

海洋深層水を用いた蓄養によるカガバイの 空気中における生存保蔵効果

Effects of stock-culturing in a land-based tank using deep seawater
on the preservation of live Kaga whelks in air

原田恭行¹・北川慎介^{2*}・飯田直樹³・横井健二¹

Yasuyuki HARADA, Shinsuke KITAGAWA, Naoki IIDA, and Kenji YOKOI

Abstract

The survival rate of Kaga whelks (*Buccinum bayani* Jousseaume) stored in the air after being kept in running deep seawater (DSW), pumped up from a depth of 384 m in Toyama Bay, was evaluated. Harvested fresh Kaga whelks were divided into two groups: one treated with DSW from Toyama Bay for 24 hours (DSW group) and the other untreated (control group). Whelks from DSW and control groups were stored in the air at 5°C for 6 days. Viable bacterial counts, survival rates, and adenosine triphosphate (ATP) content of whelks from both groups were measured. The number of viable bacteria in DSW group was significantly lower than that in the control and a longer storage period was observed for DSW group. Survival rates in the air were 100% for DSW group and 42% for control. We speculate that this difference was due to the lower viable bacterial counts on muscular surface of Kaga whelks in DSW group, which consequently prevented oxygen depletion in muscular tissue and thus maintained higher ATP content compared to the control. In conclusion, storage of Kaga whelks in DSW for 24 h effectively reduced viable bacterial counts, thereby extending their shelf life and improving safety for consumption.

Key Words: Adenosine triphosphate (ATP), Deep seawater, Kaga whelk, Storage, Viable bacteria counts

要 旨

富山湾海洋深層水（水深384 mから取水）を用いて蓄養したカガバイ（以下、バイとする）の空気中における生存率を検証した。水揚げ直後に海洋深層水を用いて24時間蓄養したバイ（深層水蓄養区）と、水揚げ直後のバイ（通常区）をそれぞれ5°Cの空気中において6日間保存し、保存中の生菌数、生存率、ATP含量の消長を調べた。その結果、深層水蓄養区の生菌数は、保存開始時から通常区と比べて有意に少なく、その差は経時的に大きくなった。また、深層水蓄養区の6日間保存後の生存率は100%であり、通常区の42%と比べて有意に高かった。これらの要因として、深層水蓄養区は、バイ筋肉表面に付着する生菌数が少なく、その増殖が抑制されたことにより、バイ筋肉組織への酸素供給が不足することなく、ATP含量が維持されたためと考えられた。これらの結果は、海洋深層水を用いてバイを蓄養することで、バイの生鮮食材としての安全性・保存性が高まることを示唆する。

キーワード： アデノシン3リン酸（ATP）、海洋深層水、カガバイ、蓄養、生菌数

¹ 富山県農林水産総合技術センター食品研究所(〒939-8153 富山県富山市吉岡360)

² 富山県農林水産総合技術センター水産研究所(〒936-8536 富山県滑川市高塚364)

³ 富山県水産漁港課(〒930-0004 富山県富山市桜橋通り5-13富山興銀ビル4階)

* 現在 富山県栽培漁業センター（〒935-0411 富山県氷見市姿15-1）

1. 緒 言

富山県に水揚げされる深海性バイ類（オオエツチュウバイ、カガバイ、ツバイ、エゾボラモドキ）は、貝類全体の漁獲量の5割程度を占める重要な漁業資源である。しかし、近年、その漁獲量は減少傾向にあり、資源管理型漁業の推進が検討されている（瀬戸，2001）。このうち、カガバイ *Buccinum bayani* は、エゾバイ科に属する深海性の巻貝であり、富山湾では水深300～600 mに分布し、6～8月頃、かご漁業により漁獲されている（土井，1990）。一方、近年の消費者の生鮮志向の高まりから、生鮮魚介類のシェルフライフの延長が求められており、漁獲されてから消費者に届くまで鮮度と清浄性を維持することが重要である。生鮮魚介類の鮮度と清浄性を維持するには、低温かつ清浄な洗浄処理水が多量に必要である。海産水産物の場合は、浸透圧の関係から洗浄処理水としては海水あるいは、それと同等の塩分を含んだ清浄塩水が求められる（山内ら，2014）。海洋深層水は、清浄処理水に求められる食中毒細菌・微生物類等に対する水道水基準の清浄性を十分にクリアしている。さらに、海洋深層水の水温は3℃の定温で、温度調節の必要がほとんどない（山内ら，2014）。近年、我が国では海洋深層水取水施設が各地に設けられ（清水，2006）、その低水温性を利用した冷水性魚貝類の養殖への応用が検討されている（藤田ら，2006）。このような背景のもと、富山県入善漁業協同組合における海洋深層水蓄養施設において、カガバイを海洋深層水に一定期間（1～10日間）蓄養後に出荷することによるシェルフライフの延長策が試みられた。従来、水揚げされたカガバイは、一旦、冷蔵庫で保管され、翌日に出荷されていたが、空気中での活力に個体差が生じるため、シェルフライフは短く見積もられていた。海洋深層水を用いて24時間以上蓄養されたカガバイは、水揚げ後の空気中での活力が高く、生存率も高まるため、仲卸業者、旅館や飲食店から高評価が得られた。巻貝について、空気中における活力を調べた研究は、エゾアワビの保存温度による影響（木下ら，1934）や、サザエの日照・温湿度による影響（竹村，

