

# 海洋アライアンスシンポジウム 第13回 東京大学の海研究

若手研究者による最近の成果から

2018年7月28日(土) 13:00~17:30

東京大学 農学部・弥生講堂「一条ホール」

海洋アライアンスシンポジウム  
第13回東京大学の海研究  
～若手研究者による最近の成果から～

日時： 2018年7月28日（土）

13：00～17：30（12：30 受付開始）

場所： 東京大学 農学部・弥生講堂「一条ホール」

このシンポジウムは「日本財団」の助成を受けています。



## <プログラム>

13 : 00～13 : 10

**開会の辞**

日比谷 紀之 (海洋アライアンス機構長、理学系研究科)

13 : 10～13 : 40

**温暖化でどうなる？海のいきもの**

入江 貴博 (大気海洋研究所)

13 : 40～14 : 10

**ウナギの資源と生態研究の最前線**

黒木 真理 (農学生命科学研究科)

14 : 10～14 : 40

**黒潮大蛇行：そのメカニズムと影響**

田中 祐希 (理学系研究科)

14 : 40～15 : 10

**岩石から探る海底下の絶景**

秋澤 紀克 (大気海洋研究所)

15 : 10～15 : 40

**わが国の海洋空間計画の推進に向けた課題**

— 「海洋利用に関する合意形成」プロジェクトの成果を踏まえて—

道田 豊 (大気海洋研究所)

15 : 40～16 : 10

**プロジェクト『『メガ津波』から命を守る防災の高度化研究』報告**

丹羽 淑博 (海洋アライアンス)

16 : 10～16 : 40

**プロジェクト「マリンバイオセキュリティー (海洋動物の防疫のためのリスク情報の社会発信)」報告**

良永 知義 (海洋アライアンス副機構長、農学生命科学研究科)

16 : 40～17 : 20

**プロジェクト「国際的な海洋人材の育成とネットワークの構築」報告**

**これまでの実施状況と成果**

木村 伸吾 (海洋アライアンス副機構長、  
新領域創成科学研究科／大気海洋研究所)

**インターンシップ派遣学生 (2017 年度) からの報告**

・国際連合工業開発機関 (UNIDO) 瀧川 翼 (理学系研究科、修士 2 年)

・国際海事機関 (IMO) 奈良崎 翔太 (公共政策大学院、修了生)

・東南アジア漁業開発センター (SEAFDEC)

安原 正堯 (農学生命科学研究科、修士 2 年)

17 : 20～17 : 30

**閉会の辞**

良永 知義 (海洋アライアンス副機構長、農学生命科学研究科)



## 温暖化でどうなる？海のいきもの

入江 貴博（大気海洋研究所）

人類の活動に起因する地球温暖化の懸念が一般に広く知られるようになって、およそ 30 年が経過した。一時はマスコミを賑やした反論や懐疑論も虚しく、温暖化と呼ぶべき現象に起因すると考えざるを得ないような直接観察や、反論の余地がない観測データが蓄積しつつある。「日本が常夏の国になる」というような 20 年前に私たちが抱いていたイメージとは異なり、今日、関東に住んでいる我々が実際に肌で感じている地球温暖化の片鱗は、猛暑日日数の増加やゲリラ豪雨の頻発である。日本以外の世界各地でどのような変化が起きているかを知るためには、国際連合（UN）の下で組織された気候変動に関する政府間パネル（IPCC）によって 2013 年に発表された「IPCC 第 5 次評価報告書」を見るのがよさそうだ。地球温暖化を背景とした海洋に関する観測結果については、第 1 作業部会報告書の第三章にまとめられている。英語圏の国であれば高校生でも理解できるような平易な表現で要点が簡潔にまとめられており、大学の講義で用いられる教科書のような構成の文書である（気象庁による政策決定者向け要約という和訳版も公開されている）。

ところで、講演者は地球温暖化の研究者ではない。講演者の専門は、海洋生物（特に海産無脊椎動物）の温度適応や生活史進化の研究である。最も長く研究を続けているタカラガイ（軟体動物門腹足綱タカラガイ科の巻貝）は、貝殻の形態に著しい種内変異を示すことが古くから知られていた。わかりやすい例を挙げると、高緯度ほど殻のサイズは大きくなり、殻の厚みが薄くなるという傾向がある（図 1）。生物の特徴（表現型）にこのような種内

地理的変異が見られる場合、ひとつには個体群間で遺伝的な特徴が異なるという可能性が考えられる。もうひとつの可能性として、それぞれの個体が経験した環境条件に応じて表現型が変わるといった現象も普通に見られる（環境変異や表現型可塑性と呼ばれる）。講演者自身による飼育実験や野外調査の結果、タカラガイに見られるこれらの種内変異の成立には、生息環境の温度の違いが大きく効いていることが明らかになってきた。成育時の温度が高いほど、最終的な体サイズが小さくなるという表現型可塑性は、外温動物（≡変温動物・冷血動物）に広く見られるパターンだ。タカラガイもこの原理に従って、温度の高い生息地で育った個体ほど、貝殻のサイズが小さくなっているのだ。

地球温暖化が海洋生物に与える影響としては、分布域の変化に伴う絶滅リスクの上昇や各地域での生態系機能の変化が最も顕著で、甚大であると予想される。その一方で、あまり注目されてこなかった視点として、温度の変化が個体の表現型に与える影響の問題がある。上述の温度－サイズ則に関連した変化もその一例で、近年、地球温暖化に伴って外温動物の体サイズが小型化するという可能性を指摘する研究が増えてきた。個体のサイズが小さくなること自体による実害はほとんどないと思われるが、大きさという指標は誰にとっても容易に認識でき、標本としても後世まで残るといった点は特筆に値する。

貝類、サンゴ、有孔虫、円石藻といった海洋生物は、石灰化を通して炭酸カルシウム  $\text{CaCO}_3$  を主成分とする骨格を形成する。この炭酸塩骨格は、石灰化が起こった時点で温

度を記録するという、科学研究を進める上で非常に都合の良い性質を有している。炭酸カルシウムを構成する酸素原子のほとんどは、原子核が陽子 8 個と中性子 8 個から作られる安定同位体  $^{16}\text{O}$  である。ところが、原子核が陽子 8 個と中性子 10 個から作られる安定同位体  $^{18}\text{O}$  もわずかに含まれ、両者の比は酸素安定同位体比  $\delta^{18}\text{O}$  ( $= ^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) という量で表現される。石灰化時の温度が高くなるほど、酸素安定同位体比  $\delta^{18}\text{O}$  の値は小さくなるのだ。

最近、講演者は国立研究開発法人産業技術総合研究所の研究者と共に、異なる温度で飼育されたタカラガイの貝殻を分析することで、温度と貝殻の  $\delta^{18}\text{O}$  の定量的な関数関係を推定した。この式を用いることで、様々な時代に様々な場所で採集された貝殻標本から、その個体が生前に経験した温度を復元することが

可能となった。もちろん、貝殻のサイズと石灰化時の温度を同時に推定することも可能である。つまり、温度に対する体サイズの応答が場所や時代によって変化している可能性も調べることができるということだ（この情報は、自然選択を介した進化の証拠になるかもしれない）。

この講演では、きわめて深刻な問題として語られることの多い地球温暖化を基礎科学の観点から捉えなおす。そのような新しい視点を導入することで、日常生活とは関わりの薄い生物現象に対して興味や親近感が生まれることを期待する。また、純粋な知的好奇心に基づいて基礎科学を突き詰めることが、結果として応用科学に貢献することにつながる例は決して稀ではないというメッセージを伝えてみたい。

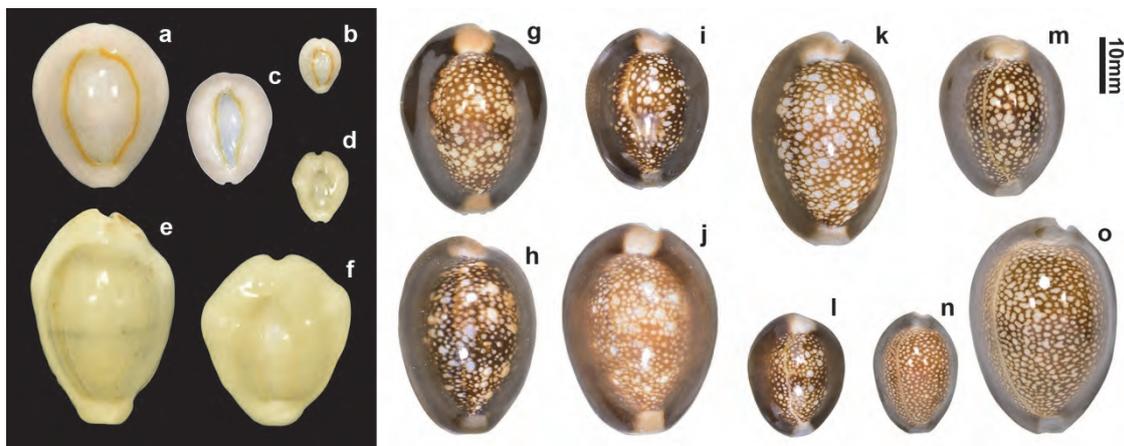


図 1. *Monetaria* 属各種の殻（背面）。(a) 沖縄、(b) 西サモア産のハナビラダカラ (*Monetaria annulus*)。 (c) ツアモツ諸島産のビャクレンダカラ (*Monetaria annulus obvelata*)。 (d, f) ツアモツ、(e) ニューブリテン島産のキイロダカラ (*Monetaria moneta*)。 (g) セイシェル諸島、(h) 荒崎、(i) 沖縄、(j) ダンピア（西オーストラリア）、(k) ロード・ハウ島、(l) パゴ・パゴ（アメリカ領サモア）、(m) オアフ島産のハナマルユキ (*Monetaria caputserpentis*)。 (n, o) イースター島産のリュウズダカラ。 個体群内での貝殻変異も著しいため、これらの標本はその産地で見られる個体の形態学的特徴を必ずしも代表するわけではない。入江貴博(2018)「自然史と進化生態学をつなぐ海産腹足類の研究(1) 一貝殻種内変異と形態分類一」日本生態学会誌 68(1): 1-15 より転載。

## ウナギの資源と生態研究の最前線

黒木 真理 (農学生命科学研究科)

厳冬の夜、シラスウナギ漁の橙色の光が河口の水面を明々と照らす静謐の風景は、今や日本の冬の風物誌としてよく知られています。前のシラスウナギ漁期の前半(2017年12月と2018年1月)、かつてない歴史的不漁がテレビや新聞で大きく報道されました。現在、ウナギの資源は世界規模で減少しています。国際自然保護連合(IUCN)により、ニホンウナギは絶滅危惧IB類に指定されています。さらに来年度は、絶滅のおそれのある野生動物種として、ニホンウナギがワシントン条約(CITES)の附属書に掲載され、国際取引に規制がかかるようになるかもしれないと大きな議論になっています。

ウナギは魚類のなかでは比較的長寿命の魚です。海で生まれた仔魚は海流によって数千キロも運ばれて河口に接岸し、川や湖で数年間かけて成長します。ウナギは海と川の異なる水圏環境を移動して複雑な生活史をもっているため、その生態はいまだ大きな謎に包まれているところが大きく、資源管理を困難にしています。今回はそのウナギの研究最前線をご紹介します。

