

新たな技術導入による次世代養殖 システム

中山 一郎

(国立研究開発法人 水産研究・教育機構 理事長)



2013年、和食はユネスコ「無形文化遺産」に登録

● 魚はおいしい和食の代表選手

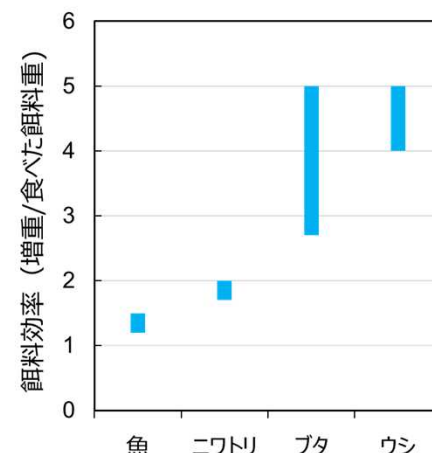
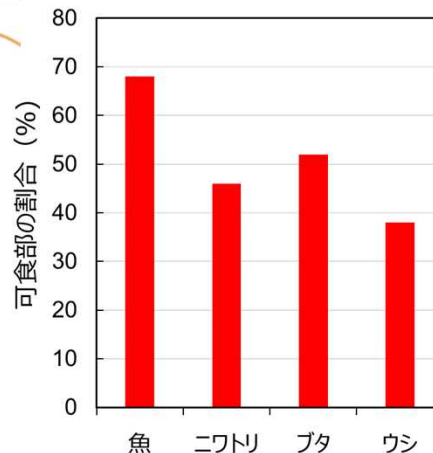
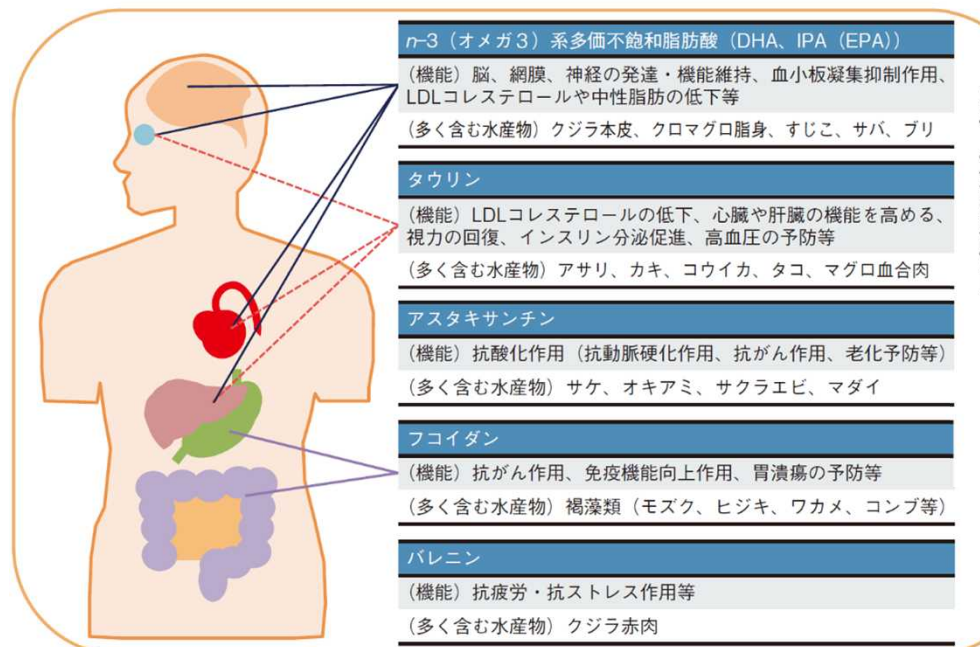
- ・ 低脂肪
- ・ 高たんぱく
- ・ 健康に良い



● 魚は無駄の少ない食品で肉類より生産は効率的



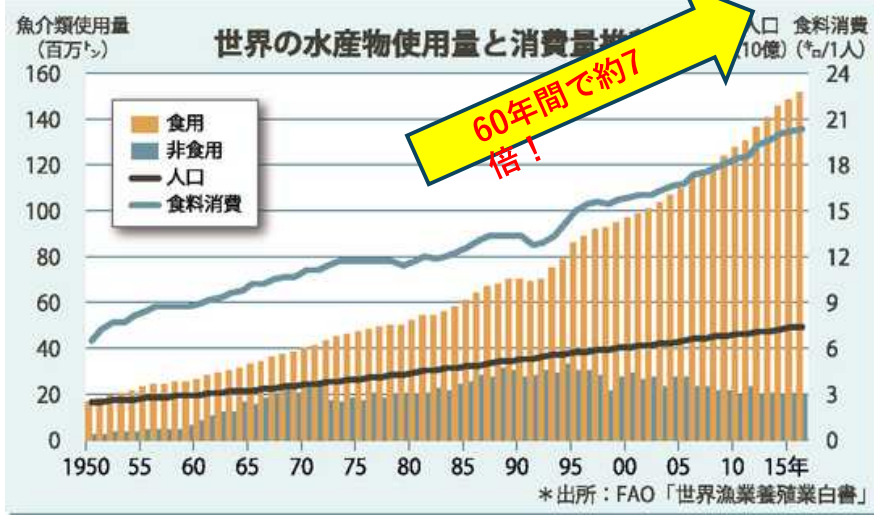
水産物に含まれる主な機能性成分



データ：SKRETTING Web ページから

世界では

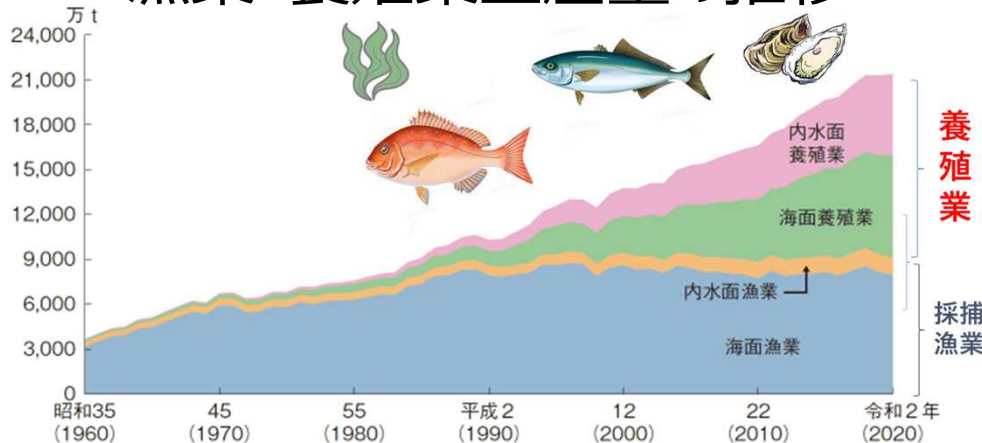
水産物消費



世界の水産物消費は急速に拡大!

