

2010年代の10年間にわたる長崎県野母町地先の藻場の変化

門田 立,^{1*} 八谷光介,² 吉村 拓,¹ 邵 花梅,¹ 清本節夫¹

(2022年11月1日受付, 2023年4月18日受理, 2023年6月27日J-STAGE早期公開)

¹(国研)水産研究・教育機構水産技術研究所 長崎庁舎, ²同 宮古庁舎

Ten years of monitoring the seaweed community in Nomo, Nagasaki Prefecture, southwestern Japan

TATSURU KADOTA,^{1*} KOUSUKE YATSUYA,² TAKU YOSHIMURA,¹ HUAMEI SHAO¹
AND SETUO KIYOMOTO¹¹Nagasaki Field Station, Fisheries Technology Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, Taira-machi, Nagasaki 851-2213, ²Miyako Field Station, Fisheries Technology Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, Miyako, Iwate 027-0097, Japan

Over the last few decades, the extent of marine kelp forests has decreased along the west coast of Kyushu in Japan. We monitored the distribution of seaweeds and seawater temperatures off Nomo, Nagasaki, western Kyushu from 2010 to 2019, to examine the relationship between seaweed distribution and abundance, and water temperature, with particular attention to *Ecklonia radicata*. In 2010, *Ecklonia cava* ssp. *kurome*, *E. radicata* and *Sargassum macrocarpum* dominated along the transect. However, *E. cava* ssp. *kurome* and *S. macrocarpum* disappeared by December 2013. Moreover, *E. radicata* drastically decreased in 2016 and has not been observed since 2017. In contrast, small macroalgae such as *Zonaria diesingiana* increased in abundance after the larger macroalgal species disappeared. Water temperatures in the spring of 2016 were the highest recorded in the decade from 2010 to 2019 (18.2-19.7°C) and blades of *E. radicata* were frequently lost in 2016, probably because of browsing by herbivorous fish. Previous studies showed that feeding rates of herbivorous fish increase, while relative growth rates of *E. radicata* are stable, within the recorded temperature range. Changes in the balance between fish herbivory and seaweed productivity due to increasing water temperatures could be responsible for the decline of *E. radicata*.

キーワード：アントクメ, 磯焼け, 海水温, クロメ, 小型海藻藻場, 四季藻場, 植食性魚類

西日本沿岸ではコンブ目やヒバマタ目等の大型褐藻で構成される藻場が減少している。¹⁻³⁾九州沿岸域ではその傾向が特に顕著で、四季藻場（主には多年生種により四季を通じて形成される藻場）⁴⁾を構成するカジメ類 *Ecklonia* spp. やノコギリモク *Sargassum macrocarpum* 等が消失し、南方系ホンダワラ類や磯焼け域が増加している。^{2,4-8)} この変化の要因として、海水温の上昇が挙げられており、特に、カジメ類では生存に影響を及ぼす夏の高水温の影響が指摘されている。^{2,5-8)} また、秋から冬の水温上昇により植食動物の摂餌活動期間が長期化することもこれらの藻場の衰退に関与していると考えられている。^{5,7)}

アントクメ *Ecklonia radicata* は、本州太平洋沿岸中・南部および四国、九州に分布する。⁹⁾ 2016年以降、上述した四季藻場の構成種に加え、本邦に分布するコンブ目の中で最も暖海に適応しているアントクメでも、⁹⁻¹¹⁾ その消失が鹿児島県で報告された。^{9,12)} アントクメは巨視的な孢子体と顕微鏡的な配偶体による典型的な異型世代交代を行う単年生種である。孢子体は、春から初夏にかけて繁茂し、夏から秋に成熟し遊走子を放出した後、枯死・流失する。^{13,14)} 遊走子から発芽した配偶体は夏に生長し、秋に成熟すると考えられている。¹⁰⁾ このような単年生のアントクメの消失も海水温の上昇の影響を受けている可能性が指摘されているが、^{9,11,12)} 報告例が少な

いこともあり、その関連については十分に明らかとなっていない。

長崎県長崎市野母町南岸は、長崎半島南端に位置し、対馬暖流系の透明度の高い外洋水と、有明海から流入する栄養塩の豊富な濁度の高い沿岸水の、両方の水塊の影響を受ける場所である。¹⁵⁾ この海域では、90年代前半までクロメ *E. cava* ssp. *kurome* やノコギリモク等が優占する四季藻場が形成されていたが、1998年秋に発生した植食性魚類の食害をきっかけに衰退傾向に転じ、2012年秋までにこれらの海藻が消失している。⁵⁾ 一方、アントクメは90年代前半にはほとんど観察されることはなかったが、2000年代中頃から野母町沿岸での観察事例が増えている。^{7,16)} 本研究では、2010年から2019年にかけて野母町南岸で実施したモニタリング結果から、藻場の優占種の変化を記述するとともに、アントクメ藻場の衰退と海水温の関係を考察した。

