

第3回「理想の追求」研究報告

研究期間：2012年4月1日～2015年3月31日

深海魚類資源の網羅的開拓

プロジェクトリーダー

落合芳博 東海大学海洋学部・教授



プロジェクトメンバー

加藤 登 東海大学海洋学部・教授

福井 篤 東海大学海洋学部・教授

秋山信彦 東海大学海洋学部・教授

武藤文人 東海大学海洋学部・教授

関いずみ 東海大学海洋学部・准教授

堀江 琢 東海大学海洋学部・講師

松永茂樹 東京大学大学院農学生命科学研究科水圏生物科学専攻・教授

高田健太郎 東京大学大学院農学生命科学研究科水圏生物科学専攻・助教

石村学志 北海道大学サステイナビリティ学教育研究センター・助教

吉川尚子 静岡理工科大学・講師

小泉鏡子 静岡県水産技術研究所・上席研究員(H25年度より平塚聖一氏から交代)



(上の列) 左から、駿河湾底曳網の漁獲物、加藤氏（中間報告会にて）、静岡県水産技術研究所における底曳網漁獲物の仕分け作業（左端は前メンバーの平塚氏）、石村氏、

(下の列) 左から、吉川氏（中間報告会にて）、深海魚の透明骨格標本、落合（東海大学研究調査船 望星丸にて調査航海中）、東海大学における漁獲物の計測と撮影作業（中央は武藤氏）

1. 研究の背景と達成目標

(1) 研究の狙い

いまだ謎に包まれた深海魚に関して、資源調査、成分分析等の基礎研究から、その有効利用を通じた社会貢献までを目指している。すなわち、生物学的特性や資源量、可食部(筋肉)の栄養・健康機能性成分分析にもとづく食品学的な特徴づけ、環境汚染物質の定量分析による安全性評価、練り製品への加工適性、生理活性物質の探索、養魚餌料としての有効性を明らかにして、高度有効利用の方途を探る。また、市場調査をもとにマーケティング戦略を提案するほか、深海魚食文化の発掘を行なう。

(2) 研究項目毎の目標

①駿河湾および三陸沖において、定期的なサンプリングを行ない、分類、種同定の後、研究分担者に分配する。現状の利用度が低い魚種については、各魚種の漁獲率等をもとに資源量を推定する。資源的に有望な魚種については、利用法について検討を行う。

②可食部(主に筋肉)については、一般成分、タンパク質組成、遊離アミノ酸組成、脂質含量、脂質組成および脂肪酸組成分析を行なう。魚種別にゲル形成能を最大限に引き出す条件を見出し、良質な練り製品の創出を試みる。一方、機能性低分子物質については、抗菌性、抗真菌性、がん細胞に対する毒性等を指標とし、深海魚の組織抽出物から活性成分を探索する。水産養殖への応用については、深海魚をトラフグなどの幼魚に投餌し、成長に及ぼす影響を評価する。

③深海魚各種の特性を明らかにすることで、新しい市場開拓の可能性について検討を行なう一方、深海魚食文化の調査を進める。

2. 主な研究成果と社会、学術へのインパクト

①底曳網量の漁獲物の調査から、利用種、未利用種の種構成を明らかにした。また、膨大な資源量が推定される魚種について、生態調査を行った。その結果、資源的に大きい魚種が未利用状態にあることが示唆された。

②筋肉および内臓の成分分析の結果、深海魚では概して水分が多く、タンパク質が多いこと、有害なワックスエステルを含む種がいること、健康機能性を有するアミノ酸(、ペプチドタウリン、アンセリン、カルノシンなど)、浅海魚種にあまり見られない成分が見出され、深海適応との関連性が示唆されたほか、健康機能性成分の給源としての可能性が認められた。DHAなど高度不飽和脂肪酸が豊富に含まれていること、などが明らかにされた。安全性の観点から、環境汚染物質の濃度についても測定し、一部の魚種に蓄積を認めた。また、内臓に含まれるメタノール可溶物質につき、抗糖尿病性を示す前駆脂肪細胞に対する作用などを調べたところ、一部に活性を示す画分が認められた。一方、多脂魚から有害な脂質(ワックスエステル)を除去して良質の練り製品へ転換すること、食用化が難しい小型魚(ハダカイワシ)は魚醤油への加工や、トラフグ、マダイなど養殖魚の餌料としての利用の道が開けた。これらの知見は、今後、深海魚を有効利用する上で重要なものとなる。

③一般消費者を対象としたアンケート調査の結果、有効利用のためにはネガティブイメージの払拭とともに、魅力的な商品開発が重要であることが明らかにされ、消費量を上げるには啓蒙、宣伝活動が必要であることが示唆された。また、駿河湾をはじめ、日本各地における深海魚漁の現状、魚種や流通、販売形態などについて情報が集積された。これらの知見は、深海魚から得られた産物を流通ルートに乗せるために不可欠である。

