

養殖魚の高鮮度保持技術

試験研究計画名：輸出拡大のために、生鮮から冷凍まで対応できる養殖魚の生鮮度保持処理技術の開発

地域戦略名：愛媛県産養殖魚（愛育フィッシュ）の輸出拡大

研究代表機関名：（一社）マリノフォーラム21

地域の競争力強化に向けた技術体系開発のねらい：

愛媛県は、魚類養殖業の生産量及び生産額が全国上位の座を誇っている全国屈指の養殖県ですが、近年は飼料価格の高騰による生産コストの上昇、天然魚の漁獲増加や需給バランスの不均衡による魚価の低迷、人口減少や魚離れによる国内消費の減退等により養殖漁家の経営は厳しい状態が続いています。一方、世界人口の増加や開発途上国の経済発展等により魚介類の海外需要は増加しており、加えて、和食のユネスコ世界無形遺産登録や世界的な健康志向の高まりは日本の養殖魚の海外展開の追い風となっています。このような状況において、魚類養殖漁家の経営の安定化のためには、コスト削減と併せて「愛育フィッシュ（愛媛県産養殖魚の総称）」の海外輸出を促進するなど、新たな販路拡大が不可欠です。

これまでの我々の養殖魚輸出の経験から、世界市場の中には、製品価格は高くても、極めて高品質（高鮮度、脂乗り等）の魚を好むマーケットがあることが分かっていました。そこで、愛媛県産養殖魚の輸出拡大を図るため、海外マーケットの富裕層をターゲットとして最高品質の養殖魚（ブリ等）を顧客から付加価値を認められた価格で販売して、生産者から加工、流通業者まで適正な利潤を確保するビジネスモデルを考えました。このようなモデルが成立するためには、バリューチェーンの生産段階において海外市場が求める大きさ及び脂乗りの良い原魚を生産し、加工段階において鮮度を高めそれを長時間維持できる製品を製造し、販売段階において高品質製品を求める市場に通常価格と比べ高価格で販売することが必要です。このプロジェクトでは、特に加工段階における、①高鮮度製品製造技術、及び、②高鮮度長時間保持技術の開発・実証を通して輸出拡大の実現を目指しました（図1参照）。

