

UJNR Aquaculture Panel The 39th Scientific Symposium



October 25th-26th, 2010

The Present and Future of the Aquaculture Industry

～養殖産業の現在と将来～

プログラムと要旨集(日本語版)

Place: Kagoshima University, Inamori Hall
(鹿児島大学稲盛会館) Tel: 099-285-7701

Organized by: • Fisheries Research Agency
(FRA), Japan

• National Oceanic and
Atmospheric Administration
(NOAA), USA

• Kagoshima Univ., Japan



U J N R 水産増養殖専門部会第39回日米合同会議

科学シンポジウム

養殖産業の現在と将来

(The Present and Future of the Aquaculture Industry)

プ ロ グ ラ ム

開催場所：鹿児島大学稲盛会館キミ&ケサメモリアルホール

〒890-0065 鹿児島市郡元1-21-40 Tel: 099-285-7701

開催日時：平成22年10月25日(月) 13:00~17:30

10月26日(火) 9:30~17:30

開催趣旨：2011年に始まる水産総合研究センターの第3期中期計画(5カ年計画)、及びNOAA(アメリカ合衆国海洋大気庁)とUSDA(合衆国農務省)の養殖のための戦略的計画の目標に基づき、このシンポジウムの焦点は、養殖生産を推進するために、両国それぞれの国民によって利用される未来の生産システムや戦略とともに、養殖の歴史や役割に関することが、生産者と消費者双方の視点から、発表・議論されるべきであろう。最も優先されるべき焦点は、両国の養殖産業が直面している問題や、競争力のある新しい養殖業を生み出したり、既存の養殖産業に競争力をつけるための戦略や解決策に関することであろう。我々は、現在発展している最新の養殖システムや、将来発展する可能性を秘めた養殖システムを調査し、養殖産業の将来の可能性を最も高めることを研究ニーズとして考慮する。養殖システムは、親魚養成/種苗生産、育成および収穫、商品としての加工と流通を含んだ、ある対象種の産卵から製品消費にいたる全ての過程を含んでいる。この研究交流から、我々は今後の会議で議論される必要がある主要な課題が明らかとなることを期待する。特に、我々は、我々の魚食文化や水産物の消費をサポートする消費者の視点に立った産業振興に役立つ養殖業や養殖研究分野の方向性を提示したい。我々は、その歴史、役割そして生産から消費に至る過程、利益を生み出す過程および養殖がいかに消費者のニーズに応えるかについて、発表し議論したいと考えている。

2010年10月25日(月)

登録受付 11:30-14:00

開会の辞(日本側部会長：飯田貴次養殖研究所長)..... 13:00-13:10

歓迎のご挨拶(鹿児島大学：野呂忠秀水産学部長)..... 13:10-13:20

趣旨説明(事務局長補佐：山崎 誠養殖研究所生産システム部長).....13:20-13:25

I. 養殖業に係る研究と政策

1. 日本における養殖研究の方向 — 持続的養殖を目指して —

伊藤 文成(独立行政法人水産総合研究センター)..... 13:30-13:48

2. 2010~2015年およびそれ以降における養殖研究の優先事項：

米国農務省と関係機関の視点

Jeffrey Silverstein (米国農務省) 13:48-14:06

3. 水産養殖および技術開発に関わる現行施策

平井 光行 (水産庁) 14:06-14:24

4. NOAA による養殖政策と研究優先事項の展望

Robert N. Iwamoto (米国海洋大気局) 14:24-14:42

休憩 14:42-15:02

II. 養殖業の概要と研究プラン

5. 北アメリカにおける養殖業：現状と展望

Paul Olin (カリフォルニア大学) 15:02-15:20

6. 合衆国の競争的な養殖業が持続的発展のために克服すべき技術的障壁

John A. Hargreaves (Borlaug 研究所/テキサス A&M AgriLIFE)
. 15:20-15:38

III. 養殖生産技術を巡って

7. カンパチの周年採卵技術の開発へ挑戦－1：早期採卵の成功

濱田 和久 (水産総合研究センター) 15:38-15:56

8. 南カリフォルニアにおけるヒラマサの産卵と仔魚飼育

Kevin Stuart (Hubbs-Sea World Research Institute) 15:56-16:14

休憩 16:14-16:34

9. 人工種苗を用いたカンパチの養殖技術開発：種苗生産技術の向上

橋本 博 (水産総合研究センター) 16:34-16:52

10. ウナギ完全養殖の達成

今泉 均 (水産総合研究センター) 16:52-17:10

11. 南ニューイングランドにおける沖合ムール貝養殖の現状

Scott Lindell (Marine Biological Laboratory in Woods Hole)
. 17:10-17:28

案内 17:28

IV. 養殖業における経営と社会的、経済的課題

1 2. 日本の魚類養殖における構造的課題

佐野 雅昭 (鹿児島大学) 9:20-9:38

1 3. 米国養殖業の政治経済学

Gunnar Knapp (アラスカ アンカレッジ大学) 9:38-9:56

III. 養殖生産技術を巡って (続き)

1 4. 魚類の栄養と健全性-日本における最近の研究成果

越塩 俊介 (鹿児島大学) 9:56-10:14

1 5. 合衆国における養殖用飼料の未来

Michael B. Rust (米国海洋大気局) 10:14-10:32

休憩 10:32-10:52

1 6. 海産養殖魚におけるDNAマーカー選抜育種の現状

尾崎 照遵 (水産総合研究センター) ほか 10:52-11:10

1 7. 競争力のある養殖業のためのバイオテクノロジー

Walton W. Dickhoff (米国海洋大気局) 11:10-11:28

1 8. リアルタイム LAMP 法によるエビ類病原ウイルスの迅速診断技術の開発

米加田 徹 (水産総合研究センター) 11:28-11:46

昼食休憩 11:50-14:00

————— Poster Session —————

V. 養殖産業を支える諸技術

1 9. 魚類養殖環境におけるアオサ類の生物指標およびバイオフィルタとしての機能

横山 寿 (水産総合研究センター) 14:15-14:33

2 0. 低塩分循環養殖システムを使った内陸部での海産魚類の養殖

Marty A. Riche (合衆国農商務省農業研究部門) 14:33-14:51

2 1. 冷凍トラック用コンテナを再利用した循環式陸上アワビ養殖システム
モハメッド ムスタフィズール ラーマン(鹿児島大学)・・・14:51-15:09

休憩・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 15:09-15:24

2 2. 飼育水槽内における流況制御；キジハタ仔魚の事例
岩崎 隆志 (水産総合研究センター)・・・・・・・・・・・・ 15:24-15:42

2 3. 合衆国の養殖場で水揚げされたナマズの池から食卓までの解析
Terrill R. Hanson (Auburn 大学漁業養殖業学部)・・・・・・・・ 15:42-16:00

2 4. 飼料によるブリの肉質改善
塩谷 格 (日本水産株式会社)・・・・・・・・・・・・・・・・ 16:00-16:18

休憩・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 16:18-16:33

VI. 資源培養

2 5. 若狭湾でのヒラメ (*Paralichthys olivaceus*) 放流における囲い網馴致条件
の影響評価に関する共同取組み
Michelle L. Walsh (ニューハンプシャー大学)・・・・・・・・ 16:33-16:51

2 6. ブラックシーバス (*Centropristis striata*) の音響馴致および海洋牧場試
験
Scott Lindell (海洋生物研究所)・・・・・・・・・・・・ 16:51-17:09

閉会の辞(米国側部会長:マイケル・ラストNOAA増養殖研究計画長)・・ 17:09-
案内・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 17:20

@サテライトシンポジウム in 志布志

平成22年10月29日10:30-

ホテル ボルベリアダグリ 会議室にて (志布志市夏井)

テーマ：種苗生産の現状と解決すべき課題

1. ウナギの完全養殖：大量生産に向けての問題点
増田 賢嗣 (水産総合研究センター)
2. 南カリフォルニアにおけるヒラマサの産卵と仔魚飼育
Kevin Stuart (Hubbs-Sea World Research Institute)
(稲盛会館でのシンポジウム口頭発表8と同じ)
3. カンパチの周年採卵技術の開発へ挑戦ー2：新たな養殖生産システムの提案
濱田 和久 (水産総合研究センター)
4. ギンダラの種苗生産方法：マンチェスター研究施設における種苗生産計画、親魚養成と卵・仔魚の培養手法に関する概要
Mike Rust (米国海洋大気局)
5. 仔魚における物理的傷害の可視化法の開発
宇治 督 (水産総合研究センター)