出展 笹川平和財団

漁業・養殖業生産量の推移

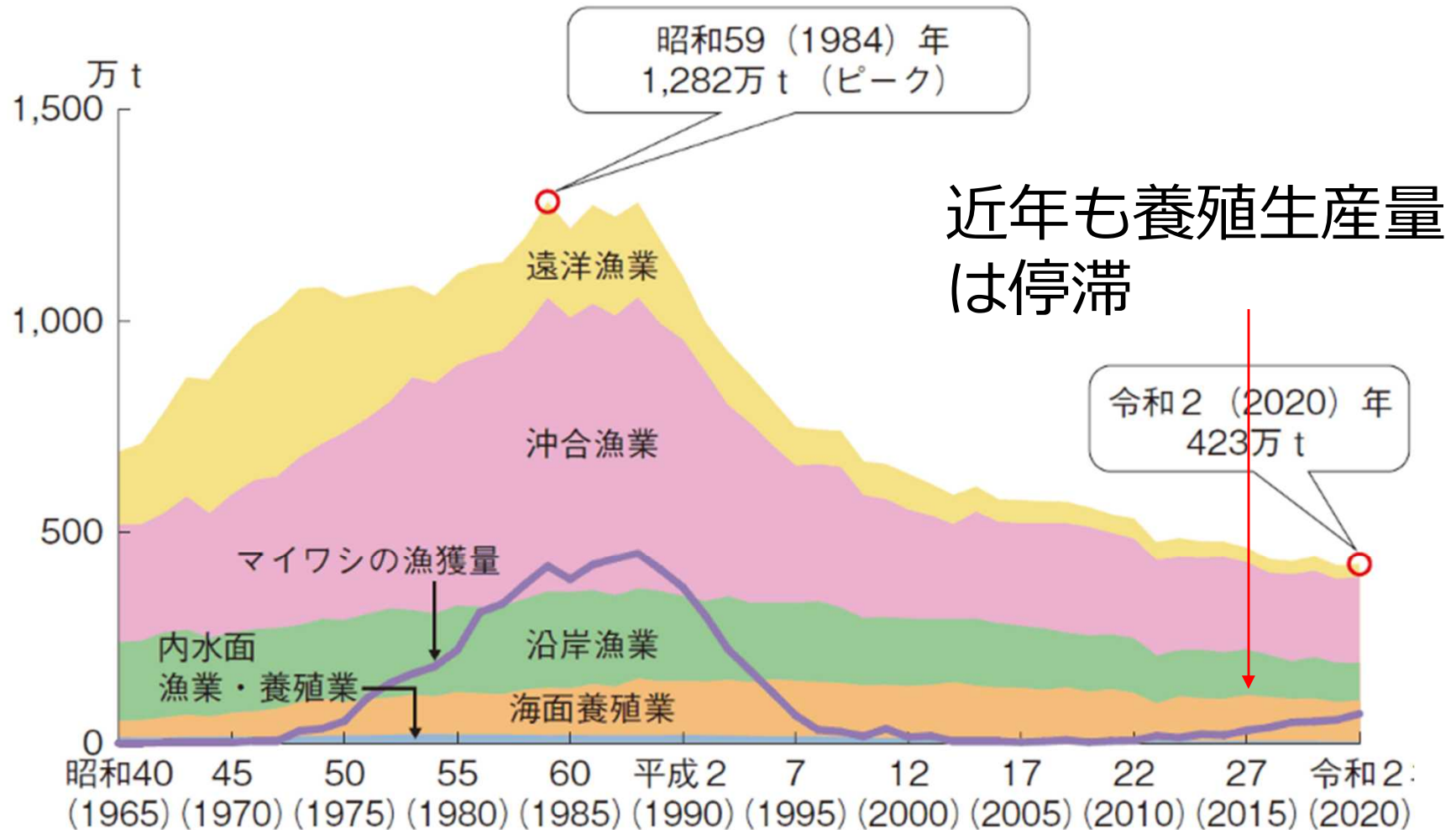


養殖業による水産物の生産量が漁業を上回る!

資料: FAO「Fishstat (Global capture production、Global aquaculture production)」(日本以外)及び農林水産省「漁業・養殖業生産統計」(日本)に基づき水産庁で作成

日本では

日本の漁業・養殖業の生産量の推移



停滞する日本の水産業の再興のために

- 年々減少するとは言え、水産物の需要は高い（金額で国内生産額と同等な水産物を輸入している）
- 漁獲漁業の生産は頭打ち。生産量の安定的増加には養殖に活路がある！



国の施策

- 養殖業成長産業化総合戦略
- みどりの食料システム戦略

養殖の振興のため具体的に何をやるべきか？

養殖の三要素に注目

• 餌の研究：代替タンパク質

基本は魚に魚（魚粉・魚油）を与えている

• 種の研究：育種

農業・畜産に比較して歴史が浅い

せいぜい数十年

• 場の研究：養殖システム

海外ではサケに特化した大規模システムが進展

モデル魚 サバ



塩サバ：加熱用



生サバ：刺身用

・日本の次世代型養殖のモデル

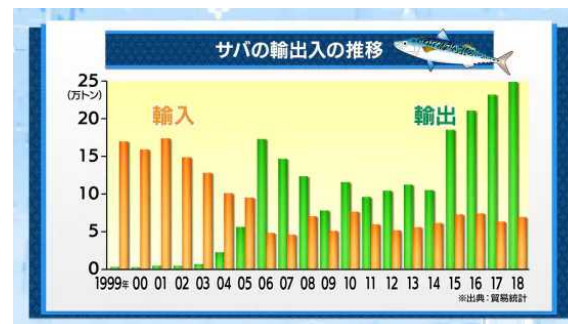
- ・戦略魚種の一つとして最適
- ・多獲性魚種の大規模養殖実績はない
- ・同種内で、品質の多様化が可能（ブランドサバ）

- ・サバ科：マサバ、ゴマサバ、大西洋サバ、スマ、サワラ、カツオ、マグロなど
- ・国内生産：サバ 40万トン漁獲 養殖約数10トン
（マグロは1.5万トン、人工種苗1,000トン）
- ・世界市場：世界中で食べられている 日本の漁獲の半分（25万トン）は輸出
- ・栄養素：高タンパク質、DHA・EPA、ビタミンB2・B6・B12・D等栄養豊富
- ・価格：1kg 数百円で取引されるものから、最高級は7,000円/kg以上（関サバ等）
- ・輸入量：ノルウエーから15万トン/年輸入



アフリカ等で大人気の日本産サバ缶詰

出典：geishabrand.com



日本からの輸出が伸びている



日立造船・弓ヶ浜水産の陸上養殖プラント

JST 未来社会創造事業 2021-2025年度

「将来の環境変化に対応する革新的な食料生産技術の創出」

日本型持続可能な次世代養殖システムの開発

POC 1

魚の成長・健康を向上できる植物資源由来の飼料を、既存の天然魚由来の飼料と同程度の機能・コストにて供給しうる技術を開発する

POC 2

高成長かつ健康な養殖魚を5年以下で育種し（従来法では数十年以上）その系統の保全と半永久保存法を開発する

小川G

（京都大学・理研・ニッスイ・ハナマルキ）

吉崎G

（東京海洋大学・東京大学・長崎総合水試）



POC 3

多様な環境、さまざまな魚種に適用できる養殖システムパッケージを設計する

北澤G・中山G

（東京大学生産研・水産研究・教育機構）

未来の水産養殖業

大規模な沖合洋上養殖

洋上風力発電
クリーンエネルギー



メガフロート養殖施設

最適環境を維持



多様性に富む沿岸養殖



地域の特性にあった
多様な系統
餌・環境

養殖できる魚から消費者が欲する魚の生産へ

消費者：美味しさ(味、脂ののり)、機能性、健康に良い

生産者：成長、増肉係数、耐病性、飼育のしやすさ、育成者の権利

低環境負荷：魚油・魚粉フリー、低排泄、逃亡対策(不妊化)

