

安心・安全な養殖魚生産技術開発事業Ⅲ (魚介類の出荷前蓄養と環境馴致による高品質化システム技術開発)*)

保聖子, 鶴田和弘

【目的】

生鮮魚介類の品質は、体成分、色調、呈味性、匂い、テクスチャーなどの物理的・化学的要素に加え、漁獲前の魚介類の生理状態、漁法、温度管理条件など鮮度や漁獲前後の取扱いなどによって大きく変化することが知られている。近年の水産物品質制御に関する基礎研究では、漁獲時あるいは養殖物の収穫時の致死条件コントロールによる高鮮度維持技術や水揚げ前の蓄養時の特殊環境馴致による体成分変動を利用した高品質化に関する研究の進展がめざましい。また、生産現場では漁獲物を安全に効率良く蓄養施設まで運搬する技術、最適な蓄養条件、蓄養時の歩留まりや最適なメ条件が求められており、新しい漁業(活魚運搬方法を含む)いわゆる加工・出荷後流通温度、適温保持流通システムに蓄養システムを加えた新しい流通システムを構築し、水産物の高品質化による高付加価値化を実現することを研究目的とする。

*ここで記載する蓄養とはすべて、無給餌での放養をいう。

【材料及び方法】

試料

試験魚には、漁獲ストレスの負荷が大きい旋網漁業で漁獲されるサバを使用した。

蓄養による漁獲ストレス回復効果確認試験には平成21年11月に鹿児島県西方海域で漁獲され、阿久根市深田漁港内に設けた2m角イケスに蓄養されたサバ200尾を試験に供した。(平均体長25.3cm, 平均体重189.3g肥満度(W/L^{*3}*1000)10.5)

蓄養期間中の肉質等の変化については、平成21年7月～8月に鹿児島県西方海域で漁獲され串木野市地先で蓄養されたゴマサバを購入し水技センターに搬入後54尾を試験に供した。蓄養魚の冷蔵流通試験は平成21年8月20日に漁獲され、串木野市地先で3日間蓄養されたゴマサバ(首折り氷メによる即殺処理, 平均体重555.0g)を購入し水技センターに搬入後5尾を試験に供した。

また、刺身用冷凍サバフィレー開発試験には、平成21年9月30日に鹿児島県西方海域で漁獲され串木野市地先で3日間蓄養されたゴマサバ5尾を購入し水技センターに搬入後試験に供した。(首折り氷メによる即殺処理, 平均体長39.7cm, 平均体重888.1g, 肥満度13.7)

蓄養による漁獲ストレス回復効果

漁獲時のストレス等疲労回復効果に安静蓄養が有効であるとの知見は一部の魚種で確認されている¹⁾。そこで、昨年度に引き続き多獲されたサバについてストレス回復に必要な蓄養日数(時間)を明らかにするため試験を実施し、グリコーゲン、乳酸、ATP、pH及び血漿コルチゾルを調べた。

試験は実際の揚網行為と同程度のストレス負荷(20分間の強制揚網)を与え、負荷直後を試験開始とし、以後3時間ごとに24時間後まで各6尾ずつから背部普通筋(剥皮)を採取しグリコーゲン、乳酸、ATP分析に供した。pHは背部に直接電極を差し込み計測した。また、血漿コルチゾル分析用には別途各30尾ずつ尾丙部から22ゲージ注射針付きシリンジで血液を採取し分析に供した。なお、すべてのサンプリングは魚が暴れないようにタモ網で掬い、直ちにフェニキシエタノールによる深麻酔を施し行った。

*) 新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業((独)水産総合研究センター委託事業)

蓄養期間中の肉質等の変化

昨年度実施した同試験において、水温下降期(10月下旬～2月)における3週間の無給餌蓄養期間中には肥満度の減少が小さく、精肉部の脂質含量の低下も少ないことを報告した²⁾。そこで、今年度は水温上昇期(7月上旬～8月中旬)における3週間の無給餌蓄養期間中の肉質等の変化を調べ、季節に応じた蓄養サバの出荷適正日の検討を行った。

サンプリングは漁獲当日から蓄養3週までの間に4～5回の間隔で実施し、計2サイクル行った。(1サイクルの供試魚は全て同一群で蓄養条件が同じものを用いた。)なお、分析は肥満度、精肉部の一般成分(灰分を除く)及び遊離アミノ酸について行った。

蓄養魚の冷蔵流通における品質試験

冷蔵流通における品質を調べた。流通条件は発砲スチロール箱を容器として、下氷の上に果物用緩衝材を敷き、さらにその上にサバを載せた状態で5℃冷蔵庫内で保管し、その品質を調べ冷蔵流通試験とした。品質の状態を破断強度、pH、ATP含有量から調べた。

