

提言

わが国における持続可能な水産業のあり方
-生態系アプローチに基づく水産資源管理-



平成29年（2017年）8月17日

日本学術会議

食料科学委員会

水産学分科会

この提言は、日本学術会議食料科学委員会水産学分会の審議結果をとりまとめ公表するものである。

日本学術会議食料科学委員会水産学分会

委員長	渡部 終五	(第二部会員)	北里大学海洋生命科学部特任教授
副委員長	帰山 雅秀	(連携会員)	北海道大学国際連携機構国際教育研究センター特任教授
幹事	萩原 篤志	(連携会員)	長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科教授
幹事	渡邊 良朗	(連携会員)	東京大学大気海洋研究所教授
	會田 勝美	(連携会員)	東京大学名誉教授
	青木 一郎	(連携会員)	東京大学名誉教授
	上田 宏	(連携会員)	北海道大学名誉教授、公益社団法人北海道栽培漁業振興公社技術顧問
	岸本 健雄	(連携会員)	お茶の水女子大学客員教授、東京工業大学名誉教授
	竹内 俊郎	(連携会員)	東京海洋大学学長
	長濱 嘉孝	(連携会員)	自然科学研究機構・基礎生物学研究所名誉教授、岩手大学客員教授
	中村 將	(連携会員)	沖縄美ら島財団総合研究センター参与
	伏谷 伸宏	(連携会員)	一般財団法人函館国際水産・海洋都市推進機構長
	古谷 研	(連携会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科特任教授、創価大学大学院工学研究科教授
	山内 皓平	(連携会員)	北海道大学名誉教授、岩手大学客員教授
	森田 貴己	(特任連携会員)	国立研究開発法人水産研究・教育機構中央水産研究所海洋・生態系研究センター放射能調査グループ長
	八木 信行	(特任連携会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授

提言の作成にあたり、以下の方々に参考となる情報やご意見をいただきました。

有瀧 真人	福山大学生命工学部教授
太田 義孝	ワシントン大学海洋環境学部研究助教
北田 修一	東京海洋大学名誉教授
清田 雅史	国立研究開発法人水産研究・教育機構国際水産資源研究所外洋生態系グループ長
斎藤 則維	北海道漁業協同組合連合会参事
齋藤 誠一	北海道大学北極域研究センター長特任教授
杉崎 宏哉	国立研究開発法人水産研究・教育機構中央水産研究所海洋・生態系研究センター長
長谷 成人	水産庁長官
牧野 光琢	国立研究開発法人水産研究・教育機構中央水産研究所経営経済研究センター漁業管

理グループ長

山川 卓 東京大学大学院農学生命科学研究科准教授
谷津 明彦 元北海道区水産研究所長
和田 時夫 国立研究開発法人水産研究・教育機構理事

本件の作成にあたっては、以下の職員が事務を担当した。

事務局	中澤 貴生	参事官（審議第一担当）（平成 27 年 3 月まで）
	井上 示恩	参事官（審議第一担当）（平成 29 年 3 月まで）
	西澤 立志	参事官（審議第一担当）（平成 29 年 4 月から）
	渡邊 浩充	参事官（審議第一担当）付参事官補佐（平成 28 年 12 月まで）
	齋藤 實寿	参事官（審議第一担当）付参事官補佐（平成 29 年 1 月から）
	藤本紀代美	参事官（審議第一担当）付審議専門職（平成 27 年 3 月まで）
	加藤 真二	参事官（審議第一担当）付審議専門職（平成 28 年 4 月まで）
	山石 あや	参事官（審議第一担当）付審議専門職（平成 28 年 5 月から）

要 旨

1 作成の背景

今日、世界の水産物需要が増加する中、わが国の水産業は生産と消費の両面において縮小傾向にある。日本学術会議では、2004年に「地球環境・人間生活に関わる水産業及び漁村の多面的機能の内容及び評価について」を答申し、また2011年の東日本大震災と大津波による未曾有の大災害からの水産業への復興に向けて2011年及び2014年に提言を行った。ここでは、これまでの提言を踏まえて、わが国における今後の水産業の持続可能なあり姿、特に生態系アプローチに基づく水産資源管理について提言する。

2 現状及び問題点

最近のわが国における水産物生産量は400万トン台で、1980年代ピーク時の30%台にとどまっている。減少要因としては、過剰漁獲、数十年間隔で起こる海洋生態系の転換（レジーム・シフト）、沿岸生態系の環境悪化、魚離れによる消費の減少、水産従事者の減少と高齢化、海外漁場からの撤退などがあげられる。これまでわが国の水産資源管理は単一種あるいは個体群レベルで漁業種類別、地域別に行い、混獲などによる漁業対象種と他種との相互作用や、漁獲による生態系の構造（食物網）と機能（生物多様性）への攪乱などへの影響を考慮してこなかった。また、単一種の資源管理においても生活史全体の時空間管理及び漁業種類一括の包括的管理が行われてこなかった。今後、わが国の持続可能な水産産業を推進するためには、種レベル及び個体群レベルのみならず、海洋生態系の生物多様性を保全しつつ生態系サービスを利用する生態系アプローチ型の水産資源管理の展開が必要である。

3 提言の内容

本提言では、(1)で持続可能な水産産業をめざした生態系アプローチ型管理の確立を提唱し、(2)～(4)でそのための具体的な施策を提案する。(5)は関連する国際問題に対処するための提言である。

(1) 生態系アプローチ型管理

海洋生態系とその生物資源の持続可能な利用を図るためには、単一種の管理方式を補完するように、不確実性を持つ生態系の動態に対応する生態系アプローチに基づく水産資源管理に拡張すべきである。本管理方式では、徹底した現状分析に基づく将来ビジョンと目標を定め、その目標を達成するために、不可逆的な被害のおそれがある場合には完全な科学的な確実性がなくてもその防止を行う予防的アプローチと、常に現状をモニターし随時評価して見直しと修正を行う順応的管理を取り入れる。順応的管理では科学者と利害関係者によるモニタリング調査研究、及び両者に政策決定者を加えた組織による評価と合意形成による共同管理のフィードバック体制を構築すべきであろう。共同管理のガバナンスは、生態系の健全性のもとに水産業の持続性が可能となるように三者の

合意形成を図ることが基本となる。そのため、生態系アプローチ型管理の実現には、沿岸社会との連携を図りつつ生態系の多様性を維持すべきである。また、科学者はこれまでのように専門分野での科学的深化に努めるとともに、生態系生態学の研究をベースとする自然科学と沿岸社会における経済学や政策学に関する研究などの社会科学とを合わせた学際的な科学研究体系の確立を図る必要がある。

(2) 海洋モニタリングの継続と生物資源変動予測モデルの構築

わが国の調査研究機関や高等教育機関が 100 年以上にわたりモニタリングにより蓄積してきた海洋の環境と生物資源のデータは、海洋生態系を評価して変動予測を行うために重要である。今後もわが国周辺海域の海洋モニタリングの継続と充実を図るとともに、得られるビッグデータによる海洋生態系評価と生物資源の変動予測モデルのための研究体制の確立に努める。

(3) 沿岸生態系の保全と回復

沿岸生態系の回復と保全のために、早急に疲弊した沿岸生態系の修復を関係省庁等（農林水産省、国土交通省、環境省、都道府県）の協働により図る必要がある。そのためにも、科学者は生態系サービスの利活用法、保護すべき沿岸海域のあるべき姿に関する研究を促進すべきである。

(4) 効果的な海洋保護区と禁漁区の設定と管理

生物多様性と水産資源の回復と保全のため、世界自然遺産地域や国立公園地域などの海洋保護区を効果的かつ適切に設置するとともに、リアルタイム禁漁区などの新たな海洋保護区の導入を図るべきであろう。

(5) 国際的貢献とそのための政策決定者のリーダーシップの発揮

公海上などで国外漁業者と国内漁業者との軋轢や競争による過剰漁獲が懸念されている。順応的管理における科学者、利害関係者及び政策決定者による共同管理のガバナンスを確立するため、今後は統一した資源管理体制と政策決定者の国際的なリーダーシップの発揮が求められる。また科学者は、政策決定者がリーダーシップ力を発揮できるように、海洋生態系の保全と生物資源の適切な活用に関する科学的情報を発信すべきである。

目 次

1	はじめに	1
2	水産業の現状	2
(1)	わが国の水産物生産量の変化	2
(2)	世界の水産物と水産業	3
(3)	養殖業	4
3	海洋生態系と水産業	6
(1)	沿岸生態系と漁業に及ぼす人間の経済活動	6
(2)	地球温暖化が水産業へ及ぼす影響	6
(3)	海洋におけるレジーム・シフトと漁業	7
(4)	海洋保護区と海洋生態系	7
4	わが国の水産資源管理の問題点と課題	9
5	提言	12
(1)	生態系アプローチ型管理	12
(2)	海洋モニタリングの継続と生物資源変動予測モデルの構築	13
(3)	沿岸生態系の保全と回復	13
(4)	効果的な海洋保護区の設定と管理	14
(5)	国際的貢献とそのための政策決定者のリーダーシップの発揮	14
	<用語の説明>	15
	<参考文献>	16
	<参考資料1> 水産学分科会審議経過	20
	<参考資料2> 公開シンポジウム	21
	<付録>	23