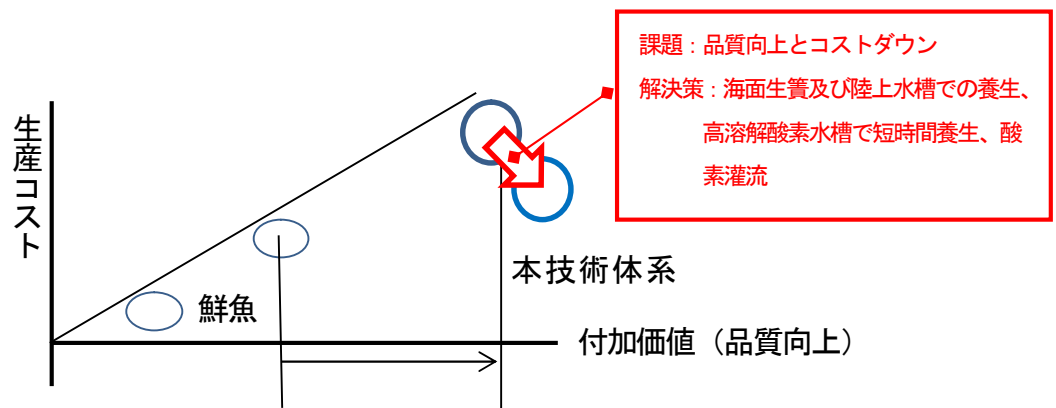


図1 本技術体系開発のねらい（最高品質養殖魚製品の製造技術の開発）

技術体系の紹介：

1. 加工前処理工程改善による高鮮度保持技術

養殖場から活魚船で加工場まで移送された養殖魚は、輸送過程で受けたストレスにより魚肉のpHやATP（アデノシン3リン酸）濃度が低下しており、そのまま加工処理すると急速に鮮度低下を起こします。そこで、魚体の好気性を高めて死後変化を遅延させる目的で、図2に示すような加工場に隣接して設置した陸上水槽において一定時間養生することにより、輸送ダメージ（魚肉の酸性化）を回復させる技術を開発しました。この陸上水槽は二つの区画からなり、広い区画では水槽底面からブローで空気を供給して高い溶存酸素を保つようにし、これに続く区画では酸素溶解装置によりさらに過飽和（20~30mg/L）の酸素溶解環境を作りました。酸素溶解装置では、水槽に空気最大750L/分、酸素最大400L/分が供給できます。加工処理前に、移送された養殖魚を広い区画に収容して24時間

養生し、取り上げ直前に隣接する高溶解酸素区画を通過させる工程を加えることにより、魚肉の好気性が高まり、鮮度評価指標の一つである pH の復元を実証レベルで確認しました（図3）。pH の変化から、養生時間は半日以上の間が必要であると考えられます。

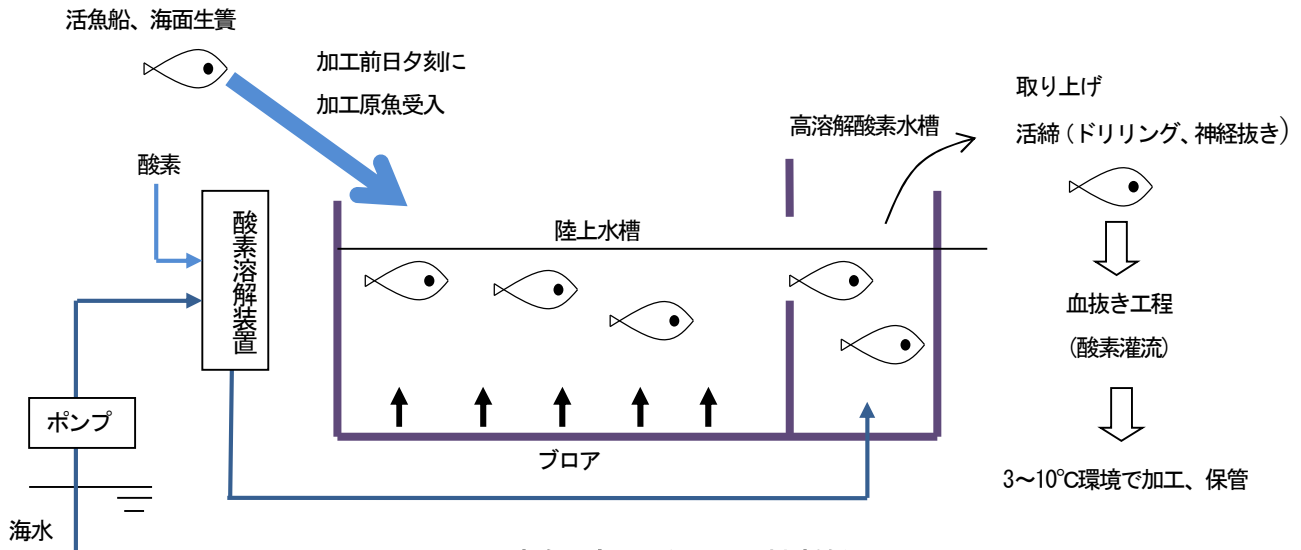


図2 安全で高品質な加工品製造技術

（陸上水槽で養生後、取り上げ直前に高溶解酸素水槽を通過させ血抜き工程（酸素灌流工程）を実施し、保管）

2. 酸素灌流による血抜き工程の改善

これまでコンソーシアムメンバーの加工場では、血液を灌流液に置き換える「灌流技術」を用いて、活締した魚に「くん液」（燻煙を海水に溶解した液）を灌流して高品質な冷凍加工品を生産してきました。本プロジェクトでは、長時間、生鮮品として扱える製品を製造することを目的に、「くん液」の代わりに「過飽和酸素海水」（20mg/L 以上）を用いて灌流血抜き「酸素灌流」を行い、鮮度低下遅延効果を検証しました。実証を行った新工場に、魚体重に応じて灌流液を送出する管内圧力を一定に保つように改良した灌流装置を導入して試験を実施したところ、完全硬直^{注1}まで24時間を達成しました。また、灌流直後に解体してロインを製造し3.3°Cで冷蔵保存したところ、K値^{注2}が20%（刺身商材とみなせる指標）を超えるまでの時間が50時間を超え、鮮度保持延長効果が確認されました（図4参照）。この灌流工程には6kgサイズのブリ1尾あたり約8分かかります。

