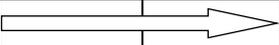


委託プロジェクト研究課題評価個票（中間評価）

研究課題名	ゲノム情報を活用した家畜の革新的な育種・繁殖・疾病予防技術の開発 (25年度に「ゲノム情報を活用した農畜産物の次世代生産基盤技術の開発プロジェクト」に組替・再編)			担当開発官等名	研究開発官(食の安全、基礎・基盤)
				連携する行政部局	大臣官房政策課技術調整室 生産局畜産部畜産振興課 消費・安全局畜水産安全管理課 消費・安全局動物衛生課
研究開発の段階	基礎	応用	開発	研究期間	H24～H28（5年間）
				総事業費（億円）	16億円（見込）
研究課題の概要					
<p><委託プロジェクト研究課題全体></p> <p>飼料価格の高騰、受胎率の低下、集約的畜産における日和見感染症、慢性感染症、複合感染症対策の重要性の顕在化等、我が国の畜産業を取り巻く環境は変化しており、それらに対応するため、これまで以上に収益性の高い畜産経営の構築が求められている。また、2009年に牛及び豚のゲノム情報が解読され、当該情報を家畜の革新的な育種・繁殖・疾病予防技術の開発に活用することが可能になったため、以下の研究開発を実施し、家畜の生産性の向上、飼育管理の省力化、生産コストの削減を通じた経営力の強化を図る。</p> <p><課題①：DNA マーカー（※1）育種の高度化のための技術開発（平成24～28年度）></p> <p>抗病性、繁殖性、飼料利用性を対象として、SNP アレイ（※2）を用いた遺伝子多型（※3）の解析、連鎖解析（※4）による候補領域の絞り込み、ゲノムワイド相関解析（※5）による候補領域の検出、関連遺伝子の機能解析等を行い、得られたゲノム情報を基に育種改良に有効なDNA マーカーを開発する。</p> <p><課題②：繁殖サイクルの短縮や受胎率向上のための技術開発（平成24～28年度）></p> <p>牛のゲノム情報を活用し、妊娠に関わる遺伝子の機能解明に基づく超早期妊娠診断法を開発するとともに、長期不受胎牛の判定法や分娩後の卵巣機能を早期に回復するための新たな繁殖制御技術を開発する。</p> <p><課題③：優れたワクチン開発のための技術開発（平成24～28年度）></p> <p>経口・経鼻での投与が可能な省力的なワクチンや、複数の疾病に効果のあるベクター（※6）を用いたワクチン等を作成する基盤技術を開発するとともに、牛の乳房炎（※7）や豚繁殖・呼吸障害症候群（PRRS）（※8）等の重要慢性疾病に対するワクチン候補を開発する。</p>					
1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標					
中間時（2年度目末）の目標			最終の到達目標		
飼料利用性、抗病性、繁殖性に関するゲノム領域の網羅的多型解析及び連鎖地図（※9）の作成。			複数の遺伝子に支配される家畜の重要形質について、豚の飼料利用性・抗病性・繁殖性（1腹産子数、離乳時産子総体重）、牛の繁殖性に関するゲノム領域を5つ以上特定し、DNA マーカーを開発。		
生殖周期（妊娠・非妊娠期）における性腺（卵巣・卵管・子宮）や血球成分等の遺伝子発現を網羅的に探索し、受胎性に関連する候補遺伝子を複数特定。新たな繁殖制御候補物質キスペプチン（※10）について、細胞・器官レベルでの繁殖機能への影響を評価。			受胎性に関連する遺伝子を3つ以上特定。これらの遺伝子の発現情報を利用した超早期妊娠診断や分娩後の早期排卵誘起等、分娩間隔を短縮させる新たな繁殖機能制御技術を開発。		

<p>機能性リポソーム等を用いた経口・経鼻投与可能なワクチン候補の開発。病原遺伝子を除去した弱毒な細胞・ウイルスを用いて、抗原の入れ替えが可能なベクターを開発。家畜における効果的な免疫誘導技術を開発。</p>	<p>牛の乳房炎、牛ウイルス性下痢粘膜病（BVD-MD）（※1 1）、PRRSに対する、3種類以上の省力投与可能なワクチン候補の開発と対象家畜における予防効果の確認。複数の疾病に有効な安全性の高いベクターワクチン（※1 2）構築法（疾病の発生に応じた新規ワクチンの迅速な開発のための基盤技術）の確立。対象家畜における効果的な免疫誘導技術（様々なワクチン等に対応できる汎用技術）の開発。</p>
<p>2. 委託プロジェクト研究課題全体としてのアウトカム目標（H32年）</p>	
<p>家畜の生産性向上、衛生対策費の削減による500億円規模の生産コストを削減</p>	<p style="text-align: center;">備考</p> <p>都道府県、全農等を通じた優良系統の開発、普及および家畜改良センター等を通じた飼養管理マニュアルの整備及び畜産農家への技術普及。</p>
<p>実用的な新規ワクチン等の開発による海外市場も含めた200～300億円規模の動物医薬市場の開拓。</p>	<p>基礎技術の開発を受け、民間企業が主体となり、ワクチン等の安定生産技術の確立および安全性などの検討。治験の実施、承認申請。</p>

<p>【項目別評価】</p>	
<p>1. 社会・経済の諸情勢の変化を踏まえた研究の必要性</p>	<p>ランク：A</p>
<p>家畜の改良や研究の方向性については、家畜改良増殖目標（平成22年7月農林水産省）、酪農及び肉用牛生産の近代化を図るための基本方針（平成22年7月農林水産省）、農林水産研究基本計画（平成22年3月農林水産技術会議決定）に以下の目標が示されている。</p> <p>1. 家畜改良増殖目標</p> <ul style="list-style-type: none"> ・乳用牛及び肉用牛の繁殖性、飼料利用性の向上 ・豚の繁殖能力、飼料利用性の向上 ・SNP 遺伝子解析技術を活用した能力評価法等の有用な新技術の活用 <p>2. 酪農及び肉用牛生産の近代化を図るための基本方針</p> <ul style="list-style-type: none"> ・乳用牛及び肉用牛の繁殖性、飼料利用性の向上 ・SNP 遺伝子解析技術を活用した能力評価法等有用な新技術の実用化の推進 <p>3. 農林水産研究基本計画</p> <ul style="list-style-type: none"> ・家畜の有用 DNA マーカーの開発 ・抗病性と繁殖性の改善による生涯生産性向上技術の開発 ・（慢性疾病の）新技術を活用した省力型ワクチンの開発 <p>また、農林水産省（攻めの農林水産業推進本部）は、平成25年12月に「新品種・新技術の開発・保護・普及の方針」を決定し、畜産物の現状の課題として生産コストに占める飼料費の割合が高いことから、生産コスト削減につながる形質（繁殖性、飼料利用性等）について遺伝子情報を活用しながら家畜改良を効率化し、家畜の能力のレベルアップが必要であるとしている。</p> <p>一方で、本プロジェクトで取り組む研究開発は、家畜の発育や繁殖等に関するデータや遺伝的能力に関する情報、遺伝子解析や繁殖生理学等に関する高度な専門知識が必要であるとともに、莫大な研究費用が必要であることから、国が予算を投入し、独立行政法人、大学、公設試験場、民間企業等が参画するオールジャパン体制で推進する必要がある。</p>	
<p>2. 研究目標の達成度及び今後の達成可能性</p>	<p>ランク：A</p>
<p>研究は、概ね計画通りの進捗で進捗し、以下の通り中間時（2年度目末）の目標を達成している。今後、最終研究目標の達成に向け、これまでに得られた基盤的研究成果について更なる改良及び検証試験を実施する計画であり、困難も想定されるが、最終研究目標を達成できる可能性は高い。</p>	

<課題①：DNA マーカー育種の高度化のための技術開発>

豚については、

- ・飼料利用性に関して約 1,500 頭分（ランドレース種、デュロック種及び大ヨークシャー種）の飼料摂取量および増体量のデータを収集し、順次 SNP タイピング（※13）を行い、本課題では連鎖地図の作成を必要としないゲノムワイド相関解析を用いて有用ゲノム領域の探索を実施している。今後、有意な相関が見られたゲノム領域の詳細な遺伝子多型の検出を進めることにより、飼料利用性の DNA マーカーを開発できる見込みである。
- ・抗病性に関する多型解析、連鎖地図の作成及び連鎖解析により、離乳後多臓器性発育不良症候群及び肺炎感受性に関連するゲノムの特定領域を検出した。また、サルモネラ菌の認識能が低下する遺伝子多型を単離し、低認識型個体の探索が可能となった。さらに、ロタウイルス及び PRRS ウイルスに関するそれぞれ 2 種類の受容体分子を明らかにした。今後、これらの病原体に対する応答に影響を与えるゲノム領域や遺伝子多型の検出をさらに進め、豚を用いた検証試験を通じて抗病性向上のための DNA マーカーを開発できる見込みである。
- ・繁殖性に関しては 434 頭の大ヨークシャー種を用いたゲノムワイド相関解析により、1 腹産子数に関連するゲノムの特定領域を検出した。また、生産性の指標となる 3 週時の 1 腹産子総体重について、連鎖解析を実施中である。今後、関連するゲノム領域の詳細な遺伝子多型の検出を進めることにより、繁殖性の DNA マーカーを開発できる見込みである。

牛については、

- ・ホルスタイン種の受胎率に関して、育種価（※14）が推定された約 4000 頭から選抜した上位下位のそれぞれ 192 頭について SNP タイピングを行い、ゲノムワイド相関解析により、受胎率と細胞間の物質伝達に係わる遺伝子多型及びホルモン分泌と反応性に係わる遺伝子多型が関連することを発見し、特許出願を行った（特願 2013-111480）。これらは受胎率を向上させる DNA マーカーとしての利用が期待される。
- ・黒毛和種の繁殖性に関して、初回分娩月齢、分娩間隔、子牛生産指数について約 700 頭のデータを収集し、順次 SNP タイピングを行い、ゲノムワイド相関解析を実施中である。今後、有意な相関が見られたゲノム領域の詳細な遺伝子多型の検出を進めることにより、黒毛和種の繁殖性の DNA マーカーを開発できる見込みである。

<課題②：繁殖サイクルの短縮や受胎率向上のための技術開発>

受胎性に関連する遺伝子について、マイクロアレイ（※15）技術を用いて、妊娠した牛の末梢血球で増加する 4 つの受胎性関連遺伝子（MX1、MX2、ISG15、OAS1）を同定した。また、牛子宮内膜組織において、上記 4 遺伝子に加え、サイトカイン（※16）等の候補遺伝子を特定した。今後、受胎性関連遺伝子を利用した診断基準の妥当性確認や信頼性の向上に向け、受胎によって生じる生理的変化の解明ならびに診断手法の簡便化や低コスト化等に取り組むことにより、超早期妊娠診断法を開発できる見込みである。

繁殖機能を司る脳内生理活性物質であるキスペプチンについて、キスペプチン遺伝子に蛍光タンパク遺伝子を組み込み、キスペプチン含有細胞を可視化したマウス及びラットを用いて、キスペプチン及びニューロキニン（※17）受容体の局在やキスペプチン含有神経細胞群の活動制御メカニズムを明らかにするとともに、山羊、牛を用いて個体レベルでキスペプチン及びニューロキシニンの卵胞発育刺激効果を見出した。さらに、家畜繁殖制御薬の候補となる新規ニューロキニン作動薬を複数開発した（特願 2012-231902、PCT/JP2013/78278、特願 2013-235334）。今後、それらの新規作動薬の中から特に生物活性の優れたものを選抜し、牛での卵胞発育促進を目的とした新規ニューロキニン作動薬を開発できる見込みである。

