

## 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

田中次郎

東京水産大学資源育成学科 〒108 港区港南 4-5-7

J. Tanaka, 1997. Analysis of Seaweeds Flora from the Viewpoint of Distribution of Brown algae (Laminariales, Fucales, Dictyotales) . Jpn. J. Phycol.(Sôri) 45: 5-13.

Members of Laminariales, Fucales and Dictyotales of brown algae, can be separated into two or three groups by their distributions. In Laminariales (L), cold and warm water species groups are separated at the rank of family or genus, in Fucales (F), cold, warm and hot water species groups at the rank of genus or subgenus, and in Dictyotales (D), warm and hot water species groups at the rank of genus. On the basis of counting the number of species belonging to these groups in each order, LFD indices are calculated for the various regions of Japan and the world. As the result, LFD indices increase in value from colder to warmer water not only in Japan but also in the world. And the proportional correlation between LFD indices and the mean water temperatures are clearly recognized at the present study.

*Key Index Words: Dictyotales - Distribution - Floristic Index - Fucales - Laminariales - Seaweed flora*

Jiro Tanaka: Faculty of Marine Biosciences, Tokyo University of Fisheries, 4-5-7, Konan, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

### 緒言

寒海や暖海に生育する海藻の種類は日本はもちろん世界的に見ても大きく異なる。この違いはどのように生じたのかを知るには、現在そこに分布している分類群がその環境にどのように適応してきたかを知る必要がある。寒海に分布を広げた種は低温に耐えうる生理特性を持つにいたったのであろうし、暖海の種は水温の季節較差の少ない地方で適応して生育していることは容易に推測される。これらの種の分布の過程を直接明らかにすることは困難であるが、現在の分布の状況を把握し解析することで推測は可能である。van den Hoek (1982a, b) は海藻の種の分布域は生育限界水温により決まるとし、海藻の分布に関する解析を試みている。この考え方にに基づき寒海と暖海の花藻相の違いは個々の生育種の生育限界水温の違いが反映されるものであるとの視点から、現在の種の分布と水温との関連に焦点を当て、寒暖による海藻相の違いを解析する。具体的には各地域で得られている海藻目録から褐藻の3つの大きな分類群であるコンブ目、ヒバマタ目、アミジグサ目を対象に、ある地域での種構成を調べ、こ

れが水温に応じてどのように推移しているのかを見ていく。

褐藻は紅藻や緑藻よりもその起源は比較的新しく、ヒバマタ目やアミジグサ目と思われる化石は4億年前のシルル紀やデボン紀に出現し、コンブ目にいたっては第3紀にようやく出現したとされる (South & Whittick, 1987)。また特定の階級の分類群では種分化や分散は新しく、現在でも比較的まとまった地理的な分布しているのではないかと考えられる。コンブ目を例にとると、多くの種は寒帯に生育し、一部の種が温帯に生育する。またヒバマタ目藻類は熱帯から寒帯に分布するいくつかの群に分けられる。さらにアミジグサ目は熱帯と温帯に分布する2つの群に分けられる。ここで、それらを各々寒帯性種、温帯性種、熱帯性種という群に分ける。この区分けに基づき、ある地域でのコンブ目、ヒバマタ目、アミジグサ目のそれぞれ寒、温、熱帯性種の生育数を数えることにより指数を算出することができる。もしこの指数と水温との間に相関関係があるのならば、各目内での寒、温、熱帯性種への区分けは妥当であり、特定の分類群が特定の地域に

表- 1. Distribution of taxonomical groups of Laminariales, Fucales and Dictyotales in cold, warm and hot waters. Numbers of Japanese species in parentheses.

生育地域によるコンブ、ヒバマタ、アミジグサ目内分類群の分布。( )内は日本産種数

	コンブ目 [L]	ヒバマタ目 [F]	アミジグサ目 [D]
寒帯性 [C]	ツルモ科 (1) レソニア科 (0) チガイソ科 アイヌワカメ属 (6) コンブ科 [下記属以外] (20)	ヒバマタ科 (2)	なし
温帯性 [W]	チガイソ科 ワカメ属 (3) コンブ科 カジメ属 (3) アラメ属 (2) アントクメ属 (1) クロシオメ属 (1)	ウガノモク科 [下記属以外] (5) ホンダワラ科 ヒジキ属 (1) ホンダワラ属 [ホンダワラ亜属以外(35)]	アミジグサ科 ニセアミジ属 (1) サナダグサ属 (1) コモングサ属 (4) ヤハズグサ属 (10)
熱帯性 [H]	なし	ウガノモク科 ヤバネモク属 (2) ホンダワラ科 ホンダワラ属 [ホンダワラ亜属] (18) ラッパモク属 (2)	アミジグサ科 [上記属以外] (28)

生育することの証明ともなるのではないかと考えた。以下に日本と世界を対象に、コンブ目、ヒバマタ目、アミジグサ目の寒帯性種、温帯性種、熱帯性種への区分けの根拠をあげ、実際の指数を求め、水温との関連について考察した。

