

# 淡水産二枚貝類の成育環境条件について

柳田 洋一・外岡 健夫

## はじめに

霞ヶ浦には、シジミガイ科のヤマトシジミ *Corbicula japonica*, マシジミ *Corbicula leana*, イシガイ科のイシガイ *Unio douglasiae nipponense*, マツカサガイ *Inversidens japonensis*, カラスガイ *Cristaria plicata spatiosa*, ドブガイ *Anodonta woodiana*, イケチョウガイ *Hyriopsis schlegeli* などの二枚貝が生息していることが知られている。

ヤマトシジミは有用な漁業資源として利用されてきたが、湖水の淡水化に伴いその漁獲量は減少している。また、カラスガイもかつてはまんぐわ漁業の対象種とされてきたが、漁獲量は減少傾向にある。一方、イケチョウガイは1936年、1952年及び1953年に琵琶湖から移殖放流が行われ、1962年頃に土浦入で繁殖しているのが確認された(加瀬林1965)。その後このイケチョウガイを母貝とする淡水真珠養殖が1963年から行われてきた。しかし、近年母貝の成長が停滞し、真珠の形成が遅くなっており、その原因究明が養殖上の重要な課題の一つとなっている。

今回は淡水産二枚貝類の正常な成育に必要な条件を知るために、これら二枚貝類のうちイシガイ、ドブガイ、イケチョウガイを霞ヶ浦、北浦、新利根川、牛久沼等で垂下飼育試験を行うとともに、食物条件、水質条件及び農薬等の毒性物質の影響について検討を行ったのでその結果について報告する。

## 材料と方法

調査地点を図1に示した。

1989年には、北浦においては安塚、梶山、馬渡、江川、大野の各地先、新利根川においては河口付近及び幸田川岸、中島の各地先を、牛久沼については流入河川の東谷田川、西谷田川及び後佐貫地先を調査地点とした。

1990年には、霞ヶ浦において内水試前棧橋、新利根川においては中島地先、牛久沼においては後佐貫地先をそれぞれ調査地点として選んだ。

試験に供した二枚貝類のうちドブガイ、イシガイは、梶無川で採取したものをを用いたが、イケチョウガイについては地元の淡水真珠養殖業者から購入した。

二枚貝類は、個体識別用の標識(ダイモテープ)を付け、真珠養殖用のパールネットに入れて、各地点とも岸近くの水中構築物(杭、橋等)を利用して水深1 m程度の所に垂下し、その水域での成長量を殻長を測定することによって調べた。

各水域における二枚貝類にとっての食物条件を知るために、プランクトン組成を調べた。各地点

とも採水は午前中に行い、二枚貝類を垂下した現場の試水  $0.05\text{ ml}$  に含まれるプランクトンを計数した。

次に、各水域の水質条件を知るために、水温、pH、DOなどの一般測定項目の他に、プランクトンフィーダーである二枚貝類の餌料となり得る水中懸濁物の量を示すSS（浮遊物質質量）及びVSS（浮遊物質中有機物質質量）、貝殻の形成に重要である $\text{Ca}^{++}$ を測定した。測定方法は、次の通りである。

DOについてはOxygen Meter (YSI-57)、pHについてはpH Meter (TOA-HM1K)、浮遊物質についてはGlass microfibre filter (Whatman GF/C)、 $\text{Ca}^{++}$ はATOMIC ABSORPTION/FLAME EMISSION SPECTROPHOTOMETER (SHIMADZU AA-670)、Clについては $\text{AgNO}_3$  滴定法、 $\text{NO}_2$ 、 $_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4$ についてはAuto Analyzer (TECHNICON)、T-P、Kjeldahl-Nについては $\text{SeSO}_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$ で分解後Auto Analyzer (TECHNICON)、CODについてはJIS-KO102 ( $1/40\text{N KMNO}_4$ )によってそれぞれ行った。

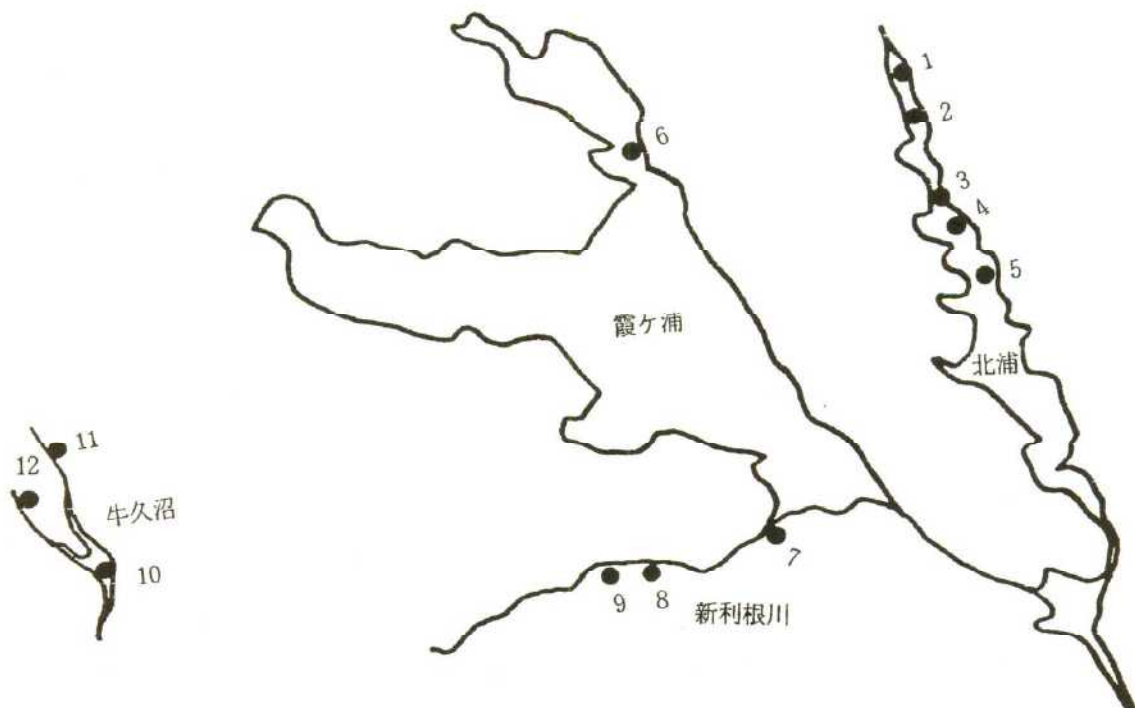


図1 調査地点

- ① 安塚 ② 梶山 ③ 馬渡 ④ 江川 ⑤ 大野 ⑥ 内水試前 ⑦ 新利根川河口  
⑧ 幸田川岸 ⑨ 中島 ⑩ 後佐貫 ⑪ 東谷田川 ⑫ 西谷田川

さらに、天然での食性を知るために、各地点で環境水中のプランクトン組成及び各二枚貝類の消化管内容物を調べ、両者を比較検討した。消化される以前のプランクトンをみるために、胃より前の食道部分における消化管内容物を観察した。

また、環境水中の農薬等の影響を調べるため、化学物質に対する高感受性水生生物であるヌカエビ *Paratya copressa improvisa* を用いて、生物検定試験を行った。生物検定試験に際しては、Hatakeyama *et al* (1991) と同様に試水を3個の100 ml のガラスビーカーに分注し、生後2～4週間目のヌカエビを7個体ずつ収容し、1、2、4、7日後のエビの生残率を調べた。

## 結 果

### 1. 各水域における二枚貝類の成育について

各地点での二枚貝類の成育状況を表1に示した。

#### (1) 北浦

1989年6月7日から9月20日まで105日間垂下したイケチョウガイはどの地点でも成長は全く認められず、生残率は安塚20%、梶山0%、馬渡20%、江川0%、大野0%であった。

ドブガイは江川に1個体だけ垂下したが、同期間中の成長は2.4 mmで、日成長率は0.030%であった。

#### (2) 霞ヶ浦

ドブガイは1990年5月17日から11月15日まで全て生残し、182日間に0～1.98 mm (平均1.0 mm) の成長量を示し、日成長率は0～0.022 (平均0.010) %であった。同期間中のインガイの生残率は60%で0.08～0.42 mm (平均0.21 mm) の成長を示し、日成長率は0.001～0.004 % (平均0.002 %) であった。イケチョウガイは5月17日に垂下したものは、8月16日(91日目)までに全て斃死した。8月28日に垂下したものは、11月15日(79日)までの生残率は60%であったが、成長は全く認められなかった。

#### (3) 新利根川

1989年においては、6月13日から11月15日までの156日間イケチョウガイを垂下した。河口での生残率は40%で、1.68～3.81 mm (平均2.72 mm) の成長を示し、日成長率は0.011～0.030 % (平均0.021 %) であった。幸田川岸での生残率は40%で、0.75～8.01 mm (平均4.38 mm) の成長を示し、日成長率は0.006～0.063 % (平均0.035 %) であった。中島での生残率は80%で、0～5.42 mm (平均3.17 mm) の成長量を示し、日成長率は0～0.041 % (平均0.025 %) であった。

1990年においては、中島に5月16日から11月14日までの182日間垂下した。同期間中のドブガイの生残率は60%で、16.79～27.75 mm (平均23.66 mm) の成長を示し、日



