

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 10 月 19 日現在

機関番号：82708

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25450267

研究課題名(和文) 海域間エコトーンにおける藻場生態系の変曲点探査と温暖化による変動機構解明

研究課題名(英文) Effects of global warming on seaweed bed ecosystems- Mechanism elucidation by researches at the ecotone between sea areas with different climate characteristics

研究代表者

吉田 吾郎 (Yoshida, Goro)

国立研究開発法人水産総合研究センター・瀬戸内海区水産研究所・グループ長

研究者番号：40371968

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：近年我が国沿岸域で進行する水温上昇を背景とする藻場生態系の変化(磯焼けの拡大)の機構解明のため、瀬戸内海と黒潮流域に介在し、比較的小さな海域に明瞭かつコンパクトな水温勾配がみられる宇和海で研究を実施した。この水温勾配に沿って、藻場の海藻植生はクロメやホンダワラ類等による温帯性のものから、磯焼け域の一部に群落を形成する熱帯性ホンダワラ類によるものへと劇的に変貌した。また、同海域では1990年代初頭と比較し上記の温帯性海藻の南限が大幅に北上するとともに、熱帯性海藻の分布が拡大していた。現地実験から、この藻場生態系の変化には水温上昇にともなう植食動物の採食活動の変化が作用していることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：Recently, degradation of seaweed bed ecosystems has been occurring along the Japanese coast against the background of rise of coastal water temperatures. To elucidate the relationship between change in seaweed bed ecosystems and water temperature rises, researches and experiments were conducted at Uwa Sea, which connects the temperate Seto Inland Sea area to warmer Pacific Sea area. Within this small sea area, a compact, clear temperature gradient was observed and seaweed vegetation changed dramatically along it, from a temperate vegetation with large brown algae to a tropical vegetation formed within Isoyake areas. Geographical boundaries between these vegetation having been going northward after early 1990's with increase of water temperature. It was indicated that this changes in seaweed bed ecosystems was not induced by negative physiological effect of increasing temperature to seaweeds, but by intensified topdown control, i.e., increase of grazing pressure by herbivorous animals.

研究分野：藻類生理生態学

キーワード：藻場 温暖化 水温上昇 磯焼け 温帯性海藻 熱帯性海藻 ホンダワラ類 コンブ目藻類

### 1. 研究開始当初の背景

大型海藻により構成される藻場は、沿岸域の物質循環や生物生産に多大に貢献し、産業上も重要である。しかし、我が国沿岸では1990年代初頭から、特に暖流域沿岸を中心に藻場の非定常的な消失・衰退(磯焼け)が大規模に進行している。同じ時期に我が国沿岸域の水温は一貫して上昇しており、藻場の変化との関連が指摘されているが、水温変化がどのような生物学・生態学的な作用を通じて藻場に变化をもたらすのか、その機構については不明のままである。今後も温暖化の進行による水温の上昇が予測されていることから、藻場の消失・衰退の劇症化およびさらなる拡大が懸念されており、水温変動が藻場生態系の変化をもたらすメカニズムについて早急に解明が必要である。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、特に水温環境の変化が藻場を構成する海藻類の生理生態に及ぼす影響を調査・実験により解明し、近年の水温上昇と藻場の変化との因果関係、およびその作用機構をより明確に理解し、温暖化の藻場生態系への影響の将来予測や藻場の保全施策に資することを目的とする。

### 3. 研究の方法

藻場と水温環境の間に明瞭な関係を見出すため、本研究では異なる気候帯に属する海域間にみられる地理的な水温勾配とそこにおける藻場の変化に着目した。具体的には、瀬戸内海と黒潮流域に介在する豊後水道部にはわずか数10kmの空間に最大5~6以上の明瞭な水温差が存在する。同水道部東部(宇和海)で、1)計13点で藻場の生態調査を実施、2)既往知見収集と聞き取りから同海域における藻場と水温環境の変遷の関係を把握、3)藻場を構成する主要種の海域間移植実験から、水温環境の変化に伴う各種の反応を調べ、水温環境と藻場の変化の関係、また前者の后者への作用機構を明らかにする。