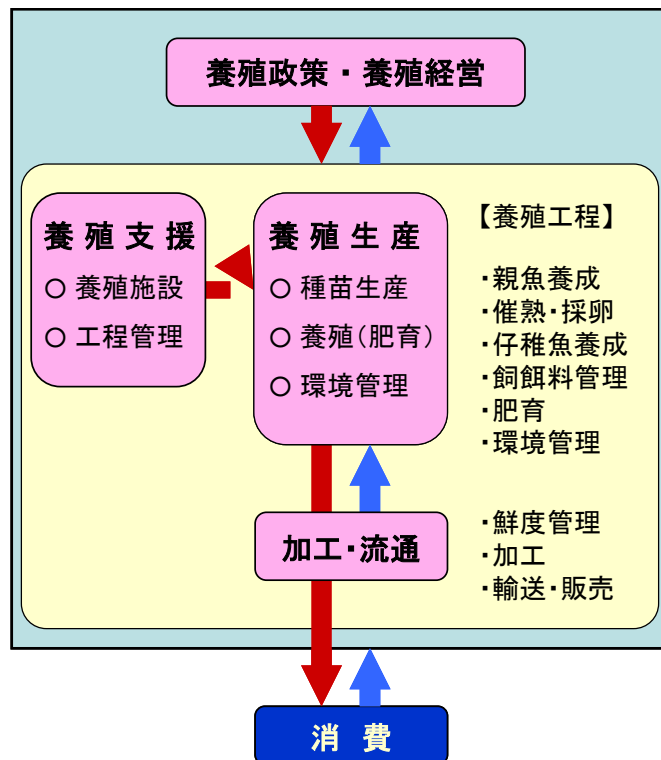
1. 日本における養殖研究の方向 ー持続的養殖を目指してー

伊藤 文成（独立行政法人水産総合研究センター養殖研究所）

世界的に見ると、養殖産業は近年アジアを中心に急速な発展を続けており、今後もさらに増え続けると予測されている。一方、日本の養殖業はほぼ安定的に推移して漁業の中では相対的に大きな比重を占め存在感は増しているものの、その経営実態は非常に厳しいものがある。それは、燃油やえさの原料となる魚粉が高騰したことによる生産コストの増大、景気の後退による高級魚の買い控えや魚価の低迷、病気の発生や赤潮被害などによる。そのような状況から、日本の養殖業は経費がかかっても高く売れないという生産構造に陥っている。

養殖経営を健全化するためには、産業に関わる工程全体を一から見直し、持続的で「儲かる産業」への転換を図る必要がある。私たちは養殖業の入り口から出口までの全体（養殖生産体系）を下図のように整理し、それぞれの範疇における研究課題とその解決方向を論議している。養殖業が持続的であるためには、環境へのインパクトを低減しなければならないことはもとより、産業である以上、「収益の上がる産業」である必要がある。環境への影響を考えた場合、水質に影響を与えないこと、養殖用種苗の天然資源への依存体質からの脱皮等に配慮しなければならない。収益を求めるためには、養殖生産の各工程を分析し、それぞれの省コスト化の積み重ねや高付加価値化を考える必要がある。このように、今後は養殖業を生産から流通・消費まで一貫した生産体系としてとらえ、広い視野からトータルで考えることが重要である。

養殖生産体系(工程) 魚類養殖の例



2. 2010～2015年およびそれ以降における養殖研究の優先事項： 米国農務省と関係機関の視点

Jeffrey Silverstein（米国農務省）

米国における養殖に関与する連邦政府の行政機関は農務省（USDA）、内務省および商務省である。USDAは農水産業における生産効率と消費価値を高めるための専門技術集団である。内務省内の魚類野生生物局（FWS）はリクリエーションの機会を生み出し、陸水の生物多様性を保全する。商務省内の国家海洋大気局（NOAA）は商業的、職業的およびリクリエーション的機会を高め、養殖業を発展させ、海洋生物を保護する。米国における養殖業は1980年から2000年の20年間、緩やかだが確実に成長した。USDAは養殖に関する研究費を増加させてきたが、米国における養殖生産はこの10年間伸びなかった。米国における養殖生産量の第一位の種であるナマズ類の養殖生産は輸入との競争や高い生産コストのためにこの3年間で約30%も減少した。第二位のマス類の生産は安定しているが、この3年間、増加していない。明るい点はサケ類生産量の増加、養殖貝類市場の成長である。USDA内、とくに農業調査局（ARS）では、品種改良、代替飼料材の開拓、栄養の改良、ワクチンや治療法の改良による健康増進および生産システムの改良に研究の焦点を当ててきた。これらのいくつかは多数の機関が連携して取り組んでいる。例えば、代替飼料に関するNOAA-USDA連携やワクチン、治療法開発に関わるFWSとの連携、動植物健康調査局（APHIS）および食料薬品局（FDA）との連携があげられる。

米国における養殖業の発展に関わる2つのテーマは、孵化から消費の過程で関連機関間の連絡を強めることと高品質低価格養殖産物の持続生産を成し遂げるために新技術を取り入れることである。養殖共同協議会は連邦政府調整団体であり、機関間で問題が論議され解決される。これまでの成果として、環境保護局（EPA）と協力して設定した養殖廃水のガイドラインと「国家水生動物健康計画」の設定がある。現在、連邦政府による養殖研究技術戦略計画を開発している。

（担当：横山 壽）

3. 水産養殖および技術開発に関わる現行施策

平井 光行（水産庁増殖推進部）

水産庁は、2007年3月に策定された水産基本計画および2010年3月に策定された農林水産研究基本計画に基づき、持続的生産と強い水産業の確立のために、資源管理の推進や藻場・干潟の保全等により水産資源の回復を図るとともに、大型クラゲ等の有害生物による漁業被害への対策を講じている。また、燃油などの資材コストの変動や収入の減少を緩和するための措置や漁業従事者の確保・育成するための措置を講ずることなどにより、漁業経営の安定化を図っている。

2008年における養殖生産量は119万トン(4,790億円)で、漁業・養殖生産量の21%(29%)を占めている。養殖業や技術開発においては、経営の安定化と競争力の強化、ウナギの養殖技術等の現場ニーズを反映した技術開発とその普及、養殖漁場環境の保全対策、疾病防除や養殖生産工程管理手法の導入等の養殖水産物の安全・安心の確保に取り組んでいる。近年、養殖種苗の採捕による水産資源の再生産への影響や赤潮による養殖生産への被害が懸念されているため、関係各課と連携し天然種苗に依存しないウナギやクロマグロ等の人工種苗生産技術の開発や赤潮の予察や防除対策を積極的に推進している。

4. NOAAによる養殖政策と研究優先事項の展望

Robert N. Iwamoto (NOAA, 北西水産科学センター)

起案2年後の1999年に商務省(DOC)／国家海洋大気局(NOAA)による養殖政策は米国商務省長官により署名された。この政策は2025年に達成されるべき次の6つの目標から構成されている。

- A. 国内の養殖生産額を年間9億ドルから50億ドルに増加させる。この50億ドルは海産物に関する年間60億ドルの赤字を相殺するのに寄与する。
- B. 養殖就労人口を18万人から60万人に増加させる。
- C. 養殖生産と環境保全が両立する養殖技術・手法を開発する。
- D. 責任ある養殖のための運営規約を確立し、連邦水域の規約を100%達成する。
- E. 養殖産業の多様性を増加させるため、養殖により生産される非食品産物やサービスの価値を倍加させる。
- F. 減少した野生魚類資源を養殖を通して増加させ、それにより商業的レクリエーション的漁獲の価値を増加させるとともに水産資源を改善させる。

NOAAはこれらの目的を達成する国家戦略において主要な役割を有しており、2007年に10年計画を策定した。さらに、NOAAは2009年に持続的海洋養殖を進めるため新しい包括的な政策を発表した。国家政策は7つの問いかけを發する。