表1 各水域における淡水産二枚貝類の成育状況

地 点	試験期間 (日間)	種 名	開 始 時		終 了 時		生残率 (%)	日成長率* (%)
			個体数	殻長 (mm)	個体数	殻長 (mm)		
北 浦 原山麓川 安福馬川 馬川 大	1989. 6. 7 ~ 9. 20 (105) 上 上 上 上	イケチヨウガイ	5	70.4 ~ 91.7 (平均 78.2)	1	91.7	20	0.0
		イケチヨウガイ	5	65.2 ~ 85.1 (平均 73.9)	0	—	0	—
		イケチヨウガイ	5	65.7 ~ 93.4 (平均 76.1)	1	93.4	20	0.0
		イケチヨウガイ	5	72.8 ~ 90.3 (平均 78.8)	0	—	0	—
		イケチヨウガイ	5	72.8 ~ 79.9 (平均 77.0)	0	—	0	—
		ド	1	73.1	1	75.5	100	0.030
新利根川 河 中	1989. 6. 13 ~ 11. 15 (156) 上 上 上 上 上 上 上 上	イケチヨウガイ	5	68.0 ~ 92.4 (平均 77.8)	2	83.2 ~ 94.0 (平均 88.6)	40	0.011 ~ 0.030 (平均 0.021)
		イケチヨウガイ	5	70.1 ~ 86.0 (平均 77.5)	2	86.1 ~ 86.8 (平均 86.4)	40	0.006 ~ 0.063 (平均 0.035)
		イケチヨウガイ	5	73.2 ~ 83.6 (平均 78.0)	4	76.4 ~ 89.0 (平均 82.2)	80	0.0 ~ 0.041 (平均 0.025)
		イケチヨウガイ	10	108.7 ~ 125.6 (平均 115.9)	1	125.6	10	0.0
		イケチヨウガイ	5	58.0 ~ 69.9 (平均 63.9)	5	58.4 ~ 69.9 (平均 64.1)	100	0.0 ~ 0.014 (平均 0.002)
		イケチヨウガイ	5	44.7 ~ 49.4 (平均 46.5)	3	63.8 ~ 77.1 (平均 70.7)	60	0.167 ~ 0.251 (平均 0.220)
		イケチヨウガイ	5	45.9 ~ 53.1 (平均 49.6)	4	53.3 ~ 58.2 (平均 54.4)	80	0.030 ~ 0.097 (平均 0.053)
		イケチヨウガイ	10	33.5 ~ 38.1 (平均 36.4)	6	33.5 ~ 38.1 (平均 41.6)	60	0.0 ~ 0.373 (平均 0.203)
		イケチヨウガイ	10	33.0 ~ 37.7 (平均 35.4)	3	34.5 ~ 36.8 (平均 35.4)	30	0.0 ~ 0.030 (平均 0.018)
		イケチヨウガイ	10	33.4 ~ 41.4 (平均 36.7)	6	34.8 ~ 41.4 (平均 39.3)	60	0.0 ~ 0.301 (平均 0.084)
牛 久 沼 東田川 西谷田川 後田川	1989. 9. 13 ~ 11. 15 (62) 上 上 上 上 上 上 上 上	イケチヨウガイ	10	107.1 ~ 126.6 (平均 117.7)	0	—	0	—
		イケチヨウガイ	5	56.7 ~ 70.1 (平均 62.4)	3	56.7 ~ 70.1 (平均 62.2)	60	0.0 ~ 0.014 (平均 0.010)
		イケチヨウガイ	5	44.7 ~ 49.5 (平均 46.2)	2	50.4 ~ 51.8 (平均 51.1)	40	0.058 ~ 0.067 (平均 0.063)
		イケチヨウガイ	5	28.4 ~ 32.6 (平均 30.3)	5	30.4 ~ 34.1 (平均 32.2)	100	0.058 ~ 0.101 (平均 0.078)
		イケチヨウガイ	5	43.0 ~ 47.0 (平均 44.6)	0	—	0	—
		イケチヨウガイ	5	107.1 ~ 126.6 (平均 117.7)	0	—	0	—
		イケチヨウガイ	5	65.8 ~ 89.8 (平均 67.0)	3	65.8 ~ 89.8 (平均 67.2)	60	0.0 ~ 0.022 (平均 0.010)
		イケチヨウガイ	5	45.5 ~ 49.7 (平均 47.6)	5	45.7 ~ 50.4 (平均 48.6)	100	0.0 ~ 0.022 (平均 0.010)
		イケチヨウガイ	5	51.1 ~ 56.8 (平均 54.0)	3	52.0 ~ 56.8 (平均 54.2)	60	0.001 ~ 0.004 (平均 0.002)
		イケチヨウガイ	5	51.1 ~ 56.8 (平均 54.0)	3	52.0 ~ 56.8 (平均 54.2)	60	0.001 ~ 0.004 (平均 0.002)

\*日成長率は、試験終了時までで生残したのものについて各個体ごとに算出した。

$$\text{日成長率}(\%) = \frac{L_2 - L_1}{(L_1 + L_2)/2 \times t} \times 100$$

L<sub>1</sub>: 試験開始時の殻長

L<sub>2</sub>: 試験終了時の殻長

t: 試験日数

成長率は0.167～0.251%（平均0.220%）であった。また、同期間中のイシガイの生残率は80%で、2.79～8.90mm（平均4.96mm）の成長量を示し、日成長率は0.030～0.097%（平均0.053%）であった。

一方、イケチョウガイは8月14日（90日目）時点での生残率は10%で、成長は全く認められなかった。その後8月28日に新たに垂下したものは11月14日までの78日間全て生残し、0～0.65mm（平均0.27mm）の成長を示し、日成長率は0～0.14%（平均0.002%）であった。

#### (4) 牛久沼

1989年9月13日から11月1日までの62日間、イケチョウガイを垂下した。後佐貫での生残率は60%で、0～8.53mm（平均2.19mm）の成長を示し、日成長率は0～0.301%（平均0.084%）であった。東谷田川での生残率は60%で、0～9.35mm（平均5.02mm）の成長を示し、日成長率は0～0.373%（平均0.203%）であった。西谷田川では10月19日までの36日間の生残率は30%で、0～0.4mm（平均0.23mm）の成長を示し、日成長率は0～0.030%（平均0.018%）であった。

1990年においては、後佐貫に5月16日から11月14日までの182日間垂下した。同期間中のドブガイの生残率は40%で、5.17～5.78mm（平均5.48mm）の成長を示し、日成長率は0.058～0.067%（平均0.063%）であった。また、8月28日に垂下したドブガイは垂下後78日目の11月14日まで全て生残して、1.32～2.52mm（平均1.88mm）の成長を示し、日成長率は0.058～0.101%（平均0.078%）であった。イシガイは垂下後32日目の6月18日までに全て斃死した。

一方、イケチョウガイは5月16日に垂下したものは8月14日（90日目）までに、その後8月28日に垂下したものは、11月14日（78日目）まで60%生残したが、成長はほとんど認められなかった。

## 2. プランクトンについて

各地点における植物プランクトン組成を表2に示した。

### (1) 北浦

安塚、馬渡、江川の6～9月の傾向をみると、各地点とも6月は*Synedra*属、*Cyclotella*属等の珪藻類が多く認められた。しかし、6月から既に藍藻類の*Oscillatoria*属、*Phormidium*属が繁殖しており、7月から8月にかけてalgae bloomを形成していた。また、原生動物も数量の変動が大きいもの多きときは10,000個体/mlを越えることもあり、比較的多かった。

### (2) 霞ヶ浦

5～11月の傾向をみると、5～6月は珪藻類の*Synedra*属が優占し、その後6月下旬か



表2 各地点におけるプランクトン組成 (individuals/ml)

北浦 (1989)

Date	1989. 5. 22	6. 16	6. 28	7. 24	8. 2	8. 16	9. 13	
Class	Genera							
Blue-green algae	<i>Anabaena</i>	0	960	60	60	0	60	0
	<i>Anabaenopsis</i>	0	480	120	120	100	0	120
	<i>Aphanocapsa</i>	0	0	120	0	0	0	0
	<i>Aphanothece</i>	0	0	0	0	0	60	60
	<i>Gomphosphaeria</i>	0	240	0	60	400	1,260	840
	<i>Dactylococopsis</i>	0	240	0	0	0	0	0
	<i>Merismopedia</i>	0	0	0	0	0	0	60
	<i>Mycrocystis</i>	0	0	0	0	0	600	0
	<i>Oscillatoria</i>	240	12,720	8,760	8,280	5,000	480	240
	<i>Phormidium</i>	720	15,120	1,920	3,840	2,200	12,600	15,300
others	0	0	0	0	0	0	0	
total	960	29,760	10,980	12,360	7,700	15,060	16,620	
Diatom	<i>Coscinodiscus</i>	240	840	600	0	0	0	660
	<i>Cyclotella</i>	1,440	1,320	2,640	540	0	0	1,440
	<i>Melosira</i>	840	0	480	180	0	0	540
	<i>Navicula</i>	240	0	0	120	0	0	0
	<i>Synedra</i>	3,120	10,920	1,800	4,440	2,400	0	2,160
	others	0	0	0	0	0	0	0
total	5,880	13,080	5,520	5,280	2,400	0	4,800	
Green algae	<i>Actinastrum</i>	0	120	0	120	0	0	0
	<i>Chodatella</i>	0	120	0	0	0	180	120
	<i>Closterium</i>	0	0	0	60	0	0	0
	<i>Crucigenia</i>	0	240	0	0	0	0	0
	<i>Dictyosphaerium</i>	120	240	0	0	0	0	60
	<i>Micractinium</i>	0	240	120	0	0	0	0
	<i>Golenkinia</i>	0	120	0	0	0	0	0
	<i>Oösystemis</i>	0	120	0	0	0	0	0
	<i>Scenedesmus</i>	600	120	0	180	0	660	0
	<i>Schroederia</i>	0	0	0	0	0	0	120
<i>Tetraedron</i>	0	120	0	0	0	0	180	
others	0	0	0	0	0	0	0	
total	720	1,440	120	360	0	840	480	
Protozoa	total	2,640	5,880	10,800	3,060	-	360	126
Total		10,200	50,160	27,420	21,060	10,100	16,260	22,020

