

神奈川県沿岸における藻場の分布状況と変遷

芳山 拓・木下淳司

The distribution and changings of seaweed beds in coastal Kanagawa prefecture, Japan

Taku YOSHIYAMA*^a, Junji KINOSHITA*^b

緒 書

沿岸域における大型海藻類の群落は「藻場」と呼ばれ、沿岸漁業や生態系を支える重要な機能を有している。例えば、藻場を構成する海藻類はアワビ類 *Haliotis* spp. やサザエ *Turbo sazae* といった漁業資源生物の餌になるほか、ワカメ *Undaria pinnatifida* やアカモク *Sargassum horneri*、ヒジキ *S. fusiforme* といった海藻類はそのものが重要な水産資源である¹⁾。また、藻場は海中で立体的な構造を形成し、水産有用種を含めた様々な魚類の産卵場や幼稚仔の保護育成場となっている¹⁻³⁾。さらに、藻場を構成する海藻類の表面には藍藻や珪藻といった微細藻類などが付着することから、これらを餌とするアミ類やヨコエビ類、貝類といった無脊椎動物が生息し、こうした生物を餌とする魚介類の索餌場となる¹⁾。これらの機能に加え、藻場は近年、二酸化炭素の吸収源としても注目されている。海藻類は、光合成に伴い大気から海中に溶け込んだ二酸化炭素を吸収して取り込み、隔離する。この働きにより吸収・隔離される二酸化炭素は「ブルーカーボン」と呼ばれ、脱炭素社会を実現するための重要な生態系サービスとして注目されている^{1, 4)}。このように、藻場は沿岸生態系やそこで営まれる漁業、さらには持続可能な人間社会の基盤をも支える重要な役割を果たしている。

しかし近年、日本各地の沿岸において、季節的な盛衰の範囲を超えた藻場の消失がみられており、この現象は「磯焼け」と呼ばれ大きな問題となっている¹⁾。磯焼けはアワビ類の漁獲量や資源の減少に直結するなど⁵⁻⁷⁾、

沿岸漁業に深刻な影響を与える。神奈川県沿岸においても各地で磯焼けによる藻場の衰退や消失が報告されており⁸⁻¹⁰⁾、本県の主力の漁業である沿岸漁業を営む多くの漁業者がその影響を受けている。しかし、本県沿岸における藻場や磯焼けの全体像や、沿岸漁業の現場における磯焼けの影響についての実態は明らかになっていない。磯焼けが発生する要因として、水温の上昇による海藻類の生育不良や植食性生物による被食^{1, 9-14)}、波浪による流失といった複数の要因が挙げられるが^{1, 15, 16)}、具体的な要因は地域により異なる。また、広範囲に磯焼けが進行している状況でも、局所的に藻場が残存する事例が知られる^{11, 12)}。磯焼けが発生している場所と藻場が残存する場所での環境特性の違いを明らかにすることで、本県沿岸における磯焼けの発生メカニズムの解明や、藻場再生に向けた重要な手掛かりを得られる可能性がある。広域での藻場の分布や変遷を明らかにすることは、磯焼けが本県の漁業に及ぼす影響の解明や、磯焼け対策の手法を検討するうえで重要な知見となるだろう。

藻場の分布を調査する手法として、潜水調査や衛星画像解析、漁業者への聞き取り調査といった手法が挙げられる^{1, 16-19)}。これらの手法のうち、潜水調査は藻場の構成種や海藻の密度といった情報を最も正確に把握できるが、潜水土が調査を行わなければならない1回での調査範囲が限られることと、コストが高いことが欠点として挙げられる¹⁷⁾。また、広範囲の藻場を短期間で把握できる手法として衛星画像解析が挙げられるが^{17, 21, 22)}、海藻の種類までの判別は困難である点と²²⁾、解析に耐えられる高解像度の衛星画像は高価である点²¹⁾、解析に専門

のソフトウェアと技術を要する点といった欠点を抱える。聞き取り調査は他の2つの手法と比べ最もコストが低く、さらに広範囲の藻場の分布や藻場の構成種といった情報を、比較的短期間で把握できる利点がある。一方、欠点としては、漁場として利用されていない場所は把握できないことと、聞き取りを行う側と聞き取りを受ける側により結果が依存してしまう属人性の問題が挙げられる。しかし、本県沿岸はほぼ全域が漁場として利用されているため、聞き取り調査だけで網羅的に必要な情報を得ることができると考えられる。また、調査結果の属人性については、聞き取りの際に図や画像サンプルを併用して定量性を担保する工夫をすることと、可能な限り複数の漁業者から聞き取りを行うことにより軽減できると考えられる。こうした実情から、本県沿岸において藻場の全体像を安価かつ正確に調査する方法として、聞き取り調査が最も費用対効果に優れた方法であると考えられる。そこで本研究では聞き取り調査を採用し、沿岸漁業者を対象に調査を行うことで、2022年時点における神奈川県沿岸における藻場の分布や磯焼けの全体像と、磯根資源を対象とした磯焼けの漁業への影響の実態解明を試みた。なお、本研究では岩礁域における海藻群落で形成される藻場を調査対象とし、海草群落で形成されるアマモ場については調査対象外である。

材料および方法

聞き取り調査は、2022年4月から2023年12月にかけて、神奈川県横須賀市横須賀～三浦市城ケ島～湯河原町福浦にかけての沿海漁業協同組合に所属し、アワビ類やサザエ、イセエビといった磯根資源を対象とした漁業を主に営む漁業者を対象に実施した(図1、表1)。聞き取りは対面面接方式で行い、調査員1～2名が漁業協同組合およびその支所、あるいは漁業者の操業拠点に出向き、漁業者1～6名に対し、以下の調査項目について口頭で質問し、口頭で回答を得た。

調査では、1) 船名、2) 主に営む漁業種類と漁獲対象魚種、3) 現在藻場が分布する場所、その藻場を構成している海藻の種類および被度、4) 5～10年前に存在していたが現在は消失した藻場の場所、その藻場を構成していた海藻の種類、5) 磯焼けが始まった時期、6) 漁業者が考える藻場が消失した原因、7) 直近5年間での操業場所(位置や水深)の変化、8) 直近5～10年間で特に減少したと思う魚種と増加したと思う魚種、9) 藻場の保全や磯焼け対策のための取組の実施について聞き取った。これらの質問項目のうち、3～6)と9)は藻場や

磯焼けの現状について把握するための質問項目であり、5)と6)の質問は4)において磯焼けによる藻場の消失があった場合に回答を得た。また、7)と8)は漁業の実情について把握するための質問項目である。3)および4)の項目を質問する際は、漁場周辺の海図を示して聞き取りを行い、陸上や海底の地形、水深を参考に、藻場の分布を海図上に直接記入してもらい回答を得た。また、藻場の被度は、見本となる写真サンプルを元に100%/50%/25%/5%の4段階で聞き取った(図2)。聞き取りの結果は、横須賀から三浦市宮川までを東京湾側、城ケ島から福浦までを相模湾側として、それぞれ分けて集計した(図1、表1)。聞き取り結果のうち、3)と4)は聞き取り結果を記入した海図をQGIS(ver. 3.20.0)に読み込んで地図上に集計し、藻場の面積を算定した。藻場の面積は、被度5%以上の藻場と、被度25%以上の藻場について算定した。また、その他の聞き取り項目については、2)と6)は漁業者数を、5)および7～9)は図1および表1に示した聞き取りを行った地域(以下、漁協等)の数を単位として集計した。

