

平成19年度日本水産学会九州支部例会（シンポジウム）

「養魚飼料の将来への展望」

日時：平成19年10月13日（土） 13:00～16:30

場所：宮崎大学附属図書館
（木花キャンパス；宮崎市学園木花台西1-1）

<http://www.lib.miyazaki-u.ac.jp/ippan/direction.htm>

開催趣旨

南九州は、養殖魚類、特にブリ類の大生産地であります。養殖魚を安定供給するためには、養殖環境の保全、養殖飼料の品質向上、疾病対策、流通・販売等いくつかの重要となる大きな柱が上げられます。そこで、昨年の九州支部例会・シンポジウムにおいて、養殖魚の流通・販売という側面から今後どのように水産養殖物を販売するべきかを「水産物のブランド化と経営戦略ー水産養殖産物の高品質化とその販売ー」というタイトルでシンポジウムを開催しました。

今回は、養殖魚の健康を支える飼料の開発・品質向上という側面から、養殖魚の飼料開発に焦点をあてシンポジウムを開催したいと考えております。養魚飼料の現在における問題点を整理し、将来の養魚飼料をどのようなものにするべきかについて検討していきたいと思っております。今回のシンポジウムのタイトルを「**養魚飼料の将来への展望**」として、1) ; 抗病性機能を有する機能性飼料、2) ; 環境負荷低減飼料の開発、3) ; 魚粉低減を目的にした新しい養魚飼料の開発、4) ; 豊富な水産資源の飼料への有効活用というサブテーマで、ご専門の立場から将来の養魚飼料の展望を論じていきたいと考えております。

プログラム（敬称略）

- 開会の辞・趣旨説明 (13:00-13:05)
- 1 : 「養殖用配合飼料の現状と展望について」 (13:05-13:25)
三代 健造 (林兼産業株式会社 飼料事業部)
- 2 : 「持続的養殖をめざして～国内外の動向」 (13:25-13:45)
伊藤 良仁 (スクレッティング株式会社)
- 3 : 「魚類の免疫賦活剤の種類とその特長」 (13:45-14:05)
酒井 正博 (宮崎大学農学部)
- 4 「栄養強化による魚類・甲殻類の健全性向上」 (14:05-14:25)
越塩 俊介 (鹿児島大学水産学部)
- 休憩(14:25-14:40)
- 5 : 「ブリ類養殖のための環境負荷低減型配合飼料の開発について」 (14:40-15:00)
森島 義明 (鹿児島県 水産技術開発センター 安全食品部)
- 6 : 「魚粉代替タンパクを利用したマダイ用飼料の開発」 (15:00-15:20)
阿部 慎一郎 (熊本県水産研究センター 養殖研究部)
- 7 : 「海産魚用無魚粉飼料開発の現状と展望」 (15:20-15:40)
村田 寿 (宮崎大農学部)
- 8 : 「豊富な水産資源の飼料への有効活用」 (15:40-16:00)
中西 健二 (宮崎県水産試験場 生物利用部)
- 休憩(16:00-16:10)
- 9 : 総合討論 (16:10-16:30)

講演要旨 1

養殖用配合飼料の現状と展望について

三代 健造 (林兼産業株式会社 飼料事業部)

供給の現状

養殖用配合飼料は養殖産業を支える生産資材として、2006年度は47.6万トン（(社)日本養魚飼料協会統計より）が製造販売されている。うち80%以上が海産魚用であり、養殖用配合飼料は海面養殖業の発展と共に性能向上してきたと言っても過言ではない。また、EP飼料の開発により配合飼料単独での育成が可能となり、固形配合飼料が急速に普及し、総生産量の65%以上を占めるようになった。

養殖用配合飼料は1990年代前半まで、日本近海産のイワシ魚粉を主原料として製造されていた。しかし、マイワシ漁獲量の減少にともない、チリ・ペルーの2国を主原産国とした輸入品へ転換を余儀なくされ、魚粉確保のために国際的な価格競争を強いられることとなった。特に2006年から、魚粉は需要増大により大きく高騰、穀類関係もバイオ燃料に関連して高騰と飼料原料は軒並み価格が上昇し、配合飼料メーカーは苦渋の判断の末、値上げを余儀なくされた。

