

# 静岡県下田市沿岸の海藻相と温度環境に関する既往資料解析

Past data analysis of seaweed flora and temperature environment at the coast of Shimoda City, Shizuoka Prefecture, central Japan.

米谷雅俊\*

Masatoshi KOMETANI\*

芹澤(松山)和世\*\*

芹澤如比古\*\*\*

Kazuyo MATSUYAMA-SERISAWA\*\*

Yukihiko SERISAWA\*\*\*

**要約:** 既往資料解析の結果, 静岡県下田市沿岸で確認された海藻類は 359 種(緑藻 46 種, 褐藻 84 種, 紅藻 229 種)であり, 海藻相が豊かな伊豆半島の中でも下田市沿岸は突出して海藻種が多いことが明らかになった。また, 海藻相の寒暖指標値は CP 値が 0.55, RP 値が 2.73, IH 値が 2.15, LF 値が 0.31, LFD 値が 1.21, 1970~2011 年までの 42 年間の月平均水温(最小~最大)と年平均水温は下田市白浜で 14.1~24.1℃と 18.8℃, 大浦湾で 13.6~24.8℃と 18.9℃であり, 月平均気温と年平均気温は南伊豆町石廊崎で 8.0~25.8℃と 16.5℃であった。したがって, 下田市沿岸の海藻相とそれを取り巻く温度環境は暖温帯的であると評価された。また, 各年の水温・気温の年平均値を長期的に一次回帰した直線の傾きは上昇傾向を示し, 42 年間で年平均水温は白浜で 0.50℃, 大浦湾で 0.42℃, 年平均気温は石廊崎で 0.86℃上昇したことが判明した。下田市の海藻相は過去(1935~1948 年)では 296 種(緑藻 40 種, 褐藻 64 種, 紅藻 192 種), 現在(2001~2006 年)では 245 種(緑藻 27 種, 褐藻 70 種, 紅藻 148 種)であり, 過去から現在にかけて CP 値は 0.63 から 0.39, RP 値は 3.00 から 2.11, LF 値は 0.29 から 0.32, LFD 値は 1.24 から 1.20 へと変化し, 寒冷化を示し, IH 値は 2.32 で変化していなかった。現在と過去の海藻相が同一地点で調査されていないことや, 現在の褐藻相のみが詳細に調べられていたことなどから, 今回の比較では海藻相の寒暖指標値の変化が実際の温度上昇を反映していなかったと推察された。

## I 緒言

日本の海岸線は 32778.88km で(環境庁自然保護局 1994), 赤道を一周する長さ(約 4 万 km)の 80%以上になり, 世界的にも長いことが知られている。そのように長い海岸線を有する日本ではこれまでに約 1500 種に及ぶ海藻(緑藻 252 種, 車軸藻 1 種, 褐藻 339 種, 黄緑藻 2 種, 紅藻 892 種)が確認されており(日本の海藻 HP), このうち静岡県には 408 種(緑藻 63 種, 黄緑藻 1 種, 褐藻 74 種, 紅藻 270 種)の生育が報告されている(千原 1967)。この静岡県産海藻リストは主に伊豆半島南部沿岸の種を中心に作成されており(千原 1967), 伊豆半島における海藻相の豊富さは田中・千原(1982)でも指摘されている。

伊豆半島南東部に位置する下田市は海岸線約 40 km のうち, 自然海岸が約 8 割を占め, 複雑に入り組んだ地形も多く(環境庁自然保護局 1994), 海藻類の着生基質となる岩礁や転石帯が潮間帯から潮下帯にかけて存在している。下田市沿岸の海藻相については, 過去には遠藤(1935)が主に下田で, Segawa(1935, 1936, 1938, 1941, 1948)が主に須崎で, 最近になって環境省自然保護局(2001)や芹澤ら(2003)が田牛で報告しており, Kitayama(2006)は須崎の褐藻相を詳らかにするなど知見が集積している。しかし下田市沿岸で過去から現在までに確認された海藻をまとめ, 他の地域と比較しその特性を明らかにする研究は行われていない。

一般に海藻相の寒暖指標としては, 瀬川(1956)が CP 値を, Feldman(1937)が RP 値を, 中原・増

\*山梨大学大学院教育学研究科修士課程 \*\*山梨大学教育人間科学部協力研究員 \*\*\*科学文化教育講座

田（1971）がIH値を，新崎（1976）がLF値を，田中（1997）がLFD値を提唱しており，LF値は数値が高いほど寒海的，その他の指標は数値が高いほど暖海的である。したがって，過去と現在の海藻相を上記の指標を使って比較することで，海藻相を取り巻く温度環境の変化をある程度把握できるものと考えられるが，下田市沿岸の海藻相に限定したそのような研究は行われていない。さらに，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），実際に下田市沿岸の水温・気温がどう変化しているかについては解析されていない。

そこで本研究では既往資料を解析し，過去から現在までに下田市沿岸で確認された海藻類を明らかにし，海藻相と温度環境の長期的変化について詳らかにすることを目的とした。

## II 方法

静岡県下田市沿岸の海藻種のリストの作成はこれまでの報告（遠藤 1935, Segawa 1935, 1936, 1938, 1941, 1948, 環境省自然保護局 2001, 芹澤ら 2003, Kitayama 2006）を基に著者ごとにまとめた行った。また，遠藤（1935）と Segawa（1935, 1936, 1938, 1941, 1948）を過去，環境省自然保護局（2001），芹澤ら（2003），Kitayama（2006）を現在としてまとめ，それらを併せて過去から現在とした。なお，遠藤（1935）は須崎，吉佐美を含めた主に下田で，Segawa（1935, 1936, 1938, 1941, 1948）は下田，白浜，柿崎，田牛を含めた主に須崎で，環境省自然保護局（2001）と芹澤ら（2003）は田牛で，Kitayama（2006）は須崎で採集を行っていた（図1）。

海藻リストの和名や学名の表記は吉田・吉永（2010）に基本的に従ったが，便宜上，本研究ではアオノリ属 *Enteromorpha* をアオサ属 *Ulva* に統合せず別属として扱い，吉田・吉永（2010）でタレットアオノリ *Ulva clathrata* と統合されたホソエダアオノリ *U. crinita* についても環境省自然保護局（2001）での記述に従った。また，Segawa（1938）の記述に従い，今回はヒエモク *Myagropsis yendoi* をジョロモク *M. myagroides* に統合せずに別種として扱った。吉田・吉永（2010）では *Elachista nigra* の和名は記載されていないが，Kitayama（2006）でアラメノナミマクラの表記があったのでそれを用いた。遠藤（1935）で報告された和名のついていない *Lithophyllum grumosum* と *L. racemus* については吉田（1998）と吉田・吉永（2010）では削除されているが，本研究では遠藤（1935）に従った。

