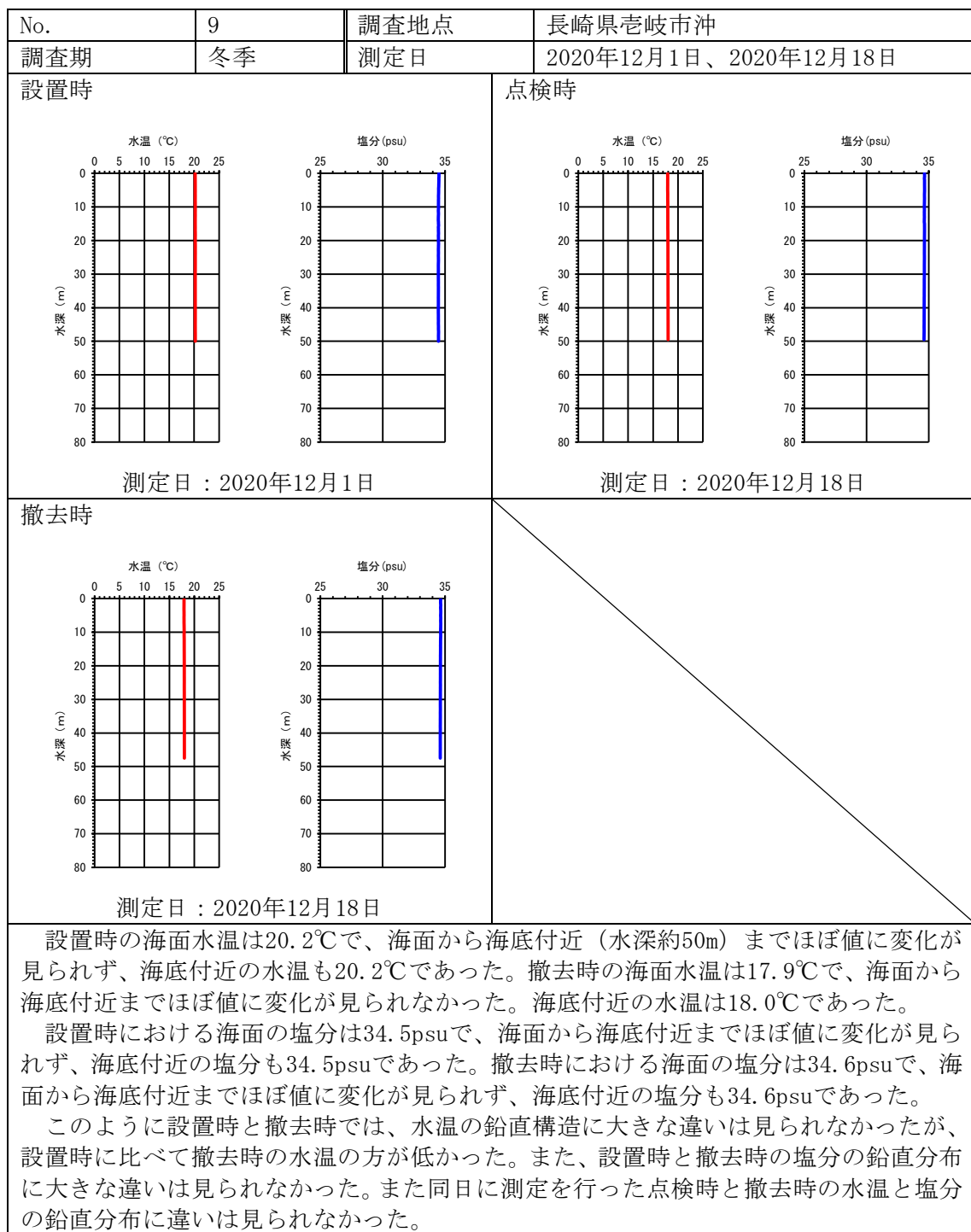
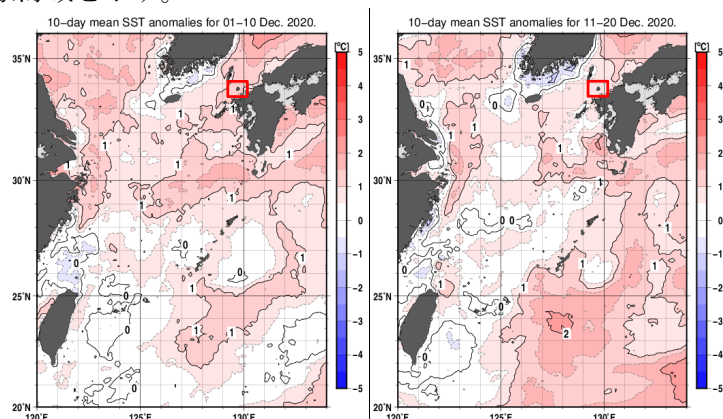


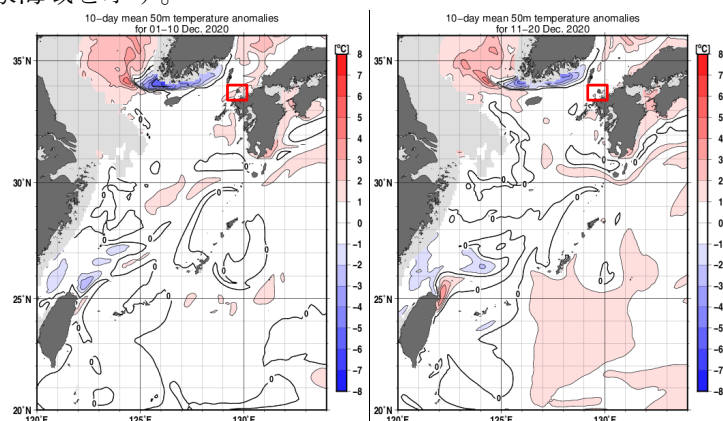
図2.1-44 長崎県壱岐市沖の冬季における水温と塩分の鉛直分布

海面水温の平年差（左から2020年12月上旬、2020年12月中旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均海面水温（平年差）「東シナ海海域」

水深50mの水温の平年差（左から2020年12月上旬、2020年12月中旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均表層水温（深さ50m）（平年差）「東シナ海海域」

赤枠で示した調査対象海域の海面水温は、2020年12月上旬、2020年12月中旬ともに平年より1℃高かった。

調査対象海域の深さ50mの水温は、2020年12月上旬、2020年12月中旬ともに平年並みもしくは平年より1℃高かった。

図2.1-45 長崎県壱岐市沖の冬季における海面水温と深さ50mの水温の平年差

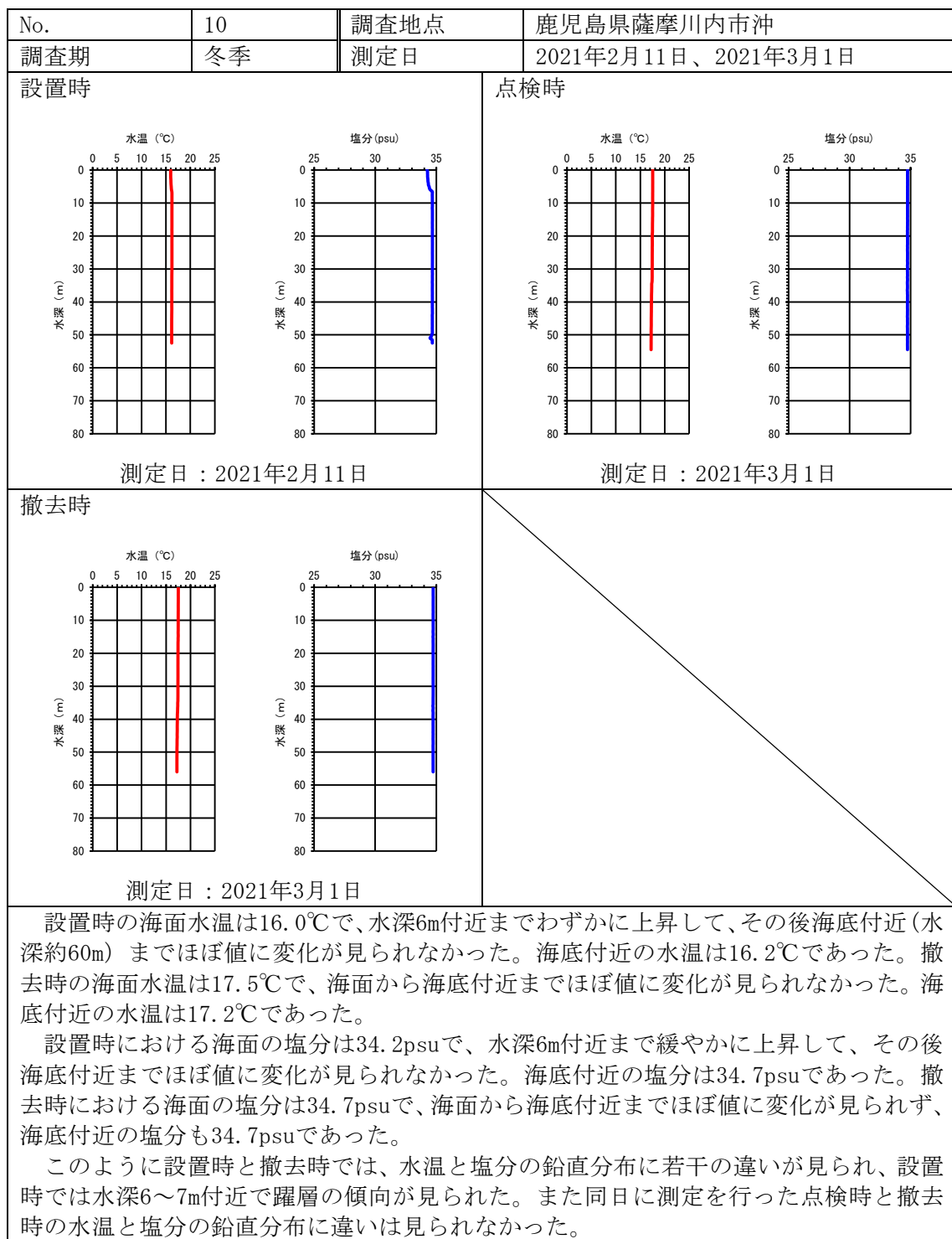
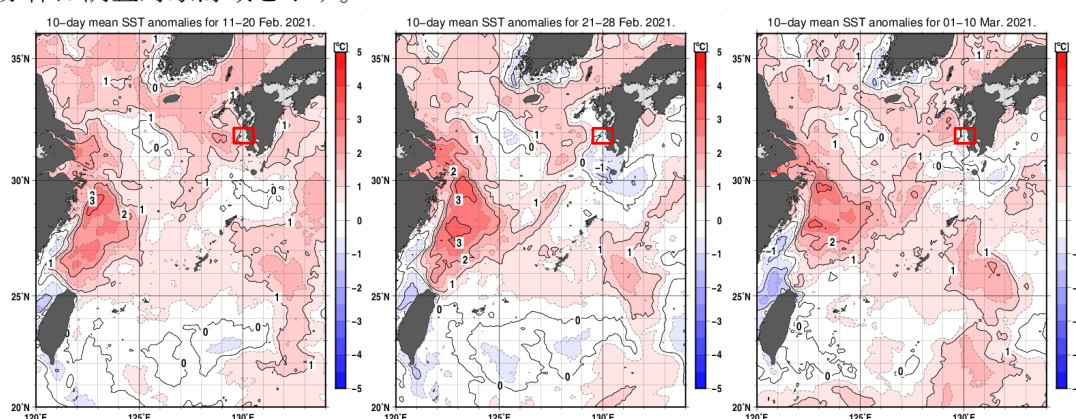


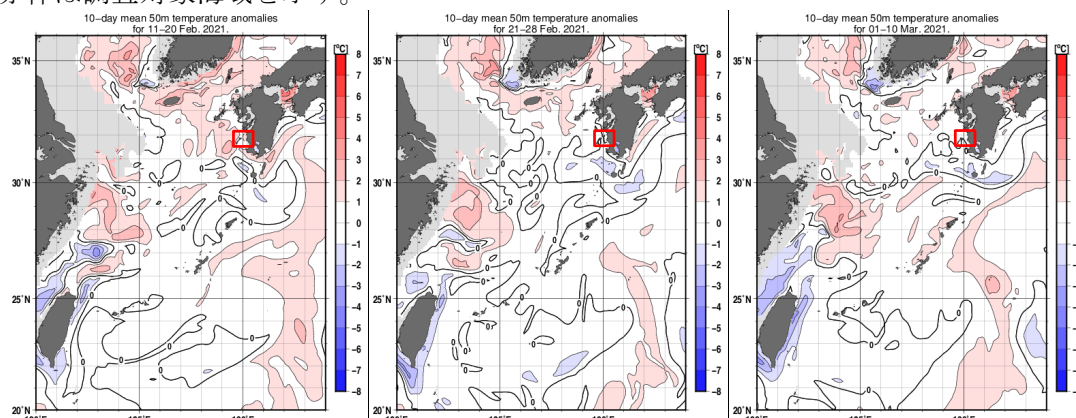
図2.1-46 鹿児島県薩摩川内市沖の冬季における水温と塩分の鉛直分布

海面水温の平年差（左から2021年2月中旬、2021年2月下旬、2021年3月上旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均海面水温（平年差）「東シナ海海域」

水深50mの水温の平年差（左から2021年2月中旬、2021年2月下旬、2021年3月上旬）
赤枠は調査対象海域を示す。



出典：気象庁 旬平均表層水温（深さ50m）（平年差）「東シナ海海域」

赤枠で示した調査対象海域の海面水温は、2021年2月中旬では平年並みもしくは平年より1℃高く、2021年2月下旬では平年並み、2021年3月上旬では平年並みもしくは平年より1℃高かった。

調査対象海域の深さ50mの水温は、2021年2月中旬では平年より1℃高く、2021年2月下旬、2021年3月上旬では平年並みであった。

図2.1-47 鹿児島県薩摩川内市沖の冬季における海面水温と深さ50mの水温の平年差

1.4 調査結果の解析、取りまとめ

データ解析のフローを図2.1-48に示す。

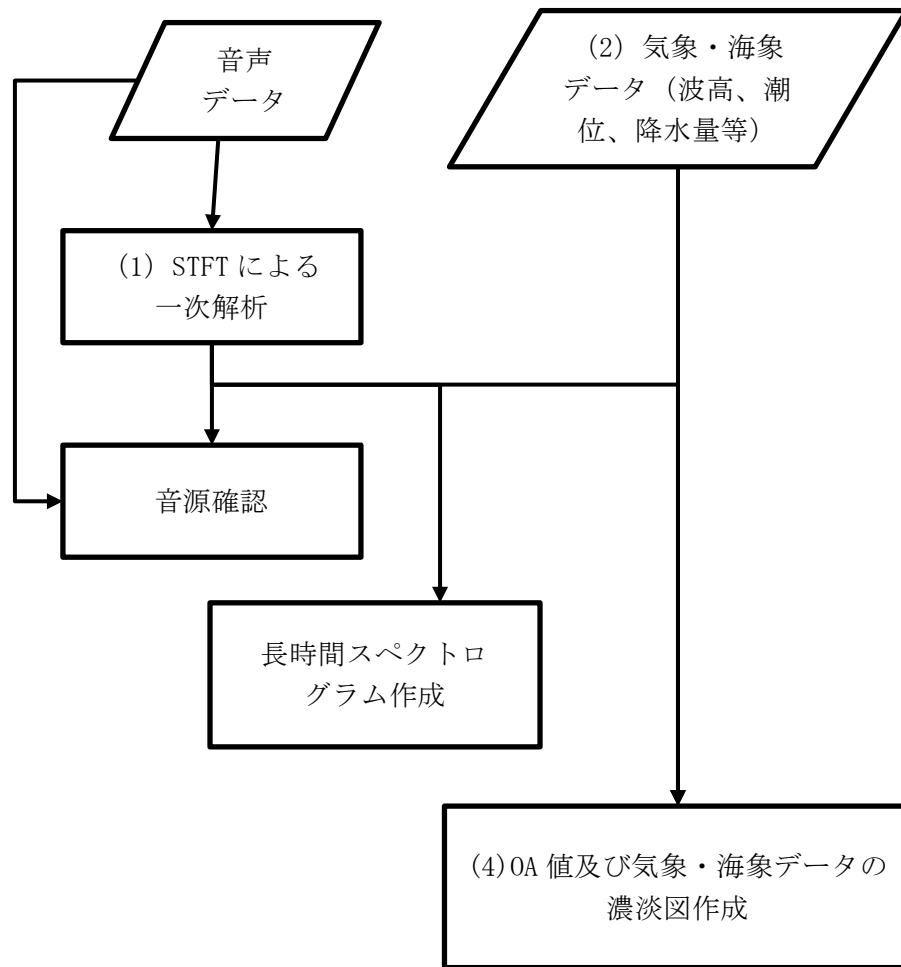


図2.1-48 データ解析のフロー

(1) 音響記録データの一次処理

取得した音声データについて、周波数の連続的な時間変化を把握するため、短時間フーリエ変換（STFT）による周波数分析を行った。分析に際しては以下の点に留意した。

- ・ STFTの周波数分解能と時間分解能のトレードオフの関係に留意し、環境水中音の把握に適切な周波数・時間分解能となるよう、解析パラメータは表2. 1-6の通りとした。また、STFTの処理の流れは図2. 1-49のとおり。
- ・ 各録音機器の器差に留意し、機器ごとのハイドロホン感度について数値補正によるキャリブレーションを行ったうえで音圧レベルを算出した。

表2. 1-6 STFTの解析パラメータ

解析パラメータ	設定値
サンプル数	8196
窓関数	black man 窓
オーバーラップ数	50%

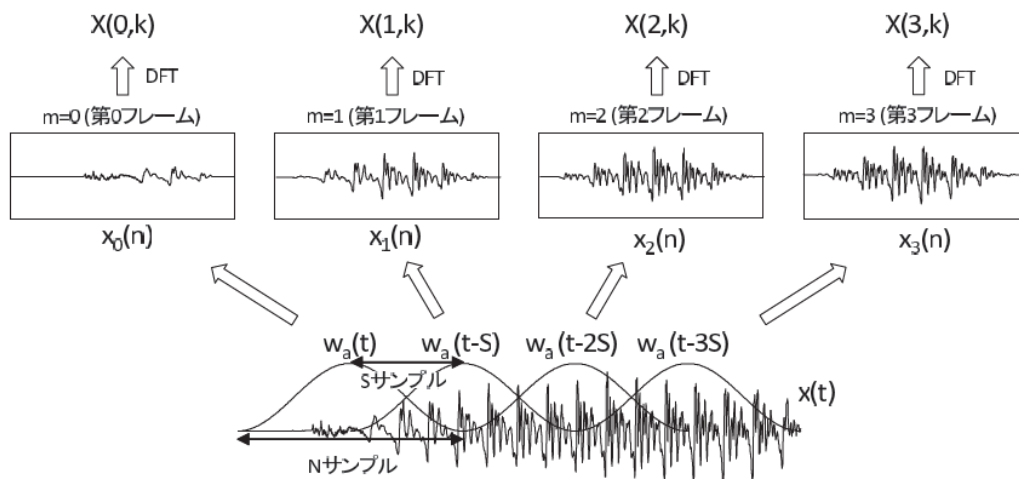


図-1 短時間フーリエ変換の処理の流れ

ここでは例として、信号の先頭を第0フレームと定義している。窓関数 $w_a(t)$ を S サンプルずつシフトして信号 $x(t)$ に掛け算して、信号の一部分を切り出す。また、窓関数としては Hanning 窓を用いている。 $w_a(t)$ は窓の中央で最大値をとり、両端で0に減衰するため、切り出されたフレームごとの信号 $x_m(t)$ も、両端で減衰する信号になっている。

図2. 1-49 STFTの処理の流れ²

² 小野順貴、短時間フーリエ変換の基礎と応用、日本音響学会誌 72 巻 12 号（2016）、pp. 764-769.

(2) 気象・海象データの整理

観測期間中の気象・海象データは、最寄りの気象庁の観測所や国土交通省港湾局全国港湾海洋波浪情報網（ナウファス）等のデータを収集して整理した。気象・海象データの出典元一覧を表2.1-7に示す。なおデータ収集・整理に際しては以下の点に留意した。

- ・ 環境水中音と関連の深い気象・海象データ（潮位、波高、降水量等）に特に着目して整理した。
- ・ 「(1) 音響記録データの一次処理」、「(4) 調査結果の解析」における出力結果と時系列的に対応可能となるよう、時間変化が把握可能なデータ整理を行った。

表2.1-7 気象・海象データ出典元一覧

No	調査対象海域	気象・海象データ							
		降水量・気温・風速	潮位	波高	データの取得期間		旬平均海流 ⁷	取得期間	
		地点	地点	地点			海域		
1	北海道石狩市沖	浜益 ¹	小樽 ³	石狩新港 ⁵	夏季	2020/8/22 14:00～2020/9/6 14:00	日本海海域	夏季	2020年8月下旬～9月上旬
					冬季	2021/1/27 14:00～2021/2/8 14:00		冬季	2021年1月下旬～2月上旬
2	秋田県由利本荘市沖	秋田 ²	男鹿 ⁴	秋田港 ⁵	夏季	2020/8/10 9:00～2020/8/25 9:00	日本海海域	夏季	2020年8月上旬～8月下旬
					冬季	2021/1/23 10:00～2021/2/7 10:00		冬季	2021年1月下旬～2月上旬
3	岩手県久慈市沖	久慈 ¹	宮古 ³	久慈港 ⁵	夏季	2020/8/8 6:00～2020/8/23 6:00	親潮域海域	夏季	2020年8月上旬～8月下旬
					冬季	2020/12/3 8:00～2020/12/18 8:00		冬季	2020年12月上旬～12月中旬
4	宮城県山元町沖	亘理 ¹	相馬 ⁴	相馬港 ⁵	夏季	2020/9/6 6:00～2020/9/21 6:00	親潮域海域	夏季	2020年9月上旬～9月下旬
					冬季	2020/12/1 8:00～2020/12/16 8:00		冬季	2020年12月上旬～12月中旬
5	新潟県村上市沖	村上 ¹	佐渡 ³	新潟沖 ⁵	夏季	2020/9/10 12:00～2020/9/25 12:00	日本海海域	夏季	2020年9月上旬～9月下旬
					冬季	2021/2/13 12:00～2021/2/28 12:00		冬季	2021年2月中旬～2月下旬
6	神奈川県横須賀市沖	三浦 ¹	油壺 ⁴	平塚沖 ⁶	夏季	2020/9/3 7:00～2020/9/18 7:00	黒潮域海域	夏季	2020年9月上旬～9月中旬
					冬季	2021/3/6 10:00～2021/3/21 10:00		冬季	2021年3月上旬～3月中旬 ^{注1}
7	福井県福井港沖	三国 ¹	三国 ⁴	福井港 ⁵	夏季	2020/8/19 12:00～2020/8/30 12:00、 2020/9/11 12:00～2020/9/15 12:00	日本海海域	夏季	2020年8月中旬～8月下旬、 2020年9月中旬
					冬季	2020/11/25 12:00～2020/12/10 12:00		冬季	2020年11月下旬～12月上旬
8	三重県志摩市沖	南伊勢 ¹	鳥羽 ³	伊勢湾港沖 ⁵	夏季	2020/8/20 12:00～2020/8/30 12:00、 2020/9/15 12:00～2020/9/20 12:00	黒潮域海域	夏季	2020年8月中旬～8月下旬、 2020年9月中旬～9月下旬
					冬季	2020/12/1 12:00～2020/12/16 12:00		冬季	2020年12月上旬～12月中旬
9	長崎県壱岐市沖	芦辺 ¹	飯屋 ⁴	玄界灘 ⁵	夏季	2020/9/14 12:00～2020/9/29 12:00	東シナ海海域	夏季	2020年9月中旬～9月下旬
					冬季	2020/12/2 12:00～2020/12/17 12:00		冬季	2020年12月上旬～12月中旬
10	鹿児島県薩摩川内市沖	阿久根 ²	阿久根 ⁴	鹿児島港 ⁵	夏季	2020/8/6 12:00～2020/8/21 12:00	東シナ海海域	夏季	2020年8月上旬～8月下旬
					冬季	2021/2/11 12:00～2021/2/26 12:00		冬季	2021年2月中旬～2月下旬

(出典)

¹ 気象庁 地域気象観測所

² 気象庁 地上気象観測所

³ 気象庁 観測地点

⁴ 国土地理院 験潮場

⁵ 国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網 波浪観測地点

⁶ 神奈川県 平塚沖波浪等計測データ

⁷ 気象庁 旬平均海流

注1: 2021年3月末時点では、2021年3月下旬の旬平均海流を取得できなかった。

(3) 周辺の状況の把握

観測期間中における海上工事や沿岸海域調査、漁業活動等によって発生する船舶や建設機械音等の人工音発生源について自治体関係者、海上保安部及び漁業協同組合へヒアリングを実施して情報を収集した。なお、調査地点から約10km範囲を対象としてヒアリングを実施した。

(4) 調査結果の解析

STFTによる解析結果から15昼夜の長期間スペクトログラムと1時間ごとのスペクトログラムを作成した。1時間ごとのスペクトログラムをもとに10分間ごとの音源確認を行った。音源は環境水中音を構成する音源として考えられる「船舶音関連」「生物音関連」「工事音関連」とし、以下の10種類に分類して、10分間のうち5分以上連続的に聞こえる音源と5分以下の一時的に聞こえる音源に分けて表形式で整理した。

- ① 船舶音（近傍）
- ② 船舶音（遠方）
- ③ 生物音（テッポウエビ、近傍）
- ④ 生物音（テッポウエビ、遠方）
- ⑤ 生物音（鯨類）
- ⑥ 生物音（テッポウエビ、鯨類以外）
- ⑦ 工事音（打設）
- ⑧ 工事音（打設以外）
- ⑨ 船舶作業音
- ⑩ 音源不明

また、環境水中音の日周性、週周性等の周期性について把握できるよう水中音圧レベルの0A値（20Hz～20kHz帯）の濃淡図及び気象・海象データ（潮位、波高、降水量）の濃淡図を作成した。

2. 調査の結果

2.1 北海道石狩市沖海域

(1) 気象・海象データの整理

水中音響調査の観測期間中（夏季：2020年8月22日～2020年9月6日、冬季：2021年1月24日～2021年2月8日）における、気象・海象データを収集し整理した。収集したデータは、1時間の平均気温・合計降水量、1時間の潮位（東京湾平均海面（T.P.））、1時間の平均風速、20分間の有義波波高、有義波周期、20分間の最大波波高、最大波周期であり、整理した結果を図2.2-1～図2.2-2に示す。

夏季の観測期間中の平均気温は21.5℃であった。観測中旬の8月30日の平均気温は14.5℃と観測期間全体の平均を大きく下回った。夏季の観測期間中で降雨が確認されたのは8月29日～8月31日の3日間であり、降雨と気温に関係が見られた。冬季の観測期間中の平均気温は-3.3℃で夏季に比べて日周性が見られなかった。

また冬季は1月28日、1月30日～2月8日まで確認されたが、降水量は1時間当たり最大でも4.0mmと弱い雨が降っていた。

夏季の観測期間中の毎時潮位は平均で26.1cm、最大で53.0cm、最小で1.0cmであり、冬季の観測期間中の毎時潮位は平均で12.7cm、最大で44.0cm、最小で-21cmであった。

観測期間中の平均風速は夏季で3.9m/s、冬季で7.4m/sであり、夏季に比べて冬季の方が高い傾向にあった。観測期間を通して1時間当たりの最大の平均風速は、夏季で8.1m/s、冬季で19.3m/sであった。

観測期間中の平均の有義波波高は夏季で0.32m、冬季で1.5mであった。最大の有義波波高は夏季で1.2m、冬季で3.8mであり、夏季より冬季の波高が高かった。有義波周期の平均は、夏季で3.9秒、冬季で6.1秒であった。

また、夏季の最大波波高の平均は0.59m、最大波周期の平均は4.1秒であった。

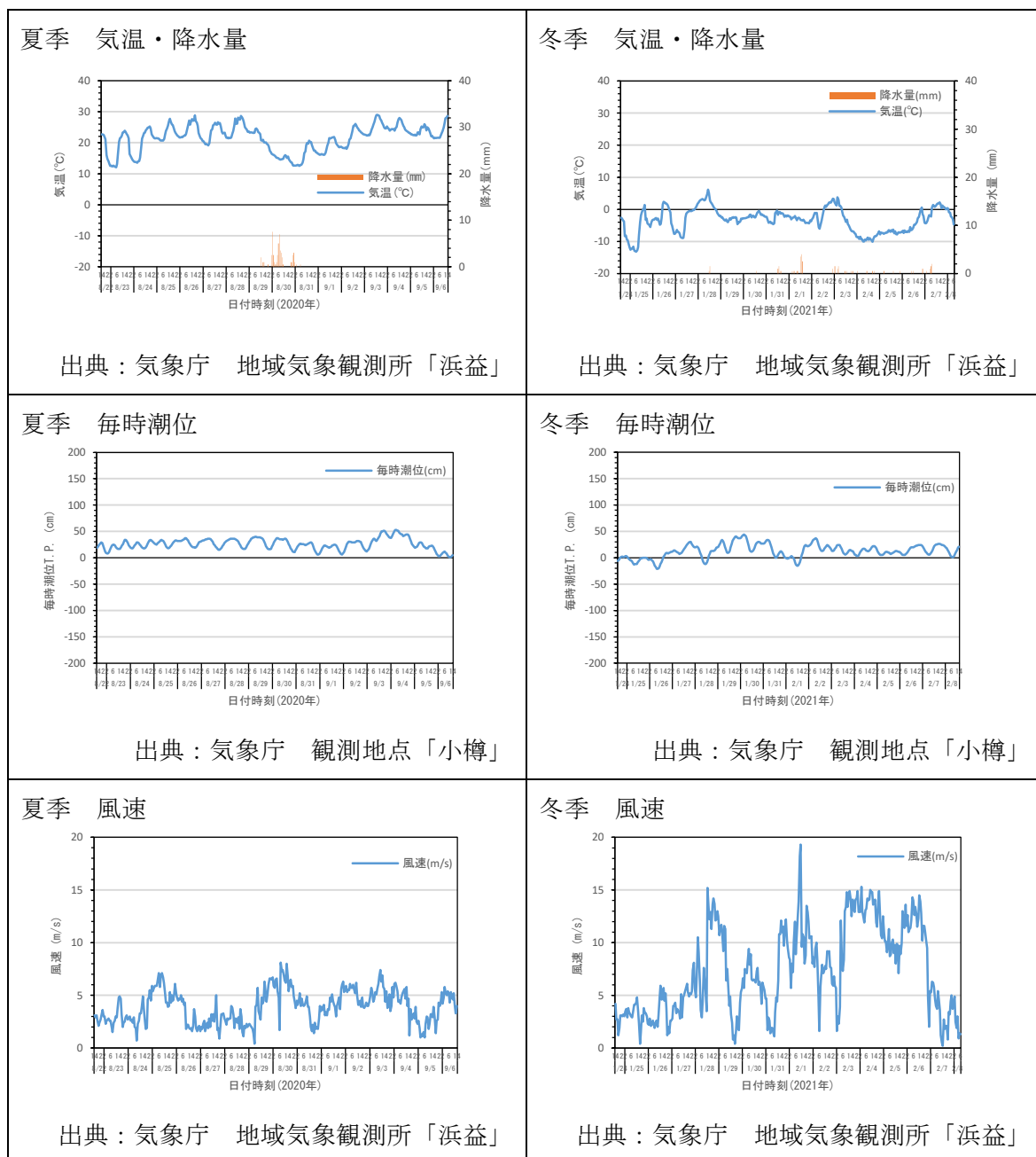
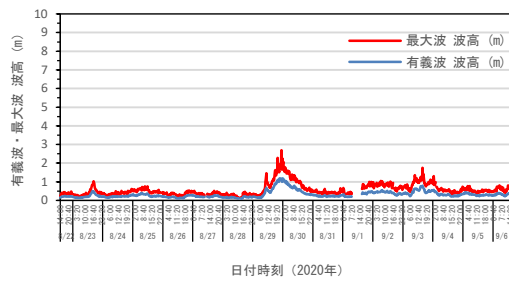


図2.2-1 北海道石狩市周辺の気象・海象データの時間変動
(左：夏季、右：冬季、上：気温・降水量、中：潮位、下：風速)

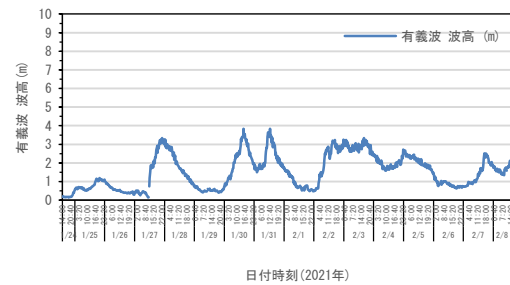
夏季 波高（有義波・最大波）



出典：国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網 波浪観測地点「石狩新港」

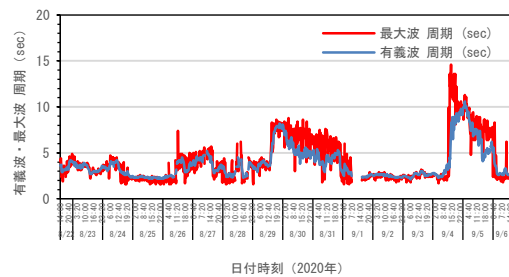
冬季 波高（有義波）

最大波波高は2021年3月時点で取得できなかった。



出典：国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網 波浪観測地点「石狩新港」

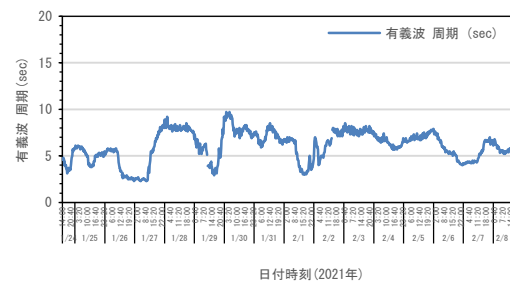
夏季 周期（有義波・最大波）



出典：国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網 波浪観測地点「石狩新港」

冬季 周期（有義波）

最大波周期は2021年3月時点で取得できなかった。



出典：国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網 波浪観測地点「石狩新港」

図2. 2-2 北海道石狩市周辺の気象・海象データの時間変動（空白部分は欠測値を示す）
（左：夏季、右：冬季、上：有義波波高・最大波波高、下：有義波周期・最大波周期）

また、地元漁業関係者へヒアリングを実施し、調査地点周辺の底質は砂であり、海底地形は目立った凹凸は無く、緩やかな地形であることが確認された。

夏季および冬季の観測期間中の調査対象海域の深さ50mでの旬平均海流について図2. 2-3に示す。

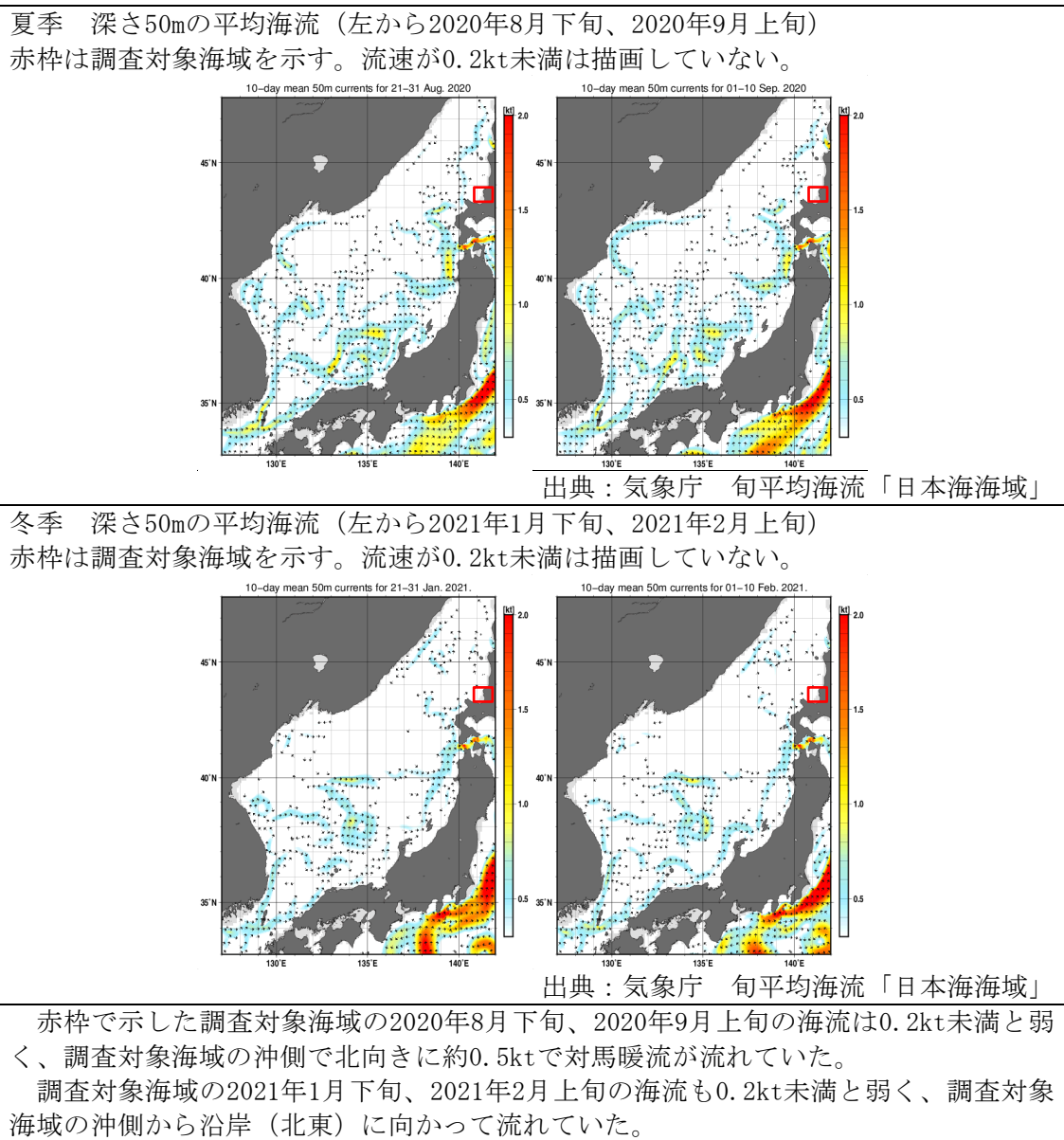


図2. 2-3 北海道石狩市沖の深さ50mの旬平均海流（上：夏季、下：冬季）

(2) 周辺の状況の把握

水中音響調査の観測期間中（夏季：2020年8月22日～2020年9月6日、冬季：2021年1月24日～2021年2月8日）における、調査地点周辺で確認された海上工事や沿岸海域調査等について収集し整理したものを表2.2-1～表2.2-2、図2.2-4～図2.2-5に示す。

なおヒアリング先は、札幌建設管理部 事業課、石狩市役所 林業水産課、石狩湾漁業協同組合 浜益支所、地元漁業関係者とした。

夏季の観測期間中では、海上工事は調査地点から約10.2kmの位置において魚礁設置工事の実施が確認された。漁業は調査地点から約0.5kmにおいてホタテ養殖作業が、約8.6kmでは遊漁船の航行、約3.7kmではタコつぼ漁の実施が確認された。なお、夏季の観測期間中では海上調査の実施は確認されなかった。

冬季の観測期間中では、陸上工事として調査地点から約10.7kmにおいて防波堤整備工事の実施が確認された。漁業は調査地点から約0.5kmにおいてホタテ養殖作業が、約3.7kmではタコつぼ漁、約7.2kmでは刺網（ニシン）の実施が確認された。なお、冬季の観測期間中では海上調査の実施は確認されなかった。

表2.2-1 調査地点周辺の工事・調査・漁業活動状況（北海道石狩市沖_夏季）

No.	1	調査対象海域	北海道石狩市沖
調査期	夏季	観測期間	2020年8月22日～9月7日
工事1	工事期間	6/25～10/31（海上保安庁への申請期間）	
	概算距離	約10.2km	
	内容	魚礁設置工事	
	出典	小樽海上保安部 交通課	
漁業1	漁業期間	通年	
	概算距離	約0.5km	
	内容	ホタテ養殖作業	
	出典	地元漁業関係者	
漁業2	漁業期間	4～11月頃まで	
	概算距離	約8.6km	
	内容	遊漁船の航行 小樽港からプレジャーボートが雄冬岬周辺で遊漁を実施	
	出典	地元漁業関係者	
漁業3	漁業期間	通年	
	概算距離	約3.7km	
	内容	タコつぼ漁 エリアは潮の状況等によるため特定はできないが調査地点の沖側で操業している。	
	出典	地元漁業関係者	

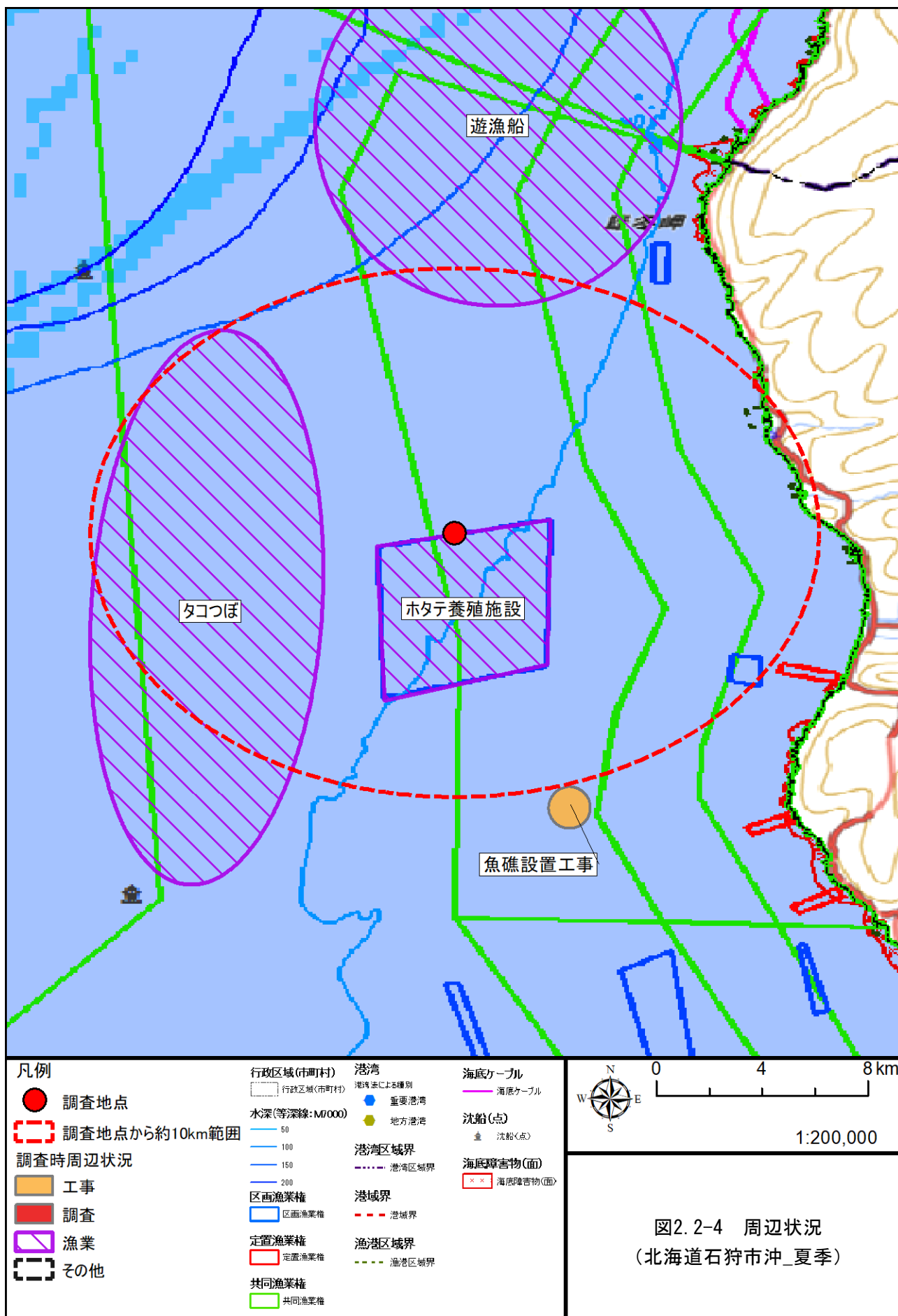
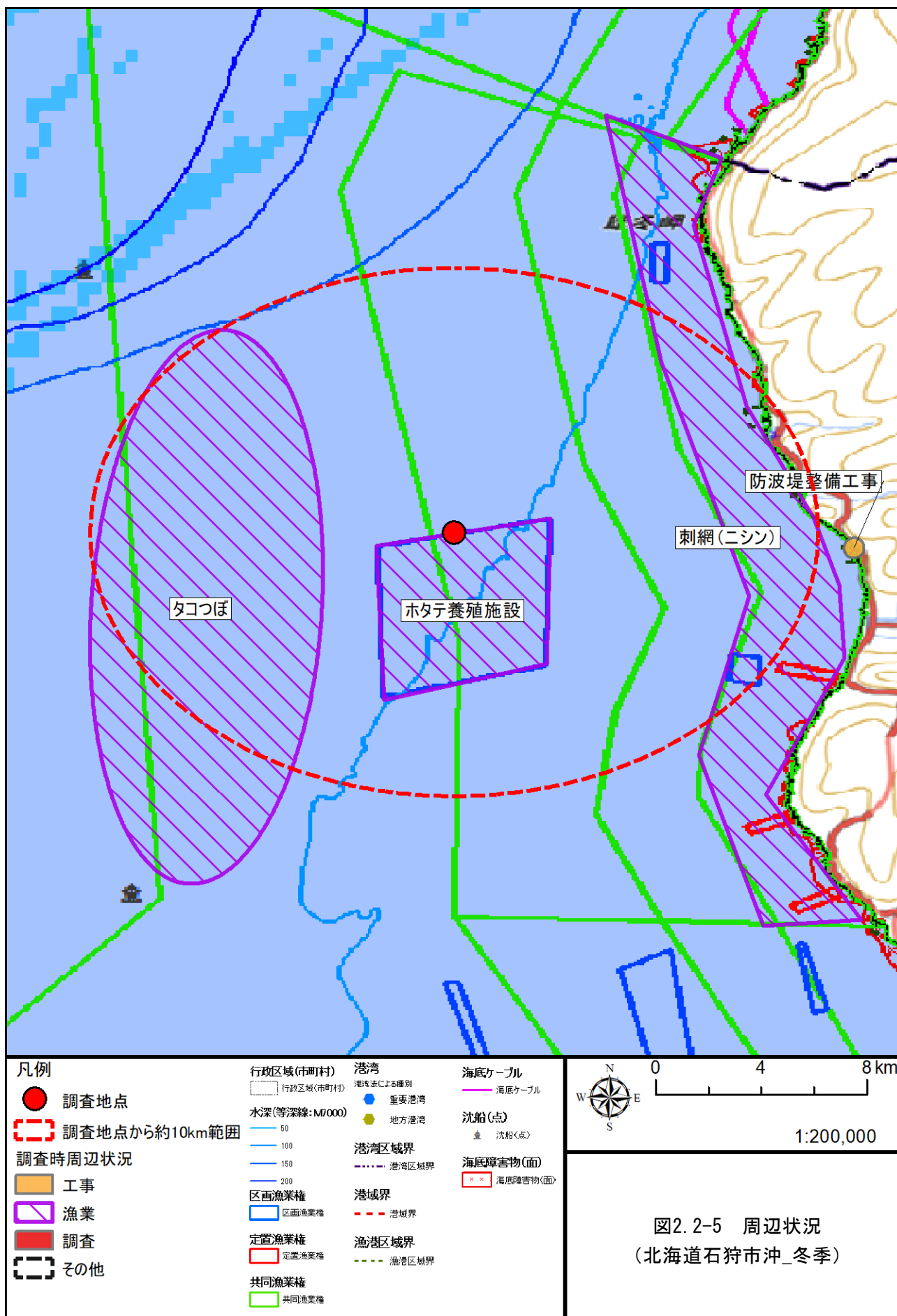


表2.2-2 調査地点周辺の工事・調査・漁業活動状況（北海道石狩市沖_冬季）

No.	1	調査対象海域	北海道石狩市沖
調査期	冬季	観測期間	2021年1月24日～2月8日
工事1	工事期間	1/25～1/30、2/1～2/6、2/8	
	概算距離	約10.7km	
	内容	防波堤整備工事	
	出典	地元漁業関係者	
漁業1	漁業期間	通年	
	概算距離	約0.5km	
	内容	ホタテ養殖作業	
	出典	地元漁業関係者	
漁業2	漁業期間	通年	
	概算距離	約3.7km	
	内容	タコつぼ漁 エリアは潮の状況等によるため特定はできないが調査地点の沖側で操業している。	
	出典	地元漁業関係者	
漁業3	漁業期間	1～3月末	
	概算距離	約7.2km	
	内容	刺網漁（ニシン）	
	出典	地元漁業関係者	



(3) 調査結果の解析

北海道石狩市沖における観測期間中（夏季：2020年8月22日～2020年9月6日、冬季：2021年1月24日～2021年2月8日）の長期間スペクトログラムを図2.2-6に、0A値の濃淡図を図2.2-7、気象・海象データの変動を図2.2-8に示す。

主要音源：

船舶音、テッポウエビ音等が確認された。

環境水中音の概観（夏季）：

長期間スペクトログラムによると、8月25日以降に50Hz以下の周波数の音圧レベルが大きい傾向が確認された。また8月29日以降において、周波数全域に渡って音圧レベルが大きい傾向が確認された。0A値の濃淡図によると、観測期間の前半の8月28日頃までと後半の8月30日以降で音圧レベルが大きく異なることが確認された。

環境水中音の概観（冬季）：

長期間スペクトログラムによると、冬季は夏季に比べて周波数全域に渡って音圧レベルが大きいほか、500Hz以下の音圧レベルについて一時的に高い時間帯が1月27日～1月28日や2月3日～2月4日等に確認された。0A値の濃淡図によると、観測期間全体に渡って音圧レベルの大きい状況が続いていた。

気象・海象データとの比較：

夏季、冬季ともに音圧レベルと波高との関係が見られた。また、夏季の8月30日の0時～10時の時間帯に渡って、降水量の増加とともに音圧レベルの増加も確認された。

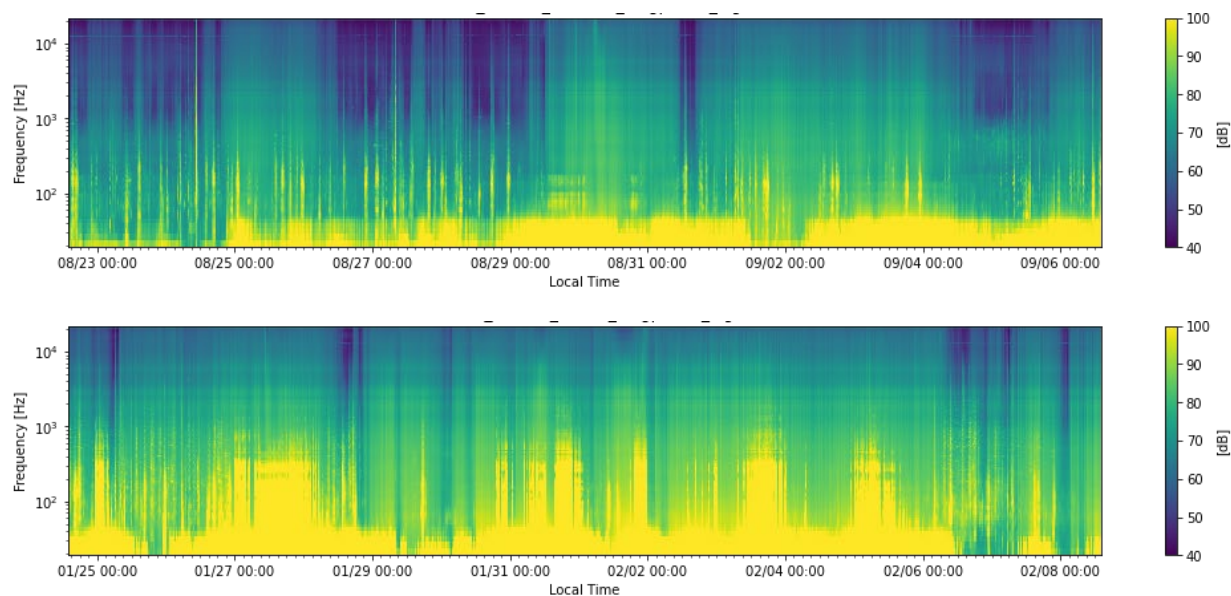


図2. 2-6 北海道石狩市沖の観測期間中の長期間スペクトログラム（上：夏季、下：冬季）

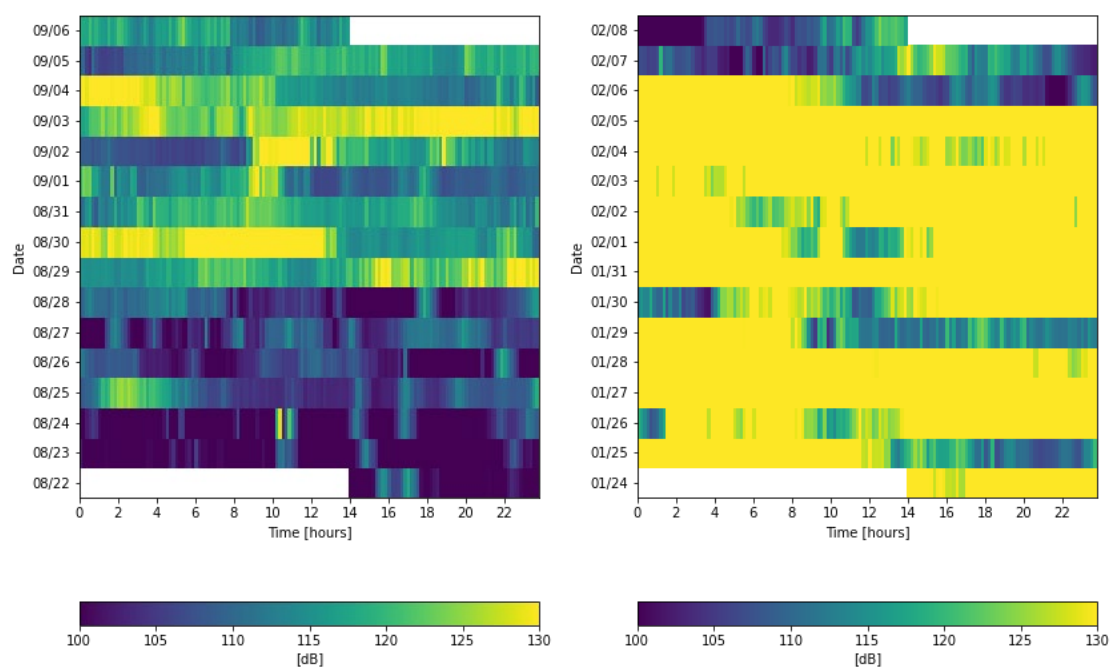


図2. 2-7 北海道石狩市沖の観測期間中の0A値の濃淡図（左：夏季、右：冬季）

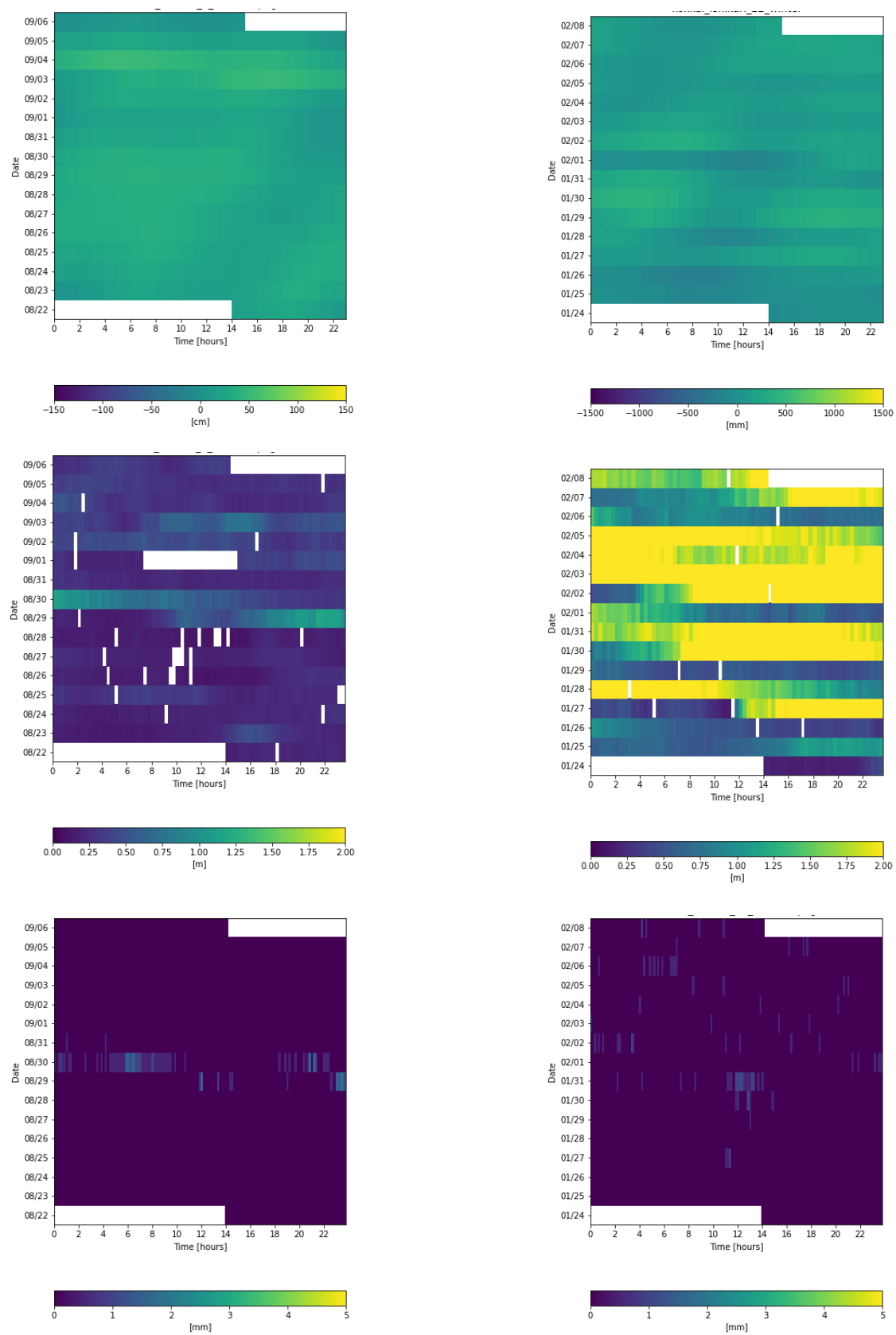


図2. 2-8 北海道石狩市沖の観測期間中の気象・海象データの変動
(左：夏季、右：冬季、上：潮位、中：波高、下：降水量)