### 海におけるウナギの産卵場調査

半世紀に亘るウナギの産卵場研究から、ニホンウナギは新月の2-4日前に西部北太平洋の西マリアナ海嶺と塩分フロントの交点で産卵し、その卵は交点の第三象限に存在することがわかっています。そこで、2017年5月のよこすか・しんかい6500の航海YK17-10で、新規に考案した内部潮汐仮説とニホンウナギの産卵行動の探索用に開発した船上リアルタイムPCR環境DNA法を併用することで、産卵地点を正確に絞り込み、ニホンウナギの産卵親魚の行動観察することを目的として海洋調査を実施しました。

まず、XCTDを使って西マリアナ海嶺南端部

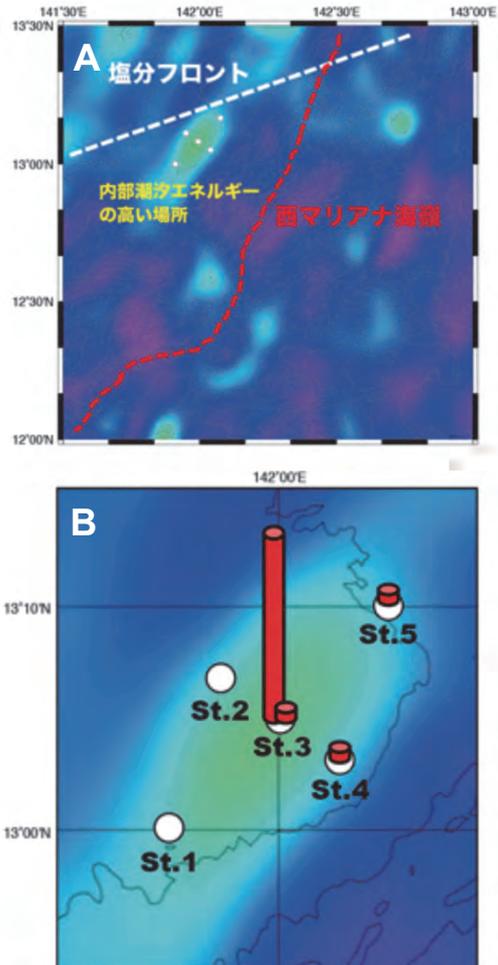


図1 西マリアナ海嶺南端部における内部潮汐エネルギーのパッチ(緑色)と塩分フロントの位置(白線)および西マリアナ海嶺の東縁(赤破線)(A)、環境DNAの検出事例(B)。内部潮汐の高エネルギーパッチ中央で環境DNAの強い反応がみられた(Takeuchi et al. unpublished)

の塩分フロントの位置を推定したところ、海嶺の西側では北緯13度に、東側では北緯13.5度にあることがわかりました(図1A)。そこで、海嶺と塩分フロントの交点の第三象限で内部潮汐エネルギーの最も高いエリアを集中観測域として選定し、新月期の昼間に有人探査艇しんかい6500、夜間には遠隔操作無人探査機ディーブ・トウの潜航を行いました。また同時に、環境DNA用の採水を1000m層まで計7回実施しました。その結果、高エネルギーパッチ内の採水から、

水深 200-800 m 層で計 6 回ニホンウナギ環境 DNA が検出されました。なかでも産卵ピークの新月 3 日前の翌朝は、パッチ中央部の水深 400 m から他の調査地点よりはるかに高濃度の環境 DNA が検出されました(図 1B)。これは、前夜の地点付近で産卵行動が起こったことを示唆しています。

さらに、ディープ・トウでは新月 4 日前の 5 月 20 日 21 時 42 分、水深 222 m 層で、ウナギらしき魚影の映像の記録・観察に成功しました(図 2)。この研究は、今後しんかい 6500 の夜間潜水や自律式潜水探査システム AUV の導入によって、ウナギの繁殖行動の直接観察へと発展し、人工種苗生産技術の完成に寄与するものと期待されます。

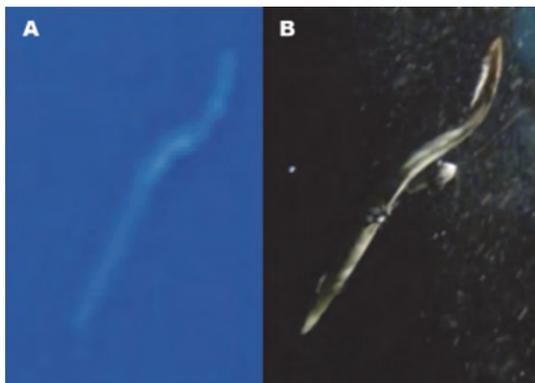


図 2 新月 5 日前の 21:00、水深 226m で観察されたニホンウナギの産卵親魚と考えられる映像(A)とポップアップタグを装着して放流されたニホンウナギの遊泳運動(B)

### 耳石解析によるシラスウナギの接岸回遊メカニズム

日本から遠く離れた海で生まれた小さなニホンウナギの仔魚は、どのような水深を回遊して東アジアの河口までやってくるのでしょうか。日本の千葉、愛知、高知、鹿児島と台湾の宜蘭、淡水、屏東の計 7 地点で、2016 年 11 月から 2017 年 3 月に接岸したシラスウナギの耳石酸素安定同位体比分析を行い、推定された生息水温環境から海洋における初期生活史を推定しました。

日本と台湾に接岸したシラスウナギの経験水温を比べてみると、日本の個体群は、台湾のものより低水温を経験していることがわかりました

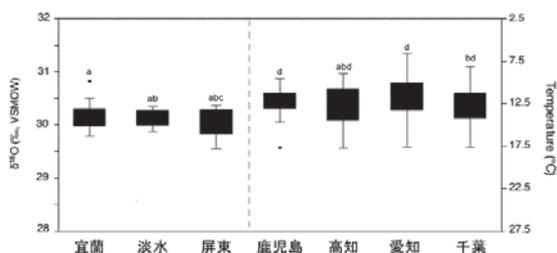


図 3 耳石酸素安定同位体比から推定された各地に接岸した経験水温。日本の個体群は台湾の個体群より低い海水温を経験していることを示している

(図 3)。台湾の個体群はより高水温を経験したため変態を早く終え、黒潮を早期に離脱し、低緯度の台湾に接岸したものと考えられます。これに対し、日本の個体群はより低水温を経験したため発達が遅れ、変態終了が遅くなって、さらに北上してより高緯度まで黒潮に乗り続けた結果、日本に接岸したものと考えられました。

続いて、同一地点において接岸時期によるシラスウナギの生息水温環境の違いを調べたところ、1-3 月の漁期の遅い時期に接岸した個体は、11、12 月の早期に接岸した個体より、低水温を経験しており、長い仔魚期間をもつ傾向がありました。これから前述の歴史的不漁といわれた 2017-2018 年に接岸したシラスウナギを分析することで、年ごとに異なる海洋環境がどのようにシラスウナギの回遊生態や接岸量に関与しているのか、そのメカニズムが明らかになるかもしれません。

### 都市河川におけるウナギの資源生態調査

堰や護岸が整備され、人間活動の影響を強く受ける都市河川で、ウナギはどのように暮らしているのでしょうか。都市河川におけるウナギの生態はこれまであまり調べられていません。川崎市や大田区を流れる多摩川は、人間社会と自然の関わり方を考察するうえでモデルとなる都市河川といえます。ここでは人々の暮らしの安全と利便性を保証するために河川に多くの手が加えられ、一方で生物資源に与えたダメージを担保するために、アユやニホンウナギの放流が行われていますが、それらが環境に与える影響や効果について科学的検証が十分に行われているとはいえ

ません。そこで、昨年から多摩川においてウナギの生態研究に着手し、河川内分布と資源量の現状を把握するための調査を始めました。

まず多摩川水系におけるウナギの分布を把握するために、月に一度、羽田空港沖の下流域から奥多摩湖直下の上流域に至る計 25 点で河川水の環境 DNA 分析を行いました。その結果、ニホンウナギの環境 DNA は計 16 地点の流程 63.5 km にわたり広く検出されました(図4)。多摩川本流において放流の行われていない日野用水堰より上流でも環境 DNA が検出されたことから、ウナギが堰を越えて遡上しているものと推察されました。一方、多くの支流では環境 DNA は検出されず、コンクリートで護岸されて水深が浅く、流路が単調な河川環境はウナギの生息に不適であるものと考えられました(図5)。

10 月に行われた養殖ウナギ放流の後に、環境 DNA の検出地点が 10 地点(7-9 月)から 12 地点(10-1 月)に、平均検出環境 DNA 量は 4.5 倍以上増加(8-9 月と 11 月との比較)したことから、少なくとも短期的には放流によりウナギの分布が拡大し、個体数も増加している可能性が示されました。

今後、多摩川水系におけるニホンウナギの各発育段階の行動生態や資源量、放流効果を評価するための調査を継続していく予定です。これにより、ウナギ資源の保全・回復のための対策が進み、ウナギの効果的な増殖対策の科学的提言ができるよう努めたいと思っています。さらに、多摩川における他の魚類相の網羅的推定など他の課題への応用や、地域住民への自然環境資源への関心を啓発できるようになれば幸いです。

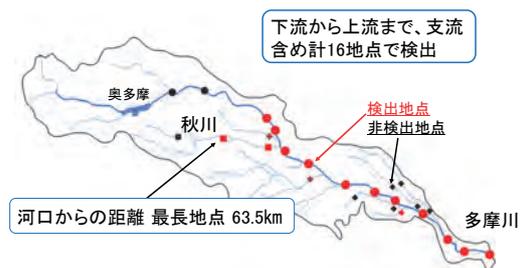


図4 多摩川水系におけるニホンウナギの環境 DNA の検出地点(赤色)と非検出地点(黒色)



図5 ニホンウナギの環境 DNA が検出された多摩川本流の調査地点(川崎市多摩区宿河原付近、河口から 25.4 km)と検出されなかった多摩川支流(ニヶ領用水)の調査地点(川崎市多摩区长尾付近、河口から 25.6 km)の様子



# 黒潮大蛇行：そのメカニズムと影響

田中 祐希

東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻

## 1. はじめに

黒潮とは、東シナ海を北上して九州と沖縄の間に位置するトカラ海峡から北太平洋に流入し、九州、四国、東海各地方の南岸沿いを北東向きに流れた後に、房総半島の沖で東に向きを変えて日本を離れて行く海流である(図1)。黒潮は、幅は約100キロメートル、流速は最大で毎秒2メートル以上、流量は毎秒5,000万トンにも達する世界最大規模の海流である。日本最大の河川である信濃川の流量が毎秒500トン、世界最大の河川であるアマゾン川の流量でも毎秒200万トンしかないことを考えると、黒潮がいかに大きな流れかが良くわかる。

黒潮には、日本南岸に沿ってまっすぐに流れる「非大蛇行流路(図1の破線)」と、紀伊半島から遠州灘沖で南に大きく迂回して流れる「大

蛇行流路(図1の実線)」という二種類の安定した流路が存在することが知られている。図2は東海沖における黒潮の最南下緯度の時系列である。オレンジ色が、黒潮が大きく南下している大蛇行の期間を表す。非大蛇行流路だけでなく大蛇行流路も安定な流路であり、いったん形成されると多くの場合、一年以上の長期間にわたって継続する。