### 4. 研究成果

1)宇和海北部(佐田岬半島および八幡浜市沿岸)では温帯性コンブ目のクロメや、温帯性ホンダワラ類のノコギリモク等が藻場を形成していた。これらの藻場は瀬戸内海でも主要であるだけでなく、磯焼けにより我が国沿岸で衰退しつつあるいわば“在来”の藻場である。宇和海を北部海域から南下していくと、クロメ、温帯性ホンダワラ類の順に植生から欠落していき、宇和海中部(宇和島市沿岸)では、これらの大型海藻はみられず、藻場では小型海藻(マクサ)が優占した。さらに宇和海南部(愛南町)沿岸では、藻場よりも無節石灰藻に特徴づけられる磯焼け的な景観を呈する場所が多くなった。このような場所でも浅所には藻場が形成されていたが、

熱帯性ホンダワラ類(ヒイラギモク)によるものが主であり、サンゴ群落も出現した。したがって、宇和海域では地理的な温度勾配に沿って、クロメ・温帯性ホンダワラ類 小型海藻類(マクサ) 亜熱帯性ホンダワラ類(磯焼け)と藻場の主たる植生の変化がみられたが、これは既往知見として九州沿岸で知られる磯焼けの発生に伴う藻場の植生の時間的変化系列と類似していた。

2)上記の宇和海における藻場の調査結果を1990年代初頭に実施された第4回自然環境保全基礎調査(環境庁 1994)による藻場調査結果と照合した。1990年代初頭には宇和海におけるクロメの南限は、同海域中部の日振島、戸島等の島嶼部であったが、本研究の調査結果では前述のとおりクロメの南限は宇和海の北部海域へと大幅に北上していた。また、当時報告のなかった熱帯性ホンダワラ類ヒイラギモクの分布が、同海域中部の島嶼まで大幅に拡大していた。過去の水温データ(愛媛県水産試験場等による浅海・沿岸定線観測データ)を解析したところ、1980年代と比較し2000年代には年間平均で海域の全域にわたり0.5~1以上水温が上昇しており、特に冬季の水温が上昇傾向であることが明らかになった。

3)瀬戸内海から宇和海にかけての水温勾配に沿って6地点を選定し、藻場を構成する主要な海藻(温帯性コンブ目藻類クロメ、温帯性ホンダワラ類のアカモク、ヤツマタモク、ヒジキ、ノコギリモク、熱帯性ホンダワラ類ヒイラギモク)を育成して、水温環境と各種の生産量の関係を調べた。各種の生長点を含む小藻体を、動物の食害から防護用するためのカゴに収容し、季別に2週間程度それぞれの場所で垂下し、成長を把握した。最北(瀬戸内海・広島湾奥部)と最南(愛媛県愛南町沿岸)の実験地間で観測された実験期間中の平均水温の幅は、夏季(8月):24.0~25.3、水温下降期(12月):13.4~18.5、冬季(2月):10.4~15.0、水温上昇期(4-5月):16.9~19.7であった。クロメと温帯性ホンダワラ類については、冬季以外は、実験地間の水温環境の違いに起因すると考えられる成長の差異はみられなかった。一方、冬季については平均水温の上昇にともなってこれらの種の成長量は増加し、現在これらの藻場の分布が見られていない南域の実験地(宇和島市下灘と愛南町)で最も良好であった。しかし、本実験と同じ実験地で同時並行的に実施したヒジキの養殖実験では、12月以降これらの南域の実験地では魚類による食害を受けて藻体は消失した。

これらのことから、藻場の変化、特に温帯性の海藻による在来の藻場の変化は、1)水温上昇(特に多くの海域で報告されている冬季水温の上昇)がこれら海藻の潜在的な生産力に負の作用を及ぼした結果ではないこと、2)水温上昇は植食性動物の活動様式(採食量やその期間等)に影響を及ぼし、海藻への

採食圧を強化する方向で作用した結果、温帯性藻場の衰退・消失が起こること等が明らかとなった。また、このような動物の活動様式の変化を通じた藻場への影響は、冬季(2月)の平均水温 15 を境界とし、それを超える海域で顕著になる傾向も明らかとなった。