④以上、本研究のように、深海魚の特性を多角的、網羅的に明らかにした例はいまだなく、今後、基礎面から応用面に向け、さらなる展開が期待される。

3.研究成果

最初に、本プロジェクトの鍵を握る、深海魚類の入手ルートの確立に努めた。その結果、東海大学および静岡県水産技術研究所の研究調査船による駿河湾および近隣海域におけるサンプリング、東北区水産研究所若鷹丸の三陸沖における調査航海、さらに東海大学研究調査船「望星丸」の研究航海により、十分量のサンプルを調達することができた。これを凍結保管しておき、メンバーに適宜、配布した。

漁獲物に関する定性・定量調査の一環として、容量 20 リットルのバケツにて、無作為に採集し、組成比を継続的に調べた。これまでの調査の結果、未利用種はスジダラ 87 個体と最も多く、次いでサンゴイワシおよびサガミノソダラ(同 22)、シマイタチウオ(同 20)の順であった(図 1)。利用種のハシキンメは 63 個体と最も多いが、ほとんどが小型個体であるため海上投棄されてしまう。また 4 月には魚類の採集が少なく、甲殻類など他の動物群が多く採集された。資源として安定利用するためには季節変化や生息海域の解明などが必要である。未利用種の重量の割合は約 36%で、多くが無駄となっている。種数は未利用種の方が多く採集されるが、ほとんどが小型個体で、重量比として利用種より少なかった。今後は、利用種の採集重量と水揚げ重量の比から、一網あたりの総投棄重量を求め、利用可能な種の潜在的な利用できる資源量推定を行った。

次に、膨大な資源量が予測されている三陸沖のフジクジラ(深海性サメの 1 種)(図 2)について、上記 若鷹丸の協力を得て、生態に関する調査を行った。本魚種の特徴は、体色は黒く、背びれに鋭い棘があり、種固有の形状の発光器を持つことであり、三陸沖で大量に(1 網で 6 トン程)漁獲されるといわれているが、全く利用されておらず、生態学的な研究はほとんどない。そこで、毎年度 10 月から 11 月に底曳網調査で漁獲されたフジクジラについて、胃内容物を詳細に調べた。その結果、漁獲毎に雌雄比に偏りがあること、八戸沖～常磐沖まで分布していること、分布の中心は相馬沖で水深 350-450m の密度が高いことが判明した。さらに、2013 年は水深 400-450m に集中していたが、2014 年は水深 350-400m が最も濃密であることがわかった。利用法については今後の研究に委ねることになる。

さまざまな魚種につき筋肉および内臓の一般成分分析、脂質の特徴づけを通じ、有用な魚種の選別を試みた。まず、一般成分については、水分とタンパク質含量にのみ、比較的高い相関関係($r=0.62$)が見られた。水分は浅海性魚類と比べて、概して高いこと、脂質含量は魚種によりさまざまであることが判明した。次に、筋肉の水溶性タンパク質の電気泳動分析により、深海適応に関わる成分の同定を試みた。

続いて、筋肉中の遊離アミノ酸分析を行った結果、タウリン、アンセリン、カルノシンなど、浅海性魚種にはあまり見られない成分が見出され(図 4)、深海適応との関連性が示唆されたほか、これらの健康機能性成分の給源として価値が高いことを認めた。一方、筋肉と内臓の一般成分、脂質組成、脂肪酸組成を調べた結果、シマイタチウオなど一部の魚種では、摂取した場合、健康上の問題となるワックスエステルが見出された(図 5)。

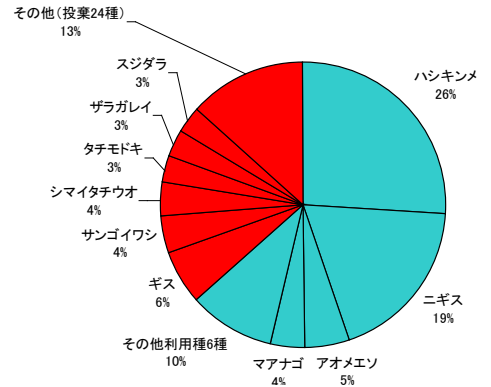


図 1. 駿河湾における底曳トロール漁獲物の魚種構成. 青が利用種、赤が未利用種を表す.



図 2. フジクジラ.

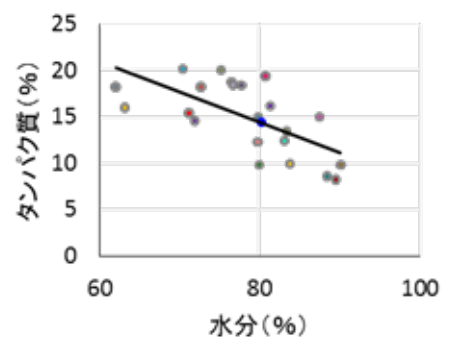


図 3. 筋肉の水分とタンパク質含量の相関関係.

