



次世代の食糧安全保障のための 養殖技術研究開発

前東京海洋大学長
(現トキワ松学園 理事長)

岡本信明

どのような思いで研究に取り組ん

だか、何故にタイ国なのか、その

思い

世界の人口増加と東南アジアの養殖食糧庫

- ・1980年代の養殖生産量はわずか730万トン程度
2006年には養殖生産量は6,670万トン（約8兆円産業）
に成長。養殖産業への期待は高まっている
- ・人口増加に伴い、2050年までに8000万トンの水産物の
増産が必要（国際食糧農業機構(FAO)）
- ・東南アジアは養殖魚介類の世界的生産地。養殖基盤
があるこの地域での養殖による増産は、地球規模での食
糧安全保障の観点から重要。タイはその中心

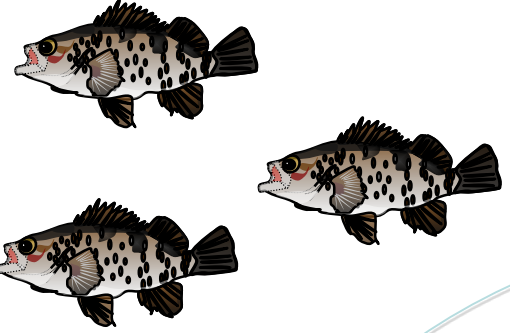
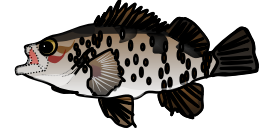
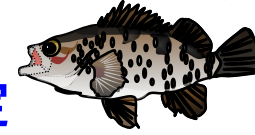
タイ養殖業の空洞化阻止と高付加価値の魚介類の産業化

- タイ社会の高度化、生産者(養魚家)の収入保障がないと廃業
- 養殖技術を含む産業基盤の消失、生産拠点の空洞化
- 結果として、水産物の世界的増産に赤信号点灯
- 高付加価値の魚介類の産業化で空洞化阻止
- 新産業化に必要な要素選択(セット)と応用技術開発
- セットの概念に基づく、技術開発と人材育成が産業化を保証し、社会実装を実現

相手がタイ国である理由

- ・ タイ国は魚介類養殖の増産と産業活性化を強く要望
- ・ 付加価値の高い、次世代型養殖の構築に必要な応用技術(いわゆる「死の谷」を超える技術)を共同で開発できる科学技術レベルにある、東南アジアで唯一の相手国
- ・ 日本はタイ国に対し、JSPS事業などを通じて本プロジェクトで必要とされる科学技術と人材の育成を図ってきた経緯があり、タイ国は十分な実力がある
- ・ 日本で学位を取得した研究者が多数おり、共同研究を実施しやすい環境がある。東京水産大学時代を含めた東京海洋大学だけで60名以上

生産者の生産意欲向上が期待される新しい魚介類(ハタ、スズキ、クルマエビ類)
産業化への応用技術(死の谷を越える技術)が必要
各技術開発の成果の相乗効果で生産性・経済性の安定



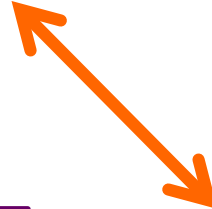
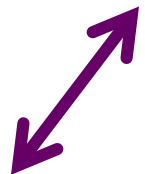
高成長、耐病性、成熟等の有用形質を見分けることが重要
↓
DNAマーカーが分子育種を可能にする

育種のためには世代時間の短縮が重要
遺伝子資源の保存も必要
↓
借り腹技術により問題克服

餌としての魚粉への依存は生態系破壊に繋がる
↓
代替動物性タンパク質飼料が問題克服

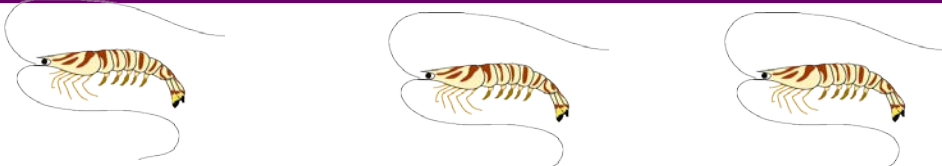
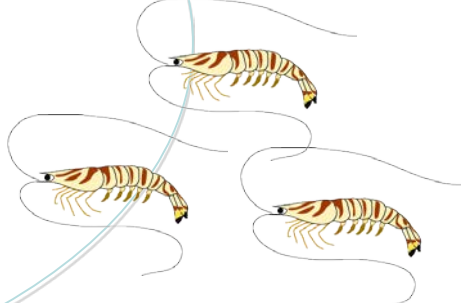


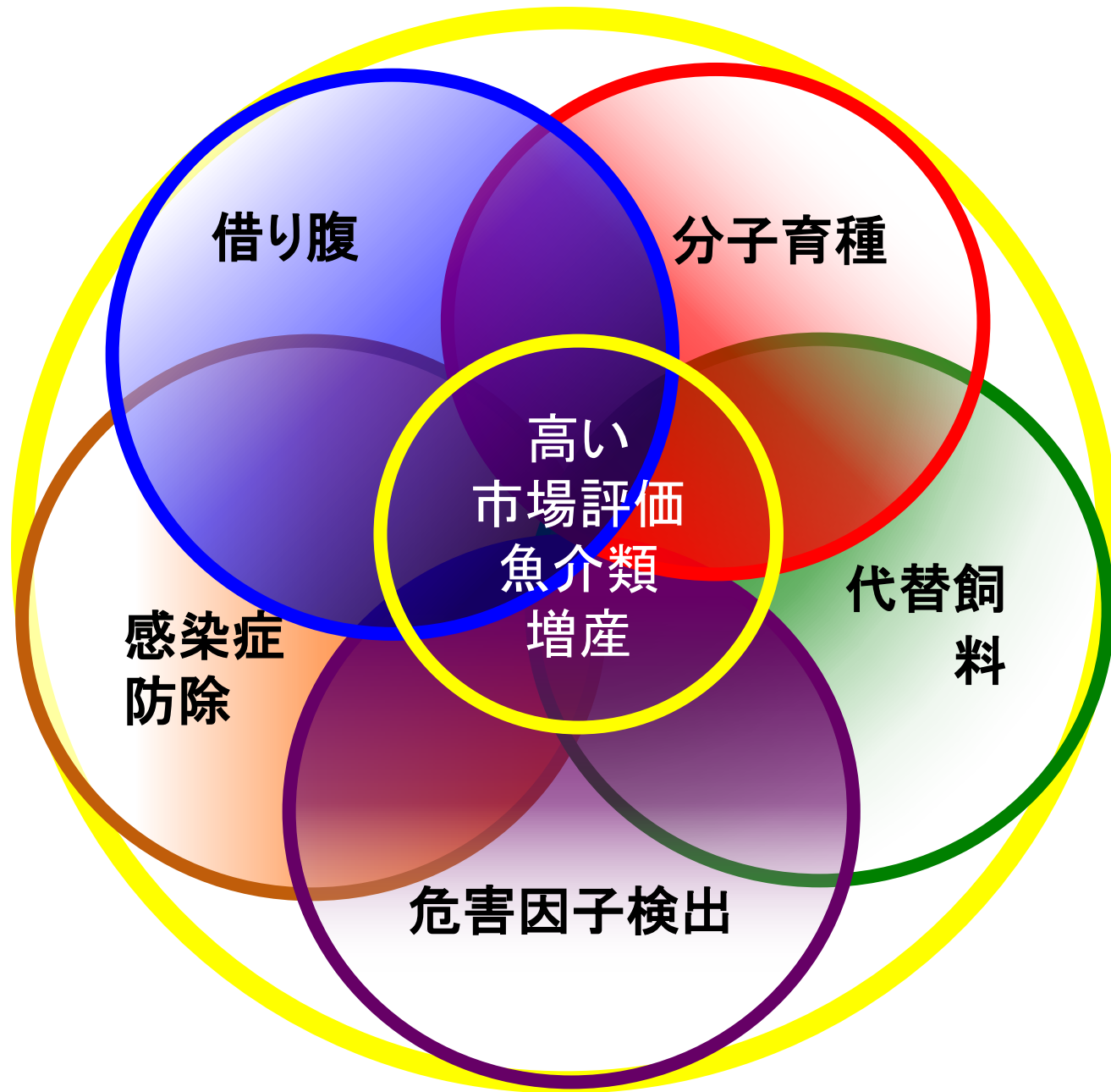
市場から高い評価を受ける魚介類の増産



食品として安全性の確保は不可欠
↓
安価に実施出来る危害因子検出技術により可能

種々の感染症が存在する
診断法、免疫・生体防御の研究が重要
↓
ワクチンにより問題克服が可能





タイ国は魚介類養殖技術の向上による新たな食糧の増産と産業の活性化を強く要望。産業化には許認可が伴うので主な相手にタイ国水産庁を選ぶ

カセサート大学水産学部

- ・魚介類の免疫・生体防御機構に関する研究
- ・病原微生物のワクチン抗原の探索
- ・危害因子検出法の開発と検証試験

タイ国農務省水産部(水産庁)

- ・分子育種マーカーの開発研究と魚介類の飼育と家系の作出
- ・借り腹技術を利用した育種技術基盤の構築
- ・感染症診断技術開発
- ・魚粉に替わる代替動物性タンパク質飼料の開発研究と給餌試験

チュラロンコン大学理学部

- ・エビの免疫・生体防御機構に関する研究
- ### ワライラック大学農業工学研究所
- ・エビ類の家系の作出
- ### スラナリー工科大学
- 借り腹技術を利用した育種技術基盤の構築

養殖研究所生産技術部 育種研究グループ

- ・DNAマーカーの開発と遺伝地図の作製

東京海洋大学(総括)

