

# 島根県水産技術センター研究報告

## 第11号

平成30年3月

島根県水産技術センター

# 島根県水産技術センター研究報告

## 第11号

2018年3月

### 目次

#### 報 文

インピーダンスによるムシガレイ鮮度の非破壊測定 .....	石原成嗣・竹谷万理・井岡 久・清川智之	1
浜田漁港における沖合底びき網漁獲物の高鮮度化に関する研究 .....	岡本 満・沖野 晃・竹谷万理・井岡 久	11
隠岐諸島におけるイワガキシングルシードの海面中間育成試験 .....	佐々木 正・佐藤勇介・近藤徹郎・常盤 茂	21

#### 資 料

江の川中流域におけるアユ漁場診断調査 .....	高橋勇夫・曾田一志・寺門弘悦・村山達朗・古谷尚大	31
水深、水温ロガーを底曳網漁具に取り付けるためのハウジングと牽引力記録計用治具の製作 .....	沖野 晃・金元保之・河村 進	39
石見部における2012年～2016年のばいご漁業の調査結果 .....	向井哲也・道根 淳・古谷尚大	47
本号掲載要旨.....		51
他誌掲載論文の抄録.....		52



# インピーダンスによるムシガレイ鮮度の非破壊測定

石原成嗣<sup>1a</sup>・竹谷万理<sup>1</sup>・井岡久<sup>1</sup>・清川智之<sup>1</sup>

Nondestructive determination of freshness of roundnose flounder  
by impedance analysis

Seiji ISHIHARA, Banri TAKETANI, Hisashi IOKA, Tomoyuki KIYOKAWA

キーワード：ムシガレイ, 鮮度, インピーダンス

## はじめに

我が国の消費市場においては、広範な地域から多種多様な食材が提供されるようになり消費者の選択肢が広がった結果として、魚価向上のための漁獲物品質管理の重要性がますます高まっている。脂質など呈味に関わるもの、色調や傷の有無など外見に関わるもの、食中毒細菌の有無など安全性に関わるもの等、様々な品質評価基準が存在するが、その中でも鮮度は、呈味、外見、安全性全てに関連があることから特に重要性が高く、魚価に与える影響も大きい。

そのため各地で漁獲物の鮮度管理の試みが行われているが、島根県西部の沖合底びき網漁業においては、漁船の大規模修繕に併せ、漁獲物の冷海水処理による鮮度保持の試みが続けられている。2016年度からは、帰港前日の漁獲物のみを使用、船上で冷海水による冷却処理を施した上で氷入りスチロール箱に箱詰めし、通常船上で規格化のために行われている再選別作業を行わずに出荷する、という取り扱い基準を満たした漁獲物について、「沖獲れ一番」と命名してブランド化に取り組んでいる。

「沖獲れ一番」の品質管理にあたって、鮮度の基準として使用しているのはK値である。K値とはATP関連化合物中に占めるヒポキサンチンとイノシンの割合を百分率で表したものであり、鮮度低下に伴ってK値は増加する<sup>1)</sup>。経験的に生食に適するのはK値20以下であるとされており、「沖獲れ一番」においては、検査した個体全てのK値が20以下、かつ平均値が15以下であることをブランドの合格基準としている。しかし、K値を測定するためには、筋肉部を

採取・調整したうえで高速液体クロマトグラフィーによって各成分量を測定するという、侵襲的で時間がかかり高価な分析機械を必要とする方法が一般的であり、漁業者や漁協では分析するのが難しいため、水産技術センターが行う必要があった。

K値は生化学的な評価基準であるが、他の基準としては硬直指数、破断強度なども知られている。硬直指数は魚の死後硬直の進行を計測するもので、簡便ではあるが、鮮度の実態を良く反映する優れた基準である。死後硬直は筋繊維内のATP減少とともに進行し<sup>1)</sup>、完全硬直に達したのち、自己消化に伴う分解とともに解硬していく。そのため硬直指数は硬直に伴って上昇、解硬に伴って減少していくという過程を辿るが、これは鮮度低下とともに一律に数値が上昇していくK値と比べると、直感的な分かりやすさという意味では劣る点であると言える。

また、破断強度は筋組織の物理的な強度を表す値である。筋組織は死後硬直に伴う一時的な強度上昇の後、自己消化を受けてその強度を減じていく。破断強度の測定部位や方法は様々であり、統一した基準は無いため、これもK値の様な分かりやすさに欠けることは否めない。

一方、鮮度を測定する手段としては電気インピーダンスを用いる方法も試みられており、この分野ではイギリスで開発されたトリーメーターが以前から知られている。非破壊的で簡便な方法であるが、測定機械が高価であることなどから、日本では広範には普及していない。トリーメーターの仕様は公開されていないが、先行する論文から低周波域の電気インピーダンスを解析に使用していると推察されて

<sup>1)</sup> 漁業生産部 Fisheries Productivity Division

<sup>a</sup> 現所属：内水面浅海部 Inland Water Fisheries and Coastal Fisheries Division

いる<sup>2)</sup>。

加藤ら<sup>2)3)</sup>は 10kHz～1MHz の範囲における複数の周波数の電流を使用したインピーダンス測定によって、鮮度（氷蔵時間）を推定する試験を行っている。細胞膜は脂質二重膜で構成されているため電気的には絶縁体であり、低周波数の電流は主として細胞外を流れる。一方で、高周波数の電流は細胞膜を貫く種々のチャンネルを経路として細胞内を通過することができる<sup>4)5)</sup>。この性質の違いから、低周波数と高周波数の電流によるインピーダンスを比較することで、鮮度低下に伴う細胞膜の劣化の程度を推定することができる。加藤らによるこの試験では、フィレー肉側からの測定や、針状電極による侵襲測定によって推定された氷蔵時間と実測値との相関係数は 0.8 以上であった<sup>3)</sup>。一方で表皮側からの非破壊計測では相関が低く、実用には改良が必要とされている。この試験で用いられた装置は電流極と電圧極が分離していない二電極方式によるものであり、体表面の影響を受けやすいことが、体表からの計測精度を低くする要因となったと推察されている<sup>3)4)</sup>。

近年、大和製衡より発売された Fish Analyzer は、電気インピーダンス法により鮮魚の脂質含量を計測する装置である。その特徴としては電流極と電圧極を分けた四電極法であり魚体表面の影響を受けにくいこと<sup>4)6)</sup>、2kHz から 100kHz までの複数の周波数でインピーダンスを見る多周波測定方式を採用していることが挙げられる<sup>6)</sup>。絶縁体として働く体内の脂肪量を測定することが Fish Analyzer の本来の用途であるが、検量線モードとして加工していない生のインピーダンス値を出力することも可能である。

そこで今回、この Fish Analyzer を用いて、沖合底びき網漁業によって漁獲されたムシガレイの電気インピーダンスを計測し、その鮮度を K 値や硬直指数、破断強度として推定することが可能であるか、検討を行った。

## 資料と方法

**インピーダンス値の経時変化の測定** 検体として、JF しまね浜田支所に 2016 年 12 月 15 日に沖合底びき網漁船によって水揚げされたムシガレイ 12 尾を使用した。ムシガレイのうち発泡スチロール箱で出荷されるものは、氷の上に無眼側を上にして並べられる。このため入手した検体は、まず箱に並べられた状態のまま無眼側のインピーダンスを測定し、箱から取り出して全長、体長、体重、硬直指数を計測し

た後に、改めて氷上に並べた上で有眼側のインピーダンスを測定した。使用した検体は漁獲後 24 時間以内に水揚げされたものであるが、正確な時間は分からないため、漁獲後 24 時間経過したものとみなした。その後 48, 120, 144, 168 時間目にインピーダンス測定を行い、併せて 24（入手日）・120・144 時間目には ATP 関連化合物測定用の採肉も行った。なお、この検体のデータは下記に示す鮮度推定のための検量線作成にも用いた。

**硬直に伴うインピーダンス値の経時変化の測定** 検体として、2016 年 10 月 18 日に水産技術センターの調査船島根丸によって漁獲されたムシガレイ 3 尾を使用した。使用した検体の体重は、それぞれ 313g, 130g, 251g であり、順に検体 1, 2, 3 とした。検体は、10℃冷蔵庫内に置いたクーラーボックスの海水にエアレーションを施して漁獲翌日まで生かしておき、延髄締めにより即殺した。即殺後 14 時間目まで 1 時間毎に無眼側インピーダンスと硬直指数を計測し、その後 24 時間目に再び計測を行った。

**鮮度推定のための検量線作成** JF しまね浜田支所に 2016 年 5 月、および 8～12 月に沖合底びき網漁船によって水揚げされたムシガレイ計 235 個体を検体として用いた（表 1）。

表 1. 使用した検体の概要

調査日	規格	平均全長 (mm)	平均体長 (mm)	平均体重 (g)	平均品温 (℃)	検体数 (尾)
2016/5/16	11入り	303	260	283	5.1	5
	6入り	353	306	445	5.4	6
	7入り	357	308	393	4.8	5
	8入り	315	270	329	5.4	8
2016/8/24	7入り	364	311	520	1.5	7
2016/8/25	10入り	315	269	310	-0.1	11
2016/9/5	6入り	344	291	454	1.0	13
2016/9/6	10入り	321	272	348	1.3	10
2016/9/26	12入り	372	319	569	1.2	12
2016/9/30	12入り	308	264	301	1.9	12
2016/10/5	8入り	318	282	328	0.4	8
2016/10/13	45入り	303	262	273	1.0	10
2016/10/26	8入り	322	274	354	1.5	8
2016/10/27	14入り	345	295	463	1.1	14
2016/11/1	12入り	367	314	581	-0.2	12
2016/11/21	12入り	339	291	451	1.2	12
2016/12/1	10入り	363	312	554	0.4	10
2016/12/8	40入り	305	260	307	0.7	20
	7入り	383	328	669	0.4	7
2016/12/9	13入り	311	269	306	1.1	13
	40入り	303	263	290	2.3	20
2016/12/15	12入り	334	288	422	(欠測)	12

12月15日に入手したムシガレイについては、上記「硬直に伴うインピーダンス値の経時変化の測定」にある通り120, 144時間目にもK値とインピーダンス値を測定したので、これもデータに加え、計259検体分のデータセットとした。

検体は上記「インピーダンス値の経時変化の測定」と同様の方法によりインピーダンス値と全長、体長、体重、硬直指数を計測した。その後、ATP関連化合物と破断強度を測定するために、背部筋肉の採取を行った。

**インピーダンス値** インピーダンス値の測定には大和製衡Fish Analyzer DFA100を用い、背側の側線より上方、中央部の体表に電極を接触させて、2, 5, 20, 50, 100kHzの各周波数<sup>6)</sup>によるインピーダンス値を無眼側、有眼側それぞれ5回ずつ採取した。

インピーダンス値は最大値と最小値を除去し、残り3回分の値を平均して使用した。加藤ら<sup>2)</sup>により、異なる周波数の抵抗比や抵抗差を指標とすることで、温度や電極の接触状態による誤差をある程度相殺することが可能であると報告されていることから、各周波数間における抵抗の比と差を算出し、抵抗値とともに解析に供した。

検量線の算出にあたっては、各データをK値の順に並び替え、最小値から交互にキャリブレーション用とバリデーション用のデータとして設定した。キャリブレーション用データを用いて重回帰分析や曲線回帰分析を行い、得られた検量線の検定はバリデーション用データを用いて行った。

**ATP関連化合物** 検体の有眼側背部筋肉2gを切り取り、10mlの氷冷10%過塩素酸中でホモジナイズして遠心分離により除タンパク後、pH7前後に中和して定容したものを試料とし、高速液体クロマトグラフ（島津製作所 システムコントローラー：SCL-10Avp, オートインジェクタ：SIL-10ADvp, 送液ユニット：LC-10ADvp, カラムオープン：CTO-10Avp, 検出器：SPD-10Avp, 分析条件 移動相：100mMりん酸-トリメチルアンモニウム緩衝液/アセトニトリル = 100/1, カラム：信和化工 STR-ODS II, 移動相流速：1ml/min, カラム温度：40°C, 検出波長：254nm）によって定量分析したうえでK値を算出した。

**硬直指数** 頭部から魚体の半分を台上に乗せ、垂れ下がり $l_x$ （台表面を水平方向に伸ばした線から尾部付け根までの長さ）を測定し、 $(l_0 - l_x) / l_0 \times 100$ の計算により硬直指数を算出した<sup>1)</sup>。なお、本来は斃死直後の垂れ下がり方を測定して $l_0$ とする必要があるが、「硬直に伴うインピーダンス値の経時変化の測定」

以外の試験では測定できないため、体長の1/2の長さ $l_0$ として仮の硬直指数を算出した。

**破断強度** 背肉を厚さ10mm程度、皮付きのまま切り取り、レオメータ（サン科学R-UDJ-DM II, 測定条件 プランジャー：直径5mm円形, 試料台速度：60mm/min, クリアランス：1mm）により、体軸方向に3回、位置を変えながら破断強度を測定して平均値を算出した。

## 結果

**インピーダンス値の経時変化の測定** 図1に各周波数における無眼側のインピーダンス値とK値の経時変化を示す。インピーダンス値は試験開始時（漁獲後24時間）より時間とともに減少し続けた。漁獲後48時間目にかけて、K値が概ね20に達する時点までの減少が最も大きく、その後の変化は比較的緩やかであった。また、低い周波数におけるインピーダンス値の変化の方が、高い周波数よりも大きかった。

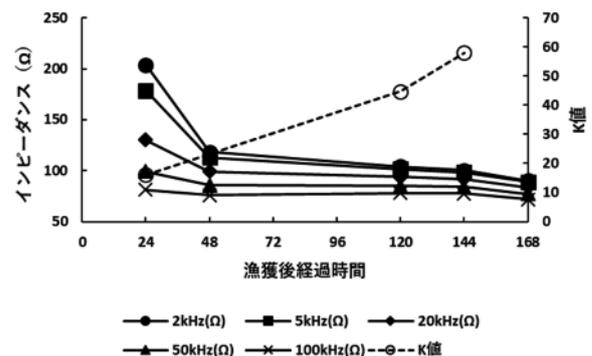


図1.各周波数におけるインピーダンス値およびK値の経時変化。

また、図2に様々な周波数の組み合わせにおけるインピーダンス値の比の経時変化を示した。最も変化が大きく表れたのは2kHzと100kHzにおけるイン

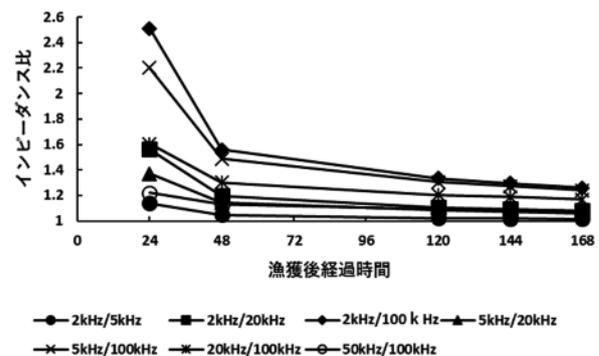


図2.インピーダンス比の経時変化。

ピーダンス値の比（以後 2kHz/100kHz と略す。他周波数についても同様とする）であり、漁獲後 168 時間で、調査開始時における値の 50%に低下した。逆に最も変化の小さい周波数の組み合わせは 2kHz/5kHz であり、漁獲後 168 時間のインピーダンス比は 24 時間の時点の 89%であった。このように、低周波数を使用した上で、組み合わせる周波数の差が大きいほど、インピーダンス比の経時変化も大きい傾向があった。

**硬直に伴うインピーダンス値の経時変化の測定**  
 即殺後の無眼側インピーダンス値は硬直の進行に伴い緩やかに上昇した（図 3）。また、インピーダンス比（2kHz/100kHz）も同様の推移を示し、概ね完全硬直に達するころに値の上昇が止まった（図 4）。ただし、他より小さい検体 2 のみは、完全硬直に達する前にインピーダンス比の上昇が止まり、値も他の 2 検体より小さかった。

硬直指数とインピーダンス比によってプロットを取ると、検体 1 は  $R^2=0.96$ 、検体 2 は  $R^2=0.70$ 、検体 3 は  $R^2=0.88$  の回帰直線を引くことができた（図 5）。

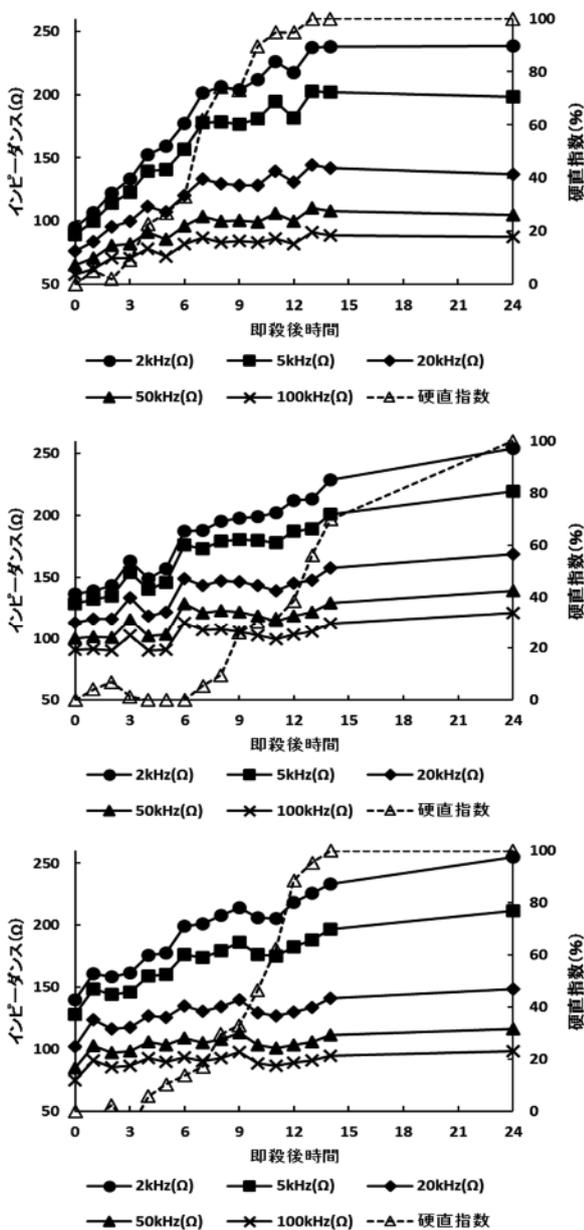


図 3. インピーダンス値と硬直指数の経時変化。上から検体 1, 2, 3.

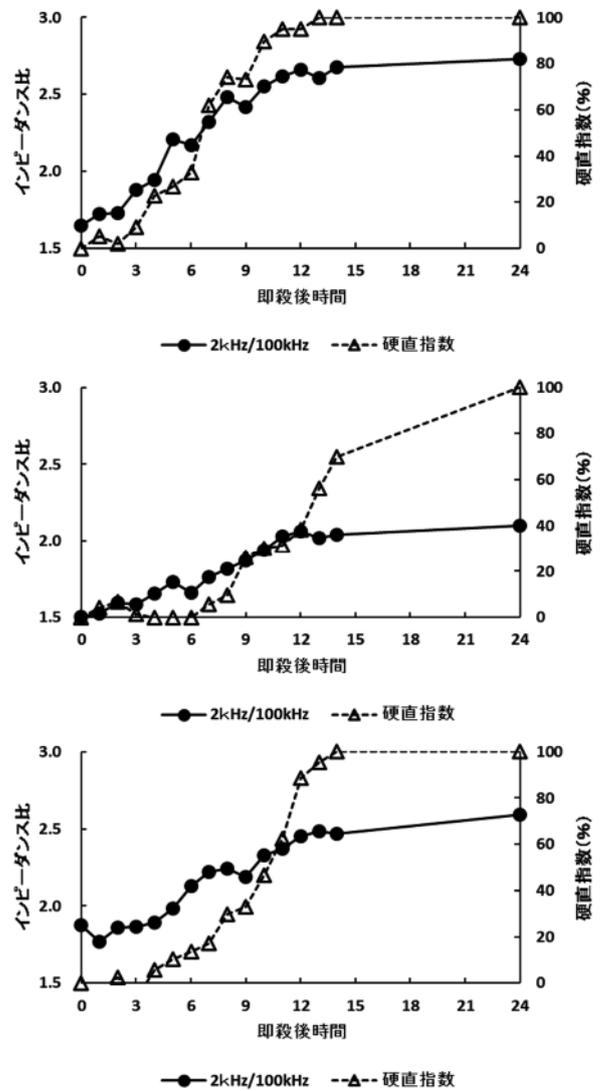


図 4. インピーダンス比と硬直指数の経時変化。上から検体 1, 2, 3.

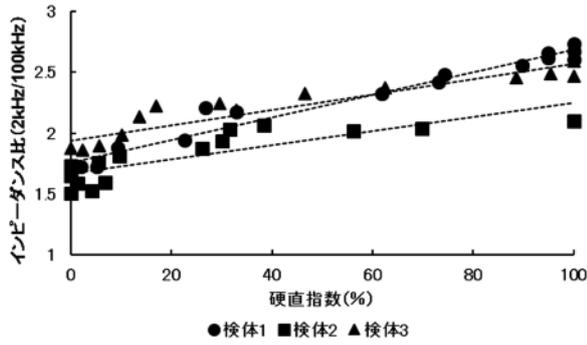


図5. インピーダンス比と硬直指数の関係。点線は回帰直線を示す

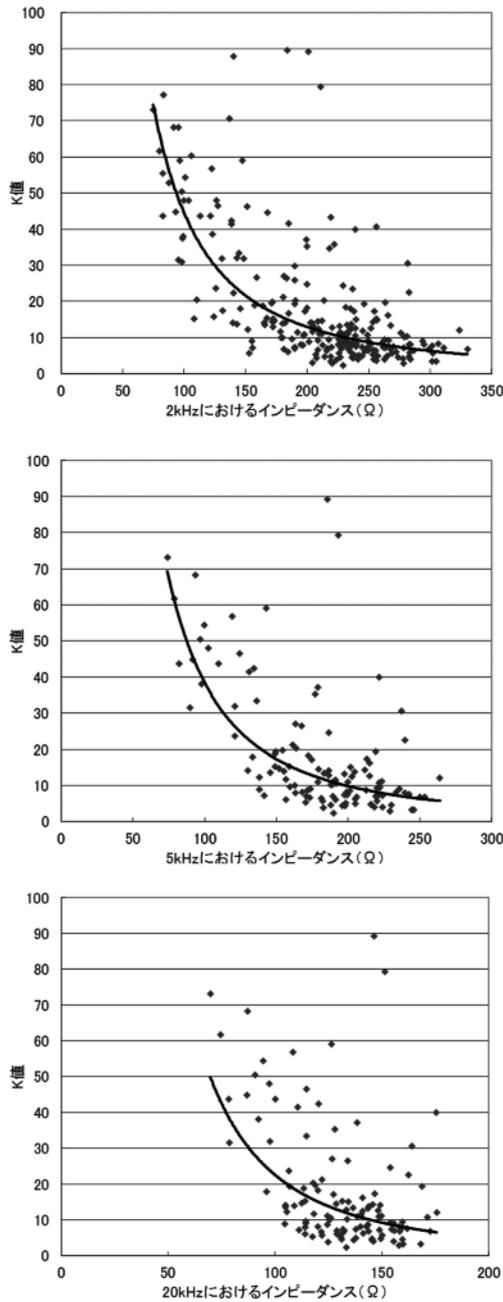


図6. インピーダンス値とK値の関係。近似曲線は累乗近似によるもの。

**鮮度推定のための検量線作成** まず無眼側インピーダンス値を用いてK値を推定する検量線を作成することとした。なお、入手した検体の鮮度が比較的良好であったためK値の分布には偏りがあり、K値20以下のデータが全体の73%を占めていた。

図6に各周波数におけるインピーダンス値とK値との関係を示す。2kHzの周波数においてK値との間の線形近似、指数近似、対数近似、累乗近似による決定係数 ( $R^2$  値) を算出したところ、それぞれ0.42, 0.46, 0.47, 0.48であり、累乗近似による近似曲線が他より若干相関が高かった。一方で周波数が上昇するにつれて、K値との相関は低下していった。

また、各周波数間におけるインピーダンス値の比や差とK値との関係を見ると(図7)、2kHz/5kHzの相関が最も高く、 $R^2$  値は線形近似、指数近似、累乗近似でそれぞれ0.56, 0.61, 0.62となった。

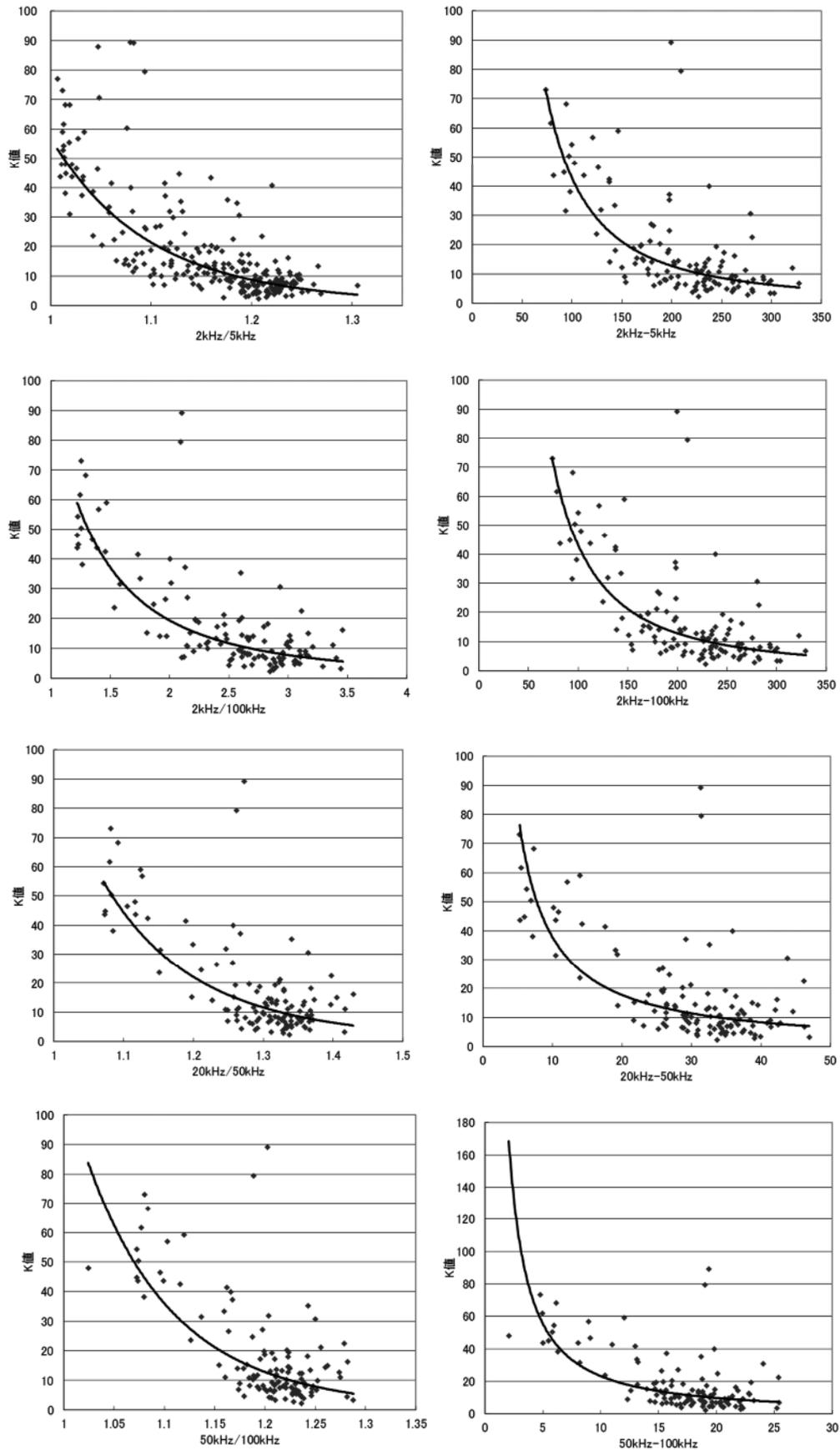


図7. 各周波数におけるインピーダンス値の比・差と K 値の関係。  
近似曲線は累乗近似によるもの。

続いてキャリブレーション用データを用いて検量線を作成し、検定を行った（表2）。

表2. K値推定用検量線の評価  
SEP=検量線検定における標準誤差  
RPD=SEPと検定試料の標準偏差の比

重回帰分析による検量線（第1変数=2kHz/5kHz）

変数の数	検量線 R <sup>2</sup>	検定 R <sup>2</sup>	SEP	RPD
5	0.69	0.58	11.95	1.55
4	0.67	0.60	11.75	1.57
3	0.64	0.57	12.11	1.53

