

# 夏季の小型底びき網漁業における海水簡易冷却装置の開発による漁獲物の生残率向上効果

尾田 成幸・石谷 誠・江藤 拓也<sup>a</sup>  
(豊前海研究所)

夏季の高水温により斃死する漁獲物の生残率を向上させる目的で、経営規模の小さい豊前海の小型底びき網漁業の操業実態にあった海水簡易冷却装置（以下「装置」）の開発を行った。装置はすべて市販の部品を用いて総額4~5万円で製作できた。実際に開発した装置を小型底びき網漁船に乗せ操業試験を実施した結果、装置は故障せずに稼働し、このときに漁獲されたクルマエビ *Penaeus japonicus*, スズキ *Lateolabrax japonicus* 等の計6魚種で、装置導入による漁獲物の生残率向上効果が認められた。また、漁獲物が最も多かった2008年8月7日の操業試験時には装置魚槽内海水の pH の低下, COD, アンモニア態窒素の上昇が認められたが、装置を導入した方が漁獲物の生残率は高かった。今後は、当海区の漁業の操業実態に合った出荷方法の検討や販売戦略の工夫を行うことで装置の普及拡大を図り、漁家収入向上の一助とすることが望まれる。

キーワード：小型底びき網, 冷却装置, 生残率, 豊前海, 活魚, 鮮魚

豊前海区の主幹漁業である小型底びき網漁業は、カレイ類 *Pleuronectes* spp. やシャコ *Oratosquilla oratoria* 等の資源量の減少や魚価低迷により、経営状態は良好ではない。このため、資源保護や漁獲物の付加価値向上を目的として海水シャワー装置を導入し、混獲投棄魚や漁獲物の生残率向上<sup>1)</sup>に取り組んできた。これらの漁獲物は、通常は生残しているものについては漁船の活魚水槽内に速やかに投入し価格形成力の高い活魚で出荷しているが、夏季には活魚水槽内の水温が上昇して多くの漁獲物が斃死するため、活魚よりも価格形成力の低い鮮魚としての出荷を余儀なくされ、収入減の一因となっている。

本研究は、豊前海区の小型底びき網漁業の操業実態にあった簡易で安価に製作可能な装置を開発し、夏季の漁獲物の生残率向上を図ることを目的とした。

## 方 法

### 1. 装置の開発

経営規模の小さい豊前海区の小型底びき網漁業の経営状態を圧迫しないため、簡易で容易に製作できる簡易冷却装置の開発を目指した。冷媒には水を用い、2007年はメーカー既製品を導入改良して試験を実施したが、約30万円と高額なため、2008年と2009年には漁業者自らが容易

に製作、修繕できるよう極力市販の部品を用いて開発することとした。なお、開発した装置については、2008年8月12日に陸上において設定温度を18℃(以下「18℃区」と24℃(以下「24℃区」)にして試験運転を行い、Onset社製 TidbiT データロガーを用いて魚槽部内の海水温を24時間連続測定して冷却能力を評価した。

### 2. 小型底びき(えびごぎ)網漁船での操業試験

試験の実施状況を表1に示した。2007~2009年の7~9月にかけて、実際に装置を小型底びき網漁船に乗せ、えびごぎ網で計7回(うち夜間に2回)行った。試験区は装置魚槽部内を冷却区、漁船活魚水槽内を対照区とし、曳網時間は30~40分とした。冷却区内の海水量は150l、設定温度は18℃とし、2007年に行った2回の操業試験ではメーカー既製品を用いた。

表1 小型底びき網漁船による操業試験実施状況

試験年月日	開始時刻	終了(測定)時刻	測定までの経過時間	生残率比較試験対象種	水温測定	水質測定
2007.7.19~20	7:00	5:00	22:00	-	○	-
8.29~30	7:00	3:00	20:00	クルマエビ、シャコ	○	-
2008.8.7~8	16:00	4:00	12:00	スズキ、ハモ	○	○
2009.7.29~30	6:00	18:00	12:00	-	○	-
2009.8.2~3	18:00	7:00	13:00	-	○	-
2009.8.18	6:00	18:00	12:00	トラエビ、アカエビ	○	-
2009.9.15	7:00	18:00	11:00	シハエビ、トラエビ	○	-

