

スキャニングソナーを用いた 中層浮魚礁の探索とその周辺海域の海洋構造 (漁港漁場計画調査)

平手康市

Searches for middle layer Fish aggregating devices (FAD's) by scanning sonar and oceanic structure at those area.

Koichi HIRATE

沖縄県における小型漁船漁業において重要な浮魚礁の効果を判定する手法を開発する為に県が設置した浮魚礁において調査を実施した。2010年度は漁業調査船「図南丸」を用いて浮魚礁の設置状況及び魚類の蝟集状況を確認する手法を検討し、また、その周辺海域において水温、塩分及び流向流速観測を実施した。

沖縄県では1995年から小型漁船漁業を支援する為に沿岸漁場整備開発事業（現水産環境整備事業）により浮魚礁（図1）の設置を行い、近年では小型漁船による曳縄漁業及び一本釣り（流し釣り、石巻落とし等）漁業の漁場開発手法としての有効性に対する認識が定着している。しかし、その効果を定量的に把握する調査を実施していない為、新たな浮魚礁設置に関しては的確な情報提供をすることが出来ていない。そこで浮魚礁の魚類蝟集効果を定量的に判定する手法を開発する為の調査を実施した。

そこで沖縄県の設置した浮魚礁に限定して、これらのカツオ・マグロ類を中心とする回遊性魚類に対する蝟集効果を判定する手法を開発するための調査を実施した。しかし、これらの内、中層型は設置基数が多く調査対象としやすい反面、常に礁体が海中にあるうえに、潮流によって礁体が移動する為に調査の実施には的確な浮魚礁探索手法が必要となる。そこで、本年度は漁業調査船「図南丸」（総トン数176トン、全長41.43m；以下、図南丸とする）を運用して、中層型浮魚礁の位置特定手法を検討した。また、海洋構造が蝟集効果に及ぼす影響を把握するために併せて周辺の海洋観測を実施した。

材料及び方法

中層型浮魚礁の探索には、図南丸に搭載されているスキャニングソナー（古野社CSH-71；以下、ソナーとする）

と魚群探知機（古野社FCV-140 使用周波数28khz；以下、魚探とする）を用いた。探索方法は、図南丸を中層浮魚礁の設置位置（表1）にやや潮上へ移動させ、微速で流れ下に移動しつつソナーにより周辺を探索した。ソナーに反応があった場合（写真1左）は礁体の潮上へ移動して、潮流に乗せて礁体直上を通過するように操船した。この時、魚探による探査を実施し蝟集状況の確認（写真1右）に努め

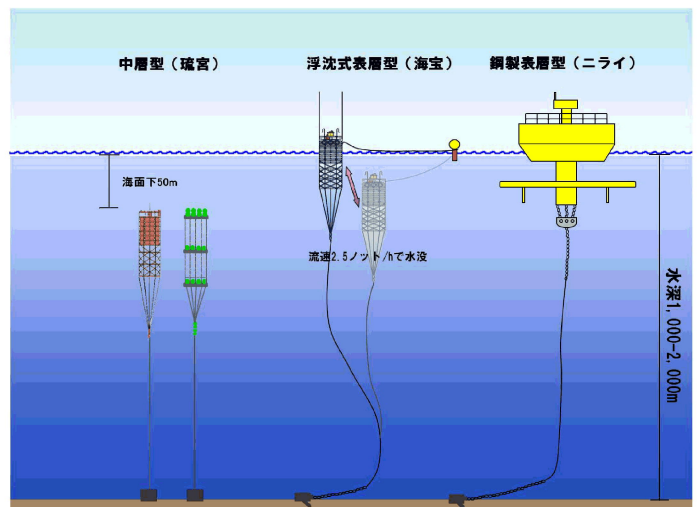


図1 沖縄県が設置した浮魚礁の概要（沖縄県漁港漁場課提供）

* Email: hiratekc@pref.okinwa.lg.jp

た。調査は知念沖 (図 2)、喜屋武岬南方 (図 3)、宮古島北、同島南 (図 4)、石垣島北、同島南 (図 5) 与那国島南西 (図 6) 及び大東諸島東 (図 7) において実施し、調査年月日、探査開始・終了時刻、探査位置の座標・水深及び周辺に目視できた漁船数を記録し、位置が確認できた中層型は礁体上端部の水深を漁探またはソナーによる測深を行い、探査及び効果評価の指標としての検討を行った (表 1)。

海洋観測は、調査対象とする浮魚礁の設置海域において、図南丸に装備している電気伝導度水温水深計 (SEA-BIRD 社製 SBE19Plus ; 以下、CTD とする) による水温及び塩分観測と音響ドップラー流向流速計 (RD 社製 Ocean Surveyor ADCP 75KHz ; 以下、ADCP とする) による多層潮流観測を行った。CTD 観測は探査する浮魚礁を挟むように設定した 2 点において、海面から 1000m 程度、水深が 1000m 以下の場合は海底上 10m までを目安として実施して、その内側の水温及び塩分の鉛直断面構造を推測した。推測手法は CTD 観測で得られた 2 点のデータを、(独) 水産総合研究センター西海区水産研究所より提供された漁海況鉛直潮流解析ソフトを用いて作図した水温及び塩分の鉛直断面コンター図により行った。流向・流速の平面分布図は、RD 社の ADCP データ解析用ソフトウェアを用いて作成して解析し、水深 37m における各層の流速場を作図した。

結果及び考察

調査した浮魚礁は中層型 26 基、FRP 製表層型 3 基及び鋼製表層型 2 基で、その内、中層型 22 基がソナーによって探査することができた (表 1)。探査できなかった浮魚礁は調査を実施した期間中の初期に多く、探査に要した所要時間も調査が経過するに従い短縮される傾向にあることから、ソナーと連動した操船技術の習熟により解決が可能と考えられ、中層型の現状確認手法としてソナーによる探査は有効であると判断できた。一方、漁探による探査を実施できた知念海域の中層型には魚類の蝟集と思われる反応が確認できる場合もあったが、魚種の特定や定量的に蝟集状況を把握することは出来なかった (写真 1)。また、浮魚礁周辺に確認できた操業中の漁船数は概して少なく、石垣島、

与那国島及び大東諸島の近海に設置された浮魚礁では確認されなかった。この事は、各浮魚礁の探査時刻が一定でないことや、調査を実施した時期が、本来、浮魚礁の利用度が上がる春季から秋季ではないこと等から、今回の調査では浮魚礁の利用度から蝟集効果を判定するため情報としては有効でなかったと考えられる。

各調査海域の水温、塩分鉛直断面と流向流速図を図 8～21 に示す。知念沖海域における水温の鉛直断面構造は、Chi2～4 において 20°C の層が約 180m にあるのに対して、Chi1 では 200m 付近にあり他の観測点より水温が高くなっていたが、塩分の鉛直構造には各観測点間に特異的な傾向は見られなかった (図 2～11)。一方、知念沖海域において観測した流向流速は概ね東北東に向けて約 1.2 ノットの流れを観測していた (図 12)。

喜屋武岬沖、宮古島南、石垣島南、与那国島、石垣島北及び宮古島北の各海域における水温と塩分の鉛直断面 (図 13～18) 及び流向流速 (図 19) の全体像は、平手 (2011) により報告されており、図 13 には慶良間ギャップに近接する喜屋武岬沖 S2 の 400m 付近の躍層 (図 21) についても、黒潮に由来する分派による影響が示唆されている。しかし、沖縄近海の家況は琉球列島の西側を流れる黒潮の分派流や東側から接近する中規模渦の影響を強く受けており (下條, 2008)、短期間における調査では周年を通じて利用されている浮魚礁周辺海域の家況特性を把握するには明らかに情報不足と考えられる。

これらの問題点を踏まえて、浮魚礁による蝟集効果の定量的な調査には漁探以外に釣獲調査や水中ビデオ撮影等を検討し、海洋観測では同一海域における複数回の実施や近隣海域の観測結果等も参考にして実施する必要がある。

文献

平手康市, 2011: 2010 年度に実施した沖縄周辺海域の海洋観測結果. 平成 22 年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書 72, 100-128.

下條武, 2008: 調査船による沖縄周辺海域の観測. 沿岸海洋研究, 第 46 巻第 1 号, 19-27.

