

2017年度  
温暖化・海洋酸性化の研究と対策  
報告書

公益財団法人 笹川平和財団  
海洋政策研究所



## はじめに

国連海洋法条約等の国際約束や海洋の持続可能な開発および利用を実現するための国際的取組みを受けて、地球表面の7割を占める海洋の総合的管理と持続可能な開発に向けた各国の取組みが進んでいます。

笹川平和財団海洋政策研究所は、その前身である海洋政策研究財団の時代より、「人類と海洋の共生」を目指し、海洋の総合的な管理や、海洋教育・人材育成、海洋環境・生物多様性の保全などに関する調査研究を実施してきました。その成果は、国際社会による海洋の持続可能な発展の実現に資する提言として取りまとめております。そして、この調査研究の一環として、当研究所では、2012年6月の「リオ+20」で国際的行動計画に初めて採り上げられた地球的な課題である「海洋酸性化」の問題についても、その重要性にかんがみ、2015年の合併による新財団スタートを飾る海洋の重点研究のひとつとして取り上げ、「温暖化と海洋酸性化の研究と対応策」事業を立ち上げました。

地球規模での二酸化炭素の排出増加がもたらす問題としては、温室効果による地球温暖化が広く知られています。しかし、大気中の二酸化炭素増加がもたらす深刻な問題は、それだけではありません。大気中の二酸化炭素が増加すれば、海に吸収される二酸化炭素量もまた増加し、それによって海水の酸性化が進みます。この「海洋酸性化」は、科学者の間では前から認識されていましたが、国連持続可能な開発会議など地球的課題を議論する場では、ようやく最近になって採り上げられて国際的に注目されるようになった問題です。

2015年9月の「国連持続可能な開発サミット2015」で採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」が掲げる「持続可能な開発目標(SDGs)」においても、「海洋酸性化」はその「目標14 海洋及び海洋資源の保全と持続的利用」の行動ターゲットのひとつとして取り上げられ、「あらゆるレベルでの科学的協力の促進などを通じて、海洋酸性化の影響を最小限化し、対処する」とされています。このように、国際的には、目標14全体および「海洋酸性化」の問題への対応が始まっていますが、わが国では、この問題の重要性に対する認識はまだ低く、その対応は十分とは言えません。

そこで、海洋政策研究所では、2015年度に行った予察的な調査結果を踏まえ、わが国周辺に広がる北西太平洋に焦点を当てて、2016年度から、この問題に対する情報の発信・共有、その基盤となる「海洋危機ウォッチ」の構築に向けた取組みを本格化させました。その2年目として2017年度には、次期海洋基本計画に向けた海洋酸性化に関する提言の作成や、情報基盤の試験公開などを行いました。提言した内容は、2017年12月に安倍総理大臣に手交された総合海洋政策本部参与会議意見書にも含まれました。

本事業の実施にあたりまして熱心なご議論を頂きました「温暖化・海洋酸性化の研究と対策に関する調査研究委員会」の各委員の皆さま、本事業にご支援を頂きました多くの協力者の皆さまに厚く御礼を申し上げます。

2018年4月

公益財団法人笹川平和財団  
海洋政策研究所長 角南 篤



## 目 次

<b>第1章 事業の概要</b> .....	1
1 背景と目的 .....	1
2 実施内容 .....	2
3 実施体制 .....	2
<b>第2章 実施事項</b> .....	3
1 検討委員会の設置 .....	3
2 海洋の温暖化・酸性化に係る調査研究の推進 .....	12
2.1 提言書の作成 .....	12
2.2 国際的な議論の動向 .....	13
2.3 国際会議等への参画 .....	19
2.4 海洋教育に係る取組 .....	28
2.5 海洋酸性化に限らない取組み .....	32
3 情報基盤の整備・構築 .....	33
3.1 科学データの収集・整理・解析と予測システムの構築 .....	33
3.2 情報基盤となる「海洋危機ウォッチ」の試作 .....	51
4 まとめ .....	71
<b>参考資料</b> .....	73
参考資料 A 次期海洋基本計画に向けた海洋酸性化に関する提言 .....	74
参考資料 B 海洋危機ウォッチシステム利用マニュアル .....	82



## 第1章 事業の概要

### 1 背景と目的

人間社会が排出する二酸化炭素は、温室効果により地球温暖化をもたらすとともに、海水中に溶け込むことで海洋酸性化を進行させる。近年、海洋酸性化は「もう一つのCO2問題」として、海洋生態系等に大きな影響を与える要因とされ、影響把握が必要な世界共通の課題となっている。

すなわち、2012年の国連持続可能な開発会議RIO+20の合意文書「The Future We Want」にて「海洋酸性化と気候変動が海洋・沿岸の生態系と資源に与える影響について取り組むイニシアチブへの支援を求める」ことが示されるなど新たな課題として取り上げられて以降、2013年から2014年にかけて公表された気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第5次評価報告書にて、海洋酸性化について極域生態系やサンゴ礁といった海洋生態系に相当のリスクをもたらすと記されるなど、早急な対応が必要となっている。また、2015年の国連持続可能な開発目標（SDGs）やその目標14「海洋・海洋資源の保全、持続可能な利用」の実施に向けて開催された2017年の国連海洋会議などでも懸念が共有されている重要課題であり、欧米を中心に関係者のネットワーク構築が進められている。

海洋における地球温暖化と海洋酸性化の具体的影響については、例えば、日本周辺海域の造礁サンゴは、南からの海水温上昇により生息域が北上しつつあるが、低水温海域から進行する海洋酸性化が次第に南下するため、海水温上昇と海洋酸性化の挟み撃ちにあって30～40年後には生息適地がなくなるとも言われている。海洋における温暖化と酸性化の両面の環境変化は、社会経済面で海洋に大きく依存している我が国にとって、また地球規模でも人間社会に大きな影響を及ぼすと予想される。しかしながら、これら課題について、我が国では十分な研究や対応策が検討されていない。

このような背景を踏まえ、海洋における温暖化や海洋酸性化の課題について、2015年度の予察的な調査研究で得られた知見を踏まえ、2016年度より4年間の計画で実施する「温暖化・海洋酸性化の研究と対策」では、日本のリードが期待される北西太平洋海域を研究対象とし、海洋における温暖化や酸性化について国内外の状況を共有・発信し、現状と課題に係る理解を深めること、また、我が国において取り組むべき事項を具体的に検討・推進するとともに、今後必要となる対応策（適応策と緩和策）について提言することを目的として、調査研究を行う。

## 2 実施内容

初年度の 2016 年度には、先進的な取組を進める海外研究機関への訪問調査や国際会議の開催を通じて、西太平洋域において連携可能なネットワークの構築に向けた検討を行うとともに、情報基盤である「海洋危機ウォッチ」の試作を行った。特に海外からの 6 名を含む 16 名の専門家を招聘し、140 名の参加のもとで 2017 年 1 月に開催した国際会議では、西太平洋の現状や課題を踏まえた対策やネットワーク構築の必要性について議論し、モニタリングや普及啓発の必要性を確認した。これら初年度の取組を受けて、2 年目の 2017 年度には以下を行う。

### (1) 海洋の温暖化・酸性化に係る研究の推進

予察的な調査研究を行った 2015 年度を含めた 2 年間の検討を踏まえ、国際貢献やモニタリング等の必要な取組を示した提言を行う。また、国連持続可能な開発目標の目標 14 (SDG14) の実施に向けて 2017 年 6 月に開催された「国連海洋会議」などの新たな国際動向を踏まえた整理を「科学と政策」の観点から行う。更に、国内外の会合への参加・発表により情報収集、成果発信を推進する。

### (2) 情報基盤の整備・構築

日本周辺を含む北西太平洋海域に主眼を置き、海洋における温暖化や酸性化の影響に係る情報を集約し、その進行予測や社会・経済面での影響を検討するとともに、そうした情報を共有し、対応策（適応策/緩和策）について国際社会を含めた議論を行う「海洋危機ウォッチ」の構築を目指す。2017 年度は、2016 年度に試作を踏まえ、情報の充実化を行うとともに、日本国内向けにプロトタイプシステムの公開を行う。

## 3 実施体制

本調査研究は、以下の体制にて実施した。

角南 篤	笹川平和財団海洋政策研究所長		
寺島 紘士	笹川平和財団海洋政策研究所	参与	
吉田 哲朗	笹川平和財団海洋政策研究所	副所長	
古川 恵太	笹川平和財団海洋政策研究所	海洋研究調査部	部長
角田 智彦	笹川平和財団海洋政策研究所	海洋研究調査部	主任研究員
前川 美湖	笹川平和財団海洋政策研究所	海洋研究調査部	主任研究員
中村 修子	笹川平和財団海洋政策研究所	海洋研究調査部	研究員
高原 聡子	笹川平和財団海洋政策研究所	海洋研究調査部	研究員

## 第2章 実施事項

### 1 検討委員会の設置

本実施において、国内外の関連動向を踏まえて本調査研究を進めるため、必要な事項について検討するとともに、活動内容について助言や指導を受け、当該事業の進捗を図るため、次に示す有識者・専門家による「温暖化・海洋酸性化の研究と対策に関する調査研究委員会」を設置した。

井田 徹治	共同通信社 編集・論説委員
小埜 恒夫	国立研究開発法人 水産研究・教育機構 国際水産資源研究所 外洋資源部 国際資源環境グループ グループ長
喜田 潤	公益財団法人海洋生物環境研究所 実証試験場 応用生態グループ 応用生態グループマネージャー
白山 義久 (委員長)	国立研究開発法人 海洋研究開発機構 理事
野尻 幸宏	弘前大学 理工学部 地球環境学科 弘前大学大学院 理工学研究科 教授
原田 尚美	国立研究開発法人 海洋研究開発機構 地球環境観測研究開発センター 研究開発センター長代理
藤井 賢彦	北海道大学大学院地球環境科学研究院 准教授
森下 丈二	東京海洋大学 海洋政策文化学部門 教授
山形 俊男	公益財団法人 笹川平和財団 海洋政策研究所 特別研究員
山野 博哉	国立研究開発法人 国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター長

(50音順・敬称略)

検討委員会は、2017年8月3日(木)、2018年3月9日(金)の2回開催し、海洋酸性化の課題に対する提言や、国内外での関連議論の動向も踏まえた効果的な研究成果の発信方策等について議論を行った。開催の概要を以下に示す。

## (1) 第1回検討委員会

1. 日時：2017年8月3日（木） 9時～11時

2. 場所：笹川平和財団ビル5階会議室

3. 出席者（50音順・敬称略）：

（委員）

井田 徹治	共同通信社編集・論説委員
小埜 恒夫	国立研究開発法人水産研究・教育機構 国際水産資源研究所 外洋資源部 国際資源環境グループ グループ長
喜田 潤	公益財団法人海洋生物環境研究所 実証試験場 応用生態グループ 応用生態グループマネージャー
白山 義久	国立研究開発法人海洋研究開発機構 理事
野尻 幸宏	弘前大学工学部地球環境学科 弘前大学大学院理工学研究科 教授
原田 尚美	国立研究開発法人 海洋研究開発機構 地球環境観測研究開発センター 研究開発センター長代理
森下 丈二	東京海洋大学海洋政策文化学部門 教授
山形 俊男	公益財団法人笹川平和財団 海洋政策研究所 特別研究員

（オブザーバー）

宮澤 泰正	国立研究開発法人海洋研究開発機構 APL グループリーダー
松山 為時	いであ株式会社国土環境研究所 主査研究員

（事務局他）

角南 篤	笹川平和財団海洋政策研究所 所長
吉田 哲朗	笹川平和財団海洋政策研究所 副所長
古川 恵太	笹川平和財団海洋政策研究所 海洋研究調査部 部長
角田 智彦	笹川平和財団海洋政策研究所 海洋研究調査部 主任研究員
前川 美湖	笹川平和財団海洋政策研究所 海洋研究調査部 主任研究員
中村 修子	笹川平和財団海洋政策研究所 海洋研究調査部 研究員
高原 聡子	笹川平和財団海洋政策研究所 海洋研究調査部 研究員

#### 4. 資料：

資料 1 2016 年度調査報告書

資料 2 国連海洋会議報告

資料 3 2016 年度活動計画

資料 4 政策提言（案）

参考資料 1 事業全体概要

参考資料 2 国連海洋会議成果文書（Call for Action 他）

参考資料 3-1 出張報告（ICP18）

参考資料 3-2 海洋危機ウォッチの構築について

参考資料 3-3 神奈川海洋科学高校の取組

参考資料 4 海洋基本計画改定の概要

参考資料 5 予測システムの構築について（意見交換会用資料）

#### 5. 内容：

##### (a) 開会

本年度第 1 回委員会の開催にあたり角南所長により、海洋の問題に対してグローバルスタンダードで取り組んでいくということが新しい海洋政策研究所ミッションとして与えられ、海洋酸性化についても開催予定の「世界海洋会議（仮題）」の中心的課題として、様々なプラットフォームを活用して発信していきたい旨の挨拶が行われた。

また、前年度に引き続き、JAMSTEC の白山氏が委員長に選任された。

##### (b) 2016 年度事業実績について

資料 1 と参考資料 1 を用いて、2016 年度の事業実績について事務局より説明があった。主に 2017 年 1 月に「温暖化・海洋酸性化の研究と対策に関する国際会議」を開催したこと、海外での現地調査や国際会議への参加による情報収集やネットワークづくり、また、情報基盤「海洋危機ウォッチ」の構築を行ってきたことなどについて報告があった。

##### (c) 国連海洋会議の報告について

資料 2 および参考資料 2 を用いて、国連海洋会議（The Ocean Conference）について説明が行われた。2017 年 6 月に開催された本会議において、7 つの「パートナーシップ・ダイアログ」が行われ、海に関する持続可能な開発目標 14（SDG14）の中で海洋酸性化の問題にフォーカスする目標 14.3 に焦点をあてたパートナーシップ・ダイアログ 3 でも活発な議論が行われていたことについて報告があった。主なポイントとしては、海洋酸性化の問題に対し、総合的な対策が必要であり、パリ協定の 1.5 度目標の達成が重要であること、SIDS や脆弱なコミュニティへの資金的支援や能力構築が必要であること、さらに、当問題への対策として科学的知識の増大のためにも官民パートナーシップなどを含む広いパートナ

ーシップ構築が重要であることが挙げられた。また、科学的知識の増進と研究能力の向上、海洋技術の移転に関する「パートナーシップ・ダイアログ 6」や、国連海洋法条約 (UNCLOS) に反映されている国際法の実施による海洋及び海洋資源の保全及び持続可能な利用の強化に関する「パートナーシップ 7」でも海洋酸性化について言及があったことについて説明があった会議としては非常に盛り上がっていたのに対し、会議での日本政府のプレゼンスが低かった点について、委員から指摘があった。

#### (d) 2017 年度事業実施計画について

2017 年度の事業実施計画について、資料 3、4 および参考資料 3-1~3-4 を用いて説明が行われた。全体的な活動計画について、主に「海洋危機ウォッチ」の構築および海洋の温暖化・酸性化にかかる研究の推進を行う予定であることについて、資料 3 を用いて説明が行われた。

2017 年度を中心課題として海洋酸性化に関する政策提言を出すことが挙げられたことから、資料 4「次期海洋基本計画に向けた海洋酸性化に関する提言（素案）」をもとに提言の中身について議論が行われた。このタイミングで提言を出すこと背景としては、「世界海洋会議（仮題）」に向けて、海洋酸性化も会議の中心的な役割を担う予定であること、また、海洋基本計画の改定に向けてのプロセスの中で海洋酸性化の問題も議論の中に入れたことが挙げられた。また、提言の公表にあたっては、委員会の意見をふまえた内容として、当研究所が発表する方向で動いていると説明があった。提言の中身については、委員から以下の通りコメントがあった。

- ✓ 別添ファクトシートの「日本における海洋酸性化の取り組み」という項目タイトルを、「日本における海洋酸性化の現状把握と将来予測」に変えることを提案したい
- ✓ 「国が進めないといけない」というニュアンスを入れたい
- ✓ 環境省推進費の「海洋酸性化が石灰化生物に与える影響の実験的研究」は 2012~14 にも実施しており、そちらを引用する。
- ✓ 環境省は適応計画の地方での実施を始めており、適応ではアクションが始まっていると言える。ただ、より重要なのは緩和策である。新たに適応策の提言を追加するよりは、提言 1 の中に「適応を含めた研究が必要」と追記するのが良い。
- ✓ 提言では、包括的にカバーするよりも「今やるべきはこれだ」というポイントに絞るのが非常に重要である。
- ✓ 「国際標準化」について、ISO との関係など、より明確化する必要がある。
- ✓ 6 月に開催された国連海洋会議に言及し、世界的な課題だと捉えられているということ进行全面に出すべきである。詳細をしっかりと書き込むことにより提言にも迫力が出る。
- ✓ なぜ国政的に注目されている emerging issue なのか、ということがもう少し伝わるよう工夫が必要である。政治家や一般の人たちが「これは対策をとらなければいけない問題だ」と感じよう、社会経済的な部分を入れる必要がある。

- ✓ 米国で示された警鐘を一般の人にもわかりやすく伝えられるとよいのではないか。
- ✓ 海洋酸性化に関する研究結果を求めている人たち（漁業者等）という視点から、本当に興味を持っている人たちにに向けた言葉が入っている方が良いだろう。
- ✓ PICES や GOA-ON の関係など、国際標準化がなぜ求められているか等、ファクトシートに入れる必要がある。
- ✓ 漁業者も非常に不安になっているけれど、現時点では、それにこたえられる詳細な情報がない。
- ✓ 海洋酸性化の社会経済的インパクトに関する資料があったはずなので、それもぜひ提言に入れたら良いだろう。
- ✓ 「良い」政治家をつかまえるのが重要である。提言は、誰に（どこに）出すかが重要。あて先を総合海洋政策本部にし、環境省記者クラブに投げ込んではどうか。タイムリーさを作るのが大切である。
- ✓ パリ協定の文言を正確に引用するべきである（1.5 度目標について）

また、国際会議での活動については、2017 年 11 月にドイツ・ボンで開催予定の UNFCCC COP23 にて海洋酸性化に関するサイドイベントを通しての連携を検討していることのほか、2018 年 6 月に米・ワシントン DC で開催予定の「気候変動と海洋シンポジウム (International Symposium on the Effects of Climate Change on the World Oceans)」や同じく 2018 年に横浜で開催予定の PICES の年次会合なども見据えて、発表や情報収集、ネットワーク強化を図る予定であることについて説明があった。海洋政策研究所が計画している「世界海洋会議」について、委員より第 2 回国連海洋会議（2020 年）を踏まえて、開催するタイミングを考えた方が良いとの意見があった。

また、事務局より参考資料 3-2 を用いて従来から計画してきた情報基盤「海洋危機ウォッチ」の構築に関する進捗、また、映像を通じた国内向けの情報発信について説明があった。海洋危機ウォッチは今年度中の公開を目指しており、情報発信用の映像に関しては、英・プリマス海洋研究所が 2009 年にリリースした小学生などが作成した海洋酸性化の解説映像の日本語吹き替え版の作成について説明があった。また、海洋酸性化がわかりやすく解説されている例として委員より IAEA の「Summary for Policymakers」や米・議会調査局が作成したレポートなどが挙げられ、これらの和訳も国内における効果的な情報発信になるのではないかと、この意見もあった。

#### (e) その他、閉会

閉会后、JAMSTEC 宮澤氏より、資料 5 を用いた最新の海洋酸性化の予測計算結果についての発表及び発表内容をもとにした委員による意見交換が行われた。

## (2) 第2回検討委員会

1. 日時：2018年3月9日（金） 10時～12時

2. 場所：笹川平和財団ビル6階会議室

3. 出席者（50音順・敬称略）：

### （委員）

小埜 恒夫	国立研究開発法人水産研究・教育機構 国際水産資源研究所 外洋資源部 国際資源環境グループ グループ長
喜田 潤	公益財団法人海洋生物環境研究所 実証試験場 応用生態グループ 応用生態グループマネージャー
白山 義久	国立研究開発法人海洋研究開発機構 理事
野尻 幸宏	弘前大学工学部地球環境学科 弘前大学大学院理工学研究科 教授
山形 俊男	公益財団法人笹川平和財団 海洋政策研究所 特別研究員
山野 博哉	国立研究開発法人 国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター長

### （専門家）

石井 雅男	気象庁気象研究所 海洋・地球環境化学研究部 第三研究室 室長
-------	--------------------------------

### （オブザーバー）

宮澤 泰正	国立研究開発法人海洋研究開発機構 APL グループリーダー
石津 美穂	国立研究開発法人海洋研究開発機構 APL 研究員
黒川 忠之	いであ株式会社国土環境研究所 環境技術部 主査研究員
松山 為時	いであ株式会社国土環境研究所 環境技術部 主査研究員
小久保 貴幸	いであ株式会社情報システム事業本部 防災情報システム部

### （事務局他）

吉田 哲朗	笹川平和財団海洋政策研究所 副所長
古川 恵太	笹川平和財団海洋政策研究所 海洋研究調査部 部長
角田 智彦	笹川平和財団海洋政策研究所 海洋研究調査部 主任研究員
前川 美湖	笹川平和財団海洋政策研究所 海洋研究調査部 主任研究員
中村 修子	笹川平和財団海洋政策研究所 海洋研究調査部 研究員

#### 4. 資料：

資料 1-1 2017 年度第 1 回委員会議事概要

資料 1-2 次期海洋基本計画に向けた提言

資料 1-3 予測システム構築について

資料 1-4 情報基盤構築について

資料 1-5 国際会議などの報告

資料 2-1 「Call for Action (我らの海、我らの将来：行動の要請)」(暫定訳)

資料 2-2 「私たちの海洋会議 (Our Ocean)」他

資料 3 今後について

参考資料 1-1 2017 年度活動計画

参考資料 1-2 参与会議意見書／海洋環境 PT 報告書

参考資料 3-1 提供資料 (小笠)

参考資料 3-2 提供資料 (石井)

#### 5. 内容：

##### (a) 開会

本年度第 2 回委員会の開催にあたり吉田副所長より挨拶があった。また、白山委員長より、本事業の折り返し地点に立ち (4 年のうち 2 年目終了)、今後を見据えた議論にも発展させたい旨の挨拶があった。

##### (b) 2017 年度事業報告について

###### (b-1) 海洋酸性化に関する提言

資料 1-2 と参考資料 1-2 を用いて、2017 年度の事業実績について事務局より説明があった。今年度の中心課題であった海洋酸性化に関する提言は、海洋政策研究所としての提言書を 8 月 30 日に海洋環境の維持・保全プロジェクトチームにて配布し、HP にも公開した。提言書にはより具体的な科学的根拠を示すデータ等をまとめたファクトシートを添付し、また提言書の英語版を作成し COP23 等の会場でもアピールしたことが報告された。

なお、総合海洋政策本部参与会議の海洋環境の維持・保全プロジェクトチーム報告書の中では、SDGs や海洋観測の重要性と共に地球温暖化・海洋酸性化への対応についても大きく取り上げられ、第 3 期海洋基本計画策定に向けた総合海洋政策本部参与会議意見書にも反映されている。

###### (b-2) 情報基盤「海洋危機ウォッチ」構築について

資料 1-3 を用いて情報基盤「海洋危機ウォッチ」における予測情報システム (モデル開

発)の進捗について JAMSTEC 宮澤氏より報告があった。(1)沿岸域の全国的な酸性化傾向を捉えた論文を投稿中であるが、編集者から公共用水のみのデータでは不十分な見解である査読コメントがあり、検討・改訂中であること (2)予測モデルからは pH の地域的傾向が見られるが、日本海については全炭酸などの観測との差が大きくなってしまふことなどが報告された。

資料 1-4 では情報基盤「海洋危機ウォッチ」構築、HP 公開について事務局から説明があった。コンテンツとして海洋酸性化の予測、観測情報の他に、ニュース記事の掲載、学習コーナーでは子ども向けのクレイアニメーション「もう 1 つの CO<sub>2</sub> 問題」の日本語字幕版 (OPRI 作成)を公開すること、また神奈川海洋科学高校での pH 測定実習の様子も掲載し、教育関係者の関心も高めていきたいとのことが報告された。

これら報告等について、委員から、日本海底層での酸性化の研究でも電極での pH 計測値への信頼性が指摘されていることや、亜熱帯域では栄養塩が少ないにも関わらず炭酸の変化が大きいことが未解決の謎の 1 つであること、pH だけでなくアラゴナイト飽和度  $\Omega$  が公開されると良いこと、夏の台風での鉛直混合について調べられると面白いことなどのコメントがあった。また、日本海での観測データとの差や長期予測についての質問があり、差の要因は気候値 (初期値) に起因していることや、長期間の再解析による過去の検証を予定していること、CMIP 長期予測の公開については 1 カ月平均値の HP 公開を予定していることが回答された (より詳細なデータ提供は個別対応可能)。情報基盤「海洋危機ウォッチ」については、トップページのビジュアルを意識することなどのコメントがあり、事務局からは、HP 掲載の図表などのクレジットを再確認のうえ今年度中に HP を一般向けに公開することが表明された。

#### (c) 国際会議参加報告および関連動向

資料 1-5 など用いて、2017 年度に参加した気候変動/海洋酸性化関連の国際会議等の参加報告が事務局から行われた。海洋と海洋法に関する国連非公式協議プロセス第 18 会期 (ICP 18, 5 月, N.Y 国連本部)、北太平洋海洋科学機構年次大会 (PICES 2018, 9 月, ウラジオストック)、Ocean Networks Canada ワークショップ (ONC, 2018 年 2 月, カナダ・ヴィクトリア)、国連気候変動枠組条約第 23 回締約国会議 (UNFCCC COP23, 11 月, ドイツ・ボン)、アメリカ地球物理連合海洋科学会議 (AGU OSM, 2018 年 2 月 米国ポートランド) などである。ICP 18 では今年度のテーマが「気候変動が海洋に与える影響」であり、海洋温暖化・酸性化から生態系・水産資源・防災まで幅広く各国での事態を知る機会となった。PICES2018 では炭素循環と気候を扱う S-CC セクションで海洋酸性化問題が取り上げられ、大会期間中 東京大学海洋アライアンスの徳永氏により、志摩伊勢エビ漁の漁協での資源管理の有効性について、また JAMSTEC 石津氏により日本沿岸の海洋酸性化傾向に関する解析結果について、等の発表がされた。ONC では海洋酸性化モニタリングで使用される海洋センサー類のレビューや評価基準についての議論がなされ、OPRI からは政策提言や海洋危機ウ

ウォッチの紹介も行われた。AGU OSM は海洋科学研究の大きな研究大会であり、あらゆる海域での海洋の変化、酸性化や貧酸素化についても発表件数が多かった。JAMSTEC 石津氏により酸性化予測システムのモデル構築・改良の発表、海洋政策研究所の中村研究員のツバルサンゴ年輪分析による気候変動・人為汚染環境変動史復元の発表も行われた。

また 2017 年度では重要な位置づけとなった 6 月の国連海洋会議 (Ocean Conference) は、その宣言 ‘Call for Action’ の中で気候変動と海洋酸性化の沿岸域生態系への影響に対する効果的な適応策や緩和策の策定と実施が謳われた。また 10 月にマルタで開催された「Our Ocean (私たちの海洋)」会議では海洋汚染、保全、安全保障、ブルーエコノミー、持続可能な漁業、気候変動をテーマに政府や国際的リーダーが具体的なコミットメントを発表した。COP23 の期間中には OPRI が UNESCO-IOC 等との共催で特別イベント「オーシャンズ・アクション・デー」を開催するとともに、海洋酸性化に関する国連公式サイドイベントで海洋政策研究所の角田主任研究員が日本の取組みを発表した。

石井氏より、国際海洋観測システム (GOOS; Global Ocean Observing System) ネットワーク構築の紹介があった。現在世界各地で個々に取り組まれている海洋観測を体系 (Strategic Mapping) 化し、コーディネートして科学的利益を最大限に得られる観測システムとし、気候変動・サービス・海洋保全について社会利益を生じることを目的としている。

#### (d) 今後について

3 年目となる 2018 年度には、提言した 4 点について、以下の計画で推進する予定である。

- ・モニタリングの推進等 (科学的知見に基づく把握と対応策の検討)
- ・GOA-ON など国際連携の強化への貢献、10 月に海洋酸性化シンポジウム開催案
- ・適応策、緩和策推進
- ・海洋危機ウォッチの充実化

10 月には PICES 年次大会が横浜で開催予定であり、その機会を捉えて海洋酸性化シンポジウムの開催を企図すること、期間前後は様々な会議が予定されており、10 月 28 日が実施候補日となる。開催にあたっては、科学者による現状報告とともに、科学から政策へ議論を展開させて如何に結びつけて行けるか、コーディネートを検討する必要があることが事務局より報告された。

これに対して、委員からは、海洋起源の緩和策推進として CCS や 洋上風力発電は取り上げたいことや、日本の海洋酸性化に係る政策について各官庁／機関の部署で立場が弱いため、それを繋ぐネットワークにも着目する必要があること、環境省で「適応計画」を検討しており、緩和策だけでなく適応策も意識する必要があること、沿岸域の海洋酸性化の適応については汚染への対応も重要であることなどについてコメントがあり、ブルーカーボンの効果なども交えながら議論が行われた。