<sup>a</sup> 現所属：研究部

### (1) 水温連続測定

試験中は常に Onset 社製 TidbiT データロガーにより冷却区と対照区の水温の連続測定を行った。

### (2) 生残率比較

7回行った操業試験のうちの4回で有用魚種7種についてまとまった漁獲があったため、これらを対象として実施した。漁獲された活魚を冷却区と対照区にそれぞれ同数、同重量となるよう投入し、常に空気曝気を行い、実際の操業を想定して約12時間後の生残尾数と斃死尾数を計数して生残率を求めた。冷却区と対照区が生残率の差は、スズキについては Fisher の正確確率検定法、スズキ以外の魚種については  $\chi^2$  検定法により判定した。

なお、ハモについては、2008年8月12日に陸上において装置を用い、設定温度を18℃（以下「18℃区」）と24℃（以下「24℃区」）にして24時間蓄養し、追加試験を実施した。

### (3) 水質測定

漁獲物が最も多かった2007年8月7日の操業試験開始時と終了時に、堀場社製 pH METER D-51により pH を、YSI ナノテック株式会社製 DO メーター-550A により酸素飽和度を、共立化学研究所株式会社製バックテストにより COD、アンモニア態窒素、および亜硝酸態窒素を測定した。

## 3. 1 漁家あたりの漁業収入増加額試算

開発した装置を海区で普及させるためには、装置導入により漁業収益がどの程度増加するかを評価しておく必要がある。そこで、えびこぎ網での操業試験において冷却区で生残率の向上が認められた6魚種について、2007年6～9月の小型底びき網魚漁業の漁獲統計、および標本船日誌から推定した数値に、冷却区と対照区が生残率を乗じてそれぞれの活魚出荷量を求め、その差から価格形成力の高い活魚出荷量が増加した場合の漁業収益の増加

額を試算した。なお、6～9月の操業日数は標本船日誌から45日、装置は毎年更新し、冷媒として用いた氷の消費量は1日1角（約60kg）とし、活魚と鮮魚の kg 単価は行橋魚市場調査や聞き取りにより調べた価格とした。

## 結 果

### 1. 装置の開発

装置の製作にかかる費用の一例を表2に、開発した装置の模式図と冷却の仕組み、および全体写真を図1に示した。ほとんどがホームセンター等で購入可能な市販の部品を用い、総額4～5万円で製作することができた。装置は冷却部と魚槽部に分かれており、装置の魚槽部内の海水温が設定温度よりも高いと魚槽部に投入されている温度調整機能が付いた逆サーモ装置（図1の①）のセンサー（図1の④）が感知してコンセント接続されている海水ポンプ（図1の②）が作動し、冷却水が冷却部から魚槽部内のステンレスパイプ（図1の③）に送られ、ステンレスパイプを介し熱交換が行われ魚槽部内の海水が間接的に冷却される仕組みである。

2008年8月12日に実施した陸上における水温連続測定結果を図2に示した。魚槽部内の水温は18℃区では試験開始から90～120分、24℃区では試験開始から30～60分で設定温度まで低下し、その後、両試験区とも設定温度を約24時間維持できた。

表2 装置1台あたりの製作費用の一例

品名	規格	単価	個数	計
魚槽部用大型発泡容器	容量 300L	12,000円	1個	12,000円
海水ポンプ	観賞魚用	4,000円	1個	4,000円
逆サーモ装置	観賞魚用	4,000円	1個	4,000円
ジャバラステンレスパイプ	10m	5,000～10,000円	1本	5,000～10,000円
冷却部保冷箱 ※	容量 70L	10,000円	1個	5,000～10,000円
その他				
ホース類				
ジョイント部品等				約10,000円
計				約40,000～50,000円

