

令和2年度 資源・漁獲情報ネットワーク構築事業 報告書

大課題名：沿岸資源情報ネットワークⅠ

海域名(中課題名)：瀬戸内海域

小課題1：水揚げ情報収集

小課題2：操業情報収集

【参画機関】

(地独)大阪府立環境農林水産総合研究所，香川県水産試験場，愛媛県農林水産研究所水産研究センター，岡山県農林水産総合センター水産研究所，山口県水産研究センター，大分県農林水産研究指導センター水産研究部，福岡県水産海洋技術センター豊前海研究所、京都大学、広島大学、水研機構 水産資源研究所、水産技術研究所

【対象魚種】

カレイ類、ハモ、クルマエビ、その他瀬戸内海における主要な漁業対象種

【対象漁業】

○ 小型底びき網

【実施計画】

小課題1:水揚げ情報収集

①生物測定データの収集

・ハモならびにカレイ類の資源評価において基礎資料となる生物生態情報を昨年度に引き続き収集する。

・瀬戸内海の複数海域（播磨灘、備後灘、燧灘、周防灘、伊予灘、豊後水道）において、ID番号付きの装着型外部標識をクルマエビに取り付けて放流することによって、本種の成長に伴う移動について調べ、瀬戸内海における本種の資源ユニット・管理ユニットについての把握を進める。

小課題2:操業情報収集

②漁船等による操業情報、環境情報の収集

・瀬戸内海西部の複数海域（燧灘、周防灘、伊予灘、豊後水道）において、既存の深度・水温ロガーおよび位置情報ロガーのセット、およびIoT型ロガー・デジタル操業日誌システムを用いて、小型底びき網漁船から操業情報と漁場環境情報を得る。

- ・瀬戸内海東部の複数海域（大阪湾、備讃瀬戸、播磨灘、燧灘）において、小型底びき網漁船による試験操業を実施し、試験操業中に IoT 型 CTD-DO ロガー・デジタル操業日誌システムを用いて漁場環境情報・漁獲情報を取得する。

- ・試験操業を実施した同海域で採水調査を実施する。各海域の水揚対象魚種に合わせて各魚種の漁獲時期以外の月、漁獲最盛期の月、漁獲時期終了間際の月の最低年 3 回から各月 1 回の頻度で表層水および底層水を採水する。環境 DNA 学会の標準手法に準じ、水試料（1L）から環境 DNA を抽出し、試験操業時の生物環境情報としてデータ化するとともに、環境 DNA を資源評価の指標として利用可能かどうか、その検討を行う。

③漁船用小型データロガーの改良設計

- ・試験操業に使用するデジタル操業日誌および IoT 型 CTD-DO データロガーシステムの改良を継続し、デジタル操業日誌については瀬戸内海の各海域だけでなく他海域でも使用できるよう、新しいプログラムを追加する。

【今年度の成果】

- ・ハモ・カレイ類の資源評価において基礎資料となる生物生態情報が蓄積された。
- ・標識再捕魚のデータにより、分布・回遊・資源ユニットの情報が蓄積された。
- ・操業試験により、主要な漁獲対象種について CPUE の精度を向上させる手法を開発した。
- ・資源評価に貢献できる環境 DNA 分析・解析手法が確定した。
- ・小型底びき船による試験操業にて、IoT データロガーシステムの運用を開始し、操業情報・環境情報・漁獲情報をセットで得る仕組み、多魚種の漁獲情報を一括して得る仕組み、CPUE の精度向上を行う仕組みを完成させ、さらに現場実装試験（漁業者単独によるシステムを用いた操業）を実施した。
- ・IoT ロガーシステムにおいて、漁具への装着簡略化、センサーの高度化、システムの高度化、新しいプログラム（東京湾用デジタル操業日誌）の追加が完了した。

