

## 仙台湾における放流アカガイの生残率の推定

田邊 徹\*1・鈴木 矩晃\*2・渡邊 一仁\*3・小野 利則\*2

Estimation of survival rate of released ark shell *Scapharca broughtonii* in Sendai Bay

Toru TANABE\*1, Noriaki SUZUKI\*2, Kazuhito WATANABE\*3, and Toshinori ONO\*2

キーワード：アカガイ，再放流，人工種苗，生残率，標識放流法

アカガイは内湾沿岸の砂泥域に生息する無水管・有足糸型の二枚貝である<sup>1)</sup>。仙台湾の水深20~30mに分布するシルト帯は、アカガイの好漁場となっており、古くから貝桁網による漁業が行われている。仙台湾産のアカガイは、味や色調が市場で高い評価を受けており、宮城県の特産品の一つとなっている。

仙台湾のアカガイについては、これまでいくつかの研究が行われており、漁場環境の他、成熟・産卵、浮遊幼生・付着稚貝や、資源量等について検討されてきた<sup>2,3,4,5)</sup>。その中で、小型漁獲貝の再放流の有効性も指摘されているが<sup>5)</sup>、これまで、仙台湾では小型漁獲貝の生残率等を検討した事例は無く、貝桁網を用いた生残率の推定方法についても確立されていない。

また、アカガイは高値で取引されるため、本県では人工種苗生産及び放流による資源造成についての試みも行われているが、仙台湾では再捕実績がほとんど無く、定量的に生残率を把握する方法も確立されていない。

そこで、本研究では仙台湾において、資源管理方法を確立するため、放流貝の生残率推定方法を検討するとともに、人工種苗生産により得られた種苗の放流試験についても実施した。

### 材料と方法

宮城県石巻市、仙台市及び名取市の沖合の水深20~30mの共同漁業権区域内において漁場A、B及びCを設置し(図1)、以下の試験を実施した。なお、漁場A、B及び

Cは、主にこの漁場で操業している漁業者に、一定期間の禁漁をできる場所を選定してもらい、試験区とした。

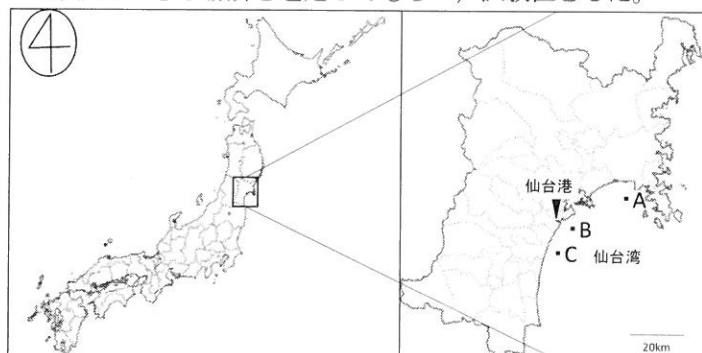


図1 試験区の設置水域

### 天然貝生息密度把握調査

2009年10月及び2010年9月に、天然貝の生息状況把握調査を実施した。調査方法は既報<sup>5)</sup>と同様に行った。すなわち、漁場A、B及びCにおいてそれぞれの海域を漁場として操業しているアカガイ貝桁網漁船を備船し、それぞれの漁船が通常操業で用いる貝桁網を船速1.5m/s、15分間曳網した。貝桁網は田邊ら<sup>6)</sup>が使用したのと同じ型式のものを使用した(図2)。なお、漁場Aについては貝桁網4丁曳き、漁場B及びCについては貝桁網3丁曳きで曳網を行った。入網したアカガイについては殻長と入網数を計測した。ただし、2009年10月に実施した漁場B及びCのアカガイについては、個体重量も計測し、殻長と個体重量の関係は(1)式に回帰した。

