

マグネシウムイオンの鎮静作用を利用した ヤリイカおよびスルメイカの活輸送の試み

Key Words : イカ ■ 鎮静作用 ■ 活輸送

船津 保浩 *1 川崎 賢一 *2 臼井 一茂 *3 仲手川 恒 *4 清水 俊治 *5 阿部 宏喜 *6

はじめに

近年、日本だけでなく中国や中南米諸国でイカ漁業が盛んになり、世界の漁獲量は300万トンに達している。平成17年家計調査では、生鮮イカの1世帯当たり消費量は3,103gでマグロ(3,201g)に次いで2位であり、また、平成16年のイカの需給量(生鮮、加工品をあわせた総消費量)と比較してみても、イカは68万トンと一位である。¹⁾ これらのことから日本人はイカを好んで食していると思われる。

イカはするめ、丸干し、ソフト裂きいか、しゅうまい、射込煮、塩辛などに加工されている²⁾が、刺身で食べることも日本人には多い。最近では、消費者の嗜好性の変化から透明感やコリコリした歯ごたえのある活イカの需要が増加している。しかし、大部分は生鮮・冷凍で流通しており、可食部が不透明で歯ごたえも弱いのが一般的である。

これまでに著者ら^{3,4)}は、ホタルイカの活輸

送に関する一連の研究を行ってきた。その結果、マグネシウムイオンを上昇させた海水に活きたホタルイカを浸漬するとホタルイカは鎮静状態となること、またその作用を活輸送に応用すると、従来法の約3倍量の試料を高品質の状態で見山から首都圏に輸送可能であることが明らかとなった。ホタルイカはイカ類の中では小型であるが、日本ではスルメイカ、ヤリイカ、コウイカ、アオリイカ等のホタルイカよりも大型なイカが一部で活輸送されている。しかし、従来の活イカ輸送では水槽の水重量の約1割程度⁵⁾しか輸送できず大量輸送が困難なこと、輸送コストが高いことおよび輸送中に共食いが起こること⁶⁾等の問題点がある。これまでに山中ら⁶⁾は氷温麻醉と格子ポケットを組み合わせることで、活スルメイカの共食いを防止し、高品質の状態で輸送することを可能にした。しかし、氷温麻醉⁷⁾はスルメイカ、トビイカ、アカイカには効果的であるが、ヤリイカには無効であること、輸送コストが高いこと等大量輸送にはまだ課題があった。近年、仲野⁸⁾は活イカを輸送す

*1 FUNATSU Yasuhiro 酪農学園大学酪農学部食品科学科

*3 USUI Kazushige 神奈川県水産技術センター

*5 SHIMIZU Hisashi 諏訪東京理科大学電子システム工学科

*2 KAWASAKI Kenichi 近畿大学農学部水産学科

*4 NAKATEGA WA Hisashi 神奈川県環境農政部水産課

*6 ABE Hiroki 東京大学大学院農学生命科学研究科

る際のカプセルを考案し、輸送コストを下げる工夫をしている。

本稿では、輸送コストの低減や共食い防止だけでなく、小スペースでの大量輸送、一尾でも購入できる個別包装および輸送空きスペースが利用可能となるマグネシウムイオンを用いたイカ類の活輸送方法と輸送試験結果について、ヤリイカとスルメイカを例にあげてご紹介する。

1. 麻酔効果

1.1 最適な麻酔濃度

活きたヤリイカ *Loligo bleekeri* 8匹を約 15℃ の 0, 10, 20 および 30mM 硫酸マグネシウム ($MgSO_4$) 海水(表層水 10L に対して $MgSO_4$ を 0, 10, 20 および 30mM になるように溶解したもの) 10L に入れ、通気しながら外観観察を行った。その結果、海水のみの試料 (0mM $MgSO_4$ 海水) では時間が経過しても鎮静効果はみられず、狭い環境に移されたために 2 匹とも腕、鰭、漏斗の動きが激しかった。一方、10, 20 および 30mM $MgSO_4$ 海水に入れた試料は鎮静作用が誘導され 20mM の試料では時間の経過とともに、腕、鰭、漏斗の動きが緩やかになり、約 30 分後には色素胞が収縮するため体色がほぼ透明となり動きがかなり緩やかになった。しかし、10mM の試料では約 30 分を経過しても腕、鰭、漏斗の動きが停止せず、また、30mM の試料では、時間の経過とともに胴部の色は透明になったが、腕、鰭、漏斗の動きが停止せず、むしろ苦しんでいる様子がみられた。約 30 分経過後の海水中のアンモニア濃度を測定しても、20mM 濃度試料がいずれの試料の中でも最も低かった(結果は図示せず)。したがって、これらの外観観察結果からヤリイカの鎮静作用の誘導に最適な $MgSO_4$ の濃度は、20mM であることが分かった。また、同様の実験をスルメイカ

