



海外藻類事情

大野 正夫¹・平岡 雅規²：ヨーロッパのアオサについて

日本各地の砂州は、夏になるとアオサの大量繁殖がみられる。最近まで、アオサの大量繁殖は沿岸域の富栄養化が原因とされ、構成種はアナアオサとされてきたが、最近、岩礁に着生して繁茂するアナアオサと砂州に大量繁殖するものとは、種が異なるのではないかと言われるようになった(平岡ら 1998)。砂州に繁茂するアオサの葉体は、長方形になり、大きなものは畳の大きさにもなる。高知や九州に発生するアオサ場の構成種は、形態的にアナアオサではなく *Ulva lactuca* (吉田 1998, 新日本海藻誌ではオオバアオサと和名が付けられている) に近いように思われた。アオサ類の大量繁殖は 'green tide' と呼ばれるようになり、ヨーロッパ各地からも報告されている。平岡は人為的に生殖細胞を放出させて、この接合から種間関係の研究を進めているので、*U. lactuca* の生の材料を必要としていた。オランダにはアオサの分類体系をまとめた Dr. Reinoud Koeman がおり (Koeman 1985)、フランスでは Dr. Patrick Dion が 1998 年にブルターニュに大規模なアオサの大量繁殖を報告し、その繁殖する種を *U. armoricana* と新種にしていた (Dion et al. 1998)。そこで Dr. Koeman と Dr. Dion に連絡を取り、1998 年 10 月にオランダとフランスにアオサを求める旅にでた。

Ulva lactuca は本当にあるのか?

アムステルダムから北に 200 km ほど行った Groningen の近くの小さな町、A.A Haren に、Dr. Koeman の研究室があった。彼は Haren 大学の一角に、海洋生物調査研究所を経営し所長であった (図 1)。彼は、我々のために北オランダで北海に面した Lauwesooog の海岸からアオサ類を採取しておいてくれた。オランダ沿岸のアオサ属の仲間には、*U. pseudocurvata*, *U. curvata*, *U. lactuca*, *U. rigida*, *U. scandinavica* の 5 種が報告されており (Koeman 1985)、*U. lactuca* と *U. rigida* を採取していた。Dr. Koeman は、いろいろと私たちにアオサ属の分類形質の説明をされたが、*U. lactuca* の種の同定に自信がなさそうであった。*U. lactuca* は、1753 年にリンネが命名し、海藻の仲間でもっと早く付けられた種名で

ある。その後、*U. lactuca* はヨーロッパからインドまで、世界中から報告されている広汎種であるが、今まで、各地でアオサであれば *U. lactuca* の種名をあてた傾向が感じられて、形質がどうも定かでなくなったようである。彼が *U. lactuca* としたものは、図 2 A に示すように、日本のアナアオサに類似していた。しかし、彼が *U. rigida* (図 2 B) としたのものにもきわめて似ていた。オランダにきて、*U. lactuca* が不可解な種になってしまった。このことは、Dr. Koeman 自身も悩んでいるようであった。今まで世界各地で報告されている *U. lactuca* は、いくつかの種に分かれるかもしれない。

オランダの大量発生型アオサ

Dr. Koeman は、私たちをアムステルダムから南方の大きなラグーン地帯の、国立オランダ汽水域生態研究所 (Centre for Estuarine and Coastal Ecology) がある Yerseke に案内してくれた。研究所でアオサ場の物質循環の研