累乗近似による検量線

使用周波数	検量線 R <sup>2</sup>	検定 R <sup>2</sup>	SEP	RPD
2kHz/5kHz	0.69	0.57	12.22	1.51

最も精度が高かったのは重回帰分析による検量線で、変数の数は4、バリデーション用データによる検定R<sup>2</sup>値は0.60であった。また、累乗近似による検量線の検定R<sup>2</sup>値は0.57であった。いずれも精度が低く、RPD値はそれぞれ1.57、1.51であった。

そこで検量線の精度を上げるために、測定データから魚体の小さなカレイ（40入り、45入り規格のもの計50検体分）を全て除去し、残りのデータのみを使用して再び検量線を作成した（表3）。

表3. 魚体の小さな検体を除去して作成した検量線の評価

重回帰分析による検量線（第1変数=5kHz/20kHz）

変数の数	検量線 R <sup>2</sup>	検定 R <sup>2</sup>	SEP	RPD
5	0.85	0.72	8.22	1.89
4	0.84	0.74	7.98	1.95
3	0.79	0.66	9.03	1.72

累乗近似による検量線

使用周波数	検量線 R <sup>2</sup>	検定 R <sup>2</sup>	SEP	RPD
2kHz/5kHz	0.72	0.73	8.45	1.84

その結果、重回帰分析による検量線（使用変数：5kHz/20kHz, 50kHz-100kHz, 5kHz-20kHz, 5kHz/100kHz）で検定R<sup>2</sup>値は0.74, RPDは1.95, 累乗近似による検量線（使用変数2kHz/5kHz）で検定R<sup>2</sup>値は0.73, RPDは1.84となった。

図8にK値の実測値と検量線による推定値の関係を示す。一般的に、選別に使用できる検量線はRPD値

2.5以上とされており、精度は向上したものの、選別に使用できる精度には至らなかった。また、K値40～50を超えると推測値が頭打ちの状態となり、誤差が大きくなった。

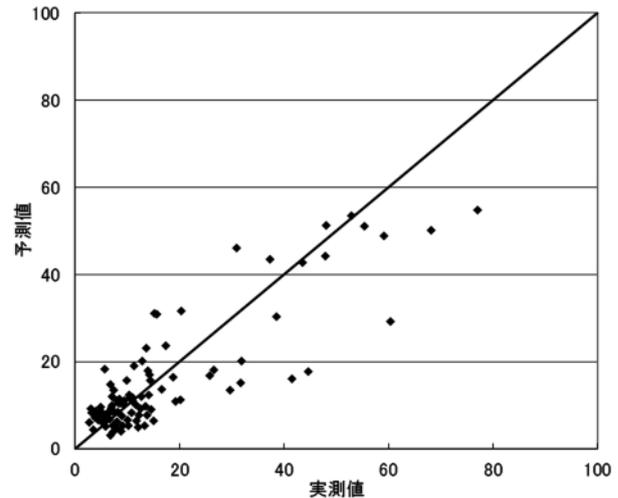


図8. K値の実測値と検量線による推定値の関係。重回帰分析による検量線（変数4）。

なお、有眼側のインピーダンス値においても同様に検量線を作成したが、R<sup>2</sup>=0.4程度と低い値であった。これはK値測定用のサンプルの採取を有眼側の背肉から行う都合上、一度採肉した検体からは有眼側のインピーダンスを計測出来なくなることから、高いK値のデータが揃わなかったことが理由の一つであると推察される。

続いて、K値と同様に無眼側のインピーダンス値を使用し、魚体の小さなカレイを除去したデータによって、硬直指数と破断強度を推測する検量線を作成した。その結果、硬直指数の推定に関しては、重回帰分析によるもの（使用変数：2kHz/5kHz, 50kHz-100kHz）で検定R<sup>2</sup>=0.65, RPD=1.68と、K値よりも精度の低い検量線が作成された（表4, 図9）。

表4. 硬直指数推定用検量線の評価

重回帰分析による検量線（第1変数=2kHz/5kHz）

変数の数	検量線 R <sup>2</sup>	検定 R <sup>2</sup>	SEP	RPD
3	0.76	0.64	13.47	1.67
2	0.74	0.65	13.38	1.68
1	0.73	0.64	13.66	1.65

累乗近似による検量線

使用周波数	検量線 R <sup>2</sup>	検定 R <sup>2</sup>	SEP	RPD
2kHz/5kHz	0.75	0.57	15.07	1.03

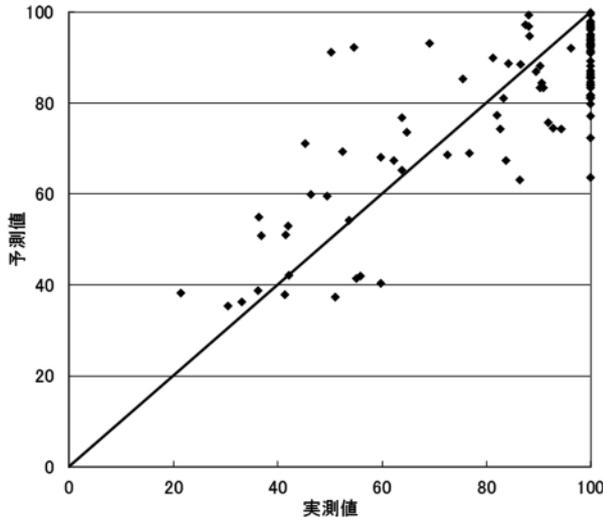


図9. 硬直指数の実測値と推定値の関係.  
重回帰分析による検量線 (変数2) .

また、破断強度に関してはインピーダンス値との相関が低く、多変量解析を行っても検量線  $R^2$  は 0.09 と、極めて低い値であった。

### 考察

Fish Analyzer は小型軽量で扱いやすく比較的安価であるため、この装置を用いた鮮度測定は、漁業者が自主的な検査を行い品質改善に資する用途に適していると考えられる。一方で、検量線精度の向上が今後の課題として残った。

今回、K 値によって個体毎の選別を可能とするだけの精度を持つ検量線を作成することは出来なかったが、平均値を見ることで、ロット毎の漁獲物の概ねの鮮度を推定することは可能であると考えられる。図 10 に漁獲日毎の鮮度の平均値と予測値の平均値を示した。この場合、実測値と予測値の相関は  $R^2=0.96$ ,  $SEP=3.4$ ,  $RPD=4.3$  となり、概ね「沖獲れ一番」規格基準 (K 値平均 15 以下) を満たしているかどうか推測することが可能であった。

今回使用したデータは K 値 20 以下のものが多く偏りが大きかったが、今後さらに精度の高い検量線を作成するためには、K 値が 20~50 程度の検体のデータを多く集め、分散を大きくしたデータセットを解析に供することが必要であると考えられる。ただし、図 6, 7 を見る限り、概ね K 値 40 以上ではインピーダンス値やインピーダンス比の傾きがほぼ垂直になってしまうことから、K 値が概ね 40 を超えると正確な鮮度の推定は難しくなると推察される。

また、カレイは魚体の厚さが薄いために、骨などの

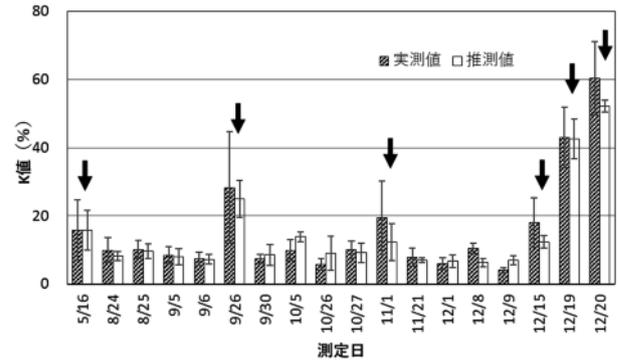


図 10. 測定日ごとの K 値実測値と推定値の平均。  
上下に伸びる線分は標準偏差を示す。  
矢印は「沖獲れ一番」の基準を満たさなかった日を示す。  
12 月 19・20 日の検体は、12 月 15 日の検体と同一個体。

筋肉組織以外の絶縁体による情報がノイズとして入ってしまうことも、検量線の精度を低下させる一つの要因として挙げられる。検量線作成に当たって、小型のカレイをデータから除去することで精度が増したのも、これが原因であると考えられる。この問題に関しては、大和製衡より小型の魚 (魚体の厚さ 3cm 以下) の測定用に Fish Analyzer のアタッチメントが用意されている<sup>6)</sup>。当初大型のカレイ中心に測定を行う予定であったことから本試験では使用しなかったが、実際には、厚さ 3cm に達しないカレイも多数測定に使用せざるを得なかった。今後このアタッチメントを使用してデータを取り、なおかつ魚体の大きさ別に検量線を作成することによって、更なる精度向上が可能であると考えられる。

また、硬直指数を推定する検量線は K 値のそれよりも精度が低かったが、硬直までのインピーダンス値の推移をみると、即殺直後、完全硬直に至る前であれば、硬直指数と強い相関を持つであろうことが推察された。この段階におけるインピーダンスの変化は、硬直の進行に伴い引き起こされる筋肉の収縮に影響を受けることが示唆されている<sup>4)</sup>。

破断強度に関しては、今回、検量線を作成することができなかった。今回の破断強度の測定方法では、同じ魚でも測定位置が少しずれただけで大幅に数字が変わるなど、精度の低いデータしか取れなかったことが、原因の一つであると考えられる。しかし、細胞の構造の劣化が電気特性に影響を与えるという原理から考えると、破断強度とインピーダンス値に何らかの相関があってもおかしくは無い。また筋内膜のコラーゲンの分解は、即殺後 1 日以内のような冷

蔵初期の段階においても進行し、構造の脆弱化や組織内の間隙を生じさせる<sup>7)</sup>。このような構造の変化や間隙に貯留した電解質成分も、インピーダンス値に影響を与えられられる。今後、破断強度の測定方法・条件について更なる検討を行うとともに、検鏡による組織の構造の観察やドリップ量の測定など、筋組織の脆弱化を示す別の指標の採用も考慮する必要があると考える。

### 謝辞

調査を行うにあたり、各沖合底びき網漁船の船員の皆様、JF しまね浜田支所の職員の皆様には、検体入手に格別のご協力をいただいた。島根県水産技術センターの各位には、測定にあたって助力していただいた。また、大和製衡株式会社自動一般機器事業部一般機器開発課 岡部修一係長には、Fish Analyzer とインピーダンス測定について、技術面で多数のご助言をいただいた。ここに記して深謝いたします。

### 文献

- 1) 岩本宗昭 (1989) 魚類の“生き”の保持に関する研究. 島水試研報, 6, 1-59.
- 2) 加藤宏郎・坂口守彦・大井康之・丸尾信・豊田薫 (2000) インピーダンス特性による魚肉の鮮度判定(第1報). 農業機械学会誌 62 (3): 76-83.
- 3) 加藤宏郎・坂口守彦・大井康之・丸尾信・豊田薫 (2000) インピーダンス特性による魚肉の鮮度判定(第2報). 農業機械学会誌 62 (5): 59-69, 2000.
- 4) 久保久美子・松本欣弘・桑原弘一・岡部修一・谷山茂人・橘勝康・村田昌一 (2016) インピーダンスを用いたブリおよびマアジの脂肪量の非破壊測定 日水誌, 82 (5) : 743-752.
- 5) 豊田浄彦 (2014) 農産物・食品の安全と品質の確保技術. 農業食料工学会誌 76(1) : 32-35.
- 6) 大和製衡株式会社 (2016) Fish Analyzer TM Ver. 2.00 技術資料.
- 7) 木村茂編 (1997) 魚介類の細胞外マトリックス, 恒星社厚生閣 : 73-82.



# 浜田漁港における沖合底びき網漁獲物の高鮮度化に関する研究

岡本 満<sup>1a</sup>・沖野 晃<sup>1</sup>・竹谷万理<sup>1</sup>・井岡 久<sup>1</sup>

Study on Improve freshness of Aquatic products captured by offshore trawl fishery based on Hamada fishing port

Mitsuru OKAMOTO, Akira OKINO, Banri TAKETANI and Hisashi IOKA

キーワード：イノシン酸，塩干カレイ，沖合底びき網漁業，鮮度保持，ムシガレイ，リシップ

## はじめに

島根県浜田漁港を基地とし操業を行っている沖合底びき網漁業（沖底）は現在5ヶ統で、年間約3,000トン、約15億円を水揚げする浜田地域の基幹漁業となっている。また、全国1位の生産量を占める塩干カレイの原料供給をはじめ、地元の水産加工業や鮮魚流通業など、関連産業を支える漁業として地域経済への寄与度は大きい。

2013年3月に浜田地域水産業構造改革推進プロジェクト協議会は、沖底を対象とした改革計画を策定し、高船齢化した漁船を今後10年以上使用可能な大規模なリシップ（再生工事）を行い、併せて漁獲物の高鮮度化と付加価値向上、省エネ・省力化等による収益性の改善を実証する取り組みを開始した。

リシップにおける高付加価値化の取り組みでは、新たに海水冷却装置を整備し、船上での漁獲物の予冷機能の増強を図り、漁獲物の鮮度向上や活魚化率の向上を目指すこととしている。そこで、これらの取り組みが効果的なものとなるよう、予備調査を含めて5年間にわたる調査を行ったので、その結果を報告する。

## 資料と方法

### 沖底の実態調査

1) 乗船調査 2012年5月12日~18日に沖底船に乗船し、作業工程の確認をはじめ鮮度管理の実態調査を行った。操業実態については、漁場での網入れから網揚げ、船上での漁獲物処理手順等各工程

の経過を観察した。漁獲物冷却水槽内の水温、工程ごとの漁獲物温度、外気温、魚艙内温度、魚箱内温度を測定した。外気温度、魚艙内温度、魚箱内温度の測定はボタン型温度ロガー（KN ラボラトリーズサーモクロンGタイプ）を、冷却水温度、各工程の漁獲物温度はハンディタイプ防水型デジタル温度計（佐藤計量器製作所 SK-250WPIJ-N）を用いて計測した。また、調査対象魚種は、主要な漁獲対象であり、鮮度低下速度も速いムシガレイ（*Eopsetta grigorjewi*）とし、各工程の漁獲物の温度は腹腔内温度を5個体ずつ測定した。また、魚箱内温度は航海前半と航海後半の木箱と発泡箱の4区分について、魚体の間に温度ロガーを差し込み測定した。

2) 鮮度調査 沖底は通常1週間サイクルで入出港を繰り返す。1週間の航海期間の中で初日に漁獲された魚と最終日に漁獲された魚には鮮度差が生じる。そこで乗船調査と併せて、鮮度分析用の供試魚として、航海前半と航海後半別の木箱入りと発泡箱入りのムシガレイを試料魚として採取し、鮮度分析を行った。分析項目はATP関連化合物とし、測定値からK値を算出した。ATP関連化合物は、有眼側普通筋2gの10%過塩素酸抽出液を高速液体クロマトグラフ（島津製作所 LC-VP）で表1の条件により定量し

表1. HPLCによるATP関連化合物の定量条件

検出器	: SPD-10Avp
検出波長	: 254nm
分析カラム	: STR-ODS II (150mm × 4.6i.D, 信和化工)
カラム温度	: 40°C
移動相	: 100mMリン酸-トリエチルアミン/アセトニトリル =100/1
移動相流量	: 1ml/min

<sup>1</sup> 漁業生産部 Fisheries Productivity Division

<sup>a</sup> 現所属：内水面浅海部 Inland Water Fisheries and Coastal Fisheries Division

た。なお、ATP 関連化合物中にはイノシン酸 (IMP) が含まれる。

### リシップ船による漁獲物の高品質化

1) 鮮度調査 乗船調査結果に基づき、リシップ船に搭載された海水冷却装置を活用した漁獲物の鮮度評価に関する調査を行った。調査は2013年にリシップを先行実施したA船団、2014年からはB船団、C船団の2ヶ統、2015年からはD船団、E船団の2ヶ統を加え、浜田の沖底全船団5ヶ統を対象に2016年まで調査を実施した。鮮度評価の対象とした試料魚はムシガレイとし、鮮度保持技術の向上に必要なK値および体表の一般生菌数を計測した。一般生菌数は、2012年～2014年で計8回検査を実施し、有眼側体表の氷が当たっていない部分を1尾につき10cm<sup>2</sup>を検体輸送用試験管付綿棒（日本綿棒 メンディップ CTB-1512A）で拭き取り、5尾分を合わせて希釈液とともに綿棒ごとストマッカーで磨砕、検液とし、標準寒天平板で35℃、48時間混釈培養し、出現した細菌の集落数を計数した。

2) 活魚化試験 夏季の高水温期における活魚化率の向上がリシップ事業の目標の一つで、漁業者から要望もあったウチワエビ (*Ibacus ciliatus*) の高温耐性について室内実験を実施した。沖底船が水揚げした活ウチワエビを入手し、10℃に調整した水槽中で馴致した。馴致したウチワエビは15分かけて水温25℃および30℃に昇温し、その後10℃水槽に1時間浸漬したのち、7℃の海水中で経過を観察する「昇温試験区」と、25℃および30℃までは「昇温試験区」と同様に処理し、設定温度に達してから、各温度で30分間放置したのち、10℃水槽に戻し、その後の経過を観察する「高水温暴露試験」の2試験区を設定した。

3) タイ類の色調保持試験 冷却海水によるタイ類の予冷について「体表の赤色が出ない」とする漁業者がある一方で、他の漁業者からは「出る」との相反する見解が示されたことから、冷却海水が体色に及ぼす影響を室内実験により検証した。キダイ (*Dentex tumifrons*) は沖底または釣りで漁獲された漁獲後1日以内の鮮魚で、マダイ (*Pagrus major*) およびチダイ (*Evynnis japonica*) は釣りで漁獲された活魚を延髄刺殺し供試魚とした。冷却には電子低温水槽（池田理化）を用い、1～3℃に調整した表2の混合比の真水：海水中に40分間浸漬した。浸漬後、頭を左にして下氷の上に新聞紙とパーチ（樹脂フィルム）を敷いたクーラーボックス内に並べ、5℃の冷蔵庫内で貯蔵し、色調の測定に供した。なお、浸漬

表2. 色調保持試験に使用した海水濃度

魚種	海水濃度					試料魚
	全海水	2/3海水	1/2海水	1/3海水	水道水	
マダイ	○	○	—	○	○	釣り、活魚の活魚
キダイ	○	—	○	○	○	同上
チダイ	○	—	—	—	○	底びき及び釣りの鮮魚

時間と貯蔵方法は、乗船調査結果に基づいて設定した。色調の評価は暗室内で色差計（日本電色工業 NS333）のセンサーを魚体の左右両側の計10ヶ所に当て、CIE（国際照明委員会）が提唱しているL\*a\*b\*を測定し赤紫色の強度を示す「a\*」（エースター）<sup>1)</sup>を評価指標とした。また、同時に写真撮影し、目視による色調も確認した。

4) 加工用原魚の評価 全船を対象とした鮮度調査を実施する過程で平成28年度漁期より、漁獲後1日以内のムシガレイで、K値が一定の基準を満たしていることを条件に「沖獲れ一番」として出荷する沖底漁獲物の新たなブランド化の取り組みが開始された。しかし、冷海水装置の導入による鮮度保持の取り組み効果を引き出すためには、帰港1日前の高鮮度魚だけでなく、他の操業期間中の漁獲物についても高鮮度化の利点について評価すべきである。そこで、漁獲物の多くを占める加工用ムシガレイのK値と鮮度低下に伴い減少するIMP量を調べた。

(1) 冷海水装置による冷却効果 2013年以降リシップ船で冷海水による予冷を行ったムシガレイのうち、帰港3日前以降の漁獲物を「冷海水仕様」とし、魚箱に「冷」の字を表記あるいはラベルを付けて他の漁獲物との区別をする取り組みが行われている。「冷海水仕様」のムシガレイは、主に塩干カレイ製造用の原料として利用されるものが多いことから、海水冷却装置導入後の鮮度評価を実施した。また、それらを原料とした塩干品の試作を行い、その品質について調べた。

(2) 塩干カレイ製造工程の改善 ムシガレイを原料とする塩干カレイは、浜田地域の水産加工業者の重要な出荷製品となっているが、高鮮度化した原魚の利点を生かせれば、IMP量が多い「旨味」のある塩干カレイの製造、出荷が可能となる。そこで、良質な塩干カレイの製造・出荷・販売の拡大を目的とし、従来の加工工程の見直しについて検討した。

(3) ムシガレイの冷凍耐性 ムシガレイは、冷凍による品質劣化が著しいとされ、塩干カレイの原料には従来生鮮魚のみ使用されてきた。原料価格が水揚量により大きく変動する魚種でもあることから、

原料を沖底に頼る地元の加工業者にとって、沖底原料の安定確保が経営上の重要な要件となっている。近年、他産地との競合による販売不振の影響もあり、塩干カレイ加工業者の経営環境は悪化していることから、原魚の冷凍処理について検討した。凍結用原料は2012年9月～2013年5月にかけて水揚げされ

た木箱のムシガレイ（80尾～100尾入り）で、航海前半の魚を金属製の凍結パンに入れ替え、 $-25^{\circ}\text{C}$ で凍結し、同温度で保管した。2013年6月に塩干カレイを製造する業者に、通常の塩干カレイとほぼ同様の加工工程による製造を依頼し、廃棄率や製品の品質、作業時の課題等について聞き取り調査を行った。

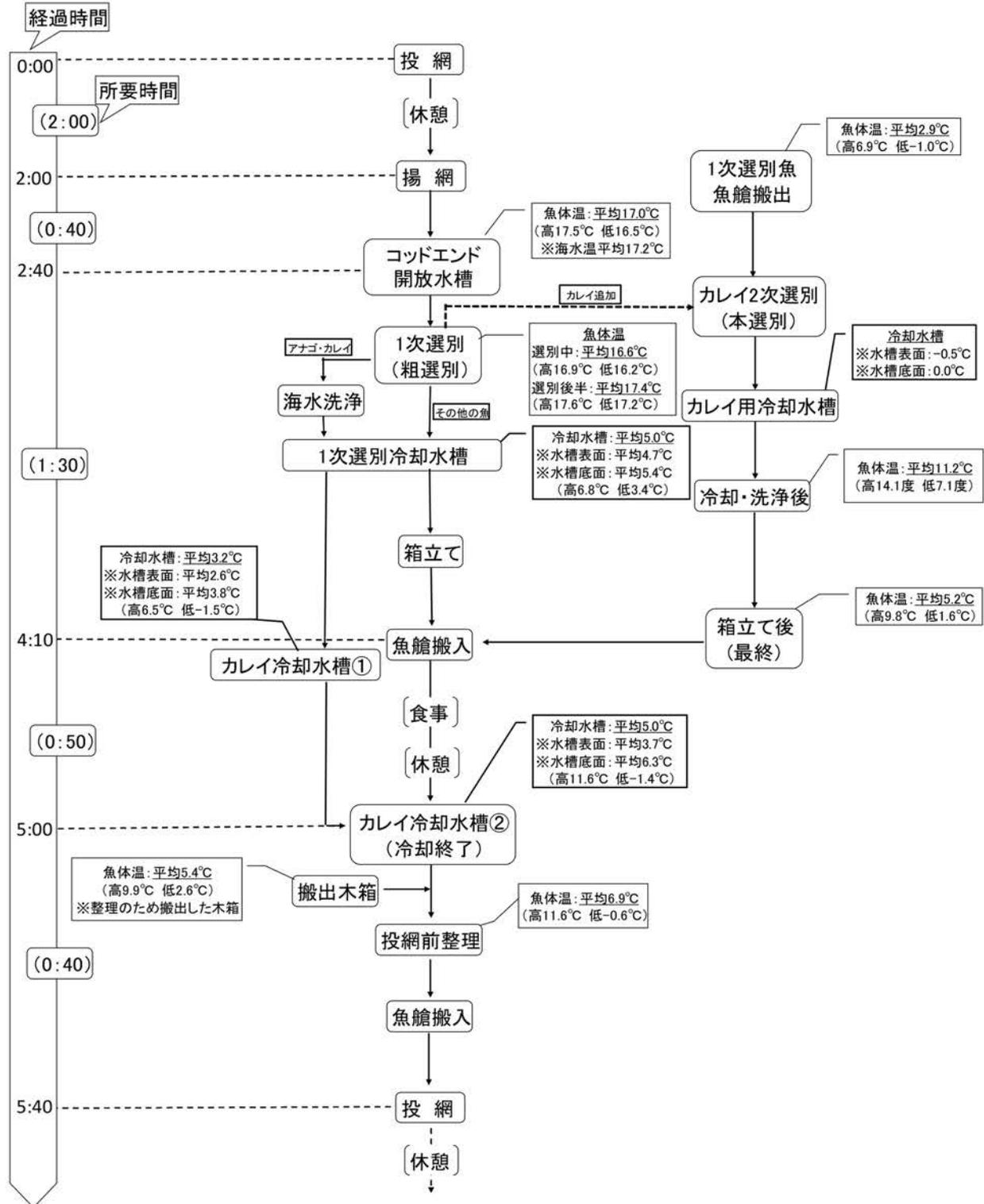


図1. 曳網1回次における浜田沖底の作業工程例

結果と考察

沖底の実態調査

1) 乗船調査 浜田の沖底は2 そうびきの漁法を採っている。図1は自船における投網から次回投網までの作業工程と温度管理の実態を経時的に調査した結果に準じて例示したものである。浜田の他の沖底船もほぼ同様の工程を経ており、次回投網までの5時間40分の間、船上での漁獲物の取り扱いは細かな作業の繰り返しと無駄のない作業手順で行われている様子が見える。投網から約2時間後の揚網時の船上での漁獲物の取り扱い状況は、コッドエンド(魚捕部)に入った漁獲物を右舷の区画(「コッドエンド開放水槽」と表記)に入れ、魚種ごとに1次選別(粗選別)を行った後、海水に氷を加えて作った冷水槽(200Lおよび100L コンテナ)中で冷却を行う。ムシガレイの場合、魚体が冷えた段階で一時、魚艙に収容し、最終の箱立てに必要な魚が集まるまで曳網を繰り返す。ある程度数の箱詰めが完了できる漁獲物が確保できると、魚艙から搬出した漁獲物と合わせて測定板を使用した2次選別(本選別)を行い、最終的な箱立てをして水揚げ時まで魚艙に保管される。

漁獲物の冷却から箱立てまでの工程は魚種によって異なり、また航海後半は活魚の管理も加わることから、漁労作業の状況はより複雑になる。

作業工程別のムシガレイの腹腔内温度を図2に示した。船上で行われる粗選別後の水氷冷却、魚艙での保管中は、魚体温は下がるが、その後行われる魚艙からの搬出や新たなカレイを加えた2次選別以降の魚体温は上昇する傾向にあった。これは、船上で外気の影響を受けていることを示唆している。また、2次選別時に新たに加わる漁獲物(今回操業時)が

