

令和3年度漁場環境改善推進事業のうち
栄養塩、赤潮・貧酸素水塊に対する被害軽減技術等の開発

(3) 貧酸素水塊の予察技術、被害軽減手法の開発
報告書

令和4年3月

国立研究開発法人水産研究・教育機構
千葉県水産総合研究センター
神奈川県水産技術センター
福岡県水産海洋技術センター有明海研究所
佐賀県有明水産振興センター
長崎県総合水産試験場
熊本県水産研究センター
株式会社アイコック

目 次

I. 本課題の目的および実施概要	1
II. 令和3年度成果報告	3
1) 貧酸素水塊の発生シナリオの構築と予察技術の開発	
ア. 有明海における貧酸素水塊のモニタリングと消長シナリオの構築	3
イ. 貧酸素水塊に関するデータの提供及び利活用の促進	29
2) 貧酸素水塊による被害軽減技術の開発	
ア. 有明海及び周辺海域で発生する貧酸素水塊の被害軽減技術の開発	43
イ. 東京湾で発生する貧酸素水塊の被害軽減技術の開発	57
III. 検討会の開催	93

I . 本課題の目的および実施概要

本課題の目的および実施概要

課題の目的

戦後の高度経済成長に伴い、多くの閉鎖性海域では海岸線の護岸化や埋め立てが進行するとともに、産業廃水や生活排水等の汚濁負荷が急激に増大した。汚濁負荷の増大による海域の富栄養化は、赤潮や貧酸素水塊の頻発などの形で表面化し、漁業生産や養殖生産に多大な被害をもたらした。これを契機に、汚濁負荷量の削減や海面の埋め立ての規制など、様々な環境保全対策が講じられてきたが、今なお、多くの閉鎖性海域では、貧酸素水塊の形成が解消されるまでには至っていない。

上述したように、貧酸素水塊がもたらす最も顕著な弊害は水産生物への被害であり、有用魚介類のへい死のみならず、餌料となる生物の生息にも多大な影響を及ぼす。そのため、貧酸素水塊の発生メカニズムや貧酸素水塊の発生が魚介類に及ぼす影響などを明らかにするとともに、漁業被害を軽減するための技術開発を推進する必要がある。

そこで、本課題では、貧酸素水塊の発生にともなう漁業被害が頻発している東京湾、有明海及びその周辺海域を対象に、国立研究開発法人水産研究・教育機構（以下、水産研究・教育機構と表記）が千葉県水産総合研究センター、神奈川県水産技術センター、福岡県水産海洋技術センター有明海研究所、佐賀県有明水産振興センター、長崎県総合水産試験場、熊本県水産研究センター及び株式会社アイコックと共同して、以下の調査研究を実施する（表1）。

表1. 本研究開発の課題構成

研究開発課題	研究開発の分担
1) 貧酸素水塊の発生シナリオの構築と予察技術の開発 ア. 有明海における貧酸素水塊のモニタリングと消長シナリオの構築 イ. 貧酸素水塊に関するデータの提供及び利活用の促進	水産研究・教育機構 福岡県水産海洋技術センター有明海研究所 佐賀県有明水産振興センター 熊本県水産研究センター 株式会社アイコック 水産研究・教育機構
2) 貧酸素水塊による被害軽減技術の開発 ア. 有明海及び周辺海域で発生する貧酸素水塊の被害軽減技術の開発 イ. 東京湾で発生する貧酸素水塊の被害軽減技術の開発	長崎県総合水産試験場 水産研究・教育機構 千葉県水産総合研究センター 神奈川県水産技術センター 水産研究・教育機構
3) 事業検討会の開催等	水産研究・教育機構

このように、本課題では、貧酸素水塊の発生メカニズムを明らかにするとともに、予察技術や被害軽減技術の開発を行うことで、貧酸素水塊の発生による漁業被害の軽減を図り、健全な沿岸・内湾生態系の保全に資することを目的とする。