蓄養魚の刺身用冷凍フィレの開発

冷蔵流通における品質試験と同様の方法でメッシュ梱包し陸送されたものを使用した。フィレ状に整形後真空包装しアルコールブライン凍結で1時間掛けて凍結し-40℃のストッカーで3ヶ月保管したものを解凍し、その品質を生鮮時と品質と比較し刺身商材としての適正を評価した。なお、評価指標は解凍ドリップ、破断強度及び色調とした。

【分析・測定手法】

血漿コルチゾル:採取した血液を直ちに遠心分離(4000rpm*5min)し得られた血漿をCortisol,ExpressEIA Kit(Cayman chemical company社製)により分析した。

筋肉グリコーゲン:0.6mol/L過塩素酸で除タンパク処理を行った後アンスロン法にて分析した。

筋肉乳酸:0.6mol/L過塩素酸で除タンパク処理を行った後、F-キット-乳酸((Roche Diagnostics社 ドイツ製)により定量分析を行った。

筋肉ATP:0.6mol/L過塩素酸で除タンパク処理を行った後、高速液体クロマトグラフ(島津製作所製)にて定量分析を行った。(分析条件は昨年度本報告書と同様)

筋肉pH:突き刺し型携帯pH測定器により直接魚肉にプローブを突き刺し測定した。

肥満度:体重(g)/体長(cm)³*1000により算出した。

一般成分分析:供試魚は、片側を卸し、薄皮及び腹骨を取り除いたものを1尾ずつ微細化し、分析に供した。また、粗脂肪分析については、前述同様薄皮及び腹骨を取り除き皮下から1cmの位置までを皮下側、残りを内臓側として部位別に分析に供した。なお、微細化したサンプルは-35℃で凍結保管し分析の際に解凍して使用した。

ア 粗タンパク:タンパク質迅速定量装置による測定後、タンパク係数6.25を乗じて算出した。

イ 粗脂肪:ソックスレー抽出法による。

ウ 水分:常温加熱乾燥法(105℃)による。

遊離アミノ酸:一般成分同様に処理した魚肉に20%トリクロロ酢酸を加えホモジネートした後5000rpmで10min遠心分離して上澄液を得、高速液体クロマトグラフィーにて定量分析を行った。

破断強度:供試魚は5尾用い、その胸びれ後方を体側と鉛直方向に1cm厚に5～6片切りだし、皮と中骨を

切除した背中側から筋肉の厚さがほぼ均等な3片を抽出し、1片あたり3箇所測定し45データを得た。測定にはサン科学社製レオメータCR-500DXを用い測定条件は以下のとおりとした。

使用プランジャー：φ5mm円盤 侵入速度：1mm/sec

繰り返し：2回

侵入深さ：6mm

クリアランス：1mm

解凍ドリップ：急速解凍（流水30min，冷蔵庫内で1hr. 放置）及び緩慢解凍（冷蔵庫内で6～9hr. 放置）したものについて，流出した肉汁及び取り出した魚肉を紙タオルで拭き取りその合計を肉汁計とし，魚肉100gに発生するドリップ量として算出した。

色調：供試魚は5尾用い，その背びれ後方を体側と鉛直方向に1cm厚に3片切りだし，皮・中骨は付けたまま1片あたり3箇所のL*a*b*を測定した。

【結果及び考察】

蓄養による漁獲ストレス回復効果

コルチゾルはストレスに対する内分泌の反応でありストレスに曝されることにより血中に放出される。血漿コルチゾルを分析した結果，漁獲ストレス負荷直後は $339 \pm 63.8 \text{ ng/ml}$ であったが，蓄養時間の経過に伴い数値が急激に低下し6時間後には $124 \pm 69.2 \text{ ng/ml}$ となった。（図1）このことから，蓄養することで，漁獲により付与されたストレスが回復されることが示唆された。一方，筋肉中の乳酸は負荷直後に $21.86 \pm 5.2 \mu \text{ mol/g}$ であったが，蓄養3時間後には $37.40 \pm 7.16 \mu \text{ mol/g}$ と最高値となった。その後は，蓄養時間の経過とともに緩やかに減少したが，24時間経過後においても負荷直後の数値には戻らなかった。筋肉のpHは，乳酸の増加に呼応するように蓄養開始から6時間後まで低下した。（図2・3）また，筋肉中のATP量は負荷直後に $7.5 \pm 0.7 \mu \text{ mol/g}$ であり蓄養開始から3時間時には $8.7 \pm 0.7 \mu \text{ mol/g}$ と僅かに増加する傾向を示した。これに対し筋肉中のグリコーゲンは負荷直後に $6.50 \pm 1.05 \text{ mg/g}$ であったが，蓄養経過とともに緩やかに低下し，6時間後には $5.86 \pm 2.07 \text{ mg/g}$ となった。このことから，グリコーゲンの分解により速やかにATP合成が行われた結果ATP量の維持に繋がったものと推察された。（図4）これらのことから，漁獲負荷直後に海面いけす等で一時蓄養することで，ストレス回復や筋肉に蓄積した乳酸が回復するなどの効果をもたらすことが確認された。しかしながら，蓄養開始から24時間経過後も負荷直後の状態に戻るまでには至らなかった。このことから，漁獲ストレス回復には，最低限1日以上は必要であろうと判断された。

