

3. 高密度観測網

3.4. CTD観測

3.4.1. 観測概要

JFE アドバンテック（株）が開発した Smart-ACT CTD (S-CTD) は漁業者の負担を軽減した簡便な（スマートな）計測器である。観測が終了し観測者が観測結果を閲覧すると同時に、自動的に観測データが県や大学に転送される仕組みとなっている。S-CTD での海洋観測データの転送フローを図 34-1 に示す。得られたデータを用いて、九州大学応用力学研究所がその結果を海況予報あるいは再解析された格子化情報として漁業者に提供するものである。

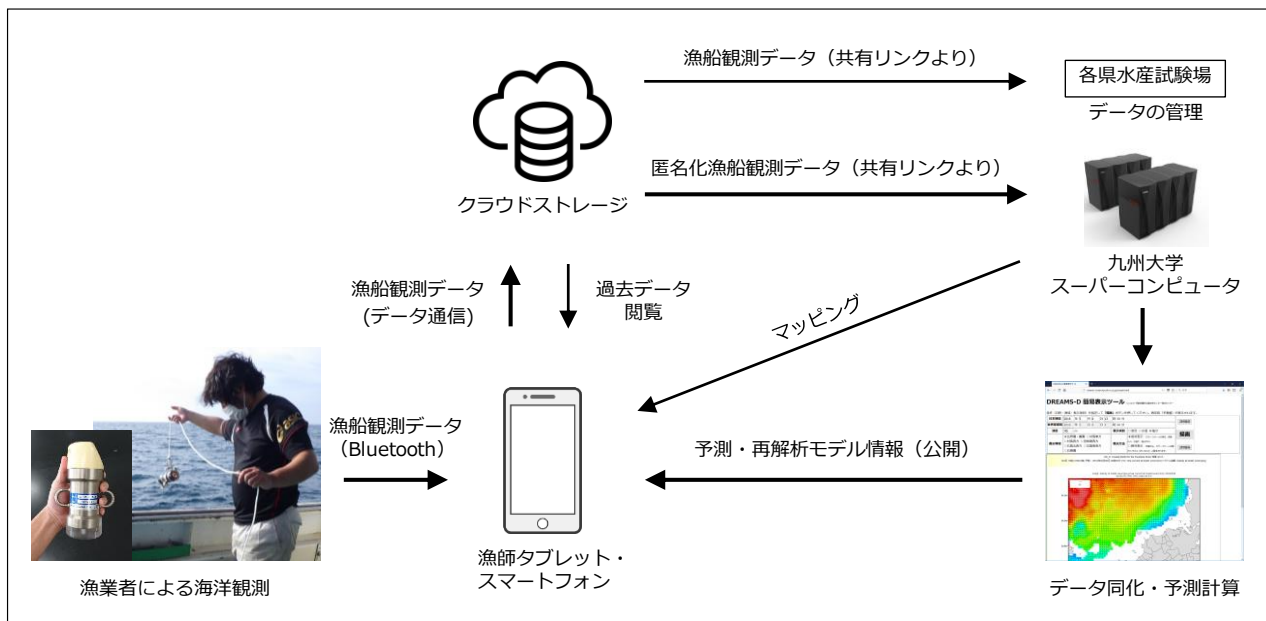


図 34-1 S-CTD によるデータ転送フロー図

3.4.2. 導入状況

令和 2 年度には新たに鹿児島県、熊本県、山口県、鳥取県の 4 県が加わり、前年度に比べると導入台数が 20 台増加し 95 台となった。各機関の県単独事業での導入台数（23 台）を加えると、参加機関内で 118 台の S-CTD が導入されたことになる（表 34-1）。また S-CTD 観測には、R2 年度に新たに 3 つの漁業種類（小型底びき網、棒受網・すくい網、いわし網）の漁業者が加わった。対象海域における海洋観測には、バラエティに富んだ 11 種以上もの漁業種類の漁業者が従事することになった（表 34-2）。

新規に 4 県が参入したため観測回数・時間が増加するとともに、これまでに実績のない海域でも観測が実施されるようになり、観測海域は東シナ海から西部山陰沿岸にまで拡大した。しかしながら、先行県（長崎県、佐賀県、福岡県）では、県単独事業での導入を含めると 1 県あたり 22～34 台もの S-CTD が現場に導入されている一方で、新規参入県（鹿児島県、熊本県、山口県、鳥取県）のそれは 5～8 台にすぎず（表 34-1）、海域間（県間）の導入台数に不均衡がみられる。そのため観測点や観測回数に時間的、空間的な疎密が生じていると考えられる。今後、新規参入県での導入台数を増やすことにより、海域間

(県間)の不均衡が解消されることが期待される。また新規参入県は導入台数が少ないため、鳥取県の報告(1.2.9.1.)のように観測の時空間的な特徴を調べ、自県海域内で均衡をとるような観測デザイン(協力漁業者の抽出など)を計画する必要がある。

令和2年度にはS-CTDが亡失する事例(長崎県、佐賀県)が発生した。山口県においても県単独事業でS-CTD観測を実施した令和元年に漁船の転覆事故により測器が紛失した。このように洋上での作業では測器の亡失は免れられないものであるが、佐賀県(1.2.6.2)のように亡失を未然に防止する方策を講じることや、亡失事例の詳細を調べることは大切である。また息の長い観測体制を構築するためには、福岡県(1.2.7.2)のように漁業者の負担の少ない観測手法を提案することが、今後ますます重要になると考えられる。以下、各県の導入状況などを中心に鹿児島県から順に記述する。

