

学位論文題名

STUDIES ON SALINITY TOLERANCE
AND OSMOTIC AND IONIC REGULATION
IN THE GIANT TIGER PRAWN
PENAEUS MONODON

(ジャイアントタイガーエビの塩分耐性並びに浸透圧と
イオン調節に関する研究)

学位論文内容の要旨

ジャイアントタイガーエビ (和名: ウシエビ) は体長約30cmに達する大型の食用エビであり、フィリピンなど東南アジアで養殖され、自国で食用に供される他、国外にも輸出されている重要種である。本種は外洋で孵化し、ナープリウス、プロトゾエア、ミシス期を経て稚エビに成り、その後汽水域に移動し成長する。しかし汽水域では降雨などに伴う急激な水温や塩分濃度の変動により、仔稚エビが死亡したり、生理的消耗にともなう細菌感染の被害が頻繁に起きている。これらの問題を可能な限り解決して、健全な種苗を得、生産性を上げるためには本種の水温特性や塩分耐性、さらには浸透圧調節機構に関する基礎研究が不可欠である。従来このような基礎研究は断片的に行われてきたが、水温と塩分などの複数変動要因を組み合わせるなど、生息環境の変動に類似した条件下での研究はほとんどなかった。またエビ類は脱皮を繰り返しながら成長するが、脱皮直後は外部環境要因の影響を非常に受けやすい。本研究は脱皮周期に伴う生理変動にも着目し、タイガーエビの塩分調節機構などを総合的に明らかにし、エビ養殖事業の効率化をはかるための基礎研究として、次の7項目について調べた。

1. 異なる塩分濃度における仔エビの生存と変態

本章では仔エビの発育段階ごとに塩分濃度と生存率の関係および50%の個体の変態するまでの時間 (MT 50) を調べた。ナープリウスは最も塩適応の範囲が狭く、32 pptおよび36 pptのみで70%以上の生存が可能であった。しかし成長に伴い生存可能な塩分範囲が広がり、プロトゾエアでは28~40 ppt、ミシスでは20~

40 pptで約70%の個体が生存可能であった。またナープリウスとプロトゾエアではMT 50に及ぼす塩分の影響はなかったが、ミススでは28 pptと32 pptでMT 50が若干小さかった。以上のことから、ナープリウスは塩耐性が最も弱く、養殖に当たっては孵化時の塩分(32 ppt)より4 ppt以上塩分が低下しないように配慮することが好ましいことが明らかになった。

2. 異なる塩分濃度と水温における仔稚エビの生存

本種の養殖では、仔稚時期に塩適応の失敗による死亡が多い。又この時期には降雨や高気温により塩分と同時に水温も変動し易いので、塩分耐性に及ぼす水温の影響を明らかにする必要がある。本章では異なる水温(22, 28, 33°C)に順化している仔稚エビの塩耐性(16~40 ppt)を調べたものである。その結果、生存率は塩分と水温の相互作用により影響されるが、成長が進むにつれて塩耐性に対する水温変動の影響が軽減されること、さらに一般的傾向として、高温では塩耐性の範囲が狭くなることが明らかになった。

3. 血リンパ液の浸透圧、Cl、タンパク質およびCa濃度に及ぼす塩分の影響

本章では、本種の塩分適応機構を明らかにする一貫として、異なる塩分環境で血リンパ液の成分がどの様になるかを調べた。先ず脱皮による影響を明らかにするために、脱皮に伴う諸成分の変化を調べた。浸透圧とClは脱皮後上昇したが、1日で元の値に戻り安定した。またタンパク質とCaは脱皮による影響を受けなかった。これらの結果を参考にして、脱皮間期の個体を用いて実験を行った。32 pptに順化している個体を8~40 pptに移行すると、浸透圧およびCl値は移行直後はそれぞれの環境水の値に類似したが、ほぼ1日で本来の値(脱皮間期値)に戻った。しかしCa値は1日では安定しなかった。また等浸透点は体重10 gと30 gの個体でそれぞれ698 mOsm, 752 mOsmであり、本種は低塩分環境では高浸透調節を、高塩分環境では低浸透調節を行う浸透圧調節型に属していることが明らかになった。