$$W_i (g) = a (SL(mm))^b \dots (1)$$

ここで  $W_i$  は個体重量、 $SL$  は殻長、 $a$  及び  $b$  はそれぞれ定数とする。

\*1水産技術総合センター気仙沼水産試験場、\*2農林水産部水産業振興課、\*3気仙沼地方振興事務所水産漁港部

生息密度は、既報<sup>4,5)</sup>に基づき、(2)～(4)式により曳網距離・曳網面積を導くことで求めた。

$$L(m) = v(m/s) \times t(s) \dots (2)$$

$$S(m^2) = L(m) \times w(m/丁) \times n(丁) \dots (3)$$

$$Dn(\text{個}/1000m^2) = N(\text{個}) / S(m^2) / Ef \times 1000 \dots (4)$$

ここで、 $L$ は曳網距離、 $v$ は曳網速度、 $t$ は曳網時間、 $S$ は曳網面積、 $w$ は貝桁間口幅、 $n$ は貝桁網数、 $Dn$ は生息密度、 $N$ はアカガイ入網数、 $Ef$ は漁獲効率を表す。なお、漁獲効率には田邊ら<sup>6)</sup>の0.54を用いた。

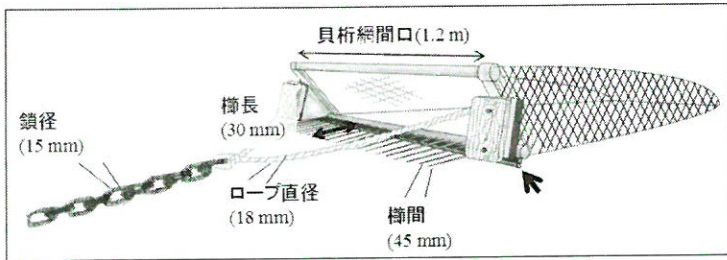


図2 試験に用いた貝桁網(田邊ら<sup>6)</sup>の図のうち、名称を日本語としている。)

矢印は錘となる鉄筋を示す。

アカガイの放流

放流については、小型漁獲貝及び人工種苗をラッカースプレーで塗装することにより標識し、船上よりそれぞれの試験区で南北方向へ带状に、均一となるよう放流した。小型漁獲貝については、何れも漁獲から放流まで要したのは約半日であり、標識による斃死は考慮していない。人工種苗については、2007年に水産技術総合センターで人工採苗し、石巻市桃浦の試験筏で中間育成していたアカガイ種苗(2+)を用い、標識後2週間程度流水掛け流しで畜養したものを放流した。

2009年11月に、漁場B及びCの近傍にて漁獲された小型貝を、漁場Bについては漁場内の距離312mの間に3,500個を、漁場Cについては478mに3,300個を放流した。なお、漁場Aについては、645mに、前述の人工種苗4,000個を放流した。2010年10月にも、漁場A、B及びCにおいて、それぞれの漁場近傍で漁獲された小型貝を、漁場Aについては300mに1,800個を、漁場Bについては350mに2,200個を、漁場Cについては353mに1,800個をそれぞれ放流した。それぞれの漁場における放流貝の平均殻長等の詳細については表1に示した。何れの試験区についても、漁協を通じて漁場を利用する全ての漁業者に対して、試験期間中の試験区での操業自粛を要請し、了解を得た上

で禁漁区とした。なお、禁漁区近傍を曳網した場合に標識貝が入網した際は当所に連絡が来るよう体制を整備した。

表1 放流試験実施状況

放流漁場	由来	放流時期	平均殻長(mm)	放流個数	標識貝放流密度(N/m)
漁場A	人工種苗(2+)	2009年11月	35.8	4,000	6.2
	小型漁獲貝	2010年10月	55.0	1,800	6.0
漁場B	小型漁獲貝	2009年11月	56.9	3,500	11.2
	小型漁獲貝	2010年10月	59.8	2,200	6.3
漁場C	小型漁獲貝	2009年11月	57.2	3,300	6.9
	小型漁獲貝	2010年10月	64.8	1,800	5.1

