

資源増殖・水産工学シリーズ

マナマコ種苗の放流場所と放流方法について

キーワード：マナマコ、放流適地、食害、摂餌物、行動特性、放流方法

はじめに

北海道沿岸では、生まれて2～3週間程度の体長わずか0.4 mmの着底稚仔から5～10ヶ月育成した体長3 cmの大型種苗まで、様々なサイズのマナマコ人工種苗が放流されています。函館水産試験場では、これらの種苗を効率的に資源添加するために、様々な放流試験や追跡調査を行っています。2022年度末にはこれらの成果をまとめて放流技術マニュアルを作成し公表する予定です。ここでは、このマニュアルに公開予定の項目のうち、紙面の都合から、マナマコの放流適地と新たに考案した放流方法を抜粋して紹介します。

放流適地とは

一般に放流した種苗が多く残っている場所が放流適地とされます。放流場所に多く残るためには、①食害による減耗、②餓死による減耗、③波浪による域外への逸散、④自らの移動の影響が小さいことが必要です。①と②は種苗の生残を意味し、③と④は放流場所に留まっていなくても、周辺に移動して生き残っている可能性があるため、この移動範囲を知っておくことも重要です。

今回は、それぞれについてこれまでに分かってきたことを紹介します。

①食害

北海道においてマナマコは、マコガレイ¹⁾や

トゲカジカ（留萌市農林水産課 山田主任より私信）、キタフサギンポ（著者観察）などの魚類による被食の他、ヤドカリ類^{2) 3)}や、ウミミズムシ⁴⁾、ミジンコ類⁵⁾などの甲殻類に加え、キタムラサキウニ（利尻地区水産技術普及指導所より私信）に被食されることが確認されています。

この食害を防ぐには、これら捕食者がいない場所を選ぶか、駆除することが考えられますが、いずれも現実的ではありません。著者は放流場所に分布するヤドカリ類を駆除するために潜水して採取したり、籠による捕獲も試みましたが、除去できませんでした。また、魚類は広く回遊してきますし、キタムラサキウニは商品価値のある漁業資源ですから駆除の対象外です。

一方、放流種苗の生残を高めるには、食害を低減することが求められます。著者がマナマコの種苗生産技術の開発に取り組んでいた際、水槽内にミジンコ類が増えると、マナマコ種苗は底質に敷いていた小石の隙間に隠れて食害を免れる様子が度々観察されました。種苗生産現場で用いられる大型水槽に石を敷き詰めると、飼育や回収作業が困難になるので、種苗が隠れる隙間を作るために、細かい目合いのメッシュを利用して飼育する手法を開発しました。これにより、それまで行われていた波板を用いた飼育に比べて食害を受けにくくなり、生残率が向上しました（表1）。

表1 飼育基質と育成結果

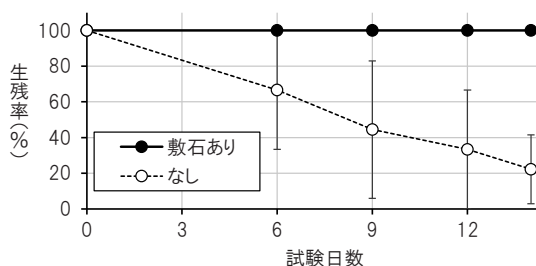
試験年	飼育形態	収容個体数 (変態期幼生数)	飼育 日数	生残率 (%)	平均体長 (mm)
平成21年	タマネギ袋	42,000	186	48.1	7.4
	波板	42,000	186	29.4	9.6
平成22年	1mmメッシュ	182,000	91	100.0	3.6
	波板	182,000	91	34.9	3.8
	1mmメッシュ	3,333	217	100.0	12.8
	波板	3,333	217	100.0	10.4

