

活イカ輸送の実用化にむけて

長崎県総合水産試験場 水産加工開発指導センター 加工科 科長 岡本 昭
環境養殖技術開発センター 養殖技術科 科長 山本純弘
長崎県工業技術センター 応用技術部 食品・環境科 専門研究員 大脇博樹

1 はじめに

日本の水産物の中で、イカ類は漁獲量および消費量の多い魚種のひとつで、平成 22 年度の漁獲量は 266 千トン¹⁾、年間 1 人当たり消費量は「さけ」に次いで 816g となっています²⁾。全国の漁獲量ではイカ類のうちスルメイカが 199 千トンで約 75% を占めていますが、長崎県に限るとケンサキイカやアオリイカなどその他イカ類に分類されるイカが約 4 割あり、スルメイカを主体に漁獲する北海道や宮城県等とは漁獲組成が異なります。また、本県はケンサキイカやアオリイカについて日本屈指の漁獲量を誇り、



図 1 水槽中のアオリイカ

離島地区を中心に、一本釣りや定置網漁業の重要な対象魚種となっています。これらのイカは消費市場での単価は高いものの、消費地から遠いなど流通上のハンディを抱え、冷凍や鮮魚として出荷せざるを得ないのが現状です。

イカの場合、品質の評価を決定づける条件として外套膜の透明感があげられます。そのため、長崎県総合水産試験場ではイカ外套膜の透明感を維持する条件や透明感の客観的測定法について研究してきました³⁻⁵⁾。結果の一部は「水産開発」第 105 号でも紹介していますが、さらに透明感あるイカ類を消費地に提供する手段として活魚輸送が想定され、そのための技術開発が望まれています。しかし、魚類とは異なり、イカ類を活きたまま大量に長距離輸送するためのノウハウはあまりありません。

活イカ輸送の問題点として、イカ類が輸送時に排出するアンモニア、有機懸濁物の増加、溶存酸素の減少などによる水質悪化やストレスなどが考えられ、これまでの活イカ輸送の試みについて、主にそれらを低減させるための氷温⁶⁾、パック輸送⁷⁾、マグネシウムイオン⁸⁾や泡沫分離⁹⁾を利用した輸送技術などが報告されています。また、活アオリイカの長距離輸送に関しては Ikeda ら¹⁰⁾の報告がありますが、高密度に収容して長距離を輸送した研究例はありません。

そこで本稿では、長崎県が開発した海水浄化システムを用いた活アオリイカの輸送技術についての試みを報告します。

2 アオリイカのアンモニア排出量とへい死の関係

活アオリイカ輸送の技術開発研究の一環として、イカの高密度収容時におけるへい死の主要原因のひとつと考えられるアンモニアに注目し、アオリイカの排出するアンモニア濃度とへい死の関係を検討しました¹¹⁾。



図2 実験に使用したアオリイカの採集場所
 輸送試験のスタート地点および輸送試験のフェリー航路を示す。

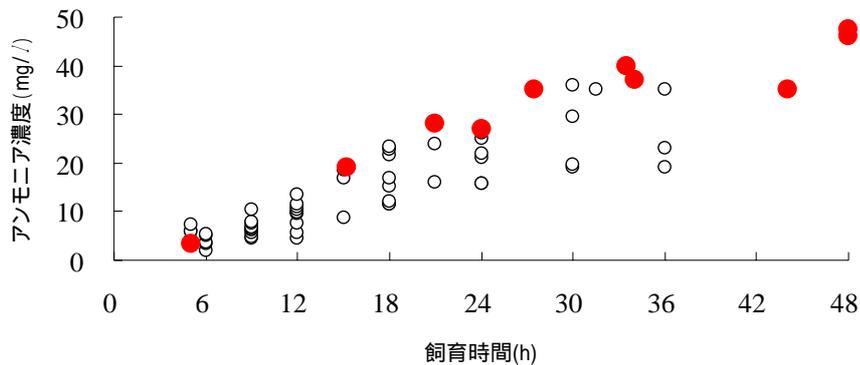


図3 アンモニア濃度の経時変化
 10lの海水中にアオリイカ(体重 146-361g)を1個体ずつ入れ、海水温を19 に維持し、プロアで空気を供給しながら、黒いカバーをかけた状態で飼育した。(計10個体)
 : 水槽中のアンモニア濃度 : アオリイカへい死時のアンモニア濃度