再捕試験

2010年2月、9月及び2011年1月に再捕試験を実施した。

放流後の再捕試験については、田邊らの方法<sup>6)</sup>を参考に、試験区を東西方向に垂直で交差し、旋回の後2回目も同様に交差するように曳網し、標識貝を採取した。曳網方法等については前述の生息密度の把握調査と同様に行い、投揚網及び旋回は試験区から十分距離をとり(100m以上)実施した。それぞれの試験区において、試験区の北側、中央及び南側の3回の曳網を行い(図3)、標識貝の入網数、殻長を計測し、その平均値を解析に用いた。

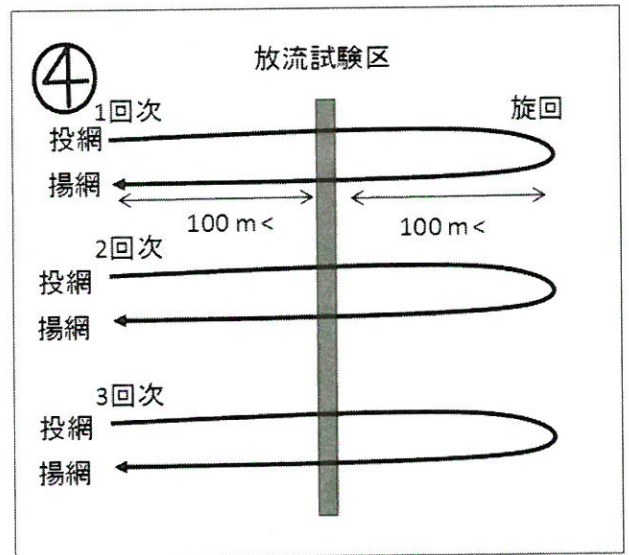


図3 採捕試験の曳網実施方法

生残率の推定方法は、以下(5)～(8)の式により求めた。

$$Dr(\text{個}/m) = Nr(\text{個}) / I(m) \dots (5)$$

$$W(m) = Nc(\text{回}) \times w(m/丁 \cdot \text{回}) \times n(丁) \dots (6)$$

$$Ds(\text{個/m}) = Nm(\text{個}) / W(\text{m}) / Ef \dots (7)$$

$$Sr = Ds(\text{個/m}) / Dr(\text{個/m}) \dots (8)$$

ここで、 $Dr$ は標識貝放流密度、 $Nr$ は標識貝放流個数、 $l$ は放流距離、 $W$ は掃過幅、 $Nc$ は試験区との交差回数、 $Ds$ は再捕試験時の標識貝生息密度、 $Nm$ は標識貝の入網数、 $Sr$ は生残率を表し、 $w$ 、 $n$ 及び $Ef$ については前述のとおり。なお、本研究では田邊らの<sup>6)</sup>方法を参考に、放流区間1mあたりの標識アカガイの個数を密度とした。また、漁場B及びCでの2009年の放流時及びそれぞれの再捕試験時に得られた平均殻長を、前述の(1)式に代入し、個体重量を推定した。

解析

回帰分析にはMS-Excelを用いた。相関分析はピアソンの積率相関係数により実施した。

結果

放流を行った漁場での天然貝生息密度は、2009年は漁場Aでは0.50個/1,000m<sup>2</sup>、漁場Bでは12.86個/1,000m<sup>2</sup>、漁場Cでは2.50個/1,000m<sup>2</sup>となり、漁場Bで最も生息密度が高かった。これは、翌年も同様の傾向であった。2回の調査間に、漁場B及びCでは平均殻長でおよそ7mm、個体密度で3~6個/1,000m<sup>2</sup>程度の増加が確認された。一方漁場Aでは顕著な増加は確認されなかった(表2)。2009年に漁場B及びCで行った事前調査で採捕したアカガイの殻長( $SL(\text{mm})$ )と重量( $W(\text{g})$ )の関係は $Wi = 0.0001(SL^{3.2086})$ で示された(図4)。