- ・分子育種の基盤となるマーカーの開発研究
- ・借り腹技術を利用した育種技術基盤の構築
- ・感染症防御に関する研究
- ・魚粉に替わる代替動物性タンパク質飼料の開発
- ・科学的根拠に基づく危害因子の検出技術開発

国際農林水産業センター水産領域

- ・危害因子の検出技術の実証試験

研究成果と研究の概要

充実した研究成果と産業化必要要素(セット)の
一括取組みによる社会実装モデル

(1)原著論文発表

①原著論文(相手国側研究チームとの共著) 27編

②原著論文(上記①以外) 54編

③その他の著作物(上記③以外) 1

(2)学会発表

①学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

招待講演 3

口頭発表 11

ポスター発表 10

②学会発表(上記①以外)

招待講演 37

口頭発表 26

ポスター発表 33

(3) 特許出願 1

(4) 受賞等

① 受賞 4

② マスコミ(新聞・TV等)報道 27

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等 28

② 合同調整委員会(JCC)開催記録 5

投入実績

(1) 相手国への投入実績等

- ① JICA予算による在外研究員(専門家)派遣実績 **124**回
- ② JICA予算による招へい外国人研究員(研修員)受入れ実績 **68**回
- ③ JICA予算による供与機材実績 **82**件
- ④ JICA在外事業強化費実績 **22,337,235**バーツ (約7,000万円)

(2) 日本側の投入実績等

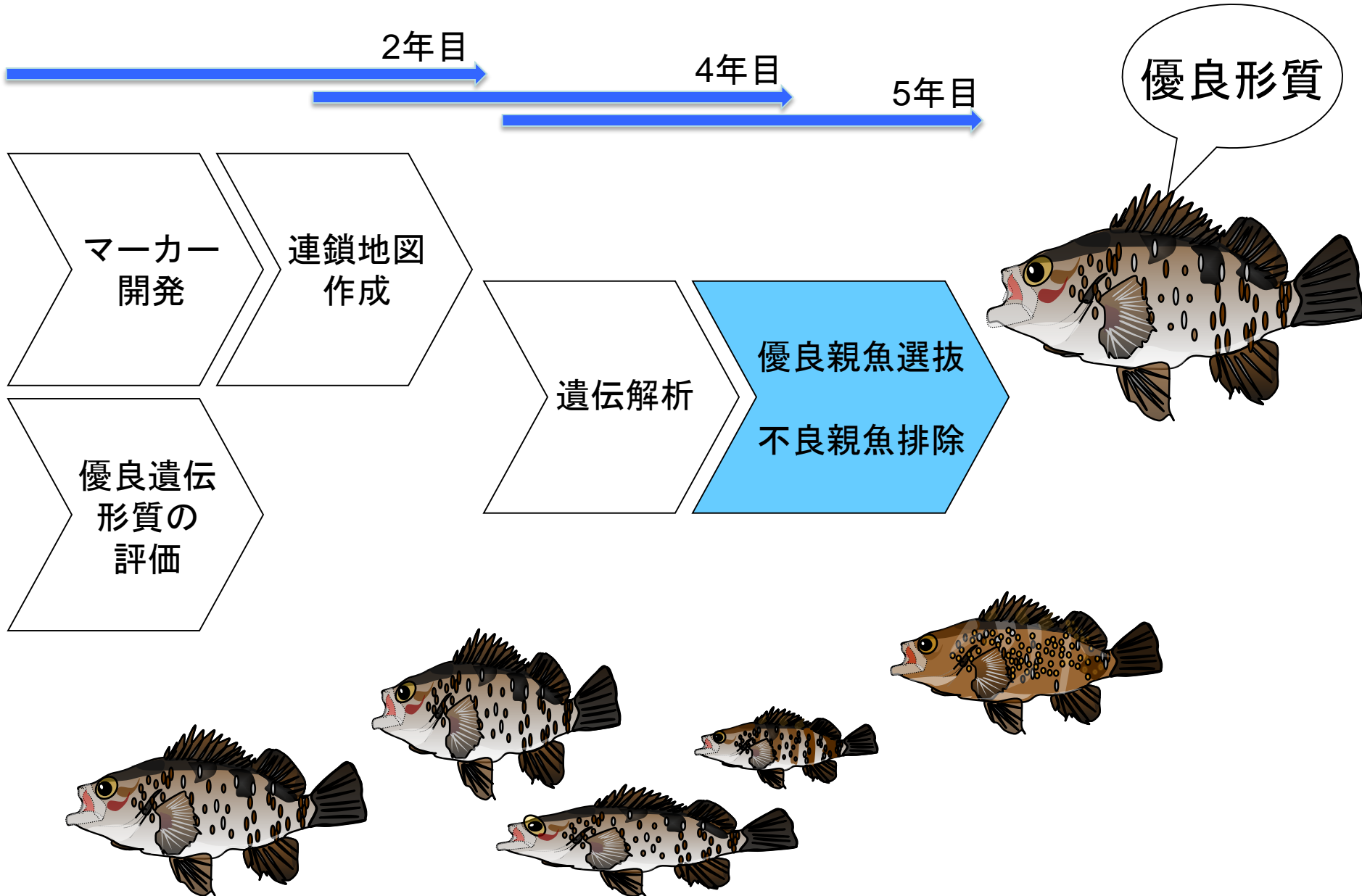
- ① JST予算による有期付研究員雇用実績 (ポスドク・研究員・学生等の雇用) **6**名

(3) 相手国側研究機関等による投入実績等

- ① 機材実績 **14**件
- ② 活動経費実績 **52,253,565**バーツ (約1億9,000万円)

