

緑藻, 褐藻, 紅藻の生活史と分布にもとづく 海藻相の新しい評価指数 $[I/H]_{RCP}$

富塚朋子^{a,*}, 岩槻邦男^b, 宮田昌彦^a

^a 千葉県立中央博物館分館 海の博物館 299-5242 千葉県勝浦市吉尾 123

^b 兵庫県立人と自然の博物館 669-1546 兵庫県三田市弥生が丘 6

A New Index $[I/H]_{RCP}$ for Estimation of Seaweed Flora, with Special Reference to Life History and Distribution of *Chlorophyta*, *Phaeophyta* and *Rhodophyta*

Tomoko TOMIZUKA^{a,*}, Kunio IWATSUKI^b and Masahiko MIYATA^a

^a Collaborative Researcher, Coastal Branch of Natural History Museum and Institute, Chiba, 123, Yoshio, Katsuura, 299-5242 JAPAN;

^b The Museum of Nature and Human Activities, Hyogo, 6, Yayoigaoka, Sanda, Hyogo, 669-1546 JAPAN;

*Corresponding author: tomizuka@shiraishi-law.jp

(Accepted on June 20, 2011)

A new floristic index, $[I/H]_{RCP}$, for the estimation of seaweed flora depending on the seawater temperature, is proposed. The index is a ratio of $[I]$ to $[H]$. $[I]$ is the number of species including both of species with alternation of isomorphic generations and without alternation of generations, and $[H]$ is the number of species including species with alternation of heteromorphic generations, for *Chlorophyta*, *Phaeophyta* and *Rhodophyta*. This new floristic index, $[I/H]_{RCP}$, clearly demonstrates the positive relationships with seawater temperature which effects the change of seaweed flora.

Key words: *Chlorophyta*, floristic index, $[I/H]_{RCP}$, *Phaeophyta*, *Rhodophyta*, seawater temperature, seaweed flora.

大型の海産藻類（以下「海藻」と称する）は、短期間の浮遊性世代（四分孢子, 単孢子, 果孢子, 精子, 受精卵）を除いて固着性の世代が優占する海洋生物であり, 無機的な環境諸要素に対して受動的な反応を示すことから, 海域の環境変動をモニタリングするための生物指標として藻類が注目されてきた（渡辺 1975, 新崎 1975, 富塚 2005, 宮田 2008）。一方, 海藻の生活史と分布に影響する環境要素として, 生育基質, 海水温, 水質, 塩分濃度, 波動, 光, 生物間競争などがある

が（岡村 1931, 殖田 1933, Feldmann 1951, 新崎 1976, Chapman 1979, 宮田 1999）, 海藻の生育可能な分布域を決める最大の限定要因は水温であり（Hoek van den 1982）, 地域による海藻相の違いは構成種の生育限界水温の特性を反映したものと考えられている。

これまで, 海藻の植物地理学的な分布傾向や海藻相の緯度的変異と海水温との関係を知るために, 海藻相が寒海域（年平均水温の低い海域）あるいは暖海域（年平均水温の高い地域）のどちら

に分布の中心をもつ、どのような種から構成されているか、優占種は何かといった点を明らかにすることに努めてきた(岡村 1931, Feldmann 1951, 瀬川 1956, 中原・増田 1971, 新崎 1976, 田中 1997). すなわち、緑藻 *Chlorophyta* は暖海域に、褐藻 *Phaeophyta* は寒海域に多産し、紅藻 *Rhodophyta* は両海域に一樣に分布するとした観察結果をもとに(新崎 1976)、緑藻と褐藻の種数の比から海藻相がより暖海的であるか寒海的であるかを判定してきた。その判定に用いる評価指数には、緑藻の種数(C)と褐藻の種数(P)の比を求めたC/P(瀬川 1956)、コンブ目 *Laminariales* の種数(L)とヒバマタ目 *Fucales* の種数(F)の比を求めたL/F(新崎 1976)、コンブ目の種数(L)とヒバマタ目の種数(F)及びアミジグサ目 *Dictyotales* の種数(D)を用いたLFD指数(田中 1997)がある。

