

海藻群落形成基盤としての炭素含有ポリエチレン

松永育之 (㈱東海アクアノーツ)・沼田考広・中島 匠 (東海大・海洋)

権田泰之 (木曾興業㈱)・社家間太郎 (㈱東海アクアノーツ)・上野信平 (東海大・海洋)

海藻群落形成基盤としての炭素含有ポリエチレン

松永育之 (㈱東海アクアノーツ)・沼田考広・中島 匠 (東海大・海洋)
 植田泰之 (木曾興業㈱)・社家間太郎 (㈱東海アクアノーツ)・上野信平 (東海大・海洋)

1. はじめに

本邦沿岸の藻場は、近年の人間活動の拡大により、浅海域の埋め立てや水質の劣化などを招き、衰退、減少傾向にある^{1) 2)}。一方で藻場のもつ高い生物生産力と環境保全機能などの重要性の認識から、天然の藻体や人工の藻を用いた研究や修復、創出事業が全国各地で進められている^{3), 4), 5)}。しかし、藻場の衰退した根本的原因が未解決であることが多く、必ずしも成功していないのが現状であり、人工的な藻場の創出は今後の沿岸開発の重要な課題といえる。

これまでに炭素繊維を用いた人工藻場は、天然藻場と同様の機能を果たすことが明らかになっている^{6), 7), 8), 9)}。しかし、炭素繊維は自立するための浮力が無く、耐久性にも問題があることが明らかとなってきた。

そこで本研究では新たな藻場材として、炭素含有ポリエチレンを用いた人工藻場を設置し、その機能を明らかにすることを目的とした。これまでに著者らは炭素含有ポリエチレンに珪藻が直ちに付着すること、炭素含有は無含有と比較して優れていること、海藻群落形成されることなどを公表している^{10), 11)}。

今回は炭素含有ポリエチレンに形成された海藻群落の季節的消長と海藻形成基盤としての有効性について報告する。

2. 調査地点の概略と方法

実験海域は静岡県沼津市の久連の沖合 100m、水深 5~6m の砂底である (図-1)。本海域は内湾であるが水質的には外洋的である¹²⁾。しかし、久連川が流入することから降雨による一時的な陸水の影響も受ける。付近にはウミヒルモ *Halophila ovalis* や小規模ながらアマモ *Zostera marina* が生育している。

2002年3月に長さ1m、幅3.0cm、厚さ0.2cmの炭素20%含有ポリエチレン (PE) (商品名:シーラント) 9本を 30×30cm のセラミックス固定基盤に取り付け、5×5m の範囲に市松模様になるように 99 基設置した。調査は2003年1月~2004年3月に、原則として月に1回、SCUBA 潜水により行い、PE 5本を任意に採取し試料とした。試料は調査終了後直ちに10%海水ホルマリンで固定し、種を同定し、種別の湿重量を測定した。

