霞ヶ浦における緑毛類 *Vorticella* 属の形態的特徴 および出現環境

Morphological and environmental factors characteristics of ciliated protozoa, the *Vorticella* in Lake Kasumigaura

大内山高広¹⁾・杉浦則夫²⁾・稲森悠平³⁾・須藤隆一⁴⁾
Takahiro OUCHIYAMA¹⁾・Norio SUGIURA²⁾・Yuhei INAMORI³⁾・Ryuichi SUDO⁴⁾

日本環境クリエイト(株)¹⁾・茨城県衛生研究所²⁾・国立環境研究所³⁾・東北大学工学部⁴⁾
(Nippon Kankyo Create¹⁾, Ibaraki Prefectural Institute of Public Health²⁾, National Institute for Environmental Studies³⁾
and Department Engineering, Tohoku University⁴⁾)

Abstract

Morphological and environmental factors characteristics of ciliated protozoa, the genus *Vorticella* and *Pseudovorticella* in eutrophic Lake Kasumigaura were studied. *V. campanula* and *V. convallaria* were often appeared in the lake through the year. *V. picta* increased from winter to spring season, while *V. vestita* was often observed from spring to early summer. In the study of environmental factors, it was found that *V. campanula* and *V. convallaria* could inhibit at a high alkaline pH value 9.47, further *V. vestita* could do at alkaline pH value 8.74. From the result of the appearance of ciliates, the pollution level in Lake Kasumigaura was corresponded to α -mesosaprobic zone during summer, while in winter β -mesosaprobic zone.

Key word : Morphological characteristics, Environmental factor, Ciliated protozoa, *Vorticella*, *Pseudovorticella*, alkaline pH, Pollution level

1. はじめに

淡水・海水などの自然水域には原生動物纖毛虫門の緑毛類が多数生息している。とくに河川・湖沼などでは貧腐水性から強腐水性へと汚濁の程度が進むにつれて出現する種類が異なっていることはよく知られている。また、これらの緑毛類はろ過接食性で、水中の細菌、微細藻類、デトリタスなどを摂食するため水質浄化の点でも役立っている。例えば家庭用雑排水などの有機排水を活性汚泥や生物膜で処理している施

設では最良な運転状態を示す一つの指標となっている。このように緑毛類が有用に活用されているなかにあつて、*Vorticella*属は他の纖毛虫類に比べてその分類が難しく多くの研究者を悩ませているのが実情である。*Vorticella*の記載は1676年にLeeuwenhoek(1676)が最初とされ、Linnaeus(1758)¹⁾はRosel(1755)²⁾が描いた図にまず *Hydra convallaria* と命名したが、1767年 *Systema Naturae*において *Vorticella convallaria* と改名した³⁾。ついでMuller(1786)⁴⁾は127種の *Vorticella* を記載したが、これらの大部分は現在では他の原生動物や輪虫類に属するものであった。その後Ehrenberg(1838)⁵⁾は *Vorticella* 属としての明解な基準を与え、その特徴はまず柄は分岐せず、らせん状に収縮すること、体形はベル型であり、頂部は纖毛冠が取り巻く、等であった。一方、Noland&Finley(1931)⁶⁾はこれまでの文献をチェックして220種以上もの *Vorticella* の記載を見つけ、種名の誤り、混同を指摘した。また、*Vorticella* の同定の困難さについて、主にそれぞれの種の描写が不十分で詳細な形態的特徴が明記されていないことや、種の形態的生理的変化の正常な範囲が明確でないことを上げている。近年、Warren(1986)⁷⁾は光学顕微鏡を用いた従来の分類に加えて、鍍銀法や走査型・透過型電子顕微鏡などの成果を考慮して *Vorticella* 属の改訂を行い、82種類についてその形態的特徴を明らかにした。しかしながら、鍍銀法などにより新たな分類学的基準が確立されることで、緑毛類のみならず纖毛虫類の分類はますます複雑化してきており、分類学者と生態学者とのあいだではしばしば種名の不一致が生じているような状況である。