また、海藻の生活史に注目し、寒海域には異型世代交代(Alternation of heteromorphic generations)を行う種が多く、暖海域には同型世代交代(Alternation of isomorphic generations)を行う種と世代交代を行わない種が多いとする観察結果をもとに、緑藻と褐藻について、同型世代交代を行う種に世代交代を行わない種を加えた種数(I)と異型世代交代を行う種数(H)の比を求めたI/H(中原・増田 1971)がある。

このように褐藻と緑藻の種数あるいはその特定のグループを指標としてきた(瀬川 1956, 中原・増田 1971, 新崎 1976, 田中 1997). しかし、紅藻は、汎世界的に分布し種数が多いにもかかわらず(岡村 1931)、種及びグループレベルの分布特性と生活史に関する情報が少ないこと、そして分類学的な同定の難しさなどから、これまで指標生物として採用されてこなかった。

しかし、海藻の生活史に見る世代交代の有無とその特性を種の存続と繁栄のための環境への適応戦略と捉え(中原 1986)、地域の海域環境を反映する指標として海藻相を用いるには、これまでのように緑藻と褐藻に限定せず、緑藻や褐藻よりも種数が多く(岡村 1931)、海藻の全種数の半数から3分の2を占める紅藻(Feldmann 1937)を加えた評価指数が、海域環境をより正確に反映すると考えられる。実際のフィールド調査において、狭い海域や都市近郊の海域、内湾、河口海域、干潟などの浅海域の海域環境の変動を海藻相から評価しようとする、上述のC/PやL/Fなどの評

価指数を用いると、紅藻が優占し緑藻や褐藻の種数が極めて少なく、しかも指標種が分布しない場合、既存の評価指数が使えないことがある。そして、上述の多様な評価指数が提唱されて以後、遺伝子情報をもとにした紅藻の系統分類がすすみ(Yoon et al. 2006, Verbruggen et al. 2010, 吉田・吉永 2010)、また、精度の高いフィールド観察や培養実験により紅藻の生活史(世代交代)に関する情報が蓄積されてきた(日本水産資源保護協会 1980, 1983, 堀(編) 1993, 寺田ほか 2000, Kikuchi and Shin 2005など)。このような状況のもとに、人為的な影響が現れる局所的な海域を含む、浅海域の海域環境の水温変動をモニタリングするために、緑藻、褐藻、紅藻の生活史に注目した海藻相を評価する新しい指数を提案し、これまでに公表された地域の海藻目録を用いて既存の評価指数と比較した結果、その有効性を認めたので報告する。

なお本稿では慣習的に使われてきた海藻の分類群の名称として、緑藻、褐藻、紅藻を使用した。これらは新しい系統分類体系に準拠すると(Woese et al. 1990, Adl et al. 2005など)、緑藻はアオサ藻綱(緑色植物門)(Floyd and O'Kelly 1989)、褐藻は褐藻綱(黄色植物門)(Hoek van den et al. 1995)、そして紅藻は真正紅藻綱・ウシケノリ藻綱(紅色植物門)(Hoek van den et al. 1995)に対応し、海藻を環境指標として用いる場合、緑藻、褐藻、紅藻といった名称は、慣習的にも多くの人々に受け入れ易く、使い易いと考えた。

材料と方法

1. 海藻の世代交代に注目した海藻相の新しい評価指数

海藻の生活史には、同型世代交代、異型世代交代及び世代交代を行わない3つの型がある。同型世代交代を行う種と世代交代を行わない種の有性世代と無性世代の成長、成熟に適する環境条件には差はみられないが、異型世代交代を行う種では両世代の形態と大きさが異なり適応する環境条件も異なる(中原 1986)。異型世代交代を行うコンブ目やウルシグサ目の胞子体(2n)は耐寒性があり、形態の異なる微小な配偶体(n)は夏の高水温に耐性をもつことがわかっている(Peter and Breeman 1992)。すなわち、年平均水温が低く、季節による水温格差の大きな海域である寒海域では異型世代交代を行う種が有利であり、年平均水

