羽状ケイ藻 *Cymbella cistula* (Ehr.) Kirchnerの形態変異 (1)

Morphological variation on *Cymbella cistula* (Ehr.) Kirchner (1)

福島 博¹⁾・小林 艶子²⁾・大塚 晴江³⁾

(東京女子体育大学生物学研究室¹⁾, 横浜市立大学生物学教室²⁾, 神奈川県薬剤師会公害衛生試験所³⁾)

Hiroshi FUKUSHIMA¹⁾, Tsuyako KO-BAYASHI²⁾ and Harue OHTSUKA³⁾
(Biological Laboratory, Tokyo Women's College of Physical Education¹⁾,
Biological Institute, Yokohama City University²⁾,
Environmental Analysis Institute of Kanagawa Association³⁾)

1. はじめに

ケイ藻の同定用に広く、長く用いられていたHustedt (1930)のBacillariophytaに示されている本種の外形は大変変化が大きい、腹側には1つから多数の遊離点があると記し、この本の改定版であるKrammer・Lange-Bertalot (1986)にはケイ殻の外形は変異が大きく、長くひきのばされぼっそりした形から、ずんぐりした半卵形の形まで、腹側の遊離点は0より5までと記し、変化に富んだ10個体の顕微鏡写真を示している。このように変異性の大きい種であるため多くのtaxaに細分され、その分類が混乱している。千葉県佐原市の香取神宮境内で本種が多量に生育していたので著者らの定法で約330個体を研究したのでその結果を報告する。

本種は好アルカリ性(Jorgensen 1948, Hustedt 1957), 最適phは明確にアルカリ側(Hustedt 1957)とか、8.0以下(Cholnoky 1968)とされ、中性より弱アルカリ性のアフリカの水域に広く分布していると記されている(Cholnoky 1962)。塩分に対しては不定性(Kolbe 1927, Boye - Petersen 1943), 貧鹹性(不定性)(Hustedt 1957), 増殖の最適水質は酸素の豊富な水域で(Cholnoky 1968), 貧腐水性であるとされている(Kolkwitz 1950)。

2. ケイ殻の外部形態

ケイ殻の背縁は弧状に湾曲するものと(Plate 1), く字状に湾曲するもの(Plate 2)に2分することが可能である。今回の試料での頻度は前者66.1%に対し後者は33.9%である。腹縁は全般的にほぼ湾入するが、中央部がほぼ真直なもの(Plate 3)と、膨出するもの(plate 4)に2分することができる。頻度は前者15.5%で、後者84.5%である。

中心域の大きさは、やや小さい(Plate 5), 中位, やや大きい(Plate 6)に3分が可能である。このように区分すると中位のものが大変多く64.9%を占め、やや小さいものと、やや大きいものはそれぞれ19.3%と15.8%とその頻度に大きい差がない。

中心域は横条線が短くなって形成するが、他より著しく短かいものがあるものと、ないものに2分が可能である。このような特に短かい横条線のあるものは10.2%で、ないもの(Plate 7)が殆んど89.8%を占めている。他より特に短かい横条線の位置で背側にあるもの(Plate 8, 頻度5.1%), 腹側にあるもの(Plate 9 Figs A~E, 頻度4.5%), 背腹両側にあるもの(Plate 9 Fig.F, 頻度0.6%)に区分が可能である。

図1. *Cymbella cistula* (Ehr.) Kirchの諸計測値のヒストグラム

図2. *Cymbella cistula* (Ehr.) Kirchのケイ殻長とケイ殻幅の相関関係

中心域の背側に遊離点がない個体は(Plate 14)大変多く94.0%に達している。遊離点が1個認められるもの(Plate 15)が5.1%で、2個認められるもの(Plate 16 Figs A・B)は大変少なく0.9%にすぎない。中心域腹側の遊離点はない個体は今回は見出せなかったが、1より5個までの個体を見出すことができた。腹側に遊離点1個ある個体(Plate 16 Figs C~H)は頻度3.6%、2個ある個体(Plate 17)はもっとも多く頻度は54.8%、3個ある個体(Plate 18)はそれに次いで多く頻度38.3%、4個ある個体(Plate 19 Fig. B~E)は頻度3.0%、5個体ある個体(Plate 19 Fig. A)はもっとも少なく頻度は0.3%になっている。

