

気候変動下における水産業の未来

ワークショップ報告書

2021年7月

開催概要

「気候変動下における水産業の未来 (The Fate of Fisheries in a Climate Changed World)」は、EDFの海洋チームが企画・主催した2日間のオンライン・ワークショップです。このワークショップでは、米国と日本の専門家が集まり、気候変動が漁業や海洋生態系に与える影響について議論しました。より優れた科学と順応的管理によって気候変動に対する漁業の復元力（resilience/レジリエンス）を高めることに焦点を当て、科学的、社会的、経済的な観点から議論が行われました。

このワークショップは、米国東部時間7月20日と21日の夜（日本時間7月21日と22日の朝）に開催されました。エンバイロメンタル・ディフェンス・ファンド（EDF）、米国海洋大気庁（NOAA）、国立研究開発法人水産研究・教育機構（FRA）、水産庁（FAJ）の代表者など、米国と日本から80名近くの科学者や指導者が参加しました。

ゴールとテーマ

このワークショップを開催する最大の目的は、日米の科学者間の国際的な協力関係を促進することでした。気候変動が世界中の漁業の健全性と安定性に大きな影響を与えていること、また、気候変動の影響がより顕著になるにつれ、この課題はさらに激化するであろうことが認識されつつあります。一部の国では、漁業管理において気候変動に対する復元力を重視し始めていますが、気候変動の影響はまだ比較的新しく、進展途上の現象であるため、ほとんどの国では管理計画を策定する際に考慮していません。世界の漁業の健全な未来を確保するためには、気候変動に対する復元力を意識した漁業管理をより大きな規模で実施することが必要であることは明らかです。

また、このワークショップが、大きな排他的経済水域（EEZ）を持ち、漁業に大きな経済的依存をしている2つの主要な漁業国である米国と日本の間で開催されたのは、必然です。両国が管轄する海域の広大さと、熱帯から亜寒帯（米国は北極）までの縦断的な広がりを考えると、気候の影響は避けられず、場合によっては深刻なものとなるでしょう。このような影響を軽減するためには、来るべき変化をよりよく理解し、データギャップを特定し、協力していくことが重要になります。米国と日本の専門家は、他の国が同様の課題に直面したときに参考となるよう、この分野でリーダーシップを発揮する態勢を整えています。さらに、日本の国会議員は、先見の明ある改正漁業法を近年可決しました。この法律により、科学的根拠に基づく漁獲制限で管理される漁獲量の割合が増加し、資源評価の対象がすべての商業資源に拡大されることとなります。したがって、

日本の科学者が互いにコミュニケーションをとり、米国の組織と協力して、この改正法が気候変動に強い方法で完全に実施されるようにすることが特に重要なのです。

本ワークショップの目的は、1) 太平洋の漁業が直面している気候変動に関連した課題について共通の理解を深めること、2) 日米の科学者間で知識の共有と対話を促進することによって、より高度で明確な理解と協力関係を構築することです。

本ワークショップでは、このような幅広い目的のもと、次のことについて議論を促進させました。1) 漁業を変化に対応させるためのより効果的な気候予測法の開発、2) よりよい管理を実現させる上で鍵となるデータギャップの特定と解消、3) 国際的な協力が価値を生み得る実践分野の特定（例：米国と日本のデータをプールして大規模なモデリングを行い、それを各国が現地の情報と合わせて活用する）、4) 将来のパートナーシップに向けた、両国の科学者間の新たなつながり作りと既存の関係の深化。これらのねらいを念頭に置いて、ワークショップは参加者間の交流を最大化するように設計され、各日とも講演者による講演の後に質問の機会が設けられ、最後に長い質疑応答とディスカッションの時間を設けました。

講演の概要

1 日目

リーダーによる開会挨拶

ワークショップは、出席した各団体のリーダーの挨拶で始まりました。EDFの海洋・生態系担当シニア・バイス・プレジデントのエリック・シュワブ博士は冒頭で、収入源や栄養源として海がいかに重要であるかを述べました。特に太平洋地域は、世界有数の漁獲量を誇り、また、最も強力な漁業国が位置すると続けました。シュワブ博士は、世界中の漁業が気候変動に適応する必要があるとはいえ、それは場所によって異なるため、地域ごとに管理を効果的に行うために科学者が答えなければならない重要な問いがあると強調し、こう述べました。「私にとっては、これがこのワークショップの主な問いです。太平洋の漁業はどのように変化しているのか？どのような追加のストレス要因が来るのか？これらの疑問を理解するためには、どのようなデータが必要なのか？科学的な理解を深め、それを使って変化する漁業をより効果的に管理するためには、国境を越えてどのように協力していけばよいのか？」

続いて、NOAA 海洋漁業局のサイエンス・プログラムディレクター兼チーフ・サイエンスアドバイザーであるフランシスコ・ワーナー博士が登壇しました。ワーナー博士は、生産性、

