

# ななつの海から

Na・na・tsu・no・u・mi・ka・ra

第17号

2019年10月



国立研究開発法人  
水産研究・教育機構

# CONTENTS >>>

---



## ●Research

- ・太平洋クロマグロの漁業データの収集と資源評価……3

## ●Topics

- ・NPFCサンマ資源評価経験譚……8
- ・米国ハワイでの在外研究報告……17
- ・国際水研における資源研究体制構築の試み～まぐろ類を例として～……20

## ●Activity

- ・主な出来事……28

---

### 表紙写真解説

太平洋クロマグロ漁獲物の魚体測定調査の様子です。1 m程度の個体を一尾ずつ重量計に乗せ、体長・体重を測定しています。

撮影日：2017年8月

撮影場所：北海道

撮影者：くろまぐろ資源グループ



## 太平洋クロマグロの漁業データの収集と資源評価

くろまぐろ資源部 くろまぐろ資源グループ

福田漢生・塚原洋平・西川水晶・大橋優季・千葉佳奈・中塚周哉



### 1. はじめに

ここまでの短い令和元年の間にも、マサバやホッケ、サンマなどのいくつかの魚種の資源管理が新聞等で話題になりました。クロマグロやカツオ、メバチなどのまぐろ類も、しばしば大きなニュースとして取り扱われます。それぞれの魚種で状況は異なりますが、全体的な背景としては、科学的な根拠に基づく水産資源の管理がますます求められている、ということがあるように感じられます。この科学的な根拠として最も重要なものが、現在の資源量を正確に把握し将来の動向を予測する“資源評価”です。しかしながら水産生物の資源評価においては、対象が水中に生息する野生動物であり、その利用も不特定多数の人や他の動物によって行われるために全体の観測が難しいことや、水温などの変動する環境要因が資源の増減や分布に影響しやすいことなどの特有の難しさがあります。その中で我々は、できるだけ多くの資源状態を反映するデータを収集し、その解析手法も改善していくことにより資源評価の高度化を目指しています。

クロマグロの資源評価では、充実した生物学的な研究成果（本誌16号“漁獲物を用いたクロマグロの生態研究”をご覧ください。）と漁業データがその生命線になっています。ここでいう漁業データとは、漁獲量、漁獲物のサイズ組成、およびCPUE（単位努力量あたりの漁獲量；Catch Per Unit Effort）を使って推定する資源量指数と呼ばれる魚の釣れやすさを示す指標です。いずれのデータも資源評価には欠かせない重要なものであり、日本を含めたクロマグロを漁獲する国は、これらのデータを国際科学委員会（ISC）や地域漁業管理機関（WCPFC、IATTC）に報告しています。漁獲量が多い国を順番にあげると、日本、メキシコ、韓国、米国、台湾と続きますが、この中で日本は、まき網や大型のはえ縄などの沖合漁業だけでなく、

沿岸漁業でも多くのクロマグロを漁獲する唯一の国になります。

クロマグロは、メバチやキハダなどの他のまぐろ類と比べてより沿岸まで回遊する特徴があるため、定置網やひき縄、手釣り、小型はえ縄などの多種多様な沿岸漁業で漁獲されます。これらの沿岸漁業による漁獲は国内の年間漁獲量の約4割（2015-18年平均）を占め、それが全国津々浦々の港で水揚げされています。各港での1日あたりのクロマグロ水揚げ量としては、沿岸漁業は大規模な沖合漁業に比べて多くはありませんが、その水揚げ港も漁船数も多いため、足し合わせると国内の水揚げの中で大きな割合を占めるようになります。このようにクロマグロの漁業データを収集する際には、沖合漁業のみならず、沿岸漁業をカバーした収集体制が必須となります。そこで当研究所では、水産庁、各都道府県の水産研究機関、大学、民間企業の間で共同研究体制を構築し、各港の協力を頂きながら日本全国のクロマグロの漁業データ収集に努めています。

現在、クロマグロの資源評価に使われている漁業データには、漁業者から水産庁への報告（漁獲量のモニタリング、漁獲成績報告書など）を基にしたもの、各産地市場における伝票（市場伝票）を基にしたもの、および研究員等が実際に測定・収集するなどして集めたもの（漁獲物の体長・体重測定結果など）など、複数のデータソースがあります（表1）。それぞれのデータソースで、調査対象の範囲（全量か抽出か）や、含まれている情報に違いがあり、資源評価ではこれらを補完的に使うようにしています。例えば、全国の漁獲量を漏れなく知りたい場合には、漁獲量の数量管理に用いられている漁獲量モニタリングデータが日本全体をカバーしていると考えられますが、残念ながらこのデータでは魚1尾ごとのサイズはわかりません。そこで、資源評価で必要な漁獲物のサイズ組成を推定する

データの種類	情報	用途	収集の方法	調査範囲
漁獲量モニタリング	時間、水揚げ市場、漁獲量、漁法等	漁獲量の把握	漁業者からの報告	全量
漁獲成績報告書	時間、操業位置、漁獲尾数、総重量、努力量、その他操業記録	漁獲量の把握 資源量指数の推定	漁業者からの報告	全量
市場伝票	時間、水揚げ市場、漁獲量、努力量、銘柄や価格等の商品情報	サイズ組成の推定 資源量指数の推定	研究調査	抽出
測定調査	時間、場所、個体尾叉長、個体重量、銘柄等の商品情報	サイズ組成の推定	研究調査	抽出
加入量モニタリング調査 <sup>*1</sup>	時間、操業位置、漁獲尾数、水温	資源量指数の推定	研究調査	抽出

\*1 本誌11号「太平洋クロマグロ0歳魚加入量の広域的なリアルタイムモニタリング体制の構築と加入量速報の公表」参照

表1. 太平洋クロマグロの資源調査で用いられる主なデータ

際には、市場測定および伝票データを組み合わせて使っています。また、CPUEから資源量指数を推定するには、漁獲成績報告書などに記載されている漁獲量や漁獲努力量（例：針数や操業日数など）、操業位置、および操業方法の詳細（例：船の大きさ、漁具の仕立て）などの魚の獲れ具合に関する情報を用いています。

本稿ではこれらのデータ収集の一例として、日本全国の沿岸で操業されている定置網のサイズ組成データの推定と、クロマグロ大型魚の資源量の傾向を表すと考えられる、はえ縄CPUEを用いた資源量指数の推定についてご紹介します。

## 2. 定置網漁業によって漁獲されたクロマグロのサイズ組成の推定

クロマグロの資源評価では、資源解析モデルに入力する情報の一つとして、漁法ごとの漁獲物のサイズ組成があり、漁業によって、どの年生まれの魚がいつ、どの程度資源から減少したかを把握するうえで、重要な情報となります。

定置網漁業は、沿岸に設置した網に入ってくる魚を獲る、待ち受け型の漁業です。日本全国に敷設されており、網を設置する場所や時期により、ブリやサケなどの魚のほかに、その年生まれの0歳魚から、100kgを超えるような大型のクロマグロまでが漁獲されます。どのようなサイズのクロマグロがどれくらい獲れたかを

を把握するため、北は北海道、南は鹿児島まで全国各地の漁港において、定置網で漁獲されたクロマグロの測定を行っています。しかしながら全ての水揚げ地で全ての水揚げ日、全銘柄について測定するのは困難なため、一部の魚に対して行った測定結果を漁獲量で引きのばして、漁獲物全体のサイズ組成を推定します。

測定データの引きのばしに用いる漁獲量としては、収集した市場伝票に含まれる大まかな魚のサイズ区分（銘柄）別の漁獲量を活用しています。限られた時間で行う測定調査では、大型魚と比べて水揚げ尾数の多い小型魚では必然的に漁獲に対する測定の割合が低くなります。そこで、それぞれの銘柄のサイズ測定結果を銘柄別水揚げ量で引きのばして足し上げることで、測定割合の偏りの影響を軽減することができます。

測定データを引きのばす際に、漁獲量に対して極端に少ない測定尾数で引きのばすことや、漁獲量とは時期や地理的に離れた測定結果を引きのばしに用いることは、不自然なサイズ組成をもたらす可能性があるため、避ける必要があります。そこで、近いエリアや近い時期には似たサイズのクロマグロが回遊してくるであろうとの考え方のもと、サイズ、時間、空間それぞれについてスケールの異なる2種類の層を設定し、その組み合わせによって段階的に層を変化させる、階層的引きのばし手法を用いています（平岡 2018）。サイズ測定結果が豊富にある場合には、銘柄（サイズ）、

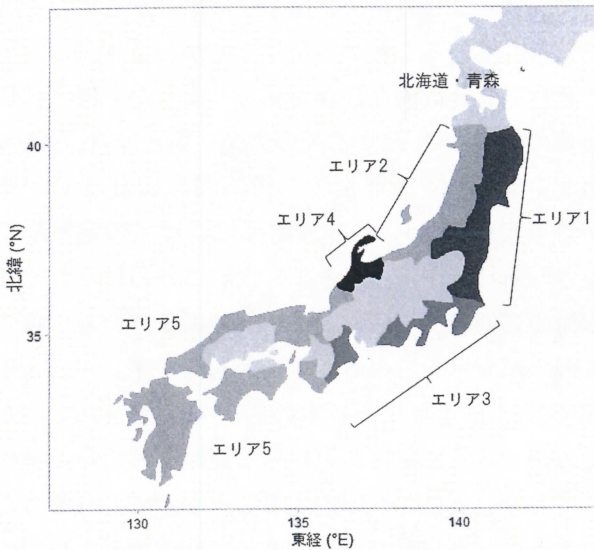


図1. 定置網漁業の引きのばしの際に用いるエリア区分. クロマグロの獲れる時期やサイズにより、6つのエリアに分けられる。

サイズ	sサイズ	Sサイズ	Sサイズ	Mサイズ
時間	4月	5月	6月	5月
空間	エリア1	エリア1	エリア1	エリア1

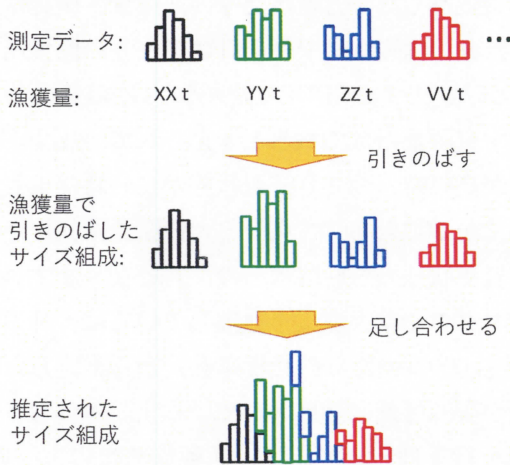


図2. サイズ/月/エリアごとのサイズ測定結果をその漁獲量で引きのばす場合の例。

月（時間）、県（空間）といった細かなサイズ・時空間のスケールで、そうでない場合には粗いスケール（小/中/大、4半期、エリア）としています（図1）。これらの層の組み合わせにより、測定データを最も細かい「銘柄/月/県」から最も粗い「サイズ/四半期/エリア」へ変化させ、各層に相当する漁獲量で引きのばし、それらを足し合わせて漁獲されたクロマグロのサイズ組成を推定します（図2）。

この引きのばしの結果、様々な年級群が各地の定置網で獲られていることがわかりますが、日本海と太平洋でそれぞれ特徴的な動きが見られました。例えば日本海側では、3-5歳サイズの大型魚は4-6月に日本海北中部で多く漁獲され、12-3月には0-1歳サイズが日本海中部から日本海南部にかけての定置網で漁獲されることが確認できました。これらはそれぞれ、日本海の産卵場への回遊と、そこで生まれた若齢魚の回遊の一部を示している可能性があります。一方太平洋側では、1-4月に西日本の沿岸で漁獲されていた1歳魚が、5月以降に関東から三陸地方の沿岸で漁獲されており、夏に北へ回遊することが示唆されました。このように、クロマグロが季節的に回遊するために時期と場所で獲れる魚の年齢に傾向がみられることは、資源評価を行う上で非常に重要な情報であり、現在の資源評価はこのような現象が反映されたものとなっています。

### 3. はえ縄漁業の漁業データによる資源動向の推定

漁業に費やした努力量当たりの漁獲量、例えば操業時間当たりの漁獲重量や使用針数当たりの漁獲尾数をCPUEと呼びます。CPUEは漁場における魚の分布密度を表す資源量指数であると考えられています。資源の密度が高い時、つまり資源状態が良い時は少しの労力で多く魚が取れるのでCPUE（資源量指数）が高くなり、資源状態の悪い時はその反対となります。

クロマグロでは大型魚を漁獲しているはえ縄漁業のCPUE（1,000針当たりの漁獲尾数）から推定した資源量指数が資源評価に活用されています。かつお・まぐろ漁業を行うはえ縄漁船は、漁獲成績報告書（以降、漁績）と呼ばれる操業記録を報告しています。漁績には1操業ごとの操業日や操業位置、使用した針数などと共に魚種別の漁獲尾数や重量が記録されています。クロマグロは主に4～6月にはえ縄漁業によって漁獲されるため、その3か月のデータを使用します。産卵場だと考えられている南西諸島から東北・常磐沖まで幅広く漁業が分布しています（図3）。

他の重要なデータとして、はえ縄漁業で漁獲されたクロマグロの主要な水揚げ地で体長と体重を測定しています。漁績には漁獲物の総重量が種別に記載されていますが、水揚げ市場での測定調査によって、個体ご

