

見解

わが国における中長期的な水産資源の利用
のあり方



令和5年（2023年）9月28日

日 本 学 術 会 議

食料科学委員会

水産学分科会

この見解は、日本学術会議食料科学委員会水産学分科会の審議結果を取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科会

委員長	古谷 研	(連携会員)	創価大学プランクトン工学研究所特別教授
副委員長	萩原 篤志	(連携会員)	長崎大学名誉教授・特任研究員、(株)マリンバー ス・テクニカルアドバイザー
幹事	佐藤 秀一	(連携会員)	福井県立大学海洋生物資源学部教授
幹事	八木 信行	(連携会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
	潮 秀樹	(連携会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
	大越 和加	(第二部会員)	東北大学大学院農学研究科教授
	笠井 久会	(連携会員)	北海道大学大学院水産科学研究院准教授
	窪川かおる	(連携会員)	帝京大学先端総合研究機構客員教授
	都木 靖彰	(連携会員)	北海道大学大学院水産科学研究院教授
	中田 薫	(連携会員)	国立研究開発法人水産研究・教育機構理事
	和田 時夫	(連携会員)	(社)漁業情報サービスセンター顧問
	渡邊 良朗	(連携会員)	東京大学名誉教授
	渡部 終五	(連携会員)	北里大学海洋生命科学部客員教授
	神田 穰太	(連携会員(特任))	東京海洋大学学術研究院海洋環境科学部門教授

本見解の作成にあたり、以下の方々に御協力いただいた。(組織名・肩書は当時のもの)

参考人	石村 学志	岩手大学農学部准教授
参考人	木村麻里子	環境省自然環境局自然環境計画課課長補佐
参考人	神谷 崇	水産庁資源管理部長
参考人	長野 正嗣	農林水産省大臣官房統計部生産流通消費統計課課長補佐
参考人	吉崎 吾朗	東京海洋大学学術研究院教授

日本学術会議基礎生物学委員会・統合生物学委員会合同海洋生物分科会

本見解の作成にあたり、以下の職員が事務を担当した。

事務	増子 則義	参事官(審議第一担当)(令和5年4月まで)
	根来 恭子	参事官(審議第一担当)(令和5年5月から)
	山田 寛	参事官(審議第一担当)付参事官補佐(令和5年3月まで)
	若尾 公章	参事官(審議第一担当)付参事官補佐(令和5年4月から)
	河野 道子	参事官(審議第一担当)付審議専門職(令和5年3月まで)
	増田 能伸	参事官(審議第一担当)付審議専門職(令和5年4月から)

要 旨

1 作成の背景

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、水産物需要の減退などの課題に直面しており、水産学分科会はこれらについて 2004 年に答申、2011 年、2014 年、2017 年に提言を表出してきた。本見解ではこれまでの意思の表出では議論されなかった食としての水産物、水産物の需給、養殖、海洋モニタリング、カーボンニュートラル、流通と消費、社会的啓発・教育について、2050 年を目途に水産資源の中長期的な利用のために必要な施策を科学的根拠に基づき整理した。また、適切な水産資源管理が急務であるため、現行の最大持続生産量を目標とした漁獲可能量による管理を基本とする水産資源管理の改善案も提案する。

2 現状及び問題点

人間活動により地球環境と生態系は大きく変化し、すでにその影響は全海洋におよび、海洋生態系の生物多様性の損失が深刻になっている。変わりゆく地球環境と生態系のもとで水産資源の分布や生産力は変化し、中長期的にはそれらが定常的であることを前提とするこれまでの水産資源利用のありかたが問われており、生産から消費に至るまで水産物利用の全体にわたって多くの課題が存在する。

3 見解の内容

(1) 食としての水産物

魚介類は健康的かつ持続的な食材としての需要が世界的に高まり続けている。消費行動の面から、生物多様性の保全とわが国の多様な魚介類の持続的利用を慫慂するために、漁業や養殖による環境や生態系に対する負荷を、多様な対象種別に早急に評価し、評価を加味した認証システムを世界に先んじて確立すべきである。

(2) 水産物の需給

将来の水産物の需給見通しの不確実性は高く、国内生産体制の維持・増強が必要である。そのために水産資源の管理や漁場環境の保全の強化、変動する環境条件に見合った養殖生産の実行、水産物の生産・加工・流通過程でのロスや消費段階での廃棄の削減、そのための流通の多様化を通じた地産地消や規格外水産物の流通の促進などを計画的に進めるべきである。

(3) 水産資源管理

適切な水産資源管理の実施は急務であり、生態系アプローチ型水産資源管理体制の整備に先行して、毎年新規に資源に加入する若齢魚量を実測診断して生物学的許容漁獲量を算出し、それに基づき漁獲可能量を設定する順応的な資源管理を速やかに実施すべきである。

(4) 養殖

情報・通信技術（ICT）、人工知能（AI）、ロボット技術の導入により新しい養殖対象種の導入を含め、多様な養殖形態の生産を効率化し、育種による有用形質の付与により生産性の向上を図るべきである。また、わが国がこれまで培った高い技術力と経験・知識をもとにして、養殖生産に共通する諸問題の解決に向けた国際貢献を推進すべきである。

(5) 海洋モニタリング

環境と生態系の変動および資源状態を把握し、関連課題への対策に資するため、水産海洋モニタリングを発展させてデータ取得の時空間密度を飛躍的に高め、それに基づく資源評価研究を推進すべきである。

(6) カーボンニュートラル

漁業操業や養殖業の実施における直接的なCO₂排出削減に加えて、小型浮魚類や海藻養殖、二枚貝養殖を含めて、より低次の栄養段階にある種の食品利用、水産物の地産地消、食品ロスの削減、これらに向けた啓発活動を進めるとともに、低エネルギー投入型の新たな水産物保存法の開発、カーボンシンクとしての天然海草海藻の保全、海藻養殖の振興を推進すべきである。

(7) 消費と流通

多品種少量生産の特色ある製品と多様な消費者ニーズをマッチングさせる仕組みの開発など、わが国周辺の豊富な水産動植物相を無駄なく流通・消費するための研究開発を推進すべきである。

(8) 社会的啓発・教育

上記の諸方策の実現のためには、生産者や消費者の水産物利用に関する理解が不可欠である。このための社会啓発および学校教育により水産物および水産業への理解を図り、持続可能性に関する水産物認証基準を設けること、商品のライフサイクルアセスメント（LCA）等に関する情報を消費者が簡単に入手できるようにすること、健康で持続可能な食のガイドラインを作ること、などの環境整備を推進すべきである。

目 次

1	はじめに	1
2	水産資源の現状	2
(1)	海洋の生物生産	2
(2)	食としての水産物	3
(3)	水産物の需給	4
3	水産物の生産	5
(1)	水産資源管理	5
①	新規加入量の実測診断	6
②	データの一元的管理	7
(2)	養殖	8
4	海洋モニタリング	10
5	カーボンニュートラル	11
6	消費と流通	13
7	社会的啓発・教育	15
	<用語の説明>	17
	<参考文献>	18
	<参考資料1> 審議経過	22
	<参考資料2> シンポジウム開催	24

1 はじめに

わが国は、世界の海産魚約 15,000 種のうち約 3,700 種が近海に生息するなど、豊富な水産動植物相に恵まれている。このことが和食に使われる魚介類食材を多様にし、国内各地に特色ある水産食品や郷土料理を生み出してきた。水産物は我々の食文化を育むとともに、漁業・養殖業の生産額は年間 1 兆 3 千億円超におよび沿岸社会の経済を支えてきたが、わが国周辺水域では水産資源の約 4 分の 3 が再生可能な限界を越えた過剰漁獲あるいは限界まで利用されている状況にあり、注意を要する状態にある[1]。

一方、自給率にも課題がある。わが国の食用魚介類の重量ベース自給率は 1964 年の 113% をピークに低下してきたが、近年は横ばいであり 2021 年度は 59% である[1]。水産基本計画 2022 では、資源管理の強化による生産量の大幅な増加によって、食用魚介類の自給率を 2032 年に 94% にするとしている[1、2]が、増加し続ける世界人口をふまえると世界の食料供給が逼迫することは容易に想像される。食料自給率を高めることは、日本の食料安全保障として極めて重要な課題であり、食用魚介類自給率の向上は、漁業および養殖業の生産量を高めることによって、初めて可能となる。さらに、わが国周辺海域が含まれる太平洋北西部海域は世界で最も漁獲量の多い海域であり[1]、国内自給率の向上にとどまらず、水産物供給国としての役割を果たすことが国際社会の中で期待されている。

しかしながら、世界の水産資源の状況は悪化し続けている。海水の昇温とそれに関連する海洋酸素濃度水準の低下や二酸化炭素濃度の上昇に伴い海洋酸性化が進行し、海洋生態系並びにこれらが人間にもたらす機能とサービスに対するリスクが増すことが予想されており、沿岸域における漁業及び養殖業の生産性が低下することが高い確度で予測されている[3]。