世界
市場

地方
創生

「餌」「育種」「場」をコアに
次世代養殖システムパッケージ



サバをモデル

企業と連携

水産企業、発酵企業
造船・エンジニアリング
情報通信系企業等

地域のブランド作り・差別化

漁業者・漁業協同組合
地方自治体
国研、公設試験場等

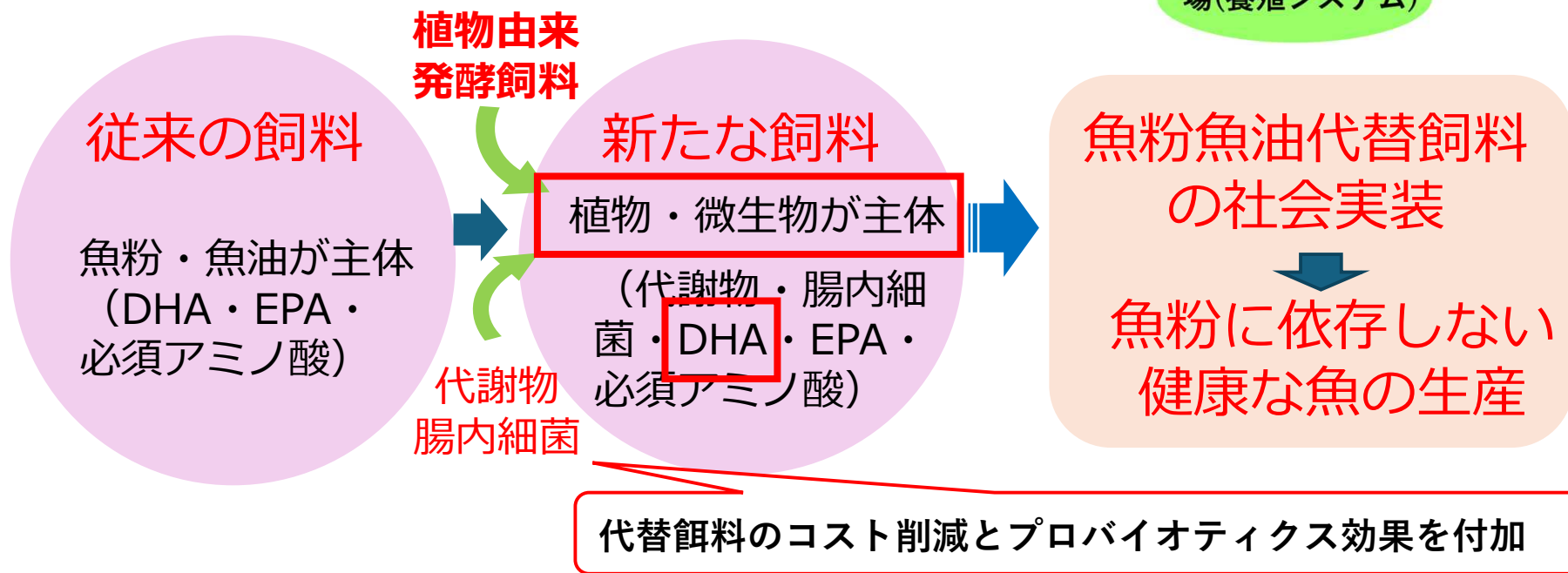
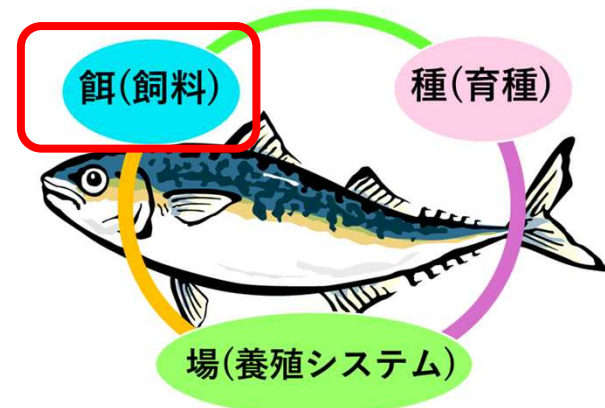


新産業創出

個別課題の実施内容と成果の一部（飼料関係）

POC 1

魚の成長・健康を向上できる植物資源由来の飼料を、既存の天然魚由来の飼料と同程度の機能・コストにて供給しうる技術を開発する

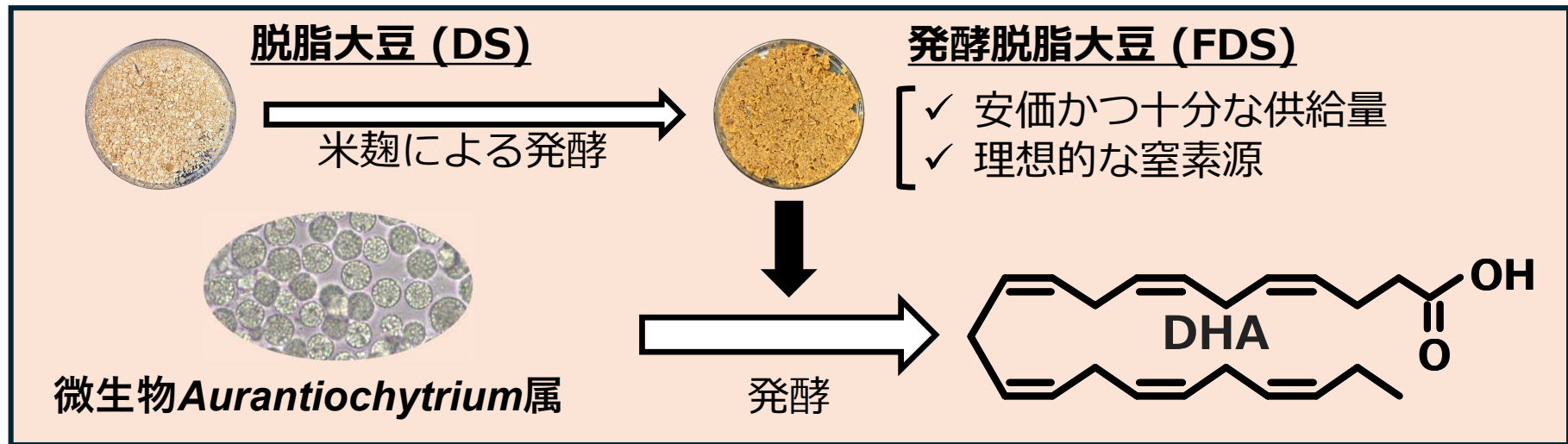


担当：小川研究グループ（GL：小川 順）

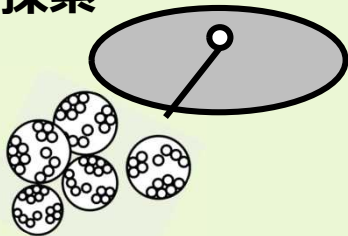
京都大学・(株)ニッスイ・理化学研究所（慶応大学）・ハナマルキ(株)

