

中間取りまとめ(第2章)案 タイラギ移植実験に関する検討

1. 小委員会資料番号・タイトル等

- ・小委員会資料番号：第4回水産資源再生方策作業小委員会 資料3
- ・タイトル：有明海におけるタイラギの生残・成長要因の検討結果
- ・発表者：国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所
- ・実施年度：平成29年度、平成30年度

2. テーマ

タイラギ移植実験に関する検討

3. 背景・目的

有明海におけるタイラギの生残率低下をもたらす捕食者として、これまでほぼナルトビエイのみが調査されてきた。しかし、有明海には、これよりも小型の捕食性動物（巻貝類、頭足類、甲殻類など）も多く分布しており、こうした動物もタイラギを捕食する可能性が高い。このような小型動物の捕食によるタイラギ生残率の低下や、捕食を防ぐ対策を検討することは、有明海タイラギの再生に向けてタイラギを移植する際に、重要な知見となる。

そこで、環境省請負「有明海二枚貝類の減少要因解明等調査」業務において、ナルトビエイよりも小型の動物の捕食によってタイラギ移植個体の生残率がどの程度減少するか、また、その対策をどう講じるかについて検討した。まず、H29年度にどの程度の目開きのケージによってタイラギ移植個体を保護すれば、生残率を高く保てるかを試験した。次に、H30年度に、タイラギ移植個体の生残率の時系列変動様式が小型捕食動物からの保護の有無に応じてどのように変化するかを試験し、あわせて、タイラギ捕食の可能性の高い小型動物を水中カメラで撮影した。

4. 対象海域

有明海における浮遊幼生ネットワークの形成においては、湾奥部だけでなく中南部における母貝団地も必要となりうることから、図1のように湾奥の3定点（大牟田、沖神瀬西、野崎干潟）と中南部の2定点（三会、爛場島）を設けた。H29年度には大牟田と三会で試験し、H30年度には全定点で試験した。各定点の緯度・経度と水深は表1の通りである。



図 1 移植試験の定点

表 1 定点の位置と水深

定点	北緯 (°)	東経 (°)	水深 (m)
大牟田	33.02933	130.36556	10.0
沖神瀬西	33.06250	130.22167	12.7
野崎干潟	32.97768	130.21942	2.2
三会	32.82721	130.36246	13.5
爛場島	32.77361	130.37953	9.3

野崎干潟は潮間帯、他定点は潮下帯に位置する。

5. 内容・方法・結果

1) 内容・方法

平成 29 年度と平成 30 年度において以下の試験を実施した。

(H29 年度) 保護ケージの目開きによるタイラギ移植個体の生残率の変化

- ・ 2017 年 8 月 18-19 日にケージ設置とケージ内部へのタイラギ移植*
- ・ 2017 年 10 月 26-27 日にケージとタイラギの回収

※) 大牟田の定点における 3cm 目開きのケージ設置・タイラギ移植は、事故のため 2017 年 8 月 30 日に遅延。

(H30 年度) タイラギ移植個体の生残率の時系列変動と捕食性小型動物の観察

- ・ 2018 年 5 月 31 日-6 月 6 日にケージ設置とケージ内部へのタイラギ移植
- ・ 2018 年 10 月 16-26 日にケージとタイラギの回収

詳細な試験方法は以下のとおりである。

(a) 保護ケージの目開きによるタイラギ移植個体の生残率の変化 (H29 年度)

小型捕食者に対する目開きの検討：底面 50 cm×50cm、高さ 30 cm の箱型のステンレス製ケージ（上面と側面はステンレス製メッシュ、底面は空洞）を大牟田と三会に 3 つ

ずつ潜水士が設置した。各ケージを高さが半分(15cm)になるように海底に埋め込んだ。各定点における3ケージの目開きは1、2、3cmと違えた。

設置日はおおむね2017年8月18-19日だったが、大牟田の3cm目開きのケージのみは事故のため2017年8月30日とした。

各ケージの内部にタイラギ人工種苗1才貝(殻長の平均±標準偏差: 9.7 ± 1.7 cm)を14個体ずつ投入した。この人工種苗は前年度に有明産親貝から生産されたもので、Liuら(2011)の *Atrina* sp. type L2、すなわち、いわゆるケンタイラギに相当する(Hashimoto et al. 2018)。

