

静岡県御前崎の緑藻相と水温・気温の長期的変動

芹澤如比古¹・芹澤（松山）和世

¹山梨大学教育人間科学部（〒400-8510 山梨県甲府市武田4-4-37）

Yukihiko Serisawa¹ and Kazuyo Matsuyama-Serisawa: Long term fluctuations of green algal flora and water and air temperature at Omaezaki, Shizuoka Prefecture, central Japan. Jpn. J. Phycol. (Sôri) 60: 135-141, November 10, 2012

Green algal specimens collected monthly from January 2008 to December 2009 at Omaezaki, Shizuoka Prefecture, central Japan were identified and listed. The total number of species identified was 26, of which 7 belong to Cladophorales, 6 belong to Ulvales, 6 belong to Codiales, 3 belong to Siphonocladales, 3 belong to Bryopsidales, 1 belongs to Caulerpales. At Omaezaki, newly recorded species were as follows; *Enteromorpha prolifera*, *Chaetomorpha* sp., *Cladophora opaca*, *Codium tenuifolium* and *Derbesia minima*. The number of green algal species confirmed in recent years (2005-2009) was 27, which has apparently increased compared to previous reports. Long term fluctuations of water and air temperatures at Omaezaki were analyzed for 1935-2009. The annual average temperatures actually increased by 0.47 °C for water and 0.84 °C for air during 75 years (1935-2009) and 0.75 °C for water and 1.26 °C for air during 47 years (1963-2009). The changes of environmental factors such as increase of water and air temperature at Omaezaki might be a major factor in this change of green algal flora.

Key Index Words: *Chaetomorpha* sp., global warming, seaweeds, warm temperate species

¹Faculty of Education and Human Sciences, University of Yamanashi, Takeda 4-4-37, Kofu, Yamanashi 400-8510, Japan

はじめに

近年、温暖化による生物の分布域の攪乱が社会問題となっており (ex. 北原ら 2001), 現時点における生物相の把握や過去の生物相との比較は重要な課題である。陸上と比べ unknown factor が多く, 調査にも多大な困難が伴う海域では, 生物相に関する研究は臨海研究施設や水産研究機関の周辺に限定されていることが多いのが現状であり, 海藻相について過去から継続的に調べられている場所は極めて少ない。

しかしながら静岡県御前崎沿岸では, 過去からの海藻相に関する知見が集積しており, 過去と現在の海藻相が比較可能な数少ない場所である (大島 1946, 林田 1972, 澤田 1991, 2000, 2008, 小西・林田 2004)。また, 2000 年には相良・御前崎沿岸でサガラメ *Eisenia arborea* Areschoug 海中林約 8000 ヘクタールが消滅したことが伝えられており (相楽 2000, 霜村・長谷川 2005), その後, 御前崎地先においてどのような海藻種が生育しているかについては大変興味深い。

御前崎海岸は駿河湾の南西端に位置する大規模な磯浜海岸 (岩石海岸) であり, 波あたりの強い波食棚が潮間帯に広がっている。この波食棚は相良層群と呼ばれる砂岩と泥岩の互層の堆積岩であり (ex. 水野ら 1987, 杉山ら 1988), 差別浸食されるため洗濯岩の様な岩盤も見られる。海藻類の主な着生基質は上記の岩盤や, その谷部などに存在する小礫 (米粒大~拳大), 大礫 (拳大~人頭大), 巨礫 (人頭大~等身大) などである。

一般に緑藻類の種数は暖海域に多いことが知られており (cf. 瀬川 1956, 新崎 1976), 緑藻類の種組成を詳らかにし, 過去の知見と比較することで, ある程度温暖化の影響を把握

できるものと考えられる。また, 近年日本各地で温暖化傾向が伝えられているが (cf. 文部科学省他 2009), 実際に御前崎沿岸で水温・気温がどの程度上昇しているかについては解析されていない。著者らは 2005 年 5 月より御前崎沿岸に生育する海藻類を対象にほぼ毎月, 生態学的な研究調査を継続中であり, 前報 (芹澤・芹澤 (松山) 2010) では 2005 ~ 2007 年までの緑藻種の季節変化について報告している。本研究では前報の後の 2 年間に確認された緑藻種を詳らかにするとともに, 温度ロガーを設置して水温を測定し, 併せて既往資料解析を行って過去から現在に至る御前崎地先の緑藻相の変遷と水温・気温の長期的変動について明らかにすることを目的に研究を行った。

方法

調査は静岡県御前崎の下岬地先を中心に (Fig. 1), 2008 年 1 月 ~ 2009 年 12 月まで毎月 1 回程度, 大潮の干潮時に行った。調査日は 2008 年 1 月 22 日, 2 月 19 日, 3 月 11 日, 4 月 8 日, 5 月 7 日, 6 月 4 日, 7 月 3 日, 8 月 1 日, 8 月 30 日, 9 月 14 日, 10 月 17 日, 11 月 15 日, 12 月 12 日, 2009 年 1 月 11 日, 2 月 11 日, 3 月 9 日, 4 月 26 日, 5 月 24 日, 6 月 23 日, 7 月 7 ~ 8 日, 7 月 21 日, 8 月 20 日, 9 月 17 日, 10 月 20 日, 11 月 5 日, 12 月 5 日である。下岬地先とそれより約 1 km 離れた御前崎灯台下, その間の広い範囲において, 胴長を着用して潮上帯 (飛沫帯) から潮下帯上部にかけて生育している海藻と, 岸辺に打ち上げられた海藻について観察・採集を行った。なお, 下岬では毎回, 灯台下では 2008 年 3 月より毎回, 灯台下から下岬までの広い範囲では

