

令和 3 年 6 月 8 日現在

機関番号：82708

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H02268

研究課題名(和文) 藻場の生物育成機能における植生多様性の意義と生態的回廊によるその向上の検証

研究課題名(英文) Verification of the significance of vegetation diversity in the biological production function of macroalgal beds and its improvement by ecological corridor

研究代表者

吉田 吾郎 (Yoshida, Goro)

国立研究開発法人水産研究・教育機構・水研機構(廿日市)・主幹研究員

研究者番号：40371968

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,400,000円

研究成果の概要(和文)：瀬戸内海西部の岩礁性藻場を対象に、藻場に依存する水産生物の分布と海藻植生の関係を調べた。メバルは藻場内で集中分布を示したが、当歳魚と成魚は異なる環境下で多く出現し、浅所に群落を作る単年生のアカモク(稚魚)と、深所のノコギリモク(成魚)の組み合わせの藻場がスムーズな生活史にともなう生息場所の移行に適していた。ウニ類やマナマコ等の磯根生物は、岩盤域よりも間隙の多い巨礫集積域に形成されるホンダワラ類藻場に多かった。これらの稚仔はヒジキ等が優占する潮間帯に多く出現した。漁業者からは潮間帯から潮下帯まで連続的に藻場が形成され、その沖に近接して人工礁が設置されている場所が、好漁場として認識されていた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

水産資源育成のために、投石や人工礁などを投入した「藻場造成」が各地で行われているが、これらにより水産資源が回復した事例は極めて少ない。公共事業として安定した単一の人工基質を投入し、海藻植生の極相種の群落形成を狙うこれらの手法と、生活史に応じて多様な環境を必要とする生物側のニーズにミスマッチがあるためと考えられる。近年は異なるハビタット間のネットワークが着目されており、藻場に依拠する水産生物においても、その増殖のためには、異なる物理環境による植生多様性と相互の連関を創生することが施策として必要であると考えられる。本研究は上述の内容を現場調査により実証し、水産資源育成の施策に資する知見を提供する。

研究成果の概要(英文)：Relationship between distribution of fishery important animals and vegetation of macroalgal beds were investigated in the western part of the Seto Inland Sea. Rockfish showed a concentrated distribution in macroalgal beds, but juveniles and adult fish exhibited different patterns. A combination of vegetations of annual *Sargassum horneri* in shallower zone (for juveniles) and *S. macrocarpum* in deeper zone (for adult) seems to promote smooth relocation of habitats in its life history. Invertebrates such as sea urchins, sea cucumbers and turban shells were abundant in the *Sargassum* beds formed in the boulder areas rather than in bedrock areas, as with more gaps in the accumulation of boulders suitable for habitats. Juveniles of these animals appeared a lot in the intertidal zone with the vegetation of *S. fusiforme*. Macroalgal beds, with inter- and subtidal vegetations and with the combination of artificial reefs set offshore are recognized as good fishery grounds by local fishermen.

研究分野：藻類生理生態学

キーワード：藻場 海藻植生 水産資源育成 ホンダワラ類 アラメ・カジメ類

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

水産資源育成のために、投石や人工礁などを投入した「藻場造成」が各地で行われている。これらの構造物においては事業の費用対効果の向上に資するため、数十年レベルの長期の耐用年数が求められ、多くの事例では波浪等外力への物理的耐性を有した大型の構造物を、一定の水深以下に設計する場合がほとんどである。しかしながら、これらの人工構造物により、水産資源が有効に回復した事例は極めて少ない。一方で、生物はその生活史において、多様な生息環境を必要とすることが一般的であり、近年は異なるハビタット間のネットワークに着目し、「点」より「面」の環境整備の重要性が認識されつつある。したがって、上述した構造物を主な生息場とする生物(磯根生物)においても、その増殖においては、生活史上必要な異なるハビタットとの連関を付与することが必要であると考えられる。

### 2. 研究の目的

アラメ・カジメ類やホンダワラ類等の多年生の大型海藻は、海藻の植生遷移系列における極相群落を形成し、その安定性と生態学的・産業的重要性から藻場の保全施策において最重要の対象となっている。その一方、より物理的攪乱の大きい環境下で形成される小型海藻や単年生海藻の群落は、藻場を利用する多くの生物の、特に稚仔期の生息場として重要であることを指摘する知見も集積されている。本研究では、物理的な環境勾配とそれを反映した多様な生活型の海藻植生(群落)により構成される藻場が、藻場に依拠する生物の生活史を通じた多様な環境要求性を満たし、その生産において高い機能を持つことを検証する。