各ケージを約2週間間隔でダイバーが清掃した。これらのケージと内部の生残個体を2017年10月26-27日に回収した。各ケージについてタイラギの生残率を計算し、さらにこの値を移植日数の代表値(69日間)における生残率へと補正し、目開きや定点による比較を可能にした。

(b) タイラギ移植個体の生残率の時系列変動と捕食性小型動物の観察 (H30年度)

定点(大牟田、沖神瀬西、野崎干潟、三会、爛場島)に2タイプのケージを3個ずつ設置し、内部にタイラギ人工種苗1才貝を20個体ずつ移植した。この人工種苗も、先述のように前年度に有明産親貝から生産された *Atrina* sp. type L2 である。移植時の殻長は 9.4 ± 0.9 cm (平均±標準偏差) だった。

これらの定点に設置したケージは、図2のステンレス製の「保護ケージ」とネットロンネット製の「低保護ケージ」である。タイラギ移植実験期間において、保護ケージは小型動物の侵入を遮断する一方、低保護ケージは小型動物の侵入を許容するように調整した。

各ケージの形状は、H29年度のケージと同様に底面50cm×50cm、高さ30cmの箱型である。これらのケージの底面は空洞で、側面と上面は目開き1.5cmである。低保護ケージでは、実験期間の初期に上面を目開き1.5cmから目開き11.5cmのネットに交換し、小型動物の侵入を可能にした。ここで、1.5cmなる目開きは、H29年度の試験結果から捕食性の小型動物の侵入を防ぐと考えられる値であり、11.5cmなる目開きは小型動物の侵入を許容する一方でナルトビエイの侵入を防ぐと考えられる値(熊本県水産研究センター 2017)である。



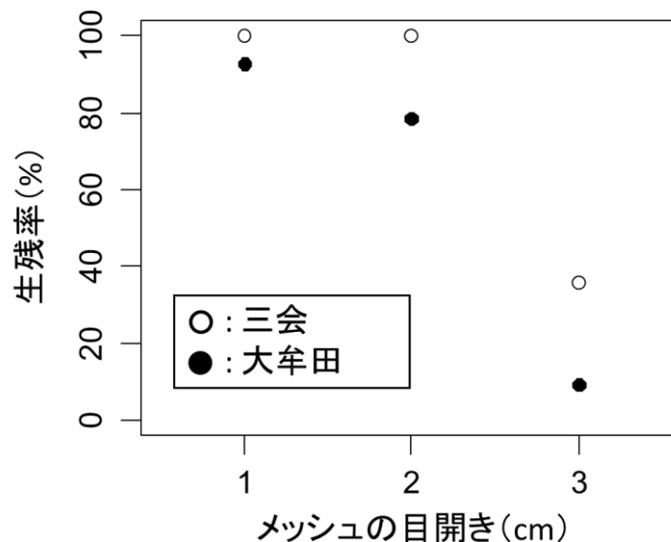
図2 保護ケージ(左)と低保護ケージ(右)

これらのケージに 2018 年 5 月 31 日-6 月 6 日にタイラギ人工種苗を 20 個体ずつ移植した。移植の直後に各ケージに 1.5cm 目開きの蓋をした。その後、ケージと人工種苗を約 2 週間そのままにして、人工具が自ら海底に潜り込むのを待った。そして、低保護ケージだけについて蓋の目開きを 1.5 cm から 11.5cm へと拡大した。これにより、周辺の小型捕食動物が低保護ケージ内に入り込めるようにした。その後、約 2 週間の間隔で各ケージを潜水土が清掃した。同時に、各ケージ内部の底質を潜水土が手で探ることにより、人工具の生残個体を計数した。しばしばケージ内部の人工具が寄り合うことにより、計数は困難になり、不正確になった。各定点での計数の最終日は 2018 年 10 月 16-26 日である。この最終日にケージ内の全個体を回収し、生残個体を正確に計数した。この最終日の生残個体数から移植期間中の生残率を計算し、移植日数の代表値 (135 日間) で補正して、定点間比較を可能にした。低保護ケージの蓋の目開きを拡大した日に、タイムラプスカメラ (Brinno TLC200Pro) を低保護ケージ 1 つの前に約 50cm の距離を離して設置し、日々の 5:00-20:00 の時間帯に 20 秒間隔でケージ周辺の動物を撮影した。各定点についてカメラ設置の翌日から数えて 8~12 日分の画像を解析した。