水産資源は再生可能な資源であり、適切な管理により持続的に利用できる。この観点から日本学術会議食料科学委員会水産学分科会は、海洋生態系の保全と生物資源の適切な利用に関する審議をもとに 2017 年にわが国周辺の水産資源の減少に焦点を当て、持続可能な水産業を目指した提言「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-」を表出した[4]。この提言では生態系アプローチ型水産資源管理を提唱し、資源評価における不確実性を考慮し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な水産資源管理について具体的施策を提案した。その後 2018 年には 70 年ぶりの漁業法の大幅改正により、漁獲可能量* (TAC) による水産資源管理を基本とすることが明文化された。さらに、水産業やそれを産業基盤とする沿岸社会は、水産資源の減少や漁業者の減少・高齢化などの重要な問題に直面しており、これらについて水産学分科会は答申および提言を表出してきた[5、6、7]。

本見解では、これまでの提言等では議論されてこなかった食としての水産物、水産物の需給、養殖、海洋モニタリング、カーボンニュートラル、流通と消費、社会啓発と教育について、国際的な学術動向を踏まえて新たに検討し、水産資源の中長期的な利用のために必要な「施策」について、日本政府、地方自治体および関係機関並びに学術界に向けて、

* 用語の説明 (17 ページ) 参照

科学技術の貢献の観点から整理した。なお、政府は 2021 年に「みどりの食料システム戦略」[8]を、2022 年に新たな水産基本計画[2]を策定しており、それらを前提とした上で課題を整理した。また、適切な水産資源管理が急務であることから 23 期に発出した生態系アプローチに基づく水産資源管理に関する提言が具体化するまでの措置として 2018 年の漁業法改正を機に導入された最大持続生産量 * (MSY) を目標とした漁獲可能量 (**TAC) による管理を基本とする水産資源管理のさらなる改善案も提案する。ここでは、以下の理由により中長期的な期間として 2050 年までを目安とした。すなわち、2050 年頃にアジアの人口増は頭打ちになるものの世界人口は 100 億人に迫り、食料需要が現在より 50%も増加すると予測されていること[9]、2050 年までのカーボンニュートラル実現目標[10]やデジタルトランスフォーメーション (DX) の進展により社会のあり方が現在から大きく変化すると予想されることから、2050 年までには本見解の内容が確実に運用され、持続的に水産資源が利用されていることが強く求められることによる。

2 水産資源の現状

(1) 海洋の生物生産

人間活動により地球環境と生態系は大きく変化し、すでにその影響は全海洋におよび、全海洋面積の 41%で生物多様性の損失が深刻になっている[11]。

海洋に限らず種はいずれも独立には生存し得ず、他種との様々な依存関係のもとで生活している。最も代表的なものは食物連鎖であり、植物が生産した有機物は食物連鎖を経て全ての生物に配分され、最終的に無機物に戻り、次の有機物生産に繋がる。こうした太陽エネルギーによって駆動される物質循環ばかりでなく、種間を結ぶ多様なネットワークが生態系内には存在し、種数が多いほど強靱で安定な系になる。私たちが資源として利用するのは水産資源や医薬品素材を生産する微生物など生態系全体から見ればほんの一部にしか過ぎないが、これらは我々の生存にとっては重要である。それらを持続的に利用するためには支えとなる安定した生態系の存在が不可欠であり、種多様性の保全が必要な理由はここにある。人間活動の影響が主原因とされる生物多様性の損失はすでにプラネタリーバウンダリー[†]の限界値を超えたとされ[12]、海洋生態系の再生産力（繁殖力）は低下し、これまでのような水産資源を生み出す力を損ないつつある。これに加えて違法・無報告・無規制に行なわれている IUU (Illegal, Unreported and Unregulated) 漁業などの管理されていない漁業が水産資源の再生産力の低下に拍車をかけている[13]。

人類の歴史において陸上では野生生物の狩猟と採集は早々と主要な食料調達手段としての役目を終えたのに対して、海洋では漁獲が今日でも重要な調達手段となっている。今日でも野生生物の利用が可能になっているのは、海の生態系が陸上生態系と比べて大きな再生産力をもつためである[14]。このことは、海洋生態系が回復しやすいことを意

* 用語の説明 (17 ページ) 参照

† 用語の説明 (17 ページ) 参照

味しており、水産資源の回復にとって禁漁を含む漁獲量の制限と、生態系の再生産力確保の双方が有効な手段であることを示す。

(2) 食としての水産物

EAT-Lancet Commission は持続的かつ健康的な食事レシピを検討し、牛肉、豚肉あるいは羊肉などの赤身肉の摂取は、鶏肉や魚介肉の摂取に比べて明らかに心疾患などのリスクを高めることから、動物性タンパク質源として鶏肉および魚介肉の摂取を推奨している[15]。また、循環器疾患の低減につながるドコサヘキサエン酸などのオメガ3脂肪酸の供給源としても重要である。

世界的な魚介類消費量は人口増加も相まって、7,180万トン（1年あたり、1986-1995平均）から15,290万トン（2018）まで20年弱で2倍に増大しており、2017年では全動物性タンパク質中の17%、全タンパク質中の7%を占める。EAT-Lancet Commissionの食事レシピでは、1日当たりの魚介類摂取量を28g（全タンパク質中の13.4%）としており、これを達成するとなると今後さらに魚介類の需要が高まることになる。漁業や養殖の生産量増加を図る上で、生物多様性のプラネタリーバウンダリーへの影響を考慮することが求められ、マグロ類など高次捕食者の漁獲・養殖生産から可能な限り、より低次の栄養段階にある種の漁獲・養殖・利用への転換が必要となる[16]。一方で、EAT-Lancet Commission[15]の提言では、水産物は魚類として一括して扱われており、また、海藻類も考慮されていない。さらに、漁業や養殖業の環境負荷やその地域差についても考察されていないため、多様な水産資源を利用するわが国にはこの提言をそのまま適用することはできない。漁業は、混獲による生態系破壊の恐れが低い釣りから破壊の可能性が高い海山などでの着底トロール漁業まで、養殖では、貝類や海藻類の無給餌養殖から給餌が必須な魚介類養殖までと、各業態における対象種によって生物多様性に及ぼす影響は様々である。生物多様性を保全しつつ水産物の生産を高めるためには、まず、漁業、養殖業について、多種多様な業態に応じて生態系や環境への影響を早急に評価する必要がある。

最近では、水産物に対して認証制度*が採用されるようになってきた。その認証基準に、生物多様性や資源状態を考慮する現行の指標に加えて、生産や流通に伴うエネルギー消費、温室効果ガス排出量や淡水利用量などの軸による評価、さらには食品ロス**に付随する負荷について評価することにより、適正に生産された水産物の消費者への見える化を進め、適正な消費行動を慫慂することが課題となっている。こうした新たな認証制度を多種多様な種を扱うわが国こそが世界に先んじて構築すべきである。これにより、環境と生態系への十分な配慮のもとに生産されたわが国の水産物に対する国際的な評価・信頼性が高まるとともに、漁業資源の豊かな太平洋北西部海域に位置するわが国が国際社会に対し水産資源利用の規範を示すことにもなる。

*、**用語の説明（17ページ）参照

古くから行われている水産加工品製造は、もともとは鮮度低下が著しく速い水産生物の保存性向上を目指すものであり、このような伝統的な手法を再評価し利用することによって、加工・保蔵における低エネルギー投入型の食品を提供できる可能性が高い。缶詰やフィッシュソーセージのように保存料を加えずに常温で長期の賞味期限を確保できる製造技術はその好例である。漁獲対象とならない魚種については採肉が困難であることが多く、細かな肉片が得られることから、水産練り製品などの原料に適している。水産練り製品では前浜で採取された魚種を積極的に利用する取り組みも行われており、漁獲対象とならない魚種の利用の参考となる。また、一般に動物の骨は30～40%のタンパク質を含むため、有効利用法の確立が望まれる中で、魚類の骨は家畜の骨に比べると物理的強度が低く、加熱や酸浸漬によって容易に軟化しやすいことから、伝統的な調理・加工方法が数多く考案されている点は改めて注目すべきである。

以上から持続的な食を実現するための課題をまとめると、

- 1) わが国の多様性に富む水産物について、対象種別に環境や生態系に対する負荷を早急に評価すべきである。
- 2) 現行の水産物認証制度の評価項目に加えて、適切なプラネタリーバウンダリー項目を選定し、それらの項目について評価するシステムを世界に先んじて確立すべきである。

(3) 水産物の需給

世界人口の増加やかつての発展途上国の経済発展などを背景に世界的には水産物需要が拡大している。これを満たすため世界の水産物生産も拡大を続けており、2021年には漁業と養殖業により2億1,847万トンの魚介類が生産され、主に養殖業により3,505万トンの藻類が生産されている[1]。漁業による魚介類生産量は、主体である海洋水産資源が持続可能な限度近くまで開発されていることから近年は年間9,000万トン前後で頭打ちである。代わって内水面および海面での養殖生産量が拡大しており、増大する需要を支えている[13]。

