

小田原沿岸海域における藻場景観被度の経年変化と減少要因

高村 正造・有馬 史織・西村 竜雄・相澤 康

Decrease factors and secular change landscape cover degree of seaweed bed at coast of Odawara

Shozo TAKAMURA*, Shiori ARIMA*, Tatsuo NISHIMURA**, and Yasushi AIZAWA***

緒言

藻場は沿岸環境の一次生産に重要な役割を担い、沿岸漁業における重要魚種の主要な餌場・成育場として機能することが知られている¹⁾。相模湾西部から伊豆半島の沿岸域にかけては急峻な地形が続き、カジメ等の大型褐藻類が多く繁茂した磯根を利用し刺網・潜水漁業が古くから営まれており、良好な漁場環境に漁業が支えられている。しかし、日本沿岸各地では沿岸開発や環境変化の影響により1973年以降の20年間で1万ha以上の藻場が消失したと考えられており²⁾、近年では植食性生物の食害の影響による磯焼けが各地で報告されている^{3, 4, 5, 6)}。相模湾沿岸においても2004年にアイゴによる食害が初めて報告され⁷⁾、現在では相模湾東部沿岸の広範囲で磯焼けが発生し、影響が深刻化している。

相模湾周辺海域での藻場の消長に関して、明治時代には既に伊豆半島沿岸で磯焼けの発生が報告されており⁸⁾、古くから藻場の消長は繰り返されてきた。1973年に行われた県内の海藻群落調査において、相模湾西部沿岸の浅海域は石灰藻が優占しカジメ等の大型海藻は極めて少なく、磯焼け状態にあると報告されているが⁹⁾、その後行われた浅海植生調査において1995年の報告ではカジメ場が回復し¹⁰⁾、2011年の報告ではカジメが高被度に分布し、大規模な群落が確認されている¹¹⁾。しかし近年、漁業者からカジメ場が消失しているとの相談が増え、また経年的な潜水観察からも藻場が減少している印象を強く受ける。このことから、相模湾西部の小田原沿岸海域での藻場の現状を把握し、藻場が減少しているのであれば本格的な磯焼け状態となる前に、藻場の減少要因を明らかにすることで人為的に可能な範囲での対策を講じることが必要である。ま

た、これまでの相模湾沿岸海域での藻場の評価は1~2年間の短期的調査期間で行われた事例が多いが、本報告では経年的な調査から連続した藻場の変化を評価することを試みた。

材料・方法

調査は2010年から2018年に小田原市沿岸の石橋地先、および江之浦地先で実施した(図1)。相模湾のカジメは9月から10月に子嚢斑出現割合が最も高くなり、11月まで子嚢斑が出現していることから¹²⁾、成熟期および成熟期直後のカジメ場の経年的な状況を把握するため、9月から12月にかけてスキューバ潜水による観察調査を行った。カジメは水深5~10mに最も高被度で分布していることが報告されていることから¹¹⁾、潜水観察調査は水深5~10mの範囲で行った。藻場を評価する手法につい

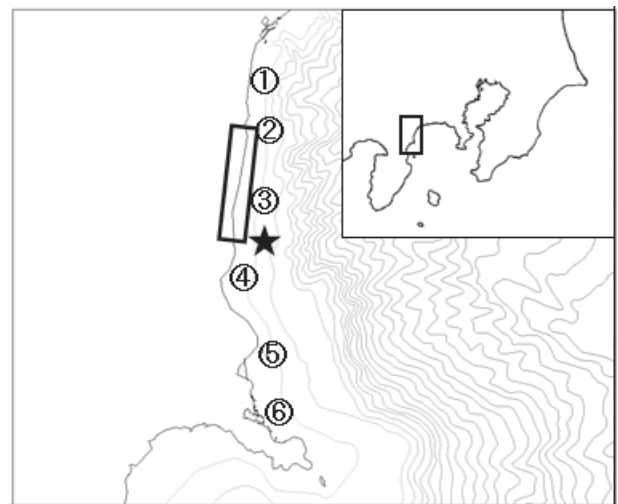


図1: 調査位置図

- : 潜水調査範囲, ★: 江之浦沖観測ブイ
- ①: 石橋漁場, ②: 米神漁場, ③: 原辰漁場,
- ④: 江の安漁場, ⑤: 岩漁場, ⑥: 真鶴沖網漁場