Todarodes pacificus に対して行っても、麻酔効果の発揮される $MgSO_4$ の濃度は 20mM でヤリイカと同じであった。

1.2 麻酔処理と麻酔からの回復

実際に冷蔵で輸送することを考えて、活ヤリイカ各 6 匹を約 15℃ の 20mM $MgSO_4$ 海水 30 リットルに入れ、通気しながら鎮静状態を誘導した。約 1.5 時間かけて外部を冷やすか、放冷剤を同海水に入れる方法により海水温を約 7℃ まで下げた。約 10℃ の温度になった時点で同じ温度の新しい 20mM $MgSO_4$ 海水と交換した。これは、後述するように環境が変化することでイカがストレスを感じて墨を吐いたり、アンモニアを放出することによる海水の汚濁を防止するためである。約 1.5 時間後、ヤリイカもスルメイカも鎮静状態は維持され、色素胞が収縮し、体色が透明となり、漏斗や鰭も動きもかなり緩慢になっていた。この状態の試料を同量の約 5℃ の冷海水に戻し、通気しながら放置したところ、時間が経過するにつれ、色素胞は開き、漏斗や鰭の動きが活発で鎮静状態から回復する様子がすべての試料でみられた。同様の結果が、活スルメイカでもみられた。

1.3 輸送時の海水量

輸送時にできる限り小スペースで輸送することを考えて、ガスバリア性の高い袋に上記のように 20mM $MgSO_4$ 海水で鎮静作用を誘導したヤリイカ (約 170-230g) と同じ濃度の $MgSO_4$ 海水を 0.1, 0.6, 1.0, 2.0 リットル入れ、酸素封入し、冷蔵庫 (約 5℃) で保管した。次の日 (漁獲約 30 時間後)、袋を開封し、外観を観察したところ、いずれの試料でも墨を吐いた様子はみられなかった。0.1 リットルの試料のみ海水に浸っていない部分がやや乾燥しているように見えた。冷海水に戻して観察したところ、時間が経過するにつれ、いずれの試料でも回復遊泳はみられなかったが、色素胞の動き、腕のかすかな動きがみられた。したがって、トラック輸送中のゆれ

等を考慮すると、ヤリイカが完全に海水に浸る0.6リットルが比較的軽量で適していると思われた。同様の試験をスルメイカ(250-380g)で実施したところ、傾向はヤリイカとほぼ同様であったが、スルメイカの方がヤリイカよりも体長が長く、やや重いために完全に海水に浸る1.0リットルが良いと考えられた。

2. 輸送試験

2.1 実験試料

相模湾においてイカ釣り船で漁獲されたヤリイカ(体重:160-210g)とスルメイカ(体重:200-400g)を試料とした。なお、生息水温は、発育段階や漁獲場所等で異なるが、相模湾での漁獲時でスルメイカとヤリイカの生息水温は、約14-17℃であった。

2.2 麻酔処理、袋詰めおよび梱包

[麻酔処理] ヤリイカ6匹を約15℃の20mM MgSO₄海水30Lに入れ、鎮静作用を誘導した。急激な温度低下によるイカの疲労を抑えるため、海水を入れた容器の外部を氷水で冷やし、徐々に温度を下げながら約1.5時間で約7℃まで冷却した。

[袋詰め、梱包] ガスバリア性の高い袋(Cansfilm, 四国加工(株)製)に鎮静状態となったヤリイカ一匹と約5℃の20mM MgSO₄海水0.6Lを入れ酸素封入した。酸素封入した試料3個を発砲スチロール製の容器に入れ、新聞紙を上からかぶせ、その上に保冷剤を置き、梱包し、クール宅配便で神奈川県から愛媛県まで輸送した(麻酔試料)。

なお、比較として冷蔵および冷凍試料を調製した。冷蔵試料は、漁獲直後の試料を即殺し、一匹ずつポリエチレン製の袋に入れ、下水を敷いて梱包し、冷蔵(5℃)で輸送した。冷凍試料は、即殺後、液体窒素で急速凍結し、冷凍