この実験で用いた試料は長崎県五島地区(図2)において一本釣り漁獲され、活魚船で長崎魚市場に運搬されたアオリイカです。なお、試料は運搬後、一昼夜水槽内で遊泳させて実験に使用しました。

アオリイカのアンモニア排出量を把握するため、10lの海水を入れた水槽中にアオリイカを1個体ずつ入れて飼育しました。図3に示したように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ました。アオリイカは飼育6時間後の1個体を除き、アンモニア濃度が約15時間後に20mg/lを超えた時にへい死が確認され、40mg/lではすべてがへい死しました。この実験では水槽中の海水を濾過していないため、アオリイカが排泄する有機物もへい死に影響したことが

想定されます。そのため、活アオリイカの飼育、輸送実験にあたっては、へい死防止のため海水中のアンモニア濃度は20mg/l以下に抑制することを目標としました。

3 海水浄化装置の開発とアオリイカの高密度飼育中のアンモニア除去効果

長崎県は微生物を利用する従来の生物濾過システムとは本質的に異なる海水浄化技術を開発しています^{12,13}。この技術は海水を電気分解し、電気分解によって生成する次亜塩素酸がアンモニアと反応して窒素に変換することで海水浄化を図るものです。これを従来の海水浄化システムと比較して図4に示しました。

開発した海水浄化システムは、

吸着材槽はアンモニアと次亜塩素酸の効率的な吸着による見かけの反応速度の向上

活性炭槽は過剰な次亜塩素酸の分解

泡沫分離槽はアオリイカの排出する有機懸濁物の除去を目的としています。

従来のシステムは水槽に比較して生物濾過槽など付属装置の占める容積が大きく、小型化を図ると能力が不足するため高密度の活アオリイカ流通は困難でした。その点、今回開発した浄化装置は小容量でシンプルな装置となっています。

この海水浄化装置を200 l水槽に装備(図5-(a))して活アオリイカ輸送の可能性を検討するため飼育実験を行いました。実験には長崎県内で定置網にて漁獲されたアオリイカ20個体(19.4 kg)を個別収容できるカゴに収容し、200 l水槽(図5-(b))で飼育しました。

