

## 淡水から海水への移動時の水温低下が サバヒー稚魚の生残に与える影響

野田浩之\*<sup>1</sup>・久保山俊幸\*<sup>2</sup>

The effect of decline in water temperature on the survival of juveniles of milk fish *Chanos chanos* at the direct transfer from freshwater to seawater.

Hiroyuki Noda and Toshiyuki Kuboyama

キーワード：サバヒー，かつお竿釣り漁業，代替餌料，淡水海水移動，生残，低水温耐性

### はじめに

カツオ *Katsuwonus pelamis*，ビンナガ *Thunnus alalunga* を主な漁獲対象とするかつお竿釣り漁船は，近年の魚価安と燃油価格の高騰等から厳しい経営状況にあり，漁業コストの削減が緊急の課題となっている。かつお竿釣り漁船にとって活餌は，魚群を漁船の周りに誘引する為の撒餌として必要不可欠なものであり，カタクチイワシ，マイワシの他，一部の地域ではキビナゴ等が利用されている。1994年の全国漁業向け活餌販売量はカタクチイワシ 2,277 t，マイワシ 4,334 t であったが<sup>1)</sup>，2004年にはカタクチイワシ 6,339 t，マイワシ 256 t となり<sup>2)</sup>，近年のマイワシ資源量の減少によってカタクチイワシが主流を占めている。しかし，カタクチイワシの漁模様によっては活餌が不足し，計画的な漁業生産に支障をきたしている。いわし類に代わる撒餌として養殖魚を用いることができれば，気象条件やいわし類の漁模様に左右されず，活餌を安定して確保できる。また，いわし類は高水温で蓄養を行うと生残率が低下するため，船上蓄養中に冷却海水が用いられるが，高温耐性の強い魚種を利用することで海水冷却に使用する燃油代の削減が可能になると考えられる。

サバヒー *Chanos chanos* はネズミギス目に属する 1 科 1 属 1 種 of 海産魚で成魚は全長 85~110cm，体重 4.5~

12.5kg に達する<sup>3)</sup>。インド洋，太平洋の熱帯から亜熱帯の沿岸水域に広く生息し，マングローブ沼沢地や河口域に入り稚魚期を過ごす性質を持ち，広塩性で全くの淡水から 158ppm の高塩分の中でも生息が可能である<sup>3)</sup>。台湾，フィリピン，インドネシアでは普通にみられる養殖魚で，一般には海岸で採捕された天然種苗を，マングローブ沼沢地などに造成した露地池に放養して養殖が行われている<sup>3)</sup>。国内ではまぐろ延縄漁船やかつお竿釣り漁船用の餌料として注目され，鹿児島県水産試験場<sup>4)</sup>が 2000 年から 2003 年にかけてサバヒー餌料化試験を実施し，淡水を用いた飼育マニュアルが作成されているほか，近海・沿岸かつお竿釣り漁船での試験操業が行われた。さらに，2003 年から遠洋かつお竿釣り漁業を対象とする調査船によって，サバヒー餌料化試験も実施されるようになった<sup>5-10)</sup>。

サバヒーの種苗生産には淡水と海水どちらも利用できるが，成長の効率から 27℃以上の用水が適しているとされ<sup>4)</sup>，国内では温泉地の豊富な地下水を利用した生産が行われている。一方，サバヒー稚魚の低水温耐性については冬季の海面生簀での飼育実験によって，15℃程度まで耐性があることが明らかにされており<sup>4)</sup>，航海中の海水温の変化が大きい遠洋かつお竿釣り漁船用の活餌として適性があると考えられる。しかし，活餌用サバヒーの国内の供給体制の現状から，冬季の漁船積み込み時には，水温と塩分の環境変化

2007年11月1日受理

静岡県水産技術研究所(本所)業績第1126号

\*<sup>1</sup>静岡県水産技術研究所漁業開発部，現利用普及部

\*<sup>2</sup>静岡県水産技術研究所遠洋漁業練習指導船富士丸

を同時に与えることとなり、このような変化に対するサバヒの耐性については明らかにされていない。そこで本研究では、サバヒ稚魚を淡水から海水へ直接移動する際の水温低下が、その後の生残率に及ぼす影響について実験を行い、サバヒ稚魚の漁船積込み時の死亡事故防止対策について検討した。