厳しい状況の中でも、生産者からは良質な配合飼料の供給を望む声は高く、それに応えるべく飼料メーカーは様々な努力をおこなっている。

展望

1) 魚粉代替飼料

魚粉供給が不安定という理由からだけではなく有用な動物性タンパクの確保という視点からも養殖用配合飼料は家畜用と同様に植物性タンパク質ならびに人が利用できないタンパク質をタンパク原料として利用していく必要がある。

生産者や消費者から理解を得られ、安価で安定調達が可能なタンパク原料の検索と魚粉主体飼料と同じ増肉コストと肉質、成長スピードを示す魚粉代替飼料の開発が急務と考える。

2) 機能性飼料

消費者から生産履歴が重要視される昨今、養殖生産者からは抗生物質の使用は必要最小限にしたいという要望がある。生活環境の変動が激しい条件下で飼育され、種々のストレスがかかりやすい魚のストレス耐性を高め、生体防御能を向上させるなどの機能性をもった飼料開発も必要である。

3) 対象魚種毎に適応した飼料

生産性向上のため集約飼育をおこなうと餌や排泄物により環境負荷量が増大する。残餌はEPやDPなどの固形配合飼料普及により減少するが、固形配合飼料でも摂餌したエネルギーの5~20%が排泄されている。魚種ごとに栄養要求量、代謝特性を明らかにして消化吸收の優れた配合飼料を開発しなければならない。

また、配合飼料化がすすんでいない魚種及びステージに向けた飼料の開発も必要と考える。

「健康で安全且つ美味しい魚を安定的且つ経済的に生産することが可能な配合飼料の提供」という養殖用配合飼料メーカーの役割を果たすべく、大学や公的機関の協力を得ながら、良質な養殖用配合飼料の開発をすすめていく所存である。

講演要旨 2

「持続的養殖をめざして～国内外の動向」

伊藤 良仁 (スクレッティング株式会社)

【はじめに】国連によれば、世界人口は 1950 年には約 25 億人程度だったものが、現在では 60 億人を超え、2050 年には 90 億人に達すると予想されている。今まさに、地球はこの 90 億の人口を養うことができるかどうか問われている。21 世紀に入り、世界の漁業生産量は約 9500 万トンと横ばいで推移しているが、養殖生産量は 1990 年代以降、年率 5-10% で伸張しており、2025 年には漁業生産量に匹敵するまでに増大すると推測されている。FAO (国連食糧農業機関) は、養殖は世界の食料問題を軽減する一つの鍵としてその重要性を示唆している。一方、養殖の拡大で、飼料向け天然魚の乱獲、湿地やマングローブ林の破壊、化学物質や栄養剤等の水中への拡散、抗生物質の多投、養殖魚の逃避、過密養殖、寄生虫や病気などによる漁場環境悪化など負の影響もみられることから、養殖漁場の環境保全や海洋生物資源の適切な保護・利用が重要な課題となる。国連で定義された持続可能な開発とは「将来の世代の欲求を満たしつつ、現在の世代の欲求をも満足させるような開発」とし、地球環境と経済開発を両立させるものでなければならない。

魚は家畜と比べても成長率が優れていること、また、イワシなどの小魚由来の飼料でサケのような大型魚を養殖し、効率良くタンパク・魚油を生産できる。副産物としての魚油は、EPA や DHA を豊富に含み、ヒトの健康を促進することが知られ、需要の拡大が期待される。

本講演では、養殖の持続可能性 (Sustainability) のための国内外の取り組みについて幾つか紹介したい。

【弊社グループの取り組み】養殖業界においては、この数年魚粉・魚油といった原材料が高騰する環境下であり生産性の改善が急務である。弊社グループは、現在年間 100 万トン以上の養魚用飼料を生産・販売している。国内においては、昨年来ハマチ飼料を中心に魚粉の低減化 (30-35%) に向け検討を重ね、その他の魚種への応用も順次進めている。海外での取り組み例としては、代替タンパクや脂肪に関するグループでの研究開発を基に、世界的な主要養殖魚であるサケ類の生産を通し、魚粉と魚油の使用割合をそれぞれ 10% 以上、そして 25% 以上、過去 2 年に亘り削減し続けてきた。

【将来展望】国内外での養殖技術の発展には、育種の改善も貢献していると言える。ヨーロッパにおけるサケの育種改善例では、数世代 (5-6 世代) の育種選抜において 14% の成長率改善、4-5% の飼料効率改善がみられる。国際競争の中で、日本のブリやカンパチの生産性向上のためには、養殖管理や飼料開発だけでなく、育種の開発も重要な要因と考えられる。