しかし、ワックスの蓄積量が顕著であるアブラソコムツからでも、ワックスを除去すれば、良質の練り製品が調製できることが判明し、有効利用の目途が立てられた。

次に、駿河湾および東北沖の深海魚の内臓部をメタノール抽出し、スクリーニングライブラリを構築した。いくつかの生物活性を指標にスクリーニングした結果、バラムツの抽出物に特徴的な細胞周期阻害活性が認められた。また、フトツノザメなどから前駆脂肪細胞を脂肪細胞に誘導する活性を示す画分が得られた(図5)。一方、安全性の観点から、筋肉に蓄積される PCB(ポリ塩化ビフェニル)と DDE(DDT 代謝物)の濃度を測定し、ギスなど一部の魚種に高濃度に蓄積されている事例を認めた。

一方、サクラエビ漁などで混獲され、ある程度の資源量が期待されるハダカイワシ(センハダカ)(図6上)について、練り製品原料としての有用性、魚醤油への加工適性、多脂魚アブラソコムツ(図6下)については脱脂による練り製品への加工適性について検討した。アブラソコムツ筋肉の脱脂は、食品添加物としても認可されているグリセリン脂肪酸エステルを用いて行い、すり身の調製を試みた(表1)。その結果、両魚種から、高いゲル剛性を示す良質のかまぼこゲルが得られた(図7)。また、油脂の部分はロウソクに加工することができ、やや赤みを帯びた優しい炎を与え、臭いもほとんどなく、良質のものが得られた(図8)。

トラフグ、マダイおよびカワハギにハダカイワシをそのまま投餌して2か月間にわたり成長度合いを追跡した結果、一般に用いられるイカナゴ(対照)と遜色ない効果が認められ、代替餌料としての可能性が示された。特にトラフグに対しては、代替餌料としての十分に利用価値があることが明らかにされた(図9)。

最後に、深海魚に対する一般消費者のイメージに関するアンケート調査を東海大学海洋科学博物館において実施した。回収した276件の調査結果

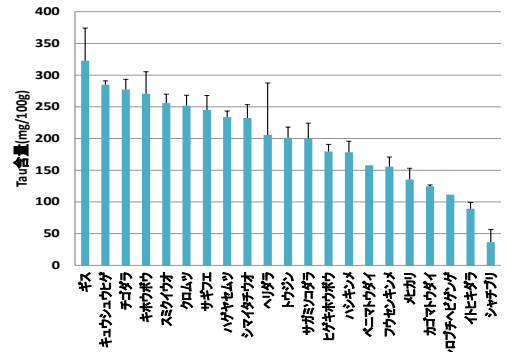


図4. 筋肉のタウリン

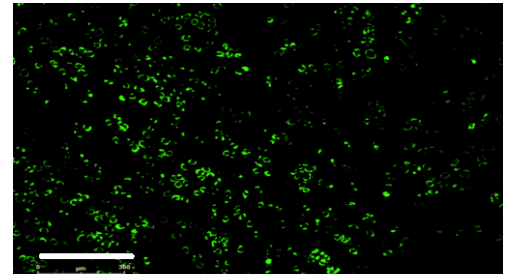


図5. フトツノザメ内臓メタノール可溶性画分の脂肪前駆細胞の誘導活性. 緑色の部分は油滴. スケールは 300 μ m.



図6. ハダカイワシ (上) とアブラソコムツ (下).

表 1.アブラソコムツ筋肉の粗脂質及びワックス含量

試料	(100g 当たりの重量%)	
	粗脂質 (ワックス)	
原料肉	20.9 (20.5)	
水晒し処理した加熱ゲル	10.4	
グリセリン脂肪酸エステル処理した加熱ゲル	1.2 (0.9)	

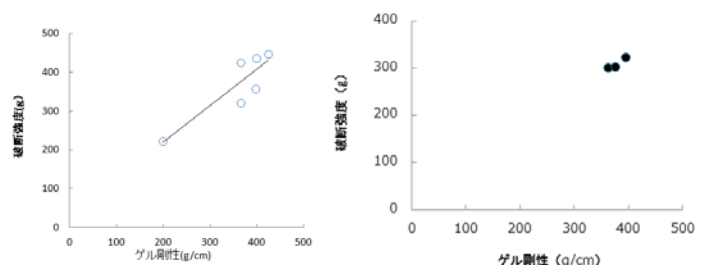


図7. ハダカイワシ (左) とアブラソコムツ (右) の筋肉から調製したゲルの物性.