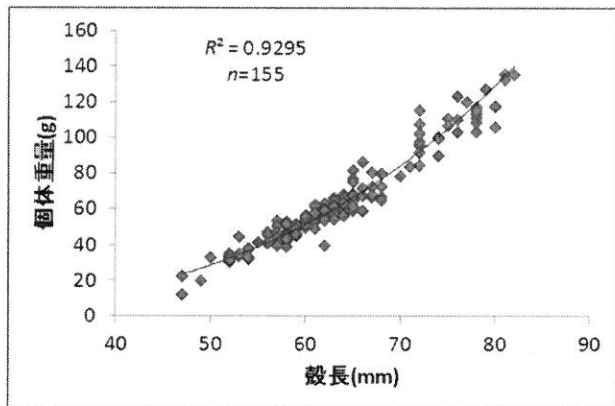


図4 アカガイの殻長と個体重量の関係  $Wi = 0.0001(SL^{3.2086})$ ,  $Wi$ : 個体重量(g),  $SL$ : 殻長(mm)

表2 天然貝生息状況調査結果

調査点	2009年10月		2010年9月	
	平均殻長 (mm)	個体密度 (N/1000m <sup>2</sup> )	平均殻長 (mm)	個体密度 (N/1000m <sup>2</sup> )
漁場A	82.3	0.50	84.3	0.57
漁場B	62.9	12.86	70.7	15.22
漁場C	64.0	2.50	71.0	8.28

漁場B及びCにおける2009年に放流した小型漁獲貝の生残状況を表3と図5に示した。生残率については、漁場Bでは漁場Cと比較して終始高い傾向を示した。放流後15ヶ月となる2011年1月では漁場Bでは74%であったのに対し、漁場Cでは27%となり、漁場Bが40ポイント以上高かった。平均殻長についてはいずれの調査時においても、両漁場でほとんど差は見られず、11ヶ月後となる2010年9月には70mmを超えており、殻長-重量関係式から推定した個体重量も放流時の2倍程度と推定された(図6)。

表3 2009年に漁場B及びCに放流した小型漁獲貝の各再捕調査時の生残率

調査年/月	放流漁場	生残率(%)
2010/02	漁場B	87.6
	漁場C	64.4
2010/09	漁場B	82.7
	漁場C	34.9
2011/01	漁場B	74.4
	漁場C	26.8