生産された魚介類の約90%が食用に回り、残りは飼餌料や肥料の原料となる。1人当たりの食用魚介類の消費量は年々増加しており、2020年には20.2kg/人・年に達している。需要と供給の地理的・季節的な乖離を埋めるため、生産量の35%前後が輸出に回る。藻類生産は食品に添加する多糖類の抽出を目的とする紅藻類が大半を占め、食用としての利用は東アジアに限られる[13]。

一方、わが国では漁業生産量は1980年代後半(1986年、1,134万トン)をピークに減少しており、2022年には289万トンでピーク時の1/4に留まっている。養殖生産量も近年は漸減傾向にあり、最近では100万トン前後である[17]。国内生産量の減少にともない輸入量が増加したが、世界的に水産物需要が拡大し価格も上昇するなかで需要は減少傾向にある。結果として、2021年の国内流通量(消費仕向量)は、ピーク時(1988年、1,369

万トン) の 1/2 の 676 万トン (食用 528 万トン、非食用 148 万トン) であり、食用魚介類の供給量 (純食料ベース) は 23.2kg/人・年、自給率は 59% である [1、18]。

世界的には、2019 年末以来の新型コロナウイルス感染症のパンデミックや 2022 年 2 月以降のロシアのウクライナ侵攻を契機に、食料安全保障の重要性が改めて認識されている。FAO は農畜産物の需給関係ともリンクしたモデル [19] により 2050 年までの魚介類の世界的な需給関係の見通しを試算している [13、20]。それによれば、成長率は低下するものの養殖生産が今後も増大すること、漁業管理が進展し内水面における漁獲報告が改善されることなどを前提に 2020 年の生産量を 30~50% 程度上回る生産が可能であり、1 人当たりの供給量も現状を上回ることが示されている。また、養殖生産の成長が抑制され、漁業の生産が僅かながら減少を続けると仮定しても、養殖生産の実質的な伸びにより現在を 10% 程度上回る生産が可能であると見込んでいる。

この見通しは、地球温暖化の進行にともなう漁業生産の低減 [21] や新型コロナウイルス感染症による 2020 年の生産量や貿易量の減少を考慮している一方、今後、農畜産物の需給関係を含めて拡大・長期化すると予想されるロシアのウクライナ侵攻の影響は考慮していない。加えて、海水温の上昇、海洋表層の成層化、海洋酸性化が今世紀を通じて進行するほか、海洋の貧酸素化の進行や海洋熱波の頻発も指摘されており [22]、水産物生産への一層の影響拡大が懸念される。新たな国際紛争や感染症のパンデミック、気候に影響を及ぼすような火山噴火の可能性も否定できず、需給見通しにおける不確実性は高い。

わが国の水産物消費は減少傾向にあるが、自給率は 6 割以下にとどまっている。将来の世界的な水産物需給における不確実性を考えれば、国内生産体制の維持・増強が必要である。わが国周辺水域の生態系は多様性に富むが空間的な規模が小さく、漁業・養殖業ともに単純な規模拡大には限界がある。また、2022 年までの約 100 年間にわたるわが国周辺水域の平均海面水温の上昇率は 1.24°C/100 年で全球平均 (0.60°C/100 年) の 2 倍であり [23]、今後水産物の分布・回遊や成長・再生産の変化が加速するものと危惧される。

以上をまとめると、水産物の安定需給のために、1) 水産資源の管理や漁場環境の保全の強化、2) 変動する環境条件に見合った養殖生産の実行、3) 水産物の生産・加工・流通過程でのロスや消費段階での廃棄の削減が必要であり、4) そのための流通の多様化を通じた地産地消や規格外水産物の流通の促進などを計画的に進めるべきである。

3 水産物の生産

(1) 水産資源管理

持続的な水産資源の利用のためには、適切な資源管理とそのため高精度な資源評価、それを支える海洋生態系のモニタリングや生態系の多様性を担保するための環境保全が

重要である。生態系アプローチ型の水産資源管理[4]のためには後述する海洋生態系モニタリング体制の構築をはじめとして、沿岸生態系の保全と回復、効果的な海洋保護区や禁漁区の設定と管理などに関わる諸課題があり、その実現には時間を要する。しかしながら、水産資源の現状を鑑みると、適切な資源管理の実施が急務であり、諸課題実現のための取り組みと平行して、2018年の漁業法改正を契機に導入された最大持続生産量（MSY）を目標とした漁獲可能量（TAC）による管理を基本とする管理手法を改良して漁業の持続可能性を確保することが求められる。

① 新規加入量の実測診断

水産資源は親が子を産む自律的な再生産によって更新される。したがって、水産資源の持続可能な利用のためには、親魚資源量とそれから産み出されて漁獲対象となるまで成長・生残した子世代の加入量（新規加入量）の関係を適正な状態に維持することが不可欠である。加入量は、主に環境や他の生物に捕食されることによる仔稚魚期の減耗の程度に左右され、親魚資源量は漁獲や自然死亡により増減する。このため、対象資源の再生産関係の特徴を踏まえて漁獲量を調節し、必要な親魚資源量を確保することが水産資源管理の基本となる。その基礎とされる概念が最大持続生産量である。国連海洋法条約においても資源管理の基本理念は、沿岸国が自国の排他的経済水域における生物資源の漁獲可能量を決定し、最大持続生産量が実現されるように資源の状態を維持しまたは回復させるため、最良の科学的証拠を考慮して、適当な保存措置及び管理措置を講ずるとされている（国連海洋法条約第61条）。

最大持続生産量は、現行のわが国の資源評価の場合、漁獲の強さを媒介に、対象資源の再生産関係と加入量当たりの生産量を組み合わせて求められる。しかしながら、年々の環境変動に対して資源生物の新規加入量や成長・生残が大きく変動し、新規加入量や親魚資源量の推定にも誤差を伴うため、関係者が等しく納得する最大持続生産量を決定することは容易ではない。さらに、温暖化や海洋酸性化をはじめとした海洋環境の変化と海洋生態系の多様性の低下も問題をさらに難しくしている。

年々資源変動が拡大する中で、順応的な管理として、毎年の新規加入量を実測診断して生物学的許容漁獲量*を算出し、それに基づき最大持続生産量を実現するための漁獲可能量を設定する漁業管理方法が改良法として適切である。具体的には、各資源生物について、生活史初期の個体数が著しく減少する段階を経て年々の新規加入量がほぼ決まった時点でその量的水準を実測診断し、診断結果に基づいてその年級群**の生物学的許容漁獲量を算定し、それを目標とする漁獲可能量を設定するものである。マイワシ、マサバ、スケトウダラなどの海産魚類資源では、生まれて数か月～半年間のうちに新規加入量水準が決まり、その時点における加入量の前後の年級群に対する相対的な水準は、当該年級群の年齢が進んで全体の資源から姿を消すまで大きく変化しないと期待される。したがって、生後数か月の稚魚や幼魚の時点で年級群水準を実測診断し、それ

*、**、+ 用語の説明（17ページ）参照

に基づいて当該年級群の生物学的許容漁獲量および漁獲可能量を算定することになる。ある新規加入量が与えられた場合に、それから最大の生産高を上げるための漁獲方法については、既に定式化されている漁獲開始年齢と漁獲強度の関係[24]から、実測診断された新規加入量に基づく年級群別の漁獲可能量が算定可能である。

この方法による漁業管理の有効性は、2003年から実施されたマサバ太平洋系群資源回復計画において確認済みである[25、26]。2003年の産卵親魚量6万トンが、卓越と判定された年級群(2004、2007、2009)の未成魚に対する抑制的漁業管理によって、2008年には15万トン、2013年には46万トン、2018年には149万トンへ回復した。他の加入量変動の大きな魚種への適用を含めてこの手法による漁業管理の確立に向けた研究を推進すべきである。

② データの一元的管理

新規加入量を実測するためには、調査船による直接的なモニタリングの拡充とともに、漁業からのデータ収集体制の強化が必要である。また、漁獲可能量を個別割当方式⁺(IQ)により管理する場合は、情報・通信技術(ICT)の活用により個別の漁船の操業情報を迅速に収集・管理するシステムの構築が必要である。

このためには、各種のデータを国が主導して一元的に収集・管理し、資源評価機関や管理主体が随時利用可能な体制を構築することが望ましく、全国の産地市場や漁業協同組合からオンラインで漁獲データを収集するシステムの整備が進められつつある[1]。

データの一元的収集にあたっては、資源管理の効果を高めるとともに公平性を担保する観点から、遊漁や外国船の操業情報も積極的に収集した上で評価に取込み、国内の管理措置や国際的な規制に反映させていく取り組みが必要である。また、水産資源管理と水産物のトレーサビリティの確保の取り組みを連携させ、IUU漁業による漁獲物の流通を防ぐとともに消費者に持続可能な水産物の消費を普及啓発することも必要である。さらに、収集されたデータや解析結果は漁業者に還元するとともに、個人情報保護や営業秘密の秘匿に配慮しつつ、資源評価・管理以外にも活用できるよう適切に公開することが望まれる。