表 34-1 S-CTD の導入状況。括弧の中の数字は県単独事業や他機関からのレンタルによる導入数。

機関	平成 30 年度	令和元年度	令和 2 年度	計
鹿児島県			5(+1)	5(+1)
熊本県		(+4)	4(-1)	4(+3)
長崎県		25	-2	23
佐賀県	12	8(+2)	-2	18(+2)
福岡県	9	11(+10)	0(+4)	20(+14)
山口県		(+1)	3(+3)	3(+4)
鳥取県			5(+3)	5(+3)
島根県			(+2)	(+2)
富山県			(+2)	(+2)
千葉県			(+1)	(+1)
長崎大学	1	1	(+1)	2(+1)
合計	22	45(+17)	13(+16)	80(+33)

表 34-2 各県における海洋観測に従事する漁業者が営む漁業種類

漁業種類	観測県
いか釣等	長崎県、佐賀県、福岡県、鳥取県
樽流し	佐賀県、福岡県
ひき縄	長崎県、佐賀県、福岡県
はえ縄	長崎県、佐賀県、福岡県、山口県
小型底びき網	熊本県、鳥取県
ごち網	鹿児島県、佐賀県、福岡県
刺網	長崎県、福岡県
中小型まき網	鹿児島県、福岡県
棒受網・すくい網	鹿児島県、熊本県、鳥取県
いわし網	佐賀県
その他(かご、たこつぼ等)	長崎県

3. 高密度観測網

3.4.3. 鹿児島県

鹿児島県の漁業者による観測スケジュールを表 34-3 に示す。観測者の漁業種類は、中型まき網、棒受網である。S-CTD 観測回数は 9～12 月は 7～22 回/月、1～2 月は 1～8 回/月であった。1 月以降は時化の影響で操業回数が減ったことや、棒受網漁業者の中に冬季は他の漁業（小型機船底びき網）を行う者がいること等が影響し、観測回数が少なくなる傾向が窺えた（図 34-2）。

表 34-3 鹿児島県における海洋観測体制

※表中の黒線は観測を実施した期間、灰色線は観測を停止していた期間

No.	漁業種類	9月	10月	11月	12月	1月	2月
KG-001	中型旋網	観測実施中					
KG-002	中型旋網	観測実施中	観測停止中				観測実施中
KG-003	棒受網	観測実施中	観測停止中				
KG-004	棒受網	観測停止中		観測実施中			観測停止中
KG-005	棒受網	観測実施中			観測停止中		

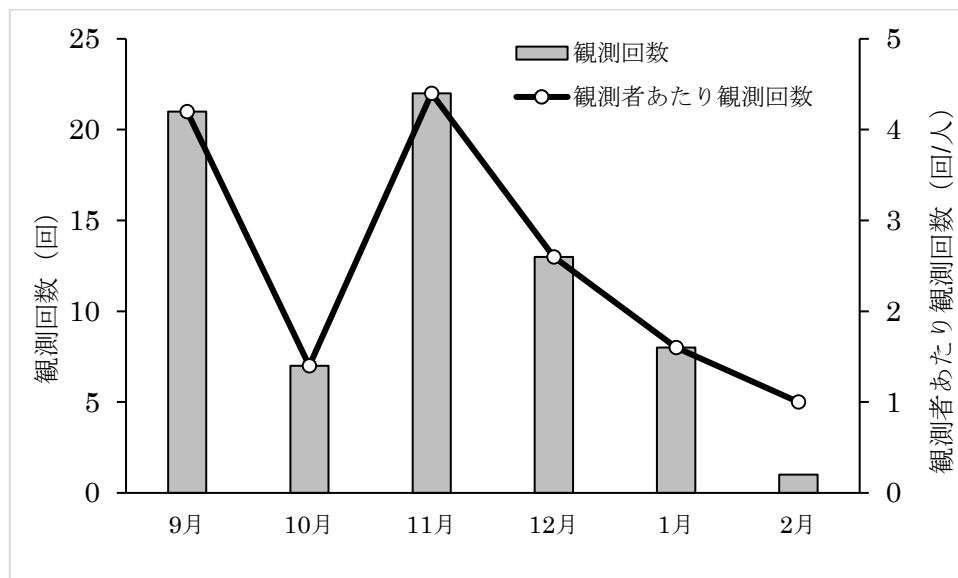


図 34-2 鹿児島県漁業者による月別観測回数及び観測者あたりの観測回数（2 月は 2 月 15 日時点）

3. 4. 4. 熊本県

熊本県では、令和 2 年度に 4 台の S-CTD を導入し、1 台は県の試験調査船で使用しており、残る 3 台は棒受網での使用を計画し、操業の本格化する令和 3 年 6 月から観測を開始する予定である。また、6 月まで底びき網等の他の漁業で使用できないかについて調整中である。

熊本県では令和元年度に九州大学から 3 台の S-CTD を借受け、棒受網 3 隻と小型底びき網 1 隻で観測していたため、今回の導入分と合わせて合計 7 台での観測体制となる。

3. 4. 5. 長崎県

長崎県では、2019 年 7 月に S-CTD を 25 台購入し、5 海域 8 地区、25 隻体制で運用していたところであるが、今年度、漁業者が観測中に瀬掛け等により紛失する事例が 2 件あり、2021 年 3 月時点では表 34-4 のとおり 23 隻体制で運用している。