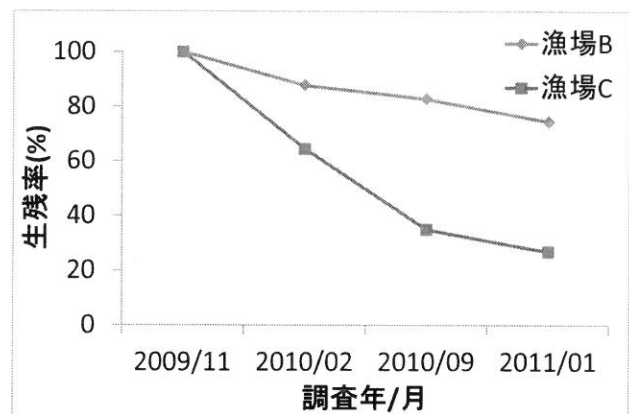


図5 2009年に漁場B及びCに放流した小型漁獲貝の各調査時における生残率の推移 2009年11月については放流時で100%としている。

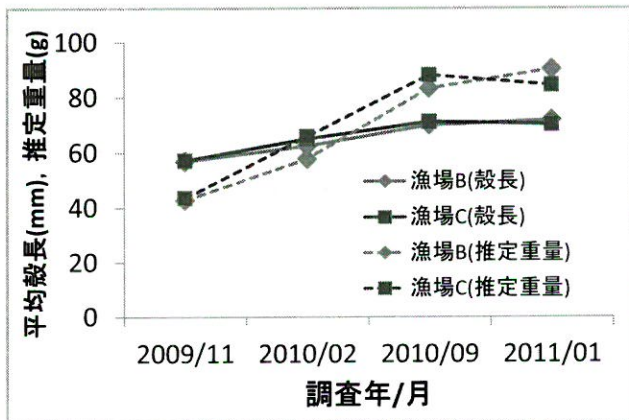


図6 2009年に漁場B及びCに放流した小型漁獲貝の各調査時における平均殻長と、推定個体重量の推移  
2009年11月については放流貝の平均値を示す。

漁場A, B及びCにおいて、2年間の放流試験の結果、天然貝密度と放流3ヶ月後の生残率との関係については有意に正の相関が確認されたものの(図7A,  $r=0.88$ ,

$p<0.05$ ), 放流時平均殻長と生残率との関係(図7B,  $r=0.29$ ,  $p>0.05$ ), 天然貝密度と3ヶ月後の平均殻長増加量との関係(図7C,  $r=-0.20$ ,  $p>0.05$ )及び放流時平均殻長と3ヶ月後の平均殻長増加量との関係(図7D,  $r=0.70$ ,  $p>0.05$ )には有意な相関は確認されなかった。

漁場Aに放流した2+の人工種苗(平均殻長35.8mm)は、放流3ヶ月後(2010年2月)の調査では再捕されなかった。しかし、11ヶ月後(2010年9月)及び15ヶ月後(2011年1月)の調査ではそれぞれ再捕され、その時の平均殻長はそれぞれ63.9及び64.2mmであった(表4)。