加入、生存率、種の移動に対する気候の影響が、予測よりもさらに急速に生じていると指摘しました。また、漁業コミュニティに対する社会経済的な影響もより高い頻度で生じ始めていること、このような影響の数、割合、大きさは、時間とともに増加する可能性が高いことに言及しました。これらの課題は、NOAAが持続可能な漁業と保護種の保全という任務を果たすことを困難にしているとして、リスクを軽減し、復元力を高めるために最近発足した「気候と漁業イニシアチブ (Climate and Fisheries Initiative)」を紹介しました¹。このイニシアチブは、新たな投資とパートナーシップを提供し、より良い管理を促進する重要なデータを生成することでイノベーションを促進します。ワーナー博士は最後に、この課題を解決するためには、国際的なパートナーシップと協力が不可欠であることを強調して、次のように述べました。「私たちの前に立ちはだかる課題は、一組織や一国が取り組むことのできる範囲をはるかに超えています。このワークショップの重要性は、私たち全員に影響を与える気候変動の課題に対処する上で必要なステップを共に踏むべく集まったことにあります」。

続いて、水産庁長官の神谷 崇氏が登壇しました。ワーナー博士と同様、神谷氏も海流や水温などの気候変動による魚の分布の変化、産卵場所の移動、加入率の低下などの課題を指摘しました。さらに、漁場が遠くなったり、特定の資源のバイオマスが減少し始めたりすることの、漁業者や漁業コミュニティに与える影響についても言及しました。神谷氏は、将来の影響を理解する上で科学が役立つ可能性を強調し、復元力を育む的確な管理が可能になると述べました。最後に、国際的な協力の重要性と、今回のワークショップが重要な課題の議論を始める好機であることを再度強調しました。神谷氏は次のように述べました。「環境変化の影響を受ける資源を効率的かつ持続的に利用するためには、まず、調査・研究に必要な科学的資源を確立し、環境変化が海洋資源に与える影響を確認する必要があります。これは難しいことですが、将来に向け、環境変化のメカニズムを研究し、将来起こりうる変化を予測し、その結果に基づいてどのような管理があり得るか考えることは有益であります。」

国連食糧農業機関 (FAO) の漁業・農業部門の部長であるマヌエル・バランジ博士が講演を行いました。バランジ博士は、消極的行為の最大の原因は、科学の不在ではないと語りました。「行動はリスクを伴い、慎重に検討されるものです。多くの場合、消極的行為は意思決定者が直面する複雑さの結果であり、知識そのものの欠如ではありません。」バランジ博士は、意思決定に役立つより正確な科学を求めながらも、常に進化し続ける気候変動の分野では、知識が完全に揃うことはないため、知識だけを頼りに行動することはできないと強調しました。また、バランジ博士は、適応型管理の機会を最大限に活用することの重要性を強調しました。「気候変動と漁業の影響はゼロサ

¹<https://www.fisheries.noaa.gov/topic/climate-change#noaa-climate-and-fisheries-initiative>