タマネギ袋の目合いは2mm

また、道内に多く見られるツマベニホンヤドカリ（写真1）は、放流現場でマナマコ種苗を捕食することを確認しています^{2) 3)}。そこで、水槽の底に3cm程度の小石を敷いた場合と、何も敷かない水槽で本種とマナマコ種苗の同居試験をしたところ、石を敷いた場合には食害が低減されました（図1）。このように、マナマコ種苗は石の隙間に身を隠すことで食害を回避できると考えられます。



写真1 ツマベニホンヤドカリ

図1 敷石の有無による生残率の違い
縦バーは標準偏差

② 餓死

着底直後の種苗は無給餌でも30日間は餓死する個体はほとんど無く、58日間無給餌でも1割程度は生き残ることを飼育試験で確認しています⁶⁾。

また、天然海域のマナマコの消化管を観察すると、砂などの鉱物やその場所に生えている珪藻類の他、様々な形態をした有機物が観察されます。これらの判別は難しく、これまでデトライタス（有機物残渣）としてまとめられていました。このデトライタスを含めて、マナマコが何を食べているのかを把握できれば、それらが豊富な場所に放流することで、種苗の成長も期待できます。

そこで、北海道大学大学院水産科学研究院海洋生物工学教室と共同で、放流試験地（函館市恵山町の水深4m地点）に生息する微生物と、マナマコの摂餌物をアンプリコン解析※という方法で調べました。試験地の底質には1,650～2,230種の細菌類と、184～330種の微小藻類が分布しており、出現種数は季節的に変動しました。ここに分布するマナマコは、これらのうちの5割前後の細菌類と6割以上の微小藻類を食べていることがわかりました（図2）。また、4月と5月にはマナマコが食べている微小藻類の種数は底質よりも多くなっていました。これは、主に浮遊性のあるキートセロス科（ツノケイソウ科）の珪藻を食べていたためでした⁷⁾。マナマコはこうした浮遊性の藻類も取り込むことができることも分かりました。

浮遊性の藻類を除くマナマコの摂餌物の組成は、底質上の生物組成に連動していました⁸⁾。また、同じ地先でも、マナマコの分布が多い場所（0.2個体/m²）と少ない場所（0.02個体/m²）で、底質に生息する主な細菌類の出現率に明確な違いは認められず、餌となる生物種の多寡はマナマコの分布に直接影響していないようです⁸⁾。マナマコは飢餓に強く、多種多様な細菌類や藻類を摂餌す

ることから、在来個体が分布するような海域では、餓死の心配や特定の餌生物を放流適地選定の指標にする必要はなさそうです。

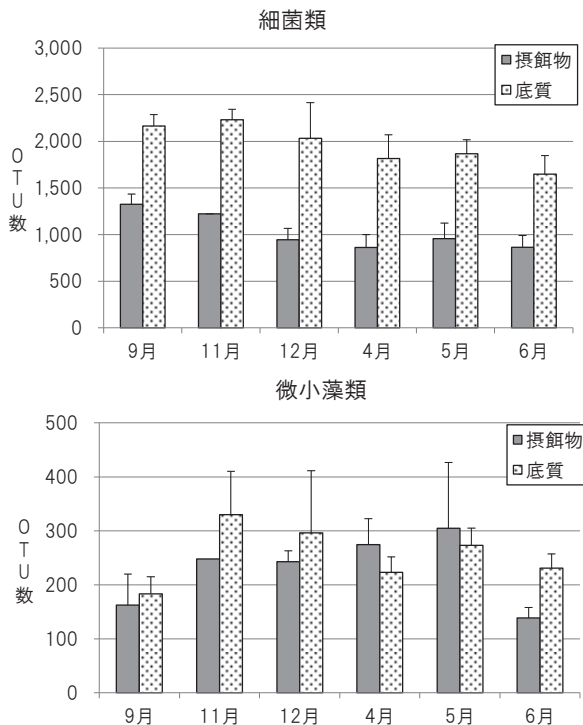


図2 試験区底質と摂餌物の細菌類(上)と微小藻類(下)の出現率の季節変化(北大との共同研究)
※H28年度国補正予算 輸出重要種資源増大等実証委託試験予算で実施
OTU:DNAの塩基配列に基づく種分類単位

