



Title	知床周辺海域の沿岸モニタリングおよび船舶観測と係留系観測
Author(s)	中村, 知裕; 野別, 貴博; 嶋田, 宏; 美坂, 正; 西岡, 純; 藤尾, 伸三; 柳本, 大吾; 三谷, 曜子; 山村, 織生; 三寺, 史夫
Citation	低温科学, 82, 153-160
Issue Date	2024-03-29
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/91752
Type	bulletin (article)
File Information	13_p153-160_LT82.pdf



[Instructions for use](#)

知床周辺海域の沿岸モニタリングおよび船舶観測と係留系観測

中村 知裕¹⁾, 野別 貴博²⁾, 嶋田 宏³⁾, 美坂 正^{3)*}, 西岡 純¹⁾,
藤尾 伸三⁴⁾, 柳本 大吾⁴⁾, 三谷 曜子⁵⁾, 山村 織生⁶⁾, 三寺 史夫¹⁾

2023年12月22日受付, 2024年1月10日受理

世界遺産である知床とその周辺の海洋環境変動を明らかにするために、海洋環境の沿岸モニタリング網を構築し、現場観測のない時期・海域において船舶観測および係留系観測を実施した。実施中の沿岸モニタリングと実施された船舶観測および係留系観測について、物理観測を中心に実施内容の概要を紹介する。得られたデータは知床周辺海域の短期変動・季節変動・経年変動の解明に役立つと期待される。

Coastal Monitoring, Shipboard Observations, and Mooring Observations around the Shiretoko Area

Tomohiro Nakamura¹, Takahiro Nobetsu², Hiroshi Shimada³, Tadashi Misaka^{3*},
Jun Nishioka¹, Shinzou Fujio⁴, Daigo Yanagimoto⁴, Yoko Mitani⁵,
Orio Yamamura⁶, Humio Mitsudera¹

To reveal the oceanic environmental changes in and around Shiretoko, a UNESCO World Heritage Site, we established coastal monitoring networks for marine environments and conducted shipboard observations and mooring observations in seasons and areas where observations were limited. This overview focuses mainly on the observations of physical oceanography by the ongoing coastal monitoring, as well as shipboard and mooring observations. The obtained data is anticipated to enhance our understanding of the short-term, seasonal, and long-term variations in the Shiretoko region.

キーワード：知床周辺海域の短期長期変動, 東サハリン海流, 沿岸モニタリング, 船舶観測と係留系観測

Short- and long-term ocean variations around Shiretoko, East Sakhalin Current, Coastal monitoring, shipboard and mooring observations

連絡先

中村 知裕

北海道大学 低温科学研究所 環オホーツク観測研究センター
〒060-0819 北海道札幌市北区北19条西8丁目

Tel: 011-706-7497

Email: nakamura@lowtem.hokudai.ac.jp

1) 北海道大学 低温科学研究所 環オホーツク観測研究センター
Pan-Okhotsk Research Center, Institute of Low Temperature
Science, Hokkaido University, Sapporo, Japan

2) 公益財団法人 知床財団

Shiretoko Nature Foundation, Shari, Japan

3) 北海道立総合研究機構 釧路水産試験場

Kushiro Fisheries Research Institute, Fisheries Research
Department, Hokkaido Research Organization, Kushiro, Japan

4) 東京大学 大気海洋研究所

Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of
Tokyo, Kashiwa, Japan

5) 京都大学 野生動物研究センター

Wildlife Research Center, Kyoto University, Kyoto, Japan

6) 北海道大学 水産科学研究院

Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University, Hakodate,
Japan

* 現在は北海道立総合研究機構 中央水産試験場

* Now at Central Fisheries Research Institute, Fisheries Research Department,
Hokkaido Research Organization

1. はじめに

知床をはじめとする北海道オホーツク海沿岸（以下、知床周辺海域）は、季節海水の影響を受けた生態系と高い生物多様性で特徴づけられる。これが評価されて世界自然遺産に登録されている。実際、生物多様性の観点から重要度の高い「生物学的ホットスポット」で、海鳥や海棲哺乳類などの高次捕食者に加え、漁業も集中している。

しかし、地球温暖化に伴い、近年オホーツク海の海水が減少している。知床海域の海水は、そのほとんどが風や海流により北から漂流してくる。中でも、冬季に樺太東側から南下してくる東サハリン海流は、流れによる漂流と低温による海水融解の抑制を通して、知床周辺海域の海水の多寡に影響を及ぼすと考えられる。ところが、将来予測に用いられている全球気候モデルは、知床周辺海域の予測には解像度が不十分な上に、オホーツク海規模の空間スケールでも結果のバラつきが大きい。いったい、海水そして生態系は将来どうなるのだろうか？この疑問に答えることを目指して、知床周辺海域における温暖化による海水・海洋変動を予測し、海洋生態系への影響を評価するためのプロジェクト（通称：知床プロジェクト）が2021年から開始された（環境研究総合推進費「世界自然遺産・知床をはじめとするオホーツク海南部海域の海水・海洋変動予測と海洋生態系への気候変動リスク評価」研究代表者：三寺史夫）。