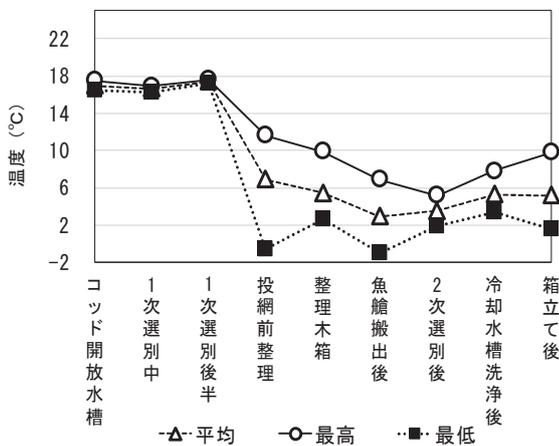


図2. 作業工程別ムシガレイ腹腔内温度

十分に冷却されないまま箱立てされることも観察された。

ムシガレイの冷却水槽の水温の経時変化を図3に示した。なお、1次選別の冷却は同時に水揚げされた他種の漁獲物と同じ水槽で行い(図1における「1次選別冷却水槽」)、そこからカレイとアナゴのみを別の水槽で冷却していた(図1における「カレイ冷却水槽①」および「カレイ冷却水槽②」)。揚網時の漁獲物の魚体温は約17°Cでほぼ海水温と変わらないため、冷却水槽にカレイを投入すると水槽の温度は上昇する。冷却中、水槽上層の水温と水槽下層の水温の温度差は冷却中に経時的に大きくなり、最大で10°C以上になることも観察された。上層、下層の攪拌が行われない状況では冷却ムラが生じやすく、魚体温がばらつき、その後の鮮度差につながる事が示唆された。

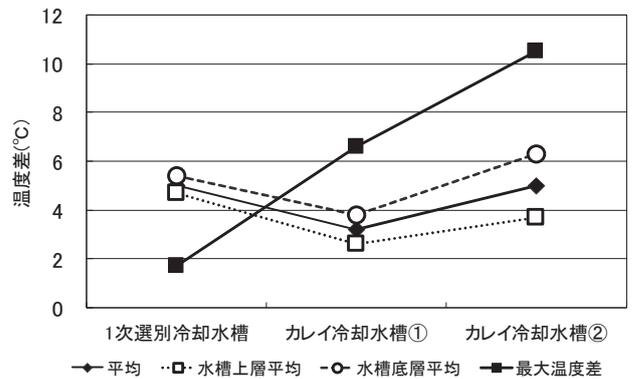


図3. ムシガレイ冷却水槽表面・底面の水温

航海中の外気温度と魚艙内温度の関係を図4に示した。外気温度は16°C~24°Cの範囲であったが、魚艙内温度は4°C~8°Cの範囲で変化した。魚艙には出航時に氷を満載して貯蔵することから、低温に保たれているが、操業が開始すると氷の取り出しや魚箱の出し入れに伴う開閉作業が影響して外気が流れ込

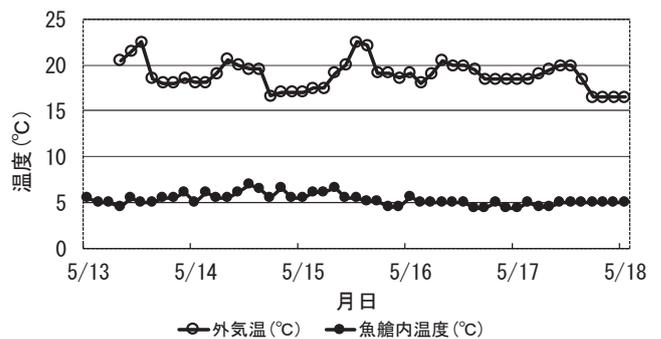


図4. 操業期間中の外気温度と魚槽内温度の経時変化

み、操業中の魚倉内の温度変化を示していることが観察された。8月～9月の高温期においては、高温の海水温度に加え、外気温度も高いことから、魚倉内温度はさらに大きくなることも予想された。航海前半および航海後半における木箱と発泡箱のムシガレイの魚体温度を図5に示した。箱立て時の魚体温が7.0℃～9.5℃の時、魚倉収容後、0℃に達するまで約半日以上かかるが、2次選別から箱立て時の魚体温の上昇を防ぐことで0℃に到達するまでの時間が短縮し、効果的な鮮度保持が可能になると思われた。また、航海後半の魚箱では0℃まで下がりきらないうちに漁港に着き、競りにかけられる可能性もあり、競りの後の温度上昇を考慮すると、箱立て時の低温管理の重要性が示唆された。

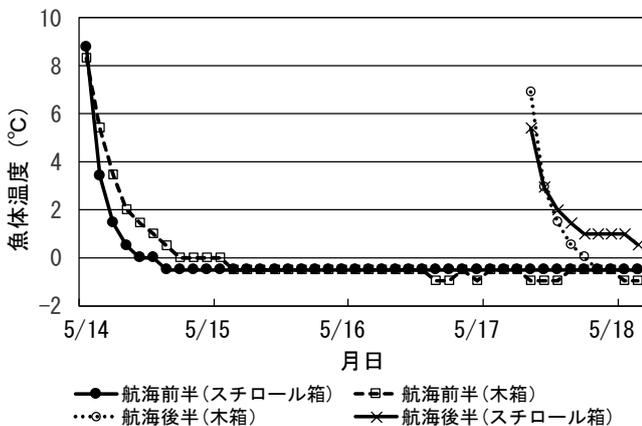


図5. ムシガレイ魚体温度の経時変化（箱立て後）

2) 鮮度調査 漁港水揚げ時のムシガレイ (n=10) のK値を図6に、IMP量を図7に示した。木箱、発泡箱ともに航海前半の魚に比べ、航海後半の魚のK値が低い傾向を示し、貯蔵時間による差異が認められた。IMP量は貯蔵時間が長くなるほど低くなる傾向を示し、漁獲から水揚げまでの貯蔵時間の長さを反映していることが確認できた。但し、同じ魚箱内の魚でもK値、IMP量ともに個体差が大きく、品質面でバラツキがあることも分かり、低温管理の徹底の必要性が示唆された。

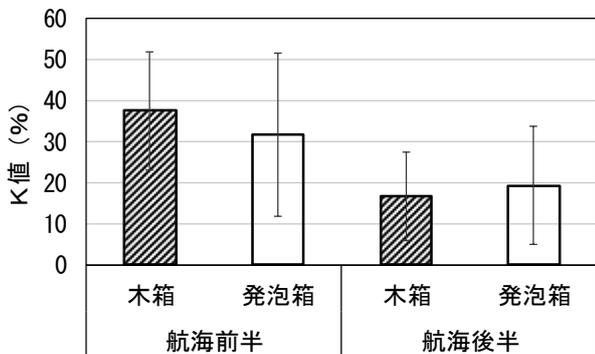


図6. 航海前半・後半および魚箱別ムシガレイのK値 (n=10, エラーバーは標準偏差)

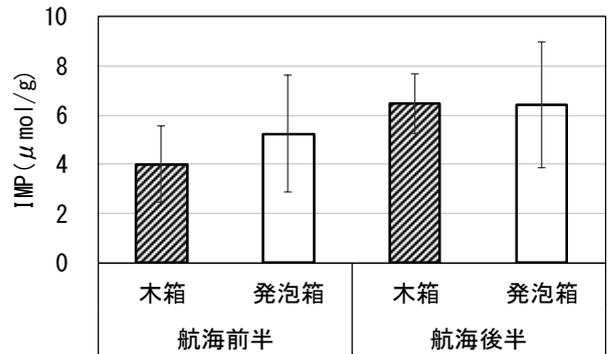


図7. 航海前半・後半および魚箱別ムシガレイのIMP量 (n=10, エラーバーは標準偏差)

向を示し、漁獲から水揚げまでの貯蔵時間の長さを反映していることが確認できた。但し、同じ魚箱内の魚でもK値、IMP量ともに個体差が大きく、品質面でバラツキがあることも分かり、低温管理の徹底の必要性が示唆された。

### リシップ船による漁獲物の高品質化

1) 鮮度調査 2012年に実施した乗船調査における鮮度管理実態調査の結果から、船上での漁獲物の取り扱いについて以下の三点が課題として挙げられた。①予冷水槽における上層、下層の温度ムラ、②複数曳網魚の箱詰めによる鮮度のバラツキ、③2次選別工程による魚体温度の上昇、が漁獲物の鮮度に影響を及ぼしていることが推察された。①、②は作業員の理解と努力で解決できるが、③の本選別工程の改善は、沖底の作業工程の根幹に関わることであり、従来の船上処理方法を大きく変える必要がある課題と考えられた。しかし、鮮度低下の主原因と推察されることから、高鮮度化による魚価向上を目指すためには関係者の理解を得ながら、一つ一つの課題を解決していくことが重要と思われた。そこで、当面、船上における魚の予冷条件を魚体温が5℃以下を確認することを目標として取り組んでもらうこととし、2次選別をしない魚（無選別魚）の鮮度評価を行った。図8に2012年8月20日および9月11日に水揚げされた航海前半および航海後半のムシガレイについて、2次選別工程の有無など、計6試験区を設定し、測定したK値を示した。8月20日、9月11日とも漁期の中でも海水温、気温とも最も高い高温期に当たり、この時期の漁獲物の冷却程度が大きな鮮度差引き起こしているとの見地から調査を行ったものである。両日とも2次選別工程有りの「選別魚」はK値の平均値が高く、個体による数値のバラツキが大きかった。一方、8月20日及び9月11日の航海後半の無選別魚は、K値の平均値は10.5%

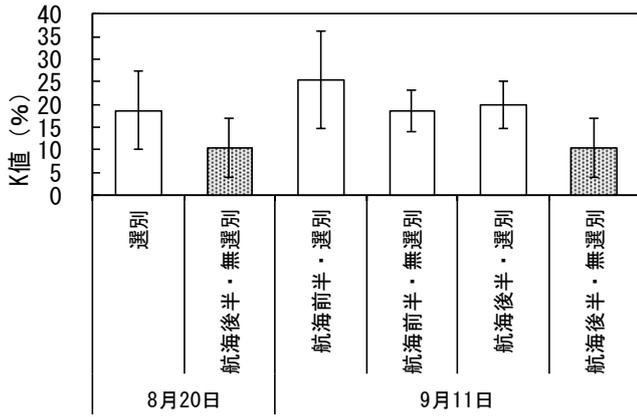


図8. リシップ船漁獲物の鮮度 (n=10, エラーバーは標準偏差) (2012年)

と低かった。また、9月11日の魚は航海前半、航海後半のいずれの魚も選別魚に比べ、無選別魚のK値は低く、特に航海後半の無選別魚は、生食用として流通可能な水準の鮮度であった。水揚げ時のムシガレイ体表の一般生菌数を図9に示した。航海前半の

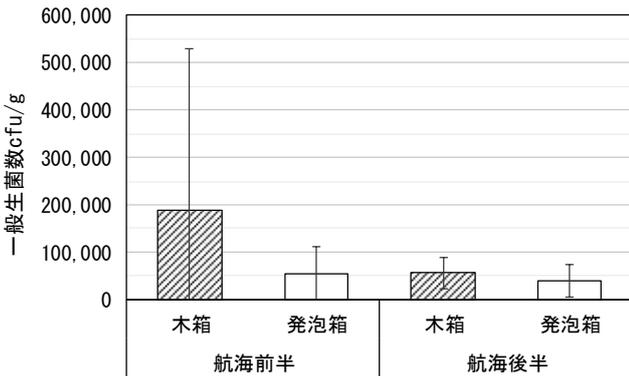


図9. ムシガレイ体表の一般生菌数 (n=8, エラーバーは標準偏差) (2012年~2014年)

木箱入りの魚は他の試料魚の  $10^4$ cfu/g 台に比べ  $10^5$ cfu/g 台と一桁高く、航海前半の木箱入りの魚は菌数面での課題が示唆された。発泡箱入りの魚は航海前半および後半とも差異はなく、航海後半の木箱もほぼ同等であった。航海前半の木箱入りの魚の菌数が多い原因は不明だが、魚箱や船上での魚の取り扱い方法に問題があった可能性もある。

リシップ船における冷海水の使用効果を調べるため、操業前半および操業後半における発泡箱と木箱別の鮮度について2012年漁期の結果を図10に示した。操業前半の木箱入りのムシガレイのK値の平均値は34.1%で操業後半の23.5%に比べ約10%高く、貯蔵期間の長さともK値には正の相関が認められた。操業前半の発泡箱入りの魚のK値は29.4%で木箱の魚の38.7%に比べ鮮度は約10%低く、操業後半の魚では発泡箱19.7%、木箱27.3%と発泡箱のK値が低かった。航海後半のムシガレイは航海前半のものより鮮度が良く、木箱入りのムシガレイより発泡箱入りの魚の鮮度が良いことが明らかとなった。現在、沖底のムシガレイの生食用基準を内山ら<sup>2)</sup>の報告を基にK値20%とし高鮮度魚の出荷の取り組みが進められている。

沖底漁獲物の高鮮度化の取り組みにより、従来、加工あるいは加熱調理向けの用途に限られていたムシガレイは生食可能な魚として出荷可能であることを明らかにした。1次選別のみ行い2次選別工程を省いたムシガレイは冷海水で予冷することでK値20%以下の水準の維持が可能であることが確認できた。生食用基準のK値20%以下のムシガレイの出荷を達成するために以下の①~③の条件を順守する

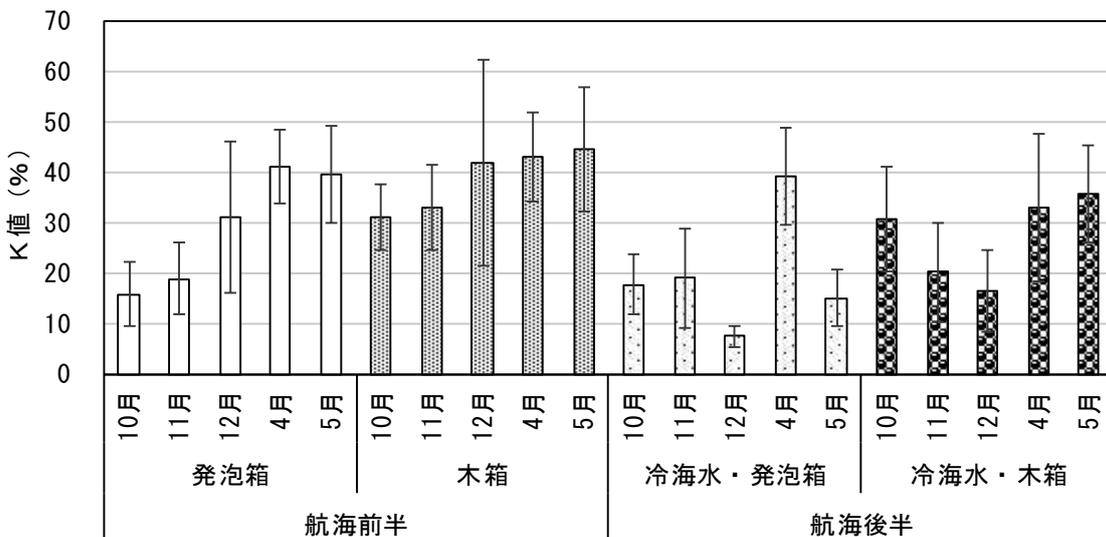


図10. 航海別、魚箱別のムシガレイの鮮度 (n=10, エラーバーは標準偏差) (2012年漁期)

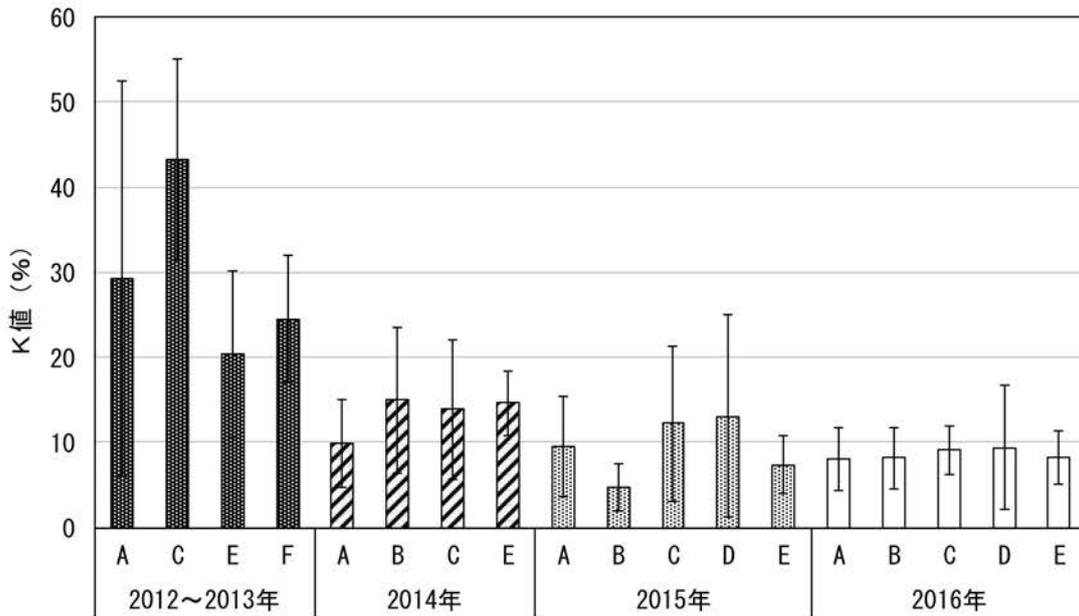


図 11. 高鮮度化の取り組みによるムシガレイ K 値の変化(n=10, エラーバーは標準偏差)

よう漁業者に提示し、鮮度の向上に取り組んだ。① (漁港水揚げ日を基準に) 1 日以内に獲れたもの、②一曳網で箱詰めされたもの (2 次選別魚の箱詰め禁止)、③5°C以下に予冷したものを発泡箱に詰め、以後水揚げまで蓋を開けないこと。鮮度分析の結果を随時、漁業者に提供しながら、ムシガレイの高鮮度化に取り組んでもらった結果を図 11 に示した。取り組み開始当初は、個体により K 値がばらついたが、徐々に改善され、2016 年には全船が目標を達成することができた。その結果、沖底の新ブランド魚「沖獲れ一番」の出荷の取り組みが 2016 年漁期より開始された。なお、船上での低温管理を徹底するため、「沖獲れ一番」の漁獲物の出荷基準は「市場出荷前日に漁獲されたものとし、漁獲直後に魚体温を 5°C 以下まで冷却し、その後の低温管理が徹底され、水揚げされた漁獲物」であること条件として取り組んでいる。

2) 活魚化試験 低温で馴致したウチワエビを入れた水槽の水温が 25°C, 30°Cに到達した時点で、10°C水槽に戻す「昇温試験」では 25°C, 30°Cの両試験区とも 48 時間以内に供試した 5 尾全てが斃死した。また、設定温度に達したのち 30 分間そのまま維持し、10°C水槽に戻す「高水温暴露試験」では両試験区とも 24 時間で供試した 5 尾とも斃死した。これらの結果から、高水温がウチワエビに及ぼす影響は大きく、高水温期におけるウチワエビの活魚化率の向上は難しいことが示唆された。

3) タイ類の色調保持試験 図 12 に測定したマダ

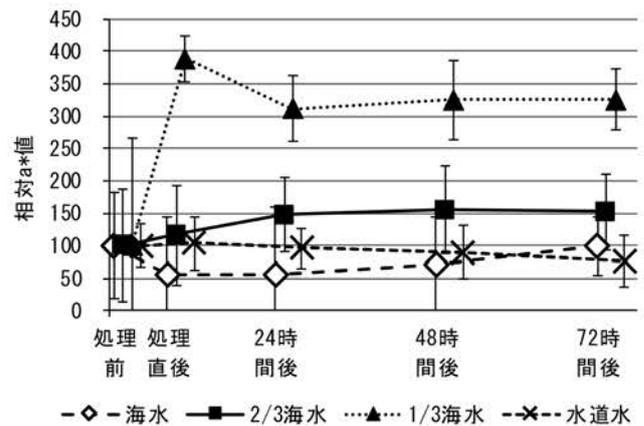


図 12. マダイの相対 a\*値 (n=3-5, エラーバーは標準偏差)

イ体側の a\*値を基に浸漬処理直前を 100%とした時の相対値を「相対 a\*値」として示した。処理直後に海水区の相対 a\*値は低下したが、24 時間後以降は緩やかに回復し、72 時間後には 98.6%となり処理前とほぼ同等となった。一方、1/3 海水の場合、処理直後の赤色度は処理前の約 4 倍を示し、徐々に低下したものの 72 時間後でも処理前の約 3 倍の相対 a\*値となり、海水濃度の影響が示唆された。キダイの結果を図 13 に示した。海水区の相対 a\*値が処理直後に 21.9%に低下したが、24 時間後には 73.7%にまで回復した。図 14 のチダイでは、キダイ、マダイと同様、処理直後に海水区の相対 a\*値が 59%まで低下したが、その後緩やかに回復し 72 時間後には 69%まで回復した。撮影画像を見る限り視覚的には、キダイ、

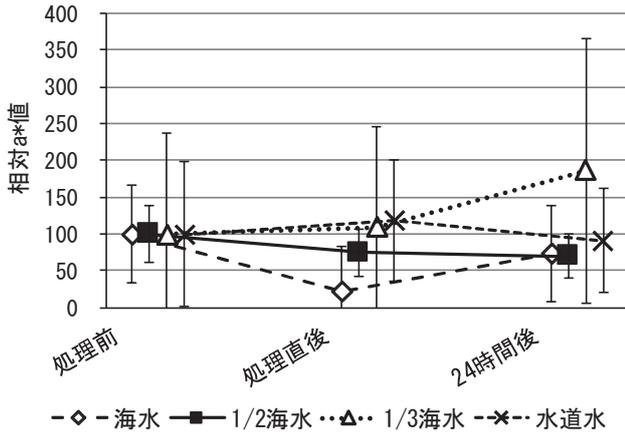


図 13. キダイの相対 a\* 値 (n=5, エラーバーは標準偏差)

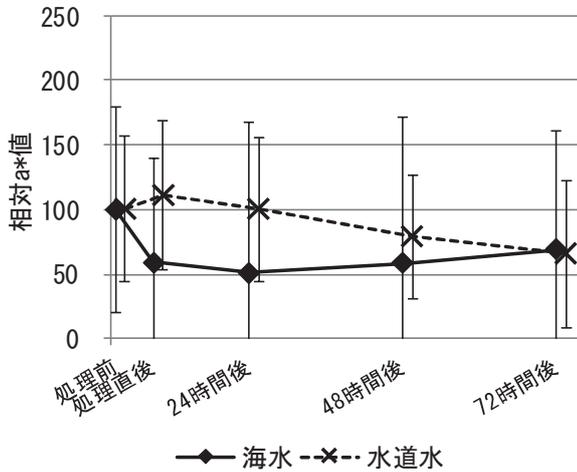


図 14. チダイの相対 a\* 値 (n=2-5, エラーバーは標準偏差)

マダイ, チダイの何れも 100%海水での処理直後に処理前の赤色が退色するが, その後, 回復する傾向が観察された. マダイでは 1/3 海水, 2/3 海水処理では赤色が強まり, キダイでは 1/3 海水で相対 a\* 値が高くなり, 赤色が強まる傾向が認められた. マダイ, キダイでは赤色を強めるための適度な海水濃度があることも示唆され, 実験を繰り返し知見の集積を図る必要があると思われる.

4) 加工用原魚の評価

(1) 冷海水装置による冷却効果 「沖獲れ一番」

が帰港 1 日前以降漁獲されたムシガレイとする取り組みに対し, 帰港 3 日前以降のムシガレイを「冷海水仕様」と称し, 魚箱に「冷」の字を表記し, 出荷する取り組みが進められている.

図 15 に魚箱の種類別 (発泡箱, 木箱), 航海前半および航海後半 (冷海水仕様) 別に 2012 年 10 月～

2013 年 5 月にかけて漁獲された計 5 回のムシガレイ中の K 値, 図 16 に IMP 量を示した. K 値は, 航海前半の発泡箱と木箱, 航海後半の発泡箱と木箱では発泡箱の魚が有意 (p<0.01) に鮮度が良く, 航海前半と航海後半の発泡箱同士, 木箱同士で有意 (p<0.01) に航海後半の魚の鮮度が良かった. IMP 量は鮮度低下にともない分解消失するが, K 値同様発泡箱入りの魚は木箱入りよりも IMP 量は多く (p<0.01), 航海前半より後半の魚の IMP 量が多かった (p<0.01). このことから, IMP 量の多い順に並べると, 冷海水仕様の航海後半の発泡箱 > 冷海水仕様の木箱 = 航海前半の発泡箱 > 航海前半の木箱入りの魚の順となり, 航海日数が短く, 発泡箱入りの魚に IMP 量は多い結果となった.