表4 2009年に漁場Aに放流した人工種苗(2+)の調査時における再捕状況

調査年月	再捕数	平均殻長(mm)
2010/02	0	-
2010/09	12	63.9
2011/01	10	64.2

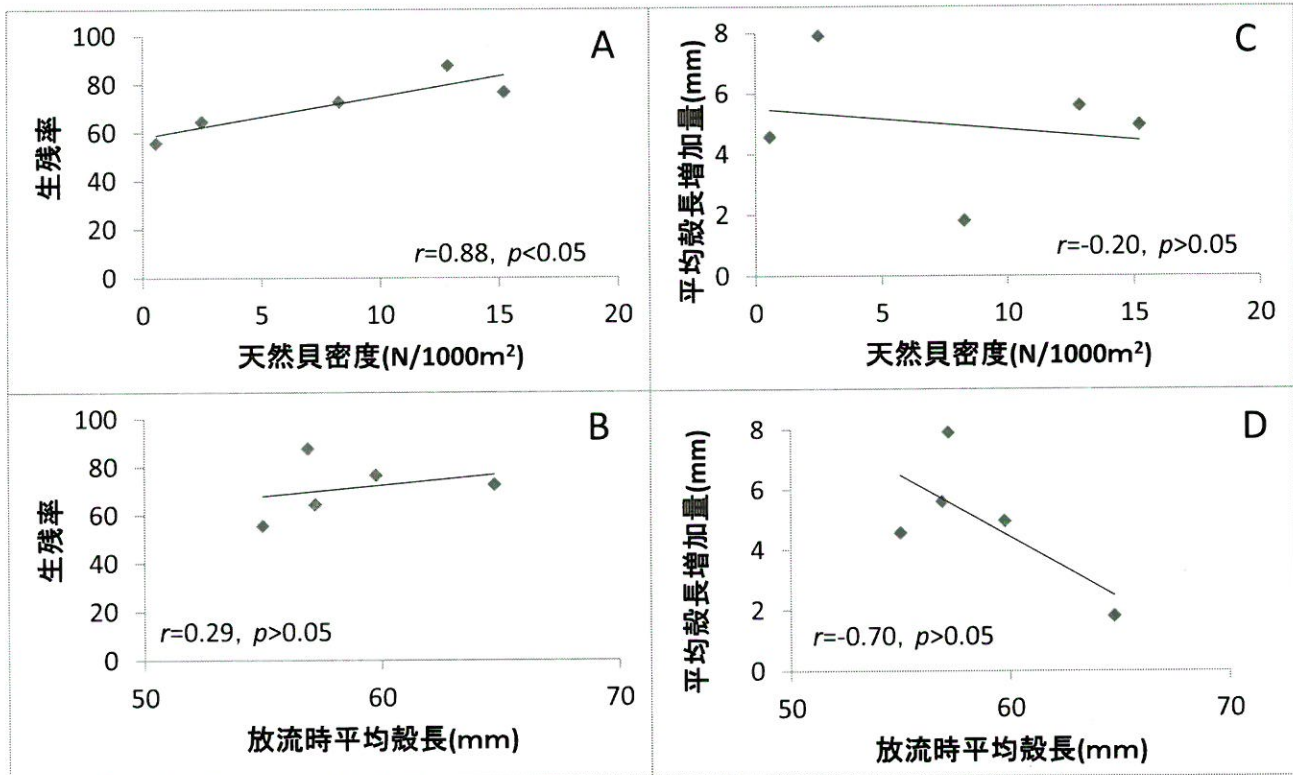


図7 天然貝密度と放流3ヶ月後の生残率との関係(A,  $r=0.88$ ,  $p<0.05$ ), 放流時の平均殻長と3ヶ月後の生残率との関係(B,  $r=0.29$ ,  $p>0.05$ ), 天然貝密度と3ヶ月後の平均殻長増加量との関係(C,  $r=-0.20$ ,  $p>0.05$ )及び放流時の平均殻長と3ヶ月後の平均殻長増加量との関係(D,  $r=0.70$ ,  $p>0.05$ )。

2009年11月に漁場B及びC, 2010年10月に漁場A, B及びCに放流した小型漁獲貝をそれぞれ3ヶ月後に調査した。

## 考 察

田邊らは既報において<sup>6)</sup> アカガイの漁獲効率を、標識貝を帯状に散布し、翌日にその帯を交差するよう曳網することにより求めることができることを報告している。しかし、本研究のように放流後、再捕調査まで長期間要する場合、放流したアカガイが移動し、推定できる生残率が大きく低下する可能性が想定された。また、2010年2月27日に発生したチリ中部沿岸を震源とする地震による津波が三陸沿岸に襲来しており、放流貝の拡散も懸念された。しかし、漁場B及びCでは、通常の漁獲が行われていた試験区外では標識貝の再捕報告は無く、また、放流後1年以上を経過しても、標識貝が試験区内のみで採捕された。一方、漁場Aでは2009年に放流した人工種苗を由来とするアカガイが試験区外で再捕された。試験区A付近のアカガイ漁場では、この津波の前後で全体的に泥分率が10ポイント程度減少しており(未公表)、この海域ではこの津波による海底攪乱があったものと考えられる。また、漁場B及びCに放流した小型漁獲貝と比較し、漁場Aに放流した人工種苗は、平均殻長が20mm以上小さく、加えてアカガイは水管を持たない二枚貝である<sup>1)</sup>ことから潜砂深度も浅いため、海底攪乱の影響を受けやすいと考えられ、津波の影響を受け移動したものと推定された。これらのことから、津波等の大きな環境変動がなければ、アカガイは極めて移動性が低い貝であると考えられ、漁獲効率を得るために行われた田邊らの方法<sup>6)</sup>は平穏時には放流貝の長期間にわたる生残率把握にも有効であると考えられる。なお、本報では2009年に放流した人工種苗の生残率については、津波による移動の可能性があるため生残率の把握は困難と判断し、試験区で再捕されたアカガイについての再捕報告のみとした。

