

博士論文要約 (Summary)

平成 25 年入学

連合農学研究科 農水圏資源環境科学専攻

氏 名 三次 充和

タイトル	千葉県外房地域における在来ヌマエビ類の分布様式と外来ヌマエビの分類学および生活史に関する研究
------	--

キーワード (ヌマエビ) (外房地域) (分布様式)

「第 I 章 序論」

日本におけるヌマエビ科エビ類はこれまでに 4 亜科 7 属 24 種が知られている。ほぼすべての種が淡水域から汽水域を主生息域とする。通し回遊型の生活史を送る種が多いが、純淡水種も数種知られている。ヌマエビ類の河川内での分布については、流程分布の様式とその成立に影響を及ぼす要因の推定を目的とした研究が各地で行われてきた。しかし、それらは地域内で抽出された単一の水系もしくは数個の水系での調査に基づいたものや、地理的条件が異なる広範な地域から抽出した水系群での調査に基づくもので、地質・気候・海流等といった地域スケールでの地理的条件の類似性が高い地域に存在するほぼすべての河川を対象とした調査に基づいた研究は、これまで行われてこなかった。本研究では、外房地域のほぼすべての水系 (27 水系) に設定した 37 流路 215 地点から得られた出現種および個体数データと環境データに基づいて、ヌマエビ類の分布域の成因を、地域スケール・流路スケール・地点スケールのサイズの異なる 3 つの視点から検討した。

「第 II 章 外房地域のヌマエビ類相」

本章では、外房地域のヌマエビ類相と、既存の研究で報告された日本国内 15 地域のヌマエビ類相を比較し、外房地域のヌマエビ類相を地域スケールで捉えた際にどのような特徴が存在するのかを明らかにした。外房地域からは、ヌマエビ *Paratya compressa* (De Haan, 1844)、ヌカエビ *P. improvisa* Kemp, 1917、トゲナシヌマエビ *Caridina. typus* H. Milne Edwards, 1837、ミゾレヌマエビ *C. leucosticta* Stimpson, 1860、ツノナガヌマエビ *C. grandirostris* Stimpson, 1860、ヤマトヌマエビ *C. multidentata* Stimpson, 1860、ヒメヌマエビ *C. serratiostris* De Man, 1892、シナヌマエビ *Neocaridina davidi* (Bouvier, 1904) の 8 種のヌマエビ類が出現した。生活史型はヌカエビとシナヌマエビの 2 種は純淡水種、そのほかの 6 種は通し回遊種であった。また、シナヌマエビは国外外来種である。階層的クラスタ解析の結果、外房地域を含む 16 地域の種類相は 2 つの大きなクラスタを形成し、さらに 5 つのサブクラスタに分類された。外房地域は黒潮沿岸域という共通した特徴を持つ三浦半島、四国太平洋岸、大隅諸島、日向灘沿岸、紀伊半島、伊豆半島、大隅半島の 8 地域から構成されるサブクラスタに分類された。地域スケールで捉えた外房地域のヌマエビ類相は、黒潮沿岸域に見られるヌマエビ類相が成立する最も北端の地域であり、より高緯度地域との移行地域であると位置付けられた。

「第 III 章 外房地域におけるヌマエビ類の出現と流路スケールの関係」

本章では、外房地域のほぼすべての水系（27 水系）に設定した 37 本の調査流路を最高点の標高、流路長、勾配に基づいて類型化し、地理的条件のほぼ同一な地域内に存在する規模の異なる流路間において、ヌマエビ類の流路スケールでの出現様式にどのような違いが存在するのかを明らかにした。また、各流路類型に対するヌマエビ類の出現状況を検討して、ヌマエビ類の流路スケールでの出現様式の類型化を行った。調査流路は流路長、最高点の標高、勾配から長距離－中勾配流路、中距離－急勾配流路、短距離－急勾配流路、中距離－中勾配流路の 4 グループに類型化された。ヌマエビ類の出現様式の類型化を行った結果、通し回遊型－全流域出現種、通し回遊型－中～下流域出現種、通し回遊型－下流域出現種、純淡水型－止水・緩流域出現種の 4 つに類型化できた。通し回遊型－全流域出現種はヌマエビ、ヤマトヌマエビの 2 種、通し回遊型－中～下流域出現種はトゲナシヌマエビ、通し回遊型－下流域出現種はミゾレヌマエビ、ツノナガヌマエビ、ヒメヌマエビの 3 種、純淡水型－止水・緩流域出現種はヌカエビで構成された。

