

学 位 論 文 題 名

Distribution and population dynamics
of living *Ammonia beccarii* in Lake Saroma
-Response of benthic foraminifera
to cool brackish environment-

（サロマ湖における現生底生有孔虫 *Ammonia beccarii* の分布と
個体群動態 - 寒冷汽水環境に対する底生有孔虫の反応 -）

学位論文内容の要旨

底生有孔虫は炭酸カルシウムなどの殻をもつ原生生物で、汽水域から深海底に生息する。様々な種が、多様な環境条件（水深・水温・塩分・溶存酸素量など）に応じてすみ分けている。有孔虫の殻は、化石として堆積物中に保存されることから、古環境復元の指標として用いられてきた。有孔虫の分布を規制する要因は様々であるが、なかでも水温については現生種が緯度的に分布することがよく知られており、規制要因として重視されている。しかし一方、浅海域では水温の年較差が著しいため、有孔虫の生息がどの季節の水温を反映するかを理解することは重要である。

Bradshaw (1961) は飼育実験から底生有孔虫の水温耐性を研究した。彼は汽水生底生有孔虫の一種である *Ammonia beccarii* について、生殖・成長・生存の可能な温度範囲をそれぞれ 20~32, 15~35, -1.7~40℃と認定し、生殖可能範囲が生存・成長可能範囲より狭いことが明らかにした。その結果にもとづき、生殖に必要な水温に達するか否かが、底生有孔虫の生息を考えるうえで重要な要素であると考えられている。

しかし、自然環境では *A. beccarii* が、年最高水温が実験で得られた生殖可能範囲の下限である 20℃に達しない水域で生息することや、水温が 20℃以下の季節に生殖することも報告されている。これらの矛盾は飼育実験の結果を自然環境に適用することに限界があるためと解釈されているが、一方で、野外観察の問題点（一時的な水温上昇の見落とし、温暖期に生まれた幼生を寒冷期に誕生したものと誤認）も指摘されている。こうした水温耐性の問題は、有孔虫の環境耐性を考えるうえで重要な問題であるにも関わらず、いまだに解明されていない。

北海道東部サロマ湖は *A. beccarii* の北西太平洋における分布の北限に位置する。水温は -1.7~約 23℃にわたり、Bradshaw (1961) が求めた生存・生殖範囲の下限にほぼ相当する。また冬季に結氷し、0℃前後の低温環境が約 3 カ月にわたって持続する。そのため、底生有孔虫個体群の維持と低水温との関係を理解するのに適している。さらに、サロマ湖はこ

の地域で最大の海跡湖であり、塩分・溶存酸素量の変異にも富む。そのため、低温条件下における塩分や溶存酸素量の底生有孔虫への影響を理解するのにも好適といえる。

そこで、本研究では自然環境下で *A. beccarii* の生態を観察して、個体群の維持がどのように起きているかを解明することを目的とした。まず、サロマ湖内における底生有孔虫の分布を解析し、*A. beccarii* の分布特性を明らかにした。さらに、湖内全域における本種の分布をもとに、同種がもっとも多産する湖南東部の潮下帯上部（水深 1.6～2.4 m）に定点を設け、季節変化を観察した。その際、幼生の出現とその後の成長に着目し、個体レベルの生殖・生存および年間の生活史と水温・塩分との関係を考察した。さらに、その知見をサロマ湖と浜名湖における本種の分布を解釈するのに適用した。

その結果 *A. beccarii* について、以下のことが明らかになった。

1) サロマ湖潮下帯（水深 1.6～20.2 m）において、3 つの底生有孔虫群を認めた。これらは湖浅部、湖深部、河口沖に分布し、夏季の溶存酸素量と底質の粒度・有機炭素量に規制されている。*A. beccarii* は湖浅部と河口沖において産出する。

2) サロマ湖に産出する底生有孔虫群は、本州の汽水域から報告されてきた種から構成される。しかし、サロマ湖における *A. beccarii* の産出傾向は本州の汽水域のものと異なり、夏季に貧酸素状態になる湖深部でほとんど産出しない。

3) *A. beccarii* の幼生は水温が 20℃を越える夏季だけでなく、-0.1℃の結氷期においても産出が認められ、これまで報告されてきたもの（3℃）より、さらに低温で生殖が起きていることがわかった。しかし、殻径 400 μ m 未満の若い個体について遺骸の生体に対する比率を検討した結果、冬季に誕生した個体の多くが、成体になれずに死亡することが判明した。また、幼生の成長に好適である水温は、14℃以上であることが明らかになった。このことは、水温が生殖に影響を及ぼさないが、幼生の成長を規制することを示す。このため、温暖な時期（>14℃）に誕生した個体が個体群中に卓越する。

