

陸上養殖の社会実装に向けた課題と技術戦略

水産増養殖産業イノベーション創出プラットフォーム
第5回サーモン・陸上養殖勉強会資料

MRI 三菱総合研究所

2022/8/4

経営イノベーション本部

堀留 千恵子

本日本お伝えしたいこと

1. 社会課題起点で見た陸上養殖の重要性

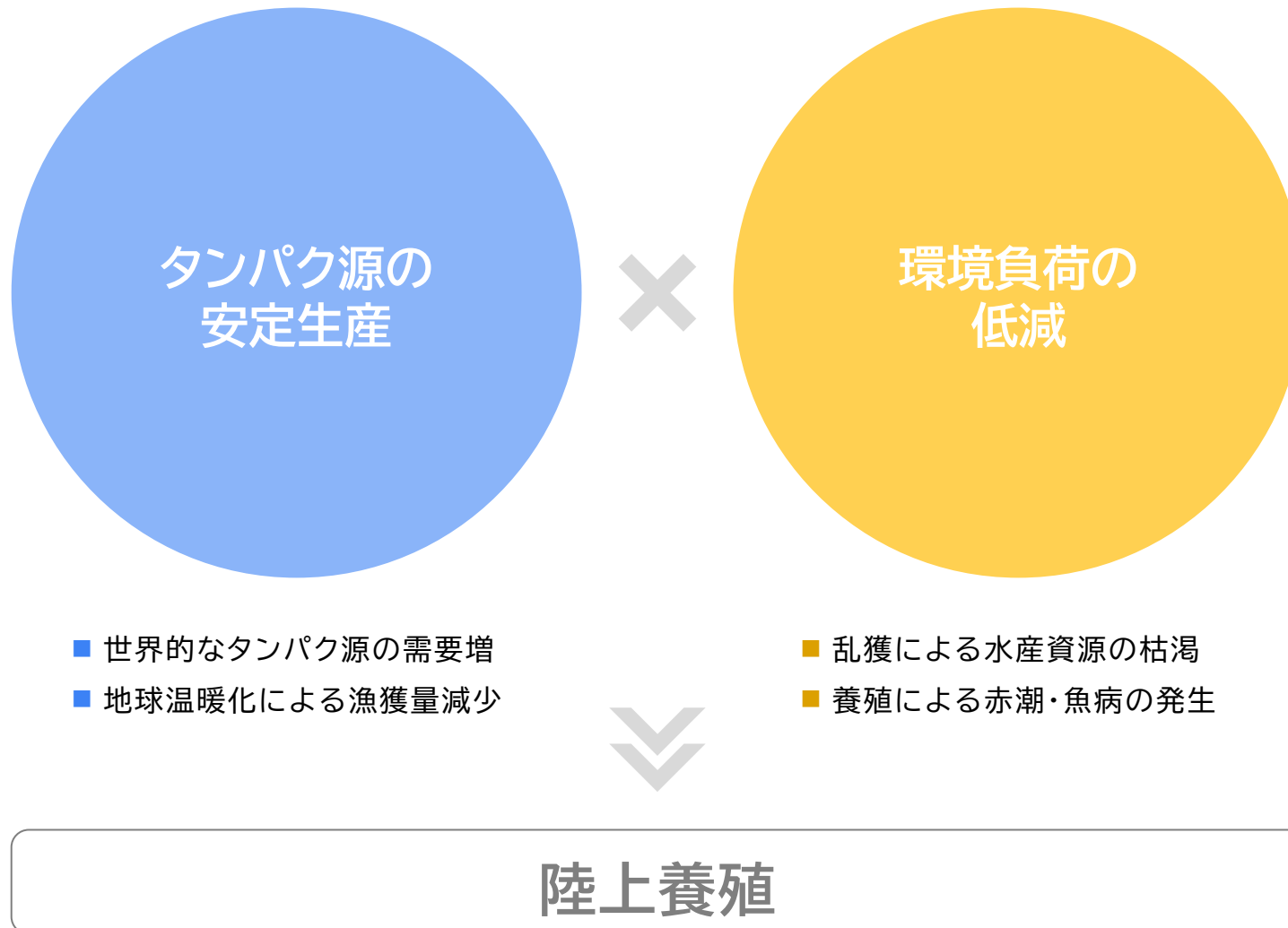
2. 陸上養殖の社会実装に向けた課題解決策

- A) 魚類を用いない高タンパク飼料開発
- B) 未利用エネルギーを用いた加温・冷却技術
- C) 魚種ごとの生態解明・種苗生産
- D) 画像解析、生育モニタリング、ロボティクス

3. 日本において求められる技術開発・支援体制

陸上養殖の重要性(社会課題起点)

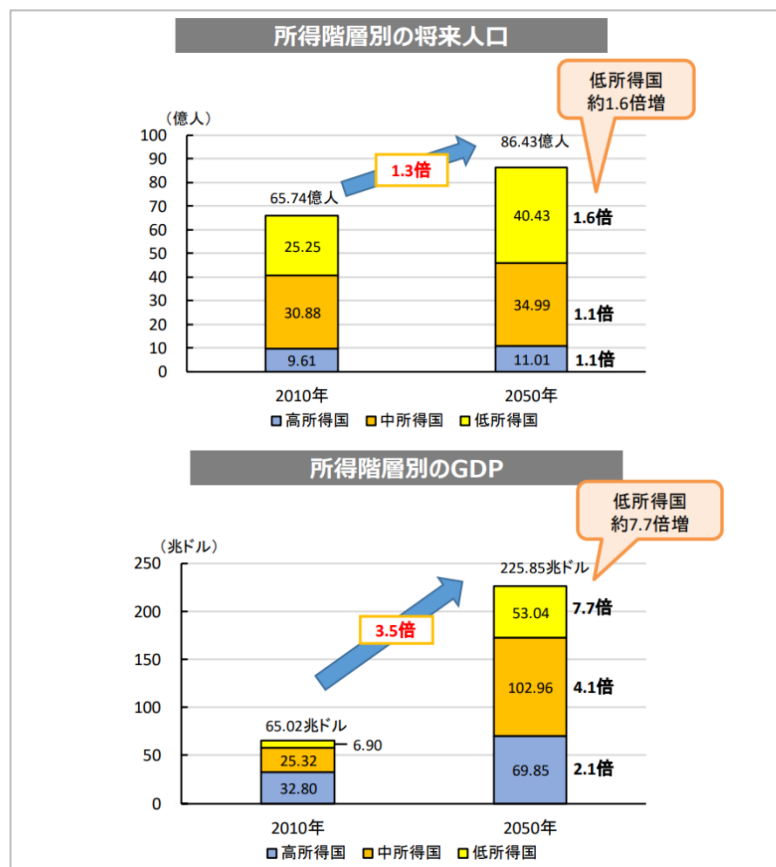
- 陸上養殖は、環境負荷を抑えながらタンパク源を安定生産するための持続可能な手段の一つ



