

氏 名 和田 智竹

学位(専攻分野) 博士(理学)

学位記番号 総研大甲第 2409 号

学位授与の日付 2023 年 3 月 24 日

学位授与の要件 複合科学研究科 極域科学専攻  
学位規則第6条第1項該当

学位論文題目 南極の水圏環境におけるヒルガタワムシの生態学的研究

論文審査委員 主 査 工藤 栄  
極域科学専攻 教授  
内田 雅己  
極域科学専攻 准教授  
高橋 邦夫  
極域科学専攻 准教授  
鏡味 麻衣子  
横浜国立大学 大学院環境情報研究院 教授  
伴 修平  
滋賀県立大学 環境科学部 教授

(様式3)

## 博士論文の要旨

氏名 和田 智竹

論文題目 南極の水圏環境におけるヒルガタワムシの生態学的研究

南極の夏季には、露岩域上の雪や氷の融水が供給される場所で微生物マットが発達し、微生物マットには、古細菌、細菌、シアノバクテリア、真菌、微細藻類、原生動物、無脊椎動物が遍在する。無脊椎動物群の中で、ヒルガタワムシ類は、南極の水圏環境において最優占する分類群の一つである。ヒルガタワムシの分布や増殖特性は、次第に解明されつつあるものの、南極の水圏環境での活動量など、未だ生態系内で担う役割等は不明である。特に、昭和基地周辺の宗谷海岸露岩域でのヒルガタワムシの研究は進んでおらず、その分布や活動実態はわかっていない。本研究は、宗谷海岸露岩域の水圏環境におけるヒルガタワムシの1) 分布、2) 生活史、3) 摂餌特性を明らかにすることによって、南極水圏生態系におけるヒルガタワムシの役割の解明を目指した。

宗谷海岸露岩域で、過去の調査で湖底に微生物マットの発達知られている5湖沼と、ヒルガタワムシの大発生を目視で視認できた1季節湿地を対象に、無脊椎動物群および無脊椎動物群の餌の一部となる光合成生物の体積存在量を調べた。その結果、今回調査した6地点すべてでヒルガタワムシの分布を確認し、無脊椎動物群中での最優占体積存在量だった。季節湿地試料の乾燥重量1gあたりのヒルガタワムシの個体数密度(182個体/g dry weight)は、湖沼中で最大個体数密度を示した菩薩池試料(24個体/g dry weight)の約7倍となっていた。光合成生物の総体積量についても、季節湿地試料(6.1 mm<sup>3</sup>/g dry weight)は、湖沼試料(0.7 mm<sup>3</sup>/g dry weight)と比べて有意に大きな値を示した。調査対象とした5湖沼は、深部には液体の水が永年存在するため、一年を通じて生物が活動できる環境であると考えられる。一方で、季節湿地は、厳冬期の間は凍結や干出、暴風にも曝される攪乱の大きな場である。攪乱の影響が少ない湖底に発達する微生物マット群集よりも、環境変動幅の大きな季節湿地において、光合成生物群と無脊椎動物群が多量に存在し、それらの中で、ヒルガタワムシ類が南極水圏生態系の消費者群集として優占していることを捉えた。

季節性地で採取した微生物マット試料中から、ヒルガタワムシ類を分離抽出した。抽出されたヒルガタワムシ類は、外部形態の特徴に基づいて、南極固有種の *Philodina gregaria* と *Adineta grandis* と同定された。両種とも、野外試料から抽出した世代(F0)、F0から生まれた子どもである第一世代(F1)、第二世代(F2)の三世代にわたって飼育することに成功した。両種の生活史パラメータは飼育温度によって変化し、*P. gregaria* は、3°C~20°Cの環境下で成熟・増殖し、12°Cおよび15°Cで増殖速度が最大となった。*A. grandis* は、3°C~15°Cの環境下で成熟・増殖し、9°Cでの増殖速度が最大となった。両種が分布した季節湿地の調査期間中の平均水温は、5.8°Cだったことから、両種は成熟にやや時間を要するものの、一定数の産子が可能な温度環境にあったと考えられた。

緑藻のクロレラを餌として施与することで、両種の継代飼育を成功させ、摂餌実験を行

った。両種ともに、2~10  $\mu\text{m}$  の大きさの粒径物を選好的に摂食し、人工物でも積極的に体内に取り込むことがわかった。また、菌（イースト）とバクテリアを飼料として施与した場合でも成熟し、産子に至った。しかし、飼料の種類によっては、産子に至らずに死んだ個体の割合が 50%を上回るなど、飼料の差が両種の増殖特性に影響を及ぼすことが判明した。さらに、クロレラを餌として、濾水速度と温度との関係を両種のヒルガタワムシで測定した結果、*P. gregaria* の濾水量が、*A. grandis* よりも 3~10 倍多かった。両種には、輪盤の有無という形態的な違いがあり、これによる摂食様式が濾水量の大きな差となったと考えた。また、*P. gregaria* が 6°C で示した濾水速度は、中緯度域のヒルガタワムシでの実験結果と同等の速度となっていた。

本研究で調査した微生物マット群集中の乾燥重量 1 g あたりの個体数と、1 個体の 1 時間あたりの濾水量の結果は、季節湿地において乾燥重量 1 g あたり 0.12 ml の水が、ヒルガタワムシ群集によって 1 時間で濾水されるという推定をもたらしした。季節湿地の平均含水量が 0.48 ml / g dry weight であることから、湿地の水量の約 20% が、毎時間ヒルガタワムシによって濾水されると推定できる。一方で、通年ヒルガタワムシが活動可能と考えられる湖底では、湖の微生物マット群集中のヒルガタワムシ平均存在量に基づいて総個体数を見積もり、その総濾水量を見積もったところ、1 年で湖水の水量の約 18% に相当する 8,760 t と推定された。