植物残渣と微生物を活用した魚油に依存しない 新規飼料成分の開発

発酵DHA生産



① DHA高生産菌の探索

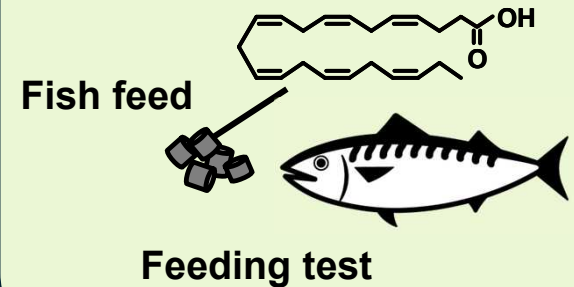


Aurantiochytrium sp.
Strain 6-2

② 各種条件検討

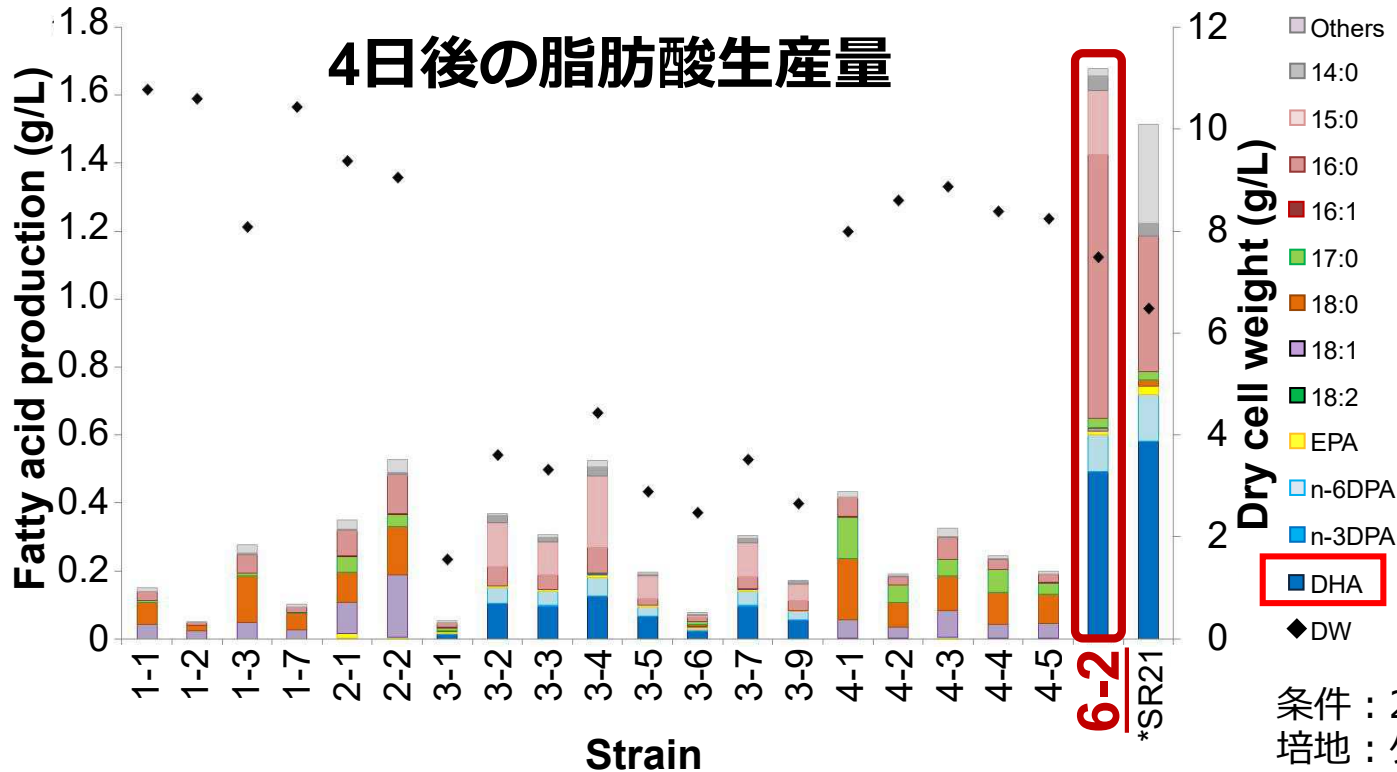


③ 発酵DHAの給餌試験



① DHA高生産微生物の単離およびスクリーニング

各微生物株（オーランチオキトリウム属）を培養し、生産物の脂肪酸分析による評価



オーランチオキトリウム - Wikipedia

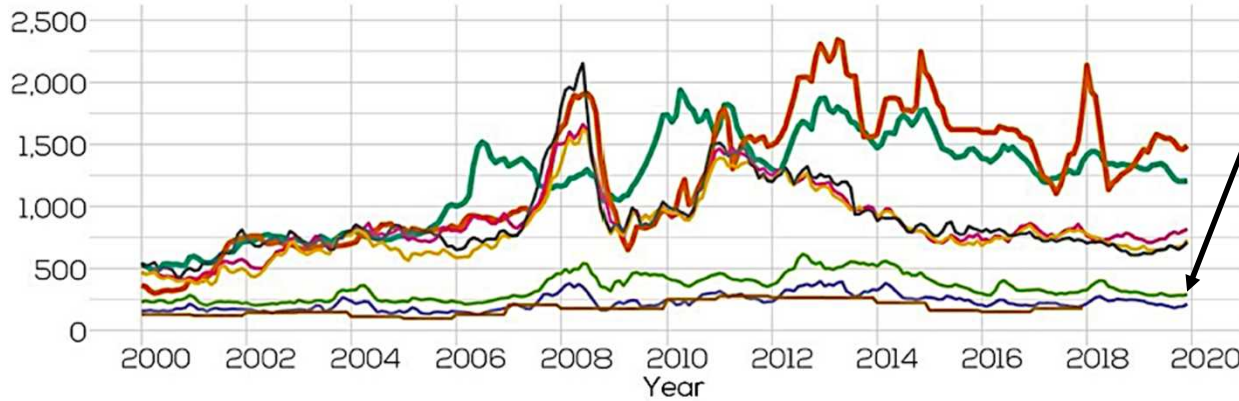
条件：28 °C, 振とう培養
培地：グルコース、イースト、塩分
※SR21は既存の脂肪酸生産株

既存の株よりも多く油脂を生産し、活発に生育する有望株
(6-2株) を単離

② 各種条件検討—発酵脱脂大豆の有効性

■ 脱脂大豆 (DS)-世界の価格の推移

Global price (US dollar/tonne)



DS

- 比較的安価な生産コスト
- 十分な供給量
- 持続可能な植物資源

(Naylor et al., 2021)

■ 発酵脱脂大豆 (FDS)