【事業期間全体の成果】

- ・ハモ・クルマエビ・カレイ類の資源評価で基礎資料となる生物生態情報が蓄積された。
- ・主要な漁獲対象種について、操業情報から CPUE の精度を向上させる手法を開発した。
- ・資源評価への資料となりうる環境 DNA 分析・解析手法が確立された。
- ・IoT データロガー・デジタル操業日誌システムを開発し、操業情報・環境情報・漁獲情報をセットで得る仕組み、多魚種の漁獲情報を一括して得る仕組み、CPUE の精度向上を行う仕組みを完成させた。
- ・システムの現場実装（漁業者単独によるシステムを用いた操業）可能性が実証された。
- ・システムは瀬戸内海以外の他海域へも普及可能であることが実証された。

【実施概要】

小課題1:水揚げ情報収集

① 生物測定データの収集

ハモ、カレイ類の生物生態情報の収集においては、新型コロナウイルス感染症の影響下でも昨年度と同様に精密測定調査・市場調査（体長組成、性比）、漁獲量調査によりデータ収集を計画通り実施した。特に近年の主要漁獲物であるハモについては、2018年および2019年の6月から10月に、瀬戸内海西部で漁獲されたハモ312個体について胃内容物により食性を調査した。全体としてはフタホシイシガニとカタクチイワシの重要度指数（%IRI）が高い値を示した。月別にみると十脚目の%IRIは6月と7月に、魚類の%IRIは10月に高い値を示した。（下記、成果の発表欄）。

さらに、生態情報を得るための外部標識とデータロガーをハモに装着し、山口県では10月20日に防府沖（体重 520 ± 180 g）、大分県では10月14日に宇佐沖（体重 731 ± 208 g）にそれぞれ各15個体放流した（図1左）。その結果、令和3年2月1日までに合計2個体（山口県で2個体、大分県で0個体）の再捕があった。山口県での再捕は放流2日後および36日後で、いずれも放流場所近くであり、記録された水温・水深データも当海域の環境データとほぼ一致したことから、この期間での大きな移動はなかったと考えられる。

クルマエビについては、新型コロナウイルス感染症の影響によって、海域によっては操業が少なくなり、供試個体の確保に大変苦慮したが、令和3年2月1日までに、播磨灘にて101個体（頭胸甲長 44.8 ± 4.3 mm）、備後灘にて29個体（頭胸甲長 44.9 ± 3.8 mm）、燧灘にて1969個体（頭胸甲長 35.8 ± 3.8 mm）、周防灘にて1157個体（頭胸甲長 36.1 ± 4.3 mm）、伊予灘にて1079個体（頭胸甲長 38.3 ± 4.1 mm）、豊後水道にて355個体（頭胸甲長 50.9 ± 6.4 mm）の合計4690個体に対して、体サイズや性別などの情報を記録後、ID番号付き装着型外部標識トラモアタグを装着し（図1右）、放流した。

その結果、令和3年2月1日現在までのところ、合計44個体について再捕があった（播磨灘放流個体:1個体；燧灘放流個体:25個体；周防灘放流個体:3個体；伊予灘放流個体:9個体；豊後水道放流個体:6個体；再捕率:0.9%）。注目すべき再捕例としては、周防灘にて9月に放流した雄個体が12月には豊後水道にて再捕され、本種が短期間に長距離（直線で約130 km）を移動していること、周防灘の資源と豊後水道の資源がつながっていることがわかった。また、その3か月の間に、放流時体重29.7 gから53.6 gへと大きく成長しており、現在の生息環境が本種の成長に不適なものではないだろうことが示された。

小課題2:操業情報収集

② 漁船等による操業情報、環境情報の収集

瀬戸内海西部海域では、燧灘、周防灘、伊予灘、豊後水道の小型底びき網漁船の漁業者にご協力いただき、主要漁獲対象種の漁獲量データに加え、総曳網面積/日を含む操業データ

を得た。事業終了に伴いデータ蓄積期間が短くなったことから、比較的多くのデータを得ることができたハモとクルマエビについて、漁獲量の季節変化について解析を試みた。その結果、最適モデルの説明変数のひとつに「総曳網面積/日」が含まれ、「総曳網面積/日」を考慮することによってモデルの精度が上がることを示された。瀬戸内海では、市場での漁獲量の把握が難しく、標本船から得られた少ないデータから資源状態の把握に重要となる資源指標値を計算せざるを得ないケースが少なくない。そのため、このような状況下では、説明変数に「総曳網面積/日」を取り込むことによって、資源指標値の推定精度を上げることが有用であると考えられた。一方、カレイについては小型底びき網ではあまり漁獲されなかったことから、またヨシエビとクマエビについては今年度からデータ収集を始めたことから、解析に供するほどのデータ数とはならなかった。得られた漁獲量データについてはデジタル操業日誌を用いてクラウド上のサーバーに蓄積した。

