

日本農学アカデミー・（公財）農学会共同主催

公開シンポジウム

水産養殖研究の最前線

—持続可能な養殖業を目指して—

とき：2018年11月3日（土）13:00～17:15

会場：東京大学弥生キャンパス弥生講堂

後援：東京大学大学院農学生命科学研究科

ワールドウォッチジャパン

プログラム

総合司会 日本農学アカデミー副会長・企画委員 佐々木昭博

13:00～13:05 開会あいさつ 日本農学アカデミー会長 大政謙次

13:05～13:15 シンポジウムの趣旨 日本農学アカデミー理事・企画委員 和田時夫

13:15～14:00 基調講演：持続可能な水産養殖に向けて ―課題と展望
国立研究開発法人水産研究・教育機構 伊藤文成

14:00～14:30 魚類・水環境の恒常性評価と予測科学 理化学研究所 菊地 淳
—————休憩 20 分—————

14:50～15:20 養殖の発展を脅かすもの ―感染症 東京大学大学院 良永知義

15:20～15:50 日本の養殖産業の現状とこれから ―クロマグロの養殖とは？
マルハニチロ株式会社 伊藤 暁

15:50～16:20 養殖業の成長産業化を目指して 水産庁 黒萩真悟
—————休憩 10 分—————

16:30～17:10 総合討論 司会 日本農学アカデミー理事・企画委員 渡部終五

17:10～17:15 閉会のあいさつ (公財) 農学会会長 古谷 研

講演要旨

シンポジウムの趣旨・解題

氏名： 和田時夫（わだ ときお）

現職： 国立研究開発法人水産研究・教育機構理事

職歴： 1977 年 水産庁入庁 北海道区水産研究所

2004 年 水産庁増殖推進部参事官

2011 年 独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所長

2012 年 独立行政法人水産総合研究センター理事

研究分野：水産資源学、水産海洋学

備考： 1998 年 水産海洋学会宇田賞受賞

2016 年 日本水産学会功績賞受賞

2017 年 日本学術会議連携会員

【講演要旨】

私たちが水産物を手に入れるには、海や川で天然の魚介類を捕まえるか、一定の水域を囲うか区切るかして自ら育てるかの二通りがある。前者が漁業であり、後者が養殖業である。漁業では漁獲した時点で漁獲物の所有権が発生するが、養殖業では最初から持ち主が決まっている。中国などでは紀元前からコイなどが養殖されてきた。しかし、養殖業が世界的に発展を遂げるのは比較的最近になってからである。世界人口の増加や従来途上国の経済発展にともない、世界的に水産物の需要が拡大している。しかし、漁業生産量の伸びは 1990 年代以降頭打ちであり、養殖業生産量の伸びが供給を支えている（図 1）。この傾向は今後も続く予測されている。

現在、世界の養殖業生産量の 9 割は中国をはじめとするアジア地域で生産されている。一方、その規模や生産性をみると、輸出を前提とした大規模で生産性の高いものと、小規模で生産性は低い、地域における食料供給の面で重要な役割を果たしているものに大別される。欧米やチリにおけるサケ養殖が前者の典型であり、アジア、アフリカにおける淡水魚養殖の多くが後者のタイプである。現在および将来の水産物需要を満たす上で、いずれのタイプも重要である。そのため、養殖業の実行による環境や生態系への影響を最小限度にとどめること、経済的な自立性を確保すること、法令遵守や地域貢献を通じて地域社会と適切な関係を保つことなど、産業としての持続可能性を確保する必要がある。

地球温暖化をはじめとする気候変動、国際的な水産物需給の動向、ICT の導入なども、今後の養殖業のあり方に大きく影響する。地球温暖化の進行による生産適地・適種の北方へのシフトは、これまでの生産体系を大きく変化させる。水産物の生産と消費の両面で圧倒的なシェアを持つ中国の動向は、世界人口や経済の動向とともに、国際的な水産物需給を左右する。ICT の導入は、小規模な養殖業の経営改善に資するほか、生産・流通・消費の体系を変化させ、ビジネスモデルや研究開発の進め方の転換につながる。こうした点を踏まえ、漁業や養殖業を、