## 2 海洋の温暖化・酸性化に係る調査研究の推進

予察的な調査研究を行った 2015 年度を含めた 2 年間の検討を踏まえ、国際貢献やモニタリング等の必要な取組を示した提言を行った。また、国連持続可能な開発目標の目標 14 (SDG14) の実施に向けて 2017 年 6 月に開催された「国連海洋会議」などの新たな国際動向を踏まえた整理を「科学と政策」の観点から行うとともに、国内外の会合への参加・発表により情報収集、成果発信を行った。更に、海洋の温暖化・酸性化に係る教育や、酸性化に限らない海洋の温暖化全般の課題に係る取組を行った。

### 2. 1 提言書の作成

日本政府の海洋に関する施策は、2007 年の海洋基本計画の施行以降、海洋基本計画に基づき講じられてきており、現行の第 2 期海洋基本計画が策定されてから 2017 年度末で 5 年を経過することから、2017 年度に第 3 期海洋基本計画の検討が進められた。海洋酸性化の課題に係る政府の取組みを促すため、2017 年度第 1 回委員会での議論を踏まえて、次の 4 項目から構成される「次期海洋基本計画に向けた海洋酸性化に関する提言」<sup>1</sup>を 2017 年 8 月に作成した。

- (1)科学的知見に基づく把握の推進と対応策の検討
- (2)国際貢献の推進
- (3)二酸化炭素の排出抑制対策の推進（緩和策の推進）
- (4)国民への啓発の推進

提言書では、第 1 番目の課題として、日本においても科学的知見の充実を挙げている。そのなかで、国際的にネットワーク化が進む海洋酸性化に係るモニタリングの必要性を強調し、2 番目の国際貢献でも取り上げている。海洋酸性化の課題では多項目観測を必要とするという点において、従来からの定線観測の継続がポイントとなる。また、ARGO フロート等の自動観測システムについても、新たな技術開発を促すものである。3 番目に取り上げた緩和策は、特に外洋域のプランクトン等への影響が将来懸念される点を意識したものである。海洋酸性化の最も重要かつ効果的な対応策は、二酸化炭素の排出抑制（緩和策の推進）である。しかしわが国では安易な適応策の議論や検討が先行されているようにも感じられる。そのうえで、4 番目の提言において、こうした点も含め、国民に広く啓発することを意識して記載した。また、啓発の一環として政策提言に 4 頁のファクトシートを添付し、端的で分かりやすい情報の発信に努めた。

2017 年 12 月に安倍総理大臣に手交された総合海洋政策本部参与会議意見書及び別添報

---

<sup>1</sup> 本報告書の参考資料として全文掲載

告書には、これら提言の内容が含まれており、第3期海洋基本計画の期間における、これら取組の進展が期待される。

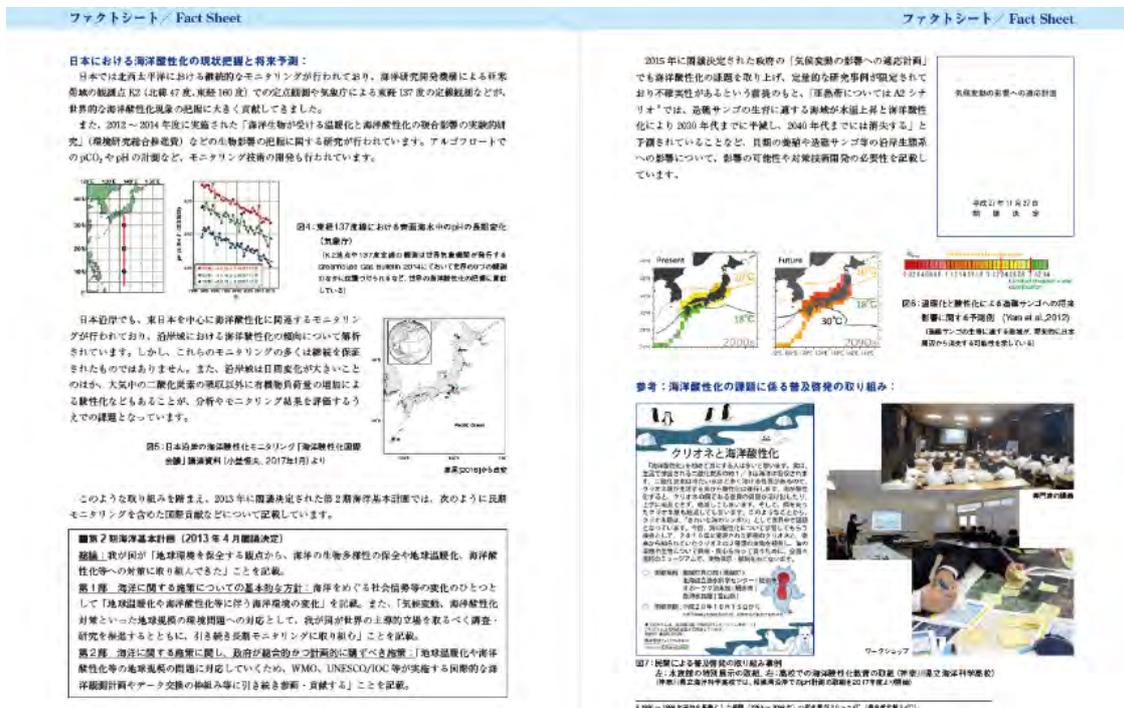


図1「次期海洋基本計画に向けた海洋酸性化に関する提言」（2017年8月）に付属して公表したファクトシート（抜粋イメージ）

## 2. 2 国際的な議論の動向

### 2. 2. 1 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)

2007年に承認されたIPCC第4次評価報告書では、「人為起源の二酸化炭素の吸収により、産業化以前とくらべて海洋のpHは平均で0.1減少し（酸性化し）、21世紀のうちに更に0.14~0.35減少する」と記している。また、造礁サンゴなどの海洋生物に影響する可能性について示しているものの、海洋酸性化に係る具体的な記述は限定的であった。

これに対して、2013年から2014年にかけて承認された第5次評価報告書では、科学的根拠を示す第1作業部会報告書において、海洋は人為起源の二酸化炭素の約30%を吸収し、海洋酸性化を引き起こしていることや、海面付近の海水のpHは産業化以降0.1低下していることを記すなど、海洋酸性化に係る記述が大幅に増えている。また、海洋に吸収される二酸化炭素の増加が、将来、酸性化を進めることがほぼ確実であることが政策決定者向け要約版に示されている。影響・適応・脆弱性について示す第2作業部会報告書においても、海洋酸性化は、植物プランクトンから動物までの個々の種の生理学的、行動学的及び個体数変動学的な影響に伴い、中位安定~高位安定シナリオにおいて、特に軟体動物

(Mollusks) や造礁サンゴ (Warm-water corals) に相当のリスクをもたらす可能性が示されている (図 2)。

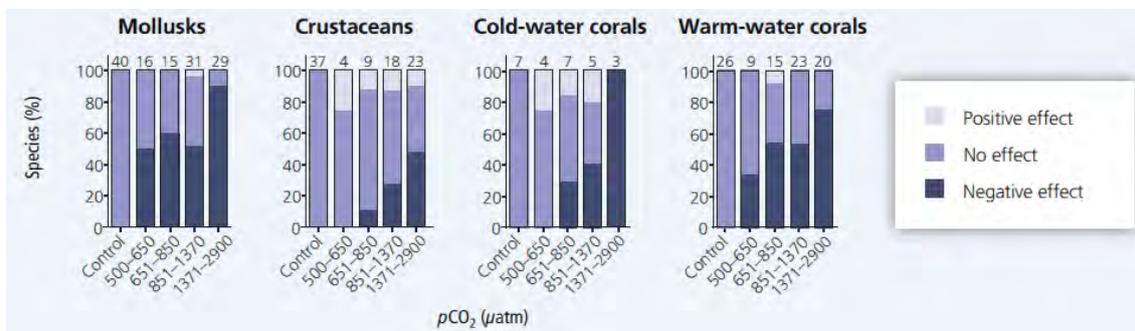


図 2 IPCC 第 5 次報告書の第 2 作業部会報告書の政策決定者向け要約版で紹介されている、各二酸化炭素分圧における生物への影響

二酸化炭素分圧は 2100 年の RCP4.5 シナリオ (500~650  $\mu\text{atm}$ )、RCP6.0 シナリオ (651~850  $\mu\text{atm}$ )、RCP8.5 シナリオ (851~1370  $\mu\text{atm}$ )、2150 年の RCP8.5 シナリオ (1371~2900  $\mu\text{atm}$ ) に相当。なお、Control は 370  $\mu\text{atm}$  を示す。

(出所：IPCC 第 5 次評価報告書 第 2 作業部会報告書<sup>2</sup>)

このように、IPCC 第 5 次評価報告書では、世界のモニタリングデータを評価し、海洋酸性化が実際に生じていることを明らかにした。また、予測シミュレーション結果から将来も海洋酸性化が進行する懸念を示すとともに、低位安定シナリオ (RCP2.6) の結果から、仮に二酸化炭素の排出を抑制できた場合には海洋酸性化の進行も抑制できることも示している。IPCC では、海洋に関連して 2019 年に「海洋と雪氷圏に関する特別報告書」が作成されることになっており、第 6 次評価報告書の取りまとめに向けて、この特別報告書を踏まえて海洋分野の議論が進む。

## 2. 2. 2 国連での議論の動向

IPCC などの科学者の検討を受けて、国連をはじめとする国際的な会議の間でも海洋酸性化に係る議論が進み、2010 年頃から各種政策文書のなかで明記されるようになってきた。代表的なものを以下に示す。

<sup>2</sup> IPCC, 2014: "Summary for policymakers. In: Climate Change 2014": Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.

### (1) 生物多様性条約

生物多様性条約は 1992 年のリオ地球サミットにて調印式が行われた条約で、個別生物種等に限らず、全球規模で生物多様性を考えてその保全を目指す国際条約である。2010 年に愛知で開催された同条約第 10 回締約国会議 (COP10) で採択された愛知目標では、その「目標 10」として、海洋酸性化についてサンゴ礁等への影響を踏まえ、次の記載が行われている。

「2015 年までに、気候変動又は海洋酸性化により影響を受けるサンゴ礁その他の脆弱な生態系について、その生態系を悪化させる複合的な人為的圧力が最小化され、その健全性と機能が維持される」<sup>3</sup>。

### (2) 国連持続可能な開発会議

2012 年の国連持続可能な開発会議 (リオ+20) では、その合意文書「The Future We Want」<sup>4</sup> において次のように海洋酸性化について取り組みの必要性を示している。

「私たちは、海洋酸性化と気候変動が海洋・沿岸の生態系と資源に与える影響について取り組むイニシアチブへの支援を求める。この点について、国際的な協力の強化も含め、私たちは次のことを繰り返し強調する。海洋酸性化を阻止し、海洋生態系とそれに依存する生物群の回復力を高めるために統合的に取り組むこと。また、海洋科学研究を支援し、海洋酸性化と特に脆弱な生態系への影響を監視・観測する必要性があること」。

### (3) 国連「持続可能な開発目標 (SDGs)」

「持続可能な開発目標 (SDGs)」は、2001 年に策定されたミレニアム開発目標 (MDGs) の後継として国連で定められた、2016 年から 2030 年までの国際目標であり、2015 年 9 月に国連で開催された「持続可能な開発サミット」において採択された。この SDGs の目標 14 の項目 3 にて「あらゆるレベルでの科学的協力の促進などを通じて、海洋酸性化の影響を最小限化し、対処する」ことが示されている。表 1 に示す 10 項目からなる目標 14 の一つに、海洋汚染や違法漁業などとともに位置づけられていることから、国連でのこの問題への注目が伺える。

<sup>3</sup> [https://www.biodic.go.jp/biodiversity/about/aichi\\_targets/index\\_03.html](https://www.biodic.go.jp/biodiversity/about/aichi_targets/index_03.html)

<sup>4</sup> [http://www.un.org/disabilities/documents/rio20\\_outcome\\_document\\_complete.pdf](http://www.un.org/disabilities/documents/rio20_outcome_document_complete.pdf)

表 1 SDGs 目標 14 のターゲット (出所：外務省仮訳)

ゴール 14 持続可能な開発のために海洋・海洋資源を保全し、持続可能な形で利用する	
14.1	2025 年までに、海洋ごみや富栄養化を含む、特に陸上活動による汚染など、あらゆる種類の海洋汚染を防止し、大幅に削減する。
14.2	2020 年までに、海洋及び沿岸の生態系に関する重大な悪影響を回避するため、強靱性（レジリエンス）の強化などによる持続的な管理と保護を行い、健全で生産的な海洋を実現するため、海洋及び沿岸の生態系の回復のための取組を行う。
14.3	あらゆるレベルでの科学的協力の促進などを通じて、海洋酸性化の影響を最小限化し、対処する。
14.4	水産資源を、実現可能な最短期間で少なくとも各資源の生物学的特性によって定められる最大持続生産量のレベルまで回復させるため、2020 年までに、漁獲を効果的に規制し、過剰漁業や違法・無報告・無規制（IUU）漁業及び破壊的な漁業慣行を終了し、科学的な管理計画を実施する。
14.5	2020 年までに、国内法及び国際法に則り、最大限入手可能な科学情報に基づいて、少なくとも沿岸域及び海域の 10 パーセントを保全する。
14.6	開発途上国及び後発開発途上国に対する適切かつ効果的な、特別かつ異なる待遇が、世界貿易機関（WTO）漁業補助金交渉の不可分の要素であるべきことを認識した上で、2020 年までに、過剰漁獲能力や過剰漁獲につながる漁業補助金を禁止し、違法・無報告・無規制（IUU）漁業につながる補助金を撤廃し、同様の新たな補助金の導入を抑制する。
14.7	2030 年までに、漁業、水産養殖及び観光の持続可能な管理などを通じ、小島嶼開発途上国及び後発開発途上国の海洋資源の持続的な利用による経済的便益を増大させる。
14.a	海洋の健全性の改善と、小島嶼開発途上国および後発開発途上国の開発における海洋生物多様性の寄与向上のために、海洋技術の移転に関するユネスコ政府間海洋学委員会の基準・ガイドラインを勧奨しつつ、科学的知識の増進、研究能力の向上、及び海洋技術の移転を行う。
14.b	小規模・沿岸零細漁業者に対し、海洋資源及び市場へのアクセスを提供する。
14.c	「我々の求める未来」のpara 158 において想起されるとおり、海洋及び海洋資源の保全及び持続可能な利用のための法的枠組みを規定する海洋法に関する国際連合条約（UNCLOS）に反映されている国際法を実施することにより、海洋及び海洋資源の保全及び持続可能な利用を強化する。

このように、2010 年頃から海洋環境に関連する国際会議の成果文書に軒並み海洋酸性化に係る記述が見られるようになった。しかし、SDGs の目標 14「海洋・海洋資源の保全と持続可能な利用」の他の項目が目標年次（ターゲット年次）とともに示されているのに対して、海洋酸性化の項目のみ目標年次が示されておらず、科学的知見の充実が求められる状況にある。

### 2. 2. 3 欧米における議論の展開

次に、2010 年頃から国際会議において海洋酸性化の課題が取り上げられてきた背景を、欧米の研究動向から見てみたい。

#### (1) 米国

米国では、2005 年から 4 年間、西海岸のオレゴン州およびワシントン州において養殖されているカキ幼生の大量死が生じたことにより、海洋酸性化に関連する課題が顕在化した。このカキ幼生の大量死の原因は、深層の pH の低い海水の湧昇によって生じたものであるが、将来の大気中の二酸化炭素濃度が上昇した海洋において類似の現象が生じうることを示す事例となった。

このカキ幼生の大量死を受けて、米国では「連邦海洋酸性化研究・モニタリング法（FOARAM Act）」が 2009 年に議会により可決された。この法律に基づき、米国 NOAA（海洋大気局）において、2011 年から Ocean Acidification Program が開始され、米国における幅広い研究において中心的な役割を果たした。

また、影響が顕在化したワシントン州においては、科学者と養殖業者等の地域産業界による提言書を踏まえて、2013 年にワシントン海洋酸性化センター(WOAC)が設立され、地域の海洋酸性化に関する戦略策定や関係者の連携促進を行っている。このような取り組みのもとで、湧昇発生予測や耐性種の検討などが行われている。

## (2) 欧州

欧州の海洋酸性化の研究は、2005年～2009年に行われた、欧州の6次フレームワークプロジェクト6 (FP6) のCARBOOCEANが主な基点となっている。CARBOOCEANは、炭素収支に関する評価を行う統合プロジェクトであるが、地球温暖化防止の手段である二酸化炭素回収・貯留 (CCS) にも着目したものであった。貯留に際しての二酸化炭素の漏洩は、海中での酸性化に直結する課題となる。

このプロジェクトにおいて海洋酸性化が海洋生物に与える影響に関する独立プロジェクトの必要性が示され、7次フレームワークプロジェクト (FP7) のもとでの事業や各国のプロジェクトが2000年代後半から展開された。各概要を以下に示す。

### －EPOCA (European Project on Ocean Acidification)

CARBOOCEANから派生した欧州FP7のプロジェクトである。期間は2008年から2012年の4年間で、10カ国32機関の参加のもとで、海洋酸性化の影響について社会経済評価も含めた検討が行われた。

このプロジェクトで特徴的なことは、研究活動の支援・広報活動を担うユーザグループが設置され、各国のプロジェクトも含めた研究者の連携を積極的に行ったことである。このユーザグループでは、政策決定者を喚起するための資料が数多く発信されている。

### －UKOA (UK Ocean Acidification Research Programme)

英国の海洋酸性化に係る2010年開始のプロジェクトで、期間は5年間である。商用魚種への影響や古気候に係る研究等も実施。23の大学・研究機関が参加。

### －BIOACID (Biological Impacts Of Ocean Acidification)

独国の海洋酸性化に係るプロジェクトで、2009年開始の第1期に続いて、2012年に第2期 (3年間) が実施された (15の大学・研究機関が参画)。生物影響研究のほか、社会経済への影響やステークホルダー関与についても検討。

このように欧州全体での大型プロジェクトであるCARBOOCEANやEPOCAが中心的な役割を担い、各国の研究が促進され、研究者のネットワークが構築された。また、政策決定者への発信なども精力的に行われた。

また、このようななか、アルバート2世モナコ大公の指導力のもとで、海洋酸性化問題への対策などを提案した「モナコ宣言」をモナコ公国が2009年に発行したことなどを受けて、国際的な海洋酸性化の拠点である海洋酸性化国際協力センター (OA-ICC) が、2012年7月にモナコに所在する国際原子力機関 (IAEA) の環境研究所に設立された。このセンターは実質的にEPOCAの研究者のネットワークを引き継いでおり、米国政府からの支援も受けて国際拠点としての地位を確立している。そして、OA-ICCの連携のもと海洋酸性化

の全球観測ネットワーク（GOA-ON、Global Ocean Acidification Observing Network）などの取り組みが進展している。

GOA-ON は 2012 年以降、海洋酸性化のモニタリングについて具体的に議論するワークショップなどを通じて着実に参加者を拡大させており、2016 年に豪州タスマニアで行われた第 3 回ワークショップでは、45 ヶ国から約 140 名の専門家の参加のもと、海洋酸性化の地域観測ネットワークの構築の推進に向けた議論が行われている。

#### 2. 2. 4 科学と政策の関係

このように、西海岸における養殖カキ幼生の大量死という明確な課題が起点となって、米国における検討が大きく進展した。また、欧州での科学者からの積極的な発信や、アルバート 2 世モナコ大公の関与などが、海洋酸性化の国際的な議論と並行して行われた。この流れの中で、科学的知見の充実をはかるための観測ネットワークの構築が進められたことは、科学と政策の連携の好事例と考えられる。

一方で、海洋酸性化の影響に係る科学評価については、Gattuso et al.(2015)<sup>5</sup>が指摘しているように、従来の個別生物種の影響評価を高度化した、複合要素の検討が求められるようになってきた。すなわち、海水温上昇なども含めた複合的なストレスの影響や、生態系全体での影響評価が求められるなど、より丁寧な議論が必要となっている。養殖カキ幼生の大量死に代表されるような明確な課題のもとで検討が進んだ初期段階から、成熟段階に至りつつあると考えられる。

このようななか、SDGs の目標 14 の推進のため 2017 年 6 月に開催された「United Nations Ocean Conference（国連海洋会議）」の成果文書「call for action」<sup>6</sup>において海洋酸性化は、海水温上昇・貧酸素化・海面上昇・海氷減少などの気候変動に係る諸課題と並列されるようになってきている。目標 14 の単独項目となり注目された海洋酸性化が他の課題と並列して示されている訳であるが、同様傾向は、“Our Ocean” という 2014 年にジョン・ケリー国務長官（当時）のホストのもとで開始された各国閣僚級が参加する国際会議などにおいても見られる（2014 年の第 1 回会議では 3 つの主要テーマのひとつであった海洋酸性化は、2017 年の第 4 回会議では気候変動のなかの一つの課題として扱われている）。海洋酸性化の課題は、引き続き海洋環境に係る重要な課題であるが、科学検討が成熟するにしたがって、海氷減少などの他の海洋環境の課題ともバランスのとれた形で位置づけられるようになってきている。

海洋酸性化は、2000 年頃から関連する研究論文が増え始めた、比較的新しい課題であるが、科学的知見の蓄積に従って政策議論が進み国連の会議などで大きく取り上げられ、モニタリングの推進などの取り組みが行われた。一方で、科学検討が成熟するにしたがっ

<sup>5</sup> Gattuso J.-P. et al. (2015). Contrasting Futures for Ocean and Society from Different Anthropogenic CO<sub>2</sub> Emissions Scenarios. *Science*, 349 (6243).

<sup>6</sup> <https://oceanconference.un.org/callforaction>

て、その位置づけの整理が行われつつある。2019年に予定されているIPCCの「海洋と雪氷圏に関する特別報告書」の議論などを通じて、更に科学と政策の対話が行われることにより、国際社会において適切な対策検討などの議論が促進することが期待される。

## 2. 3 国際会議等への参画

### 2. 3. 1 気候変動枠組条約 COP23

2017年11月6日から17日まで、ドイツ・ボンで気候変動枠組条約(UNFCCC)第23回締約国会議(COP23)が開催された。2016年の世界平均気温および海水面温度が史上最高を更新されるなど、気候変動の及ぼす影響は世界的により深刻化している。COP23は、2016年11月に発効した2020年以降の温室効果ガス排出削減等のための新たな国際枠組みである「パリ協定」の実施について議論する場となり、UNFCCC締約国や地域の代表、国際機関、NGO等から約31,000人が出席した。具体的にはパリ協定の実施指針(2018年のCOP24において採択予定)に定めるべき内容についての交渉が継続されるとともに、2018年から開始されるパリ協定実施前に締約国に温室効果ガス削減目標の上積みをも促す促進的対話(「タラノア対話」)の概要が決定された。

ここでは、「温暖化・海洋酸性化の研究と対策」事業での出張の主目的であった、国連公式サイドイベント「海洋と気候：明らかになった事実(Ocean and Climate: the evidence unwrapped)」を中心に、「オーシャンズ・アクション・イベント at COP23 ボン」についても触れつつ報告する。

- (1) サイドイベント「海洋と気候：明らかになった事実(“The Ocean and Climate: the evidence unwrapped”)」への登壇

#### 【開催概要】

日 時： 2017年11月12日(日) 16:30~17:45

場 所： 世界自然保護基金(WWF)パビリオン

主 催： 英国プリマス海洋研究所(Plymouth Marine Laboratory)

#### 【内容】

COP23会場ボン・ゾーンの世界自然保護基金(WWF)パビリオンにおいて開催された国連公式サイドイベント「海洋と気候：明らかになった事実(Ocean and Climate: the evidence unwrapped)」(主催：英プリマス海洋研究所)において、海洋政策研究所の角南篤所長と角田主任研究員が登壇し、当研究所の沿革や、温暖化・海洋酸性化等についての活動業績を紹介するとともに、ブルーエコノミーの実現に向けて今後も取り組んでいくことを表明した。



写真：海洋酸性化について発表する角田主任研究員（左）、パネル討論の様子（右）

イベントは、Vladimir Ryabinin 氏（IOC-UNESCO 事務局長）のファシリテートのもとで開催され、まず、Ronnie Jumeau 氏（セーシェル諸島気候大使）より開催挨拶が行われた。海洋国セーシェルでは、経済（観光や漁業が主要産業）や暮らしが海洋に依存しており、フィジーが示す Oceans Pathway への支持や、SDG14 の重要性が指摘された。また、プリマス海洋研究所の Carol Turley 氏より、趣旨説明が行われた。海洋の温暖化は、海洋貧酸素化、海面水位上昇、海洋循環などに影響を与えており、海洋は気候変動の最前線であり、UNFCCC 第 2 条に直接関連することが強調された。

続いて、科学者と政策決定者から海洋の温暖化の課題と解決策について発表が行われた。科学者からは、海洋酸性化のモニタリングについて（ワシントン大学・Jan Newton 教授）や、貧酸素化の課題について（スクリプス海洋研究所・Lisa Levin 教授）、サンゴ礁への課題について（BNP パリバ財団・Valeriano Parravicini 氏）、最新の科学の立場から現状と課題が報告された。全球的な課題だけでなく、ローカルな身近な海の環境への影響が、生息域の消滅などの課題とともに示された。また、サンゴ礁の経済的価値を踏まえた議論が展開された。

その解決策として、海洋起源の緩和策の可能性が示された。すなわち IUCN の Drothee Herr 氏からブルーカーボンの可能性が、角田主任研究員より海洋の科学技術イノベーション（ブルーイノベーション）の推進が解決策として重要であることが示された。また、The Royal Society の Eric Wolff 教授より利用可能な最善の科学的知見に基づくことの重要性が、英国政府の Henry Green 氏より、英国政府では将来のレジリエンスを高めるための政策立案を支援しているが、不確実性が大きい海洋では特に研究調査などが重要であることが示された。

最後の質疑応答では、国レベルの取組みとして、NDC（自国が決定する貢献）に海洋を含める国が増えていることや、NDC に海洋ベースのより多くの解決策が含まれるべきであることなどが議論された。

## (2) 「オーシャンズ・アクション・イベント at COP23 ボン」

2017年11月11日(土)、海洋の重要性を踏まえてパリ協定を実施する<sup>7</sup>ことを目的として、「オーシャンズ・アクション・デー」が、UNFCCC 世界気候行動計画 (GCAA<sup>8</sup>) 策定の取組の一環として、COP23 会場ボン・ゾーンにおいて開催された。

### 【開催概要】

日程：2017年11月11日(土) 9:30-21:00

場所：会議場「ボン・ゾーン」

主催：国連食糧農業機関(FAO)、グローバル・オーシャン・フォーラム(GOF)、ユネスコ政府間海洋学委員会(IOC-UNESCO)、IUCN、海洋・気候プラットフォーム、笹川平和財団海洋政策研究所、オセアノ・アズール[ブルー・オーシャン]基金、

協力：コンサベーション・インターナショナル、未来の海洋連合 (Future Ocean Alliance)、チリ政府、グレナダ政府、セーシェル政府、国際赤十字赤新月社連盟、国際再生可能エネルギー機関(IRENA)、プリマス海洋研究所、海洋・気候行動計画(ROCA)、スクリプス海洋研究所、ザ・ネイチャー・コンサーバンシー、デラウェア大学、世界銀行

### 【参加者・登壇者】

- ・(登壇者) ピーター・トムソン国連海洋特別大使、 トミー・レメンゲサウ パラオ大統領、アノテ・トン 前・キリバス大統領、各国の政府機関、国際機関、学術関係者等 80 名以上
- ・(参加者) 政府機関、国際機関、学術機関、NGO 関係者等、400 名以上。

### 【内容】

COP23 では、非政府主体の参加者数が政府主体の参加者数を上回った。パリ協定実施のためには、中央政府のみならず自治体や企業、研究機関、非政府組織、市民組織等、幅広いアクターの関与が不可欠である。そして、COP 会場でも実に多様な参加者によって約 400 件のサイドイベントが開催され、最新の研究成果の発表や気候変動に関連する取り組みの紹介、政策提言、ネットワーキング・連帯の形成等の場となった。なかでも、笹川平和財団海洋政策研究所は、海洋・気候行動計画の取り組みの一環として、11月11日(土)、グローバル・オーシャン・フォーラム、UNESCO 政府間海洋学委員会 (IOC) 等と共に海洋と気候問題に関する政策イベント「オーシャンズ・アクション・デー」を開催した。ROCA は、密接に関連する海洋と気候の課題に取り組むことを目的として打ち上げられた 37 の政府、国際機関、学術団体、非政府組織等によるイニシアチブであり、自ら提言する「海

<sup>7</sup> イベントの概要は IISD Reporting Services の HP にて公開されている。

(<http://www.iisd.ca/climate/cop22/oceans-action-day/>, last visited in 26 January 2017)

<sup>8</sup> Global Climate Action Agenda

洋と気候に関する戦略的行動ロードマップ：2016-2021」の実現を目指して様々な働きかけを行っている。この政策イベントは、モロッコ・マラケシュの COP22 において、2020 年までの非政府主体の行動を強化するために設立された「グローバルな気候行動に関するマラケシュ・パートナーシップ」に位置付けられており、主要テーマの一つである「海洋・沿岸域」分野の推進役を担っている。