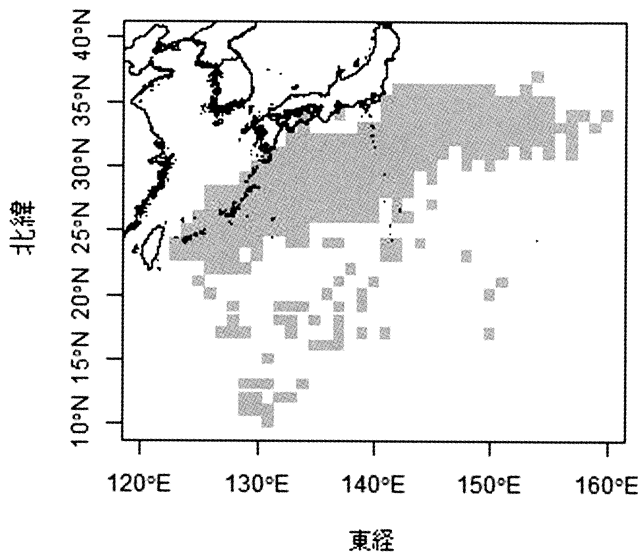


図3. はえ縄漁船による1994~2018年における太平洋クロマグロの主な漁獲位置（灰色）。

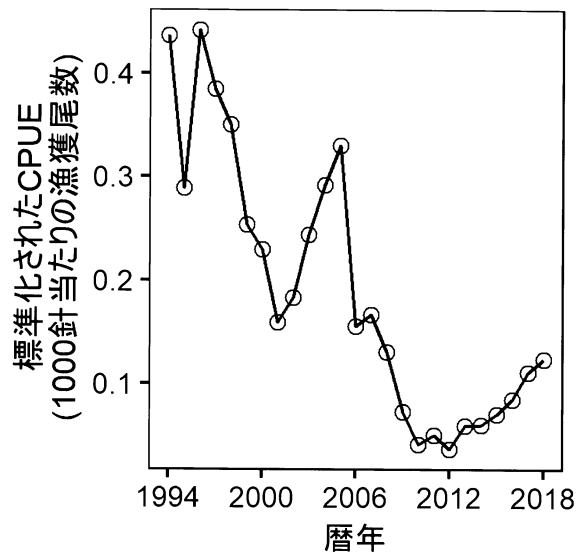


図4. はえ縄漁船の漁業データから推定された1994~2018年の資源豊度指数の推移。

との体長、体重を知ることができます。個体ごとの体長データから、前節に記述した定置網漁業の体長組成と同様な引きのばし過程を経て、はえ縄漁業による漁獲物のサイズ組成が推定できます。前述した通り、はえ縄漁業は主に大型クロマグロを対象とした漁業ですが、実際のデータから推定すると、主に3-5歳以上のクロマグロを漁獲しています。つまり、産卵場で産卵可能な大きさのクロマグロを漁獲しているのはえ縄漁業のCPUEはクロマグロ産卵親魚の資源量指数と見なせるため、重要なデータとなります。

ただ、はえ縄漁業でクロマグロは最も多く漁獲される魚種ではありません。数尾のクロマグロが、もっと多く釣れるキハダやビンナガなどの他のまぐろ類やカジキ、サメ類などと一緒に漁獲されることが多いです。そのため、操業の時期や場所はもちろん、漁具の仕立や本来の狙いの魚種の違いなどが、クロマグロの獲れ具合に影響します。例えば、場所による獲れ具合の差に着目すると、獲れやすい場所の操業データが多いと、CPUEが高く推定されてしまいますし、逆に獲れにくい場所に多いと、CPUEは低く推定されてしまいます。ただ、狙った魚が多く釣れる場所のデータが多くなることは当然のことで、一般的な漁業データには、このようなデータの偏りが避けられません。そこで、データの偏りによる影響を軽減させ、信頼性の高い資源量指数を推定するために、CPUEの標準化と呼ばれる解

析を行います（庄野2004、岡村・市野川2016）。

1994年から2018年のはえ縄の漁績データを用いてCPUEを標準化することで得られた資源量指数が図4に示してあります。これによると、クロマグロの資源量指数は1990年代に減少していましたが、2000年代前半には増加に転じます。その後再び減少に転じ、2012年ごろに最低レベルまで下がりますが、最近年は回復傾向が見て取れます。標準化した産卵親魚の資源量指数は、漁獲量などの他のデータと一緒に資源評価へ供されます。日本のはえ縄CPUEから推定した資源量指数の歴史的な変動傾向は漁獲量や他のサイズを漁獲する漁業のCPUEとも矛盾が少なく、国際科学委員会でも質が良いデータだと考えられています。

#### 4. 漁業データの資源評価での活用

クロマグロの資源評価は、上述のサイズ組成と資源量指数を含めて、漁獲するクロマグロのサイズ組成の違いに応じて19種に分けた漁業の漁獲量およびそれぞれの漁業のサイズ組成、2つの大型魚の資源量指数（日本と台湾のはえ縄）と1つの加入量の資源量指数（日本のひき縄）を用いて実施しています。統合モデルという資源解析モデルの枠組みのもとで、これらのデータの不確実性も考慮しながら、年齢別漁獲尾数、年齢別資源尾数、加入量、親魚量などを一括して推定します。多くの項目を一括して推定するために、いずれか

の入力データに間違いがあると、モデルの様々な推定結果が影響を受けます。そのため、国際科学委員会で資源解析モデルに入力するデータを選ぶ際には、その入力データの計算方法が妥当かどうかを精査した上で、そのデータがどれくらい信頼性の高いものかを判断しています。信頼できると判断されるものだけが、資源解析モデルへの入力データとして選ばれますが、今のところ日本が提出しているほぼ全ての漁業データが、入力データとして使われています。

また、資源解析結果が出てきてからも、モデルが推定した年齢別資源尾数と各資源量指数に矛盾がないか、モデルが推定した年齢別漁獲尾数と各サイズ組成データに矛盾がないかなど、資源解析結果が入力された漁業データをしっかりと反映しているかどうかチェックされます。もし重大な矛盾があった場合には、その矛盾が漁業データの間違いによるものなのか、モデルの構造に間違いや見逃しがあるためなのかを再検討するために、資源解析モデルの設定のやり直しとなります。現在のクロマグロの資源解析モデルは、幾度かの設定の見直しを経て、モデルの推定結果と全ての入力データの矛盾が少ないものとなっており、入力した漁業データに含まれる情報が資源評価結果にしっかりと反映されたものになっています（福田，2017）。

## 5. おわりに

太平洋クロマグロは、2012年の資源評価にて当時の産卵資源量が過去最低水準にあると評価されました。その後、幾度かの資源管理方策の変更があり、2015年から従来の資源管理に加えてより厳しい漁獲量上限が各国に課され、現在もそれは続いています。2018年の資源評価ではようやく、近年の資源状況が緩やかに回復傾向にあることが確認されました。このような資源回復の過程にある中で、資源評価の役割は一層大きく、その基礎となるデータの重要性はより高まっています。しかしながら、漁業の現場では厳しい漁獲上限の中での操業が余儀なくされる中で、操業日数の制限や、漁獲された個体の放流、魚価が高い時期への水揚げの集中など、これまでと違った操業が増えており、基本的には漁業から得られる情報量は減る傾向にあります。このような状況下でも資源評価のクオリティを維持するために、データ収集およびその解析についても漁業

の変化に対応することが急務であり、関係各所と協力しながらデータ収集および解析手法の高度化を行っていくことを予定しています。

## 6. 謝辞

漁業データの収集は、漁業者、市場関係者、各地域の水産研究機関および行政機関、大学、民間企業などの皆さんをはじめ、様々な方々のご協力の上に成り立っています。末筆になりましたが改めて御礼申し上げます。今後も、資源の変動を的確に捉えた資源評価が行えるよう、皆様のご協力を頂きながら調査を推進してまいります。本調査・研究は水産庁国際資源調査・評価推進事業の一環として実施されました。

## 7. 引用文献：

- i. 鈴木伸明、境磨、福田漠生、大島和弘（2016）太平洋クロマグロ0歳魚加入量の広域的なりアルタイムモニタリング体制の構築と加入量速報の公表。ななつの海から，第11号，6-7.
- ii. 平岡優子，金岩稔，福田漠生，大島和浩，甲斐幹彦（2018）階層的引きのばし手法を用いて推定した定置網により漁獲されたクロマグロのサイズ組成。日本水産学会誌。84巻1号
- iii. 田中庸介，田中寛繁，平岡優子，芦田拓士，田和篤史，石原大樹，植松幸希，河津優紀，佐藤拓也，澤井悦郎（2019）漁獲物を用いたクロマグロの生態研究。ななつの海から，第16号，3-8.
- iv. 福田漠生（2016）太平洋クロマグロ資源評価。ななつの海から，第11号11-12.

## NPFCサンマ資源評価経験譚



外洋資源部 主幹研究員 大島 和浩

### 青天の霹靂

「大島、異動だ。」

その時は突然きました。昨年5月初めに我が機構本部があるみなとみらいで行われた会議後の懇親会にて、NPFC（北太平洋漁業委員会）の対応をされている元上司より、この言葉が発せられました。話を聞いていくと、NPFCでのサンマの資源評価で中国と対立し決裂したこと、NPFCでのサンマ対応を行うために新たにサンマのチームを作るらしい、私とそのチームのリーダーになるらしい、ということがわかりました。静岡に帰る新幹線の中では、この後に自分に降りかかろうとしていることへの漠然とした不安、そして新たな挑戦に向けた淡い期待感が入り混じった複雑な胸中でした。その2か月後の7月、慣れ親しんだ清水庁舎から、異動先の外洋資源部がある横浜庁舎に移り新たな挑戦が始まりました。

本稿では、「ななつの海から」で初めてテーマとし

てサンマを取り上げ、まずNPFCにおけるサンマの資源評価の経緯を辿ります。そして、昨年の異動から今年7月のサンマのTAC（総許容漁獲量）設定の合意に至るプロセスで経験したことをお話しします。

### サンマを巡る状況

サンマは、英語で*Pacific saury*（パシフィック・ソーリー）と呼ばれ、その名のとおり太平洋、それも北太平洋に生息しています（図1）。サンマの寿命は2年と短いです。サンマの産卵期は秋～春で、産卵場は日本の紀伊半島沖を中心に黒潮続流域に沿って広く分布します。サンマは季節的な南北回遊を行います。5月以降、索餌場となる黒潮・親潮移行域北部そして亜寒帯水域に向けて北方に移動します（巢山ら、2019）。夏季の索餌後、南下回遊をしながら西方に移動します（図1）。秋季の南方回遊中に日本近海に来遊した魚は我が国の漁船に漁獲されます。

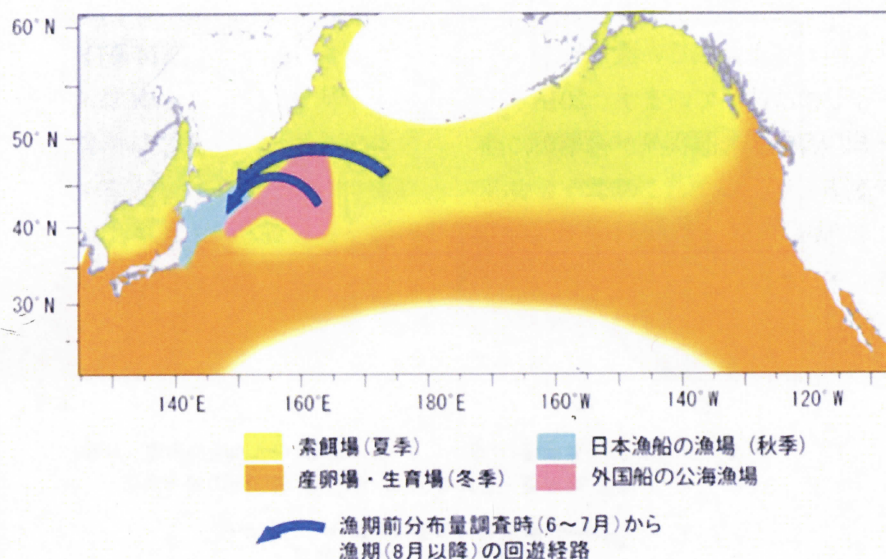


図1. サンマの分布域と漁場位置. 令和元年度サンマ長期漁海況予報（水産研究・教育機構，2019）より転載。



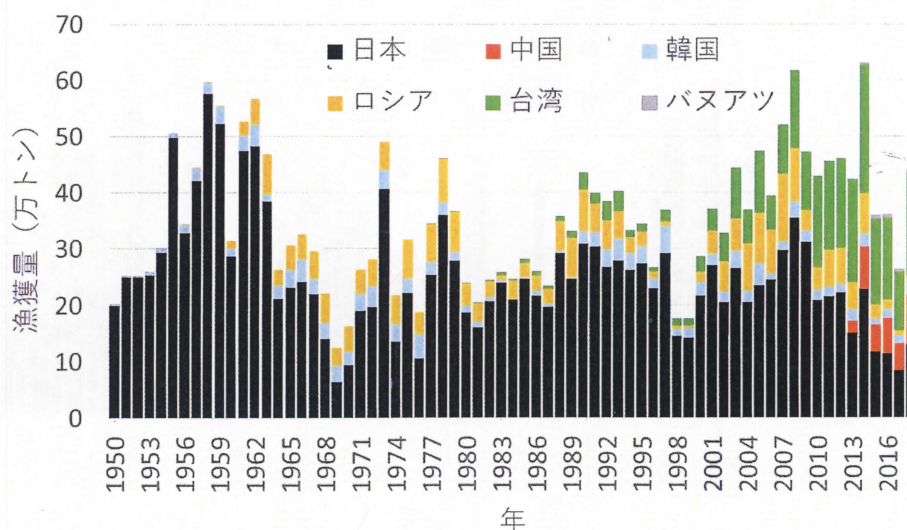


図2. 1950～2018年のサンマの国別漁獲量.

