

アオリイカのアンモニアおよび二酸化炭素の排出とその抑制

岡本昭^{1*}, 後藤孝二¹, 谷山茂人², 橘勝康²

Influence of ammonia and CO₂ on the survival of Oval squid *Sepioteuthis lessoniana*

AKIRA OKAMOTO,^{1*} KOJI GOTO,^{1*} SHIGETO TANIYAMA^{2*} AND
KATSUYASU TACHIBANA^{2*}

To determine the necessary conditions to transport live Oval Squid effectively, we examined methods to suppress emission levels of NH₃ and CO₂ that were produced by the squid. In a styrol box, some Oval Squid death could be witnessed at an NH₃ density of approximately 25ppm, and a high degree of death could be seen at NH₃ density levels of 30ppm or higher. When adding MgCl₂, levels of NH₃ in the tank did not decrease in comparison to those of the control. However, a reduction in the NH₃ output compared to those of the control could be seen with the additional of ethanol. When an Oval Squid was placed in a sealed polyethylene bag, the pH level suddenly decreased to about 6.5, and CO₂ increased with time. Using a carbon dioxide suppressor in the seawater controlled CO₂ levels and increased survival time in comparison to the object.

長崎県におけるいか類の漁獲量は第 55 次長崎農林水産統計年報¹⁾によれば、平成 19 年に 22,127 トンの漁獲量があり、全国漁獲量の 6.8%を占めている。イカ類の中ではスルメイカが 14,363 トンで漁獲量の多くを占めているが、統計上、その他のイカに含まれる単価の高いケンサキイカやアオリイカは日本屈指の漁獲量を誇り、長崎県の離島地区などでは、これらを対象とした一本釣り、定置網漁業の漁獲対象となっている。

近年、ブランド化の取り組みは漁業へもおよんでおり、長崎県でも多くのブランド魚種が宣伝されている。イカ類に限るとケンサキイカは壱岐地区で「壱岐剣」、アオリイカは五島地区で「扇白水」として販売されている。

また、グルメブームに伴い活魚輸送技術の発展は目覚ましい進歩をとげている。現在、輸送技術の向上により多くの魚介類が活魚輸送されており、海産魚ではマダイやヒラメ、トラフグなどが活魚輸送の対象となっている。これら海産魚の一般的

な輸送では海水重量に対して 10~15%の対象魚を輸送するのが標準であるが、²⁾活イカ類については海水重量の 3%以下といわれ、長崎県内で生産されたイカ類も県内もしくは九州管内での流通にとどまっておき、長崎県から首都圏まで運搬する遠距離活イカ輸送は実用化されていない。イカ類は飼育、蓄養が困難であり、活魚輸送に当たっては大量の海水が必要で、取り扱いに細心の注意が必要とされており、活魚輸送の対象にはならず、実用化のための研究例も比較的少ない。

しかし、イカ類は市場価値の高い水産物であり、これまで活イカ輸送のための試みとして社団法人漁船協会と社団法人漁船機関技術協会³⁾がスルメイカの活イカ輸送を、吉岡と木下⁴⁾はスルメイカの低温パック輸送を、船津ら^{5,6)}はスルメイカおよびヤリイカを対象として MgCl₂の鎮静効果を利用した活魚輸送法を提案している。また、唐津市と九州大学のグループは泡沫分離して汚染の激しい海水を浄化する技術を用いてケンサキイ

¹ 長崎県総合水産試験場

² 長崎大学大学院生産科学研究科

カを東京市場への出荷を試みている。⁷⁾さらに、民間では人口海水と酸素充填したパックにイカ類を入れて輸送する技術も開発され、その装置も販売されている。アオリイカの活イカ輸送に関しては Ikeda ら⁸⁾の報告があるが、その後、市場価値が高まるほど販売実績があがった例はなく、実用化されているとは言いがたい。

著者らはこれまで鮮度の良いイカを流通させるために、アオリイカを対象種として、その死後変化と死後変化を遅延させるための条件把握および近赤外線を用いた死後変化の把握について報告してきた。^{9~12)}