本文に先立ち、船上におけるサバヒ蓄養実験に協力いただいた静岡県水産技術研究所遠洋漁業練習指導船富士丸乗組員の皆様に厚く御礼申し上げます。

## 材料と方法

### 1. 実験設定

実験は実施期間によって3回(実験1, 2, 3)に分かれ、実験1と実験3は移動前水温の違いによってそれぞれ2回(実験1-1, 1-2, 3-1, 3-2)に分かれる。移動前後の水温差の異なる実験区を実験1と実験2では3区、実験3では4区設定し、実験3では実験区毎に3反復区を設けた。各実験の実験区の設定と移動前後の水温、塩分を第1表に示した。

第1表 実験区の設定

実験No	実験区 (温度差)	移動前		移動後	
		水温(°C)	塩分	水温(°C)	塩分
1-1	-0°C	27.0	0.9	27.0	33.9
	-2°C	27.0	0.9	25.0	33.9
	-4°C	27.0	0.9	23.0	33.9
1-2	-6°C	26.8	1.0	20.8	34.6
	-8°C	26.8	1.0	18.8	34.6
	-10°C	26.8	1.0	16.8	34.6
	-4°C	22.0	0.3	18.0	33.4
2	-6°C	22.0	0.3	16.0	33.4
	-8°C	22.0	0.3	14.0	33.4
	-6°C	28.0	1.3	22.0	33.2
3-1	-8°C	28.0	1.3	20.0	32.7
	-10°C	28.0	1.3	18.0	33.1
	-12°C	28.0	1.3	16.0	33.3
3-2	-0°C	22.0	1.3	22.0	33.2
	-2°C	22.0	1.3	20.0	32.7
	-4°C	22.0	1.3	18.0	33.1
	-6°C	22.0	1.3	16.0	33.3

いずれの実験も設定した水温・塩分の淡水で飼育中の水槽から10~20尾の供試魚を掬い取り、設定した水温・塩分の海水を張った実験水槽に直接投入し、24時間後の生残率を求めた。供試魚の生死は鰓蓋の運動の有無で判別し、生残魚でも横臥等、遊泳姿勢に異常がみられるものはその旨記録した。各実験の移動先水温と24時間後生残率(実験3では3反復区の平均)の関係から、半数致死温度を生残率で50%をはさむ2点の直線から算出した。

実験1-1は2006年2月13日から14日、実験1-2は2月14日から15日の間に実施した。実験2は2006年3月31日から4月1日に実施した。実験3-1と実験3-2は

2007年2月5日から10日にかけて4回に分けて実施した。

### 2. 供試魚と予備飼育

供試魚は、いずれもインドネシアで採卵・ふ化した種苗を鹿児島県指宿市の民間養魚場(株式会社高梨産業 山川養殖場)が輸入、淡水中で養成したものをを用いた。実験1と実験2の供試魚は養魚場から研究室に直接輸送した。実験3の供試魚は、静岡県水産技術研究所遠洋漁業練習指導船富士丸の2006年度第5次調査(サバヒ稚魚積込み2006年11月10日)で使用した個体の一部を、12月5日に焼津港に帰港するまで海水で飼育した後、研究室に輸送した。

実験1の供試魚は、4週間27~28°Cの淡水で予備飼育を行い、実験2の供試魚はさらに7週間22°Cの淡水で予備飼育を行った。予備飼育中はエアレーションのみの止水とし、飼育水の50~80%を週5回新しい水と交換した。給餌は土日を除く毎日、残餌が出ない程度の量を1日1~2回与えた。

実験3の供試魚は研究室に輸送後、研究室に隣接する焼津漁港からポンプアップした海水で飼育した。その後実験3-1の供試魚は本実験の4週間前から28°Cの淡水で、実験3-2の供試魚は本実験の8週間前から22°Cの淡水で予備飼育を行った。予備飼育中は循環ろ過を実施しながら、飼育水の80%を週1~2回新しい水と交換した。給餌は土日を除く毎日、残餌が出ない程度の量を1日2~3回与えた。各実験の1実験区の供試尾数と尾叉長、体重、肥満度を第2表に示した。

