

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 5 月 14 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05774

研究課題名(和文) コンブの効率的早期種苗生産に向けた養殖株と保存株を用いた葉体成熟制御技術の確立

研究課題名(英文) Development of early seedling production technique of *Saccharina: sorus* formation through the induction sporophyte maturation

研究代表者

四ツ倉 典滋 (YOTSUKURA, Norishige)

北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・准教授

研究者番号：60312344

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：*Saccharina japonica*の天然採取胞子体および培養育成胞子体について短日光周期条件による成熟誘導を施したところ、概ね開始から3週間後までには子嚢斑の形成が始まり、5週間後にはおもて面の0.4-16.8%、うら面の23.2-41.1%に広がり、最も形成割合が高いうら面基部においては23.2-59.5%を占めた。子嚢斑の形成は、先端部未切断個体では基部や中部から、先端部の切断個体では先端部から始まった。放出された遊走子の発芽体は養殖種苗として順調に生長したことから、葉状胞子体の成熟誘導による種苗生産は養殖現場で実施可能なスケールであり、天然環境に左右されない安定的な方法と考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

天然個体を養殖母藻として利用する日本の*S. japonica*の葉状体の成熟誘導については、これまで幼体を材料にして子嚢斑形成が観察されているにすぎず、成熟の詳細や遊走子の放出は報告されていない。本課題では成体を用いて定量的に成熟過程を明らかにすることができたことは学術的な成果である。一方、和食に欠かせない本種の天然漁獲量の減少が深刻化するなかで、現状、増産が期待される養殖のための母藻確保は必ずしも容易ではなく、成熟時期の不安定さによる定期的な種苗生産も保証されていない。今回、天然成熟個体に依存することなく早期に種苗が安定生産できる見通しが得られ、成果の産業現場での活用が期待される。

研究成果の概要(英文)：When maturation was induced by short-day conditions in naturally collected *Saccharina japonica* sporophytes as well as in the sporophytes cultivated, sorus formation began in approximately three weeks and spread to 0.4-16.8% on the upper side area and 23.2-41.1% on the underside area after about five weeks, with the highest rates, 23.2-59.5%, observed around the base part of the underside. Sorus formation began from the base and median parts in the margin-intact algae and from the marginal part in the margin-cut algae. Given that the released zoospore germinants grew well as seedlings for aquaculture, seedling production through the induction of sporophyte maturation is a feasible option for seedling production facilities and may be useful for stably producing seedlings without being influenced by the natural environment.

研究分野：海産植物学

キーワード：コンブ養殖 成熟誘導 種苗生産

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

北海道沿岸が主産地であり和食文化を支える食用コンブ (*Saccharina*) は、古くから天然個体の漁獲により生産されてきたが、近年の地球規模の海洋環境の変化に伴い天然資源量の減少が著しい。そのため、天然生産の減少を補い、安定的に製品を供給するために養殖による増産は今後不可欠である。北海道におけるコンブ養殖に関する研究は 1960 年代中頃より始められた。天然成熟葉体を母藻とする種苗生産については培養液の探索や培養条件が精査され、現状生産規模に応じた種苗の供給体制が確立された。一方、海上での養殖作業についても仮殖と本養殖における間引きや養殖縄の移動、病害対策など技術的な課題はフィールド研究により今日までにほぼ克服され、養殖物の安定生産が可能となった。しかし、今日の養殖コンブの主産地であり、暖流の影響を強く受ける北海道南部や東北北部においては他の地域に比べて海洋環境の変化（高水温化や貧栄養化）と労働環境の変化（漁業者の高齢化や人口減少）が著しく、深刻な課題：(1) 天然資源の減少に伴い種苗生産用母藻が確保できない、(2) 天然葉体が得られても成熟時期が年度により異なるため種苗生産時期が固定できない、(3) 一年養殖が主流なため種苗生産時期の遅れが産物の質の低下に直結している、(4) 晩秋以降の海上作業は高齢な漁業者にとって肉体的に困難となっている、に直面していることから現状の環境に即した課題の解決が求められている。