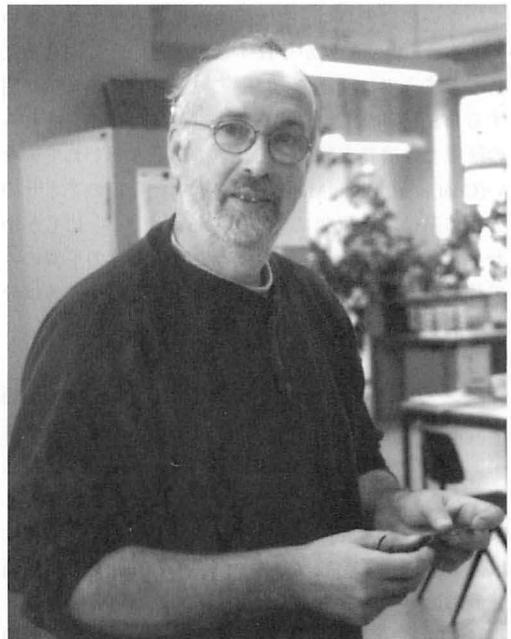
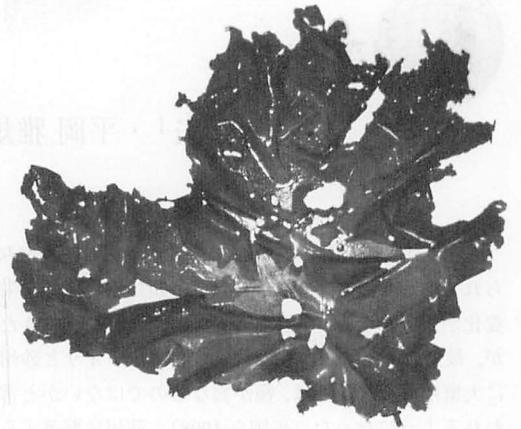


図 1 研究所での Dr. R. Koeman

究している博士課程院生の Mr. Erik-jan Malta が、早朝から夕方まで研究所の車でアオサ場を案内してくれた。ここでは、*U. lactuca* はみられず、潮間帯の中部にはアナアオサと形態も生態の特徴も似ている *U. rigida* が多く繁茂していた。ラグーンを堰き止めた人工湖では、夏にここはアオサが大量繁殖して埋まると説明された。この季節にはほとんど消えていたが、岸辺にはまだ大きなアオサ葉体があった。日本の大量繁殖型アオサは、夏に発生すること、葉体が大型になり、薄いなどの形質があり、オランダの大量繁殖型アオサとよく似ていた。私たちの帰国後、Mr. Malta はオランダの汽水湖 Veer Meer の浮遊アオサについて、形態的に *U. lactuca*, *U. scandinavica* に分類できるが、それらの rDNA の ITS 配列を比較するとほとんど同じになるので、これらは同じ種であると結論する論文を発表した (Malta et al. 1999)。しかし、*U. scandinavica* はもともと無性生殖種として Bliding (1968) によって記載されている。一方、*U. lactuca* は有性生殖種である。私たちがオランダから持ち帰ったアオササンプルを調べてみると、有性生殖を行う種類と無性生殖を行う種類が認められた。そして、この2つの種類のサンプルを北海道大学の寫田智博士に ITS 配列を分析してもらったと同じ配列であることがわかった。無性生殖種は有性生殖種から生じてきたことが予想されるが (van den Hoek et al. 1995)、無性生殖種が生じてからそんなに時間が経過していないのであれば、遺伝子の変異もそう大きくないであろう。塩基配列が一致するからといって同じ種にしてしまうのは問題である。ここ数年、アオサ類に関する ITS 配列の比較研究が発表されているが、それらの研究では培養実験による種名の確認が行われていない (Coat et al. 1998, Malta et al. 1999)。今日のアオサの分類体系は培養研究によるところが大きい。にもかかわらず、非常に環境変異の大きい野生藻体の形質のみで種名をあてて、分子系統樹を描く最近のやり方は分類学的な混乱を招くだけではないだろうか。

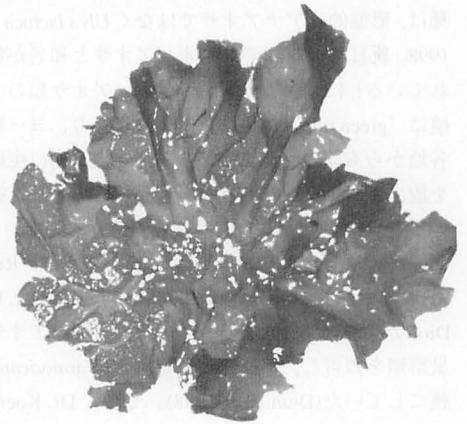
オランダの *Ulva rigida* とアナアオサ *U. pertusa* の関係