1955）を検討した報告があり、2～5日間程度生存するとされている。しかし、海洋深層水を用いて蓄養された貝類の水揚げ後の空気中における活力を科学的に検証した報告は見当たらない。そこで、本研究では海洋深層水を用いて蓄養したカガバイの蓄養後（水揚げ後）の空気中における生存効果を検証し、生存率が向上することを明らかにした。

2. 材料と方法

2.1 試料

本研究に用いた試料は、富山県東部沿岸で漁獲され入善漁港に水揚げされた活きたカガバイ（以下、バイとする。）を直ちに入善漁業協同組合における海洋深層水蓄養施設に運搬し、海洋深層水を用いて24時間蓄養した25個体（平均殻長83 mm，平均体重51 g，以下、深層水蓄養区）とした。対照試料として、深層水蓄養区と同様に水揚げされた活きたバイ25個体（平均殻長79 mm，平均体重40 g，以下、通常区）を用いた。また、本研究に用いた海洋深層水は、富山県入善町沖約3 km，水深約384 mで取水した水温約3℃の海洋深層水とし、蓄養は、かけ流し式で行った。なお、本研究で行った試験は、バイの生存率の測定と、生菌数および空気中におけるバイ保存中の生存の科学的指標としたATP含量の測定の2つの試験からなる。すなわち、これら両試験区の25個体のうち、それぞれ10個体は5℃以下に保ち速やかに水産研究所へ運搬し、生存率の測定に供した。一方、これら両試験区の個体のうち、それぞれ残る15個体は同様に食品研究所へ運搬し、生菌数およびATP含量の測定に供した。

2.2 空気中における保存中の生存率

深層水蓄養区と通常区のそれぞれ25個体のうち、10個体を氷冷下で水産研究所へ運搬し、5℃の恒温室において空気中に6日間保存し、10個体全てのバイの筋肉部を毎日1回、爪楊枝の背で突き、その反応の有無により生存を判別し、カプラン・マイヤー法により求めた生存曲線から生存率を算出した。

2.3 空気中における保存中の生菌数

深層水蓄養区と通常区のそれぞれ25個体のうち、15個体を氷冷下で食品研究所へ運搬し、5℃の恒温室において空気中に6日間保存した。このうち0, 1, 3, 6日間保存後に無作為に3個体を採取して生菌数の測定に用いた。生鮮魚介類の微生物学的品質評価法としては、その優占菌群である好塩細菌および好冷細菌（藤井, 1985）を適切に計数できる海洋細菌測定法が漁獲後の品質をよく反映する（里見ら, 2004）。このため、生菌数の測定は、Kaneko *et al.* (2005) の方法を一部改変して行った。すなわち、バイ筋肉表面部10 gを無菌的に採取・秤量し、90 mLの75%人工海水とともに2分間ストマッキングしたものを生菌数の試料原液とした。この試料原液を適宜10倍希釈した希釈液0.1 mLをMarine Broth 2216 (Difco) 寒天平板培地に塗抹・塗布し、20℃で3日間培養した後、生じたコロニー数を計数して生菌数とした。

2.4 空気中における保存中のATP含量

貝類の活力の指標の一つにATP含量の消長が用いられる（Seki *et al.*, 2004）。このため、空気中におけるバイ保存中の活力すなわち生存の科学的指標としてATP含量を測定した。ATP含量の測定に用いた個体と測定間隔は、生菌数の測定に用いた同一個体、同一間隔とした。なお、ATP含量は微生物由来（小高ら, 1996）を除外するため、バイ筋肉中心部を採取して試料とした。ATPの分析はHatae *et al.* (1995) の方法に準じた。すなわち、バイ筋肉中心部（表面部は除く）約2 gを精密に採取・秤量して2倍量の10%トリクロロ酢酸に加えてホモジナイズし、ろ液をKOH溶液で中和して試料液とし、ODSカラム（STR ODS-II, 信和化工製）を装着したHPLC（LC10A, 島津製作所製）に供して分析した。