2. 研究の目的

天然株のみならず培養保存株や養殖株について、成熟条件を明らかにして成熟誘導や成熟抑制を施し、産業規模の胞子の単離ができれば確実な種苗生産が可能となり上記「背景」の(1)と(2)の課題解決につながる。そして、それを土台として現場水温が 20 以下（コンブ幼体の生長可能水温）になる 10 月中旬頃に海中作業が始められるような - つまり 8 月上旬から中旬には種苗生産が開始できるような - 早期種苗作出技術が確立すればより長期間にわたって葉体を育てることができ、更に漁業者の冬場の作業も軽減されることから上記「背景」の(3)と(4)の課題解決につながる。そこで本研究では、伝統的な和食文化に欠かせない *Saccharina japonica* を材料として、定数的・定量的データに基づく管理型養殖システムの確立に向けて、天然株のみならず保存株や養殖株を用いて成熟誘導による子嚢斑形成過程を精査し、人為的胞子獲得技術による種苗生産技術を確立する。そのうえで、“生産現場において展開可能で現手法よりもおよそ一か月早い時期の種苗系作出を実現することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 環境変化に対応した、藻体の成熟誘導技術を活用した種苗生産方法の開発

早期成熟株の特性調査

2018 年 7 月下旬に函館市小安地区から得た成熟個体と未成熟個体について、5 つの形態項目（全長、葉長、葉幅、中帯部幅、（縁辺部）葉厚）を測定し、t 検定あるいは Wilcoxon の順位和検定を行った。一方で、特定 DNA 領域（ITS-1, 2, RuBisCo Spacer, CoxI）の塩基配列比較を行った。

天然海域における成熟誘導

2019 年 7 月下旬に函館市戸井町小安地区から得た成熟個体と未成熟個体について、当該地区沖の水深 15-25m の漁礁 2 基に取り付けた。同年 9 月初旬に藻体を引き上げ、子嚢斑が葉面に占める割合を画像計測支援ツール TouchDeMeasure Version 0.7.0.0 を用いて調べるとともに、遊

走子の放出の有無を確認した。加えて、天然で自然に成熟した個体（12月に利尻富士町鬼脇地区採取）と先の割合について比較した。

屋内水槽における成熟誘導

2018年7月下旬に小安地区から得た4個体 - 何れも前年に天然個体から採苗し海中育成した胞子体 - (No. 1 & 2: 先端部に子嚢斑あり; No. 3 & 4: 子嚢斑なし) と、2019年6月下旬に小安地区で採取し、葉長が600cmになるように先端部を切断した2個体 (No. 5 & 6: 何れも前年に天然個体から採苗し海中育成した未成熟胞子体)、2019年6月下旬に鬼脇地区で採取した1個体 (No. 7: 前々年に天然個体から採苗し海中育成した未成熟胞子体)、2019年7月上旬に羅臼町崩浜で採取した1個体 (No. 8: 2歳の天然未成熟胞子体) を材料とした。成熟誘導は青森県水産総合研究所の1,400L水槽で行った(培養条件: 水温15℃、濾過海水500L/hかけ流し、光量子密度 $110\mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ の短日条件(9hL: 15hD))。培養期間はNo. 1-4は33日間、No. 5-7は37日間、No. 8は25日間とした。それぞれ実験開始前に葉状部基部から上方15cmに標識穴をあけ、その穴の位置と葉長を計測するとともに、葉状部と部位別 - 先端部、中部、基部 - の葉面の子嚢斑形成の有無を調べ、TouchDeMeasureを用いて葉面積に対する子嚢斑面積の割合を算出した。なお、比較対象として2019年12月中旬に鬼脇地区で採取された天然成熟胞子体6個体 (No. 9-14) を用いた。

早期生産種苗の有効性の検討

上記No. 8について、培養終了後の藻体から採苗し、種苗系を通気培養(培養条件: 水温10℃、PES培地、光量子密度 $25\text{-}65\mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ の中日条件)して種苗の育成を行った。培養種苗は、2019年11月7日から2020年6月29日まで、産地浜の養殖施設(N44°12'28.60'', E145°20'28.09'')において海中養殖を行い、慣行栽培された個体 - 海中養殖の直前に採苗を行ったもの - との間で形態葉長と葉幅、および湿重量を調べ、t検定により比較した。

早期生産種苗の沖出し時期の検討

保存株由来の幼体を3通りの光条件(a: $35\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ 、b: $35\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ 、c: $110\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{ s}^{-1}$)で4週間培養した(培養条件: 水温13℃、PES培地、中日条件)。次いで、それぞれを21℃、19℃、16℃の恒温庫に移した後、1/weekで庫内の温度を下げて2週間培養を続けた。全長と葉幅を計測し、7日間の相対成長率を算出するとともに、沖出後の生存率を算出した。

