

# 霞ヶ浦・北浦におけるプランクトンの動態 I.

## 動物プランクトン相の季節変動 (1991-1993)

松原尚人

### 1. はじめに

水産生物資源の生産過程は、動植物プランクトン等、他の生物の動態と密接な関係があるものと考えられるが、霞ヶ浦、北浦において、資源変動と他の生物の動態との関係に言及している報告は少ない。

資源の生産を支える生物として、動植物プランクトン、ベントス等、幾つかのグループが上げられるが、そのうち動物プランクトンは、餌料生物や仔魚の捕食者としての意味から重要な位置を占めるものと考えられる。

霞ヶ浦の水産資源は、殆どのものが1年周期の生活史を持つことから、本報告ではまず近年の動物プランクトンの季節変動の特徴について明らかにすることを目的として調査を行った。

### 2. 方法

調査は、1991年4月から1993年12月について、図1に示した地点で行った。このうち、三叉定点は霞ヶ浦の湖心となっている。

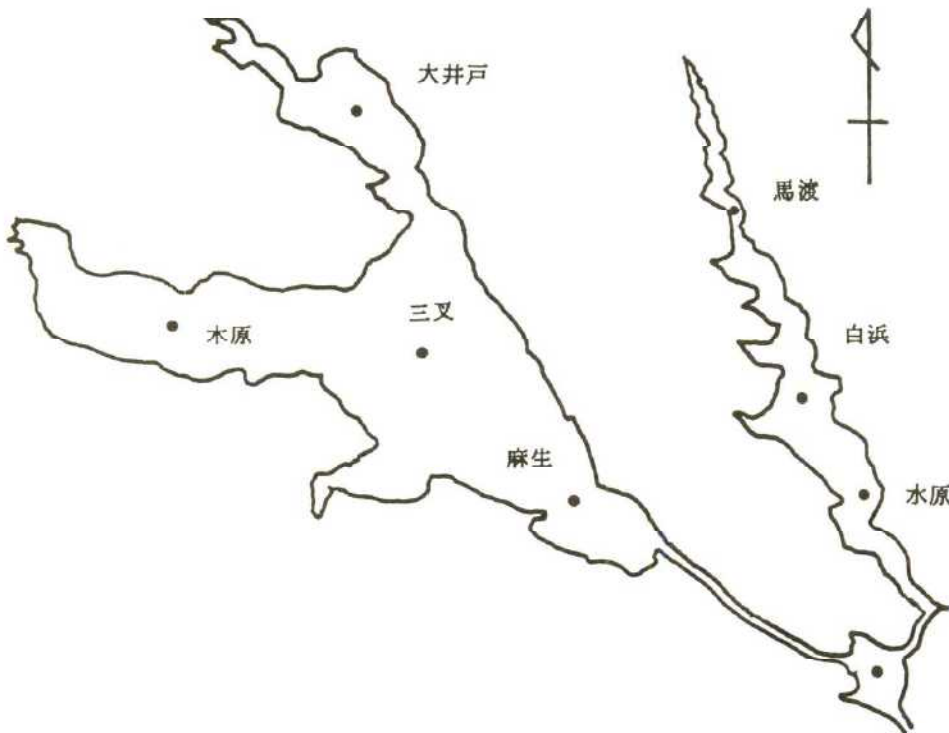


図1 観測定点

採集頻度はほぼ月一回、6月から9月のみ月二回としたが、天候等の理由で若干前後した。

動物プランクトンの採集は、北原式定量ネット（NXX13、口径21.5cm）を湖底より1mの地点から垂直曳きして行い、得られた資料はホルマリン固定した後、一部を動物プランクトンの固定、及び計数に供した。この方法ではイサザアミも採集されるが、個体密度が低いことから定量性に問題があると思われるため、検討の対象外とした。

また、同時に、表面下約50cm層の湖水を水中ポンプにて採水し、Chlorophyll a 濃度を90%アセント抽出によるUNESCO/SCORE法により測定した。

動物プランクトン個体数の重量への換算については、倉沢ら（1971）により測定された種毎の個体重を用いた。

なお、今回の結果のうち、1991年、1992年の動物プランクトン個体数、及びChlorophyll a 濃度については、既に、当試験場調査研究報告書に資料として報告したものである（松原、1992；松原、1993）。

### 3. 結 果

#### 3-1. 各種動物プランクトン出現量の変動

霞ヶ浦における主要出現種（属）の1ℓあたりの個体数の変動を図2に示す。

三又定点では、どの年も7月から10月にかけて、枝角類の*Diaphanosoma* sp.が大量に出現した。ほぼ時期を同じくしてCalanoid Copepodaの出現もみられた。この二つが夏期に出現するという傾向は、どの定点でも同様であった。

その他の枝角類については、*Bosmina* spp.が*Diaphanosoma* sp.のピークに若干遅れて大量に出現したが、92年では1カ月ほどの遅れであったのに対し、他の2年では2、3カ月遅れとなっていた。また、92年では91年秋のピークに繋がる形で5月にも120indiv./ℓにおよぶ個体数の極大値がみられた。

*Daphnia* sp.はどの年も冬季に若干量の出現がみられ、1993年が最も多くなっていたが、1992年では*Bosmina* spp.の極大に若干遅れた6月にも、約30indiv./ℓのピークがみられた。枝角類については、この他に*Ceriodaphnia*属や*Alona*属の出現がみられた。

橈脚類について、Cyclopoid Copepodaはほぼ期間を通して10から30indiv./ℓ程度みられ、nauplius幼生についてもほぼ周年みられたが、特に1993年では初春から初夏にかけての両者の増大、1991年と1993年では夏期のCalanoid Copepodaによるピークと同調したかたちのnaupliusの増大がはっきりとした形でみられた。

ワムシ類については、*Asplanchna* sp.、*Brachionus calyciflorus*、*B. angraris*、*B. sp.*、*Conochirus* sp.、*Keratella cochlearis*、*K. quadrata*、*Tricoserca* spp.、*poliarthra* sp.、*Filinia* sp.、*Synchaeta* sp.等が出現したが、主なものは*Brachionus calyciflorus*であった。各年共、8月ころに170から400indiv./ℓのピークを形成した。1992年では、このほか4月に50indiv./ℓ程のピークがみられた。