## 方法

### 1) コンブ目の分布と区分け

現在、世界的に様々な地域にコンブ目藻類は生育している。それらは比較的限られた地域に分布したり、隔離的に分布することが多い(Fritsch 1945)。有名なオオウキモ属 (*Macrocystis*) を含む超大型褐藻のレソニア科 (*Lessoniaceae*) はオーストラリア、南アフリカ、南米南端地域、カリフォルニア沿岸に隔離的に分布することが知られている。Lüning et al. (1990) によれば、褐藻コンブ類の種分化は比較的新しく、その分布の中心は北太平洋であり、その後大西洋や南半球へも進出したとされる。彼はひとつの証拠として北太平洋産の *Laminaria setchellii*, *L. bongardiana* は北大西洋産の *L. hyperborea*, *L. digitata* とそれぞれ共通起源種から派生した姉妹種と考えた。Stam et al. (1989) はコンブ属藻類を用いたDNA-DNA交雑実験から、いくつかの種は500-1900万年前に北太平洋で生まれた共通祖先がそこで分化をはじめ、約350万年前の間氷期にベーリング海峡が開いたとき北大西洋に進入していき種分化を遂げ、さらに地中海や南大西洋に分布を広げていったと

考えた。

van den Hoek (1982a, b) は海藻の世界的な分布論を展開した。彼によれば種の分布の最大限定要因は水温である、すなわち、生育可能な水温の上限や下限が種の分布の境界線を決定しているとした。オオウキモ属の3種 (*M. pyrifera*, *M. integrifolia*, *M. angustifolia*) は、

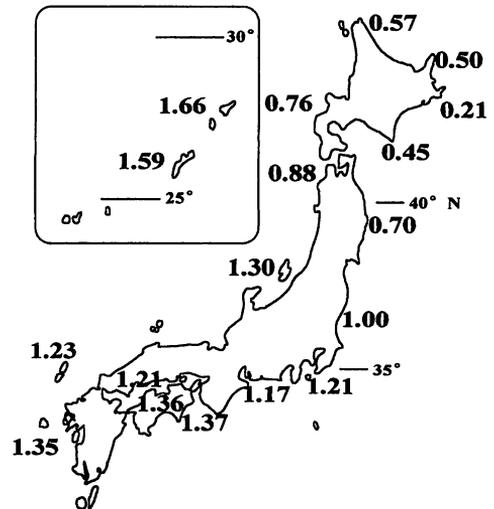


図- 1 LFD indices in Japan. 日本各地のLFD指数

表- 2. LFD indices in Japan. L, F, D show  $(W \times 1 + H \times 2)/(C + W + H)$ .  
 日本各地のLFD指数. L, F, Dはそれぞれ $(W \times 1 + H \times 2)/(C + W + H)$ を表す

地域	出典	水温幅 低-平均-高	L	F	D	LFD index
厚岸	Yamada & Tanaka 1944	0- 7-13	0/13	4/6	0/0	4/19 = 0.21
羅臼	黒木ほか 1979	0- 7-15	0/7	5/7	3/2	8/16 = 0.50
オホーツク	川井・黒木 1986	1- 8-16	0/5	5/7	3/2	8/14 = 0.57
日高	千原 1972	2-11-18	1/5	4/6	0/0	5/11 = 0.45
忍路	Tokida & Masaki 1959	7-13-19	1/6	9/9	3/2	13/17 = 0.76
青森県	阿部 1958	8-14-21	2/5	7/8	5/3	14/16 = 0.88
大槌	黒木ほか 1979	5-13-23	1/7	9/10	4/3	14/20 = 0.70
茨城	川端 1939	8-16-24	3/3	10/11	5/4	18/18 = 1.00
三崎	三崎MS 1970	12-19-25	5/6	9/18	22/14	46/38 = 1.21
下田	千原 1967	13-20-25	8/9	30/27	23/16	61/52 = 1.17
佐渡島	Noda 1969	10-17-24	3/4	18/18	36/22	57/44 = 1.30
和歌山県南部	山本 1957	17-20-26	5/5	36/29	33/20	74/54 = 1.37
伊予灘	八木 1964	10-20-25	5/6	40/31	34/21	79/58 = 1.36
瀬戸内海	向島MS 1963	10-19-24	4/5	24/21	18/12	46/38 = 1.21
対馬	千原 1970	14-19-25	5/6	18/18	26/16	49/40 = 1.23
天草	瀬川・吉田 1961	16-21-26	3/4	22/19	29/17	54/40 = 1.35
奄美列島	田畑 1991	20-24-29	0/0	51/31	42/25	93/56 = 1.66
琉球列島	瀬川・香村 1960	21-25-28	1/1	35/23	37/22	73/46 = 1.59