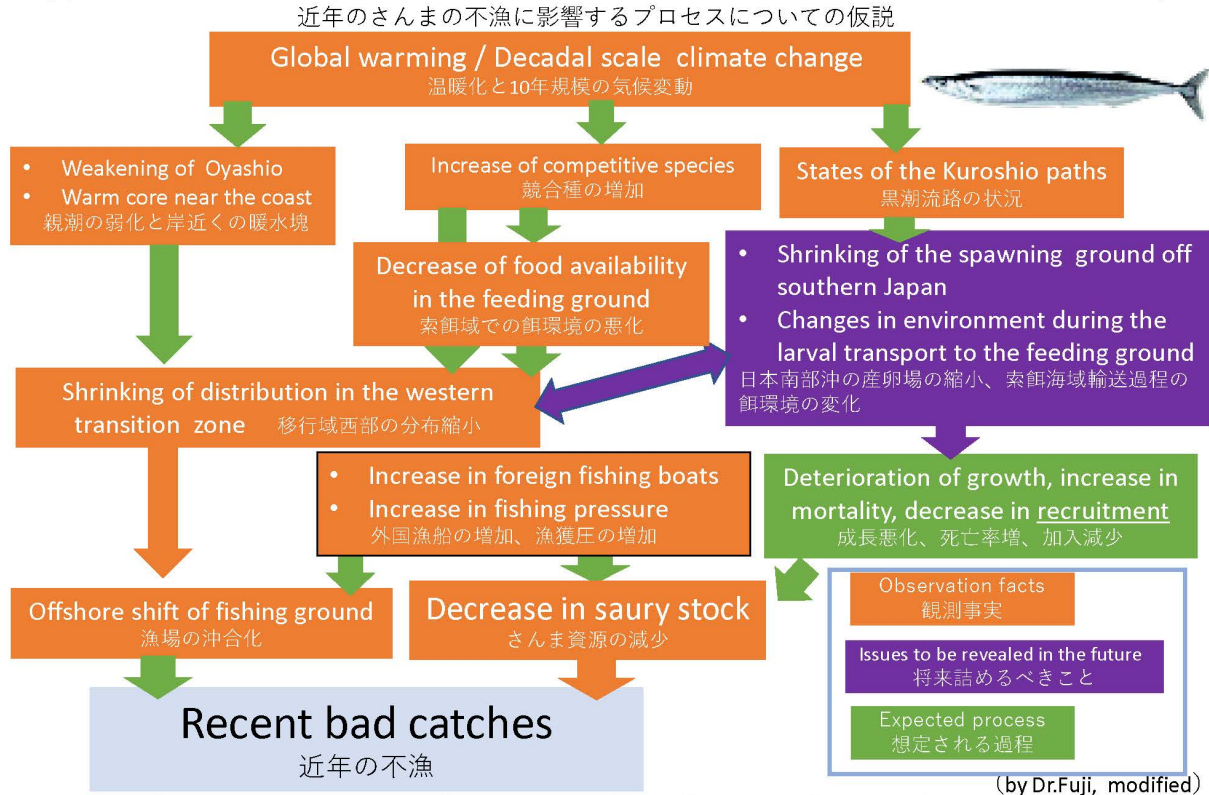
ムゲームではなく、被害の最小化や現状維持のためのものでもありません。機会を最大限に活用することが大切です。ある種の生物に対し、生息分布を変えないように説得することはできません。しかし、私たちの対応を最大化するという点では、多くのことができるのです」。最後にバランジ博士は、これまでの漁業管理で目標とされてきた安定性の管理ではなく、変化のための管理が通常となるような段階へと移行してきていると強調しました。

講演

1日目の講演では、気候変動に起因する課題に対処する上で欠かせない重要な問いについて検討が行われました。主な問いは次のとおりです。気候変動が漁業にどのような影響を与えているかという点、ならびに、現在の科学で何がわかるのかという点において、各国が緊急に何を知る必要があるのか？科学の現状はどうなっているのか？そしてそれはどこに向かっているのか？どこに致命的なデータギャップがあり、それをどのように埋めることができるか？

今回の講演者の中では、まず、国立研究開発法人 水産研究・教育機構 理事の中田薫博士が登壇しました。中田博士は、日本におけるシロザケの漁獲量の減少を例に、地域的な気候変動が漁獲量の減少につながるメカニズムを理解することの重要性を説明しました。科学者たちは、どのメカニズムが主因なのか（加入の失敗の問題なのか、それとも分布の変化の問題なのか？）という仮説を立てていますが、中田博士は、これらの疑問に答えるためにどのような種類のデータ・サイエンスが必要なのかに焦点を当てました。下の講演スライドは、漁業管理者が適切な対策を講じる上で理解しなければならない事柄として、大規模な地球温暖化が具体的な地域に影響を及ぼしていることを示すイラストです。

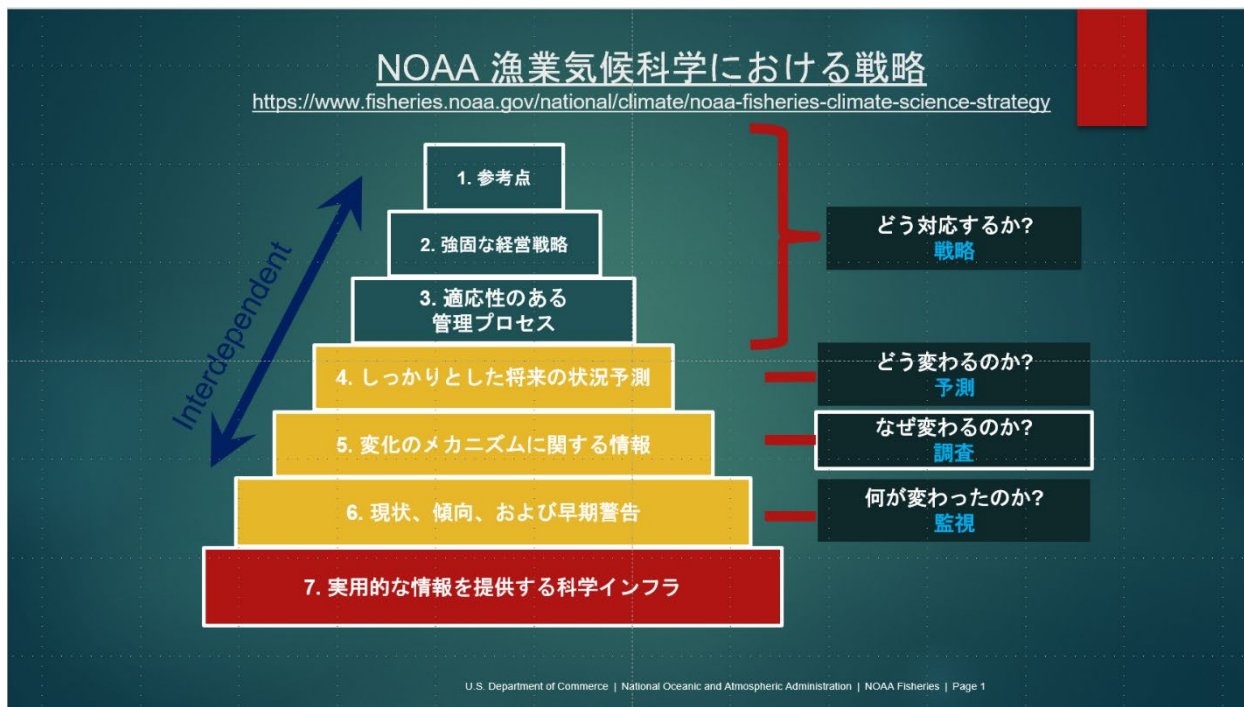
Hypothesis on the processes for the recent bad catch for Pacific saury