(-20℃)で輸送した。

2.3 麻酔処理中と輸送後の海水の濁度と海水中のアンモニア態窒素濃度の変化

ヤリイカの場合、麻酔処理中(鎮静状態を誘導中)と輸送中の海水の濁度は、ともに0.1より低かった(表1)。また、麻酔処理中の海水のアンモニア態窒素(NH₄-N)濃度は、麻酔処理前の海水(表層水)のNH₄-N濃度⁹⁾(<0.05mg/L)に比べて、わずかに上昇するが、輸送後では大きく増加し、約3-5mg/Lであった(表2)。一方、スルメイカの場合、麻酔処理中の海水の濁度はほとんど変化しないが、輸送中に増加し、とくに輸送試料では、濁度の著しい増加がみられた(表1)。これは、輸送中にスルメイカが墨を吐いたためである。また、麻酔処理中の海水のNH₄-N濃度は、海水(表層水)のNH₄-N濃度⁹⁾(<0.05mg/L)に比べて、やや増加するが、輸送後ではかなり大きく増加し、約8-13mg/L

表1 麻酔処理中および輸送後の海水の濁度

	ヤリイカ	スルメイカ
麻酔処理中 (約15-10℃)	0.0356	0.0358
麻酔処理中 (約10-7℃)	0.0362	0.0356
輸送後の海水中		
試料1	0.0438	0.2493
試料2	0.0478	0.1895
試料3	0.0454	1.4732

濁度:550nm.

試料1, 試料2および試料3:硫酸マグネシウム海水で輸送した試料。

表2 麻酔処理中および輸送後の海水中のアンモニア態窒素濃度(mg/L)

	ヤリイカ	スルメイカ
麻酔処理中 (約15-10℃)	0.06	0.81
麻酔処理中 (約10-7℃)	0.05	0.41
輸送後の海水中		
試料1	2.92	12.39
試料2	2.53	8.61
試料3	4.95	10.65

試料1, 試料2および試料3:硫酸マグネシウム海水で輸送した試料

であり、この値はヤリイカのその約3~4倍であった(表2)。

2.4 外観観察

輸送後の麻酔試料を開封し、人工海水(マリソルト(S-JI-TE-2, Tetra社製)200gを5Lの水道水に溶解したもの、約5℃)で戻し、約1時間外観観察を行った。その結果、いずれの試料でも回復遊泳はみられなかったが、腕の動きや色素胞を開閉する動きがみられた。また、人工海水に戻し約1時間経過した後で色素胞は閉じた状態から輸送前の開いた状態にほぼ戻る様子も観察された。さらに、解剖してみたところ、ヤリイカの場合は、体液の動きが観察された(図1)。しかし、スルメイカの場合は、解

剖しても体液の動きが観察できなかった。

2.5 生体成分分析

2.5.1 輸送に伴う核酸関連化合物量の変化

輸送前後の各試料の筋肉中の核酸関連化合物量の変化を図2に示す。ヤリイカの場合、輸送前の試料に比べ、輸送後の冷凍および冷蔵試料では、ATP量が減少し、AMP量が大きく増加したが、麻酔試料では、ATP量の減少が認められなかった。一方、スルメイカの場合、輸送前の試料に比べ、輸送後ではいずれの試料もATP量の減少がみられるが、麻酔試料の方が、冷凍および冷蔵試料のそれよりも輸送後の減少量が小さかった。また、冷凍および冷蔵試料では、ヤリイカの場合のようにAMP量の大きな