背景1:世界的なタンパク源の需要増

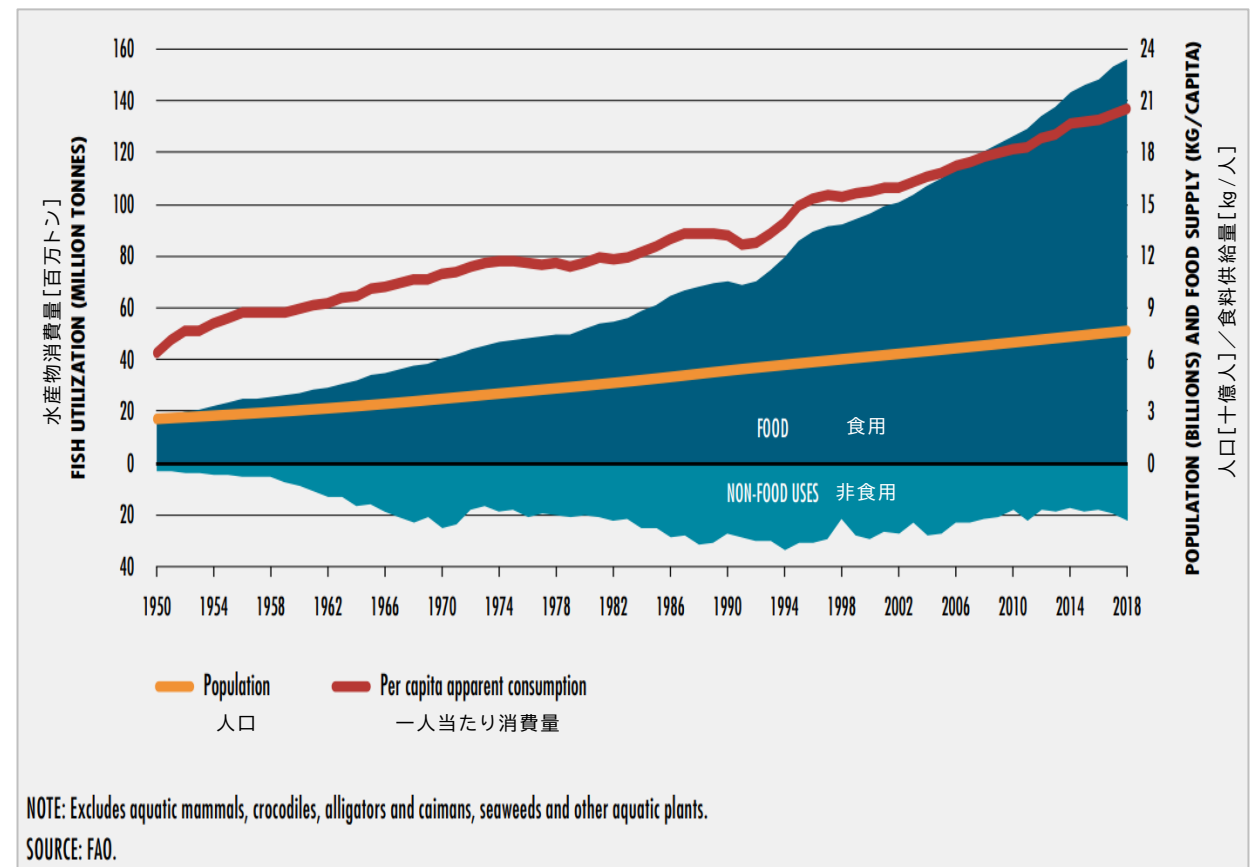
- 新興国を中心とした人口増加と経済発展により、世界的なタンパク質需要の増加が見込まれている
- 世界の水産物の消費量は右肩上がりに増加しており、今後も増加傾向が続くことが予想される

世界の人口・GDP予測



出所:農林水産省「2050年における世界の食料需給見通し(令和元年9月)」, p.5

世界の水産物の消費量(食用・非食用)