私たちが目指すべき持続可能な社会の構成要素の一つとして位置付け、その望ましいあり方を考える必要がある。このことは、海洋生態系の保全や飢餓の克服など、SDGsの達成へ向けた行動につながるものでもある。

近年のわが国の養殖業生産量は年間 100～140 万トンの範囲にあり、魚類、貝類、海藻類が主な生産対象である（図 2）。生産物の一部は輸出されるが、漁業生産量が年間 400 万トンを下回るなかで、国内市場への水産物の供給源として重要である。今後の持続可能な展開には、先に述べた国際的な共通課題に加えて、特に、自然環境の制約への適応や経営基盤の強化が重要である。わが国の養殖漁場環境は多様性に富むが、時間的な変動が大きく空間的なスケールも小さい。このため生産規模には限界があり、気候変動の影響も拡大しつつある。環境の変化に見合った生産対象種や手法の選択、飼餌料の適正化や、魚類養殖と貝類・藻類養殖を組み合わせた複合養殖による環境負荷の低減などを進める必要がある。また、海外に比べて高い生産コストや、少子・高齢化にともなう担い手の減少、国内の水産物消費の減少・停滞も深刻な課題である。ICT の活用などを通じて、生産の効率化や販路の多様化、消費の安定化を図る必要がある。

以上の背景のもとに、これからの養殖業、とりわけ日本の養殖業の今後を考えてみようというのがこのシンポジウムの目的である。生産技術の現状と課題をベースに、生産性の改善へ向けた新しい取組み、食品としての安全性の向上や消費拡大へ向けた取組み、国際的な動向も踏まえた国家レベルでの産業戦略の必要性など、幅広い視点からの議論が期待される。