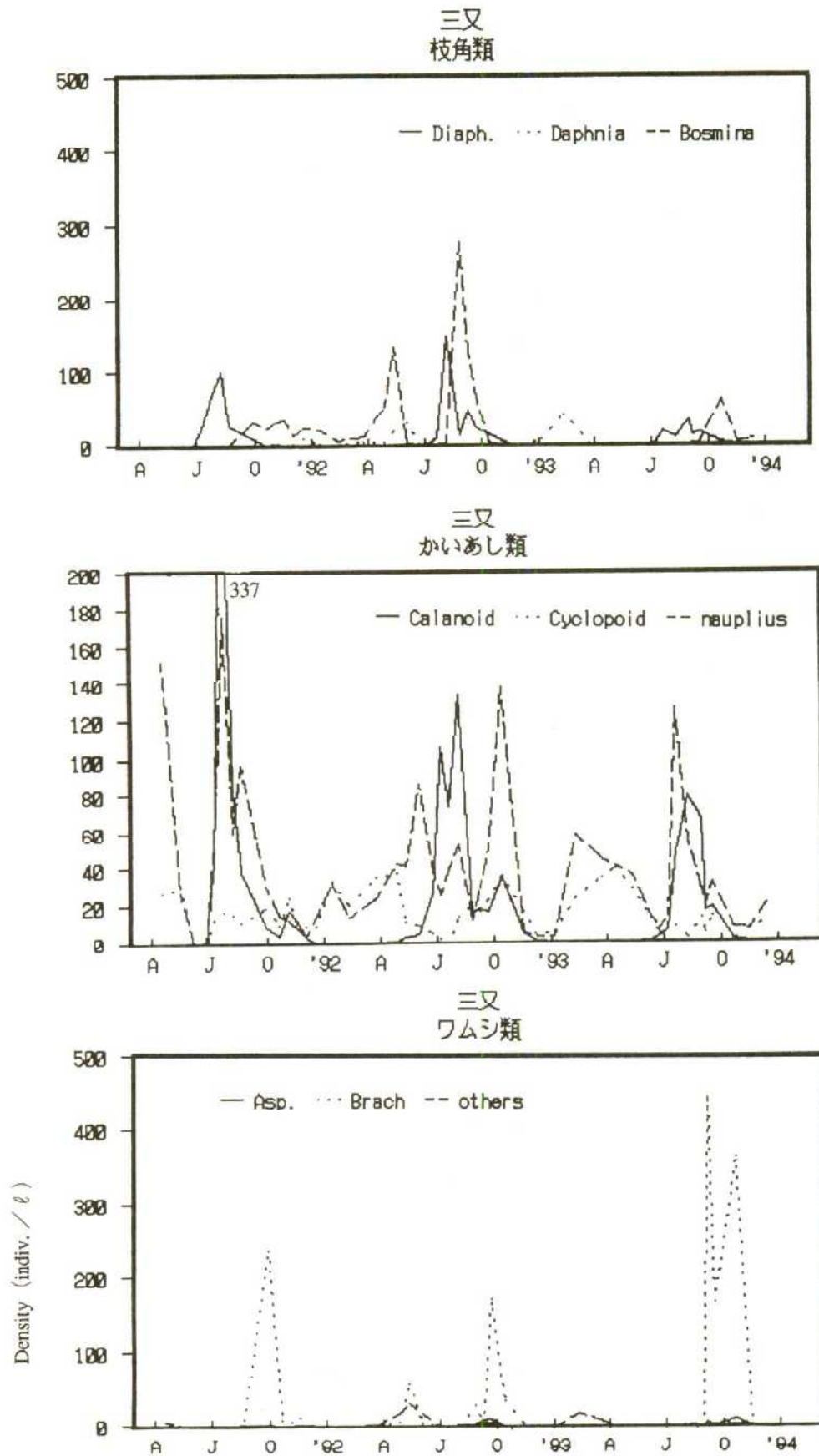
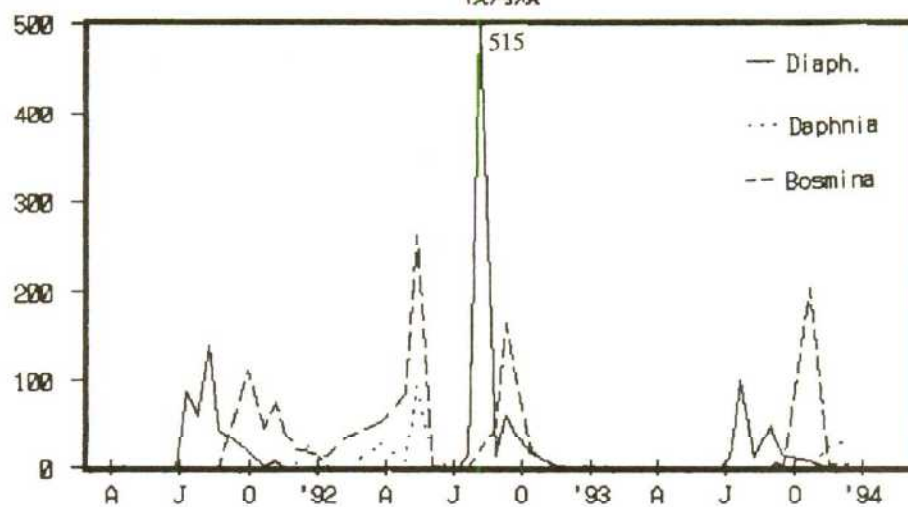
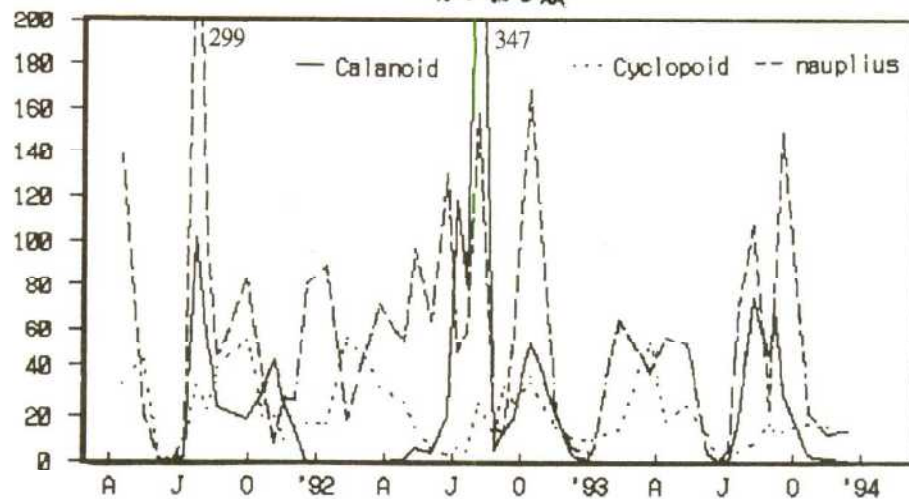