知床周辺海域は、広い陸棚と3000 m深の海盆を併せ持ち（図1）、冬季と夏季で海流と水塊が入れ替わり、亜熱帯系や亜寒帯系など様々な起源をもつ水が流入する上に、同海域における海水の変質も起こり、複雑な水塊分布（水温・塩分・栄養物質の分布）となっている。冬季には、上述の東サハリン海流が樺太東側に沿って南に流れ、海水に先駆けて北海道に達し、東サハリン海流水が知床周辺海域の表層を覆う。植物プランクトン・ブルームの起こる春季には、表層に海水融解水、季節躍層の下には冬季混合層の名残であるオホーツク海中冷水が残り、沿岸には雪解けで増えた河川水が見られ、そこに日本海から宗谷暖流が流入し始める。夏季は、宗谷暖流が強くなり、その沖に冷水帯が分布する。東サハリン海流は、夏季には千島海盆に入る所で東に曲がり、知床周辺海域から東サハリン海流水は見られなくなる。また、これらの水塊のさらに下では、オホーツク海北部陸棚で形成された高密度陸棚水が陸棚斜面に沿って流れてくる。秋季には、宗谷暖流水が冷却され始め、東サハリン海流水も流入し始める。前者は冬季にさらに冷やされて宗谷暖流変質水とな

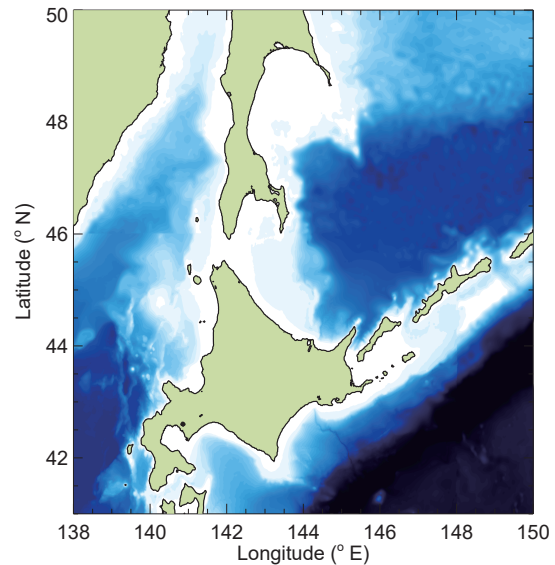


図1：知床とその周辺の海底地形。水深（色）の間隔は100 m。
Figure 1: Bottom topography around Shiretoko, Hokkaido. Color (depth) interval is 100 m.

る。そして冬になり再び海水が到来する。

こうした知床周辺海域の物理場は過去どのように変動し現在どうなっているのか？知床プロジェクトの一環として、将来予測の礎とするため、経年変動・季節変動の解明を目指した。しかし、それには知床周辺海域の現場観測データが足りなかった。例えば、知床海域の海水分布に影響する可能性がある東サハリン海流は、海水に覆われるため観測特に流れの観測がない。また、海水到来直前そして海水融解や春季ブルーム時期の観測がほとんどなく、根室海峡北部は季節変動すらよく分かっていない。こうした知床周辺の現場データ不足を改善するため、海水に覆われる時期を含めた係留系観測と沿岸モニタリング、および様々な季節の船舶観測を実施した。

本稿では、実施中の沿岸モニタリングと実施された船舶観測および係留系観測について、海洋物理観測を中心に概要を紹介する。なお観測の実施に当たっては、知床プロジェクトに加えて、科研費基盤B（研究代表者：三谷曜子）、基盤S（研究代表者：西岡純）、北海道大学低温科学研究所環オホーツク連携事業、東京大学大気海洋研究所学際連携研究（研究代表者：中村知裕）からも支援を戴いている。

2. 沿岸モニタリング

現在の知床周辺海域をモニタリングするため、知床半島で沿岸モニタリングを開始した。また、知床周辺海域の

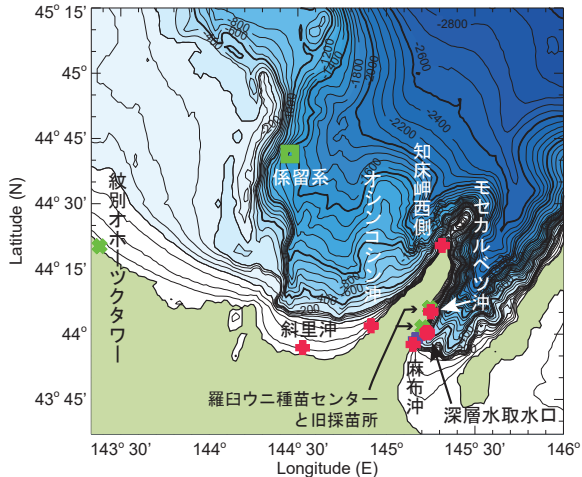


図2：知床周辺海域の沿岸モニタリングサイト。赤十字は知床プロジェクトで水温塩分計を設置した位置（斜里沖，オシンコシ沖，知床岬西側，モセカルベツ沖，麻布沖），紫十字は麻布沖2021年冬季の設置位置，赤星は羅臼深層水取水口の位置，緑×印は羅臼ウニ種苗センターと旧採苗所および紋別オホーツクタワーの位置。緑四角は係留系の位置。色は水深でコンター間隔は、200 m以浅は25 m，200 m以深は100 m。

Figure 2: Coastal monitoring sites in the Shiretoko region. Red crosses indicate the locations where temperature and salinity loggers were deployed as part of the Shiretoko Project (Shari, Oshinkoshin, west of Shiretoko Cape, Mosekarubetsu, and Azabu). The purple cross indicates the location of the logger off Azabu during the winter of 2021. The red star marks the location of the Rausu deep-water intake. Green X marks indicate the Rausu long-term monitoring sites and the Mombetsu Okhotsk Tower. The green square marks the mooring site. Contour intervals are 25 m for < 200 m and 100 m for > 200 m.