Table 1. Five indices (C/P, L/F, LFD, I/H, [I/H]_{RCP}) at fourteen sites: Akkeshi (Yamada and Tanaka 1944), Ohôtsuku (Kawai and Kurogi 1982), Hidaka (Chihara 1972), Oshoro (Tokida and Masaki 1959), Aomori (Abe 1958), Ôzuchi (Kurogi et al. 1979), Ibaraki (Kawabata 1939), Tateyama (Ohba et al. 1988), Misaki (Misaki Rinkai Jikkenjo 1970), Shimoda (Chihara 1967), Wakayama (Yamamoto 1957), Setonaikai (Mukôjima Jikkenjo 1963), Tsushima (Chihara and Yoshizaki 1970), and Ryukyu (Segawa and Kôamura 1960) in various latitudes and the yearly mean surface seawater temperatures (1965–1978), and the correlation coefficient between five indices at fourteen sites and their yearly mean surface seawater temperatures

表 1. 緯度が異なる 14 地点の 5 つの指数値 (C/P, L/F, LFD, I/H, [I/H]_{RCP}) と年平均表面海水温 (1965–1978) と両者の相関係数

調査地 (出典)	評価方法						年平均表面海水温 (°C) 1965 ~ 1978
	C/P 瀬川 1956	L/F 新崎 1976	LFD 指数 田中 1997	I/H 中原・増田 1971	[I/H] _{RCP} 富塚ほか 2011		
厚岸 (Yamada and Tanaka 1944)	0.31	2.00	0.22	0.91	1.67	6.50	
オホーツク海沿岸 (川井・黒木 1982)	0.38	0.71	0.57	0.90	1.73	8.50	
日高 (千原 1972)	0.66	0.67	0.50	1.29	1.84	10.00	
忍路 (Tokida and Masaki 1959)	0.52	0.67	0.88	1.29	2.72	13.00	
青森 (阿部 1958)	0.44	0.75	0.88	1.40	2.67	15.00	
大槌 (黒木ほか 1979)	0.43	0.70	0.80	1.50	2.81	14.50	
茨城 (川端 1939)	0.46	0.27	1.11	1.55	2.64	17.00	
千葉県館山 (Ohba et al. 1988)	0.61	0.27	1.33	2.36	3.92	20.00	
三崎 (三崎臨海実験所 1970)	0.63	0.35	1.32	2.16	3.28	18.50	
下田 (千原 1967)	0.76	0.30	1.29	2.76	4.58	20.00	
和歌山県南部 (山本 1957)	0.67	0.36	1.36	4.00	3.91	21.50	
瀬戸内海 (向島実験所 1963)	0.48	0.25	1.30	2.17	4.26	18.00	
対馬 (千原・吉崎 1970)	0.68	0.35	1.36	2.81	3.72	20.00	
琉球列島 (瀬川・香村 1960)	1.61	0.05	1.52	6.50	4.88	24.50	
年平均表面海水温と評価値との相関係数	0.67	-0.81	0.97	0.82	0.93		

温が高く、季節による水温格差の少ない暖海域では孢子体と配偶体が同型で生理的な特性も同じ同型世代交代を行う種が多くなることが示唆される。

そこで、中原・増田 (1971) を基礎として、緑藻と褐藻に紅藻を加えた海藻相の水温に依存した新しい評価指数 [I/H]_{RCP} を提案する。[I/H]_{RCP} とは、[I] が調査した海藻相を構成する緑藻、褐藻、紅藻のうち、同型世代交代を行う種数に世代交代を行わない種数を加えた数であり、[H] は異型世代交代を行う種数で、2 つの群の比である。[I/H]_{RCP} の値が大きいかほど暖海性の海藻相であることを示す。

[I/H]_{RCP} は、対象とした種の生活史の特性については最新の研究論文を参考としたが、生活史に関する情報の無いものについては、吉田・吉永 (2010) の分類体系に準拠し、分類学的に同じ属の

仲間と同じ生活史をとるものとした。

2. 日本列島沿岸海域の 14 地点における海藻相の評価指数の比較

(1) [I/H]_{RCP} の有効性を評価するために、これまでに日本列島沿岸から報告された海藻相を文献より抽出して (Yamada and Tanaka 1944, 川井・黒木 1982, 千原 1972, Tokida and Masaki 1959, 阿部 1958, 黒木ほか 1979, 川端 1939, Ohba et al. 1988, 三崎実験所 1970, 千原 1967, 山本 1957, 向島実験所 1963, 千原・吉崎 1970, 瀬川・香村 1960), 高緯度 (北海道厚岸 43°30'N) から低緯度 (沖縄県琉球列島那覇 26°11'N) までの C/P 値, L/F 値, LFD 指数値, I/H 値, 及び紅藻を含めた [I/H]_{RCP} 値を求めた。そして、それらと年平均表面海水温 (1965–1978) (海洋資料センター (編) 1978) との相関を求めた。