て、一般にコドラートやベルトトランセクト法が広く用いられるが、本研究では藻場概観の経年的な遷移の把握を目的とすることから景観被度による評価を試みた。潜水観察調査はハウジングに収納したデジタルカメラ (Power Shot G11, CANON) を用いて調査海域の海底景観を撮影した。海底景観の撮影は図1の潜水観察範囲内でランダムに海底を遊泳しながら写真を撮影した。撮影面積については写真ごとに一定ではないが、出来る限り広く景観を写すように撮影した。調査は2~3人が同地点で潜水し、各々がカメラを所持して撮影した。撮影した写真はPCに取り込み、195×345mmのディスプレイに写し出し、景観被度の測定を行った。測定はディスプレイ上に写し出した写真を最大化 (縦×横: 180mm×240mm) し、クリアセロファンに最大化した写真と同サイズの枠を書き込んだ。枠は縦および横に10mm間隔で目盛りを振って線を引きグリッドを作成し、写真1枚あたり432個のグリッドが占める各計数項目を計数した。計数項目は褐藻 (カジメおよびカジメ以外)、緑藻、紅藻、石灰藻および裸地 (岩、砂利、砂) について8項目を設定した。また、藻類および裸地の写っていない海中部分の割合を除いた合計値が100%となるように各項目の比率を計算して年ごとに平均化し、景観占有率を算出した。調査を実施した小田原沿岸海域ではアラムの分布はほとんどないことが報告されていることから^{10, 11)}、写真に撮影された大型褐藻類はすべてカジメとして計数した。また、カジメの被食状況を把握するため、カジメが撮影された写真を抽出し、魚類による食痕が確認できた場合は被食有りと判定し、調査期間内における連続した被食割合を

算出した。また、被食有りとしたカジメの状態について、葉状部が残存している個体および茎のみの個体の占めるグリッド数を計数して、年別に集計し、各々の割合を算出した。調査期間内に潜水撮影した合計131枚の景観写真を同一の手順で計数した。集計したデータを用いて、年ごとの褐藻 (カジメおよびカジメ以外)、紅藻、緑藻、石灰藻、岩、砂利、砂が景観に占める被度を変数として類型化するため、階層型クラスター分析により評価を行った。非類似度としての距離はユークリッド平方距離を使い、ウォード法を用いてクラスターを作成した。統計解析はフリーソフトウェア R (Ver3. 4. 0) およびMS-Excel. 2013を使用した。

藻場被度の変動要因の検討について、カジメは水温の影響を受けやすく夏季および冬季の高水温により芽生えや成長・成熟が阻害されることから¹⁾、環境要因として調査海域での水温データの集計を行った。水温データは小田原市江之浦沖観測ブイの10分単位で記録される表層水温データを使用し、月別の平均水温、最高水温および最低水温を算出した。また、集計期間内で月間の平均水温が最も高く推移した年を抽出し、高水温で経過した年の影響を検討した。集計および分析は調査実施前年の2009年から2018年までの期間で行った。また、植食性生物による食害の影響として、相模湾西部海域で藻場食害の主要生物となっているアイゴの漁獲量集計を行った。アイゴ漁獲量は相模湾西部海域の小田原沖から真鶴半島東岸にかけての6ヶ統の大型定置網漁場の年別・月別漁獲量を集計した。漁獲データは相模湾西部沿岸海域での長期間の動向を把握するため、定置網でのアイゴ漁獲量の集計を開始した2002年から2018年までの期間を集計し

表1:測定項目別の景観占有率一覧

西暦	調査月	写真数	平均藻類占有率 (%)					平均裸地占有率 (%)				
			褐藻類		紅藻	緑藻	石灰藻	藻類計	岩	砂利	砂	裸地計
			カジメ	その他褐藻								
2010	9	6	48.2	5.0	0.0	1.3	0.0	54.5	45.5	0.0	0.0	45.5
2012	9	5	85.5	0.0	0.0	0.0	0.0	85.5	14.5	0.0	0.0	14.5
	10	3	96.1	0.0	0.0	0.0	0.0	96.1	3.9	0.0	0.0	3.9
2014	11	7	50.2	11.4	2.5	0.0	0.0	64.1	35.9	0.0	0.0	35.9
	11	14	37.4	0.0	21.4	0.0	0.0	58.8	41.2	0.0	0.0	41.2
	12	10	45.2	4.0	7.1	0.1	0.0	56.3	43.6	0.0	0.0	43.7
2015	11	7	73.8	0.0	0.0	0.0	0.0	73.8	26.2	0.0	0.0	26.2
	12	20	56.0	0.0	0.9	0.0	0.1	57.0	42.6	0.2	0.3	43.0
2016	11	11	47.2	0.0	0.3	0.0	0.5	48.1	50.6	0.0	1.3	51.9
	2017	10	13	46.1	0.0	1.9	0.0	5.4	53.4	46.1	0.0	0.6
11		6	28.9	0.0	1.4	0.0	0.0	30.3	69.5	0.0	0.2	69.7
12		9	29.2	0.0	1.2	0.0	0.1	30.5	67.5	0.6	1.4	69.5
2018	10	9	9.9	0.4	0.4	0.5	0.1	11.4	87.7	0.9	0.0	88.6
	11	8	0.8	0.9	13.1	3.7	0.6	19.0	81.0	0.0	0.0	81.0
	12	3	0.0	0.0	6.6	0.0	0.0	6.6	92.9	0.6	0.0	93.4