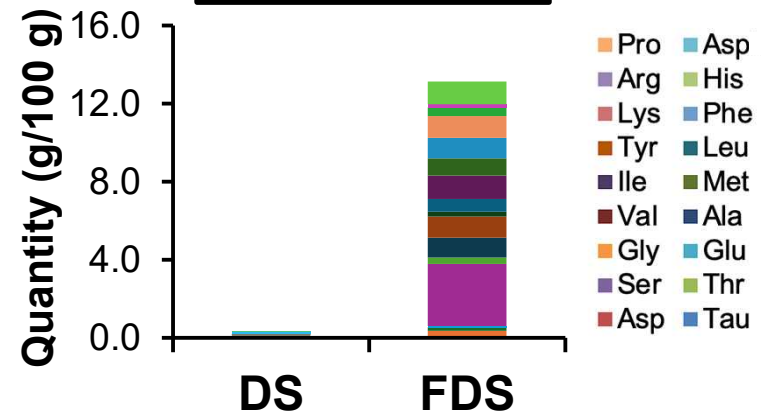
DS

40 °C, 7 days
米麴による発酵



FDS

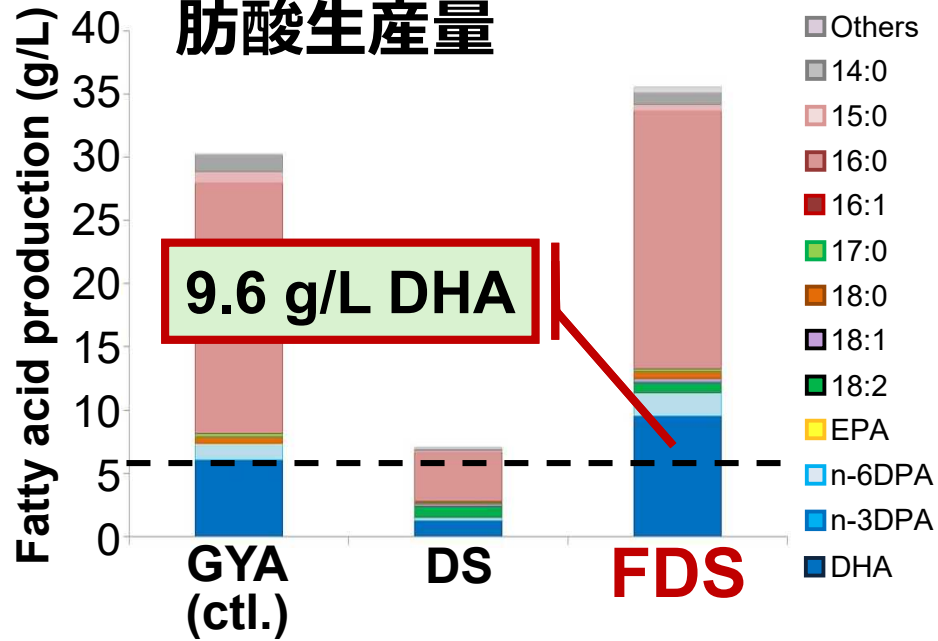
遊離アミノ酸量



脱脂大豆は安価。発酵により遊離アミノ酸量が大きく向上

②各種条件検討ーFDS培地でのオーランチオキトリウム 6-2株 による効率的DHA生産

6-2株による4日間の脂 肪酸生産量

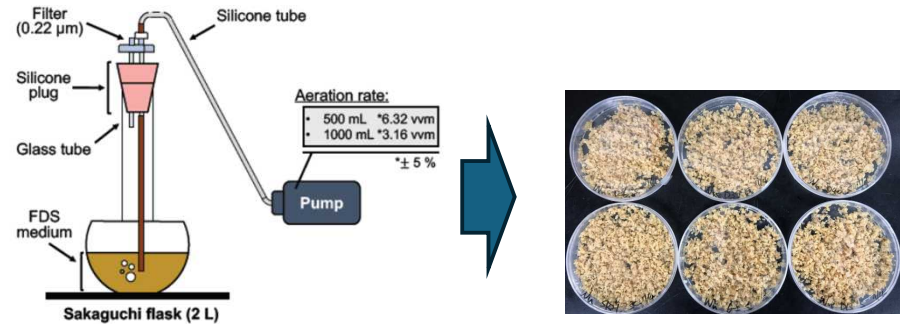


条件：28 °C, 振とう培養

DS/FDS培地：DSまたはFDS、グルコース、無機塩

GYA培地：グルコース、イースト、塩分

発酵条件の検討・安価な炭素 源の活用



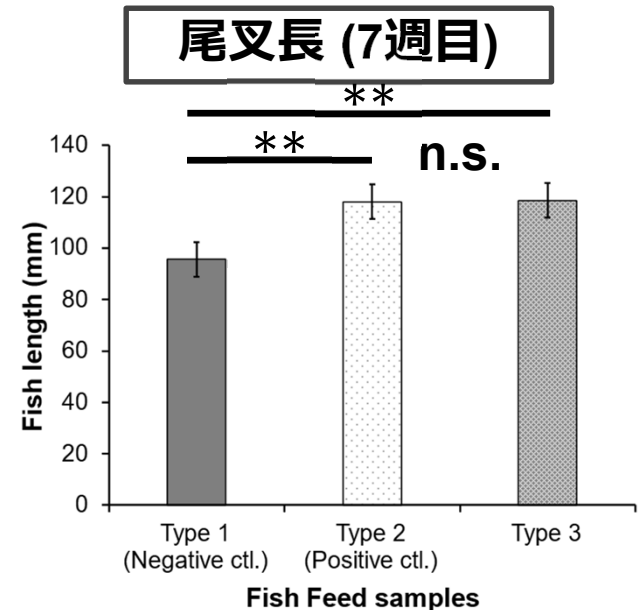
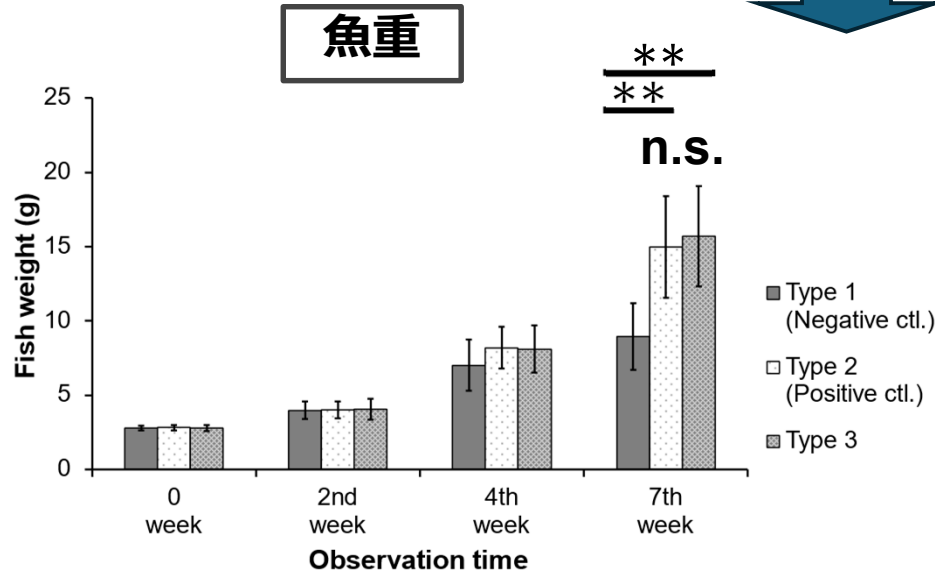
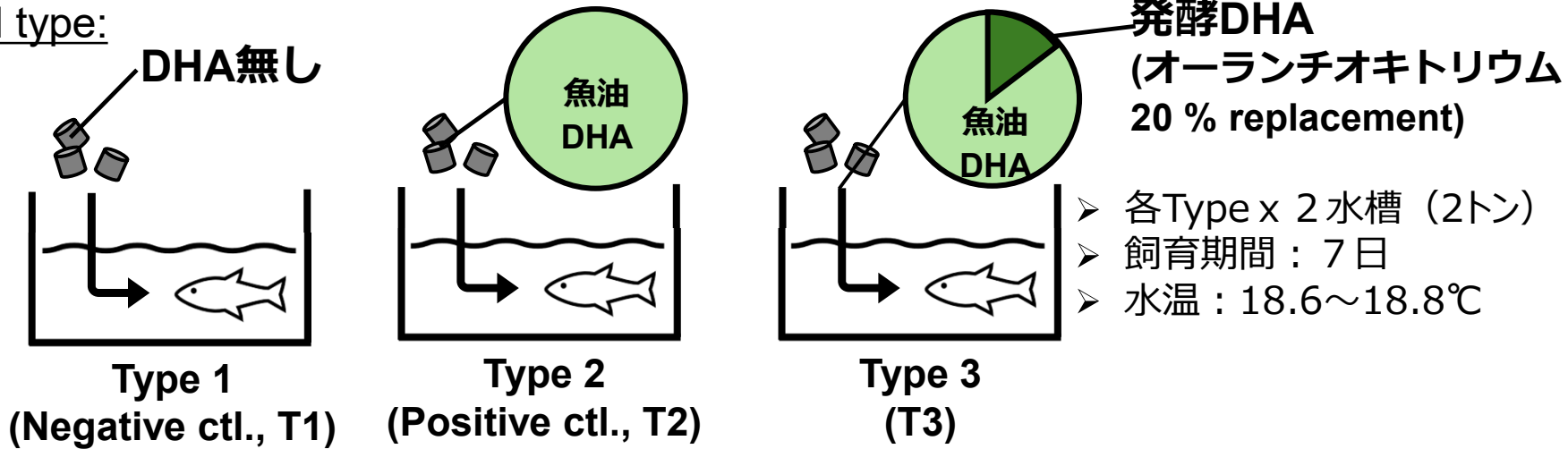
液体発酵→固体発酵

グルコース→デンプン+納豆菌

- FDSはオーランチオキトリウム6-2株にとって優れた窒素源となる
- 発酵条件改良や納豆菌と安価な炭素源利用によるDHA生産効率UP
- DHA20%を含む発酵脂肪酸生産を達成

③発酵DHAの給餌試験 (マサバを対象)

Feed type:

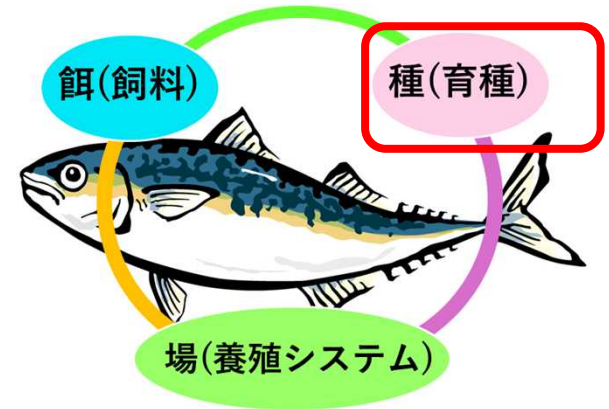


飼料中に含まれる20%分の魚油を微生物油脂で代替することに成功

個別課題の実施内容と成果の一部（育種関係）

POC 2

高成長かつ健康な養殖魚を5年以下で育種し（従来法では数十年以上）その系統の保全と半永久保存法を開発する



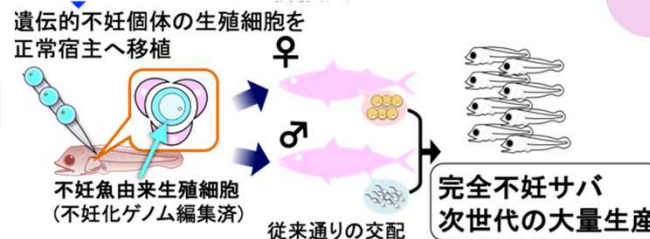
高成長・健康な養殖魚を5年以下で育種

- ・短期間成熟技術開発
- ・高成長系統作出のための始祖集団作成
- ・ゲノミックセレクションによる高成長家系の選抜



系統の保全

- ・不妊化技術の確立



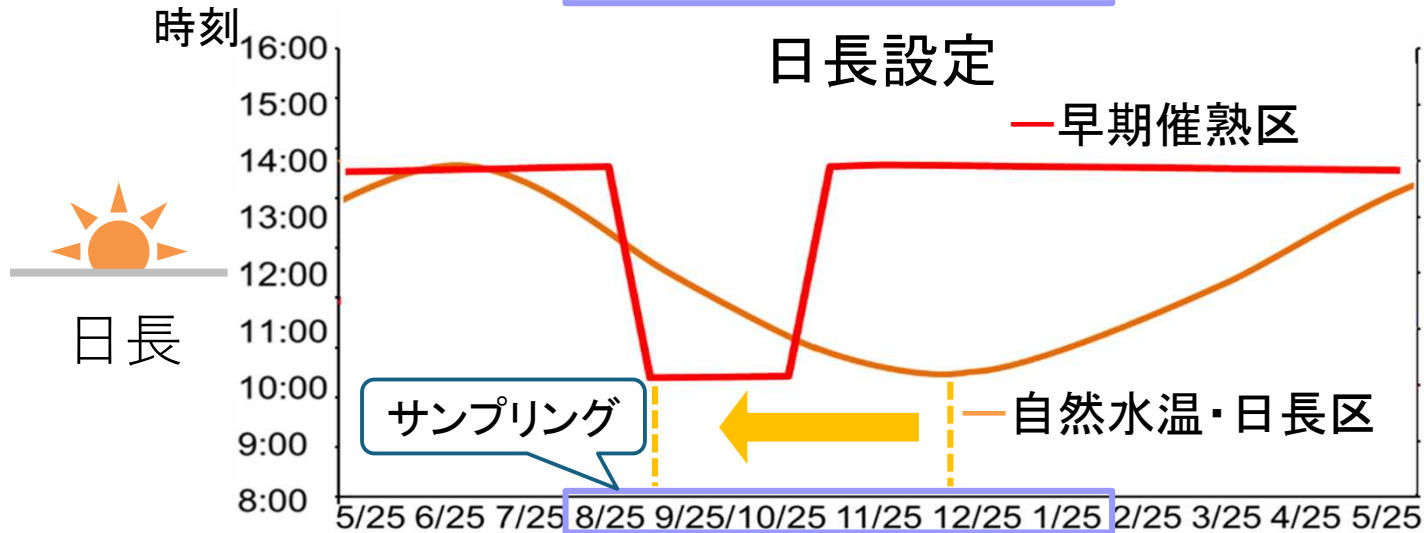
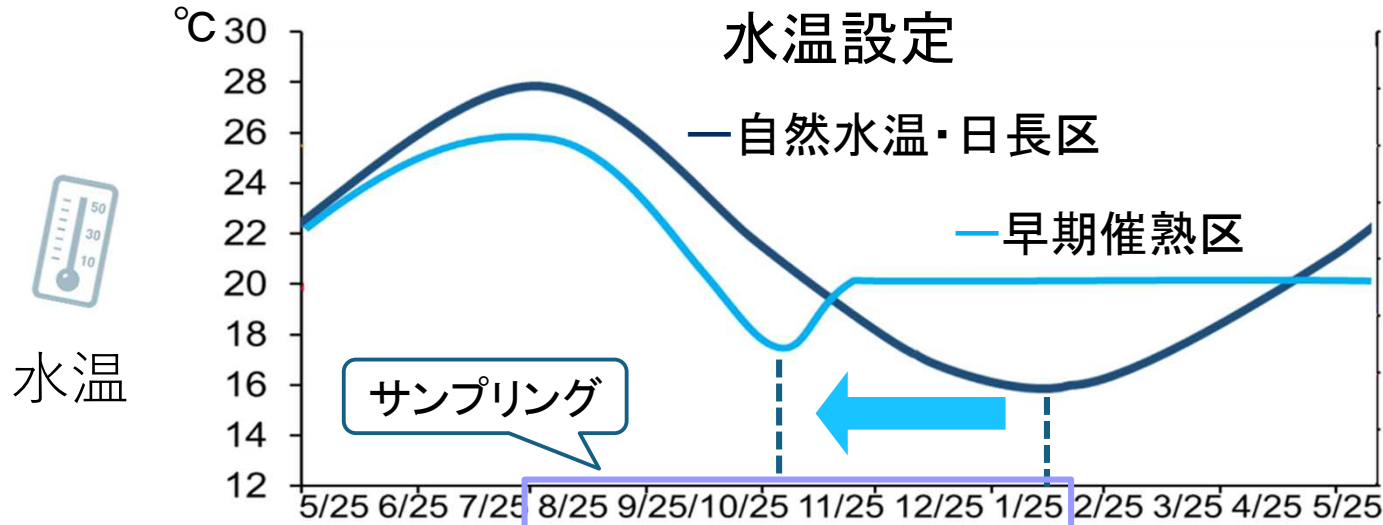
半永久保存法を開発

- ・生殖細胞のガラス化保存を検討



担当：吉崎研究グループ（GL：吉崎 悟朗）
東京海洋大学・東京大学・長崎県水産総合試験場

短期間成熟技術開発：ゼロ歳(0歳)魚成熟誘導

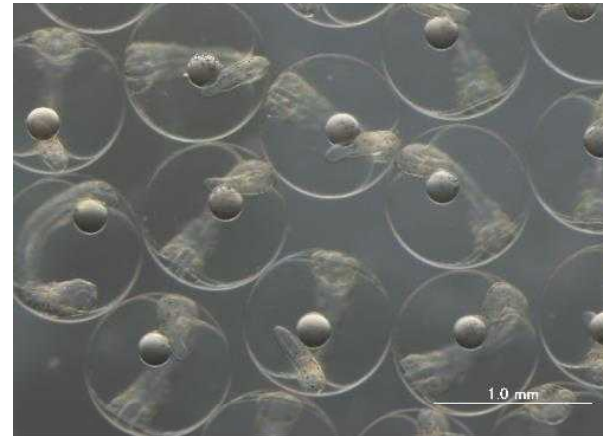


1年の環境サイクルを短縮することで催熟を早める

短期間成熟技術開発：ゼロ歳(0歳)魚成熟誘導



8ヶ月齢の親魚



8ヵ月齢から得た卵



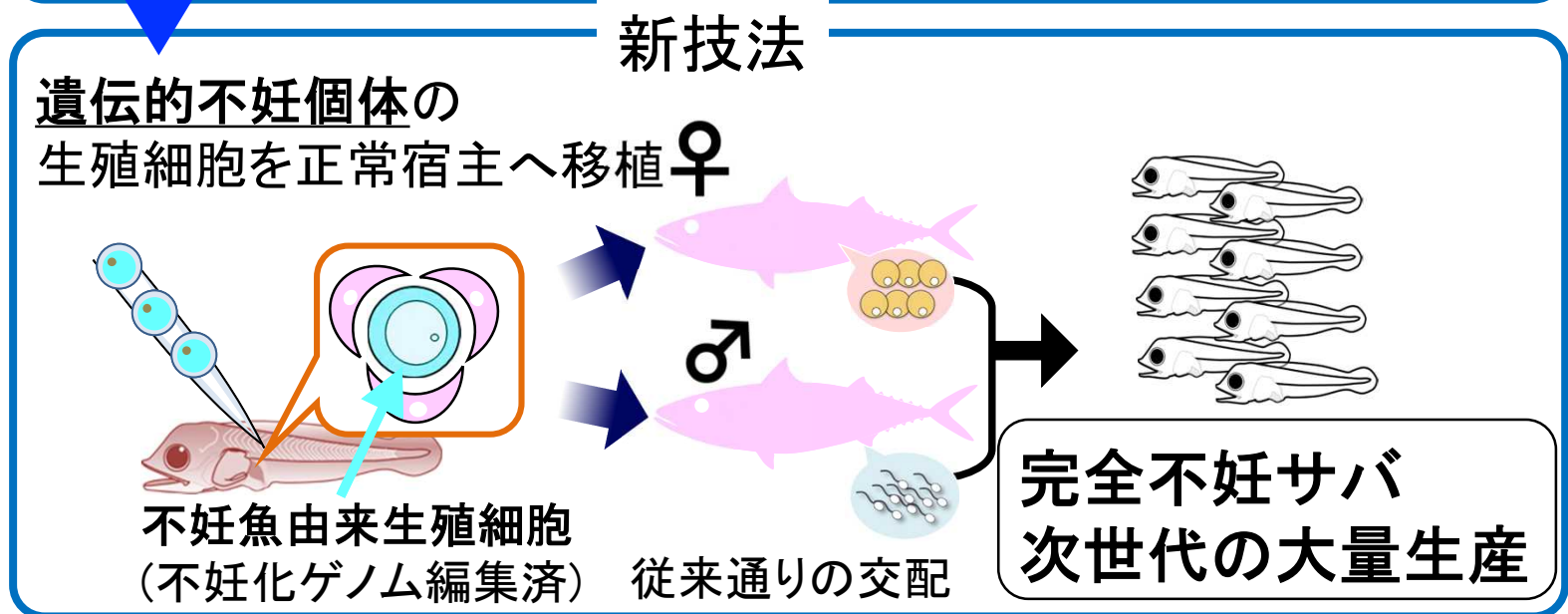
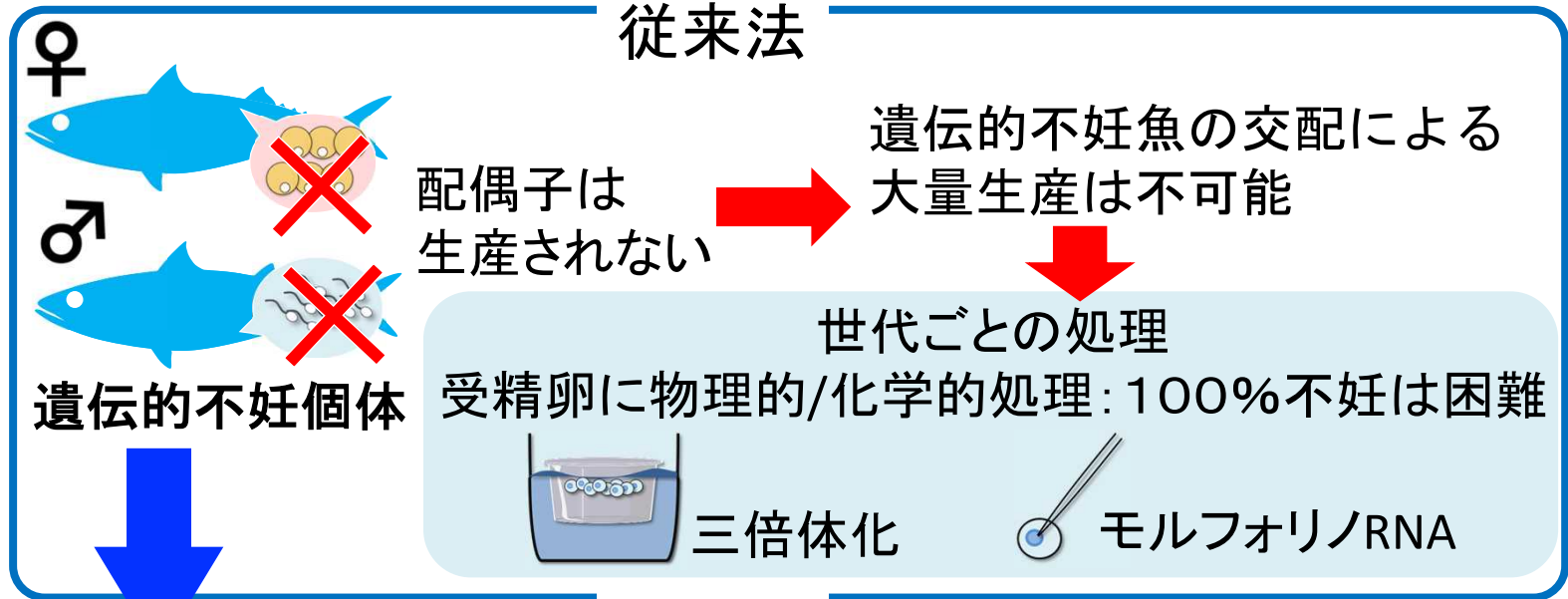
8ヵ月齢から得た孵化仔魚



