

## 酸素発生器を用いたスルメイカの活魚輸送法

仲手川 恒・荻野 隆太・長嶋 智幸

Study on transportation method of live Japanese common squid  
*Todarodes pacificus* using the generator of oxygen

Hisashi NAKATEGAWA\*, Ryuta OGINO\*\*, and Tomoyuki NAGASHIMA\*\*\*

## はしがき

三浦半島の松輪地区及び長井地区では、日帰り操業で出漁する沿岸イカ釣漁業が行われている。沖合漁業及び遠洋漁業と異なり操業時間が約半日と短いため、漁獲物を船内の魚倉内で活かし、帰港時に活魚で出荷している。同漁業の主対象種であるスルメイカの場合、平成14年7月10日から同年10月9日におけるみうら漁業協同組合松輪支所の出荷時の平均単価は、鮮魚扱いは1kg当たり334円であるのに対し、活魚では1,372円と4倍以上で取引されている。

スルメイカの盛漁期は夏場の高水温期と重なるため、主漁場である三浦半島南沖は、一都三県漁海況速報<sup>1)</sup>によると7月中旬から10月中旬にかけて活漁輸送にとって限界といわれる24以上<sup>2)</sup>の高水温になる。石井は、沿岸イカ釣漁業の操業形態に合わせた過装置及び海水冷却装置<sup>3,4)</sup>を導入し、この時期の活魚の生残率を向上させた。しかし、漁獲量によっては活魚の魚倉への収容量が限界に達することは多く、輸送量の更なる上積みが見込まれている。また、港への輸送中一旦スルメイカが死亡し出すと連鎖的に広がり全滅する場合もあることから、輸送量の限界値の把握は重要である。

スルメイカは、他の魚類又はコウイカやヤリイカと比較して運動量が多いため、輸送の取り扱いが非常に困難とされている<sup>5)</sup>。また、奈須他<sup>6)</sup>は飼育環境水の重要事項として、アンモニア及び炭酸ガスの除去と、呼吸により消費された酸素の補給を挙げている。アンモニアについては、海水冷却装置による換水により一定量の除去が可能である。炭酸ガスの除去については、従来から行っているエアレーションにより水中の二酸化炭素を気泡中に拡散後、大気中に排出させることができるため、密閉式の循環水槽を用いない限り問題は生じない。酸素の補給については、エアレーションによる空気補給を行い、同時に海水冷却装置を用いることによりスルメイカの代謝を抑える措置が講じられている。しかし、大気中の酸

素濃度は約21%と低いことから、エアレーションで供給される酸素量には限界がある。酸素ポンプの使用により直接酸素を供給する方法があるが、重量物であることと、急激な酸素濃度の上昇によるイカへの生態的な影響が問題となっており<sup>5)</sup>、操業での適切な使用には技術が必要とする。そこで本報は、医療用として開発され、養殖現場や活魚トラック等水産業界での利用のために改良された酸素発生器をスルメイカの輸送に用い、活魚倉内の環境変化とスルメイカの収容量の関係について調査し、酸素発生器の効果を明らかにしたので報告する。

## 調査方法

平成14年8月26日と同年10月10日の2回、みうら漁協松輪支所所属のイカ釣り漁船である茶光丸4.9トンに乗船し、操業にあわせて調査を行った。調査項目は、魚倉内と漁場海面の表層の溶存酸素濃度、水温及び水素イオン濃度(pH)とし、操業開始後10分間隔(8月26日のpHは30分間隔)で測定した。同時にスルメイカの釣獲尾数も計測した。魚倉内の溶存酸素濃度及び水温の測定にはセントラル科学株式会社製UK-2000型を、pHの測定には株式会社堀場製作所製のpHイオンメーターF23をそれぞれ使用した。