イベントの当日は、世界各国から気候変動と海洋の課題に関わる首脳その他、政府、NGO、研究機関、国際機関などから 80 名が登壇し、約 400 名の参加を得て、総合戦略、科学研究、水産資源管理、ブルーカーボン（海洋炭素）、資金、生態系適応、移民・移転などの課題について議論を行った。まず、イニア・セルイラトゥ フィジー農業・農村・海洋・国家災害管理大臣・気候変動行動ハイレベル・チャンピオンが議長国を代表して挨拶をし、海水温上昇、酸性化、海面上昇、暴風雨などが脆弱な小島嶼開発途上国の人々の生活を脅かしているとの警鐘を発した。続いて、カルメル・ヴェッラ欧州委員会環境・海事・漁業担当委員、ヨッヘン・フラスバルト 独連邦環境省事務次官などが登壇した。なかでも、エルネスト・ペニャス・ラド 欧州委員会海洋・漁業局政策立案調整課長は、気候変動に起因する海洋環境の変化により、漁業資源の生息地や回遊経路が変化していることから、漁業権配分などの制度的変更が必要になっていると指摘した。インガ・アンダーセン 国際自然保護連合（IUCN）事務局長は、自然を活かした沿岸域における防災機能の強化が多面的便益をもたらす地域社会の長期的利益につながると指摘し、優良事例の共有などの重要性を指摘した。

さらに、7 つの主要セッションの一つ目である「科学と海洋」では、前述のサイドイベント「海洋と気候：明らかになった事実」と同様のメンバーのもと、海洋酸性化、貧酸素化、ブルーカーボンなどの話題を中心に、科学ベースの取組みの重要性が示された。また、UNESCO より「海洋科学の 10 年」の取組みが発表された。

閉会式では、トミー・レメンゲサウ パラオ大統領が健全な海洋と安全な気候、そしてそれらに依拠する地域社会を国際社会が総合的に議論を進めていくことを呼びかけた。角南所長は、科学に基づく海洋保全と持続的利用に向けた研究推進とそうした成果に基づく政策実装の重要性を指摘した。ピーター・トムソン 国連海洋特使は、SDG14 の達成に向けた取組みの強化を呼びかけた。そして最後に、イギリス、フィンランド、ホンジュラス、ルーマニア政府代表により海洋に関する持続可能な開発目標の実現と海洋に関する緊急行動を呼びかける「ビコーズ・ザ・オーシャン宣言」が署名された。

2018 年の気候変動枠組条約（UNFCCC）第 24 回締約国会議（COP24）は、ポーランド・カトヴィツェで開催される。

なお、「温暖化・海洋酸性化の研究と対策」事業では、第 3 期海洋基本計画に向けて 8 月に提言書を取りまとめ国内向けに発信したところであるが、その英語版を作成し、オーシャンズ・アクション・イベントの会場で配布した。

## 2. 3. 2 PICES (北太平洋海洋科学機構) ほか

北太平洋海洋科学機構 (PICES, North Pacific Marine Science Organization) は、1992年に設立された北太平洋地域の海洋科学研究の促進及び関連情報整備の促進等を目的とした機関で、加盟国は日本、アメリカ、カナダ、中国、韓国、ロシアの6か国。大西洋の漁業資源管理のためにできた国際海洋探査協議会 (ICES、1992年設置)がモデルとなり、その太平洋版として結成された。加盟国が協力して生物資源並びに海洋環境及び海洋と陸地、大気との相互作用、気象変動との関係、海洋利用、海洋資源等についての調査、研究を行うことを目指している。

海洋生物、水産科学、海洋環境、海洋物理・気候、モニタリング、データ交換の6委員会のほか、幾つかの専門部会等が活動しており、NOWPAPとも協力関係にある。

炭素循環と気候を扱うセクション (S-CC, Section on Carbon and Climate) では、2015年のPICES年次会合において海洋酸性化をテーマとした議論を行っている。また、2016年の年次会合において、「S7: New Stage of Ocean Acidification Studies」というセッションが設定され、日本の小埜氏が共同コンビーナーをつとめて議論を先導している。

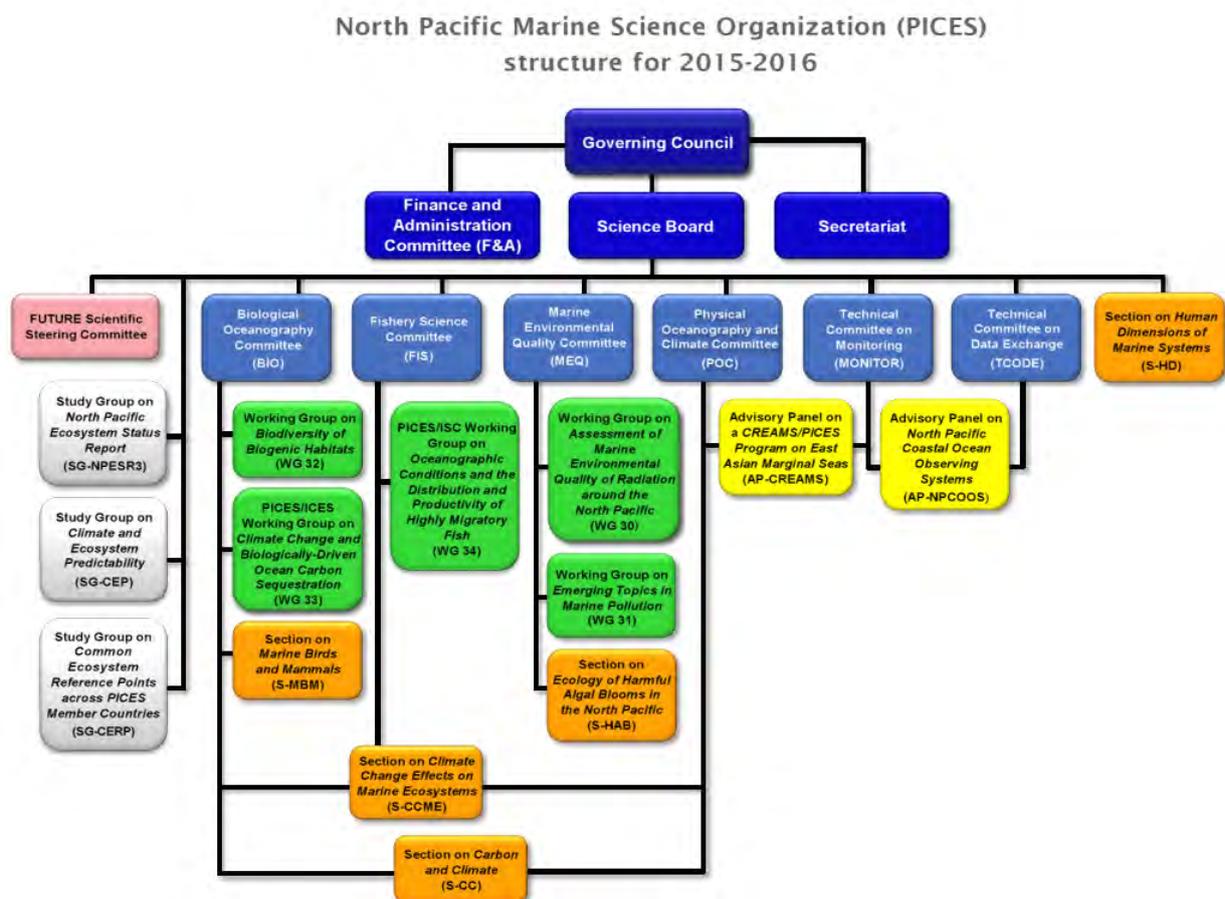


図 3 PICES (北太平洋海洋科学機構) の体制

(1) 2017 年 PICES 年次大会

9 月 22 日～10 月 1 日にウラジオストクで開催された年次会議 2017 のうち、9 月 23 日の海洋酸性化関連の会合 (S-CC) と 9 月 25 日の全体シンポジウムに角田が参加した。会議全体の参加登録者 (7 月末時点) は 6 カ国が中心で約 400 名、日本からの登録者は約 60 名である。S-CC は当該事業の小笠委員が共同議長で 9 名が参加。全体シンポジウムは約 200 名が参加、委託先の海洋研究開発機構の石津研究員が当該事業の成果を発表した。

■S-CC (Section on Carbon and Climate) 会合 (9 月 23 日の 9 時～17 時、参加者は以下)

- Dr. James Christian (Co-Chair) : Fisheries and Oceans Canada (議長)
- Dr. Tsuneo Ono (Co-Chair) : 水産研究・教育機構 (OPRI 事業委員会の委員)
- Dr. Shin-ichiro Nakaoka : 国立環境研究所
- Dr. Zhongyong Gao : Third Institute of Oceanography, SOA, China
- Dr. Pavel Ya. Tishchenko : Pacific Oceanological Institute (POI), Russia
- Dr. Andrey G. Andreev : (同上)、ほか 3 名 (合計 9 名)

この会合は、北太平洋域での海洋酸性化を含む炭素循環の課題について科学的な意見交換を行っており、今回は、今年度末に向けて、どのように関連データの存在をシェアできるかが議論された。これまで外洋のモニタリングデータについては公開されており概ね把握可能であるが、各国のイニシアチブでモニタリングが行われている沿岸域のデータは、まだまだ整理が進んでおらず、ブラックボックスになっているとのことであった。

まず初めに共同議長の小笠氏から、日本での沿岸域のモニタリングを整理した例が示された。日本沿岸を包括した内容であり、議長からは、この例に基づいた整理について各国に協力が求められた。その結果、中国の Guo 氏が中国沿岸域について、ロシアの Tishchenko 氏が日本海について対応できるとのことであった (気象庁等の日本側のデータについては日本から提供)。また、Tishchenko 氏からのアムール川河口域をはじめとしたオホーツク海での計測についても説明があった。このように小笠氏の作成した日本の例を参考として中国・ロシアが作成することにより、年度末の完成を目指すこととなった。また、これら結果を踏まえて、2 月 11 日に Ocean Science Meeting (オレゴン) にあわせて、ワークショップを行いたいとの意向が議長から示された。

このほか、小笠氏からは、データ共有の課題として計測データの比較が必要であることが示され、データ品質のバラつき把握のための国際相互比較を行うことが提案された。日本で予算申請中であり、予算が確保された場合には 2019 年度に宮古市内で実施したい意向が示された。また、国立環境研究所の中岡氏から、太平洋で継続している表層 CO<sub>2</sub> 計測について紹介が行われた。更に、角田より、1 月に当財団で開催した西太平洋域でのネットワークを目指したシンポジウムの結果を紹介した。

最後に、来年に横浜で開催される PICES 年次会議では、S-CC で広く講演者を集めた科学セッションを行い、科学調査の重要性などを示していくことが確認された。

■全体シンポジウム（プレナリー）（9月25日の9時～17時）

○開会：

ロシア Primorsky Region の Vice-Governor である Denis Bochkaryov 氏から開会挨拶が行われ、PICES の会合開催への歓迎が述べられた。また、Head, Science and Education Dept. Federal Agency for Fisheries, Russian Federation の Sergey Golovanov 氏の挨拶では、PICES が 6 カ国の協力で行われていることや物理、化学、生物の各分野を網羅していることの意義とともに、充実した議論への期待が示された。

○表彰ほか：

Vice Chairman, PICES Science Board の齊藤宏明教授より、各種表彰の発表が行われた。Wooster Award として Suam Kim 氏が、Ocean Monitoring Service Award として”Newport Hydrographic Line”が発表された。

更に、齊藤教授から、PICES の活動について説明が行われた。北太平洋域の海洋科学研究の協力を促進するために 1992 年に開始したことをはじめとした、科学調査から人材育成に至る幅広い内容について、これまでの経緯が丁寧に紹介された。

○招待講演、口頭発表

- ・全体テーマに係る講演が、Lev Zhivotovsky 氏の基調講演を皮切りに行われた。午前中のセッションでは、日本からは北海道大学の齊藤誠一教授から、温暖化による Flying Squid の生息域移動に関する発表があり、温暖化にともなう北方への生息域のシフトなどのシミュレーション結果が報告された。
- ・午後のセッションは東京大学の徳永研究員の招待講演から始まった。この講演は、日本財団の支援を受けた研究（海洋アライアンス）の成果で、志摩の伊勢エビ漁をケースとして、漁協レベルの資源管理の有効性について示された。このセッションでは、この他、1970 年代のレジームシフトに関する発表など 3 件が行われた。
- ・休憩後のセッションでは、海洋研究開発機構の石津研究員より、本事業の委託で行われている日本沿岸の海洋酸性化傾向に関する解析結果が発表された。海洋酸性化の概要やビックデータとしての計測結果の解析などの背景説明の後、日本沿岸での酸性化の傾向が示された。pH 以外のデータとの比較等の 2 件の質問があるなど会場からも関心が示された。このセッションでは、この他、カナダ沿岸における震災事故起源のセシウム 137 の分布モニタリング等の 5 件の発表が行われた。
- ・その後、レセプションがあり、各国研究者と意見交換を行った。

## (2) ONC ワークショップ

PICES の S-CC (Section on Carbon and Climate) の取組みを、水産研究・教育機構の小埜氏とともに共同議長として推進するカナダの James Christian 氏 (Fisheries and Oceans Canada) からの依頼のもと、2018 年 2 月 7 日、8 日にカナダのビクトリア市内で行われた、Ocean Networks Canada (ONC) が主催する “Workshop on In situ sensors for ocean acidification research” に参加するとともに、日本の海洋酸性化に関する取組みを発表した。

Ocean Networks Canada (ONC) は、カナダ国内で沿岸・外洋の各種モニタリング活動を実施している各機関が自主的に集合し、互いの観測プログラムの協働・調整やデータベースの公開・管理を行っている組織である。モニタリングデータを活用した新規研究プログラムを共同で立案・申請するなどの取組みを行っている。

ONC には海洋酸性化に関する各種モニタリングプログラムも参画しており、その中で、カナダにおける酸性化観測に既に導入されている、あるいは今後導入される可能性のある様々な海洋センサー類 (pH、pCO<sub>2</sub>、DIC の他、周辺情報として利用され得る栄養塩や DO のセンサーも含む) について集中的なレビューを行い、知見の共有を行うとともに、今後の効果的なセンサーの使用法に関する討議を行うのが本ワークショップの主旨であった。カナダ国内の酸性化観測機関の他に、米国、ヨーロッパおよび日本の酸性化研究者・センサー開発者達も招かれ、カナダ国外の各地域における化学センサーの利用状況やその成果に関する情報提供を行った。2 日間のプログラムは次のとおりである。

### Wednesday, February 7

- 0900 Welcome and Introductions, goals of the workshop
- 0930 General discussion of workshop goals and format
- 1015 New technologies for sensor-based observations (Atamanchuk)
- 1120 Evaluation of sensor performance under controlled extreme conditions (Miller)
- 1300 OA monitoring and its social promotion in Japan (Ono/Nakaoka/Tsunoda)
- 1400 Topic 1 - What are the factors limiting the precision, accuracy and reliability?
- 1515 Topic 2 - What can we do to facilitate the QA/QC process and optimize the utility?
- 1630 Review and synthesis

### Thursday, February 8

- 0915 Topic 3 - What sort of data do we need to make these data most useful?
- 1015 The ONC vertical profiler data set (Mihaly)
- 1115 New developments at SeaBird Instruments (Murphy)
- 1300 Review of the three Major Topics: what do we want to get out of this workshop?
- 1330 Discussion of existing ONC data sets
- 1530 Review and synthesis

日本からは PICES S-CC の一環として、小埜氏 (水産研究・教育機構)・中岡氏 (国立環境研究所) と角田主任研究員 (OPRI) の 3 名が参加し、小埜は日本沿岸域、中岡は外洋域の、それぞれにおける日本の酸性化モニタリングの実施情報と、そこで用いられている各種センサー類の情報提供を行った。また角田からはこれらの酸性化モニタリング情報を日

本国内の政策に還元する仕組みについて、第3期海洋基本計画に向けた政策提言や「海洋危機ウォッチ」などの取組み紹介を行った。

カナダでは欧米メーカーにより開発された、pH、pCO<sub>2</sub>、DICの各センサーが既に導入され、実際の海洋観測に用いられつつあるが、紀本電子工業や海洋研究開発機構により開発されたアジア側のpH、pCO<sub>2</sub>センサーに関する情報は持っておらず、日本側から紹介されたそれらの情報に対して活発に意見交換が行われた。また、沿岸においてはそもそもセンサーデータ云々以前に、沿岸独自の基準による観測データの精度評価方法を確立することがまず必要である事が認識された。こうした精度評価の問題については、本WS内では問題点の洗い出しだけで「解決法の議論」については行う余裕がなかったため、今後も本WSの参加者間で、メールベースでの議論を続けていくことで合意された。

## 2. 4 海洋教育に係る取組

2016 年度より海洋教育パイオニアスクール事業に参加する神奈川県立海洋科学高等学校では、気候変動・海洋酸性化の沿岸環境への影響を学び調べようとする新しいカリキュラム構築を目指している。2016 年春より教員との打ち合わせを開始し、10 月にはプログラム参加を希望する生徒に向けた 2 回の外部講師による出張講義を行った。2017 年度からは、2016 年度の高校生による検討を受けて沿岸域での pH 等のモニタリングが開始された。生徒自らが pH メータで海水の pH を測り、場所、潮時の違いにより pH が変動することを実感するとともに、pH の校正方法及び室内での測定方法を学ぶことを目的として実施したモニタリング調査の概要を以下に示す。

### (1) 調査地点

調査地点は、同校から徒歩で移動できる神奈川県横須賀市にある斉田浜（せいたばま）周辺で環境が異なる 3 地点とした（図 4）。各地点の特徴は以下のとおりです。

St.1：河川水及び下水道放流水の影響を受ける地点

St.2：砂浜で外海に面している地点

St.3：藻場のある内湾側の地点

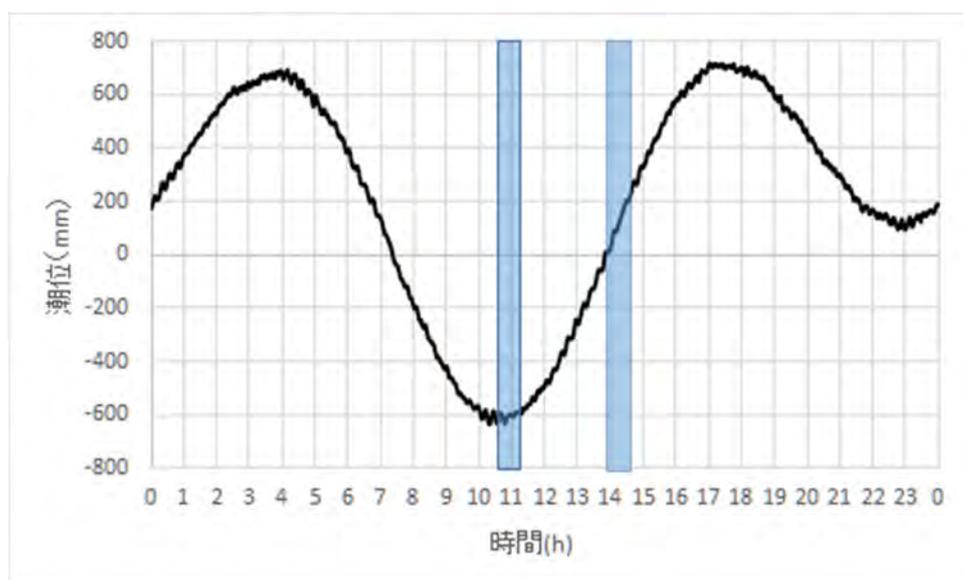


国土地理院ウェブサイト (<http://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>) より作成

図 4 調査地点

## (2) 調査日時

調査は、平成 29 年 8 月 7 日（月）の干潮時、上げ潮時に実施した（図 5）。なお、満潮時の調査の実施も予定していたが、台風接近により安全性を考えて中止となった。



※青の網掛けが調査時間帯

※国土地理院潮位データより作成（潮位は T.P.換算）

図 5 調査時の潮位（油壺検潮所）

## (4) 調査方法

調査は多項目水質計により、現地で pH、水温、塩分、クロロフィル a 等の調査を行うとともに、採水を行い教室で卓上 pH メータによる pH 測定とウインクラー法による DO 測定を行った。

調査の様子は下記の写真のとおりで、生徒たちは積極的に現地調査や室内分析を行った。特にウインクラー法による DO の分析では、分析経験がある先輩たちが、未経験の後輩たちに分析方法を教える様子が見られる等、生徒間の交流も図られた。



写真：現地調査や室内分析の様子

### (5) 調査結果

多項目水質計による、現地での調査結果は図6のとおりとなった

上段が午前の干潮時の結果、下段が午後の上げ潮時の結果で、pHが上昇している様子が伺える。生徒たちの間ではこの現象について、「外海の海水が上げ潮で入ってきたからでは?」、「アマモや海藻が光合成を行ったから?」といった議論が行われた。この結果のみでは、明確な原因分析は厳しいが、海藻草類や植物プランクトンによる光合成によりpHが上昇したことも考えられた。

また、本調査の様子は、2017年11月11日、12日に三重県で開催された、「全国アマモサミット 2017in 伊勢志摩」(<https://amamo-summit2017.com/html/program.html>)で生徒が発表するとともに、前述のドイツのボンで開催されたCOP23(2017年11月)の「気候変動と海洋」に係る国連公式サイドイベント「The Ocean and Climate: the evidence unwrapped」(<https://cop23.com.fj/events/ocean-climate-evidence-unwrapped/>)にて紹介した。

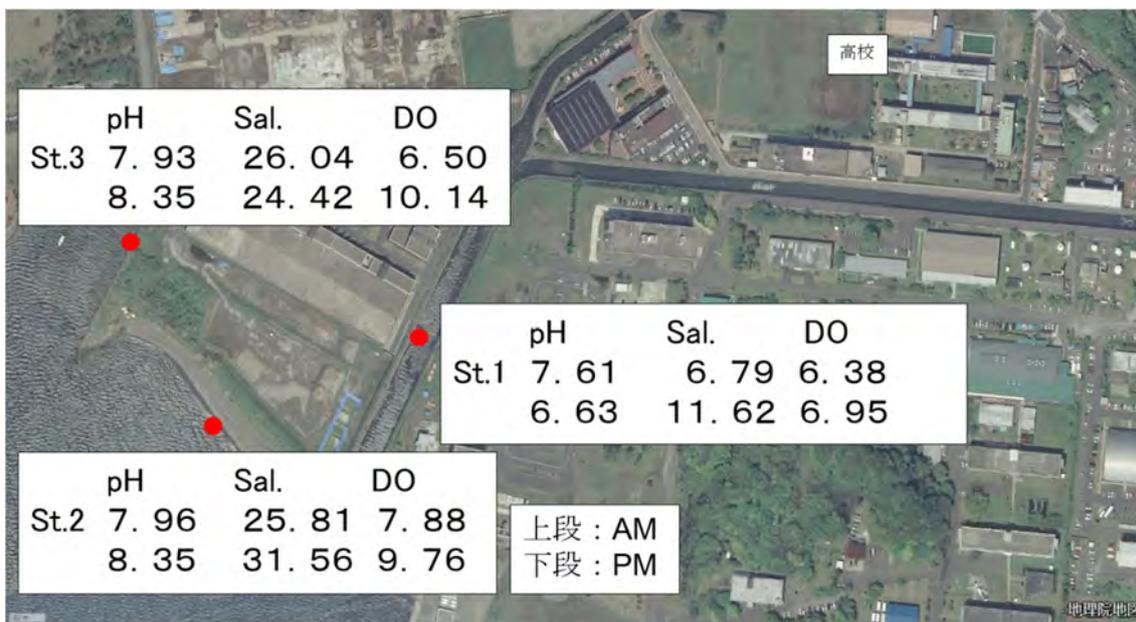


図 6 多項目水質計による現地調査の結果

#### (6) 研究報告会

その後、生徒による自主的な沿岸域のモニタリングが継続されており、その結果等について意見交換を行うため 2018 年 3 月 7 日に研究報告会を行った。研究報告会では、自己紹介の後に生徒たちからの研究報告があり、質疑・講評となった。

研究報告では、昨年度のアマモ定植活動を踏まえ、今年度は、藻場食害生物駆除・有効活用・水質調査の 3 点を実施したことや、磯焼けバーガー取組みなどを織り交ぜながらモニタリングの結果が報告された。これに対して、海洋酸性化という全球的な課題と身近な海のモニタリング関係について理解のギャップや、自信を持って成果発表をする方策について、講師の杉江氏（海洋研究開発機構）を交えて意見交換を行った。



写真：生徒による研究報告の様子

## 2. 5 海洋酸性化に限らない取組み

2017年度には、特別講演会「地球温暖化と海洋」の開催やサンゴに関連した研究発表など、海洋酸性化に限らず広く海洋の温暖化の課題に係る取組みを行った。ここでは特別講演会の概要を示す（詳細は、[https://www.spf.org/opri-j/news/article\\_24401.html](https://www.spf.org/opri-j/news/article_24401.html) 参照）。

### 特別講演会「地球温暖化と海洋」

昨今、集中豪雨や干ばつ、異常高温などの異常気象や巨大台風などの極端現象の発生が急激に増え、その背景にある地球温暖化への社会の関心が一層高まっている。最近の地球温暖化の停滞（ハイエイタス）現象とあいまって、特に地球温暖化と海洋の関係が注目されるようになってきている。海洋は地球温暖化に伴う熱を吸収する一方で、エルニーニョ現象のように、吸収された熱を一時的に大気に吐き出す機能も備えている。こうした役割を担う海洋の分布は一樣ではなく、それが地球温暖化傾向の地域特性にも反映している。

このような地球温暖化と海洋の課題について、地球温暖化モデル予測の世界の第一人者である米国プリンストン大学の眞鍋淑郎博士の来日の機会をとらえ、地球温暖化と海洋の関係についての特別講演会「地球温暖化と海洋」を下記の通り開催した。

日時：2017年10月31日（火）13時30分～15時30分

場所：笹川平和財団ビル 11階国際会議場

主催：笹川平和財団海洋政策研究所

後援：東京大学大学院理学系研究科、国立研究開発法人海洋研究開発機構

参加者数：約180名



写真：特別講演会「地球温暖化と海洋」の様

### 3 情報基盤の整備・構築

日本周辺を含む北西太平洋海域に主眼を置き、海洋における温暖化や酸性化の影響に係る情報を集約し、その進行予測や社会・経済面での影響を検討するとともに、そうした情報を共有し、対応策（適応策/緩和策）について国際社会を含めた議論を行う「海洋危機ウォッチ」の構築を目指して、2016年度に試作を踏まえ、情報の充実化を行うとともに、日本国内向けにプロトタイプシステムの公開を行った。以下にその概要を示す。

なお、本情報基盤の整備・構築にあたっては業務の一部を海洋研究開発機構及びいであ株式会社への業務委託として実施した。

#### 3. 1 科学データの収集・整理・解析と予測システムの構築

海洋における酸性化は、地球温暖化とともに極域やサンゴ礁域などの海洋生態系に相当のリスクをもたらす。公共用水域の水質汚濁にかかわる調査の一環として、環境省は1978年から全国沿岸域で、水素イオン濃度指数(pH)のモニタリングを実施している。本研究はこれらのデータを利用して、これまで把握が難しいとされていた日本沿岸域の海洋酸性化の詳しい状況の調査を昨年度から進めてきた。本年度はさらに解析を進め、研究成果をまとめた（改訂中）。

公共用水の研究と並行し、海洋環境予測システムの開発も同時に進めた。予測システムの検証に必要な物理量（水温、塩分）、化学量（pH, DIC, アルカリ度等）の現場観測データの収集を行うとともに外洋域の炭酸系変動を適切に表現するため炭酸系を含む低次生態系モデルの改良を進めた。炭酸系化学量の初期値及び pH の計算アルゴリズムを修正した結果、炭酸系の平均状態と季節変動を再現できることが確認された。低次生態系モデル部分については、パラメータチューニングを行い、モデルの全体的な精度向上に努めた。さらにこのモデルを使用して、日本近海における海洋物理条件の2ヶ月先までの変動を予測する JCOPE2M の予測値に基づいた炭酸系の予測システムの運用体制を構築した。

##### (1) 背景および目的

本事業においては、日本周辺を含む北西太平洋海域に主眼を置き、温暖化・海洋酸性化の影響に係る監視情報を集約し、その進行予測や社会影響を検討するとともに、そうした情報を共有し、同時に対応策（適応策と緩和策）について国際社会を含めた議論を行うことができる情報基盤「海洋危機ウォッチ」の構築を目指している。また、今後これら情報基盤を、研究活動及び研究の連携の推進や国内外の政策を牽引する提言に活用することを目指している。地球温暖化や海洋酸性化に係る情報には、海洋科学分野に特化した数値データ等も多く、それら情報の特性を踏まえて、一般社会に向けて分かりやすく伝える必要がある。