(2) 天然母藻に頼らない培養保存株を用いた種苗生産方法の開発

培養保存株を用いた種苗の最適密度

細断した保存配偶体を用いて5通りの種苗系(1m当たり0.34mg、0.67mg、1.34mg、2.68mg、5.36mgを付着させたもの(それぞれを密度a-eとする))を準備し、14日間培養して(培養条件: 水温13℃、PES培地、 $35\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ の中日条件)肉眼で発芽体の形が確認できるようになった段階で全長、葉幅、種苗系1本当たりの個体数を測定し、相対成長率を算出した。また、全長と葉幅についてKruskal-Wallis検定を行うとともに、Steel-Dwass法を用いて多重比較を行った。一方で、変動係数を算出し、戸井漁業協同組合小安支所で作成された遊走子由来の種苗の値を比較対象として扱った。

保存株由来の種苗生産時の最適な光条件

細断した保存配偶体を4通りの光条件(a: $35\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ 、b: $60\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ 、c: $90\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ 、d: $110\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{ s}^{-1}$)で培養を行い(培養条件: 水温13℃、PES培地、 $35\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ の中日条件)肉眼サイズの発芽体の全長を測定した。それぞれの間についてt検定あるいは

は Wilcoxon の順位和検定を行った。

4. 研究成果

天然における早期成熟は環境による影響が示唆され、天然海域においても成熟誘導が可能であることが示された。一方、屋内水槽を使って培養開始から約 3 週間後までには子嚢斑の形成を、そして約 5 週間後までには遊走子の単離を導くことができたことから、計画的な種苗生産を可能とすることができた。加えて、本課題で得られた成果は安定的かつ効率的な種苗の生産とその育成を果すための有益な基礎的知見が得られた。具体的な内容は以下の通りである。

(1) 環境変化に対応した、藻体の成熟誘導技術を活用した種苗生産方法の開発

早期成熟株の特性調査

成熟個体と未成熟個体の間で、正規分布に従い等分散である葉長と葉幅、葉厚については t 検定を、正規分布・等分散性を満たさない全長と中帯部幅については Wilcoxon の順位和検定を行ったところ、何れのパラメータについても 2 者間に有意な差は見られなかった。また、塩基配列比較を行った何れの DNA 領域においても両者の間で配列に相違は見られなかった。

天然海域における成熟誘導

2つの漁礁に取り付けたものの一方で（照度は 0-17911.2lux の間で推移）6 個体中 2 個体で何れもうら面の基部付近に子嚢斑が確認された。これらの葉面に対する子嚢斑の割合は 0.52% と 1.54% であったが、何れも遊走子の放出は確認できなかった。なお、比較対象個体については、おもて面では 3.6%~7.6%、うら面では 31.3%~77.7% であり、6 個体のうち 4 個体で遊走子の放出が確認された。

屋内水槽における成熟誘導

培養期間中の先端部非切断個体の生長について、葉長と葉幅に顕著な増加は認められず、葉長について No.2 と No. 4 では培養開始から約 1 週間後に、No. 8 では約 2 週間後には葉状部先端が流失して短くなった。一方、標識穴の葉基部からの距離は No. 6 で 4cm と最大になり、その他

では 0cm から 3.5cm の間であった。子嚢斑の形成（図 1）について、培養開始 19 日後、26 日後、33 日後の葉状部面積に対する子嚢斑面積の割合は、No. 1 ではそれぞれおもて面で 12.2%、14.3%、16.8%、うら面で 22.8%、39.4%、41.1% であり、No. 2 ではそれぞれおもて面で 1.2%、4.1%、4.9%、うら面で 22.8%、32.0%、29.6% であった。一方、培養開始 19 日後、26 日後、33 日後の No. 3 ではそれぞれおもて面で 1.3%、7.7%、8.3%、うら面で 4.4%、37.7%、39.0% であり、No. 4 ではそれぞれおもて面で 0%、4.2%、4.0%、うら面で