図3に2018年6月現在の黒潮の流路を示す。黒潮は2017年の春から夏にかけて非大蛇行流

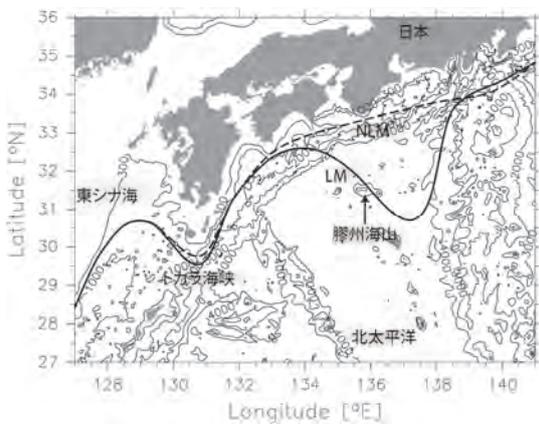


図1. 典型的な黒潮の流路。実線：大蛇行 (Large Meander, LM) 流路。破線：非大蛇行 (Non-Large Meander, NLM) 流路。

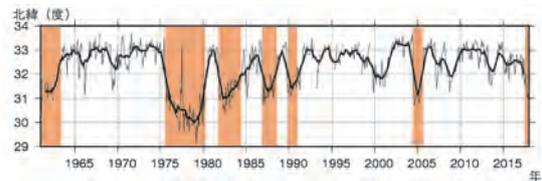


図2. 東海沖における黒潮流路の最南下緯度の経年変動(気象庁のホームページ[1]より)。オレンジ色が黒潮大蛇行の期間を表す。

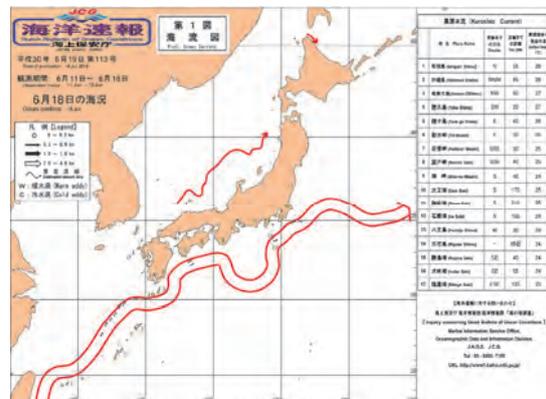


図3. 2018年6月18日現在の黒潮の流路(海上保安庁のホームページ[2]より)。現在、黒潮は12年ぶりの大蛇行状態にある。

路から大蛇行流路へと遷移し、それ以降、現在まで大蛇行流路を取り続けている。黒潮が一年以上の期間にわたって大蛇行流路を取るのには実に12年ぶりのことである。本講演では、このような黒潮の流路変動のメカニズムとその影響について紹介する。

## 2. 黒潮の「非大蛇行流路」から「大蛇行流路」への遷移機構

### 2-1. 遷移過程の概観

図4は衛星海面高度データに基づいて推定された黒潮流軸の位置で、色の付いた線が2004年に生じた大蛇行形成時の時系列を示している。黒潮の非大蛇行流路から大蛇行流路への遷移は、九州南東沖で発生する小蛇行が引き金となって、以下のような過程を経て進行することが知られている。

まず、太平洋を西進する直径数百キロメートルの渦がトカラ海峡付近で黒潮にぶつかること

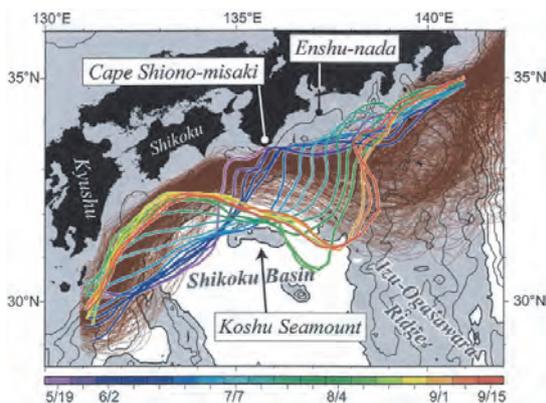


図4. 衛星海面高度データに基づいて推定された、7日ごとの黒潮流軸の位置 (Ambe et al., 2009[3]より)。黒潮が前回、非大蛇行流路から大蛇行流路へと遷移した2004年5月19日から9月15日までの時系列をカラーの太線で示し、非大蛇行流路を取っていた1993年から2003年までのすべての流軸を茶色の細線で示す。

で、九州南東沖に小さな蛇行が形成される (図4の紫線、「小蛇行」または「引き金蛇行」と呼ばれる)。その後、この小蛇行は少しずつ増幅しながら、黒潮によって下流へと流されていく (図4の青-水色線)。そして紀伊半島の沖を通過した後に急激に増幅して (図4の水色-緑線)、大蛇行へと発達していく (図4の橙線)。

### 2-2. 「膠州海山」効果

この紀伊半島沖における小蛇行の急激な発達において重要な役割を果たしているのが、「膠州海山」と呼ばれる、紀伊半島の200キロメートルほど南に位置する小さな海山である (図1)。実際、図4の水色から緑色にかけての線を見てみると、小蛇行が急発達しているのは膠州海山の北側斜面上を通過するときであることがわかる。さらに、図4の茶色の線は非大蛇行期の長期間にわたる黒潮流軸の位置を表している。この間、九州南東沖では何度も小蛇行が発生しているが、それらのうち振幅が十分に大きく、黒潮に沿って東進したときに膠州海山の北側斜面上をかすめるように通過できたのはカラーで表された期間のものだけである。そして、驚くべきことにこのときにだけ、黒潮は大蛇行へと発達しているのである。

この「膠州海山効果」は、数値シミュレーションによっても確かめられている (図5)。数値シミュレーションにおいて膠州海山を取り除いてしまった場合には、九州南東沖で同じように小蛇行が発生しても、大蛇行に発達することなく東に流れ去ってしまうのである (図5下段)。興味深いことに、膠州海山がある場合には、上層で黒潮が大蛇行を形成すると同時に (図5

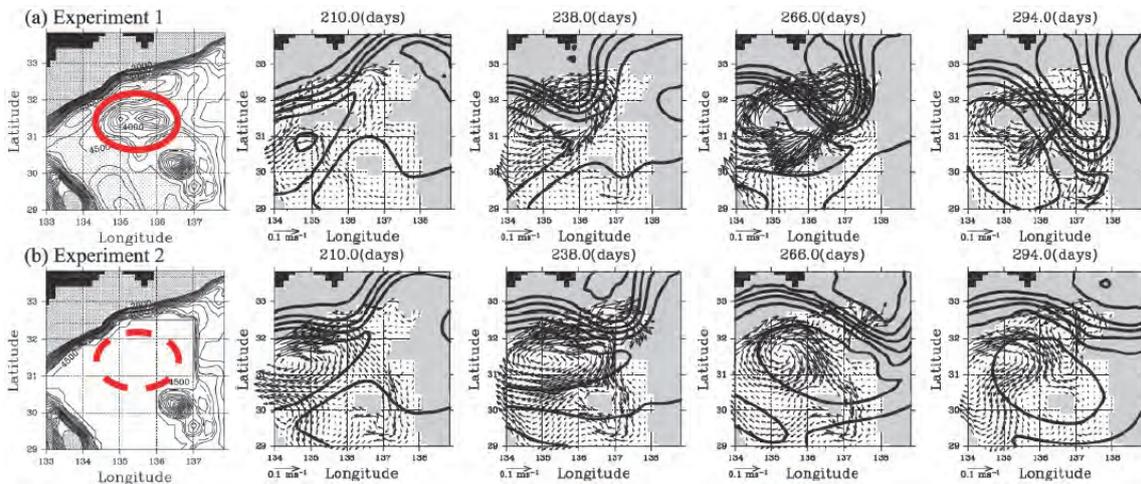


図5. (上段) 膠州海山を含む現実の海底地形, (下段) 膠州海山を人工的に取り除いた海底地形の各場合における, 小蛇行の東進に伴う深層の流速 (矢印) と上層の水温 (等値線) の時間発展 (Endoh et al., 2011[4]より)。最左列が数値モデルに与えた海底地形であり, 2-5 列の順に時間発展していく。

上段の等値線), 深層では海山上に時計回りの強い循環が形成されている (図5 上段の矢印)。講演では, この下層の循環が上層の蛇行の発達を促進するメカニズムについて解説する。

### 3. 黒潮の大蛇行が及ぼす影響

最後に, 黒潮の大蛇行が私たちの身近な生活に及ぼす影響について触れたい。

まず, 漁業への影響があげられる。例えば, 前回 2004 年, 今回 2017 年の大蛇行ともに, 関東から東海地方にかけてのシラスの不漁の原因になったと考えられている。大蛇行によって流れや水温の分布が大きく変化し, 漁場の位置が変わってしまったためである。また, 流れの分布は海面高度の分布と密接に結びついていることから, 黒潮大蛇行は沿岸の潮位へも影響する。特に, 東海から関東地方の沿岸では, 潮位が上昇することで高潮災害等が発生しやすくなる危険性があると考えられている。

さらに, 最近の研究によれば, 黒潮は南岸低気圧の経路にも影響を及ぼしていることが指摘されている (図6)。南岸低気圧とは, 冬季に日本列島の南を発達しながら東進し, しばしば関東地方に大雪をもたらす低気圧である。一般に, 低気圧は温かい海面から熱を受け取ること効率良く発達していく。このため, 南岸低気圧は, 温かい黒潮に引きずられるような経路を取りやすいのである。実際, 図6からは, 大蛇行期には非大蛇行期に比べて南岸低気圧の経路がやや

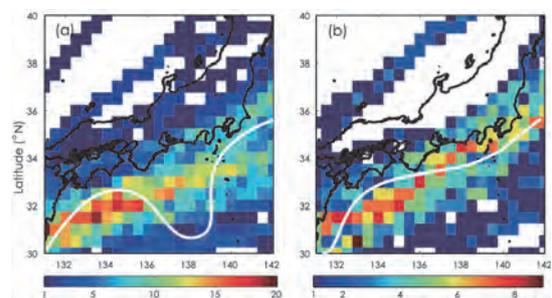


図6. 黒潮の (左) 大蛇行期, (右) 非大蛇行期における南岸低気圧の通過経路の頻度分布 (Nakamura et al., 2011[5]より)。白線は黒潮の流路を表す。大蛇行期には非大蛇行期に比べて南岸低気圧の経路がやや南方にシフトしている。

沖合にシフトしていることがわかる。南岸低気圧の経路のわずかな違いは、関東で雨（雪）が降るか降らないか、雨になるか雪になるかを大きく左右する。したがって黒潮の大蛇行期と非大蛇行期とで、関東の降雪にも違いがある可能性が推察されており、現在、より詳細な検討が行われている。

#### 4. おわりに

本講演では、日本に暮らす私たちにとって最も身近であり、かつ世界最大規模の流量を誇る海流である黒潮について、最近生じた大蛇行を具体的なトピックに解説してきた。近年になって可能になってきた時空間的に密な衛星観測・現場観測や高解像度の数値モデリングによって、非大蛇行流路から大蛇行流路への遷移には「膠州海山」と呼ばれるローカルな海底地形が重要であることなど、多くの重要な知見が得られてきた。さらに、観測と数値モデリングを融合したデータ同化手法によって、黒潮の流路変動の正確な再現だけでなく、数ヶ月先の予測までもが可能となりつつある[例えば6]。

しかしながら、このように観測・モデルとも発達した現在でも、依然として未解決のままの問題も多い。例えば、大蛇行の維持・消滅過程はどのようなものなのだろうか？その発達過程と同様、膠州海山のようなローカルな海底地形がやはり重要な役割を果たしているのだろうか？今回の大蛇行が消滅して非大蛇行流路へと戻るのはい体いつで、何がきっかけとなって起こるのだろうか？これらの点について、今後のさらなる研究の進展が待たれる。

#### 参考文献

[1] 気象庁「黒潮の数か月から十年規模の変動」

[https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/shinda/n/b\\_2/kuroshio\\_stream/kuroshio\\_stream.html](https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/shinda/n/b_2/kuroshio_stream/kuroshio_stream.html)

2018年6月20日アクセス。

[2] 海上保安庁「海洋速報&海流推測図」

<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/KAIYO/q/boc/>

2018年6月20日アクセス。

[3] Ambe, D., T. Endoh, T. Hibiya, and S. Imawaki, 2009: Transition to the large meander path of the Kuroshio as observed by satellite altimetry. *La Mer*, 47, 19–27.