長期モニタリング中のデータを提供して戴いた。これらモニタリングのリストを表1，位置を図2に示す。こうした沿岸の観測を沖の観測と合わせて解析することで，沿岸の変動の原因ひいては沖の変動の推測を目指している。

2.1 知床プロジェクトで開始した沿岸モニタリング

知床プロジェクトでは，知床半島の西側と東側でそれぞれ3か所，計6か所で水温塩分のモニタリングを開始した。知床半島西側は，海水や東サハリン海流が最初に到達するところである。そこで，海流の接岸位置や強さの変動を探るため，半島の付け根，中央付近，先端付近の水深20～40 mの浅海域にある定置網の基部（したがって海底付近）に水温塩分計を設置した。東側は，千島海盆と根室海峡南部浅海域からの海水流入の影響について判別を試みるため，羅臼の南北2か所において，水深20～30 mの所で海底からおよそ4 m上に水温塩分計を設置した。なお設置は，羅臼漁協と斜里第一漁協および知床財団の協力のもと漁協または漁業者に行って戴いた。加えて，羅臼深層水取水施設に水温塩分計を設置させて戴き，水深約350 mか

表1：沿岸モニタリングサイトのリスト。(a) 知床プロジェクトで開始した沿岸モニタリングサイト，(b) 北海道オホーツク海沿岸長期モニタリングサイト。

Table 1: List of coastal monitoring sites around Shiretoko: (a) Coastal monitoring sites initiated by the Shiretoko Project, and (b) long-term monitoring sites.

場所	水深（観測水深）	期間
モセカルベツ沖 (羅臼の北)	51m (47m)	2021/ 8/18 ~ 2021/11/22
	30m (25m)	2021/12/12 ~ 2022/ 4/10
	27m (20m)	2022/ 5/ 6 ~ 2022/12/10
	30m (25m)	2022/12/22 ~ 2023/ 4/5
	27m (20m)	2023/ 5/15 ~ 2023/11/21
	30m (25m)	2023/11/ ~
麻布沖 (羅臼の南)	52m (48m)	2021/ 8/18 ~ 2021/11/29
	30m (25m)	2021/12/ 7 ~ 2022/ 4/11
	38m (33m)	2022/ 4/21 ~ 2022/12/3
	38m (33m)	2023/ 5/15 ~ 2023/11/24
	30m (25m)	2023/12/ ~
斜里沖	約35m	2021/11/11 ~ 2022/ 7/4 2022/ 8/20 ~ 2022/11/5 2022/11/16 ~ 2023/ 7/8 2023/ 9/ 9 ~ 2023/10/27
オシンコシ沖 (ウトロの南)	約30m	2021/11/13 ~ 2022/ 6/2 2022/ 7/30 ~ 2022/11/9 2022/11/16 ~ 2023/ 5/1 2023/11/ ~
知床半島先端西側	約20m	2021/11/ 9 ~ 2022/5/7 2022/ 6/ 3 ~ 2022/11/8 2022/11/16 ~ 2023/4/30 2023/ 7/26 ~ 2023/11/16 2023/11/ ~
羅臼深層水取水口	約350m	2021/10/ 8 ~ 2022/ 2/15 2022/ 2/18 ~

場所	観測水深	期間	測定項目
羅臼（共栄町旧採苗所）	海面（波打ち際）	1968/5/4 - 2000/12/20	水温、比重、pH
同上	約10m（汲み上げ水）	1989年 ~ 2000年	水温
羅臼（岬町ウニ種苗センター）	約13m（汲み上げ水）	2001/1/1 ~	水温、比重、pH
羅臼深層水取水口	約350m（汲み上げ水）	2007年7月～	水温
紋別オホーツクタワー	0～9m	1996年10月～	水温、塩分

ら汲み上げられた海水の詳細なモニタリングを行った。

設置した水温塩分計は，羅臼深層水取水施設ではJFEアドバンテック社製DEFI2-CT，それ以外ではINFINITY ACTW-USBである。測定間隔は2～15分であり，数時間の短期変動も測定できる。なお，深層水取水施設での測定は，2021年10月8日から2022年2月15日は3本ある取水ポンプのうち1本のみだが，2022年2月18日以降は取水ポンプ全てで行っている。また海面水位の変動とその伝播を捉える試みとして，圧力計による測定を2023年夏季は知床先端西側で，2023-2024年冬季は麻布沖で試みた。圧力の測定箇所はこれから徐々に増やすことを目指している。