2.5 統計処理

本研究では、生菌数およびATP含量の測定値は、平均値±標準偏差で示し、二群の母集団間の差異の検定にはStudent's t-testによる解析により有意差を判定した。また、生存率についての二群の母集団間

の差異の検定には、カプラン・マイヤー法により求めた生存曲線をログランク解析により比較して有意差を判定した。

3. 結 果

3.1 空気中における保存中の生存率の消長

5℃の空気中に6日間保存したバイの生存曲線を図1に示した。通常区の生存率は、2日間保存後に98%、3日間保存後に91%と保存日数の経過とともに減少し、6日間保存後には42%まで減少した。これに対し、深層水蓄養区では、6日間で死亡する個体は皆無であり、6日間保存後の生存率（100%）は、通常区（42%）と比べて有意に高かった（ $p<0.01$ ）。

3.2 空気中における保存中の生菌数の消長

5℃の空気中に6日間保存したバイの筋肉表面部に付着した細菌数の変化を図2に示した。保存開始時から深層水蓄養区の生菌数（ $3.7\pm0.1 \log \text{cfu/g}$ ）は、通常区の生菌数（ $4.4\pm0.4 \log \text{cfu/g}$ ）と比べ有意に少なく（ $p<0.05$ ）、保存3日目以降は両試験区とも増加傾向を示したが、その差は対数的に大きくなり、保存6日目では深層水蓄養区の生菌数（ $5.2\pm0.2 \log \text{cfu/g}$ ）は、通常区の生菌数（ $7.4\pm0.4 \log \text{cfu/g}$ ）と比べて有意に少なかった（ $p<0.05$ ）。

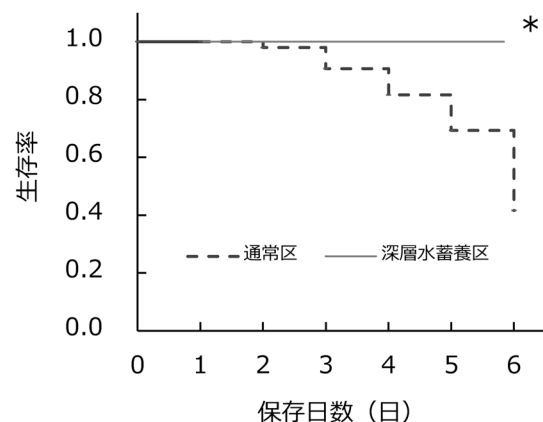


図1 保存中のカガバイ生存曲線
各区10個体で検証し生存曲線から生存率を算出した。
*: 試験区間で有意差あり（ログランク検定, $p<0.01$ ）

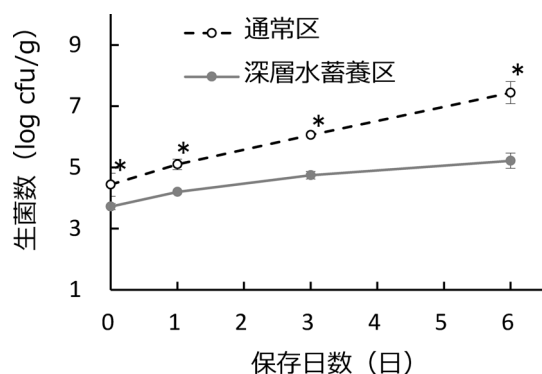


図2 保存中のカガバイ付着細菌数の変化
各区15個体の中から各保存期間(0, 1, 3, 6日目)に3個体を無作為に抽出しカガバイ表面の付着細菌数を測定した。
図中のエラーバーは標準偏差
*: 試験区間で有意差あり (t -test, $p < 0.05$)