現在4ヶ月齢

8ヶ月齢の親魚から次世代を生産!!

不妊化技術の開発：不妊サバの次世代大量生産技術



不妊化技術の開発：不妊サバの次世代大量生産技術

野生型個体



遺伝的不妊個体



卵巣



(13ヶ月齢)

遺伝的不妊魚の交配による
大量生産は不可能



従来の処理

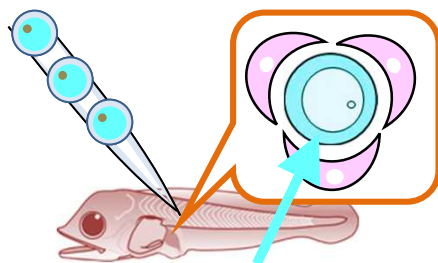
的処理：100%不妊は困難



モルフォリノRNA

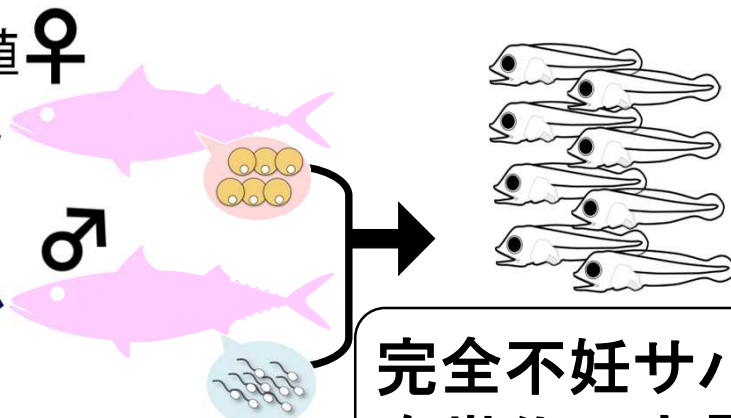
新技法

遺伝的不妊個体の
生殖細胞を正常宿主へ移植 ♀



不妊魚由来生殖細胞
(不妊化ゲノム編集済)

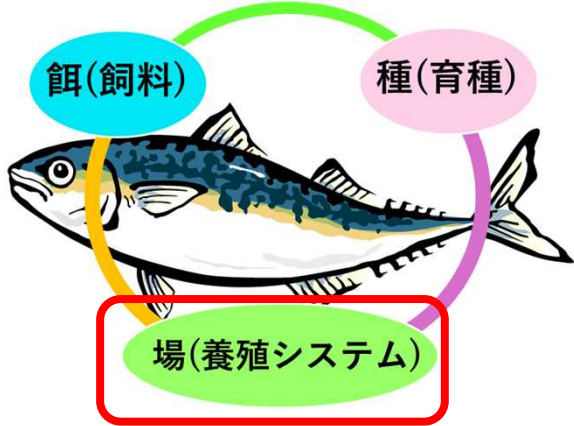
従来通りの交配



完全不妊サバ
次世代の大量生産

個別課題の実施内容と成果の一部（養殖システム関係）

POC 3
多様な環境、さまざまな魚種に適用できる養殖システムパッケージを設計する



サバ類をモデルとした最適養殖施設設計

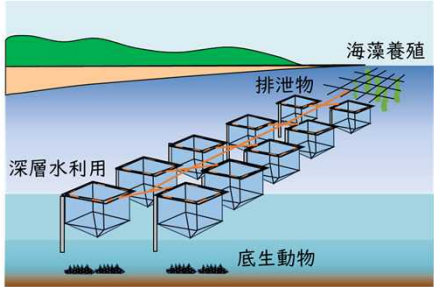
- ・ 最適な養殖システムを構築
- ・ システム側からみた望ましい餌、育種についてのフィードバック