た。

結果

藻場景観被度の分析結果

潜水調査で撮影した写真の計数項目ごとの景観占有率（以下、占有率）を表1に示す。なお、2011年および2013年は荒天等で調査実施出来なかったため欠測年となった。月別の結果を集計し年平均値を算出した結果、調査期間内において藻類は景観の13.7～77.6%を占有し、裸地は22.4～86.3%を占有した。藻類で最も高い占有率であったのが褐藻類で、褐藻類の88%以上がカジメであった。裸地で最も高い占有率であったのが岩で、調査海域はカジメが優占する岩場を主体とする景観であった。2010年から2018年までの経年的な藻類（カジメとカジメ以外）と裸地の占有率の推移を図2に示す。2010年から2015年まで藻類の占有率は50%以上であったが、2016年から2018年までは50%以下となって減少傾向で推移し、特に2018年は急激にカジメの占有率が減少した。藻類全体での褐藻類、紅藻類および緑藻類が占める割合の経年推移を図3に示す。集計の結果から、撮影された藻類景観の大部分は褐藻類のカジメが占めており2010年から2017年までは藻類全体の70%以上であったが、2018年のカジメは褐藻類全体の37%に急減し、紅藻類および緑藻類の割合が増加した。調査実施年ごとの8項目の占有率から、階層型クラスター分析を行った結果を図4に示す。分析の結果、2018年は他年と最も遠距離のクラスターに分類され、次いで2012年が遠距離のクラスターとなった。2010年、2014年から2017年は近距離のクラスターに分類された。

カジメ被食状況分析結果

潜水調査で撮影されたカジメの被食状況について、被食無しおよび被食有りの割合を図5に示す。集計の結果、2010年と2012年はカジメが撮影された写真の80%以上が被食無しであったが、2014年以降は50%以上が被食有りとなり、特に2014年と2018年で被食有りが90%以上と高い割合であった。次に被食有りと判定された写真において、被食されたカジメを状態別に集計した結果を図6に示す。2014年は被食有りが90%以上であったものの、被食されたカジメの88%が葉状部残存した状態であった。一方、2017年は被食されたカジメの37%が茎のみの状態で、2018年は91%となり、被食状態が急激に悪化した。

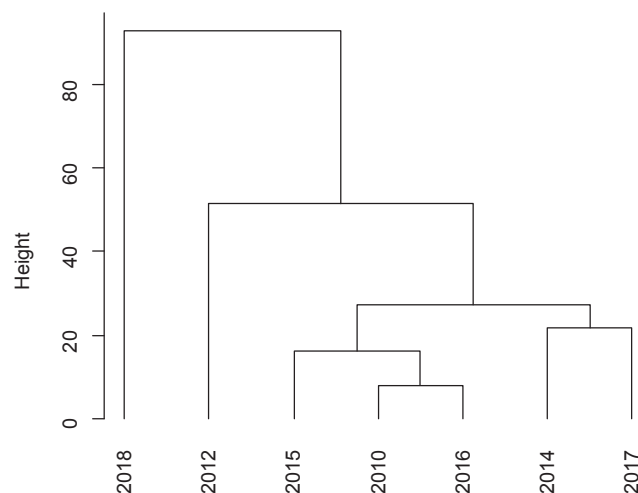
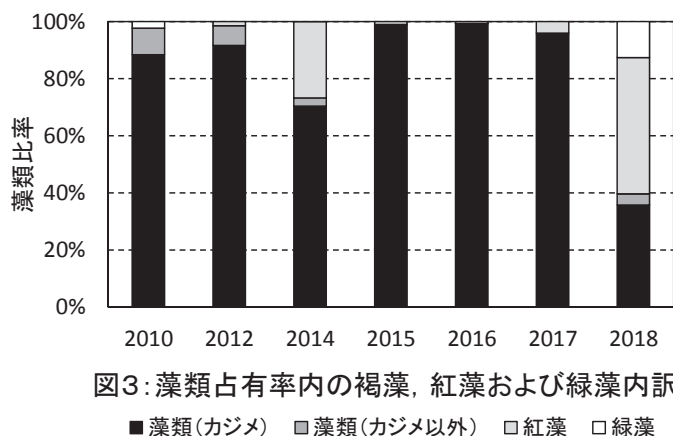
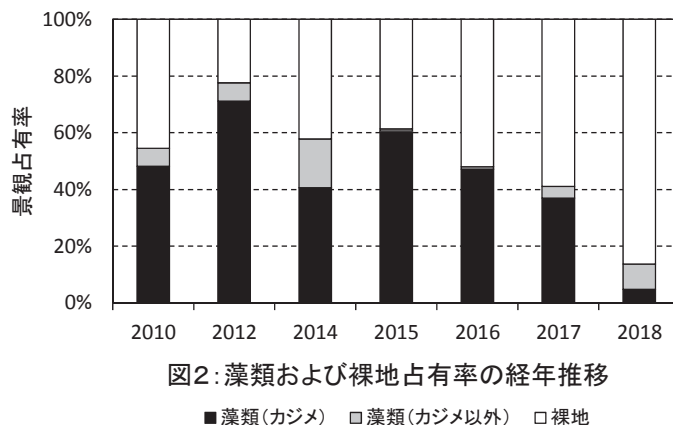