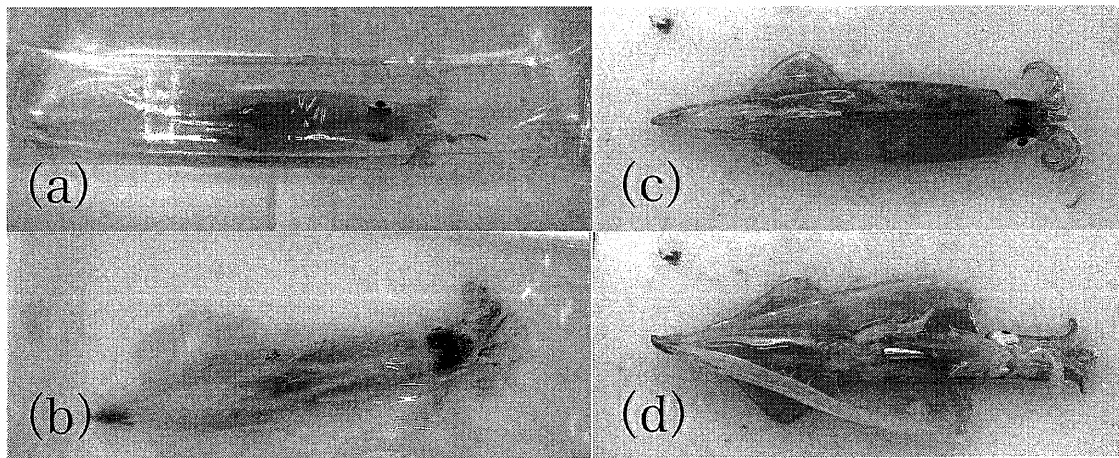


図1 ヤリイカの外観観察
(a): 到着直後、(b): 人工海水での回復、(c): 回復1時間後、(d): 解剖後

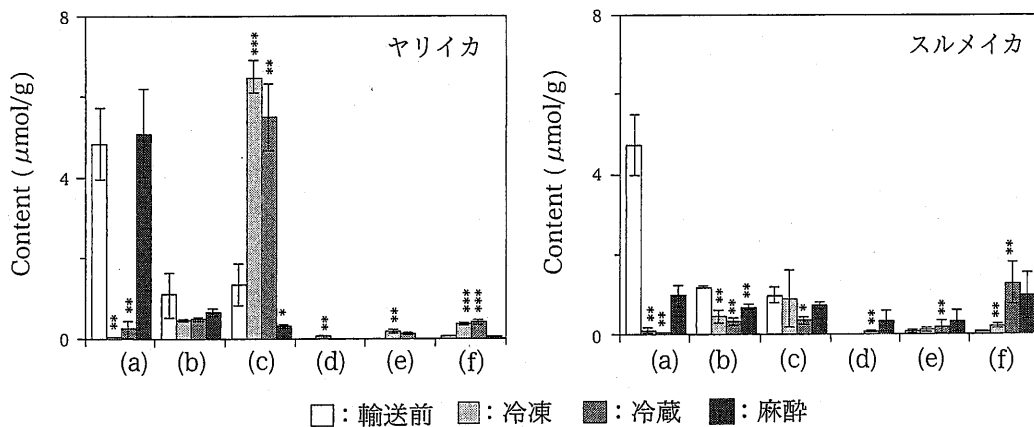


図2 輸送前後の各種試料の核酸関連化合物量の変化

(a): ATP, (b): ADP, (c): AMP, (d): IMP, (e): HxR, (f): Hx
表示: 平均±標準偏差(3検体)
*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$ (t -検定).

増加はみられなかった。また、核酸関連化合物の総量がとくにスルメイカで大きく減少している理由には、アデノシンの蓄積が考えられるが、詳細については目下検討中である。

2.5.2 輸送に伴うアルギニンリン酸量, オクトピン量および乳酸量の変化

輸送前後の各試料のアルギニンリン酸 (AP) 量の変化を表3に示す。ヤリイカの場合、麻酔試料では輸送前の試料とほぼ同じであったが、冷凍および冷蔵試料では急激な減少がみられた。一方、スルメイカの場合、輸送後の AP 量はいずれの試料でも減少するが、その減少量は、麻酔試料の方が、冷凍および冷蔵試料よりも小さかった。次に、輸送前後の各試料のオクトピン量の変化を表4に示す。ヤリイカの場合、輸送後のオクトピン量は、輸送前の試料に比べて、冷凍および冷蔵試料では、増加がみられるが、麻酔試料では、増加がみられず輸送前の試料とほぼ同じであった。また、スルメイカの場合もヤリイカの場合とほぼ同じ傾向であったが、冷凍および冷蔵試料のオクトピンの増加量がかなり大きかった。さらに、いずれの試料でも輸送前後の各試料の D- および L- 乳酸量は極めて僅かで、輸送前後で変化が認められなかった (表5)。頭足類では激しい運動に伴ってフォスファゲンである AP が減少し、生成した Arg がピルビン酸と結合し、オクトピンを生成することが報告されている¹⁰⁾。ヤリイカの場合、麻酔試料では輸送前試料に比べて、AP が減少せず、オクトピンの生成量も少ないため、かなり輸送中のストレスによる消耗は抑制されていると思われる。しかしながら、スルメイカの場合、麻酔試料でも輸送前の試料に比べ、AP が大きく減少し、オクトピンの生成量も多いことから、輸送中にかなり消耗していることが予想される。なお、いずれの試料でも乳酸をほとんど生成しない点は、Hochachka らの結果¹¹⁾と同様であった。

表3 輸送前後の各試料のアルギニンリン酸量の変化

	ヤリイカ	スルメイカ
輸送前	17.8 ± 2.3	18.7 ± 2.3
冷凍	0.3 ± 0.2***	0.2 ± 0.1***
冷蔵	0.8 ± 0.6***	0.1 ± 0.02***
麻酔	20.2 ± 0.8	4.0 ± 2.4**

表示: 平均±標準偏差. 単位: $\mu\text{mol/g}$.

: $p < 0.01$, *: $p < 0.001$ (t -検定).