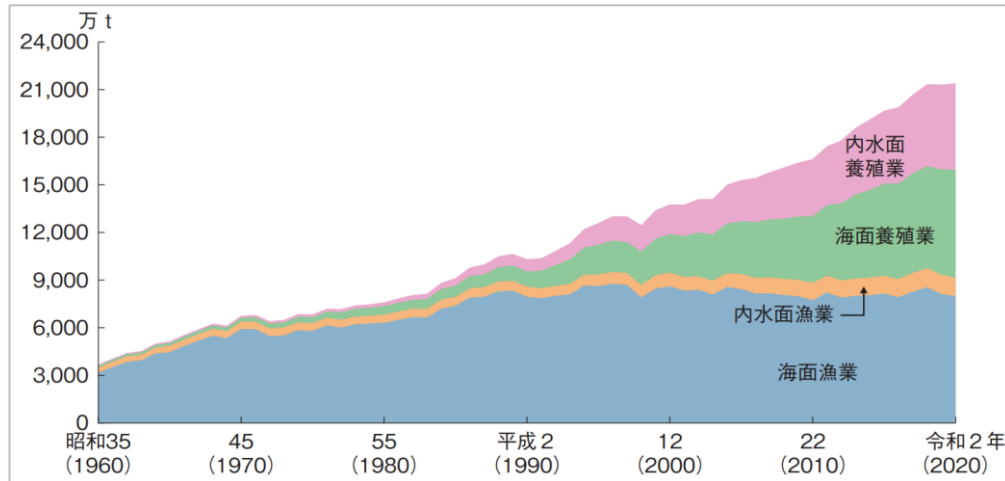


出所:FAO「The State of World Fisheries and Aquaculture (2020)」, p.4

背景2：乱獲による水産資源の枯渇

- 天然の水産物の漁獲量はすでに頭打ちとなり、代わって養殖による生産量が増加してきている
- 水産物の3分の1はすでに乱獲状態であり、枯渇の危機にある状況

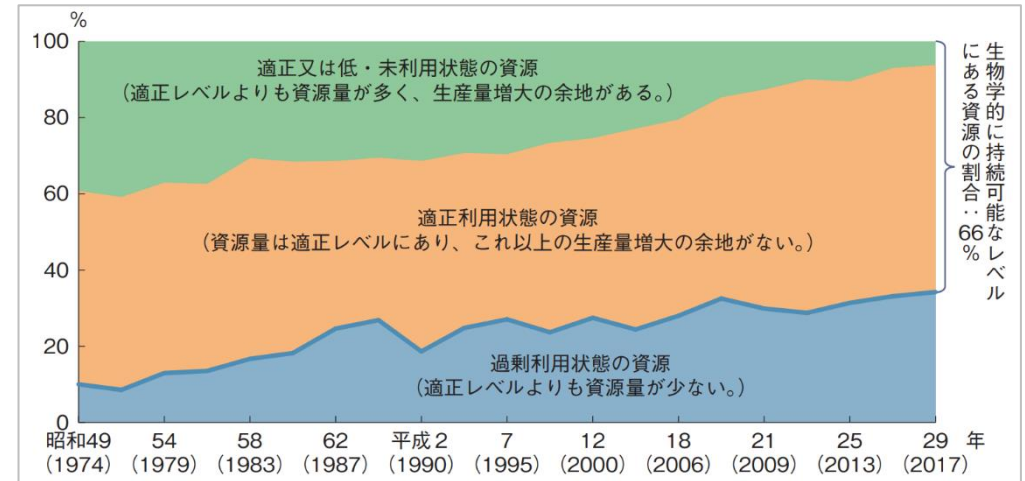
世界の漁業・養殖業生産量推移



出所：水産庁「令和3年度 水産白書」, p.134

原典：FAO「Fishstat(Global capture production、Global aquaculture production)」(日本以外)、農林水産省「漁業・養殖業生産統計」(日本)

世界の水産資源状況



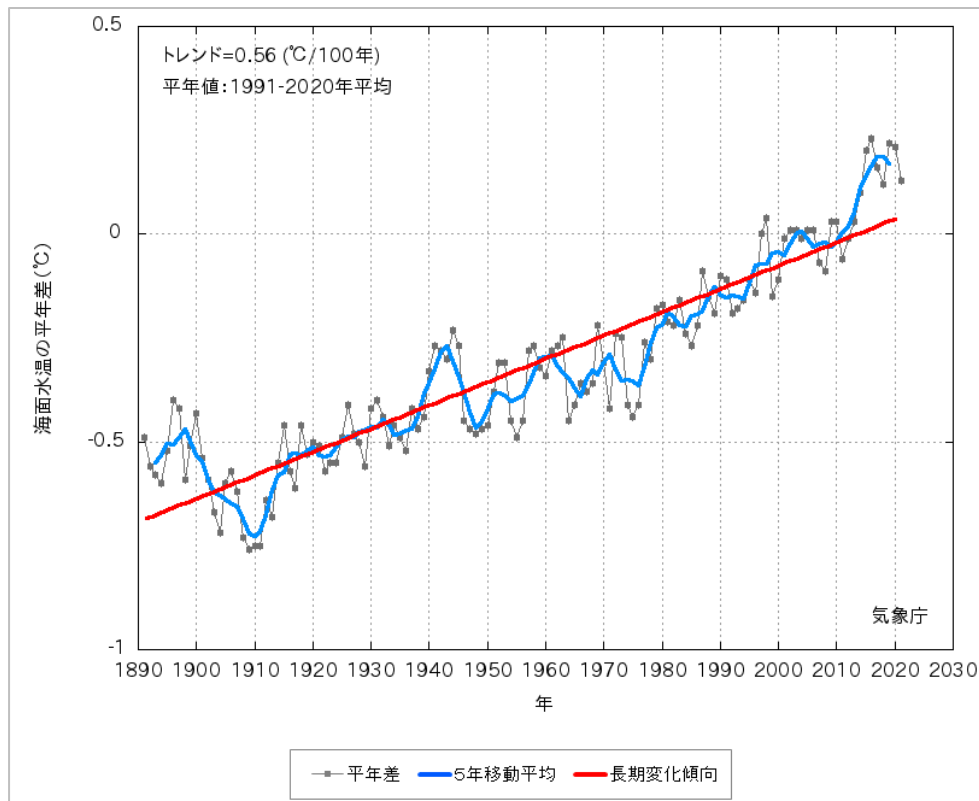
出所：水産庁「令和3年度 水産白書」, p.136

原典：FAO「The State of World Fisheries and Aquaculture 2020」

背景3:地球温暖化による漁獲量減少

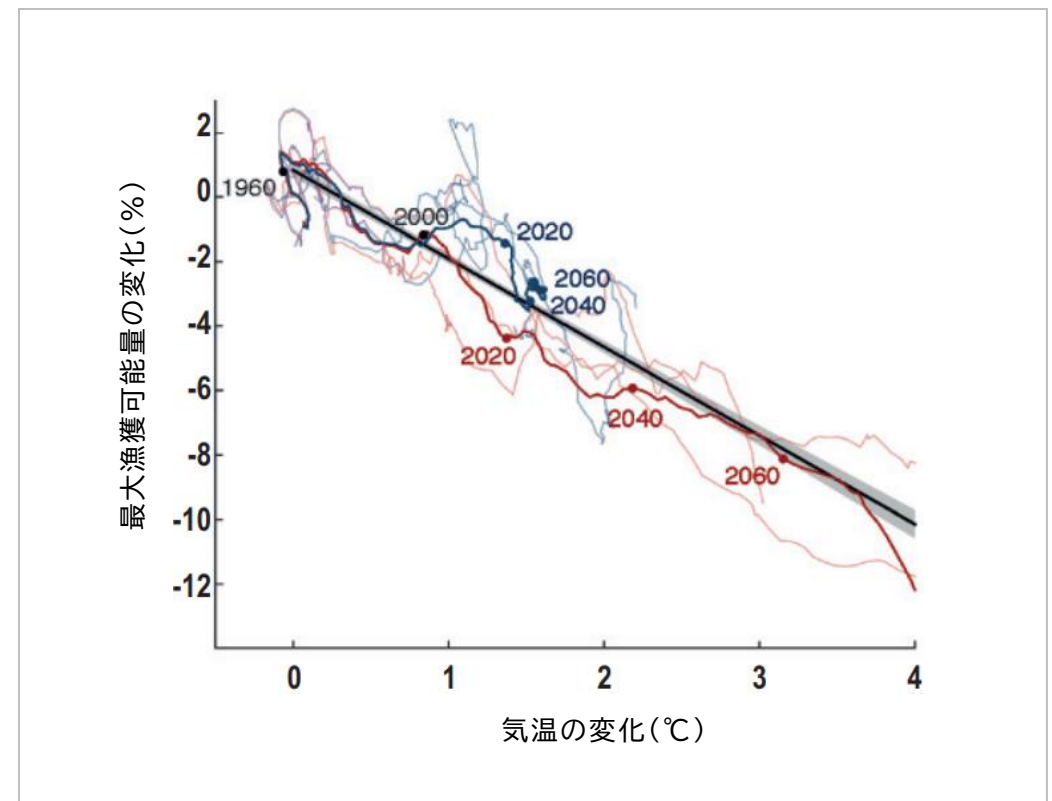
- 海水温の上昇等、気候変動の影響により、今世紀末には世界の最大漁獲量が約24%減少する可能性