- Various processes relevant to the climate change have acted
気候変動と関係する様々な現象が作用

続いて、NOAA アラスカ漁業科学センターのアン・ホロウド博士が登壇し、物理モデリングの結果を管理戦略に生かす「意思決定支援システム」を構築することの重要性について述べました。ホロウド博士は、科学的なモデリングと観測の基盤が、管理レベルでのより効果的な対応につながることを説明しました。具体的には、最先端の短期的予測と生態系の長期的予測を提供する NOAA 横断型の運用モデリングおよび意思決定支援システムであるところの Climate and Fisheries Initiative (CFI) について述べました。これは、「NOAA Fisheries Climate Science Strategy」²から引用した NOAA の7段階スキームのうち、管理レベルと戦略レベルに直接貢献するものです（下図参照）。

²<https://www.fisheries.noaa.gov/national/climate/noaa-fisheries-climate-science-strategy>

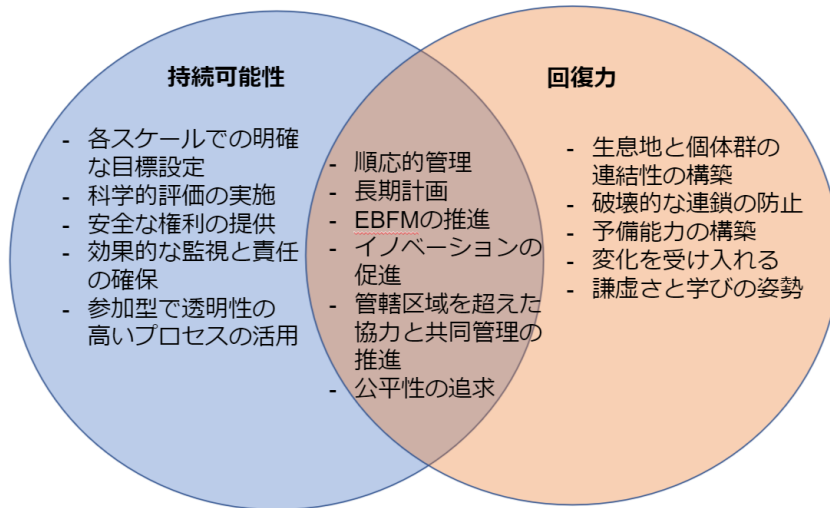


1 日目最後の講演者は、EDF の海洋科学担当シニア・ディレクターであるクリスティン・クライスナー博士です。クライスナー博士は、EDF の持続可能な漁業への取り組みの歴史を説明し、社会生態学的ならびに政治的に異なる状況下で漁業管理を改善するには、異なる種類の科学的作業が必要であるという主旨を強調しました。クライスナー博士は続いて、復元力 (resilience/レジリエンス) の定義を次のように述べました。

「気候変動やその他のストレス要因が時間の経過とともに予測不可能な相互作用を
 する中で、社会生態学的システムが人間と自然の幸福を支えるために回復、適応、建設
 的な変革を行う能力」。クライスナー博士は、以下のベン図を用いて、持続可能性と
 復元力が異なるが重なり合う原則であること、そして持続可能性と復元力の両方を備え
 た漁業とはどのようなものかを示しました。クライスナー博士は、EDF が漁業改革で
 目指している次の 5 つの気候変動に対する復元力を養う道筋 (resilience pathways) を詳
 しく説明しました。1) 効果的な管理とガバナンスの確立と推進、2) 変化に備えた計
 画、3) 国境を越えた協力の強化、4) 生態系と制度の健全性の向上、5) 公平性と公正
 性の原則の貫徹。最後に、フンボルト海流の生態系に関するケーススタディが紹介さ
 れました。この生態系では、海洋観測・予測・早期警報のための包括的なシステム