日本におけるサンマの漁法には、棒受け網、流し網、定置網があります。このうち漁獲量が最も多いのは棒受け網で、夜間に集魚灯でサンマを水面近くに集め、網で掬いあげる漁法です。現在、日本の他に、ロシア、韓国、台湾、中国およびバヌアツがサンマ漁業を行っています（図2）。1950年代から漁獲のある日本・韓国・ロシアが先発で、台湾・中国・バヌアツが後発となります。1990年代まで日本の漁獲量は総漁獲量の大部分を占めていました。2000年以降、台湾による漁獲量の増加、そして中国のサンマ漁業への参入により、総漁獲量が40万トンを超えることが多くなりました。一方、2000年以降日本の漁獲量の総漁獲量に占める割合は低下傾向にあり、2008年以降では漁獲量が低下の傾向を示しています。このように、2000年を境にサンマを取り巻く状況が変わりました。

日本やロシアの漁船によるサンマの漁獲は、それぞれの排他的経済水域（EEZ）内が中心である一方、台湾や中国の漁船はそれよりも沖合、すなわち公海で操業しています。台湾や中国の漁獲が増えた背景には、1000トン級の大型漁船が数多く投入されたことにあります。秋季に日本漁船の主漁場に来遊するサンマは東方の公海域からやってきます（図1）。すなわち、台湾や中国が操業する公海は、日本漁船の漁場よりも上流に位置することになり、日本の近年の漁獲の低迷は公海での外国船による先取りが原因との見方があります。日本国内において、公海におけるサンマの漁獲努

力の無秩序な増大への危機感から、国際的な枠組みでの管理の必要性が認識されるようになりました。

### NPFC発足

2015年7月に北太平洋における公海の漁業資源の保存および管理に関する条約の発効に伴い、NPFCが発足しました。一井（2016）には、NPFC発足の背景、経緯、そして懸念事項について詳しく記載されています。第1回年次会合（東京）が同年9月に開催されました。この会合において、NPFCにおけるサンマ漁獲量を量的に管理するための科学的根拠となる資源評価を2017年までに完了させること、さらにサンマ漁船の許可隻数の急増を抑制することが勧告されました。漁獲量の上限を設定することにより公海における漁獲を抑えたい日本、一方まだまだ漁獲を伸ばしたい新興国の中国、両国間には国際的なサンマの管理について見解の対立がありましたが、二国間での協議の末、上記の勧告に合意しました。このように、NPFC発足時にすでにサンマの管理について日中の対立があり、その対立をベースにNPFCでサンマを巡る議論が進んでいくことになります。

2016年4月に行われた第1回サンマ小科学委員会会合（東京）にて、プロダクションモデルによる暫定的な資源評価の実施が合意されました。本委員会の下部機関となるサンマ資源評価技術作業部会の第1回目の会合（2017年2月、横浜）において、資源評価が実施

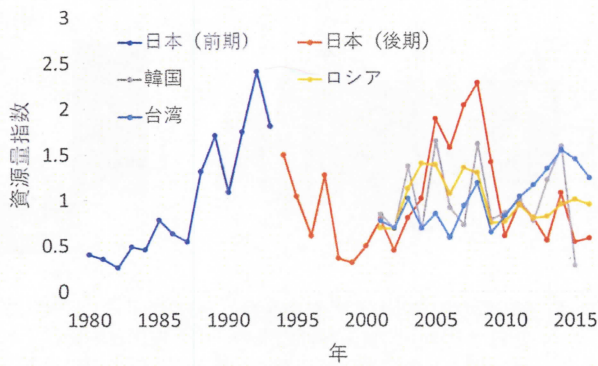


図3. 第2回サンマ資源評価作業部会会合（2017年12月）に提出された国別資源量指数。日本の前期と後期はそれぞれ、1980～1993年と1994～2016年に対応する。

されました。日本・中国・台湾のそれぞれが実施した資源評価の結果には齟齬がなく、資源は乱獲されておらず、乱獲行為も起きていないという資源評価の内容で合意しました。この結果は、サンマ小科学委員会と科学委員会（同年4月）で承認されたのですが、第3回年次会合（同年7月）では漁獲量の上限を決めるための根拠とはならず、TACの設定に至りませんでした。日本を含む一部のメンバー、特に沿岸国では近年漁獲量が減少しており、資源状態悪化の懸念がありました。そのため、最新の漁獲データを追加した資源評価を再度実施し、その結果を翌年の年次会合までに報告することが勧告されました。つまり、資源評価のやり直しです。これがその後のサンマ資源評価における騒動の発端となりました。

### 資源評価を巡る騒動

日中間のサンマ資源の見解の対立が科学者による議論へと場を移します。2018年4月の第3回サンマ小科学委員会会合（東京）において、サンマの資源評価が行われました。この会合では、日中間のデータの使用に関する見解の違い、そしてその結果として生じた資源状態を巡る両国の見解の違いが鮮明になりました。資源評価において、資源量指数として用いられる漁業情報から得られる標準化CPUE（Catch Per Unit Effort）は資源の増減の情報を与える極めて重要なデータとなります。サンマについては、日本が最も長い時系列の資源量指数を有しており、それは1980年から始まります（図3）。1980～1993年の日本の資源量

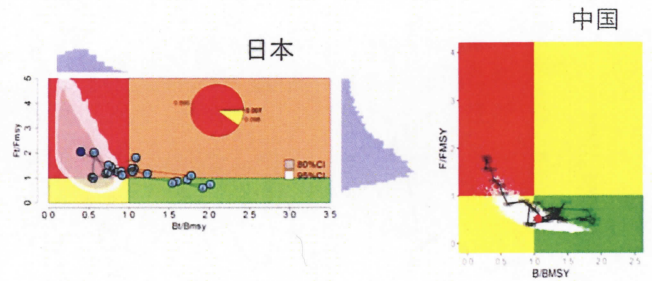


図4. 第3回サンマ小科学委員会会合（2018年4月）に提出された日本と中国の資源評価結果の一例。左図と右図はそれぞれ、日本と中国の資源評価による資源状態のプロット（神戸プロット）を示す。日本の図では青丸、中国の図では赤丸が最新年を示す。同会合レポート（Small Scientific Committee on Pacific Saury, 2018）より転載。

指数は、この年代で使用できる唯一の資源量指数です。この指数の特徴として、1980年代中頃以降に顕著な増大が見られます。この資源量指数の増大には、資源量の増加だけでなく、同時期に導入されたソナーなどの漁労機器の導入による漁獲効率の向上も寄与しており、その影響が完全に取り除けていないという問題が残されていました。そのため日本は1980～1993年の資源量指数を使用せず資源評価を行い、一方の中国はこのデータを使用しました。この資源量指数の増大の情報は資源状態を楽観的にする要因として作用するため、日中間の資源評価結果に大きな乖離が生じました。それを端的に示すのが、図4に示した日中がそれぞれ独自に作成した神戸プロットです。神戸プロットは一見して資源の状態が概観できるもので、その解説は「国際漁業資源の現況」の用語解説（水産庁・水産研究・教育機構、2019）を参照してください。中国の結果を見ると、最終年（赤丸）はグリーンゾーンにあります。これは、資源が乱獲されておらず乱獲行為も起きていない、つまり資源も漁業も健全であるということを意味します。一方、日本の結果では最終年（青丸）はレッドゾーンにあり、中国の結果とは真逆で資源は危機的な状況にあるということを示しています。このように、日中間で資源状態について埋まりようもない大きな隔たりがあったことから、サンマ小科学委員会で行う資源評価は決裂しました。その結果、科学委員会として資源評価結果を提供できなかったため、2018年7月の第4回年次会合（東京）において、翌年の年次会合までに科学委員会およびその下部機関は合意した資源評

価の結果を提供せよ、という勧告が出されました。

中国としては、サンマの漁獲量規制の早急な導入を避けるため、悪い資源評価結果を受け入れる準備はなかったのかもしれませんが。そのため、使える情報は使うべきという点を主張し譲りませんでした。年次会合で勧告された合意した資源評価を提供するには、決裂の原因となった1980～1993年の資源量指数をどうするかが大きな課題として残りました。

### サンマタスクフォース結成

“タスクフォース:軍隊において任務(タスク)のために編成される部隊。企業経営用語としては特別作業班と訳すのが妥当といえる。常設の機関というよりも臨時であることも多く、戦略性と機動性が重視された組織を指すのが一般的である(ウィキペディアより抜粋<sup>\*1</sup>)。”

2018年4月の科学委員会会合後、サンマタスクフォースが設置されることになりました。課されたタスクは次のとおりです。

- ① NPFICにおけるサンマ資源評価の合意
- ② NPFICにおけるサンマ資源評価プロセスの正常化

2018年7月の年次会合の勧告のとおり、①が喫緊のタスクであり、国際会議対応がサンマタスクフォースの主な任務となります。これらのタスクの下、国際水産資源研究所かつお・まぐろ資源部の大島、中央水産研究所資源研究センターの中山新一朗研究員、東北区水産研究所資源部(青森県八戸市)の富士泰期研究員と橋本緑研究員がピックアップされました。8月に富士研究員と橋本研究員が国際水産資源研究所外洋資源部に異動し、サンマタスクフォースが本格的に始動しました。

始動から3か月後、サンマタスクフォースは早々に山場を迎えます。2018年11月に第3回サンマ資源評価技術作業部会会合(中国・厦門)が控えていました。この会合はデータ準備会合で、その目的は資源評価に使用するデータと資源評価モデルの設定を決めることでした。データに合意さえすれば資源評価の合意がぐっと近づくという位置づけの会合です。同年4月の資源評価決裂の原因となった1980～1993年の資源量指数の使用について、見解が真っ向から対立する中国とどのような形で決着させるかが最大のミッションでし

た。最初に考えた方針は、この期間の漁獲効率の向上の影響を完全に補正した資源量指数を提供することでした。このような補正(標準化)を行うには、各漁船のソナーなどの操業機器の積載の情報が必要となります。しかし、1980年代という30年以上前の情報の取得は困難を極めました。水産庁、業界、関係道県の研究機関および造船所から情報の収集を試みましたが、結果的に有効な情報を得ることができず、漁獲効率の標準化を早々に諦めざるを得ない状況となりました。11月の会合に向け、サンマ資源評価の関係者による打ち合わせを繰り返し、会合に向けた対応方針について議論を重ねました。その結果、1980～1993年の漁獲効率向上の効果を補正できない現状では、資源評価モデル内でこの期間で漁獲効率を変化させる(モデルに推定させる)という手法が資源評価の合意への糸口になり得ること、日本の主張に完全にそぐわないものの、その手法により少なくとも中国が主張する楽観的な資源評価結果になることはないだろう、という感触を得ることができました。

### NPFICデビュー

2018年11月8日、サンマタスクフォースとしてNPFICデビュー戦を迎えるアウエーの地、厦門に降り立ちました。懸案の1980～1993年の日本の資源量指数の対応案は次の二つでした。すなわち、この資源量指数について、

- ① 使用しない、
- ② 使用するが、資源評価モデルで同期間において漁獲効率が増加する設定を導入、

でした。①は一貫した日本の見解で、これを主張し続けることが日本の立場でした。そして、②が日中の折衷案。①で合意を目指すものの合意できる可能性がほぼ見込めないことから、②に着地させるため①を強固に主張し、日本としての最大限の譲歩を示した末に②に合意するという二段構えの対処方針を立てて、初めてのNPFICの会議に日本代表団長として臨みました。誰が決めたのか知りませんが、議場では見事に日本と中国は正面に相対する配置になっていました。目の前にずらっと居並ぶ面々が親の仇を取るくらいの殺気を漂わせているように見え、まずいところに来てしまったなと本当に後悔しました。

\*1 ウィキペディア「タスクフォース」

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%BF%E3%82%B9%E3%82%AF%E3%83%95%E3%82%A9%E3%83%BC%E3%82%B9>

本会合において、日本の主張の裏付けとなる1980年代の操業機器導入による漁獲効率の向上に関するドキュメントを提出しました (Oshima et al., 2018)。このドキュメントでは、漁業者および漁業関係者への1980年代の操業機器導入に関する聞き取り調査、過去の文献、さらに造船会社から得た操業機器の納品実績について記載し、実際にこの年代に漁獲効率向上に関与する操業機器が導入され、断片的な情報ながらも漁獲効率が向上したことを示しました。例えば小坂(1985)では、1984年と1985年に650隻にもおよぶ棒受け網漁船についてソナー、サイドスラスターおよびフィッシュポンプの導入状況を調べ、操業機器導入別のCPUE(一網あたりの漁獲量)を比較しました。その結果、ソナーを導入した船は、ない船よりもCPUEが1.4倍高く、操業機器導入により漁獲効率が向上していたことを示しました。このドキュメントにより、1980年代の日本漁船の漁獲効率の向上について、本作業部会において理解を得ることに成功しました。漁獲効率が向上しており、その影響が取り除けていない資源量指数(CPUE)を使用しないことを一貫して主張しましたが、あくまでも中国はこの指数を資源評価で使用する立場を変えず、当初の予想どおり日中の主張は平行線を辿りました。

結局、日本の1980~1993年の資源量指数の使用に関する議論はまともならず、中国代表団長と場外で一对一で話すことになりました。この会談は、友好的かつ穏やかに行われました。中国としては1980年代に漁獲効率が増加したことについて理解していること、そして日本としても利用できるデータは利用するという中国の見解について一定の理解を示しました。会談の結果、1980~1993年の日本の資源量指数が実際の資源動態を過大評価していたことは認めつつも、日本が代わりの資源量指数を提示出来なかったことから、資源評価モデル内で同時期の日本漁船の漁獲効率を増加させる事で対応する案を共同で提出することに合意し、固い握手をして会談を終えました。

会議再開後、日本から1980~1993年の資源量指数の取り扱いについて日中で合意した対応案について説明しました。資源評価で使用するデータの合意に向けて議論が進むと思った矢先、驚くべき展開となりました。なんと、中国が日本のデータについての疑義を言

