話 題

海洋生態系におけるさけ・ます資源の保全— 北太平洋溯河性魚類委員会 (NPAFC) の 役割と科学活動

浦和茂彦

北太平洋溯河性魚類委員会

Roles and scientific activities of North Pacific
Anadromous Fish Commission (NPAFC) for the
conservation of Pacific salmon in the ocean ecosystems

SHIGEHICO URAWA

North Pacific Anadromous Fish Commission,

Vancouver, BC, V6C 3B2, Canada

1. はじめに

溯河性さけ・ます類 (Pacific salmon) は、北太平洋沿岸各国にとって経済、文化、生態など様々な面で重要な資源である。最近では年間 80 万トン以上が漁獲されているが、地域や魚種によってかなりの資源変動があり、温暖化など気候変動が資源に与える影響が懸念されている。さけ・ます類は、北太平洋を広く回遊し様々な地域個体群が混合して海洋生活する特性を持つことから、国際協力による海洋での調査や資源管理が不可欠である。

北太平洋溯河性魚類委員会 (North Pacific Anadromous Fish Commission (NPAFC); 以下 NPAFC) は、1993 年 2 月に発効した『北太平洋における溯河性魚類の系群の保存のための条約』に基づき国際機関として設立された。その前身は 1952 年に設立された北太平洋漁業国際委員会 (International North Pacific Fisheries Commission; INPFC) である。加盟国は、当初カナダ、日本、ロシアと米国であったが、2003 年に韓国が加盟し 5 カ国となった。

NPAFC の目的は『条約区域における溯河性魚類 (さけ・ます類) の系群の保全を推進すること』であり、さけ・ます類の母川を抱える加盟国が協力して科学調査と取締活動を実施している。ここでは NPAFC の役割と科学調査活動を紹介する。

2. 条約水域と対象魚種

条約水域は、北緯 33 度以北の北太平洋とその接続水域であって、200 海里排他的経済水域 (EEZ) の外側の海域である。対象魚種は、シロザケ *Oncorhynchus keta*,

ギンザケ *O. kisutch*, カラフトマス *O. gorbuscha*, ベニザケ *O. nerka*, マスノスケ *O. tshawytscha*, サクラマス *O. masou* とスチールヘッド *O. mykiss* の溯河性サケ属 7 魚種である。条約水域内では、これらの魚種を対象とした漁業が全面禁止されている。他魚種を対象とした漁業でも、さけ・ます類の混獲を極力避け、混獲した場合は再放流するように求められている。また、条約水域において対象魚種の漁獲を伴う科学調査を実施する場合は、事前に加盟国の承認を得る必要がある。

3. 組織構造

NPAFC の本部はカナダ BC 州のバンクーバー市に位置し、委員会により任命された事務局長、次長と職員 2 名が常勤する (写真 1)。本委員会の下部組織として、取締、科学調査統計と財政運営の各小委員会が設置されている (図 1)。

取締小委員会 (Committee on Enforcement) では、監視船や航空機を使った取締活動の調整や電子システムによる情報交換が行われている。また、科学調査によって得られた魚類の分布特性情報を取締の効率化に利用している。加盟国の取締活動により、これまでに条約水域で違法なさけ・ます漁業を行っていた 16 隻が拿捕され、違法操業船数は近年減少傾向にある。

科学調査統計小委員会 (Committee on Scientific Research and Statistics; 以下 CSRS) は、①加盟国が行う調査研究活動の調整、②系群識別など調査方法の開発と標準化、③データや生物標本の交換と研究者交流、④シンポジウムの開催や研究報告の出版などによる科学

写真 1 NPAFC 事務局職員

左端より、D. McGrann-Pavlovic 事務員、V. Fedorenko 事務局長、W. Morris 総務主任と筆者。

Email : urawa@npafc.org or urawa@affrc.go.jp

Tel : 1-604-775-5550.

Fax : 1-604-775-5577.