材料と方法

調査地 調査地は長崎県長崎市野母町南岸(32°34'N, 129°45'E)において実施した(Fig. 1)。海岸線近くに設けた起点から海岸線と垂直方向に長さ200 mのメジャーロープを設置し、調査ラインとした。なお、可能な限り同じ位置に調査ラインを設置するため、初回の調査ライン終点の位置をGPSで記録し、2回目以降はGPSで記録した地点にブイを設置し、調査ラインの終点はそのブイに重なるようにラインを設置した。調査ラインは起点から100 mまでは起伏のある岩礁で、水深は5 m前後(最大大潮低潮面からの水深)であった(Fig. 2)。それ以降、起伏がやや緩やかな岩盤と変わり、水深は徐々に深くなり、終点付近では11 mに達した。底質は高くなっている場所は岩盤や巨礫が多く、その間の低い所には砂や小礫が多い傾向があった。調査ライン内に占める割合は、砂(sands:米粒大までの大きさ)が2.5%、小礫(pebbles:米粒大からこぶし大)が9%、大礫(cobbles:こぶし大から人頭大)が10.5%、巨礫(boulders:人頭大から等身大)が16%、岩(等身大以上)が62%であった。上記の水深および底質組成は八谷ら¹⁷⁾の調査手法を参考に、調査ラインに沿って1 m毎に基質の種類を記録し、10 m単位でまとめた。また、10 m毎に水深を記録した。

海藻 海藻のモニタリングは2010年から2019年の一般的な海藻の繁茂期である春から初夏(2011年7月, 2012年7月, 2013年7月, 2014年5月, 2015年7月, 2016年6月, 2017年6月, 2018年7月, 2019年7月)と衰退期である秋から初冬(2010年10月, 2011年10月・12月, 2013年1月, 2013年12月, 2014年11月, 2015年11月, 2016年11月, 2017年11月, 2018年11月, 2019年11月)に実施した。原則として、各年の調査は

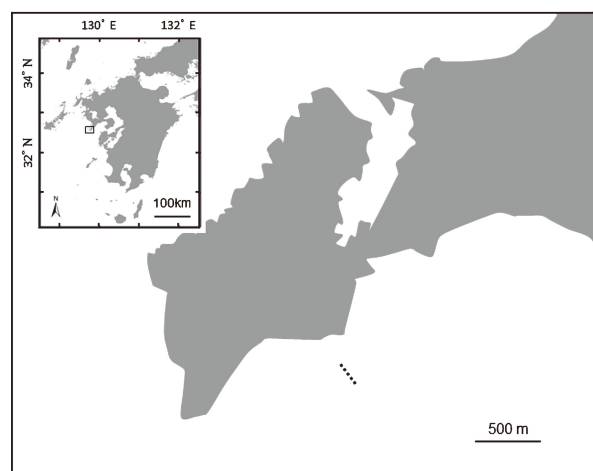


Fig. 1 Map of the study site showing the location of the transect line (dotted line).

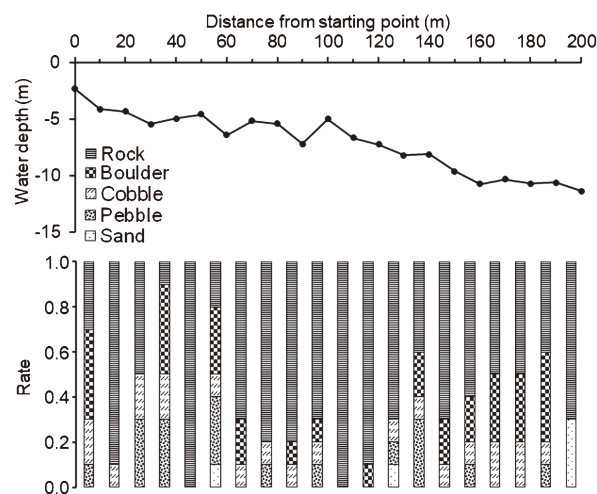


Fig. 2 Depth profile (top) and substrate types (bottom) along the transect line.

春と秋に各1回であるが、2011年10月の調査でクロメの大きな減少が観察されたことから、その直後の状況を確認するため同年12月にも調査を行った。モニタリングはYatsuya *et al.*¹⁸⁾の方法に従い、調査ラインとして設置した200 mのメジャーロープの目盛りに基づき、調査ラインの片側真横の海藻と固着生物の種類を1 m間隔で記録した。解析では、海藻と固着生物を記録したポイント数の合計に対する各海藻あるいは固着生物のポイント数の割合を優占度とした。なお、海藻もしくは固着生物が確認できなかったポイントは裸地として記録したが、上記の解析からは除外した。種同定が困難な海藻も多かったことから、クロメ、アントクメ、ノコギリモク、その他のホンダワラ類、小型海藻、有節サンゴモ、無節サンゴモ及びその他(海藻以外の固着生物:サンゴやカイメン等)の8分類群に区分した。海藻の各分類群

の年変動は調査ライン全体の優占度から、調査ライン内の各海藻の空間分布の変化は起点から10 m毎に求めた優占度から、それぞれ推定した。その他、小型海藻については、種組成の変化を別途把握するため、出現回数が多く同定が可能であったシマオオギ *Zonaria diesingiana*、シワヤハズ *Dictyopteris undulata*、アミジグサ類（主に *Dictyota* spp., フクリンアミジ *Ruguloperyx okamurae* も含まれる）、テングサ類 *Gelidiaceae* spp., キントキ *Grateloupia angusta*, ならびにその他の小型海藻に区分して、小型海藻の総ポイント数当たりのそれぞれの優占度を算出した。

水温 水温データは、調査ラインから約1 km 西南西の水深7 m 地点に設置した水温ロガー (TidbitTv2, Onset Computer Corporation, Bourne, MA, USA) による30分ごとの観測値を用いた。2010年1月から2019年12月までのデータを用いて、各季節の平均水温及び月間平均水温を算出した。なお、本研究では、1月から3月を冬、4月から6月を春、7月から9月を夏、10月から12月を秋とした。