1: 分子育種のためのDNAマーカー (バイオマーカーを含む)の開発

分子育種基盤技術の開発とその技術移転



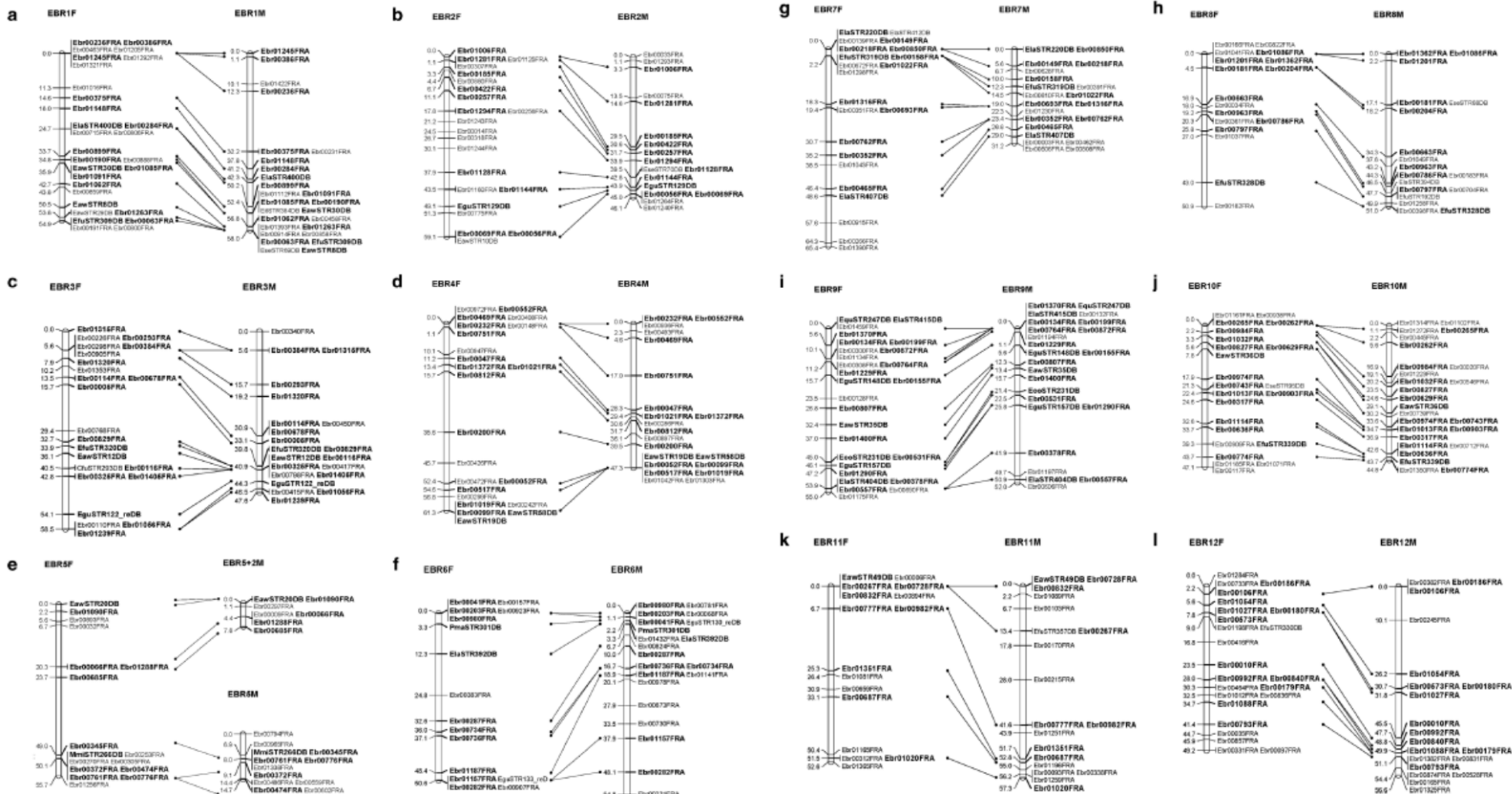
研究の達成状況

- 連鎖地図の作成

ハタ類(クエ)で世界初となる連鎖地図を作成

アカマダラハタおよびタマカイxアカハダラハダ雑種F1においても連鎖地図を作成

ク工連鎖地図



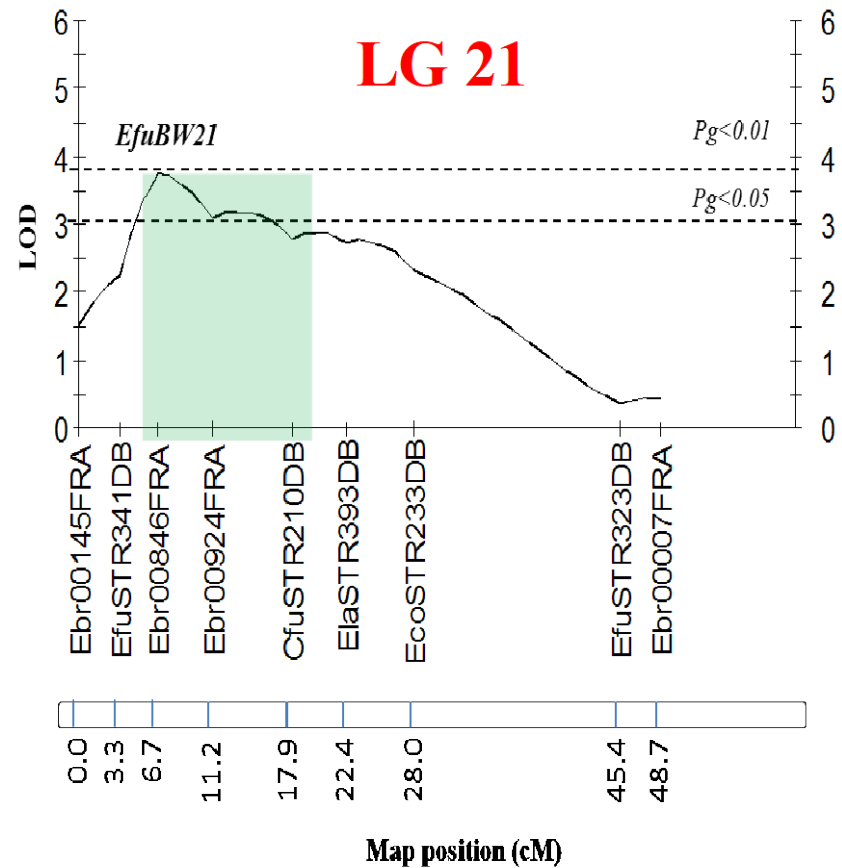
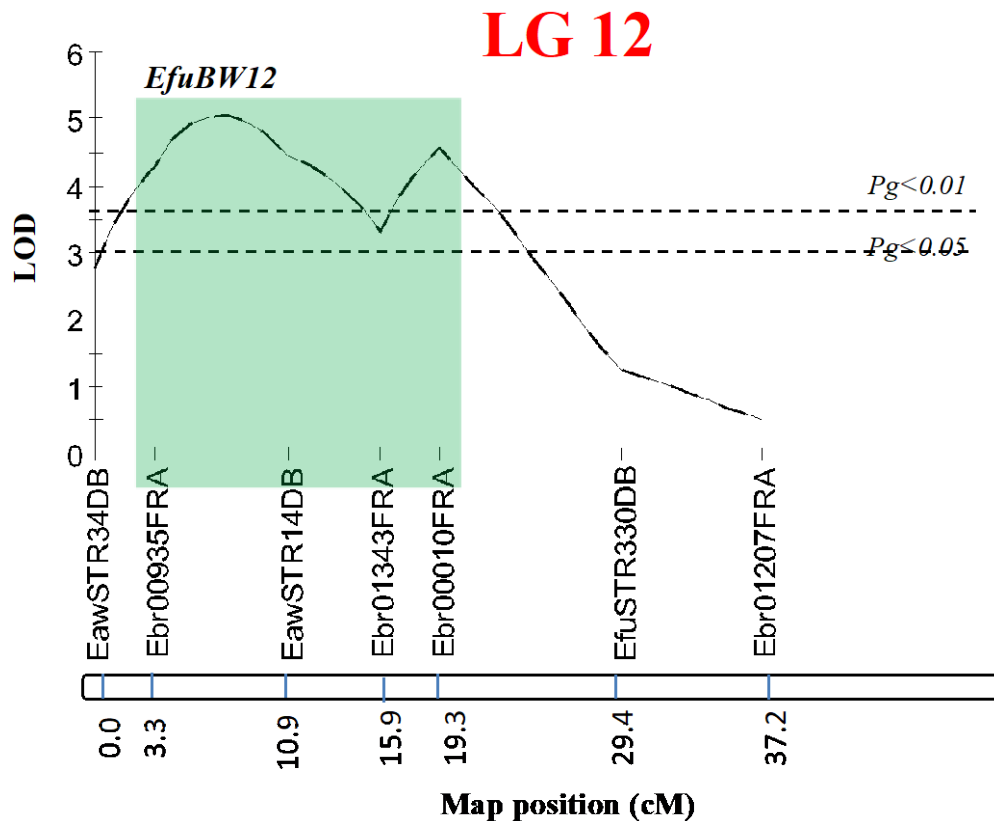
研究の達成状況

- 優良形質に関連する遺伝マーカーの開発

クエ、アカマダラハタ、タマカイxアカハダラハダ雑種F1において、成長に関連する遺伝マーカーを開発

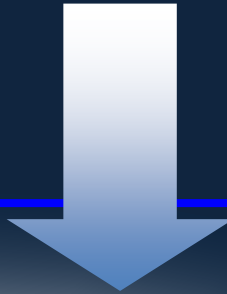
ブラックタイガー(ウシエビ)において WSSV耐性形質に関連する遺伝子マーカー(SNP)を開発

アカマダラハタ成長関連QTL



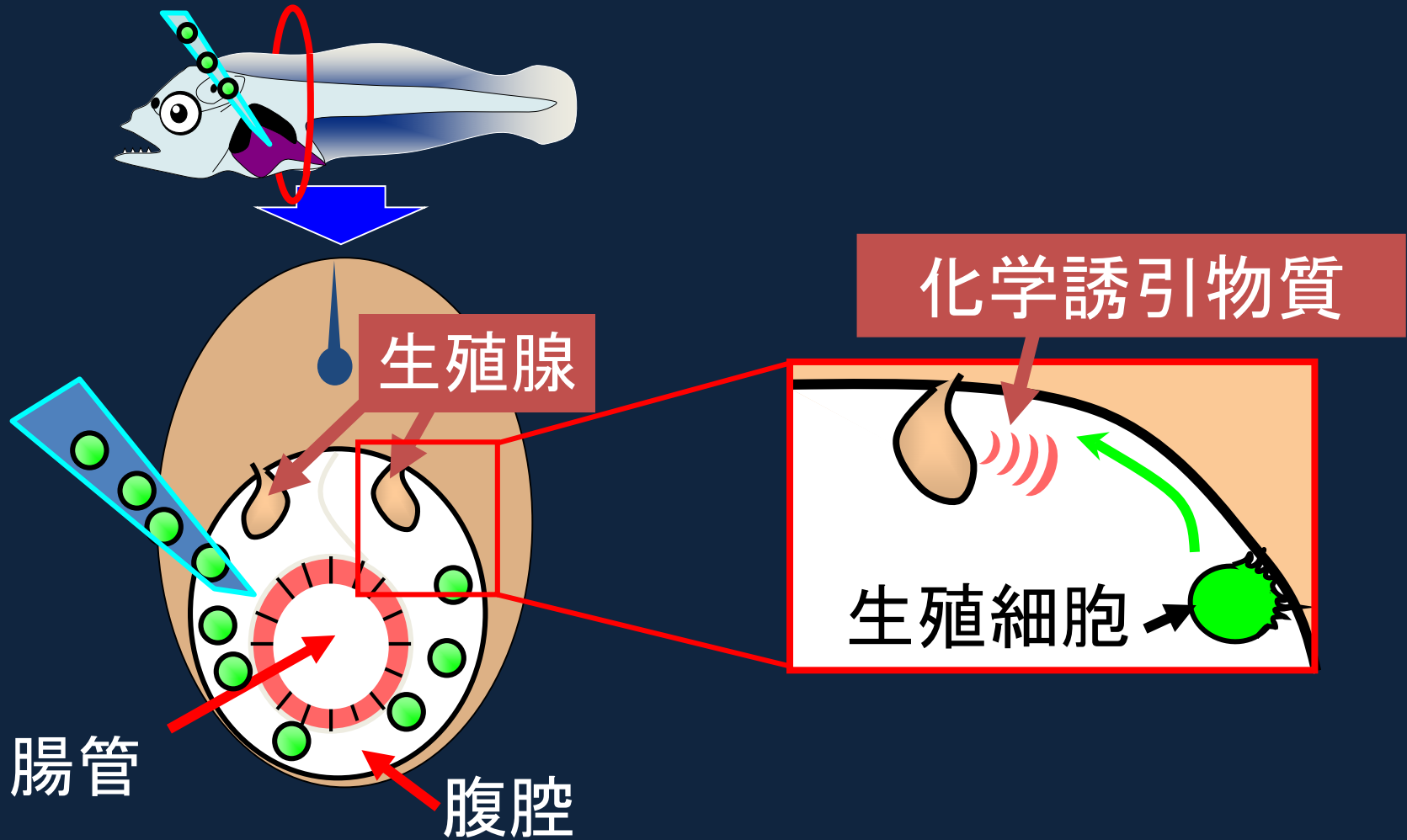
2: 借り腹技術を利用した育種技術 基盤の構築

小型で飼育が容易なハタ属代理親魚



成熟サイズ
♀: 25 kg
♂: 40-50 kg

タマカイ *Epinephelus lanceolatus*.