(SAPO) を開発することで、前掲の道筋の多くが組み合わせられています。クライス
 ナー博士は、適切なスケールのデータを収集することが、時と場所に応じて適切な情報を
 判断するための鍵となることを特に指摘しました。

持続可能な管理 + 回復力 = 気候対応力



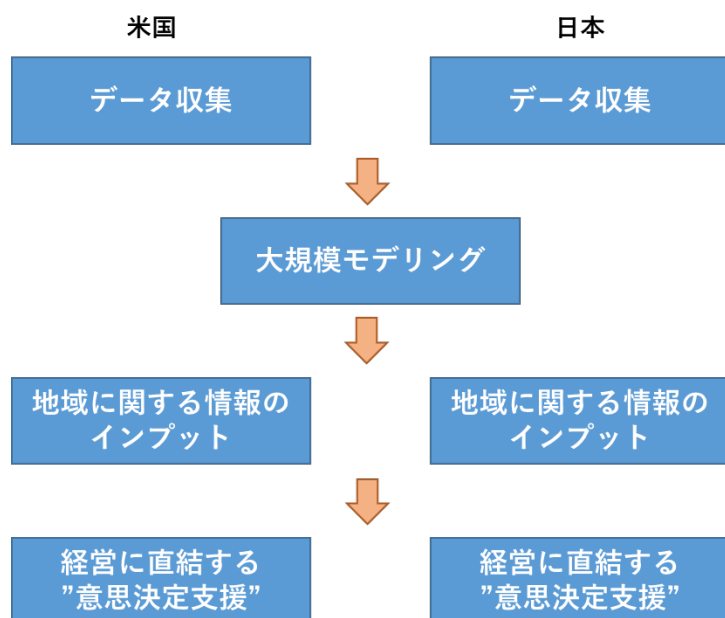
最後に、元 国立研究開発法人 水産研究・教育機構理事長の宮原正典氏は、各発表について意見交換を行いました。宮原氏は、各発表の共通点を指摘した上で、基礎となる科学の重要性のみならず、その科学を漁業管理のための実用的な情報に変換する必要性を強調することで、各発表をまとめました。

2 日目

ワークショップの2日目は、1日目のテーマを受けて、各国がどのようにして科学を進展させ得るか、また、どのようにモデルを時間的・空間的に漁業管理者に適合させ得るかに焦点を当てました。また、この分野では避けて通れない科学的な不確実性を、多国間の協力によってどのように扱うことができるかにも注目しました。

セッションはジョン・ミミカキス博士によって開始され、前日に議論されたコンセプトの概要が説明されました。ミミカキス博士は、特に講演者間の類似性を引き出すことに重点を置き、一例としてホロウド博士のスライドを逆さまにし、ホロウド博士の論理と中田博士の論理の間に多くの類似性があることを指摘しました。そして、両氏のアプローチは、1) 大規模な影響を予測するためのデータ収集とそれに続くモデリングや分析から始まり、2) その結果をダウンスケールしたり、地域に関わる情報（地域の経済

的・社会的情報など) と組み合わせたりして、3) 地域に密着した管理上のアドバイスを考え出す、というものでした。(これらのステップは、EDFの「FISHE」プロセスにも似ています。これは、データが十分に無い漁業が気候変動に強くなるための計画を策定する際の段階的な手順です。) 異なる講演者のアイデアの類似性やパターンを強調することで、日米間の協力に向けた重要な可能性に注目が集まりました(以下の図を参照)。