「第 IV 章 外房地域におけるヌマエビ類の地点スケールでの出現と微小環境の関係」

本章では、外房地域の 27 水系 37 流路に設定した 215 ヶ所の調査地点から得られたヌマエビ類の出現 / 非出現データと微小環境データに基づき、ロジスティック回帰分析による解析を行い、各種の地点スケールでの出現に影響を与える微小環境要因について検討を行った。解析では、それぞれの種の出現 / 非出現データを目的変数に設定し、すべての微小環境項目（流木堆積物の出現度、ササ根茎の出現度、河道上空の被覆度、抽水植物の出現度、優占する河床材料）を説明変数としたモデル（フルモデル）を作成した。次に、作成したフルモデルについて、赤池情報基準を用いて変数減少法によるモデル選択を行い、ベストモデルを選択した。検討対象としたヌマエビ類 7 種（シナヌマエビを除く）のうち、ヌマエビは河道上空が樹木の枝葉で被覆され、粗大な河床材料が優占する環境を指向し、かつ抽水植物やササの根茎が豊富な環境も利用している可能性が示された。ヌカエビはササの根茎が豊富な環境を利用している可能性が示された。トゲナシヌマエビは抽水植物が豊富で、粗大な河床材料が優占する環境を指向することが示された。ミゾレヌマエビ、ツノナガヌマエビは抽水植物が豊富で河道上空が開けた環境を指向する可能性が示され、ヒメヌマエビは抽水植物が豊富な環境を指向する可能性が示された。ヤマトヌマエビは河道上空が被覆される環境を指向し、かつ粗大な河床材料が優占する環境を利用している可能性が示された。

「第 V 章 外房地域において生息が確認されたカワリヌマエビ属の一種の分類学的検討」

本章では、外房地域の 1 水系より確認されたカワリヌマエビ属の一種について、外部形態の特徴と DNA 情報を用い、その分類学的位置を解明すると同時に本種の生息環境も究明することを目的とした。また、本種がどのようにして外房地域に侵入したのかについても考察を行った。本種を採集した生息地の環境は水深 20 cm ほどの浅い水域で、抽水植物の一種であるガマ *Typha latifolia* Linne, 1753 が繁茂していた。外部形態の特徴及びミトコンドリア DNA の NADH デヒドロゲナーゼのサブユニット 2 領域の一部 (ND2) とサブユニット 5 領域の一部 (ND5) の塩基配列情報から、本種は中国大陸原産のシナヌマエビであることが判明した。外房地域から得られたシナヌマエビの塩基配列情報からは、多様性の非常に低い 4 つのハプロタイプが検

出された。このうちの1つは、兵庫県加古川産のシナヌマエビのハプロタイプと塩基配列情報が完全に一致した。この結果は、日本国内におけるシナヌマエビの侵入・分散が比較的短期間に、かつ、急速に起こったことを示している。シナヌマエビを含む中国産カワリヌマエビ属は、観賞用および釣り餌用として日本国内に大量に輸入されており、外房地域においてもこれらに由来する個体の人為的な放流または非意図的な放逐によって侵入・定着したものと考えられる。

「第VI章 外房地域におけるシナヌマエビの生活史」

本章では、外房地域に侵入・定着したシナヌマエビの生活史について検討し、同属の日本在来種で生活史に関する既存の報告が存在するミナミヌマエビ *N. denticulata* (De Haan, 1844) と生活史の特徴を比較した。シナヌマエビが最も多く確認された1地点において、毎月1回の定量採集を1年間行い、得られた標本を雌雄および未成熟個体に判別したのち、眼窩頭胸甲長を測定してサイズヒストグラムを作成した。サイズヒストグラムの解析から、本種の新規個体の加入は7月から9月にかけて行われることが示された。本種の繁殖期間は4月から6月にかけての水温上昇に伴って始まり、7月から9月の高水温期にピークを迎え、10月以降の水温下降に伴って収束することが抱卵雌の出現期間と調査地の水温データから示された。7月から8月にかけて、眼窩頭胸甲長が6.0 mmを超える大型の雄個体はほぼ出現しなかった。また、9月から10月にかけて、眼窩頭胸甲長が7.0 mmを超える大型の雌個体はほぼ出現しなかった。よって、多くの個体の寿命は10–15ヶ月であると推定された。先行研究との比較の結果、房総半島におけるシナヌマエビ個体群の生活史は同属種ミナミヌマエビの生活史と非常に類似したものであることが明らかになった。

