

市販メッシュパネルを活用したワカメ育苗ケージによる食害防護試験(短報)

棚田教生*1, 堀正和*2, 多田篤司*3, 清本節夫*4, 邵花梅*4, 手塚尚明*5, 吉田吾郎*4

Demonstrating the effectiveness of a commercially available mesh panel cage in preventing *Undaria pinnatifida* seedlings from fish grazing during the nursery cultivation period (Short Paper)

Norio TANADA*1, Masakazu HORI*2, Atsushi TADA*3, Setuo KIYOMOTO*4, Huamei SHAO*4, Naoaki TEZUKA*5 and Goro YOSHIDA*4

キーワード：ワカメ, 育苗, 食害, ケージ, メッシュパネル

徳島県沿岸のワカメ育苗現場では近年アイゴ *Siganus fuscescens*, クロダイ *Acanthopagrus schlegelii*等の魚類による食害が深刻化している(棚田ら 2019, 棚田 2024)。その影響は育苗期のみならず, 本養殖期における生産規模の縮小ひいては生産量の減少となって大きく及んでいる。このため生産現場では育苗期の実用的な食害対策技術の開発が急務となっている。

そこで筆者らは安価で入手しやすい市販品に着目し, ワカメの種糸を魚類の食害から保護する育苗用防護ケージを試作した。この育苗ケージを用いて生産現場で育苗試験を実施したところ, 魚類による食害を軽減する効果が認められた。またコスト面でも他の手法と比べて優位性が確認できるなど当技術の実用化に資する知見が得られたので報告する。

材料と方法

育苗ケージの材料として, 市販のスチール製メッシュパネル(セリア社製「ワイヤーラティススリム」, 30.5×59cm, 8×16マス)を用いた。パネルの目合いについては, ワカメ育苗現場に出現する植食性魚類の全長(棚田ら 2019, 棚田 2024)をもとに選定した。すなわちこれらの魚類の吻端が種糸に到達しにくく, かつケージ内部の流動を悪化させない最適な目合として34mmのものを選択した。これを種枠のサイズに合わせて折り曲げたものを2枚用意し, 種枠の両サイドから挟み, 結束バンドで固定してケージを作製した(以下「パネルケージ」, 写真1)。なおケージの両端部は, ケージ内部の海水交換およびケージ・種糸の付着物除去作業(井伊 1968, 梶原ら 2024)の効率面から, 開放したままの状態と

表1. 育苗ケージの作製に用いた材料とその仕様および費用

材料(商品名)	目合(mm)	線径(mm) (縦×横)	大型種枠 ^{※1} 3枚あたり		鳴門式種枠 ^{※1} 1枚あたり		耐用年数 ^{※4}
			サイズ(mm)	費用(円) ^{※2}	サイズ(mm)	費用(円)	
スチール製メッシュパネル (ワイヤーラティススリム)	34×34	2.37×2.16	305×590×12	1,320	305×590×2	220	5年以上
プラスチック製ネット (ネットロンシート)	27×27	4.30×4.30	2100×1240	3,768 ^{※3}	350×1240	628	5年以上

※1 大型種枠のサイズ: 50 cm×66 cm, 鳴門式種枠のサイズ: 51 cm×37 cm

※2 表中の金額はいずれも2025年4月23日現在の税込市場価格(「ネットロンシート」についてはウェブサイトにて筆者が調べた範囲で最安店舗の表示価格)

※3 幅1240 mm×長さ30 mのロール巻商品を購入し, 14分割した場合の金額(税込)

※4 筆者らおよび生産者による使用実績

2025年4月30日受理

*1 徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課鳴門庁舎 (Fisheries Research Division, Tokushima Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Support Center, Dounoura, Seto, Naruto, Tokushima 771-0361, Japan)

*2 水産研究・教育機構水産資源研究所横浜庁舎 (Fisheries Resources Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, Kanazawa, Yokohama, Kanagawa 236-8648, Japan)

*3 徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課美波庁舎 (Fisheries Research Division, Tokushima Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Support Center, Hiwasaura, Minami, Kaifu, Tokushima 779-2304, Japan)