2) 結果

(a) H29 年度：保護ケージの目開きによるタイラギ移植個体の生残率の変化

大牟田と三会の各定点におけるタイラギ移植個体の生残率 (69 日あたり補正值) は、1-2cm の目開きのケージでは 79-100%と高かった一方、3cm 目開きのケージでは 9-36%と低かった (図 3)。



タイラギ移植個体の生残率と、ケージのメッシュの目開きとの対応を示した。生残率は 69 日間あたりに補正した値。

図 3 2017 年度の移植実験結果

(b) H30 年度：タイラギ移植個体の生残率の時系列変動と捕食性小型動物の観察

潜水士によるタイラギ生残率の推定値を図 4 に示した。低保護ケージと保護ケージの間での生残率推定値の差は、沖神瀬西を除く各定点で、目開き拡大の調査日以降、広がった。このような差の広がる早さは、大牟田で最も顕著であり、次いで三会・爛場島で顕著であり、野崎干潟では鈍かった。一方、沖神瀬西では、目開き拡大の調査日から次の調査日にかけて、低保護ケージ・保護ケージともに生残率が 0% にまで急減した。調査最終日の回収生残個体数に基づく生残率（135 日あたり補正值）に関するケージタイプ間の差は、定点ごとに有意に異なった（混合型ロジスティック回帰におけるケージタイプと定点の交互作用： $p < 0.001$ ）。同生残率のケージタイプ間の差は、大牟田（保護ケージの平均生残率 70%、低保護ケージの平均生残率 0%）、三会（95%、0%）、爛場島（63%、3%）では有意であり、野崎干潟（86%、64%）、沖神瀬西（0%、0%）では有意でなかった（定点別の混合型ロジスティック回帰におけるケージタイプ効果：有意水準 0.05）。

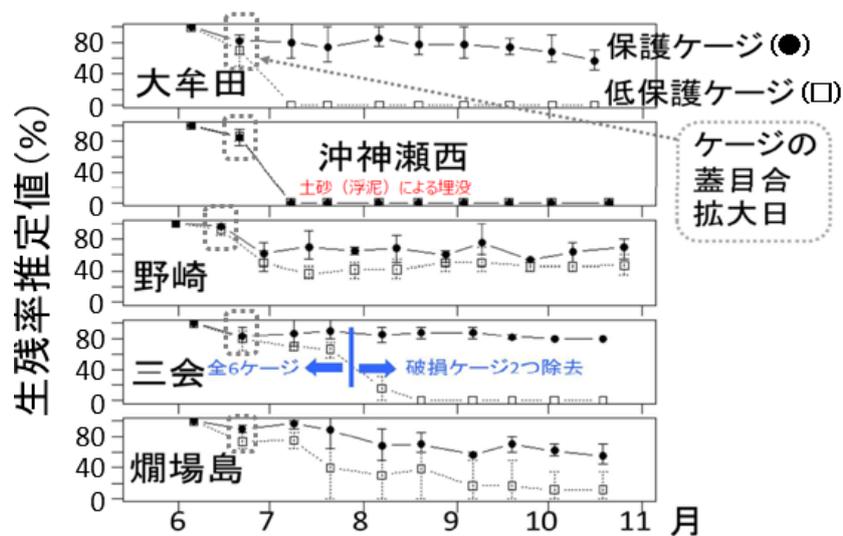


図 4 2018 年度のタイラギ移植実験の結果

横軸に調査日、縦軸に生残率推定値（潜水士の現場推定に基づく）を示した。各定点、調査日、ケージタイプについて、平均値（●：保護ケージ、□：低保護ケージ）とレンジ（縦棒）を示した。