下田市で過去から現在までに確認された総出現種から海藻相の寒暖指標であるCP値（緑藻種 / 褐藻種）（瀬川 1956），RP値（紅藻種 / 褐藻種）（Feldmann 1937），IH値（緑藻と褐藻について，世代交代しない種と同型世代交代種 / 異型世代交代種）（中原・増田 1971），LF値（コンブ目種 / ヒバマタ目種）（新崎 1976），LFD値（コンブ目種・ヒバマタ目種・アミジグサ目種について，（寒帯性種×0 + 温帯性種×1 + 熱帯性種×2） / 合計種）（田中 1997）を算出し，他の地域の値と比較した。また，過去と現

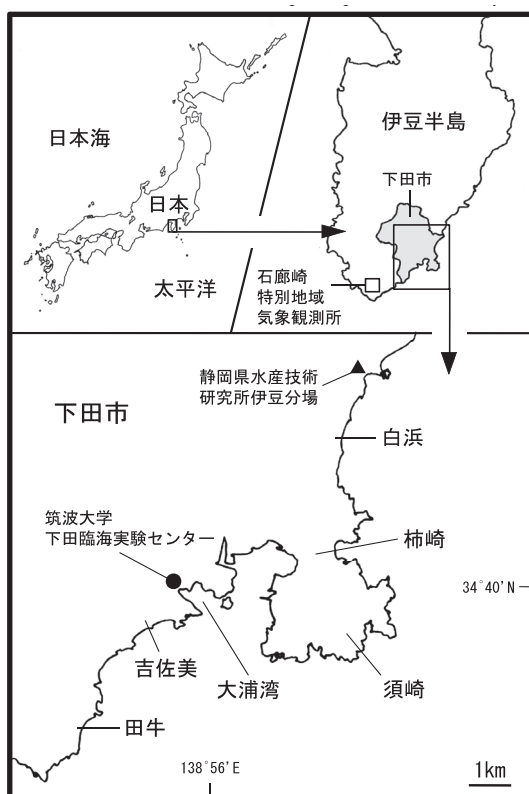


図1 これまでに下田市で行われた海藻相の調査地と本研究で解析した水温・気温の測定地（測定機関）の所在地。

在の出現海藻種からも上記の指標値を算出し、現在と過去の比較を行った。

水温については静岡県水産技術研究所から提供された下田市白浜（伊豆分場，図1）の1970年1月～2006年12月までの日毎のデータと同研究所のホームページに掲載されていた2007年1月～2011年12月までの旬平均値を利用して月平均値を算出するとともに、筑波大学下田臨海実験センター（図1）から提供された下田市大浦湾の1970～2011年までの月平均値を用いた。気温については便宜上、気象庁のホームページに掲載されていた隣町の南伊豆町石廊崎（石廊崎特別地域気象観測所，図1）の1970年1月～2011年12月までの月平均値を用いた。水温と気温の月平均値から年平均値を求め、それらの42年間の月平均値と年平均値を算出した。また、1970～2011年までの各年の年平均値と、各年の春（4～6月）、夏（7～9月）、秋（10～12月）、冬（1～3月）の季節平均値を長期的に一次回帰して、回帰直線を算出した。なお、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。

### III 結果と考察

下田市沿岸で確認された海藻種のリストを海藻相の寒暖指標値とともに表1に示した。下田市沿岸でこれまでに確認された海藻類は緑藻46種、褐藻84種、紅藻229種の計359種となった（表1）。これは過去に伊豆半島沿岸で確認された413種（緑藻63種、褐藻80種、紅藻270種）（田中・千原1982）の8割以上を占めており、下田市沿岸の海藻相が顕著に豊かであることが明らかになった。また、静岡県の駿河湾西岸では299種（緑藻43種、褐藻60種、紅藻196種）の海藻類が確認されており（澤田2008）、下田市の海岸線は約40kmと駿河湾西岸の海岸線約110kmよりも短い（環境庁自然保護局1994）、海藻種が60種多いことがわかった。これは駿河湾西岸では海藻類が着生できない砂浜海岸が多く、海岸線が単調であるのに対し（小西・林田2004）、下田市沿岸には上述のように海藻類が着生できる岩礁や転石帯が多く、また須崎半島などの入り組んだ地形が多様な環境を生み出しているためと考え

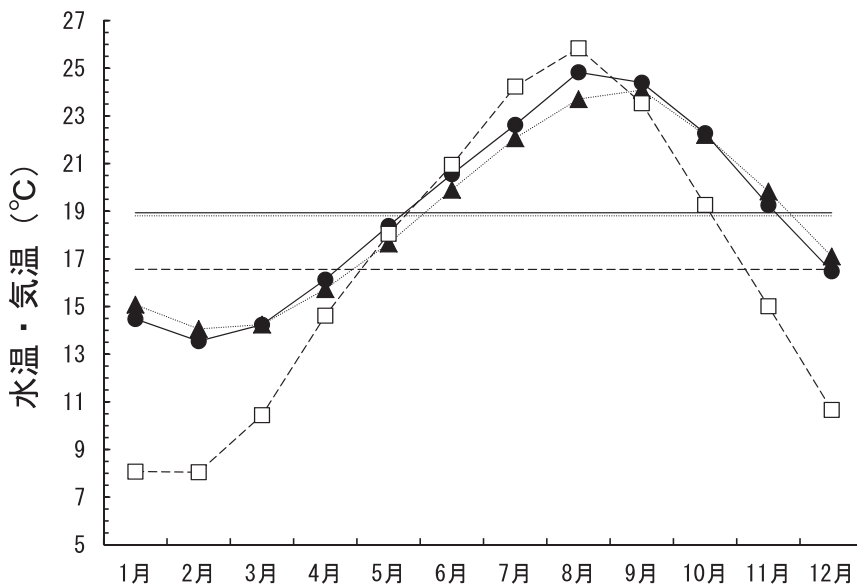


図2 1970～2011年までの42年間の下田市白浜と大浦湾の水温と下田市近傍の南伊豆町石廊崎の気温の月平均値の変化と年平均値。黒三角と点線：白浜の水温，黒丸と実線：大浦湾の水温，白四角と破線：石廊崎の気温。