また、過去から現在に至る藻場の分布の変遷を明らかにするために、第4回環境庁(当時)自然環境保全基礎調査における藻場調査の結果(以下、環境庁調査)と比較した。この調査は、1990年において横須賀市猿島周辺～城ケ島～福浦にかけて漁業者に対する聞き取りにより藻場の分布を明らかにしたもので、本研究での調査範囲とほぼ一致する。この調査での結果をQGISに読み込み、本研究での調査結果とQGIS上で比較した。また、1990年当時の藻場面積は、本研究でQGISに読み込んだデータを用いて再計算し、本研究での結果と比較した。

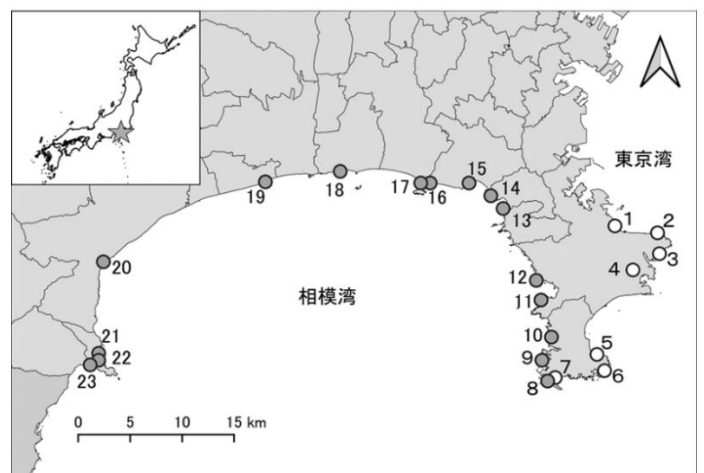


図1 漁業者への聞き取り調査を行った漁業協同組合およびその支所、地域(以下、漁協等)の分布。白丸は東京湾側に、灰色の丸は相模湾側に分類した漁協等を示す。番号は表1の漁協等に対応。

表1 調査を行った漁業協同組合（漁協）およびその支所、地域における聞き取りを行った漁業者の人数。表中の番号は図1中の番号に対応。

番号 (図1)	区域	漁協	支所・地域	人数
1	東京湾側	横須賀市東部	横須賀	1
2			走水大津	3
3			鴨居	2
4			浦賀久比里	3
5		みうら	金田	3
6			松輪	2
7			(宮川)	1
8	相模湾側	三和	城ヶ島	2
9			みうら	2
10		三和	初声	3
11		長井町		3
12		横須賀市大楠	(佐島)	3
13		葉山町		3
14		小坪		3
15		鎌倉		3
16		腰越		4
17		江の島片瀬		1
18		茅ヶ崎市		1
19		大磯二宮		1
20		小田原市		4
21		岩		6
22		真鶴町		3
23	福浦		1	

*()は漁業協同組合およびその支所でない地域を示す

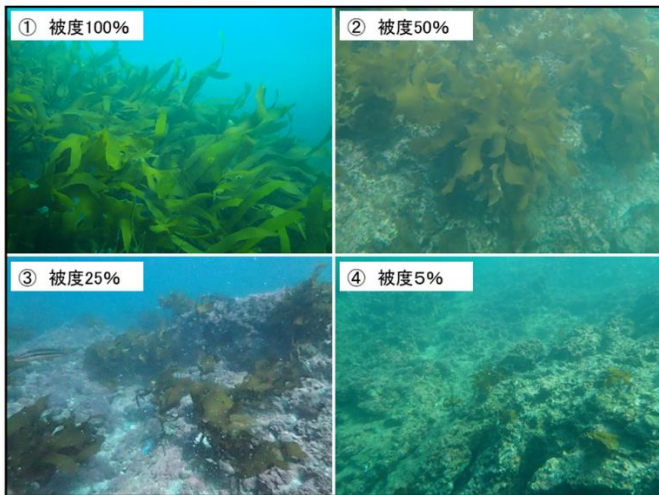


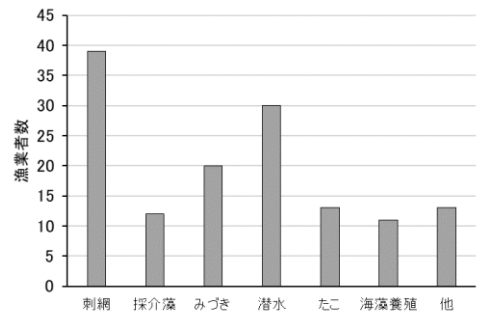
図2 藻場の被度を聞き取る際に用いた被度 100% (左上)、50% (右上)、25% (左下)、5% (右下) の写真サンプル

結果

聞き取り調査の結果

横須賀～城ヶ島～福浦にかけての沿海漁業協同組合16組合の計23漁協等において、漁業者58名から聞き取りを行った。このうち、東京湾側の漁協等の漁業者は15名、相模湾側は43名であった(表1)。聞き取りを行

(a) 漁業種類別



(b) 漁業対象魚種別

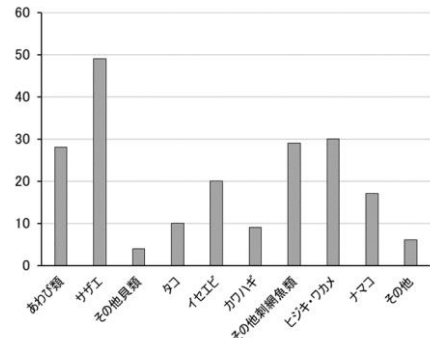


図3 聞き取り調査を行った漁業種類別 (a) および漁業対象種類別 (b) の漁業者数

った漁業者のうち、漁業種類別の漁業者数(延べ人数)は、刺網漁を営む漁業者が最も多く、潜水漁(はだか潜り)、みづき漁を営む漁業者がこれに続いた(図3a)。また、漁業対象魚種別の漁業者数(延べ人数)は、サザエを漁獲している漁業者が最も多く、次いでヒジキ・ワカメ、その他魚類(刺網)の順に多かった(図3b)。

2022年時点における神奈川県沿岸における藻場の分布は横須賀～城ヶ島～逗子市小坪にかけての三浦半島沿岸部に偏在しており、さらに東京湾側と相模湾側で分布状況が大きく異なっていた(図4)。横須賀から松輪、城ヶ島東部にかけての沿岸では、被度50～100%の濃密な藻場が広い範囲に分布していた。東京湾側の一部地域で藻場が消失した場所がみられたが、その多くは岩礁が砂で埋まったことによる藻場の消失とのものであった。なお、三浦半島南部の三浦市毘沙門地域における藻場は、調査実施時に当該地域で磯根資源を対象に出漁していた漁業者がいなかったため、調査できなかった。一方、城ヶ島西部から相模湾沿岸の一带にかけては、広い範囲で直近5～10年の間で藻場が磯焼けにより消失しており、現存する藻場も大半が被度5～25%で海藻類の密度の低い藻場であった。なお、三浦市初声地域の藻場は、聞き取り時の10年前時点ですべての藻場が磯焼けで消失していたとのものであった。被度50～100%の