1 はじめに

日本近海は、世界に生息する海産哺乳類 127 種のうち 50 種、海鳥約 300 種のうち 122 種、海産魚約 1 万 5,000 種のうち約 3,700 種が生息し、生物多様性が非常に高い海域である。日本の水産業は、その豊かな海域から数多くの海洋生物資源の一部を動物性タンパク質源として国民へ供給してきた。一方、世界的に水産物需要が増加し生産量が拡大する中で、最近の日本の水産業は生産及び消費の両面において縮小傾向にある。国際研究プログラム Future Earth (2014)⁽¹⁾では、解決を目指す地球規模の大課題をあげているが、海洋生態系と水産業に関係する課題として、①すべての人へ水、エネルギー、食料を提供する、②人間の福祉を支える陸上、淡水及び海洋の各生物資源を保護する、③変化する生物多様性、資源、気候のなかで、持続可能な農漁村の開発を促進する、④人々の健康を改善する、そして⑤公正で持続可能な消費と生産のパターンを探る、ことがあげられている[1]。水産資源は我々の食料としての利用のみならず、その保全は生態系及び生物多様性を維持し、人間の文化的基盤を支える意味でも重要である。それが結果的に水産業を産業基盤とする持続可能な沿岸社会の構築にもつながる。したがって、これらの5つの課題は、変動する地球環境に適応し、将来の持続可能な水産業を構築するために極めて重要である。

わが国は1960年代後半から1970年前半にかけての高度経済成長期、1990年代のバブル崩壊期、その後の長い経済停滞期を経験し、比較的安定した社会をもつ世界の先進国の一員として位置づけられているが、水産業やそれを産業基盤とする沿岸社会は水産資源の減少、漁業者の減少や高齢化、水産物需要の減退、魚価の低迷など、様々な問題に直面している。日本学術会議では、2003年の政府諮問の「地球環境・人間生活に関わる水産業及び漁村の多面的機能の内容及び評価について」に対して2004年に答申を行った[2]。また2011年3月11日の東日本大震災、特に大津波が与えた未曾有の大災害からの水産業への復興に向けて2011年に東日本大震災対策委員会・食料科学委員会水産学分科会が、2014年に食料科学委員会水産学分科会が提言を行ってきた[3, 4]。後二者の提言は大震災からの復旧、復興を中心にしたものであり、水産業とその沿岸社会が直面する問題の中でも、魚価の低迷、水産物需要の減退、漁業者の減少や高齢化などの問題に対応するためのビジネス戦略などに言及している。今回は、これまでの提言では十分議論されてこなかった水産資源の減少に焦点を当て、漁業における水産資源管理のあるべき姿を中心に現状を評価した上で、目標、計画の設定及び政策実施について科学的根拠に基づき提言することを目的とする。

2 水産業の現状

(1) わが国の水産物生産量の変化

2014年におけるわが国の漁業・養殖業生産量は477万トンで、1984年ピーク時の生産量1,282万トンの37%にまで減少した。

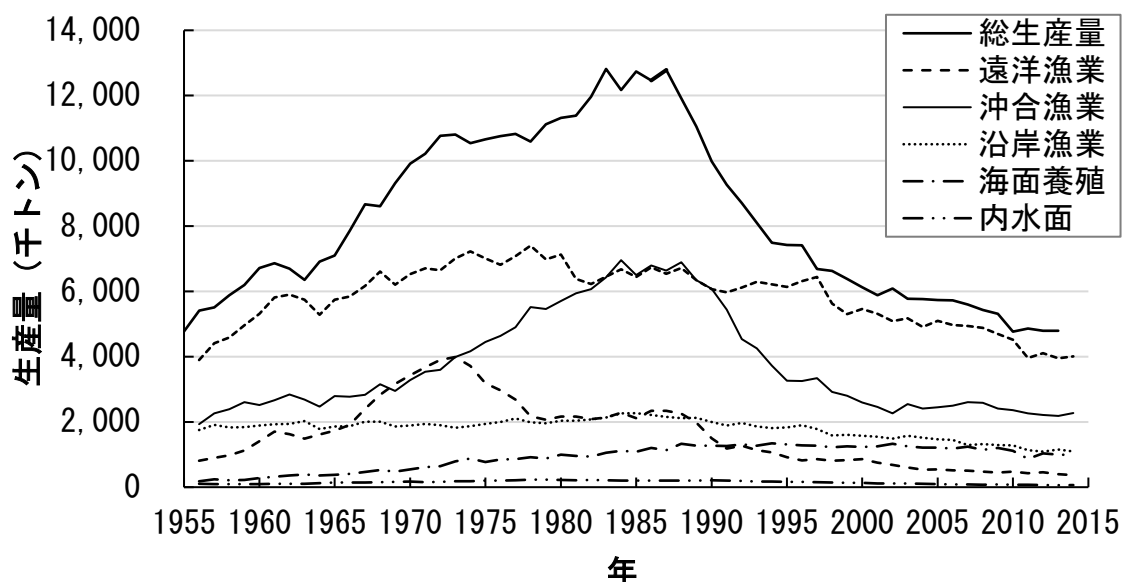


図1 わが国の水産物生産量の経年変化

上の破線は総生産量からスケトウダラとイワシ類を除いた生産量を表す。データ：農林水産省漁業・養殖業統計年報（1956-2014年）

農林水産省の漁業・養殖業生産統計*（以下、「生産統計」）より、わが国の水産物生産量の経年変化をみると（図1）、第2次世界大戦が終わり、わが国漁船の活動可能領域であったマッカーサー・ラインが撤廃された頃より、水産物総生産量は右肩上がりに増加し、1972～1988年は世界一となり、特に1984～1988年の総生産量は1,200万トンを超えていた。しかし、1970～1980年代には海外漁場からの撤退によりスケトウダラの遠洋漁業生産量が減少した。また、1980年代末から1990年代前半にかけてマイワシ生産量が急激に減少し、水産物総生産量は2000年までにピーク時の30%台にまで減少した。遠洋漁業の生産量は1960年代後半～1970年代前半（200～400万トン）に多かったが、1970年代以降各国の漁業（専管）水域あるいは排他的経済水域の設定に伴い、スケトウダラを中心に大幅に生産量が減少した。沖合漁業は1970年代中頃から漁業生産の中心を担うようになり、まき網漁業によるマイワシ漁獲量は1984年と1986～1988年には400万トンを超えた。ただし、漁獲されたマイワシの大半は魚粉に加工されて飼料や肥料の原料として利用され、食用に回る部分のごく僅かであった。1990年代以降、沖合漁業の生産量は後述するように、数十年間隔で起こる海洋生態系の転換⁽²⁾（レジーム・シフト）で生じた魚種交替でマイワシ資源量が激減して著しい影響を受けた。沿岸漁業と海面養

* <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001024930&cycode=0>

殖業は遠洋・沖合漁業に比べて安定した生産を続け、1980年代中頃に350万トン弱に達していた。しかし、沿岸漁業と海面養殖業による生産量は近年減少傾向を示しており、2014年の生産量は沿岸漁業110万トン、海面養殖業99万トン、合計209万トンと減少した。内水面漁業・養殖業の生産量は全体の2%以下と少なく、1970年代ピーク時には20数万トンであったが、河川をはじめ淡水生態系の環境悪化により、2000年代以降は10万トン以下となっている。

2002～2016年度におけるわが国周辺水域の主要漁業資源（約50種80数系群）を対象とした魚種別系群別資源評価^{*}によると（付図）、資源水準が低位の系群が平均45%（38～51%）と半数近くを占め、その83%（69～93%）が減少あるいは横ばい状態となっている。Ichinokawaら[5]は、最大持続生産量（Maximum Sustainable Yield, MSY）を与える資源量 biomass B_{MSY} と漁獲率 exploitation rate U_{MSY} から過剰漁獲 overfishing ($U/U_{MSY} > 1$) と過剰漁獲状態 overfished ($B/B_{MSY} < 0.5$) を定義し、わが国の漁獲量の61%に相当する37系群について最近の資源状態を評価した。その結果、それらの約50%が過剰漁獲及び過剰漁獲状態と評価された[5]。沖合漁業では漁船数が制限され、自主規制も行われているが、漁船への過大投資によりやや先取り競争状態にあり、制限漁獲量まで様々なサイズの魚を漁獲しており、マグロ類やマサバへ影響を及ぼしていることが指摘されている[6]。特に、最近の高い漁獲強度により、海洋生態系の上位種に位置するマグロ類の漁獲量は減少傾向にある。例えば、太平洋クロマグロ親魚資源量は歴史的最低水準付近にあり、2014年時点で初期資源量の約2.6%にまで減少している（水産庁2016[†]）。