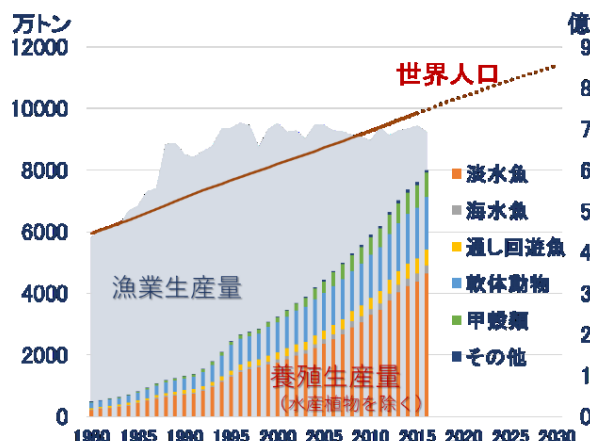


図 1. 世界の漁業・養殖業生産量と世界人口

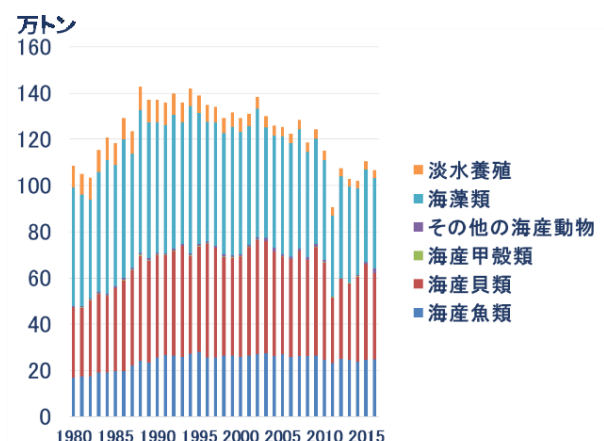


図 2. わが国の養殖業生産量

基調講演：持続可能な水産養殖に向けて ―課題と展望

氏名： 伊藤文成（いとう ふみなり）

現職： 国立研究開発法人水産研究・教育機構理事

職歴： 1986 年 農林水産省採用 水産庁東海区水産研究所研究員

2001 年 （独）水産総合研究センター養殖研究所室長

2005 年 福井県水産試験場長

2007 年 （独）水産総合研究センター中央水産研究所センター長

2009 年 （独）水産総合研究センター養殖研究所部長

2013 年 （独）水産総合研究センター日本海区水産研究所長

2016 年 （国研）水産研究・教育機構理事（研究開発担当）

研究分野：魚類繁殖生理学、魚類行動生態学

【講演要旨】

世界的にみると、水産養殖生産量はアジア、アフリカを中心に 20 年以上にわたり年成長率 5～6% で急速に伸び続けており、目覚ましい拡大を遂げている優良な成長産業である。天然の漁業資源の枯渇が懸念される中で、養殖は食糧確保の切り札ともみなされている。2015 年には世界の食料向け養殖生産量は食料向け漁獲量を上回り、2020 年代に入ると漁獲総量をも上回ると予測されている。一方で、日本の養殖業は決して順風とは言えず、その生産量は世界の状況に反して漸減傾向で伸び悩み状況にある。しかし、世界規模での食料供給や日本の食料安全保障を考えると養殖産業への期待は非常に大きいものがあり、研究・技術開発目標を明確にして産学官の力を結集すれば、日本における養殖産業の持続的な成長産業化は夢ではない。

日本の養殖業に元気がない要因の一つはその高コスト体質にある。特に魚類養殖業の経営は魚の餌（飼料）の原料となる魚粉が高騰したことによる生産コストの増大、景気の後退による高級魚の買い控えや漁価の低迷、病気の発生や赤潮被害の増大による生産効率の悪化などによって非常に厳しい状況にある。これらにより、養殖業は経費はかかるが高く売れないという生産構造に陥っており、養殖業を営む経営体の減少、就業者の高齢化や後継者不足といった問題も生じている。また他の要因として、日本人がタンパク源の多くを水産物に依存してきたことにより、養殖産物の消費市場の大部分が日本国内であったことも挙げられる。日本の人口が減少フェーズに入ったことにより国内市場の拡大は困難であり、市場を海外に求めないと養殖業の成長産業化は望めない。しかし、海外市場、特に欧米市場は産業の持続可能性を保証するエコラベル認証を求めており、養殖行為自体が環境や生物多様性に対する影響が少ないか、飼料、廃棄物、化学薬品が適切に管理されているか、責任ある管理運営がなされているか、地域社会と調和しているかなどの認証基準を満たす必要がある。

このように、日本の養殖業を元気にし、持続可能な産業にするための課題は多いが、解決すべき目標の一つ一つは明確である。例えば、環境への負荷の低減や環境との共存を目指す複合

マダコ養殖に向けた基盤研究

- 世界のマダコ漁獲量が減少し、供給不足と価格高騰の状況
- 養殖による安定供給が切望。しかし、稚ダコの大規模生産は困難

図1. 新たに開発した水流装置
(図中の矢印は、水流の方向を示す)

0日齢

23日齢の稚ダコ

〈生残率の推移〉

飼育日数	従来方法 (%)	改良方法 (%)
0	100	100
5	85	95
10	65	85
15	45	80
20	25	75
25	15	70

飼育日数

〈成長〉

方法	乾燥重量 (mg)
従来方法	1.9
改良方法	10.5

乾燥重量 (mg)

- 湧昇流を形成する装置を開発し、水槽底での斃死個体減少
- ガザミゾエアを給餌し、**生残率77%の大幅改善、着底稚ダコ2,796個体を生産**

全遺伝子配列情報(ゲノム)の有用性

ブリ費病原菌
Brucella abortus sensu lato

病原体がどのようなタンパク質からできているかを予測することが可能になる(病原体の設計図)