表1 2010年度の浮魚礁調査結果一覧表

| 海域 | 魚礁名 | 調査年月日 | 探査時刻 | | 所要時間 | 探査位置 | | | 水深(m) | 礁体上端水深(m) | 周辺の漁船隻数 | 備考 |
|-------|----------|-----------|-------|-------|------|-------------|---------------|-------|-------|-----------|-----------|----|
| | | | 開始 | 終了 | | 北緯 | 東経 | 水深(m) | | | | |
| 知念沖 | 琉宮(知)2号 | 2011/2/1 | 19:59 | 21:15 | 1:16 | 26° 02.313' | 128° 02.838' | 1,057 | 45.9 | 3 | | |
| 知念沖 | 琉宮(知)3号 | 2011/2/1 | 22:05 | 23:38 | 1:33 | 26° 02.592' | 128° 07.644' | 1,351 | 76.0 | 1 | | |
| 知念沖 | 琉宮(具)3号 | 2011/2/2 | 0:19 | 6:44 | 6:25 | 25° 57.735' | 128° 07.110' | 1,775 | 未確認 | 0 | | |
| 知念沖 | 琉宮(具)2号 | 2011/2/2 | 7:09 | 欠測 | - | 25° 59.661' | 128° 05.621' | 欠測 | 未確認 | 0 | | |
| 知念沖 | 琉宮(具)1号 | 2011/2/2 | 8:55 | 11:07 | 2:12 | 25° 59.129' | 128° 03.501' | 1,469 | 未確認 | 2 | | |
| 知念沖 | 琉宮(知)1号 | 2011/2/2 | 11:40 | 12:18 | 0:38 | 26° 00.538' | 128° 00.729' | 1,200 | 28.0 | 1 | | |
| 喜屋武岬沖 | 琉宮(糸)2号 | 2011/2/21 | 13:50 | 14:40 | 0:50 | 25° 49.139' | 127° 20.0948' | 921 | 未確認 | 0 | | |
| 喜屋武岬沖 | 琉宮(糸)3号 | 2011/2/21 | 14:50 | 15:02 | 0:12 | 25° 48.646' | 127° 18.761' | 826 | 40.5 | 0 | | |
| 宮古島南 | 琉宮(平)3号 | 2011/2/22 | 6:42 | 7:18 | 0:36 | 24° 28.955' | 125° 17.392' | 1,114 | 30.0 | 3 | カツオ釣り隻 | |
| 宮古島南 | 琉宮(平)2号 | 2011/2/22 | 7:40 | 8:00 | 0:20 | 24° 29.235' | 125° 14.691' | 1,069 | 27.0 | 1 | | |
| 宮古島南 | 琉宮(平)1号 | 2011/2/22 | 8:25 | 8:45 | 0:20 | 24° 29.280' | 125° 11.074' | 1,000 | 15.0 | 1 | | |
| 宮古島南 | 琉宮(平)4号 | 2011/2/22 | 9:10 | 9:20 | 0:10 | 24° 28.404' | 125° 07.122' | 1,045 | 55.5 | 0 | | |
| 石垣島南 | 琉宮(石Ⅱ)1号 | 2011/2/22 | 13:58 | 14:54 | 0:56 | 24° 11.836' | 124° 23.390' | 1,110 | 32.9 | 0 | 鳥山, なむら確認 | |
| 石垣島南 | 琉宮(石Ⅱ)2号 | 2011/2/22 | 15:19 | 16:00 | 0:41 | 24° 08.989' | 124° 19.773' | 1,468 | 26.2 | 0 | | |
| 石垣島南 | 琉宮(石Ⅱ)3号 | 2011/2/22 | 16:42 | 16:46 | 0:04 | 24° 11.715' | 124° 17.969' | 1,010 | 50.0 | 0 | | |
| 石垣島南 | 海宝(石Ⅱ)2号 | 2011/2/22 | 17:33 | 17:33 | 0:00 | 24° 05.439' | 124° 12.038' | 895 | 海面上 | 0 | | |
| 与那国 | 琉宮(与)3号 | 2011/2/23 | 4:13 | 4:16 | 0:03 | 24° 18.301' | 123° 01.801' | 725 | 25.0 | 0 | | |
| 与那国 | 琉宮(与)2号 | 2011/2/23 | 4:31 | 4:36 | 0:05 | 24° 20.016' | 123° 00.155' | 805 | 25.0 | 0 | | |
| 与那国 | 琉宮(与)1号 | 2011/2/23 | 4:56 | 5:12 | 0:16 | 24° 22.205' | 122° 58.229' | 814 | 23.0 | 0 | | |
| 与那国 | 海宝(与)1号 | 2011/2/23 | 6:03 | 6:03 | 0:00 | 24° 25.391' | 122° 51.708' | 643 | 海面上 | 0 | | |
| 石垣島北 | ニライ12号 | 2011/2/23 | 12:04 | 12:04 | 0:00 | 24° 33.393' | 123° 48.270' | 1,504 | 海面上 | 0 | | |
| 石垣島北 | 琉宮(石)1号 | 2011/2/23 | 14:02 | 14:13 | 0:11 | 24° 37.857' | 123° 58.578' | 833 | 41.0 | 0 | | |
| 石垣島北 | 琉宮(石)2号 | 2011/2/23 | 14:40 | 14:53 | 0:13 | 24° 39.971' | 124° 01.838' | 935 | 45.0 | 0 | | |
| 石垣島北 | 琉宮(石)3号 | 2011/2/23 | 15:26 | 15:39 | 0:13 | 24° 41.593' | 124° 06.253' | 962 | 31.2 | 0 | | |
| 宮古島北 | 海宝(平)3号 | 2011/2/23 | 22:30 | 22:37 | 0:07 | 25° 02.026' | 124° 57.575' | 1,652 | 海面上 | 0 | | |
| 宮古島北 | 琉宮(平Ⅲ)1号 | 2011/2/23 | 23:03 | 23:20 | 0:17 | 25° 05.546' | 124° 56.600' | 1,580 | 53.9 | 0 | | |
| 宮古島北 | ニライ15号 | 2011/2/23 | 23:52 | 23:52 | 0:00 | 25° 07.048' | 124° 59.763' | 1,472 | 海面上 | 0 | | |
| 宮古島北 | 琉宮(平Ⅲ)3号 | 2011/2/24 | 0:32 | 0:40 | 0:08 | 25° 06.187' | 125° 04.636' | 1,092 | 21.6 | 0 | | |
| 大東 | 琉宮(大)1号 | 2011/3/9 | 16:20 | 16:29 | 0:09 | 26° 01.126' | 131° 12.614' | 1,658 | 22.2 | 0 | | |
| 大東 | 琉宮(大)2号 | 2011/3/9 | 17:26 | 17:38 | 0:12 | 25° 59.302' | 131° 23.043' | 1,804 | 41.6 | 0 | | |
| 大東 | 琉宮(大)3号 | 2011/3/9 | 18:20 | 18:23 | 0:03 | 25° 52.575' | 131° 21.263' | 1,963 | 43.4 | 0 | | |

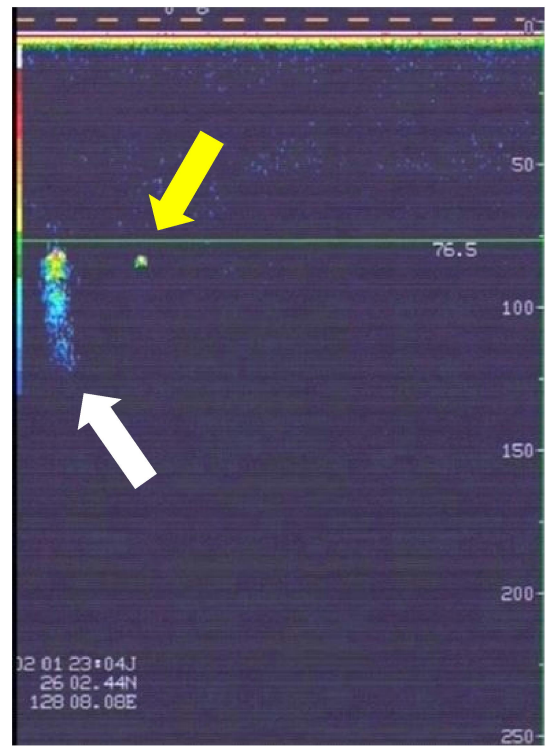
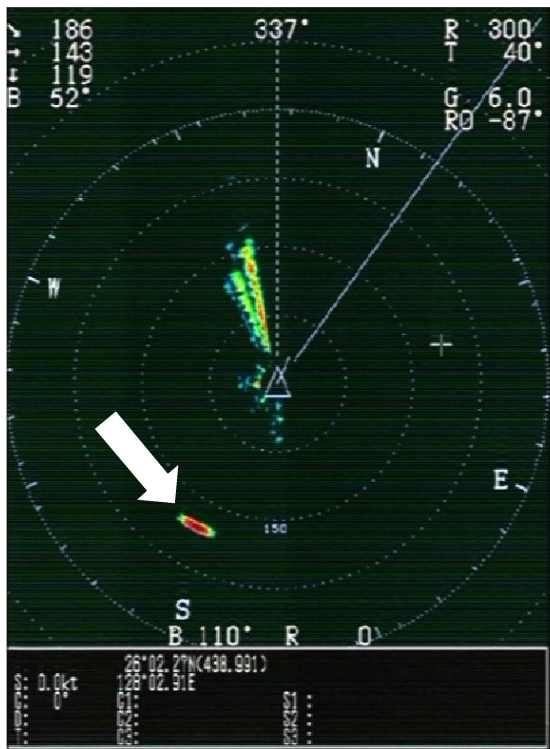


写真1 スキャニングソナー (左) と魚群探知機 (右) で捉えた中層浮魚礁

スキャニングソナー (左) : 円の中心 (自船位置) から7時方向, 約175mの位置に中層浮魚礁が確認できる (白色矢印).

魚群探知機 (右) : 自船を中層浮魚礁の直上に配置できれば魚群探知機でもその確認が出来る. 中層浮魚礁は画像の左端に柱状に見える (白色矢印) また, 中層浮魚礁から画像の中央寄りには魚群反応が見られた (黄色矢印).