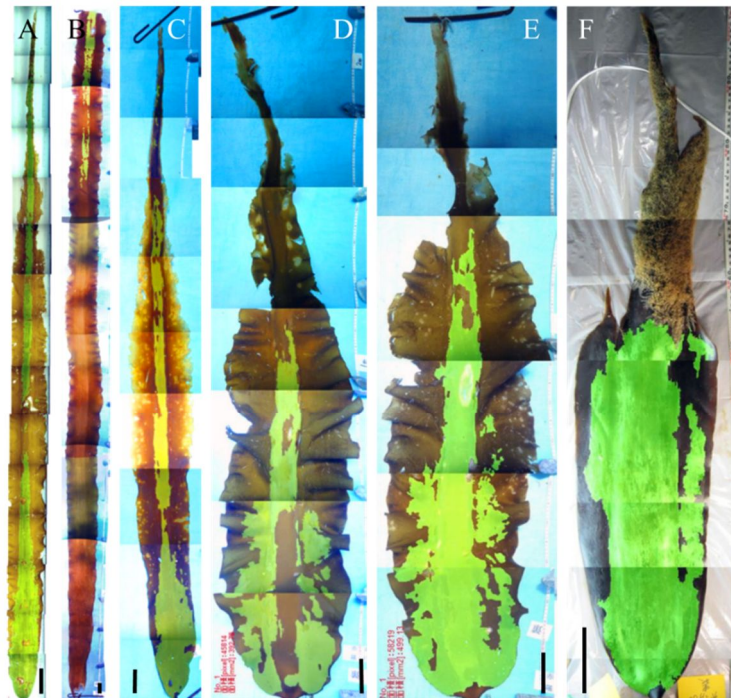


図1 *Saccharina japonica* の実験個体 (A-E) と天然個体 (F) の葉状部うら面に形成された子嚢斑 (緑色に加工部分)。A: 培養開始19日後のNo.1; B: 21日後のNo.5; C: 37日後のNo.7; D: 16日後のNo.8; E: 25日後のNo.8; F: 2019年12月16日採取 (利尻富士町鬼脇地区) の天然個体。スケール=10cm。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 11件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Samuel Starko, Marybel Soto, Hayley Darby, Kyle Demes, Hiroshi Kawai, Norishige Yotsukura, Sandra Lindstrom, Patrick Keeling, Sean Graham, Patrick Marton	4. 巻 136
2. 論文標題 A comprehensive kelp phylogeny sheds light on the evolution of an ecosystem	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Molecular Phylogenetics and Evolution	6. 最初と最後の頁 138-150
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ympcv.2019.04.012	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Tadashi Kawai, Dmitrii Galanin, Louis D. Druehl, Norishige Yotsukura	4. 巻 12
2. 論文標題 Information of the Sakhalin kelp <i>Saccharina lattissima</i> in northern Hokkaido, Japan and southern Sakhalin, far-east Russia	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Algal Resources	6. 最初と最後の頁 21-26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Jie Zhang, Xiuliang Wang, Jianting Yao, Norishige Yotsukura, Delin Duan	4. 巻 31
2. 論文標題 Screening of polymorphic microsatellites and their application for <i>Saccharina angustata</i> and <i>Saccharina longissima</i> population genetic analysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Applied Phycology	6. 最初と最後の頁 3295-3301
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10811-019-01798-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Tadashi Kawai, Nina G Klochkova, Nagi Matsushita, Lev Izergin, Norishige Yotsukura	4. 巻 12
2. 論文標題 Potential resources of <i>Laminaria appressirhiza</i> for kelp fisheries in Magadan, far-east Russia	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Algal Resources	6. 最初と最後の頁 55-60
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Norishige Yotsukura, Takashi Maeda, Tadashi Kawai	4. 巻 12
2. 論文標題 New record of the distribution of <i>Saccharina japonica</i> (Laminariales, Phaeophyceae) in Hokkaido, Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Algal Resources	6. 最初と最後の頁 67-72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tadashi Kawai, Nina Klochkova, Kazuhiro Kogame, Tsuyoshi Abe, Dmitry Galanin, Norishige Yotsukura	4. 巻 38
2. 論文標題 Costal marine flora in northern Hokkaido and southern Sakhalin along the coast of the Sea of Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Rishiri Studies	6. 最初と最後の頁 95-98
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kenji Sudo, Kentaro Watanabe, Norishige Yotsukura, Masahiro Nakaoka	4. 巻 35
2. 論文標題 Predictions of kelp distribution shifts along the northern coast of Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 47-60
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1440-1703.12053	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 吉田雅範	4. 巻 -
2. 論文標題 コンブの効率的早期種苗生産に向けた養殖株と保存株を用いた葉体成熟制御技術の確立	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 令和元年度青森県産業技術センター水産部門事業概要年報	6. 最初と最後の頁 55-56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 吉田雅範, 佐々木幸子, 四ツ倉典滋	4. 巻 -
2. 論文標題 コンブの効率的早期種苗生産に向けた養殖株と保存株を用いた葉体成熟制御技術の確立 - 屋内水槽を用いた養殖コンブの成熟促進実証試験 -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 令和元年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告	6. 最初と最後の頁 550-553
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tadashi Kawai, Dmitrii Galanin, Zhanna Tskhay, Tatiana Kroupnova, Norishige Yotsukura	4. 巻 11
2. 論文標題 Present status of saccharinian kelp in southern Primorye and Sakhalin, far-east Russia, and Northern Hokkaido, Japan, in Sea of Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Algal Resources	6. 最初と最後の頁 33-42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Zhang Jie, Yao Jianting, Hu Zi Min, Jueterbock Alexander, Yotsukura Norishige, Krupnova Tatiana N., Nagasato Chikako, Duan Delin	4. 巻 12