これらの鮮度保持条件の解明に加え、本報告は長崎県産イカ類の代表であるアオリイカの活イカ輸送の実用化を目指し、活イカ類の輸送中のへい死原因の解明とさらに輸送条件下で活イカの生残時間が延長する技術開発について検討したので報告する。

方 法

供試魚 試料は長崎県五島地区で一本釣りによって漁獲され、活魚船で長崎魚市場に運搬されたアオリイカを一昼夜水槽内で遊泳、回復したものをを用いた。また、長崎県野母崎地区の定置網で漁獲されたアオリイカを発泡スチロール箱に入れ、長崎県総合水産試験場に運搬したものをを用いた。

アオリイカのアンモニア排出量 アオリイカのアンモニア排出量を把握するため10ℓの海水を入れた発泡スチロール箱中にアオリイカ（体重146-361g）を1杯ずつ入れ、ブローで空気を供給した。実験は室温19℃に調整した実験室で行い、海水温を19℃に維持し、黒いカバーをかけた状態で静置した。経時的に採水して海水中のアンモニア量及びpHを測定した。アンモニア量の測定は溶存物質測定器（荏原実業株式会社製 CX-100）で、pHの測定はpHメーター（株式会社堀場製作所製 F-22）で行った。

アンモニア排出の抑制条件 アンモニア排出の抑制条件を把握するために、発泡スチロール箱にMgCl₂ 5mMまたはエタノール50mMとなるようそれぞれを添加した10ℓの海水にアオリイカ（体重259-690g）を1杯ずつ入れ、経時的にアンモニアを測定した。MgCl₂添加区には前処理として50mM MgCl₂添加海水にアオリイカを入れ10分間予備浸漬した。海水温等の条件、測定法は前述のとおりとした。

アンモニアの二酸化炭素排出 試料の二酸化炭素排出量およびその抑制条件を把握するため、8.5ℓ容量のポリエチレンパックに5ℓ海水を入れた後、アオリイカ（体重160-415g）を1杯ずつ入れ、純酸素を封入し密閉した。この試料を入れたパックは発泡スチロール箱内に静置し、上部に黒いカバーをかけた。経時的に目視観察し、へい死直後の海水中の二酸化炭素およびpHを測定（n=8）した。二酸化炭素抑制区はパック内海水中に二酸化炭素を吸収するカーボライム1g（Ca(OH)₂+NaOH 東京エムアイ社製）とゼオライト100gを固形のまま添加した（n=4）。二酸化炭素の測定は呼気モニター（日本電気三栄社製レスピーナ 1H26）、溶存酸素の測定はDOメーター（飯島電子工業株式会社製 ID-100）で行った。

結 果

発泡スチロール箱中のアンモニアの排出量 水温19℃における1時間当たりのアンモニア排出量と収容密度の関係をFig.1に示す。収容密度（体重/海水量）は2.9~7.2%であった。収容密度と海水中のアンモニア濃度は有意の正の相関を示し、収容密度が高いほどアンモニア濃度が高くなった。

収容時間の延長に伴うアンモニア濃度の経時変化をFig.2に示す。アンモニア濃度は収容時間の延長に呼応して経時的に増加した。各測定時間におけるアンモニア濃度は12時間後で4.5~13.5ml/ℓ、24時間後で15.6~26.0ml/ℓ、36時間後

で 19.2~35.0 ml/l であった。この実験に供したアオリイカのうち 5 時間目に 1 杯へい死し、このときのアンモニア濃度は 3.5 ml/l であった。また、15.25 時間後に 1 杯へい死し、アンモニア濃度は 19.2 ml/l であった。へい死が増加し始めたのは 21~24 時間後からで、このときのアンモニア濃度はそれぞれ 28.0 および 27.0 ml/l であった。その後、アンモニア濃度は 30 ml/l を超え、27.5 時間後および 33.5 時間後にへい死した個体の海水中のアンモニア濃度はそれぞれ 35.0, 40.0 ml/l で、48 時間後にへい死が確認された 2 個体の海水中のアンモニア濃度は 46.0, 47.5 ml/l であった。なお、実験期間中の DO はほとんど減少することなく 4.4~5.8 mg/l であった。