情報の公表、⑤委員会に対する科学的勧告、を主な任務とする。CSRSでは、科学分科会と資源評価、耳石標識、系群識別、タグ標識、ベーリング海さけ・ます国際共同調査（BASIS）の各作業グループが活動している（図1）。

NPAFCは毎年秋に各国持ち回りで年次会議を開催しており、2004年には札幌市が開催都市となった（写真2）。また、2009年11月初旬に新潟市のコンベンションセンター（朱鷺メッセ）で第17回年次会議が開催される。

図1 NPAFCの組織図
BASIS: Bering Aleutian Salmon International Survey（ベーリング海さけ・ます国際共同調査）

4. 資源の現状

加盟国は漁獲量やふ化場からの放流数など統計データを毎年NPAFCに提出することが義務付けられている。これらのデータは、統計年報として出版されると共に、NPAFCのホームページ（www.npafc.org）でも閲覧できる。

1) 漁獲量

さけ・ます資源に関するデータの収集と分析は、資源評価作業グループ（Working Group on Stock Assessment）が担当している。資源の評価指標として、各国EEZ内での漁獲量が伝統的に用いられている。さけ・ます類の総漁獲量は、1970年代から1990年代にかけて増加し、その後は年変動があるが高いレベルを維持し、2007年には初めて100万トンを超えた（図2）。NPAFC設立以後（1993–2008年）の年間総漁獲量は平均87万トンであるが、地域別にみると、アラスカ、ロ

写真2 2004年10月に札幌コンベンションセンターで開催されたNPAFC年次会議

図2 1972–2008年北太平洋沿岸における魚種別さけ・ます漁獲量（単位：千トン）

図3 1972-2008年における地域別さけ・ます漁獲量（単位：千トン）
BC, British Columbia; CA, California; OR, Oregon; WA, Washington.

図4 1993-2007年に北太平洋沿岸のふ化場から放流されたさけ・ます幼稚魚の総数と耳石標識魚数（単位：百万尾）

シアと日本で比較的高い漁獲量を維持しているのに対し、北米のBC州以南地域での漁獲量は低い水準で推移している（図3）。

魚種別にみると、1993-2008年の漁獲量のうち、カラフトマスが42%で、続いてシロザケ（38%）とベニザケ（16.5%）が高い割合を占める。しかし、その他の魚種（ギンザケ、マスノスケ、サクラマスとスチールヘッド）は合計で4%程度であり、近年その割合は減少傾向にある。これら4魚種は、河川での淡水生活期間が比較的長く、海洋ではイカや小型魚類など高次生物を主に摂餌している。

2) ふ化場からの放流

1993年から2007年にかけての各国ふ化場からの年

間総放流数は50億尾前後で、ほぼ一定である（図4）。国別の年間平均放流数は、日本が20.5億尾（41.2%）で、続いて米国（18.4億尾、36.9%）、ロシア（6.2億尾、12.4%）、カナダ（4.6億尾、9.3%）、韓国（14百万尾、0.3%）の順である。魚種別では、飼育期間が比較的短いシロザケ（29.2億）とカラフトマス（13.5億尾）が4分の3を占め、スモルトまで成長するのに通常1年以上を要するベニザケ（3.1億尾）、マスノスケ（2.7億尾）、ギンザケ（1.0億尾）、スチールヘッド（25百万尾）とサクラマス（16百万尾）は放流数が比較的少ない。

5. 科学計画

共同研究を推進し、さけ・ます類の資源管理や保全活動に貢献するため、CSRSは調査研究の指針となるNPAFC科学計画を約5年毎に策定している。現在の科学計画（2006-2010年版）では、「さけ・ます類と海洋生産力および北太平洋生態系との関係」と「気候変動と遡河性魚類資源との関係」を生態系ベースで解明するため、次のような研究課題が設定されている。