年平均海面水温(全球平均)の平年差の推移



出所:気象庁「海面水温の長期変化傾向(全球平均)」,
https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/index_gw.html
(2022/7/14取得)

世界の水産資源の動向

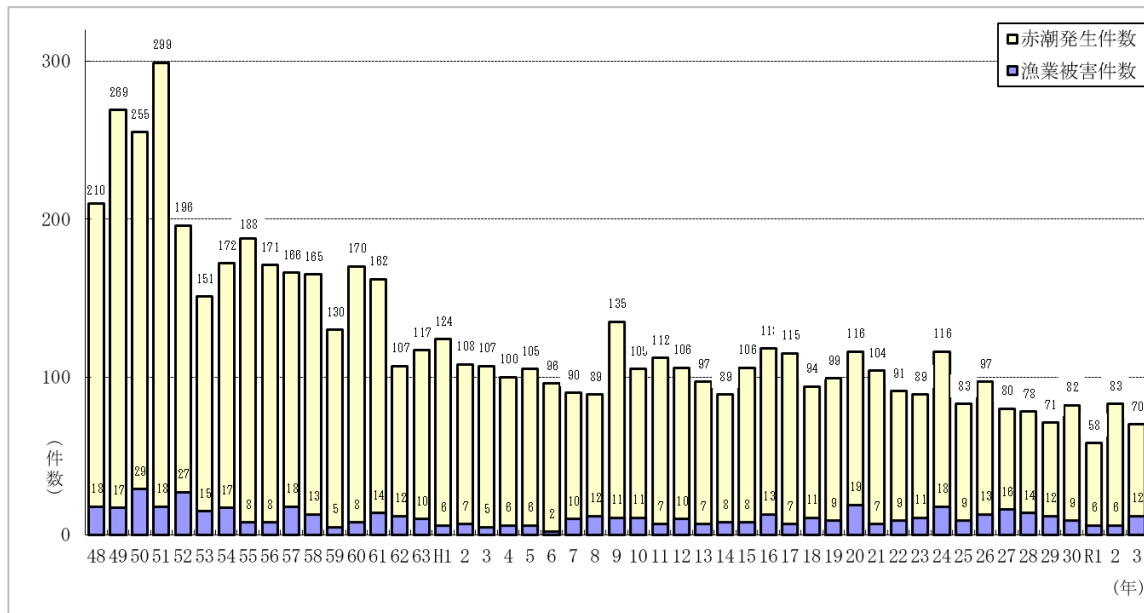


出所:IPCC「Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate」, p.504

背景4: 養殖による赤潮・魚病の発生

- 多投餌やコスト縮減のための密殖により漁場環境は悪化し、赤潮の発生や魚病の頻発をもたらしてきた

瀬戸内海の赤潮発生件数と漁業被害件数の推移

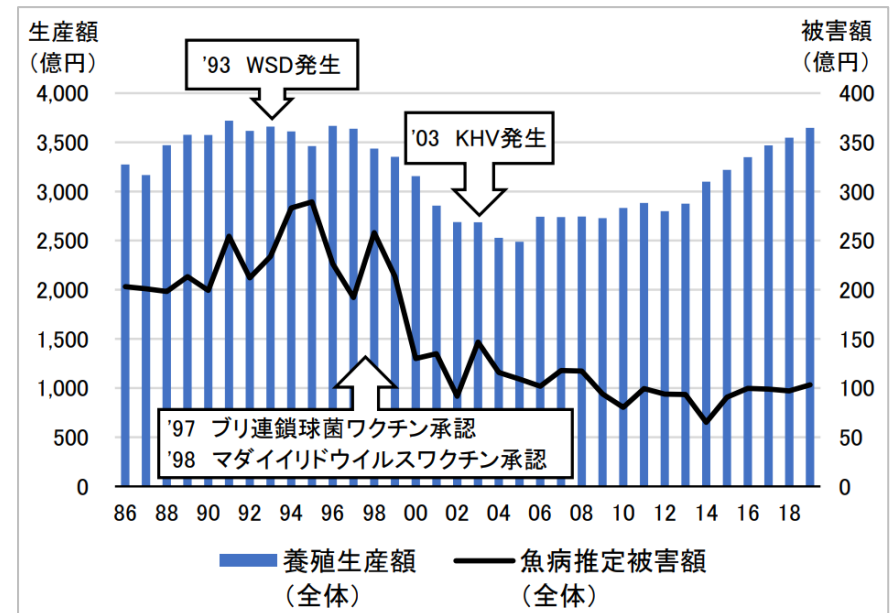


【主な漁業被害】

- 2019年、愛媛県で養殖クロマグロ・養殖マダイ計4千尾がへい死し、被害額391百万円
- 2021年、広島県で養殖ハマチ15千尾がへい死し、被害額54百万円

出所: 水産庁瀬戸内海漁業調整事務所「瀬戸内海の赤潮」,
<https://www.jfa.maff.go.jp/setouti/akasio/> (2022/7/15取得)