[4] Endoh, T., H. Tsujino, and T. Hibiya, 2011: The effect of Koshu Seamount on the formation of the Kuroshio largemeander south of Japan. *Journal of Physical Oceanography*, 41, 1624–1629, doi: 10.1175/JPO-D-11-074.1.

[5] Nakamura, H., A. Nishina, and S. Minobe, 2012: Response of storm tracks to bimodal Kuroshio path states south of Japan. *Journal of Climate*, 25, 7772–7779, doi: 10.1175/JCLI-D-12-00326.1.

[6] 海洋研究開発機構「黒潮親潮ウォッチ」

<http://www.jamstec.go.jp/aplinfo/kowatch/>

2018年6月20日アクセス。

## 岩石から探る海底下の絶景

秋澤 紀克 (大気海洋研究所)

「海底の下には絶景が広がる」と言われたら、綺麗なサンゴが一面に広がり、様々な種類の魚たちが元気に泳ぐ風景を想像する方がいると思います。しかし、そこに岩石も存在することを忘れてはいけません。岩石は地球表面を覆い、我々に生活の場を提供してくれます。そして、様々な絶景を見せてくれます。例えば、グランドキャニオン (USA) やエアーズロック (オーストラリア) を思い浮かべてください。一方で、普段我々は岩石の表面しか目にしていないことは驚くべき事実です。地球の半径が約 6400 km であるのに対して、我々人類のサイズはせいぜい 2 m (0.002 km) であることを考えれば、いかに我々の生活圏は表面であるのか一目瞭然でしょう。本発表では、地球内部数十 km 程度まで広がる岩石がつくる絶景をご紹介します。

海底下の絶景を巡る、と言っても実際に人間が海底下に潜り込んでいく方法は今の所ありません (遠く宇宙に行く術はあるにも関わらず・・・)。そこで、間接的な方法がとられます：(1) 海底下の岩石を採取できる掘削船を用いる、(2) かつて海底下に存在した岩石

が地表に乗り上げている“オフィオライト”を用いる、(3) マグマが上昇する際に引っ掛けてくる地球深部の岩石 (捕獲岩と呼ばれる) を用いる。以上の方法を用いることで、海底下の岩石がどのような様相を示すか明らかにすることができます。特に、海底下 10 km ほどから出現すると考えられているのが“かんらん岩”で、8 月の誕生石であるペリドットを 8 割程度含む岩石です。非常に稀ですが、1 月の誕生石であるガーネットを含む場合もあります。かんらん岩は地殻の下のマントルを構成すると考えられており、マントルでは絶景が広がると予想されます。一方で、かんらん岩をより詳細に観察すると、包有物と呼ばれる数  $\mu\text{m}$  ( $1 \mu\text{m} = 0.001 \text{ mm}$ ) サイズの鉱物や水が含まれています。それを詳細に可視化すると、見たこともない様な自然が作り出す造形美を観察することができます。海底下の岩石が織り成す絶景を様々なスケールで楽しみましょう。また、海底下の岩石を用いてどのような面白い研究ができるのか見ていきましょう。



図：オマーンオフィオライトの露頭写真。この写真には、地殻—マントル境界が写っています。どこにそれがあるのか、推定してみてください。



## わが国の海洋空間計画の推進に向けた課題

### — 「海洋利用に関する合意形成」プロジェクトの成果を踏まえて —

道田 豊 (大気海洋研究所)

#### 1. はじめに

平成 30 年 5 月 15 日、第三期海洋基本計画が閣議決定された。そこでは、「総合的な海洋の安全保障」の概念を提示し、そのために海洋状況把握 (Maritime Domain Awareness : MDA) の能力強化を図ることが強調されている。これまで二期の海洋基本計画で重要な柱と位置付けられていた「海洋情報の一元化」についても引き続き強化することとされている。

海洋状況を把握し、または海洋情報を一元化することの目的は何か。今一度原点に立ち戻って考えると、沿岸域等の総合的な管理もこれら施策の重要な目的と位置づけられよう。

このような認識はわが国だけのものではなく、米国のオバマ前大統領による海洋政策に関する大統領令 (2010) をはじめ欧米を中心に諸外国において海洋空間計画 (Marine Spatial Planning : MSP) の概念の浸透およびその実現が進んできている。ユネスコ政府間海洋学委員会 (IOC) の調べによれば、そのレベルに差異があるとはいえ、すでに世界 65 か国において何らかの形の MSP の導入が行われ、また行われようとしている。

さて、第三期海洋基本計画を策定した日本はどうだろうか。

#### 2. 海洋空間計画

海洋空間計画とはなにか、いろいろな説明がなされているが、例えばユネスコ IOC の文書では「海洋における社会経済的な種々の利用活動の相互調整を行い、これら活動にあたって海洋生態系を保全しつつ持続的に展開するため、科学的知見や解析に基づいて適切に

空間配置する等の公共施策」と定義されている。キーワードの一つが「Ecosystem-based management - 生態系 (保全) に依拠した管理・運用」である。まさに海洋基本法の精神そのものであるといえる。

わが国の海洋政策を進めるにあたって、海洋空間計画という用語が重要なわけではないが、海洋先進国を含む諸外国で標準的な概念または施策展開手法になりつつある海洋空間計画であるにもかかわらず、第三期海洋基本計画ではわずか一か所、3 行からなる段落で言及されているだけである。もちろん、MDA をはじめ第三期海洋基本計画で焦点が当てられた施策の中に MSP 的な考え方が含まれてはいるだろう。しかしながら、国際標準となりつつある考え方を的確にフォローしておかなければ、海洋政策に関する国際的な場での議論においてわが国が取り残される懸念もあることを指摘しておく。

#### 3. 海洋利用に関する合意形成手法

こうした問題意識もあって、東京大学海洋アライアンスの「合意形成チーム」では、日本財団からの支援による「総合海洋基盤」の研究プロジェクトの一つとして、「海洋利用に関する合意形成手法の開発」に平成 24 年～27 年度の 4 年間取り組んできた。わが国に海洋空間計画を導入し推進するための一歩として、海洋空間計画の重要な一局面である「関係者間の合意形成プロセス」に焦点をあてて研究を進めた。

このプロジェクトは、筆者 (海洋物理学、海洋情報管理) をリーダーとして、公共政策、経済学、心理学などの専門家で構成される真

の意味で学際的な研究チームにより進められた。その成果として、平成 29 年 10 月、「海洋利用に関する合意形成手法に係るガイドライン」を刊行した。これは、洋上風力発電など新たな海洋利用と既存のそれとの利害調整の frontline に立つ地方自治体の関係者などを主要な読者として作成したものである（東京大学海洋アライアンスのウェブサイトから入手可能）。

研究に当たっては、ユネスコ IOC が 2009 年に刊行した手引書「MSP Step-by-step approach」を基礎資料として参照しつつ、諸外国の事例分析、国内の海域利用における合意形成の取組に関する調査分析などを行って、わが国特有の社会経済的背景等も加味したガイドラインとした。IOC のいささか複雑な段階分けの構造を我々の研究成果を踏まえて、以下の 6 つのステップに再構成してある。6 つのステップの間の関係、流れを図に示す。

- 1) 対象となる利害、価値の把握
- 2) 関係者の範囲の設定
- 3) 関係者間での情報の共有
- 4) 関係者間のコミュニケーション手法の確立
- 5) 合意形成に当たっての視点
- 6) 合意形成後のフォローアップ

#### 4. 日本の海洋空間計画の推進に向けて

2008 年および 2013 年の海洋基本計画に基づいて、得られた観測資料等の有効活用のため、海洋情報一元化の取組が進められ、「海洋

情報クリアリングハウス」および「海洋台帳」の構築と運用が海上保安庁海洋情報部によって行われている。国の機関等によって行われる海洋調査や観測の結果が情報として有効利用されるための仕組みは整いつつあり、「海洋情報の一元化」といわれるこれら一連の施策は、第三期海洋基本計画においても強化することとされている。海洋基本法が制定されてすぐの時期から認識されている海洋情報管理に関する課題が着実に解決、改善の方向に向かっていくのは歓迎されるべきことであり、継続的な取り組みが望まれる。

さらに一步踏み込んで考えてみると、そもそも海洋情報を一元化する目的は何か。関係機関でばらばらに管理されていた海洋データ・情報がクリアリングハウスや海洋台帳の構築によって一元化されていくのはよいとしても、その活用のもっとも大きな可能性は海洋空間計画の確立ではないのか。

2010 年 1 月の末だったと記憶するが、「海洋の総合的管理に関する検討会」といった場面で、海洋情報の一元化等を担っている海上保安庁の関係の方々を前に、「海洋空間計画をめぐる国際的動向」という講演をしたことがある。海洋情報一元化の先に見えているものとして、また、担当機関として見据えておくべきターゲットは海洋空間計画であるというお話をした。その時は、正直なところさほど芳しい反応があったとは言えず、時期尚早だったかと思われる。しかしその後、クリアリングハウスや海洋台帳の構築が進み、国際的



図 ガイドラインの各ステップ間の関係

な動きも本稿冒頭で述べたような状況となっていることから、今こそ海洋空間計画について真摯に取り組みを始めるべき時である。翻って、海洋空間計画側の視点から見ても、同計画の成否は海洋生態系関連を含む海洋情報の整備状況に大きく依存するため、基盤情報整備が進んだ今こそ好機であるという面もあ

る。

さらに、海洋状況把握が進められていけば、海洋空間計画構築の素地が一層強化されることとなるし、視点を裏返せば、海洋空間計画は「総合的な海洋の安全保障」にも大いに貢献しうるものであることから、その意味でも本格的な施策展開が今こそ必要である。