表4 輸送前後の各試料のオクトピン量の変化

	ヤリイカ	スルメイカ
輸送前	10.0 ± 0.4	2.7 ± 0.7
冷凍	3.9 ± 1.0*	8.1 ± 2.1*
冷蔵	6.0 ± 1.5**	9.3 ± 3.8*
麻酔	0.8 ± 0.4	2.8 ± 0.8

表示: 平均±標準偏差. 単位: $\mu\text{mol/g}$.

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$ (t -検定).

表5 輸送前後の各試料の乳酸量の変化

	ヤリイカ	スルメイカ
輸送前	0.17 ± 0.01	0.19 ± 0.01
冷凍	0.18 ± 0.02	0.16 ± 0.05
冷蔵	0.28 ± 0.09	0.13 ± 0.09
麻酔	0.21 ± 0.01	0.16 ± 0.09

表示: 平均±標準偏差. 単位: $\mu\text{mol/g}$.

乳酸量: L-乳酸 + D-乳酸

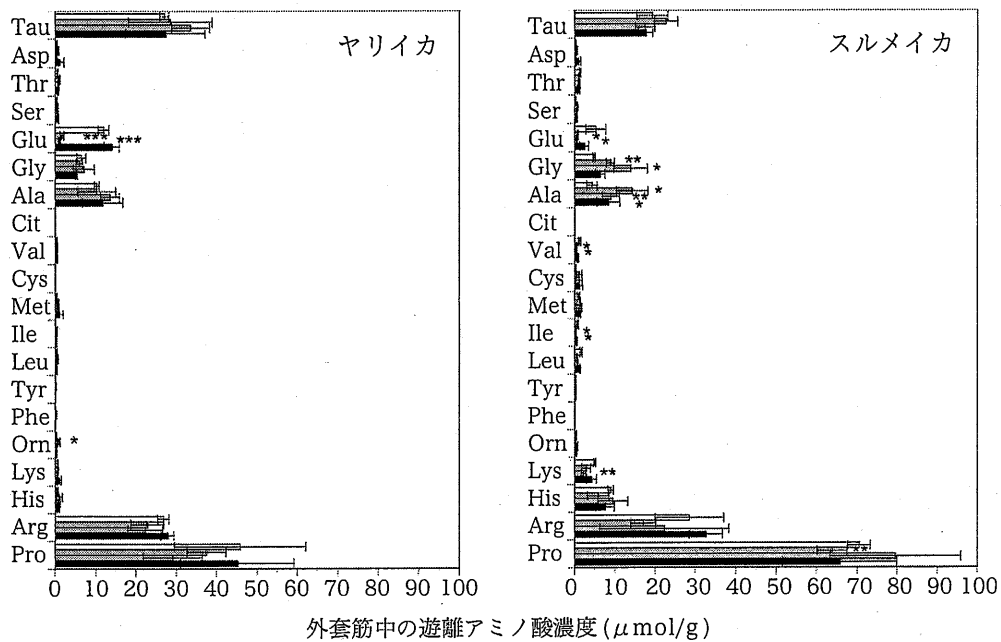
2.5.3 輸送に伴う遊離アミノ酸量の変化

輸送前後のヤリイカおよびスルメイカ試料の遊離アミノ酸組成の変化を図3にそれぞれ示す。ヤリイカの場合、プロリン (Pro) やアルギニン (Arg) 量は、いずれの試料でも輸送前後で大きな変化は認められなかった。しかし、グルタミン酸 (Glu) 量は輸送前に比べ、冷蔵および冷凍では減少傾向にあるが、麻酔試料では輸送前とほぼ同じであった。一方、スルメイカの場合も程度の違いはあれ、輸送後に Glu 量が冷蔵および冷蔵試料で低下する点でヤリイカの場合と類似しているが、冷凍試料の Pro 量が輸送前の試料のそれらに比べて減少している点や Glu 量以外にも冷蔵および冷蔵試料でバリン (Val), イソロイシン (Ile), ロイシン (Leu), リジン (Lys) が輸送前の試料のそれらに比べて減少している点で異なった。Hochachka ら¹⁰⁾は、ジンドウイカ科の *Alloteuthis subulata* を極度に疲労させる

と Arg と Pro が大きく減少することを報告している。本研究で用いた試料では、Pro や Arg 量の試料間のばらつきが大きかったため上記の報告と異なる結果であった。また、スルメイカの場合、輸送後の冷凍および冷蔵試料では輸送前の試料に比べてグリシン (Gly)、アラニン (Ala) といった甘味を示すアミノ酸の増加が認められた。とくに冷凍および冷蔵試料の Gly と Ala の合計量は輸送前の試料の約 2. 倍に増加した。