本業務では、必要となる情報基盤のコンテンツのうち、主に海洋科学分野の専門的知見を必要とする科学データについて収集・整理・解析を行うこと、そうした科学データを一

般社会に向けて分かりやすく伝える方法（科学データの加工）を検討すること、その一環として利用する海洋酸性化に係る予測モデルの開発を行うことを目的とする。

外洋における海流予測については数値モデルに観測データ等を同化することで気候値を作成し、1-2 か月先までの海流変動予測を更新する枠組みが、現在国内外のいくつかの研究機関において確立し一般に公開されている（例：海洋研究開発機構：JCOPE2）。これらの数値モデルを活用して生物化学モデルを導入し、海洋環境（全炭酸、アルカリ度、pH、pCO<sub>2</sub>を含む）の現況予測を実現することは、きわめて有意義であると考えられる。

今後の海洋酸性化の状況について、Climate Model Intercomparison Project（CMIP）などの国際的な取り組みを通じ、海流や渦を解像しない粗い格子のモデルで100年程度先までの見通しが示されている。例えば Yara et al. (2012) は、これらのシミュレーション結果を使い日本周辺で大まかな酸性化の見通しを示している。ただし、見通しの結果は海流や渦の影響を十分に取り入れたものではなく、海洋学的に不明な点が多い。今回の取り組みにより、現在の日本周辺海域での酸性化状況がこうした見通しと比べてどのような状況であるかを詳しく把握することは、見通しの検証や、直近の対策の検討に資するものである。また、現況予測モデルを用いて過去数十年の再解析データを作成し、これまで海洋酸性化がどのように進行してきたかについてより詳しく理解することも重要である。

## （2）実施内容

本事業では、概ね4年間の期間において、次のことを実施し、情報基盤のコンテンツに資する観測データおよびモデルデータを整備するとともに、その成果を世界に発信していく計画である。今年度（2017年度）は、2016年度に実施した海洋環境現況予測システムの開発および観測データの収集と加工を受けて、次の2つの項目について実施した。

### ✓ 科学データの収集・整理・解析・加工（2016年度からの継続）

2016年度に収集した科学データから日本沿岸で検出した酸性化傾向についてさらに解析を進め、まとめた。

### ✓ 予測モデルの改良と検証

2016年度に構築した炭酸系の海洋環境予測システムの結果を収集した科学データによって検証し、パラメータ調整を行い改良した。また、危機ウォッチの公開に向けて、1か月に1回の仮運用を開始した。

## （3）科学データの収集・整理・解析・加工

環境省は、公共用水域の水質汚濁に関わる調査の一環として、1978年から全国沿岸域の約2100箇所、年間を通してpHの計測を実施している。これらのデータを利用して、2016年度はこれまで把握が難しいとされていた日本沿岸域の海洋酸性化の詳しい状況を

明らかにした。

解析した公共用水の過去データは年毎の最小値と最大値が与えられているため、そこで計算できる全ての点での pH トレンドを回帰分析により調べ、それぞれの回帰直線の傾きを pH トレンドとすることで沿岸域での酸性化の状況を把握した。これらの過去データの問題点として、一般の海洋学で使用されている国際工業規格(International Oceanographic Standard; IOS)の測定誤差 ( $\pm 0.003$ ) に比べ、公共用水の pH データの測定誤差が大きく、データの信頼性について問題がある。(公共用水は日本工業規格 (JIS K0102 規格) で観測され、測定誤差は  $\pm 0.07$ )。そこで、本年度は公共用水のデータの信頼性について、「比較的小さい領域でのトレンドの整合性」および「人為的な測定法の違いから生じるデータ間の整合性」を検討し、それらの結果を踏まえ、論文にまとめた (改訂中)。

#### ①公共用水のデータの信頼性についての検討

##### a. 公共用水の比較的小さい領域でのトレンドの整合性

日本沿岸域で観測された公共用水について、比較的小さい領域でのトレンドの整合性について調べた。図 7 は、同じ県で収集された pH の時系列例である。多くの近傍点でこのように同様な pH 変動の様子が見られる。近傍点における pH トレンドの相関係数と距離の関係 (図 8) を調べると、距離が近いほど pH トレンドの整合性は高く、距離が遠くなるにつれ、整合性が下がっていた。pH 変動について、近傍点と整合性が低かった点をみると、何らかのイベントに影響されて、相関が低くなっていることが確認された。

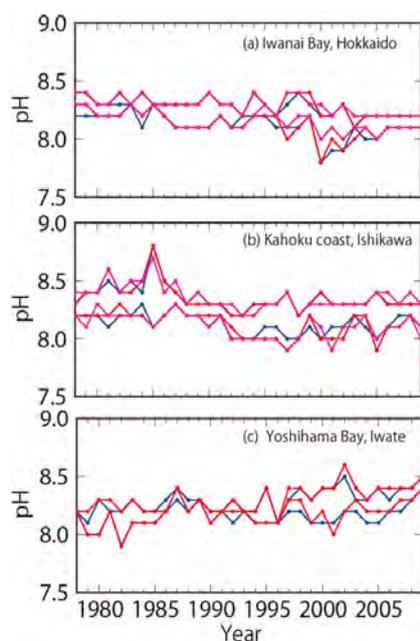


図 7 同じ県で得られた近傍点における pH の時系列例

(図中の年間測定値の最大値と最小値を示し、測点ごとに異なる色を使用)

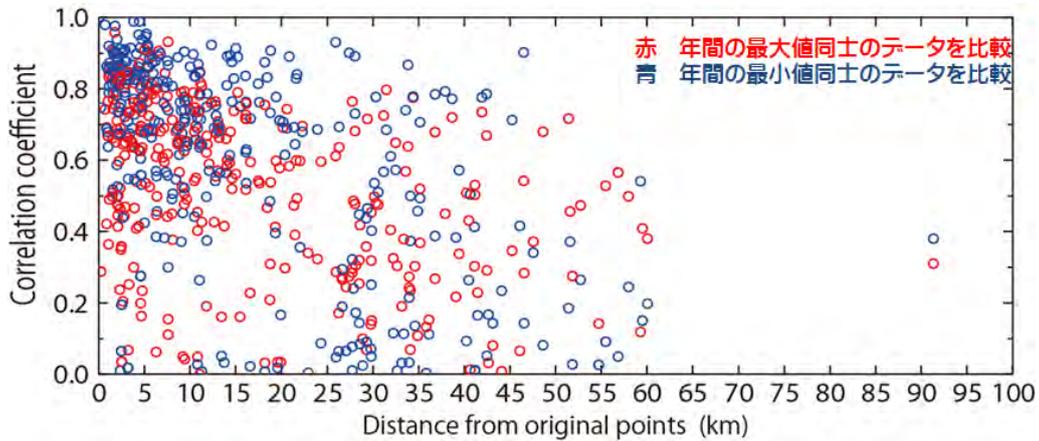


図 8 ある起点における pH トレンドデータと  
近傍点データとの相関係数と距離の関係

b. 公共用水の人為的な測定法の違いから生じるデータ間の整合性

公共用水は、県毎に管轄が違うため、人為的な測定方法の違いが県別にあるかについて、管轄が異なる境界データを探し出し調査した。図 9 は大阪と兵庫、香川と愛媛の県境界で観測された pH の時系列図を示す。同じ県での近傍点で観測された pH トレンドの整合性（図 7）では年ごとに値の一致が見られたが、管轄の異なる県を比較すると、値自体に誤差があることが分かる。しかしながら、それぞれのトレンドが  $-0.0040 \text{ yr}^{-1}$ 、 $-0.0041 \text{ yr}^{-1}$ 、 $-0.0054 \text{ yr}^{-1}$ 、 $-0.0071 \text{ yr}^{-1}$ （標準偏差は  $0.0014 \text{ yr}^{-1}$ ）、 $-0.0055 \text{ yr}^{-1}$ 、 $-0.0084 \text{ yr}^{-1}$ 、 $-0.0084 \text{ yr}^{-1}$ （標準偏差は  $0.0017 \text{ yr}^{-1}$ ）とどれも酸性化トレンドを意味し、結果を覆すようなトレンド値は検出されなかった。このように、同じ県で測られた pH の整合性ほどの pH の値に一致がみられない理由としては、観測日時や深度や観測頻度の違いが要因と考えられる。今後さらに、公共用水データに含まれる他の変数との関連も調べる予定である。

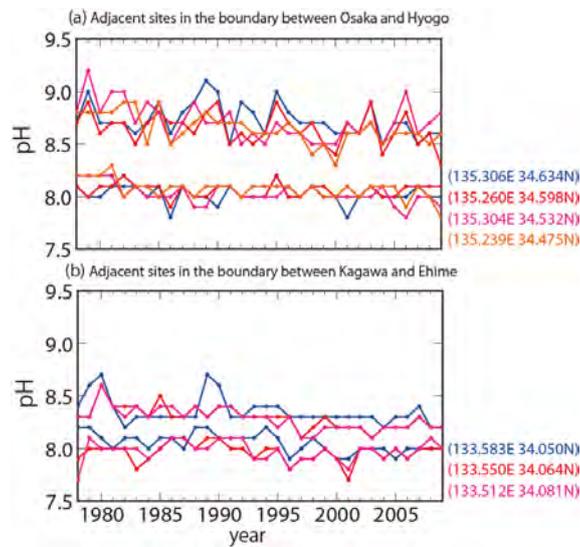


図 9 大阪と兵庫、香川と愛媛の境界域における観測点での pH の時系列  
(図の右側の緯度経度と時系列の線の色が対応)

#### (4) 海洋環境予測システムの構築

2016年度は、日本近海における概要的な炭酸系変動を表現する海洋環境現況予測システム (NPZDC モデル) を物理予測システム JCOPE2 (Miyazawa et al. 2009) を基盤として構築した。本年度はさらに、2015年度の物理海況条件のもとで、予備実験を実施した。初期値として必要な硝酸塩 ( $\text{NO}_3$ )、リン酸塩 ( $\text{PO}_4$ ) については World Ocean Atlas 2013 (<https://www.nodc.noaa.gov/OC5/woa13>) の平均値を与えた。植物プランクトン (クロロフィル濃度) については World Ocean Atlas 2001 ([https://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOA01/pr\\_woa01.html](https://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOA01/pr_woa01.html)) から気候値データを基準に作成したものを使用、全炭酸 (DIC) とアルカリ度 (ALK) については、Goeyt et al. (2001) と Key et al. (2004) を組み合わせ、冬季の状態 (Yasunaka et al. 2013) を基準に作成後、Takatani et al. (2014) による経験式で海表面のアルカリ度のみ水深 200m スケールまでの影響深度で補正し、暫定値を作成した。前年度に作成した全炭酸とアルカリ度の初期値については不確定性が大きく、それらについてさらに検証を行った。

### ① モデル結果と比較した観測データ

気象庁 (JMA)、WOCE 観測線データ、JAMSTEC 定点データ等と比較することで、パラメータ調整およびモデルの改良を進めた。比較した観測線、観測点は以下の通りである。図 10 は 2015 年に気象庁により行われた観測線 ([http://www.data.jma.go.jp/kaiyou/db/vessel\\_obs/data-report/html/ship/ship.php](http://www.data.jma.go.jp/kaiyou/db/vessel_obs/data-report/html/ship/ship.php))、図 11 の左図は海洋開発機構の研究グループにより 1992 年から行われている北西太平洋での観測地点 (K2, KNOT, S1)、右図は WOCE プロジェクトで行われた 1995 年のオホーツク海での観測地点 (P01W) を示す。



図 10 気象庁により 2015 年に行われた観測線

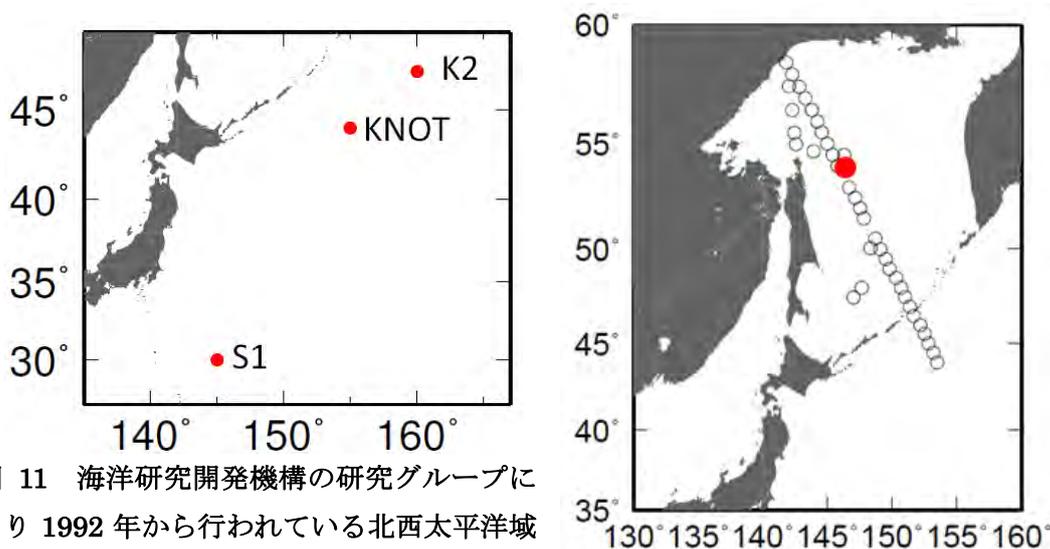


図 11 海洋研究開発機構の研究グループにより 1992 年から行われている北西太平洋域での観測地点 (K2、KNOT、S1) (左図) と WOCE で行われた 1995 年オホーツク海の観測地点 (P01W) (右図)

### ② モデル結果と観測データの比較

気象庁の炭酸系観測データ (斎藤他 2015) と前年度に作成したモデルの初期値データの相関図を示す (図 12)。これらの比較から、DIC の相関は高く (相関係数  $R=0.905$ )、おおむねモデル初期値は実在レベルの値であることが分かる。一方、アルカリ度 (ALK) につ

いては、相関係数  $R = 0.54$  と相関の低いことが明らかとなった。バイアス計算を行ったところ、図 12 のアルカリ度の初期値において 2300 から 2400  $\text{mili mol/m}^3$ 、観測値 2220-2300  $\text{milimol/m}^3$  の線形の相関関係からとくに外れている領域があり、日本海側にあることが分かった (図 12、図 13)。

実際に、観測とモデル値の DIC, ALK を日本海の観測地点 (137.72°E, 37.72°N) で比較してみると、アルカリ度の鉛直プロファイル (図 14) は DIC に比べ、表層から深層まで大きく外れていた。日本海で観測値とモデル初期値に大きなずれがある理由としては、本研究が初期値のベースとして採用した GLODAP (Key et al., 2004) の気候値が基本的に北太平洋などの外洋域を対象として作成されていることが考えられる。日本海と外洋域でのアルカリ度の鉛直プロファイルでは、特に初期値と観測値に差がみられたため、気象庁の観測で得られた日本海域での各深度の平均のアルカリ度データを組み込み、平滑化および補間を行うことで補正した (図 14)。図 15 は最終的に作成された全炭酸とアルカリ度の初期値の水平分布例である。

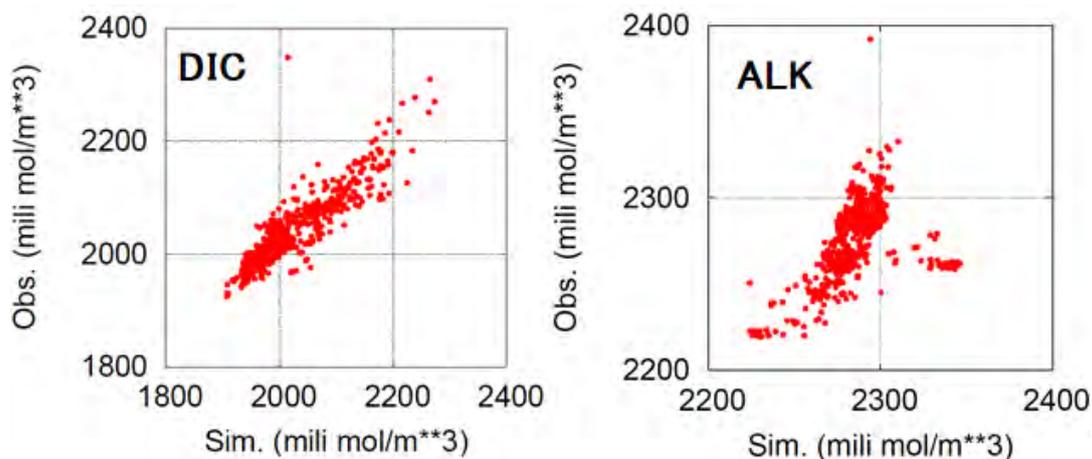


図 12 MA の炭酸系観測データとモデル初期値の比較 (DIC, ALK)

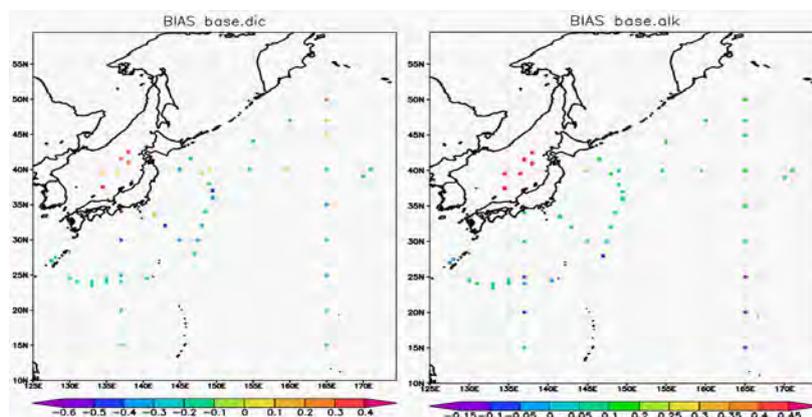


図 13 DIC と ALK の観測値とモデル値のバイアス (モデル値-観測値の平均) 分布

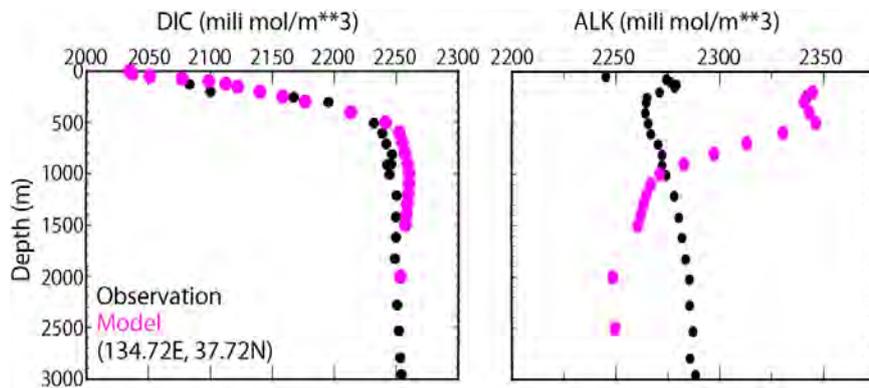


図 14 日本海 (134.72E,37.72N) 地点での DIC, ALK の観測とモデルデータの鉛直プロファイル。黒が観測、ピンクがモデルデータを示す。

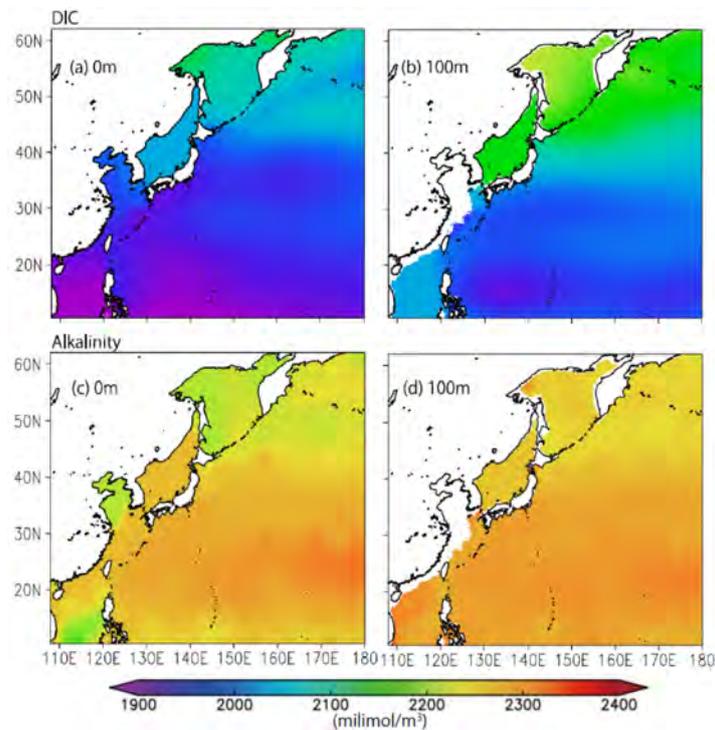


図 15 DIC と ALK の修正後の初期値の例 (表層と 100m 深での水平分布)

③ 生態系モデルに係る亜寒帯、亜熱帯、黒潮域でのパラメータ調整

a. 半飽和定数 ( $K_N$ ) とプランクトンの最大成長率( $V_{max}$ )

初期バージョンでは、光合成によるバイオマス生産を示す項で使用する半飽和定数 ( $K_N$ ) とプランクトンの最大成長率( $V_{max}$ )を定数としていた。この場合、夏季の出力結果では、モデルで再現されるクロロフィル分布のうち、亜熱帯域 30°N 以南ではほぼ死滅してしま

っていた (図 16:  $K_N = 1.5 \mu\text{mol/l}$ 、 $V_{\max} = 0.6 \text{ day}^{-1}$  の場合)。そこで、本モデルでは、Smith et al. (2009) で導入された  $K_N$ 、 $V_{\max}$  が緯度的に変化する係数を採用し、モデルパラメータの改良を行った。

$$V_{\max} = 0.5 \cdot V_{\max}^{\max} \cdot \left( \tanh\left(-\frac{(\text{Lat.} - \text{Lat}_{\text{bnd}})}{\text{Lat}_{\text{slope}}}\right) + 1 \right) + V_{\max}^{\min}$$

$$K_N = V_{\max} / A + 2\sqrt{V_{\max} \cdot \text{DIN} / A} \quad (\mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1})$$

ここでの  $V_{\max}^{\min}$  は、 $V_{\max}$  の最小値 ( $= 0.7 \text{ day}^{-1}$  at  $0^\circ \text{C}$ )、 $V_{\max}^{\max}$  は  $V_{\max}$  の最大値 ( $= 1.3 \text{ day}^{-1}$  at  $0^\circ \text{C}$ )、 $\text{Lat}$  は緯度、 $\text{Lat}_{\text{bnd}}$  ( $= 30^\circ$ ) は緯度変化の境界値、 $\text{Lat}_{\text{slope}}$  ( $= 6^\circ$ ) は緯度変化の傾斜係数、 $A = 6.853^\circ$  を示す。この式の導入により  $V_{\max}$  が南で大きく、北に向かって小さくなるようになる (図 17)。今後、さらに  $A$  の値による感度実験を行う予定である。

#### b. 生物過程に関するパラメータの最適化

$K_N$ 、 $V_{\max}$  のパラメータのほか、生態系モデルに係る各種パラメータについて、図 19 に示すように、グリーン関数最適化により推定し、予備計算を実施した。(パラメータのうち、水温に関する植物プランクトンの光合成、生物の呼吸や捕食、致死率に関するパラメータ、後に示す最適日射量に関する係数の緯度変化の程度を決定するパラメータ等については応答特性が非線形であるため、パラメータの線形応答を前提とするグリーン関数最適化は適用できなかった。) 図 18 が最適化後のクロロフィル分布であり、夏季の亜熱帯域 (図 16) で死滅していた植物プランクトン (クロロフィル) の生き残りや北西太平洋、オホーツク海側での適度な植物プランクトン (クロロフィル) の存在など改善が多く見られた。下記式の Cost function で観測値とモデル値の誤差評価を行うと、Cost = 6343 から 1265 への著しい改善も見られた (図 19、図 20)。

$$\text{Cost} = \sum_{n=1}^N \frac{1}{\text{Err}^2} (\log_{10}(\text{Obs}_n) - \log_{10}(\text{Model}_n))^2$$

ここでの  $\text{Obs}_n$  は観測値、 $\text{Model}_n$  はモデル値、 $\text{Err} = |\log_{10}(0.05)|$  を示す。

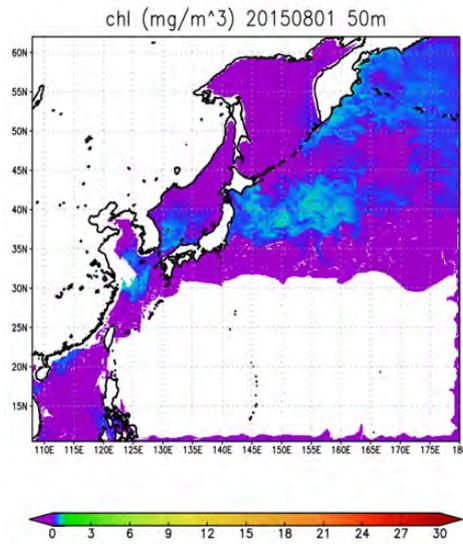


図 16 初期バージョンの夏季のクロロフィル水平分布

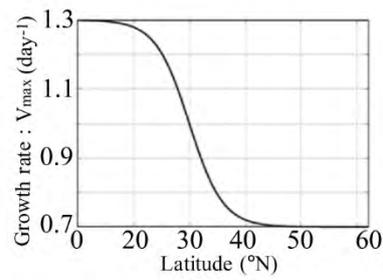


図 17 プランクトンの最大成長率の緯度変化

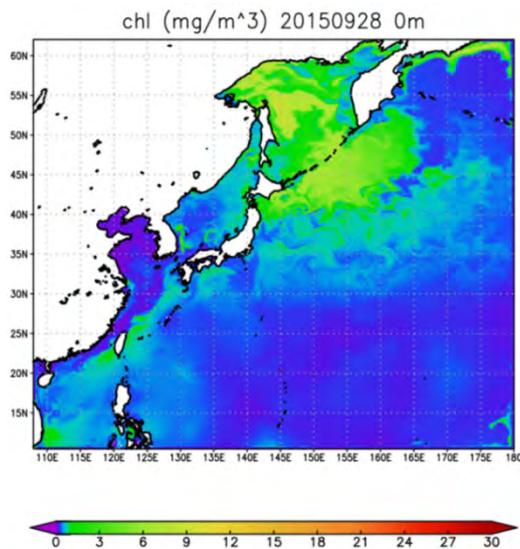


図 18  $K_N$  と  $V_{max}$  の緯度変化を考慮した後の夏季のクロロフィル水平分布

Case	Description	Cost	Default	Optimized	Cost ratio
iceou1	a base case	6343	-	-	100%
(iceou8)	perturbed maximum growth rate	1265	0.700	0.692	19.9%
	perturbed phytoplankton mortality		0.040	0.040	
	perturbed initial slope of nutrient uptake		10.00	6.853	
	inclusion of minimum phytoplankton concentration for mortality		0.000	0.059	
	perturbed detritus sinking velocity		-10.00	-9.971	
	perturbed phytoplankton respiration		0.300	0.032	(0.030 Onitsuka and Yanagi 2005)

図 19 NPZD モデルでのマルチパラメータに対する最適化の例

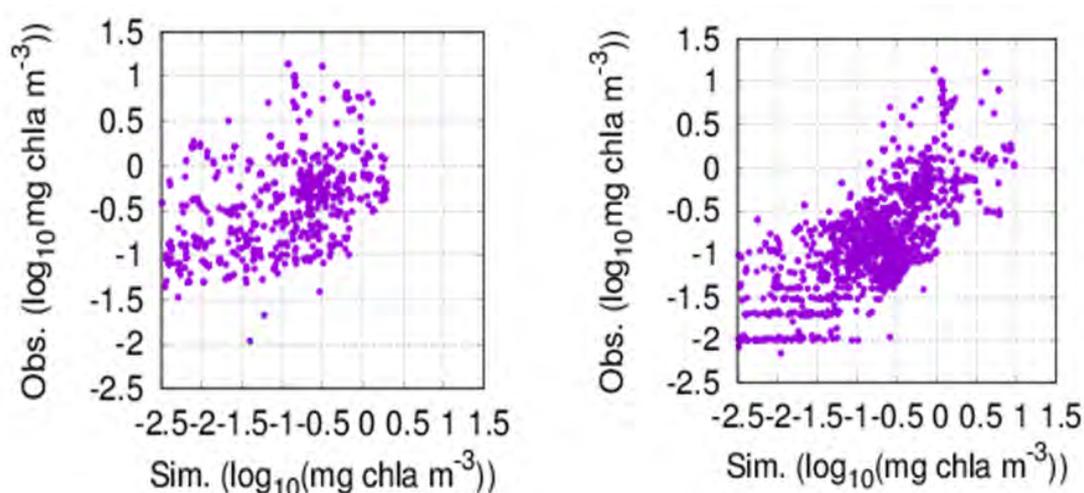


図 20 最適化する前と後のクロロフィルのモデル出力値の変化（左：最適化前、右：最適化後）縦軸が観測値、横軸がモデル値。ログ表記で作図。

### c. 最適日射量に関する係数 ( $I_{opt}$ ) の検討

観測されたクロロフィル分布を緯度方向に断面(図 21)で見ると、夏季にはクロロフィル極大が存在し、亜熱帯域 (15–20°N) では 125m、亜寒帯と亜熱帯域の境界 (33°N) では 80m、亜寒帯 (40°N 以北) では 0–50m のように緯度的に変化していることが分かる。図 22 左図は、モデルの  $I_{opt}$  検討前、つまり  $I_{opt}$  を一定値にした場合の結果であるが、亜熱帯域での夏季のクロロフィル極大の深度において、そのような緯度変化は見られない。そこで、クロロフィル極大の再現性を高めるためプランクトンの光の透過度に影響する  $V_I$  モデル