観測を実施している漁業者の主な漁業種類は、一本釣、曳縄、延縄、いか釣、かご、たこつぼ等である。

長崎県では観測者に対する謝金は支払っておらず、いであ株式会社による九州北部海況予測情報アプリを観測者のみに配布することで観測者に対する特典としている。

表 34-4 長崎県における S-CTD による観測体制

	海域	地区	主な漁業種類				
1	五島	下五島	延縄、曳縄	13	対馬	上対馬	延縄
2	五島	下五島	一本釣、曳縄	14	対馬	中対馬	かご
3	五島	下五島	一本釣、曳縄	15	対馬	中対馬	いか釣、延縄
4	五島	下五島	一本釣、曳縄、延縄	16	対馬	下対馬	一本釣
5	五島	下五島	一本釣、曳縄	17	対馬	下対馬	一本釣
6	五島	下五島	一本釣、たこつぼ	18	壱岐	壱岐	一本釣
7	五島	下五島	一本釣、曳縄	19	壱岐	壱岐	一本釣、曳縄
8	五島	下五島	一本釣、曳縄	20	壱岐	壱岐	漁協指導船
9	五島	下五島	一本釣、曳縄	21	県北	平戸	いか釣
10	五島	上五島	一本釣、曳縄	22	県北	平戸	いか釣
11	五島	上五島	かご	23	県南	西彼	水試調査船
12	五島	上五島	一本釣、曳縄、たこつぼ				

3. 高密度観測網

3.4.6. 佐賀県

3.4.6.1. S-CTD の観測と定期観測（ASTD）との比較

佐賀県において重要な漁場であり、かつ、漁業者による観測データが充実していた壱岐の南西海域において、漁業者による観測（S-CTD）と県調査船が毎月上旬に1回実施している定期観測（ASTD）の結果を時系列で比較した（図 34-3）。佐賀県の定期観測の定点の一つ（33°44'N, 129°27'E）を中心とする 1/4°×南北 1/5°の範囲の観測結果をすべて点描した。6月8日から10月26日の141日間で当該海域における漁業者による観測数は1671であった。両者の観測結果は、水温および塩分ともに6月から10月にかけて同様の変動傾向を示していた。さらに、漁業者による観測では、水温および塩分ともに月例の定期観測では捉えることができない短期的な変動を捉えていた。

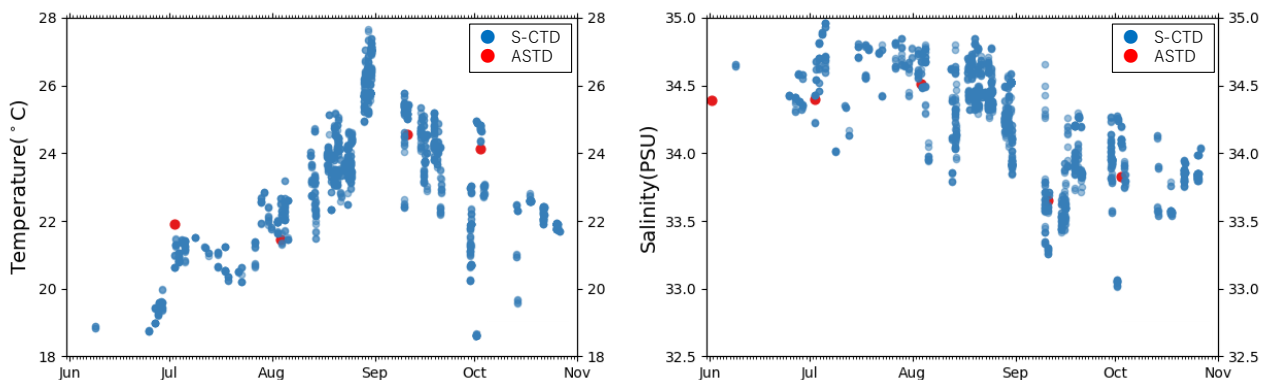


図 34-3 漁業者による S-CTD 観測と佐賀県調査船による ASTD 観測結果の時系列変化（50m 深）。

3.4.6.2. 佐賀県における S-CTD の亡失

佐賀県では、令和2年5月と10月に S-CTD を亡失する事例が2件発生した。以下に S-CTD を亡失した際の詳しい状況と今後の対応を記載する。

5月の事例は、延縄漁業者が五島列島周辺海域において漁具に S-CTD を取り付けて観測していた際に、海底付近で漁具が海底の構造物に根がかりしたことにより S-CTD を亡失したというものである。今後は、観測の際は魚探等で海底の様子に充分注意を払うこと、海底に障害物があるような海域で観測する場合には観測用ロープを用いて観測することで、機器を亡失するリスクを軽減する取組を実施するよう依頼した。また、当該漁業者は S-CTD と延縄漁具を1か所で連結していたが、今後は2か所で連結することにより機器亡失のリスクを軽減するよう依頼した。

10月の事例は、いか釣漁業者が壱岐の南西海域において観測用ロープに S-CTD を取り付けて観測（図 34-4 左）をしていた際に、かじき類と思われる大型の魚類によって観測用ロープが途中で切断（図 34-4 右）され、S-CTD を亡失したものである。今回のような事例は防ぐことが難しい非常に稀な事例であると考えられるが、今後は、さめ類やかじき類等の大型魚類が観測海域付近で見られる場合は観測を行わないことを徹底させることとした。また、今回のような事例が発生した場合、観測協力漁業者に危害が及

