

琵琶湖湖畔の葦とオオカナダモの葉に付着して棲息する巨大ズーサムニウム

浅井 博¹, 堀田 康夫², 楠岡 泰, 浅井 博³(¹早稲田大学理工学総合研究センター, ²(有)EULENA, ³滋賀県立琵琶湖博物館研究部門)Giant *Zoothamnium* sp. attached to water plants,
Phragmites and *Egeria densa*, in Lake BiwaHiroshi ASAI¹, Yasuo HOTTA² and Yasushi KUSUOKA³(¹Advanced Research Institute for Science and Engineering, Waseda University ²EULENA Co. Ltd.
and ³Research Division, Lake Biwa Museum)

SUMMARY

A giant colonial peritrich of the genus *Zoothamnium* was found living on the submerged leaves and stems of *Phragmites* and *Egeria* (*Elodea*) in Lake Biwa. The diameter of the trunk spasmoneme in the *Zoothamnium* stalk is very large, about 20–40 μm , whereas the diameter of spasmoneme in the branches of the *Zoothamnium* and those of *Carchesium* sp. is about 1–2 μm . Previously, giant types of *Zoothamnium* have been found in a lake in Hilleroed, Denmark, and a lake in Peterhof (Petrodvorets), Russia. The former species is *Z. geniculatum* strain Hilleroed and the latter is *Z. arbuscula* strain Peterhof. Here, we morphologically compare the giant species found in Lake Biwa with that found in a river in a suburb of Muenster in Germany and that found in the Kujuugawa River, Kawagoe, Saitama Prefecture, Japan. It was difficult to determine whether our species is more similar to *Z. geniculatum* or to *Z. arbuscula*. We previously found that the 1-D SDS electrophoresis pattern of whole proteins in the Kawagoe species is significantly different from those in the Hilleroed species. Thus, we conclude that 1-D or 2-D electrophoresis analysis of whole proteins, and/or DNA fragment analysis are important for verifying species differences. It would also be appropriate to propose a local strain name, similar to those given above, for the giant Lake Biwa *Zoothamnium*.

[背景と目的] 10年ほど前の初夏に、埼玉県川越市の伊佐沼近くの九十川で巨大型の枝分かれツリガネムシのズーサムニウムが発見され、 Ca^{2+} 駆動収縮の研究に使用されてきた(1)。ここで云う巨大型とは、ツリガネムシの幹部分のスパズモネーム直径が30–40ミクロンもあるという意味である。他の種のスパズモネーム直径は、1–2ミクロン程度である。しかしここ数年では、地球温暖化のためとツリガネムシが付着棲息する葦の荒廃のためか、採集が困難となってきた。川越市の九十川近辺は、秩父山系の石灰岩の Ca^{2+} が溶け込んだ地下水が流出する特殊地域である。また、九十川の川上には養豚場があり、溶存有機物も豊富である。ちなみに、ズーサ

ムニウムは、他種のツリガネムシであるヴォルチケラやカルケシウムに比べて溶存 Ca^{2+} 濃度とpHが高い河川に生存し、日本の内陸部では、発見が難しい種である。しかも、巨大型のズーサムニウムは、デンマーク(2)、イギリス(3)、北ドイツ(4)やロシア(5)などの北欧での発見のみが文献に記載されている。したがって、埼玉県川越市の九十川での巨大型ズーサムニウムの発見は、アジア大陸と北中南アメリカ大陸を通じての最初の発見である。このような事情で、日本の他の地域での発見は、あきらめかけていた。ちなみに、中国の武漢では、*Z. arbuscula* Ehrenberg strain Wuhan とでも呼ぶべき巨大ズーサムニウムの発見とSSrRNA遺伝子解析が報告されている(6)。