潮間帯の岩礁に付着していた *U. rigida* の中で最も典型的なものを Dr. Koeman に選んでもらい、日本に持ち帰った。早速、日本のアナアオサと接合実験をすると接合が起り、接合子が胞子体に成長した。胞子体は成熟して遊走子を放出した。野生藻体の形態、培養藻体の形態はいずれもよく一致した。これらの結果は日本藻類学会第23回大会で発表した。オランダの *U. rigida* とアナアオサは同じ種類と考えていいだろう。



A

1③/lactuca



B

3.rigida



C

図2 A: *Ulva lactuca* B: *U. rigida* C: *U. armoricana*

そうすると、アナアオサの種名 *U. pertusa* は 1897 年に Kjellman により命名されたが、種名 *U. rigida* はそれより古く、1822 年に C. Agardh によって命名されているから、アナアオサの種名は *U. rigida* とされるべきであろう。

ブルターニュの大量繁殖型アオサ

Dr. Dion とは、学会誌のメールアドレスからコンタクトを取り、彼の所属が“CEVA”という産官学連携の応用海藻研究所であることを知った。海藻分野では、めずらしい会社組織の研究所であり、海藻生態調査部門と海藻から有用成分を抽出する研究部門を持っていた。政府や会社からの委託を受けて研究を行っており、順調な経営をしているようであった。収集文献も多く充実した研究所で、特に建物がモダンであった(図3)。

彼の案内でアオサ場をみたが、ここでもアオサの大量繁殖は、水温の高い夏季に発生する。訪れた10月でも、まだ、大量発生中であった(図4)。ブルターニュでは、アオサの大量発生は河口域に発生していた。現地を訪れた時は‘green tide’の衰退期だと言われたが、砂浜全体がアオサで埋まり、その厚みも数cmあり、日本でみてきたどのアオサ場の大量繁殖の規模よりも大きかった。*U. armoricana* は、葉長数10cmになるが、ア



図3 ブルターニュの海藻研究所CEVAの玄関前で Dr. P. Dion とともに



図4 ブルターニュの海浜のアオサの大量発生



図5 ロスコフ臨海実験所前の海藻群落(中央背景の大きいビルが実験所)

ナアオサより薄く、ヒトエグサを少し厚くした程度であり、破れやすく完全な個体を採取できなかった(図2C)。海岸景観にうるさいフランスでは、アオサの大量発生は大問題で、種々の対策を検討しているが、全く良い対策がないと説明された。しかし、水温が下がる冬には消えるそうで、大量繁殖は水温の上昇が主原因のようであった。

フランスの *Ulva rigida* とアナアオサ *U. pertusa* の関係

ブルターニュ地方には、有名な Roscoff 臨海実験所がある。ここに3日間滞在して、アオサの採取と海藻群落を見て歩いた。ちょうど大潮の時期にあたり、実験所前の数100mにも及ぶと思われる平坦な岩礁域一面に、褐藻の *Fucus* を主にしたすばらしい海藻群落をみる事ができた(図5)。ここには藻類分子生物学者の Dr. Coat がいる(図6)。彼女はアオサの分子系統学に興味をもっており、Dr. Dion とともに *U. armoricana* の報告を行った (Coat et al. 1998)。彼女は分子生物学者であるが、多くのアオサの分類に関する文献を集めており、形態に関する知見も豊富であった。彼女に *U. lactuca* に関する質問をしたが、彼女も「*U. lactuca* はよくわからない、北フランスにあるようだ」との返答