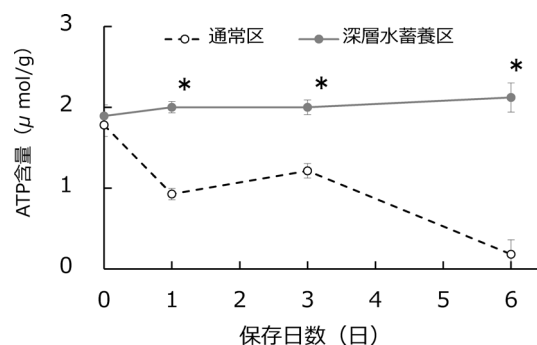


図3 保存中のカガバイ筋肉中ATP含量の変化
生菌数測定時に使用した同一カガバイの筋肉中ATP含量を測定した。
図中のエラーバーは標準偏差
*: 試験区間で有意差あり (t -test, $p < 0.05$)

3.3 空気中における保存中のATP含量の消長

5℃の空気中に6日間保存したバイ筋肉中のATP含量の変化を図3に示した。通常区のバイ筋肉中のATP含量は保存開始時 ($1.8 \pm 0.7 \mu\text{mol/g}$) から保存1日目で減少傾向を示し、深層水蓄養区と比べて有意に少なく ($p < 0.05$)、保存6日目には保存開始時の含量の約9割が消失していた。これに対し、深層水蓄養区のバイ筋肉中のATP含量は保存開始時 ($1.9 \pm 0.1 \mu\text{mol/g}$) から保存6日目まで、ほぼ一定に保たれており、保存1日目以降の通常区との差は有意 ($p < 0.05$) であった。

4. 考 察

Kaneko *et al.* (2005) は、人工海水中で保存したホタテガイ貝柱(閉殻筋)組織表面で多数の微生物が増殖すると、酸素が微生物に奪取され、閉殻筋組織への酸素供給が不十分となり、閉殻筋が窒息しATP生産が低下することを明かにした。このことを踏まえ、本研究結果を考察する。5℃の空気中に保存中のバイの生菌数は、深層水蓄養区が通常区と比べて保存開始時から有意に少なく、その差は経時的、対数的に大きくなった。この要因としては、清浄性の高い海洋深層水(山内ら, 2014)を用いて蓄養したことにより、バイの筋肉表面等に付着する生菌数が減少したことと、蓄養中に微生物の餌となる筋肉表

面に付着した有機物汚れ等が減少し、増殖が抑制されたことが考えられる。次に、生存指標としてのバイ筋肉中のATP含量は、通常区では、6日間で約9割が消失したが、深層水蓄養区では6日間、ほぼ一定に保たれていた。この要因としては、深層水蓄養区のバイ筋肉表面部に付着する生菌数が通常区と比べて有意に少ないため、微生物に利用される酸素が少なく抑えられ、バイ筋肉組織への酸素供給が不足しなかったことが考えられる。これらの結果から、5℃の空気中における6日間保存後の深層水蓄養区の生存率は100%となり、通常区の生存率42%と比べて有意に高くなったと考えられる。このことは、空気中におけるバイの保存中においても Kaneko *et al.* (2005) の結果と同様の結果、すなわちバイ筋肉表面で微生物が増殖すると、酸素が好気性微生物に奪取され、バイ筋肉組織への酸素供給が不十分となり、バイ筋肉が窒息しATP生産が低下することを示唆するものであり、バイの海洋深層水を用いた蓄養は、バイの生菌数とその増殖を抑制し、空気中における長期の生存保存に有効な手段であると考えられた。

本研究では、漁獲直後のバイ表面に付着する菌叢は調べていないが、里見ら (2003) はホタテ貝柱の表面に付着する細菌を調べ、その菌叢の大半は好気性の *Vibrio* 属が占めることを明かにしており、好気性の細菌が多い可能性が高いと考えられる。今後、漁獲直後のバイ表面に付着する菌叢と海洋深層水蓄養後の菌叢を比較検討するとともに、空気中で

の生菌数の増殖とバイ筋肉組織への酸素供給への関与を明確にしたいと考えている。

一方、本研究では、両試験区の食味の差異については詳細な比較検討を行っていないが、魚介類の科学的鮮度指標の一つであるATPとその分解生成物から算出したK値(小関ら, 2006)について調べ、通常区の6日間保存後のK値24%を除き、K値は10%以下に維持されていた(図示しない)。一般にK値が10%以下であれば極めて鮮度が高く、20%以上は鮮度が劣化した状態であり刺身に適さないと考えられている。したがって、本研究において5℃の空气中に6日間保存したバイの鮮度は、通常区では保存3日目以降には鮮度劣化が進むが、海洋深層水蓄養区では保存6日目でも鮮度が極めて高く保たれていることが示唆され、保存3日目以降に食味の差異も生じることが考えられる。バイの海洋深層水を用いた蓄養による食味への影響についての詳細な検討は、今後の課題としたい。また、本研究では海洋深層水蓄養時間を24時間、空气中における保存温度を5℃に設定したが、今後、蓄養時間や空气中における保存温度が生存効果へ及ぼす影響について検証を行うとともに、バイ以外の貝類についても同様の効果が得られるか検証を行う必要がある。

