



資源評価のための創造的なアプローチと新たなツール

ワークショップ報告書

2021年9月

## 概要

EDF（Environmental Defense Fund: 環境保護基金）は、漁業に係るデータ収集のための新技術と創造的な解決策について情報共有を図るべく、米国時間2021年9月15日夕、日本時間では9月16日朝にオンラインワークショップを開催した。『資源評価のための創造的なアプローチと新たなツール』との主題の下に日米の専門家が集まり、画期的な改正漁業法の根拠や状況、また、データ不足下での資源評価手法や、資源評価のためのデータ収集を容易にする人工知能（AI）を用いたカメラなどの新技術について議論が行われた。本ワークショップには、EDFや米国海洋大気庁（NOAA）、日本の水産研究・教育機構（FRA）の代表をはじめ、国や県の研究機関に所属する科学者、テクノロジーや漁業データに係る業界の関係者、そして当該分野における日米の先駆者など、およそ60人が参加した。

## 背景

2020年12月に施行が開始された2018年の改正漁業法は、同法が完全に施行される2024年までに、漁獲量の80%をTACで管理することを求めている。また、同時期までに科学的に資源評価する種数を現在の100種から200種へと大幅に増やすとしている。FRAの科学者は、この新しい法律に対応する一つの試みとして、AIなどの最先端のツールを使用により漁業に依拠するデータ収集の効率化と省人化が図れるのではないかと期待している。また、加工業を含む水産業界は、魚の自動選別機を導入によって、人手の大幅な減少に対応したいと考えている。FRAは、AI技術を搭載した自動選別機の導入を支援することで、水揚げされた魚の詳細な生物学的データの収集につなげたいと考えている。このような技術導入は、海洋情報、市場情報、漁獲情報など様々なデータの流れを統合的に収集・合成することにより効率・価値・生産の向上を目指す日本のスマート漁業の発展にとって重要な構成要素となり得る。

## 目標

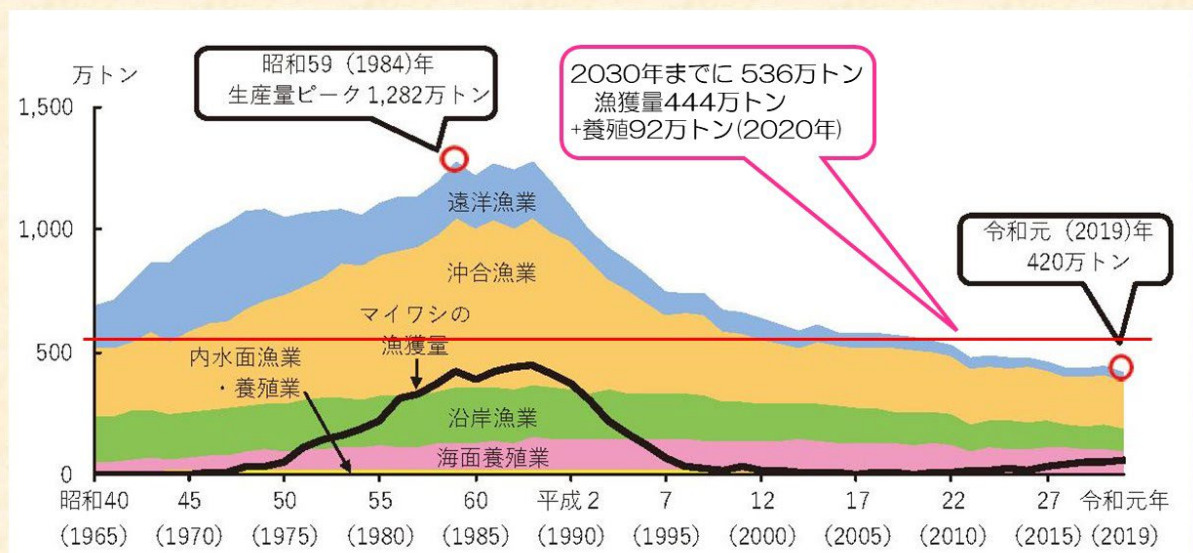
- ・ FRAが資源評価を行うためのデータ収集を強化するツールやアイデアの共有
- ・ 日本と米国または世界の水産科学者や技術専門家との継続的な関係の構築
- ・ コラボレーションのための潜在的な機会の特定
- ・ さらなる研究や今後のワークショップの論点の特定

