

# 阿南市福村地区におけるフリー配偶体と塗布法を用いた ワカメの屋内種苗生産(短報)

多田篤司\*<sup>1</sup>, 棚田教生\*<sup>2</sup>

## Seedling production of *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar in indoor tank culture by application of free-living gametophytes in Fukumura, Anan, Tokushima Prefecture (Short Paper)

Atsushi TADA\*<sup>1</sup> and Norio TANADA\*<sup>2</sup>

キーワード：ワカメ, 屋内種苗生産, フリー配偶体, 塗布法

徳島県のワカメ *Undaria pinnatifida* の種苗生産現場では、フリー配偶体と塗布法による種苗生産（以下「フリー配偶体種苗生産」）法が実用化され、従来の遊走子からの種苗生産法（以下「従来法」）と比べて短期間で安定した生産が可能となっている（棚田ら2020）。しかし、近年は高気温等の気候変動の影響が秋季にまで及んでおり、秋季から屋外培養を開始するフリー配偶体種苗生産法でも種苗の生長の遅れなどの弊害が生じるようになった（棚田ら2015, 棚田ら2020）。一方で、徳島県水産研究課庁舎内の恒温実験室で実施したボトル容器を用いたフリー配偶体種苗生産では、極めて良好な安定した結果が得られている（棚田ら2015, 棚田2016a）。

そこで本研究では生産現場において、培養環境の制御

が可能な屋内施設で小規模なフリー配偶体種苗生産に取り組み、生産現場における屋内フリー配偶体種苗生産技術の有効性および実用性を検証することを目的とした。

### 材料と方法

徳島県水産研究課で培養した鳴門産早生養殖品種の雌性配偶体と阿南市椿町産天然ワカメの雄性配偶体を用い（棚田2016a, 村瀬ら2021）、1Lあたりの雌雄配偶体の合計湿重量が1.2gの配偶体液を作製した。種苗生産は、福村漁業協同組合が管理する徳島県阿南市の屋内施設（61m<sup>2</sup>）のうちビニールカーテンで仕切った区画（28m<sup>2</sup>）で実施した（写真1.A）。

2018年9月28日に、棚田ら（2015）の方法により鳴門

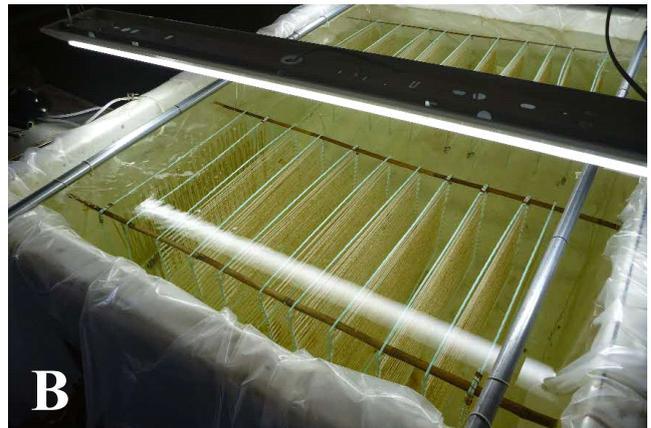


写真1. 阿南市福村地区の屋内種苗生産施設

A: ビニールカーテンで仕切った種苗生産区画, B: 屋内水槽で培養中の種苗（2018年10月26日）

2022年12月27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美波庁舎 (Fisheries Research Division, Tokushima Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Support Center, Hiwasaura, Minami, Kaifu, Tokushima 779-2304, Japan)

\*2 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 Institute, Tokushima Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Support Center, Dounoura, Seto, Naruto, Tokushima 771-0361, Japan)

表1. 阿南市福村地区の屋内種苗生産における培養条件

培養日数	水温(°C)	光量 ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	日長(時間) (明期/暗期)	外気温(°C) <sup>※</sup>			通気	栄養剤添加量 (mL)
				日平均	最高	最低		
1-7	19.5-20.0	29-38	10/14	19.2-23.7	26.0	14.2	-	-
8-14	19.5-20.2	34-63	10/14	18.8-25.5	28.4	17.7	-	-
15-21	19.5-20.2	48-78	10/14	17.7-19.1	23.0	15.3	-	50
22-28	19.9-20.0	72-104	10/14	17.5-19.5	22.7	13.4	微	50
29-32	19.9-20.1	72-104	10/14	15.7-19.3	24.2	10.1	弱	50