1. 持続的海洋養殖を国内に広く発展させるにはどのような機会があるか。主な障害は何か。
2. 環境に配慮すべきもっとも重要な点は何か、そしてこれにいかに対処するか。
3. 来る5年間あるいは20年間においてどの社会的経済的結果が最も重要か。
4. NOAAはいかにして必要な研究や新制度を支援するか。NOAAの資金による養殖研究は何に到達点を置くか。
5. NOAAは養殖にかかわる問題について養殖産業や社会といかにして情報を交換するか。
6. NOAAは養殖にかかわる問題や新規構想について国際的レベルでどのような役割を果たすべきか。
7. NOAAの養殖政策において考慮すべき他の事項は何か。

NOAAは社会からの情報を解析しており、評価やパブリックコメントを受けるべく国家政策の草案を開発中である。この過程が終わると、NOAAは新養殖政策を公表することになっている。

(担当：横山 壽)

5. 北アメリカにおける養殖業：現状と展望

Paul Olin (UCSD / Scripps Institution of Oceanography)

本報告では北米の養殖産業の発達の状態と傾向をレビューしている。ここではカナダおよびアメリカの現在の生産の水準や種の多様性、過去 10 年間の生産の傾向、利用可能な資源、政府の支援および将来の産業の成長と発展の方向性について報告している。

2008 年の北米の養殖産業の生産量は 644,213 トン、1,622,460 ドルであり (FAO 2009)、これは前の 10 年間に対して年間の生産量にして 1.8%、額にして 4.5%の増加を示している。北米の魚類産業はカナダのタイセイヨウサケとアメリカのチャネルキャットフィッシュの養殖産業によって先導されている。1997-2007 年の 10 年間でタイセイヨウサケの太平洋および大西洋沿岸における生簀養殖の拡大の結果、カナダの生産量は 54%増加し、カナダは 2008 年にタイセイヨウサケを 104,070 トン、額にして 6.63 億ドルを生産した。これは総養殖収入の 88%を占めている。一方、アメリカはカキ類やアサリ類、アメリカザリガニの生産の増加を通じて、養殖部門で 17%収入が増加した。しかしながら、アメリカのチャネルキャットフィッシュ産業は東南アジア産のナマズ (basa, tra) の著しい輸入増加の結果、激しい競争を経験し、近年、減退している。2008 年にはアメリカのナマズ生産業者は 201,000 トン、生産額として 3.89 億ドルを生産している (USDA-NASS2010)。

FAOは予測される世界需要の増加に対して 2030 年までに、さらに海産物生産量を 4000 万トン増加させる必要性を提示している。北米ではこの生産量増加に対して見込みがあり、カナダとアメリカ政府は養殖産業の拡大を計画している。カナダは 2020 年までに生産量を 308,000 トン、出荷額で 16 億ドルを上回ることができると見積もっている。一方、アメリカ商務省は国内の養殖生産は 2025 年までに、額にして 10 億ドルから 30 億ドル以上に増加できる可能性があるとは見積もっている。アメリカの生産物の増加の内訳は 76 万トンの魚類 (内、海産魚が 59 万トン)、4.7 万トンの甲殻類と 24.5 万トンの軟体類の生産増加からなるだろう。

北米養殖産業の将来の著しい成長はカナダのタイセイヨウサケ産業により実証された成功モデルと新しい科学技術により可能になった沖合生簀養殖に追随するであろう。カナダもアメリカも、この拡大に対して広大な領域を持っており、カナダのサケの事例とアメリカの試験計画はこの取り組みの実行可能性を立証している。しかしながら、ある領域においては多くの反対があり、そして、養殖漁業のベンチャー事業の経済的な持続性がある間は、重要な業種が発達するかどうかは環境保護を保障する規制制度の設立に左右されるだろう。

(担当：岩崎 隆志)

6. 合衆国の競争的な養殖業が持続的発展のために克服すべき技術的障壁

John A. Hargreaves (Borlaug 研究所, テキサス A&M AgriLIFE)

技術革新は経済的な成長と発達を促進し、世界経済における競争上優位に立つための主要素であるが、革新は未解決な方策 (measurement) の障壁によって妨げられうる。この障壁に打ち勝つためには手法や基準、道具および技術の性能と進歩を評価する能力の開発を必要とする。優先すべき研究ニーズを決めるワークショップが開催され、米国の養殖業において革新を妨げている方策障壁がどこにあるかが明らかにされた。ワークショップは4つの形式の生産システム (貝類養殖、海産魚生簀養殖、海産魚陸上養殖、海産エビ類の閉鎖循環養殖) において海産養殖部門の持続的な発展に影響を及ぼす重大な科学技術格差に焦点が置かれた。

特定の科学技術格差の主題領域は遺伝的改良、栄養、健康管理、再生産の制御、仔稚魚の生産、食の安全と生産物の質、環境へのパフォーマンスと影響、システム工学と生命維持システム、及び経済学とマーケティングを含んでいる。

革新のための技術上の障壁は、最優先領域の中で、戦略的投資によって処理されるであろう。特に、技術基盤にまで達する潜在的利益がある領域や主題領域間で研究を統合するような領域について。また、最優先の情報と技術の要求に取り組む研究への費用対効果がある投資は、安定的な規制された環境や合理化された許容プロセス、実演システムにおける官民協力と結合することによって、米国経済の持続可能で競争力がある海面養殖業部門の発達に対する民間部門からの投資を加速できる。

研究ニーズは集約され、優先順位を付けられ、明確な方策の格差もまた明らかにされる。セクター開発に対して重要な技術的でない障壁もまた特定される。ロードマップの遂行は、米国の海面養殖業の進歩を促進するための次のステップに重点的に取り組まれる。

(担当：岩崎 隆志)

7. カンパチの周年採卵技術の開発へ挑戦-1：早期採卵の成功

浜田和久*1, 征矢野 清*2, 虫明敬一*1, 堀田卓朗*3

*1 水産総合研究センター養殖研究所

*2 長崎大学環東シナ海海洋環境資源研究センター

*3 水産総合研究センター五島栽培漁業センター

カンパチの天然親魚は、中国海南島からベトナム沖の海域で 11 月から翌年 3 月に産卵すると推定され、この時期に産まれたカンパチは、中国国内で 4 月の時点で全長約 10～15cm、体重約 25～50g にまで成長し、養殖用種苗として日本に輸出される。一方、日本国内で養成された親魚の産卵期は通常 5 月～6 月であり、天然魚の産卵期とは最大で半年近くの開きがある。この差は、養殖を開始する時期の種苗の大きさに直接影響し、商品サイズに達するまでの期間が長期化することで餌代や人件費などのコストを要することなどが不利な点と考えられてきた。

そこで、天然親魚の産卵期と同じ時期に国内で養成された親魚からも産卵させることを目的に、水研センターで先に開発されたブリの 12 月採卵のための環境制御技術をカンパチに応用した早期採卵試験を行った結果、親魚の成熟促進が確かめられ、2007 年度には世界で初めてカンパチ養成親魚からの 12 月採卵に成功した。12 月採卵はその後 4 年連続で成功した。12 月採卵により得られた人工種苗は 5 月末には全長約 25cm、体重約 250g まで成長し、中国産種苗と比較してもサイズの点で同等または勝る種苗が生産でき、さらに、生産コストの面で 12 月採卵由来の種苗では 289～324 円に対して、中国産天然種苗は年により価格の変動は見られるが、350～600 円で推移しており、種苗の生産単価の観点からも、国産の人工種苗は中国産天然種苗と遜色ないと考えられた。

カンパチの成熟促進および 12 月採卵に関する環境制御技術は、計画的かつ安定的な採卵技術と種苗生産技術の確立に貢献することが期待されると同時に、これらの技術は他の多くの有用な魚類養殖対象種に応用が可能と考えられる。

8. 南カリフォルニアにおけるヒラマサの産卵と仔魚飼育

Kevin Stuart (Hubbs-SeaWorld Research Institute)

HSWRI は 2003 年からサンディエゴの研究室でヒラマサを飼育している。最近の研究の結果から作成された私たちのヒラマサ飼育プロトコルは下記の 7 点を含んでいる。