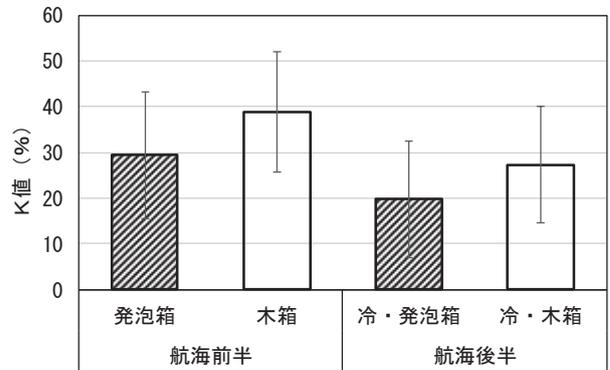


図 15. 規格別ムシガレイの K 値 (n=50, エラーバーは標準偏差)

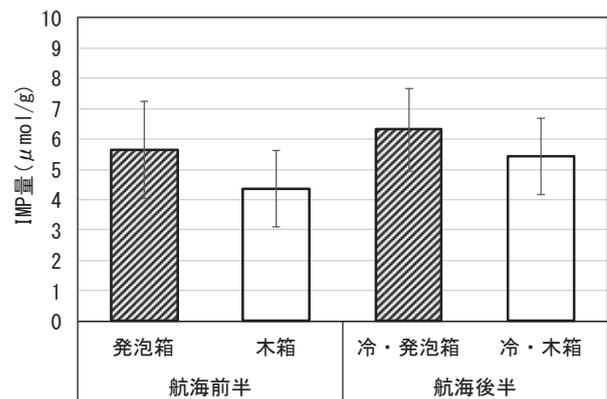


図 16. 規格別ムシガレイの K 値 (n=50, エラーバーは標準偏差)

(2) 塩干カレイ製造工程の改善 冷海水処理による IMP 量の多いムシガレイの利点を生かし, 塩干カレイの製造工程の見直しについて検討した. 図 17 に 2012 年の 8 月～10 月にリシップ船が水揚げした冷海水仕様のムシガレイと同試料魚から調製した塩

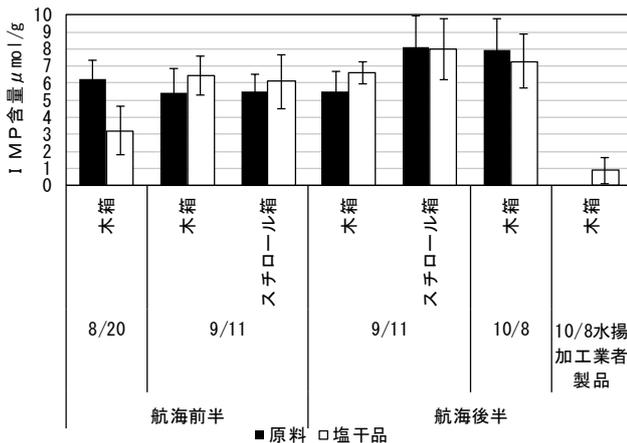


図 17. 規格別塩干ムシガレイの IMP 量 (n=50, エラーバーは標準偏差)

干カレイ中の IMP 量を示した。また、併せて冷海水仕様のムシガレイを原料とし、加工業者により製造された塩干カレイの分析値も示した。試作の工程は以下とおりである。①原料→②水洗→③鱗・内臓除去→④水洗→⑤塩漬→⑥水洗→⑦乾燥→⑧製了→⑨冷凍とした。温度管理は⑦乾燥工程(26°C, 2時間)を除く全工程で品温が5°C前後となるよう氷を使用しながら行った。その結果、9月以降の試料魚(n=10)は原料のIMP量に比べ試作品中のIMP量が高いかもしくはわずかに低く、大きなIMP量の減少は認められなかった。8月の試料魚で試作した塩干カレイのIMP量は半減していたが、その原因は不明であった。一方、加工業者が製造したものでは平均0.89μmol/g(n=10)で、試作品の平均値5.83μmol/g(n=60)に比べ著しく低く、低温管理の不徹底によることが示唆された。

(3) ムシガレイの冷凍耐性 沖底で漁獲されるムシガレイの冷凍耐性について、昭和43~48年にかけて調査が行われている<sup>3-5)</sup>。当時の-20°Cの営業用冷凍庫では保管中にイノシン酸が減少することや凍結前に塩類や糖類溶液に浸漬することで一定の効果が得られるとする報告がなされたが、現時点で冷

表 3. 塩干カレイ製造に用いたムシガレイ原魚

水揚げ日(冷凍日)	規格	数	冷凍期間(日)	備考
2012/10/08	80入	70	240	グレーズ処理有り
2012/10/15	100入	90	233	〃
2012/11/20	100入	90	188	〃
2012/12/23	100入	90	165	〃
2013/04/21	100入	90	46	
2013/05/19	100入	90	17	
合計		520		

※原魚は水揚げ日当日に、凍結パンに立て替え後、-25°C冷凍庫にて凍結  
 ※原魚は航海前半(非冷海水仕様)の木箱入り漁獲物  
 ※試料魚提供日は、2013年6月6日

凍原料を使用した製造は行われていない。表3に示した冷凍ムシガレイを原料とし、通常の塩干カレイとほぼ同様の加工工程による製造を行ってもらった。その後の聞き取り調査の結果から、出荷可能な良品の出現率は、生鮮原料加工時とほぼ変わらず、低級品の発生は生鮮魚と比較しても遜色なく、製品の品質、作業時の取り扱いについても通常と変わらないとの評価を得た。

まとめ

乗船調査による作業工程調査を行ったことで鮮度低下の要因が2次選別工程に起因していることが明らかとなり、浜田の沖底漁獲物の高鮮度化の取り組みや新たなブランド「沖獲れ一番」の創出につながったことは本調査の大きな成果といえる。問題となった2次選別の工程は現在も行われており、加工用原魚の1cm刻みといわれるサイズ分け作業が船員の労働強化の一因にもなっていることから、業界関係者の理解を得ながら今後、改善していくべき課題と思われる。

リシップ後の漁獲物の鮮度調査結果を関係者間で情報共有したことで、沖底漁獲物の鮮度向上を図る取り組みが進展した。その結果、K値20%以下の生食可能な高鮮度なムシガレイの供給が可能となり、沖底の調査を開始して5年目の2016年漁期からは、沖底の新たなブランド魚「沖獲れ一番」のムシガレイの出荷が始まり、地元はもとより消費地側の沖底漁獲物に対する意識が変わっていくことが期待される。当初の目標の一つであった高水温期における活魚化率の向上に関しては、漁業者から要望のあったウチワエビでは困難であることが示唆された。しかし、活魚全体の出荷額は、リシップ3年後の2015年漁期には、リシップ前の約3倍に増加し、冷海水装置が有効に活用されていることが推察された。

魚類の色調について大島<sup>6)</sup>は魚の色の変わる仕組みについて、色素胞の神経支配は交感神経によるものであることや各種のホルモンによるコントロールが行われていること、色素胞を含む膜構造による光の干渉など魚の色には各種の要素が複雑に影響していることを紹介している。また、林ら<sup>7)</sup>は、マダイの色調制御については0°Cでの低温貯蔵が赤色素胞を拡散し、黒色素胞の凝集を促進すること、さらにカリウム濃度を高めた人工海水への浸漬処理は、黒色素胞の凝集を相乗的に強めること、20°Cでの処理は赤色素胞、黒色素胞とも凝集傾向を示すことなどを報告している。沖底で獲れたマダイやキダイでも

冷海水処理を行うことである程度、同様の反応が起こると思われる。したがって、沖底のタイ類の色調保持のためには、冷海水による船上での低温管理は基本的な作業として必要であると考えられる。また、希釈海水に色揚げ効果が認められることから、さらに試験を行いながら、最適な船上処理技術の確立を図っていく必要がある。

農林水産省が発表した 2016 年度水産加工品統計調査によれば、本県の塩干カレイの生産量は 2,574 トンで、沖底の調査を開始した 2012 年度の生産量 4,258 トンに比べ 1,684 トン減少し、4 年間で 39.5% の大幅な低下率となっている。統計上、塩干カレイの生産量は日本一の産地にはなっているが、経営環境は益々厳しさを増していることが推察される。現在、地元加工業者の中には、事業規模の縮小を検討する経営者も出てきており、地域経済に少なからず影響を及ぼしていることがうかがえる。一方、リップ事業による漁獲物の高鮮度化が図られていることで、水産加工業者にとって、良質な原料を使用した良質な製品作りが可能な環境が整ったといえる。的確な低温管理を行えば IMP 量が多い製品化が可能であることを地元で開催された研修会などで紹介し、早速、低温管理に取り組む企業も出てきた。さらに品質を訴求する製品作りが望まれる。

品質劣化が著しいとされてきたムシガレイの冷凍原魚化の可能性について、塩干カレイの専門の加工業者に依頼した結果、冷凍原魚の使用について問題は特に見当たらないとの評価を受けたが、冷凍温度や保管温度が原料や製品の品質に影響を及ぼすことや、生鮮魚と比べ、塩分の浸透性、官能的な食味試験、成分の変化、市場の評価などが異なることも想定されることから、既設の冷凍保管設備の更新なども含め解決すべき課題は多い。水産加工業界を取り巻く経営環境は厳しいが、良質な原料を利用した良質な加工品作りを実現し、真の日本一の塩干カレイの産地になっていくことを期待したい。

## 謝辞

本研究は、島根県機船底曳網漁業連合会に所属する浜田あけぼの水産、浜吉水産、福宝水産、栄徳水産浜田、漁業協同組合 JF しまね浜田支所、浜田市、島根県水産課ならびに島根県浜田水産事務所の関係者の協力により得られた成果であり、謝意を表します。また、沖底漁獲物の鮮度向上のきっかけとなった予備調査において、乗船調査に快く協力して頂いた浜田あけぼの水産ならびに第 11・12 あけぼの丸の船長はじめ乗組員の皆様に心よりお礼申し上げます。

## 文献

- 1) 齋藤 進編著. 食品色彩の科学. 幸書房 1997; 173-189.
- 2) 内山 均, 江平重男. 核酸関連化合物から見た魚類鮮度化学研究の現状 (総説). 日本水産学会誌 1970; 36: 977-992.
- 3) 岩本宗昭, 日野佳明. 凍結貯蔵を行う場合のカレイ塩干加工法について. 島根県水産試験場事業報告 1966-1968; 303-304.
- 4) 岩本宗昭, 日野佳明. 凍結貯蔵を行う場合のカレイ塩干加工法について. 島根県水産試験場事業報告 1969-1971; 249-252.
- 5) 岩本宗昭, 篠原国一, 日野佳明. 凍結貯蔵を行う場合のカレイ塩干加工法についてII. 島根県水産試験場事業報告 1972-1973; 281-286.
- 6) 大島範子: 青い魚はなぜ青い? 一魚の体色変化の不思議を探る - (<http://www.mnc.tohoku.ac.jp/v-lab/fish/index.html>, 東邦大学メディアネットセンターバーチャルラボラトリー, 2017年11月24日).
- 7) 林 茂群, 潮 秀樹, 大島敏明, 山中英明, 小泉千秋. 養殖マダイ色素顆粒のカリウム凝集に対する温度の相乗効果. 日本水産学会誌 1998; 64: 280-285.

# 隠岐諸島におけるイワガキシングルシードの海面中間育成試験

佐々木 正<sup>1</sup>・佐藤勇介<sup>2a</sup>・近藤徹郎<sup>2</sup>・常盤 茂<sup>3</sup>

Examination of intermediate culture for single-seed Iwagaki Oyster *Crassostrea nippona* caging in pearl-net in Oki Island, Japan

Tadashi SASAKI, Yuusuke SATOU, Tetsurou KONDOU, and Shigeru TOKIWA

キーワード：イワガキ，シングルシード，中間育成，隠岐諸島

## はじめに

島根県では隠岐諸島を中心にイワガキの養殖が盛んであり、種苗の主な供給元である公益社団法人島根県水産振興協会栽培漁業センター（以下栽培センターとする）においてホタテ殻原盤を用いた採苗器が年間約10万枚以上生産され、県内の各養殖業者に配布されている。出荷後の採苗器については従来、養殖業者の海面施設において数年間垂下養殖された後に出荷直前に採苗器周囲に塊状に成長したイワガキを個別に剥がして出荷されている。一方近年では、イワガキの成長や殻の形を良くすることを目的に、貝が大きくなる前に採苗器から剥がし、個別にロープに固定して飼育する方法（耳吊り法，水中セメント法）も行われつつある。しかし、この方法では採苗器から種苗を剥がす作業量が多く、人件費の増加や殻の破損による種苗の損失等が課題であった。そこで、これを解決するための方策として、平成26年度から栽培センターにおいて新たにシングルシード（1個ずつ個別に分離した種苗）の生産・供給を開始することとなった。

著者らは島根県におけるシングルシードを用いた養殖技術の普及を目的に、県内各地の養殖施設およびその近傍の複数個所において、シングルシードの中間育成における基礎的なデータを取得するための飼育試験を実施した。このうち、連続して測定データが得られた地区を対象にその結果をまとめたのでここに報告する。

## 資料と方法

試験に供したシングルシードは、著者らが栽培セ

ンターにおいて2014年7月に大量生産法<sup>1)</sup>で生産した付着期幼生を用いてシングルシード用採苗器（佐々木ら2017投稿中）で採苗し、同年12月に採苗器から剥離した後、パールネット（縦×横：各34cm）に収容して栽培センターの海面飼育筏で2015年2月まで垂下育成したものである。パールネット1カゴ当たりの収容重量を変えた4つの試験区（50g，100g，200g，300g区）を設定し、同年2月16日に隠岐諸島の島前海域6地点（西ノ島3，海士2，知夫1）に配布して飼育試験を開始した（図1，表1）。

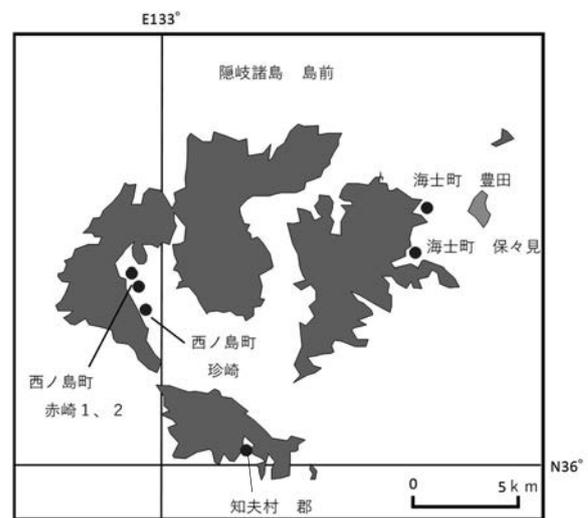


図1. 試験実施海域（丸印）。

表1. 試験実施海域および各試験区におけるイワガキ種苗収容個数の概要。

町村名	地区名	設置場所	施設	水深 (m)	垂下深度 (m)	50 g 区 (個数)	100 g 区 (個数)	200 g 区 (個数)	300 g 区 (個数)
西ノ島町	珍崎	漁港内	筏	5	1~3	19	32	51	75
	赤崎①	養殖場	筏	7	1~3	16	28	47	71
	赤崎②	養殖場	筏	13	2~4	22	24	37	70
海士町	保々見	養殖場	延縄	20	2~4	21	35	59	78
	豊田	養殖場	延縄	14	2~4	18	33	52	68
知夫村	知夫	漁港内	筏	12	1~3	24	36	53	62

<sup>1</sup>内水面浅海部 Inland Water Fisheries and Coastal Fisheries Division

<sup>2</sup>隠岐支庁水産局 Oki Regional Office of Fisheries Affairs

<sup>3</sup>元・総合調整部 formerly General Coordination Division

<sup>a</sup>現所属：漁業生産部 Fisheries Productivity Division

各試験区のパールネット（縦×横：各 34 cm）の目合は 1.5 分目のものを使用し、上から 50 g, 100 g, 200 g, 300 g 区の順に 1 連の PP ロープに連結し、垂下深度は表層（1~4m）とした。試験は水中セメント法（太平洋セメント株式会社、カイデライト）でロープに種苗が容易に固定可能となる殻高 60mm 程度（養殖業者への聞き取り）に種苗が成長するまで実施することとし、概ね 2 か月毎に各試験区の総重量（カゴ重量を除く）、種苗の殻高、殻重量および死貝数を計数・計測した。殻高、殻重量の測定数は 50 g, 100 g 区は全数を、200 g, 300 g 区は各 30 個とし、殻高、殻重量の計測にはノギスおよびデジタル電子天秤を用いた。種苗にフジツボ等の付着物が見られた場合は、極力除去した後に測定を行った。なお、試験開始時における種苗の殻高、殻重量については試験区毎に測定を実施せず、試験に供した飼育カゴから予め無作為に抽出しておいた 150 個体の測定値を開始時の平均値として用いた。また、各測定時における生残率の算出は試験開始時の収容個数から測定時に回収した累積死殻個数を除した値を生残個体数として計算した。4 月と 8 月にはカゴ替えを実施し、同時にカゴの目合を 3 分目、8 分目に拡大した。試験は大部分の種苗が殻高 60mm 程度まで成長した 10 月に終了した。

## 結果

試験開始時および各測定時における各試験区の飼育カゴの外観を図 2 に、試験終了時の種苗の外観を図 3 に示す。カゴの目合が比較的小さかった 4~8 月には付着物による網目の目詰まりが観察された。8 月以降は目合を大幅に拡大したことにより網目の目詰まりはほとんど無くなった。飼育期間中、種苗にはフジツボ、ムラサキガイ、小型海藻類等の付着が見られたがその量は僅かであった。試験終了時の種苗の形状は、一部に変形個体が観察されたものの大部分の個体がカップ状となり、外見上は種苗として特に問題無く使用可能であると判断された。以上の傾向は、各試験区および各地区でほぼ同様であった。

図 4 に試験開始時および試験終了時の種苗の殻高・殻重量組成を示す。殻高は 2 月の試験開始時には概ね 20~50mm（平均殻高 32.2mm）の範囲であったが、10 月の試験終了時は各試験区とも 40~100mm まで成長し、大部分の種苗が個別にロープに容易



図 2. 試験開始時、各測定時および試験終了時における各試験区の飼育カゴの外観。

- 1 段目：2 月の試験開始時、左から 50 g 区、100 g 区、200 g 区、300 g 区
- 2 段目：4 月の測定時、1.5 分目カゴ替え前（左側）、3 分目カゴ替え後（右側）
- 3 段目：8 月の測定時、3 分目カゴ替え前（左側）、8 分目カゴ替え後（右側）
- 4 段目：10 月の試験終了時、左から 50 g 区、100 g 区、200 g 区、300 g 区



図 3. 試験終了時における各試験区の種苗の外観  
上段左側から 50 g 区、100 g 区、下段左側から 200 g 区、300 g 区

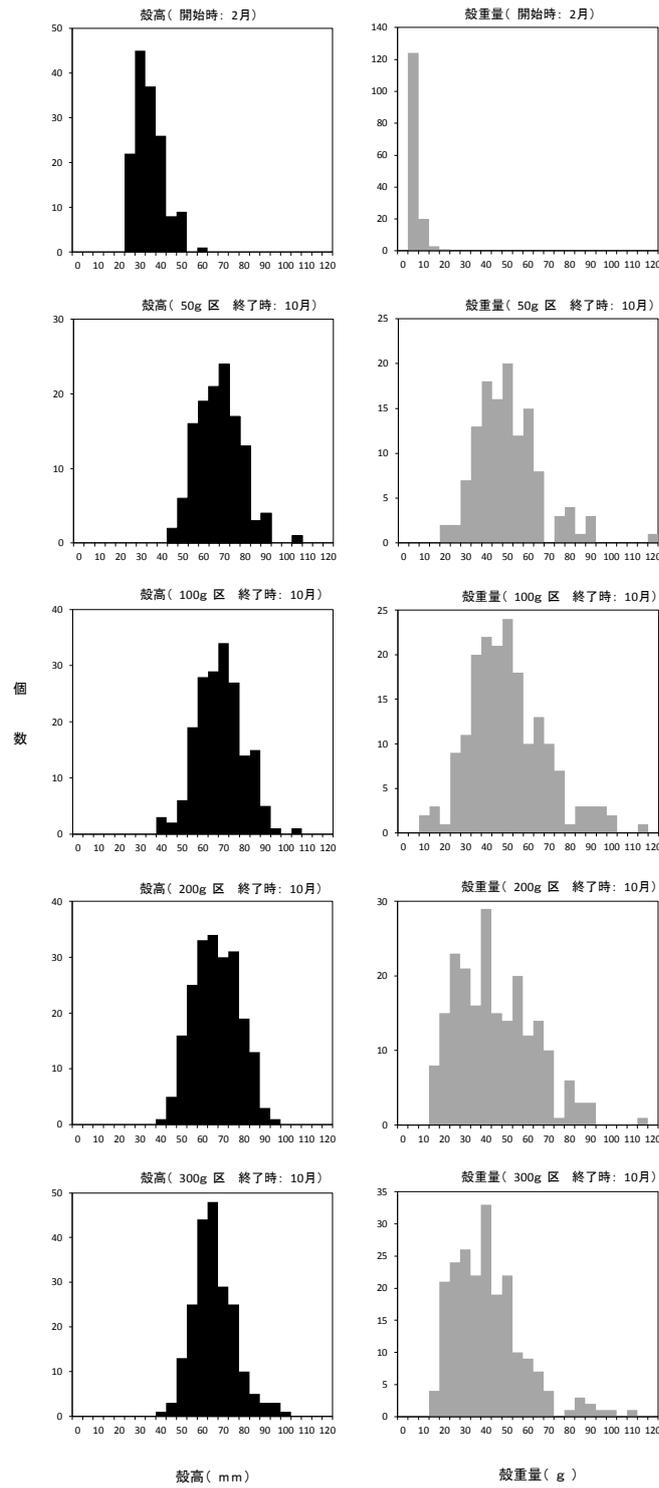


図4. 試験開始時（最上段）および試験終了時（2～5 段目）の殻高・殻重量組成。  
試験終了時は各海域で測定したサンプル全ての値を集計したもの

に固定することのできる殻高 60mm以上となった。一方、殻重量は試験開始時には概ね 1～10 g（平均殻重量 3.4 g）であったが、試験終了時は概ね 20～

100 g まで成長し、種苗の収容量が多い試験区ではその組成が小さい方へ偏り、殻高の組成とやや異なる傾向が見られた。

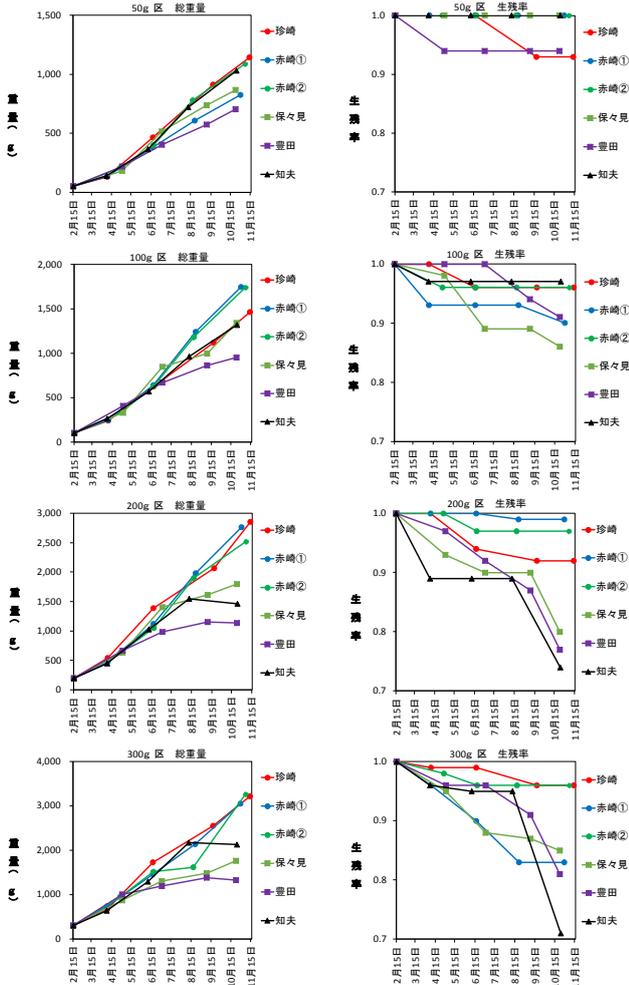


図 5. 各試験区における総重量 (左側), 生残率 (右側) の推移.

各地区における試験区毎の総重量・生残率および平均殻高・平均殻重量の推移を各々図 5, 6 に示す. なお, 試験開始時の殻高, 殻重量の値については, 試験区毎に実施していないため 4 月以降の測定値を図示した. 総重量は, 試験終了時には 50 g, 100 g, 200 g, 300 g 区で各々概ね 700~1,100 g, 1,000~1,800 g, 1,100~2,900 g, 1,300~3,300 g の範囲となり, 収容量が多い試験区ほど総重量が多く, 試験地点毎の差が大きい傾向が認められた. 生残率は, 試験終了時には 50 g, 100 g, 200 g, 300 g 区で各々 0.93~1, 0.86~0.97, 0.74~0.99, 0.71~0.96 の範囲となり, 収容量が多い試験区ほど生残率が低く, 総重量と同様に試験地点毎の差が大きい傾向が認められた. 一方, 平均殻高と平均殻重量は, 試験終了時には 50 g, 100 g, 200 g, 300 g 区で各々 59~73mm, 59~74mm, 56~73mm, 58~68mm の範囲, 40~58 g, 33~67 g, 31~63 g, 27~50 g の範囲となり, 収容量が多い試験区ほど値が低くなったが,

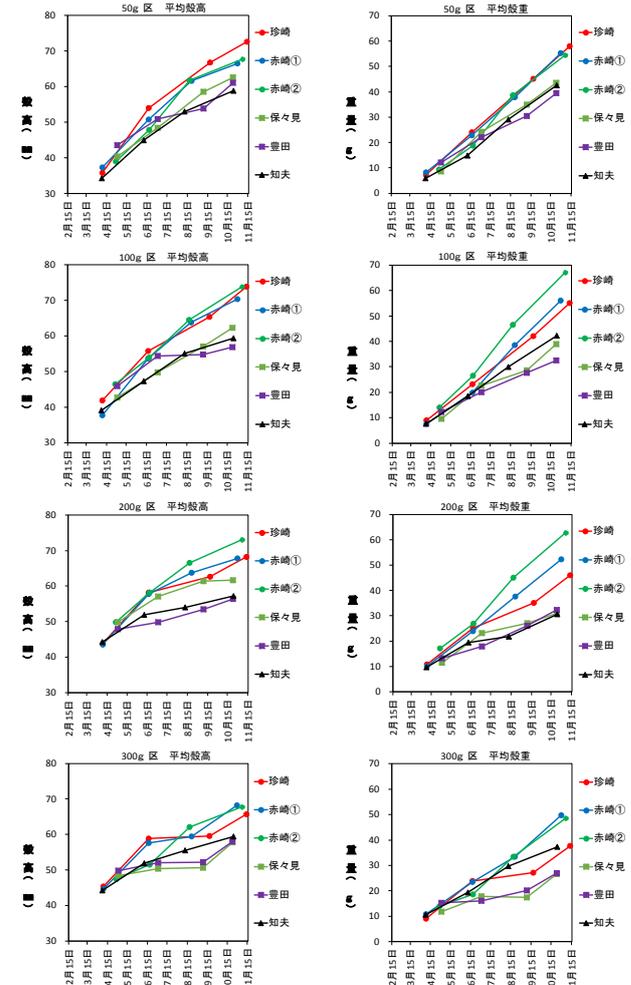


図 6. 各試験区における平均殻高 (左側), 平均殻重量 (右側) の推移.

試験地点毎の差は比較的小さく, 総重量・生残率とやや傾向が異なった. 各試験区で若干のバラツキはあるが, 概ね西ノ島の 3 地区の試験場所の総重量や生残率が他の地区より高い傾向が見られたことから, 便宜的に西ノ島, 海士, 知夫の 3 地区毎に集計し, 各試験区および試験地区間の比較を行った. 集計では, 地区毎に測定日が異なることから, 測定の前後の値を基準に算出した日間増加率を用いて総重量・殻高・殻重量・生残率の各値を各測定月のほぼ中央である 15 日時点の値に補正し, 試験区毎に各値の増加率および 2 ヶ月間毎の期間増加率・期間生残率を求めた.

図 7-1~3 に地区毎に集計した総重量・殻高・殻重量・生残率, 生残率を除く各値の増加率および期間増加率・期間生残率の推移を示す. なお, 総重量の増加率は試験を開始した 2 月を起点としたが, 殻高・殻重量の増加率は試験開始時の試験区毎の正確な値が不明であることから 4 月を起点とした.