また、オキシトシン（※18）投与後のプロスタグランジン（※19）血中濃度の変化や暑熱によるプロスタグランジンの分泌バランスの崩れが、牛の受胎性に関与していることを見出した。今後、受胎性評価の基準となる判別式の構築やプロスタグランジン血中濃度測定法の簡便化等に取り組むことにより、受胎性の評価技術を開発できる見込みである。

<課題③：優れたワクチン開発のための技術開発>

経口・経鼻投与可能なワクチン候補として、免疫補助活性を持つポリアクリル酸（※20）を用いた黄色ブドウ球菌性乳房炎用の試作ワクチンの母牛への経鼻投与試験を実施し、ワクチンの効果である乳汁中への分泌型抗体（IgA 抗体）の産生・分泌を確認した。今後、適切な免疫抗原の特定、抗体産生誘導効果の改善に取り組み、これによって誘導される液性免疫（※21）の感染防除効果を解明することにより、経口・経鼻投与可能なワクチン候補を開発できる見込みである。

機能性リポソームの作出については、細胞内の pH に応答して細胞膜への融合が可能なポリマーを開発し、抗原を保持したリポソーム担体による抗原提示細胞への輸送能を検証中である。今後、主要な抗原提示細胞である樹状細胞への抗原輸送能、膜融合に伴う抗原の内在化促進能ならびにそれに伴う免疫賦与効果を解明することにより、ワクチン担体として最適な機能を有するポリマー修飾型リポソームを開発できる見込みである。

ベクターワクチンの開発については、豚丹毒菌のランダムな遺伝子破壊株を樹立し、これらを用いた動物接種試験によって多数の新規病原遺伝子を特定するとともに、この豚丹毒菌に挿入予定のウイルス中和抗原を特定し（特許出願準備中）、組換えベクターワクチンの作出に着手した。また、分泌型抗原の発現・精製に適したシステムを開発し、高発現が見込まれる内因性の遺伝子発現ユニットを特定した。今後、既存のワクチン株を用いた異種タンパク質の発現能の検証ならびに病原性遺伝子破壊株の作製に取り組み、それらの生体防御効果を解明することにより、複数の疾病に対するワクチン効果を有する、効果的で安全な遺伝子組み換え生ワクチンのプロトタイプを開発できる見込みである。

BVD-MD 用生ワクチンについては、ワクチン用ベクター候補となる牛パラインフルエンザウイルス 3 型（※22）のゲノム配列を決定するとともに、ウイルスベクターの遺伝子組換え技術を確認した。また、細菌やウイルス等の感染性材料を使用せずに家畜に効果的な免疫を誘導する技術として、BVD-MD の外被蛋白である E2 タンパク質遺伝子を組込んだプラスミド DNA 型ワクチン（※23）を作製し、接種動物において市販の BVD-MD ワクチンに匹敵する中和抗体の誘導を確認した。今後、作製した複数種のワクチンについて、牛に対する免疫誘導能、BVD-MD 防御能及び母子感染阻止能を比較検討することにより、BVD-MD のまん延防止に有効な免疫誘導技術を開発できる見込みである。

3. 研究が社会・経済等に及ぼす効果（アウトカム目標）とその実現に向けた研究成果の普及・実用化の道筋（ロードマップ）の明確性

ランク：A

本プロジェクトでは、平成 32 年に家畜の生産性向上及び衛生対策費の削減による 500 億円規模の生産コストを削減するとともに、実用的な新規ワクチン等の開発による海外市場も含めた 200～300 億円規模の動物医薬市場を開拓することを目標としている。具体的な数値目標の根拠は、以下の試算に基づくものである。なお、本プロジェクトで開発する DNA マーカーを活用した遺伝的改良の経済効果は、平成 32 年時点ではまだ見込めないことから、本試算には含まれていない。

【試算】

○ 豚について、開発したワクチンにより PRRS による経済損失（394 億円⁽¹⁾）の 2 割（約 79 億円）を低減できた場合、ワクチン代約 56 億円（年間出荷頭数 1,600 万頭⁽²⁾全頭にワクチン接種するとして、1 頭当たりワクチン代を 350 円に設定して算出）を考慮しても、約 23 億円のコスト低減が可能となる。

- (1) 豚病研究会報（54, 8-13）から試算
- (2) H23 年畜産物流通統計

○ 肉用牛（成雌牛約 71 万頭⁽³⁾）及び乳用牛（成雌牛約 93 万頭⁽³⁾）の半数（牛の現状の受胎率を 50%と設定）について、開発した超早期妊娠診断を活用して繁殖サイクルを 9 日短縮（人工授精後 21 日目において不受胎牛を確実に確認することにより、人工授精後 28 日目の妊娠診断による不受胎の確認、黄体退行ホルモンの投与（発情の誘起）、次の人工授精の実施（前回人工授精から 30 日目）という一連の作業を回避）すると、飼料費（約 1,000 円/頭/日⁽⁴⁾）及び人工授精を行うための投薬代（約 2,000 円/頭/回⁽⁵⁾）が節減され、約 90 億円のコスト低減が可能。

また、肉用及び乳用成雌牛（約 164 万頭）について、開発した家畜繁殖制御薬を利用して分娩間隔を 21 日短縮（分娩後の卵巣活動の停止状態を回復し、牛の発情周期 1 回分を短縮）すると、投薬代（約 4,000 円/頭/回と想定）は約 66 億円増加するものの、飼料費（約 1,000 円/頭/日）が約 344 億円

節減され、差し引き約278億円のコスト低減が可能。

さらに、開発したワクチンにより乳房炎及びBVD-MDによる経済損失（乳房炎：800億円⁽⁶⁾、BVD-MD：115億円⁽⁷⁾）の2割（乳房炎：約160億円、BVD-MD：約23億円）を低減できた場合、ワクチン代約9億円（乳房炎：乳用成雌牛約93万頭全頭にワクチン接種するとして、1頭当たりワクチン代を350円に設定して算出（約3億円）、BVD-MD：肉用及び乳用成雌牛約164万頭全頭にワクチン接種するとして、1頭当たりワクチン代を350円に設定して算出（約6億円））を考慮しても約174億円のコスト低減が可能となる。

以上から、家畜の生産性向上及び衛生対策費の削減により約508億円のコスト低減が可能である。

(3)H23 畜産統計

(4)H23 畜産物生産統計から算出

(5)H23 家畜共済診療点数表、H23 家畜共済診療報酬表から算出

(6)DAIRYMAN 臨時増刊号 H16. 10. 1 発行

(7)C.Heuerら（2007、J. Dairy Sci. 90:5428-5438）、G. J. Gunnら（2004、Vet J. 167, 143-149）、H19年度全国家畜保健衛生業績発表会資料（農林水産省消費・安全局動物衛生課）から試算

- 東アジア（中国を含む）の動物用医薬品の販売高5,750億円⁽¹²⁾のうち半分以上がワクチンによる売上げと考えられ、そのワクチンシェアの10%を獲得できれば288億円規模の動物医薬品市場の開拓につながる。

(12)世界動物薬企業連合年報2008

また、アウトカム目標を達成するため、平成31年度までに、本プロジェクトに参画している独立行政法人、都道府県の試験場、民間企業を通じて、①DNAマーカーを利用したマーカー育種の実証と優良系統の開発・普及、②超早期妊娠診断技術や繁殖機能制御技術の大規模実証と、新技術を組み込んだ飼養管理マニュアルの整備と畜産農家への技術普及、③新規ワクチン等の安定生産技術の確立および安全性などの検討と治験の実施、承認申請を進めることにしている。

さらに、本プロジェクトで得られる家畜のゲノム情報や繁殖機能を制御する生理活性物質、ワクチン開発のための基盤的な知見・手法は、獣医学、栄養学、生理学等幅広い研究分野の基盤として活用されるだけでなく、医学研究の基盤としても有用であり、他の研究への波及可能性も高い。

4. 研究推進方法の妥当性

ランク：A

研究開始前に実施した事前評価において、「予算規模も踏まえ、研究内容についてターゲットの絞りこみを実施するとともに、研究成果の迅速な普及に向けて、民間との連携を強化すること」との指摘を受けたことから、牛に関するDNAマーカー開発については、「飼料利用性」「抗病性」ではなく、限られた期間と予算規模の中で実現が可能と考えられた「繁殖性」に絞り込んで研究を実施することとした。さらに、委託先の選定にあたっては、プロジェクト終了後のスムーズな技術普及につなげるため、都道府県や全農、畜産農家への技術普及が可能な家畜改良センター等が参画している研究グループが選定され、また、ワクチン開発の課題については、ワクチンの製品開発のノウハウを有する民間企業が参画しており、研究成果を実用化するために必要な試験設計等を研究段階から共に行うことができると認められた研究グループが選定された。

研究開始後においては、外部有識者4名及び関係する行政部局で構成する「委託プロジェクト研究運営委員会」を、これまで5回開催し、研究の進捗状況を確認して、研究進行上の問題点や行政ニーズ等を把握し、最大限の研究成果が得られるよう進行管理を行った。

来年度以降は、これまでに得られた基盤的研究成果について実用可能なレベルへの改良及び検証試験が必要であることから、最終研究目標の達成に向け、必要に応じて予算の重点化等を図りつつ、研究を推進することとしている。

【総括評価】 ※総括評価の欄は、評価専門委員会において記載（事務局による評価段階では空欄）

ランク：A

1. 委託プロジェクト研究課題の継続の適否に関する所見

我が国の畜産業の競争力強化に大きく貢献する研究課題であり、引き続き継続していく必要性が認められる。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

諸外国も求めている技術であるため、適切な知的財産戦略を立てる必要がある。また、早い段階から製薬会社等民間企業を含めたコンソーシアムを活用して、実用化への具体的な道筋を検討する必要がある。

[研究課題名] ゲノム情報を活用した家畜の革新的な育種・繁殖・疾病予防技術の開発

用語	用語の意味	※番号
DNAマーカー	遺伝子の染色体上の存在位置の目印となる塩基配列。	1
SNP	Single Nucleotide Polymorphismの略称。ゲノム塩基配列中で一塩基が変異し、その変異が集団内で1%以上の頻度で見られるもの。	
SNPアレイ	ゲノム上のSNPを解析するため、目的のSNPの配列に結合するDNA断片をプラスチックやガラス等の基板上に高密度に配置した分析器具のこと。	2
遺伝子多型	遺伝子を構成している塩基配列の個体差であり、集団の1%以上の頻度で見られるもの。	3
連鎖	同一染色体上に二組の独立した形質を決定する遺伝子の組が存在し、その遺伝子の組み合わせが高頻度に子孫に伝わる現象。	
連鎖解析	DNAマーカーと表現形質の連鎖関係を調べ、表現形質を支配する遺伝子の近傍に存在するDNAマーカーを推定する解析法。	4
ゲノムワイド 相関解析	ゲノム全体を網羅するSNPの型と表現形質との相関を解析すること。	5
ベクター	遺伝子を目的の部位へ運ぶ媒体のこと。本プロジェクトでは、ベクターとして弱毒化した細菌やウイルスを利用。	6
乳房炎	ブドウ球菌、レンサ球菌、大腸菌などが乳頭口のほか、乳房・乳頭などの損傷部から侵入することにより炎症を発症する感染症。その結果、異常乳の分泌、乳量の低下を引き起こすとともに、治療期間中は出荷停止となるため、酪農家に莫大な損害を与える疾病の1つである。	7
豚繁殖・呼吸 障害症候群 (P RRS)	豚繁殖・呼吸障害症候群ウイルスにより感染する届出伝染病。季節に関係なく、全ての日齢の豚に感染し、生産ステージにより多様な病態を示す。母豚では、主に妊娠後期の流死産が特徴であり、哺乳豚では、虚弱、呼吸困難、高い死亡率を示し、離乳・肥育豚では、食欲不振、咳を伴わない呼吸困難、増体率の減少、死亡率の上昇が見られる。	8
連鎖地図	遺伝子間の距離を基に作成する遺伝地図のこと。本プロジェクトでは、DNAマーカーの位置を示した地図を作成。	9
キスペプチン	2001年に新たに発見された脳内物質。キスペプチンの変異が生殖機能不全につながることで、多くの哺乳動物で生殖に関係するホルモンの分泌を強く促進することなどが報告されており、生殖機能に深く関わっていると考えられている。	10
牛ウイルス性 下痢・粘膜病 (BVD-MD)	牛ウイルス性下痢ウイルスにより感染する届出伝染病。季節、地域に関係なく発生し、妊娠牛に感染すると流死産や先天性奇形を引き起こす。牛、豚、羊、山羊、鹿等に感染するが、牛が最も感受性が高い。	11
ベクターワク チン	ベクターを用いたワクチン。	12
SNPタイピン グ	SNPの型を識別すること。本プロジェクトでは、判別した型と表現形質についての関連を解析する。	13
育種価	親から子に伝える遺伝的能力を数値で示したもの。	14
マイクロアレ イ	多数のDNAやタンパク質（例えば千個以上）をスライドガラス上に固定化し、反応させることで、試料中の特定のDNAやタンパク質を一度に検出することができる技術のこと。これにより、特定の機能に関連するDNAやタンパク質を効率的かつ網羅的に検索することが可能となる。	15