実験開始約3時間後、水槽内のアンモニア濃度が3.5mg/lになった時点で海水の電気分解を開始しました。

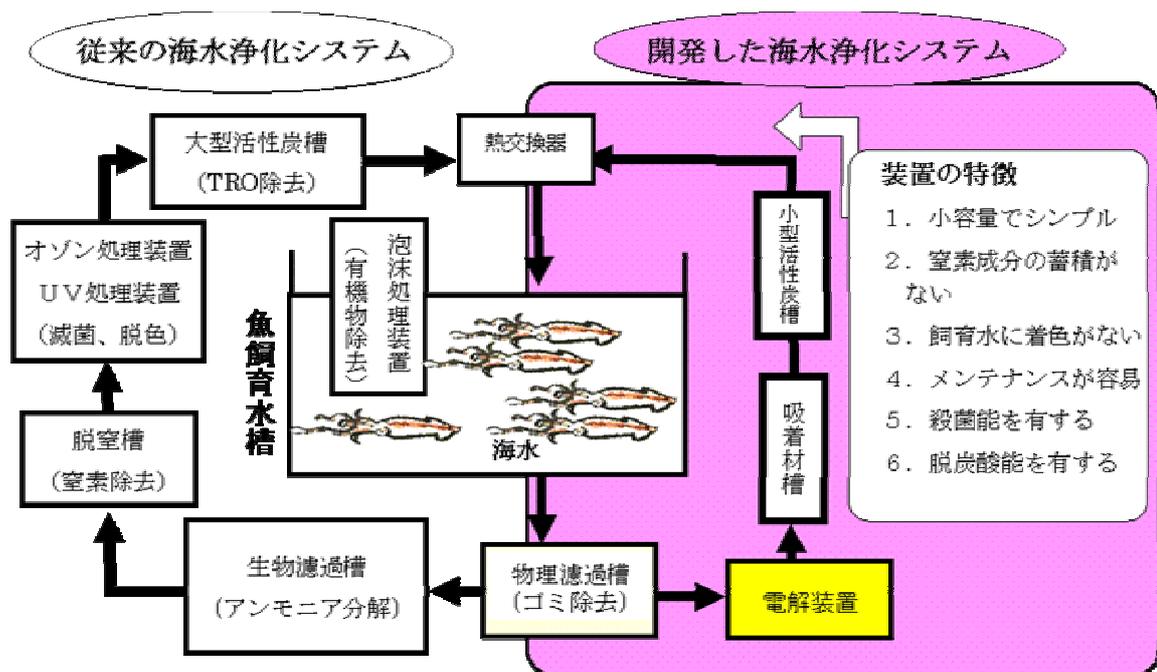


図4 長崎県が開発した海水浄化システムと従来の海水浄化システムの比較



図5 実験に使用した海水浄化システム(a)およびアオリイカの收容状況(b)

その後、アンモニア濃度と次亜塩素酸量を定時ごとに測定し、適切な電流値に設定しました。アンモニアは実験中ほぼ 6 mg/l 以下で推移したことから、アンモニアの除去が適切に行われていることを確認しました。なお、海水浄化装置から水槽に供給される海水の次亜塩素酸濃度は 0.1 mg/l 以下に抑制されました。これまでに、次亜塩素酸濃度が 0.2 mg/l 以上でアオリイカはへい死することを確認しており、本システムではこの点では問題ありませんでした（図6）。

24 時間の実験終了後、水槽の上部蓋を開放してアオリイカの状況を確認したところ、アオリイカは活力のある状態で全数が生存していました。スミを吐いた様子も確認されませんでした。海水浄化装置から水槽へ供給される海水中アンモニア濃度は14時間後に 3.5 mg/l まで上昇しましたが、水槽内のアンモニア濃度は $5 \sim 6 \text{ mg/l}$ に維持されており水質管理は充分に行われていました。

今回は静置状態での実験でしたが、收容密度 8.4% 、24 時間の飼育で 100% 生残を達成したことから、実際に活イカの高密度長距離輸送実験に取り組むこととしました。