一方、Ichinokawaら[5]はわが国の水産資源が急速に回復する潜在的な能力を持っていることも明らかにしている[5]。水産資源は2000年代に入り、漁業者一人当たりの生産量は僅かながら増加傾向を示す（平成26年度水産白書[‡]）。

(2) 世界の水産物と水産業

国連食糧農業機関（Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO）の水産統計によると、2014年に世界で生産された水産物量は167百万トン（漁業生産量93.4百万トン、養殖生産量73.8百万トン）であり（図2）、食料として利用されているのは146百万トンである。一人当たりの水産物消費量は、1960年代の9.9kgから2013年には19.7kgまで増加した。世界の食料生産量のうち、水産物は3.3%で量的には多くないが、動物性タンパク質の26.1%を占める[7]。漁業生産量は1990年代から9千万トン前後で横ばい状態である。世界の漁業資源は、魚介類系群（fish stocks）の約60%が満限まで、30%が過剰漁獲されており、開発の余地のあるものは10%に過ぎないと評価されている。過剰漁獲されている資源の割合は年々増加している[7]。世界的に見ても、多くの資源の枯渇がさらに進み漁業生産量が減少に転じるのか、あるいは持続可能な漁業生産へ革新するのか大きな岐路にあるといえる。

* <http://abchan.fra.go.jp/index1.html>

[†]<http://www.jfa.maff.go.jp/j/study/enoki/pdf/shiryo1.pdf>

[‡]<http://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/h26/>

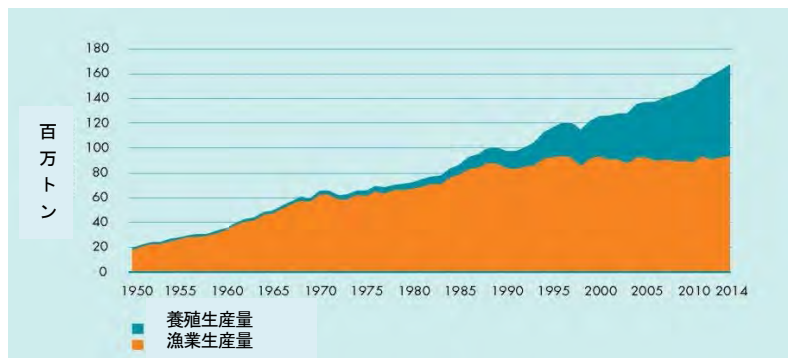


図2 世界の漁獲量と養殖生産量の経年変化[7]

1992年、リオデジャネイロで地球サミット「環境と開発に関する国際連合会議」が開催され、「予防的アプローチ (Precautionary Approach)」を含め、生物多様性条約や気候変動枠組条約が提起された。FAOは、それを受けて、さらに地球上の多くの生態系で生物多様性が低下し、一部の構成種の生存が漁業の過剰利用や外来種の侵入により脅かされている現状に鑑み、1995年に「責任ある漁業のための行動規範」を採択した。^{*}これは漁業への生態系アプローチ (Ecosystem Approach to Fisheries, EAF) の考え方を示している。一方2000年代に入ると、海洋生態系と生物多様性の保全に関する国際会議や締約国会議が活発化する。生物多様性条約第5回締約国会議 (2000) において生態系アプローチの12原則が採択された。2002年ヨハネスブルグで開催された持続可能な開発に関する世界首脳会議、2003年Gサミット、2006年の第8回及び2010年の第10回生物多様性条約会議 (それぞれCOP8及びCOP10) などを通し、海域の10%に効果的な海洋保護区 (Marine Protected Area, MPA) を設置することが目標として掲げられた。他方、持続可能な地球社会の実現を目指すFuture Earthが2014年に始動した。先述したように、Future Earthは海洋生態系と水産業に関係する5つの課題を掲げており、これらの課題は持続可能な水産業を構築するためにきわめて重要である。

(3) 養殖業

2014年に世界で生産された水産物量167百万トンのうち、養殖生産量は44%を占め近年著しく増加してきた。一方、わが国の水産物量は477万トンにとどまり、それに占める養殖生産量は21%に過ぎず、年々漸減傾向を示している。

養殖業では選抜育種、異種間交雑や遺伝子操作などの育種技術による品種改良が加速度的に進み、今後も世界の生産量は継続的に増加すると見込まれている。しかしながら、水産動物の給餌養殖において、一般的に、ウナギ類やクロマグロのように天然種苗に依存する養殖では天然資源の再生産に影響を及ぼす。また、海外で報告されているように人工種苗による養殖では廃棄や逃亡による遺伝的攪乱や遺伝的多様性の低下などによ

^{*} <http://www.fao.org/docrep/005/v9878e/v9878e00.htm>

る沿岸生態系へのリスクが懸念され[8]、養殖業に派生する魚病の蔓延は在来種を含む沿岸生態系にも影響を及ぼす[9]。海面養殖生産のうち、魚類と甲殻類の養殖の2/3は配合飼料に依存し、陸上作物生産量の約4%が養殖飼料に使用されている。これらの養殖飼料の原料は人間の食料でもあり、低価格のタンパク質を高価格の養殖魚に置き換えているという側面もある[10]。このような背景を受けて、わが国では水産庁が持続可能な養殖業の確立を目標に、環境負荷の軽減、人工種苗の生産確立、赤潮対策及び疾病対策等を施策として掲げている。

上述した懸念材料があるにもかかわらず、世界的に著しい人口増加が進む中、人為的管理のもとで安定的に安全な食料を持続的に生産する上で、養殖業が果たす役割は極めて大きい。養殖業は、世界の食料生産システムの多様化と生産量増大に果たす役割が大きく、その生産の場から今後の沿岸水産業にとって極めて重要であり、わが国でも養殖業の再興が強く望まれる。今後は責任ある養殖業として海洋生態系や水産資源に負の影響を与えず、次世代の人類の食料資源として、生態系アプローチ型の養殖管理、過剰漁獲につながる魚粉餌原料の使用制限に努めるとともに、イノベーションとして陸域における海産魚用閉鎖循環式養殖システムの更なる発展と実現、及び持続可能な養殖業を推進する GLOBALG. A. P. Aquaculture*や Aquaculture Stewardship Council (ASC)†、養殖エコラベル Aquaculture Eco-Label (AEL)‡などの活用にも期待したい。

*http://www.globalgap.org/uk_en/for-producers/aquaculture/

†<http://www.asc-aqua.org/?lng=7>

‡http://www.fish-jfrca.jp/04/a_ecolabel.html

3 海洋生態系と水産業

(1) 沿岸生態系と漁業に及ぼす人間の経済活動

人間の経済活動が海洋生態系に及ぼしている影響も無視できない。高度経済成長時代以降は全国的に水圏生態系（沿岸、河川）が都市化や工業化により人工的に改変され、その多様性と復元力が著しく失われた。具体的には、沿岸生態系では海岸の後退や自然海岸の減少により[11]、魚介類の成育場として重要な藻場や干潟が40%減少し、*陸-海生態系の相互作用が著しく減退した。また、河川では直線化、河床低下及び三面ブロック化、さらには多数のダム建設により自然生態系が1970年代までに大幅に減少した[12]。

(2) 地球温暖化が水産業へ及ぼす影響

2013年の国連気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change、IPCC）第5次評価報告書（IPCC-AR5）[†]によると、地球温暖化により海洋では水温の昇温、酸性化、溶存酸素量の減少や成層化（暖かく軽い表層水と冷たく重い下層水が混合しづらくなる）が予測されている。

地球温暖化の影響は既に顕在化している。南カリフォルニア海域の魚類43種稚魚の成長速度のピークは昇温により夏季から春季に移行している[13]。北極海では、酸性化により翼足類（ミジンウキマイマイ）の炭酸カルシウムの殻が溶解し始めている[14]。2000年代以降、初秋に北海道の日本海へ回帰するわが国のサケは対馬暖流の高温化により回帰量が減少傾向を示すようになってきた[15]。日本海におけるサワラの分布域は北部へシフトし、生産量は南部の東シナ海と瀬戸内海で減少し、新潟沖などの日本海北部で増加する傾向を示している[16]。長期的な水温上昇が有明海の養殖に影響を及ぼしており、スサビノリでは収穫時期の遅れや疾病発生の増加と長期化、生長停滞、春季における珪藻ブルームとの競合による色落ちなどが生じ、マガキ宮城系群では夏季に大量斃死が多発している[17]。

海洋生態系では、今後の地球温暖化の影響として次のようなことが起こると予測されている。北半球では多くの種が北へ移動し、栄養塩の減少、海水の成層化による海洋生態系の環境収容力の低下と生物の成長停滞[18, 19]、磯やけ海域の北上と拡大などが起こる[20]。サンマは、回遊域の変化、産卵場の移動、生残率の変化が起こるほか、遊泳能力増大と成長促進が起こる一方、呼吸代謝増大により成長が阻害される。また、スルメイカも分布域が北上し、基礎代謝エネルギーの増加と成長率の低下のため小型化する[16]。地球温暖化は黒潮の勢力を強め、浮魚類の卵及び稚仔魚を沖合へ輸送し、広く拡散させる一方で、餌生物量を減少させる[20]。IPCCの予測が正しければ、サケは今世紀末までに北極海を含む北方海域へ分布域をシフトする[15]。生物が環境の変化に進化的

* <http://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/tamenteki/kaisetu/moba/>

[†] <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>.