牛久沼 (1989)

Date		9.13	10.19	11.14	9.13	10.19	11.14	9.13	10.19	11.14
Class	Genera	東谷田川			西谷田川			後佐貫		
Blue-green algae	<i>Oscillatoria</i>	1,120	0	200	480	0	-	160	0	0
	<i>Phormidium</i>	160	0	100	480	0	-	160	0	0
	others	0	0	100	0	0	-	0	0	0
	total	1,280	0	400	960	0	-	320	0	0
Diatom	<i>Coscinodiscus</i>	80	0	0	240	0	-	480	0	600
	<i>Cyclotella</i>	320	360	1,100	80	0	-	240	360	500
	<i>Melosira</i>	240	360	200	960	0	-	2,040	360	2,600
	<i>Navicula</i>	80	0	0	320	0	-	0	0	0
	<i>Synedra</i>	240	180	0	720	0	-	160	180	200
	others	0	0	0	0	0	-	0	0	0
total	960	900	1,300	2,320	0	-	2,920	900	3,900	
Green algae	<i>Dictyosphaerium</i>	0	0	200	0	0	-	0	0	0
	<i>Scenedesmus</i>	80	0	0	0	20	-	0	0	0
	<i>Tetraedron</i>	0	0	0	0	20	-	0	0	0
	others	0	0	0	0	0	-	0	0	0
total	80	0	200	0	40	-	0	0	0	
Protozoa	14,500	9,540	800	1,440	360	-	1,280	9,540	9,600	
Total	16,820	10,440	2,520	4,720	400	-	4,520	10,440	13,500	

新利根川 (1989)

Date	1989.6.13	7. 5	9.21	11.14	6.13	7. 6	9.21	11.14	6.13	7. 6	9.21	11.14
Class	中 島						幸田川岸			新利根川河口		
Genera												
Blue-green	0	0	0	700	0	0	60	200	0	0	0	200
<i>Oscillatoria</i>	0	0	0	700	0	0	60	200	0	0	0	200
<i>Phormidium</i>	0	0	120	100	0	0	240	100	400	0	0	120
others	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
algae	0	0	120	800	0	0	300	300	400	0	180	200
total	0	0	120	800	0	0	300	300	400	0	180	200
Diatom	0	0	0	0	0	0	60	100	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i>	0	0	0	0	0	0	60	100	0	0	0	0
<i>Cyclotella</i>	0	1,020	120	0	0	180	60	200	1,000	180	0	100
<i>Gyrosigma</i>	0	0	0	0	400	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melosira</i>	0	950	180	200	0	480	120	0	0	60	60	200
<i>Navicula</i>	0	180	0	0	20	120	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra</i>	60	0	0	100	200	60	0	100	600	120	0	100
others	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
total	60	2,150	300	300	620	840	240	400	1,600	360	60	400
Green	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Closterium</i>	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Golenkinia</i>	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scenedesmus</i>	0	50	60	0	0	120	0	0	0	120	0	0
others	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
total	0	120	60	100	0	120	0	0	0	120	0	0
Protozoa	6,400	1,380	360	1,500	3,600	2,940	0	1,600	13,200	1,980	360	3,300
total	6,400	1,380	360	1,500	3,600	2,940	0	1,600	13,200	1,980	360	3,300
Total	6,460	3,650	840	2,700	4,220	3,900	540	2,300	15,200	2,460	600	3,900



牛久沼 (1990)

Date	1990.5.7	5.16	5.21	5.28	6.4	6.11	6.18	5.25	7.2	7.9	7.17	7.23	8.6	8.14	8.20	9.3	9.10	10.1	10.22	11.14	
<b>Class</b>	<b>Genera</b>																				
<b>Anabaena</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	80	120	0	0	
<b>Aphanocapsa</b>	40	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Aphanothece</b>	40	0	20	20	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Merismopedia</b>	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Microcystis</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Oscillatoria</b>	380	240	1,220	100	300	100	1,020	160	640	40	0	1,920	1,940	1,480	900	4,200	3,920	1,040	280	0	
<b>Phormidium</b>	0	0	0	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>others</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>total</b>	460	240	1,240	420	300	100	1,140	320	800	80	0	1,920	1,960	1,720	1,000	4,200	4,120	1,120	280	0	
<b>Asterionella</b>	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Coscinodiscus</b>	40	0	20	20	0	0	80	0	40	40	80	0	240	1,320	1,620	2,360	600	1,160	6,240	1,160	
<b>Cyclotella</b>	0	0	0	0	0	0	120	0	0	0	0	0	40	0	0	0	80	0	0	0	
<b>Melosira</b>	940	1,320	2,020	440	1,330	2,040	1,540	1,340	1,040	520	680	600	1,040	860	880	1,150	40	600	1,640	120	
<b>Navicula</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	
<b>Synedra</b>	3,040	3,000	3,720	40	430	220	340	140	160	80	320	120	0	140	80	0	40	0	80	160	
<b>others</b>	0	200	140	0	80	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	40	
<b>total</b>	4,020	4,520	5,900	500	1,940	2,280	2,020	1,560	1,320	620	1,080	720	1,320	2,320	2,580	3,540	760	3,800	7,960	1,520	
<b>Actinastrum</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	
<b>Chlorella</b>	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	60	60	40	0	40	0	0	0	
<b>Closterium</b>	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Coelastrum</b>	0	0	0	0	80	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	
<b>Crucigenia</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Dictyosphaerium</b>	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Golenkinia</b>	40	0	80	0	0	0	60	20	0	0	40	240	0	0	0	0	0	40	0	40	
<b>Leysystis</b>	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	280	100	20	0	40	80	0	0	
<b>Pediastrum</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	
<b>Scenedesmus</b>	120	40	60	0	80	20	60	20	40	20	0	20	240	40	40	40	80	40	40	80	
<b>Schroederia</b>	20	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	
<b>Staurastrum</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Tetrastrum</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>others</b>	0	0	100	40	0	40	0	40	40	100	360	200	120	160	40	0	0	80	40	0	
<b>total</b>	180	40	240	40	140	80	260	80	80	80	140	400	460	740	160	40	160	320	80	200	
<b>Protozoa</b>	480	0	800	40	0	360	240	0	1,400	600	1,900	120	240	1,280	300	1,130	200	1,100	1,000	2,000	
<b>Total</b>	5,140	4,800	8,180	1,000	2,330	2,820	3,660	1,960	3,600	1,440	3,380	3,220	4,260	5,740	4,040	8,830	5,240	6,340	9,320	3,720	

新利根川 (1990)

Date	1990.5.7	5.16	5.21	5.28	6.4	6.11	6.18	6.25	7.2	7.9	7.17	7.23	8.6	8.14	8.20	9.3	9.10	10.1	10.22	11.14	
Class	Genera																				
	Anabaena	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aphanocapsa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aphanothece	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Blue-green	Merismopedi	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Microcystis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cyclotella	0	0	0	0	0	0	0	0	40	40	0	0	0	0	20	0	0	0	40	0
algae	Scillatoria	80	80	100	60	0	20	120	0	60	150	0	20	20	40	40	0	0	0	40	80
	Phormidium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	others	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	total	80	80	100	60	0	20	160	0	100	240	0	20	20	40	60	0	0	0	120	80
	Asterionella	0	40	40	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Coccinodiscus	40	0	20	0	0	0	140	0	60	200	0	200	20	0	0	0	0	0	80	160
	Cyclotella	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	460	0	0	0	0	0
	Fragilaria	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diatom	Melosira	200	140	360	40	60	140	1,360	240	320	1,320	240	260	80	140	280	320	0	0	280	40
	Synedra	520	280	460	120	140	0	140	200	40	40	40	40	40	40	20	0	0	0	0	20
	others	0	0	40	0	0	0	60	0	0	80	40	0	40	0	0	0	0	0	0	0
	total	760	480	920	220	240	140	1,360	580	520	1,600	320	500	140	260	760	1,480	80	440	80	60
	Actinastrium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Chlorella	0	0	0	0	0	40	40	0	0	0	80	40	100	0	0	0	0	0	0	0
	Chodatella	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Crucigenia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0
	Dictyosphaerium	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0
	Golenkinia	0	0	80	0	0	20	40	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
	Golenkinia	0	0	0	0	0	20	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Green	Lirchneriella	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0
	Macratinium	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Oosystis	0	0	240	0	0	100	20	0	0	0	0	40	20	20	40	80	0	0	0	0
algae	Pediastrum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0
	Scenedesmus	20	20	40	20	0	20	40	40	0	40	0	120	120	40	40	40	0	0	0	0
	Selenastrum	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tetraedron	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0
	others	0	0	0	160	60	40	140	80	20	440	0	60	20	0	140	80	0	0	80	0
	total	20	20	360	220	140	180	260	260	80	480	80	260	300	160	360	240	0	0	80	0
Protozoa		160	1,000	600	3,400	140	1,200	2,600	3,800	1,800	2,800	1,800	900	1,500	600	1,100	2,000	400	5,500	600	600
Total		1,020	1,580	1,880	3,900	510	1,520	4,240	4,800	2,400	1,340	5,120	2,200	1,680	1,060	2,220	3,720	600	6,160	660	660