### 3. 研究の方法

#### (1) 調査地の藻場・人工礁のマッピングと漁業情報の収集

調査は瀬戸内海西部、広島湾口部の屋代島(山口県大島郡周防大島町)周辺で行った。2018年11月23日、2019年3月8日および7月26日の3回にわたり、周防大島北岸の松ヶ鼻(33°57'06"N, 132°26'18"E)から和田港地先(33°56'18"N, 132°24'11"E)までの海岸線に沿って、水平距離およそ3km、汀線からの沖出し300mの範囲において、小型ボートにサイドスキャンソナーを搭載して、100~200mの間隔で岸沖方向に航行した。サイドスキャンソナーで藻場・投石(藻・漁)礁の分布と底質等を記録するとともに、合計48地点で水中カメラを垂下し、海藻・草の生育状況や底質の様子を確認した。これらのデータをもとに、調査地の詳細な海底地形マップを作製した。

現地海域の漁業者に、漁業の形態と良好な漁場の特徴についてどのような認識を有しているか、聞き取りによって情報を収集した。また、海底地形マップを作成した場所周辺で、刺し網漁業を営んでいる漁業者の操業の記録を整理し、網の設置場所や漁獲物の情報と、マップ上の藻場などの位置と照合を行った。

#### (2) 調査地の藻場の生態的特性の実態把握

瀬戸内海西部(広島湾、伊予灘)の屋代島、片島、平郡島の天然岩礁域および人工礁域において、ライントランセクト法により藻場の植生と底質を調査し、本海域の岩礁性藻場の植生の特徴を把握した。海藻植生のうち、瀬戸内海域における知見が少ないクロメについて、その群落内に50cm方形枠を設置し、繁茂期、衰退期の現存量、株密度を求めるとともに、側葉にコルクボーラーで穴をあけて一定期間後に回収し、同期間の葉の形成速度を把握するリーフマーキング法によって生産量を把握し、他海域の生産量と比較を行った。また、群落内に1mの永久方形枠を設置してクロメを含む全ての直立海藻を除去し、その後に入植したクロメの成長や密度の変化を不定期に観察した。これにより、本海域におけるクロメ群落の形成過程を明らかにし、他海域の知見と比較した。

また、砂泥域に群落を作るアマモについても、本海域における生産生態を初めて明らかにした。屋代島和田港沖の砂泥地に形成されている群落を対象にしてライントランセクト法によりアマモの垂直分布を把握した。この結果に基づき、浅所(水深1.3m)、最繁茂場所(同1.7m)、深所(同4.0m)に、1mの永久方形枠を4枠ずつ設置し、枠内のアマモ草体密度を計数して株密度の変化を明らかにした。また、枠周辺の草体15株程度について、リーフマーキング法による生産力測定を行った。植食性魚類アイゴによるアマモ草体の採食が大きくなる秋には、マーキングしたアマモを園芸用支柱とネット(1cmメッシュ)で作成したカゴで防護して、被食による生産量への影響を把握した。

#### (3) 藻場の植生、底質と蝸集生物の関係解明

瀬戸内海西部(広島湾、伊予灘)の屋代島、平郡島、阿多田島、西能美島の計6か所の藻場において、5月にライントランセクトによる海藻植生の垂直分布と、メバル等の魚類の蝸集状況について調べた。潮間帯から海藻植生が無くなる深所まで側線を引き、起点から5mおきに1m方形枠を設置して、底質特性(岩盤、岩塊、巨礫、大礫、小礫、砂泥)と海藻植生を調べた。また1m間隔で藻場を俯瞰した写真を撮影して方形枠間の藻場の状況の情報を補うとともに、同じく1m間隔で群落高(海底からの最高到達点)をメジャーの先端にウエイトを付けた巻尺で測定し

た。また、ダイバーが調査測線に沿ってゆっくり遊泳し、5m 間隔で調査測線から左右 1m 幅に出現する魚類を目視で計数した。メバルについては、そのサイズにより当歳魚とそれ以上の個体に分けて計数した。

また 2~3 月に上述の島嶼の計 7 か所の藻場において、潮下帯上部(CDL 水深で 0 - 2m の範囲)に 1m 方形枠をそれぞれ 4 つ設置し、枠内の海藻植生、底質特性(上述)およびウニ類、ナマコ類、巻貝類等の磯根生物を採集した。屋代島においてはさらに 潮間帯、潮下帯上部、潮下帯下部、同一水深帯(潮下帯上部)において底質が岩盤、巨礫中心、大小礫中心の場所においてもそれぞれ 1m 方形枠を 4 枠ずつ設置し、同様の観察と採集を行った。