いずれも、冬16℃および夏18℃の等水温線が分布水温上限で冬3℃の線が下限である地域に分布する。ここは季節水温較差が15℃程度の比較的小さな寒冷地域である。アメリカ地質学会出版の地球の気候図集 Map & chart series MC-36 (1981)によれば、現在の地球の夏季と冬季の水温較差は、日本近海と大西洋北西部が約20℃と異常に大きく、さらに氷河期には地球上で日本近海だけが20℃以上であった。このことから多年生であるマクロキスチス属の藻類は、季節水温較差の小さな南半球の寒流域と北半球の太平洋東部には生育するが、季節較差が大きい北大西洋と日本近海には生育できないものと推定できる。一方、季節水温較差の激しい北太平洋と北大西洋にはコンブ属 (*Laminaria*) の種が多く生育する。その例として van den Hoek (1982a) は北大西洋産 *L. saccharina* は夏19℃以下、冬15℃以下-2℃までの双方を満たす地域に生育し、*L. digitata* は夏19℃以下、冬10℃以下-2℃の地域に生育すると述べている。

コンブ属やオオウキモ属などの両極分布する属ではどの様に赤道を越えたのかを推論した研究がある。Peter et al. (1992) は、上記のコンブ類はある時期に高水温に耐えられる配偶体の形で赤道を越えていったと述べている。さきほどの Map & chart MC-36 (1981)によると、過去の何回かの氷河期には赤道付近が現代より2℃ほど低い、26-27℃であったこともこの推論を支持するものである。実際に起こった種の移住の例として、コンブ目のワカメ (*Undaria pinnatifida*) があげられる。この種は最近になって南半球のニュージーランドや南オーストラリアに分布するようになった (Hay et al. 1987)。Peter et al. (1992) は、これに対する説明としてワカメの配偶体の生存水温上限は29.6℃であり、人為的に配偶体の形で赤道を越えていったのであり、そこに定着できたのはニュージーランドの水温環境が日本の温帯域に似ているからであろうと推定している。

いずれにせよ、太平洋の寒帯に起源を持つコンブ目藻類は新たな分布地での水温環境に適応しながら一方

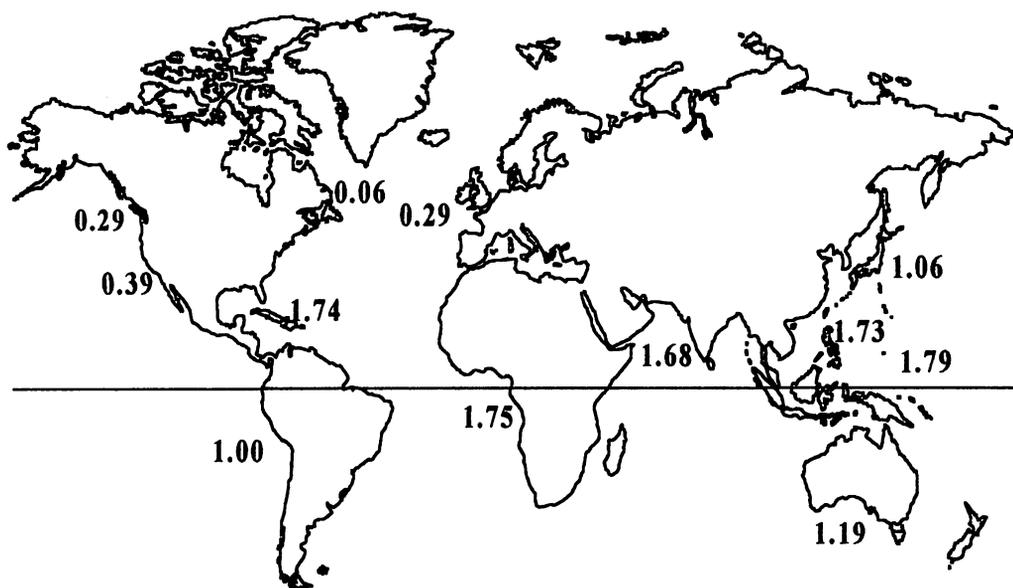


図-2 LFD indices in the world. 世界各地のLFD指数

で太平洋の温帯に、一部は分布を拡張しながら、現在大西洋の寒帯から南半球の寒帯や温帯に分布するようになったと考えられる。

以上のような知見から現在日本沿岸に生育するコンブ目の藻類を分布域から寒帯性種と温帯性種に分けてみると表-1 のようになる。寒海にはコンブ科 (Laminariaceae) のコンブ属、チガイソ科 (Alariaceae) のアイヌワカメ属 (*Alaria*)、ツルモ科 (Chordaceae) が分布し、関東地方以南の暖海にはコンブ属よりも形態の分化した、コンブ科のアラメ属アラメ (*Eisenia bicyclis*)、カジメ属カジメ (*Ecklonia cava*)、クロメ (*Ecklonia kurome*)、アントクメ属アントクメ (*Eckloniopsis radicata*)、チガイソ科のワカメ属ワカメ、ヒロメ (*Undaria undarioides*)、アオワカメ (*U. peterseniana*) が分布する。カジメ属は日本の他、オセアニアや南アフリカの温帯にも生育し、アラメ属はカリフォルニア沿岸に生育する。ここでは暖海産コンブ類は配偶体の形で高水温に耐え、さらに胞子体も高水温に徐々に耐えられるようになり、温帯域でカジメ属、アラメ属、ワカメ属などに分化したと考える。