い始めたのです。この中国の意味不明な態度に怒りがこみ上げ、発言前に日本のフラグを立てる際(国際会議では、発言を求める際に挙手では無く、代表団が着席している机の上に置かれた国名の入ったフラグを立てる)、大きな音を立ててしまいました(フラグを机に若干叩きつけた)。この行動の一定の効果は認められたのですが、格好悪いことにその立てたフラグが机から落ちてしまい、外部専門家として参加していたラリー・ジェイコブソン博士(元アメリカ海洋大気庁(NOAA))がわざわざそれを拾いにやってきて、恭しくフラグを手渡ししながら“Good luck”となだめてくれた行動が笑いを誘い、険悪になりかけた議場の雰囲気を一変させてくれました。議場で1980~1993年の日本の資源量指数の使い方に合意した後、資源評価モデルで使用するデータ、資源評価のベースケースの設定、そして結果の取りまとめ方に合意し、当会合を成功裏に終えることができました。

## いざ資源評価

2019年3月に第4回サンマ資源評価技術作業部会合(横浜)が行われました。日本、中国および台湾からそれぞれ、前年11月に合意したデータおよび資源評価モデルの設定による資源評価の結果が提出され、結果は3メンバー間でほぼ同様の結果となりました。3メンバーの結果を一つにまとめ、資源評価の結果として合意できました。直近の資源量(2016~2018年の平均)は $B_{msy}$ を下回るが、漁獲割合(漁獲量/資源量)(2015~2017年の平均)は $F_{msy}$ を下回るという結果になりました(図5)。これは、2018年4月の会合で日中が示した結果の中間に相当するものでした。合意した資源状態の記述は以下のとおりです。

“Based on combined model estimates, B was below  $B_{msy}$  (average  $B/B_{msy}$  during 2016-2018 = 0.82) and F was below  $F_{msy}$  (average  $F/F_{msy}$  during 2015-2017 = 0.82). Results indicate that the stock declined from near carrying capacity in the mid-2000’s after a period of high productivity to current levels. Exploitation rates were increasing slowly during this period but remained lower than  $F_{msy}$ . Point estimates indicate that stock

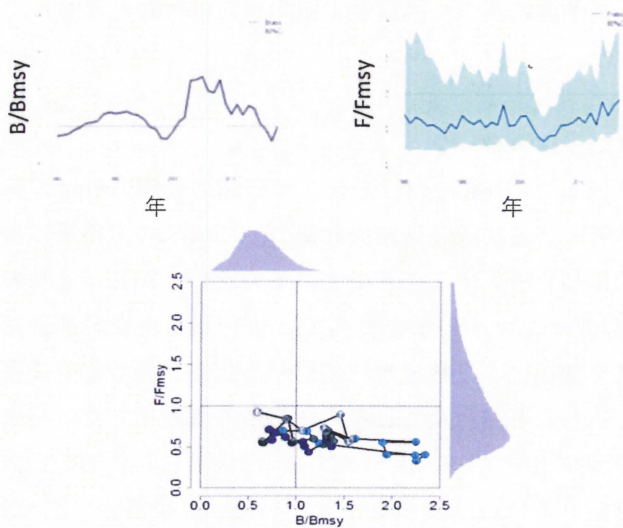


図5. 第4回サンマ資源評価技術作業部会（2019年3月）で合意した資源評価結果。左上と右上の図はそれぞれ、各年における資源量とBmsyの比と漁獲割合とFmsy比を示す。図中の点線は1を表し、この点線より上にあれば資源量はBmsyを上回る、もしくは漁獲割合がFmsyを上回ることを表す。下図は神戸プロット。第4回サンマ小科学委員会合会レポート（Small Scientific Committee on Pacific Saury, 2019）より転載。

biomass fell to the lowest value since 1980 ( $B/B_{msy} = 0.63$ ) in 2017, then increased to  $B_{msy}$  in 2018. Biomass estimates show long-term fluctuations and interannual variability. (Technical Working Group on Pacific Saury Stock Assessment, 2019).”

訳) 統合した結果に基づくと、2016～2018年の平均資源量は $B_{msy}$ を下回り、2015～2017年の平均の漁獲割合(F)は $F_{msy}$ を下回った。資源量は、2000年代中頃に環境収容量(K)に達し、その後現在の水準まで減少した。漁獲割合は、この期間において徐々に増加しているが、 $F_{msy}$ 未滿を維持している。点推定値でみると、資源量は2017年に1980年以降で最低の水準まで落ち込んだが、2018年には $B_{msy}$ まで増加した。資源量推定値は長期的に変動しており、毎年の変動も見られた。

このように、資源状態は危機的ではないものの、2000年代中頃以降の資源量の急激な減少と漁獲割合の増加について警戒を促す内容となりました。また今回の資源評価では、現行の資源評価モデルの将来の予測能力が乏しいことから (Chiba and Kitakado, 2019)、

将来予測に基づく漁獲量上限の検討は行われませんでした。

### ネゴシエーター？

日本のNPFCCにおけるサンマ資源の管理方針は、科学者による資源評価結果に基づいて実際の漁獲量に量的規制を導入することです。そのため、2019年4月の第4回サンマ小科学委員会では、合意した資源評価結果を根拠に、漁獲量規制に繋がる記述を科学勧告に盛り込むことが私たち日本の研究者の課題でした。将来予測を実施できなかったから、漁獲量に具体的な上限を定めることは無理なことでした。漁獲割合(F)がMSY水準を下回っているものの、資源量が減少傾向、かつ漁獲割合が増加傾向であったことから、漁獲量を現状の水準で維持する、という文言を入れることを目指しました。中国は量的規制に繋がる記述に反対することが想定されたので、その対応も考える必要がありました。

第4回サンマ小科学委員会合会(韓国・済州島)は、3月の合会で資源評価に合意したからか、比較的穏やかな雰囲気での始まりでした。気になる中国代表団からも緊迫した空気は感じませんでした。しかし、私はその後控える科学勧告作成の議論を思うとリラックスなどできるわけではなく、勧告の書きぶりを巡り議論がエキサイトするのを避けつつ、日本が望む勧告の内容で合意するためにはコミュニケーションが大事だということ、私は中国代表団長とまめに場外で話すようにし、勧告の内容についての先方の感触を探りつつ、こちら側の考えも伝えました。中国代表団長からは、やはりというべきか現状の資源については悲観的要素がなく漁獲量規制は必要ない、資源解析の結果では2018年は資源量が増加したので今後も資源量は増加する、したがってこれまでどおり努力量規制だけで十分、といったどちらかというサンマ資源の現状を楽観視するコメントが聞かれました。しかし、中国代表団長がこちらの話も聞く姿勢も見せたことから、交渉の余地が残されているということがわかりました。そこで、中国代表団長と場外で交渉を続け、まずは資源評価の結果を反映した勧告を作成することについて理解を得ることができました。ここから先は、最終目標である勧告に漁獲量規制に直接的に踏み込む記述を入

れるかどうかになります。そこで団長に日本の勧告案について打診したところ、資源評価の結果にないことから、科学者の勧告として漁獲量規制（Catch limit）に直接関連する記述を入れるのは同意できないとのことでしたし、団長として漁獲量規制が書かれた勧告を自国に持って帰れないというニュアンスも受け取りました。したがって、次善の策に移ることになります。日本で水産庁との事前打ち合わせにおいて、漁獲量規制の代案として資源量に対する漁獲量の割合（漁獲割合）を増加させないという内容であれば、漁獲割合が資源量の動向に影響を受けるものの、少なくとも漁獲量の増加を避ける、つまり漁獲を一定量以上増加させないという解釈はできるということで了承を得ていました。代案として用意していた、漁獲割合の増加を回避するための更なる措置の追加、という文言を提案したところ、漁獲量規制に直接言及していないからということで、中国代表団長の同意を得ることができました。私が中国代表団長と勧告案について議論しているのと同時に、その他の日本出席者が中国以外の代表団とすり合わせを行うという素晴らしいチームワークを発揮し、事前交渉で勧告案について概ね同意が得られました。その結果、議場での勧告の作成は円滑に進み、次の内容で合意しました。

“Consider further effective management measures for avoiding an increasing trend in the exploitation rate of Pacific saury to sustain biomass. (Small Scientific Committee on Pacific Saury, 2019).”

訳）資源を維持するため、サンマの漁獲割合の増加傾向を回避するための更なる効果的な管理措置を考慮せよ。

この勧告文は、本会合に続いて開催された第4回科学委員会会合においても承認されました。

議場外での勧告案の議論で中国研究者と多く話したことは、今後の中国との信頼関係の構築に有益であったと思います。この議論の最中に中国代表団長から、“お前はいいネゴシエーターだな”とお褒めの言葉をいただきました。認めてもらえたのだなと嬉しく思いはしましたが、いまだかつて自分が交渉人だと思ったことはありません。

## 騒動の果てに

2019年7月にNPFCに加盟する国と地域の行政官が東京に集って、第5回NPFC年次会合が行われました。この会合に日本からサンマの追加の管理措置として、NPFCの条約水域とそれに隣接するNPFCメンバーの管轄水域におけるサンマのTAC設定の提案がなされました。TAC導入の科学的な妥当性、排他的経済水域内（日露）と公海（NPFC条約水域）の漁獲量の配分、さらに公海における漁獲量の国別配分などについて議論がありましたが、最終的に2020年のNPFC条約水域と隣接するNPFCメンバーの管理水域におけるTACを55.6万トン、うちNPFC条約水域の漁獲量を33万トンとする管理措置が合意されました。2015年から始まったNPFCにおけるサンマへの管理の導入の取り組みは、途中日中の対立と資源評価決裂という騒動を経た末に2019年7月、TAC設定の合意という形で結実しました。そして、私たちサンマタスクフォースについても始動から1年後、喫緊のタスクを完了しました。

2018年の資源評価では、日本の資源量指数の取り扱い、そして資源状態に関する見解の違いは、資源評価決裂という騒動に発展しました。しかし、この騒動は日本の資源量指数に対する正しい解釈と資源評価モデル内での適切な反映、さらに資源状態を慎重に判断することを促したように思われます。つまりこの出来事は、資源評価の合意とその後のTAC設定の合意へのターニングポイントだったのではないのでしょうか。まさに、災い転じて福となす、という結果になりました。

上述したように、2013年にサンマ漁業を本格的に開始したサンマ漁業新興国である中国にとって悲観的な資源評価は受け入れられなかったのかもしれませんが。そのため、日本の1980～1993年の資源量指数を使わなければ悪い資源評価結果になることも知った上で、2018年の資源評価では決裂したとしても楽観的な資源評価を出すべく行動したのではと想像しています。2018年の年次会合では、合意した資源評価結果がなかったものの、中国を除く全メンバーはサンマへのTAC導入に関して同意し外堀が埋まりつつあったこと、さらに2013年に中国がサンマ漁業に参入して以降、着実に漁獲を伸ばしており漁獲実績を積み上げてきました。以上のような背景から、サンマTAC設定に向けての雰囲気は醸成しつつあり、中国が資源評価につ

いても条件付きではありますが、合意する用意ができていたのかもしれませんが。また、2018年11月の会合から米国のラリー・ジェイコブソン博士が外部専門家として参加するようになりました。ジェイコブソン博士の時宜を得た的確なコメントは、データの合意、そして資源評価の合意に大きく貢献しました。このように、サンマの資源評価はいろいろな状況が相まって合意という一つの大きな成果を生み出す大団円を迎えたのです。

### これからのNPFC

NPFC条約水域に、国際的な枠組みによる数量管理を早急に導入することを目的にサンマの資源評価が行われてきました。そのため、これまでの資源評価は暫定的なものだと言えます。今回の資源評価の合意をもってNPFCでのサンマ資源評価の第一幕は閉じました。しかし、これはNPFCにおけるサンマ資源評価のほんの入り口を通過したに過ぎません。従来の資源評価モデルは将来予測能力に問題があったことから、将来予測で重要になる加入の情報を得るために、年齢構成モデルの開発が科学委員会で合意されています。今後、NPFCにおけるサンマ資源評価手法の高度化に向けてサンマタスクフォースを含む日本のサンマ資源評価チームは新たなフェーズを迎えます。

NPFCの設立は2015年と歴史が浅く、ここで行われる資源評価のプロセスは発展の途上にあるのだと言えます。今回お話したように、データの保持者が事実に基づき信頼性の低いデータの不使用を主張しても合意が得られないといったケースのように、NPFCにおけるサンマ資源評価のプロセスでは、科学的合理性だけでなく、メンバーごとの思惑にも左右されるという現状がありました。しかし、今回の資源評価の合意により、NPFCでのサンマ資源評価は次の段階に移ります。今後科学的議論を、そして合意を一つ一つ積み重ねていくことにより、サンマ資源評価のプロセスが成熟してゆくのだと思います。

NPFCは北太平洋に生息する、クサカリツボダイ、キンメダイ、サンマ、アカイカ、スルメイカ、マサバ、ゴマサバおよびマイワシ（カリフォルニアマイワシは含まれない）を対象魚種としています。今回のTAC設定は、2015年にNPFCが発足して以降、漁獲量の上

限を定めた管理導入の初めての事例となります。現在、マサバ資源評価技術作業部会において本種の資源評価に向けて着々と準備が進められています。今後、マサバ等についてもTAC設定に向けたタフな議論がNPFCで行われることになることが予想されます。さらに今年の年次会合では、マイワシとスルメイカの保存管理措置が新たに作成されました。これは、漁獲努力量の急激な増加を抑止するという比較的穏やかな措置となりますが、今後これら2魚種がNPFCでの資源評価の組上に上がる可能性も十分に考えられます。また昨年と今年、北西太平洋で漁業を行いたいEUがNPFC加盟を要求しました。結果的に加盟は見送られましたが、日本の沖合にて魚類資源を巡り国際的な利害関係の対立が増していくのでしょうか。そのためには、国際的な管理は必須ですし、その基盤となる資源評価の実施に向けて我々研究者は準備しなくてはなりません。