本研究によって、ヒルガタワムシ類の南極大陸上の空白地域であった宗谷海岸露岩域の湖沼や湿地で、水圏生態系での優占分布を確認したとともに、環境変動の大きな季節性湿地での成熟や増殖の可能な生活史応答を実験的に解明し、摂餌の濾水による生態系への影響を、大まかではあるが、評価できうる情報を提示した。

## 博士論文審査結果

N a m e 氏 名 和田 智竹

T i t l e 論文題目 南極の水圏環境におけるヒルガタワムシの生態学的研究

南極露岩域生態系の水圏環境において消費者として優占し、しばしば大発生現象が報告される無脊椎動物のヒルガタワムシについて、現存量・出現種・生活史応答と摂餌特性を調査し、増殖や物質循環への影響などを検討・評価した研究である。これまで、対象生物群は複数の南極大陸露岩域の湿地や湖沼中での分布報告があり、生態系の食物網中の頂点に位置する生物群の一つとして研究されてきていたが、昭和基地周辺の露岩域における分布実態については、本研究実施まで未着手であった。また、しばしば報告される季節湿地での大発生に関しては、短期間の飼育実験結果から成育適温などの検討がなされたのみで、生活史応答や摂餌特性に関する詳細な研究は行われていなかった。

申請者は、第60次日本南極地域観測夏隊に同行し、南極大陸上で調査研究の空白域だった宗谷海岸露岩域の複数の湖沼と湿地において、ヒルガタワムシの分布を明らかにするために、試料の採取と現場環境調査を実施した。その後、採取試料から南極固有種であり、南極で大発生の報告があるヒルガタワムシ2種の長期継代飼育を成功させた。実験的に生活史と摂餌特性を調査し、その結果を5章からなる博士論文にまとめた。ヒルガタワムシは南極露岩域生態系で重要な消費者と考えられている生物群ではあるが、既存研究例は極めて少ない。本研究は、宗谷海岸露岩域におけるヒルガタワムシの分布や出現を明らかにしたのに加え、現存量や個体数においては、他生物群も含めて分布実態を示した。さらに、継代飼育実験から詳細な生活史と摂餌特性の研究を展開し、季節湿地での大発生を含むヒルガタワムシの生態学的な役割を評価した点は高く評価できる。

第1章は南極露岩域生態系の特徴をこれまでの研究事例から説明し、ヒルガタワムシが無脊椎動物群で最優占生物群として、あるいは大発生が報じられる一方で、その研究事例が少ない現状について解説し、研究目的を提示した。

第2章では、宗谷海岸露岩域で、湖底に微生物マットが発達している5湖沼と、ヒルガタワムシの大発生を目視で確認できた1季節湿地を対象に、無脊椎動物群 および 無脊椎動物群の餌の一部となる光合成生物の現存量を調査し、全ての場所でのヒルガタワムシ類の出現と優占生物群についてまとめた。特に、季節湿地において、ヒルガタワムシは高密度化することを報じた。

第3章では季節湿地で採取した微生物マット試料中から、分離抽出したヒルガタワムシの外部形態の特徴に基づいて、南極固有種の2種であることを示した。また、それら2種の継代飼育を行って、飼育環境温度と生活史の特徴である卵胎生(様式)、成熟(速度)、産子と寿命の関係について、実験的に調査した結果をまとめた。2種ともに成熟(速度)には強い温度依存性があるものの、産子数は温度の影響を受けず、また、南極の夏期間に観測される湿地や湖沼の温度範囲では、ひと月ほどで成熟し一世代を回すことができると

推察された。

第4章では摂餌特性に関し、蛍光ビーズなどの人工粒子を用いて、摂餌可能な餌サイズの検討を行いながら、継代飼育時の餌としていたクロレラ（緑藻）のほか、バクテリアや酵母を餌とした際に、ヒルガタワムシ2種の増殖能力についての検討も行った。また、クロレラを餌とした際におけるヒルガタワムシの濾水速度を実験的に推定し、成育温度条件下では、中緯度域のワムシ類の濾水速度よりはやや低い速度であることを明らかにした。

第5章では、総合考察として第2章から第4章で示した結果に、野外環境データを加えて、ヒルガタワムシの湿地と湖沼それぞれの環境下での生育や増殖可能性を検討した。さらに、ヒルガタワムシの濾過摂食作用による微生物群集、あるいは物質循環への影響について考察した。

以上のように、申請者は、南極の露岩域生態系でのヒルガタワムシ研究上の空白域で分布に関する新知見を提示し、さらには、継代飼育を可能とすることにより、室内実験系で生活史と摂餌応答特性の詳細を調査した上で、野外で観測される温度環境変動下での生存や増殖の状況を推察し、南極露岩域の水圏環境におけるヒルガタワムシ生物群の生態学的な役割を解明した研究と高く評価できた。審査論文の内容や関連研究については、国際会議等で7件（優秀口頭発表賞1件含む）、国内学会で4件の発表を行った。また、研究を実施していく過程で、総合研究大学院大学のインターンシッププログラム（短期・長期各一回）、SOKENDAI研究派遣プログラム（2回）の応募と採択、さらに、研究助成財団から外部研究費を獲得して研究を推進してきている。本審査論文の一部は、査読付き国際誌（*Ecological Research* 誌）に原著論文として公表されている。以上の理由から、博士の学位論文内容として十分であり、また、研究者としての素養も供えていることから、審査委員会は、審査論文が博士（理学）の学位を授与するのにふさわしいと全員一致で認めた。