## 2) ヒバマタ目の分布と区分け

ヒバマタ目 (Fucales) 内の種分化や分布の経路についての知見は少ないが、現在の分布から見て、コンブ目

と同様水温環境により特定の階級の分類群で寒帯性種、温帯性種、熱帯性種に分けることができそうである (表-1)。日本沿岸においては、科や属や亜属のランクで分布域が異なっている。ヒバマタ科 (Fucaceae) は北海道を中心とした地域に生育し、ヒバマタ属 (*Fucus*) とエゾイシゲ属 (*Pelvetia*) がこれに該当する。ウガノモク科 (Cystoseiraceae) やホンダワラ科 (Sargassaceae) のホンダワラ属 (*Sargassum*) の3亜属 (*Bactrophyucus*, *Phyllotrichia*, *Schizophycus*) とヒジキ属 (*Hizikia*) は主に温帯に生育する。熱帯性のものにはホンダワラ属ホンダワラ亜属 (*Sargassum*) とラッパモク属 (*Turbinaria*)、ヤバネモク属 (*Hormophysa*) がある。吉田他 (1995) に依れば日本産ホンダワラ亜属には18種が挙げられている

世界に目を転じてこの分布の傾向は変わらず、ヒバマタ目は寒帯に、ホンダワラ科は温帯や熱帯に生育する。温帯性のホンダワラ属 *Phyllotrichia* 亜属は南オーストラリアが分布の中心となっている。

寒海に生育するヒバマタ目ヒバマタ科の生理学的な研究として、Lüning (1984) は北海に生育する海藻の高水温耐性を調べた。その結果、コンブ目のツルモ属 (*Chorda*) やコンブ属では胞子体の生育上限水温が18°C-20°Cでしかなかったが、ヒバマタ目のヒバマタ属では25°C-28°Cであった。また Russell (1987) によればヒバ

表- 3. LFD indices in the World. 世界各地のLFD指数

地域	出典	水温幅	L	F	D	LFD index
Canada-Atl.	South 1970	5-12	1/12	0/5	0/0	1/17 = 0.06
Canada-Pacif.	Scagel et al. 1986	8-13	3/18	2/5	2/1	7/24 = 0.29
British Isle	Parke & Dixon 1976	6-15	0/9	1/17	8/5	9/31 = 0.29
California	Abbott & Hollenberg 1976	10-18	2/20	3/8	8/5	13/33 = 0.39
Peru	Dawson et al. 1964	16-21	2/5	3/2	7/5	12/12 = 1.00
Japan	Yoshida et al. 1995	0-29	10/37	81/64	62/44	53/145 = 1.06
Australia	Womersley 1986	12-26	1/5	61/62	66/41	28/108 = 1.19
Pakistan	Shameel & Tanaka 1992	23-27	0/0	25/13	49/31	74/44 = 1.68
Phillipines	Silva et al.1987	25-29	0/0	8/5	70/40	78/45 = 1.73
Jamaica	Chapman 1963	25-28	0/0	18/9	36/22	54/31 = 1.74
W.Trop.Africa	Lawson & John 1987	24-28	0/0	7/4	35/20	42/24 = 1.75
Micronesia	時田 1938	28-30	0/0	8/4	17/10	25/14 = 1.79

マタ属の一種 *Fucus vesiculosus* は8月の水温が5℃から20℃までの広い範囲で生育できるという。同様な研究として、横浜(1982)は日本に生育するコンブ目やヒバマタ目のいくつかの種類の温度光合成特性を求めた。コンブ類では寒帯性種のスジメ (*Costaria costata*)、ホソメコンブ (*Laminaria religiosa*) や温帯性種アラメは35℃で完全に活性を失ってしまうが、ヒバマタ目の温帯性種フシスジモク (*Sargassum confusum*) やアカモク (*S. horneri*) では35-40℃でも光合成能力を保っている。これらの研究結果から、本来熱帯に起源をもつヒバマタ目藻類ではあるが、その一部(ヒバマタ科)は寒海にまで分布するようになった、しかし生理特性に関しては過去の耐高水温性をまだ保持していると考ええる。

### 3) アミジグサ目の分布と区分け

アミジグサ目は熱帯に多くの種が生育し、一部温帯に生育する。しかし亜寒帯から寒帯に生育する種は少ない。日本で北方にまで分布を広げてきた仲間としてニセアミジ属 (*Dilophus*)、サナダグサ属 (*Pachydictyon*)、コモングサ属 (*Spatoglossum*)、ヤハズグサ属 (*Dictyopteris*) があげられ、それらは主に温帯域に分布する。ニセアミジ属は温帯の南オーストラリアにも多くの種が分布することが知られる。