適応していくことは言うまでもないが、現在進行している地球温暖化の規模とスピードにどれだけの生物が適応していけるのかを正確に予測することは難しい。

(3) 海洋におけるレジーム・シフトと漁業

先述のように、数十年間隔で起こる海洋生態系の転換をレジーム・シフト⁽²⁾という[21]。レジーム・シフトは、北太平洋ではアリューシャン低気圧が海洋生態系とその生息生物の動態に影響を及ぼす。ベーリング海の生態系は、レジーム・シフト毎に食物網が上位捕食者により調節されるトップ・ダウン制御から食物網が下位の生物のバイオマスで調節されるボトム・アップ制御へ変化する[22]。また、海洋生態系のサケ類に対する環境収容力が変化し[23]、浮魚類では優占種の交替が起こる[21]。太平洋北西部海域ではレジーム・シフトにより、数十年周期でマイワシやマサバなどの多獲性浮魚類の魚種交替が観察されてきた。1990年代、マイワシからマサバに魚種交替が起こった。しかし、マサバの多くの個体は未成熟期のうちにまき網漁業等により大量に漁獲され、サバ類資源の回復が遅れた[24]。このことは、これまでの漁業管理が単一種レベルで行われ、漁業が海洋生態系におけるレジーム・シフトなどの環境の変化や魚種交替などの生物間相互作用に十分対応してこなかった結果であろう。

(4) 海洋保護区と海洋生態系

国立研究開発法人水産総合研究センター(現、国立研究開発法人水産研究・教育機構)のアンケート結果によると[25]、わが国の国民は水産資源、海洋環境保全、食料供給及び水産業を基盤とする沿岸社会の文化の振興、すべてにおいて同等に重要と考えており、人々は海洋生態系の保全と、漁業・養殖業を通じたその利用の両立を望んでいる。

わが国の水産業に著しい被害を及ぼした福島県の原子力発電所事故により、同県沿岸の漁業は自粛を余儀なくされた。しかし、それは結果的に広範囲なMPAの設定と同じ役割を果たした。震災後2～3年で、震災前に比べてヒラメ資源量は4.5倍に、マダラ資源量は4倍に増加したことが報告されている[26, 27]。このように、MPAの設定は海洋生態系と水産資源を守る上で極めて有効な手段である。MPAでは、基本的には生態系の生物多様性の保全と生態系サービス⁽³⁾の持続可能な利用の2要素を満たすことが目標となる(COP8, COP10)。わが国には漁場の環境を保全する活動が古くから行われており、沿岸には世界自然遺産地域をはじめ、国立公園、禁漁区や水産資源保護水面などの漁業規制に関連した数多くの海域がMPAとして存在するといわれている[28]。国立公園である知床半島は、海洋と陸域の生態系の相互作用が顕著で、生物多様性の高い地域として2005年に世界自然遺産として認められた。しかし、最近20年間、知床半島海域における水産動物の生産量と多様性指数はむしろ減少傾向を示す[29, 30]。このようにわが国の沿岸生態系は、数多くのMPAがあるといわれているにもかかわらず、人為的に攪乱され、沿岸漁業の生産量も減少している。

最近、欧米ではリアルタイムで監視しながら禁漁区を設定するリアルタイム禁漁区(Real-time closure; RTC)がMPAとして効果的であることが知られている[31]。例え

ば、ヨーロッパではタラの資源回復のために、タラの混獲率が15%を超えた場合、数時間以内にある一定エリアにRTCが政府主導で設定されている。東ベーリング海のスケトウダラ漁業では、サケ混獲防止のために同様のRTCが漁業者により自主的に設定されている。混獲の危機が排除されればRTCは解除される。RTCのように限られた時間に局所的に海域を閉鎖するMPAは、わが国の許可制と操業時期と海域の制限による漁業においても十分に対応が可能な手法であると考えられる。

4 わが国の水産資源管理の問題点と課題

本来、水産業の持続生産とは海洋生態系の環境収容力に占める持続可能な生産量 (Ecologically Sustainable Yield、ESY) のことであり、水産業の営みは ESY の中から継続的に漁獲物を収獲し続けることである [32, 33]。しかし、水産資源は、海の中に生息している時には誰の所有でもなく、漁獲されることによって人の所有物となる「無主物性」という性質をもっている。水産資源に限らず、無主物性の自然資本の社会的な管理組織として形成された「コモンズ」(共有地、入会地)をめぐっては、共有的に管理されている生物資源で資源利用者の調整機能が存在しない場合は過度に利用される現象、すなわち「コモンズの悲劇」[34]を招くことが知られている。したがって、水産資源についても、漁業を完全な自由競争に委ねると、早いもの勝ちの漁獲競争によって過剰漁獲に陥る場合も多い [32]。

漁業では、海洋生態系の食物網において栄養段階の上位種に最初に高い漁獲圧がかかる場合が多く、また種レベルあるいは個体群レベルでも成長が遅く高齢で性成熟する大型魚から個体数を減少させる傾向にある [35]。過剰漁獲でマグロ類やサメ類などの大型種が減少すると、カタクチイワシなどの小型種やクラゲ類が多くなり、漁業対象種の栄養段階が低下するという現象が 1980 年代に欧米などの各国で起こった [36]。生態系の構造の攪乱は、数多くの栄養カスケード効果⁽⁴⁾が働くことで増幅される [37, 38]。

わが国では、漁業管理法として許可制による新規参入と漁具漁法の規制、操業時期と海域の制限などを併用した漁獲努力量の規制を採用している。最近では、科学者、行政関係者及び漁業者の三者の科学情報に基づく緊密な話し合いによる共同管理 co-management の結果、漁獲可能量 (Total Allowable Catch、TAC)⁽⁵⁾の導入や3年間の禁漁による秋田県ハタハタ漁業^{*}や禁漁区の設定と共同管理による伊勢湾イカナゴ漁業[†]が資源管理の成功例としてあげられている [21]。しかし、それらの資源量はなかなか回復しないどころか、むしろ再び減少傾向にあり必ずしも十分な成果が得られていない。また季節海水の減少と過剰漁獲で 1990 年前後に著しく漁獲量が減少した知床半島のスケトウダラ [39]は、TAC の導入、禁漁区や禁漁期の設定による産卵親魚の保護といった複数の漁業資源管理法を導入したが未だに資源は回復せず減少傾向が続いている。[‡]わが国の資源管理は、漁業種別、地域別に単一種あるいは個体群レベルで行われてきた。しかし、同一種あるいは同一個体群であっても回遊域によっては沖合漁業で利用される場合や、産卵期には沿岸漁業により利用されるというように、複数の漁業で利用されるために、その漁業管理体制は別々になっている (例:ハタハタ、ホッケ、イカナゴ)。また、近年の強い漁獲強度のため産卵親魚量の不足で資源量が著しく減少しているホッケでは、産卵場でもある沿岸生態系 (ガレキ場) がナマコけた網漁業により攪乱され、環境悪化している [40]。これら 2 種は異なる資源管理体制のもとに行われているが、統一した管理体制が望まれる。

これらの事例は、単一種の資源管理では持続可能な水産業を展開できないことを示唆し

^{*}<http://abchan.fra.go.jp/digests27/details/2749.pdf>

[†]<http://abchan.fra.go.jp/digests27/details/2751.pdf>

[‡]<http://abchan.fra.go.jp/digests27/details/2711.pdf>

ている。漁業が過剰漁獲、混獲、大型魚への選択的漁獲などによって、種間相互作用、栄養カスケード、生態系の構造と機能、非漁業種や希少種などの野生生物へ影響を及ぼすことを熟慮すべきである。したがって、わが国における今後の水産資源管理では、生態系を保全しつつ、漁業対象種のそれぞれの資源管理を行っていく必要がある。

そのためには、生態系に基づく管理 (Ecosystem-based Management) あるいは生態系アプローチによる資源管理の展開が必須である[41]。漁業管理への生態系アプローチは、不確実性に基づく順応的管理と予防的措置、生態系に関する知見、インセンティブに基づく自治的管理が要素となる[25]。生態系は不確実性の高いシステムであり、その構造は非生物環境と生物の集合体との相互作用であり、その機能は生物多様性により維持される。生物間相互作用ネットワークの構成要素が脱落すると、生態系機能の低下が起こる。水産資源の生態系アプローチ型管理においては、食物網、栄養カスケード、生物種間の相互作用、生態系サービスなどの生態系の構造と機能をモニターしつつ、種あるいは個体群レベルで水産生物資源を管理していくことになる。その実行においては、適切な生態系指標や生態系レベルでの管理目標、管理基準の設定が重要である。海洋生態系の生物多様性を保全しながらその生態系サービスを利用する持続的水産業を目指す生態系アプローチ型の水産資源管理は、欧米はもとよりアジアなど世界各国で既に始まっている[42-47]。