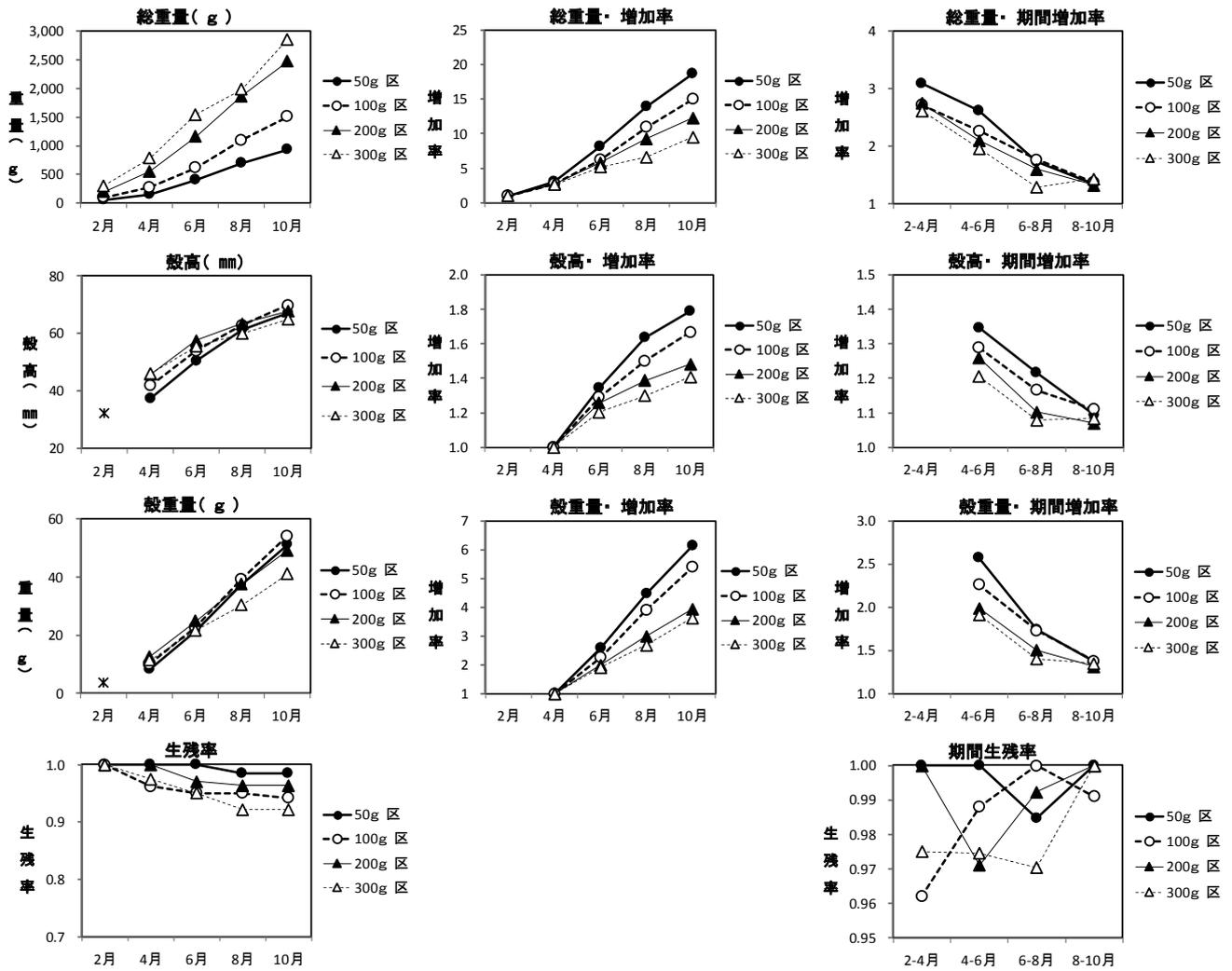


図 7-1. 西ノ島地区における総重量・殻高・殻重量・生残率（左側），総重量増加率・殻高増加率・殻重量増加率（中央）および期間総重量増加率・期間殻高増加率・期間殻重量増加率・期間生残率（右側）の推移。

\*：試験開始時のサンプル全体の平均値

西ノ島地区（図 7-1）では、総重量は各試験区とも飼育期間を通じて増加した。試験終了時の総重量の増加率は開始時の 9.5~18.7 倍となり、収容量が少ない試験区ほど高い傾向が認められた。総重量の期間増加率も収容量が少ない試験区ほど高い傾向が見られたが、試験期間の後半には大きく低下して試験区毎の差は減少した。一方、殻高・殻重量は、4月に収容量の少ない 50g, 100g 区の値が収容量の多い試験区より低い値を示したが、50g, 100g 区は収容量の多い試験区と比較して試験開始時の 1 カゴ当りの收容個数が相対的に多いこと（表 1）から、この原因は成長差によるものではなく試験開始時の平均サイズが小さかったことによるものであると推察された。殻高・殻重量の増加率は収容量が少ない試験区ほど高い傾向が認められ、総重量と同様に飼育

期間の後半には期間増加率は大きく低下して試験区毎の差は減少した。生残率は各試験区とも 0.9 以上の高い値で推移し、収容量が少ない試験区ほど高い傾向が認められ、期間生残率は全試験期間を通じて高い値を維持した。

海士地区（図 7-2）では、総重量は各試験区とも飼育期間を通じて増加した。試験終了時の総重量の増加率は開始時の 5.1~15.3 倍となり、西ノ島地区と同様に収容量が少ない試験区ほど高い傾向が認められたが、その値は全ての試験区で西ノ島地区より低い値であった。総重量の期間増加率は西ノ島地区と同様に収容量が少ない試験区ほど高い傾向が見られ、試験期間の後半には大きく低下して試験区毎の差は減少した。一方、殻高・殻重量は、4月に収容量の少ない 50g, 100g 区の値が収容量の多い試験区

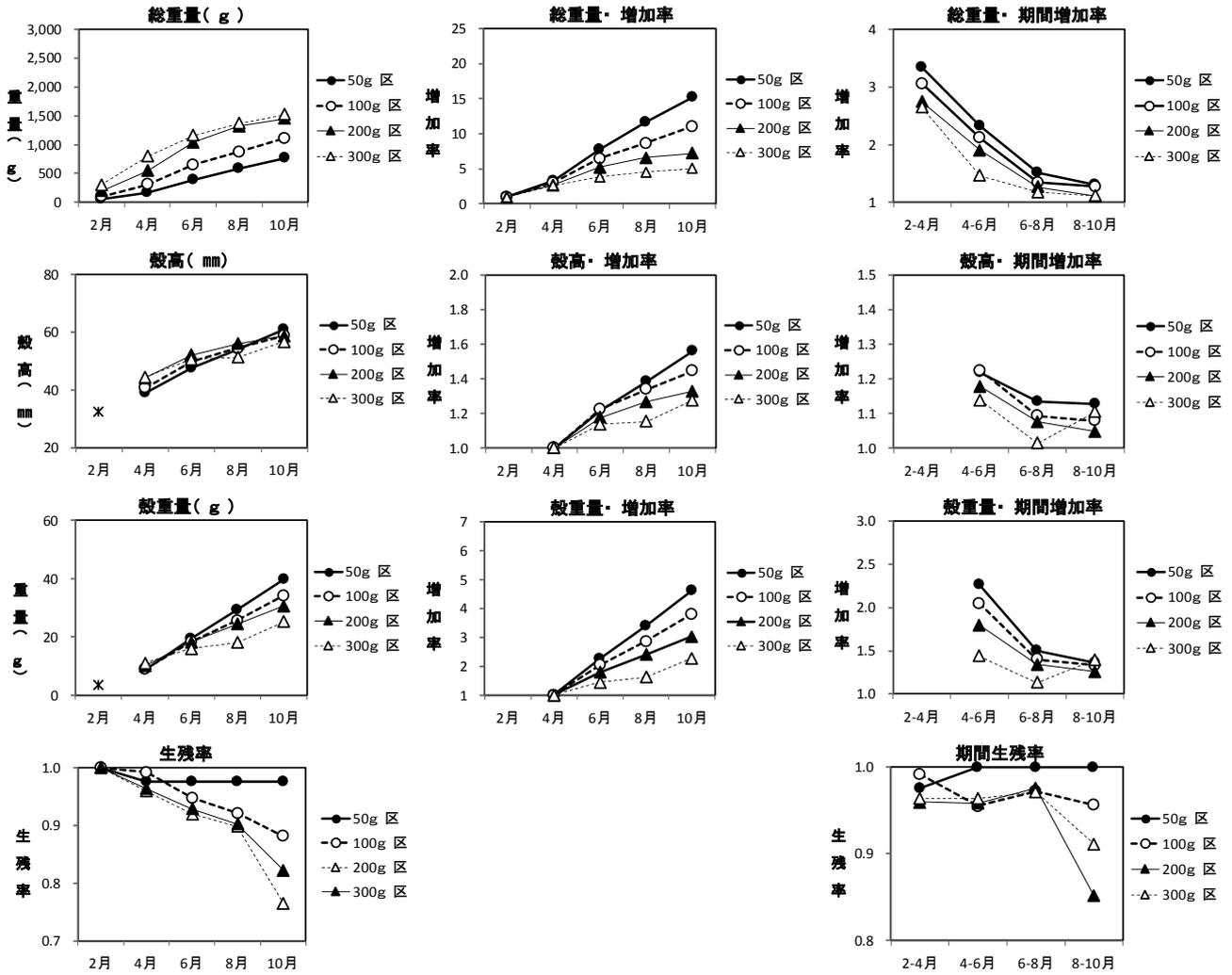


図 7-2. 海士地区における総重量・殻高・殻重量・生残率（左側）、総重量増加率・殻高増加率・殻重量増加率（中央）および期間総重量増加率・期間殻高増加率・期間殻重量増加率・期間生残率（右側）の推移。  
 \*：試験開始時のサンプル全体の平均値図

よりやや低い値を示したが、西ノ島地区と同様にこの原因は成長差によるものではなく試験開始時の平均サイズが小さかったことによるものであると推察された。殻高・殻重量の増加率は収容量が少ない試験区ほど高い傾向が認められ、300g区以外は西ノ島地区と同様に飼育期間の後半には期間増加率は大きく低下して試験区毎の差は減少した。なお、300g区の8月以降に殻高・殻重量の期間増加率が増加した原因としては、8月に飼育カゴの網目を拡大した際に小型個体が網目から抜けるのが観察されたことから、試験終了時の測定値が相対的に大型の個体に偏ったことにより見かけ上増加率が高くなったものと推察された。生残率は試験区で大きく異なり、50g区は西ノ島地区と同様に高い値を示したものの100g区以上の収容量が多い試験区では試験後半にかけて大き

く低下した。なお、300g区の試験終了時の生残率および8-10月の期間生残率は200g区より高い値を示したが、8月の測定時に小型個体が抜けたため小型個体の死亡個体が計上されなかったことにより値が実際より過大評価となった可能性が考えられた。

知夫地区（図 7-3）では、総重量は各試験区とも200g区、300g区の後半を除くと飼育期間を通じて増加した。試験終了時の総重量の増加率は開始時の7.1~19.8倍となり、他の地区と同様に収容量が少ない試験区ほど高い傾向が認められた。総重量の期間増加率も他の地区と同様に収容量が少ない試験区ほど高い傾向が見られ、試験期間の後半には大きく低下して試験区毎の差は減少した。一方、殻高・殻重量は、4月には収容量の少ない50g、100g区の値が

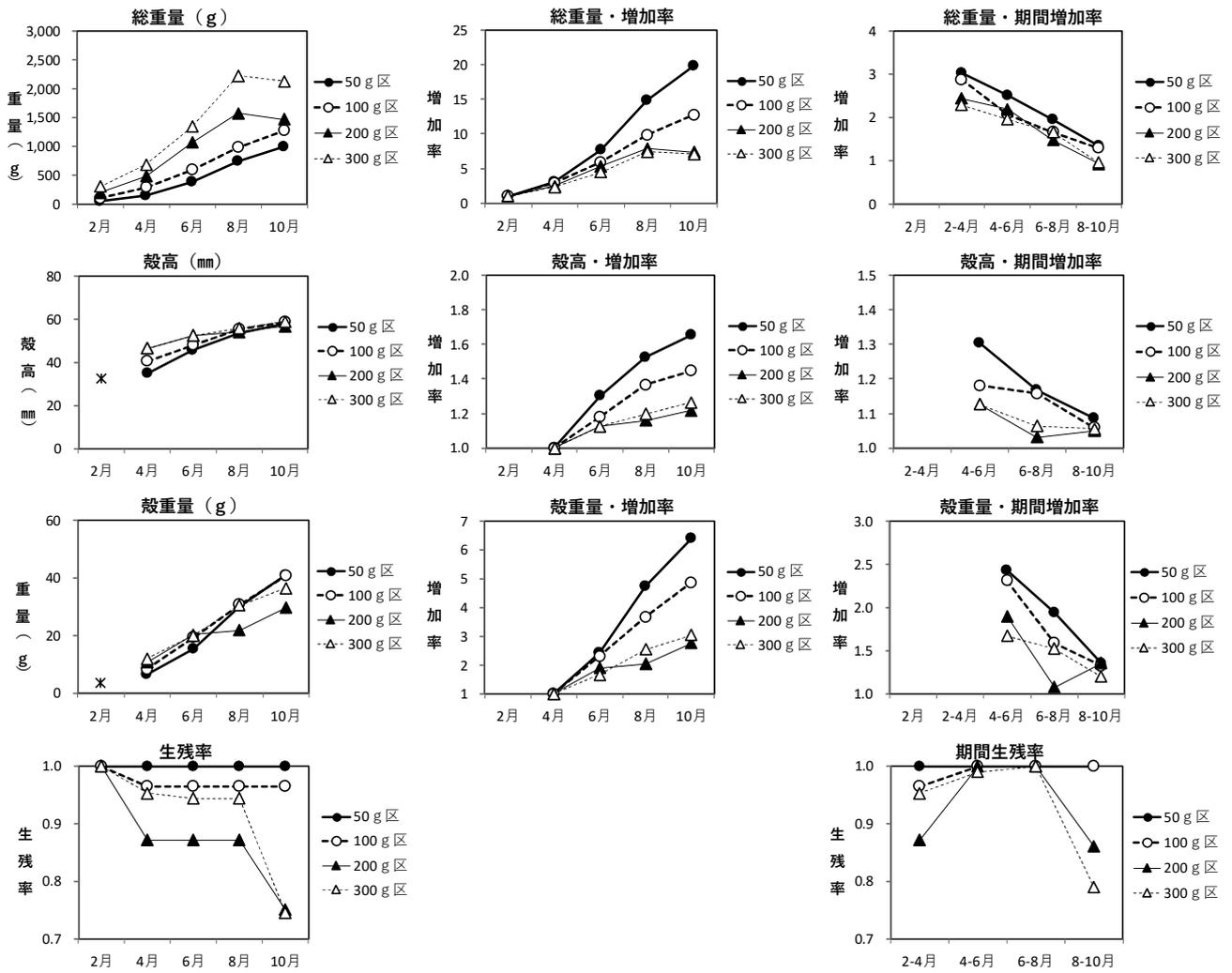


図 7-3. 知夫地区における総重量・殻高・殻重量・生残率（左側），総重量増加率・殻高増加率・殻重量増加率（中央）および期間総重量増加率・期間殻高増加率・期間殻重量増加率・期間生残率（右側）の推移。  
\*：試験開始時のサンプル全体の平均値図

収容量の多い試験区より低い値を示したが，他の地区と同様にこの原因としては成長差によるものではなく試験開始時の平均サイズが小さかったことによるものであると判断された。殻高・殻重量の増加率は収容量が少ない試験区ほど高い傾向が認められ，他の地区と同様に飼育期間の後半には期間増加率は大きく低下して試験区毎の差は減少した。生残率は試験区で大きく異なり，50g区，100g区は西ノ島地区と同様に高い値を示したが，200g区，300g区は試験終了時に大きく低下した。なお，この試験終了時の低下の原因としては，8月の測定以降に垂下ロープが切れて落下したことから，収容密度が高かった200g区，300g区ではその影響をより大きく受けて生残率の大幅な低下が生じ，結果的に総重量も低下したものと判断された。

### 考察

国内においてカキ類のシングルシードを用いた養殖は，マガキ<sup>2,3)</sup>やイワガキ<sup>4)</sup>で行われているが，本研究で対象とした殻高 30~60mmサイズのシングルシードの飼育に関する報告は無い。そこで，今回の試験では中間育成の基礎的なデータの取得を主な目的としたが，同時に県内の養殖業者にシングルシードを用いた新たな養殖方法を広く体験してもらうことも意図した。このため，試験実施地点が複数となったことから定期的な測定作業時における作業量の軽減を図るため試験区の数をも最小限に抑え，さらに試験期間中に収容量を調整しない簡便な方法で試験を実施した。従って，今回の試験において最適な中間飼

育方法を検討するまでのデータは取得できなかったものの、中間育成中の成長や生残に関する基礎的な知見は得られたものと考えられる。

ここでは、複数地点のデータが得られた西ノ島地区と海士地区について収容密度と種苗の成長・生残の関係を主体に検討する。西ノ島地区では、各試験区とも3地区の中で最も総重量の増加率が高い結果となったが、これは種苗の殻重量の増加率と生残率がともに高く推移したことに起因するものである。各試験区の殻重量の期間増加率と総重量の関係をみると、各期間増加率は総重量が多い試験区ほど低い値を示したことから、収容密度の高い試験区ほど収容した種苗の密度効果の影響を受け、餌料等の条件が悪化したことにより成長率が低下したとみなされる。期間生残率についても、多少のバラつきはあるものの総重量が多い試験区ほど低い値を示したことから殻重量と同様に密度効果の影響を受けたと考えられるが、試験区間の差は僅かであった。このことから、各試験区の総重量の差は、生残率の差よりも殻重量の増加率の差の影響を大きく受けたと考えられる。一方海士地区では、各試験区とも総重量の増加率は西ノ島地区より低い結果となったが、これは種苗の殻重量の増加率と生残率がともに低く推移したことに起因するものである。そして、期間殻重量の増加率および期間生残率と総重量の関係から、西ノ島地区と同様に総重量が多い試験区ほど密度効果の影響を受けたとみなされ、西ノ島地区との比較においては、殻重量の増加率が試験期間を通じて西ノ島地区より低く推移したことや8-10月の期間生残率が大きく低下したこと等が特徴的であった。

一般にカキ類の成長速度については、養殖場の水温や餌料の水質環境<sup>5,6)</sup>の他、養殖施設の振動<sup>7)</sup>が関係することが報告されている。西ノ島地区と海士地区で種苗の成長や生残率に差が生じた要因については、前述の餌料環境等の海域特性の差(内湾と外海)や養殖施設の構造の差(筏と延縄)の他、養殖場の飼育密度の差等が可能性として考えられるが、水質環境等の情報が不足するため現時点ではその要因は不明である。一方、今回の種苗の成長について、過去に西ノ島地区において貝殻原盤に付着させた状態で垂下飼育したイワガキ種苗の8月の殻高と殻重量の平均値52.2mm, 25.6g<sup>8)</sup>と、各試験区と同じ8月の平均値と比較すると、西ノ島地区は各々60~63.4mm, 30.3~39.3gの範囲、海士地区は各々54~56mm, 18.2~29.4gの範囲であった。このことから、西ノ島地区の成長は過去の事例より良好であり、海

士地区の成長は過去の事例とほぼ同等であったとみなされる。シングルシードと貝殻原盤に付着させた種苗を単純に比較することは適当ではないものの、今回の収容量の多い試験区では、8月の総重量が西ノ島地区で約2,000g, 海士地区で約1,400gまで増加し、いずれもやや過密な状態であったことを考慮すると、今回の種苗の成長は全般的に良好に推移したと判断できる。そして、続く10月には大部分の種苗が今回目標としたローブに種苗が容易に固定可能となる殻高60mmまでに成長したが、この時、収容密度が高い試験区では殻重量の値が低くなる傾向が認められた。この原因には、収容密度が高い試験区では相対的に肥満度が低かった可能性が考えられることから、今後は殻高だけでなく肥満度の差がその後の飼育に与える影響について検討する必要があると推察される。

今回の試験結果から、種苗の収容密度と種苗の成長・生残には密接な関係があり、収容密度が高い場合は密度効果により成長・生残が低下するものの、その程度は生残より成長での影響が大きいことが判明した。今後は、地区毎に詳細な飼育試験を実施して、海域の環境や養殖施設の各条件の違いに応じた最適な飼育条件を明らかにするとともに、種苗の成長・生残だけでなく、作業効率や生産コスト等の各条件のバランスを考慮した上で、適切な飼育密度を決定する必要があると考えられる。

## 謝辞

本試験を実施するにあたり、県内の各イワガキ養殖漁業関係者の皆様には養殖施設の提供に関して便宜を図って頂いた。また、今回のデータ解析には使用しなかったものの隠岐島後や島根半島の養殖場でも同様の育成試験を実施し、隠岐支庁水産局の富田賢司水産改良普及員、木下光主任技師、原颯太郎技師および松江水産事務所の吉村真理主任技師(いずれも当時)には測定にご協力頂いた。ここに記して厚くお礼申し上げます。

## 文献

- 1) 佐々木 正・近藤徹郎・常盤 茂 (2016) 半屋外 100 kL 水槽を用いたイワガキ *Crassostrea nippona* 付着期幼生の大量生産における飼育条件の検討. 水産増殖, 64, 295-307.

- 2) 加藤元一 (2002) 厚岸カキの人工種苗生産技術とシステム. 養殖, 39 (4), 86-88.
- 3) 鬼木 浩 (2013) 養殖技術講座-二枚貝-第2回 マガキシングルシードの養殖と経営. 月刊養殖ビジネス, 50 (3), 21-23.
- 4) 新山 洋 (2016) 魚介類の飼育排水を利用したイワガキの種苗生産について. 豊かな海, 38 (3), 47-48.
- 5) 徳田眞考・濱田弘之・神菌真人・江藤拓也：豊前海における養殖カキの特性と環境要因の関係, 福岡県水産技術センター研究報告, 1, 155-163 (1993).
- 6) 奥村 裕・縄田 暁・小野寺 毅・伊藤 博・原 素之：宮城県萩浜湾におけるカキ個体成長モデルについて, 水産環境学会誌, 40 (4), 167-173 (2017).
- 7) 上妻智行・江崎恭志・長本 篤・片山幸恵・中川 清：豊前海における養殖カキの成長格差と環境要因, 福岡県水産技術センター研究報告, 13, 31-34 (2003).
- 8) 勢村 均 (2015) 島根県沿岸における二枚貝の増養殖に関する研究. 島根県水産技術センター研究報告, 7, 58-61.



## 資料

### 江の川中流域におけるアユ漁場診断調査

高橋勇夫<sup>1</sup>・曾田一志<sup>2a</sup>・寺門弘悦<sup>3b</sup>・村山達朗<sup>3</sup>・古谷尚大<sup>3c</sup>

Assessment of the habitat quality for Ayu, *Plecoglossus altivelis altivelis*, in the middle reaches of the Gounokawa River.

Isao TAKAHASHI, Kazushi SOTA, Hiroyoshi TERAKADO, Tatsuro MURAYAMA and Takahiro FURUTANI

キーワード：アユ，江の川中流域，河床，漁場診断

#### はじめに

江の川では流域の関係機関が協力し、2011年から天然アユ資源の増大を目指した取り組みが行われている。現在、その第1段階として、浜原ダムより下流域の天然アユ資源を優先的に回復させる取り組みが進められている。この取り組みは、2012年から開始され、魚道の流量を一定期間（4月1日～6月中旬まで）アユが遡上困難な程度に増加させ、浜原ダムから上流に遡上させないことでダム下流に天然遡上アユを多く残し（以下、遡上制限）、また必要に応じて産卵場環境の改善等の対策を併用することで資源の再生産力を高めることを目指している。本取り組みの最終目標はダム上流を含めた江の川におけるアユの資源循環（親魚の降下、産卵、流下、遡上）の再生である。浜原ダム下流域での再生産力が高まれば、ダム上流にアユを遡上、生育させる第2段階へと進むことになる。このため、ダム上流域の環境が生息に適しているか客観的に評価することは取り組みを進める上で重要である。すなわち、浜原ダム上流域がアユ生育に適当であると判断されれば、遡上制限を解除し、次の取り組みへと移行するが、不適と判断されれば遡上制限を継続し環境改

善等に取り組む必要がある。

これらのことから、浜原ダム貯水池上端～鳴瀬堰（江の川取水ダム）にかけての河川環境をアユの生息環境という視点から評価し、江の川中流域の漁場診断結果としてまとめた。

#### 資料および方法

##### 1. 調査河川の概要

江の川は、広島県山県郡北広島町の阿佐山を源流とし、中国山地の中央を貫流して島根県江津市で日本海に注ぐ中国地方最大の一級河川である。流域面積は3,900km<sup>2</sup>、幹川流路延長は194kmに及ぶ<sup>1)</sup>。

本水系において第5種共同漁業権を免許されている漁業協同組合は6組合あり、このうち、本川中流域を管理するのは江の川漁業協同組合（広島県）と江川漁業協同組合（島根県）である。両漁業協同組合は広島県と島根県の県境の入会区域（宇津井大橋～両国橋の区間）を境にして、上流側を江の川漁業協同組合が、下流側を江川漁業協同組合が管理している。江川漁業協同組合におけるアユの漁獲量は、1974年には500tにのぼったが、その後減少し、2012年～2016年は9～20t（平均15t）にまで

<sup>1</sup>たかはし河川生物調査事務所 Takahashi Research Office of Freshwater Biology, Konan, Kochi 781-5603, Japan

<sup>2</sup>内水面浅海部 Inland Water Fisheries and Coastal Fisheries Division

<sup>3</sup>漁業生産部 Fisheries Productivity Division

<sup>a</sup> 現所属：漁業生産部

<sup>b</sup> 現所属：島根県松江水産事務所 Shimane Prefectural Matsue Regional Office of Fisheries Affairs, Matsue, Shimane 690-0011, Japan

<sup>c</sup> 現所属：島根県農林水産部水産課 Shimane Prefectural Government Fisheries Division, Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Matsue, Shimane 690-8501, Japan

激減している。

## 2. アユ漁場としての問題点の把握

江の川中流域（図1：本報告では浜原ダム貯水池上端～鳴瀬堰（江の川取水ダム）を便宜上「中流域」と呼ぶ）における瀬淵の分布，水量，河床の状態等の河川環境を，2015年9月16，17日に陸上および水中から観察し，アユの生息に影響を与えると判断される問題点が見つければ，その位置と理由を整理した。潜水調査地点は図1に示した8地点であった。調査結果をもとに，江の川中流域のアユ漁場としての適性について検討し，問題点がある場合は改善策についても提示した。

## 3. アユの生息状況調査

アユの分布傾向を把握するために図1に示した8地点において潜水観察によりアユのハミ跡被度を観察・記録した。ハミ跡被度の観察にあたっては各地点とも瀬と淵（トロ）にそれぞれ9～15本の観測線（河床面積に応じて設定した）を設け，各観測線上の被度を観察し，その平均値を求めた。

## 4. アユの生息期待量と適正放流量の推定

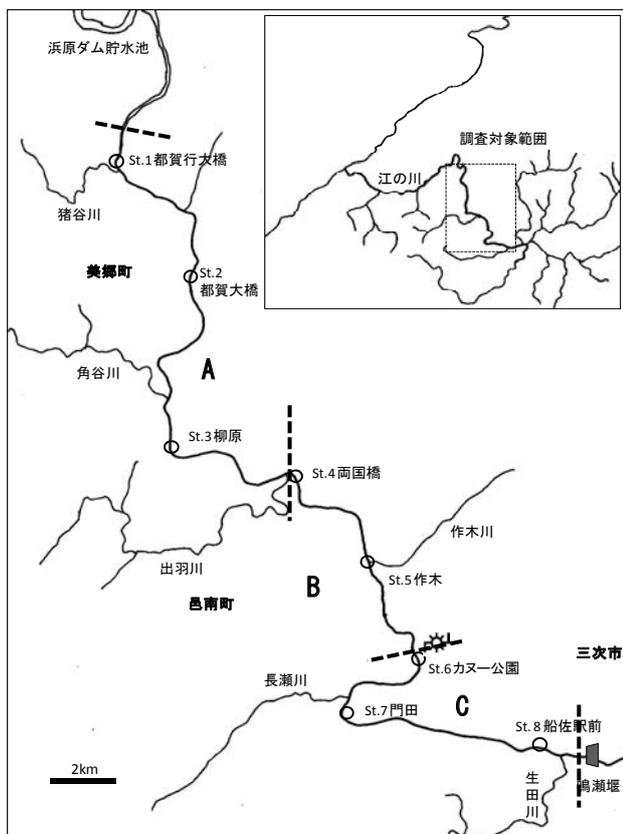


図1. 江の川中流域での調査範囲と潜水調査地点（図中の○印）および水面面積調査における区分（破線で仕切られたA～C区）

## 1) 河床型別水面面積の測定

2011年10月4，6日に江の川中流域の浜原ダム貯水池上端（島根県美郷町潮地先）から鳴瀬堰（広島県三次市日下町地先）の区間を踏査し，河床型（早瀬・平瀬・淵・トロA・トロB）の区分を行った。さらに，区分された河床型ごとに航空写真上で地図情報処理ソフト（地図太郎 Ver6.14，東京カートグラフィック社）を用いて水面面積を求めた。河床型の特徴（分類基準）は高橋・谷口<sup>2)</sup>に従った。求めた河床型別水面面積は図1に破線で分けたA，B，Cの3つの区域に整理し，比較を行った。