内の最適日射量に関する係数 ( $I_{opt}$ ) について、緯度変化を導入する検討を行った。

プランクトンの光合成の光による影響は、短波放射量 ( $I_s$ ) と植物プランクトン ( $P$ ) の濃度によって決定されるが、植物プランクトンの濃度が光の透過度に影響する  $V_I$  モデルは、 $V_I(I(P; z)) = I(P; z) / I_{opt} \times \exp(1 - I(P; z) / I_{opt})$  から計算される。ここで、 $I(P; z)$  は植物プランクトンと深度に関する光の影響係数を示す。

我々のモデルでは、 $I_{opt}$  に緯度的な変化を与えるため、

$$I_{opt} = 0.5 \cdot I_{max} \cdot \left( \tanh\left(\frac{Lat. - Lat_{bnd}}{Lat_{slope}}\right) + 1 \right) + I_{min}$$

(ここで、 $I_{opt}^{min}$  は  $I_{opt}$  の最小値、 $I_{opt}^{max}$  は  $I_{opt}$  の最大値) とし、南側で  $I_{opt}$  が小さく、北上するにつれて大きくなるようにした。

図 22 右図は、 $Lat_{bnd} = 40.0$ 、 $Lat_{slope} = 4.0$ 、 $I_{opt}^{min} = 0.1 \text{ W/m}^2$ 、 $I_{opt}^{max} = 150 \text{ W/m}^2$  の値を使用した場合のモデル結果 (クロロフィルの鉛直断面図) である。 $I_{opt}$  を一定値としていたパラメータ改良前 (図 22 左図) は、クロロフィル極大が緯度的に変化する様子はみられないが、改良後 (図 22 右図) は、亜熱帯域 (10-25°N) では 140m 深、亜熱帯と亜寒帯の境界域 (35°N) では 80m 深、亜寒帯 (40°N 以北) では 0-40m 深付近に再現されている。亜熱帯のクロロフィル極大の値自体がややモデルの方が大きい、亜寒帯のクロロフィルの出現深度がやや浅いなどの差もあるが、これはその他のパラメータを再調整することで改善されると考えている。

現在の  $I_{opt}$  の暫定値としては、最小値の設定は  $0.1 \text{ W/m}^2$ 、最大値は  $150 \text{ W/m}^2$  としている。

これまでの生態系モデル ( $I_{opt}$  = 一定値) と比較すると、Guo and Yanagi (1998) では  $11.63 \text{ W/m}^2$ 、Onitsuka and Yanagi (2005) では  $70 \text{ W/m}^2$ 、Sasai et al. (2016) では  $100 \text{ W/m}^2$ 、Kawamiya et al. (2000) では  $48.8 \text{ W/m}^2$ 、Fujii et al. (2002) では  $104.7 \text{ W/m}^2$  と設定されている。それらを比較すると、我々の設定した  $I_{opt}$  の最小値はやや小さすぎるかもしれない。プランクトンの栄養塩を取り込む速度に関するパラメータ、半飽和定数 ( $K_N$ ) やプランクトンの最大成長率 ( $V_{max}$ ) の値との兼ね合いをみて、再調整をしていく予定である。

### Chla 2008 SUMMER in 165E line

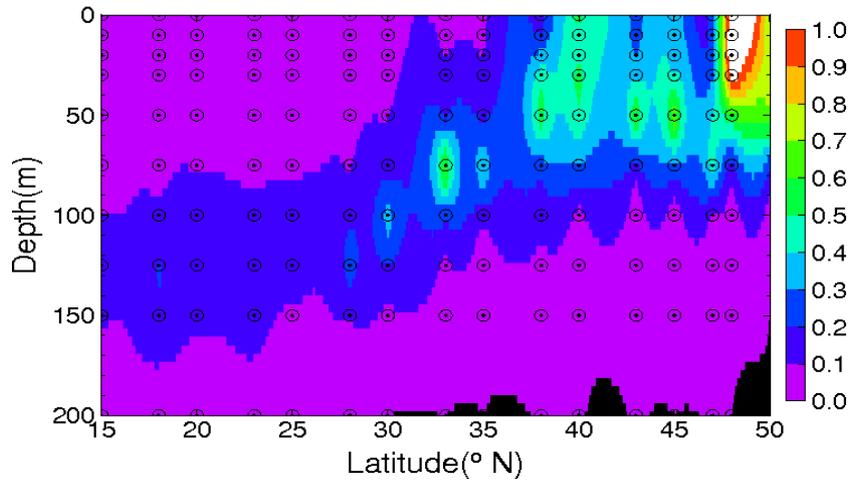


図 21 JMA データを使用した夏季のクロロフィルの鉛直断面図 165°E 線

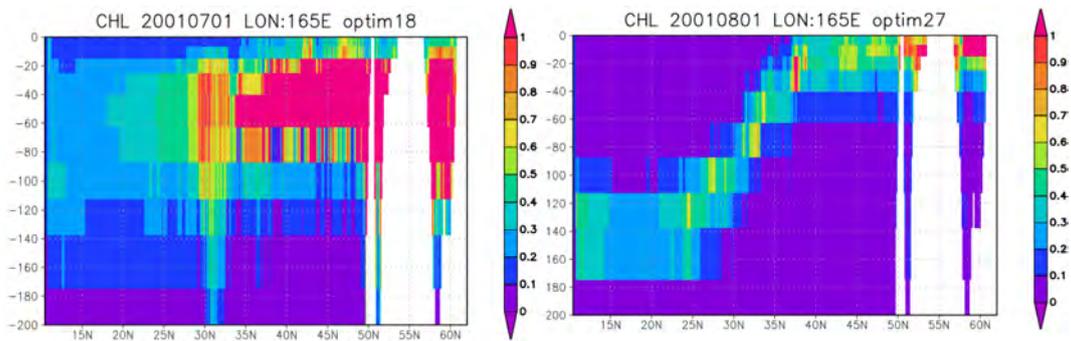


図 22 図 21 と同じ夏季のクロロフィル鉛直断面図を示すが、モデル出力を使用（左図は改良前の  $I_{opt} = \text{一定}$  の場合、右図は改良後の緯度変化する  $I_{opt}$  の例）

図 23 は 2015 年の衛星で得られたクロロフィルの分布と最新のモデル出力から示されるクロロフィルの表層水平分布図である。見かけ上、季節変動はモデルで再現されている。クロロフィル衛星画像（図 23）と比較すると、値に極端な違いはみられない。代表的な観測点（K2, POW1, S1, RF1）で、クロロフィル分布の時系列を衛星画像から得られた海面での値と比較してみると（図 24、25）、モデルで再現された亜寒帯域での春（3-4 月）のブルーム時期は衛星データと大まかには整合している。しかし、モデルでは亜熱帯では春のブルームが生じていないことや、秋の全域でみられるブルームが再現できていないという課題も浮き彫りとなった(図 25)。

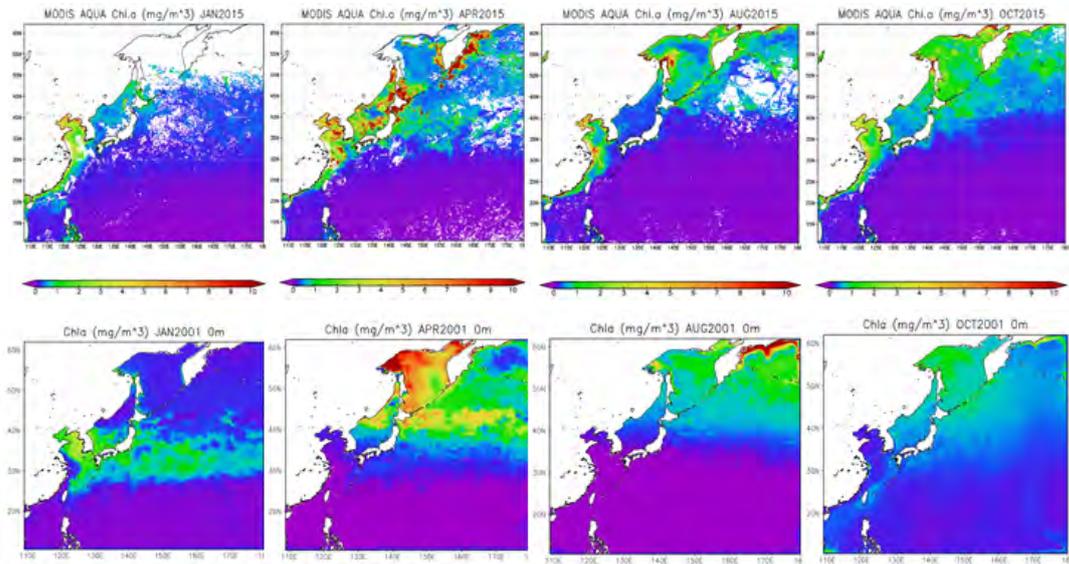


図 23 MODIS 衛星データ（上段）とモデル出力（下段）による  
季節ごとの表層クロロフィル水平分布

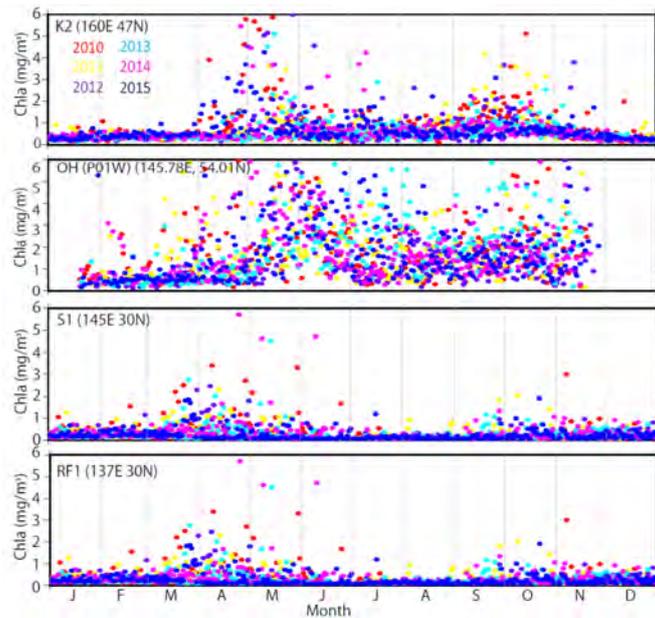


図 24 MODIS で観測された K2、PW01、S1、RF1 における  
表層でのクロロフィルの時系列 色は観測された年を示す。

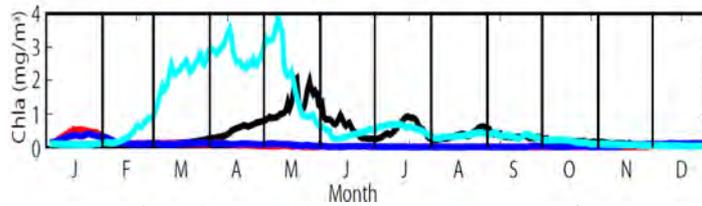


図 25 モデル値における各地点での表層のクロロフィルの時系列 黒: K2, 水色: P01W,  
S1: ピンク, RF1: 青

#### ④ モデルで再現される pH の値について

炭素循環を含む生態系モデルでは、酸性化の評価につながる  $\text{pH}_{T=25}$  および現場 pH が計算されるようにしている。気象庁で観測された  $\text{pH}_{T=25}$  の鉛直断面図をみると (図 26 左図)、表層で 8 前後の値を示し、深くなるにつれて、7.2-7.5 までの値に下がる。モデル値 (図 26 右図) でもそのような値および分布は再現されており、pH の外洋域の全体的な把握には問題ないと考えられる。気象庁が 2015 年度に観測したすべての  $\text{pH}_{T=25}$  の値とモデル値に対し、相関係数 (R) を計算すると、 $R = 0.92$  と高い相関が示された (図 27)。

図 28 は、2016 年度に収集した科学データのうち、沿岸における富栄養化や汚染水の影響が小さいと予想される公共用水の離島で測定された現場 pH とモデル値の比較をすると、佐渡、津島、五島列島の例でわかるように、モデル値は公共用水の最小値側の値と合う傾向にあった。

pH の値は、DIC、ALK といった炭酸系パラメータから計算される仕様となっているが、DIC は、大気と海洋の交換、植物プランクトンの光合成や再無機化過程に影響を受ける。Yasunaka et al. (2013) の観測データをもとにした北太平洋の表層全炭酸の水平分布の結果では、北太平洋における 3 月から 7 月にかけての海表面全炭酸の減少の空間分布と大きさが生物過程によって大きく影響されることが示されている (同 Fig. 5d)。これは、いわゆる生物ポンプの表現が全炭酸の変動において重要であることを示唆し、モデルでのクロロフィルの季節変動をうまく再現することは、より確からしい pH 値の取得、海洋酸性化の評価に必要な不可欠な要素であることを意味している。今後、生態系モデルのクロロフィルの再現精度を高め、pH 分布の精度を上げていきたい。

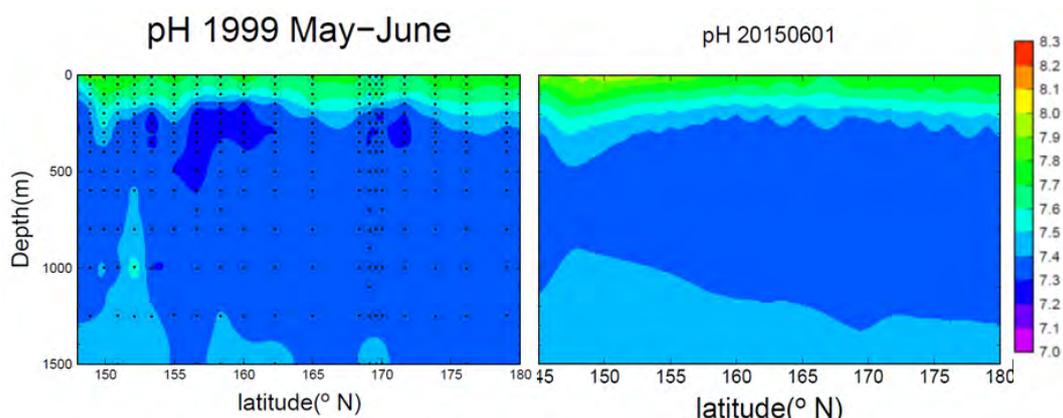


図 26  $\text{pH}_{T25}$  の 165°E 線に断面図 (左が観測値、右がモデル値)

左図の図内の点は観測水深を示す。

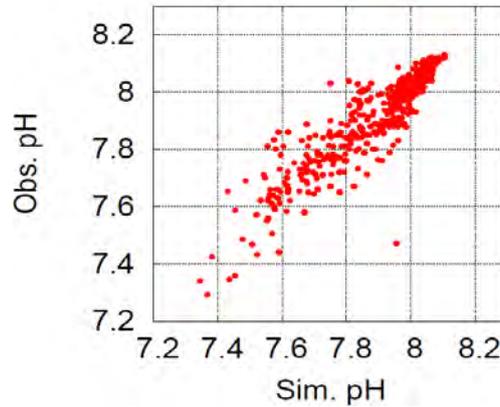


図 27 観測値とモデルの pH\_T25 の相関分布図

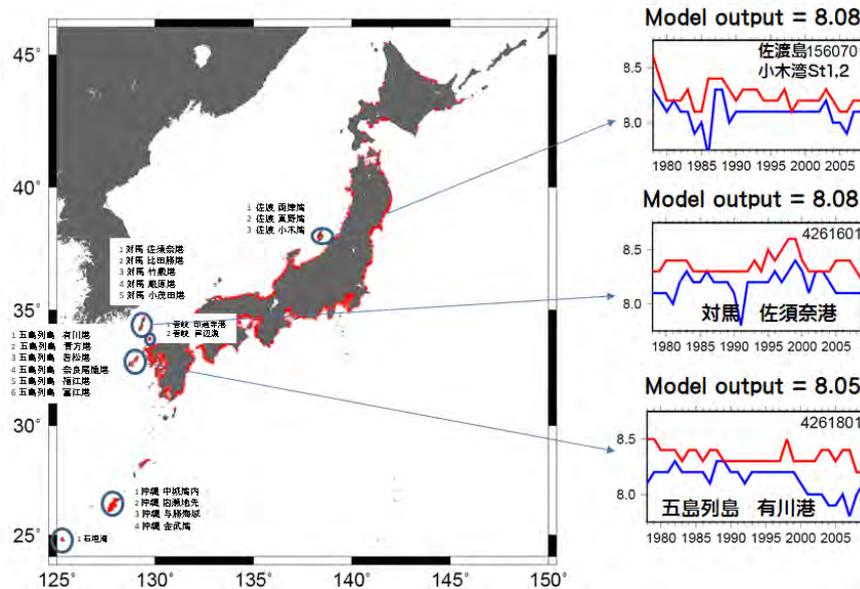


図 28 公共用水の離島における現場 pH とモデルの年平均値  
(時系列図：赤線が年間最大値、青線が年間最小値)

⑥ JCOPE2M 予測モデルの予測値に基づいた炭酸系の予測システム (JCOPE\_EC) の運用  
来年度公開予定の笹川財団海洋政策研究所が主体となって進めている酸性化現況予測の  
ための Web サイト「危機ウォッチ」において公開予定の炭酸系予測システム運用のため、  
予測システムの運用体制を整えた(図 29)。

モデルは、日本近海における海洋物理条件 (水温、塩分、海流、水位) の 2 ヶ月先までの  
変動を予測するモデル JCOPE2M (海洋研究開発機構で開発；

<http://www.jamstec.go.jp/jcope>; Miyazawa et al. 2009; 2014) の予測モデルの予測値に基づ  
き、炭酸系の予測システムを運用していくことになっている。予測モデルの外力には、観  
測データに基づいた過去 10 年間の気候値の風応力、熱、淡水 (塩分) の海表面における  
交換を考慮した。これらのデータは、酸性化現況予測のための Web サイト「危機ウォッ

チ」 <https://www.marinecrisiswatch.jp/preview/prediction/index.html> で1か月に1回の仮運用が次年度から進められる予定である。

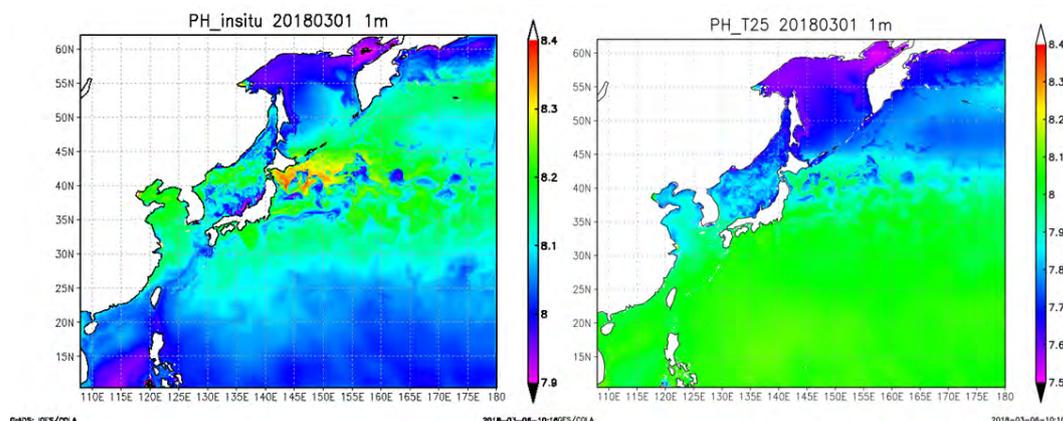


図 29 炭酸系の予測システムにより作成された現場 pH（左図）と pH\_T25（右図）の表層水平分布図

#### （5）まとめと今後の課題

日本沿岸域での観測データを収集し、過去数十年間における全体的な酸性化傾向を日本沿岸域で初めて確認し、論文にまとめ投稿した（タイトル「Trends in Ocean acidification in Japan coastal waters」Journal of Oceanography に投稿。現在改訂中）。さらにデータの信頼性に関する新たな解析も行った。海洋観光予測システムの検証に必要な物理量（水温、塩分）、化学量（pH、DIC、アルカリ度等）の現場観測データを収集し、モデル初期値の検証と改良に使用した。

日本近海における概要的な炭酸系変動を表現する海洋環境現況予測システムの改良のため、最適化によるパラメータ調整および最適日射量に関する係数 ( $I_{opt}$ ) に緯度変化を導入することで、モデルの精度改善に努めた。炭酸系化学量の初期値および pH の計算のアルゴリズムを修正した結果、炭酸系の平均状態と季節的な変動を再現できることを確認した。これらの結果の概要報告は「月刊海洋」にまとめ、受理された。また、海洋危機ウォッチのための JCOPE2M 予測モデルの予測値に基づいた炭酸系の予測システムの運用体制を構築し、1か月に1回程度の予測更新を可能とした。

暫定の生態系モデルとして、日本近海における炭酸系の平均状態と季節変動を再現できる予測システムの運用体制を構築できたといえる。しかし、低次生態系変動の季節変動の再現性とこれによる炭酸系の寄与（生物ポンプ）の評価はまだ検討の余地を残している。今後、生態系モデルのパラメータチューニングをさらに進め、モデルの改良を務めるとともに、炭酸系の寄与の評価を行う予定である。

## 参考文献

- Goyet, C et al 2000:** Global distribution of total inorganic carbon and total alkalinity below the deepest winter mixed layer depths, ORNL/CDIAC-127, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, 28pp. May 2000 NDP-062.
- Guo X, Yanagi T, 1998:** The role of the Taiwan strait in an Ecological Model in the East China Sea, ACTA OCEANOGRAPHICA TAIWANICA, 37, No.2 pp. 139-164.
- Onitsuka G, Yanagi T, 2005:** Differences in ecosystem dynamics between the northern and southern parts of the Japan Sea: Analyses with two ecosystem models, Journal of Oceanography, 61, 415-433.
- Smith S L, Yamanaka Y, Pahlow M, Oschlies A (2009): Optimal uptake kinetics: physiological acclimation explains the pattern of nitrate uptake by phytoplankton in the ocean, Mar. Ecol. Prog. Ser, 384, 1-12, doi:10.3354/meps08022.
- Kawamiya et al., 2000:** An ecosystem model for the North Pacific embedded in a general circulation model Part I: Model description and characteristics of spatial distributions of biological variables, J. Mar. Sys., 25, 129-157.
- Key et al., 2004:** A global ocean carbon climatology: Results from Global Data Analysis Project (GLODAP), Global Biogeochemical Cycle, 18, GB4031.
- Miyazawa et al., 2009:** Water mass variability in the western north Pacific detected in a 15-year eddy resolving ocean reanalysis, J. Oceanogr., 65, 737-756.
- Miyazawa Y et al., 2014:** Oceanic dispersion simulation of perfluoroalkyl substances in the Western North Pacific associated with the Great East Japan Earthquake of 2011, J. Oceanogr., 70, 535-547.
- 斉藤ほか, 2015: 気象庁における全炭酸濃度・全アルカリ度観測, 測候時報, 82, S81-S97.
- Sasai Y et al., 2016:** Coupled 1-D physical-biological model study of phytoplankton production at two contrasting time-series stations in the western North Pacific, J. Oceanogr., 72:509-526 doi:10.1007/s10872-015-0341-1.
- Smith S. L et al., 2009:** Optimal uptake kinetics: physiological acclimation explains the pattern of nitrate uptake by phytoplankton in the ocean, Mar. Ecol. Prog. Ser, 384, 1-12, doi:10.3354/meps08022.
- Takatani Y et al. 2014:** Relationships between total alkalinity in surface water and sea surface dynamic height in the Pacific Ocean, J. Geophys. Res. Oceans, 119, 2806-2814, doi:10.1002/2013JC009739.
- Yara et al. 2012:** Ocean acidification limits temperature-induced poleward expansion of coral habitats around Japan, Biogeosciences, 9, 4955-4968, doi:10.5194/bg-9-4955-2012
- Yasunaka et al., 2013:** Monthly maps of sea surface dissolved inorganic carbon in the North Pacific: Basin-wide distribution and seasonal variation, J. Geophys. Res. Oceans, 118, 3843-3850, doi: 10.1002/jgrc.20279.

### 3. 2 情報基盤となる「海洋危機ウォッチ」の試作

温暖化・海洋酸性化について一般向けに分かりやすく、かつ専門家にも活用可能な情報基盤（ホームページ）の作成を目指す計画の第2ステップ（図 30）として、昨年度検討し試作版として構築したウェブページの更新を実施し、以下の5つのコーナーを設けコンテンツをインターネットに配信するための環境整備を行い、「海洋危機ウォッチ」のプロトタイプを作成し公開を行った（図 31）。

- ✓ 「海の温暖化・酸性化」 温暖化・海洋酸性化の概要を説明
- ✓ 「海の予測情報」 温暖化・海洋酸性化のシミュレーション結果を表示
- ✓ 「観測の情報」 モニタリング（観測の情報）の表示
- ✓ 「ニュース」 温暖化・海洋酸性化に関する最新情報提供
- ✓ 「学習コーナー」 動画や用語集など教育コンテンツ提供

また、海洋教育の一環として海洋酸性化の計測を行う神奈川県立海洋科学高等学校において、酸性度（pH）の現地調査の補助も実施した。なお、「海洋危機ウォッチ」のロゴ（図 32）は同校の生徒に作成いただいたものである。



図 30 調査研究と情報基盤の計画イメージ



図 31 海洋危機ウォッチ サイトイメージ



図 32 海洋危機ウォッチ サイトロゴ

「海洋危機ウォッチ」のプロトタイプ版のホームページ構成は、図 33 のとおりであり、画面構成のイメージは図 34 のとおりである。

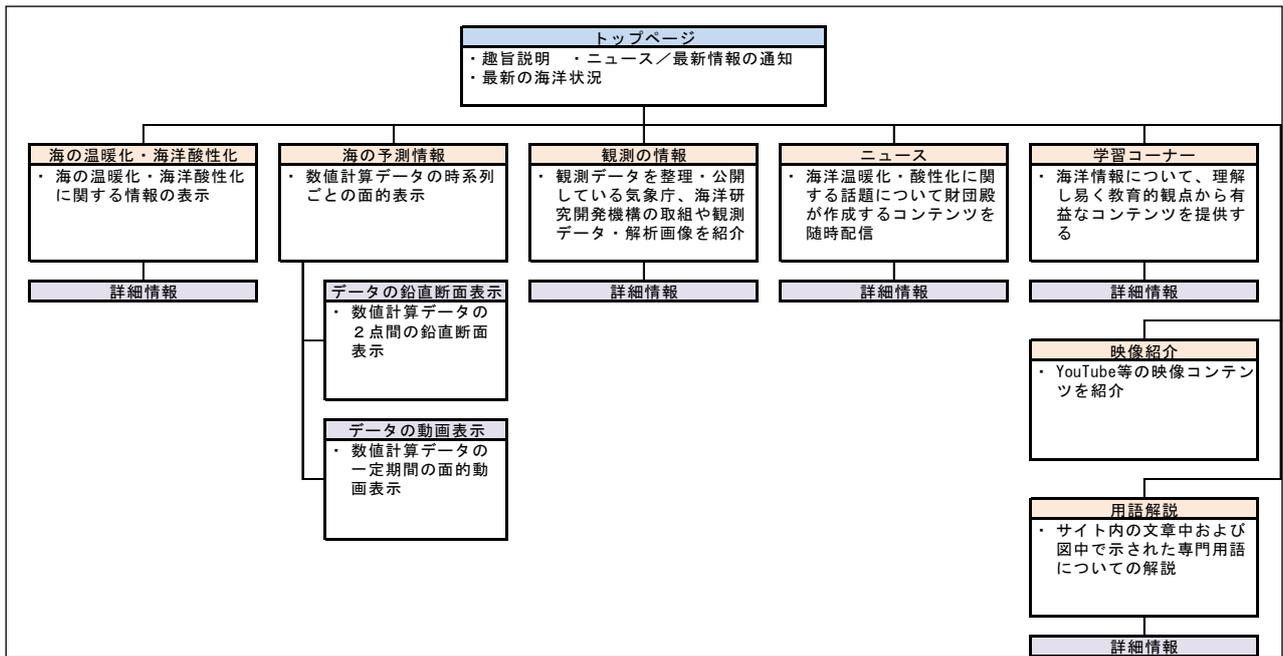


図 33 海洋危機ウォッチ HP のツリー構成

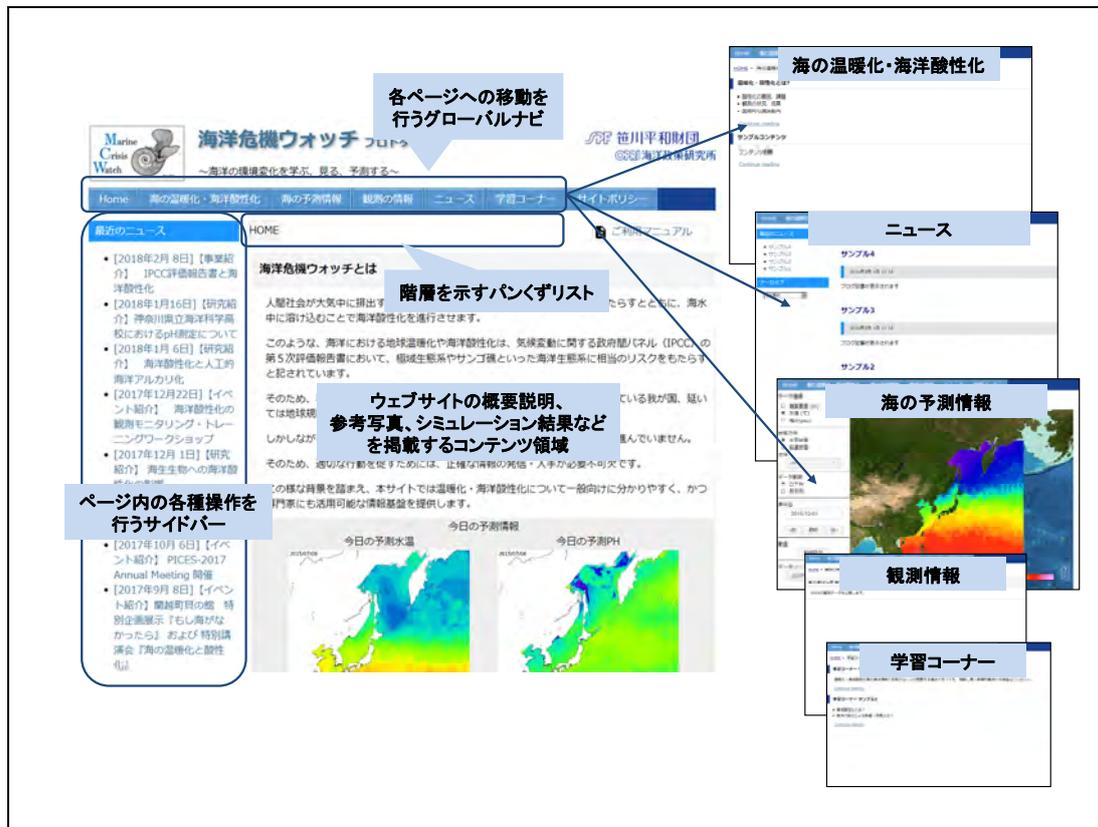


図 34 温暖化・海洋酸性化 HP のデザインイメージ

## (1) 温暖化・海洋酸性化についての情報表示

“海洋危機ウォッチ”では、統一レイアウトのもとでコンテンツ部分のみを容易に追加できることが重要であると考え、コンテンツマネジメントシステム(以下、CMS)を利用することとした。