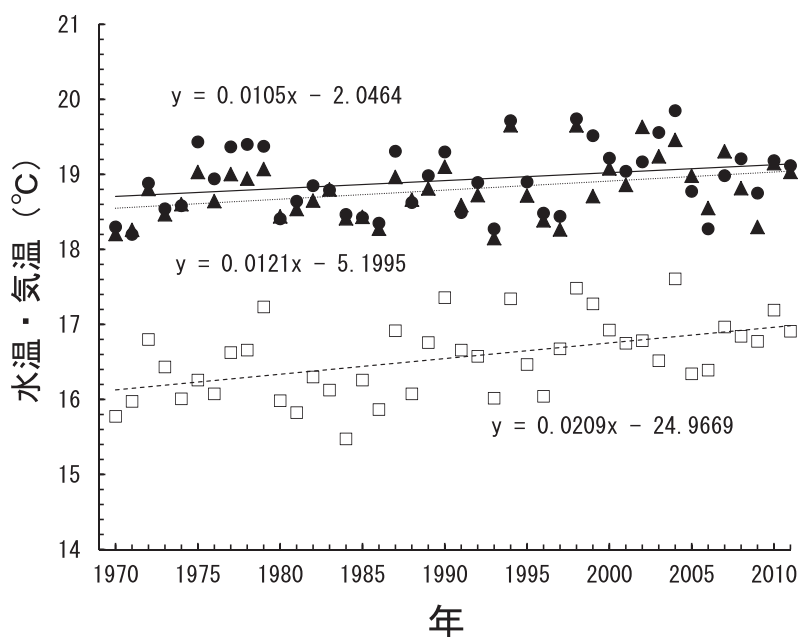


図3 1970～2011 年の下田市白浜と大浦湾の水温と、下田市近傍の南伊豆町石廊崎の気温の年平均値の長期的変動. 黒三角と点線：白浜の水温，黒丸と実線：大浦湾の水温，白四角と破線：石廊崎の気温. 直線と数式は一次回帰直線.

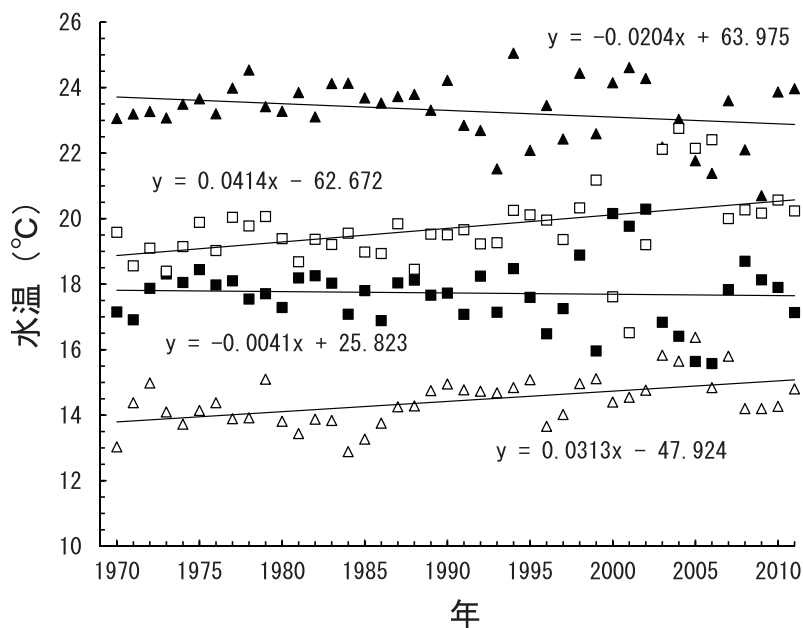


図4 1970～2011 年の下田市白浜の季節平均水温の長期的変動. 黒四角：春（4～6月），黒三角：夏（7～9月），白四角：秋（10～12月），白三角：冬（1～3月）. 直線と数式は一次回帰直線.

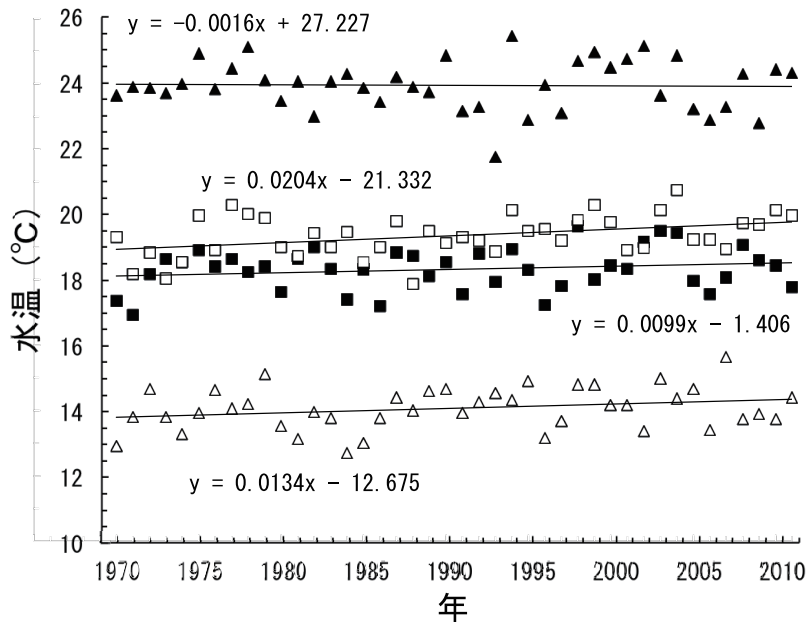


図5 1970～2011 年の下田市大浦湾の季節平均水温の長期的変動. 黒四角：春（4～6 月），黒三角：夏（7～9 月），白四角：秋（10～12 月），白三角：冬（1～3 月）. 直線と数式は一次回帰直線.

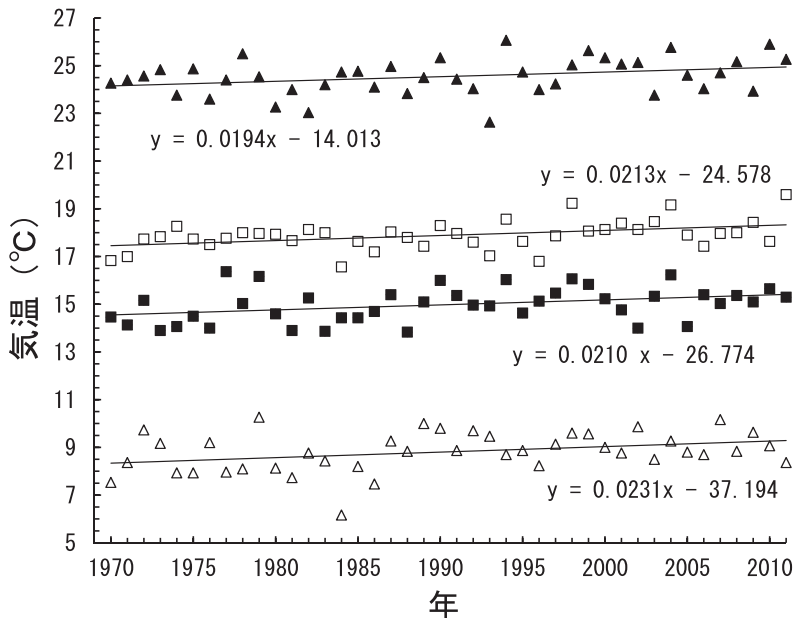


図6 1970～2011 年の南伊豆町石廊崎の各年の季節平均気温の長期的変動. 黒四角：春（4～6 月），黒三角：夏（7～9 月），白四角：秋（10～12 月），白三角：冬（1～3 月）. 直線と数式は一次回帰直線.