Voigt-Diskordantzの認めえない個体(Plate 10)は大変多く頻度83.3%である。背側上半部(背縁を左にした場合以下同じ)に出現するもの(Plate 11)が、頻度がもっとも高く6.8%である。背側下半部に認められるもの(Plate 12)がそれにつき頻度6.0%である。背側上・下両側に認めうるもの(Plate 13 Fig. A)は頻度0.3%である。腹側上半部にあるもの(Plate 13 Figs B・C)は頻度1.8%である。腹側下半部にある(Plate 13 Fig. D)ものは、頻度0.9%である。背側・腹側の両側に認めうるもの(Plate 13 Figs E・F)は頻度0.9%である。

3. 計測値

過去の主要研究者の示している計測値はケイ殻長25 (Gasse 1984)より180 μ m (Hustedt 1930), ケイ殻幅7 (Hustedt 1949)より36 μ m (Hustedt 1930), 10 μ m間の横条線密度は中央部6 (Meister 1912)より13本(Reichardt 1984), 先端部は12 (Patrick・Reimer 1975)より14本 (Wujek・Rupp 1980)で、横条線を構成する点紋の密度は10 μ m間に12 (Dodd 1987)より22本(Hustedt 1930)まで、中心域腹側の遊離点は0 (Krammer・Lange-Bertalot 1986)より5 (Van Heurck 1885)までである。

今回用いた個体のケイ殻長のレンジは37~96 μ mで、モード50~59.9%である。ケイ殻幅のレンジ13~17 μ mで、モード14 μ mである。ケイ殻長、幅のレンジは従来記録内で、やや小さい方である。横条線密度は(10 μ m間の本数)はケイ殻の中央部腹側レンジ8~12、モード9、背側レンジ7~9、モード8、先端部腹側レンジ11~14、モード12、背側レンジ9~13、モード11で、中央部は先端部より粗で、腹側は背側より密である。この傾向は従来の記録と同じである。中央部の密度は今までの記録内であるが、両端部は今回の値に粗であるものがある。しかし、これ位の差は計測の方法の差によるものと考えられる。

横条線を構成する点紋数は10 μ m間に18~24でモードは20である。今迄の記録は既に記したように12~22であるが、とび離れた値を省略すると18~22 (Hustedt 1930)で、今回の値とほぼ同じである。

4. 論議

ケイ殻の背縁を弧状に湾曲するものとく字状に湾曲するものに2大別すると、弧状に湾曲するように判定可能な図や写真を示している論文に次のようなものがある。Cleve・Grunow 1880, Schmidt 1885, 1887, Heribaud 1893 (*Cy. bouleana* Heribaud et Brunの種名を用いている), Pantocsek 1901, Dippel 1904, Oestrup 1910, Meister 1912, Boyer 1916, Skvortzow et Meyer 1928, Skvortzow 1929, Hustedt 1949, Sabelina 1951, Cleve・Euler 1955, van Landighm 1964 (27/31, 31個体中27個体が背縁が弧状湾曲をしていることを示す。以下同) Foged 1974 (3/7), Patrick・Reimer 1975 (1/2), Benthon・Rushforth 1975, Foged 1976 (1/2), Czarnecki・Blinn 1977, Foged 1977 (3/4), Czarnecki・Blinn 1978, Foged (1/2), Wujek・Rupp 1980, Foged 1980, 1981, Germain 1981 (6/11), Krammer 1982 (4/6), Foged 1982, Gasse 1984, Reichardt 1984 (1/2), Krammer・Lange-Bertalot 1986 (8/10), Gasse 1986 (1/2), Dodd 1987。