1) 海洋生態系におけるさけ・ます幼魚調査

シロザケやカラフトマス資源量変動は、淡水生活期よりも海洋生活初期における生残率が影響していると考えられている。海洋での幼魚の現存量、成長と生残率はかなりの年変動があり、これらは地域単位で起こる生息環境の変化と関連している可能性が高い。このようなプロセスを理解するため、アジアおよび北米沿岸の各海域でモニタリングを実施する。

2) ベーリング海生態系におけるさけ・ます資源調査

アジアおよび北米を起源とする多くのさけ・ます類がベーリング海を夏の摂餌場として利用している。地球規模の気候変動に直面する中で、さけ・ます類にとってベーリング海がさらに重要な海洋生態系となる可能性が高い。ベーリング海は非常に生産性が高いが、さけ・ます類の成長と生産にはかなりの変動がある。気候変動に対してさけ・ます類がどのような反応をするのか明らかにするため、ベーリング海においてさけ・ます類の国際共同調査（Bering Aleutian Salmon International Survey; BASIS）を実施する。

3) 北太平洋西部亜寒帯域およびアラスカ湾生態系におけるさけ・ます資源調査

北太平洋の西部亜寒帯海域およびアラスカ湾はアジア系および北米系さけ・ます類の越冬場所として利用されていることが最近の調査で判ってきた。越冬期はさけ・ます類の生物特性と資源量を決定づける重要な時期であるが、この時期の調査は情報が極度に不足している。晩秋から早春にかけて、さけ・ます類の季節的分布、摂餌成長と健康状態などをモニタリングし、生産力などに影響を与える要因を解明する。

加盟各国はNPAFC科学計画を考慮した国別調査計画を策定し、調査研究を推進している。毎年春には調査計画調整会議が開催され、調査船の運航計画や標本の分析など具体的な調査活動の調整が行われている。

6. 個体群識別

海洋では様々な地域起源のさけ・ます類が混合して生活している。さけ・ます類の資源変動機構を解明するには、まず地域群毎の海洋分布と移動特性を把握する必要がある。漁獲された魚の正確な個体群識別が要求される。

図5 標識放流で共同利用されているNPAFCロゴ入りタグ

裏面には日本語、英語、ロシア語と韓国語で連絡先が記載されている。標識魚再捕報告者には抽選で最高500ドルが贈呈される。

CSRSではタグ標識、耳石標識、系群識別の各作業グループが個体群識別に関連した活動をおこなっている。

1) タグ標識

沖合で漁獲された魚にタグ（図5）を付けて放流し、放流魚の母川回帰場所から個体群毎の分布を推定する標識放流は、1956年頃よりINPAFCの管理下で開始された。現在も標識放流活動は継続され、膨大な分布データが蓄積されている（図6）。タグ標識調査の調整、標識魚再捕の奨励と回収、標識放流・再捕データの管理は、タグ標識作業グループ（Working Group on Salmon Tagging）が担当している。最近では、水温、水深、塩分などを長期間記録できる電子タグが利用されるようになり、さけ・ます類の回遊行動に関する情報が飛躍的に増加した。

2) 耳石標識

耳石標識は、さけ・ます類の発眼卵や孵化仔魚期に水温を変化させることによってバーコード状の模様を耳石に標識する技術で（図7）、最近では約16億尾（放流魚の約30%）が毎年標識放流されている（図4）。ふ化場間での標識パターンの重複を避けるため、耳石標識作業グループ（Working Group on Salmon Marking）が調整を行っている。また、各国ふ化場から放流された標識魚の標識パターンや画像などの情報は、データベース化されてインターネットを通じて閲覧できる（<http://npafc.taglab.org>）。耳石標識は沿岸での幼稚魚の生態調査や回帰親魚の資源管理に応用されている。また、沖合域でも多数の耳石標識魚が再捕されるようになり、ふ化場起源毎の海洋分布パターンを解析できるようになってきた（図8）。