ブリ費病原菌の遺伝子数: **1,474個**
(=これだけの種類のタンパク質を産生する)

タンパク質の性質を予測することも可能

タンパク質の性質を予測することも可能

タンパク質の性質を予測することも可能

タンパク質の性質を予測することも可能

タンパク質数	41	127	191	61	427
タンパク質数	41	127	191	61	427

魚類・水環境の恒常性評価と予測科学

氏名： 菊地 淳（きくち じゅん）

現職： 理化学研究所 環境資源科学研究センター 環境代謝分析研究チーム チームリーダー

職歴： 1998 年 科学技術振興機構 ERATO 研究員

1998 年 理化学研究所 ゲノム科学総合研究センター リサーチアソシエイト・研究員

2005 年 同 植物科学研究センター ユニットリーダー・チームリーダー

2007 年 名古屋大学大学院生命農学研究科 客員教授（現職）

2013 年 横浜市立大学大学院生命医科学研究科 大学院客員教授（現職）

2013 年 理化学研究所 環境資源科学研究センター チームリーダー（現職）

研究分野：生命分析科学、データサイエンス

備考： 2003 年 日本核磁気共鳴学会・若手ポスター優秀賞

2011 年 日本生物工学会・論文賞

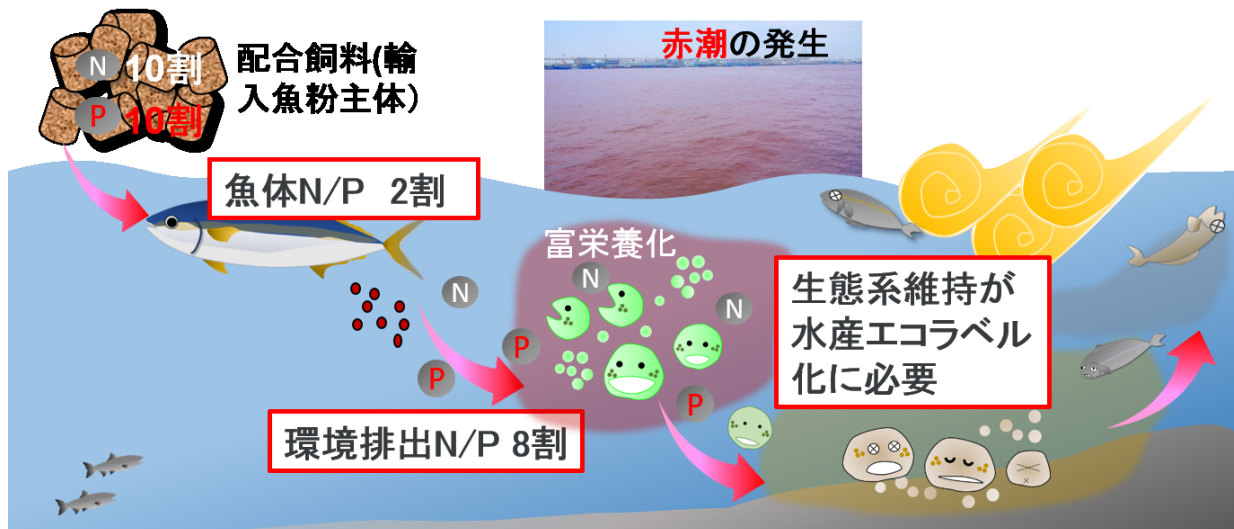
2013 年 日本生物工学会・奨励賞

2017 年 NPG 社 *Scientific Reports* および *Molecular Phenomics* 編集委員

【講演要旨】

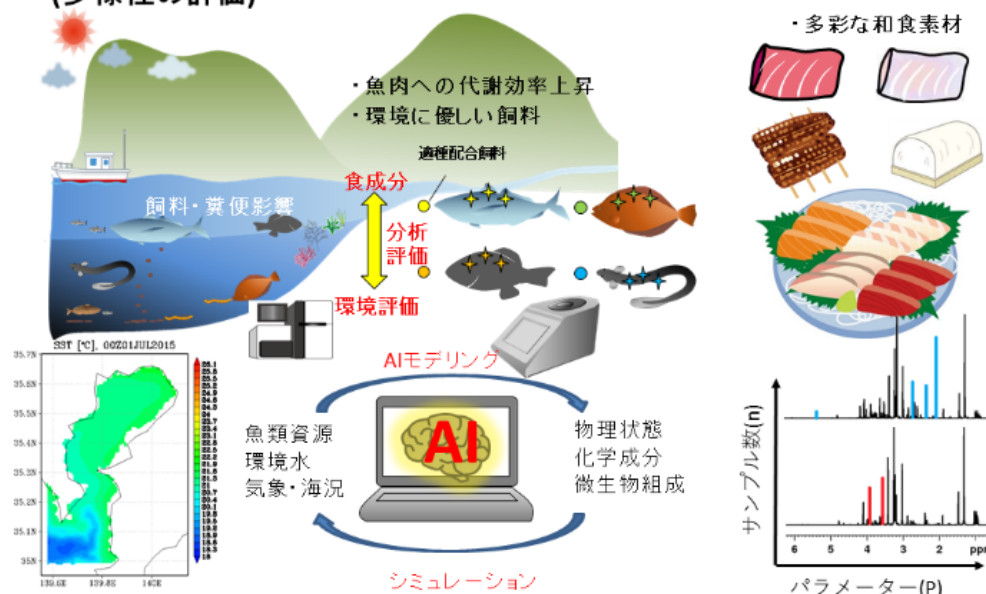
