

2016年度
温暖化・海洋酸性化の研究と対策
報告書

2017年3月

公益財団法人 笹川平和財団
海洋政策研究所

はじめに

海洋政策研究所は、その前身である「海洋政策研究財団」の時代から、海洋ガバナンスに関する国際的な議論に積極的に参画し、海洋の総合的管理と持続可能な開発に関する様々な問題について、問題提起と社会への発信、政策研究、政策提言とその実現に向けた活動など、シンクタンクとして活動を展開してきました。2015年4月、笹川平和財団と合併して新笹川平和財団の海洋政策研究所となったことを契機として、政策の研究・提言とともに、その実現のための行動を強化し、「シンク・アンド・ドゥタンク (Think & Do Tank)」を標榜して、新たな取り組みを進めております。例えば、「国家管轄圏外区域の海洋生物多様性 (BBNJ) の保全と持続可能な利用」に関する国連本部での準備委員会や、国連気候変動枠組条約締約国会議に、国連 NGO として参画しています。また、2014年の国連小島嶼開発途上国国際会議のサイドイベントで参加者の賛同を得て設立された、「島と周辺海域のより良い保全と管理」のために協働して取り組む国際ネットワークである「島と海のネット (IO-net)」の設立など、具体的な行動に向けた取り組みを進めています。

このような新たな取り組みとして、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の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。

2012年の「リオ+20」が、その成果文書「我々の求める未来 (The Future We Want)」でこの問題を取り上げ、海洋酸性化の進行の防止、及び海洋科学調査、モニタリング及び監視に世界が一体となって取り組む必要性を強調しました。これを受けて、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、「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、わが国周辺及びその南に広がる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、行動の基盤となる「海洋危機ウォッチ&アクション プラットフォーム」の構築に向けた取り組みを本格化させました。その初年度として2016年度には、国内外との連携のもと、西太平洋の地域ネットワーク構築に向けた国際会議の開催や情報基盤の試作などを行いました。

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。

2017年3月

公益財団法人笹川平和財団
海洋政策研究所長 寺島 紘士

目 次

第1章 事業の概要	1
1 背景と目的	1
2 実施内容	2
3 実施体制	3
第2章 実施事項	4
1 検討委員会の設置	4
2 海洋の温暖化・酸性化に係る調査研究の推進	16
2.1 関連する海外動向	17
2.2 調査の結果	19
2.3 国際会議等への参加	26
2.4 海洋教育に係る取組	44
2.5 国際会議の開催	50
3 情報基盤の整備・構築	59
3.1 科学データの収集・整理・解析と予測システムの構築	59
3.2 情報基盤となる「海洋危機ウォッチ」の試作	79
参考資料	95

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、「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、小島嶼開発途上国会議（2014年）や国連持続可能な開発目標（2015年）などでも懸念が記載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。海洋における地球温暖化と海洋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、海洋における地球温暖化や海洋酸性化の課題について、2015年度に予察的な調査研究を行い、専門家会合や国際シンポジウムを通じて、我が国において今後取り組むべき事項（情報基盤構築、国内外の研究連携、社会・経済面の影響把握等）について検討を行った。また、日本周辺海域を含む北西太平洋海域における当該分野のネットワークは無く、この海域を対象とした検討を日本がリードすべきこと等の、課題が明らかになった。

予察的な調査研究の実施により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、海洋における地球温暖化や海洋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指す。

2 実施内容

2015 年度（前年度）の予察調査においては、次の成果が得られた。

（1）国内専門家へのヒアリング・専門家会合の実施

国内外の研究動向に係る文献調査結果をもとに、国内専門家（5 名）へのヒアリング、専門家会合 2 回開催（延べ 20 名の外部専門家が参加）を行い、国内外の最新の情勢を把握するとともに、北西太平洋海域に主眼を置いた社会影響検討や情報発信等の 2016 年度の取組について検討を行った。また、国内外のワークショップ（北海道、スウェーデン）に出席し、情報収集を行うとともに、専門家とのネットワーク構築を行った。

（2）国際シンポジウムの開催

海洋の温暖化・酸性化の課題に係る啓発と議論のため、国内外の専門家 6 名（海外招聘者 2 名）を招聘する国際シンポジウムを 2016 年 2 月 17 日に東京において開催した。約 130 名の参加のもと、国内外で懸念されている海洋の状況について情報発信するとともに、我が国で取り組むべき検討課題について議論を行った。

（3）情報基盤の概略設計を含む次年度以降の研究計画の策定

上記を受けて、今後の議論・連携の基盤（情報基盤「海洋危機ウォッチ」）の概略設計および、次年度以降の研究計画を策定した。懸案であった海洋科学分野の専門的なデータ類を分かりやすく発信する方策については、海洋研究開発機構への委託のもとで検討し、2016 年度からの構築方針を作成した。

以上の目的や 2015 年度の成果を踏まえ、2016 年度（本年度）は次の調査研究等を実施した。

（1）検討委員会の設置

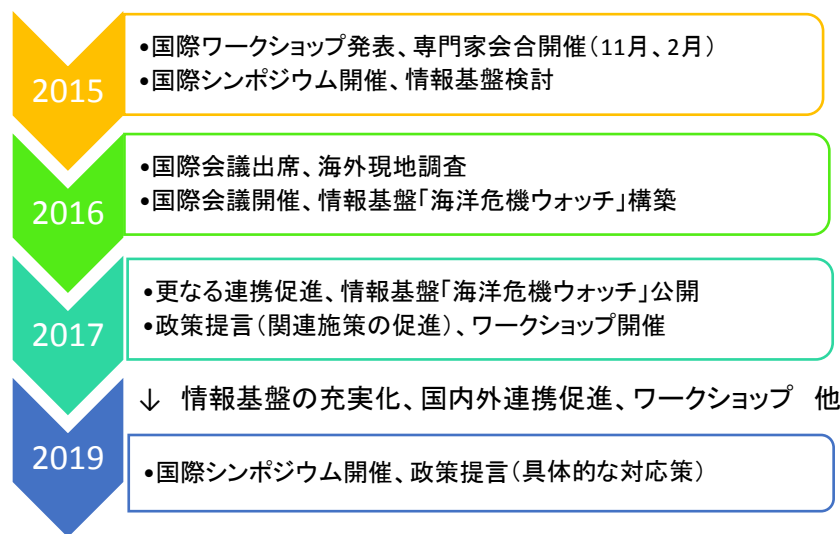
有識者・専門家による検討委員会を設置し、国内外での関連議論の動向も踏まえた効果的な研究成果の発信方策や、西太平洋海域における現状や課題、海外の研究ネットワークとの連携の在り方等について議論を行った。

（2）海洋の温暖化・酸性化に係る調査研究の推進

「海洋危機監視・行動プラットフォーム」の取組を具体化させるため、国際会議の開催等を通じて、西太平洋海域の各専門家が連携可能なネットワークの構築に向けた検討を行う。また、国内外の会合への参加・発表により情報収集を行うとともに、海外の先進事例について訪問調査を行い、提言に向けて必要となる調査研究を進めた。

(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、海洋における地球温暖化や海洋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「海洋危機監視・行動プラットフォーム」を構築することを目指し、2016年度は、初年度として、その情報基盤となる「海洋危機ウォッチ」の試作を行った。



2015年度を含めた5年間の流れ

3 実施体制

本調査研究は、以下の体制にて実施した。

寺島 紘士	笹川平和財団海洋政策研究所長
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
藤重 香弥子	笹川平和財団海洋政策研究所 海洋研究調査部 研究員
樋口 恵佳	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
小笠 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
寺島 紘士	公益財団法人 笹川平和財団 海洋政策研究所長
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、2016年7月1日(金)、2016年11月1日(火)、2017年3月27日(月)の3回開催し、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や、西太平洋海域における現状や課題、海外の研究ネットワークとの連携の在り方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

日時： 2016年7月1日(金) 10時～12時

場所： 笹川平和財団ビル 5階大会議室

出席者：

(委員)

井田徹治 共同通信社編集・論説委員

小笠恒夫 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

寺島紘士 公益財団法人 笹川平和財団 海洋政策研究所長

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

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)

(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
アプリケーションラボ グループリーダー

(事務局)

吉田哲朗 公益財団法人 笹川平和財団 海洋政策研究所 副所長

古川恵太 同研究所 海洋研究調査部部長

角田智彦 同研究所 海洋研究調査部 主任研究員

前川美湖 同研究所 海洋研究調査部 主任研究員

中村修子 同研究所 海洋研究調査部 研究員

藤重香弥子 同研究所 海洋研究調査部 研究員

樋口恵佳 同研究所 海洋研究調査部 研究員

議題：

- 2015 年度事業実績について
- 2016 年度事業実施計画について
- 国際会議の開催について
- その他

配布資料：

- 資料 1 2015 年度事前調査レポート
- 資料 2 2016 年度活動計画
- 資料 3 国際会議の開催について
- 参考資料 1 - 1 事業補足説明資料
- 参考資料 1 - 2 2015 年度国際シンポジウム配布資料
- 参考資料 2 - 1 2016 年度出張報告 (GOA-ON ほか)
- 参考資料 2 - 2 情報基盤の構築について
- 参考資料 3 北西太平洋地域の既存ネットワーク
- 参考資料 4 G7 科学技術大臣会合 つくばコミュニケ

議事概要：

開会にあたり、寺島委員より挨拶がなされた。あわせて寺島委員からは、当該事業が実質的に 5 カ年計画の 2 年目にあたること、今年から本格的な提言などに向けて議論をすすめていくこと等について説明がなされた。

続いて事務局より、出席委員・オブザーバーの紹介がなされた。また、昨年度の専門家会合の座長である白山委員に、引き続き委員長を御願いたい旨の打診が行われて承認された。

続いて白山委員長より、2017 年に中間提言、および 2019 年に最終的な提言をまとめていくにあたり、他の団体にはない OPRI ならではの良いものを発信できるように活動していきたい旨の挨拶がなされた。

続いて事務局から、配布物の確認が行われた。

(1) 2015 年度事業実績について

2015 年度の事業実績について、資料 1、参考資料 1 - 1 にしたがって事務局から報告が行われた。委員からは 2015 年の翻訳資料の掲載について確認があり、危機ウォッチ等を通じて発信を予定していることが事務局より説明された。

(2) 2016 年度事業実施計画について

続いて 2016 年度事業実施計画について、事務局角田より資料 2、参考資料 2-1、参考資料 2-2 に基づき説明がなされた。当該説明に対する委員のコメントは以下のとおり。

GOA-ON（世界海洋酸性化観測ネットワーク）の議論と対象範囲に関連して、途上国の意識が高まっている。酸性化が自国の生態系に対して引き起こす影響や、これに対処するためのネットワークの強化が主眼となっていることを踏まえ、沿岸域あるいはローカルな範囲での検討について議論が行われた。また、中国やロシアの動向について、中国の関心が高く、貝類生産の世界シェア 80% という事情から、危機意識を持っていることが委員から紹介された。更に、APEC の国々にも、海洋酸性化に対する認識が芽生えてきていることが紹介された。

更に GOA-ON の Implementation Plan へのフォローアップや各国の注目する時間スケールについて指摘、質問があり、事務局より、欧州では酸性化のことは少し先の話だと考えられていることが回答された。

また、情報基盤の構築について、「北西太平洋」の範囲について、委員からは「北」を抜いて西太平洋にしても良いだろうという指摘があった。また、主要ターゲットの観点から、政策決定者を対象とする場合に、どうすれば海洋酸性化への対策となるか、の視点が欠けており、海洋酸性化への適応策は難しく、政策決定者には「CO₂ を減らす」としか説明できないという指摘があった。これに対して、温暖化の緩和策の検討がすすまない日本に対して、対策をさせるためのプッシュ力として使えるのではないかという議論が行われた。また、「温暖化」と「酸性化」を両記したほうが良いことや、短周期の影響を考えると広域な海域を対象にするのは難しいことが指摘された。更に、社会経済的なインパクトを見せしていくということについて、国内漁業の状況を踏まえて、課題をローカライズする必要性が指摘された。また、地方に実際に出かけていくべきであり、世界のどこかではなく「自分のところ」がどうなるのかを伝えられれば、効果的な発信となるとのコメントがあった。

これに対して事務局より、社会に対する情報発信という点では、政策決定者だけでなく一般の人にも向けて発信していきたい旨の回答が行われた。また、危機ウォッチと、プラットフォームについて、プラットフォームは人のネットワークや体制などアクションを含んでいることが補足説明された。最後に、どのような想定で危機ウォッチを作っていくかが大切であり、政策のトリガーとするならば、多少曖昧な話でもインパクトはあり、具体的な政策を提示するならば、沿岸の特定地域の分析が必要であることが委員より示された。

(3) 国際会議の開催について

続いて、事務局角田により、資料3を用いて、2017年1月19日・20日に予定されている国際会議に関して説明が行われた。説明に対して委員より、一般向けセッションの構築や政策決定者に訴えかけていく必要性が示された。

(4) その他

続いて、事務局よりパイオニアスクール事業に関する説明と協力依頼が行われた。神奈川海洋科学高校には、ぜひ学会でも発表をしてもらいたい旨の発言が寄せられた。最後に、次回の第2回委員会を10月あるいは11月頃の開催すること、また、国際会議について、委員と個別に相談することが事務局より報告され、閉会となった。

(2) 第2回検討委員会

日時：2016年11月1日（火） 10：00～12：00

場所：笹川平和財団ビル 5階大会議室

出席者：

(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

寺島紘士 公益財団法人 笹川平和財団 海洋政策研究所長

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

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)

(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
アプリケーションラボ 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
アプリケーションラボ 特任研究員

黒川忠之 株式会社いであ 国土環境研究所 主査研究員

(事務局)

吉田哲朗	笹川平和財団海洋政策研究所	副所長	
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
藤重香弥子	笹川平和財団海洋政策研究所	海洋研究調査部	研究員
樋口恵佳	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

議題：

- 開会
- 関連動向について
- 事業進捗状況について
- 国際会議の開催について
- その他

配布資料：

- 資料 1 関連動向について
- 資料 2 事業進捗状況について
- 資料 3 国際会議の開催について
- 参考資料 1-1 COP22 関連資料
- 参考資料 1-2 Our Ocean 2016 関連資料
- 参考資料 1-3 SDG14 関連資料
- 参考資料 1-4 PICES 2016 関連資料
- 参考資料 2-1 神奈川海洋科学高校 講義記録
- 参考資料 2-2 映像の作成について
- 参考資料 3 第 2 回 IO ネット総会について

議事概要：

(1) 開会

開会にあたり、海洋政策研究所長の寺島委員より挨拶がなされた。海洋酸性化は新しく注目されるようになった問題であり、国際的にアクションが進んでいるものの、国内においてはまだ社会的な理解は足りないという状況について言及した。この先もっと注目される問題とし、国内においてもネットワークの強化を図り、しっかりと対応を取っていく必要性が示された。また、白山委員長からの挨拶では、海洋酸性化は日本国内でも関心が高まっている問題であるが、主流化されているものではないため、迅

速に対応していく必要性が示された。

(2) 関連動向について

事務局より資料 1、及び、参考資料 1-1~1-4 を用いて海洋酸性化の国際的な動向について説明が行われた。

この説明に対し、委員から、PICES における活動の補足として、北大西洋の酸性化については国際海洋開発理事会 (ICES¹) で研究が進んでおり、積極的に意見交換を行っている段階であり、2016 年 11 月に今後の海洋酸性化の動向についての会合が開催されることから、その場でも太平洋側の情報共有を行いたいとの発言があった。PICES では、科学レポートの作成を検討していることであった。また、中層のデータについて、定線観測や pH の観測を通して、中層で進んでいる海洋酸性化が生物にどのような影響を与えているのか、についてより取り上げる必要がある旨の発言があった。このほか、春に行われた G7 科学技術大臣会合での成果文書 “Future of the ocean” において関連記述があり、来年の G7 での議論に期待されることや、GOA-ON への関与方策について議論が行われた。

(3) 事業進捗状況について

事務局より資料 2、及び、参考資料 2-1~2-2 を用いて「海洋危機監視・行動プラットフォーム」の構築などの事業の進捗状況や、神奈川県立海洋科学高等学校での出張授業について説明があった。

これに対して、神奈川県立海洋科学高等学校での出張授業を踏まえて、関心の有無による発信方法について、特に生物が絡んでくる場合の発信の仕方について検討する必要があるとのことが示された。これに対して、海洋生物への影響については、PICES でも議論している段階であり、一般への発信方策については検討が必要である等について議論が行われた。また、海洋研究開発機構の協力で進められている海洋酸性化に係る予測について、世界的にコンセンサスが得られている長期の将来予測も紹介していくことが重要であることが示された。

一般向けの映像作成については、映像を使った情報発信は便利なツールであるとされたものの、一般の人が分かるように作成することが優先されることから、幾つかの課題が挙げられた。まず、ストーリーのインパクトと不確実性のバランスが大事とされ、CO₂ シープの映像を挿入することなどが提案された。また、同様の英語版の映像に勝てるものを作らなければいけないという課題も挙げられた。北西太平洋の現状を示したものが無いことが問題意識となっているという課題も踏まえつつ、事務局よりレビューした海外動画の邦訳についても検討することが示された。更に、様々な視聴

¹ International Council for the Exploration of the Sea

者を意識して、グレードの違うものを作ることが委員から提案された。

(4) 国際会議開催について

事務局より、資料3を用いて2017年1月に開催予定の「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～」について説明が行われた。あわせて、「島と海のネット (IO ネット)」第2回総会が2016年12月に開催されることが報告された(参考資料3)。

海洋酸性化の国際会議の開催に関して、海洋酸性化のネットワーク構築のためにはモニタリングの連携が重要であり、世界的な観測ネットワークであるGOA-ON²などと積極的に連携していく必要性が挙げられた。また、PICESでは6カ国(日本、中国、韓国、ロシア、カナダ、米国)のデータを取り扱っているが、GOA-ONとも連携しているものの、PICESとGOA-ONでは太平洋島嶼国と他のアジアの国のデータが抜けていることについて発言があった。一方で、日本の環境省ではアジアと太平洋島嶼国における既存のキャパビルのネットワークがあり、連携可能性があることなどが紹介された。

情報基盤である「海洋危機ウォッチ」について外部のネットワークやデータとリンクし活用できれば、より一層の広範な基盤となり得ることについて言及があり、このリンクについて2017年1月の国際会議の議題にすることが提案された。また、PICESのデータ観測は主にガバメントベースで行っているため、民間ベースで行っているものと連携する方向に動けたら良い、という意見があった。このようなネットワークを継続していくには、タイムリーな情報発信が重要になるという委員の発言に対し、事務局より情報発信の面で貢献できるとコメントがあった。

(5) その他

事務局より、IO ネット、海洋教育パイオニアスクールプログラムについて補足説明が行われた。

(3) 第3回検討委員会

日時：2017年3月27日(月) 10:00～12:00

場所：笹川平和財団ビル5階501会議室

出席者：

(委員)

井田 徹治 共同通信社編集・論説委員

小笠 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

² Global Ocean Acidification Observation Network

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

寺島 紘士 公益財団法人 笹川平和財団 海洋政策研究所長

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

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)

(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
 アプリケーションラボ 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
 アプリケーションラボ 特任研究員

黒川 忠之 株式会社いであ 国土環境研究所 主査研究員

梶坂 猛 内閣官房総合海洋政策本部事務局 参事官 (ほか1名)

(事務局)

吉田 哲朗 笹川平和財団海洋政策研究所 副所長

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

議題：

開会
 国際会議の開催結果について
 2016年度事業実施について
 関連動向について
 その他

配布資料：

資料 1-1 第2回委員会議事概要
 資料 1-2 国際会議開催結果
 資料 2-1 海洋酸性化の予測について

- 資料 2-2 情報基盤の構築について
- 資料 3-1 国連海洋会議について
- 資料 3-2 海洋基本計画での記載状況について
- 参考資料 1-1 琉球大学訪問について
- 参考資料 2-1 神奈川海洋科学高校 講義記録
- 参考資料 3-1 国連海洋会議「Call for Action」ゼロドラフト
- 参考資料 3-2 GOA-ON ワークショップサマリー
- 参考資料 3-3 UNICOPLOS-18 について
- 参考資料 3-4 気候変動枠組条約（UNFCCC）関連

議事概要：

(1) 開会

はじめに、海洋政策研究所長の寺島より、最近は海洋酸性化についてもかなり国際社会の関心が高まっており、5月のUNICPOLOSや6月の国連海洋会議でも議論される予定で、どのような行動を取っていくか注目されていること等について挨拶がなされた。また、白山委員長より、この委員会はどちらかといえばNPOという立場なため、発信の方策等についても検討していきたい旨ご発言があった。

続いて、議題に沿って事務局より資料の確認および説明が行われた。

(2) 国際会議の開催結果について

2017年1月19日~20日にかけて、当財団にて「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～」を開催したことについて報告があった。会議後には、基調講演者であるCarol Turley氏へのビデオインタビューを行ったほか、南太平洋大学（USP）のAntoine氏が会議後に琉球大学の瀬底観測センターを訪問し、今後のネットワークに向けてのアクションが取れたことが報告された。

国際会議の開催結果報告に対し、委員から次のとおりコメントがあった。今回の会議を通して地方紙に取材を受けたほか、地方ラジオ局の出演依頼が来たことなど、さまざまな情報発信の機会が得られたことについて報告があった。海の問題について地方紙はかなり取り上げてくれるというコメントもあり、今後の情報発信についても、特に地方においては、地域性をアピールすることが大事といったコメントがあった。また、関連する動きの紹介も兼ねて、JAMSTECの宮澤氏より資料2-1を用いた、海洋酸性化の予測や篤志船によるpHの観測についての説明が行われた。

篤志船によるpH観測の説明に対し、委員から次のコメントなどが寄せられた。国立環境研究所では貨物船を利用したモニタリングを行っていて、半年遅れでpCO₂データを提供している状況であることについて説明があり、かなり高精度なpCO₂測定はできているものの、pH測定の精度はまだと感じていることから、まずはpH測定において間違った値

が出にくい装置を作る必要性が挙げられた。NBS データ採取に関して、20 年間データを積んだところ、長期に渡ったトレンドが見えることが挙げられたが、細かいデータに関して、どう人に説明していくのが課題として挙げられた。pH のモニタリングについて、色々な人のデータを集めていき、平均すれば意外と正しい数字が出ることも挙げられたが、異なる案として、簡易型の「投げ込み型」の装置（300 万くらいで買えるもの）を使うことが提案された。その他にも、同じセンサー2 つを平行して測定する方法は正確性が上がり、かつ安く行えることから、良いかもしれないとされた。また、長期的変動を見る時に問題点として挙げられるのは、メンテナンスを続けていく難しさで、ヨーロッパ、アメリカにおいても1年以上続けられた事例は少ないとのことだった。また、メンテナンスに多額のコストを要することについても言及があった。沿岸域で日本周辺のモニタリングをどう行っていくかというのも課題で、一つの案として洋上風力発電プラットフォームの可能性について議論が行われた。また、沿岸の良いセンサーを作るのが大切で、G7 でも議論されているところとのコメントがあった。

予測計算に用いる気候値に関しては、間違いがあるとデータにバイアスが出るため、この点については慎重にならなければいけないとの言及があった。

(3) 2016 年度事業実施について

事務局より資料 2-2 を用いて、情報基盤の構築状況について事務局より説明が行われた。今年度はウェブサイトを作成し、来年度の公開を目指していることについて報告があり、サイトで提供するコンテンツとして、海洋酸性化に関する解説や、海の予測状況、観測の情報、関連ニュース、学習コーナーなどを中心に考えていることについて言及があった。また、参考資料 2-1 を用いて神奈川県立海洋科学高校での出張授業について説明があり、昨年 10 月の原田委員、小笠委員による講義を踏まえ、生徒たちにどのような観測をやってみたいか、などについてのワークショップなどが行われたことについて報告があった。委員より、DO もあわせて測定するよう提案があり、また、以前スーパーサイエンスハイスクールで同様の取組を行ったことについてコメントがあった。更に、このような取組を進めるうえで、先生のキャパビルもやった方が良いのでは、という意見も出た。漁業に関する酸性化について資料を頼まれるのが多いことから、pH の連続測定などが非常に役立つという意見もあり、さまざまなレベル向けの A4 一枚の資料、特に政治家に向けたような資料があると良いといったコメントもあった。また、コンテンツの充実に関して時間スケールはどのくらいを考えているのか、という問いに対し、事務局より JAMSTEC で提供予定なのは 1~2 か月先の予測データということで、かなり短期的であることから、前回の委員会でも話題にあがった 100 年後などの予測も考えていきたいと補足があった。国の研究事業 (S15) で、JAMSTEC のチームで出しているものは 50 年先のものまでであると答えがあった。ニュースのピックアップはどのように行うのかという問いに対し、事務局より、基本的に目が付いたものということで、有名な論文や、その日本語概要版などを考えており、

週に1回の更新を目指していきたい、と説明があった。

(4) 関連動向について

関連動向として、国際会議などについての説明が行われた。資料 3-1 を用いて、2017 年 6 月に開催予定である国連海洋会議（The Ocean Conference）について説明が行われた。本会議では Call for Action が採択される予定で、それに盛り込むべき内容の論点の一つとして海洋酸性化が示されることについて説明が行われた。またこの Call for Action のゼロドラフト（参考資料 3-1）を用いて事務局より説明が行われた。参考資料 3-2 を用いて、2016 年 5 月に行われた GOA-ON のワークショップについて説明が行われ、参考資料 3-3 を用いて、「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」（通称 UNICPOLOS）についての説明があった。内容として、気候変動が注目されており、特に海洋温暖化、海洋酸性化も重要なポイントとしてアジェンダで挙げられていることが報告された。参考資料 3-4 を用いて、国連気候変動枠組条約（UNFCCC）の「国が決定する貢献（NDCs）」について説明が行われた。

また、関連動向として、資料 3-2 で海洋基本計画の改定に向けた議論が始まったことについて説明が行われ、あわせて、この問題についての提言を考えていることについて報告があった。4 年前の状況を考えれば、既存計画ではかなり具体的に海洋酸性化について記載していると感じるといった発言もあった。海洋基本計画の改定について、委員やオブザーバーより次のおりご発言を頂いた。温暖化の影響が人々にとって自分の身にどのような影響を与えるかわかりやすくなったことから、酸性化も同様に、人間の生活に大きな影響を与えるものだという認識を増やしていく必要性が挙げられた。海洋基本計画では環境のトピックが弱いことから、環境基本計画との連携によって海の話がもっと出てくることに期待している、などの発言もあった。社会における認識を高めるためにも、マイクロプラスチック、酸性化、温暖化の 3 つの会議が 6 月の会議の前にできたら良いかもしれない、という意見もあった。一般の人に知ってもらうという流れで、北極海で酸性化の影響を受けている貝と、影響を受けていない貝を実際持ったときに、わかりやすい違いがあったエピソードが挙げられたことから、「具体的に影響が出ている」というのが伝わりやすい方法を見つける大切さについて言及があった。また、エコシステムベースでどう影響があるか、というのを発信していくというのは一番インパクトがあるとされ、アメリカでは西海岸で酸性化した海水での養殖で問題が出た、ということで、実際に語れるエピソードがあると良いという提案もあった。

(5) その他

2017 年 5 月に行われる JpGU-AGU の合同会合についての説明が行われた。

2 海洋の温暖化・酸性化に係る調査研究の推進

2015年度（前年度）の予察調査においては、欧米においては、既に海洋酸性化についての国際的なネットワークが構築されており、本事業で新たに構築を目指す西太平洋地域の連携基盤においても国際的な連携を検討する必要があることが明らかになった。また、国際シンポジウムにおいて「教育」への取組を求める声などがあり、学校教育を通じた啓発等も検討課題となった。

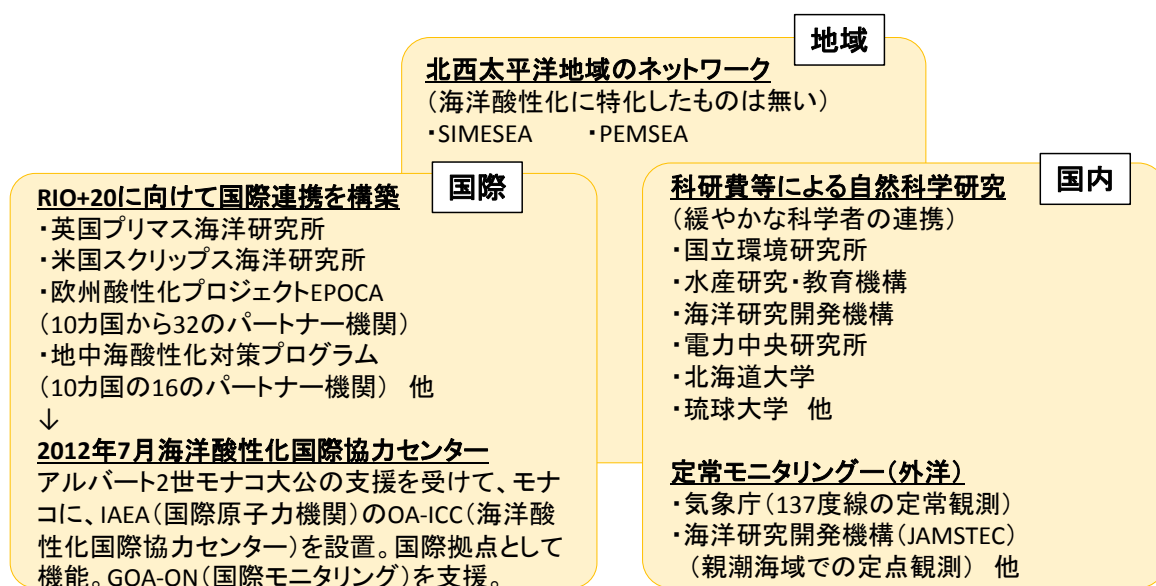


図 2-1：国内外のネットワーク（2015年度調査をもとに作成）

以上を踏まえ 2016年度は、国内外の会合への参加・発表により情報収集を行うとともに、海外の先進事例について訪問調査を行い、提言に向けて必要となる調査研究を進めるとともに、国際会議の開催等を通じて、西太平洋海域の各専門家が連携可能なネットワークの構築に向けた検討を行った。更に、学校教育を通じた啓発等についても試行を開始した。