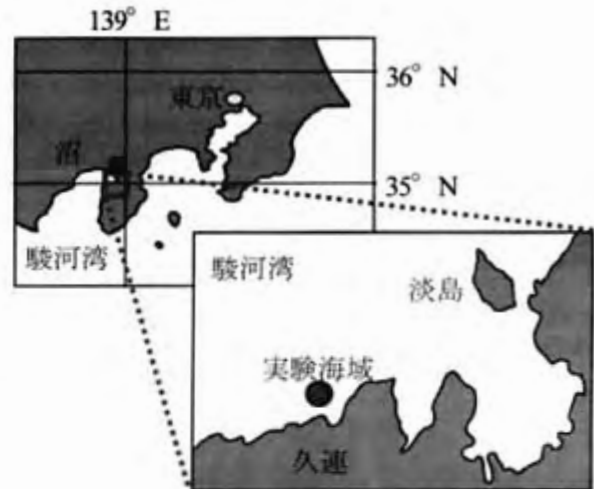


図-1 実験海域の概要

3. 結果と考察

1) 出現海藻

実験海域は内湾の砂底であり、海藻の着生基盤はほとんどなく、汀線付近の転石帯や砂底に僅かに点在する岩礁は何れも磯焼けの様相を呈している。

調査期間中に確認された藻類は、緑藻 6 種、褐藻 5 種、紅藻 35 種の計 46 種であった (表-1)。種数では、2003年1~4月に 22~28 種と高水準で推移し、その後減少して、7~11月では 12~14 種と低水準で推移した (図-2)。12月に増加しはじめ、2004年1月には 25 種、2004年3月には 29 種に達した。また、海藻の総湿重量 (PE5m) は、2003年1月の 84.7g から急増して、4月には 1,912g と 22 倍にまで達した。その後急減して 5月には 13.2g となり、7~12月では 1.1~4.4g と低水準で推移した。しかし 2004年1月には 60.8g に急増し、3月には 1,320.3g に達した。2003年1~4月の総湿重量の増加は、海藻の生長によることは明らかである。主因は大型海藻のヒロメ *Undaria undarioides* である。この種は 2003年1月に 48.3g であったが、4月には 1,829.2g と総湿重量の 95.7% を占め、独占的であった (表-1, 図-2)。その後夏季には消失したが、2004年1月に 23.5g の着生が確認され、3月には 1,160.6g と総湿重量の 87.9% を占め、再び独占的となった。6月の 50.1g は、葉上部が枯死流失した後の仮茎の一部である。この優占種のヒロメを除

表-1 PE人工藻場に出現した海藻

単位: 湿重量g/PE5m

綱	和名	学名	2003												2004			合計		
			Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.			
緑藻綱	アオノリ属	<i>Enteromorpha</i> sp.	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.5		
	アオサ属	<i>Ulva</i> sp.	0.4	0.4	0.4	0.6	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.4	3.0	6.2		
	ジュズモ属	<i>Chaetomorpha</i> sp.					0.0											0.0		
	シオグサ属	<i>Cladophora</i> sp.	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.4		
	ハネモ属	<i>Bryopsis</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				0.0				0.0		
	ミル	<i>Codium fragile</i>	0.2		0.0			0.0										0.2		
褐藻綱	フクロノリ	<i>Cladophora sinuosa</i>		0.8	0.0	0.2				0.0						0.0	0.0	1.0		
	クロガシラ属	<i>Sphaecelaria</i> sp.		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0				0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		
	ヒロメ	<i>Ulmaria undaroides</i>	48.3	325.9	722.9	1829.2		50.1							23.5	445.3	1160.8	4805.8		
	ウミウチフ	<i>Padina arborescens</i>	0.2	0.0						0.1			0.0	0.1	0.0	0.2	0.4	0.1	1.3	
	アミジグサ科	Dictyotaceae											0.0						0.0	
	紅藻綱	フサノリ	<i>Scleria japonica</i>	1.7	30.0	19.8	48.6	1.8										0.4	0.8	100.5
ヒラフサノリ		<i>Scleria latifrons</i>			2.8	0.2										0.1	6.5	19.7	29.1	
マクサ		<i>Gelidium elegans</i>	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.4	0.0			0.0	0.0	0.0	2.8	0.1	0.1	4.0	
カニノ子属		<i>Anphiroe</i> sp.	0.1			0.1		0.0	0.1				0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.4		
無節サンゴモ属		Melobesioideae	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0.0	
ムカデノリ		<i>Grateloupia filicina</i>			0.0											3.1	6.9	5.5	15.5	