2.2 秋田県由利本荘市沖海域

(1) 気象・海象データの整理

水中音響調査の観測期間中（夏季：2020年8月10日～2020年8月25日、冬季：2021年1月23日～2021年2月7日）における、気象・海象データを収集し整理した。収集したデータは、1時間の平均気温・合計降水量、1時間の潮位（東京湾平均海面（T.P.））、1時間の平均風速、20分間の有義波波高、有義波周期、20分間の最大波波高、最大波周期であり、整理した結果を図2.2-9～図2.2-10に示す。

夏季の観測期間中の平均気温は26.0℃で期間中の大きな変化がない一方、冬季の観測期間中の平均気温は0.73℃で1月28日～1月31日と2月3日～2月4日にかけて断続的に気温が低くなる傾向にあった。

夏季の観測期間中の8月12日、8月14日、8月15日、8月17日、8月22日に降雨が確認され、8月12日の9時に6.5mm、8月14日の15時～16時にそれぞれ9.0mmと強い雨が降っていた。また、冬季では1月27日、1月29日、1月30日、2月1日～2月7日に降雨が観測され、1月29日の4時に5.5mm、2月1日の1時に12.0mm、2時に6.0mmの強い雨が降っていた。

夏季の観測期間中の毎時潮位は平均で42.3cm、最大で58.0cm、最小で23.8cmであり、冬季の毎時潮位は平均で24.4cm、最大で113.0cm、最小で-9.3cmであった。夏季は潮位の値や1日の潮位差に変化が見られなかったが、冬季では値が徐々に高くなっていく傾向にあった。

観測期間中の平均風速は夏季で3.3m/s、冬季で5.3m/sであり、夏季に比べて冬季の方が高い傾向にあった。観測期間を通して1時間当たりの最大の平均風速は、夏季で8.4m/s、冬季で18.3m/sであった。

夏季の観測期間中の平均の有義波波高は0.62m、最大の有義波波高は1.7mと安定して穏やかであった。一方、冬季の観測期間中の平均の有義波波高は2.1m、1月29日に記録した最大の有義波波高9.79mを始め、1月29日以降の波高が高く、海が荒れていたことが考えられた。有義波周期の平均は、夏季で7.5秒、冬季で6.9秒であった。

また、夏季の最大波波高の平均は1.0mで、最大波周期の平均は5.0秒であった。

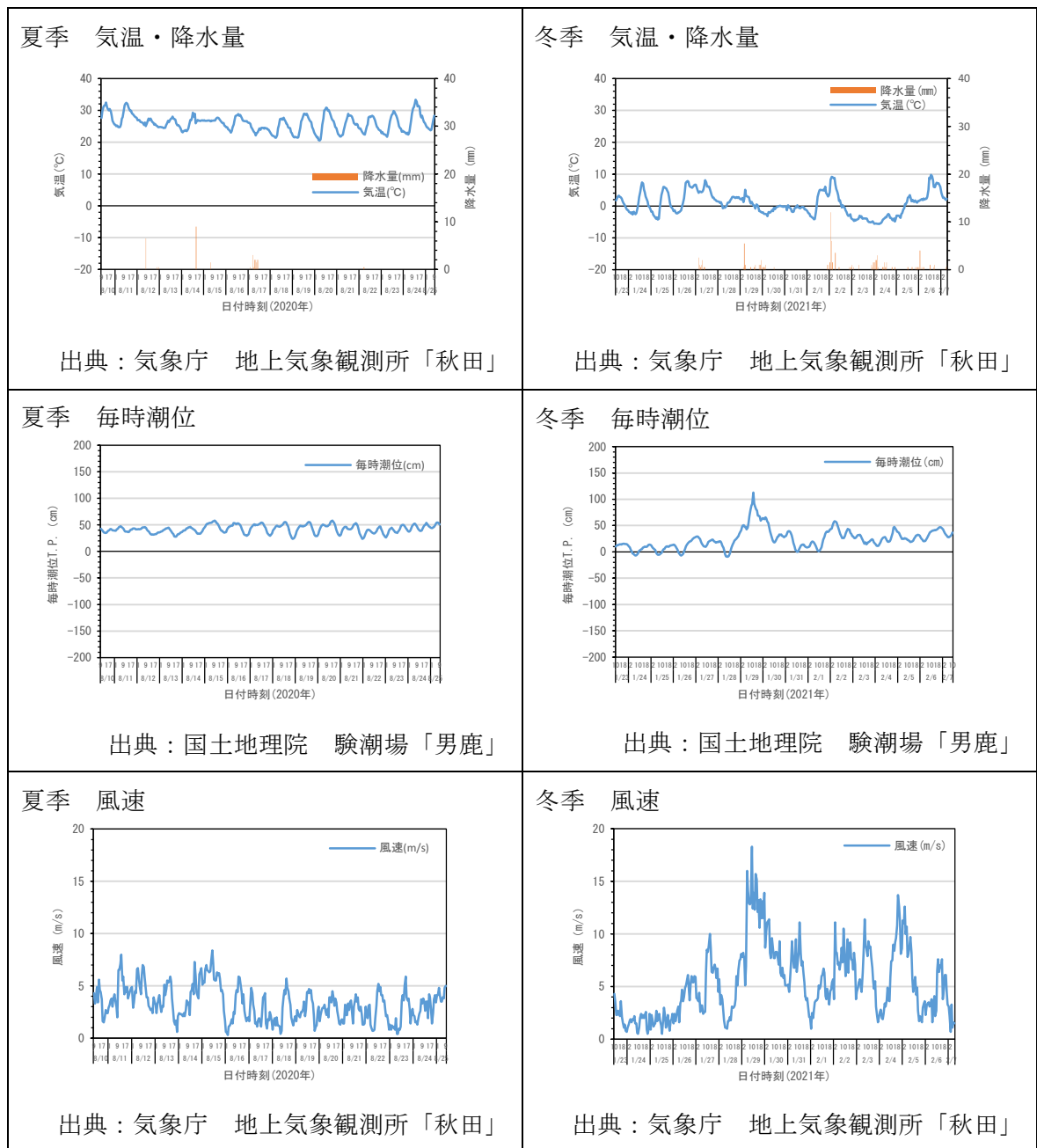
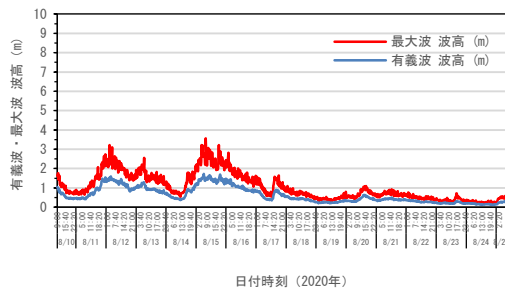


図2.2-9 秋田県由利本荘市周辺の気象・海象データの時間変動
(左：夏季、右：冬季、上：気温・降水量、中：潮位、下：風速)

夏季 波高（有義波・最大波）



出典：国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網 波浪観測地点「秋田港」

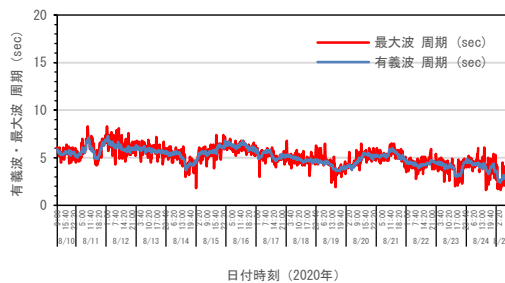
冬季 波高（有義波）

最大波波高は2021年3月時点で取得できなかった。



出典：国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網 波浪観測地点「秋田港」

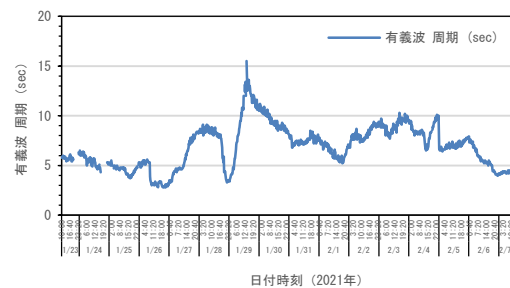
夏季 周期（有義波・最大波）



出典：国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網 波浪観測地点「秋田港」

冬季 周期（有義波）

最大波波高は2021年3月時点で取得できなかった。



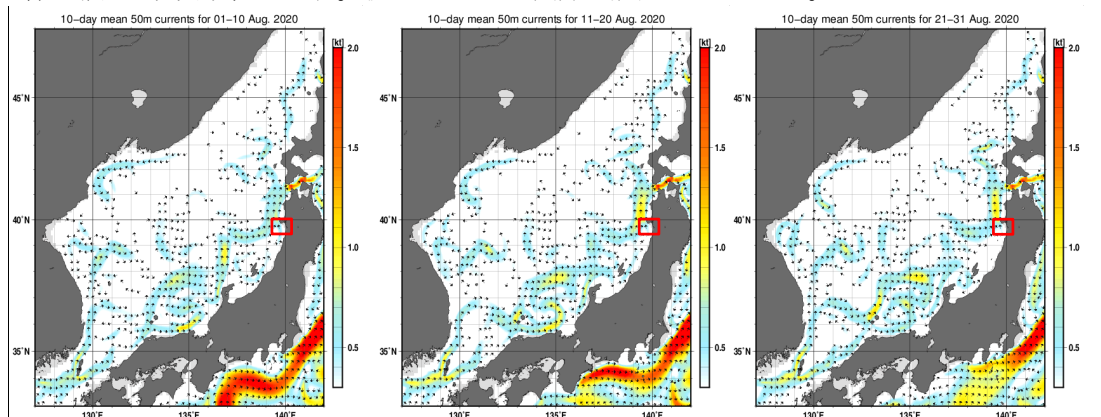
出典：国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網 波浪観測地点「秋田港」

図2.2-10 秋田県由利本荘市周辺の気象・海象データの時間変動（空白部分は欠測値を示す）
（左：夏季、右：冬季、上：有義波波高・最大波波高、下：有義波周期・最大波周期）

また、地元漁業関係者へヒアリングを実施し、調査地点周辺の底質は砂であり、海底地形は目立った凹凸は無く、緩やかな地形であることが確認された。

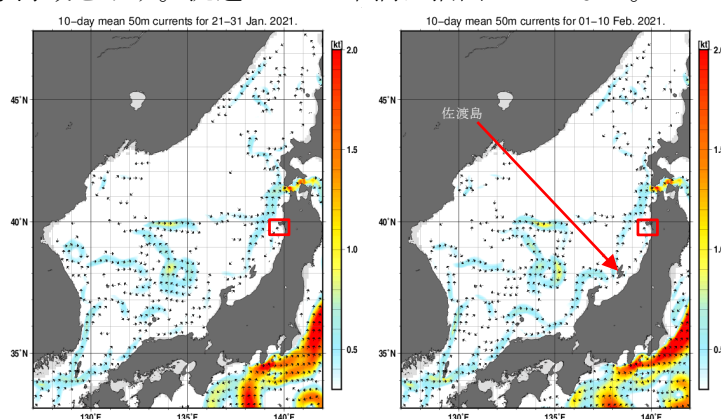
夏季および冬季の観測期間中の調査対象海域の深さ50mでの旬平均海流について図2.2-11に示す。

夏季 深さ50mの平均海流（左から2020年8月上旬、2020年8月中旬、2020年8月下旬）
赤枠は調査対象海域を示す。流速が0.2kt未満は描画していない。



出典：気象庁 旬平均海流「日本海海域」

冬季 深さ50mの平均海流（左から2021年1月下旬、2021年2月上旬）
赤枠は調査対象海域を示す。流速が0.2kt未満は描画していない。



出典：気象庁 旬平均海流「日本海海域」

赤枠で示した調査対象海域の海流は、2020年8月上旬、2020年8月中旬、2020年8月下旬のいずれも北向きに約0.5ktで流れていた。

2021年1月下旬では、調査対象海域の沖にある海流が調査対象海域の南に向かって枝分かれし、枝分かれした海流が調査地点海域では北向きに流向を変えて流れていた。2021年2月上旬では、本州の南から流れる海流が佐渡島で分岐し、このうち佐渡島の南に分岐した海流が調査対象海域では北向きに約0.5ktで流れていた。

図2.2-11 秋田県由利本荘市沖の深さ50mの旬平均海流（上：夏季、下：冬季）

(2) 周辺の状況の把握

水中音響調査の観測期間中（夏季：2020年8月10日～2020年8月25日、冬季：2020年1月23日～2020年2月7日）における、調査地点周辺で確認された海上工事や沿岸海域調査等について収集し整理したものを表2.2-3～表2.2-4、図2.2-12～図2.2-13に示す。

なおヒアリング先は、秋田県 農林水産部 水産漁港課、秋田県 由利地域振興局 建設部 用地課、秋田海上保安部 交通課、秋田県漁業協同組合、地元漁業関係者とした。

夏季の観測期間中では、海上工事は調査地点から約10kmの位置において松ヶ崎漁港浚渫工事の実施が確認された。漁業は調査地点から約4.3kmの位置において刺網や一本釣りが、図面外であるが調査地点から約15kmより沖側においてイカ釣りの実施が確認された。なお、夏季の観測期間中では海上調査の実施は確認されなかった。

冬季の観測期間中では、漁業は調査地点から約4.3kmの位置において刺網、一本釣りが、調査地点周辺では底曳網の実施が確認された。なお、冬季の観測期間中では海上工事及び海上調査の実施は確認されなかった。

表2.2-3 調査地点周辺の工事・調査・漁業活動状況（秋田県由利本荘市沖_夏季）

No.	2	調査対象海域	秋田県由利本荘市沖
調査期	夏季	観測期間	2020年8月10日～8月25日
工事1	工事期間	8/13、8/21～8/31	
	概算距離	約10.0km（松ヶ崎漁港）	
	内容	松ヶ崎漁港浚渫工事 起重機船における泊地の浚渫工事	
	出典	秋田県 農林水産部 水産漁港課	
漁業1	漁業期間	通年	
	概算距離	約4.3km（水深20～30m）	
	内容	刺網、一本釣り（遊漁船含む）	
	出典	地元漁業関係者、秋田県漁業協同組合	
漁業2	漁業期間	6～8月	
	概算距離	約15km（共同漁業権より沖側エリア）	
	内容	イカ釣り 県内外から多くの漁船が調査地点沖側において、イカ釣り漁を実施している。主に夕方～夜間に操業され、多くの船が水揚げのために秋田港へ朝6時頃までに入港する。	
	出典	秋田県漁業協同組合	

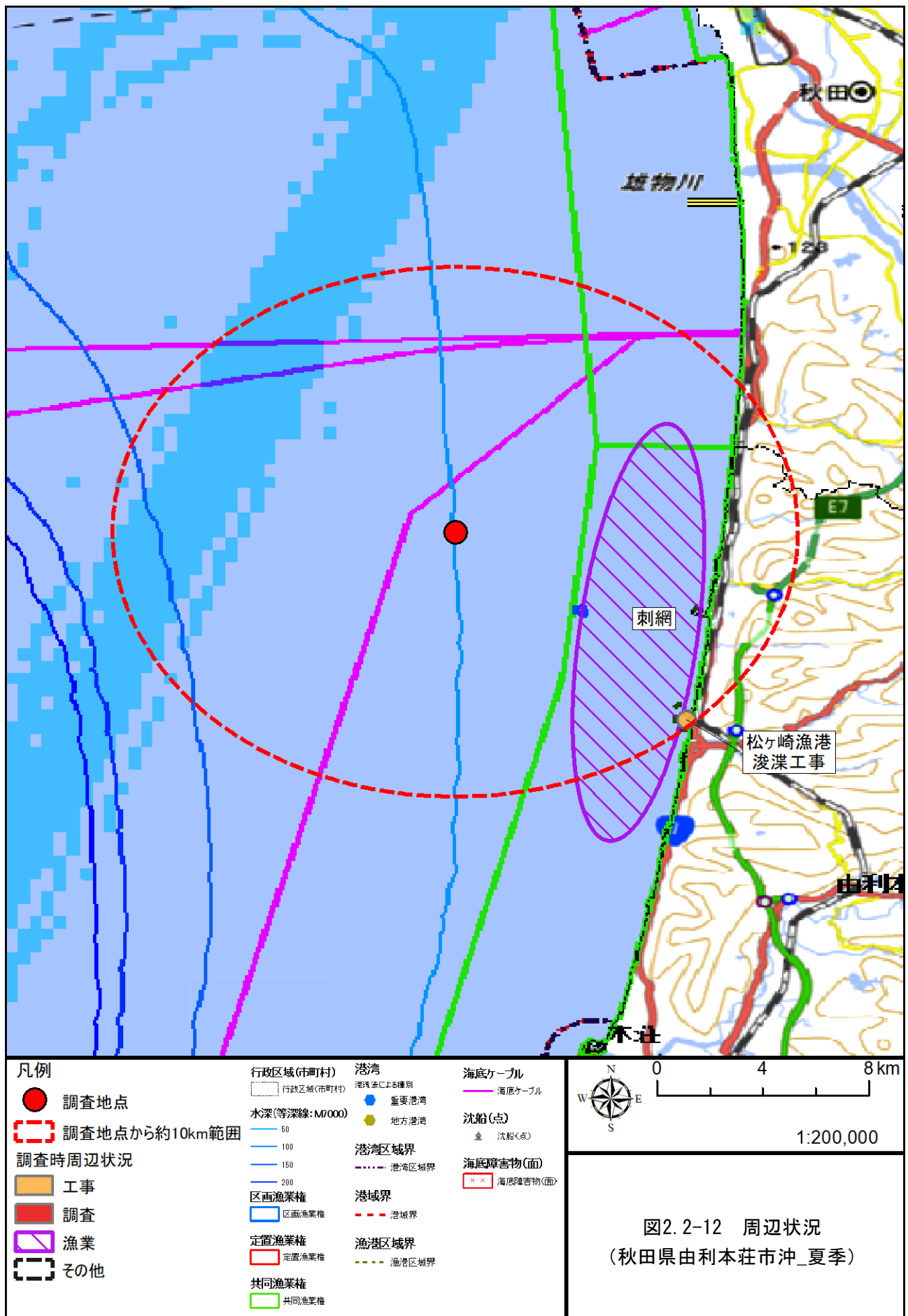
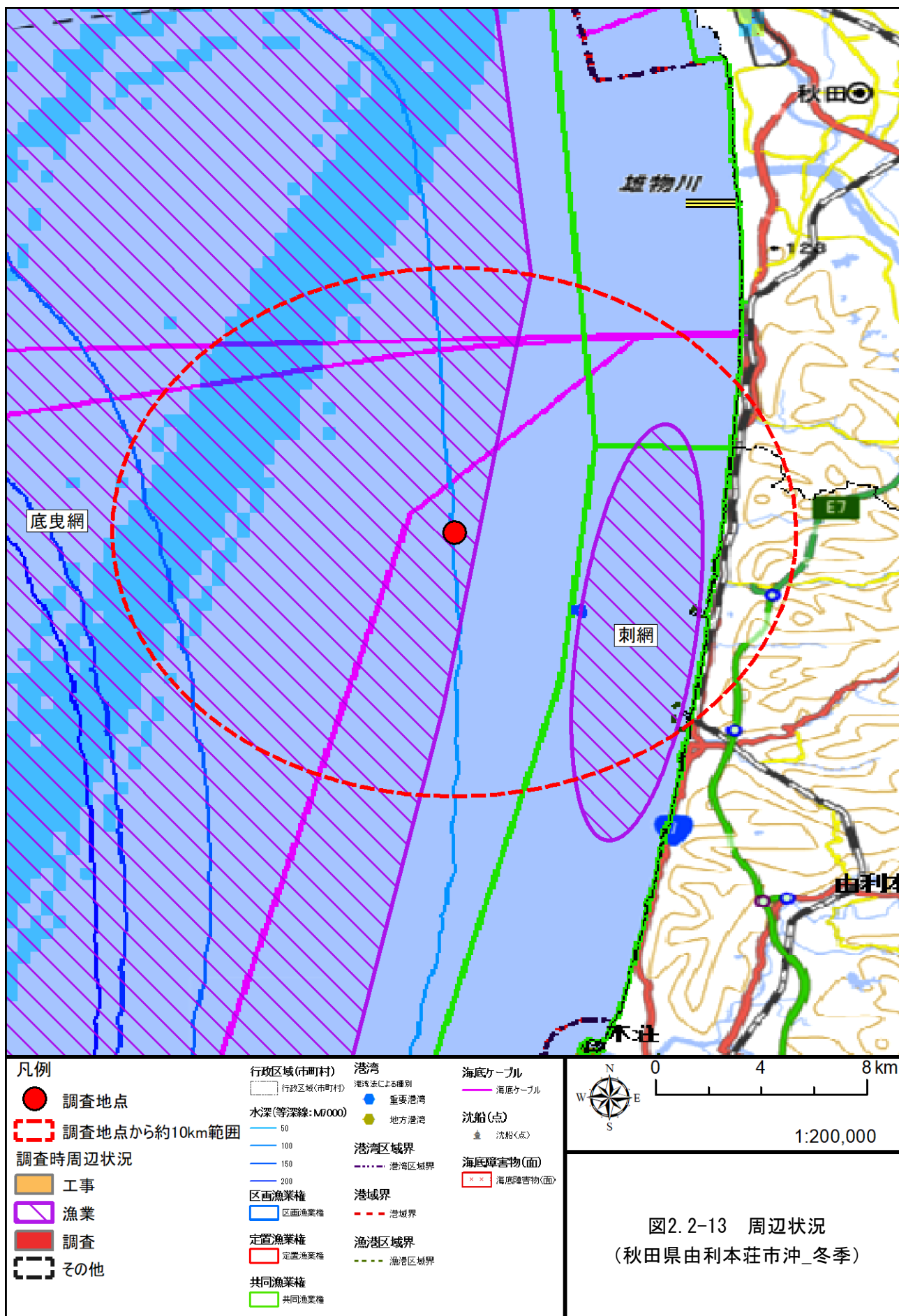


表2.2-4 調査地点周辺の工事・調査・漁業活動状況（秋田県由利本荘市沖_冬季）

No.	2	調査対象海域	秋田県由利本荘市沖
調査期	冬季	観測期間	2021年1月23日～2月7日
工事 調査	冬季調査期間における工事・調査は確認されなかった。		
	出典	秋田県 農林水産部 水産漁港課、秋田海上保安部 交通課	
漁業1	漁業期間	通年	
	概算距離	約4.3km（水深20～30m）	
	内容	刺網、一本釣り（遊漁船含む）	
	出典	地元漁業関係者、秋田県漁業協同組合	
漁業2	漁業期間	9月～6月	
	概算距離	0km（調査地点周辺から沖側を利用）	
	内容	底曳網 離岸距離4マイルより沖側において14～19tクラスの船舶による底曳網漁が操業されている。	
	出典	秋田県漁業協同組合	



(3) 調査結果の解析

秋田県由利本荘市沖における観測期間中（夏季：2020年8月10日～2020年8月25日、冬季：2020年1月23日～2020年2月7日）の長期間スペクトログラムを図2. 2-14に、0A値の濃淡図を図2. 2-15、気象・海象データの変動を図2. 2-16に示す。

主要音源：

船舶音、テッポウエビ音、夏季においては魚類の鳴音等が確認された。

環境水中音の概観（夏季）：

長期間スペクトログラム、0A値の濃淡図によると、20時台で日周期的に300～1kHz付近の周波数帯域に生物の鳴音が観測された。また長期間スペクトログラムによると、連続的に下に凸の干渉縞が1kHz以下の周波数帯域において確認された。また、長期間スペクトログラムによると10kHz以上の周波数帯域において、魚類の鳴音と比較すると明瞭ではないが、日周期的に音圧レベルの変動が帯状に現れていた。これはテッポウエビ音によるものと考えられ、特に夜間において音圧レベルが大きく、昼間において音圧レベルが小さい傾向が見られた。加えて、0A値の濃淡図によると、4～5時台に日周期的に音圧レベルの増加が見られた。この対象音源としては船舶音が観測されており、実際に調査対象海域の周辺では定期船が航行している。

環境水中音の概観（冬季）：

長期間スペクトログラム、0A値の濃淡図によると、夏季に確認された生物の鳴音は確認されなかった。長期間スペクトログラムによると、冬季においては観測期間の後半3/4程度において、100Hz以下で顕著な音圧レベルの増加が見られた。また、それ以外の周波数帯域についても前半1/4程度に比べると音圧レベルが上昇する傾向が見られた。0A値の濃淡図でも、観測期間の後半3/4程度は音圧レベルの大きい傾向が見られた。

気象・海象データとの比較：

夏季、冬季ともに波高が高い時間帯に音圧レベルも上昇する傾向が見られた。また、夏季においては8月17日の0時～8時台における降水量の上昇と音圧レベルの上昇について一定の傾向が見られた。

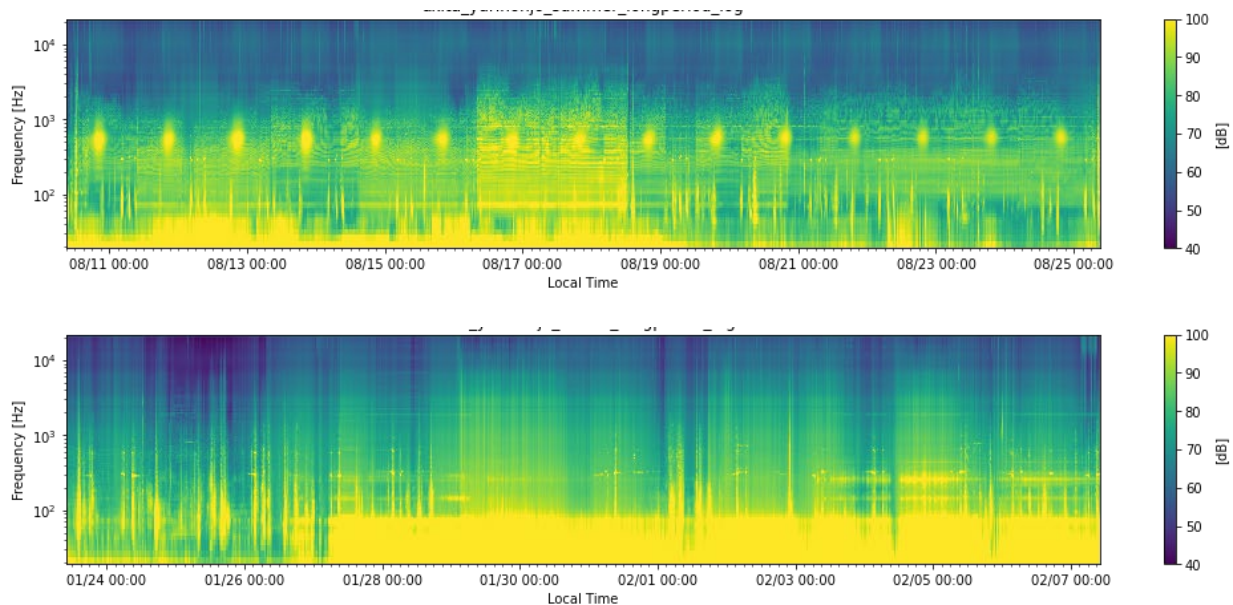


図2.2-14 秋田県由利本荘市沖の観測期間中の長期間スペクトログラム（上：夏季、下：冬季）

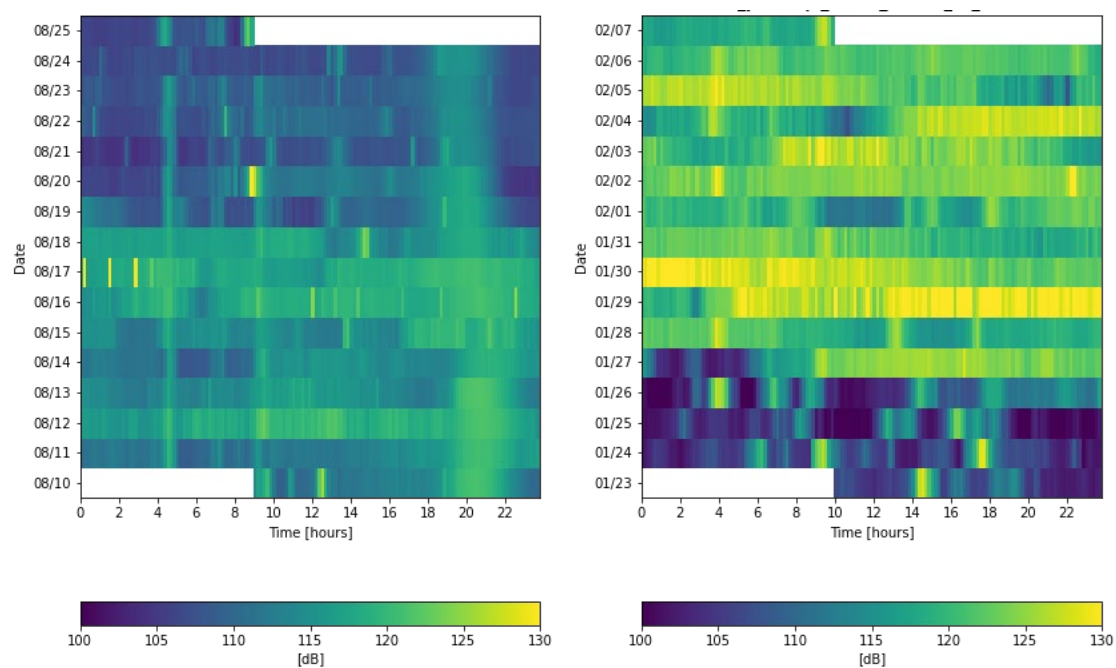


図2.2-15 秋田県由利本荘市沖の観測期間中のOA値の濃淡図（左：夏季、右：冬季）

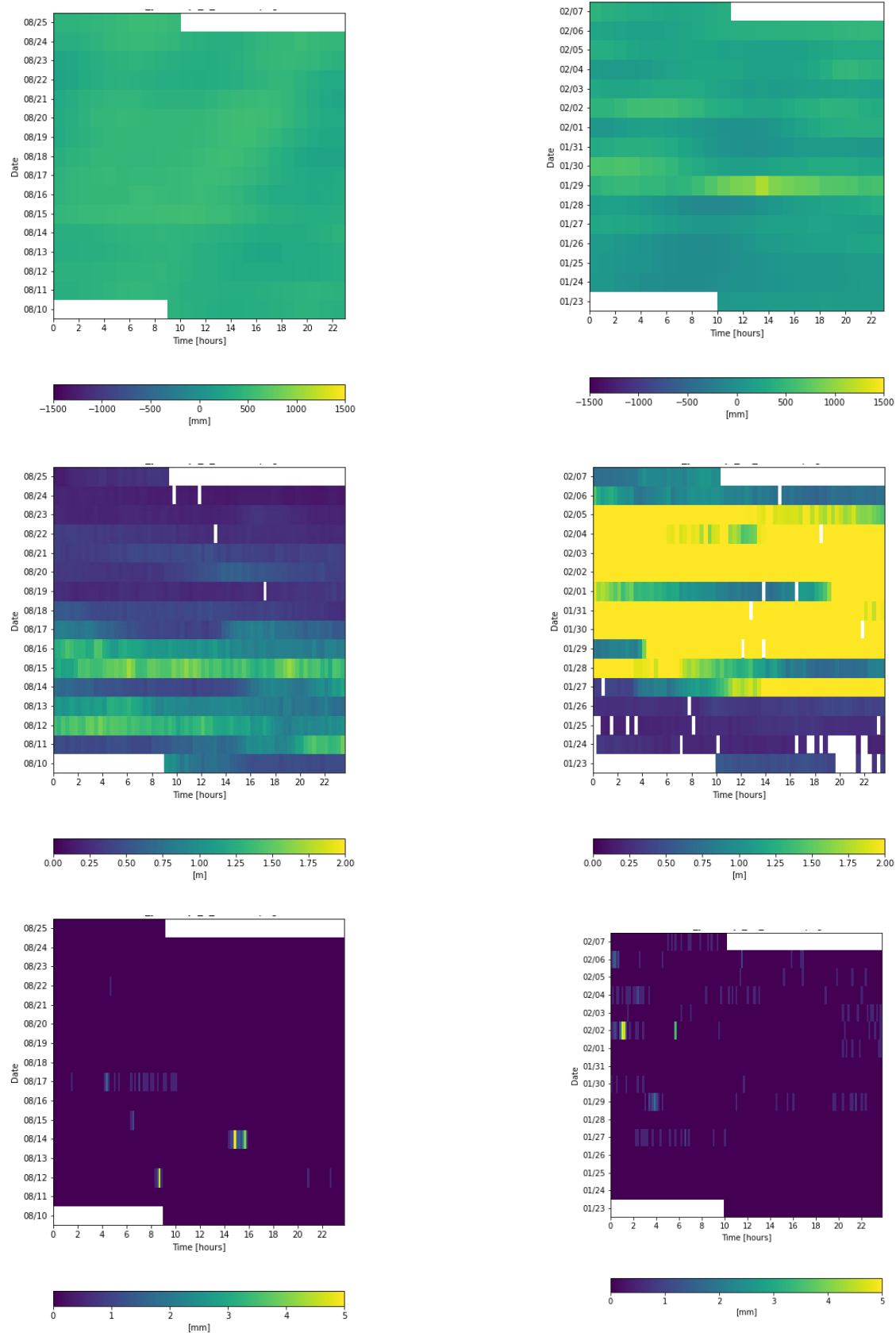


図2.2-16 秋田県由利本荘市沖の観測期間中の気象・海象データの変動
(左：夏季、右：冬季、上：潮位、中：波高、下：降水量)

2.3 岩手県久慈市沖海域

(1) 気象・海象データの整理

水中音響調査の観測期間中（夏季：2020年8月8日～2020年8月23日、冬季：2020年12月3日～2020年12月18日）における、気象・海象データを収集し整理した。収集したデータは、1時間の平均気温・合計降水量、1時間の潮位（東京湾平均海面（T.P.））、1時間の平均風速、20分間の有義波波高、有義波周期、20分間の最大波波高、最大波周期であり、整理した結果を図2.2-17～図2.2-18に示す。

夏季の観測期間中の平均気温は24.3℃で期間中の大きな変化がない一方、冬季の観測期間中の平均気温は1.1℃で徐々に気温が低くなる傾向にあった。

降水量では、夏季の観測期間中の8月9日に1時間当たり10.0mmとやや強い雨が降っていた。その他、降雨は8月8日、8月14日、8月17日、8月21日、8月22日にも観測されたが、降水量は1時間当たり最大でも3.0mmと弱い雨が降っていた。また、冬季では12月14日に観測されただけであり、降水量は1時間当たり最大でも2.5mmと弱い雨が降っていた。

夏季の観測期間中の毎時潮位は平均で8.5cm、最大で64.0cm、最小で-81.0cmであり、冬季の毎時潮位は平均で-6.2cm、最大で65.0cm、最小で-100.0cmであった。夏季、冬季ともに1日の潮位差は、観測の初期では徐々に小さくなり、その後徐々に大きくなった。

観測期間中の平均風速は夏季で1.2m/s、冬季で2.1m/sであり、夏季に比べて冬季の方が高い傾向にあった。観測期間を通して1時間当たりの最大の平均風速は、夏季で5.2m/s、冬季で8.7m/sであった。

観測期間中の平均の有義波波高は夏季で0.69m、冬季で0.83mであった。最大の有義波波高は夏季で1.2m、冬季で1.5mであり、夏季、冬季ともに波は安定して穏やかであった。有義波周期の平均は、夏季で7.5秒、冬季で7.3秒であった。

また、最大波波高の平均は夏季で1.1m、冬季で1.4mであった。最大波周期の平均は夏季で7.9秒、冬季で7.9秒であった。

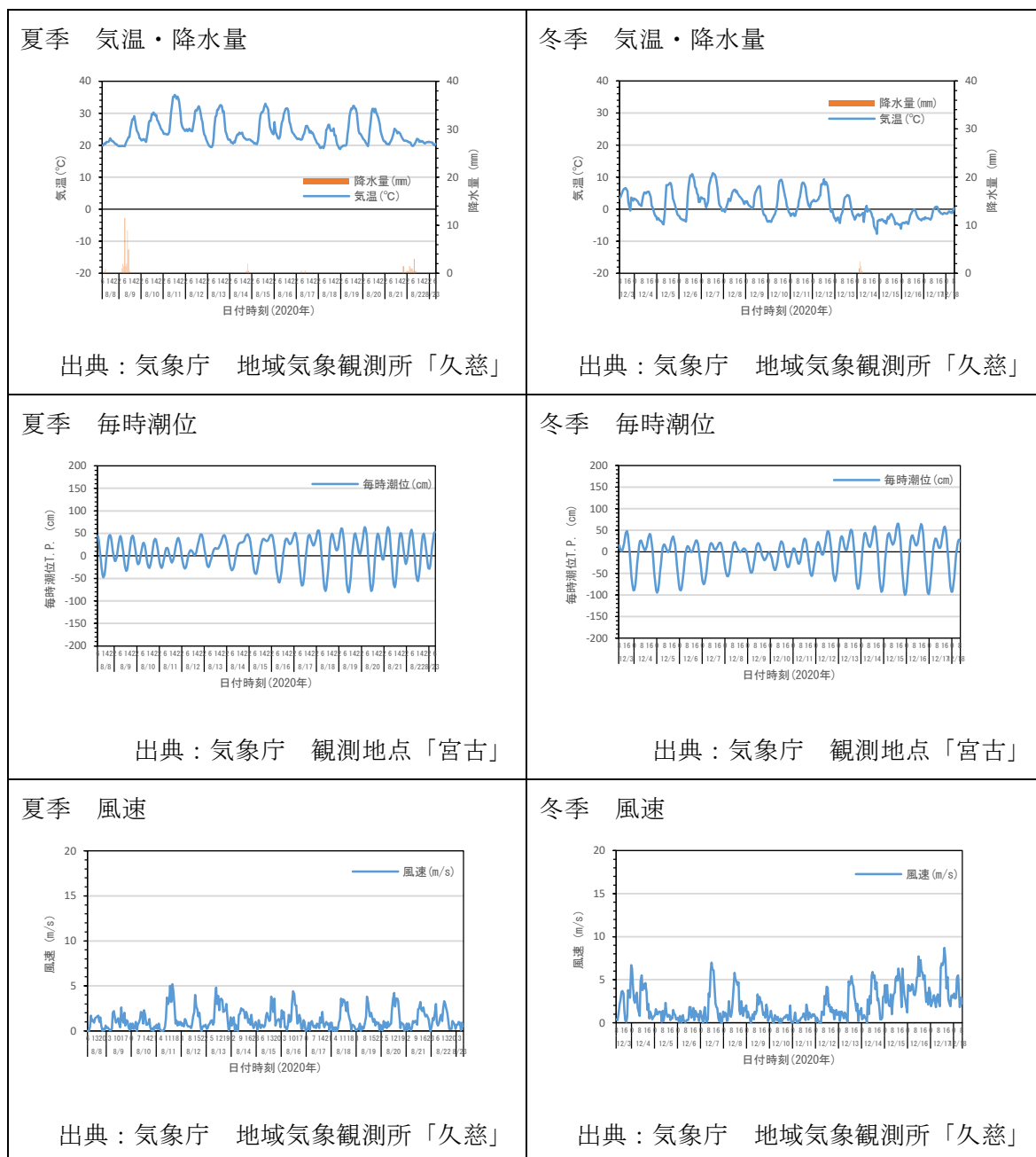


図2.2-17 岩手県久慈市周辺の気象・海象データの時間変動
(左：夏季、右：冬季、上：気温・降水量、中：潮位、下：風速)

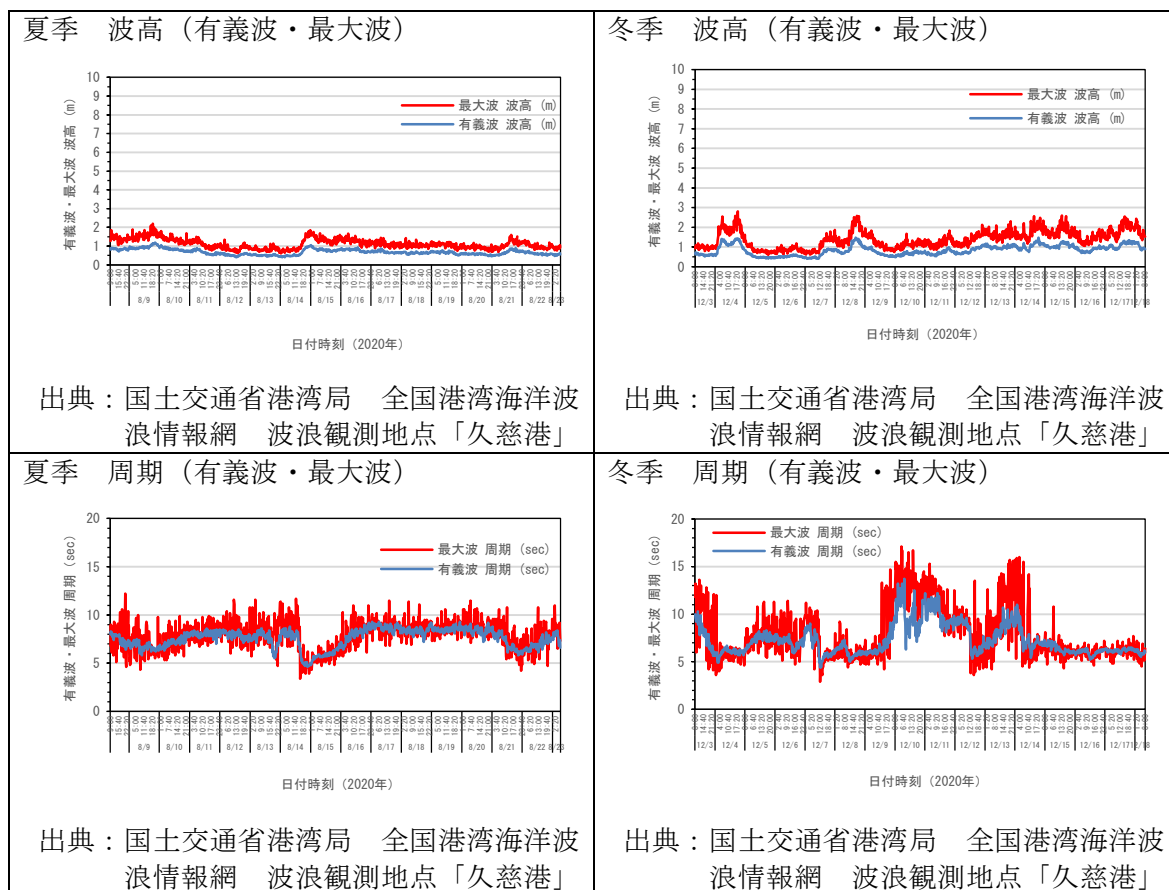


図2.2-18 岩手県久慈市周辺の気象・海象データの時間変動（空白部分は欠測値を示す）
（左：夏季、右：冬季、上：有義波波高・最大波波高、下：有義波周期・最大波周期）

また、地元漁業者へヒアリングを実施し、調査地点周辺の底質は砂であり、海底地形は緩やかな勾配が沿岸から水深120mまで続いていることが確認された。

夏季および冬季の観測期間中の調査対象海域の深さ50mでの旬平均海流について図2. 2-19に示す。

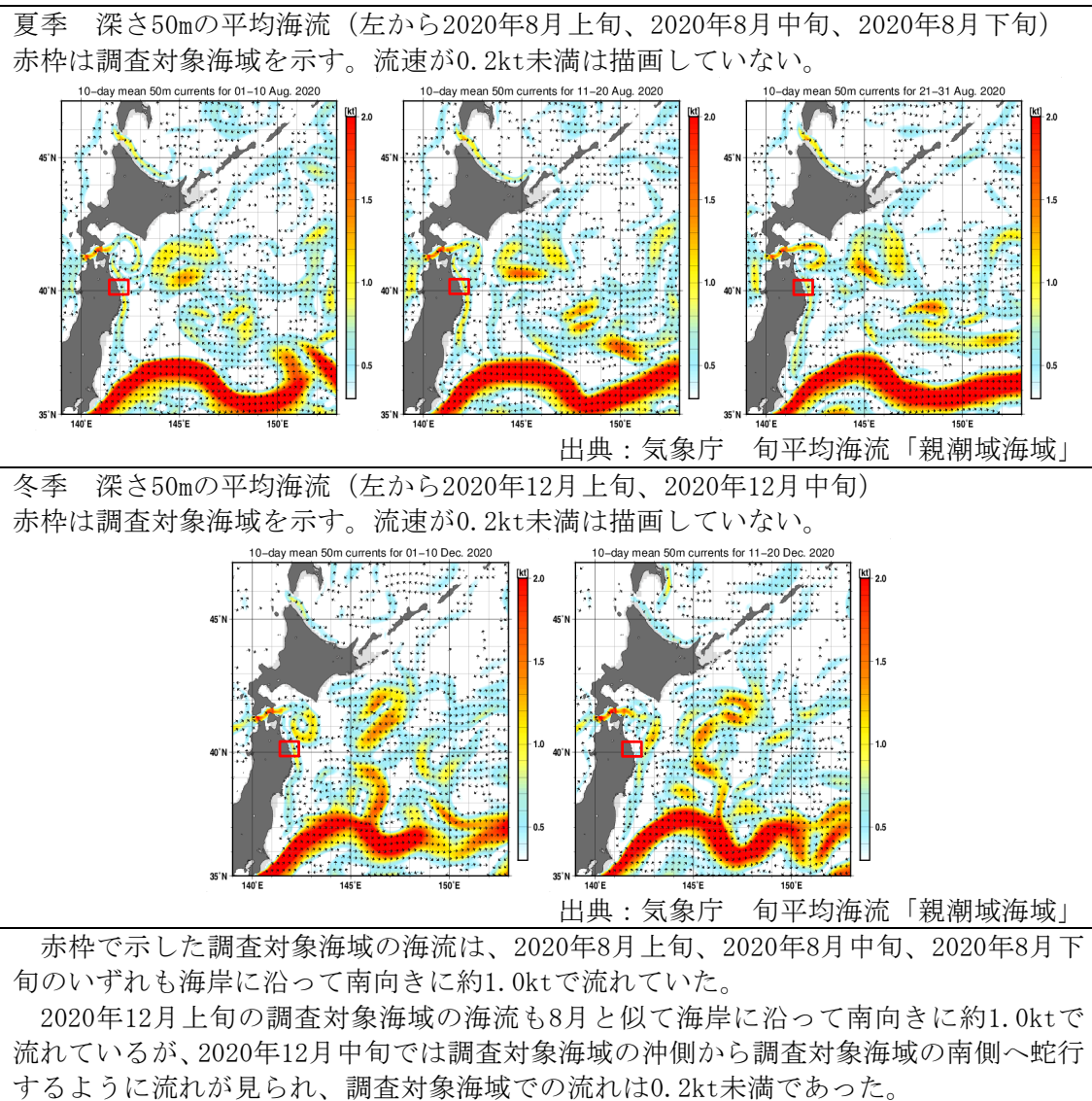


図2. 2-19 岩手県久慈市沖の深さ50mの旬平均海流（上：夏季、下：冬季）

(2) 周辺の状況の把握

水中音響調査の観測期間中（夏季：2020年8月8日～2020年8月23日、冬季：2020年12月3日～2020年12月18日）における、調査地点周辺で確認された海上工事や沿岸海域調査等について収集し整理したものを表2.2-5～表2.2-6、図2.2-20～図2.2-21に示す。

なおヒアリング先は、国土交通省 東北地方整備局 釜石港湾事務所 久慈出張所、久慈市企業立地港湾部 企業立地港湾課、宮城建設株式会社（※）、東洋・本間特定建設工事共同企業体（※）、りんかい日産建設株式会社（※）、東亜建設工業株式会社（※）、東洋建設工業株式会社（※）、久慈港運株式会社（※）、久慈市漁業協同組合、地元漁業関係者とした。

※久慈市及び釜石港湾事務所 久慈出張所よりご紹介頂きヒアリングを実施した。

夏季の観測期間中では、海上工事は調査地点から約6.3kmの位置において捨石投入作業（起重機船）が、約5.8kmでは64t型消波ブロック撤去・仮置・据付作業（起重機船・潜水土船）、約5.5kmでは捨石本均し作業、約8.4kmではケーソン仮置き（起重機船・引船・潜水土船使用）、約5.0kmではケーソン一次排水作業（起重機船・引船・潜水土船使用）が実施されていた。海上調査は調査地点から約6.0kmの位置においてNMB測量の実施が確認された。漁業は調査地点から約0.1kmの位置において刺網、タコかご、遊漁船が、約2.3kmではイカ釣り、約0.8kmでは大中型まき網（指定漁業）の実施が確認された。

冬季の観測期間中では、海上工事は調査地点から約5.8kmと約5.5kmの位置において防波堤整備工事が、約8.3kmではケーソン仮置き作業、約6.0kmでは被覆石投入・均し作業が実施されていた。漁業は調査地点から約0.8kmの位置において刺網、タコかごが、約1.3kmでは遊漁船、イカ釣りの実施が確認された。なお、冬季の観測期間中では海上調査の実施は確認されなかった。

久慈港では通年で、月20隻程度の貨物船の出入港のほか、調査地点の沖側において貨物船やフェリーの多数航行されていることが確認された。

表2.2-5 調査地点周辺の工事・調査・漁業活動状況（岩手県久慈市沖_夏季）

No.	3	調査地点	岩手県久慈市沖
調査期	夏季	観測期間	2020年8月8日～8月23日
工事1	工事期間	8/8～8/11、8/19～8/23	
	概算距離	約6.3km	
	内容	捨石投入作業（起重機船）	
工事2	工事期間	8/8～8/10、8/18～8/22	
	概算距離	約5.8km	
	内容	64t型消波ブロック撤去・仮置・据付作業（起重機船・潜水土船）	
	出典	宮城建設株式会社（久慈市より紹介）、東亜建設工業株式会社（国土交通省東北地方整備局 釜石港湾事務所 久慈出張所より紹介）	
工事3	工事期間	8/19～8/23	
	概算距離	約5.5km	
	内容	捨石本均し作業	
	出典	東洋・本間特定建設工事共同企業体（国土交通省 東北地方整備局 釜石港湾事務所 久慈出張所より紹介）	
工事4	工事期間	8/21	
	概算距離	約8.4km	
	内容	ケーソン仮置き（起重機船・引船・潜水土船使用）	
	出典	りんかい日産建設株式会社（国土交通省 東北地方整備局 釜石港湾事務所 久慈出張所より紹介）	
工事5	工事期間	8/20	
	概算距離	約8.3km	
	内容	ケーソン一次排水作業（起重機船・引船・潜水土船使用）	
	出典	りんかい日産建設株式会社（国土交通省 東北地方整備局 釜石港湾事務所 久慈出張所より紹介）	
調査1	調査期間	8/20	
	概算距離	約6.0km	
	内容	NMB測量	
	出典	宮城建設株式会社（国土交通省東北地方整備局釜石港湾事務所久慈出張所より紹介）	
漁業1	漁業期間	8/8～8/23	
	概算距離	約0.1km	
	内容	刺網、タコかご、遊漁船	
	出典	久慈市漁業協同組合	
漁業2	漁業期間	8/8～8/23	
	概算距離	約2.3km	
	内容	イカ釣り	
	出典	久慈市漁業協同組合	
漁業3	漁業期間	8/8～8/23	
	概算距離	約0.8km	
	内容	大中型まき網（指定漁業）	
	出典	久慈市漁業協同組合	
その他	期間	8/8～8/23	
	概算距離	—	
	内容	貨物船の航行と出入港、フェリーの航行（1日2～3隻の貨物船が久慈港に出入港。その他貨物船やフェリー等多数の大型船が調査地点の沖を航行。）	
	出典	久慈港運株式会社（久慈市より紹介）	

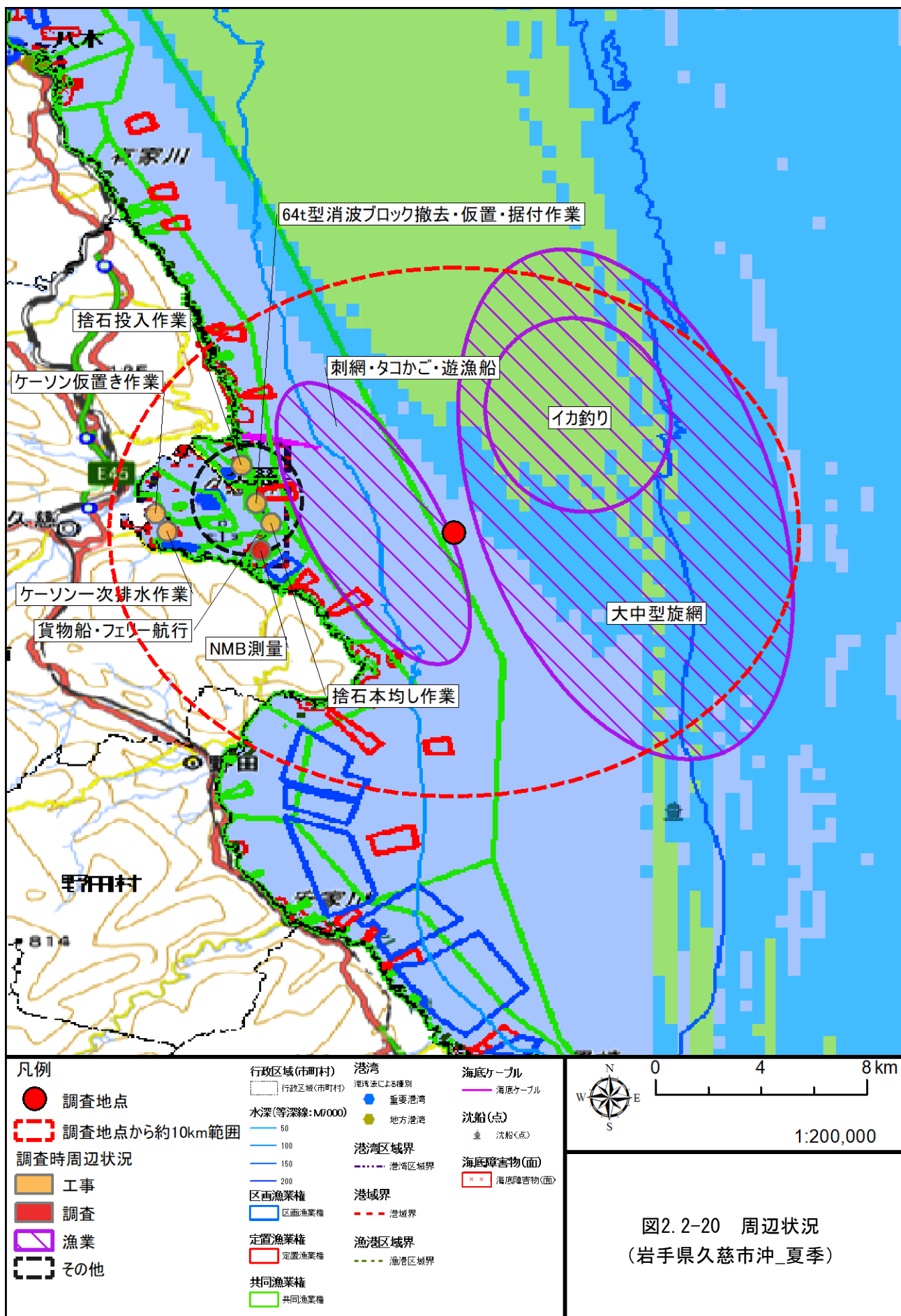
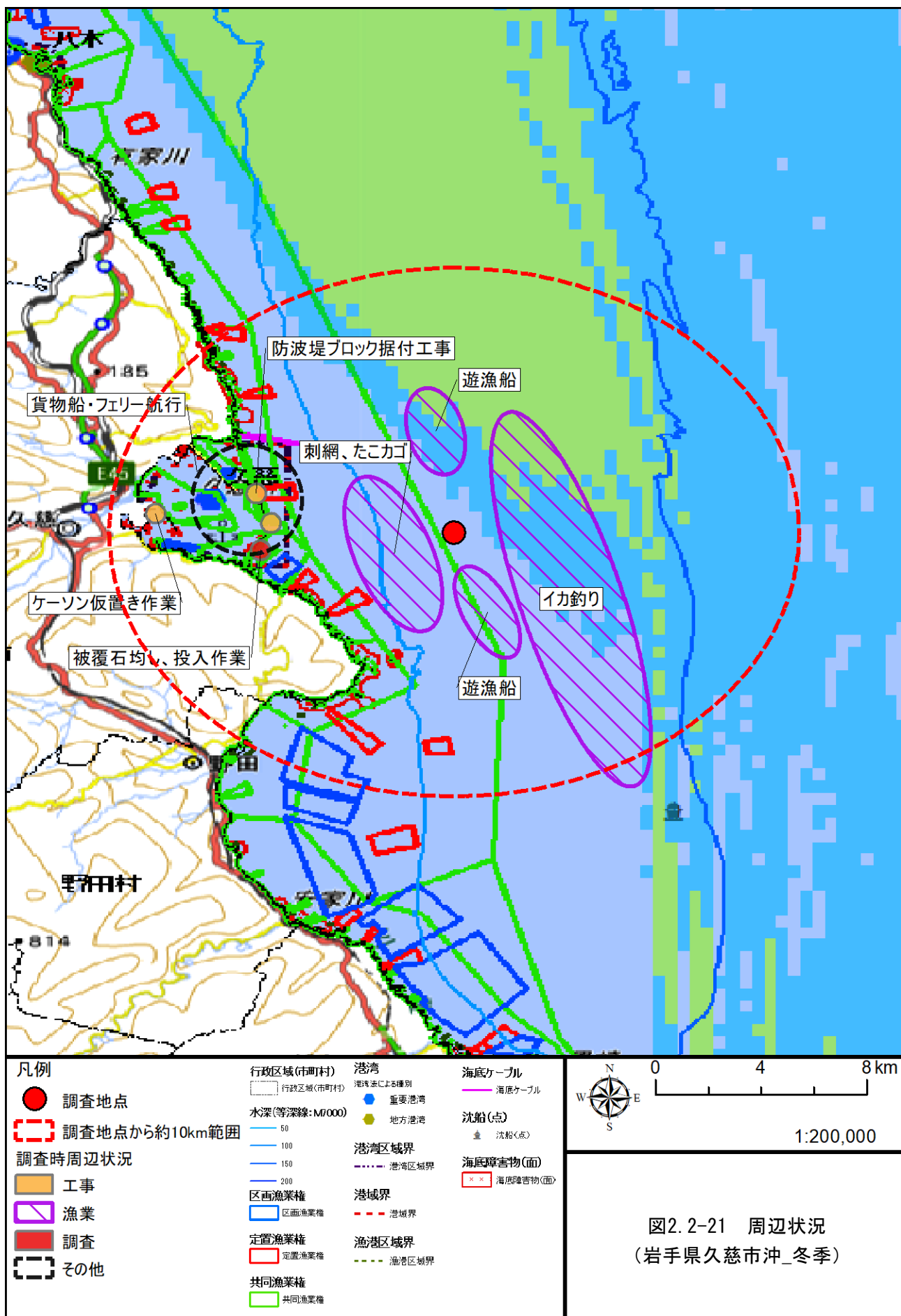