不定期に調査を行った。海藻採集の際、岩盤などにしっかりと着生している海藻類についてはスクレーパーを用いて藻体の基部より剥がした。

採集した海藻はクーラーボックスに入れ保冷して研究室に持ち帰り、種の同定と標本作製を行うとともに、生標本と乾燥標本の写真撮影を行った。作製した標本は山梨大学教育人間科学部水圏植物学(芹澤)研究室の標本庫に収蔵、保管した。なお、微小な海藻については、顕微鏡写真を撮影後、ホルマリン入りの水飴で封入し、永久プレパラートを作成し、保管した。

本研究で確認された種を過去の文献と比較するにあたり、本調査における出現種についてはまず、着生していた種と打ち上げでしか確認されなかった種に分け、さらに澤田(2000)に従い、極めて普通に確認された種、普通に確認された種、稀に確認された種、極めて稀に確認された種の4つに区分し、今回の調査で初めて確認された種も区別した(Table 1)。また、過去の文献における出現種については打ち上げと特記されていた種は着生種とは区別し、上記の4区分で分けられていた種はそのまま区分した。

水温については気象庁が御前崎港(下岬の北西約2 km)の水深15 cm~2 mで午前10時頃に測定した1935年1月~2006年3月までの月平均値と、当研究室が下岬の調査地

の低潮線付近から低潮線下50 cm程度に設置した温度ロガー(オンセット社製、ティドビット TBI32 またはティドビット v2 UTBI-001)の2006年5月~2009年12月まで1時間間隔で測定したデータの中から午前10時の値を抽出して月平均したものを基に解析を行った。なお、気象庁のデータは気象業務支援センターから購入したもの及び気象庁地球環境・海洋部海洋気象課から追加提供いただいたものであり、欠測月(1940年1~5月, 1985年5~7月, 1986年1月, 1992年6月, 2006年4月)のデータは便宜上過去5年の平均値で代用した。

気温については気象庁気象統計情報のホームページより「過去の気象データ検索」を行って得られた御前崎の1935年1月~2009年12月までの日平均気温の月平均値を用いた。なお、御前崎の気温データは下岬の西北西約2 kmに位置する御前崎測候所で、1時間間隔で測定されたものである。

水温と気温の解析は上記の月平均値から季節平均値と年平均値を求め、それらを長期的に一次回帰し、回帰直線を算出して行った。なお、季節平均値は便宜上、月平均水温が最低になることが多い2月とその前後の月、つまり1~3月を冬季とし、4~6月を春季、7~9月を夏季、10~12月を秋季として求めた。回帰直線の傾きはAnalystSoft社製のStatPlus: Macを用いて分散分析により検定した。

結果と考察

御前崎地先において本研究および過去の研究で確認された緑藻種をTable 1に示した。本調査期間中に、シオグサ目7種、アオサ目6種、ミル目6種、ミドリゲ目3種、ハネモ目3種、イワツタ目1種の合計26種が御前崎地先で確認された。また、海産種子植物としてエビアマモ *Phyllospadix japonicus* Makino が確認された。これに、前報(芹澤・芹澤(松山)2010)で打ち上げにより1個体確認されたヤブレグサ *Umbraulva japonica* (Holmes) Bae et Lee を加えた27種が、我々が2005~2009年までに確認できた緑藻種である。これまでに、大島(1946)は1941~1946年に15種、林田(1972)は1969~1972年に20種、澤田(1991)は1954~1991年に16種、小西・林田(2004)は1999年に14種、澤田(2000)および澤田(2008)は1954~2000年および1954~2007年に21種の緑藻類を確認している。これまでの知見と比べると、2005~2009年に確認された27種は最多の出現種であると言える。

今回の調査で御前崎から新たにスジアオノリ *Enteromorpha prolifera* Müller, ジュズモ属の一種 *Chaetomorpha* sp., ツヤナシシオグサ *Cladophora opaca* Sakai, ウスパミル *Codium tenuifolium* Shimada, Tadano et Tanaka, ミルツユノイト *Derbesia minima* Weber-van Bosse の5種を確認することができた(Table 1, Fig. 2 a-c, f, g)。また、我々の2005~2007年の調査(芹澤・芹澤(松山)2010)で確認されなかったチャシオグサ *Cladophora wrightiana* Harvey (Fig. 2d) とハネアオモグサ *Boodlea composita* (Harvey)