サイトカイン	細胞が分泌する生理活性物質。	1 6
ニューロキニン	脳内に分布しているペプチドで、痛みの伝達、嘔吐、炎症反応の促進など様々な生理作用を持ち、近年、キスペプチン神経細胞を興奮させる作用を持つことが明らかにされてきている。	1 7
オキシトシン	下垂体から分泌される、9個のアミノ酸からなるペプチドホルモン。分娩時の子宮収縮作用や乳腺の筋線維を収縮させて乳汁の分泌を促す作用などを持つ。	1 8
プロスタグランジン	細胞膜中のリン脂質から生合成される生理活性物質。黄体を消滅させたり、子宮を収縮させる作用を持つ。	1 9
ポリアクリル酸	免疫補助活性を持つ高吸水性高分子。親水性のカルボキシル基を有し、網目構造の中に多数の水分子を取り込んでゲル構造を作る。	2 0
液性免疫	生体の防御反応である免疫のうち、体液中の抗体によって行われる免疫反応。一方、食細胞やT細胞が体内の異物を処理する免疫反応のことを細胞性免疫という。	2 1
牛パラインフルエンザウイルス3型	牛に、人のカゼに似た症状を示す呼吸器疾患の原因ウイルス。病原性は強くないが、輸送あるいは放牧の直後等の各種ストレスを受けると発病しやすい。	2 2
プラスミドDNA型ワクチン	プラスミドDNAと呼ばれる環状DNAに抗原を発現する遺伝子を組み込み、それをワクチンとして利用したもの。	2 3

ゲノム情報を活用した農畜産物の 次世代生産基盤技術の開発プロジェクト

【2,328(380)百万円】

対策のポイント

画期的な新品種の育成を可能とするため、ゲノム情報を活用した新しい育種技術を開発するとともに、全国の育種機関で活用できる育種システムを構築します。

<背景/課題>

- ・これまでの研究により、病気等に強い新品種を開発をゲノム情報を利用して飛躍的に効率化するDNAマーカー選抜育種技術が開発されており、今後は、これらの成果を育種現場で活用していくことが重要です。
- ・一方、これまで開発した育種技術では、収量性等の複雑な遺伝形質の改良は困難であり、収量性等を大幅に向上した画期的な新品種を短期間で開発するためには、ゲノム情報を活用した次世代の育種技術を早期に開発する必要があります。
- ・「食料・農業・農村基本計画」でも、農政の課題に技術面での確に対応するため、新品種や革新的な生産技術の開発を推進することとされています。

政策目標

- 新品種育成期間を大幅に短縮
(12年間(21~23年度の平均) → 4年間(32年度))
- 家畜の生産性向上及び衛生対策費の削減(1頭当たり生産コストを平成23年比で牛で約4%、豚で約5%削減(32年度))

<主な内容>

1. ゲノム育種技術の全国展開に向けた研究開発

DNAマーカー選抜育種技術を全国の育種機関で展開するため、水稻のほか、麦・大豆・園芸作物のDNAマーカー及びそのマーカーを有する育種素材の開発等を行うとともに、全国の育種機関がこれらの素材を効率よく活用できる育種システムを構築します。

2. ゲノム育種技術を高度化するための研究開発

これまでの育種技術では対応できない多数の遺伝子が関与する収量性などの重要形質を改良するため、高度情報処理技術を活用した次世代の育種技術を開発します。
また、環境ストレス耐性等の新たな形質が付与された遺伝子組換え農作物の生物多様性影響評価手法・管理技術を開発します。

3. 遺伝資源を効果的・効率的に活用するための研究開発

遺伝資源をゲノム育種で有効活用するため、自然変異系統群や突然変異系統群から有用遺伝子を効率的に発掘する技術等を開発します。

4. 家畜の革新的な育種・繁殖・疾病予防技術の開発

牛・豚のゲノム情報を利用して、飼料利用率等の重要形質に関するDNAマーカー、超早期妊娠診断技術・長期不受胎牛判定技術、経口・経鼻など省力的に投与可能な慢性疾病に対するワクチンを開発します。

補助率：定額
事業実施主体：民間団体等

お問い合わせ先：

農林水産技術会議事務局研究開発官(食の安全、基礎・基盤)

(03-3502-7435(直))

ゲノム情報を活用した農畜産物の次世代生産基盤技術の開発プロジェクト

背景・ニーズ

農産物の競争力強化のためには、地域の特性に合わせて収量、品質などを飛躍的に向上させた画期的な新品種を短期間で開発することが不可欠

しかし、従来の育種法による新品種の開発には多大な労力、期間が必要(イネの育種期間12年程度)

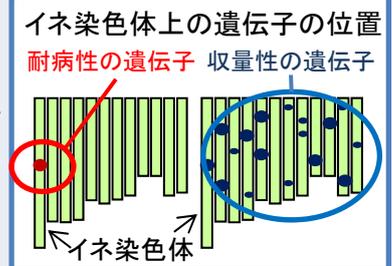
これまでの成果

- イネの全塩基配列の解読が終了し、耐病性等に関与する有用遺伝子を解明、さらに、小麦、大豆、野菜、果樹等についても全塩基配列の解読が終了あるいは解読中
- 有用遺伝子の目印(DNAマーカー)を用いた育種技術(DNAマーカー選抜育種)を開発
イネの育種期間は、5年程度に短縮されたが、収量性など多数の遺伝子が関与している形質の改変は困難、解明されている有用遺伝子の数は限定的

今後の課題

画期的な新品種を開発を加速するためには、

- 収量性などの多数の遺伝子が関与する重要形質を改良するための新しい育種技術の開発
 - 生産者等の多様な要望に即した新品種を開発するための多種多様な有用遺伝子の発掘・創出
- を行いながら、ゲノム情報を活用した育種技術(ゲノム育種)を全国展開していくことが不可欠



研究内容

①DNAマーカー選抜育種を全国展開していくため水稻のほか、麦・大豆・園芸作物のDNAマーカー開発、生産現場に適応した育種素材の開発・提供等による全国育種システムの構築

育種技術の高度化

②多数の遺伝子が関与する重要形質を改良する高度情報処理技術による次世代の育種技術の開発等

③遺伝資源から有用遺伝子を効率的に発掘する技術の開発等

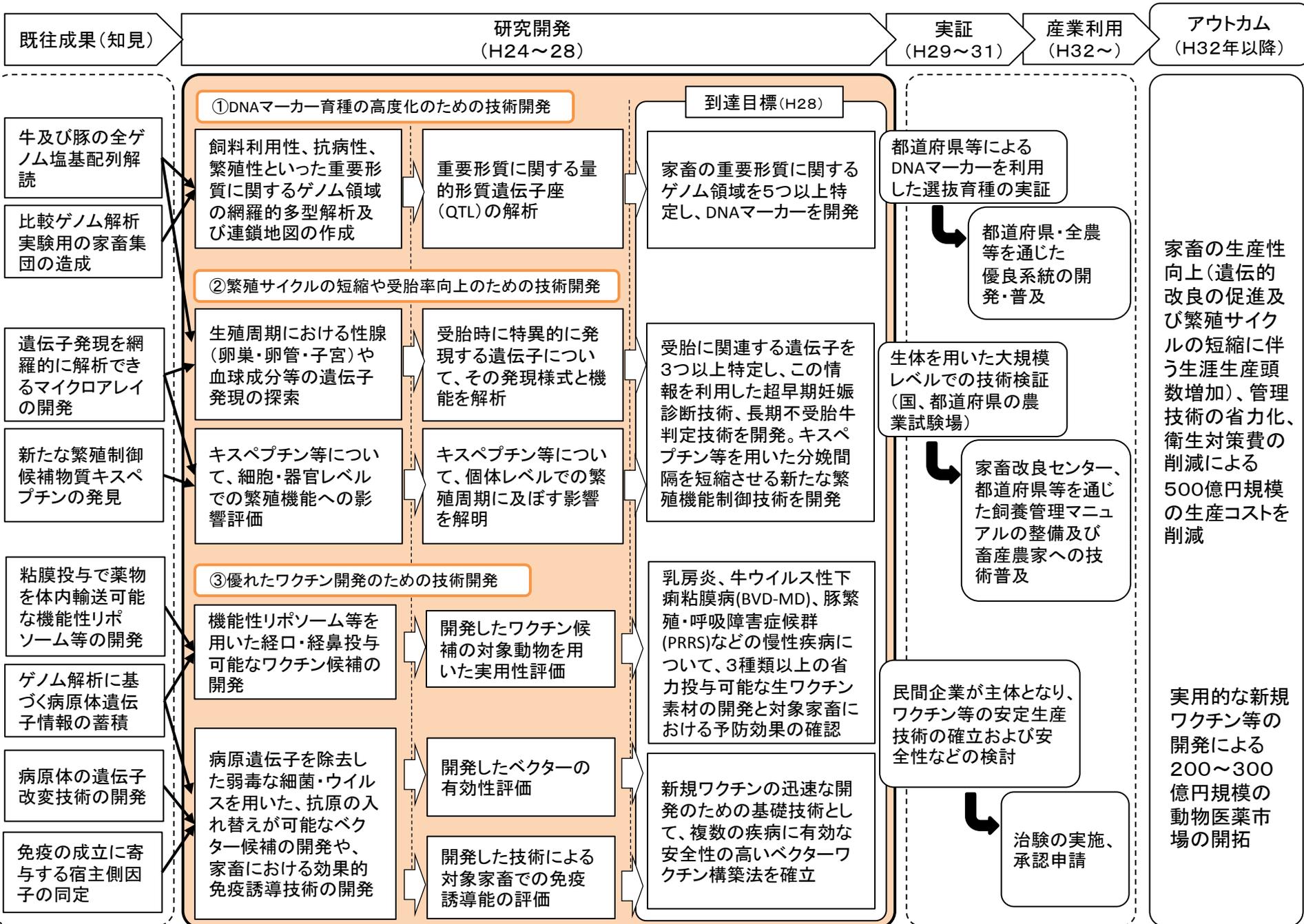
技術・情報・知見の共有

④家畜の革新的な育種・繁殖・疫病予防技術の開発

得られる成果

新品種育成期間を大幅に短縮(平成32年度に現行の12年間から4年間に短縮)