※冷却部に頼るものが漁船にある場合は不要。  
プラスチック製クーラーボックスを使用する場合は高額となる。

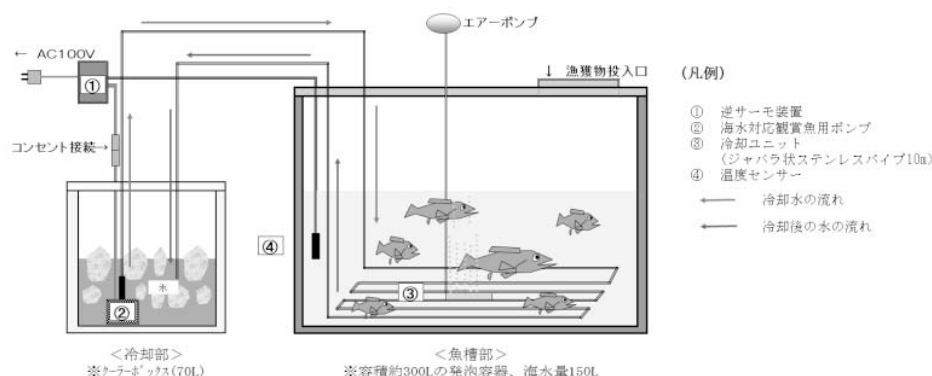


図1 装置の模式図と冷却の仕組み、および全景写真

## 2. 小型底びき網（えびこぎ）漁船での操業試験

### (1) 水温連続測定

試験に用いた漁獲物の総重量が冷却区で14.9kg、対照区で16.1kgと最も多かった2008年8月7日の水温連続測定結果を代表で図3に示した。冷却区では試験開始から30～60分で設定温度まで低下し、その後、12時間維持できた。これに対し、対照区では試験開始から終了まで30℃前後と高水温で推移した。なお、表3に示すとおり2007年に実施したメーカー製品による操業試験、およびその他の操業試験においても、2008年8月7日に行った操業試験時と同様に試験終了まで設定温度を維持できた。

### (2) 生残率比較

生残率の比較結果を表3と表4に示した。その結果、冷却区での生残率は、クルマエビで92.3%、シャコで92.2%、シバエビ *Metapenaeus joyneri* で94.9%、トラエビ *Metapenaeopsis acclivis* で14.5%と80.8%、アカエビ *Metapenaeopsis barbata* で19.8%、スズキで100.0%、ハモ *Muraenesox cinereus* で71.4%であった。一方、対照区での生残率は、クルマエビで54.2%、シャコで67.7%、シバエビで33.3%、トラエビで0.0%と36.8%、アカエビで0.0%、スズキで0.0%、ハモで83.3%となり、ハモを除いた6魚種で冷却区での生残率の方が高い結果となった。これら両試験区での生残率の差を検定したところ、スズキで危険率5%、その他の魚種で危険率1%で有意差が認められたが、ハモでは有意差が認められなかった。

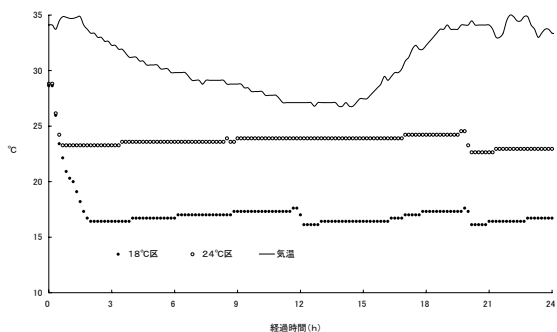


図2 2008年8月12日、陸上における水温連続測定結果

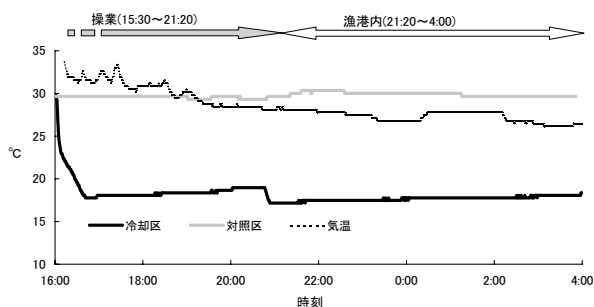


図3 2008年8月7日、操業試験における水温連続測定結果

このため、ハモについては陸上において追加試験を行った。その結果を表5に示した。ハモは24時間の蓄養では18℃区、24℃区ともにすべて生残した。

### (3) 水質測定

2008年8月7日の水質測定結果を表6に示した。両試験区ともに同じ現場海水を用いたため、試験開始時の水質はほぼ同じで、pH が8.15、酸素飽和度が97.5～99.9%、COD が0～2ppm、アンモニア態窒素が0.2～0.5ppm、亜硝酸態窒素が0.01～0.02ppm であった。試験終了時の水質を比較すると、冷却区ではpH が7.15に低下し、COD が6ppm、アンモニア態窒素が1～2ppm に上昇したのに対し、対照区ではCOD が2～4ppm に上昇したのみで、冷却区の方が水質の悪化が著しかった。

## 3. 1漁家あたりの漁業収入増加額試算

夏季(6～9月)に活魚量が増加した場合における小型底びき網1漁家あたりの漁家収益増加額の試算結果を表7に示した。その結果、今回開発した装置を夏季に導入することで、小型底びき網漁業1漁家あたりの収入は約30万円増加すると見積もられた。

表3 操業試験における漁獲物生残率比較結果(甲殻類)