一般的な CMS を利用する場合には、製品自体にセキュリティホール問題が多々発生することがあり、CMS 製品自体が提供元によって今後もメンテナンスされることと、常に最新化作業を行うことが重要になる。CMS の多くはサイト利用者が操作する都度 HTML を動的に生成しており、そこにセキュリティホールが入り込む隙がある。

さらに、CMS を使ったサイト運用では、サイトへの攻撃を受けて改ざんが行われるなどの被害が発生した場合に備え、改ざんの早期に検知し、サイト停止などの処置を施して影響を最小限にとどめる必要がある。そのためには、定期的なシステム監視などの多くの労力が必要となる。

上記の様なセキュリティ等の問題に対応するため、CMS 製品の中から“Movable Type Open Source (以下、MTOS)”を採用した。“MTOS”の持つ機能の中で、高性能な HTML エディター、およびコンテンツ管理リポジトリとしてのみ利用している。この方法では CMS エンジン部分をウェブサーバで稼働させる必要がなく、セキュリティホールの危険性を回避できる。

また、“MTOS”は利用者が操作する都度、動的に HTML を生成するのではなく、予め HTML を生成しておくことができる。生成した HTML 等をウェブサーバへ複製することでサイトが構築できるため、前述のセキュリティホールが入り込む隙を低減することが可能である。

上記の CMS を利用し、「海の温暖化・海洋酸性化」のコーナーにおいて海洋酸性化に関するコンテンツを作成し、ウェブサイトに登録している。当コンテンツと「学習コーナー」で作成している専門用語集とクロスリファレンスすることにより、より分かりやすい内容となるように工夫している。

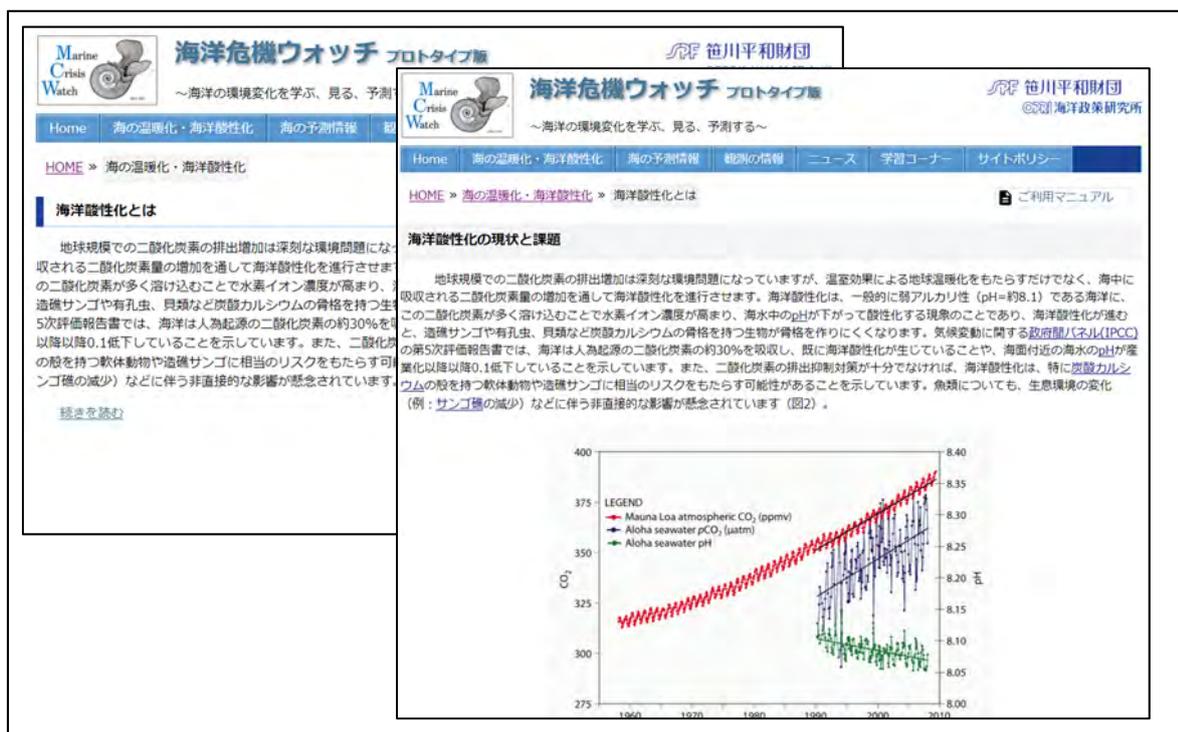


図 35 温暖化・海洋酸性化についての情報表示イメージ

(2) 「海の予測情報」コーナーにおける温暖化・酸性化予測データ表示

「海の予測情報」のコーナーにおいて温暖化・酸性化のシミュレーション結果のデータ表示を行う機能として、データ加工処理から取込、保存、データ表示までを一連のシステムとして構築した。

①システム製品構成

システム製品構成は、運用段階において高額なライセンス料金が発生せず、ユーザ側にウェブブラウザ以外のインストールを必要としないソフトウェア構成とした。

②数値データ加工処理の構築

数値データを加工しシステムへ取込む機能の実装方法を検討し構築した。なお、数値データは JCOPE\_EC とし、数値データの情報を以下に示す。

- データ : JCOPE\_EC(NetCDF)
- データ種類 : 水温(°C)、塩分(psu)、pH
- 期間 : 2015/01/02~2015/12/31  
 ※上記の期間はシステム構築時に使用したデータであり、JCOPE\_EC による予測結果が更新される都度、数値データの加工期間も更新される。

数値データ加工処理は、JCOPE\_EC から、面的表示用の画像、アニメーション用の画像、

月平均データの生成を行い、JCOPE\_EC データと共に所定のフォルダへ格納する。

昨年度の数値データは FORTRAN バイナリ版の JCOPE2 であったが、今年度から NetCDF 版の JCOPE\_EC に変更する修正を行っている。

数値データ加工処理の出力データを表 2 に示す。

表 2 数値データ加工処理の出力データ

出力データ	出力データ詳細情報
面的表示用画像	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 水温(0,10,25,50,100,150,200,300,400,500m)</li> <li>● 塩分(0,10,25,50,100,150,200,300,400,500m)</li> <li>● pH(0,10,25,50,100,150,200,300,400,500m)</li> </ul> 上記画像を日次、月次で作成 ファイルフォーマット PNG、サイズ(1000px×1000px)
アニメーション用画像	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 水温(0,10,25,50,100,150,200,300,400,500m)</li> <li>● 塩分(0,10,25,50,100,150,200,300,400,500m)</li> <li>● pH(0,10,25,50,100,150,200,300,400,500m)</li> </ul> 上記画像を日次、月次で作成 ファイルフォーマット PNG、サイズ(625px×600px)
月平均データ	水温、塩分、pH の月平均値データ NETCDF4 データモデル、ファイルフォーマット HDF5

数値データは、提供元のサーバに新たな JCOPE\_EC ファイルが追加・更新された場合は、翌日にはウェブページへ反映されるように数値データ加工処理の自動化を行った。

この自動化を行うにあたって、数値データ提供元と取り交わしたインタフェース仕様を表 3 に示す。なお、数値データの反映は、毎日深夜 1 時に行われる。

表 3 数値データインタフェース仕様

項目	内容
プロトコル	HTTP
認証	BASIC 認証
URL	<a href="http://www.jamstec.go.jp/jcope/distribution/new_data/">http://www.jamstec.go.jp/jcope/distribution/new_data/</a>
更新情報ファイル	ファイル名：Readme.yyyymmdd.txt ※yyyymmdd は更新日付 更新及び追加のあった予測プロダクトのファイル名リスト
予測プロダクトファイル名	ファイル名：net80.nc2.yyyymmdd.nc ※yyyymmdd は対象日付

### ③数値データ表示機能の構築

「海の予測情報」のコーナーにおいて数値データを表示するための機能について、昨年度試作したウェブページを基に検討を進めて構築した。

- 画面デザイン・レイアウト

プロトタイプ作成に先立ち、分かりやすさと統一レイアウトを考慮した画面デザインとするために、画面デザイン・レイアウトを設計し、パーツの配置や配色、フォントサイズ等を検討した。

なお、画面デザイン・レイアウトの設計は、他の情報発信機能を含めて行った。

- 面的表示機能

面的表示機能を実現するための、ソフトウェア構成、前処理等を検討し、プロトタイプを作成したうえで機能を実装した（図 36）。

面的表示機能は、主にウェブ GIS サーバソフトウェアの“MapServer”と、ウェブ GIS ライブラリの“OpenLayers”を使用して実装している。地図上に重ねる数値データ画像は、リアルタイム生成ではなく事前に作成することとした。

これらによって、一般的にインターネットで利用できる地図サイトと同様の操作方法で、地図上に面的表示した数値データを表示することができる。

なお、背景地図は、GEBCO(<http://www.gebco.net>)を利用した。

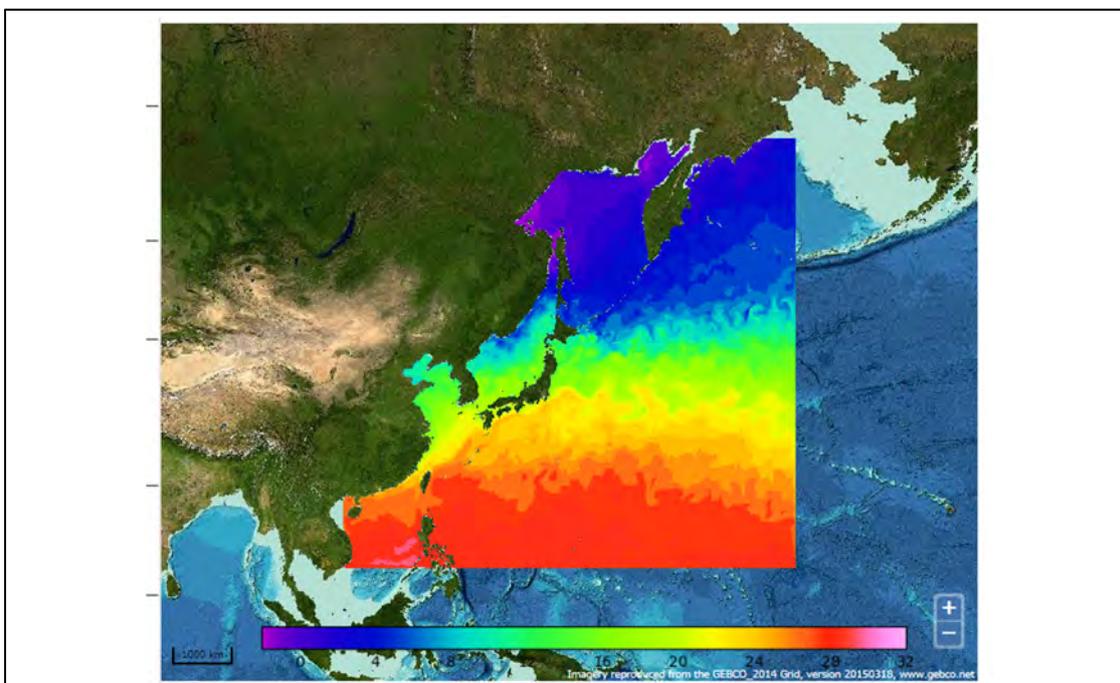


図 36 面的表示機能イメージ

- 拡大縮小機能

面的表示機能の実現と同様に、“MapServer” および “OpenLayers” を使用し、地図および数値データの面的表示画像の、拡大／縮小機能を実装した。

拡大／縮小の操作は、地図上に配置された拡大縮小用のパーツを操作するか、マウスのホイール操作で行え、現在の拡大／縮小情報を地図上のスケールバーで確認できるようにした（図 37）。

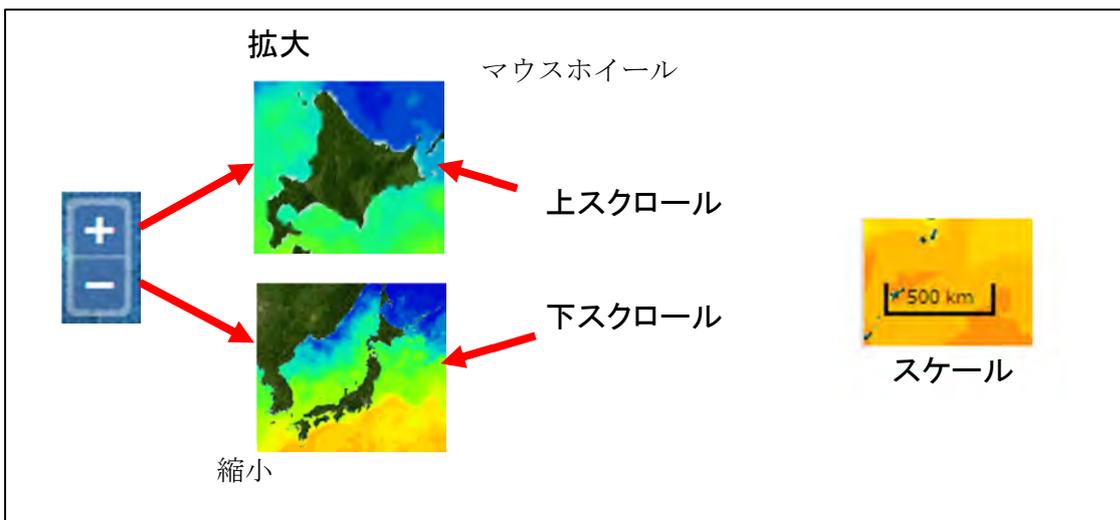


図 37 拡大縮小機能イメージ

- データ選択・表示機能

データの選択は、サイドバーから行えるようにし、表 4 の任意の条件で表示できるようにした。データの選択条件が変更された際は、地図上の数値データ画像が即座に該当するデータに切り替わるようにした。

- 鉛直断面コンター図表示機能

面的表示された数値データ画像上の 2 点を指定し、鉛直断面コンター図を表示する機能を作成した（図 38）。

2 点の指定は緯線または経線に平行とし、数値データ画像 (JCOPE\_EC) のエリア内でのみ指定できるようにした。

鉛直断面コンター図は、図に付随する情報として、“緯度または経度”、“2 点間の距離”、“選択した月日” 及び “データ種別” を表示する領域も設けた。

表 4 データの選択条件

データの選択条件			画面初期表示時
データ種類	水温(°C)	いずれかを選択	デフォルト選択
	塩分 (psu)		—
	pH		—
断面方向	水平断面	水平断面を選択することで、水深を選択することが可能になる。 水深は以下から選択可能 0m,10m,25m,50m,100m,150m, 200m,300m,400,500m	デフォルト選択
	水深		0m
データ範囲	日平均	いずれかを選択	デフォルト選択
	月平均		—
表示日	日付	データ範囲の日平均が選ばれた場合に入力可能	本日の日付 本日までのデータが取り込まれていない場合は、最終日の日付
	年月	データ範囲の月平均が選ばれた場合に選択可能	—

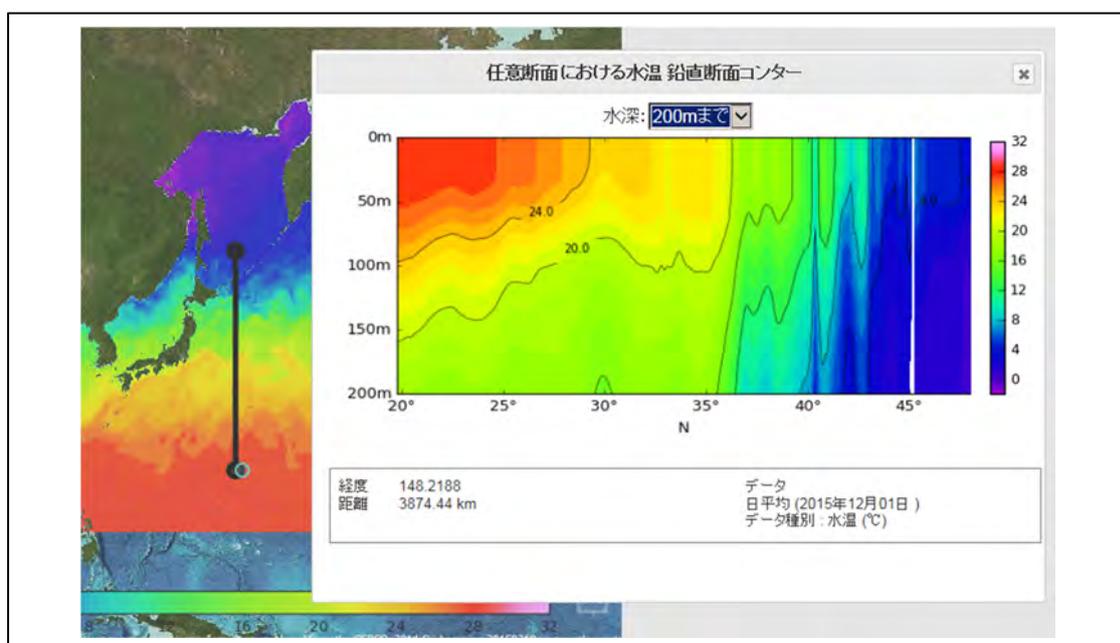


図 38 鉛直断面コンター図表示機能イメージ

- 動画機能

数値データから動画を生成するには比較的長い処理時間を必要とするため、リアルタイム性が損なわれる。そのため、事前に動画用の画像を作成し保存しておくことで、高速化を図った。

動画は、データ範囲が日平均の場合は表示日から30日間を再生することを基本とし、数値データの取り込みがこの期間に満たない場合は、最新の取込日から30日遡った範囲を再生する。

データ範囲が月次範囲の場合は年月から12か月間を再生することを基本とし、数値データの取り込みがこの期間に満たない場合は、最新の取込月から12か月遡った範囲を再生する。

動画再生画面は、ポップアップ表示とし、再生、逆再生、一時停止がボタン操作で行えるようにした（図 39）。

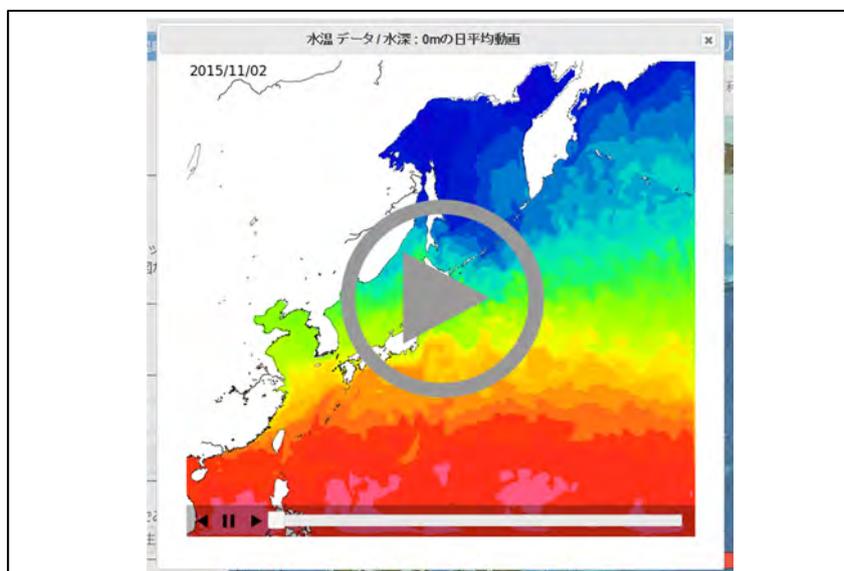


図 39 動画機能イメージ

- 表示機能構築

検討・調整の上、決定した画面デザイン・レイアウトに沿って、面的表示機能、拡大縮小機能、データ選択機能、鉛直断面コンター図表示機能、動画機能を実装した表示機能を構築した（図 40）。

Home
海の温暖化・海洋酸性化
海の予測情報
観測の情報
ニュース
学習コーナー
サイトポリシー

データ種類

水温 (°C)

塩分(psu)

pH

---

断面方向

水平断面

水深

鉛直断面

---

データ範囲

日平均

月平均

---

表示日

---

動画

海の変化を動画でみられます

---

データソース

[HOME](#) > 海の予測情報

Image reproduced from the GEBCO\_2014 Grid, version 20150318, www.gebco.net

表示に時間がかかる場合があります

[> サイトポリシー](#)

図 40 「海の予測情報」コーナーの画面デザイン

### (3) 「観測の情報」コーナーにおける観測情報の配信

#### ①コンテンツ随時配信機能の構築

観測された情報を随時登録し配信するため、「(1)温暖化・海洋酸性化についての情報表示」に記載した CMS である MTOS を使用してコンテンツの管理およびコンテンツの登録を行う事とした。

MTOS の利用方法も「(1)温暖化・海洋酸性化についての情報表示」で説明した考え方や公開までのフローを踏襲している。

「観測の情報」でモニタリングの情報提供機能として必要となる、データのダウンロード機能、他サイトへのリンク、画像の表示は全て MTOS の機能で簡単に作成できる。

当コーナーでは、以下のコンテンツを作成し、ウェブサイトへ登録した。

- ✓ 気象庁：表面海水中の pH の長期変化傾向(北西太平洋) (図 41)
- ✓ JAMSTEC:西部北太平洋亜寒帯域における pH の定点観測(図 42)

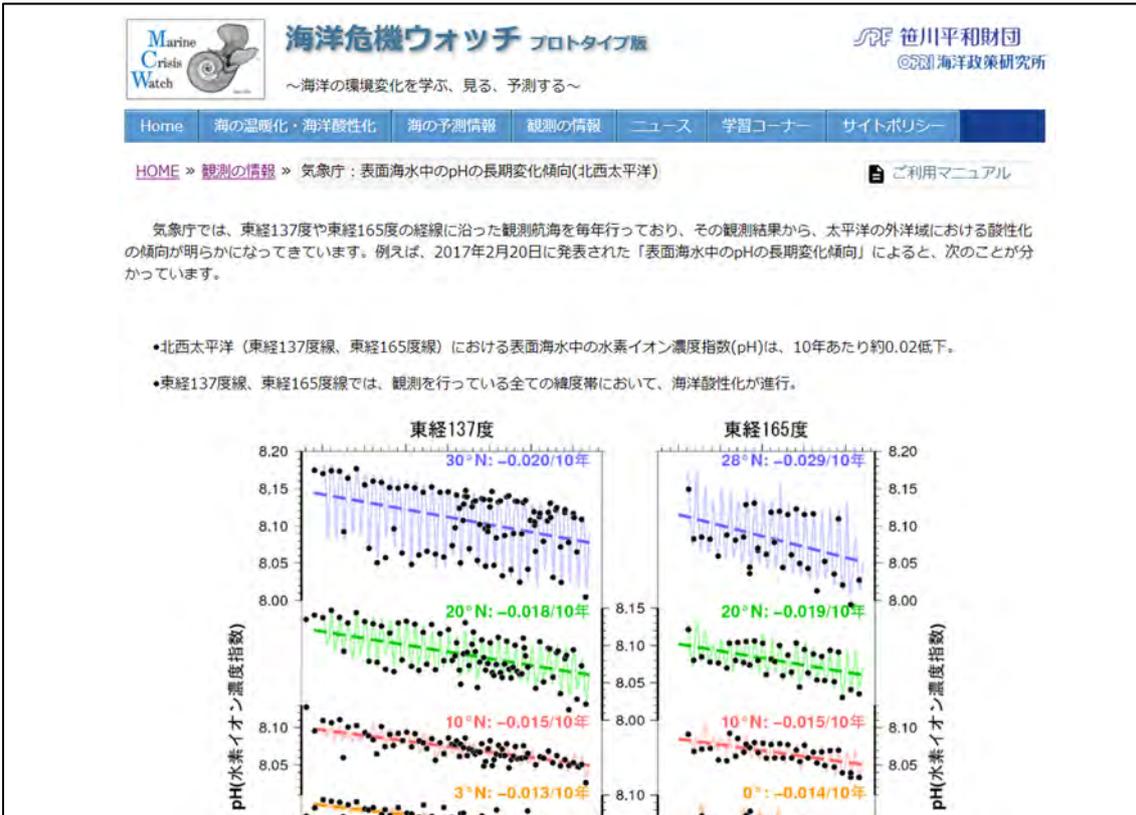


図 41 気象庁：表面海水中の pH の長期変化傾向(北西太平洋)

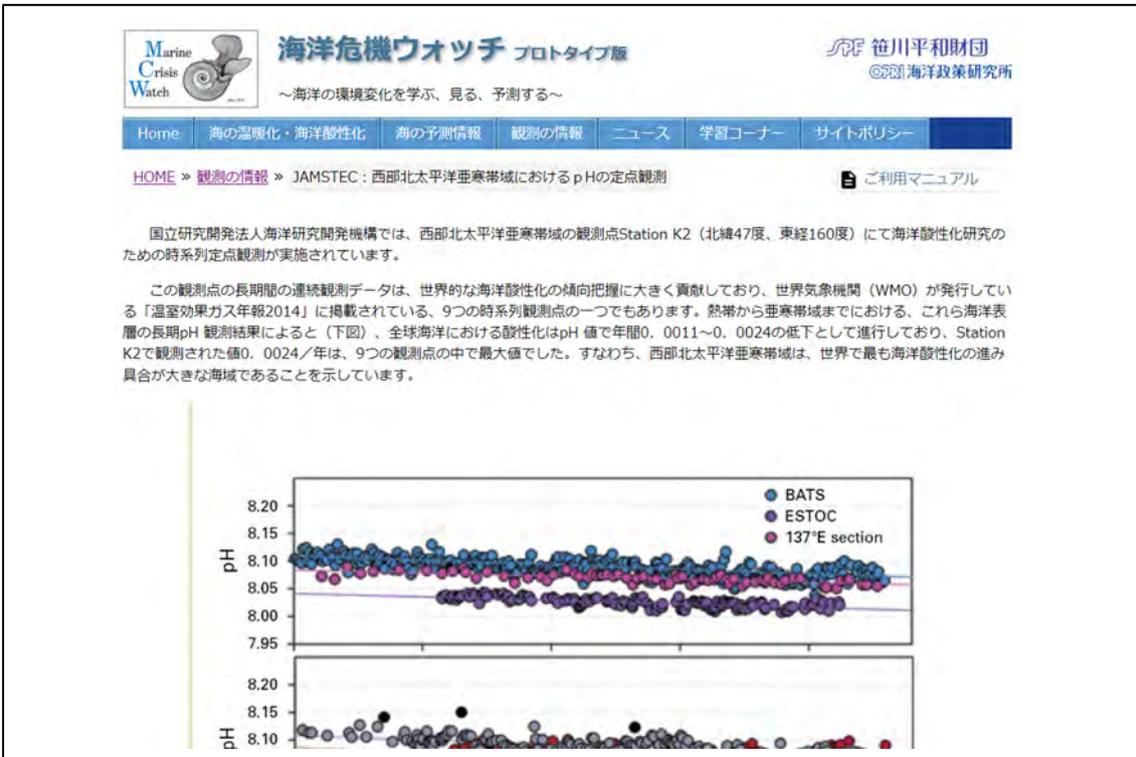


図 42 JAMSTEC：西部北太平洋亜寒帯域における pH の定点観測

また、今年度は「観測の情報」コーナーに新たに“観測データマップ機能”を追加し上記記事との連携を行っている。

観測データマップ機能は、観測地点を地図上にポイントまたはラインで表し、マウスクリックで観測地点と連携した記事のリンクをポップアップ表示するものである（図 43）。