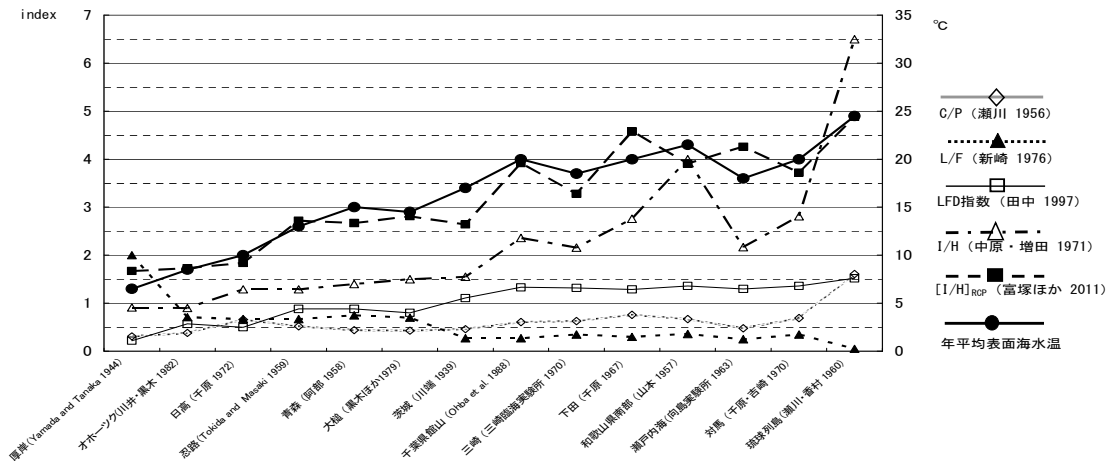


Fig. 1. Five indices (C/P, L/F, LFD, I/H, $[I/H]_{RCP}$) at fourteen sites in various latitude and the yearly mean surface seawater temperatures (1965–1978).

図1. 緯度が異なる14地点の5つの指数値(C/P, L/F, LFD, I/H, $[I/H]_{RCP}$)と年平均表面海水温(1965–1978).

また、上述の14海域における5つの指数と年平均表面海水温、及び指数と年平均表面海水温との相関係数を算出し、年平均表面海水温とピアソンの積率相関係数を検討した(岩永ほか2004)。

(2) 14海域から内湾、河口海域、干潟など海域を限定した4地点、すなわち、オホーツク海海域から宗谷岬(45°51'N 141°94'E)(川井・黒木1982)、日高海域から襟裳岬(41°92'N 143°14'E)(千原1972)、対馬海域から阿須地区(34°20'N 129°17'E)(千原・吉崎1970)、琉球列島海域から与那国島(24°27'N 122°59'E)(瀬川・香村1960)の地域海藻相を選んで、C/P値、LFD指数値、I/H値、 $[I/H]_{RCP}$ 値を比較した。

さらに、上述の4海域における各指数と年平均表面海水温、及び指数と年平均表面海水温との相関係数を算出した。

結果と考察

1. 日本列島沿岸海域の14地点における海藻相と温度環境

日本列島の14海域における各指数と年平均表面海水温、及び指数と年平均表面海水温との相関係数を求めた結果、C/P値、LFD指数値、I/H値、 $[I/H]_{RCP}$ 値は、いずれも高緯度から低緯度への緯度的変異に対応した変化を示し、年平均表面海水温と正の相関を示した(Table 1)。すなわち年平均表面海水温とピアソンの積率相関係数は、C/P値は

0.67で正の相関を示し、LFD指数値は0.97、I/H値は0.82、 $[I/H]_{RCP}$ 値は0.93であり、高い正の相関を示した。しかし、L/F値は負の相関を示した。L/F値のコンブ目とヒバマタ目を用いる方法では、分類群を限定したために有効な種数が得られなかったと考えられる。L/F値は、広範囲の海域を対象とした場合に有効と考えられる。