図4: 階層型クラスター分析による年別景観被度の分類

アイゴ漁獲量分析結果

小田原から真鶴半島東岸の定置網で漁獲されたアイゴの2002年から2018年までの漁場別年別漁獲量を図7に示す。漁場別年別漁獲量の推移から、2002年から2008年までのアイゴ年間漁獲量は20kg/年未満であったが、2009年と2010年は50kg/年ほどになり、2011年以降は漁獲量

が100kg/年以上に増加し、2015年は2.7トンの漁獲があり他年と比較し非常に多く漁獲された。次いでアイゴの漁獲量が増加した2011年から2018年までの相模湾西部海域での漁場別月別平均漁獲量を図8に示す。月別平均漁獲量の推移から、小田原から真鶴半島東岸の範囲では年間で最大の漁獲月は8月であり、次いで9月が多い結果であった。また、漁場別の年間漁獲量と月別平均漁獲量の推移からアイゴが多く漁獲される漁場は江の安漁場および原辰漁場であり、集計期間中の平均漁獲量では2漁場で全体の約70%のアイゴが漁獲されていた。

観測水温分析結果

江之浦沖ブイの観測記録で2009年から2018年において、表層水温の月間平均値が最も高く経過した年の推移を図9に示す。ただし、2016年4月から11月および2018年11月から12月は観測ブイの故障により欠測期間となった。図9から12月～3月の冬季に最も高水温で経過したのは2015年12月～2016年3月であった。観測期間を通して最も高水温で推移した月は8月で、最も低水温で推移した月は2月であったことから、8月の最高水温・最低水温の経年推移を図10に、2月の最高水温・最低水温の経年推移を図11に示す。8月の最高水温の平均値は29.0℃、最低水温の平均値は23.9℃であった。集計期間内での8月最高水温は2010年の29.9℃であり、29.5℃以上となったのは2010年、2015年、2018年であった。8月の最低水温が最も高かった年は2017年で25.1℃であり、8月に1度も25℃を下回らない水温経過であった。年間で最も水温の低下する2月の最高水温の平均値は16.0℃、最低水温の平均値は13.1℃であった。集計期間内での2月最高水温は2016年の17.9℃であり、2月最低水温が最も高かったのも2016年で15.5℃であった。また、2月平均水温の経年変化から2016年は観測期間中で最も平均水温が高く(16.7℃)、次いで2017年が観測期間中2番目に高い平均水温(15.6℃)であった。2016年は平均・最高・最低水温が最も高く、2017年も2016年に次ぐ平均・最高・最低水温であり、最低水温月に高水温で経過した年が2ヶ年続いていた。