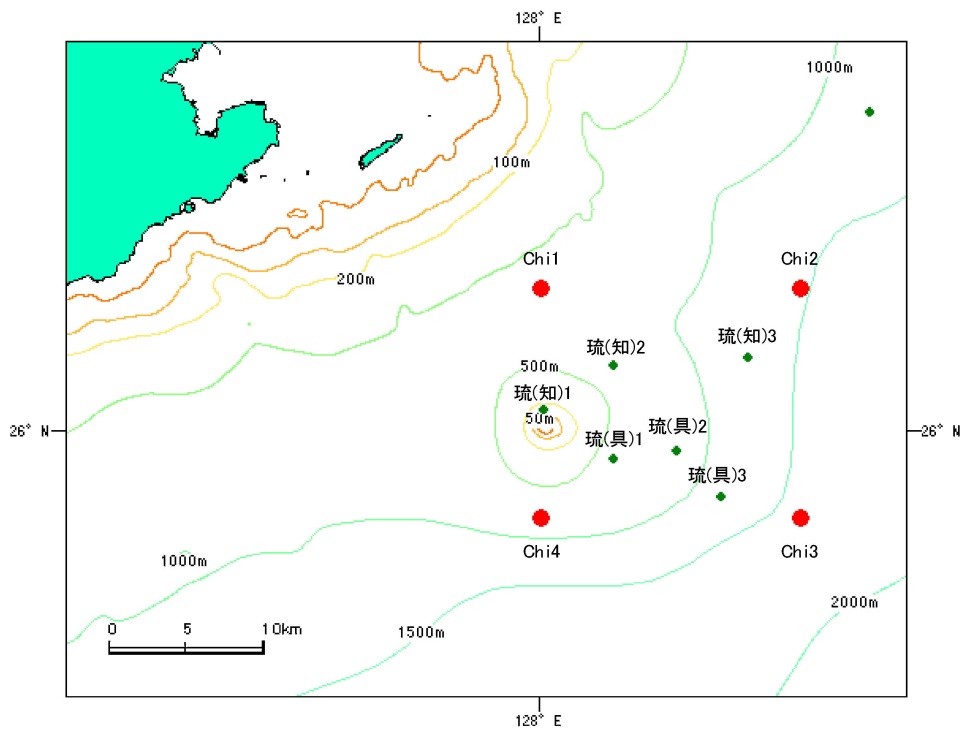


図2 知念沖調査海域の概要

Chi1~4はCTD観測点，琉(知)1~3及び琉(具)1~3は探索した浮魚礁を示す。

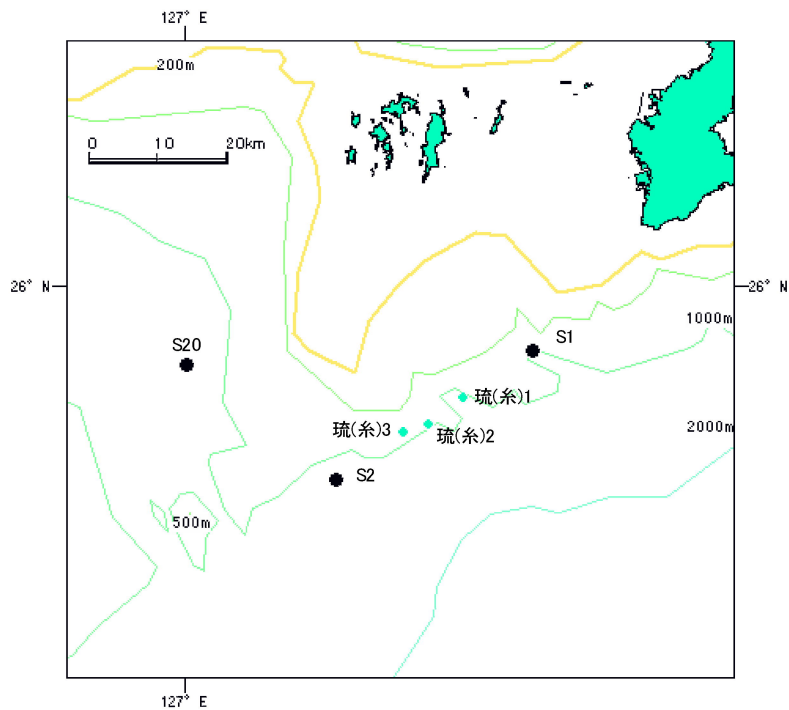


図3 喜屋武岬沖調査海域の概要

S1~2及びS20はCTD観測点，琉(糸)1~3浮魚礁を示す。

ただし，調査実施中琉(糸)1は撤去中であつた。

平手

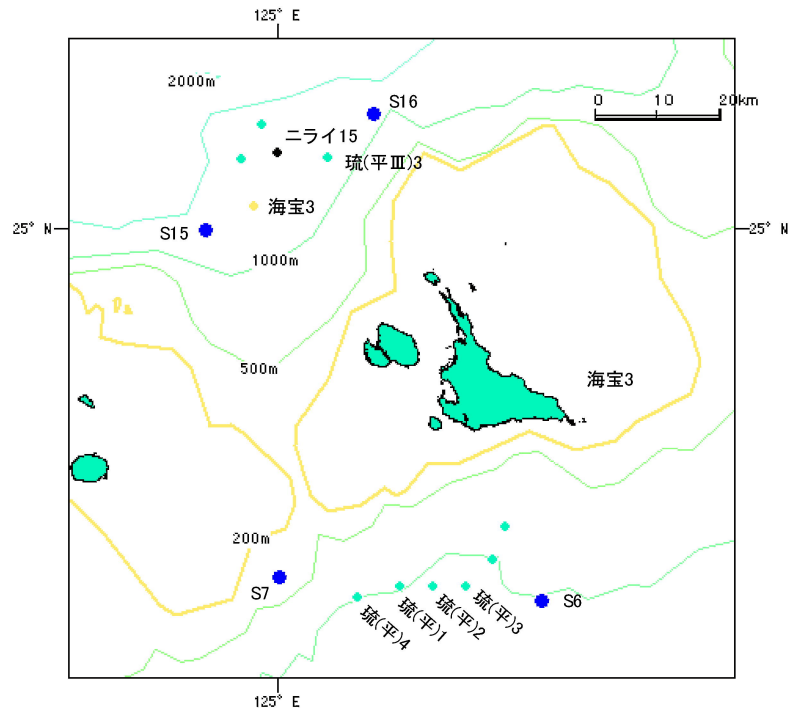


図4 宮古島調査海域の概要

S6～7及びS15～16はCTD観測点，琉(平)1～4及び琉(平III)3，海宝3及びニライ15は探査した浮魚礁を示す。ただし，海宝3及びニライ15は目視調査のみ実施した。

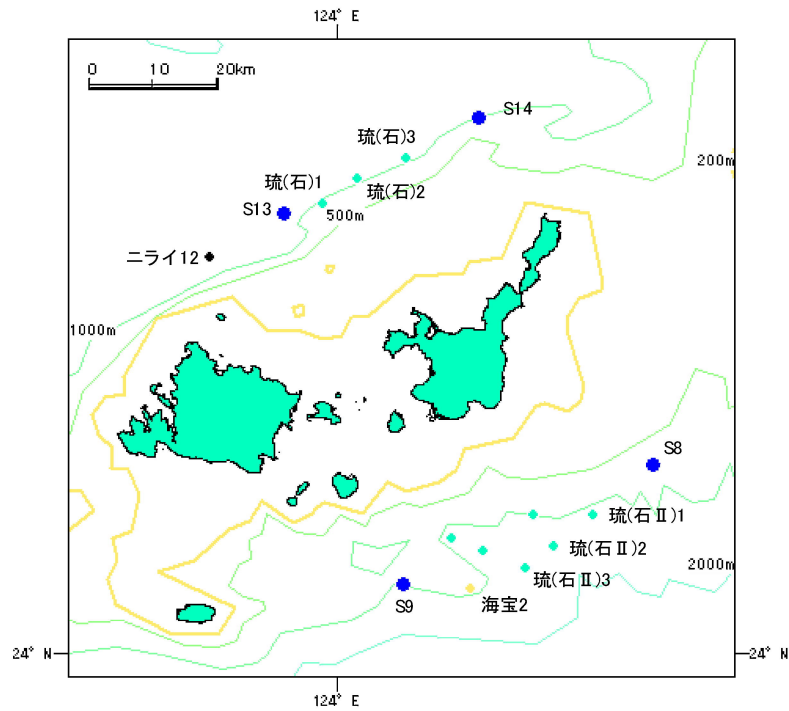


図5 石垣島調査海域の概要

S8～9及びS13～14はCTD観測点，琉(石)1～3及び琉(石II)1～3，海宝2及びニライ12は探査した浮魚礁を示す。ただし，海宝2及びニライ12は目視調査のみ実施した。