課題の内容

1) 貧酸素水塊の発生シナリオの構築と予察技術の開発

ア. 有明海における貧酸素水塊のモニタリングと消長シナリオの構築

本課題では、水産研究・教育機構が福岡県水産海洋技術センター有明海研究所及び佐賀県有明水産振興センターと共同して、有明海奥部の観測定点において、水質の連続観測を実施するとともに、定期観測を実施する。また、熊本県水産研究センターが有明海中央部で定期観測を実施する。得られた観測データを基に、有明海における貧酸素水塊の消長シナリオの構築及び貧酸素水塊の発生予察手法の検討に資することとする。

イ. 貧酸素水塊に関するデータの提供及び利活用の促進

本課題では、有明海等で夏季に発生する貧酸素水塊の迅速な把握と予察及び貧酸素水塊による漁業被害の軽減に資するため、関係機関が観測する水温、塩分、溶存酸素等の水質鉛直観測データを収集してデータベース化するとともに、既存の「赤潮ネット（沿岸海域水質・赤潮観測情報）」の情報提供サイト内に平成 30 年度に開設した「貧酸素情報」サイトを継続利用し、収集した水温、塩分、溶存酸素等のデータを一般向けに広く迅速に提供する。

2) 貧酸素水塊による被害軽減技術の開発

ア. 有明海及び周辺海域で発生する貧酸素水塊の被害軽減技術の開発

橘湾奥部の海底付近から発生する貧酸素水塊による漁業被害の軽減を図るため、夏季の橘湾奥部の貧酸素化の実態調査と漁業者への情報提供に取り組み、操業の効率化を図る。

イ. 東京湾で発生する貧酸素水塊の被害軽減技術の開発

東京湾の貧酸素水塊による漁業被害の防止を図るため、まず、有用魚介類の卵稚仔に貧酸素水塊が及ぼす影響の解明に取り組む。また、浅海域魚類の貧酸素化に対する動態解明（群集変化と移動に及ぼす影響解明）に取り組む。

3) 事業検討会の開催等

本事業課題を効率的に実施するとともに、成果等を取りまとめるため、海洋環境分野（特に貧酸素水塊）に精通した有識者 2 名の出席を得て、事業検討会を 2 回開催する。

Ⅱ. 令和3年度成果報告

1) 貧酸素水塊の発生シナリオの構築と予察技術の開発

ア. 有明海における貧酸素水塊のモニタリングと消長シナリオの構築

①有明海奥部

水産研究・教育機構 水産技術研究所

徳永貴久、杉松宏一

福岡県水産海洋技術センター有明海研究所

古賀 まりの、徳田 眞孝、藤井直幹

佐賀県有明水産振興センター

太田洋志、岩永卓也、藤武史行、三根崇幸

1. 全体計画

(1) 目的

水産研究・教育機構が福岡県水産海洋技術センター有明海研究所及び佐賀県有明水産振興センターと共同して、有明海奥部の観測定点において、水質の連続観測を実施するとともに、定期観測を実施する。得られた観測データを基に、有明海における貧酸素水塊の消長シナリオの構築及び貧酸素水塊の発生予察手法の検討に資する。

2. 令和3年度計画および結果

ア 有明海湾奥西部における貧酸素水塊の動態

(1) 目的

全体計画に同じ

(2) 試験等の方法

1) 水質の連続観測

図 1-1-1 の赤丸で示す有明海の奥部の3定点において、令和3年7月から9月の間に自動観測機器等を用いた水質の連続観測を実施した。測点 T13（国営干拓沖）では表・底層、測点 P6（沖神瀬西）、測点 P1（大浦沖）では全層の水質データ（水温、塩分、クロロフィル蛍光、濁度、溶存酸素、流向・流速）を各々 10 分、30 分間隔で取得した（詳細は表 1-1-1 を参照）。また、測点 T13、P6、P1 では 30 分間隔でテレメトリーシステムによるリアルタイムデータ送信を行い、ホームページ「有明海水質連続観測」（<http://ariake-yatsushiro.jp/>）で情報を公表した。