わが国周辺海域では、TAC/IQによる管理を基本とする沿岸・沖合域を広く回遊・分布する資源に加えて、地付きの資源など資源量が小さく分布・回遊が限られた範囲に収まる資源も多く存在する。これらについては、対象とする資源や海域の実情にあわせて、禁漁期・禁漁区の設定や漁具・漁法制限などの従来からの管理手法に加えて、生息域の環境保全や人工種苗の放流などの栽培漁業の手法も組み合わせた包括的な管理を確立することも必要である。

以上をまとめると、持続的な漁業に向けた水産資源管理のための課題は次のようになる。

- 1) 現在のデータ収集体制を一元的に収集・管理することにより、新規加入量の実測診断や漁業実態の即時把握が可能な体制を構築すべきである。

- 2) 新規加入量の実測診断結果に基づいて漁獲可能量を設定する漁業管理方法の適用を進めるべきである。
- 3) 海洋生態系モニタリング（後述）を基にした生態系アプローチ型水産資源管理の実現（第23期提言[4]）のための研究を推進すべきである。

(2) 養殖

水産養殖は、近年の生産量増加が顕著であり、世界人口が増加を続ける中において、増産が最も期待されている分野の一つである[27]。2(2)節で見たように魚介類は人類が必要とする栄養に富む食材である。

世界の養殖生産量は1980年頃から急速に増加し、近年では漁業生産量を上回っている。養殖生産の約9割をアジアが占め、特に中国は世界生産の58%を占めるに至っている[1, 13]。漁業においてはその大半が海面からの生産であるが、養殖業では淡水養殖の割合が高い。また海水養殖では海藻や二枚貝などの無給餌養殖による生産が大半を占める。今後の増加が期待できそうなのは、コストを抑えられる淡水・汽水域でのコイ科魚類を中心とした粗放的養殖や、海面の無給餌養殖による二枚貝の生産など、低次栄養段階の生物生産である。淡水魚養殖の主対象であるコイ科魚類やティラピア等は、海水魚に比べて採卵や仔魚飼育が容易で、飼料原料の魚粉への依存度も低い。このため、粗放的な養殖が可能であり、中国、東南アジア、南アジア、アフリカなど、広大な内水面を有する地域で生産が行われている。これらは、低コストで生産できることから、今後さらなる人口増加が見込まれる南アジア、アフリカ、東南アジアなどでは、ますます重要な食料資源になると予想される。粗放的な養殖や無給餌養殖は天然水域の生産力や自然環境に大きく依存するが、急成長している養殖を行うために、発展途上国では沿岸の湿地や河川流域等に養殖場の増設が行われている。これらは沿岸域の生物多様性の減少、さらには沿岸生態系のレジリエンスの低下をもたらす危険性を孕んでいる[28]。

一方、国内の養殖生産量は、1980年代末から1990年代前半に年間140万トンに達した後、漸減傾向にあり、近年では約100万トン前後で推移している。大半は海面養殖による生産であり、内水面での生産量は数万トンに過ぎない。また、日本の漁業生産量が減少を続けるなかで、水産物の国内生産における養殖業の比重が年々増大しており、生産量全体の24.4%（2022年）[17]、生産金額では40.4%（2021年）を占めている[29]。マダイ、ブリ類、クロマグロ、トラフグ、シマアジ、クルマエビなどでは、生産量でも養殖業が漁業を上回るようになった。これらはいずれも生食用が高い割合を占め、採卵や仔魚飼育に高い技術力が必要で、飼料原料の魚粉や魚油への依存度が高い、高品質の食材である。国内でも世界と同様、無給餌養殖の割合は高く、全体の75%を占めている。しかし、給餌養殖である魚類養殖生産量がほぼ横ばい状態であるのに対し、無給餌養殖の二枚貝や海藻類の生産量が減少しており、前述した養殖生産が漸減している原因となっている。これには自然災害や気候変動も影響していることが報告されている[1]。ほかに、国内の養殖業の特徴として、海外の和食ブームを受けて魚介類の輸出が近年増加し

ているとはいえ、生産物の大半が国内で消費されている点が挙げられる。これに対して、輸入量の多いノルウェーやチリのサーモン、東南アジアの海藻、エビ類の養殖生産は、外貨獲得を主要な目的としている点で養殖の目的が大きく異なっている。

以上を踏まえて、今後の課題を整理する。まず、カーボンニュートラルの達成を目指しながら生産量を増大させるためには、二枚貝や草食性・雑食性魚類の無給餌養殖など、より低次の栄養段階の生物生産への指向が求められるが、とりわけ海藻養殖では藻体から難分解性の有機炭素が海中に放出・貯留されることが明らかになっており[30]、ブルーカーボンの炭素貯留機能に直接貢献する産業活動として注目される。

また、食料の増産が必要な世界の国々に対し、日本は高い技術力と経験・知識の供与で生産性を上げる観点から貢献していくことが期待される。日本を含め、世界が共通に直面している問題として、生物面では魚病・赤潮対策、低魚粉・低魚油飼料への移行、環境面では生物多様性、沿岸生態系・環境の保全などがある。今後、世界人口の増加と都市化率の上昇によって、全人口に占める生産者人口の割合がさらに低下していくことが予想される。このため、養殖生産の効率化が喫緊の課題であり、現行の主体である沿岸養殖のほか、沖合養殖、陸上養殖などいずれの養殖形態を取るにせよ、ICT、人工知能(AI)、ロボット技術の導入のほか、育種による有用形質の付与による生産性の向上が期待される。また、魚病予防として広く利用されているワクチンにおいては従前の不活化ワクチンに加えてDNA ワクチン及びサブユニットワクチンの開発と普及を加速させる必要がある。このような技術開発分野をリードできるグローバル企業が国内から現れてくることに期待したい。

上述のような新技術の導入が期待される一方で、既に確立された様々な技術の有効な活用方法についても検討すべきである。特に1960年代に始まる、作り育てる漁業を推進してきた過程では、餌料生物の量産技術や、仔稚魚の栄養要求研究に裏付けられた世界トップレベルの種苗生産技術が培われてきた。

このような技術の中には、国内では社会実装に至らなかったものの、粗放的養殖が活発に行われている国外地域では、粗放的養殖の生産量安定化が展望できる技術が含まれている。たとえば「ほっとけ飼育」[31]と呼ばれる無換水で稚魚を生産する方法や、餌料生物の低コスト型培養などがその好例である。これらの技術により、粗放的養殖のさらなる省エネルギー化と低コスト化が図れることから、カーボンニュートラルが求められる時代に効果的な技術であることも強みとなる。栽培漁業で培った種苗生産技術が世界の養殖の種苗生産の発展に活用されることを期待したい。

日本の輸入量が特に多いマグロ、サーモン、クルマエビなどの高級食材では世界全体で需要が増す傾向にあり、国内へのこれまでどおりの供給は難しくなることが予測される。今後、国内での安定供給に向けて、輸入に頼らず、国内での生産性向上と低コスト化を図る必要がある。そのためには、前述した諸課題を解決していくと共に、魚介類の品種認証制度の導入と新品種開発による効率化、高度化を推進し、短期間で定着した生食用サーモンのように、日本人の嗜好性に合う新たな食材の開発が待たれる。

以上をまとめると、養殖に関する課題として次があげられる。

- 1) ICT、AI、ロボット技術の導入による多様な養殖形態の生産の効率化と、育種による有用形質の付与による生産性の向上を図るべきである。
- 2) わが国がこれまで培った高い技術力と経験・知識から養殖生産に関する諸問題の解決に向けて国際貢献を推進すべきである。

4 海洋モニタリング

わが国の調査研究機関や高等教育機関は長期にわたり水産資源や海洋の動態をモニタリングし、そのデータベースは海洋環境や生態系を理解し、変動予測を行うための貴重な基礎データとなっている。しかしながら、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、現在のモニタリング強度は十分とは言えず水産資源変動を精度良く把握し予測するためには海洋環境の変化と生態系の応答に関するモニタリングの時空間的密度と精度を飛躍的に高めることが必須である。

従来生物採集を基礎とする生物モニタリングでは広大な海洋からの情報収集を十分に行うことは容易ではない。特に調査船調査による新規加入量推定は漁具による採捕によらざるを得ず、採集誤差が問題となることが多く、情報収集のバイアスをいかに減らすかが課題となっている。これを克服する手法として、海水を採取してそこに含まれる環境DNA*から生物情報を得る方法が挙げられる[32]。漁獲対象魚種では環境DNA中のミトコンドリアのD-loopの遺伝子解析で資源量の推定もできることが示されている[33]。資源量が局所ごとに大きく異なる沖合海域からどのように海水を取水してこのばらつきを克服するのかなど、未だ観測手法についての技術的課題も残されているが、環境DNAの解析ではその他の生物群についての情報も同時に得られるため、海洋生態系の網羅的解析においても有力な手段となることが期待される。