ここでは、2016年度の新たな関連動向を整理するとともに、国際ネットワークの中心である IAEA（国際原子力機関）・英国プリマス海洋研究所や、西太平洋海域の連携候補である南太平洋大学（フィジー）・琉球大学への訪問調査結果について示す。また、更に、国際的な海洋酸性化ネットワークである GOA-ON（世界海洋酸性化観測ネットワーク）等への参加結果や神奈川海洋科学高校との学校教育の試行について示す。

2. 1 関連する海外動向

(1) GOA-ON (世界海洋酸性化観測ネットワーク)

2016年5月にオーストラリアのホバートにおいて、国際的な海洋酸性化の観測ネットワークであるGOA-ONの第3回ワークショップが開催された。GOA-ONは、リオ+20を受けてモナコにある国際原子力機関(IAEA)環境研究所に設置された海洋酸性化国際協力センター(OA-ICC)³の支援を受けた、67ヶ国、330人の専門家によるネットワークである(2016年9月時点)。途上国の能力開発に力を入れており、国際的な観測の強化を目指している。今回のワークショップは、2012年のシアトル(第1回)、2013年の英国(第2回)に続くもので、これまでの最多となる、45ヶ国から約140名の専門家が参加した。

このGOA-ON等の取組により、従来は欧米が中心だった海洋酸性化に係る国際ネットワークは、南米やアフリカの地域ネットワークに拡大している。

(2) 気候変動枠組条約COP22

気候変動枠組条約COP21で採択された「パリ協定」が、11月7日からモロッコのマラケシュで開催されるCOP22の開始直前の11月4日に発効。COP22において批准国による第1回締約国会議(CMA1)が開催され、パリ協定の実施に向けて動き出した。

海洋関連の会合として、UNFCCC Global Climate Action Agendaの一環として11月12日に開催される「Oceans Action Day at COP22」があり、海洋に関する今後5年間の戦略的行動計画が議論された。この戦略的行動計画において、社会経済的な気候変動の影響のひとつとして、海面上昇や水産業等とともに海洋酸性化がテーマとして取り上げられている。

(3) Our Ocean

米国ジョン・ケリー国務長官(当時)がホストとなり、海洋汚染、海洋酸性化、持続可能な漁業の3つを主要テーマとして開始された国際海洋会議。2014年6月にワシントンDCで開催された第1回では、海洋環境保全への助けが呼びかけられた。第2回は、2015年10月にチリで開催され、11名の大臣を含む50カ国からの500名の参加者のもと開催され、更に、2016年9月にワシントンDCにて第3回となる“**Our Ocean 2016**”が開催された。

この第3回会議では、海洋酸性化は主要テーマから外れて「気候と海洋」のなかで取り上げられている。

³ 2009年にモナコ科学センター(CSM)がIAEAと連携して、アルバート2世モナコ大公等の支援による国際ワークショップを開催し、海洋酸性化に係る提案「モナコ宣言」を発行した。また、2011年にはIAEA環境研究所(所在地モナコ)が海洋酸性化に係るプロジェクトを開始。Rio+20を受け、IAEAでは、2012年7月に海洋酸性化国際協力センター(OA-ICC)を設立。OAi-RUG(後述)やSOLAS/IMBERとも連携し、能力開発を含め、海洋酸性化に係るコミュニケーションの促進等を行っている。

(4) 持続可能な開発のための 2030 アジェンダ (2030 アジェンダ)

2001年に策定されたミレニアム開発目標 (Millennium Development Goals: 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。MDGsの残された課題(例:保健、教育)や新たに顕在化した課題(例:環境、格差拡大)に対応すべく、新たに17ゴール・169ターゲットからなる持続可能な開発目標 (Sustainable Development Goals: SDGs)を策定。7回に及ぶ政府間交渉を経て2015年8月に実質合意され、2015年9月の国連総会で開催された「持続可能な開発サミット」にて採択。

「持続可能な開発目標 (Sustainable Development Goals, SDGs) とターゲット」の目標14の3項目にて「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。ただ、他の項目が目標年次(ターゲット)とともに示されているのに対して、海洋酸性化の項目では目標年次が示されていない。

このSDG14に係る国連の会議は、2017年6月にフィジーで開催されることになっていたが、サイクロン等の影響を踏まえ、国連本部で開催されることとなった。この会議に向けて Advisory Group のワーキンググループが各テーマにて設定されており、海洋酸性化については、IAEAのほか UNESCO/IOC が中心となって議論が進められている。

(5) PICES (北太平洋海洋科学機構)

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、1902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。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た。

North Pacific Marine Science Organization (PICES)
structure for 2015-2016

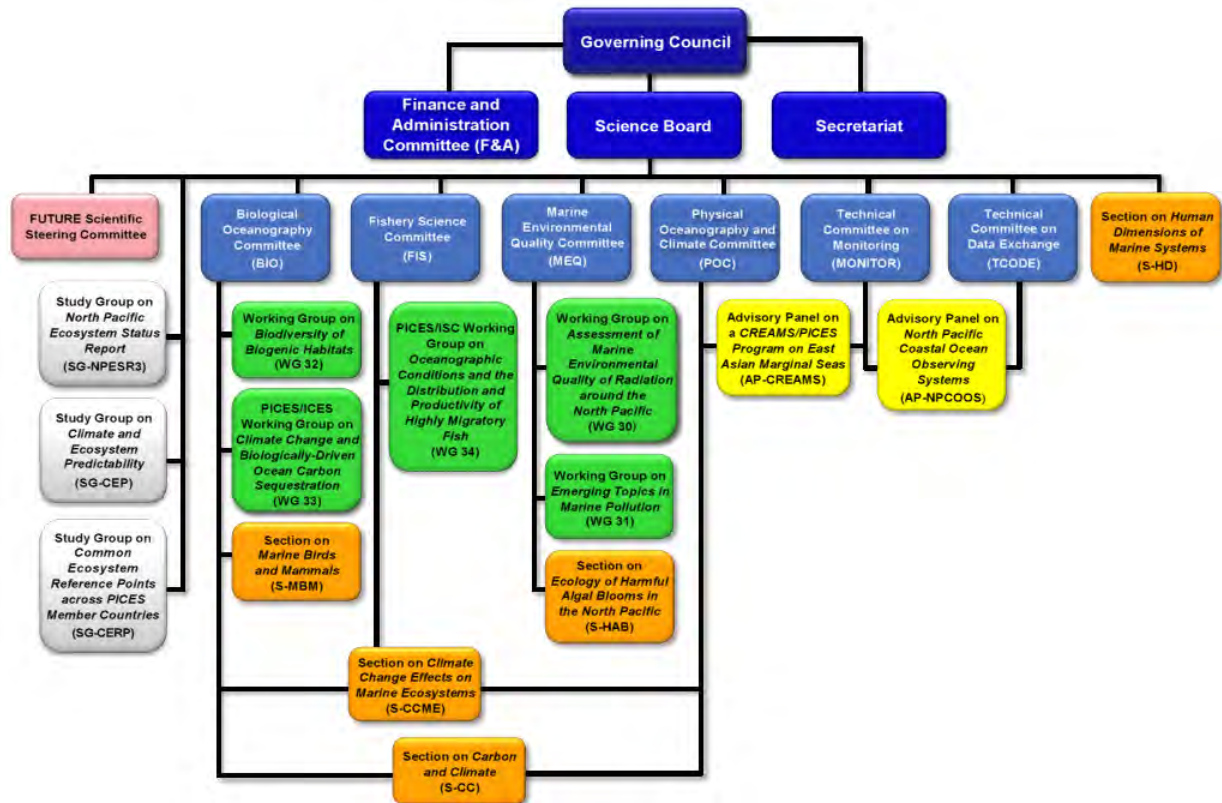


図 2-2 : PICES (北太平洋海洋科学機構) の体制

2. 2 調査の結果

(1) プリマス海洋研究所 (PML)

- 2016年6月7日 14時~18時

面談者：Stephen de More 教授 (Chief Executive)

Icarus Allen 教授 (Director of Science)

Jerry Blackford 博士 (Head of Science)

Thecla Keizer 氏 (Head of Marketing)

Caroline Hattam 氏 (Environmental Economist)

概要：

Stephen de More 教授への表敬訪問後、セミナー室に移り、Icarus Allen 教授、Jerry Blackford 博士、Thecla Keizer 氏、Caroline Hattam 氏との意見交換を行った。2時間半程度の意見交換の後、研究所の見学、COP22に関するThecla Keizer 氏との個別の意見交換を行った。



写真 2-1 : PML の周辺とエントランス

内容 :

Stephen de More 教授への表敬訪問後、セミナー室で意見交換を行った。

まず、Director of Science である Icarus Allen 教授より、PML の概要説明があった。教授は、17 年以上、PML で研究をしており、海洋生態系モデルの研究者としてではなく、PML の Senior Manager として、幅広い分野の経営に関わっているとのことであった。

PML の予算は年間 11 百万ポンドで、職員は 160 名で、45 名の博士研究員が従事している。観測船等による観測や実験・計測、モデリング等、海洋環境に係る幅広い調査・研究が行われている。また、社会影響に関する研究も行われており、「Value on Ocean」という取り組みでは、観光等も含めて海洋の価値を明確化する試みが行われているとのことであった。なお、予算は、競争的資金を含めて様々な機関から得ているとのことであった。

続いて、角田から、OPRI-SPF の概要説明を行うとともに、1 月に予定している海洋酸性化の国際会議の内容について意見交換を行った。「水産業等の産業界にも参加を求めることが良い」、「米国西海岸の事例は重要であり含めるべき」等の意見を頂いた。

更に、環境エコノミストの Caroline Hattam 氏より、海洋酸性化の社会影響について説明が行われた。氏は、海洋生態系の価値についての研究が専門とのこと、温暖化と海洋酸性化について、英国沿岸の魚類・貝類について、将来価値の変化について検討が行われた。温暖化による生息域の北上や海洋酸性化が影響し、将来的に価値の減少が予測されている。ただ、その影響は地方によって大きく異なり、イングランドの例として、金額として 10～30% の減少、雇用として 900 名等の減少例が示された。一方、海草についてはポジティブな影響が示されるなどの事例が紹介された。

海洋酸性化については、英国内での調査の結果、認知度は 1% 程度であり、他の海洋汚染等の課題と比べて、ほとんど知られていないことが明らかになっている。コミュニケーションに係る検討として、ステークホルダーとのディスカッションが並行して行われている。

最後に、Jerry Blackford 博士より、海洋酸性化を含む生態系の予測と二酸化炭素貯留実験 (CCS) について説明があった。生態系モデルについては、OPEC (Operational Ecology Marine Ecosystem Forecasting) というプロジェクトが行われており、全球レベルから沿岸に至る

様々なスケールに対応した生態系モデルによる予測が行われている。また、衛星データを活用した解析等により、政策決定に役立つ情報が提供されている。観測データが少ないなかでの予測結果の評価が課題であるが、過去の再現実験等にて精度評価も行われているとのことであった。

CCS については、1996 年から 10 年以上も運営されている北海 (Sleipner) の CCS の取組について、欧州プロジェクト ECO2 のもとで、漏洩時の環境影響評価が数値シミュレーションによって行われていることなどが紹介された。日本の苫小牧沖での実験についても、過去の RITE の喜田氏と交流したことがあること等、意見交換を行った。昨年終了した ECO2 については、既に 3 月から後継プロジェクトが開始されているとのことであった。一方、海洋酸性化については、英国 (UKOA) や欧州 (EPOCA) の主要プロジェクトは終了しており、その後の新しい大きな動きは無いとのことで、モナコの OA-ICC が中心となって、連携協力が進められている。

終了後、科学実験装置等、海洋に特化した充実した施設がある。この規模の研究所として、コンパクトに海洋研究施設が配置されていることが、学際的な成果の源であると感じられた。一方、温度管理等が充実した水槽実験施設のほか、スーパーコンピュータや分子レベルの分析装置等が強調された。

また、電車までの時間で、Thecla Keizer 氏と、今後の協力関係について意見交換を行った。氏より、COP22 のサイドイベントについて検討中とのことで、海洋酸性化をテーマにしたイベントについて、今後、検討が進んだ場合に情報を頂けることとなった。



写真 2-2：セミナーの参加者と、温暖化影響に係る室内実験の様子

● 貴族院：世界海の日の PML イベント：2016 年 6 月 8 日 19 時～21 時

G7 の科学技術大臣会合（つくば）に英国代表として出席したマーク・ウォルポート政府主席科学顧問による挨拶の後、Stephen de More 教授から PML の近況報告等があり、セレモニーが行われた。マーク氏は G7 科学技術大臣会合において海洋分野を重点化できたこと、今後も、英国が海洋分野で主導的な役割を果たしていくことが表明された。また、政府の海洋政策において PML の成果が大きく貢献していることへの謝意が示された。また、

Stephen de More 教授からは、人工衛星による海洋観測、分子レベルの海洋生物解析、深海調査等、幅広い海洋科学分野における PML の実績について紹介が行われた。



写真 2-3：マーク・ウォルポート氏の挨拶とテムズ川を望む貴族院内の会場テラスの様子

(2) IAEA 環境研究所 (IAEA-EL)

●2016 年 6 月 9 日 14 時～17 時

面談者：David Osborn 博士 (所長)

Lina Hansson 氏 (Project Officer)

(その後、各研究室長の案内のもと、所内を見学)

IAEA-EL の所長である David Osborn 氏より、IAEA の海洋分野の活動 (福島沖での海洋観測、同位体計測による環境把握等) や、RIO+20 を契機に IAEA に国際協力拠点である OA-ICC が構築されたことが紹介された。また、角田より OPRI-SPF での海洋酸性化の取組について紹介をした。

OA-ICC では昨年度から 5 年間の計画で国際連携に取り組んでいるが (5 年終了後の計画は未定)、そのリソースには限りがあることから、OPRI-SPF の取組について歓迎の意向が示された。北西太平洋地域の既存ネットワークとして、NOWPAP (北西太平洋地域海行動計画) とともに PICES を重視する必要があること等の助言を頂くとともに、来年 1 月に予定している国際会議への協力承諾や、情報交換の促進について意見交換をすることが出来た。

また、関連動向について意見交換を行った。海洋酸性化についても議論を行う、米国のケリー国務長官 (当時) が主催するイニシアチブである“*Our Ocean*”について、それが支援のアピールの場となっていること、今年 9 月のワシントンでの開催で 3 回目となり、海洋分野の大きな動きとなっていることから、ケリー国務長官の任期後も、少なくとも翌年の

EU での第 4 回開催までは、海洋分野の主要な会議として続く見通しであるとのことであった。

一方、欧州については、海洋酸性化に係る主要なプロジェクトが終わりを迎えており (EU の EPOCA、英国の UK-OA 等)、残念ながら継続について公的機関の研究予算を獲得できていないのが現状とのことであった。

IAEA-EL は、国連機関のなかで研究室を持っている珍しい存在であり、地中海の海水を引き込んでおり、その綺麗な海水を利用して培養実験等が出来るとのことである。Osborn 所長との会談後、M.Y.Boten 博士、M.Angelidis 博士、I.Osvath 博士の 3 名の各研究室長から、研究所の施設案内とともに詳細な説明を順番に受けた。海洋酸性化の室内実験の様子、最新機器を導入した化学分析が行われており、福島沖の海水のクロス評価も行われていた。大量のサンプル保管のほか、途上国等からの研修受け入れ (年間 50 名程度) による能力開発が実際に行われている様子を紹介いただいた。

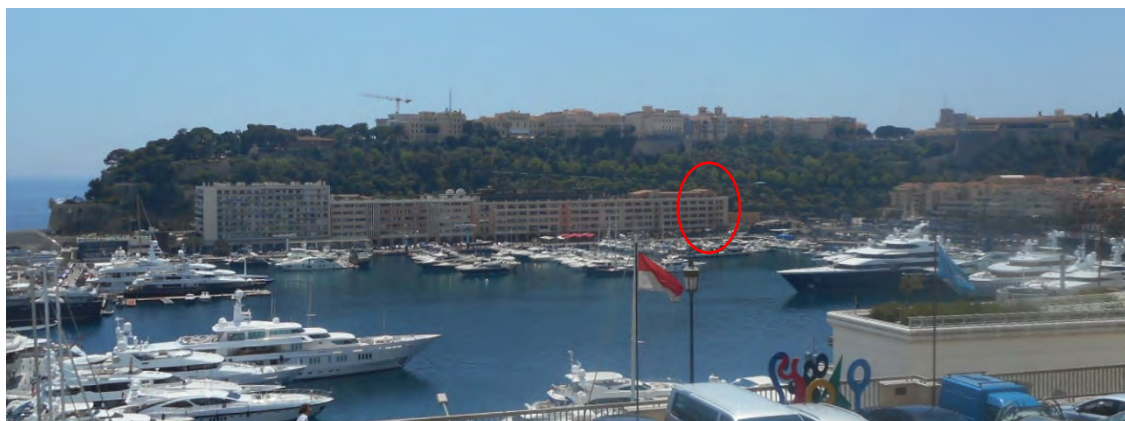


写真 2-4 : モナコの港に面する IAEA-EL



写真 2-5 : 海洋酸性化の室内実験、スリランカからの研修生、サンプル保管庫の様子

(3) 南太平洋大学 (USP)

2016年7月22日に南太平洋大学を訪問し、海洋酸性化のモニタリングに係る今後の協働可能性について、Pacific Center for Environment and Sustainable Development の Director である Elisabeth A. Holland 教授と以下の意見交換を行った。

海洋酸性化については、SPC (Secretariat of the Pacific Community, 太平洋共同体) からの支援で観測装置を1ヶ所に設置したが、その後の取組の見通しは立っていないとのこと。SPCの関心は主に水温であり、金額も限定的であるため(数10万円規模とのこと)、真珠養殖現場近くへの海洋酸性化モニタリングの拡張等に課題があるとのことであった。また、酸性化のモニタリングを開始してみて、水温と異なり、キャリブレーション等の課題が出ており、琉球大学の指導に期待するとのことであった。

なお、琉球大学とは Future Earth 関連で「START」というプロジェクトで協働している。そういった関係も含めて、今後、より継続的なファンドを獲得していけると良いだろうとのコメントがあった。

また、2016年7月23日に、キリバスにて、同センターの Antoine de Ramon N' Yeurt 博士と意見交換を行った。

現在、SPCの支援で観測している拠点があるが、水温のみが対象である。水温に関しては、12カ所のサイトで10年間の経年変化を計測している。pHセンサーについては南太平洋に一つしかない。ただ経年変化は計測できていない。海洋温暖化・酸性化については、フィジーでは真珠や海藻の養殖も始まっており、それらの産業に対する影響について懸念がある。ベースラインのデータも収集されておらず、データ整備が急がれる。

USPは、太平洋の14カ国にキャンパスがあるので、連携機関としては有力であり、インセプション・ワークショップをフィジーで開催してはどうかといった見解が示された。

(4) 琉球大学熱帯生物圏研究センター

日時：2016年9月6日(火) 15時～18時

場所：琉球大学熱帯生物圏研究センター瀬底研究施設

相手：琉球大学熱帯生物圏研究センター長 酒井一彦教授、弘前大学 野尻幸宏教授

沖縄県本部町にある、琉球大学熱帯生物圏研究センター瀬底研究施設を訪問のうえ、施設見学及び今後の連携可能性に係る打合せを行った。

- ✓ 琉球大学熱帯生物圏研究センターの特色は、日本では他に類をみない熱帯・亜熱帯起源の多様な生物相に身近に接し継続的な研究を行えることである。熱帯特有の相互依存的な生物圏の形成及び維持機構の解明等を目的とする教育・研究の拠点化を図っている。
- ✓ 瀬底研究施設では、主にサンゴ礁生物科学に関する分野の研究が行われており、気候

変動がサンゴ礁生物に及ぼす影響の水槽実験等が行われている。

- ✓ また、海洋酸性化の影響実験も行われており、100m 沖から綺麗な海水を取水し、実験に利用している。実験装置は、弘前大学の野尻教授の支援を受けて構築。異なる 5 段階の CO₂ レベルに海水を調整し、パイプで水槽に分配できる仕組みで、現在、実験をしている。
- ✓ 海水は室内にも送られており、厳密な光・温度の管理のもとでの比較実験が出来る。(滞在中の野尻教授より施設の説明を受ける)



写真 2-6 : CO₂ 濃度を調整する水槽 (5 段階)、CO₂ ポンペを利用

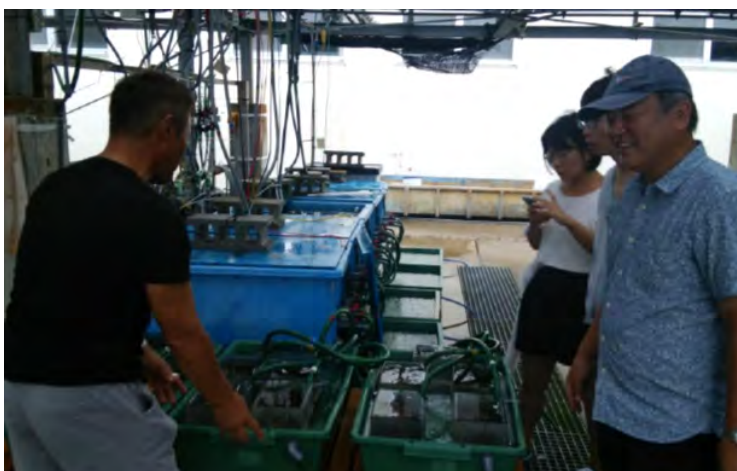


写真 2-7 : 酸性度の違いによる影響を調べる実験の様

2. 3 国際会議等への参加

(1) 世界海洋酸性化観測ネットワーク (GOA-ON) ワークショップ

【概要】

世界海洋酸性化観測ネットワーク (GOA-ON) が、豪州のホバートで 2016 年 5 月 8 日～10 日に開催した、ワークショップ (2016 年 5 月 8 日～10 日) に参加し、国際的な海洋の温暖化・酸性化分野の係る情報収集及び各国担当者との意見交換を行った。

GOA-ON は、欧米を中心とした当該分野の専門家ネットワークであり、今回は 40 ヶ国 140 名の専門家が集まった。2012 年にシアトルで第 1 回、2013 年に英国で第 2 回が開催され、今回は第 3 回目。日本からは JAMSTEC4 名、気象庁 1 名、OPRI1 名の合計 6 名の参加であった。開催地ということもあり豪州からの参加者が多いが、欧米のほか、アジア、アフリカ、南米などからも同程度の参加が見られた。

【初日 (5 月 8 日)】

GOA-ON の Co-chair の豪州 CSIRO の Bronte Tilbrook 氏から、今回のワークショップのスポンサーや参加者への謝意が示され、ワークショップが開始された。今回は、40 ヶ国 140 名が参加とのこと。



写真 2-8 : 会場となった豪州 CSIRO の建物と、会議の様子。

基調講演として、IAEA で海洋酸性化に係る国際協力を統括する David Osborn 氏より、IAEA の海洋分野の活動 (福島沖での海洋観測、同位体計測による環境把握等) や、RIO+20 を契機に IAEA に国際協力拠点である OA-ICC が構築されたこと、SDGs に海洋酸性化が位置づけられていることが紹介された。OA-ICC では、人材育成に係るワークショップを実施していることなどが紹介された。

GOA-ON の Co-chair の米国 NOAA (海洋大気局) の Libby Jewett 氏より、これまでの GOA-ON の経緯が説明された。第 1 回、第 2 回から、更に参加者が増え、今回は Samoa や

Fiji などの新たな国からも参加があることが紹介された。また、今回の目的として、各種状況のアップデートのほか、地域レベルでのネットワーク・拠点構築が挙げられた。

更に、3日を通じて司会を務めるワシントン大学の Jan Newton 氏より、その目的のため、1日目の午後に、地域毎にてディスカッションできるグループディスカッションの時間があること等が紹介された。

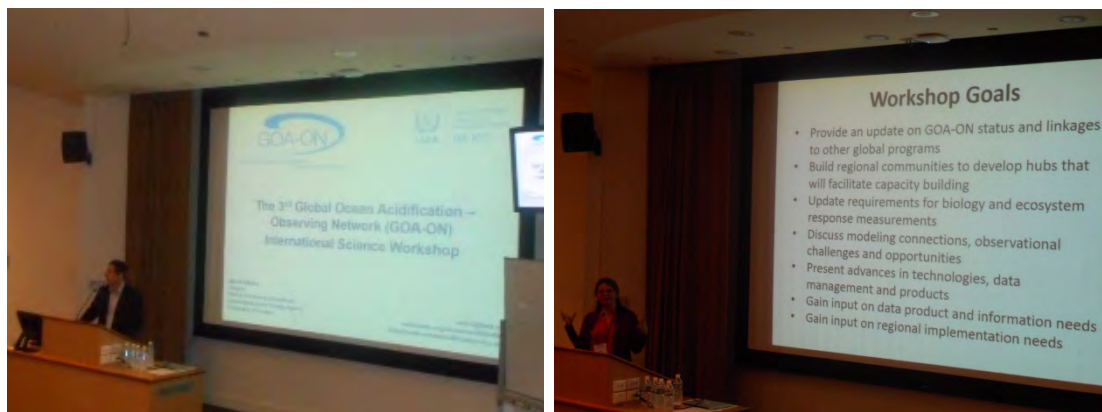


写真 2-9 : IAEA の David Osborn 氏 (左) 、ワシントン大学の Jan Newton 氏 (右)

英国の University of East Anglia の Phil Williamson 氏より、海洋酸性化に係るこれまでの GOA-ON の議論に関する、優先順位等を踏まえた整理が行われた。多くの科学的な成果があり、GOOS や IMBER 等によるネットワークが関係していることが紹介され、どのように地域レベルのネットワークを構築するのか、どのように優先順位を決めるべきかといったことが議論となった。

地域レベルの動向について、ワシントン大学の Samantha Siedlecki 氏より紹介があった。湧昇、河川、有機物といった様々な課題があるなか、米国西海岸において、科学者が海洋酸性化の課題について議論を先導した事例が紹介された。貝類の養殖について、初期（稚貝）の 48 時間に閾値を超える酸性化になることが課題とのことであった。また、西海岸での養殖や海洋レジャーに係る市場を踏まえ、それまで科学者が中心だった活動に地域産業界等が加わり、Blue Ribbon Panel が開催され、ステークホルダーが中心となり、42 の提言が行われた。これを受けて、Executive Order 12-07 が米国で示され、Washington 海洋酸性化センターが作られた。

続いて、英国の C. Turley 氏が国際的な政策について講演をした。これまでの海洋酸性化の国際社会での動向を包括的に紹介する内容で、IPCC のほか、Rio+20 や COP21 といった大きな会議での状況が紹介された。特に国連に関連する動向の重要性が強調され、2017 年にフィジーで開催される SDGs14 の国連会議などが紹介された。同様に、Kirstin 氏より、国連のストラクチャや SDGs について概要紹介が行われた。そして、海洋酸性化の課題について、local, regional, global の各ネットワークの必要性が強調された。

昼休み後、ラテンアメリカにおいて GOA-ON の地域ネットワークとして LAOCA(Latin-American Ocean Acidification Network)が、2015 年 12 月にチリにて正式に発足したことが、チリの Cristian Vargas 氏より報告された。7 か国 24 名が参加して、情報共有・長期観測の重要性などが共有されている。更に、6 月に第 1 回の会合(Executive Council Meeting)を開催することが紹介された。

ラテンアメリカでのケーススタディを踏まえ、各地域でのネットワークの可能性についてグループディスカッションが行われた。地域分けは、北米・南米・南太平洋・アジア・アフリカ・欧州・北西太平洋・北極海で、各 10～15 名程度の参加者であった。

アジアグループでは、NOAA (ハワイ) の Russell Brainard 氏とタイの Suchana Apple Chavanich 氏 (IOC) が進行役となって議論が進められた。漁業・養殖・観光・文化といった産業が影響を受ける可能性があるが、海洋酸性化の理解は限られている現状が示された。また、外洋域、サンゴ礁等に注目していく必要性が示された。現状では、IOC/WESTPAC がサンゴ礁の保全のために 2 回ほど地域ワークショップを開催しており (8 月に第 3 回目を予定)、そのイニシアチブの活用が議論されたが、リソースの面で限界がある模様であった。



写真 2-10 : 英国の C. Turley 氏 (左)、アジアグループのディスカッションの状況 (右)

【2 日目、5 月 9 日】

2 日目は、IAEA で実施している地域支援の活動について紹介された。2016 年～2019 年の 4 年間、40 万ドルの年間予算にてアフリカ・南米・アジア・太平洋の各地域において、海洋酸性化の観測について、人材育成を行うことが紹介された。既に若手研究者のトレーニングに関する取り組みが行われているとのことであった。更に、Ocean Foundation より、地域研究者のトレーニングや旅費支援、観測技術開発支援を行っていることが紹介された。

続いて、前日の地域別の議論の共有が行われた。途上国側が中心となるグループでは、リソースのほか、ベースラインとなるデータの不足が課題として挙げられており、シンプルで安価なシステムやビギナーキットの必要性が示された。また、意思決定者の関心を高

めるような取組みや地域ファシリテーターへの期待が示された。

一方で、先進国が中心となるグループでは、データ品質の確保や相互比較の必要性等が示された。先進国側であっても、海洋酸性化のイニシアチブは十分ではなく、長期モニタリングの継続や、北極海における統合研究がないことなどの課題が示された。

●続いて、昼休み前に次の2つの講演が米国からあった。

- ・自然の変動と人為変動の区別：Richard Feely(NOAA)
- ・モデルからの要求：Fei Chai(University of Maine)

午後は、どのような変数（EOV, Essential Ocean Variable）に着目すべきかという、より科学的な内容となった。重要となる変数を特定することで、世界的なデータ標準化や技術開発、トレーニング等に貢献するとのことであった。また、海洋酸性化のモニタリング促進も期待される。

まず、スウェーデンの Sam Dupond 氏より、生態系について長期的・短期的に分けて理解することの重要性が示された。

続いて、Patricia Miloslavich 氏（GOOS）と Maciej Telsewski 氏（IOC-UNESCO）から、EOV について紹介が行われた。海洋だけでなく、気候分野(ECV)などでも規定されているものであり、ニーズやインパクトだけではなく入手しやすさ（フィージブル）も選定のために重要なポイントになるとのことであった。ステージとして、コンセプト・デモンストレーション・マチュアの3段階がある。

これら講演を受けて、沿岸・全球・プランクトン・サンゴといったグループに分かれて各20名程度のグループにて議論が行われた。また、議論の後に、懇親を兼ねてポスター発表が行われた。

【3日目、5月10日】

3日目は、まず、前日のEOVに係る議論が共有された。例えば、全球については南太平洋の公海域などに大きな観測の空白域があることが示された。一方で、これら空白域に観測を展開することはコストを要するものであり、世界的な協力が必要であることが示された。