③ 波浪による逸散

2022年3月3日から44日間にわたり乙部町地先の海底にタイムラプスカメラを設置して1分間隔で写真撮影を行いました。この中で、漁獲サイズのマナマコが左右に振られながら流される様子が3月4日の11:57~17:49までのおよそ6時間にわたり観察されました(写真2)。一方で、高さ10 cm程度の転石や、設置してあるプラスチックのトレイの近くにいた個体はこの間に流されることはありませんでした。

田中ら⁹⁾は、回流水槽による試験により、上流からの流れに対して、転石等の構造物があれば、その下流の近傍では転石方向に引きつける力が働

くことを報告しています。転石や海底構造物の有無は、放流適地の条件として重要であると考えられます。

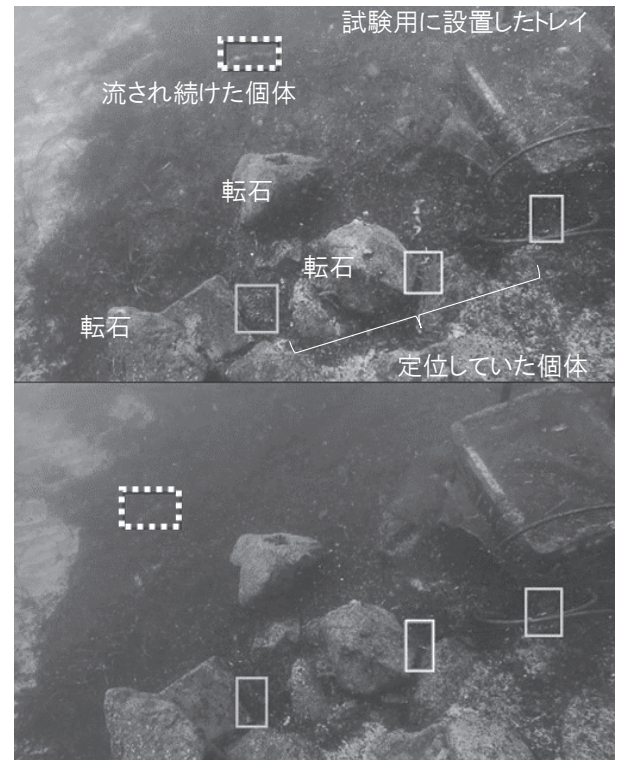


写真2 流される漁獲サイズのマナマコ
11:57~17:49までの連続画像の2コマ。破線で囲んだ個体はこの間定位できず流され続けた(実線で囲んだ3個体は転石やトレイの近傍で流されていない)

④ 自らの移動

2014年からせたな町(大成地区)で行っている放流効果調査により、平均体長0.4 mmと10.4 mmの放流種苗は、ともに3年後には放流地点から2 km以上離れた漁場でも漁獲され、マナマコは広域に活動することが分かってきました¹⁰⁾。

そこで、北海道大学大学院水産科学研究院水産工学教室と共同で、函館市恵山町(およそ5 m間隔で転石がある場所)と乙部町元和地区(ほとんど転石がなく、砂で覆われている場所)で、漁獲サイズのマナマコに超音波発信器を取り付けて行動調査を行っています。その結果、マナマコの行動範囲は季節によって変化し、産卵期(7月~9

月上旬)の50%行動圏面積(放流域でのマナモコの利用頻度が高い場所から上位50%の行動範囲)は他の時期に比べて顕著に広くなること、また、産卵期でも転石が多い環境下では移動が制限される傾向があることが分かってきました(図3)¹¹⁾。底質が行動に与える影響については今後も調査を続けますが、季節による移動特性を含めて、底質条件(転石の多寡)も、放流場所の選定要素になると考えられます。