瀬戸内海東部海域では、大阪府海域、岡山県東部海域、香川県燧灘海域において、小型底びき漁船による計 15 回の試験操業を実施し、曳網毎の漁業環境情報および漁獲情報を同時取得した。漁場環境情報では、ロガーの高精度センサーにより精緻な漁場環境の把握が可能になった。例えば、分解能 1 cm を発揮する水深センサーにより、曳網海域の底質(砂質/泥質)を判別できるようになった。漁獲情報では、主対象魚種に加え、同じ一曳網に含まれる多種多様な魚種の漁獲情報収集を可能にした(図 2)。また、漁場環境情報と漁獲情報を合わせた解析では、環境特異的な魚種の出現等を見出せることが判明した。例えば、ウシノシタ類のコウライアカシタビラメはロガー情報により砂質と判断された底質環境の曳網にのみ出現し、イヌノシタは砂質・泥質双方に出現したが、より泥質に多い傾向が見いだされた(図 3)。このように、IoT ロガーを使うことにより、各対象種の生息海域/非生息海域を特定出来る場合があり、それにより生息海域で補正した精緻な CPUE が算出できるようになった(図 4)。

コロナの影響により、本年度は十分な試験操業データが得られなかったため、その補填として、過去に収集された未使用の操業日誌紙媒体をデジタル操業日誌のフォーマットを使ってデータ化し、CPUE による資源動態を解析した。香川県で 2015-2019 年に収集された操業日誌からヒラメおよびメイトガレイについて解析した結果、資源評価報告と一致する結果が得られた(図 5、図 6)。

平成 30 年度より 3 か年で実施してきた環境 DNA 試料を総括した。環境 DNA 分析手法としては、出現する魚種全ての DNA 量を網羅的に把握する Mifish 法、特定の魚種の遺伝子量を詳細に定量評価する qPCR 法を実施した。qPCR 法では、マーカー開発により分析可能となった 42 種のうち、主要種 8 種(マコガレイ・ハモ・ヨシエビ・クルマエビ・キジハタ・メイトガレイ・コウライアカシタビラメ・イカナゴ)について DNA 量と漁獲量を比較した結果、漁獲量・資源量といった量的に有意な相関は得られなかったが、在・不在による空間分布やその季節変化を追うことは可能であることが明らかとなった(図 7)。このことより、qPCR 法は評価対

象種の生息海域、季節移動、産卵場や漁場の推定などに利用可能であると言える。その一方、Mifish 法による解析では、全試料 326 サンプルのうち、16 サンプルのみ遺伝子が確認され、残りは少なすぎて分析ができなかった（図 8）。しかしながら、検出された魚種は約 80 種に上り、その中にはハモ、トラフグ、カタクチイワシ、マイワシ、マアジ、マサバ、コノシロ、サヨリ、ブリ、サワラ、マナガツオ、マダイ、クロダイ、アカエイ、マコガレイ、アカシタビラメ、イヌノシタ、メバルなど、重要魚種も含まれていた。このことにより、Mifish 法でも評価対象種を検出することは可能であるが、これから資源評価等に Mifish 法を利用するためには、まずは検出する遺伝子量を増やすこと、すなわち標準手法の海水 1L 採水ではなく、さらに多量の海水を濾過する必要がある。