海水冷却装置とエアレーションを装備している魚倉の総容量は約1.7トンである。海水冷却装置は、魚倉の水温が設定温度を2度超えると作動し、設定温度に達すると海水交換を行う仕様となっている。本調査では設定温度を18度とした。エアレーションのプロアーの出力は毎分100Lで活魚倉の脇から排出させている。いずれも通常の操業時と同条件であり、ともに操業開始時点から作動させた。酸素発生器は株式会社商起産業の酸素発生器オージネーター600を使用した。同器は、大気中の窒素をゼオライトで吸着させ酸素濃度を90%以上まで高めることができる。酸素流量は毎分6L、電源AC100V、消費電力420W、サイズW360×H650×D430(mm)、重量

30kgである。本調査では、魚籠の酸素濃度（ppm）が漁場海面の表層の酸素濃度と同程度の濃度にまで下がった時点で作動させ、以後操業終了時まで供給を維持した。

茶光丸が記録した平成12年から14年の日別漁獲量、活魚出荷量及び漁場水温のデータを用い、水温別の輸送量の平均値及び酸素発生器の使用による経済効果を試算した。

## 結 果

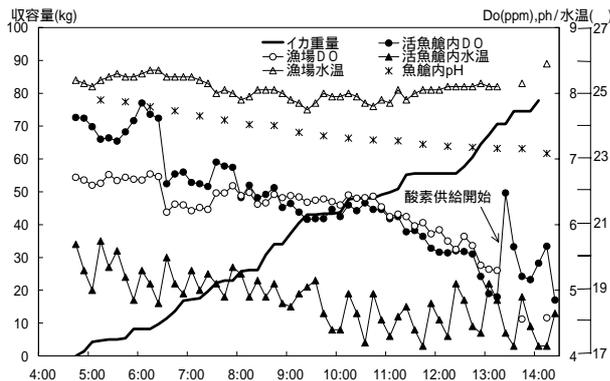


図1 水温、溶存酸素濃度及びスルメイカ漁獲量の経時変化（平成14年8月26日）

### 1．平成14年8月26日

図1に、8月26日の操業時間と漁獲量、水温及び溶存酸素濃度の推移を示した。操業は4時40分から14時10分まで行われ、開始時の漁場水温は25.4、魚籠水温は20.4であった。漁場水温は1日を通して25前後で推移し、大きな変化は見られなかった。魚籠水温は海水冷却装置の作動により、周期的に上昇下降を繰り返し、17時から20前後に保たれていた。漁場と魚籠との温度差は平均6.3であった。1日の漁獲量は78kg（217尾）であり、11時20分から12時20分の間等、漁獲が1時間以上途切れる期間が見られ、魚籠に補給されるスルメイカの量は一定ではなかった。

漁場の酸素濃度は操業開始時に6.72ppmで6時20分まで6.7ppm前後で推移し、その後の10分間で0.54ppm低下した後、10時50分まで6.3ppm前後で推移した。その後は徐々に低下し13時40分に最低値4.56ppmを記録した。魚籠の酸素濃度は開始時に7.63ppmであり、漁場より1ppmほど高い値で推移した後、漁場と同様に6時20分から30分の10分間で1ppm低下し6.62ppmとなった。その後は徐々に低下し、収容重量が26kgとなった8時に一旦漁場の酸素濃度を下回る6.41ppmとなり、再度逆転したが収容重量が34kgとなった8時50分以降には再び漁場よりも低い値で推移した。その後、漁場の溶存酸素と同様に低下し、酸素発生器の電源を入れる直前の収容重量が71kgとなった13時10分に最低値4.9ppmとなった。電源投入後、最初の10分間で1.58ppmの上昇が見られ、