霞ヶ浦 (1990)

Date	1990.5.8	5.14	5.22	5.28	6.4	6.11	6.18	6.25	7.2	7.9	7.19	7.23	8.6	8.14	8.20	9.3	9.10	10.1	10.22	11.18	
Class	Genera																				
Blue-green algae	<i>Anabaena</i>	0	80	80	120	120	320	120	1,440	1,120	160	400	200	80	40	80	40	0	120	0	0
	<i>Aphanocapsa</i>	0	0	320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Aphanothece</i>	1,360	2,160	0	0	120	160	80	0	0	0	40	40	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Merismopedia</i>	0	0	0	0	0	320	80	40	0	0	40	80	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Microcystis</i>	0	0	0	0	0	40	0	0	0	80	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Oscillatoria</i>	0	440	960	0	320	600	1,600	1,040	1,520	2,400	1,920	1,400	1,840	3,480	360	120	240	1,600	2,840	880
	<i>Phormidium</i>	280	9,200	4,840	5,920	730	320	440	1,840	1,440	4,320	9,200	8,960	5,940	0.720	5,640	1,920	1,120	1,720	680	240
	others	0	0	0	0	0	0	0	0	300	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	total	1,640	11,880	6,200	6,040	1,320	1,440	2,320	4,360	4,380	7,520	11,680	10,760	7,560	14,240	6,080	2,080	1,360	3,440	3,560	1,200
	Diatom	<i>Coscinodiscus</i>	160	480	120	0	40	0	360	0	280	480	0	0	0	280	1,360	1,840	3,000	2,440	720
<i>Cyclotella</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	80	280	0	0	0	0	
<i>Fragilaria</i>		0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Melosira</i>		80	40	360	0	120	120	400	40	400	40	240	80	360	120	360	40	40	0	0	
<i>Navicula</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Stephanodiscus</i>		680	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Synedra</i>		1,280	640	1,720	3,960	5,840	4,800	5,520	960	320	360	480	320	320	400	240	160	0	0	0	
others		0	80	400	0	0	120	0	0	0	40	0	40	0	0	0	0	0	0	0	
total		2,200	1,320	2,600	3,960	6,040	5,040	6,280	1,000	1,000	920	720	440	840	880	2,240	2,040	1,720	3,000	2,440	1,080
Green algae		<i>Ankistrodesmus</i>	200	200	80	0	0	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	40
	<i>Chlorella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	200	0	0	0	40	0	0	80	40	240	0	
	<i>Chodatella</i>	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	<i>Closterium</i>	0	0	0	80	0	40	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	
	<i>Coelastrum</i>	40	0	160	200	80	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	
	<i>Dictyosphaerium</i>	120	0	80	20	0	120	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	
	<i>Golenkinia</i>	0	0	80	0	40	0	40	0	0	120	0	0	80	0	120	0	0	0	40	
	<i>Macratinium</i>	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	<i>Obysstis</i>	0	0	0	0	0	480	200	0	800	0	0	40	80	40	40	0	0	0	0	
	<i>Pediastrum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	
Protozoa	<i>Scenedesmus</i>	200	880	400	360	280	520	120	40	40	40	40	80	160	80	120	120	0	40	40	
	<i>Schroederia</i>	160	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	40	0	0	0	0	
	<i>Tetraedron</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	
	others	1,000	1,600	1,200	720	640	280	920	0	1,000	680	320	40	320	120	120	520	440	320	80	
	total	1,760	2,840	2,000	1,300	1,140	1,560	1,400	40	2,000	840	360	120	600	440	460	300	640	360	600	
	Total	total	7,960	17,160	13,000	13,380	9,740	8,320	11,200	7,100	9,180	9,380	14,560	12,220	9,700	15,900	9,680	5,080	4,020	7,200	12,100
		total	2,360	1,200	2,200	2,080	1,300	320	1,200	1,700	1,800	100	1,800	900	700	340	900	200	300	400	5,500



ら *Phormidium* 属, *Oscillatoria* 属が増え始め, 10月頃まで優占した。また, 8月下旬から珪藻類の *Coscinodiscus* 属が多く認められた。

### (3) 新利根川

1989年においては, 各地点とも調査期間を通して植物プランクトンの量は少ないが, 6~7月は *Cyclotella* 属, *Melosira* 属を主とする珪藻類が優占していた。藍藻類は9~11月に *Oscillatoria* 属, *Phormidium* 属が認められたが, 量的には多くなかった。また, 変動はあるものの原生動物は比較的多かった。

1990年の中島での傾向をみると, 年間を通して植物プランクトンは *Melosira* 属, *Synedra* 属等の珪藻類が認められるが, 量的には少なかった。また, 原生動物も前年に比べて少なく推移した。

### (4) 牛久沼

1989年においては秋期だけの調査ではあるが, 東谷田川では9月に *Oscillatoria* 属が優占していたが, 期間を通しては *Melosira* 属と *Cyclotella* 属を中心とする珪藻類が多かった。後佐貫では *Melosira* 属を中心とする数種類の珪藻類が優占していた。また, 両地点とも原生動物が比較的多く存在した。一方, 西谷田川は9月には珪藻類が多かったが, 10月には原生動物が少し認められただけであった。

1990年5~11月の後佐貫での傾向をみると, 春期には珪藻類が, 夏期には *Phormidium* 属を中心とした藍藻類が, 秋期に再び珪藻類が優占していた。珪藻類は5月は *Synedra* 属が, 6~7月は *Melosira* 属が, 8月からは *Coscinodiscus* 属が優占していた。また, *Melosira* 属は年間を通して出現していた。

## 3. 水質条件について

各地点の水質測定結果を表3に示した。

水中に懸濁する有機物の量を示すVSSは, 北浦の平均値8.24~10.05 ppm (1989年), 霞ヶ浦の平均値12.41 ppm (1990年), 牛久沼の平均値は東谷田川6.71 ppm (1989年), 後佐貫6.21 ppm (1989年), 9.36 ppm (1990年)であったのに対して, 新利根川の平均値は1989年4.43~4.67 ppm, 1990年5.24 ppmで, プランクトン量の少ない新利根川は他の地点よりも低い値を示している。

貝殻の形成に重要であるCa<sup>++</sup>については, 霞ヶ浦で20.55~43.96 ppm (平均29.84 ppm), 新利根川で22.35~56.30 ppm (平均31.05 ppm), 牛久沼で24.00~53.00 ppm (平均34.52 ppm)の範囲で推移していた。

DOについては, 新利根川で低い傾向がみられ, 1989年の平均値は河口7.3 ppm, 幸田川岸5.7 ppm, 中島5.3 ppmで, 特に9月には幸田川岸と中島で1.8 ppmまで低下した。

表3 各地点の水質分析結果

## 北浦(1989)

Date	安塚					梶山					馬渡				
	W.T (℃)	D.O (ppm)	pH	SS (ppm)	VSS (ppm)	W.T (℃)	D.O (ppm)	pH	SS (ppm)	VSS (ppm)	W.T (℃)	D.O (ppm)	pH	SS (ppm)	VSS (ppm)
6. 7	23.0	11.2	8.1	11.50	7.41	23.2	9.2	7.1	11.42	7.76	23.0	11.4	9.0	12.00	7.76
6.21	-	-	7.1	19.15	8.70	18.8	10.4	8.5	12.61	9.10	19.0	11.4	8.9	12.92	9.36
8.11	-	-	8.6	-	-	27.8	9.3	8.6	-	-	28.0	10.7	-	-	-
8.21	-	-	8.6	15.22	9.52	28.2	7.6	9.0	16.00	13.37	28.2	10.2	9.2	15.20	13.27
9.20	-	-	-	21.33	9.93	26.0	9.3	-	15.50	9.95	27.2	6.5	-	13.38	9.18
Avg.	(23.0)	(11.2)	8.1	16.80	8.89	24.8	9.2	8.3	13.88	10.05	25.1	10.0	9.0	13.38	9.89

Date	江川					大野					Avg.				
	W.T (℃)	D.O (ppm)	pH	SS (ppm)	VSS (ppm)	W.T (℃)	D.O (ppm)	pH	SS (ppm)	VSS (ppm)	W.T (℃)	D.O (ppm)	pH	SS (ppm)	VSS (ppm)
6. 7	22.1	8.4	8.9	11.50	7.77	23.3	10.9	9.2	10.76	7.43	22.9	9.7	8.9	11.44	7.63
6.21	19.1	8.3	9.0	14.89	9.10	-	-	-	-	-	18.9	10.0	8.2	14.89	9.07
8.11	28.2	8.8	8.7	-	-	-	-	7.8	-	-	28.0	9.6	8.4	-	-
8.21	28.3	7.6	8.2	14.96	10.87	-	-	-	-	-	28.2	8.4	8.8	15.35	11.76
9.20	27.2	7.7	-	11.60	10.87	-	-	-	10.90	9.05	26.8	7.8	-	14.54	9.80