考 察

藻場景観被度の経年変化について、分析の結果から2016年以降藻場の割合が減少し、裸地の割合が増加しており、特に2018年は急激に藻場の割合が低下してい

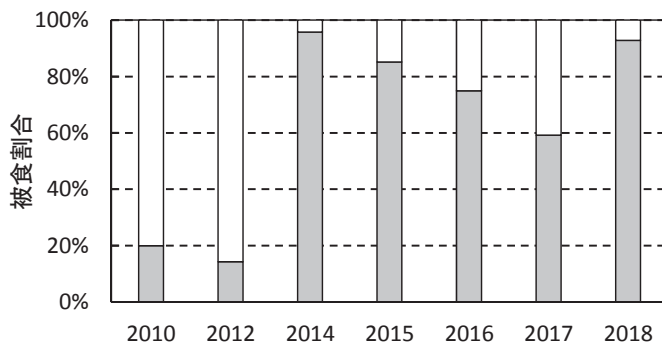


図5: カジメ被食割合の経年推移

■ 被食あり □ 被食なし

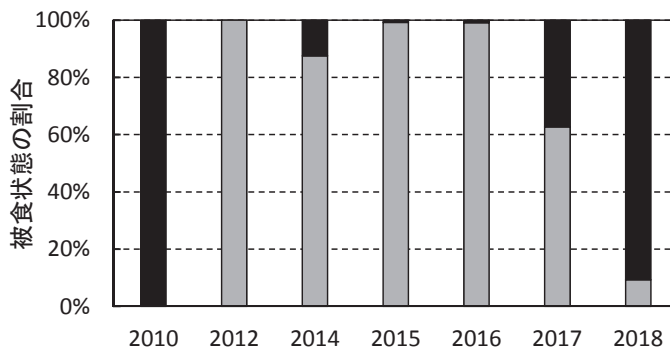


図6: 被食されたカジメの状態の経年推移

■ 葉状部残存 ■ 茎のみ

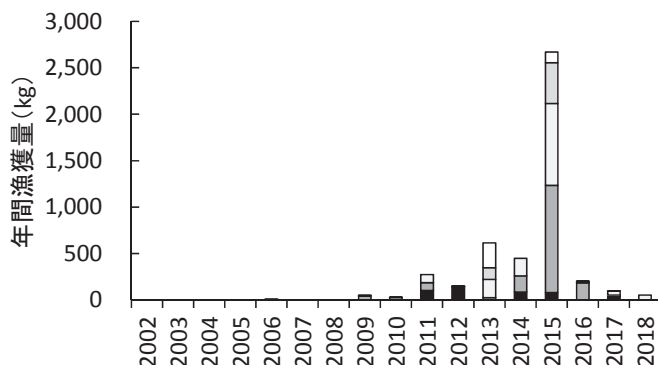


図7: 相模湾西部海域の定置網でのアイゴ漁獲量
※江の安漁場、原辰漁場は2018年7月の台風被害により、アイゴ漁獲盛期である8月～9月は休漁となった

■ 真鶴沖網 ■ 岩3号 ■ 江の安 □ 原辰 □ 米神 □ 石橋

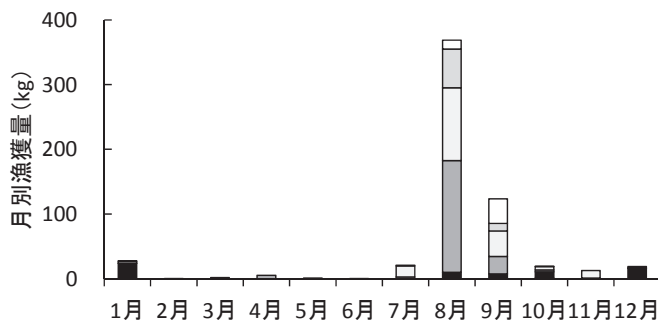


図8: アイゴ漁獲量の月別推移 (2011-2018年平均)
※江の安漁場、原辰漁場の2018年8月～11月は休漁により欠損

■ 真鶴沖網 ■ 岩3号 ■ 江の安 □ 原辰 □ 米神 □ 石橋

た。海藻群落が増少・消滅する磯焼けは、海況の変化・栄養塩の欠乏・淡水流入の影響・台風等の天候・植食生物の食害・海底基質の不足や埋没・公害・漁場の酷使が主な原因となると報告されており¹⁾、本海域においても藻類の景観被度が高かった2010年から2015年と比較し、被度が低下した2016年から2018年にかけて藻場の形成・生育にとって負の影響を及ぼす変化があったものと考えられる。また、景観被度の測定項目占有率からクラスター分析を行った結果、2018年は最も遠距離のクラスターとなり、2017年以前と比べ藻場の景観が大きく変化した年であった。カジメの被食状況の分析結果からも、2018年は非常に高い割合で被食され、茎のみ状態となっていたことから高い摂食圧にさらされていたと考えられる。また、2018年の次に遠距離のクラスターとなったのは2012年であった。2012年は褐藻、紅藻、緑藻の被度では他年と大きな差はなかったものの、藻類と裸地の割合で調査年の中で最も藻類被度が高い年であったことから、他年と比較して遠距離のクラスターとなったと考えられる。一方、2010年および2014年から2017年はいずれも近距離のクラスターに分類された。藻類と裸地の占有率では近距離に分類された年はいずれも藻類-裸地が50%前後であったものの、2014年と2017年は紅藻の割合が他年よりも若干高いことから2010年、2015年および2016年と異なるクラスターに分類されたと考えられる。このことから経年的に見ると2016年から藻類の割合が減少し、裸地が増加する傾向が見られたものの、計数した8項目での比較においては、2016年および2017年は他年と遠距離のクラスターに分類されるほどの変化には至っていないものと考えられる。