魚籠の酸素濃度は8時30分頃の収容重量30kg前後の段階まで回復した。その後再び低下したものの、同時刻の漁場の酸素濃度よりも高い値で推移した。

魚籠のpHは、操業開始直後の5時10分に7.9でその後徐々に減少し、終了時には7.1となった。

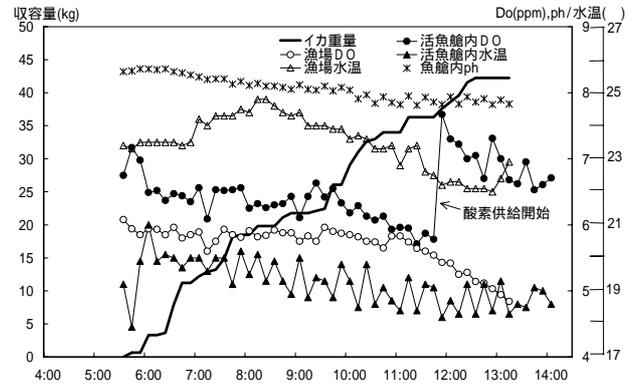


図2 水温、溶存酸素濃度及びスルメイカ漁獲量の経時変化（平成14年10月10日）

### 2．平成14年10月10日

図2に、10月10日の操業時間と漁獲量、水温及び溶存酸素濃度の推移を示した。操業は5時30分から13時10分まで行われ、開始時の漁場水温は23.4、魚籠水温は19.2であった。漁場水温は徐々に上昇し8時10分及び20分に最高値24.8となった。その後再び低下し、12時50分に最低値22.0となり、操業終了時点では若干上昇し22.9であった。魚籠水温は8月26日の調査時と同様に海水冷却装置の作動により、周期的に上昇下降を繰り返し、18時から20前後に保たれていた。漁場と魚籠との温度差は平均4.2であった。1日の漁獲量は42kg（128尾）であり、8月26日に見られた1時間を越える漁獲の途切れはなかった。6時台と10時前後に漁獲のペースが高まっていた。

漁場の酸素濃度は操業開始時に6.08ppmで、11時頃まで5ppm台後半で推移した。その後は徐々に低下し操業終了時の13時10分には4.84ppmとなった。魚籠の酸素濃度は開始時に6.75ppmであった。漁場より0.6ppmほど高い値で相対的に推移し、9時30分頃からその差は徐々につまり、収容重量が34kgとなった10時50分には漁場と同様に5ppm台後半となった。酸素発生器は11時40分過ぎに作動させた。8月26日と同様に酸素濃度は上昇し、10分後には1.89ppmの上昇が見られ、7.67ppmとなった。この値は操業開始直後の5時40分の値7.17ppmを上回った。その後はやや低下したものの、7ppm前後の高い値で推移した。酸素供給開始後の漁場との濃度差は平均1.94ppmであった。