図6 研究室での Dr. G. Coat

であった。フランスでは *U. lactuca* の報告はほとんどなく、北方系の種類であるとされている。リンネによって採集された *U. lactuca* もスウェーデン西海岸産のものらしいから (Bliding 1968), 北方系の種であるのは間違いなさそうである。そうすると、温暖海域の高知や九州で大量発生しているアオサは *U. lactuca* とは異なる種類である可能性がでてきた。さて、Roscoff の岩礁には、*U. rigida* が主要なアオサであった。*U. rigida* は、ところどころ裂開した葉体で、岩礁に固着しており、日本のアナアオサと非常に似ており、生態的な特徴も類似していた。しかし、Roscoff の *U. rigida* は以前から指摘されているように (Hoeksema & van den Hoek 1983), 藻体縁辺部分に肉眼でも確認できる鋸歯があり、その点ではアナアオサと異なっていた。オーストラリアの Phillips (1988) は、フランスのその鋸歯をもつアオサに、Bliding (1968) がまちがった種名 *U. rigida* をあてたため、以後、その Bliding の *U. rigida* のコンセプトがヨーロッパ、特にフランスで受け入れられてきたと考えている。そして、フランスで *U. rigida* とされている種類は *U. laetevirens* をあてるのが正しいとしている。Roscoff で採集した *U. rigida* の中から、Dr. Dion が典型的とした生材料を日本に持ち帰り、アナアオサの生殖細胞と接合実験を行うと、接合しなかった。また、オランダの *U. rigida* とも接合しなかった。この実験結果は Phillips の考えを支持するものと思われた。

オランダとフランスに、*U. lactuca* を求めての調査旅行であったが、種の確定した試料は得られなかったが、多くの報告にみられる *U. lactuca* は、それぞれが異

なる種類かもしれないことがわかった。そして、温暖海域である高知と九州で大量繁殖しているアオサは、北方種とされる *U. lactuca* とは異なる種類である可能性も出てきた。また、予想していなかった「*U. pertusa* と *U. rigida* が同じものであろうか？」というテーマが急に沸き上がってきた採集旅行であった。現在、世界中から集めたアオサ株を培養し、交雑実験と塩基配列分析を併用しながら分類研究を進めている。

引用文献

- Bliding, C. 1968. A critical survey of European taxa in Ulvales. II. *Ulva*, *Ulvaria*, *Monostroma*, *Kornmannia*. Bot. Not. 121: 535-629.
- Coat, G., Dion, P., Noailles, M.-C., de Reviers, B., Fontaine, J.-M., Berger-Perrot, Y. & Loiseaux-De Goër, S. 1998. *Ulva armoricana* (Ulvales, Chlorophyta) from the coasts of Brittany (France). II. Nuclear rDNA ITS sequence analysis. Eur. J. Phycol. 33: 81-86.
- Dion, P., de Reviers, B. & Coat, G. 1998. *Ulva armoricana* sp. nov. (Ulvales, Chlorophyta) from the coasts of Brittany (France). I. Morphological identification. Eur. J. Phycol. 33: 73-80.
- 平岡雅規・大野正夫・川口栄男 1998. 博多湾に生育するアオサ 2 型について. 藻類 46: 161-165.
- Hoeksema, B. W. & van den Hoek, C. 1983. The taxonomy of *Ulva* (Chlorophyceae) from the coastal region of Roscoff (Brittany, France). Bot. Mar. 26: 65-86.
- Koeman, R. P. T. 1985. The taxonomy of *Ulva Linnaeus* 1753 and *Enteromorpha Link* 1820 (Chlorophyceae) in the Netherlands. Wisk. Nat. Rijksuniv. Groningen, Netherlands.
- Malta, E.-J., Draisma, S. G. A. & Kamermans, P. 1999. Free-floating *Ulva* in the southwest Netherlands: species or morphotypes? A morphological, molecular and ecological comparison. Eur. J. Phycol. 34: 443-454.
- Phillips, J. A. 1988. Field, anatomical and developmental studies on southern Australian species of *Ulva* (Ulvaceae, Chlorophyta). Aust. Syst. Bot. 1: 411-456.
- van den Hoek, C., Mann, D. G. & Jahns, H. M. 1995. Algae: An introduction to phycology. Cambridge Univ. Press, New York.
- 吉田忠生 1998. 新日本海藻誌. 内田老鶴圃, 東京.

(¹高知大学海洋生物教育研究センター, ²(株) 海藻研究所)