現時点において，冬季海水下を含む約2年分の観測データが取得できている。これにより詳細な季節変動が捉えられたのに加えて，2023年は2022年より2℃近く高温であったことなど，大きな経年変動も見られている。加えて，潮汐や河川水流出，水塊入れ替えなどによる顕著な短期変動も見つかった。中でも興味深いのは，夏季の急激な水温低下イベント（30分以内におよそ6℃水温が低下）の発見と，350 m深の潮汐周期変動（おそらく内部潮汐）の通年観測である。

表2: 船舶観測のリスト

Table 2: List of shipboard observations

船名	航海番号	期間	主席	係留系
白鳳丸	KH-20-1	2020年12月8日～12月25日	中村知裕	設置
新青丸	KS-21-6	2021年4月11日～5月1日	西岡純	
新青丸	KS-22-6	2022年4月26日～5月15日	中村知裕	回収・再設置
新青丸	KS-23-15	2023年8月30日～9月12日	西岡純	回収
おしよろ丸	C073 Leg2	2019年6月25日～7月4日	三谷曜子	
おしよろ丸	C126	2022年6月19日～6月25日	山村織生	
北辰丸	202210K	2022年9月下旬～10月上旬	釧路水試	
北辰丸	202310K	2023年9月下旬～10月上旬	釧路水試	

2.2 これまで実施されてきた沿岸モニタリング

知床プロジェクト以前から実施されてきたモニタリングとして、羅臼ウニ種苗センターと旧採苗所、羅臼深層水取水施設、紋別オホーツクタワーの協力を得た。

羅臼ウニ種苗センターと旧採苗所により、合わせると現時点で約56年間のデータが蓄積されている。本来の目的は、栽培漁業(コンブ、ウニなど)の種苗生産のための日々の水質等管理であり、毎朝10時に、水温、比重、pH、および気温、天候、風向き、海況が記録されている。このうち、水温・比重・pHを電子化し、比重と水温から塩分を計算した。なお測定場所は、1968年～2000年は旧採苗所で、2001年からウニ種苗センターとなり、約8 km北東に移動した。測定した水深も、2000年までは海面(波打ち際)で、2001年からは約13 m深からの汲み上げ水に変わっている。ただし、1989年から2000年の約12年間は約10 m深からの汲み上げ水でも水温が測定されており、海面水温と10 m深水温を比較できる。これにより、水温はある程度補正できる。

羅臼深層水取水施設では、取水の開始された2007年7月から水温が記録されていて、現時点で約17年間のデータが蓄積されている。取水口は図1に記した水深約350 mの海底付近にあり、取水管の長さは約2.8 kmである。水温の記録間隔は、1～数日に一度(3本ある取水ポンプを交替するタイミング)である。この深層水取水施設は2.1節の知床プロジェクトで水温塩分計を設置した施設と同じだが、測定項目・間隔・期間が異なる。

紋別オホーツクタワーでは、タワーと突堤を繋ぐところから水温塩分圧力計(CTD)観測と採水が行われている。1996年10月から水温・塩分測定が約28年間、機器の故障による中断、荒天・海水が厚く覆うときを除き、ほぼ毎日実施されている。測器は、2010年6月以前は、水温塩分計(アレック電子社製ACT20-D)で、同年7月以降はCTD

(JFEアドバンテック社製ASTD102)である。採水は、海面付近のバケツ採水が数日から1週間に1回行われている。2002年9月からクロロフィルa、2006年9月から栄養塩(硝酸塩、リン酸塩、ケイ酸塩)が測定されている。詳細は葛西ほか(2017)を参照されたい。

これら長期モニタリングから、経年変動および平均的な季節変動(年毎の差はそれなりに大きい)が明らかになった。例えば、羅臼の表層水温には、年平均水温の上昇トレンド(冬季以外はより顕著)が見られる。羅臼表層塩分では、冬季の低塩水(おそらく海水融解水)が1987以降減少していて、北海道沿岸の海水減少と整合しているようにも見える。

3. 船舶観測

知床プロジェクトに関連して合計8回の観測航海が、コロナによる中断以外は毎冬行われている海上保安庁砕氷船「そうや」の航海に加えて、実施された。前者のリストを表2に示す。後者については豊田(2024)を参照されたい。船舶観測の海洋物理に関する目的は、知床周辺海域でデータが不足している時期・海域の現場観測、および東サハリン海流の通年観測のために係留系を設置・回収することである。なお、表2には知床プロジェクトに先立ち実施された2019年および2020年の航海も含めている。

3.1 新青丸, 白鳳丸, 北辰丸

3.1.1 測点(計画)

JAMSTEC(海洋研究開発機構)学術研究船「新青丸」と「白鳳丸」、および北海道立総合研究機構釧路水産試験場試験調査船「北辰丸」の観測航海における測点は、知床周辺海域の複雑な水塊構造とその変動を捉えるために計画した(図3a)。