一方、年平均表面海水温と $[I/H]_{RCP}$ 値との関係を見ると、日高(42°33'N 142°80'E)の年平均表面海水温10°Cでは $[I/H]_{RCP}$ 値1.84であり、同様に、青森(40°49'N 140°44'E)15°Cで2.67、下田(34°40'N 138°26'E)20°Cで4.58、琉球(26°12'N 127°40'E)24.5°Cで4.88となっている(Table 1)。 $[I/H]_{RCP}$ で得られた寒暖指数は、一部数値が前後するところもあるが日本列島近海海藻相の特性を示す指数として有効である。

また、Table 1で示した日本列島の14海域の海藻相について計算した各指数と年平均表面海水温をグラフで示した(Fig.1)。C/P値は0.31~1.61、LFD指数値は0.22~1.52、I/H値は0.90~6.50、そして、 $[I/H]_{RCP}$ 値は1.67~4.88で変化した(Fig.1)。すなわち、I/H値と $[I/H]_{RCP}$ 値は、他の指数と比較して海水温に依存した海藻相の緯度的変異を顕著に示している。そのうち、I/H値は緑藻と褐藻の指標種を対象とするのに対して、 $[I/H]_{RCP}$ 値は緑藻、褐藻、紅藻を対象としており、より汎用性が高いと考えられる。

Table 2. Number of seaweed species and four indices (C/P, LFD, I/H, $[I/H]_{RCP}$) in the narrow areas of four small bays, Sōya-misaki, Ohōtsuku (Kawai and Kurogi 1982), Erimo-misaki, Hidaka (Chihara 1972), Asu, Tsushima (Chihara and Yoshizaki 1970), Yonagunijima, Ryukyu (Segawa and Kōmura 1960)

表 2. 4 地域に出現する種数と海藻相の C/P, LFD, I/H, $[I/H]_{RCP}$ 値

地域 (全域) (出典)	評価方法		C/P			LFD 指数			I/H			$[I/H]_{RCP}$		
	種数	湾	湾	全域	全域	種数	湾	全域	種数	湾	全域	種数	湾	全域
宗谷岬 (オホーツク) (川井・黒木 1982)	29	0	0	9	1	1	29	1	1	58	2	2		
襟裳岬 (日高) (千原 1972)	27	1	1	8	0	1	27	1	1	63	2	2		
阿須 (対馬) (千原・吉崎 1970)	35	0	1	12	1	1	35	3	3	62	3	4		
与那国島 (琉球列島) (瀬川・香村 1960)	37	8	2	1	2	2	37	8	7	90	4	5		

この結果、本論文で提案した、緑藻、褐藻、紅藻を用いた $[I/H]_{RCP}$ 値は、地域の海藻相の温度環境を評価する指標として有効であると考えられる。

2. 地域の海藻相の温度環境

さらに、14 海域から内湾、河口海域、干潟など海域を限定した比較的狭い海域 4 地点の海藻相 (宗谷岬 (オホーツク海海域)、襟裳岬 (日高海域)、阿須地区 (対馬海域)、与那国島 (琉球列島海域)) の C/P 値, LFD 指数値, I/H 値, $[I/H]_{RCP}$ 値を比較した (Table 2).

その結果、海藻相を評価するために用いる海藻の種数は、対象としたより小さな海域において C/P と I/H では緑藻と褐藻合せて 27 ~ 37 種、

LFD 指数では褐藻 1 ~ 12 種と極めて少数であり、海藻相を検討するには十分な種数とはいえない。これに対して、緑藻、褐藻、紅藻を検討対象とする $[I/H]_{RCP}$ は、58 ~ 90 種が対象となった (Table 2)。すなわち、選択した海域の海藻相と海水温との関係は、対象種数が少ないために C/P 値は相関を示しておらず、I/H 値も相関は弱い。LFD 指数値は対象種数が極めて少なく有効な値が得られなかった。これに対し、 $[I/H]_{RCP}$ 値は優占する紅藻の種数を含めたためにサンプル数が多く有効な結果が得られた。