現在、最も新しい原生動物の分類体系(Levine, et al., 1980)⁸⁾に

よると、*Vorticella*属の分類学的位置付けは次のようである。

Subkingdom: Protozoa Goldfuss, 1818 emend. von Siebold, 1845

原生動物亜界

Phylum: Ciliophora Doflein, 1901 繊毛虫門
Class: Oligohymenophra de Puytorac et al., 1974 少膜綱
Subclass: Peritrichia Stein, 1859 縁毛亜綱
Order: Peritrichida Stein, 1859 縁毛目
Suborder: Sessilina Kahl, 1933 定着亜目
Family: Vorticellidae Ehrenberg, 1838 ツリガネ虫科
Genus: Vorticella Linnaeus, 1767 ツリガネ虫属

ところで、これら諸外国に比べると日本における*Vorticella*の研究は非常に少なく盛下(1969)⁹⁾、Kawamura(1973)¹⁰⁾、Horikami&Ishii(1981)¹¹⁾、稲森他(1987)¹²⁾、杉浦他(1990)¹³⁾などわずかの報告があるにすぎない。そこで本報告では、*Vorticella*属の形態的及び生態的特徴を明らかにするために、富栄養化した霞ヶ浦に出現する*Vorticella*に着目して、その種構成および出現環境を把握することを目的として検討を加えた。

2. 採集方法

*Vorticella*等の付着生活を営む原生動物を調査するためには、水生植物・水生昆虫・藻類・沈屑・礫等を採集する必要がある。水生植物は水中の茎をステンレス製のハサミで切り取り、藻類や沈屑はピペット等で吸出し、礫はハブラシを用いて表面の付着物を採集した。採集瓶の水量は酸素欠乏をふせぐために瓶の1/3量以下に抑え、実験室へ持ち帰った後も直ちに採集瓶の蓋を開け酸素の補給を行った。

次に定量的に*Vorticella*を把握するために塩化ビニール製の付着板を湖水中に設置した。採集方法は、まず付着板を一定面積に切り取り、これを無菌水が一定量入った採水瓶にいれて持ち帰り、ハブラシで付着物をきれいに落とし均一に懸濁させ、これを試料とした。計数方法は、試料をチップ式マイクロピペットで0.1ml取り、これを界線入りスライドガラスに滴下し、光学顕微鏡を用いて定量的に観察した。出現した*Vorticella*はすべて1cm²当たりの個体数に換算した。なお縁毛類などの原生動物はホルマリン固定すると細胞が破壊されたり著しく変形したりする¹⁴⁾ので、採集後、速やかに生試料を観察した。

3. 霞ヶ浦に出現する*Vorticella*属の種構成と形態的特徴

富栄養化した霞ヶ浦に出現した*Vorticella*属の種構成をTable1に示した。9種類の*Vorticella*属が霞ヶ浦沿岸で観察された。まず、これら*Vorticella*属の特徴(Fig.1)を上げてみると、細胞体は収縮性の柄に単一で生じているが、多くの種は個々の栄養個体が近接して集団を形成する。体形は一般に逆つり鐘形であるが、球形、円筒形、円柱形などをとる種類もある。口部繊毛は3列からなり、円口部を半時計回りに取り巻き、口腔部に入ると繊毛列の一部が波動膜を形成する。栄養個体では体繊毛は欠如している。大核はC字形、J字形、紐状をとる。銀線形は等間隔で水平方向に走り、細胞体を取り巻く。なお、Foissner&Schittman(1974)は銀線系が格子状の構造を持つ種を*Pseudovorticella*と命名し*Vorticella*から分離し

た。柄の切断面は長円形で、スバスマネームと呼ばれるらせん状の収縮繊維を含んでいる。このため柄はジグザク状

Fig.1 Structure of a typical *Vorticella*: a, peristome(周囲部); b, peristomial disc(口部円盤); c, contractile vacuole(収縮胞); d, striations(横縞); e, mitochondria(ミトコンドリア); f, stalk(柄); g, buccal cavity(口腔); h, food vacuole(食胞); i, macronucleus(大核); j, spasmoneme(スバスマネーム)

ではなく、らせん状に収縮する。

無性生殖は二分裂によって行われ、1個体はそのまま柄に付着しているが、他個体は後部繊毛環を形成しテロトロクとなって遊泳したのち他物に付着する。有性生殖は接合によって行われ、栄養個体が大接合体として、分裂によって生じたテロトロクが小接合体として融合する。環境条件の変化に伴い、例えば酸素欠乏や二酸化炭素分圧が高いときに、栄養は直接個体後部繊毛環を形成してテロトロクとなって遊泳する。以上、その特徴に関し主に10点を上げることができる。