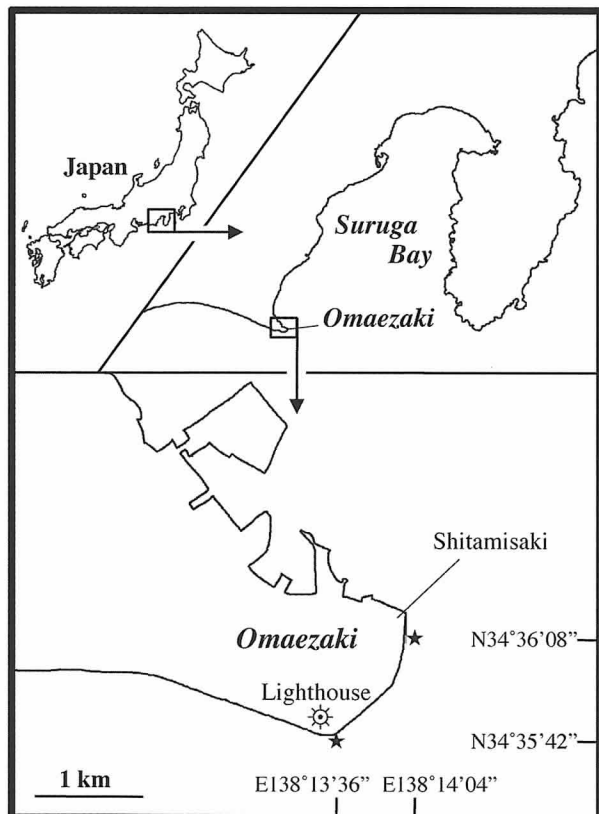


Fig. 1. Map showing the study site off Omaezaki at the mouth of Suruga Bay, central Japan. Asterisks indicate the main sampling points.

Table 1. Present and past green algal list from Omaezaki, Shizuoka Prefecture, central Japan. ○, growing algae; △, stranded algae; C, extremely common; c, common; r, rare; R, extremely rare; *, newly recorded species in the present study.

	Literature	Ohshima (1946)	Hayashida (1972)	Sawada (1991)	Konishi & Hayashida (2004)	Sawada (2000)	Sawada (2008)	Serisawa & Matsuyama -Serisawa (2010)	Present study
Japanese name	Specific name	Survey period Autumn 1941 – Autumn 1946	May 1969 – February 1972	Spring 1954 – Spring 1991	April – December 1999	Spring 1954 – August 2000	Spring 1954 – October 2007	May 2005 – December 2007	January 2008 – December 2009
ヒラアオリ	<i>Enteromorpha compressa</i>	○	○	○	○	c	○	c	c
ボウアオリ	<i>Enteromorpha intestinalis</i>		○	○	○	c	○	c	c
ウスバアオリ	<i>Enteromorpha linza</i>	○	○	○		c	○	c	c
スジアオリ	<i>Enteromorpha prolifera</i>								c*
アオリ属の一種	<i>Enteromorpha</i> sp.				○			c	
ナガアオサ	<i>Ulva arasakii</i>		○						
ボタンアオサ	<i>Ulva conglobata</i>	○	○	○	○	C	○	C	C
アナアオサ	<i>Ulva pertusa</i>	○	○	○	○	C	○	C	C
ヤブレグサ	<i>Umbraulva japonica</i>					r	○	R [△]	
エナガジュズモ	<i>Chaetomorpha antennina</i>	○							
タマジュズモ	<i>Chaetomorpha moniliger</i>			△		R?	○?		
フトジュズモ	<i>Chaetomorpha spiralis</i>		○	○	○	r	○	C	C
ジュズモ属の一種	<i>Chaetomorpha</i> sp.								R*
ナヨシオグサ	<i>Cladophora hutchinsioides</i>							r	r
オオシオグサ	<i>Cladophora japonica</i>	○	○	△	○	C	○	r	r
マカリシオグサ	<i>Cladophora laetevirens</i>							r	r
カタシオグサ	<i>Cladophora ohkuboana</i>					r	○		
ツヤナシシオグサ	<i>Cladophora opaca</i>								c*
クロシオグサ	<i>Cladophora prolifera</i>	○	○	○		r	○		
キヌシオグサ	<i>Cladophora stimpsonii</i>					r?			
チャシオグサ	<i>Cladophora wrightiana</i>	○	○	○		r	○		R [△]
シオグサ属の一種	<i>Cladophora</i> sp.				○				
シリオミドロ属の一種	<i>Urospora</i> sp.				○				
アオモグサ	<i>Boodlea coacta</i>	○	○						
ハネアオモグサ	<i>Boodlea composita</i>	○	○				○		R
ヒメアミハ	<i>Phyllocladon haterumense</i>							R	R
ミドリゲ	<i>Cladophoropsis javanica</i>		○		○	r		c	c
フサイワツタ	<i>Caulerpa okamurae</i>	○	○	○		c	○	c	c
マユハキモ属の一種	<i>Chlorodesmis</i> sp.		○?						
ナンバンハイミル	<i>Codium arabicum</i>							C	C
ミル	<i>Codium fragile</i>	○	○	○	○	C	○	C	C
モツレミル	<i>Codium intricatum</i>						○	r	r
ヒラミル	<i>Codium latum</i>	○	○	○	○	C	○	C	C
ハイミル	<i>Codium lucasii</i>	○	○	○	○	C	○		
タマミル	<i>Codium minus</i>	△		△		r	○	R [△]	R [△]
クロミル	<i>Codium subtubulosum</i>		△						
ウスバミル	<i>Codium tenuifolium</i>								r*
フサハネモ	<i>Bryopsis corymbosa</i>							r	r
ハネモ	<i>Bryopsis plumosa</i>		○	△		c	○	c	c
ハネモ属の一種	<i>Bryopsis</i> sp.					r	○		
ホソツユノイト	<i>Derbesia marina</i>				○				
ミルツユノイト	<i>Derbesia minima</i>								R*
Number of species		15	20	16	14	21	21	21	26