「ゲノム情報を活用した家畜の革新的な育種・繁殖・疾病予防技術の開発」 ロードマップ



「ゲノム情報を活用した家畜の革新的な育種・繁殖・疾病予防技術の開発」の進捗状況一覧

課題名	アウトカム	アウトプット	目標(中間時)	中間評価時点での達成状況	今後の計画
DNAマーカー育種の高度化のための技術開発	家畜の生産性向上(遺伝的改良の促進及び繁殖サイクルの短縮に伴う生涯生産頭数増加)、管理技術の省力化、衛生対策費の削減による500億円規模の生産コストを削減	家畜の重要形質(飼料利用性、抗病性、繁殖性)に関するゲノム領域を5つ以上特定し、DNAマーカーを開発	家畜の重要形質に関するゲノム領域の網羅的多型解析及び連鎖地図の作成	<ul style="list-style-type: none"> ・約1,500頭の個体に関して飼料摂取量及び体重データを収集し、そのうち約300頭についてゲノムワイド相関解析のためのSNPタイピングを実施(豚) ・抗病性に関する多型解析、連鎖地図の作成及び連鎖解析により、離乳後多臓器性発育不良症候群及び肺炎感受性に関連するゲノム領域を検出(豚) ・約400頭の受胎率データを収集し、ゲノムワイド相関解析により、受胎率と関連する遺伝子を同定(牛)、等。 <p>(概ね計画通り研究は進捗している。)</p>	有用ゲノム領域の探索を継続するとともに、これまでに単離された有用ゲノム領域内の詳細な解析により、責任遺伝子を同定し、DNAマーカーを開発する。
繁殖サイクルの短縮や受胎率向上のための技術開発	繁殖サイクルの短縮や受胎率向上のための技術開発	受胎性関連遺伝子を3つ以上特定し、この情報を利用した超早期妊娠診断技術、長期不受胎牛判定技術を開発。キスペプチン等を用いた分娩間隔を短縮させる新たな繁殖機能制御技術を開発	<ul style="list-style-type: none"> ・生殖周期(妊娠・非妊娠期)における性腺(卵巣・卵管・子宮)や血球成分等の遺伝子発現を網羅的に探索し、受胎性に関連する候補遺伝子を複数特定 ・新たな繁殖制御候補物質キスペプチン等について、細胞・器レベルでの繁殖機能への影響を評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・受胎によって末梢血球で発現変化する4つの受胎性関連遺伝子を同定 ・オキシトシン投与後の血中プロスタグランジン濃度の変化を指標として、受胎性の高い牛と低い牛を評価できる可能性を確認 ・既存ニューロキニン作動薬の構造を改良し、高活性の新規ニューロキニン作動薬を数種開発、等。 <p>(概ね計画通り研究は進捗している。)</p>	繁殖機構の解明に関する研究とともに、受胎性関連遺伝子を利用した妊娠診断手法の妥当性確認、オキシトシン反応性を利用した受胎性評価判別式の構築、ニューロキニン作動薬の生体内安定性強化や徐放性製剤の創薬等、研究成果の実用化に向けた研究も推進する。
優れたワクチン開発のための技術開発	実用的な新規ワクチン等の開発による200~300億円規模の動物医薬市場の開拓	<ul style="list-style-type: none"> ・乳房炎、牛ウイルス性下痢粘膜炎、豚繁殖・呼吸障害症候群などの慢性疾病について、3種類以上の省力投与可能なワクチン候補の開発と対象家畜における予防効果を確認 ・新規ワクチンの迅速な開発のための基礎技術として、複数の疾病に有効な安全性の高いベクターワクチン構築法を確立 ・様々なワクチン等に応用できる汎用技術として対象家畜における効果的な免疫誘導技術を開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・機能性リポソーム等を用いた経口・経鼻投与可能なワクチン候補の開発 ・病原遺伝子を除去した弱毒な細胞・ウイルスを用いて、抗原の入れ替えが可能なベクターを開発 ・家畜における効果的な免疫誘導技術を開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・黄色ブドウ球菌(SA)死菌鼻腔免疫によりSA特異的分泌抗体が乳汁中に分泌されることを確認 ・細胞内のpHに応答して膜融合が可能なポリマーを保持したリポソーム担体を開発 ・豚丹毒菌の遺伝子破壊株の樹立及び豚丹毒菌ベクター挿入予定のウイルス中和抗原を同定し、組換えベクターワクチンの作出に着手、等。 <p>(概ね計画通り研究は進捗している。)</p>	ワクチンの試作及び対象動物を用いた、それら試作ワクチンの効果を検証する試験を実施する。

研究概要

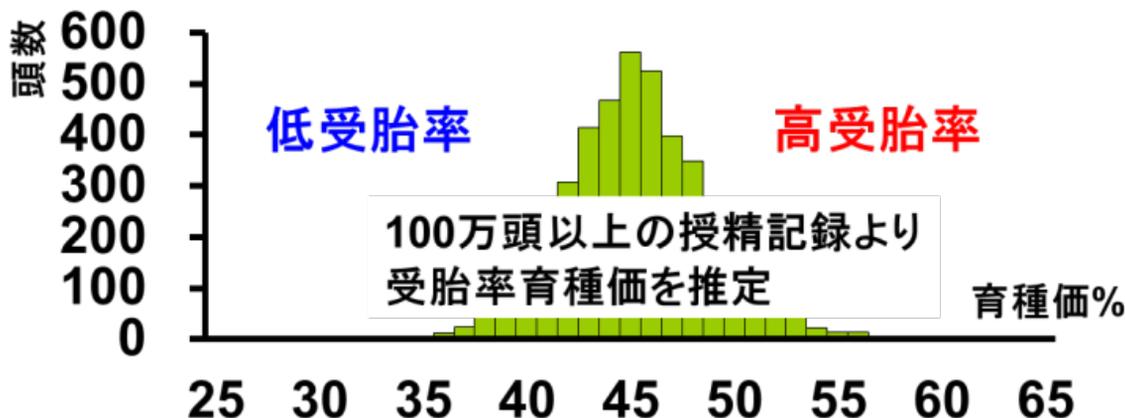
わが国のウシ、ブタ等の家畜の生産性向上のため、抗病性、繁殖性、飼料利用性を対象として、育種改良に有効なDNAマーカーを開発することにより、ゲノム育種手法の高度化を図る。

主要成果

ウシの繁殖性に関連するゲノム領域の探索とDNAマーカーの開発

成果の概要

受胎率向上に関連する遺伝子型を特定し、遺伝子診断法を開発



低受胎率群及び高受胎率群から192個体ずつ選抜し、全ゲノム領域にわたり、遺伝子多型と受胎率との関連を解析

ホルスタイン種の受胎率を高める、*PKP2* (細胞間の情報伝達)、*SETD6* (ホルモン分泌) 及び *CACNB2* (ホルモン反応性) の型を特定し、遺伝子診断法を開発

今後の研究推進方向

- ①本遺伝子型の産乳性などへの影響の確認
- ②黒毛和種の繁殖性に関連するゲノム領域の多型解析

繁殖サイクルの短縮や受胎率向上のための技術開発

研究概要

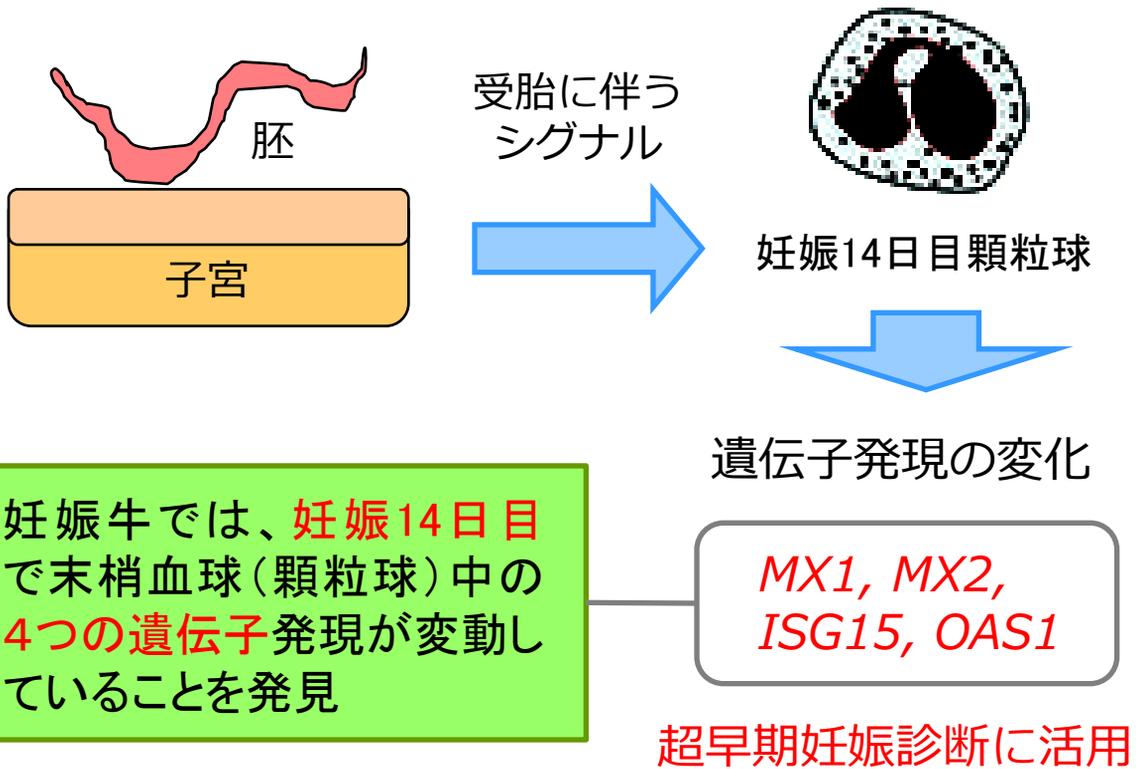
ウシの繁殖サイクルの短縮と受胎率向上のため、妊娠に関わる遺伝子機構に基づく超早期妊娠診断法や長期不受胎牛判定法等の開発ならびに卵巣機能を改善する新たな繁殖制御技術の開発を行う。

主要成果

末梢血球に反映される生殖周期の影響評価に基づく超早期妊娠診断法の開発

成果の概要

超早期妊娠診断に活用可能な、末梢血球における遺伝子を特定



今後の研究推進方向

- ① 受胎性関連遺伝子を利用した診断基準の確立
- ② 診断法の簡便化

優れたワクチンの開発のための技術開発

研究概要

畜産業に経済的に甚大な影響を与えながらも、従来のワクチン技術による防除の困難な日和見感染症、慢性感染症、複合感染症の被害を低減するため、難防除性の家畜疾病に有効な新規予防技術を開発する。

主要成果

黄色ブドウ球菌(SA)性乳房炎に対する 粘膜免疫誘導型ワクチンの開発

成果の概要

SA性乳房炎ワクチン評価手法の開発と乳汁中への抗SA抗体誘導に成功

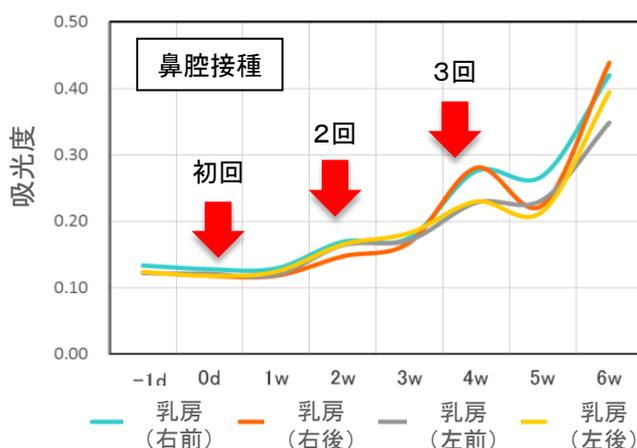
SA性乳房炎ワクチン評価手法の開発

- ・SAの乳房内接種による実験的乳房炎モデルの作出条件を確立
- ・SA特異的な乳汁中の分泌型抗体の検出法を確立
- ・シクロフィリンを指標とした乳房炎の早期検知技術を確立