講演

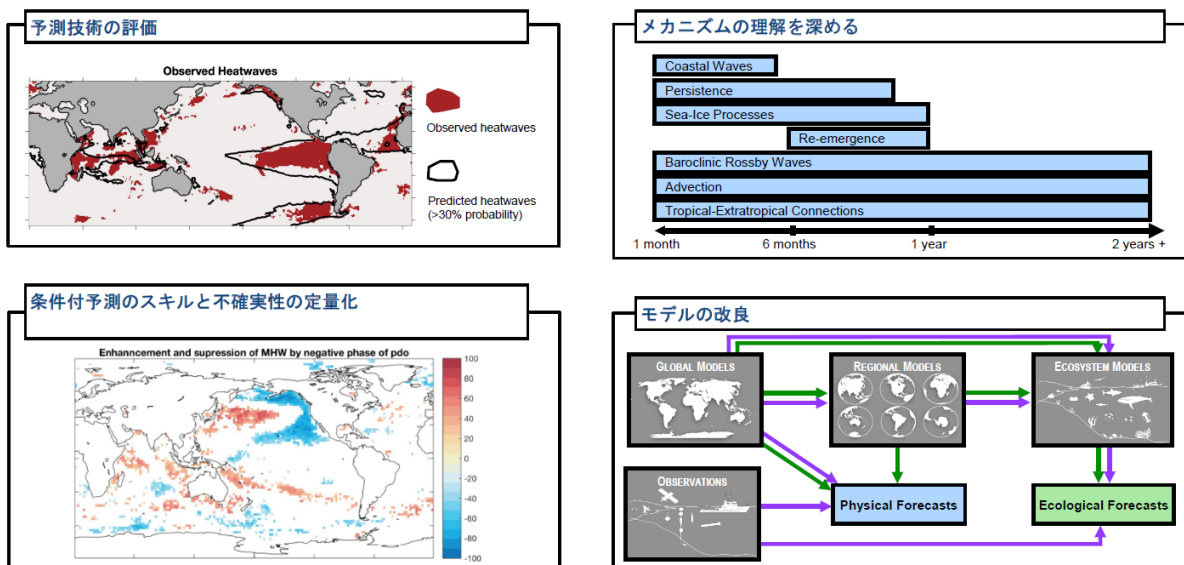
次に、NOAA アラスカ漁業科学センターの漁業生物学研究者であるカースティン・ホルスマン博士が登壇しました。ホルスマン博士は、適応策を実施する上での課題として、ベースラインの変化や気候変動による災害の不確実性、適応策の成果が出るまでの時間が長いこと、成果の帰属を評価することの難しさ、反事実的なシナリオへの対応などを挙げました。これらの懸念は、参加型アプローチを重視した漁業審議会(または同様の管理機関)との繰り返しの取り組みによって、部分的には解決することができます。ホルスマン博士は、アラスカ気候統合モデリング・プロジェクト(ACLIM)の文脈で、この参加型アプローチについて語りました。このプロジェクト³は、地球規模の気候と社会経済的予測に関する研究を、地域循環モデルや生物学的モデルなどと結びつける取り組みです。ホルスマン博士は、種ごとの管理と生態系に基づく対策を組み合わせるこ

³<https://www.fisheries.noaa.gov/alaska/ecosystems/alaska-climate-integrated-modeling-project>

とは、漁獲量を安定させ衰退を防ぐという意味で、復元力を高めるために非常に重要であると強調しました。

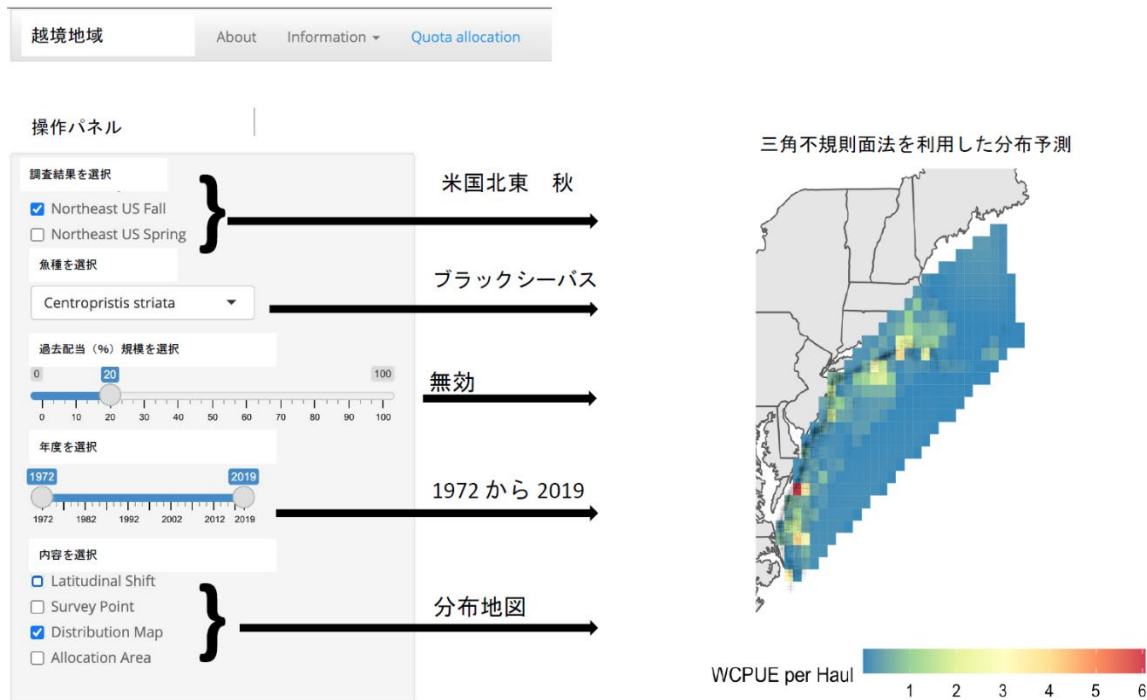
ホルスマン博士に続いて登場したのは、NOAA 南西部水産科学センターおよび地球システム研究所の海洋物理学者、マイク・ジャコス博士です。ジャコス博士は、海洋熱波（海が異常に暖くなる期間）に焦点を当て、いつどこで熱波が発生するのかの予測において、科学者はどのようにして予測を改善できるのかを説明しました。ジャコス博士は、物理学的予測や生態学的予測を行うための一連のモデルと予測を紹介しました。また、海洋生態系の予測を可能にする物理的プロセスについても理解が深まっているとして、これらのプロセスが何であるか、その時間スケール、どこに発生しているかを理解し、これらの要素をどのようにモデルで表現するかが重要であると強調しました（すでに予測技術は大きく向上しています！）。概して、極端な現象の予測精度を向上させるためには、複数の道筋があるとのことでした（以下の図にまとめられています）。