日本近海特産のヤハズグサ属エゾヤハズ (*D. divaricata*) は、最も寒海性の強いアミジグサ目藻類のひ

とつである。この種は主に北日本に生育するが、瀬戸内海にも隔離的に分布する。この理由は瀬戸内海は内海であり、冬季の水温が低いためと考えられる。しかし横浜(私信)によればこの種では35℃-40℃でも光合成能力が残っている。このことからアミジグサ目の起源はヒバマタ目同様熱帯であり、現在はより寒冷な地域に分布を広げているが、以前からの生理特性はまだ残していると考えられる。さらにシワヤハズ (*D. undulata*)、ヘラヤハズ (*D. prolifera*)、フクリンアミジ (*Dilophus okamurae*) は日本では寒流域にまで生育するが、分布の北限に近づくほど生殖個体の割合が少なくなり、栄養生殖により個体群を維持している(田中, 未発表)。Breeman et al. (1992) は、紅藻 *Bonnemaisonia hamifera* の生殖藻体と地理的分布の関係を調査した結果、分布の限界付近では有性生殖体が少なくなり、胞子体や配偶体の栄養生殖により個体群を維持していると報告した。北方に見られるアミジグサ目は生育の限界付近に生育する上記のような特性を持つ藻類群であるといえる。

アミジグサ目は枝の先端の成長点細胞が1つか多数かでアミジグサ亜科 (Dictyoteae) とシマオオギ亜科 (Zonarieae) に分ける研究者もいるが(Womersley, 1986)、現在はアミジグサ科1科にまとめられることが多い。日本産の分類群に関しては帯状で二叉分枝し扇状にならない体を持つフクリンアミジ属、サナダグサ属、コ

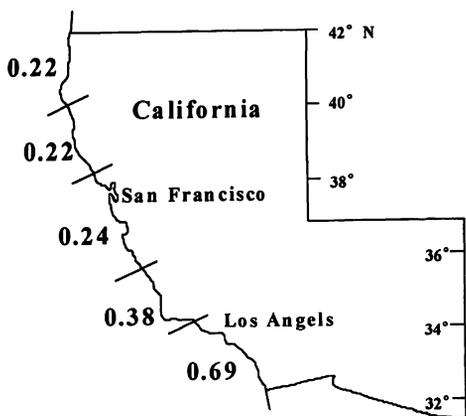


図-3 LFD indices in 5 regions in California State, U.S.A.  
カリフォルニア州の5つの地域のLFD指数

モンクサ属、ヤハズグサ属を温帯性とし、扇状の体をもつウミウチワ属 (*Padina*)、シマオオギ属 (*Zonaria*)、ハイオオギ属 (*Lobophora*)、フタエオオギ属 (*Distromium*)、ジガミグサ属 (*Styopodium*)、ヤレオオギ属 (*Homoeostrichus*) を熱帯性とする。またアミジグサ属 (*Dictyota*) に関しては、アミジグサ (*D. dichotoma*) はかなり北方まで分布するが、他の種は熱帯に分布することが多いので属全体としては熱帯性とする (表-1)。

#### 4) LFD 指数の算出法

上述のように、コンブ目、ヒバマタ目、アミジグサ目の3目の分類群は、現在の日本や世界の分布から見て、表-1のような特定の分類階級で寒帯性種、温帯性種、熱帯性種の2ないし3のグループに分けられる

コンブ目 (L: Laminariales) は属の階級で寒帯と温帯に、ヒバマタ目 (F: Fucales) は科、属、亜属の階級で寒帯、温帯、熱帯に、アミジグサ目 (D: Dictyotales) は属の階級で温帯、熱帯に分ける。この表をもとに、日本や世界各地の海藻目録から、その地域に生育する寒帯性種、温帯性種、熱帯性種の数を算出し、寒帯性種に0を(下式には表示しない)、温帯性種に1を、熱帯性種に2をかけて、合計の種類数で割る。ここで得られた値をLFD指数と名づける。すべてが寒帯性種であれば0、温帯性種であれば1、熱帯性種であれば2と値が0から2の範囲となる(下式)。

$LFD = (W \times 1 + H \times 2) \div (C + W + H)$  ( $0 \leq LFD \leq 2$ )  
C: 寒帯性種数, W: 温帯性種数, H: 熱帯性種数

#### 結果

表-2、および図-1は日本の20の地域のLFD指数である。左から順に、地域名、出典、水温の幅と平均、コンブ目、ヒバマタ目、アミジグサ目のそれぞれの計算値/(C+W+H)、LFD指数を示す。例えば日高のL値はコンブ目5種のうち寒帯性種が4種、温帯性種が1種分布することを示す。合計の種類数に関しては調査の精度によりばらつきがあるが、指数は北から南へと値を増加させていることが分かる。最も寒海性の強い北海道東部ではLFD指数は最低となった。北海道西部は津軽暖流の影響のせいで水温が上がり、それにつれてLFD指数がかなり高くなる。また佐渡島など日本海側で太平洋中部より平均水温が高くなるのは津軽暖流が北まで流れているからで、LFD指数もそれにつれて大きくなる。このように水温とLFD指数にはかなりの相関があることがわかる。