タンバノリ		<i>Pachymeniopsis elliptica</i>	1.0	2.0	0.7	0.2										0.9			4.8	
フダラク		<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>			1.4											2.3	2.2	4.4	10.3	
ムカデノリ科		Halymeniaceae	1.1	1.7	0.2	0.0		0.1		0.1	0.1	0.2	0.2	0.0	1.4	0.2	2.3	7.6		
トサカモドキ属		<i>Calliphylis</i> sp.	0.4	0.0	0.0							0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.6		
ツカサノリ科		Kallymeniaceae	21.6	30.3	6.7	2.2	1.1											11.6	73.5	
イワノカワ科		Pyrosomellaceae				*	*	*						*	*	*	*	*	0.0	
ススカケベニ		<i>Halarachnion latissimum</i>			5.0	3.6	0.6	0.2	0.5	1.3				*	*	*	2.7	13.9	29.8	57.6
カイノリ		<i>Chondracanthus intermedius</i>				1.2	0.1				0.1			0.0					1.4	
スギノリ		<i>Chondracanthus tenuis</i>												0.0					0.0	
ツノマタ属		<i>Chondrus</i> sp.																	0.4	
カバノリ		<i>Gracilaria textorii</i>	2.5	1.3	4.8	13.2	5.0	4.7	0.6	1.1	0.7	1.2	1.0	0.7	6.6	16.4	25.8	85.6		
オゴノリ属		<i>Gracilaria</i> sp.	1.0	1.8	1.9	1.6	0.8	0.2	0.7		0.7				3.2	11.2	14.2	36.6		
イバラノリ		<i>Hypnea charoides</i>	0.1	0.9	0.6			0.0	0.1	0.2	0.0	0.0			0.0	0.1	0.3	0.3	2.6	
イバラノリ属		<i>Hypnea</i> sp.				0.0													0.0	
ユルヂギス属		<i>Prelece</i> sp.																1.7	0.4	2.1
ベニスナゴ		<i>Schizymenia dubyi</i>	0.3	92.9											6.5	47.1	1.9	148.7		
フシツナギ		<i>Lomentaria catenata</i>	4.8	12.1	5.6	13.2	3.5	2.2	0.5	0.8	0.4	0.4	0.6	0.2	4.5	7.6	39.8	96.2		
コスジフシツナギ		<i>Lomentaria hakodensis</i>								0.2						0.2			0.4	
マサゴシノリ		<i>Rhodymenia intricata</i>													0.0	0.0	0.0	0.0		
トザイギス		<i>Centroceras clavulatum</i>			0.0			0.0											0.0	
カザシグサ		<i>Griffithsia japonica</i>			0.0	0.0													0.0	
イギス科		Ceramiales	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0							0.1	0.0	0.0	0.1		
ダジヤ属		<i>Dasya</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0							0.0						0.0	
ハイウスノリ属		<i>Acrosonium</i> sp.										0.0							0.0	
アヤニシキ		<i>Martensia fragilis</i>	0.7																0.7	
コノノリ科		Delesseriaceae		0.0		0.0		0.0							0.0				0.0	
ヤナギノリ属	<i>Chondria</i> sp.					0.0								0.0				0.0		
イトグサ属	<i>Polysiphonia</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.6	0.2	0.0	0.8			
コザネモ	<i>Symphocladia marchantioides</i>										0.0							0.0		
合計			84.7	500.4	772.4	1912.2	13.2	57.9	2.4	4.6	1.2	2.0	1.9	1.1	60.8	559.8	1320.3	5294.9		
種数			24	22	28	27	17	22	12	15	12	13	14	17	25	26	29	46		