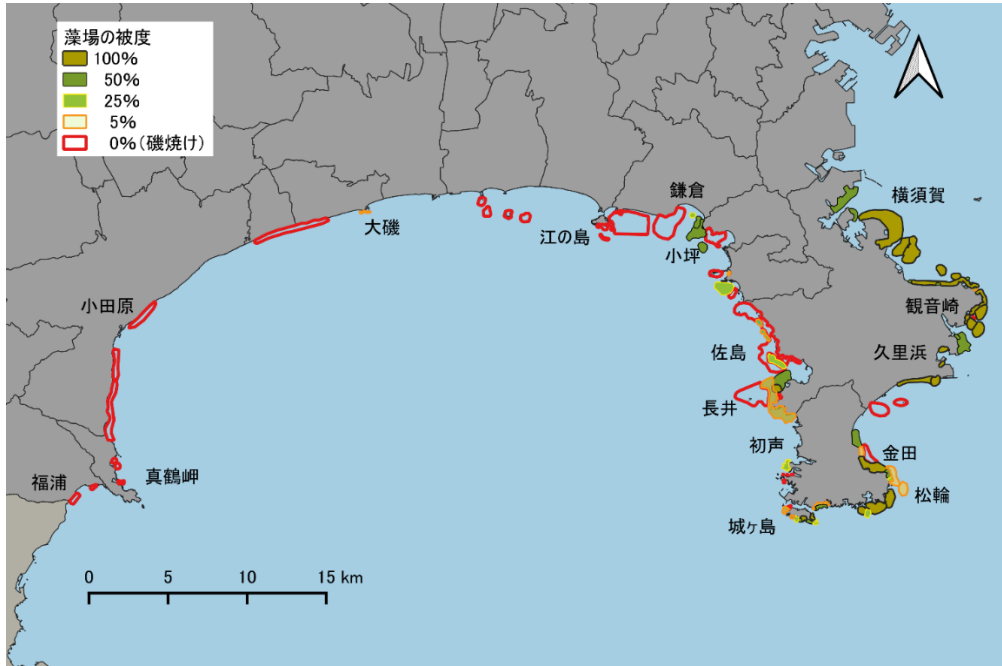


図4 2022年の神奈川県沿岸における被度別の藻場の分布

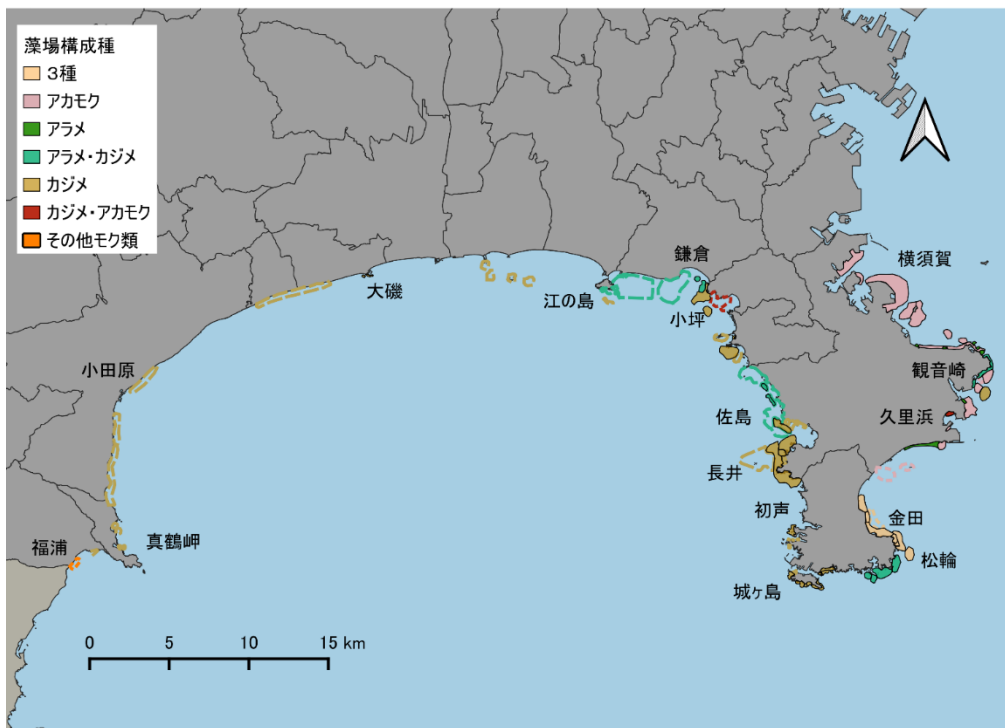


図5 2022年の神奈川県沿岸における海藻種類別の藻場の分布。塗りつぶされた範囲は現存する藻場、破線で囲われた範囲は直近5～10年の間で消失した藻場を示す。

濃密な藻場は、横須賀市長井周辺と小坪～鎌倉市の一部において局所的に存在するのみであった。また、藻場の分布する場所も大半が三浦半島沿岸部であり、藤沢市江の島～福浦にかけての湘南～西湘地域では被度5%の藻場が大磯にわずかに存在する以外は全地域で藻場が消失し磯焼け状態にあった。藻場の分布や被度だけでなく、藻場を構成している、および構成していた海藻の種類も、

東京湾側と相模湾側で異なっていた(図5)。東京湾側の横須賀～久里浜周辺にかけては、広い範囲でアカモク *Sargassum horneri* の藻場が広がっていたほか、沿岸部においてはアラメ *Eisenia bicyclis* の藻場もみられた。三浦市金田～松輪にかけての東京湾側南部では、アラメに加えてカジメ *Ecklonia cava* も構成種となっていた。一方、三浦市宮川および城ヶ島以西の相模湾側の一帯に

かけてはカジメが構成種であり、横須賀市佐島周辺および鎌倉市ではカジメに加えてアラメとの混成の藻場が分布していた。ただし、カジメの藻場、アラメ・カジメの藻場ともに、2022年現在では広い範囲で消失していた。また、福浦の一部では種不明のモク類 *Sargassum* spp. の藻場が分布していたが、2022年現在では消失していた。

磯焼けによる藻場の消失がみられた相模湾側において、磯焼けが始まった時期を聞き取った結果では、最も早く藻場の消失が見られたのが横須賀市大楠の佐島周辺で2004年であった(図4、表2)。これに続き、2010年~2013年にかけて三浦市諸磯、初声、横須賀市長井、葉山町、茅ヶ崎市、真鶴町真鶴において、2015年に江の島、真鶴町岩、福浦、2017~2018年にかけて小坪、鎌倉、腰越、小田原市において磯焼けが始まったとされていた。相模湾沿岸における磯焼けは、2010年以降に広がっていた。ただし、特定の地域や方角から磯焼けが進んでいくような、地理的な傾向はみられず、磯焼け状態となった時期は各漁協等で異なっていた。

漁業者が考える藻場が消失した原因について聞き取った結果、「最低水温の上昇」を指摘する意見が最も多く、次いで「最高水温の上昇」が多かった(図6)。両者を合わせて、水温の上昇を指摘する意見が最も多かった。水温の影響以外では、「植食性生物の増加」と、「台風の影響」を指摘する意見が多く見られた。植食生物としては、アイゴ *Siganus fuscescens*、ブダイ *Calotomus japonicus* といった魚類と、ムラサキウニ *Helicoidaris crassispina* とガンガゼ類 *Diadema* spp. といったウニ類が挙げられた。

直近5年間での操業する場所の変化について質問した結果、「変わった」と回答した漁業者は東京湾側では4名(36%)、相模湾側では22名(56%)であった(図7)。「変わった」と回答した漁業者に対してその具体的な内容を聞きとったところ、東京湾側の漁業者では「藻場の場所の移り変わりに伴い変わった」「獲れる場所が限定的になった」といった回答が、相模湾側では「深い場所で操業しなくなった」「漁場が浅い場所に移った」「獲れる場所が限定的になった」といった回答が挙げられた。また、「変わらない」と回答した漁業者が東京湾側では7名(64%)、相模湾側では17名(44%)いたが、その内容は両者で異なっており、東京湾側では従来の漁場で変化なく操業できている一方、相模湾側では「操業する場所を変えても獲れない」「漁獲が見込めないので出漁しなくなった」といった内容であった。