③漁船用小型データロガーの改良設計

本年度の改良を最終調整として、IoT ロガー・デジタル操業日誌システムが完成した（図 9）。IoT ロガーは、漁具への装着簡略化、センサーの高度化、システムの高度化を達成し、ロガー受信機（タブレット端末）上のデジタル操業日誌で入力した曳網毎の漁獲データと共に、その曳網時の曳航軌跡（距離）・観測データ図表をタブレット端末へ数分以内に表示できるようになった。また、クラウド上に蓄積されたすべてのデータを操業終了時に CSV ファイルとして自動メール送信する仕様とした（図 10）。デジタル操業日誌には主要 50 種の魚種を選択・入力できるようにし、入力シートは必須魚種 10 種（主に評価対象種：在/不在データおよび量的データ）とその他 40 種の選択魚種に 2 分割した。入力項目は漁績報告が可能なものとし、加えて再放流を行った場合に追記できるようにした。また、この 50 種リストは使用する海域に合わせて変更できるようにし、現時点では本システムの運用を開始している瀬戸内海および東京湾の 2 種類の魚種リストが選択できるようになっている。なお、ロガー及びデジタル操業日誌、それぞれの仕様詳細と運用マニュアルが作成されている（図 11）。

【図表など】

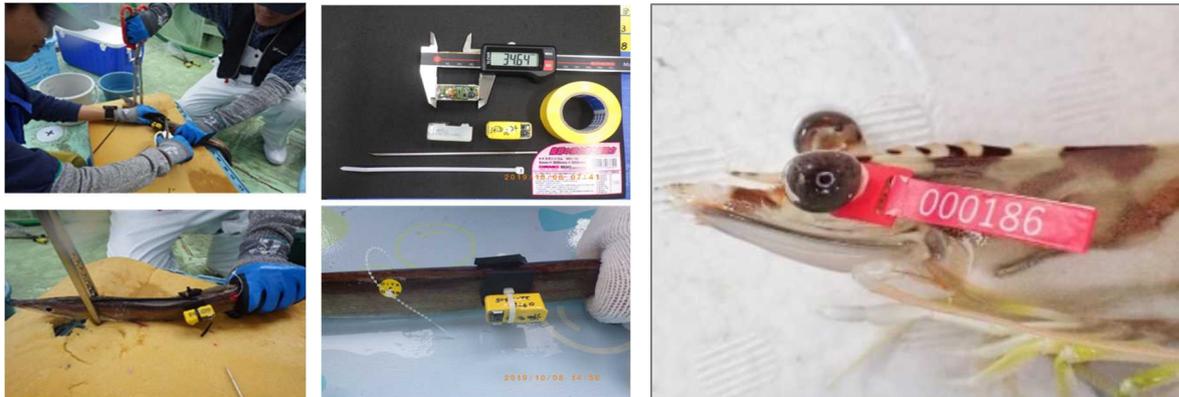


図1. ハモ（左）およびクルマエビ（右）の生態調査に使う独自の標識手法。

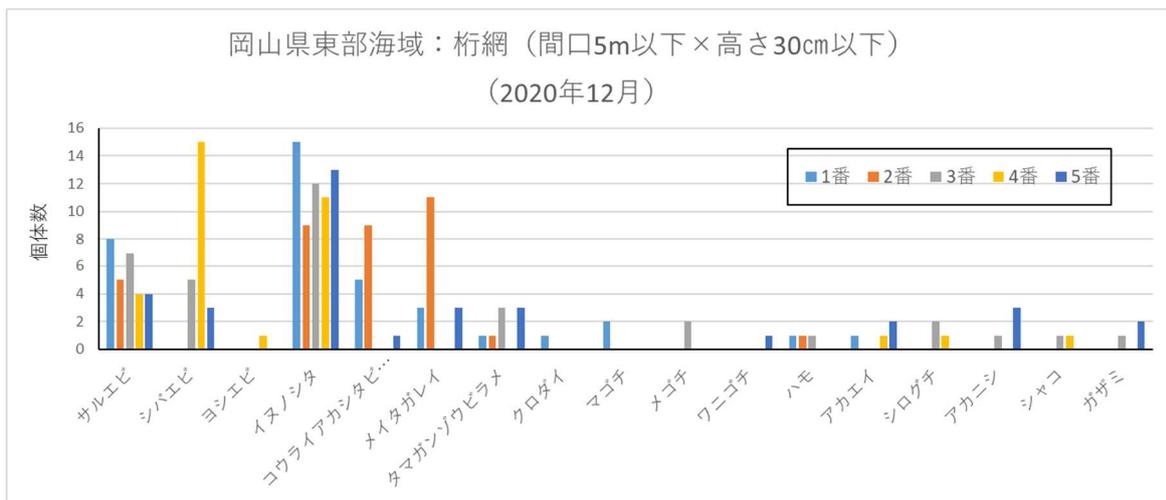


図2. デジタル操業日誌で得られた、一曳網毎の漁獲データの事例。この時期のこの海域ではシタ類を主対象とした桁網で操業する。同時に漁獲される魚種には評価対象種も含まれている。