1. 100 匹/ℓの密度で卵管理をする。
2. 水温は 21-22 度で管理する。
3. ワムシを日齢 2-9 まで 20 匹/ℓ供給する。
4. 高く狭い 1600 ℓ卵管理水槽から、広く浅い 8000 ℓ水槽へ日齢 10 日で移動する。
5. 第 1 齢アルテミアを日齢 6-10 日、第 2 齢アルテミアを日齢 10-35 日まで供給する。
6. 各々の水槽の上に 5,000-13,000lux の照度で 24 時間照明を行う。
7. SanoLife ALG を日齢 2-17 日までグリーンウォーターとして使用する。

これらの手法を使うことで、比較的ばらつきがあるものの、卵から稚魚までの生残率を 5%まで上げることができた。日齢 17-20 日における原因不明の高い仔魚の死亡と 40%近い形態異常の出現の改善が、今後の課題である。

(担当：宇治 督)

9. 人工種苗を用いたカンパチの養殖技術開発：種苗生産技術の向上

橋本 博*¹, 小田憲太郎*¹, 増田賢嗣*¹, 今泉 均*¹, 薄 浩則*¹, 岩崎隆志*²,
山本剛史*², 浜田和久*², 照屋和久*³, 浜崎活幸*⁴, 虫明敬一*²

¹ 水産総合研究センター志布志栽培漁業センター

² 水産総合研究センター養殖研究所

³ 水産総合研究センター西海区水産研究所石垣支所八重山栽培技術開発センター

⁴ 国立大学法人東京海洋大学

日本におけるカンパチ種苗生産での生残率は低く、0～5%程度にとどまっている。その要因としてはカンパチ仔稚魚を飼育する際の適正な餌料系列と環境条件が明らかにされていないことが挙げられ、特に20日齢までの初期におこる沈降および20日齢～25日齢の中期におこる稚魚の成長差による突き合いが大量減耗を招いている。これらを克服することがカンパチ人工種苗の安定的な生産技術を確立する上で重要な課題となっていた。

そこで、我々はまず初期減耗の原因を明らかにし、それを防除する技術を開発するため、小型水槽（500L）を用いて、仔魚期の摂餌選択性、体密度の変化による沈降現象、および飼育初期における適正な光周期と水温条件を明らかにした。次に、初期の減耗要因である沈降死を軽減するため水面の油膜を積極的に取り除き仔魚の開腔率を高めた。さらには、中期の減耗要因である突き合いの防除にはアルテミアの給餌開始時期を最小個体に合わせ、仔稚魚の成長差を抑えることが有効であることを明らかにした。これらの適正飼育条件を量産水槽（80KL）の飼育へ応用したところ、通常の出産期（6月）に得られた受精卵を用いて7月中旬に平均全長28mmの人工種苗を11万尾、環境制御により非産卵期である12月（早期）採卵より得られた受精卵を用いて、1月末に平均全長23mmの人工種苗を1.5万尾生産することに成功した。

この12月（早期）採卵による種苗を沖出して養成した結果、翌年3月末（ふ化後3カ月）には平均全長20cm、平均体重100gに成長し、12月末（満1歳）で平均体重2.4kg、3月末で平均体重3.1kg（1歳3カ月）まで成長した。この結果、12月（早期）採卵による種苗を用いた場合、従来用いられている中国産種苗と比較して、市場への出荷が3～9カ月短縮することが示され、この技術は養殖コストの削減に貢献できることが示唆された。

10. ウナギ完全養殖の達成

今泉 均*1, 増田賢嗣*1, 橋本 博*1, 小田憲太朗*1, 薄 浩則*1,
足立純一*2, 加治俊二*3, 照屋和久*4, 田中秀樹*5

- *1 水産総合研究センター志布志栽培漁業センター
- *2 水産総合研究センター本部
- *3 水産総合研究センター南伊豆栽培漁業センター
- *4 水産総合研究センター西海区水産研究所石垣支所栽培技術研究室
- *5 水産総合研究センター養殖研究所

ウナギの養殖は天然のシラスウナギに依存しているが、採捕量の近年の減少傾向が養鰻業の経営を不安定にしている。このため、天然資源に依存しない人工種苗生産の実現が急務である。一方、ウナギの生活史は未解明な部分が多く、人工種苗生産技術の開発に必要な成熟・産卵過程、仔魚期の生息環境や餌についての知見がほとんど無かったため、研究は試行錯誤の積み重ねにより進めざるを得なかった。まず、ウナギは飼育条件下では成熟・産卵しないため、ホルモン投与による人為催熟技術が開発された。これによって、受精卵が得られるようになり、仔魚飼育技術の開発が始まった。しかし、他魚種の既存の飼育方法を応用するだけでは飼育は不可能であったため、その開発は困難を極めた。最初にふ化仔魚が得られるようになってから約30年後、仔魚が摂餌可能な餌料成分の発見と、仔魚の行動特性を利用した給餌技術の開発によりようやくシラスウナギまでの飼育が成功した。

水産総合研究センターでは、この催熟技術及び飼育技術の改良によるシラスウナギ量産化に取り組んでいる。その中で、天然個体に依存しない親魚養成と量産に繋がる育種の技術開発を視野に入れ、人工生産ウナギの生殖能力を確認することでウナギの完全養殖を目指した。志布志栽培漁業センターでは、2004年から2006年にかけて得た人工ふ化仔魚をシラスウナギに変態させ、その後4~6年養成した人工生産ウナギの雌10尾（平均体重313g）と雄および性別不明16尾（平均体重384g）計26尾を用いて催熟を行った。その結果、10尾中9尾の雌から合計215万粒を採卵し、人工授精により受精卵を得ることに成功した。平均受精率は65.9%、平均ふ化率は37.0%、そしてふ化6日後平均生残率は34.8%で、これらの催熟および採卵結果はこれまでの天然由来ウナギでの結果を上回った。本研究により、世界初の完全養殖が達成され、人工生産ウナギから2世代目の人工ふ化仔魚を得られることを証明できた。今後はさらに研究を推し進め、シラスウナギの大量生産に繋がる育種技術の開発及び天然資源に依存しない催熟・採卵技術の開発に結びつけたい。

1 1 . 南ニューイングランドにおける沖合ムール貝養殖の現状

Scott Lindell (海洋生物研究所)

2008～2009 年にロードアイランド州とマサチューセツ州における沖合 12 個所のムール貝養殖場で調査した、ムール貝の成長とカクレガニの寄生状況（カクレガニの寄生によりムール貝の身が痩せる）の結果をもとに、2009 年の秋には4本のムール貝養殖用の沈下式延縄を設置した。2つの延縄はロードアイランド州にある水深 21～30m に設置し、あとの 2 つはマサチューセツ州にある水深 30～35m の養殖場に設置した。150m に及ぶ延縄にはそれぞれ、間隔 30センチ（1 foot）当たり 100 から 160 個の稚貝密度になるように貝を入れた 3 m長さほどのアミ袋 200 が取り付けられた。10,11 月に平均長 24mm の貝を展開して、翌 2010 年の 8 月の収穫期には月平均 3～3.5mm の成長量を記録した。3つの延縄のうち2つでは、カクレガニの寄生は確認されなかった。また1つは、固定に失敗し実験にならなかった。収穫したムール貝から生産された加工と販売用の貝の純生産量は総水揚げ量の 75%であった。蒸したムール貝の生産量は 8 月下旬で約 20%、7 月上旬で約 30%であった（肉の分量が異なる）。

延縄養殖は、ロブスターやホタテ漁をしていた行動的な地元漁民が広めていった。我々は、伝統的な 2000kg 級のブロックによる碇の代わりに、小型ボートでも展開可能な 250 k g の碇を用いた。養殖許可の取り方、延縄の設置技術、種苗の確保や延縄の管理といった私たちの実験からの教訓は、今後役に立つだろう。