川越産の巨大ズーサムニウムを含むツリガネムシ SSrRNA 遺伝子解析の結果は (7) にも記載されている。

〔材料と方法〕 2004年11月のことである。たまたま、NHK 総合テレビの番組「地球・ふしぎ大自然」を本論文の著者の一人 (HA) が見る機会があった。そこでは、琵琶湖の話が出てきて、リンや窒素がヨシの茎で吸収されて湖水浄化に50%も役立っているというお話と画面が出てきた。大変驚いたことに、ヨシの茎に付着棲息して、収縮と伸長を繰り返す巨大ズーサムニウムらしい微小動物の画面に気付いた。ヨシにはコケムシの仲間も付着していた。大きさは分からなかったが、デンマークのヒラロッドの沼の睡蓮の葉に付着して棲息する巨大ズーサムニウム (*Zoothamnium geniculatum* Ayrton strain Hilleroed) のような姿と形をしていた (2)。そこで、NHK や琵琶湖北部の町役場広報課に電話して発見者の話を聞くべきであると判断した。本論文の第三著者 (YK) がその第一発見者で、収縮と伸長を繰り返す画面も収録したということであった。

第一著者と第二著者 (YH) は、2006年の初夏に科学映画「第三の生物運動としてのツリガネムシの収縮と再伸長 (仮題)」の画面収録を計画した。そこで、2006年の初夏に琵琶湖に出かけて、YK 氏の協力のもとに、巨大ズーサムニウムを採集した。光学顕微鏡下でのビデオ映画の画面 (約4分間の放映分) を収録することが出来た。文献に記載されている巨大ズーサムニウムとしては、ロシアのピーターホッフ研究所の池で採集された *Zoothamnium arbuscula* Ehrenberg strain Peterhof (Petrodvorets) (5) やドイツのミュンター市の郊外の河川で発見された *Zoothamnium arbuscula* Ehrenberg strain Muenster (4) がある。イギリスのマンチェスターやケンブリッジ東北部でも発見されているが (3)、ヒラロッド産のものに似ているかどうかは、文献だけでは分からない。

〔結果と考察〕 デンマークのヒラロッドで発見されている *Z. geniculatum* Ayrton strain Hilleroed (2) は、その沼の睡蓮 (*Nymphaeaceae*) の葉の裏側にのみ付着棲息しているものが見付かる。一枚の睡蓮の葉に

は、最大で数個の個体を見付けることができる。しかし、沼の岸に近いところの葉には容易に個体を見付けることが出来ない。岸では、有機物が余りにも豊富で、ズーサムニウムの天敵であるワムシが数多く生息している可能性がある。岸から数メートル離れた睡蓮は、さざなみで、溶存酸素量も多く、天敵の付着し難い環境かもしれない。他の植物の葉や茎にも付着棲息するかどうかは、未知であるし、文献記載もない。枝分かれ部分の広がり直径は、約3 - 5ミリである。一方、川越産の巨大ズーサムニウムやドイツ・ミュンスター郊外産の巨大ズーサムニウムの枝分かれ部分の広がり直径は、約1.5 - 2ミリである。そこで、琵琶湖産の巨大ズーサムニウムを *Z. arbuscula* Ehrenberg strain Lake Biwa と名付けることにする。また、ミュンスター郊外産の巨大ズーサムニウムは、*Z. arbuscula* Ehrenberg strain Muenster (4) と呼ぶのに相応しい。ちなみに、*geniculation* とは、膝を折り曲げるという意味であるが、*arbuscula* はラテン語で小さな木という意味である。また、デンマーク産のものは、一見豪華にみえるが、川越産のものは、スリムにみえる。その理由は、枝の部分の体細胞群 (*somatic cells*) の連なり密度が、デンマーク産の巨大ズーサムニウム (*Z. geniculatum* Ayrton strain Hilleroed) のそれよりも粗い密度であるからである。実際に、Ayrton は、1899年にイギリスのケンブリッジ東北地方の Suffolk の Waveney 川で見付けた巨大ズーサムニウムを *Z. arbuscula* ではなくて、別種だと主張し、*Z. geniculatum* と名付けた。そこで、産地の名前も付けて、*Z. geniculatum* Ayrton strain Waveney (3) と呼ぶのが相応しい。Ayrton は *Z. geniculatum* の枝部分の柄が、*Z. arbuscula* のそれよりも頑丈で、節くれだって、しかも短い、と論文の中で述べている。琵琶湖産のものは、一見して、ヒラロッド産と川越産の中間の枝ぶりと言えらる。