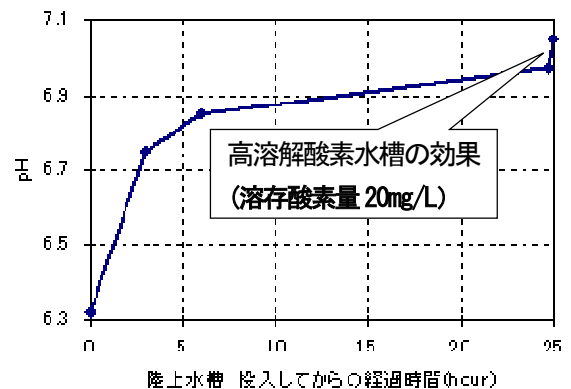


図3 陸上水槽養生と高溶解酸素水槽効果（低下した pH の復元）

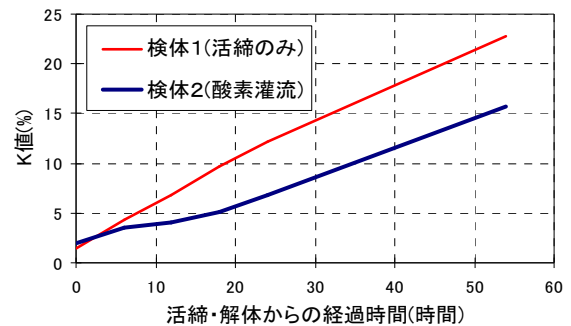
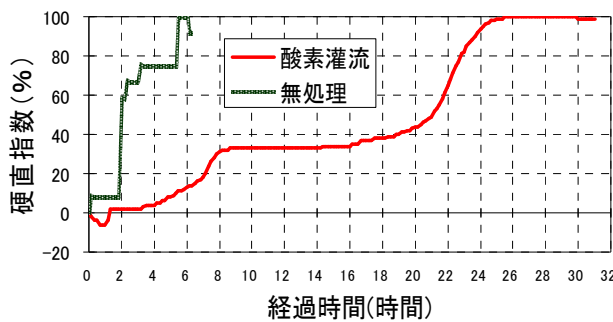


図4 酸素灌流効果

3. 完全硬直時間の遅延技術

①適正な餌止め、②活締処理を10秒以内でばたつかせない、③高溶解酸素水槽で養生、酸素灌流処理を施し、④活締後に3.3℃程度で保管するという4条件を満足したとき、完全硬直まで24時間以上を達成できました。例えば、餌止め期間が6日ときは完全硬直まで26時間と良好でしたが、餌止め期間が2日短い4日のとくと2日長い8日ときには、完全硬直まで22時間と早くなりました(表1参照)。また、餌止め期間が6日ときの活締処理の過程でばたつかせないと完全硬直まで25時間、ばたつかせると15時間でした。

表1 餌止め日数と完全硬直までの時間の比較例

餌止め期間	完全硬直まで
4日	22時間
6日	26時間
8日	22時間

注1：完全硬直は、硬直指数100%を意味します。硬直指数とは頭部から魚体の半分を水平な板の上に載せ、板の表面を水平方向に延ばした線と魚の尾部の付け根までの長さ(L)を測定し、屠殺直後の長さに対するLの程度を定量化したものです。