ばないように、観測用ロープをすぐに切断する対応を取るように併せて周知した。



図 34-4 観測用ロープと S-CTD の連結状況（左図）と観測用ロープが切断された状況（右図）。

3. 4. 7. 福岡県

3. 4. 7. 1. 福岡県の観測状況

福岡県漁業者及び福岡県調査船による月別観測回数及び配布台数を図 34-5 に示す。令和 2 年 4 月から令和 3 年 2 月の月別観測回数をみると、観測回数は 46～246 回/月で推移し、6 月に最も多く 246 回、1 月に最も少なく 46 回であった。月別観測者数は 4～15 人、観測者あたりの観測回数は 10～16 回/人・月、配布台数に対する観測者の割合は 33～75%で推移した。漁業者による観測回数は夏季に多く、冬季に少ない傾向が伺えた。水温や塩分に関心がある漁業者は、夏季の躍層形成時に漁場で最高 48 回/月の観測を行っていた。

今後、観測データを継続して取得するためには、漁業者が水温塩分データに関心を持つとともに、漁業者の負担が少ない効率的な観測方法の検討が必要である。

3. 4. 7. 2. より効率的な観測方法の検討

漁業者による水温・塩分の観測は、海上で漁船を止め巻揚機や人力などによる鉛直観測により行われることが多い。水深 100m の観測場所における鉛直観測の作業時間（S-CTD に記録された観測開始から観測後タブレットに接続するまでに要する時間）は概ね 5 分で、漁業者の負担は比較的少ない。しかし、操業に適した潮流や操業開始可能な時刻までの海上待機時間以外の際に鉛直観測をする場合は、操業や航行を中断して漁船を止める必要があり、漁業者の負担は大きくなる。

3. 高密度観測網

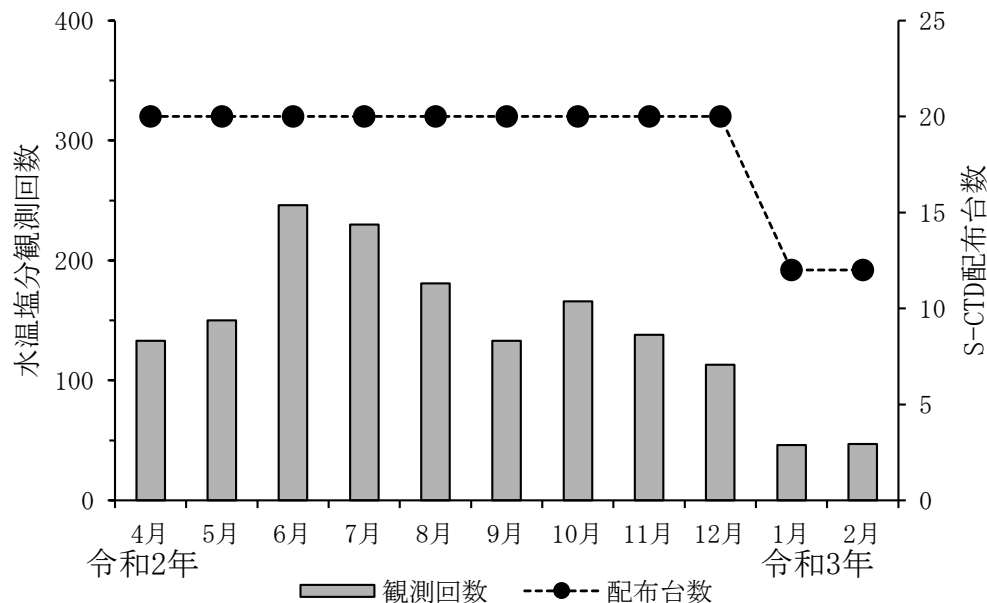


図 34-5 福岡県漁業者及び県調査船による水温塩分観測回数及び S-CTD 配布台数

漁業者による観測を継続的に行うためには、操業中に漁具に S-CTD を設置して観測するなど漁業者の負担が少ない効率的な観測方法を検討し、漁業者自身が観測データに関心を持つことが重要である。令和元年度には、はえ縄漁業の漁具に S-CTD を設置し、効率的な水温・塩分の観測の検討を行った。

そこで令和 2 年度は、集魚灯を利用したいかつり漁業（以下、夜いか漁業）で漁業者の負担が少ない効率的な観測方法の検討を行った。

夜いか漁業は、図 34-6 のように漁船を潮に流しながら操業する。漁船を流す速さや方向は、一定の水深にシーアンカーを沈め、海水の抵抗を考慮しながら調整される。このため、漁業者が想定した水深にシーアンカーが留まっていることが重要であり、その挙動への関心が高い。

試験は令和 3 年 2 月 13 日に宗像市地先海域で行った。夜いか漁業操業時に図 34-6 のようにシーアンカーの先端に S-CTD を設置し、水温・塩分、深度の観測を行った。観測結果を図 34-7、漁船の航跡を図 34-8 に示す。観測時間は 17 時～23 時で、シーアンカーは投入してすぐ水深 33m まで沈み、水深 17m まで浮上したが、その後は 33m 前後で推移した。水温は 16℃ 前後、塩分は 34 前後を推移した。航跡をみると、漁船は約 3km 移動し、21 時頃まで南方向に流され、その後 30m 深の潮流の影響を受け東方向に流された。観測データをみると、21:58～23:14 の位置情報が欠測していた。操業中は観測位置取得及びデータ転送用タブレットをブリッジ内に置いていたことから、位置情報の取得に不具合が生じたと考えられる。また、今回の調査ではシーアンカーの設置、回収時に S-CTD の取り付け及び取り外しを行ったが、操業への影響はなかった。