続いて、仏国の Jim Orr 氏と米国の Adrienne Sutton 氏からデータ誤差と観測について各講演が行われた。誤差をしっかりと認識する必要性が示されたほか、最新の自動計測テクノロジーの進展が紹介された。

また、ノルウェーの Benjamin Pfeil 氏、米国の Jan Newton 氏、米国の Emilio Mayorga 氏（遠隔）から主にデータ管理やデータポータルについて発表があった。海洋酸性化のデータポータルが着実に整備されている。ただ、これらは主に海洋化学・生物が分かる科学者向けのデータセット・データポータルであり、Jan Newton 氏からは、それらを分かりやすく示していく統合プロダクト（Synthesis products）の必要性が示された。

これら講演を受けて、キャパシティ・ビルディングをテーマに、地域別の議論、各議論

の共有が行われた。南太平洋では、ベストプラクティスやガイドラインが役立つこと、例えば「どこに MPA を設定すべきか」といった政策決定に役立つデータの重要性が強調され、リスクマップや予測マップが例として示された。また、議論の共有では、中東・アフリカ・南米からの発表において、現実的な課題認識に基づき、支援の必要性が訴えられた。



写真 2-11：南太平洋グループの議論の様子（左）と中東・アフリカ・南米グループの発表の様子

最後に、3日間の議論の統括が、Jan Newton 氏のモデレートにより行われた。また、「地域ハブ」「重要な変数」「キャパシティ・ビルディング」といった3日の議論を踏まえて“Implementation Plan”を作っていくことが示された。それに対して、外洋・沿岸・サンゴ・深海の4つの領域に着目すること、政策や一般向けも着目すべきであること、新技術への対応、データ空白域への対応等、会場から多くの意見が示された。これら意見も踏まえて、プランをまとめることとなった。また最後に、3日間の議論への謝意が示されて、ワークショップが閉会した。

(2) 2016年度日本海洋学会秋季大会

9月13日、14日の2日間、鹿児島大学で開催された2016年度日本海洋学会秋季大会に参加した。関連する講演による情報収集を行うとともに、検討委員会の委員（藤井委員、小笠委員、原田委員）との意見交換、海洋酸性化の観測機器のハード・ソフトを製造・販売する紀本電子と意見交換を行った。また、14日の午後は温暖化・酸性化セッションに参加した。50名程度の学会員の参加のもとで、小笠委員のファシリテートで5件の発表が行われ、そのなかで、角田・中村・古川（OPRI）による「海洋酸性化に係る情報基盤の構築に向けて」と題した発表を行い、温暖化と海洋酸性化対策に関する国内外の情勢、取り組みを紹介するとともに、情報基盤「海洋危機ウォッチ」構築を開始したことを報告した。

海洋酸性化に係る情報基盤の構築に向けて

○角田智彦、中村修子、古川恵太

(公益財団法人笹川平和財団海洋政策研究所)

キーワード：海洋酸性化、北西太平洋、情報発信

【背景】

海洋酸性化の課題について、近年の科学研究の進展を受けて、政策面においても大きく着目されはじめている。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、小島嶼開発途上国会議(2014年)や国連持続可能な開発サミット(2015年、「持続可能な開発のための2030アジェンダを採択」)などでも懸念が表明されている。特に2030アジェンダで掲げられた「持続可能な開発目標(SDGs)」では、その14.3項目において「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」と記載されるなど、対策が必要な重要課題の一つとなっている。2017年6月にフィジーで開催予定のSDGs目標14に係る国連の会議も見据え、対策の具体化が求められている。

これら課題に対して、2012年7月にモナコに設置されたIAEAの海洋酸性化国際協力センター(OA-ICC)が中心となり、国際協力や政策提言が行われるなど、欧米において積極的に影響把握や関係者ネットワーク構築が進められている。また、観測連携を進めるGOA-ONなどでは、地域レベルでのハブ構築が検討されている。一方、我が国周辺海域における連携・対策検討については、欧米と比べて必ずしも十分ではなく、課題である。

笹川平和財団海洋政策研究所では、その前身である海洋政策研究財団の時代から、海洋ガバナンスに関する国際的な議論に積極的に参画し、海洋の総合的管理と持続可能な開発に関する様々な問題について、問題提起と社会への発信、政策研究、政策提言とその実現に向けた活動など、シンクタンクとして活動を展開してきた。

今回、これら海洋酸性化に係る情勢を受け、2015年度から5年間の計画にて、当該課題について北西太平洋海域を対象とした社会影響に関する調査研究や情報基盤の構築検討を行うこととし、2015年度に国際シンポジウムを開催するなど、取組を開始している。

【情報基盤】

この取組みの一環として、2016年度から、海洋における地球温暖化や海洋酸性化の影響に係る監視情報や予測情報、社会影響に係る情報を共有し、国際社会も含めて議論できる情報基盤「海洋危機ウォッチ」の構築を開始した。北西太平洋地域等の研究ネットワークとの連携のもとで、この情報基盤を活用し、発展させていくことを目指している。

情報基盤の概要は下図に示すとおりである。科学者向けのみならず、一般向けの海洋酸性化の解説や、国内外の政策動向に関する記事、予測情報等を発信し、議論もできるコミュニケーションプラットフォームとして機能させることを考えている。



図：構築を目指す情報基盤の概念図

図 2-3：2016年度日本海洋学会秋季大会要旨

(3) 北太平洋海洋科学機構 (PICES)

サンディエゴ（米国）で開催された北太平洋海洋科学機構 (PICES)の年次大会に、11月7日～8日に参加した（7日のプレナリーと8日に参加）。特に8日は、セッション7 (S7)「海洋酸性化研究の新ステージ」にてポスター発表を行うとともに、北太平洋域海洋環境の専門家と意見交換を行った。各概要を以下に示す。

■11月7日（月）：プレナリーセッション

プレナリーセッションはオープニングセレモニーと全体に係る講演からなり、8日の8時半から ONMI ホテルの会場にて開催された。

オープニングセレモニーでは、冒頭に10分間のビデオが上映され、25周年を迎えるPICESの取組が紹介されるとともに、米国・カナダ・日本・ロシア・韓国・中国の6カ国の科学者（総勢30名程度）のコメントにより、PICESが各国の協力で行われていること、化学・物理・生物・水産の海洋の分野横断の取組であることが紹介された。

ビデオ上演後は議長からの開会挨拶と Richard W. Spinrad 氏による招待講演が行われた。招待講演では、NOAAの取組について、数値予測やDNA解析、自動観測などの新たな成果とともに、多様なデータをビッグデータとして扱うプロジェクトが紹介された。更に社会との連携・発信についてダム管理と漁業の関係などを例とした具体的な紹介があり、多様な取組の統合の重要性を訴えた。

また、オープニングセレモニーでは表彰（議長賞と Wooster 賞）が行われ、Wooster 賞に日本から2件が表彰された。1件目は北海道大学の齋藤誠一教授で、人材育成をはじめとした取組成果が、2件目は気象庁で、海洋酸性化の計測にも貢献した137度線のモニタリングが受賞した（気象庁から中野氏が代表として受賞）。

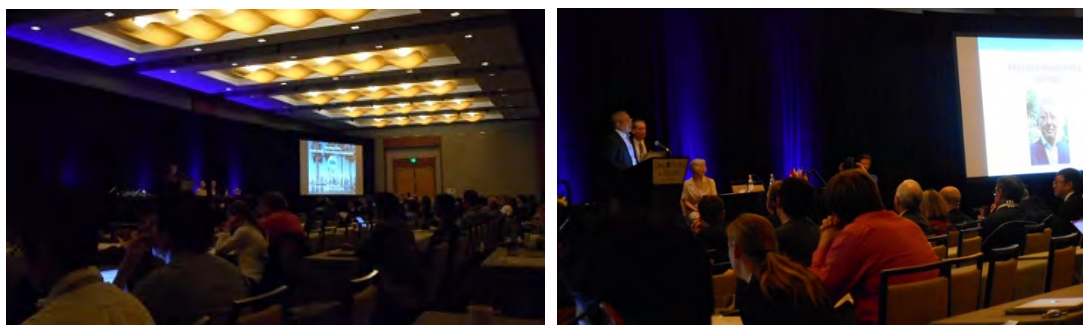


写真 2-12：オープニングの様、右：齋藤誠一教授の受賞スピーチの様

授賞式の後には、まず、Ryan R. Rykaczewski 氏からキーノートスピーチ” Projecting ecosystem consequences of climate variability and change: Aspirations for the next 25 years of PICES”が行われた。気候と生態系等の変動についての包括的な内容であり、25周年を迎え

る PICES が、今後 25 年の海洋の変動についても重要な役割を担うこと。特に PICES が培ってきた国際間・分野間の取組が重要になることが示された。また、続く午前中の講演では、社会影響に関する発表等が行われた。

また、午後は引き続き、国際的な取り組みや各分野の取組が紹介された。国連の活動の包括的な講演のほか、海洋酸性化に係る原田委員からの講演があった。

Luis Valdés 氏による国連の役割に係る講演” The UN role in for ocean science and ocean governance”では、科学と法の関係について、多くの国連のプロジェクトがあることが紹介されるとともに、それらの相互関係や科学成果（AR5, SOFIA, WOA, IPBES 等）について具体的に紹介されるとともに、SDGs が Knowledge Coupling に重要な取り組みで重要になり、更に、これら取組には科学的知見が必須であることが示された。

原田尚美氏（JAMSTEC）のからは、海洋酸性化について日本の取組が紹介された。定点観測の状況や、MXCT による酸性化影響の計測等が紹介された。MXCT の計測については、定量的な季節変動の結果のほか、今後の評価指標としてのポテンシャルがあることが紹介された。

■11 月 8 日：セッション 7 (S7) 「海洋酸性化研究の新ステージ」

2 日目は、海洋酸性化や衛星リモートセンシング、物理モデリング等の個別テーマに分かれたセッションが行われ、セッション 7 に参加した。このセッションでは、共同コンベンターである小笠委員より、まず趣旨説明が行われた。2012 年以降、5 つの海洋酸性化に係るセッション等が PICES で行われているなか、今回は、水産資源の問題にも新たに注目する。とのことであった。

午前中は、2 件の招待講演と北東太平洋への酸性化の影響に係る包括的な発表が行われた。1 件目は Steve Widdicombe 氏で、これまで行われている海洋酸性化による影響実験において平均値が主に着目されている現状への警鐘が示された。性別等によって影響が異なる場合があるなかで生物の適応性を考慮する場合、平均値よりもエラーバー（分散）に着目すべきであることが示された。また、影響実験を行う場合には、採取したローカルな環境条件等に実験結果が依存することや、自然界の変動も意識すべきことが示された。

2 件目は George G. Waldbusser 氏で、過去の水温季節変動を平均値で見た場合は、2004 年と 2007 年は同様であるにもかかわらず、その生物環境への影響が異なっていた事例を紹介のうえ（平均は同じでも変動特性が異なっており、2007 年は 30℃を超える日が多かった）、短期の環境変動を考慮した場合の課題を踏まえ、より実験が必要であることが示された。

午後も引き続き、海洋酸性化に係る発表が行われた。英国及び欧州の状況を包括的に説明した、John Keith Pinnegar 氏の招待講演では、英国の海洋酸性化プロジェクトである UKOA による精力的な研究だけでなく、欧州プロジェクトである EPOCA の成果も紹介さ

れた。これらのプロジェクトの特徴として、社会影響を定量的に示していることが挙げられる。英国の貝類の産業（2010～2100年）への影響が61～396百万ポンドであり、トータルのGDPロスが0.11～0.13%であるといった影響値が示された。また、欧州全体では貝類生産の多いイタリア・フランス・スペインに大きなGDPのロスが見られるとのことであった。一方、欧州では、これら成果にて海洋酸性化の研究がひと段落したと見られているとのことで、今後のプロジェクト形成への不透明感が示された。

最後に、12月にICESとの合同WGが行われることなどが紹介された。また、午後のセッション後、ポスター発表を行い、情報基盤構築に係る取組を紹介した。

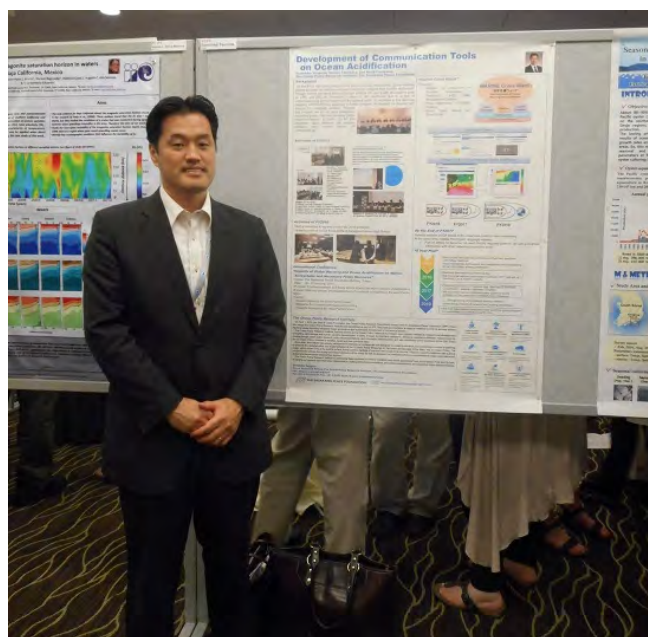


写真 2-13：ポスターセッションの様子

（4）気候変動枠組条約第22回締約国会議（COP22）

気候変動枠組条約（UNFCCC⁴）の第22回締約国会議（COP22）が、2016年11月7日から18日にかけてモロッコのマラケシュにて開催された。行動と実施のためのCOPとして位置づけられたCOP22では、11月4日のパリ協定発効を受けて、同時にパリ協定第1回締約国会合（CMA1）が開催され、パリ協定における緩和・適応、透明性や市場メカニズムについての議論がなされた。この結果、先進国と途上国を隔てない実施指針の策定を目指し、2018年のCOP24開催時までその策定を完了すること等が合意された。またその他の年次会合や作業部会も開かれ、中でもパリ協定実施のための特別作業部会第1回会合第2部（APA 1-2）は、パリ協定に関わる今後の作業につき協議が進められた。APA1-2で

⁴ United Nations Framework Convention on Climate Change

は、パリ協定の各規定に対する具体的な実施指針の内容、今後の作業スケジュールや途上国の適応策を促進するための適応基金の運用などについて議論が行われた。このほか、議長国モロッコより、各国に対して気候変動対策を呼びかける文書(「マラケシュ行動宣言」)が発出された⁵。



写真 2-14: COP 会場前の広場の様子(左)、モロッコパビリオン(ブルーゾーン内)の外観(右)

(1) 「オーシャンズ・アクション・イベント at COP22 マラケシュ」

2016年11月12日、海洋の重要性を踏まえてパリ協定を実施する⁶ことを目的として、「オーシャンズ・アクション・イベント at COP22 マラケシュ」が、UNFCCC 世界気候行動計画(GCAA⁷) 策定の取組の一環として、本会議場であるブルー・ゾーンにおいて開催された。

【開催概要】

日程：2016年11月12日(土) 9:30-21:00

場所：本会議場「ブルー・ゾーン」(Room Arctic, Room10, Morocco & France Pavilions, Morocco Pavilion)

【開催】

- ・(主催) モロッコ政府、アルベール2世公モナコ基金、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)、海洋・気候プラットフォーム
- ・(共催) ユネスコ政府間海洋学委員会(IOC-UNESCO)、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、リスボン水族館、世界銀行

⁵ COP22 の成果については、以下の HP 参照。

外務省 HP(http://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page3_001886.html)UNFCCC 公式 HP (http://unfccc.int/meetings/marrakech_nov_2016/meeting/9567.php)

⁶ 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)

⁷ Global Climate Action Agenda

【参加者・登壇者】

- ・(登壇者) モロッコのララ・ハスナ王女、モナコのアルベール2世公、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。

海洋政策研究所からは、寺島紘士所長、前川美湖主任研究員、角田智彦主任研究員、ジョン・ドーラン研究員、樋口恵佳研究員の 5 名が参加



写真 2-15：登壇するララ・ハスナ王女、アルベール2世公ほか（「Showcase Segment」）

【内容】

午前の「Showcase Segment」及び午後の「Dialogue Segment」では、UNFCCC における 2020 年以降の各国の取組みを定めたパリ協定の中で、2020 年までの気候変動対策について各国が努力を行うことが明記されたことを踏まえ、2016 年から 2021 年の 5 年間に各国が行うべき政策について提言案を策定すべく、事例報告や議論が進められた。「Dialogue Segment」のプログラムの流れは以下のとおりである。

セッション 1： 適応のための課題と機会

セッション 2： 緩和のための活動と「各国が決定する貢献(NDCs)」

セッション 3： 資金へのアクセス、および気候変動対策に寄与する「ブルー・エコノミー」実現のための能力開発

海洋政策研究所は、長年行ってきた国際的な能力開発事業や「島と海のネット」等のネットワークを促す事業の経験を踏まえ、セッション 3 の冒頭に登壇した。当該発表で、海洋政策研究所は、海洋観測の強化、海洋酸性化の影響低減、海洋の IPCC リポート準備、小島嶼開発途上国等における海洋政策センターの設置等 9 つの提言を行ったほか、NDCs

の中に海洋に関する行動計画が含められることや、多様なステークホルダーが取り組みに関わること、地域や民間・個人等様々なレベルでの取組みの重要性を説明し、気候変動対策の中で海洋に着目することの重要性を指摘した。本イベントの成果である同戦略行動計画は GCAA 事務局に提出され、UNFCCC のパリ協定実施のための公式プロセスであるマラケシュ・パートナーシップの一部として位置付けられている。

上述の3つのセッションを通じて各方面の専門家が取組みや現状について報告を行い、報告内容を踏まえながら、COP21におけるサイドイベント「オーシャンズ・デイ・アット COP21」後に策定が進められていた「海洋と気候に関する戦略的行動ロードマップ 2016-2021」について議論が進められ、内容が固められた。当戦略的行動計画では今後5年間の緩和・適応策、移転、財政支援、能力開発等に関する分析が行われており、気候における海洋の中心的役割(Central Role of Oceans in Climate)、緩和(Mitigation)、適応(Adaptation)、移転(Displacement)、資金調達(Financing)、能力開発(Capacity Development)が主要課題として位置付けられている。



写真 2-16 : 同イベントの「Dialogue Segment」の様子

(2) COP22 での関連するイベント

11月11日(金)に海洋酸性化に係る次の2つのサイドイベントに参加した。

・アフリカイベント「アフリカの視点：海洋、社会に対する影響、解決策、計画および実施の必要性——緩和と適応(海洋への影響リスクの低減)——」[11:00-12:00、African Space]

同イベントは、プリマス海洋研究所(PML)とエジプト海洋水産研究所との共催イベントで、海洋酸性化をはじめとした、二酸化炭素放出による海洋環境への影響について発信すると共に、アフリカでの海洋酸性化に係る取組みを前進させることが目指された。

開会にあたって、モロッコ政府より、海洋酸性化に係るモニタリングを行っている旨の報告を含む開会挨拶が行われ、次に、主催者代表として PML の Carol Turley 氏より、海洋酸性化・温暖化に係る包括的な説明が行われた。また、共催者であるエジプト海洋水産研究所の Nayrah A Shaltout 氏より、アフリカは西岸、東岸、地中海の 3 つの海を有しており、地中海での海洋酸性化予測を利用した将来への警鐘、好漁場である西岸海域への温暖化影響、エジプト沿岸のサンゴへの影響が懸念されることなどが示された。

続いて、国際機関及び研究機関の 7 名の講演者から、二酸化炭素隔離貯留技術(CCS)が選択肢となりえることや、海洋酸性化に係るモニタリングネットワークである GOA-ON の取組について紹介された。また、海洋酸性化の分野におけるアフリカでの人材育成やネットワークの必要性が示されるとともに、「OA⁸アフリカ」という科学者や政策決定者が関わるネットワークが構築されつつあることが紹介された。

・気候変動枠組条約サイドイベント「海洋と雪氷圏における UNFCCC サイドイベント—取り返しのつかない海洋の回避、及び極地域における限界—2018 年の野心及び支援の強化に関する促進的対話へ向けて」[18:30-20:00, Mediterranean Room]

同イベントは、PML と国際雪氷圏気候イニシアチブ (International Cryosphere Climate Initiative) との共催イベントであり、北極海が置かれた状況、および各国の NDCs について議論が行われた。

米国 Woods hole 海洋研究所からの開会挨拶の後、PML の Carol Turley 氏より趣旨説明があった。北極海のアラゴナイト飽和度⁹Ωの値が懸念される状況であることを示すとともに、食物連鎖やライフサイクルを考慮した検討の必要性が示された。

本イベントでは極域の専門家からの講演があり、北極の氷が薄く・若くなっている状況のほか、陸の雪氷減少などが報告された。また、北極の環境変化が、北半球の気象変化にも影響していることなどが紹介された。最後の討論では、科学者のコミュニティの政策への関わり方や意思決定者への情報伝達、教育の大切さ等について活発に議論が行われた。

(5) 国連海洋会議準備会合

2015 年 9 月 25 日～27 日に開催された「国連持続可能な開発サミット」では、「持続可能な開発目標 (SDGs)」を含む、2016 年から 2030 年までの新たな行動計画である「我々の世界を変革する：持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」が採択された。SDGs では、17 の目標とそれを実現するための 169 のターゲットを掲げている。国連海洋会議は、その 14 番目の目標である「SDG14：海洋と海洋資源を持続可能な開発に向けて保全し、持続可能な形で利用する」の実施に向けて、国連決議 70/225 (2015 年 12 月) を受けて 2017 年 6

⁸ Ocean Acidification (OA、海洋酸性化)

⁹ 海洋酸性化の生物影響に係るパラメータのひとつ

月に開催されることが決まった「国連ハイレベル会合」である。

フィジーとスウェーデンの共催で、当初はフィジー国内での開催が予定されていたが、その後、開催場所を国連本部（ニューヨーク）に変更することが2016年2月に決定し、会議名称を「The Ocean Conference」（ここでは「国連海洋会議」と記す）にすることとなった。会議では、宣言「Call for Action」の決定と、「パートナーシップ・ダイアログの概要」及び「Voluntary Commitments（自発的コミットメント）のリスト」の報告が行われる。

ここでは、2017年2月に国連本部で開催された、国連海洋会議の準備会合について報告する。



図 2-4：17 の持続可能な開発目標（SDGs）

（出典：国立研究開発法人科学技術振興機構のウェブページ）

(1) 会合の概要

6月の国連海洋会議に向けて、パートナーシップ・ダイアログのテーマ（7つ）と「Call for Action」の素案について議論するため、ニューヨークの国連本部において開催された会合である。議論のベースとして、2017年1月に事務総長による背景メモ（Background Note）が作成されている。海洋政策研究所より海洋研究調査部古川部長、角田主任研究員、海洋環境部スワーツ部長、小林研究員が出席した。

【パートナーシップ・ダイアログのテーマ案（関連目標）】

- ✓ 海洋汚染（14.1）
- ✓ 海洋・沿岸生態系の管理、保護、保全と再生（14.2、14.5）
- ✓ 海洋酸性化の啓発と最小化（14.3）
- ✓ 持続可能な漁業の実現（14.4、14.6）
- ✓ **SIDs** や **LDCs** の経済発展、小規模漁業の振興を含む（14.7、14.b）
- ✓ 科学的知識の増進、調査能力の開発と海洋技術移転（14.a）
- ✓ 国連海洋法条約に基づく国際法の施行（14.c）

(2) 会合の日程

2017年2月15～16日（関連するサイドイベントが14～16日に開催された）

(3) 会合の構成

会議は、次の構成で進行された。

- ✓ 開会
- ✓ 第1セッション：パートナーシップ・ダイアログのテーマの7つテーマについて
- ✓ 第2～第4セッション：「Call for Action」に盛り込むべき内容について
- ✓ 最終セッション：まとめ

(4) 開会

会合は、共同ファシリテーターとして昨年10月にピーター・トムソン国連総会議長（駐ニューヨーク国連フィジー大使）から指名された、アルバロ・メンドンサ・エ・ムーラ駐ニューヨーク国連ポルトガル大使およびブルーハン・ガフル駐ニューヨーク国連シンガポール大使の挨拶で開会した。両大使は、6月の国連海洋会議が多くの閣僚や国際機関の代表者を含む多様なステークホルダーの参加のもとで、具体的に行動を促す内容となることを期待している旨を述べた。

また、開会にあたって、ピーター・トムソン国連総会議長が、自発的コミットメントがSDG14の実施促進のための最善策となることに期待を表明した。スウェーデンのイサベラ・ローヴィン副総理兼国際開発協力・気候担当大臣は、幅広い参加者の中でSDG14実現に向けた持続可能な解決策が示されることに期待を表明した。フィジーのセミ・コロイアベソー漁業大臣はSDG14が国際的議論で取り残されることがないように7つの課題の下での国際協力に向けた合意形成の実現に期待している旨を述べた。ウー・ホンボー国連経済社会事務次長は、国連海洋会議が解決策と連携推進に寄与することを期待し、同日に立ち上げた自発的コミットメント登録制度（registry of voluntary commitments）が有効に活用されることへの期待を表明した。ステファン・マティアス国連法務事務次長補は、既存の法規の実施と分野間連携や実施体制強化の必要性を指摘した。



写真 2-17：開会式の模様（左）と挨拶を行うピーター・トムソン国連総会議長（右）
（出典：<https://oceanconference.un.org> より）

(5) 第1セッション

第1セッションでは、国連海洋会議のパートナーシップ・ダイアログの7つテーマについて議論が行われた。各国からの発言として概ね賛同する意見が相次いだ。その一方で、7つ目のテーマは、「国連海洋法条約に規定される国際法の実施による海洋およびその資源の保全と持続的利用を高める」という SDG14.c の文言に合わせた表現とすることの提案なども行われた。

(6) 第2～第4セッション

「Call for Action」の素案については、各国共に「簡潔で行動促進的」なものにすべきとの意見が相次いだ。その他に提示された点としては次が挙げられる。

- ✓ LDC（後発開発途上国）への配慮
- ✓ 2015年世界海洋評価報告の尊重
- ✓ 小島嶼開発途上（SIDS）支援
- ✓ IUU 補助金削減
- ✓ 持続可能な漁業
- ✓ 海洋酸性化
- ✓ 使い捨てプラスチック類の段階的使用禁止・マイクロプラスチック規制
- ✓ 海洋科学振興
- ✓ ブルーエコノミー
- ✓ 海洋保護区
- ✓ BBNJ や公海漁業等の既存枠組みとの相互補完・相乗効果
- ✓ 自発的取り組みの推進
- ✓ 技術移転、資金供与 等

なお、日本政府からは、海洋酸性化（14.3）について、海洋のモニタリングが重要。日

本も様々なモニタリングを実施しており、その重要性を海洋酸性化の要素として提案するといった発言があった。

なお、海洋政策研究所は科学技術メジャーグループのメンバーとして、古川恵太郎長が発言した。15日に実施したサイドイベントの結果概要について、能力構築の重要性などを指摘しつつ、海洋政策研究所が関わる世界海事大学や日本財団支援によるフェローシッププログラム、海洋酸性化に係る情報発信や島と海のネット（IO Net）などの取り組みを紹介し、広域的なネットワーク活動の重要性を強調した。

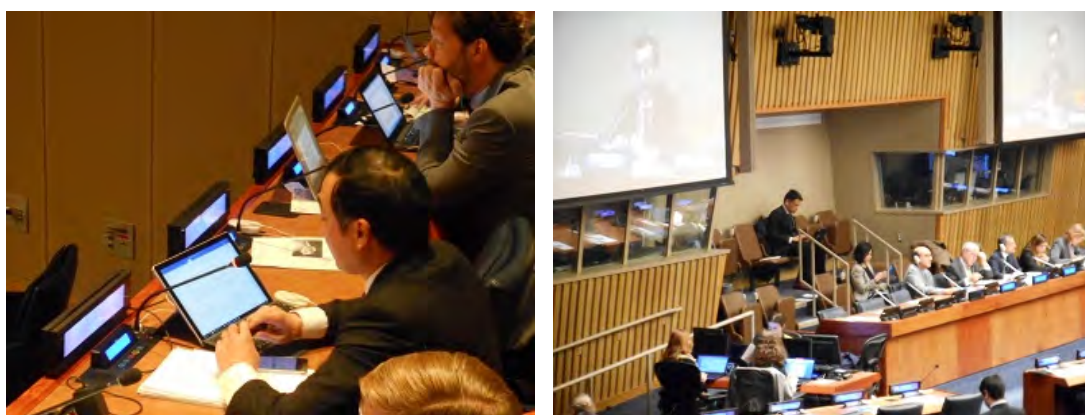


写真 2-18：海洋政策研究所からの発言の様様

(7) 最終セッション

最終セッションにおいて、共同ファシリテーターによりとりまとめとして、以下の点が強調された。

「Call for Action」について

- ✓ 2030 アジェンダというのは包括的（overarching）な枠組みの中での位置づけであり、SDG14 実施を推進する会議の目的（マנדート）に従う。
- ✓ 成果文書（行動計画「Call for Action」）は簡潔で行動を主体として、短く、行動を促す（action oriented）動的なもので、一般の人がわかりやすいものとする。
- ✓ 経済、社会、環境という持続可能な開発の要素のバランスの確保
- ✓ 17 の SDGs の不可分性
- ✓ 緊急の行動の必要性
- ✓ SIDS、LDC、内陸国の特別性
- ✓ 特記された課題として、海洋汚染（陸域からの流入を含む）、海ゴミ（海ゴミ、プラスチック、マイクロプラスチック）、海洋酸性化（気候変動に関連して）、持続可能な漁

業、海洋保護区、ブルーエコノミー

- ✓ 横断的課題として、効果的なパートナーシップ、教育、啓発、総合的な取組み、科学的な情報収集、モニタリング、フォローアップ、能力開発、技術移転、資金供与メカニズム、科学的知見、データ収集・共有

そして、今後の作業予定として、「Call for Action」のゼロ・ドラフトを3月に発表することなどが指摘された。

最後に共同ファシリテーターおよび国連幹部より、(1) 会議成功への協力、(2) 自発的コミットメント (Voluntary Commitment) の表明奨励、(3) 海洋保全と SDG14 実施推進に向けた転換点 (Game changer) として会議を位置づける等の点が強調され、6月の国連海洋会議開催の成功に向け、各国代表や関係者の協力が求められ、閉会となった。