## 2) アユの生息期待量の算定

河床型別の水面面積にアユの適正収容密度（過密のために小型化が生じない程度の密度）を乗じて，期待される生息量（以下，生息期待量）を試算した。生息期待量は江の川中流域の河川環境に応じた生息数で，十分な成長が確保される最大生息数と定義した。適正収容密度は，現地踏査（潜水観察を含む）によって把握した底石の大きさ，河床型の組成，流況，水温等の生息条件を考慮して決定した。

## 結果と考察

### 1. アユ漁場としての問題点の把握

#### 1) 河川形態および河川の概要

江の川中流域の河川形態は主にBb型（平地流）で，河床型としてはトロが卓越しており，全水面積の60%程度を占めている。早瀬や水深のある淵はそれぞれ10%前後と少なかった（表1）。

#### 2) 河床の状態

##### (1) 河床付着物

**砂泥の堆積** 対象域では緩流部の河床に砂泥の堆積が目立った（図2）。アユの成育に目立った悪影



図2. 緩流部の堆積した砂泥（St. 7 門田）

表 1. 江の川中流域の河床型別水面面積

区間		河床型						
		早瀬	平瀬	淵	トロA	トロB	合計	
A	浜原ダム流入点～ 出羽川合流点	面積(m <sup>2</sup> )	203,300	361,469	129,593	534,632	113,097	1,342,091
		構成比(%)	15.1	26.9	9.7	39.8	8.4	100
B	出羽川合流点～ 熊見発電所	面積(m <sup>2</sup> )	99,454	69,047	9,437	330,700	171,322	679,959
		構成比(%)	14.6	10.2	1.4	48.6	25.2	100
C	熊見発電所～ 鳴瀬堰	面積(m <sup>2</sup> )	70,952	147,646	33,122	305,870	265,719	823,308
		構成比(%)	8.6	17.9	4.0	37.2	32.3	100
合計		面積(m <sup>2</sup> )	373,705	578,162	172,152	1,171,202	550,138	2,845,358
		構成比(%)	13.1	20.3	6.1	41.2	19.3	100

響が出るレベルではないが、食味には影響があるかもしれない。

**淡水海綿** St. 3 柳原～St. 7 門田の間で淡水海綿が観察された(図3)。淡水海綿は通常、河川ではあまり目にする事はないが、江の川ではダムによって流況が制御されていることと土砂の供給が少ないことから、河床の攪乱が起きにくく、淡水海綿が生育できる条件が生じていると考えられる。

アユに対する淡水海綿の悪影響としては、アユの餌となる付着藻類の生育面積が不足することがあげられるが、淡水海綿の生育面積はまだ狭く、特に問題になるレベルではないと判断された。それ以上に注意すべきは、淡水海綿が繁殖するような地点では、経験的にアユが多く生息することはほとんど観察されないことで、河川環境そのものがアユの成育に不適當なものに変化している可能性が高い。

**水草の繁茂** 対象域の広い範囲のトロや平瀬でオオカナダモやエビモ類などの水草(沈水植物)の生育が見られた。現時点では生育面積は狭く、漁業等への影響はほとんどないと判断された。しかし、ダ



図 3. 淡水海綿 (St. 3 柳原)

ムのある河川ではこれらの水草の繁茂が問題となっているケースもあり<sup>3)</sup>、今後注意を要する。

**カワニナの高密度分布** St. 6 カヌー公園から下流では高密度に生息するカワニナが観察された(図4上)。St. 7 門田から上流では、カワニナの生息密度は低いことから、St. 7 門田の下流に流入する長瀬川が供給源となっている可能性がある。カワニナは付着藻類(コケ)を専食するため、生息密度が高い地点では付着藻類がほとんどなくなっていた。江



図 4. カワニナの高密度分布(上: St. 2 都賀大橋 下: アユのハミ跡のある石ではカワニナが少ない)

の川のように河床の攪乱が起きにくくなっている河川では、潜在的にカワニナの高密度化が発生しやすい状態となっており、餌をめぐる競合者であるアユが少ないことで（図4下）、助長されるということも考えられる。なお、江の川のようにカワニナが主たる一次消費者となった場合、それを捕食する生物が少ないため、河川の生産力が高次の消費者（鳥類等）へ伝達されにくくなり、結果として河川の生物相が貧弱化することが憂慮される。

## (2) 底質（底石の状態）

江の川中流域の瀬では河床のアーマコート化（河床材料が粗粒化し、はまり石状態となって動きにくくなる現象）が見られ、特にSt.4 両国橋～St.7 門田の間で顕著であった。河床がはまり石状態となることで「不良漁場」の形成要因となることが報告されており<sup>4)</sup>、注意を要する。

## 3) 発電による減水

鳴瀬堰（江の川取水ダム）の貯留水を使って発電が行われており、鳴瀬堰から放水口のあるSt.6 カヌー公園までは、減水区となっていた。調査当日（2015年9月16日）の鳴瀬堰からの総放流量（維持流量 $8.85 \text{ m}^3/\text{s}$ を含む）は約 $9.3\sim 9.5 \text{ m}^3/\text{s}$ （中国電力株式会社からの聞き取りによる）であった。鳴瀬堰の取水能力は $90 \text{ m}^3/\text{s}$ あるが、当日の鳴瀬堰上流の流量は、約 $61 \text{ m}^3/\text{s}$ （国土交通省水文水質データベース <http://www1.river.go.jp> 尾関山観測所と神之瀬川観測所の合計値）であった。堰上流の流量から堰下流の総放流量を差し引いた残り、約 $50 \text{ m}^3/\text{s}$ が発電用として取水されていたことになり、取水される前の約 $1/6$ に減水していた。減水はアユに対して様々な悪影響を及ぼすが、調査日の流況をみる限り、アユの生息を著しく阻害するような大きな悪影響はないと判断された。しかし、取水によりアユの生息にとって好適な早瀬や淵などの河床型面積は減少しており、生息期待量を抑制していることは明らかである。高橋、谷口<sup>2)</sup>は河床型の構成が減水以前の状態に近くなる流量を維持流量とすることで、アユの生息環境改善と発電との両立が可能であることを明らかにしている。今後、遡上制限を解除してダム上流にアユを遡上、生育させるにあたり、本来の河床型に近くなるよう維持流量の見直しを行い、生息環境改善を図ることが望ましい。

## 4) 魚道等の問題

St.6 カヌー公園に流入する熊見川は、本川との合流点に段差があり、右岸側に石張りの階段状（階段式とは言い難い）の魚道が建設されている（図5

上）。隔壁はなく、プールはほとんど形成されないために、流量が少し増えると魚道内は通水量が過剰となって遡上は困難になる。また上り口には段差ができており、魚道への進入を困難にしている。さらに、魚道の上流は河床をコンクリートで固められており（図5下）、遡上できたとしても生息に不適な環境となっている。一連の施設を観察して、生物の生息に対しては実質的には何の配慮も窺えなかった。江の川水系における河川開発の歴史を窺い知ることのできる施設と言えよう。

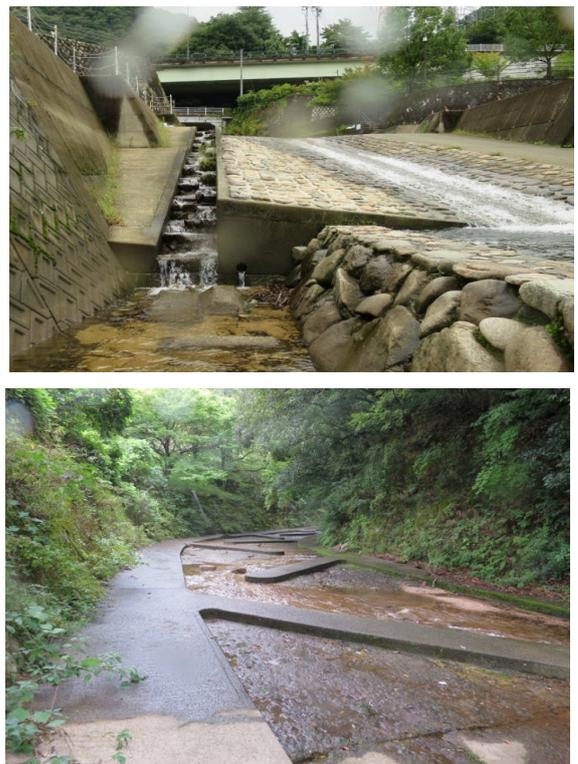


図5. 熊見川合流点の魚道（上）と魚道の上流側のコンクリート河道（下）

## 5) アユ生息場および漁場としての適性

対象域をアユ漁場として見ると、カワニナの高密度分布や河床のアーマコート化といったアユの生息に対して不適な現象は少なくない。しかし、アユが生息できないほどの環境悪化は認められず、下流からのアユの遡上量が増えれば現状でも良好な漁場が形成されることが考えられた。

また、問題点として指摘したカワニナの高密度分布に関しては、カワニナの競合種であるアユが増えることで繁殖を抑制できる可能性がある。

2. アユの生息状況調査

1) 潜水条件

潜水調査時の水温は19.4~21.0℃で、平均値は20.1℃であった(表2)。

有効視界(潜水して魚種が判別できる距離)は1.7mであった。3m以下の有効視界では通常、観察者がアユを直接目視するよりも早くアユが視界から逃避してしまうことが多く、発見率(観察数/アユの実数)はかなり低くなる<sup>5)</sup>。1.7mの視界では個体数の計数は誤差が大きくなるため、今回の調査では、ハミ跡被度の観察のみを行った。

表2. 江の川中流域における水温と有効視界

地点	地点名	水温(℃)	有効視界(m)
St.1	都賀行大橋	20.6	1.7
St.2	都賀大橋	20.5	1.7
St.3	柳原	21.0	1.7
St.4	両国橋	19.9	1.7
St.5	作木	19.4	1.7
St.6	カヌー公園	19.4	1.7
St.7	門田	19.9	1.7
St.8	船佐駅前	19.9	1.7
平均		20.1	1.7

2) アユの分布傾向

アユのハミ跡被度を表3に示した。またハミ跡被度からアユの分布傾向を概観した(図6)。アユは全地点で確認できたが、ハミ跡被度は、瀬で2~36%(平均12%)、淵・トロで1~7%(平均3%)

表3. 江の川中流域におけるアユのハミ跡被度

地点	地点名	平均ハミ跡被度(%)	
		瀬	淵・トロ
St.1	都賀行大橋	7	7
St.2	都賀大橋	5	2
St.3	柳原	2	2
St.4	両国橋	2	3
St.5	作木	23	2
St.6	カヌー公園	6	2
St.7	門田	16	1
St.8	船佐駅前	36	3
平均		12	3

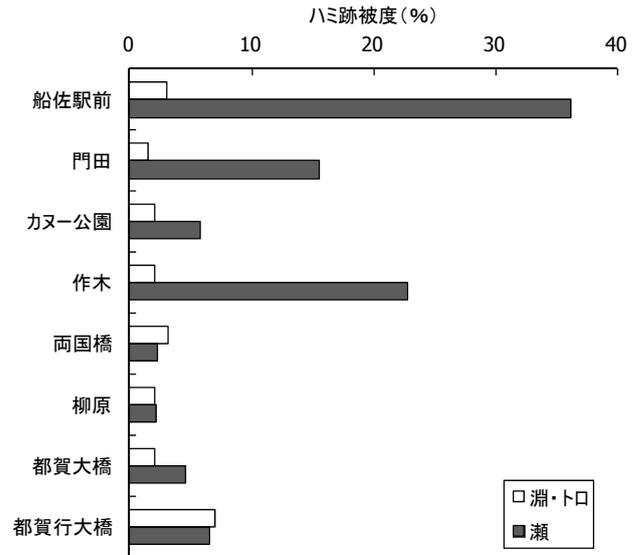


図6. 江の川中流域におけるアユの分布傾向 (2015年9月16-17日)

であった。筆者の一人である高橋の経験上、アユが良く釣れる河川のハミ跡被度は平均値で50%を上回ることが普通で、漁期の初期であれば80%を上回ることも珍しくはない。アユの個体数が減った9月に調査を行ったことを考慮しても、江の川中流域のハミ跡被度は低く、河川の規模に対してアユの生息数がかなり少ないことは明らかであった。

瀬のハミ跡被度を概観すると、調査範囲の上流側で高く、産卵のための降下行動が始まった様子は窺えなかった。

3) 異常魚の分布状況

潜水調査時には疾病症状等を呈した異常魚は観察されなかった。

3. アユの生息期待量と適正放流量の算定

1) 水面面積

河床型別の水面面積とその構成比を表1に整理した。対象域の総水面面積は284.5万m<sup>2</sup>であった。

2) 河床型の構成

河床型別の構成はA区とB・C区では大きく異なり、A区では瀬(早瀬および平瀬)の割合が42%と高いのに対し、後者では25%程度であった(表1, 図7)。また、トロBの比率はA区で8%と低く、B・C区では25~32%と高かった。淵はいずれの区間でも10%以下と低かった。

減水区では、早瀬の割合が低くなるとともにトロBの割合が高くなることが知られている<sup>2)</sup>。C区では顕著な減水は見られないが、減水区に特有の河床型の構成比に近くなっており、流量が少ないこと

で本来の河床型から変化したことが窺える。

3) アユの生息期待量の算定

(1) 適正収容密度の検討

適正収容密度は、現地踏査（潜水観察を含む）によって把握した底石の大きさ、河床型の組成（図7）、流況、水温等の生息条件を考慮して決定したが、この値は筆者の一人である高橋の潜水観察の経験に基づいた値であり、明確な根拠があるわけではない。正常な河川の適正収容密度は0.8~2.0尾/m<sup>2</sup>で、多くの場合、1.0~1.5尾/m<sup>2</sup>と判断される。なお、神奈川県早川では環境収容力から期待できるアユの生息密度の最大値は2~3尾/m<sup>2</sup>と試算されている<sup>6)</sup>。

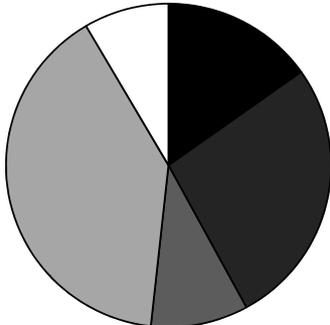
江の川中流域における河床型別の適正収容密度を

表4のように推定した。対象域の河床はアーマーカート化やカワニナの高密度分布など、アユの生息場としては好適な状態にはないが、前述の通り、大きな問題点はないと仮定して決定した。

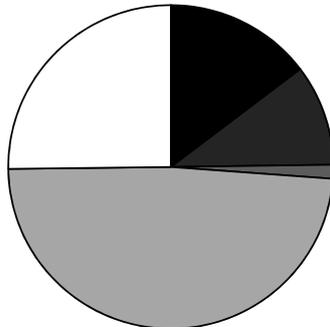
表4. 江の川中流域における河床型の適正収容密度

河床型	適正収容密度 (尾/m <sup>2</sup> )
早瀬	1.5
平瀬	1.0
淵	0.5
ト口A	0.8
ト口B	0.1

A: 浜原ダム流入点～出羽川合流点



B: 出羽川合流点～熊見発電所



C: 熊見発電所～鳴瀬堰

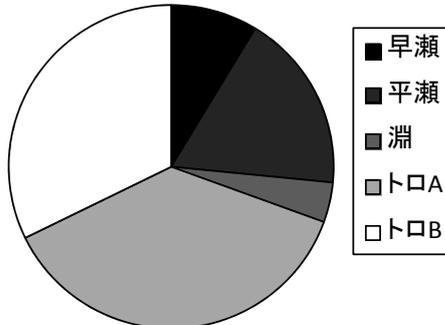


図7. 江の川中流域の河床型の構成 (面積比)

対象域に設けたA~Cの3区間（図1）それぞれの生息期待量の算定結果を表5に示した。また、それらを整理し、表6に示した。

生息期待量は約220万尾と算定された。平均密度は0.78尾/m<sup>2</sup>で、いわゆる適正放流基準密度0.7尾/m<sup>2</sup><sup>7,8)</sup>に近い数字となった。減水区であるC区では、平均密度がもっとも低くなった。理由は、発電取水による減水のためにアユの生息にとって好適な早瀬の割合が低下し、生息に不適なト口Bの割合が高くなっていること（図7）、言い換えれば、生息場の質が劣化していることにある。

(2) 生息期待量を満たすために必要とされる放流量 (適正放流量)

ここでは生息期待量すべてを放流で維持するために必要な放流量を算定する。放流種苗の平均重量を10g、放流から解禁までの歩留まりを60%<sup>8)</sup>とすると、江の川中流域の生息期待量約220万尾（表6）を6月1日時点で確保するためには、約370万尾、37tの種苗が必要と算定された（表7）。これは、江川漁業協同組合が管内の水域に放流する種苗数である約200万尾の2倍近い数字である。ちなみに輸送費を含む種苗単価を4,000円/kgとすると、37tの種苗を購入するには1億4,800万円が必要となり、放流のみで資源を維持することは現実的には不可能と言える。本調査により、江の川中流域は下流からアユの遡上があれば良好な漁場が形成されることが明らかとなった。今後は、ダム上流を含めた

表 5. 江の川中流域におけるアユの生息期待量 (区間別)

A:浜原ダム流入点～出羽川合流点				B:出羽川合流点～熊見発電所			
河床型	漁場面積 (m <sup>2</sup> )	適正密度 (尾/m <sup>2</sup> )	生息期待量 (尾)	河床型	漁場面積 (m <sup>2</sup> )	適正密度 (尾/m <sup>2</sup> )	生息期待量 (尾)
早瀬	203,300	1.5	304,950	早瀬	99,454	1.5	149,180
平瀬	361,469	1.0	361,469	平瀬	69,047	1.0	69,047
淵	129,593	0.5	64,796	淵	9,437	0.5	4,719
ト口A	534,632	0.8	427,706	ト口A	330,700	0.8	264,560
ト口B	113,097	0.1	11,310	ト口B	171,322	0.1	17,132
計	1,342,091	0.87	1,170,230	計	679,959	0.74	504,637

C:熊見発電所～鳴瀬堰			
河床型	漁場面積 (m <sup>2</sup> )	適正密度 (尾/m <sup>2</sup> )	生息期待量 (尾)
早瀬	70,952	1.5	106,427
平瀬	147,646	1.0	147,646
淵	33,122	0.5	16,561
ト口A	305,870	0.8	244,696
ト口B	265,719	0.1	26,572
計	823,309	0.66	541,902

表 6. 江の川中流域におけるアユの生息期待量

区間	漁場面積 (m <sup>2</sup> )	適正密度 (尾/m <sup>2</sup> )	生息期待量 (尾)
A:浜原ダム流入点～出羽川合流点	1,342,091	0.87	1,170,230
B:出羽川合流点～熊見発電所	679,959	0.74	504,637
C:熊見発電所～鳴瀬堰	823,308	0.66	541,902
合計	2,845,358	0.78	2,216,769

江の川におけるアユの資源循環の再生に向けて、浜原ダム下流域における再生産力の向上や、課題となっている浜原ダムにおける親魚降下阻害の改善などに取り組み、天然資源の増殖に努力することが重要となる。

表 7. 生息期待量を種苗放流でまかなうために必要な放流量の試算

項目	計算値
生息期待量(尾)	2,216,769
放流から解禁までの歩留まり(%)	60
必要(適正)放流尾数(尾)	3,694,616
放流サイズ(g/尾)	10
必要(適正)放流量(kg)	36,946

## 文献

- 国土交通省河川局：江の川水系河川整備基本方針，2007，15pp.
- 高橋勇夫，谷口順彦：流量変化に伴う河床型構成およびアユの生息密度の変化とそれらの河川維持流量評価への活用．応用生態工学，**15**，197-206 (2012)．
- 内田朝子，白金晶子，洲崎燈子，裕 伸夫，水野 修，椿 隆明：矢作川における要注意外来生物オオカナダモ (*Egeria densa*) の繁茂状況と駆除活動．矢作川研究，**18**，33-40 (2014)．
- 荒木康男：寒河江川・月布川におけるアユ漁業実態および漁場環境調査，良好なアユ漁場を維持するための河川環境調査の指針，水産庁，pp. 46-59 (2011)．
- 高橋勇夫，岸野底：奈半利川におけるアユの生息数と減耗率の潜水目視法による推定．応用生態工学，**19**，233-243 (2017)．
- 相澤康，中川研：神奈川県早川におけるアユの生物生産と適正資源量の検討．神奈川県水産技術センター研究報告，**3**，79-85 (2008)．
- 宮地伝三郎：アユの話，岩波書店，東京，1960，226pp.
- 岐阜県水産試験場：適正放流基準の検討とり

まとめ. アユの放流研究 (アユ資源研究部会昭和63年～平成2年度のまとめ), 全国湖沼河川養殖研究会アユ資源研究部会, pp31-38 (1992).

## 資料

# 水深、水温ロガーを底曳網漁具に取り付けるための ハウジングと牽引力記録計用治具の製作

沖野 晃<sup>1</sup>・金元保之<sup>1</sup>・河村 進<sup>2</sup>

Fabrication of depth and water temperature data logger housing to attach a bottom trawl fishing gear and the jig for traction recorders

Akira OKINO, Yasuyuki KANAMOTO, Susumu KAWAMURA

キーワード：底曳網, ハウジング, 治具

### はじめに

操業中の水中の漁具の形状を把握することや、実際に漁具が設置されている漁場の水温を測定することは、合理的な漁業を行う上で重要である。実際の漁業現場において漁業者は、底曳網では海底に接するロープやチェーンの擦れ具合や曳網時の抵抗等から漁具の形状を、漁獲された魚種の変化などから水温の変化等を推察しているものの、多くの場合正確な数値としては把握していない。

操業中における網の抵抗等の値を連続して測定記録させる方法については、1951年から葉室<sup>1)</sup>によって取り組まれ、測定機器を考案、製作し底曳網の操業中の網の挙動実態について調査している。

1991年頃からは、センサーの多様化、データロガーの小型化、記憶容量の増量化が進み<sup>2)</sup>、比較的安価な水深や水温などのロガーが入手可能となった。当センターも漁具開発試験や資源管理のためのデータとして、底曳網漁具の張力、水深等各項目測定や水温計により漁獲物の生息水温の連続した記録の測定を行っている。センサーを漁具に設置する際には漁具から外れないように保持し、衝撃から保護するためのハウジングが必要である。当センターでは従来、ハウジングは塩化ビニル製の水道パイプ等を利用した簡易的ものを使用していたが、2016年度はステンレス製のハウジングを作成した。そこで、その

製作の意図と仕様を資料として記録する。

また、漁具の張力を測定する牽引力記録計は、数年間に1回程度の正確度の確認のための張力測定が望まれる。そこで島根県産業技術センター所有の万能引張圧縮試験機（以下試験機）により測定を行うこととし、牽引力記録計を試験機に設置するための治具を作成したので資料として記録する。

### 材料と方法

**ハウジング** Star-oddi社製 DSTmilli-TD（温度、水深）、JFEアドバンテック社製小型メモリー圧力計 DEGF12-D20HG（水深）に対応した2種類のハウジングを作成した。ハウジングは配管用ステンレス鋼管を利用し、その中にセンサーを入れ片側をソケット（ねじ込み管継ぎ手）で止め、両端は中に入れたセンサーが落ちない大きさの穴を設けた。片端とソケットにはロープで漁具にハウジングを固定できるようにリング様のアイを取り付けた。またセンサーを中に入れた場合長さ方向に間隙があるため、シリコンパイプなどを詰めセンサーがハウジングの中で振動することを防いだ。

DSTmilli-TDを入れたハウジングは配管用ステンレス鋼管 15A を使用し座金をかませ、株式会社気泡材研究所製の VINY 4T-3 のフロートの穴を通しねじ止めする形状とした。フロートに取り付けたのは、

<sup>1</sup> 漁業生産部 Fisheries Productivity Division

<sup>2</sup> 島根県産業技術センター Shimane Institute for Industrial and technology

漁労作業中でも目立つようにするため、フロートが壊れる事故はあったがセンサーが破損することなく、3 か月間取り付けられた状態であっても漁業者に忘れられることはなかった(図1)。

DEGFI2-D20HG 用のハウジングは配管用ステンレス鋼管 25A を使用し、ハウジング円筒部の中央部付近にもう一つリング様のアイを取り付けた(図2)。

**牽引力記録計用治具** 牽引力記録計は nke 社製センサーF (F10) で、試験機は島津製作所製のオートグラフ AG-100kNX を使用した。なお本試験機は、2015 年 10 月に JCSS 校正を行い、JIS B7721 に規定する 1 等級を満たすことを確認している。試験機の材料の固定方法は、上下のアイボルトによっておこない垂直方向に力かける仕様である。そこで試験機側のアイボルトと F10 側のアイにピンを通し、小判型のスチール板により試験機と F10 とをつなぐ仕様とした(図3)。また、F10 とスチール板の間隙のスペーサーの有無について検討した(図4)。

### 結果と考察

DSTmilli-TD, DEGFI2-D20HG をこれらのハウジングに収納し、漁具に取り付けたところ測定、記録されていることを確認した。測定結果やハウジングの影響については、別に報告することとする。

また、治具はスペーサーの有無によりピンの許容曲げ荷重や許容せん断曲げ荷重に差があることがわかった(表1)。スペーサーがない場合は約 2 t f であったが、スペーサーのある場合には約 13.9 t f で

あった。F10 の測定は 10 t まで計測可能であることから、0-10 t f までの範囲で測定する必要がある。そこでスペーサーを取り付けて測定することとした。測定結果については別に報告する。

**ハウジングの影響について** ハウジングについては、鋼管を利用し両端に穴をあけていることから水深の測定に関しては影響は少ないものと思われるが、水温については多少の影響があることが考えられる。しかし実操業船の底曳網取り付けの場合約 2 時間水中にあることから秒ごとに測定するなどの細かい分析をしなければ、実用上の問題はないと考える。

### 謝辞

ハウジングおよび治具の作成に当たっては、瀬戸ヶ島町の仲村鉄工所において、仕様および製作に関して助言および協力を頂いたことから、ここに記してお礼申し上げます。

### 文献

- 1) 葉室親正：漁具測定論 測定器の構造，使用法，測定結果の解釈，槇書店，東京都，1959，pp. 13-15.
- 2) 上田宏：中級編データロガー開発を牽引する日本の技術力，「動物たちの不思議に迫るバイオロギング」(日本バイオロギング研究会編)，京都通信社，pp. 14-17

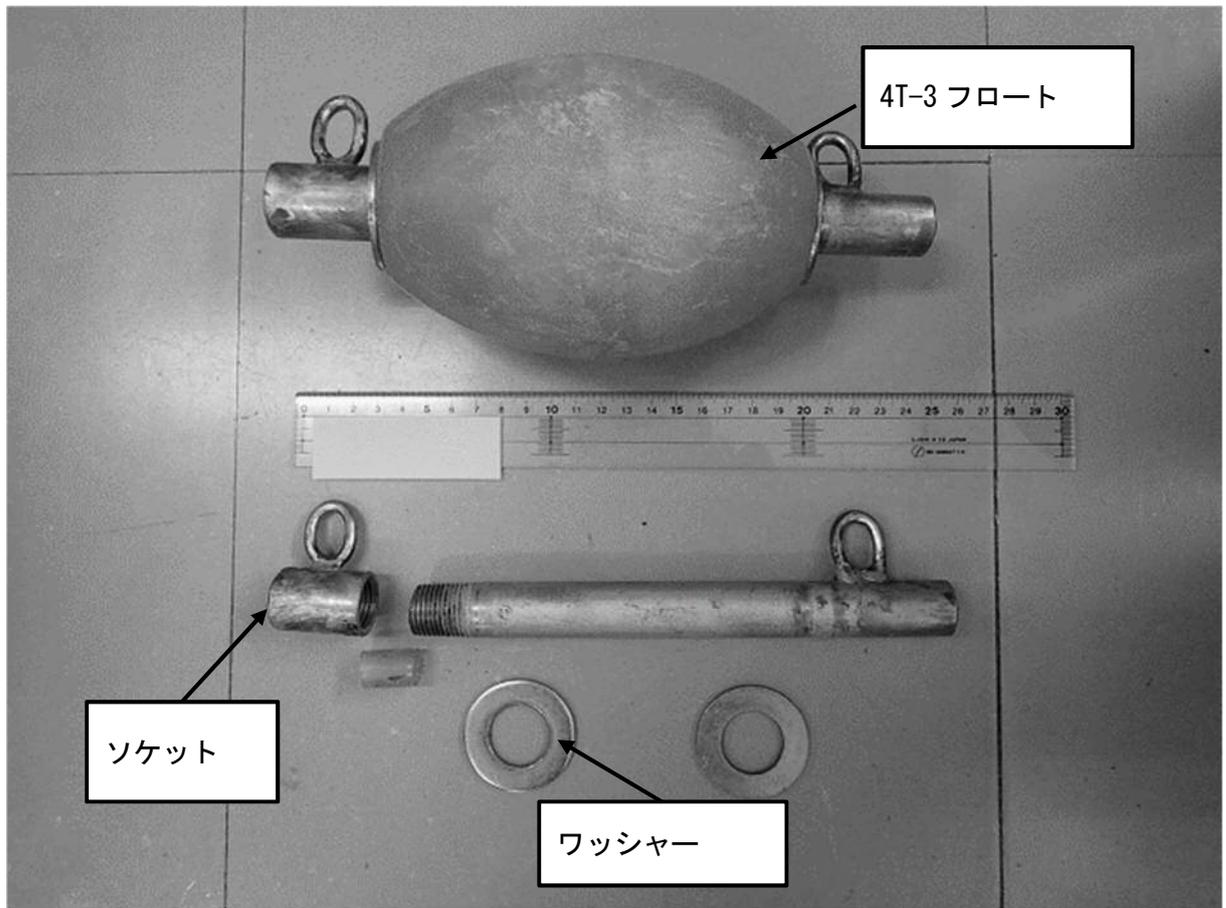


図1-1. DSTmilli-TD用ハウジング. センサーを鋼管の中に入れソケットをねじ込みワッシャーを固定する.