## 新利根川(1989)

Date	新利根川河口					幸田川岸					中島				
	W.T (℃)	D.O (ppm)	pH	SS (ppm)	VSS (ppm)	W.T (℃)	D.O (ppm)	pH	SS (ppm)	VSS (ppm)	W.T (℃)	D.O (ppm)	pH	SS (ppm)	VSS (ppm)
6.13	25.0	9.2	7.3	10.46	5.04	24.0	8.4	7.1	12.12	6.02	23.0	6.9	7.2	7.91	3.94
7. 6	22.6	8.9	-	13.26	3.67	22.1	8.2	-	12.61	5.14	21.8	6.2	-	21.16	6.56
7.25	27.5	6.9	7.6	13.38	7.82	29.0	6.6	7.3	12.84	6.56	29.3	7.8	7.4	11.43	5.98
8. 4	28.0	4.7	-	15.55	4.76	27.4	3.3	-	14.13	4.20	27.9	3.5	-	14.52	4.44
9.21	25.0	4.3	-	14.28	6.75	23.0	1.8	-	30.45	7.48	23.0	1.8	-	34.48	8.18
10.23	19.0	7.8	6.9	8.23	2.30	18.1	6.0	7.0	23.10	1.98	16.8	5.1	7.0	20.00	1.95
11.14	13.8	9.5	-	16.08	0.65	14.5	5.6	-	19.83	1.23	14.1	5.9	-	14.23	1.65
Avg.	23.0	7.3	7.3	13.03	4.43	22.6	5.7	7.1	17.87	4.66	22.3	5.3	7.2	12.68	4.67

## 牛久沼(1989)

Date	東谷田川					西谷田川					後佐貫				
	W.T (℃)	D.O (ppm)	pH	SS (ppm)	VSS (ppm)	W.T (℃)	D.O (ppm)	pH	SS (ppm)	VSS (ppm)	W.T (℃)	D.O (ppm)	pH	SS (ppm)	VSS (ppm)
9.13	28.6	7.5	8.0	22.36	8.78	25.2	5.1	7.7	18.27	5.59	28.0	7.8	7.8	28.58	8.44
10.19	16.0	9.8	7.7	38.38	9.60	14.1	8.1	7.4	9.13	2.93	15.2	8.3	7.7	38.23	8.30
11.14	14.1	10.3	-	13.68	1.75	-	-	-	-	-	13.5	9.5	-	26.83	1.90
Avg.	19.6	9.2	7.9	24.81	6.71	19.7	6.6	7.6	13.70	4.26	18.9	8.5	7.8	31.21	6.21



新利根川 (1990)

Date	W.T (°C)	D.O (ppm)	pH	SS (ppm)	VSS (ppm)	Ca <sup>++</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	T-P (mg/l)	NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-3</sup> -N (mg/l)	K-N (mg/l)	COD (mg/l)
5.8	-	-	-	18.68	0.43	23.30	43.6	0.016	0.070	0.69	1.12	1.23	-
5.16	21.2	4.5	6.9	15.45	0.43	24.25	37.9	0.013	0.077	0.49	0.79	1.54	-
5.21	21.0	5.2	7.3	15.38	1.28	30.80	53.9	0.009	0.101	0.82	1.20	1.18	-
5.28	24.0	4.9	-	9.60	0.30	56.30	48.7	0.028	0.073	0.20	0.43	0.75	8.9
6.4	22.8	5.1	7.7	10.55	4.95	27.20	47.5	0.032	0.022	0.12	0.55	0.74	8.0
6.11	20.8	4.4	-	18.30	6.15	38.70	44.2	0.032	0.149	0.27	0.38	0.97	8.5
6.18	23.8	4.0	-	14.13	9.18	44.35	36.5	0.007	0.078	0.06	0.38	0.61	8.8
6.25	26.9	6.8	7.4	13.23	7.78	22.35	62.1	0.020	0.097	0.04	0.40	1.09	10.1
7.2	22.5	7.8	7.2	16.43	5.85	24.80	69.2	0.213	0.092	0.04	0.06	0.97	8.1
7.9	23.8	6.1	7.7	22.20	12.20	25.04	54.3	0.006	0.086	0.11	0.30	1.13	5.7
7.17	26.0	7.7	7.0	15.03	6.83	27.50	50.1	0.004	0.067	0.01	0.54	1.33	7.2
7.23	29.7	7.3	7.4	11.33	6.78	23.00	93.9	0.004	0.086	0.01	0.28	1.87	8.9
7.30	27.5	6.2	8.1	12.13	5.88	27.30	59.0	0.003	0.051	0.02	0.27	0.45	7.5
8.6	27.6	4.4	8.4	13.58	3.85	24.55	61.2	0.003	0.176	0.07	0.13	0.72	8.9
8.14	28.6	4.0	6.9	7.83	3.20	33.85	52.7	0.036	0.087	0.06	0.34	0.92	8.8
8.20	28.2	6.0	7.6	11.38	5.90	23.90	94.7	0.004	0.093	0.01	0.33	1.51	9.5
9.3	28.8	5.2	6.6	14.65	4.80	31.55	65.1	0.002	0.067	0.06	0.17	0.83	8.6
9.10	27.7	12.6	8.5	22.18	8.98	29.80	82.0	0.007	0.111	0.02	0.02	1.03	10.0
10.1	21.1	4.0	7.2	14.88	-	33.00	-	0.060	0.093	0.81	0.88	1.02	8.4
10.22	19.8	8.4	7.4	14.08	6.53	37.78	42.7	0.005	-	0.09	0.44	-	-
11.14	16.8	5.8	7.0	8.18	3.55	36.65	68.4	0.044	0.070	0.06	0.66	1.01	6.7
AVG.	24.4	6.0	7.4	14.25	5.24	31.05	58.4	0.026	0.087	0.19	0.46	1.00	8.4



牛久沼 (1990)

Date	W.T ( $^{\circ}$ C)	D.O (ppm)	pH	SS (ppm)	VSS (ppm)	Ca <sup>++</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	T-P (mg/l)	NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	NO <sub>2</sub> - <sup>s</sup> -N (mg/l)	K-N (mg/l)	COD (mg/l)
5. 8	-	-	-	17.75	0.18	24.75	50.9	0.012	0.039	0.08	1.82	0.92	-
5. 16	22.3	10.2	8.5	44.15	0.30	24.75	41.6	0.001	0.051	0.02	0.48	1.01	-
5. 21	20.8	9.8	8.5	26.73	2.08	25.75	25.4	0.001	0.063	0.24	1.53	1.00	-
5. 28	24.5	7.8	-	10.50	0.13	35.05	25.3	0.005	0.043	0.03	0.21	0.79	8.0
6. 4	23.2	11.2	9.0	27.18	10.40	36.37	28.2	0.003	0.043	0.03	0.41	0.83	7.6
6. 11	21.7	9.7	-	19.90	8.75	42.25	28.0	0.002	0.057	0.03	0.23	0.82	7.3
6. 18	23.5	8.5	-	18.00	10.00	53.00	24.8	0.008	0.020	0.02	0.12	0.94	7.5
6. 25	27.1	13.9	8.6	18.35	8.28	42.00	28.1	0.006	0.070	0.02	0.22	0.83	9.7
7. 2	21.9	9.2	8.0	16.40	7.03	42.17	28.3	0.016	0.102	0.01	0.07	0.89	7.5
7. 9	24.1	9.1	8.1	22.28	8.93	30.00	26.0	0.002	0.080	0.06	0.10	0.93	6.4
7. 17	27.2	10.8	9.0	25.28	12.40	26.90	32.7	0.002	0.066	0.02	0.19	1.01	9.4
7. 23	30.0	8.9	8.9	14.90	6.58	43.05	47.3	0.002	0.089	0.01	0.02	0.98	8.8
7. 30	29.0	8.4	8.8	27.40	11.63	31.35	30.8	0.002	0.148	0.01	0.01	1.04	8.8
8. 6	29.0	7.6	8.6	27.95	10.63	24.00	42.8	0.001	0.143	0.02	0.02	0.98	12.3
8. 14	29.8	10.4	8.6	32.83	20.45	29.15	26.2	0.001	0.113	0.03	0.07	0.79	13.6
8. 20	28.8	10.2	9.3	32.80	14.98	30.00	33.3	0.002	0.117	0.01	0.01	0.91	12.3
9. 3	28.0	9.0	8.8	41.28	12.90	29.00	35.9	0.001	0.063	0.01	0.01	0.60	11.7
9. 10	29.2	11.7	9.1	20.38	8.78	27.34	36.9	0.002	0.060	0.02	0.02	0.58	8.1
9. 11	23.1	10.8	9.2	21.98	-	45.45	-	0.005	0.094	0.01	0.03	0.90	9.8
10. 22	18.5	10.5	8.4	90.68	23.38	40.98	24.8	0.002	-	0.01	-	-	-
11. 14	18.8	11.8	8.0	65.43	-	41.52	26.1	0.006	0.154	0.11	0.29	1.38	12.0
Avg.	25.0	9.9	8.7	29.63	9.36	34.52	32.2	0.004	0.081	0.04	0.29	0.90	9.5