仙台湾のアカガイの生息密度に関する報告では、これまで塩川ら<sup>7)</sup>の報告した漁獲効率を用いており、また、単位面積あたりの現存重量で示されているなど<sup>4,5)</sup>、本報の数値と直接比較は困難であるが、田邊ら<sup>6)</sup>の漁獲効率で換算した場合、最も生貝密度の低かった漁場Aも含めて、ほぼ既報の生息密度の範囲内であった。一方、貝桁網漁業者によると、漁場Aは漁業として成立が難しいためほとんど操業が行われていない漁場、漁場B及びCは、何れも日常的に操業が行われている漁場とのことであっ

た。2009年と2010年の天然貝生息密度を比較すると、漁場Aでは平均殻長や天然貝密度の増加はほとんど見られなかったのに対し、漁場B及びCでは天然貝の密度及び殻長で何れも増加傾向が見られ、漁場B及びCでは、禁漁措置の効果が発現したものと推察される。天然貝の生息密度は、稚貝の加入や生残だけではなく、漁獲圧等にも左右され、必ずしも高い生息密度の漁場だけが好適環境とはいえないかもしれない。しかし、放流15ヶ月後(2011年1月)の調査では天然貝の生息密度の高い漁場Bは漁場Cと比較して生残率が3倍近く高かったが、成長についてはほとんど差が見られなかった。さらに、放流3ヶ月後の(2010年2月及び2011年1月)生残率は、天然貝の生息密度と高い相関を示していたが、生残率と成長、放流貝の放流時の大きさ等と関係する結果は得られなかったことから、生残と成長に関わる環境要因は必ずしも同じではないことが推察され、漁場環境収容力等の視点に基づく生残率や成長に及ぼす要因の分析が必要となる。しかし、少なくとも、今回放流試験に用いた小型漁獲貝の大きさの範囲であれば、天然貝の密度が高い漁場では、放流後の生残が期待できると考えられる。

漁場B及びCと対象的であったのが、漁場Aであるが、天然貝密度の増加は認められず、また放流後の生残率も最も低い結果となった。つまり、漁場Aでは加入及び生残において何らかの好適な条件に恵まれていない可能性があり、これらの漁場間におけるアカガイの生残に直接的な影響を及ぼす要因の解明が必要である。

アカガイは、一般的に国内で生産されている他の二枚貝類と比較して価格も高く、大型化することから、栽培漁業として成立する可能性も大きく、これまで、県が人工種苗を生産し、漁業者による中間育成及び放流が試みられてきた。しかし、人工種苗放流後の追跡調査は十分ではなく、また、再捕調査の方法も確立されていなかった。漁場Aでは、2009年に放流した人工種苗由来のアカガイが2010年1月(放流後3ヶ月)の調査では再捕できなかったものの、同年9月(放流後11ヶ月)及び2011年1月(放流後15ヶ月)の調査で再捕され、30mm近い平均殻長の増加が確認された。本漁業でのアカガイの漁獲加入サイズは殻長50mmとされており<sup>5)</sup>、漁具の選択性により、成長が良好な個体が選択的に再捕されて、成長が過大評価される可能性があるものの、人工種苗でも放流後の成長は十

分期待できるものと考えられる。ただ、これらの放流貝は、2011年3月11日に発生した東日本大震災により追跡調査が困難となったことから、人工種苗に由来する放流貝の生残率の把握については、今後の重要な課題である。しかし、今回のこの結果は、仙台湾のような水深のあるアカガイ漁場へ放流された人工種苗が初めて回収できた事例として意義が大きく、今後、アカガイの栽培漁業の発展に寄与できるものと思われる。

一方、資源管理的な側面に立てば、これまで生産者は漁獲貝の再放流については生残に疑問があるとして消極的であった。しかし、本研究で新たに得られた生残と成長の結果から漁場Bでは、小型漁獲貝を再放流し、1年間禁漁とすることで、再放流量の1.5倍を超える水揚げが期待される試算となった。また、大型化により価格の上昇も見込まれることから<sup>5)</sup>、水揚げ金額はさらなる増加が期待される。佐々木らは、殻長7cm未満のアカガイでは雌の割合が低いことを報告しており<sup>3)</sup>、小型貝の再放流