魚種名	試験年月日	試験区	試験中の水温(°C)	平均体長(mm)	投入尾数	生残尾数	生残率
クルマエビ	2007/8/29	冷却区	19.8±0.4	159±8.5	26	24	92.3%
		対照区	29.1±0.3		24	13	54.2%
シャコ	2007/8/29	冷却区	19.8±0.4	115±6.1	64	59	92.2%
		対照区	29.1±0.3		62	42	67.7%
シバエビ	2009/9/15	冷却区	17.8±0.2	71.8±5.8	39	37	94.9%
		対照区	25.4±0.1		30	10	33.3%
トラエビ	2009/8/18	冷却区	17.0±0.5	83.1±5.1	138	20	14.5%
		対照区	27.3±0.3		121	0	0.0%
アカエビ	2009/9/15	冷却区	17.8±0.2	77.1±4.7	73	59	80.8%
		対照区	25.4±0.1		95	35	36.8%
スズキ	2009/8/18	冷却区	17.0±0.5	87.6±5.4	91	18	19.8%
		対照区	27.3±0.3		98	0	0.0%

※p<0.01 で有意差あり

表4 操業試験における漁獲物生残率比較結果(魚類)

魚種名	試験年月日	試験区	試験中の水温(°C)	平均体重(kg)	投入尾数	生残尾数	生残率
スズキ	2008/8/7	冷却区	17.9±0.4	2.6	4	4	100.0%
		対照区	29.8±0.3	3.1	3	0	0.0%
ハモ	2008/8/7	冷却区	17.9±0.4	0.2	7	5	71.4%
		対照区	29.8±0.3	0.2	6	5	83.3%

※p<0.05 で有意差あり

表5 2008年8月12日、陸上におけるハモ蓄養試験結果

試験区	全長(cm)	平均体重(kg)	投入尾数	生残尾数	生残率
18℃区	45～65	0.23	9	9	100%
24℃区	40～60	0.22	10	10	100%

表6 2008年8月7日、水質測定結果

水質測定項目	測定時刻	冷却区	対照区
pH	試験開始	8.15	8.15
	試験終了	7.15	8.34
酸素飽和度(%)	試験開始	99.9	97.5
	試験終了	74.0	65.0
COD(ppm)	試験開始	0～2	0～2
	試験終了	6	2～4
アンモニア態窒素(ppm)	試験開始	0.2～0.5	0.2～0.5
	試験終了	1～2	<0.2
亜硝酸態窒素(ppm)	試験開始	0.01～0.02	0.01～0.02
	試験終了	<0.005	<0.005

表7 夏季(6~9月)に活魚量が増加した場合における小型底びき網1漁家あたりの漁業収益増加額試算結果

魚種	漁獲量 (kg) : A	冷却区生残率 × A (kg) : B	対照区生残率 × A (kg) : C	活魚増加量 (kg) : D = B - C	活魚単価 (円/kg) : E	鮮魚単価 (円/kg) : F	水揚増加額 (円) : a = (E - F) × D	装置 製造費 (円) : b	氷購入費 (円) : c	漁家収入 増加額 (円) : a - b - c
クルマエビ	40	37	22	15	8,000	2,000	91,538	-	-	-
シャコ	335	309	227	82	700	300	32,757	-	-	-
シバエビ	41	39	14	25	700	300	10,092	-	-	-
ザッコ (トラエビ+アカエビ)	1,336	428	149	279	800	300	139,390	-	-	-
スズキ	240	240	0	240	1,000	300	168,000	-	-	-
計	1,992	1,052	411	641	-	-	441,777	50,000	72,000	319,777