以上まとめると、夜いか漁業の操業においてシーアンカーに S-CTD を取り付けることにより、操業への影響や漁業者の負担が少ない方法でシーアンカーの挙動の把握や水温塩分の観測が十分可能であるといえる。今後は、継続した観測を行うため、様々な漁業種類の漁業者に負担が少なく効率的な観測方法を提案する必要がある。

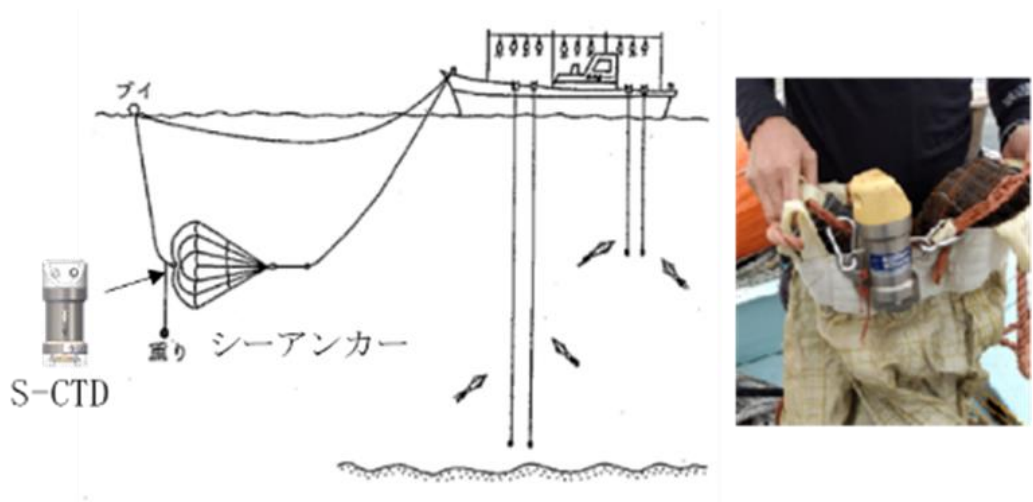


図 34-6 夜いか漁業の操業状況及びシーアンカーの S-CTD 設置状況

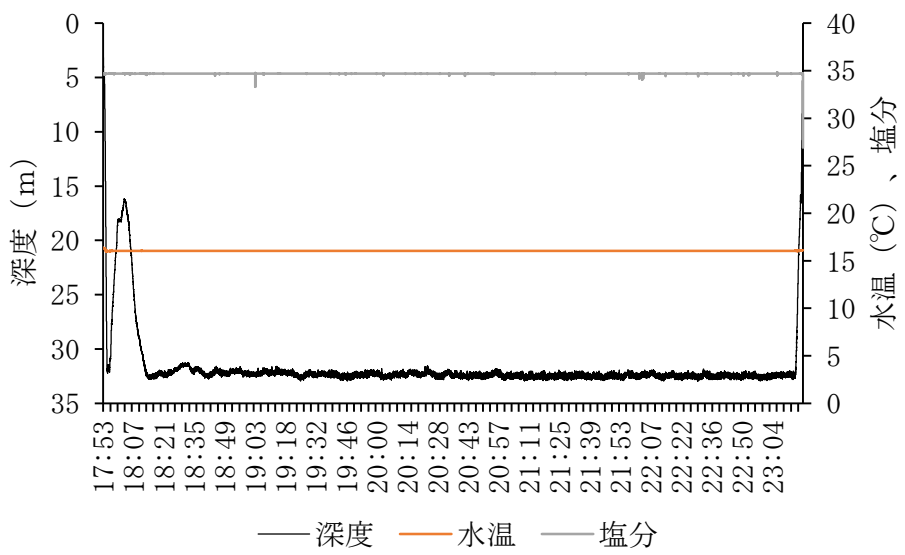


図 34-7 観測結果

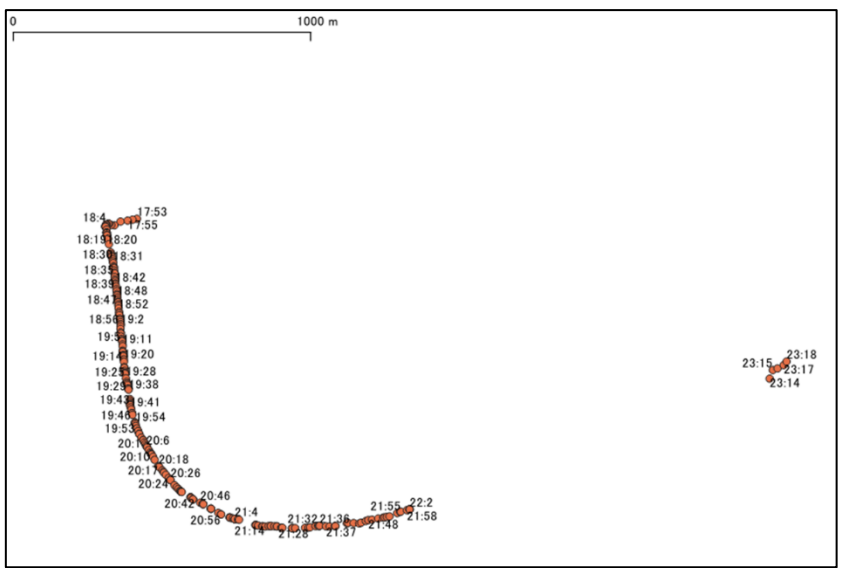


図 34-8 操業中の漁船の航跡

3. 高密度観測網

3.4.7.3. 福岡湾内の係留観測

福岡湾内では採貝漁業やノリ、ワカメ、カキなどの養殖業が営まれており、夏季の赤潮プランクトンや降雨による海水の低塩分化、冬季の栄養塩の挙動について漁業者の関心が高い。そこで、福岡湾内の定点で海況データを収集し、九州大学に提供することにより海況モデルの精度向上を図ることを目的とした。