*4 水産研究・教育機構水産技術研究所長崎庁舎 (Fisheries Technology Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, Taira, Nagasaki, Nagasaki 851-2213, Japan)

*5 水産研究・教育機構水産技術研究所廿日市庁舎 (Fisheries Technology Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, Maruishi, Hatsukaichi, Hiroshima 739-0452, Japan)



写真1. 試験開始前の試験枠（左）とその右側半分装着したスチール製メッシュパネルによる育苗ケージ（右）（2022年11月18日）



写真2. プラスチック製ネットによる育苗ケージ（内部に大型種枠3枚を収容）

した。

現地育苗試験には生産者が使用する大型の種枠（50 cm×66 cm）を用いた。この種枠（以下「試験枠」）の右側半分のみをケージで囲ったパネルケージ区とし、左半分は防護しない対照区とした（写真1）。

2022年11月18日から12月9日まで、小鳴門海峡に位置する鳴門市鳴門町土佐泊・水の浦地先の水平筏式の養殖筏で育苗試験を実施した。11月18日に上記の試験枠を養殖筏のロープ（水深50 cm前後）に結束バンドで固定した。また試験期間中の魚類の出現状況と海水温を把握するため、防水ハウジング（手塚ら 2023）に収容したタイムラプスカメラ（Brinno社製TLC200Pro）と小型メモリー水温計（JFEアドバンテック社製DEFI2-T）を取り付けたメッシュパネルを試験枠の隣に固定した。タイムラプスカメラの撮影間隔は、1分に設定した。

その後11月20日、11月24日、12月4日に現地で試験枠を観察し、種苗の生残状況を確認した。試験開始前の11月18日と試験終了後の12月9日に、種糸の歩留まり（棚田ら 2015）と種苗の全長を測定した。歩留まりは種枠上で平均的な種苗の生育が見られる種糸10本分（50 cm×10）を対象とし、全長はそのうちの種糸1本における大型の10個体について測定した。

さらに類似の食害対策手法と比較検討するため、生産者が同時期に同一の養殖筏で育苗していた、プラスチック製ネット（タキロンシーアイシビル社製「ネトロンシートWFI」）によるケージ（以下「ネットケージ」、写真2）で防護した種枠についても12月9日に回収し、種糸の歩留まりと種苗の全長を測定した。このケージの作製にあたっては、幅1240 mmのロール巻商品を使用した。これを1240 mm×2100 mmのサイズでカットしたのち半

分（620 mm×2100 mm）に折り曲げ、横方向に並べた大型種枠3枚を囲ってネットの両サイドを結束バンドで閉じることでケージ状とした（写真2）。

本研究で育苗ケージに用いたスチール製メッシュパネルおよびプラスチック製ネットの仕様等を表1に示した。各素材の線の太さ（線径）をノギスで測定するとともに、各育苗ケージの作製に必要な材料のサイズおよび費用を算出した。算出にあたっては上記のネットケージ（写真2）を基準のサイズとした。通常の鳴門式種枠（棚田ら 2015）1枚あたりの費用については、大型種枠が鳴門式種枠の約2倍のサイズを有することから、大型種枠3枚あたりのサイズおよび費用を6で除することによって求めた。

結果

試験開始前の種糸の歩留まりおよび種苗の平均全長は、パネルケージ区で95.8%および2.5 cm、対照区で95.2%および2.6 cmであった。両区は同一の種枠で種苗が全体的に着生していたため、目視においても種糸の歩留まりおよび生長に差は認められなかった（写真1）。

試験開始から2日後の11月20日の時点では両区とも種苗が多く生残していたが、6日後の11月24日には両区における明瞭な差を目視にて確認することができた。パネルケージ区では種苗が多く生残していたのに対し、対照区では種苗量が大きく減耗していた（写真3,4）。対照区の種苗には魚類による食害痕が認められた（写真4）。その後12月4日には種苗量の回復が見られ、特に水深の浅い種枠上部にその傾向が認められた（写真3）。