注) 0.01≦0.1g未満、*は計測不可を示す。

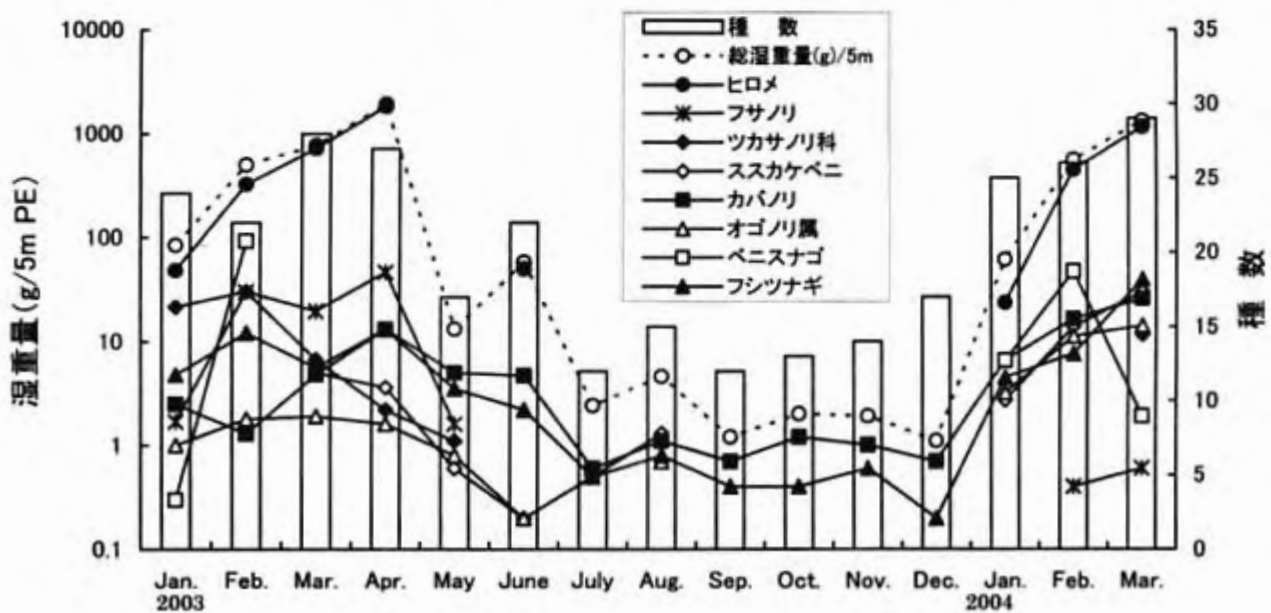


図-2 PE人工藻場に出現した海藻の種数と主要種の湿重量

くと、いずれも小型海藻で一定の出現傾向は認めにくい、カバノリ *Gracilaria textorii* とフシツナギ *Lomentaria catenata* は調査期間中すべての月で出現した。カバノリは2003年4月に13.2g、2004年3月に25.8gと高く、7~12月では0.6~1.2gと低い値で推移した。フシツナギも同様に、2003年4月に13.2g、2004年3月に39.8gと高く、7~12月では0.2~0.8gと低い値で推移し、いずれも冬~春に高く、夏~秋に低い傾向が伺える。また、フサノリ *Scinaia japonica*、ツカサノリ科 *Kallymeniaceae*、ベニスナゴ *Schizymenia dubyi* では、1~5月の冬春季にだけ出現している。

したがって総湿重量の増減は、大型海藻のヒロメの生長に伴い急増し、消失とともに急減した。調査期間中に冬季を2回経過したが、種数、総湿重量はともに冬~春に高く、夏~秋に低いことから、PEを基盤として冬季一年生海藻を主体とした海藻群落の2回形成されたことになる。

このような変動は藻類の生活史に基づくことは明らかである。このような海藻群落の季節的消長は当海域における炭素繊維人工藻場や他の海域の人工藻場でも報告されている^{13), 14)}。

PE人工藻場に出現した海藻群落の構造を Shannon-Weaver の多様度指数 H' でみると、 H' は2003年1月の1.96から、その後減少して4月では0.35と群落構造は単純化した(図-3)。

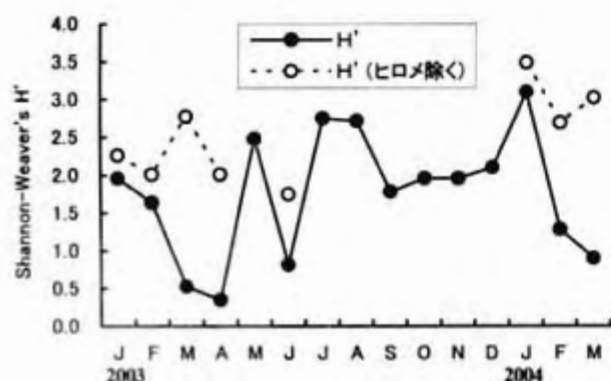


図-3 海藻群落の構造的推移

その後5~9月は増減を繰り返す不安定であるが、9~12月では1.78~2.10と安定的に増加し、2004年1月には3.13と調査期間中で最も高く群落構造は複雑化した。5~9月の不安定要因の一つは、6月にヒロメの仮茎が残存したことである。2004年2,3月では1.30, 0.90と急減し2003年同時期と同様の傾向を示した。種数の多い冬春季に群落構造が単純化したのは、ヒロメの湿

重量が卓越していることによることは明らかである。そこでヒロメを除いて、2003年全体でみると、1.75~2.77の範囲で推移しており、基本的な群落構造は一定の水準を維持している。また2004年1月では3.52と調査期間中最も高く、2,3月は2.69, 3.02と2003年と比較して高い水準で推移した。このことは設置から2回目の冬季を迎え、PE人工藻場ではさらに群落構造が複雑化したことを示している。

2) 基盤としてのPE

2002年3月に設置したPE人工藻場は、1年後の2003年3月に人工藻場を覆い尽くすほどの海藻群落の形成された(写真-1)。



写真-1 設置1年後のPE人工藻場 (Mar. 8, 2003)

PEを基盤とした海藻群落は夏季に向かうに従い海藻の生活史に基づく枯死流失のため、海藻相としては貧弱となる。PEは浮力が大きく自立するが、その後大量のフジツボ類が付着しその重量で沈降した(写真-2)。



写真-2 フジツボ類の付着により浮力を失ったPE人工藻場 (July 5, 2003)