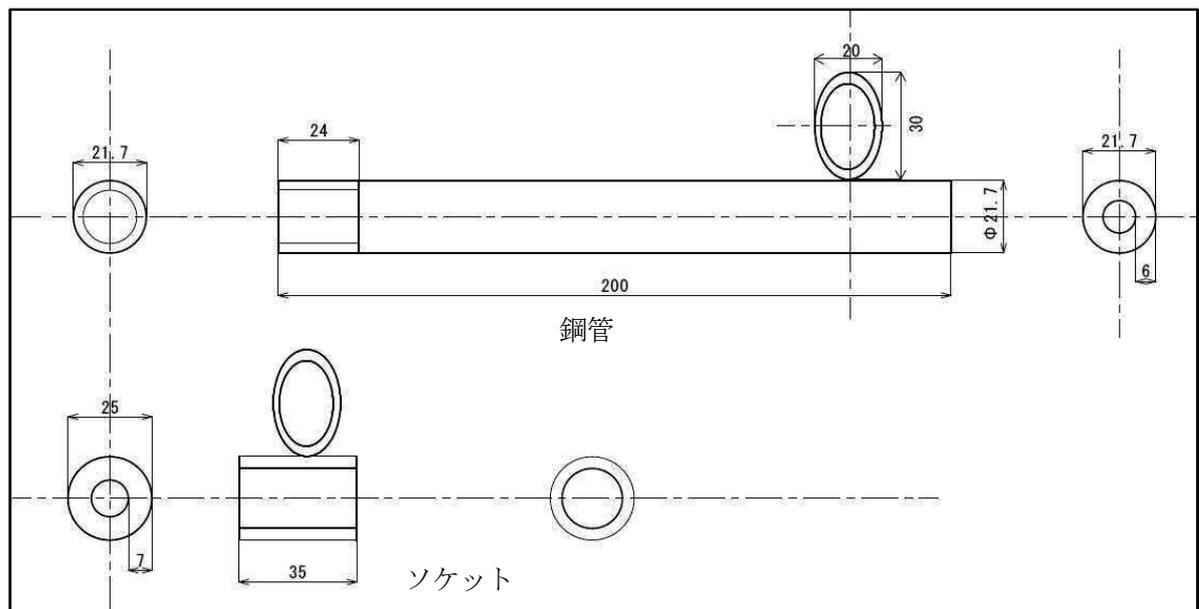


図1-2. DSTmilli-TD用ハウジング詳細 (単位: mm)

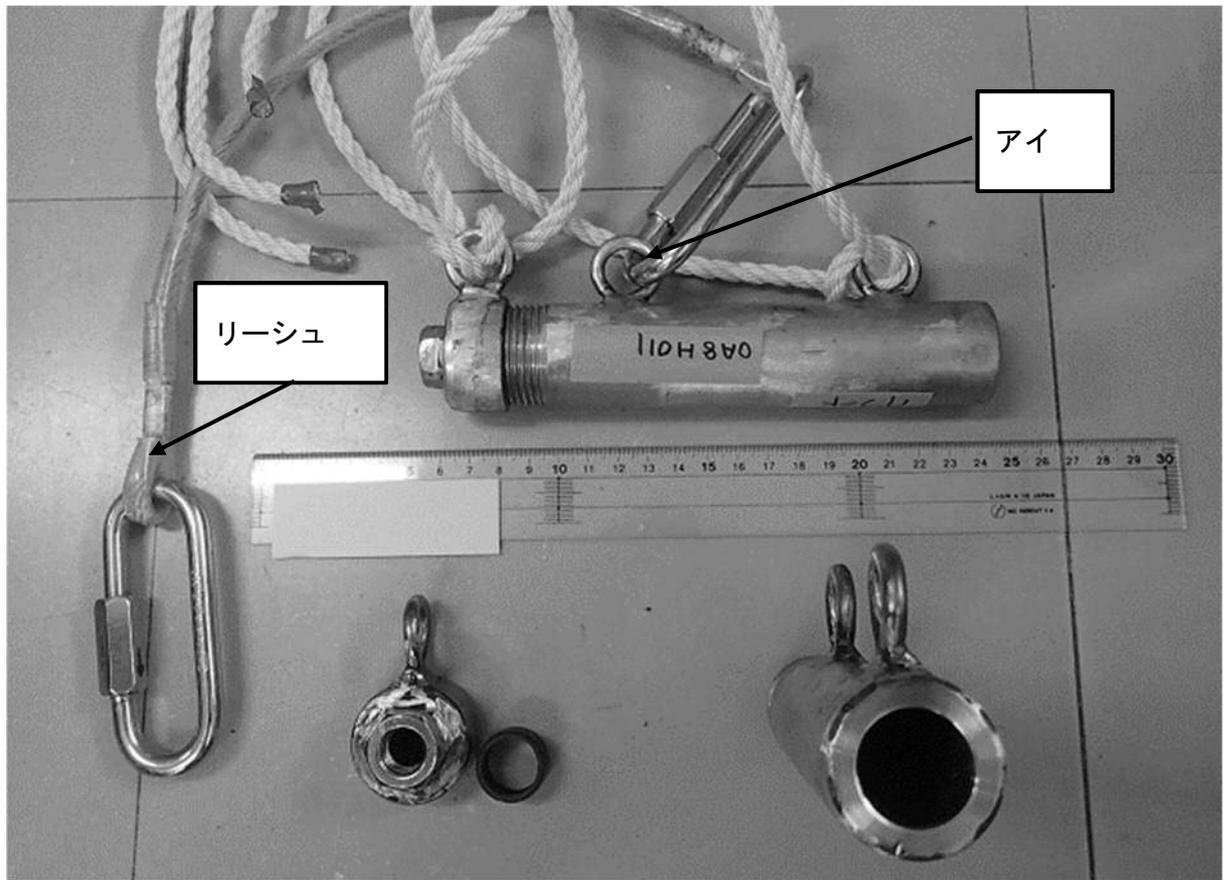


図 2-1. DEGFI2-D20HG 用のハウジング. 中央付近にアイを設置し, 両端に連結金具 (リングキャッチ) を設置したワイヤー (リーシュ) をとりつけてある.

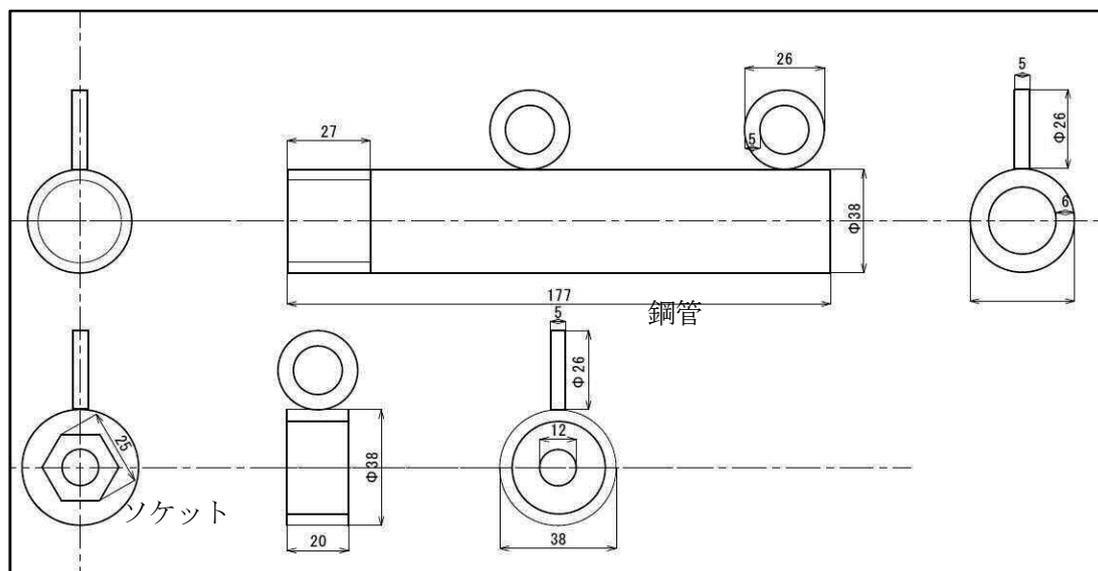


図 2-2. DEGFI2-D20HG 用ハウジング詳細 (単位: mm)

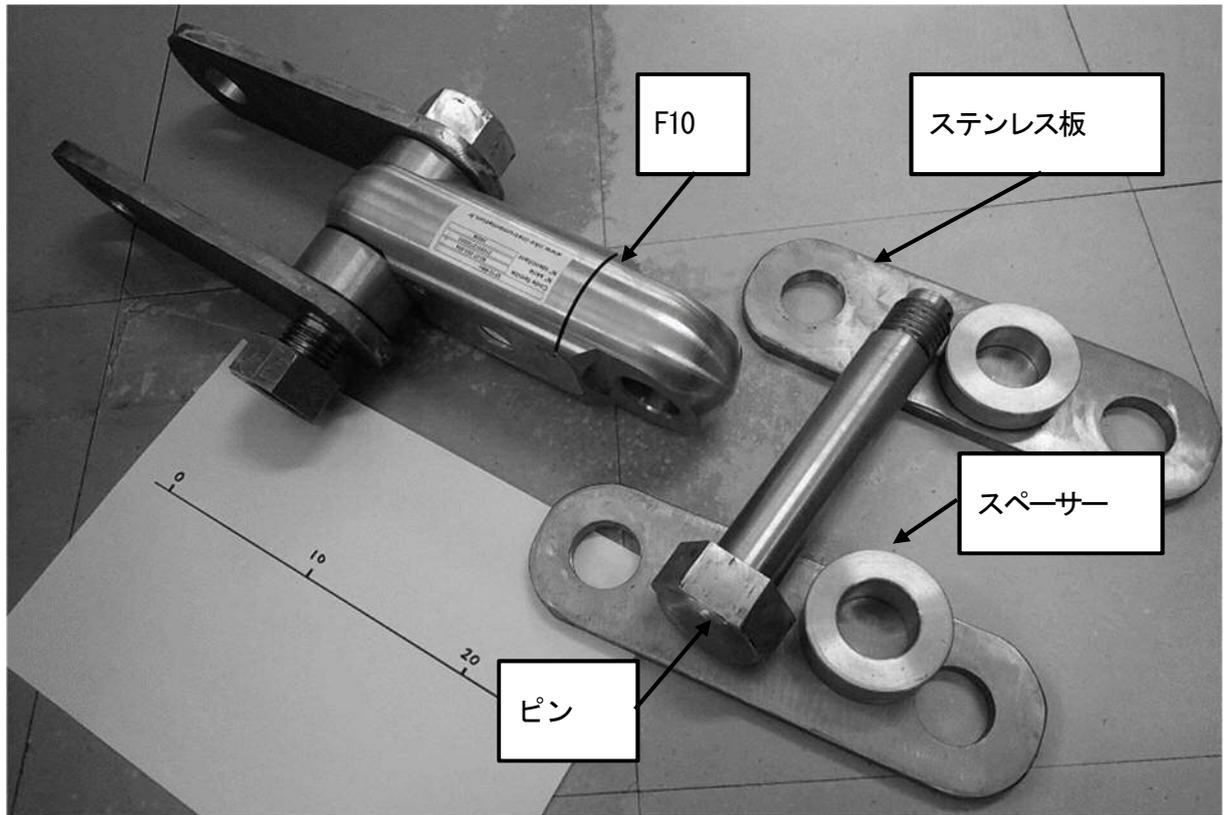


図 3-1. 牽引力記録計と治具

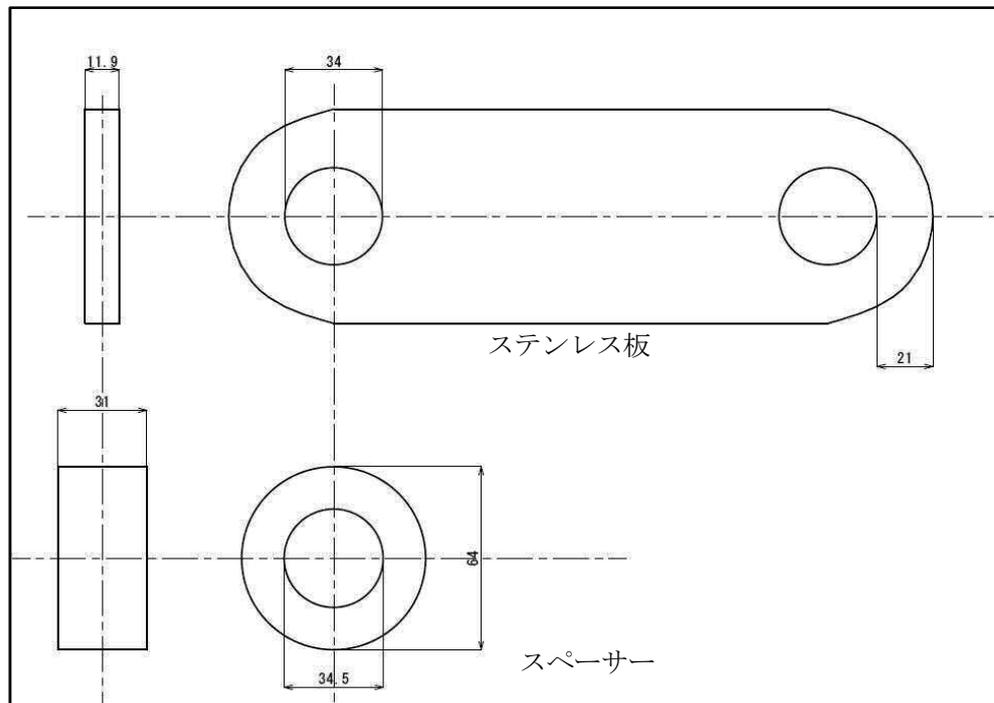


図 3-2. 治具詳細 (ステンレス版・スペーサー) (単位: mm)

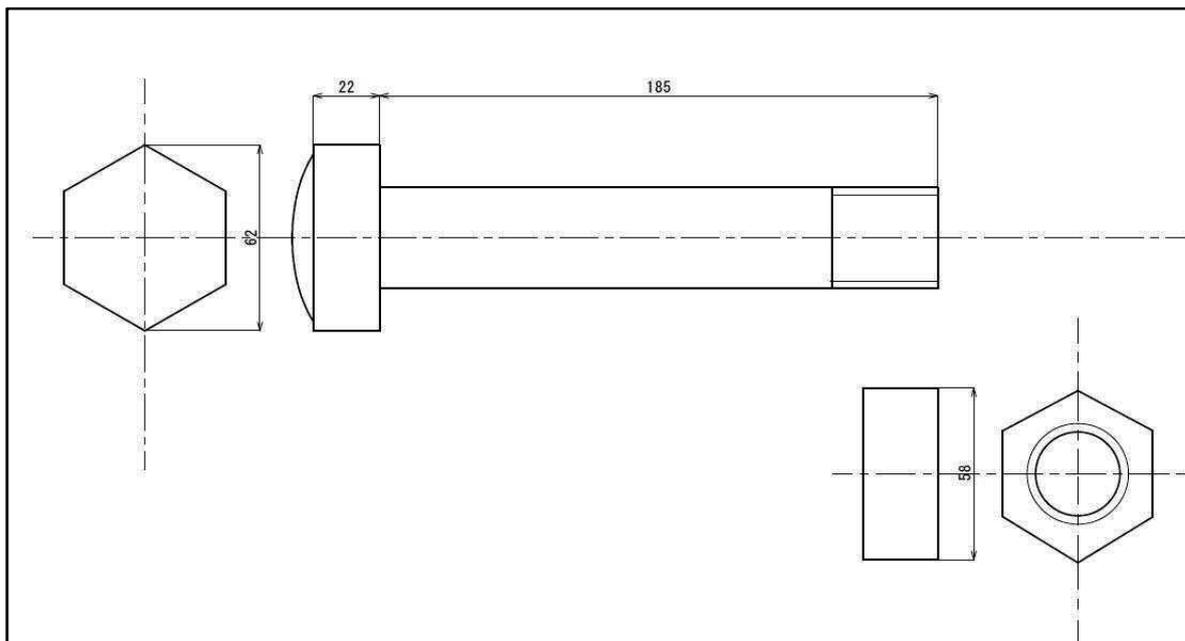


図 3-3. 治具詳細 (ピン) (単位 : mm)

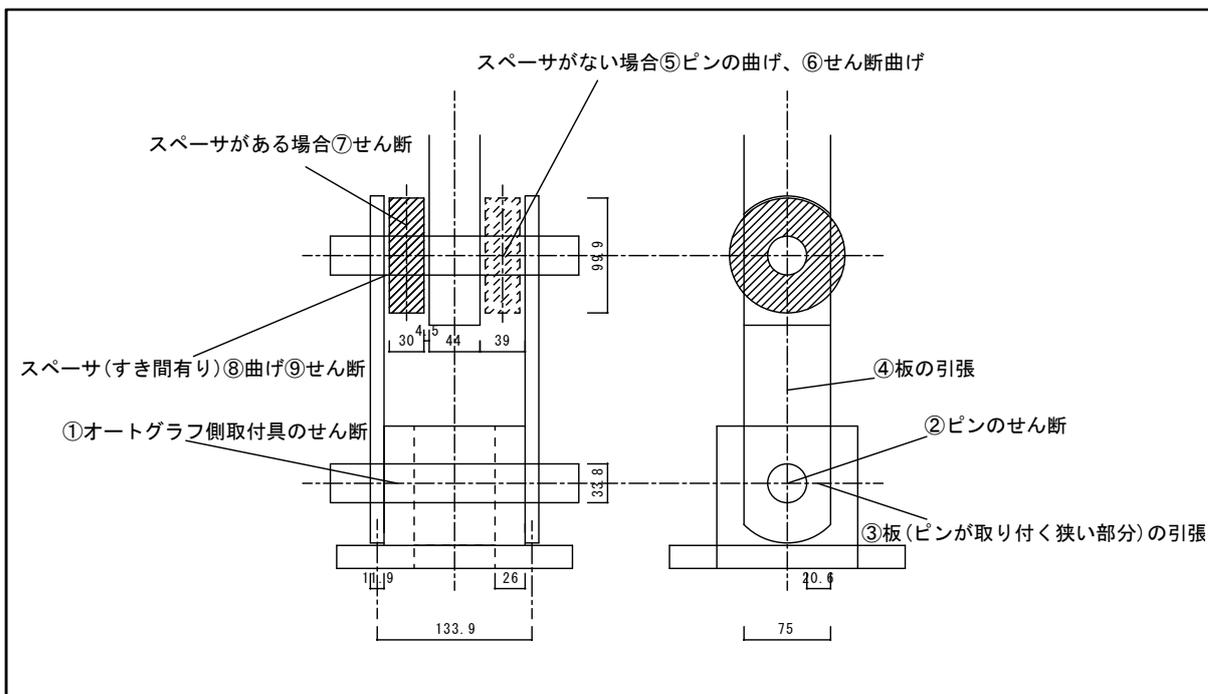


図 4. 治具にかかる安全荷重の検討 ①～⑦のそれぞれの場合について検討を行った. (単位 : mm)

表1. 治具の安全荷重についての検討 主な材料であるステンレスとスペーサーに使用した黄銅について検討した. 表はマイクロソフトエクセルにより計算を行い, 計算内容がわかるように表記した.

治具の安全荷重についての検討			
材質 ステンレス SUS304			
ステンレス引張強さ(MPa)		520.0	
ステンレス曲げ強さ(MPa)	=ステンレス引張強さ	520.0	引張強さと同等とする
ステンレスせん断強さ(MPa)	=ステンレス引張強さ*0.8	416.0	引張強さの80%とする
静荷重での安全率			
ステンレス許容引張応力(MPa)	=ステンレス引張強さ/静荷重での安全率	173.3	
ステンレス許容曲げ応力(MPa)	=ステンレス曲げ強さ/静荷重での安全率	173.3	
ステンレス許容せん断応力(MPa)	=ステンレスせん断強さ/静荷重での安全率	138.7	
材質 黄銅 JIS H5121 CAC406C			
黄銅引張強さ(MPa)		245.0	
黄銅曲げ強さ(MPa)		245.0	引張強さと同等とする
黄銅せん断強さ(MPa)	=黄銅曲げ強さ*0.8	196.0	引張強さの80%とする
静荷重での安全率			
黄銅許容引張応力(MPa)	=黄銅引張強さ/静荷重での安全率	81.7	
黄銅許容曲げ応力(MPa)	=黄銅曲げ強さ/静荷重での安全率	81.7	
黄銅許容せん断応力(MPa)	=黄銅せん断強さ/静荷重での安全率	65.3	
上側治具もほぼ同一形状であるので、検討は省略する。 スペーサーがない場合①～⑥の検討を行い、スペーサーを入れる場合は⑦⑧⑨の検討を行い、最小値を安全荷重として評価する			
●張力計取り付けピンをみの場合の検討			
オートグラフ側取り付け具の断面積A(mm <sup>2</sup> )	=26*20*2	1040.0	左右2箇所あるので2倍する
①オートグラフ側取付具の許容せん断荷重(kN)	=ステンレス許容せん断応力*断面積A/1000	144.2	
ピン径			
ピンの断面積B(mm <sup>2</sup> )	=PI()*ピン径/2)^2*2	33.8	
②ピンの許容せん断荷重(kN)	=ステンレス許容せん断応力*断面積B/1000	1794.5	左右2箇所あるので2倍する
③板の許容せん断荷重(kN)	=ステンレス許容せん断応力*板の断面積/1000	136.0	左右2箇所、2枚あるので4倍する
板の断面積C(mm <sup>2</sup> )	=75*11.9*2	1785.0	左右2箇所あるので2倍する
④板の許容引張荷重(kN)	=断面積C*ステンレス許容引張応力/1000	309.4	
張力計取り付けピンの板間距離D(mm)		133.9	
張力計取り付けピンのピン径(mm)	=ピン径	33.8	
⑤張力計取り付けピンの許容曲げ荷重(kN)	=ステンレス許容曲げ応力*PI()*ピン径^3/(8*ピンの板間距離D)/1000	19.6	両端ピン支持、中央集中荷重とする
⑥張力計取り付けピンの許容せん断曲げ荷重(kN)	=ステンレス許容せん断応力*3*PI()*ピン径^2/8/1000	186.6	両端ピン支持、中央集中荷重とする
許容荷重(①)～(⑥)の最小値		19.6 (kN)	
		2.0 (tf)	
●張力計取り付けピンにスペーサーを追加した場合の検討			
二枚の板間距離(内法)-張力計の厚さ E(mm)		78.0	
スペーサー厚さF(mm) (40mmまで可能)		30.0	両側に1個ずつ
スペーサーのない部分の長さI (mm)	=(厚さE-厚さF*2)/4	4.5	両側に2箇所ずつ
スペーサーの直径G(mm)		60.0	60mmまで可能
スペーサー部の断面積H	=PI()*直径G/2)^2*2	5654.9	左右2箇所あるので2倍する
⑦スペーサー部の許容せん断荷重(kN)	=黄銅許容せん断応力*直径G/1000	3.9	黄銅として評価
⑧スペーサーのない部分に働く許容曲げ荷重(kN)	=ステンレス許容曲げ応力*PI()*ピン径^3/32/長さI/1000	146.0	片持ち梁とする
⑨スペーサーのない部分に働く許容せん断曲げ荷重(kN)	=ステンレス許容せん断応力*3*PI()*ピン径^2/8/1000	186.6	片持ち梁とする
許容荷重(①)～(④)、(⑦)～(⑨)の最小値		3.9 (kN)	
		0.4 (tf)	



## 資料

# 石見部における 2012 年～2016 年のばいかご漁業の調査結果

向井哲也<sup>1</sup>・道根 淳<sup>1a</sup>・古谷尚大<sup>1a</sup>

Research report of the pot fishery for the Finely striated buccinum  
*Buccinum striatissimum* in Iwami district, Shimane Prefecture from 2012 to 2016

Tetsuya MUKAI, Atsushi MICHINE, Takahiro FURUTANI

キーワード：エッチュウバイ，ばいかご漁業，資源管理

### はじめに

島根県西部の石見部では小型底びき網漁業の休漁期の 6～8 月に，エッチュウバイ *Buccinum striatissimum* を漁獲対象としたばいかご漁業が操業されている。島根県ではこのばいかご漁業において漁獲されるエッチュウバイの資源調査を継続的に実施しており，調査結果を基に漁業者は漁獲量の上限を設定するなど自主的資源管理措置を実施している(表 1)。本報告では第 2 県土水産資源調査事業(平成 24～28 年)により実施された 2012 年～2016 年の 5 年間の石見部のばいかご漁業の調査結果をとりまとめた。

表 1. 石見部のばいかご漁業における自主的資源管理措置

・漁獲量(エッチュウバイ)の自主規制			
	2012年～ 2014年漁期	2015年漁期	2016年漁期
稼働隻数	4隻	4隻→3隻	3隻
漁獲枠	20トン/隻	23トン/隻	23トン/隻
総漁獲枠	80トン	92トン	69トン
・漁具の制限 使用漁具6連以内 かご数 800個以内、網目の制限(9節以上)			
・殻長4cm以下の小型貝の放流			

### 資料と方法

2012 年から 2016 年の 5 年間に於いて，漁業協同組合 JF しまねの販売データを基に島根県漁獲管理情報処理システム<sup>1)</sup>を用い，各船のエッチュウバイの銘柄別の漁獲量と漁獲金額，単価および CPUE の算出を行った。また各漁業者に操業野帳の記入を依頼し操業日や漁場位置について実態を調査した。また，漁期中に月 1 回程度 JF しまね大田支所および仁摩支所において水揚げされるエッチュウバイの殻高と重量を銘柄別に測定し，銘柄別漁獲量から漁獲される本種の殻高組成を推定した。さらに殻高組成から，村山・由木による Age-Length Key<sup>2)</sup>を用いて漁獲物の年齢組成を推定した。また，日別のエッチュウバイの漁獲量の推移をもとに DeLury 法による資源解析を行った。