表1 これまでに下田市で確認された海藻種のリストと海藻相の寒暖指標値。

大分類群	番号	文献	主な調査地	遠藤 (1935)	Segawa (1935, 1938, 1941, 1948)	環境省 自然保護局 (2001)	芹澤ら (2003)	Kitayama (2006)	過去まとめ (1935-1948)	現在まとめ (2001-2006)	過去から現在 (1935-2006)
				下田	須崎	田牛	田牛	須崎	下田市	下田市	下田市
結藻	1	シランソウモドキ	<i>Collinsella cava</i>		○				○		○
	2	ヒトエグサ	<i>Monostroma nitidum</i>	○	○					○	○
	3	ヒラアオノリ	<i>Enteromorpha compressa</i>			○					○
	4	ホソエダアオノリ	<i>Enteromorpha crinita</i>			○					○
	5	ボウアオノリ	<i>Enteromorpha intestinalis</i>			○					○
	6	ウスバアオノリ	<i>Enteromorpha linza</i>	○	○	○			○	○	○
	7	アオノリ属の一種	<i>Enteromorpha</i> sp.	○					○		○
	8	アナアオサ	<i>Ulva arasakii</i>	○		○				○	○
	9	ボタンアオサ	<i>Ulva conglobata</i>	○						○	○
	10	アナアオサ	<i>Ulva pertusa</i>	○	○	○			○	○	○
	11	アオサ属の一種	<i>Ulva</i> sp.	○					○		○
	12	ヤブレグサ	<i>Unbraulva japonica</i>	○	○	○	○		○	○	○
	13	アミモヨウ	<i>Microdictyon japonicum</i>	○	○				○	○	○
	14	ホソジュズモ	<i>Chaetomorpha crassa</i>	○	○				○	○	○
	15	フトジュズモ	<i>Chaetomorpha spiralis</i>			○					○
	16	オオシオグサ	<i>Cladophora japonica</i>		○	○	○				○
	17	カタシオグサ	<i>Cladophora okubosana</i>		○	○	○				○
	18	チャシオグサ	<i>Cladophora wrightiana</i>	○	○		○		○	○	○
	19	シオグサ属の一種	<i>Cladophora</i> sp.	○					○		○
	20	アオモグサ	<i>Boodlea coacta</i>	○	○	○			○	○	○
	21	マルアミハ	<i>Struvea japonica</i>						○		○
	22	ミドリゲ	<i>Cladophoropsis javanica</i>	○	○						○
	23	キッコウグサ	<i>Dicranosphaeria cavernosa</i>	○	○						○
	24	マコバロニア	<i>Valoniopsis macrophylla</i>	○	○		○			○	○
	25	ヘライウスダ	<i>Caulerpa brachypus</i>							○	○
	26	フジノハスダ	<i>Caulerpa fergusonii</i>	○	○						○
	27	フサイウスダ	<i>Caulerpa okamurae</i>	○	○	○			○	○	○
	28	スリコギズタ	<i>C. racemosa</i> var. <i>laete-virens</i>	○	○				○	○	○
	29	ヒメウスダ	<i>Caulerpella ambigua</i>	○	○				○	○	○
	30	ウチワサボテングサ	<i>Halimeda discoidea</i>	○	○				○	○	○
	31	ネザシミル	<i>Codium coactum</i>	○	○						○
	32	ガキブトミル	<i>Codium contractum</i>		○		○				○
	33	ナガミル	<i>Codium cylindricum</i>	○	○						○
	34	ミル	<i>Codium fragile</i>	○	○	○					○
	35	モツレミル	<i>Codium intricatum</i>	○	○	○					○
	36	ヒラミル	<i>Codium latum</i>	○	○	○			○	○	○
	37	ハイミル	<i>Codium lucasii</i>	○	○	○	○		○	○	○
	38	タマミル	<i>Codium mimos</i>	○	○	○	○		○	○	○
	39	フクロミル	<i>Codium saccartum</i>		○						○
	40	クロミル	<i>Codium subnubilosum</i>		○	○				○	○
	41	ネザシハネモ	<i>Bryopsis corticulans</i>		○						○
	42	カタハノハネモ	<i>Bryopsis harveyana</i>		○						○
	43	ハネモ	<i>Bryopsis plumosa</i>	○		○				○	○
	44	ハネモ属の一種	<i>Bryopsis</i> sp.	○					○		○
	45	ホソツユノイト	<i>Derbesia marina</i>			○				○	○
	46	アシツキフイトゲ	<i>Pedobesia simplex</i>		○						○
褐藻	1	シオミドロ	<i>Ectocarpus siliculosus</i>			○				○	○
	2	ナガシオミドロ	<i>Himantia indica</i>		○				○		○
	3	タワウサガシオミドロ	<i>Himantia mitchellae</i>					○			○