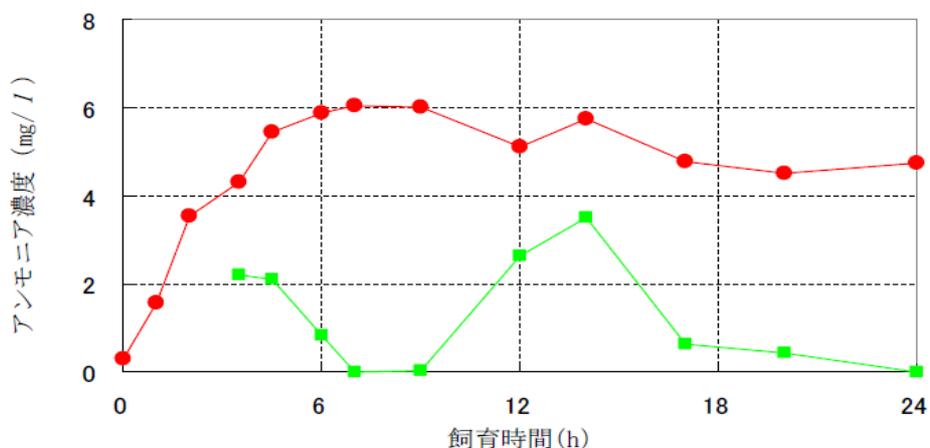


図6 輸送を想定した室内実験におけるアンモニア濃度の経時変化

○：水槽中のアンモニア濃度， □：浄化処理後、水槽へ供給された海水のアンモニア濃度

表1 活アオリイカ輸送試験時の輸送条件および輸送結果

	輸送試験-1		輸送試験-2		輸送試験-3		
出発地	長崎県平戸市		長崎県長崎市		新上五島町		五島市
到着地	東京都築地		東京都築地		福岡県博多市		福岡県博多市
実施日	H21年10月28日～29日		H21年12月24日～25日		H22年11月25日～26日		H22年12月1日～2日
供試アオリイカ	志々伎漁協で蓄養および輸送当日の漁獲物		五島市久賀で蓄養したものを長崎市に運搬		新上五島町漁協で蓄養		五島市久賀で蓄養
試験区分	水槽1	水槽1 (試験区)	水槽2 (対照区)	水槽1	水槽2	水槽1	水槽2
海水浄化装置の有無	有	有	無	有	有	有	有
収容個体数(個体)	20	20	20	21	21	21	21
平均重量(g)	632	1316	1231	921	1152	1038	1095
収容密度(%)	5.5	11.4	10.7	8.4	10.5	9.5	10.0
水温(°C)	18.0～18.5	16.1～16.9	15.9～16.7	15.6～15.9	15.5～15.9	16.1～17.5	16.1～16.7
溶存酸素(mg/l)	7.0～10.7	7.4～12.0	6.5～7.8	8.9～12.5	9.2～13.6	7.5～13.1	10.1～12.5
到着時のアンモニア濃度(mg/l)	8.3	4.4	27.5	4.2	4.8	4.1	6.3
生残個体数(個体)	19	12	1	21	21	21	21
生残率(%)	95	60	5	100	100	100	100
輸送時間(h)	22.5	22		8	21	22	

4 活アオリイカ高密度長距離輸送の実施

前段で述べた海水浄化システムを利用して、長崎県から東京都築地市場や福岡市などへ向けて活アオリイカ輸送を試みました。海水浄化システムは、前述したように200 l水槽と浄化装置から構成されますが、輸送実験にあたっては、輸送時の振動抑制のために海水浄化システムを防振パレット上に設置し、25 t(築地市場向け)もしくは4 t(福岡市向け)トラックに積載して輸送しました。その結果を表1に表しています。

4-1 輸送試験-1(平戸市 東京都築地市場)

第1回目は長崎県平戸市志々伎漁業協同組合(以下、漁協、図2)に水揚げされたアオリイカを東京都築地市場まで輸送しました。試料は数日前から漁協の陸上水槽で飼育していたものと輸送当日早朝に水揚げされたアオリイカ20個体、収容密度は5.5%でした。飼育していたアオリイカは、遊泳状況や色素胞の変化などから当日水揚げされたイカと比較して目視で明らかに活力が弱っていることがわかる程度の差が見られました。

輸送試験中は酸素を十分に供給し、水温は約18℃に維持しました(表1)。飼育中、海水浄化装置から供給される海水のアンモニア濃度はほぼゼロで推移しており、海水浄化装置によってアオリイカが排泄した水槽中のアンモニアが分解・除去されていることを確認しました。

築地市場到着時、アオリイカは20個体中19個体が生存、1個体がへい死していました。今回の実験では活力の低いアオリイカが一部混在していたにもかかわらず、生残率は95%と高率であり、このシステムが長距離の活イカ輸送に使用できることが示唆されました。

4-2 輸送試験-2(長崎市 東京都築地市場)

2回目の輸送試験は、総合水産試験場から築地市場に輸送しました。試料は五島列島周辺で10

月頃漁獲され、同市久賀島（図2）にて海面給餌飼育後、輸送2日前に総合水産試験場の海面生簀に漁船で運搬されたアオリイカを用いました。今回は海水浄化システムの優位性を検討するため水槽を2基準備し、表1に示す条件で検討しました。

輸送実験中、水温は約16℃で推移し、海水浄化装置を稼働させている水槽1のアモンニア濃度は5mg/l以下に維持されました。一方、海水浄化装置を設置していない水槽2は時間が経過するに従って直線的にアモンニア濃度が増加し、到着時は27.5mg/lでした。

築地市場到着時、水槽1は20個体中12個体が生存、8個体がへい死しました。12個体のアオリイカの活力は良好で、生残したアオリイカ12個体の重量合計は海水重量の7%に相当しました。水槽2はほとんどの個体がへい死し生存は1個体のみでした。この輸送実験によって、海水浄化システムによって水槽中のアモンニア除去が可能となり、長距離輸送においてもアオリイカの生残率が向上することが確認されました。

4-3 輸送試験-3(五島市 福岡市,新上五島町 福岡市)