弊社としては今後も持続可能な原材料供給ソースの検討・確保、飼料効率や魚のさらなる成長改善を目標とし、資源の有効利用を図っていきたい。また、我々は魚粉・魚油を単に消費するだけでなく、養殖生産を通しての魚タンパクや魚油資源の安定的な供給体制の構築に貢献できるよう努力を重ねていきたい。

講演要旨 3

魚類の免疫賦活剤の種類とその特長

酒井正博（宮崎大学農学部）

魚類はその他の脊椎動物と異なり免疫系の中でも自然免疫機構の占める割合が大きいと考えられている。そのために自然免疫機構を増強させ、病気を予防するために免疫賦活剤が開発され実用化されてきている。ここでは、魚類で研究されている免疫賦活剤の種類（特に細菌やウイルス由来）とその特長について述べてみたい。

近年、医学の分野で徐々に病原体由来のレセプターが同定されてきており、病原体による自然免疫系の活性化のメカニズムが解明されつつある。このレセプターとして、特に重要なのは TLR (Toll-like receptor) で、ヒトでは 12 種類が同定されている。この中で、TLR1 と TLR2 はリポタンパク質やペプチドグリカン、TLR6 と TLR2 はリポタンパク質やリポペプチド、TLR4 は LPS、TLR5 はフラジェリン(細菌の鞭毛)、TLR3 は二本鎖の RNA、TLR7 と TLR8 は一本鎖の RNA、TLR9 は CpG DNA と結合することが知られている。この中で、抗ウイルス作用があるインターフェロンを産生するのが知られているのは、TLR3、TLR7、TLR8、TLR9 が関与している免疫賦活剤である。従って、これ以外はウイルス感染に対する防御能の増強は期待できない。

一方、魚類においても多くの TLR が同定されている。ゼブラフィッシュやフグのゲノムの研究により、ほ乳類で見られる TLR の遺伝子は、すべてこれらの魚では同定されている。さらに、ほ乳類では見られない独自の TLR の遺伝子の存在も確認されている。この事実は、魚類にしか反応しない免疫賦活剤の存在を示唆しており、今後の研究が必要である。

講演要旨 4

栄養強化による魚類・甲殻類の健全性向上

鹿児島大学水産学

養殖分野水族栄養学研究室

越塩俊介

魚類・甲殻類の栄養学は、過去 20 年間にわたり、養魚飼料中の最適栄養成分配合量の決定という目的のために、発展してきた。この最適配合量は、実験種の生残率、成長率及び増肉係数あるいは消化吸収率等を主な指標として決定されるのが常であった。

しかしながら、最近では、食の安全・安心、また持続的養殖業の発展の観点から、養殖魚の品質、健全性への注目がますます高まってきた。その結果として、養殖魚の品質や健全性に関連した栄養成分の研究、飼料添加物及び免疫賦活物質の添加効果に関する研究が開始されるようになった。また、初期的な段階ではあるが、すでに、いくつかの成果が研究室レベルあるいは実際の養殖現場でも得られるようになった。

ある種の栄養成分は、動物一般の病気の防除、成長促進、健康保持に必須である。特に、ビタミン類のような微量栄養成分は、魚類・甲殻類体内では生合成できないか、あるいは要求量を満たすほど合成されない場合があり、飼料からの供給が要求される。さらに、このような栄養成分を対象種に摂取させることで、病気に罹りにくい養殖魚の育成につながる。このような背景から、本講演では、養殖対象種の品質向上及び健全性向上を考慮した各種栄養成分の働きあるいは効果について、最近の報告を中心に発表する。対象とする栄養成分は、ビタミン C、ビタミン E、グルカン、ポリサッカライド、プロバイオティックバクテリア、スクレオチド、たんぱく質類（ラクトフェリン）など。

これらの栄養成分を要求量以上含有したあるいは天然由来の免疫賦活物質を含有した飼料を摂取させることで、ストレスや疾病に対する抵抗性が向上し、養殖魚の健全性が向上することが期待できる。一方で、その効果については、使用する栄養成分、投与量、投与期間、投与時期、対象種の栄養状態、対象魚の前歴等により必ずしも安定的結果が得られないこともあることから、最適投与量の確立には、さらなる研究が必要と思われる。