図2 霞ヶ浦各定点における主な動物プランクトンの単位体積あたりの個体数の変化

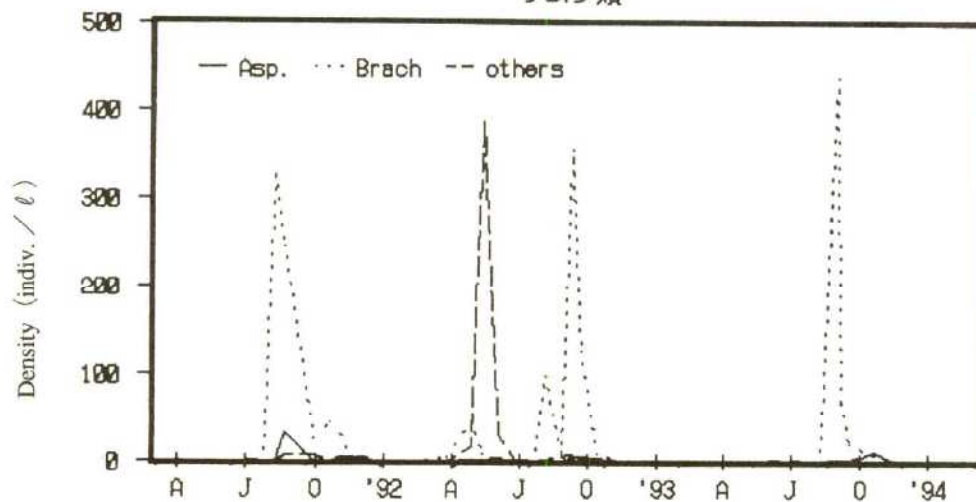
木原  
枝角類



木原  
かいあし類

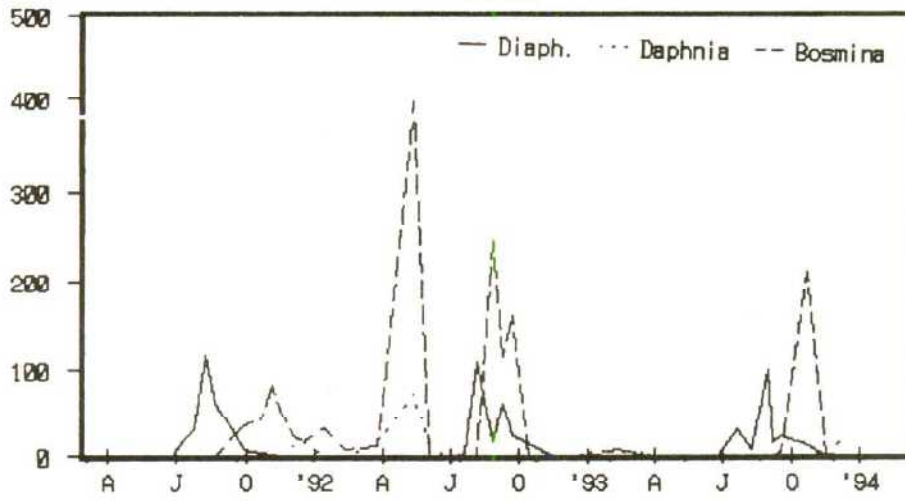


木原  
ワムシ類

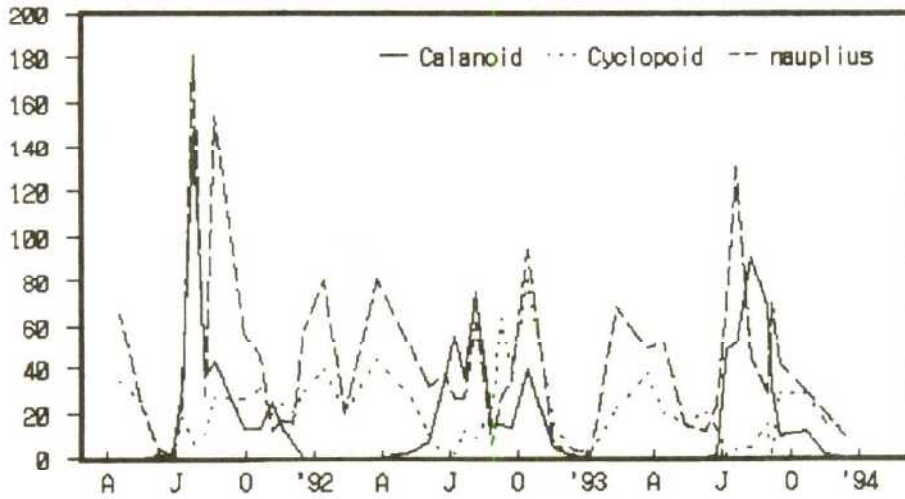




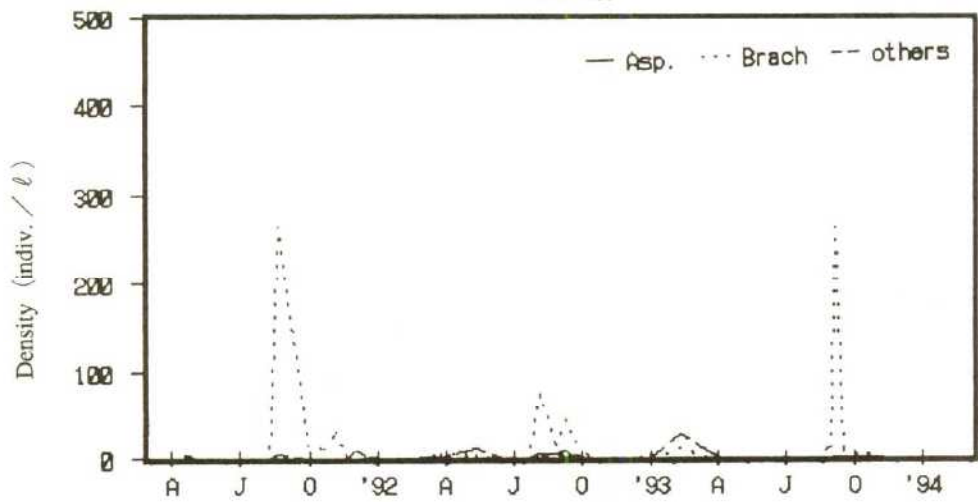
麻生  
枝角類



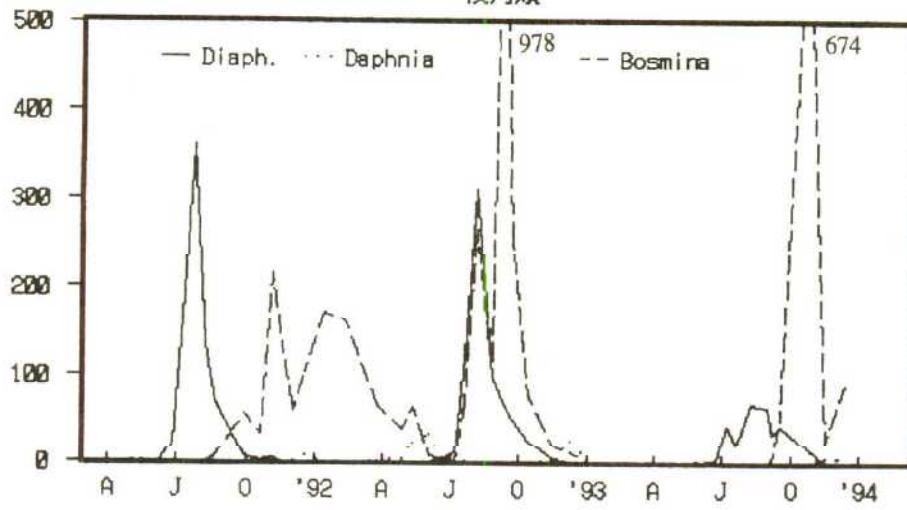
麻生  
かいめし類



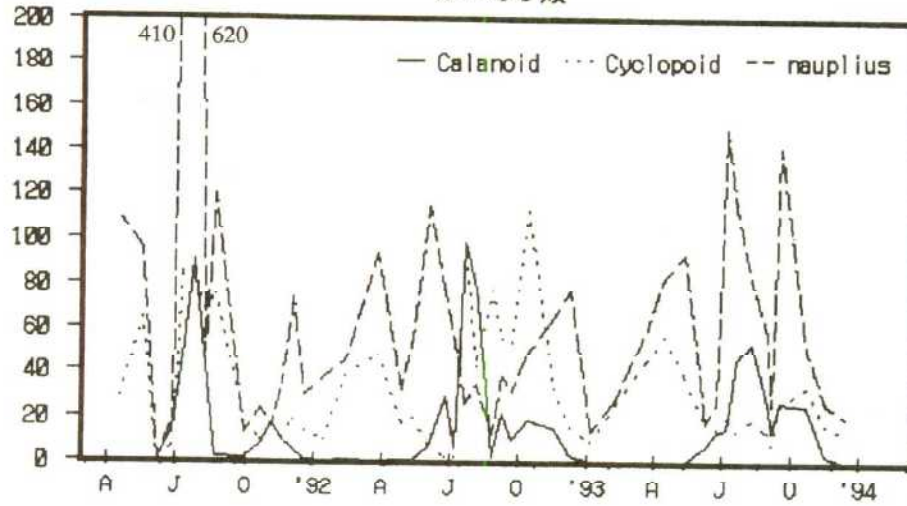
麻生  
ワムシ類



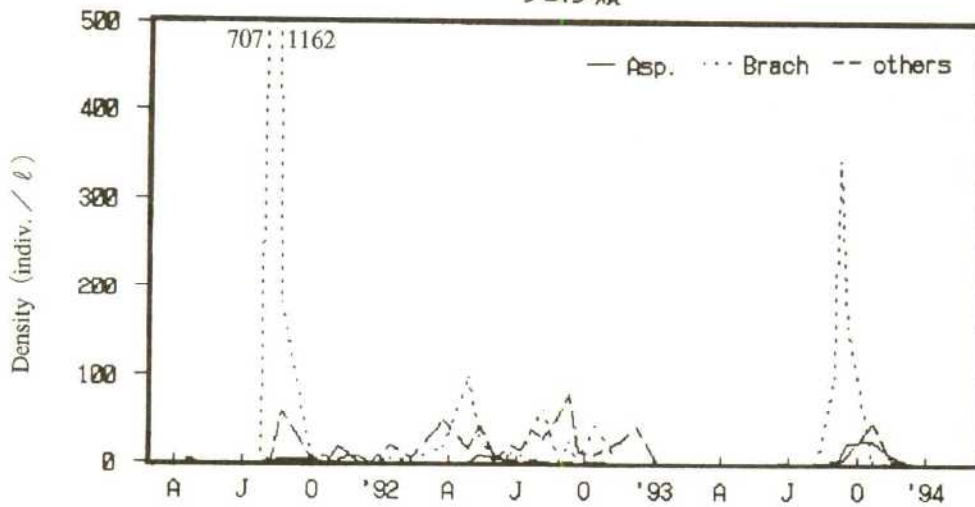
大井戸  
枝角類



大井戸  
かいあし類



大井戸  
ワムシ類



木原定点、麻生定点では、枝角類の出現傾向は三又定点とほぼ同様であったが、全体的に個体数が多くなっており、92年5月にみられた*Bosmina* spp.のピークは木原で260indiv./ℓ、麻生で約400indiv./ℓとなっていた。1993年12月の*Daphnia* spp.については、木原定点が最も多く、30indiv./ℓに達していた。橈脚類についても三又定点とほぼ同様の傾向がみられたが、92年早春のnauplius量は三又定点のほぼ倍となっていた。

ワムシ類についても、出現傾向は両地点とも三又定点と同様であったが、出現量では、麻生定点にくらべて三又、木原定点で高くなっているように見受けられた。このほか、他定点でも若干みられた92年5月の*Conochirus* sp.が、木原定点では、400indiv./ℓ近いピークを形成していた。

大井戸定点は高浜入り内の定点となるが、ここでは他定点と若干異なる傾向がみられた。枝角類は他地点よりも個体数が多かった。出現時期については他地点と同様であるが、*Bosmina* spp.の91年9月から92年5月にかけての出現は完全に連続したものであり、極大値は91年11月と92年1月にみられた。また、93年夏季のCalanoid Copepoda個体数の増大が他地点よりも早かった。橈脚類は他地点でもみられた91年7月のnaupliusによるピークが、ここでは600indiv./ℓまで達していた。

ワムシ類については、他地点よりも若干多めであり、特に91年8月の*Brachionus* spp.の出現量は1500indiv./ℓを越えた。92年は、大きなピークは見いだされなかったが、ほぼ年間を通して、数種類が出現していた。また、93年9月の*Brachionus* spp.によるピークの後に*Asplanchna* spp.の出現がみられた。

北浦における主要出現種（属）の1ℓあたりの個体数の変動を図3に示す。

ここでは、各地点共動物プランクトン出現数が霞ヶ浦と比較して大幅に少なくなっていたが、種類組成はほぼ同様であった。

*Diaphanosoma* sp.と*Bosmina* spp.の出現傾向は、霞ヶ浦の三又定点等とほぼ同様であったが、93年では、*Diaphanosoma* sp.のピークが1カ月ほど遅れたと共に、*Bosmina* spp.は殆どみられなかった。*Daphnia* sp.は92年春の*Bosmina* spp.の小さなピークの後に、10~30indiv./ℓほどのピークを形成した。

橈脚類については93年のCalanoid Copepodaのピークが*Diaphanosoma* sp.と同様に遅れていた。また、馬渡定点では、Cyclopoid Copepodaとnaupliusの極大は、Calanoid Copepodaの増殖期と4月前後の二つに、他の地点と比較してはっきりと分かれていた。

ワムシ類も霞ヶ浦より量的には少なかったが、各年、10月ころより、個体数が多くなっていた。主な出現種は霞ヶ浦と同様に、*Asplanchna* spp.と*Brachionus* spp.であった。水原、白浜定点では、91年、92年に比較して、93年の出現数が少ないのに対し、馬渡では、この3年間で、93年が一番出現数の最大値が大きくなっていた。