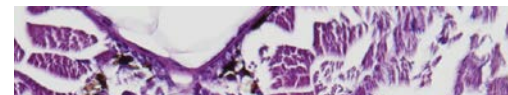
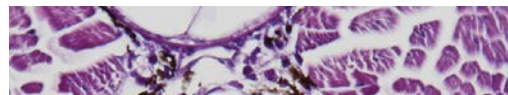


本技術を実現するための生物学的背景

- 1) 始原生殖細胞は生殖腺外で誕生
- 2) 1) の始原生殖細胞は、空の生殖腺から分泌される化学物質に誘引され生殖腺へと移動

tiger grouperの生殖腺の発生

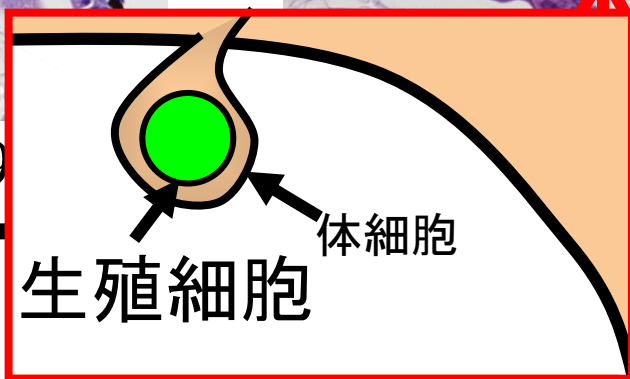
結論：至適移植サイズは< 5.5 mmである！



3.0 mm 9日齢

3日齢

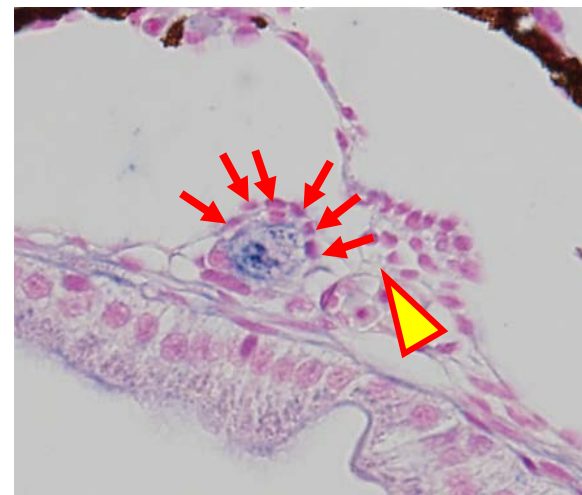
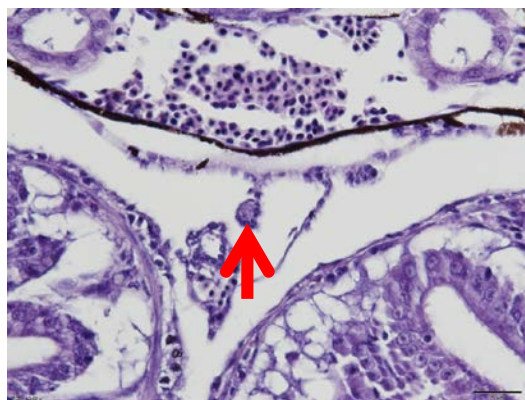
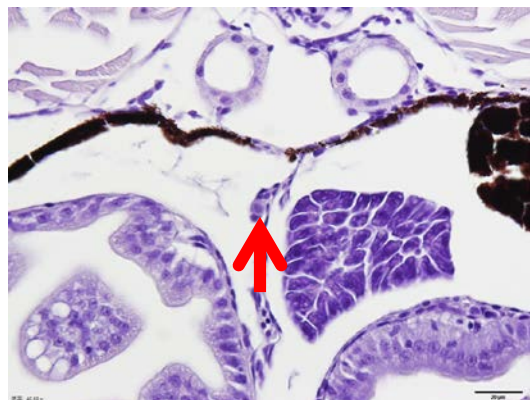
5.0 mm 15日齢



生殖細胞

体細胞

生殖腺原基形成

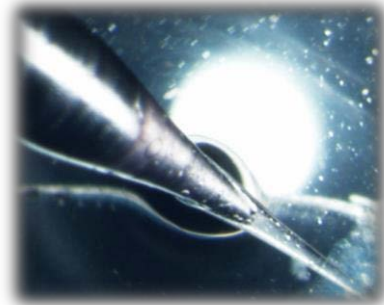
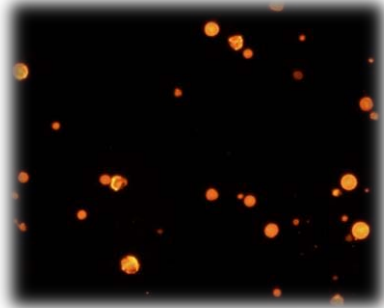


5.5 mm 21日齢

8.5 mm 27日齢

体細胞が生殖細胞を包み込む

タマカイ生殖細胞のtiger grouperへの移植



現在一部の宿主個体をクラビセンターにて養成中

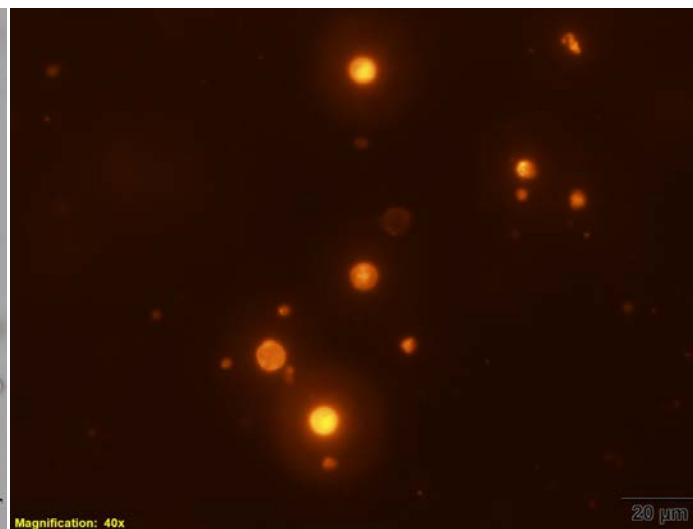
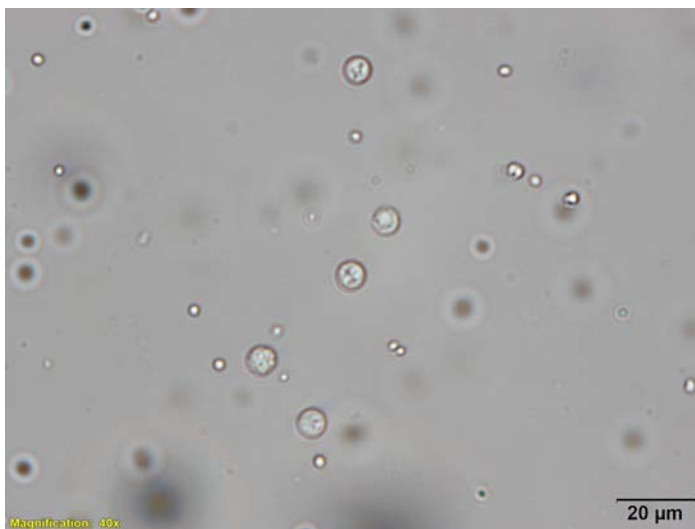
メコンオオナマズの生殖細胞移植



野生個体の生殖細胞凍結と移植による個体再生

- ・将来の育種素材を保存する
- ・遺伝的多様性を保持した野生集団の遺伝子資源を保全する

メコンオオナマズの生殖細胞のカイヤン宿主 への移植

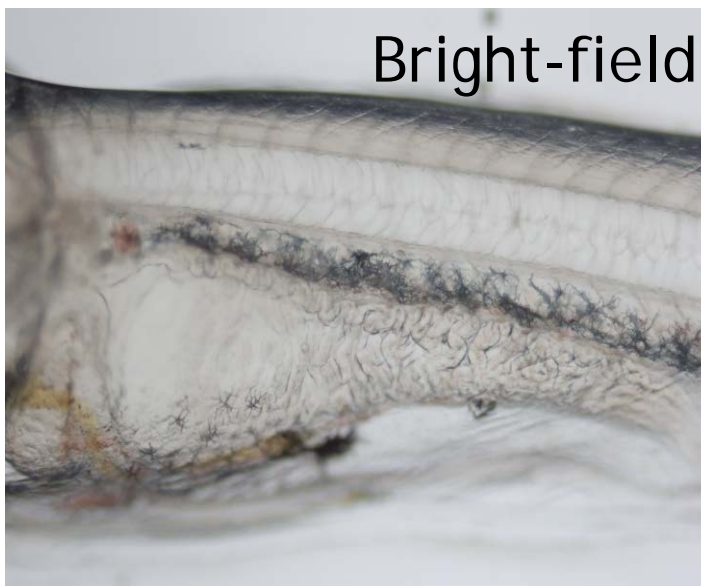


赤色蛍光色素PKH26によるドナー細胞の染色

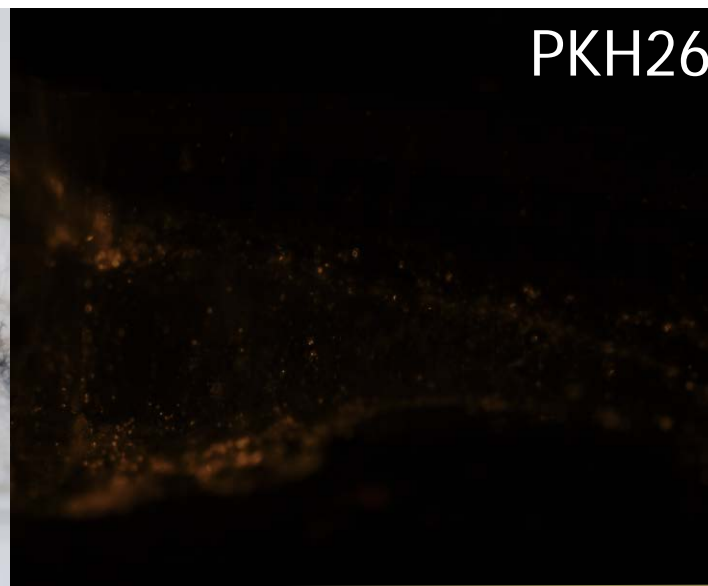


メコンオオナマズの生殖細胞のカイヤン宿主 への移植(移植直後の宿主腹腔)