表2.2-6 調査地点周辺の工事・調査・漁業活動状況（岩手県久慈市沖_冬季）

No.	3	調査対象海域	岩手県久慈市沖
調査期	冬季	観測期間	2020年12月3日～12月18日
工事1	工事期間	12/3～12/4, 12/7～12/12, 12/15～12/18	
	概算距離	約5.8km	
	内容	防波堤整備工事 12/3, 4, 7, 8, 16～18本均し（潜水土船） 12/9, 10, 12, 15基礎捨石投入（起重機船） 12/11基礎ブロック据付（起重機船）	
	出典	東亜建設工業株式会社（国土交通省 東北地方整備局 釜石港湾事務所 久慈出張所より紹介）	
工事2	工事期間	12/3、12/5～12/16、12/18	
	概算距離	約5.5km	
	内容	防波堤整備工事 12/5ケーソン据付・ケーソン中詰・均し作業 12/6～7ケーソン蓋コンクリート打設、根固めブロック据付 12/9, 11, 12, 15, 16, 18基礎工マット敷設準備、マット敷設 12/10被覆ブロック撤去 12/12, 15, 16被覆ブロック据付	
	出典	東洋・本間特定建設工事共同企業体（国土交通省 東北地方整備局 釜石港湾事務所久慈出張所より紹介）	
工事3	工事期間	12/8	
	概算距離	約8.3km	
	内容	ケーソン仮置き作業	
	出典	東洋建設株式会社（国土交通省 東北地方整備局 釜石港湾事務所 久慈出張所より紹介）	
工事4	工事期間	12/3、12/5～12、12/14～12/18	
	概算距離	約6.0km	
	内容	被覆石投入・均し作業	
	出典	宮城建設株式会社（国土交通省 東北地方整備局 釜石港湾事務所 久慈出張所より紹介）	
漁業1	漁業期間	12/3～12/18	
	概算距離	約0.8km	
	内容	刺網、たこカゴ	
	出典	久慈市漁業協同組合	
漁業2	漁業期間	12/3～12/18	
	概算距離	約1.3km	
	内容	遊漁船	
	出典	久慈市漁業協同組合	
漁業3	漁業期間	12/3～12/18	
	概算距離	約1.3km	
	内容	イカ釣り	
	出典	久慈市漁業協同組合	
その他	期間	12/3～12/18	
	概算距離	—	
	内容	貨物船の航行と出入港、フェリーの航行（月に20隻程度の貨物船が久慈港に出入港。その他貨物船やフェリー等多数の大型船が調査地点の沖を航行。）	
	出典	久慈港運株式会社（久慈市より紹介）	



(3) 調査結果の解析

岩手県久慈市沖における観測期間中（夏季：2020年8月8日～2020年8月23日、冬季：2020年12月3日～2020年12月18日）の長期間スペクトログラムを図2.2-22に、0A値の濃淡図を図2.2-23、気象・海象データの変動を図2.2-24に示す。

主要音源：

主たる音源として、船舶音、魚類鳴音等が確認された。

環境水中音の概観（夏季）：

長期間スペクトログラムによると、21時台に日周期的に魚類の鳴音を確認され、500～1kHz付近の周波数帯域において、音圧レベルの上昇が見られた。また、すべての時間帯に渡って船舶音を確認され、300Hz以下の音圧レベルが定常的に大きかった。0A値の濃淡図によると一律に音圧レベルの大きい状態が続いていた。

環境水中音の概観（冬季）：

長期間スペクトログラムによると、夏季に見られた魚類の鳴音の日周期性は冬季では確認されなかった。また、夏季と同様にすべての時間帯に渡って船舶音を確認され、300Hz以下の音圧レベルが定常的に大きかった。0A値の濃淡図によると、一律に音圧レベルの大きい状態が続いていた。

気象・海象データとの比較：

音圧レベルが継続的に大きいことからスペクトログラムや0A値と関連する傾向は見られなかった。

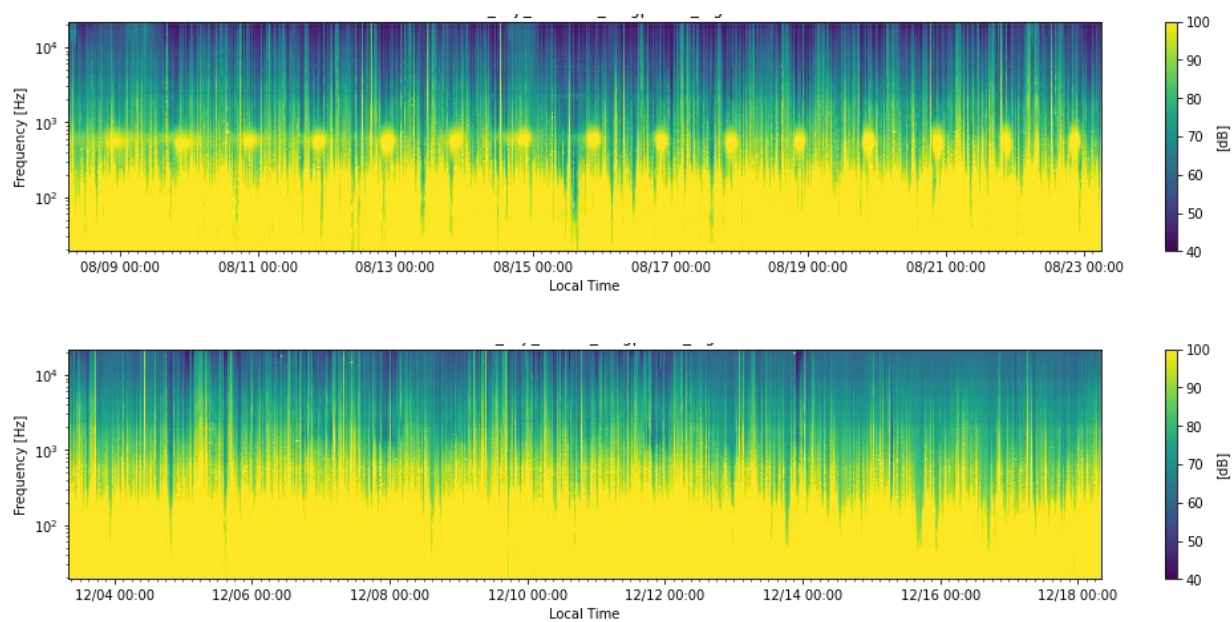


図2.2-22 岩手県久慈市沖の観測期間中の長期間スペクトログラム（上：夏季、下：冬季）

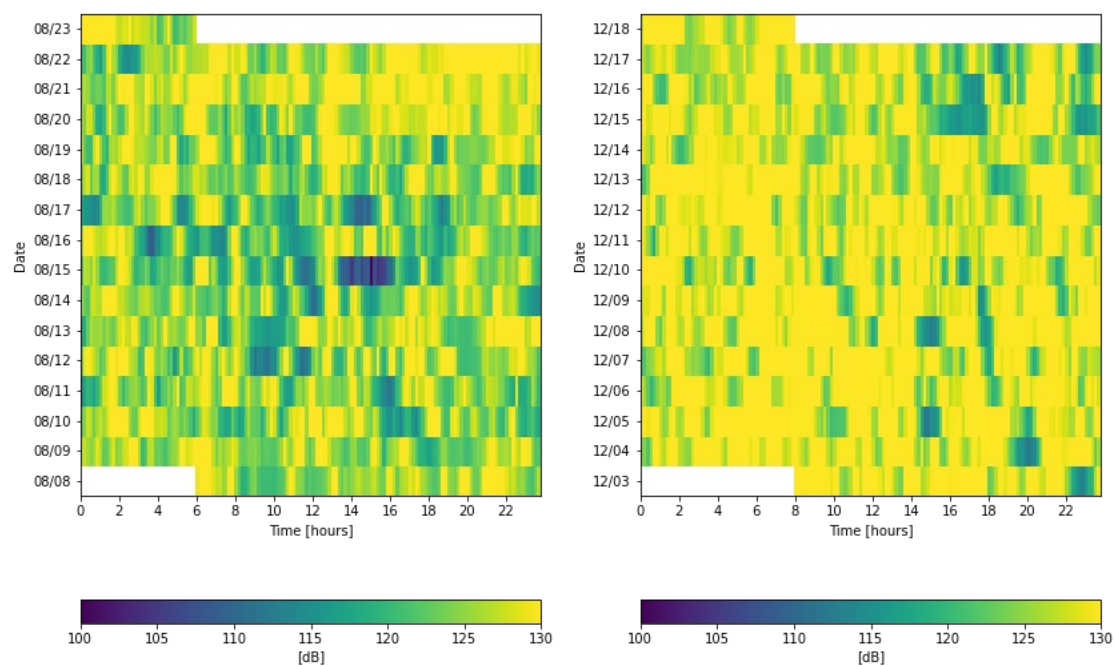


図2.2-23 岩手県久慈市沖の観測期間中のOA値の濃淡図（左：夏季、右：冬季）

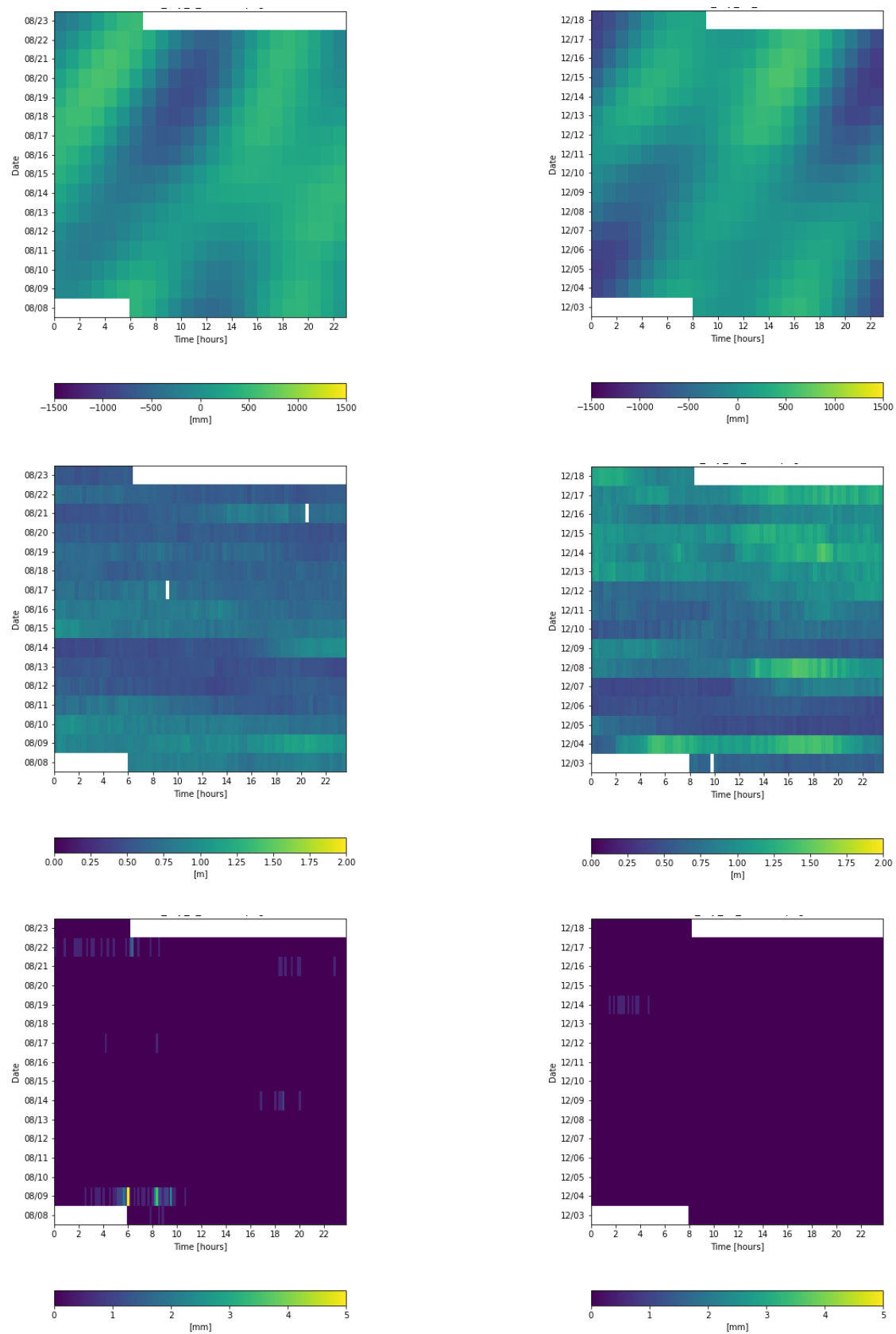


図2. 2-24 岩手県久慈市沖の観測期間中の気象・海象データの変動
(左：夏季、右：冬季、上：潮位、中：波高、下：降水量)

2.4 宮城県山元町沖海域

(1) 気象・海象データの整理

水中音響調査の観測期間中（夏季：2020年9月6日～2020年9月21日、冬季：2020年12月1日～2020年12月16日）における、気象・海象データを収集し整理した。収集したデータは、1時間の平均気温・合計降水量、1時間の潮位（東京湾平均海面（T.P.））、1時間の平均風速、20分間の有義波波高、有義波周期、20分間の最大波波高、最大波周期であり、整理した結果を図2.2-25～図2.2-26に示す。

夏季の観測期間中の平均気温は23.0℃で期間中の大きな変化がなかった。冬季の観測期間中の平均気温は4.5℃で12月13日から観測終了時期にかけて徐々に気温が低くなる傾向にあった。

夏季の観測期間中の降雨は、9月13日、9月18日から9月20日にかけて確認され、1時間当たりの降水量は最大でも1.0mmであった。冬季では12月12日に観測されただけであり、1時間当たりの降水量も最大で2.5mmであった。このように調査対象海域では夏季、冬季ともに降雨はほとんど記録されなかった。

夏季の観測期間中の毎時潮位は平均で3.0cm、最大で65.2cm、最小で-80.2cmであり、冬季の毎時潮位は平均で-17.6cm、最大で58.3cm、最小で-119.4cmであった。夏季、冬季ともに1日の潮位差は、観測の初期から中期にかけて徐々に小さくなり、その後徐々に大きくなった。

観測期間中の平均風速は夏季で2.0m/s、冬季で1.8m/sであり、冬季に比べて夏季の方が若干高い傾向にあった。観測期間を通して1時間当たりの最大の平均風速は、夏季で7.2m/s、冬季で6.0m/sであった。

夏季の観測期間中の平均の有義波波高は1.1mで、最大の有義波波高は9月12日に記録した2.80mであった。一方、冬季の観測期間中の平均の有義波波高は0.64mで、最大の有義波波高は1.20mであった。有義波周期の平均は、夏季で7.7秒、冬季で8.4秒であった。

また、最大波波高の平均は夏季で1.9m、冬季で1.1mであった。最大波周期の平均は夏季で8.2秒、冬季で10.1秒であった。

このように宮城県山元町周辺では、夏季に比べて冬季の方が気象・海象は穏やかな傾向にあった。

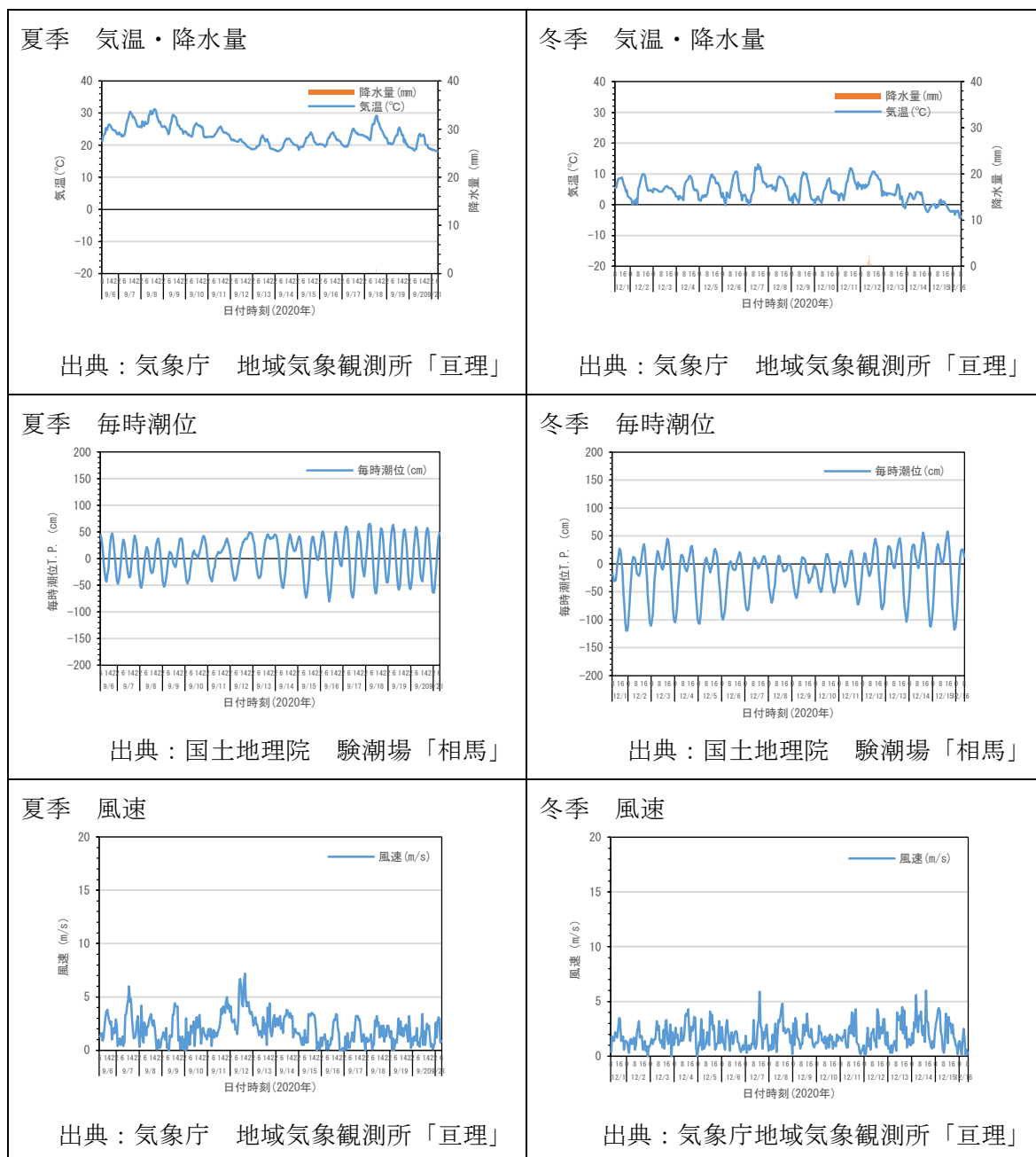


図2.2-25 宮城県山元町周辺の気象・海象データの時間変動
(左：夏季、右：冬季、上：気温・降水量、中：潮位、下：風速)

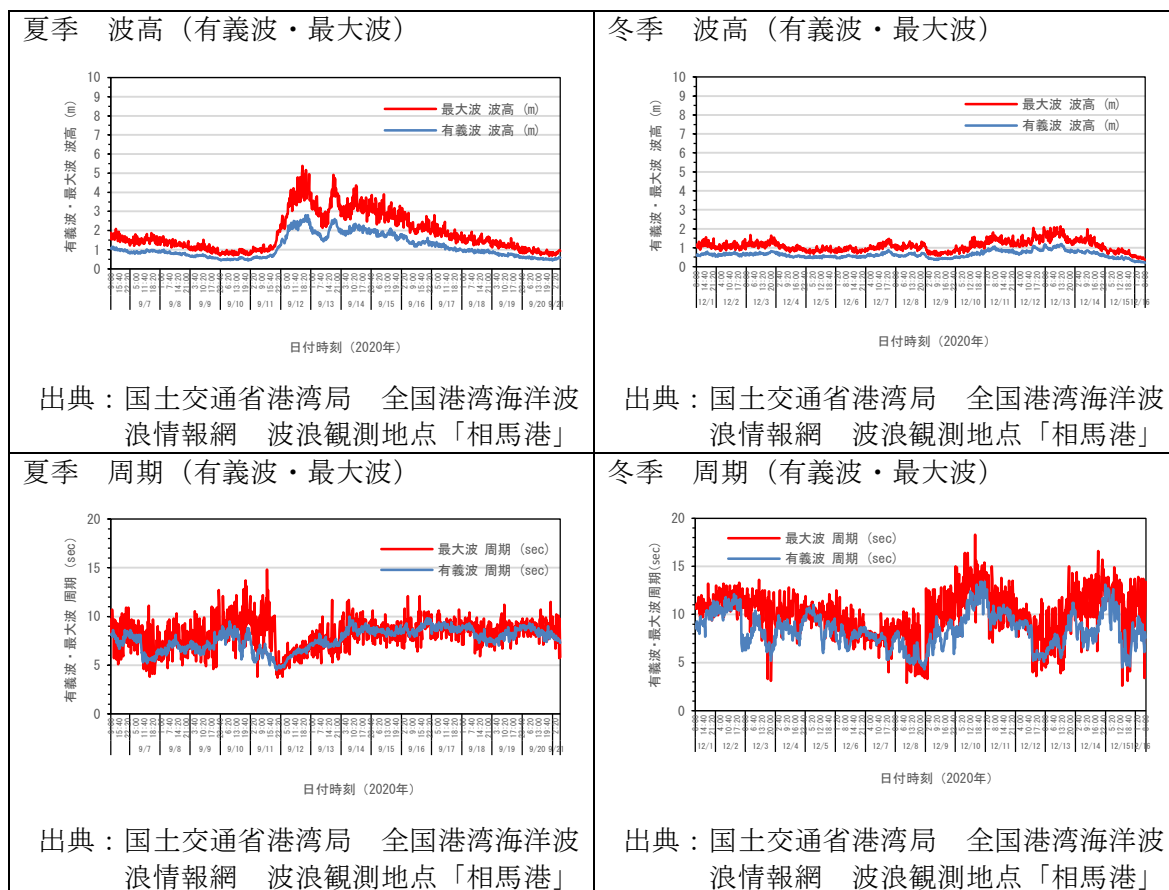
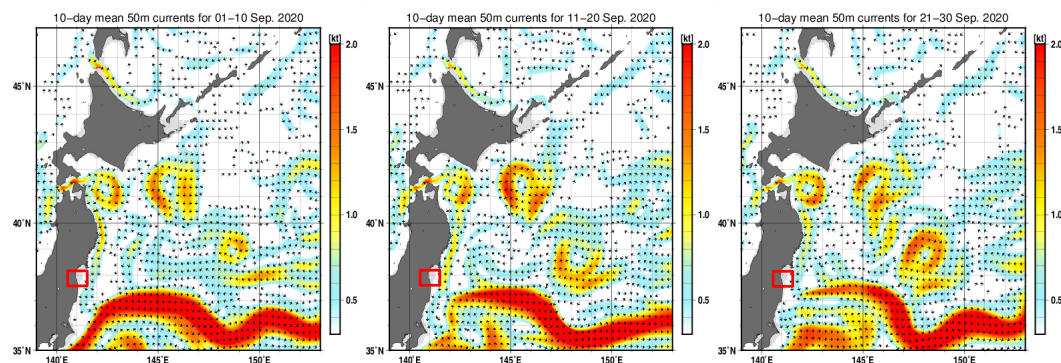


図2.2-26 宮城県山元町周辺の気象・海象データの時間変動（空白部分は欠測値を示す）
（左：夏季、右：冬季、上：有義波波高・最大波波高、下：有義波周期・最大波周期）

また、地元漁業関係者へヒアリングを実施し、調査地点周辺の底質は砂であり、海底地形は目立った凹凸は無く、緩やかな地形であることが確認された。

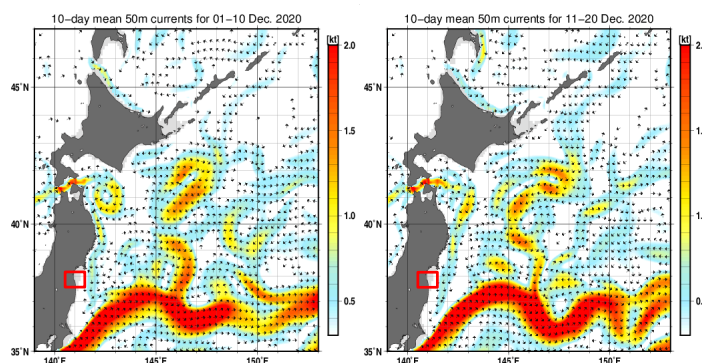
夏季および冬季の観測期間中の調査対象海域の深さ50mでの旬別平均海流について図2. 2-27に示す。

夏季 深さ50mの平均海流（左から2020年9月上旬、2020年9月中旬、2020年9月下旬）
赤枠は調査対象海域を示す。流速が0.2kt未満は描画していない。



出典：気象庁 旬平均海流「親潮域海域」

冬季 深さ50mの平均海流（左から2020年12月上旬、2020年12月中旬）
赤枠は調査対象海域を示す。流速が0.2kt未満は描画していない。



出典：気象庁 旬平均海流「親潮域海域」

赤枠で示した調査対象海域の海流は、2020年8月上旬、2020年8月中旬では海岸に沿って南向きに約1.0kt、2020年8月下旬では同じく南向きに約0.5ktで流れていた。

2020年12月上旬、2020年12月中旬の調査対象海域の海流も海岸に沿って南向きに約0.5ktで流れていた。

本業務では、水深約30mに水中音響録音機器を設置しており、深さ30mでの平均海流の情報は取得できなかった。

図2. 2-27 宮城県山元町沖の深さ50mの旬平均海流（上：夏季、下：冬季）

(2) 周辺の状況の把握

水中音響調査の観測期間中（夏季：2020年9月6日～2020年9月21日、冬季：2020年12月1日～2020年12月16日）における、調査地点周辺で確認された海上工事や沿岸海域調査等について収集し整理したものを表2.2-7～表2.2-8、図2.2-28～図2.2-29に示す。

なおヒアリング先は、宮城県 仙台河川国道事務所 総務部、国土交通省 東北地方整備局 仙台河川国道事務所 調査第一課及び仙台海岸出張所、宮城海上保安部 交通課、宮城県漁業協同組合 仙南支所及び亘理支所、地元漁業関係者とした。

夏季の観測期間中では、海上調査は調査地点から約7.6kmの位置において深浅測量の実施が確認された。漁業は調査地点から約1.9kmの位置において刺網、底曳網が、約2.5kmでは船曳網（シラス）の実施が確認された。なお、夏季の観測期間中では海上工事の実施は確認されなかった。

冬季の観測期間中では、海上工事は調査地点から約7.4kmにおいてヘッドランド整備工事の実施が確認された。海上調査は調査地点から約7.6kmにおいてNMB測量の実施が確認された。漁業は調査地点から約1.9kmにおいて刺網、底曳網、約8.6kmでは桁曳網（アカガイ）が実施されていた。

表2.2-7 調査地点周辺の工事・調査・漁業活動状況（宮城県山元町沖_夏季）

No.	4	調査対象海域	宮城県山元町沖
調査期	夏季	観測期間	2020年9月6日～9月21日
調査1	調査期間	8/31～9/30	
	概算距離	約7.6km	
	内容	深浅測量	
	出典	宮城県 仙台河川国道事務所 総務部	
漁業1	漁業期間	通年	
	概算距離	約1.9km	
	内容	刺網、底曳網	
	出典	宮城県漁業協同組合 仙南支所	
漁業2	漁業期間	7月～11月末	
	概算距離	約2.5km	
	内容	船曳網（シラス）	
	出典	宮城県漁業協同組合 仙南支所	

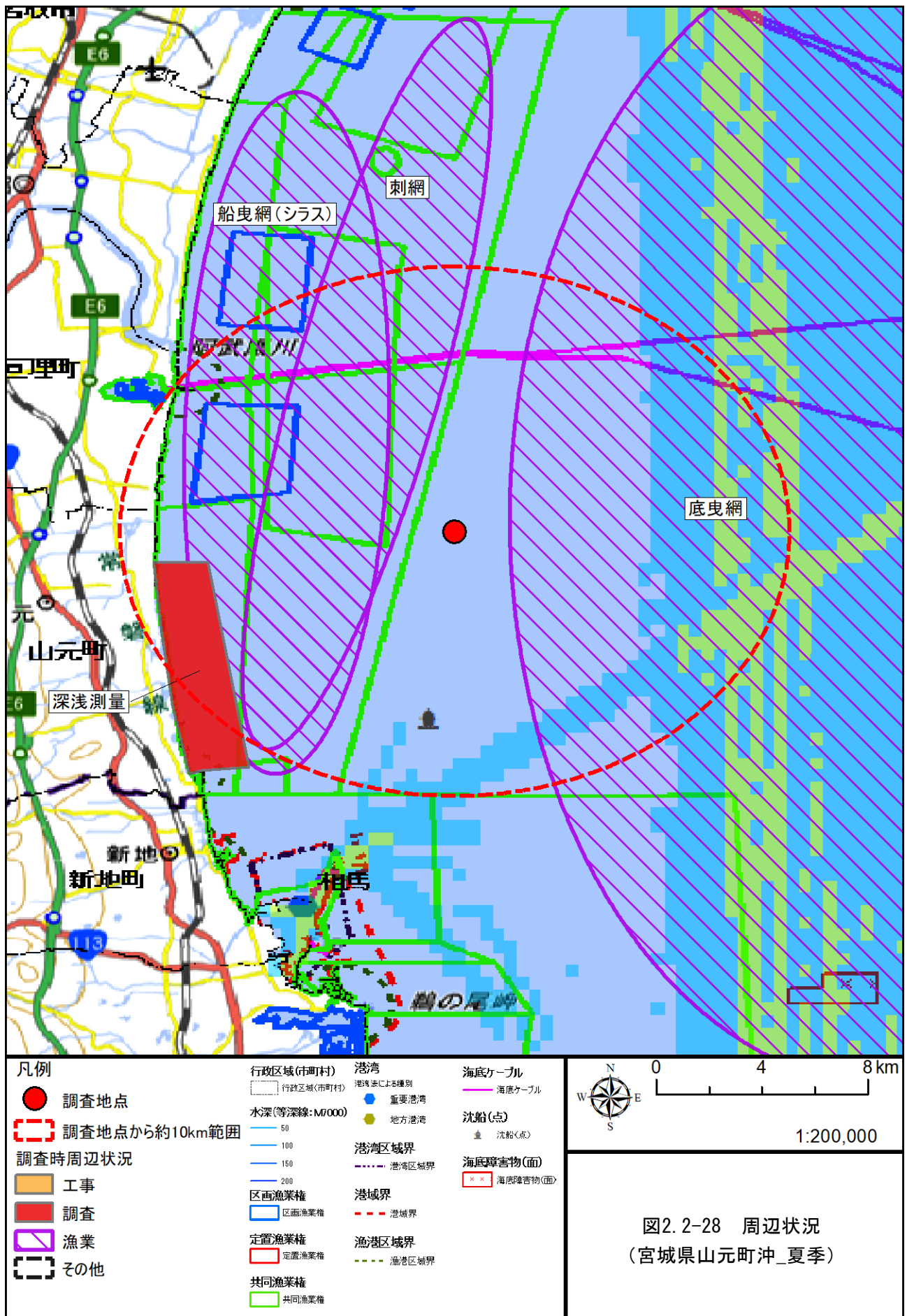
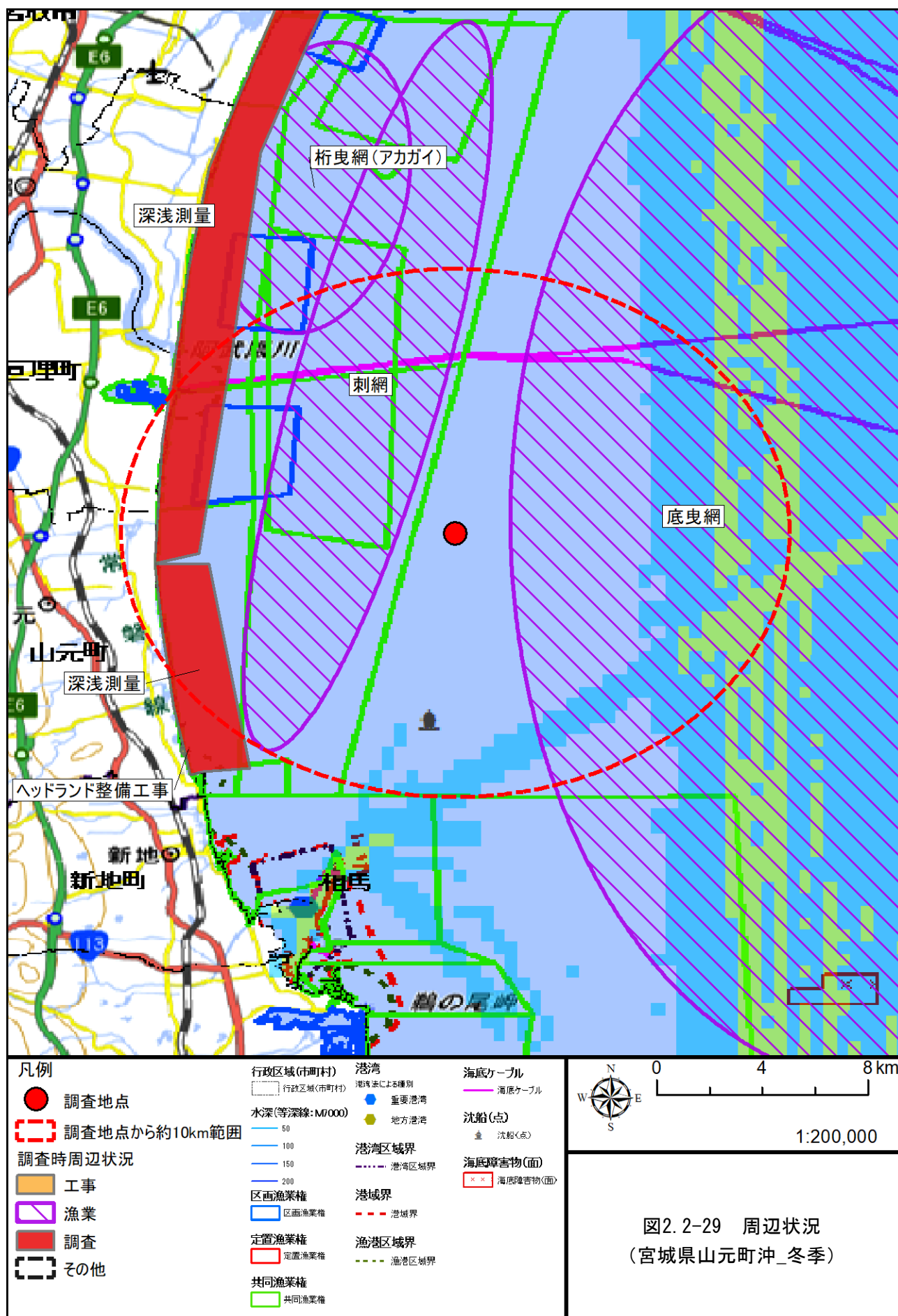


表2.2-8 調査地点周辺の工事・調査・漁業活動状況（宮城県山元町沖_冬季）

No.	4	調査対象海域	宮城県山元町沖
調査期	冬季	観測期間	2020年12月1日～12月16日
工事1	工事期間	12/1～12/16（土日除く）	
	概算距離	約7.4km	
	内容	ヘッドランド整備工事	
	出典	宮城県仙台土木事務所 総務部	
調査1	調査期間	12/4～12/10	
	概算距離	約7.6km	
	内容	深浅測量	
	出典	国土交通省 東北地方整備局 仙台海川国道事務所 調査第一課	
漁業1	漁業期間	通年	
	概算距離	約1.9km	
	内容	刺網、底曳網	
	出典	宮城県漁業協同組合 仙南支所	
漁業2	漁業期間	9月～6月末	
	概算距離	約8.6km	
	内容	桁曳網（アカガイ）	
	出典	宮城県漁業協同組合 仙南支所	



(3) 調査結果の解析

宮城県山元町沖における観測期間中（夏季：2020年9月6日～2020年9月21日、冬季：2020年12月1日～2020年12月16日）の長期間スペクトログラムを図2.2-30に、0A値の濃淡図を図2.2-31、気象・海象データの変動を図2.2-32に示す。

主要音源：

船舶音、テッポウエビ音等が確認された。

環境水中音の概観（夏季）：

長期間スペクトログラムによると、日周期的に18時～21時台に魚類の鳴音を確認され、100Hz～2kHz付近の周波数帯域において音圧レベルの上昇が見られた。また、0A値の濃淡図によると、上述の魚類の鳴音により音圧レベルの上昇する時間帯が日によって変動することが確認された。魚類の鳴音は潮汐の影響を受けることが知られており、潮汐の変動によって音圧レベルの上昇する時間帯が変動していることが考えられる。

また、長期間スペクトログラムによると、100Hz以下の周波数帯域では一律に他の周波数帯域に比べ音圧レベルが大きいこと、時間帯によって音圧レベルが大きく上昇する傾向が見られた。

環境水中音の概観（冬季）：

長期間スペクトログラムによると、冬季には夏季に見られた魚類の鳴音は確認されなかった。12月7日～12月12日にかけて、1～4kHz程度の範囲で音圧レベルの小さい時間帯が確認された。当該周波数帯において音圧レベルの上昇と下降の日周期性があるために、音圧レベルの小さい時間帯が顕著に確認された可能性が考えられる。また、200Hz付近、300Hz付近について、12月8日～12月11日を除き、直線的に音圧レベルが大きくなっている事象が確認された。

気象・海象データとの比較：

夏季において波高の上昇と音圧レベルの増加に関係性が見られた。また、2020年9月12日において、降水量の増加とともに音圧レベルの増加が見られた。

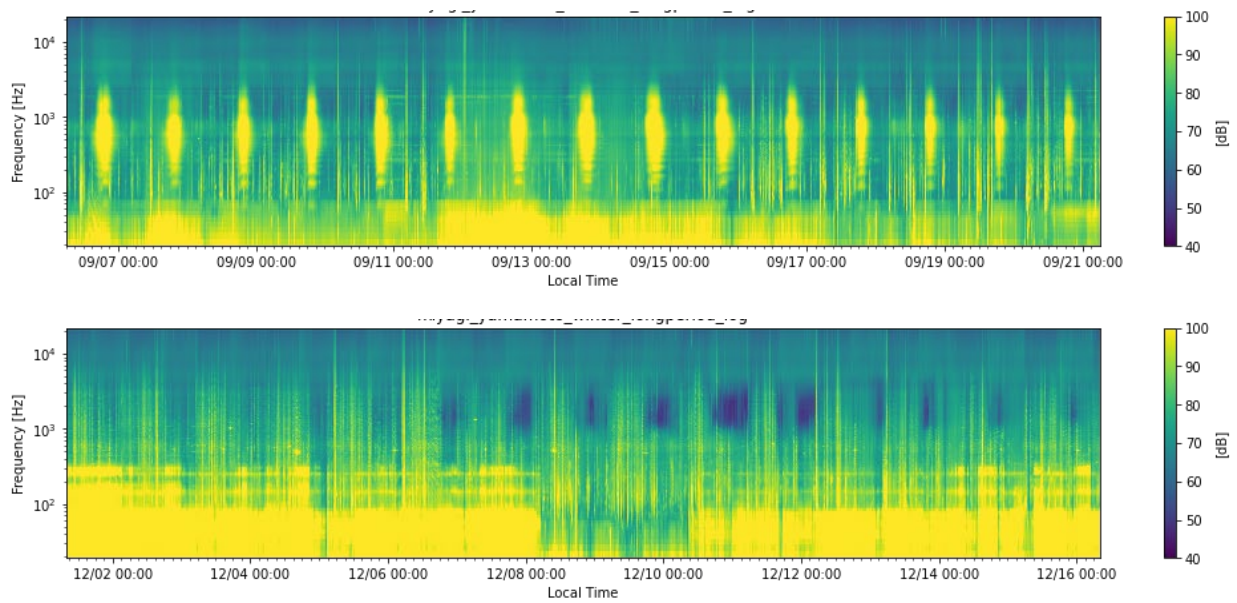


図2. 2-30 宮城県山元町沖の観測期間中の長期間スペクトログラム（上：夏季、下：冬季）

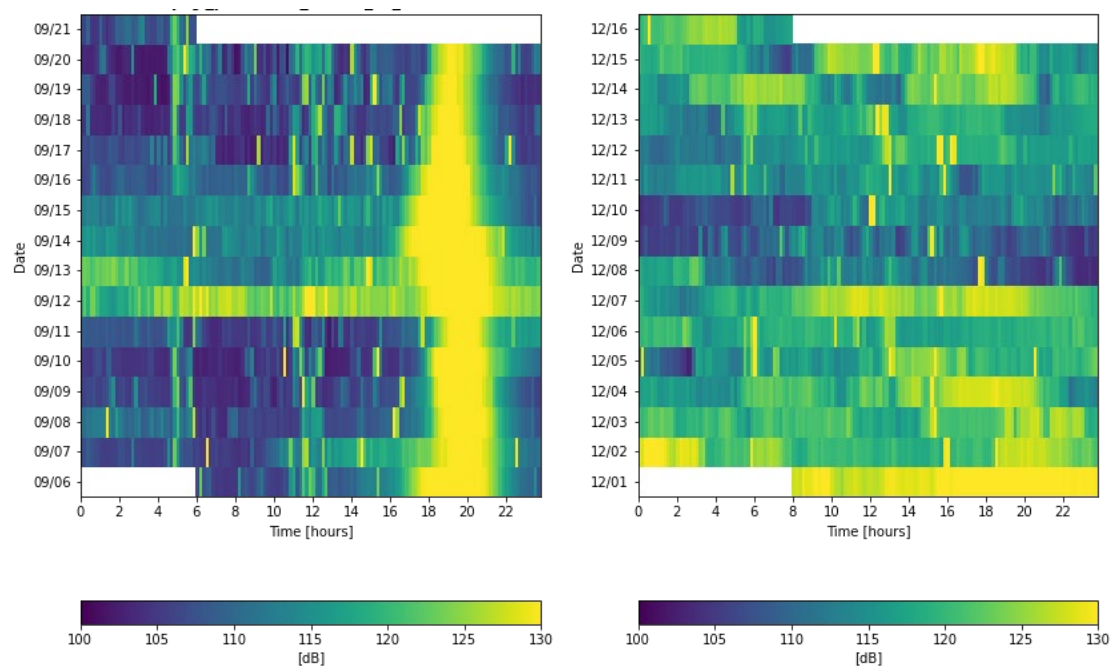


図2. 2-31 宮城県山元町沖の観測期間中のOA値の濃淡図（左：夏季、右：冬季）

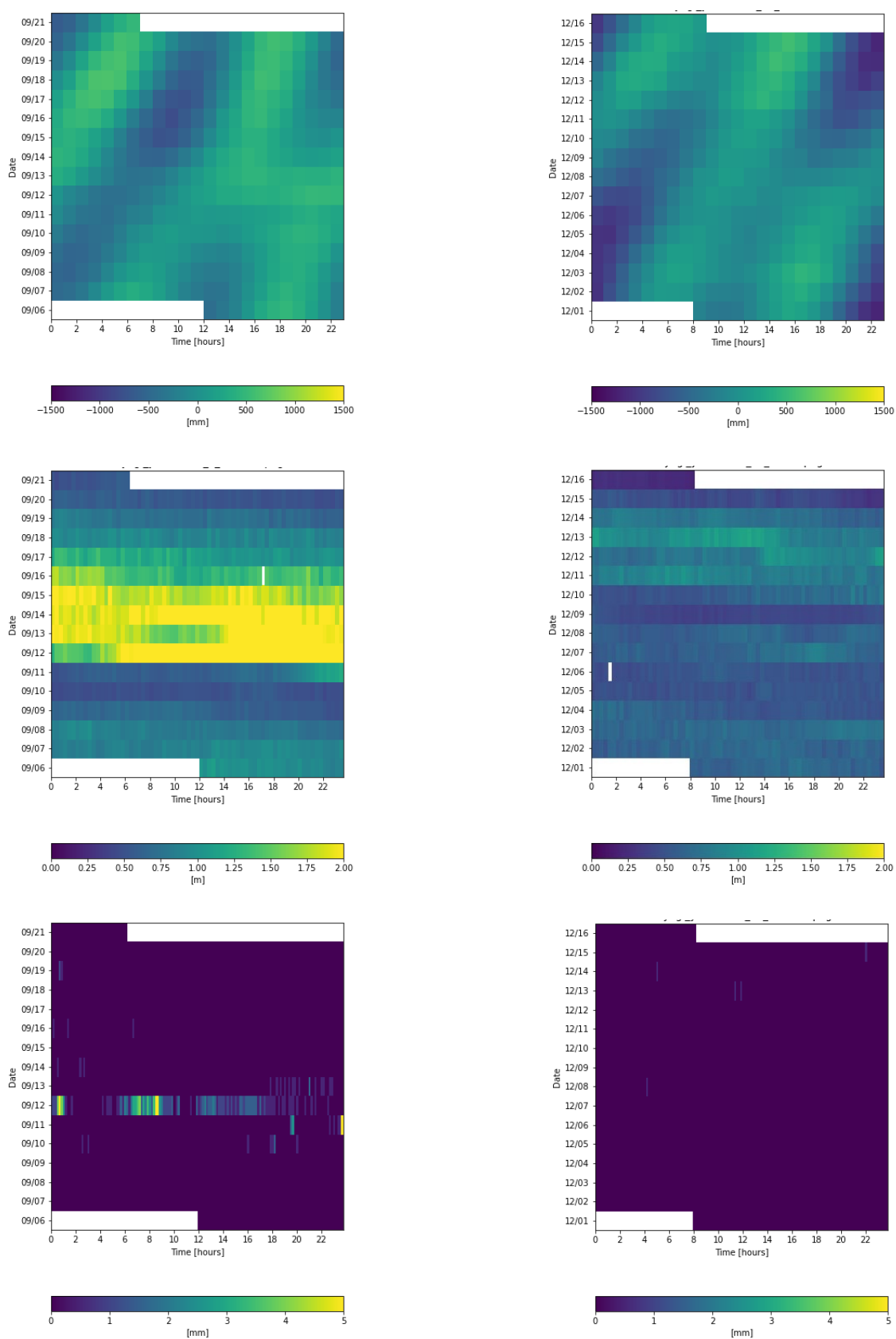


図2.2-32 宮城県山元町沖の観測期間中の気象・海象データの変動
(左：夏季、右：冬季、上：潮位、中：波高、下：降水量)

2.5 新潟県村上市沖海域

(1) 気象・海象データの整理

水中音響調査の観測期間中（夏季：2020年9月10日～2020年9月25日、冬季：2021年2月13日～2021年2月28日）における、気象・海象データを収集し整理した。収集したデータは、1時間の平均気温・合計降水量、1時間の潮位（東京湾平均海面（T.P.））、1時間の平均風速、20分間の有義波波高、有義波周期、20分間の最大波波高、最大波周期であり、整理した結果を図2.2-33～図2.2-34に示す。

夏季の観測期間中の平均気温は22.5℃で期間中の大きな変化が見られなかった。冬季の観測期間中の平均気温は3.4℃で、2月17日と2月18日で平均気温が0.1℃と低くなる傾向にあり、2月23日以降では徐々に気温が低くなる傾向にあった。

夏季の観測期間中の降雨は、9月10日、9月13日～9月15日、9月18日、9月19日、9月21日、9月25日で確認された。特に9月18日の18時には1時間で29.5mmの降水量を記録し、激しい雨が降ったことが確認された。冬季の観測期間中の降雨は、2月15日～2月24日、2月26日、2月27日に確認されたが、1時間当たりの降水量は最大で5.5mmであった。

夏季の観測期間中の毎時潮位は平均で17.2cm、最大で33.0cm、最小で-5.0cmであり、冬季の毎時潮位は平均で4.0cm、最大で34.0cm、最小で-36.0cmであった。夏季、冬季ともに観測期間中の1日の潮位差に大きな変化が見られなかった。

観測期間中の平均風速は夏季で2.3m/s、冬季で3.6m/sであり、夏季に比べて冬季の方が高い傾向にあった。観測期間を通して1時間当たりの最大の平均風速は、夏季で5.5m/s、冬季で10.8m/sであった。

夏季の観測期間中の平均の有義波波高は0.62mで、最大の有義波波高は1.9mであった。一方、冬季の観測期間中の平均の有義波波高は1.8mで、最大の有義波波高は2月16日に記録した5.3mであった。冬季では、有義波周期の平均は、夏季で5.8秒、冬季で11.8秒であった。

また、夏季の最大波波高の平均は1.0m、最大波周期の平均は5.8秒であった。

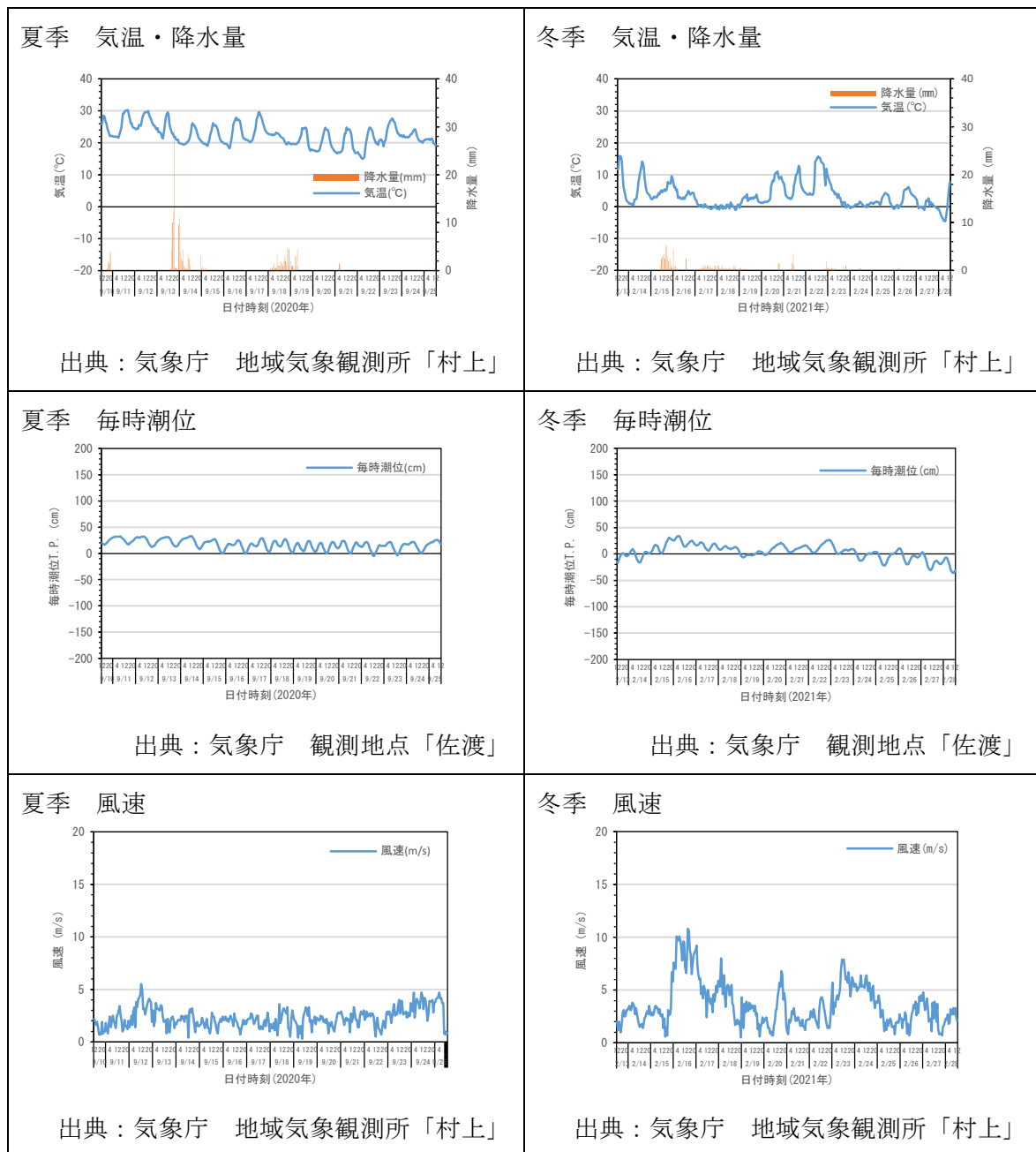
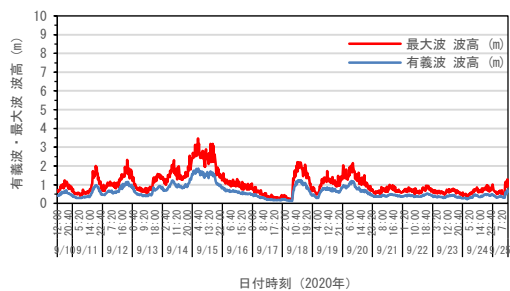


図2.2-33 新潟県村上市周辺の気象・海象データの時間変動
(左：夏季、右：冬季、上：気温・降水量、中：潮位、下：風速)

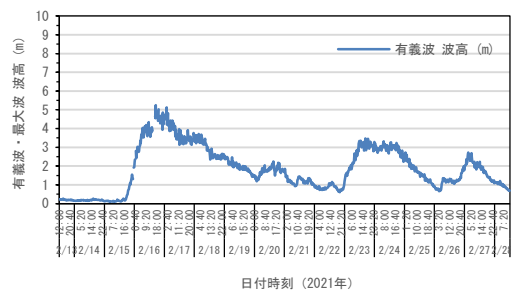
夏季 波高（有義波・最大波）



出典：国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網 波浪観測地点「新潟沖」

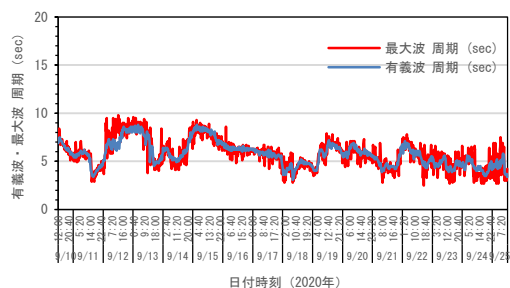
冬季 波高（有義波）

最大波波高は2021年3月時点で取得できなかった。



出典：国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網 波浪観測地点「新潟沖」

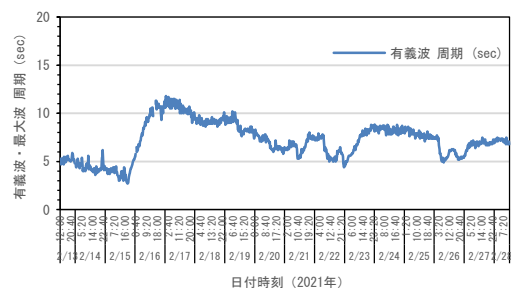
夏季 周期（有義波・最大波）



出典：国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網 波浪観測地点「新潟沖」

冬季 周期（有義波）

最大波周期は2021年3月時点で取得できなかった。



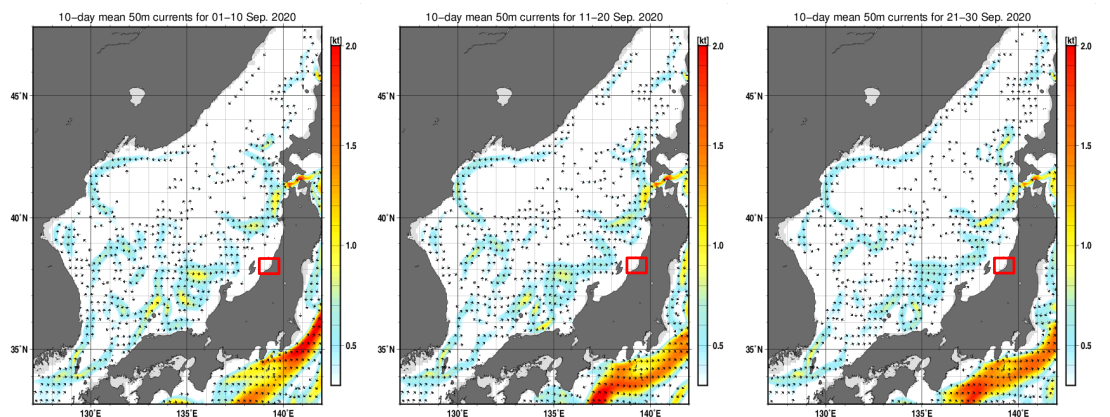
出典：国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網 波浪観測地点「新潟沖」

図2.2-34 新潟県村上市周辺の気象・海象データの時間変動（空白部分は欠測値を示す）
（左：夏季、右：冬季、上：有義波波高・最大波波高、下：有義波周期・最大波周期）

また、地元漁業関係者へヒアリングを実施し、調査地点周辺の底質は砂が分布しており、海底地形は、設置位置では遠浅の平坦な地形が確認された。

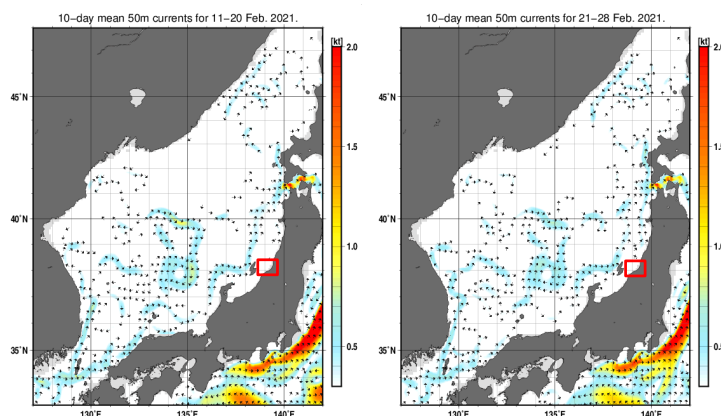
夏季および冬季の観測期間中の調査対象海域の深さ50mでの旬別平均海流について図2. 2-35に示す。