- ・ 養殖システム研究会の活動を通じた情報収集とパッケージ化された養殖システムの現場実装の後押し

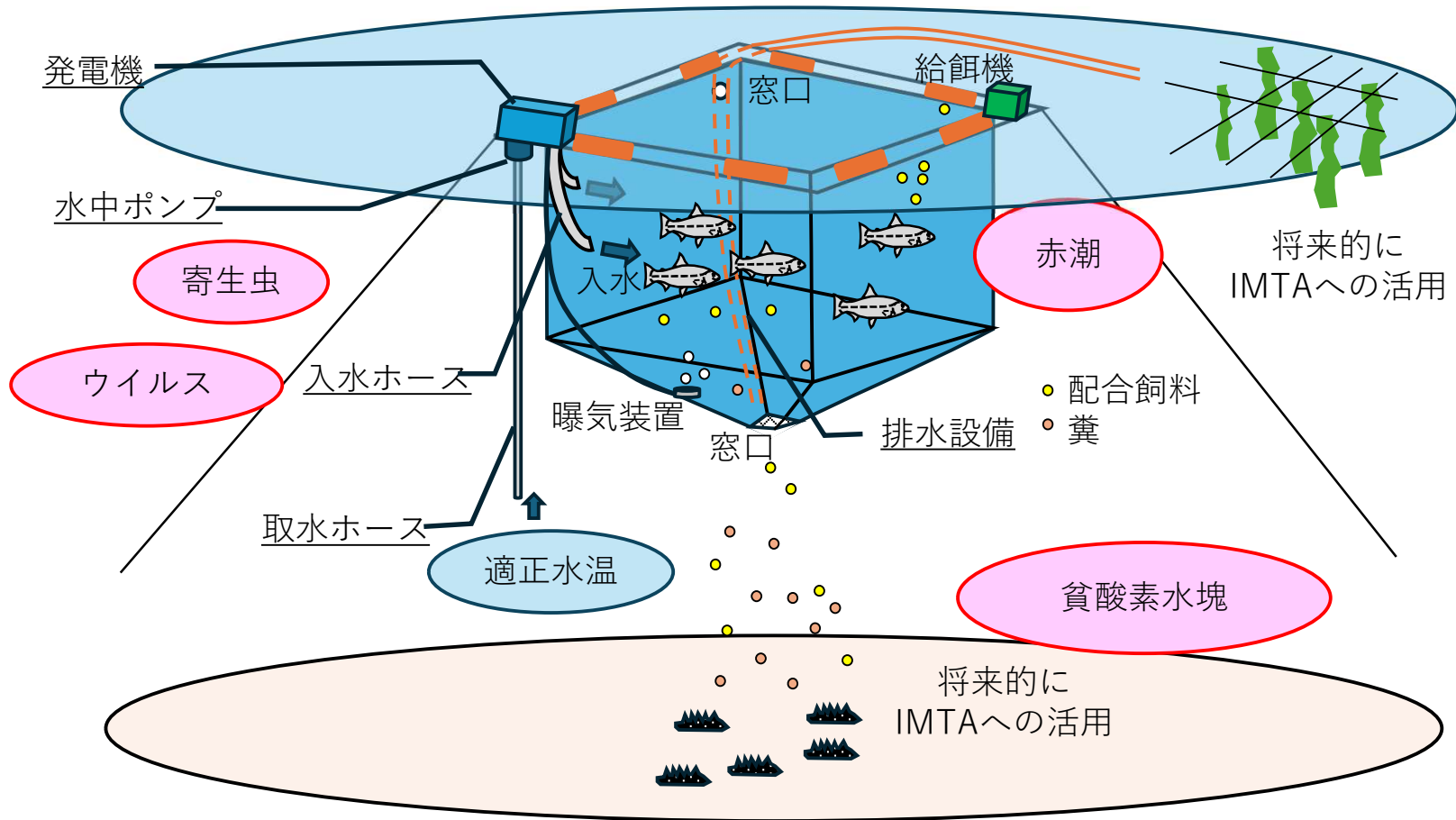
多様な環境、魚種に応用可能な養殖システムパッケージ構築

- ・ 洋上風力発電施設との連携を含めた沖合養殖システム
- ・ 複合養殖も視野に入れた、**半閉鎖閉鎖式養殖システム**

担当：北澤研究グループ（GL：北澤大輔）
東京大学生産技術研究所・水産研究・教育機構



海面半閉鎖循環式養殖システム



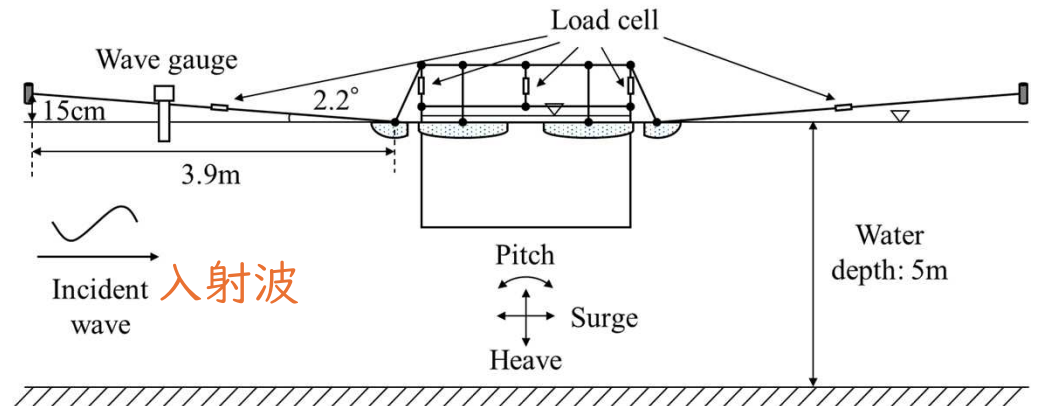
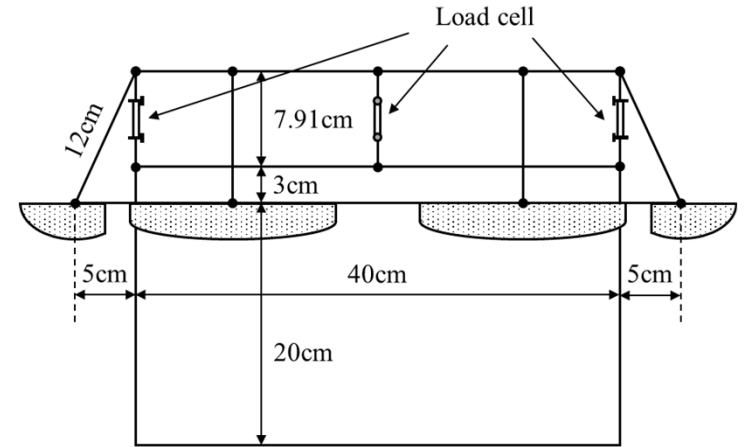
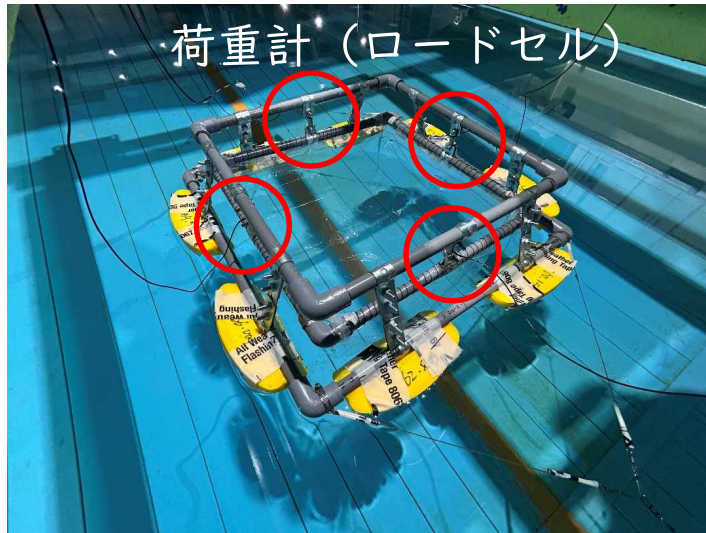
海水を通しにくい素材（キャンバスシート等）で製作した生簀を海面に設置し、海水を採取して生簀内部で循環させ、循環した海水を魚の排泄物とともに外部に放出する

海面半閉鎖循環式養殖システム

詳細設計のための検討【生簀杵とシート間の荷重測定】

新たに生簀杵を作成し、最も強い荷重がかかると思われる生簀杵とシート間の荷重を計測した。

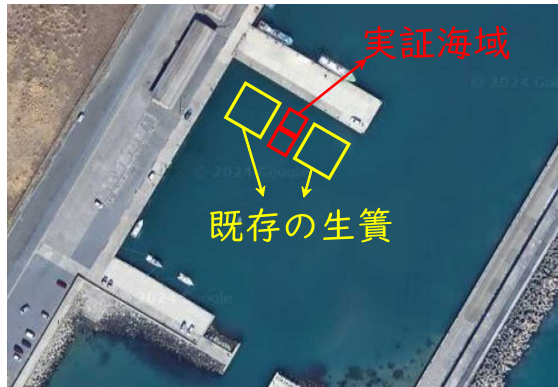
- 形状：角型
- 縮尺：1/25（一辺10mの生簀を想定）



海面半閉鎖循環式養殖システム

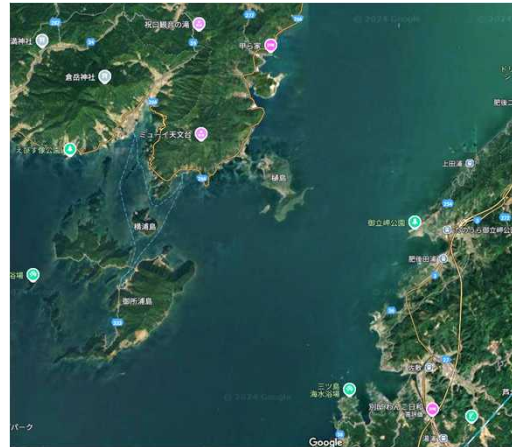
実海域実証試験の準備: 多様な海域での適用に向けて

茨城県那珂湊漁港



港湾内でのサバ養殖

熊本県那八代海中央部



赤潮対策としての
の適用

北海道 道東地区



港湾内での湧水を利用したサーモン養殖

日本型持続可能な次世代養殖システムの開発

最終段階で想定する3グループの技術の統合のイメージ