第2表 各実験区の供試魚

実験No	1実験区 供試尾数	平均尾叉長	平均体重
		cm	g
1-1	10	9.4	9.1
1-2	10	8.8	7.3
2	20	10.9	9.4
3-1	15	7.4	4.1
3-2	15	7.3	3.3

### 3. 本実験の飼育条件

飼育容器は、実験1と実験2では実験区毎に50ℓ容アクリル水槽を用いた。実験3では250ℓ容プラスチック製角型水槽を穴あきプラスチック板で8区画に区切り、各区画の水温が一樣になるよう、水中ポンプで角の試験区画から反対側の試験区画に飼育水を送り、飼育水を循環させたものをを用い、試験区毎に3区画を用いた。

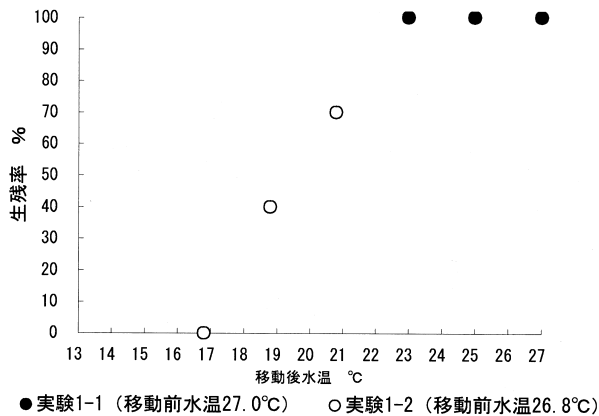
飼育水は、各実験とも焼津漁港からポンプアップした海水と、同海水を電気ヒーターで加温したものを混合して作

成した。実験中は止水，無給餌でエアレーションおよび電気ヒーターとサーモスタットによる温度管理を実施した。

## 結 果

### 1. 実験 1

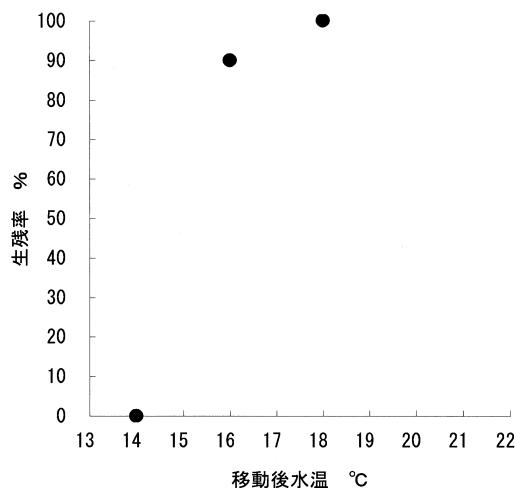
実験 1-1 では27.0°Cの淡水から27.0°C，25.0°C及び23.0°Cの海水へ移動後の生残率はすべて 100%であった。実験 1-2 では26.8°Cの淡水から20.8°Cの海水へ移動後の生残率は70%，18.8°Cへの移動では40%（生残魚も遊泳異常），16.8°Cへの移動では0%であった（第1図）。



第1図 移動後水温と生残率の関係(実験1)

### 2. 実験 2

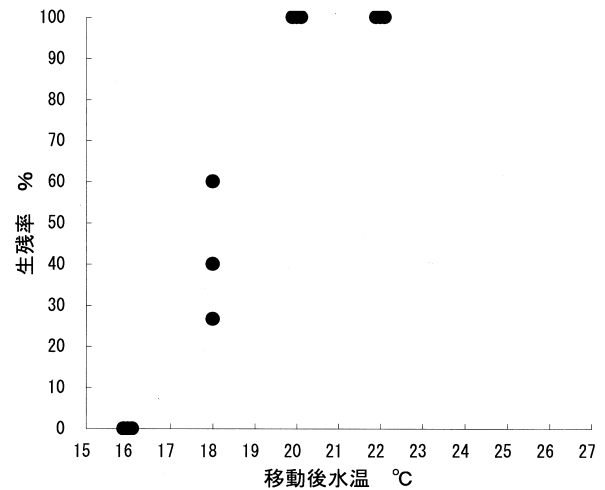
22.0°Cの淡水から18.0°Cの海水へ移動後の生残率は100%であったが，16.0°Cへの移動では90%，14.0°Cへの移動では0%に低下した（第2図）。