次に上記の点をふまえ霞ヶ浦に出現した*Vorticella*属の検索および形態的特徴を示す。

I. 口部幅は体幅より長い

A. ペリクルには横縞がある

a. 収縮胞は2個形成される ----- *V. picta*

b. 収縮胞は1個形成される

i. 体色は灰～黒色を呈する ----- *V. campanula*

ii. 体色は半透明～淡黄色を呈する ----- *V. convallaria*

B. ペリクルに肺胞状外被が存在する ----- *V. vestita*

II. 口部幅は体幅より短い

A. 横縞は明瞭で、ペリクル表面はうね状 - *V. striata*

B. 横縞はあるが、ペリクルに凸凹はない - *V. microstoma*

III. 口部幅は体幅に等しい

A. ペリクルには横縞がある ----- *V. campanulata*

B. ペリクルには横縞がない *V. alba*

V. alba Fromentel 1874 (Fig.2)

体形は逆つり鐘形。体長は50～80μm。口部幅は体幅にほぼ等しい。ペリクルに横縞を有していないので体表面は滑らかであるが、光学顕微鏡400倍でよく観察するとペリクル

Table.1 Composition of the genus *Vorticella* in Lake Kasumigaura

<i>V.alba</i>	<i>V.campanula</i>	<i>V.campanulata</i>	<i>V.convallaria</i>	
<i>V.microstoma</i>	<i>V.picta</i>	<i>V.striata</i>	<i>V.vestita</i>	<i>V.sp.</i>

には縦方向に顆粒状の物質が配列しているのがわかる。大核はC字形で体の縦軸に沿って存在する。口部円盤はわず1かに隆起する。収縮胞は口腔の近くに1個形成される。柄長は100~300 μ m。単独生活を営む。

Fig.2 *Vorticella alba*(Fromentel 1874)

V. campanula Ehrenberg 1831 (Fig.3)

同義語 *V. aperta* Fromentel 1874

V. cylindrica Dons 1915

V. dilatata (Fromentel 1874) Noland & Finley 1931

V. lunaris (Muller 1773) Noland & Finley 1931

V. macrostoma Schmarda 1854

Fig.3 *Vorticella campanula*(Ehrenberg 1831)

V. margaritifera (Fromentel 1874) Noland & Finley 1931

V. patellina (Ehrenberg 1831) Noland & Finley 1931

体形は逆つり鐘形。体長は50~157 μ m, 体幅は35~99 μ m, 囲口部幅は60~125 μ m。屈折性顆粒が細胞内に多数存在するため細胞体は灰色~黒色を呈する。囲口縁は外側に広がりいくぶん反り返る。口腔への陥入部は顕著である。口部

円盤は隆起しない。ペリクルには横縞がある。細胞体は変形しやすい。大核はJ字形で体軸に沿って存在するが, 上腕部は水平方向に湾曲する。収縮胞は口腔の近くに1個形成される。栄養個体は収縮すると球状になり, 囲口縁はひだ状に重なり合う。柄長は50~4150 μ m, 柄幅は5.6~12 μ m。スパスモネーム上にはミトコンドリアが多数配列している。集団を形成する。

V. campanulata (Kahl 1933) Sramek - Husek 1984 (Fig.4)

同義語 *V. constricta* Kahl 1933

体長は45 μ m, 体幅は50 μ m, 囲口部幅は50 μ m。体長に比べ体幅がやや長い。体幅と囲口部幅はほぼ等長。囲口縁の下部はよく緊縮している。口部円盤は平滑。大核はC字形で体幅に沿って存在する。収縮胞は1個形成される。ペリクルには横縞がある。

Fig.4 *Vorticella campanulata*(Kahl 1933)

V. convallaria Linnaeus 1758 (Fig.5)

同義語 *V. chinensis* Tai 1931

V. citrina (Muller 1773) Faure - Fremiet 1904

V. cothurnata (Hemprich & Ehrenberg 1828) Ehrenberg 1838

V. cyathina (Muller) Ehrenberg 1838

Fig.5 *Vorticella convallaria*(Linnaeus 1758)

