

氏名（本籍）	窪原 拓馬（徳島県）
学位の種類	博士（工学）
学位授与番号	甲第91号
学位授与日付	平成30年9月30日
専攻	システム工学専攻
学位論文題目	紀の川流域における底生動物および水生植物の重金属濃度と地質条件の関係について
学位論文審査委員	(主査) 教授 井伊 博行 (副査) 教授 江種 伸之 教授 坂本 英文

論文内容の要旨

河川における自然由来の重金属の生物への影響を調べるためには、河川水や河川堆積物（土砂や底泥）の重金属濃度を測定する方法がある。河川水中の重金属濃度は、一般的にきわめて低く、また、流量変動により変化しやすい。河川堆積物中の重金属は、可溶性の成分と不溶性の成分があり、河川では多くの物質は溶出している。したがって、堆積物中の重金属の全量濃度を測定しても、実際の環境で移動している重金属濃度や重金属量を反映していない。そのため、河川水および河川堆積物の重金属濃度は、必ずしも生物への影響を調べる上で、指標とはならない。一方、河川で見られる底生動物や水生植物は、水中や堆積物から重金属を長期的に摂取して蓄積するため、河川に生息する底生動物と水生植物の重金属濃度は、実際に影響を与えている重金属濃度を反映していると考えられ、かつ、一般的に河川水の重金属濃度よりもはるかに高いため、測定が容易である。そこで、本研究では、底生動物や水生植物の重金属濃度が、どのように環境を反映して変化するかを調べるために、紀の川流域において底生動物と水生植物の重金属濃度を測定した。

紀の川流域では、流域の北側に中生代の重金属濃度が低い泥岩、砂岩、礫岩で構成される和泉層群、南側の三波川変成岩中に、マンガン濃度が高い紅廉片岩、ニッケル、クロム濃度の高い蛇紋岩、銅、硫黄、鉄、コバルト濃度が高い含銅硫化鉄鉱床が分布する。また、紀の川流域は、都市化があまり進んでいないため、地質条件の影響が反映されやすいと考えられる。そのため、紀の川流域を調べることにより、地質条件の違いによる重金属の生物環境への影響を把握することが可能であると考え、研究を行った。

底生動物と水生植物が影響を受ける河川水の重金属濃度を調査した結果、河川水の銅イオン、コバルトイオン、ニッケルイオン、亜鉛イオン、鉄イオン、マンガンイオン濃度のほとんどは低い濃度（検出限界の 0.01ppm 以下）であったため、河川水の重金属濃度から地質の違いによる影響を検出することが困難であった。銅、コバルト、ニッケル、亜鉛、鉄、マン

ガンの底生動物および水生植物の濃度は、河川水よりも高いため、河川流域における地質条件の違いによる影響を把握することが容易であると考えられた。

そこで、まずは、水生生物の大まかな種類ごとの違いを把握するために、複数種の底生動物 (Potamonidae, Trichoptera の幼虫, Corydalidae の幼虫, Odonata の幼虫, Plecoptera の幼虫, Tipulidae の幼虫, Ephemeroptera の幼虫, Corixidae) および水生植物 (Phragmites, Pterophyta, Bryophyta, Reynoutria japonica, Coix lacryma-jobi) の重金属濃度と濃縮係数を地質条件別で比較した結果、廃銅鉱山周辺では、銅、コバルト、亜鉛、鉄の Bryophyta の濃度と濃縮係数が高く、蛇紋岩周辺では、ニッケルの Bryophyta の濃度と濃縮係数が高かった。底生動物では Tipulidae の幼虫が銅、コバルト、亜鉛、鉄の濃度と濃縮係数が高く、Trichoptera の幼虫はニッケルの濃度と濃縮係数が高かった。特に、Bryophyta は、調査地域にみられるすべての底生動物、水生植物の中で、最も高い濃度、高い濃縮係数、幅広い濃度範囲を持っており、流域の地質条件の違いを最もよく表現していた。

一方、Bryophyta には多数の種が存在し、種によっては重金属を特異的に蓄積する。そこで、調査対象の Bryophyta を科また属レベルで分類し、各種 Bryophyta の重金属濃度と濃縮係数および出現頻度を地質条件別で比較した。その結果、廃銅鉱山周辺で Pottiaceae の銅、コバルト、亜鉛、Brachytheciaceae の銅、コバルト、鉄の濃度と濃縮係数が高く、蛇紋岩周辺で、Pottiaceae と Brachytheciaceae のニッケルの濃度と濃縮係数が高かった。両種は調査対象とした Bryophyta の種類のうちで、高い濃度と高い濃縮係数、広い濃度範囲を示した。さらに、Pottiaceae は、廃銅鉱山周辺にて特異的に高い出現率を示すとともに蛇紋岩周辺でも出現し、Brachytheciaceae は、すべての地質条件で高い出現率を示した。これらのことから、Pottiaceae の銅、コバルト、亜鉛、ニッケル濃度、Brachytheciaceae の銅、コバルト、鉄、ニッケル濃度は、廃銅鉱山や蛇紋岩といった地質条件の影響を反映しているとともに、それらの重金属の影響を示す指標として有用であると考えられる。

この結果より、Bryophyta の Pottiaceae と Brachytheciaceae の重金属濃度は、流域における重金属汚染の程度を把握するための指標となり得ることが判明した。

論文審査の結果の要旨

論文内容をチェックし、博士論文として必要な条件を満たしていると認められた。本研究は紀の川流域で、河川中の底生動物、河川に分布する植物の重金属濃度を測定し、地質ごと、生物ごとの重金属濃度の比較を行い、その特性を明らかにしたものである。紀の川流域には含銅硫化鉄鉱床の銅鉱山が複数あり、この鉱石には銅、鉄、コバルト、ニッケルが多く含まれている。一方、龍門山には蛇紋岩が分布し、他の岩石よりもニッケル、クロムが高い。水生植物では、銅鉱山周辺では、コケ植物門が銅、コバルト、亜鉛、鉄濃度が高く、蛇紋岩地域ではコケ植物門のニッケル濃度が高い。底生動物では、ヘビトンボ科の幼虫が、銅、コバルト、亜鉛、鉄濃度が高く、ガガンボ科の幼虫のニッケル濃度が高かった。コケ植物門は、どの地域でも濃度が一番高かった。コケ植物門では、採取したコケを、センボンゴケ科、アオギヌゴケ科、ゼニゴケ科、サワゴケ属、ミズゼニゴケ科、ヒジキゴケ科、ジャゴケ科、ハリガネゴケ科、ハイゴケ科、チョウチンゴケ科、シノブゴケ科、ハウオウゴケ科に分けて、濃度を比較した。銅鉱山周辺では、センボンゴケ科の銅、コバルト、亜鉛、アオギヌゴケ科の銅、コバルト、鉄濃度が高い。蛇紋岩地域では、センボンゴケ科、アオギヌゴケ科のニッケル濃度は高かった。特に、アオギヌゴケ科は銅鉱山、蛇紋岩地域以外に広く分布し、流域の金属濃度の指標になると考えられた。

最終試験の結果の要旨

公聴会・最終試験を8月10日に実施した。論文内容及び関連する事項についての試験を行った結果、質疑応答が適切であり、最終試験に合格と判断した。

論文審査及び最終試験を総合的に検討し、博士学位授与に値すると判断した。