観測データマップ機能への観測地点の追加は、サーバ側のデータファイルに追加するだけで簡単に行える仕組みとしている。

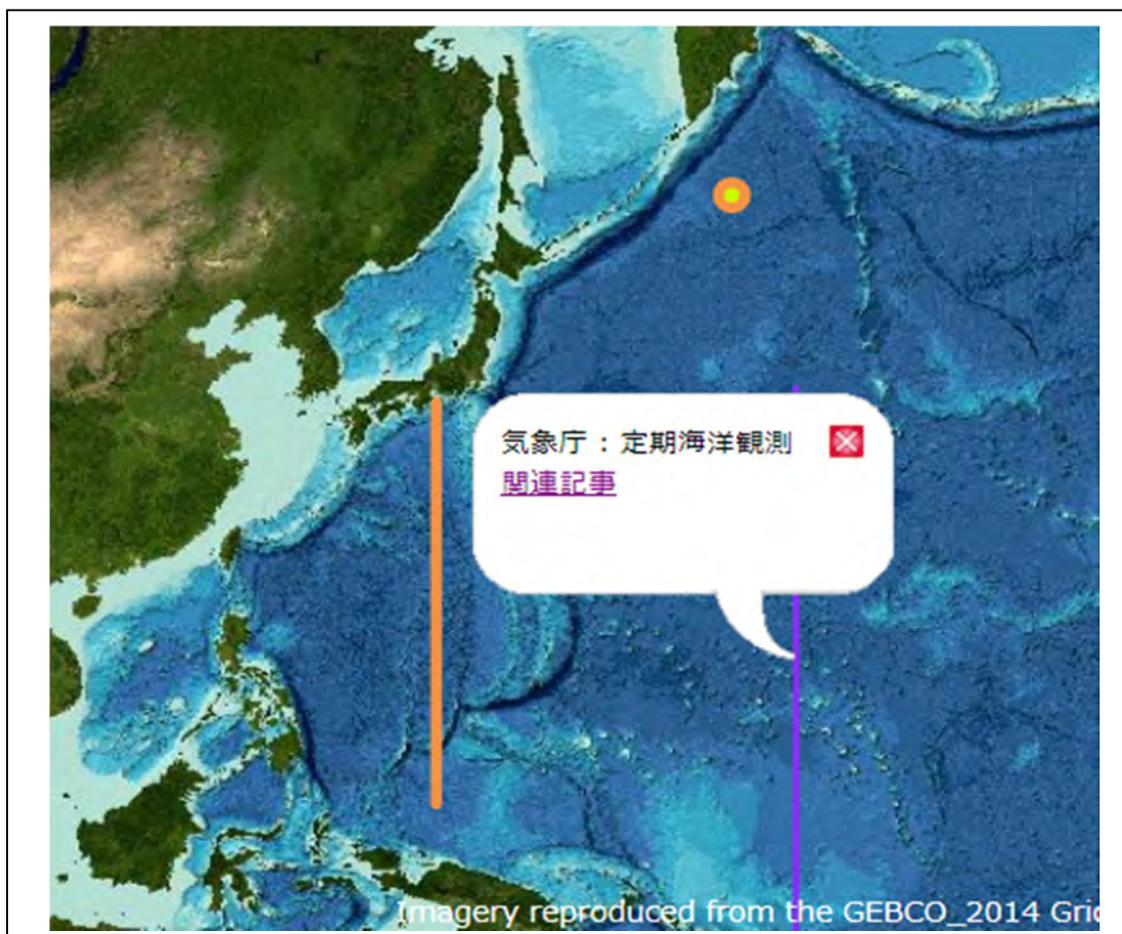


図 43 観測データマップイメージ

## ②観測データ提供・登録方法の検討

観測データを提供する方法として、データダウンロードリンクと画像表示をコンテンツ内に埋め込むことが考えられるが、いずれも構築時に使用した MTOS の機能で簡単に実現できる。

今後、各種調査機関等の観測データ（CSV ファイルやバイナリファイル等）を共有できるようにする際には、調査内容等を記載した原稿に観測データのファイルや調査地点の画像ファイル等を MTOS に取り込み、ダウンロードリンクの場所や表示位置を指定する。

なお、観測地点を地図上に表示するには、MTOS の HTML 埋め込み機能が使用可能である。原稿（コンテンツ）の一部として HTML の埋め込みが行えるため、Google Map 等の地図サービスを簡単にコンテンツに埋め込むことができる。

Google Map は緯度・経度で検索が行え、結果をウェブサイトに組み込むための API を提供しており、この機能が利用可能である。ただし、Google Map 等の地図サービスの利用は著作権に十分注意して行う必要がある。

その他の方法としては、「(2)「海の予測情報コーナーにおける温暖化・海洋酸性化予測データの表示」で説明した、“MapServer”、“OpenLayers”、“GEBCO(<http://www.gebco.net>)”を使用して Google Map 等が提供している API と同様なものを構築するものである。一度 API を構築すれば、MTOS の HTML 埋め込み機能で、容易に位置情報をコンテンツに埋め込むことができる。API の作成が必要となるが、著作権に抵触する可能性はなくなる。この方法は、今年度に作成した“観測データマップ機能”でも採用している。

(4)「ニュース」コーナーにおける温暖化・海洋酸性化に関する最新情報提供  
海洋酸性化に関するニュースやトピック等の最新情報を随時登録し配信するため、「(1)温暖化・海洋酸性化についての情報表示」に記載した CMS である MTOS を使用してコンテンツの管理およびコンテンツの登録を行った（図 44）。



**海洋危機ウォッチ プロトタイプ版**

～海洋の環境変化を学ぶ、見る、予測する～



世川平和財団  
海洋政策研究所

Home
海の温暖化・海洋酸性化
海の予測情報
観測の情報
ニュース
学習コーナー
サイトポリシー

最新のニュース HOME > ニュース ご利用マニュアル

- [2018年2月 8日] 【事業紹介】 IPCC評価報告書と海洋酸性化
- [2018年1月16日] 【研究紹介】 神奈川県立海洋科学高校におけるpH測定について
- [2018年1月 6日] 【研究紹介】 海洋酸性化と人工的海洋アルカリ化
- [2017年12月22日] 【イベント紹介】 海洋酸性化の観測モニタリング・トレーニングワークショップ
- [2017年12月 1日] 【研究紹介】 海生生物への海洋酸性化の影響
- [2017年10月20日] 【ニュース】 日本海洋学会2017年度秋季大会開催
- [2017年10月 6日] 【イベント紹介】 PICES-2017 Annual Meeting 開催
- [2017年9月 8日] 【イベント紹介】 開越町貝の館 特別企画展示『もし海がなかったら』および 特別講演会『海の温暖化と酸性化』

**【事業紹介】 IPCC評価報告書と海洋酸性化**

2018年2月 8日

IPCC（気候変動1988年に世界で設立されています。気候変動に関する政府の気候変動に関する評価報告書第5次は2013-

**【研究紹介】**

2018年1月16日

1. 背景  
世川平和財団 育バイオニアスターと共同で実施「海洋教育/取り組む神奈川県」なので、その様子

**【ニュース】 日本海洋学会2017年度秋季大会開催**

2017年10月20日

日本海洋学会の2017年度秋季大会が、2017年10月13日～同年10月17日にかけて、仙台国際センターにて開催されました。海洋物理・化学・生物の各分野、および学際研究に分かれて14のセッションが開催され、口頭・ポスターの合計248件の研究発表がありました。

そのうち「地球温暖化と海洋酸性化に対する沿岸・近海地域の生態系の応答」のセッションでは、口頭7件・ポスター6件の発表があり、温暖化・酸性化に関わるプロセスの複雑さを反映して、様々な切り口から得た研究成果が紹介されました。数値モデルを用いた研究として、地球温暖化に伴う全球の海洋生物生産の将来予測や日本近海の海洋酸性化の現況予測に向けた開発が紹介されました。また観測データ解析の成果として、溶存酸素分布や基礎生産への温暖化の影響評価、海洋酸性化の進行・減速のメカニズム、炭酸カルシウム飽和度の経年変動やpH・pCO<sub>2</sub>分布の変動等が示されました。さらに生物の生態観察から、珪藻や付着性藻類への海水CO<sub>2</sub>濃度上昇の影響等が示されました。

pCO<sub>2</sub>：海中の二酸化炭素分圧  
基礎生産：光合成をとおした植物プランクトンによる有機物の生産

写真




図 44 温暖化・海洋酸性化に関する最新情報提供イメージ

— 65 —

表 5 トピック的なニュース記事

	タイトル
1	【ニュース】国際シンポジウム「海洋における温暖化と酸性化～現状と今後の対応策～」開催
2	【ニュース】国連海洋会議開催
3	【ニュース】国連海洋会議詳報—海洋酸性化に関連して
4	【研究紹介】地球の日傘が薄れる…？
5	【ニュース】日本地球惑星科学連合大会
6	【イベント紹介】蘭越町貝の館 企画展『クリオネと海洋酸性化』開催
7	【ニュース】日本海洋学会秋季大会
8	【イベント紹介】蘭越町貝の館 特別企画展示『もし海がなかったら』 および 特別講演会『海の温暖化と酸性化』
9	【研究紹介】欧米の海洋酸性化教育事情
10	【イベント紹介】神奈川県立海洋科学高等学校 出張講義
11	【イベント紹介】Our Ocean 2016 『Our Ocean, One Future』
12	【ニュース】日本海洋学会 2017 年度秋季大会開催
13	【イベント紹介】第3回 JAMBIO 国際シンポジウム開催
14	【研究紹介】海洋酸性化の過去と現在を知る
15	【イベント紹介】PICES-2017 Annual Meeting 開催
16	【研究紹介】極域に顕在化する海洋酸性化
17	【イベント紹介】第3回 GOA-ON Science Workshop 開催
18	【研究紹介】海生生物への海洋酸性化の影響
19	【事業紹介】海洋白書 2016
20	【イベント紹介】サイエンスカフェで海洋酸性化を知る
21	【コラム】海洋酸性化を教える
22	【イベント紹介】海洋酸性化の観測モニタリング・トレーニングワークショップ
23	【開催報告】「温暖化・海洋酸性化の影響と対策に関する国際会議～西太平洋におけるネットワーク構築に向けて～」開催
24	【イベント紹介】PICES-2016 Annual Meeting 開催
25	【事業紹介】IPCC 評価報告書と海洋酸性化
26	【研究紹介】海洋酸性化と人工的海洋アルカリ化

(5) 「学習コーナー」における教育コンテンツの提供

海洋酸性化に関する教育コンテンツを随時登録し配信するため、「(1)温暖化・海洋酸性化についての情報表示」に記載した CMS である MTOS を使用してコンテンツの管理およびコンテンツの登録を行った (図 45)。

配信機能の構築では、「キャロル・ターレー博士 インタビュー動画」と EPOCA (海洋酸性化 欧州プロジェクト) のもと、英国セントマーク&セントジョン大学と英国国立海洋水族館の後援で、リッジウェイ校 (プリマス・アカデミー) の生徒/サンドッグ・メディア/キャロル・ターレー博士、ヘレン・フィンリー博士 (プリマス海洋研究所) により企画・制作された「もうひとつの CO2 問題」を登録している。

また、海洋温暖化・酸性化に関する専門用語をピックアップし、解説サイトを作成した (図 46)。



図 45 教育コンテンツ提供イメージ



**海洋危機ウォッチ プロトタイプ版**  
～海洋の環境変化を学ぶ、見る、予測する～



菅川平和財団  
海洋政策研究所

Home
海の温暖化・海洋酸性化
海の予測情報
観測の情報
ニュース
学習コーナー
サイトポリシー

HOME » [学習コーナー](#) » [用語解説](#) 📖 ご利用マニュアル

### 用語解説目次

#### 五十音順

**あ行**

- [アラゴナイト飽和度 \(Ω\)](#)
- [アルカリ度](#)
- [アルゴフロート](#)

**か行**

- [海洋酸性化](#)
- [緩和策](#)
- [国連気候変動枠組み条約締約国会議 \(COP\)](#)

**さ行**

- [サンゴ礁](#)
- [生物多様性条約](#)
- [石灰化](#)

---



**海洋危機ウォッチ プロトタイプ版**  
～海洋の環境変化を学ぶ、見る、予測する～



菅川平和財団  
海洋政策研究所

Home
海の温暖化・海洋酸性化
海の予測情報
観測の情報
ニュース
学習コーナー
サイトポリシー

HOME » [学習コーナー](#) » [用語解説](#) » [アラゴナイト飽和度 \(Ω\)](#) 📖 ご利用マニュアル

### アラゴナイト飽和度 (Ω)

炭酸カルシウムのうち、比較的溶けやすい結晶型であるアラゴナイトについて、化学平衡論ではアラゴナイト飽和度が1を下回ると溶解するとしています。アラゴナイト飽和度の低下は、骨格を形成する石灰化能力の低下・阻害を引き起こすことが知られています。

**出典**

1. 国立環境研究所ウェブサイト <https://www.nies.go.jp/whatsnew/2013/20130109/20130109.html>

[> サイトポリシー](#)

図 46 専門用語解説イメージ

#### (6) コミュニケーション機能検討

「海洋危機ウォッチ」には機能として実装は行っていないが、研究者等が議論を行う上では、コミュニケーション機能を HP に持たすことも有用であると考えられる。このコミュニケーションツールの検討を昨年度行っている。

コミュニケーションツールの製品選定は、「海洋危機ウォッチ」の構成を大きく変更する事無く、かつ、コミュニケーション機能が後付できる事を前提にし、表 6 に示す 3 製品をピックアップし比較した。

表 6 データの選択条件

	製品名	種類	提供形態
1	Movable Type 6	CMS	ソフトウェア
2	Facebook	SNS	オンラインサービス
3	DISQUS	コメントサービス	オンラインサービス

#### ● Movable Type 6

コミュニケーション機能をサイトに追加する場合は、一般的な CMS が提供する機能を利用する方法が考えられる。

「ニュース」コーナーをはじめとする情報発信機能では、高性能な HTML エディターとして”MTOS”を使用しているが、“MTOS”は CMS としてのコメント機能も備えている。

”MTOS”を高性能な HTML エディターとしてだけではなく、一般的な CMS として使うようにウェブサーバへ整備をすることで、本業務で整備したコンテンツを大きく変更する事無く、コミュニケーション機能を実現できる。

しかし、“MTOS”を一般的な CMS として使う場合は、以下のデメリットが存在する。

- ✓ ウェブサーバで“MTOS”の CMS エンジン動かす必要がある。  
コミュニケーション機能は、入力したコメントをリアルタイムに共有する必要があるため、動的な HTML 生成が必要となる。  
そのため、“MTOS”をウェブサーバで稼働させる必要がある。  
「海洋危機ウォッチ」の整備では“MTOS”の CMS エンジンウェブサーバで稼働させないことで、セキュリティ面のリスクを無くしたが、このメリットを失う事となる。
- ✓ “MTOS”の有償版“Movable Type 6”を使う必要がある。  
“MTOS”をウェブサーバで稼働させる場合は、製品自体のメーカーサポートが重要となる。メーカーからセキュリティ面での十分なサポートを得るには、有償

版である“Movable Type 6”を使用する必要がある。

#### ● Facebook

“Facebook”は“Facebook, Inc.”が運営する世界で最も有名なソーシャルネットワークサービス（以下、SNS）の一つである。

“Facebook”自体が提供している SNS 機能のほかに、“Facebook”以外のウェブサイト等にコミュニケーション機能を追加できるサービスも提供している。

“Facebook”のコミュニケーション機能は HTML で提供されているため、ウェブサイトパーツとして簡単に埋め込むことができる。

コミュニケーション機能にコメントを書き込むためには“Facebook アカウント”が必要となる。「海洋危機ウォッチ」のコミュニケーション機能でサイト独自のパスワード管理が不要となるため、本サイトからのパスワード情報の漏えいは回避できる。また、“Facebook アカウント”ではある程度の個人情報が公開されるため、コメント荒しなどの被害は少なくなると思われる。

セキュリティホール対策も“Facebook, Inc.”自体が常に行っているため安心である。欠点としては、オンラインサービスである以上、コメントデータは全て“Facebook”に依存・管理されていることである。

#### ● DISQUS

“DISQUS”は“Big Head Labs Inc.”が運営する、ウェブサイトコミュニケーション機能を追加できるサービスである。“Facebook”との違いは、コミュニケーション機能のみを提供しているサービスにある。

“Facebook”と同様にコミュニケーション機能をウェブサイトパーツとして簡単に埋め込むことができる。またコミュニケーション機能にコメントを書き込むためには“DISQUS アカウント”の他、“Facebook アカウント”、“Twitter アカウント”、“Google アカウント”の何れかで行える。そのためサイト独自のパスワード管理が不要となり、本サイトからのパスワード情報の漏えいは回避できる。コメント荒しなどの被害も“Facebook と”同じく少なくなると思われる。

セキュリティホール対策も“Big Head Labs Inc.”自体が常に行っているため安心である。欠点も“Facebook”と同様で、コメントデータは全て“Big Head Labs Inc.”に依存・管理されていることである。

コミュニケーション機能として必要な機能は3製品とも備えているが、セキュリティ対策や運用を考えると、オンラインサービスである“Facebook”または“DISQUS”が適当だと考えられる。

#### 4 まとめ

人間社会が排出する二酸化炭素は、温室効果により地球温暖化をもたらすとともに、海水中に溶け込むことで海洋酸性化を進行させる。近年、海洋酸性化は「もう一つの CO2 問題」として、海洋生態系等に大きな影響を与える要因とされ、影響把握が必要な世界共通の課題となっている。

2012 年の国連持続可能な開発会議 RIO+20 の合意文書「The Future We Want」にて取り上げられて以降、海洋酸性化の課題は 2015 年の国連持続可能な開発目標 (SDGs) やその目標 14「海洋・海洋資源の保全、持続可能な利用」の実施に向けて開催された 2017 年の国連海洋会議などでも懸念が共有されている重要課題であり、欧米を中心に関係者のネットワーク構築が進められている。

このような背景を踏まえ、2016 年度より 4 年間の計画で実施する「温暖化・海洋酸性化の研究と対策」では、日本のリードが期待される北西太平洋海域を研究対象とし、海洋における温暖化や酸性化について国内外の状況を共有・発信し、現状と課題に係る理解を深めること、また、我が国において取り組むべき事項を具体的に検討・推進するとともに、今後必要となる対応策 (適応策と緩和策) について提言することを目的として、調査研究を実施しており、2 年目の 2017 年度には以下を行った。

##### (1) 海洋の温暖化・酸性化に係る研究の推進

予察的な調査研究を行った 2015 年度を含めた 2 年間の検討を踏まえ、国際貢献やモニタリング等の必要な取組を示した提言「次期海洋基本計画に向けた海洋酸性化に関する提言」を 2017 年 8 月に作成した。提言書は、(1)科学的知見に基づく把握の推進と対応策の検討、(2)国際貢献の推進、(3)二酸化炭素の排出抑制対策の推進、(4)国民への啓発の推進の 4 項目から構成されており、国際的にネットワーク化が進む海洋酸性化に係るモニタリングの必要性等を強調している。また、啓発の一環として政策提言に 4 頁のファクトシートを添付し、端的で分かりやすい情報の発信に努めた。

また、国連持続可能な開発目標の目標 14 (SDG14) の実施に向けて 2017 年 6 月に開催された「国連海洋会議」などの新たな国際動向を踏まえた整理を「科学と政策」の観点から行った。同会議の成果文書「call for action」において海洋酸性化は、海水温上昇・貧酸素化・海面上昇・海氷減少などの気候変動に係る諸課題と並列されるようになっていることを他の国際会議の動向等を含めて整理し、海洋酸性化の課題は、引き続き海洋環境に係る重要な課題であるが、科学検討が成熟するにしたがって、海氷減少などの他の海洋環境の課題ともバランスのとれた形で位置づけられるようになってきていることを示した。

更に、国内外の会合への参加・発表により情報収集、成果発信を推進するとともに、特別講演会「地球温暖化と海洋」の開催やサンゴに関連した研究発表など、海洋酸性化に限らず広く海洋の温暖化の課題に係る取組を行った。

## (2) 情報基盤の整備・構築

日本周辺を含む北西太平洋海域に主眼を置き、海洋における温暖化や酸性化の影響に係る情報を集約し、その進行予測や社会・経済面での影響を検討するとともに、そうした情報を共有し、対応策（適応策/緩和策）について国際社会を含めた議論を行う「海洋危機ウォッチ」の構築を行った。2017年度は、2016年度に試作を踏まえ、ニュース記事の作成や、教育コンテンツである動画「もうひとつのCO2問題」の掲載など、情報の充実化を行うとともに、日本国内向けにプロトタイプシステムの公開を行った。

2017年12月に安倍総理大臣に手交された総合海洋政策本部参与会議意見書及び別添報告書には、海洋酸性化に係るモニタリングや新たな技術開発、緩和策の推進など、「次期海洋基本計画に向けた海洋酸性化に関する提言」の内容が示されている。普及啓発についても、「温室効果ガス（二酸化炭素）等の排出増大による気候変動が、海水温上昇や海洋酸性化といった海洋環境問題を引き起こしていくということについて、広く国民の理解を得ていく努力を行う」ことが示されている。

海洋酸性化に加えて、海洋貧酸素化など新たな気候変動による海洋環境への影響が顕在化しつつあるなか、それら課題にも取り組みつつ、引き続き、「海洋危機ウォッチ」による効果的な発信や調査研究を実施してまいりたい。

## 参考資料

A. 次期海洋基本計画に向けた海洋酸性化に関する提言（和文、英文）

B. 海洋危機ウォッチシステム利用マニュアル



提言の表紙及び裏表紙



海洋酸性化は、近年「もう一つの二酸化炭素問題」として、地球温暖化に加えて世界規模の環境負荷要因とされている課題で、2015年の国連持続可能な開発目標（SDGs）においても、その影響に対処し最小限化することが、行動ターゲットの一つに位置づけられている。IPCC 第5次評価報告書では、二酸化炭素の排出抑制対策が十分でなければ、海洋酸性化が海洋生態系に相当のリスクをもたらす可能性を指摘している。また、水温上昇と海洋酸性化により2040年代までに造礁サンゴの生育に適した海域が日本周辺から消失するとの予測結果を示す研究などもある。一方、その予測には不確実性があり、海洋酸性化の進行状況の把握や海洋生物ならびに海洋生態系への影響を把握することが喫緊の課題になっている。このような現状を踏まえ、以下の内容を次期海洋基本計画に位置づけることを提言する。

**提言 1：科学的知見に基づく把握の推進と対応策の検討**

海洋酸性化の海洋生物などへの影響が懸念されている一方、その把握が十分ではない現状を踏まえて、海洋生物ならびに海洋生態系への影響把握に関する科学研究の推進および関連する解析技術の開発を行うこと。また、進行状況を的確に把握するため、137度定線やK2地点、沿岸域などの既存のモニタリングを継続するとともに、沿岸域を含めた海域特性にあわせた効果的なモニタリングの推進や、関連する技術開発・国際標準化に向けた取組を行うこと。さらに、これらから得られた科学的知見をもとに、影響を受けにくい海域の特定や保全などの適応策の検討を推進すること。

**提言 2：国際貢献の推進**

全球海洋酸性化観測ネットワーク（GOA-ON）などの国際的なデータ共有の枠組みに参画・貢献すること。また、アジア太平洋域の途上国において、環境・経済・防災などの面で重要な役割を果たす造礁サンゴへの影響が懸念されていることを踏まえ、現地での影響把握などの科学研究の支援や人材育成を積極的に推進すること。

**提言 3：二酸化炭素の排出抑制対策の推進（緩和策の推進）**

二酸化炭素の排出抑制対策が十分でなければ、地球温暖化や酸性化を通じて海洋環境が大きな影響を受けることを踏まえて、「世界の平均気温上昇を2度より十分低く抑え、1.5度に抑えることを追求する」ことを掲げたパリ協定の実現に向けて、国内の削減対策に着実に取り組むとともに、国際的にも指導力を発揮すること。

**提言 4：国民への啓発の推進**

海洋酸性化の問題について、世界規模の環境負荷要因であるだけでなく、日本周辺においても海洋生態系ひいては水産業などへの将来の影響が懸念されていることを踏まえ、科学的知見に基づく国民への啓発を推進すること。この際、緩和策の推進だけでなく、陸からの有機物の負荷低減により沿岸域の酸性化を抑制できることなどについても必要な対策として示し、地域と連携した普及啓発を推進することが重要である。

**海洋酸性化の現状と課題：**

地球規模での二酸化炭素の排出増加は深刻な環境問題になっていますが、温室効果による地球温暖化をもたらすだけでなく、海中に吸収される二酸化炭素量の増加を通して海洋酸性化を進行させます。海洋酸性化は、一般的に弱アルカリ性 (pH= 約 8.1) である海洋に、この二酸化炭素が多く溶け込むことで水素イオン濃度が高まり、海水中の pH が下がって酸性化する現象のことであり、海洋酸性化が進むと、造礁サンゴや有孔虫、貝類など炭酸カルシウムの骨格を持つ生物が骨格を作りにくくなります。気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の第 5 次評価報告書では、海洋は人為起源の二酸化炭素の約 30% を吸収し、既に海洋酸性化が生じていることや、海面付近の海水の pH が産業化以降以降 0.1 低下していることを示しています。また、二酸化炭素の排出抑制対策が十分でなければ、海洋酸性化は、特に炭酸カルシウムの殻を持つ軟体動物や造礁サンゴに相当のリスクをもたらす可能性があることを示しています。魚類についても、生息環境の変化 (例：サンゴ礁の減少) などに伴う非直接的な影響が懸念されています (図 2)。

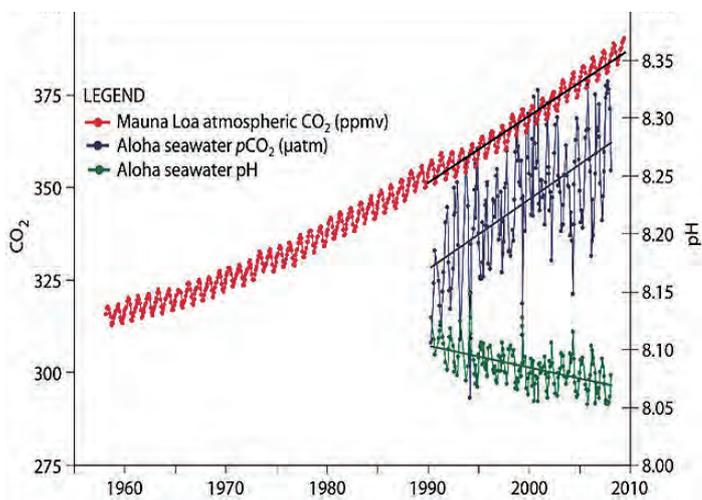


図1：ハワイのマウナロア観測所で計測された大気中の二酸化炭素濃度 (赤) とハワイ周辺海域 (ALOHA 定点; 北緯 22 度 45 分, 西経 158 度) で測定された二酸化炭素分圧 (青, pCO<sub>2</sub>) 及び pH (緑) の推移

出典：Feely et al. (2009), Oceanography, 22

軟体動物	棘皮動物	甲殻類	魚類	サンゴ
<b>脆弱性</b>				
石灰化の低下、成長率や生存率の減少	発育初期段階にて脆弱性あり (研究事例少)	他のグループより影響が少ない	餌や生息環境の変化に伴う非直接的影響	石灰化の低下、温暖化との相乗影響
<b>全世界の推定経済価値 (2010 年の積算、米ドル)</b>				
240 億ドル	7 億ドル	370 億ドル	650 億ドル	300-3750 億ドル
<b>負の影響を受ける種の割合 (二酸化炭素の排出抑制対策をしないシナリオでの将来推定値、原因から数値読取)</b>				
約 60%	約 30%	約 10%	約 70%	約 40%

図2：海洋酸性化に対する経済的・生態学的に重要な海洋生物の脆弱性

出典：IGBP, IOC, SCOR (2013). Ocean Acidification Summary for Policymakers – Third Symposium on the Ocean in a High-CO<sub>2</sub> World. International Geosphere-Biosphere Programme, Stockholm, Sweden. の9ページ目の図から抜粋・翻訳