## 霞ヶ浦 (1990)

Date	W.T (°C)	D.O (ppm)	pH	SS (ppm)	VSS (ppm)	Ca <sup>++</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	T-P (mg/l)	NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	K-N (mg/l)	COD (mg/l)
5. 8	-	-	-	18.43	0.30	25.55	32.4	0.005	0.080	0.03	0.12	1.22	-
5. 16	-	-	-	17.80	-	23.80	34.4	0.001	0.063	0.02	0.10	1.06	-
5. 21	20.4	9.6	9.1	18.43	1.80	22.90	37.1	0.001	0.069	0.27	0.11	1.47	-
5. 28	23.2	10.0	8.9	15.73	1.43	26.47	37.7	0.002	0.066	0.03	0.11	0.93	9.6
6. 4	24.0	11.4	-	22.05	13.70	21.35	41.8	0.003	0.040	0.03	0.01	0.79	6.5
6. 11	-	-	-	37.30	16.80	20.55	42.3	0.003	0.048	0.04	0.06	1.00	10.4
6. 18	23.0	8.0	-	30.38	16.15	37.08	37.8	0.005	0.115	0.01	0.00	1.19	8.4
6. 25	22.0	19.5	9.6	20.35	14.98	21.95	54.1	0.003	0.067	0.03	0.04	0.99	12.1
7. 2	22.5	10.5	8.2	27.98	13.88	33.35	39.8	0.085	0.099	0.16	0.40	1.08	9.1
7. 9	23.8	10.0	8.3	27.95	16.33	23.90	43.2	0.010	0.104	0.01	0.00	1.18	12.5
7. 17	28.2	12.5	9.6	32.45	21.03	24.25	50.1	0.005	0.098	0.02	0.02	1.17	5.5
7. 23	31.0	12.2	9.5	15.83	11.50	29.40	27.4	0.002	0.120	0.02	0.09	1.02	12.5
7. 30	27.5	16.2	8.5	16.60	9.33	28.40	41.9	0.049	0.180	0.21	0.02	1.05	6.9
8. 6	28.8	7.9	7.9	26.30	12.28	31.80	50.8	0.002	0.199	0.01	0.01	1.12	13.7
8. 14	28.8	11.1	8.9	19.10	-	31.40	42.0	0.001	0.109	0.01	0.02	1.37	11.3
8. 20	30.2	15.2	9.6	23.43	15.40	33.07	50.3	0.002	0.130	0.01	0.01	0.93	11.3
8. 27	27.6	9.5	9.0	28.08	10.85	30.55	53.3	0.001	0.019	0.01	0.01	0.44	10.5
9. 3	25.8	10.6	8.6	20.68	11.03	38.60	52.6	0.003	0.046	0.01	0.01	0.62	8.8
9. 10	22.5	8.5	8.4	38.98	23.03	43.96	-	0.002	0.060	0.05	0.21	0.86	9.8
10. 22	18.5	9.1	8.4	90.68	13.55	37.16	42.0	0.003	-	0.02	0.09	-	8.8
11. 19	15.1	9.8	7.7	26.33	-	41.12	35.4	0.011	0.086	0.08	0.39	1.06	6.1
Avg.	24.9	10.4	8.8	27.37	12.41	29.84	42.3	0.009	0.090	0.05	0.09	1.03	9.9



1990年の新利根川の平均値は6.0 ppmで、牛久沼9.9 ppm、霞ヶ浦10.4 ppm と比べて低いレベルにある。

なお、その他の観測項目には特に変化は見られなかった。

#### 4. 生物検定試験について

各地点の試水におけるヌカエビの斃死率の変動を図2に示した。

各地点とも田植後の5月下旬頃から試水中のヌカエビの斃死が少し見られ、6月下旬頃から7月中旬頃まで斃死率は低下する。しかし、流域で農薬の空中散布の行われた直後に再びヌカエビの斃死率が高くなっている。特に霞ヶ浦、新利根川でその傾向が著しかった。

なお、各地点ともその後は低い斃死率で推移した。

#### 5. 食性について

消化管内容物について表4に示した。

貝の種類によって若干異なるが、detritus等の判別できないものを除けば、環境水中のプランクトンを摂取していることが確認された。

また、イケチョウガイはどの地点でも他の二枚貝類と比較して、消化管内容物が少なく、摂餌状態が良好でなかった。

## 考 察

二枚貝類の生育要因として、先ず重要と考えられるのは食物条件である。二枚貝類は水中に懸濁するプランクトンや有機物を摂取して生活しているといわれており、食物として利用できる懸濁物の量及びその質の良否が二枚貝類の生育に大きく関わるものと考えられる。

今回の結果から、藍藻類が繁殖して、VSS値の高い霞ヶ浦や北浦ではドブガイとイシガイは少し成長は認められるが、イケチョウガイは全く成長が認められなかった。しかし、新利根川では他の地点に比べてプランクトンの量が少なく、VSS値も低いにもかかわらず、ドブガイやイシガイに成長がみられ、1989年にはイケチョウガイにも成長がみられた。

一方、牛久沼ではプランクトンの量も比較的多く、VSS値も高い傾向にある。1989年にはイケチョウガイに成長が認められたものの、その翌年は全く生育しなかった。従って、二枚貝類の生育に重要なのは懸濁物の量ではなく、その質であると考えられる。

二枚貝類にとって食物として利用できる懸濁物の質についていえば、食性調査の結果では、二枚貝類は環境水中のプランクトンを摂餌していることから、現場のプランクトン組成が二枚貝類の食物としての適否が、その食物の質としての良否に関わるものと考えられる。

*Oscillatoria* 属や *Phormidium* 属等の藍藻類が多い霞ヶ浦と北浦では、イケチョウガイは全く



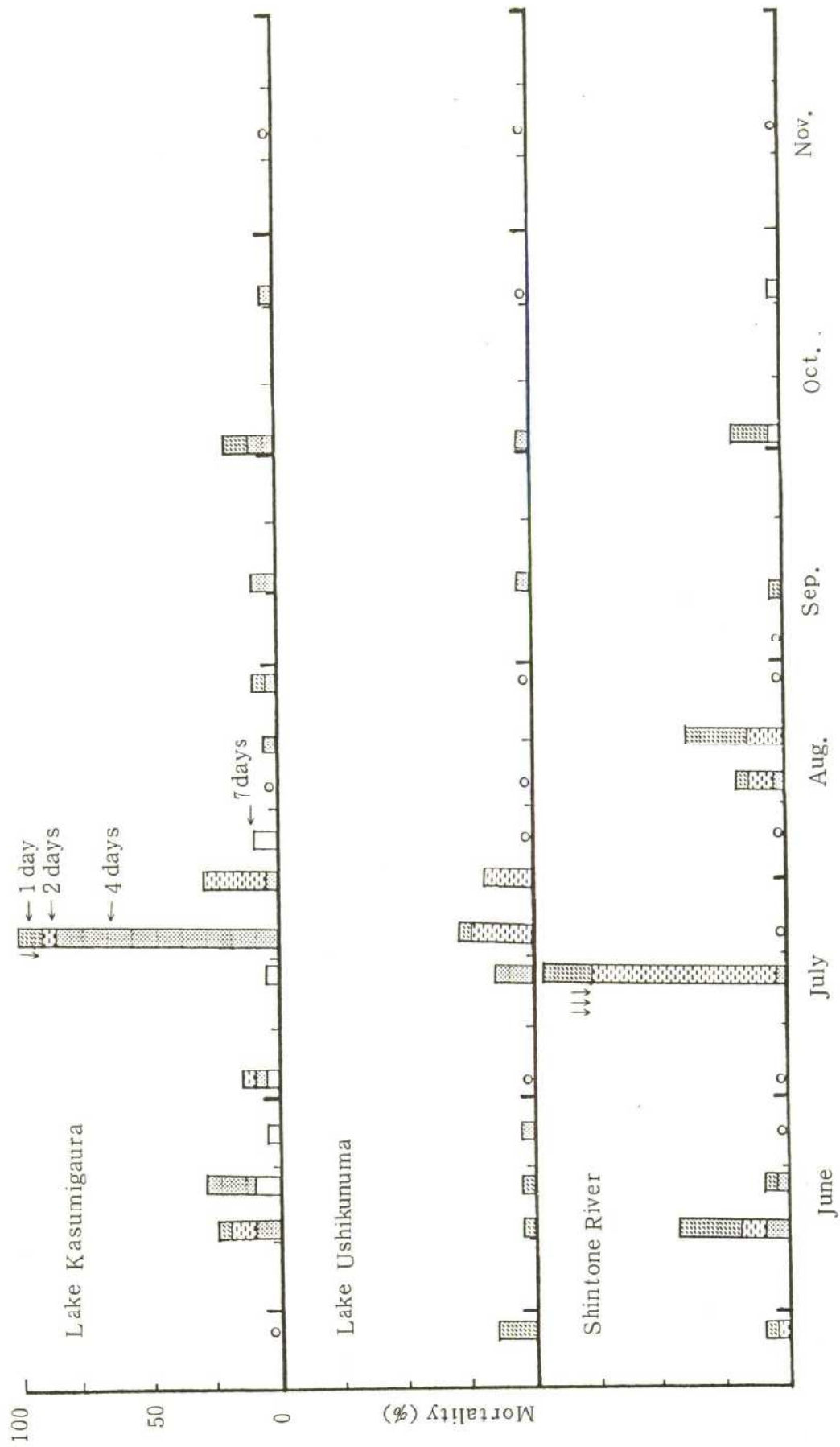


図2 ヌカエビによる生物検定試験結果 (↓: 農薬空中散布実施日)