V. cyclopis Kahl 1933

V. cyclopis Kahl 1933

V. hyalina Stiller 1940

V. nebulifera var. *similis* (Noland & Finley 1931) Reid 1967

V. similis (Stokes 1887) Reid 1967

体形は逆つり鐘形。体長は50~90 μ m, 体幅は35~55 μ m, 囲口部幅は55~75 μ m。

細胞体は半透明~淡黄色を呈する。口部円盤は平滑であるか、あるいはわずかに隆起して斜めに突出するかのいずれかである。

Noland & Finley (1931)は、口部円盤が隆起している種を *V. convallaria* とし、平滑な種を *V. nebulifera* var. *similis* としていたが、現在では後者も *V. convallaria* に統合されている。横縞は明瞭で容易に観察できる。細胞体は非常に柔軟で、体をねじったり、体を柄方向へ曲げたりする。大核はJ字形で体軸に沿って存在するが、上腕部は水平方向に湾曲する。収縮胞は口腔の近くに1個形成される。柄長は460 μ m以下。柄幅は4~6.5 μ m。スパスモネーム上にはミトコンドリアが多数配列している。集団を形成する。

V. microstoma Ehrenberg 1830 (Fig.6)

同義語 *V. chydoricola* Sramek - Husek 1946

V. constricta (Fromental 1874) Noland & Finley 1931

V. cupifera (Kahl 1935) Pratt & Rosen 1983

V. cyclopicola Kahl 1935

Fig.6 *Vorticella microstoma* (Ehrenberg 1830)

V. fluvialis (Fromental 1874) Noland & Finley 1931

V. longimacronucleata Fukui & Morishita 1961

V. magna Fukui & Morishita 1961

V. mammillata (Fromental 1874) Noland & Finley 1931

V. partita Fukui & Morishita 1961

V. pileolata Lepsi 1948

V. submicrostoma Ghosh 1922

体形は楕円体。体長は35~96 μ m, 体幅は22~50 μ m, 囲口部幅は12~25 μ m。体幅に比べて囲口部幅が著しく狭いのが本種の特徴である。細胞体は灰白色を呈する。

口部円盤は隆起する。横縞は存在する。大核はひも状で、縦軸に沿って存在するタイプと、水平方向に湾曲するタイプとがある。収縮胞は口腔に隣接して1個形成される。柄長は20

Fig.7 *Vorticella picta* (Ehrenberg 1831)

~385 μ m, 柄幅は1.5~4 μ m。柄は細い。スパスモネーム上にミトコンドリアは存在しない。単独生活を営む。

V. picta Ehrenberg 1831 (Fig.7)

同義語 *V. apunctata* (Fromental 1874) Noland & Finley 1931

V. plicata (Fromental 1874) Noland & Finley 1931

体形は逆つり鐘形。体長は41~63 μ m, 体幅は20~37 μ m, 囲口部幅は35~50 μ m。細胞体は透明に近いので多数の食胞が形成されているのがよくわかる。口腔の近くに収縮胞が2個形成されるのが本種の特徴である。収縮胞は比較的小さく見落としやすいので光学顕微鏡400倍で口腔付近に焦点を合わせ、焦点位置を上下に変化させることによって2個の収縮胞を確認できる。大核はJ字状で体軸に沿って存在するが、上腕部は水平方向に湾曲する。横縞は明瞭。柄長は550 μ m以下、柄幅は4.0~7.0 μ m。スパスモネーム上には高屈折性の大型ミトコンドリアが配列しているので光学顕微鏡100~150倍で観察でき、種の同定に役立つ。集団を形成する。

V. striata Dujardin 1841 (Fig.8)

同義語 *V. aquae-dulcis* (Stokes 1887) Noland & Finley 1931

V. conochili (Stokes 1889) Noland & Finley 1931

V. latestriata Sommer 1951

V. lemnae (Stokes 1886) Noland & Finley 1931

V. minima Stiller 1939

Fig.8 *Vorticella striata*
(Dujardin 1841)

V. oceanica (Zacharias 1906) Noland & Finley 1931
V. octava (Stokes 1885) Noland & Finley 1931
V. pusilla (Stokes 1887) Noland & Finley 1931
V. pyrum (Mereschkowsky 1879) Noland & Finley 1931
V. rhabdostyloides (Kellicott 1885) Noland & Finley 1931
V. striata var. *octava* Noland & Finley 1931
V. striatula (Dons 1915) Noland & Finley 1931
V. suboctava Sommer 1951