 東京大学 海洋アライアンス  
 UTokyo OCEAN ALLIANCE


 日本 THE NIPPON  
 財団 FOUNDATION

東京大学海洋アライアンス  
 総合海洋基盤プログラム（日本財団）

**「メガ津波から命を守る  
 防災の高度化研究」 報告**

**船舶と航空機を利用した  
 津波の観測方法の開発**

丹羽淑博・広部智之（海洋アライアンス）  
 早稲田卓爾（新領域創成科学研究科、プロジェクトリーダー）  
 日比谷紀之（理学系研究科）・林昌奎（生産技術研究所）・田島芳満（工学系研究科）

岸に到達する前に津波の大きさを正確に捉える  
 ためにはより沖合での津波の観測が不可欠

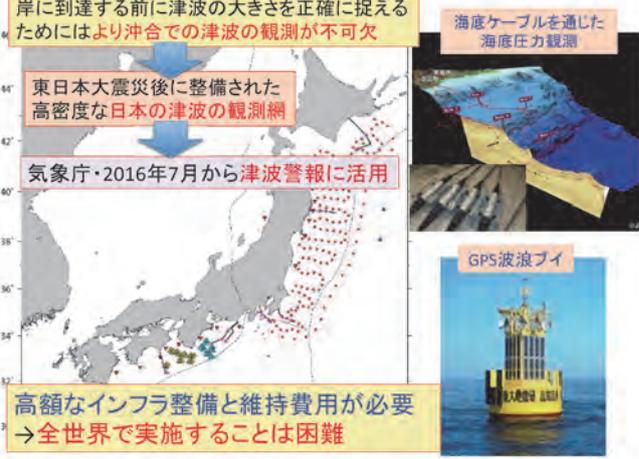
東日本大震災後に整備された  
 高密度な日本の津波の観測網

気象庁・2016年7月から津波警報に活用

海底ケーブルを通じた  
 海底圧力観測

GPS波浪ブイ

高額なインフラ整備と維持費用が必要  
 →全世界で実施することは困難




 東京大学 海洋アライアンス  
 UTokyo OCEAN ALLIANCE

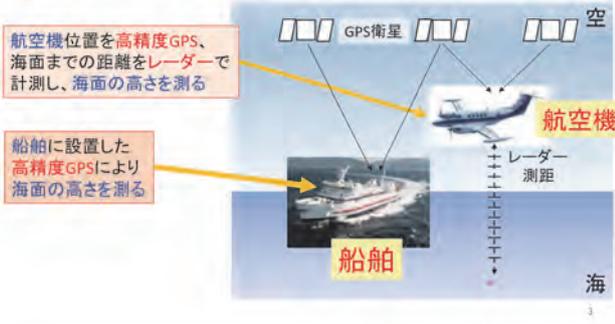
**が提案する新たな津波の観測方法**

**船舶と航空機（既存の交通インフラ）を活用した観測方法**

航空機位置を高精度GPS、  
 海面までの距離をレーダーで  
 計測し、海面の高さを測る

船舶に設置した  
 高精度GPSにより  
 海面の高さを測る

GPS衛星 空  
 航空機  
 レーダー  
 測距  
 船舶 海



**船舶の分布**

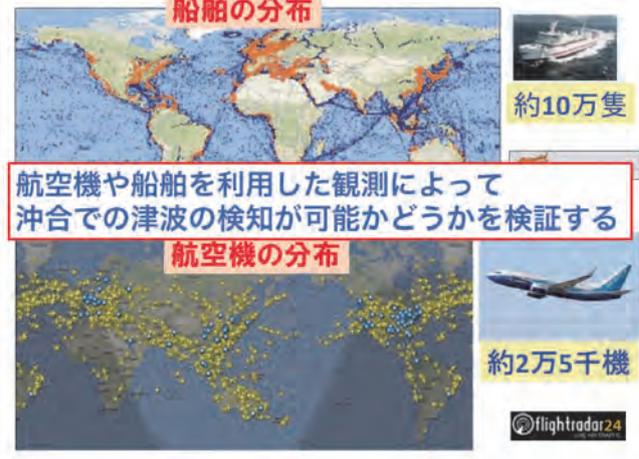
約10万隻

**航空機の分布**

約2万5千機

航空機や船舶を利用した観測によって  
 沖合での津波の検知が可能かどうかを検証する

flightradar24



**メガ津波の早期検知に向けた  
 航空機レーダーによる  
 海面高度観測**

**観測目的、手法概要**

**飛行機レーダー観測の  
 計測精度の確認**

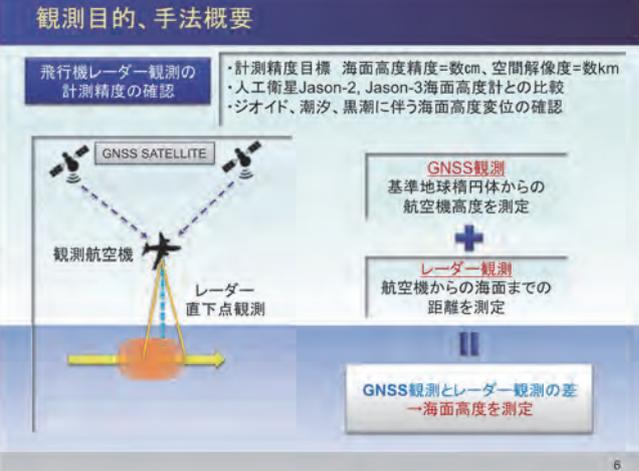
- 計測精度目標 海面高度精度=数cm、空間解像度=数km
- 人工衛星Jason-2、Jason-3海面高度計との比較
- ジオイド、潮汐、黒潮に伴う海面高度変位の確認

GNSS SATELLITE  
 観測航空機  
 レーダー  
 直下点観測

**GNSS観測**  
 基準地球楕円体からの  
 航空機高度を測定

**レーダー観測**  
 航空機からの海面までの  
 距離を測定

**GNSS観測とレーダー観測の差  
 →海面高度を測定**



### 使用航空機とレーダー

Diamond Air Service所有  
King Air 200T 全長13.3m  
速度約100m/s 高度約8500m

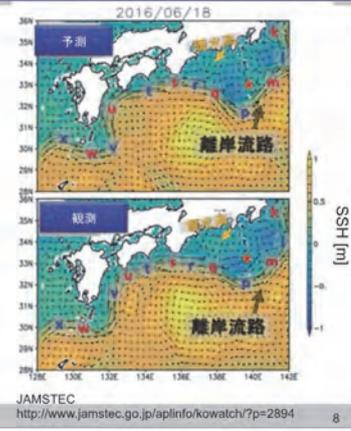
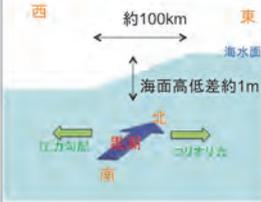
AT SAR-X FMCWレーダー種元	
送信中心周波数	9.6 GHz
送信帯域幅	300 MHz
受信帯域幅	5 MHz
チャープ波繰り返し周期	800 μs
オフナディア角 受信	10 deg
オフナディア角 送信	8 deg
アンテナビーム幅	
送信 アジマス方向	5 deg
送信 EL方向	5 deg
受信 アジマス方向	5 deg
受信 EL方向	30 deg

アルウェットテクノロジー株式会社  
AT SAR-X  
FMCW方式 Xバンド 送信電力10W

計測頻度: 約10000回/km 空間平均をとることでノイズを除去

### 黒潮と海面高度差

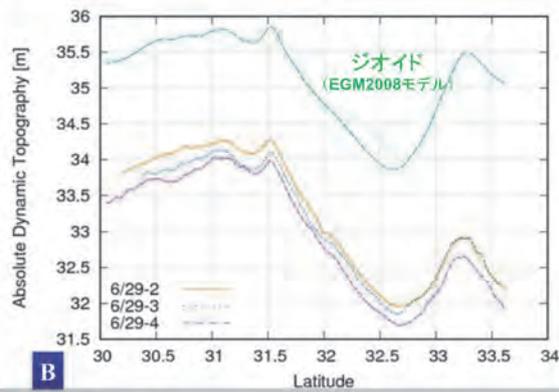
- 黒潮を横切って約1mの海面高度差が生じている
- 津波と同等のメートルスケールの対象として、黒潮を捉えることを目的とする



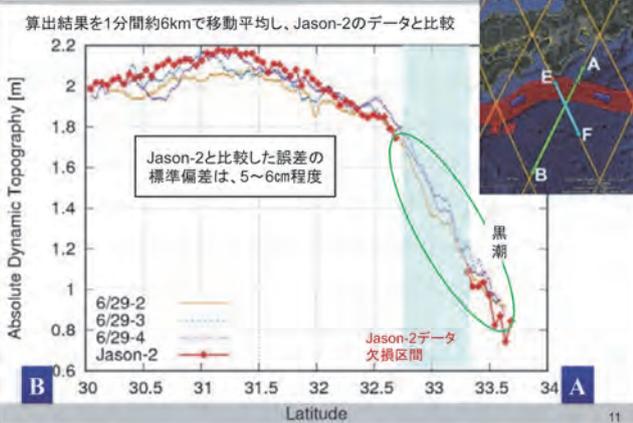
### 観測区間 飛行機観測経路と人工衛星Jason軌道



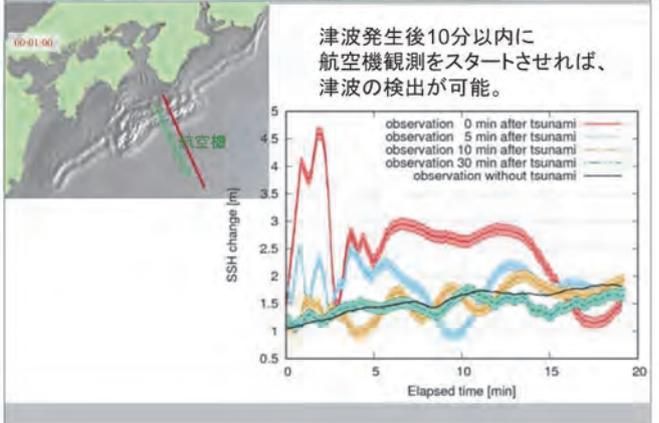
### 経度で6/29観測データを整理



### 力学的海面高度 6/29観測結果とJason-2との比較



### 津波シミュレーションと組み合わせた仮想航空機観測



## 航空機レーダー観測まとめ

- 1分平均(約6km平均)した海面データは、Jason-2及びJason-3のデータと比較して、誤差の標準偏差が5~10cm程度で、ほぼ一致する結果が得られた
- 人工衛星Jason(高度1300km)に比べ、航空機観測(高度8500m)では雨雲の影響が少なく、Jason-2の観測データ欠損区間でも問題なく観測できたケースもあった
- 黒潮による1m程度の海面変化を捉えた
- 潮汐変化(観測期間中50cm変動)を正しく捉えられていた



沖合において10cm程度の津波を検知することは十分可能

電子基準点から大きく離れた動的基線解析の不安定やリアルタイムGNSS解析が課題

13

## 民間定期フェリーに搭載したGPSによる五島灘における気象津波(あびき)の観測

## 気象津波、あびき

九州西岸で冬から春先に湾内の潮位が前触れなく急激(10分~1時間)に上昇する現象。  
→予測システムは確立されていない。  
沖合での観測も行われていない。



東シナ海を伝わる気圧擾乱に対して、海洋波が共鳴を起こすことにより発生。  
→波動としての性質は地震津波と同じ。  
気象津波

朝日新聞:2009年2月25日

潮位急変する「副振動」九州などで被害 転覆・浸水など



## 観測目的

津波の新しい観測方法として提案した「船舶GPS観測」によって九州西岸に冬から春先に発生する「あびき」(気象津波)を岸に到達する前に沖合(五島灘)で捉えることを目的とする。