2.6 官能評価

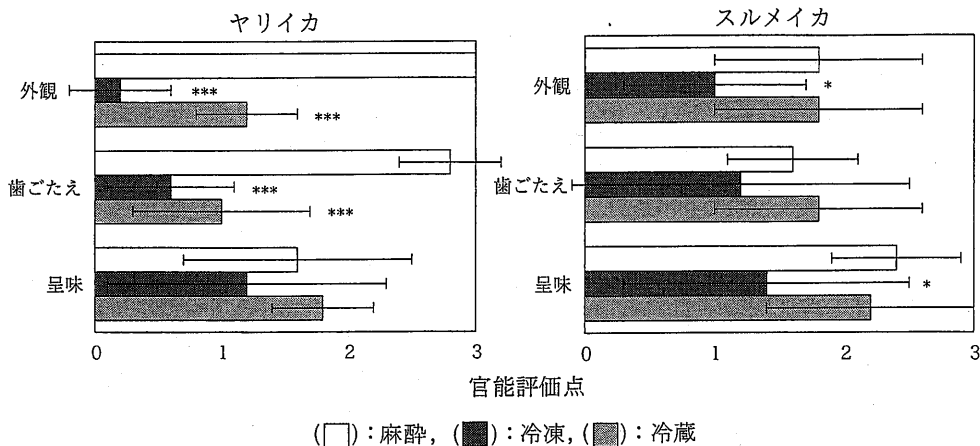
輸送後のヤリイカとスルメイカ外套筋の官能評価結果を図 4 に示す。評価項目であるが、外観については、3.0 を透明感があり変色なし、2.0 を透明感はあるが若干変色している、1.0 をやや透明であるが、明らかに変色している、0 を透明感なし、変色著しいとした。また、歯ごたえについては、3.0 をコリコリして活づくりの歯ごたえ、2.0 をコリコリしているが



(□) : 輸送前麻酔, (■) : 冷凍, (■) : 冷蔵, (■) : 麻酔

図 3 各種ヤリイカ試料の遊離アミノ酸組成

表示: 平均±標準偏差 (3 検体).
麻酔試料とその他の試料の比較は t-検定で実施した (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$ および ***: $p < 0.001$)



(□) : 麻酔, (■) : 冷凍, (■) : 冷蔵

図 4 輸送後の各種イカ試料の官能評価

表示: 平均±標準偏差 (3 検体).
麻酔試料とその他の試料の比較は t-検定で実施した (*: $p < 0.05$ および ***: $p < 0.001$)

やや軟らかい, 1.0 を少しコリコリしているが, やや軟らかい, 0 を非常に軟らかいとした。さらに, 呈味については, 3.0 を甘味がありうまい, 2.0 をやや甘味がありうまいが, 今一步ものたりない, 1.0 を甘味はほとんどないが, イカの味はする, 0 を甘味はなく, まずいとした。以上の項目で評価した結果, ヤリイカの場合, 外観と歯ごたえでは試料間に明らかな違いがみられ (図5), 麻酔試料の方が冷凍および冷蔵試料に比べて, 透明感が高く, 変色がみられず, コリコリした活づくりの歯ごたえであった。これは麻酔試料では疲労がかなり少ないため, 冷凍および冷蔵試料よりも明らかに透明感や歯ごたえが良かったものと考えられる。また, 呈味性には各試料間に大きな違いはみられなかった。一方, スルメイカの場合, 麻酔試料と冷蔵試料では透明感, 歯ごたえおよび呈味には違いがみられなかった。しかし, 麻酔試料と冷凍試料には外観と呈味に関しては違いがみられた。麻酔試料は冷凍試料よりもコリコリしており, やや甘味があった。スルメイカの場合, 麻酔試料が冷蔵試料と透明感や歯ごたえの点で違いがみられなかった理由は, 麻酔試料でもスルメイカでは筋肉が白濁しており, そのことが官能的な評価低下の要因の一つと考えられる。なお, いずれの試料もマグネシウムイオンによる苦味は全く感じられなかった。

おわりに

透明で歯ごたえのある活イカを食したいという消費者のニーズや, 近海で漁獲されるイカと船上凍結イカとの差別化をしたいという漁業者の要望により様々な活輸送に関する研究開発が行われており, 最近では電氣的ショックにより運動機能を抑制する方法¹²⁾や輸送中の排水を浄化し, 酸素付加させながら輸送する方法¹³⁾



図5 ヤリイカの外套筋の観察
ヤリイカを人工海水で回復後、刺身にした後観察

などの工夫がなされている。活イカ輸送以外にも, 漁獲後神経切断を行い即殺したイカを酸素パックし, 5℃で輸送する方法¹⁴⁾や水温貯蔵による鮮度保持効果 (色や筋肉の物性の保持)¹⁵⁾などの研究も行われている。

