

氏名(本籍)	ふく だ あか り 福田朱里(富山県)		
学位の種類	博士(農学)		
学位記番号	博甲第4185号		
学位授与年月日	平成19年2月28日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	サカマキガイによる水圏底質環境モニタリングに関する基礎的研究		
主査	筑波大学教授	農学博士	佐竹隆顕
副査	筑波大学教授	農学博士	杉浦則夫
副査	筑波大学教授	博士(農学)	山口智治
副査	筑波大学教授	理学博士	白岩善博

論文の内容の要旨

水圏での化学物質が与える生態影響評価手法の確立は重要である。化学物質の環境中濃度を測定するモニタリングが行われているが、それ以外に生態系の様々な構成生物種に対する毒性や蓄積性、生物利用性を含めた食物網を通じた蓄積 (biomagnification) も考慮した総合評価が必要とされる。特に、疎水性化学物質は、水中で主に懸濁態物質に付着した形で存在し、底質に吸着、蓄積し、また脱離する動態を持っている。このため、現行の動物・植物プランクトンおよび魚による生物毒性試験だけでは正確な評価は難しい。底質の影響を評価可能な底生生物を用いた水環境モニタリングの構築が求められている。現在、米国やOECDにおいて、底生生物指標としてミミズやユスリカの幼虫のテストガイドライン構築が検討されている。

底質環境も含めた動態の考察が必要な有害物質の一つにカドミウム (Cd) がある。日本はCdの環境中濃度が高く、特定地域のコメのCd含有量は世界のそれと比べ高水準にある。Cdは多くの生物に容易に蓄積される。特に巻貝は、体内の微量金属濃度の制御や有害金属の無毒化を行う金属結合性タンパク質のメタロチオネイン (MTs) を持つことが知られており、MTsを持つことでCd蓄積能が高く、biomagnificationにより生態系に及ぼす影響が大きいと予想される。サカマキガイは、日本の水田や河川を含む沼沢に広く分布し、附着性藻類を摂食する底生生物である。本研究では、今後の水環境保全に必要な水圏底質環境モニタリングについて、サカマキガイの生物指標としての有効性を確かめることを最終目標とし、以下を実施した。

(1) 環境モニタリングでは、使用する生物の生活史と個体群動態に関する知見を得ることが重要な情報となる。サカマキガイの個体群動態について、筑波大学構内「松美池」で、同サイズで同所的に生息するヒメモノアラガイをサカマキガイの比較対象生物として、生息密度やバイオマスとサイズ分布の季節変動を解析した。その結果、両個体群は類似の季節変動を示すが、年や季節により優占する種が異なることが判明した。次に、水温を制御した室内飼育実験を行い、環境要因としての水温の影響を解析した。さらに、顕微鏡観察による食性解析も行った。その結果、ヒメモノアラガイに対しサカマキガイは水温の変化に敏感に反応して成長し、より短期的に増殖可能な個体群動態特性を持つこと、その食性は底質に強く依存していることが明らかとなった。これらの結果からサカマキガイが水田のような入水期の短い水環境でも指標生物となり得る

ことが判った。

(2) サカマキガイの生体反応の用量依存性と生物指標あるいは毒性試験生物としての有用性を検討するため Cd 暴露実験を行った。制御環境下で7段階の Cd 濃度 (0, 0.1, 10, 100, 250, 500, 1,000 $\mu\text{g/L}$) に3週間暴露し, 成長と生殖に関する項目を計測した他, 暴露後の体内 Cd 濃度を ICP-MS で測定した。その結果, 500 $\mu\text{gCd/L}$ は産卵が起こらなくなる慢性影響濃度であること, 半数致死濃度 (LC_{50}) は 500 $\mu\text{gCd/L}$ であることが明らかになった。また, 暴露濃度に依存してサカマキガイ体内の Cd 濃度が高くなっていた。

(3) 実際の水圏で採取した巻貝の体内金属濃度と Cd-chelex assay から算出した体内 MTs 発現量を用いて, 各環境 (底質) 中の金属濃度と比較することで金属汚染評価を行った。水田と松美池を比較した結果, 懸濁態有機物量が多い松美池の方が底質の Cd, 鉛濃度が高く, それに依存してサカマキガイ体内金属濃度も高くなっていた。また, 体内 MTs 発現量も松美池の方が多かった。次に, 水圏底質環境モニタリングの沿岸環境への応用を目指し, 高い生物多様性と浄化機能を持つ干潟 (盤洲干潟と中津干潟) において, 淡水のサカマキガイと類似の生活史を有するホソウミニナを用いて金属汚染評価を行った。その結果, 底泥 Cd 濃度は盤洲干潟より中津干潟の方が高かった。一方, 体内 Cd 濃度は中津干潟より盤洲干潟の方が高かった。これは盤洲干潟のホソウミニナ体内で MTs が多く発現していたことから, MTs 発現により Cd の体内蓄積の促進がなされていたためと考えた。この結果は, 巻貝類の MTs 発現が金属汚染以外のストレスでも誘導されることを示し, 生物体内金属濃度を周辺環境中濃度から直接推測することの危険性を示唆している。

審 査 の 結 果 の 要 旨

多種多様な化学物質が, 近年人間生活に用いられ, 環境中に排出されている。生物は呼吸や水及び食物の摂取により環境中の化学物質の暴露を受ける。多くの化学物質の最終到着点は水界であり, 水圏での化学物質が与える生態への影響評価手法を確立する必要がある。本研究はこのような視点で研究にとりかかったものである。水圏の底質環境を含めた動態を明らかにするために有害物質の一つであるカドミウム (Cd) を取り上げた。Cd は多くの物質に蓄積される。特に巻貝は金属含性タンパク質のメタロチオネインをもつことが知られており, この金属結合性タンパク質をもつことで Cd の蓄積能の高いことから研究対象とした。最初にサカマキガイの個体群動態をモノアラガイと比較して検討した結果, モノアラガイに対しサカマキガイは水温の変化に敏感に反応し, より短期間に増殖し, その食性は底質に強く依存していることから指標物質として, 有用であることが判った。ついで, サカマキガイの生体反応の用量依存性を明らかにし, Cd の慢性影響濃度と半数致死濃度を明らかにした。さらにサカマキガイのメタロチオネイン濃度と, 底質中の金属濃度との関係を明らかにした。サカマキガイが水圏底質環境モニタリングとして有用であることをサカマキガイと類似の生活史をもつホソウミニナについてメタロチオネインを指標に底質との関係を盤洲干潟と中津干潟において比較した。

以上の結果, サカマキガイは重金属蓄積性が高く, 水圏底質環境モニタリング用底生生物として有用であることを明らかにした。本研究の成果は他の貝についても同様なプロトコルを構築することが可能であるので, 様々な化学物質の指標生物化が期待でき, 水環境生態工学の発展に貢献している。

よって, 著者は博士 (農学) の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。