- 船舶GPSが津波の観測手段として有効であることを実証するために実施
- あびきの早期警報システムの構築のための基礎研究
- 沖合でのあびき観測は世界初の試み。



16

## 船舶GPS観測海域(五島灘)



## 船舶GPSあびき観測

観測期間 2017/2/22~2017/4/11

九州商船(株)カーフェリー

椿



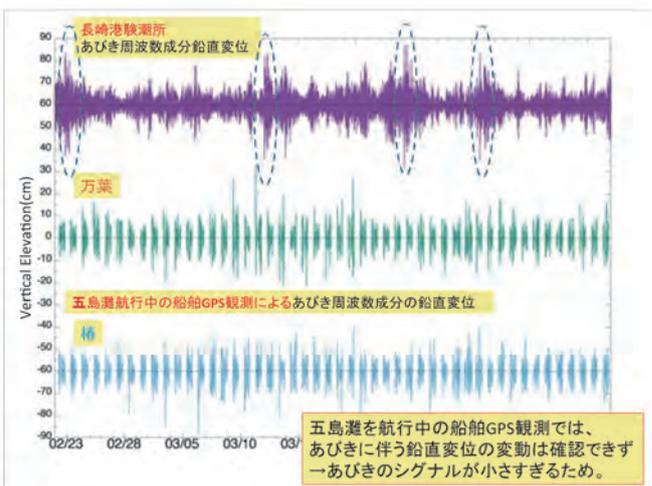
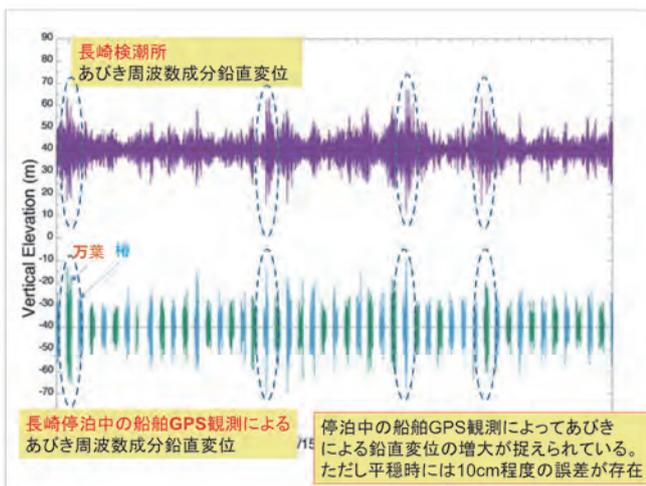
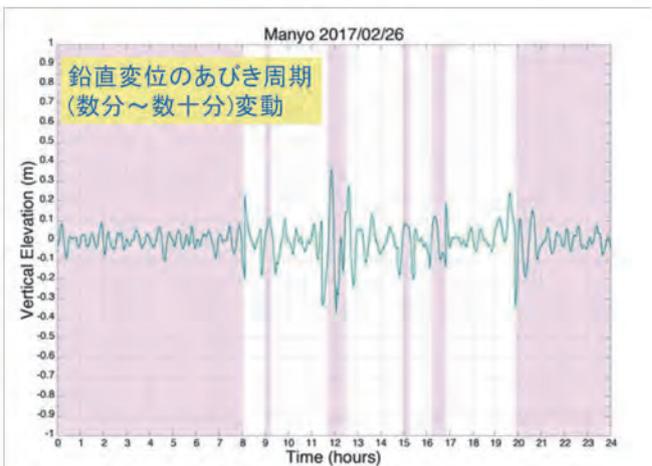
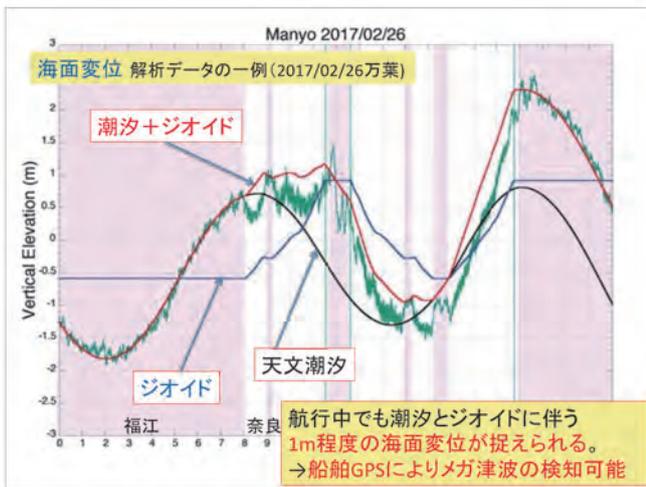
万葉

上部甲板中央部にGPSアンテナ・受信機を設置



測位衛星技術株式会社 GPSデータロガー-GEM-2  
GPS受信データ(1秒間隔)を内蔵SDカードに保存





**船舶GPS観測まとめ**

沖合での津波の新たな観測方法として、航行する船舶に搭載した高精度GPSによる海面水位観測を提案。

東シナ海の微気圧変動によって九州西岸で冬季から春季に毎年発生する「あびき」=気象津波に着目し、五島灘を横断するカーフェリーに高精度GPSを設置し17年2月下旬～4月中旬に海面水位の観測を実施。

↓

- 船舶搭載GPSによって航行中に潮汐とジオイドにともなう振幅約1mの海面水位変化が捉えられることを確認。  
→巨大津波の検知は可能であることを示唆。
- 船舶搭載GPSによる海面水位の測定誤差は約10cm程度と推定。  
→長崎港停泊中に振幅20cm程度の小規模なあびきの発生を検知。
- 沖合ではあびきの振幅が小さくなるため、五島灘を航行中にあびきのシグナルを検知は出来なかった。

**社会への提言**

日本を含む全世界の沿岸国で、津波の情報岸に到達する前により沖合で迅速かつ正確、できるだけ低いコストで得るためには、

東海大学海洋アライアンス Utsunomiya OCEAN ALLIANCE 今ある交通インフラ(船舶・航空機)を活用すべき

巨大都市に集中する海・空の輸送を  
防災を含め円滑な人間社会の維持に利用すべき

日本郵船 THE NIPPON Yusen Line

## マリンバイオセキュリティ プロジェクト (海洋動物の防疫のためのリスク情報の社会発信)

良永 知義 (農学生命科学研究科)

海洋や内水面などの水界に生息する動物にも、人、家畜や陸上野生動物と同様にウイルス、細菌、寄生虫を病原体とする感染症が存在する。これらの感染症の中には、海外で発生したもの、あるいは国内のある地域に限定して発生しものが、人間活動によって、国内に持ち込まれ、あるいは国内で分布を拡大し、養殖や天然水産生物に被害を継続的に与えているものが多数ある。このような感染症の侵入、蔓延を防ぐためには、バイオセキュリティ、すなわち防疫対策が重要であることは言うまでもない。

### 魚介類の感染症の防疫からみた特徴

魚介類の感染症を防疫の観点から見ると家畜や陸上動物の感染症とは異なった特徴を有している。まず、病原体の多くが水を介した伝搬、すなわち経水感染する。陸上動物では、主な感染経路として、接触感染、飛沫感染、空気感染、動物を介した感染経路があるが、魚介類は水中に生息しているため、病原体が水を介して容易に伝搬する。また、魚卵や稚貝は小型であり、大量に輸送することが容易であり、これらが養殖用の種苗として移動されることによって病原体が運搬され蔓延することが多い。さらに、マダイ、ブリ類、マグロのように海の中の生簀内で養殖されている種類、あるいは、カキやホタテガイのようにロープに吊り下げて養殖されている種類では、周囲には天然集団が存在している。そのため、養殖場に持ち込まれた病原体は天然集団に伝搬しやすく、いったん天然集団に定着した病原体の封じ込め、撲滅は不可能であるとともに、養殖場と天然生物の間で感染環が成立し、制御不能となる。また、水産業においては、天然生物も重要な資源であり、天然の水産生物に感染症が蔓延して直接的被害が生じることも多い。ただし、

水のなかの生物の死体は人の眼に触れる機会が少なく、文字通り人知れず死んでいく。従って、感染症の天然水産資源への影響の把握は極めて困難であるとともに、過小評価される傾向にある。加えて、魚介類の感染症は研究者の数も少なく、一方で対象とする生物や疾病の種類も多いため、薬剤やワクチンで治療予防法の開発が進まない。これまで国内に侵入した海外疾病の中で治療・予防法が確立している種類はわずかである。さらに、貝類、エビ類などの無脊椎動物は免疫ができないためワクチン開発は不可能であり、また、海水中の天然の植物プランクトンを餌としている二枚貝類への薬剤の投与はほぼ不可能である。

このような特性から、魚介類の感染症の侵入の被害は一過性にとどまらず、永続的に続く未来への負債として残る。感染症による産業被害や生態系のかく乱を防ぐためには感染症が侵入・蔓延した後で対策研究をするのではなく、国外から、あるいは国内の感染症汚染地域からの病原体の侵入を未然に防ぐことが重要である。

### 法制度に基づく防疫体制と問題点

我が国における魚介類の防疫制度は、水産資源法に基づく輸入防疫と持続的養殖生産確保法に基づく国内防疫の二本柱で構成されている。水産資源保護法では、国内に侵入した場合に産業被害につながる疾病を指定し、これらの疾病に感染する可能性のある動物種があらかじめ定められている。これらの動物を輸入する場合は、指定疾病に感染していないことを示す健康証明書(輸出国の管轄機関が発行)を添付したうえで、農林水産大臣に輸入許可を申請、許可されなければならない。また、必要な場合、農林水産大臣は輸入後に管理施設内で一定期間飼育すること

を求めることもできる。一方、持続的養殖生産確保法は、養殖魚介類に重大な被害を与える感染症の蔓延防止のための法律で、あらかじめ特定疾病としてした疾病が発生した場合は、県知事は、当該施設や海域からの動物の移動禁止や埋却・焼却処分などのまん延防止措置を命じることができる。また、養殖業者への立ち入り検査を実施することもできる。さらに、従来知られていない新しい疾病（新興疾病）が発生した場合、知事はそのことを国に報告する義務を有している。国内防疫では、養殖魚介類の感染症のみが防疫対象となるが、輸入防疫では養殖魚介類と天然魚介類に影響する感染症を防疫対象とすることができる。しかし、現状では同じ感染症が輸入防疫と国内防疫の対象とされている。

平成 28 年 7 月に我が国の水産防疫は大きく強化されたが、それ以前は、防疫対象動物は、防疫対象動物は、コイ、ハクレン、コクレン、ソウギョ、アオウオ、キンギョその他のフナ属、サケ科魚類（発眼卵と稚魚のみ）、クルマエビ属のエビ類（稚エビ）のみで、基本的に食用に輸入されたものは除外されていた。対象疾病も 11 種に限定されていた。これらの対象動物は我が国の全養殖生産額の 5%程度で、重要な養殖種である海産魚やカキ・ホタテガイなどの貝類の感染症は、国外に危険な疾病が存在しているのにもかかわらず、防疫の対象となっていなかった。その一因として、従来の制度では国際的に危険と認められた感染症のみが防疫対象とされていたことが挙げられる。また、コイ科の魚以外では、養殖用種苗のみが対象となっていた。