	4	イソガワラ	<i>Ralfsia fungiformis</i>			○					○
	5	ヨツデクロガシラ	<i>Sphacelaria divaricata</i>					○			○
	6	ミツデクロガシラ	<i>Sphacelaria rigidula</i>		○				○		○
	7	ゲンセンクロガシラ	<i>Sphacelaria tribuloides</i>		○						○
	8	ツクハネクロガシラ	<i>Sphacelaria yamadae</i>		○			○			○
	9	ガシラザサ	<i>Halopteris filicina</i>	○	○		○				○
	10	ヤハズガサ	<i>Dictyosphaeria liliacea</i>			○		○			○
	11	ハヤハズ	<i>Dictyosphaeria prolifera</i>	○		○					○
	12	シウヤハズ	<i>Dictyosphaeria undulata</i>		○	○		○			○
	13	アミジグサ	<i>Dictyota dichotoma</i>	○	○	○					○
	14	イトアミジ	<i>Dictyota linearis</i>		○	○					○
	15	フタエオオギ	<i>Distromium decumbens</i>	○	○		○				○
	16	サナダグサ	<i>Pachydium coriaceum</i>			○		○			○
	17	ウミウチウ	<i>Padina arborescens</i>	○	○	○	○				○
	18	コナウミウチウ	<i>Padina crassa</i>		○						○
	19	ククリンアミジ	<i>Raculopteris okamurae</i>	○	○	○	○		○		○
	20	アツバコモングサ	<i>Spatoglossum crassum</i>			○					○
	21	ヒロハコモングサ	<i>Spatoglossum latum</i>				○				○
	22	コモングサ	<i>Spatoglossum pacificum</i>	○	○	○	○		○	○	○
	23	シマオオギ	<i>Zonaria diexingiana</i>	○	○		○				○
	24	クロモ	<i>Papenfussia kuromo</i>		○	○					○
	25	イシモズク	<i>Sphaerotrichia divaricata</i>					○			○
	26	フトモズク	<i>Tinocladia crassa</i>	○				○			○
	27	アラメノナミマクラ	<i>Elachista nigra</i>								○
	28	ヒルナミマクラ	<i>Elachista taeniaeformis</i>		○						○
	29	ナミマクラ属の一種	<i>Elachista</i> sp.	○							○
	30	ネバリモ	<i>Leathesia difformis</i>		○	○			○	○	○
	31	ミリアクチュラ属の一種	<i>Myricetula</i> sp.					○			○
	32	シウノカワ	<i>Petrospongium rugosum</i>	○	○						○
	33	モズク	<i>Nemacystus decipiens</i>		○						○
	34	ワタモ	<i>Colpomenia bulbosa</i>	○	○						○
	35	ウズカワフクロノリ	<i>Colpomenia peregrina</i>					○			○
	36	ホソクビワタモ	<i>Colpomenia phaeodactyla</i>			○					○
	37	フクロノリ	<i>Colpomenia sinuosa</i>	○	○		○				○
	38	カゴメノリ	<i>Hydroclathrus clathratus</i>	○	○	○		○			○
	39	ウツロイウヒゲ	<i>Myelophycus cavius</i>			○					○
	40	イウヒゲ	<i>Myelophycus simplex</i>	○	○	○					○
	41	ハバノリ	<i>Petalonia binghamiae</i>								○
	42	セイヨウハバノリ	<i>Petalonia fusca</i>			○					○
	43	カヤモノリ	<i>Scytosiphon lomentaria</i>	○	○						○
	44	カヤモノリ属の一種	<i>Scytosiphon</i> sp.	○							○
	45	ムナモ	<i>Cutleria cylindrica</i>		○	○					○
	46	イチメガサ	<i>Carpometra costata</i>	○	○		○				○
	47	ケヤリ	<i>Sporocchnus radiformis</i>		○	○					○
	48	タバコグサ	<i>Desmarestia tabacoides</i>	○	○	○	○				○
	49	アオウカメ	<i>Undaria peterseniana</i>			○	○				○
	50	フカメ	<i>Undaria pinnatifida</i>	○	○	○			○	○	○
	51	ヒロメ	<i>Undaria undarioides</i>			○					○
	52	カジメ	<i>Ecklonia cava</i>	○	○						○
	53	クロメ	<i>Ecklonia kurome</i>		○						○
	54	アントクメ	<i>Eckloniopsis radicata</i>		○	○	○				○
	55	アラメ	<i>Eisenia bicyclis</i>	○	○	○		○		○	○