### 結果と考察

**漁獲量・漁獲金額** 図 1 にばいかご漁業の漁獲物の重量別割合を示す。調査期間中の漁獲物重量の約 9 割がエッチュウバイであった。エッチュウバイの総漁獲量と総漁獲金額の推移を図 2 に示す。ばいかご漁業の経営体数は 1990 年には 7 経営体あったが徐々に減少し，2012 年時点では 4 経営体であり，2015 年漁期中に 1 経営体が廃業したため 2016 年は 3 経営体となっている。総漁獲量は経営体数の減少

<sup>1</sup> 漁業生産部 Fisheries Productivity Division

<sup>a</sup> 現所属：島根県農林水産部水産課 Shimane Prefectural Government Fisheries Division, Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Matsue, Shimane 690-8501, Japan

もあって1990年代以降減少しているが、2012～2016年ではほぼ横ばいとなった。1隻あたりのエッチュウバイの漁獲量と漁獲金額の推移を図3に示す。1隻あたり漁獲量は2000年代に落ち込んだが、2010年代には回復傾向にあり2012～2015年はほぼ横ばいであった。2016年には1隻あたり漁獲量が急増しているが、これは2015年に自主規制に

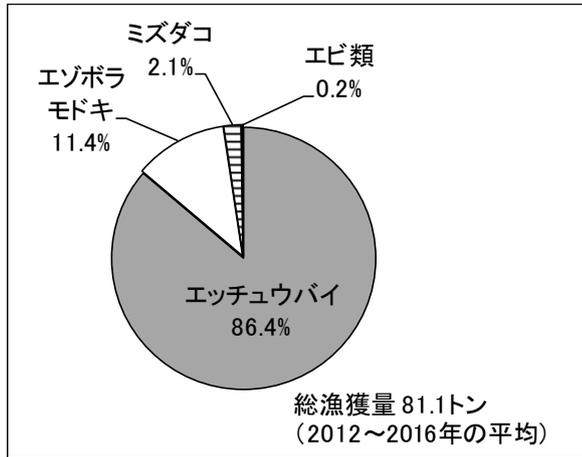


図1. 石見地区のばいかご漁業における漁獲物の内訳 (2012～2016年の漁獲量の平均割合)

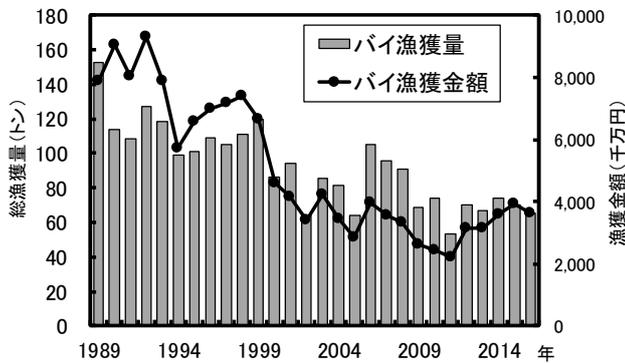


図2. 石見部のばいかご漁業におけるエッチュウバイの総漁獲量と総漁獲金額の推移

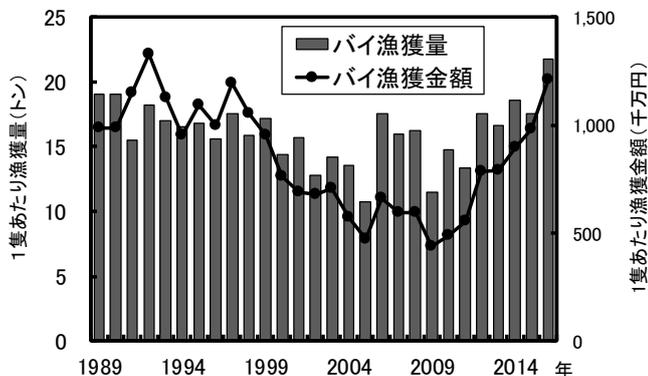


図3. エッチュウバイの1隻あたり漁獲量と水揚げ金額の推移

よる漁獲量の上限値が20トンから23トンに改正されたことが大きな要因である (表1)。

**CPUE (1 航海あたり漁獲量)** 図4にエッチュウバイのCPUE (1 航海あたり漁獲量) の推移を示す。CPUEは1990年代は500kg前後で推移したが2000年代には徐々に下降し300kg代に落ち込んだ。しかし2010年代にはCPUEは増加傾向にあり、2014～2016年では約700kgと過去最高水準となった。このことから現在のエッチュウバイの資源水準はかなり高い水準にあると考えられた。なお、調査期間中の航海日数はいずれの年も1隻あたり24～30日/漁期程度であった。

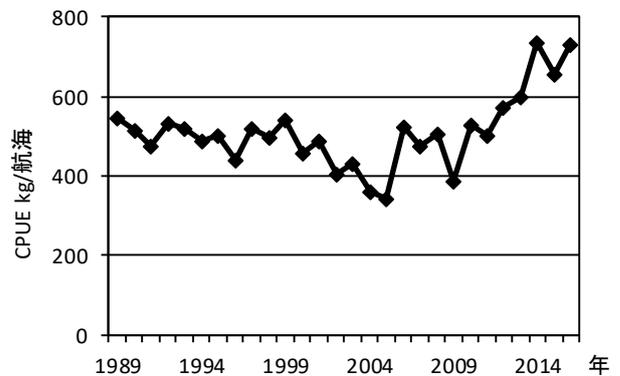


図4. ばいかご漁業におけるエッチュウバイのCPUE (1 航海あたり漁獲量) の推移

**エッチュウバイの銘柄と価格** 図5に調査期間中の銘柄別漁獲重量割合の推移を示す。エッチュウバイの銘柄は2012～2013年は特大 (殻高100mm以上)、大 (殻高90～100mm)、中 (殻高75～90mm)、小 (殻高60～75mm)、豆 (殻高60mm未満) の5銘柄に分けて出荷されていたが、2013年以降は大銘柄と中銘柄の間に「中大」という銘柄が入り、6銘柄に分けて出荷されている。いずれの年も量的には中サイズ以上が8～9割を占めていた。

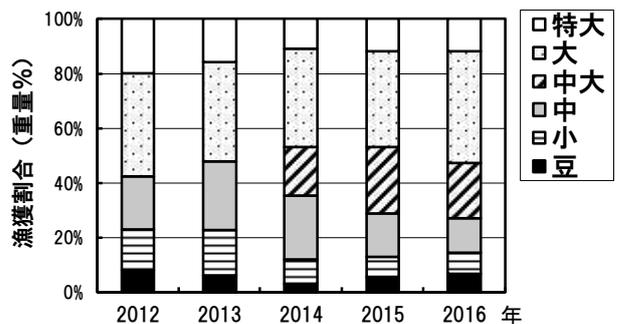


図5. エッチュウバイの銘柄別漁獲重量の割合

図6に調査期間中の銘柄別の単価の推移を示す。単価は豆～小銘柄は600～800円/kgと高値で取引されており、漁獲重量の約半分以上を占める大～特大

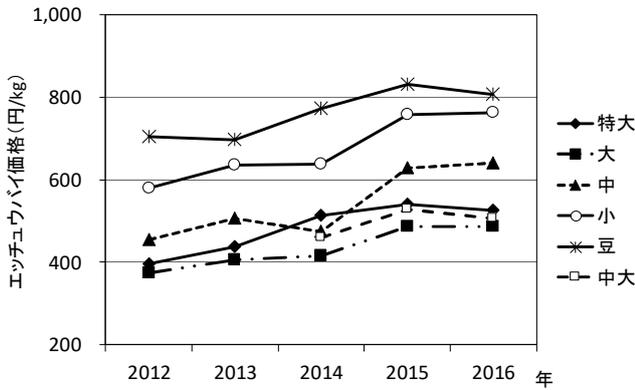


図6. エッチュウバイの銘柄別の単価の推移

銘柄は400～500円/kg程度と安価であり、特に中大サイズと大サイズの単価が低かった。全ての銘柄で調査期間中の単価は上昇傾向にあった。

**エッチュウバイの殻長組成と年齢組成** 図7に調査期間中のエッチュウバイの殻長組成を示す。2012年には小さい複数のモードが見られるが、2013年は殻高60～80mmにモードが見られた。2014年は殻長60mm以下のサイズが少なく、70～90mm台に大きなモードが見られた。2015年は殻高50mm前後の小型貝の増加が見られたが殻高70～90mmの貝は大きく減少した。2016年には殻高40～60mmの小型貝が増加したが、70～90mmの貝は減少した一方、殻高90mm以上の大型貝が増加した。

漁獲物の年齢組成を求めた結果を図8に示す。例

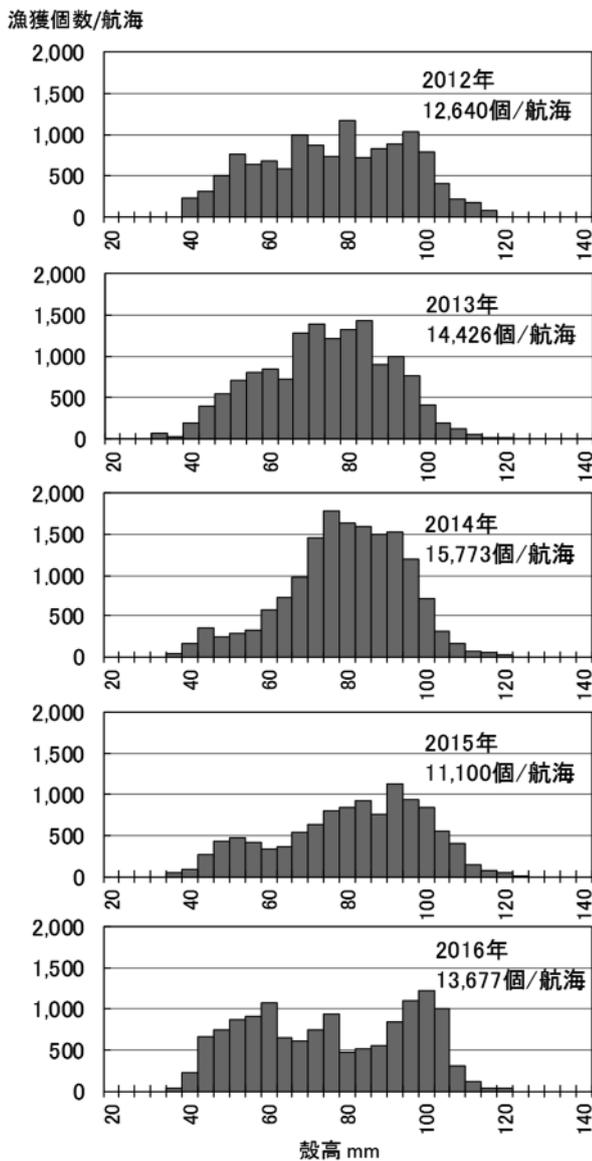


図7. 漁獲されたエッチュウバイの殻高組成

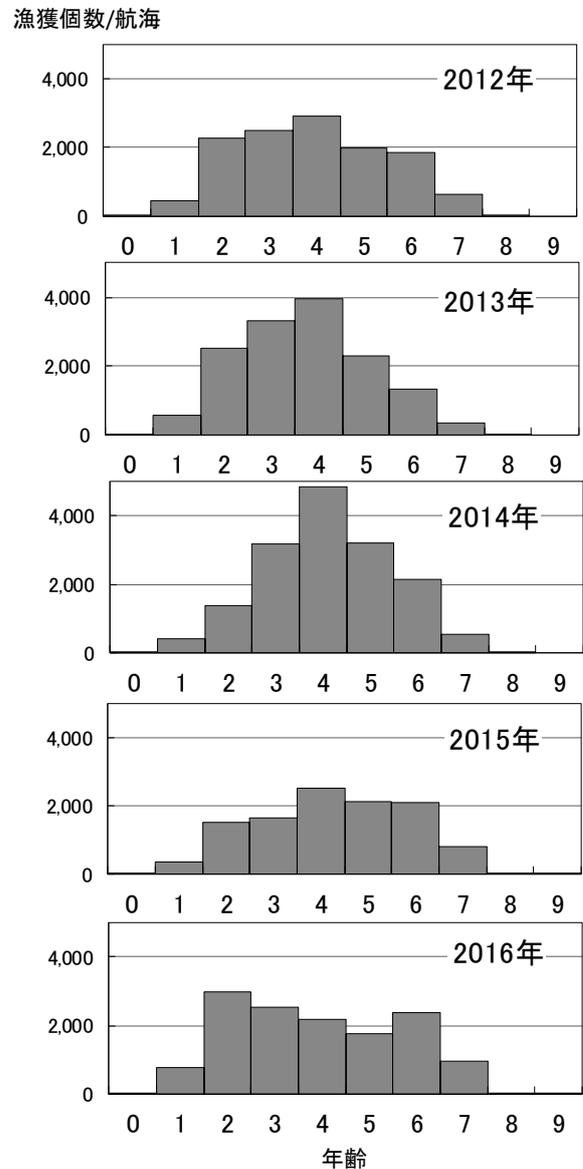


図8. 漁獲されたエッチュウバイの年齢組成

年、4歳貝を中心として3~5歳貝の漁獲が多いが、2016年だけは2~3歳および6歳貝の漁獲が増加していた。

**エッチュウバイの漁場** 調査期間中のエッチュウバイの漁場を図9に示す。漁場は江津沖~島根半島沖の水深190m~210mの狭い水深帯に集中していた。毎年の傾向として漁期始めには図に示された漁場域の中央付近での操業が多く、漁期後半には漁場が東西に分散する傾向が見られた。ただし、2013年と2014年は漁期前半と後半による漁場の移動は少なかった。操業水深・地理的条件とエッチュウバイ漁獲量との明確な関連性は見出せなかった。

**資源量と漁獲率** 資源量推定については、2012年、2015年、2016年は漁期前半と後半で漁場が変わり、漁期後半のCPUEが増加もしくは横ばいであったためDelury法による解析が困難であった。Delury法による資源量の推定が可能であった2013年と2014年のエッチュウバイの資源量と漁獲率を表2に示す。漁獲率は両年共に40%を超えていた。1990年代初

表2 Delury法による推定資源量と漁獲率

年	推定資源量 t	漁獲量 t	推定漁獲率
2013	152.0	67.3	44.3%
2014	165.0	74.9	45.4%

頭の本漁業のエッチュウバイの推定漁獲率もほぼ同じ水準であり<sup>2)</sup>、本漁業によるエッチュウバイに対する漁獲圧は現在も過去と同様かなり高いと考えられた。エッチュウバイの資源管理については今後も調査を継続的に実施して資源動向を把握し、資源量に見合った漁獲を実施することが必要と考えられた。

## 文献

- 1) 村山達朗・若林英人・安木茂・沖野晃・伊藤薫・林博文 漁獲管理情報システムの開発(島水試研報, No.12, 67-78 (2005))
- 2) 村山達朗・由木雄一: 島根県水産試験場事業報告書(平成4年度), 64-69 (1991) .

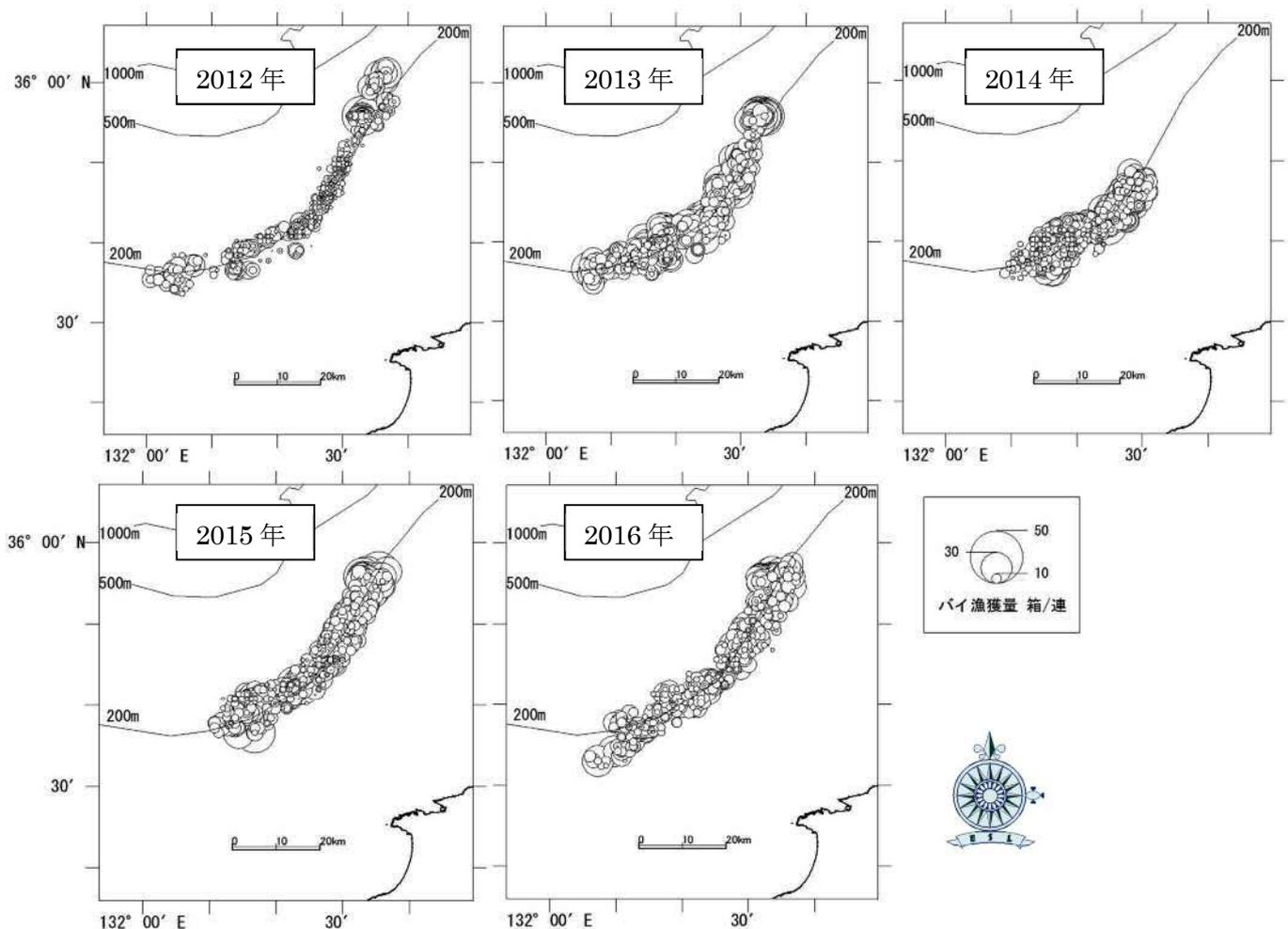


図9. エッチュウバイの漁場(投籠位置)と漁獲量(カゴ1連あたりのパイ漁獲箱数)

## 本号掲載要旨

(報文)

### インピーダンスによるムシガレイ鮮度の非破壊測定

石原成嗣・竹谷万理・井岡久・清川智之  
沖合底びき網による漁獲物の品質向上を図る取り組みの一環として、電気インピーダンスを用いてムシガレイ鮮度の非破壊的で簡便な測定を行う事が可能であるか検討した。その結果、完全硬直前であれば硬直指数とインピーダンス比が強い相関を持つこと、完全硬直後も多変量解析による検量線の作成によって、ロット単位であればK値を推定できることを確認した。

### 浜田漁港における沖合底びき網漁獲物の高鮮度化に関する研究

岡本 満・沖野 晃・竹谷万理・井岡 久  
島根県浜田漁港を基地とする沖合底びき網漁船のリシップ(再生工事)で実施される漁獲物の付加価値向上を支援するため、種々の調査試験を行った。リシップ前の乗船調査の結果に基づき、ムシガレイを指標としてリシップで導入された冷海水使用と2次選別の省略による高鮮度化を実証した。また、この高鮮度ムシガレイを原魚として、加工工程における低温管理を徹底することで、イノシン酸に富んだ塩干品の製造が可能であることを明らかにした。タイ類の冷却海水濃度による色調については、全海水の使用によって処理直後に赤色の低下が認められたが、希釈海水では赤色が強まる傾向が示唆された。高水温に暴露した活ウチワエビを用いて冷海水浸漬による活力の維持について検討したが、夏季における活魚化率の向上は難しいことが示唆された。

### 隠岐諸島におけるイワギキシングルシードの海面中間育成試験

佐々木 正・佐藤勇介・近藤徹郎・常盤 茂  
イワギキ養殖施設およびその近傍の複数個所において、シングルシード(1個ずつ個別に分離した種苗)の中間育成における基礎的なデータを取得するための飼育試験を実施した。種苗の成長や生残率は収容密度や地区によって異なったが、全体的に良好に推移し、10月の試験終了時は各試験区とも大部分の種苗が個別にロープに容易に固定することのできる殻高60mm以上となった。

(資料)

### 江の川中流域におけるアユ漁場診断調査

高橋勇夫・曾田一志・寺門弘悦・村山達朗・古谷尚大  
江の川中流域の河川環境を2015年9月に調査し、アユの生息場または漁場という観点から評価した。江の川中流域ではトロが卓越し、アユの生育に好適な早瀬や淵は少なく、カワニナの高密度分布や河床のアーモコート化など不適な現象は少なくない。減水区間では生息環境の改善が望ましいが、一般的にアユが生息できないほどの環境悪化は認められず、遡上量が増えれば現状でも良好な漁場が形成されると考えられた。漁場面積は約285万㎡で、生息期待量と適正放流量はそれぞれ、約220万尾、約370万尾と算定された。放流のみでの資源の維持は費用面から不可能であり、天然遡上を増やす取り組みが重要であると考えられた。

### 水深、水温ロガーを底曳網漁具に取り付けるためのハウジングと牽引力記録計用治具の製作

沖野晃・金元保之・河村 進

底びき網の試験操業において水深・水温ロガーを底びき網漁具に取り付けるためのハウジングをステンレスで作成した。また、漁具の張力を測定する牽引力記録計を試験機に設置するための治具を作成した。これらの器具の仕様について資料として記載する。

### 石見部における2012年～2016年のばいかご漁業の調査結果

向井哲也・道根 淳・古谷尚大

島根県西部の石見部におけるばいかご漁業について2012年～2016年の調査結果をとりまとめた。調査期間中の1隻あたりのエッチュウバイ漁獲量は横ばいであったが、CPUEは増加しており2014～2016年では過去最高水準となった。ただし本漁業によるエッチュウバイに対する推定漁獲率は40%以上とかなり高く、今後も資源状況に見合った漁獲管理が必要と考えられた。

## 他誌掲載論文の抄録

### 地中海に生息するアサリ (*Ruditapes philippinarum*) の生殖周期

開内 洋・勢村 均・堀 玲子

日本ベントス学会誌, 71(2), 64-69 (2017)

地中海は島根県の東部に位置する汽水湖である。近年、アサリを含む水産振興策が検討されている。国内ではアサリの成熟、産卵に関する報告は多いが地中海ではない。そこで本研究では地中海に生息するアサリの生殖周期を明らかとするため、2008年4月から2011年3月にかけて、地中海の漁場でジョレンにより漁獲されるアサリを対象にサイズ別に肥満度及び組織学的観察を行った。水温、塩分、餌料量(クロロフィル a, フェオ色素量)は標本の採取地点に近くで観測されたデータを取りまとめた。肥満度は3~5月にかけて増加し、その後徐々に減少し9・10月に最低となる傾向を示した。組織的観察結果から産卵時期は2008年では8~10月、2009年では6~8月と10~11月、2010年では6~10月であった。産卵開始時期と年間の産卵回数は年毎に変化していた。一方、水温(約5°C~約30°C)、餌料量(7-15  $\mu\text{g}/\text{l}$ )は、関東地方以南のアサリの主要生息地の変動範囲に含まれると考えられたが、塩分は主要生息地と比較して10-25psuとかなり低かった。これらのことから地中海の変動の大きい低塩分環境がアサリの成熟・産卵に影響をしていると推測された。

### 籠垂下飼育したサルボウガイの母貝としての有効性および地中海における人為的な産卵制御の可能性

開内 洋

水産増殖, 65(4), 387-394 (2017)

籠垂下飼育したサルボウガイの母貝としての有効性を地中海の水温の異なる場所において産卵誘発試験を行ない検証した。実験室内では、殻長毎の3群の供試貝(26, 小; 29, 中; 31 mm, 大)を用い、水温25°C以上の温度刺激により産卵させ、産卵数、肥満度、性比を調べた。水槽内で放精、放卵が確認され、7日間で肥満度は減少した。雌の比率は小, 中, 大それぞれ13%, 36%, 43%であり、産卵数は2.2, 6.1, 15.8万粒と算出された。これらの結果から殻長31 mm以上の個体が産卵誘発に用いる母貝として有効サイズであると示唆された。地中海における産卵誘発試験では、25°Cより低い水温の場所では産卵は抑制された。一方、25°Cより高い水温の場所へ移動した供試貝は産卵誘発させることが可能であった。本研究は、養殖したサルボウ

ガイの人為的な産卵制御が地中海の異なる水温の場所へ移動することで可能となることを実証した。

### 鳥取県沖海上におけるクロアシアホウドリの記録(短報)

森 茂晃・曾田一志・向井哲也

ホシザキグリーン財団研究報告, 20, 264 (2017)

2016年6月29日、鳥取県琴浦町の沖合約50kmの地点において、調査船島根丸による調査中に翼長2m程の大型の水鳥が目撃され、撮影された写真の特徴からアホウドリ科のクロアシアホウドリ *Phoebastria nigripes* と同定された。本種の鳥取県・島根県での記録は文献上にないため貴重な記録と考えられる。



**編集委員長**

村山達朗

**編集委員**

竹森昭夫・若林英人

**事務局**

向井哲也

---

島根県水産技術センター研究報告 第11号

2018年（平成30年）3月発行

● 編集・発行

島根県水産技術センター研究報告編集委員会

〒697-0051 島根県浜田市瀬戸ヶ島町25-1

TEL 0855-22-1720 FAX 0855-23-2079

● 印刷

柏村印刷株式会社

〒697-0034 島根県浜田市相生町3889

TEL 0855-23-2040 FAX 0855-22-3274

---

# REPORT OF SHIMANE PREFECTURAL FISHERIES TECHNOLOGY CENTER

## NO.11

## CONTENTS

### Original

Nondestructive determination of freshness of roundnose flounder by impedance analysis .....Seiji ISHIHARA, Banri TAKETANI, Hisashi IOKA, Tomoyuki KIYOKAWA	1
Study on Improve freshness of Aquatic products captured by offshore trawl fishery based on Hamada fishing port .....Mitsuru OKAMOTO, Akira OKINO, Banri TAKETANI and Hisashi IOKA	11
Examination of intermediate culture for single-seed Iwagaki Oyster <i>Crassostrea nippona</i> caging in pearl-net in Oki Island, Japan .....Tadashi SASAKI, Yuusuke SATOU, Tetsurou KONDOU, and Shigeru TOKIWA	21

### Notes

Assessment of the habitat quality for Ayu, <i>Plecoglossus altivelis altivelis</i> , in the middle reaches of the Gounokawa River. .....Isao TAKAHASHI, Kazushi SOTA, Hiroyoshi TERAKADO, Tatsuro MURAYAMA and Takahiro FURUTANI	31
Fabrication of depth and water temperature data logger housing to attach a bottom trawl fishing gear and the jig for traction recorders .....Akira OKINO, Yasuyuki KANAMOTO, Susumu KAWAMURA	39
Research report of the pot fishery for the Finely striated buccinum <i>Buccinum striatissimum</i> in Iwami district, Shimane Prefecture from 2012 to 2016 .....Tetsuya MUKAI, Atsushi MICHINE, Takahiro FURUTANI	47