試験期間中の夜間を除く1日あたりの魚類出現個体数と日平均水温の推移を図1に示した。



写真3. 試験枠（パネルケージ区・対照区）における育苗状況の推移（左から2022年11月20日、11月24日、12月4日）



写真4. 食害の影響が認められた対照区の種糸 (11月24日)

試験枠の周辺に出現した魚類のうち、確認できた植食性魚類はアイゴ、ウマヅラハギ *Thamnaconus modestus*、クロダイの3種であった。11月23日まではアイゴの出現数が最も多く、ウマヅラハギとの混群も観察された(写真5B)。その後も12月7日までアイゴの出現は確認されたが、その出現率は低くなり、代わってウマヅラハギとクロダイの出現率が高くなった。これら3魚種ともに対照区のワカメ種苗を採食する行動が頻繁に観察され(写真5)、それらの延べ個体数は169であった。一方パネルケース区では魚類の採食行動は非常に少なく、それらの延べ個体数は11であった。これらの個体の多くは種糸ではなくパネルの表面をつつくような行動であった。

試験枠周辺の海水温は、試験開始時の11月18日の20.1℃から徐々に低下し、試験終了時の12月9日は17.2℃であった。

試験終了時の種糸の歩留まりおよび種苗の平均全長は、パネルケース区で85.2%および7.2 cm、対照区で42.8%および3.3 cmであった。一方ネットケース区における種糸の歩留まりおよび種苗の平均全長は、74.8%および5.8 cmであった(表2)。

考察

メッシュパネル製育苗ケースの効果

試験終了時の種糸の歩留まりを両区で比較すると、対照区の42.8%に対し、パネルケース区では85.2%と対照区のほぼ2倍の値であった。また種苗の平均全長においても対照区の3.3 cmに対してパネルケース区ではその2倍以上となる7.2 cmであった。試験枠周辺にはアイゴ、

表2. 各試験区における育苗成績

試験区	種糸歩留まり(%) (実用種糸長cm/種糸長cm)	種苗 TL(cm)
パネルケース区	85.2 (426 / 500)	7.2
対照区	42.8 (214 / 500)	3.3
ネットケース区	74.8 (374 / 500)	5.8

ウマヅラハギ、クロダイの出現が頻繁に確認され、対照区ではこれらの魚類がワカメ種苗を採食する行動も多く観察された。また対照区の種糸には魚類による食害痕も確認できたことから、対照区における種苗の量および長さにおける減耗は主にこれらの魚類の食害によるものと判断した。一方パネルケース区においては魚類の種糸に対する採食行動はほとんど確認されず、このことが高い種糸の歩留まりと良好な種苗の生育をもたらしたものと考えた。

プラスチックネット製育苗ケースの効果

ネットケース区では、試験終了時の種糸の歩留まりは74.8%、種苗の平均全長は5.8 cmであった。これらの値はパネルケース区の値と比べると低いものの、対照区の値を大きく上回っていた。今回比較に用いたネットケース区は、パネルケース区および対照区を有する試験枠と同時期に同一の養殖筏で育苗し、同日に回収・評価したものである。しかしながらパネルケース区と対照区が同一の種枠であったのに対し、ネットケース区は用いた種枠が異なるため、試験開始時の芽付きやサイズが異なっていた可能性がある。このため育苗結果のみを単純に比較することはできないが、生産者のこれまでの現場での経験によると、パネルケースとネットケースで食害の防