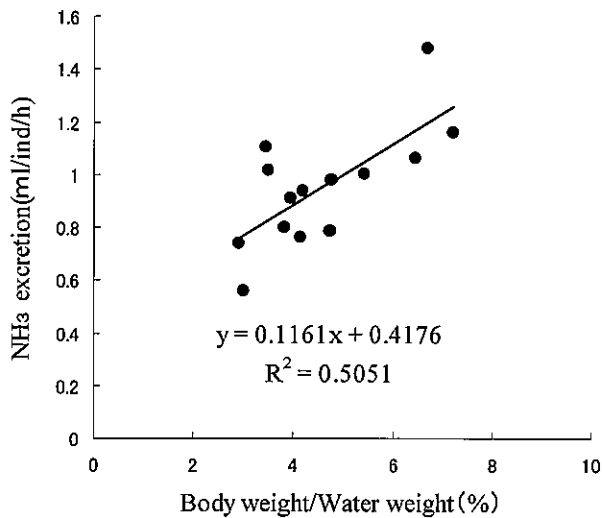


Fig 1. Relationship of accommodation rate between Oval squid *Sepioteuthis lessoniana* and NH_3 excretion (ml/ind./h) at 19°C

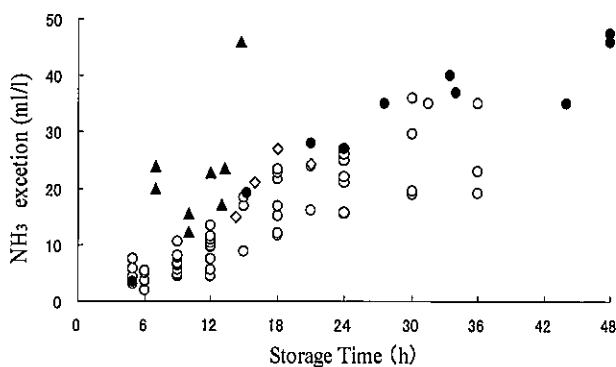


Fig 2. Change in NH_3 excretion of seawater with live Oval squid *Sepioteuthis lessoniana* at 19°C ○ : Styrol box-measurement at regular time ● : Styrol box-measurement at death ▲ : Sealing up polyethylene bag-control □ : Sealing up polyethylene bag-test

収容時間に伴う海水 pH の経時変化を Fig.3 に示す。pH は開始 6 時間目に 7.0~7.5 に減少したが、その後、上昇傾向にあり 48 時間後は 7.7 であった。上昇傾向は排出されたアンモニアによるものであると推定されるが、アオリイカの生息域の pH でありへい死への影響は少ないと考えられた。

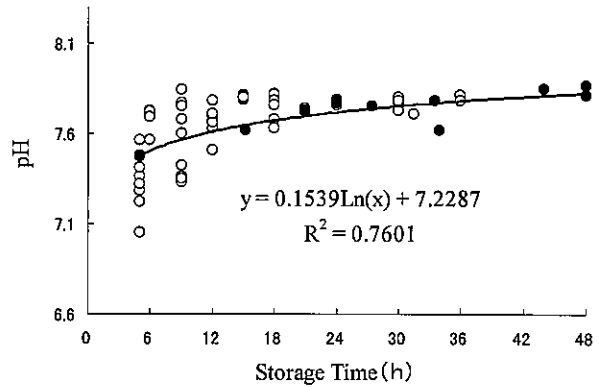


Fig 3. Change in pH of seawater with live Oval squid *Sepioteuthis lessoniana* at 19°C

○ : Styrol box-measurement at regular time ● : Styrol box-measurement at death

アンモニア排出の抑制 海水中のアンモニア濃度の抑制のため、 MgCl_2 5mM またはエタノール 50mM 添加効果を Fig.4 に示す。対照区は 7 杯 (外套背長 184.4 ± 23.3 mm, 体重 361.8 ± 182.6 g) を試験に供した。開始 24 時間後に 2 杯、30 時間後に 2 杯へい死を確認した。対照区のアンモニア濃度はほぼ直線的に 1 時間当たり 0.965 ml/l 上昇し、24 時間後に 23.2 ml/l, 30 時間後には 28.1 ml/l に達した。