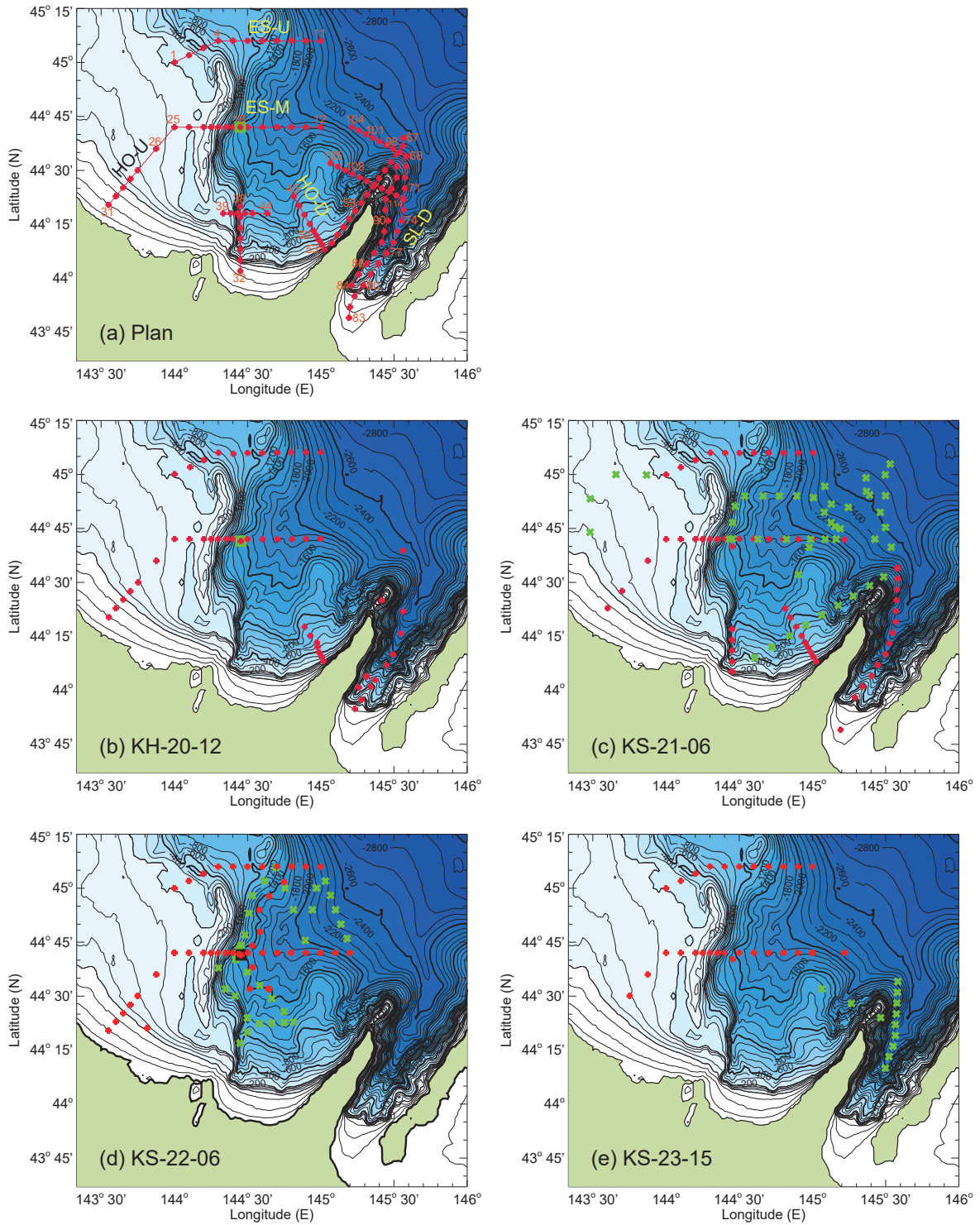


図3：白鳳丸と新青丸航海の測点。(a)最初の計画，(b)2020年白鳳丸KH-20-12航海，(c)2021年新青丸KS-21-06航海，(d)2022年新青丸KS-22-06航海，および(e)2023年新青丸KS-23-15航海。赤十字はCTD，緑×印はXCTD，緑四角は係留系。(a)の数字は測点番号，文字は測線名。色は水深でコンター間隔は，200 m以浅は25 m，200 m以深は100 m。

Figure 3: Observation sites of (a) the initial plan and (b) KH-20-12, (c) KS-21-06, (d) KS-22-06, and (e) KS-23-15 Cruises. Red crosses, green X marks, and the green square indicate CTD, XCTD, and the mooring sites, respectively. Site numbers and section names are denoted in (a). Contour intervals are 25 m for < 200 m and 100 m for > 200 m.

まず、北から来る東サハリン海流水(と陸棚高密度水)を捉えるため、上流側の測線 (ES-U; 最も北側45° N付近; 測点1-11), 中央の測線 (ES-M; 45° 45' N付近; 測点12-25),

および東サハリン海流水が接岸して東に向かうところ(網走沖の十字の測線; 測点32-44)を設定した。そのうち、中央の測線ES-M上の陸棚斜面上(測点18近傍)に係留系を設