## 発表概要

冒頭、EDF（環境保護基金）の漁業・海洋部門の日本ディレクターであるシムス・ジュッドが挨拶し、参加者を歓迎した。続いて、本ワークショップ開催背景に触れ、問題提起を行い、資源評価に反映できるデータ・ストリームを構築する上で、AIのような新しいツールに注目していると述べた。

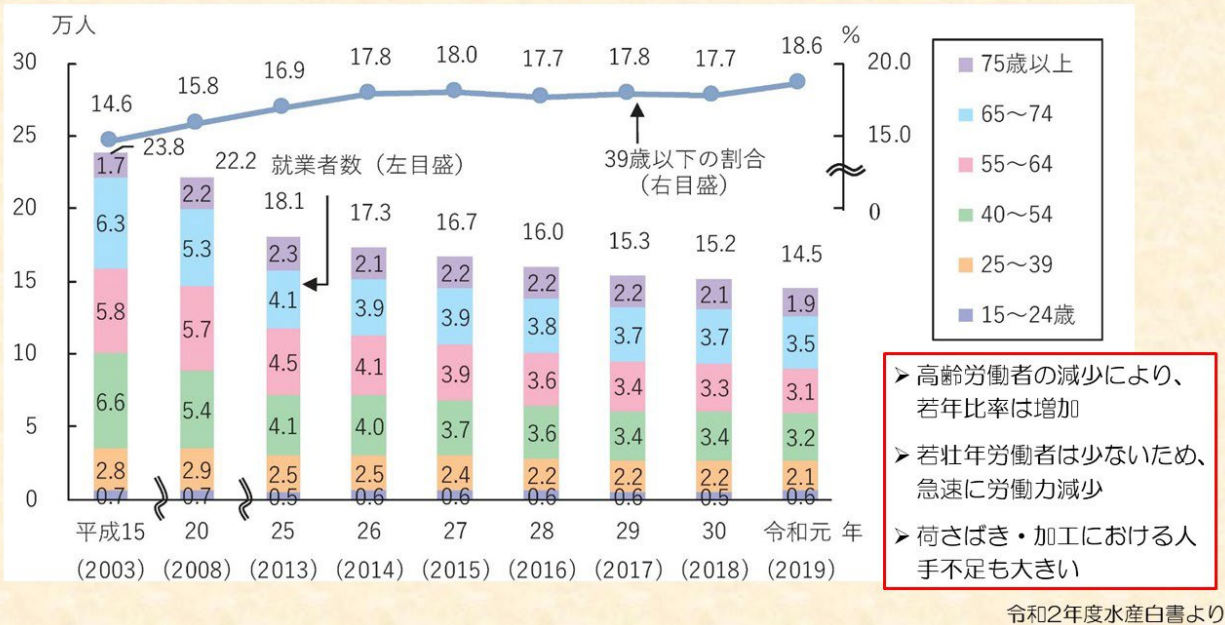
続いて、FRA（水産研究・教育機構）顧問、大関芳冲博士より、改正漁業法、FRAの責務、そして新技術がこれらの目的にどのように合致するかについて、より詳細な説明が行われた。大関氏は、『水産研究分野における画像解析技術開発ニーズ—最近の水産施策に関連して』と題する発表を行った。その中で、漁業生産量の長期的な減少や漁業就労者の高齢化といった複合的な問題が、改革の主たる動機であると述べた。