Brand (Fig. 2e) についても今回の調査では確認することができた。チャシオグサはシオグサ属の中では大型で目立つため、過去の知見では確認されたことが多い種である (大島 1946, 林田 1972, 澤田 1991, 2000, 2008)。しかし、澤田 (2000) では稀な海藻と記述されており、前述のように我々

の 2005 ~ 2007 年の調査では確認されず、今回の調査でも 2009 年の 4, 5 月の 2 回、打ち上げ藻体を数個体確認したのみであった。したがって本種は御前崎では現在、極めて稀な種になったと言える。また、同様に大型で目立つクロシオグサ *Cladophora prolifera* (Roth) Kützinger についても過去

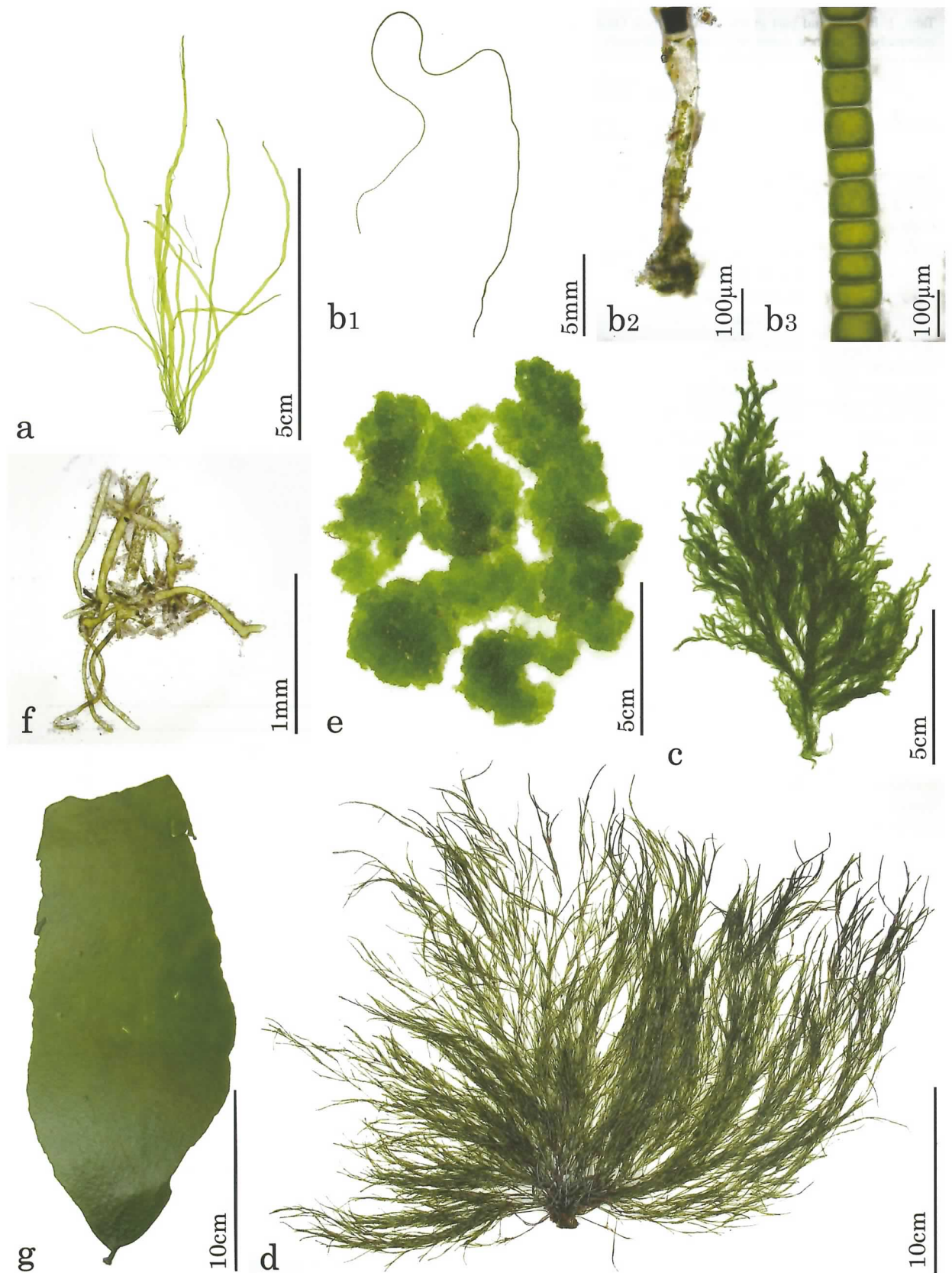


Fig. 2. Fresh specimens of green algae collected at Omaezaki in the present study. a, *Enteromorpha prolifera*; b, *Chaetomorpha* sp., b1, Whole plant, b2, Basal cell, b3, Middle plant; c, *Cladophora opaca*; d, *Cladophora wrightiana*; e, *Boodlea composita*; f, *Derbesia minima*; g, *Codium tenuifolium*.