これまで提唱された C/P, L/F, LFD 指数, I/H は、日本列島周辺海域及び汎世界的な海域をも対象として海藻相の形成に大きな影響を与える温

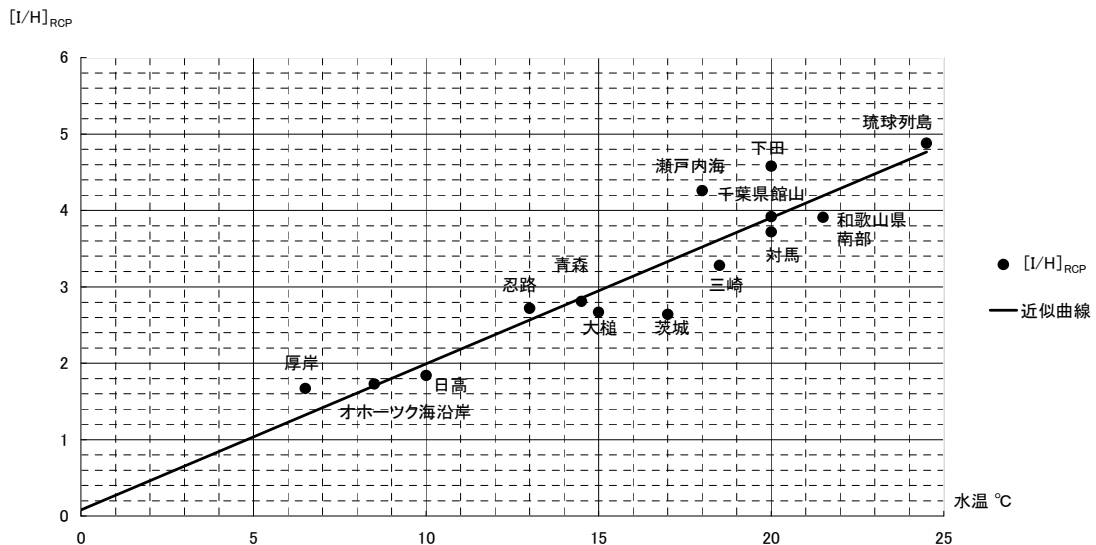


Fig. 2. Relationship between $[I/H]_{RCP}$ and the yearly mean surface seawater temperatures at fourteen sites at various latitudes in Japan archipelago.

図 2. 日本列島における緯度が異なる 14 地点の $[I/H]_{RCP}$ と年平均表面海水温の関係。

度環境を解析する方法である(田中1997)。しかし、Table 2で示したように宗谷岬(オホーツク海海域)、襟裳岬(日高海域)、阿須地区(対馬海域)、与那国島(琉球列島海域)などでは、これまでの評価指数を適用しようとする指標種が分布しない場合や、これまで提案された指数の対象ではない紅藻が優占する場合があります、評価するに十分な出現種数が得られなかった。これと比較して、 $[I/H]_{RCP}$ は、紅藻を加えた大型海藻全種を対象とするので、計算に必要な種数が得やすく、比較的種数の少ない海域の海藻相の特性を捉えるために $[I/H]_{RCP}$ が有効であることを示している。

本稿で提案する緑藻、褐藻、紅藻の全種を対象とする $[I/H]_{RCP}$ は、特定の種やグループを用いる場合と比較して、多様な海藻が分布する海域環境をより正確に反映すると考える。しかし、海域環境を推定するためのより簡便な方法を思考すれば、新たに紅藻の指標種又は指標種グループを抽出し、既存の褐藻の指標種又は指標種グループとの組み合わせをもって、新たな評価指数の検討も今後の課題であろう。そして、 $[I/H]_{RCP}$ の精度を上げるためには、生活史が未解明な種については特に注意を払い生活史に関する情報収集につとめる必要がある。

さらに、14海域の $[I/H]_{RCP}$ と海水温との関係を示す(Fig.2)。この直線は、ある海域の海藻相の特性を示す $[I/H]_{RCP}$ からその海域の年平均表面海水温を推定できる検量線として有効である。すなわち、緯度的変異と海流の流程を考慮した日本列島の多様な海域の海藻相から $[I/H]_{RCP}$ を求めてデータを増やし、この近似直線の精度を上げることにより、ある海域の海藻相から、あるいは過去の海藻相を復元して、 $[I/H]_{RCP}$ を求めることにより、その海域の過去、現在の海域環境の要素としての年平均海水温の推定が可能となる。