魚病被害の発生状況の推移



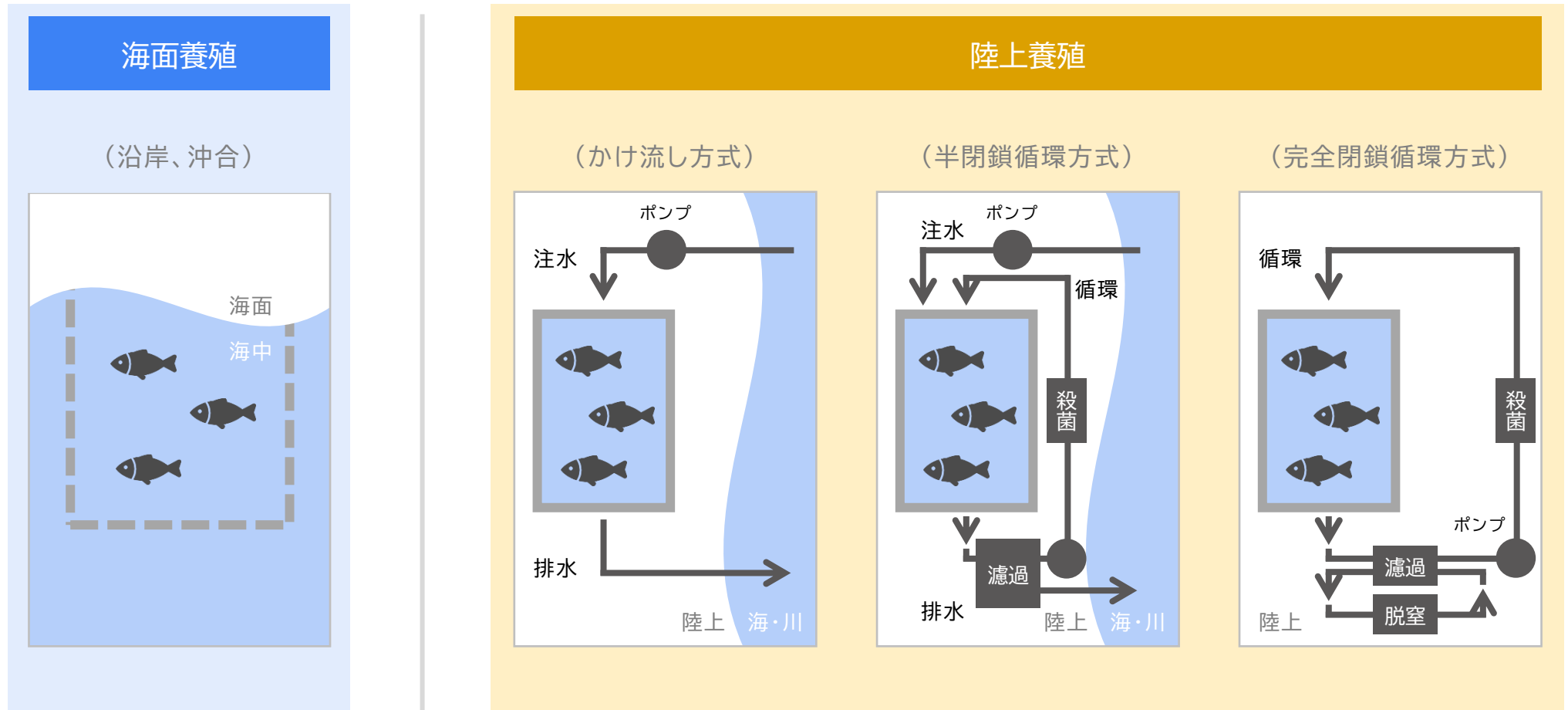
【主な漁業被害】

- 2020年、沖縄県のバナメイエビ養殖場で「急性肝臓壊死症(AHPND)」が発生し、養殖バナメイエビ98千尾がへい死。タイから輸入した種苗が原因

出所: 農林水産省「魚病被害の発生状況(令和元年)」,
https://www.maff.go.jp/j/syouan/suisan/suisan_yobo/disease/gyobyou_higai_jyoukyou.html (2022/7/15取得)、
 沖縄タイムス「沖縄のバナメイエビ9万8千尾の死...原因のAHPNDは対輸入の稚エビからか(2020/10/19)」