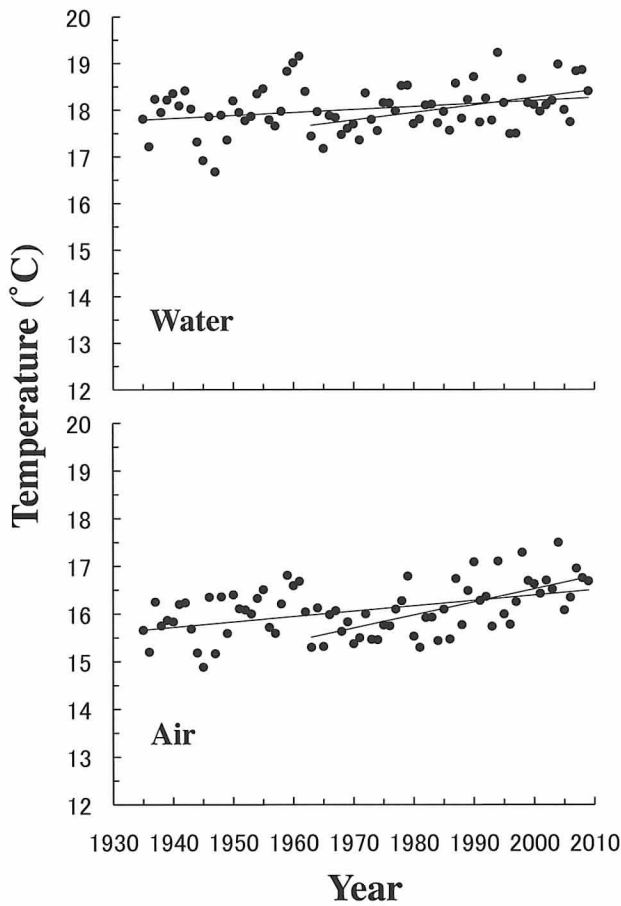


Fig.3. Long term fluctuations of annual average temperatures of water and air at Omaezaki.

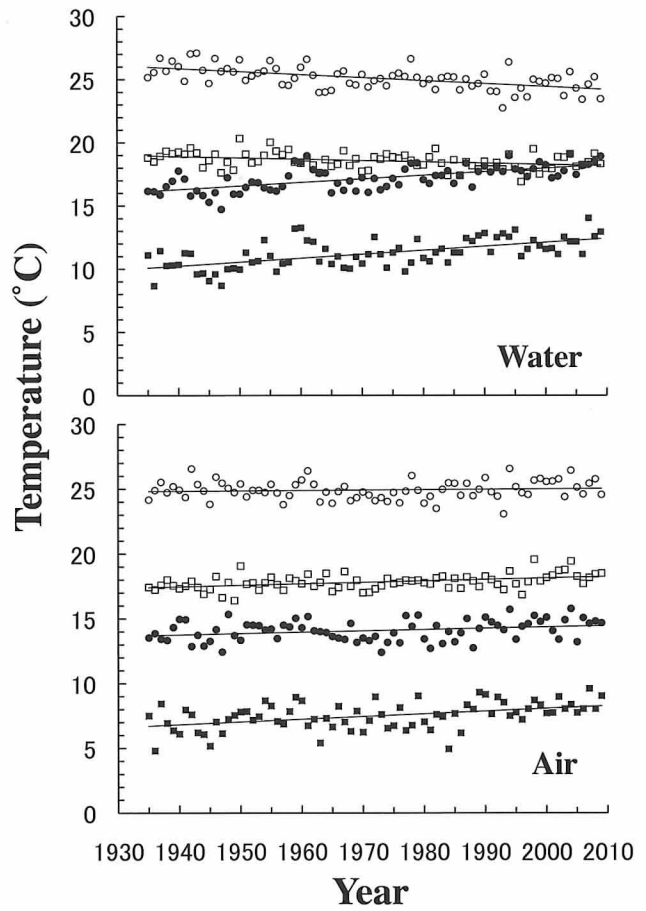


Fig.4. Long term fluctuations of seasonal average temperatures of water and air at Omaezaki. July to September (○), April to June (□), October to December (●), January to March (■).