### 水産業の現状① 漁業生産量の推移



令和2年度水産白書より

## 水産業の現状② 漁業就労者数



また、日本の水産業における漁獲量・価値・効率を向上させるために必要となる資源評価や漁獲管理規制、そして最終的には特定の管理措置といったことをサポートするために、ICT技術の活用を含むデータ収集の機能強化の必要性を指摘した。大関氏は、2024年までに全国で資源評価対象魚種を200種にする具体的な目標を満たすには、魚種・体長・重量のデータをほぼリアルタイムで収集できる自動化システムの導入が必要になるだろうと強調した。

大関氏は、FRAと水産庁（FAJ）が改革を実施する上で直面する挑戦的課題として、日本で使用されている港、漁業者、漁具の種類の高さ、沿岸船と大型船の運航規模の多様性、海洋熱波や赤潮などの気候による複合的な影響などを挙げた。これらの課題は複雑であり、新技術の採用のみでは解決できないが、一方で新技術なしには解決できないだろうと指摘し、締めくくった。

大関氏に続いて、NOAA水産業ノースウエスト水産科学センターのジェイソン・M・コープ博士が『漁業管理支援における資源評価の選択肢 米国事例』と題して講演を行った。その中で、2007年のマグナソン・ステイブンス漁業保護管理法の改正により、2011年までに「漁獲されている」すべての種について評価を行うことが義務付けられたことを説明した。

数百種が管理されている西海岸では、従来型の資源評価に利用できるデータが十分にはない種が多く、評価の需要が高まっているにもかかわらず、資源評価の専門家の数は横ばいで、データと評価の逼迫が生じた。