表-3、および図-2は世界の12の地域のLFD指数を示す。カナダの大西洋沿岸、太平洋沿岸、英国付近で低く、ペルー、日本、オーストラリアで1前後、パキスタン、フィリピン、ジャマイカ、西アフリカで2に近い値を示した。ペルーは赤道に近いが寒流の北上が影響して低水温となる地域である。またカリフォルニアもアラスカ寒流の南下で低水温となる地域である。この2つの地域ではLFD指数は低い値であった。

さらに、カリフォルニア州を5つの地域に分けそれぞれのLFD指数を求めた(図-3)。ここは世界の中でも詳細なフロラが知られている地域の一つである。ま

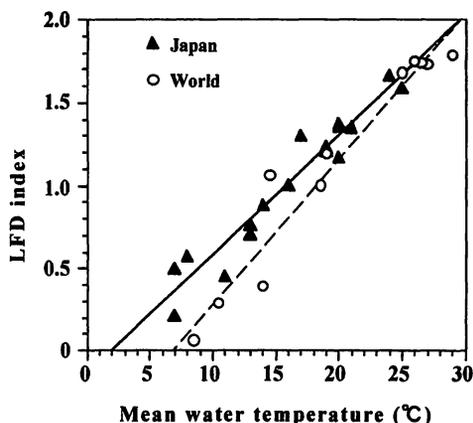


図-4 Relation between mean water temperatures and LFD indices in Japan and the world.

日本および世界各地のLFD指数と平均水温の関係

た北方アラスカからカリフォルニア半島にかけて寒流が南下するため水温が規則的に増加する地域である。その結果、この海域は基本的には LFD 指数 0.69 以下であり、全体として 0.39 であった。この地域のフロラを集大成した Abbott & Hollenberg (1976) によれば、コンセプション岬が年平均水温 18℃ の境界線で、海藻のフロラも大きく変わるとされている。LFD 指数がここを境にして 0.38 から 0.69 と大きく上昇している。またこの北アメリカ太平洋沿岸の LFD 指数 0.29-0.69 と比較して、南北の距離ではほぼ同じ日本列島の LFD 指数 0.21-1.66 は大きな変動幅を示し、南北の平均水温の違いを反映しているように思われる。

図-4 は日本および世界各地の平均水温と LFD 指数の関係を示している。カリフォルニア州の値の低い原因は、北部と南部では平均水温が 5℃ 以上異なっており、それを州全体で平均したため 14℃ と高い値となったこと、および北部に多く生育するコンブ類が多数含まれたことの相乗効果により、水温の割には LFD 指数は低くなったとおもわれる。この例外をのぞき両者の高い相関が見られた。

考察

海藻相の寒暖指数、すなわちその海藻相が暖海的なのか寒海的なのかを数値によって表す試みとしていくつかの指数が考案されている。そのひとつは、ある地域に生育する紅藻、褐藻、緑藻の種類数の比から求める方法である。地中海や大西洋での寒暖指数として

Feldmann (1937) は紅藻 (Rhodophyceae) と褐藻 (Phaeophyceae) の種数の比 R/P 値を求め、その値が高いほど暖海的であるとした。日本において瀬川 (1956) は、緑藻 (Chlorophyceae) が暖海に、褐藻が寒海に多いとして各地の緑藻と褐藻の種数比 C/P 値を求め、その値が高いほど暖海的であるとした。彼が当初求めた値は、三陸 0.4、常陸 0.5、伊豆半島 0.6、大島 0.7、神津島 0.9、三宅島 0.7、八丈島 1.5、紀伊 0.6、鹿児島 0.9 である。またこれ以外の地域について新崎 (1976) が求めた値が表-4 に示してある。これらは緑藻が暖海に多く、褐藻は寒海に多いという傾向を如実に示す指数となっている。

また中原・増田 (1971) は、緑藻や褐藻は水温によりその生活環の適応がなされていることに着目して、同型世代交代 (Isomorphic alternation of generations) および世代交代のない種が暖海に、異型世代交代 (Heteromorphic alternation of generations) をする種が寒海に多いとして I/H 値を求めた (表-4)。異型世代交代をする仲間であるコンブ目やウルシグサ目の胞子体は耐寒性があり、形態の異なる微少な配偶体は夏の高水温に耐性をもつことが知られる (Peter et al. 1992)。このことから平均水温が低く、季節による水温較差の大きな海域、すなわち日本近海では東北地方以北の太平洋沿岸の寒流域はこの仲間の生育に有利であり、種数も多くなることが予想される。また平均水温が高く、季節水温較差の少ない暖海域では胞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する種が多

表-4. C/P, I/H, L/F indices in Japan  
日本の C/P, I/H, L/F 指数一覧 (新崎, 1976)