海況の調査は、夏季（令和2年7月13日～28日）及び冬季（令和2年12月7日～22日）に図34-9に示す能古島地先の水深約7mのカキ養殖漁場で行った。観測項目は、流向・流速、水温・塩分とし、使用機器はそれぞれメモリー式電磁流速計 INFINITY-EM、メモリー式水温塩分計 INFINITY-CTW、(JFEアドバンテック株式会社製)とした。流向・流速及び水温・塩分の観測設定は、バースト10分、インターバル1秒、サンプル個数60個とした。観測する深度は、各観測機器に水圧計 DEF12-D20HG (JFEアドバンテック株式会社製)を取り付け計測した。深度の観測設定は、バースト10分、サンプル個数1個とした。電磁流速計は、中間ブイを取り付け海底から4mの位置に、水温塩分計は表層のカキ筏から約4mの位置に垂下した(図34-9)。

夏季及び冬季の1時間ごとに平均した流向流速の推移を図34-10に示す。夏季の流速は0.2～24.3cm/s、水深は1.6～3.4mの範囲を推移した。冬季の流速は0～16.9cm/s、水深は2.7～4.8mの範囲を推移した。

夏季及び冬季の1時間ごとに平均した水温塩分及び深度の推移を図34-11に示す。夏季の水温は22.8～26.0℃、塩分は27.9～33.1、深度は3.7～3.9mの範囲を推移した。冬季の水温は10.1～15.9℃、塩分は32.6～33.8、深度は3.7～3.9mの範囲を推移した。