カジメの食害について、潜水観察調査中においても頻繁にアイゴが摂食していたこと、静岡県御前崎周辺海域ではカジメを採食する魚種はアイゴ、ニザダイ、ブダイが潜水観察により確認されており、ブダイは採食盛期が冬季であるのに対しアイゴは夏から秋が盛期となること、およびブダイとニザダイの採食による葉状部の損傷は小さいのに対し、アイゴは側葉部を基部から分断することで葉状部が消失し非常に損傷が大きいことが報告されていることから⁶⁾、相模湾西部沿岸海域での夏～秋にかけてカジメの食害を引き起こす主要魚種はアイゴであると考えられる。相模湾西部海域でのアイゴ漁獲量は2011年以降と2010年以前を比較すると明らかに漁獲量が増加しており、相模湾西部海域

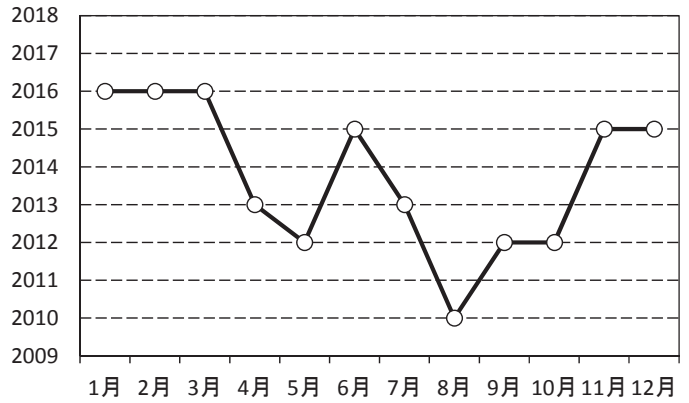


図9: 月別の平均水温が最も高く記録された年の推移



図10: 小田原沿岸8月最高・平均・最低水温の経年推移

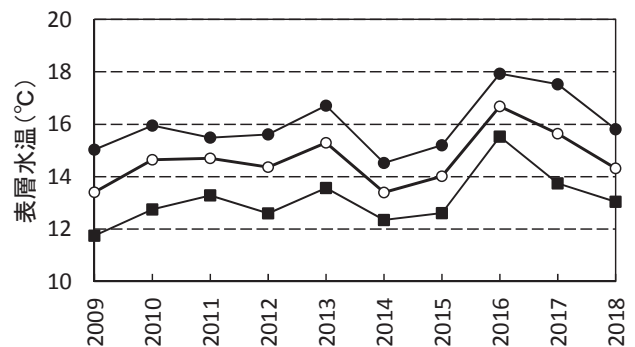


図11: 小田原沿岸2月最高・平均・最低水温の経年推移

への来遊量が2010年以前と比較し増加していると考えられる。また、藻場割合が激減した2018年のアイゴ漁獲はそれほど多くなかったものの、漁場別のアイゴ漁獲量の集計から相模湾西部海域でアイゴを最も多く漁獲する江の安漁場および原辰漁場の2漁場が、2018年7月末の台風で甚大な被害を受けた。このことから、アイゴが年間で最も漁獲される8月から9月にかけて1日も操業が出来ず、2018年のアイゴ漁獲量は過少評価となっていると考えられる。2018年にカジメの被食割合が急激に増加し