一方、亜熱帯性ホンダワラ類ヒイラギモクの成長は、冬季に瀬戸内海側で阻害されたことから、同種の分布拡大には冬季の低水温が生理的な障壁になっていると考えられた。冬季水温の上昇により、生理学的には生産力の上昇、また生態学的には動物の採食圧の増加による温帯性藻場の消失が起これば、亜熱帯性ホンダワラ類の藻場は北方へ拡大していくものと考えられた。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計6件)

Yoshida G., Uchimura M, Hiraoka M. Persistent occurrence of floating Ulva green tide in Hiroshima Bay, Japan: seasonal succession and growth patterns of *Ulva pertusa* and *Ulva* spp. (Chlorophyta, Ulvales). *Hydrobiologia* 758, 2015, 223-233. (査読あり)

Yoshida G., Hori M, Shimabukuro H, Hamaoka H, Iwasaki S. Production of *Zostera marina* with different shoot size and stand structures in the Seto Inland Sea, Japan – production in the luxuriant season in 2012 –. *Biosphere Science* 54, 2015, 29-44.

Shimabukuro H, Yoshida G., Kubo M, Wada M. Water temperature characteristics and the maintenance of *Sargassum piluliferum* (Fucales, Phaeophyceae) in Namako Lake, KamiKoshikishima Island, Kagoshima Prefecture, Japan. *Algal Resources* 8, 2015, 147-154. (査読あり)

Yoshida G., Shimabukuro H, Sakanishi Y. Effect of temperature on the shoot growth of *Sargassum muticum* under laboratory culture conditions. *Algal Resources* 8, 2015, 121-128. (査読あり)

島袋寛盛・吉田吾郎・三浦俊一. 広島湾廿日市丸石地先における石積み護岸上の海藻植生とその変遷. *藻類* 63, 2014, 1-9. (査読あり)

吉田吾郎・島袋寛盛・森口朗彦・堀正和・濱岡秀樹・高田茂弘・田井中剛・加藤亜記. 瀬戸内海西部の屋代島, 平郡島における海藻藻場の特性 –特にホンダワラ類とクロメの垂直分布について–. *生物圏科学* 53, 2014, 1-22.

[学会発表](計5件)

Yoshida G. Ecological studies of *Ulva* spp. in Hiroshima Bay, Japan. 2nd International Symposium of Advanced Research on Green Tides, Shan-hai Ocean Univ., Oct. 9, 2015.

島袋寛盛・吉田吾郎・加藤亜記・郭新宇・吉江直樹・堤英輔. 温度勾配に伴う愛媛県宇和海沿岸の藻場植生の変化. 日本藻類学会第39回大会, 九州大学, 2015年3月22日

村瀬昇・野田幹雄・阿部真比古・縄田里奈・吉田吾郎. クロロフィル蛍光によるクロメとノコギリモクの高温ストレスの評価. 平成26年日本水産学会秋季大会, 九州大学, 2014年9月21日

吉田吾郎・堀正和・島袋寛盛・濱岡秀樹・鬼塚年弘・長谷川夏樹・村岡大祐・八谷光介. 日本沿岸におけるホンダワラ類の現存量に関する文献調査. 日本応用藻類学会第13回大会, 東京海洋大学, 2014年5月31日

島袋寛盛・吉田吾郎・加藤亜記. 愛媛県宇和海沿岸の海水温勾配にともなう藻場生態系の変化. 日本藻類学会第38回大会, 東邦大学, 2014年3月14日

[図書](計 件)

[産業財産権]  
出願状況(計 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

[その他]  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

吉田 吾郎 (YOSHIDA Goro)  
国立研究開発法人水産総合研究センター・  
瀬戸内海区水産研究所・グループ長  
研究者番号: 40371968

##### (2) 研究分担者

加藤亜記 (KATO Aki)  
広島大学・生物圏科学研究科・助教  
研究者番号： 00452962

(3) 連携研究者  
( )

研究者番号：