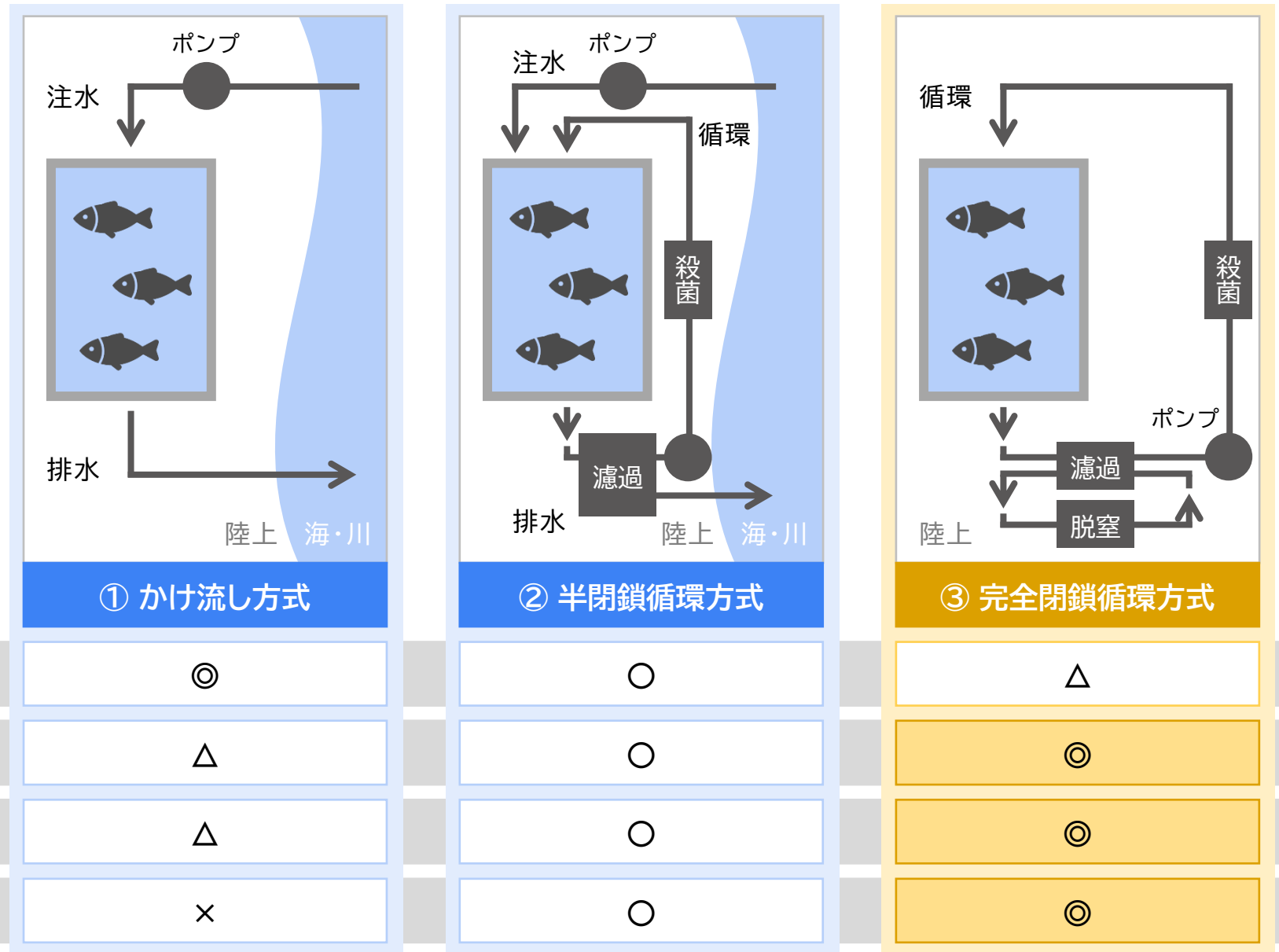
陸上養殖とは

- 「陸上養殖」は、陸上に人工的に創設した環境下で行う養殖方法



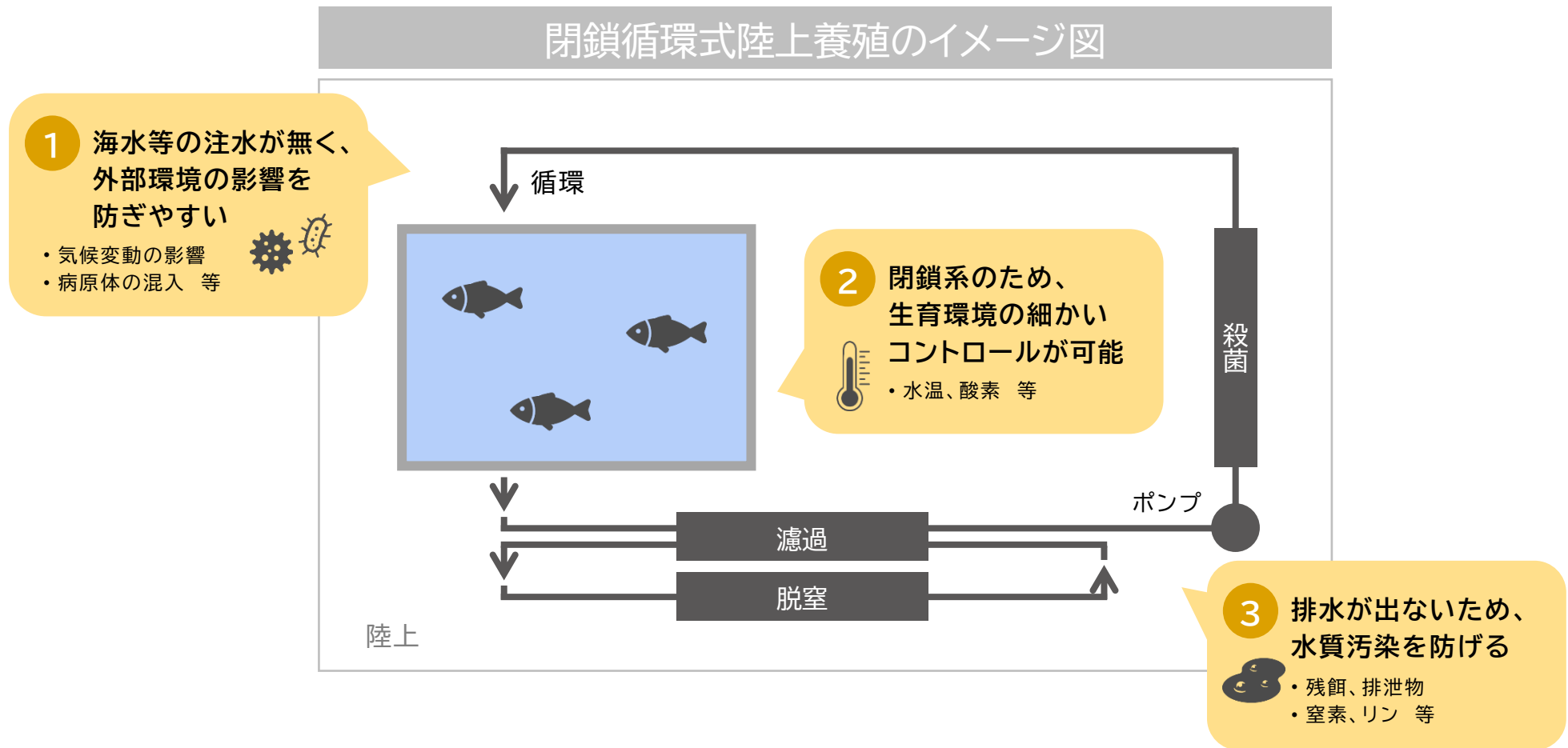
陸上養殖方式別の比較

- 陸上養殖の3方式のうち、最も環境負荷が低く、安定した生産性が見込まれる「閉鎖循環方式」に着目して検討



閉鎖循環式陸上養殖のメリット

- 閉鎖循環式陸上養殖は水の完全リサイクルであるため、①外部環境の影響を防ぎやすく、②生育環境のコントロールが可能であり、③水質汚染を防ぎながら安定した水産物生産が可能



閉鎖循環式陸上養殖の課題

- 社会実装に向けて、事業者の収益化、魚種の多様化、安全性の担保が課題となっている

	課題	内容
1	事業者の収益化	<ul style="list-style-type: none"> ■ 施設の建設・運営コストが高く、生産者の販売単価が安価のため、事業継続が困難 ■ 養殖魚の評価が低い(味・イメージ等) ■ 魚の成長にかかる時間が長く、短期での収益化が見込めない ■ 魚類由来餌料はタンパク質の変換効率が悪い(高コスト)
2	魚種数の増加	<ul style="list-style-type: none"> ■ 養殖可能な魚種が少ない ■ 完全養殖が困難
3	安全性の担保	<ul style="list-style-type: none"> ■ 安全性を担保する仕組みができていない(認証・検査等) ■ 食中毒発生時の回収責任等の事業リスクが高い ■ データや技術の見える化・活用ができていない