背縁をく字状に湾曲するような図や写真を示している論文に次のようなものがある。Brun 1880, van Heurck 1880, 1896, Hustedt 1930, van Landingham 1964 (4/31), Foged 1974 (4/7), Patrick・Reimer 1975 (1/2), Foged 1976 (1/2), 1977 (1/4), 1979 (1/2), Germain 1981 (5/11), Krammer 1982 (2/6), Grines・Rushforth 1982, Kaczmarzka・Rushforth 1983, Reichardt 1984 (1/2), Krammer・Lange-Bertalot 1986 (2/10), Gasse (1/2)。

背縁が弧状に変異するものと、く字状に湾曲するものに区分してみると、上記のように弧状湾曲する個体を示している論文の方が、く字湾曲を示している論文より、はるかに多い。今回の試料でも弧状湾曲をする個体が66.1%でく字状湾曲をするものより多いが、どの試料もこのようであるか今の所不明である。

ケイ殻の腹縁は全般的には湾入するが、中央部がほぼ真直なものと湾曲するものに2分することができる。腹縁の中央部がほぼ真直な図や写真を示しているものに次のような論文がある。Schmidt 1885 (*Cocconema cistula*の種名を用いている), 1887 (*Cocconema arcticum*の種名を用いている)。van Heurck 1880, 1886, Pantocsek

表1 *Cymbella cistula* (Ehr.) Kirch. 主要研究者計測値 (*10 μ m 間の数を示す)

研 究 者	ケイ殻長	ケイ殻幅	* 中央部横条線密度	* 先端部横条線密度	* 横条線点紋密度	腹側遊離点数
van Heurck 1885	50~90		7~8			2~5
De Toni 1891	30~90		7~8			2~5
van Heurck 1896	50~90		7~8			2~5
Dipple 1904	65~90	16~20	7~9			
Meister 1912			6~8			
Boyer 1927	<160		約8			
Hustedt 1930	35~180	15~36	6~9		18~22	1~多数
Hustedt 1949	28~40	7~9				
Sabelina 1951	35~180	15~36	6~9			
Cleve-Euler 1955	70~160	18~25	7~9			
van Landingham 1964	53~101	15~26	8~9			
Foged 1974	72~123	18~24	7~10	9~10	12~20	
Benthon・Rushforth 1975	87~113	25~32	8~9			
Patrick・Reimer 1975	35~180	15~20	7~9	12~20	18~20	
Foged 1976	39~80	15~20	8~11	8~10		
Czarnecki・Blinn 1977	40~120	15~25	7~13		18~20	1~5
Czarnecki 1978	40~120	9~15	7~13		18~20	1~5
Foged 1979	70	13	9			
Foged 1980	30~76	14	9~11			
Wujek・Rupp 1980	39~68	13~20	8~9	12~14	18~20	
Foged 1981	38~84	12~20	7~10			
Germain 1981	35~180	13~30	6~9		15~18	1~5
Grines・Rushforth 1982	63~70	4.5~17.5	7~10	12~14		
Foged 1982	34~96	12~20	6~13			
Krammer 1982						
Kaczmarska・Rushforth 1983	81	14	8~10			
Archibald 1983						
Rushforth 1984	46~93	13~19				
Reichardt 1984	35~180	31~36	6~13			
Gasse 1984	25~40	9	12~13	13~14	20	
Gasse 1986	28~40	7~9				2~3
Krammer・Lange-Bertalot 1986	35~120	13~25	7~10	12~14	18~21	0~5
Dodd 1987	40~120	15~25	7~9	12	12~20	
今 回 の 試 料	37~96	13~17	7~12	9~14	18~24	1~4

1901, Oestrup 1910, Boyer 1916, Skvortzow 1928, Hustedt 1949 (8/9), Sabelina 1951, van Landingham 1964 (8/30), Foged 1974 (2/8), Patrick・Reimer 1975 (1/2), Lawson・Rushforth 1975, Foged 1976 (1/2), Czarnecki・Blinn 1977, Foged 1977, 1978, 1980, Wujek・Rupp 1980, Germain 1981 (8/11), Foged 1981 (4/5), 1982 (2/6), Krammer 1982 (4/6), Grines・Rushforth 1982 (1/2), Gasse 1984, Reichardt 1984, Krammer・Lange-Bertalot 1986 (7/10)。