この観点から、水産学分科会は「第24期学術の大型研究計画に関するマスタープラン」において「海洋生物資源ガバナンスのための生態系研究ネットワーク拠点の形成」を提案した(計画番号50 学術領域番号15-1)[34]。この新たな海洋モニタリングにより、海洋環境と生物群集の両者を同一の時空間スケールで、かつ、これまでにない規模の集中度によって、水産資源および生態系の変動を把握することが可能になる。例えば、係留系に設置した連続現場自動海水濾過システムを用いて、環境DNAから推定される生物構成を基に海洋生態系を評価する手法、さらにクロスキン分析による資源量推定法などの新たな手法を導入してDNA配列情報を統合し、ゲノムデータベース情報と比較しつつ、海洋生物をDNA配列情報から包括的に把握することが可能になる。人工衛星、船舶および係留系のネットワークによる環境モニタリングと併せた解析によりその変動要因の解析がほぼリアルタイムで可能になる体制構築が必要である。こうしたDNA配列情報に基づいて海洋生物全体の多様性を解明する手法の開発は急速に進展しており[33、35]、さらに手法の開発を進めるとともに、データ収集、管理、利用、公開の一貫したシステムの構築により、遅くとも2050年までには生態系アプローチによる水産資源管理が実現すると期待される。また、近

* 用語の説明(17ページ)参照

年、温暖化の影響により水産生物の分布・回遊がこれまでとは大きく変化する一方、外国漁船の操業が活発化するなかでは、隣接国の EEZ や公海における水産資源や漁場環境の状態、外国漁船の操業情報の把握が不可欠である。このために人工衛星によるリモートセンシングやモデリング技術の高度化とともに、従来モニタリングで主要な役割を担ってきた調査船による調査をさらに充実し、新たな海洋モニタリングを強力に推進する必要がある。

この新たな海洋モニタリングでは、海洋環境と生態系について従来とは比較にならない規模のビッグデータが構築されることになるため、これを活用した全く新しい水産資源管理や海洋生態系の変動予測への道を開く可能性がある。すなわち、現在は、データとして現れる現象の背後で機能するメカニズムを考察し、それに基づいたモデルにより水産資源の動態を解析・予測をしているが、これとは全く異なる AI を用いた予測科学的手法による新たな水産資源予測の開発が期待される。まだ萌芽的な段階ではあるが、この手法が利用できるようになれば、従来法との併用により水産資源の動向予測の確度が飛躍的に高まり、的確な水産資源管理の実現が期待される。

新たな海洋モニタリングは、海洋利用における利害調節のための海洋ガバナンスの強化にも有効である。海底鉱物資源利用、洋上風力発電などの自然エネルギー開発などブルーエコノミーの旗の下でさまざまな海洋資源や海洋空間の利用が活発化しているが[36]、このためには、海洋生態系の保全や海洋生物資源の国際的な配分など、海洋ガバナンスの確立が必須であることが国際的に広く認識されている[37]。エビデンスベースの海洋ガバナンスを円滑に進めるためにも海洋モニタリングは不可欠である。

以上をまとめると、

- 1) 現行の水産海洋モニタリングを発展させてデータ取得の時空間密度を飛躍的に高めるべきである。
- 2) これにより環境と生態系および資源状態が精度良く把握され、よりの確な水産資源管理が実現する。これは将来にわたる持続的な海洋利用と海洋ガバナンスの確立のためにも不可欠である。
- 3) そのために海洋立国を目指すわが国の基本インフラとして調査船、ブイ、人工衛星の運用体制をより一層充実すべきである。

5 カーボンニュートラル

気候変動問題では、水産業は影響を受ける立場であるとともに、影響を及ぼす立場でもある。国連の気候変動に関する政府間パネル（IPCC）は、人間の影響が大気、海洋及び陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がないと結論づけ[22]、2050年までにカーボンニュートラルが実現するとしても、少なくとも今世紀半ばまで気温は上昇を続けると予測している。海洋生態系が変化し、水産業が対応せざるを得ない状況に陥る点では、気候変動の影響を被る者としての側面を有している。実際、北海道では、かつてサケが多く漁獲されていた地域で、南方系のブリが漁獲されるようになり、漁業者や加工業者もブリの商品価値を高めて流通させる方策を新規に構築する必要性が生じている。

一方で水産業は二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスを排出しており温暖化の影響を及ぼす立場であるともいえる。他の産業と比較してどの程度のレベルで排出しているのかについてはいくつか研究が行われている。例えば100グラムのタンパク質を生産する際に二酸化炭素換算で養殖魚では6kg、養殖エビでは7.6kg、マトンやラムは20kg、牛肉は50kg、それぞれ温室効果ガスを排出するとの試算がある[38]。また天然魚については、小型浮魚類を人間が食物として消費する場合は、他の魚介類や畜産物を消費する場合に比べ単位栄養あたりの温室効果ガス排出量が小さいとされる[39]。

水産業全体で温室効果ガスの排出量を減少させるためには、アジ、サバ、イワシなど小型浮魚類や海藻養殖、二枚貝養殖を含めて、より低次の栄養段階にある種の食品利用を推し進めることが効果的である[40]。また加工流通時の温室効果ガス排出量を減少させるために、水産物の地産地消を進めて水産物の冷凍や輸送にかかるエネルギー投入量を減少させること、また食品の廃棄処分に伴い生じる二酸化炭素排出量[41]を軽減させるため食品ロスを抑えて無駄のない食品消費を心がけることが重要である。これらに向けた消費者に対する啓発活動も並行して実施する必要がある。

加えてバイオプリザベーションやバクテリオファージを利用した食品保蔵法を活用し、冷凍、冷蔵、加熱、乾燥などに必要となるエネルギー投入量を軽減させることも重要課題である。バイオプリザベーションは微生物などが産生する抗菌性物質を利用して食品を保蔵しようとする技術である。乳酸菌による発酵食品が代表例であり、水産加工食品でも伝統的な食品として「なれずし」などが知られている。このような伝統的な保蔵技術は電気などが使用できない時代に考案されたものであり、エネルギー投入が軽減される保蔵原理の参考になる。伝統的な保蔵・加工技術や地方の食文化（保蔵文化）の再評価による原理の発掘も今後の課題の一つである。

また、最近バクテリオファージによる溶菌効果を利用して冷却などのエネルギー投入なしに食品微生物を制御する技術の開発も進み、世界各国で食品への適用が認められている[42]。食品安全の観点から問題となるヒスタミン生成菌に特異的に作用するファージもわが国で得られているが、現時点では食品への適用は認められていない。効果や安全性に関する科学的知見の早急な蓄積が望まれる。

更にカーボンニュートラルの対策を進めるためには、天然海草海藻の保全、海藻養殖の振興などにより、海洋のカーボンシンク*としての機能を拡充する方策が存在する。わが国は海藻養殖の歴史が古く、コンブ、ワカメ、ノリ、アオサノリ、モズクなど北海道から沖縄まで多様な海藻が養殖されている。また養殖技術、更には養殖場の管理や場所の調整などのノウハウも沿岸の漁業者や漁業協同組合などに蓄積されている。これらは重要な社会基盤ともいえる。これを維持させるため、沿岸地域の過疎化や高齢化への対策を含めた総合的な取り組みが必要となっている。

以上からカーボンニュートラルに関する課題をまとめると、

* 用語の説明 (17 ページ) 参照

- 1) 小型浮魚類や海藻養殖、二枚貝養殖を含めて、より低次の栄養段階にある種の食品利用を押し進めること、水産物の地産地消を進めること、食品ロスを抑えて無駄のない食品消費に心がけること、これらの取り組みの消費者に対する啓発活動を進めるべきである。
- 2) 伝統的な保蔵・加工技術、バイオプリザベーションやバクテリオフェージなどのように低エネルギー投入型の新たな保存方法を開発すべきである。
- 3) カーボンシンクとして重要な天然海草海藻の保全、海藻養殖の振興を、産官学で早急に推進すべきである。

6 消費と流通

水産物の流通と消費では、多様な自然の恵みは無駄なく流通・消費することのできる体制の構築・維持が課題となっている。わが国は、豊富な水産動植物相に恵まれ世界に冠たる魚食文化を育んできたが、一方で最近では食の欧米化が進むなどにより 2011 年には肉の消費量が魚介類の消費量を上回る状況となった[1、17]。この中で、水産物の国内消費量、国内生産量や輸入量も減少している。

量の減少だけでなく、消費される水産物の多様性も減少している。これは最近の研究でも裏付けられており、日本国内で消費される魚の種類が、以前と比較して単調なものに変化した[43]。漁獲物の水揚げ場所となっている漁港ではサメやエイ、シイラなど仲買業者が引き取らなかったために廃棄または非食用に回される魚が多く観察される。日本の水産物流通は、産地の漁港から直接スーパーに魚が届くケースは希で、通常はその中間に、産地仲買業者、消費地卸売業者、消費地仲卸業者が入っている。その中の一つの段階がボトルネックになり特定の魚種が扱われないことになれば、流通段階全体としてその魚は消費者に届きにくくなる構図が存在する。例えば産地仲買業者のビジネスには固定費用が存在しており、ある程度以上の数量がなければこの固定費用がカバーしきれないことが原因となり、少量しか漁獲されない水産物はセリが成立せず安値で取引される可能性も指摘されている[44]。また産地市場においてはセリに参加する仲買人が多いほど魚価が高くなる傾向が示されている[45]。過疎化が進む産地では漁業者だけでなく仲買業者の数も減少し、水産物を買付けの際の競争が弱まり、結果的に不人気魚には値がつかず、人気魚であってもセリにおける買い手間の競争が減るため魚価が安くなる状況が広がることが懸念される。

