

## 学 位 論 文 題 名

北海道渡島大沼における浮遊性橈脚類  
*Eurytemora affinis* (Pope, 1880) の生態学的研究

## 学位論文内容の要旨

本研究は、北海道渡島大沼における浮遊性橈脚類*Eurytemora affinis*の現存量、鉛直分布と日周移動、休眠、餌藻類現存量およびプランクトン食魚類の胃内容物について調査を行い、本種個体群動態とこれを制御する要因を明らかにすることを目的とした。本種は元来汽水性種で以前は海跡湖や海と連絡のある湖のみ分布したが、1980年代以降大沼に移入し、近年では最も卓越した動物プランクトンとなり、ワカサギなどの魚類生産を支える主要な餌資源となっている。

野外調査は大沼の最深部、水深12 mの地点において1986年5月から1988年6月までの期間、結氷期の12月上旬から翌年4月上旬までを除いて毎週行った。湖水は7月から9月中旬までが温度成層期であり、10月以降は循環期である。*E. affinis*の餌藻類現存量を反映する<20  $\mu\text{m}$ 画分のクロロフィル $a$ 量は、解氷後全層で急激に増加し、5月下旬には $10.5 \mu\text{g l}^{-1}$ に達したが、6月初旬には1/5以下まで減少した。6月下旬以降は再び増加し、7-8月には6 m以浅で5月の現存量を上回った。

*E. affinis*は4月下旬に水柱内に出現し12月に消失したが、5月から10月中旬までの期間連続的に再生産を繰り返した。個体数は5月にクロロフィル $a$ 量とともに急激に増加し、6月初旬に最大 $2.5\text{--}3 \times 10^6 \text{ ind. m}^{-2}$ に達したが、同月中旬にはクロロフィル $a$ 量の減少に伴って $0.5 \times 10^6 \text{ ind. m}^{-2}$ 以下に急減した。同月下旬以降は再び増加したが、最大値の1/3程度にとどまった。この期間鉛直分布も変化し、

それまで全層均一に分布していた本種個体群は6月中旬に急激に下降し、同月下旬以降、特に成体および後期コペポダイト幼生は日中深層に集群し夜間表層へ上昇する日周鉛直移動を示した。

天然集団の発育時間は実験室で測定した*E. affinis*の発育時間と雌体サイズから推測した。餌として*Cryptomonas tetrapyrenoidosa*と*Chlamydomonas reinhardtii*を潤沢に与えたとき ( $5 \times 10^4$  cells  $\text{ml}^{-1}$ )、孵化後成体雌まで成長するのに要する時間は、20℃では9.2日、15℃では11.4日、10℃では22.8日であった。餌不足は  $10^3$  cells  $\text{ml}^{-1}$  でみられ、15℃では成体雌になるまでに、餌を潤沢に与えたときのおよそ2倍の24.8日を要した。雌体サイズ (L, mm) も水温と餌密度の影響を受け、餌が潤沢に与えられたときは10℃で最も大きくなり、飼育水温 (T, °C) の上昇に伴って指数的に減少し、 $L = 1.4 T^{-0.136}$  ( $r = -0.9965$ ) で表すことができた。しかし、天然集団の雌体サイズは6月以降この温度関数式から予想されるより小さく、餌不足による影響が示唆されたため、天然集団の発育時間は水温に加えて餌不足の影響を考慮して求めた。湖でN1期幼生が成体になるまでに要する日数は、繁殖期にあたる5月下旬から10月中旬までの期間は雌雄ともに15-20日を要することが推測できた。

卵生産速度は、餌を潤沢に与えて飼育すると15から20℃では34 eggs female<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>であり、10℃では19 eggs female<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>であったのに対して、15℃の餌不足時には2-5 eggs female<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>まで減少した。一方、天然集団の卵生産速度は、5月下旬が最大で12 eggs female<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>を上回ったが、6月には2 eggs female<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>以下まで急激に低下した。7月以降は再び増加し、1986年には8 eggs female<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>を上回ることもあったが、1987年には4 eggs female<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>程度にとどまった。これら現場で得られた卵生産速度は、餌を潤沢に与えて飼育した場合よりはるかに低く、成体雌頭胸長の矮小化とともに本種が湖では恒常的に餌不足の状態にあり、特に6月に著しいことを示した。

休眠卵は短日・低温刺激によって10月中旬以降産卵されるようになり、冬期間を湖底で越冬した。解氷後、水柱内に巻き上げられた休眠卵から春季個体群が形成されるが、泥中に残った卵は孵化することなく湖底に蓄積された。こうして休眠卵は周年にわたって湖底泥中10 cm深まで分布し、湖最深部での現存量は $3\text{--}7 \times 10^6 \text{ eggs m}^{-2}$ に達した。休眠卵の産出は個体数密度の増加によっても誘引され、5-6月の個体数増加期には湖底に新たな休眠卵の堆積が認められた。

天然集団の死亡率は、どの発育段階でも5月には0.2以下と低いが、6月初旬に最も高くなり、1987、1988両年とも0.75以上を記録し、7月以降は若齢群で0.1、高齢群で0.3程度まで減少した。

大沼におけるプランクトン食魚類であるワカサギ、イトヨおよびウキゴリの食性を調べると、5-6月の仔魚期にはともに胃内容物の75-100 %が*E. affinis*によって占められていた。5月にはノープリウス期幼生や初期コペポダイト幼生が胃内容物の大部分を占めるが、6月中旬以降は後期コペポダイト幼生や成体の占める割合が増加した。一方、7月以降これら魚類は*E. affinis*に代わって*Bosmina*を捕食する傾向を示した。個体数の著しい減少がみられた6月にポリエチレンバッグを使って行った隔離実験は、プランクトン食魚類による捕食が*E. affinis*個体群に与える影響を明らかにした。実験結果はノープリウス期幼生を除く他のステージで、バッグ内の死亡率が天然集団のそれを大きく下回り、6月に成体および後期コペポダイト幼生にみられた死亡の主な原因がワカサギおよびウキゴリ仔魚による捕食にあることを支持した。