一方、わが国の調査研究機関や高等教育機関は長きに渡り水産海洋の動態をモニタリングし、そのデータベースは海洋生態系を評価し、変動予測を行うための貴重な基礎データとなる。今後人類が経験したことのない気候変動が予測される中で、これまで行ってきたわが国周辺海域の水産海洋モニタリングをさらに継続し、水産資源の生態系アプローチ型の水産資源管理のために、そのビッグデータの管理と解析から海洋生態系評価と生物資源の変動予測システム確立のための研究体制とシステムを構築していく必要がある。このような観点から、水産学分科会では「第23期学術の大型研究計画に関するマスタープラン (マスタープラン 2017)」において「マリンビジョン・ネットワーキング計画：地球環境変動に対応するビッグデータ解析システム利用の広域沿岸水域生態系解析と海洋生物資源の持続的利用のための研究所点の形成」を提案した(計画番号26学術領域番号15-1)[48]。

生態系アプローチ型の水産資源管理には、生態系や管理方策の評価のために生態系モデルの構築が必須である。水産資源管理のための生態系モデルは、最も関心のある種とその餌生物と捕食者だけをピックアップした種間相互作用に関連する最小現実モデル(Minimum Realistic Model, MRM) から生態系の栄養段階のすべてをカバーする ecopath, ecosim, EwE などの end-to-end モデルまで多種多様である[49, 50]。生態系モデルでは、①データ不足と②目的に合致したモデル構造の設定が常に課題となる[51]。ヨーロッパや米国では、比較的容易に観測できる指標を用いて生態系の状態をモニターし、生態系アプローチにより順応的管理^⑥を行っている。しかし、わが国においてはこのような管理における科学者の行うべき行動はほとんど手がつけられておらず[52]、漁業に関連した生態系モデル研究も極めて少ない[53]。幸いなことに、わが国は各地にある調査研究機関や高等教育機関を擁した水産海洋のモニタリング体制とデータベースを有している。それらを活用し、利用可能な情報に基づいて行動を起こし、管理やモニタリングを行いながら改善を図る生態系

アプローチ型の資源管理を進めていくことが持続可能な水産業を構築していくためには喫緊の重要課題である。

スウェーデンでは、1996年にバックキャスト法により生態学的に持続可能な社会を目指す長期ビジョンとして「21年後の2021年度の望ましい社会を想定したプロジェクト」を開始した。このバックキャスト法とは、最初に望ましい未来社会を目標設定し、その目標を実現する戦略である[54, 55]。水産資源は再生可能な資源ではあるが、有限な資源である。生態系アプローチ型の資源管理では、有限な資源を持続的に利用していくための明確な目標を設定し、それを確実に実現していくことが肝要である。

一方、わが国の排他的経済水域の設定では周辺国との領土問題等の関係で境界が画定できず、主権の権利を十分に行使できない水域がある。TAC対象種をはじめ、わが国の漁業が利用する回遊性動物の多くは、複数の沿岸国の排他的経済水域に分布する漁業資源（シェード・ストック⁽⁷⁾）や、排他的経済水域と隣接する公海域にわたって分布する漁業資源（ストラドリング・ストック⁽⁸⁾）である。近年、わが国の排他的経済水域に隣接する公海域や周辺国の排他的経済水域内の外国漁船の操業が増加しており、これらの資源への影響が懸念されている。わが国周辺の公海上におけるサンマ漁獲の国際的な協調体制など、その確立がまさに喫緊の課題となっている。わが国は、正確な科学的情報に基づき、適切な説明を国際社会に発信すると同時に、海洋生態系の保全とその生物資源の適切な活用に関して国際的にリーダーシップを発揮することも今後の課題である。

日本食が健康的で理想的な食生活スタイルであると世界的に評価されている。その一つの要因に魚食文化が挙げられる。魚油や魚肉ペプチドの健康機能性は既に多くの事例により証明されている。昨今、子供たちは自分が食べている物の本来の姿はもとより、それがどのような生産・流通過程をとおして食料として利用されているか理解していないと言われている。消費者は、水産物がどのように収穫され、食卓にのぼっているのかという状況や、それを確認できるトレーサビリティに深い関心を寄せてこなかった。また、沿岸環境における水産業を含めた生態系サービスに対する国民の関心は必ずしも高くはない。科学者及び政策決定者は海からの恵みをさらに広く国民に認知させる努力が必要である。わが国は、正確な科学的情報に基づき、適切な説明を国際社会に発信すると同時に、海洋生態系の保全とその生物資源の適切な活用に関して国際的にリーダーシップを発揮することも今後の課題である。

5 提言

私たち人類は地球生態系の一構成要素に過ぎないが、その生態系サービスを利用する一方、人類の活動がこの生態系に様々な影響を及ぼすことを自覚すべきである。水産資源は再生産可能な生物資源であり、適切に管理すれば持続可能な資源となる。ただし水産業は社会経済的な活動でもあり、水産資源の管理にはその利用と保全のバランスが求められる。持続可能な利用とは、将来世代のニーズを損なうことなく現世代のニーズを満たすことでもある。水産業を持続的に展開していくためには、その現状をあらゆる角度から分析し、将来あるべき水産資源の管理政策と利用方向の目標を見定め、その上でモニタリングと評価のフィードバックのもとに順応的管理と予防的アプローチを基軸に、海洋生態系と生息生物からの生態系サービスを享受していくことが望ましい。

ここでは、現状の問題点と課題を踏まえて、わが国の水産業を水産資源の管理体制と有効利用法の確立により持続可能なシステムにすることを提言する。まず、中長期的視点から、持続可能な水産資源をめざした生態系アプローチ型管理の確立を図り [提言(1)]、次にそのフレームワーク構築のための具体的な項目について提言したい [提言(2)～(4)]。さらに、関連して喫緊の国際問題に対処するための提言を(5)で述べる。

(1) 生態系アプローチ型管理

水産業の持続生産は、限られた環境収容力の中で個体群や生態系より継続的に収穫物である水産物を得ながら将来までそれらを維持し続けることである。したがって、各個体群の漁業に対してだけでなく、生態系全体の持続可能性を考えねばならない。このため、今後の水産業は生態系アプローチ型管理をベースに、生態系の構造と機能をモニターしつつ、種あるいは個体群レベルで水産生物資源を管理していくことが基本となる。

生態系アプローチ型資源管理では水産業の現状分析と生態系評価を行い、その結果に基づき将来ビジョンと目標を定める。現状から判断する限り、わが国における水産資源管理の将来目標は、①水産資源の回復とその利用のあり方、②水産資源の生産の場である海洋生態系、特に沿岸生態系の構造と機能の復元、そして③海洋生態系のモニター体制の確立とモデル化が必須である。それらの目標に向かってバックキャスト的手法を取り入れて、段階的に持続可能な水産資源管理の確立を行っていくべきであろう。段階的にステップ・アップを図るには、順応的管理が有効である。なお、水産資源管理の実行においては、科学のみで対応できないので、専門知識をもった科学者や政策決定者によるテクノクラシー (Technocracy) と市民が民主的に判断するデモクラシー (Democracy) の両面からガバナンスを考えていかねばならない [56]。また、資源管理には不可逆的な被害のおそれがある場合には完全な科学的確実性がなくてもその防止を行う予防的アプローチを加えたリスク管理も重要である。

ステップ毎の順応的管理では、科学者やステークホルダーにより構成されるモニタリング調査研究と両者に政策決定者 (行政) を含めた組織による評価と共同管理によるフィードバック体制が基本となる。共同管理のガバナンスは、生態系の健全性のもとに水産業の持続性が可能となるように三者の合意形成を図ることが重要である。政策決定者

である国と都道府県は責任をもって政策の実行に当たるとともに、説明責任と合意形成に努めるべきである。

また、生態系アプローチ型管理の実現には、沿岸社会との連携を図りつつ生態系の多様性を維持することが基本となる。したがって、科学者側はこれまでのように専門分野での科学的深化に加え、生態学の研究をベースとする自然科学と沿岸社会における経済学や政策学に関する研究などの社会科学とを合わせた学際的な科学研究体制の確立を図る必要がある（図3）。