夏季 深さ50mの平均海流（左から2020年9月上旬、2020年9月中旬、2020年9月下旬）
赤枠は調査対象海域を示す。流速が0.2kt未満は描画していない。



出典：気象庁 旬平均海流「日本海海域」

冬季 深さ50mの平均海流（左から2021年2月中旬、2021年2月下旬）
赤枠は調査対象海域を示す。流速が0.2kt未満は描画していない。



出典：気象庁 旬平均海流「日本海海域」

赤枠で示した調査対象海域の海流は、2020年9月上旬、2020年9月中旬、2020年9月下旬のいずれも0.2kt未満で弱かった。

2021年2月中旬、2021年2月下旬の調査対象海域の海流も0.2kt未満と弱かった。

本業務では、水深約30mに水中音響録音機器を設置しており、深さ30mでの平均海流の情報は取得できなかった。

図2. 2-35 新潟県村上市沖の深さ50mの旬平均海流（上：夏季、下：冬季）

(2) 周辺の状況の把握

水中音響調査の観測期間中（夏季：2020年9月10日～2020年9月25日、冬季：2021年2月13日～2021年2月28日）における、調査地点周辺で確認された海上工事や沿岸海域調査等について収集し整理したものを表2.2-9～表2.2-10、図2.2-36～図2.2-37に示す。

なおヒアリング先は、新潟県 村上地域振興局、新潟県 新発田地域振興局、新潟海上保安部 交通課、新潟漁業協同組合 岩船支所、地元漁業関係者とした。

夏季の観測期間中では、海上工事は調査地点から約4.1kmの位置において、岩船港航路浚渫（ポンプ浚渫）の実施が確認された。漁業は調査地点から約1.6kmの位置において刺網が、約1.5kmでは一本釣り（アジ等）の実施が確認された。またその他項目として調査地点から約4.5kmの位置において小型船舶の講習の実施が確認された。なお、夏季の観測期間中では海上調査の実施は確認されなかった。

冬季の観測期間中では、漁業は調査地点から約1.5kmの位置において一本釣り（ブリ等）が、約6.6kmでは板曳網（カレイ、マダイ等）の実施が確認された。なお、冬季の観測期間中では海上工事及び海上調査の実施は確認されなかった。

表2.2-9 調査地点周辺の工事・調査・漁業活動状況（新潟県村上市沖_夏季）

No.	5	調査対象海域	新潟県村上市沖
調査期	夏季	観測期間	2020年9月10日～9月25日
工事1	工事期間	9/1～9/30	
	概算距離	約4.1km	
	内容	岩船港航路浚渫（ポンプ浚渫）	
	出典	新潟海上保安部 交通課	
漁業1	漁業期間	9/10～9/25	
	概算距離	約1.6km	
	内容	刺網	
	出典	新潟漁業協同組合 岩船支所	
漁業2	漁業期間	9/10～9/25	
	概算距離	約1.5km	
	内容	一本釣り（アジ等）	
	出典	新潟漁業協同組合 岩船支所	
その他	期間	9/14～9/17、9/20～9/21	
	概算距離	約4.5km	
	内容	小型船舶の講習	
	出典	新潟海上保安部 交通課	

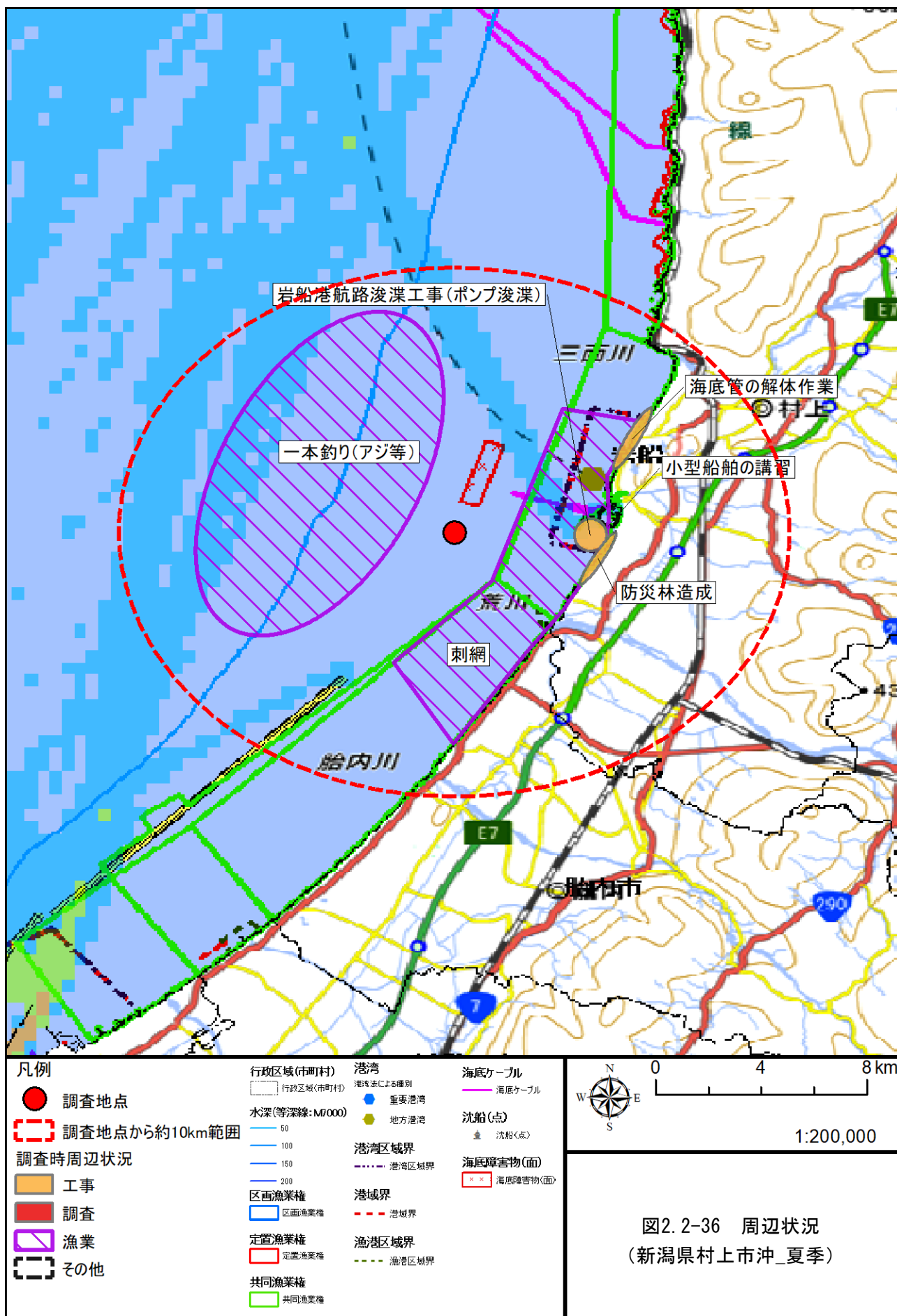
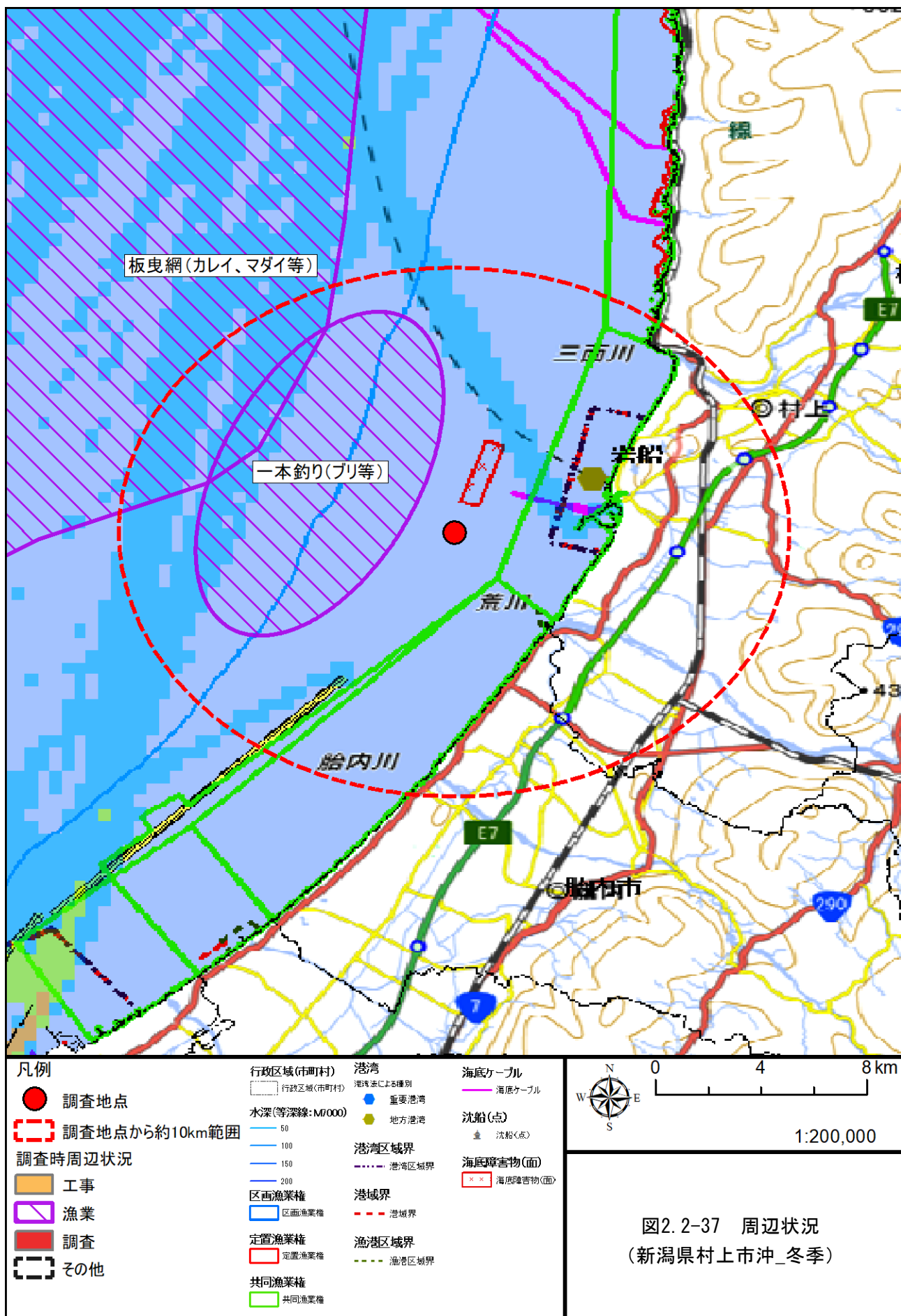


表2.2-10 調査地点周辺の工事・調査・漁業活動状況（新潟県村上市沖_冬季）

No.	5	調査対象海域	新潟県村上市沖
調査期	冬季	観測期間	2021年2月13日～2月28日
工事	冬季調査期間における工事・調査は確認されなかった。		
調査	出典	新潟海上保安部 交通課、新潟県村上市地域振興局、新潟県新発田地域振興局	
漁業1	漁業期間	2/13～2/28	
	概算距離	約1.5km	
	内容	一本釣り（ブリ等）	
	出典	新潟漁業協同組合 岩船支所	
漁業2	漁業期間	2/13～2/28	
	概算距離	約6.6km	
	内容	板曳網（カレイ、マダイ等）	
	出典	新潟漁業協同組合 岩船支所	



(3) 調査結果の解析

新潟県村上市沖における観測期間中（夏季：2020年9月10日～2020年9月25日、冬季：2021年2月13日～2021年2月28日）の長期間スペクトログラムを図2.2-38に、0A値の濃淡図を図2.2-39、気象・海象データの変動を図2.2-40に示す。

主要音源：

船舶音、テッポウエビ音、夏季において魚類の鳴音等が確認された。

環境水中音の概観（夏季）：

長期間スペクトログラム、0A値の濃淡図によると、9月18日頃を境に音圧レベルが相対的に大きくなる傾向が見られた。また、日周期的に500Hz～1kHz付近の周波数帯に音圧レベルの上昇が見られた。聴感上で確認できた時間帯と確認できなかった時間帯はあるものの、日周期的に魚類の鳴音を確認されたことが音圧レベルの増加に寄与しているものと考えられる。また、長期間スペクトログラムによると、観測期間前半の9月18日頃までとそれ以降において、前半では全周波数帯域において相対的に音圧レベルが小さく、後半は相対的に音圧レベルの大きいことが確認された。

環境水中音の概観（冬季）：

長期間スペクトログラム、0A値の濃淡図によると、観測期間中のうち100Hz以下の周波数帯域における音圧レベルが特に大きい期間や、全周波数帯域に渡って音圧レベルが大きい期間が確認された。夏季と同様の魚類の鳴音は確認されなかった。

気象・海象データとの比較：

0A値の濃淡図によると、夏季の9月18日～9月20日にかけて波高の上昇に伴う音圧レベルの上昇が見られたが、9月14日～9月15日にかけての波高の上昇時には音圧レベルの上昇は見られなかった。

冬季については、波高の上昇に伴う音圧レベルの上昇が確認され、特に2月16日～2月17日にかけてその傾向が顕著であった。

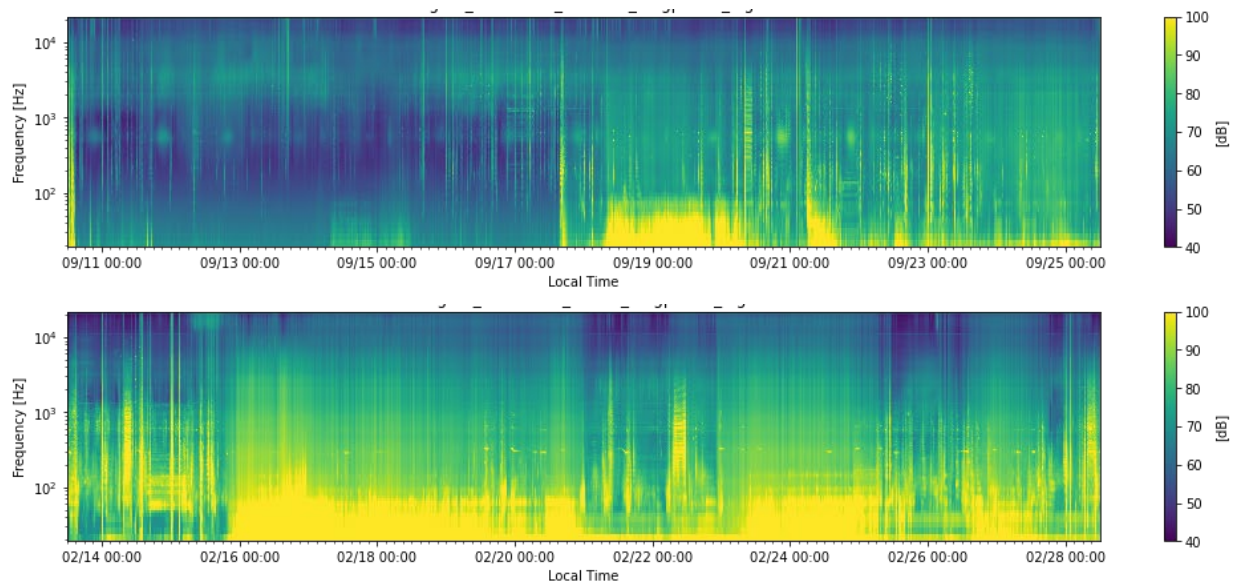


図2. 2-38 新潟県村上市沖の観測期間中の長期間スペクトログラム（上：夏季、下：冬季）

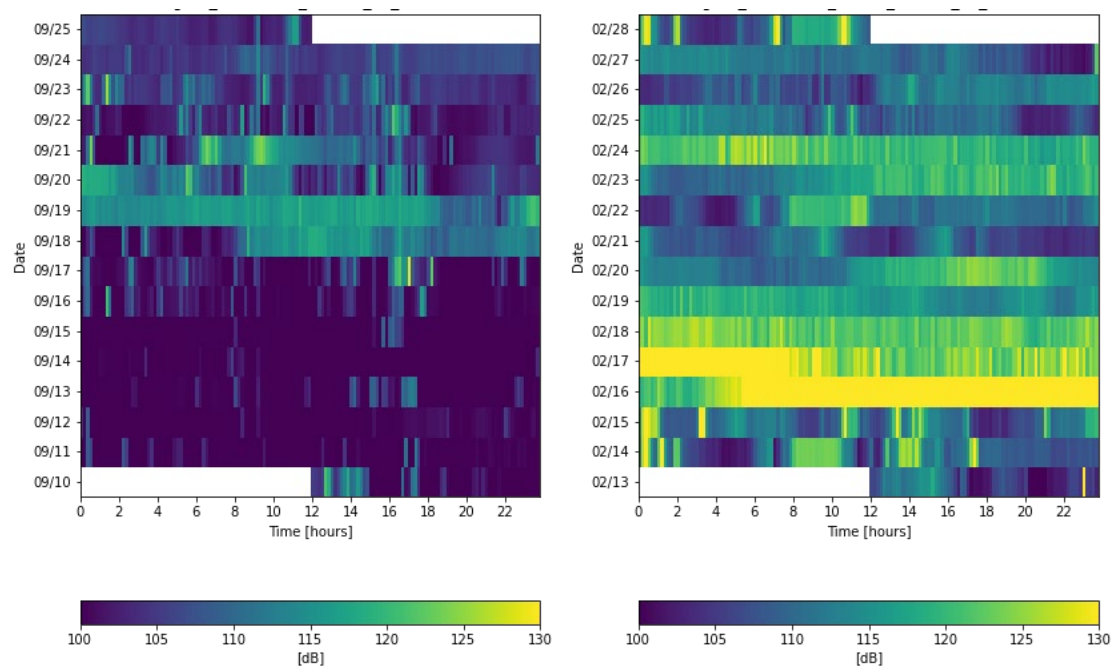


図2. 2-39 新潟県村上市沖の観測期間中のOA値の濃淡図（左：夏季、右：冬季）

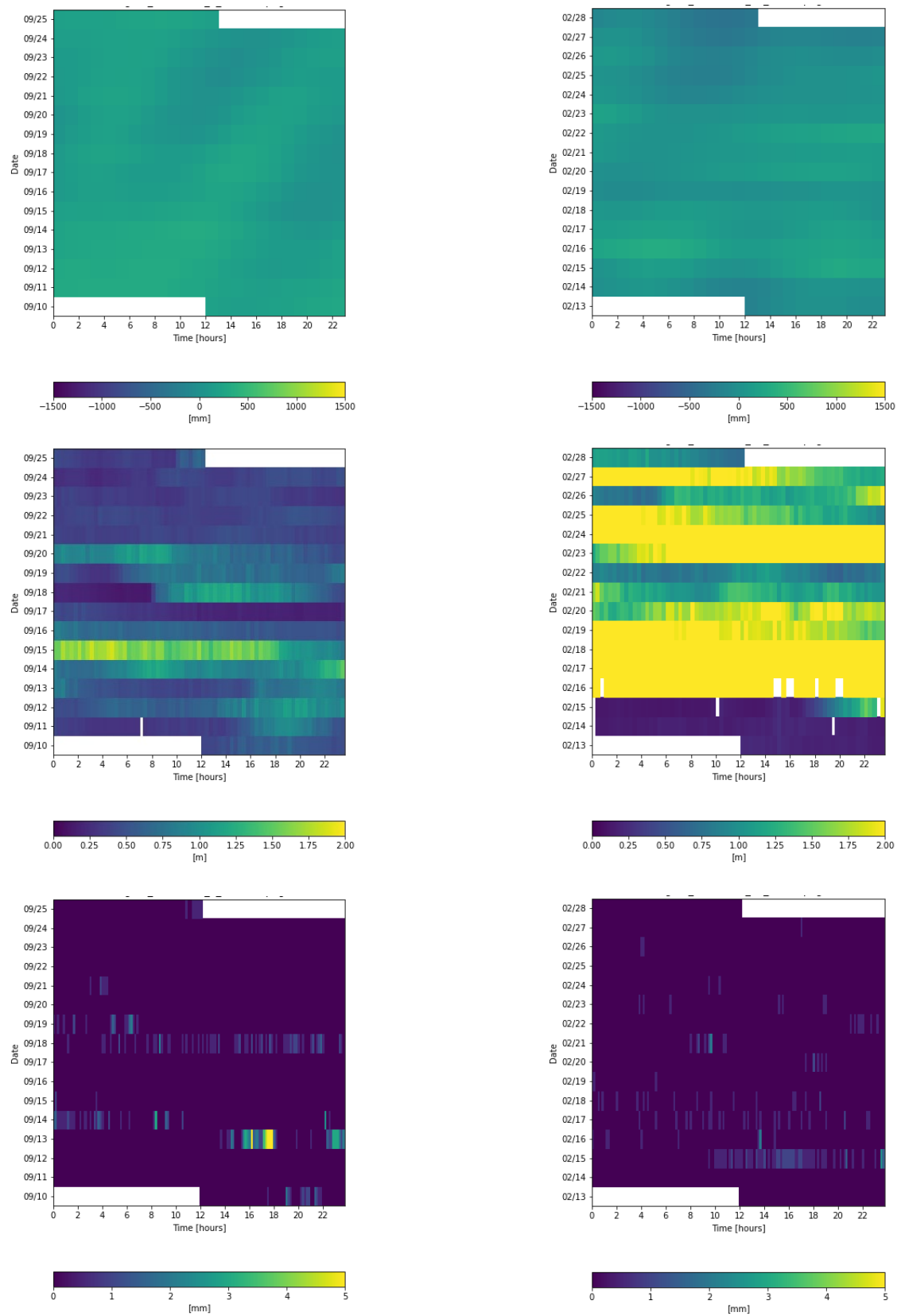


図2. 2-40 新潟県村上市沖の観測期間中の気象・海象データの変動
 (左：夏季、右：冬季、上：潮位、中：波高、下：降水量)

2.6 神奈川県横須賀市沖海域

(1) 気象・海象データの整理

水中音響調査の観測期間中（夏季：2020年9月3日～2020年9月18日、冬季：2021年3月6日～2021年3月21日）における、気象・海象データを収集し整理した。収集したデータは、1時間の平均気温・合計降水量、1時間の潮位（東京湾平均海面（T.P.））、1時間の平均風速、1時間の有義波波高、有義波周期であり、整理した結果を図2.2-41～図2.2-42に示す。

夏季の観測期間中の平均気温は26.3℃で期間中に徐々に気温が低くなる傾向にあった。冬季の観測期間中の平均気温は12.1℃で、3月7日～3月9日にかけての平均気温は8.1℃と低く、それ以降は徐々に気温が高くなる傾向にあった。

夏季の観測期間中の降雨は、9月3日、9月5日～9月13日、9月16日で確認された。降水量は9月7日の5時に9.5mmを記録したのが最大であった。また、冬季の観測期間中の降雨は、3月6日、3月8日、3月9日、3月12日、3月13日、3月21日で確認された。降水量は3月13日の8時に8.5mmを記録したのが最大であった。

夏季の観測期間中の毎時潮位は平均で10.8cm、最大で84.1cm、最小で-72.7cmであり、冬季の毎時潮位は平均で-2.3cm、最大で64.5cm、最小で-85.1cmであった。夏季の1日の潮位差は、観測の初期から中期にかけて徐々に小さくなり、その後徐々に大きくなった。一方、冬季の潮位の値は観測の初期が低く、また1日の潮位差は観測の初期から中期にかけて大きくなり、その後徐々に小さくなった。

観測期間中の平均風速は夏季で3.3m/s、冬季で3.5m/sであり、観測期間を通して1時間当たりの最大の平均風速は、夏季で8.9m/s、冬季で9.3m/sであった。風速は、夏季と冬季で大きな差は見られなかった。

観測期間中の平均の有義波波高は夏季で0.79m、冬季で0.63mであり、最大の有義波波高は夏季で2.3m、冬季で2.1mであった。有義波波高は、夏季と冬季で大きな差が見られず、ともに安定して波が穏やかであった。有義波周期の平均は、夏季で7.7秒、冬季で7.0秒であった。

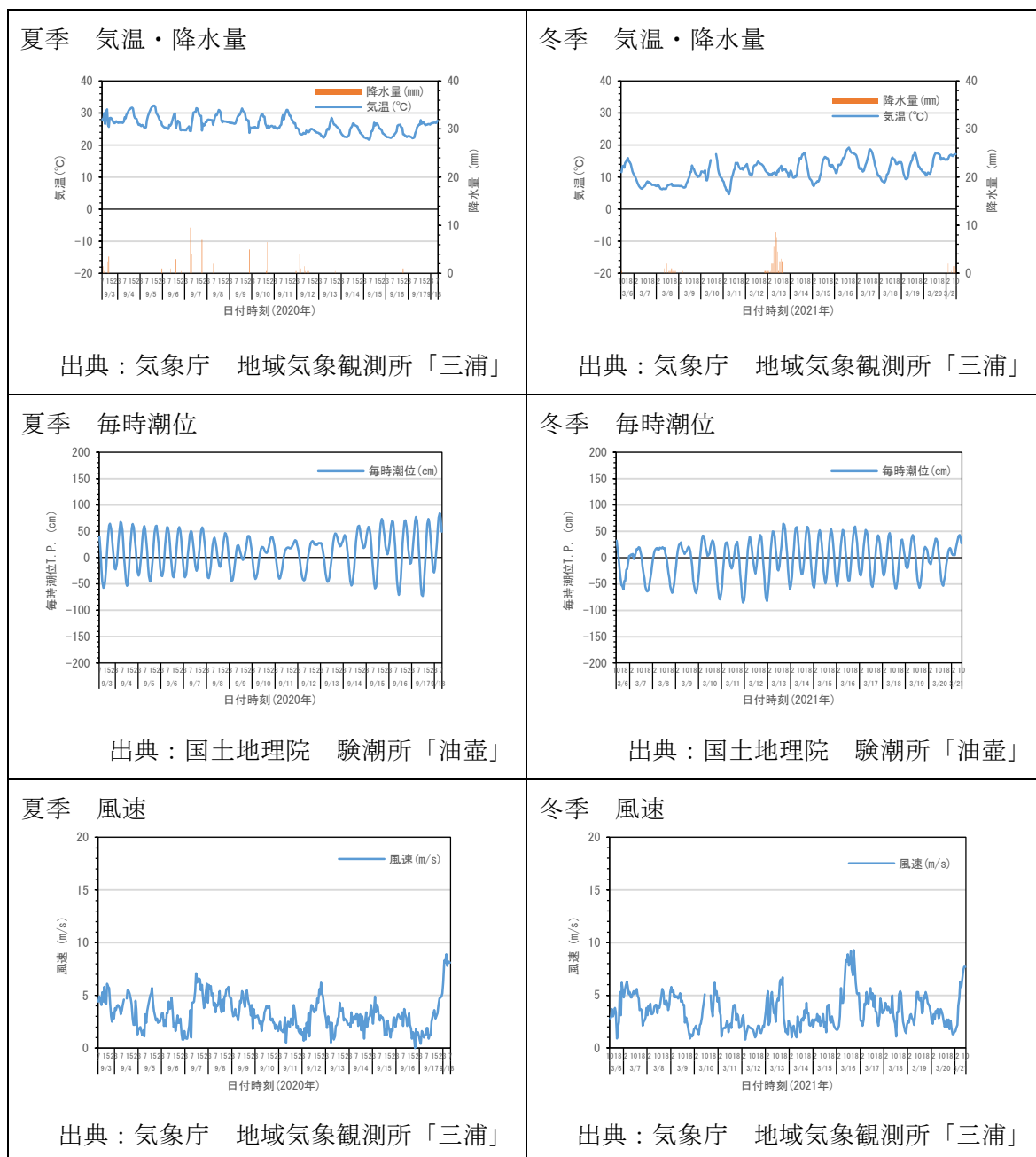


図2.2-41 神奈川県横須賀市周辺の気象・海象データの時間変動（空白部分は欠測値を示す）
（左：夏季、右：冬季、上：気温・降水量、中：潮位、下：風速）

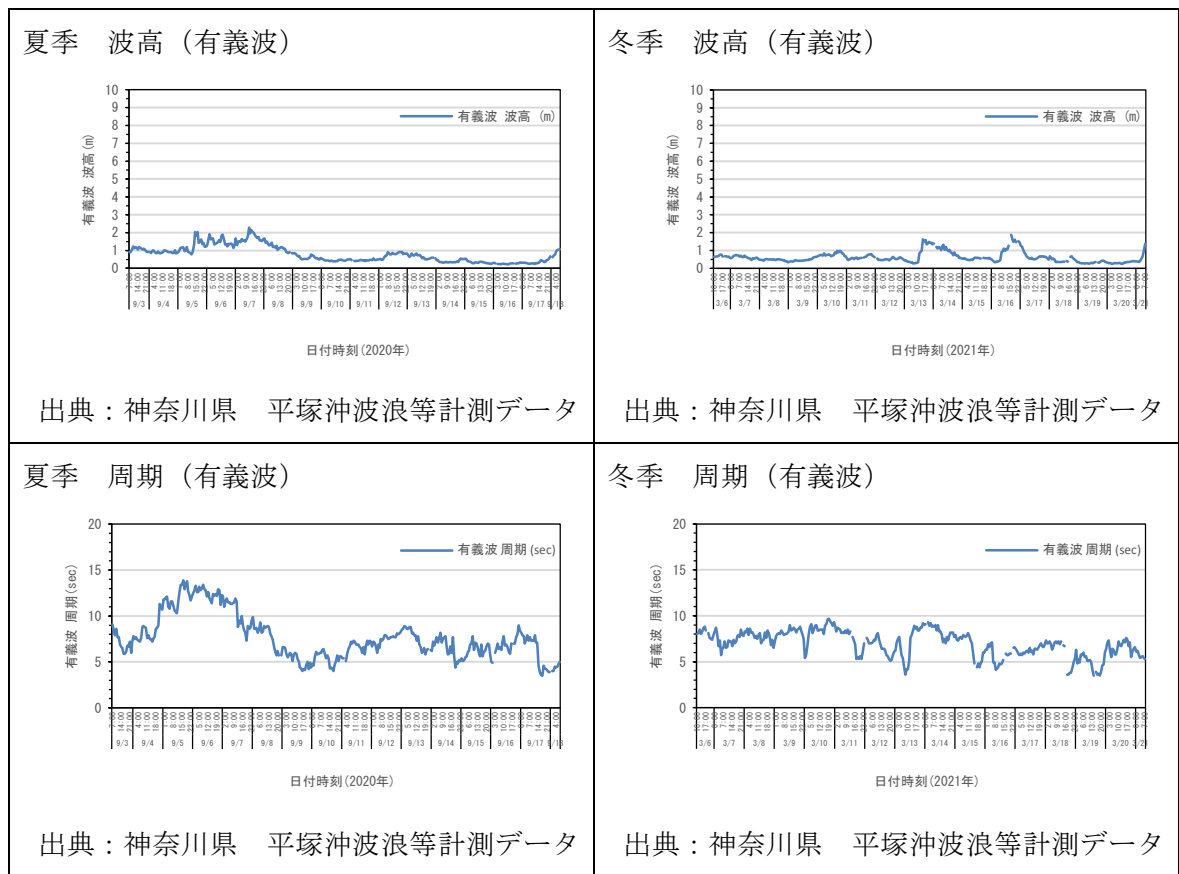


図2.2-42 神奈川県横須賀市周辺の気象・海象データの時間変動（空白部分は欠測値を示す）
（左：夏季、右：冬季、上：有義波波高、下：有義波周期）

また、地元漁業関係者へヒアリングを実施し、調査地点周辺の底質は設置位置では砂で、周辺には岩礁が分布しており、海底地形は設置位置では凹凸のある根が複数存在していることが確認された。

夏季および冬季の観測期間中の調査対象海域の深さ50mでの旬別平均海流について図2. 2-43に示す。

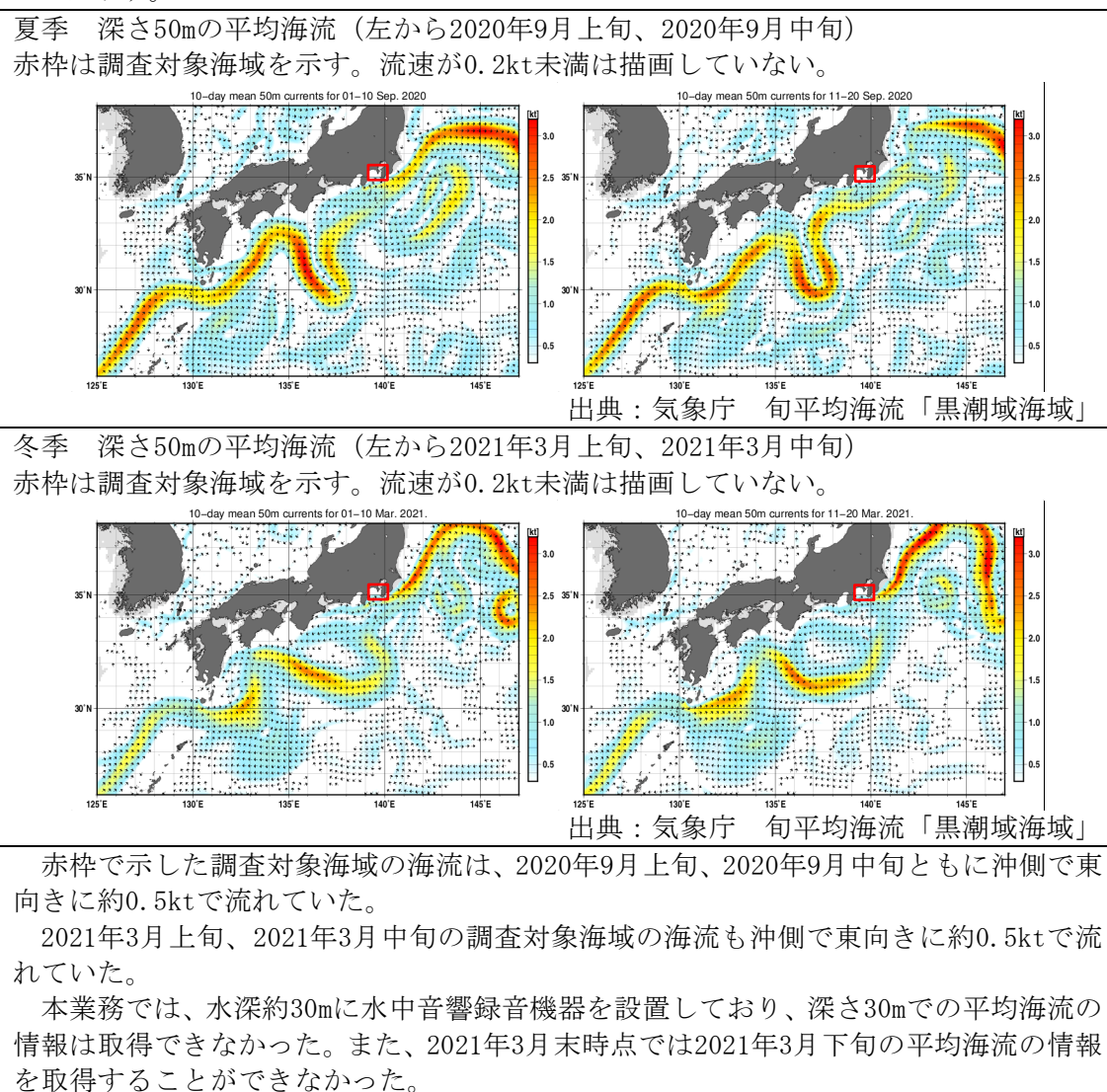


図2. 2-43 神奈川県横須賀市沖の深さ50mの旬平均海流（上：夏季、下：冬季）

(2) 周辺の状況の把握

水中音響調査の観測期間中（夏季：2020年9月3日～2020年9月19日、冬季：2021年3月6日～2021年3月21日）における、調査地点周辺で確認された海上工事や沿岸海域調査等について収集し整理したものを表2.2-11～表2.2-12、図2.2-44～図2.2-45に示す。

なおヒアリング先は、神奈川県 横須賀土木事務所 河川砂防課、神奈川県 東部漁港事務所 工務課、横須賀市 みなと振興部 水産振興課、横須賀海上保安部 交通課、長井漁業協同組合、地元漁業関係者とした。

夏季の観測期間中では、漁業は調査地点の周辺において刺網（ヒラメ）、タコつぼ、遊漁船の実施が確認された。なお、夏季の観測期間中では海上工事及び海上調査の実施は確認されなかった。

冬季の観測期間中では、海上工事は調査地点から約4.8kmにおいて長井漁港浚渫工事（起重機船使用）が、約4.1kmでは佐島漁港防波堤コンクリート打設工事の実施が確認された。調査地点の周辺において刺網（ヒラメ）、タコつぼ、遊漁船の実施が確認された。なお、冬季の観測期間中では海上調査の実施は確認されなかった。

表2.2-11 調査地点周辺の工事・調査・漁業活動状況（神奈川県横須賀市沖_夏季）

No.	6	調査対象海域	神奈川県横須賀市沖
調査期	夏季	観測期間	2020年9月3日～9月19日
工事 調査	夏季調査期間における工事・調査は確認されなかった。		
	出典	横須賀海上保安部 交通課、横須賀土木事務所 河川砂防課、横須賀市 水産振興課、東部漁港事務所 工務課	
漁業1	漁業期間	通年	
	概算距離	0km（調査地点周辺全域を利用）	
	内容	刺網（ヒラメ）、タコつぼ、遊漁船	
	出典	地元漁業関係者	

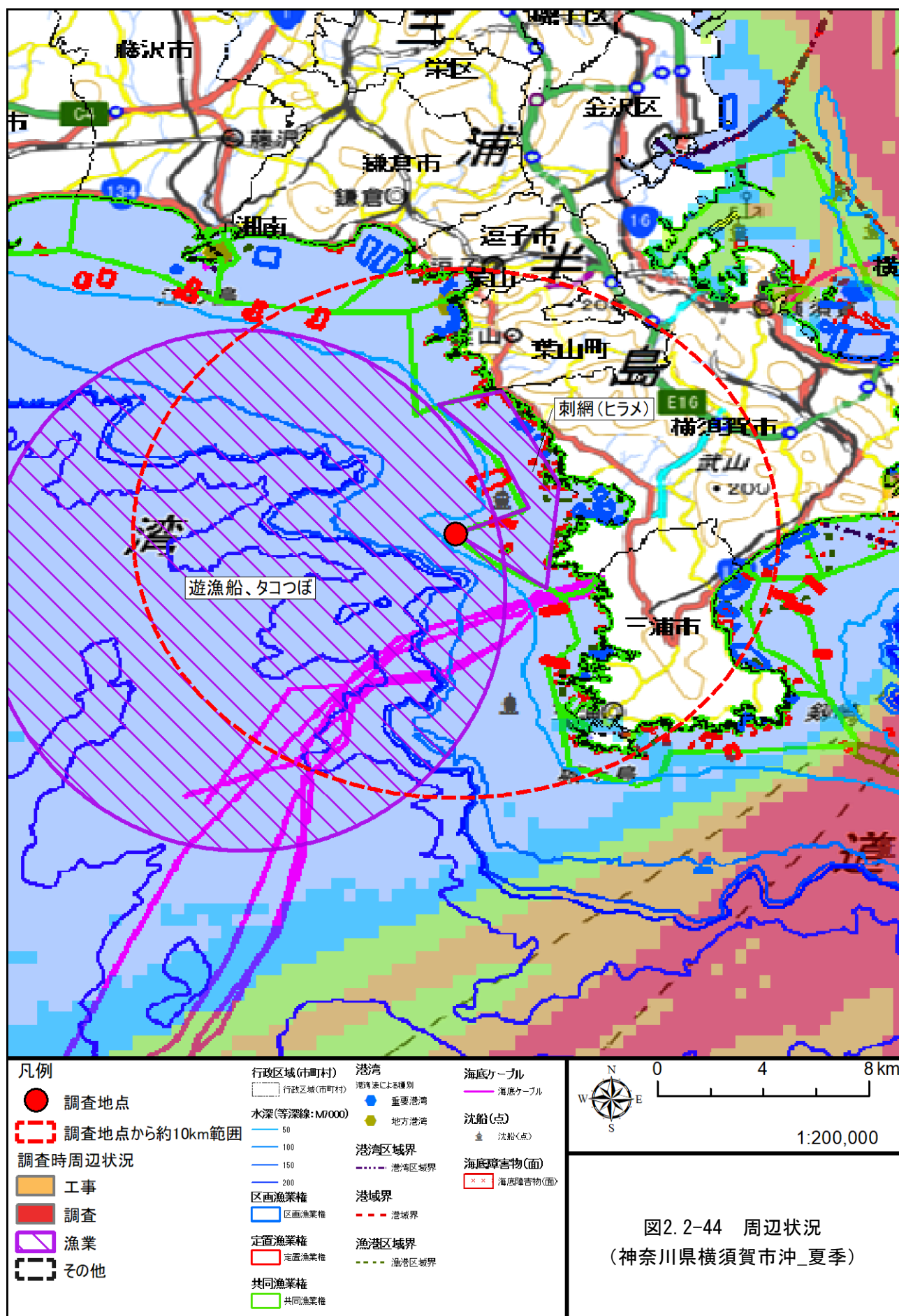
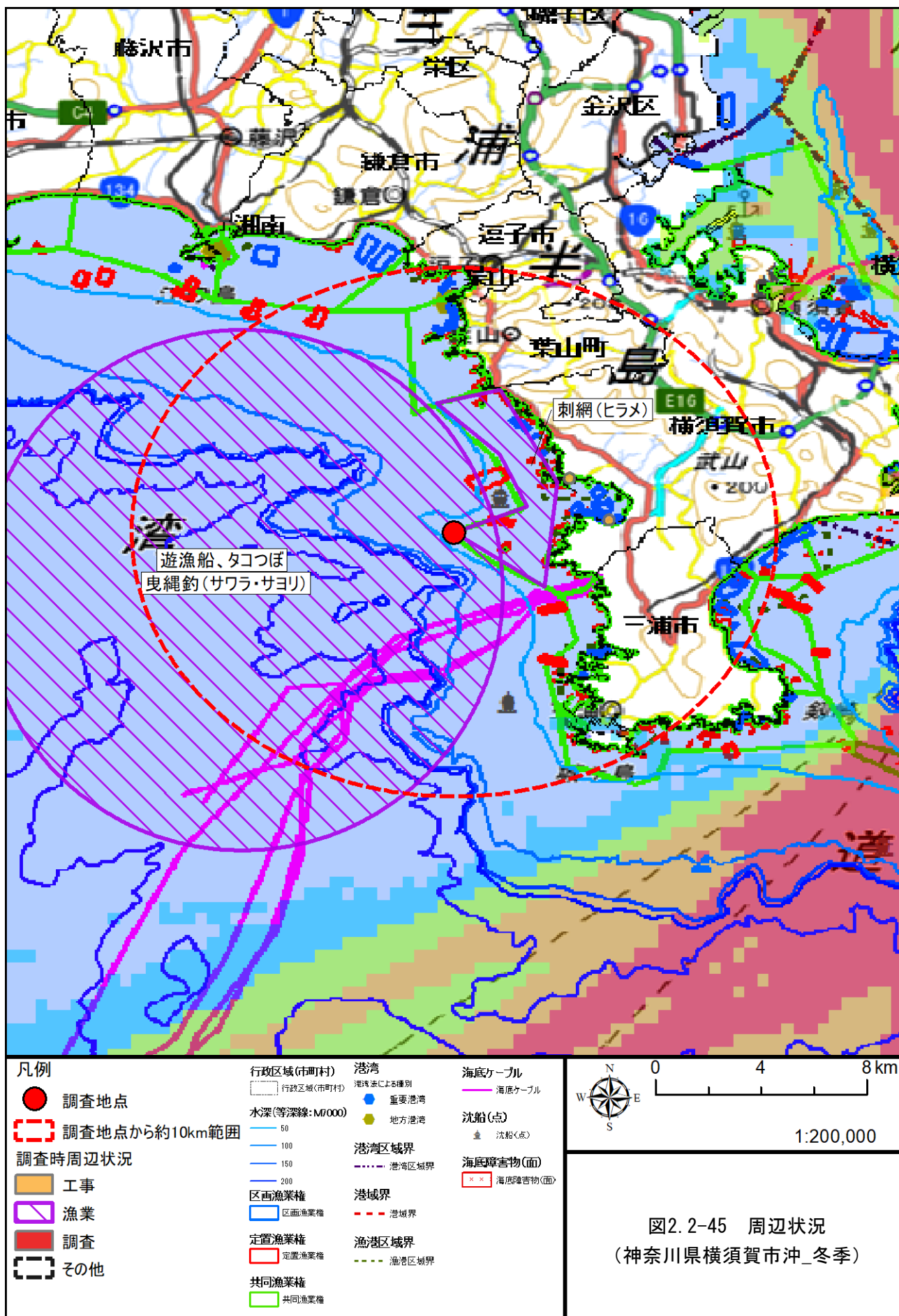


表2.2-12 調査地点周辺の工事・調査・漁業活動状況（神奈川県横須賀市沖_冬季）

No.	6	調査対象海域	神奈川県横須賀市沖
調査期	冬季	観測期間	2021年3月6日～3月21日
工事1	工事期間	3/1～3/31	
	概算距離	約4.8km	
	内容	長井漁港浚渫工事（起重機船使用）	
	出典	横須賀市水産振興課、長井町漁業協同組合	
工事2	工事期間	11月末～3/22	
	概算距離	約4.1km	
	内容	佐島漁港防波堤コンクリート打設工事	
	出典	横須賀市水産振興課、長井町漁業協同組合	
漁業1	漁業期間	通年	
	概算距離	0km（調査地点周辺全域を利用）	
	内容	刺網（ヒラメ）、タコつぼ、遊漁船	
	出典	地元漁業関係者	



(3) 調査結果の解析

神奈川県横須賀市沖における観測期間中(夏季:2020年9月3日～2020年9月18日、冬季:2021年3月6日～2021年3月21日)の長期間スペクトログラムを図2.2-46に、OA値の濃淡図を図2.2-47、気象・海象データの変動を図2.2-48に示す。

主要音源：

船舶音、テッポウエビ音、夏季において魚類の鳴音等が確認された。

環境水中音の概観(夏季)：

長期間スペクトログラムによると、19時台に500～2kHz付近において、魚類の鳴音が確認され日周期的に音圧レベルが上昇する傾向が見られたが、魚類の鳴音が明瞭に確認されたその他の地点と比べると鳴音の音圧レベルは比較的小さかった。これは、観測期間が当該海域周辺に生息する種の魚類の主な繁殖期である春先～8月を過ぎた9月であることから、魚類の鳴音が繁殖期に比べて活発でない可能性が考えられる。また、長期間スペクトログラム及びOA値の濃淡図によると、18時台～6時台において、10kHz以上の周波数帯域及びOA値の音圧レベルがその他の時間帯に比べて上昇する傾向が見られた。これは夜間にテッポウエビ類の生物の活動が活発になる傾向が反映されている可能性が考えられる。

環境水中音の概観(冬季)：

長期間スペクトログラムによると、夏季に確認された魚類の鳴音は、冬季には確認されなかった。また、長期間スペクトログラム、OA値の濃淡図によると、夏季に比べ、音圧レベルが大きい傾向が見られた。しかし、音として確認されるのはシンカー等が周辺の岩礁に衝突する音が聞かれ、実際の環境水中音の音圧レベルは比較的小さいものと考えられる。そのため、今後の解析においては、衝突音を除外し平均化し環境水中音の状況を把握する必要がある。

気象・海象データとの比較：

OA値の濃淡図によると、夏季の9月4日～9月8日において波高の上昇とOA値との間に関係が見られた。冬季においては、気象・海象データとの関係性は見られなかった。

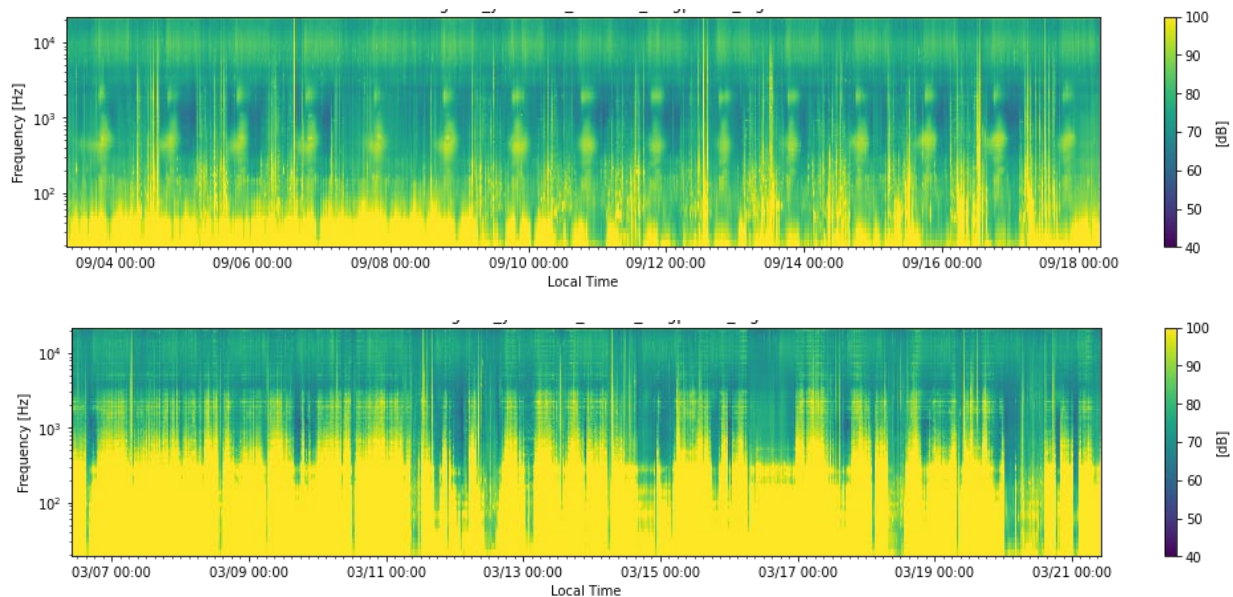


図2.2-46 神奈川県横須賀市沖の観測期間中の長期間スペクトログラム（上：夏季、下：冬季）

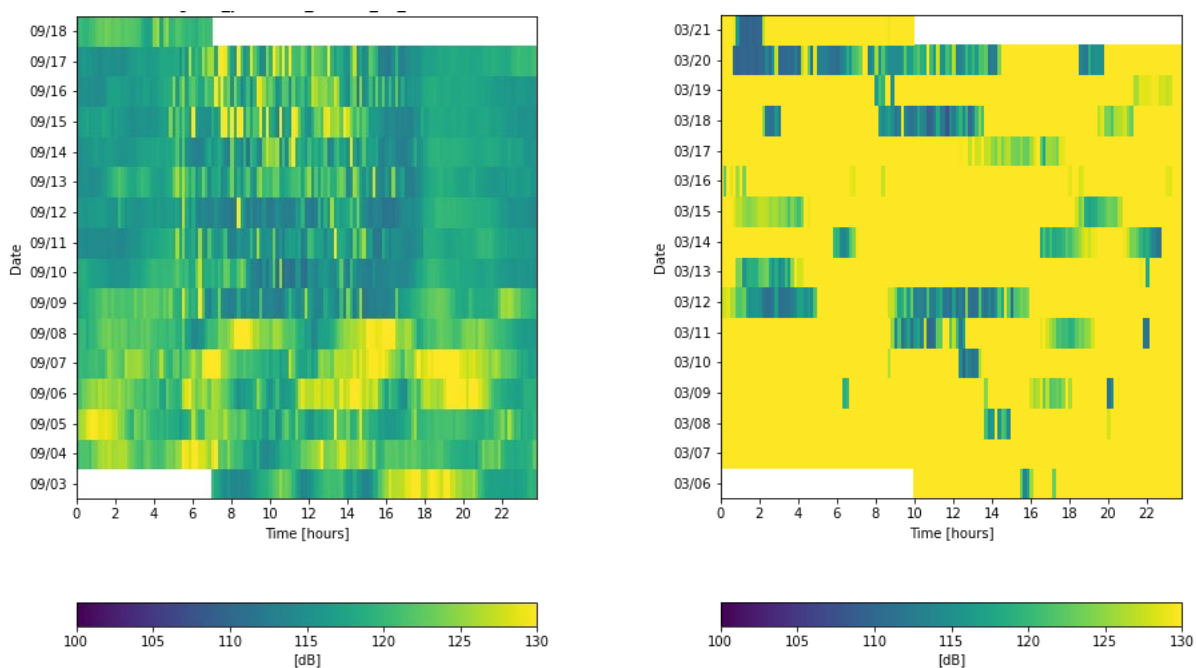


図2.2-47 神奈川県横須賀市沖の観測期間中のOA値の濃淡図（左：夏季、右：冬季）

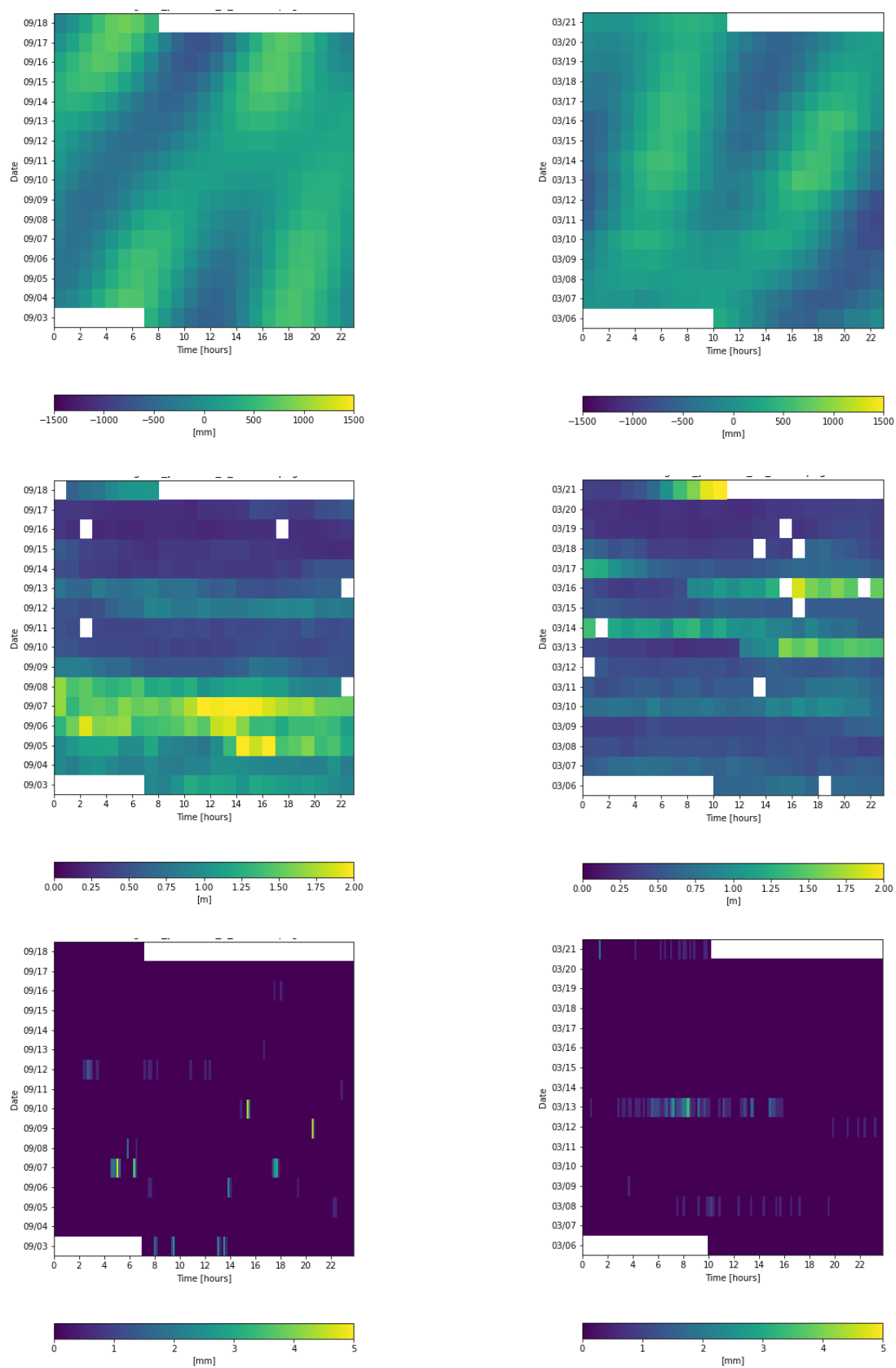


図2.2-48 神奈川県横須賀市沖の観測期間中の気象・海象データの変動
(左：夏季、右：冬季、上：潮位、中：波高、下：降水量)

2.7 福井県福井港沖海域

(1) 気象・海象データの整理

水中音響調査の観測期間中（夏季：2020年8月19日～2020年8月30日、2020年9月11日～2020年9月15日、冬季：2020年11月25日～2020年12月10日）における、気象・海象データを収集し整理した。収集したデータは、1時間の平均気温・合計降水量、1時間の潮位（東京湾平均海面（T.P.））、1時間の平均風速、20分間の有義波波高、有義波周期、20分間の最大波波高、最大波周期であり、整理した結果を図2.2-49～図2.2-50に示す。なお、以降夏季の観測期間の2020年8月19日～2020年8月30日を前半、2020年9月11日～2020年9月15日を後半とする。

夏季の観測期間中の平均気温は前半で28.2℃、後半で23.8℃であり、後半の方が低い傾向にあった。冬季の観測期間中の平均気温は8.9℃で、期間中で大きな変化は見られなかった。

夏季の観測期間中の降雨は、前半では観測されず、後半の9月11日、9月13日、9月14日で観測された。9月15日に1時間当たりの降水量が最大を記録した（6.0mm）。冬季の観測期間中の降雨は、11月27日～12月5日、12月7日～12月9日で観測され、12月5日に1時間当たりの降水量が最大を記録した（7.5mm）。

夏季の観測期間中の前半の毎時潮位は平均で15.1cm、最大で111.2cm、最小で-130.5cmであり、後半の毎時潮位は平均で12.1cm、最大で77.9cm、最小で-98.1cmであった。冬季の毎時潮位は平均で2.7cm、最大で88cm、最小で-130.1cmであった。夏季の前半の1日の潮位差は、観測の初期から中期にかけて徐々に小さくなり、その後徐々に大きくなった。後半の1日の潮位差は、観測終了まで徐々に大きくなった。冬季の1日の潮位差は、観測の初期から中期にかけて徐々に大きくなり、その後徐々に小さくなった。

夏季の観測期間中の平均風速は前半で2.6m/s、後半で2.9m/s、1時間当たりの最大の平均風速は前半で5.6m/s、後半で6.0m/sであり、前半と後半で差は見られなかった。冬季の観測期間中の平均風速は3.6m/sであり、1時間当たりの最大の平均風速は11.4m/sであった。風速は、夏季に比べて冬季の方が高い傾向がみられた。

夏季の観測期間中の平均の有義波波高は前半で0.28m、後半で1.2mであった。夏季の最大の有義波波高は前半で1.0m、後半で2.2mと夏季の観測期間内で差があった。一方、冬季の観測期間中の平均の有義波波高は1.5mで、最大の有義波波高は3.6mであり、観測期間中は波高が高い傾向が続いていた。有義波周期の平均は、夏季の前半で4.6秒、後半で6.7秒、冬季で6.7秒であった。