ケイ殻の腹縁の中央部が膨出するような図や写真を発表している論文に次のようなものがある。Brun 1880, Dippel 1904, Oestrup 1910, Meister 1912, Hustedt 1930, 1949 (1/8), Cleve-Euler 1951, van Landingham 1964 (22/30), Foged 1974 (6/8), Patrick・Reimer 1975 (1/2), Foged 1976 (1/2), Czarnecki・Blinn 1978, Germain 1981 (3/11), Foged 1981 (1/5), 1982 (4/6), Krammer 1982 (2/6), Grimes・Rushforth 1982 (1/2), Kaczmarska・Rushforth 1983, Krammer

Lange-Bertalot 1986 (3/10), Gasse 1986, Dodd 1987。

ケイ殻の腹縁中央部がほぼ真直な図を示している論文29に対し、中央部が膨出する図を示している論文21で、それらの論文に示されている図の数もほぼ1.3:1位の比率で、文献上では中央部がほぼ真直な個体がこのように多くなっているが、今回の試料では膨出するものが、ほぼ真直な個体の約5.5倍に達している。1地点の試料で、諸形質の出現頻度を調査した例が他に見当たらないので、頻度については今後調査する必要がある。

以下記す諸形質は描画された図では正確を期し難いので、次に記す諸論文に示されている顕微鏡写真で頻度を算出した。なお、その形質の観察し難い写真は割愛した。van Landingham 1964, Foged 1974, 1976, 1977, 1978, 1980, Wujek・Rupp 1980, Germain 1981, Foged 1981, 1982, Krammer 1982, Grimes・Rushforth 1982, Gasse 1984, Reichardt 1984, Gasse 1986, Krammer・Lange-Bertalot 1986。

表2 *Cymbella cistula* (Ehr.) Kirchn. 主要taxaの検索表

- I. ケイ殻の中心域には腹側だけでなく背側にも常に遊離点がある var. *gibbosa* Brun 1895
- II. 中心域の背側の遊離点は常にはない
- I) ケイ殻の先端部は頭部状突出、嘴状突出をするか、背側に突き出す
- (I) ケイ殻の先端部は頭部状突出をし、先端は截頭状 var. *capitata* Mereschk. 1906
- (II) ケイ殻の先端部は上の形でない
1. ケイ殻の先端部は嘴状突出をする var. *hevetata* (Pant.) Cleve-Euler f. *rostrata* Cleve-Euler 1955
2. ケイ殻の先端部は背の方に背の方に突きだし先端は截頭状
- 1) 腹縁は弱く湾入する var. *truncata* Brun 1880
- 2) 腹縁の湾入は強く中央部は膨出するかほぼ真直 var. *hevetata* (Pant.) Cleve-Euler 1955
- II) ケイ殻の先端部は上記のようでない
- (I) 中心域の腹側の遊離点を欠く
1. 背縁はややく字状に湾曲する var. *hungarica* Pant. 1905
2. 背縁はく字状に湾曲しない
- 1) 中央部横条線が密である(11~14/10 μ m) var. *sibilica* (Grun.) Cleve 1894
- 2) 中央部横条線はそれ程密でない
- (1) 腹縁はほぼ真直 var. *maculata* (Kütz.) van Heurck 1880
- (2) 腹縁は真直でない
- A. 腹縁は弧状に湾入する var. *arctica* (Lagerst.) Cleve 1894
- B. 腹縁は弧状に湾入するが中央部は異なる
- A) 中央部はほぼ真直 var. *manschurica* Skv. 1928
- B) 中央部は膨出
- (A) 背縁は強く湾出する var. *maculata* (Kütz.) van Heurck f. *gibbosa* (Pant.) Cleve-Euler 1932
- (B) 背縁はそれ程強く湾出しない var. *angustior* Pant. 1901
- (II) 中心域の腹側に遊離点がある
1. 背縁が強く湾曲する
- 1) ケイ殻の外形はずんぐりしている var. *crassa* (Grun.) Cleve-Euler 1932
- 2) ケイ殻の外形はすらっとしている var. *fusidium* (Ehr.) Perag. et Hér. 1893
2. 背縁はそれ程強く湾曲しない
- 1) 軸域は幅広く4~5 μ mある var. *excursa* Meister 1912
- 2) 軸域はそれ程幅広くない
- (1) ケイ殻の背腹縁は中央部を除きほぼ平行 var. *caldostagnensis* Meister 1912
- (2) ケイ殻の背腹縁は平行でない
- A. 中心節のまわりの横条線は長短交互である var. *baikalensis* Mayer 1924
- B. 中心節のまわりの横条線は長短交互でない
- A) ケイ殻の腹縁全体が真直 var. *eucista* Mayer var. *baikalensis* Skv. et Meyer 1928
- B) ケイ殻の腹縁全体が真直ではない
- (A) ケイ殻幅はやや狭い(12.5 μ m) var. *inflata* Pantoc. 1901
- (B) ケイ殻幅は狭くない(13~30 μ m) var. *cistula*