海況モデルの精度検証のためには実測データが必要であり、今後も必要に応じて観測を行う。

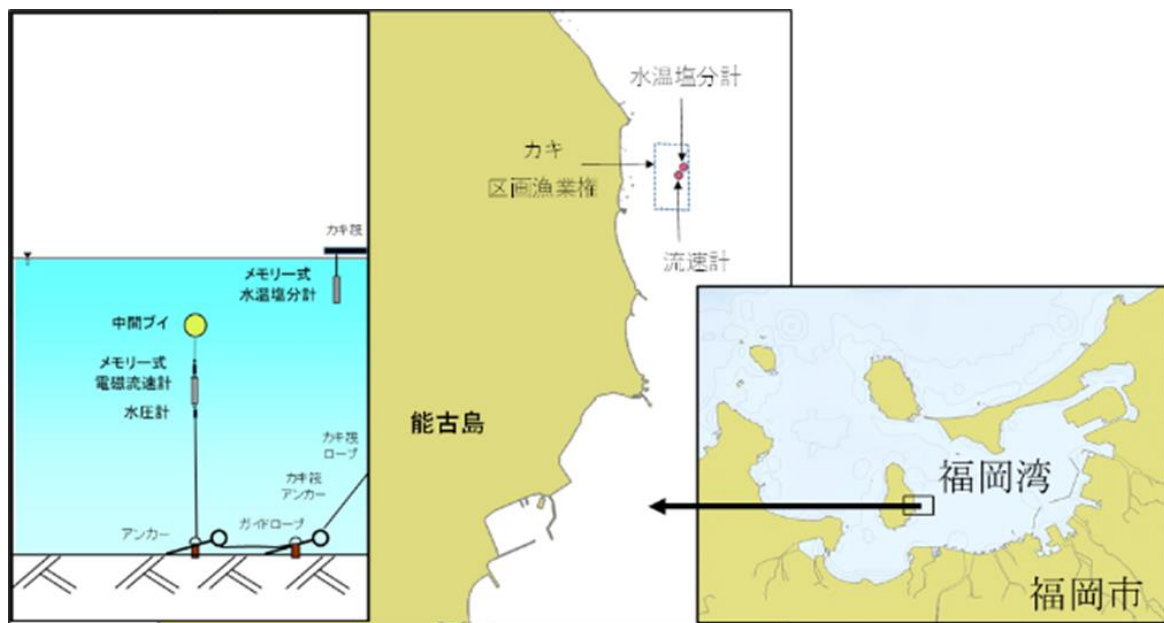


図 34-9 調査場所及び観測機器設置方法

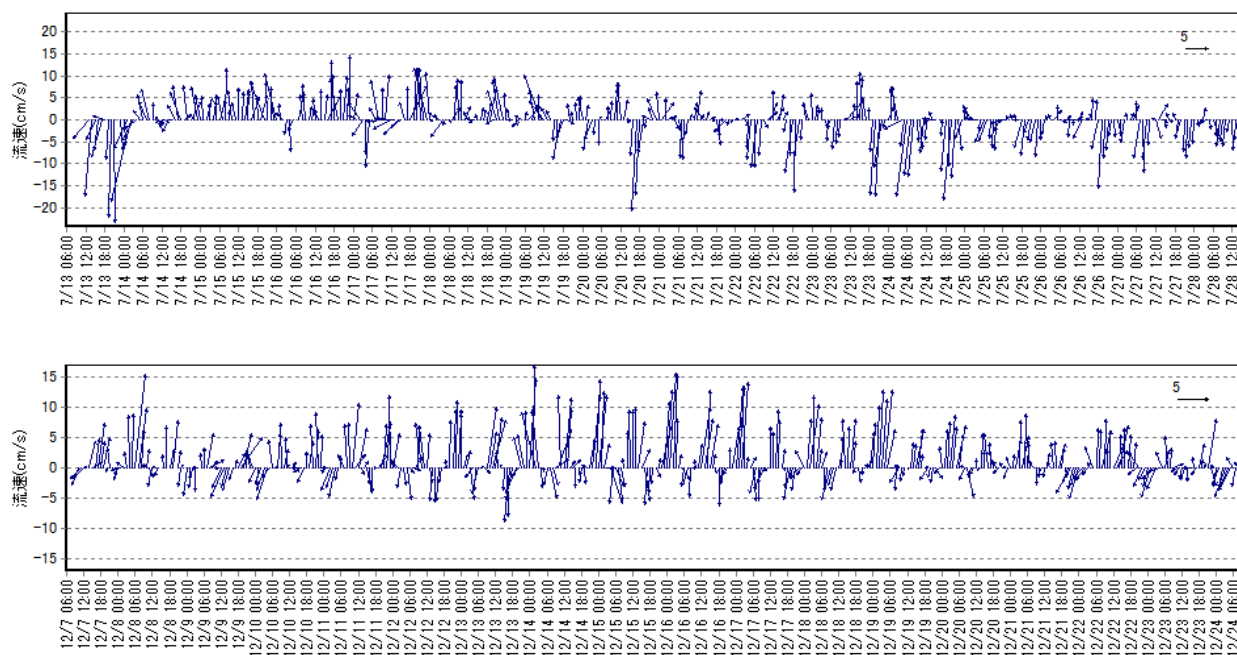


図 34-10 流向流速の推移（上：夏季、下：冬季）

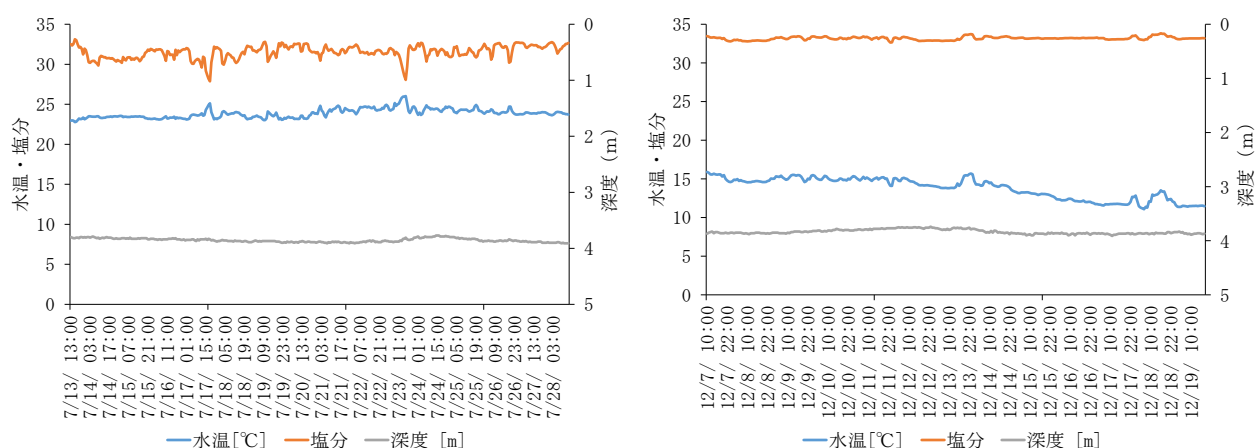


図 34-11 水温、塩分及び深度（左：夏季、右：冬季）

3. 4. 8. 山口県

山口県では、令和元年度から県単独事業で S-CTD を用いた観測を開始しており、本年度に導入した 6 台（うち 3 台は九州大学から借受け）を加えると合計 7 台での観測体制となった（表 34-5）。前年度における取組を踏まえ、令和 2 年度の対象漁業種類をはえ縄漁業に決めた後、これらの漁業者の操業海域を考慮し、観測海域がなるべく均等になるように下関、角島、長門、萩の各地区から協力者を抽出した。このうち沖合の冷水のふるまいについて興味を持っている者は、1 日（1 操業）あたり数回の観測を行うケースも確認され、その取組内容（観測数）に違いが生じた。

3. 高密度観測網

山口県における1ヶ月あたりの観測回数は、2020年1～12月の期間、10～39回の範囲で変化した（図34-12）。協力者に冬季にふぐ類を対象とした操業を行う者が多いため、冬季に観測回数が増える傾向があった。

表 34-5 山口県における S-CTD による観測体制

番号	漁業種類	トン数	地区
YG-001	調査船	125	長門
YG-002	はえなわ	19.93	長門
YG-003	はえなわ	4.8	角島
YG-004	はえなわ	16	下関
YG-005	はえなわ	4.9	角島
YG-006	はえなわ	4.8	下関
YG-007	はえなわ	19.21	萩