乳汁中への抗SA抗体産生誘導技術を開発



粘調性死菌抗原の経鼻投与で
乳汁中へ特異的抗体を誘導



乳汁中の抗SA分泌抗体価の推移

今後の研究推進方向

- ①適切な抗原、剤型の検討による免疫効果の増強
- ②野外試験による免疫付与効果の検証

論文数等共通事項調査票

(平成26年1月31日調査時点)

事業名	ゲノム情報を活用した家畜の革新的な育種・繁殖・疾病予防技術の開発					
実施期間	平成24～28年度			評価段階	中間	
予算額 (百万円)	初年度 (24年度)	2年度目 (25年度)	3年度目 (26年度)	4年度目 (27年度)	5年度目 (28年度)	総合計
	380	342	308	308	308	1,645

項目	① 査読論文	②国内 特許権等 出願	③海外 特許権等 出願	④国内 品種登録 出願	⑤ プレス リリース	⑥ アウトリーチ 活動
実績件数	47	3	1	0	2	10

具体的な実績	
①査読論文(代表的な論文を掲載)	
<p>1. Sugimoto M, Sasaki S, Gotoh Y, Nakamura Y, Aoyagi Y, Kawahara T, Sugimoto Y. (2013), Genetic Variants Related to Gap Junctions and Hormone Secretion Influence Conception Rates in Cow. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, November 11, Early Edition.</p> <p>2. Dawson H.D, Uenishi H, Shinkai H, Morozumi T, Toki D, 他45名, (2013), Structural and functional annotation of the porcine immunome. BMC Genomics, 14: 332</p> <p>3. Moreno S, Álvarez B, Martínez P, Uenishi H, Revilla C, Ezquerro A, Alonso F, Domínguez J (2013), Analysis of chemokine receptor CCR7 expression on porcine blood T lymphocytes using a CCL19-Fc fusion protein. Dev. Comp. Immunol., 39: 207-213</p> <p>4. Bergman I-M, Sandholm K, Ekdahl K.N, Okumura N, Uenishi H, Guldbrandtsen B, Essler S.E, Knoll A, Heegaard P.M.H, Edfors I, Juul-Madsen H.R (2013), MBL1 genotypes in wild boar populations from Sweden, Austria, the Czech Republic, and Japan. Int. J. Immunogenet., 40: 131-139</p> <p>5. Kizaki K et al. (2013), Differential neutrophil gene expression in early bovine pregnancy. Reprod Biol Endocrinol 11: 6.</p> <p>6. Wakabayashi Y et al. (2013), Electrophysiological and morphological evidence for synchronized GnRH pulse generator activity among kisspeptin/neurokinin B/dynorphin A (KNDy) neurons in goats. J Reprod Dev, 59: 40-48.</p> <p>7. Kobayashi Y et al. (2013), Summer heat stress affects prostaglandin synthesis in the bovine oviduct. Reproduction 146: 103-110.</p> <p>8. Mitsu R et al. (2013), Structure-activity relationship study of tachykinin peptides for the development of novel neurokinin-3 receptor selective agonists, Bioorg Med Chem, 21: 2413-2417.</p> <p>9. Fang Shi et al. (2012), Capsular polysaccharide of Erysipelothrix rhusiopathiae, the causative agent of swine erysipelas, and its modification with phosphorylcholine. Infection and Immunity, 80: 3993-4003.</p> <p>10. Fang Shi et al. (2013), Characterization and Identification of a Novel Candidate Vaccine Protein through Systematic Analysis of Extracellular Proteins of Erysipelothrix rhusiopathiae. Infection and Immunity, 83: 4333-4340.</p> <p>11. Yohsuke Ogawa et al. (2012), Immunostimulatory effects of recombinant Erysipelothrix rhusiopathiae expressing porcine interleukin-18 in mice and pigs, Clinical Vaccine Immunology, 19: 1393-1398.</p> <p>12. Shinobu Watarai et al. (2013), A liposome-based antigen delivery system using pH-sensitive fusogenic polymers for cancer immunotherapy, Biomaterials, 34: 3042-3052.</p>	
②③④(国内外)特許権等出願・品種登録	
<p>1. 新規NK3受容体アゴニスト 出願番号 特願2012-231902</p> <p>2. ウシの受胎率の判定方法 出願番号 特願2013-111480</p> <p>3. 新規NK3受容体アゴニスト 出願番号 特願2013-235334</p> <p>4. 新規NK3受容体アゴニスト 出願番号 PCT/JP2013/78278</p>	
⑤プレスリリース	
<p>1. 「夏場の酷暑がウシ卵管分泌機能に悪影響」(平成25年6月10日、岡山大学)</p> <p>2. 「ホルスタイン種の受胎率を高める遺伝子を同定」(平成25年11月12日、独立行政法人家畜改良センター)</p>	

⑥アウトリーチ活動(研究活動の内容や成果を社会・国民に対して分かりやすく説明する等の双方向コミュニケーション活動)

1. NIASオープンカレッジ「家畜ゲノム研究最先端」(平成24年9月27日、主婦会館プラザエフ)
2. NIASシンポジウム「最新アニマルテクノロジー」公開シンポジウム「ブタゲノム情報を活用した食と医の新展開」(平成24年11月9日、秋葉原コンベンションホール)
3. NIASオープンカレッジ「家畜ゲノム研究最先端」(平成25年9月26日、主婦会館プラザエフ)
4. 農業生物資源研究所創立30周年記念シンポジウム「ブタのゲノム育種—マーカー育種からゲノミック選抜へ」(平成25年10月16日、秋葉原UDX6階カンファレンス)
5. アグリビジネス創出フェア2013「サルモネラ認識を低下させる豚TLR5の一塩基多型(C1205T)簡易検出法の開発」(平成25年10月23-25日、東京ビッグサイト)
6. 日本獣医師会主催:産業動物臨床講習会「ウシ卵巣機能制御に関する最近の知見と臨床との接点」(平成25年11月8日、岡山県農業共済会館)
7. 日本獣医師会主催:管理獣医師の実践的な技術・知識を習得するための講習会「牛の子宮・胎盤機能について」(平成25年11月29日、ホテル東日本)
8. 日本獣医師会主催:管理獣医師の実践的な技術・知識を習得するための講習会「牛の繁殖をめぐる現状について」(平成25年11月29日、ホテル東日本)
9. NIASオープンカレッジ「動物性蛋白質の供給から医薬分野への貢献まで」(平成25年12月12日、主婦会館プラザエフ)
10. SATテクノロジー・ショーケース2014「ブタ完全長cDNA解読による遺伝子コレクションの構築とブタゲノム塩基配列アノテーション」(平成26年1月24日、つくば国際会議場)

その他(行政施策等に貢献した事例)

1. 革新的農業技術習得研修(農林水産省経営局からの研修委託事業)(平成25年10月17日、農研機構九州沖縄農業研究センター)

今後予定しているアウトリーチ活動等

1. 農研機構シンポジウム「牛の受胎率向上に向けた雌雄両側からの研究アプローチ」(平成26年3月26日、つくば国際会議場)

委託プロジェクト研究課題評価個票（中間評価）

研究課題名	天然資源に依存しない持続的な養殖生産技術の開発 (25年度に「水産業再生プロジェクト」に組替・再編)			担当開発官等名	研究開発官(環境)
				連携する行政部局	
研究開発の段階	基礎	応用	開発	研究期間	H24～H28（5年間）
				総事業費(億円)	1.4億円（見込）
研究課題の概要					
<p><委託プロジェクト研究課題全体> 養殖用稚魚(*1)を天然資源に依存しているブリ類、ウナギ、クロマグロについて、人工稚魚(*2)を活用した持続的な養殖生産の実現に向け、成熟・産卵のコントロール技術、人工稚魚の低コスト・大量生産技術、高品質な養殖用稚魚の供給技術を開発するための研究を実施する。</p> <p><課題①：ブリ類人工稚魚の低コスト・早期供給技術の開発（平成24～28年度）> ・ 飼育環境の制御によりブリの産卵期を5ヶ月以上早期化するとともに、天然稚魚より大型な人工稚魚を効率的に生産することにより、赤潮(*3)被害発生時期の前に出荷可能な養殖用稚魚を低コストで安定的に供給する技術を開発する。</p> <p><課題②：シラスウナギの安定生産技術の開発（平成24～28年度）> ・ ウナギ親魚の催熟(*4)技術と仔魚(*5)からシラスウナギ(*6)までの飼育技術を高度化するとともに、優良形質を備えた家系(*7)作出に向けた育種技術の開発に取り組むことにより、1万尾のシラスウナギを安定的に生産可能なシステムを開発する。</p> <p><課題③：クロマグロ高品質稚魚の供給技術の開発（平成24～28年度）> ・ 陸上水槽を用いた採卵の安定化、稚魚生産における飼育技術の高度化、海上での育成過程における生残率(*8)の向上を通じて、養殖用の人工稚魚を10万尾規模で安定的に供給可能な技術を開発する。</p>					
1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標					
中間時（2年度目末）の目標			最終の到達目標		
① ブリ親魚の早期（11～12月）採卵と温暖な海域での稚魚育成を試行し、天然稚魚より大型な養殖用人工稚魚の生産を実現する。			① 早期採卵の安定化と人工稚魚育成手法の効率化により、大型の人工稚魚を低コストで安定的に供給する技術を開発する。		
② ウナギ成熟誘導ホルモンの低コスト・大量生産技術を開発するとともに仔魚の大量飼育装置の基本設計を完了する。また育種に向け、ウナギ精子の大量凍結保存技術を開発する。			② 催熟技術の高度化と新たな飼料や飼育装置の開発により、1万尾のシラスウナギを安定的に生産可能なシステムを開発する。また、DNAマーカー選抜育種(*9)に必要なゲノム情報(*10)と家系を整備する。		
③ クロマグロの水槽内産卵誘導試験のための環境制御プログラムを設計し、親魚候補を収容の上、試験を開始する。稚魚生産後期に用いる配合飼料の素材を見出すとともに、海上育成初期の生残を向上させる飼育手法を開発する。			③ 陸上水槽で親魚用配合飼料を用いた採卵の安定化、仔稚魚飼育における配合飼料開発および海上育成過程まで含めた生残率の向上により、養殖用人工稚魚を10万尾規模で安定的に供給可能な技術を開発する。		
2. 委託プロジェクト研究課題全体としてのアウトカム目標（H32年）					
				備考	
① ブリ類、ウナギ、クロマグロについて、人工稚魚を活用した養殖魚の商業生産を開始する				水産庁の実証事業等により、商業ベースの養殖試験を実施して効果の評価とフィードバックを行い、技術を検証していく必要がある。	

【項目別評価】

1. 社会・経済の諸情勢の変化を踏まえた研究の必要性

ランク：S

- ・我が国の主要な養殖魚のうち、ブリ類、ウナギ、クロマグロについては、養殖用稚魚のほぼ100%を天然資源に依存しているが、近年、天然資源の減少やこれに伴う資源管理の強化等により、天然稚魚の確保が困難になりつつある。
- ・この状況は、本研究が開始された平成24年以後も益々顕著になっており、ウナギについては、平成25年まで4年連続で天然稚魚（シラスウナギ）の不漁が続き、養殖ウナギの供給量の減少と価格の上昇が深刻化している。
- ・クロマグロについても、平成24年に水産庁が天然稚魚を用いた養殖漁場の新設を規制する等、天然資源の管理体制を強化する方針を示したことから、養殖用人工稚魚への需要が益々高まっている。
- ・このような状況から、総合科学技術会議は「平成25年度科学技術重要施策アクションプラン」において「飼育環境制御の高度化等による完全養殖システムの開発」を重要施策に位置づけ、「2020年までにウナギ、クロマグロの完全養殖を商業化する」ことが達成目標として掲げられた。
- ・またブリについては、平成25年度に農林水産省が策定した「農林水産物の輸出戦略」における重点品目に選定されたことから、これまでの赤潮被害の軽減効果に加え、早期出荷が可能となる人工種苗を活用した通年出荷体制の確立が、官民双方から期待されている。
- ・このように、日本人が好むこれらの魚を今後も安定的に供給するとともに輸出の促進を図り、政府が推し進める「攻めの農林水産業」に貢献するためには、天然資源に依存しない、完全養殖（*11）された人工稚魚を用いた持続的な養殖技術を早急に実用化する必要がある。