ワムシ類に関しては、霞ヶ浦、北浦共、*Brachionus* spp.は単独でのピークの形成がみられたのに対し、*Asplanchna* spp.は*Brachionus* spp.とほぼ同時期か、若干遅れた形で個体数の増大がみられるという特徴があった。

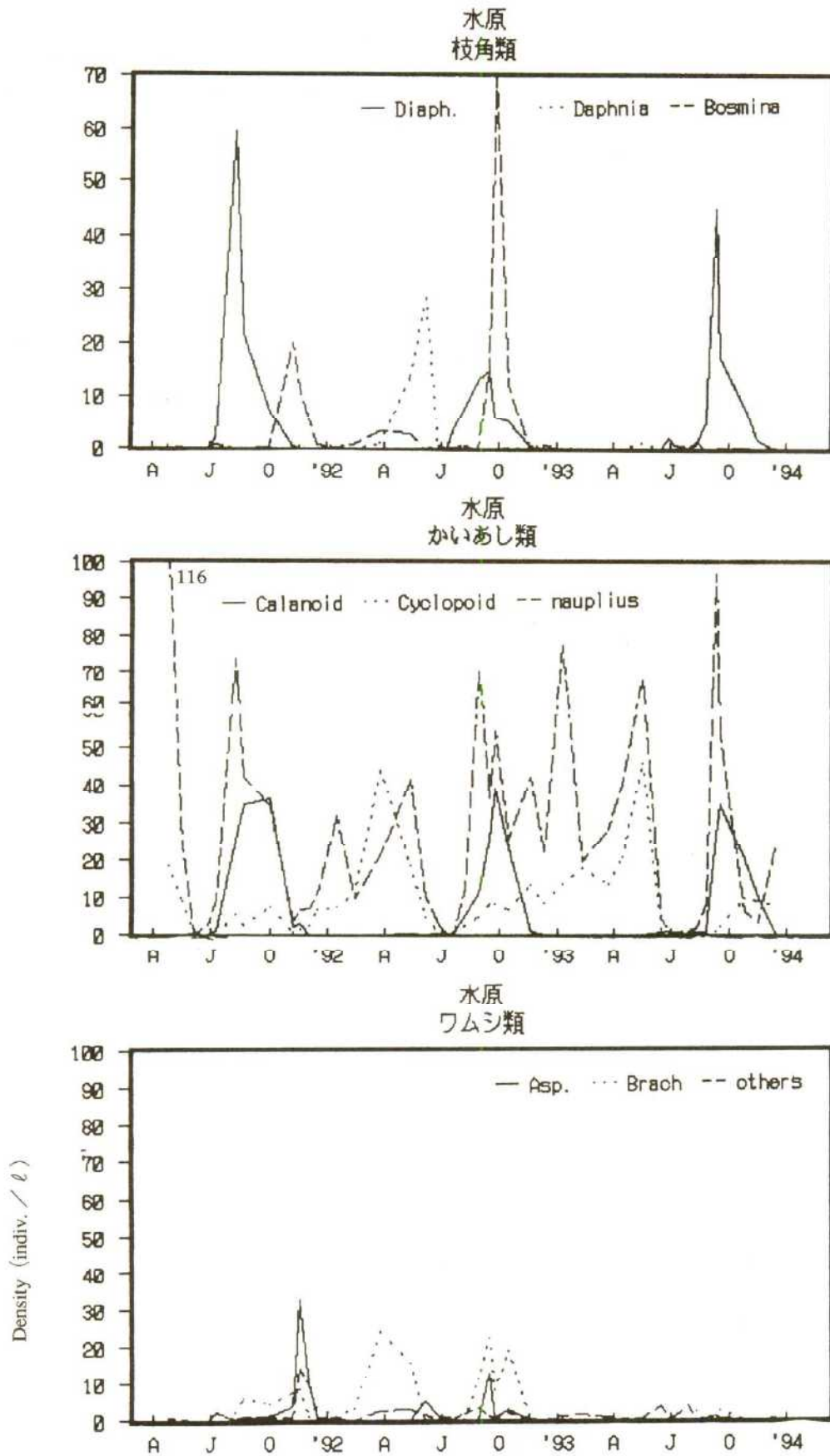
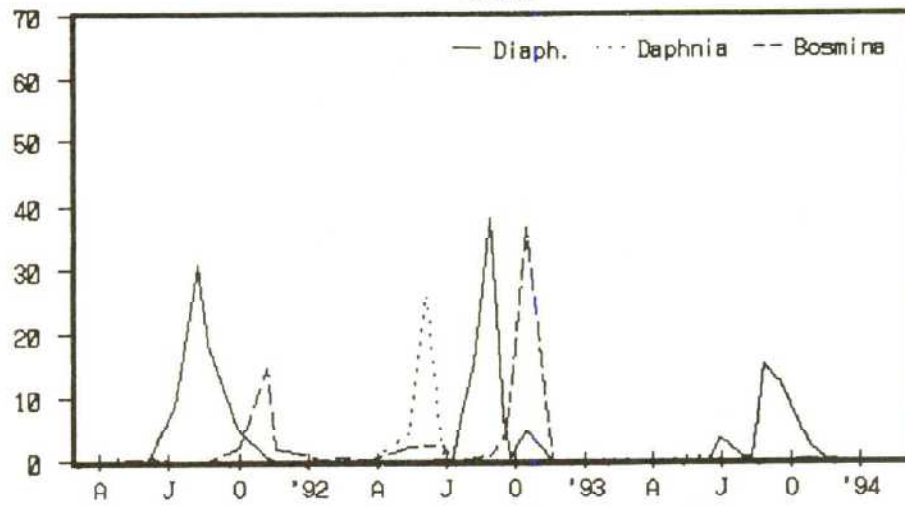