### おわりに

昨年7月に異動して以降、NPFCにおけるサンマの資源評価の合意に向けて、国内の研究者間、そして行政官との連絡調整、さらに国際会議での対応方針の検討、そして意思決定を担ってきました。これらに加えて国際会議では、日本代表団の先頭に立って議論に対応し、中国を含む代表団との交渉も担ってきました。重責ではあったのですが、国際水産資源研究所で培った経験を糧に課された任務に気概を持って取り組んできました。同所で最初に携わった太平洋クロマグロの資源評価を通して、国内外の研究者と協調して研究を推し進めることを学びました。そして、次に携わったまぐろはえ縄漁業の混獲生物の問題では、見解の対立する環境保全団体との議論を通して解決策を考えることを学びました。このような経験が今回の任務の遂行に役立ったのだと考えています。

東京海洋大学の北門利英教授は、NPFCにおけるサンマの資源評価をリードするだけでなく、NPFCサンマ資源評価技術作業部会議長（現サンマ小科学委員会議長）としてサンマの資源評価を合意まで導いていただきました。そして、日本での資源評価のための解析は北門教授門下生の千葉菜津子さんが担当されました。千葉さんは修士論文の作成で忙しい中、北門教授と協

力してベイズ型プロダクションモデルによるサンマの資源解析の結果を科学ドキュメントとして取りまとめでいただきました。北門教授、そして千葉さんのお二人の多大なる貢献なくしては、資源評価の合意は成しえませんでした。

日本のサンマの資源研究には、世界に誇れるサンマ資源量直接推定調査があります（水産研究・教育機構、2019; 巢山ら、2019）。この調査から得られた資源量推定値は他のどんな資源量指数よりも信頼できるものであり、資源評価においても最も重要な資源の情報として使われています。2003年よりこの調査を継続されている東北区水産研究所の巢山哲グループ長を中心としたサンマ研究者、そして代々サンマ研究に従事された研究者の皆様に敬意を表します。

サンマタスクフォースのメンバーである中山研究員、富士研究員そして橋本研究員は、急な環境の変化にもかかわらず、タスクの完了に向けて尽力してくれました。今後、サンマの資源評価手法の高度化では彼らの能力が存分に発揮されてゆくでしょう。

前所属先の国際水産資源研究所混獲生物グループの皆様には、突然の異動により多くの負担をかけてしまいました。私を快く送り出していただけたことに感謝を申し上げます。

最後に、突然の単身赴任にも動じず、私の仕事を理解し、支えてくれた家族に感謝します。

## 参考文献

- Chiba, N. and Kitakado, T. 2019. Outcomes of the stock assessment for the Pacific saury - 2019 update with the BSSPM -. NPFC-2019-TWG PSSA04-WP10 (Rev. 1).
- 一井太郎 2016. 北太平洋漁業委員会 (NPFC) 発足. ななつの海から, 9: 9-12.
- Oshima, K., Fuji, T. and Suyama, S. 2018. Additional information regarding changes in the Japanese stick-held dip net for Pacific saury, especially in 1980s. NPFC-2018-TWG PSSA03-WP11.
- 水産研究・教育機構 2019. 令和元年度サンマ長期漁海況予報. <http://tnfri.fra.affrc.go.jp/press/h31/20190731/20190731sanmayohou.pdf>

水産庁・水産研究・教育機構 2019. 用語解説. In 平成30年度国際漁業資源の現況. [http://kokushi.fra.go.jp/H30/H30\\_a006.pdf](http://kokushi.fra.go.jp/H30/H30_a006.pdf)

巢山哲・宮本洋臣・阿保純一・納谷美也子・大島和浩・富士泰期・橋本緑・中山新一朗 2019. サンマ 北太平洋. In 平成30年度国際資源の現況. [http://kokushi.fra.go.jp/H30/H30\\_76.html](http://kokushi.fra.go.jp/H30/H30_76.html)

Small Scientific Committee on Pacific Saury 2018. 3rd Meeting Report. NPFC-2018-SSC PS03-Final Report. 29 pp. (Available at [www.npfc.int](http://www.npfc.int))

Small Scientific Committee on Pacific Saury 2019. 4th Meeting Report. NPFC-2019-SSC PS04-Final Report. 48 pp. (Available at [www.npfc.int](http://www.npfc.int))

Technical Working Group on Pacific Saury Stock Assessment 2017. 2nd Meeting Report. NPFC2017-TWG PSSA02-Final Report. 24 pp. (Available at [www.npfc.int](http://www.npfc.int))

Technical Working Group on Pacific Saury Stock Assessment 2019. 4th Meeting Report. NPFC-2019-TWG PSSA04-Final Report. 50 pp. (Available at [www.npfc.int](http://www.npfc.int))



## 米国ハワイでの在外研究報告



かつお・まぐろ資源部まぐろ漁業資源グループ 井嶋 浩貴

### はじめに

2018年10月1日から2019年5月30日の8ヶ月、水産総合研究センターの在外研究員派遣制度を利用して、ハワイのオアフ島にある米国海洋大気庁（NOAA）のPacific Island Fisheries Science Center (PIFSC)と共同研究を実施しました。本稿では在外研究中の生活と研究の成果について紹介します。

### ハワイでの生活

在外研究先のハワイには、家族で滞在しました。米国に到着してから最初の一週間は、コンドミニウムに宿泊して生活の基盤を整えました。生活のため、様々な手続きが必要ですが、最初に携帯電話を購入しました。日本と同様に携帯電話番号は、米国での様々な契約において必須となっており、NOAAの担当者との連絡を取るためにも携帯電話は必要不可欠でした。なお、携帯電話の契約プランは、プリペイド式の最も安いものにし、毎月更新を行いました。次に、滞在のための部屋を探しました。米国で部屋を借りる方法は日本と大きく異なります。具体的には、米国ではCraglistというインターネットのサイトから、直接家主または不動産会社とコンタクトを取ることが一般的です。そのため、岡本部長のアドバイスに従い、NOAAの担当者であるAnnie Yau博士に協力をお願いし、家主とのコンタクトから契約まで家主との間に入ってもらいました。結果として、トラブルもなく部屋を借りることができました。新居に引っ越しをした後、銀行口座の開設や車の購入、娘の幼稚園などその他の手続きに関しては、自分で対応しました。これらの手続きには、滞在先の住所と電話番号が必要なため、なるべく早く、住所と電話番号を手に入れる必要があります。

ハワイの賃貸住宅は非常に高額なため、在外研究の生活費のほとんどは家賃に消えました。当初は出費を

控えるため、家具付きの物件を探しましたが、そのような物件はワイキキ周辺に固まっており、小さな子供連れの生活には不向きでした。そこで、家具付きの物件は諦め、静かで治安の良い地域内で、短期間での貸し出しをしている物件から部屋を選びました。家具については必要最低限の物を購入し、その他はハワイに在住している日本人の知人から借りることで対応しました。賃貸した部屋は、アラモアナショッピングセンターの北側に位置し、娘の保育園にも近く、日常生活で困ることは、ほとんどありませんでした。また、家の目の前には、オバマ前大統領の卒業したPunahou Schoolがあり、大変落ち着いた環境で快適な生活を送ることができました。オアフ島は、世界的な観光地であるため、交通網は充実しており、ほとんどの場所にはバスでアクセスすることができます。しかし、常に渋滞しています。当初は、娘の送迎もNOAAへの通勤もバスで対応しようとしたが、あまりに時間がかかるため、車を購入しました。

週末は家族とハワイの観光地を訪れたり、ハロウィンやイースター、クリスマスなどのイベントに参加したりして過ごしました。NOAAの研究者には、娘よりも少し小さいくらいの子持ちの人が多く、季節ごとに数多くのパーティに呼んでもらい、米国の文化に触れることもできました。特に、感謝祭で頂いた七面鳥は非常に美味で、今までの価値観が大きく変わりました。

### NOAAでの研究について

NOAA PIFSCは、ハワイ大学の敷地内から真珠湾にある米軍基地の敷地内へ移ったため、通勤のためには、米軍の身分証明書が必要でした。私は毎朝、真珠湾の入り口で軍のセキュリティチェックを受けた後、NOAAの研究施設Inouye Regional Center (IRC)へ通

勤しました。しかし、直接IRCの研究棟に入ることができないため、毎朝、電話で研究者をロビーまで呼んで、建物内部に入る必要がありました。毎朝エスコートしてもらうのは、大変忙しい米国の研究者の時間を割くことになるため心苦しく、誰も出勤していない場合は長時間ロビーで待つこともありました。IRCは米軍の施設を改築した建物で、2017年にできたばかりの建物です。非常に大きく、綺麗な建造物ですが、米軍基地内であるため、写真での撮影には制限がありました。

仕事のために、キュービクル（低めのパーティションで区切られた個室）を貸してもらい、そこでほとんどの作業を行いました。キュービクルは非常に大きく、オフィスも静かであったため、仕事に非常に集中することができました。インターネットの環境については、NOAA本体のネットワークにアクセスすることができず、論文をダウンロードすることができないことが不便でした。また、IRCは港の目の前に建設されており、調査船を常時停泊させることができます。生物の研究者にとっても非常に良い環境のようでした。このように派遣先であるNOAA PIFSCは、真珠湾へのアクセスが不便ではあるものの、研究環境は日本と比べ非常に恵まれており、米国との力の差を大きく感じました。米国の研究者の生活は日本と大きく異なっていました。研究者は通勤時の渋滞を避けるため、朝早くから仕事を始め、午後3時には帰宅する朝方の生活をしていました。仕事は、プロジェクトごとにメンバーの構成を変え、人が不足する場合は他の部署からのサポートもあり、柔軟で余裕のある計画を立てていました。国際水産資源研究所のくろまぐろ資源部のように、生物担当と資源評価担当が別れていますが、種ごとの割り振りはそこまで、明確ではありませんでした。また、それぞれの担当者にはかなりの裁量が与えられているようでした。

米国国内の資源評価会合に参加する機会もありました。対象の魚種は、中西部太平洋のEEZ内の底魚でしたが、かなりデータの質が悪く、オブザーバーデータから漁獲量を推定し、複数種の漁獲量を合わせて、ベイジアン・サープラス・プロダクションモデルを回していました。米国であっても、データが不十分である中アセスメントをしなくてはならない状況にあること

は非常に印象的で、この手法は今後の日本の国内種にも応用が利くものと考えられます。特にベイジアン・サープラス・プロダクションモデルの一つであるJABBAは非常に評判の良いモデルであり、今後日本でも導入を検討しても良いのではないかと感じました。

12月22日から35日間、暫定予算の一部失効による米国政府機関閉鎖に伴い、私が訪れていたNOAA PIFSCも閉鎖されました。驚くべきことに、米国の研究者は閉鎖の間、投稿中の論文に関わる以外、本当に仕事をしていませんでした。また、1ヶ月仕事ができなかったにも関わらず、大きな混乱もありませんでした。これは、余裕を持った業務計画を立てられていることが大きいのではないかと感じました。一方、私の方は、シャットダウン中に米国人の議長に代わって、中西部太平洋マカジギ資源評価のデータ準備会合に対応することになり、非常に慌ただしく仕事をすることになりました。今回の米国政府の閉鎖を経験し、不測の事態にも対応できるような、スケジューリングの大切さを、身をもって感じることとなりました。

## 在外研究の成果

### ① 背景

まぐろ類やかじきなどの高度回遊性魚類の資源評価において、最も取り扱いの難しい不確実性は、加入量の変動です。具体的には、ほとんどの高度回遊性魚類は、親子関係が明確ではなく、海洋環境の変動によって年変動することが指摘されており、資源評価の結果や将来予測の精度に大きな影響を与えています。しかし、海洋環境の変動や産卵場における環境の違いによって、どのように加入が変化しているか明らかになっていません。そこで、本研究では、これまで遠洋水産研究所及び公庁船が実施した仔魚調査のデータを空間統計モデルで解析し、仔魚の出現と海洋環境との関係性を議論することを試みました。

### ② 方法

仔魚の調査結果は、国際水産資源研究所の稚魚網採集物データと遠洋水研稚魚網採集物データの二つのデータセットにまとめられています。それぞれ、異なるフォーマットで集計されているため、今回は同じ項目を整理して使用しました。この二つのデータを合わ

せると、1956年から1998年という長期間のデータを得ることができます。このデータは、非常に広い調査範囲を示していますが、時空間的にみると、多くの欠損があります。(図1)。また、長期間の調査によって25種の魚類が捕獲され、捕獲数が多い上位12種の空間的分布は、種ごとに異なる傾向を示しています(図2、図3)。

データの解析には、空間統計モデルを用いました。空間統計モデルは、時空間の相関を考慮することで、時空間的なデータの欠損に対し、頑健な推定をすることができる統計モデルです。また、出力から潜在的な空間の効果であるSpatial field (環境場) が得られるため、どのような空間的效果が仔魚の分布に存在するか可視的に判断することができる非常に強力な解析手法です。空間統計モデルは、近年CPUEの標準化で用いられるようになっており、話題性の高いトピックでもありま

す。しかしながら、統計学的に非常に難しい理論であるため、今回の在外研究では空間的な種間関係や時空間の変動を考慮するような複雑なモデルには取り組まず、基本的なモデルの学習に時間を費やし、空間のみを考慮した予備的な解析を実施しました。

予備的な結果からは、標準化された稚魚の空間的分布と、環境要因に起因すると考えられる環境場を推定することができました。詳しい結果については、更に解析を進め、投稿論文として公表する予定です。

### さいごに

今回の在外研究によって、理論的に難易度の高い、空間統計モデルに関する基礎的な知識と解析手法を習得することができました。今後の予定としては、米国の研究者との共同研究も引き続き行い、複数種でのモデルを構築した本解析を行うことを計画しています。