2. 4 海洋教育に係る取組

2016 年度より海洋教育支援制度パイオニアスクールプログラム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実施した。更に、次年度の計画を具体化させる目的で、2017 年 3 月 8 日に第 3 回目となる出張講義を行い、後半は生徒たち自身による提案やグループディスカッションの場も設ける機会とした。



写真 2-19：神奈川県立海洋科学高等学校の正門、校訓碑（「海を知り」「海を守り」「海を拓く」）

（1）第 1 回出張講義

日時：10 月 12 日（水） 15 時半～17 時半

場所：神奈川県立海洋科学高等学校

タイトル：「海洋酸性化って何？」

招待講師：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

まず招待講師より自己紹介が行われ、チリ沖や北極海などで観測航海を行う現在の研究者生活から、女性として二人目の南極観測隊（夏隊）に参加した大学院生時代、学生時代に遡りつつ、研究者を志した経緯が生徒たちに熱く語りかけられた。



写真 2-20：聴講する生徒の様子

続く本題の海洋酸性化の講義では、現在の大気中の CO₂ 濃度が過去 300 万年間経験したことの無い 400ppm という高い濃度レベルに突入していることや、大気中の CO₂ 濃度の増加が海洋酸性化をもたらし、殻や骨格に炭酸カルシウムを持つ生物が影響を受けることが紹介された。更に、5500 万年前に 1000ppm を越えた時代があり、海洋酸性化等により底生有孔虫の半分が絶滅し、その回復に 10 万年という膨大な時間を要したことが紹介された。現在は、5500 年前に地球が経験した以上のスピードで CO₂ が増えており、大気中の CO₂ 濃度が更に高くなった場合、海洋生態系への影響が懸念されることや、その回復に相当の時間を要する可能性があることのことであった。

また、全海洋の 6% でしかないにも関わらず、世界の 27% の漁獲を誇る豊かな海域である北西部北太平洋において、海洋研究開発機構がプランクトンに着目した調査研究を行っていることや、マイクロ X 線を使った海洋酸性化影響の定量測定手法の開発を行っていることが紹介された。

最後に、こうした海洋酸性化が、殻や骨格に炭酸カルシウムを含む沿岸生物に影響する可能性があることを踏まえつつ、「美味しい寿司を将来も食べられるか」という生徒への問いかけのもと、講義が終了した。

講義終了後も、4 名の生徒が残り、講義内容についてや、研究者になる方法についてなど熱心に質問をした。特に 3 年生の女子生徒 2 名とは、次週の講師である小埜恒夫氏も加わり、活発な質疑が行われた。

(2) 第 2 回出張講義

日時：10 月 19 日（水） 15 時 40 分～17 時

場所：神奈川県立海洋科学高等学校

タイトル：「三浦の海の海洋酸性化」

招待講師：小埜恒夫 博士 国立研究開発法人 水産研究・教育機構

前週の海洋研究開発機構の原田尚美氏による出張講義「海洋酸性化って何？」に続いて、海洋教育パイオニアスクールプログラムの一環で、神奈川県立海洋科学高等学校において、10 月 19 日に 1 年～3 年生の同校生徒合計 43 名の参加のもと、招待講師による講義が行われた。今回の講師は、水産研究・教育機構の小埜恒夫氏で、身近な三浦の海を対象とした海洋酸性化の課題がテーマとなった。

講義ではまず講師の自己紹介が行われ、地球温暖化の課題が叫ばれはじめた時代背景のもと、北海道大学にて海の研究を志した経緯や水産研究・教育機構における研究生活が、実際の採水ボトルやプランクトンネット等の観測機器の実演も交えて紹介された。



写真 2-21：講義の様子

本題の三浦の海の海洋酸性化の講義では、まず三浦の海（相模湾）の概要について説明が行われた。複雑な黒潮からの海水流入がある深い湾の、多様で豊かな水産資源のほか、沿岸の藻場の状況について、開発に伴う減少傾向や藻場の生物が紹介された。

海洋酸性化については、前週の復習後、生態系への影響把握のうえで重要な指標となる飽和度について説明が行われた。飽和度が 1.3 より低くなると、貝類への影響が懸念されるとのことであった。一方、大気中の CO₂ 濃度が上昇した際の酸性度（pH）の振れ幅が 0.3 程度しかないなかで、温暖な日本沿岸においては、大気中の CO₂ 増加よりも、藻場の光合成・呼吸や富栄養化等に起因する 1 日の間の変動がより大きく影響し、短時間でも閾値を超えると、貝類の成長に影響する可能性があることが紹介された。

続いて、水産研究・教育機構の荒崎の施設における観測結果が紹介された。荒崎は高校からも非常に近い場所で、カジメ場での観測の結果、光合成等による日周変動が見られたことが紹介された。また、沿岸の海水移動や干満が影響して pH が変動することが説明された。更に、こういった沿岸での大きな日周変動に、人為起源の大気中の CO₂ 増加の影響が加わることで、閾値を超える懸念があることが説明された。

最後に、沿岸域での課題は、富栄養化等の要因を適切にコントロールすることで対応できる可能性があることを踏まえ、しっかり地元の海の CO₂ 濃度などの変動の様子を把握しておくことの重要性が強調された。また、筑波大学の研究チームによって発表された式根島海中温泉の動画を紹介し、海底から CO₂ が湧出している場所では極端な酸性化が生じてサンゴ・海藻等の底生生物相が死滅している状況が説明され、将来、三浦の海がこのようにならないようにとの警鐘のもとで講義が締めくくられた。



写真 2-22：終了後の熱心なディスカッションの様子

(3) 第3回出張講義（ワークショップ）

日時：3月8日(水) 13時半～18時

場所：神奈川県立海洋科学高等学校

参加生徒：13名（1年2名、2年9名、3年2名）

講義タイトル1：三浦の海と海洋酸性化 ～今年のモニタリングを考えてみる～

講師：笹川平和財団海洋政策研究所 角田智彦 主任研究員

講義タイトル2：海洋酸性化を正しく測る

講師：国立研究開発法人 海洋研究開発機構 杉江恒二 技術研究員

まず、海洋政策研究所の角田主任研究員より、2016年秋に2回行われた外部講師の講演の振り返りが行われた。「海洋酸性化とは？(10月12日)」からは、地球温暖化と海洋酸性化の大きなメカニズムについての概要、また外洋のプランクトン調査結果-酸性化の影響などが復習された。「三浦の海の海洋酸性化(10月19日)」からは身近な沿岸域である荒崎での観測例の紹介、特に藻場での光合成・呼吸といった日周運動と海水 pH 変動との関係、更にそこに将来の温暖化/酸性化が絡む時の影響評価などについて振り返った。



写真 2-23：角田主任研究員の講演

次に、3年生2名が今年度に行ってきた研究成果「相模湾東岸に位置する小和田湾の水質調査と生物調査」の発表を行った。大和田湾斉田浜でのアマモ移植活動と生物調査結果である。アマモ移植では苗をロープに挟み、鉄製の杭で固定した結果、流されることなく定着率が高まった。簡易キットを用いた水質調査では、斉田浜の湾内とそこに流れ込む河口域の2カ所で週に1回、約9ヶ月間の測定を実施した。この結果、湾内の方が河川水の流入域よりも塩分が高いこと、溶存酸素の変動に違いはないことが確認された。また河川の河口域でのみ8月の一時期に塩分低下と硝酸イオン濃度上昇が見られた。この原因については、河川上流や流域の環境についても調べたほうが良い、とのコメントが寄せられた。一方の生物調査では、74科97属140種の魚類が確認され、採取サンプルはタグ付け保存し、データベース化もしている。今後はWeb公開して校外でも活用できるようにしたい、との抱負が述べられた。

後半は、JAMSTEC 杉江講師が「海洋酸性化を正しく測るには」と題する講演を行った。自己紹介に続き、'ものを厳密に測る'ことの重要性、測定器と測定精度について、またそれにかかるコストの問題なども紹介された。難しいpH測定も、技術面ではクリアできる見通しがたち、残りはいつ、どこでモニタリング/サンプリングするか、が焦点であるとして講義が締めくくられた。



写真 2-24： JAMSTEC の杉江技術研究員によるプレゼン、ワークショップの様子
(「どのようなモニタリングをしたいか」等について付箋に書き、荒崎近辺の地図に貼っていく作業)

ここから、来年度の'モニタリング'実習に向け、生徒の皆さんにいくつかの興味対象を聞くアンケートの説明がされた。「どのような調査、モニタリングをしたら良いか?」「いつ、どこでモニタリングするか?」といった項目を事前に用意したアンケート調査である。この回答を基に、生徒は2つのグループに分かれ、来年度計画についての討議を試みた。

1つ目のグループは、モニタリングの場所にアマモ場を選び、生物活動(光合成/呼吸)により pH がどのくらい変化するかに興味を持った。この中で、測定場所としては、アマモの有無の比較、完全に環境の違う所(砂地と岩礁帯など)での比較、同じアマ

モ場でも相模湾と東京湾(金沢八景)側での比較などを試みたいとの意見が挙がった。また、測定の期間/間隔としては、季節変動を知るために3ヶ月ごと、1ヶ月ごとのほか、日周運動を追って pH 変動を見るには、朝・昼・晩とモニタリングが必要であるという異なる時間スケールの意見が出され、あるいは天気(日射量)により光合成量が異なり pH 値も変化するのではないかと、という鋭い仮説もあげられた。

2つめのグループでは、1つ目のグループと同様のアマモの有無の比較に加えて、身近な生物への影響も調べたいとの意見も挙がった。アマモ場の砂地には貝類が多く生息していることなどについて意見交換が行われた。そして、最後に両グループの代表が各まとめを発表しあい、意見交換して討議を終了した。

ワークショップの後、高校の教員と JAMSTEC 杉江氏、財団関係者でリフレクションと今後の計画の話し合いを行った。今回の生徒の討議の様子からは、普段の教室授業での様子とは違う面が見られた、などプログラムのメリットが聞かれた。学年を縦割りしたディスカッションで1年生が対等に発言したり、3年生がうまくまとめたりする、非常に良い訓練の場となっていた。長時間に及ぶ講義とディスカッションでも、非常に熱心に参加している生徒の皆さんには大きな期待ができる。

次年度の計画について、中村研究員から1件の提案も行われた。来年度の計画としてアマモ場でのモニタリング案が既にあがっていたが、その具体策の一つとして、沿岸のアマモ場で pH 測定を行っている専門家のアドバイスのもとでの提案である。それによると、アマモ場の現場で pH 測定し比較しても、(海水の流れ、地下水などの要因で)意図する結果が出にくいことが懸念されることから、デザインとしては、アマモ場においてプラスチック容器に泥ごと(アマモ有り/無し)採取し、持ち帰って少しの間閉鎖系で培養する。その後、日光に数時間当て海水 PH 測定してみる、といったものである。この方法であれば、簡易 pH 計での測定でも違いが見られるのではないかと、とのことだった。始めから現場で測定するよりも、一度はモデル実験として教室で見てイメージを掴むことも大切ではないかと、との提案に学校側も理解があった。

直接測定の難しい pH 測定法については、これまでの講義では炭酸系システムの他の項目(水温、塩分、全炭酸、アルカリ度等)から計算で割り出す法を紹介してきたが、これは複雑であるため、実際問題として高校生向けのカリキュラムでの測定方法として妥当なのかも検討が必要である。この点について、研究開発と教育面での視点の違いを説明し、学校側にも考えてもらうこととなった。この「気候変動・海洋酸性化の沿岸環境への影響を学び調べる」新しく大きなテーマのカリキュラムについては、将来的に興味を持った他の学校でも広く実施できるような海洋教育プログラムとなることが望ましい。そのためにはコストをかけず、なるべく高校までの学習・知識で理解できる内容でプログラムを構築することが課題である。次年度も学校と海洋政策研究所、各専門機関の研究者との連携のもとで模索していく見通しである。

2. 5 国際会議の開催

海洋の温暖化や酸性化の課題について、近年の科学研究の進展を受けて、政策面においても国際的に大きく着目されている。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」ことが初めて取り上げられて以降、小島嶼開発途上国会議（2014年）や国連持続可能な開発サミット（2015年、「持続可能な開発のための2030アジェンダ」を採択）などでも懸念が表明されている。特に2030アジェンダで掲げられた「持続可能な開発目標（SDGs）」では、その14.3項目において「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」と記載されるなど、対策が必要な重要課題の一つとなっており、2017年6月に国連本部（NY）で開催予定のSDGs目標14に係る国連の会議「国連海洋会議」も見据え、対策の具体化が求められている。

これらの課題に対して、海洋における温暖化と酸性化について、西太平洋域の状況を共有し、取り組むべき検討課題や対応策について議論するため、また、当該海域において取組を進めていくネットワークの構築を目指すため、2017年1月19日、20日に「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～」を約140名の参加のもとで開催した。



日時：2017年1月19日（木）10時～17時、1月20日（金）9時30分～17時
 （受付開始、1月19日（木）9時30分、1月20日（金）9時）

会場：笹川平和財団ビル 11階国際会議場（東京メトロ虎ノ門駅出口4より徒歩1分）
 〒105-8524 東京都港区虎ノ門 1-15-16

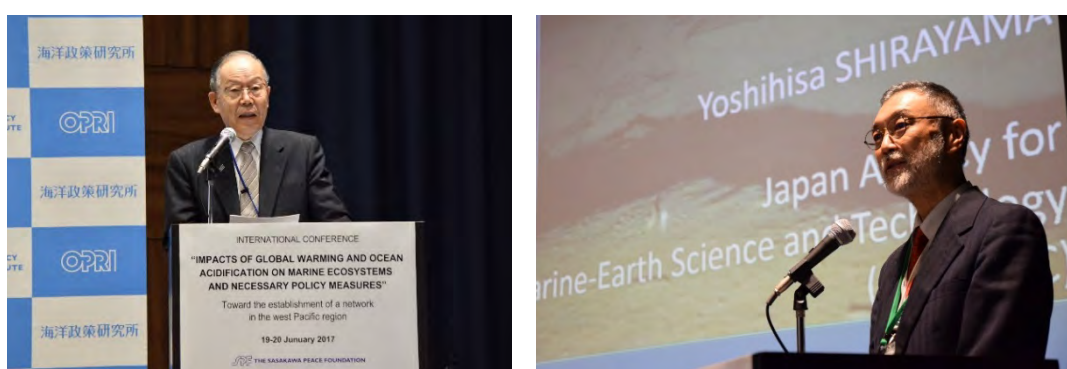
プログラム：（日英同時通訳）

1月19日（木）（10:00 – 17:00）	
10:00 – 10:30	開会式 開会挨拶：寺島紘士 笹川平和財団海洋政策研究所長 趣旨説明：白山義久 海洋研究開発機構 理事
10:30 – 12:30	基調講演「国際的な海洋酸性化の取組について」 David Osborn 国際原子力機関（IAEA） 環境研究所長 基調講演「海洋酸性化：政府と社会にとって世界的に重要性に増す課題」 Carol Turley プリマス海洋研究所 研究主幹（英国） 基調講演「海洋酸性化のネットワーク構築に向けて」 Jan Newton ワシントン大学 応用物理学研究室 海洋学担当 ワシントン海洋酸性化センター 共同所長
12:30 – 13:30	昼休み セッション1：西太平洋（ベーリング海を含む）の現状と課題
13:30 – 15:30	「太平洋亜熱帯循環域の海洋酸性化の現状」 Chen-Tung Arthur Chen 中山大学海洋科学学院 教授（台湾） 「北西太平洋における海洋酸性化の進行」 石井雅男 気象庁気象研究所 海洋・地球化学研究部 第三研究室 室長 「日本周辺海域における酸性化とモニタリングの現状」 小埜恒夫 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 「太平洋島嶼国における海洋酸性化の現状と課題」 Tommy S. Moore 太平洋地域環境計画事務局（SPREP） オフィサー
15:30 – 15:45	休憩 セッション1（続）
15:45 – 16:55	討議：「西太平洋域の課題」 モデレーター講演 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 パネル・ディスカッション
16:55 – 17:00	1日目のまとめ 他

1月20日(金)(9:30-17:00)	
	セッション2: 対応策と政策
9:30-11:00	「海洋酸性化が日本の地域社会に及ぼす影響」 藤井賢彦 北海道大学 大学院地球環境科学研究所 准教授
	「緩和策のオプション-CCSと海洋環境」 喜田潤 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
	「海洋酸性化 ～行動を取るためのもう一つの理由～」 井田徹治 共同通信 編集・論説委員
11:00-11:15	休憩
	セッション2(続)
11:15-12:15	討議:「対応策を政策につなげる方策」 モデレーター講演 森下丈二 東京海洋大学 海洋政策文化学部門 教授 パネル・ディスカッション
12:15-13:15	昼休み
	セッション3: ネットワークの構築に向けて
13:15-15:15	「PICESによる北太平洋地域の酸性化情報収集活動」 小笠恒夫 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
	「南太平洋大学におけるモニタリング調査-現状と今後の戦略」 Antoine de Ramon N'Yeurt 南太平洋大学 環境と持続可能な開発のための太平洋センター 講師
	「琉球大学熱帯生物圏研究センターにおける温暖化・海洋酸性化がサンゴ礁生物に及ぼす影響研究」 酒井一彦 琉球大学 熱帯生物圏研究センター長
	「Future Earth/SIMSEAと海洋危機ウォッチ」 山形俊男 海洋研究開発機構 アプリケーションラボ 所長
15:15-15:30	休憩
	セッション3(続)
15:30-16:55	討議:「西太平洋のネットワーク構築に向けて」 モデレーター: 白山義久 海洋研究開発機構 理事 <ul style="list-style-type: none"> ● データ統合化 ● モニタリング戦略 ● 技術支援 ● 海洋危機ウォッチ ● 社会への発信 まとめ
16:55-17:00	閉会式

(1)開会

開会にあたって、笹川平和財団海洋政策研究所の寺島紘士所長からの開会挨拶と海洋研究開発機構の白山義久理事からの趣旨説明が行われた。開会挨拶では、温暖化・海洋酸性化の問題に対する我が国の取組の強化を図りたい旨が、参加者への謝意とともに示された。また、趣旨説明では、ウニや巻き貝、造礁サンゴの例を踏まえ、海が人間社会にもたらす恵みである生態系サービスが将来、深刻に減少することへ懸念が示され、この問題をグローバルなメッセージとして政策決定者を含む方々に伝えることや、そのための科学者のネットワークの重要性が強調された。



開会に続き、海外招聘者による3件の基調講演があり、国際的な取組や政策の動向が共有された。1件目の基調講演者は国際原子力機関 (IAEA) 環境研究所の David Osborn 氏で、アルバート 2 世モナコ大公の支援を受けて 2012 年 7 月に IAEA 環境研究所 (モナコ) に設置された、海洋酸性化の国際拠点である OA-ICC (海洋酸性化国際協力センター) において、政策決定者に積極的な提言活動を行ってきた経緯や取組、全球海洋酸性化観測ネットワーク (GOA-ON) の創設について紹介された。また、海洋酸性化は単に炭酸カルシウムの殻が融けるというだけで無く、免疫能力低下などの遺伝的な多様性への影響があること、小島嶼国への影響が懸念されること、国際的なモニタリングが必要であることが示された。また、気候変動枠組条約 (UNFCCC) や生物多様性条約 (CBD)、国連海洋法条約 (UNCLOS) などの関連する国際枠組みのなかで、どこが適切な議論の場所なのかという問題提起が行われた。

2 件目の基調講演者は、プリマス海洋研究所の Carol Turley 氏で、2009 年の UNFCCC/COP15 (コペンハーゲン) 以降の海洋酸性化の課題に係る国際社会の関心の高まり等、UNFCCC や SDGs における関連動向が紹介された。サケの重要な餌となる翼足類が既に影響を受けている場所がある例など、食物連鎖として捉えた場合の課題や、2015 年のパリ合意に基づく各国の約束 (NDCs) が全て果たされたとしても海洋酸性化に起因するリスクが残ることが紹介された。また、日本の取組への参考として、英国での科学者による政策立案への関与や学校向けのアニメーション作成などの社会発信の事例について紹介さ

れた。そして、最後に、「良き政策には良き科学が必要で、良き科学には良き対話が必要であること。良き対話には科学者と政策決定者の理解と信頼が必要で、良き科学には継続投資や国際協力が必要である」ことが強調された。

3 件目の基調講演は、ワシントン大学の Jan Newton 氏で、2005 年から 4 年間、海洋酸性化により米国西海岸でカキ幼生が大量死した際の海洋循環の特性や、その後地域の養殖事業者が主体となり Blue Ribbon Panel の活動が始まり、科学者や NGO 等も加わり提言が行われ、ワシントン大学において提言に基づきモニタリングや予測などの活動が行われていることが紹介された。また、このような地域での取組を世界規模で展開する GOA-ON による観測ネットワークの取組が、年々拡大し、2016 年 12 月時点で 67 ヶ国の 330 人の科学者の参加のもと、地域レベルの研究者の集まりであるハブと全体の情報共有を行うデータポータル構築、人材育成の取組が行われていることが紹介された。



(2)セッション 1 (1 日目 PM) :

セッション 1 では、太平洋島嶼国を含む西太平洋の現状の共有を目指し、4 名の講演者からの各海域・分野での現状紹介が行われた。

まず、台湾の中山大学の Chen-Tung Arthur Chen 氏より、東シナ海を中心とした太平洋縁辺海における海洋酸性化や低酸素化の現状について、河川水や栄養塩、深層からの湧昇水などの影響も含め紹介が行われた。続いて、気象庁の石井氏より、気象庁が長年観測を続けている東経 137 度線の結果等から、熱帯域から亜熱帯域にかけての海洋酸性化の状況が見られること、また、水深 800 メートル付近の深い場所でも人為起源の二酸化炭素増の影響が見られることや熱帯での酸性化速度は少し遅いがタイムラグがあるため大気中の二酸化炭素が減少しても、海中では増加が続くだろうことが紹介された。また、海洋研究開発機構の観測から亜寒帯域においても酸性化の傾向が見られることが紹介された。

水産研究・教育機構の小笠恒夫氏からは、日本沿岸において 30 年間の pH 観測が行われている地点があり、そこでは酸性化の傾向が見られることや、沿岸では大きな日周変動が

あることが紹介された。また、この日周変動の影響を調べる実験の結果から、より早く生物への影響が生じる可能性が示された。一方、沿岸域の海洋酸性化については、大気中のCO₂濃度上昇以外にも富栄養化等の要因があり、その対策により影響の顕在化を遅らせる可能性があることが示された。そして、最後に太平洋地域環境計画事務局（SPREP、サモア）のTommy S. Moore氏から、太平洋島嶼国での取組が紹介された。太平洋島嶼国では、貝類やサンゴ礁にいる魚が地域住民の経済を支えていること。それに対して、酸性化や白化の影響が懸念されることが、NZ政府の支援による脆弱性評価の結果紹介とあわせて示された。海域が広大であるため、サンゴ移植による対策が現実的ではないことを踏まえ、沿岸保全などのサンゴ礁の価値再評価の必要性が示された。

これら4件の講演に続いて、弘前大学の野尻幸宏氏の進行のもとで討議が行われた。まず篤志船による表層モニタリングや海洋酸性化影響に係る実験、2011年の沖縄でのIPCCワークショップなど、関連する話題提供が野尻氏よりあり、温暖化対策と海洋酸性化の対策はCO₂削減ということでは同じであることなどが強調された。

討議では、貧酸素水塊による浮き魚への影響、沿岸の汚染と酸性化の関係、小島嶼国への支援の必要性、影響が顕在化するまでの時間を稼ぐことやパリ合意実施の重要性、モニタリングの方法（アルゴ／船舶）や量、啓発について議論が行われた。

時系列のモニタリングが日本のストロングポイントであることや啓発においては政策決定者の取り込みや若者の関与の重要性が強調された。また、最後に小島嶼国も含めたネットワークの大切さなどについて講評があり1日目の議論を終了した。



(3)セッション2 (2日目 AM)

セッション2は、セッション1での現状把握を踏まえ、これら重要な課題への対応策について、政策課題を踏まえて議論を行うことを目指して行われた。

まず、北海道大学の藤井賢彦氏より、海洋酸性化が将来の日本の地域社会に及ぼす影響を、北海道における貝類養殖等を含む水産業や、サンゴへの影響を踏まえた観光の側面から具体的な経済価値や寿司ネタを利用した影響説明を含めて紹介された。将来予測の誤差や単純化した仮定などにより不確実性があることについて補足しつつ、適応策についても着実に実施していくことの必要性が示された。

続いて、海洋生物環境研究所の喜田潤氏より、CO₂削減策の一つである海底下への二酸化炭素回収貯留（CCS）について、国内外の取組状況や海域環境への影響について紹介された。また、パリ合意の2℃目標の実現にはCCSが不可欠な技術であること、CCSについて環境影響評価やモニタリングをしっかりと行うことの重要性が示された。

更に、共同通信の井田徹治氏より、対応策の必要性について、パリ合意を受けたCO₂削減の流れを踏まえて紹介された。CO₂削減に係る日本政府の状況や、その状況を反映した国際会議での日本の影響力低下状況について紹介された。また、不確実性がある中で科学者からの明確なメッセージの必要性が示されるとともに、リスクを取る科学者とリスクを取るメディアの協調の重要性が示された。

これら3件の講演を踏まえ、東京海洋大学の森下丈二氏の進行のもと、科学成果の政策への反映方策やステークホルダーの巻き込みなど、対応策を政策につなげる方策等について討議が行われた。

まず森下氏より、不確実性が大きいなかでの北極海での漁業に係る国際合意に向けた議論なども踏まえ、“knowledge to action”というキーワードのもと、どのような行動が必要かという問いかけが行われた。また、海洋酸性化の課題に対して、目標、システム（組織等）、リソースやロードマップなどが必要であることや、そもそもステークホルダーが誰なのか、どのように伝えるのか、また不確実性が大きい中でどのようにアップスパイラルで進めるのかといった課題が提示された。

知識の共有・交換を要していた政策決定者に向けて科学者から情報を提示してアクションに繋げた、トップダウンとボトムアップが相互に働いた英国の事例や、より社会に伝わる情報提示の方策、CCSの経済性やIPCCなどから要請されるCCSの重要性について議論が行われた。



(4)セッション3 (2日目 PM) :

セッション3では、西太平洋でのネットワークの構築を目指し、モニタリングや能力開発の分野での連携の可能性について4名の講演が行われた。

まず、北太平洋海洋科学機構 (PICES)の海洋酸性化に係るセッションにおいて共同議長をつとめる小埜氏より、北太平洋での科学者の連携状況や海洋酸性化のモニタリングの状況について、北大西洋の科学機関である ICES(国際海洋開発理事会)との連携や、カナダ政府による水産資源への影響評価をはじめとした北太平洋各海域の状況が紹介された。影響が顕在化する時間軸を意識する必要があることや、PICES での観測データ交換に向けた取組が GOA-ON などに貢献できることが示された。

続いて南太平洋大学の Antoine de Ramon N'Yeurt 氏より、太平洋島嶼国で開始したばかりのフィジーでの海洋酸性化に係るモニタリング等の取組が紹介された。小島嶼国におけるサンゴ礁の重要性や将来への懸念、これまでの水温モニタリングのネットワークに係る取組を踏まえ、海洋酸性化のモニタリングを進めていきたい意向が示された。

続いて、琉球大学の酒井一彦氏より、琉球大学でのサンゴ白化や海洋酸性化に係る研究等について紹介があった。同様の水温特性を示した 1998 年の白化と比べて、昨年の白化ではサンゴの生き残りが意外とみられたことや、海洋酸性化影響に係る実験施設での研究、海外との共同研究・若手研究者の受け入れなどについて紹介された。

最後に、海洋研究開発機構の山形俊男氏より、Future Earth の一環としてアジア縁辺海を対象として進められている SIMSEA の取組と、北西太平洋の海洋酸性化に係る情報基盤として構築が進められている「海洋危機ウォッチ&アクション」への期待について紹介された。このなかで、日本沿岸での長期の観測データの解析結果から、外洋と同様の酸性化の傾向が沿岸で見られることが報告された。

これら、モニタリングや能力開発、情報基盤に係る講演を踏まえ、笹川平和財団海洋政策研究所の研究委員会の委員長でもある海洋研究開発機構の白山氏の進行のもと、西太平洋でのネットワーク構築に向けた討議が行われた。

沿岸での高頻度のモニタリングや長期のモニタリング、また、広域でのモニタリングのための小島嶼国との連携等の必要性、全球ネットワークに対してローカルネットワークも

重要であることやその活動への NGO の支援、適応策に係るメッセージの重要性、緩和と適応を考えるうえで生態系(捕食)を考える必要があることなど、海洋酸性化の知見が CO2 削減への応援団になることが示された。また、どのようにメッセージを示していき、メインストリームにしていくのか戦略が必要であることが示された。

討議では、既存ネットワークを踏まえたネットワーク・オブ・ネットワークスの必要性、また、それを支える体制への海洋危機ウォッチ&アクションの貢献、ネットワークを繋げる GOA-ON の役割、アニメキャラクターの活用等も含めた日本からの発信の重要性が示された。また、パリ合意への結束の必要性やアダプテーションについて対応策があることを同時に漁業者に示していくことの重要性、小島嶼国の課題への対応の必要性について議論が行われた。

最後に、事務局からの 2 日間のラップアップの後に、海洋政策研究所の寺島紘士所長より今後のコラボレーションのネットワークなどに取り組んでいくことを含めた閉会挨拶があり、2 日間の国際会議を終えた。



(5) 琉球大学 熱帯生物研究センター瀬底研究施設視察

「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」の終了後、同会議の講演者であったフィジー・南太平洋大学(以下、USP)講師の Dr. Antoine de Ramon N'Yeurt 氏と沖縄に移動し、瀬底島にある琉球大学熱帯生物研究センター・瀬底研究施設を訪問し、同じく会議で発表を頂いた酒井一彦センター長より施設の説明を受けたとともに、西太平洋における対応策について意見交換を行った(詳細については、参考資料1を参照)。

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、海洋における地球温暖化や海洋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「海洋危機監視・行動プラットフォーム」を構築することを目指して、その第1ステップとして、情報基盤である「海洋危機ウォッチ」の試作を行った。ここでは、コンテンツとしての科学データの収集・整理・解析と予測システムの構築と試作について示す。

3.1 科学データの収集・整理・解析と予測システムの構築

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。

そこで、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海洋研究開発機構への委託のもとで行った。

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期値を作成し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）。こうした海流予測は、10km程度の格子で1日間隔の海流データを提供する場合が多い。