には確認されていたが (大島 1946, 林田 1972, 澤田 1991, 2000, 2008), 前報に引き続き, 今回の我々の再三にわたる調査でも確認するには至らなかった。澤田 (2000) では稀な海藻と記述されていたが, 本種は大型褐藻のサガラメと同様に御前崎周辺では絶滅した可能性が高いと考えられる。ハネアオモグサは大島 (1964) と林田 (1972) で確認されて以来, 御前崎からはしばらく報告がなかった種である (Table 1)。澤田 (2008) は澤田 (2000) でミドリゲ *Cladophoropsis javanica* Kützinger としていたものを本種に変更したが, 本研究では両種の存在を確認することができた。

本研究において御前崎で初めて確認された緑藻 5 種について以下に言及する。スジアオノリはこれまでの研究でアオノリ属の一種とされていたもの (小西・林田 2004, 芹澤・芹澤 (松山) 2010) であると思われる。本研究で確認されたスジアオノリは他のアオノリ属藻類と同様に主に護岸構造物上部の割れ目などから淡水が染み出ているような場所で, 壁面を覆うように生育していた。葉緑体に含まれるピレノイドが少ない点ではこれまでに御前崎で確認されている他のアオノリ属藻類と一致するが, 藻体が管状で多数の枝を持つ点で明らかに

異なっていた。なお, アオノリ属はアオサ属に統合するという見解があるが (Shimada *et al.* 2003), これまでアオノリ属の一種としてきたものをアオサ属の一種とすると実像が伝わりにくくなり, 説明が煩雑になるため, 今回は便宜上アオノリ属を使用した。

ジュズモ属の一種は盤状の付着器を持ち, 高さは数 cm と短く, 体基部の細胞はやや長い (Fig. 2 b1-b3)。体の直径は約 100 μm と細く, 細胞の長さは直径と同じか短い。細胞はややくびれて樽形をしており, 色は淡緑色で質は柔らかい。本研究では若干淡水の混じる潮間帯上部に生育していた。本種はこれまで国内で報告されたジュズモ属藻類のいずれにも当てはまらない種であると判断されることから, 今後, 海外の種とも比較して, 記載に関する検討を進める予定である。

ツヤナシシオグサは Sakai (1964) により北海道江差町鷗島をタイプ産地として記載された種であり, その後 van den Hoek & Chihara (2000) により, 日本海側では九州まで, 太平洋側では伊豆半島までと国内の広い範囲で生育することが報告されている。澤田 (2008) は御前崎下岬から 4 km 弱離れた地頭方地先で本種の生育を確認しているが, 御前崎で

の確認は初めてである。本種はジュズモ属の一種と同様に干潮時には若干淡水の混じる潮間帯上部で採集され、着生基質である岩を覆うように叢生し、マガリシオグサ *Cladophora laetevirens* (Dillwyn) Kützing と混生していた。藻体は比較的大きく見つけやすいことから、近年になって生育するようになった可能性も考えられる。

ウスバミルは Shimada *et al.* (2007) により記載された種であり、ヒラミル *Codium latum* Suringar に似るが明らかに薄い。本種はこれまでに高知県須崎市小長岬、三重県鳥羽市菅島、静岡県南伊豆町弓ヶ浜、静岡県下田市田牛、千葉県館山市坂田、千葉県南房総市白浜町根本など、比較的黒潮の影響のある暖かい場所で確認されているので、本種の確認は後述の御前崎の温暖化と関係があるかもしれない。

ミルツユノイトはミル *Codium fragile* (Suringar) Hariot の体上に着生した藻体が確認された。本研究で採集された藻体の高さは 5 mm 以下で直立部は分岐せず、直立部の直径は 25 ~ 100 μm であり、Segawa (1941) により報告された東伊豆産のミルツユノイトより細いものや太いものもあったが、生態的および形態的な特徴からミルツユノイトと同定した。なお、澤田 (2008) は御前崎に近い地頭方地先で本種の生育を確認していた。

年平均水温と気温の長期的変動について Fig. 3 に示した。また、長期的傾向を見るために年平均値を一次回帰し、その回帰直線上の値から両者の差を求めた。水温は長期的に上昇傾向を示し、その回帰式は $y=0.0064x+5.4083$ であった (傾きは有意, $p<0.05$)。また、1935 ~ 1962 年までと 1963 ~ 2009 年までの期間で変化傾向が大きく異なったので、1963 年以降の回帰式についても求めると $y=0.0162x - 14.0288$ となった (傾きは有意, $p<0.01$)。これらの回帰式から当該期間における水温の上昇について算出すると、1935 ~ 2009 年までの 75 年間では 0.47°C 、1963 ~ 2009 年までの 47

年間では 0.75°C 上昇したことが分かった。気温も長期的に上昇傾向を示し、1935 ~ 2009 年の 75 年間では 0.84°C ($y=0.0113x - 6.3021$, 傾きは有意, $p<0.01$)、1963 ~ 2009 年の 47 年間では 1.26°C ($y=0.0274x - 38.3716$, 傾きは有意, $p<0.01$) 上昇していた。

季節毎に平均した水温と気温の長期的変動について Fig. 4 に示した。季節別の回帰直線は水温が夏季 (7 ~ 9 月) に $y=-0.0236x+71.7203$ (傾きは有意, $p<0.01$)、春季 (4 ~ 6 月) に $y=-0.0104x+39.0006$ (傾きは有意, $p<0.01$)、秋季 (10 ~ 12 月) に $y=0.0283x - 38.5483$ (傾きは有意, $p<0.01$)、冬季 (1 ~ 3 月) に $y=0.0313x - 50.5394$ (傾きは有意, $p<0.01$) であり、気温が夏季に $y=0.0030x+19.0552$ (傾きは有意でない, $p>0.05$)、春季に $y=0.0113x - 4.4408$ (傾きは有意, $p<0.01$)、秋季に $y=0.0102x - 5.9869$ (傾きは有意, $p<0.05$)、冬季に $y=0.0210x - 33.8357$ (傾きは有意, $p<0.01$) であった。冬季と秋季の平均水温は長期的に有意に上昇し、冬季に顕著であった。また、夏季と春季の平均水温は長期的に有意に下降し、夏季に顕著であった。一方、季節平均気温は夏季を除き長期的に有意に上昇し、冬季に顕著であった。