※外気温は徳島地方気象台蒲生田観測所(阿南市)における観測データ

式種枠(以下「種枠」)20枚(種糸300m)に上記の配偶体液を塗布した。採苗後の種枠を5枚ごとに紐で束ね、海水を満たしたFRP製水槽(150×100×60 cm)1基の壁面に立てかけるように静かに収容した。培養海水には阿南市富岡港(淡島地区)から汲み上げた海水をそのまま使用(棚田 2016a)したが、塩分濃度が低下していたため食塩を添加して適正塩分に調整した。その後は蒸発によって減少した水量を汲み上げ海水で補填したものの、培養海水の交換はしなかった。培養15日, 22日, 29日目にはアマノリ糸状体培養用栄養剤(第一製網社製「ポルフィラン・コンコ」)を50mLずつ水槽内に添加した。

培養5日目に種枠を水槽内に展開し、垂下した(写真1.B)。その後は1週間に1回の頻度で種枠の天地返しを行い、種枠全体に平均的に光が当たるようにした。

培養期間中は、培養液の表層水温を標準水銀温度計で毎日測定し、表層水温が20°C前後となるよう外気温に応じて家庭用エアコン(三菱電機社製; MSZ-GV5618 S-W, 木造和室25 m<sup>2</sup>用)1基で適宜調整した。光源には天井から吊した市販の蛍光灯型白色LED灯(Panasonic社製; HH-SC0051N)を2基使用し、種苗の生長段階に合わせて水面に近づけることで、光量を段階的に上昇させた。光量の測定は水槽内の数か所の水面直上において光量子計(Li-COR社製; LI-250)で行った。日長は明期10時間, 暗期14時間の短日条件とした。培養24日目から種苗生産終了時まで、エアーポンプによる通気を行った。

培養29日目の10月26日に、水槽内で平均的な生育が見られる種枠から種糸を一部切り取り、顕微鏡で種苗の生育状況を確認した。なお、上記の種苗生産作業のうち、

配偶体液の塗布, 種枠の天地返し, 水温・光量の測定, 室温の調整および栄養剤の添加については、筆者らが指導した方法により福村漁業協同組合の生産者および関係者が行った。

2018年10月29日に、生産者が阿南市辰巳町地先の海面に種枠を展開し、育苗を開始した。11月12日および21日に、筆者らが現地で育苗中の種苗の生育状況を観察した。11月28日から、生産者が阿南市辰巳町地先の海面で本養殖を開始した。2019年2月7日から生産者が収穫を開始し、養殖ロープ上のワカメの葉状部(可食部)を刈り取った。収穫はロープ上の総刈りではなく部分的に藻体を残しながら行われたが、本研究では実際に刈り取られた量を生産者に聞き取りし、収穫量とした。

## 結果

種苗生産期間の培養条件を表1に示した。水温は期間を通じて19.5~20.2°Cの範囲内に留まり、特に期間の後半は20°C前後に制御することができた。一方、阿南市の徳島地方気象台蒲生田観測所の日平均気温データ

(<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>)によると、期間中の外気温は10.1~28.4°Cと大きく変動し、期間前半の9月28日~10月9日には25°C以上の夏日が9日あった。光量については、水槽内の位置によって30  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 前後の差が生じたが、各週の最大値は38  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ から104  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ まで段階的に上昇した。

培養12日目には、種糸上に配偶体の増殖が認められ、29日目には芽胞体および幼葉が確認できた。幼葉は大型のもので全長1mm前後に生長しており、肉眼視できる



写真2. 種糸上に高密度で生育したワカメ種苗

A: 培養29日目(2018年10月26日), B: 育苗15日目(2018年11月12日), C: 育苗24日目(2018年11月21日)



写真3. 阿南市辰巳地先で本養殖され健全に生育したワカメ (2018年12月23日)

表2. 屋内施設で生産した種苗の海面養殖結果

収穫日	収穫したロープの長さ(m) (A)	収穫量 (kg) (B)	B/A (kg/m)
2019年2月7日	50	185	3.7
2019年2月12日	50	184	3.7
2019年2月13日	50	220	4.4
2019年2月15日	50	223	4.5

サイズであった (写真2.A)。種苗生産終了時点において、配偶体を塗布した種糸300m (種枠20枚)のうち、当該生産者が養殖に使用可能と判断した種糸の長さの割合 (歩留まり) (棚田ら 2015) は、90%以上であった。

育苗開始から2週間後の11月12日 (表層水温19.4℃) には、各種枠の種苗は健全に生育し、全長は0.5~1cmに生長していた (写真2.B)。さらに11月21日 (表層水温18.3℃) に現地を確認した際も明瞭な芽落ちは認められず、種苗は全長1~2cmに生長していた (写真2.C)。11月12日および21日に観察した種枠における種糸の歩留まりは90%前後 (88~91%) であった (写真2.B,C)。