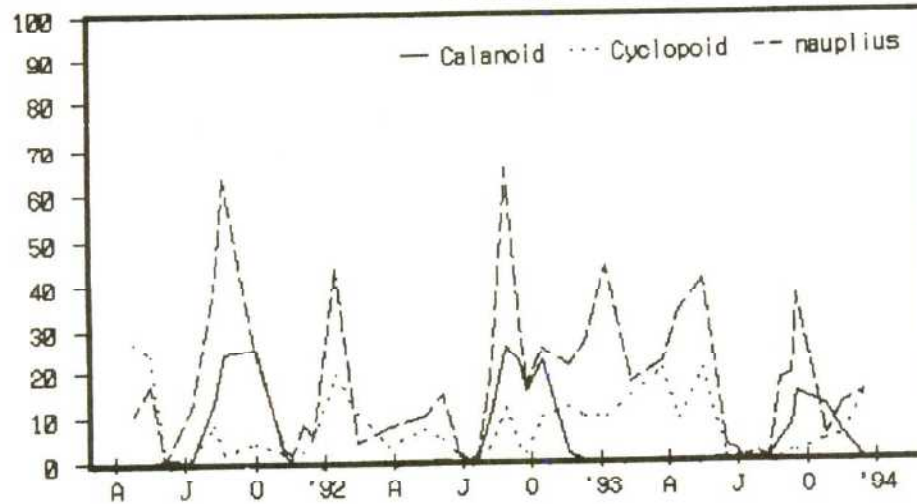
図3 北浦各定点における主な動物プランクトンの単位体積あたりの個体数の変化



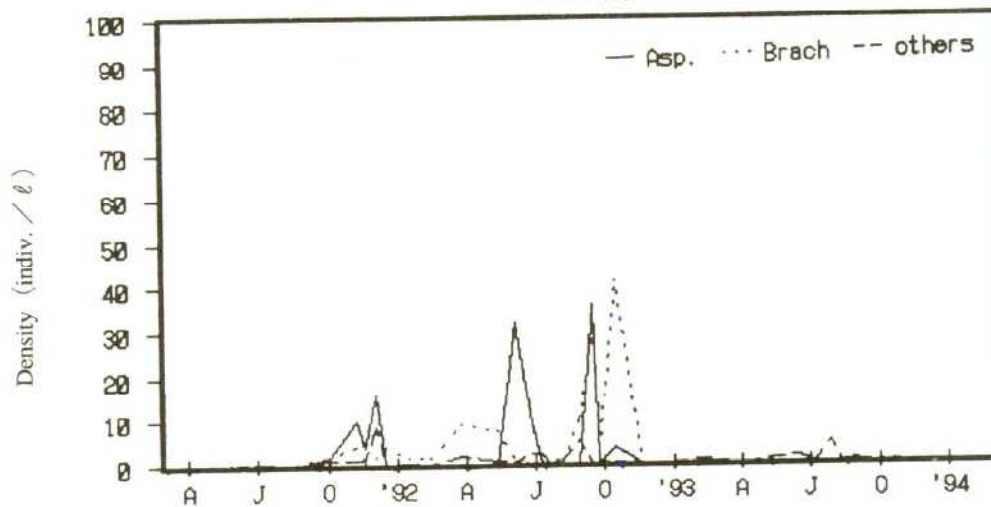
白浜  
枝角類



白浜  
かいあし類

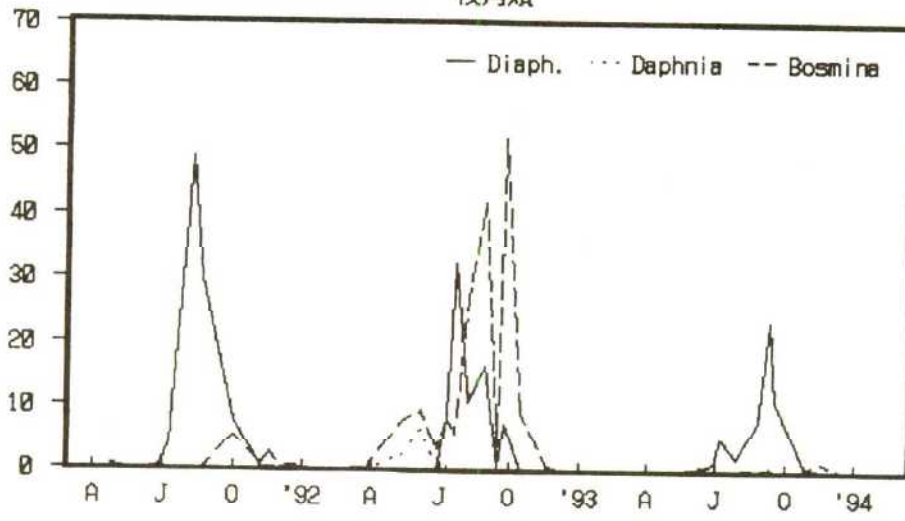


白浜  
ワムシ類

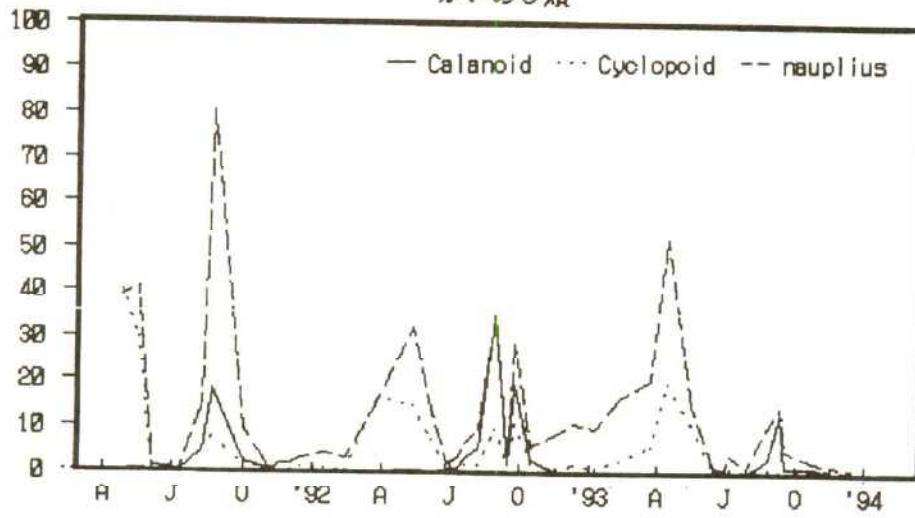


Density (indiv. / ℓ)

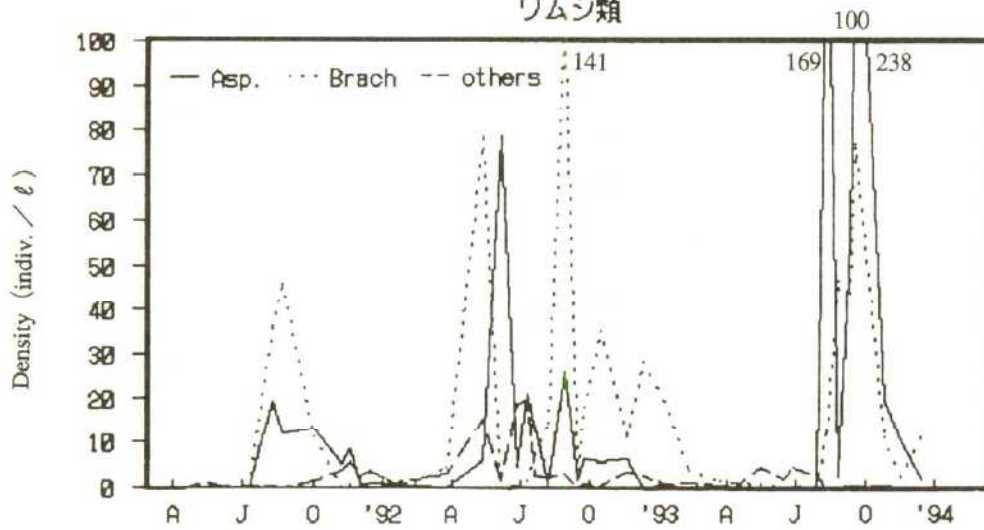
馬渡  
枝角類



馬渡  
かいあし類



馬渡  
ワムシ類



### 3-2. 動物プランクトンの現存量の推移

図4と図5は各地点の動物プランクトンの現存量の変動を示したものである。ただし、ここでは個体数の少ない大型の枝角類、*Leptodora Kindtii*は除いてある。

霞ヶ浦各定点における現存量の推移はほぼ二山型とみられるものであり、一つは7月から8月にかけて急激に上昇する*Diaphanosoma* sp.とCalanoid Copepodaによるものであった。これについては7、8月のピークの後、一旦低下して9月、10月に再び上昇する二山型とみられる場合もあったが、9月、10月のピークの後には各年とも冬に向かって徐々に低下していった。ただし、大井戸定点の1991年では、極小値をとるのは晩秋となり、冬期にも増大がみられた。春頃形成されるもう一つのピークは、1991年と1993年はCyclopoid Copepodaとnaupliusで、92年では*Bosmina* spp.と*Daphnia* spp.が加わっていた。

北浦については、二山ないし三山型のピークがさらにはっきりと出ていたが、平均的な現存量は霞ヶ浦とくらべると遥かに低いものであった。

両者共通の特徴としては各年7月ころに極端な現存量の低下がみられることであり、その程度は、1991年と1993年で大きかった。

現存量としてのワムシ類の占める割合はどの定点でも低かったが、1993年の馬渡のみ、5割を越える値をとることがあった。

### 3-3. Chlorophyll a 濃度

各定点におけるChlorophyll a濃度の推移を図6に示す。

Chlorophyll a濃度は調査期間中、かなり異なる季節変動パターンを示した。霞ヶ浦について、1991年では春と夏に大きな山がみられ、冬期にあたる年末は低くなっていた。1992年では6月頃一度低下するものの、その後は冬に向かって上昇を続け、12月頃になってもそれほどほどの低下はみられず、1991年の同時期の2倍から数倍の値を維持し、翌年1月でも $60\mu\text{g/l}$ 以上であり、2月の麻生、三又定点では $100\mu\text{g/l}$ を越えていた。1993年は、その後も比較的高いレベルを維持し、大井戸以外の定点で大きな変動はみられなかった。ただし、前2年でもみられた、6月ころの濃度の低下はほとんどの地点で明瞭であった。大井戸定点は春期に最大のピークを迎え、その後漸次減少していった。

北浦においては、特に、1991年の水原、白浜定点での夏季の濃度が霞ヶ浦とくらべて低く、 $50\mu\text{g/l}$ に満たなかった。この2定点の1992年から1993年にかけての推移には霞ヶ浦と似通った傾向がみられ、冬季にも比較的高い値を示していた。馬渡定点では各年、夏期に高く冬期に低くなるという傾向がみられたが、水原、白浜2定点でみられた6月ころの濃度の低下が1991年では7月に起こっていた。他の2年ではその時期の低下は不明瞭であった。また、この馬渡定点は、1991年、1992年では10月ころに急激な低下がみられたのに対し、1993年ではそれほど急激な低下はみられなかった。