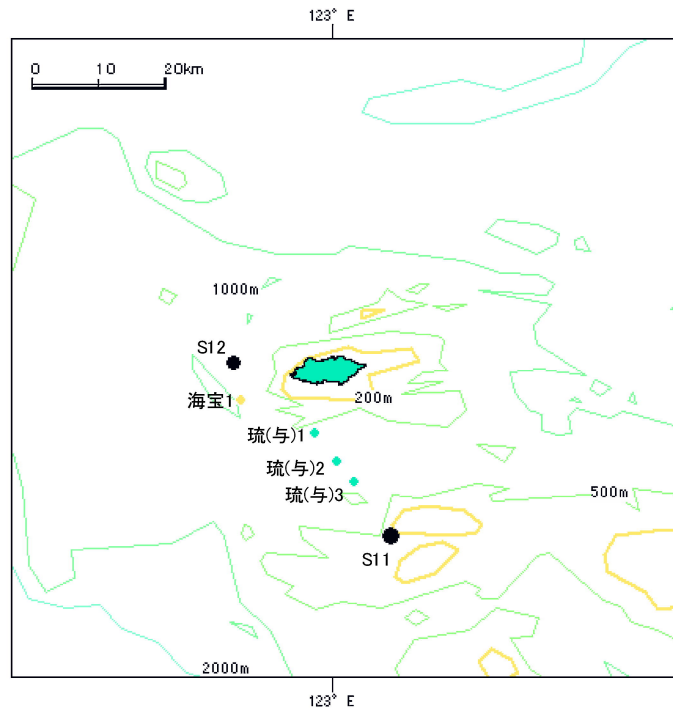


図6 与那国島調査海域の概要

S11~12はCTD観測点, 琉(与)1~3及び海宝1は探査した浮魚礁を示す。ただし, 海宝1は目視調査のみ実施した。

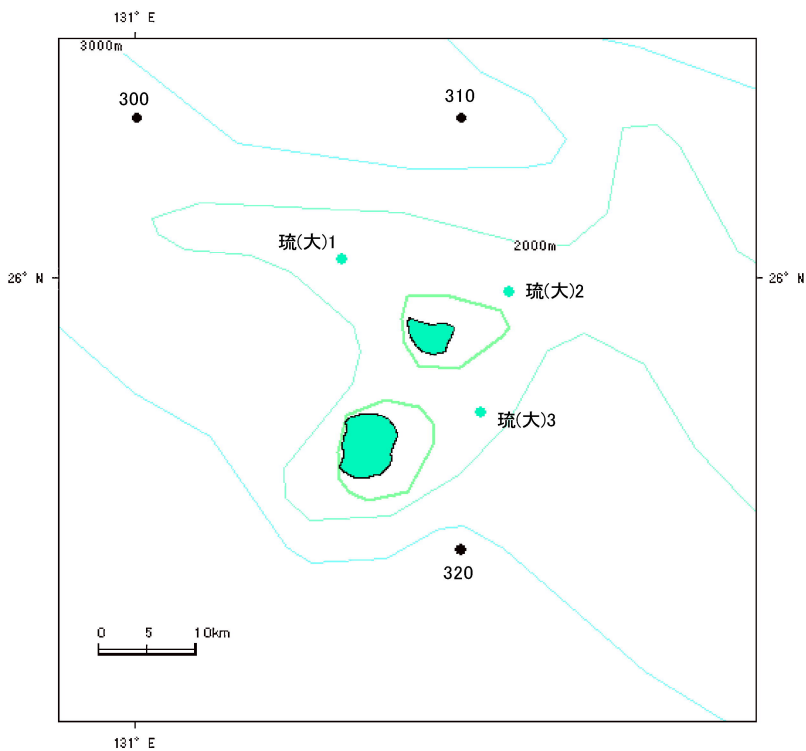


図7 大東調査海域の概要

290~320はCTD観測点, 琉(大)1~3及び探査した浮魚礁を示す。

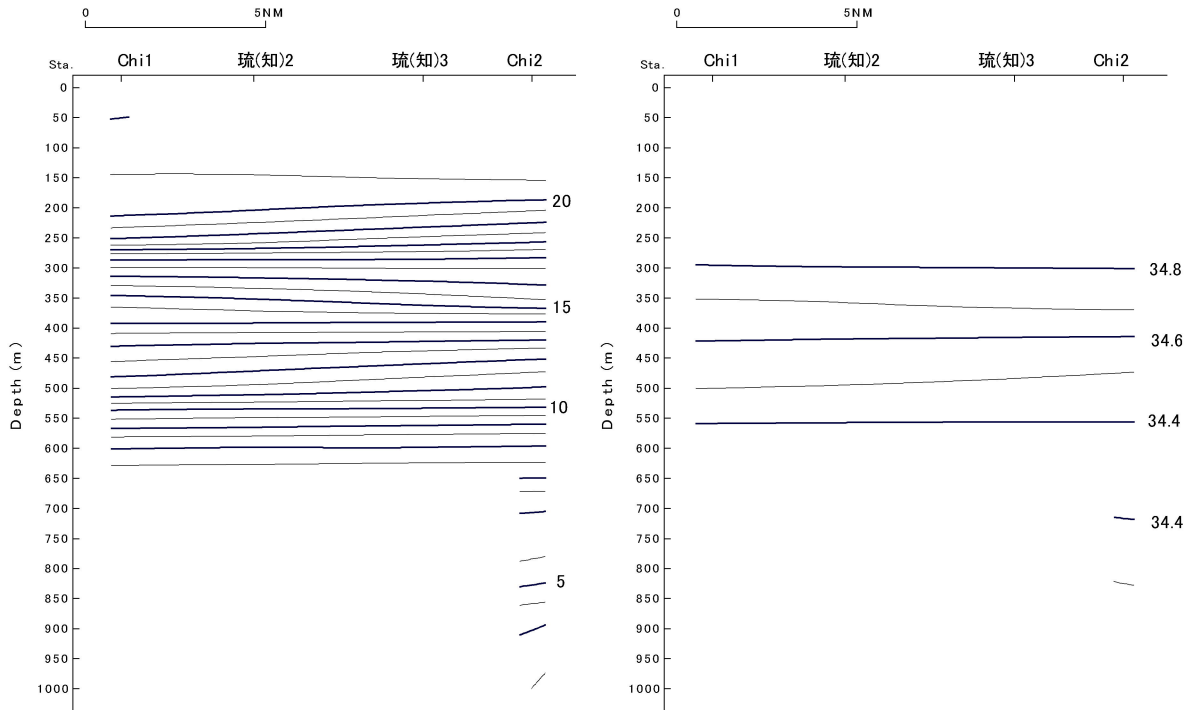


図8 知念沖海域 Chi1~2 における水温 (左) 塩分 (右) 鉛直構造
 Chi1 及び Chi2 は観測点を示し, 琉(知) 2 及び琉(知) 3 は中層浮魚礁の位置を示す。

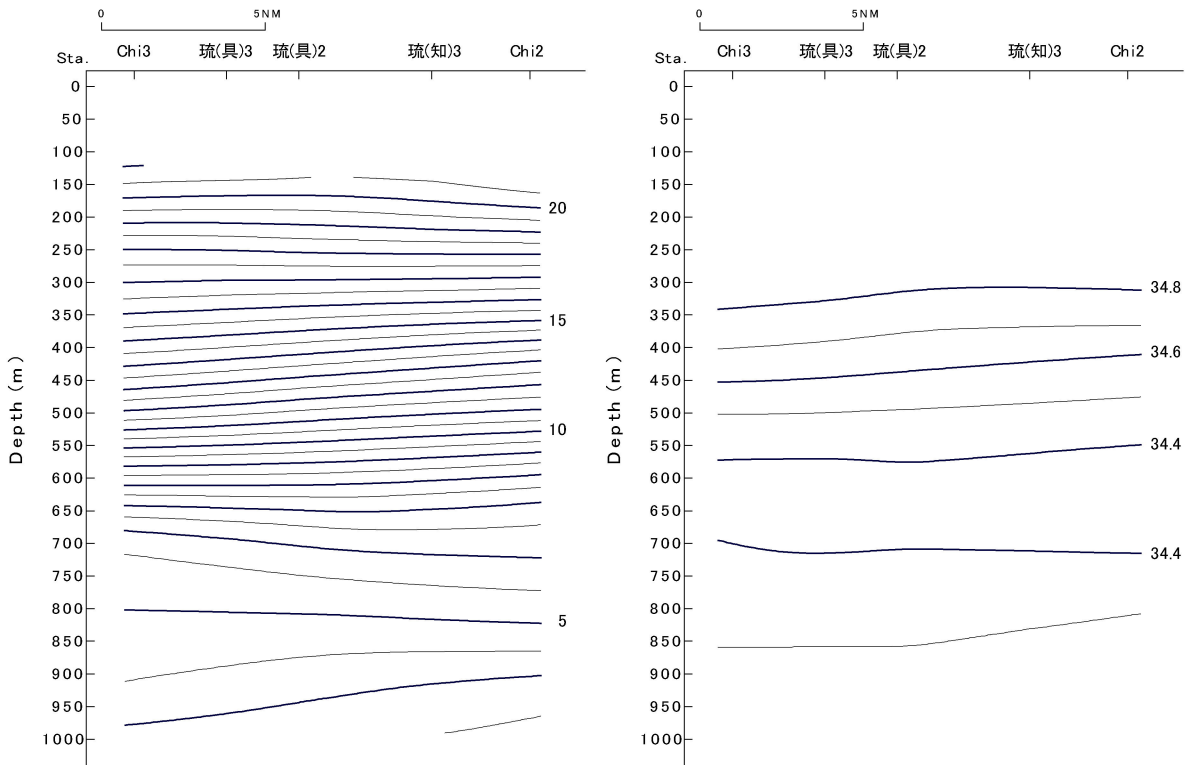


図9 知念沖海域 Chi2~3 における水温 (左) 塩分 (右) 鉛直構造
 Chi2 及び Chi3 は観測点を示し, 琉(具) 2, 琉(具) 3, 及び琉(知) 3 は中層浮魚礁の位置を示す。