魚籠内のpHは、操業開始時に8.3でその後徐々に減少し、終了時には7.8となった。

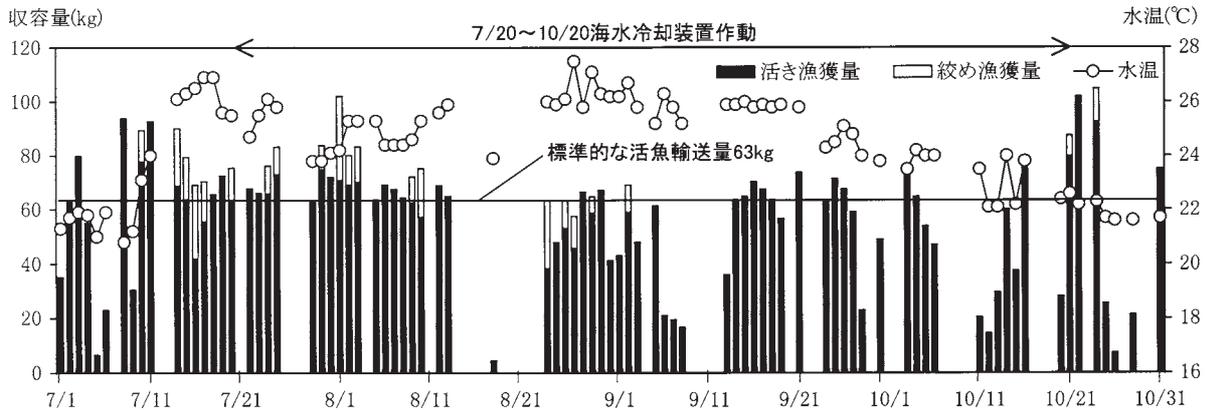


図3 平成13年高水温期の日別活スルメイカ漁獲量と操業開始時の漁場水温

3. 活魚輸送量の平均値

平成13年7月から10月の4ヶ月間の日別活魚漁獲量と、操業開始時の水温を図3に示した。棒グラフの黒い部分は活魚として出荷できた量(kg)を、白い部分は死亡により鮮魚として出荷した量(kg)を表している。水温は操業開始時の漁場の表面水温である。平成13年は、水温が23℃を超えた7月20日から10月20日までの間、操業日数に換算すると68日間、海水冷却装置が作動する魚船(容積約1.7トン)のみを使用し操業している。スルメイカの死亡は7月10日から9月2日の間に19日間発生し、死亡したため鮮魚として出荷した累計量は282.8kgであった。この間の総漁獲量は2,619kgであるため、1割以上の死亡が発生している。

次に、スルメイカの死亡が発生した際に活魚として出荷できた活魚漁獲量分と操業開始時の水温との関係を図4に示した。前述した平成13年のスルメイカの死亡が発生した時のデータ15日分と、平成12年の同データ8日分を用いた。なお、スルメイカの胃内容物の未消化物により魚船の水質が悪化した5日分(平成12年9月26日、平成13年7月10日、同年7月16日、同年7月25日及び同年8月24日)のデータは、他の要因による死亡と推定されるため排除した。漁場の水温と活魚漁獲量との間には負の相関が見られ、酸素発生器を用いない場合の活魚輸送量の最小値は45.5kg(漁場水温27.5℃)、最大値は

74.6kg(同23.8℃)、平均値は63kg(同25.6℃)であった。図4の近似式から、茶光丸の水温別の平均値は23℃で71kg、24℃で68kg、25℃で64kg、26℃で61kg、27℃で57kgと算出された。

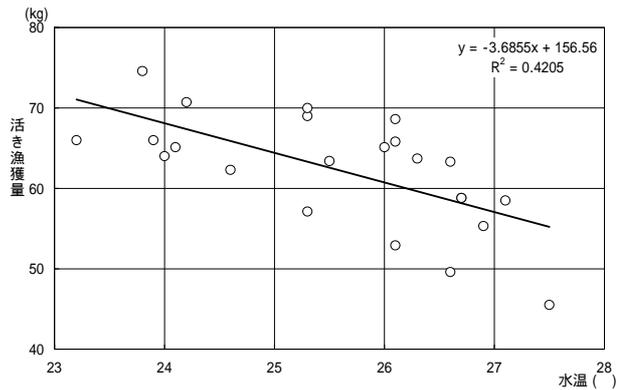


図4 活魚輸送量と操業開始時の水温との関係(酸素発生器なしの場合)

平成14年の漁獲量を図5に示す。当年は7月18日から海水冷却装置の作動と同時に酸素発生器を使用していた。この間スルメイカの死亡は見られず、漁獲量の最大値は9月1日の88kgであり、この時の水温26℃における輸送平均値61kgを27kg上まわった。また、全水温の平均値63kgを超えて輸送できた日数は18日間であった。