た要因の1つとして、最もアイゴを漁獲する2漁場が操業出来なかったことから、当海域でのアイゴ現存量が例年よりも高く、食害が拡大した可能性も考えられる。アイゴが磯焼けを引き起こす要因となっている海域は房総以西で多く報告があり^{4, 5, 6, 7, 13)}、今後は海水温の上昇によって更なるアイゴの来遊増加が懸念されている¹³⁾。カジメは大きな群落であれば遊走子は数百mの範囲で拡散するが¹⁴⁾、移植した小規模な群落では10~20m程度に留まるとされており¹⁵⁾、完全に藻場が消滅した際には回復が非常に困難になることから、天然のカジメ群落の縮小・消滅を防ぐことが重要である。小田原沿岸海域では規模は縮小したものの、天然のカジメ群落はまだ残存していることから、アイゴが当海域に集中的に来遊する夏~秋にカジメ群落の周囲に刺網等の捕獲漁具を張り、藻場の保護を行うことが必要であると考えられる。また、併せてアイゴの生態について詳細な調査を行い、効率的な漁獲手法の提言を行うことも必要である。

水温変動が藻場に与える影響について、愛知県沿岸の伊勢湾、三河湾および遠州灘西部海域におけるサガラメ・カジメ藻場の衰退と高水温との関係についての報告¹⁶⁾や、三重県熊野灘での最低水温の上昇による藻場の衰退が報告¹⁷⁾されており、高水温が藻場の衰退と関連していることが指摘されている。2009年から2018年までの表層水温の観測結果から、冬季高水温が最も高く推移したのは2015年から2016年にかけてであった。また相模湾西部海域で最も水温が低下する月である2月において、2016年と2017年の平均水温・最高水温・最低水温が2年連続で集計期間中最も高かった。カジメ分布域では高水温期の平均水温が23~27°C、低水温期の水温が10~16°Cの範囲内に分布することが報告されている¹⁹⁾。この基準を参考に比較すると2016年の2月平均水温は16.7°Cであり、カジメの分布範囲の低水温期平均水温の上限16°Cを超えており、2017年の2月平均水温は15.6°Cであり、低水温期平均水温の上限に近い水温であった。2月最高水温も両年とも17.5°C以上と高い水温で経過した。カジメの生育適水温は同種であっても地域によって異なることが報告されていることから²⁰⁾、現在の相模湾西部海域に分布するカジメ群落の冬季適水温範囲が何°Cであるかは不明ではあるものの、2009年から2015年までの2月平均水温が14.2°Cであった調査海域のカジメにとって、2016年および2017年の高水温は生育に厳しい条件となったと考

えられる。小田原沿岸海域に設置された人工リーフでは1996年から1997年にかけて2年連続で冬季が例年より低水温で経過したため、カジメ幼体が卓越的に着生し群落が増大した可能性があることが報告されているが²¹⁾、2016年から2017年にかけての冬季高水温はこれと逆の現象として、カジメ幼体の着生・生育に悪影響を与えた可能性が考えられる。地球温暖化により日本周辺海域の海水温は1908年から2016年までで年平均1.09°C上昇し、今後も長期的に上昇していくことが見込まれており²²⁾、相模湾沿岸海域でも確実に海水温が上昇すると予測される。海水温上昇に対する対策は非常に困難である。しかし、漁業上の観点からカジメ藻場の存続が必須との要望があれば、地理的に近接した海域でも適正水温が異なることが他県において報告されていることから²⁰⁾、相模湾内に自生するカジメの中で高温耐性のカジメを選抜育種し、高水温に強いカジメを人為的に移植していく対策を行うことを今後検討する必要があると考える。

相模湾西部沿岸海域の藻場景観被度は2016年から藻類の割合が減少し、2018年には急激に減少した。その原因について本研究で検討した結果、2016年と2017年の冬季高水温の影響によりカジメの初期生育が阻害され、その後年に影響が及びカジメが減少したと考えられる。さらに、減少した藻場にアイゴの被食圧が強くなったことで2018年に急激にカジメが減少した可能性が考えられた。また、定量的に比較するデータはないものの、漁業者からの聞き取りにより2018年に来遊した台風により相当量のカジメが沿岸域の浅場に千切れて漂着・堆積していたことから台風による大時化が2018年の藻場減少に影響を与えた可能性も考えられる。磯焼けの発生は地域によって原因が異なり、影響が長期化し回復が困難な場合もある¹⁾。しかし、静岡県御前崎の榛南海域では1980年代後半から1990年代にかけて、アイゴが夏~冬にカジメ葉部を消失させる食害が磯焼けの持続要因となり藻場が崩壊したが⁴⁾、カジメを移植したブロックを沈設し、漁業者がアイゴの駆除を行うことで藻場が回復したことが報告されている¹⁷⁾。磯焼け対策ガイドライン¹⁾では、磯焼けの解決に向けた体制作りが重要であり、漁業者が主体となり研究者・行政・地域住民・NPO等が協同して対策を行うことを提言している。磯焼け対策を実行するうえで、水産系研究機関の中にあつて最も漁業現場に近い地方水産試験場が地先藻場の変化を定量的に結果としてまとめ、漁業者と協議しながら適切な対策計画を立てることが最も重要であると考えられる。