以上のことから、農林水産業、国民生活のニーズ等の視点からの研究の重要性及び国が関与して研究を推進する必要性は研究開始時からさらに増しており、必要性は非常に高い。

2. 研究目標の達成度及び今後の達成可能性

ランク：S

課題①：ブリ類人工稚魚の低コスト・早期供給技術の開発

- ・ブリの早期採卵については飼育環境下での親魚の環境を制御することで達成した。すなわち、親魚に短日（*12）を経験させた後、天然の産卵条件（長日（*13）、水温19℃）下で成熟を促進させ、人為的に天然の産卵期（4～5月）より約5ヶ月早い11月～12月の採卵に成功した。
- ・早期採卵由来の人工稚魚を低水温期（2～3月）に温暖な種子島に輸送して育成する手法を考案し、これを試行した結果、天然稚魚に比べ2倍大型（体長約20cm）の養殖用稚魚の生産に成功した。このサイズの稚魚は、翌年の5月には出荷サイズの4kgに達すると予測され、赤潮発生時期（6～8月）の前の出荷が可能となることを見込まれた。
- ・このように中間時の目標は全て高いレベルで達成されたことから、今後は当初の計画通り、早期採卵の成功率の向上と安定化を図り、人工稚魚の育成工程の効率化と生残率の向上に取り組むことで、大型のブリ人工稚魚を低コストで安定的に供給する技術の開発という最終目標の達成が可能である。

課題②：シラスウナギの安定生産技術の開発

- ・親ウナギの催熟にこれまで用いられてきたサケやヒトのホルモンに替わる、より催熟効率の高いウナギ自身の成熟誘導ホルモンを生産するため、これまでの遺伝子工学的手法を改良した結果、ホルモン生産量を2～3倍に高めるとともに生産コストを10～20分の1に低減することに成功した。
- ・仔魚の飼育において、これまで大量飼育の障害となっていた水槽交換（水槽清掃のため仔魚を別の水槽に移す作業）に工夫を加えた新たな飼育手法と大型飼育水槽を開発し、飼育技術の画期的な省力化と生産規模の拡大に成功した。また、本成果を「ウナギ仔魚飼育方法及び装置」として特許出願した（特願2013-263898）。
- ・育種の基盤技術となるウナギ精子の大量凍結保存のための最適条件を解明した。また、この方法で凍結した場合、保存1年後までは解凍後の精子の運動率に変化がないことも明らかとなった。
- ・このように中間時の目標は全て高いレベルで達成されていることから、今後は当初の計画通り、開発したウナギホルモンを用いた催熟技術の高度化と飼育装置の改良を進めるとともに、新たな仔魚用飼料の開発やマーカー選抜育種に必要なゲノム情報と家系を整備することにより、1万尾のシラスウナギを

安定的に生産可能なシステムを開発するという最終目標の達成が可能である。

課題③：クロマグロ高品質稚魚の供給技術の開発

- ・海面生簀で飼育した親魚の産卵成功事例に基づき、陸上水槽で使用する水温・日長プログラムを設計した。
- ・平成25年6月、供試魚（2歳魚）を奄美大島から長崎に輸送し、陸上水槽への収容に成功した。その後、成熟産卵誘導に向けた飼育実験が順調に継続中である。
- ・稚魚生産後期（体長20～50mm）における飼育技術の高度化を図るため、従来から用いられている生餌（シラス）の代替となる人工飼料を4種試作・給餌した結果、いずれの人工飼料も成長、生残において生餌を上回る飼育成績を記録したことから、生餌の有望な代替素材であると見なされた。
- ・海面での育成にあたり、当初12日間小型生簀で分割飼育した後に従来の大型生簀に移す「分割飼育法」を開発し、生残率を約20%向上させることに成功した。
- ・このように中間時の目標は全て高いレベルで達成されていることから、今後は当初の計画通り、陸上水槽と配合飼料を用いた採卵の安定化と稚魚育成期における配合飼料開発と生残率の向上により、養殖用人工稚魚を10万尾規模で安定的に供給可能な技術を開発するという最終目標の達成が可能である。

3. 研究が社会・経済等に及ぼす効果（アウトカム目標）とその実現に向けた研究成果の普及・実用化の道筋（ロードマップ）の明確性

ランク：A

- ・平成32年度までに、ブリ類、ウナギ、クロマグロについて、人工稚魚を活用した養殖魚の商業生産を開始することをアウトカム目標とする。
- ・アウトカム目標の実現に向け研究成果を普及・実用化するためには、国、関係都道府県の実証事業等を通じて人工稚魚を生産現場へ導入し、商業ベースでの養殖試験を通じて本プロジェクトの研究成果を評価するとともに、評価結果を人工稚魚生産技術にフィードバックすることで、技術水準を普及・実用が可能なレベルに高めていく必要がある。
- ・そのため、関係行政部局と産業界の代表者を含む「プロジェクト研究運営委員会」を年4回開催し、研究成果の報告と行政・産業界からのニーズの把握を通じて、研究成果が円滑に行政施策や生産場での実証に反映されるよう努めている。

以上のことから、研究が社会・経済等に及ぼす効果とその実現に向けた研究成果の普及・実用化の道筋の明確性は高い。

4. 研究推進方法の妥当性

ランク：A

- ・研究開始前に実施した事前評価での指摘等を踏まえ、研究計画及び課題を検討し、当該研究分野に多くの知見と経験等を有する機関を対象とした企画競争を経て、適切な研究グループを採択した。
- ・研究開始後においては、外部有識者4名及び関係する行政部局で構成される「委託プロジェクト研究運営委員会」を、これまで6回（年間3回程度）開催し、適切な進行管理を行った。
- ・具体的には、課題（魚種）毎の進行管理に加え、共通する技術開発テーマについて課題間（魚種間）での連携を深めるための会議を開催し、相乗効果を高めることにより、プロジェクト全体としての研究推進の最適化、効率化を促進している。これまでに「成熟・産卵のコントロール技術」をテーマに課題間連携会議を開催したところであり、今後は「人工稚魚の低コスト・大量生産技術」、「高品質な養殖用稚魚の供給技術」についても実施する予定である。
- ・加えて、本委託プロジェクト研究を含む水産関係のプロジェクト研究においては、年1回、運営委員会を合同で開催することにより、研究成果と行政・産業界からのニーズをより広範囲で共有することに努めている。

以上のことから研究推進方法の妥当性は高い。

【総括評価】 ※総括評価の欄は、評価専門委員会において記載（事務局による評価段階では空欄）

ランク：S

1. 委託プロジェクト研究課題の継続の適否に関する所見

すべての課題において中間時の目標を上回るレベルで達成されていることから、継続していく必要性が高いと認められる。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

海外（特にアジア）においても関心がある技術であり、知財管理が大事である。また、持続可能な養殖の実現に向けて取り組む必要がある。

[研究課題名] 天然資源に依存しない持続的な養殖生産技術の開発

用語	用語の意味	※ 番号
養殖用稚魚	養殖開始時に生産場に導入する発育初期の魚の総称。本事業が対象とする養殖用稚魚は、通称、ブリではモジャコ（体長約5cm）、ウナギではシラスウナギ（体長約5cm）、クロマグロではヨコワ（約30cm）と呼ばれる。 なお、生物学的な稚魚とは、卵から孵化した後に骨格や鰭などの体の基本的な構造（内部形態）が成魚とほぼ同じになるが、体型や斑紋（外部形態）は未だ成魚とは異なる段階の発育ステージと定義される。	1
人工稚魚	飼育環境下で卵から育てた稚魚。	2
赤潮	プランクトンの異常増殖により海、湖沼等が着色する現象。水域の富栄養化（水中の栄養分が多くなりすぎる）と関係が強く、有害な種類のプランクトンが増殖すると養殖されている魚類、貝類を死亡させ、多大な漁業被害を及ぼす。	3
催熟	魚の成熟と産卵・放精を人為的に促進させること。	4
仔魚	卵から孵化した後に、稚魚になるまでの発育段階。成魚とは全く異なる形態、生態を示す種も多く「幼生」とも呼ばれる。	5
シラスウナギ	ウナギの稚魚の通称。成魚と異なり体が透明なためシラスと呼ばれる。	6
家系	目的とする優良形質を持ち選抜された個体の子孫からなる、当該優良形質を持った育種の基盤となる集団。	7
生残（生残率）	一度に産まれた卵・稚魚などを対象として、一定時間を経た後の生き残り（およびその割合）。	8
DNAマーカー選抜育種	有用形質と関連する遺伝子（DNA）を指標（マーカー）として個体を選抜する育種技術。個体が成長し有用形質が発現する前の選抜が可能となり、育種期間が大幅に短縮される。	9
ゲノム情報	ある生物の持つ全ての遺伝子（ゲノム）を対象とした、DNAの塩基配列や目的とする遺伝子の位置等に関する情報。	10
完全養殖	天然稚魚を育てた親魚から卵を採り、人工ふ化させた稚魚を再び育てて卵、稚魚を得ることにより完成する、天然の稚魚や親魚を直接使わない養殖サイクル。天然資源に依存しない養殖技術の基盤。	11
短日	日出から日没までの時間が短くなる期間。自然界では夏至から冬至の期間に相当。	12
長日	日出から日没までの時間が長くなる期間。自然界では冬至から夏至の期間に相当。	13

水産業再生プロジェクト

【442(433)百万円】

対策のポイント

沿岸漁場における生産の回復・安定化のため、赤潮等の早期発生予測技術、天然資源に依存しない養殖生産技術、沿岸資源の回復技術を開発します。

<背景/課題>

- ・我が国の水産業の主要分野である沿岸漁業と養殖業においては、①赤潮などの環境由来の漁業被害の低減、②天然稚魚へ依存しない養殖業の確立、③長期的に減少傾向にある沿岸漁業資源の回復、が再生の鍵となっています。
- ・これらの課題を解決するためには、海洋環境、養殖、資源・生態等、水産分野の研究勢力を集結した、包括的な技術開発に取り組む必要があります。

政策目標

沿岸漁業資源の回復と養殖生産の安定化を実現し、水産基本計画における漁業生産目標の達成に寄与
(409万トン(22年度)→449万トン(34年度))

<主な内容>

1. 海洋微生物解析による沿岸漁業被害の予測・抑制技術の開発

赤潮等の発生と海洋微生物相の関係を解明し、これらの微生物相の解析による漁業被害の発生予測、抑制技術を開発します。

2. 天然資源に依存しない持続的な養殖生産技術の開発

天然稚魚に依存しているウナギ、クロマグロ、ブリ類について、親魚の成熟・産卵を制御し人工稚魚を安定的に供給する技術、稚魚の生残率を向上させるとともに人工飼料などにより低コストで大量飼育する技術を開発します。

3. 生態系ネットワーク修復による持続的な沿岸漁業生産技術の開発

減少を続けている主要な沿岸資源(アサリ、アワビ、カレイ類等)について、先端的な生物追跡技術を活用し、幼生から成体に至る一生の生息環境(生態系ネットワーク)を解明し、その修復による自律的な資源回復技術を開発します。

補助率：定額
事業実施主体：民間団体等

お問い合わせ先：

農林水産技術会議事務局研究開発官(環境)(03-6744-2216(直))