また水産物流通においては川下側、すなわち小売店など消費者に近い側がマーケットパワーを持つ傾向が近年強まっている[46]。スーパーでは陳列商品を売れ筋商品にだけに絞る傾向がある。水産物でも、サーモンやサバなど同じ種類の輸入魚が一年を通じてスーパーの棚に並んでいるが、漁獲が安定しないシイラなどの魚はあまり見かけない。小売業者の段階で、ビジネスを効率化するために商品の選択と集中を行うことで、多様な自然の恵みを生かし切れない状況が生じているともいえる。日本各地で歴史的に育まれてきた魚食文化が受け継がれることで、各地の多様な水産物消費が継承されることが期待される

[43]。特色ある水産食品や郷土料理など、少量生産だがその地域特有の産品を拾い上げて活用することは、わが国の豊富な魚類相を無駄なく流通・消費することにつながる。

また未利用魚問題も近年浮上している。すなわち、漁獲されたにも拘らず廃棄または非食用用途に回される魚の問題である。この原因は必ずしも明確に検証されているわけではないが、ここまでの概観したように水産物の流通小売りの各段階においてビジネスを効率化するために商品の選択と集中を行い、売れ筋の水産物しか流通させていないことが背景の一つと見てよいだろう。加えて食用流通の経路に乗った水産物であっても、流通途中や消費の過程で廃棄されるものもある。このような食品ロス、農業分野を含めて大きな国際問題になっており、消費者が生活に利便性を求めるようになったことが食品ロスの遠因として存在すると FAO は指摘している [47]。そもそも水産物には種の多様性が存在するだけでなく、同種であってもサイズなど様々な個体差が存在する。工業製品と同様の均質さを過度に求め過ぎないように、消費者への社会的な啓発（後述）を行うことが重要である。また流通加工段階で消費者に不人気な小型魚などが廃棄されないよう、これらを活用できるような加工法の開発や調理法の工夫などが必要である。いずれにせよ、未利用魚などが生じないよう漁獲現場で選択的な漁獲を行うことは困難な場合が多い。漁獲現場には天候などの自然条件に左右され人為的にコントロールできない要素が存在しているためであり、人為的に変更が可能な流通消費現場における対策が重要といえる [45]。

以上の課題に対応するため、複数の中間業者を経由するのではなく、生産現場と消費者を直接つなぐ取り組みをスタートさせている事例も多い。全国漁業協同組合連合会は、産地直送の水産物電子商取引サイトを開設し 32 県域（2022 年 1 月末時点）にわたる産地の水産物を直接消費者に届けており、販売件数や売上金額もこの 2 年間で増加している [48]。また全国水産加工業協同組合連合会は、千葉県銚子市において漁協、水産加工業者、輸出業者が参画する情報共有システムを構築し、輸出先などの消費者ニーズに合わせて凍結魚の生産ラインを整備することなどで、無駄のない流通体制を構築している [49]。類似のスタートアップは複数存在しており、今後、DX を飛躍的に進めて多品種少量生産の特色ある産品と多様な消費者ニーズをマッチングさせる仕組みの開発など、わが国の豊富な魚類相を無駄なく流通・消費するための研究開発を推進すべきである。

特に近年、日本では社会経済活動のデジタル化に伴い、ビッグデータの活用が可能な素地が広がりつつある。水産分野においても今後は DX を進め、各漁港における水揚げデータをはじめ生産と販売の各過程で得られる大量のデータの蓄積・管理体制の確立を進めることが望ましい。顧客の購買データを学習させた AI を用い、水揚げされた水産物の販売先候補を生産者等に適時に提示する仕組みを構築し、食品ロスの軽減やトレーサビリティの向上も同時に達成させる発展方向を目指すべきである。このためには、データ収集のために用いるデジタル技術を高齢の生産者や消費者が活用できる形で普及させることが課題である。あわせて未利用魚を利用するための新商品開発、バイオプリザベーション技術の活用なども課題となる。

以上から、水産物流通と消費に関する課題をまとめると、

- 1) 多品種少量生産の特色ある製品と多様な消費者ニーズをマッチングさせる仕組みの開発など、わが国の豊富な魚類相を無駄なく流通・消費するための研究開発を推進すべきである。
- 2) これに向けて ICT など新技術の利用が重要であり、高齢者でも活用可能なように、これら新技術の普及を推進すべきである。

7 社会的啓発・教育

気候変動に伴い水産資源の分布や生産力が変化し、人口増加により世界的に食料需要が高まる中で、水産資源の持続可能な利用がますます重要になっている。水産業を健全な形で維持し、水産資源を持続的に利用するためには、漁業就業者の急激な減少と高齢化への対応が必要である。ロボット等の省力化技術の開発・導入やデータ活用等による収入増で就業者を確保し、そのためのリスクリングを進める必要がある。一方、以下のような消費者の行動が生産から販売に至る水産物流通の各過程に影響し、水産資源の持続可能な利用に繋がると期待される。すなわち、IUU 漁業で漁獲されたものを避けて環境への負荷を減らし適切に管理された水産物を「選択」すること、小型浮魚類などのより低次の栄養段階にある種の積極的な利用、水産物を自然の恵みと捉えて食品ロスを抑えて無駄のない食品消費を心がけること、水産物の多様性と個々の種が本来持つ個体差について理解を深めて水産物に過剰な均一性を求めないこと、地産地消の推進、などである。そして、消費者個人の行動は文化や経験とともに教育や啓発にも影響を受けることから、教育や啓発次第で水産物の持続的な利用が促進される可能性がある。また、水産業への関心を惹起するような教育や啓発により、若い水産人材の育成や異分野の若手の参入に繋げていくことが重要である。

教育について、日本の小学校・中学校教育では「水産」は国民に食料を供給する産業として社会科の授業で扱われてきた。しかし、1960年代の水産大国と称された時代には小学校だけでも2～5年生の4年間で水産業について広く取り上げられていたのに対し、平成29年告示の学習指導要領では、国民に食糧を供給する産業として農業と合わせて小学校5年生の社会科のみでの取り上げとなっている[50]。また、中学校では、地理で輸出入や日本の漁業の特徴ならびに課題について、家庭科で食文化について学ぶこととなっており、こうした断片的な学習だけで水産物の持続可能な利用まで理解を深めることは容易ではない。一方、現行の学習指導要領では、初等・中等教育を通して地球規模の課題を自らの問題として捉え、身近なところから取り組む態度を身につけた「持続可能な社会の創り手」を育むことが掲げられている。社会科や家庭科で得られた水産業に関する知識を有機的につなげるとともに理科で海洋における生物の多様性や生態系の構造に関する学びを付加することができれば、持続可能な水産物利用は地球規模の課題を考える上での格好の題材となりうる。さらに、食品ロスを抑えて無駄のない食品消費を心がけることや地産地消などの具体的な行動が水産物の持続可能性に繋がることについて理解を深めることも可能となる。また、家庭での水産物の消費は減少しているものの、給食で地元産の水産物を利

用することにより消費が活発化することは有効である。さらに、給食を文化と持続可能性、環境保全、生物多様性の意味を学ぶ教材として積極的に活用することが重要である。

現行の水産物認証制度は、IUU 漁業で漁獲された水産物の排除など、適切に管理され環境に配慮した方法で生産された水産物を消費者が選択的に購入できるように商品にラベルを表示する仕組みである。持続可能な開発目標（SDGs）に関する認識が広がる中で、認証は消費者それぞれが社会的課題に取り組む事業者を応援しながら消費活動を行う「エシカル消費」を進める上で有効なツールとなってきた。生産者あるいは企業側は商品の差別化手段あるいは社会貢献の一環として認証制度への関心を高めていて[51]、認証を取得した水産物が増加し、消費者がそうした商品に触れる機会も増加している。認証制度を活用して消費者を適切に啓発することが重要である。

しかし、中小の経営者が多く様々な漁法で多様な水産資源を利用している日本では、認証を受けられる生産者は一握りである[52]。このため、認証制度を補完する「関係性に基づいた」水産物のサプライチェーンモデルが提案されている[53]。これは、個人的な繋がりや信用、生産者と消費者の直接的な繋がりに基づいたもので、地産地消は地理的な近さなどでよく連結された「関係性に基づいた」サプライチェーンの一つである。生産者が、自ら目指すゴールを示し、それに対する自助努力を「見える化」することで、生産者と消費者の双方向のやりとりが促されてエシカルな地産地消が発展する可能性があり[54]、持続可能な水産物利用を促す上で有効な手立てとなると期待される。

生物多様性を保全しつつ持続可能な形で食料を利用するためには、「持続可能性の基準を設け認証を強化すること（2(2)参照）」、「ライフサイクルアセスメント（LCA）の活用を促進を位置付け、消費者が購入する際にいつも情報が得られるようにすること」、「健康と環境の持続性に繋がる食のガイドラインを作るなどで、持続可能で多様な食を推進すること」が鍵となる[55]。これらは、市民の継続的啓発と市民による具体的な行動を支え、認証制度や関係性に基づいたサプライチェーンが持続可能な水産物利用にとってよりよい効果を発揮する上で重要である。