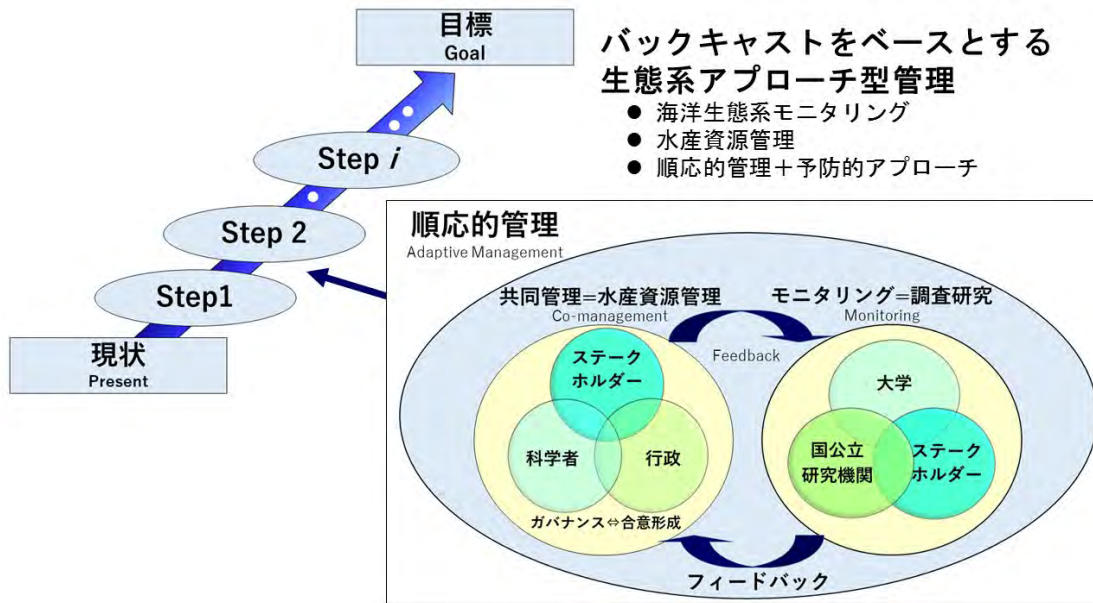


図3 バックキャスト方式による生態系アプローチ型管理

(2) 海洋モニタリングの継続と生物資源変動予測モデルの構築

わが国の調査研究機関や高等教育機関が100年以上に渡り展開してきた海洋モニタリングとそのデータは、世界的にも非常に重要な人類の知的財産である。また、海洋生態系を評価して変動予測を行うためにも貴重である。調査研究機関および高等教育機関は、わが国周辺海域の海洋モニタリングを今後も継続してデータを収集、公表して汎用化すべきである。また、水産・海洋学関連の高等教育機関が国・都道府県の研究機関と連携し、上述のビッグデータを利用・解析した海洋生態系評価とその生物資源の変動予測システム確立のために研究コンソーシアム体制の構築を図るべきである。

(3) 沿岸生態系の保全と回復

本来、沿岸域は陸-海生態系の相互作用が顕著で、海洋で最も生産力が高い生態系である。現在進行している巨大防潮堤の評価に加え、ダムによる流域遮断、三面ブロックや直線化など人工河川のように行きすぎた河川開発などへの見直しも含め、早急に疲弊した沿岸生態系の修復を関係省庁等（農林水産省、国土交通省、環境省、都道府県）の協働により図る必要がある。また、科学者は沿岸生態系の回復と保全に関する研究を推進するとともに、得られた研究成果から、社会科学も含めた文理融合型の学際的見地で

沿岸生態系の生態系サービスの利活用法、保護すべき沿岸海域のあるべき姿に関する研究の成果の内容を社会に提言していくべきである。

(4) 効果的な海洋保護区の設定と管理

海洋保護区 MPA の設定は、海洋生態系と水産資源を守る上で有益な手段である。しかし、わが国の MPA では特定魚種の捕獲禁止と密漁監視といった限定的な管理しか行ってこなかったために、例えば保全対象魚種の産卵場が別の漁業活動で攪乱されるなど、隣接海域で別の開発行為がなされる場合は、海洋生態系とそこに生息する生物の保全に十分な効果は得られなかった。COP10 が 2020 年までに目標としている各国の沿岸及び海域の 10%以上の保全を達成するためにも、わが国は世界自然遺産地域や国立公園地域を含め、既存 MPA の効果を高めることと併せて、リアルタイム禁漁 RTC などの新たな効果的 MPA 手法の導入を図る必要がある。その上で、科学者とステークホルダーによるモニタリング研究と、両者に政策決定者を含めた評価によるフィードバック体制に基づく順応的管理を確立し、海洋生態系の保全と水産資源の回復に資するべきである。

(5) 国際的貢献とそのための政策決定者のリーダーシップの発揮

昨今、シェアード・ストックやストラドリング・ストックなど、公海上などで国外漁業者と国内漁業者との軋轢あるいは競争により資源の過剰漁獲を誘引しかねない状況が生じている。今後、順応的管理における科学者、利害関係者及び政策決定者による共同管理のガバナンスを確立するため、自国の排他的経済水域内はもとより、公海上の水産資源についても、統一した資源管理体制の確立と政策決定者の国際的リーダーシップが求められる。科学者は海洋生態系の保全とその生物資源の適切な活用に関する正確で客観的な科学的情報を発信するとともに、政策決定者が資源管理のリーダーシップを国内外で発揮できるよう協力することも今後の課題である。

<用語の説明>

- (1) Future Earth (FE)：持続可能な地球社会の実現をめざす国際協働研究プラットフォームで、国際科学会議（ICSU）などの学術コミュニティと社会のパートナーが協働する基盤を提供し、分野を超えた統合的な研究を社会と共に推進している国際科学会議などが推進する地球環境変動分野の4つの国際研究計画と地球システム科学パートナーシップを統合したもの。自然科学、社会科学、工学、人文学などの学際研究（Inter-disciplinarity）と学術と社会の間の垣根をこえる超学際（Trans-disciplinarity）をベースとして、専門家とステークホルダーが協働して研究活動の設計や研究知見の創出を行う。なお、ここでのステークホルダーは学術研究、科学と政策のインターフェース、研究助成機関、各政府機関、開発期間、ビジネス・産業界、市民社会及びメディアの8つが特定されている。
- (2) レジーム・シフト：大気・海洋・海洋生態系から構成される地球表層システムの基本構造（レジーム）が数十年間隔で転換（シフト）すること（広辞苑）。
- (3) 生態系サービス：生態系の機能や、生態系を構成する生物から人類が得る利益のことをいう。水産業は、狩猟と採集により正しく水圏から供給（食料）、調整（環境調節）、基盤（物質循環）及び文化（文化的利益）の生態系サービスを享受する生業及び産業である。
- (4) 栄養カスケード trophic cascade：生態系の食物連鎖をとおして様々な栄養段階の生物へ玉突き現象のように影響が伝わること。
- (5) Total Allowable Catch (TAC)：漁獲可能量。①漁獲量が多く、国民生活上で重要な魚種、②資源状態が悪く、緊急に管理を行うべき魚種、③日本周辺で外国人により漁獲される魚種。
- (6) 順応的管理 adaptive management：目標に対する計画が未来予測では不確実性であることを認め、計画を継続的なモニタリング評価と検証のフィードバックにより随時見直しと修正を行いながら管理する手法。
- (7) シェアード・ストック：わが国周辺の複数の沿岸国の排他的経済水域に分布する漁業資源。
- (8) ストラドリング・ストック：排他的経済水域と隣接する公海域にわたって分布する漁業資源

<参考文献>

- [1] Future Earth. 2014. Strategic research agenda 2014.
http://www.futureearth.org/sites/default/files/strategic_research_agenda_2014.pdf.
- [2] 日本学術会議、2004年8月3日、答申『地球環境・人間生活にかかわる水産業及び漁村の多面的な機能の内容及び評価について』
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/shimon-19-1-6.pdf>
- [3] 日本学術会議東日本大震災対策委員会・食料科学委員会水産学分科会、2011年9月30日、提言『東日本大震災から新時代の水産業の復興へ』
<http://www.scj.go.jp/ja/member/iinkai/shinsai/pdf/110930t.pdf>
- [4] 日本学術会議食料科学委員会水産学分科会、2014年6月10日、提言『東大震災から新時代の水産業の復興へ（第二次提言）』
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t193-3.pdf>
- [5] Ichinokawa M, Okamura H, and Kurota H. 2017. The status of Japanese fisheries relative to fisheries around the world. ICES Journal of Marine Science. Doi:10.1093/icesjms/fsx002.
- [6] Matsuda H, Makino M, Tomiyama M, Gelcich S, and Castilla JC. 2010. Fishery management in Japan. Ecological Research 25: 890-907.
- [7] FAO. 2016. The state of world fisheries and aquaculture. <http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>.
- [8] Thorstad EB, Fleming IA, McGinnity P, Soto D, Wennevik V and Whorskey F. 2008. Incidence and impacts of escaped farmed Atlantic salmon *Salmon salar* in nature. NINA Special Report 36. 110p.
- [9] Torrissen O, Jones S, Asche F, Guttormsen A, Skilbrei OT, Nilsen F, Horsberg TE and Jackson D. 2013. Salmon lice - impact on wild salmonids and salmon aquaculture. Journal of Fish Diseases 36: 171-194.
- [10] Troell M, Naylor RL, Metian M, Beveridge M, Tyedmers PH, Folke C, Arrow KJ, Barrett S, Crepin AS, Ehrlich PR, Gren A, Kautsky N, Levin SA, Nyborg K, Osterblom H, Polasky S, Scheffer M, Walker BH, Xepapadeas T, and Zeeuw AD. 2014. Does aquaculture add resilience to the global food system? Proceedings of the National Academy of Sciences 111: 13257-13263.
- [11] 宇多高明・酒井和也・星上幸良、2012、浸食海岸を襲った2011年大津波による護岸の破壊-茨城県北部神岡上海岸の事例、水利科学 (325): 15-29.
- [12] Kaeriyama M and Edpalina RR. 2004. Evaluation of the biological interaction between wild and hatchery population for sustainable fisheries management of Pacific salmon. In Stock enhancement and sea ranching, 2nd edition (eds. Leber KM, Kitada S, Blankenship HL, and Svasand T), p247-259. Blackwell Publishing,

Oxford.