（担当：尾崎 照遵）

1 2. 日本の魚類養殖における構造的問題

佐野 雅昭（鹿児島大学水産学部）

日本の魚類養殖は経営的に非常に厳しい状況にある。このような状況の背後には、日本の魚類養殖業の宿命ともいえる構造的問題が存在する。この構造的問題は大きく3つに分けられる。1つは個別経営体の経営向上の論理と漁場環境維持の論理の必然的衝突である。また2つめは同じく個別経営体の経営向上の論理と市場の論理（価格形成の論理）との必然的な衝突である。いずれの構造的問題も、硬直的な漁場利用制度によりもたらされていることが明らかである。魚類養殖業が現代社会における自立した産業として展開するためには多くの矛盾を抱えているものであろう。しかし現状の漁場利用制度は漁村における歴史的必然の中で発展してきたものであり、現状の漁場利用制度を改革することは容易ではない。安易な制度の改革は産業全体の崩壊を引きおこしかねないであろう。そして、これら2つの構造問題のさらに背後に存在するより根本的な3つめの問題として、養殖生産物はその発展とともに希少性すなわち高価格性を喪失し、大衆化すなわち低価格化せざるを得ず、採算性が必然的に低下するという構造が存在する。

現在の養殖不況は基本的にはこれらのような構造的要因から引きおこされていると考えてよいであろう。

13. 米国養殖業の政治経済学

Gunnar Knapp (アラスカ アンカレッジ大学社会経済研究所)

行政による権利認定、管理調整、その他の政策は競争力のある養殖産業の発展、維持に非常に重要である。アメリカ合衆国の多くで、地域、州もしくは国の政策が海産養殖業の発展を大きく妨げている。養殖業は明確で、わかりやすく、ぶれない、そしてタイムリーな権利認定政策および管理調整政策があることで最も発展することができる。このレポートではどのように行政政策が米国養殖業の発展に影響を与えるか、そしてどのように養殖業に好ましい、もしくは好ましくない影響を与えるかについて検討する。

(担当：宇治 督)

1 4 . 魚類の栄養と健全性-日本における最近の研究成果

越塩 俊介 (鹿児島大学)

他の動物と同様に、水棲動物においても、栄養学は、健康の維持、疾病からの回復あるいは疾病やストレスに対する抵抗性の向上等に関して、非常に重要な学問分野の一つである。栄養的にバランスが整った飼料を摂取することで、水棲動物は健康を保ち、また、適正な栄養成分及び免疫賦活物質摂取により、その免疫応答が活発化する。

ビタミンの様な微量栄養成分の中には、体内で生合成できないものがあり、それらは飼料から摂取されなければならない。これらの成分に関しては、欠乏症を防ぐための摂取量の情報と比べて、水棲動物を健全にするための必要量に関する情報が少ない。しかしながら、最近、これらの微量栄養成分を多めに摂取したり、免疫賦活物質と併用することで、養殖種の健全性が向上するとわかってきた。

ここでは、最近、日本で行なわれた研究を以下の点を中心に発表する。

1. 産業副産物
2. 微量栄養成分と機能性物質
3. 酸化ストレス軽減

これらの研究から、ビタミン類の通常要求量以上の摂取、有用バクテリア、天然や植物由来の機能性物質等を摂取することにより、ストレス耐性が向上し、疾病に対する抵抗性も高まることが判明した。一方で、適正量の決定は、用いる栄養素および機能性物質の種類、摂取量、摂取期間、摂取のタイミング、対象種の健康状態、遺伝情報などにより、影響されることから、更なる研究が必要と思われる。

15. 合衆国における養殖用飼料の未来

Michael B. Rust (NOAA)

魚粉や魚油の供給には量的な限界があることから、魚粉や魚油を飼料として用いる肉食傾向の強い魚種の生産にも限界がある。そこで、養殖魚の栄養要求量について調べ、魚粉や魚油に代替できるタンパクや油脂を開発することが大切である。米国海洋大気庁 (NOAA) や米国農務省 (USDA) が共同でこの問題を解決するためのイニシアティブを支援している。このイニシアティブでは代替飼料を開発することで、米国の養殖業にどのような利益があるかを検討している。この結果についての草案が 2010 年末には米国海洋大気庁 (NOAA) のホームページ (<http://aquaculture.noaa.gov>) から公表される予定である。公表する内容は代替飼料の栄養面や経済効果に関する情報のみならず、環境保全や消費者の健康に関する情報も含んでいる。例えば、今回のシンポジウムでは、魚介類を多く取ることで n-3 脂肪酸の摂取量が向上し、動脈瘤に起因する病気の発症率や死亡率が低下すること等が述べられた。

(担当：高野 倫一)

16. 海産養殖魚におけるDNAマーカー選抜育種の現状

尾崎 照遵^{*1}、荒木 和男^{*1}、岡本 裕之^{*1}、岡内 正典^{*1}、虫明 敬一^{*1}、
吉田 一範^{*2}、津崎 龍雄^{*2}、藤 加菜子^{*3}、坂本 崇^{*3}、岡本 信明^{*3}

¹水産総合研究センター 養殖研究所 生産技術部 育種研究グループ

²水産総合研究センター 五島栽培漁業センター

³東京海洋大学 海洋科学部 海洋生物資源学科

天然資源を直接利用する漁業を中心に発達してきた水産業では、育種はさして重要な研究分野と見なされていなかったが、天然資源の枯渇により、養殖産業への期待が高まるにつれ、魚介類の生活史を人為的に完結させ、継代ごとに経済形質の改良の可能性がある育種研究とそれを利用した優良品種の開発に期待が寄せられている。

遺伝育種の基本となる情報を構築する遺伝子地図や、表現形質の評価に基づく連鎖解析技術を用いた研究の多くは、サケ科魚類の養殖産業利用を目指した研究を中心に行われているが、現在は他の海産重要養殖種にも広がってきている。一部はすでに実用段階に到達し、産業利用される状況になってきた。種苗としてDNAマーカーで選抜育種魚が販売されている事例は、日本のヒラメとノルウェーの大西洋サケの2例があり、方法論としての有効性が示された。

DNAマーカー選抜育種は、水産有用種において、広がりを見せつつあるとともに、その方法論についてはさらなる改善点と可能性を今後の課題として残している。一つは責任遺伝子領域のDNAマーカーを利用し、複数の形質を重複化するように交雑を行うマーカー浸透交雑、あるいはQTLピラミッド育種と呼ばれる選抜育種法であり、これについて我々はヒラメを対象に研究開発に取り組んでいる。もう一つは水産生物の特色であり利点ともいえることでもあるが、遺伝的多様性を保存した選抜されていない野生生物種から、優れた表現型質をもつ個体を、天然遺伝資源における育種素材として効率的選抜を行う研究開発で、これについてはブリを対象に実用化に取り組んでいる。

今回、我々がやっている海産養殖魚におけるDNAマーカーを利用した育種研究開発と育種への取り組みの現状について紹介する。

17. 競争力のある養殖業のためのバイオテクノロジー

Walton W. Dickhoff (米国海洋大気局北西水産科学センター)

バイオテクノロジーの応用は、養殖業のための新しい生物種の開発に不可欠である。それは水産養殖技術の改良、そして競争的世界的規模の市場における国内産業活性化においてである。ゲノムサイエンスにおけるバイオテクノロジーツールと手段、そしてその応用は急速に発達している。次世代型シーケンス技術は、速く、比較的安く、また、遺伝子の配列を明らかにし、DNA マーカーを開発し、一つのサンプルから何千何万という配列を得ることを可能にした。遺伝子発現データは、養殖場での生物の状態を評価する研究に使われるようになった。そして洗練された育種学の技術は、生存率、発生、成長と再生産を改善してきた。その多くの応用の中でも、遺伝子の情報は選抜育種の際の指標として使われる特徴的な道具である。バイオテクノロジー研究の手法により、成長、性成熟、魚類再生産の道筋が示されるであろう。

(担当：尾崎 照遵)

18. リアルタイム LAMP 法によるエビ類病原ウイルスの迅速診断技術の開発

米加田 徹^{*1}, Raja Sudhakaran^{*2}, 伊丹利明^{*2}

¹水産総合研究センター養殖研究所

²宮崎大学農学部生物環境科学科

エビ類のウイルス性疾病がエビ養殖産業に大きな弊害となっている。特に問題となっているウイルス性疾病の原因ウイルスは、クルマエビ急性ウイルス血症原因ウイルス（国際名 WSSV; white spot syndrome virus, 国内名 PRDV; penaeid rod-shaped DNA virus）、イエローヘッド病原ウイルス（YHV; yellow head virus）、伝染性皮下造血管壊死症原因ウイルス（IHNV; infectious hypodermal and hematopoietic necrosis virus）およびタウラ症候群原因ウイルス（TSV; Taura syndrome virus）である。ウイルス病は一度感染を受けると発症を制御することは困難であるため、垂直および水平感染を未然に防除することが重要である。