**海洋酸性化に関する国際社会の取り組み：**

近年、このような将来の影響が懸念されている海洋酸性化について、国際社会でも認識されています。次のような政策文書で取り上げられ、対策の必要性が示されています<sup>1</sup>。

**■ 「The Future We Want」 (2012年 国連持続可能な開発会議 (リオ +20))**

私たちは、海洋酸性化と気候変動が海洋・沿岸の生態系と資源に与える影響について取り組むイニシアチブへの支援を求める。この点について、国際的な協力の強化も含め、私たちは次のことを繰り返し強調する。海洋酸性化を阻止し、海洋生態系とそれに依存する生物群の回復力を高めるために統合的に取り組むこと。また、海洋科学研究を支援し、海洋酸性化と特に脆弱な生態系への影響を監視・観測する必要があること。

**■ 「持続可能な開発目標 (SDGs)」 (2015年 国連持続可能な開発サミット)**

目標 14.3:あらゆるレベルでの科学的協力の促進などを通じて、海洋酸性化の影響を最小限化し、対処する。

SDGsの目標 14「海洋・海洋資源の保全と持続可能な利用」の実施推進を目的として2017年6月に国連本部で開催された国連海洋会議では、「海洋酸性化の影響最小化に向けた取組」と題したパートナーシップ・ダイアログが行われ、パリ協定の実施や小島嶼開発途上国などでの能力構築、科学的知見増大のための広い連携体制構築の重要性が議論されました。また、会議の成果文書「Call for Action」においても、海洋酸性化の問題への対策の必要性が示されています。このような状況のもと、欧米の研究者が中心となり2012年に立ち上げられた全球海洋酸性化観測ネットワーク (GOA-ON) による、全世界的な連携体制構築の取組が注目されています。GOA-ONでは、計測技術の標準化などの検討も行われており、日本からの貢献が期待されています。

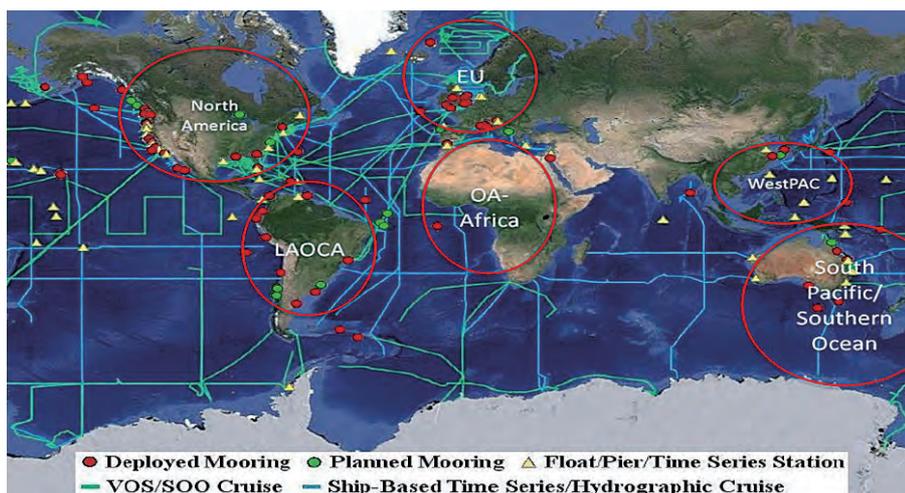


図3: GOA-ONのもとで連携する地域ネットワーク (背景は海洋酸性化観測網)<sup>2</sup>

1 これらのほか、生物多様性条約第10回締約国会議 (COP10) で採択された「愛知目標」(2010年)では、目標10において「2015年までに、気候変動又は海洋酸性化により影響を受けるサンゴ礁その他の脆弱な生態系について、その生態系を悪化させる複合的な人為的圧力が最小化され、その健全性と機能が維持される」と記している。

2 「国連 海洋と海洋法に関する国連非公式協議プロセス第18会期」(2017年5月)における米国NOAA海洋酸性化プログラムのLibby Jewett氏発表資料より

**日本における海洋酸性化の現状把握と将来予測：**

日本では北西太平洋における継続的なモニタリングが行われており、海洋研究開発機構による亜寒帯域の観測点 K2（北緯 47 度、東経 160 度）での定点観測や気象庁による東経 137 度の定線観測などが、世界的な海洋酸性化現象の把握に大きく貢献してきました。

また、2012～2014 年度に実施された「海洋生物が受ける温暖化と海洋酸性化の複合影響の実験的研究」（環境研究総合推進費）などの生物影響の把握に関する研究が行われています。アルゴフロートでの pCO<sub>2</sub> や pH の計測など、モニタリング技術の開発も行われています。

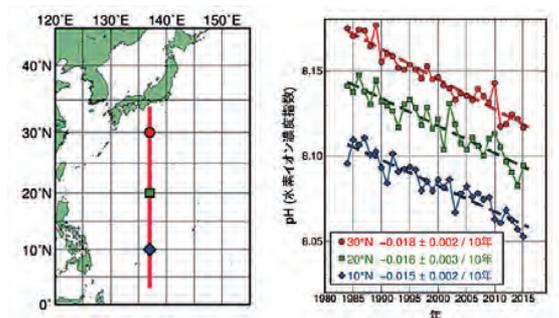


図4：東経137度線における表面海水中のpHの長期変化（気象庁）

（K2地点や137度定線の観測は世界気象機関が発行する Greenhouse Gas Bulletin 2014において世界の9つの観測のなかに位置づけられるなど、世界の海洋酸性化の把握に貢献している）

日本沿岸でも、東日本を中心に海洋酸性化に関連するモニタリングが行われており、沿岸域における海洋酸性化の傾向について解析されています。しかし、これらのモニタリングの多くは継続を保證されたものではありません。また、沿岸域は日周変化が大きいことのほか、大気中の二酸化炭素の吸収以外に有機物負荷量の増加による酸性化などもあることが、分析やモニタリング結果を評価するうえでの課題となっています。

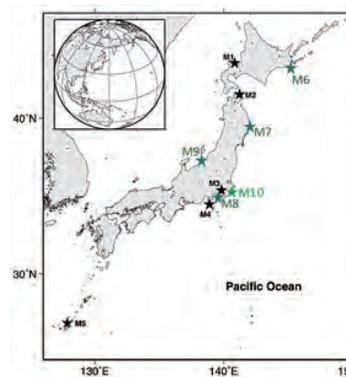


図5：日本沿岸の海洋酸性化モニタリング「海洋酸性化国際会議」講演資料（小笠恒夫、2017年1月）より

高尾[2016]から改変

このような取り組みを踏まえ、2013年に閣議決定された第2期海洋基本計画では、次のように長期モニタリングを含めた国際貢献などについて記載しています。

**■第2期海洋基本計画（2013年4月閣議決定）**

**総論：**我が国が「地球環境を保全する観点から、海洋の生物多様性の保全や地球温暖化、海洋酸性化等への対策に取り組んできた」ことを記載。

**第1部 海洋に関する施策についての基本的な方針：**海洋をめぐる社会情勢等の変化のひとつとして「地球温暖化や海洋酸性化等に伴う海洋環境の変化」を記載。また、「気候変動、海洋酸性化対策といった地球規模の環境問題への対応として、我が国が世界の主導的立場を取るべく調査・研究を推進するとともに、引き続き長期モニタリングに取り組む」ことを記載。

**第2部 海洋に関する施策に関し、政府が総合的かつ計画的に講ずべき施策：**「地球温暖化や海洋酸性化等の地球規模の問題に対応していくため、WMO、UNESCO/IOC等が実施する国際的な海洋観測計画やデータ交換の枠組み等に引き続き参画・貢献する」ことを記載。

2015年に閣議決定された政府の「気候変動の影響への適応計画」でも海洋酸性化の課題を取り上げ、定量的な研究事例が限定されており不確実性があるという前提のもと、「亜熱帯についてはA2シナリオ<sup>3</sup>では、造礁サンゴの生育に適する海域が水温上昇と海洋酸性化により2030年代までに半減し、2040年代までには消失する」と予測されていることなど、貝類の養殖や造礁サンゴ等の沿岸生態系への影響について、影響の可能性や対策技術開発の必要性を記載しています。

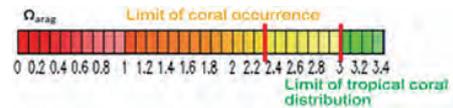
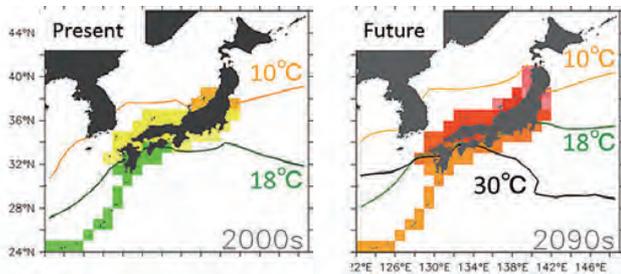
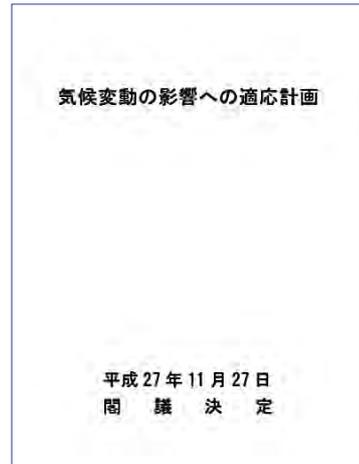


図6: 温暖化と酸性化による造礁サンゴへの将来影響に関する予測例 (Yara et al., 2012)  
(造礁サンゴの生育に適する海域が、将来的に日本周辺から消失する可能性を示している)

参考：海洋酸性化の課題に係る普及啓発の取り組み：



図7: 民間による普及啓発の取り組み事例  
左: 水族館の特別展示の取組、右: 高校での海洋酸性化教育の取組 (神奈川県立海洋科学高校)  
(神奈川県立海洋科学高校では、相模湾沿岸でのpH計測の取組を2017年度より開始)

3 1980～1999年平均を基準とした長期(2090～2099年)の変化量が2.0～5.4℃(最良推定値3.4℃)

## 謝辞 / Acknowledgement

本政策提言書は、2016年度から笹川平和財団海洋政策研究所が実施している「温暖化・海洋酸性化の研究と対策」事業のもとで設置された、次の専門家による「温暖化・海洋酸性化の研究と対策に関する調査研究委員会」の検討や、2017年1月に東京で開催された「温暖化・海洋酸性化の影響と対策に関する国際会議～西太平洋におけるネットワーク構築に向けて～」の議論を踏まえて作成されたものです。

### 温暖化・海洋酸性化の研究と対策に関する調査研究委員会 委員

井田 徹治	共同通信社 編集・論説委員
小埜 恒夫	国立研究開発法人 水産研究・教育機構 国際水産資源研究所 外洋資源部 国際資源環境グループ グループ長
喜田 潤	公益財団法人海洋生物環境研究所 実証試験場 応用生態グループ 応用生態グループマネージャー
白山 義久 (委員長)	国立研究開発法人 海洋研究開発機構 理事
野尻 幸宏	弘前大学 理工学部 地球環境学科 弘前大学大学院 理工学研究科 教授
原田 尚美	国立研究開発法人 海洋研究開発機構 地球環境観測研究開発センター 研究開発センター長代理
藤井 賢彦	北海道大学大学院地球環境科学研究院 准教授
森下 丈二	東京海洋大学 海洋政策文化学部門 教授
山形 俊男	公益財団法人 笹川平和財団 海洋政策研究所 特別研究員
山野 博哉	国立研究開発法人 国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター長

(50音順・敬称略)



写真：2017年1月に開催された国際会議の参加者

## Proposals on the Ocean Acidification issues toward the next Japan's Basic Plan on Ocean Policy (August, 2017)

Ocean acidification(OA) is a problem referred to in recent years as “The Other Carbon Dioxide Problem,” as along with global warming it is an environmental impact factor on a global scale. This led in 2015 to its being one of the targets of the UN Sustainable Development Goals (SDGs), which call for efforts to “Minimize and address the impacts of ocean acidification.” The Fifth Assessment Report of IPCC points out that if emission reduction measures of carbon dioxide aren't sufficient, ocean acidification might pose a serious risk to marine ecosystems. There are also predictive studies which indicate that areas suitable for reef-building coral will disappear from the seas around Japan by the 2040s due to the rise of water temperature and ocean acidification. At the same time, the predictions do contain uncertainties, so better understanding of the progress of ocean acidification and its impacts on marine creatures and marine ecosystems are urgent issues. Taking these current situations into consideration, we will submit the following proposals for inclusion in the next Basic Plan on Ocean Policy.

### 1: Promotion of understanding based on scientific knowledge and consideration of countermeasures

Though there are fears of impacts on marine creatures, etc., current understanding is not sufficient. To address this situation, scientific research on ocean acidification's impacts on marine creatures and marine ecosystems should be promoted and related analysis technologies developed. In order to monitor the progress of ocean acidification, hydro-chemical time-series observations of 137° E line and K2 station as well as observation at coastal areas should be continued. Also, not only should effective monitoring be promoted that is suitable to the unique characteristics of each ocean area, including coastal areas, but efforts should also be made on related technical development and international standardization. Based on the scientific knowledge obtained from these activities, studies should be promoted on adaptation measures, such as the specification of less impacted areas and their conservation.

### 2: Increase international contributions

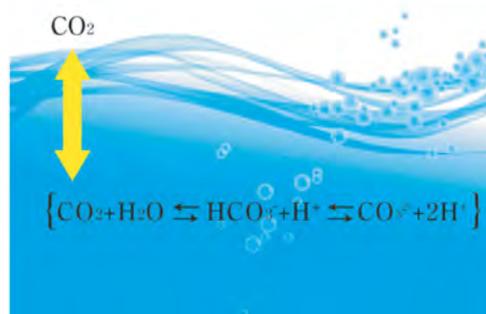
Participate in and contribute to the international framework of data sharing, such as the Global Ocean Acidification Observation Network (GOA-ON). Based on worries over the impacts on reef-building corals, which play an important role in the environments, economies, and disaster prevention in developing countries of the Asian Pacific region, capacity development activities should be aggressively promoted and scientific research such as in situ monitoring should be supported.

### 3: Promotion of emission reduction measures of carbon dioxide (promotion of mitigation measures)

If emission reduction measures of carbon dioxide aren't sufficient, the ocean environment will be affected seriously through global warming and ocean acidification. Given this situation, work on domestic reduction measures should be steadily carried out and leadership demonstrated internationally towards achievement of the Paris agreement, which called for “keeping global temperature rise well below 2 degrees Celsius” and “pursuing efforts to limit the temperature increase even further to 1.5 degrees Celsius.”

### 4: Promotion of Public Awareness Activities

Ocean acidification is not only an environmental impact factor on a global scale but also an issue that might affect marine ecosystems and fisheries in the future around Japan. Taking these situations into account, public awareness activities should be promoted based on scientific knowledge. It is important to promote public awareness activities with the cooperation of regional communities, indicating the necessity of measures to minimize impacts of ocean acidification in coastal areas, such as by reducing the inflow of organic matter from land.



# Fact Sheet

## ■ “The Future We Want” (Rio+20, 2012)

We call for support to initiatives that address ocean acidification and the impacts of climate change on marine and coastal ecosystems and resources. In this regard, we reiterate the need to work collectively to prevent further ocean acidification, as well as enhance the resilience of marine ecosystems and of the communities whose livelihoods depend on them, and to support marine scientific research, monitoring and observation of ocean acidification and particularly vulnerable ecosystems, including through enhanced international cooperation in this regard.

## ■ “Sustainable Development Goal (SDGs)” (2015)

Target 14.3: Minimize and address the impacts of ocean acidification, including through enhanced scientific cooperation at all levels.

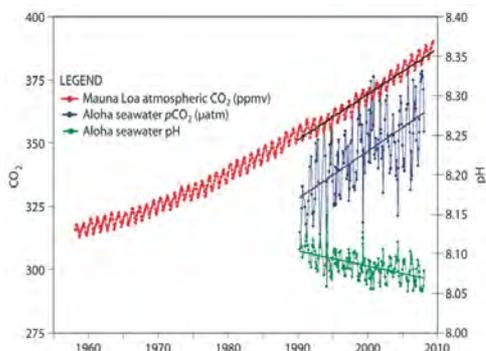


Figure 1. Time series of atmospheric CO<sub>2</sub> at Mauna Loa (ppmv) and surface ocean pH and pCO<sub>2</sub>(µatm) at Ocean Station Aloha in the subtropical North Pacific Ocean  
Source: Feely, R.A., S.C. Doney and S.R. Cooley (2009), ‘Ocean acidification: present conditions and future changes in a high-CO<sub>2</sub> world’ , *Oceanography*, 22 (4), 36-47.

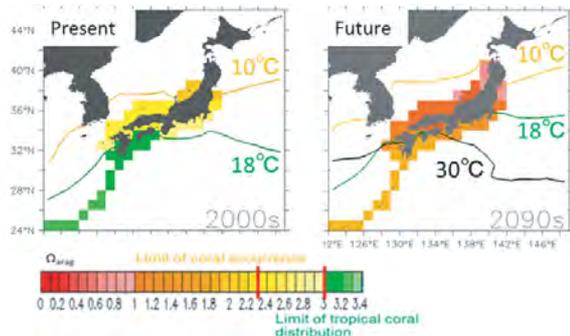


Figure 2. Future prediction using “Business as usual (BAU)” scenario  
Source: Yara et al. (2012) Ocean acidification limits temperature- induced poleward expansion of coralhabitats around Japan.

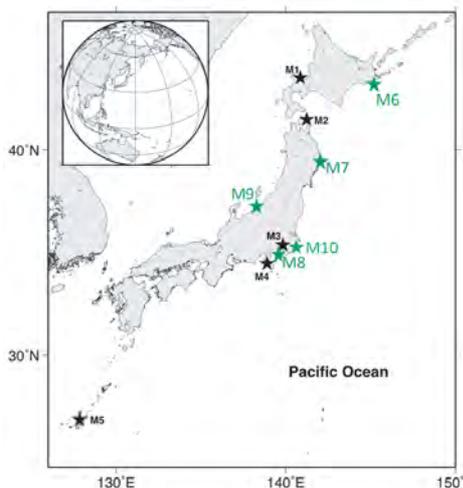


Figure 3. Ongoing Japan-coast pH monitoring sites  
Source: T.Ono, International conference “Impacts of Global Warming and Ocean Acidification on Marine Ecosystems and Necessary Policy Measures” in Tokyo on 19-20 January 2017.



Photos. As part of the efforts to raise public awareness on OA in Japan, OPRI-SPF has been coordinating guest lectures on the issue at Kanagawa Prefectural Marine Science High School since 2016. In August 2017, they started pH monitoring activities in areas near the school.



In order to address the issues of ocean warming and acidification, OPRI-SPF is developing “Marine Crisis Watch” .

## 海洋危機ウォッチ システム利用マニュアル

### 1. はじめに

海洋危機ウォッチをご利用いただきまして、ありがとうございます。本サイトでは、温暖化・海洋酸性化について一般向けに分かりやすく、かつ専門家にも活用可能な情報発信を目指して構築しております。

### 2. 全体構成

本サイトの全体構成は、以下に分かれます。

- Home
- 海の温暖化・海洋酸性化
- 海の予測情報
- 観測の情報
- ニュース
- 学習コーナー

トップサイト URL (<https://www.marinecrisiswatch.jp/>)

にアクセスすると“Home”ページが表示されます。



各ページには、グローバルナビから選ぶことで移動できます。



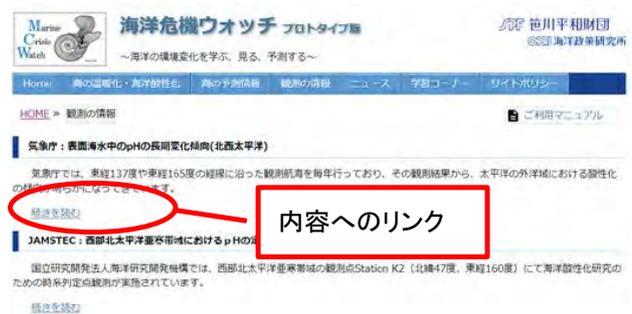
### 3. Home

“Home”ページは、本サイトのトップページとなります。“サイト概要の説明”と、“最新のニュースタイトル一覧”、“今日の予想情報”を表示します。

### 4. 海の温暖化・海洋酸性化

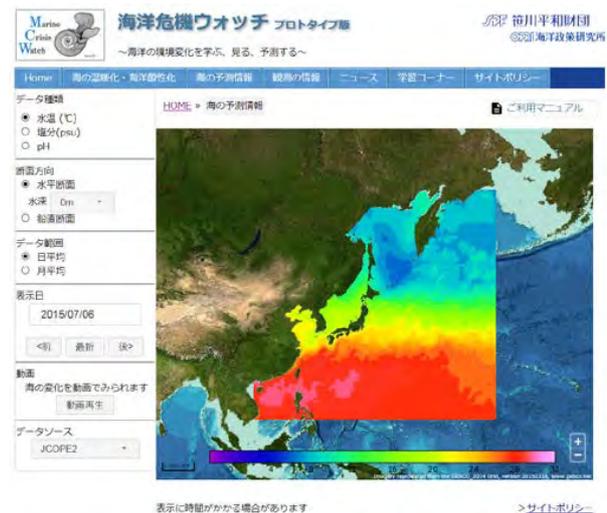
海の温暖化・酸性化情報を随時発信するページです。最初にそれぞれの記事のタイトルと概要が表示されます。

記事の内容を表示するには、“続きを読む”から辿ります。



### 5. 海の予測情報

“海の予測情報”ページでは、予測情報の詳細を地図上で確認できます。



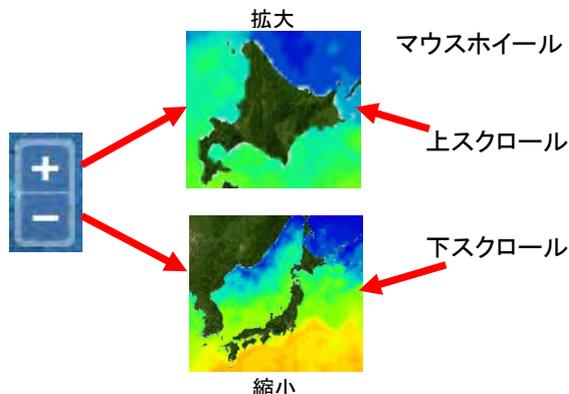
予測情報は地図上にレベルごとに色分けされて表示されます。色がどのレベルになるかは、カラーバーで確認できます。

【仮公開ページ】

<https://www.marinecrisiswatch.jp/preview/>  
(ID:ocean-acidification , pass:SPFOPRI)



地図の拡大縮小は、画面上の“+”ボタンで操作するか、マウスホイールで行う事が出来ます。



地図のスケールは、スケールバーで確認できます。



予測情報の切り替えは、サイドバーを操作して行います。サイドバーの操作で即座に地図上のデータが切り替わります。



“データ種類”では、“水温(°C)”、“塩分(psu)”、“pH”を切り替える事が出来ます。

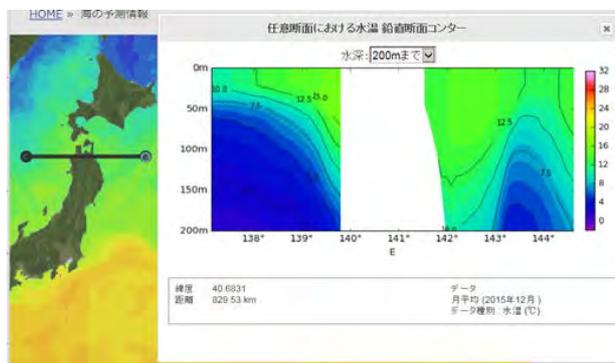
“断面方向”では、“水平断面”を選んだ場合に、“水深”を選択できます。ただし、

“データ範囲”では“日平均”と“月平均”が選べます。

“表示日”は“データ範囲”が“日平均”の場合は日付を、“月平均”の場合は、年月を選択できます。

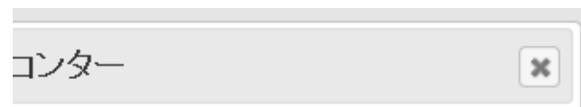
“データソース”は“JCOPE2”のみとなります。

“断面方向”で“鉛直断面”を選んだ場合は、地図上の2点を選ぶことで、鉛直断面コンターを表示する事が出来ます。



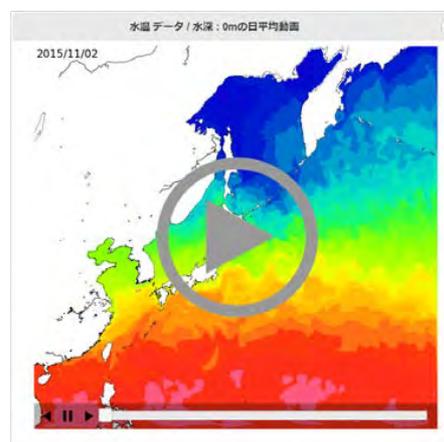
鉛直断面コンターはポップアップ画面で表示され、画面内で水深を切り替える事が出来ます。

ポップアップ画面は、右上の“×”ボタンを押すと、元の画面に戻れます。



“動画再生”ボタンを押すと、日平均や月平均の予測データの移り変りをアニメーションで見ることが出来ます。

ポップアップ画面で表示され、画面下部のボタンを使い“再生”、“逆再生”、“停止”を行う事が出来ます。また、スクロールバーを操作して任意の日付、年月に移動する事が出来ます。



“動画再生”は日平均の場合は30日、月平均の場合は12か月のデータが再生されます。

## 6. 観測の情報

観測データを整理・公開している気象庁および海洋研究開発機構の取組や観測データ・解析画像を紹介するページです。



地図上に表示した調査地点から、関連記事への移動が出来ます。



## 7. ニュース

最新の主要雑誌の論文や UNFCCC/COP21 等の国際会議で挙げられた温暖化・海洋酸性化に関する話題について発信するページです。

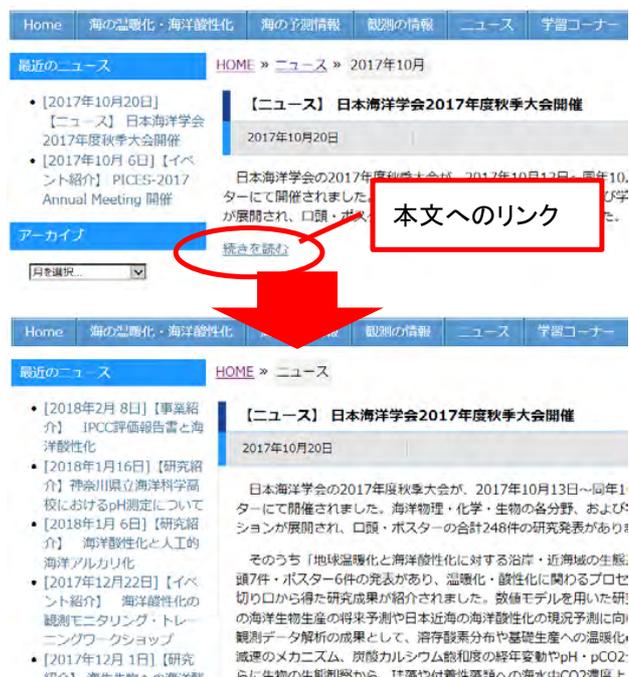
直近のニュースは、サイドバー上部“最新のニュース”にタイトルが一覧表示されます。

それ以前のニュースには、サイドバーの“アーカイブ”から年月を選択することで辿れます。



“ニュース”ページを表示した直後は、ニュース記事のタイトルと、記事の先頭部分が一覧表示されます。

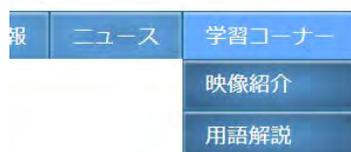
ニュース記事のタイトルから、記事本文へ辿ることが出来ます。



## 8. 学習コーナー

“学習コーナー”ページでは、温暖化・海洋酸性化等の海洋情報に知見のない人が閲覧する場合であっても、理解し易く教育的観点から有益なコンテンツを提供するページです。

“学習コーナー”ページの外に、サブカテゴリーとして“映像紹介”と“用語解説”を設けております。



“学習コーナー”ページでは、最初にそれぞれの記事のタイトルと概要が表示されます。

記事の内容を表示するには、“続きを読む”から辿ります。



“映像紹介”ページでは、笹川平和財団が作成した動画を紹介します。



“用語解説”ページでは、本サイト内の文章中および図中で示された専門用語について解説します。



## 9. サイトポリシー

サイトポリシーは以下のリンクからご覧いただけます。

<https://www.marinecrisiswatch.jp/mcwatch/policy/index.html>

2017年度 温暖化・海洋酸性化の研究と対策 報告書

2018年4月発行

発行 公益財団法人笹川平和財団 海洋政策研究所

〒105-8524 東京都港区虎ノ門 1-15-16 笹川平和財団ビル

TEL 03-5157-5210 FAX 03-5157-5230

<https://www.spf.org/opri-j/>

本書の無断転載、複写、複製を禁じます。

海洋政策研究所は、日本財団の支援を受けて活動をしています