4. 種々の塩分環境に於ける脱皮と脱皮後の血リンパ液の浸透圧とClの調節

本種の養殖では、脱皮期と塩分濃度の変動が重なることにより死亡率が高くなる。そこで脱皮後日数の異なるエビを用いて、異なる塩分濃度(8, 20, 32, 40 ppt)における浸透圧とClの調節について調べた。脱皮直後では血リンパ液の浸透圧は環境水の値にほぼ一致したが、その後32 pptと44 pptでは徐々に低下し、8 pptでは僅かに上昇、また20 pptではほとんど変化することなく、それぞれの脱皮

間期の値に至った。最も早く脱皮間期値に達したのは32 pptの個体であった(0.33日)が、一般には1日以内に安定値に成った。Clについてもほぼ同様の傾向を示したが、20 pptでは脱皮直後の値と間期値に差はなかった。

5. 異なる塩分-水温変動環境における浸透圧とイオン調節

第2章では仔稚エビの生存に対する塩分と水温の関係を調べ、第3章では血リンパ液のイオン性状に及ぼす塩分の影響について述べた。本章では養殖池の実状を考慮し、塩分と水温の2つの変動要因の組み合わせにより、血リンパ液の浸透圧やイオン組成がどのような影響を受けるかについて調べた。32 pptで22, 28, 33°Cに順化した体重8 gの個体を4~50 pptの環境に移し、血リンパ液の浸透圧、Cl、NaおよびKの変動について120時間まで調べた。浸透圧とClは高浸透調節-低浸透調節型を示したが、移行初期では浸透圧順応型を示す場合もあった。Naについては、33°Cの群で高塩分域で環境水の値と一致する傾向にあった(Na排出機能の低下)。Kについては一般に高浸透調節型を示した。また28°C群の等浸透点は22°Cおよび33°C群の値に比べて低く、28°Cで浸透圧調節が良く機能していることが示唆された。

6. 異なる塩分-水温変動環境における鰓のNa⁺-K⁺ATPase活性

Na⁺-K⁺ATPaseはNa, Kの能度輸送を司る酵素であり、鰓の本酵素は浸透圧調節に関与していることが知られている。本章ではタイガーエビの浸透圧調節におけるNa⁺-K⁺ATPaseの役割を明らかにするために、塩分と水温変動を組み合わせた環境で飼育した個体の鰓のNa⁺-K⁺ATPase活性を測定した。32 pptから異なる塩分環境に移した場合、移行初期に一過性に酵素活性が上昇するケースが多かったが、水温(22, 28, 33°C)による相違はなかった。また移行120時間後の活性値で比較すると、水温22°Cと28°Cでは塩分濃度の相違による酵素活性への影響は認められなかった。このことは広塩性魚等で報告されている結果と一致している。しかし33°Cでは、32 ppt群の値が8 pptおよび24 ppt群の値より高かったことから、水温は塩適応におけるNa⁺-K⁺ATPase活性に影響する事も示された。

7. 異なる塩分と脱皮段階における血リンパCa濃度の変化

本種は脱皮を繰り返しながら成長するが、脱皮後速やかに新しい外殻を形成しなければならない。外殻は主に炭酸カルシウムから成っているので、脱皮期の血リンパ中のCa濃度の変動を明らかにすることは極めて重要である。さらに環境水の塩濃度はCa代謝や脱皮回数に影響することが他種で報告されているので、本章では異なる脱皮段階にある個体を用いて、血リンパ液のCaが塩分濃度の違いによりどのように影響されるかを調べた。本種の脱皮周期は塩分濃度に

関係なく18~24日であった。また脱皮は夜間に最も頻繁に起きた。脱皮間期における血リンパ液のCaは外界の塩分濃度に関係なく7~8 mMであり、この値は脱皮直後に一過性に変動するが、1~2日でもとの値に戻った。したがって血リンパ液のCa濃度は能動的に調節されていることが示唆された。