巨大ズーサムニウムが付着する植物に本質的な違いがあるかどうかは、まだ分からない。*Z. geniculatum* Ayrton strain Hilleroed は、睡蓮の葉のみに付着しているのが観察されている。ヒラロッドの沼には、睡蓮以外の植物が殆ど生息していない為かもしれない。*Z. arbuscula* Ehrenberg strain Lake Biwa は、ヨシやオオカナダモの葉や幹に付着棲息しているのが見付かる。

オオカナダ (*Hydrocharitaceae*) は南アメリカ原産の水生植物の一種で、世界に広く帰化している。枝がちぎれて、浮遊状態となって各地に広がるらしい。*Egeria densa* (Planch.) Caspary は、雌雄異株であるが、日本には大正時代に雄株だけが帰化したらしい (日本の野生植物 I, 平凡社, 5頁)。一方, *Z. arbuscula* Ehrenberg strain Kawagoe (1) は、カヤツリグサ科の植物やヨシに付着して生息する。川越の九十川では、オオカナダモをまだ見付けていない。ちなみに、*Z. arbuscula* Ehrenberg strain Peterhof は、カナダモ (*Elodea*)、ヒルムシロエビモの葉やスギナトクサの柄などにも付着しているのが見える、と著者の Furssenko が述べている (5)。ピーターホッフの池の水環境は、アユミコケムシやミスジタニシの住む環境であるので、琵琶湖と似ていそう。さらに、1メートル以内の川底の小枝や小石にも付着すると述べている。*Z. arbuscula* は、あまり宿主植物を選ばないのかも知れない。*Z. geniculatum* Ayrton strain Waveney や *Z. arbuscula* Ehrenberg strain Muenster においては、付着する植物の名前が記載されていないようだ。

川越市の九十川は、秩父山系の石灰岩の Ca^{2+} が多量の地下水の出口になっている。有機物が豊富で川の流速も急である。したがって、溶存酸素がいつも充分である。川岸にはヨシやその他のイネ科植物も豊富である。一方、琵琶湖の湖畔では、ヨシなどのイネ科の植物やオオカナダモが繁茂しており、川岸には、さざ波がいつも立っている。したがって、溶存酸素が豊富である。水生植物や水中植物や植物プランクトンが豊富であると、光合成のために、昼間の水中の pH が中性以上であり、夜は低下する。一般に、ズーサムニウムの生存には、ヴォルチケラやカルケシウムに比べて、溶存 Ca^{2+} 濃度と pH がや

や高い必要があると言われている。したがって、日本の内陸部では、あまりズーサムニウムが見付からないと考えられていた。草津市に近い琵琶湖の湖畔は、川越市の九十川と同じように溶存 Ca^{2+} が他の地域に比べて豊富である特殊な水環境であるかどうかを確かめる必要がある。

以上述べてきたように、我々が琵琶湖で見付けた本研究に関わる巨大ツリガネムシも葦の葉や茎に付着して棲息するので、川越市で見付けられた巨大ツリガネムシ (1) と似た種である可能性が高いが、顕微鏡観察だけでは、種や亜種の判定が難しい。遺伝子およびタンパク質の同定から亜種の同定または類似の判定をする必要がある。琵琶湖の水質環境は、川越市九十川の水環境よりも安定しているので、巨大スパズモネームの研究材料提供の場として最適であるとか考えられる。特に Ca^{2+} 結合蛋白質スパズミンの相補的な役割をする 90 kDa タンパク質の cDNA の決定が緊急仮題である。

[文献]

- 1) Moriyama, Y., Okamoto, H. and Asai, H. (1999) *Biophys. J.* 76 : 993-1000.
- 2) Wesenberg-Lund, C. (1925), *K.. danske Vidensk. selk. Skr.*, 8 : 1-53.
- 3) Ayrton, W. (1903), *J. Queckett Microscopical Club Ser* 2. 8 : 407-411.
- 4) Mueller, M. (1980), *Mikrokosmos* 69 : 222-225.
- 5) Furssenko, A. (1927) *Archiv. Protistenk.* 67 : 376-500.
- 6) Miao, W. and et. al. (2004) *J. Eukary. Microbio.* 51 (2) : 180-186.
- 7) Itabashi, T., Mikami, K., Fang, J. and Asai, H. (2002) 19 (8) : 931-937.