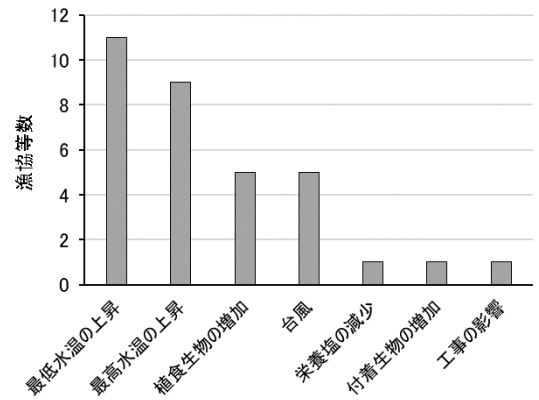


図6 漁業者が考える藻場が消失した原因の回答および回答数

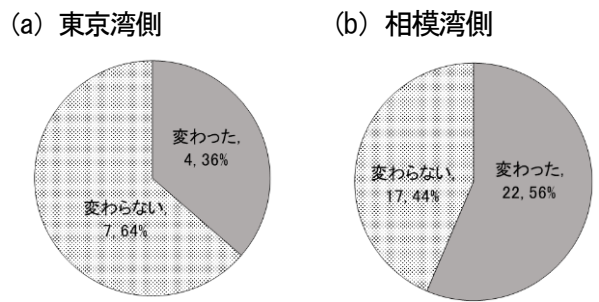


図7 東京湾側(左)および相模湾側(右)の漁業者における直近5年間で操業する場所(位置、水深)が変化した者の数と割合

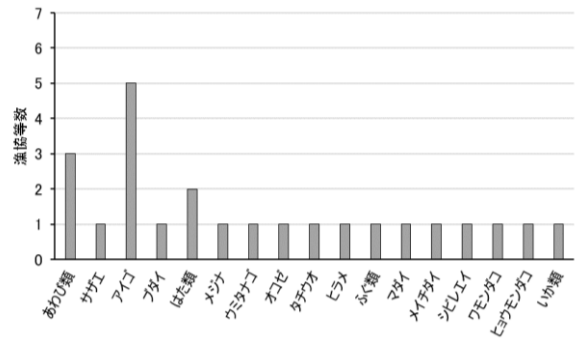
表2 相模湾沿岸の漁協等における藻場の消失が始まった年

藻場の消失が始まった年	漁協等
2004	横須賀市大楠
2010	初声、葉山町、茅ヶ崎市
2011	真鶴町
2012	諸磯
2013	長井町
2014	
2015	江の島片瀬、岩、福浦
2016	
2017	小坪、鎌倉、腰越
2018	小田原市

直近5~10年間で減少したと思う魚種について聞き取った結果、東京湾側ではマコガレイ *Pseudopleuronectes yokohamae*、アワビ類の順に多く挙げられ、3番目に多かった魚種は同数でマダコ *Octopus*

sinensis、マナマコ *Apostichops japonicus*、サバ類 *Scomber* spp.、クルマエビ *Marsupenaeus japonicus* であった (図8a)。また、相模湾側では、アワビ類、サザエ、メバル類 *Sebastes* spp. の順に多く挙げた (図8b)。相模湾側では、アワビ類はすべての漁協等において減少した魚種として挙げられた。一方、同期間に増加したと考えられる魚種を聞き取った結果では、東京湾側ではアイゴ、アワビ類、ハタ類 *Epinephelus* spp. の順に、相模湾側ではブダイ、ハタ類、アイゴの順にそれぞれ多く挙げた (図9)。ここでのハタ類は、アカハタ *Epinephelus fasciatus* とオオモンハタ *E. areolatus* が具体的な魚種としてあげられた。こうした比較的温暖な地域に生息する魚種の増加や、アイゴやブダイといった植食性魚種の増加を指摘する意見は東京湾側と相模湾側で共通していたが、相模湾側の漁協等で減少した魚種として挙げられたアワビ類が東京湾側の一部では増加した魚種として挙げられており、一部地域では真逆の状況であることが示唆された。

(a) 東京湾側



(b) 相模湾側

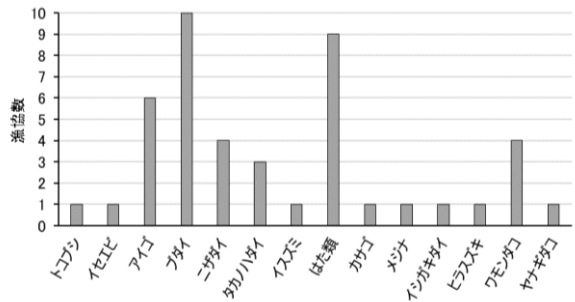
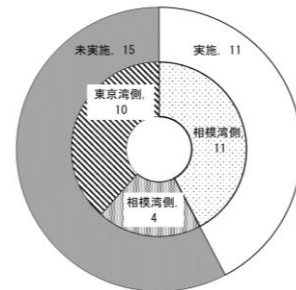


図9 漁業者が直近5~10年の間で増加したと思う魚種として挙げた魚種名と回答数

(a) 藻場保全・磯焼け対策に取り組む漁協等



(b) 取組の内容

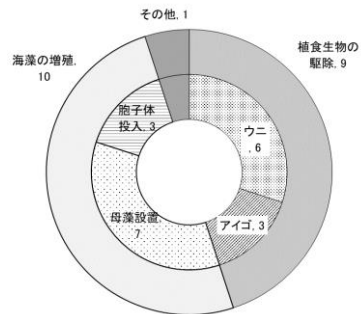
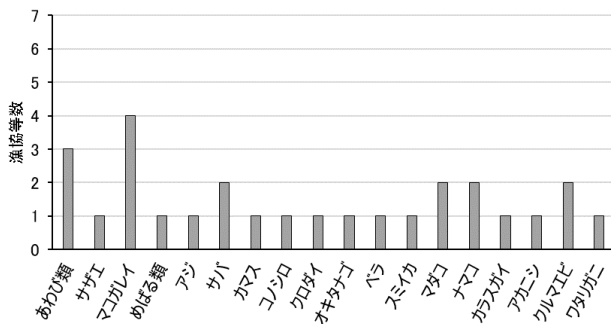


図10 藻場保全や磯焼け対策に取り組む漁協等の数 (a) およびその内容 (b)

(a) 東京湾側



(b) 相模湾側

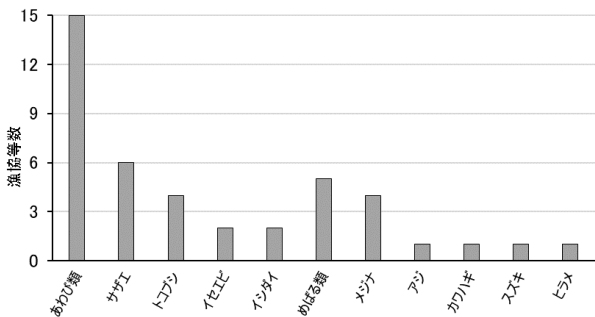


図8 漁業者が直近5~10年の間で減少したと思う魚種として挙げた魚種名と回答数

藻場の保全や磯焼け対策の取組の実施について聞き取った結果、11 漁協等が何等かの取組を実施しており、これらは全て相模湾側の漁協等であった(図 10a)。

具体的な取組の内容は、主に植食性生物の駆除と、海藻類の増殖、あるいはその両方であった。植食性生物の駆除を実施していたのは 9 漁協等であり、駆除している生物として、ウニ類とアイゴが挙げられた。また、海藻類の増殖を実施していた漁協等は 10 漁協等で、増殖の方法としては、母藻の移植やスポアバッグの設置による孢子体の投入であった。その他、サンゴモ類の付着していない基質面を露出させ海藻の増殖を促す「石まくり」を行っている漁協等が 1 漁協等あった(図 10b)。