講演要旨 5

ブリ類養殖のための環境負荷低減型配合飼料の開発について

○森島義明（鹿児島水技セ）

崎村泰孝, 森 耕輔, 有村さゆり, 越塩俊介, 石川 学, 横山佐一郎（鹿大水）

【はじめに】

鹿児島湾の水質保全を目的として策定されている「鹿児島湾ブルー計画」による調査では、水産業からの排出汚濁負荷量の割合が高いことが報告されており、今後とも、持続的な魚類養殖業の振興のために、環境に配慮した飼料のニーズは益々高まるものと考えられる。

このことを踏まえ、鹿児島県では、水産庁の委託事業としてブリ類養殖のための環境負荷低減型配合飼料の開発を行っている。事業の課題の一つとして、鹿児島大学水産学部の協力のもと、タンパク質と熱量を変化させた飼料と環境負荷との関係について調べており、今回、その中で得られた知見を紹介する。

【材料及び方法】

1 試験区の設定

供 試 魚	ブリ当歳魚
飼育形態	2.25t 角型コンクリート水槽 (H15), 1 t 円形 FRP 水槽 (H16~)
試験設定	6 試験区×2
収容尾数/区	20 尾(H15,17,18), 15 尾 (H16)
試験期間	55~78 日
給餌回数/日	2回(H15), 1回(H16~)飽食

2 試験飼料

平成15年度：タンパク質を3段階(50・45・40%)、熱量を2段階(高4.7・低4.4

kcal/g)に変化させた6種のEPを作成し、熱量とタンパク質含量の違いによるリン・窒素負荷量の関係を検討した。

平成16~18年度：

平成15年度の結果を踏まえ、タンパク質を一定(約40%)、熱量を5段階(4.3・4.7・5.1・5.5・5.9kcal/kg)に変化させた飼料を、魚粉主体(魚粉45%)で5種、魚粉を減じて植物性原料を多くしたもの(魚粉35%)で5種、合計10種の飼料(H16はDP, H17・18はEP)作成し、熱量と魚粉配合量の違いによるリン・窒素負荷量の関係を検討した。

【結果及び考察】

平成15年度から18年度の試験において求められた負荷量は、リンは15~39kg/生産量t、窒素は65~180kg/生産量tであった。

タンパク質を3段階(50・45・40%)、熱量を2段階(高4.7・低4.4kcal/g)に変化させた飼料による負荷量の比較では、リン・窒素共にタンパク質含量が40%、熱量が4.7kcal/gの飼料の負荷量が有意に少なかった。

タンパク質を一定(40%)にして熱量を5段階(4.3・4.7・5.1・5.5・5.9kcal/g)に変化させた飼料による負荷量の比較では、リン・窒素ともに熱量を4.3から5.1kcal/gへ増加させるに従って負荷量は有意に減少した。しかし、熱量を5.1kcal/gから増加させた場合は、リン、窒素共に負荷量に有意差は見られなかった。

飼料中の魚粉配合量の違い(45・35%)による負荷量の比較では、リンについては有意差は見られなかった。窒素は、4.7, 5.1, 5.5kcal/gの飼料を比較した平成17年度試験においては魚粉35%飼料の負荷量が有意に大きかった。

これらの結果、ブリ当歳魚を対象とした環境負荷低減型配合飼料の開発においては、タンパク質含量は、50%より40%の方が有効であり、また、タンパク質含量が約40%とした飼料の場合、熱量は5.1kcal/g付近が適当と考えられた。

講演要旨 6

魚粉代替タンパクを利用したマダイ用餌料の開発

熊本県水産研究センター 阿部 慎一郎

はじめに

近年、食品の安全性に強い関心を持たれており、生産現場の実態、すなわち養殖漁場の環境が養殖水産物の食としての安全性を担保する要因の一つと認識され、養殖水産物を安定的に供給するには、養殖漁場環境の保全を推進することが重要となっている。