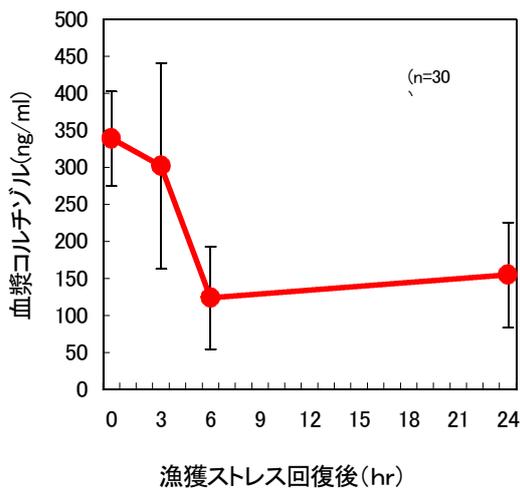


図1 血漿コルチゾルの変化

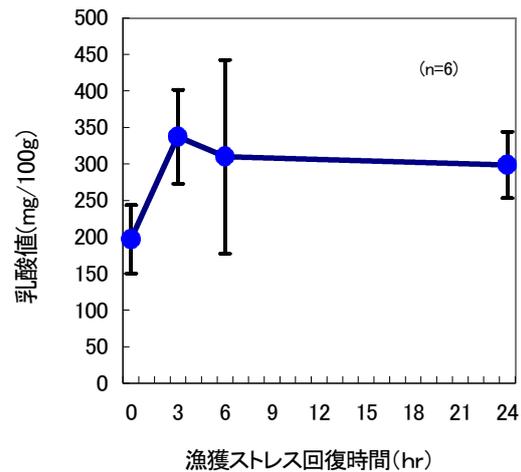


図2 乳酸の変化

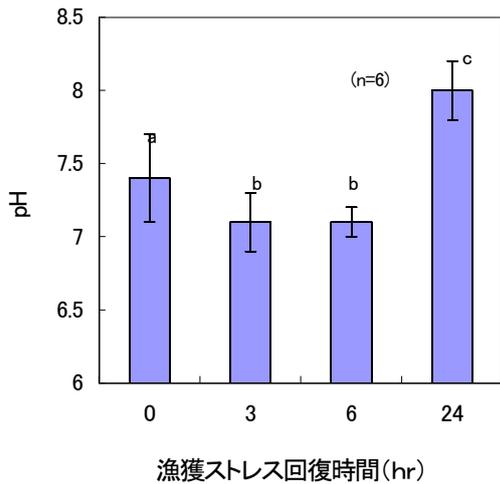


図3 pHの変化

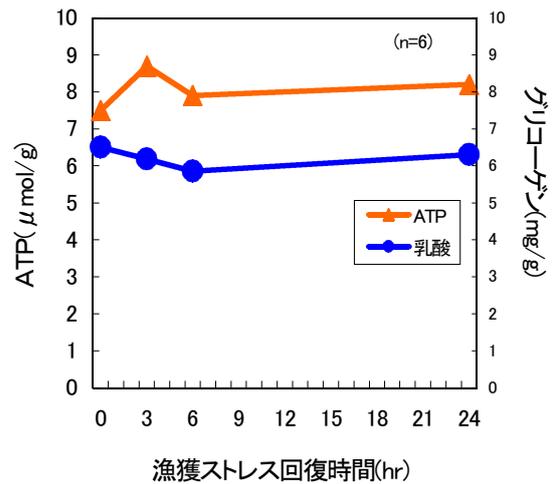


図4 ATP及びグリコーゲンの変化

蓄養期間中の肉質等の検証

肥満度についてみると1回目及び2回目ともに蓄養日数の経過とともに緩やかに減少する傾向が確認された(図5)。蓄養開始時(2回目については、1日経過後)の肥満度は14.75(1回目)と14.16(2回目)であったが蓄養3週間後には12.73(1回目)及び12.18(2回目)と減少した。水温上昇期における肥満度は、減少度の小さい水温下降期とは傾向が異なることがわかった。また、肝臓重量比(肝臓重量/魚体重)も肥満度と同様の減少傾向を示した。(図6)