エビ類の病原ウイルスを検出するためにバイオアッセイ、病理組織学的検査、PCR 法および定量リアルタイム PCR 法など様々な検査法が用いられている。PCR を基盤とした検査法は、高感度で高い特異性を有しているが、高価な装置や試薬を必要とし、また遺伝子増幅に長時間を要する。国内へのウイルス病の侵入を未然に防ぐためにも、より簡便な操作により、高感度で迅速に病原ウイルスを検出できる検査法の確立が急務である。

Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) 法は、高い特異性を有し、高感度で迅速に核酸を増幅する新しい技術であり、等温条件下で反応を行うためにサーマルサイクラーのような温度制御装置を必要としない。さらに、LAMP 法では、DNA を伸長合成する際の増幅副産物であるピロリン酸マグネシウムが生成される。ピロリン酸マグネシウムの白濁を濁度測定装置により経時的に測定することで、定量的な遺伝子検出が可能である（リアルタイム LAMP 法）。本研究において、比較的安価なリアルタイム LAMP 法により、エビ類病原ウイルスの高感度定量迅速診断法を確立した。

19. 魚類養殖環境におけるアオサ類の生物指標およびバイオフィルタとしての機能

横山 寿, 石樋由香 (水産総合研究センター養殖研究所)

沿岸の魚類養殖場から排出される溶存無機態窒素 (DIN) の影響を評価する生物指標およびDINを回収するバイオフィルタ (生物吸収剤) としてのアオサ類の機能を明らかにするために、五ヶ所湾において野外調査と培養実験を行った。2月、5月および7月に養殖場内外の養殖施設や浮標などに着生したアオサ類を採集し、藻体の窒素安定同位体比と窒素量を測定した。5月と7月に採集したアオサ類の窒素安定同位体比と窒素量の値は生簀から遠ざかるにつれ低下し、藻体による養殖魚由来DINの吸収を示唆した。この機能を実証するために、直径14 mmに切り抜いたミナミアオサの葉片を、両端を網で覆った透明アクリル管に入れて、養殖生簀端と養殖場外の対照地点で5月、7月および9月に2週間、表層水中で培養した。生簀端における日間成長率(SGR)は15.8-20.9%、窒素固定率は4.2-13.9 mg N g dry wt⁻¹ d⁻¹であり、対照地点より有意に高かった。これらの数値はこれまでに知られている海藻のバイオフィルタ種の中で最大レベルであり、夏季に高い成長率を有する点および培養が容易である点と相まって、ミナミアオサのバイオフィルタとしての有用性を示している。

20. 低塩分循環養殖システムを使った内陸部での海産魚類の養殖

Marty A. Riche (合衆国農務省農業研究部門)

健康志向の人々が増える中で漁獲量は減少している。海産物の世界的需要の高まりに答えることができるのは養殖の発展・普及のみである。2007年に養殖は全世界の総海産物の33%を供給していた。そして2030年までにこれを71%まで増やすことが計画されている。米国の養殖産業は年間10億ドル規模であるが、基本的には淡水魚養殖によるものである。これとは対照的に、世界的には海面養殖は養殖全体の1/3を占めており、海面養殖用種苗生産は養殖の中で急速に成長している分野である。このことは米国の海面養殖産業は大きく発展する可能性を秘めていることを示している。しかしながら、海面養殖の発展と拡張のためには、高い海面利用コスト、沿岸域と水資源の使用制限、さらに高い生産コストと成長期間、高品質の種苗の欠如、養殖にとって不利な法律と許可システムといった障害がある。

これらの障害の多くは、今回モデルとして示す低塩分循環養殖システムによる内陸部での養殖によって解決できる。我々は4分野において最新の、現在開発中の技術について紹介する。1) 工学とシステムデザイン、2) 周年採卵、3) 餌の開発、4) 遺伝学的手法による低塩分環境への海産魚類の生理学的適応である。これらの技術により、米国の汽水域の約2/3で広塩性魚類飼育への応用が可能であろう。低塩分、淡水域での循環システムに適応できる海洋魚種飼育の技術開発は、海洋沿岸域での養殖を行う必要性を減少させるだけでなく、海水循環を減少させ、海産魚生産にかかる排出炭素量をも減少させる。

(担当：渋野 拓郎)

2 1. 冷凍トラック用コンテナを再利用した循環式陸上アワビ養殖システム

Mohammad Mustafizur Rahman (鹿児島大学水産学部)

環境への影響負荷を最小にするために、冷凍トラック用コンテナを再利用した小型循環式陸上アワビ養殖システムの開発を試みた。交雑アワビ（エゾアワビとメガイアワビの交雑）と海藻（アオサの一種）を用いた、コストを抑え、環境にやさしい、陸上統合型養殖が目的である。

冷凍トラック用コンテナ（4.3m×1.9m×1.9m）に設置した 2 つの小型循環システムで 2 つの実験を行った。それぞれのシステムは、2 つの生物濾過装置（100 l と 200 l）と 2 つのアワビ飼育水槽（どちらも 200 l）から成っている。アワビ飼育水槽は、3 つのプラスチック籠（50×34×6 cm で、目合 12mm）から成っている。これらのシステムの 1 つは、有機物を掬い取る装置（protein skimmer、100 l）と繋がっている。

空気清浄機（2.8kw/h）が一台水温制御（19.2±0.8℃）のために使われている。海水は、1 分間に 43 l 循環している。人工海水が使用され、塩分は 32ppt である。アワビの飼育密度は、籠あたり 20 個体で、ペレット状の人工飼料が 1 週間に 6 日、1 日当たり体重の 2.3% 与えられた。水温・塩分・溶存酸素・アンモニア態窒素・亜硝酸態窒素・硝酸態窒素・リン酸態リンとバクテリアの量が定期的に監視された。

最初の実験では、殻長 3.5±0.8 cm のアワビが飼育され、protein skimmer の効果やバクテリア量と FCR（餌料効率）、アワビの成長が測定された。87 日間の飼育結果から、protein skimming の効果はかなり良好な水質（比較的低いアンモニア態窒素・亜硝酸態窒素・硝酸態窒素・バクテリアの量）をもたらし、アワビの成長もよかった。

2 回目の実験では、円錐形の底を持った丸い透明な海藻養殖槽（100 l）を protein skimmer システムに接続し、protein skimming と海藻の結合（PSS）した水質浄化とアワビの成長への効果を観察した。この実験では、殻長 4.0±0.2 cm のアワビが 72 日間飼育された。海藻（アオサの一種）は、海藻養殖槽に実験開始時に 20 g 収容され、週に 63~95 g 取り上げられた。PSS でない時より PSS 接続システムの方が、有意に高い pH で、かつ低い全窒素・全リン濃度であった。バクテリアの量は、同じく同様に低かった（PSS なしでは 6.4×10^5 CFU/ml で、PSS 結合では 4.1×10^5 CFU/ml）。protein skimmer の屑の中には、バクテリアが 2.2×10^7 CFU/ml 存在した。殻長と体重にみられるアワビの成長は、PSS に結合したシステムでは $60.0 \pm 8.0 \mu\text{m/day}$ 、 $63.6 \pm 15.5\text{mg/day}$ で、PSS なしの際は $40.0 \pm 11.0 \mu\text{m/day}$ 、 $33.8 \pm 7.3\text{mg/day}$ であった。FCR は、PSS 結合システムでは 1.45 ± 0.45 、なしでは 2.40 ± 0.26 で、PSS 結合の方がよい値であった。アワビの生残率は、どちらも同じような値であった（PSS 結合では $96.3 \pm 2.5\%$ 、PSS なしでは $97.5 \pm 2.5\%$ ）。