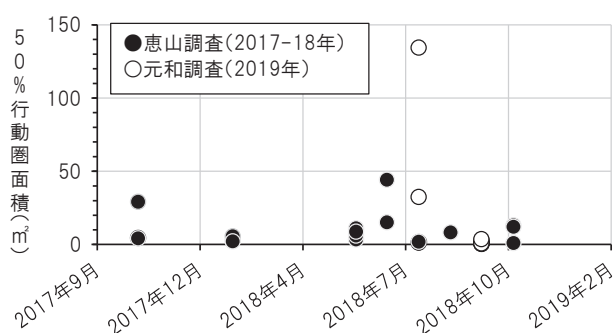


図3 恵山（●）と元和（○）での行動圏面積
※恵山での試験はH28年度およびH29年度国補正予算輸出
重要種等資源増大実証委託試験事業予算で実施

放流方法

放流適地への効果的な放流方法について検討しました。船の上からの放流は簡単ですが、波や潮流により、目的の海底へ到達するのは困難です。一方、潜水放流はダイバーを要するため、日程が限られ経費も高くなります。そこで、ビニール袋で簡単に作れる放流器を考案しました（図4）。この放流器ならば、船上からのぞきガラスで海底面を確認しながら、適地への放流が可能になります。この放流器は、えさん漁協榎法華支所の浜辺真人さんのアイディアで、ビニール袋の角に錘を入れる代わりに、紐Aを結び付ける結び目を付けて、錘はこの紐Aの末端か、同じ結び目に紐Aと別に錘をくくりつける輪を作ること、錘の取り外しも可能にする方法に改良しました（写真3）。

この放流器は、今回のターゲットであるマナマコのみならず、ウニやアワビをはじめ、コンブなど海藻の遊走子（種）などの放流にも利用できそうです。

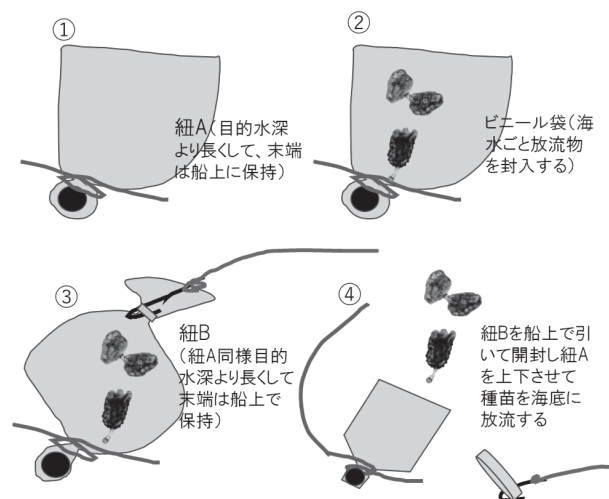


図4 ビニール袋を利用して稚ナマコを敬呈面に放流する方法

- ① ビニール袋の一角に錘となる石を入れて、海底面まで届く紐Aで結ぶ（末端は船上）
- ② 幼生や稚ナマコを海水ごとビニール袋に封入する
- ③ 空気を入れないように口を輪ゴムで縛り、この輪ゴムに海底面まで届く長さの紐Bを結びつけて、海底に投入
- ④ 目的の海底面に到着したら、紐Bを引いて海底面でビニール袋を開いてから紐Aを30 cm程度上下に揺すって中の幼生や稚ナマコを放流