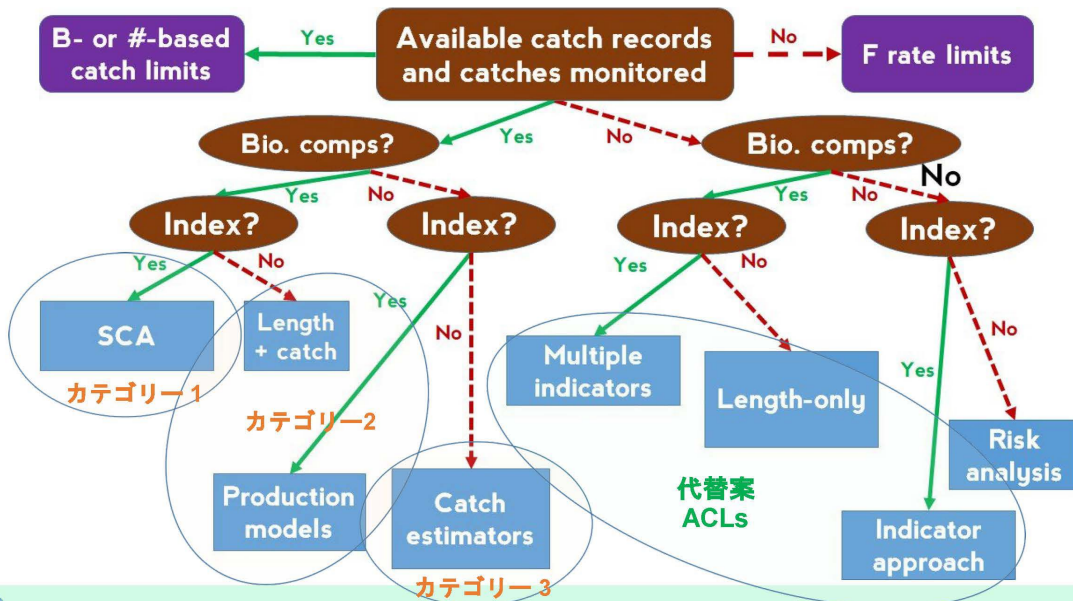
# 米国西海岸 評価カテゴリー

- 主に入手可能なデータに基づく
- モデルのカテゴリーと不確実性がリスク許容度の適用に寄与する

<b>Category 3: Data poor.</b> OFL is derived from historical catch.  <b>漁獲量のみ</b>	a	No reliable catch history. No basis for establishing OFL. Reliable catches estimates only for recent years. OFL is average catch during a period when stock is considered to be stable and close to BMSY equilibrium on the basis of expert judgment.
	b	Reliable aggregate catches during period of fishery development and approximate values for natural mortality. Default analytical approach DCAC.
	c	Reliable annual historical catches and approximate values for natural mortality and age at 50% maturity. Default analytical approach DB-SRA.
	d	M*survey biomass assessment (as in Rogers 1996).
<b>Category 2: Data moderate.</b> OFL is derived from model output (or natural mortality).  <b>漁獲量 + 長さ 又は 指標</b>	a	Historical catches, fishery-dependent trend information only.
	b	An aggregate population model is fit to the available information.
	c	Historical catches, survey trend information, or at least one absolute abundance estimate. An aggregate population model is fit to the available information.
	d	Full age-structured assessment, but results are substantially more uncertain than assessments used in the calculation of the P* buffer. The SSC will provide a rationale for each stock placed in this category. Reasons could include that assessment results are very sensitive to model and data assumptions, or that the assessment has not been updated for many years.
	e	Assessments of a complex of species cannot be designated as a category 1 assessment unless there is good evidence that the component species have very similar life-history characteristics and similar rates of biological productivity.
<b>Category 1: Data rich.</b> OFL is based on F <sub>MSY</sub> or F <sub>MSY</sub> proxy from model output. ABC based on P* buffer.	a	Reliable compositional (age and/or size) data sufficient to resolve year-class strength and growth characteristics. Only fishery-dependent trend information available. Age/size structured assessment model.
	b	As in 1a, but trend information also available from surveys. Age/size structured assessment model.
	c	Age/size structured assessment model with reliable estimation of the stock-recruit relationship.

NOAA は、漁獲許容量を削減する不確実要素をバッファーとして科学的な不確実性に対応させつつ、既にあるデータを主に活用する、多層的なアプローチを採用した。

# 評価オプション





資源評価とデータ収集のテクニカルなアプローチではないが、入手可能なデータに対応した様々な異なる評価手法に頼ることで、改正法が厳しく求めた資源評価数の増加の必要に、米国西海岸は短期間で対応することができた。

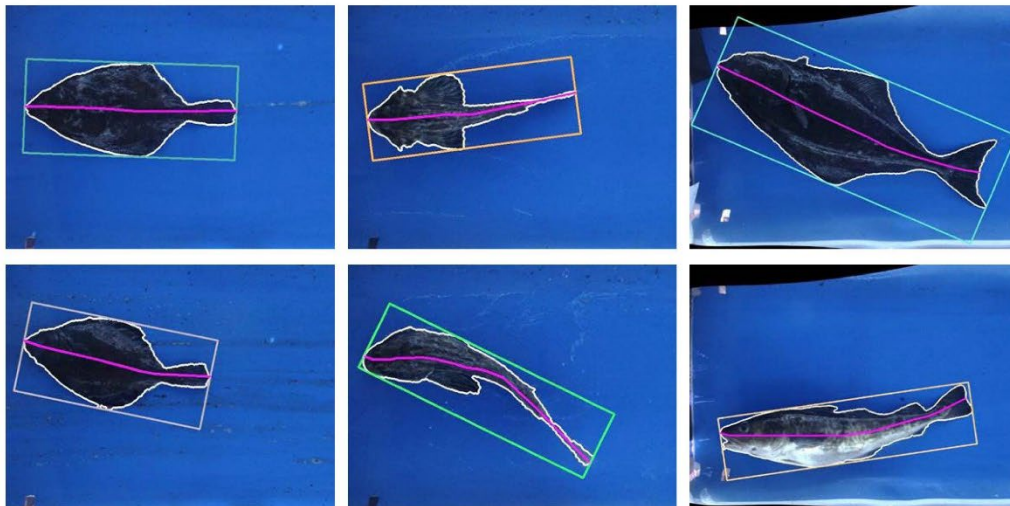
コープ氏に続き、ワシントン大学電気コンピューター工学学科のジェン・ネン・ウォング博士が『スマートオーシャンに向けた水産業のエレクトロニック・ビジュアルモニタリング』と題して講演を行った。この中でウォング氏は、水産業のグローバル価値を強調し、長期的な持続可能性のために慎重な管理が重要であると指摘した。