#### 4. 研究成果

(1) 屋代島北岸(松ヶ鼻~和田港地先)の詳細な海底マップを作成した。同沿岸域では基本的に砂泥海底が卓越していたが、岬状地形(ハナ)の周辺を中心に、潮間帯から漸深帯上部(水深 2m 程度)まで岩盤・礫を底質とした岩礁域となっていた。そのような場所では潮間帯にヒジキ、漸深帯にはアカモク、ヤツマタモク、ノコギリモク等のホンダワラ類が藻場を形成していた。いくつかの場所ではその天然藻場の沖側に近接して人工礁が深所まで設置されており、そのような場所が潜水漁や刺し網の好漁場として認識され、実際に操業も活発に行われていた。

(2) 藻場構成種として重要なアラメ・カジメ類の 1 種クロメについて、瀬戸内海における生態的特性をはじめ明らかにした。優占群落における繁茂期(6~7 月)の平均現存量は 0.7~1.3 kg 乾重 m<sup>-2</sup> であり、成体の平均密度はおおむね 10~20 個体 m<sup>-2</sup> であった。片島と屋代島・松ヶ鼻において、葉状部のマーキング法で測定した生産量では、繁茂期に 10.4~15.6 g 乾重 m<sup>-2</sup> 日<sup>-1</sup>、衰退期(10~11 月)に 1.8~5.3 g 乾重 m<sup>-2</sup> 日<sup>-1</sup>、成長期(2~3 月)に 5.8~12.9 g 乾重 m<sup>-2</sup> 日<sup>-1</sup> が得られ、本海域のクロメは太平洋や東シナ海のクロメおよび近縁種のカジメと同程度の生産力を有していた。繁茂期の成体の形態には、波浪環境を反映すると思われる多様性が調査地間でみとめられた。群落内を裸地化して、群落の再生過程を観察した実験では、秋(11 月)に裸地化後、2 月までには多数の幼体が入植した。幼体は成長して優占群落を形成し、裸地化して 2 年後には周囲の天然群落と同様の株密度と平均サイズに達した。クロメの寿命は最低 5 年と考えられた。

また屋代島和田港地先のアマモの繁茂期(6 - 7 月)の生産量は、浅所、最繁茂場所、深所でそれぞれ 2.32 ± 0.26、3.44 ± 0.10、1.42 ± 0.51 gDW m<sup>-2</sup> 日<sup>-1</sup> であった。また、見積もられた年間生産量はそれぞれ 322.5、474.2、151.0 gDW m<sup>-2</sup> 年<sup>-1</sup> であった。アイゴによるアマモ葉の採食は 8~11 月にみられたが、見積もった葉の新形成量はカゴで防除した実験区としなかった実験区で大きな差異はなく、影響は軽微と考えられた。

(3) 調査した藻場はアカモクやノコギリモク、ヤツマタモク等のホンダワラ類を中心とした植生であり、屋代島、西能美島では海底傾斜も緩やかで水深 2 - 3 m で砂地に変わり藻場の下限となっていた。一方、阿多田島の外浦、平郡島の赤崎では海底傾斜は比較的急でより深所まで藻場が形成されていた。特に平郡島の赤崎では複数のホンダワラ類が水深に沿って明瞭な垂直分布を示した。これらの藻場では、種が不明であった異体類も含めて総計 22 種の魚類が計数された。メバルが共通して観察され、キヌバリやスズメダイ、ホンベラ、キュウセンなどのベラ類も多く確認された。個体数としてはメバルが最も多く計数され、特に当年に生まれ藻場に来遊して間もない当歳魚が多く確認された。藻場内におけるメバルの分布は当歳魚、成魚とも集中しており、森下の I 指数(集中分布指数)で集中度をみたところ、当歳魚、成魚ともいずれの藻場でも同指数は 1 より大きく、藻場内で集中した分布がみられていた。しかし、藻場内で集中分布する場所の特性は当歳魚と成魚で異なり、当歳魚は水深が浅く(1 - 3m)、海底傾斜が緩やか(0 - 0.2m/m)な場所で分布密度が大きい一方、成魚はより深所(水深 1 - 6m)で海底傾斜が急な場所(0 - 0.6m/m)にも分布した。またホンダワラ類の被度と分布密度の関係については、当歳魚は比較的被度(50% からそれ以上)の高い場所に多い一方、成魚は不明瞭であった。また、ホンダワラ類の種でみると、当歳魚は藻体が 3m 以上のアカモクの周辺に多かったが、成魚はノコギリモクの周辺に多い傾向があった。