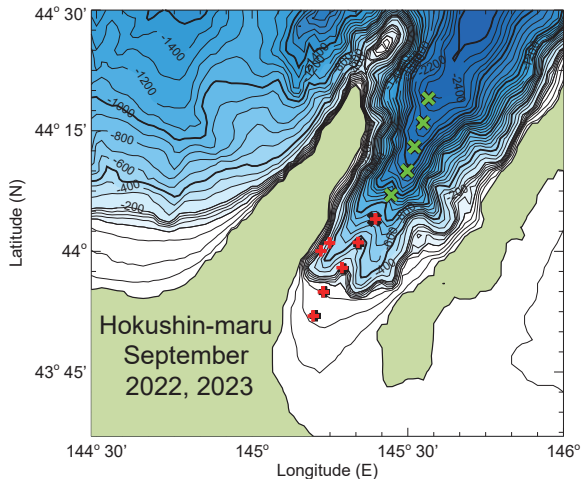


図4：北辰丸航海の測点。赤十字はCTD，緑×印はXCTD，黒×印は2022年のCTD測点(赤十字と重なっている)。色は水深でコンター間隔は、200 m以浅は25 m，200 m以深は100 m。

Figure 4: Observation sites of Hokushin-maru Cruises. Red crosses and green X marks indicate CTD and XCTD sites, respectively. Black X marks indicate CTD sites in 2022 (overlapped by red crosses). Contour intervals are 25 m for < 200 m and 100 m for > 200 m.

置した。

宗谷海峡から北海道沿岸を流れてくる宗谷暖流水を捉えるため、陸棚を横切る上流側の測線 (HO-U; 紋別沖; 測点25-31)，陸棚が狭まる場所 (網走沖の十字の測線; 上述)，下流側の知床沖の測線 (HO-D; ウトロ沖, 測点45-53) を設定した。最後の測線は、衛星海面高度計の軌道下とおおむね一致するように設定されている。

根室海峡北部(知床半島東側)を調べるため、水深の大きい中央付近を縦断する測線 (SL-D; 測点68-83) を設定した。加えて、知床沿いの変化を調べるために知床半島沿いの沿岸測線を西側(測点53-67)と東側(測点84-97)に設けた。知床を横切る方向の測線も2つ(測点97-104と105-114)設け、宗谷暖流・東サハリン海流など知床沿いの流れおよび知床岬とその沖の海碓間の流れの観測を試みようとした。

3.1.2 新青丸と白鳳丸

3.1.1の計画測線のうち、最重点測線とした45° N付近 (ES-U)，44° 45' N付近 (ES-M)，陸棚を横切る測線 (HO-D) は、新青丸・白鳳丸を利用した全ての航海で実施できた(図3b-e)。次の重点測線である、根室海峡北部縦断測線 (SL-D) は3航海で、ウトロ沖測線 (HO-D) は2航海で実施できた。ただ、知床沿岸東側は漁具が多く困難なため、知床沿岸西側と横切る測線2つはシップタイム(荒天等)や海況のため実施できなかった。

観測時期は、白鳳丸KH-20-12航海(2020年)は海水到来

直前、新青丸KS-21-06航海(2021年)とKS-22-06航海(2022年)は海水融解直後・春季ブルームの時期であり、海水到来の前後の違いを観測により捉えられた。新青丸KS-23-15航海(2023年)はそれまでに時系列観測できていない夏季(9月)に実施された。なおKH-20-12航海は、主席として当初三寺教授が申請し採択されたが後に変更され、2020年4月に新青丸で実施される予定だったがコロナのため延期され白鳳丸で同年12月に代替実施された。

測定項目は、全4航海に共通するのが、CTDとL-ADCP(垂下式音響流速計)およびCMS(多層採水システム)による採水(クロロフィルa, 栄養塩類, 水酸素同位体, 塩分分析, 溶存酸素, 植物プランクトン群集構造と基礎生産力), 船底設置式ADCP, 表層モニタリング(水温, 塩分, CDOM(有色溶存有機物), クロロフィルa), および海棲哺乳類目視観測である。加えて、2021年以降の3航海すべてでXCTD(投棄式水温塩分計), 表層光学観測, 有色溶存有機物・蛍光性溶存有機物等, 大気エアロゾルサンプリング, 計量魚群探知機, ノルパックネット観測を行った。計量魚群探知機との干渉を防ぐため、2021年以降、船底ADCPは原則として測線上、夜間、および停船中のみ実施した。さらに、2022年以降の2航海では乱流計と蛍光性溶存有機物センサが、2021年と2023年の2航海では、CTDクリーン採水と曳航体クリーン採水(鉄分等)が、2020年と2022年にはマルチビーム音響測深が、実施された。採泥(表層堆積物採取)は、年により異なる目的のため、2020年(マルチプルコア)および、2021年と2023年(オケアンまたはスミス・マッキンタイア式採泥器)に実施された。

3.1.3 北辰丸

これらの白鳳丸・新青丸航海に加えて、北辰丸により根室海峡北部の夏季(9月末)観測も、定期海洋観測に追加する形で2022年と2023年に実施された(図4)。目的は2つで、1つは根室海峡の季節変動を調べるためデータの少ない夏季に観測することで、そのために根室海峡北部の縦断測線(3.1.1の測点73-82)を追加した。観測には、浅海域はCTD、1000 mより深い所ではXCTDを使用した。

もう一つの目的は羅臼深層水取水施設における水温モニタリングの検証のため、モニタリング結果と羅臼深層水取水口付近の現場観測を比較することである。深層水汲み上げの際、海水が取水管中を通過する間に周囲の海水により加熱・冷却され、深層水取水施設で測定した水温が、350 m深の取水口における水温から変わっている可能性がある。この懸念を検証するため、表層と350 m深の水温差が最も大きく、取水管中での水温変化が最も懸念