一方、陸棚域より内側の沿岸海域（陸岸から数十km以内の海域；気象庁ウェブサイト）では、海流だけでなく潮汐流などのより短い時間周期をもった流れが無視できなくなってくるが、より高解像度（数km以下の格子）、より高頻度（1時間間隔）のプロダクトを提供する海流・潮汐流同時予測モデルの開発が進んでいる。海洋研究開発機構で開発を進めてきたJCOPE-T（水平解像度3km；Varlamov et al. 2015）がこれらの例としてあげられる。さらに最近は、上記の外洋-陸棚域モデルの中に高解像度のモデルを埋め込み、外側のモデルからの側面境界条件によって内側のモデルを駆動し（ネスティング）、中小河川などより詳細な沿岸過程を内側のモデルに導入してより沿岸に適した再現を行うモデリング手法（ダウンスケーリング）の適用も進んでいる。

これらの数値モデルを活用し、生物化学モデルを導入し、海洋環境（全炭酸、アルカリ度、pH、pCO₂を含む）の予測の実現を目指した。

(1) 実施内容

概ね4年間の期間において、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ことを見据え、今年度(2016年度)は、以下の二つの項目について実施した。

(a) 科学データの収集・整理・解析・加工

包括的に世界のデータを整備する Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC)を中心に内容を検討のうえデータ収集を行い、外洋域におけるデータ整理とともに、格子化等の解析を行う。これらに加えて日本沿岸域での観測データの利用可能性を検討し、経年的な変動特性等を確認するとともに、対外的な発表について検討する。

(b) 予測モデルの開発

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を、既存の物理予測システムを基盤として構築する。開発においては、比較可能な観測データの入手可能性を踏まえ、試験的な予測計算(過去における擬似的な予測計算)を行い、観測データと季節変動特性等を比較のうえ、適切に予測を行いうることを検証できるようにする。2017年度以降の方策として、物理予測システムのダウンスケーリングに応じて高解像度化し、陸棚域での変動を予測可能とする方策や、1週間に1回の運用を想定した、運用手順について検討を行う。

(2) 科学データの検討

①外洋現場観測データ

以下のウェブサイトから、酸性化に関わる科学データ(全炭酸、アルカリ度、pH、 pCO_2)を収集した。外洋の観測データが主である。

- European Project on Ocean Acidification (EPOCA)
<http://www.epoca-project.eu/>
- NOAA OCEAN ACIDIFICATION PROGRAM (OAP)
<http://www.oceanacidification.noaa.gov/>
- Ocean Acidification Data Portal
http://www.nodc.noaa.gov/oceanacidification/stewardship/data_portal.html
- Global Ocean Data Analysis Project (GLODAP)
<http://cdiac.ornl.gov/oceans/glodap/index.html>
- Surface Ocean CO2 Atlas
<http://www.socat.info/>
- PACIFIC ocean Interior CARbon (PACIFICA) Database
<http://cdiac.ornl.gov/oceans/PACIFICA/>
- Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC)
<http://cdiac.ornl.gov/oceans/>

- ・ 気象庁 海洋気象観測船による海洋・海上気象観測資料
http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/vessel_obs/data-report/html/ship/ship.php
- ・ 海洋研究開発機構 KNOT 点/K2 点海洋観測データサイト
http://www.godac.jamstec.go.jp/k2/index_jp.html
- ・ 海洋研究開発機構 K2 点/S1 点観測データサイト
<http://ebcrpa.jamstec.go.jp/k2s1/>

海面下の観測データとして、図 3-1 に気象庁ウェブサイトから取得した観測データの取得状況の例を示す。1980 年代前半から 2009 年にかけては、春夏秋冬と定線観測 (137 度 E) がほぼ実施されている。2010 年からは、137 度 E 定線観測は夏と冬の 2 回となり、春と秋は異なる測線で観測するようになった。137 度線での定線観測により、日本の南方海域で 1980 年代から継続的に生じている酸性化の状況が明らかになった (図 3-2; Ishii et al. 2011)。海洋研究開発機構の研究グループにより、図 3-3 に示す北西太平洋の 3 点 (K2,KNOT,S1) で、1992 年から 2012 年まで定点観測が行われている。以上については、定線、定点での海面下データとしてモデル計算の検証や、モデルパラメータの推定のために有用であると考えられた。

海表面の fCO₂ データについては、国際的なデータベース(SOCAT)が整備されており、日本近海では 1981 年以降のデータが入手可能である (図 3-4 参照)。今後、モデル計算の検証およびモデルパラメータの推定において有用なデータが取得できると考えられる。

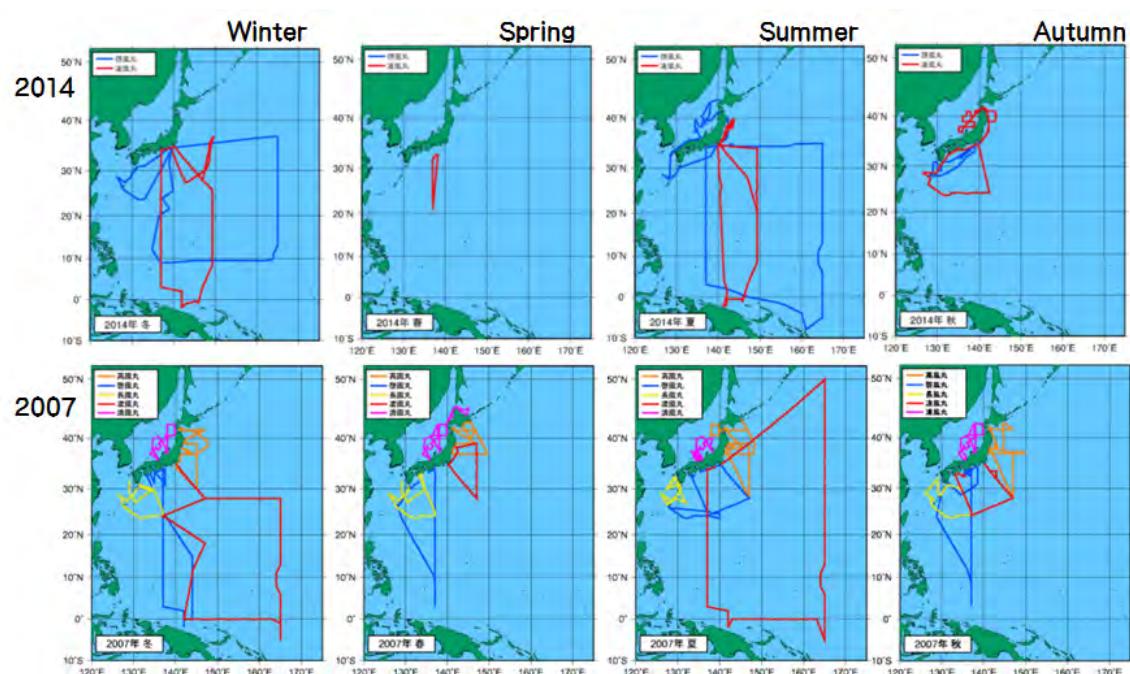


図 3-1 : 気象庁の観測船による観測ラインの例。色は観測船の違いを示す。

http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/vessel_obs/data-report/html/ship/ship.php

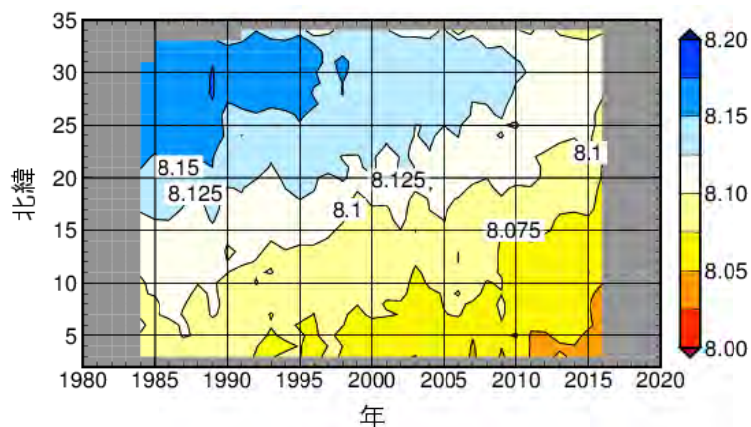


図 3-2 : 137 度線での定線観測からわかる日本の南方海域で 1980 年代から継続的に生じている酸性化の状況 (気象庁ウェブサイトより)

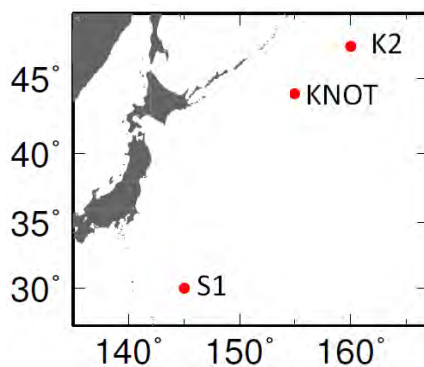


図 3-3 : 海洋研究開発機構の研究グループにより 1992 年から行われている北西太平洋域での観測地点 (K2、KNOT、S1)

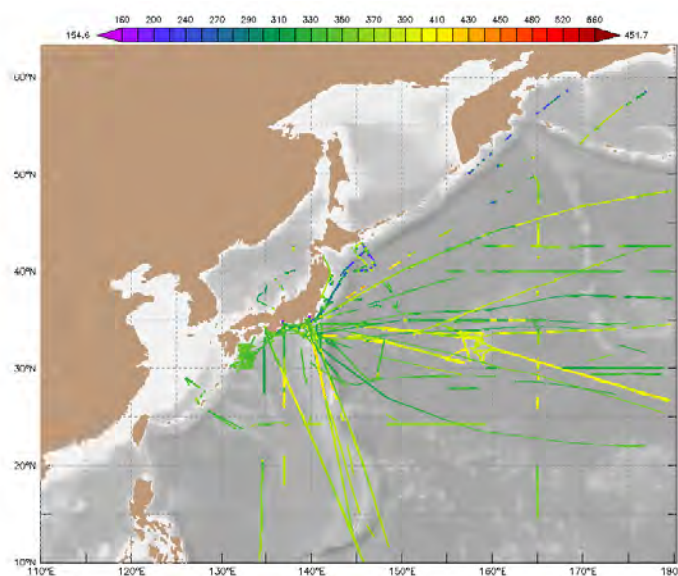


図 3-4 : SOCAT より整備されている表層 fCO₂ の観測点分布の例 (<http://www.socat.info/>)

②気候値格子データ

データ調査の結果、酸性化に関わる科学観測データについては、単純に格子化して空間的な分布を示すにはデータ点数が不十分であることがわかった。ただし、全炭酸とアルカリ度の年平均気候値格子データについては、上記の CDIAC および GLODAP のウェブサイトから入手することができた。

a. CDIAC ウェブサイト (Goeyt et al. 2000) による気候値格子データ

GEOSECS, INDIGOS, JGOFS3, OACES4, TTO, WOCE, SAVE の観測データ (ポテンシャル水温、AOU、塩分) から経験式を用いて作成された。図 3-5 に北西太平洋における全炭酸とアルカリ度の表面値を示す。

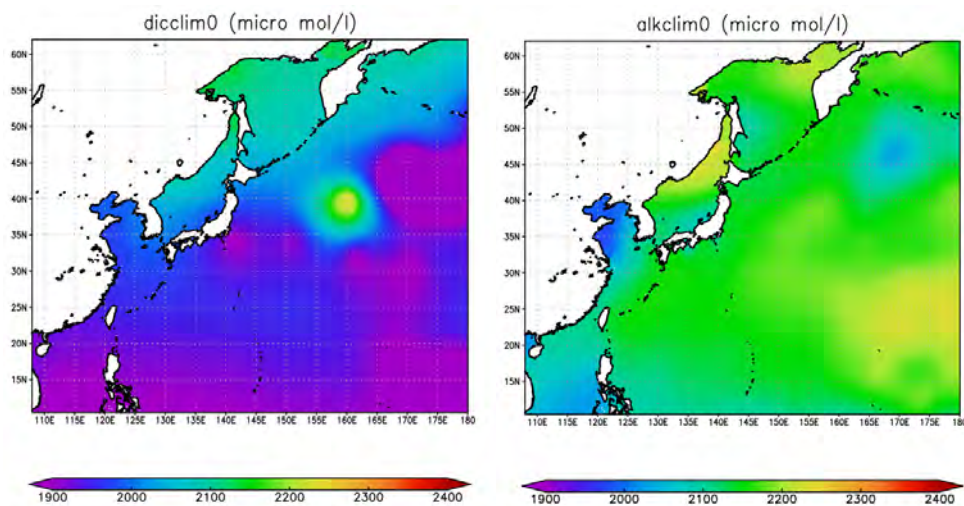


図 3-5 : Goeyt et al. (2000)より作成された海表面での全炭酸 (左) とアルカリ度 (右) の気候値

これらの気候値から、年平均気候値水温、塩分を用いて仮に現場 pH を計算すると、局所的な観測値の影響に加え、既存の推定値 (Takahashi et al. 2014) と比べ 8.0 以下の値が現れ全体として値が低くなってしまう (図 3-6)。

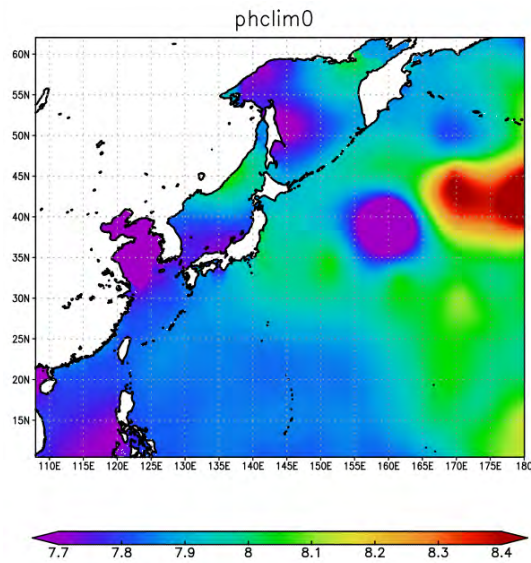


図 3-6 : Goeyt et al. (2000)の全炭酸 (左) とアルカリ度 (右) の気候値から計算された海表面での pH 分布

b. GLODAP ウェブサイト (Key et al. 2004) による気候値データ

WOCE, CDIAC, JGOFS, TT05, NOAA の観測データ (塩分、シリカ、硝酸塩を使用) から経験式を用いて作成された。図 3-7 に北西太平洋における全炭酸とアルカリ度の表面値を示す。Goeyt et al. (2000) による分布と比べ、より平滑化されている。これは、Goeyt et al. (2000) よりも多くの観測値を用いて平均化したからであると考えられる。さらに、アルカリ度については値そのものが高めている。アルカリ度が高めになったため、pH の仮推定値は全領域で 8.0 以上となった(図 3-8)。

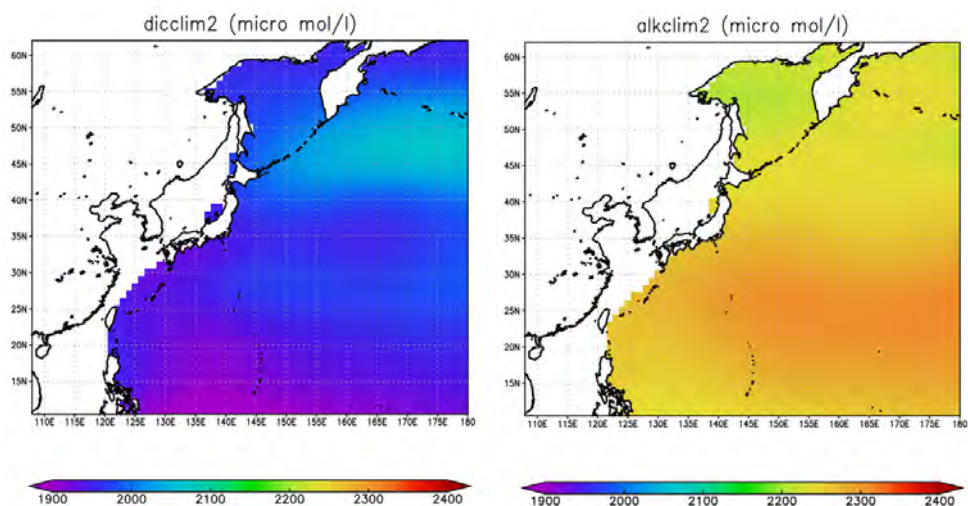


図 3-7 : Key et al. (2004) より作成された海表面での全炭酸 (左) とアルカリ度 (右) の気候値

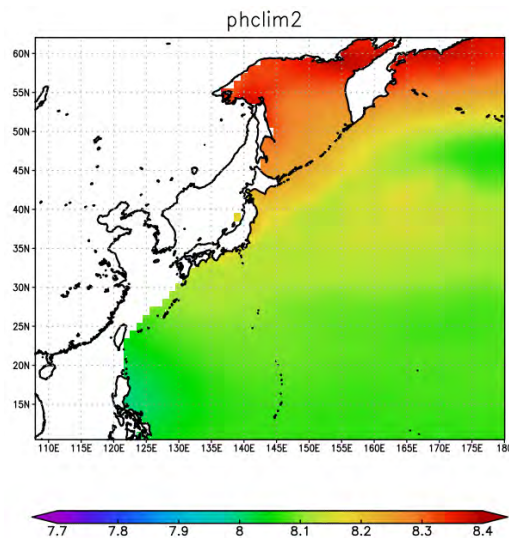


図 3-8 : Key et al. (2004) の作成した全炭酸とアルカリ度の気候値 (図 3.7) から計算された海表面での pH 分布

全炭酸について図 3-5 左と図 3-7 左を比較すると、図 3-5 左に見られるパッチ状の分布が図 3-7 左に見られないという点以外にも亜寒帯からオホーツク海にかけて分布形状の違いがみられる。

Yasunaka et al. (2013)は、再解析データ、気候値データ ($p\text{CO}_2$, アルカリ度, 表層水温, 表層塩分, 硝酸塩, シリカ) を使用して、経験式により北西太平洋の全炭酸月平均分布を作成している (図 3.9 ; 月別データと観測値とのバイアスは全ての点で平均値の 0.5% 以下の見積もり値)。Yasunaka et al. (2013)と図 3-5 左(Goeyt et al. 2000)と図 3-7 左(Key et al. 2004)を比較すると、Goeyt et al.(2000)と Key et al.(2004)ではそれぞれ夏季と冬季の分布を反映している。このことから、後述するシミュレーションモデルの初期値(1月から開始)は、基本的には Key et al. (2004)の分布を与えることが望ましいと考えられた。一方で、Key et al. (2014)には縁辺海の分布が与えられていないため、シミュレーションの初期値としては、両者を組み合わせた新たな気候値の作成が必要と考えた (後述)。

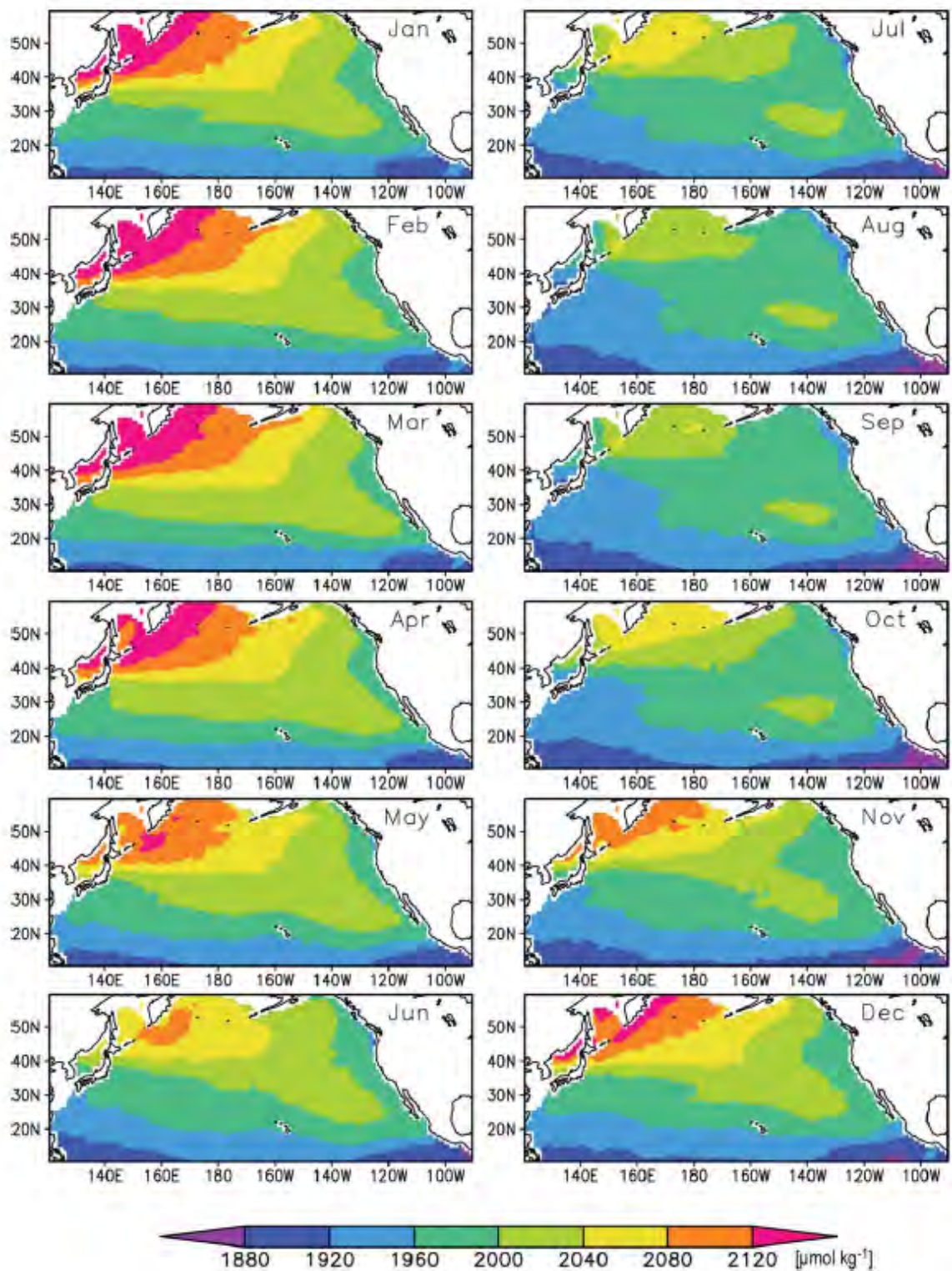


図 3-9 : Yasunaka et al. (2013) より作成された全炭酸月平均海表面水平分布

③日本沿岸域での観測データ

環境省は、公共用水域の水質汚濁にかかわる調査の一環として、1978年から全国沿岸域の約2100か所で、年数回にわたり pH の計測を実施している。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を明らかにした。

オリジナルデータは、年毎の最小値と最大値が与えられている。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 (pH トレンド) を平均したものをヒストグラムに表した (図 3-10)。図 3-10 で見られるように、正規分布に似た頻度分布を示し、分布は酸性化の方によっている。中央値は-0.003/yr、平均値は-0.0015/yr であり、この平均値は気象庁の 137E 定線や BATS、HOT プログラムなどの外洋域で示されているものと同程度であった。ピンポイントでみれば、工業港などがある宮城県石巻市や北海道苫小牧市、東京湾などでは平均の 10 倍のスピードで酸性化が進んでいる地点も検出された。図 3-10 の判別で判断されたもののうち、最大値、最小値の両方の相関係数、回帰係数 (傾きと切片) に対して 5% の有意水準の検討を行なうと、酸性化、アルカリ化傾向を示す地点は減るが、顕著な酸性化傾向が多く残るといった結果になった (図 3-11)。

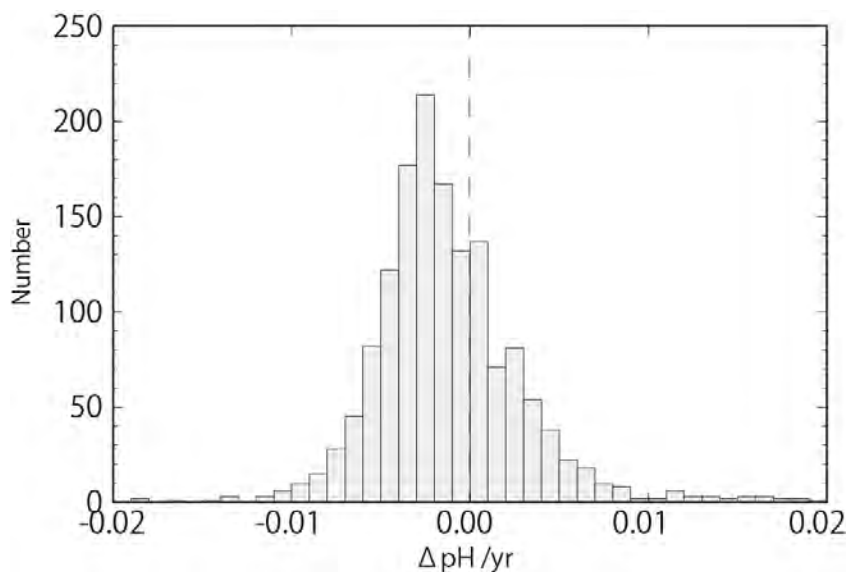


図 3-10 : 得られる全ての点における pH トレンドにおけるヒストグラム

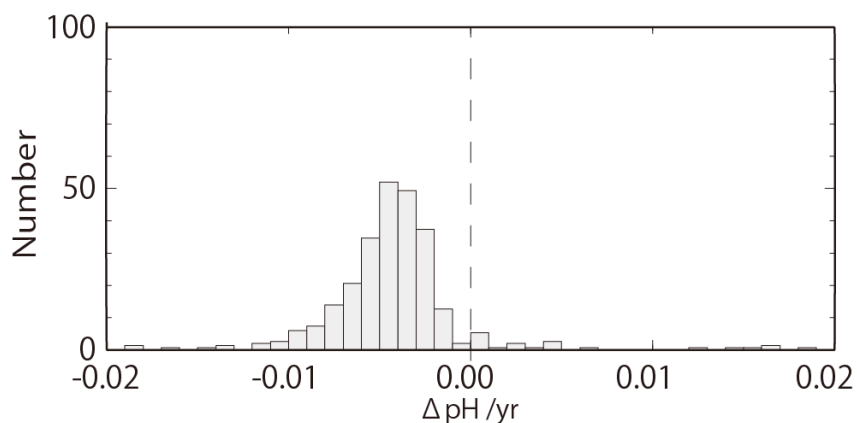


図 3-11 : 5%の有意水準の検定後の pH トレンドにおけるヒストグラム

図 3-12、3-13 には、別の判別方法で行った酸性化、アルカリ化の pH トレンドのマップ図を示す(最大値と最小値での pH トレンドが 0.002 の範囲内で同じ値を示す地点を抽出)。この場合でも、アルカリ化傾向は 87 (6) か所、酸性化傾向は 197 (71) か所となり、酸性化を示す地点が多く残った。この図から地域間でも差のある様子が見えてくる。

このような地域間での差についての詳しいメカニズムや、生態系への影響については明らかでなく、今後さらに調査が必要である。考えられる要因としては、例えば、世界の他の沿岸海域において示されているように、富栄養化(Cai et al. 2011)や海洋汚染(Zeng et al. 2015)が酸性化を加速している可能性がある。また酸性雨によって酸性化した河川水が沿岸海域に流出している可能性も考えられる。県毎 (図 3-14) で pH のトレンド平均をみると、データの少ない県で、特に平均値がアルカリ化傾向を示していることがわかる。県毎の平均をみるときや、バイアスに関しても注意が必要である。