[illegible]



80	ムカデノリ	<i>Grateloupia asiatica</i>	○	○	○			○	○	○
81	ニクムカデ	<i>Grateloupia carnosia</i>								
82	ヒトツマツ	<i>Grateloupia changii</i>	○	○	○			○	○	○
83	ツノムカデ	<i>Grateloupia cornea</i>	○	○	○			○	○	○
84	ナガキントキ	<i>Grateloupia elata</i>	○	○	○			○	○	○
85	タンバノリ	<i>Grateloupia elliptica</i>	○	○	○	○		○	○	○
86	ザクラノリ	<i>Grateloupia imbricata</i>	○	○	○			○	○	○
87	ウダムカ	<i>Grateloupia lanceolata</i>	○	○	○			○	○	○
88	ヒラムカデ	<i>Grateloupia livida</i>	○	○	○			○	○	○
89	ヒラキントキ	<i>Grateloupia patens</i>	○	○	○			○	○	○
90	スジムカデノリ	<i>Grateloupia ramosissima</i>	○	○	○			○	○	○
91	ヒヂリメン	<i>Grateloupia sparsa</i>			○	○		○	○	○
92	トロハノムカデノリ	<i>Grateloupia subpectinata</i>	○							
93	ツルツル	<i>Grateloupia turuturu</i>			○				○	○
94	フイリグサ	<i>Halymenia dilatata</i>			○					○
95	マツノリ	<i>Polypus affinis</i>			○			○	○	○
96	キューノヒモ	<i>Polypus lanefolius</i>	○		○					○
97	マタボウ	<i>Polypus polydoides</i>			○					○
98	コメノリ	<i>Polypus prolifer</i>	○		○					○
99	トサカマツ	<i>Prionitis crispata</i>	○	○	○			○	○	○
100	イバラノリ	<i>Hypnea asiatica</i>	○					○	○	○
101	コヒモイバラ	<i>Hypnea chordacea</i>						○	○	○
102	カギイバラノリ	<i>Hypnea japonica</i>	○	○	○			○	○	○
103	サイダイバラ	<i>Hypnea sudanica</i>			○			○	○	○
104	タチイバラ	<i>Hypnea variabilis</i>			○			○	○	○
105	クロトサカモドキ	<i>Callophyllis adhaerens</i>			○			○	○	○
106	ネザシノトサカモドキ	<i>Callophyllis adnata</i>	○		○			○	○	○
107	トロハノトサカモドキ	<i>Callophyllis crispata</i>			○					
108	ホソバノトサカモドキ	<i>Callophyllis japonica</i>	○	○	○	○		○	○	○
109	キヌハダ	<i>Callophyllis okamurai</i>			○					
110	ヤツデガタトサカモドキ	<i>Callophyllis palmata</i>			○			○	○	○
111	トサカモドキ属の一種	<i>Callophyllis sp.</i>	○					○	○	○
112	ハナガタカリメニア	<i>Kallomenia callophyllitoides</i>		○						
113	ツカサグミ	<i>Kallomenia perforata</i>	○							
114	イボノリ	<i>Mastocarpus pacificus</i>								
115	イカノアシ	<i>Mastocarpus vendii</i>	○	○	○			○	○	○
116	エツキイワノカワ	<i>Peyssonellia caulifera</i>			○			○	○	○
117	カイノカワ	<i>Peyssonellia japonica</i>	○					○	○	○
118	イワノカワ属の一種	<i>Peyssonellia sp.</i>	○			○			○	○
119	キジノオ	<i>Phaeocolarpus japonicus</i>	○	○	○					
120	キイミ	<i>Ahnfeltiopsis concinna</i>	○		○					
121	オオマタオキツノリ	<i>Ahnfeltiopsis divaricata</i>			○					
122	オキツノリ	<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>			○					
123	ハリガネ	<i>Ahnfeltiopsis paradoxa</i>	○							
124	ハネサイミ	<i>Ahnfeltiopsis yamadae</i>		○						
125	ハスジグサ	<i>Stenogramma interrupta</i>	○							
126	ホソユカリ	<i>Placanium cartilagineum</i>			○				○	
127	トメユカリ	<i>Placanium ovicornis</i>			○					
128	ユカリ	<i>Placanium teliantha</i>	○	○	○	○				
129	シオグサゴロモ	<i>Contarinia okamurai</i>								
130	ホソバナミノハナ	<i>Portieria hornemannii</i>	○		○				○	○
131	ナミノハナ	<i>Portieria japonica</i>			○	○				
132	アツバノリ	<i>Sarcodia ceylanica</i>	○	○	○				○	○
133	ヌラクサ	<i>Sebdenia flabellata</i>	○	○	○				○	○
134	ベニスナゴ	<i>Schizymenia dubii</i>			○	○			○	○
135	トサカノリ	<i>Meristotheca papulosa</i>	○	○	○	○				
136	ミリシ	<i>Salteria pacifica</i>			○					
137	オオオゴノリ	<i>Gracilaria gigas</i>	○		○					
138	ミソオゴノリ	<i>Gracilaria incurvata</i>			○					
139	シラモ	<i>Gracilaria parvispora</i>	○		○					
140	カバノリ	<i>Gracilaria textorii</i>	○	○	○	○			○	○
141	オゴノリ	<i>Gracilaria vermiculophylla</i>	○		○					
142	ツルシラモ	<i>Gracilaropsis chorda</i>			○					
143	ヒラウツナギソウ	<i>Champia bifida</i>	○							
144	ウスバウツナギソウ	<i>Champia exposita</i>			○					
145	ヘラウツナギソウ	<i>Champia japonica</i>	○		○					
146	ウツナギソウ	<i>Champia parvula</i>	○		○					
147	ウツナギソウ属の一種	<i>Champia sp.</i>								
148	イソマツ	<i>Gastroclonium pacificum</i>	○	○	○				○	○
149	ヒメヒシブクロ	<i>Gloiocladia iwoense</i>			○					
150	トゲマダラ	<i>Gloiocladia spinulosa</i>			○					
151	ナリボタン	<i>Halichrysis japonica</i>	○							
152	カエルエダ	<i>Birkmania californica</i>			○					
153	フシツナギ	<i>Lomentaria caudata</i>	○		○	○				
154	ユスジフシツナギ	<i>Lomentaria hakodensis</i>			○					
155	ヒロハフシツナギ	<i>Lomentaria okamurai</i>			○					
156	オオヌラフクロ	<i>Chrysmenia grandis</i>			○	○				
157	フクロツナギ	<i>Coelarthrum opuntia</i>	○		○					
158	マサゴシバリ	<i>Rhodymenia intricata</i>			○	○				
159	キヌイトグサ	<i>Aglaothamnion callophyllidicola</i>			○					
160	フタツガサネ属の一種	<i>Anfilthamnion sp.</i>	○							
161	カリタムニオン属の一種	<i>Callithamnion sp.</i>	○							
162	フトイギス	<i>Campylaeophora crassa</i>			○					
163	エゴノリ	<i>Campylaeophora hypnoides</i>							○	
164	トゲイギス	<i>Centroceras clavulatum</i>			○					
165	ハリイギス	<i>Ceramium paniculatum</i>	○							
166	ケイギス	<i>Ceramium tenerimum</i>	○		○					
167	イギス属の一種	<i>Ceramium sp.</i>				○				
168	カサツグサ	<i>Griffithsia japonica</i>	○	○	○					
169	キヌイトカサツグサ	<i>Griffithsia subcylindrica</i>	○		○					
170	ニクサエダ	<i>Herpochondria corallinae</i>			○					
171	ユスジサエダ	<i>Herpochondria dentata</i>	○							
172	サエダ	<i>Herpochondria elegans</i>								
173	ハネクスダマ	<i>Pleonosporium segawae</i>			○					
174	イトシノブ	<i>Plumariella yoshikawae</i>			○				○	
175	ベニヒバ	<i>Psilothallia dentata</i>	○		○					
176	ヨツガサネ	<i>Pterothamnion verzeense</i>			○					
177		<i>Ptilothamnion pusillum</i>			○					
178	チリモミジ	<i>Reinboldiella schimtziana</i>	○		○				○	
179	カクレヒビダマ	<i>Spermothamnion endophytica</i>			○					
180	ナガウブグサ	<i>Spyridia elongata</i>	○		○				○	
181	ハイキヌゲ	<i>Tanakaella sericata</i>			○					
182	タマミルヒビダマ	<i>Tiffanella tamamiru</i>			○					
183	ランゲリア	<i>Wrangelia tanegana</i>	○		○				○	
184	モサダシ	<i>Dasya scoparia</i>			○					
185	イソハギ	<i>Heterosiphonia japonica</i>			○				○	
186	シマダシ	<i>Heterosiphonia pulchra</i>			○					
187	ヤレウスバノリ	<i>Acrosorium flabellatum</i>			○				○	