また、最大波波高の平均は夏季の前半で0.48m/s、後半で2.0m/s、冬季で2.5m/sであった。最大波周期の平均は夏季の前半で5.2秒、後半で6.7秒、冬季で6.6秒であった。

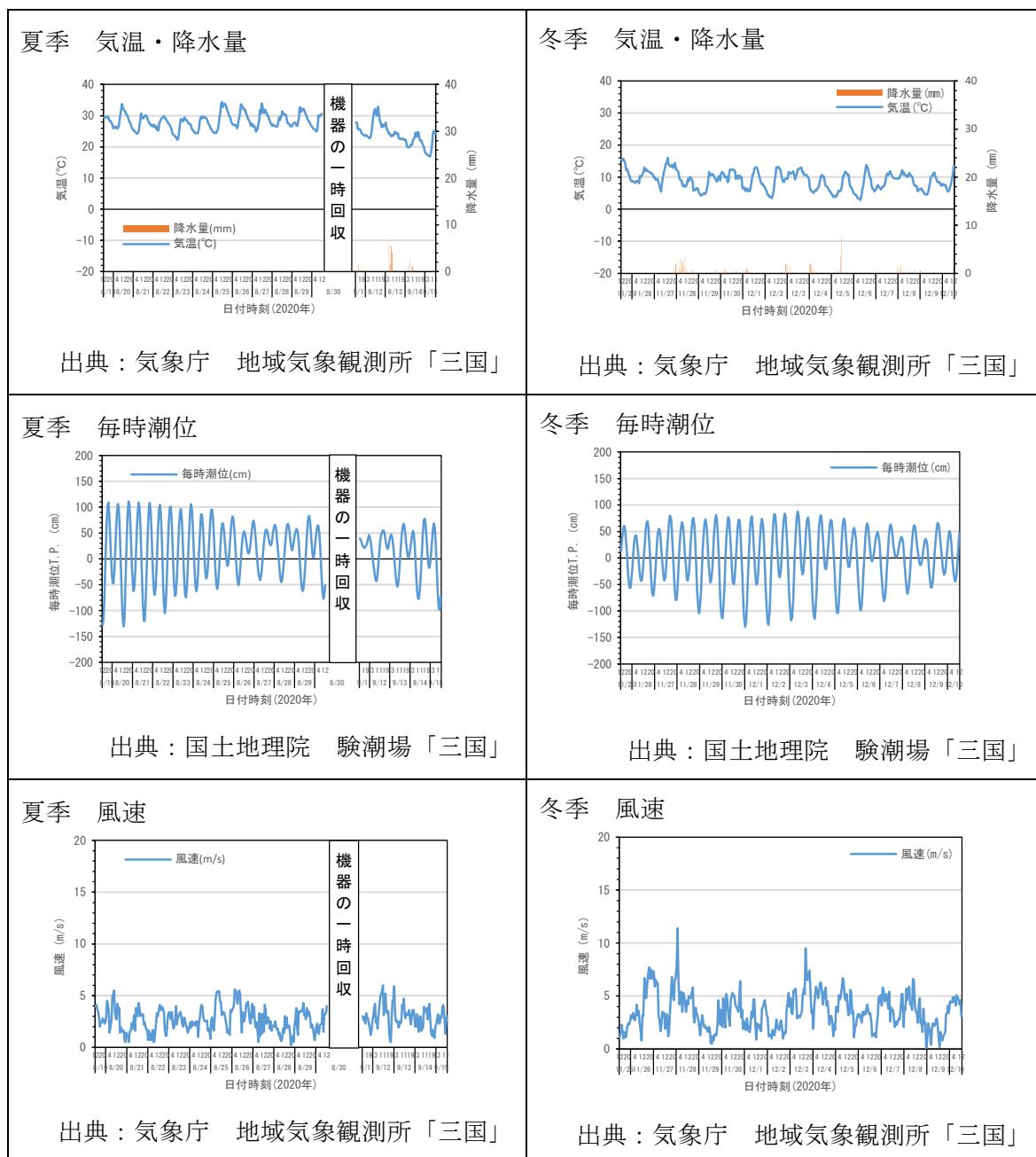
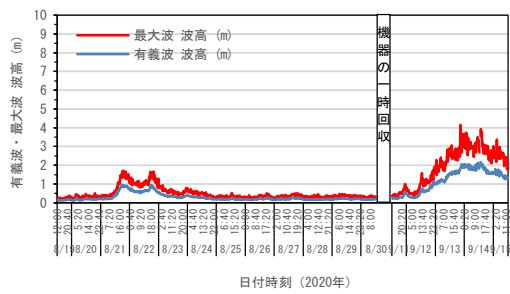


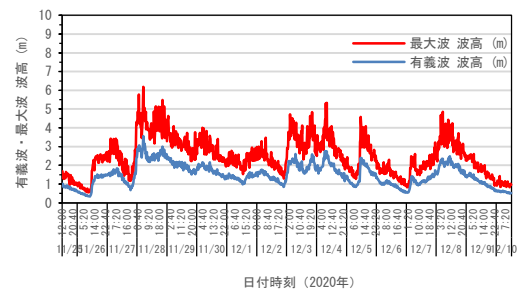
図2.2-49 福井県福井港周辺の気象・海象データの時間変動
(左：夏季、右：冬季、上：気温・降水量、中：潮位、下：風速)

夏季 波高（有義波・最大波）



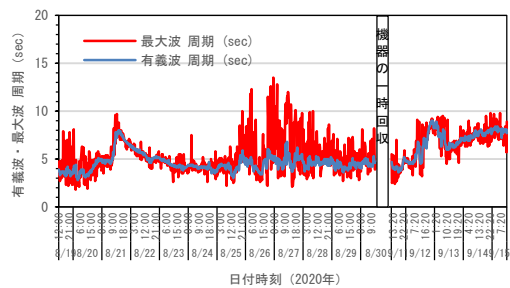
出典：国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網 波浪観測地点「福井港」

冬季 波高（有義波・最大波）



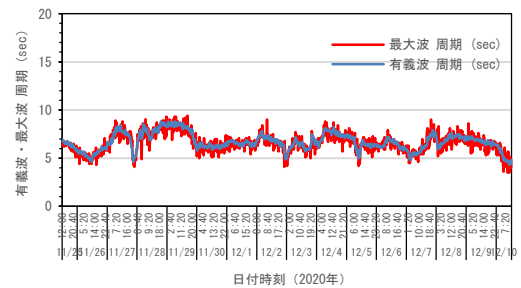
出典：国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網 波浪観測地点「福井港」

夏季 周期（有義波・最大波）



出典：国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網 波浪観測地点「福井港」

冬季 周期（有義波・最大波）



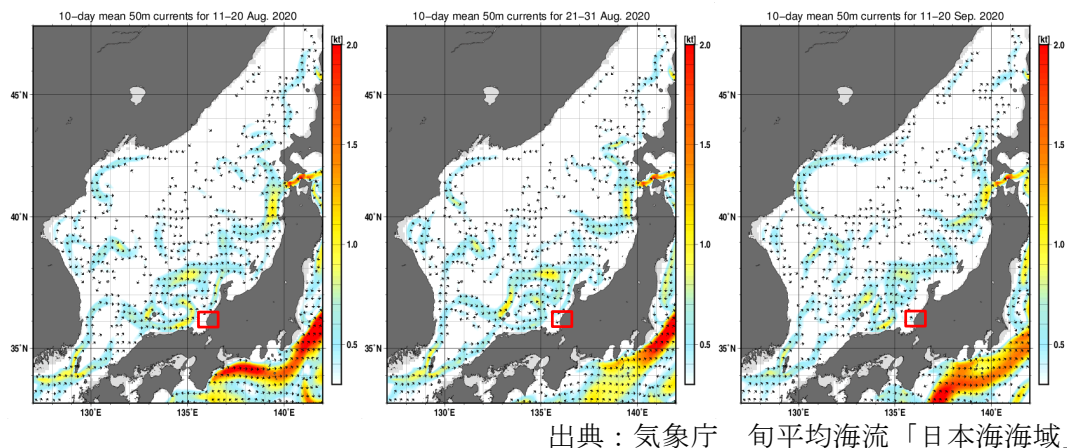
出典：国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網 波浪観測地点「福井港」

図2.2-50 福井県福井港周辺の気象・海象データの時間変動（空白部分は欠測値を示す）
（左：夏季、右：冬季、上：有義波波高・最大波波高、下：有義波周期・最大波周期）

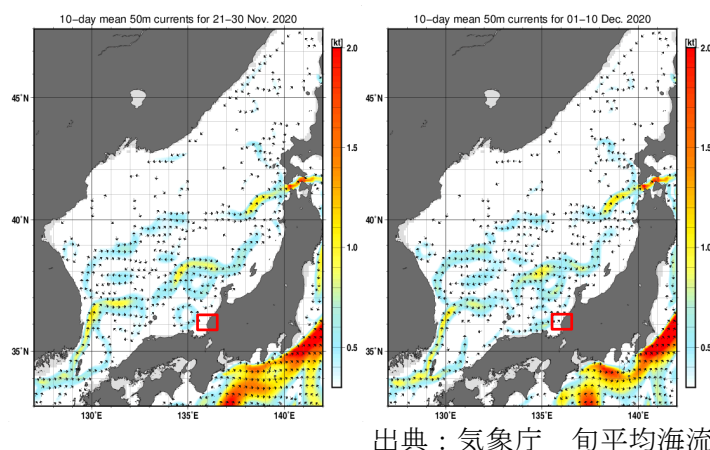
また、地元漁業関係者へヒアリングを実施し、調査地点周辺の底質は設置位置で砂であり、周囲には天然漁礁（岩礁）が分布しており、海底地形は沖向けに傾斜する緩やかな地形であった。

夏季および冬季の観測期間中の調査対象海域の深さ50mでの旬別平均海流について図2. 2-51に示す。

夏季 深さ50mの平均海流（左から2020年8月中旬、2020年8月下旬、2020年9月中旬）
赤枠は調査対象海域を示す。流速が0.2kt未満は描画していない。



冬季 深さ50mの平均海流（左から2020年11月下旬、2020年12月上旬）
赤枠は調査対象海域を示す。流速が0.2kt未満は描画していない。



赤枠で示した調査対象海域の海流は、2020年8月中旬では0.2kt未満、2020年8月下旬では沖側から沿岸に向かって0.5kt未満、2020年9月中旬では海岸に沿って北東向きに約0.5ktでそれぞれ流れていた。

一方、調査対象海域の冬季での海流は2020年11月下旬では0.2kt未満、2020年12月上旬では海岸に沿って北東向きに約0.5ktでそれぞれ流れていた。

本業務では、水深約40mに水中音響録音機器を設置しており、深さ40mでの平均海流の情報は取得できなかった。

図2. 2-51 福井県福井港沖の深さ50mの旬平均海流（上：夏季、下：冬季）

(2) 周辺の状況の把握

水中音響調査の観測期間中（夏季：2020年8月19日～2020年9月15日（うち8月30日～9月10日は台風のため一時回収）、冬季：2020年11月25日～2020年12月10日）における、調査地点周辺で確認された海上工事や沿岸海域調査等について収集し整理したものを表2.2-13～表2.2-14、図2.2-52～図2.2-53に示す。

なおヒアリング先は、敦賀海上保安部 福井海上保安署 交通課、三国港漁業協同組合、福井市漁業協同組合、地元漁業関係者、福井石油備蓄株式会社 業務Gとした。

夏季の観測期間中では、海上工事は調査地点から約7.0kmの位置において福井港湾での浚渫作業が、約3.4kmでは一点係留ブイ日常点検作業及び一点係留ブイの月次点検作業の実施が、約2.9kmでは鷹巣漁港内浚渫工事（松田幸組による起重機船作業）、約4.4kmでは起重機船による大型漁礁設置作業（水深78m）の実施が確認された。また漁業は調査地点から約2.5kmの位置においてサザエ、アワビ、ワカメ漁が、約7.5kmではバイガイ漁、約8.2kmでは釣り（アジ、スズキ、マダイ、キス）、約15.9kmでは遊漁船・釣り（玄建瀬周辺）、調査地点周辺では、貝かご、一本釣り（ブリ、アマダイ、マダイ、イカ類）、遊漁船の実施が確認された。なお、夏季の観測期間中では海上調査の実施は確認されなかった。

冬季の観測期間中では、海上工事は調査地点から約3.4kmの位置において一点係留ブイ日常点検作業が、約9.7kmでは浚渫工事（九頭竜川河口域）、約9.9kmでは浚渫工事（九頭竜ポートパーク周辺）、約7.6kmでは福井港口（港内）にて浅瀬を示す仮浮標設置作業の実施が確認された。漁業は調査地点から約1.6kmにおいてミズダコ漁が、約5.7kmではまれに刺網（ヒラメ）、約15.3kmでは遊漁船・釣り（玄建瀬周辺）、調査地点周辺では、一本釣り（ブリ）、遊漁船の実施が確認された。冬季の観測期間中では海上調査の実施は確認されなかった。

表2.2-13(1) 調査地点周辺の工事・調査・漁業活動状況（福井県福井港沖_夏季）

No.	7	調査対象海域	福井県福井港沖
調査期	夏季	観測期間	2020年8月19日～9月15日 (うち、8/30～9/10は台風で一時回収)
工事1	工事期間	8月中旬～9月末 平日朝7時～夕方4時まで	
	概算距離	約7.0km	
	内容	福井港湾での浚渫作業。（8/19設置時～9/16回収時に、毎回現場にて福井港内の作業を目視確認済み、下図写真参照）。 工事施工は三国町の半澤組	
	出典	三国港漁業協同組合（面談）	
工事2	工事期間	毎日（海況の悪い日以外は実施）	
	概算距離	約3.4km	
	内容	一点係留ブイ日常点検作業。毎日午前中に300t作業船によるを実施している（土日は10数t船作業）。	
	出典	福井石油備蓄株式会社業務G	

表2. 2-13(2) 調査地点周辺の工事・調査・漁業活動状況（福井県福井港沖_夏季）-2

工事3	工事期間	9/2、9/9 午前中
	概算距離	約3.4km
	内容	一点係留ブイの月次点検作業。潜水士による係留ブイの点検作業。終了後に日常点検実施。
	出典	福井石油備蓄株式会社業務G
工事4	工事期間	8/24～9/2（海保申請期間は8月中旬～10月中旬）
	概算距離	約2.9km
	内容	鷹巣漁港内浚渫工事（松田幸組による起重機船作業）
	出典	福井港沖にも海産哺乳類（コククジラ、ハンドウイルカ、カマイルカ）が春先から夏にかけて到来する
工事5	工事期間	8/19 10:30
	概算距離	約4.4km
	内容	起重機船による大型漁礁設置作業（水深78m）
	出典	福井市漁業協同組合
漁業1	漁業期間	通年
	概算距離	約15.9km
	内容	遊漁船・釣り（玄建瀬周辺）
	出典	地元漁業関係者
漁業2	漁業期間	8/19～9/15
	概算距離	約2.5km
	内容	サザエ、アワビ、ワカメ
	出典	地元漁業関係者
漁業3	漁業期間	8/19～9/15
	概算距離	約7.5km
	内容	バイガイ
	出典	地元漁業関係者
漁業4	漁業期間	8/19～9/15
	概算距離	約8.2km
	内容	釣り（アジ、スズキ、マダイ、キス）
	出典	地元漁業関係者
漁業5	漁業期間	8/19～9/15
	概算距離	0km（調査地点周辺）
	内容	貝かご
	出典	地元漁業関係者
漁業6	漁業期間	8/19～9/15
	概算距離	0km（調査地点周辺）
	内容	一本釣り（ブリ、アマダイ、マダイ、イカ類）
	出典	地元漁業関係者
漁業7	漁業期間	8/19～9/15
	概算距離	0km（調査地点周辺）
	内容	遊漁船
	出典	地元漁業関係者

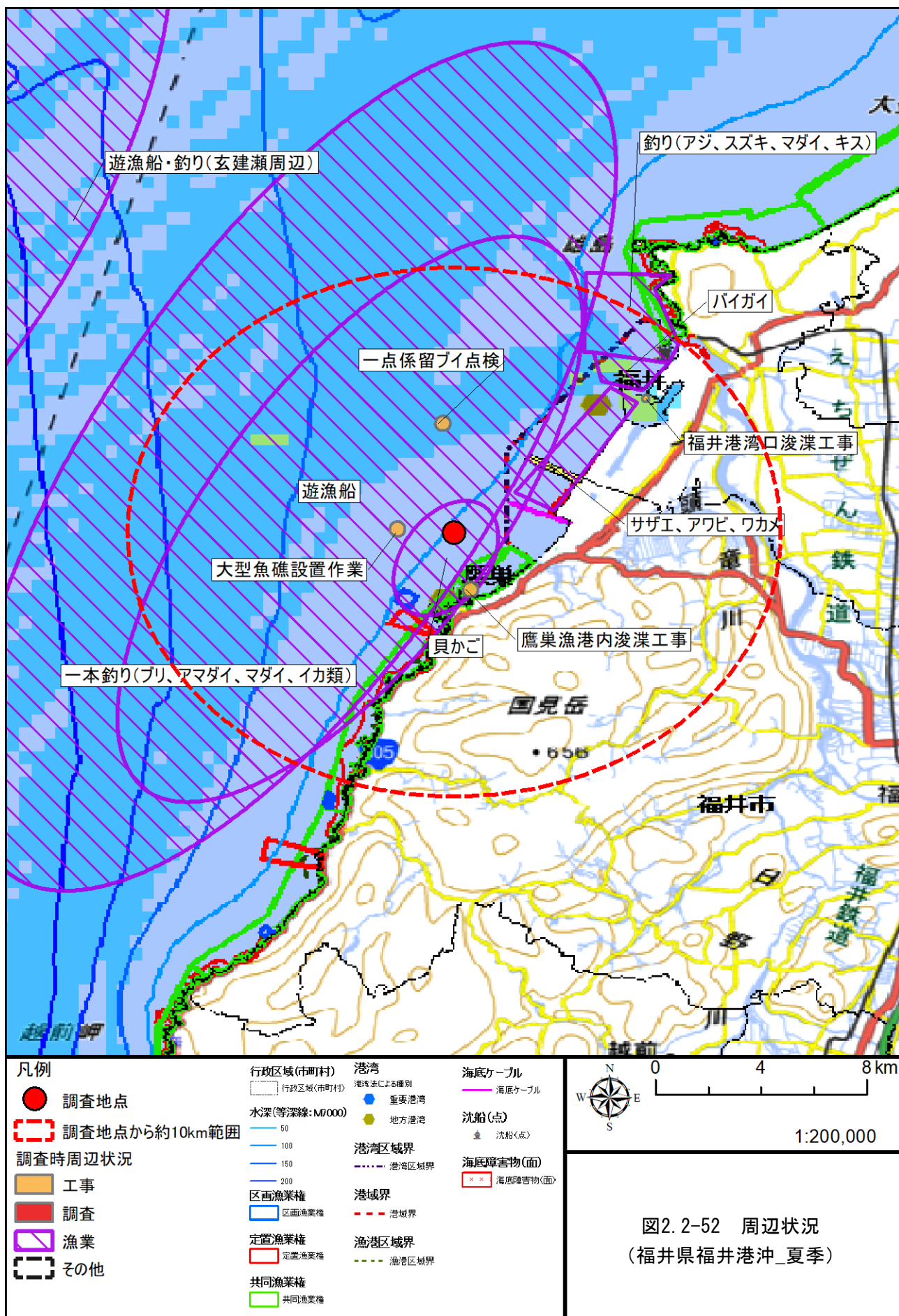


表2.2-14 調査地点周辺の工事・調査・漁業活動状況（福井県福井港沖_冬季）

No.	7	調査対象海域	福井県福井港沖
調査期	冬季	観測期間	2020年11月25日～12月10日
工事1	工事期間	毎日（海況の悪い日以外は実施）	
	概算距離	約3.4km	
	内容	一点係留ブイ日常点検作業。毎日午前中に300t作業船で実施	
	出典	福井石油備蓄株式会社業務G、福井海上保安署	
工事2	工事期間	11/7～1月下旬	
	概算距離	約9.7km	
	内容	浚渫工事（九頭竜川河口域）	
	出典	福井海上保安署	
工事3	工事期間	11/30～3/26	
	概算距離	約9.9km	
	内容	浚渫工事（九頭竜ボートパーク周辺）	
	出典	福井海上保安署	
工事4	工事期間	11/23-11/27	
	概算距離	約7.6km	
	内容	福井港口（港内）にて浅瀬を示す仮浮標設置作業	
	出典	福井港湾事務所HPより	
漁業1	漁業期間	1～4月	
	概算距離	約1.6km	
	内容	ミズダコ	
	出典	地元漁業関係者	
漁業2	漁業期間	11/25～12/10	
	概算距離	0km（調査地点周辺）	
	内容	遊漁船	
	出典	地元漁業関係者	
漁業3	漁業期間	11/25～12/10	
	概算距離	0km（調査地点周辺）	
	内容	一本釣り（ブリ）	
	出典	地元漁業関係者	
漁業4	漁業期間	11/25～12/10	
	概算距離	約5.7km	
	内容	刺網（ヒラメ）。九頭竜川河口沖	
	出典	地元漁業関係者	
漁業5	漁業期間	通年	
	概算距離	約15.3km	
	内容	遊漁船・釣り（玄建瀬周辺） 玄建瀬周辺が好漁場で数十隻単位の漁船が通過する。	
	出典	地元漁業関係者	



(3) 調査結果の解析

福井県福井港沖における観測期間中（夏季：2020年8月19日～2020年9月15日（うち8月30日～9月10日は台風のため一時回収）、冬季：2020年11月25日～2020年12月10日）の長期間スペクトログラムを図2.2-54に、0A値の濃淡図を図2.2-55、気象・海象データの変動を図2.2-56に示す。

主要音源：

テッポウエビ音、船舶音等が確認された。

環境水中音の概観（夏季）：

長期間スペクトログラムによると、特に10kHzの周波数帯付近で音圧レベルが大きい時間帯と小さい時間帯が帯状に現れていた。これは0A値の濃淡図において、18時台から5時台において音圧レベルが上昇する傾向と関連しており、これは夜間にテッポウエビ類の生物の活動が活発になる傾向が反映されている可能性が考えられる。

環境水中音の概観（冬季）：

長期間スペクトログラム、0A値の濃淡図によると、夏季で確認された夜間のテッポウエビ類の生物による音圧レベルが上昇する傾向は顕著には確認されなかった。0A値の濃淡図によると、2時台及び19時台付近に日周期的に音圧レベルが上昇している傾向が見られ、音源として船舶音らしき音を確認された。

気象・海象データとの比較：

夏季、冬季ともに長期間スペクトログラム、0A値の濃淡図といずれの気象・海象データとも関係が見られなかった。

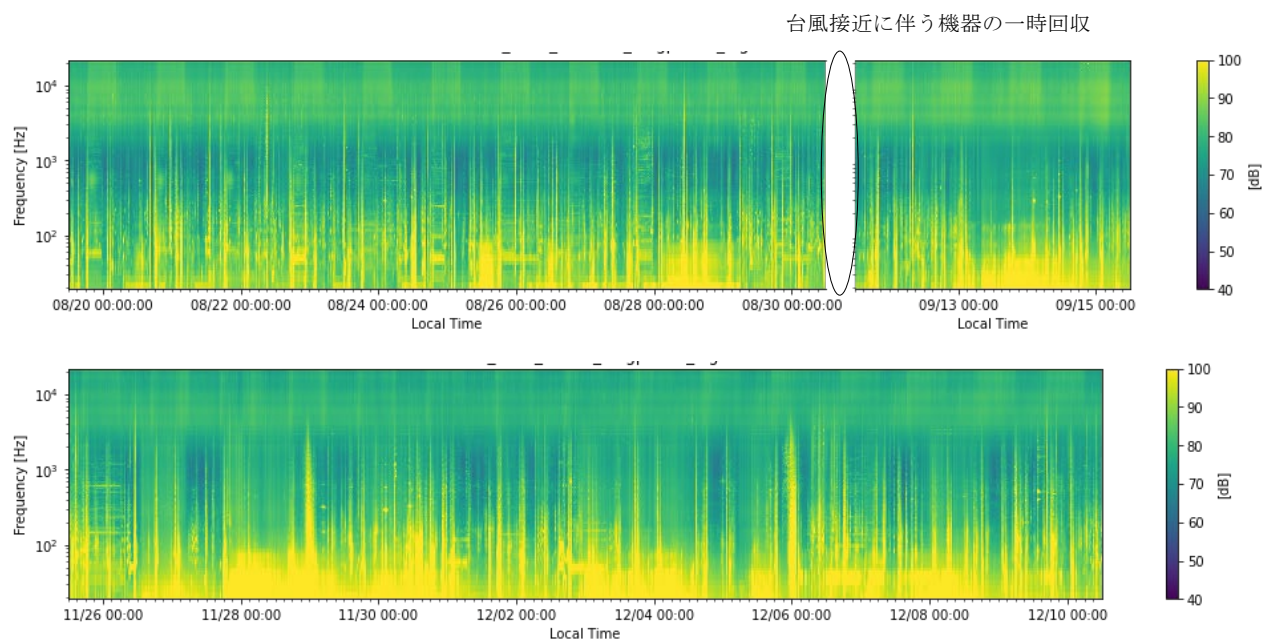


図2. 2-54 福井県福井港沖の観測期間中の長期間スペクトログラム（上：夏季、下：冬季）

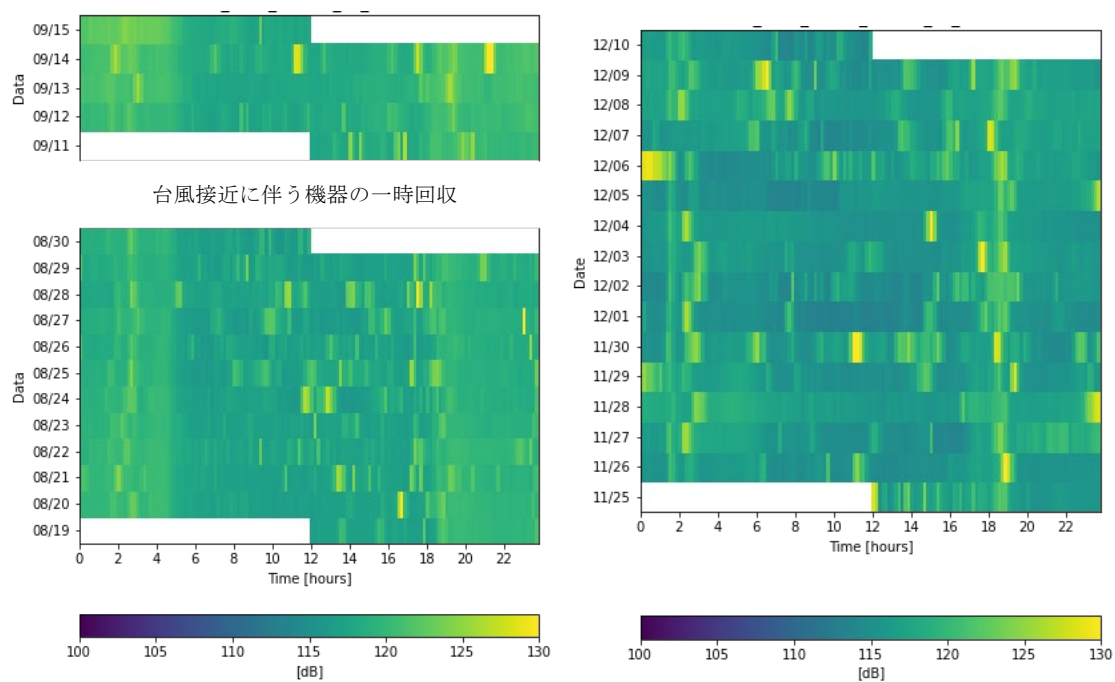


図2. 2-55 福井県福井港沖の観測期間中のOA値の濃淡図（左：夏季、右：冬季）

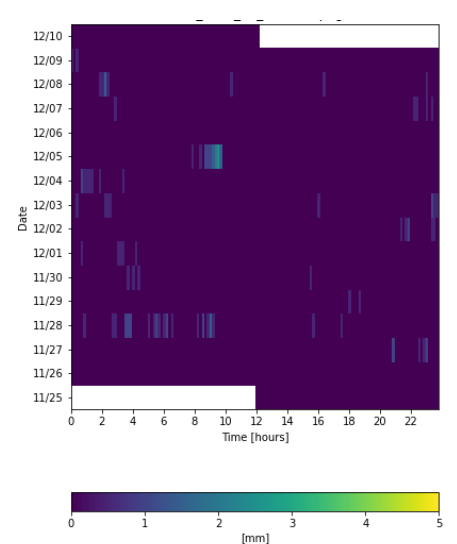
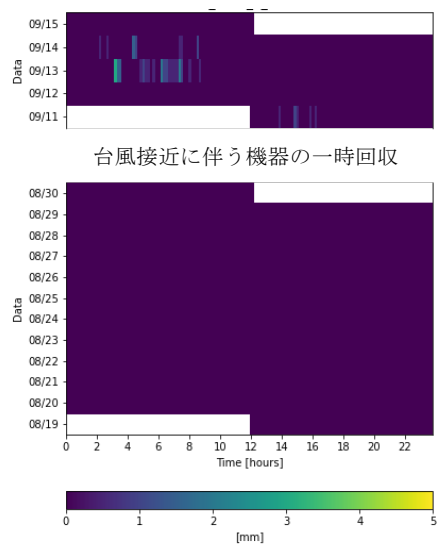
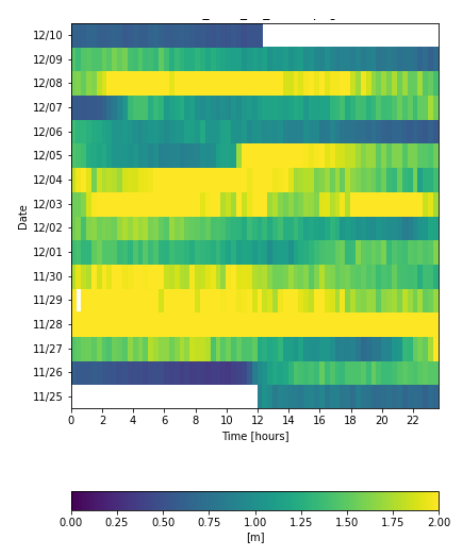
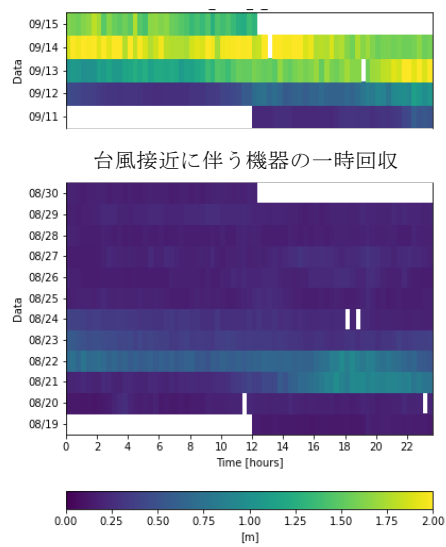
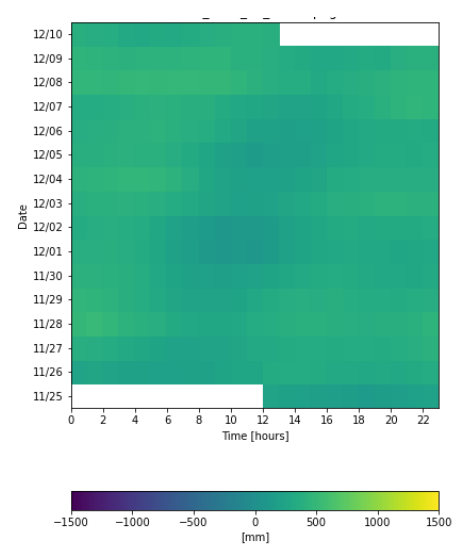
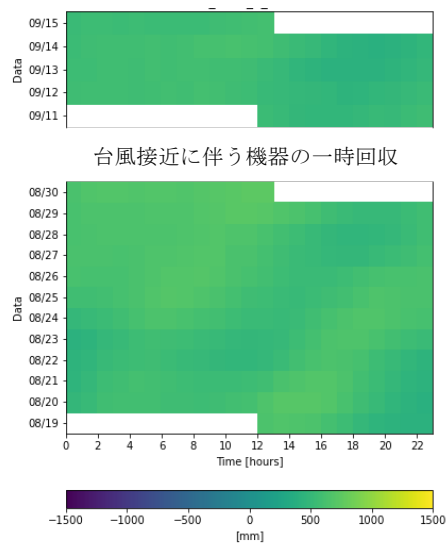


図2. 2-56 福井県福井港沖の観測期間中の気象・海象データの変動
(左：夏季、右：冬季、上：潮位、中：波高、下：降水量)

2.8 三重県志摩市沖海域

(1) 気象・海象データの整理

水中音響調査の観測期間中（夏季：2020年8月20日～2020年8月30日、2020年9月15日～2020年9月20日、冬季：2020年12月1日～2020年12月16日）における、気象・海象データを収集し整理した。収集したデータは、1時間の平均気温・合計降水量、1時間の潮位（東京湾平均海面（T.P.））、1時間の平均風速、20分間の有義波波高、有義波周期、20分間の最大波波高、最大波周期であり、整理した結果を図2.2-57～図2.2-58に示す。なお、以降夏季の観測期間の2020年8月20日～2020年8月30日を前半、2020年9月15日～2020年9月20日を後半とする。

夏季の観測期間中の平均気温は前半で28.1℃、後半で24.5℃であり、後半の方が低い傾向にあった。冬季の観測期間中の平均気温は10.6℃で、観測終了時期にかけて徐々に気温が低くなる傾向にあった。

夏季の観測期間中の降雨は、前半では8月26日～8月28日で、後半では9月16日、9月17日、9月19日、9月20日で観測された。前半では8月28日の4時の降水量が13.0mmを記録する等、強い雨が降っていた。後半は9月19日の0時に降水量が11mmを記録したが、それ以外は最大でも1.0mmであった。冬季の観測期間中の降雨は12月12日のみ観測され、1時間当たりの降水量も最大で0.5mmとほとんど雨が降らなかった。

夏季の観測期間中の前半の毎時潮位は平均で15.4cm、最大で96.3cm、最小で-115.7cmであり、後半の毎時潮位は平均で18.7cm、最大で115.3cm、最小で-93.7cmであった。冬季の毎時潮位は平均で7.5cm、最大で99.3cm、最小で-125.7cmであった。夏季の前半の1日の潮位差は、観測の初期から中期にかけて徐々に小さくなり、その後徐々に大きくなった。後半の1日の潮位差は、観測終了まで徐々に大きくなった。冬季の1日の潮位差は、観測の初期から中期にかけて徐々に大きくなり、その後徐々に小さくなった。

夏季の観測期間中の平均風速は前半で0.8m/s、後半で1.2m/s、1時間当たりの最大の平均風速は前半で3.4m/s、後半で3.5m/sであり、前半より後半の方が若干高い傾向がみられた。冬季の観測期間中の平均風速は1.7m/sであり、1時間当たりの最大の平均風速は4.3m/sであった。風速は、夏季に比べて冬季の方が高い傾向がみられた。

夏季の観測期間中の平均の有義波波高は前半で0.77m、後半で0.97mであった。夏季の最大の有義波波高は前半で2.2m、後半で2.5mと夏季の観測期間内で若干差があった。一方、冬季の観測期間中の平均の有義波波高は0.92mで、最大の有義波波高は1.5mであり、冬季は穏やかな波が続いた。有義波周期の平均は、夏季の前半で6.9秒、後半で7.1秒、冬季で6.0秒であった。

また、最大波波高の平均は夏季の前半で1.3m/s、後半で1.6m/s、冬季で1.5m/sであった。最大波周期の平均は夏季の前半で7.1秒、後半で7.1秒、冬季で6.2秒であった。

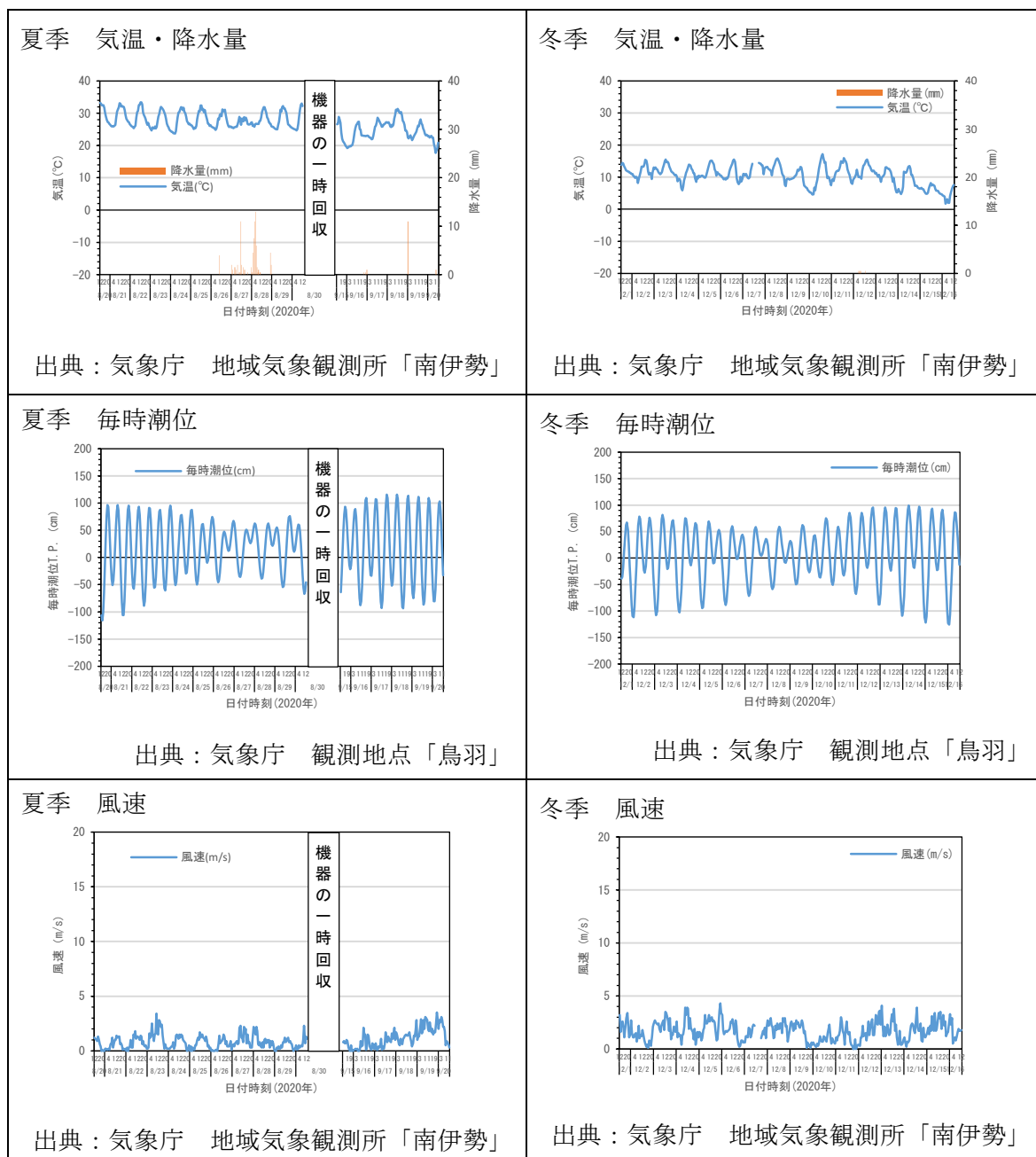
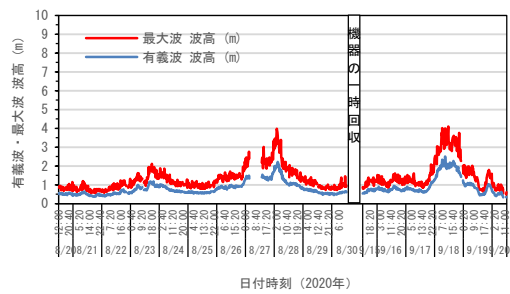


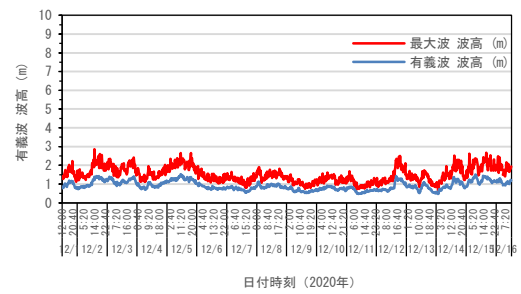
図2.2-57 三重県志摩市周辺の気象・海象データの時間変動（空白部分は欠測値を示す）
（左：夏季、右：冬季、上：気温・降水量、中：潮位、下：風速）

夏季 波高（有義波・最大波）



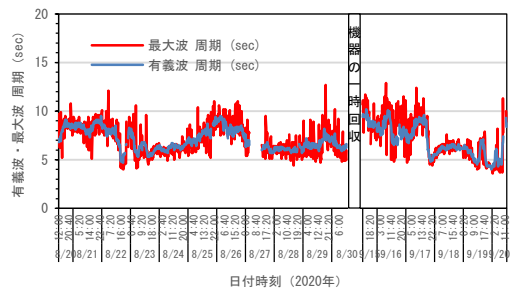
出典：国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網 波浪観測地点「伊勢湾港沖」

冬季 波高（有義波・最大波）



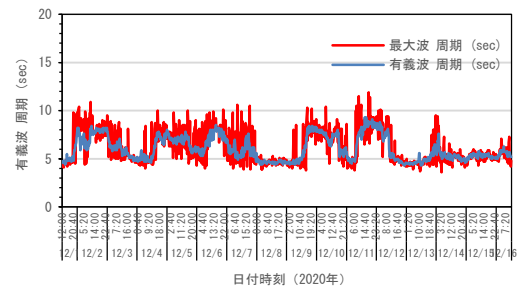
出典：国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網 波浪観測地点「伊勢湾港沖」

夏季 周期（有義波・最大波）



出典：国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網 波浪観測地点「伊勢湾港沖」

冬季 周期（有義波・最大波）



出典：国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網 波浪観測地点「伊勢湾港沖」

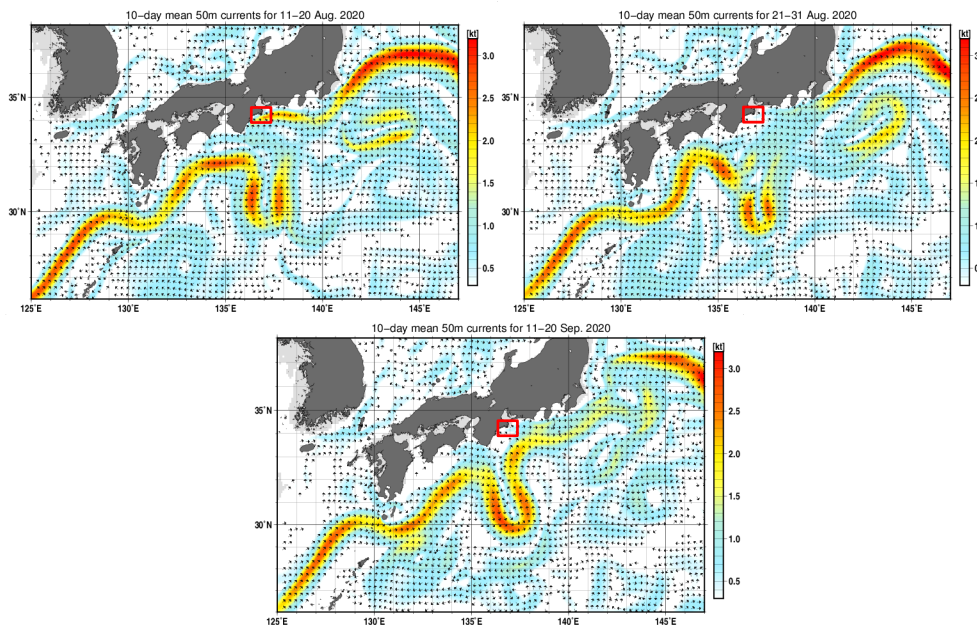
図2.2-58 三重県志摩市周辺の気象・海象データの時間変動（空白部分は欠測値を示す）
（左：夏季、右：冬季、上：有義波波高・最大波波高、下：有義波周期・最大波周期）

また、地元漁業関係者へヒアリングを実施し、調査地点周辺の底質は設置位置では砂で、周辺には岩礁が分布しており、海底地形は東西に緩やかな傾斜を持つ平坦な地形であった。

夏季および冬季の観測期間中の調査対象海域の深さ50mでの旬別平均海流について図2. 2-59に示す。

夏季 深さ50mの平均海流（左：2020年8月中旬、右：2020年8月下旬、下：2020年9月中旬）

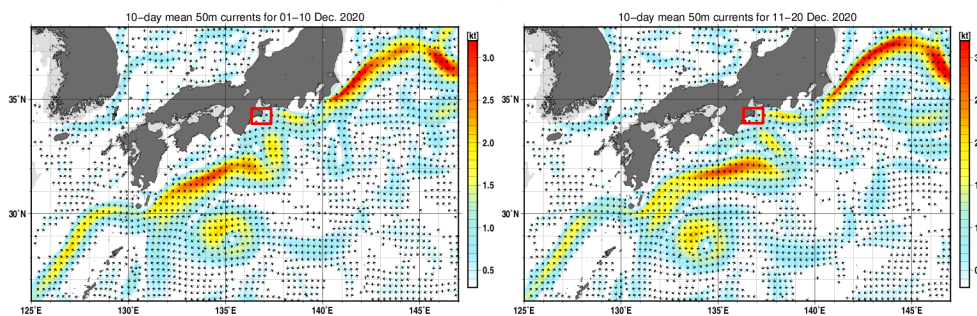
赤枠は調査対象海域を示す。流速が0.2kt未満は描画していない。



出典：気象庁 旬平均海流「黒潮域海域」

冬季 深さ50mの平均海流（左から2020年12月上旬、2020年12月中旬）

赤枠は調査対象海域を示す。流速が0.2kt未満は描画していない。



出典：気象庁 旬平均海流「黒潮域海域」

赤枠で示した調査対象海域の海流は、2020年8月中旬では海岸に沿って東向き2.0ktで流れていた。2020年8月下旬と2020年9月中旬でも海岸に沿って東向きに流れていたが、約0.5ktと8月中旬ほど強い流れは見られなかった。

一方、調査対象海域の冬季での海流は、2020年12月上旬では0.2～0.5kt、2020年12月中旬では0.5ktで、海岸に沿って北東向きにそれぞれ流れていた。

図2. 2-59 三重県志摩市沖の深さ50mの旬平均海流（上：夏季、下：冬季）

(2) 周辺の状況の把握

水中音響調査の観測期間中（夏季：2020年8月20日～2020年9月22日（うち8月30日～9月14日は台風のため一時回収）、冬季：2020年12月1日～2020年12月16日）における、調査地点周辺で確認された海上工事や沿岸海域調査等について収集し整理したものを表2.2-15～表2.2-16、図2.2-60～図2.2-61に示す。

なおヒアリング先は、三重県 島建設事務所 管理課、鳥羽海上保安部 交通課、三重外湾漁業協同組合 和具事業所、地元漁業関係者とした。

夏季の観測期間中では、海上調査は調査地点から約3.5kmの位置において潜水調査（魚礁設置用）の実施が確認された。漁業は調査地点から約1.0kmの位置において海女漁（調査当時10隻）が、約4.3kmでは大型定置網、約0.1kmでは一本釣り（イサキ）（調査当時25隻）の実施が確認された。なお、夏季の観測期間中では海上工事の実施は確認されなかった。

冬季の観測期間中では、海上工事は調査地点から約3.5kmの位置において藻場造成用の投石作業が、約6.9kmでは布施田地区海岸 護岸補修工事の実施が確認された。漁業は調査地点から約0.1kmの位置において刺網（イセエビ）が、約4.3kmでは大型定置網、約1.5kmでは曳航釣り（サワラ、ブリ、カツオ）、調査地点周辺では一本釣り（イサキ）、刺網の実施が確認された。なお、冬季の観測期間中では海上調査の実施は確認されなかった。

表2.2-15 調査地点周辺の工事・調査・漁業活動状況（三重県志摩市沖_夏季）

No.	8	調査対象海域	三重県志摩市沖
調査期	夏季	観測期間	2020年8月20日～9月22日 （うち、8/31～9/14は台風で一時回収）
調査1	調査期間	9/1～翌2/23（海上保安部への申請期間）	
	概算距離	約3.5km	
	内容	潜水調査（魚礁設置のための調査）	
	出典	鳥羽海上保安部 交通課、三重外湾漁業協同組合 和具事業所	
漁業1	漁業期間	8/20～9/20	
	概算距離	約1.0km	
	内容	海女漁（調査当時10隻）	
	出典	地元漁業者	
漁業2	漁業期間	8/20～9/20	
	概算距離	約4.3km	
	内容	大型定置網	
	出典	地元漁業者	
漁業3	漁業期間	8/20～9/20	
	概算距離	約0.1km	
	内容	一本釣り（イサキ）（調査当時25隻）	
	出典	地元漁業者	

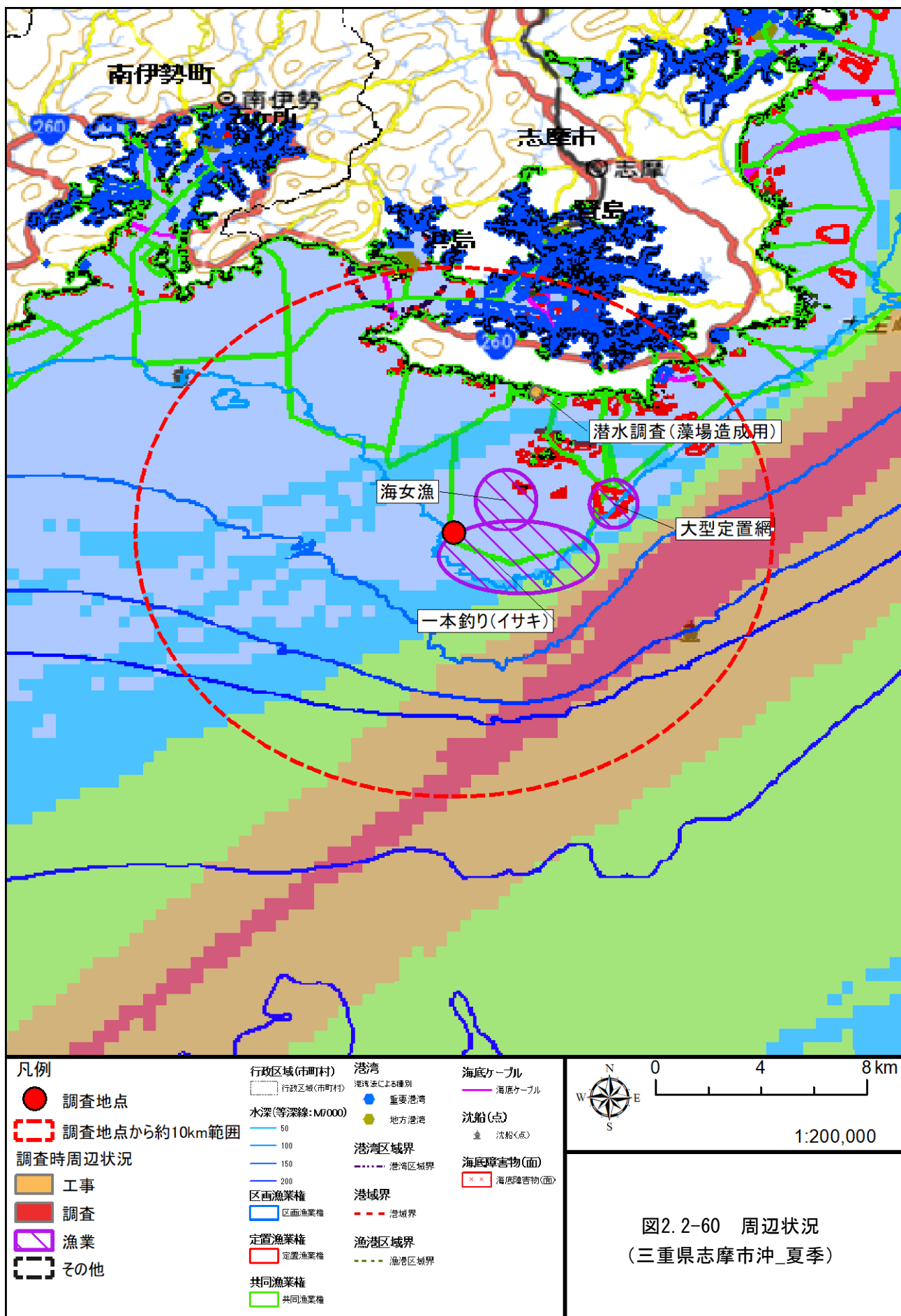
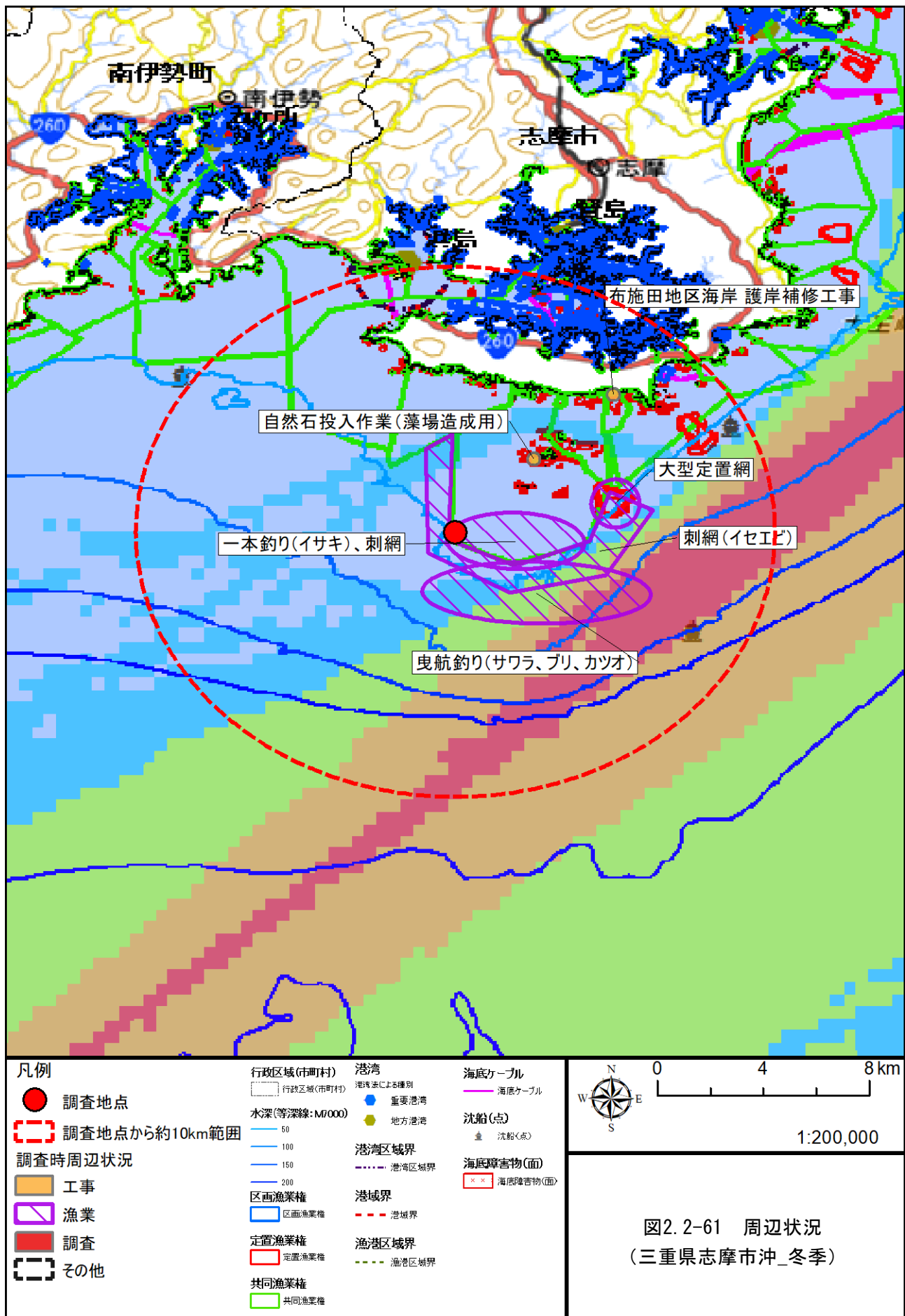


表2.2-16 調査地点周辺の工事・調査・漁業活動状況（三重県志摩市沖_冬季）

No.	8	調査対象海域	三重県志摩市沖
調査期	冬季	観測期間	2020年12月1日～12月16日
工事1	工事期間	12/11～12、12/15、12/17～12/18	
	概算距離	約3.5km	
	内容	藻場造成用の投石作業 12/11～12/12 石船での自然石投入：バケット作業、潜水土による石均し作業 12/15、12/17～12/18 クレーン付台船での石均し作業	
	出典	鳥羽海上保安部 交通課、三重外湾漁業協同組合 和具事業所	
工事2	工事期間	12/1～12/18	
	概算距離	約6.9km	
	内容	布施田地区海岸 護岸補修工事	
	出典	鳥羽海上保安部 交通課	
漁業1	漁業期間	12/1～12/16	
	概算距離	約0.1km	
	内容	刺網（イセエビ）	
	出典	地元漁業関係者	
漁業2	漁業期間	12/1～12/16	
	概算距離	0km（調査地点周辺）	
	内容	一本釣り（イサキ）、刺網	
	出典	地元漁業関係者	
漁業3	漁業期間	12/1～12/16	
	概算距離	約4.3km	
	内容	大型定置網	
	出典	地元漁業関係者	
漁業4	漁業期間	12/1～12/16	
	概算距離	約1.5km	
	内容	曳航釣り（サワラ、ブリ、カツオ）	
	出典	地元漁業関係者	



(3) 調査結果の解析

三重県志摩市沖における観測期間中（夏季：2020年8月20日～2020年9月22日（うち8月30日～9月14日は台風のため一時回収）、冬季：2020年12月1日～2020年12月16日）の長期間スペクトログラムを図2.2-62に、0A値の濃淡図を図2.2-63、気象・海象データの変動を図2.2-64に示す。

主要音源：

テッポウエビ音、船舶音、夏季において魚類の鳴音等が確認された。

環境水中音の概観（夏季）：

長期間スペクトログラムによると、日周期的に19時付近に魚類の鳴音が確認され、2kHz付近の周波数で音圧レベルの上昇が見られた。また、観測期間を通して100Hz以下の周波数帯域において、音圧レベルの上昇と下降が確認された。