3) 遺伝的系群識別

タグ標識では、標識作業が煩雑で、再捕努力に地域差があり、標識された翌年以後に母川回帰する未成魚のデータが不足するなどの短所がある。また、耳石標識では、野生魚の情報を得ることができない。こうした短所

図6 タグ標識放流（1956–2004年）によるアジア系（黒）と北米系（グレー）シロザケ（上図）、カラフトマス（中図）とベニザケ（下図）の海洋分布¹⁾
四角形はアジア系と北米系魚の分布の重なりを示す。

を補うため、系群識別作業グループ（*AD Hoc Working Group on Stock Identification*）は、母川回帰するさけ・ます類が地域あるいは河川個体群毎に遺伝的に異なることを利用した個体群識別技術の開発を行っている。海洋に分布するさけ・ます類の地理的起源を遺伝的に識別するには、北太平洋沿岸の産卵分布域をカバーする大規模な基準データが必要である。これまでに、シロザケ、ベニザケとマスノスケの遺伝基準群が国際協力により整備された。初期にはアロザイムの変異を利用した個体群識別が行われ、最近ではミトコンドリアDNA、マイクロサテライトDNAやSNP（1塩基置換）による系群解析技術が実用化され、地域あるいは河川群毎の識別が可能になった（図9）。

7. ベーリング海さけ・ます国際共同調査

最近のさけ・ます類の成長と生残の変動は、ベーリン

グ海あるいは他の海洋生態系の変化と関連していると考えられている。しかし、海洋におけるさけ・ます類やその生態系関連種および生息環境に関する科学的情報は不足している。前述したNPAFC科学計画の一環として、ベーリング海におけるさけ・ます類の国際共同調査（BASIS）が2002年に始まった。この調査の目的は、気候変動が引き起こすベーリング海の生息環境変化により、さけ・ます類の環境収容力などがどのような影響を受けるか解明することにある。毎年夏から秋にかけて、日本、ロシアと米国の調査船がベーリング海のさけ・ます生息海域をほぼ網羅する定点でトロール網による魚類調査と環境観測を行った（図10）。このような沖合における大規模な国際共同さけ・ます調査は史上初めての試みであろう。

BASISの成果を総括して将来の調査計画を作成する

図7 シロザケの耳石に記録されたバーコード状の温度標識

卵が孵化する前に温度変化を与えることにより、様々な識別パターンを大量かつ安全に標識できる。

ため、2008年11月23-25日に米国シアトルで国際シンポジウムが開催され、ポスターを含めた72題の発表が行われた。要約すると、極東低気圧とアリューシャン低気圧の位置によりベーリング海の表面海水温が変動し、2002-2005年は比較的暖かかったのに対し、2006-2008年は冷たい年となった。シロザケやベニザケなど幾つかの個体群に関して回遊モデルが提唱され、表面水温の変動により回遊経路や分布も影響を受けることが示唆された。温暖年には、さけ・ます類幼魚やスケトウダラ幼魚のバイオマスが増すが、動物プランクトンは減少し、その結果として、魚類は栄養貯蓄レベルが低くなり冬期の死亡が高くなると推定された。一方、ベーリング海的环境収容力は気候変動の影響をあまり受けず、現在の資源レベルよりも高い生産力を有することを示すモデル発表もあり、論議を呼んだ。シンポジウムの最終日には、将来の研究方向が論議された (Farley)³⁾。査読審査を経たシンポジウム論文集 (NPAFC Bulletin No. 5) が2009年末に出版される予定であり、NPAFCホームページ (www.npafc.org) でも閲覧可能となる。

このシンポジウムにおける結果の総括と論議を経て、2009年4月にサハリンで開催された調査計画調整会議において、第2期計画 (BASIS-II) が策定された。BASIS-II では、①気候変動がさけ・ます類やベーリング海生態系にどのようなメカニズムで影響を与えるのか、②ベーリング海の実産力と魚類に影響を及ぼす主な気候要因は何か、③気候変動がさけ・ます類の生息環境と生産力にどのように影響を与えるか、といったより具体的な疑問に答えるため、2009-2014年に国際共同調査が実施される。