図 1-1-1. 有明海奥部西側海域の観測点、観測定線

2) 水質の鉛直断面定期観測

前述 1) の水質の連続観測と並行して、有明海奥部から諫早湾にかけての 8 点（図 1-1-1）において、おおよそ 1 週間に 1 回の頻度で多項目水質計（JFE アドバンテック社製：AAQ-175W 型）を用いて、表層から底層までの水温、塩分、クロロフィル蛍光、濁度、溶存酸素、水深等の鉛直観測を行うと共に、透明度を測定し、塩分、栄養塩、溶存酸素、クロロフィル色素、植物プランクトンの組成・細胞密度を測定するための採水を実施した。

表 1-1-1. 有明海奥部における連続観測機器と観測項目

観測点 番号	観測点名称	北緯		東経		水深 (m)	観測層	テレメトリー	機器名						連続観測項目							
		度	分	度	分				水深	水温・ 塩分	溶存 酸素	Chl・ 濁度	光量子	流向・ 流速	水深	水温	塩分	溶存 酸素	Chl	濁度	空中 光量子	流向・ 流速
T13	国営干拓沖 (鋼管323)	33	6.75	130	12.79	5	0.5m	有	—	ACTW- CAR	—	ACLW2- CAR	—	AEM- CAR	—	○	○	—	○	○	—	○
							海底上 0.2m	有	DEFI	ACTW- CAR	AROW2 -CAR	ACLW2- CAR	—	AEM- CAR	△	○	○	○	○	○	—	○
P6	沖神瀬西	33	3.76	130	13.31	10	全層	有	AAQ	AAQ	AAQ	AAQ	ALW	ADCP	○	○	○	○	○	○	○	○
P1	大浦沖	33	0	130	14.5	20	全層	有	AAQ	AAQ	AAQ	AAQ	ALW	ADCP	○	○	○	○	○	○	○	○

△ 10分間隔で測定・メモリに記録

○ 30分間隔で測定・値を送信

注：表中に略称で示した観測機器の名称及び機種は以下のとおり。

DEFI：小型メモリー式圧力計：JFE アドバンテック社製

ACTW-CAR：有線式水温・塩分計：JFE アドバンテック社製

AROW2-CAR：有線式溶存酸素計：JFE アドバンテック社製

ACLW2-CAR：有線式水温・クロフィル・濁度計：JFE アドバンテック社

AEM-CAR：有線式電磁流速計：JFE アドバンテック社製

ADCP：超音波式流向流速計：Nortek 社 Aquadopp profiler（大型自動観測ブイに装備）

AAQ：自動昇降型ワイパー付多項目水質計：JFE アドバンテック社製（AAQ-175W）

ALW：空中光量子計：JFE アドバンテック社製（ALW-CMP）

表中の△は 10 分間隔で観測し、メモリー保管されたデータを定期的に収集。

表中の○は 30 分間隔で観測、データを携帯電話通信により送信。

（3）結果および考察

1) 有明海湾奥西部海域における貧酸素水塊の消長

7 月 1 日から 7 月 8 日までの筑後川からの淡水流入は小さく、日平均流量（瀬ノ下）は 100 m³/s 未満だった（図 1-1-2）。しかしながら、7 月 9 日の筑後川流量は 500 m³/s を越えた。その後は徐々に低下し、7 月 19 日から 7 月 31 日まで 100 m³/s 未満だった。台風 9 号に伴う降雨により 8 月 9 日の筑後川流量は 700 m³/s を越えた。その後、停滞前線に伴う大雨により 8 月 12 日から 15 日までは 2,000 m³/s 以上となり、特に、8 月 14 日は 4,000 m³/s 以上だった。9 月 2 日から 4 日まで日平均流量が 200 m³/s を越えたが、それ以外は大きな流入はなかった。

沖神瀬西の風速は、7 月 14 日に一時的に 10 m/s を越えたが、それ以外は強い風はほとんど吹かなかった（図 1-1-2）。台風 9 号の影響によって 8 月 8 日に一時的に 10 m/s を越えた。また、8 月 17 日、21 日、24 日に短期的に 10 m/s 程度の風が吹いた。台風 14 号の影響により、9 月 15 日に 9 m/s を記録し、9 月 17 日は一時的に 10 m/s を大きく越えた。