活魚輸送は、魚介類の究極の高鮮度化であるが、海水が必要であり、輸送費用や海水の管理に手間がかかる等の課題がある。貝類は空气中における耐性が比較的強い(中村1940)ため、海水を用いずに活魚として輸送できる可能性がある。本研究の結果、バイの水揚げ後に海洋深層水を用いて24時間蓄養することにより、5℃の空气中における6日間の生存率が100%となり、通常区の42%と比べ、生存率が有意に高く、活魚と同等の高鮮度で長期間保蔵できることが示唆された。今後、貝類のみならず、魚介類の海洋深層水を用いた蓄養による生鮮食材としての安全性・保存性に関する研究がさらに進み、海洋深層水が魚介類のシェルフライフの延長に幅広く役立つことを期待したい。

謝 辞

本研究を行うにあたり、試料の採集および海洋深

層水を用いた蓄養にご協力いただきました入善漁業協同組合の関係各位に深謝いたします。

文 献

- 土井捷三郎(1990) 富山湾のバイーその生態と漁業一. とやまと自然, 12, 6-9.
- 藤井建夫(1985) 水産食品の生菌数測定法の検討(1). 東海区水産研究所研究報告, 118, 71-79.
- 藤田大介・松村 航・山中弘雄(2006) 海洋深層水による海洋生物の増養殖. 海洋深層水利用学(藤田大介・高橋正征編), 成山堂書店, 東京, pp. 46-66.
- 原田恭行・熊谷敬之・小善圭一・横井健二(2010) 通年定水温で養殖したアワビF1交雑種の品質. 日本食品科学工学会誌, 57, 395-399.
- Hatae, K., H. Nakai, A. Shimada, T. Murakami, K. Takada, Y. Shirojo and S. Watabe (1995) Abalone *Hariotis discus*: Seasonal variations in chemical composition and textural properties. J. Food Sci., 60, 32-35.
- Kaneko, K., M. Satomi, M. Kimura, H. Nozawa and N. Seki (2005) Effects of microbial growth on the preservation of scallop muscle in a vital state. Fish. Sci., 71, 1167-1173.
- 木下虎一郎・中川一三(1934) アワビの空中活力と温度. 北水試事業旬報, 258, 5-6.
- 小関聡美・北上誠一・加藤 登・新井健一(2006) 魚介類の死後硬直と鮮度(K値)の変化. 東海大学紀要海洋学部, 4, 31-46.
- 小高秀正・福田佳子・水落慎吾・堀米一己(1996) 食品の変敗に関わる微生物中のATP含量. 日本食品微生物学会雑誌, 13, 29-34.
- 埜澤尚範・里見正隆・関 伸夫(2004) ホタテガイ貝柱の生存保蔵技術. 水産物の品質・鮮度とその高度保持技術(中添純一・山中英明編), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 113-119.
- 里見正隆・及川 寛・矢野 豊(2003) 水産物の微生物学的品質劣化メカニズムの解明. 平成14年度水産物品質保持技術開発基礎調査事業研究成果の概要, 水産庁, pp. 108-114.
- 里見正隆・及川 寛・矢野 豊(2004) 微生物学的品質評価. 水産物の品質・鮮度とその高度保持技術(中添純一・山中英明編), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 67-81.
- Seki, N., T. Niki, D. Ishikawa, M. Kimura and H. Nozawa (2004). Preservation of scallop adductor muscle in oxygenated artificial seawater. J. Food Sci., 69, 262-267.
- 瀬戸陽一(2001) 深海性バイ類. 21世紀の資源 富山湾深層水(富山湾深層水利用研究会編), 桂

書房，富山，pp. 36-37.

清水勝公（2006）海洋深層水の取水と放水．海洋深層水利用学（藤田大介・高橋正征編），成山堂書店，東京，pp. 28-38.

竹村嘉夫（1955）サザエ *Turbo cornutus* Solander の空气中に於ける耐久力と重量変化．水産増殖，3，

28-30.

山内繁樹・長野 章・山下和則・筒井浩之・高橋正征（2014）海産水産物の洗浄処理水としての海洋深層水の優位性．海洋深層水研究，15, 19-26.
（2025年1月30日受付；2025年4月17日受理）