本研究で用いた方法であるが, これまでにアフリカマイマイ *Achatina fulica* やアメフラシ *Aplysia californica* などの軟体動物ではマグネシウムイオンが神経機能をブロックする効果があることが報告され,^{16,17)} この作用をイカ類の活輸送に応用したものである。まず, 鎮静状態を誘導するのに適切な $MgSO_4$ 濃度は外観観察と海水中の NH_4-N 濃度で判断する限りヤリイカやスルメイカの場合もホタルイカの場合と同様に 20mM であった。Messenger *et al.*¹⁸⁾ は, イカ類やタコ類が塩化マグネシウム ($MgCl_2$) により鎮静状態となり, 13 ~ 22℃の温度範囲で回復することや塩化マグネシウムは中枢神経に作用し, 外傷なしに鎮静作用の誘導が可能であると報じている。Garcia-Franco¹⁹⁾ はアオリイカ *Septoteuthis sepioidea* の鎮静作用を誘導するのに適切な $MgCl_2$ と $MgSO_4$ 濃度はそれぞれ 1.5 ~ 2% と 3 ~ 4% と報告している。また, Namba *et al.*²⁰⁾ はマガキ *Crassostrea gigas* の閉殻筋を持続的に弛緩させるため 0.369M 塩化カルシウム溶液に浸漬すると, 180 分後には約 77% の個体の閉殻筋が弛緩し, 海水に戻すと 24 時間以内にすべての貝の運動が再開したと報告している。さらに, 上水樽, 安楽²¹⁾ は, 閉殻筋の収縮と脳の回復には 0.4M $MgCl_2$ 溶液 5mL を 19g のツキヒガイの閉殻筋に注射する方法が良いことを報告している。本研究では, ヤリイカやスルメ

イカの鎮静作用の誘導を目的としているため、アオリイカや貝類で用いられたマグネシウムイオンに比べて濃度は低いが、外観観察では筋肉の収縮や硬直は認められず、むしろ弛緩に近い状態であった。

本研究では近海で漁獲されるヤリイカやスルメイカを試料として、輸送コストの低減、共食い防止、小スペースでの大量輸送を目的としたマグネシウムイオンの鎮静作用を利用した活イカ輸送を行った。その結果、輸送後（漁獲約35時間後）にいずれの試料でも新しい冷海水に戻した後に回復遊泳はみられなかった。しかし、ヤリイカの場合、麻酔試料では他の冷凍および冷蔵試料に比べて透明感と歯ごたえがよかった。

著者ら³⁾はこれまでにマグネシウムイオンの鎮静作用を利用したホタルイカの活輸送（高密度輸送）を行ってきたが、漁獲約33時間後でも輸送した試料の約8割が回復遊泳可能であった。そこで、輸送試験と同様な方法でヤリイカとスルメイカの保管試験を実施したところ、保管約9時間（漁獲後約14時間）までであれば回復遊泳は可能であった（表6）。ホタルイカの場合は、生息温度が約0-13℃と広範囲のため下氷（約0℃）で輸送しても輸送時のストレスが少なく、大部分の試料が漁獲約33時間後でも回復遊泳が可能であったと考えられる。

著者ら^{3,4)}は、ヤリイカやスルメイカの活輸送時に表層水を殺菌した海水を用いていたが、梅雨などで海水の塩分濃度が（3.0%以下）に低下すると、鎮静作用の誘導時にイカが海水中に墨を吐いたり、漏斗の動きが激しくなる現象

表6 MgSO₄ 海水で保管後の回復遊泳数の変化

試料	3時間後	9時間後	24時間後
ヤリイカ	2匹/2匹	2匹/2匹	0匹/2匹
スルメイカ	2匹/2匹	2匹/2匹	0匹/2匹

分子：海水に戻した後の回復遊泳数。

分母：麻酔処理・保管後の数。

がみられたため、活輸送を行う際には用いる海水の塩分濃度の低下に留意する必要がある。

これまでに著者らはコウイカ *Sepia esculenta*、アオリイカ *Sepioteuthis lessomiana* およびケンサキイカ *Loligo edulis* をヤリイカやスルメイカと同様の方法で活輸送を行ってきたが、輸送中に大部分の試料が墨を吐き、海水中のNH₄-N濃度が上昇し、ストレスによる疲労が進むため、輸送後の品質（透明感や歯ごたえなど）が低下した。最近、ビニル袋に海水と活イカを入れ酸素充填した保管試験で保管中のイカの死亡の主要原因が、海水中の溶存二酸化炭素上昇によるpHの低下であることが報告されている²²⁾。今後は、イカの種類に応じた鎮静状態の誘導方法、輸送時のストレスの軽減方法および輸送中の海水のpH低下の抑制等様々な工夫が必要となるであろう。