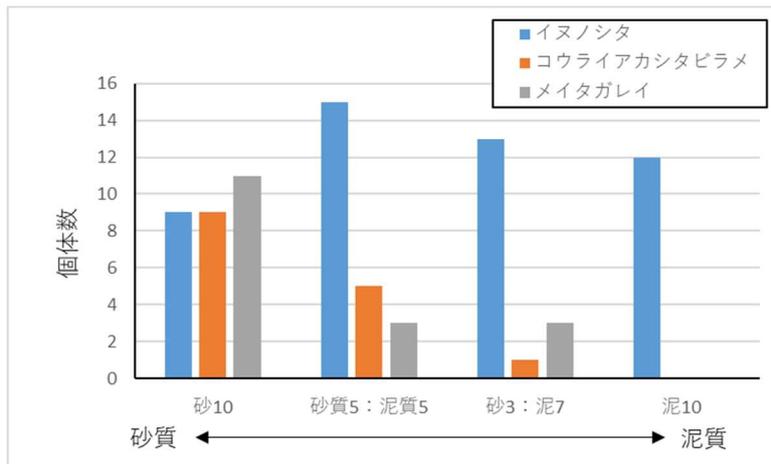


図3. 主要操業対象種3種のログの環境情報とデジタル操業日誌の漁獲情報から得られた、漁場底質と漁獲個体数の関係。コウライアカシタビラメ、メイタガレイは砂質に出現し、イヌノシタは底質を選ばず出現している。

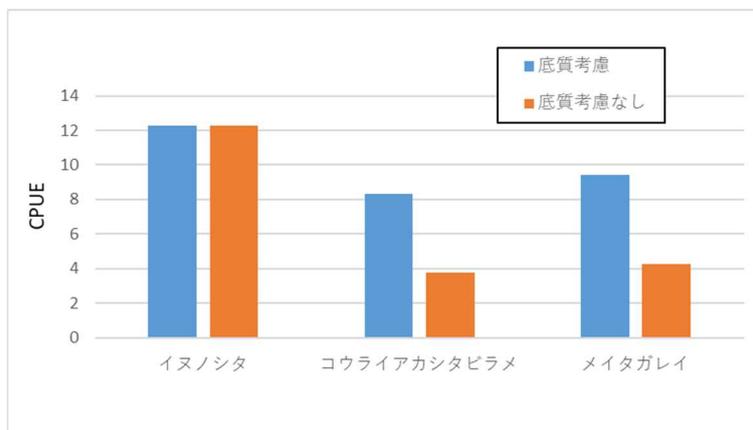
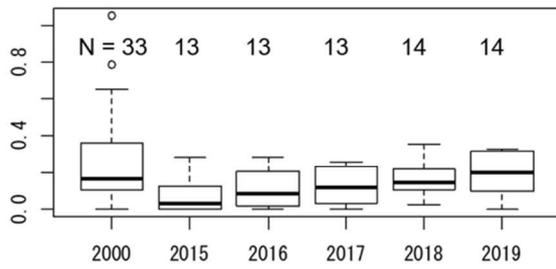
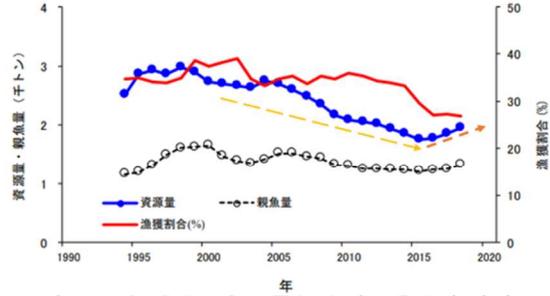