1990 年における藻場分布状況

環境庁調査では、主に横須賀市観音崎～城ヶ島～福浦の沿岸岩礁域一帯にかけて藻場が分布していた(図 11)。三浦半島では主にアラメとカジメからなる藻場が分布しており、一部ではアラメ、カジメ、モク類の混成の藻場のほか、アラメ、カジメ単独の藻場、およびカジメとモクの藻場がみられた。また、鎌倉市～江の島周辺にかけては、アラメ、カジメ、およびこれらの混成からなる藻場が広い範囲にみられた。茅ヶ崎市烏帽子岩周辺から真鶴にかけては主にカジメからなる藻場が、真鶴岬南部～福浦にかけてはモク類の藻場がそれぞれ分布していた。なお、ここでのモク類について、具体的な海藻種は特定できなかった。

また、環境庁調査では藻場の被度を、疎密度として「濃生」(海底面がほとんどを植生で覆われている)・「密生」(海底面よりも植生の方が多い)・「疎生」(植生よりも海底面の方が多い)の3段階で記録されていた。観音崎周辺や葉山町周辺、鎌倉市～烏帽子岩にかけては疎生の藻場がみられたが、三浦半島沿岸と茅ヶ崎市～真鶴岬先端にかけては広い範囲で濃生および密生の藻場がみられていた(図 12)。

藻場面積の比較

1990 年における藻場面積を算定した結果、東京湾側では 1,280ha、相模湾側では 2,690ha、県全域の合計で 3,970ha であった(表3)。なお、この結果は第 4 回環境庁自然環境保全基礎調査の結果として公開されている数値と若干異なるが、本研究での数値は GIS を用いて再計算した値であることと、環境庁調査での藻場面積は本研究で対象としていないアマモ場も含まれていることに起因することに留意されたい。

一方、2022 年における被度 5%以上の藻場面積は、東京湾側では 1,260ha、相模湾側では 580ha、県全域の合計は 1,840ha であった(表3)。なお、2022 年の藻場面積の算定

表 3 1990 年と 2022 年の神奈川県沿岸における藻場面積

区域	面積 (ha)		
	1990 年	2022 年 (被度 5%以上)	2022 年 (被度 25%以上)
東京湾側	1,280	1,260	1,150
相模湾側	2,690	580	290
合計	3,970	1,840	1,440

にあたり、毘沙門地区では聞き取りを行うことができなかったことから、隣接する三浦市松輪および宮川での聞き取り結果と、1990 年の調査結果を参照に、水深 5m 以浅で 1990 年に存在した藻場が現存すると想定して藻場面積を算出した。同様に、被度 25%以上の藻場面積を算定した結果では、東京湾側は 1,150ha、相模湾側は 290ha、県全域では 1,440ha であった(表 3)。

1990 年から 2022 年の間での藻場面積の増減率を計算したところ、被度 5%以上の藻場では、東京湾側で 1.6%、相模湾側で 78.4%、県全域では 53.7%の減少であった。また、同期間における被度 25%以上の藻場の増減率は、東京湾側で 10.0%、相模湾側で 89.3%、県全域では 63.7%の減少であった。

考 察

本研究では、漁業者への聞き取り調査により、神奈川県沿岸における藻場分布の現状と磯根資源を対象とした漁業の実態について明らかにするとともに、過去の藻場調査結果と比較して藻場分布の変遷を検討した。これらの結果を踏まえて、1) 相模湾沿岸における磯焼けと藻場の消失要因について、2) 1990 年から 2022 年の間における藻場分布の変遷について、3) 磯根資源および漁業への影響、4) 調査手法の正確性の 4 点について検討する。

相模湾沿岸における磯焼けと藻場の消失要因

本研究での聞き取り調査の結果、東京湾側では 2022 年時点でも広い範囲に濃密な藻場が広がっていた一方、相模湾側では広い範囲で磯焼け状態にあった。さらに、相模湾に残存する藻場は被度の低い藻場が多く、被度 25%以上のまとまった海藻群落からなる藻場は 1 割程度しか残存していなかった。このような違いは、東京湾と相模湾における海洋環境の違いに起因していると考えられる。東京湾は閉鎖性の湾であり穏やかである一方、相模湾は外洋に面していることから、外洋からの波浪や台風の影響を受けやすい²³⁾。さらに、相模湾の沖合は暖流の黒潮が流れ、これに由来する暖水波及の影響もある

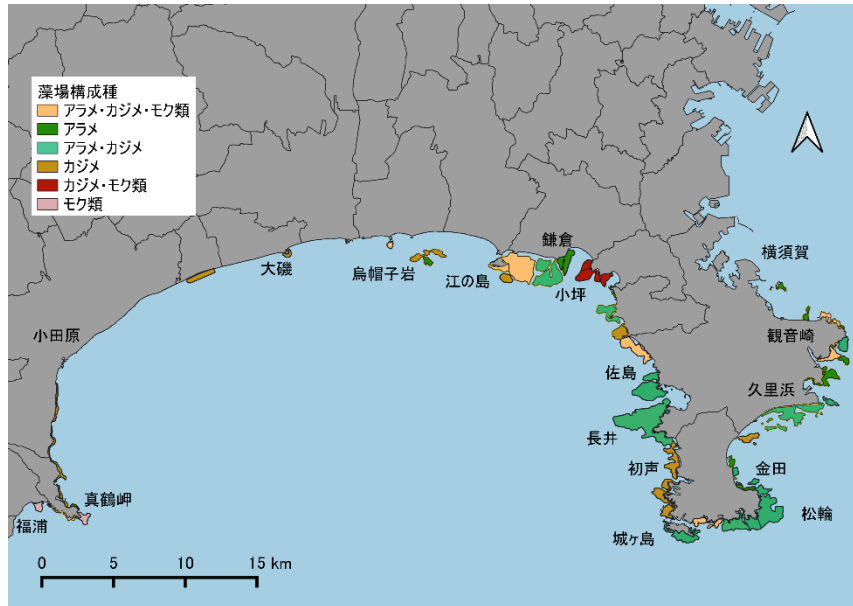


図 11 1990 年の神奈川県沿岸における海藻種類別の藻場の分布。第 4 回自然環境保全基礎調査（藻場調査）における調査結果元データを使用して作成。

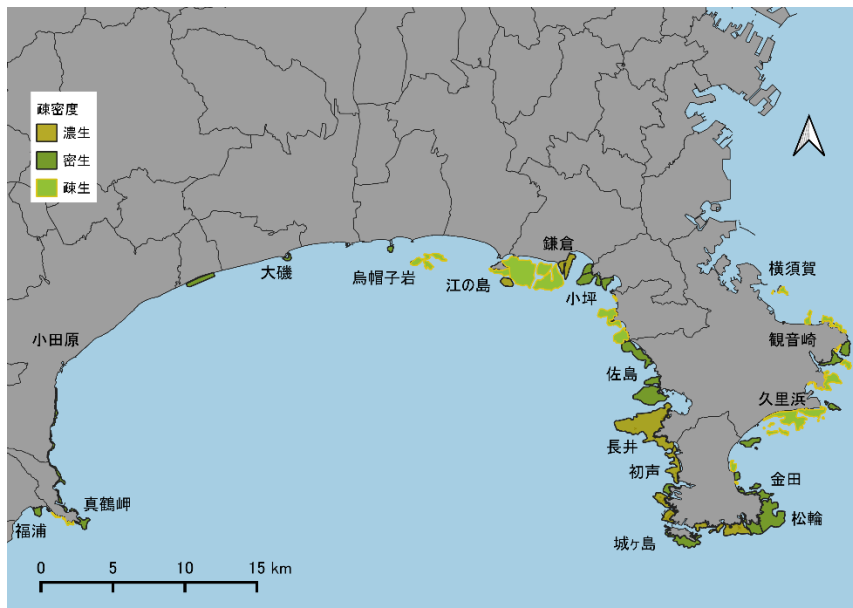


図 12 1990 年の神奈川県沿岸における疎密度別の藻場の分布。第 4 回自然環境保全基礎調査（藻場調査）における調査結果元データを使用して作成。疎密度は「濃生」（海底面がほとんどを植生で覆われている）・「密生」（海底面よりも植生の方が多い）・「疎生」（植生よりも海底面の方が多い）の 3 段階。