謝 辞

本研究を行うにあたり、神奈川県水産技術センター相模湾試験場の一色竜也場長には有益なご助言を頂いた。漁業調査指導船ほうじょうの穴戸俊夫船長、岩本暁準氏（現たちばな乗務員）、島田績氏、田中渉氏には潜水調査に協力頂いた。また浅倉美保職員には漁獲データ集計を協力頂いた。記して感謝を申し上げる。本研究は酒匂川河口対策協議会委託事業「砂泥の堆積による磯根資源への影響調査業務」および小田原市委託事業「平成30年度水産資源環境保護事業放流適地調査」の一環として実施した。

引用文献

- 1) 水産庁 (2015) : 磯焼け対策ガイドライン改訂版, 199pp.
- 2) 磯部雅彦 (1993) : 日本の海岸の現状と問題点, 海岸の環境創造—ウォーターフロント学入門, 朝倉書店, 東京, 1-8.
- 3) 田中敏弘 (2006) : 南日本における磯焼けと藻場回復, 水産工学, **43**, 47-52.
- 4) 長谷川雅俊・小泉康二・小長谷輝夫・野田幹夫 (2003) : 静岡県榛南海域における磯焼けの持続要因としての魚類の食害, 静岡水試研報, **38**, 19-25.
- 5) 桐山隆哉・野田幹夫・藤井明彦 (2001) : 藻食性魚類数種によるクロメの摂食と摂食痕. 水産増殖, **49**, 431-438.
- 6) 増田博幸・角田利晴・林義次・西尾四良・水井悠・堀内俊助・中山恭彦 (2000) : 藻食性魚類アイゴの食害による造成藻場の衰退, 水産工学, **37**, 135-142.
- 7) 神奈川県農林水産情報センター (2004) : 相模湾奥で発生した藻食魚アイゴによる人工リーフのカジメの食害, 平成16年度農林水産関係試験研究成果, 4140号.
- 8) 遠藤吉三郎 (1903) : 海藻磯焼け調査報告, 水産調査報告, **12**, 1-33.
- 9) 高間浩 (1979) : 海藻群落による相模湾の海域区分, 神水試相模湾資源環境調査報告書—II, 105-116.
- 10) 神奈川県水産試験場 (1995) : 沿岸植生調査報告書, 174pp.
- 11) 神奈川県環境農政部水産課 (2011) : 浅海藻場植生調査報告書, 214pp.
- 12) 今井利為 (1988) : 三浦半島毘沙門におけるカジメの子嚢斑形成時期について, 神水試研報, **9**, 21-25.
- 13) 新井章吾 (2000) : 南日本における藻食魚による藻場崩壊の機構について, 藻類, **48**, 76-77.
- 14) 寺脇利信 (1991) : 砂地海底に設置したコンクリートブロック上での大型海藻カジメの生育, 海洋開発論文集, **7**, 365-370.
- 15) 佐々木正・柳瀬良助・渥美敏・長谷川雅俊 (1984) : カジメ群落拡大に関する研究, 静岡水試伊豆分場資料, **153**, 19.
- 16) 阿知波英明・落合真哉・芝修一 (2014) : 愛知県沿岸におけるサガラメ・カジメ分布面積の変動と衰退要因, 愛知水試研報, **19**, 38-43.
- 17) 森鐘一・熊谷明生・金澤剛 (2006) : 熊野灘における藻場の繁栄と衰退海域に関する研究, 環境工学研究論文集, **43**, 449-457.
- 18) 長谷川雅俊 (2005) : カジメ藻場の磯焼けからの回復, 水産工学, **42**, 165-169.
- 19) 須藤俊造 (1992) : 海藻・海草相とその環境条件との関連をより詰めてみる試み, 藻類, **40**, 289-305.
- 20) 田中俊充・四ツ倉典磁・木村創・能登谷正浩 (2008) : 和歌山県沿岸に生育するカジメ・クロメ配偶体の成長と成熟および胞子体の初期成長に及ぼす水温の影響, 水産増殖, **56**, 343-349.
- 21) 木下淳司・山本章太郎・石黒雄一・山本貴一 (2006) : 砂浜海岸に設置した人工リーフへのカジメ移植と群落の拡大, 水産工学, **43**, 139-149.
- 22) 環境省・文部科学省・農林水産省・国土交通省・気象庁 (2018) : 気候変動の観測・予測および影響評価統合レポート2018, 130pp.