本稿を纏めるにあたり、東京大学辻誠一郎教授にご指導いただきました。また、筑波大学千原光雄名誉教授からご助言を賜り、千葉県立中央博物館古木達郎博士には研究環境にご配慮いただきました。記してお礼申し上げます。

引用文献

- 阿部達三 1958. 青森県海藻類. 青森県生物学会史(1-2): 1-5.
- Adl S. M., Simpson A. G. B., Farmer M. A., Andersen R. A., Anderson O. R., Barta J. R., Bowser S. S., Brugerolle G., Fensome R. A., Fredericq S., James T. Y., Karpov S., Kugrens P., Krug J., Lane C. E., Lewis L. A., Lodge J., Lynn D. H., Mann D. G., McCourt R. M., Mendoza L., Moestrup Ø., Mozley-Standridge S. E., Nerad T. A., Shearer C. A., Smirnov A. V., Spiegel F. W. and Taylor M. F. J. R. 2005. The new higher level classification of eukaryotes with emphasis on the taxonomy of protists. *J. Eukaryot. Microbiol.* 52(5): 399-451.
- 新崎盛敏 1975. 生物指標としての海藻. 日本生態学会環境問題専門委員会(編), 環境と生物指標 2- 水界編 -. pp. 215-224. 共立出版, 東京.
- 新崎盛敏 1976. 海藻. 新崎盛敏, 堀越増興, 菊池泰二(編), 海藻・ベントス. 海洋科学基礎講座 5: 93-147. 東海大学出版会, 東京.
- Chapman A. R. O. 1979. *Biology of Seaweeds*. University Park Press. (千原光雄(訳) 1981. 海藻の生物学—細胞・小田井・個体群・群落. 181 pp. 共立出版, 東京.)
- 千原光雄 1967. 静岡県産海藻目録. 静岡県植物誌. pp. 70-90.
- 千原光雄, 吉崎誠 1970. 対馬沿岸の海藻相と海藻群落. 国立科学博物館専報(5): 151-162.
- 千原光雄 1972. 日高沿岸の海藻について. 国立科学博物館専報(5): 151-162.
- Feldmann J. 1937. Recherches sur la vegetation marine de la mediterranee. La cote des Alberes. *Rev. Algol.* 10: 259-283.
- Feldmann J. 1951. Ecology of marine algae. *In: Smith G. M., Manual of Phycology*. pp. 313-334, Chronica Botanica Co., Waltham.
- Floyd G. L. and O'Kelly C. J. 1989. *Handbook of Protoctista*. pp. 617-635. Jones and Bartlett Publ., Boston.
- Hoek C. van den. 1982. Phytogeographic distribution groups of benthic marine algae in the north Atlantic Ocean. A review of experimental evidence from life history studies. *Helgol. Meeresunt.* 35: 153-214.
- Hoek C. van den, Mann D. G. and Jahns 1995. *An Introduction to Phycology*. 623 pp. Cambridge University Press, Cambridge.
- 堀 輝三(編) 1993. 藻類の生活史集成第2巻 褐藻・紅藻類. 345 pp. 内田老鶴圃, 東京.
- 岩永雅也, 大塚雄作, 高橋一男 2004. 社会調査の基礎. 285 pp. 放送大学教育振興会, 東京.
- 海洋資料センター(編) 1978. 海洋環境図外洋編—北太平洋 II. 157 pp. 日本水路協会, 東京.
- 川端清策 1939. 茨城県(常陸国)沿岸の海産藻類に就いて. *植物及動物* 7(9): 55-59.
- 川井浩史, 黒木宗尚 1982. 北海道オホーツク海沿岸の海藻相. 北海道大学大学院環境科学研究科紀要 5(1): 79-90.
- Kikuchi N., Shin J.-A. 2005. Morphology and life history of *Stylonema cornu-cervi* Reinsch (*Goniotrachales, Rhodophyta*) from Japan. *Algae* 20(1): 37-42.
- 黒木宗尚, 川口栄男, 吉田忠生, 増田道夫 1979. 大槌湾の