これは夏季がフジツボ類の新規加入時期であることと、その前提としてPEの生物親和性が高いことに起因す

ることは明らかである。PEの生物親和性の高さについては、2002年6月におこなった炭素含有と無含有での付着生物量調査において、炭素含有が無含有よりフジツボ類が大量に付着したことから明らかである。しかし、沈降したPEは10月頃になると、フジツボ類の生活史に基づき、フジツボ類が死亡、脱落して浮力を回復し直立した。その後2004年3月には、再び人工藻場を覆い尽くすほどの海藻群落が発生された(写真-3)。



写真-3 設置2年後のPE人工藻場 (Mar. 13, 2004)

これまでの炭素繊維人工藻場では、自立するための浮力、耐久性、価格面において問題があった。しかし新たな藻場材として用いた炭素含有ポリエチレン(PE)は、自立する浮力があり、フジツボ類の付着による沈降、浮上を繰り返しながらも、少なくとも2年間にわたり海藻群落が発生されたことから、藻類の着生基質として機能的に優れているだけでなく、耐久性も高いことが明らかとなった。また、炭素繊維と比較して着生面積が広く、価格面においても現状でははるかに安価であり、今後の人工藻場材として有望と考えられる。

なお炭素含有ポリエチレンは、長さ、幅、厚みを自由に変えることができ、海域特性に応じた浮力調節が可能である。また必要に応じて炭素の含有量も調節可能である。

引用文献

- 1) 環境庁自然保護区、(財)海中公園センター：第4回自然環境保全基礎調査、海域生物環境調査報告書(干潟、藻場、珊瑚礁調査)－藻場－、2、400p、1994。
- 2) 寺脇利信：藻場。pp1-30。大野正夫(編)、21世紀の海藻資源－生態機構と利用の可能性－、緑書房、東京、260p、1996。
- 3) 運輸省港湾局：港湾構造物と海藻草類の共生マニュアル、財団法人 港湾空間高度化センター 港湾・海域環境研究所、東京、pp.2-12、1998。
- 4) 川崎保夫・寺脇利信：藻場の造成。pp.74-85。磯部雅彦(編)、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、208p、1994。
- 5) 青田 徹・綿貫 啓・廣瀬紀一・古屋秀史：浮泥の堆積の多い海域における人工海草に着生した生物。平成14年度日本水産工学会学術講演会講演論文集、pp.93-94、2002。
- 6) 増田憲大・佐藤義夫・上野信平・白石 稔：炭素繊維を用いた海水浄化。第27回炭素材料学会年会要旨集、pp.178-179、2000。
- 7) 上野信平・小坂 剛・佐藤義夫・白石 稔：炭素繊維を用いた人工藻場の機能。第27回炭素材料学会年会要旨集、pp.180-181、2000。
- 8) 林 大・上野信平・佐藤義夫・松永育之・白石 稔・小島 昭：設置時期の異なる炭素繊維人工藻場に形成された魚類群集の変遷。第28回炭素材料学会年会要旨集、p.280、2001。
- 9) 上野信平・小坂 剛・杉浦泰博・安部春夏・佐藤義夫・白石 稔：炭素繊維を用いた人工藻場の魚類群集。平成13年度日本水産学会春季大会講演要旨集、p.45、2001。
- 10) 林 大・上野信平・佐藤義夫・松永育之・白石 稔：炭素含有ポリエチレンを用いた人工藻場の機能。第29回炭素材料学会年会要旨集、pp.338-339、2002。
- 11) 松永育之・沼田考広・権田泰之・上野信平：炭素含有ポリエチレンの人工藻場に形成された春季海藻群落の構造と構成。平成15年度日本水産工学会学術講演会講演論文集、pp.79-82、2003。
- 12) 小坂 剛・小松恒久・大久保明彦・上野信平：低水温被害を受けた駿河湾のエダミドリイシ群集の変遷(1992~2000年)。東海大学紀要海洋学部、52、pp.57-67、2001。
- 13) 松永育之・林 大・上野信平・佐藤義夫・白石 稔・小島 昭：炭素繊維人工藻場に出現した海藻群落の消長。日本海洋学会創立60周年記念大会講演要旨集、p.132、2001。
- 14) 上野信平・松永育之・林 大・佐藤義夫・白石 稔・小島 昭：天然藻場修復のパイロットとしての炭素繊維人工藻場。平成14年度日本水産工学会学術講演会講演論文集、pp.109-112、2002。