枝角類  
 かいアシ類  
 ワムシ類

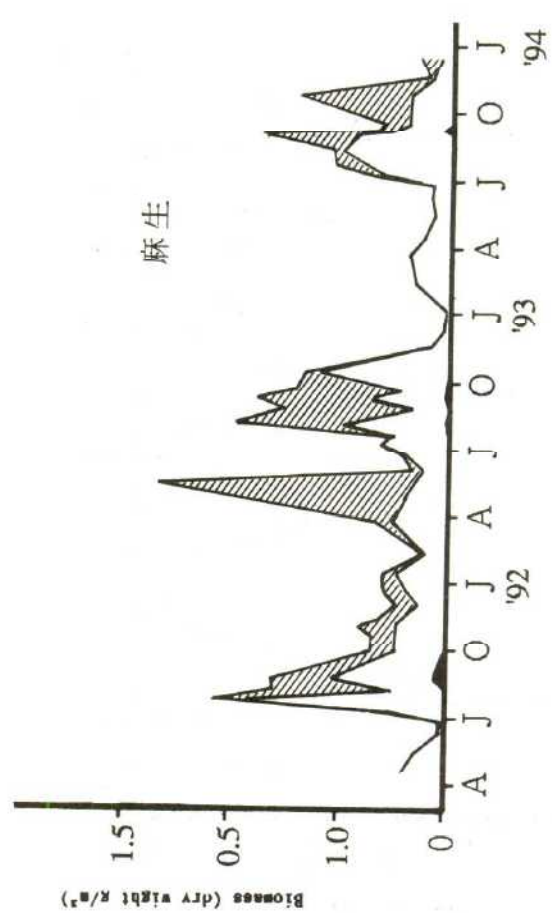
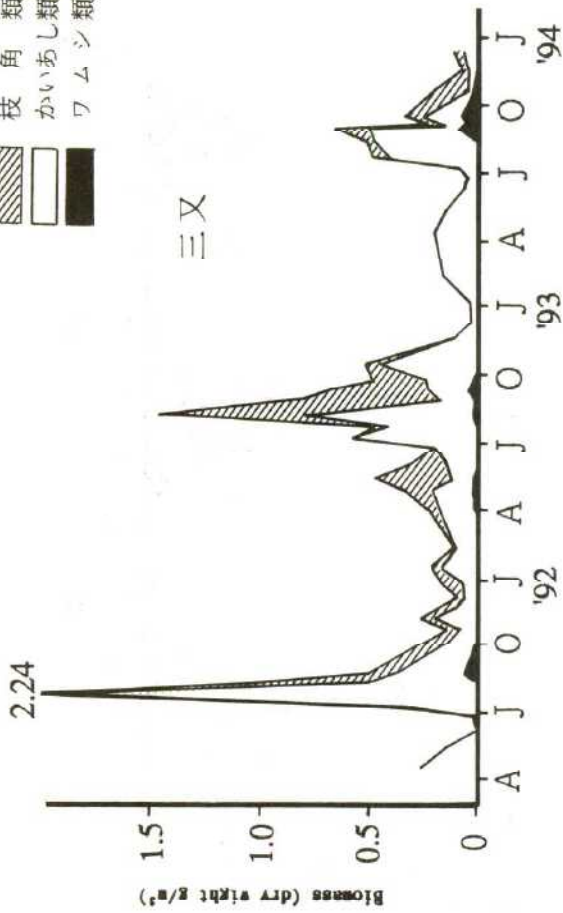
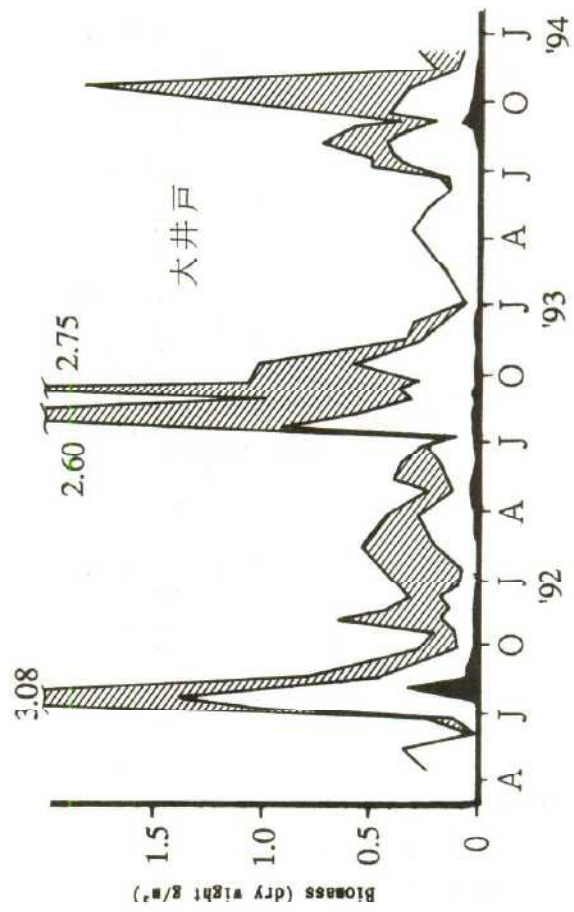
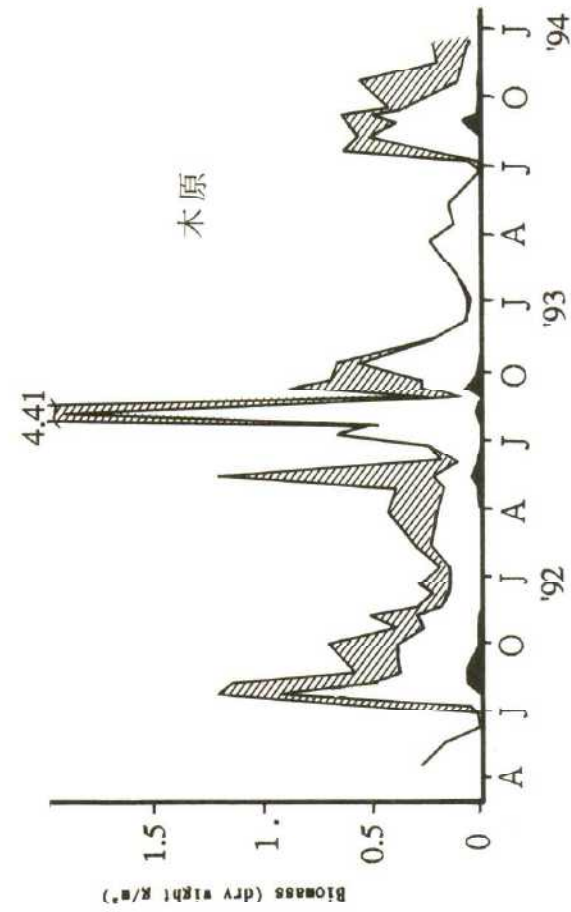