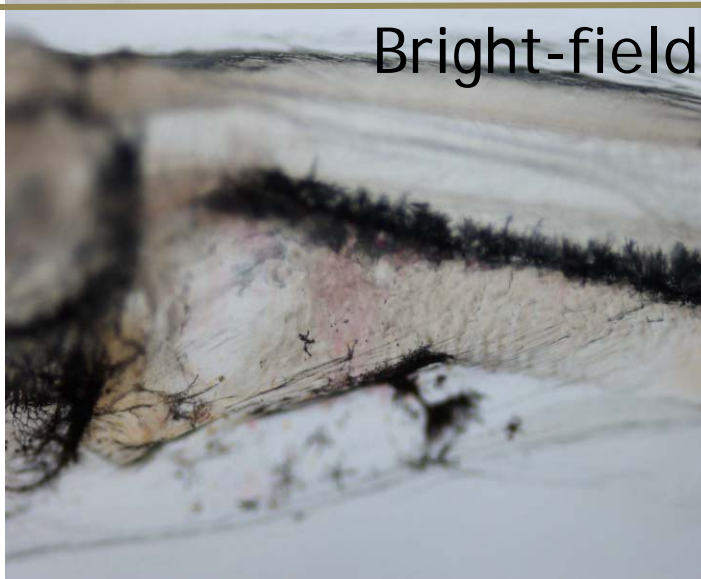
control



PKH26

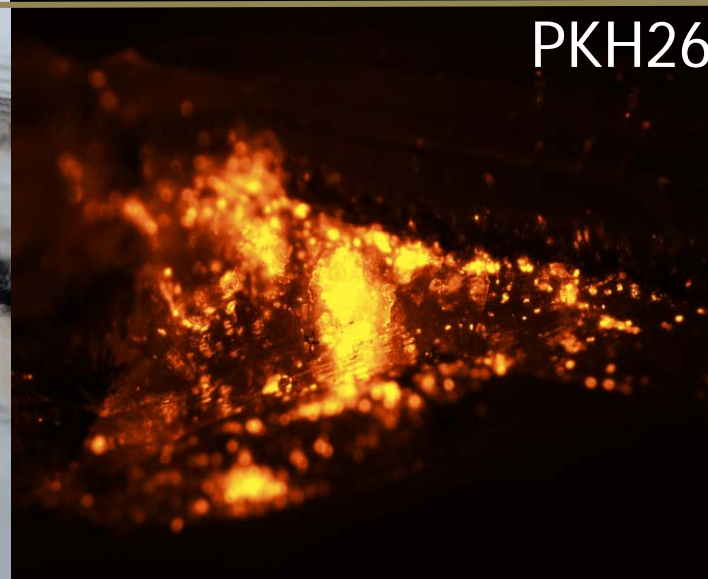


移植魚



Bright-field

PKH26



3: 病原微生物感染症撲滅

タイ魚介類養殖における感染症

- エビ養殖

ウイルス感染症: WSSV, YHV, IHNV等 多種

細菌感染症: *Vibrio parahaemolyticus*

Early Mortality Syndrome/Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease (EMS/AHPND)

- 海産魚養殖 (ハタ類、アジアスズキ)

ウイルス感染症: イリドウイルス、NNV

細菌感染症: *Vibrio vulnificus*

- 淡水魚養殖 (ティラピア)

細菌感染症: *Streptococcus agalactiae*

タイ魚介類養殖における 感染症防除

- 新興感染症においては迅速診断が感染症拡散を防除する上で重要：**迅速診断技術開発**
- 細菌感染症は抗菌剤による治療も可能であるが、輸出品の場合、残留による取引停止が懸念される。有効な防除法が必要：**ワクチンや免疫賦活剤等の開発**

タイのクルマエビ類(バナメイ)年間生産量は64万トンあったが、2013年はEMS/AHPNDにより40万トンに、2014年は30万トンに減産。

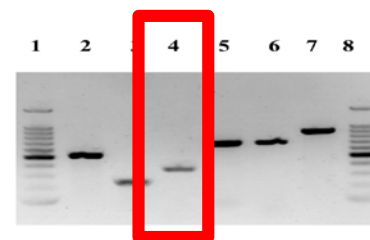
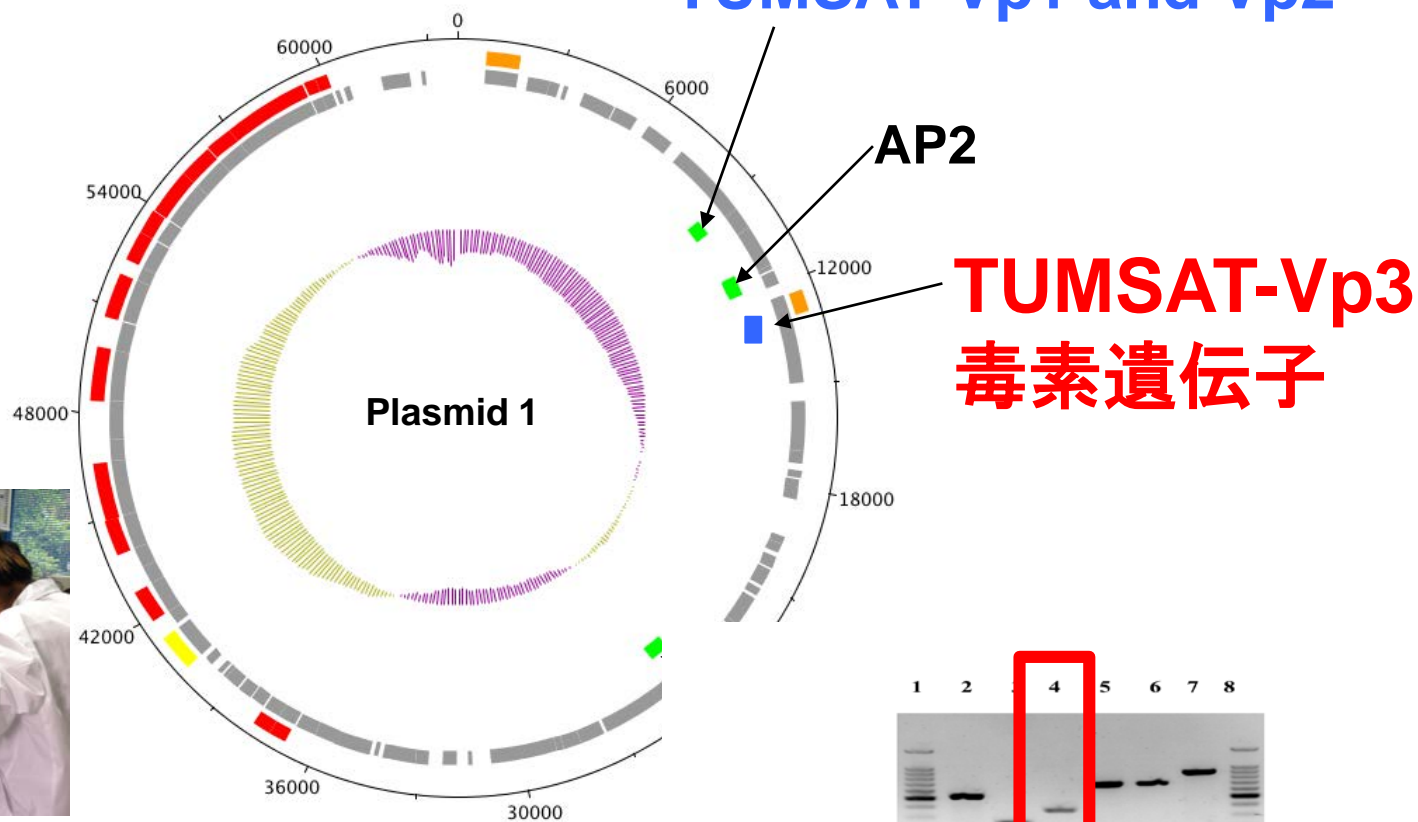
タイのみならず、東南アジア(ベトナム、マレーシア)、中国、メキシコでも同じ疾病が発生し、エビ類(クルマエビは例外)の市場価格は高騰している。