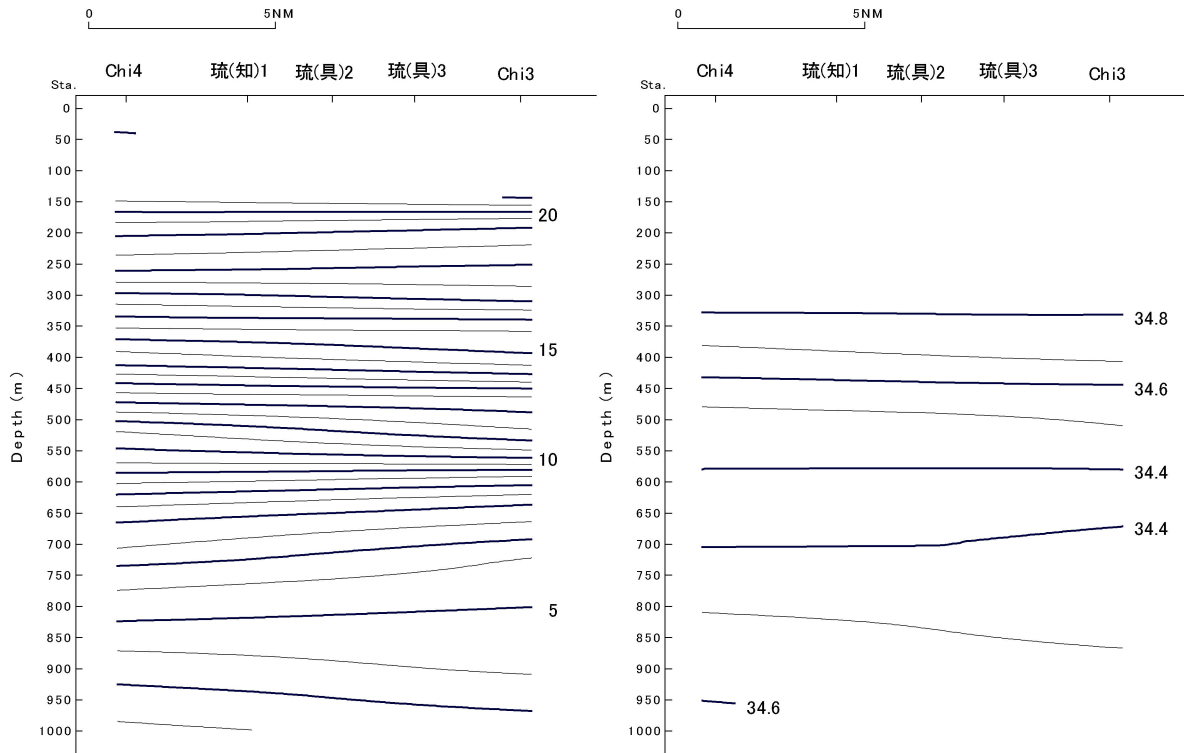


図 10 知念沖海域 Chi3~4 における水温 (左) 塩分 (右) 鉛直構造
Chi3 及び Chi4 は観測点を示し, 琉(知)1, 琉(具)2, 及び琉(具)3 は中層浮魚礁の位置を示す.

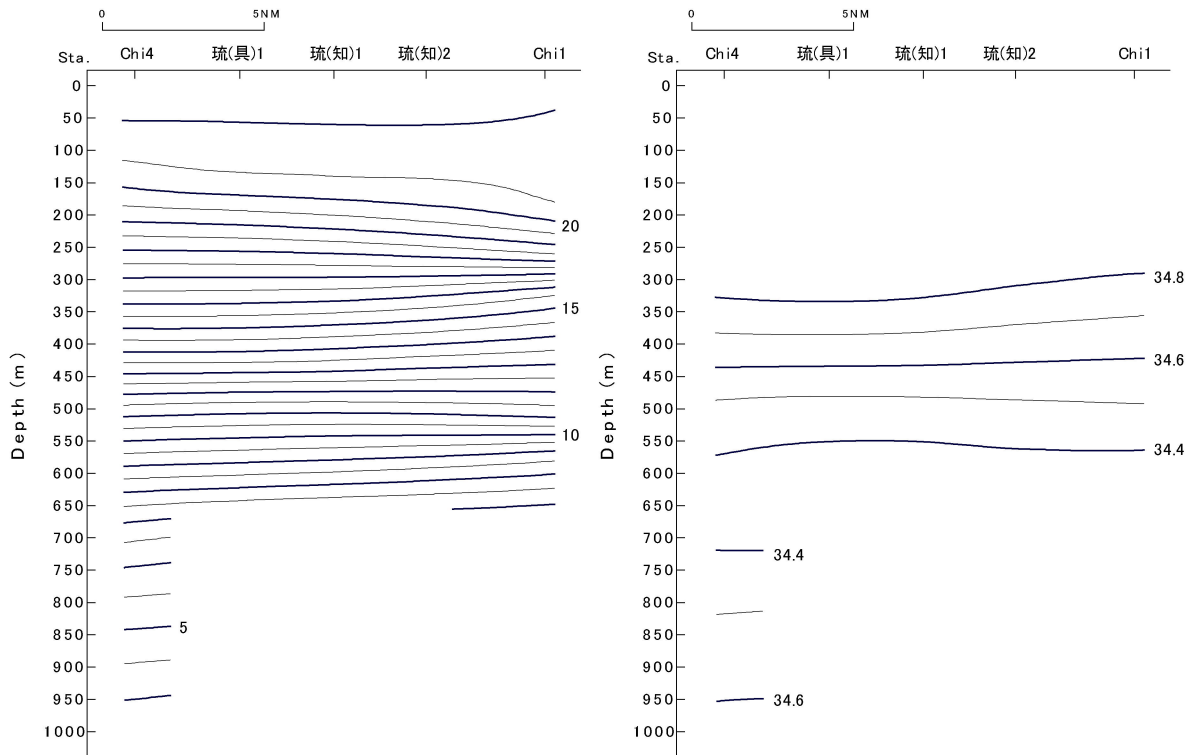


図 11 知念沖海域 Chi4~1 における水温 (左) 塩分 (右) 鉛直構造
Chi1 及び Chi4 は観測点を示し, 琉(知)1, 琉(知)2, 及び琉(具)1 は中層浮魚礁の位置を示す.