極端な現象の予測を進展させる道筋



続いて、EDFの海洋プログラムの研究開発担当シニア・ディレクターであるロッド・フジタ博士が、変動する漁業資源の配分に関する決定（一般的には政治的な課題と考えられている）に科学的な根拠を与えるツールについて発表しました。フジタ博士のプロジェクトは、利害関係者間の対立と、それに起因する乱獲を減らすことを目的としています。過去の資源の分布を再構築し、さまざまな配分式を検証するために、過去の漁獲量やバイオマスの変化など、さまざまな要素に異なる重みをつけることができ、さらに、それぞれの配分式によってもたらされたであろう社会的・経済的影響を測定し、その利益を最適化することができます。このプロジェクトでは、主に米国東海岸のブラックシーバスとサマーフラウンダーに焦点を当てています。これらの代替割当政策は、透明性

を高め、交渉・取引コストを削減し、将来の割当に関する不確実性を低減することができます。ツールは以下のようなものが考えられます。



最後に、黒田寛博士（国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産資源研究所 海洋環境部 寒流第1研究グループ グループ長）と米崎史郎博士（国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター 社会生態システム部 副部長）が、親潮の弱体化について2部構成で発表しました。黒田博士は、親潮と北太平洋の亜寒帯循環との関係について述べました。また、海面水温の10年単位の冷却を、地域性や季節性の観点から、従来型ではなく非従来型の変化として理解する必要があると強調しました。米崎博士は、海流の弱まりが水産資源の変化につながっていることを指摘しました。具体的には、親潮の影響を受けたスルメイカの漁獲量の減少やサンマの分布の変化などについて説明し、今後の課題（気候変動に対する魚類資源の応答に係るモニタリング、不確実性を考慮した資源評価の実施、持続的な漁獲を行うための複数種管理など）について述べました。

全体ディスカッションと質疑応答

参加者は、議論のきっかけとなるいくつかの重要な質問について考えを巡らし、ワークショップ終了後の行動について提案するよう求められました。全参加者に質問が投げか

けられ（特に発表者は発言を求められ）、全員が議論の軌跡をはっきりと分かるよう回答は Miro と呼ばれるバーチャル・ホワイトボードに記されました。

ワークショップ 2 日目の最後に行われたディスカッションセッションで出された最初の質問は、「**気候に関連する漁業の課題に対処するために最も緊急に必要なものは何か?**」でした。ホルスマン博士は、気候変動やリスクを予測し、伝えることができるチーム作り（意思決定が公平に行われるよう、複数のステークホルダーの視点を含む）と答えました。この持続的な協力的チームワークこそが、着実な変化を早いペースで起こすことができるということです。ジャコス博士は、新しい気候シナリオの下での状況を予測するためにデータを外挿するには、物理的变化と生態系の反応をよりよく理解する必要があると答えました。フジタ氏は、戦術的な適応管理のアドバイスが最も緊急に必要なだとの考えを示しました。たとえすべての情報がまだ集まっていなくても、すでに資源が枯渇し、対立が生じている今、計画を立てて行動することが重要だとの理由です。黒田博士は、将来の予測精度を高めるためには、様々な時間スケールでの変化をより深く理解する必要があると答えました。最後に米崎氏は、複雑な現象をステークホルダーに伝える方法を改善すること（より多くのコミュニティが情報にアクセスでき、明確に理解できるよう、資源の変動を単純化して説明できるようにすること）が最も急務であり、これによってより多くの漁業者が行動に参加できるようになると述べました。