●以下の新聞でも報道された

水産経済新聞、「タイ国エビ生産 今年40万トンへ減産見通し エビの病気EMS/AHPNSで」、2013年3月21日

EMS/AHPND原因細菌 *Vibrio parahaemolyticus* のゲノムを解析し診断法を確立

TUMSAT-Vp1 and Vp2



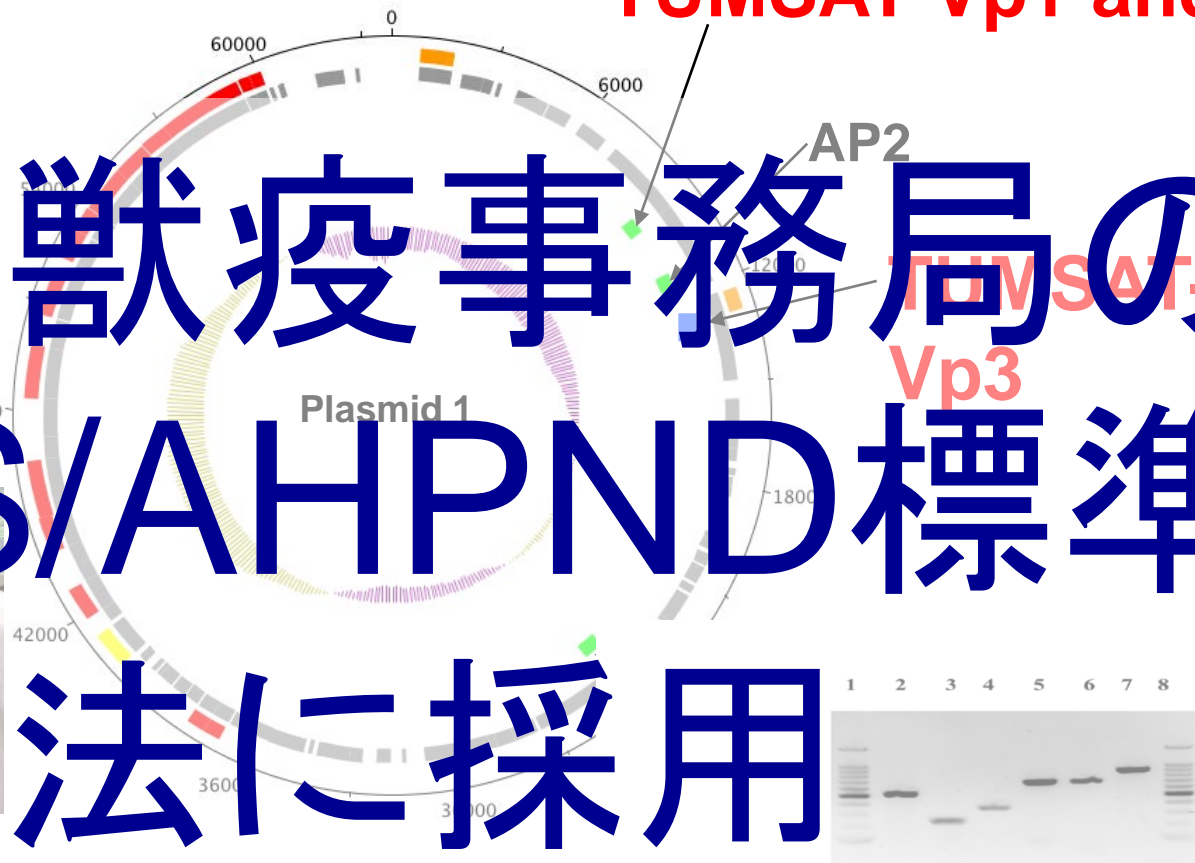
Agarose gel electrophoresis of PCR products from AHPND *V. parahaemolyticus* strain.

Lane 1 and 8 : 100 bp ladder; Lane 2 : TUMSAT-Vp1 500 bp; Lane 3 : TUMSAT-Vp2 236 bp; Lane 4 : TUMSAT-Vp3 360 bp; Lane 5 : AP1 700 bp; Lane 6 : AP2 700 bp; Lane 7, Vp-flaE 897 bp.

タイ政府のEMS/AHPND標準検査法に採用

TUMSAT-Vp1 and Vp2

国際獣疫事務局の EMS/AHPND標準 検査法に採用



Agarose gel electrophoresis of PCR products from AHPND *V. parahaemolyticus* strain.

Lane 1 and 8 : 100 bp ladder; Lane 2 : TUMSAT-Vp1 500 bp; Lane 3 : TUMSAT-Vp2 236 bp; Lane 4 : TUMSAT-Vp3 360 bp; Lane 5 : AP1 700 bp; Lane 6 : AP2 700 bp; Lane 7, Vp-flaE 897 bp.

「エビ大量死 邦人教授らが病原菌特定の検査法を確立」関連報道

●バンコクで記者会見(2014.6.26)

タイ水産局主催

農業開発局担当官

日本大使館農水担当官

JICAバンコク

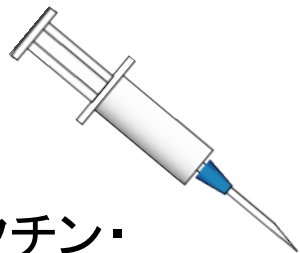
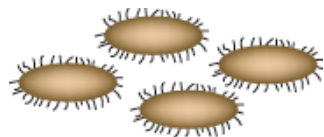
●日本のテレビ局2社のニュースで報道(2014.6.27)

●以下の新聞でも報道

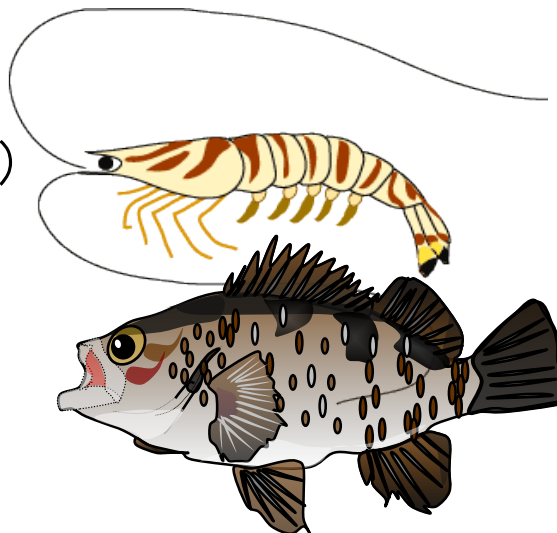
1. みなと新聞、EMSの診断法確立 エビ生産減に歯止めか、廣野育生、2014年7月7日
2. 西日本新聞電子版、「養殖エビを大量死から守れ」病原菌検出の方法を開発、廣野育生、2014年7月3日
3. 水産経済新聞、EMS のゲノム解読に成功した東京海洋大学廣野育生教授に聞く、廣野育生、2014年3月25日
4. 東京新聞、こちら編集委員室エビ感染症研究に成果、岡本 信明・廣野育生・近藤秀裕、2014年2月18日
5. みなと新聞、EMS原因菌をゲノム解析世界のエビ養殖に光明、廣野育生・近藤秀裕、2014年1月10日
6. 水産経済新聞、ゲノム解読に成功エビ養殖回復期待、廣野育生、2014年1月10日
7. 日経産業新聞、エビ感染症遺伝子特定海洋大学などタイで検査実用化、廣野育生、2014年1月10日
8. 日本経済新聞、大量死引き起こす原因特定 養殖エビ、診断早く、廣野育生、2014年1月10日

ワクチン開発

病原微生物(抗原の探索)

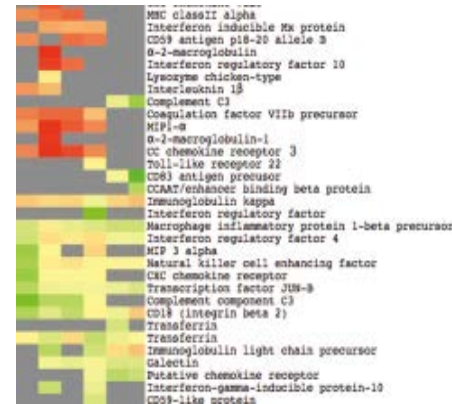


ワクチン・
免疫賦活剤等



例えば、種が異なれば白血球組成も異なる
各種白血球の機能も異なる

マイクロアレイの
開発・応用



種によって異なる免疫・生体防御応答を指標とした
ワクチン等の投与方法や効果評価法の開発

魚類ワクチン抗原の探索および試験

ワクチン抗原候補遺伝子の探索

Vibrio vulnificus: ワクチン候補抗原を4種類単離

Streptococcus agalactiae: ワクチン候補抗原を5種類単離

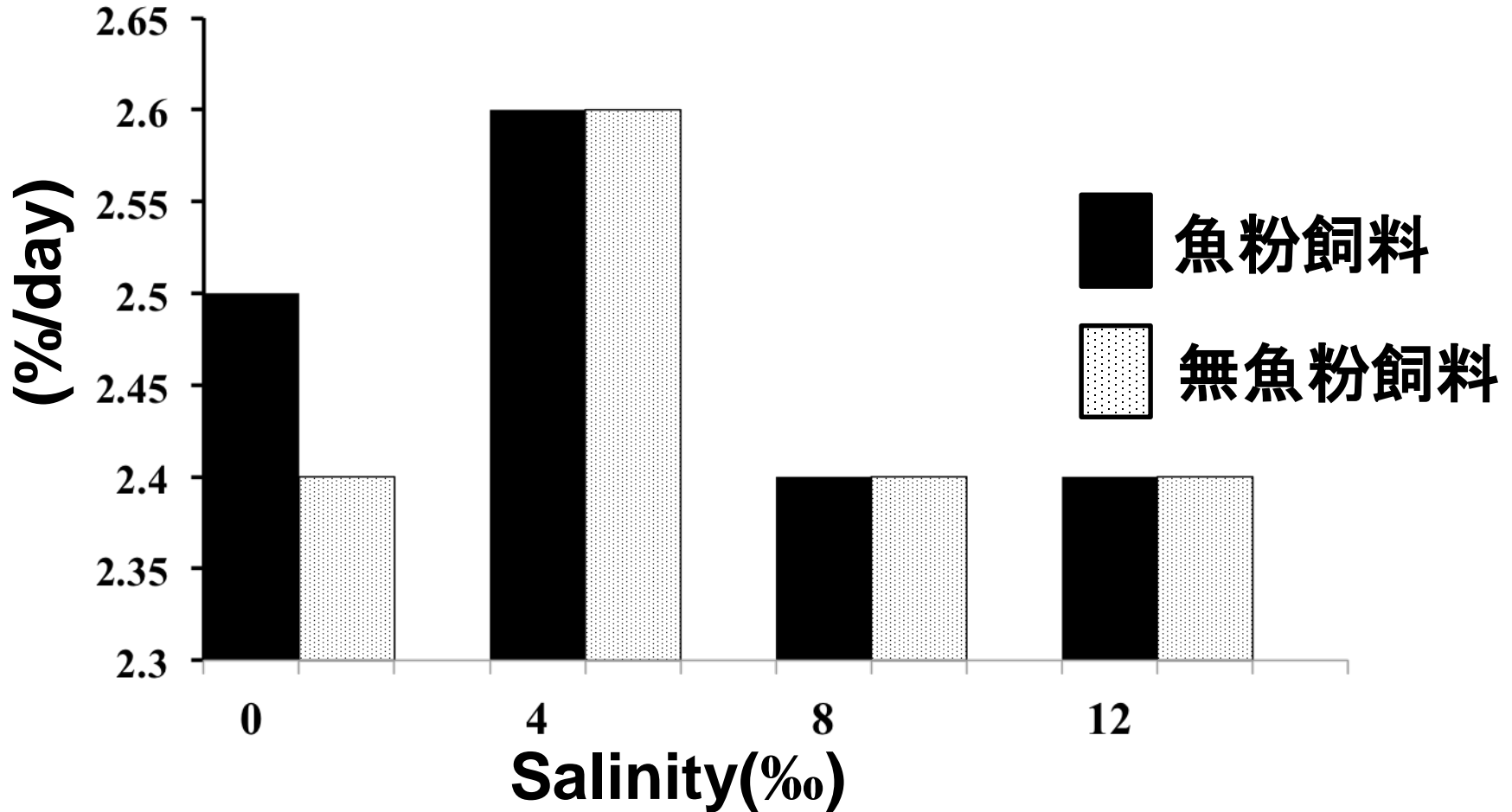
タイと日本で1回目のワクチン試験済み、候補遺伝子を3種類に絞り込み済み、DNAワクチンの臨床試験を実施予定