*E. affinis*の生物量と成長速度から計算される日間生産量は5月に急激に増加して、6月初旬に最大値 $134.5 \text{ mgC m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ を記録したが、以後は急激な減少を示し $10\text{--}60 \text{ mgC m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ の低い値で推移した。1987年5月から同年10月までの総生産量は $6.2 \text{ gC m}^{-2}$ と計算できた。P/B比は、通常水温上昇に伴って増加することが知られているが、本研究では7月以降増加はみられず、餌不足による影響が

反映されたものと考えられた。

以上の結果を総括すると、6月中旬にみられた体サイズの縮小や卵生産速度の低下と急激な個体数の減少は同時期にみられたクロロフィル $a$ 量の低下に良く対応した。また同時期の成体や後期コペポダイト幼生の死亡の主な原因はワカサギおよびウキゴリ仔魚による捕食と考えられた。6月下旬以降にみられた成長および卵生産の低下は餌藻類が減少したためではなく、同時期にみられた *E. affinis* の日周鉛直移動により個体群が日中餌藻類の少ない深層に下降したためと考えられる。日周鉛直移動は捕食回避行動と考えられるが、一方では餌不足をもたらし、成長および再生産の低下をまねいた。これは魚類による捕食が、直接的にだけでなく、間接的にも *E. affinis* 個体群に影響を及ぼすことを示唆する。

# 学位論文審査の要旨

|    |    |    |    |
|----|----|----|----|
| 主査 | 教授 | 箕田 | 嵩  |
| 副査 | 教授 | 尼岡 | 邦夫 |
| 副査 | 教授 | 中尾 | 繁  |
| 副査 | 講師 | 志賀 | 直信 |

## 学位論文題名

### 北海道渡島大沼における浮遊性橈脚類 *Eurytemora affinis* (Poppe, 1880) の生態学的研究

本研究は北海道渡島半島に位置する大沼湖において1980年以降出現し卓越種となり、ワカサギの餌となっている浮遊性橈脚類*Eurytemora affinis*について、季節的消長、鉛直分布、成長、繁殖生態、さらに湖内に生息するプランクトン捕食魚類の胃内容物を調べ、個体群動態を制御する要因を明らかにしたものである。

大沼は最大水深12mの浅い湖で、12月上旬から翌年4月の期間は結氷する。*E. affinis*は解氷後の4月下旬に休眠卵から孵化して水中に出現し、12月まで幾度も産卵を繰り返し、連続的に分布する。個体数の増加期は春季の植物プランクトン増殖期と一致し、6月上旬に最大に達した後急速に減少した。夏季から秋季には個体数変動が少なく、秋季には休眠卵を産み、卵として越冬することを明らかにした。

個体群の増加期には、*E. affinis*は全発育段階とも表層から底層まで広く分布していたが、温度成層期には成体および後期コペポダイト幼生は昼間深層に集群分布し、夜間のみ摂餌のため表層に移動する日周鉛直移動を行い、生態分布が季節で異なることを見出している。

本種は春季から秋季には産卵後数日で孵化する急発卵を産み、水中の個体群を維持しているが、急発卵の他に休眠卵を産むことを観察している。休眠卵産出は通常10月以降であり、短日・低温刺激により引き起こされるが、夏季にも休眠卵を産むことを見出し、この現象は個体群の急激な増加による環境条件の悪化によると考え

ている。休眠卵は湖底に堆積し、ある期間の不応期を持つが、湖底泥中に埋没すると孵化が抑制されることを実験的に明らかにし、周年にわたる湖底での分布は個体群の維持のために重要な生態的適応と考えている。

大沼における本種の死亡率は個体数最大に達した直後の6月上旬に著しく高くなり、この死亡率の増加は植物プランクトンの急激な減少とも一致していることを見出しているが、この高い死亡率はここから高まるワカサギおよびウキゴリ仔魚による活発なプランクトン捕食によることをこれら仔魚の胃内容物組成から指摘している。さらにこれら仔魚の胃内容物組成と捕食者を除いた現場におけるプランクトン飼育実験から、プランクトン食魚類による捕食が*E. affinis*個体群の減少をもたらした大きな要因となったことを明らかにした。6月下旬以降、これら仔魚の餌生物は*E. affinis*から枝角類*Bosmina*に代わり、この餌組成の変化は*E. affinis*が昼間に太陽光の届かない湖底近くに分布する日周鉛直移動によるもので、ワカサギがプランクトンを視認捕食することから、昼間の底層分布は捕食者からの逃避行動であろうと考えている。また、この昼間に湖底近くに分布する*E. affinis*の行動は個体群にとって餌不足をもたらしていると考え、十分な餌環境における体長ならびに産卵数についての実験結果から、大沼の夏季個体群は餌不足のため体長が小さく、抱卵数も少なくなっていることを証明している。大沼では現存量に対する生産量は比較的低いと述べ、個体群動態を考える上で重要な知見である。大沼における本種の5月から10月の期間の生産量は $6.2\text{gCm}^{-2}$ 程度であるとしている。

提出された論文は*E. affinis*の生態分布を飼育実験とプランクトン捕食魚類食性から解明しようとしたものであり、水産学の発展に大きく寄与するものと考えられ、同時に提出された9編の参考論文の評価と併せて、審査員一同は本論文提出者が博士（水産学）の学位を受ける資格があると認定した。