中心域を形成している横条線は描画図では確認し難いが、上記の諸論文に示されている顕微鏡写真では認められないもの82.3%であるのに対し、背側に認められるもの16.1%，腹側に認められるもの1.6%である。今回の試料のそれぞれの値は89.8%，5.1%，4.5%，背腹両方にあるもの0.6%で、あまりかけ離れた値とはいえない。

背側中心域の遊離点は描画図ではその存在が殆んど確認できないが、上記の諸論文の顕微鏡写真で、その存在が認められるもの12.8%で、今回の試料の6%より大きい値になっている。背側に1個あるものは8.5%(5.1%，今回の試料での頻度以下同じ)，2個あるもの3.2%(0.9%)，3個あるもの1.1%(0)となっている。

腹側中心域の遊離点は何個のものが多いかというようなことは多くの論文に記されているが、その頻度を記したものが無いので、上記の諸顕微鏡写真より算出すると次のようになっている。ただし、()内の数字は今回の試料の頻度を示す。遊離点がない1.1%(0)，1個0(3.6%)，2個18.9%(54.8%)，3個22.1%(38.3%)，4個28.4%(3.0%)，5個17.9%(0.3%)，6個7.4%(0)，7個4.2%(0)。今まで発表された顕微鏡写真によると0～7個までで、もっとも頻度の高いのは4個であるが、今回の試料では1～5個でもっとも頻度の高いのは2個で、腹側中心域の遊離点については、今まで発表された顕微鏡写真と今回の試料では傾向がかなり異なっている。

表 3 *Cymbella cistula* (Ehr.) Kirch. の諸形質の頻度 (%)

形	質	頻 度
背縁	弧状湾曲	66.1
	くの字状湾曲	33.9
腹縁中央部	ほぼ真直	15.5
	膨出する	84.5
中心域の大きさ	やや小さい	19.3
	中位	64.9
	やや大きい	15.8
中心域を構成する横条線で 他よりも特に短いもの	ない	89.8
	背側にある	5.1
	腹側にある	4.5
	背腹両側にある	0.6
Voigt-Diskordanz	ない	83.3
	背側上半部にある	6.8
	背側下半部にある	6.0
	背側上半，下半部両側にある	0.3
	腹側上半部にある	1.8
	腹側下半部にある	0.9
中心域背側の遊離点	背腹両側にある	0.9
	ない	94.0
	1個ある	5.1
	2個ある	0.9
中心域腹側の遊離点	1個ある	3.6
	2個ある	54.8
	3個ある	38.3
	4個ある	3.0
	5個ある	0.3

Cymbella cistula (Ehr.) Kirch.

A ~ H : 背縁は弧状湾曲 (66.1%)

Cymbella cistula (Ehr.) Kirch.

A ~ D : 背縁はく字状湾曲 (33.9%)