水中カメラで撮影された捕食性動物について、出現率（当該生物の記録された写真の枚数 ÷ 全ての写真の枚数）を表 2 に示した。出現率の相対的に高かった分類群を定点別に整理すると、大牟田ではアカニシ（12.9%）とイシガニ（3.6%）、沖神瀬西ではイシガニ（0.4%）、野崎干潟ではイシガニ（5.3%）、三会ではタコ類（0.11%）、爛場島ではタコ類（0.31%）とアカニシ（0.18%）となった。エイ類は三会だけで記録され、その出現率は低かった（0.0044%）。なお、沖神瀬西では、水中カメラが、設置日から 9 日目（2018

年6月29日)に転倒し、泥に埋没した。この転倒以降の各調査日において、潜水士が定規により測定した泥の厚み(最初にケージを設置した海底の表面と、泥の表面との距離)の中央値は、沖神瀬西では38cm、他の定点では0.5cm~5.0cmだった。

表2 水中カメラの日中撮影時間における捕食性動物の出現率

定点	アカニシ	タコ類	イシガニ類	エイ類	クロダイ
大牟田	12.9%		3.6%		
沖神瀬西			0.4%		
野崎干潟			5.3%		0.022%
三会		0.11%		0.0044%	0.021%
爛場島	0.18%	0.31%	0.014%		

(c) 考察

H30年度における保護ケージと低保護ケージの生残率の差は、すくなくとも大牟田、三会、爛場島では有意だった。この差の要因として、低保護ケージ内に侵入した動物による、タイラギの被捕食が考えられる。これらの捕食動物として、水中カメラで記録されたアカニシ、タコ類、イシガニが少なくとも挙げられる。これらの動物がタイラギ人工種苗を捕食することは、室内水槽においては確認されている(Kurihara 2020 a,b,c)。一方、ナルトビエイを含むエイ類は、低保護ケージの11.5cm目開きの蓋をくぐり抜ける可能性は低く(熊本県水産研究センター 2017)、低保護ケージ内のタイラギ生残率の減少要因とは考えにくい。

H29年度のケージにおける目開き2cmと3cmの間での生残率の差も、被捕食に起因すると推察される。この差をもたらす動物として、すくなくともタコ類を挙げる。タコ類がメッシュをくぐり抜ける確率は、目開きのわずかな違いで大きく変化する。例えば、全長約40cmのテナガダコが樹脂製の網をくぐりぬける確率は、16mm目開きで5%未満、26mm目開きで80%超過と大きく異なる(Kimら 2013)。

H30年度の沖神瀬西ではすべてのケージが泥に埋没したため、ケージ間のタイラギ生残率の差について要因を論じにくい。この定点では全タイラギ個体が死亡しており、その原因として各個体の泥への埋没による酸素欠乏を少なくとも挙げられる。タイラギ1才貝は0.2mg/L未満の溶存酸素下では4日間ではほぼすべて死亡することが、室内飼育実験で確認されている(Nagasoe et al. 2020)。沖神瀬西における泥の堆積は、2018年6月29日の九州北部の豪雨(120.5mm/日)と強い北風(最大風速:11.4m/秒)に対応している(気象庁2020)。

H29-30年度の試験から、ナルトビエイよりも小型の動物が、殻長約10cmのタイラギ1才貝の生残率を大きく低下させると考えられた。ただし、どのような種がタイラギ移植個体を捕食するのか、ということは未解明である。これを明らかにするには、水中カメラに

よるタイラギ移植個体の接写などに基づく直接的な同定法や、タイラギ死亡個体の殻の形状などに基づく間接的な推定法が有効と考えられる。また、今回の試験の結果からタイラギの保護方法として、2cm以下の目開きのケージが有効であると考えられたが、この有効性を今後さまざまな状況で検証する必要がある。タイラギ移植個体の体サイズなどに応じた有効性の変化や、器材の洗練が必要である。

6. 成果、新たな知見等

移植地点により傾向は異なるが、目開きの大きなケージではタイラギ生残率が低下したことから、小型捕食者による食害の影響が示唆された。

7. その他(課題、今後の方針・計画等)

7.1 課題

課題として、以下の事項が挙げられた。

- ・どのような動物がタイラギ移植個体を捕食するかを、明らかにする必要がある。
- ・タイラギ移植個体の有効な保護法を、タイラギ移植個体の体サイズなどにあわせて調整する必要がある。

7.2 今後の方針・計画