調査海域のホンダワラ類藻場の特徴として、単年性のアカモクは浅所に、また多年生のノコギリモクはアカモクより深所に分布する傾向がある。夏季に補足の調査を行ったところ、アカモク群落は流出していたのに対し、ノコギリモクの群落は維持され、成長した当歳魚も含む多くのメバルがみられた。メバル当歳魚が接岸する春季に浅場に大きな群落を形成するアカモクは格好の生息場であるとともに、より深所のノコギリモクは周年生息場を提供するとともに、成長とともに深場の岩礁へ移動するメバルの生活史における中継所の意義もあると考えられた。

磯根生物の調査地の底質はいずれの藻場でも大小の礫から構成されていたが、広島湾奥部に位置する阿多田島、西能美島の藻場と比較し、より開放的な環境下にある屋代島、平郡島の藻場の底質の方が大きい礫で構成され、巨礫(人頭大~等身大)の平均的な被度は前者の藻場で 20% 前後、後者の藻場で 50% 以上であった。また、海藻植生の優占種は阿多田島、西能美島がヤツマタモク、ノコギリモク等であったが、屋代島、平郡島では単年性のアカモクを中心にホンダワラ、ジョロモクが優占し、クラスター解析によっても前者と後者の調査地の海藻植生は明瞭にグループ分けされた。また、サザエ、トコブシ、ウニ類、マナマコ等の有用底生生物の現存量も、屋代島・平郡島で多かった。阿多田島、屋代島では、それぞれの藻場で水深がほぼ同一で底質組成の異なる場所(岩盤区、巨礫優占区、小礫優占区)で同様の方形枠採集を行った結果、底生

物は巨礫優占区で最も多かった。巨礫は物理的安定度が比較的高く、かつ積み重なることで生物が生息可能な空隙が多いため、生物現存量が多いと考えられた。さらに阿多田島、屋代島では異なる水深でも調査を行った結果、ヒジキやアナアオサの優占する潮間帯の巨礫域で、マナマコ、ウニ類、サザエの稚仔が集中して出現した。したがって、これらの生物は潮間帯で入植し初期生活を送っており、増殖場の整備においても潮間帯からの連続性を付与する必要があると考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Ogino Y , Furumitsu K , Kiriya T, Yamaguchi A	4. 巻 71
2. 論文標題 Using optimised otolith sectioning to determine the age, growth and age at sexual maturity of the herbivorous fish <i>Kyphosus bigibbus</i> : with a comparison to using scales	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Marine and Freshwater Research	6. 最初と最後の頁 855-867
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1071/MF19231	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 -

1. 著者名 吉田吾郎	4. 巻 78
2. 論文標題 瀬戸内海の藻場・干潟の特性と保全・再生の課題	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 瀬戸内海	6. 最初と最後の頁 8-10
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 吾郎・島袋 寛盛・堀正和・村瀬 昇・加藤亜記	4. 巻 12
2. 論文標題 瀬戸内海西部における褐藻クロメの生態学的特性 . 現存量と生産量, および形態の多様性	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 広島大学総合博物館研究報告	6. 最初と最後の頁 87-99
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15027/50635	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 -

1. 著者名 吉田吾郎・島袋寛盛・加藤亜記・梶田 淳・三浦俊一・村瀬 昇	4. 巻 13
2. 論文標題 瀬戸内海西部における褐藻クロメの生態学的特性 II. 裸地化後の群落再生過程	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Algal Resources	6. 最初と最後の頁 151-162
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 -

〔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 吉田吾郎
2. 発表標題 瀬戸内海の藻場の現況と特性～多様性とその意義～
3. 学会等名 瀬戸内海研究フォーラム in 兵庫（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉田吾郎・首藤宏幸・森口朗彦・寺脇利信・谷本照己
2. 発表標題 瀬戸内海のアマモ場の特性～多様性とその意義、および保全・再生にむけて～
3. 学会等名 全国アマモサミット 2018 in 阪南・第35回沿岸環境関連学会連絡協議会ジョイントシンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshimi Ogino, Keisuke Furumitsu, Takanari Kiriya, Atsuko Yamaguchi
2. 発表標題 Age and growth of the herbivorous fish, <i>Kyphosus bigibbus</i> , determined by accurate age determination techniques, for elucidating the effects on algal ecosystems in the Northwest coast of Kyushu, Japan
3. 学会等名 PICES-2018 Annual Meeting（国際学会）
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔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	島袋 寛盛  (Shimabukuro Hiromori)  (00569452)	国立研究開発法人水産研究・教育機構・瀬戸内海区水産研究所・主任研究員    (82708)	

6. 研究組織（つづき）

	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	山口 敦子 (Yamaguchi Atsuko)  (10310658)	長崎大学・水産・環境科学総合研究科（水産）・教授  (17301)	
研究分担者	清本 節夫 (Kiyomoto Setuo)  (70371995)	国立研究開発法人水産研究・教育機構・西海区水産研究所・主任研究員  (82708)	

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