不活化ワクチンの開発に成功(タイ政府と使用許可申請のため協議開始、日本の民間企業とも共同研究開始)



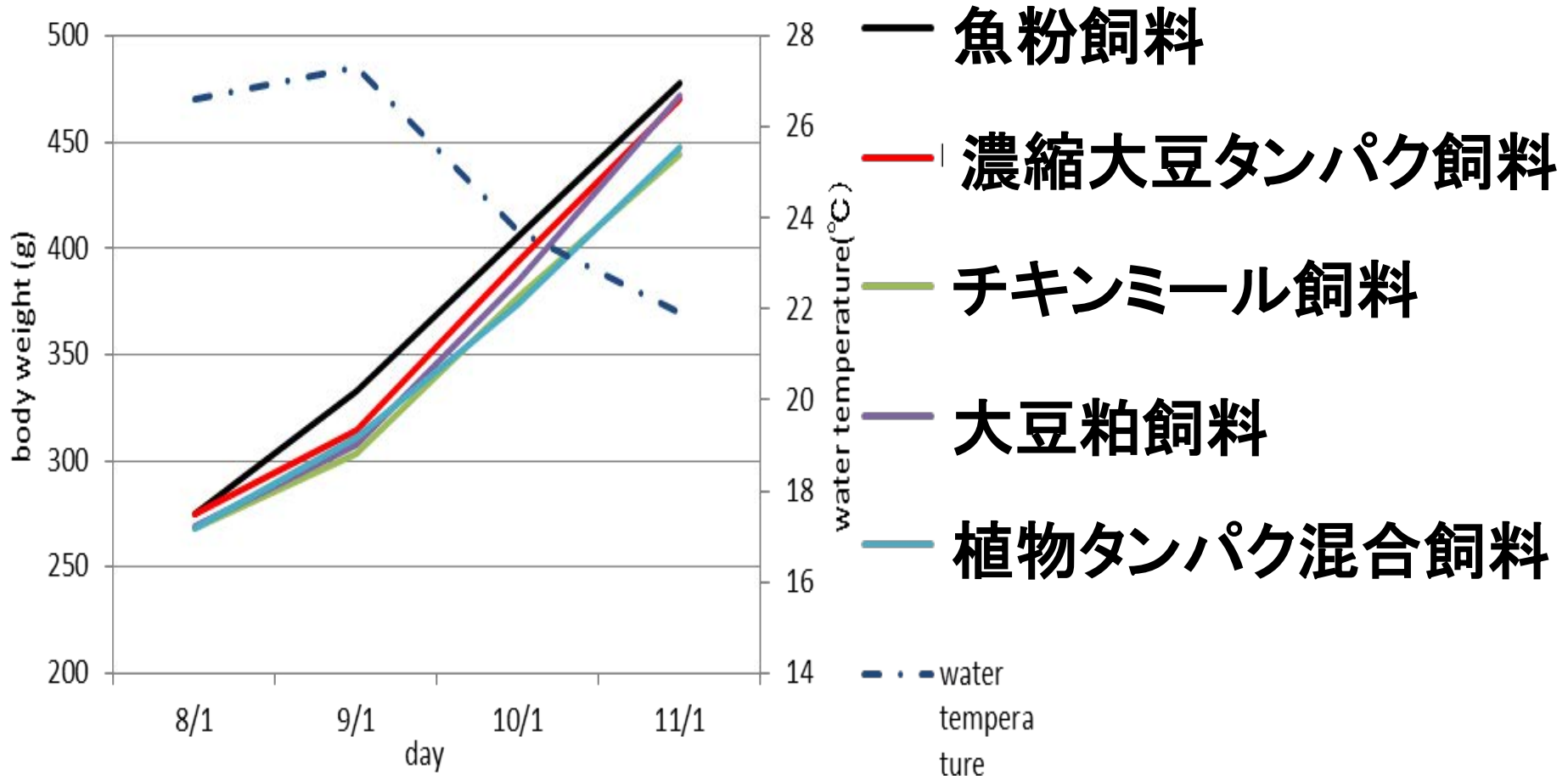
4: 魚粉に替わる代替動物性タンパク質 飼料の開発

ティラピアの日間成長率(実験2)



無魚粉飼料を与えても、4-12‰の低い塩分下では魚粉飼料と同等の成長を示す

無魚粉飼料を与えたマダイの成長(実験2)



特記: ハタ類の無魚粉飼料の養殖業者への普及活動をプーケット県およびタラーン郡で開始した

5: 化学物質などの検出技術の開発

5-1. 養殖生産物の危害因子の検出法の開発—成果と効果—

ELISA法による残留LMG検出法の確立—完成



タイ国内を流通する養殖魚の残留モニタリングへ応用

低コスト、省力化を実現 → モニタリング適用範囲の拡大へ

リアルタイムPCRによる暴露経路の推定—ほぼ完成

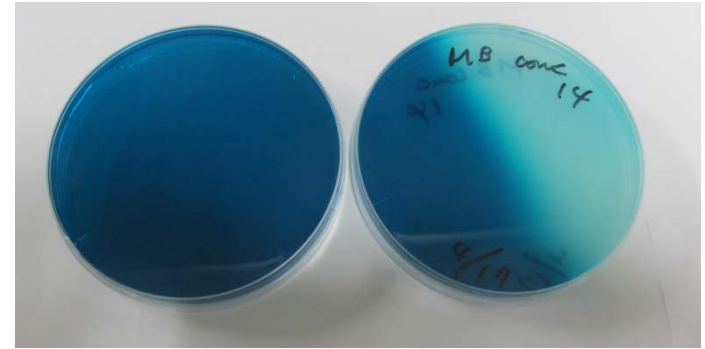
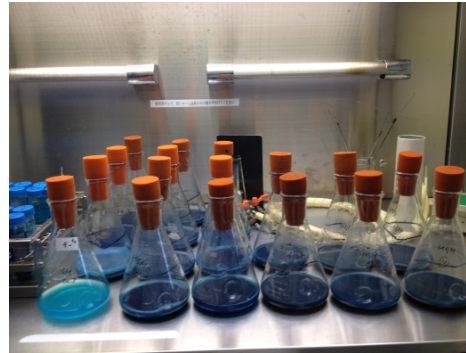
Two hybrid systemによるLMGの検出系—原型が完成

残留発見
時の原因
究明を早
める

モニタリングの頻度を高めることで**生産物の安全性を向上**させる。
残留時の原因究明を早期に行うことで**風評被害の防止**。

東南アジア地域の養殖生産物への信頼性向上(付加価値)