本養殖開始後の12月23日には、ロープ上に等間隔で形成されたワカメの各集塊には明瞭な藻体の脱落は認められず、健全に生育していた (写真3)。2019年2月7日から2月15日までの期間におけるワカメの収穫量は、養殖ロープ50mあたり184kg~223kgであった (表2)。

### 考 察

徳島県阿南市福村地区の屋内種苗生産施設において、生産者主体で新たにフリー配偶体と塗布法による種苗生産に取り組んだところ、9月28日から10月29日までの約1か月間の培養で種苗の着生密度が良好な種糸を生産することに成功した。種苗生産終了時点の種糸の歩留まりは、培養期間を通じて種糸の状況を観察した生産者による目視で90%以上であった。筆者らがその後海面で育苗

中に観察した種枠においても、90%前後の歩留まりが確認されたことから、種苗生産終了時点の生産者による歩留まりの値は妥当であると考えられる。

本研究を実施した2018年は、生産現場での従来法による屋外種苗生産が大不振に陥った。種糸の歩留まりは0~30%、種苗販売量は7,000mとなり、過去最悪の生産状況となった2016年に匹敵する水準であった (棚田ら 2020)。一方塗布法を用いたフリー配偶体種苗生産の歩留まりは72.5%と従来法の成績を大きく上回ったが、2013年以降の当生産法の歩留まりの平均値78.6%と比べると低かった (棚田ら 2020)。2018年は夏季の猛暑や日照不足に加え (多田, 棚田 2020)、本研究でも明らかになったように秋季に高気温の日が続いた。9月中旬以降に生産を開始するフリー配偶体種苗生産であっても、屋外水槽の場合は秋季の高気温の影響で水温が上昇しやすい (棚田ら 2015)、平年と比べると低い歩留まりになった可能性がある。2018年は鳴門市内でも漁協が屋外種苗生産施設を新たに整備し、初めてフリー配偶体種苗生産に取り組んだ事例があった。生産する種苗および種糸の生産規模は本研究と同一であり、生産開始時期は本研究より2日早い9月26日から、配偶体液濃度は本研究より濃い1.85g/Lであった。本研究と比べて不利と考えられる条件は屋外施設という点を除いてはなかったが、当施設での種苗生産では芽胞体の形成に至った種糸はわずかという結果となった。

これらの屋外施設での種苗生産結果に対して、屋内施設で初めてフリー配偶体種苗生産に取り組んだ本研究において90%以上の高い歩留まりを達成できたことは、培養条件を制御する屋内種苗生産法の有効性・実用性を示すものであろう。

屋内施設で制御が可能な主な培養条件としては、水温、光量、日長が挙げられる。これらの中で、水温については本研究において制御に成功した条件と言えよう。培養期間中の外気温の変動幅は18.3℃であったのに対し、屋内水槽内の水温は0.7℃の範囲に制御することができた。特に外気温が25℃以上まで上昇した10月上旬に最高水温を20.2℃までに制御できたことは、上述した屋外施設の事例と比較しても大きな利点となった。本研究では屋内施設内をビニールカーテンで仕切ってエアコンによる室温制御を試みた。カーテンの内外では筆者らも明瞭な温度差を体感できたことから、ビニールカーテンの導入は効果的であったと言える。一方、光量も種苗の生長段階に合わせて調節したが、芽胞体および幼葉が確認された最終の5週目は4週目と同じ光量のまま培養した。最終週はさらに光量を上げることで種苗の生長を促進できた可能性があり、今後の改善点としていきたい。

本研究で生産した種苗は、高水温耐性交雑種苗のNT (棚田 2016a, 村瀬ら 2021) であった。今回屋内施設で高い歩留まりで生産されたNT種苗は、海面に沖出しし

た後も順調に生長し、4名の漁業者が本養殖に利用した。養殖された種苗は健全に生長し、2月上旬から順次収穫が行われた。種苗生産から本養殖まで携わった福村漁協組合長によると、他の在来種苗の生長が大幅に遅れる状況のなか、NT種苗は非常に大きく生長したため収穫を開始できたということであった。また葉の質感や味なども良好であったため、市場に出荷することができたとのことであった。なお収穫初日の2月7日におけるロープ1mあたりの収穫量3.7kgは、鳴門市沿岸で本研究より早期の11月23日から鹿児島県産天然ワカメとの交雑種苗を用いて養殖を開始した事例における2月7日の収穫量3.8kgと同等であった(棚田ら2015)。本研究では生産現場の都合により本養殖の開始が11月28日となった。しかし11月12日の時点で種苗サイズは本養殖の開始に適した全長0.5~1cm(井伊1968)に達していたため、半月早いこの時期に本養殖を開始していれば、さらに早期に収穫サイズまで生長した可能性はある。