2011 年（平成 23 年）3 月の東日本大震災によって、東北地方太平洋岸のカキ・ホタテ産業が壊滅した。その復興の過程で海外産の貝類種苗が持ち込まれる可能性を危惧して、海洋アライアンスのイニシアチブ経費を用いて、魚介類の防疫強化のための活動を開始した。水産防疫制度の問題点を解析し、国際的にも認められている独自のリスク評価の導入と、それによる防疫対象疾病・動物の拡大の必要性を強く主張した。さ

らに、東北太平洋岸の漁業協同組合や瀬戸内海のカキ養殖業者を訪問して、海外伝染商侵入の危険性に関する講演を行うとともに、これらの漁業者の防疫に関する知識や認識についての調査を行った。また、日本水産学会増殖懇話会勉強会や日本魚病学シンポジウムなどで水産防疫を話題として取り上げるとともに、様々な機会に水産防疫の強化を提唱するとともに、強化の方向性を提案してきた。これらの活動の成果として、岩手県議会は貝類防疫の法整備と周知を進めることを要請する意見書を採択し、これを平成 26 年 3 に国会ならびに関連省庁に提出した。また、当時の農林水産政務官に水産防疫に関する説明をすることもできた。

これらの動きをうけて、農林水産省は平成 26 年 8 月から 27 年 8 月にかけて、国内外の新しい感染症の情報を整理するとともに、水産防疫専門家会議を開催して感染症についてリスク評価を実施し、水産防疫の強化のための制度改革を検討した。その結果、平成 28 年 1 月の水産防疫関連規則の改正を行い、平成 28 年 7 月末から施行した。この改正により、輸入防疫対象動物種は大幅に増え、海産魚や貝類も含むようになった。また、対象は魚卵や稚魚だけでなく、全ての発育段階となり、食用であっても輸入後に排水が無処理で海や内水面に排水される施設で生きた状態で保管されるもの、ならびに、冷凍や冷蔵など死んだ個体であっても生鮮の状態で養殖用の餌として使用されるものも輸入防疫の対象に含まれるようになった。さらに、輸入防疫・国内防疫の対象となる感染症も 11 種類から 24 種類に増えた。

このように我が国の水産防疫体制は大幅に改善されたが、まだ多くの問題点が残されている。一つは、国による情報収集とリスク評価活動の低調さにある。魚介類では世界中に様々な種類が分布しており、種類数も多いことから新たな感染症（新興感染症）の発生頻度が高い。従って、国内外での新興感染症の発生情報を不断に収集するとともに、得られた情報に基づくリスク評

価ならびにリスク評価に基づいた防疫対象動物種・疾病リストの継続的な整備が必要がある。しかしながら、リスク評価のための最後の専門家会議が平成 27 年 8 月に開催されて以来、すでにほぼ 3 年が経過した。平成 28 年の水産防疫体制強化以前の防疫対象種・疾病の見直しは平成 17 年に実施されており、11 年間にわたって見直されていなかった。国による魚介類の防疫制度の充実に向けた国の動きは非常に弱いと言わざるを得ない。家畜を対象とした家畜伝染病予防法では、農林水産大臣は最新の科学的知見及び国際的動向を踏まえて、少なくとも三年ごとに伝染病防疫指針を再検討し、必要であれば変更することが義務づけられている。水産動物についても水産資源保護法ならびに持続的養殖生産確保法のなかで、水産防疫制度の定期的な見直しを国に義務付けることが必要だと考える。また、持続的養殖生産確保法では養殖魚介類のみを対象としており、天然水産動物や増殖対象動物の疾病は対象とされていない。一方で、アサリのカイヤドリウミグモやアユの冷水病など、国内で感染動物の移動を行ったために感染症が蔓延し被害が生じた例も少なくない。天然水産動物、増殖対象生物の疾病も防疫の対象にするべきである。また、現在の制度では、国内に侵入する以前に防疫対象としてあらかじめ指定しておく必要がある。しかし、防疫対象としての指定ならびにその周知には半年から数年以上の時間が必要となっている。これを解消するために、新興疾病に対しては一時的な緊急措置を迅速に講じることが可能となる制度の整備も必要である。

### 予想不可能なリスクへの対応

法制度による防疫は、防疫に必要な情報(病原体、宿主種、病害性、検査方法、消毒方法など)が得られる感染症、つまり既知の疾病に対する防疫が基本である。しかし、魚介類の感染症にはもうひとつ忘れてはならない特徴がある。それは、宿主転換による病原性の増大である。絶対寄生性の寄生体の場合、宿主の死亡は寄生体自身

の死亡につながるため、宿主と寄生体の関係は進化の過程において共生的な関係になることが多いといわれている。すなわち、進化の過程をへた元来の宿主(自然宿主)では、寄生体の病原性は低くなる。しかし、このような寄生体が何らかの原因で近縁の別種の生物に感染すると宿主転換が生じ、その結果、強い病原性を示す場合が多々ある。たとえば、ニホンウナギからヨーロッパウナギに宿主転換したウナギ鰻(鰻)線虫や北米の東海岸のサザンフラウンダーから極東のヒラメに宿主転換した寄生虫ネオヘテロボツリウム・ヒラメなどが挙げられる。

牛、馬、豚、鶏など、家畜では品種の違いはあっても種はほとんど世界共通である。従って、病原体もほぼ全世界で共通である。しかし、魚介類は世界中に近縁の種類が多数分布している。たとえば、ウナギ属は約 20 種、マガキ属は 40 種が存在している。それぞれの種類に病原性を示さない寄生体が潜んでいる可能性があり、これらの寄生体の存在を前もって知ることはほぼ困難である。従って、健康な動物を輸送したつもりでも、その中に潜んでいる未知の寄生体を運んでしまい、これが新しい宿主種に出会ってその動物の病原体になることがある。この宿主転換のリスクに対する防疫は極めて難しく、既知の病原体を対象とする防疫方法では対応できない。

このような予想できないリスクに対応するためには、それぞれの養殖業者、養殖業界、あるいは輸入などの流通過程に係る業者が防疫意識を高め、海外からの種苗や冷凍餌などの安易な導入を抑制する、あるいは排水の消毒などによって流通過程における病原体の流出リスクを下げるというような措置を自主的に講じる必要がある。

しかし、これまでの海洋アライアンス・イニシアチブによる調査の結果から、養殖業界、流通業界さらには水産業に係る研究者や行政担当者の感染症リスクに関する認識は極めて低いといわざるを得ない。このような自主的活動はなかなか期待できない。業界による自主的防疫のため

には、広い範囲の利害関係者に感染症のリスク情報を十分に知らせ、自分たち自身でリスク回避の方策を考え、実施してもらうことが重要である。また、水産業界では動物種別の業界団体はほとんどないため、感染症対策を軸として動物種別の業界団体の育成や活動の活発化も重要であろう。あわせて、業界による自発的活動は、行政機関に防疫体制の強化を要求するにあっても重要であり、このような利害関係者や現場からのからの声が大きくなることがひつようであろう。

### マリンバイオセキュリティプロジェクト

本プロジェクトでは、これまで述べた認識にもとづき、魚介類の感染症の侵入・蔓延リスクを利害関係者に広く周知してもらうためのリスク情報の社会発信を主眼として活動する。具体的には、①まず、学内外の研究者と協働して、文献情報ならびに国内外の学会発表をもとに、できるだけ広範囲な範囲でリスク情報の収集を行い、それをもとに、リスク評価を実施する。また、得られたリスク情報ならびにリスク評価の結果

については、日本魚病学会と共催するシンポジウムにおいて、研究者に加えて業界関係者や一般の市民にも広く情報共有する予定である。さらに、②魚介類防疫の社会発信を目的としたホームページを立ち上げる。このホームページでは、収集したリスク情報やリスク評価結果に加えて、防疫という観点から魚介類の感染症の特徴、侵入病原体とその被害の例、防疫体制の世界的枠組み、わが国の防疫体制とその問題点などについて、業界や一般市民にわかりやすい解説記事を掲載する予定である。また、③東北沿岸部を主なフィールドとして、ホームページに掲載した内容を養殖業者等に直接説明する活動を行うとともに、業界からの意見をフィードバックして社会発信のありかたの改善を行う。

これらの活動は一過性に終わらせるのではなく、継続していくことが重要である。最終的には、これらの活動の重要性を漁業者や水産業界関係団体が十分に理解し、彼ら自身がそのための費用を負担するとともに、積極的にかかわっていくような体制の構築を目指していきたい。

# 「海外インターンシップ人材育成プロジェクト」報告

## これまでの実施状況と概要

木村 伸吾（新領域創成科学研究科／大気海洋研究所）

山本 光夫、野村 英明（海洋アライアンス）

本プロジェクトは、海洋に関する高度な専門性と国際的ネットワークをもち、世界で活躍する人材育成に向けた教育システムの確立を目的としている。昨年度までの4年間（第3期）で、目標としていた国際機関・研究機関での長期インターンシップ制度の導入と国際化への教育システムの確立について、大きな成果を挙げることができた。本稿では、活動の柱となった、「国際機関との連携と学生派遣」「人的ネットワーク」そして「国際化対応科目の導入」の3項目について紹介する。

### 1. 国際機関との連携と学生派遣

9つの国際機関・研究機関との連携を確立し、学生が自ら連携をとった機関で研究等を行う「一般枠」と合わせて、4年間で14機関に学生を派遣した。派遣学生数は39名となり、2017年度は連携機関12名、一般枠2名と過去最高の14名がインターンシップに参加した（表を参照）。とくに3カ月以上の長期派遣を実施したことが2017年度の特長で、国際連合工業開発機関（UNIDO）では4名もの学生が半年間のインターンシップを行った。

### 2. 人的ネットワークの構築

国際機関とのさらなる連携と派遣された学生の横のつながり強化、そして世界に目を向ける学内の学生を増やす目的で、学内講演会を2016年度より毎年開催するこ

ととした。昨年度は、国際原子力機関（IAEA）及び元国際水路機関事務局（IHB）勤務の専門家、そして外務省職員を招いての講演会を実施した。

### 3. 国際化対応科目の導入

海洋学際教育プログラムでは、政策立案を行う省庁（国土交通省等）や関係機関で実習を行う「海洋法・海洋政策インターンシップ実習」が2009年より開講されている。海外インターンシップは、この国内でのプログラムと一体的に運用を行い、参加学生が「海洋法・海洋政策インターンシップ実習」の単位を取得できるようにしている。第3期を終え、学生の間でもその認識が定着するに至った。国内・海外インターンシップの成果についても、論文・報文（山本・木村，日本海洋政策学会誌（2016）；山本・野村・木村，日本海洋政策学会誌（2017））として対外的に発表をしている。

第4期では、1～3を軸とした活動を発展的に進めながら、卒業生等を対象とした「海洋関連ソサエティーへのフィードバックが期待できる人材バンクの構築」に向けた活動を実施している。本シンポジウムでは、以上の概要とともに、2017年度にUNIDO、国際海事機関（IMO）、東南アジア漁業開発センター（SEAFDEC）でのインターンシップに参加した3名の学生の成果を報告する。