図4. 底質（生息場所）を考慮した場合、しなかった場合の各魚種のCPUE値の差。

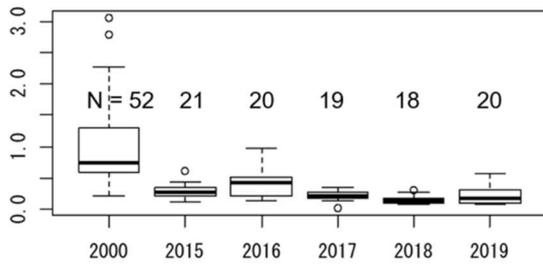


ヒラメCPUE(11月と12月を抽出)

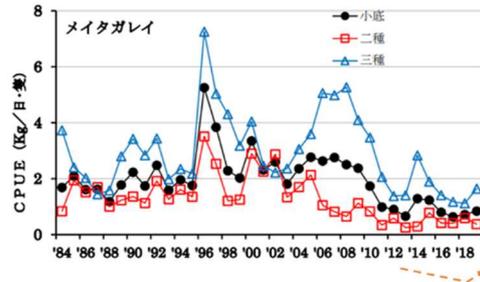


ヒラメ瀬戸内海系群の資源量など(資源評価報告書より)

図5. デジタル操業日誌フォーマットでデジタル化したデータ解析による、ヒラメのCPUEの年変化。2015年からの増加傾向を捉えることができる。



メイタガレイCPUE(9~11月を抽出)



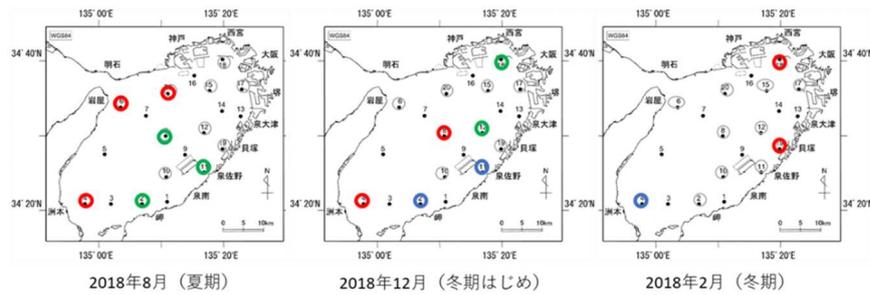
山口県におけるメイタガレイのCPUE (2019資源評価調査報告書より)

図6. デジタル操業日誌フォーマットでデジタル化したデータ解析による、メイタガレイのCPUEの年変化。メイタガレイの資源評価は福岡県、大分県、山口県のCPUEが使われているが、2000年のデータがある大分県、山口県は同様の傾向を示しているため、より距離の近い山口県の結果と比較している。2018年までの減少傾向、2019年の増加傾向を捉えている。



○ 表層 底層 両層

マコガレイ



コウライアカシタビラメ

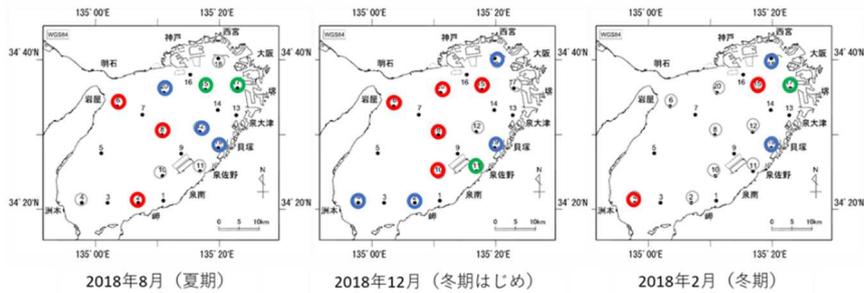


図7. 本課題における採水地点(上段)、大阪湾におけるマコガレイ(中段)およびコウライアカシタビラメ(下段)の環境DNAの季節別出現地点。表層(青)、底層(赤)、両層(緑)で対象種の環境DNAが検出されたことを示す。両種とも漁獲場所の季節変化に類似する。