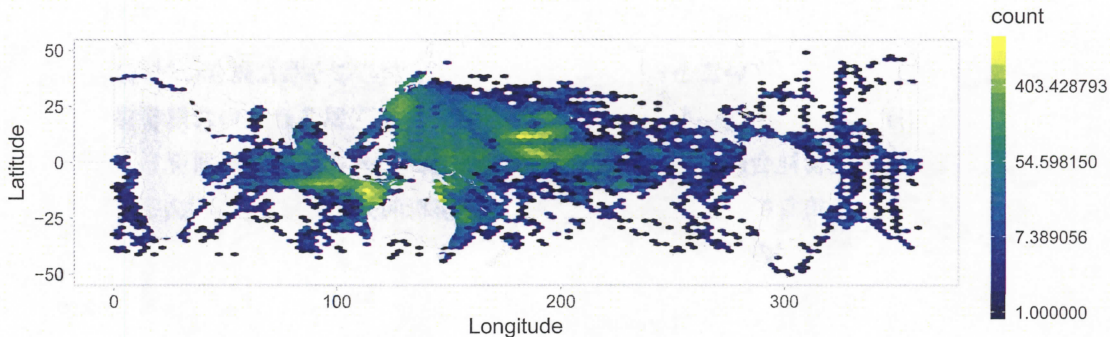


図1. 仔魚調査地点および努力量 (logスケール)

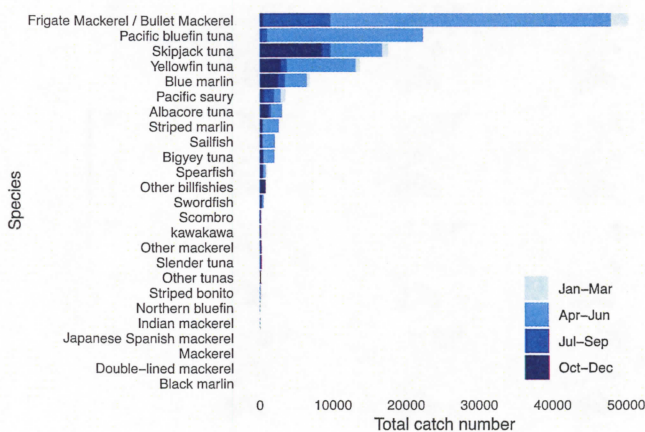


図2. 種別に集計した捕獲された仔魚数。捕獲数の多かった種は、ソウダガツオ、クロマグロ、カツオ、キハダ、クロカジキ、サンマ、ピンナガ、マカジキ、バショウカジキ、メバチ、フウライ、及びメカジキの12種。

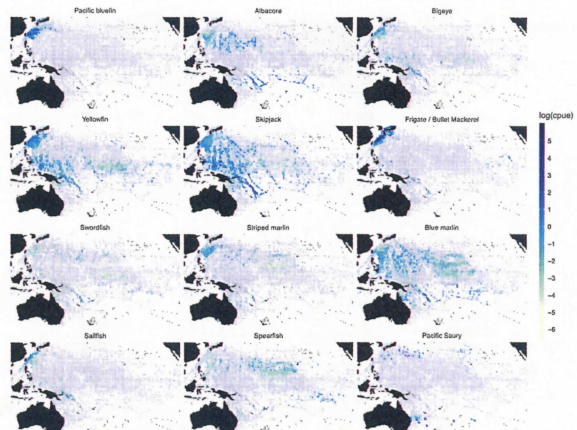


図3. 捕獲された数の多い種の仔魚CPUEの空間的分布。グレーの塗りつぶしは、捕獲されなかった地点を示す。

## 国際水研における資源研究体制構築の試み

～まぐろ類を例として～



業務推進課 余川浩太郎

国際水研のまぐろ部門は、大西洋まぐろ類保存国際委員会（The International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, ICCAT）が1982年に大西洋クロマグロの西大西洋系群に漁獲量の大幅な減少を強いる厳しい漁獲規制導入に合意してから、他のまぐろ、かじき、さめ類資源に対しても徐々に規制導入の議論が伝播していったため、厳しい研究対応を迫られてきた。これは、1)まぐろ漁業が漁獲するマグロ、カジキ、さめ類や混獲である海鳥、海亀等対応する生物が多彩で、加えて日本の漁船が三大洋に漁船を展開しており、対応する資源評価の数が非常に多くなること、また、2)それら資源の多くが国際的にも重要度が高いこと、3)資源評価には最先端の科学的技術が導入されてきたことによる。対応すべき魚種の数には当初社会経済的価値の高いものに限定されていたが、年を追う毎に増加し、解析手法の高度化と複雑化に伴い、一回の資源評価に必要とされるドキュメントと会議の数が増加した。業務の増加に見合った職員の増加が認められない中で、国際水研まぐろ部門は研究予算の増加に助けられつつ、効率的な組織運営によって対処することを模索した。本稿は、国際水研のまぐろ部門で得た筆者の経験を通して、資源評価における組織運営について検討することを目的とした。

### 資源研究高度への初期対応

近年の様な高度な資源解析は、1980年代～1990年代にコホート解析にチューニング手法が導入されたこと、CPUE標準化に一般線形化手法が取り入れられたことに、端を発する（Mohn & Cook, 1992; ICCAT 2006-2016）。国際水研まぐろ部門はこれらを契機に、数理統計やモデル解析を専攻する研究者（以下、解析系研究者）を採用するようになった。当時採用されたこれらの研究者は、現在でも国内外の水産資源評価で活躍し

ているので、当時の国際水研幹部には先見の明があったと考えられる。

また、マグロ類の様な高度回遊性魚類は分布域が広大なため、層化無作為抽出法によるトロール網を用いた資源量調査に代表される様な、対象資源の分布域を網羅する資源量調査を行えない。そのため、資源量指数を、時空間的にもサンプリング手法的にもバイアスの多い漁業からの情報に頼らざるを得ず、その欠点を数理統計的処理で対処する為に様々な手法が考案されるようになった。国際水研のまぐろ対応部門では数理統計やモデル解析を専攻する研究者への需要は年を追う毎に高まっていった。こうした動きに対応する為、まぐろ部門の各研究室に配属されていた解析系研究者の多くが数理解析研究室という一つの研究室に集められた。

数理解析研究室の始動は、太平洋に中西部まぐろ類委員会（Western and Central Pacific Fisheries Commission, WCPFC；2004年発足）と北太平洋まぐろ類国際科学委員会（International Scientific Committee for Tuna and Tuna-like Species in the North Pacific Ocean, ISC；1996年発足、1999年実質的な資源評価作業開始）という二つの国際委員会が実働しはじめた時期と重なっている。これら二つの委員会発足により、まぐろ部門の研究者は年間を通じて国際会議に対応することを余儀なくされた。これは、主任研究員クラスで2～3ヶ月に1回国際会議に対応しなければならなくなったことを意味する。業務の増加はまぐろ部門の研究者から余裕を奪い、研究者間の連携が徐々に上手くいかなくなり、当時、かじき類というマイナーな魚種を担当していた筆者にも不平や不満の声を耳にする機会が増えてきた。職場の雰囲気の悪化は、高度化する解析手法に解析系研究者以外の研究者がついて行けず、解析系研究者の負担が増加したことにも起因している。こうした中で筆者は数理解析研究室の室長を拝命し、

研究体制の強化に係わる機会を得た。

### 新たな資源研究体制の模索

数理解析研究室の室長拝命が決まった際に、筆者は資源評価に対応する研究者集団を効率的に運用するやり方について聞き取り調査を行った。最も多くの情報収集を行ったのは、当時まぐろ類の資源評価で高い権威を持っていたICCATにおいて、最も強力かつ精力的に活動していた米国の南東漁業科学センターの資源部である。当時の南東漁業科学センターは、ICCAT科学委員会において国際水研と激しく議論することもあったが、リーダー格のJoseph Powers博士及びGerald Scott博士を始めとした多くの研究者が気さくに教えてくれた。彼らによると資源評価作業で重要なことは；

- 1) 資源評価は単独の研究者が行う業務ではなく、多様な分野の研究者が協力し合って行う作業であることを自覚する。
- 2) 資源評価作業を始める前に関係者で集まって、効率的に仕ことをするにはどうしたら良いかを話し合い、明確な方針を決める。
- 3) 資源評価に携わる個々の研究者は、資源評価における自らの役割を明確に認識出来る様にする。

であった。そこで、筆者がまず取り組んだことは、数理解析研究室が最も頻繁に共同作業を行う太平洋クロマグロ及びかじき類を担当する近海まぐろ研究室との間にあった壁を撤去する工事をお願いし、研究室間の物理的な壁を取り払うことで、話し合いの機会を多く持てる様にするのであった。これにより、個々の研究者が抱えていた不満や悩み、あるいは、組織としての問題点を徐々に聞かせてもらえるようになった。太平洋クロマグロやかじき類の資源評価には、資源解析モデルを担当する解析系研究者、CPUE標準化や漁獲物体長組成の推定を行うと共にフィールド調査や調査船調査や漁業者対応を行う資源系研究者、成長式や成熟年齢といった生物パラメータ推定を担当する生物系研究者が参画していた。

個々の資源系・生物系研究者の話聞いた結果、解析系研究者は、CPUE標準化における問題点の解決や

資源解析モデルの実行といった資源評価の主要な作業を受け持ち、実際に国際会議にも出席して厳しい対応をこなしていった。しかし、1)他の研究者が数理解析スキルアップの努力を十分に行わず好きな研究に多くの時間を割いているため、自身の負担は軽減されず、自分の研究に十分な時間が取れない、2)解析モデルへの入力データを作る研究者達がモデルの構造を良く理解していないため、入力データの改善が思うように進まず、いつもモデルを収束させることに苦勞する、といった意見を持っていた。

資源系研究者からは、1)資源評価における数理統計手法が難解でその仕組みがよく理解出来ない、2)解析プログラムは多くの情報を出力してくれるが、それらの示す意味が十分に理解出来ないために、結果の検討をきちんと行うことが出来ない、解析系研究者に相談すれば良いのだろうが、なんとなく敷居が高くて質問出来ない、論文や専門書で自習することもチャレンジしたが、高度な内容について行けない、3)資源評価が重要なことは分かるが自分にもやりたいことがある、といった意見が出された。

生物系研究者からは、1)成長や成熟の推定、安定同位体分析、食性解析といった事柄に興味があるが、そうした研究は常に需要があるわけではない、2)データ解析の業務にも協力したいとは思っているが数理統計は苦手で、何から取り組んだら良いか分からない、そのため、データ解析の技能習得につながる様な業務が回ってくる機会も少ない、3)自分としては生物系の研究に愛着があるので需要がなくとも続けていきたい、といった話を聞くことが出来た。

また、各人から詳しく話を聞くと、自分達の研究業務を進めるにあたっての相談は主として同じ分野に属する研究者間で行われており、異なる分野に属する研究者との話し合いは本当に困った時以外は行われていなかった。部長や室長は、折を見て異分野間の交流の必要性を説いており、多くの研究者がその有益性を認めていたものの、人間関係など様々な要因で、自主的な連携や協業はほとんど行われていなかった。また、話をしたほとんどの研究者が得意分野で質の高い学術論文を書きたいと思っているが、国際会議対応業務の量が多く、論文執筆の時間が取れないことを不満に思っていること、そして、こうした状況が近い将来に

改善される展望がないことに不安を感じていることも分かった。

### 太平洋クロマグロの資源評価体制

筆者が数理解析研究室の室長に就いた際、喫緊の問題はISCで行われる太平洋クロマグロの初めての本格的資源評価の実施であった。太平洋クロマグロは日本の沖合域に産卵場があることから日本各地で様々な漁業が漁獲している重要資源で、扱うデータが非常に多いが、対応する研究者の数は限られていた。しかし高級魚である太平洋クロマグロの資源評価は国内外から注目されていることも有り、その資源評価には最新の統合モデルを用いる必要があると考えられた。その準備にはかなりの時間と労力が必要となるであろうことはこれまでの経験から容易に想像出来たので、限られた研究者に効率的に準備を進めてもらう必要があった。

資源評価では解析モデルが収束しないと先に進めないで、準備を始めるにあたってはモデルを担当する解析系研究者の意見を基に準備作業の優先順位を決めることとした。準備作業の優先順位の決定は、米国の南東漁業科学センターから得たアドバイスに基づいて、関係者全員で行うこととし、その話し合いは、各研究者から事前に得た不満や不安を解消するため、解析系研究者には、折に触れてモデルについて基礎から説明してもらうようにした。こうした話し合いは出来るだけ頻繁に行う様にし、一歩ずつテーマの優先順位とその担当者を決めていった。テーマの担当者を決める際には、出来るだけ異分野の研究者を補佐につける様にした。これには、これまでほとんど行われてこなかった異分野研究者間の協業を、作業担当という枠組みを作ることで、各人に意識して実践してもらう意図があった。

資源解析モデルを走らせるには、漁業種毎に四半期別あるいは年別の漁獲量、体長組成をそろえるのに加えて、主要漁業の標準化CPUEを用いた資源量指数、成長曲線、年齢別成熟割合などを準備する必要がある。これらの入力データの準備にあたっては、それぞれ目標を設定した。目標は、可能な限りそれぞれの入力データを解析モデルが上手く収束することが期待される質と代表性を備える様にそろえる、というものにし、個々の入力データの具体的な目標値は、話し合いの場で解

析系研究者から皆に“なんでそうなるのか”という詳しい説明と共に伝えてもらう様にした。これには、資源系研究者と生物系研究者の解析モデルに対する理解を深め、準備作業に対する彼らのモチベーションを高める狙いがあった。

資源評価の準備作業を効率的に行うための話し合いは、各テーマの優先順位、担当者と補佐、目標が決まった後も続けることとした。これは各テーマの進捗状況を確認する目的の他に、各人の問題点を全体で共有することで異分野の研究者間の協力を促進させる目的もあった。そのため話し合いの機会は、週1回以上の頻度で持つことを心がけた。これは、徐々に効果を発揮し、日々の仕事の合間にも異分野の研究者達が自発的に話し合いをする様子が見られるようになった。彼らは、異分野の研究者と一緒に仕事をすることを楽しいと感じるようになってくれた様であった。彼らのこうした前向きな姿勢は本当に有り難かった。