Fig.9 Vorticella vestita(Stokes 1883)

体形は楕円体。体長は20~50 μ m, 体幅は15~32 μ m, 囲口部幅は13~26 μ m。体幅に比べて囲口部幅はいくぶん狭い。ペリクルには明瞭な横縞が認められるため体表面はうね状に見える。細胞体は半透明~灰白色を呈する。口部円盤は隆起する。大核はC字型で、中央部付近で水平方向に横たわる。収縮胞は1個形成される。柄長は300 μ m以下、柄幅は1.6~4.0 μ m。柄は細い。スバスマネーム上にはミトコンドリアは存在しない。単独生活を営む。

V. vestita Stokes 1883 (Fig.9)

同義語 *V. chlamyphora* Penard 1922

Pseudovorticella vestita (Stokes 1883) Jankowski 1976

体形は逆つり鐘型。体長は43~79 μ m, 体幅は36~65 μ m, 囲口部幅は50~93 μ m。本種の特徴はペリクルの表面に半透明の膜状構造物である肺胞状外被(alveolar in vestment)が存在することである。口部円盤は平滑。大核は紐状で体軸に沿って存在する。収縮胞は1個形成される。横縞は存在する。柄長は400 μ m以下、柄幅は4.4~7 μ m。スバスマネーム上にはミトコンドリアが存在するが、この顆粒は小さいので光学顕微鏡400倍でようやく観察できる。集団を形成する。

この他、鍍銀法が開発されるまでは*Vorticella*属として扱われていた種に*V. monilata*があるが、本種は現在では銀線系が格子状であることがわかり*Pseudovorticella monilata*に改名された。このように*Vorticella*属から*Pseudovorticella*属に改訂された種は今までのところ12種類にも及んでいる。しかしながら生態学的立場からみれば従来通りの*Vorticella*属として扱われている場合も多いのでここでは霞ヶ浦でしばしば観察される*P. monilata*と*P. nebulifera*についてその形態的特徴を明らかにしておきたい。

Fig.10 Pseudovorticella monilata(Tatem 1870)

Pseudovorticella monilata (Tatem 1870) Foissner Schiffmann 197
 (Fig.10)

同義語 *lockwoodii*

Stokes 1884

Vorticella monilata

Tatem 1870

体形は逆つり鐘型。体長は45~70 μ m, 体幅は40~45 μ m, 囲口部幅は50 μ m。収縮胞は2個形成される。本種の特徴は乳頭状突起がペリクル表面に規則正しく並ぶことである。大核はJ字形。横縞は31~41本。格子は2.5~3.5 μ m $\times$ 1.5~2.5 μ m。柄長は200 μ m以下、柄幅は5~6.5 μ m。スバスマネーム上にはミトコンドリアが配列している。集団を形成する。

Fig.11 Pseudovorticella nebulifera(Muller 1786)

Pseudovorticella nebulifera (Muller 1786) Jankowski 1976
 (Fig.11)

同義語 *Vorticella nebulifera* Muller 1786

体形は逆つり鐘。体長は38~78 μ m, 体幅は22~48 μ m, 囲口部幅は32~66 μ m。収縮胞は1個形成される。大核は紐状で体軸に沿って存在するが、上腕部は水平方向に湾曲する。細胞体は半透明なので細胞咽頭部からの食胞形成過程がよくわかる。細胞体は柔軟。銀線系は格子状。囲口部から口腔への陥入部が顕著である。柄長は50~800 μ m, 柄幅は3.5~60 μ m。スバスマネーム上にはミトコンドリアが配

列している。

以上のことから *Vorticella* 属について8種類、*Pseudovorticella* 属について2種類、合計10種類についてその形態的特徴を明らかにした。

4. 霞ヶ浦における *Vorticella* 属の出現環境

霞ヶ浦は夏季～秋季にかけては藍藻類の *Microcystis aeruginosa*, *Oscillatoria* sp., 春季には *Synedra acus*, *Cyclotella* sp. 等が異常増殖しており、藻類生産性の高い湖である。このような環境での *Vorticella* 属の出現域を Table 2 に示した。この調査は1986～1988年にかけて行ったもので採集回数は52回、この期間の水質は、水温4.1～28.4℃, pH 7.53～9.47, COD 3.9～12.7mg/l, NH₄-N 0.02～0.40mg/l であった。