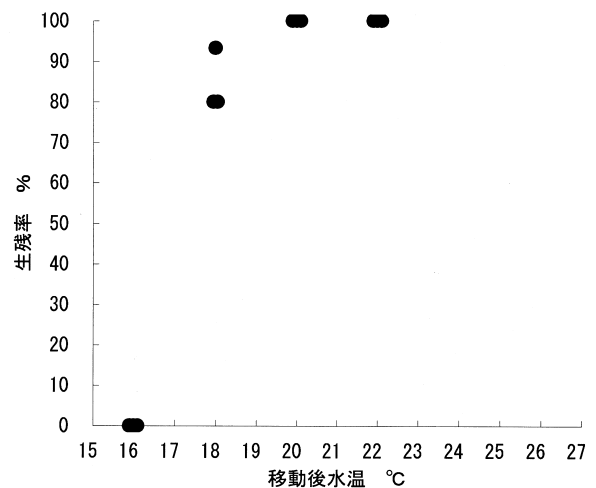
第2図 移動後水温と生残率の関係  
(実験2 移動前水温 22.0°C)

### 3. 実験 3

実験 3-1 では28.0°Cの淡水から22.0°C及び20.0°Cの海水へ移動後の生残率は100%であったが，18.0°Cへの移動では27~60%，16.0°Cへの移動では0%に低下した（第3-1図）。実験 3-2 では22.0°Cの淡水から22.0°C及び20.0°Cの海水へ移動後の生残率は100%であったが，18.0°Cへの移動では80~93%，16.0°Cへの移動では0%に低下した（第3-2図）。



第3-1図 移動後水温と生残率の関係  
(実験3-1 移動前水温 28.0°C)



第3-2図 移動後水温と生残率の関係  
(実験3-2 移動前水温 22.0°C)

### 4. 半数致死温度

移動前水温が26.8°Cであった実験1-2の半数致死温度は19.5°C，移動前水温が22.0°Cであった実験2の半数致死温度は15.1°C，移動前水温が28.0°Cであった実験3-1の半数致死温度は18.3°C，移動前水温が22.0°Cであった実験3-2の半数致死温度は17.2°Cであった（第3表）。

第3表 高水温の淡水から低水温の海水への移動に関する実験の移動前水温と半数致死温度

実験No	単位 °C	
	移動前水温	半数致死温度
実験1-2	26.8	19.5
実験2	22.0	15.1
実験3-1	28.0	18.3
実験3-2	22.0	17.2

考 察

サバヒは広塩性で全くの淡水から 158ppm の高塩分の中でも生息が可能であり<sup>3)</sup>、種苗生産時の用水として、淡水と海水どちらを用いても成長等に差は生じないことが確かめられている<sup>4)</sup>。サバヒ稚魚の低水温耐性に関しては、5g程度の稚魚の場合、冬季の海面生簀内での飼育において、水温 15°Cを下回ると死亡する個体が増加することが報告されている<sup>4)</sup>。著者らも、尾叉長 7~10cm のサバヒを、冬季に陸上で無加温の海水を用いて飼育した際に、水温 15°C台が 1 週間程度続くと死亡数の増加が起きることを確認している<sup>10)</sup>。サバヒ稚魚を淡水から海水へ直接移動した本実験では、移動前後の水温差が無い実験区では死亡する個体は無く、改めてサバヒの広塩性が確認された。しかし、同時に急激な水温変化を与えた実験区では、移動後水温が、上記のようにゆっくりとした変化では耐えられる 16°C以上の実験区であっても死亡する個体が見られた。