先の2回の輸送実験を踏まえて、長崎県五島地区から福岡市へ活イカ輸送技術の実用化を目的としてアオリイカを輸送しました（図2）。運搬には五島地区を午前中に出発すると博多港へは同日午後7時頃到着するフェリー太古丸を利用しました。この便を利用すると、漁獲もしくは蓄養したアオリイカを早朝、海水浄化装置を装着した水槽に収容して運搬すると翌朝の福岡魚市場でのセリにも間にあいます。セリまでの間に要する時間は、出発後20~24時間程度なので、このシステムは活アオリイカ輸送に充分、利用できることが考えられました。

活アオリイカ輸送実験は上五島町と五島市を出発地としてそれぞれ1回ずつ実施しました（表1）。どちらの実験も21個体のアオリイカを2つの水槽に合計42個体を収容しました。この時の収容密度は8.4~10.5%でした。2回の実験とも収容して21時間後に生存条件を確認したところすべての水槽でへい死することなく、生残率は100%でした。その後、市場関係者や飲食店に対して官能評価を実施しましたが、透明に輝くアオリイカを見て驚きの声があがるなど、たいへん好評で、アンケート調査ではこのような活イカが安定的に入手できれば取り扱いたいとの回答もありました。

以上述べたように、我々は高価で販売できることが期待される活イカを大都市圏まで高密度で長距離輸送する技術の開発に取り組んできました。

活イカ輸送のために開発、利用した海水浄化システムは、これまで活イカ輸送の障害となっていた海水浄化に効果が認められ、高密度長距離の活アオリイカ輸送が達成できました。この輸送技術を用いて現在、民間企業が活イカ輸送用水槽を製作しており、今後、実用レベルでの活イカ輸送が行われることが期待されています。

本稿は水産学シリーズ172「沿岸漁獲物の高品質化 - 短期蓄養と流通システム」(日本水産学会監修、福田裕・渡部終五編、恒星社厚生閣)8章§3に加筆、修正したものです。

また、成果の一部は、農林水産省「新たな農林水産施策を推進する実用技術開発事業 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」および九州経済産業局「地域イノベーション創出研究開発事業 新規海水浄化装置を用いた活イカ輸送システムの開発」によるものです。

文 献

- 1) 平成 22 年漁業・養殖業生産統計．農林水産省，東京．2011．
- 2) 水産白書平成 23 年版．水産庁，東京．2011．
- 3) 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 2008; 75: 856-860．
- 4) 本田栄子，谷山茂人，水谷麻衣子，岡本昭，横田桂子，川島茜，濱田友貴，橘勝康．アオリイカの外套筋の死後硬直に及ぼす保存温度の影響．日本食品化学会誌 2009;16:15-19．
- 5) 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．画像ラボ 2008; 19: 21-25．
- 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 2002; 2(10): 13-20．
- 7) 財団法人函館地域産業振興財団，千葉水産株式会社．活魚介類の保存又は輸送方法．特開 2007-259766.
- 8) 船津保浩，川崎賢一，臼井一茂，仲手川恒，清水俊治，阿部宏喜．マグネシウムイオンの鎮静作用を利用したヤリイカとスルメイカの活輸送，とくに輸送後の冷凍および冷蔵試料との品質の比較．日水誌 2007; 73: 69-77．
- 9) 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 2009; 57: 662.
- 10) Ikeda Y, Ueta Y, Sakurazawa I, Matsumoto G．Transport of the oval squid *Sepioteuthis lessoniana* Férussac, 1831 in Lesson 1830-1831 (Cephalopoda: Loliginidae) for up to 24 h and subsequent transfer to an aquarium．Fish Sci 2004; 70: 21-27.
- 11) 岡本昭，後藤孝二，谷山茂人，橘勝康．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．長崎県水産試験場研究報告，2011; 36: 25-30.
- 12) 大脇博樹，山口正美，山本貴弘．オゾン吸着触媒を用いた陸上養殖海水浄化システムの開発．長崎県工業技術センター研究報告，2008; 37: 58-59.
- 13) 大脇博樹，安元進，岡本昭，山本純弘，山口正美，山本貴弘．水溶性酸化剤吸着触媒を用いた陸上養殖海水浄化システムの開発-イカの高密度活魚輸送への適用-．長崎県工業技術センター研究報告，2009; 38: 38-42.