以上をまとめると次のようになる。

- 1) 水産物が自然の恵みであり、水産物は本来多様性に富み個体差があることを教育・啓発で学び知ることが重要である。
- 2) 持続可能な水産物利用を地球規模の課題と位置づけ、給食のような具体的な食の場を教材として活用することが必要である。
- 3) 持続可能な水産物利用にとって、認証や関係性に基づいたサプライチェーンを消費者の啓発に利用することが有効であり、それを促すためには持続可能性の基準を設けること、商品の LCA 等に関する情報を消費者が簡単に入手できるようにすること、健康と持続可能性につながる食のガイドラインを作ること、などの環境整備を進めるべきである。

<用語の説明>

環境 DNA：海中・海表面大気中に含まれるウイルス・ファージ、および微生物から魚類・海棲哺乳類にいたる全生物に由来する DNA を指す。

カーボンシンク：二酸化炭素吸収源とも呼ばれ、大気中から二酸化炭素を除去・固定して長期にわたり貯留する働きを有する森林や農地土壌、海洋などをさす。特に海洋については、2009年に国連環境計画 (UNEP) が報告書「ブルーカーボン」[58]を公表するなど、新たな吸収源として国際的な注目を集めている。海藻は生長過程で難分解性の溶存態有機炭素を生産し、それが貯留源となることから、現在、わが国では吸収量の算定において海藻養殖生産量もブルーカーボンによる吸収量算定の対象になっている。

漁獲可能量：Total allowable catch (TAC)。水産資源の持続的利用あるいは回復を図るために魚種ごとに漁獲できる量。

個別割当方式：漁獲可能量を漁業者又は漁船ごとに割り当てる管理方式。割当量を超える漁獲を禁止することにより漁獲可能量の管理を行う。IQ (Individual Quota) と略称される。

最大持続生産量：Maximum Sustainable Yield (MSY)。魚類資源は毎年新しい個体が誕生する。この資源の増加分 (加入量) に当たる量だけを漁獲するのであれば毎年持続的に漁獲することができる。現状の生物学的・非生物学的環境条件のもとで漁獲量と加入量の均衡がとれて総資源量を減少させずに毎年持続的に漁獲できる最大の収量。

食品ロス：本来食べられるにもかかわらず捨てられる食品を指す[57]。これには生産・貯蔵・加工・製造・流通の過程で発生する食品の廃棄 (フードロス) と小売・外食・家庭から発生する食品の廃棄 (フードウェイスト) が含まれる[47]。なお、食品廃棄物は食品ロスのほか、例えば、魚・肉の骨等、食べられない部分が含まれる。

水産物に対する認証制度：水産資源や生態系などへの影響を考慮して環境や生態系にやさしい方法での生産を認証する仕組み。わが国では、漁業を認証する MSC (Marine Stewardship Council)、養殖業を認証する ASC (Aquaculture Stewardship Council)、両方を対象とする MEL (マリン・エコラベル・ジャパン) がある。

生物学的許容漁獲量：Allowable Biological Catch (ABC)。長期的に最大持続生産量 (MSY) を実現できる水準に資源を維持・回復させることができる生物学的な最適漁獲量推測値。

年級群：魚類資源は生まれた年が1年ずつ異なる年齢集団から成り立っており、それぞれの年齢集団をさす用語。

プラネタリーバウンダリー：人類が生存できる領域と限界点を定義する概念。人間活動の影響が限界点を越えると、回復不可能な変化が引き起こされる自然資源として、気候変動、海洋の酸性化、成層圏のオゾン層の破壊、窒素とリンの循環、世界的な淡水利用、土地利用の変化、生物多様性の損失、大気エアロゾルの負荷、化学物質による汚染の9環境要素をあげている。生物多様性の損失は不確実性の領域を超えて高リスクの領域にあると評価されている[56]。

<参考文献>

- [1] 水産庁 (2023) 令和4年度水産の動向 (令和5年6月2日公表) .P34、P40～41、P102、P111～112、P146～147.
- [2] 水産庁 (2022) 水産基本計画 (令和4年3月25日閣議決定) .P67、P70
- [3] IPCC (2018) Global Warming of 1.5° C. <https://www.ipcc.ch/sr15/> 政策決定者向け要約 (SPM) の概要仮訳 : <https://www.env.go.jp/content/900512329.pdf>
- [4] 日本学術会議 食料科学委員会 水産学分科会、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-」、2017年8月17日。
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t248-2.pdf>
- [5] 日本学術会議、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』、2004年8月3日。
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/shimon-19-1-6.pdf>
- [6] 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、提言『東日本大震災から新時代の水産業の復興へ』、2011年9月30日。
<http://www.scj.go.jp/ja/member/iinkai/shinsai/pdf/110930t.pdf>
- [7] 日本学術会議食料科学委員会水産学分科会、提言『東日本大震災から新時代の水産業の復興へ (第二次提言) 』、2014年6月10日。
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t193-3.pdf>
- [8] 農林水産省 (2021) みどりの食料システム戦略. 85 p.
- [9] Institute for Economics & Peace. Ecological Threat Register 2020: Understanding Ecological Threats, Resilience and Peace, Sydney, September 2020. 91p. <http://visionofhumanity.org/reports>
- [10] 経済産業省 (2023) 令和4年度エネルギーに関する年次報告 (令和5年6月6日公表) 、P52.
- [11] Halpern, B. S. et al. (2008) A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, 319: 948-952.
- [12] Rockström, J. and Klum M. (2015) Big World Small Planet - Abundance within Planetary Boundaries, Yale Univ. Press. 208 p.
- [13] FAO (2022) The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc0461en>
- [14] 古谷 研 (2012) 恵みを生み出す海洋生態系. 白山義久ほか (編) 「海洋保全生態学」 30-41, 講談社、東京.
- [15] Willet, W. et al. (2019) Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet*, 393(10170): 447-492.
- [16] Garcia S.M. et al. (2012) Reconsidering the Consequences of Selective Fisheries. *Science*, 335(6072): 1045-1047.

- [17] 農林水産省 (2023) 令和4年漁業・養殖業生産統計 (令和5年5月30日公表) .
https://www.maff.go.jp/j/tokei/kekka_gaiyou/gyogyou_seisan/gyogyou_yousyoku/r4/index.html
- [18] 農林水産省 (2022) 令和3年度食料需給表 (令和4年8月5日公表・令和5年3月24日確報) .
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500300&tstat=000001017950&cycle=8&year=20211&month=0&tclass1=000001032890&tclass2=000001203100>
- [19] FAO (2012) The State of World Fisheries and Aquaculture 2012. Rome.
<https://www.fao.org/3/i2727e/i2727e.pdf>
- [20] UN Nutrition (2021) The role of aquatic foods in sustainable healthy diets. Discussion Paper. https://www.unnutrition.org/wp-content/uploads/FINAL-UN-Nutrition-Aquatic-foods-Paper_EN_.pdf
- [21] Barange M. et al., eds. (2018) Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: Synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 627. Rome, FAO.
<https://www.fao.org/3/i9705en/I9705EN.pdf>
- [22] IPCC (2021) 第6次評価報告書第1作業部会報告書 政策決定者向け要約 (SPM) . 文部科学省及び気象庁暫定訳 (2022年12月22日日版) .
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/IPCC_AR6_WGI_SPM_JP.pdf
- [23] 気象庁 (2023) . 海面水温の長期変化傾向 (日本近海) (2023年3月6日発表) .
https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/shindan/a_1/japan_warm/japan_warm
- [24] Beverton R. J. H. and Holt S. J. (1957) On the dynamics of exploited fish populations. Fish. Invest. U.K., Ser. II, 19. 533p.
- [25] 水産研究・教育機構 (2021) 令和3年 (2021) 年度マサバ太平洋系群の資源評価.
https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20211126/detail_masaba_pac.pdf
- [26] Ichinokawa M. et al. (2015). Effective time closures: quantifying the conservation benefits of input control for the Pacific chub mackerel fishery. Ecol. Appl., 25: 1566-1584.
- [27] 和田時夫、萩原篤志 (2021) 持続可能な水産資源の利用と養殖業の展開. 大杉立、澁澤栄 (編) 「日本の食卓の将来と食料生産の強靱化について考える」 学術会議叢書 28、p. 153~182、公益財団法人日本学術協力財団.
- [28] Oliver T. H. et al. (2015) Biodiversity and resilience of ecosystem functions. Trends Ecol. Evol., 30: 673-684.
- [29] 農林水産省 (2022) 令和3年漁業産出額 (令和5年4月14日公表・6月19日確報) .
https://www.maff.go.jp/j/tokei/kekka_gaiyou/gyosan/r3/index.html