結果

海藻 藻場構成種は10年間で大きく変化した (Fig. 3, 電子付録 Fig. S1)。調査を開始して最初の繁茂期 (5-7月) となる2011年7月では、大型海藻のクロメ (優占度: 0.11)、アントクメ (0.27) 及びノコギリモク (0.30) の3種が優占した (電子付録 Fig. S1b)。クロメはラインの岸側 (始点側) に、アントクメはラインの沖側 (終点側)、ノコギリモクは岸から沖の広い範囲に分布していた (Fig. 4)。クロメ及びノコギリモクのライン内の分布パターンは衰退期 (10-1月) においても2011年10月までは同様の傾向が認められた (Fig. 5)。しかし、その後、クロメとノコギリモクは急激に減少し

(Fig. 3)、クロメは2012年の繁茂期を最後にノコギリモクは2013年繁茂期を最後に消失した (Figs. 3-5)。

アントクメは、繁茂期に優占度が高く (平均値±標準偏差: 0.26 ± 0.13 , $n = 5$), 衰退期には低い (0.01 ± 0.01 , $n = 7$) という季節的変動を2015年まで繰り返していた (Figs. 3-5)。この期間中のアントクメの優占度は、繁茂期で0.12から0.47, 衰退期で0から0.03の範囲で年変動を示した。クロメ・ノコギリモクが消失した2014年以降、アントクメの分布はやや岸側に広がったが、その中心は沖側にあった (Fig. 4)。しかし、2016年繁茂期にはその優占度が急減し (0.03; Figs. 3, 4, 電子付録 Fig. S1d), それ以降優占度は0になった。2011年から2015年の繁茂期のアントクメの優占度 (0.26 ± 0.13 , $n = 5$) とそれ以降の優占度 (0.01 ± 0.02 , $n = 4$) に有意な差が認められた (Mann-Whitney *U*-test, $p < 0.05$)。2015年までの調査ではアントクメに目立った食害は確認できなかったが、2016年の繁茂期の調査では多くの藻体で魚類のものと思われる食痕が観察された。

小型海藻の優占度は、繁茂期が0.18から0.78 (0.5 ± 0.2 , $n = 9$), 衰退期が0.14から0.56 (0.36 ± 0.13 , $n = 11$) であった (Fig. 3)。アントクメが減少する2015年までの繁茂期の優占度は 0.37 ± 0.16 ($n = 5$) であったが、2016年以降の優占度は 0.67 ± 0.10 ($n = 4$) となり、両期間の間で有意差が認められた (Mann-Whitney *U*-test, $p < 0.05$)。一方、衰退期においては、2015年までの優占度は 0.34 ± 0.16 ($n = 7$), 2016年以降の優占度では 0.41 ± 0.07 ($n = 4$) で、両期間で有意差は認められなかった (Mann-Whitney *U*-test, $p = 0.3$)。小型海藻の中では、シマオオギの優占度が全期間を通じて圧倒的に高かった (Fig. 6)。シワヤハズは調査期間 (20回) を通じて7回の調査で優占度が2番目に高くなり (同率2位を3回含む)、この傾向は2014年5月以降

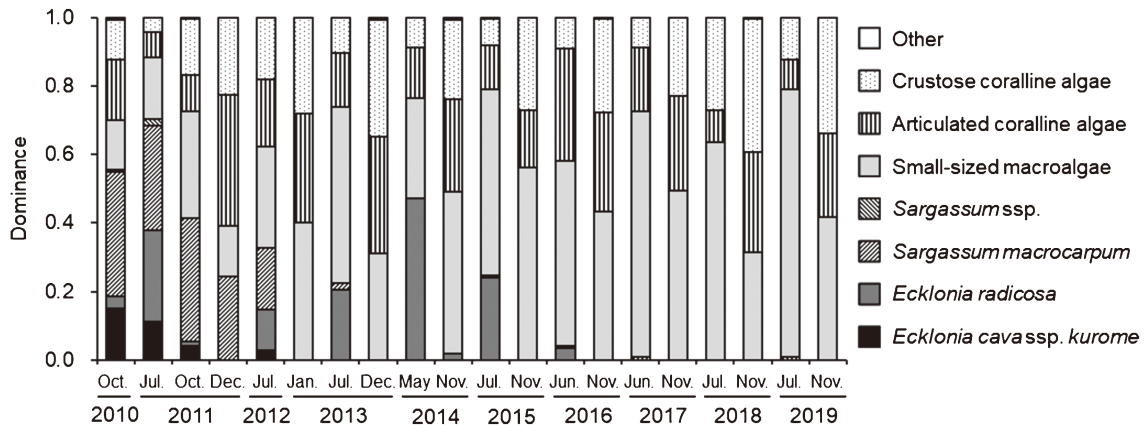


Fig. 3 Benthic community composition along the transect line from October 2010 to November 2019. Dominance was calculated by dividing the total number of points at which each species occurred by the total number of points at which algal or sessile animal cover was recorded.