2. 論文標題 Phylogeographic diversification and postglacial range dynamics shed light on the conservation of the kelp <i>Saccharina japonica</i>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Evolutionary Applications	6. 最初と最後の頁 791 ~ 803
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/eva.12756	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Boonprab Kangsadan, Matsui Kenji, Akakabe Yoshihiko, Yotsukura Norishige, Kajiwara Tadahiko	4. 巻 31
2. 論文標題 11-Hydroperoxide eicosanoid-mediated 2(E),4(E)-decadienal production from arachidonic acid in the brown algae, <i>Saccharina angustata</i>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Applied Phycology	6. 最初と最後の頁 2719-2727
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10811-019-01776-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Tadashi Kawai, Nina Klochkova, Kazuhiro Kogame, Tsuyoshi Abe, Dmitrii Galanin, Norishige Yotsukura	4. 巻 38
2. 論文標題 Coastal Marine Flora in Northern Hokkaido and Southern Sakhalin along the Coast of the Sea of Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Rishiri Studies	6. 最初と最後の頁 95-98
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Jie Zhang, Norishige Yotsukura, Alexander Jueterbock, Zi-Min Hu, Jorge Assis, Chikako Nagasato, Jianting Yao, Delin Duan	4. 巻 33
2. 論文標題 Detecting no natural hybridization and predicting range overlap in <i>Saccharina angustata</i> and <i>Saccharina japonica</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Applied Phycology	6. 最初と最後の頁 693-702
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10811-020-02300-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Zi-Min Hu1, Ti-Feng Shan, Jie Zhang, Quan-Sheng Zhang, Alan T. Critchley, Han-Gil Choi, Norishige Yotsukura, Fu-Li Liu, De-Lin Duan	4. 巻 Version of Record online
2. 論文標題 Kelp aquaculture in China: a retrospective and future prospects	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Reviews in Aquaculture	6. 最初と最後の頁 1-28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/raq.12524	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Norishige Yotsukura, Kenitsu Unjo, Yuji Hashimoto, Tadashi Kawai, Yoshinori Katsuyama	4. 巻 43
2. 論文標題 Method for creating laminarialean kelp colonies using seawater that contains naturally derived polymers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Regional Studies in Marine Science	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.rsma.2021.101663	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 吉田雅範	4. 巻 -
2. 論文標題 コンブの効率的早期種苗生産に向けた養殖株と保存株を用いた葉体成熟制御技術の確立	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 令和2年度青森県産業技術センター水産部門事業概要年報	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 吉田雅範, 佐々木幸子, 四ツ倉典滋	4. 巻 -
2. 論文標題 コンブの効率的早期種苗生産に向けた養殖株と保存株を用いた葉体成熟制御技術の確立 - 屋内水槽を用いた養殖コンブの成熟促進実証試験 -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 令和2年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Norishige Yotsukura
2. 発表標題 Current status and assignments of seaweed cultivation and breeding in Japan
3. 学会等名 23rd International Seaweed Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林裕一, 能登谷正浩, 四ツ倉典滋
2. 発表標題 島根県隠岐の島沿岸のツルアラメ2形の群落構造
3. 学会等名 日本応用藻類学会第15回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 四ツ倉典滋
2. 発表標題 コンブ資源の保全 - 環境変動によるリスクとその対応 -
3. 学会等名 平成30年度日本水産学会北海道支部大会公開シンポジウム「環境変動を考慮した北海道の水産増殖の展望」(招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 川井唯史, 四ツ倉典滋	4. 発行年 2018年
2. 出版社 生物研究社	5. 総ページ数 6
3. 書名 海洋と生物 236	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	吉田 雅範 (YOSHIDA Masanori) (90557951)	地方独立行政法人青森県産業技術センター・水産総合研究所・部長 (81101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------