- [13] Asch RG. 2015. Climate change and decadal shifts in the phenology of larval fishes in the California Current ecosystem. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112: E4065–E4074.
- [14] Lischka S and Riebesell U. 2012. Synergistic effects of ocean acidification and warming on overwintering pteropods in the Arctic. *Global Change Biology* 18: 3517–3528.
- [15] Kaeriyama M, Seo H and Qin Y. 2014. Effect of global warming on the life history and population dynamics of Japanese chum salmon. *Fisheries Science* 80: 251–260.
- [16] 水産総合研究センター編、2009a、「地球温暖化とさかな」成山堂、182p.
- [17] 川村嘉応、2006、有明海奥部のノリ養殖：影響する環境要因と自然環境への影響、*海洋と生物* 167: 603–610.
- [18] Cheung WWL, Watson R and Pauly D. 2013. Signature of ocean warming in global fisheries catch. *Nature* 497: 365–369.
- [19] Sydeman WJ, Garcia-Reyes M, Schoeman DS, Rykaczewski RR, Thompson SA, Black BA, and Bograd SJ. 2014. Climate change and wind intensification in coastal upwelling ecosystems. *Science* 345: 77–80.
- [20] Yatsu A, Chiba S, Yamanaka Y, Ito S, Shimizu Y, Kaeriyama M, and Watanabe Y. 2013. Climate forcing and Kuroshio/Oyashio ecosystem. *ICES Journal of Marine Science* 70: 922–933.
- [21] 川崎健・花輪公雄・谷口旭・二平章（編著）、2007、「レジーム・シフト：気候変動と生物資源管理」成山堂書店、216.
- [22] Hunt GL Jr and Stabeno PJ. 2002. Climate change and the control of energy flow in the southeastern Bering Sea. *Progress in Oceanography* 55: 5–22.
- [23] Kaeriyama M, H Seo, and H Kudo. 2009. Trends in run size and carrying capacity of Pacific salmon in the North Pacific Ocean. *North Pacific Anadromous Fish Commission Bulletin* 5: 293–302.
- [24] 牧野光琢、2013、「日本漁業の制度分析：漁業管理と生態系保全」恒星社厚生閣、254p.
- [25] 水産総合研究センター、2009、「我が国における総合的な水産資源・漁業の管理のあり方」 <https://www.fra.affrc.go.jp/pressrelease/pr20/210331/houkoku.pdf>
- [26] Shibata Y, Sakuma T, Wada T, Kurita Y, Tomiyama T, Yamada M, Iwasaki T, Mizuno T, and Yamanobe A. 2017. Effect of decreased fishing effort off Fukushima on abundance of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) using an age-structured population model incorporating seasonal coastal-offshore migration. *Fisheries Oceanography* 26: 193–207.
- [27] Narimatsu Y, Shibata Y, Hattori T, Yano T and Nagao J. 2017. Effects of marine-protected area occurred incidentally after the Great East Japan Earthquake on the Pacific cod (*Gadus microcephalus*) population off northeastern Honshu,

- Japan. Fisheries Oceanography 26: 181-192.
- [28] Yagi N, Takagi A, Takada Y and Kurokura H. 2010. Marine protected area in Japan: institutional background and management framework. Marine Policy 34: 1300-1306.
- [29] 帰山雅秀・永田光博・中川大介 (編著)、2013、「サケ学大全」北海道大学出版会、297p.
- [30] Matsuda H, Makino M and Tomiyama M. 2012. Biodiversity and fisheries resource management in the satoumi. Global Environmental Research 16: 181-187.
- [31] Little SA, Needle LC, Hilborn R, Holland DS, and Marshall TC. 2014. Real-time spatial management approaches to reduce bycatch and discards: experiences from Europe and the United States. Fish and Fisheries. DOI: 10.1111/faf.12080.
- [32] Hilborn R and Hilborn U. 2015. (市野川桃子・岡村寛訳)「乱獲：漁業資源の今とこれから」東海大学出版部、154p. (Hilborn R and Hilborn U. 2012. Overfishing: What everyone needs to know. Oxford University Press.)
- [33] Zabel RW, Harvey CJ, Katz SL, Good TP, and Levin PS. 2003. Ecologically Sustainable Yield: Marine conservation requires a new ecosystem-based concept for fisheries management that looks beyond sustainable yield for individual fish species. American Scientist 91: 150-157.
- [34] Hardin G. 1968. The tragedy of the commons. Science 162: 1243-1248.
- [35] Ricker WE. 1981. Changes in average size and average age of Pacific salmon. Canadian Journal of Aquatic Science, 38: 1636-1656.
- [36] Pauly D, Christensen V, Dalsgaard J, Froese R, Torres F Jr. 2005. Fishing down marine food webs. Science. 279: 860-863.
- [37] Daskalov GM, Grishin AN, Rodionov S and Mihneva V. 2007. Trophic cascades triggered by overfishing reveal possible mechanisms of ecosystem regime shifts. Proceedings of the National Academy of Sciences 104: 10518-10523.
- [38] Myers RA, Baum JK, Shepherd TD, Powers SP Peterson CH. 2007. Cascading effects of the loss of apex predatory sharks from a coastal ocean. Science 315: 1846-1850.
- [39] 桜井泰憲、2013、「生態系ベースの持続的漁業—知床世界自然遺産を例として」オホーツクの生態系とその保全 (桜井泰憲・大島慶一郎・大泰司紀之編) , p117-129. 北海道大学出版会.
- [40] 三宅博哉・鈴木祐太郎・船本鉄一郎、2017、第2回北海道水産海洋研究集会「北海道周辺のホッケ資源：急減とその要因・今後の展望」要旨集、8p.
- [41] Christensen V and Maclean J. (eds) 2011. Ecosystem approaches to fisheries. Cambridge University Press, 235p.
- [42] FAO. 2005. Putting into practice the ecosystem approach to fisheries. P76.
- [43] FAO. 2006. Expert workshop on marine protected areas and fisheries management, review of issues and considerations. FAO Fisheries Report 825, p332.
- [44] Zhang CI, Kim S, Gunderson D, Marasco R, Lee JB, Park HW and Lee JH. 2009. An ecosystem-based fisheries assessment approach for Korean fisheries. Fisheries

Research 100: 26-41.

- [45] Murawski SA, Steele JH, Taylor P, Fogarty MJ, Sissenwine MP, Ford M and Suchman C. 2010. Why compare marine ecosystem? ICES Journal of Marine Science 67: 1-9.
- [46] Greenstreet SPR, Rogers SI, Rice JC, Piet GJ, Guirey EJ, Fraser HM and Fryer RJ. 2011. Development of the EcoQO for the North Sea fish community. ICES Journal of Marine Science 68: 1-11.
- [47] NMFS. 2016. Ecosystem-based fisheries management of the National Marine Fisheries Service, National Oceanic and Atmospheric Administration. NMFS Policy Directive 01-120. 8p. <http://www.nmfs.noaa.gov/op/pds/index.html>
- [48] 日本学術会議科学者委員会学術の大型研究計画検討分科会. 2017年2月8日、提言「第23期学術の大型研究計画に関するマスタープラン（マスタープラン2017）」
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/kohyo-23-t241-1.html>
- [49] 清田雅史、2013a、「海と漁業と生態系：3. 海洋生態系モデルの群像」ななつの海から 5: 15-22.
- [50] 清田雅史、2016、「水産関連データを活用したEcopath with Ecosim生態系モデルの構築方法」水産海洋研究 80: 35-47.
- [51] 清田雅史、2013b、「海と漁業と生態系：2. 生態系研究への多様なアプローチ」ななつの海から 4: 18-21.
- [52] 谷津明彦・牧野光琢、2010、「漁業への生態系アプローチと生態系ベース管理の概要」水産海洋研究 74: 56-57.
- [53] 米崎史郎・清田雅史・成松庸二・服部努・伊藤正木、2016、「Ecopathアプローチによる三陸沖底魚群集を中心とした漁業生態系の構造把握」水産海洋研究 80: 1-19.
- [54] 小澤徳太郎、2005、「スウェーデンに学ぶ『持続可能な社会』」朝日新聞社、285p.
- [55] Höjer M and Mattsson LG. 2000. Determinism and backcasting in future studies. Future 32: 613-634.
- [56] 江守正多、2013、「異常気象と人類の選択」角川SSC新書、216p.