	C/P	I/H	L	F	L/F
沖縄諸島	1.0-2.8	9.2	0	7-17	0
奄美諸島	1.5-2.0	9.2	0	7-8	0
足摺-南宇和海	0.5-0.9	7.1	3-4	13-16	0.2-0.3
潮岬-房総	0.3-0.7	2.4-3.5	5-8	12-17	0.2-0.5
犬吠崎-塩屋崎	0.4-0.6	1.4-1.7	3-4	7-15	0.3-0.4
金華山-三陸	0.4-0.5	1.4	6-9	4-11	0.7-1.5
北海道中南岸	0.3-0.4	0.8	10	10-13	0.7-1.3
北海道襟裳以東	0.2-0.3	0.5-0.7	11-12	2-5	1.8-2.4
北海道西岸	0.3-0.4	0.9-1.1	4	3-6	0.7-1.3
青森-新潟	0.3-0.5	1.7-2.9	2-8	10-16	0.2-0.7
富山-山陰	0.3-0.5	2.5-3.2	3-4	16-18	0.2-0.3
九州西岸	0.3-0.7	2.4-2.9	2-4	18	0.1-0.2

くなるのも当然と思われる。このことから見てこれらの種数の比を寒暖指数に用いるのは当を得ており、C/P値と比較して、地域による特徴が明確になっている。

さらに新崎(1976)は、ある地域でのコンブ目(Laminariales)、ヒバマタ目(Fucales)の種数の比L/F値を算出することで、寒暖指数を求め海藻相が寒海のか暖海のかをみた(表-4)。一部日本海から北海道西岸にかけて値が前後することがあるが、コンブ目では暖海に分布するようになった種と、ヒバマタ目内で寒海に生育するように種が混在することが原因となっている。最も目に付く海藻類を基に算出されたこの寒暖指数は日本近海の花藻相の特性を示す指数として有効である。しかし、新崎も述べているように、諸外国の沿岸に当てはめるにはこれだけでは不十分なようである。

今回の結果では、LFD指数は日本だけでなく世界的にも表面水温の平均値と相関関係を持つことが明らかとなった。このことはLFD指数を算出するベースとなった上述の熱、温、寒帯性種へに区分けは妥当であり、海藻の中では比較的進化的な新しい大型の褐藻の分布を考える際に、比較的まとまった分類単位で分布域が限定されるとする考え方に妥当性を与えるものである。

なおこの値が世界的規模で算出できる背景には、コンブ目、ヒバマタ目、アミジグサ目は日本はもとより世界的に広く分布し、大型や多年生の種が多く、しばしば大群落を作り、季節を問わず生育の確認および同定が比較的容易であるので、海藻目録に記録されることが多く容易に利用できることが挙げられる。

## 謝辞

地球の古気候に関して国立科学博物館地学研究部長の齊藤靖二博士にご教示いただいた。この場をお借りして感謝の意を表す。本研究は、文部省科学研究費国際学術研究補助金(代表者:静岡大学理学部池谷仙之教授)の一部を用いて行われた。

## 参考文献

- Abbott, I. & Hollenberg, G. J. 1976. Marine algae of California. 827 pp. Stanford Univ. Press, California.
- 阿部達三 1958. 青森県の花藻類. 青森県生物学会誌 2 (1-2): 1-5.
- 新崎盛敏 1976. 海藻. 海洋科学基礎講座 5 海藻・ベントス 第一編 p. 1-147. 東海大学出版会. 東京.
- Breeman, A.M., Meulenhoff, E.J.S. & Guiry, M.D. 1988. Life history regulation and phenology of the red alga *Bonnemaisonia hamifera*. Helgol. Meeresunt. 42: 535-551.
- Chapman, V.J. 1963. The marine algae of Jamaica. part 2. Phaeophyceae and Rhodophyceae. Bull. Inst. Jamaica, Sci. ser. 12(2): 1-201.
- 千原光雄 1967. 静岡県産海藻目録. 静岡県植物誌 p. 70-90.
- 千原光雄 1970. 対馬沿岸の花藻相と海藻群落. 国立科学博物館専報 3: 143-158.
- 千原光雄 1972. 日高沿岸の花藻について. 国立科学博物館専報 5: 151-162.
- Dawson, Y., Acleto, C. & Foldvik, N. 1964. The seaweeds of Peru. Nova Hedwigia Beiheft 13: 1-111. 79 pls.
- Feldmann, J. 1937. La côte des Albères. I-III Cyanophycées, Chlorophycées, Phéophycées. Revue Algologique 10: 1-339.
- Fritsch, F.E. 1945. The structure and reproduction of the algae. Volume II. xiv + 939. Cambridge Press, London.
- Hay, C.H. & Luckens, P.A. 1987. The asian kelp *Undaria pinnatifida* (Phaeophyta: Laminariales) found in a New Zealand harbour. N. Z. J. Bot. 25:364-366.
- 川端清策 1939. 茨城県(常陸国)沿岸の花産藻類に就いて. 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花藻相. 北海道大学大学院環境科学研究科紀要 5 (1): 79-90.
- 黒木宗尚・川口栄男・吉田忠生・増田道夫 1979. 大植湾の花藻相(中間報告). 東京大学海洋研究所大植臨海研究センター報告第 5 号 p. 25-35.
- 黒木宗尚・山田家正・増田道夫 1979. 知床半島東岸ラウス海域の花藻相とその植生。(ラウス海域のコンブに関する総合調査報告 I V) 77pp. 羅白漁業協同組合.
- Lawson, G.W. & John, M. 1987. The marine algae and coastal environment of tropical West Africa (second edition). Nova Hedwigia Beiheft 93: 1-415.
- Lüning, K. 1984. Temperature tolerance and biogeography of seaweeds; the marine algal flora of Helgoland (North Sea) as an example. Helgol. Meeresunt. 38:305-317.
- Lüning, K. and tom Dieck, I. 1990. The distribution and evolution of the Laminariales: North Pacific-Atlantic relationships. In: Evolutionary biogeography of the marine algae of the north Atlantic (Ed. By D.J. Garbary and G.R. South), pp. 187-204. NATO Advanced Science Institutes Series, Vol. G 22, Springer-Verlag, Berlin.
- Map and chart series MC-36. 1981. The Geological Society of America Inc. Colorado.
- 三崎臨海実験所 1970. Flora Misakia. p. 1-7. 東京大学