微生物によるマラカイトグリーン分解



マラカイトグリーン
分解菌の探索

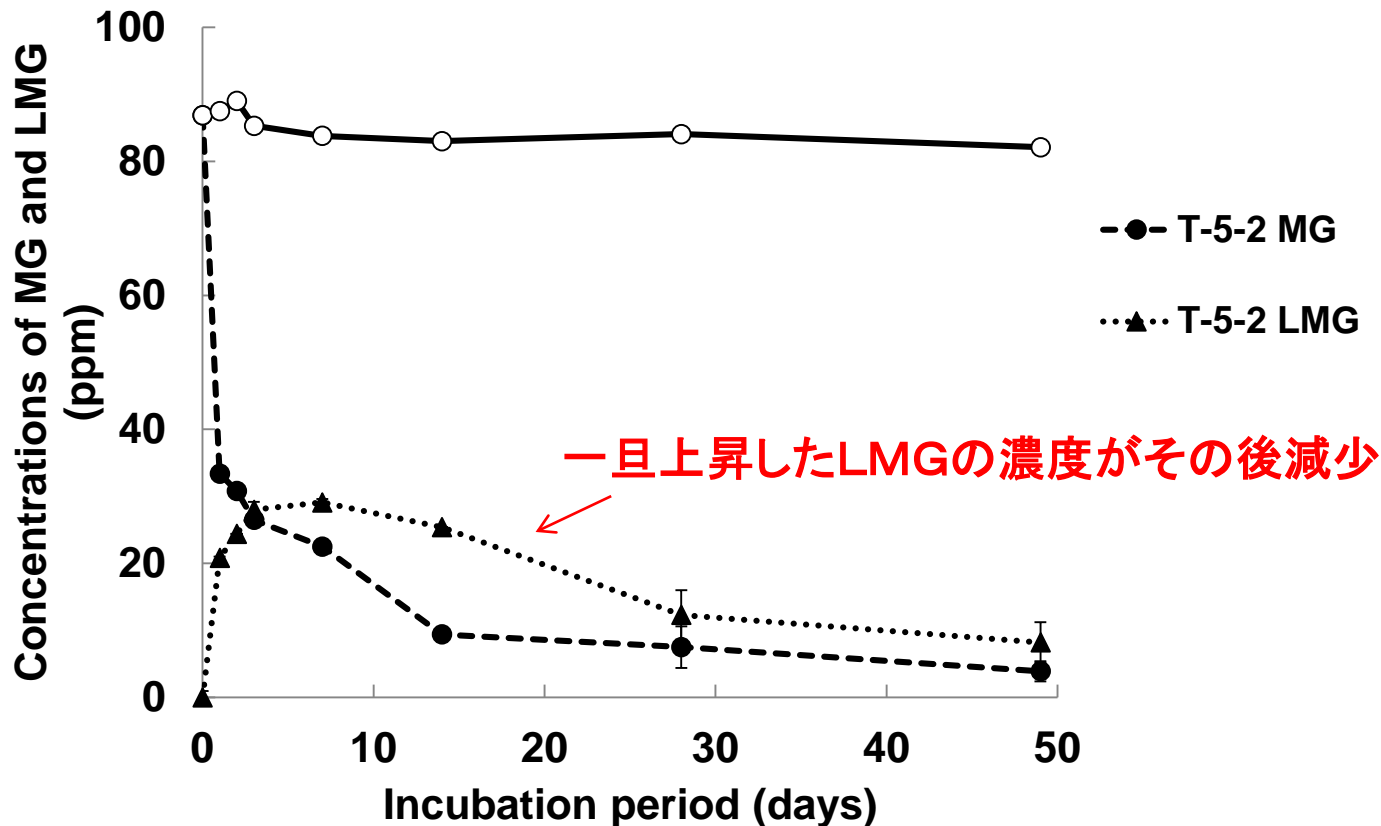


微生物学的性状
の確認



マラカイトグリーン
分解の挙動を検討

T-5-2株培養中のマラカイトグリーンとロイコマラカイトグリーンの経時変化



タイの養殖池由来の細菌 *Pseudomonas putida* group T-5-2株によるMG分解解析にはLC-MS/MSを使用。初期MGの約9%がLMGに変化し、約5%が残存。一旦上昇したLMG濃度がその後減少したことから LMGを分解する と考えられる。

新しい養殖の産業化による社会実装の実現

産業化必要要素の応用技術開発(既説明)と
それを担う人材育成(若手研究者育成)がセット

若手研究者の活躍状況

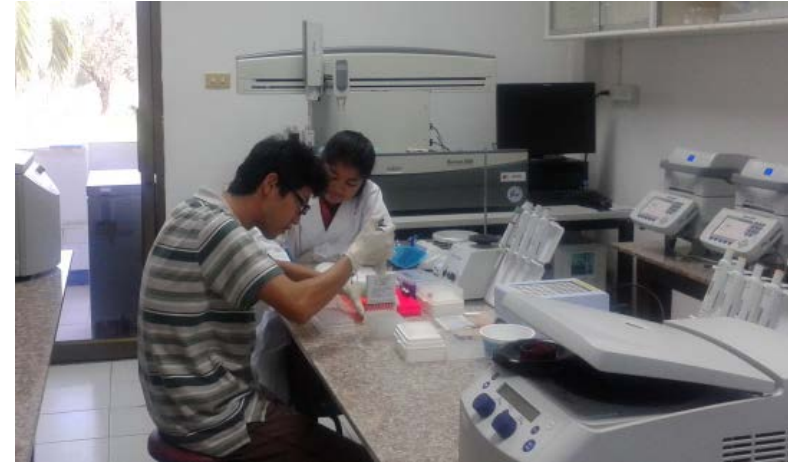
平成24年12月中旬より東京海洋大学任期付研究員(SATREPSのJST経費にて雇用)として久保田をタイ水産局クラビ研究所に長期派遣し、現地での共同研究やタイ研究者の指導を行い、多くの効果が見られた。

若手研究者の交流

これまでにタイから延べ68名がJICA研修で来日し、この内50名が若手研究者で、日本で技術指導を受けるとともに、共同研究を実施した。

若手研究者の交流実績

日本からは多数の准教授、助教、研究員を複数回に渡りタイに派遣し、共同研究の実施及び技術指導を行った。



社会実装に向けた個別案件(その1)

- ・ タイガーグループパーにおいて開発した**成長形質に関連するDNAマーカー**については、増養殖研究所、東京海洋大学、タイ水産局研究所の3者で、**特許出願申請**を行った。
- ・ 本研究で得られたエビのEMS/AHPND感染症の診断法が**タイ水産局においてエビ養殖業者に対する診断業務**に使用されている。
- ・ 本プロジェクトによるEMS/AHPNDの診断法(Tinwongger et al., 2014)が**国際獣疫事務局OIEのEMS/AHPNDの標準検査法として採択**された。OIEのEMS/AHPNDの項にはSATREPSを謝辞に記載している4論文が参考論文として掲載された。

社会実装に向けた個別案件(その2)

- ・ 年次報告会は公開で開催、**関連企業にも参加**を呼びかけ、民間企業からの参加者に対してはアンケートを実施し、社会実装に向け参考に行っている。
- ・ 2017年4月にバンコクでタイ研究者が中心となり、**タイの若手研究者や関連企業**に対してタイ語でSATREPSでの研究成果を紹介した。
- ・ ティラピアのレンサ球菌感染症に対するワクチンを市販するために、**日本の動物用医薬品メーカー**と話し合いを始めた。
- ・ 2016年11月にバンコク近郊にて**タイの養殖業者**に対してSATREPSでの研究成果を紹介し、意見交換会を行った。
- ・ 2016年6月にバンコクで開催された**FAO主催**の養殖エビの感染症に関する会議にて、本プロジェクトで実施してきているEMS/AHPND防除法に関する研究を紹介し、今後のEMS/AHPNDに対する対応について提案を行った。
- ・ 2015年の10月にスラナリ工科大学にて、**タイ水産局職員**を対象に生殖細胞移植技術とその背景、さらにはその応用に関する講義を行うとともに、技術の実演を行った。本技術は我々の研究グループが世界に先駆けて開発したものであり、他所では学ぶことができないため、将来的には有用遺伝子資源の保存技術や新たな種苗生産技術として広く用いられることを期待する。

日本のプレゼンスの向上(その1)

- * 国際シンポジウム開催

平成27年12月19-20日に東京海洋大学(品川)において国際シンポジウム「SATREPS水産養殖技術開発研究プロジェクトネットワーク」および市民講座を開催した。参加者の国籍と総数は、7か国約230名であった。

- 本国際シンポジウムに関する報道等

1. 平成27年12月24日 日本水産経済新聞 「海洋大でシンポジウム」
2. 平成28年1月26日 みなと新聞 「日本の養殖技術に期待」
3. 平成28年1月18日 文教ニュース 「東京海洋大学が主催. 国際シンポジウム「SATREPS水産養殖技術開発研究」」
4. 平成28年2月3日 文教速報 「海洋大で国際シンポジウムを開催. SATREPS水産養殖技術開発研究ネット. 」
5. 雑誌 アクアネット1月号(平成28年1月)「地球規模"養殖技術開発の国際シンポジウム」

日本のプレゼンスの向上(その2)

* エビのEMS/AHPND診断法関連-1

1. エビのEMS/AHPND診断法の共同開発成果を**バンコクで記者会見**(2014.6.26)
2. **バンコクでの記者会見に来ていた日本のテレビ局2社が日本国内のテレビニュースで報道**(2014.6.27)

新聞報道

1. 日本経済新聞、大量死引き起こす原因特定 養殖エビ、診断早く、2014年1月10日
2. 日経産業新聞、エビ感染症遺伝子特定 海洋大学などタイで検査実用化、
2014年1月10日
1. 水産経済新聞、ゲノム解読に成功エビ養殖回復期待、廣野育生、2014年1月10日
2. みなと新聞、EMS原因菌をゲノム解析 世界のエビ養殖に光明、2014年1月10日
3. 東京新聞、こちら編集委員室 エビ感染症研究に成果、2014年2月18日
4. 水産経済新聞、EMS のゲノム解読に成功した東京海洋大学廣野育生教授に聞く、
2014年3月25日
5. 西日本新聞電子版、「養殖エビを大量死から守れ」病原菌検出の方法を開発、2014
年7月3日
6. みなと新聞、EMSの診断法確立 エビ生産減に歯止めか、2014年7月7日

日本のプレゼンスの向上(その3)

* エビのEMS/AHPND診断法関連-2

1. 内閣府発行の日本紹介誌HIGHLIGHTING JAPNAに記事が紹介された(2014年11月号)
2. NHKラジオ第一、エビ養殖業を襲ったEMSとその対策、2016年6月23日
3. テレビ東京「未来世紀ジパング」、タイにおけるエビの感染症診断、2016年7月3日
4. NHK BS1「キャッチ！世界のトップニュース」、「エビ大国」タイ～養殖再生をめざせ！、2016年8月25日
5. NHK BS1「国際報道2016」、エビ輸出大国のピンチを救え、2016年8月26日
6. NHK World、Thailand: Research for Revival、2016年9月1日

SATREPSの事業スキームの良かった点

- 事業スキームに**JICAが入っているゆえに、**
- 相手国(タイ国)へのサポート体制が充実していた
- コーディネーターが配置され、交流がやりやすかった

今後の研究の展望

- 新しい養殖業の必要要素(セット)の応用技術移転は進んだので、あと少しの支援で、産業化が立ち上がる。成果は目標を上回るものであるが、ここまでやれると、あと少しやりたくなる。後は、廣野副代表(東京海洋大学)にお願いしてある
- タイ養殖業が保有する養殖基盤が魚の価格競争で負けて失われ、ドーナツ現象のごとく空洞化することは、世界的な食糧増産に大きなマイナス・・・**20年後のタイで、新しい養殖業が隆盛で、日本のSATREPSのお蔭、との声が聞けたら最高**