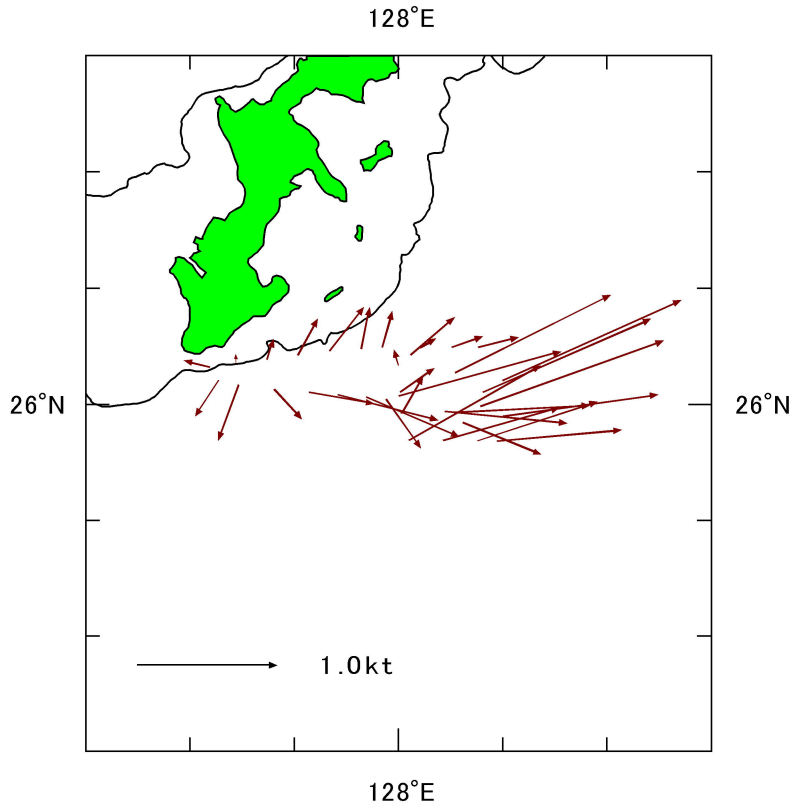


図 12 知念沖海域における潮流（水深 37m）

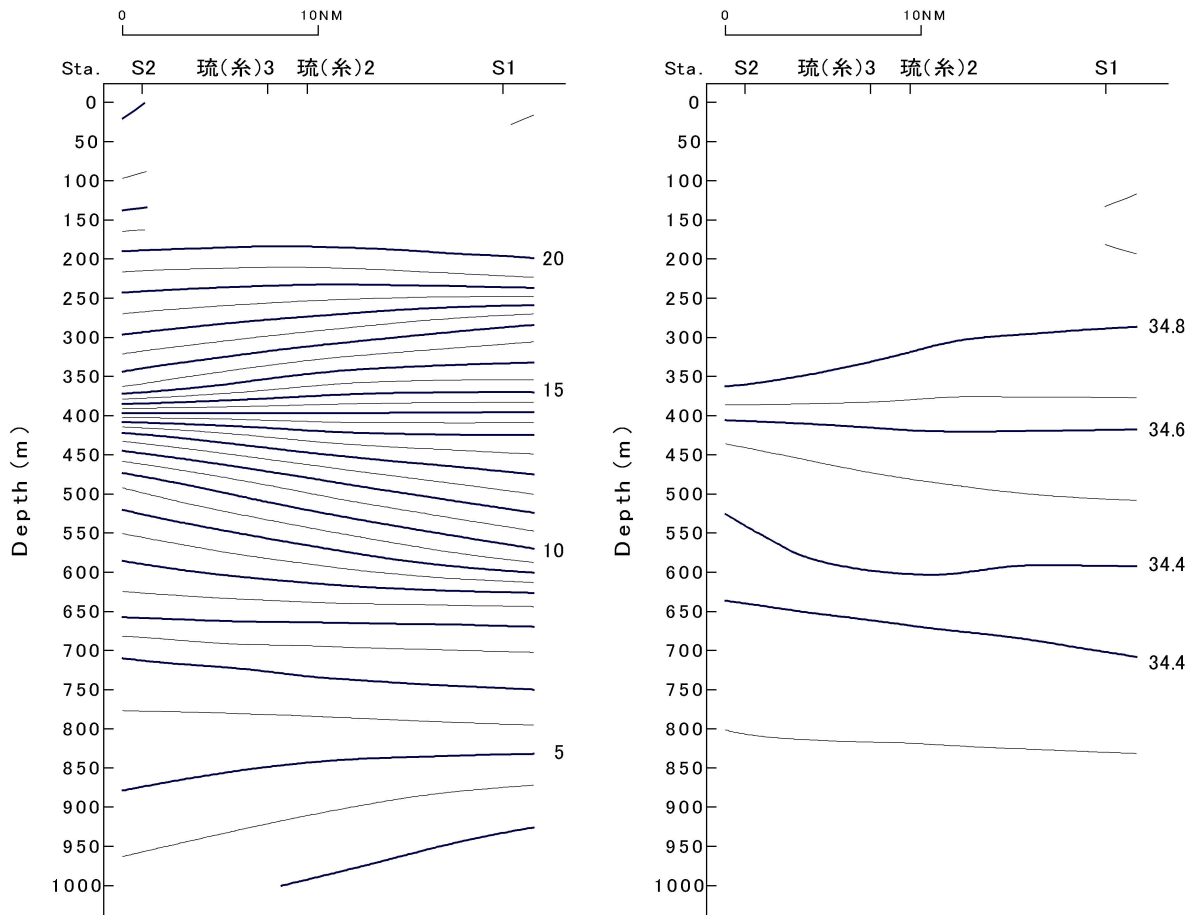


図 13 喜屋武岬沖海域 S1~2 における水温（左）塩分（右）鉛直構造
S1 及び S2 は観測点を示し、琉（糸）2 及び琉（糸）3 は浮魚礁の位置を示す。

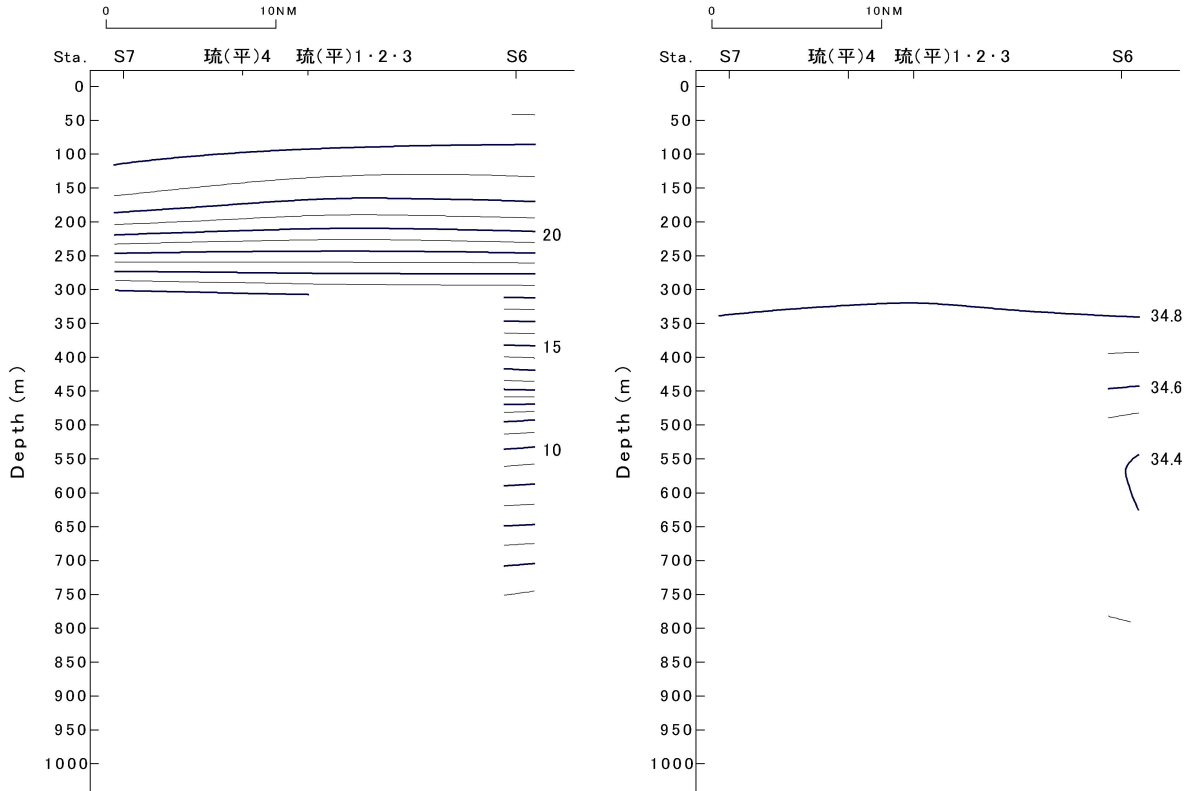


図 14 宮古島南海域 S6~7 における水温 (左) 塩分 (右) 鉛直構造
S6 及び S7 は観測点を示し, 琉 (平) 1・2・3 及び琉 (平) 4 は浮魚礁の位置を示す。

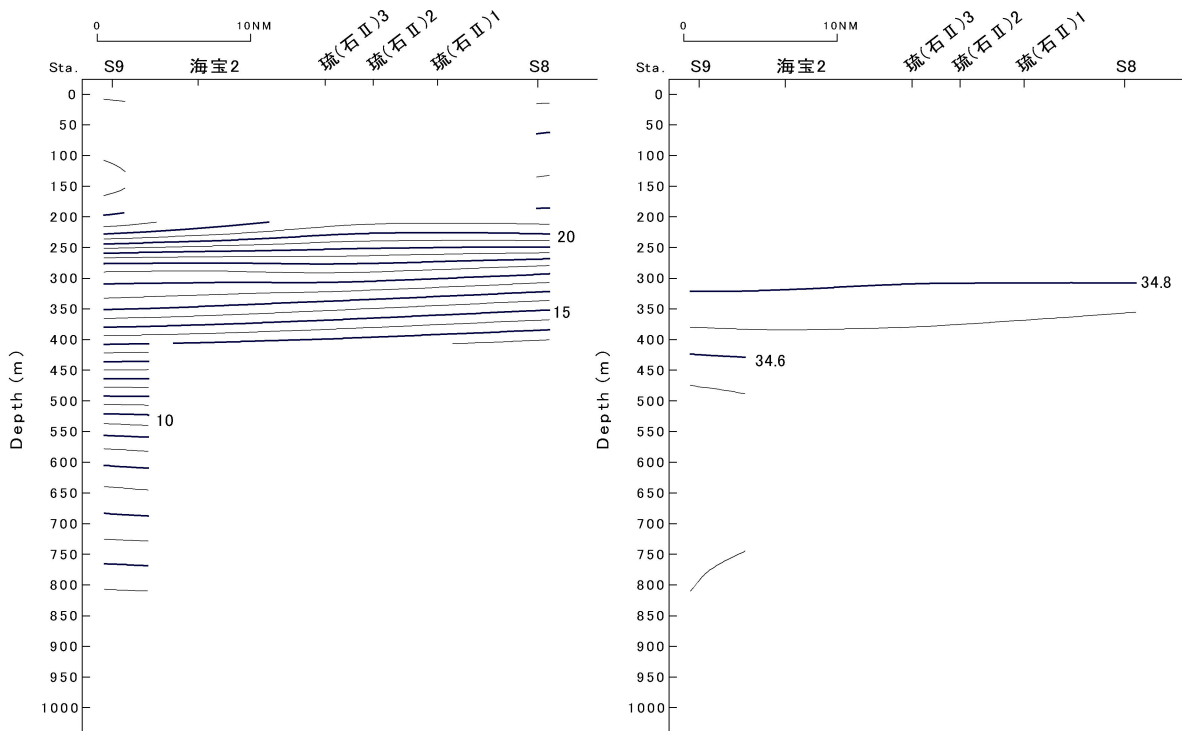


図 15 石垣島南海域 S8~9 における水温 (左) 塩分 (右) 鉛直構造
S8 及び S9 は観測点を示し, 琉 (石 II) 1~3 及び海宝 2 は浮魚礁の位置を示す。