このため、養殖業由来の環境負荷（特に窒素・リン）を可能な限り少なくするための実用的技術・システムを開発する必要がある。

本県では、水産庁の委託を受け、魚粉代替タンパクを利用した餌料を用いたマダイ飼育試験を行っているので、その概要を報告する。

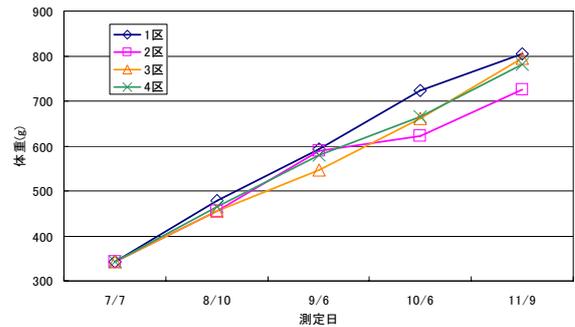


図1 魚体重の推移

試験の概要

供試魚としてマダイ2年魚（平均体重343g、平均尾又長25.1cm）を海面筏4面に150尾ずつ収容した。

また、試験区として、下表のとおり設定した。

1区	魚粉50%+植物タンパク質10%
2区	魚粉35%+植物タンパク質24%
3区	魚粉35%+植物タンパク質24%+クエン酸2%
4区	魚粉35%+植物タンパク質24%+クエン酸2%+リン0.6%

表1 試験区

給餌は飽食給餌とし、土日祭日を除く毎日、給餌を行った。試験期間は平成16年7月7日から平成16年11月9日までの125日間とした。

試験期間中、1ヶ月に1度、魚体重を計測し、2ヶ月に1度、魚体の窒素・リン含有量の分析用として、各区5尾を取り上げて、分析に供した。

結果

魚体重は、試験終了時点では、通常餌料の1区が最も体重増加が大きく、それに続いて3区、4区の順で体重が増加していたが、有意差は見られなかった。一方、2区は最も成長が悪く、1、3、4区に対して有意差が見られた(図1)。

また、魚体の成分分析から、窒素およびリンの蓄積量、蓄積率、環境への負荷量を求めた。

窒素蓄積量、蓄積率は、1区、3区、4区では差はみられなかったが、2区は他の区に比べて、蓄積量、蓄積率共に低い結果となった(表2)。

一方、リンについては、蓄積量は3区が最も高く、次いで、4区、1区、2区の順であった。蓄積率は3区、4区、2区、1区の順であった。(表3)。

	蓄積窒素量 (g)	窒素蓄積率 (%)	窒素負荷量 (kg/生産量 t)
1区	12.570	22.81	101.56
2区	11.086	22.07	112.85
3区	12.284	22.47	100.62
4区	12.678	23.60	101.42

表2 窒素の蓄積量・蓄積率および負荷量

	蓄積リン量 (g)	リン蓄積率 (%)	リン負荷量 (kg/生産量 t)
1区	2.766	27.04	17.92
2区	2.530	31.12	16.33
3区	3.324	38.01	13.08
4区	3.286	34.49	15.61

表3 リンの蓄積量・蓄積率および負荷量

海産魚用無魚粉飼料開発の現状と展望

村田 寿 (宮崎大農)

養殖において、魚粉は、そのタンパク質含量が高く、必須アミノ酸組成も優れていること、さらに、炭水化物レベルが低く、抗栄養因子の問題もないこと等により、養魚飼料の重要なタンパク質源となっている。したがって、養殖生産が増大し続ける限り、魚粉の産業的需要はますます高まると推測される。しかし近年、地球規模の資源衰退を強く反映し、魚粉供給量は先細り傾向にあり、さらに、中国での急激な需要増大で、魚粉価格が急騰し、魚粉の安定的確保が困難となっている。

飼料原料のこのような状況に対し、従来の魚に魚を給餌する養殖システムから脱却し、魚粉以外の代替原料を多用する安価な魚粉削減飼料の開発が急務となっている。しかしながら、代替タンパク質を多用した低・無魚粉飼料でブリやマダイを飼育すると、肝臓の色が緑となる緑肝が発症し、しかも飼育成績が著しく劣るため、未だ低・無魚粉飼料で海産魚を養うことができない。

そこで演者らは、緑肝問題の解決こそが、魚粉削減飼料開発につながると考え、緑肝発症を防止する養殖技術について、我々がこれまで明らかにしてきた魚類の胆汁色素排泄機構とブリの黄疸発症メカニズムを考慮して種々検討した結果、無魚粉飼料にアミノ酸のタウリンを補足するだけでブリ・マダイの緑肝発症を防止し、魚粉飼料に匹敵する飼育成績を得ることができた。