今世紀に進行する第4次産業革命では、IoT／ビッグデータ／AI 関連技術の進展により、1次産業にデジタル化および将来予測化とフィードバック制御を導入し得る。しかし AI 関連技術が発展する一方^[1]、その学習データ取得のために試料数（N）を多くすると分析コストが高くなるため、「予測科学」領域において多因子数（P）データを産出するオミクス手法の導入は鈍い（新 NP 問題）。そこで我々は、日本各地の環境水^[3,4]、底泥^[5]、天然海藻^[6,7]、や天然魚類^[8-11]を対象とし、試料数 N が因子数 P より多い場合、あるいは試料数 N が因子数 P より少ない場合について、それぞれ環境評価法と将来予測法の開発を試みてきた。一方で、世界随一の生物多様性ホットスポットたる日本近海には優れた生物資源が埋もれている。豊かな日本の「海を耕し」世界へ輸出するためには、MSC/ASC の国際認証をクリアし得る環境低負荷型水産が必要である。

環境持続性への挑戦：給餌タイミング・飼料代謝効率の向上と環境恒常性評価



魚肉・水産環境の予測科学アプローチ

生態・食性の理解 ↔ 環境低負荷型水産 ↔ 日本の海を耕し世界へ
(多様性の評価)



したがって、生態系評価技術や海外輸入の魚粉に頼らない飼料開発が必要とされる^[12,13]。我々が着手してきた評価手法は、環境試料の各種分析情報の分類、関係性、マーカー情報の同定を可能にし得る^[14]。これら

の手法を用いて、養殖場付近の生態系の恒常性維持に関わるルールと重要な鍵因子の抽出も可能となり得る^[15]。また一連の環境予測技術を用いて、鍵因子の変動から生態系のバランスが崩れる前に、環境の変動を予測・早期警告をすることが期待できる。