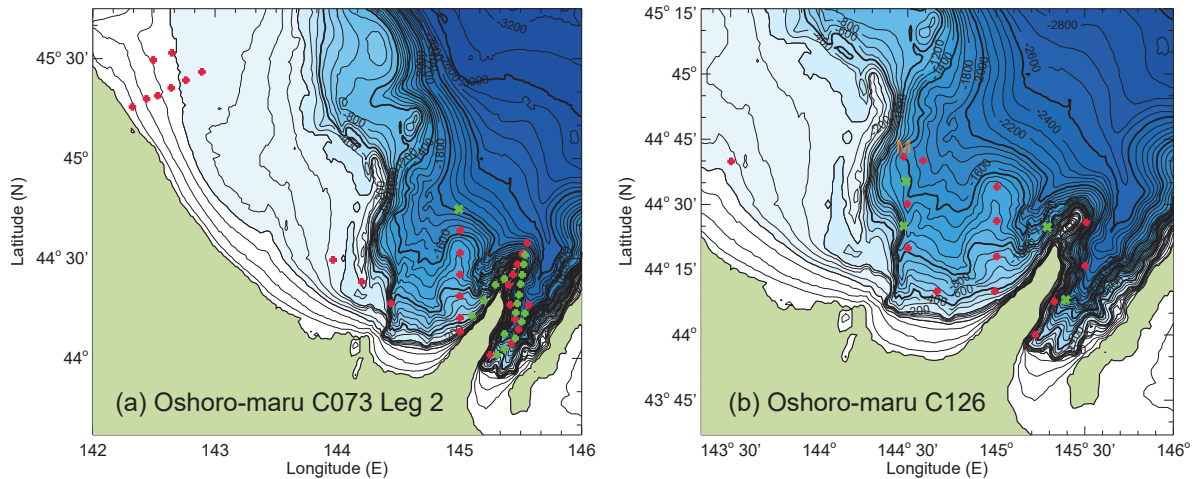


図5：おしよろ丸航海の測点。(a) 2019年 C073 Leg2, (b) 2022年 C126. 赤十字はCTD, 緑×印はXCTDまたはXBT. (b) のMは係留系近傍の測点. 色は水深でコンター間隔は, 200 m以浅は25 m, 200 m以深は100 m.

Figure 5: Observation sites of Oshoro-maru Cruises: (a) C073 Leg2 and (b) C126. Red crosses and green X marks indicate CTD and XCTD (or XBT) sites, respectively. The M mark in (b) indicate the CTD site near the mooring site. Contour intervals are 25 m for < 200 m and 100 m for > 200 m.

される時期である9月に現場観測を計画し, 2023年に実施できた。

3.2 おしよろ丸

知床周辺海域の海棲哺乳類・海鳥から動物・植物プランクトンといった高次栄養段階を含む生態系とその餌環境および栄養塩・物理環境を調べるため, 北海道大学水産学部附属練習船「おしよろ丸」による観測航海も2019年と2022年に実施された。両航海は根室海峡北部の観測空白時期である6月に行われた。

測点の位置を図5に示す。2019年は, 宗谷暖流と冷水帯を捉えるための45°～45.5° Nの測点, 北見大和堆周辺の鯨類が多くみられる場所として144° E付近の測点, 知床西側沿いに流れる宗谷暖流を捉えるための145° E沿いの南北測線, 北部根室海峡の季節変動を調べるための縦断測線, 知床岬との先の海礁における水塊変質と根室海峡北部への流入を調べるための測線, および知床東西岸沿いの測線で観測が実施された。2022年は, 宗谷暖流と冷水帯を捉えるための143.5° E付近の測点, 係留系との比較のための測点M, 陸棚斜面沿いの水塊分布を調べるための144.5° E沿い測線, 知床沿いに流れる宗谷暖流を捉えるための145° E沿いの測線, および根室海峡北部で観測が行われた。

測定項目は, 海洋物理に関してはCTDとLADCP, 表層水モニタリング, XCTD, および2019年はXBT (投棄式水温計) である。主目的である海洋生物については, 海棲哺乳類と海鳥目視, 餌環境 (魚類等), 動物プランクトン, 環境DNAなどの観測が行われた。

3.3 速報的概要

海水の到達直前と融解直後の船舶観測により, 春季ブルームとその時の海洋環境, 冬季から春季の水塊の入れ替わりと中冷水の発達, 海水融解に由来すると思われる海面付近の低塩分水を捉えることに成功した。8航海および知床プロジェクトで収集した未公開データ (本稿では触れない) を合わせ, 知床東側の根室海峡北部における季節変動を初めて観測的に明らかにできた。その結果, 表層と亜表層で季節進行にずれがあること, 知床西側に比べて季節進行が遅れていることなどが分かった。

なお, 羅臼深層水取水中の水温変化検証のための観測だが, 取水口の近傍には漁具のため北辰丸2023年航海以外は入れなかった。理想的には夏季以外の季節についても比較検証が望ましく, これは今後の課題として残っている。

4. 係留系観測

東サハリン海流の通年, 特に冬季の観測を行い, 海水との関連を探るために, 係留系観測が行われた。係留系の位置を図2および図3aに示す。東サハリン海流の沿岸分枝は, 陸棚端付近を流れ深い混合層を形成する。これを捉えるため, 係留系を陸棚端付近に設置することを試みたが, 活発な漁場であるため漁協との調整の結果, 陸棚斜面上 (測点18) に設置した。設置期間は, 約2年9カ月で, 2020年12月13日～2022年5月1日および2022年5月9日～2023年9月2日の2期間である。第1期は2020年の白鳳丸航海で設置し2022年の新青丸航海で回収した。3点測量か

表3: 係留系に設置された測器と設置水深(m). (a) 第1期, (b) 第2期.