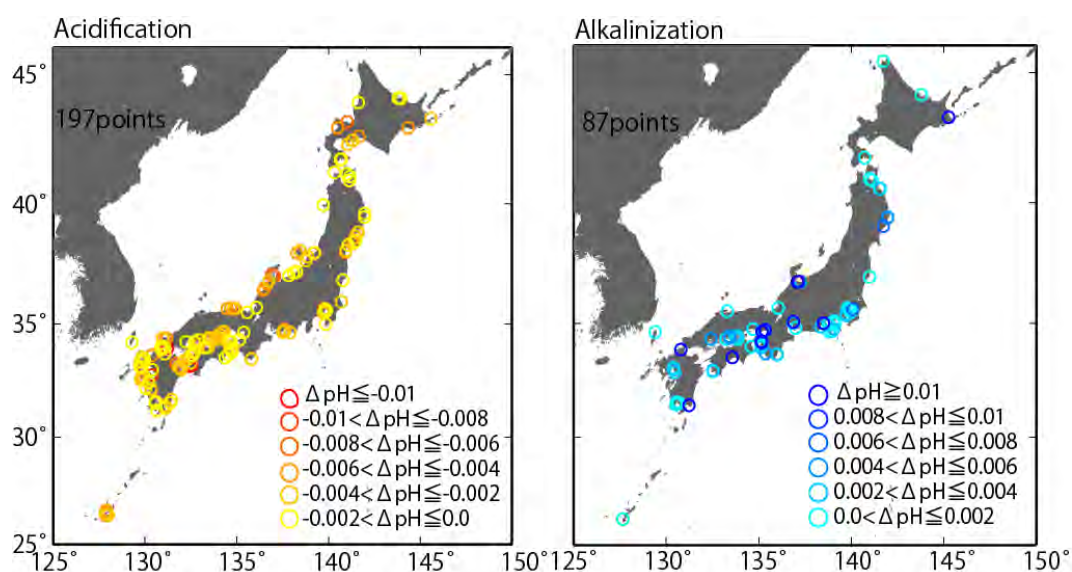


図 3-12 : 有意検定を行った場合の酸性化、アルカリ化トレンドが検出された箇所

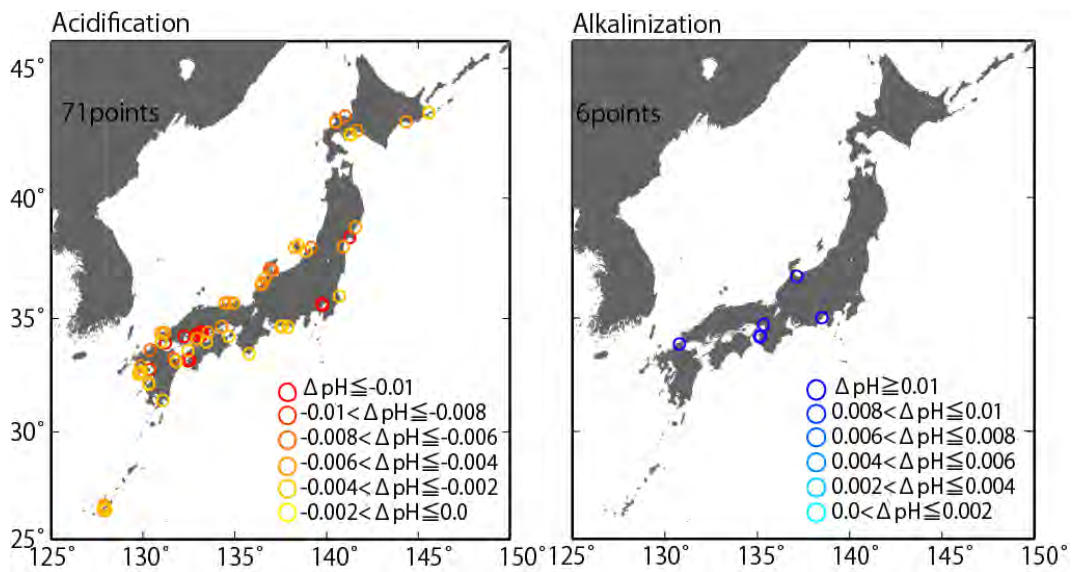


図 3-13：有意検定後の pH の酸性化、アルカリ化トレンドが検出された箇所

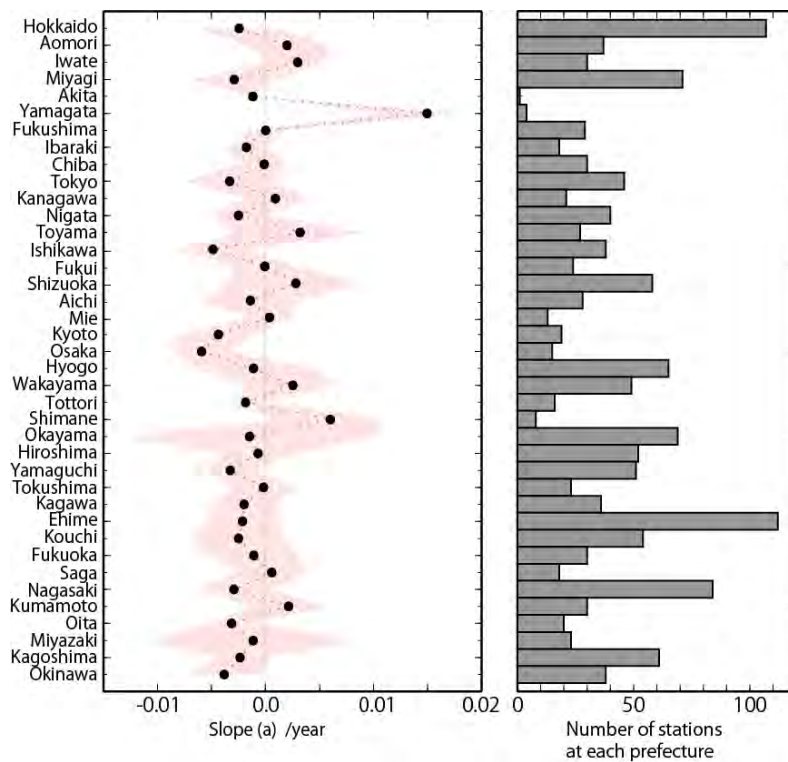


図 3-14. 図 3-10 の判別方法における県別 pH トレンドの平均値 (左) とサンプル数 (右)。赤い領域が標準偏差を考慮した場合の範囲。

(3) 海洋環境現況予測システムの構築

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を、物理予測システム JCOPE2 (Miyazawa et al. 2009) を基盤として構築した。対象海域は、北西太平洋 (10.5-62N, 108-180E) であり、空間解像度は 1/12 度 (8-9km) である。鉛直方向は海表面から最大水深 6500m まで 46 層に分割した z - σ 座標を用いている。2015 年の物理海況条件のもとで、予備的な計算を実施した。

① NPZDC モデルの設計

海洋循環モデルと結合した海洋生態系モデルの開発は、近年著しく発展しているが、ここでは、ごく基本的な栄養塩過程が、炭素循環過程に与える影響を表現する。Guo and Yanagi (1998) および、Scmittner et al. (2008) に基づき、栄養塩 (硝酸塩 DIN、リン DIP)、植物プランクトン (P)、動物プランクトン (Z)、有機物粒子 (デトリタス、D) の 5 変数に加え、全炭酸 (DIC)、アルカリ度 (ALK) 2 変数を加えた 7 変数モデルとした (NPZDC モデル)。図 3-15 に、NPZDC モデルの概念図を示す。

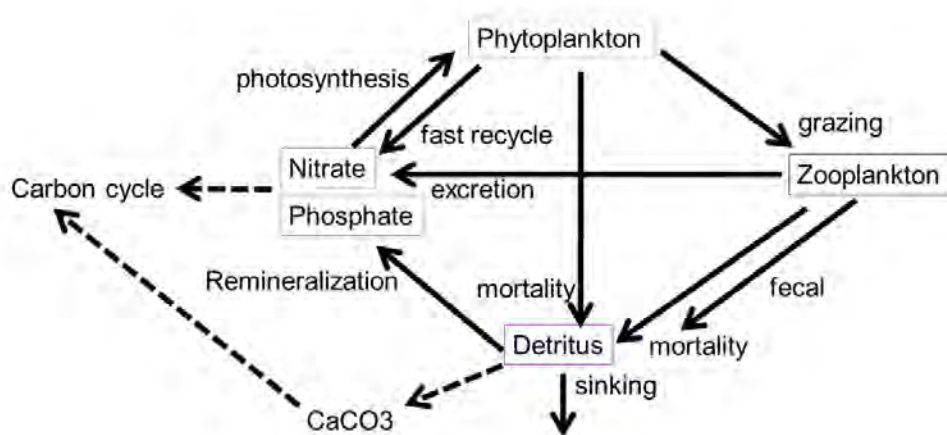


図 3-15 : 本モデルで使用されている NPZDC モデルの概念図

具体的な方程式表現は、下記のとおりである。右辺は、物理海況条件 (海流による移流、乱流による拡散) によって保存的に変動する項を示す。右辺は、生物活動に伴う各変数の非保存的な変動を表わす項 (ソースシンク項) を示す。

$$\begin{aligned}
\frac{dP}{dt} &= \text{Prod}(DIN, DIP, P) - G(P, Z) - \mu_p P^2 - F_p P \\
\frac{dZ}{dt} &= \beta G(P) Z - \mu_z Z^2 - U_z Z \\
\frac{dD}{dt} &= \mu_p P^2 + \mu_z Z^2 + (1 - \beta) G(P, Z) - \lambda_D D - \frac{\partial}{\partial z} (W_D D) \\
\frac{d(DIN)}{dt} &= -\text{Prod}(DIN, DIP, P) + F_p P + U_z Z + \lambda_D D \\
\frac{d(DIP)}{dt} &= \frac{1}{16} \frac{d(DIN)}{dt}
\end{aligned}$$

$\text{Prod}(DIN, DIP, P)$ は、光合成によるバイオマス生産を示す項であり、

$$\text{Prod}(DIN, DIP, P) = V_{\max} V_T \min(V_N(DIN), V_P(DIP)) V_I P$$

である。 V_{\max} は最大成長率を示す定数、 V_T は水温による影響を示す項、 V_N および V_P は栄養塩制限、 V_I は光制限を表わす項である。

$$V_T = \exp(C_T T)$$

であり、 C_T は定数である。 V_N および V_P は、

$$V_N = \frac{DIN}{DIN + K_{DIN}} \quad V_P = \frac{DIP}{DIP + K_{DIP}}$$

であり、 K_{DIN} 、 K_{DIP} はそれぞれ定数（半飽和定数）である。 V_I は、

$$\begin{aligned}
V_I(I(P; z)) &= \frac{I(P; z)}{I_{opt}} \exp\left(1 - \frac{I(P; z)}{I_{opt}}\right) \\
I(P; z) &= I_s \exp\left(-\int_{z'=0}^{z'=z} \kappa(\text{Chla}(P)) dz'\right) \\
\kappa(\text{Chla}(P)) &= 0.04 + 0.054 \text{Chla}(P)^{0.6667} + 0.088 \text{Chla}(P) \\
\text{Chla}(P) &= P \times \frac{31}{14 \times 16} \times \frac{16}{21}
\end{aligned}$$

である。 I_s は短波放射量であり、 I_{opt} は定数である。 $G(P)$ は捕食項であり、

$$G(P) = \begin{cases} 0 & (P < P^*) \\ G_{\max} (1 - \exp(-I_v(P^* - P))) & (P \geq P^*) \end{cases}$$

と表わされる。 G_{\max} は最大捕食率、 I_v は捕食の通減率、 P^* はスイッチング捕食の限界プランクトン濃度を示す定数である。 μ_p 、 μ_z は、それぞれ植物プランクトン、動物プランクトンの死亡率を表わす定数、 β 、 F_p 、 U_z 、 λ_D 、 W_D もそれぞれ定数である。速度 W_D で沈降する有機物粒子 D は海底面で消失すると仮定した。

炭素循環過程は、栄養塩（DIN,DIP）および有機物粒子（D）の変動のみによって影響されると仮定する（Schimttener et al. 2008）。概念図を図 3-16 に示す。

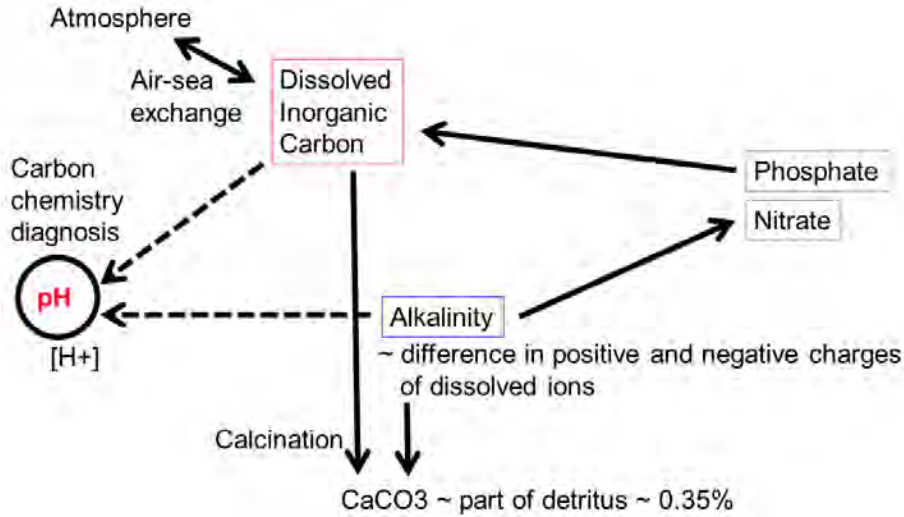


図 3-16 : 本モデルで使用されている炭素循環過程の概念図

具体的な方程式表現は、以下のとおりである。

$$\begin{aligned} \frac{d(DIC)}{dt} &= \frac{d(DIP)}{dt} \cdot R_{C:P} - \frac{d(CaCO_3)}{dt} \\ \frac{d(ALK)}{dt} &= -\frac{d(DIN)}{dt} \cdot R_{ALK:N} - 2 \cdot \frac{d(CaCO_3)}{dt} \\ \frac{d(CaCO_3)}{dt} &= Pr(CaCO_3) - \int Pr(CaCO_3) dz \cdot \frac{d}{dz} (e^{-z/D_{CaCO_3}}) \\ Pr(CaCO_3) &= \frac{dD}{dt} \cdot R_{CaCO_3:POC} \cdot R_{C:P} \end{aligned}$$

二酸化炭素が海洋表面で大気・海洋間を移動する過程は、海洋表面での二酸化炭素分圧（ P_{CO_2} ）と大気中の二酸化炭素分圧（ $P_{CO_2}^{atm}$ ）の差によって駆動される、全炭酸（DIC）の海表面フラックス F_{DIC} によって表現する（Kantha, 2004）。

$$F_{DIC} = \rho_w V_p K_{0C} (P_{CO_2} - P_{CO_2}^{atm})$$

（大気に放出される場合が正）。海洋表面での二酸化炭素分圧（ P_{CO_2} ）は、全炭酸（DIC）

とアルカリ度（ALK）から水素イオン濃度の逆数 $X = [H^+]^{-1}$ を求め（Kantha, 2004）、

$$P_{CO_2} = \frac{[DIC]/K'_0}{1 + K'_1X + K'_1K'_2X^2}$$

として与える。その他の6変数については、海表面フラックスはゼロであるとする。

②NPZDC モデルの初期値作成

硝酸塩（N）と、リン（P）については、World Ocean Atlas 2013 (WOA13: <https://www.nodc.noaa.gov/OC5/woa13/>)の年平均気候値を初期値分布として与えた（図 3-17）。

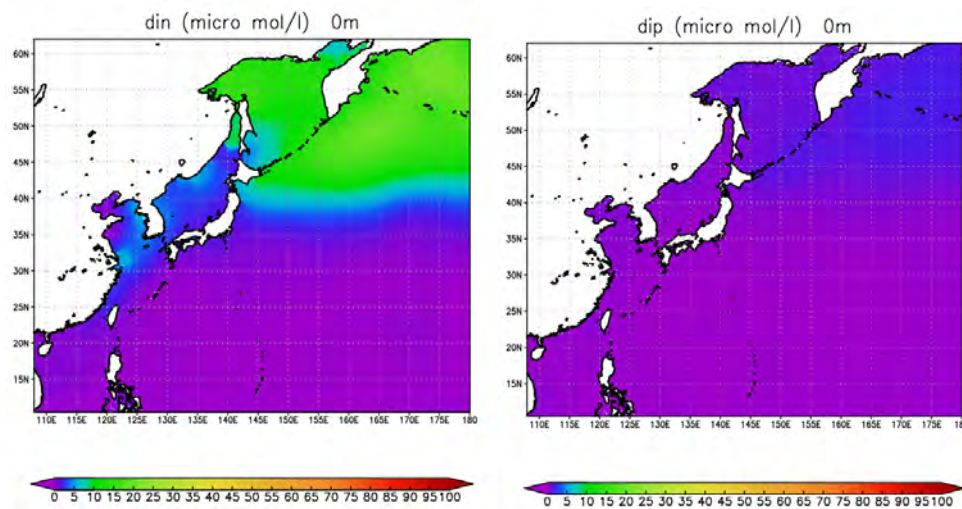


図 3-17：モデルに組み込まれた硝酸塩（N：左図）とリン（P：右図）の海表面初期値

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)から気候値データが入手可能であるが、予備計算において計算当初に望ましくない振動が生じることを確認したため、150m以浅では0.05micro mol/lで一様、それ以深ではゼロとした。動物プランクトンについては、植物プランクトン濃度の10%であるとし、有機物粒子についてはゼロとした。

全炭酸（DIC）およびアルカリ度（ALK）については、第3章で述べたように気候値データの種類毎の差が大きいため、以下のような手続きにより暫定的な初期値を作成し、後で観測データを同化して修正する方針とした。DICは、図 3-18 に示す区分で、Goeyt et al. (2000)と Key et al. (2004)を組み合わせ、冬季の状態（Yasunaka et al. 2013）を想定して作成した。

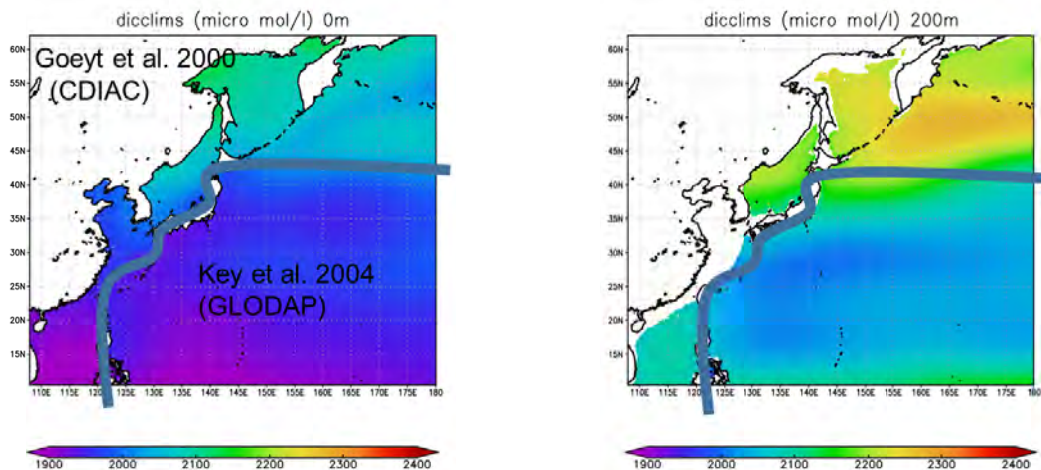


図 3-18 : Goeyt et al. (2000)と Key et al.(2004)を組み合わせ、冬季の状態を想定して作成された暫定的な全炭酸の初期値 (左図が 0m、右図が 200m 深での分布)。グレー太線より上の区分が Goeyt et al.(2000)、下の区分が Key et al.(2004)をベースに作成。

アルカリ度は、図 3-19 に示すように少なくとも異なる 4 種類の気候値データを確認した。Takatani et al. (2014) による推定が、表面では最も信頼できる推定であると考えた (Takatani et al. 2014)。Goeyt et al.(2000)は過少評価、Lee et al. (2006)は過大評価となっており、Key et al.(2004)と Takatani et al. (2014)は比較的似ている。そこで、図 3-20 のような区分で Goeyt et al. (2000)と Key et al. (2004)を組み合わせ、表面では、1 月気候値の水温塩分データ (WOA13) を用いて Takatani et al. (2014)による経験式で海表面アルカリ度を推定し、水深 200m スケールまでの影響深度を仮定して海面下の値を補正した (図 3-20)。作成した暫定的な 1 月気候値を図 3-21 に示す。

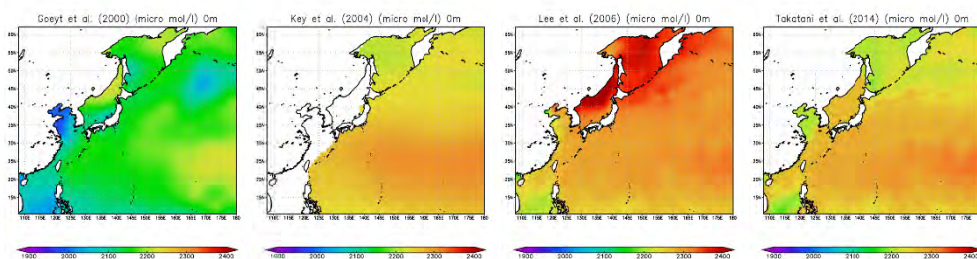


図 3-19: アルカリ度における 4 種類の気候値データの表層水平分布。左: Goeyt et al.(2000), 中央左: Key et al. (2004)の作成値。中央右: Lee et al. (2006)の経験式による作成値 (1 月気候値)。右: Takatani et al. (2014)の経験式による作成値 (1 月気候値)。

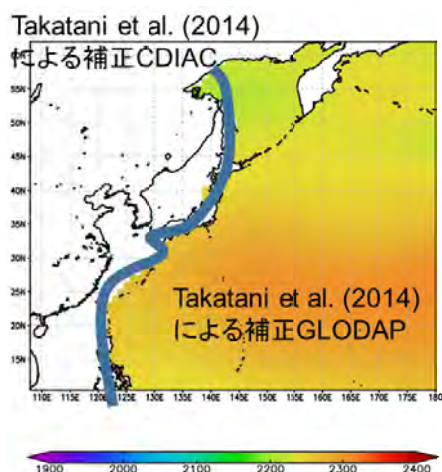


図 3-20: Goeyt et al. (2000)と Key et al.(2004)の組み合わせによるアルカリ度気候値の作成方針を示す説明図。グレー太線より上の区分が Goeyt et al.(2000)、下の区分が Key et al.(2004)をベースに作成。表面では、1 月気候値の水温塩分データ (WOA13) を用いて Takatani al. (2014)による経験式で海表面アルカリ度を推定し、水深 200m スケールまでの影響深度を仮定して海面下の値を補正。

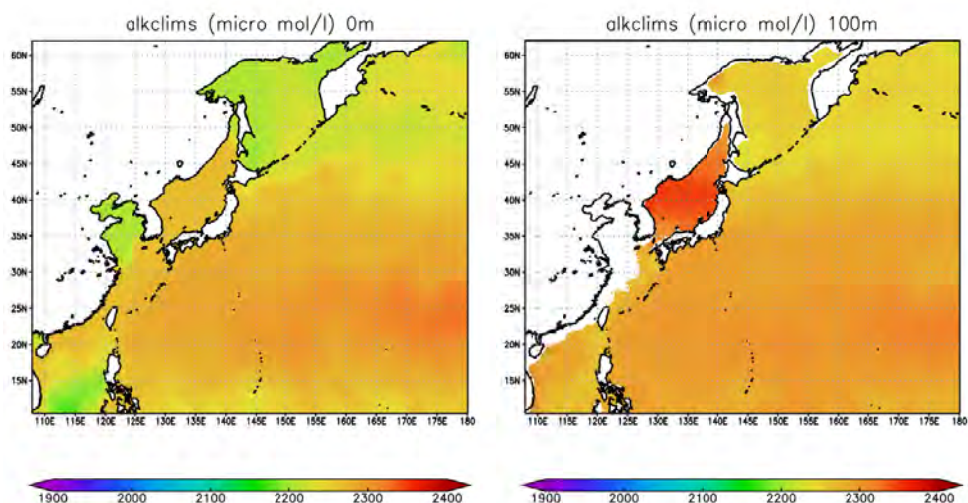


図 3-21: 暫定的なアルカリ度の初期値 (左図が 0m、右図が 200m 深での分布)。

以上の手順によって作成した、DIC 暫定気候値と、1 月および 8 月気候値水温塩分に基づくアルカリ度暫定気候値を用いて推定した現場 pH の分布を図 3-22 (左:1 月、右:8 月) に示す。

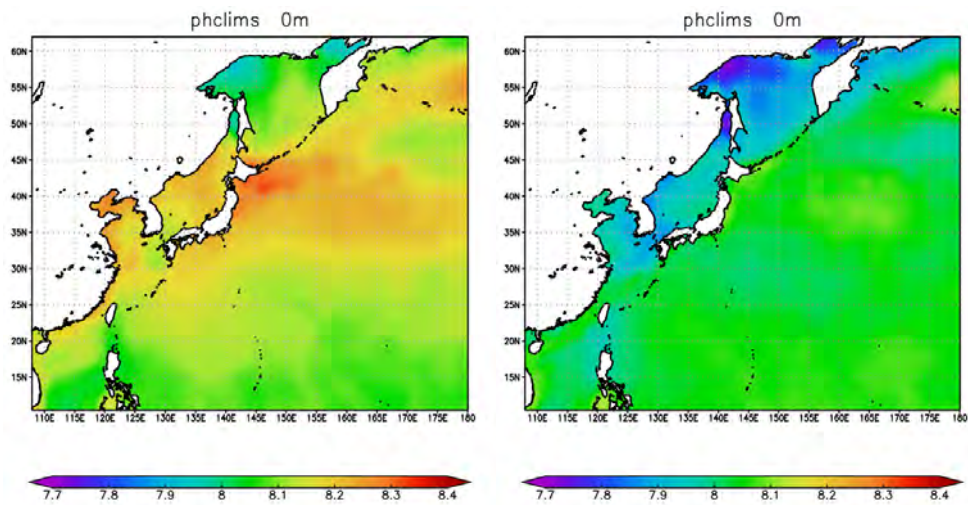


図 3-22 : DIC 暫定気候値と、1 月および 8 月気候値水温塩分に基づくアルカリ度暫定気候値を用いて推定した現場 pH の表層水平分布。左 : 1 月。右 : 8 月。

計算のため、上記のように暫定的な 1 月気候値として作成した DIC およびアルカリ度を初期値とした。

③予備計算結果

2015 年の海況を対象として生態系と炭素循環を独立に計算する場合の結果を示す。大気中の二酸化炭素分圧は 400ppmv (2015 年観測値平均、気象庁) 一定を仮定した。pH の計算は反復計算となり (Kantha, 2004)、ベクトル化できないので計算効率を低下させる要因であるが、1 シミュレーション時間 (120 秒の時間間隔で 30 回) 毎に計算することにより効率化した。地球シミュレータ (NEC SX-ACE; 2014 年設置) 12 ノード 48 コアで計算した場合、1 シミュレーション月を計算するのに約 2 時間の経過時間であった。SGI ICE-X 48 コア (2012 年設置) で計算した場合は、約 8 時間を要した。

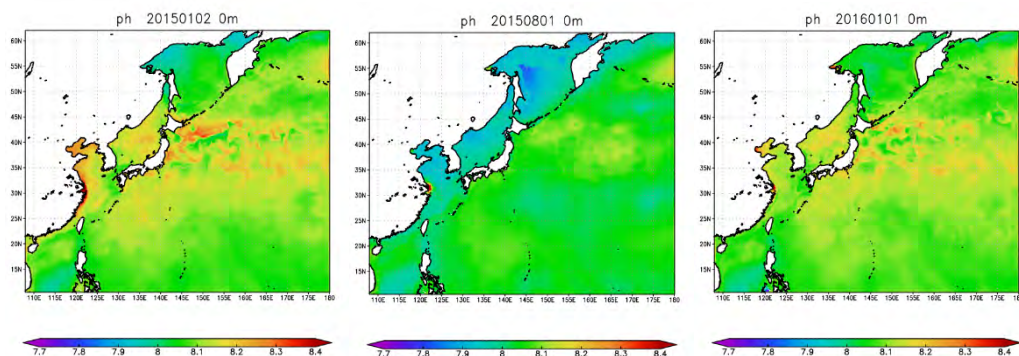


図 3-23 : 予備計算で得られた 2015 年 1 月 (左)、8 月 (中央)、2016 年 1 月 (右) の海表面 pH 値

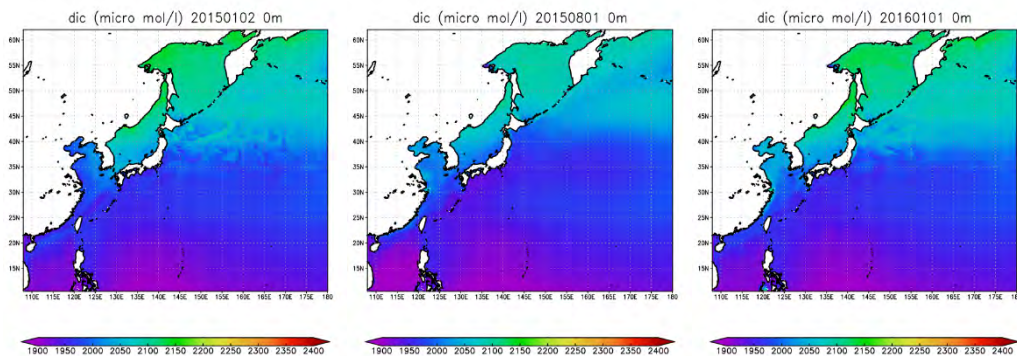


図 3-24 : 予備計算で得られた 2015 年 1 月 (左)、8 月 (中央)、2016 年 1 月 (右) の海表面全炭酸の値

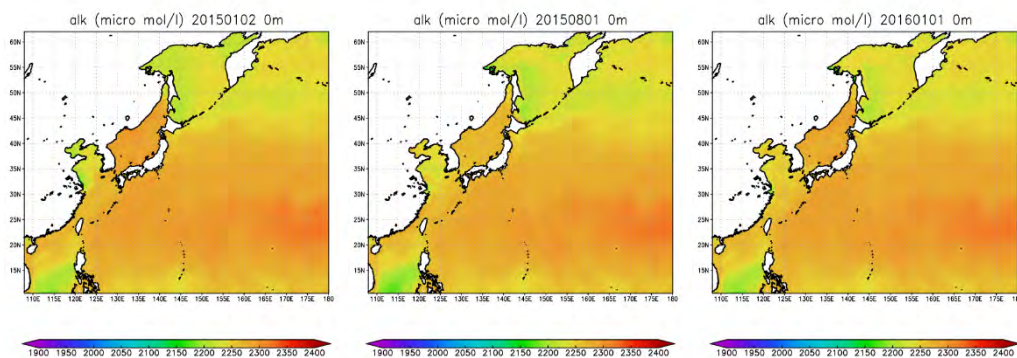


図 3-25 : 予備計算で得られた 2015 年 1 月 (左)、8 月 (中央)、2016 年 1 月 (右) の海表面アルカリ度の値

図 3-23 に示す pH 海表面分布スナップショットから、生物影響が無い場合、夏には現場 pH が低下し、冬季には上昇することがわかる。日本南岸域での観測 (Ishii et al. 2011) とは整合的な結果である。水温の季節変動と、それに伴って生じる図 3-24 に示すような DIC の季節変動によって生じている変動と思われるが、今後さらに精査が必要である。アルカリ度 (図 3-25) は移流拡散だけの効果なので、顕著な変動を示さないことを確認した。

(4) まとめと今後の課題

海洋の酸性化に関わる科学データを収集し、特に日本沿岸域については、平均的には過去数十年にわたる外洋と同様な酸性化傾向を初めて示すことができた。ただし、沿岸域においては地域による傾向の違いが著しく、その理由については今後の検討課題である。シミュレーションの初期値となる全炭酸とアルカリ度については不確定性が大きく、暫定的に初期値を作成したが、今後、今回収集した観測データの情報を用いたデータ同化手法によってさらに修正していく予定である。また、大気側の境界条件となる二酸化炭素大気分圧の時系列データを整備し、陸岸からの全炭酸およびアルカリ度からの流出過程をモデル化する必要がある。

観測データ解析作業と並行して、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を、物理予測システム JCOPE2 を基盤として構築した。2015年の物理海況条件のもとで、予備的な計算を実施した。今後、生態系過程と炭素循環過程の結合効果を確認するとともに、観測データを用いたデータ同化手法によるパラメータ推定を行う予定である。

参考文献

- Cai et al., 2011:** Acidification of subsurface coastal waters enhanced by eutrophication, *Nature Geoscience*, 4, 766-770
- 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 and Yanagi, 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.
- Ishii et al., 2011:** Ocean acidification off the south coast of Japan: A result from time series observations of CO₂ parameters from 1994 to 2008, *J. Geophys. Res.*, 116, C06022.
- Kantha, 2004:** A general ecosystem model for applications to primary productivity and carbon cycle studies in the global oceans, 6, 285-334.
- Key et al., 2004:** A global ocean carbon climatology: Results from Global Data Analysis Project (GLODAP), *Global Biogeochemical Cycle*, 18, GB4031.
- Lee et al., 2006:** Relationship of total alkalinity with salinity and temperature in surface waters of the world's oceans, *Geophys. Res. Letters*, 33, L19605, doi:10.1029/2006GL027207, 2006.
- 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.
- 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.
- Schmittner et al., 2008:** Future changes in climate, ocean circulation, ecosystems, and biogeochemical cycling simulated for a business-as-usual CO₂ emission scenario until year 4000 AD, *Global Biogeochemical Cycle*, 22, GB1013.
- Takahashi et al., 2014:** Climatological distribution of pH, pCO₂, Total CO₂, Alkalinity, and CaCO₃ saturation in the Global Surface Ocean, ORNL/CDIAC-160, NDP-094. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tennessee. doi: 10.3334/CDIAC/OTG NDP094.
- Varlamov, S. M., et al., 2015:** M2 baroclinic tide variability modulated by the ocean circulation south of Japan. *J. Geophys. Res. Oceans*, 120, 3681–3710, doi:10.1002/2015jc010739.
- 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, 2013.
- Zeng et al., 2015:** The positive relationship between ocean acidification and pollution, *Mar. Poll. Bull.*, 91, 14-21.