（担当：山崎 誠）

2.2. 飼育水槽内における流況制御；キジハタ仔魚の事例

岩崎隆志*¹、高野正嗣*²、照屋和久*³

¹水産総合研究センター養殖研究所上浦栽培技術開発センター

²水産総合研究センター本部

³水産総合研究センター西海区水産研究所石垣支所八重山栽培技術開発センター

—

クロマグロやブリ類、ハタ類などの種苗生産では、10日齢頃までの初期減耗が大きな問題として指摘されており、その原因の一つとして開口前後の仔魚が水槽底に沈降して大量に死亡する現象（沈降死）が知られている。多くの海産魚類の仔魚においては成長に伴う体密度が変化することが知られており、仔魚の遊泳力と体密度および飼育水の流動が相互に影響し、仔魚が水槽底に沈降するものと考えられている。そのため、沈降死亡を防除するためには飼育水の流動を適正に管理することが重要と考えられており、通気や水中ポンプあるいは造波装置を用いた水流作りが試みられている。

本研究では、キジハタ仔魚のふ化直後の沈降死亡防除を目的として通気量の違いによるキジハタ仔魚の飼育に適した水槽内の水流環境制御の可能性に関する飼育試験を行った。飼育試験は60kL水槽で行い、水槽底の縁辺に通気パイプ（ユニホース、直径25mm×1.5m）を設置し、通気パイプ1本当たりの通気量を0.25L/分、0.50L/分および1.50L/分とした3区を設定し、仔魚の鉛直分布状況、初期の摂餌状況、生残および成長を調査した。その結果、0.25L/分区では仔魚の沈降が認められた。一方で、1.50L/分区では仔魚の顕著な沈降は認められず、最も良い生残となり、摂餌状況および成長においても他の試験区に劣ることはなかった。

本研究の結果、ハタ類種苗生産において生残率を向上させ、安定量産技術を確立するためには水槽内の流況などの物理的環境は重要な要因であることが明確に示された。

23. 合衆国の養殖場で水揚げされたナマズの池から食卓までの解析

Terrill R. Hanson (Auburn 大学漁業養殖業学部)

米国での Catfish の生産量および販売量は減少傾向にあり、2003 年における加工された Catfish は約 30 万 ton であったが、2009 年には約 21 万 ton にまで減少している。一方、同時期のティラピア、basa (ナマズの 1 種)、tra (ナマズの 1 種)、ブチナマズ (channel catfish) などの輸入は増加している。このような状況を引き起こした原因にはいくつかの要因が挙げられており、輸入魚の安さや、餌料や燃料の高騰、非効率な生産、生産物の質の不均質などがある。後ろ向きの政策や過去の行動は産業の復興には失敗に終わっている事、全ての段階において産業の改善に焦点を当てた先を見越した行動が必要である事が米国の多くの Catfish 業者の代表者達によって認識されている。このような状況下で、米国の Catfish 養殖産業の競争力を改善し、現代的な家畜業者としての進化を目指して” Pond-to-Plate” (池から食卓まで) プロジェクトが開始された。Auburn 大学の水産学部は、西アラバマ州における” Pond-to-Plate” 会議の運営を補助するために、Auburn 大学の経営学部から LEAN 生産システムの指導者を招いた。

このプロジェクトは、LEAN 生産システムと継続的な改善概念を利用し、西アラバマで開催されたいくつもの” Pond-to-Plate” 会議で紹介された。会議は価値連鎖の代表者 (catfish の生産者、収穫業者、運送会社、加工業者、販売会社、消費者) で構成されている。LEAN 生産方式の企業は、無価値の付加的行動を排除し、現存資源をより効率的に生産する。製造業者は世界規模の競争に直面しており、掛け金は高い。その競争の勝者は、伝統的な収穫計画を排除する事によって過剰生産をなくし、消費者がほしい時にのみそれらを作る事になる。LEAN は、全体の会社を通じて無駄を排除し、一つの流れを構築するためにシステム化された手法を確立する。また、LEAN はそれぞれの会社が成功する為に、作業工程を能率的にするための長期的な計画を立て、その実行にも寄与する。訓練には会社の経営者やスタッフが入り混じって参加するように現場主義を取り入れている。このアプローチは、米国の Catfish 業者が一つの会社ではなく、一つの加工プラントを共同で利用する独立した Catfish 業者の集まりである事に対処するために改良されている。

Catfish の Pond-to-Plate 会議は、価値の連鎖のそれぞれの段階において産業の効率化の鍵となる問題点 (Catfish 生産物の需要の増加、生産物・価値に関する情報の流れの欠如、顧客・消費者のニーズや要望、方針の欠如および間違い、生産物の質のニーズ、高品質の生産物を生産するための価値の連鎖のメンバー間の報償や報酬) に取り組むために LEAN の指導者を招いている。また、会議ではそれぞれの業者間の連結的な視点からも問題点を明確にし、米国で養殖された Catfish の一人当たりの消費量の目標値を事前に設定し、それを達成するための行動を起こすことに焦点を当てている。

(担当：高志 利宣)

24. 飼料によるブリの肉質改善

塩谷 格（日本水産株式会社中央研究所）

ブリ *Seriola quinqueradiata* は日本国内で約 21 万 6 千トン生産され、大きなマーケットを有する主要な魚種である。その内訳は養殖生産が約 16 万トン、漁業生産が 5 万 6 千トンであり、養殖生産の割合が高いのが特徴となっている。

刺身のように魚を生で食する場合、ブリを含む多くの魚でその歯ごたえが重要視される。漁獲後、魚の死後硬直の進行とは逆に刺身の硬さは減少していく。また、ブリの血合筋は比較的速やかに退色する。退色した血合筋はブリの経済的価値を著しく損なうことになる。したがって、筋肉の硬さを維持し、血合筋の退色を遅延させることがブリの経済的価値を高めることに繋がる。

トウガラシを配合した飼料を給餌した養殖ブリ(試験区)の肉質を同年齢の通常 EP を給餌したブリ(対照区)と比較した。試験区の普通筋の硬さは、対照区と比べて有意に硬くなっていた。また、血合筋の色差(ΔE^*ab)は、対照区より試験区が小さかった。トウガラシ配合 EP を給餌したブリでは、官能評価において天然ブリと比較して多くの評価項目で得点が高かった。以上の結果より、トウガラシ配合飼料はブリの刺身の硬さを向上させ、血合筋の色変化を緩やかにさせることが示された。

25. 若狭湾でのヒラメ (*Paralichthys olivaceus*) 放流における囲い網馴致条件の影響評価に関する共同取り組み

Michelle L. Walsh^{*1}, Hiroshi Fujimoto², Takeo Yamamoto³, Tatsuya Yamada³,
Youti Takahashi³ and Yoh Yamashita²

¹ニューハンプシャー大学生物科学部

²京都大学フィールド科学教育研究センター舞鶴水産実験所

³水産総合研究センター小浜栽培漁業センター

日本の異体類の栽培漁業は、魚種や放流数の多さなどから、世界的に見ても最も盛んである。日本における異体類の年間漁獲量のうち、ヒラメ (*Paralichthys olivaceus*) は優先種であるとともに、数年間に亘って養殖や栽培漁業の両面において重要な魚種として選択されてきた。このように、ヒラメは日本の栽培漁業において最も重要な魚種である。毎年、総量で約 2500 万尾のヒラメが各漁協、県、地域や民間の孵化場から国を通して放流されている。

放流前に自然環境に馴致した魚は、放流後により容易く環境に順応し、移行することが予測されるため、異体類の放流前の自然環境への馴致は漁獲量の増加につながると考えられる。2008年から独立行政法人水産総合研究センター小浜栽培漁業センターでは、若狭湾の高浜および小浜の両地点において放流前の 10,000 から 40,000 尾に対して、試験的に囲い網馴致処理を施している。供試魚は、飼育期間や人員を減らすことで種苗の生産効率を引き上げる簡易的な飼育方法である「ほっとけ飼育」を行った。再捕獲魚は研究者らと漁師（漁業および遊漁業）との協調的努力により入手した。これまで、非馴致魚よりも多くの馴致魚が漁師により再捕獲されている。当初の所見では、放流地点の近くで再捕された非摂餌個体は活発に摂餌する移行魚よりも弱く、また小型船による桁網（曳航速度 1-1.5 ノット）で、より多く漁獲される傾向が認められた。そのため、より速い速度（曳航速度 3-3.5 ノット）で、より深い湾におけるエビ曳き網漁や放流地点から数キロメートル離れたの定置長袋網の設置などが偏りの無い適応度の評価や中間育成成功の評価にはより良いものになると考えられる。