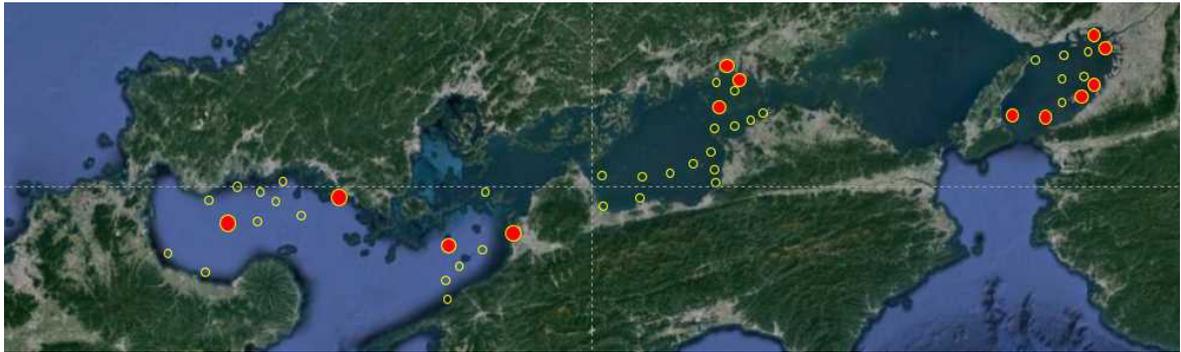


図8. Mifish 法で環境 DNA が検出できた採水地点。その多くが極沿岸か島嶼部際に位置しており、魚類の現存量の多い場所のみ検出されたと想像される。



図9. 完成した IoT ロガー。高精度深度センサー、温度センサー、塩分センサー、溶存酸素センサー、GPS を搭載。観測データはクラウドへ自動送信され、数分以内に図表となったデータがデジタル操業日誌(受信機)へ送られてくる。

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	出網回数	項目	地域	漁獲種番号	名前	銘柄	あり/なし	漁獲量 (kg)	漁獲量 (匹)	漁獲量 (箱)	漁獲量 (円)	再放流あり/なし	再放流量 (kg)	再放流量 (匹)	備考欄
2	1	必須	瀬戸内	1	イシガレイ			0					-1	unknown	unknown
3	1	必須	瀬戸内	2	マコガレイ			0					-1	unknown	unknown
4	1	必須	瀬戸内	3	メイタガレイ			1	0.163	2			0	unknown	unknown
5	1	必須	瀬戸内	7	タテウオ			0					-1	unknown	unknown
6	1	必須	瀬戸内	8	マダイ			1	0.09	1			1	0.021	1
7	1	必須	瀬戸内	15	アイゴ			0					-1	unknown	unknown
8	1	必須	瀬戸内	28	ハマ			0					-1	unknown	unknown
9	1	必須	瀬戸内	29	マブナゴ			0					-1	unknown	unknown
10	1	必須	瀬戸内	30	トラフグ			0					-1	unknown	unknown
11	1	必須	瀬戸内	36	クルマエビ			0					-1	unknown	unknown
12	1	任意	瀬戸内	35	ガザミ	ND		0.207	1				0	unknown	unknown
13	1	任意	瀬戸内	24	オニオコゼ	ND		0.198	1				0	unknown	unknown
14	1	任意	瀬戸内	32	カアガシ	ND		0.739	12				0	unknown	unknown
15	1	任意	瀬戸内	21	コヂ鰯	ND		1.416	3				0	unknown	unknown
16	1	任意	瀬戸内	13	シロギス	ND		0.034	1				1	0	1
17	1	任意	瀬戸内	5	ウツノシタ類	ND		1.707	11				1	0.65	31
18	1	任意	瀬戸内	38	小トビ類	ND		0.132	41				0	unknown	unknown
19	2	必須	瀬戸内	1	イシガレイ			0					-1	unknown	unknown
20	2	必須	瀬戸内	2	マコガレイ			0					-1	unknown	unknown
21	2	必須	瀬戸内	3	メイタガレイ			1	0.26	4			0	unknown	unknown

図 10. メール送信される操業データの CSV 出力例.