2018年度漁期は11月中旬以降海水温の低下が遅れ、鳴門地区では平年より1~2℃高い状態に加えて何度も上昇に転じるなど、県内各地で漁期終盤まで高水温が継続した特異な年であった(多田, 棚田2020)。また前述のように従来型の種苗生産も大不振であったことから県内全体で本養殖の開始が遅れ、その後の高水温環境も相まって養殖ワカメの生長が大幅に遅れるという事態となった(多田, 棚田2020)。そのような特異な状況のなか、本研究で生産したNT種苗は育苗後も順調に生長し、他の種苗より早期から収穫が可能となった。この要因としては、同様に高水温環境が一貫して続いた2015年漁期や太平洋沿岸の暖海域でも良好な生長と品質を示したNT種苗の高水温環境に対する適応性(棚田2016b, 棚田ら2017)を挙げることができる。しかしながら、本研究においても仮に種苗生産の進行および海面への沖出し時期が遅れていけば、本養殖の開始時期ひいてはNT種苗の生長も遅れた可能性がある。本研究で新たに採用した屋内種苗生産法によって短期間で確実に種苗生産に成功したことが、その後の本養殖開始に至る大前提として大きな意義があったものと考えられる。

本研究で使用した屋内種苗生産施設(61m<sup>2</sup>)は遊休施設を活用したものである。今回は初めての取り組みということでエアコン1基で室温を制御できる範囲の区画(28m<sup>2</sup>)に区切り、水槽1基のみで種糸300m分の生産を試みた。この区画は水槽を6~8基収容できるスペースを有することから、当施設全体を最大限に活用した場合、水槽12~16基で3,600~4,800mの種糸を培養できることになる。そして本研究の結果と同様に、生産した種糸の歩留まりが90%程度と仮定すると、3,200~4,300mの種糸を生産できる試算となる。これは福村地区全体で必要とされる種苗量に相当する。今後生産規模が拡大し、安定した種苗生産が可能となれば、当地区の養殖ワカメの安定生産

に寄与するであろう。

今回のフリー配偶体と塗布法を用いた屋内種苗生産は、ワカメの種苗生産作業が未経験の生産者が取り組んだものであった。しかしながら、筆者らの指導のもと、塗布法による採苗作業やその後の培養管理作業も支障なく行うことができた。その結果、小規模の取り組みではあるものの、約1か月間の屋内培養で歩留まり90%以上の種糸の生産を達成することができた。このことは、塗布法によるフリー配偶体種苗生産技術の簡便性および実用性(棚田ら2020)を改めて実証するものであり、実験室と同様に生産現場においても当技術による屋内種苗生産法が極めて有効となりうることを示した。今後は生産現場におけるフリー配偶体と塗布法を用いた屋内種苗生産を産業規模に拡大して実証研究を進めていきたい。

## 謝 辞

本研究の実施に際し、培養環境の測定や現地調査にご協力いただいた福村漁業協同組合の中野尚明組合長および中野紗都美氏をはじめとする関係者の皆様に厚くお礼申し上げます。採苗作業に協力いただいた徳島県漁業調整課の加藤慎治氏に感謝します。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。関係者各位に謝意を表します。

## 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.
- 村瀬昇, 棚田教生, 多田篤司, 島袋寛盛, 吉田吾郎, 阿部真比古, 野田幹雄(2021) 徳島県鳴門産ワカメ養殖品種と椿町産暖海性天然ワカメの交雑種苗の高温下での生長特性. 水産大学校研究報告, **69**, 81-88.
- 多田篤司, 棚田教生(2020) 平成30年度ワカメ養殖概況. 平成30年度徳島水研事報, 82-83.
- 棚田教生(2016a) フリー配偶体を用いたワカメの実用規模種苗生産法および高水温耐性品種の開発. 海洋と生物, **225**, 464-471.
- 棚田教生(2016b) 平成27年度ワカメ養殖概況. 平成27年度徳島水研事報, 83-86.
- 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, 岡直宏, 浜野龍夫(2017) 徳島県太平洋沿岸由岐地先に適したワカメ養殖種苗の検討. 徳島水研報, **11**, 25-30.
- 棚田教生, 多田篤司, 中西達也, 團昭紀, 吉田吾郎(2020) フリー配偶体と塗布法を用いたワカメの種苗生産法の生産現場における実用化. *Algal Resources*, **13**, 111-115.