霞ヶ浦で最も出現頻度が高い種は *V.campanula* で、次いで *V.convallaria* であった。両種とも年間を通じ出現しているが、前者は冬季に著しい増殖がみられ、これまで観察したなかでは最大2360n/cm²にまで増加した。一方、後者は夏期に増殖する傾向がみられたが前者ほど増殖せず最大個体数は360n/cm²であった。*V.picta* は冬季～春季にかけてよく出現しているが藍藻類が異常増殖している夏季には観察されなかった。*V.vestita* と *P.monilata* は春季～初夏にかけてしばしば観察された。ところで夏季に *Microcystis* 属が異常増殖して水の華を形成すると、これに *Vorticella* 属が付着していることがよくあるが、このときに出現した種は *V.alba*, *V.striata*, *V.convallaria*, *V.sp.* などであった。一方、比較的清水域に出現する付着緑藻類の *Cladophora* 属では *V.picta*, *V.campanula*, *V.*

campanulata, *P.nebulifera* などがよく観察された。なお、有機汚染の進んだ閉鎖性の水域からは *V.microstoma* が観察された。

次に環境因子であるが、まず、pH値を見ると、霞ヶ浦は藻類が異常増殖するとpH値はしばしば9以上になる。このようなアルカリ性の強い水域でも *Vorticella* 属は出現しており、とくに *V.convallaria* や *V.campanula* などがよく観察された。CODは夏季に高く、冬季に低い傾向がみられたが、CODが高いときによく出現した種は *V.convallaria* で、一方低い時期は *V.picta* であった。また、*V.campanula* は3.9から11.1mg/lの範囲で出現していたが、COD値が7mg/l以下の時によく増殖し大集団を形成していた。次にNH₄-Nに対する *Vorticella* 属の出現域を見ると、*V.campanula* と *V.convallaria* はNH₄-N濃度0.02～0.39mg/lのほぼ全水域で観察されたが高濃度になると個体数が著しく減少する傾向を示した。*V.picta* は、上記2種に比べると出現域は狭く、0.02～0.28mg/lの範囲で観察された。一方、NH₄-Nに鋭敏に反応したのが *V.vestita* であった。本種はNH₄-N濃度が0.02～0.07mg/lと低濃度のときだけに出現したことから、NH₄-Nに対する耐性が低いことが示された。ところで霞ヶ浦におけるNH₄-N濃度は藻類の増殖および分解と関連性が高く、水の華が分解される過程でNH₄-N濃度は増殖し、一方藻類が増殖する段階で減少する傾向がみられる。また、藻類が増殖するとpH値およびCOD値の上昇が起こることから、*Vorticella* 属の種構成および現存量は藻類や水質と関連しながらダイナミックに変動しているものと考えられよう。

Table.2 Appearance of the genus *Vorticella* and aquatic condition in Lake Kasumigaura

Species	a) A.F.(%)	B) Max N.(n/cm2)	c) WT(°C) Min-Max(AV)	pH Min-Max(AV)	COD(mg/l) Min-Max(AV)	NH ₄ -N(mg/l) Min-Max(AV)
<i>V.campanula</i>	67	2360	4.1-27.8(11.3)	7.53-9.47(8.17)	3.9-11.7(7.3)	0.02-0.39(0.08)
<i>V.convallaria</i>	62	360	5.7-28.4(18.6)	7.57-9.47(8.53)	5.5-12.7(8.8)	0.02-0.39(0.08)
<i>V.picta</i>	25	70	4.4-20.2(9.7)	7.53-8.25(7.84)	3.9-7.4(5.6)	0.02-0.28(0.10)
<i>V.vestita</i>	17	120	5.0-22.7(18.5)	7.60-8.74(8.17)	5.0-7.8(7.0)	0.02-0.07(0.04)

a)=Frequency of appearance, b)=Number, c)=Water temperature, d)=Average

さて、*Vorticella*属と環境因子の関係についてはNoland(1925)¹³⁾やNusch(1970)¹⁴⁾などによって研究されているが本研究で*Vorticella*属が出現するpH範囲に関して次のような新たな知見を得ることができた。*V.campanula*は従来pH6.9~9.0の範囲にあったが、pH9.47までは出現する。*V.convallaria*はpH5.5~9.0の範囲にあったがpH9.47までは出現する。さらに高アルカリ側での調査を行うことによって*Vorticella*属の出現域は広くなることが推定される。次にSládeček (1971)¹⁷⁾は*Vorticella*属だけを用いて沼水生物系列を作成しているが、これに従うと霞ヶ浦では夏季は α 中腐水性、冬季は β 中腐水性にあると言える。