Table 3: Instruments installed on mooring systems and their nominal depths (m): (a) Phase 1 and (b) Phase 2.

測器	製造者と機種	設置水深
CTD	SBE MicroCAT	66
ADCP	RDI WH300	110
流速計	Aanderaa RCM11	217
CTD	SBE MicroCAT	218
セジメントトラップ	McLane	577
流速計 (圧力計付)	Aanderaa RCM11	531
流速計	Aanderaa RCM11	1350

測器	製造者と機種	設置水深
圧力計	(投入時の確認用)	37
水温塩分計	JFE ACTW-USB	38
ADCP	RDI WH300	約80
圧力計	JFE DEF12-D50	76
流速計 (圧力計付)	Aanderaa RCM11	193
水温塩分計	SBE MicroCAT	約195
水温塩分計	JFE A7CT-USB	約290
セジメントトラップ	McLane	約503
蛍光光度計	RBR virtuoso	約504
溶存酸素計	JFE ARO-USB	約505
水温塩分計	SBE MicroCAT	約506
圧力計	JFE ATD-HR	507
流速計	Aanderaa RCM11	約513
水温塩分計	JFE A7CT-USB	約1358
流速計 (圧力計付)	Aanderaa RCM11	1360

から見積もられた設置位置は44° 41.43' N, 144° 27.31' Eで、設置水深は約1386 m (切り離し装置)であった。第2期は2022年新青丸航海で回収後に再設置し、2023年新青丸航海で回収した。3点測量から見積もられた再設置後の位置は44° 41.45' N, 144° 27.40' Eで、水深は1405 m (切り離し装置)であった。なお、第2期の切り離し装置は海底(アンカー)からおおよそ27 m上に設置され、その切り離し装置の約1.5 m上に設置された流速計の最小圧力は1376 dbarであった。

係留系に設置した測器と水深を、それぞれの期間について表3a,bに示す。第1期と2期ともに、表層の流速と海水を測定するため水深100 m前後にADCPを上向きに設置し、表層の水温・塩分を測るため水深50 m前後と200 m前後にCTDが取り付けられた。加えて、水深おおよそ200 m, 500 m, および海底直上に流速計を、水深おおよそ500 mにセジメントトラップを設置し、流速の鉛直構造と沈降粒子の測定を試みた。第2期はさらに、水温塩分変動の鉛直構造を捉えるために水温塩分計をおおよそ300 m深と海底直上に増設

するとともに、物質循環に関する測定のためセジメントトラップの直下に蛍光光度計や溶存酸素計も設置された。

係留系の設置と回収は全てうまくいき、海水下を含めた季節変動の観測に成功した。冬季の東サハリン海流に伴う南下流と水温0°C以下の冷たい水塊も捉えられた。

5. おわりに

沿岸モニタリング、船舶観測、係留系観測により、知床周辺海域の季節変動・経年変動の理解に役立つ貴重なデータが得られた。各データの解析結果は、各担当者が発表する見込みである。興味のある方は各航海の主席を通じて各担当者に問い合わせ戴きたい。知床プロジェクトは2023年度で終了するが、構築した沿岸モニタリング網は、各漁協、自治体、水産試験場ならびに知床財団などとの協力が続けられれば、低温科学研究所環オホーツク連携事業等からの支援があれば、継続できるだろう。そして変わりゆく知床の海をモニターし続けられるだろう。

謝辞

本稿で紹介した観測は、共著には各航海の主席・関連プロジェクトの研究代表者、および沿岸モニタリング・係留系担当者しか挙げていませんが、漁協、水産試験場、知床財団、船の運航等にかかわるJAMSTEC・東京大学大気海洋研究所の方々、船長・乗組員、乗船研究者・観測補助者、そのほか様々な方々の協力のおかげで実施することができました。北海道大学低温科学研究所研究集会(22S010, 23S015)では多くの方に参加・議論して戴きました。また、実施にあたり、環境総合推進費JPMEERF20214002(「知床プロジェクト」)、科研費基盤B, S(JP20H03054, JP21H05056)、東京大学大気海洋研究所学際連携研究、北海道大学低温科学研究所環オホーツク連携事業の支援を戴きました。記して感謝いたします。

参考文献

- 葛西広海, 永田隆一, 村井克詞, 片倉靖次, 館山一孝, 濱岡荘司 (2017) 北海道オホーツク海沿岸域の海洋環境の季節変化と海水後退時期の経年変動がクロロフィルa量に及ぼす影響. 沿岸海洋研究, **54**, 181-192.
- 豊田威信 (2024) 巡視船「そうや」を用いたオホーツク海における海水観測のあゆみ. 低温科学, **82**, 25-44.