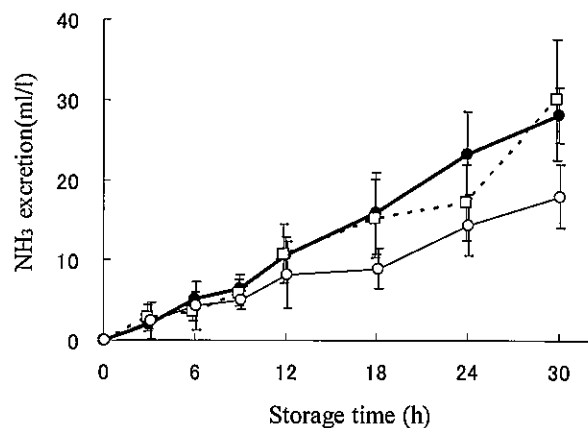


Fig 4. The effect of MgCl_2 or ethanol on NH_3 excretion of seawater with live Oval squid *Sepioteuthis lessoniana* at 19°C ● : Control □ : Test- MgCl_2 ○ : Test-Ethanol

今回、著者らはアオリイカの排泄物であるアンモニアに着目し、へい死原因とその対策を検討した。一般の活魚輸送車に近い条件を想定した発泡スチロール箱を使用した実験では、アンモニアの排泄は 25ml/l を超えるとへい死が確認され、35 ml/l 以上で顕著なへい死が認められ、40ml/l になると生残は確認されなかった。(Fig.2) 今回の実験では水槽中の海水を濾過していないので、アオリイカが排泄する有機物の影響もへい死に影響していると想定されるが、活イカ輸送にあたってへい死を出さないためには、海水中のアンモニア濃度は 20mL/l 以下に抑制することが望ましいと考えられた。

アンモニアを含む排泄物を抑制するためにイカの活性を抑制する方策として船津ら^{5,6)}はホタルイカに $MgCl_2$ の鎮静効果を利用した活魚輸送法を提案しているが、アオリイカについては $MgCl_2$ 50mM の高濃度でなければ活性を抑制することができず、吐水回数が低下、また、この濃度では 2 時間以上の生残はない*ことから、 $MgCl_2$ 添加区の前処理として 50mM $MgCl_2$ 添加海水にアオリイカを 10 分予備浸漬し、保存中は $MgCl_2$ 5mM になるよう海水を調整したが、24 時間ではアンモニアの排泄抑制効果は認められなかった。一方、エタノール添加では効果が認められ、アンモニア濃度は対照区では 1 時間当たり 0.965 ml/l 上昇するのに対し、エタノール 50mM 添加区では 1 時間当たり 0.573ml/l でアンモニア排出の抑制効果が示された。

今回の実験は一定水温で行ったが、水温の低下に伴うアオリイカの吐水回数の減少は確認しており*、水温低下とエタノール添加により効果的にイカの活性を低下させることで高密度、遠距離の活イカ輸送が期待できると考察された。

密封したポリエチレンバッグを使用した実験を近年行われているイカのバック輸送のモデルとして、アオリイカを用いて、遠距離輸送に対応できるかどうかを確認するために実験した。

* 未発表

密封ポリエチレンバック中では発泡スチロール箱で保存した場合に比較して生残時間が総じて短かった。この原因として、溶存酸素量は十分であったことから酸素の不足とは考えられなかった。また、へい死時のアンモニア濃度が 1 杯を除き 10~24 ml/l であったことから必ずしも排出したアンモニアが主たるへい死原因とは考えられなかった。本実験結果が発泡スチロール箱の場合と比較して異なつたのは二酸化炭素濃度の増加であった。この現象はポリエチレンバック内海水の pH の低下と呼応していることから、アオリイカの呼吸代謝によりバック内の二酸化炭素量が増加したことで pH が急激に減少したことや二酸化炭素分圧が高くなったことがへい死に大きく影響したと考えられる。このことは炭酸ガス吸収剤であるカーボライムやゼオライトを添加した実験で生残時間が延長したこともそれを裏付けている。