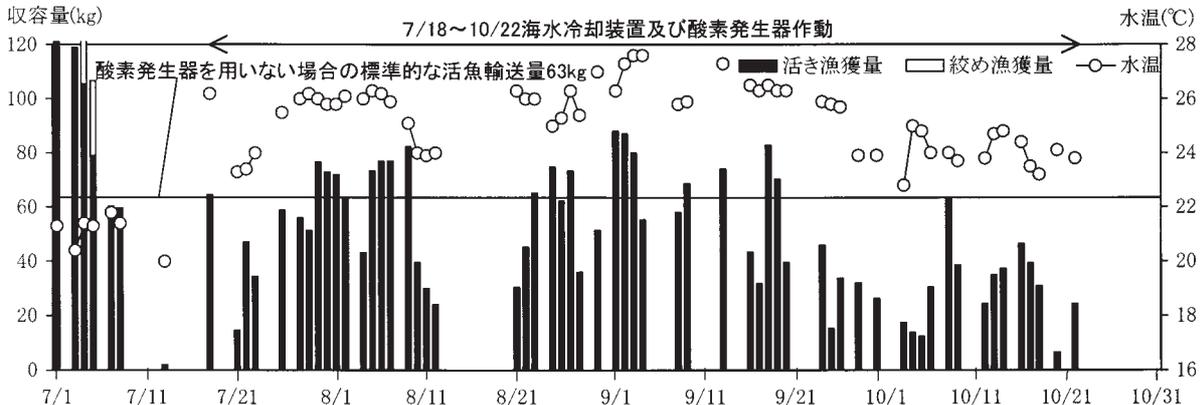


図5 平成14年高水温期の日別活スルメイカ漁獲量と操業開始時の漁場水温

## 考 察

海水冷却装置の作用により低温に保たれた魚船海水は、漁場の表面付近より溶存酸素の飽和量が多いため酸素が溶解しやすい<sup>6)</sup>。図1より、茶光丸の魚船の場合、8月26日にスルメイカが約34kg収容された際に漁場の酸素濃度よりも低くなっている。図2より、10月10日の調査時にも、収容量が34kg前後に達した時点で、魚船内の酸素濃度が漁場表面の酸素濃度に近づいており、この魚船のエアレーション及び海水冷却装置は、漁獲量にして少なくとも34kg前後の収容増加能力を有していると推定される。

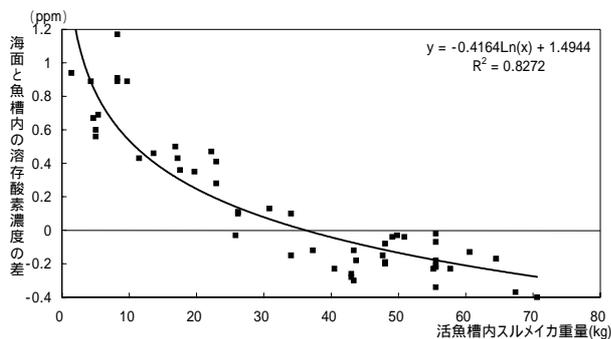


図6 スルメイカ重量と、漁場と魚船との酸素濃度の差の関係

漁獲量が限界値以上に達した8月26日のデータを基に、スルメイカの収容重量と、漁場と魚船との溶存酸素濃度の差の関係を図6に示した。これにより以下の近似式を得た。

$$Y = -0.4164 \ln(x) + 1.4944 \quad R^2 = 0.8272$$

これによれば、漁場表面と魚船の溶存酸素濃度が等しくなる収容重量は36kgと算出される。

次に、酸素発生器の仕様から収容増加の理論値を計算する。機器の酸素供給能力は毎分約6Lであり、魚船の海水への溶解効率を10%とし、36kg収容時の溶解量を差し引き、スルメイカの酸素消費量を水温18℃で個体重量1kg当たり毎分12mgであると仮定すると<sup>6)</sup>、約31kg多く活イカを収容できることになる。

次に実際の漁獲データから経済効果を考察する。平成13年において、茶光丸の7月20日から10月20日までの絞めスルメイカの出荷量は約282kgであった。理論値から酸素発生器を用いればこの死亡したスルメイカを活魚として輸送することは十分可能であり、活魚と鮮魚の価格差をkgあたり1,000円とすると、28万円の水揚げ金額のロスカバーできたことになる。機器の3か月分のリース料と電気工事による初期投資を差し引いても、その効果を期待できる。

酸素発生器を使用し始めた平成14年は黒潮が接岸傾向<sup>1)</sup>にあったため潮が早く、スルメイカの漁獲量は例年より低調であり、輸送量の平均値を大きく超えた日が少なかったため、酸素発生器の効果を確認しにくい年であったといえる。しかし、酸素発生器を使用した7月18日以降、死亡したスルメイカはなかった。平成13年の同時期には19日間でスルメイカの死亡が確認されたことから、