### 太平洋クロマグロの成長曲線見直し作業

上述のように、太平洋クロマグロで初めて行う統合モデルによる資源評価の準備は、組織だった異分野の研究者の積極的な協業により行われた。資源評価に向けて非常に多くのテーマに取り組んだが、中でも成長曲線の再推定は、異分野研究者間の協力が実を結んだ実例の一つと言えよう。

太平洋クロマグロの成長曲線は1960年代後半に推定されて以来一度も更新されていなかった。1960年代と新しい資源評価の準備を始める時期では、太平洋クロマグロ資源を取り巻く諸状況や年齢査定技術も大きく異なっているため、成長式も更新する必要があった。加えて、近年は日本周辺で様々な漁業が、ほぼ周年に亘って様々な大きさの個体を漁獲していたので、精度の高い漁獲物年齢組成を推定するためには、高精度の成長式を推定する必要があった。

高精度の成長式推定には、各体長階級に属する個体の耳石を一定数以上集める必要があった。それぞれの体長階級で必要とされる耳石標本の数は、解析系研究者が予備的な年齢査定結果を元に計算で求めた。その際衝撃的だったのは、モデル解析で鍵となる成長係数や最大体長等のパラメータの推定精度を上げるため、広い体長範囲にわたって多数の標本を集める必要があ

る、という事実が判明したことだった。このことがわかった時点で、資源評価の準備会合までは2年間半程度しか時間が無かった。個体当たりの単価が非常に高い大型個体の標本の収集は、通常の方法で集めようとするれば多大な時間を要する。太平洋クロマグロは高度回遊性魚類の中でも特に機動性が高いため、主要な水揚げ港に水揚げされる個体の体長は年により大きく変動するために計画通りに標本が収集出来る見込みが低いことから、集める耳石標本は実際に成長曲線推定に用いる標本数の約2倍を集める必要がある。準備の時間が足りないことは明らかであった。

このような事情から、耳石標本の収集計画には、成長曲線推定作業を担当する生物系研究者でなく、市場測定や漁獲情報の収集と解析を担当し、現場感覚に優れた資源系研究者のネットワークとノウハウをフル活用して行うことになった。特に魚価が高く標本魚の買い取りが出来ない大型個体については、漁場に近い水揚げ港で魚体測定を行い、測定を行った個体に札を付け、実際にその個体が解体される築地市場の業者から札の付いた測定魚の耳石が入っている頭蓋骨を回収する、という方法を採用した (Shimose & Ishihara, 2015)。当時クロマグロの最も大きな個体は台湾で漁獲されていたことから、台湾でクロマグロの研究を行っていた台湾大学海洋研究所のHsu教授にお願いし、共同研究の枠組みを通じて大型個体の耳石を提供してもらった。

度重なる話し合いを通じてこの業務の重要性を理解し、研究チームの一員として使命感を持った資源系研究者は、自分達の業績に直結しない作業であったにもかかわらず、耳石標本収集体制構築に献身的に取り組んでくれ、短期間に必要な標本を収集することが出来た。こうした綿密な計画に基づいて推定した成長曲線は、まぐろ類としては高い精度と代表性を有し、太平洋クロマグロ資源評価の成功に貢献すると共に、結果を学術論文に掲載することも出来た (Shimose & Ishihara, 2009)。当時、国際水研のまぐろ部門では、国際会議対応の結果を学術論文に掲載することは難しいという意見も多かった中で、異分野研究者が協業することで、従来であれば国際条約科学委員会の作業部に提出するドキュメント止まりであった研究結果の質を、学術論文掲載レベルまで高めることが出来たのは、研究チームの努力の賜物であったといえよう。

成長曲線推定作業以外のテーマについても、資源評価に携わる研究者が分野の壁を越えて積極的に協力しあうことが出来たお陰で、高い精度で解析モデルへの入力情報を準備することが出来た。こうして、太平洋クロマグロで統合モデルを用いて行った初めての資源解析は2008年5月に実施され、結果は同年7月のISC年次会合で承認された。ここに至るまで、太平洋クロマグロの作業チームは2年間で5回のISC太平洋クロマグロ作業部会会合に対応し、それらの会合に合計で70編以上のドキュメントを提出している。

多くの成果が得られた太平洋クロマグロの資源評価であったが、それは一重に、関わった研究者達の献身的な努力によるものだったと言えよう。国際水研にとって太平洋クロマグロは新しく資源評価を行う資源であったため、それを担当する研究者は若手主体で構成されていた。彼らは時に厳しい状況に置かれこともあったが、分野を超えて協力し合ってそれを乗り越えてくれた。こうした、分野の壁を越えて研究者が協力して研究テーマに臨む体制は、太平洋クロマグロ研究チームのそばで仕事をしていたかじき類、さめ類、混獲生物等の研究グループにも波及し、それぞれの部署における資源評価や国際会議対応で作業の効率化や成果の学術論文化に貢献した。

### 資源研究体制についての考察

筆者は国際水研において、上述した太平洋クロマグロを初めとした多くの資源評価作業の取り纏め役に携わってきた。その経験から得た教訓について記してみる。

まず言えるのは、“水産資源評価”という研究分野は実態として存在しないと思ったほうが良い、ということである。資源評価とは、漁獲量、漁獲物体長組成、成長と成熟、資源動向、分布と回遊、資源構造、生態学的情報といった対象資源に関連する様々な研究成果をモデルという一つの鑄型に当てはめることで資源状態を推定し、その結果及び付帯する情報を総合的に勘案して資源管理勧告を出す行為と考えた方が分かりやすい。資源評価の柱となるのはモデルを用いた資源解析であるが、モデルの結果は資源量指数や成長式、成熟年齢、漁具選択性によって大きく左右される場合があるので、こうした入力情報を推定する研究も重要で

ある。

この様に考えた時、資源評価は異なる分野の研究者により構成されるチームによって対応することが自然であるが、さらにそのチームは、構成する各人が前向きに取り組めるように、効率的に運営されるべきである。近年では、解析モデルの実行だけでなく、モデルへの入力情報を推定する各作業も高度化しているため、資源評価に携わる研究者は高度な知識と技術を備えた専門家集団と言える。この誇り高い専門家に資源評価という一つの目的に向けて協業出来る様な環境を整えるには、以下のような点に注意すべきだろう。

### 1) 資源系研究者と生物系研究者の仕事の優先順位は、解析系研究者が決める

資源評価は、解析モデルが合理的に収束しないと始まらない。今あるデータで解析モデルを収束させるには、データをどの様に整理・補正していくのがよいか、また、どの入力情報が鍵となるか、といった事柄はモデルの専門家である解析系研究者の意見を尊重すべきであろう。一方解析系研究者は、資源系研究者と生物系研究者に現状の資源解析の問題点を分かりやすく解説する必要がある。

資源解析モデルは、必要な入力情報がそろえば、個々の入力値の精度が多少悪くとも、適当な箇所に制約をかけることで、半ば強引に収束させることが出来る。しかし、その様な形で得られた結果は、全体的なバランスが悪くなるため、感度解析の振れ幅が大きくなる、新たな年のデータを追加することで結果が変わってしまう場合がある。個々の入力情報の精度を高めることで、頑健な結果を得る事が出来、そうした結果は、管理戦略評価（MSE）実施に用いるオペレーティングモデルのプラットフォームとすることが出来る。

### 2) 基本方針として個々の研究者が複数のチームに所属するのではなく、チームが複数資源の資源評価を担当する

一人の研究者が複数のチームに所属して、請負制で仕事をすると、個々のチームは年間スケジュールが立てづらく、また、システムティックな研究者の育成が出来なくなる。また、太平洋クロマグロ資源評価作業の例でも分かるように、異分野研究者間の協業体制は、

個々の研究者間の信頼関係に依っているので、その構築と維持には労力と時間が掛かる。

### 3) 互いに協力して仕事をする事を習慣化する

資源評価に係る個々の分野は、近年その内容が高度化しており、さらに、技術が進歩するペースも速くなっている。こうした状況では、同じ分野に属する研究者間の交流はスムーズに行われる一方、異分野間交流は行われにくくなるので、日頃から意識して異分野間交流を維持する必要がある。

### 4) 資源系及び生物系研究者が理解すべき解析モデルの内容

近年多くの資源評価で用いられる解析モデルは構造が複雑化し、高度な数理統計学的手法を用いているので、専門家以外がその内容をきちんと理解するのは至難の業である。国際水研においても、このことが解析系研究者とそれ以外の研究者間の交流と協業を妨げる要因であった。しかし、複雑なモデルも高度な数理統計学的手法も、その多くは、もともと複雑で変化に富む自然資源の動態をよりの確且つ合理的にモデルという鑄型にはめ込み、経済行為故に多くのバイアスを含む漁業データについてより正確に推定誤差を評価するために使われているので、そのベースは単純な解析モデルと大きく変わらない。したがって、モデルの専門家でない資源系研究者や生物系研究者であっても、資源動態に関わる基本的事項さえ理解していれば、資源評価作業においてきちんと解析系研究者と議論を交わすことが出来る。

資源動態に関わる基本的事項とは、例えば、対象資源の成長式がより成長の早いものに修正される、あるいは、成熟年齢の推定値が低くなった場合、資源全体に占める産卵親魚の割合が増えるので資源解析結果は楽観的になりやすいとか、漁獲量と資源量指数の年トレンドは逆相関していないと解析モデルは収束しない、寿命が長い資源では資源量指数の年トレンドは少しずつしか変化しない、といったことがある。これらは、漁獲方程式を用いてエクセル等で簡単に確認出来るので、資源系や生物系の研究者は解析系研究者の助言をもらいながらエクセル等を用いて確認してみると良いであろう。



資源評価作業において、資源系や生物系の研究者は、自身が担当している研究の結果が資源解析にどの様な結果を及ぼすか、ということはきちんと理解しておくべきである。また解析系研究者は、そうした資源系や生物系の研究者の努力を積極的にサポートしていくことが自身の研究にプラスとなることを、経験を通して理解するべきである。解析モデルへの入力情報の質と精度が向上すれば、それだけモデルはスムーズに収束するようになり、また、良質な入力情報は、管理戦略を検討するオペレーティングモデルやシミュレーション研究の素材としても活用出来る。

### 5) 各分野の研究者は、多少なりとも他分野の研究が出来る様になる

資源評価に係る業務は、常に3つの分野の仕事が等しく存在しているわけでは無い。また、緊密な連携を維持するには、多少なりとも他分野の業務を経験することで、忙しい時に助け合うことが出来る体制を整えるとともに、実際に異分野の業務を経験することで、互いの理解を深めることが重要である。例えば、生物系研究者は、資源系研究者が行う体長データや漁業データの基礎的な解析や調査への参加を、資源系研究者は生物学研究者の標本収集、生物系研究者が出した結果を漁業データと比較・検証する作業、あるいは解析系研究者が行うモデル解析の一部を担う、解析系研究者と共に高度なCPUE標準化モデルにチャレンジするといったことが出来るかもしれない。また解析系研究者は、漁業データの解析を通じてその複雑さを学び、生物標本分析結果の解析を行うことで、日頃自分達が扱う解析モデルに比して、現実には遙かに複雑で変異に富んでいることを知るのには、良い経験となるであろう。

### 異分野研究者間の協業がもたらす効果について

研究者は誰もが自身のペースで研究を行い、独力で完成させたいと願うものである。その一方、海洋の生態系は複雑で変化に富み、漁業から入ってくる情報や標本は膨大な量になるので、一人の研究者で全てに対処することは難しいであろう。

一見複雑に思える漁業データであっても、先進的な解析モデルにかけることで、通常では気づかない規則性や傾向が見つかる場合があるし、そこに統計的な有

意性が認められれば新しい発見として認められる可能性がある。成長や成熟を調べる研究では、対象資源の主群をよく代表した標本を集めることが重要であり、一方系群分析や安定同位体分析等では対象生物や分布環境についてコントラストのある標本を集めることが重要であるが、こうした標本の収集は漁業や調査に詳しい資源系研究者が得意とする分野である。また、漁業や調査データ解析や生物分析の新しい知見を漁業者に紹介することで、資源系研究者と漁業者の信頼関係向上につながることを期待できる。この様に、異分野研究者間の協業は研究成果の質と量の向上や、漁業者との信頼関係の向上、個々の研究者のモチベーションの向上など、研究者の研究業務に様々な形で良い影響を及ぼす可能性を持っている。

### チーム制の問題点

本原稿は、国際水研の研究業務の明るい側面に焦点を当てて書いたが、初めての試みであったため、多くの問題も生じた。これは筆者も含めて多くの研究者が、協力して作業することに馴染みが無かったことに起因すると思われる。研究者の中には一人でマイペースに仕事をするのを好む者も多い。チームとして協業する場合、仕事のペースは周囲とある程度歩調を合わせる必要があるが、それに上手く馴染めない研究者も居る。

今回の取り組みでは、太平洋クロマグロの資源評価を高い精度で行うために、短期間で一定の成果を上げる必要があった。そのため、仕事が早く良い結果を出した研究者には、次々と新しいテーマを割り振る様にした。この方法は、一方で、この新しい体制について行くことに抵抗がある研究者や、上手く馴染めない研究者に対して負担を強いることになった。こうした問題は、余裕を持った研究計画を立てることで緩和出来ると思われるが、今後は関係者で十分に話し合い、適切な対応をしていくべきと考えられた。

異分野の研究者の協業によるチーム制の導入にあたっては、頻繁に話し合いを持つ様にした。その話し合いでは、個々の研究者は仕事の進捗状況や今後の解析方針について説明することを要請した。しかし研究者にとっては、自身の発見やアイデアは貴重なもので、科学論文に発表するまでは、たとえ同僚といえど