供試魚の履歴が同様である、実験 1-2 と実験 2 および実験 3-1 と実験 3-2 の半数致死温度を比較すると、低温の淡水で飼育した実験の半数致死温度が低くなる傾向を示し、低温環境にあらかじめ慣らすことで、より低温の海水への直接移動が可能になることが判明した(第3表)。しかし、移動前水温が 26.8°Cの実験 1-2 と、移動前水温が 22.0°Cの実験 2 の半数致死温度に 4.4°Cの差があるのに対し、移動前水温が 28.0°Cの実験 3-1 と移動前水温が 22.0°Cの実験 3-2 では半数致死温度の差は 1.1°Cと少なかった。実験 3 の供試魚は実験 1, 2 の供試魚に比べ小型であり、実験 3-2 の供試魚は実験 3-1 の供試魚と比べて肥満度が低かった(第2表)。また実験 3 の供試魚は、本実験前に淡水(養魚場)→海水(船上+研究室)→淡水(予備飼育)と 2 回の塩分変化と、海水飼育中には 16°C台の低水温も経験している。塩分変化や低水温飼育の経験は、高水温の淡水から低水温の海水への移動に対する耐性に有利に働くことが期待される。しかし、低水温飼育が長期に及ぶ場合には、摂

餌量の低下によって肥満度の減少を招き、耐性に負の影響を及ぼす可能性も考えられる。今後は肥満度が高水温の淡水から低水温の海水への移動に対する耐性に及ぼす影響についても検討する必要がある。

実際の漁船積み時のコンディションに近いのは、海水飼育の経験を持たない実験 1, 実験 2 の供試魚であることから、27°C前後の淡水で飼育されたサバヒ稚魚を直接海水に移動する場合には、23°Cまでが安全な範囲と考えられる。ちなみにサバヒの積み込みが実施されることの多い、鹿児島県山川港の冬季の水温は 23°Cを大きく下回ることから、このような時に養魚場のサバヒを直接漁船の魚艙に移動することは、多くの死亡魚を出す危険を伴うと考えられる。実験 2 において、22°Cで馴致されたサバヒ稚魚は 18°Cの海水への移動にも耐えたことから、低水温期の積み込みには、養魚場における低水温馴致が有効と考えられる。なお、実験 2 では 22°Cでの馴致を 7 週間実施している。著者らは富士丸 2006 年度第 2 次調査(サバヒ積み込み 5 月 24 日)と第 3 次調査(サバヒ積み込み 7 月 3 日)において、サバヒ積み込みの 1 週間前から飼育水温を 22°Cに下げよう養魚場に依頼した。その結果、積み込み時の魚艙水温は 21.5°C(第 2 次調査)および 19.8°C(第 3 次調査)であったが、ほとんどサバヒの死亡も無く、調査期間中の生残率は 99.6~99.8%を記録した<sup>10)</sup>。このことから低水温への馴致は 1 週間程度でも効果が期待できると考えられる。

一方、漁船側で講じることができる対策としては、魚艙水温をなるべく高く保つことである。通常、かつお竿釣り漁船はいわし類の蓄養のため魚艙の冷却装置を装備しているが、海水を加温する装備は持たない。しかし主機関や補助機関の冷却水として海水が利用されており、冷却水を魚艙に送る配管工事を実施することで、比較的簡単に魚艙の水温を上昇することができる。著者らは富士丸 2006 年度第 6 次調査において、2007 年 1 月 22 日に山川港でサバヒの積み込みを実施した。この時の港内水温は 15.2°Cであったが、機関冷却水の利用によって魚艙内水温は 25.0°Cを維持することができ、その結果ほとんどサバヒの死亡も無く、調査期間中の生残率は 99.4%を記録した<sup>10)</sup>。この方式では魚艙内海水の換水率をあげられないことから、高水温が維持できる一方で、積み込み後に急激な溶存酸素量の低下が起こる。しかし、出航後外海水温が 23°Cに上昇し、外海水の注水を開始できるようになるまでの 20 時間、酸素ボンベから純酸素を供給することで 2.7mg/l 以上の溶存酸素量を維持することができた。