陸上養殖関連の重要技術・制度

- 社会実装上の課題解決策として、開発が求められる技術および必要となる制度・支援を検討・整理

課題		解決策(技術)	解決策(制度・支援)
1	事業者の収益化	<ul style="list-style-type: none"> Ⓐ 魚類を用いない高タンパク餌料開発 Ⓑ 未利用エネルギーを用いた加温・冷却技術 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 生産の収益化 (マニュアル整備、6次産業化、等) ■ 養殖物のイメージ向上に資する提言 ■ 施設のモジュール化・規格化
2	魚種数の増加	<ul style="list-style-type: none"> Ⓒ 魚種ごとの生態解明・種苗生産 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 養殖関連データのオープンソース化
3	安全性の担保	<ul style="list-style-type: none"> Ⓓ 画像解析、生育モニタリング、ロボティクス 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 認証・ライセンス制度の導入

技術開発動向 —A.魚類を用いない高タンパク餌料開発—

技術概要

- 植物性原料等を用いた、環境負荷が低い高タンパク餌料の生産

将来展望

- タンパク質の生産効率向上、餌料コスト削減
- 餌料残渣による水質汚染の低減

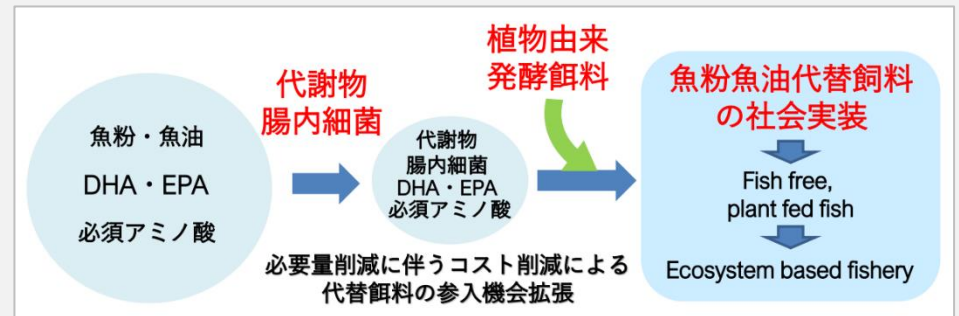
植物性餌料（東京海洋大学）



- 大豆やトウモロコシの油かすからとった植物性タンパク質に、タウリンやDHA等の栄養素を添加し、ペレット状に成型
- 複数魚種で、植物性飼料での育成に成功(ニジマス、コイ、マダイ、ブリ等)
- 水産庁と連携し、養殖業者に飼料を使ってもらう実証実験を実施
- マルハニチロとの産学連携でクロマグロへの応用も計画

出所:テクノロジストマガジン記事「肉食マグロのベジタリアン化に挑む、植物由来配合飼料の研究開発」, <https://www.criprof.com/magazine/2016/09/09/post-3237/>(2022/7/15取得)

魚粉魚油代替餌料（京都大学）



- 植物素材からEPA・DHA含有発酵餌料を生産
- 魚の代謝物と腸内細菌の活用により、DHA・EPAの必要量を削減
- 日本の醸造技術を活用した、固体発酵による必須脂肪酸・アミノ酸含有発酵物生産により、餌料生産の大幅なコスト削減を目指す

出所:「持続可能な次世代養殖システムの開発～サバを中心に～」シンポジウム資料, <https://www.fra.affrc.go.jp/cooperation/mackerel/2021/index.html>(2022/7/15取得)

技術開発動向 —B.未利用エネルギーを用いた加温・冷却技術—

技術概要

- 再生エネルギーや、温排水等の未利用エネルギーを活用した飼育水の加温・冷却

将来展望

- 利用電力の発電にかかるGHG排出の削減、ランニングコストの削減

原子力発電所の温排水活用（静岡県温水利用研究センター）



- 発電所の温排水を利用し、増養殖用種苗の量産、養殖技術の開発、親魚の養成を実施
- マダイ、ヒラメ、アワビ、クルマエビ、ノコギリガザミ、トラフグ、クエの種苗生産および技術開発を行っている

出所：中部電力「温排水で養殖漁業を支援」
https://www.chuden.co.jp/energy/nuclear/hamaoka/hama_chiiki/hama_kankyo/onhaisui/（2022/7/15取得）

木質バイオマス発電所の温排水活用（中部プラントサービス）



- 発電所の温排水を利用した閉鎖循環式陸上養殖により、ニジマスを生産
- 排ガス由来CO₂を活用して生産したユーグレナと、多気町の未利用資源を混合して飼料を生産し、養殖魚に給餌

出所：農林水産省「食の安全に関するセミナー資料（令和3年12月9日）」
<https://www.maff.go.jp/tokai/shohi/seikatsu/iken/seminar/attach/pdf/211209-4.pdf>（2022/7/15取得）

技術開発動向 —C.魚種ごとの生態解明・種苗生産—

技術概要

- 高級魚から大衆魚までの幅広い魚種の生態解明・種苗生産

将来展望

- 多種多様な魚種の高効率生産、収益化

18魚種の種苗生産（近畿大学）

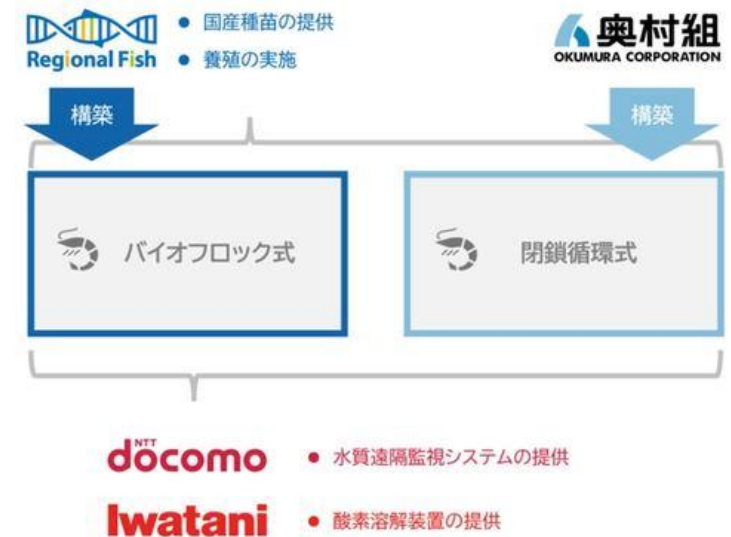
近畿大学が世界で初めて人工ふ化から種苗生産に成功した18魚種

年	魚種
1965	ヒラメ
1967	ヘダイ・イシダイ
1968	ブリ
1969	カンパチ
1970	イシガキダイ・キハダ
1972	ヒラマサ・マルソウダ・ヒラソウダ
1973	ハガツオ・イサキ・シマアジ
1975	シロギス
1979	クロマグロ
1988	クエ
1991	マイワシ
1999	マサバ