図8. アブラソコムツの油脂から作製したロウソクの炎。

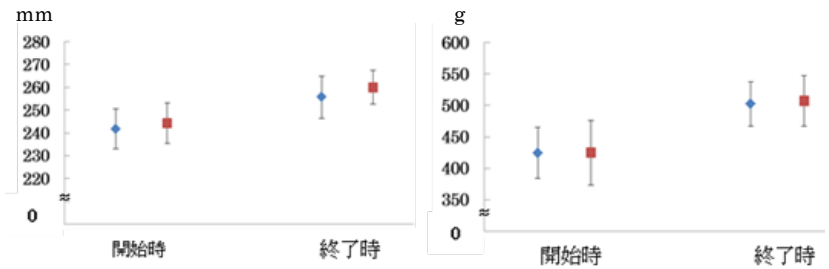


図9. ハダカイワシを与えたトラフグの体長（左）および体重（右）の変化。ハダカイワシ及び対照としてイカナゴを与えた場合をそれぞれ青および赤で示した。

に対し因子分析を行ったところ、深海魚に対する認識は概して高くないことが判明し、消費量の向上には啓蒙、宣伝活動が必要であると考えられた。また、日本各地における深海魚漁の現状、魚種や流通、販売形態などについて調査を実施し、有効利用に向けて数々のデータを入手することができた。

4. 今後の展開

深海魚は、有害なワックスを含む種は限られ、食用として問題ないどころか、健康機能性を示す成分を含むことから、健康志向の食品として積極的に利用する方策を立てるべきだろう。ただし、消費者には深海魚に馴染みがなく、ネガティブなイメージを持つ人の割合が多いことから、不要な不安を取り除き、安心、安全のイメージを普及させるキャンペーンないし啓蒙活動が必要であろう。一方、食用利用以外に、養殖魚の餌料、有用物質の原料としての可能性も示されたため、漁獲されながら廃棄されている分を完全利用することができそうである。

一方、深海の世界はあまりに広大であり、多種多様な生物が生息しているが、深海適応の機構はさまざまである。本研究においても、そのことを示唆する結果がいくつか得られたが、研究はまだその緒に就いたばかりであり、未知な部分を一つずつ分子レベルで明らかにしていくことは、生命の進化をたどることに他ならず、深海への適応という、生物にとっての一大イベント、あるいは大きな謎の一つの解明へとつながっていくことだろう。

5. 発表実績

落合：駿河湾産深海魚の利用加工特性、日本食生活学会（2012年10月、北九州）

M. Matsumoto, Y. Ochiai, N. Yoshikawa: Free amino acids composition and cytotoxicity in the muscle of several deep-sea fishes. 日本生化学会大会（2013年9月、横浜）。

平塚、小泉、落合：「駿河湾及び遠州灘で漁獲された深海性魚類の脂質組成」、日本水産学会秋季大会（2013年9月、三重）。

落合、武田、剣持「深海性魚類における筋肉水溶性タンパク質画分の成分組成」、日本水産学会春季大会（2014年3月、東京）。

Y. Ochiai: Current Issues on Aquatic Product Processing, 1st International Symposium on Aquatic Products Processing（2013年11月、ボゴール、インドネシア）。

Y. Ochiai: Approaches to the post-harvest processing of deep-sea fish species. International Conference in Fisheries Sciences 2014（7月、コロンボ、スリランカ）。

Y. Ochiai: Proteomic Studies on the Sarcoplasmic Protein Components in the Muscles of Deep-Sea Fish Species.

International Congress on the Biology of Fish (2014年8月、エジンバラ、連合王国).

落合、清水、荒木、吉川:ハダカイワシから調製した魚醤油の特性、日本食品化学学会(2014年5月、東京)

寺田、青木、落合:「深海性魚類における筋肉水溶性タンパク質画分の成分組成」、日本水産学会春季大会(2015年3月、東京).

その他:

- ・落合ほか:ジャパン・インターナショナル・シーフードショー・セミナー、「深海魚の食品学的特性」東京ビッグサイト(2012年7月18日)
- ・落合「深海から新しい海の幸」、黄金週間企画『知って美味しい海の幸』、東海大学海洋科学博物館(2014年5月、清水)
- ・竹田、小泉、落合:「深海性魚シマイタチウオの脂質組成」富士山麓アカデミック&サイエンスフェア 2013(11月、沼津)
- ・青木・落合:「深海性魚類の筋肉脂質を用いたロウソクの試作」同2014(11月、沼津)
- ・海野、岡田、落合:「静岡県下における深海魚の流通に関する実態調査」同2014(11月、沼津)
- ・シーフードショー記事(2012年7月19日)(日本水産経済新聞)
- ・「深海ザメの調理法と提供事例」2015年1月30日(中日新聞、静岡新聞)など.