ステレオカメラを使った「ノータッチ・サンプリング」、AIアシストカメラを使った船舶からの直接報告、衛星や携帯電話によるほぼリアルタイムでのデータ送信など、漁業を管理する上で役立つ新しいテクノロジーを分類した。さらに、カメラと機械学習による魚種の識別と大きさの推定に焦点を当てて話を続けた。



## 魚の体長測定

- 変形のバリエーションが多い → 形態的正中線



向きの違い

湾曲

分岐した尾

9

ウォング氏はよくある問題点として、非常に類似した外観の魚、光・グレア・影、魚の重なりや湾曲率などを挙げ、その解決策を示した。最後に、すべての漁船は、漁獲物や海洋情報、気象情報

などを収集する IoT ハブになる可能性がある」と指摘した。この漁業ビッグデータは、資源保護や収益性向上に大きな力を発揮し、漁業や海洋のスマート化に向けた大きな一歩となると述べた。

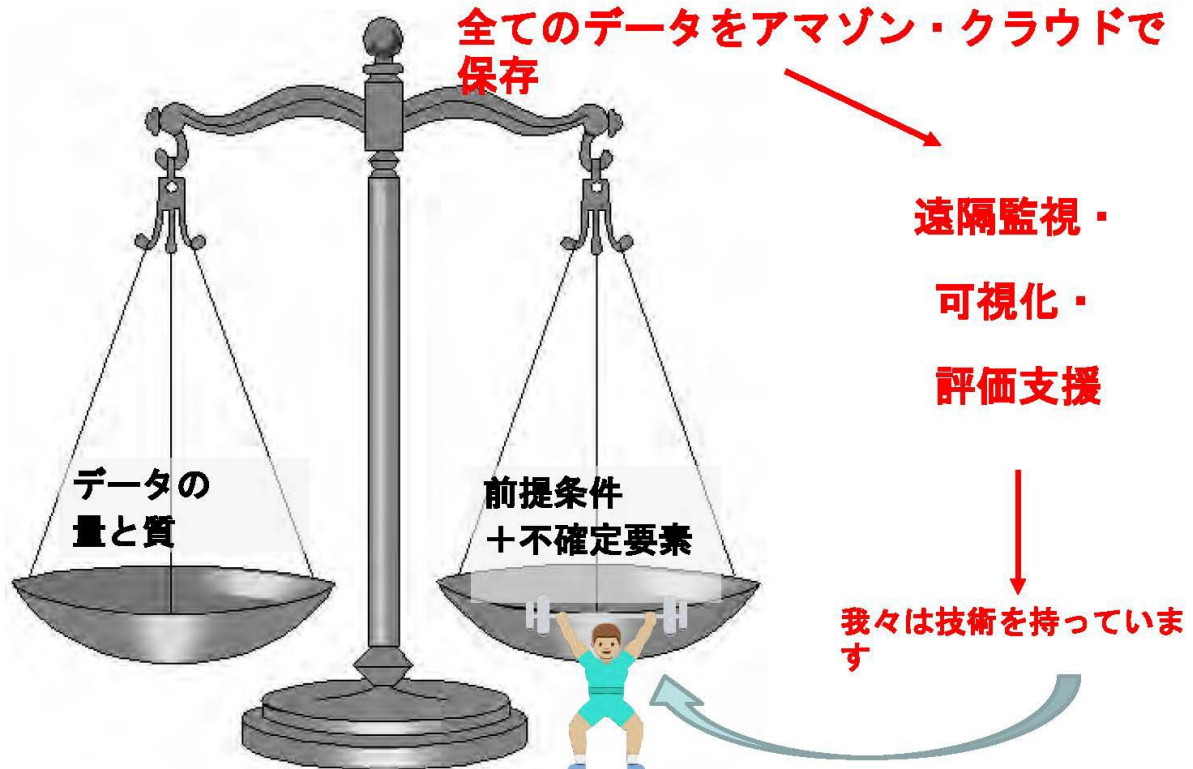
ウォング氏に続き、MER コンサルタントのトッド・ゲダマキ博士が『小規模漁業仕様のスマート測定機器とデータ・ソリューションの開発』について発表した。ゲダマキ氏はまず、従来の資源評価のアプローチについて、それらが依拠する前提などについて説明した。また、『データの入手可能性』、『漁業の価値』、『不確実性』、『さらなるデータ収集のコスト』の間でしばしば求められるトレードオフの関係を説明した。