水産業再生プロジェクト

背景

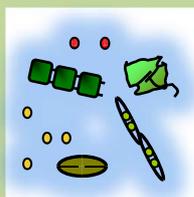
- 我が国の沿岸漁業と養殖業は水産業の主要分野。
- 沿岸漁業と養殖業では、①赤潮など環境由来の漁業被害、②養殖業の天然稚魚への依存、③天然資源の長期的な減少、の解決が再生の鍵。
- これらの課題を解決するため、海洋環境、養殖、資源・生態等、水産分野における研究勢力を集結した包括的な技術開発が必要。

	漁業全体	沿岸+養殖(全体比)
H22生産量(万トン)	532	240(45%)
H18生産額(兆円)	1.6	1.0(62%)
H20経営体数(千団体)	122	113(93%)

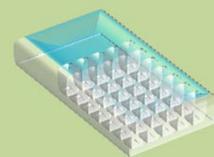
研究内容

【海洋環境】 海洋微生物解析による沿岸漁業被害の予測・抑制技術の開発

- 網羅的なDNA解析により赤潮等の発生と海洋微生物群の関係を解明



- 特定微生物を簡易検出できるDNAチップを搭載したモニタリングシステムを開発



【養殖】 天然資源に依存しない持続的な養殖生産技術の開発

- 低コスト・大量生産技術の開発



シラスウナギ1万尾生産

- 高品質な養殖用原魚の供給技術開発



クロマグロ稚魚10万尾供給

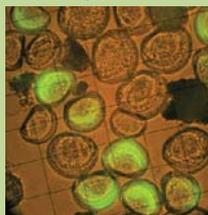
- 成熟産卵のコントロール技術開発



ブリの採卵を5ヶ月早期化

【資源・生態】 生態系ネットワーク修復による持続的な沿岸漁業生産技術の開発

- ネットワークの実証とモデル化



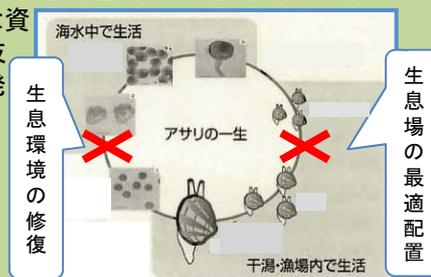
先端技術による生物追跡

- 優良な生息場所の環境構造解明



自然状態でも資源が維持される干潟

- ネットワーク分断箇所の特定・修復による自律的な資源回復技術の開発



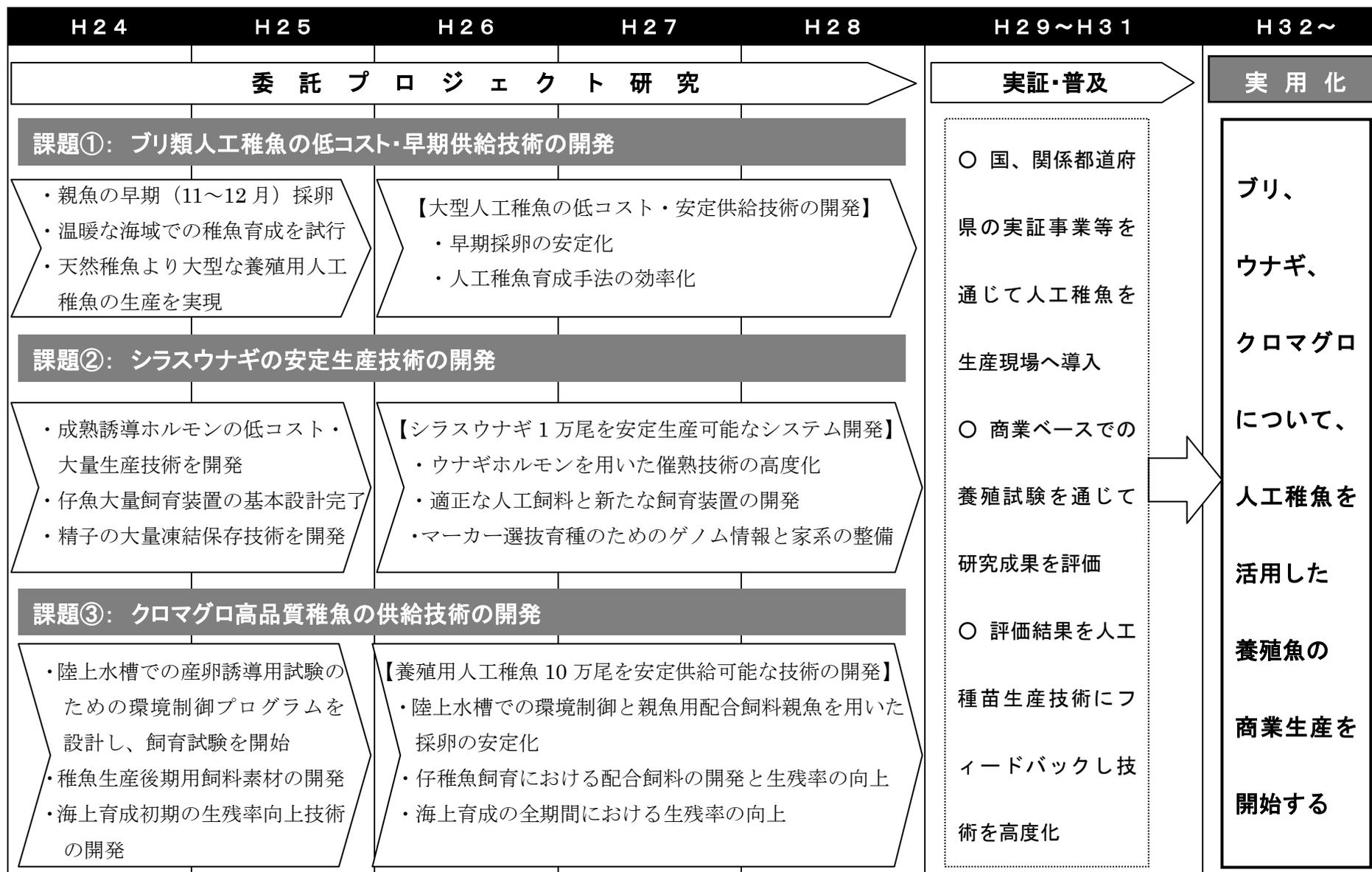
到達目標

1. 赤潮発生を3日程度早く予測し、赤潮被害額を50%以上低減する技術を開発(H27年度)
2. 低コストで高品質な養殖用人工稚魚を安定的に大量生産する技術を開発(H28年度)
3. 減少を続ける沿岸漁業資源の生産量を増加に導く技術を開発(H29年度)

アウトカム目標

沿岸漁業資源の回復と養殖生産の安定化を実現し、水産基本計画における漁業生産目標の達成に寄与(H22年度の409万トン(H17年度水準)をH34年度までに449万トン(H22年度水準)に回復させる)

ロードマップ【天然資源に依存しない持続的な養殖生産技術の開発】



ブリ類人工稚魚の低コスト・早期供給技術の開発(平成24年度開始)

[研究目標]

平成28年度までに、飼育環境制御によるブリ産卵期の5ヶ月以上早期化と、人工稚魚の生産の効率化により、天然魚より大型で赤潮被害発生時期の前に出荷可能な養殖用稚魚を低コストで安定的に供給する技術を開発する。

[平成25年度までの主な研究成果]

- ・ブリ親魚の飼育水温と日長を制御し、天然より約5ヶ月早期(11~12月)の採卵に成功した(図1)。
- ・早期採卵由来の人工種苗を低水温期に温暖な海域に輸送して育成する技術を開発し、天然稚魚に比べ2倍大型(体長20cm)で、赤潮の前に出荷が可能な養殖用稚魚の生産に成功した(図2)。

産卵時期を約5ヶ月早期化

早期産卵

← 通常産卵期

7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8(月)

環境操作

- ・日長:短日→長日
- ・水温:26℃→19℃

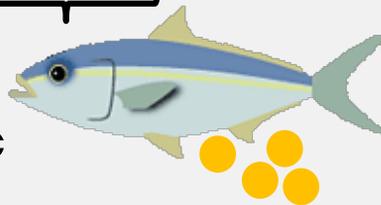


図1:ブリ早期採卵技術の概念図

- ・短日を経験させた後、天然の産卵条件(長日、水温19℃)を再現することで、人為的に成熟を促進させ、11月~12月の採卵に成功。

上: 天然稚魚(体長 約10 cm)



↓
養殖開始時の
サイズを
2倍に大型化

下: 早期採卵人工稚魚(体長 約20 cm)

図2:新たなブリ人工稚魚育成手法の開発

- ・低水温期に温暖な種子島に輸送し育成
- ・天然稚魚より約2倍大きな養殖用種苗として、養殖場に供給 → 赤潮前の出荷に目処

採卵場:
長崎五島

養殖場:
八代海

育成場:種子島(2~3月)

シラスウナギの安定生産技術の開発（平成24年度開始）

〔研究目標〕

平成28年度までに、ウナギにおける催熟技術の高度化、仔魚からシラスウナギまでの飼養技術の高度化、優良形質を備えた家系作出に向けた育種技術の開発を通じて、1万尾のシラスウナギを安定的に生産可能なシステムを開発する。

〔平成25年度までの主な研究成果〕

- ・親ウナギの催熟に適したウナギ自身の成熟誘導ホルモンを、遺伝子工学的手法の改良により、低コストで大量に生産する効率的な技術を開発した(表1)。
- ・新たな飼養手法と大型水槽の開発により、仔魚の大量飼育に成功し、飼養技術の画期的な省力化と量産実現の可能性を示した(表2)。また、本成果を特許として出願した(特願2013-263898)。
- ・育種の基盤技術となるウナギ精子の大量凍結保存のための最適条件を解明した(図1)。

	① 従来法	② 新手法	効率② / ①
生産量 (mg/L-培養液)	5	10~15	2~3倍
ホルモン1mg 生産コスト(千円)	12~16	0.7~1.1	10~20分の1

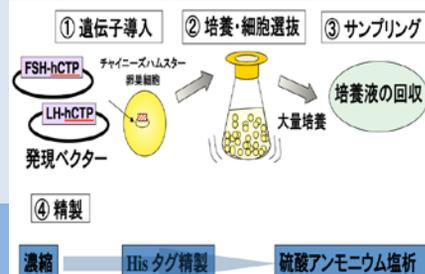


表1: 組換えウナギ成熟誘導ホルモン生産技術の新旧レベル比較

- ①従来法: ヒト腎臓細胞の一過性発現系
- ②新手法: チャイニーズハムスター卵巣細胞の恒常発現系

	従来水槽	新型水槽
容量	10リットル	1トン
仔魚収容尾数	約250尾	約28,000尾
仔魚生残尾数 (200日齢)	15~20尾	約900尾



現在シラスウナギ(稚魚)に成長中

表2: 新開発の大型水槽によるウナギ仔魚の大量飼養技術の概要

従来法において大量飼育の障害となっていた「水槽交換(水槽掃除のため仔魚を別の水槽に移す作業)」を工夫することにより、水槽規模の飛躍的な大型化(10リットル→1トン)を実現。



- ・凍害防御剤: 10%メタノール
- ・希釈液: ウナギ用人工精漿 67.5%+ウシ胎児血清22.5%
- ・凍結方法: 毎分10~23°Cの冷却速度で-55°Cまで冷却した後、液体窒素に浸漬

図1: ウナギ精子の最適凍結保存技術を開発

クロマグロ高品質稚魚の供給技術の開発(平成24年度開始)

[研究目標]

平成28年度までに、陸上水槽を用いた採卵の安定化、稚魚生産における飼養技術の高度化、海上での育成過程における生残率の向上により、養殖用の人工稚魚を10万尾規模で安定的に供給可能な技術を開発する。