以上の結果から、塩分濃度が本種の生存と成長に影響を及ぼす最も重要な要因であることが明らかに成った。現在エビ養殖業者は、仔稚期から取り上げ時期までの全過程を100%海水で飼育することが一番良いと信じており、例えば稚エビに対しても塩濃度の低下時には市販の塩を加えている場合もある。このようなことは本研究の結果から、必ずしも必要ではないことが分かる。最良の生産性をあげるためには、本研究の成果に基づき、発育段階毎の適正塩分濃度や水温を十分考慮すべきである。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 麦 谷 泰 雄
副 査 教 授 山 内 皓 平
副 査 教 授 笹 山 雄 一
副 査 助 教 授 足 立 伸 次

学 位 論 文 題 名

STUDIES ON SALINITY TOLERANCE AND OSMOTIC AND IONIC REGULATION IN THE GIANT TIGER PRAWN *PENAEUS MONODON*

(ジャイアントタイガーエビの塩分耐性並びに浸透圧と
イオン調節に関する研究)

ジャイアントタイガーエビ(和名：ウシエビ)は体長約30cmに達する大型の食用エビであり、フィリピンなど東南アジアで養殖されている重要種である。本種は外洋で孵化し、ナプリウス、プロトゾエア、ミシス期を経て稚エビに成り、その後汽水域に移動し成長する。しかし汽水域では降雨などに伴う急激な水温や塩分濃度の変動により、仔稚エビが死亡したり、生理的消耗にともなう細菌感染の被害が頻繁に起きている。これらの問題を可能な限り解決して、健全な種苗を得、生産性を上げるためには本種の水温特性や塩分耐性、さらには浸透圧調節機構に関する基礎研究が不可欠である。従来このような基礎研究は断片的に行われてきたが、水温と塩分などの複数変動要因を組み合わせるなど、生息環境の変動に類似した条件下での研究はほとんどなかった。またエビ類は脱皮を繰り返しながら成長するが、脱皮直後は外部環境要因の影響を非常に受けやすい。

申請者は水温、塩分、脱皮などの複数要因を組み合わせ、生息環境に類似した条件下で本種の塩分耐性や浸透圧調節について調べた。得られた結果の概要は次の通りである。

1. ナプリウスは最も塩適応の範囲が狭く、塩分濃度32 pptおよび36 pptのみで70%以上の生存が可能であった。しかし成長に伴い生存可能な塩分範囲が広が

り、プロトゾエアでは28~40 ppt、ミシスでは20~40 pptで約70%の個体が生存可能であった。またナープリウスとプロトゾエアではMT 50 (50%死亡) に及ぼす塩分の影響はなかったが、ミシスでは28 pptと32 pptでMT50が若干小さかった。

2. 仔稚エビの生存率は塩分と水温の相互作用により影響されたが、成長が進むにつれて塩耐性に対する水温変動の影響が軽減されること、さらに一般的傾向として、高温では塩耐性の範囲が狭くなった。

3. 塩分濃度32 pptに順化している脱皮間期の個体を8~40 pptに移行すると、血リンパ液の浸透圧およびCl値は移行直後はそれぞれの環境水の値に類似したが、ほぼ1日で本来の値(脱皮間期値)に戻った。しかしCa値は1日では安定しなかった。

4. 脱皮直後は、血リンパ液の浸透圧とClは環境水の値に一致したが、24時間以内にそれぞれの塩分濃度に於ける脱皮間期値に戻った。

5. 等浸透点は体重10 gと30 gの個体でそれぞれ698 mOsm, 752 mOsmであり、本種は低塩分環境では高浸透調節を、高塩分環境では低浸透調節を行う浸透圧調節型であった。

6. 水温により等浸透点は変わり、22°Cおよび33°Cに比べて、28°Cで最も低く、この水温で浸透圧調節が良く機能していた。

7. 脱皮間期における血リンパ液のCaは、外界の塩分濃度に関係なく7-8 mMであり、この値は脱皮直後に一過性に変動したが、1-2日で元の値に戻った。

8. 水温22°Cと28°Cでは塩分濃度の相違によるNa⁺-K⁺ATPase活性への影響は認められなかったが、33°Cでは塩分濃度32 pptで酵素活性が最も高かった。

以上の研究成果は、ジャイアントタイガーエビの浸透圧調節様式を、水温変動や脱皮周期との関連で明らかにしたものであり、本種の養殖事業の生産性の向上に貢献するものである。よって審査員一同は、本研究の申請者が博士(水産学)の学位を授与されるに十分な資格を有すると判定した。