4) 水深の浅い地点（水深 1.6 m）では、生殖を夏の限られた期間（2 カ月間）のみ行う。それに対して、深い地点（水深 2.4 m）では、生殖を夏～初秋の長期間（5 カ月間）と冬季に行う。このように生殖の時期・回数は、同一種でも変異がある。本種の生殖に適した塩分は 22psu 以上であり、水深に伴う生活史の変異は降水に伴う一時的な塩分低下による可能性が高い。

5) 幼生の成長に適した温暖期（14℃以上）に溶存酸素が乏しい場合（4ml/l 以下）、個体群は維持されない。このように、水温が個体群の維持を規制することで、同一種でもサロマ湖と浜名湖で溶存酸素に対して、みかけ異なった産出傾向を示す。

以上のように、*A. beccarii* の水温耐性に関する矛盾を、これまで注目されなかった幼生期の耐性に着目することで解明した。そして、底生有孔虫個体群の維持に対して、環境要因が生殖時のみならず幼生の成長期においても、影響を及ぼしうることを明らかにした。さらに、こうした底生有孔虫への環境要因の作用を考慮することで、分布を規制する要因をさらに正確に理解できることを示した。本研究で用いた幼生の成長過程をもとに個体群の維持について考察するという手法は、他の種、あるいは他の環境要因との関係を解明するための適用が広く期待されるものである。こうした研究手法は、底生有孔虫の生態をより明確にし、古環境指標としての精度をさらに高めるものと考えられる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 大 場 忠 道

副 査 教 授 南 川 雅 男

副 査 助 教 授 長 谷 川 四 郎

副 査 教 授 岡 田 尚 武 (大学院理学研究科)

学 位 論 文 題 名

Distribution and population dynamics of living *Ammonia beccarii* in Lake Saroma -Response of benthic foraminifera to cool brackish environment-

(サロマ湖における現生底生有孔虫 *Ammonia beccarii* の分布と
個体群動態 - 寒冷汽水環境に対する底生有孔虫の反応 -)

底生有孔虫は汽水域から深海底に生息する原生生物で、様々な種が多様な環境条件に応じてすみ分けている。炭酸カルシウムなどで作られる有孔虫の殻は、化石として堆積物中に保存されることから、古環境指標として用いられてきた。有孔虫の分布を規制する環境要因はさまざまであるが、なかでも水温については現生種が緯度的に分布することがよく知られており、規制要因としての検討が進んでいる。

Bradshaw(1961)は、汽水生底生有孔虫である *Ammonia beccarii* の飼育実験から、生殖・生存の可能な温度範囲を示した。しかし、自然環境下では年間の最高水温が実験で得られた生殖範囲の下限 (20℃) に達しない水域で、繁殖不可能であると思われるにも関わらず、本種が生息することが報告されている。こうした矛盾は、底生有孔虫の生態に重要な問題であるにも関わらず、未だに解決されていない。

北海道東部サロマ湖は、*A. beccarii* の北西太平洋における分布の北限である。こうした分布限界における生態の検討は、自然環境下で環境因子が繁殖すなわち個体群の維持にどのように働くかを理解するうえで重要である。そこで、サロマ湖において定点を設け、*A. beccarii* の季節変化を観察した。その際、幼生の出現とその後の成長過程に着目し、生殖・成長と水温・塩分との関係について考察した。さらに、その知見をサロマ湖と浜名湖における本種の分布を解釈するのに適用した。

その結果 *A. beccarii* について、以下のことが明らかになった。

- 1) サロマ湖内に 3 つの底生有孔虫群集（湖浅部、湖深部、河口沖）が認められ、それらは夏季の溶存酸素量と底質の粒度・有機炭素量に規制されている。*A. beccarii* は湖浅部と河口沖において産出する。
- 2) *A. beccarii* は湖深部の貧酸素環境でほとんど産出しない。これは暖温帯汽水域における本種の産出傾向とは異なる。
- 3) 水温は *A. beccarii* の生殖に影響を及ぼさないが、幼生の成長を規制する。そのため、14℃以上の温暖な時期に誕生した個体が個体群中に卓越する。
- 4) 生殖の時期・回数は、同一種でも場所により変異があり、それに塩分が関与する。生殖に必要な塩分は 22psu 以上である。
- 5) 幼生の成長に適した温暖期（14℃以上）に溶存酸素が乏しい場合（4ml/l 以下）、個体群は維持されない。その結果、同一種でもサロマ湖と浜名湖で溶存酸素に対して、みかけ異なった産出傾向を示す。

以上のように、*A. beccarii* の水温耐性に関する矛盾を、これまで注目されなかった幼生期の耐性に着目することで解明した。そして、底生有孔虫個体群の維持に対して、環境要因が生殖時のみならず幼生の成長期においても、影響を及ぼしうることを明らかにした。さらに、こうした底生有孔虫への環境要因の作用を考慮することで、分布を規制する要因がさらに正確に理解されることを示した。

これらのことは、底生有孔虫を用いた古環境復元の精度をさらに高めるものと期待される。

審査員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院課程における研鑽や取得単位なども併せ、申請者が博士（地球環境科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。