酸素発生器の効果が表れたといえる。また、80kgを超えて輸送できた日が平成13年は1度であったことに對し平成14年は3度あった。

今回の調査では、酸素発生器の持続的な効力の発揮に関して問題点が見られた。2回の調査ともに酸素発生器による上昇の後、再び濃度低下が見られ、特に8月26日は顕著であった。使用した酸素発生器は、元は医療用として開発された機器であり、改良を加えることで養殖現場等での利用を可能としたものである。屋外環境での使用をある程度想定しているものの、船上は振動が大きく、湿気や塩分等の面で過酷な条件下といえる。茶光丸の場合、本体を湿気と塩分から守るために、機関室に接した狭く閉鎖された空間に配置している。酸素発生器は空気中の窒素を取り除くことで酸素濃度を高めているため、機関室のように酸素濃度が通常の大気より低い場所では、魚船に供給される酸素の純度が低下すると考えられる。また、機器から排出される窒素が拡散せず再び発生器へ流れればさらに純度は低下する。今後酸素発生器の出力チェックを行い、仕様どおりに酸素が魚船に供給されているかを確認する必要がある。毎分6L発生させる機器は、大きさが360×650×430mmと大きく、新鮮な空気が供給され、かつ悪条件下にさらされない適切な配置場所を船内に設けることは困難である。なお、メーカーは小型で扱い易い機器の開発を進めており、その動向が注視される。

今回は調査を8月26日と10月10日の2日間行ったが、両日とも漁獲量が多くなかったため、酸素発生器を用いた場合の輸送限界値を明らかにすることはできなかった。豊漁時に再び調査を行い、魚船内でスルメイカの死亡が発生する際の収容量と酸素濃度及び水温の関係を明らかにする必要がある。また、今回は酸素濃度のみに着目したが、スルメイカが排出するスミヤアンモニア、海水の水質状況等による影響を考慮した調査も必要である。更に、茶光丸以外の魚船での効果調査を行い、異なる条件下での効果を確認する必要がある。

## 摘 要

- 1) 活スルメイカの収容量が増加すると、魚船内の溶存酸素濃度は低下し、茶光丸の場合、約34kg収容した際に、漁場表面の溶存酸素濃度と同程度となった。
- 2) 酸素発生器の作動により、魚船内の溶存酸素濃度の大幅な上昇が確認された。
- 3) 酸素発生器を使用した平成14年は、スルメイカの漁獲量が低調であったものの、その効果を十分に確認することができた。
- 4) 限られた船内空間において、いかにして好環境下に機器を配置するかが重要であり、機器の改良が望まれる。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたり、みうら漁業協同組合松輪支所所属の藤平正一指導漁業士には多大なるご協力を頂いた。また、神奈川県横須賀三浦地区農政事務所の石井洋氏には適切なお助言を頂いた。ここに感謝の意を表す。

## 引用文献

- 1) 東京都・千葉県・神奈川県・静岡県(2000 - 2002) : 2000年度 - 2002年度一都三県漁海況速報.
- 2) 桜井泰憲・池田謙(1992) : スルメイカの生態研究における飼育実験法, イカ類資源・漁海況検討会議研究報告(平成4年度), 51-69.
- 3) 石井洋(1996) : スルメイカ活魚輸送法について, 神奈川県水産総合研究所研究報告1号, 77 - 83.
- 4) 石井洋(1997) : ろ過装置を用いたスルメイカ活魚輸送法について, 神奈川県水産総合研究所研究報告2号, 69 - 76.
- 5) 内田博道(1990) : 活魚大全, フジ・テクノシステム, 517 - 518.
- 6) 奈須敬二・奥谷喬司・小倉通男(1996) : イカ - その生物から消費まで -, 成山堂書店, 217 - 235.