表 4 淡水産二枚貝類の消化管内容物組成

Date	地点	項目	イケチヨウガイ (%)	ドブガイ (%)	イシガイ (%)	環境水 (%)		
1991.11.14	新利根川	Protozoa	71.4	Melosira	36.6	Melosira	66.7	
		Melosira	14.3	Euglena	16.7	Tetraedron	12.5	
		Phormidium	14.3	Phormidium	16.7		33.3	
		total	100.0	total	100.0	total	100.0	
1991.11.14	牛久沼	Melosira	52.6	Coscinodiscus	50.8		Coscinodiscus	65.9
		Coscinodiscus	21.1	Melosira	27.6		Synedra	9.1
		Rotifer	5.3	Euglena	11.6		Melosira	6.8
		Dictyosphaerium	5.3	Scenedesmus	2.9		Scenedesmus	4.5
		Ankistrodesmus	5.3	Synedra	2.9		Navicula	2.3
		unknown	10.5	Coelastrum	1.4		Coelastrum	2.3
				Pediastrum	1.4		Golenkinia	2.3
				Phormidium	1.4		Pediastrum	2.3
							unknown	2.3
		total	100.0	total	100.0	total	total	100.0
1991.11.19	霞ヶ浦	Oscillatoria	49.9	Coscinodiscus	68.2	Coscinodiscus	82.8	
		Synedra	16.7	Oscillatoria	15.7	Oscillatoria	6.1	
		Oocystis	11.1	Scenedesmus	5.5	Melosira	2.8	
		Coscinodiscus	9.3	Ankistrodesmus	4.5	Scenedesmus	2.6	
		Dictyosphaerium	5.6	Oocystis	2.8	Microcystis	1.0	
		Coelastrum	5.7	Microcystis	0.9	Oocystis	1.0	
		Scenedesmus	3.7	Melosira	0.8	Synedra	1.0	
				Synedra	0.8	Ankistrodesmus	0.7	
				Coelastrum	0.4	Pediastrum	0.5	
				Pediastrum	0.2	Staurastrum	0.5	
				Staurastrum	0.2	unknown	1.0	
		total	100.0	total	100.0	total	total	
								100.0



生育せず、ドブガイやインガイの成長量も少なかった。外岡・浜田（1990）は、利根川下流で *Oscillatoria* 属が優勢な水域において地味であったヤマトシジミが斃死したことを報告していることから、これら藍藻類は淡水産二枚貝の食物としての利用価値は低いものと考えられる。

朝比奈（1941）によれば、淡水産二枚貝のマシジミの食餌は藻類、原生動物等の小型のプランクトンを主とし、藻類沼における材料ではその腸中に常に珪藻類（*Melosira* 属、*Coscinodiscus* 属、*Biddulphia* 属、*Navicula* 属、*Thalassiothrix* 属等）、渦鞭毛藻類（*Gymnodium* 属）等が見出されたと報告していること及び1989年にイケチョウガイに成長が良かった牛久沼では珪藻類が多かったことから、珪藻類が淡水産二枚貝類に対して食物として有効であると判断した。しかし、1990年の牛久沼では珪藻類が他の水域に比べれば比較的多く存在したのにもかかわらず、イケチョウガイは全く成長しなかったほか、他の二枚貝類の成長もあまり良くなかった。さらに、1990年の牛久沼では養殖されているイケチョウガイの成長が前年までと比べて劣ったといわれている。

この両年の牛久沼のプランクトン組成を比較すると、最も大きな変化は *Phormidium* 属や *Oscillatoria* 属を主とする藍藻類の増加である。外岡・高木（1985）や茨城県公害技術センター（1988）は、1985年当時の牛久沼では夏期に若干の藍藻類も認められるが、年間を通しては珪藻類と緑藻類が多く認められ、優勢種の5位までが珪藻類によって占められており、特に *Cyclotella* 属は年間を通して最優勢種であったと報告している（表5）。

また、茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所（1965）が、牛久沼へのイケチョウガイの移殖の可能性を検討するための環境調査を実施した結果でも、珪藻類が優勢していることが報告されており、近年の牛久沼のプランクトン組成の動態をみると、*Phormidium* 属や *Oscillatoria* 属の増加がみられるように、霞ヶ浦や北浦と似たようなプランクトン組成に変わってきている。そのことによって、食物条件が悪化し、二枚貝類の成長に影響を与えているものと考えられる。

一方、霞ヶ浦で淡水真珠養殖が開始された1963～1964年当時に養殖場があった土浦入のプランクトン組成（茨城県内水面水産試験場1973）を1990年の霞ヶ浦と比較すると、特徴的なことは *Phormidium* 属や *Oscillatoria* 属の増加ならびに *Microcystis* 属の減少であるといえる。外岡・浜田（1990）が報告しているように、*Phormidium* 属や *Oscillatoria* 属は1978年頃から多く認められるようになり、*Microcystis* 属は1980年頃から減少傾向にある。淡水真珠養殖においてイケチョウガイの成長の停滞が認められるようになったのは、1983年頃からであるといわれている。*Microcystis* 属が出現している頃は、まだ成長が良かったということだが、長野県水産試験場（1986）によれば、*Microcystis* 属は淡水産二枚貝類に摂取されても、消化されることはないと報告されていることから、*Microcystis* 属が食物として有効に利用されるとは考えられない。

植木（1978）は、海産二枚貝のアコヤガイの有効餌料は珪藻類の *Chaetoceros* 属、*Thalassionema* 属、*Skeletonema* 属、*Bacteriastrium* 属等が主体であって、同じ珪藻類でも *Nitzschia*

表5 1985年4月～1986年3月における牛久沼のプランクトン組成 (individuals/mL)

Date	'85.4.30	5.27	6.24	7.29	8.26	9.30	10.28	11.25	12.23	1.27	2.24	3.24	
Class	Genera												
Blue-green algae	<i>Aphanocapsa</i>	0	0	0	0	85	74	45	37	0	0	89	
	<i>Aphanothece</i>	0	0	37	37	448	149	0	37	0	0	0	
	<i>Chroococcus</i>	0	0	0	0	280	74	45	0	0	0	0	
	<i>Dactylocopsis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	89	403	
	<i>Lyngbya</i>	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	<i>Merismopedia</i>	0	32	0	0	224	0	0	0	0	0	0	
	<i>Oscillatoria</i>	0	0	0	0	280	0	0	74	0	0	0	
	<i>Phormidium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	
	others	0	0	0	0	0	0	0	0	149	0	0	0
	total	0	192	37	37	1,232	1,023	297	90	297	0	89	537
Diatom	<i>Asterionella</i>	0	0	0	0	112	0	0	0	0	582	0	
	<i>Cyclotella</i>	0	512	1,493	560	1,792	1,680	8,646	3,210	2,389	11,737	8,691	
	<i>Epithemia</i>	0	0	112	597	0	0	0	0	0	0	0	
	<i>Melosira</i>	380	512	1,120	336	280	1,493	522	985	597	149	45	
	<i>Navicula</i>	0	64	149	0	0	128	112	89	186	149	1,030	
	<i>Nitzschia</i>	0	0	74	0	0	42	0	0	37	0	0	
	<i>Synedra</i>	60	256	37	37	0	0	0	0	149	224	3,986	
	others	260	0	37	112	0	0	0	89	74	0	0	135
	total	700	1,344	3,022	1,642	2,184	5,460	2,314	9,809	4,253	2,911	17,380	11,828



	Actinastrum	0	0	74	0	0	0	0	0	0	74	0	0	45	0
	Ankistrodesmus	0	32	0	0	0	0	0	0	0	37	0	0	45	0
	Chodatella	0	0	0	0	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0
	Closterium	0	32	0	0	56	0	0	0	45	0	0	0	0	0
	Coelastrum	0	0	0	0	224	0	37	0	0	0	0	0	0	0
	Dictyosphaerium	0	32	0	37	168	42	0	0	0	74	0	0	45	45
	Micractinium	0	0	37	0	224	0	0	0	45	0	0	0	0	0
Green	Golenkinia	0	0	37	0	0	0	0	0	0	186	74	179	493	45
	Oözystis	0	0	0	0	280	85	149	0	0	0	0	0	45	0
algae	Pediastrum	0	0	0	0	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0
	Scenedesmus	60	192	410	74	0	597	261	527	112	74	0	0	0	89
	Schroederia	0	64	74	0	56	42	37	0	0	0	0	0	0	0
	Selenastrum	0	0	0	0	0	0	37	134	0	0	0	0	0	0
	Staurastrum	0	0	112	37	1.2	42	112	45	0	0	0	0	0	0
	Tetraedron	60	64	0	0	0	42	112	89	0	0	0	0	0	0
	others	0	0	74	74	0	42	37	0	0	0	0	0	0	0
	total	120	416	818	222	1,120	934	819	985	483	148	359	672		
	Protozoa total	360	400	782	224	308	160	126	3,645	1,232	406	406	700		
	Total	1,180	2,352	4,659	2,125	4,844	7,577	3,556	10,884	6,265	3,465	18,234	6,907		