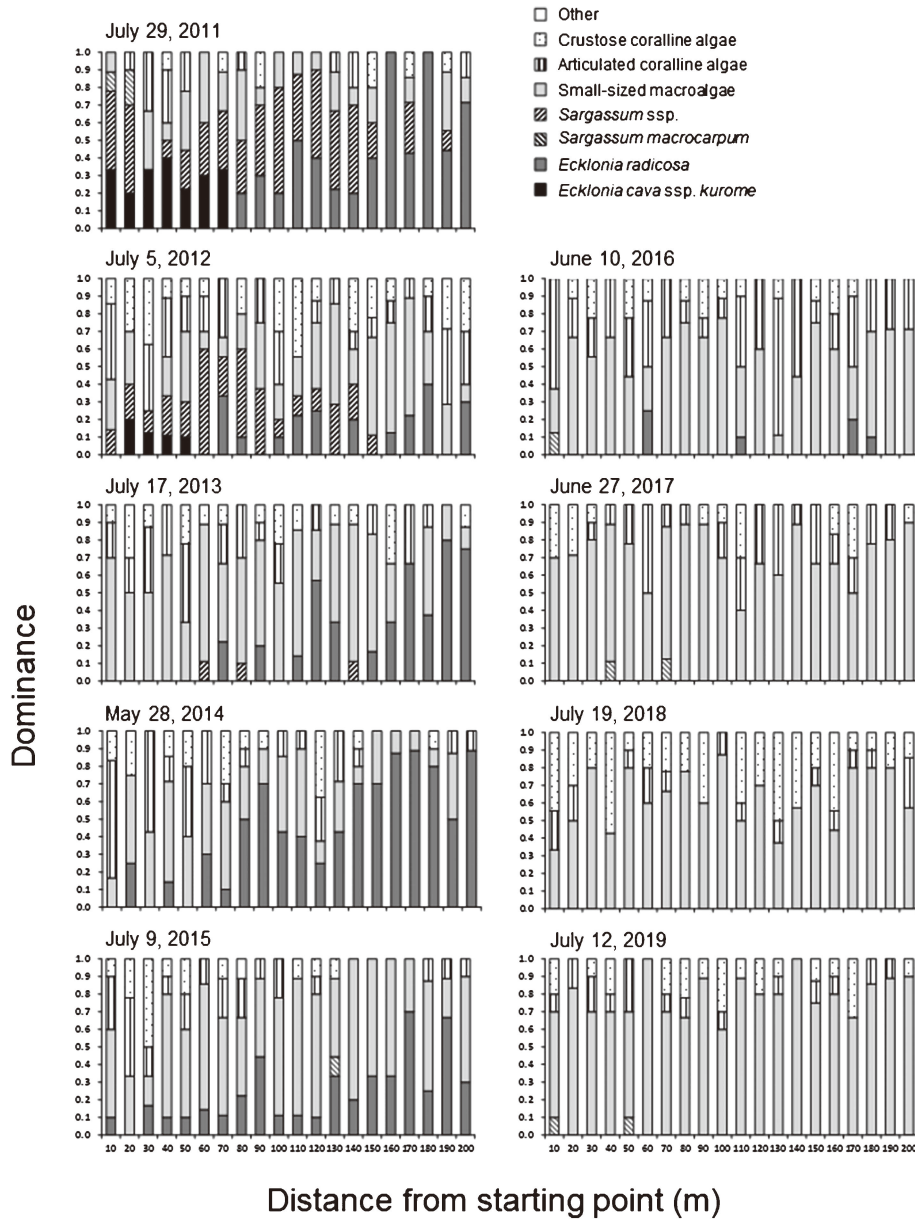


Fig. 4 Benthic community composition recorded at 10-m intervals along the transect line during vegetative periods (May to July). Dominance was calculated by dividing the total number of points at which each species occurred, by the total number of points for all species surveyed, at 10-m intervals.

に顕著 (5/7) であった。テングサ類は4回の調査で優占度が2番目になり、この傾向は2015年7月以降に限られた。一方、アミジグサ類は2回の調査で優占度が2番目になり (同率2位を1回含む)、この傾向は2011年10月以前の調査に限られた。また、キントキは2回の調査で優占度が2番目となり、この傾向は2012年7月以前の調査でのみ確認された。なお、その他小型海藻は8回の調査で優占度が2番目になった (同率2位を2回含む)。つまり、シマオオギは調査期間を通じて優占度は高かったが、その他の順位は調査期間によって変動し、シワヤハズとテングサ類は調査の後半で優占度が比

較的高くなり、アミジグサ類とキントキは調査の前半で高くなる傾向があった。

水温 各季節の平均水温は (Fig. 7), 冬 (1-3月) 13.7-15.7°C (14.8 ± 0.7 , $n = 10$), 春 (4-6月) 18.2-19.7°C (19.0 ± 0.5 , $n = 10$), 夏 (7-9月) 24.3-26.3°C (25.4 ± 0.6 , $n = 10$), 秋 (10-12月) 19.9-21.5°C (20.9 ± 0.4 , $n = 10$) であった。アントクメが減少した2016年春までの過去1年間の水温の推移に注目すると、2015年の夏の平均水温は24.3°Cで夏の水温としては調査期間中で最も低かった (調査期間中の平均値との差: -1.1°C)。また、春の平均水温は2016年が最も高く (10年間の春の平均