もそれを秘匿したいと思う研究者にとっては、抵抗感があると思われる。太平洋クロマグロの資源評価では、新しい発見やアイデアの報告があった場合、本人を論文の主著者とした論文の作成を促し、標本の収集や高度な解析手法の導入などでサポートすることによって最終的に得られる成果の水準が上がるように差配することを心がけたが、やはり自分の発見は自分一人で最後まで形にしたいと思う研究者も多いと思われる。これに関しては、話し合いを通じて最善の方法を模索していくことが大切と考えられるが、筆者にまだ適切な対処法が判らずにいる。

チームで作業を行う際の話し合いの中では、参加者が率直な意見を出し合うことが望ましいが、研究者の中には自身が報告した途中経過や解析結果に批判的な意見が出される事を好まない研究者も多いと思われる。しかし、資源解析結果の精度は、一番質の低い入力情報に影響を受けやすいので、個々の入力情報の推定精度は一定水準以上に維持することが望ましい。こうした目標を達成する為には、研究者に追加作業をお願いしなければならない場合がある。こうした作業は、特定の個人に押しつけるのではなく、チーム全体で解決策を考えるにはするが、それでも追加作業を行う研究者には大変な思いをさせてしまう場合がある。

特に、国際条約の科学委員会で行う資源評価では、日本の研究者の発表に対して海外の研究者が衣を着せない辛辣な意見を出してくるので、しっかりとした対策を取る必要がある。そのため、個々の担当者から報告される途中経過や解析結果は厳しく吟味していくこととなる。特に若い研究者の場合、自分が精一杯頑張った結果に、いくつもの批判的な意見が出され、それらに対応する追加作業を求められた場合、大変な思いをすることもあると思われる。太平洋クロマグロは日本にとって重要な資源であるので、高精度の資源評価を行う必要があった。そのため、資源解析に入力する個々のパラメータの推定精度も可能な限り高める必要があり、個々の担当研究者には様々な追加作業の実施をお願いした。個々の担当とは話し合いを持つ機会を多く持ち、過度な負担が掛からないように十分な配慮をしたが、筆者自身も研究室長として多忙であったので、行き届かない面も多々あったと思われる。

## おわりに

本稿では、異分野の研究者で構成した研究チームにより資源評価対応を行う事について、太平洋クロマグロの初めての統合モデルを用いた本格的な資源評価に向けた準備を例に取り説明した。チーム制は業務の効率化や、得られる結果の質の向上など利点が多い一方で、そこに参加する個々の研究者の個性によっては十分にその能力を発揮出来ない可能性があるため、必ずしも全ての局面で有効に機能するとは限らないことも判った。

水産資源の資源評価作業は、対象とする資源とそれを漁獲する漁業の特性、利用出来る情報とその解析を担当する研究者など、どれをとっても変化に富んでいる。したがって、本稿で取り上げたチーム制についても、異分野研究者間の協業による業務の効率化と捉え、個々の状況に応じて必要な部分に導入することが良いのではないかとと思われる。

また、本稿で推奨しているチーム制導入にあたっての指針についても、状況によっては上手く機能しない場合もあると思われる。話し合いを頻繁に持つことは大切だが、これも度が過ぎると他者に依存しすぎて自身のスキルアップがおろそかになってしまう。したがって、本稿の内容はあくまで参考程度にとどめ、個々の資源研究者が与えられた局面に応じて、試行錯誤を通じて最善の方法を模索していくことが大切だと思われる。

## 引用文献

- Mohn, R., Cook R. 1992. Introduction to Sequential Population Analysis. NAFO SC Studies no. 17: 97pp. .
- ICCAT. 2006-2016. ICCAT Manual. International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna. In: ICCAT Publications [online]. Updated 2016. [Cited 01/27/]. ISBN (Electronic Edition): 978-92-990055-0-7.
- Shimose, T., Ishihara, T., 2015. A manual for age determination of Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis*. Bull. Fish. Res. Agen. No. 40, 1-11.
- Shimose, T., Tanabe, T., Chen, K., Hsu, C. 2009. Age determination and growth of Pacific bluefin

tuna, *Thunnus orientalis*, off Japan and Taiwan.  
Fisheries Research 100, 134 - 139.

Finlayson, A. C., 1994. Fishing for truth : a  
sociological analysis of northern cod stock  
assessments from 1977 to 1990. Institute of  
Social and Economic Research, Memorial  
University of Newfoundland, 176 p., ISBN  
0-919666-79-5.

## 主な出来事 (平成30年10月1日～平成31年3月31日)

### ●国際会議

期 間	用 務	主 張 先
10-R元.5	長期在外研究 (井嶋)	ホノルル (アメリカ)
10-11	CCAMLR魚類資源評価作業部会・科学委員会・委員会 (一井、奥田)	ホバート (オーストラリア)
10	オホーツク海北西海域鯨類目視調査航海後会議 (木白、吉田、余川、海老名)	ウラジオストク (ロシア)
10	CCSBTの遵守委員会および年次会合 (伊藤 (智))	ヌメア (ニューカレドニア)
10	第4回 CLIOTOP国際シンポジウム (米崎、金治、竹茂)	基隆 (台湾)
10-11	IOTC手法作業部会および熱帯性まぐろ作業部会 (松本)	ヴィクトリア (セーシェル)
10-11	PICES-ISC WG34会合 (清藤、小埜、金治、佐々木)	神奈川県横浜市
11	NPFC VME&BF Data ワークショップ (米崎、竹茂)	廈門 (中国)
11	ISC さめ類作業部会 (仙波、甲斐)	高雄 (台湾)
11	第3回NPFCサンマ資源評価技術作業部会会合 (大島、富士)	廈門 (中国)
11	ICCAT年次会合 (佐藤 (圭))	ドゥブロヴニク (クロアチア)
11	中西部太平洋カツオ資源評価に向けた打合せ (清藤、青木 (良))	ヌメア (ニューカレドニア)
11	はえ縄海鳥混獲データ解析に関する意見交換 (越智)	基隆 (台湾)
11	GBYP Workshop on Atlantic Bluefin Tuna reproductive biology (中塚、塚原)	マドリッド (スペイン)
11-12	IOTCデータ収集統計作業部会および科学委員会 (松本)	ヴィクトリア (セーシェル)
12	WCPFC海鳥混獲数推定手法ワークショップ (越智)	ヌメア (ニューカレドニア)
12	WCPFC年次会合 (南、中塚)	ホノルル (アメリカ)
1	4th symposium of xiamen Symposium on Marine Environmental Sciences (小埜)	廈門 (中国)
1	大西洋キハダCPUEに関する日台会合 (第1回) (松本、佐藤 (圭))	基隆 (台湾)
1	IOTC温帯性まぐろ作業部会 (松本)	クアラルンプール (マレーシア)
1	ワシントン条約に関する専門家会合 (甲斐)	ローマ (イタリア)
1	NPFCで行うサンマ資源評価に関する打ち合わせ (大島)	上海 (中国)
1-2	IATTC CPUE共同解析、成長耳石ワークショップおよびCPUEワークショップ (松本、佐藤 (圭))	ラホヤ (アメリカ)
1-2	オブザーバーデブリーフィング (松永)	ジャカルタ (インドネシア)
2	ICCAT MSE作業部会及びクロマグロ作業部会 (中塚、塚原)	マドリッド (スペイン)
2-3	FAO/ABNJ海鳥混獲数推定手法ワークショップ (越智)	レタバ (南アフリカ)
2-3	IWC北西太平洋ミンククジラIST/RAP会合 (木白、吉田、金治)	東京都
3	大西洋キハダCPUEに関する日台会合 (第2回) (松本、佐藤 (圭))	東京都
3	ICCAT パネル2会合 (中塚)	マドリッド (スペイン)
3	ISC 第4回MSEワークショップ (南、清藤、藤岡)	神奈川県横浜市
3	台湾オブザーバープログラムおよび海鳥混獲数推定手法に関する情報交換 (越智)	基隆 (台湾)
3	ISC クロスキンワークショップ及びクロマグロ作業部会 (岡本 (浩)、中塚、田中 (庸)、福田、塚原、西川)	麗水 (韓国)
3	海鳥混獲数推定手法に関する共同研究打ち合わせ (越智)	ウェリントン (ニュージーランド)

### ●学会・研究集会

期 間	用 務	主 張 先
10	海洋のSDGs研究会 (小埜)	東京都
10	第6回南九州水産海洋研究集会 (清藤)	鹿児島県
10	平成30年度海洋理工学会秋季大会 (小埜、岡崎)	京都府
10	「相模湾の環境保全と水産振興」シンポジウム (森永)	神奈川県
10	時空間モデルとCPUE標準化ワークショップ (松本、佐藤 (圭)、甲斐)	静岡県
10	温暖化・海洋酸性化の研究と対策に関する国際シンポジウム (小埜)	東京都
11	2018年度水産海洋学会研究発表大会 (米崎、金治、富士、竹茂、増島)	千葉県
11	東京大学大気海洋研究所 共同利用研究集会 (米崎、富士)	千葉県

期 間	用 務	主 張 先
11	海洋調査技術学会研究発表大会 (森永)	東京都
12	稚魚研究会への参加・研究発表 (田和)	千葉県
1	科学技術振興機構 (JST) CREST 「海洋生物多様性」研究領域シンポジウム (増島、塚原)	東京都
2	北方圏国際シンポジウム (吉田)	北海道
3	2019年度水産海洋学会シンポジウム (米崎、金治、佐々木)	東京都
3	平成31年度日本水産学会春季大会 (中塚、田中 (庸)、金治、芦田、富士、田和、西川)	東京都

●フィールド調査 (海上) 官船及び機構調査

調査期間	調 査 名	海 域
10-11	亜熱帯域・熱帯域におけるカツオ及び熱帯性まぐろ類幼魚・仔稚魚分布調査 (藤岡：俊鷹丸)	中西部太平洋
2	黒潮内側域環境調査 (小笠：蒼鷹丸)	黒潮内側域

●フィールド調査 (海上) その他船舶

調査期間	調 査 名	海 域
10	音響調査機器試験および採集具・海洋観測器等習熟航海 (村瀬、佐々木：開洋丸)	相模湾内および日本海溝、伊豆・小笠原海溝周辺
11-3	南極海東インド洋区におけるナンキョクオキアミを中心とした生態系総合調査 (村瀬、佐々木：開洋丸)	CCAMLRが南極海公海に設定した58.4.1小海区
12-2	カツオ標識放流調査 (青木 (良)：第28亀洋丸)	熱帯海域
1-2	ミナミマグロ加入量曳網調査 (伊藤 (智)、津田：サザーン・コンクエスト)	オーストラリア

●フィールド調査 (陸上)

調査期間	調 査 名	主 張 先
11	太平洋クロマグロ魚体測定調査 (西川)	青森県
11	和歌山県いるか漁業漁獲物調査 (前田)	和歌山県
11	市場クロマグロ測定調査 (田中 (寛))	東京都
11	商社へのミナミマグロ流通実態聞き取り調査 (津田)	東京都
12	メカリング実態調査 (仙波)	宮城県
12	カツオの標識放流調査 (藤岡)	和歌山県
12	和歌山県いるか漁業漁獲物調査 (吉田、前田)	和歌山県
12	カツオ標識放流調査 (松本)	台東 (台湾)
12	ピンナガ水揚調査 (清藤)	和歌山県
12	みなみまぐろ管理タグ調査 (津田)	東京都
12	市場クロマグロ測定調査 (田中 (寛))	東京都
1	和歌山県いるか漁業漁獲物調査 (金治)	和歌山県
2	豊洲メキシコ産クロマグロ測定調査 (田和)	東京都
2	和歌山県いるか漁業漁獲物調査 (金治、前田)	和歌山県
3	カツオ標識放流調査 (松本)	台東 (台湾)
3	市場クロマグロ測定調査 (田中 (寛))	東京都

## それでも地球は動いている

年号は平成から令和に改まり、我が国の水産業にも新しい時代が始まっています。昨年には70年ぶりという漁業法の改正があり、我が国周辺の水産資源評価および管理の枠組みの見直しが進んでおります。さらにはそうした取り組みの変化に応じた水産機構の研究体制のあり方についての提言が取り纏められ、それに添って機構は組織の再構築に取り組んでおります。国際漁業資源の業務自体は大きく変わらずとも、機構の一員である当研究所もこの組織再構築に協力していく予定です。

今号も、各研究部から研究最前線的话题を提供してもらいました。しかしながら今号にはやや異色な業務推進部からの出稿がございます。当研究所は昨年度にサンマタスクフォースという流動的な人員構成からなる任務特化型の研究グループを立ち上げ、喫緊の課題（サンマ資源評価の合意形成）に対応しましたが、原稿では研究組織組み立ての先行例を取り上げました。駆け出しの頃に「班長行政、室長研究」と上司から聞かされました。その意味は、水産行政を動かす核は班長（課長補佐）、水産研究を

推進する核は研究室長であると理解しています。上記の原稿には、現在にあっても研究グループ長が現場の実行リーダーであり、上長に働きかけて組織のあり方も創造できるのだ、というグループ長諸氏へのエールも含まれます。手前味噌ではありますが、読者諸賢におかれては、そのあたりもお酌み取りいただければ幸いに存じます。

さて、末筆になりますが、自己紹介をさせていただきます。いるか・くじらに目が眩んで獣医学科の大学院から遠洋水研に入りましたのは1991年です。以来21年間、主として小型鯨類の資源管理のための調査・研究に従事しました。その後、機構本部で2年、東北水研八戸庁舎で5年の勤務を経て、本年4月に国際水研に戻りました。特に清水庁舎勤務は13年ぶりです。ついでに申せば単身赴任は6年目となりました。若手研究者の活躍を横目で見ながら執務しております。31年ぶりの大型鯨類の商業捕鯨再開という画期となる年に国際水研に戻ってきたことは、私にとって感慨深いものがあります。よろしくお願い申し上げます。



4月2日、単身用家財道具の一切を載せて清水へ向かう東名高速道路の沿線は、桜が満開でした。