環境水中音の概観（冬季）：

長期間スペクトログラムによると、夏季で確認された2kHz付近の音圧レベルの上昇は確認されなかった。また夏季ほどではないが、観測期間を通して100Hz以下の周波数帯において、音圧レベルの上昇と下降が確認された。

気象・海象データとの比較：

0A値の濃淡図によると夏季の9月18日において、波高の上昇に伴う音圧レベルの増加が確認された。しかし、8月20日～8月30日にかけては波高が低い時間帯に音圧レベルが大きく、波高が高い時間帯に音圧レベルが小さい傾向が確認された。

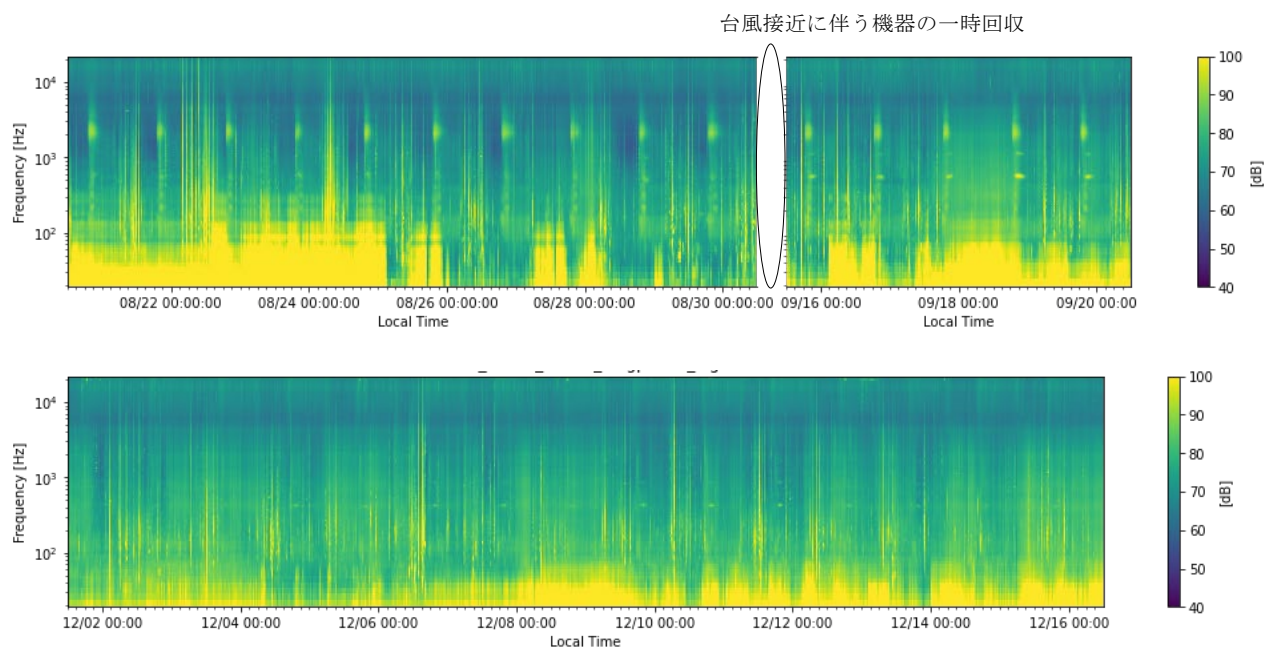


図2. 2-62 三重県志摩市沖の観測期間中の長期間スペクトログラム（上：夏季、下：冬季）

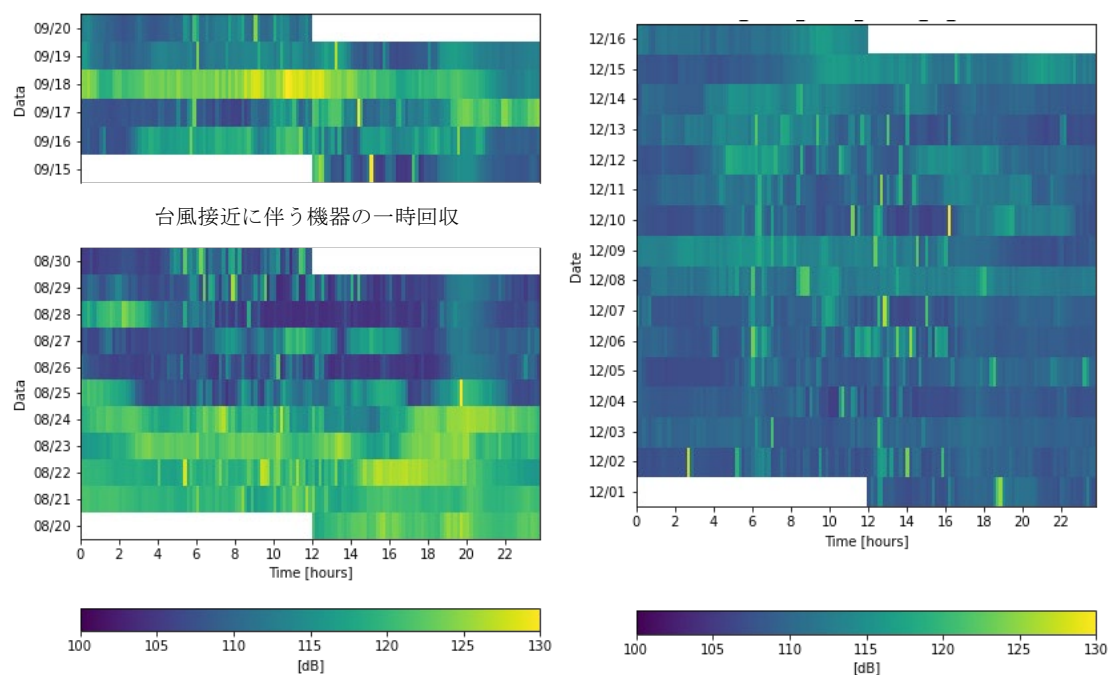


図2. 2-63 三重県志摩市沖の観測期間中のOA値の濃淡図（左：夏季、右：冬季）

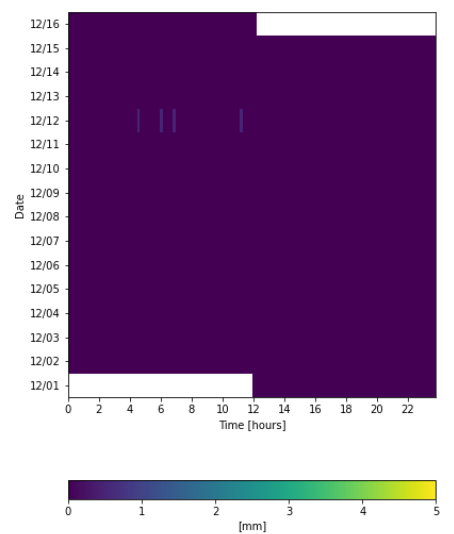
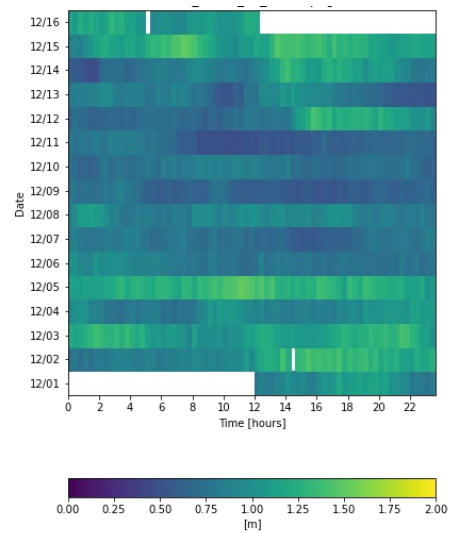
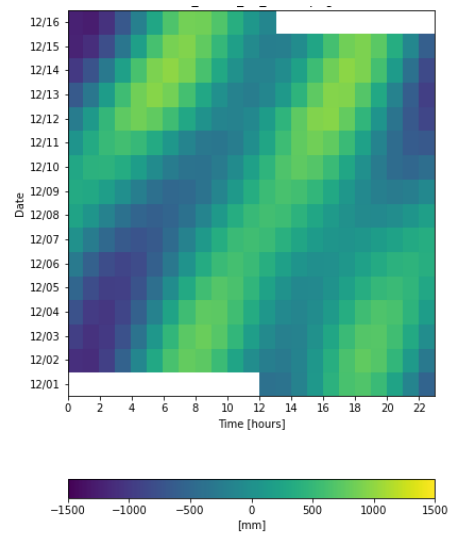
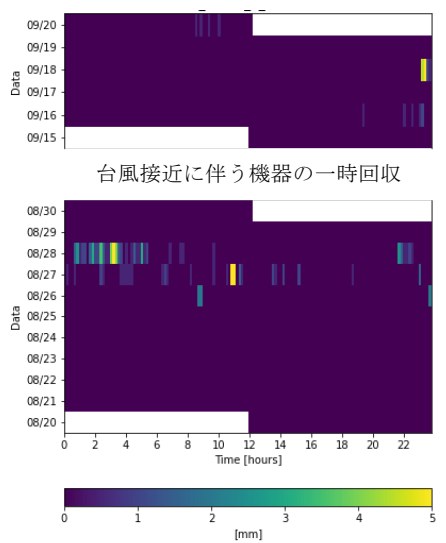
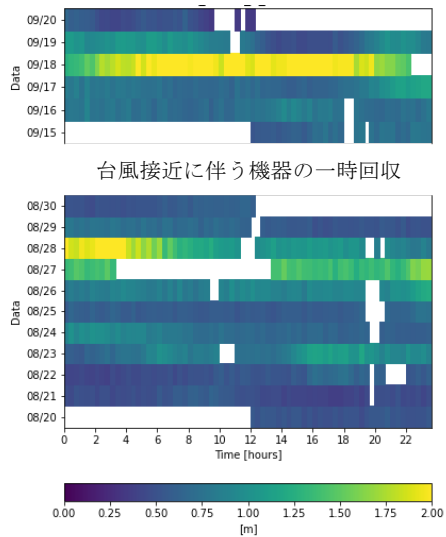
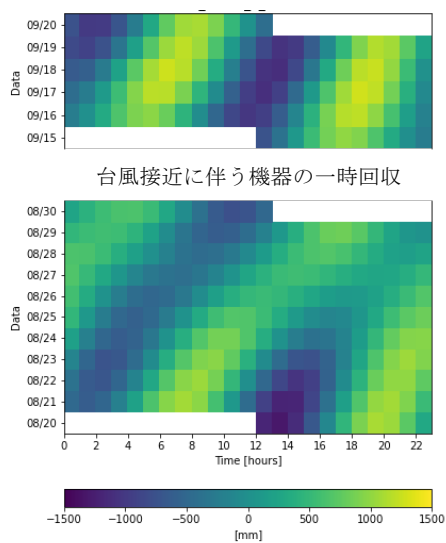


図2. 2-64 三重県志摩市沖の観測期間中の気象・海象データの変動
(左：夏季、右：冬季、上：潮位、中：波高、下：降水量)

2.9 長崎県壱岐市沖海域

(1) 気象・海象データの整理

水中音響調査の観測期間中（夏季：2020年9月14日～2020年9月29日、冬季：2020年12月2日～2020年12月17日）における、気象・海象データを収集し整理した。収集したデータは、1時間の平均気温・合計降水量、1時間の潮位（東京湾平均海面（T.P.））、1時間の平均風速、20分間の有義波波高、有義波周期、20分間の最大波波高、最大波周期であり、整理した結果を図2.2-65～図2.2-66に示す。

夏季の観測期間中の平均気温は21.2℃で期間中の大きな変化がない一方、冬季の観測期間中の平均気温は7.9℃で12月13日以降徐々に気温が低くなる傾向にあった。

夏季の観測期間中の降雨は、9月16日～9月18日、9月24日～9月27日で観測された。9月16日～9月18日では1時間の降水量の最大が6.5mm、9月24日～9月27日では1時間の降水量の最大が4.5mmと観測された。冬季の観測期間中の降雨は12月13日のみで観測され、1時間当たりの降水量は最大で0.5mmでありほとんど雨が降らなかった。

夏季の観測期間中の毎時潮位は平均で35.4cm、最大で149.5cm、最小で-91.3cmであり、冬季の毎時潮位は平均で17.2cm、最大で127.1cm、最小で-125.5cmであった。夏季の1日の潮位差は観測の初期から中期にかけて大きくなり、その後徐々に小さくなり、終期に向けて再度大きくなった。冬季の1日の潮位差は、観測の初期から中期にかけて徐々に小さくなり、その後徐々に大きくなった。

観測期間中の平均風速は夏季で3.4m/s、冬季で2.4m/sであり、観測期間を通してを1時間当たりの最大の平均風速は、夏季で7.2m/s、冬季で6.9m/sであった。風速は冬季に比べて夏季の方が高い傾向にあった。

観測期間中の平均の有義波波高は夏季で1.3m、冬季で1.2mであった。最大の有義波波高は夏季で2.8m、冬季で3.2mであり、夏季、冬季ともに波は観測の中期から終期にかけて徐々に高くなった。有義波周期の平均は、夏季で6.3秒、冬季で5.9秒であった。

また、最大波波高の平均は夏季で2.1m、冬季で1.9mであった。最大波周期の平均は夏季で6.3秒、冬季で5.9秒であった。

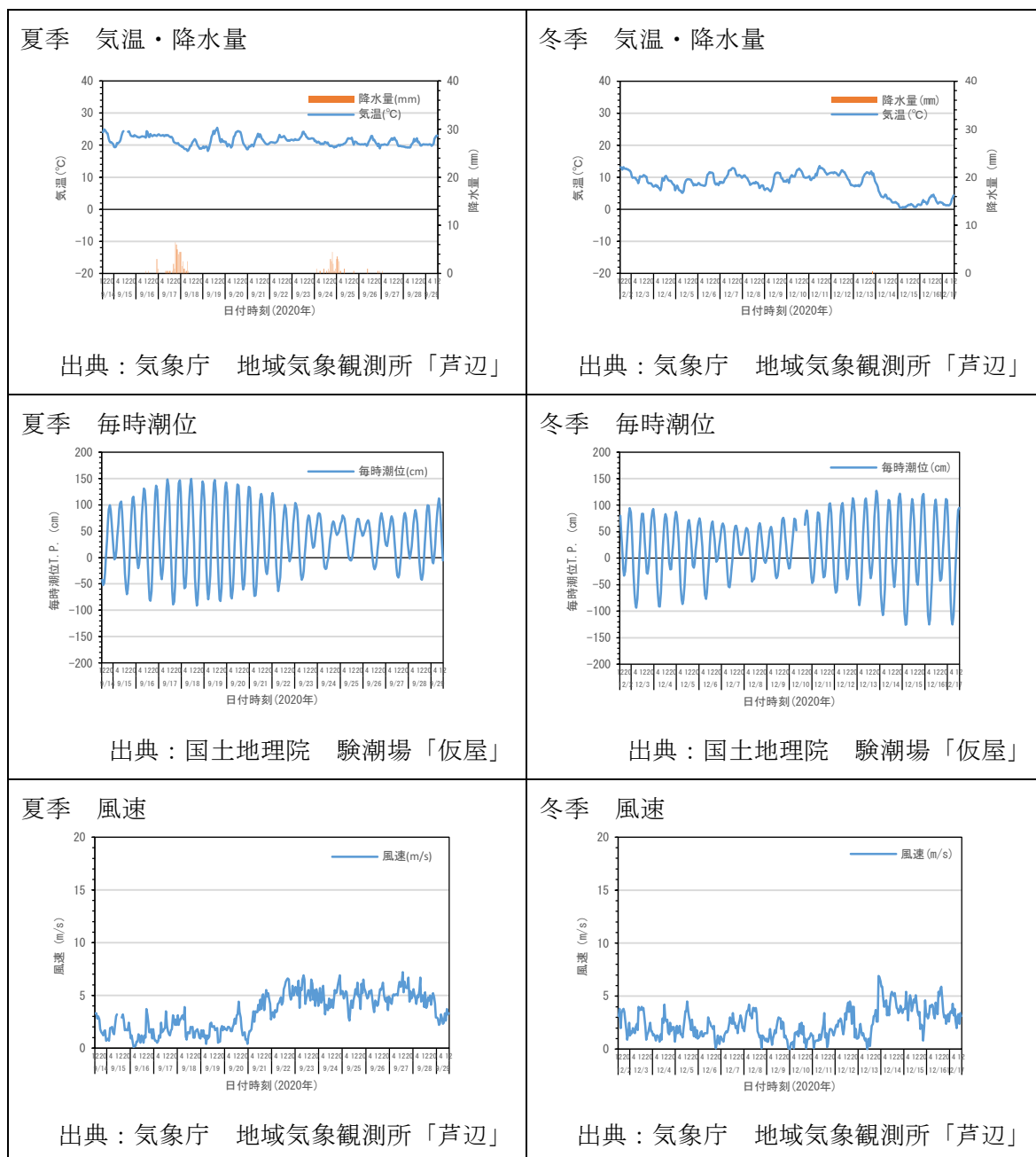


図2.2-65 長崎県壱岐市周辺の気象・海象データの時間変動（空白部分は欠測値を示す）
（左：夏季、右：冬季、上：気温・降水量、中：潮位、下：風速）

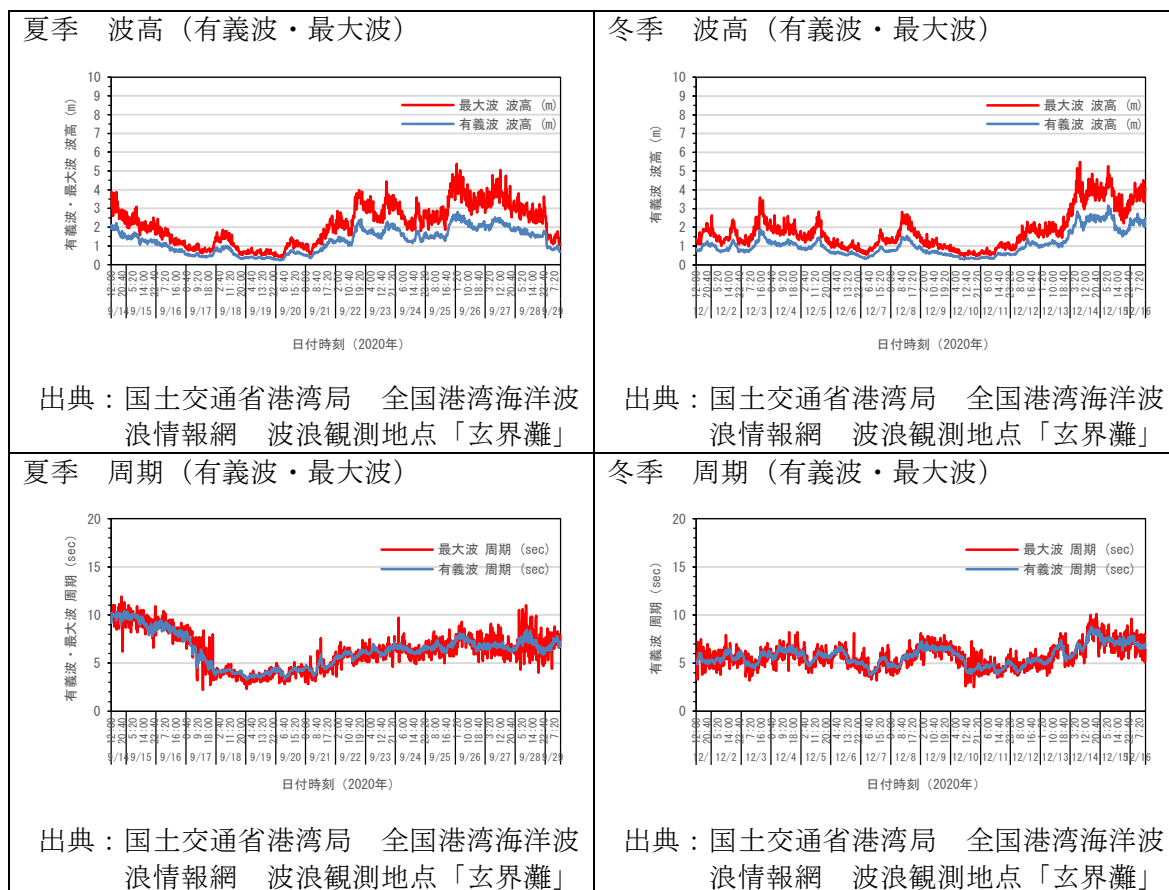


図2.2-66 長崎県壱岐市周辺の気象・海象データの時間変動（空白部分は欠測値を示す）
（左：夏季、右：冬季、上：有義波波高・最大波波高、下：有義波周期・最大波周期）

また、地元漁業関係者へヒアリングを実施し、調査地点周辺の底質は砂が分布しており、海底地形は南北に緩やかな傾斜がみられ東西方向では平坦な地形であった。

夏季および冬季の観測期間中の調査対象海域の深さ50mでの旬別平均海流について図2. 2-67に示す。

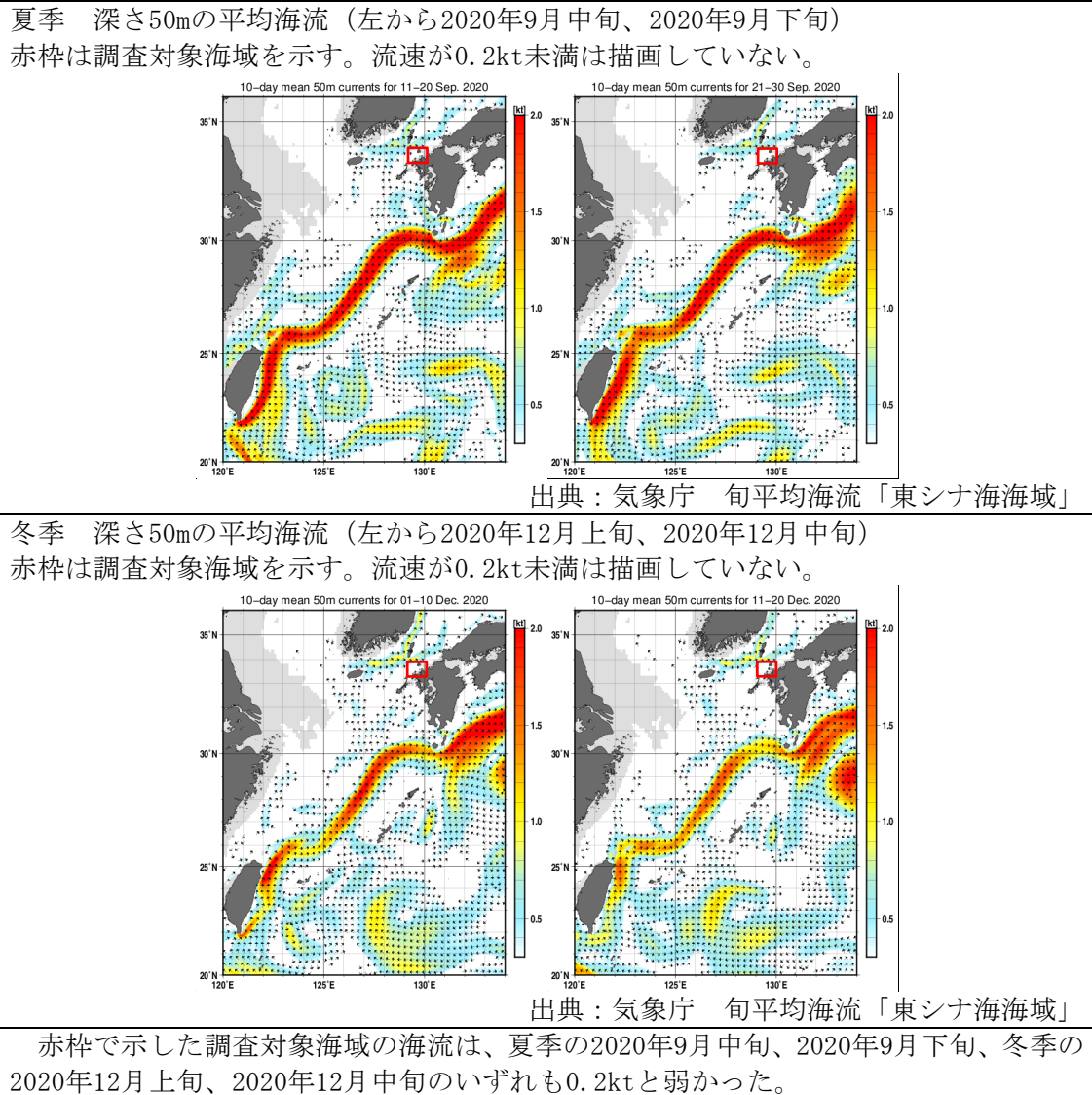


図2. 2-67 長崎県壱岐市沖の深さ50mの旬平均海流（上：夏季、下：冬季）

(2) 周辺の状況の把握

水中音響調査の観測期間中（夏季：2020年9月14日～2020年9月29日、冬季：2020年12月2日～2020年12月17日）における、調査地点周辺で確認された海上工事や沿岸海域調査等について収集し整理したものを表2.2-17～表2.2-18、図2.2-68～図2.2-69に示す。

なおヒアリング先は、長崎県 壱岐振興局、唐津海上保安部 壱岐海上保安署、壱岐市役所 総務部 SDG未来課、郷ノ浦漁業協同組合、地元漁業関係者とした。

夏季の観測期間中では、漁業は調査地点から約2.6kmの位置において刺網が、約6.0km及び調査地点周辺では一本釣り（タイ等）の実施が確認された。なお、夏季の観測期間中では海上工事及び海上調査の実施は確認されなかった。

冬季の観測期間中では、海上工事は調査地点から約5.4kmの位置において通信ケーブル撤去工事が、約3.6kmでは鎌崎防波堤工事、約6.1kmでは大島防波堤防風工事の実施が確認された。漁業は調査地点から約2.7kmの位置において延縄（アラ）が、約2.9kmでは一本釣り（タイ等）、調査地点周辺では刺網の実施が確認された。なお、冬季の観測期間中では海上調査の実施は確認されなかった。

表2.2-17 調査地点周辺の工事・調査・漁業活動状況（長崎県壱岐市沖_夏季）

No.	9	調査対象海域	長崎県壱岐市沖
調査期	夏季	観測期間	2020年9月14日～9月29日
工事調査	夏季調査期間における工事・調査は確認されなかった。		
	出典	唐津海上保安部 壱岐海上保安署、壱岐市役所 総務部 SDG未来課、郷ノ浦漁業協同組合	
漁業1	漁業期間	9/14～9/29	
	概算距離	約2.6km	
	内容	刺網	
	出典	地元漁業関係者	
漁業2	漁業期間	9/14～9/29	
	概算距離	0km（南側、調査地点周辺）、約6.0km（北側）	
	内容	一本釣り（タイ等）	
	出典	地元漁業関係者	

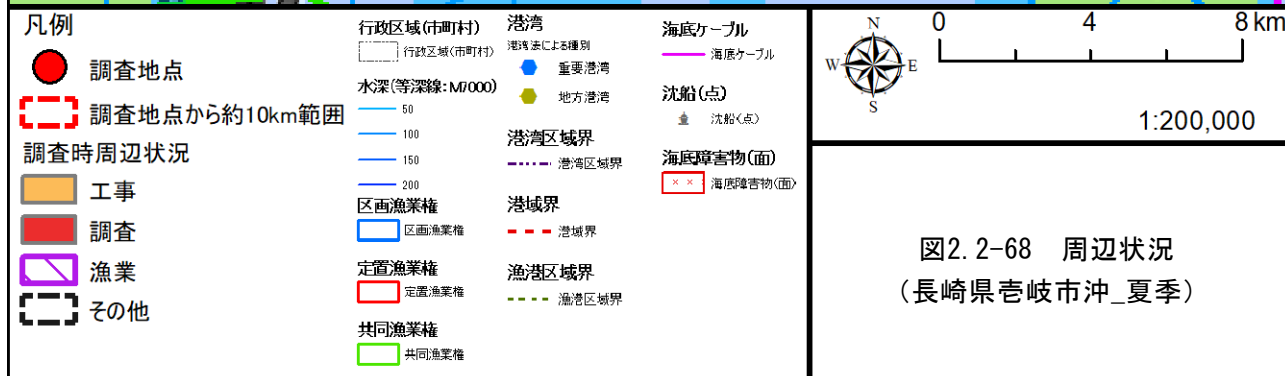
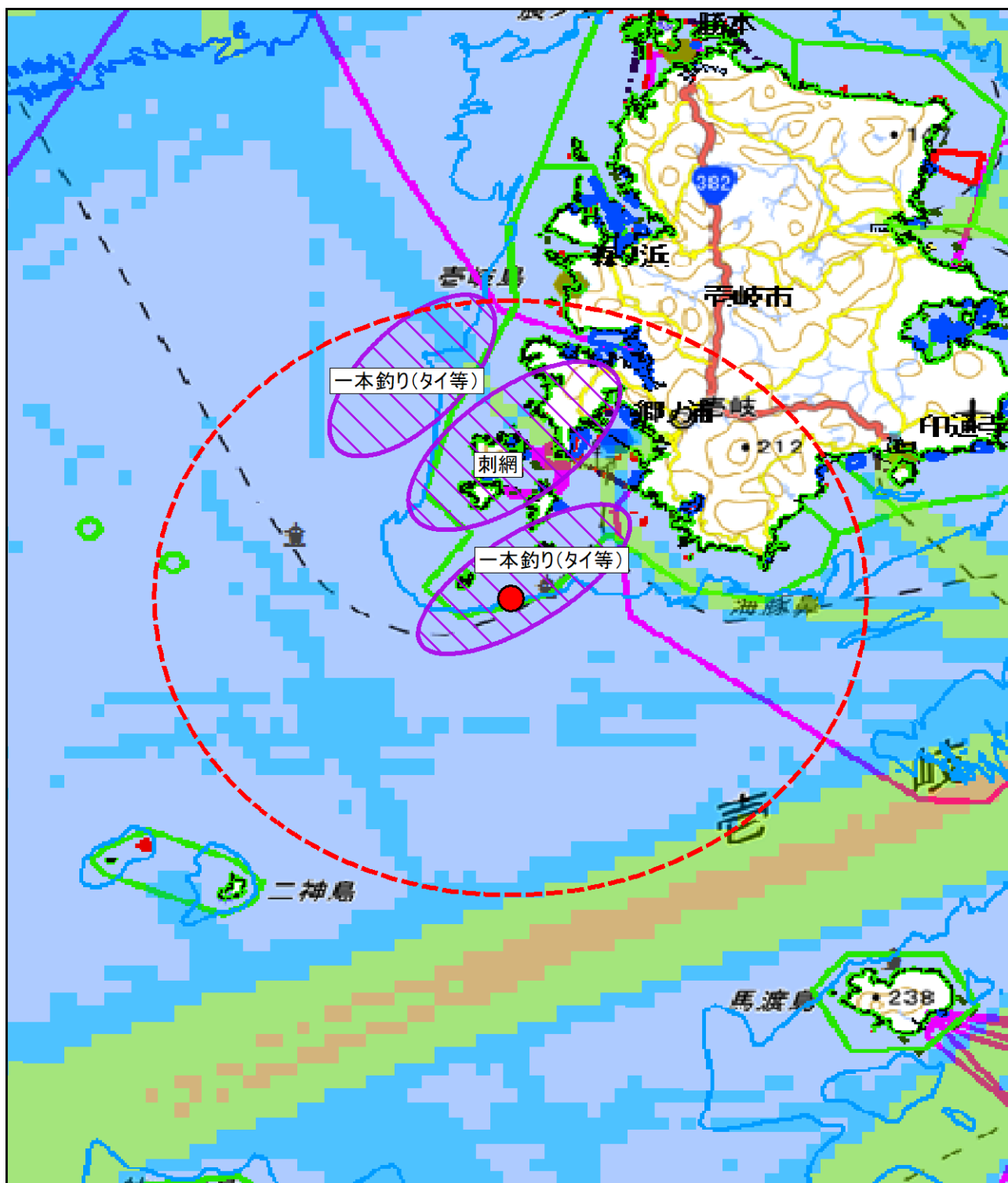
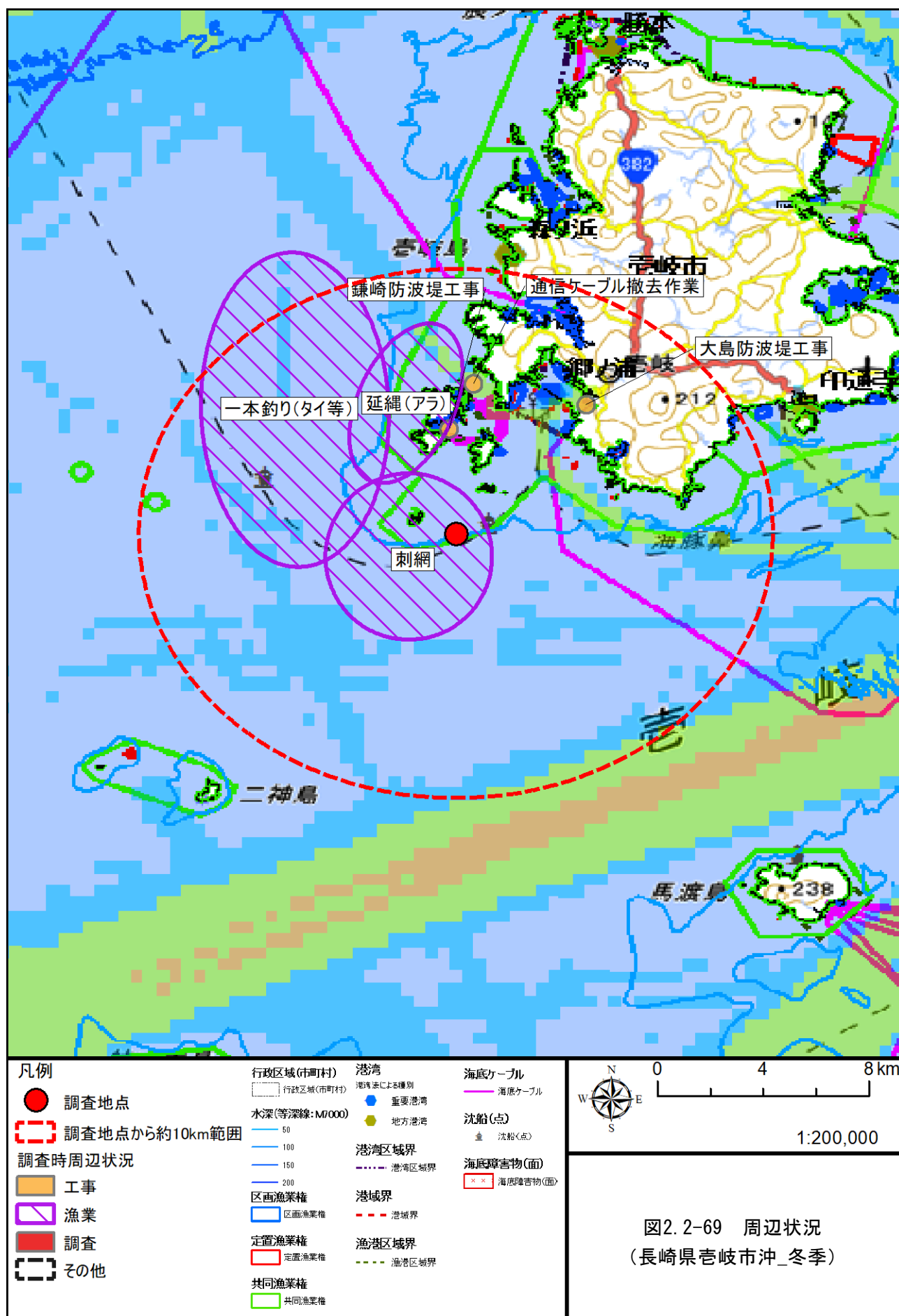


図2.2-68 周辺状況
(長崎県壱岐市沖_夏季)

表2.2-18 調査地点周辺の工事・調査・漁業活動状況（長崎県壱岐市沖_冬季）

No.	9	調査対象海域	長崎県壱岐市沖
調査期	冬季	観測期間	2020年12月2日～12月17日
工事1	工事期間	11月下旬～12月下旬	
	概算距離	約5.4km	
	内容	通信ケーブル撤去	
	出典	唐津海上保安部 壱岐海上保安署	
工事2	工事期間	11月下旬～12月下旬	
	概算距離	約3.6km	
	内容	鎌崎防波堤工事	
	出典	唐津海上保安部 壱岐海上保安署	
工事3	工事期間	11月下旬～12月下旬	
	概算距離	約6.1km	
	内容	大島防波堤防風工事	
	出典	唐津海上保安部 壱岐海上保安署	
漁業1	漁業期間	12/2～12/17	
	概算距離	約0km（調査地点周辺）	
	内容	刺網	
	出典	地元漁業関係者	
漁業2	漁業期間	12/2～12/17	
	概算距離	約2.7km	
	内容	延縄（アラ）	
	出典	地元漁業関係者	
漁業3	漁業期間	12/2～12/17	
	概算距離	約2.9km	
	内容	一本釣り（タイ等）	
	出典	地元漁業関係者	



(3) 調査結果の解析

長崎県壱岐市沖における観測期間中（夏季：2020年9月14日～2020年9月29日、冬季：2020年12月2日～2020年12月17日）の長期間スペクトログラムを図2.2-70に、0A値の濃淡図を図2.2-71、気象・海象データの変動を図2.2-72に示す。

主要音源：

テッポウエビ音、船舶音等が確認された。

環境水中音の概観（夏季）：

長期間スペクトログラムによると、日周期的に18時台付近において魚類の鳴音と思われる音が確認され、音圧レベルの増加が見られた。100Hz以下の周波数帯域において、不規則に音圧レベルが上昇と下降を繰り返す傾向が見られた。また0A値の濃淡図によると、観測期間を通して周期的な音圧レベルの変化が観測された。

環境水中音の概観（冬季）：

長期間スペクトログラムによると、100Hz以下の周波数帯域において、不規則に音圧レベルが上昇と下降を繰り返す傾向が見られた。また0A値の濃淡図によると、観測期間を通し周期的な音圧レベルの変化が観測された。夏季と冬季の傾向が他の地点に比べ、比較的似通っている傾向が確認された。

気象・海象データとの比較：

0A値の濃淡図によると、潮位と音圧レベルに一定の関係が確認された。また、夏季において波高が高かった観測期間の後半の9月22日以降、冬季においては観測期間の終わり頃の12月14日以降で、波高が上昇している期間に音圧レベルが若干上昇している傾向がそれぞれ確認された。

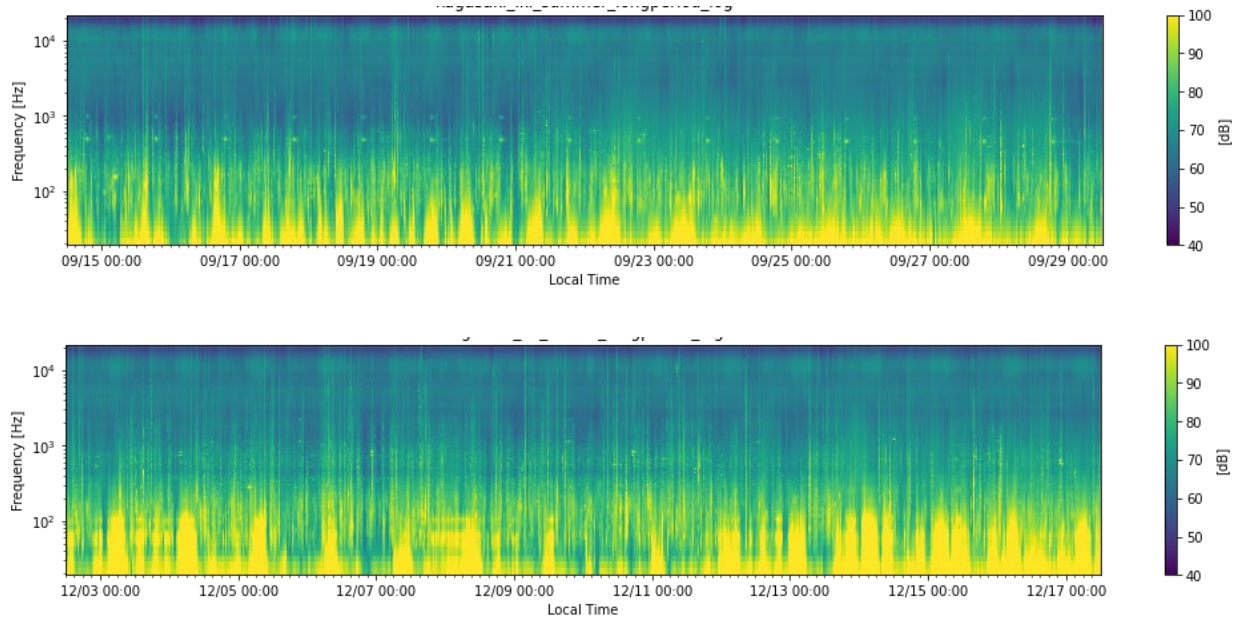


図2. 2-70 長崎県壱岐市沖の観測期間中の長期間スペクトログラム（上：夏季、下：冬季）

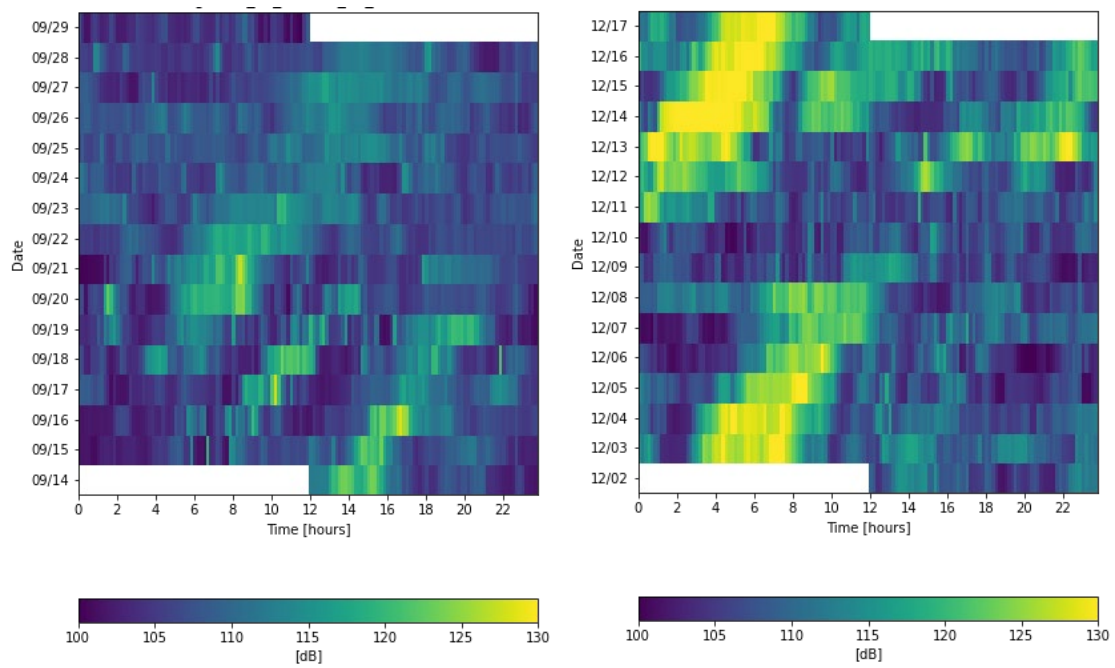


図2. 2-71 長崎県壱岐市沖の観測期間中のOA値の濃淡図（左：夏季、右：冬季）

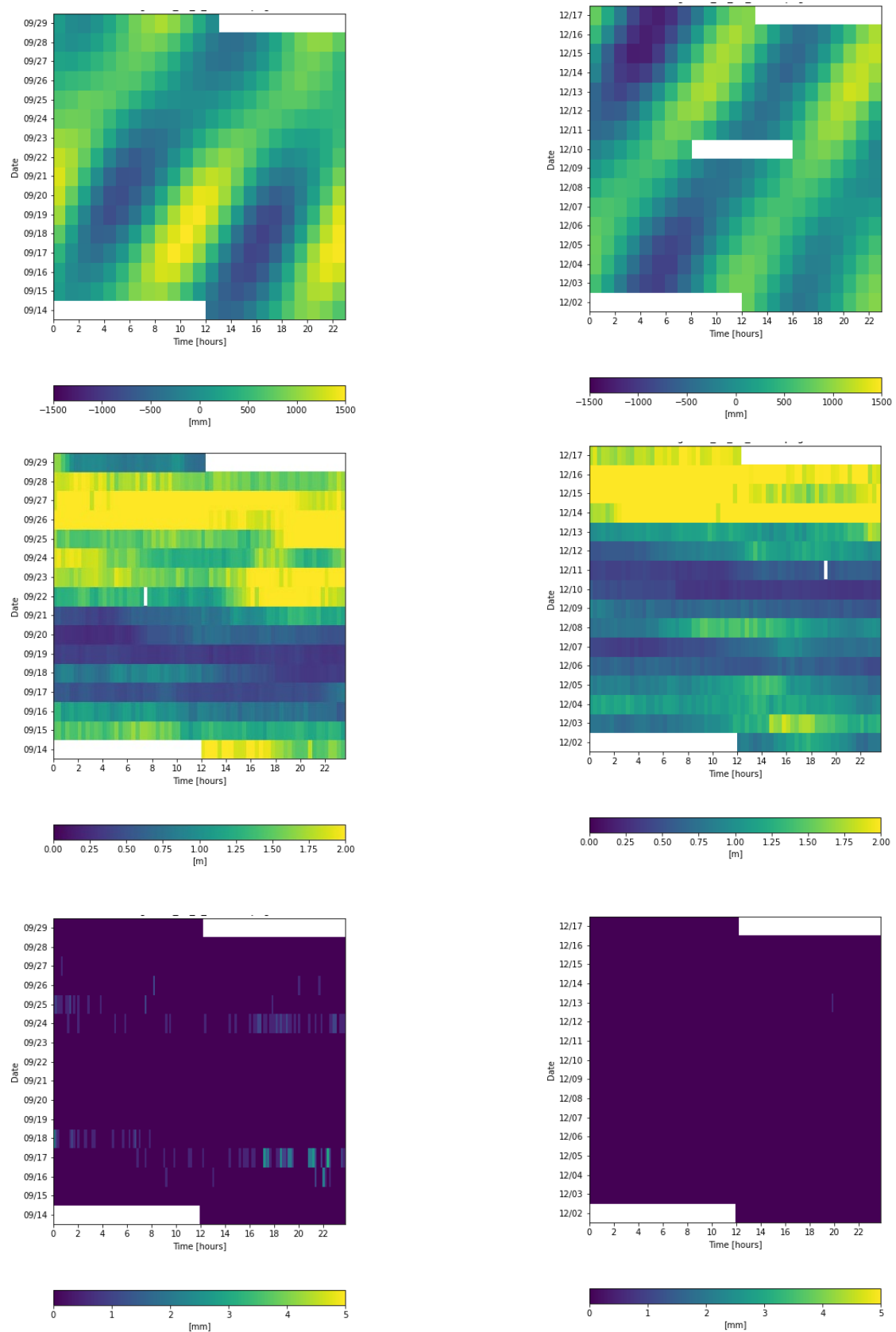


図2.2-72 長崎県壱岐市沖の観測期間中の気象・海象データの変動
(左：夏季、右：冬季、上：潮位、中：波高、下：降水量)

2.10 鹿児島県薩摩川内市沖海域

(1) 気象・海象データの整理

水中音響調査の観測期間中（夏季：2020年8月6日～2020年8月21日、冬季：2021年2月11日～2021年2月26日）における、気象・海象データを収集し整理した。収集したデータは、1時間の平均気温・合計降水量、1時間の潮位（東京湾平均海面（T.P.））、1時間の平均風速、20分間の有義波波高、有義波周期、20分間の最大波波高、最大波周期であり、整理した結果を図2.2-73～図2.2-74に示す。

夏季の観測期間中の平均気温は28.6℃で期間中の大きな変化がない一方、冬季の観測期間中の平均気温は11.7℃で2月15日から2月18日にかけて急激に気温が低くなり、その後2月19日にかけて気温が高くなり、その後安定した。

夏季の観測期間中の降雨は、8月8日～8月11日で観測され、1時間の降水量の最大が3.5mmと観測された。冬季の観測期間中の降雨は、2月14日、2月17日、2月18日、2月26日で観測され、1時間当たりの降水量は最大で5.5mm（2月26日10時）であった。

夏季の観測期間中の毎時潮位は平均で35.0cm、最大で169.6cm、最小で-123.2cmであり、冬季の毎時潮位は平均で17.4cm、最大で139.2cm、最小で-140.0cmであった。夏季、冬季ともに1日の潮位差は観測の初期から中期にかけて小さくなり、その後大きくなった。

観測期間中の平均風速は夏季で2.5m/s、冬季で3.7m/sであり、観測期間を通して1時間当たりの最大の平均風速は、夏季で7.0m/s、冬季で10.6m/sであった。風速は、夏季に比べて冬季の方が高い傾向にあった。

観測期間中の平均の有義波波高は夏季で0.20m、冬季で0.19mであった。最大の有義波波高は夏季で1.1m、冬季で0.72mであり、夏季、冬季ともに波は安定して穏やかであった。有義波周期の平均は、夏季で3.5秒、冬季で3.3秒であった。

また、夏季の最大波波高の平均は0.32m、最大波周期の平均は3.6秒であった。

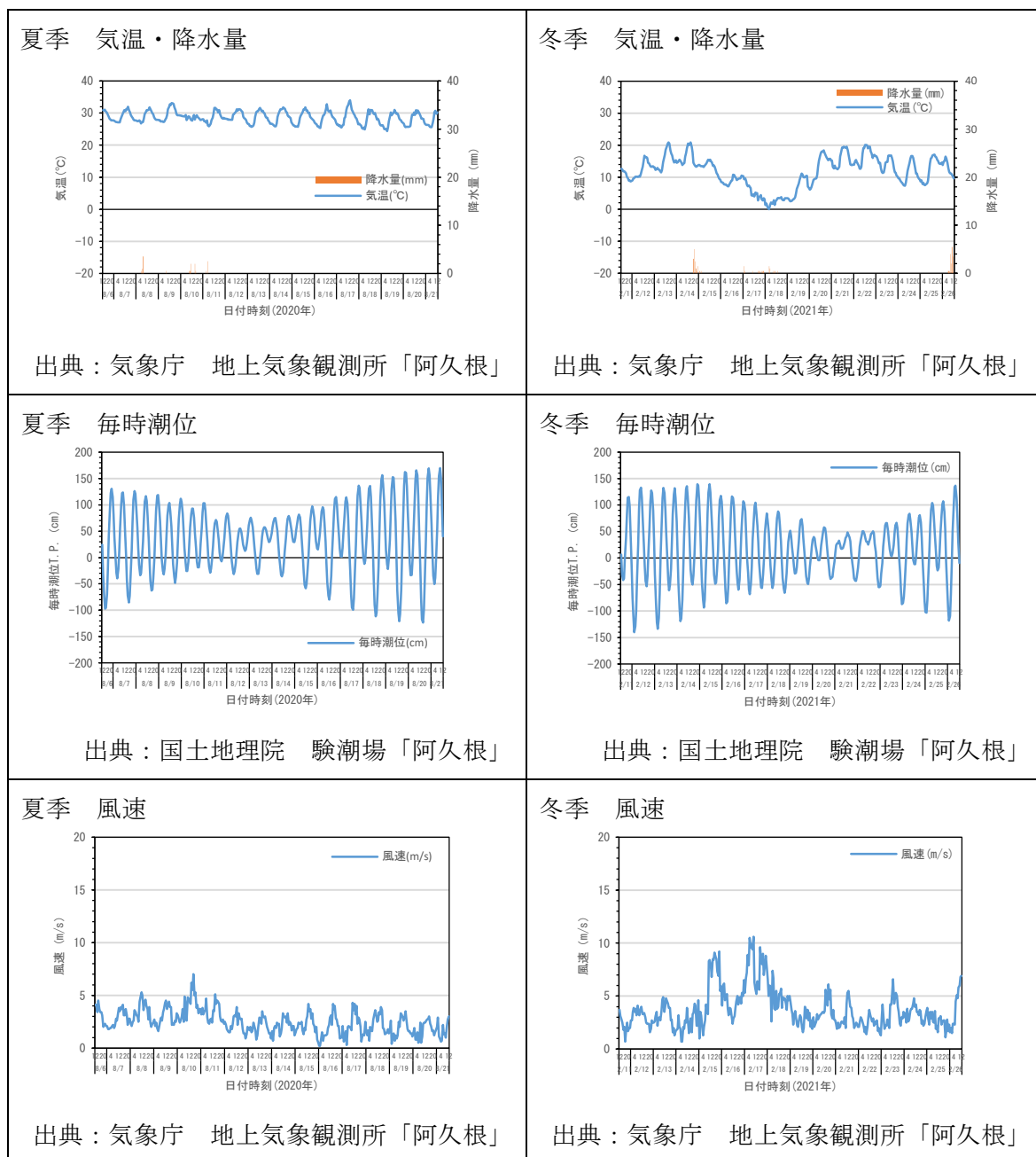


図2.2-73 鹿児島県薩摩川内市周辺の気象・海象データの時間変動
(左：夏季、右：冬季、上：気温・降水量、中：潮位、下：風速)

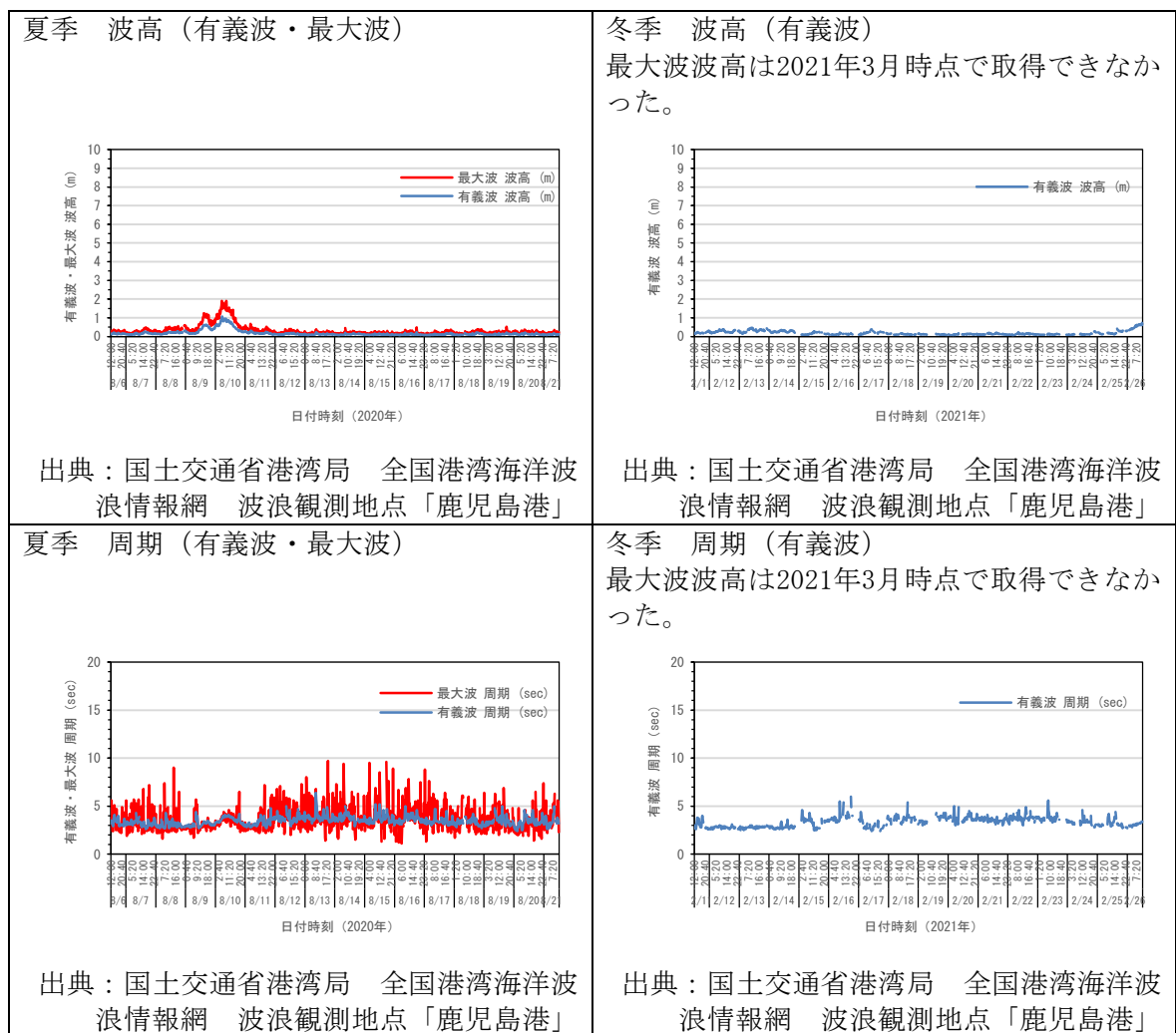
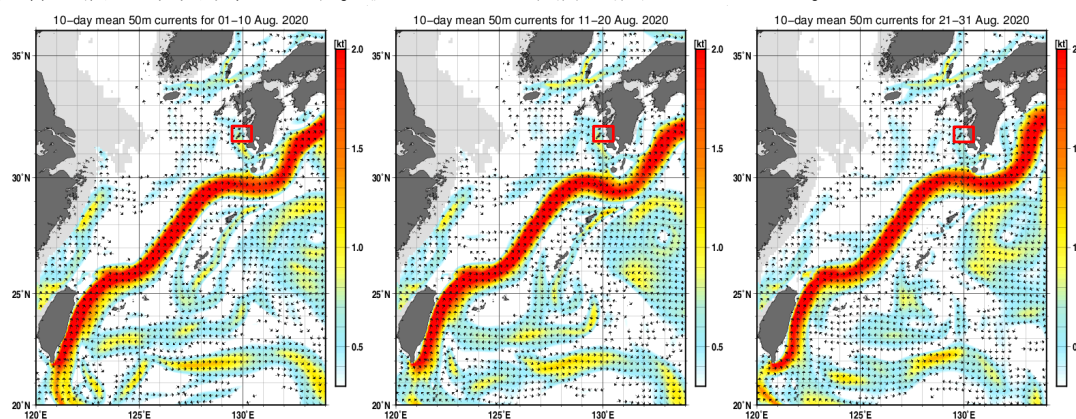


図2.2-74 鹿児島県薩摩川内市周辺の気象・海象データの時間変動（空白部分は欠測値を示す）
（左：夏季、右：冬季、上：有義波波高・最大波波高、下：有義波周期・最大波周期）