これまでに調査船で実施されたサバヒの船上蓄養における大量死亡事例は、積み込み時の溶存酸素量の低下<sup>5)</sup>や養

魚池との水温差<sup>10)</sup>に起因するものであった。積み込み時に問題が起きなかったサバヒールの船上蓄養中の生残率は82.6～86.5%<sup>5)</sup>, 90.3～96.0%<sup>6)</sup>, 97.4%<sup>8)</sup>, 99.7%<sup>9)</sup>, 94.5～99.8%<sup>10)</sup>と高く、カタクチイワシとの比較<sup>5, 6, 8, 9)</sup>においても良好な成績となっている。さらに、359トンの遠洋かつお竿釣り漁船において活餌を全てサバヒールとした場合は、低温飼育装置を使用する必要がないため、カタクチイワシを用いるよりも1日平均1klの燃料油が節約できる可能性が認められ、燃油代削減による経済効果が示唆されている<sup>6)</sup>。また、蓄養中の生残率が高いということは、死骸の回収作業等の省力化にもつながり、漁船乗組員の負担が軽減される。積み込み時の死亡事故防止対策が確立されれば、かつお竿釣り漁船向け活餌としてのサバヒールの利用は、船上蓄養面に関してはメリットが多いと考えられる。

## 要 約

淡水から海水移動時に水温低下がサバヒール稚魚の生残に与える影響について検討し、次の結果を得た。

- 1) 27～28℃前後の淡水で予備飼育したサバヒール稚魚を、27.0℃の淡水から27.0℃、25.0℃及び23.0℃の海水へ直接移動後の生残率はすべて100%であったが、26.8℃の淡水から20.8℃の海水へ直接移動後の生残率は70%、18.8℃への移動では40%、16.8℃への移動では0%に低下し、半数致死温度は19.5℃であった。
- 2) 22℃前後の淡水で予備飼育したサバヒール稚魚を、22.0℃の淡水から18.0℃の海水へ直接移動後の生残率は100%であったが、16.0℃への移動では90%、14.0℃への移動では0%に低下し、半数致死温度は15.1℃であった。
- 3) 2ヶ月間の海水中での飼育履歴のあるサバヒール稚魚を、28℃前後の淡水で4週間予備飼育したのち、28.0℃の淡水から22.0℃及び20.0℃の海水へ直接移動後の生残率は100%であったが、18.0℃への移動では27～60%、16.0℃への移動では0%に低下した。半数致死温度は18.3℃であった。
- 4) 1ヶ月間の海水中での飼育履歴のあるサバヒール稚魚を、22℃前後の淡水で8週間予備飼育したのち、22.0℃の淡水から22.0℃及び20.0℃の海水へ移動後の生残率は100%であったが、18.0℃への移動では80～93%、16.0℃への移動では0%に低下した。半数致死温度は17.2℃であった。
- 5) 27℃前後の淡水で飼育したサバヒール稚魚を海水へ直接移動した場合の半数致死温度に対し、22℃前後の淡水で飼育したサバヒール稚魚を海水へ直接移動した場合の半数致死温度は低くなる傾向を示した。

## 文 献

- 1) 農林水産省統計部 (1995) : 平成6年漁業・養殖業生産統計年報,142.
- 2) 農林水産省統計部 (2005) : 平成16年漁業・養殖業生産統計年報,200.
- 3) 熊谷滋・千田哲資 (1992) : 1.ミルクフィッシュ, I. 養殖の現状と問題点, 東南アジアの水産養殖 (吉田陽一編), 水産学シリーズ90, 恒星社厚生閣, 東京, 9-21.
- 4) 鹿児島県水産試験場漁業部・指宿内水面分場 (2004) : サバヒール餌料化試験報告書 (平成12～15年度), 80.
- 5) 独立行政法人水産総合研究センター (2005) : 平成15年度海洋水産資源利用合理化開発事業 (かつお釣: 太平洋中・西部海域) 調査報告書, 36-41.
- 6) 独立行政法人水産総合研究センター (2006) : 平成16年度海洋水産資源利用合理化開発事業 (かつお釣: 太平洋中・西部海域) 調査報告書, 40-43.
- 7) 増田傑・影山佳之・福世傳左エ門・小嶋賢治・大村剛士 (2004) : 平成15年度静岡県水産試験場事業報告, 32.
- 8) 野田浩之・近藤優・福世傳左エ門・伊村律次・小嶋賢治 (2005) : 平成16年度静岡県水産試験場事業報告, 31-32.
- 9) 野田浩之・森訓由・福世傳左エ門 (2006) : 平成17年度静岡県水産試験場事業報告, 43.
- 10) 野田浩之・森訓由・久保山俊幸 (2007) : 平成18年度静岡県水産試験場事業報告, 印刷中.