ことから^{23,24}、相模湾の海水温は特に秋季～冬季において東京湾に比べて高い²⁵。このように、相模湾は東京湾と比べ、大きな波浪を受けやすく、なおかつ高水温が継続しやすい環境であるといえる。こうした相模湾の環境は、時に大型海藻の生育や再生産に負の影響をもたらすと考えられる。まず、藻場が消失する要因として、台風などに伴う強い波浪を受けたことによる流失が挙げられ、相模湾は東京湾に比べ波浪による藻場の流失が起こりやすいといえる。実際、2001 年には小田原市地先の人工

リーフのカジメ群落において¹⁶、2017 年および 2019 年には諸磯のカジメ群落において¹⁴、それぞれ台風により藻場が流失したことが報告されているほか、本研究での聞き取りにおいても小田原市江之浦のカジメ群落が 2018 年の台風 12 号の時に流失したとの証言があった。次に、藻場の消失後の回復を妨げたり、藻場を直接消失させる要因として植食性生物による過度な海藻類の摂食が挙げられるが、高い海水温がこの摂食量の増大を招いていると考えられる。藻場に影響を与える代表的な植食性生

物としてアイゴが挙げられ^{9, 10, 14)}、相模湾における磯焼けにも深く関与していると考えられている。アイゴは海水温が15~20°Cを下回ると海藻類の摂食量が著しく低下し²⁶⁻²⁸⁾、かつては秋季から冬季にかけての海水温の低下がアイゴの摂食量を制限していたと考えられる²⁹⁾。しかし、この期間に海水温が高く推移することにより海藻類がアイゴの摂食を受ける期間が長期化することで、摂食量の総量が海藻類の成長量や再生産量を超えて磯焼け状態が継続すると考えられる²⁹⁾。実際、諸磯のカジメ群落では、冬季に海水温が0.5~2°C高く推移した結果、アイゴの摂食により群落が衰退していったことが報告されている¹⁴⁾。さらに、黒潮が相模湾の近くを流れるA型と呼ばれる流路を取る時では、特に秋季と冬季の水温が高温になる傾向があるが³⁰⁾、2017年以降の黒潮はA型流路が継続している³¹⁾。よって、近年では冬季においてもアイゴの摂食が長期化しやすい状況が続いていると考えられる。このように、台風の影響による藻場の流失と、近年の海水温の上昇を背景としたアイゴをはじめとする植食性生物の摂食量の増大が複合的に作用した結果、藻場が消失したと考えられる。聞き取り調査を行った漁業者からも、藻場が消失した要因として海水温の上昇や植食性生物の増加、台風の影響を指摘する意見が挙げられており、本研究の結果および他の研究知見から考えられる相模湾における磯焼けの発生・進行メカニズムは漁業者の意見と一致する。

本研究での聞き取り調査では、アイゴは相模湾側だけでなく、東京湾側の漁協等においても増加している魚種として挙げられていた。しかし、聞き取りを行った漁業者の話によると、東京湾側におけるアイゴの増加は「最近たまに見かけるようになった」程度であり、個体数は増加していても磯焼けを引き起こす水準には至っていないと考えられる。また、東京湾では冬季の低水温によりアイゴの活動が低下する期間が長いと考えられる。さらに、一般に東京湾は相模湾に比べ塩分が低い²⁵⁾、アイゴは低塩分の環境では活動が低下することが指摘されていることから^{11, 29)}、東京湾側のアイゴは相模湾に比べて摂食が活発でない可能性がある。こうした海洋環境の違いによって、東京湾側の藻場ではアイゴの摂食を受けにくいと推察される。なお、海藻類の生育に影響する要因として水温のほかに栄養塩も指摘されるが¹⁾、東京湾に比べて栄養塩濃度が低いとされる相模湾においても植食性魚類の摂食を防除することでカジメが育つことが確認されている³²⁾。よって、神奈川県沿岸の藻場の分布において栄養

塩濃度の違いがもたらす影響は小さいと考えられる。

1990年から2022年の間における藻場分布の変遷

東京湾側の横須賀市横須賀および観音崎周辺にかけて、1990年の環境庁調査結果では主にアラメの藻場が局所的にみられるのみであったが、本研究の聞き取り調査ではこのアラメ藻場に加え、1990年に藻場がみられなかった場所も含めた広い範囲にアカモクの藻場がみられた。また、1992年に神奈川県水産試験場(当時)が実施した沿岸植生調査における潜水調査結果においても、当該海域でアカモクは確認されていなかったが³³⁾、本研究の聞き取り調査ではこの海域の漁業者から「ここ5, 6年でアカモクが増えた」という意見が聞かれた。よって、当該海域ではアカモクの藻場が増えたと考えられる。1990年から2022年にかけての東京湾は富栄養化が軽減していった時代にあたり^{34, 35)}、こうした環境の変化が影響した可能性がある。例えば、富栄養化の軽減によって海底の浮泥が減少して海藻類が付着できる基質が増加したり、透明度が高くなったことで海藻類が生育できる海域が増えたのかもしれない。さらに、冬季に低水温になりやすく、塩分が低いという環境からアイゴをはじめとした植食性魚類が少なく被食を受けなかったことも考えられる。なお、アカモクは一年生の海藻であり、藻体が消失する夏季~秋季では潜水調査でも発見できない可能性も考えられる。1992年の沿岸植生調査における横須賀からの三浦半島一帯の調査は7月に実施されているが、横須賀市野比や三浦市初声周辺ではアカモクが確認されている。よって、横須賀~観音崎の海域では、1992年では現在よりアカモクは少なかった可能性が高いだろう。ただし、1990年当時ではアカモクは漁業資源として認知されておらず注目度も低かったことから、この時の環境庁調査における聞き取り調査ではアカモクの藻場は聞き漏らされていた可能性も否定できない。よって、かつてこの海域に全くアカモク藻場が存在しなかったとは断定できず、アカモク藻場の面積の増加量については定量性が十分でない可能性に留意する必要がある。

東京湾側の観音崎以北では藻場の増大がみられた一方、東京湾側の久里浜以南と相模湾側沿岸にかけては、1990年と比べて2022年では藻場の分布が岸近くに限られていた。1990年における藻場の範囲は、2022年時点で現存する藻場と直近5~10年の間で消失した藻場を合わせた範囲とおおむね一致していたことから、相模湾沿岸および東京湾南部の藻場は沖合の外縁部から縮小し、消失していったと考えられる。実際、漁業者からは、