水温と気温の月平均値の長期的傾向を見るために、当該期間の各月の平均値を一次回帰し、その回帰直線上の 1935 年と 2009 年の値および両者の差を求めた (Table 2)。月平均水温は長期的に 5 ~ 9 月には下降傾向が見られ (傾きは 9 月を除き有意, $p<0.01$)、4 月はほとんど変化していなかったが、それ以外の月 (10 ~ 3 月) は上昇傾向が認められ (傾きは有意, 3 月が $p<0.05$, その他は $p<0.01$)、12 ~ 2 月には $2.49 \sim 3.56^\circ\text{C}$ と顕著に上昇していた。一方、月平均気温は長期的に 7 月ではやや下降傾向が見られたものの (傾きは有意でない)、それ以外の月は上昇傾向が認められ (傾きは 1 ~ 5 月と 10 月で有意, $p<0.01$)、1 ~ 4 月には $1.36 \sim 1.64^\circ\text{C}$ 上昇していたことが判明した。

日本の年平均気温は 1898 ~ 2008 年の期間で 100 年あたり約 1.1°C 上昇しており、1940 年代までは比較的低温の期間が続いたが、1980 年代後半から急速に上昇し、顕著な高温を記録した年は概ね 1990 年以降に集中していることが報告されている (文部科学省他 2009)。このような気温の上昇傾向は、真夏日や猛暑日、熱帯夜、冬日の日数の変化にも現れており、1931 ~ 2008 年の 78 年間で猛暑日及び熱帯夜の日数はいずれも有意に増加傾向にあり、逆に冬日の日数は 10 年あたり 2.3 日の割合で有意に減少し、2008 年までの 30 年間は 1931 年からの 30 年間に比べて約 10 日少なくなっているという (文部科学省他 2009)。今回の御前崎における水温・気温の解析結果でも同様に長期的な温度の上昇が確認され、冬季に顕著であることが明らかとなった。また、1963 年以降に温度上昇が顕著であることを明らかにすることができた。

一般に潮間帯に生育する海藻種は水温の影響だけでなく、乾湿や気温の影響も大きく受けている。月平均気温は 7 月以

Table 2. Estimated monthly and annual temperatures ($^\circ\text{C}$) in 1935 and 2009, which were calculated from linear regression during 75 years from 1935 to 2009, and their differences.

	Water Temperature ($^\circ\text{C}$)			Air Temperature ($^\circ\text{C}$)		
	1935	2009	difference	1935	2009	difference
January	9.13	12.69	3.56	5.40	7.04	1.64
February	9.29	11.78	2.49	5.90	7.54	1.64
March	11.65	12.56	0.90	8.90	10.28	1.38
April	15.44	15.47	0.03	13.54	14.90	1.36
May	19.16	18.34	-0.81	17.65	18.48	0.82
June	22.23	20.71	-1.52	21.08	21.40	0.33
July	25.62	22.78	-2.84	24.71	24.65	-0.07
August	27.20	25.19	-2.01	26.21	26.32	0.10
September	25.16	24.76	-0.40	23.46	24.08	0.62
October	20.47	21.70	1.23	18.73	19.60	0.87
November	16.38	18.17	1.80	13.91	14.41	0.50
December	11.60	14.85	3.25	8.42	9.31	0.89
Year	17.79	18.27	0.47	15.56	16.40	0.84

外の全ての月で長期的に上昇傾向を示しており、年平均値も水温と比べて上昇傾向が大きかったことから、潮間帯の海藻種は海水から出ている間には海水に浸っていた間以上に上昇した温度環境に曝されていたことになる。水温に加えて気温の温度上昇は相乗的に御前崎の海藻種の生育に影響を与えてきたと言えよう。

冬季や秋季に水温の上昇が顕著であったことは、サガラメと同様に海中林構成種のカジメ *Ecklonia cava* Kjellman が消滅した土佐湾での結果とも類似しており(芹澤ら 2000, Serisawa *et al.* 2004), 特に低水温期である冬季の水温上昇がコンブ科植物の消滅の一因になりうることが示唆された。また、消滅する種がある一方で、御前崎では上述のように緑藻種が増加していることが明らかになったが (Table 1), 今後の課題としては上述の水温や気温の上昇がそれぞれの緑藻種の生活史のどのステージでどのように生理的に有利に作用したかを実験室レベルで確かめることが求められよう。