注2：K値は鮮度評価の1つの指標です。死後の魚肉中のATP(アデノシン3リン酸)が分解してADP(アデノシン二リン酸)、AMP(アデニル酸)、IMP(イノシン酸)、HxR(イノシン酸)、Hx(ヒポキサンチン)に分解されます。全分解物質に対するHxRとHxの百分率で表せます。刺身などの生食用のK値は20%以下が目安とされます。

技術体系の経済性は：

経営改善効果

加工場で要求する入荷量に対して、養殖場からの出荷量が常にバランスが取れているわけではありません。予定より入荷尾数が増えたときには複数の水槽か水槽を分割して収容することで生産能力に合わせて加工が可能になり、従業員の残業が減ったため、生産コスト低減に結びつきました。

現状の既存工場では、灌流工程作業は経験が要求されることから、未熟な従業員による担当開始直後の灌流工程作業の不適正による不良品率は4~5%でした。実証工場では、熟練従業員がいない状況で灌流技術を運用するため、不良品率を4~5%と予測していましたが、改良した灌流装置を導入したことで、不良品率は熟練度の高い従業員がいる既存工場とほぼ同じ約2%でした。溶存酸素量の高い陸上水槽、灌流液製造設備・灌流設備を改善することで販売できる製品が増加しました。

一方、各装置の初期導入価格は以下の通りです。

- ・酸素溶解装置(陸上水槽用、酸素灌流液用)(海水ポンプ含む)：約2300万円
水槽に空気最大750L/分、酸素最大400L/分が供給可能、20~30mg/Lという高溶解酸素液の生成可能
- ・灌流装置：約1000万円
同時に72尾対応用です
- ・灌流液自動製造装置：約1000万円
400L/分の製造が可能です

これに設置工事、配管工事等を加える一方、公的な助成金導入を勧奨して、圧縮計算での全体の導入コストは2億円程度と判断されました。

新工場では稼働1年目から営業利益を計上できました。今後の魚価と販売価格動向にもよりますが、ブリを年間約20万尾以上加工することで、5~7年程度での導入コストの回収を目指しています。



写真1 対岸から見た加工場

顧客から付加価値を認められた価格(米国ではCO₂処理製品より20~25%高め、国内では競合製品がなく旬のブリが流通していない時期に生鮮ブリの20%増)で販売して養殖業者、加工業者から流通業者まで適正な利潤を確保することで在庫資金の融資を継続して受けるビジネスモデルが充実しました。

経済的な波及効果

開発した養殖魚の高鮮度保持技術を導入した新工場の稼働で生産能力が増し、平成30年は平成26年と比較して輸出額は50%増加しました。

完全硬直までの時間を延ばすことができたことにより、製品を取り扱う輸送業者の輸送ダイヤに8~10時間以上の余裕が生まれ、関西・関東地方だけでなく東北地方などの遠隔地まで販路を拡大でき、販売店では販売可能時間の延長で食品ロスを減らす効果が期待できます。

こんな経営、こんな地域におすすめ：

価格や量ではなく他業者が真似することのできない安全で高品質・高販売価格の製品で勝負する土俵を求める経営体(水産加工場)向けの技術です。

愛媛県だけでなく十分な養殖魚生産量があり、輸送時間をかけずに養殖魚を活魚として安定して搬入できる地域の海岸に立地し、活魚船の接岸、陸上水槽を設置して海水取水可能な水産加工場に薦める技術です。

技術導入にあたっての留意点：

開発した技術は活魚船、運搬用生簀を接舷でき、海水掛け流し方式の陸上水槽を設置できる海岸に面した水産加工場で活用できます。6キロサイズのブリの場合、灌流時間は1ライン1尾当たり約8分間を要することもあり(灌流ラインを増やすことで増産可能)、少量の高品質製品生産を行う加工場向けの技術のため多量生産には向きません。

研究担当機関名：

(一社)マリノフォーラム21、(株)宇和島海道、(株)ダイニチ、(株)オンスイ

お問い合わせは：(一社)マリノフォーラム21 開発部

電話 03-6280-2792 E-mail hashimoto@mf21.or.jp

執筆分担 ((一社)マリノフォーラム21 開発部 橋本民雄)