「第VII章 総合考察」

総合考察では、ここまでに各スケールで行った検討をとりまとめ、現在の外房地域においてヌマエビ類相と、流路スケールでの分布域がどのように形成されているのかを考察した。また将来、温暖化が進行した場合に、外房地域のヌマエビ類相と流路スケールでの分布域にどのような変化が予想されるのかについても言及した。さらに、本調査において確認された国外外来種のシナヌマエビについて、その侵入・定着が外房地域の在来ヌマエビ類の分布に影響を与える可能性を考察した。

外房地域に生息するヌマエビ類は、生活史型と広域的な分布パターンから、純淡水種は温帯型、通し回遊種は黒潮型とインドー太平洋型の計3つのグループに分類された。純淡水種である温帯型種（ヌカエビ）は、外房地域の河川において再生産が行われ個体群が維持されていると考えられた。黒潮型種群（ヌマエビ、ミゾレヌマエビ）は東アジア沿岸域の暖温帯地域を中心に分布し、通し回遊型の生活史を送るため、外房地域を北端とする黒潮沿岸域で再生産が行われ個体群が維持されていると考えられた。インドー太平洋型種群（トゲナシヌマエビ、ツノナガヌマエビ、ヤマトヌマエビ、ヒメヌマエビ）は低緯度地域の熱帯域を中心とした広範な地域に分布し、通し回遊型の生活史を送るため、外房地域では低緯度地域から黒潮によって外房周辺海域まで到達する浮遊幼生に依存して個体群が維持されていると考えられた。

現在の外房地域においてヌマエビ類の流路スケールでの分布域がどのように形成されているのかを3章で区分した流路類型ごとに考察した結果、外房地域におけるヌマエビ類の流路スケールでの分布様式は、各種の生活史特性（通し回遊型・純淡水型）を前提としたうえで、各種

の地点スケールでの環境指向性と、流路の規模（流路類型）に起因するハビタットサイズによって流路スケールでの分布域の大枠が規定され、さらに広域スケールでの分布特性（インドー太平洋型・黒潮型・温帯型）と海流（黒潮）に起因する加入個体の資源量・加入開始時期の差異が影響を及ぼすことで流路スケールでの分布域が決定されると考えられた。

温暖化が比較的穏やかに進行した場合、インドー太平洋型種群の主生息地域が高緯度地域側に拡大することが予想された。これに伴い外房周辺海域へ到達する浮遊幼生の供給地域が地理的に近くなり、インドー太平洋型種群の加入資源量の増加や加入開始時期の早期化が起こる可能性が考えられた。さらに急激な温暖化が進行した場合には、外房地域にまでインドー太平洋型種群の主生息地域が拡大する可能性が予想された。この場合には、黒潮型種群の主生息地域は外房地域よりも高緯度地域に移行すると考えられた。よって外房地域の河川では、インドー太平洋型種群が主要な構成種となり、黒潮型種群と温帯型種の分布域と個体数が減少することが予想された。特に純淡水種であるヌカエビは、海域を通じた幼生の分散ができないため、地域的な個体群の絶滅も懸念される。

外房地域においてシナヌマエビの侵入・定着が在来ヌマエビ類の流路スケールでの分布域形成に与える影響としては、純淡水種のヌカエビでは生息環境の指向性がシナヌマエビと類似しており、生活史も純淡水型であるため、シナヌマエビが侵入した場合には競合する可能性が高いと考えられた。浮遊幼生期を持つヌカエビと比べ、浮遊幼生期を持たないシナヌマエビは、成熟個体の生息環境により早く定着することができると考えられ、外房地域においてヌカエビの分布域がシナヌマエビの分布域に置き換わることが懸念された。通し回遊種に対しては、シナヌマエビが通し回遊種の成熟個体の生息環境を占有することで、通し回遊種の遡上個体の加入・定着が阻害される可能性が考えられた。新規個体の加入開始時期がシナヌマエビよりも遅く、かつ成熟個体の指向する生息環境がシナヌマエビと近い通し回遊種が存在した場合、その種はシナヌマエビ侵入および定着の影響を受けて分布域が縮小することが予測された。しかし、西日本の河川では、シナヌマエビと生活史が類似するミナミヌマエビが、通し回遊種のヌマエビ類と同一水系内で共存していることから、シナヌマエビが外房地域に侵入・定着した場合においても、通し回遊種の分布域がシナヌマエビの分布域に完全に置き換わる可能性は低いと考えられた。