本研究により御前崎における現在の緑藻類の種組成と、過去からの緑藻類の種数増加が明白となり、それらをとりまく環境要因の水温・気温における長期的上昇のレベルを把握することができた。一般に緑藻種は暖海域に行くほど多くなるということが知られているので (cf. 瀬川 1956, 新崎 1976), 御前崎における近年の急激な温暖化, すなわち 1963 ~ 2009 年までの 47 年間に水温が 0.75°C, 気温が 1.26°C 上昇したことに伴い, 緑藻種が増加したと言えそうである。今後は, 褐藻類や紅藻類の種組成や種数の長期的変化についても解析を行い, 温暖化の指標となりえる種を選定して, 他の海域の海藻相との比較を行いたい。

謝辞

本研究は科研費 (20510023) 及び山梨大学スタートアッププロジェクトの助成を受けて遂行した。また, 本研究は山梨大学教育人間科学部水圏植物学 (芹澤) 研究室で 2008 ~ 2009 年度に行われた卒業研究の一環として行った調査の一部をまとめたものである。共に調査を行った同研究室の学生 (夏目雄貴, 松野安純, 土屋佳菜, 渡邊友美, 深代牧子) 諸氏と, 御前崎の地質についてご助言いただいた山梨大学教育人間科学部の石垣武久准教授に謝意を表す。

引用文献

- 新崎盛敏 1976. 海藻. 新崎盛敏・堀越増興・菊池泰二 (著) 海藻・ベントス, 海洋科学基礎講座第 5 巻, pp. 1-147. 東海大学出版会, 東京.
- 大島勝太郎 1946. 駿河湾海藻目録, 謄写印刷物, 静岡.
- 林田文郎 1972. 駿河湾・御前崎の海藻, 静岡県出版文化会 (編) 駿河湾の自然, pp. 166-174. 静岡教育出版社, 静岡.
- Hoek, C. van den & Chihara M. 2000. A taxonomic revision of the marine species of *Cladophora* (Chlorophyta) along the coasts of Japan and the Russian Far-east. *Natl. Sci. Mus. Monogr.* 19: 1-242.
- 北原正彦・入来正躬・清水 剛 2001. 日本におけるナガサキアゲハ (*Papilio memnon* Linnaeus) の分布の拡大と気候温暖化の関係. *蝶と蛾* 52: 253-264.
- 小西由高・林田文郎 2004. 駿河湾における海藻植生について, 「海-自然と文化」東海大学紀要海洋学部 1 (2): 15-27.
- 文部科学省・気象庁・環境省 2009. 温暖化の観測・予測及び影響評価統合レポート「日本の気候変動とその影響」, 環境省, 東京.
- 水野清秀・杉山雄一・下川浩一 1987. 静岡県御前崎周辺に分布する新第三系相良層群及び掛川層群下部の火山灰層序. *地質調査所月報* 38: 785-808.
- 相楽充紀 2000. 磯焼け海域における海中林復元に向けて-配偶体を利用した藻場造成法の検討-. *伊豆分場だより* 282: 2-7.
- Sakai, Y. 1964. The species of *Cladophora* from Japan and its vicinity. *Sci. Pap. Inst. Algol. Res. Hokkaido Univ.* 5: 1-104.
- 澤田 威 1991. 駿河湾西岸と海藻. 著者出版, 静岡.
- 澤田 威 2000. 駿河湾西岸の海藻. 著者出版, 静岡.
- 澤田 威 2008. 駿河湾西岸を主とした原色海藻図鑑. 著者出版, 静岡.
- Segawa, S. 1941. New or noteworthy algae from Izu. *Sci. Pap. Inst. Algol. Res. Hokkaido Univ.* 2: 251-271.
- 瀬川宗吉 1956. 原色日本海藻図鑑. 保育社, 大阪.
- 芹澤如比古・芹澤 (松山) 和世 2010. 静岡県御前崎の緑藻類. *山梨大学教育人間科学部紀要* 11: 45-54.
- 芹澤如比古・井本善次・大野正夫 2000. 土佐湾, 手結地先における大規模な磯焼けの発生. *Bull. Mar. Sci. Fish., Kochi Univ.* 20: 29-33.
- Serisawa, Y., Ishikawa, T., Imoto, Z. & Ohno, M. 2004. Decline of an *Ecklonia cava* population associated with increased seawater temperatures in Tosa Bay, southern Japan. *Fish. Sci.* 70: 189-191.
- Shimada, S., Tadano, T. & Tanaka, J. 2007. *Codium tenuifolium* (Codiales, Chlorophyta), a new species from Japan. *J. Jap. Bot.* 82: 117-125.
- Shimada, S., Hiraoka, M., Nabata, S., Iima, M. & Masuda, M. 2003. Molecular phylogenetic analyses of the Japanese *Ulva* and *Enteromorpha* (Ulvales, Ulvophyceae), with special reference to the free-floating *Ulva*. *Phycol. Res.* 51: 99-108.
- 霜村胤日人・長谷川雅俊 2005. 本県における海藻群落の現状 聞き取り調査から-VII 由比町, 静岡市, 焼津市, 相良町, 御前崎市. *伊豆分場だより* 302: 2-10.
- 杉山雄一・寒川 旭・下川浩一・水野清秀 1988. 御前崎地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 通産省工業技術院 地質調査所, 茨城.

(Received June 15, 2012; Accepted Sept. 27, 2012)