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一ステップとして、システム構造を含むウェブページの検討を行った。すなわち、公開を想定する次の5つのコンテンツについて試作のうえ、ウェブページ表示方法・項目・機能について検討を行った。

- ✓ 温暖化・海洋酸性化予測データ表示
- ✓ 温暖化・海洋酸性化についての情報表示
- ✓ モニタリング（観測の情報）の表示
- ✓ 温暖化・海洋酸性化に関する最新情報提供
- ✓ 教育コンテンツ提供

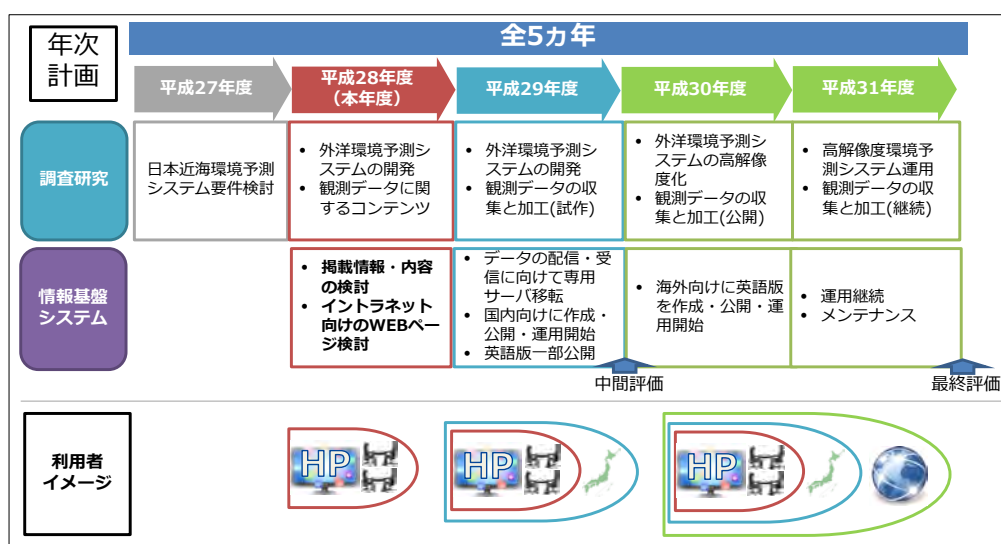


図 3-26：調査研究と情報基盤の計画イメージ

(1) 温暖化・海洋酸性化予測データ表示

「温暖化・海洋酸性化予想データ表示」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検討した。

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、ユーザー側にウェブブラウザ以外のものをインストールしないソフトウェアを使用した構成とした。

2) 数値データ加工処理の試作

サンプルデータを使い、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、試作した。なお、数値データは JCOPE2 とした。

サンプルデータの情報を以下に示す。

- データ：JCOPE2(FORTRAN バイナリ)
- データ種類：海面高度(m)、水温(°C)、塩分、pH
- 期間：2015/10/01～2015/12/01[海面高度(m)、水温(°C)、塩分]
2015/01/02～2015/03/01[pH]

数値データ加工処理は、JCOPE2 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、JCOPE2 データと共に所定のフォルダへ格納する。

数値データ加工処理の出力データを表に示す。

表 3-1：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"> ● 海面高度 ● 水温(0,10,25,50,100,150,200,300,400,500m) ● 塩分(0,10,25,50,100,150,200,300,400,500m) ● pH(0,10,25,50,100,150,200,300,400,500m) 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"> ● 海面高度 ● 水温(0,10,25,50,100,150,200,300,400,500m) ● 塩分(0,10,25,50,100,150,200,300,400,500m) ● pH(0,10,25,50,100,150,200,300,400,500m) 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	海面高度、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

3) 数値データ表示機能の試作

数値データ表示機能の試作は、プロトタイプを作成した上で検討を進めて作成した。

● 画面デザイン・レイアウト

プロトタイプの作成に先立ち、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、前処理等を検討したうえで、プロトタイプを作成したうえで機能を実装した。

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、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。

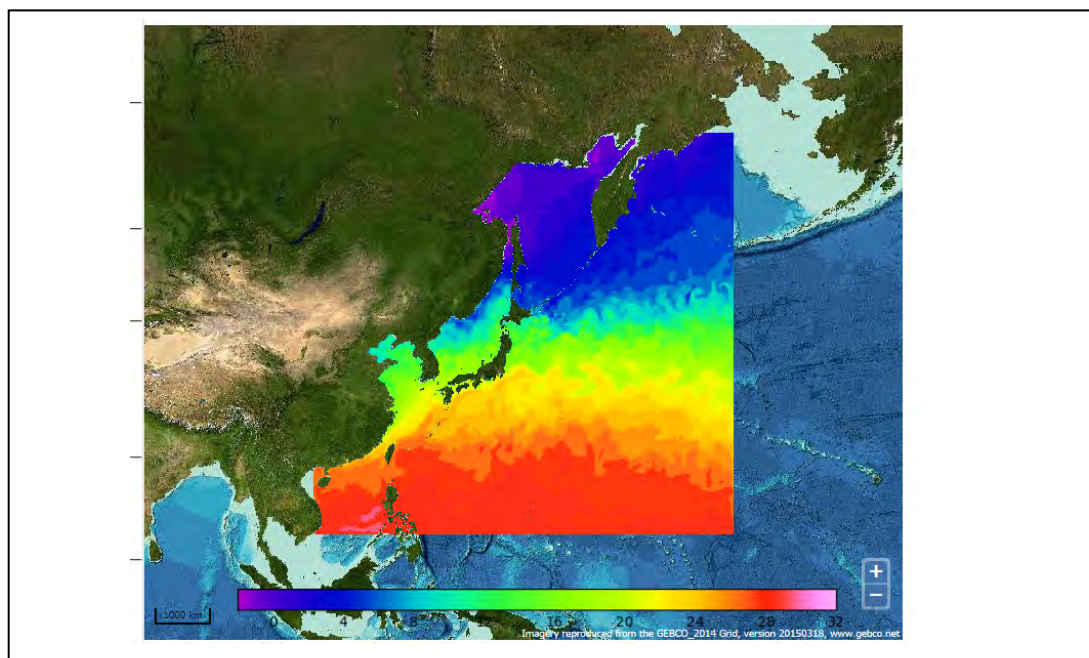


図 3-27 : 面的表示機能イメージ

- 拡大縮小機能

面的表示機能の実現と同様に“MapServer”と“OpenLayers”を使って、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。

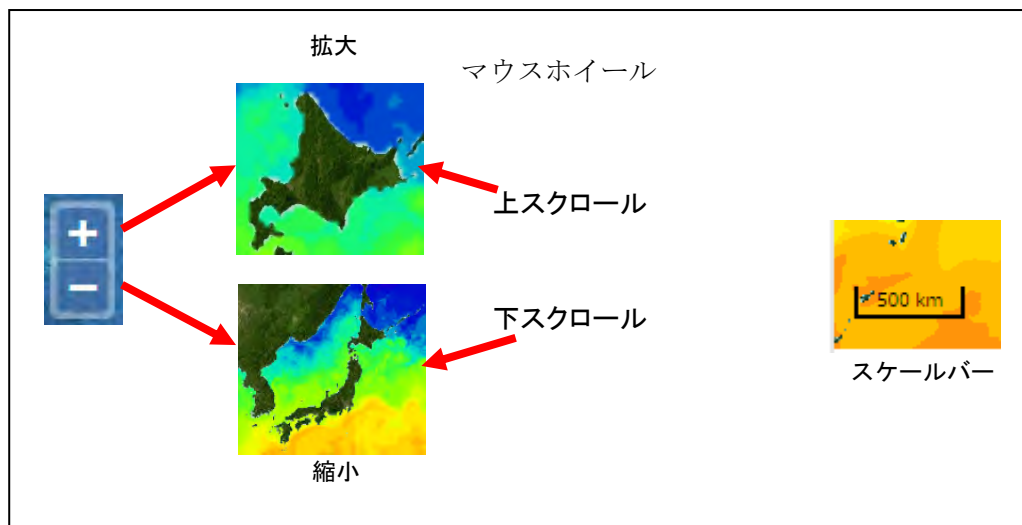


図 3-28 : 拡大縮小機能イメージ

- 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。

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 (JCOPE2) 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 3-2 : 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	海面高度(m)	いずれかを選択	
	水温(°C)		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 なお、データ種類が海面高度(m) は除く。	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	

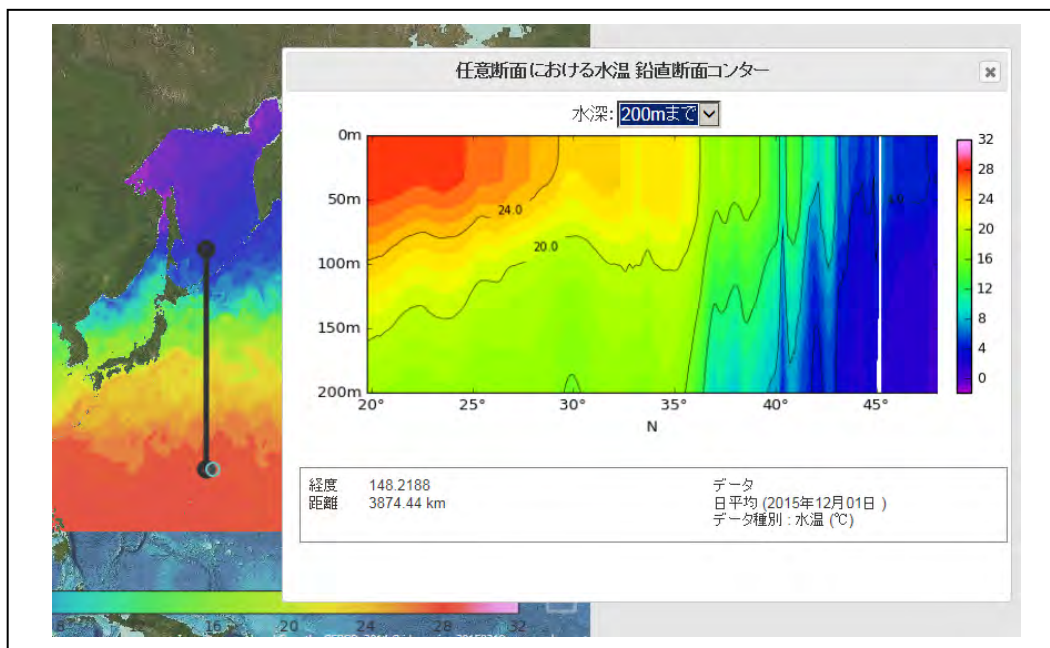


図 3-29 : 鉛直断面コンター図表示機能イメージ

- 動画機能

数値データから動画を生成するには処理時間がかかり、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、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。

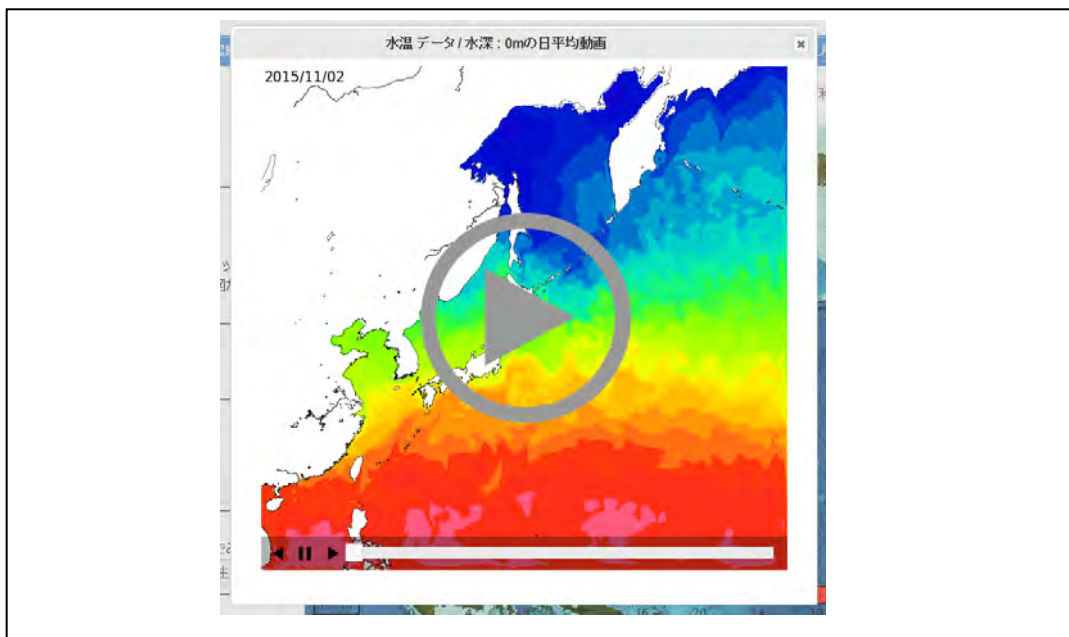


図 3-30 : 動画機能イメージ

- 表示機能試作

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試作した。

- 単体試験の実施

数値データ表示機能で試作した各機能が、想定通りの動作となることを確認するため単体試験項目を定義し試験を実施した。単体試験では、主に項目レベルでの機能確認を行っている。

(2) 温暖化・海洋酸性化についての情報表示

温暖化・海洋酸性化についての情報表示は、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。一般的な CMS の仕組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、一般的な 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ため、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、ここでは CMS 製品の中から“Movable Type Open Source (以下、MTOS)”を採用した。“MTOS”を高性能な HTML エディター、およびコンテンツ管理リポジトリとして利用しており、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、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。

“MTOS”から生成した HTML ファイルは、公開用のウェブサーバに合わせて情報を一部更新する必要があるため、ウェブサーバへの複製前に更新処理を実施する。

配信機能の試作では、既存の原稿をもとにコンテンツを作成し、関係者向けに公開した。



図 3-31：温暖化・海洋酸性化についての情報表示イメージ

(3) モニタリング（観測の情報）の表示

A) コンテンツ随時配信機能の試作

「温暖化・海洋酸性化についての情報表示」と同じく 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「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する。

モニタリングの情報提供機能として必要な、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。

なお、配信機能の試作では、既存の原稿をもとにコンテンツを作成し、関係者向けに公開した。

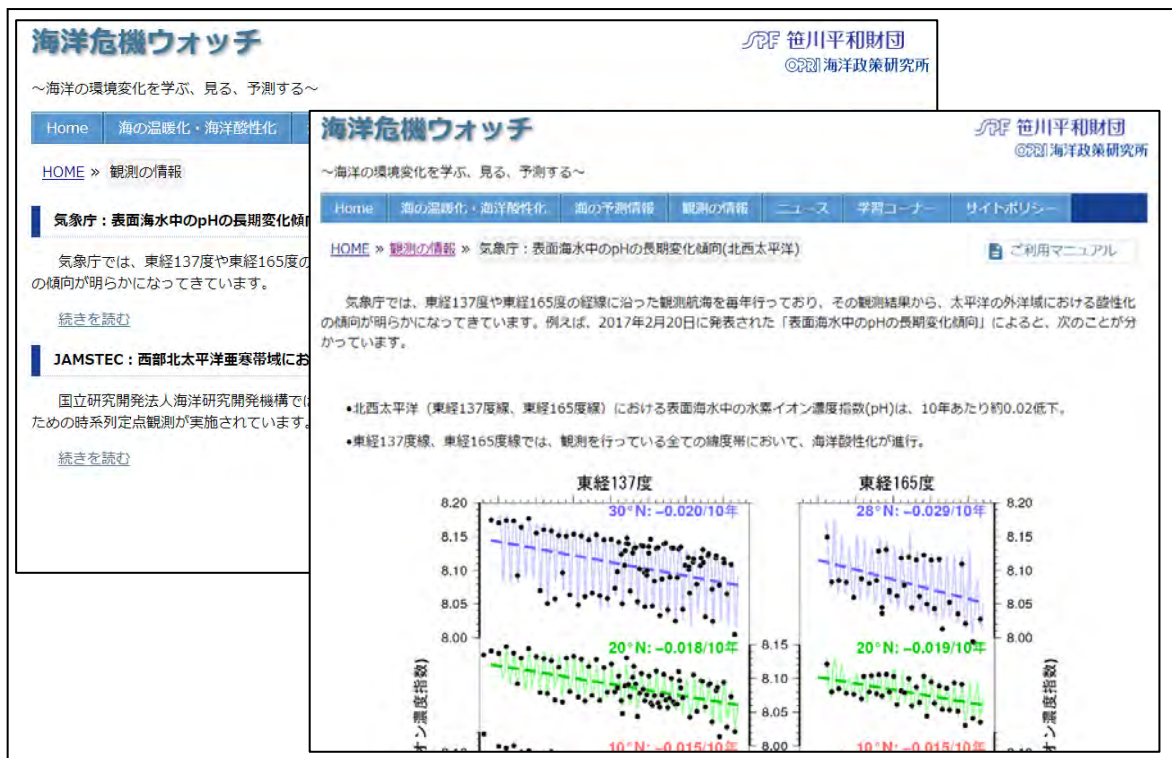


図 3-32 : モニタリング (観測の情報) の表示イメージ

B) 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、いずれも試作で使用した 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、“温暖化・酸性化予測データ表示” 機能の試作で用いた、“MapServer”、“OpenLayers”、“GEBSCO(<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。

(4) 温暖化・海洋酸性化に関する最新情報提供

A) コンテンツ随時配信機能の試作

「温暖化・海洋酸性化についての情報表示」と同じく 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「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する。

温暖化・海洋酸性化に関する最新情報提供として必要な“公開日の表示”は、MTOS の機能で実現できる。

なお、配信機能の試作では、AFP 記事、nature 記事を基に作成して、関係者向けに公開した。



図 3-33 : 温暖化・海洋酸性化に関する最新情報提供イメージ

B) コミュニケーション機能検討

「温暖化・海洋酸性化に関する最新情報提供」にコミュニケーション機能を追加する場合は、それぞれの記事毎にディスカッションが行えることが重要である。

コミュニケーションツールの製品選定は、試作した「温暖化・海洋酸性化に関する最新情報提供」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、下表に示す3製品をピックアップし比較した。

表 3-3 : 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。

「温暖化・海洋酸性化に関する最新情報提供」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。

今年度の整備では“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、ウェブサイトに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。「温暖化・海洋酸性化に関する最新情報提供」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、ウェブサイトに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に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”が適当と考えられる。

(5) 教育コンテンツ提供

A) コンテンツ提供機能

「温暖化・海洋酸性化についての情報表示」と同じく 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こととした。MTOS の利用方法も「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する。

配信機能の試作では、“キャロル・ターレー博士 インタビュー動画”¹⁰を基に紹介ページを作成し、関係者向けに公開した。



図 3-34 : 教育コンテンツ提供イメージ

¹⁰ インタビュー動画の概要については参考資料を参照。

B) 専門用語についての解説サイト作成

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 3-35 : 専門用語解説イメージ

以上を踏まえた、WEB ページ構成図と WEB ページイメージ図を以下に示す。

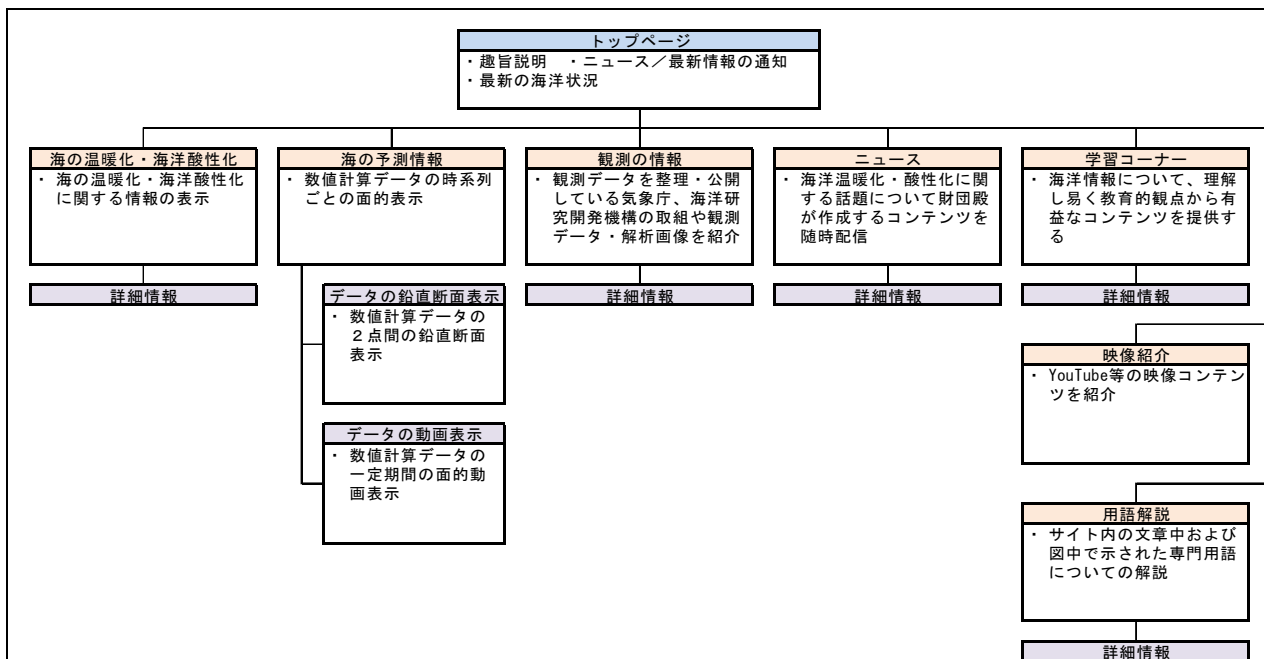


図 3-36 : 海洋危機ウォッチ HP のツリー構成

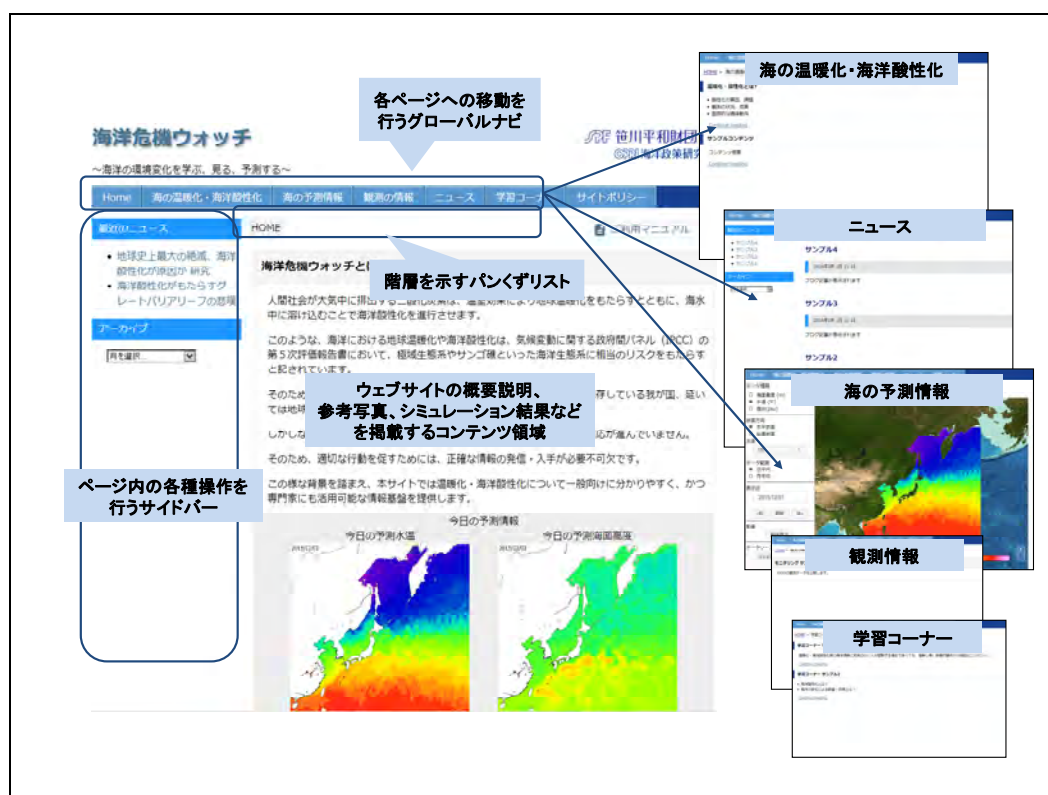


図 3-37 : 温暖化・海洋酸性化 HP のデザインイメージ

4 まとめ

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西太平洋海域を研究対象とし、海洋における地球温暖化や海洋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指している。その初年度として、2016年度は、前年度の予察的な調査研究を踏まえて、以下を実施した。

(1) 検討委員会の設置

有識者・専門家による検討委員会を設置し、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や、西太平洋海域における現状や課題、海外の研究ネットワークとの連携の在り方等について議論を行った。

(2) 海洋の温暖化・酸性化に係る調査研究の推進

「海洋危機監視・行動プラットフォーム」の取組を具体化させるため、国際会議の開催（2017年1月19日、20日）などを通じて、西太平洋海域の各専門家が連携可能なネットワークの構築に向けた検討を行った。また、北太平洋海洋科学機構(PICES)の年次大会をはじめとする国内外の会合参加による成果発表や情報収集を行うとともに、海外の先進事例としてIAEA環境研究所等に訪問調査し、2017年度に予定する政策提言に向けて必要となる調査研究を進めた。更に、神奈川海洋科学高校との連携のもと海洋酸性化に係る教育について検討を行った。

(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海洋酸性化の影響に係る情報を集約し、その進行予測や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「海洋危機監視・行動プラットフォーム」を構築することを目指し、その情報基盤となる「海洋危機ウォッチ」の試作をシステム会社への委託のもと行った。この際、海洋研究開発機構への委託のもと、コンテンツとなる海洋酸性化の観測データの解析や予測システムの構築を行った。

特に2017年1月の国際会議は、海外からの6名の招聘者を含めて約140名の参加のもと開催し、国際的な議論を踏まえて、西太平洋の海洋酸性化ネットワーク構築に向けた方針を確認することができた。またあわせて、2017年度に予定している中間的な提言に必要な課題を抽出することが出来た。これら成果や課題を受けて、引き続き、情報基盤の公開を含めた取り組みを進めていく。

参考資料

- A. 琉球大学訪問記録（2017年1月21日）
- B. キャロル・ターレー博士 インタビュー動画
- C. 海洋危機ウォッチ システム利用マニュアル



The Sasakawa Peace Foundation



TRAVEL BACK TO OFFICE REPORT Nr. 2017/01

Dr. Antoine De Ramon N'Yeurt, Lecturer, PaCE-SD, USP

**International Conference on “Impacts of Global Warming and Ocean Acidification on Marine Ecosystems and Necessary Policy Measures”
Towards the Establishment of a Network in the West Pacific Region
Thursday 19th – Friday 20th January, 2017
The Sasakawa Peace Foundation Building, Tokyo, Japan**

The objectives of the “International Conference on “Impacts of Global Warming and Ocean Acidification on Marine Ecosystems and Necessary Policy Measures” was to offer a platform to share worldwide research and policy trends in ocean acidification, better understand the risks at hand, and establish a network of experts and monitoring efforts in the West Pacific Region. The Sasakawa Peace Foundation (SPF), which invited the present speaker and funded this visit, was established in September 1986, and merged with the Ocean Policy Research Foundation (OPRF) in April 2015, establishing the Ocean Policy Research Institute (OPRI). The SPF is a private Japanese Foundation, striving through innovation to strengthen international collaborations in a bid to build a new governance system over land and oceans for human society, based on sound scientific research activities leading to policy recommendations. One of the leading areas of the OPRI is the Conservation of the Ocean Environment and adaptation measures for Global Warming and Ocean Acidification, both of which are part of the 2015 United Nations Sustainable Development Goals. The OPRI-SPF hence organised this international conference on Ocean Acidification (OA) to catalyze efforts towards these objectives in the Western Pacific region.