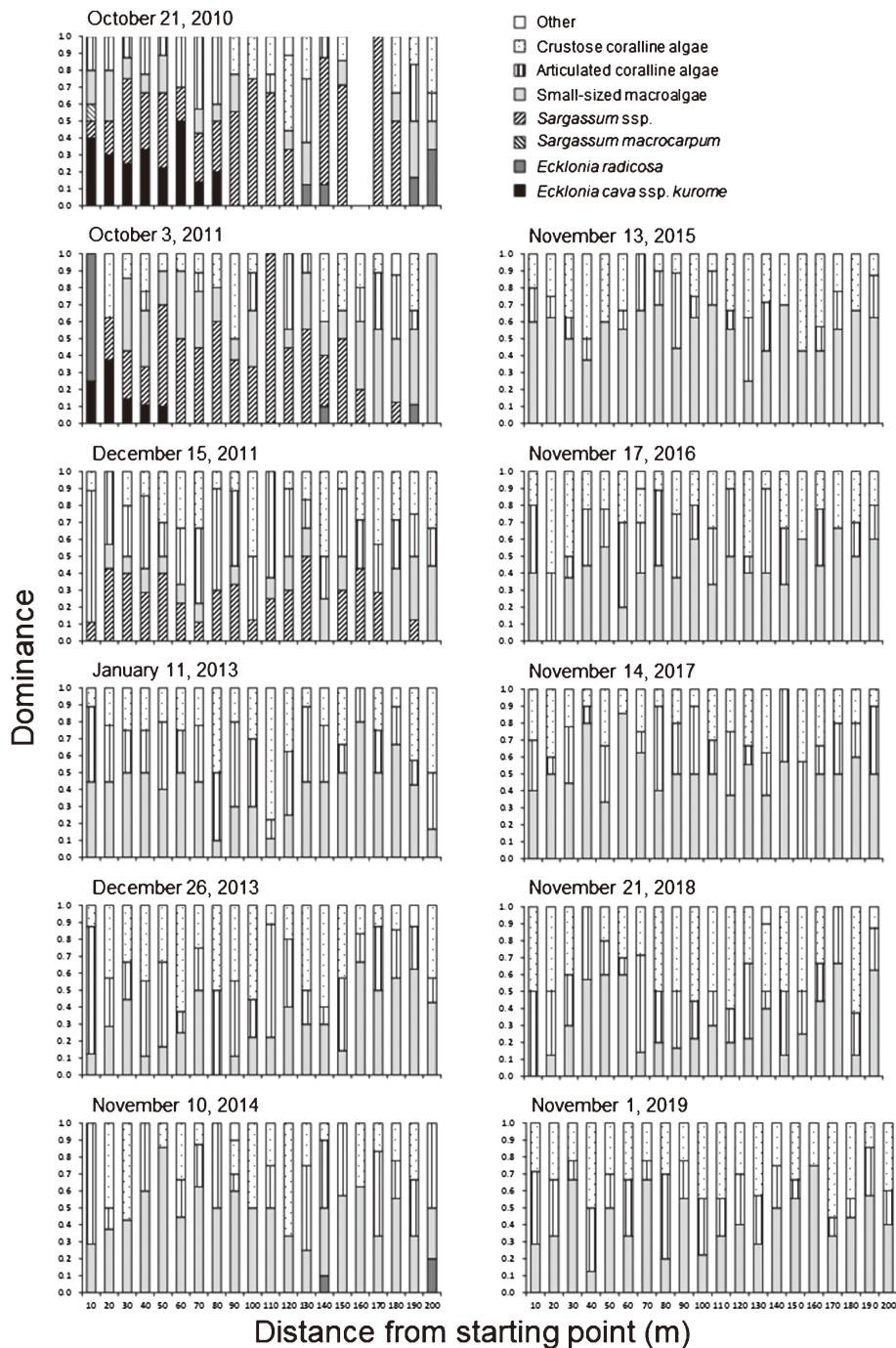


Fig. 5 Benthic community composition recorded at 10-m intervals along the transect line during the non-vegetative season (October to January). Dominance was calculated by dividing the total number of points at which each species occurred, by the total number of points for all species surveyed, at 10-m intervals.

との差 0.8°C : Fig. 7), それ以降 (2018, 2019年) も春の水温の高い傾向が認められた。2016年は特に4月の平均水溫は高く (調査期間中の平均値との差 1.3°C), 5月の平均水溫もアントクメが消失する前の期間 (2010–2015年) と比べ高い傾向が認められた (Table 1)。

考 察

本研究は, 長崎県野母崎南岸において, クロメとノコギリモクを主体とする四季藻場から, 春から夏に繁茂するアントクメ藻場, そして小型海藻藻場に変遷したことを明らかにした。本研究ではクロメとノコギリモクが生育していた時のデータが十分になく, クロメとノコギリ

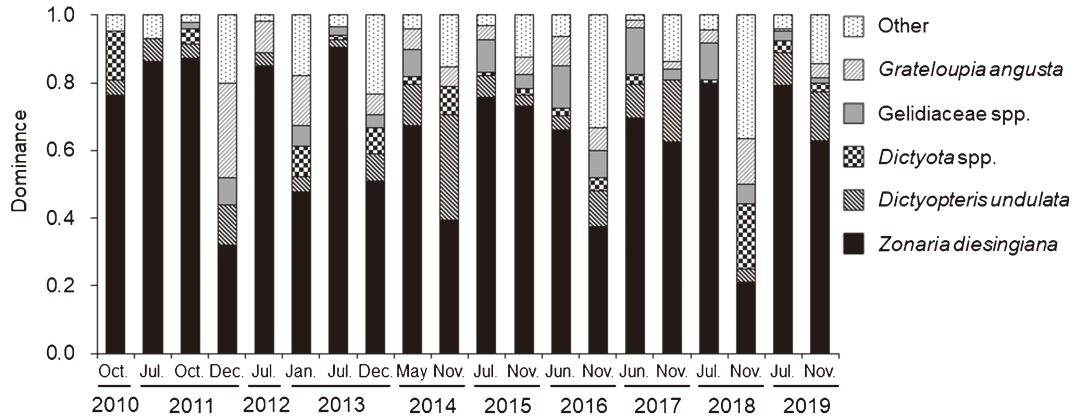


Fig. 6 Community composition of small-sized macroalgae along the transect line from October 2010 to November 2019. Dominance was calculated by dividing the total number of points for each small-sized macroalgal species, by the total number of points for all small-sized macroalgal species surveyed.