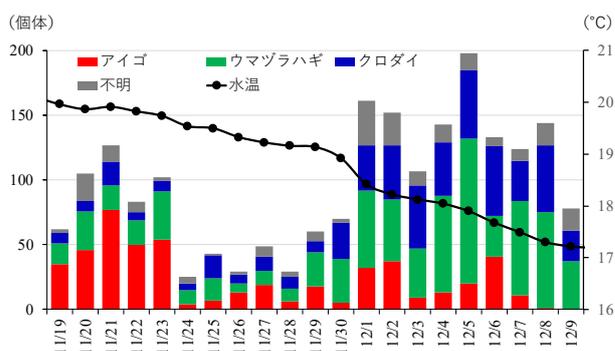


図1. 試験枠周辺における魚類出現個体数および水温の推移

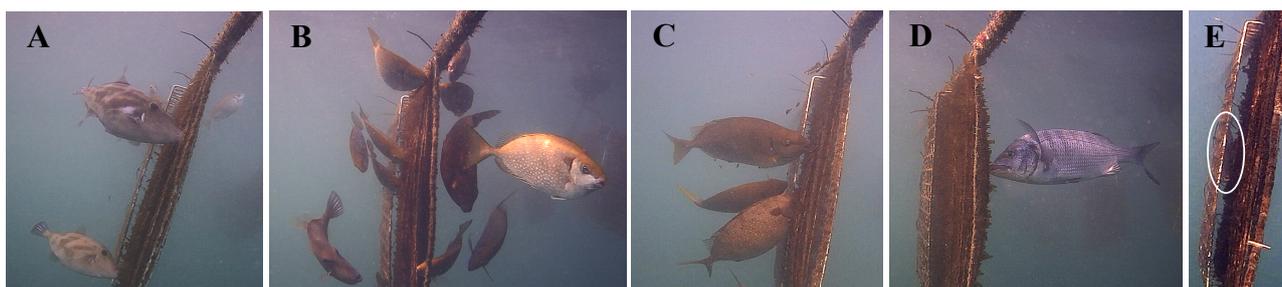


写真5. 対照区 (手前側) の種糸に接近するウマヅラハギ (A), アイゴとウマヅラハギ (B), アイゴ (C), クロダイ (D) およびケース開口部で確認された魚類 (E) (A: 11月18日, B: 11月21日, C: 11月22日, D: 12月6日, E: 11月25日)

護効果自体に大きな差は感じないということであった。

鳴門海峡周辺海域でワカメ種苗を育苗する兵庫県丸山地区では、プラスチックネットを用いた食害防除カゴが開発されている(梶原ら 2024)。ここではポリエチレン製の「トリカルネット」(タキロンシーアイシビル社製「N29」, 目合25 mm, 線径3.8 mm×4.5 mm)が用いられており、鳴門式種枠を囲うように箱状に作製されている。本研究で用いた「ネトロンシート」(同社製, 目合27 mm, 線径4.3 mm×4.3 mm)による育苗ケージとは網目の形状や作製方法がやや異なるものの、両者とも素材はポリエチレン製であり、目合いや線径は類似していた。

育苗ケージとしての実用性

本研究では、メッシュパネルによるパネルケージ区において、防護しない対照区と比べて明瞭な食害防護効果が認められた。またプラスチックネットによるネットケージ区でも一定の食害防護効果を確認した。

両者の仕様および費用を比較すると(表1), 最も大きな違いとして、費用面を挙げることができる。本研究で用いた大型種枠で試算すると、ネットケージでは大型種枠3枚を収容できるサイズ(2100 mm×1240 mm)あたり3,768円となった。これに対し、パネルケージでは計12枚のパネルの費用で1,320円となる。鳴門地区で多くの生産者が使用する鳴門式種枠1枚あたりでも、ネットケージでは628円であるのに対し、パネルケージではパネル2枚で220円となる。両者とも耐用年数は5年以上であることから、仮に5年間使用する条件で比較すると、パネルケージは費用面ではネットケージの約1/3であることがわかった。

次に、実際に両者を現場で複数年使用している生産者の観点からの評価を聞き取った結果、まずパネルケージはコストパフォーマンスが抜群であるとの回答があった。またネットケージはパネルケージと比べて養殖筏にかかる負荷が大きいため、潮流や波浪の強い鳴門海域では使用できる漁場に制約があるとの実感が示された。これに加え、ネットケージでは、海中で揺すって種糸の付着物を除去する作業に要する労力がパネルケージと比べて大きいとの感想も得られた。これらはいずれもネットケージの素材の線がパネルケージと比べて太く、網目も小さいため(表1), 海中におけるケージの抵抗が比較的大きいことに起因しているものと考えられる。