タウリンは、サザエ、イカ、カキ、タコ、ブリ、イワシなど魚介類に特有に多く含有される栄養成分であるが、通常のアミノ酸とは異なり、タンパク質に取り込まれない含硫アミノ酸である。魚体内においてタウリンは、メチオニンからシステインを通して生合成される。しかし、その合能は魚種により大きく異なり、わが国の主要な海産養殖魚のブリ、マダイ、ヒラメ、マグロ等では極めて微弱で、低・無魚粉飼料給与ブリおよびマダイのタウリン必要量を満たさない。また、タウリンは、魚粉に多く含有されるが、代替原料には極めて少ない。このため、代替原料給与魚のタウリン含量は極端に低い。

赤血球の破壊により遊離したヘモグロビンの蛋白質部分を切り離したものをヘムという。このヘムが、酸化をうけて緑色色素のビリベルジンとなり、ついでビリベルジンが還元されて黄色色素のビリルビンへと変化したものを胆汁色素といい、これら胆汁色素の蓄積により肝臓の色が緑色を呈する症状を緑肝、皮膚の色が黄色を呈する症状を黄疸という。

飼料原料のタンパク質源として、濃縮大豆タンパク質を用いた低・無魚粉飼料給与ブリおよびマダイの緑肝発症は、タウリン不足による胆汁色素の排泄低下と溶血による胆汁色素の過剰産生によるものであった。また、濃縮大豆タンパク質による無魚粉飼料給与ブリにおいて、タウリンは浸透圧調節と生体膜安定を介して溶血防止の作用を担っていた。さらに、ブリをタウリン無補足濃縮大豆タンパク質飼料で飼育した後、タウリン補足飼料に切り替えたところ、緑肝発症と飼育成績が顕著に改善した。これらのことから、無魚粉飼料開発にタウリン補足が不可欠と結論した。

以上の結果は、魚粉の代替原料として、大豆油粕の難消化性炭水化物を削減し、タンパク質含量を高めた濃縮大豆タンパク質を用いているものの、タウリンの新たな生理的機能の活用により、我々が世界で初めて、代替原料を多用する安価な魚粉無配合の養魚飼料開発への道を開くこととなった。

講演要旨 8

「豊富な水産資源の飼料への有効活用」

宮崎県水産試験場 技師 中西健二

○背景及び課題

輸入魚粉の高騰に伴い養殖用飼料や冷凍餌料が高騰し、養殖現場では厳しい経営環境にある。このため、飼料代のコスト削減対策の一つとして、我が国周辺に豊富に存在し、比較的安価で安定的に確保できるカタクチイワシの養殖用飼料への高度利用が求められている。

ところが、ブリについては、カタクチイワシ単独給餌によるビタミン B1 欠乏症が明らかにされているが、カンパチについては詳細な研究がされていないためカンパチ養殖経営者の中には、ブリと同様の栄養性障害を危惧する声がある。

また、モイストペレット (MP) の冷凍原料魚の選択や給餌方法等は、経営者の経験に頼っている状況であり、カンパチの健康面や成長への影響が十分検証されていない状況にある。

○現状の対応

そこで、平成 18 年度から、中央水産研究所を中心とした大学、公設研究機関及び民間企業による共同研究 (水産総合研究センター交付金プロジェクト研究) によりカタクチイワシの MP の冷凍魚としての利用拡大及び国内でのミール化への研究に着手している。

この共同研究で宮崎大学と宮崎水試は、カタクチイワシを飼料としてカンパチを養成した場合のビタミン B1 欠乏症の発症と飼料の違いによる成長や抗病性に関する研究を実施している。

その結果、カンパチのビタミン B 1 欠乏症発症時期はブリより遅延すること、飼料に一定量のビタミン B1 を添加することで B1 欠乏症を抑えることが可能であることを明らかにした。また、カタクチイワシ単独給与でもカンパチはブリより比較的長く生存するが、抗病性が低下している可能性があることが明らかとなった。

○これからの取組

養殖現場におけるカタクチイワシを餌として使用した場合の問題と対策を引き続き解明していくとともに、平成 19 年度からは我が国周辺に 300 万～800 万トンの資源があると推定されるサンマの高度利用に関する共同研究 (先端技術を活用した農林水産研究高度化事業) へも参画し、国内の豊富な水産資源を原料とした国産ミールや飼料の養殖現場への普及を促進し、低コストで安心安全な養殖魚づくりが出来るように研究を継続する。