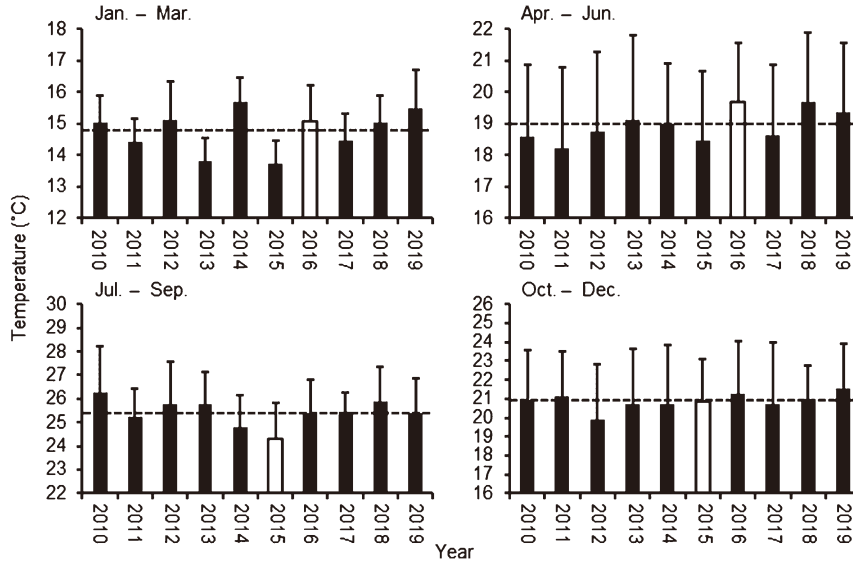


Fig. 7 Seasonal water temperature (mean ± standard deviation) from 2010 to 2019. Dotted lines indicate average water temperatures over the 10-year monitoring period. White bars indicate water temperatures within the 1-year period before the drastic decrease in *Ecklonia radicata*.

Table 1 Monthly average seawater temperature in Nomo, Nagasaki Prefecture, Japan

	Jun.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
2010	15.0	14.6	15.5	15.8	18.8	21.1	24.0	27.6	27.4	23.9	21.1	17.8
2011	14.6	14.1	14.6	15.4	17.9	21.3	24.0	26.2	25.5	23.7	21.3	18.3
2012	15.2	14.0	16.1	15.7	18.8	21.7	23.8	26.9	26.6	23.3	20.0	16.5
2013	14.1	13.2	14.1	16.1	19.2	22.1	24.6	26.7	25.9	24.1	20.6	17.5
2014	15.6	15.2	16.2	16.7	19.1	21.2	23.3	25.4	25.6	24.1	21.1	17.0
2015	14.3	13.5	13.4	15.8	18.8	20.8	22.6	25.4	25.0	23.3	21.0	18.3
2016*	15.9	14.0	15.3	17.7	19.5	22.0	24.0	26.4	25.8	24.4	21.4	18.1
2017	15.4	14.0	14.0	16.2	18.5	21.2	25.1	25.9	25.2	24.4	20.9	16.8
2018	15.3	14.4	15.3	17.2	19.6	22.2	24.3	26.5	26.9	22.9	20.9	19.3
2019	16.5	14.8	15.1	16.9	19.4	21.8	24.2	26.4	25.7	24.3	21.4	18.9
Mean	15.2	14.2	15.0	16.4	18.9	21.6	24.0	26.3	26.0	23.8	21.0	17.8

* *Ecklonia radicata* drastically decreased in 2016.

モクの消失の要因を検討することは難しい。一方、先行研究は、定性的な調査に基づくものであるが、クロメは夏の高水温と植食性魚類の食害により、ノコギリモクは植食性魚類の食害と台風による波浪の影響により減少した可能性を指摘している。⁵⁾ クロメやノコギリモクの消失は長崎県や高知県沿岸でも報告されており、^{3,5,8)} その消失には海水温の上昇と植食性魚類の食害が関与したと考えられている。

アントクメの消失は、これまでに鹿児島県の馬毛島、長島及び薩摩半島の東シナ海側で報告されている。^{9,12)} 馬毛島はアントクメの分布南限とされていたが、2000年代以降確認されておらず、分布南限の北上が指摘されている。⁹⁾ 馬毛島よりも北に位置する長島では、2016年まで年変動はあるもののアントクメの藻場が形成されていたが、アントクメは2016年に急減し、2017年には消失した。⁹⁾ また、アントクメは、薩摩半島の東シナ海側でも2016年に消失が確認されており、分布南限域において広範囲に同時期に消失した可能性が指摘されている。^{9,12)} 本研究により、長島よりも北に位置する野母町南岸でも長島と同時期にアントクメが消失したことを明らかにしたことから、2016年のアントクメの消失はこれまで考えられていた以上に広範囲で起こった可能性がある。