全参加者に投げかけられたもう一つの質問は「**障壁を克服し、ニーズを満たすための国際協力の機会は何か?**」というものでした。参加者である NOAA のステファン・ボグラッド博士は、協働を促進する場として「国連海洋科学の 10 年」を挙げました。NOAA が主催する SUPREME（生態系の予測可能性に焦点を当てたプログラム）や SMARTNET（ICES と PICES の共同作業）など、いくつかのプログラムの存在を紹介し、ボグラッド博士は、これらのプログラムが、各国間の対話を促進する手段になり得ると述べました。また、カースティン・ホルスマン博士は、気候変動と海洋生態系に関する ICES-PICES の戦略的イニシアチブに言及し、その目的は、気候から管理活動までの統合モデリングを調整にあると紹介しました。<https://meetings.pices.int/members/sections/S-CCME> 最後に、ライアン・ルカツェフスキー博士は、米国と日本は、世界中からデータを収集することを目的としたグローバルな海洋学プログラム（生物地球化学的な ARGO など）に、すでに大きな貢献をしていると述べました。

セッションの成果と次のステップ

「気候変動下における水産業の未来」ワークショップは、日米協働の重要な第一歩となりました。本ワークショップでは、幅広い分野の科学者や学者が集まり、気候変動に強

い漁業の構築に向けた重要な対話が行われました。各講演では、親潮の流れが弱くなったことで日本のアオリイカの年間漁獲量が減少したことについての詳細な説明（米崎氏）や、資源分布が変化した場合の配分決定に科学的根拠を与える計算式（フジタ氏）など、複雑な課題のいくつかの側面についてユニークな視点が参加者に提供されました。基調講演、開会・閉会の挨拶と8つの講演は、全体として、気候変動に強いマネジメントの課題と解決策の可能性を、具体的に描き出しました。また、講演の内容だけでなく、チャットや質疑応答での参加者同士の議論によって、科学者の間では知識の普及が図られました。FAJ、FRA、NOAA、EDFの間の継続的なパートナーシップが強化され、これらの組織の科学者間の継続的な関与が期待されます。

中でも、具体的な次のステップがいくつか議論されました。ひとつは、NOAA 海洋漁業局、FAJ、FRA、EDF のスタッフからなる科学者のワーキング・グループを立ち上げ、関心の高い主要なテーマについて調整すること。また、科学的な議論を行うワークショップを定期的で開催し、中国などの主要国の科学者にも参加を呼びかけることです。漁業管理の仕事は、特に海の状態が急速に変化している時代には、国境を越えた国際的なものにならざるを得ないからです。ワークショップの主催者は、今後、この2つの提言について検討していく予定です。

講演プログラム

1日目:

開会挨拶

- エリック・シュワブ（EDF 海洋・生態系担当 上級バイス・プレジデント）
 - 開会挨拶
- フランシスコ・ワーナー（NOAA 海洋漁業局 サイエンス・プログラムディレクター兼チーフ・サイエンスアドバイザー）
 - リーダー・ステートメント
- 水産庁長官 神谷 崇
 - リーダー・ステートメント
- マヌエル・バランジ（国連食糧農業機関 本部水産ディレクター）
 - 基調講演

講演

- 中田 薫（国立研究開発法人 水産研究・教育機構 理事）
 - 「気候変動が漁業に与える影響を理解する上で、日本が直面する喫緊の課題」
- アン・ホロウド（NOAA アラスカ漁業科学センター 上席研究員）
 - 「気候変動が漁業に与える影響を理解し、長期、中期、短期の意思決定に情報を提供する米国における取り組み」
- クリスティン・クライスナー（EDF 海洋科学部門シニア・ディレクター）
 - 「気候変動に強い漁業の実現」

意見交換

- 宮原正典（元 国立研究開発法人 水産研究・教育機構理事長）
 - 宮原氏の進行によるディスカッション

二日目:

冒頭挨拶

- ジョン・ミミカキス（EDF アジア太平洋地域海洋担当ヴァイス・プレジデント）
 - 1日目の内容を紹介

講演

- カースティン・ホルスマン（NOAA アラスカ漁業科学センター、漁業生物学研究者）
 - 「漁業の長期シナリオの理解：モデリングとアドバイスの改善に向けた取り組み」
- マイク・ジャコス（NOAA 南西部漁業科学センター・地球システム調査研究所 物理海洋学者）
 - 「気候ショックの中期的予測：海洋熱波の予測改善努力」
- ロッド・フジタ（EDF 海洋プログラム研究開発部門 シニア・ディレクター）
 - 「移動する魚種資源の適応配分」

- 黒田寛（国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産資源研究所 海洋環境部 寒流第1研究グループ グループ長）
 - 「近年の極端な親潮の弱化:北太平洋亜寒帯循環との関係」
- 米崎史郎（国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター 社会・生態系システム部 副部長）
 - 「近年の親潮弱化:水産資源の分布と漁場の変化」

閉会挨拶

- 中山一郎（国立研究開発法人 水産研究・教育機構 理事長）