属や *Coscinodiscus* 属等は消化されることが少なく、食物として不適な種類であり、これらの種が優占する組成が出現することは、アコヤガイにとって食物条件の悪化を意味し、特に貝がエネルギーを多く消費する夏期の高水温期に、こうした食物条件が出現することは、貝の衰弱あるいは斃死の大きな原因になると報告していることから、現在淡水産二枚貝類の成長が認められない水域では、この食物条件の不適あるいは悪化という現象が起り、成長の停滞等が起っているものと考えられる。

今回の結果からは、淡水産二枚貝類の成育に有効な食物を特定することはできなかった。また、植物プランクトン量の少ない新利根川でイシガイやドブガイに成長が認められてもイケチョウガイに成長が認められないことから、これら淡水産二枚貝類は種により利用できる食物が異なったり、原生動物の中にも食物となるものがあると考えられる。今後淡水産二枚貝類に食物とした有効なプランクトンについてさらに検討を進める必要がある。*Oscillatoria* 属や *Phormidium* 属等の藍藻類が、食物として不相当であることについては前述したが、更に *Phormidium* 属や *Oscillatoria* 属の中には生体毒を生産し、魚貝類に対して急性毒性を示すものがあることが報告されている（渡辺 1989）。しかし、これらの藻類を長期間摂取することによる慢性毒性の影響については明らかでないので、この点についても検討することが必要である。

次に食物条件以外の環境要因について考えると、貝殻の形成に  $Ca^{++}$  は必要であり、箕田ら（1963）によって、環境水中の  $Ca^{++}$  濃度とイケチョウガイの成長には正の相関があることが報告されている。琵琶湖でイケチョウガイが良好な成長を示した水域での  $Ca^{++}$  濃度は、7.89～14.79 ppm（平均 11.06 ppm）であったのに対して、各水域の  $Ca^{++}$  濃度は、霞ヶ浦で 20.55～43.96 ppm（平均 29.84 ppm）、新利根川で 22.35～56.30 ppm（平均 31.05 ppm）、牛久沼で 24.00～53.00 ppm（平均 34.52 ppm）であり、琵琶湖と比較すると高い値を示していることから、 $Ca^{++}$  濃度だけが成長を停滞させる限定要因とは考えにくい。

その他の測定項目では、特に変わったことはなかったが、溶存酸素量が新利根川で低い傾向にある。しかし、同レベルの溶存酸素量であっても場所や貝の種類によって生残率に変動があるため、一概にはいえないものの、新利根川は決して良好な酸素条件ではないと考えられる。

また、ヌカエビを使った生物検定試験で環境水中の毒性物質の評価を行ったところ、田植後に除草剤や殺虫剤の使用を開始する5月下旬頃からヌカエビの斃死が少し見られた。特に農薬の空中散布の後にヌカエビの斃死率の増大がみられたが、その他の時期は目立ったヌカエビの斃死は認められなかった。ヌカエビが斃死する農薬の空散後に二枚貝類の斃死率が特に上昇することもないことから、環境水中の農薬濃度が二枚貝類の致死量まで至らなかったと考えられる。しかし、田植後の農薬の使用後や農薬の空散後にヌカエビが斃死することは事実であり、二枚貝類に対する急性毒性の影響は少ないとしても、例え低濃度であれ農薬の含まれる環境水で生活することは慢性毒性による影響を受けていないとは言い切れない。竹田（1979）によれば、有機塩素系化合物の中には魚



類の成長を阻害するような慢性的毒作用を示すものが認められることから、この点についても検討する必要がある。

以上淡水産二枚貝類の成育要因について検討してきたが、現在の霞ヶ浦、北浦、新利根川、牛久沼等の環境は決して淡水産二枚貝類にとって良好な状態ではなくなってきたといえる。しかし、重要なのは、なぜそのような状態になったのか、そして今後それが回復するかどうかという点である。それには、湖沼河川周辺地域の人間活動に伴う社会環境の変化によって起こる水圏への影響についても検討を加えることが必要であろう。何れにしても淡水産二枚貝類が成育するということが、良好な水質環境を示すものであり、環境保全の指標となるものと考えられる。

## 要 約

淡水産二枚貝類の正常な成育に必要な条件を知るために、これら二枚貝類のうちイシガイ、ドブガイ、イケチョウガイを霞ヶ浦、北浦、新利根川、牛久沼等で垂下飼育試験を行うとともに、食物条件、水質条件及び農薬等の毒性物質の影響について検討を行った。

- (1) イケチョウガイは、1989年の新利根川及び牛久沼（西谷田川を除く）で成長が認められた。しかし、1990年の同水域及び霞ヶ浦と北浦での成長は認められなかった。
- (2) ドブガイ及びイシガイは、新利根川で良好な成長を示した。その他の水域での成長はごく僅かであった。
- (3) *Oscillatoria* 属や *Phormidium* 属等の藍藻類が優占している霞ヶ浦や北浦では、イケチョウガイの成長が認められず、他の二枚貝の成長も劣ることから、これら藻類の淡水産二枚貝類に対する食物としての利用価値は低いものと考えられる。
- (4) イケチョウガイの成長が認められた1989年の牛久沼では、珪藻類が優占していた。しかし、*Phormidium* 属が優占した1990年には霞ヶ浦等と同様にイケチョウガイの成長は認められなかった。
- (5) 食性調査の結果から、二枚貝類は環境水中のプランクトンを摂取していることが確認された。また、イケチョウガイはどの地点でも他の二枚貝類と比較して、消化管内容物が少なく、摂餌状態が良好でなかった。
- (6) 水中に懸濁する有機物の量を示すVSSは二枚貝類の成長に関係が認められず、二枚貝類の成育に重要なのは懸濁物の量ではなく、その質であると考えられる。
- (7) 淡水産二枚貝類の成長が認められない水域では、食物として不適なプランクトン組成に変化し、成長の停滞等が起っているものと考えられる。
- (8) 琵琶湖でイケチョウガイが良好な成長を示した水域でのCa<sup>++</sup>濃度は、平均11.06ppmであったのに対して、各水域のCa<sup>++</sup>濃度は、霞ヶ浦で平均29.84ppm、新利根川で平均31.05ppm、

牛久沼で平均34.52 ppmであり、琵琶湖と比較すると高い値を示していることから、Ca<sup>++</sup>濃度が成長を停滞させる限定要因とは考えにくい。

- (9) 新利根川でDOが低い値を示した以外、各水域とも水質に変化は認められなかった。
- (10) 環境水中の農薬等の影響を調べるために、ヌカエビを生物検定試験を行ったところ、農薬の空中散布の行われた直後にヌカエビの斃死率が高くなった。特に霞ヶ浦、新利根川でその傾向が著しかった。しかし、ヌカエビが斃死している時期に二枚貝類の斃死が増加することは認められなかった。

## 文 献

- 加瀬林茂大 1965, 霞ヶ浦におけるイケチョウガイの繁殖について, pp. 1-9, 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所調査研究報告第7号。
- Hatakeyama, S. Shiraishi, H and Sugaya, Y 1991, Monitoring of the overall pesticide toxicity of river water to aquatic organisms using a freshwater shrimp *Paratya copressa improvisa*, pp. 229-235, Chemosphere Vol. 22, Nos. 1-2。
- 外岡健夫・浜田篤信 1990, 1988年に霞ヶ浦北浦で発生した酸素欠乏について, pp. 48-59, 茨城県内水面水産試験場研究報告第26号。
- 朝比奈英三 1941, 北海道におけるシジミの生態学的研究 pp. 143-152, 日水試 Vol. 10, No. 3。
- 外岡健夫・高木英夫 1985, 牛久沼の水質について, pp. 75-79, 茨城県内水面水産試験場研究報告第22号。
- 茨城県公害技術センター 1988, 植物プランクトン, pp. 90-99, 牛久沼水質保全対策調査中間報告。
- 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所 1965, Plankton, 牛久沼へのイケチョウガイの移殖に伴う環境調査報告書(概報)。
- 長野県水産試験場諏訪支場 1986, 大型二枚貝類による栄養塩類回収技術開発試験, 内水面における漁場環境の総合保全技術の開発(B), pp. 8, 昭和60年度赤潮対策技術開発試験報告書。
- 茨城県内水面水産試験場 1973, 霞ヶ浦北浦湖沼観測報告(昭和38-46年)。
- 植木東彦 1978, 英虞湾漁場環境の変化に関する実態解析, pp. 28-36, 農林漁業における環境保全技術に関する総合研究, 国立真珠研究所資料5。
- 渡辺 信 1989, 藻類の毒性, アオコの毒性に関する研究と課題, pp. 2-8, 水質汚濁研究, Vol. 12, No. 12。



- 箕田冠一・村長義雄 1963, 淡水真珠養殖漁場に関する基礎調査－Ⅲ 漁場中のCa分と真珠の巻き, pp. 27－56, 滋賀県水産試験場事業報告第16号。
- 竹田達右 1979, 水生生物に対する農薬の慢性的影響, pp. 149－157, 水生生物と農薬理論応用編, サイエンティスト社, 東京。