また、地元漁業関係者へヒアリングを実施し、調査地点周辺の底質は砂が分布しており、海底地形は比較的平坦であった。

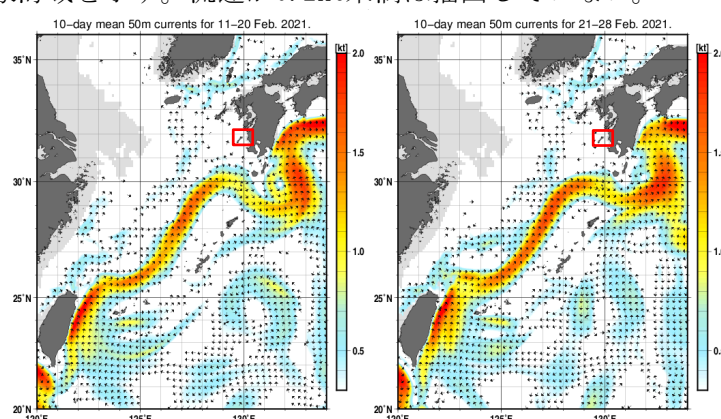
夏季および冬季の観測期間中の調査対象海域の深さ50mでの旬別平均海流について図2. 2-75に示す。

夏季 深さ50mの平均海流（左から2020年8月上旬、2020年8月中旬、2020年8月下旬）
赤枠は調査対象海域を示す。流速が0.2kt未満は描画していない。



出典：気象庁 旬平均海流「東シナ海海域」

冬季 深さ50mの平均海流（左から2021年2月中旬、2021年2月下旬）
赤枠は調査対象海域を示す。流速が0.2kt未満は描画していない。



出典：気象庁 旬平均海流「東シナ海海域」

赤枠で示した調査対象海域の海流は、2020年8月上旬、2020年8月中旬では南西向き0.5～1.0kt、2020年8月下旬では南西向きに0.5ktでそれぞれ流れていた。

一方、調査対象海域の冬季での海流は、2021年2月中旬、2021年2月下旬ともに0.2ktと弱かった。

図2. 2-75 鹿児島県薩摩川内市沖の深さ50mの旬平均海流（上：夏季、下：冬季）

(2) 周辺の状況の把握

水中音響調査の観測期間中（夏季：2020年8月6日～2020年8月21日、冬季：2021年2月11日～2021年2月26日）における、調査地点周辺で確認された海上工事や沿岸海域調査等について収集し整理したものを表2.2-19～表2.2-20、図2.2-76～図2.2-77に示す。

なおヒアリング先は、鹿児島県 北薩地域振興局 建設部 管理課、串木野海上保安部、川内市漁業協同組合、地元漁業関係者とした。

夏季の観測期間中では、海上工事は調査地点から約6.6kmの位置において捨石均し作業が、約8.0kmでは波よけブロック除去作業（起重機船使用）の実施が確認された。漁業は調査周辺においてごち網（調査当時5隻確認）の実施が確認された。なお、夏季の観測期間中では海上調査の実施は確認されなかった。

冬季の観測期間中では、海上工事は調査地点から約7.4kmの位置において起重機船による川内川河口での砂利採取が、約8.9kmでは船間島地区築堤護岸工事の実施が確認された。海上調査は調査地点から約7.2kmの位置において川内火力発電所前港湾区域内での海上ボーリング調査及び川内原子力発電所前海域にて流速計係留調査の実施が確認された。漁業は調査地点から調査地点周辺において底曳網（貝類）（調査当時1隻）、固定式刺網（調査当時3隻）の実施が確認された。

表2.2-19 調査地点周辺の工事・調査・漁業活動状況（鹿児島県薩摩川内市沖_夏季）

No.	10	調査対象海域	鹿児島県薩摩川内市沖
調査期	夏季	観測期間	2020年8月6日～8月21日
工事1	工事期間	8/6～8/24	
	概算距離	約6.6km	
	内容	堤防の基礎部分のフーカー潜水による捨石均し作業。	
	出典	鹿児島県北薩地域振興局 建設部 管理課、串木野海上保安部	
工事2	工事期間	8/18～8/21	
	概算距離	約8.0km	
	内容	起重機船において、バケットによる波よけブロック除去作業。	
	出典	鹿児島県北薩地域振興局建設部 管理課、串木野海上保安部	
漁業1	漁業期間	8/6～8/21	
	概算距離	0km（調査地点周辺）	
	内容	ごち網（調査当時5隻確認）	
	出典	地元漁業関係者	

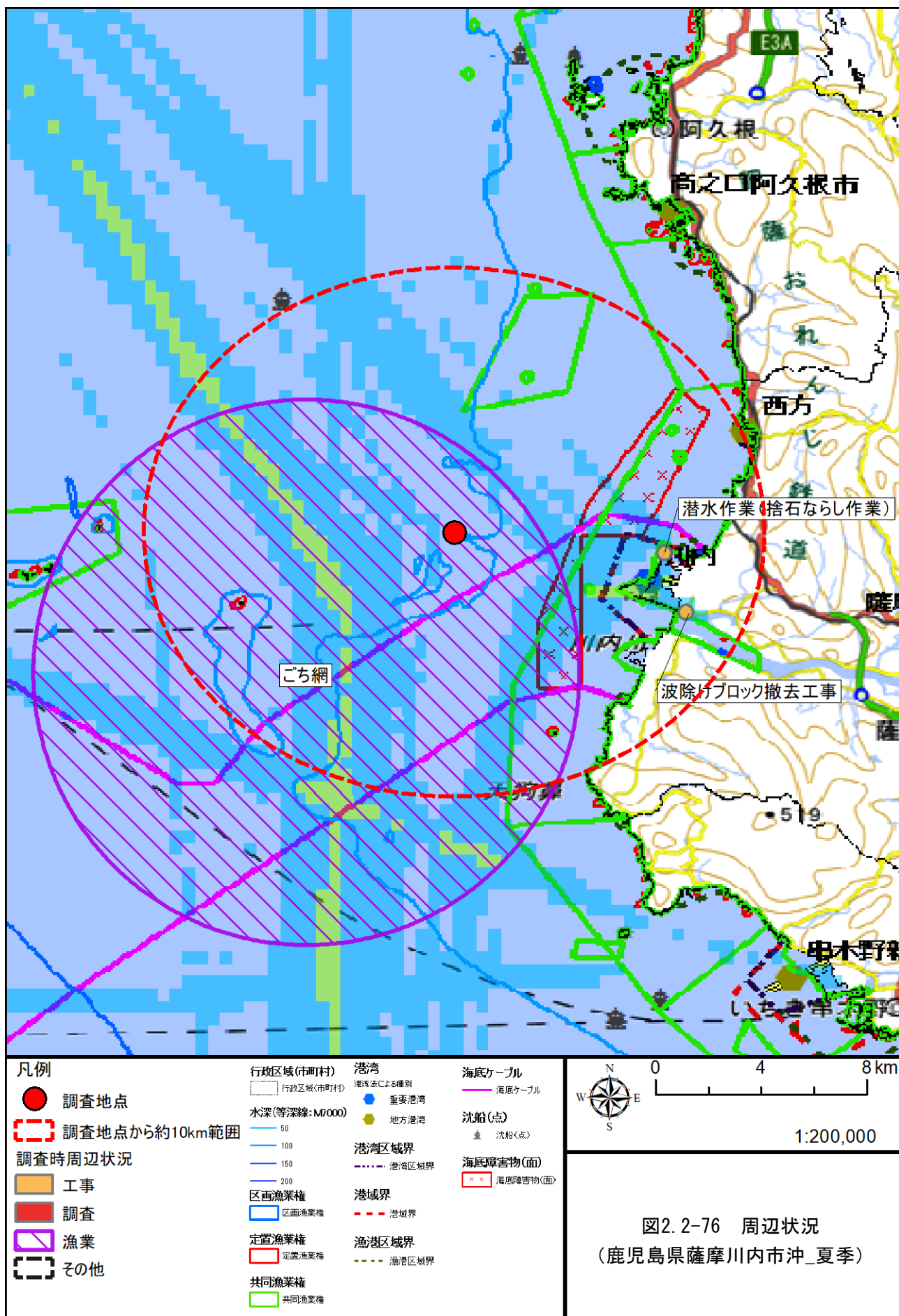
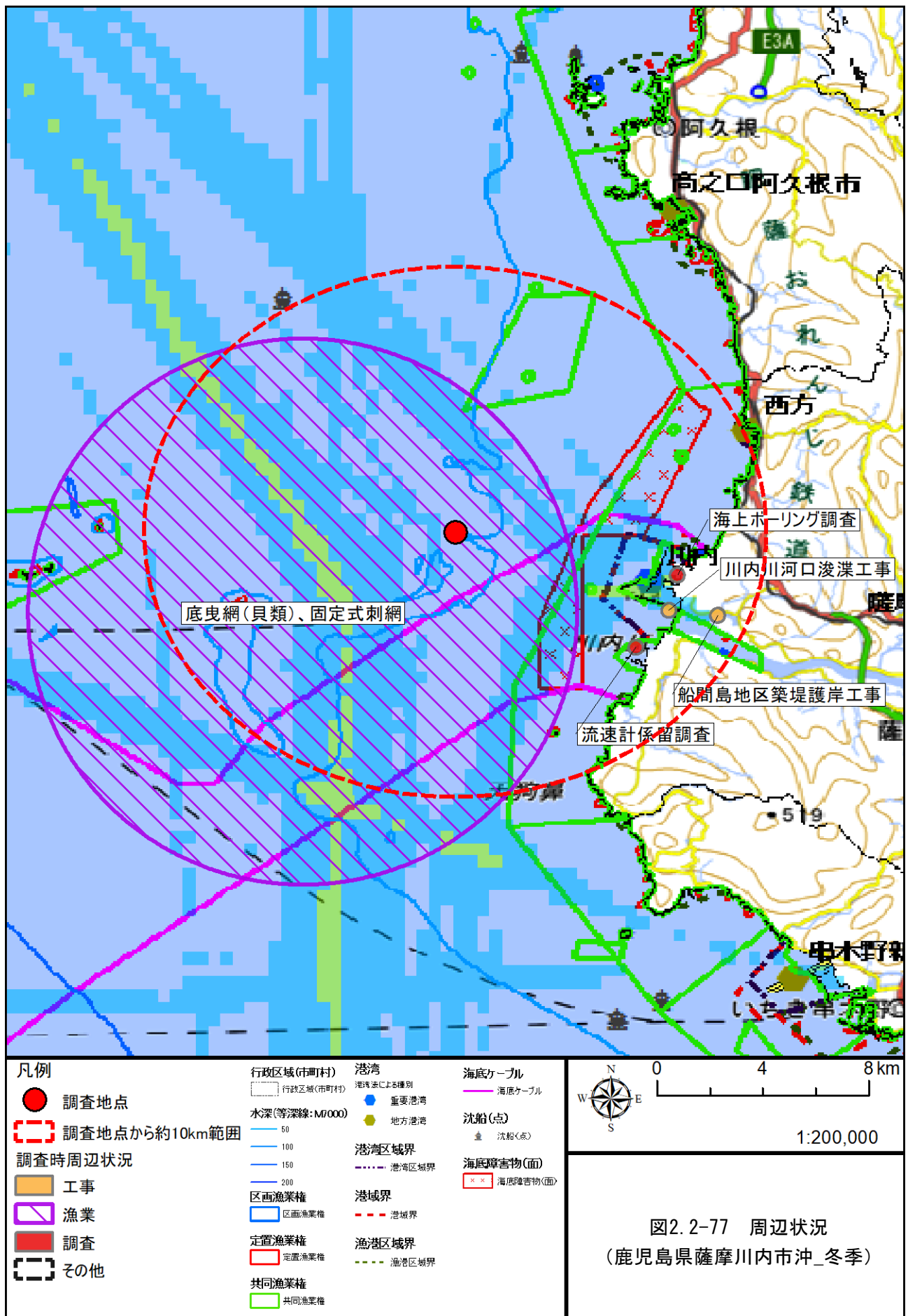


表2.2-20 調査地点周辺の工事・調査・漁業活動状況（鹿児島県薩摩川内市沖_冬季）

No.	10	調査対象海域	鹿児島県薩摩川内市沖
調査期	冬季	観測期間	2021年2月11日～2月26日
工事1	工事期間	2/11, 2/12, 2/20, 2/22～2/26	
	概算距離	約7.4km	
	内容	起重機船による川内川河口での砂砂利採取	
	出典	北薩地域振興局 建設部 管理課	
工事2	工事期間	2019/11/29～2021/3/31（調査期間を跨いで長期工事実施中）	
	概算距離	約8.9km	
	内容	船間島地区築堤護岸工事	
	出典	実現場案内看板	
調査1	調査期間	2/8～2/28	
	概算距離	約7.2km	
	内容	川内火力発電所前港湾区域内での海上ボーリング調査	
	出典	川内市漁業協同組合	
調査2	調査期間	2/8～2/24	
	概算距離	約7.2km	
	内容	川内原子力発電所前海域にて流速計係留調査	
	出典	川内市漁業協同組合	
漁業1	漁業期間	2/11～2/26	
	概算距離	0km（調査地点周辺）	
	内容	底曳網（貝類）（調査当時1隻）、固定式刺網（調査当時3隻）	
	出典	地元漁業関係者	



(3) 調査結果の解析

鹿児島県薩摩川内市沖における観測期間中（夏季：2020年8月6日～2020年8月21日、冬季：2021年2月11日～2021年2月26日）の長期間スペクトログラムを図2.2-78に、0A値の濃淡図を図2.2-79、気象・海象データの変動を図2.2-80に示す。

主要音源：

テッポウエビ音、船舶音、夏季において魚類の鳴音等が確認された。

環境水中音の概観（夏季）：

長期間スペクトログラムによると、19時台付近から魚類の鳴音が確認され、500Hz～1kHz付近の周波数帯域において音圧レベルの上昇が確認された。また100Hz以下の周波数帯において、不規則な音圧レベルの上昇と下降が確認された。

環境水中音の概観（冬季）：

長期間スペクトログラムによると、17時台に100Hz～300Hz付近に船舶音による下に凸の干渉縞が周期的に確認された。夏季に見られた魚類の鳴音は確認されなかった。また、長期間スペクトログラム、0A値の濃淡図によると2月16日～2月18日にかけて、冬季の他の期間に比べ周波数帯域全体に渡って音圧レベルが大きい傾向が見られた。また夏季と同様、100Hz以下の周波数帯において、不規則な音圧レベルの上昇と下降が確認された。

気象・海象データとの比較：

夏季、冬季ともに気象・海象データとの関係性は見られなかった。

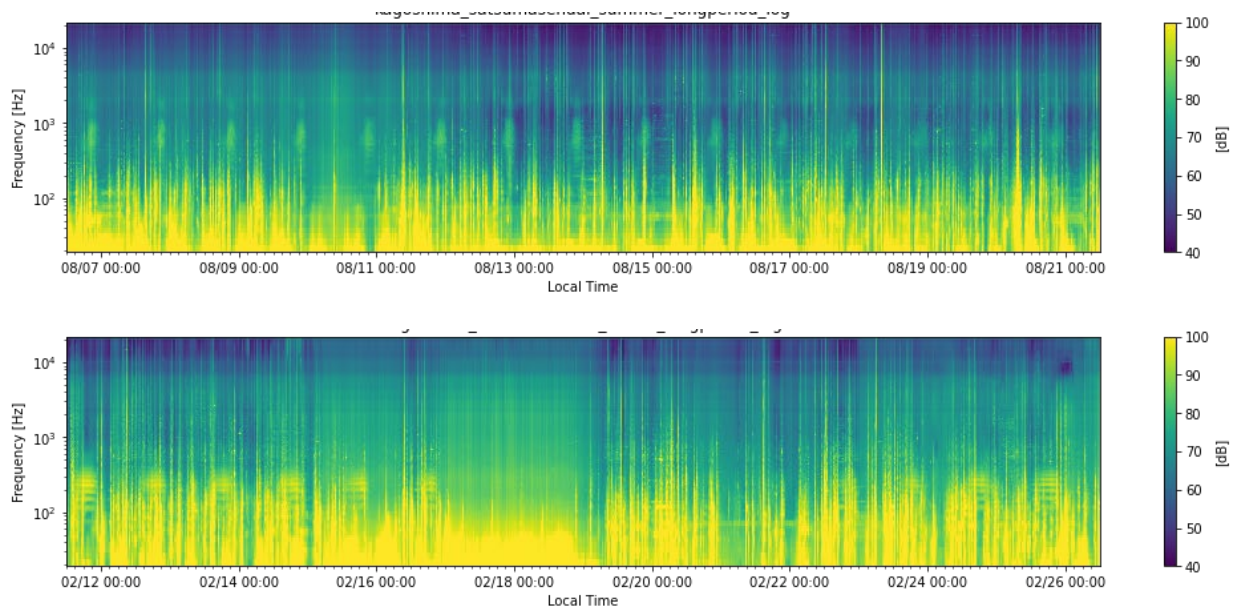


図2. 2-78 鹿児島県薩摩川内市沖の観測期間中の長期間スペクトログラム（上：夏季、下：冬季）

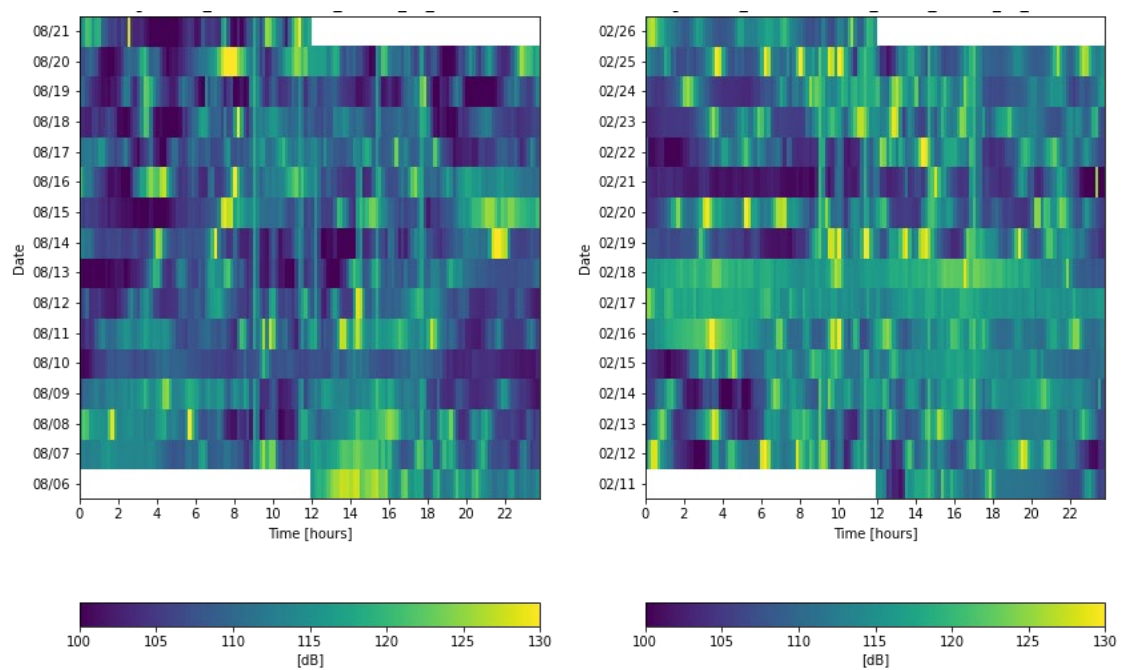


図2. 2-79 鹿児島県薩摩川内市沖の観測期間中のOA値の濃淡図（左：夏季、右：冬季）

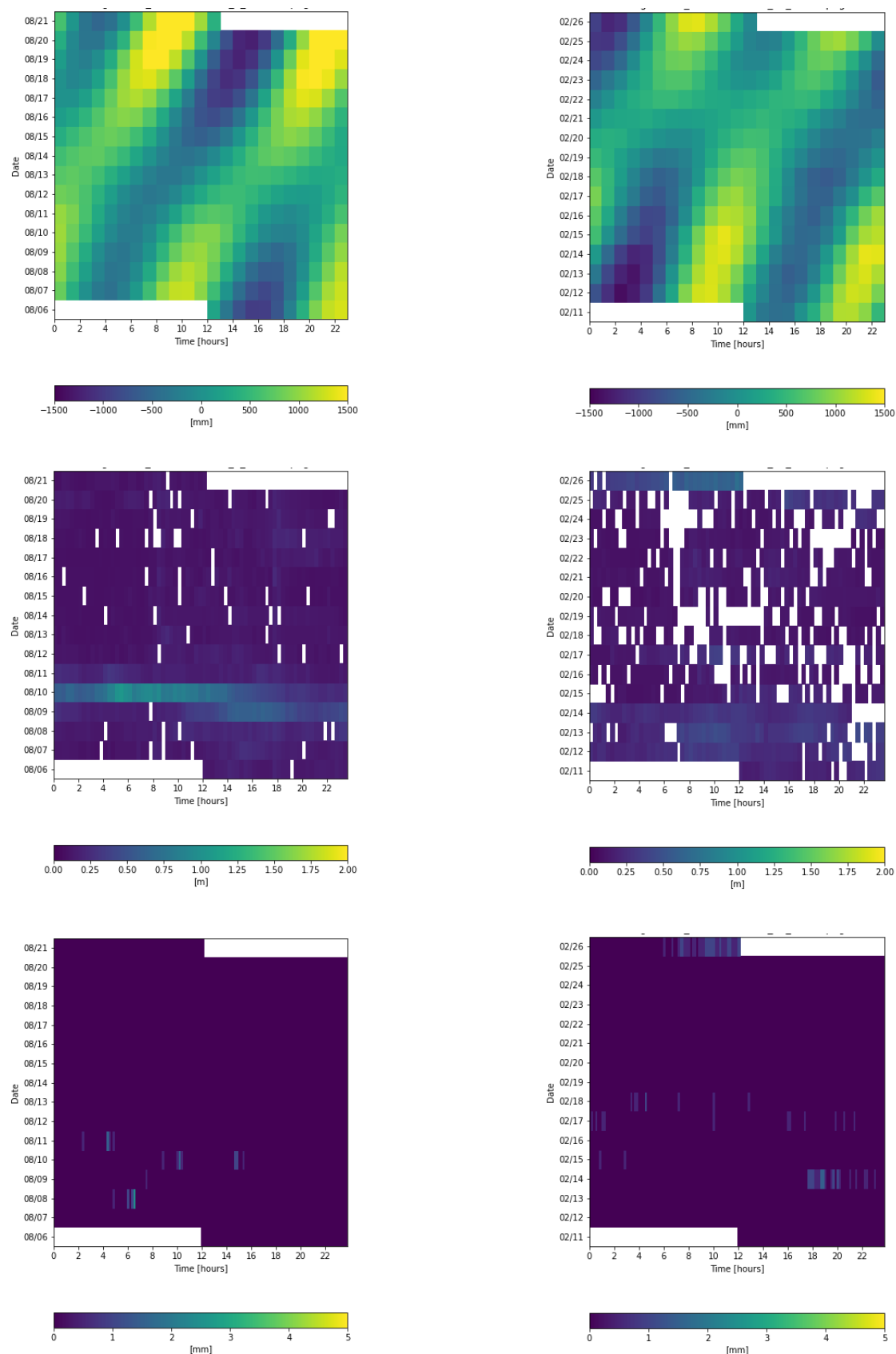


図2.2-80 鹿児島県薩摩川内市沖の観測期間中の気象・海象データの変動
(左：夏季、右：冬季、上：潮位、中：波高、下：降水量)

2.11 各海域の特徴

すべての海域の環境水中音を比較すると、いずれかの地点で共通点は見られるものの、音源、音圧レベル、周波数特性、時間変化等において、全く同じような環境水中音の特徴を示す海域はなかった。また、日周性や週周性といった時間軸の観点から見ると周波数特性、音圧レベルが日毎や時間毎に変化しており、特定の1日あるいは特定の1時間といった短時間での観測では、その海域の環境水中音の特徴を適切に把握することはできない、ということが確認された。本業務を通して全国の海域において、15昼夜の水中音響調査を統一した手法で実施することで海域別の特徴や、同海域内での時系列変化について示すことができた。

以降それぞれの海域について、比較する。

各海域は主として、以下の3つの要因により、音環境は異なるものと考えられる。

- 500Hz以下に特に顕著な環境要因による音圧レベルの変化及び船舶音
- 500Hz～10kHz付近に特に顕著な魚類の鳴音
- 10kHz以上に確認されるテッポウエビ音

これらは調査対象海域の周辺の漁業や遊漁船、定期船航路の状況、生息する魚種、底質（観測地点周辺の底質が岩であるとテッポウエビの生息数が増えることが知られている）によって変化すると考えられる。

船舶音においては、周囲に港湾が位置する岩手県久慈市沖等で顕著で、常に船舶音を確認されていたことから音圧レベルが一定して大きいことが分かった。他の海域でも船舶音は確認されるが、音圧レベルとしては岩手県久慈市沖と比較すると小さかった。

魚類の鳴音においては、夏季の多くの海域で確認でき、主として夕～夜間にかけて鳴音が活発化する傾向がみられた。同じ日本海側で比較的観測点の近い秋田県由利本荘市沖と新潟県村上市沖を比較すると、夏季の観測期間が8月である秋田県由利本荘市沖の方が魚類の鳴音が顕著であり、観測期間が9月の新潟県村上市沖では、魚類の鳴音が秋田県由利本荘市沖と比べて見えにくい傾向が確認された。これは、鳴音を発する魚類の主な繁殖期が春から夏であることによるものと考えられる。

神奈川県横須賀市沖と福井県福井港沖では、10kHz以上の周波数帯で確認されるテッポウエビ音について、夜間に音圧レベルが上昇する傾向が確認され、夜間の0A値の濃淡図の音圧レベルが大きくなるほどその海域の環境水中音を支配していた。

北海道石狩市沖では、テッポウエビ音と魚類の鳴音はほとんど観測されず、他の海域と比べて異なった水中音環境を構成していることがわかった。本調査結果から、北海道の海域は、環境水中音が生物音で支配されることが少なく、船舶音や気象海象による影響が顕著に出る傾向にある可能性が考えられた。

気象海象等の環境要因による音圧レベルの変化は、物理的な要因であることから基本的には海域差はないものと考えられる。有義波波高については、基本的に有義波波高が高くなると音圧レベルも高くなる傾向が確認されたが、一部海域の一定期間においては有義波波高が低い時間帯に音圧レベルが高くなっている逆転の現象が起きており、今後の検討課題として挙げられる。日本海側の地点である北海道石狩市沖、秋田県由利本荘市沖、福井県福井港沖の冬季の0A値は、各海域ともに有義波波高との関係性が強く見られたことから、冬季の時化の影響を強く受けていたと考えられる。

降水量についても、降水量の多い時間帯には音圧レベルの上昇が見られた。

また潮汐との関係について、長崎県壱岐市沖で潮汐の影響を受けていることが顕著であったが、それ以外の海域では確認されなかった。基本的に海域によらず一定の傾向を示すが、一部の海域についてのみ関係を示す環境要因もあった。

3. 専門家ヒアリング

夏季及び冬季の現地調査から得られた水中録音データについて、専門家に解析の方針や手法、録音データから得られた音源についての意見のヒアリングを実施した。専門家ヒアリング実施状況を表2.3-1に、ヒアリング内容概要を表2.3-2～表2.3-5に示す。なお、ヒアリング記録全文に関しては資料編に示す。

表2.3-1 専門家ヒアリング実施状況

専門家	No	実施日
公財) 笹川平和財団 海洋政策研究所 海洋政策研究部長 赤松 友成	1	1回目：2021年3月8日
	2	2回目：2021年3月12日
公財) 海洋生物環境研究所 海洋生物グループ 研究専門役 島 隆夫	3	1回目：2021年3月10日
	4	2回目：2021年3月23日

表2.3-2 赤松友成先生ヒアリング内容概要（2021年3月8日実施）

No. 1	2021年3月8日（WEB開催） 赤松友成先生ヒアリング概要（AIによるデータ解析について）
● 使用するデータは、同一の調査地点のなかで上層と下層のいずれか1つで固定すべきと考える。理由は同じタイミングで同じ音を検出しているため、鯨類の鳴音イベント音を検出するという面では重複しているためである。 ● 生態調査に機械学習を使う場合、指標値としてAUCや検出精度よりも重要なことは、偽陽性の数を減らすことである。真陽性の検出率が低くとも、偽陽性の検出数を減らしておくことが非常に重要である。 ● ROC曲線は、閾値の設定等の際の参考になると思うので参考資料等で示しておいてもらえるとよい。 ● 人間による目視確認では、特徴が同じでも、前後に鳴音がある場合には鳴音の可能性が高いため鳴音と判断し、前後に鳴音が無い場合はノイズと判断することが多い。これを機械学習で再現する場合には、前後に鳴音があるか否かの条件をSVMで扱うパラメータに入れると良い。	

表2.3-3 赤松友成先生ヒアリング内容概要（2021年3月12日実施）

No. 2	2021年3月12日（WEB開催） 赤松友成先生ヒアリング概要（水中録音データについて）
● 今回、提示された資料情報のなかで抜けているのは底質情報である。音のデータから生物相を捉えるためには砂泥域か岩礁域かは抑えておくことと良い。 ● 従属変数（収録音；説明される側の変数）と説明変数（気象海象等）を分けて解析を実施すること。 →OA値だと全てが平均化されるため、周波数帯域で見ることが重要であろう。1/3オクターブバンドや1/1オクターブバンドといったバンドレベル毎に集約し解析した方が周期性の有無等の特徴を捉えることができる。1/1オクターブバンドでも十分ではないか。 →生物音のテッポウエビのなかで、10kHz前後の周波数帯域を従属変数にすると、冬場の場合には昼間にテッポウエビの反応が確認されるかもしれない。 ● 一般化線形モデルを用いて解析すると良い。従属変数に、低周波・中周波・高周波と条件を指定すると、それぞれに関係性が高いファクターを導きだしてくれる。 ● スペクトログラムのクラスター解析をすると良い。スペクトル＝ベクトル量であり、ベクトル量として解析すると音の種類ごとに24時間マップが作成でき、要素ごとにクリアな解析結果が把握できる。 ● 一般の方々に対する説明にはまず、そもそも海の音がうるさいことを伝える方が良い。そのなかで自然音、人工音、生物音の3種類があり、日本沿岸で生物が出す音では魚類の鳴音が主流であることを伝えるのが大事である。 ● 今回の10海域を比較整理する際には、魚類の鳴音の有無、甲殻類の音の有無、500Hz以下の工事音や洋上風車の稼働音と被る帯域の3つの音に着目して整理するのがよいのではないか。 ● 気象海象による影響は物理条件であるから、散布図や統計検定によって見られた関係性はいずれの海域においても適用できるものである。	

表2.3-4 島隆夫先生ヒアリング内容概要（2021年3月10日実施）

No. 3	2021年3月10日（WEB開催） 島隆夫先生ヒアリング概要
●	環境影響評価のためのデータ整理という点では、周波数ごとの音圧レベルの上端下端が分かれば十分だとは思う。
●	文献「Soundscape of an Indo-Pacific humpback dolphin (<i>Sousa chinensis</i>) hotspot before windfarm construction in the Pearl River Estuary, China」は水中音の様々な解析を実施しているので、今後の参考にするとよいのではないか。
●	0A値のみでの環境要因等との比較はバックグラウンドノイズが大きい海域になると欲しい情報がかき消される可能性があるため、1/3オクターブバンド帯等で周波数ごとの情報を取り扱うのが良いと考える。
●	周波数毎の音圧レベルと環境データを比較することで周波数と環境要因の関係性がわかると考える。
●	有義波高データの取り扱いについて、有義波高以外の、長周期のうねりや最大波高等で音圧レベルが大きくなることもある。そのため、有義波高に加えて、最大波高や最大周期についても情報を抑えておく方が良い。
●	調査対象海域の海底地形や陸地への面し方にも大きく影響を受けるだろう。また潮汐の影響を受けやすい海域（長崎県壱岐市沖等）では潮止まりの時間とそれ以外時間で音圧レベルの変化が発生している可能性もある。

表2.3-5 島隆夫先生ヒアリング内容概要（2021年3月23日実施）

No. 4	2021年3月23日（WEB開催） 島隆夫先生ヒアリング概要
●	環境影響評価の面から水中音を整理するときに気を付けるべきことは周波数別の音圧レベルの上下端、季節間の差、音源の状況である。 →一番重要なのは、年間で一番工事の影響範囲が広いであろう時期を示すことであり、ある地域での一番影響のある期間を提示したうえで、年間で全体の何%を占めるのかを示すと良いだろう。 →波や潮汐と音との関係は、物理的な環境の音なのでどの海域でも同じような現象が起きると考えられる。西日本の方が潮汐の影響は大きくなるので、全国10海域実施しているのであれば地域毎の環境水中音の差がみられる図があれば理想的である。
●	地点間比較についてサウンドスケープビューアによるk-meansのクラスター解析以外で、解析方法として想定されるものはあるか？ →論文名を覚えていないが、横軸が時間、縦軸は無次元で、分類された音源が時間帯ごとに音圧レベルがまとめられているのが印象的だった。見つけたら提供する。 →環境影響評価に視点を向けたクラスター解析を実施すると、工事音と重なる周波数帯の音が大きい海域と静かな海域かのグループ分けができればよい。日本全体を網羅したうえで、各海域での元々の海中音の大きさ（生物・人工・自然）を位置づけたデータを作成することで、今後そこに各事業者の観測された水中音データや工事音や供用後の音を重ねることによって、影響の大きさや範囲を簡易的に調べることができるようなものになると社会的に良い。
●	AAS）冬季の横須賀市沖の際、2021年3月20日に宮城県沖を震源とするM6.9地震が発生したが、その音が収音されている可能性や特徴があればご教示頂きたい →地震の音はかなり低周波であり、今回の機械で確認できるとすれば観測周波数の下限（20Hz）あたりで音が収録されている可能性があると思われる。

4. まとめ（総括・提案）

4.1 総括

各海域における本事業の調査結果概要を表2.4-1～表2.4-2に示す。

2.11の各海域の特徴でも示したが、本業務で水中音を観測した全国10海域において、音源、音圧レベル、周波数特性、時間変化等において、全く同じような環境水中音の特徴を示す海域はなかった。また、日周性や週周性の観点から見ると周波数特性、音圧レベルが日毎、時間毎に変化し、特定の1日あるいは特定の1時間といった短時間での観測では、その海域の環境水中音の特徴を適切に把握することはできないことが確認された。

すなわち、適切に環境水中音を把握するためには主に下記の調査条件が必要である。

- 海域毎の地形や周辺状況を考慮した適切な地点において観測を実施すること
- 日周的や週周性等の時系列変化を考慮して、一定期間の観測が必要であること

また、今回魚類の鳴音が周期的に観測されたことから、環境水中音は観測する海域の音を発する生物の生息状況を把握できる可能性があることが示唆された。今後の洋上風力発電事業をはじめとする海域における開発行為の工事実施前に環境中の水中音を観測、分析することで、事業対象海域に生息する魚類等の繁殖時等に発する鳴音の時間帯等も確認できることから、工事時間の計画等に水中音の調査結果を反映し、魚類等への影響を低減できる可能性が考えられる。さらに、工事期間の前後でモニタリングを実施することにより、工事期間前後での環境水中音の変化から、事業の生物に対する影響の有無等について把握することも可能であると考えられる。

本調査においては、日本の各海域において観測地点1点での測定を実施した。その1点が各海域の環境水中音を代表しているかどうかについては今後検討すべき課題であると考えられる。ある1点で観測された環境水中音が適用可能な範囲は海域の底質や海底地形の違いによって変わってくるものと考えられる。例えば均一な地形の海域では適用範囲は広がるが、地形が複雑で凹凸のある場所では逆に狭くなる。今回の調査対象海域では砂地で且つ海底地形及び海岸線に凹凸の少ない秋田県由利本荘市沖では適用範囲が広く、一方で岩盤の比率が高く且つ海底地形及び海岸線に凹凸が多い福井県福井港沖では狭くなると考えられる。

また本調査では夏季及び冬季の2季の観測を実施した。今後、春季及び秋季にも水中音響調査を実施することで、季節間による環境水中音の違いがより明瞭になると想定される。各季節の環境水中音の特徴として、春季には夏季と同様、魚類の鳴音が多く確認され、秋季は冬季に近い傾向が確認されるものと想定される。環境水中音を構成する要素は、気象海象による音、船舶音、魚類の鳴音、テッポウエビ音が基本となることが本調査から確認された。このうち、魚類の鳴音は、春から夏にかけて繁殖期を迎える種が多く、活発になることが知られている。また、本調査より秋季以降の魚類の鳴音は水温低下に伴う生物活動レベルの低下によって、あまり活発でない可能性が示唆された。そのため、環境水中音としてより特徴的なのは春季であると考えられ、さらに季節間での違いを調べる場合、秋季より春季の方が調査に適していると考えられる。

秋季は特に太平洋側で台風による気象海象の影響により音圧レベルが変化することが想定される。しかしながら、台風によって係留系の流失の可能性が高くなる等の調査自体に大きな影響を及ぼす可能性があり、調査の実施は春季と比較して困難である。本調査でも福井県福井港沖と三重県志摩市沖で、台風接近に伴い水中音響録音機器の一時回収を余儀なくされる等の影響があった。

表2.4-1 各海域における本事業の調査結果概要

No	海域	水深 (m)	主な底質	音の特徴	音源の種類 ^(注)						周辺の状況					
					気象		生物		人工		工事		調査		漁業	
					夏	冬	夏	冬	夏	冬	夏	冬	夏	冬	夏	冬
1	北海道石狩市沖	56	砂	夏季、冬季ともに気象・海象により特に低周波数帯域の音圧レベルが大きい傾向が確認された。特に冬季に気象・海象の影響が顕著であった。また他の地点で頻繁に確認された魚類の鳴音については顕著な傾向が確認されなかったほか、テッポウエビ音についても、他の地点ほどは確認されなかった。	◎	◎	○	○	○	○	有	有	無	無	有	有
2	秋田県由利本荘市沖	51	砂	夏季は魚類の鳴音について日周期的に確認されたほか、船舶音の下に凸の干渉縞のはっきりと確認された。冬季は魚類の鳴音や船舶音の干渉縞は確認されなかったが、期間の後半において海象の影響により低周波数帯域において、顕著に音圧レベルの増加が見られた。	○	◎	◎	○	○	○	有	無	無	無	有	有
3	岩手県久慈市沖	77	砂	夏季、冬季ともに船舶音が継続的に確認され、低周波数帯域において音圧レベルの大きい状態が続いていた。夏季は、魚類の鳴音について日周期的に確認された。冬季は、魚類の鳴音は確認されなかった。他のいずれの海域と比較しても全体的に音圧レベルが大きい地点であった。	○	○	○	—	◎	◎	有	有	有	有	有	有
4	宮城県山元町沖	28	砂	夏季は魚類の鳴音について日周期的に確認された。他の地点と比べ、魚類の鳴音の周波数帯域範囲が広い帯域に渡っていた。冬季は魚類の鳴音は確認されなかったが、期間中多くの時間帯で気象・海象による低周波帯域の音圧レベルが大きい傾向が確認された。	○	◎	◎	—	○	○	無	有	有	有	有	有
5	新潟県村上市沖	30	砂	夏季は魚類の鳴音について日周期的に確認された。魚類の繁殖期終わりの9月中旬の観測であったことから、魚類の鳴音の音圧レベルは他の地点と比べ小さい傾向にあった。冬季は魚類の鳴音は確認されなかったが、期間中多くの時間帯で気象・海象による特に低周波帯域の音圧レベルが大きい傾向が確認された。	○	◎	◎	○	○	○	有	無	無	無	有	有

注) 音源の種類の凡例：◎（支配的な音）、○（支配的ではないが観測）、—（ほとんど観測されず）

表2.4-2 各海域における本事業の調査結果概要

No	海域	水深 (m)	主な底質	音の特徴	音源の種類 ^(注)						周辺の状況					
					自然		生物		人工		工事		調査		漁業	
					夏	冬	夏	冬	夏	冬	夏	冬	夏	冬	夏	冬
6	神奈川県横須賀市沖	27	岩盤	夏季は魚類の鳴音について日周期的に確認された。魚類の繁殖期終わりの9月中旬の観測であったことから、魚類の鳴音の音圧レベルは他の地点と比べ小さい傾向にあった。また夜間にテッポウエビ音による音圧レベルの上昇する傾向が確認された。冬季は魚類の鳴音やテッポウエビ音は確認されなかった。また、岩礁とシンカー等の衝突音が頻繁に確認されたことから、今後の解析の際は衝突音を除外した平均値を算出し、解析する必要があると考えられる。	○	○	◎	◎	○	○	無	有	無	無	有	有
7	福井県福井港沖	40	砂（周辺岩礁）	夏季は観測期間の前半において魚類の鳴音が確認されたほか、夜間にテッポウエビ音により音圧レベルが上昇する傾向が確認された。冬季は夏季の魚類の鳴音やテッポウエビ音は確認されなかったが、夜間特定の時間帯において船舶音が定期的に確認された。	○	○	◎	○	○	◎	有	有	無	無	有	有
8	三重県志摩市沖	45	砂（周辺岩礁）	夏季は魚類の鳴音について日周期的に確認された。また、低周波帯域において音圧レベルが増加する期間が確認された。冬季は夏季の魚類の鳴音は確認されなかった。また他の地点では基本的に冬季のほうが音圧レベルの大きい傾向があったが、三重県志摩市沖においては冬季のほうが音圧レベルの小さい傾向にあった。	◎	◎	○	○	○	○	無	有	有	無	有	有
9	長崎県壱岐市沖	50	砂	夏季は魚類の鳴音について日周期的に確認されたが、他の地点と比べ顕著ではなかった。また低周波帯域において音圧レベルの上昇と下降が繰り返される傾向があった。冬季は夏季の魚類の鳴音は確認されなかったが、低周波帯域における音圧レベルの上昇と下降は夏季と同様に確認された。また、潮位と音圧レベルについて夏季・冬季とも関係性が確認された。	◎	◎	○	○	○	○	無	有	無	無	有	有
10	鹿児島県薩摩川内市沖	52	砂	夏季は魚類の鳴音について日周期的に確認されたが、他の地点と比べ顕著ではなかった。また低周波帯域において音圧レベルの上昇と下降が繰り返される傾向があった。冬季は夏季の魚類の鳴音は確認されなかったが、低周波帯域において音圧レベルの上昇と下降が繰り返される傾向は夏季と同様に確認された。また一定期間全周波数帯域に渡って音圧レベルの大きい期間があった。	◎	◎	○	○	○	○	有	有	無	有	有	有

注）音源の種類の凡例：◎（支配的な音）、○（支配的ではないが観測）、—（ほとんど観測されず）

4.2 今後の解析方針

本調査では、STFTによる周波数分析を行い、長期間スペクトログラムとOA値についての整理を実施した。

今後の解析方針として、大きく2つの方針が考えられる。

- 今後の環境アセスメントでの水中音響調査を実施するときのモデルケースとなる解析
- 環境水中音のサウンドスケープ把握のための解析

環境アセスメントにおいて活用可能な整理方法について検討する。環境アセスメントにおける水中音響調査の第一の目的は、環境水中音の音圧レベルや周波数特性を把握し、工事の実施に伴い発生する水中音や供用後の水中音がどの程度の離隔距離を取ることで環境水中音以下となるかを評価することである。そのため、環境水中音の周波数ごとの上限及び下限がどの程度であるかについて図表類等を用いて整理することが必要であると考えられる。また、季節や時間帯による違い、音源の状況等についても、具体的な整理事例を検討する。

また、本調査からも夏季に繁殖期を迎えることが多い魚類の鳴音が日周性をもって確認されたことから、魚類が鳴音を発する時間帯での工事を避けるといった時間ゾーニングの考え方について整理することも、環境アセスメントでの水中音による影響評価に有益な知見になるものと考えられる。図2.4-1に環境アセスメントにおける整理例として、周波数別の音圧レベルの上下端を表す図を示す。実際の整理例としてはより簡便で、広く使いやすい整理例を検討する。

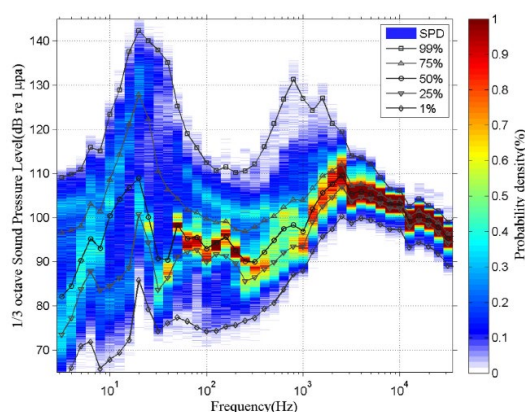


図2.4-1 環境アセスメントにおける整理例³

次に環境水中音のサウンドスケープ把握のための詳細な解析について検討する。サウンドスケープを把握する目的として、日本周辺海域全体の特徴を、エリア別（東日本、西日本あるいは太平洋側、日本海側）等で整理し、今後の水中音響調査時の調査結果が、どのような海域と類似性が高いのか、どのような特徴を持っているのか、ということと比較参照できるようにすることが考えられる。また将来的に、水中音データを入力することで海域の類似度をクラスタリングするようなプラットフォームを作成することで、水中音の影響評価を充実させ、相互理解の促進のツールとして活用する方法等も考えられる。

実際の解析内容としては、各海域の日周期等についての図示化・定量化や、地点間の比較だけでなく地点間における類似性の図示化・定量化が考えられる。

まず各海域における図示化・定量化として、1/3オクターブバンドや、環境水中音を構成する主要な音源である船舶音、魚類の鳴音、テッポウエビ音がそれぞれ他の音源を抑えて支配する

³ Wan et al, Soundscape of an Indo-Pacific humpback dolphin (*Sousa chinensis*) hotspot before windfarm construction in the Pearl River Estuary, China, Marine Pollution Bulletin 140 (2019), pp. 509–522.

500Hz以下、500Hz～10kHz、10kHz以上の区分において、時間変化や環境要因との関係についてを把握、整理することが必要であると考えられる。各周波数帯についての解析方針として、周波数帯ごとに環境要因と音圧レベルについて散布図を作成することにより全体の状況を概観し、環境要因を説明変数とした一般化線形モデル（GML）で解析することにより、どの環境要因がどの周波数帯の音圧レベルを増加させているのか、定量的に把握可能となる。加えて、生物音等については各周波数帯の濃淡図について作成することで各周波数帯の時間特性について概観し、自己相関係数を算出することにより、魚類の鳴音に確認された周期性が何時間周期であるかについて定量的に把握可能になる。

図2. 4-2に地点ごとの解析例、図2. 4-3に地点ごとの解析フロー図を示す。

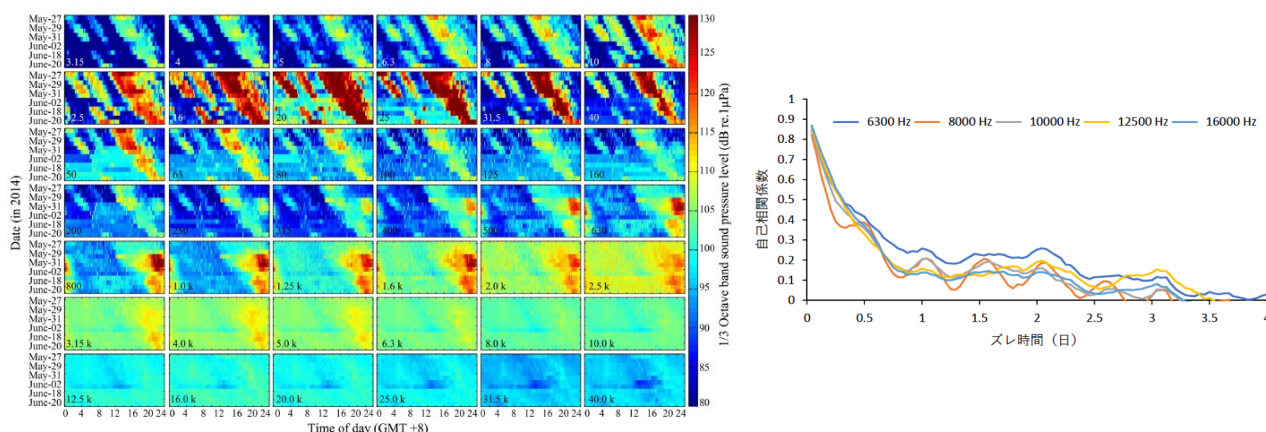


図2. 4-2 地点ごとの解析例（左図³、右図⁴）

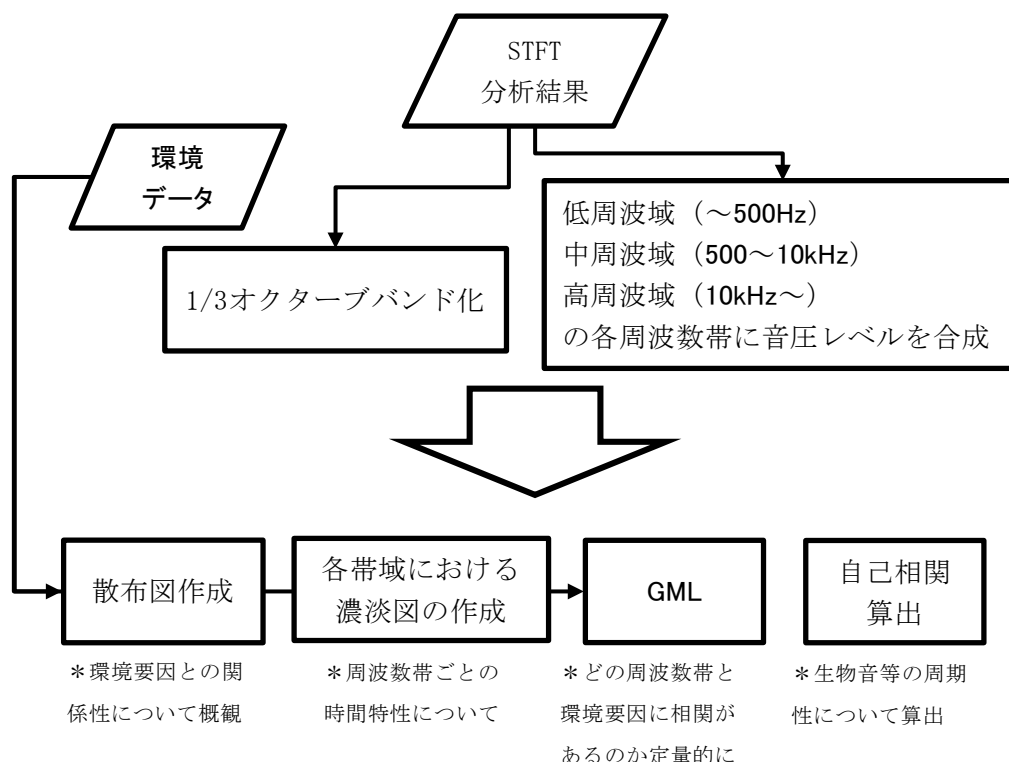


図2. 4-3 地点ごとの解析フロー図

⁴ （公財）海洋生物環境研究所、経済産業省委託 平成 30 年度 発電所の環境影響評価審査にかかる調査委託費（洋上風力発電所調査等手法の検討） 報告書、平成 31 年 3 月

また海域間の類似性等についてはオープンソースの水中音のサウンドスケープビューア (<https://sites.google.com/view/marine-ecoacoustics/outcomes/resources>) を活用して、海域間の類似性等を図示化でき、定量的に示すことができる。このビューアを活用すると、各地点のスペクトログラムの傾向や、生物音や船舶音の周波数特性に応じた分類、最終的には音響的特徴に対するクラスタリングによって、地点間の類似性等についてシャノンの多様度指数等から把握が可能となる。図2. 4-4に地点間の解析例、図2. 4-5に地点間の解析フローを示す。

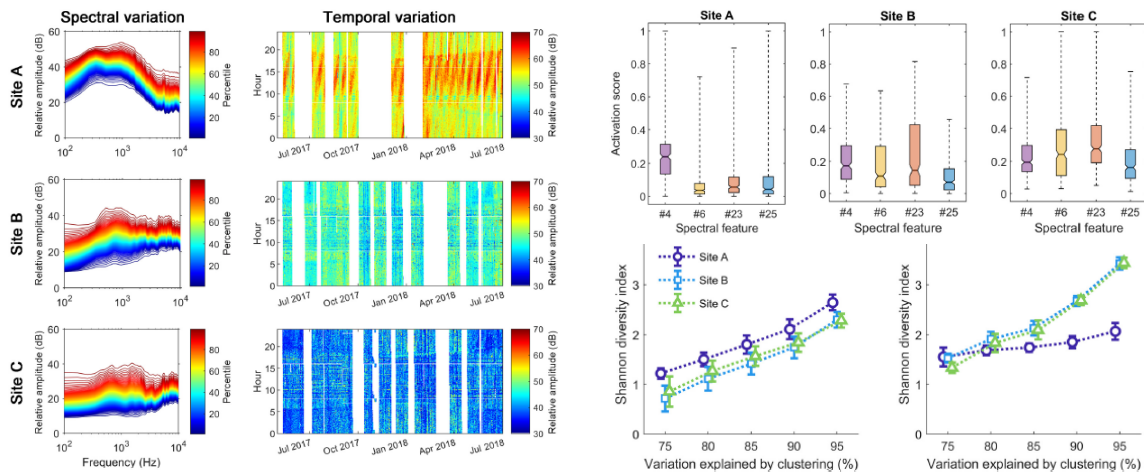


図2. 4-4 地点間の解析例⁵

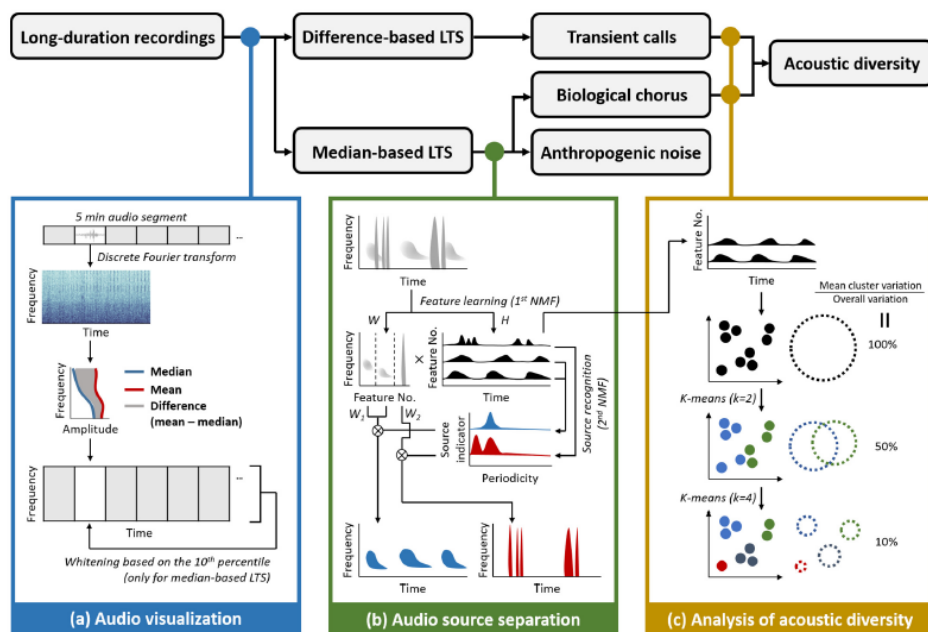


図2. 4-5 地点間の解析フロー図

⁵ Lin et al., Exploring coral reef biodiversity via underwater soundscapes, Biological Conservation 253 (2021)

(空白)

第3編 音響データ解析手法の検討

1. 海生生物の音響調査

1.1 海生生物の音響観測手法

海生生物の調査は海洋の様々な資源開発や海を利用するうえで大変重要である。近年開発が進められている洋上風力発電建設に関わる環境アセスメントにおいても海生生物の調査が求められている。

一般的に海生生物の生息・行動を観察する調査手法には、調査員による目視や魚群探知機等によるソナー（レーダー）観測等の手法がある。

これまでの海生生物調査は人手に多くを依存しており、目視調査の場合には種判別技術に熟練した調査員の確保や気象・海象状況による調査機会の制限、調査範囲の制限等といった課題がある。そこで近年活用されている調査手法として、生物が発する音を手掛かりとした水中音響調査がある（文献1）。音声情報は夜間や水中でも収集可能であり、音声から種の判別や発生時刻、位置を測定することが可能である。これまでは録音機材及び解析技術が不十分であり、音声データの活用は困難であったが、近年は録音機器及び記録媒体の性能向上により、長期間の環境音の収録が容易となっている。

1.2 海中音の収集方法

陸上にて鳥類や猛禽類の音声を収集するには、市販のICレコーダー等の録音機が利用されるほか、長期間の生物調査に適した専用機材も用いられている。一方、海中音の場合には、水中での録音が可能な専用のハイドロホン（水中マイク）が必要となる。ハイドロホンには、可聴範囲（20Hz～20kHz）の音を録音できるものの他に、イルカ等の小型鯨類のソナー音（～200kHz）を録音可能な機種もある。

海中音の収集方法は、ハイドロホン（水中マイク）を水中に設置するほか、水上に設置した録音機材までケーブルで接続して收音する方法とハイドロホン（水中マイク）と録音機材が一体となった専用の水中音響機器を水中に設置して收音する方法がある。後者には、水中に長時間設置が可能な筐体に格納した装置が用いられるが、音声波形を長時間記録するためには、長時間記録が可能なメモリと十分な容量のバッテリーが必要となる。

1.3 A-tagによる生物ソナー音の観測

小型鯨類の調査では、1ヵ月程度の長期間にわたって、生物が発する超音波帯域のソナー音を記録する必要があるが、一般的な録音機材では音声波形を記録する方法ではストレージ容量が不足し、十分な期間の観測ができない。そこで海棲哺乳類のソナー音の記録に特化した「A-tag」と呼ばれる専用の機材が開発された。

A-tagは小型で独立した音響記録計であり、小型鯨類（イルカ類）が反響定位のために発する超音波を記録対象とする。特性の異なる2つの水中マイクロホンを装備し、閾値以上の超音波が入力した際に、超音波の発生時刻、異なる2つの帯域での受信振幅（2ch）、方位指標となるマイク間時間差のデータが記録される。記録されたデータに対して、調査担当者によって、孤立波の削除等の前処理による連続するパルス列の切り出しと各パルス列が小型鯨類のソナー音であるか否かの判定が行われる。そのようにして集計された情報から、調査地での小型鯨類の存在や行動内容の把握が可能となる。

A-tagを活用した小型鯨類の音響調査として、揚子江（中国）でのスナメリの調査やガンジス川（インド）のガンジスカワイルカの調査等の事例がある。これらの調査では、伝統的手法である目視観察よりも調査対象の発見率が高かったと報告されている（文献2、3）。また、A-tagは環境省事業（風力発電等に係る環境アセスメント基礎情報整備モデル事業）において24海域にて使用されており、活用の機会が増加傾向にある。