[平成25年度までの主な研究成果]

- ・海面生簀で養成した親魚の産卵成功事例から、陸上水槽内で使用する水温・日長プログラムを設計するとともに、2歳魚での輸送・収容に成功し、産卵誘導に向けた飼育試験を開始した(図1)。
- ・種苗生産後期の稚魚用に開発した人工飼料は、従来の生餌を上回る飼育成績を示した(図2)。
- ・海上での育成にあたり、初期に小型生簀で分割飼育する手法を開発し、生残率を約20%向上させることに成功した(図3)。



図1: 陸上水槽でのクロマグロ産卵誘導用に設計した水温と日長のプログラム

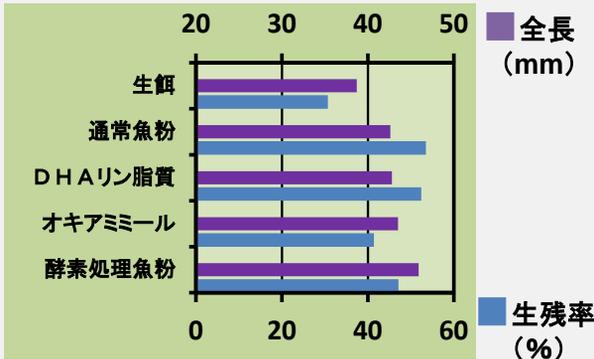
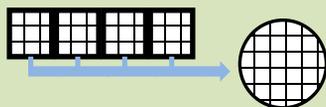


図2: 種苗生産後期の稚魚用に開発した人工飼料の効果

試作した4種の人工飼料は、成長、生残ともに従来用いられてきた生餌を上回る飼育成績を示した。

分割飼育区:

小型生簀4基で分割飼育後、大型生簀へ



一括飼育区: 大型生簀へ直接収容して飼育

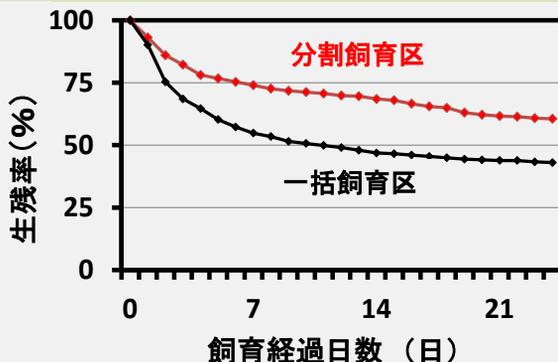


図3: 海上育成初期の飼育方法の改善効果

当初12日間小型生簀で分割飼育した後、従来の大型生簀に移すことで生残率が向上

論文数等共通事項調査票

(平成25年12月31日調査時点)

事業名	水産業再生プロジェクトのうち天然資源に依存しない持続的な養殖生産技術の開発					
実施期間	平成24～28年度			評価段階	中間	
予算額 (百万円)	初年度 (24年度)	2年度目 (25年度)	3年度目 (26年度)	4年度目 (27年度)	5年度目 (28年度)	総合計
	320	265	265	265	265	1,380

項目	① 査読 論文	②国内 特許権等 出願	③海外 特許権等 出願	④国内 品種登録 出願	⑤ プレス リリース	⑥ アウトリーチ 活動
実績件数	8	4			4	75

具体的な実績	
①査読論文	
<p>(1) K. Murashita, H. Furuita, H. Matsunari, T. Yamamoto, M. Awaji, K. Nomura, J. Nagao, H. Tanaka (2013). Partial characterization and ontogenetic development of pancreatic digestive enzymes in Japanese eel <i>Anguilla japonica</i> larvae. <i>Fish Physiology and Biochemistry</i> DOI 10.1007/s10695-012-9749-3.</p> <p>(2) Y. Masuda, T. Jinbo, H. Imaizumi, H. Furuita, H. Matsunari, K. Murashita, H. Fujimoto, J. Nagao, Y. Kawakami (2013). A step forward in development of fish protein hydrolysate-based diets for larvae of Japanese eel <i>Anguilla japonica</i>. <i>Fisheries Science</i> 79, 681-688.</p> <p>(3) 増田賢嗣, 神保忠雄, 今泉均, 橋本博, 小田憲太郎, 松田圭史, 照屋和久, 薄浩則. 水温・給餌回数・飼育密度の調整によるウナギ <i>Anguilla japonica</i> 仔魚期間の短縮 (2013) 日水誌 79,198-205.</p> <p>(4) 増田賢嗣, 神保忠雄, 今泉均, 藤本宏, 永尾次郎, 川上優. ウナギ仔魚飼育における水槽交換作業の簡略化の可能性について (2013) 水産技術 6, 33-38.</p> <p>(5) 神保忠雄・増田賢嗣・今泉均・橋本博・松田圭史・永尾次郎・田中秀樹 (2013). 給餌開始日齢が初期のウナギ仔魚の成長および生残に及ぼす影響 (和文短報). <i>水産増殖</i> 61(4),403-406.</p> <p>(6) Y. Kawakami, K. Nomura, H. Ohta, H. Tanaka (2013). Characterization of thyroid hormone receptors during early development of the Japanese eel (<i>Anguilla japonica</i>). <i>Gen. Comp. Endocrinol.</i> 194, 300-310.</p> <p>(7) A. Miura, K. Nomura, H. Imaizumi, T. Jinbo, Y. Masuda, H. Tanaka, H. Ohta (2013). Administration of 17α-hydroxyprogesterone into mature male Japanese eel reduces sperm motility by decreasing potassium ion concentrations in the seminal plasma. <i>Aquaculture</i>, 414-415, 217-223.</p> <p>(8) Tokihiko Okada, Tomoki Honryo, Yoshifumi Sawada, Yasuo Agawa, Shigeru Miyashita & Yasunori Ishibashi (2014), The cause of death of juvenile Pacific bluefin tuna (<i>Thunnus orientalis</i>) reared in sea net cage, <i>Aquacultural Engineering</i>, (in press)</p>	
②③④(国内外)特許権等出願・品種登録	
<p>(1) 野村和晴, 田中秀樹, 古板博文「ウナギ仔魚の飼育方法及び飼育装置並びに飼育用のカプセル」出願番号 特願2012-282027</p> <p>(2) 野村和晴, 田中秀樹, 古板博文「ウナギ仔魚の飼育方法および飼育装置並びに飼育用の容器」出願番号 特願2012-282027に基づく優先権主張出願</p> <p>(3) 増田賢嗣, 神保忠雄, 今泉均「光によって水槽底部に集まる性質を持つ仔魚の飼育方法及び装置」出願番号 特願2013-51696</p> <p>(4) 増田賢嗣, 神保忠雄「ウナギ仔魚の飼育方法及び装置」出願番号 特願2013-263898</p>	
⑤プレスリリース	
<p>(1) 「養殖ブリ人工種苗の早期生産に成功」(平成25年7月26日、独立行政法人 水産総合研究センター)</p> <p>(2) 「シーフードショーで展示とセミナーを開催 最新の研究開発成果を紹介します」(平成25年8月7日、独立行政法人 水産総合研究センター)</p> <p>(3) 「水産総合研究センター第11回成果発表会 ブリからはじまる～日本を代表する魚の資源と魚類養殖の新時代～の開催について」(平成25年12月4日、独立行政法人 水産総合研究センター)</p> <p>(4) 「クロマグロ陸上水槽が完成! ー人工種苗の安定的確保を目指してー」(平成25年6月3日、水産総合研究センター)</p>	

⑥アウトリーチ活動(研究活動の内容や成果を社会・国民に対して分かりやすく説明する等の双方向コミュニケーション活動)

(シンポジウム・講演等)

- (1) シーフードショーで展示とセミナーを開催「養殖ブリ人工種苗の早期生産に成功」(平成25年8月23日、東京ビッグサイト)
- (2) 「水産総合研究センター第11回成果発表会」ブリからはじまる～日本を代表する魚の資源と魚類養殖の新時代～」(平成25年12月20日、東京証券会館)
- (3) 人工種苗生産技術に関する国際ワークショップ「日本のウナギ種苗生産技術開発の歴史と現状」(平成24年10月9日)
- (4) ミュージアムパーク茨城自然博物館 第58回企画展「ぎょ・魚・漁-淡水魚の知られざる生態を追って-」記念講座「ウナギの完全養殖への挑戦」(平成25年7月13日)
- (5) 西海区水産研究所まぐろ飼育研究施設竣工披露式典「陸上水槽を用いたクロマグロ研究開発の方向性」(平成24年7月3日、西海区水産研究所大会議室)
- (6) アグリビジネス創出フェア、水産シンポジウム「マグロを中心とした養殖技術の現状～ブリ、ウナギ、陸上養殖を含め～」(平成25年10月24日、東京ビッグサイト)

外26件

(機関誌・単行本)

- (1) 増田賢嗣「シラスウナギの量産技術開発の現状と課題」2012、農林水産研究ジャーナル 35、15-19.
- (2) 田中秀樹「ウナギ人工種苗生産技術への取り組み - 経過と現状」うなぎの未来:ウナギの持続的利用は可能か、東アジアウナギ資源協議会日本支部編

(新聞・雑誌記事)

- (1) 東京新聞・中日新聞 世界と日本 大図解シリーズNo.1039 日本人とうなぎ. 平成24年4月15日
- (2) 別冊日経サイエンス 不思議の海 「旅するウナギの謎」日経サイエンス編集部編. 平成25年6月19日

外14件

(TV・ラジオ)

- (1) 東海テレビ スーパー特報 22日は春の土用の丑 ウナギ高騰 蒲焼きが消える!? スーパーニュース. 平成24年4月16日
- (2) TBSテレビ、CBCテレビ ウナギ激減本当の理由と完全養殖への道のり 報道特集. 平成24年7月14日

外23件

その他(行政施策等に貢献した事例)

特になし

今後予定しているアウトリーチ活動等

- (1) ブリの生殖周期に伴う卵巢中IGF-1の遺伝子発現量および発現部位の変化.樋口健太郎・玄 浩一郎・堀田卓朗・中川雅弘・吉田一範・津崎龍雄・有瀧真人・風藤行紀・泉田大介・征矢野 清.日本水産学会春季大会 2014、北海道大学
- (2) Effect of temperature on oocyte development in the cultured yellowtail *Seriola quinqueradiata* Daisuke Izumida*, Kiyoshi Soyano, Takuro Hotta, Masahiro Nakagawa, Kazunori Yoshida, Tatsuo Tsuzaki, Kentaro Higuchi, and Koichiro Gen. World Aquaculture 2014, Adelaide, Australia.
- (3) Physiological and endocrinological changes associated with gonadal development in the cultured yellowtail. *Seriola quinqueradiata* Kiyoshi Soyano*, Daisuke Izumida, Tetsuro Hotta, Masahiro Nakagawa, Kazunori Yoshida, Tatsuo Tsuzaki, Kentaro Higuchi, and Koichiro Gen. World Aquaculture 2014, Adelaide, Australia.
- (4) Expression profiles of follicle-stimulating hormone and luteinizing hormone gene during oocyte development in cultivated yellowtail. Koichiro Gen, Daisuke Izumida, Kentaro Higuchi, Yukinori Kazeto, Takuro Hotta, Masahiro Nakagawa, Kazunori Yoshida, Tatsuo Tsuzaki, Masato Aritaki and Kiyoshi Soyano. The 10th International Symposium on Reproductive Physiology of Fish, 2014, Portugal.
- (5) クロマグロ養殖技術研究会「クロマグロ陸上飼育施設の稼働と研究の方向性」(平成26年2月13日、西海区水産研究所大会議室)
- (6) 平成25年度国際資源評価等推進事業まぐろ調査研究成果報告会「クロマグロ産卵試験水槽施設を使った研究について」(平成26年2月19日、静岡県職員会館)