- 理学部附属三崎臨海実験所。  
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周年記念出版。  
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(11): 24-26.  
Noda, M. 1969. The species of Phaeophyta from Sado Island in the Japan Sea. Sci. Rep. Niigata Univ. ser.D. 6: 1-64.  
Parke, M. & Dixon, P. 1976. Check-list of British marine algae. third revision. J. mar. biol. Ass. U.K. 56: 527-594.  
Peters, A.F. & 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.  
Russel, G. 1987. Spatial and environmental components of evolutionary change: interactive effects of salinity and temperature on *Fucus vesiculosus* as an example. Helgol. Meeresunt. 41: 371-376.  
Scagel, R.F., Garbary, D.J., Golden, L. & Howkes, M.W. 1986. A synopsis of the benthic marine algae of British Columbia, Northern Washington and Southeast Alaska. Phycological Contribution 1: 1-444. Univ. British Columbia.  
瀬川宗吉 1956. 原色日本海藻図鑑. 175 pp. 保育社. 東京.  
瀬川宗吉・香村真徳 1960. 琉球列島海藻目録. 72 pp. 琉球大学教務部普及課。  
瀬川宗吉・吉田忠生(編) 1961. 天草臨海実験所近海の生物相第3集 海藻類. p. 1-24. 九州大学理学部天草臨海実験所。  
Shameel, M. & Tanaka, J. 1992. A preliminary check-list of marine algae from the coast and inshore waters of Pakistan. in T. Nakaike and S. Malik (eds.) Cryptogamic flora of Pakistan 1: 1-64.  
Silva, P., Menez, E.G. & Moe, R.L. 1987. Catalog of the benthic marine algae of the Phillipines. Smithsonian Contr. Mar. Sci. 27: 1-179.  
South, G.R. 1976. Check-list of marine algae of eastern Canada -first revision. J. mar. biol. Ass. U.K. 56: 817-843.  
South, G.R. & Whittick, A. 1987. Introduction to phycology. pp. 341, Blackwell Scientific Publ., London.  
Stam, W.T., Bot, P.V.M., Boele-Bos, S.A., van Rooij, J.M. & van den Hoek, C. 1988. Single-copy DNA-DNA hybridizations among five species of *Laminaria* (Phaeophyceae): phylogenetic and biogeographic implications. Helgol. Meeresunt. 42: 251-267.  
田畑満大(編) 1991. 奄美群島海藻目録. 94 pp. (自費出版)  
時田郁 1938. ミクロネシア産海藻目録. 科学南洋 2(1): 16-26.  
Tokida, J. & Masaki, T. 1959. A list of marine algae collected in the vicinity of Oshoro marine biological station at Oshoro, Hokkaido, Japan. Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ. 10(3): 173-195.  
van den Hoek, C. 1982a. 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.  
van den Hoek, C. 1982b. The distribution of benthic marine algae in relation to the temperature regulation of their life histories. Biol. J. Linn. Soc. 18(2): 81-144.  
Womersley, H.B.S. 1986. The marine benthic flora of southern Australia Part II. 484 pp. South Aust. Gov. Print. Div. Adelaide.  
八木繁一 1964. 伊予の海藻. 愛媛県立博物館研究報告 第4号 p. 1-50.  
Yamada, Y. & 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. 和歌山県海中公園学術調査報告. p. 103-108.  
横浜康継 1982. 海藻の謎—緑への道—. 235 pp. 三省堂. 東京.  
吉田忠生・吉永一男・中嶋泰 1995. 日本産海藻目録(1995年改訂版). Jpn. J. Phycol. (Sôru) 43: 115-171.

(Received November 24, 1996: Accepted January 6, 1997)