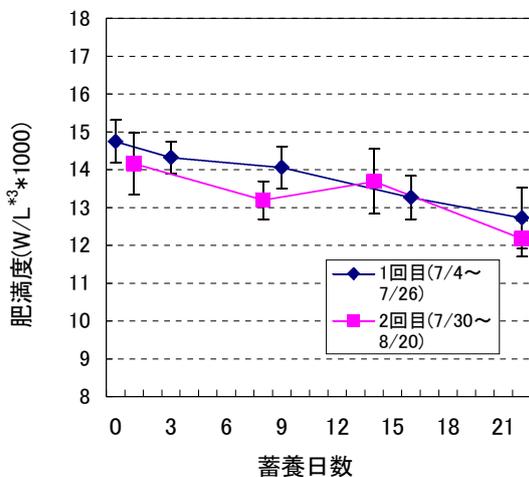


図5 肥満度の変化

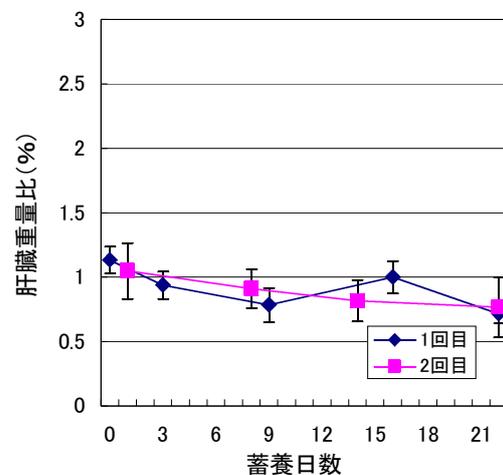


図6 肝臓重量の変化

1回目の筋肉脂肪量は、水温下降期と同様蓄養開始直後の11.6%から一時的に増加し、蓄養3日目に14.0%に達した。その後9日目まではほぼ一定の水準を保ったが、16日目には9.9%となり、蓄養開始からおよそ2週間後から急激な脂肪の減少が確認された。2回目については、蓄養開始直後のサンプルが入手できなかったこと、また、蓄養1日目のサンプルの次に入手した8日目のサンプルにおいて分析値のバラツキが大きかったことこの理由から昨年度並びに今年度の1回目で確認された蓄養開始直後からの脂肪の増加傾向は把握できなかった。なお、2回目についても2週間を経過する頃から急激な脂肪の減少が確認された。(図7)

さらに筋肉脂肪について、外皮側と内臓側に分けて分析したが、蓄養期間中における脂肪の動向は両側と

も同じであったことより、当初想定された蓄養期間中における筋肉内脂肪分布の変動は確認されなかった。

筋肉中の粗タンパク質については、蓄養期間中の変動は、ほとんどなかった。このことから、季節によらず2週間程度の蓄養では飢餓状態であるにも拘わらず筋肉脂肪・タンパク質ともに変動は小さく肉質に影響を与えないことがわかった。

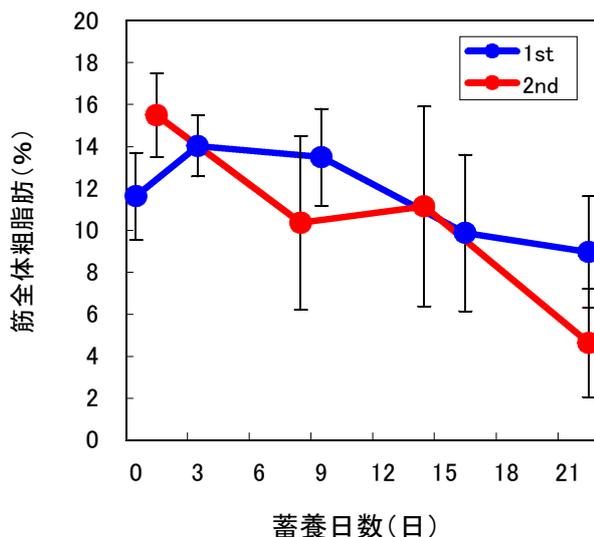


図7 筋肉脂肪の変化

蓄養魚の冷蔵流通における品質試験

致死後9時間経過した筋肉のATP量について分析した結果、 $7.1 \pm 1.8 \mu\text{mol/g}$ であった。この数値は、同じ漁法で漁獲し蓄養せずに水揚げされ、その後冷蔵流通されたサバと比較すると非常に高いレベルであった。また、致死後13時間の肉質の弾力(破断強度)を測定したところ $777 \pm 181\text{g}$ であった。この値は、蓄養せずに水揚げされたサバの $669 \pm 157\text{g}$ と比較して高い数値である。以上のことから、蓄養されたサバは同じ漁法で漁獲され蓄養せずに水揚げされたサバと比較して、冷蔵流通間における品質低下が少なく魚肉の弾力性も高く、歯ごたえの増強といった刺身としての適正が高まることが確認された。(図8)