特に小規模漁業など、データの乏しい種や未評価の種の多くにとって、従来の資源評価手法は実行可能で費用対効果の高い選択肢とはなり得ないと指摘した。そして、カリブ海で先駆的に行っている、スマートタブレットと秤を組み合わせることで魚種の ID と重量を自動的に取得するユニークなアプローチについて説明した。こういった方法は、漁業規模やかかるコストゆえに適切な評価ができない多くの漁業に対して、資源評価能力を強化する上で重要な生物学的情報を識別・取得する方法を提供する。



ゲダマキ氏は最後に、今回の例のように高速・ポータブル・安価なソリューションによってデータの可用性と不確実性との従来のトレードオフを克服する技術を我々は手に入れたと締めくくった。

# データ不足のジレンマ



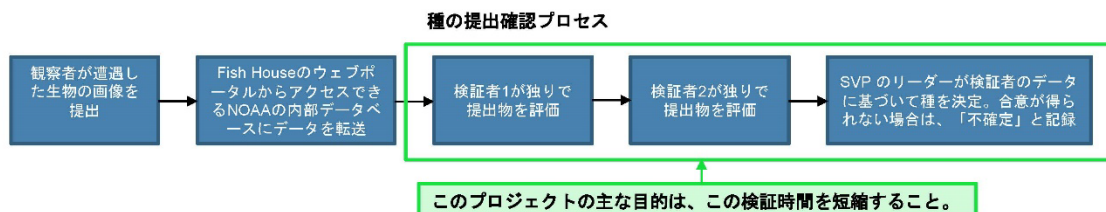
次に、CVision AIのベン・ウッドワード氏が『北東部底魚漁業における魚の自動分析：エレクトロニック・モニタリング（電子監視）プログラムをサポートする画像処理と機械学習のライブラリ構築』と題した発表を行った。ウッドワード氏はまず、魚種やサイズなどの情報を確認する作業を人が行うことは高いコストがかかることなど、EMシステムの導入における一般的な課題について言及した。

また、AIソリューションの採用による大幅な効率化を実証するための、米国東海岸のプロジェクトについて説明した。このプロジェクトの第一の目的は、漁業で遭遇する魚種の確認に必要なコストと人手を最小化することである。



## 種の検証プロジェクト

- 北東漁業監視プログラム（NEFOP）オブザーバーによる漁獲種の提出義務化
  - Fisheries Sampling Branch (FSB)のオブザーバープログラムでは、この正確でほぼリアルタイムのデータ収集を割当量や個体数のモニタリングに活用。
- Species Verification Program（SVP：種の検証プログラム）の目標
  - 観察された種の提出を確認することで、ハイレベルな種の特定期精度を確保する
  - オブザーバーに識別課題を伝え、トレーニング方法を改善する



ウッドワード氏は、アルゴリズムのパイプライン／決定マトリックスと、その仕組みについて説明した。次に、アルゴリズムの性能を向上させ、結果を評価するプロセスについて説明した。全体として、このアルゴリズムは高い信頼性で正確に種を特定することができ、現在のデータ収集プロセスに組み込むことで大幅な効率化が期待できることが示された。

最後の発表者であるフィッシュネクスト・リサーチのクレイグ・ローズ博士は、『アラスカ水産業 エレクトロニック・モニタリング・イノベーション（EMI）プロジェクト：自動漁業モニタリングの開発—加工工場からの混獲報告の検証』と題して発表した。この中でローズ氏は、アラスカEMIプロジェクトの4つの要素について説明した。