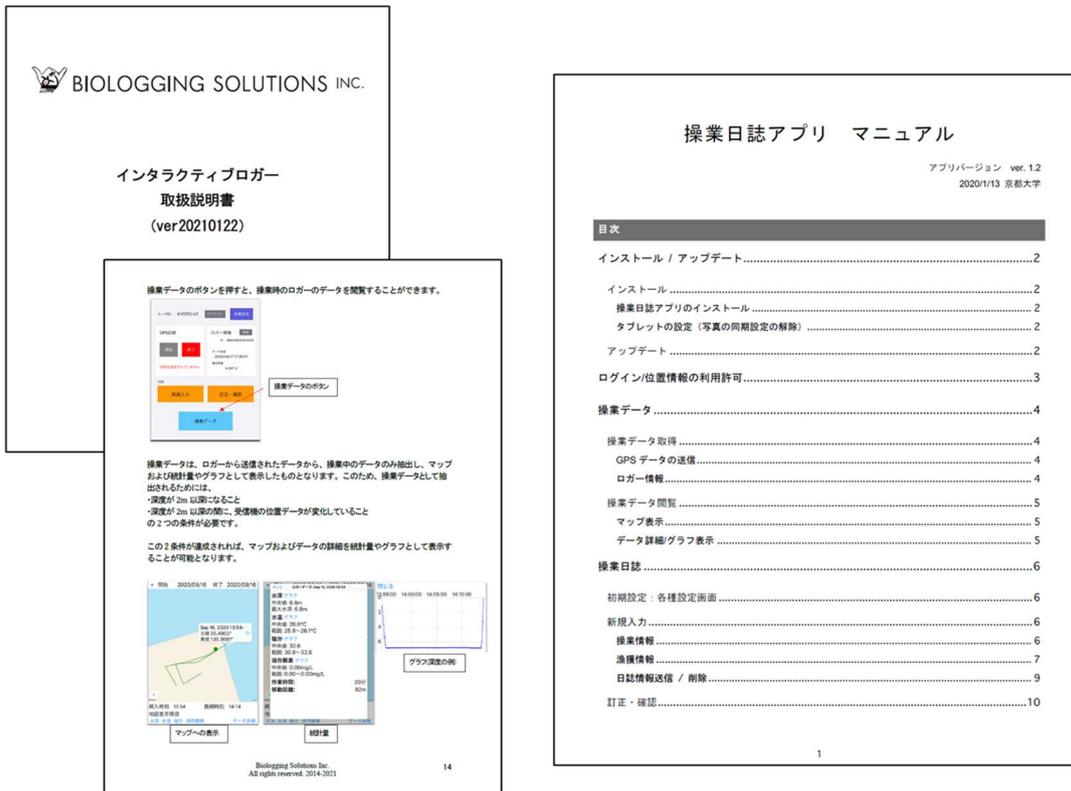


図 11. IoT ロガー取扱説明書 (左) およびデジタル操業日誌アプリ マニュアル (右).

【実施に当たっての問題点】

- ・コロナ禍により、システムの改良が大幅に遅延したこと、試験操業の開始時期が遅れ、予定の操業回数が実施できなかったことが最大の問題点であった。ロガーシステム改良のための部品の納品が遅れたこと、ロガーの現地試験によるまとまったシステム検証ができないまま、試験操業を開始せざるを得ない状況下で、操業で確認された不具合に一つ一つ対応せざるを得ず、また、試験操業にロガー担当者が参加できなかったことにより、改良点の発見も相当の時間を要し、そのためシステムの安定化に相当な時間を要した。しかしながら、担当者間で協力し、知恵を出し合い、何とか年度末の完成は達成された。

【資源調査評価事業に受け渡す事項】

デジタル操業日誌・IoT ロガーシステム：瀬戸内海などにおいて、カレイ類・ウシノシタ類、その他の小型底びき網漁業対象種を対象とした CPUE 計算に必要な漁船操業データ、その操業海域の環境データの収集に利用

【成果の発表】

- ・國森拓也・本田宇聖（2021）：山口県瀬戸内海域で漁獲されるハモ（*Muraenesox cinereus*）の食性. 山口県水産研究センター研究報告，18，1-7. (2021年2～3月発行予定)