図4 霞ヶ浦各定点における単位体積あたりの動物プランクトン現存量の変化



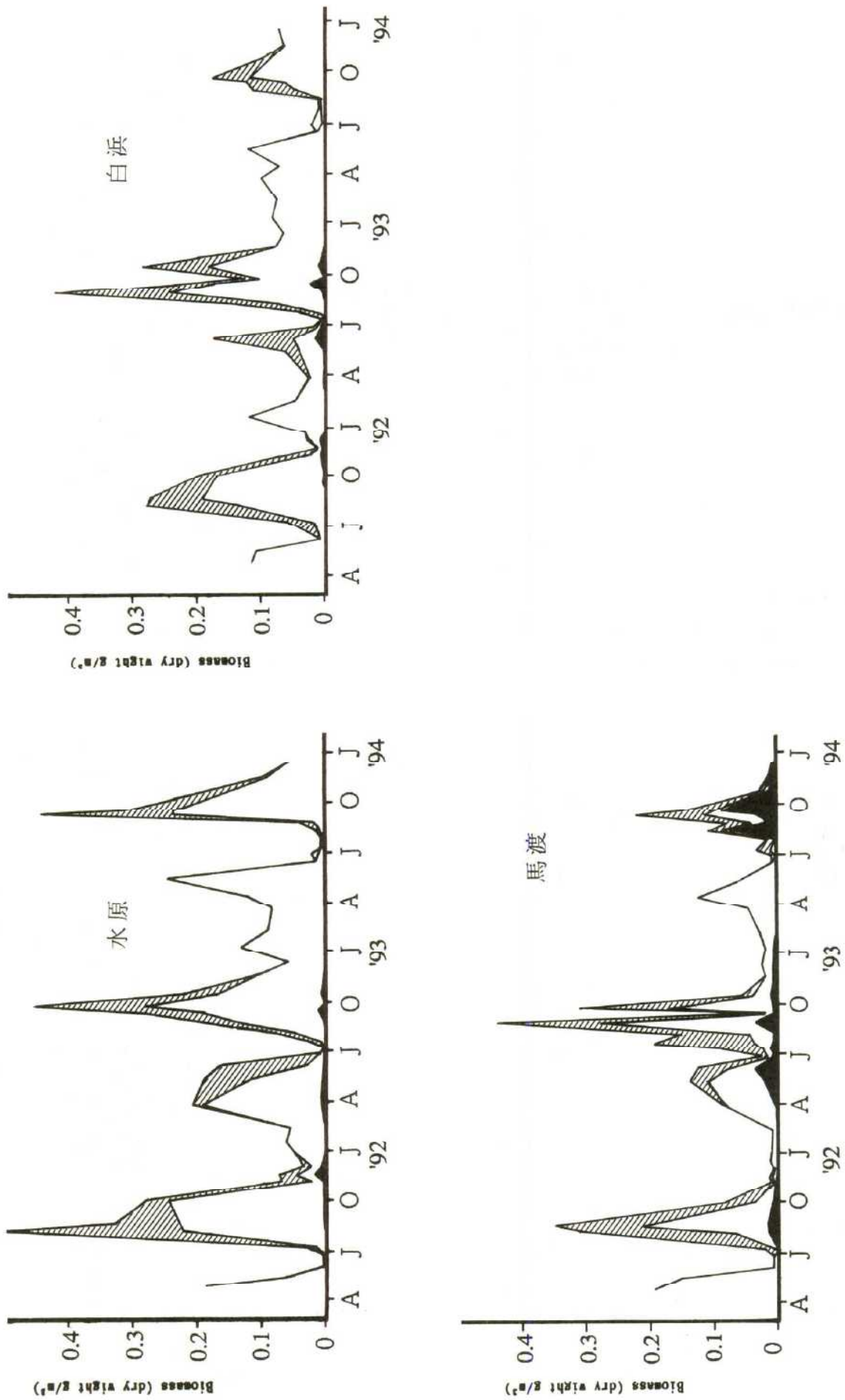


図5 北浦各定点における単位体積あたりの動物プランクトン現存量の変化

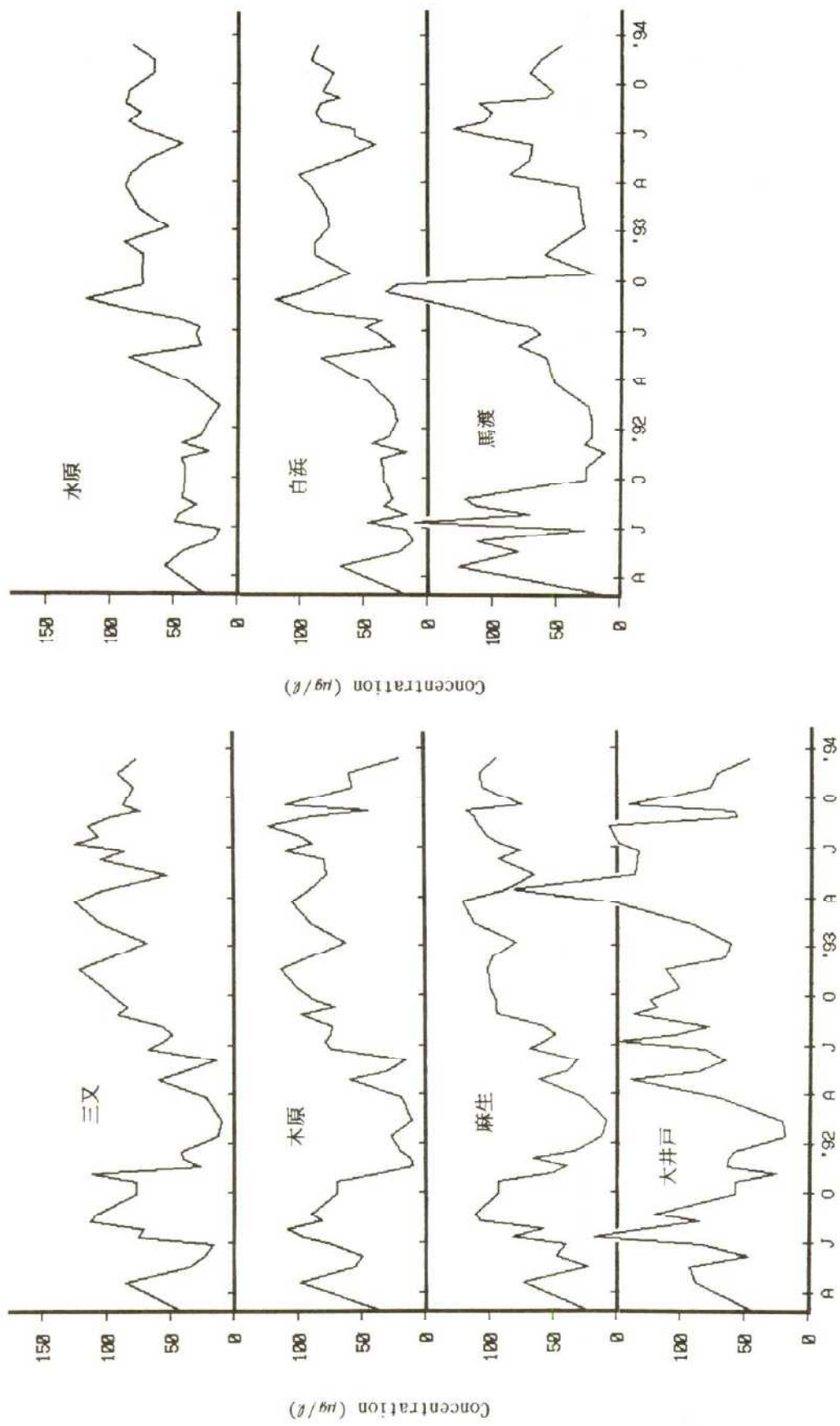


図6 各定点における Chlorophyll a 濃度の変化.

#### 4. 考 察

今回の調査期間中の環境条件の特徴に関し、当試験場前棧橋、湖岸より約90mの地点においてほぼ毎日午前9時に測定した表層水温および水位の月平均値の変化（外岡1992，および本報告書資料より）を図7および図8に示すが、水温については、1991年は春から夏にかけての上昇が例年より早くなっている他、1992年は冬季が比較的高く、1993年は7月、8月で平均的な値よりも2～3℃ほど低い記録的な冷夏であったという特徴があった。また、1991年は8月から10月にかけて4度に及ぶ台風の襲来とそれに伴う大量の降雨があり、月平均値としてみた水位でも図のように大きな変動がみられている。この台風の時期の流入河川付近の地域は、COD値の急激な減少と硝酸態窒素量の増加等といった現象や植物プランクトンの量や組成の変化から、台風による出水の影響を大きく受けたものと考えられ（松原ら、1992）、動物プランクトンもこの影響を受けているものと思われる。

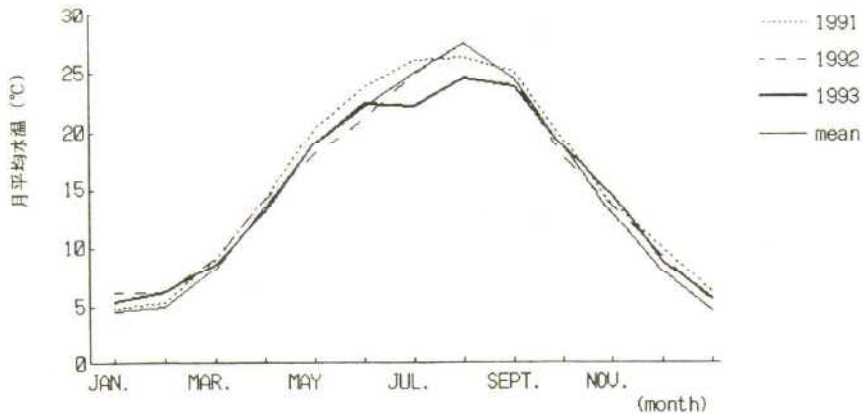


図7 霞ヶ浦表層水温月平均値の変化（試験場前棧橋における測定値）  
\* mean：過去15年間の平均値

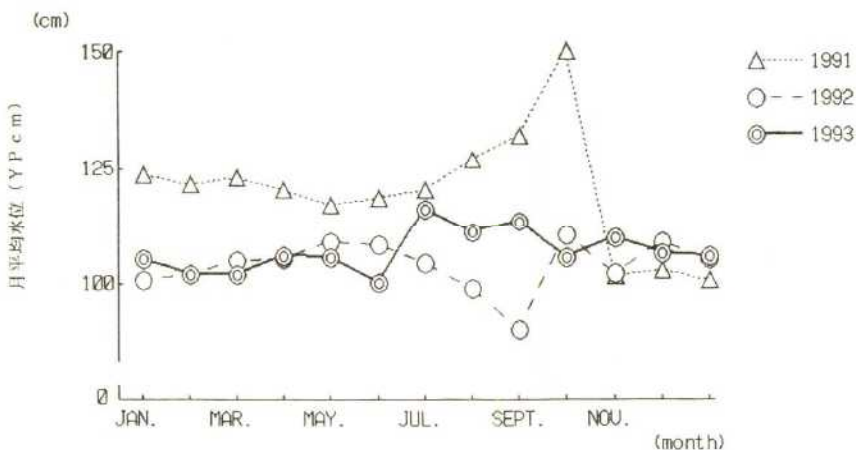


図8 霞ヶ浦於ける水位（YP値）の月平均の変化。



今回の調査では得られた主な動物プランクトン出現種は、今までの報告（浜田・野内、1991；他）とほぼ同様であり、調査期間を通して、プランクトン種組成としてかなり単純なものである。とりわけワムシ類の出現が少ないことが目立ち、全く計数されない期間も多い。このワムシ類のなかで、大きな出現のピークがみられたものは、*Brachionus*、*Asplanchna*および*Conochirus*であり、その他の種については、現存量の顕著な増大はみられなかった。ただし、今回使用しているネットでは小型のワムシ類は抜け落ちるものも多いと思われる。また、*Conochirus* sp.は、地点によって個体数がかなり増える場合もみられたが、これは大きなコロニーを作る性質があることから、定量性についての疑問が残る。

霞ヶ浦では高浜入りの大井戸定点、北浦では北部の馬渡定点において、他の霞ヶ浦、北浦それぞれの定点とは異なった種組成や現存量の推移がみられる場合が多かった。この原因についての解析は進んでいないが、霞ヶ浦では沖部と入り江で、北浦では馬渡定点付近とそれ以南で植物プランクトンの種組成に違いがみられる（松原ら、1993）ことも何らかの形で関係していると思われる。