- [30] Watanabe K. et al. (2020) Macroalgal metabolism and lateral carbon flows can create significant carbon sinks. *Biogeosciences*, 17: 2425-2440.
- [31] 日本栽培漁業協会 (1998) ヒラメの種苗生産マニュアル: 「ほっとけ飼育」による飼育方法. 57p.
- [32] 宮 正樹 (2019) 環境 DNA メタバーコーディング — 魚類群集研究の革新的手法 バケツ一杯の水で棲んでいる魚がわかる技術. *化学と生物*, 57: 242-250.
- [33] Yoshitake K. et al. (2021) Estimation of tuna population by the improved analytical pipeline of unique molecular identifier-assisted HaCeD-Seq (haplotype count from eDNA). *Sci Rep.*, 11: 7031.
- [34] 日本学術会議 科学者委員会 研究計画・研究資金検討分科会、提言「第 24 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 2020)」、2020 年 1 月 30 日
- [35] 土居 秀幸・近藤 倫生 (編) (2021) 環境 DNA—生態系の真の姿を読み解く—. 共立出版、300 p.
- [36] Urban E. R. Jr, Ittekkot V. (Ed.) (2022) *Blue Economy: An Ocean Science Perspective*. Springer Nature, Singapore, 534p.
- [37] Haas, B. et al. (2022) The future of ocean governance. *Rev Fish Biol Fish.*, 32: 253-270.
- [38] Poore J., Nemecek T. (2018), Reducing food' s environmental impacts through producers and consumers, *Science*, 360: 987-992.
- [39] Koehn J.Z. et al. (2022). The role of seafood in sustainable diets. *Environ. Let.*, 17: 035003.
- [40] Gephart J.A. et al. (2021) Environmental performance of blue foods, *Nature*, 597: 360-365. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03889-2>
- [41] Heller, M., and Keoleian, G. (2015). Greenhouse gas emission estimates of U.S. dietary choices and food loss. *J. Indus. Ecol.*, 19: 391-401.
- [42] 山木将悟、山崎浩司 (2020) 新しい食品微生物制御の展開—バクテリオファージの利用. *日本食品科学工学会誌*, 67: 352-359.
- [43] 大石太郎ほか (2021) 主要生鮮魚介類の消費多様度指数に見る日本の魚食文化の地域差と経年変化. *日本水産学会誌*, 87: 409-420.
- [44] 阪井裕太郎ほか (2018) 少量漁獲魚種の産地価格形成—マトウダイを事例として—. *日本水産学会誌*, 84: 696-704.
- [45] 木下祐希ほか (2019) セリが産地卸売市場価格に与える影響に関する研究 —三重県外湾漁協におけるイセエビ価格を事例に—. *日本水産学会誌* 85:331-339.
- [46] 阪井裕太郎ほか (2012) 日本の水産物流通における非対称価格伝達. *日本水産学会誌*, 78: 468-478.
- [47] FAO (2019) *The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction*. Rome. <https://www.fao.org/3/ca6030en/ca6030en.pdf>
- [48] 水産庁 (2022) 令和 3 年度水産の動向 (令和 4 年 6 月 3 日公表). P25

- [49] 水産物安定供給推進機構・水土舎 (2021) 水産バリューチェーン構築に向けて.
https://www.jfa.maff.go.jp/j/kakou/attach/pdf/value_chain-63.pdf
- [50] 文部科学省 (2017) 小学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 社会編 (平成 29 年 7 月) .
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afielldfile/2019/03/18/1387017_003.pdf
- [51] 石原広恵 (2022) 「漁業・養殖業の持続性」 (秋道智彌・角南篤、編著: コモンズとしての海) . pp. 178-186. 西日本出版社.
- [52] Ishihara H. et al. (2022) Promoting sustainable seafood market in Japan: Perspectives from MSC and ASC applicants. *Front. Sustain. Food Sys.*, 6: 843184. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.843184>
- [53] Stoll J.S. et al. (2020) Alternative pathways to sustainable seafood. *Conserv. Let.*, 13: e12683. <https://doi.org/10.1111/conl.12683>
- [54] 下澤嶽 (2018) エシカルな地産地消についての考察: 農業生産物を事例に. 静岡文化芸術大学研究紀要, 18: 9-14. <http://id.nii.ac.jp/1132/00001393/>.
- [55] Delabre I. et al. (2021) Actions on sustainable food production and consumption for the post-2020 global biodiversity framework. *Sci. Adv.*, 7: eabc8259.
- [56] Rockström, et al. (2009) A safe operating space for humanity. *Nature*, 461: 472-475.
- [57] 消費者庁 (2020) 食品ロスの削減の推進に関する基本的な方針 (令和 2 年 3 月 31 日閣議決定) .
https://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer_policy/information/food_loss/promote/pdf/promote_200331_0001.pdf
- [58] UNEP (2009) Blue Carbon: the role of healthy oceans in binding carbon.
<https://wedocs.unep.org/20.500.11822/7772>

<参考資料 1> 審議経過

平成29年

1月6日 水産学分科会（第24期第1回）

役員を選出、水産学の現状と将来展望についての意見交換

平成30年

3月2日 水産学分科会（同第2回）

不確実性下の漁獲漁業についての審議

4月6日 水産学分科会（同第3回）

中長期的な水産資源利用について課題の抽出

5月23日 水産学分科会（同第4回）

水産政策の現状についての審議

11月10日 水産学分科会（同第6回）

中長期的な水産資源利用についての意見交換

令和元年

5月24日 水産学分科会（同第8回）

養殖についての審議

12月19日 水産学分科会（同第10回）

海藻（海草）・魚介類の育種に関する審議

令和2年

2月28日 水産学分科会（同第11回）

国家管轄権外区域における海洋生物多様性、海洋保護区および水産統計についての審議

令和3年

3月5日 水産学分科会（第25期第2回）

公開における資源の利用に関する審議

5月14日 水産学分科会（同第3回）

不漁問題に関する審議

7月30日 水産学分科会（同第4回）

中長期的な水産資源利用について課題整理

11月12日 水産学分科会（同第5回）

意思の発出についての審議

令和4年

3月18日 水産学分科会（同第6回）

これまでの審議のとりまとめ

7月5日 水産学分科会（同第7回）

見解骨子案についての意見交換

11月25日 水産学分科会（同第8回）

見解（案）についての意見交換

令和5年

4月28日 水産学分科会（同第9回）

見解（案）についての意見交換と承認

＜参考資料２＞ シンポジウム開催

「2050年の水産資源を日本の食卓から考える」

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

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30年11月10日（土）13：00-17：00

場 所：日本学術会議講堂（東京都港区六本木）

開催趣旨：

気候変動や海洋酸性化など地球規模の環境変化が進む一方、世界的に水産物需要が高まっている。このため、将来にわたり水産資源をどのように持続的に利用していくかが、これまでになく重要な科学的、社会的課題となっている。こうした状況を踏まえて、日本学術会議食料科学委員会水産学分科会では、持続可能な水産資源の利用のためには水産資源だけではなく、それを支える海洋生態系の生物多様性を保全しつつ自然の恵みの利用を図るべきであるとの提言を、平成29年8月にとりまとめた。今後さらに、資源管理を進めるとともに養殖業をはじめとする水産業を発展させるためには、基礎的な自然科学に立脚しつつ人文社会科学などの関連諸分野と連携して、持続的な利用を図るための方途を策定することが求められている。本シンポジウムでは、アジアの人口増が頭打ちになる2050年を焦点にして、我々日本人に馴染み深い水産物を取り上げて最新の知見を通して、水産物を中長期的に利用するための将来展望を議論する。

プログラム：

13：00-13：15 趣旨説明 古谷 研（創価大学工学研究科、日本学術会議第二部会員）

座 長：大竹臣哉（福井県立大学海洋生物資源学部）

13：15-13：45 「養殖の将来：新品種の創出と遺伝子資源の保存・保護」

吉崎悟朗（東京海洋大学学術研究院）

13：45-14：15 「クロマグロの将来：資源量の推移と持続可能な養殖方法のあり方」

佐藤秀一（東京海洋大学学術研究院）

14：15-14：45 「サケの将来：気候変動下における持続可能な保全と利用のあり方」

帰山雅秀（北海道大学名誉教授）

14：45-14：55 休 憩

座 長：佐藤秀一（東京海洋大学学術研究院）

14 : 55-15 : 25 「サンマの将来：気候変動による沖合漁業への影響と適応のあり方」

木所英昭（水産研究・教育機構東北水研）

15 : 25-15 : 55 「アワビの将来：資源変動機構に基づく漁業と資源管理・増殖のあり方」

河村知彦（東京大学大気海洋研究所）

総合討論：パネルディスカッション「資源・流通・食卓」

15 : 55-16 : 55 司会：萩原篤志（長崎大学水産・環境科学総合研究科、日本学術会議連携
会員）

パネリスト：・八木信行（東京大学農学生命科学研究科、日本学術会議連携会員）・畑江
敬子（お茶の水大学名誉教授）・五月女圭一（株式会社ゲイト代表取締役 CEO）・三
宅 香（イオン株式会社執行役）

16 : 55-17 : 00 閉会の挨拶 竹内俊郎（東京海洋大学、日本学術会議連携会員）