188	スジウスバノリ	<i>Acrosorium polyneurum</i>				○			○	○
189	カギウスバノリ	<i>Acrosorium venulosum</i>				○	○		○	○
190	ハイウスバノリ	<i>Acrosorium yendoi</i>						○	○	○
191	ヒメウスベニ	<i>Erythroglossum minimum</i>						○	○	○
192	ヒゲベニハノリ	<i>Hypoglossum barbatum</i>						○	○	○
193	ベニハノリ	<i>Hypoglossum geminatum</i>	○					○	○	○
194	ハブタエノリ	<i>Marionella schmitziana</i>	○	○		○		○	○	○
195	アヤニシキ	<i>Mariensia fragilis</i>	○	○		○	○	○	○	○
196	スジギタ	<i>Myriogramme polyneura</i>						○	○	○
197	ヒメベニヤハズ	<i>Schizosieris subdichotoma</i>						○	○	○
198	ウスベニ	<i>Sorella repens</i>						○	○	○
199	ヒオドシグサ	<i>Amanzia japonica</i>						○	○	○
200	ヒヨクソウ	<i>Ardissoula regularis</i>				○		○	○	○
201	ベンテンモ	<i>Benzaitenia yenoshimensis</i>				○		○	○	○
202	コナ	<i>Chondria crassicaulis</i>	○			○		○	○	○
203	モサヤナギ	<i>Chondria expansa</i>						○	○	○
204	モツレナ	<i>Chondria intertexta</i>						○	○	○
205	ササバヤナギノリ	<i>Chondria lancefolia</i>						○	○	○
206	コブソソ	<i>Chondrophycus undulatus</i>	○			○		○	○	○
207	シノブグサ	<i>Ditria zonaricola</i>						○	○	○
208	アイソメグサ	<i>Enantiocladia okamurai</i>						○	○	○
209	ヒメゴケ	<i>Herposiphonia fissidentoides</i>						○	○	○
210	カギヒメゴケ	<i>Herposiphonia insidiosa</i>						○	○	○
211	クモノスヒメゴケ	<i>Herposiphonia parva</i>						○	○	○
212	クロヒメゴケ	<i>Herposiphonia subdisticha</i>						○	○	○
213	ヒメゴケ属の一種	<i>Herposiphonia sp.</i>	○					○	○	○
214	ケハネグサ	<i>Kintarosiphonia fibrillosa</i>				○	○	○	○	○
215	ソゾノハナ	<i>Laurencia brongniartii</i>				○		○	○	○
216	キクソソ	<i>Laurencia composita</i>	○					○	○	○
217	ミツデソソ	<i>Laurencia okamurai</i>				○		○	○	○
218	ハネソソ	<i>Laurencia pinnata</i>	○	○				○	○	○
219	マギレソソ	<i>Laurencia saltii</i>				○		○	○	○
220	ソソ属の一種	<i>Laurencia sp.</i>	○					○	○	○
221	ジャバラノリ	<i>Levellia jungermannioides</i>		○				○	○	○
222	キブリイトグサ	<i>Neosiphonia harveyi</i>	○	○				○	○	○
223	クロソソ	<i>Palisada intermedia</i>	○	○		○		○	○	○
224	フトイトグサ	<i>Polysiphonia crassa</i>	○	○				○	○	○
225	クロイトグサ	<i>Polysiphonia fragilis</i>	○	○		○		○	○	○
226	ショウジョウケノリ	<i>Polysiphonia senticulosa</i>	○			○		○	○	○
227	ホソコサネモ	<i>Symphocladia linearis</i>		○				○	○	○
228	コサネモ	<i>Symphocladia marchantioides</i>		○				○	○	○
229	イトクスグサ	<i>Tolypocladia glomerulata</i>	○	○				○	○	○
緑藻種 (C)			27	34	25	8	0	40	27	46
褐藻種 (P)			38	58	58	26	47	64	70	84
紅藻種 (R)			110	156	143	34	0	192	148	229
合計 (C+P+R)			175	248	226	68	47	296	245	359
CP値 (C/P)			0.71	0.59	0.43	0.31	0	0.63	0.39	0.55
RP値 (R/P)			2.89	2.69	2.47	1.31	0	3.00	2.11	2.73
緑藻と褐藻の世代交代しない種と同形世代交代種 (I)			45	66	57	28	31	72	72	88
異形世代交代種 (H)			20	25	25	6	14	31	31	41
IH値 (I/H)			2.25	2.64	2.28	4.67	2.21	2.32	2.32	2.15
コンブ目 (L)			3	5	7	2	3	6	7	8
ヒバマタ目 (F)			9	21	21	9	19	21	22	26
LF値 (L/F)			0.33	0.24	0.33	0.22	0.16	0.29	0.32	0.31
コンブ目、ヒバマタ目、アミジグサ目の寒帯性種 (C)			0	0	0	0	0	0	0	0
コンブ目、ヒバマタ目、アミジグサ目の温帯性種 (W)			17	26	31	15	25	29	33	37
コンブ目、ヒバマタ目、アミジグサ目の熱帯性種 (H')			4	9	8	5	5	9	8	10
LFD値 ( (C×0+W×1+H'×2) / (C+W+H') )			1.19	1.26	1.21	1.25	1.17	1.24	1.20	1.21

られる。

下田市の白浜と大浦湾の水温と、下田市近傍の南伊豆町石廊崎の気温の1970～2011年までの42年間の月平均値の変化と年平均値を図2に示した。月平均水温（最小～最大）は白浜で14.1～24.1℃、大浦湾で13.6～24.8℃、年平均水温は白浜で18.8℃、大浦湾で18.9℃であった。石廊崎の月平均気温は8.0～25.8℃、年平均気温は16.5℃であった（図2）。また、下田市沿岸の総出現種から算出した寒暖指標値はCP値が0.55、RP値が2.73、IH値が2.15、LF値が0.31、LFD値が1.21であった。

これまでに報告された各地の寒暖指標値を比較したところ、本研究の結果と近い値を示したCP値は千葉県銚子市で0.51、IH値は新潟県佐渡市で1.9、LF値は銚子市～福島県いわき市で0.3～0.4、LFD値は神奈川県三浦市と瀬戸内海で1.21、長崎県対馬市で1.23であった。また、それらの地域の年平均水温は銚子市で16.2℃、佐渡市で16.0℃、銚子市～いわき市で13.4～15.9℃、三浦市、瀬戸内海、対馬市で19℃であった（新崎1976、中原・増田1971、田中・千原1982、田中1997）。なお、RP値については日本での報告が少ないため今回は比較から除外した。年平均水温が下田市と最も類似していたのは三浦市、瀬戸内海、対馬市であったが、月平均水温（最小～最大）はそれぞれ12～25℃、10～24℃、14～25℃と（田中1997）、対馬市が最も下田市に近かった。対馬市の気温を気象庁気象統計情報のHPより「過去の気象データ検索」を行って調べたところ、1981～2010年（30年間）の対馬市厳原の月平均気温（最小～最大）は2.2～29.5℃、年平均気温は15.8℃であった。対馬市厳原では今回解析を行った石廊崎より月平均気温の最小と最大の差が大きく、年平均気温は低く、水温環境と気温環境は必ずしも一致していないことがわかった。海藻相の寒暖指標値と実際の水温・気温環境の他地域との比較から、下田市沿岸は暖温帯的であると評価された。

下田市白浜と大浦湾の水温と、下田市近傍の南伊豆町石廊崎の気温の1970～2011年までの各年の年平均値の長期的変動を図3に示した。回帰直線の傾きはいずれも上昇傾向を示したが、白浜と石廊崎では有意（ $p<0.05$ ）であり、大浦湾では有意でなかった。回帰直線上の1970年と2011年の値の差を求めたところ、42年間で年平均水温は白浜で0.50℃、大浦湾で0.42℃、年平均気温は石廊崎で0.86℃上昇していることがわかった（図3）。同様に季節平均水温については白浜では回帰直線の傾きは秋と冬で上昇傾向、春と夏で下降傾向を示し（秋と冬で有意（ $p<0.05$ ）、春と夏は有意でない）、42年間で秋に1.7℃、冬に1.3℃上昇し、春に0.17℃、夏に0.86℃下降した（図4）。大浦湾では回帰直線の傾きは春、秋、冬に上昇傾向、夏に下降傾向を示し（秋でのみ有意（ $p<0.05$ ））、42年間で年平均水温は春に0.42℃、秋に0.86℃、冬に0.56℃上昇し、夏に0.07℃下降したことがわかった（図5）。