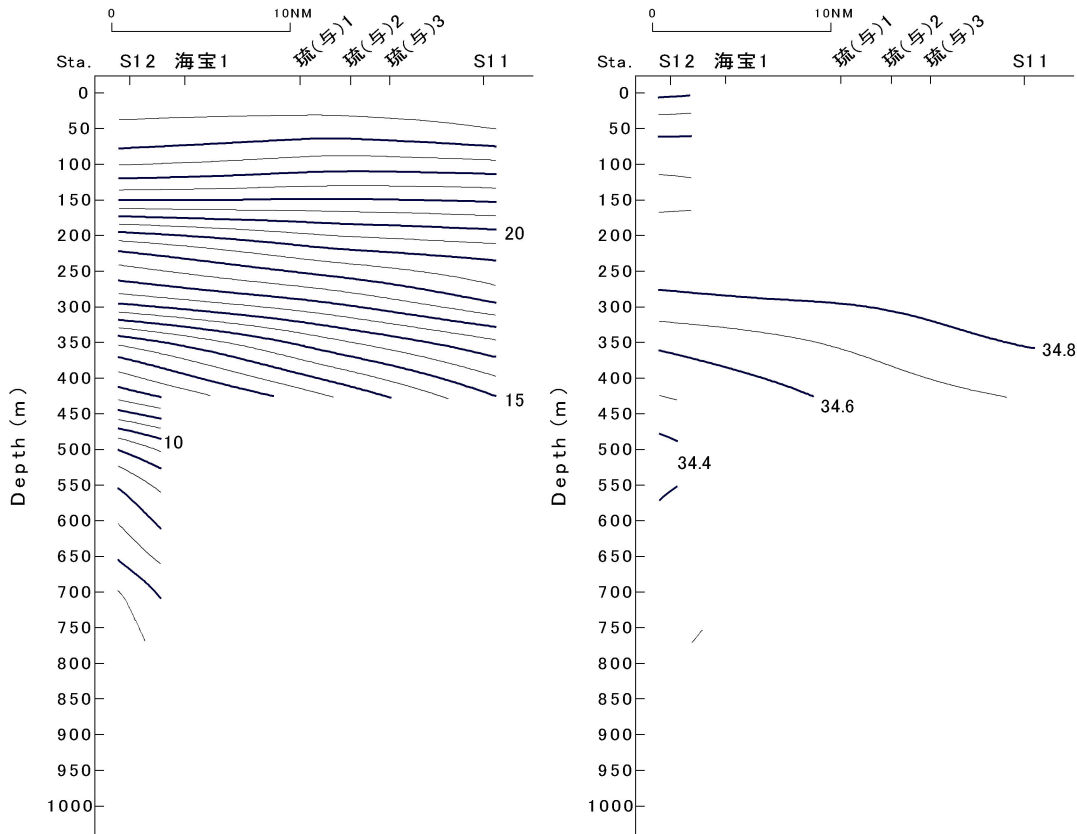


図 16 与那国島海域 S11~12 における水温 (左) 塩分 (右) 鉛直構造
S11 及び S12 は観測点を示し、琉 (与) 1~3 及び海宝 1 は浮魚礁の位置を示す。

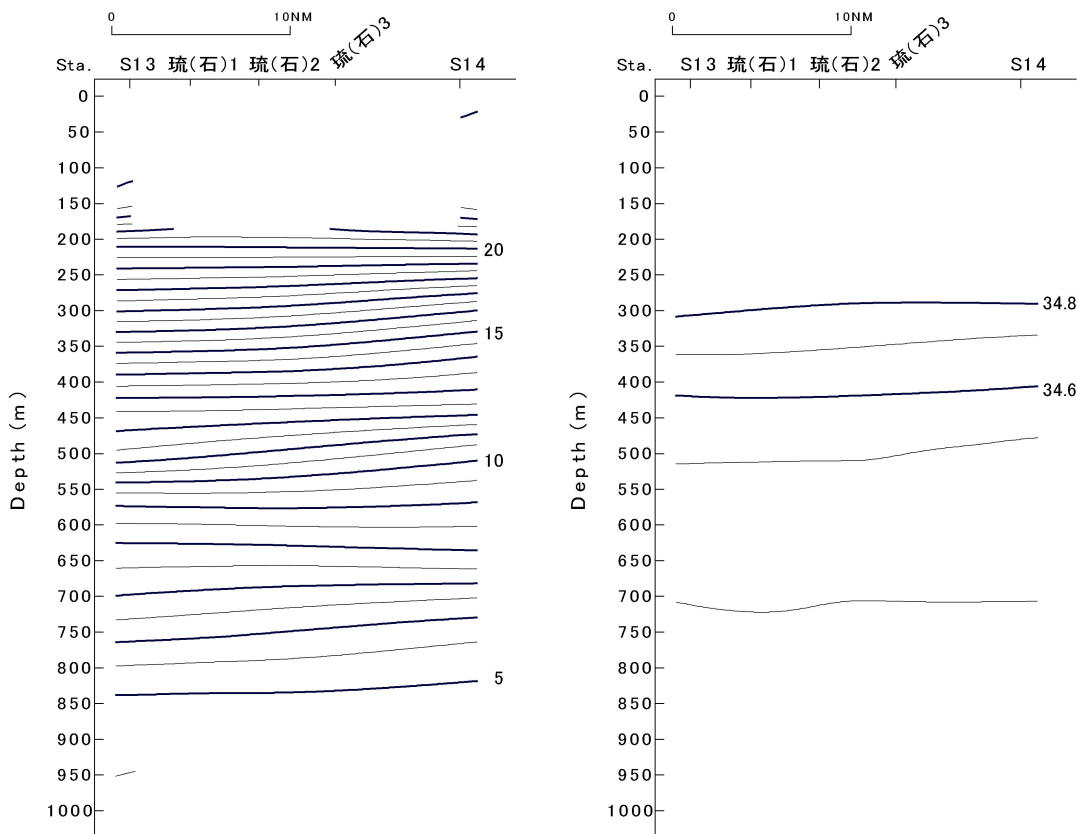


図 17 石垣島北海域 S13~14 における水温 (左) 塩分 (右) 鉛直構造
S13 及び S14 は観測点を示し、琉 (石) 1~3 は浮魚礁の位置を示す。

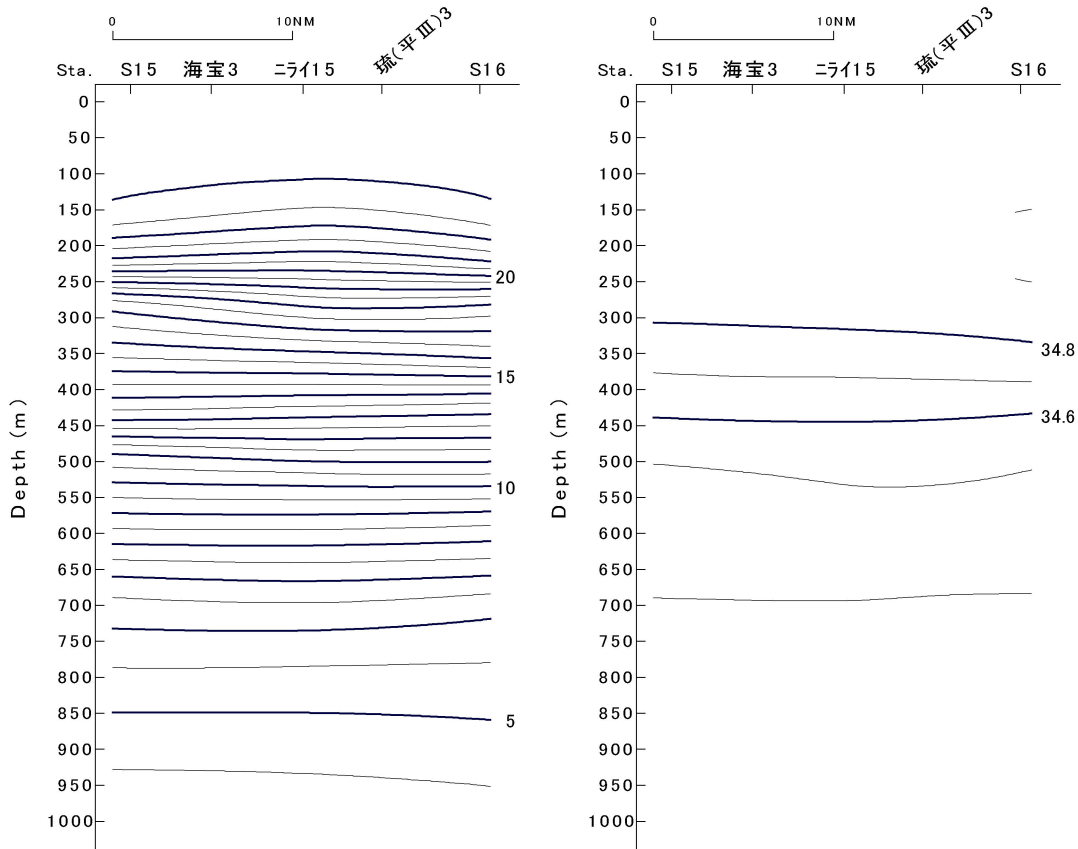


図 18 宮古島北海域 S15~16 における水温 (左) 塩分 (右) 鉛直構造
S15 及び S16 は観測点を示し、海宝 3、ニライ 15 及び琉 (平Ⅲ) 3 は浮魚礁の位置を示す。