<参考資料 1> 水産学分科会審議経過

平成 26 年

- 11 月 21 日 食料科学委員会水産分科会（第 23 期第 1 回）
委員長、副委員長、幹事の選出。

平成 27 年

- 1 月 23 日 食料科学委員会水産学分科会（第 23 期第 2 回）
地球温暖化時代における持続可能な水産業のあり方について、提言を
まとめる方向で意見交換が行われた。
- 4 月 24 日 食料科学委員会水産学分科会（第 23 期第 3 回）
同提言案をまとめる方向で意見交換が行われた。
- 6 月 26 日 食料科学委員会水産学分科会（第 23 期第 4 回）
同提言案について、執筆経過が報告された。
- 9 月 17 日 食料科学委員会水産学分科会（第 23 期第 5 回）
同提言案について、執筆経過が報告された。
- 11 月 27 日 食料科学委員会水産学分科会（第 23 期第 6 回）
同提言案のワーキンググループの進捗状況が報告された。

平成 28 年

- 2 月 12 日 食料科学委員会水産学分科会（第 23 期第 7 回）
同提言案のワーキンググループの進捗状況が報告された。
- 4 月 22 日 食料科学委員会水産学分科会ワークショップ
同提言案のワークショップを開催し情報収集を行った。
- 4 月 22 日 食料科学委員会水産学分科会（第 23 期第 8 回）
同提言案の進捗状況と今後のスケジュールが審議された。
- 9 月 30 日 食料科学委員会水産学分科会（第 23 期第 9 回）
提言案のタイトルについて意見交換が行われた
- 11 月 18 日 日本学術会議公開シンポジウム「成熟社会における持続可能な水産業のあり
方とその中長期戦略」（会場：日本学術会議講堂）
提言「わが国における持続可能な水産業のあり方」に関する情報収集
として表記シンポジウムを開催した。
- 11 月 18 日 食料科学委員会水産学分科会（第 23 期第 10 回）
同提言案について、意見交換が行われた。

平成 29 年

- 2 月 24 日 食料科学委員会水産学分科会（第 23 期第 11 回）
同提言案について意見交換が行われた。
- 3 月 1 日 食料科学委員会水産学分科会（第 23 期第 12 回）
同提言案について審議し、承認した。
- 7 月 14 日 日本学術会議第 248 回幹事会
提言「わが国における持続可能な水産業のあり方」について承認。

＜参考資料2＞公開シンポジウム

「成熟社会における持続可能な水産業のあり方と其中長期戦略」

主 催：日本学術会議食料科学委員会水産学分科会

共 催：水産・海洋科学研究連絡協議会、日本農学アカデミー、日本水産学会、東京海洋大学、北里大学海洋生命科学部

後 援：大日本水産会、全国漁業協同組合連合会、水産海洋学会、日本付着生物学会、日本魚病学会、国際漁業学会、日本ベントス学会、日本魚類学会、地域漁業学会、日仏海洋学会、日本海洋学会、日本水産増殖学会、マリンバイオテクノロジー学会、日本水産工学会、日本プランクトン学会、漁業経済学会、日本藻類学会、日本海洋政策学会

日 時：平成28年11月18日(金) 10:00～17:00

場 所：日本学術会議講堂

開催趣旨：

わが国の社会は、1970年代の高度経済成長、1990年代のバブル崩壊に続く、長い経済停滞期を体験したが、この変遷は農林水産業にも大きな変革をもたらした。高度情報化時代の到来も伴って、この変化は農林漁村と都市の経済的格差に基づく緊張した関係、わが国の人口減少も加わった農林漁村部の国土の荒廃など、さまざまな問題を引き起こしている。とくに水産業は、主体が天然生物資源に依存しており、漁獲量が気候変動の影響を受けやすい。また、魚価も社会・経済の影響を大きく受け、水産業の発展、成熟を困難にしている。わが国では5年前に東日本大震災による東北地方の水産業の壊滅的被害も体験しており、今後の持続可能な水産業を改めて問い直す時期にきている。本シンポジウムでは、高度経済成長後の成熟、安定化社会における水産業のあるべき姿を問うために、漁業管理、エネルギー問題、生態系保全と沿岸社会の振興、などの観点から現状の把握と中長期における将来展望を議論する。

プログラム

10:00-10:10 開会の挨拶

渡部終五（日本学術会議第二部会員、北里大学海洋生命科学部教授）

10:10-10:30 趣旨説明

帰山雅秀（日本学術会議連携会員、北海道大学国際連携機構特任教授）

座 長：塚本勝巳（日本大学生物資源科学部教授）

10:30-11:00 「持続可能な地球社会の実現に向けて」

江守正多（日本学術会議連携会員、国立研究開発法人国立環境研究所地球環境研究センター・気候変動リスク評価研究室長）

11:00-11:30 「日本の水産業の特徴と変遷」

八木信行（日本学術会議特任連携会員、東京大学大学院農学生命科学研究科准教授）

11:30-12:00 「日本周辺海域の海洋生態系に及ぼす温暖化の影響」

木村伸吾 (東京大学大学院新領域創成科学研究科大気海洋研究所教授)

12:00-13:00 休 憩 (昼食)

座 長 : 大越健嗣 (東邦大学理学部教授)

13:00-13:30 「漁業管理のあり方」

山川 卓 (東京大学大学院農学生命科学研究科准教授)

13:30-14:00 「これからの養殖」

升間主計 (近畿大学水産研究所所長・教授)

14:00-14:30 「成熟社会における地方の人口減少・高齢化の現状と問題点」

中嶋康博 (日本学術会議連携会員、東京大学大学院農学生命科学研究科教授)

14:30-14:45 休 憩

座 長 : 田中次郎 (東京海洋大学学術研究院教授)

14:45-15:15 「水産流通・加工・市場と地域振興」

婁小波 (東京海洋大学学術研究院教授)

15:15-15:45 「日本の置かれた状況に見合った人材育成 - 海外との比較も含めて」

牧野光琢 (国立研究開発法人水産研究・教育機構 中央水産研究所経営経済研究センター漁業管理グループ長)

15:45-15:50 休 憩

15:50-16:50 総合討論

「成熟社会における持続可能な水産業のあり方と中長期の戦略」

司 会 : 八木信行 (日本学術会議特任連携会員、東京大学大学院農学生命科学研究科准教授)

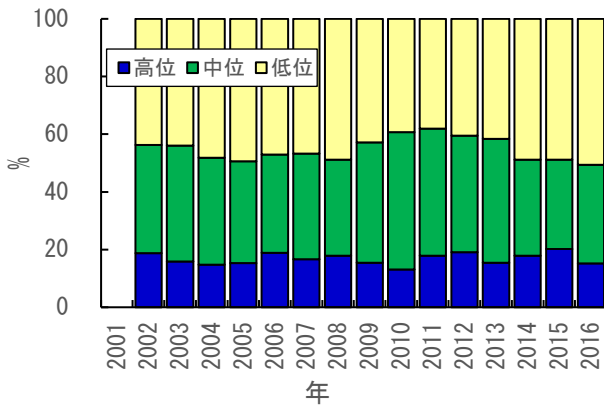
パネリスト : 帰山雅秀 (日本学術会議連携会員、北海道大学国際連携機構特任教授)、瀧澤美奈子 (科学ジャーナリスト、文部科学省科学技術・学術審議会臨時委員)、長谷成人 (水産庁次長)、中原裕幸 (一般社団法人海洋産業研究会常務理事)

16:50-17:00 閉会の挨拶

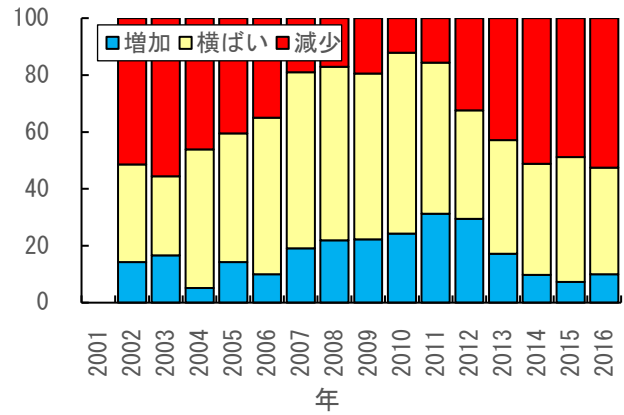
竹内俊郎 (日本学術会議連携会員、東京海洋大学学長)

<付 録>

A



B



付図 わが国周辺水域の主要漁業資源を対象とした魚種別系群別資源評価*

A 資源評価結果 B 低位水準の動向

水産庁では、「資源水準」を過去20年以上にわたる資源量の推移から現在の資源状態を高位、中位、低位の3段階に区分し、「資源の動向」を過去5年間の資源量から現在の資源状態を増加、横ばい、減少の3段階に区分している。

* <http://abchan.fra.go.jp/index1.html>.