白浜と大浦湾の水温は共に夏に下降傾向を示したが、下田市沿岸では夏季に強い南風が継続すると沿岸湧昇が発生して水温が低下することが報告されており（高木ら1999）、長期的な夏の水温低下はこのような局地湧昇の影響を受けている可能性も考えられる。一方、川尻ら（1981）は黒潮大蛇行によって下田沿岸が高水温にしばしば曝され、その結果、田牛地先では藻場が消滅する磯焼けが生じてきたことを報告しており、黒潮接岸は1970年以降に5回（1975年8月～1980年3月、1981年11月～1984年5月、1986年12月～1988年7月、1989年12月～1990年12月、2004年7月～2005年8月）記録されているという（気象庁HP気象統計情報）。したがって下田市沿岸の長期的な水温上昇には黒潮暖流の接岸も少なからず影響していると推察される。

石廊崎の季節平均気温については回帰直線の傾きは全ての季節で上昇傾向を示し（冬を除く季節で有意（ $p<0.05$ ））、42年間で春に0.89℃、夏に0.81℃、秋に0.88℃、冬に0.97℃上昇し、冬に顕著であることが判明した（図6）。静岡県御前崎でも水温・気温が長期的に上昇し、冬に顕著であることが確認されており（芹澤・芹澤（松山）2012）、潮間帯の海藻類は干出時には上昇した気温にも曝されることから、水温と同時に気温の上昇、特に多くの種が芽生える冬季の温度上昇は下田市沿岸に生育する海藻類にも多大な影響を与えていると推察される。

下田市沿岸で過去（1935～1948年）に確認された海藻類は緑藻40種、褐藻64種、紅藻192種の計296種であり、現在（2001～2006年）では緑藻27種、褐藻70種、紅藻148種の計245種であった（表1）。下田市の過去と現在の種組成から算出した寒暖指標値はCP値が0.63から0.39、RP値は3.00から2.11、LFD値が1.24から1.20へと低下し、IH値は2.32で変化せず、LF値は0.29から0.32へ上昇した。実際の温度環境は過去から現在にかけて上昇していたにもかかわらず、IH値以外の寒暖指標値の変化は下田市沿岸の海藻相が寒海的になったことを示した。これは、同じ下田市内であっても過去と現在では調査地が異なっており、また、同じ須崎半島でも最近の報告（Kitayama 2006）では褐藻相のみが詳細に調べられていたことが影響していると考えられる。

本研究により、下田市沿岸に生育する海藻種とそれらを取り巻く温度環境の長期的変動について明らかにすることができた。同じ静岡県の御前崎では長期的な調査が行われ、近年の温暖化により緑藻種が著しく増加したことが報告されている（芹澤・芹澤（松山）2010, 2012）。過去に海藻相が詳細に調べられた下田市須崎では最近褐藻相しか調べられておらず情報が不足しているので、下田市沿岸の過去から現在の海藻相の変化をより明確にするためには、須崎半島を中心とした現在の下田市沿岸に生育する緑藻種や紅藻種について詳らかにする必要がある。

#### IV 謝辞

本研究で解析を行った水温データを提供して頂いた静岡県水産技術研究所と筑波大学下田臨海実験センターに謝意を表する。

#### V 引用文献

- 新崎盛敏. 海藻. In 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. 東海大学出版会, 東京, p1-147. 1976.
- 千原光雄. 静岡県産海藻目録. In 静岡県生物研究会（編）静岡県植物誌. 静岡大学教育学部, 静岡, p70-90. 1967.
- 遠藤庄三. 海藻目録. 東京文理科学大学附属下田臨海実験所生物報告1: 1-11. 1935.
- Feldmann J. Recherches sur la vegetation marine de la Mediterranee. La cote des Alberes. Revue Algologique 10: 1-340. 1937.
- 環境省自然保護局. 自然環境保全基礎調査 海域自然環境保全基礎調査 重要沿岸域生物調査報告書. 環境省自然保護局生物多様性センター, 東京, 191pp. 2001.
- 環境庁自然保護局. 第4回自然環境保全基礎調査 海岸調査報告書. 環境庁自然保護局, 東京, 349pp. 1994.
- Kitayama, T. Brown algae from the Suzaki imperial villa, Suzaki, Shimoda, Japan. Department of botany, national science museum 40: 7-21. 2006.
- 川尻正博・佐々木正・影山佳之. 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. 静岡水試研報 15: 19-30. 1981.
- 小西由高・林田文郎. 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. 2004.
- 文部科学省・気象庁・環境省. 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, 65pp. 2009.
- 中原紘之・増田道夫. 緑藻と褐藻の生活史と水平分布. 海洋科学 3(11): 768-770. 1971.
- 澤田威. 駿河湾西岸を主とした原色海藻図鑑. 著者出版, 静岡, 151pp. 2008.
- Segawa S. On the marine algae of Susaki, Prov: Idzu, and its vicinity. Sci. Pap. Inst. Algolog. Res., Fac. Sci., Hokkaido Imp. Univ. 1(1): 59-90. 1935.
- Segawa S. On the marine algae of Susaki, Prov: Idzu, and its vicinity II. Sci. Pap. Inst. Algolog. Res., Fac. Sci., Hokkaido

- Imp. Univ. 1(2) : 175-197. 1936.
- Segawa S. On the marine algae of Susaki, Prov : Idzu, and its vicinity III. Sci. Pap. Inst. Algolog. Res., Fac. Sci., Hokkaido Imp. Univ. 2(1) : 131-153. 1938.
- Segawa S. New or noteworthy algae from Izu. Sci. Pap. Inst. Algolog. Res., Fac. Sci., Hokkaido Imp. Univ. 2:251-271. 1941.
- Segawa S. A new Laminariaceous alga found in Izu. Jour. Fac. Agri., Kyushu Univ. 9(1) : 59-63. 1948.
- 瀬川宗吉. 原色日本海藻図鑑. 保育社, 大阪, 175pp. 1956.
- 芹澤如比古・芹澤（松山）和世. 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. 2010.
- 芹澤如比古・芹澤（松山）和世. 静岡県御前崎の緑藻相と水温・気温の長期的変動. 藻類 60 : 135-141. 2012.
- 芹澤如比古・村上裕重・田中次郎・青木優和・坂西芳彦・平田徹・御園生拓・横浜康継. 静岡県下田市田牛地先の異なる水深における褐藻カジメ・アラメ群落の特徴. 水産増殖 51 : 287-294. 2003.
- 高木康次・岩田静夫・渡部勲. 白浜定地水温からみた1997年に起こった伊豆半島東岸の低水温現象について. 静岡水試研報 34 : 33-37. 1999.
- 田中次郎. 褐藻（コンブ目, ヒバマタ目, アミジグサ目）の分布にもとづく海藻相解析. 藻類 45 : 5-13. 1997.
- 田中次郎・千原光雄. 伊豆半島の海藻相の特性. 国立科学博物館専報 15 : 109-114. 1982.
- 吉田忠生. 新日本海藻誌. 内田老鶴圃, 東京, 1222pp. 1998.
- 吉田忠生・吉永一男. 日本産海藻目録（2010年改訂版）. 藻類 58 : 69-122. 2010.