さらに、ネットケージの内部にはパネルケージと比べて端脚類が発生・付着しやすく、端脚類が大発生した場合にはワカメ種苗が端脚類の食害に遭うとの興味深い回答もあった。この理由としては、ネットケージはパネルケージと比べて網目が小さく線が太いため、ケージ内部の流動が比較的弱くなり、静穏域となりやすい可能性が指摘された。またネットケージでは種苗の生育が遅く感じるとの回答もあった。ワカメ種苗の育苗にとって海水の流動は、種苗の生育だけでなく付着物量にも大きな影響を及ぼすことから極めて重要である(井伊 1968)。このため、今回のように種糸を囲う形状のケージにおいては、目合や線径は重要な要素と考える。天然海域におけるカジメ *Ecklonia cava* の藻場造成の事例では、食害防

除網の目合が2.5cmの場合は珪藻などの付着物で網が目詰まり気味となり、網内部の光量が低下したことでカジメの生育に悪影響が生じたことが報告されている(増田ら 2007)。ネットケージ内でのワカメ種苗の生育や端脚類の発生の状況については精査が必要であるが、パネルケージの比較的大きな目合と細い線径が、ケージ内部の流動や光量の低下をネットケージと比較して小さく抑えることに寄与していることは確かであろう。

これらの話を総合すると、パネルケージとネットケージは両者とも魚類による食害を防護する効果を有するが、コスト面では大きな差があった。さらに実際に生産現場で利用した生産者の視点からは、海中でケージにかかる負荷に差があり、幅広い漁場環境での汎用性や作業労力の面ではパネルケージに優位性があることが伺えた。

本研究では鳴門地区で一部の漁業者が使用する大型種枠を用いて育苗試験を実施し、パネルケージで食害を防護することで種糸の歩留まり85.2%を達成した。しかし試験開始時の歩留まり95.8%と比べると低下しており、ケージ両端の開口部など魚類の口が届く範囲(写真5E)で小規模な食害に遭った可能性はある。今後はパネルケージによる手法で種糸歩留まりのさらなる向上が可能かという点を含めて、通常の鳴門式種枠での効果の再検証と実用化に向けた技術の高度化を図っていきたい。

謝 辞

本研究の実施に際し、現地試験および聞き取り調査に多大なるご協力をいただいた新鳴門漁業協同組合の中野毅一郎氏に厚く御礼申し上げます。本研究は農研機構生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業」の支援を受けて行った。関係者に謝意を表します。

文 献

- 井伊明(1968) 養殖方法. 「ワカメ養殖読本(改訂版)」兵庫県立水産試験場, 明石, 1-31.
- 梶原慧太郎, 高倉良太, 五利江重昭(2024) 兵庫県瀬戸内海域におけるワカメ養殖育苗期の食害実態把握と食害防除カゴの開発. 日水誌, **90**, 539-547.
- 増田博幸, 鈴木敬道, 水井悠, 西尾四良, 堀内俊助, 中山恭彦(2007) 静岡県榛南磯焼け海域におけるカジメ生育への食害防除網の効果. 水産工学, **44**, 119-125.
- 棚田教生(2024) ワカメ育苗漁場で新たに確認されたメジナ類. 徳島水研だより, **117**.
- 棚田教生, 團昭紀, 日下啓作, 岡直宏, 浜野龍夫(2015) 1遊走り起源のフリー配偶体を用いたワカメの大規模種苗生産法および養殖への実用化の実証. *Algal Resources*, **8**, 23-36.
- 棚田教生, 多田篤司, 手塚尚明, 清本節夫(2019) 養殖漁場でワカメ種苗の食害魚撮影に初めて成功. 徳島水研だより, **109**.
- 手塚尚明, 梶原直人, 小栗一将, 喜安宏能, 渡部祐志, 塩田浩二(2023) 撮影手法を用いたノリ・アオノリ養殖場における食害種の出現記録. 日水誌, **89**, 34-48.