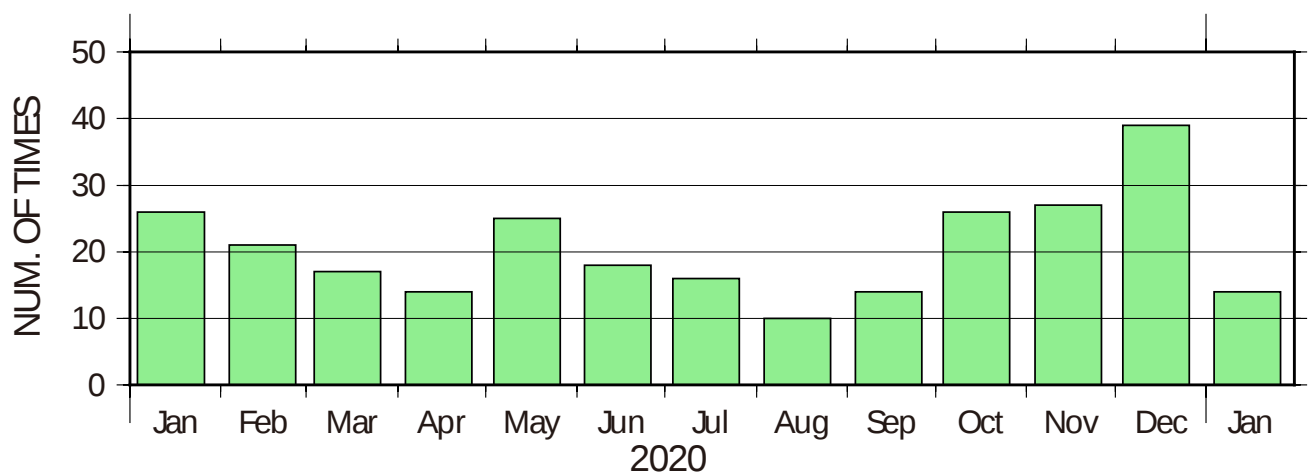


図 34-12 山口県における S-CTD 観測回数の月変化。2021 年 1 月は一部の漁船。

3. 4. 9. 鳥取県

3. 4. 9. 1. 観測状況

鳥取県では、2020年8月から、水温・塩分の観測を県内の沿岸域で操業する漁船5隻に依頼している。また、2020年3月から、新たに漁船3隻に依頼する予定である。観測者の漁業種は釣り（いか釣り、一本釣り）、すくい網および小型底びき網である（表34-6）。

表 34-6 鳥取県の S-CTD 観測協力漁船の概要

協力開始年月日	主な漁業種類	総トン数
令和2年8月24日	すくい網	4.9
令和2年8月26日	一本釣り	4.9
令和2年8月28日	いか釣り	4.9
令和2年8月28日	一本釣り	4.9
令和2年8月29日	小型底びき網	4.9
令和3年3月上旬予定	刺網	4.9
令和3年3月上旬予定	いか釣り	8.81
令和3年3月上旬予定	小型底びき網	4.84

観測は、主に S-CTD をロープで昇降させる方法で行っている。手動での昇降作業を行っていたが、一部の観測者から「測器の昇降を簡便に行いたい」、との要望を受け、電動リールを用いた自動昇降での観測も行う予定である。

鳥取県漁業者による月別観測回数及び漁船 1 隻あたりの観測回数の推移を図 34-13 に示す。2020 年 8 月から 2021 年 1 月における観測回数は、8～43 回/月、漁船 1 隻あたりの観測回数は 3.0～8.6 回/隻・月であった。概ね 1 回の操業あたり 1 回観測を実施している。漁船によっては操業 1 回あたり最大 8 回の観測を実施していた。2020 年 8 月は、下旬から観測を開始したため、観測回数は少なく 12 回を示した。9 月以降は観測回数が増加し、11 月には 43 回を示し最も多かった。12 月以降の冬季は観測回数が減少し、2021 年 1 月は最も少なく 8 回を示した。2020 年 12 月は 1 隻、2021 年 1 月は 3 隻の船が観測を実施していなかった。時化による出漁回数の減少が原因の一つと考えられる。また、観測者から、冬季は一本釣りから刺網に漁業種類を変えるため、作業負担が増えて観測を行う余裕が無くなる、との意見も聞いている。

鳥取県漁業者による、鳥取県沿岸域 20km×20km 範囲ごとの観測回数を図 34-14 に示す。2020 年 8 月から 2021 年 1 月では、(1) 区画で観測回数 66 回を示し、全観測区画中最大となった。次に観測回数が多かったのは (4) 区画であり、23 回を示した。区画の違いによる観測回数の差異が大きく、岸から 20km 以北の沖合区画 (7) ～ (12)、(2) 区画や県東部 (5) と (6) で観測回数が減少する傾向が認められた。

冬季における観測回数を増加させるため、また、観測回数が少なかった区画からもデータを収集するため、観測協力漁船数を増加させる必要がある。2021 年 3 月より、(2) 区画内、(6) 区画内に位置する漁協支所にそれぞれ所属する漁船 2 隻と、沖合海域を操業場所とする小型底びき網漁業を行う漁船 1 隻に、新たに観測作業を依頼する予定である。

3.4.9.2. S-CTD 観測データの活用事例

鳥取県における S-CTD 観測データ活用に関する観測者からの意見を以下に示す。

- ・これまで、仕掛けを入れる水深帯の水温は、勘で推測することしか出来なかった。S-CTD を使うことで、仕掛けを入れる前に、水温確認が出来るようになった。
- ・9 月に入って、40m 層で〇℃より水温が下がったらケンサキイカが釣れなくなった。