霞ヶ浦と北浦を比較した場合には、北浦で個体数、現存量ともかなり低い値となっている。Chlorophyll a 濃度でみた植物プランクトン現存量では、霞ヶ浦より北浦が若干低い値を取ることが多いものの、動物プランクトンでみられるほどの差はでていない。この理由については、両湖の生態系構造等からの検討が必要であろう。

全体的な種組成の推移の特徴について、夏期は、*Diaphanosoma* sp.やCalanoid Copepodaが優占し、どの地点もほぼ安定した組成を維持するが、秋から翌春にかけては年によりかなり変化があるといえる。

図9には、霞ヶ浦の三又定点付近と北浦の白浜定点付近において、ソリネットで湖底上10-60cm地点を曳行して採集されたサンプルよりイサザアミの個体数を濾水計1,000回転あたりの数として表したものを図示した（当試験場資料より）。イサザアミには日没、日の出と関係した日周期的な垂直移動がみられる（Toda et al., 1983）ため、この方法に関してもイサザアミ密度の指標としては問題があると思われるが、少なくとも春から初夏頃に増大期をもつということは言えそうである。この時期は越年産卵群の産卵の後にあたり（村野、1964）それが孵化して個体数が増大したものと考えられる。霞ヶ浦ではもっとも個体数が増大しているのは1993年であり、1991年がそれに次ぎ、1992年は他の季節とそれほど大きな違いはみられていない。北浦では、霞ヶ浦と比較してレベルは低い、やはり春から初夏に個体数の増大がみられ、1991年では2つのピークとなり、1992年ではピークが遅くなっているものの、量的には他の年とほぼ同レベルとなっている。動物プランクトンにはどの年も共通して6月から7月にかけて現存量、個体数の急激な低下がみられ、1992年の霞ヶ浦では、減少の程度が小さくなり、1992年の白浜、水原定点で減少の時期が遅れている。

このように、この時期のイサザアミの増大期および増大量と動物プランクトンの減少が対応関係にあることは、両者に直接の関係があることを示唆しているものと思われる。

霞ヶ浦における枝角類種組成の秋や春にかけての不安定さはHanazato and Yasuno (1987) により



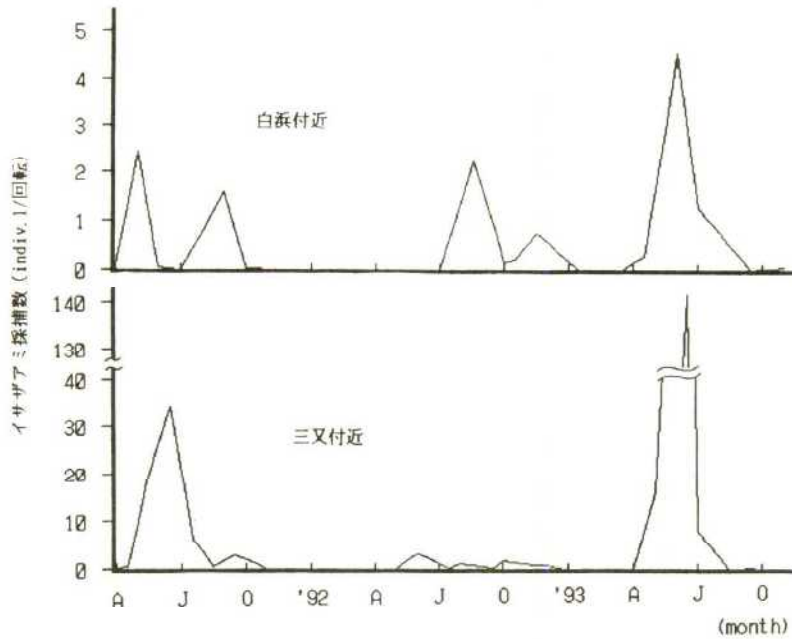


図9 ソリネットによる濾水計単位回転数あたりのイサザアミ採捕数（当試験場資料より作図）

指摘されているが、そこでは不安定さの原因はイサザアミの捕食が大きく関与したものと考えられている。また、村野（1963）や春日（1982）により、イサザアミによる動物プランクトン食が報告されている。これらのことから、今回みられた6月から7月の動物プランクトンとイサザアミの対応関係についても、捕食によるものが大きいと思われ、実際、この時期のネットサンプルは、ほとんどがイサザアミとイサザアミの糞ベレットと思われるもので占められている場合が少なくない。

動物プランクトンとChlorophyll a 濃度の関係について、直接の対応関係はほとんどみられなかった。ただ、各年とも春のChlorophyll a 濃度の上昇期と時期を同じくして動物プランクトンの増大がみられ、6月のChlorophyll a 濃度の減少にややおくれるようにして、動物プランクトン量の減少がみられている。この時期の植物プランクトンは*Oscillatoria*、*Phormidium*等の糸状の藍藻類や、大型の珪藻である*Synedra*が優占していたため（当試験場資料より）、動物プランクトンによるこれらへの捕食圧は、それほど高いものではないと思われる。しかし、1987年以降出現した*Daphnia galeata*は摂取活動によってChlorophyll a 量を大きく減少させると見られている（Hanazato and Aizaki, 1991）ことから、*Daphnia*の増殖のあった1992年については、この直接の影響の程度も高かったものと思われる。

このように、今回の調査期間では春期から初夏にかけてのイサザアミ、動物プランクトンおよび植物プランクトンの量には特徴的な推移がみられた。ここではイサザアミと植物プランクトンの関係についての考察はしていないが、これらについての詳細な解析には捕食量や増殖速度の評価からの検討が必要になるだろう。

以上、霞ヶ浦北浦における近年の動物プランクトン相の調査から得られた特徴的なことを記したが、

各種動物プランクトンの増減は、種独自の生態やそれに起因する種間の競合といった面から捕らえていく必要がある。Hanazato et al. (1984) は高浜入りにおける *Bosmina* 属2種の出現の交互性に *Microcystis* が関係していることを示唆しているが、近年では霞ヶ浦で優先する藻類が、*Microcystis* から糸上藍藻の *Oscillatoria* や *Phormidium* に変わり、これらは夏季に限らず出現がみられる（外岡ら、1990；他）ことから、新たな形での解析も必要になるものと思われる。

## 引用文献

- 浜田篤信・野内孝則（1991）：1988～1990年度霞ヶ浦のプランクトン。茨城県内水面水産試験場調査研究報告27号。
- Hanazato, Takayuki and M. Yasuno (1987) : Characteristics of Biomass and Production of Cladoceran Zooplankton in Lake Kasumigaura. Jpn. J. Limnol., 48, S45-S57.
- Hanazato, T and M. Yasuno (1984) : Seasonal Changes in the Occurrence of *Bosmina longirostris* and *Bosmina fatalis* in Relation to *Microcystis* Bloom in Lake Kasumigaura. Jap. J. Limnol., 45, 2, 153-157.
- Hanazato, T. and M. Aizaki (1991) : Changes in Species Composition of Cladoceran Community in Lake Kasumigaura during 1986-1989 : Occurrence of *Daphnia galeata* and Its Effect on Algal Biomass. Jpn. J. Limnol., 52, 1, 45-55.
- 春日清一（1982）：イサザアミ (*Neomysis intermedia*) の食性と、その霞ヶ浦における生態学的地位。国立公害研究所調査報告，第22号，139-147。
- 倉沢秀夫・山岸宏・吉川 正武・為政園野（1971）：諏訪湖のプランクトンの季節変化（1970年）I プランクトンの数と量との優占種の比較。JIBP-PF諏訪湖の生物群集の生産力に関する研究，3，41-54。
- 松原尚人（1992）：資料 1991年度霞ヶ浦・北浦のプランクトン。茨城県内水面水産試験場調査研究報告第28号。
- 松原尚人（1993）：資料 1992年度霞ヶ浦・北浦環境調査結果（3）プランクトンについて。茨城県内水面水産試験場調査研究報告第29号。
- 松原尚人・河崎正・外岡健夫・佐々木道也（1992）：近年の霞ヶ浦における植物プランクトンの発生特性について。平成3年度赤潮調査報告書。茨城県内水面水産試験場。
- 松原尚人・外岡健夫・佐々木道也（1993）：近年の霞ヶ浦における植物プランクトンの発生特性について。平成4年度赤潮調査報告書。茨城県内水面水産試験場。
- 村野正昭（1964）イサザアミ *Neomysis intermedia* Czerniawsky の漁業生物学的研究。Ⅲ。生活史、特に生殖について。水産増殖12，1，19-30。
- 村野正昭（1963）イサザアミ *Neomysis intermedia* Czerniawsky の漁業生物学的研究。Ⅱ。食性について。水産増殖11，3，159-165。

Toda, H. Takahashi and S. Ichimura (1983) : Diel Movement of *Neomysis intermedia* Czerniawsky  
(Crustacea, Mysidacea) Population in a Shallow Eutrophic Lake. Jap. J. Limnol., 44, 4, 227-282.

外岡健夫 (1992) : 資料 気象観測及び雨水の分析結果. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告第28号.

外岡健夫・河崎正・喜多明・浜田篤信 (1990) : *Oscillatoria*及び*Phormidium*を中心とする藻類の季節遷移について. 平成元年度赤潮調査報告書. 茨城県内水面水産試験場.