<参考文献>

- [1] Date & Kikuchi, *Anal. Chem.* 90, 1805 (2018).
- [2] Asakura et al. *Anal. Chim. Acta* 11, 230-236 (2018).
- [3] Ogawa et al. *PLoS One* 9, e110723 (2014).
- [4] Oita et al. *Sci. Total Environ.* 636, 12 (2018).
- [5] Asakura et al., *Anal. Chem.* 86, 5425 (2014).
- [6] Ito et al., *Anal. Chem.* 86, 1098 (2014).
- [7] Wei et al., *Anal. Chem.* 87, 2819 (2015).
- [8] Yoshida et al., *Sci. Rep.* 4, 7005 (2014).
- [9] Misawa et al., *Anal. Chem.* 88, 6130 (2016).
- [10] Wei et al., *Sci. Rep.* 8, 3478 (2018).
- [11] Asakura et al., *Anal. Method* 17, 16 (2018).
- [12] Mekuchi et al., *Sci. Rep.* 7, 9372 (2017).
- [13] Mekuchi et al., *PLoS One* 13, e0197256 (2018).
- [14] Kikuchi & Yamada, *Analyst* 142, 4161 (2017).
- [15] Kikuchi et al., *Prog. NMR Spectrosc.* 104, 56 (2018).

養殖の発展を脅かすもの ―感染症

氏名： 良永知義（よしなが ともよし）
現職： 東京大学大学院農学生命科学研究科教授
職歴： 1988 年 農林水産省中央水産研究所
1998 年 農林水産省養殖研究所
2002 年 東京大学大学院農学生命科学研究科准教授
2012 年 東京大学大学院農学生命科学研究科教授
備考： 2009 年 日本魚病学会 研究奨励賞
2011 年 日本水産学会 水産学進歩賞
2017 年 日本魚病学会賞

【講演要旨】

養殖においては魚介類を密度の高い環境で飼育するため天然状態では問題とならない病原体が大量死を引き起こす、あるいは、良好な条件で飼育していれば問題のない病原体が飼育条件の悪化によって大量死を引き起こす、という考えが一般的である。また、新しい感染症（新興感染症）は新魚種の養殖や飼育技術の変化によって発生するという考えも依然として一般的である。しかし、天然魚介類が感染症によって大量死する例も多く、また、良好な状態で飼育されていた養殖魚介類が突然大量死しはじめるという例も多い。このような大量死には、国外から侵入した病原体がかかわっていることが多い。

例えば、真珠生産に使用されるアコヤガイに 1996 年に発生した赤変病は、いまだに病原体は特定されていないが、中国からの輸入アコヤガイ種苗とともに侵入した感染症と考えられている。本病の侵入は真珠産業に大きな影響を与え、生産量・生産額の減少に加え、養殖経営体数の減少や雇用の喪失にもつながった。主要輸出品の一つであった真珠は、現在では、輸入量が輸出量を上回るようになった。また、2003 年に侵入したコイヘルペスウイルス病は、養殖場だけでなく天然域にも広く蔓延し、食用鯉生産に大きな被害を与えた。加えて、本病の侵入以降、錦鯉養殖には極めて厳格な防疫体制が必要となった。

日本を含む極東から海外に侵入して、海外の水産生物に被害を与えた感染症もある。例えば、米国東岸のアメリカカキ漁業の衰退を招いた二つの病原体のうち、原虫 *Haplosporidium nelsoni* はマガキ種苗とともに米国に侵入したと考えられている。また、1980 年代にニホンウナギとともにヨーロッパに侵入した線虫 *Anguicolidoides crassus* は、ニホンウナギに対する病害性は低いものの、天然ヨーロッパウナギに蔓延し、ヨーロッパにおけるウナギ漁獲量減少の一因になっているとされている。

感染症の侵入を防ぐためには、防疫が重要であることは言うまでもない。水産動物の感染症を防疫という観点からみると、①経水感染をするため、伝搬しやすい、②天然集団が存在しており、天然に広がった感染症はコントロールがほぼ不可能であり、天然と養殖の間で感染環ができて

しまうとともに、天然集団そのものの減耗要因となり得る、③水産動物は生きた状態での移動が容易であり、病原体も移動しやすい、④水産動物には多様な種が存在するため、病原体も多様であり、宿主転換が生じやすく、また、新興感染症も発生しやすい、⑤貝やエビなどの無脊椎動物には獲得免疫がなくワクチン開発は不可能であり、植物プランクトン食性の二枚貝類への投薬は困難である、⑥飼育に水が必要であるため着地検疫、隔離飼育が難しい、などの特徴がある。