（担当：米加田 徹）

26. ブラックシーバス (*Centropristis striata*) の音響馴致および海洋牧場試験

Scott Lindell*, Simon Miner, Clifford Goudey and Steve Page
(海洋生物研究所)

音響海洋牧場は、海域への音の刺激とそれに伴う給餌により餌付けした訓練魚で成り立っている（パブプロフ型条件づけ／古典的条件づけ）。これは、典型的な開けた海域の魚類養殖場と比べ、環境影響の低減やコスト削減の機会を魚類養殖にもたらすと考えられる。利点としては、建設、設置、摂餌保持および再捕施設に掛かる資本や操業費の削減、魚が配合飼料と同様に天然の餌料も摂餌可能であることによる飼料コストの削減、魚や排泄物の自然分散による環境影響の削減などがある。また本技術により、種苗生産場で配合飼料に餌付いていた魚の天然海域における自活が促進され、資源添加効果を向上させることが期待される。

このプロジェクトは、北米における音響牧場を利用した海産魚養殖の初めての試みである。2008年6月に幅10 m、高さ5 mの測地線ドームであるAquaDome™を構築し、マサチューセッツ州バザーズ湾に設置した。AquaDomeには給餌管、水中スピーカーおよび水中カメラを備え、魚の行動を観察記録した。約5,000のタグ標識したブラックシーバス（50～80 g）をAquaDomeに収容した。魚はケージの中で音の合図とともに1日2回の給餌を行い訓練した。一旦訓練が完了したら、AquaDomeのメッシュを4インチのメッシュと取り換え、魚が泳ぎ出て、近傍の岩礁に居住できるようにした。研究所および魚の再捕獲成果を含めたフィールド試験の結果を示し、この方法による魚の成長やコストを評価する。

(担当：米加田 徹)

Satellite Symposium

1. ウナギの完全養殖：大量生産に向けての問題点

増田賢嗣*¹, 今泉 均*¹, 小田憲太郎*¹, 橋本博*¹, 薄浩則*¹, 照屋和久*²

¹水産総合研究センター志布志栽培漁業センター

²水産総合研究センター西海区水産研究所石垣支所八重山栽培技術開発センター

田中らによるサメ卵主体の飼料の開発と改良によってシラスウナギまでの飼育が可能となったことを受け、近年はシラスウナギ大量生産技術の開発を主眼とした研究が進められている。現在、ウナギ仔魚（レプトセファルス）の飼育上の問題点として、飼育方法が煩雑で大量生産に応用が困難であること、飼育期間が長すぎることで、大量生産時に見込まれる需要に応じられるほどのサメ卵の供給がないことなどがあり、シラスウナギ大量生産の実現を阻んでいる。これらの問題点を解決するために、我々はコロイド状の飼料を作出し、また飼育作業を自動化することによって飼育作業の簡略化を図り、加えて大量の需要に応じられる、サメ卵以外の原料を探索している。さらに我々は、飼育期間の短縮にも取り組んでいる。本発表では、これら大量生産に向けた取り組みの状況について報告する。

Satellite Symposium

3. カンパチの周年採卵技術の開発へ挑戦－2：新たな養殖生産システムの提案

浜田和久*1・小田憲太郎*2・橋本 博*2・征矢野 清*3・虫明敬一*1

*1 水産総合研究センター養殖研究所

*2 水産総合研究センター志布志栽培漁業センター

*3 長崎大学環東シナ海海洋環境資源研究センター

近年、東南アジア諸国を中心とした開発途上国における水産物の消費拡大、世界的な健康志向の追求から水産物の需要は急増している。しかし、天然水産資源は減少を続けていることから将来的に食料水産物は大幅に不足することが予測され、食料不足が懸念されている。こうした中、種苗から出荷まで人為的管理下で飼育し、安全・安心な水産物を国民に提供することができる養殖の役割は益々重要となる。

そこで、養殖産業の発展のために、消費者および生産者のニーズに的確に対応可能な新たな種苗生産システムの構築、すなわち、養殖用種苗を周年供給する技術とそれを支える生産体制の提案のために、本講演では、世界的にも重要な養殖対象種であるカンパチをモデルに人為的に成熟および産卵を制御する技術、周年採卵技術の開発への取り組みについて紹介する。

Satellite Symposium

4. ギンダラの種苗生産方法：マンチェスター研究施設における種苗生産計画、親魚養成と卵・仔魚の培養手法に関する概要

Kenneth C Masseur^{1*}, Tom Wade¹, Mathew Cook¹, Ken Webb¹, and Michael Rust².

¹ 海洋大気局水産部門、北西水産科学センターマンチェスター研究室

² 海洋大気局水産部門、北西水産科学センター

ギンダラ (*Anoplopoma fimbria*) は、北部太平洋に生息する深海性の魚類で、ベーリング海や日本の北海道周辺から、バハカリフォルニアまで分布している。価格や養殖の潜在能力が高いことから、養殖対象種として大きな関心が持たれている。多くの海産魚と同じように、養殖に用いる主要な障害は稚魚の生産にある。現在のところ、合衆国とカナダにある稚魚生産のための商業施設は1組だけである。

この発表では、合衆国におけるギンダラの種苗生産・親魚養成と卵及び仔魚の培養方法について述べる。種苗生産システムは、循環式海水を用い、水温と塩分の精密な管理を行っている。海水は、培養機や仔魚貯蔵庫に給水される前に、1ミクロンで濾過され、紫外線殺菌される。

超音波技術が、親魚の成熟状態の判定や産卵の調整に利用されている。ほとんどの場合、最終成熟の誘起にはホルモン注射が用いられる。卵の直径が1.2ミリかそれ以上で、ホルモン投与が行われる。超音波技術を使うことで、卵径の測定に生検を用いることは必要なくなった。

卵や仔魚の培養技術の向上により、この段階の生残がかなり改善された。培養における重要な要因は、水温を $6.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、塩分を $33 \pm 0.5\text{ppt}$ に維持することである。卵と仔魚の培養方法については、さらに考察する。

(担当：山崎 誠)

5. 仔魚における物理的傷害の可視化法の開発

宇治 督¹、岩崎隆志²、照屋和久³

¹水産総合研究センター養殖研究所生産技術部繁殖研究グループ

²水産総合研究センター養殖研究所栽培技術開発センター栽培技術開発グループ

³水産総合研究センター西海区水産研究所石垣支所栽培技術研究室

ハタ類は経済価値が高いため日本の養殖業、栽培漁業の新しい対象魚種として期待されているが、初期減耗が大きな問題となっている。初期減耗の要因として卵質、初回摂餌の成否、生餌の質、病気、浮上死などとともに、仔魚への物理的傷害も要因の一つと考えられている。仔魚への物理的傷害は、網の目の細かい排水ネット、水槽の壁、エアレーションによる泡や乱流への物理的衝突、仔魚の蟻集によって起こると考えられている。しかしながら、それらを証明した報告はない。そこで我々は、マイクロインジェクション用の先端の尖ったガラス針でハタ類を含む様々な仔魚に人為的につけた傷を認識する試薬を探索するというストラテジーで物理的傷害を可視化する方法の開発を試みた。約 30 種類のアポトーシス、ネクローシス、創傷治癒、細胞膜の透過性の変化にかかわる因子を検出するための試薬や抗体を検討した。その結果、人為的な傷を認識する 5 つの候補試薬を見つけることができた。そのうち、検出感度、仔魚への毒性、試薬の扱いやすさなどの観点から、現時点で最も人為的傷を検出するのに適した試薬を決定した。さらに、その試薬を用いて傷の程度の定量化にも成功した。我々はこの方法により物理的傷害が仔魚飼育において減耗の重要な原因であるかどうか明らかにできるだけでなく、多くの魚種の仔魚飼育過程においてより適切な環境を整えるための指標として資する可能性があると考えている。