まず、延縄漁の漁獲物を船上で監視し、魚種とサイズを確認すること。次に、トロール船からの廃棄物をモニタリングし、魚種と大きさの構成を確認すること。第三に、エレクトロニック・モニタリング（EM）機能を強化するためにクルーの位置と活動を監視すること。そして最後に、希少種や敏感な種を検出し、識別するために加工工場にカメラを設置することである。ローズ氏は、サケやカニなど漁獲高全体の1%にも満たない希少種や監視が困難な種を正確に把握するためにスマートカメラを加工工場へ適用することについて、講演時間の大半を投じた。

## トロール船からのサケの自動検出

- Yolov4でサケをシングルフレームで検出
- DeepSortを使って検出結果を映像の記録にまとめる
  - 多重カウントを排除し、誤検出を低減

### 約7万件のアノテーションから得られた結果

メバル漁船の内84%、スケソウダラ船の内73%からサケを検出



Yolov4: Bochkovskiy, Alexey, Chien-Yao Wang, and Hong-Yuan Mark Liao. "Yolov4: Optimal speed and accuracy of object detection." arXiv preprint arXiv:2004.10934 (2020).

DeepSort: Wojke, Nicolai, Alex Bewley, and Dietrich Paulus. "Simple online and realtime tracking with a deep association metric." 2017 IEEE international conference on image processing (ICIP). IEEE, 2017.

この調査を通して、ローズ氏は、カメラと AI を他の工場へ適用する上での重要な教訓を明らかにした。具体的には、カメラを適切に配置し、まぶしさと影を最小限に抑えるために適切な照明を使用する必要があること。工場内で働く人がカメラの視界を妨げないように、機器の清掃やメンテナンス方法を理解するよう、トレーニングを行うこと。初めて水揚げされた種によっては、アルゴリズムの再訓練や再調整が必要になる場合があること。そして、必要に応じて後日に確認できるよう、AI 画像といったデジタル記録の重要性を確認すること、といった点である。

## 結論と次のステップ

今回のワークショップでは、それぞれの発表において漁業データ収集のための最先端の調査やアイデアについて重要な示唆を得ることができた。カメラと AI を組み合わせれば、費用対効果が高く、手間のかからない方法で評価用のデータを集めることができるのは間違いない。同様に、データの乏しい種の評価方法は、日本が科学的に評価された資源を抜本的に増やそうとしている中で、重要な役割を担っているのかもしれない。

また、発表と議論を通じてスマート水産業の未来に近づくための技術導入の道筋を示すことができた。しかし、そのような未来が見えてきたとはいえ、現実のものとするには、まだいくつかのステップを踏まなければならない。複数のソースからのデータをシームレスに統合し、複数の機能（評価のためのデータ、管理のための漁獲/コンプライアンスのデータ、漁業の効率/収益性の向上の

ための市場、位置データ収集など)を提供する包括的なデータシステムは、スマート水産業に向けた道筋において重要な次のステップとなる。

今回の会議では直接的には取り上げられなかったが、手短に議論された課題のひとつに、漁師や加工業者が船や工場にカメラや AI などの ICT システムを導入することの潜在的価値とインセンティブがある。漁業に関連する業界ステークホルダーに対する直接的または間接的な利益を特定して提供することは、技術ソリューションの取り込みを容易にし、規模に応じたソリューションの採用を可能にする。また、現在の TAC やその他の管理コンプライアンス用に想定されている電子報告システム (ER) を通じて収集したデータを統合することで、収集データに多大な価値を付加し、収集作業の重複を排除することができるだろう。EDF は現在、多くのステークホルダーやパートナーとともに、これら重要な課題のいくつかに焦点を当てたワークショップを企画しているところである (2022 年春に開催予定)。

最後に、講演者ならびに参加者に感謝を述べたい。本ワークショップは皆様に支えられ成功を修めることができた。引き続き EDF の活動への関心と支援をお願い致します。