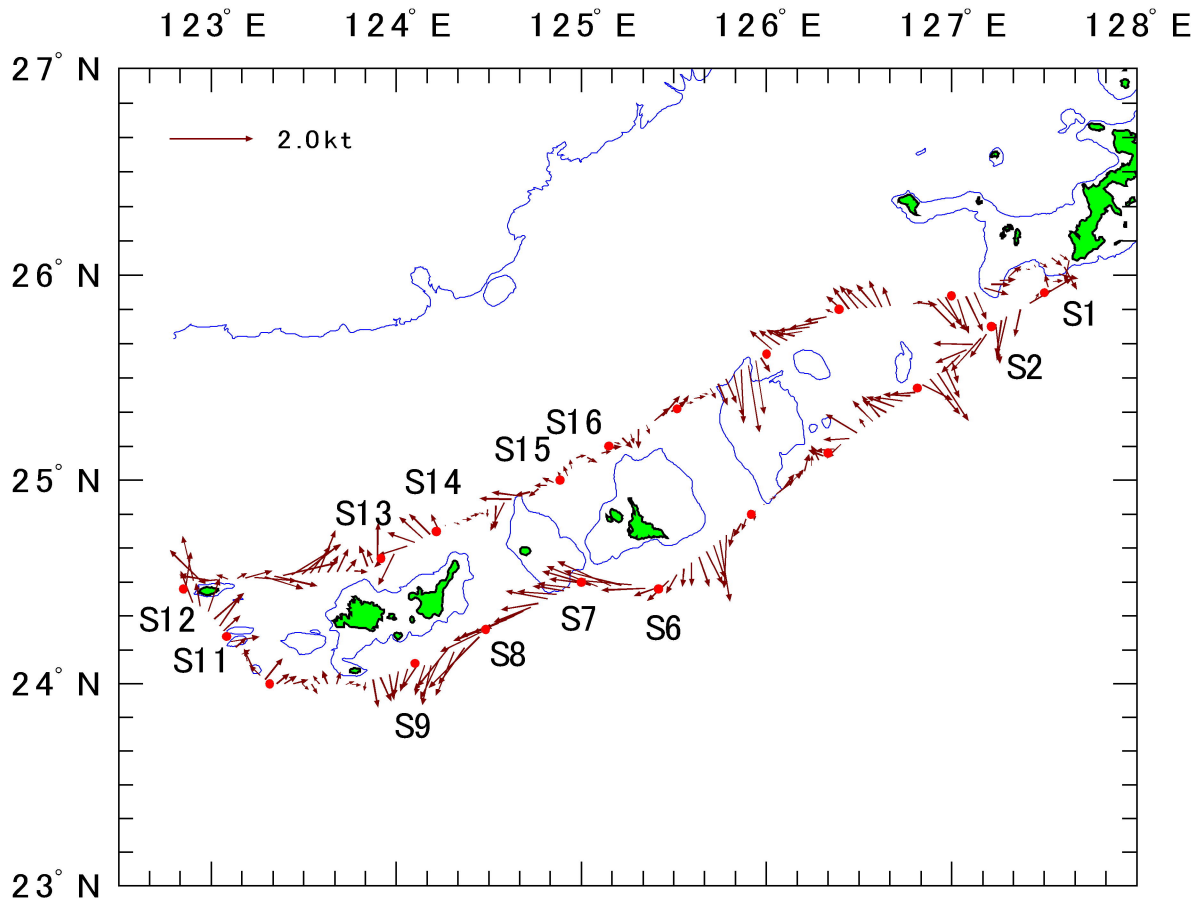


図 19 先島海域における浮魚礁調査時の水深 37m の潮流

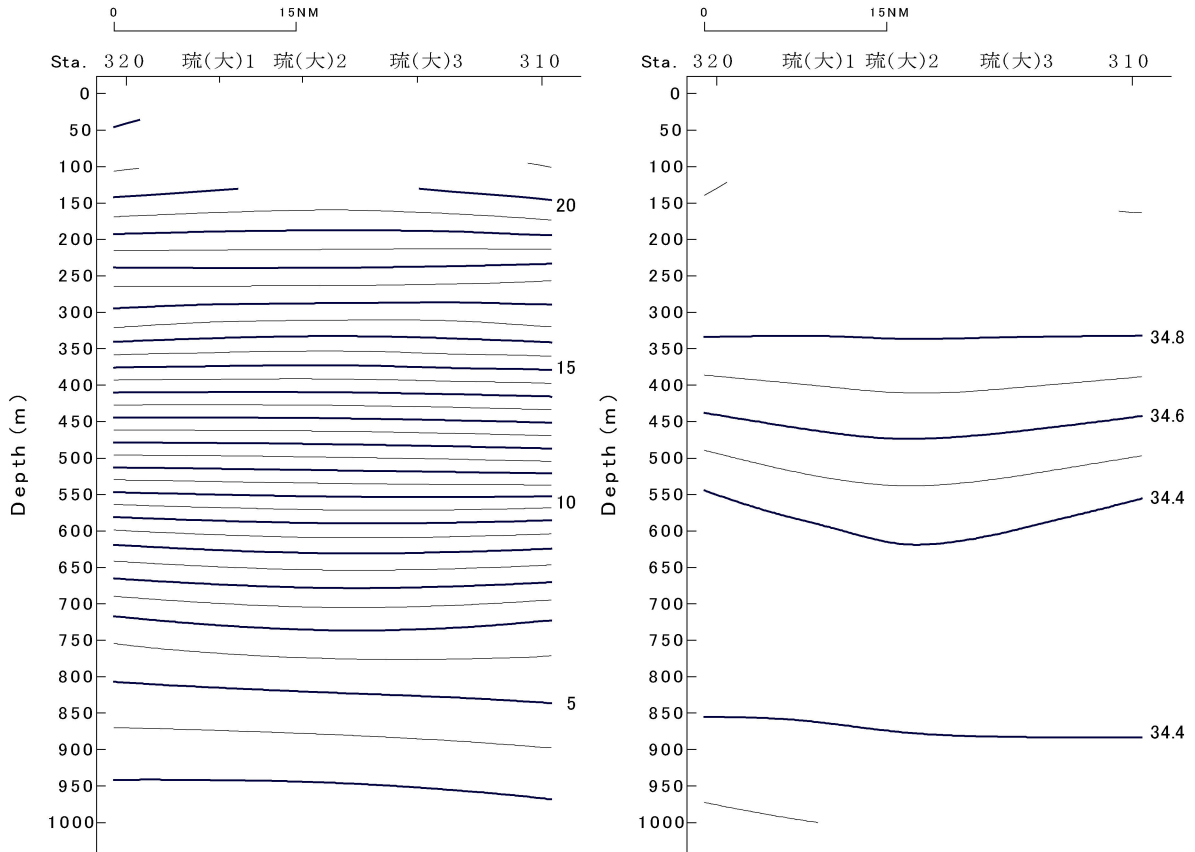


図 20 大東海域における水温 (左) 塩分 (右) 鉛直構造
310 及び 320 は観測点を示し, 琉 (大) 1~3 は浮魚礁の位置を示す.

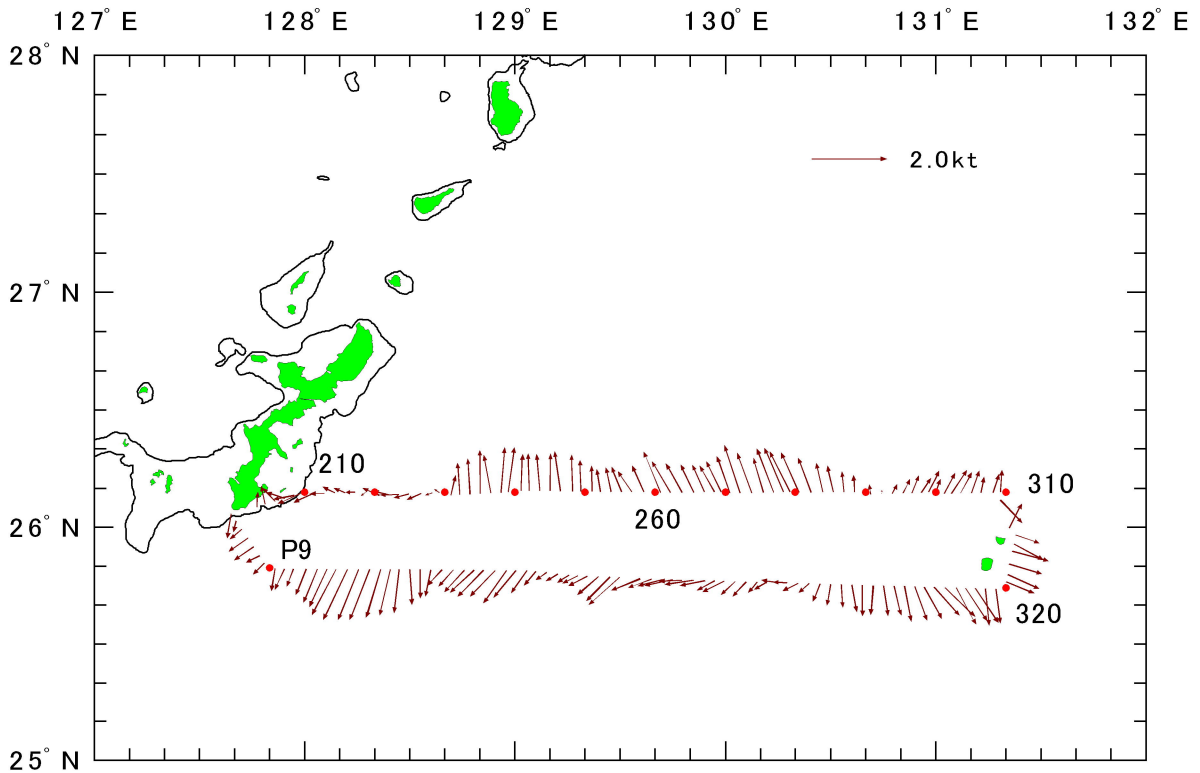


図 21 大東海域における浮魚礁調査時の水深 37m の潮流