- 海藻相(中間報告). 東京大学海洋研究所大槌臨海研究センター報告(5): 25-35.
- 三崎実験所 1970. Flora Misakia. pp. 1-7. 東京大学理学部附属三崎臨海実験所.
- 宮田昌彦 1999. 潮だまりの海藻に聞く海の自然史. 131 pp. 岩波書店, 東京.
- 宮田昌彦 2008. 海水温の上昇と海洋生物の分布 - 館山湾の固着性生物に注目して -. 岩槻邦男, 堂本暁子(編), 温暖化と生物多様性. pp. 93-112. 築地書館, 東京.
- 向島臨海実験所 1963. 瀬戸内海の生物相. 352 pp. 向島臨海実験所創立30周年出版記念.
- 中原紘之, 増田道夫 1971. 緑藻と褐藻の生活史と水平分布. 海洋科学 3: 24-26.
- 中原紘之 1986. 藻類の生活史と生態. 秋山優(編), 藻類の生態. pp. 533-577. 内田老鶴圃, 東京.
- 日本水産資源保護協会 1980. 水産生物適水温図(水産涵養水質基準説明追録). pp. 42-47. 日本水産資源保護協会, 東京.
- 日本水産資源保護協会 1983. 環境条件が魚介類に与える影響に関する主要要因の整理. pp. 254-290, 381-499. 日本水産資源保護協会, 東京.
- Ohba H., Konno T., Ioriya T., Notoya M. and Miura A. 1988. Marine algae from Banda, Tateyama, Chiba Prefecture. J. Tokyo Univ. Fish. 75: 405-413.
- 岡村金太郎 1931. 海産植物の地理的分布. 岩波講座地理学. 86 pp. 岩波書店, 東京.
- Peters A. F. and Breeman A. M. 1992. Temperature responses of disjunct temperate brown algae indicate long-distance dispersal of microthalli across the tropics. J. Phycol. 28: 428-438.
- 瀬川宗吉 1956. 原色日本海藻図鑑. pp. 124-126. 保育社, 大阪.
- 瀬川宗吉, 香村真徳 1960. 琉球列島海藻目録. 琉球大学教務部普及課普及資料17号. 72 pp.
- 田中次郎 1997. 褐藻(コンブ目, ヒバマタ目, アミジゲサ目)の分布にもとづく海藻相分析. 藻類 45: 5-13.
- 寺田竜太, 木村 充, 山本弘敏 2000. 北海道函館産オゴノリ *Gracilaria vermiculophylla* (Ohmi) Papenfuss (紅藻オゴノリ目)の生長と成熟. 藻類 48(3): 203-209.
- Tokida J. and Masaki T. 1959. A list of marine algae collected in the vicinity of Oshoro marine biological station at Oshoro, Hokkaido, Japan. Bull. Fac., Hokkaido Univ. 10(3): 173-195.
- 富塚朋子 2005. 沿岸の環境変動推定のための博物館資料の研究. 110 pp. 修士学位論文(放送大学).
- 殖田三郎 1933. 水産植物学. 319 pp. 厚生閣, 東京.
- Verbruggen H., Maggs C. A., Saunders G. W., Le Gall L., Yoon H. S. and De Clerck O. 2010. Data mining approach identifies research priorities and data requirements for resolving the red algal tree of life. BMC Evolutionary Biology 10:16 doi:10.1186/1471-2148-10-16.
- 渡辺仁治 1975. 生物指標としての藻類(珪藻を除く). 日本生態学会環境問題専門委員会(編), 環境と生物指標2-水界編-. pp. 61-89. 共立出版, 東京.
- Woese C. R., Kandler O. and Wheelis M. L. 1990. Towards a natural system of organisms: proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 87: 4576-4579.
- Yamada Y. and Tanaka T. 1944. Marine algae in the vicinity of the Akkesi marine biological station. Sci. Pap. Inst. Algol. Res., Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ. 3(1): 47-77.
- 山本虎夫 1957. 紀南海岸における藻類相の概況. 日本自然保護協会調査報告 No. 27. pp. 103-108. 和歌山県海中公園学術調査報告.
- Yoon H. S., Muller K. M., Sheath R. G., Ott F. D. and Bhattacharya D. 2006. Defining the major lineages of red algae (*Rhodophyta*). J. Phycol. 42: 482-492.
- 吉田忠生, 吉永一男 2010. 日本産海藻目録(2010年改訂版). 藻類 58: 69-122.