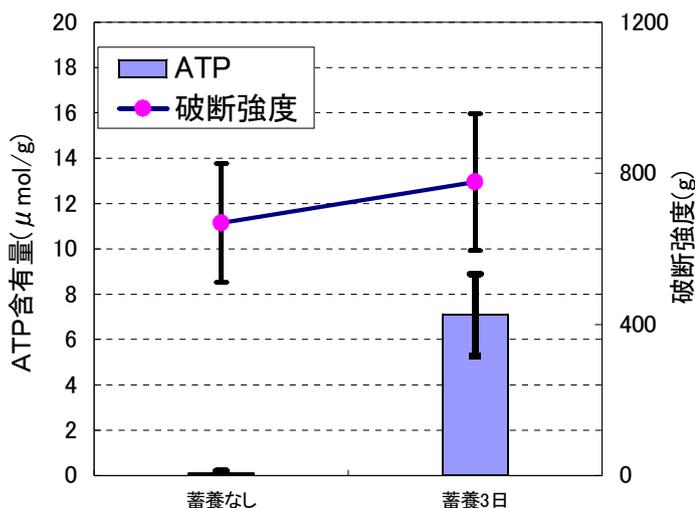


図8 ATP及び破断強度の比較

蓄養魚の刺身用冷凍フィレの開発

蓄養3日目のサバから試作した冷凍フィレを3ヶ月間冷凍保管し、その品質を調べた。その結果、解冻方法によってドリップの流出量や解冻硬直の出現の有無など相違が見られた(表1)。緩慢解冻を行うことで、解冻ドリップの流出が最低限に抑えられ解冻硬直の発現も抑制できることが確認された。一方、刺身適正の要素の一つである魚肉の弾力性については、図9に示すように破断強度のバラツキが少なくなる一方、破断強度の平均値はほぼ横ばいであり生鮮時と比較して差がないという結果が得られた。しかし、このことを以て解冻魚の刺身の食感が生鮮の刺身と差がないとするのは早計であり、生鮮での破断強度は切り身に見られる柔らかい部分と固い部分の混在が数値にバラツキを与えていると示唆され、このことが食感に与える影響も加味して試食試験を行い総合的に判断すべきであると考えられた。

表1 ドリップ量の比較

解冻条件	発生ドリップ量 (%)
急速解冻	12.34
緩慢解冻	2.99

刺身の色調についての結果を図10に示すとおり冷凍サンプルではL* 値が高くやや透明感に欠けたものの生鮮時と比較し外観上、遜色のないレベルであった。

【まとめ及び今後の課題】

漁獲ストレス回復試験の結果から漁獲後一時的に蓄養することは漁獲で受けたストレスを回復させる効果があることが明らかになった。しかしながら、ストレス回復試験においては、漁獲時疲労、つまり蓄積した乳酸の回復には24時間以上必要であることは確認されたが、期間を絞り込むことはできなかった。一方で、蓄養せず水揚げされたものと比較すると、締めてからの時間が同じでも明らかに高鮮度状態が維持され刺身向け商材としての適正が高まることが明らかにされた。このことは、漁労に蓄養を組み合わせることで、同じ魚を同じ漁法で漁獲した場合、より付加価値の高い魚として販売される可能性を提示しており、有限の資源を利用する漁業にとって大変有用な手法であることを裏付ける結果となった。

刺身用冷凍フィレー試験については、まだ開始したばかりで満足のいく試験内容でなかった。今後は、刺身としての適正を評価するために官能試験(食味アンケート)の実施も行い、高品質刺身用冷凍フィレーの実用化に向けた試験を実施する必要がある。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、ご支援賜りました鹿児島県旋網漁業生産組合及び(有)海盛水産に深く感謝申し上げます。

文 献

- 1) 安崎友季子・滝口明秀・小林正三:底曳網漁獲ヒラメの鮮度保持と蓄養による高品質保持.水産学シリーズ,恒星社厚生閣(2004)