2. AIによるデータ解析の概要

2.1 人工知能（AI）とは

人工知能（Artificial Intelligence：AI）は文字通りに見れば「人工的に作られた知能」と読むこともでき、人間を超える知能を持った存在がイメージされる場合も多い。しかし、膨大な情報を効率的に処理できる人間の脳を再現することは難しく、現在実用化されているAIの多くは人間の判断や作業を代替することで、これまで手間と時間がかかっていた業務を効率化するために開発されたシステムが多い。

特に、近年改良が進められている深層学習（ディープラーニング）等の革新的なアルゴリズムが考案され、画像認識、音声認識、文章解析、数値予測、ロボット制御等多方面で様々な用途のAIが研究開発されている。同時に、多様なAIのビジネス活用や実社会への適用も多数の取組が行われている。

2.2 AIによるデータ解析手法

AIによるデータ解析で主要な技術となる「機械学習」と「深層学習」について説明する。

機械学習は、アルゴリズムを用いて、ある特定の分野に絞った上で大量のデータに存在する規則性や関係性を見つけ出す手法である。しかし、コンピュータが自ら判断してすべての規則性や関係性を見つけ出すのではなく、データのどこに注目すべきかは人間が事前に判断して設定する必要がある。ただし、従来からあるプログラムと異なり、開発者があらかじめすべての動作を決める必要はない。この機械学習を用いることで、人間では気づかない、大量のデータ中に埋もれた法則性を見つけ出したり、人間なら膨大な時間がかかる事務作業を一瞬で終わらせることができたりするようになる。

また、機械学習から一歩進み、高度なコンピュータと人間の脳のような特別なネットワークを組み合わせることで、大量データの中に潜んでいる複雑なパターンを学習しながら、発見する手法である深層学習（ディープラーニング）が登場し実用化が進められている。深層学習も教師データ（既に特徴量が解析済で鯨類の鳴音であるか否かの情報が得られているデータ）をもとに学習するが、一般的に機械学習と深層学習の違いは、特徴量を自動で見出す点である。現在では、人間の知能を機械で人工的に再現する技術やアイデア全般をAI（人工知能）と呼び、機械学習やディープラーニングはその中に含まれる手法のひとつとなっている（図3.2-1）。AI・人工知能の概要については、文献4、5にて分かりやすく解説されている。

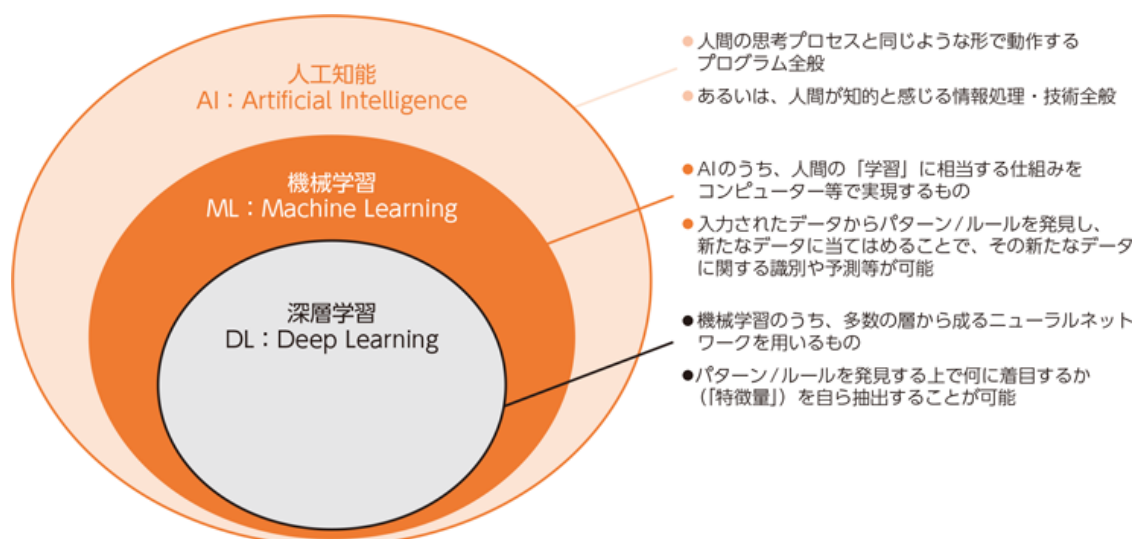


図3.2-1 AI・機械学習・深層学習の関係（文献5）

2.3 生物調査へのAI活用事例

生物調査では、写真や動画、音声、様々なセンサ機器の情報等、収集された大量のデータから生物の生息や活動状況を推定することが必要になることが多い。現状では大量のデータを人が見たり聴いたりして判断しており、調査者の負担が大きく時間もかかるため、調査期間や調査範囲が限定されてしまうという課題がある。このような課題に対して、生物調査のためにAIを用いて解析の自動化を開始した事例がある。文献6は、希少鳥類であるシマフクロウの生息調査にAI技術を導入して解析を自動化し、長期間かつ広範囲の調査を実現した事例を紹介している。この事例では、収集した環境音から鳴き声の候補を抽出した後、シマフクロウの鳴き声であるか否かの判定を行う際に、鳴き声候補の声紋画像（スペクトログラム）を生成し、その声紋画像の判定にニューラルネットワークを用いたディープラーニングを活用している。図3.2-2に概要を示す。



図3.2-2 ディープラーニングを用いた希少鳥類の鳴き声の自動検出（文献6）

このように、生物調査へAIを積極的に活用する事例が見られ、新たな調査手法として拡大しつつある。

3. AIを活用した解析手法の検討

3.1 従来のA-tagデータ解析手法とその課題

現状の鯨類調査のための音響データ解析では、超音波記録計（A-tag）により記録された水中音響データから、鯨類が発するソナー音を波形の目視確認により確認している。図3.3-1に解析の流れを示す。

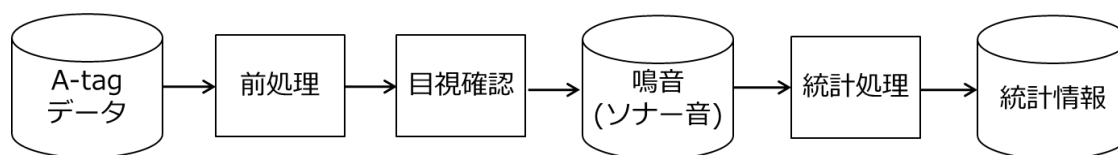


図3.3-1 A-tagデータ解析の流れ

A-tagに記録されたデータに前処理を行った上で連続するパルス列が切り出される。このパルス列のグラフを調査者が目視で確認することで小型鯨類のソナー音であるか否かの判定が行われる。しかし、判定には調査者の習熟が必要であり、作業には非常に時間がかかる。図3.3-2は前処理によって抽出された、連続するパルス列をグラフ表示したものである。

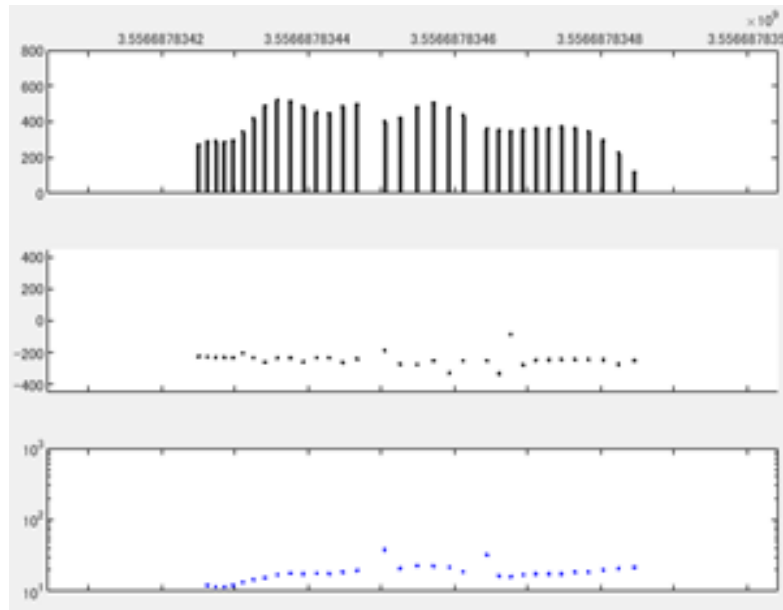


図3.3-2 小型鯨類のソナー音パルス列の事例

(上段：各パルスの振幅、中段：2本のマイクロホンの時間差、下段：パルス間時間差)

従来行われている解析作業の様子を図3.3-3に示す。図3.3-2のような波形を全てのパルス列に対して目視確認し鯨類の鳴音か否かを判断する必要がある。

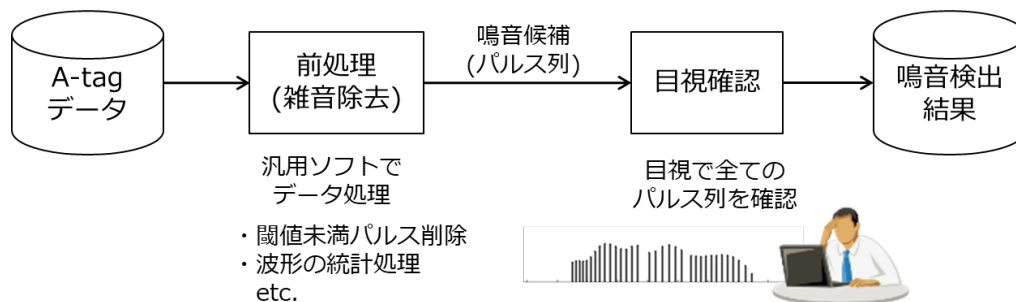


図3.3-3 従来の解析作業

この作業はデータ数が多い場合には非常に時間がかかる。例えば海中雑音が多い環境では、1回の調査期間（1ヵ月）中に1万個を超えるパルス列が抽出されることもあり、確認作業には時間を要する。以下に従来の解析方法の課題を示す。

- 解析は目視で行われるため、非常に手間がかかり、調査者の負担も大きいため、効率化が必要である。
- 解析を行う作業者の習熟度によって解析結果に差が生じるため、安定的な解析には熟練した人材を確保する必要がある。

先に述べたAIを活用してパルス列から鯨類の鳴音のみを自動判別する手法を用いることで、上記の課題に対して状況を改善できると考えられる。

3.2 小型鯨類の鳴音判定へのAI適用

前節にて説明した通り、従来のA-tagデータ解析ではパルス列が鳴音か否かの判定を目視で行うために、解析担当者の確保や多大な作業工数の確保が必要となる。そこで、パルス列が鳴音であるか否かの判定にAIが適用可能かを検討する。

これまでのA-tagデータによる小型鯨類の生息調査では、確認されたパルス列の様々な特徴量（パルスの強度、パルス間時間間隔等）を算出して、小型鯨類の海域活用状況の把握を行っていた。これらの特徴量を用いて、パルス列が鳴音か否かの判定を行うことが可能であると考えられる。そこで、特徴量を学習・推論に使用するAI解析手法を検討した。

3.3 解析手法の検討

既に特徴量が解析済で鯨類の鳴音であるか否かの情報が得られているデータ（教師データ）があれば、AIの手法の中でも「教師あり機械学習」の手法を用いるのが妥当である。特に鳴音か否かの二値の判別であれば、SVM（Support Vector Machine）が適していると考えられる。

SVMとは、統計学習理論に基づく学習システムで、データに複数のグループが存在する際に各グループ間を明確に分ける境界線を学習によって獲得し、その境界線によってデータを分類する手法である。SVMはテキスト分類、手書き文字認識、画像分類、タンパク質配列分析等の現実的な問題への適用実績がある。図3.3-4にSVMのイメージを示す。

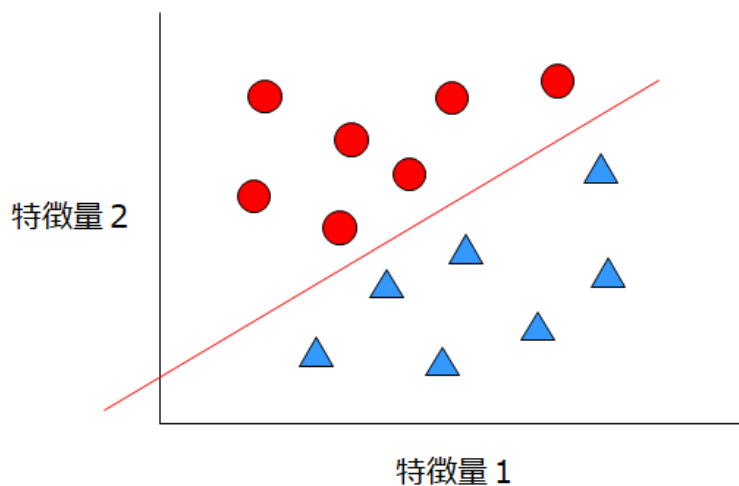


図3.3-4 SVMのイメージ

図3.3-4において、グループ1（○）とグループ2（△）が直線によって分類されている。この例では特徴量1と特徴量2の2種類のみであるが、実際には多次元の特徴量であっても、分類性能が最大化されるような境界線を引くことが可能である。そのためにグループ1であるか2であるかの教師情報を有する多量の学習用データが必要となる。

4. 解析の試行

4.1 解析対象と解析手法

AI解析の試行にあたり、過去の環境省事業（風力発電等に係る環境アセスメント基礎情報整備モデル事業）にて収集された、日本周辺海域の水中音響データ（文献7）を対象とする。なお、水中音響データは環境省大臣官房環境影響評価課より貸与された。この事業では24モデル地区において鯨類の出現状況が解析されているが、その中から音響学的方法による定点調査が行われ、かつ100回以上の鯨類の鳴音が記録された以下のエリアを本件の解析対象とした。

表3.4-1に解析対象のエリアと各エリアの情報を示す。各エリアの各調査地点につき上層と下層にA-tagが設置されており、同じ鳴音を上層と下層の両方で捉えている場合が多いため、解析対象は各地点につき上層か下層のどちらか一方を選択した。また、各エリアで全調査期間を通して得られた鳴音数とパルス列総数も表3.4-1に記載している。ここで、パルス列総数とは3.1で説明した従来の解析方法により前処理を実施して得られたパルス列の総数であり、鳴音数は、従来法によって調査員がパルス波形を目視により確認したものである。なお、エリア7～8のパルス列の情報（鳴音であるか否か）は過去の環境省事業の解析データから確認したが、エリア1～6についてはパルス列の情報を得ることができなかったため、新規に目視確認により鳴音の判定を実施した。

表3.4-1 解析対象とする調査対象地

No.	都道府県	エリア	調査地点数	上層/下層	鳴音数	パルス列総数
1	北海道	稚内市沖	1	下層	1524	1905
2	岩手県	洋野町沖	1	下層	23	185
3	福岡県	北九州市沖	1	下層	56	2551
4	新潟県	村上市沖	1	上層	2864	3011
5	兵庫県	洲本市沖	1	下層	423	2925
6	長崎県	対馬市南部沖	7	下層	889	8181
7	千葉県	九十九里沖	12	下層	26085	96795
8	茨城県	鹿島灘沖	12	下層	18517	27608

4.2 AIによる解析手法

図3.4-1にAIによる処理の流れを示す。まず、過去に収集された小型鯨類のソナー音を教師データとして、その特徴量を学習し、学習済モデルを作成した。解析時にはこのモデルを利用して調査対象の音響データの特徴量から鯨類のソナー音のみを検出した。

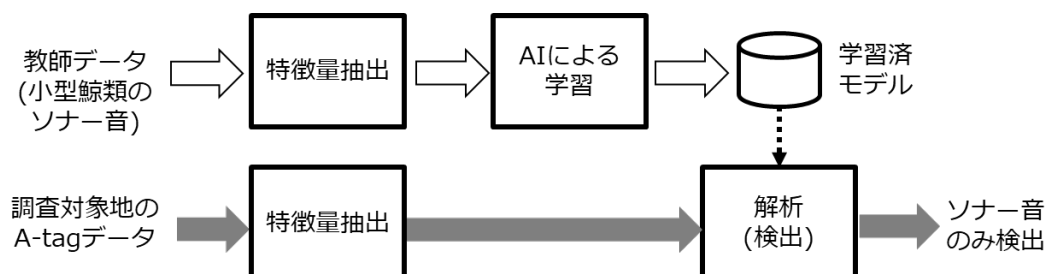


図3.4-1 AIによる処理の流れ

解析に用いる特徴量は、解析対象のパルス列データから以下に示す11種の特徴量を抽出した（文献8）。特徴量一覧を表3.4-2に示す。

表3. 4-2 特徴量一覧

No.	特徴量
1	パルス間隔の平均値
2	パルス間隔の標準偏差
3	パルス間隔の中央値
4	パルス間隔の最大値
5	方位指標の平均値
6	方位指標の標準偏差
7	方位指標の最大値
8	受信振幅の平均値
9	受信振幅の標準偏差
10	受信振幅の最大値
11	隣り合うパルス間振幅差の平均

特徴量の学習には、3. 3で示したSVMを用いる。SVMにより特徴量を学習させて識別用の標準モデルを作成した。解析時にはこのモデルによりソナー音か否かの識別を行い、ソナー音と判定されたものののみ記録した。

4. 3 解析結果の評価方法

AIによって得られた解析結果の評価方法について説明する。

事前に、表3. 4-2に記載した解析対象の全てのパルス列について、目視によってそのパルス列が鯨類の鳴音（ソナー音）であるか否かを確認しておく。各パルス列について鳴音かノイズかを正解値として蓄積しておき、その正解値とAIの解析結果を比較して評価を行う。

評価には以下の3種類の性能指標を用いる。

1. 検出精度
2. AUC (Area Under the Curve)
3. 真陽性数と偽陽性数の比

まず、AIによる解析結果（予測値）の考え方について説明する。各パルス列の正解値はあらかじめ確認済みであり、またAIによる解析によって予測値が得られる。正解値・予測値共に陽性（鳴音である）または陰性（鳴音ではない）の2値で判定される。2値の分類では解析対象について、正解値が陽性か陰性か、予測値が陽性か陰性かによって4種類に分類される（図3. 4-2）。

		予測値	
		陰性	陽性
正解値	陽性	偽陰性	真陽性
	陰性	真陰性	偽陽性

図3. 4-2 正解値と予測値の陽性・陰性に関する説明図

1 番目の指標である検出精度は、解析対象の全てのパルス列について、図3. 4-2の分類を行った上で、（真陽性数＋真陰性数）／総サンプル数として得られる値、すなわち正しく判定できた割合となる。一般に90%以上が良好な精度であるとされる。

次に2番目の指標であるAUCは2値の分類で一般的に利用される、分類性能を示す指標である（文献9）。AIによる解析では、真陽性率が高く偽陽性率が低いことが望ましいが、陽性と陰性を判定する基準（検出の閾値）が変わればこれらの値も変化する。SVMによる解析では、各サンプルに対する解析結果として陽性であることの確からしさを示すスコア値（0～1.0）が出力されるため、このスコア値と閾値を比較することで陽か陰かの判定が行われる。この閾値を少しずつ変更した際の真陽性率と偽陽性率の値の変化を示す曲線がROC（Receiver Operating Characteristic）曲線であり、ROC曲線より下の領域の面積をAUCとして、システムの判定能力の定量的に示す値として用いられている（図3. 4-3）。AUCの取りうる最低値が0.5、最大値は1.0であり、1.0に近づくほど判定能力が高い。適用する分野にもよるが、一般に0.9以上が優秀な判定システムであるとされている。

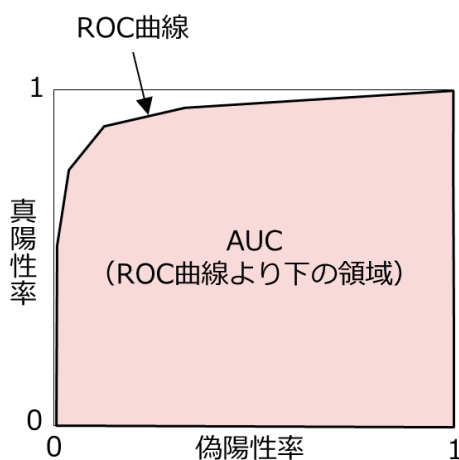


図3. 4-3 ROC曲線とAUC

最後に「真陽性数と偽陽性数の比」について説明する。希少生物の生息調査では、調査対象生物の存在が調査されるが、実際には存在しないのに存在すると判定される偽陽性（誤報）が多いと、調査精度の信頼性が大きく損なわれる。図3. 4-4の左側の例では、真陽性数と偽陽性数が同数であり、解析結果が陽性であってもその半分は偽陽性（誤報）であるため、陽性の信頼性は低い。一方、図3. 4-4の右側の例では偽陽性数が真陽性数の1/10であり、陽性である信頼性は非常に高いと言える（人が観測する場合でも10回に1回程度の見誤りは発生する）。そこで、真陽性数／偽陽性数の値が10以上であるかを性能の評価指標とする。AIによる解析では、スコア値と閾値を比較して判定が行われるが、閾値の設定によって真陽性数、偽陽性数ともに変動する。そこで、閾値を0.1単位で変化させてそれぞれの閾値での真陽性数／偽陽性数の値を観察するものとする。

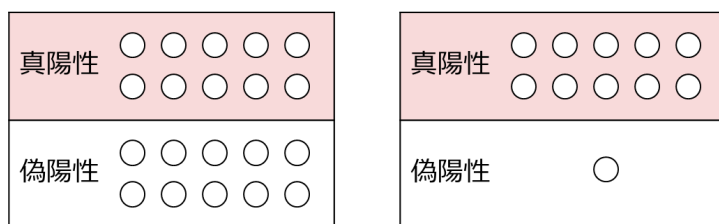


図3. 4-4 真陽性数と偽陽性数（左：偽陽性が多い場合、右：偽陽性が少ない場合）

4.4 鳴音判定へのAI適用結果

AIによる解析は「教師データ」の設定によって解析結果が異なるため、教師データを特徴の異なる以下の3パターンに設定して解析を行った。

設定①：解析対象をエリア1～6とエリア7～8の2グループに分け、エリア1～6の解析にはエリア7～8を教師データとし、エリア7～8の解析にはエリア1～6を教師データとする

設定②：パルス列総数に対して鳴音数が最も少ないエリア3（北九州市沖）を教師データとする

設定③：エリア1～4を教師データとする

(1) 設定①の評価結果

設定①の評価結果を表3.4-3に示す。設定①の検出閾値毎の真陽性数、偽陽性数、検出精度を表3.4-4に、各エリアでのROC曲線を図3.4-5～図3.4-8に示す。

表3.4-3 設定①の評価結果

No.	エリア	検出精度 (%)	AUC	教師データ	真陽性数／偽陽性数 ≥ 10 となる閾値
1	稚内市沖	90.2	0.93	エリア7～8	0.3以上
2	洋野町沖	92.4	0.89		0.6
3	北九州市沖	98.4	0.86		0.8以上
4	村上市沖	95.8	0.85		0.1以上
5	洲本市沖	97.7	0.99		0.4以上
6	対馬市南部沖	95.2	0.97		0.8以上
7	九十九里沖	93.2	0.97	エリア1～6	0.8以上
8	鹿島灘沖	91.3	0.97		0.5以上

表3.4-3より、設定①では、全てのエリアで検出精度が90%以上、AUCも0.85以上であり、閾値設定によって真陽性数／偽陽性数 ≥ 10 となることが確認でき、全般的に良好な性能を示すことが確認できた。

表3. 4-4 設定①の評価結果（検出閾値毎の真陽性数、偽陽性数、検出精度）

No.	エリア		検出閾値								
			0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
1	稚内市沖	真陽性数	1508	1491	1462	1432	1385	1326	1225	1053	708
		偽陽性数	194	155	125	95	79	58	39	21	8
		真陽性数／偽陽性数	7.8	9.6	11.7	15.1	17.5	22.9	31.4	50.1	88.5
		検出精度(%)	89.0	90.1	90.2	90.2	88.6	86.6	82.3	74.2	56.7
2	洋野町沖	真陽性数	20	18	16	13	12	10	7	4	2
		偽陽性数	37	22	16	6	4	1	1	1	0
		真陽性数／偽陽性数	0.5	0.8	1.0	2.2	3.0	10.0	7.0	4.0	—
		検出精度(%)	78.4	85.4	87.6	91.4	91.9	92.4	90.8	89.2	88.6
3	北九州市沖	真陽性数	33	32	28	24	21	19	18	15	9
		偽陽性数	261	119	71	41	24	8	2	0	0
		真陽性数／偽陽性数	0.1	0.3	0.4	0.6	0.9	2.4	9.0	—	—
		検出精度(%)	88.9	94.4	96.1	97.1	97.7	98.2	98.4	98.4	98.2
4	村上市沖	真陽性数	2864	2864	2859	2851	2833	2794	2732	2551	2123
		偽陽性数	132	128	122	116	107	100	88	65	30
		真陽性数／偽陽性数	21.7	22.4	23.4	24.6	26.5	27.9	31.0	39.2	70.8
		検出精度(%)	95.6	95.7	95.8	95.7	95.4	94.4	92.7	87.4	74.4
5	洲本市沖	真陽性数	412	406	395	387	376	361	339	305	227
		偽陽性数	105	67	47	32	23	14	6	3	1
		真陽性数／偽陽性数	3.9	6.1	8.4	12.1	16.3	25.8	56.5	101.7	227.0
		検出精度(%)	94.7	96.8	97.4	97.6	97.5	96.8	95.4	93.0	88.8
6	対馬市南部沖	真陽性数	815	777	733	680	634	572	496	409	280
		偽陽性数	678	410	283	202	135	96	63	38	19
		真陽性数／偽陽性数	1.2	1.9	2.6	3.4	4.7	6.0	7.9	10.8	14.7
		検出精度(%)	90.8	93.6	94.6	95.0	95.2	95.0	94.4	93.7	92.3
7	九十九里沖	真陽性数	25218	24809	24376	23931	23375	22683	21765	20209	17092
		偽陽性数	9013	5661	4046	3165	2601	2146	1770	1430	1037
		真陽性数／偽陽性数	2.9	4.3	5.4	6.4	7.4	8.5	9.6	11.1	13.7
		検出精度(%)	89.8	92.3	93.0	93.2	93.2	92.8	92.2	91.1	88.2
8	鹿島灘沖	真陽性数	18476	18444	18377	18257	17982	17499	16631	15031	11495
		偽陽性数	5084	3912	2982	2225	1509	929	468	212	96
		真陽性数／偽陽性数	3.8	4.8	6.0	8.0	10.8	15.2	22.7	37.2	78.5
		検出精度(%)	82.0	85.7	88.2	90.4	91.3	91.3	89.5	85.0	73.9

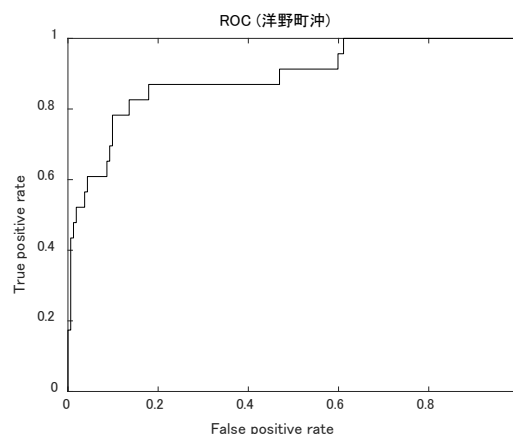
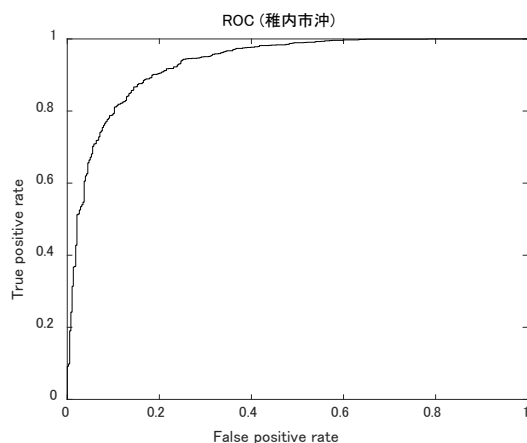


図3. 4-5 設定①の評価結果（ROC曲線）（左：稚内市沖、右：洋野町沖）

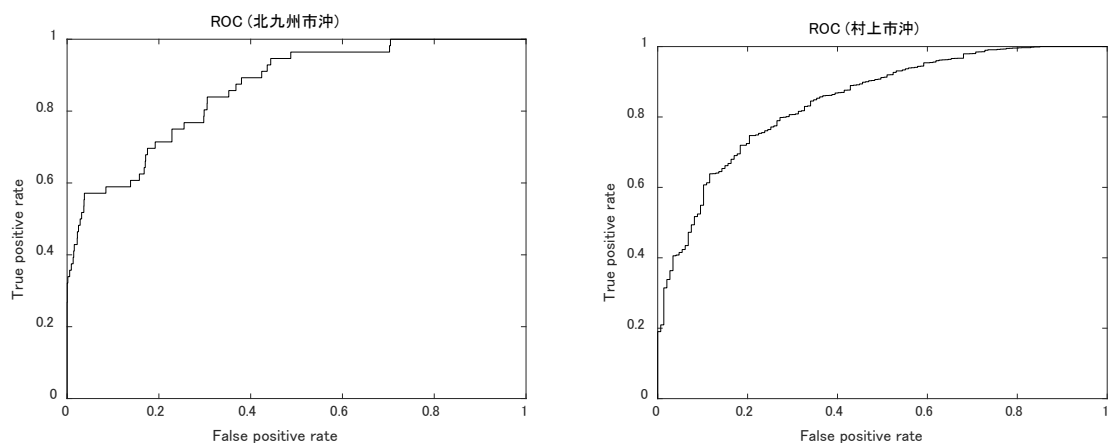


図3.4-6 設定①の評価結果（ROC曲線）（左：北九州市沖、右：村上市沖）

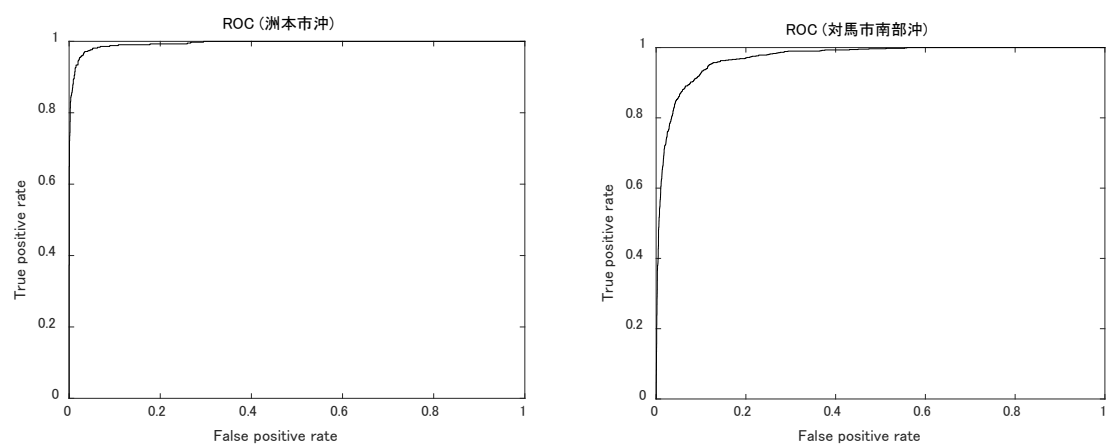


図3.4-7 設定①の評価結果（ROC曲線）（左：洲本市沖、右：対馬市南部沖）

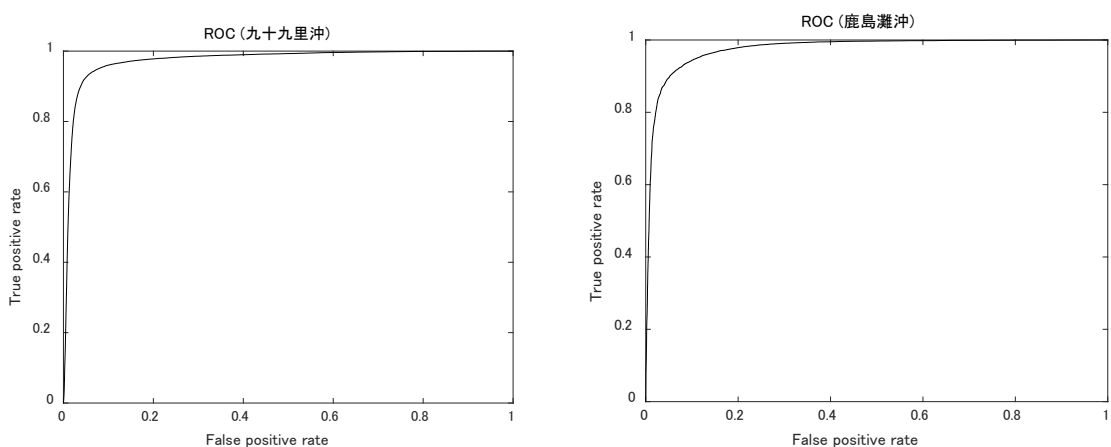


図3.4-8 設定①の評価結果（ROC曲線）（左：九十九里沖、右：鹿島灘沖）

(2) 設定②の評価結果

設定②の評価結果を表3.4-5に示す。また、設定②の検出閾値毎の真陽性数、偽陽性数、検出精度を表3.4-6に、各エリアでのROC曲線を図3.4-9～図3.4-12に示す。

表3.4-5 設定②の評価結果

No.	エリア	検出精度 (%)	AUC	教師データ	真陽性数／偽陽性数 ≥ 10 となる閾値
1	稚内市沖	87.5	0.86	エリア 3	0.2以上
2	洋野町沖	88.1	0.90		いずれの閾値でも10に達しない
3	北九州市沖	教師データのため解析は未実施			
4	村上市沖	87.3	0.78	エリア 3	0.1以上
5	洲本市沖	94.6	0.98		0.9以上
6	対馬市南部沖	93.8	0.96		いずれの閾値でも10に達しない
7	九十九里沖	91.2	0.95		いずれの閾値でも10に達しない
8	鹿島灘沖	82.7	0.84		いずれの閾値でも10に達しない

設定②は、鳴音数が少ないエリア3のみを教師データをした結果、検出精度及びAUCが設定①に比べ劣化している。また、エリア2、6、7、8では真陽性数／偽陽性数 ≥ 10 がどの閾値においても達成できておらず、十分な信頼性が得られていない。

この結果の原因として、エリア3が教師データとしてはサンプル数が少なく、特に鳴音のデータが非常に少ないために、鳴音以外の雑音に偏ったデータ構成となっていたことが考えられる。そこで、エリア3に他のエリア（1，2，4）を追加して複数のエリアのデータを混在させた教師データを作成して性能が向上するかの評価を、設定③として実施した。

表3.4-6 設定②の評価結果（検出閾値毎の真陽性数、偽陽性数、検出精度）

No.	エリア		検出閾値								
			0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
1	稚内市沖	真陽性数	1438	1381	1333	1286	1225	1166	1086	978	805
		偽陽性数	152	122	102	87	77	65	57	46	36
		真陽性数／偽陽性数	9.5	11.3	13.1	14.8	15.9	17.9	19.1	21.3	22.4
		検出精度(%)	87.5	86.1	84.6	82.9	80.3	77.8	74.0	68.9	60.4
2	洋野町沖	真陽性数	21	20	19	19	18	16	14	14	14
		偽陽性数	68	53	46	40	33	31	29	24	13
		真陽性数／偽陽性数	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	1.1
		検出精度(%)	62.2	69.7	73.0	76.2	79.5	79.5	79.5	82.2	88.1
3	北九州市沖	真陽性数	教師データのため解析は未実施								
		偽陽性数									
		真陽性数／偽陽性数									
		検出精度(%)									
4	村上市沖	真陽性数	2560	2389	2218	2074	1912	1738	1538	1290	913
		偽陽性数	79	67	58	47	40	28	22	14	11
		真陽性数／偽陽性数	32.4	35.7	38.2	44.1	47.8	62.1	69.9	92.1	83.0
		検出精度(%)	87.3	82.0	76.6	72.2	67.1	61.7	55.2	47.3	34.8
5	洲本市沖	真陽性数	391	383	364	352	335	327	310	287	248
		偽陽性数	211	148	121	97	77	61	47	36	18
		真陽性数／偽陽性数	1.9	2.6	3.0	3.6	4.4	5.4	6.6	8.0	13.8
		検出精度(%)	91.7	93.6	93.8	94.3	94.4	94.6	94.5	94.1	93.4
6	対馬市南部沖	真陽性数	830	799	767	736	713	683	641	601	533
		偽陽性数	1002	731	589	489	410	354	291	222	155
		真陽性数／偽陽性数	0.8	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.2	2.7	3.4
		検出精度(%)	87.0	90.0	91.3	92.2	92.8	93.2	93.4	93.8	93.8
7	九十九里沖	真陽性数	24493	23863	23357	22900	22413	21853	21181	20185	18441
		偽陽性数	9481	7305	6154	5373	4801	4323	3830	3373	2811
		真陽性数／偽陽性数	2.6	3.3	3.8	4.3	4.7	5.1	5.5	6.0	6.6
		検出精度(%)	88.6	90.2	90.8	91.2	91.2	91.2	91.0	90.4	89.2
8	鹿島灘沖	真陽性数	17811	17383	16985	16544	16002	15421	14702	13579	11503
		偽陽性数	4424	3691	3243	2896	2638	2357	2072	1750	1420
		真陽性数／偽陽性数	4.0	4.7	5.2	5.7	6.1	6.5	7.1	7.8	8.1
		検出精度(%)	81.4	82.5	82.7	82.4	81.3	80.2	78.7	75.8	69.5

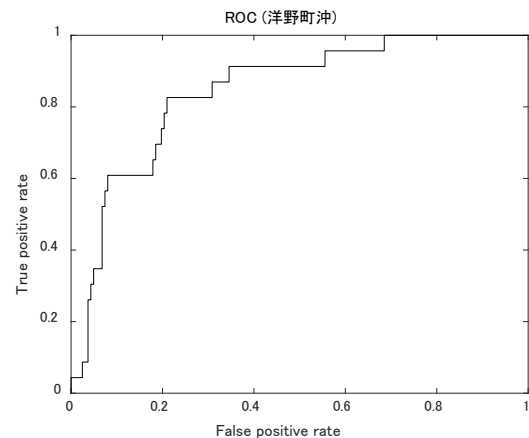
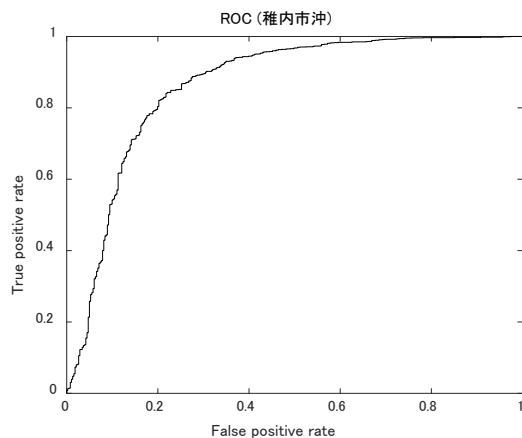


図3.4-9 設定②の評価結果（ROC曲線）（左：稚内市沖、右：洋野町沖）

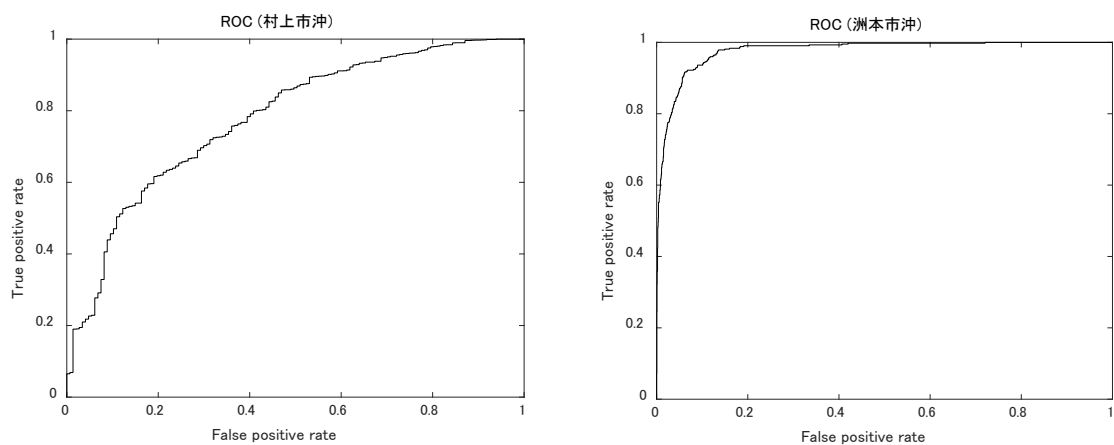


図3.4-10 設定②の評価結果（ROC曲線）（左：村上市沖、右：洲本市沖）

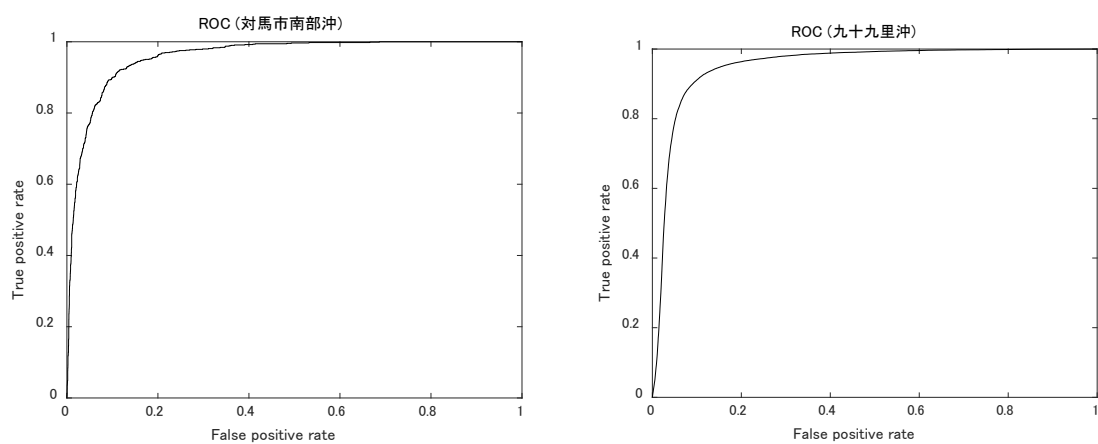


図3.4-11 設定②の評価結果（ROC曲線）（左：対馬市南部沖、右：九十九里沖）

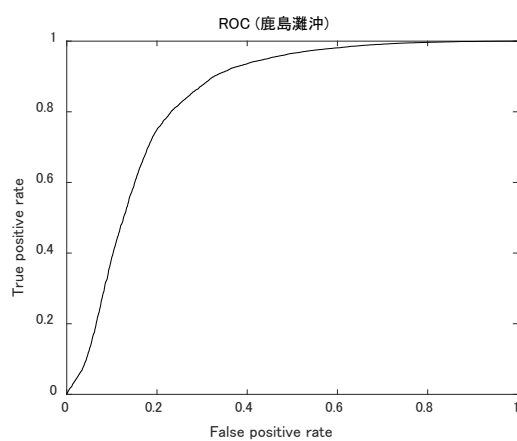


図3.4-12 設定②の評価結果（ROC曲線）（鹿島灘沖）

(3) 設定③の評価結果

設定③の評価結果を表3.4-7に示す。また、設定③の検出閾値毎の真陽性数、偽陽性数、検出精度を表3.4-8に、各エリアでのROC曲線を図3.4-13～図3.4-14に示す。

表3.4-7 設定③の評価結果

No.	エリア	検出精度 (%)	AUC	教師データ	真陽性数／偽陽性数 ≥ 10 となる閾値
1	稚内市沖	教師データのため解析は未実施			
2	洋野町沖				
3	北九州市沖				
4	村上市沖				
5	洲本市沖	97.9	1.00	エリア1～4	0.5以上
6	対馬市南部沖	95.9	0.98		0.9以上
7	九十九里沖	93.6	0.97		0.9以上
8	鹿島灘沖	92.3	0.97		0.7以上

設定③では、教師データとするエリアを増加させた結果、設定②に比べて検出精度及びAUC共に設定①に比べ改善したことが確認できた。また、エリア6、7、8では真陽性数／偽陽性数 ≥ 10 を達成することが出来、この設定で十分な信頼性が得られている。

このように、複数のエリアのデータを混在させながら教師データを充実させることで性能が改善することが確認できた。

表3. 4-8 設定③の評価結果（検出閾値毎の真陽性数、偽陽性数、検出精度）

No.	エリア		検出閾値								
			0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
1	稚内市沖	真陽性数	教師データのため解析は未実施								
		偽陽性数									
		真陽性数／偽陽性数									
		検出精度(%)									
2	洋野町沖	真陽性数									
		偽陽性数									
		真陽性数／偽陽性数									
		検出精度(%)									
3	北九州市沖	真陽性数									
		偽陽性数									
		真陽性数／偽陽性数									
		検出精度(%)									
4	村上市沖	真陽性数									
		偽陽性数									
		真陽性数／偽陽性数									
		検出精度(%)									
5	洲本市沖	真陽性数	414	410	407	401	395	386	374	355	329
		偽陽性数	116	76	55	42	33	26	13	6	2
		真陽性数／偽陽性数	3.6	5.4	7.4	9.5	12.0	14.8	28.8	59.2	164.5
		検出精度(%)	95.7	97.0	97.6	97.8	97.9	97.8	97.9	97.5	96.7
6	対馬市南部沖	真陽性数	832	807	787	765	731	699	662	609	503
		偽陽性数	629	443	343	265	201	159	112	79	41
		真陽性数／偽陽性数	1.3	1.8	2.3	2.9	3.6	4.4	5.9	7.7	12.3
		検出精度(%)	91.6	93.6	94.6	95.2	95.6	95.7	95.9	95.6	94.8
7	九十九里沖	真陽性数	24946	24591	24245	23963	23673	23305	22822	22174	20827
		偽陽性数	9205	6609	5376	4581	3929	3447	2972	2483	1906
		真陽性数／偽陽性数	2.7	3.7	4.5	5.2	6.0	6.8	7.7	8.9	10.9
		検出精度(%)	89.3	91.6	92.5	93.1	93.4	93.6	93.6	93.4	92.6
8	鹿島灘沖	真陽性数	18455	18430	18395	18341	18244	18085	17806	17273	15862
		偽陽性数	4807	4087	3506	2998	2474	1954	1414	875	375
		真陽性数／偽陽性数	3.8	4.5	5.2	6.1	7.4	9.3	12.6	19.7	42.3
		検出精度(%)	82.4	84.9	86.9	88.5	90.0	91.4	92.3	92.3	89.0

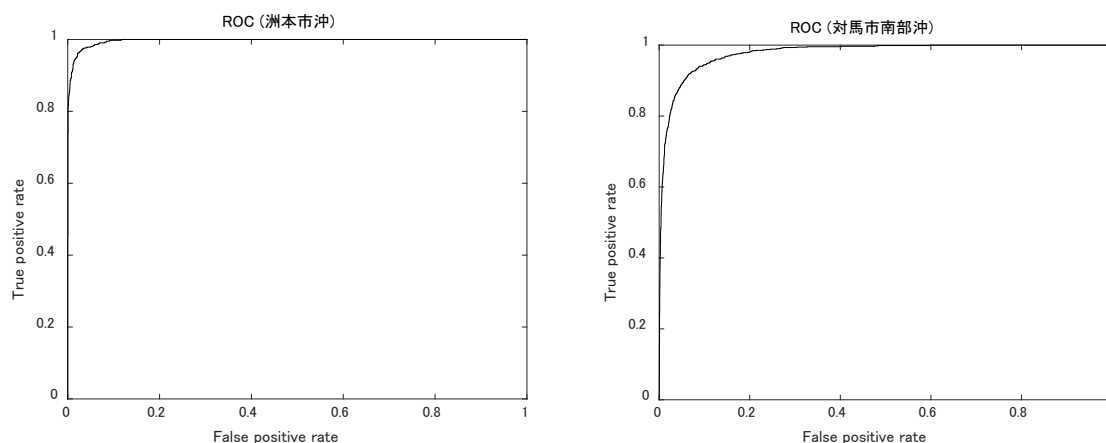


図3. 4-13 設定③の評価結果（ROC曲線）（左：洲本市沖、右：対馬市南部沖）

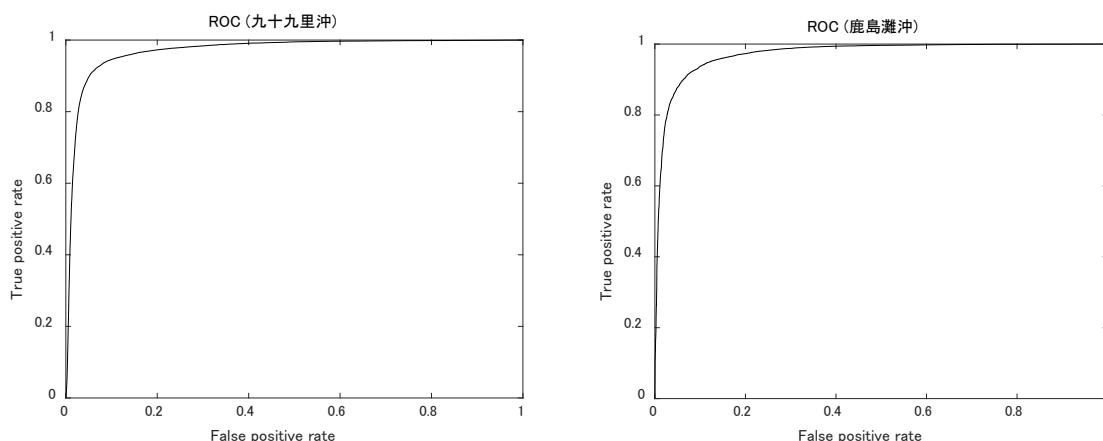


図3. 4-14 設定③の評価結果（ROC曲線）（左：九十九里沖、右：鹿島灘沖）

以上のように、今回実施したAIを用いた解析の試行により、環境調査にも十分適用可能な性能が確認できた。ただし、新しい調査対象エリアでは、小型鯨類の存在や、環境雑音の状況も不明である場合が多いと思われる。AIによる解析を適用開始する際には環境条件等に十分に注意し、目視によるパルス列の確認も合わせて行う必要もあると考えられる。

また、AI解析によって鳴音と判定されたパルス列に対して統計処理を行い、小型鯨類鳴音の解析を行った結果について、過去に環境省が実施した情報整備モデル地区環境情報報告書に記載された解析結果（日周性、種構成等）との比較を行った。その結果、概ね同様の結果が得られることが確認できた（ただし、前処理の設定値の違いやAIの判定誤差により、ある程度の差異は発生する）。図3. 4-15～図3. 4-17に平成26年度北海道稚内市沖での情報整備モデル事業を対象として、委託業務報告書に掲載された図とAIによる解析結果による図の比較を行った事例を示す。概ね同様の特徴を示すグラフとなっていることが確認できる。

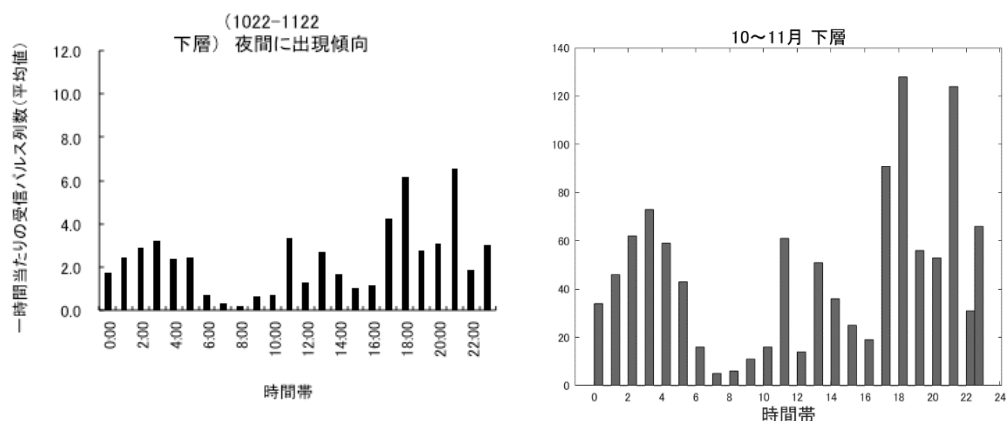


図3. 4-15 日周性の解析結果（左：委託業務報告書、右：AI解析結果）
（平成26年度北海道稚内市沖 10～11月定点観測調査（下層））
（AI解析結果の値は観測期間の総和値である）

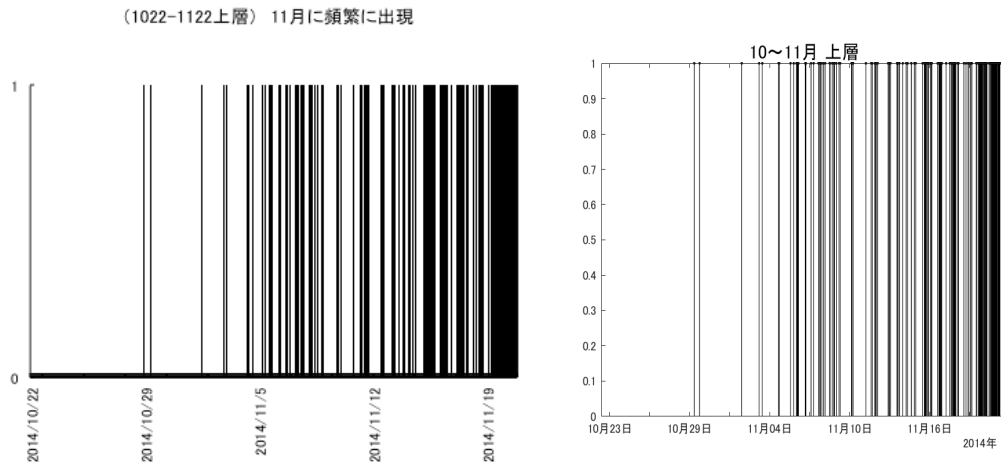


図3.4-16 滞在時間の解析結果（左：委託業務報告書、右：AI解析結果）
（平成26年度北海道稚内市沖 10～11月定点観測調査(上層)）

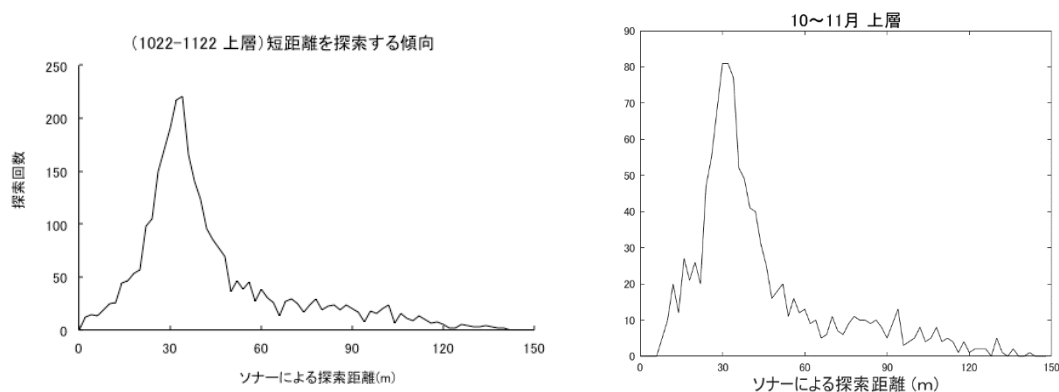


図3.4-17 音響探索距離の解析結果（左：委託業務報告書、右：AI解析結果）
（平成26年度北海道稚内市沖 10～11月定点観測調査(上層)）

5. まとめ

5.1 AI適用の効果・課題

これまで人手で判断していた作業をAIによって自動化することにより、作業に要する工数・費用の大幅な削減が可能となる。また、1つの調査データファイル（1箇所、1ヵ月間）の解析が数分程度（データに含まれるパルス数や解析に使用するコンピュータのCPU性能によって解析に要する時間は変動する）で完了するため、短い時間で解析結果を得ることが可能となることも大きな利点である。今後この技術が、風力発電事業者や環境アセスメントを実施する環境調査会社の業務効率改善に貢献すると考えられる。

なお、今回解析対象としたエリアでは十分な検出性能が確認できたが、今後調査を行う海域によっては、他の生物（テッポウエビ等）が発するノイズや海上工事に伴う船舶に伴うノイズ等の環境雑音が多い等の理由により十分な性能が発揮できない可能性もある。そのため、実際の環境調査への適用では正しく解析が行われているかのチェックを定期的に行い、必要に応じてAIのモデルを更新するといったシステムの保守も必要となってくる。このような運用・保守も考慮してAIを適用する必要がある。

5.2 今後の海生生物調査への提案

AIを適用することにより、より広範囲で長期間に渡り定量的な環境調査が可能となる。環境影響評価において定量性は非常に重要であり、効率的に調査が可能な手法は今後拡大が予想される洋上風力発電事業に向けた生物の環境影響評価にも大変有用であるといえる。

今後、解析精度の向上により、洋上風力発電所建設中や建設後のモニタリング調査への活用も可能になる。また、海中音の収集とAIによる解析がリアルタイムで実施可能となれば、洋上風力発電所の建設時に海生生物の接近や存在を確認し、配慮しながら作業することも可能となる。さらに海中音の収集や無線を利用したデータ転送も含めた今後の技術開発が期待される。

6. 参考文献

- 文献1 赤松他, “水中生物音響学”, コロナ社 音響サイエンスシリーズ20,” 日本音響学会編
- 文献2 木村他, “洋上風力発電が海洋生態系に及ぼす影響の評価手法: 小型鯨類の音響調査について,” 海洋理工学会誌, 35(2), 31-35, 2015.
- 文献3 Akamatsu et al., “New stereo acoustic data logger for tagging on free-ranging dolphins and porpoises,” Marine Technology Society Journal, 39(2), 3-9, 2005.
- 文献4 松尾 豊 (著) 人工知能は人間を超えるか (角川EPUB選書)
- 文献5 総務省 令和元年版 情報通信白書 第1部 第3節 AIに関する基本的な仕組み
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r01/html/nd113210.html>
- 文献6 斎藤他, “音声解析技術の活用による生物の生息調査手法”, 環境アセスメント学会 第18回全国大会, 2019.
- 文献7 平成 28 年度 風力発電等環境アセスメント基礎情報整備モデル事業等に係る情報整理・解析委託業務 報告書 <http://assess.env.go.jp/files/0db/seika/001001/01.pdf>
- 文献8 斎藤他, “機械学習を用いた小型鯨類ソナー音の検出”, 海洋音響学会2020年度研究発表会講演論文集, 20-30(2020)
- 文献9 中井悦司(著)、ITエンジニアのための機械学習理論入門(技術評論社)