我が国における水産動物の防疫は 1990 年代半ばに法制度化され、水産資源保護法による侵入防止と持続的養殖生産確保法によるまん延防止によって構成されている。以前は、コイ科魚類、サケ科魚類の稚魚・魚卵、エビ類の稚エビのみが防疫対象であり、対象感染症も 11 疾病にとどまっていた。海外に存在することが知られている重大な感染症が防疫対象となっておらず、これらの感染症の侵入が危惧されていた。しかし、2016 年に水産防疫にリスク評価が導入され、関連規則が改正された。その結果、貝類を含む多くの水産動物種の全発達段階に加えて、公共水面に直接排水されている施設で蓄養される活魚・活貝、死んだ動物であっても餌として養殖場に直接投下されるものも防疫対象となり、対象疾病も 24 に増えた。

このように水産防疫体制は強化されたが、いまだ不十分な点も多い。新興疾病の頻発に対応するためには、情報の収集とリスク評価の実施が不可欠であるが、そのための国の取り組みは弱い。また、リスク評価に不可欠な科学的情報が不十分な場合には、予防原則に基づく防疫措置の導入も必要である。さらに、新興疾病が国内外で発生した場合の緊急措置や、天然水産動物の防疫措置も必要である。これらを実現するために、法改正によるさらなる強化が必要である。また一方、未知の病気の存在や宿主転換を考えると、法制度による防疫だけでなく、水産業界全体が感染症のリスクを理解し、安易な種苗輸入の自粛など自発的な活動を行うことも重要である。また、風評被害を恐れて感染症の発生情報を隠すという体質も改善する必要がある。

侵入感染症による被害は、多くの場合、一過性の被害にとどまらず、国民全体の負債として永く残る。安定した養殖業、責任ある養殖業の実現のためには、防疫の強化は喫緊の課題である。

日本の養殖産業の現状とこれから ―クロマグロの養殖とは？

氏名： 伊藤 暁（いとう あきら）

現職： マルハニチロ株式会社執行役員 増養殖事業部 部長

職歴： 1982 年 マルハニチロ(株)（旧大洋漁業）生産事業本部増養殖開発課入社

1996 年 同 増養殖事業部鮮魚販売課課長

2012 年 同 増養殖事業部部長

2016 年～現職

【講演要旨】

1. マルハニチログループの養殖事業概要

クロマグロ：4,300トン（シェア 25%～業界 NO.1）

カンパチ ：2,800トン（シェア 10%～業界 NO.1）

ブリ ：3,300トン（シェア 4%～業界 NO.3）

2. 本日の内容

- ・日本の養殖魚生産の現状
- ・完全養殖とは（要旨略）
- ・クロマグロ養殖とは（要旨略）

3. 日本の養殖魚生産現状

ノルウェーを始めとした海外での鮭鱒の養殖生産量は国家的な戦略の下、飛躍的に伸び、ノルウェーで 130 万トン、チリで 80 万トンに達し、輸入量も 20 万トン前後で安定し国内消費はうなぎ上りである。一方、国内の魚の養殖は、ここ数年ほぼ 25 万トンと横ばいで、輸入鮭鱒の急迫を受けている状態である。2000 年代に入りクロマグロの養殖は急増したが、資源管理上の問題から、現在は厳しい生産制限が設けられている。またブリ、カンパチおよびマダイについては、養殖の生産目標数量を定めて、価格の暴落を防ぐと共に、安定した需給バランスが保たれている。唯一鮭鱒については、ご当地サーモンブームに則り生産は急増中で、現在 100 以上のブランドで販売されている。