聞き取りの際「沖合の藻場からなくなっていった」「深所の藻場が無くなった」といった意見が複数の地域で聞かれた。静岡県伊豆半島の下田地先では、黒潮が伊豆半島南端の石廊崎の近くを流れる時に、沖に近い藻場から消失して磯焼けが進行していくことが知られており³⁵⁾、より外洋に近く黒潮の影響を受けやすいところほど藻場が消失しやすい可能性が考えられる。一方で、沿岸部では局所的に発生する強く複雑な潮流の影響により植食性魚類の摂食を受けにくいことや^{12, 37)}、淡水の流入により外洋水の影響が緩和されて周囲より水温や塩分が低く、植食性魚類が逃避して被食を免れている可能性が考えられる^{11, 29)}。今後、藻場が残存している地域における海洋環境や海底地形の違いを検討することで、藻場の再生に必要な条件を明らかにすることができるかもしれない。

藻場の変遷や磯焼けによる磯根資源および漁業への影響

アワビ類は単価が高く、多くの沿岸漁業者が漁獲対象としている重要な資源であるが、広い範囲で藻場の消失が見られた相模湾沿岸では、すべての漁協等においてアワビ類が「減ったと思う魚種」として挙げられていた。実際、相模湾沿岸の主要市場におけるアワビ類の漁獲量は磯焼けが進行したと考えられる2010年以降は減少傾向にあり⁶⁾、アワビ資源の環境収容力は藻場面積の縮小とともに低下することが確かめられている⁷⁾。また、東京湾側の一部の漁協等ではアワビ類は「増えたと思う魚種」として挙げられていたが、こうした漁協等は、藻場の増大がみられた海域にある漁協等であり、西湘地域の漁協等では過去にカジメ藻場が増大した時代にアワビの漁獲も増えたという証言もあった。このことから、神奈川県沿岸においてもアワビ類の漁獲量は藻場の盛衰に直結していると考えられる。

直近5～10年間における漁場の変化を聞き取った結果、相模湾側の漁協等では「漁場が浅い場所に移った」

「深い場所に潜らなくなった」といった意見が各地で聞かれた。1990年と2022年で藻場の分布を比較した結果では、沖側の藻場や深場の藻場が消失しており、藻場の縮小に伴い漁場も浅い場所に限定されていると考えられる。さらに、藻場や漁場が浅い場所に限定されたことに伴い、主に漁獲されるアワビ類の種類も変化している可能性がある。神奈川県沿岸で漁獲されるアワビ類はメガイアワビ *Haliotis gigantea*、マダカアワビ *H. madaka*、クロアワビ *H. discus discus* の3種があり、三浦半島の相模湾側でのアワビ類の漁獲量ではメガイアワビが多数を占めていた(神奈川県水産技術センター、未発表)。

しかし、メガイアワビの漁獲量は2005年以降減少傾向にあり、2018年以降ではクロアワビの方が多くなっている。また、メガイアワビやマダカアワビは比較的水深の深い場所に生息するのに対し、クロアワビは浅い水深に生息する³⁵⁾。そのため、深い場所の藻場が消失してメガイアワビ資源が減少したことで、浅い場所の藻場に生息するクロアワビが主な漁獲対象となり、アワビ類の漁獲量における種構成が変わった可能性がある。近年の沿岸漁業者では高齢化が進んでおり³⁹⁾、藻場が無くなった深場で無理をして操業しなくなったことも背景に考えられるが、漁獲されるアワビ類の種構成の変化は、藻場の衰退に伴う漁場の変化と関連している可能性がある。

調査結果の正確性

本研究では聞き取り調査により、県全域での藻場分布状況を把握した。聞き取り調査での藻場の範囲と藻場が消失した範囲は、環境庁調査での藻場の範囲とほぼ一致していた。よって、本研究では聞き取り調査でほぼ全域の藻場の分布を解明できたといえるだろう。しかしその一方で、藻場の密度や構成種については漁業者からの聞き取り結果に依存しており、聞き取った結果の正確性を評価することはできなかった。鎌倉市地先、横須賀市長井周辺、三浦市諸磯地先および城ヶ島周辺では著者らの潜水により植生の観察を行っているが、この時の様子は本研究での聞き取りの結果と一致していた。一方で、漁業者によって海藻の種類を正確に識別できていない可能性があり、この点は検討を要すると考えられる。また、本研究の聞き取りでは、横須賀市鴨居ではカジメのことを「あらめ」、アラメのことを「あまため」と呼称していることが明らかになった。このように、地域によっては混同を招く地方名が存在することもあり、聞き取りを実施する際には注意する必要があると考えられた。本研究の結果の正確性を担保することは今後の課題と考えられ、そのためには潜水土によるライトランセクト法やコドラート法といった正確性に優れる調査手法と併用し、漁業者とのからの聞き取り結果を検証することが望ましいだろう。

本研究で用いた手法の聞き取り調査は、漁場として利用されていない海域は明らかにできないという欠点がある。実際、毘沙門地域では調査実施時に磯根資源を採捕している漁業者が全員引退しており調査できなかった。また、聞き取りを行うことができた地域でも、磯根資源を採捕している漁業者が1～2名しかいない漁協等もあった。今後も沿岸漁業者は減少していくと予想されており³⁹⁾、その結果こうした「空白地帯」が増加して聞き取り調査を行える地域が少なくなっていく可能性がある。さらに、本研究の聞き取

り結果で「深い場所に潜らなくなった」という意見が各地域で聞かれ、この状態が続くと聞き取りでは深場の藻場の存否がわからなくなる可能性がある。よって、今後藻場の分布を調査する際は、漁業者への聞き取り以外の手法も検討する必要があるだろう。例えば、聞き取りの対象を漁業者だけでなく、ダイビングショップにも拡大することが考えられる。また、水中ドローンを用いることで、潜水調査と同等の精度の調査をより広範囲かつ低コストで行える可能性がある。今後藻場の分布状況を明らかにする調査を行う場合、先述の正確性の担保のためにも、複数の手法を併用していくことが望ましいだろう。

まとめ

本研究では、漁業者への聞き取り調査を行い、神奈川県沿岸における藻場の分布状況や磯根資源を対象とした漁業の現状について明らかにした。その結果、1)横須賀市横須賀～三浦半島南端にかけては濃密な藻場が広く分布している、2)相模湾沿岸の広い範囲では磯焼けにより藻場が消失しており、現存する藻場も被度が低い場所が多い、3)相模湾沿岸ではアワビ類をはじめとした磯根資源の漁獲が減少しており磯焼けによる影響が生じているが、東京湾側の一部地域ではアワビ類の漁獲が増加し状況が異なっている、4)神奈川県沿岸全体でハタ類やアイゴが共通して増加傾向にあるとみられる、といった実態が明らかになった。さらに、1990年の調査結果との比較から、5)沖合に近い深場の藻場の消失が顕著である、6)東京湾側の横須賀～観音崎周辺では藻場の構成種が変化していること、7)神奈川県全体で53.7%、相模湾沿岸では78.4%の藻場が減少していることが明らかになった。こうした藻場分布の変遷や盛衰は、海洋環境の変化と深く関連していると考えられる。変わりゆく環境の中で藻場の維持や増大を図るためには、藻場の分布状況や海洋環境のモニタリングを随時行い、現状の環境に順応した対策を展開していく必要があるだろう。

謝辞

本研究の聞き取り調査では、横須賀市東部、みうら、三和、長井町、湘南(旧横須賀市大楠、葉山町、鎌倉)、小坪、腰越、江の島片瀬、茅ヶ崎市、大磯二宮、小田原市、岩、真鶴町、福浦の各漁業協同組合の職員および組合員の皆様に多大なご協力を賜った。また、(公財)神奈川県栽培漁業協会の今井利為専務理事からは貴重なご助言と情報提供をいただいた。この場を借りて感謝申し上げる。