CONFERENCE REPORT

The **OPRI-SPF-OA 2017** conference was attended by about 200 delegates and 6 ocean acidification experts, but only two representatives from the South Pacific were present (Fiji, and Samoa through SPREP PI-OA). There was only one delegate from Fiji, the author of the present report, while Dr. Tommy Moore represented SPREP. The other International experts were Mr. David Osborn, Director of Environment Laboratories at the International Atomic Energy Agency (IAEA) in Monaco, Dr. Carol Turley of the Plymouth Marine Laboratory of the U.K., and Dr. Jan Newton, of the Applied Physics Laboratory and Ocean Acidification Center at the University of Washington, USA. Leading experts

from Japan included Dr. Yoshihisa Shirayama of the Japan Agency for Marine Earth Science and Technology (JAMSTEC) and Dr. Toshio Yamagata, Director of the JAMSTEC Application Laboratory. From the

Below is the detailed program of the two-day conference:

Thursday 19 th January (10:00 – 17:00)	
10:00 – 10:30	<p>Opening Ceremony</p> <p>Opening Remarks Hiroshi Terashima President, Ocean Policy Research Institute, Sasakawa Peace Foundation (OPRI-SPF)</p> <p>Introductory Speech Yoshihisa Shirayama Executive Director, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)</p>
10:30 – 12:30	<p>Keynote Speech “Research and Policy Trends of Ocean Acidification Around the World” David Osborn Director, Environment Laboratories, Department of Nuclear Sciences and Applications, International Atomic Energy Agency</p> <p>Keynote Speech “Trends in OA policies and Issues” Carol Turley Senior Scientist, Plymouth Marine Laboratory</p> <p>Keynote Speech “Towards building an OA Network” Jan Newton Senior Principal Oceanographer, Affiliate Assistant Professor, Oceanography, University of Washington</p>
12:30– 13:30	Lunch Break
	Session 1: Current Trends and Issues on the North-West Pacific Oceans including the Bering Sea
13:30 – 15:30	<p>“The Status of Ocean Acidification in the Subtropical Pacific Region” Chen-Tung Arthur Chen Professor, Department of Oceanography, National Sun Yat-sen University</p> <p>“Progress of Ocean Acidification in the western North Pacific” Masao Ishii Head of 3rd Laboratory, Oceanography and Geochemistry Research Department, Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency</p> <p>“PICES and Ocean Acidification” Tsuneo Ono Chief Scientist, Japan Fisheries Research and Education Agency (FRA)</p> <p>“Ocean Acidification and its Effects on Pacific Island States” Tommy S. Moore Pacific Islands Global Ocean Observing System Officer, Secretariat of the Pacific Regional Environment Programme (SPREP)</p>
15:30 – 15:45	Coffee Break

Session 1 (cont.)	
15:45 – 16:55	Panel Discussion “Issues in the West Pacific Region” Moderator Speech Moderator: Joji Morishita Professor, Tokyo University of Marine Science and Technology Panel Discussion
16:55 – 17:00	Wrap-up for the Day
17:30 –	Reception
Friday 20 th January (9:30 – 17:00)	
Session 2 Response and Policy	
9:30 – 11:00	“Social Regional Impacts of Ocean Acidification in Japan” Masahiko Fujii Associate Professor, Faculty of Environmental Earth Science, Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University
	“Countermeasures Against Ocean Acidification – Carbon Capture and Storage (CCS) and others” Jun Kita Supervisory Researcher, Marine Ecology Research Institute
	“The Need for Policy Measures Against Ocean Acidification” Tetsuji Ida Senior Staff Reporter, Kyodo News
11:00 – 11:15	Coffee Break
Session 2 (cont.)	
11:15 – 12:15	Discussion: Measures for Converting Response into Policy Moderator Speech: Joji Morishita Professor, Tokyo University of Marine Science and Technology Panel Discussion
12:15 – 13:15	Lunch Break
Session 3 Towards Establishing a Network	
13:15 – 15:15	“PICES and Ocean Acidification” Tsuneo Ono Chief Scientist, Japan Fisheries Research and Education Agency (FRA)
	“Ocean Acidification Monitoring Activities in Pacific Island Countries” Antoine de Ramon N’Yeurt Marine Biologist and Algal Taxonomist Lecturer, University of the South Pacific (USP)
	“Research Conducted at Ryukyu University’s Tropical Biosphere Research Center: The Effects of Global Warming and Ocean Acidification on Coral Reefs” Kazuhiko Sakai Professor, Ryukyu University
	“Future Earth and MARINE Crisis Watch” Toshio Yamagata Director, Application Laboratory, JAMSTEC
15:15 – 15:30	Coffee Break
Session 3 (cont.)	

15:30 – 16:55	<p>Discussion: Towards Networking in the West Pacific Region</p> <p>Moderator: Yoshihisa Shirayama</p> <ul style="list-style-type: none"> • Data Integration • Monitoring Strategies • Technological Support • MARINE Crisis Watch (Information Sharing Platform) • Raising Public Awareness <p>Wrap-up of the conference</p>
16:55 – 17:00	Closing Ceremony

Presentation and Discussion by the University of the South Pacific

On the afternoon of Friday 20th January of the **OPRI-SPF** Conference during Session 3 “Towards Establishing a Network” Dr. N’Yeurt of the University of the South Pacific’s Center for Environment and Sustainable Development (PaCE-SD) presented on “Coastal Temperature and Ocean Acidification Monitoring Strategy for the USP Region: Present Status and Future Plans”, highlighting the current and planned efforts in Pacific Island countries towards the establishment of monitoring platforms for oceanic parameters such as seawater temperature, ocean acidification, salinity and deep-water upwelling. The presentation started off by introducing the problem of ocean acidification and its effects on the coral reef ecosystems of the Pacific region, and then took the audience through the design, nature and implementation of the current network of Seawater Surface Temperature (SST) monitoring sensors at 13 sites around the Fiji Islands. Data products and real-world applications of the data towards climate change and tropical cyclone monitoring and prediction by staff and students of the University of the South Pacific were presented. Finally, details were provided on the ongoing efforts to deploy a network of ocean acidification (pH) monitoring loggers (SEAFET sensor) grafted onto the existing SST platforms.

Following the presentations of Session 3, a Discussion Forum on “Towards Networking in the West Pacific Region” was held, with the panel consisting of Dr. Antoine De Ramon N’Yeurt, Dr. Tsuneo Ono, Dr. Kazuhiko Sakai and Dr. Toshio Yamagata. The Moderator was Dr. Yoshihisa Shirayama. Dr. Antoine N’Yeurt of USP answered a number of questions from the audience concerning the impending realities of climate change as experienced first-hand by Pacific Island Countries, and the importance of Ocean Acidification and SST monitoring in the region.



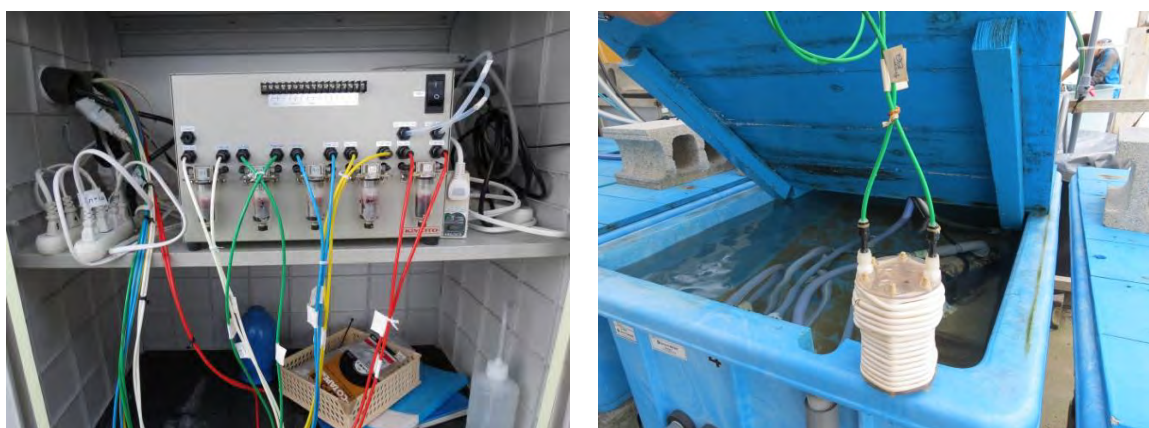
Presentation and participation to Discussion Session 3 by Dr. N’Yeurt of Fiji

Visit to the Tropical Biosphere Research Center – Sesoko Island, Okinawa

The Tropical Biosphere Research Center at Sesoko Island, Okinawa is run by the Faculty of Science of the University of the Ryukyus, established in 1972 and since 1999 has had over 8,000 visitors. It has state-of-the-art research facilities in all areas of marine biological sciences, and laboratory / accommodation facilities for researchers and students. One of the main activities is research on the effects of Ocean Acidification and Global Warming on the growth and health of tropical coral reefs. The current Director of the TBRC station is Dr. Hideyuki Sakai, a specialist in coral reef ecology. The Coral Reef Ecology and Systematics Group of the TBRC Center carries out research on coral spawning, larval dispersal and recruitment, establishment of symbiosis and effect on environmental changes on early stages of corals, in addition to work on the effects of elevated CO_2 levels on reef organisms. To this effect, research staff at the TBRC have developed customized pCO_2 machines and outdoor controlled mesocosms and aquaria to accurately measure these parameters on living corals.

On Saturday 21st of January 2017, the author was fortunate to be granted a visit of the TBRC center accompanied by two staff of the SPF in Tokyo, Dr. Nobuko Nakamura and Ms. Satoko Takahara. The visit was guided by the TBRC Director, Dr. Hideyuki Sakai. It was an opportunity to see first-hand the way that Ocean Acidification manipulation experiments are carried out in a tropical reef setting, and discuss of ways such setups could be replicated at the University of the South Pacific in Fiji, namely at the Pacific Center for Environment and Sustainable Development.

Of particular interest was an outdoor pCO_2 manipulation experiment using large plastic basins (Fig. E in this report) which represented an affordable and relatively simple solution for replication in a PIC environment like Fiji where more complex and specialized pCO_2 equipment would be not recommended. It is hoped that through ongoing discussions with the Sasakawa Peace Foundation, assistance towards setting-up such an Ocean Acidification laboratory facility could be obtained for the University of the South Pacific, its research staff and students. The University of the South Pacific currently has no facilities for such pCO_2 manipulation experiments and its students in Climate Change wishing to study such questions on the effect of OA on coral reefs are at a disadvantage.



The Ocean Acidification controlled experimental setups at the Tropical Biosphere Research Center, Sesoko: pCO_2 controller (left) and a view of the mesocosm chamber with a custom-made pCO_2 detector (right). Photos by Dr. Antoine N'Yeurt

OUTCOMES FOR PaCE-SD / USP FROM THE OPRI-SPF 2017 CONFERENCE

- Through attending the OPRI-SPF Conference much insight was gained into the latest research and development in Ocean Acidification studies and monitoring in the context of climate change. Also a wealth of networking was established, and the views of the Pacific Islands on Ocean Acidification and its impacts made available to a largely northern hemisphere audience who were not necessarily aware of them.
- The visibility of efforts in seawater temperature and ocean acidification monitoring platforms by the University of the South Pacific was highlighted to the international community; these initiatives were applauded by other researchers, and we will benefit greatly from the increased interest and networking with other centers of research in this area. With climate change and the growing issue of Ocean Acidification in the Pacific region, USP is well-poised to take the lead in providing quality datasets for OA and SST for PICs to the international community.

PUBLICATIONS

Through the setting up of an Ocean Acidification Research Laboratory at PaCE-SD, USP, a host of potential publication are expected by research staff and students on the topic of OA and coral reef environments in the Pacific Region.

ACKNOWLEDGEMENTS

The Sasakawa Peace Foundation, Ocean Policy Research Institute is warmly thanked for sponsoring my attendance to this important conference and the visit to the Tropical Biosphere Research Center in Okinawa. I am grateful to the Director of the Pacific Center for Environment and Sustainable Development, Professor Elisabeth Holland, for giving permission to attend this conference.



Research aquaria at TBRC (left) and a view of Sesoko Island, Okinawa (right). Photos by Dr. A.D.R. N'Yeurt

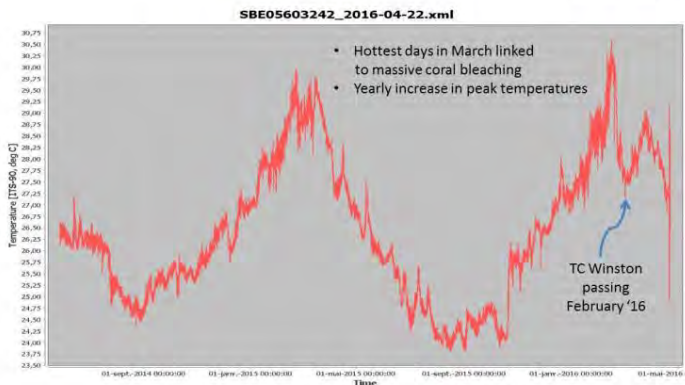
MONITORING PLATFORMS FOR OCEAN ACIDIFICATION AND TEMPERATURE IN THE FIJI ISLANDS



A total of 10 sites in Fiji are monitored since 2012
Data Portal: <http://reeftemps.ird.nc>

CLIMATE CHANGE is a pressing, if not vital, issue for Pacific Islands Small Developing States (SIDS) but there is a critical gap in availability of continuous field measurements for many key climate change system parameters such as **Seawater Surface Temperature (SST)**, **Ocean Acidification (pH)** and surface salinity.

To address this problem, the **University of the South Pacific's Center for Environment & Sustainable Development (PaCE-SD-USP)** initiated in 2012 a **Seawater Temperature Monitoring Programme for the Fiji Islands**, under the umbrella of the **ReefTEMPS Project** (Coastal Water Temperature Sensor Network of the South & South-west Pacific) in collaboration with the **GOPS** (South Pacific Integrated Observatory for Environment & Terrestrial & Marine Biodiversity) and **IRD-Nouméa**. A total of **10 sites at 10 to 12m depth** are being **continuously sampled every 10 minutes**, using **SBE-56 precision thermistors**. The data is retrieved by SCUBA and uploaded at regular intervals to the **ReefTEMPS website (<http://reeftemps.ird.nc>)**.



Beqa Seawater Temperature data for 2014-2016



Beqa SBE-56 Logger Deployment



OCEAN ACIDIFICATION due to the rapid increase in anthropogenic atmospheric CO₂ is a serious threat to coral reef health and survivability. At particular risk are the tourism and shellfish fisheries industries of PICs, through loss of vibrant coral reefs and lesser growth of marine calcifiers such as giant clams and mussels. However, currently there are no continuous and reliable oceanic pH time series for South Pacific Islands.

A pioneering step in seawater CO₂ measurements for PICs is being taken at the **University of the South Pacific in Fiji**, with the acquisition in 2015 of a state-of-the-art **SEAFET pH data logger**. PaCE-SD will deploy the SEAFET in June 2016 for a 6-months initial run on the **Coral Coast of Fiji**, in collaboration with the **SPC GeoScience Division**. Parallel water sampling and RBRduo conductivity measurements will occur to calibrate the SEAFET curves. Results from this and subsequent deployments will be made freely available on the **USP data portal**.



SEAFET pH Data Logger
(Courtesy SATLANTIC)



Coral Coast SEAFET Monitoring Site

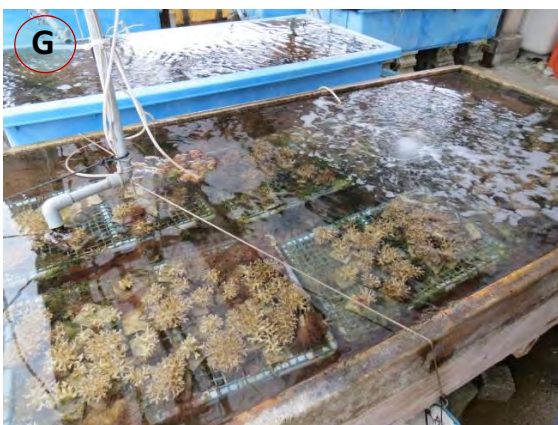
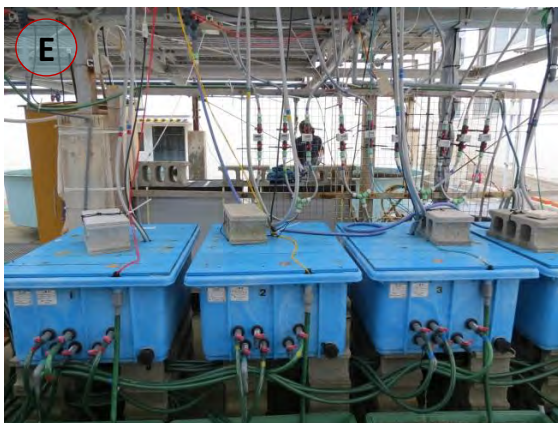
FOR MORE INFORMATION:

Dr. Antoine De Ramon N'Yeurt
Pacific Centre for Environment & Sustainable Development
The University of the South Pacific, Suva, Fiji

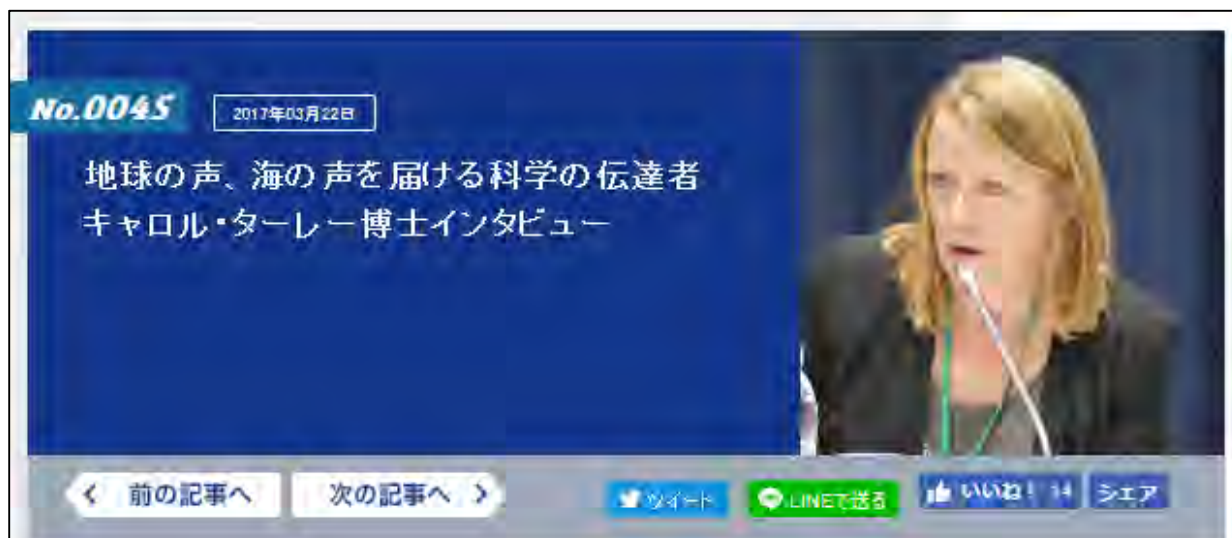
Email : nyeurt_a@usp.ac.fj



PICTORIAL HIGHLIGHTS FROM THE CONFERENCE AND TBRC VISIT



A-B: Presentation by Dr. N'Yeurt to the audience **C:** The Tropical Biosphere Research Center in Sesoko, Okinawa **D:** Dr. Kazuhiko Sakai, TBRC Director and pCO₂ machine **E:** Outdoor pCO₂ experiment at TBRC **F:** A state-of-the-art pCO₂ machine at TBRC **G:** Outdoor OA experiments on corals. **H:** Coral nubbins.



大気中への二酸化炭素排出などにより引き起こされた問題の一つ、海洋酸性化。近年その現状が徐々に明らかになり、さらなる調査・研究が必要とされています。地球に住む私たち一人一人に深く関わるこの問題について広く伝えていくことが、今科学者に求められていると、キャロル・ターレー博士は語ってくれました。科学者としての使命感と、博士ご自身の海への愛情が感じられるインタビューとなりました。

インタビュー要約：

—近年、海洋酸性化の問題について科学研究が盛んになってまいりました。

海洋酸性化に関する発信は、ここ10年で非常に増えたと思います。しかし、未来に向けて本当に必要とってくる情報は、海洋酸性化が種全体や生態系全体にどのような影響を与えるかということです。現在の総合データが指し示しているのは、石灰化し殻や骨格を生成する生物たちは、よりダメージを受けやすいということです。その結果、サンゴ礁の成長は遅れています。一体何が起きているのか理解するのに、もっともっと調べなくてはなりません。海洋酸性化の唯一の解決法は、大気中への二酸化炭素排出の削減で、これは、地球規模の課題です。国際的協力と国際的交渉によって二酸化炭素削減を目指していかなければなりません。

—危機的になってきているように見えるこの状況を、もっと人々に効果的に伝えるにはどうすれば良いでしょうか？

確実に人々の耳に届けるしかありません。それには、科学者たちももっと勇気を持って、科学を分かりやすい形で人々に伝えていかなければなりません。学校に行って子供達に話す機会がありますが、彼らはちゃんと理解しますよ。子供達が理解出来るのなら、政策決定者も当然理解出来るはずですよ。私たちは政策決定者に会いに行き、信頼関係を築くこともしています。政治の優先度は、科学の優先度と異なります。だからこそ科学を動かすことも出来るのです。

—「持続可能な開発目標(SDGs)」の中では、海洋を保護し持続可能な利用をしていくことが謳われていますね。

SDGs14番目の中のターゲットの一つに、海洋酸性化に特化したものがあります。これは、海洋酸性化を理解し、その影響を軽減しようというものです。もちろん国際協力と開発と通じてです。もう一つ、私達の今出来ることは、モニタリング・観測のネットワークを構築することです。モニタリングをしていなければ計測が出来ず、結果として管理も出来ません。政策立案のためにも必須です。しかし、観測はまだまだされていませんし、開発途上国の多くは実行するキャパシティーを持っていません。ですから、知識やトレーニング能力などを持ち合わせた国々は、世界中でキャパシティービルディングをして欲しいのです。そうすれば、地球規模のデータをみんなで共有でき、未来予測などをするシミュレーションを可能にし、対応策も準備出来るようになるのです。

—海に囲まれて暮らしてきた日本人は、その恩恵に感謝していますが、海洋酸性化や、その影響に対して十分に認識していません。

英国も海に囲まれた島国で、私たちが休みの日には海行くのが大好きです。たとえ雨が降っていても海で楽しむほどです。それは日本と同じだと思います。しかし、10～15年前までは、ごく少数の科学者を除いては、誰も海洋酸性化の話を知りませんでした。広報活動などを行っている今でも、国民の多くは海洋酸性化を知りません。それでもいいよりはマシです。こういうことは時間がかかります。科学の専門職どころでもあると思っています。科学者は地球上の皆に、海の大切さを、一体何が本当に起きているのかを、説く役目を担っています。日本の社会、料理や文化にとって、海はとても重要な訳ですから、未来への影響を理解出来れば、皆が政策決定者の反応が違ってくるのではないのでしょうか。後にも先にも、コミュニケーションを続けることです。

以下の映像で、キャロル・ターレー博士のインタビュー全編をご覧ください！



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.8vhzjt6gv5dc5n83rfw-94bdm39rzqwdwgqzj5g9cxrdwqmrj.jp/kkwatch/>) 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

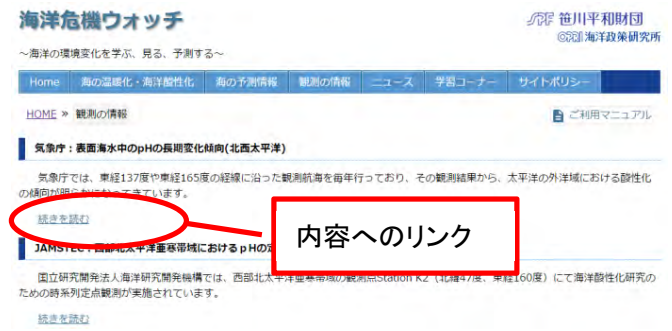
“Home”ページは、本サイトのトップサイトとなります。

“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

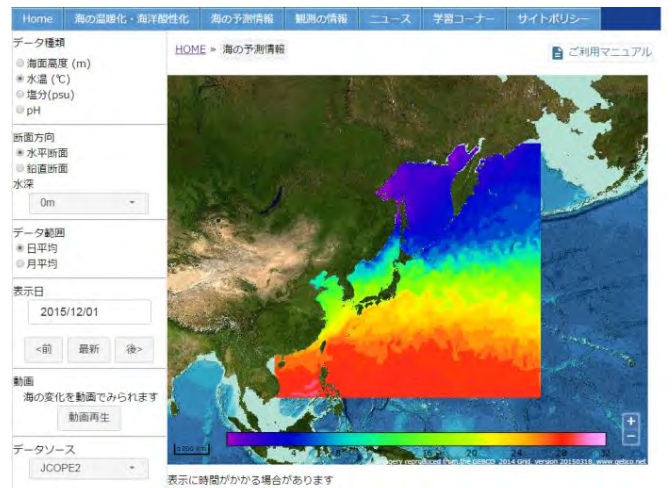
海の温暖化・酸性化情報を随時発信するページです。最初にそれぞれの記事のタイトルと概要が表示されます。

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。

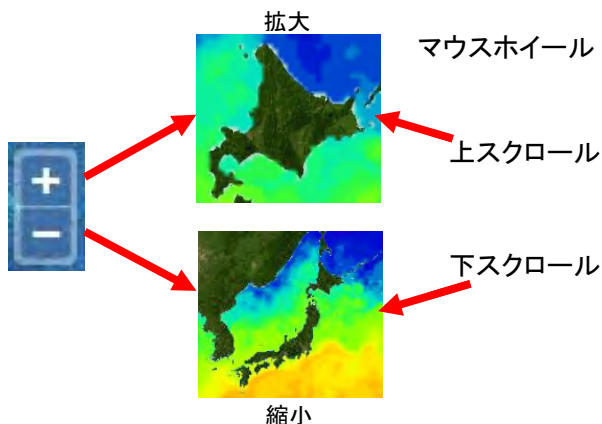


予測情報は地図上にレベルごとに色分けされて表示されます。色がどのレベルになるかは、カラーバーで確認

できます。



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。



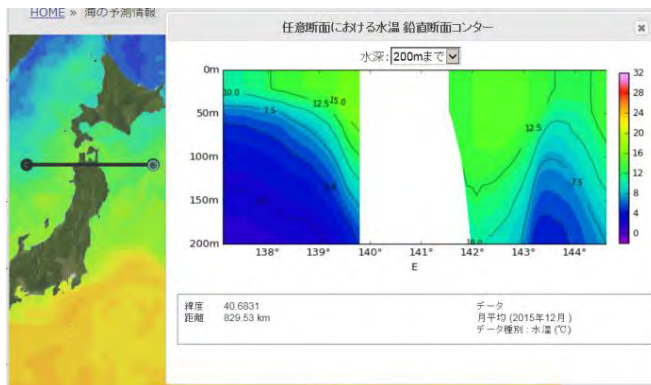
“データ種類”では、“海面高度(m)”、“水温(°C)”、“塩分(psu)”、“pH”を切り替えることができます。

“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、データ種類が“海面高度(m)”の場合は“水深”を変更できません。

“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。

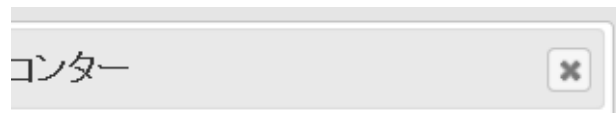
“データソース”は“JCOPE2”のみとなります。

“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。



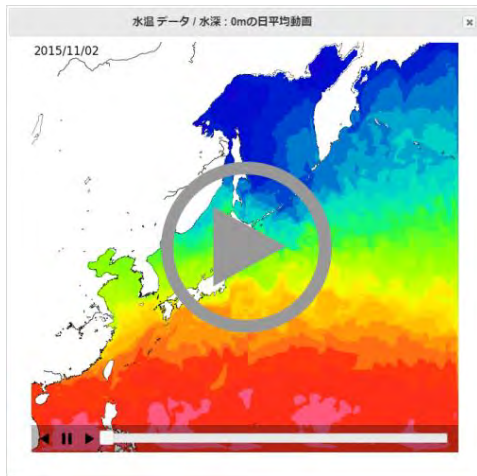
鉛直断面コンターはポップアップ画面で表示され、画面内で水深を切り替える事が出来ます。

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。



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。

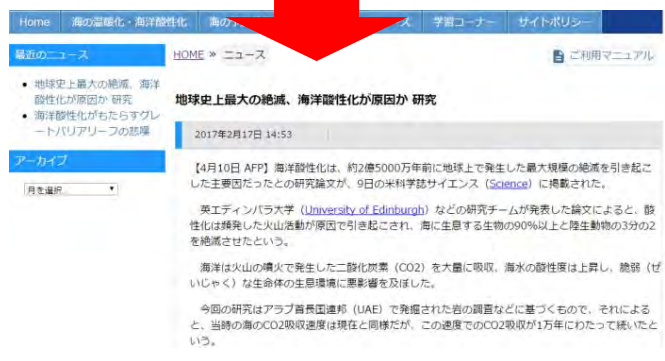
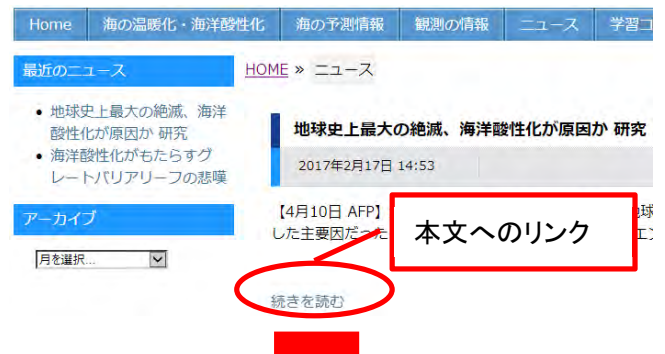
直近のニュースは、サイドバー上部“最新のニュース”にタイトルが一覧表示されます。

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迎えます。



“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。

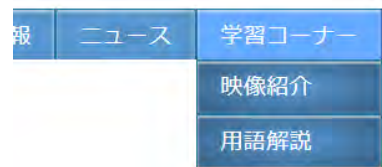
ニュース記事のタイトルから、記事本文へ辿ることが出来ます。



8. 学習コーナー

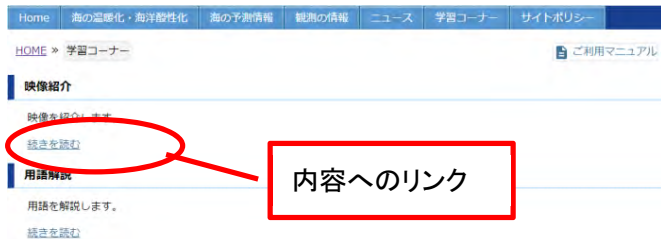
“学習コーナー”ページでは、温暖化・海洋酸性化等の海洋情報に知見のない人が閲覧する場合であっても、理解し易く教育的観点から有益なコンテンツを提供するページです。

“学習コーナー”ページの他に、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.8VHZJT6GV5DC5N83RFW-94BDM39RZQWDWQGQZJ5G9CXRDWQMRD.jp/kkwatch/policy/index.html>

2016年度 温暖化・海洋酸性化の研究と対策 報告書

2017年3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6階
TEL 03-5157-5210 FAX 03-5154-5230
<http://www.spf.org>

本書の無断転載、複写、複製を禁じます。