今回の収容密度を海水量に対するアオリイカの体重で表わしたところ、3.2~8.3%で従来の活イカ輸送より高い収容密度であった。しかし、バッグ輸送する場合の外観からみてこの収容密度以下では海水量に対するアオリイカの割合が少なく商品としての魅力に欠けることも否めない。今回の収容密度でアオリイカが密閉したバッグの中で 15 時間以下しか生存しなかったことは食の安全・安心の観点から商品化するのはきわめて困難である。このような形でアオリイカの流通を図るには、たとえば小売店から消費者へごく短時間の輸送のときに利用するなどきわめて限定的な流通でしか考えられない。

これらの諸問題を解決するためにもアオリイカの集荷できる対馬、壱岐、五島などの離島の生産地から長崎市、福岡市、東京都への都市部への大量輸送を可能とする技術開発がまず必要であると考えられた。活イカ流通の問題点として酸素の供給法、二酸化炭素の増加、海水 pH の低下、アンモニアの排出、有機物等の排出抑制問題が指

摘される。酸素供給については活イカ水槽の中に純酸素を供給することで、有機物の除去には泡沫分離装置が有効で実用化されている。今後、アンモニアの効率的な除去を検討することで効率的な活イカ輸送が可能となると考えられた。

文 献

1) 九州農政局長崎農政事務所編. 第 55 次長崎農林水産統計年報 (水産編) 平成 19~20 年. 長崎. 2009.

2) 杉本昌明. 9. 輸送方法と品質. 魚類の死後硬直. 恒星社厚生閣

3) 社団法人漁船協会, 社団法人漁船機関技術協会, 全国漁業協同組合連合会. 平成 12 年度新日韓漁業協定関連漁業振興対策事業いかなの高付加価値化技術開発事業研究報告書(2001)

4) 吉岡武也, 木下康宣. イカの鮮度保持技術の進展. 日水誌 ; 72 : 495-500(2006)

5) 船津保浩, 川崎賢一, 臼井一茂, 仲手川恒, 阿部宏喜, 金地宏和. マグネシウムイオンの麻酔作用を用いたスルメイカおよびヤリイカの活イカ輸送. 富山県食品研究所研究報告 ; 5 : 47-55(2004)

6) 船津保浩, 川崎賢一, 阿部宏喜, 臼井一茂, 仲手川恒. マグネシウムイオンの鎮静作用を利用した新しい活輸送技術の提案—ホタルイカの活輸送技術の改良.New Food Ind. ; 47(2) : 1-8(2005)

7) 山下洋, 竹田達右, 及川信, 松山倫也, 峯治生, 中道貴之, 宮本国広, 柴山雅洋. ケンサキイカ搬送時の安全なアンモニア濃度の推定. 水産増殖 ; 57(4)662(2009)

8) YUZURU IKEDA, YUKIO UETA, THE LATE IKUKO SAKURAZAWA AND THE LATE GEN MATSUMOTO. Transport of the oval squid *Sepioteuthis lessoniana* Ferussac, 1831 in Lesson 1830-1831(Cephalopoda:Loliginidae) for up to 24h and subsequent transfer to an aquarium.

9) 本田栄子, 谷山茂人, 水谷麻衣子, 岡本昭,

横田桂子, 川島茜, 濱田有貴, 橘勝康アオリイカ外套筋の死後硬直に及ぼす保存温度の影響. 日食化誌, 16(1)15-19

10) 岡本昭, 本田栄子, 井上理香子, 横田桂子, 桑原浩一, 村田昌一, 濱田友貴, 新井博文, 橘勝康 アオリイカ外套筋の白濁に及ぼす保存温度の影響. 日水誌, 74,856-860(2008)

11) 吉村元秀, 木島岬, 辺見一男, 岡本昭, 橘勝康. 近赤外光反射計測によるアオリイカの外觀評価. 日本工業出版「画像ラボ」19(3)21-25(2007)

12) 吉村元秀, 辺見一男, 岡本昭, 橘勝康. 画像計測によるイカ類鮮度評価のための色情報解析. 県立長崎シーボルト大学国際情報学部紀要, 8, 347-351(2007)