引用文献

- 1) 水産庁(2021):第3版 磯焼け対策ガイドライン, 水産庁, 東京, 247pp.
- 2) 水沢政彦・青木一郎・由上龍嗣・歌川憲一・三谷 勇(2004):耳石微細構造からみた三浦半島周辺海域におけるメバルの初期生活史. 日本水産学会誌, **70**(2), 138-144.
- 3) 上村泰洋(2015):藻場における環境変動と仔稚魚の動態. 日本水産学会誌, **81**(3), 478.
- 4) 堀 正和(2019):ブルーカーボンを利用した気候変動の緩和適応策の実践—海藻草場を利用した増養殖の展開—. 2019年日本水産工学会学術講演会学術講演論文集, 15-16.
- 5) 岡部 久・鳥越 賢(2017):三浦半島沿岸におけるアワビ類資源回復のための親貝場設置の効果. 神奈川県水産技術センター研究報告, **8**, 39-43.
- 6) 神奈川県水産技術センター(2023):令和5年神奈川県周辺海域における重要水産資源の動向 あわび類. <https://www.pref.kanagawa.jp/documents/105955/r5-13.pdf>; (2024年1月1日取得).
- 7) 水産研究・教育機構・北海道立総合研究機構・神奈川県水産技術センター・鹿児島県水産技術センター・東京海洋大学・東京大学・(株)沿岸生態系リサーチセンター(2020):生態系ネットワークの修復によるアワビ資源回復のためのガイドライン, 25pp.
- 8) 秋元清治・中西敏之・小山利郎・加藤健太(2012):相模湾におけるカジメ・アラメ場の実態について. 神奈川県水産技術センター研究報告, **5**, 1-9.
- 9) 野田幹雄・木下淳司・棚田教生・村瀬昇(2018):短期間で発生したカジメ科海藻の磯焼けにおけるアイゴの食痕の特徴. 水産大学校研究報告, **66**, 111-122.
- 10) 高村正造・有馬史織・西村竜雄・相澤 康(2019):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. 神奈川県水産技術センター研究報告, **10**, 35-41.
- 11) 坂本龍一・松本正勝(1995):都農・川南地先のクロメ群落衰退原因調査. 宮崎県水産試験場試験報告書, **144**, 1-72.
- 12) 川俣 茂・長谷川雅俊(2006):アイゴの海藻摂食に及ぼす振動流の影響. 日本水産学会誌, **72**, 717-724.
- 13) Serisawa, Y. (1999): Comparative study of *Ecklonia cava* Kjellman (Laminariales Phaeophyta) growing in different temperature localities with reference to morphology, growth, photosynthesis and respiration. 東京水産大学

- 学位論文, 東京.
- 14) 木下淳司・片山俊之・本間功一(2023): 早熟性カジメ群落の動態. 水産工学, **60**, 53-61.
 - 15) 藤田大介(2002): 磯焼けの現状. 水産工学, **39**, 41-46.
 - 16) 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.
 - 17) 水産庁(2021): 広域藻場モニタリング手引き, 水産庁, 東京, 70pp.
 - 18) 藤田大介(1987): 北海道大成町の磯焼けに関する聴取り調査. 水産増殖, **35**, 135-138.
 - 19) 吉田太輔(2016): 島根県沿岸における藻場の状況と磯焼けに関する聞き取り調査. 島根県水産技術センター研究報告, **9**, 37-42.
 - 20) 藤川義一・桐原慎二(2018): 青森県日本海沿岸の藻場に関する漁業者からの聞き取り結果. 水産工学, **55**, 65-70.
 - 21) ルイ ソチエー・作野裕司(2008): 衛星 Terra/ASTER データを使った吉名干潟における藻場モニタリング. 水工学論文集, **52**, 1381-1386.
 - 22) Silva T. S. F., Costa M. P. F., Melack J. M., Novo E. L. M. (2008): Remote sensing of aquatic vegetation: theory and applications, *Environmental Monitoring and Assessment*, **140**, 131-145.
 - 23) 石戸谷博範(2022): 定置網の急潮被害と対策—本日天気晴朗なれども浪高し(潮速し)—. 水産振興, <https://lib.suisan-shinkou.or.jp/ssw633/ssw633-01.html>, (2024年1月4日閲覧).
 - 24) 樋田史郎・中田尚宏(2002): 2001年1月23日に急潮をひきおこした相模灘における黒潮系暖水流入の特徴. 神奈川県水産技術センター研究報告, **7**, 109-115.
 - 25) Akada H., Kodama T., and Yamaguchi T. (2023): Eutrophication trends in the coastal region of the Great Tokyo area based on long-term trends of Secchi depth. *PeerJ*, **11**, e15764.
 - 26) 桐山隆哉・野田幹雄・藤井明彦(2001): 藻植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.
 - 27) 川俣 茂・長谷川雅俊(2006): アイゴによるアラメ・カジメ摂食に及ぼす波浪と水温の影響. 水産工学, **43**, 69-79.
 - 28) 山田博一(2006): 水槽飼育におけるアイゴ成魚のカジメ摂食量とカジメ脱落量の季節変化ならびにアイゴ成魚の生残・成長におよぼす餌料の影響. 静岡県水産試験場研究報告, **41**, 15-19.
 - 29) 芳山 拓・秋元清治・木下淳司(2024): 神奈川県城ヶ島周辺海域におけるアイゴの活動に影響する海洋環境要因. 水産海洋研究, **88**, 52-62.
 - 30) 馬場真哉・石井 洋・芳山 拓(2024): 線形ガウス状態空間モデルを用いた神奈川県城ヶ島地先における海水温トレンドの推定. 水産海洋研究, **88**, 190-199.
 - 31) 一都三県さば漁海況検討会(2022): 関東近海のさば漁業—令和4年度調査研究成果—, 一都三県さば漁海況検討会, **55**, 7-10.
 - 32) 木下淳司・蓑宮 敦・相川英明・春山出穂(2024): 早熟性カジメ由来人工種苗の1年目成熟率. 水産工学, **60**, 125-130.
 - 33) 神奈川県水産試験場(1995): 沿岸植生調査報告書, 156pp.
 - 34) 石井光廣・長谷川健一・柿野 純(2008): 千葉県データセットから見た東京湾における水質の長期変動. 水産海洋研究, **72**, 189-199.
 - 35) Kubo A., Hashihama F., Kanda J., Miyazaki N. H., Ishimaru T. (2019): Long-term variability of nutrient and dissolved organic matter concentrations in Tokyo Bay between 1989 and 2015. *Limnology and Oceanography*, **64**, S209-S222.
 - 36) 河尻正博・佐々木正・影山佳之(1981): 下田市田牛地先における磯焼け現象とアワビ資源の変動. 静岡県水産試験場研究報告, **15**, 19-30.
 - 37) 木下淳司(2009): 人工リーフへのカジメ藻場移植と群落の拡大に関する研究. 水産工学, **45**, 169-178.
 - 38) Hirase S., Yamasaki Y. Y., Sekino M., Nishisako M., Ikeda M., Hara M., Merilä J., Kikuchi K. (2021): Genomic evidence for speciation with gene flow in broadcast spawning marine invertebrates. *Molecular biology and evolution*, **38**, 4683-4699.
 - 39) 一色竜也(2019): 神奈川県における沿岸漁業就業者の人口動態分析. 神奈川県水産技術センター研究報告, **10**, 1-7.