- ヒラメをはじめ18魚種で世界初の人工種苗生産に成功
- 希少種の大量生産を可能にし、安価な高級魚の流通を可能とした

出所：近畿大学「近大マグロから動植物の複合生産まで。次代の食料生産モデルを創造する。」, <https://www.nara.kindai.ac.jp/labo/research/001.html> (2022/7/15取得)

バナメイエビの種苗生産（リージョナルフィッシュ）



- バナメイエビの国産種苗を提供しており、世界で初めてバナメイエビのゲノム編集にも成功
- 他社と連携し、バナメイエビ養殖の生産性向上・パッケージ化を目指す

出所：NTTドコモ プレスリリース「バナメイエビの「スマート養殖」最適パッケージ化の実証試験を開始(2021/10/11)」, https://www.docomo.ne.jp/binary/pdf/info/news_release/topics_211011_00.pdf

技術開発動向 —D.画像解析、生育モニタリング、ロボティクス—

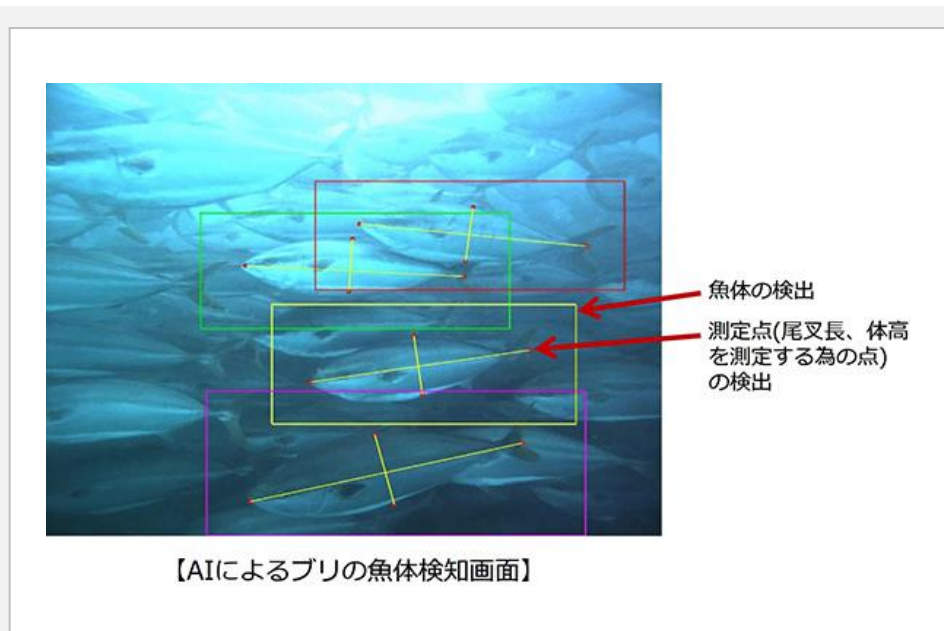
技術概要

- 画像解析等のIoT技術を活用した、生育環境の自動制御(水温・水質等)
- 適切な量・タイミングでの自動給餌・ワクチン投与

将来展望

- 管理の自動化、作業時間の削減
- 生育環境データの見える化

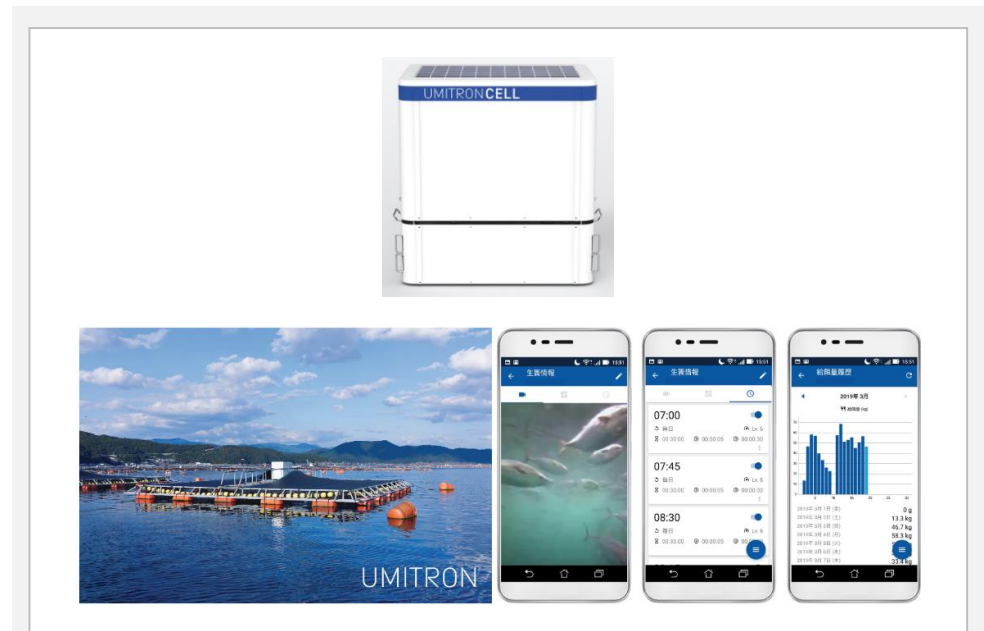
魚長・魚体重の自動測定 (ニッスイ・NEC)



- 水中カメラで撮影した魚群の映像から、AI技術により測定対象魚を検出し、自動的に魚長・魚体重を測定
- 給餌量・漁獲高の推定に必要な測定作業を機械化・自動化し、非接触・短時間での測定を実現

出所: NEC プレスリリース「ニッスイとNEC、AI・IoTを用いた先進的な養殖分野で共創(2018/4/24)」,
https://jpn.nec.com/press/201804/20180424_01.html

自動給餌機 (ウミトロン)



- カメラで魚の摂餌行動を撮影し、機械学習技術を活用して分析
- 食欲が減衰すると行動力が低下する魚の性質を利用し、給餌作業を自動的にコントロールすることで、過剰な給餌を削減

出所: ウミトロンHP, <https://umitron.com/>、ウミトロン プレスリリース,
<https://pr-ja.umitron.com/post/184857549674/renewedainan>
(2022/7/15取得)

日本において求められる技術開発・支援体制

- 産官学が連携し、技術・制度の両面から閉鎖式陸上養殖の社会実装を推し進めていく必要

陸上養殖の技術開発・支援体制イメージ図