図8 2003年8-9月における耳石標識シロザケ未成魚の海洋分布²⁾

日本系は主にベーリング海に分布するのに対し、中部および南東アラスカ系は多くがアラスカ湾と東部太平洋に分布する。

図9 2003年6-7月における遺伝的系群識別により推定されたシロザケ未成魚の個体群組成と平均CPUE（トロール1時間当たりの漁獲尾数）（Urawa et al.²⁾より改図）

ベーリング海では日本系とロシア系が多く分布するのに対し、隣接する中部太平洋ではロシア系とアラスカ系が多い。中部北太平洋に分布する日本系シロザケの多くは、その後ベーリング海に移動する。

図10 2002年8-10月ベーリング海さけ・ます国際共同調査（BASIS）における調査定点位置

日本調査船（四角）は中部海盆，ロシア調査船（三角）は西部海域，米国調査船（丸）は東部大陸棚を担当し，各定点でトロール網による漁獲調査と海洋環境調査を実施した。なお，東経175度付近で3カ国調査船のトロール網漁獲能力の比較調査を行った。

8. 将来の課題

各母川国は自国のさけ・ます資源を保全する取り組みを行っているが，効果ある資源管理を行うには淡水と海洋という異なる生息環境における資源変動メカニズムを理解する必要がある。特に，広大な沖合域におけるさけ・ます類の研究は関係各国の協力が不可欠であり，NPAFCはそのような国際協力を実現できる唯一の国際機関である。かつてブラック・ボックスと呼ばれた，海洋でのさけ・ます類の分布・回遊ルートなどの基本的生物情報が，国際協力と新技術の開発により飛躍的に増大した。そして，現在は高いレベルでさけ・ます資源が維

持されている。

しかし，将来に渡りさけ・ます資源を保全し有効利用するための課題はまだ多い。現在の大きな関心事は，気候や海洋環境の変化がさけ・ます類の生産力にどのような影響を与えるかである。NPAFCは2008年に特別チームを編成し，「海洋におけるさけ・ます類の研究とモニタリングに関する長期戦略（Long-term Research and Monitoring Plan）」について検討を重ねている。海洋生活初期は死亡率が高いと考えられることから，各国が重点海域でモニタリング調査を実施している。しかし，同じく高い死亡が起きると推定されている越冬期は，生物情報が極端に不足していることから，統合的な調査を強化し生残状況や気候変動の影響を検討する必要がある。カラフトマスは，さけ・ます類中最も資源量が多く，その生活史は比較的シンプルであることから，海洋における気候変動の影響を評価する指標種として適している。カラフトマスを含めたさけ・ます類の個体群識別技術を開発することにより，資源変動の予測精度の向上することが期待される。

北太平洋に生息するさけ・ます類を適正に資源管理するため，関係各国が協力して海洋でのモニタリング調査を継続するのは重要であり，NPAFCはハブとなる国際機関として大きな役割を担っている。

文 献

- 1) Myers KW, Klovach NV, Gritsenko OF, Urawa S, and Royer TC. Stock-specific distributions of Asian and North American salmon in the open ocean, interannual changes, and oceanographic conditions. NPAFC Bull. 2007; 4: 159-177. (Available at www.npafc.org)
- 2) Urawa S, Sato S, Crane PA, Agler B, Josephson R, and

- Azumaya T. Stock-specific ocean distribution and migration of chum salmon in the Bering Sea and North Pacific Ocean. NPAFC Bull. 2009; **5**: (In press)
- 3) Farley E. NPAFC International Symposium on Bering-Aleutian Salmon International Survey (BASIS): Climate Change, Production Trends and Carrying Capacity of Pacific Salmon in the Bering Sea and Adjacent Waters. NPAFC Newsletter 2009; **25**: 4–5. (Available at www.npafc.org)