弊社が実施した好きな寿司ネタに関する市場調査では、サーモンは 10～20 代の女性を筆頭に約 50%に支持を得て、次いでマグロ、ブリ（ハマチ）の順となっている。

近年、魚離れが深刻であるとの様相であるが、内外の養殖サーモンの伸長を見る限り、まだまだ国内養殖魚の出番はあるものと考えている。国内では天然魚至上主義が残るものの、養殖魚は供給、価格、品質共に安定していることが武器である。

弊社では現在、クロマグロ、ブリおよびカンパチの養殖を行っており、グループ会社である大洋エーアンドエフ(株)を加えると、クロマグロとカンパチは国内 NO.1 の生産規模である。特

においしい魚を生産することに拘っている。

もちろん今後は国内だけではなくアジア、欧米への輸出も目論み、輸出に必要な色々な認証の取得を進めている。

マルハニチロよかととホームページ：<https://www.maruha-nichiro.co.jp/yokatoto/>

MARUHA NICHIRO
魚といのちの未来をつくる

トップ 「よかとと」とは? まぐろ ぶり かんぱち かんぱち・ぶりの加工 養殖場ご紹介

マルハニチロが育む増養殖業ブランド

よかとと

日本の食卓に欠かせない魚、クロマグロ・ブリ・カンパチ。これらの魚を育てる増養殖事業は、安定して高い品質の魚をみなさまにお届けするのに欠かせないものであり、マルハニチロが力を入れている分野のひとつです。

KURO MAGURO Click!

KANPACHI Click!

BURI Click!

よかとととは?
よか（良い）とと（魚）
マルハニチロが安全で美味しい水産資源としての養殖魚供給のための事業として位置付ける、増養殖業ブランド。それが「よかとと」です。

漁場紹介

料理教室

→ ご利用にあたって → 個人情報保護方針 → ソーシャルメディアポリシー Copyright (C) 2017 Maruha Nichiro Corporation

養殖業の成長産業化を目指して

氏名： 黒萩真悟（くろはぎ しんご）

現職： 水産庁 増殖推進部 栽培養殖課長

職歴： 1986 年 農林水産省採用 農林水産技官

2011 年 水産庁 資源管理部 管理課 指導監督室長

2014 年 水産庁 資源管理部 管理課 資源管理推進室長

2015 年 水産庁 資源管理部 漁業調整課長

2018 年 水産庁 増殖推進部 栽培養殖課長

【講演要旨】

養殖業は、日本全体の漁業・養殖業産出額の3分の1を占めており、従事者当たりの生産性も高く、好不漁、時化等の影響を受ける漁船漁業と比べて、生産の計画性、安定性に優れている。技術開発により、生産性の向上やニーズに応じた製品の提供ができる養殖業の振興は、日本のような先進国の水産業の成長産業化に向けて重要となる。

今般検討が進められている水産政策の改革では、沿岸域において、水域を適切かつ有効に活用している漁業者が漁場利用を継続できることを確保しつつ、漁村の人口が大幅に減少する中、地元の漁業者だけでは漁場が十分活用できない場合、地域の水産業の発展に最も寄与する参入者を迎え入れることができる仕組みが検討されている。特に養殖については、養殖業発展のための環境整備が求められており、国は、国内外の需要を見据えて戦略的養殖品目を設定するとともに、生産から販売・輸出に至る総合戦略を立てた上で、養殖業の振興に本格的に取り組み、技術開発については、魚類養殖経営のボトルネックとなる優良種苗・低コスト飼料等に関する技術開発・供給体制の整備を強化し、国際競争力のある養殖を育成するため、実証試験等の支援を拡大することとしている。また、静穏水域が少ない日本において養殖適地を拡大するため、大規模静穏水域の確保に必要な事業を重点実施し、養殖場としての漁港（水域及び陸域）の有効活用も積極的に進めることとしている。さらに拡大する国際市場を見据え、HACCP対応型施設の整備や輸出先国に使用が認められた薬剤数の増加など、輸出促進するための環境を整備することとしている。

【MEMO】