5. まとめ

富栄養化した霞ヶ浦では原生動物縁毛類の*Vorticella*属が9種類、*Pseudovorticella*属が2種類観察された。これらの種について形態の特徴および出現環境を明らかにした。四季を通じて頻繁に出現したのは*Vorticella campanula*と*Vorticella convallaria*であった。一方、*Vorticella picta*は冬季~春季に、*V.vestita*は春季~初夏にかけてよく出現した。次に、*Vorticella*属の出現環境を調べたところ、pHに対する*Vorticella*の出現範囲について新たな知見を得ることができた。すなわち、*V.campanula*と*V.convallaria*はアルカリ側でのpH域は従来9.0以下であったが、本調査の結果pH9.47までは出現する。*V.vestita*はpH7.2~7.6の範囲にあったが、pH8.74までは出現する点である。なお、汚濁の程度を汚水生物系列からみると水の華が形成される夏季は α 中腐水性、藻類の少ない冬季は β 中腐水性であった。

引用文献

- 1) Linnaeus, C. (1758) Systema Naturae. 10th edition
- 2) Rosel, A.J. (1755) Insecten-Belustigung. Part III. 624pp. Nuremberg.
- 3) Linnaeus, C. (1767) Systema Naturae. 12th edition
- 4) Muller, O.F. (1786) Animalcula infusoria fluviatilia et marina. 367pp. Copenhagen.
- 5) Ehrenberg, C.G. (1838) Die Infusionsthiere als Vollkommene Organismen. 548pp. Leipzig.
- 6) Noland, L.E. and Finley, H.E. (1931) Studies on the taxonomy of *tinege nus Vorticella*. Trans. Amer. Micros. Soc., 50 : 81-123.
- 7) Warren, A. (1986) A revision of the genus *Vorticella* (Ciliophora : peritrichida). Bull. Br. Mus. nat. Hist. (Zool.), 50 (1) : 1-57.
- 8) Levine, N.D., Corliss, J.O., Cox, F.E.G., Deroux, G., Grain, J., Honiberg, B. M., Leedale, G.F., Loeblich, A.R., Lom, J., Lynn, D., Merinfeld, E.G., Page, F.C., Poljansky, G., Sprague, V., Vavra, J. & Wallace, F.G. 1980. A newly revised classification of the Protozoa Journal of Protozoology 27 : 37-58
- 9) 盛下勇 (1969) 活性汚泥と原生動物, 水道産業新聞社。
- 10) Kawamura, R. (1973) The ciliary and fibrillar systems of the ciliate *Vorticella*. Journal of Science of the Hiroshima University, Series B 24 : 183-203
- 11) Horikami, H. & Ishii, K. (1981) Cluster inducing factor secreted

by *Vorticella telotroch*, In : Abstracts of the 6th International Congress on Protozoology, Warsaw. Progress in Protozoology, p145.

- 12) 稲森悠平, 大内山高広, 杉浦則夫, 須藤隆一 (1987) 霞ヶ浦における付着微小動物の季節的消長, 日本水処理生物学会誌, 23(2) : 7-14
- 13) 杉浦則夫, 大内山高広, 稲森悠平, 須藤隆一 (1990) 霞ヶ浦における繊毛虫縁毛類の季節的消長, 日本水処理生物学会誌, 26(2) : 28-35.
- 14) 大森信, 池田勉, (1976) 動物プランクトン生態研究法, p46, 共立出版
- 15) Noland, L.E. (1925) Factors influencing the distribution of fresh water ciliates, Ecology, 6 : 437-452
- 16) Nusch, E.A. (1970) ökologische und systematische Untersuchungen der Peritricha (Protozoa, Ciliata) im Aufwuchs von Talsperren und Flußstauen mit verschiedenem Saprobiefatsgrad. Arch. Hydro./Suppl. 37 : 243-3 86.
- 17) Sládeček, V (1971) Saprobic sequence within the genus *Vorticella*. Waterp Research, 5 : 1135-1140.