長島のアントクメの2016年の調査では、幼体の早い段階で生育不良や葉状部を欠損した個体が多く観察された。さらに、葉状部を欠損した個体に、魚類によると思われる食痕が多数見られたことから、幼体時の魚類の食害がアントクメの消失に関与している可能性が指摘されている。⁹⁾ 本調査地でも、長島と同様に消失前に顕著な植食性魚類の食痕を確認した。野母町南岸ではアイゴ *Siganus fuscescens*, ブダイ *Calotomus japonicus*, ノトイズミ *Kyphosus bigibbus* の3種の植食性魚類が生息するが、^{16,19)} 野外実験によりクロメ・ノコギリモクの衰退には特にブダイが強く関与していたことが示唆されており、^{5,16)} 本研究におけるアントクメの衰退にもブダイが関与した可能性がある。ノトイズミ及びアイゴの摂餌量は水温上昇に伴い増加することが報告されている。^{2,20)} ブダイでは十分な実験・調査は実施されていないが、水槽実験と野外実験から17°Cから18°C前後で最も摂餌が活発になるという報告^{2,21)}と摂餌量は水温上昇に伴い徐々に増加するという報告²²⁾がある。2016年は、他の年と比べて春の水温上昇が早く4月には17°Cから18°Cの水温帯に達しており、ブダイの摂餌量と水温の関係性に関するどちらの知見に基づいても、ブダイの摂餌活動が活発になる時期が早かったと推察できる。一方、アントクメの幼体の生長率は14°Cから22°Cで比較的高いものの、この水温帯内ではほぼ一定である。¹⁰⁾ これらのことから、春の高水温によりブダイ等の植食性魚類の摂餌量が増え、アントクメの被食速度が生産速度を上回った

ことがアントクメの衰退の要因の一つになった可能性がある。長島およびその周辺ではアントクメの分布が調査され、アントクメの消失は同海域の東シナ海側でみられ、アントクメが消失していない八代海側と比べ冬から春にかけて水温が高いことが報告されているおり、¹²⁾ この研究結果も春の海水温がアントクメの衰退に影響した可能性を支持するものと考えられる。アントクメの盛衰には、夏における配偶体の生残や生育不良の影響も受けることから、本種の分布の南限付近では夏の水温上昇も関与している可能性が指摘されている。¹¹⁾ しかし、本調査地ではアントクメが急減した前年の夏の水温は例年に比べ低い傾向が認められた。

アントクメが消失した後、本調査地では小型海藻が優占し、特にシマオオギやシワヤハズ、テングサ類が比較的多かった。この点についても、長島で確認された藻場の変化とはほぼ一致している。^{9,12)} 小型海藻(シワヤハズ、マクサ *Gelidium elegans* 等)は大型海藻(キレバモク *Sargassum alternato-pinnatum*)に比べアイゴやノトイズミの食害の影響を受けにくいことが示唆されている。²³⁾ また、野田、門田(未発表)は、ブダイを用いた水槽実験において小型海藻は大型海藻に比べ食害を受けにくい傾向を確認している。シワヤハズ等の小型海藻には摂食忌避物質を持つものが知られており、²⁴⁾ 本研究および先行研究は植食性魚類が藻場の変化に関与していることを示唆している。

今後、地球温暖化に伴う海水温の上昇等により、日本沿岸の藻場はさらに衰退すると考えられている。¹⁾ コンブ目海藻の群落では、構成種の南方種への交代、小型海藻群落やサンゴモ群落への移行がオーストラリアやアメリカからカナダの東岸など様々な海域で報告されている。²⁵⁾ 本研究はクロメとノコギリモクを主体とする四季藻場から春から夏に繁茂するアントクメ藻場、そして小型海藻藻場に変遷したことを示しており、本邦近海の藻場の変化を予測する上で重要な事例になるだろう。また、カジメ類などのコンブ目の海藻群落の衰退の要因としては、生育限界に関係する夏の水温と植食動物の食害に関与する秋から冬の水温が注目されてきた。^{2,5-8)} しかし、本研究では、春の水温が高い場合でも、アントクメ群落が衰退することを確認した。水温と被食以外の要因が作用した可能性は排除できないものの、今後、アントクメ群落の変動と水温の関係を考えるために参照すべき新たな知見の1つになると考えている。また、今後、藻場変動と水温環境の関係性を明確にし、海水温上昇の影響を予測するため、春の水温にも注目しながら、多くの地点で長期的なモニタリングが必要と考える。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、野母崎三和漁業協同組合

の関係各位には調査に対するご理解とご協力を頂戴した。また、本稿を執筆するにあたり、水産技術研究所の山田秀秋博士、吉田吾郎博士には有益なご助言をいただいた。ここに記して、厚く御礼申し上げる。本研究の一部は農林水産技術会議の「漁業・養殖業に係る気候変動の影響評価」の一環として実施した。