機関名		派遣地域	派遣学生数 / 年度			
			2014	2015	2016	2017
連携機関	国際連合食糧農業機関 (FAO)	ローマ	2	1	—	—
		モーリシャス	—	—	1	—
	国際水路機関事務局 (IHB)	モナコ	1	—	—	—
	太平洋津波警報センター (PTWC)	ホノルル	1	1	—	—
	国際津波情報センター (ITIC)	ホノルル	1	1	—	1
	国際海事機関 (IMO)	ロンドン	—	2	—	2
	東南アジア漁業開発センター (SEAFDEC)	バンコク	—	1	1	2
	国際連合工業開発機関 (UNIDO)	ウィーン	—	—	4	5
	国際原子力機関 (IAEA)	ウィーン	—	—	2	1
		モナコ	—	—	—	1
ユネスコ政府間海洋学委員会 (UNESCO/IOC)	オステンド	—	—	1	—	
	ヴェニス	—	—	1	—	
一般枠	国際協力機構 (JICA)	アンティグア・バーミューダ	1	—	—	—
	アメリカ海洋大気庁/太平洋海洋環境研究所 (NOAA/PMEL)	シアトル	—	1	—	—
	アメリカ海洋大気庁/南西水産科学センター (NOAA/SWFSC)	サンディエゴ	—	—	1	1
	オーストラリア連邦科学産業研究機構 (CSIRO)	ホバート	—	—	1	—
	メリーランド大学付属 チェサピーク海洋生物学研究所 (CBL)	メリーランド	—	—	—	1
合計			6	7	12	14

# 地球温暖化問題における国際機関の役割

瀧川 翼 (理学系研究科 修士課程 2年)

## 1. 背景と目的

国際連合工業開発機関 (UNIDO : United Nations Industrial Development Organization) は開発途上国における包摂的で持続可能な産業発展を目指し、政策アドバイザーや技術支援、調査業務などを行っている。私は 2017 年 9 月 17 日から 2018 年 3 月 11 日までの日程で、UNIDO の Department of Energy, Climate Policy and Partnerships Division にてインターンシップを行った。

私は地球惑星科学専攻にて海洋循環の長期変動や気候変動の物理的メカニズムについて研究しており、地球温暖化の解決に携わるキャリアを歩みたいと考えている。本インターンシップでは、温暖化問題の適応・緩和を推進する国連機関での業務を経験するとともに、温暖化問題において重要なエネルギー分野の開発現場に携わることを目的として参加した。

## 2. 活動内容

インターンシップでは主に 3 つの業務に携わった。

- 1) COP23 におけるイベント運営・アウトリーチ : 国連気候変動会議 (COP23) にて UNIDO が開催するサイドイベントの運営、事務局長のスピーチ準備などの担当。
  - 2) エチオピアにおける再生可能エネルギー施設導入 : 企画書作成。
  - 3) Vienna Energy Forum 2018 の準備 : 講演者の招待、共同開催者との調整業務。
- 本報告では特に 2) について成果を発表する。

## 3. 成果

エチオピアにおける再生可能エネルギー導入プロジェクトでは、廃棄物発電施設導入に向けた予算申請に携わった。エチオピアでは産業廃棄物の不十分な処理によって温室効果ガス (GHG) が排出され、さらに廃棄物汚染水が周辺環境と住民の健康に悪影響を及ぼしている。そこで、廃棄物を燃料とした発電システム導入により、公衆衛生の改善と GHG 排出削減、電力供給の三点を推進することを目指した。

まず本プロジェクト実施の妥当性を把握するため、現地の廃棄物処理や電力不足の現状について調査した。その結果、本プロジェクトの目的が UNIDO の長期的な戦略と合致することが明らかになった。これをもとに、従業員の雇用等も含めた発電施設導入のスケジュールを検討したが、私は特にプロジェクトの失敗要因となるようなリスクとその対応策の提案を担当した。

提案した中で主なものとして、女性や若者の Empowerment (能力強化) が挙げられる。具体的には、産業廃棄物による被害を最も受ける彼らの生活水準を向上させ、施設導入により女性の雇用が確保されるための評価基準を提案した。これらの提案を含めて企画書作成に携わり、実際の予算申請に用いられるに至った。

## 4. まとめ

途上国へのエネルギー施設導入に関して予算申請のほぼ全ての過程に携われたことは貴重な経験であった。また、これらの業務を通して国際機関の役割を体感したことは、今後のキャリアを考える上で大きな収穫となった。

# 海事分野の法規制において IMO が果たす役割

奈良崎 翔太（公共政策学教育部 専門職学位課程修了）

## 1. 背景と目的

国際海事機関（International Maritime Organization、以下 IMO）は、海上の安全、船舶からの海洋汚染防止等、海事分野の諸問題における政府間協力の推進を目的として 1958 年に設立された国連の専門機関である。

私は、2017 年 10 月 5 日から同年 12 月 24 日の約 3 ヶ月間の日程で、ロンドンにある IMO の法務部でエクスターンシップを行った。IMO には、学生が自身でテーマを定めて文献調査・インタビューなどを通じて研究を進めていくインターンシップと IMO 内の部署に配属されて実際の業務補助を行うエクスターンシップの 2 種類が存在する。私は、海洋アライアンスから初めてのエクスターンシップ生として、法務部での業務に携わった。

エクスターンシップでは、1) 海洋安全保障問題に対する IMO の役割の法的分析、2) IMO の民事責任関連条約に関する研修用資料の作成、3) IMO の各種会議に関連する臨時的な調査という 3 種類のプロジェクトに携わった。本報告では特に 1 点目の業務について報告を行う。

## 2. 活動内容

本プロジェクトは、第 30 回 IMO 総会において締約国から与えられた質問（西インド洋及びアデン湾地域における海賊及び武装強盗の抑止に関する改正行動指針（ジッダ改正行動指針）における IMO の役割）への対応に必要な調査を行うことが目的であった。私は、ジッダ改正行動指針に基づく対応を含むより広い海洋安全保障問題に関する IMO の業務・役割が、IMO 憲章の下で規定される任務との関係でどう位置付けられるのかについて、法的な視点から分析を行った。具体的には、法務部スタッフとのディスカッションや助言に基づき、上記テーマに関する分析報告書及び要約文書を作成した。

## 3. 成果

本プロジェクトを通じて、海上における船舶の航行に対する不法な行為の防止に関する条約及びその改定議

定書（SUA 条約及び SUA 条約改正議定書）、国際船舶港湾施設保安コード（ISPS コード）、西インド洋及びアデン湾地域における海賊及び武装強盗の抑止に関する行動指針（ジブチ行動指針）、ジッダ改正行動指針といった IMO の条約や行動指針の成立背景を調査し、IMO の役割が IMO 憲章に規定される任務と整合的か否かを分析した。分析にポイントになったのは、IMO 憲章に規定される「海上保安（maritime safety）」に IMO の役割の法的根拠を見出せるか否か、また国連や他の関連機関との間で任務の付託や任務における協力が現状で行われているか否かという点などであった。

上記の条約や行動指針の成立背景に関しては、国連総会決議、国連安全保障理事会決議、IMO 総会決議、IMO 理事会における文書、他の国際機関（FAO、ILO、UNODC）と IMO 共同合意・約束・覚書を参照し、分析を行った。

分析を通じて、海賊行為に代表される船舶や船員への暴力及び破壊行為などの海上不法行為の取り締まりに係る IMO の役割には、法的な根拠を見出すことが出来た。他方で、特にジッダ改正行動指針に規定されるような IMO の任務とは直接の関連性が見出しにくい論点（IUU 漁業など）については、問題の一部を担当するよう他の関連機関と別途協定を締結することなどを通じ、問題に対処していることも明らかとなった。

最終的に作成・提出した分析報告書の要約文書は、第 30 回 IMO 総会での締約国質問への対応を目的とした法務部部長と IMO 事務局長の会議で使用された。

## 4. まとめ

IMO でのエクスターンシップを通じて、海洋安全保障問題に対して IMO が持つ役割とその影響範囲（法的側面）について理解することが出来た。上記の実務的理解に加え、法務部での経験を通じて、国際機関での業務への理解が高まり、将来のキャリアパスを明確にする意味においても非常に有意義な機会となった。

# 東南アジア地域における漁業資源の安定供給を目指した資源管理

安原 正堯（農学生命科学研究科 修士2年）

## 1. 背景と目的

東南アジア漁業開発センター（SEAFDEC）は、東南アジア地域の水産業の開発促進に寄与することを目的として設立された水産分野の地域国際機関である。その中で、SEAFDEC Training Department は漁業技術支援や資源管理等のプロジェクトを通じて東南アジア地域の水産業の振興に寄与する国際協力活動を行っている。

近年では、持続的な水産資源の利用にフォーカスした活動が、ASEAN 各国を対象として行われている。これは、東南アジア地域では水産物の資源管理や資源量の正確な調査が現状では十分に行われていないため、水産物の持続的な利用のための対策が必要であることが背景にある。そこで、地域の漁業者の組織化を通じて、漁業者による漁獲量管理や資源管理を行うことを目標とした活動が実施されている。

私のインターンシップ（2017年12月3日～2018年2月24日）では、本課題に関連して Training Department にて行われている地方漁村における漁業者たちのコミュニティ作りや漁業資源の共同管理を促進するいくつかのプロジェクトに参加した。

## 2. 活動内容

SEAFDEC の現地職員と共にタイ北東部の淡水湖 Nam Oon Dam、ラオスの首都、ヴィエンチャン近郊の淡水湖 Nam Xouang、ラオスの Khammouane を流れるメコン川支流と 3 か所のプロジェクトサイトへ足を運び、漁業者や地方政府関係者へのヒアリングによる現状把握やプロジェクトへの理解を促

進するためのプレゼンテーションを行った。各サイトでは会議の議事録の作成や意見提供も行った。

## 3. 成果

ヒアリングでは、SEAFDEC 職員を介して資源管理プロジェクトに対する漁業者への聞き取り調査等を行った。その結果、各サイトで異なる課題を抱えていることがわかった。

最初に訪れた Nam Oon Dam では比較的豊かな地域で漁業と農業を兼業している人が多いために漁業・資源管理という点に対する関心の薄さが課題であった。一方、Nam Xouang は土地がやせていて貧しい地域であることから漁業者の関心が高かった。Khammouane では、漁業資源管理だけではなく養殖や加工技術の導入も目標としていた。それらの技術導入により新たな水産業が漁村に定着することができるかどうかは課題である。

これらのことから、漁業者の資源の利用に対する意欲の高さや漁業者間の連携によって漁業管理の成果が大きく影響することが最大の課題であり、広範囲で統一したルール整備が必要であると考えられた。

## 4. まとめ

本インターンシップにおいては、実際に進行中のプロジェクトへの参加によって、東南アジアにおける漁業管理の現状とその課題に対する国際機関の役割を深く学ぶことができた。この経験は将来に向けてとても有意義であったと感じている。



**【問い合わせ先】**

海洋アライアンス事務局

〒113-0033 文京区本郷 7-3-1

TEL (03) 5841-4682

E-mail: [ocean\\_alliance@oa.u-tokyo.ac.jp](mailto:ocean_alliance@oa.u-tokyo.ac.jp)