※漁獲量は'07年の統計値を用いた。ただし、シバエビ漁獲量は標本船日誌から推定した。

※6~9月の操業日数は標本船日誌より45日とした。

※氷単価は1,600円/1角(60kg)、1日の使用量は1角とした。

## 考 察

開発した装置は全て市販の部品で総額4~5万円と安価で簡易に製作でき、スズキやクルマエビなどの7魚種中6魚種で生残率の向上効果が認められた。

水質を測定した2008年8月7日の操業試験では、冷却区のスズキはすべて生残し、その他に投入したマゴチ *Platycephalus sp.* やクロダイ *Acanthopagrus schlegeli* もすべて生残した。このとき投入した漁獲物はすべて魚類であり、ハモを除くと大型で、粘液のはがれや消化途中の胃内容物の吐出が起こり、甲殻類のみを投入した場合よりも激しい濁りが観察されるとともに、pHの低下、CODとアンモニア態窒素の上昇も認められた。冷却区は操業試験開始から終了まで一度も海水交換がなされない閉鎖的な環境であるのに対し、対照区は漁船活魚水槽内で操業海域の海水により常に換水される環境にある。これらのことから、冷却区は対照区よりも水質の悪化が著しくなることが容易に想像できるが、生残率は低水温である冷却区の方が高い結果となった。また、操業試験で生残率の差が認められなかったハモについては、冷却区と対照区でそれぞれ2個体と1個体斃死した。小型のハモは、通常の操業において曳網中の圧迫が原因と思われる斃死や衰弱がしばしば認められる。今回操業試験で用いたハモも小型で、曳網中に衰弱して漁獲された個体を冷却区に投入したことが考えられたことから、陸上における24時間の蓄養による追加試験を行ったものであるが、結果的に18℃区、24℃区とも生残率は100%で、さらに、18℃区ではハモは静穏状態で飼育水も澄んだままであったのに対し、24℃区では装置水槽部内で活発に遊泳し、

海水の濁りが激しいことが観察された。これらのことから、ハモについては低水温で蓄養することで活動が抑制され、水質の悪化が軽減されるとともに出荷時の品質低下の原因とされる嘔み合いも軽減されることが考えられた。

無換水での活魚輸送技術や水温と適正収容量の関係については魚種ごとにいくつかの報告がある。<sup>2-3)</sup> また、魚類が窒息する原因となる溶存炭酸ガスが海水中で増加するとpHが低下することや、アンモニア態窒素濃度が高くなると魚体に悪影響を及ぼすことも知られている。<sup>4-5)</sup> 2008年8月7日に行った操業試験では、冷却区の海水量150Lに対し収容した漁獲物は14.9kgで収容密度が9.9%となり、pHの低下とアンモニア態窒素の上昇が認められた。豊前海区の小型底びき網漁業では様々な魚種が漁獲されるため、さらに多種類の魚介類を同時に活かしておくことが想定されるが、今回の試験では、ある程度の生残率向上効果が認められたと判断したため、適正収容量や水質と生残率の関係を明らかにしていない。今後、これらの関係については必要に応じて検討するつもりである。

以上のことから、今回開発した装置は、豊前海区の小型底びき網漁業で使用可能であると考えられる。また、漁業収入増加額の試算結果から、小型底びき網漁業の夏季における収入減をある程度補えることが示唆された。ただし、この試算結果は、単純に活魚出荷量が増加した場合を仮定して推定したものであり、活魚出荷量が増加した場合の市場価格の変動や市場外への出荷を想定したのではなく、出荷や販売方法の工夫を行うことで変動するであろうことを補足しておきたい。

近年、燃油単価の向上や魚価低迷等で、漁業経営は厳

しい状況にあり、漁獲物の付加価値向上や販売方法の工夫が重要な課題である。今回開発した装置は、安価で容易に、しかもほとんどが市販の部品で製作できることから、経済的にも作業的にも漁業者の大きな負担にならず、さらには改造も容易であるため応用範囲も広く、小型底びき網漁業以外でも利用可能と考えられ、普及の期待は高い。

現在、十数漁家の小型底びき網漁業者に装置を配布し試験的に使用を依頼しているが、今後は、これら漁業者の意見を集約し、状況に応じて前述した課題を解明し、あわせて当海区の漁業の操業実態に合った出荷方法の検討や販売戦略の工夫を行うことで装置の普及拡大を図り、漁家収入向上の一助とすることが望まれる。

## 謝 辞

装置の開発にあたり、漁船の提供と助言について快く協力して下さった豊前海区小型底曳網漁業者協議会、多田明廣会長を始め各会員のみなさまに心よりお礼申し上げます。

## 文 献

- 1) 中川清・滝口克己：小型底びき網漁業における海水シャワー装置導入の効果．福岡県水産海洋技術センター研究報告 2002；第12号：37-40.
- 2) 上田拓・的場達人：ケンサキイカ活魚出荷に関する研究．福岡県水産海洋技術センター研究報告 2008；第18号：27-34.
- 3) 竹田達右・辻俊宏・板沢康男：水温低下によるマダイの収容可能密度の上昇．日本水産学会誌 1989；55(6)：1011-1015.
- 4) 出口吉昭：水産学シリーズ39，活魚輸送，恒星社厚生閣 1982；14-17.
- 5) 矢田貞美：養殖・蓄養システムと水管理，恒星社厚生閣 2004；216-218.