文 献

- 1) Kumagai NH, Molinos JG, Yamano H, Takao S, Fujii M, Yamanaka Y. Ocean currents and herbivory drive macroalgae-to-coral community shift under climate warming. *PNAS U.S.A.* 2018; **115**: 8990-8995.
- 2) 藤田大介, 野田幹雄, 桑原久実. 「海藻を食べる魚たち—生態から利用まで」成山堂書店, 東京, 2006.
- 3) Tanaka K, Taino S, Haraguchi H, Prendergast G, Hiraoka M. Warming off southwestern Japan linked to distributional shifts of subtidal canopy-forming seaweeds. *Ecol. Evol.* 2012; **2**: 2854-2865.
- 4) 吉村 拓, 清本節夫, 八谷光介, 中嶋 泰. 長崎市沿岸に広がる“春藻場”とは?—その実態と今後の課題について. *月刊海洋* 2009; **41**: 629-636.
- 5) 清本節夫, 門田 立, 種子田雄, 吉村 拓. 九州西岸域における藻場の変遷. *海洋と生物* 2018; **236**: 210-219.
- 6) 八谷光介, 桐山隆哉, 清本節夫, 種子田雄, 吉村 拓. 2013年に発生した長崎県壱岐市郷ノ浦町地先におけるアラメ・カジメ場の衰退過程について—夏季の高水温による発生と秋季の食害による拡大. *Algal resources* 2014; **7**: 79-94.
- 7) 桐山隆哉. カジメ類の分布変化—長崎県沿岸. 「カジメ属の生態学と藻場造成」(能登谷正弘編) 恒星社厚生閣, 東京, 2009.
- 8) Kiyomoto S, Yamanaka H, Yoshimura T, Yatsuya K, Shao H, Kadota T, Tamaki A. Long-term change and disappearance of Lessoniaceae marine forests off Waka, Ikishima Island, northwestern Kyushu, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi* 2021; **87**: 642-651 (in Japanese with English abstract).
- 9) Terada R, Abe M, Abe T, Aoki M, Dazai A, Endo H, Kamiya M, Kawai H, Kurashima A, Motomura T, Murase N, Sakanishi Y, Shimabukuro H, Tanaka J, Yoshida G, Aoki M. Japan's nationwide long-term monitoring survey of seaweed communities known as the “Monitoring Sites 1000”: Ten-year overview and future perspectives. *Phycol. Res.* 2021; **69**: 12-30.
- 10) Komazawa I, Sakanishi Y, Tanaka J. Temperature requirements for growth and maturation of the warm temperate kelp *Eckloniopsis radicata* (Laminariales, Phaeophyta). *Phycol. Res.* 2015; **63**: 64-71.
- 11) Terada R, Shikada S, Watanabe Y, Nakazaki Y, Matsumoto K, Kozono J, Saino N, Nishihara GN. Effect of PAR and temperature on the photosynthesis of the Japanese alga, *Ecklonia radicata* (Laminariales), based on field and laboratory measurements. *Phycologia* 2016; **55**: 178-186.
- 12) Terada R, Shindo A, Tanaka M, Esaki S. Long-term changes in seaweed assemblages in Nagashima Island, Kagoshima Prefecture: Disappearance of the canopy-forming kelp and fuccoid algae from coastal areas facing the East China Sea. *Nippon Suisan Gakkaishi* 2021; **87**: 631-641 (in Japanese with English abstract).
- 13) Akita S, Yamada H, Ito M, Kobayashi M, Fujita D. Phenology of annual kelp *Eckloniopsis* (Phaeophyceae, Laminariales) forest on a *Diadema barren* in Uchiura Bay, Central Pacific Coast of Honshu, Japan. *J. Appl. Phycol.* 2014; **26**: 1141-1148.
- 14) 駒澤一朗, 安藤和人, 滝尾健二, 川辺勝俊, 坂西芳彦, 伊豆大島における暖海性コンブ目アントクメの生活年周期. *水産増殖* 2013; **61**: 73-80.
- 15) 種子田雄, 吉村 拓, 八谷光介, 清本節夫, 高木信夫. 長崎市沿岸の藻場における海水特性と五島灘東部の塩分フロント. *海と空* 2015; **90**: 95-104.
- 16) 吉村 拓. 変わりゆく九州西岸域の藻場. 「海藻を食べる魚たち—生態から利用まで」(藤田大介, 野田幹雄, 桑原久実編) 成山堂書店, 東京, 2006; 33-50.
- 17) 八谷光介, 清本節夫, 吉村 拓. 長崎県西彼杵半島西岸におけるホンダワラ属3種の季節的消長. *藻類* 2011; **59**: 139-144.
- 18) Yatsuya K, Kiyomoto S, Yoshimura T. Seasonal changes in dietary composition of the herbivorous fish *Kyphosus bigibbus* in southwestern Japan. *Fish. Sci.* 2015; **81**: 1025-1033.
- 19) Kadota T, Kiyomoto S, Fukuda H, Yoshimura T. Temporal patterns of aggregation formation around wave-dissipating blocks in the grey sea chub *Kyphosus bigibbus*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 2017; **83**: 74-76 (in Japanese with English abstract).
- 20) 野田幹雄, 川野正弘, 岡本訓明, 村瀬 昇. 飼育下におけるノトイヌズミの日間摂餌量の見積と採餌日周性の検討. *水産大学校研究報告* 2016; **64**: 219-225.
- 21) 吉村 拓, 清本節夫. 藻場の消長における藻食性魚類の影響. *西海区水産研究所ニュース* 2003; **107**: 14-15.
- 22) 木村 創, 山内 信, 能登谷正浩. 魚類の捕食回避に網生簀を利用したヒロメ早期収穫技術の開発. *水産増殖* 2007; **55**: 467-473.
- 23) Kadota T, Kiyomoto S, Masuda Y, Miyano T, Yoshimura T. Restoration of a small-sized macroalgal bed through the removal of sea urchins in Kashiyama, Nagasaki Prefecture. *Nippon Suisan Gakkaishi* 2022; **88**: 49-57 (in Japanese with English abstract).
- 24) Taniguchi K, Yamada J, Kurata K, Suzuki M. Feeding-deterrents from the brown alga *Dictyopteris undulata* against the abalone *Haliotis discus hannai*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1993; **59**: 339-343 (in Japanese with English abstract).
- 25) Wernberg T, Krumhansl K, Filbee-Dexter K, Pedersen MF. Status and trends for the world's kelp forests. In: Sheppard C (ed). *World Seas: An Environmental Evaluation, Vol. III: Ecological Issues and Environmental Impacts*. 2nd ed. Elsevier. 2019; 57-78.