[謝辞]

本研究は、水産庁水産物品質保持技術基礎調査事業の一環として行われたものである。輸送試験にご協力いただいた四国化工（株）金地宏和氏、愛媛県工業技術センター企画調整室主任研究員 平岡芳信博士、北海道立工業技術センター研究開発部水産食品加工科長 吉岡 武也博士、魚津漁協協同組合専務 浜住博之氏並びに富山県食品研究所食品加工課主任研究員 小善圭一氏に厚く感謝します。

..... 文 献

1) Web Site より (http://www.sanspo.com/fish/labo/monogatari/sakana_ika4.html)

2) 野中 健, 北 祐吉, 井熊孝男, 成田正直, 福士暁彦, 北村有里, 西岡 純, 佐川久美子, 郷古富雄: 水産加工品総覧 (福田 裕, 山澤正勝, 岡崎恵美子監修), 光琳, 東京, 2005.

3) 船津保浩, 川崎賢一, 阿部宏喜: 麻酔技術を応用したイカ類の高鮮度流通技術, 「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, 2004; pp. 120 - 128.
- 4) 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
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
Industry*, 2005; 47: 1-8.
 - 5) 鈴木恒由: スルメイカの飼育と活輸送, 「イカ - その生物から消費まで」, (奈須敬二,
奥谷喬司, 小倉通男編), 成山堂書店, 1991; pp.212 - 232.
 - 6) 山中英明, 鬼丸良道. 活イカの流通システム - 漁獲から消費まで -. 海洋水産エンジ
ニアリング, 2000; 10: 1 - 8.
 - 7) 島崎健二, 桜井泰憲. 平成2年度スルメイカ人工飼育技術開発研究事業報告書, 函館市
水産連合協議会, 1990, pp.1 - 15.
 - 8) 仲野 肇: 活イカ等の輸送用カプセル及びこのカプセルを用いた包装体. 1994, 実用新
案公開第 10189 号.
 - 9) 松永明信. 深層水の成分及び清浄性. 「21 世紀の資源 富山湾深層水」(富山湾深層水
利用研究会編), 2001; pp.4 - 7.
 - 10) P. W. Hochachka. 頭足類におけるグルコースとアルギニン代謝の共役. 「低酸素適応の
生化学」(橋本周久, 阿部宏喜, 渡部終五訳), 恒星社厚生閣, 1983, pp.55-72.
 - 11) P. W. Hochachka, T. P. Mommsen, J. Storey, K. B. Storey, K. Johansen and C. J. French: The
relationship between arginine and proline metabolism in cephalopods. *Mar. Biol. Lett.*, 1969; 4:
1-21.
 - 12) ト部俊郎: 活魚等の運動機能の抑制方法および抑制処置装置ならびに抑制処理された
活魚等の保存方法. 2000, 特許公開第 166420 号.
 - 13) ト部俊郎: 活魚輸送装置および活魚輸送方法. 2002, 特許公開第 360113 号.
 - 14) 吉岡武也, 木下康宣: イカの鮮度技術の進展. 日水誌, 72, 495-500 (2006).
 - 15) M. Ando, H. Hashimoto, R. Harada, A. Yamane: Effect of super chilling storage on
maintenance of freshness of kuruma prawn. *Food Sci. Technol. Res.*, 2004; 10: 25 - 31.
 - 16) Yoshida M, Kobayashi M. Neural control of the buccal muscle movement in the African giant
snail *Achatina fulica*. *J. Exp. Biol.* 1991; 155: 415-433.
 - 17) Alevizos A, Weiss KR, Koester J. Synaptic actions of identified peptidergic neuron R 15 in
Aplysia. I. Activation of respiratory pumping. *J. Neurosci.* 1991; 11: 1263-1274.
 - 18) Messenger JB, Nixon M, Ryan KP. Magnesium Chloride as an anaesthetic for cephalopods.
Comp. Biochem. Physiol. 1985; 82: 203-205.
 - 19) Garcia-Franco M. Anaesthetics for the squid *Sepioteuthis sepioidea* (mollusca: cephalopoda) .
Comp. Biochem. Physiol. 1992; 103: 121-123.
 - 20) Namba K, Kobayashi M, Aida S, Umematsu K, Kondo Y, Miyata Y. Persistent relaxation of the
adductor muscle of oyster *Crassostrea gigas* induced by magnesium ion. *Fish. Sci.* 1995; 61:
241-244.
 - 21) 上水樽豊己, 安楽和彦. ツキヒガイ閉殻筋への塩化マグネシウム注射による開殻. 日
水誌 1999; 65: 856-859.
 - 22) Web site より <http://www.techakodate.or.jp/found/urban/pamph5.pdf>.