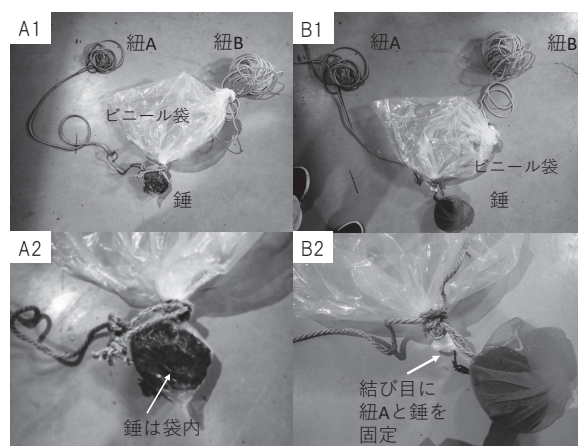


写真3 改良前（左A1、A2）と改良後（B1、B2）の放流器

改良前はビニール袋内に錘となる石を入れて、紐Aで強く結びつけてその後に入れる幼生と接触しないように固定したが、改良後はビニール袋の1角に結び目を付けて、こゝに外から錘や紐Aを結びつけた。この改良により、錘や紐Aは1つのみで複数の放流器を用意できるようにする

今後

これまでマナマコの生態はよくわかっていませんでした。しかし、東北大学と共同で進めた「DNAマーカーを使って放流種苗を判別する方法」や、北海道大学と共同で進めて、その一部をここで紹介した「網羅的に生物種を判別するアンプリコン解析技術」、「超音波発信器を使ったバイオテレメトリー技術」などから、マナマコの寿命は12年以上と長く、実に様々な細菌類や微小藻類を食べ、季節によって移動速度や範囲が異なることが分かってきました。

2022年度末には、こうした情報に加えマナマコの生態知見も含めて種苗放流方法のマニュアルを公開する予定です。是非、参考にしてください。

※アンプリコン解析：次世代シーケンサーを用いて、採取したサンプルの特定部位（ここでは16SrRNAのV1-V2領域）の塩基配列を元に、OTU（DNAの塩基配列に基づく種の分類単位）を網羅的に調べる方法

参考文献

- 1) 赤池章一・吉田秀嗣（2012）マナマコ資源増大推進事業，平成22年度道総研函館水試事業報告書，58－64.
- 2) 酒井勇一（2013）DNA解析によるマナマコの放流効果推定技術の開発と系統群構造の解明（重点研究），平成23年度 道総研栽培水産試験場事業報告書，6－18.
- 3) 酒井勇一（2014）DNA解析によるマナマコの放流効果推定技術の開発と系統群構造の解明（重点研究），平成24年度 道総研栽培水産試験場事業報告書，7－15.
- 4) 酒井勇一（2011）DNA解析によるマナマコの放流効果推定技術の開発と系統群構造の解明，平成21年度 北海道立栽培水産試験場事業報告書，86－94.
- 5) 酒井勇一・近田靖子（2007）マナマコ人工種苗の陸上育成技術確立試験，平成18年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書，81－93.
- 6) 酒井勇一・元谷怜（2002）マナマコ栽培漁業技術開発試験，平成13年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書，24－32.
- 7) Yohei Yamazaki, Yuichi Sakai, Sayaka Mino and Tomoo Sawabe (2020) An annual faecal 16S amplicon sequencing of individual sea cucumber (*Apostichopus japonicus*) demonstrates the feeding behaviours against eukaryotes in natural environments, *Aquacul. Res.* 51, 3602-3608.
- 8) 酒井勇一（2019）輸出重要種資源増大等実証委託事業 マナマコ，平成29年度道総研函館水産試験場事業報告書，82－86.
- 9) 田中 優斗，酒井 勇一，神田 紘暉，江口 剛，高木 力（2022）マナマコの流体力特性と構造物の流体力学的陰影の影響，第45回エアロ・アクアバイオメカニズム学会講演会，
- 10) 酒井勇一（2020）マナマコ資源増大研究Ⅲ．－マナマコ人工種苗放流技術マニュアル化試験－，平成30年度道総研函館水産試験場事業報告書，53－57.
- 11) 酒井勇一（2020）輸出重要種資源増大等実証委託事業 マナマコ，平成30年度道総研函館水産試験場事業報告書，78－80.

（酒井勇一 函館水試調査研究部

報文番号 B2473）