有明海奥部の観測点 T13（国営干拓沖）における底層の溶存酸素は、7 月 3 日に短時間で

あるものの貧酸素状態（溶存酸素 3.0 mg/L 未満）になった（図 1-1-2）。また、15 日頃までは高い状態であったものの、それ以降は低下し、16 日には再び貧酸素状態が観測されるようになった。17 日から 21 日にかけて連続的に貧酸素状態が観測されるようになり、溶存酸素が 0.5 mg/L を下回ることもあった。21 日に急激に溶存酸素は上昇し、それ以降は断続的に貧酸素状態が観測された。8 月 13 日まで断続的に貧酸素状態になった。また、短期的に溶存酸素が 0.5 mg/L を下回ることもあった。8 月下旬も短期的に変動が大きく、溶存酸素が 0.5 mg/L を下回ることもあり、29 日からは継続的に貧酸素状態が観測された。9 月 1 日から 2 日まで貧酸素状態だった。特に、1 日は溶存酸素が 0.5 mg/L を下回ることもあった。その後は大きく変動し、貧酸素状態と溶存酸素が高い状態を繰り返しながらも、5 日から 11 日は上昇傾向となったが、11 日以降は下降傾向となった。14 日から 15 日は継続的に貧酸素状態が観測されたものの、15 日に接近した台風 14 号の影響により、溶存酸素は高い状態に回復した。

沖合域の観測点 P6（沖神瀬西）の底層の溶存酸素は、7 月 1 日から徐々に低下し、4 日には貧酸素状態になった（図 1-1-2）。5 日から 10 日までは徐々に上昇したものの、10 日から再び低下し、15 日には貧酸素状態となった。それ以降、貧酸素状態が継続して観測された。7 月 16 日から 8 月 13 日まで継続的に貧酸素状態が観測され、2 日からは溶存酸素が 0.5 mg/L を下回ることもあった。大雨後の 15 日からは再び貧酸素状態が観測され、25 日に短期的に貧酸素状態から回復したものの、その後は再び貧酸素化し 9 月 11 日まで続いた。9 月 4 日までは溶存酸素が 0.5 mg/L を下回ることもあった。その後、14 日まで概ね貧酸素状態が継続した。台風 14 号が接近した 15 日以降は、貧酸素状態から回復し、継続的に高い溶存酸素が観測された。

さらに沖合域の観測点 P1（大浦沖）でも、7 月 8 日から断続的に貧酸素状態が観測され、7 月 21 日から 24 日まで貧酸素状態が継続して観測された（図 1-1-2）。8 月 5 日から 10 日まで継続的に貧酸素状態が観測された。また、8 月 11 日から 29 日までは、貧酸素状態が継続して観測された。9 月は機器不調のため欠測となった。

定期観測による有明海奥部の水質の鉛直断面図からは、7 月 5 日に P6 で貧酸素水塊が形成された（図 1-1-3）。7 月 19 日には干潟縁辺部（浅海）から沖合にかけての広い範囲で貧酸素水塊が観測された。8 月 10 日、19 日、23 日に観測点 T13 から P1 まで密度成層が形成された。特に、19 日は大雨による流量増加の影響により、広い範囲で表層塩分が低下し強い密度成層が形成された。8 月 2 日に P6 で貧酸素水塊が形成され、10 日及び 23 日には干潟縁辺部（浅海）から沖合にかけての広い範囲で貧酸素水塊が観測された。

2）有明海湾奥西部海域における貧酸素水塊の経年変動と物理的要因

有明海奥部西部海域での貧酸素水塊は、物理的要因（密度成層の形成等）及び化学・生物的要因（酸素消費）によって形成されることが明らかになっている（速水 2007）。貧酸素水塊の経年変動と栄養塩負荷とを統計的に関係付ける研究は、しばしば経年変動の大部分を説明できないことが報告されている（Hagy et al. 2004、Murphy et al. 2011、Scully 2013、2016）。ここでは、酸素消費速度が非常に大きいことを仮定し、物理的要因のうち、潮汐・潮流振幅とそれによる鉛直混合に着目して貧酸素水塊の経年変動要因について解析した。