と、禁漁措置により漁獲サイズの大型化を図ることは、再生産にも大きく寄与すると考えられ、資源増大への期待もできる。さらに、再放流漁場を取り決め、小型貝の再放流漁場への放流を繰り返すことにより、再放流漁場内のアカガイ密度を上昇させ、再生産の成功確率を向上させた上で、一定の禁漁期を設定した後、この漁場を解放すれば、少ない漁獲努力量で大きな漁獲量を得られる可能性がある。実際に生産者自らの取り組みとするには時間がかかるであろうが、今後の持続可能なアカガイ貝桁網漁業の存続には、この再放流、禁漁、解禁のサイクルを実行することは非常に重要である。

試験を行った漁場は先の東日本大震災により壊滅的な被害を受け、継続観察ができなかった。しかし、資源量は増大傾向にあることが報告されている<sup>8,9)</sup>。持続的に本漁業を営めるよう、小型漁獲貝の再放流による資源管理についての議論に、本研究が活用されることを期待する。

## 要 約

- 1) 田邊ら<sup>6)</sup>の方法である、標識したアカガイを帯状に放流し、直角に交差するよう曳網して回収することで、放流後15ヶ月程度経過しても生残率の推定が可能と考えられる。
- 2) 放流したアカガイの生残は、天然のアカガイの生息密度の高い漁場で良好である。
- 3) 生残率の高い漁場では、小型の漁獲貝を再放流し、1年程度禁漁とすることで放流量の1.5倍の水揚げが期待できる。
- 4) 人工種苗のアカガイでも放流後の成長は期待できる。

## 謝 辞

本研究は農林水産技術会議の新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業、課題番号21007「環境変化に対応した砂泥域二枚貝類の増養殖システムの開発」により実施しました。

本研究を実施するに当たり、多大なご協力をいただいた、宮城県漁業協同組合仙南支所（閑上）の出雲浩行運営委員長、同じく仙台支所所属佐藤政智氏及び渡波漁船漁業協同組合所属平塚秀一氏に厚く御礼申し上げます。また、本研究は本県のアカガイ貝桁網漁業者の皆様が、試験期間中の試験漁場の禁漁に快くご協力頂きましたことで実施が可能となりました。あわせて厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 吉良哲郎（1972）原色日本貝類図鑑．保育社，東京，
- 2) 菅野尚（1966）仙台湾の底質とアカガイ漁場について．東北水研研究報告，15，69-79．
- 3) 佐々木良（1997）仙台湾におけるアカガイ加入初期課程に関する再検討．宮城水セ研報，15，69-79．

- 4) 松浦裕幸, 阿部修久 (2006) 石巻湾におけるアカガイ資源に関する調査. 宮城水産研報, **6**, 59-64
- 5) 渡邊一仁・田邊徹・鈴木矩晃 (2012) 仙台湾アカガイの資源状況と管理手法の検討. 宮城水産研報, **12**, 13-21
- 6) 田邊徹・渡邊一仁・鈴木矩晃・小野利則 (2012) 仙台湾におけるアカガイ *Scapharca broughtonii* 貝桁網の漁獲効率の推定. 日水誌, **78** (6), 1112-1117.
- 7) 塩川司・桑岡亦好・藤岡哲夫・立石賢 (1968) アカガイ資源の研究-I 一定区域内における貝類の生息量の推定方法と貝桁網の漁獲効率. 日水誌, **34**, 310-315.
- 8) 渡邊一仁・庄子充広・佐々木浩一 (2013) 東日本大震災による仙台湾中南部海域の二枚貝漁業への影響. 宮城水産研報, **13**, 23-29
- 9) 渡邊一仁 (2014) 掃海面積法による石巻湾アカガイの資源量推定. 宮城水産研報, **14**, 19-25

