

鉱山廃水流入河川における底生動物及び付着藻類群集の流程変化： 金属汚染に対するこれらの生物群集の変化は異なるか？

岩崎 雄一（国立研究開発法人産業技術総合研究所・主任研究員）

この度は、2021 年度論文奨励賞（廣瀬賞）に選んでいただき、誠にありがとうございます。関係者の皆様に深く御礼申しあげます。個人的にまったくの想定外で、棚から牡丹餅でしたが、過去の受賞者にある諸先生方のお名前を拝見し、改めて身を引き締めて精進していこうと思う次第です。以下では、本研究の背景も含めて、簡単に紹介させていただきます。

日本では、現在、約 100 ヶ所程度の休廃止鉱山（操業を休止または鉱業権を廃棄した鉱山）において、坑廃水処理を含む鉱害防止事業が実施されており、このうち、鉱害防止義務を負う者がいない義務者不存在鉱山では、自治体がその管理を行っています。鉱山の坑口等から排出される坑廃水の一部は酸性を示し、複数の元素を比較的高い濃度で含有しているため、中和処理等が実施されています。この坑廃水処理の目的を排水基準の遵守とすると、多くの鉱山で 100 年以上の継続が必要となる可能性が高いことが指摘されており¹⁾、長期的な視点から、持続可能な坑廃水管理方策を検討することが急務となっています。

このような背景を受け、下流の利水点等で環境基準等を満足できる義務者不存在鉱山では、坑廃水（またはその処理水）の放流口（排出口）における排水基準の遵守ではなく、下流の利水点等での水質や環境への安全性を確保した上で坑廃水を管理あるいは監視するという、「利水点等管理」の導入が検討されています。すでに実質的な利水点等管理とも解釈できる事例も国内にあり²⁾、導入を支援するためのガイダンス文書が経済産業省ホームページに掲載されています。一方、鉱山下流では、溪流魚の遡漁等が行われる河川も多く、利水点等管理を地元理解を得ながら進めるためには、坑廃水の流入による水生生物への影響を評価すること（生態影響評価）が必要となるケースがでてくると想定されます。実態に即した生態影響評価を実施するためには、水質測定結果の環境基準等との比較だけでなく、水生生物調査が有効です。

河川の水生生物調査では、付着藻類、底生動物、魚類の 3 つが典型的な調査対象ですが、金属類を対象とした生態影響評価では、どの生物グループを調査すべきでしょうか。既往の調査研究（約 200 論文）をレビューした結果³⁾、水生昆虫を主とする底生動物が最も頻繁に調査対象として利用されていた一方で、異なる生物グループ間での応答の相関は多くの場合低く、複数の生物グループを調査した研究は少ないことが明らかになりました。

そこで、受賞対象となった論文では、飛騨川上流域にある休廃止鉱山の下流河川において、金属類を含む水質に加えて、底生動物および付着藻類を調査し、①金属濃度等の水質の流程変化（上流から下流への変化）、②底生

動物および付着藻類の流程変化と水質との関係、さらには、③これら生物グループの応答の相違点等について調査することを目的としました。当該調査河川では、坑廃水の流入により、亜鉛等の金属濃度が上昇し、下流にいくほどそれらの濃度は減少する傾向にあった一方で、坑口上流の地点でも基準値を超える亜鉛濃度が検出されていました。最下流の調査地点における亜鉛濃度は水質環境基準の約 6 倍程度でしたが、そのうち坑口以外からの亜鉛負荷が 50% 以上あることも推定されました。

底生動物および付着藻類の分類群数は、金属濃度の増加により減少し、その後、下流にいくにつれて増加傾向にあり、両者の応答は類似していました。一方、坑口周辺の鉱山地域において、カゲロウやカワゲラ類の減少が顕著で、底生動物の総個体数は大きく減少したのに対して、付着藻類は *Achnanthes* (珪藻類) といった一部の分類群が優占し、総細胞数が増加していました。加えて、最下流の調査地点において少なくとも底生動物群集の組成は対照地点と比較的類似していたことから、応答や影響の受け方には 2 つの生物グループ間で違いが認められました。以上の結果は、金属類に対する水生生物の変化を包括的に理解するためには、複数の生物グループを調査することが有用であることを示唆しています。また、最下流の調査地点での調査結果は、測定金属濃度を環境基準と比較してリスクを評価するだけでなく、水生生物調査を実施することによって、実際にその場で観測される影響をよりの確に把握可能であることを示しています。

最後に、当該対象論文は、香川裕之さん（東北緑化環境保全（株））が筆頭著者であり、香川さんの論文作成への並々ならぬ努力が本受賞に繋がったと言っても過言ではありません。野外調査中の車中で「論文書きましょう！」と意気投合したことがここに繋がったと思うと、とても感慨深いです。共著者の皆様を含め、素晴らしい方々に囲まれてこそ本受賞だと、日頃お世話になっております皆様に感謝申しあげます。

参 考 文 献

- 1) Iwasaki, Y., Fukaya, K., Fuchida, S., Matsumoto, S., Araoka, D., Tokoro, C., Yasutaka, T., 2021. Projecting future changes in element concentrations of approximately 100 untreated discharges from legacy mines in Japan by a hierarchical log-linear model. *Science of the Total Environment* 786, 147500.
- 2) 柴田由紀枝, 岩崎雄一, 竹村紫苑, 保高徹生, 高橋徹, 松田裕之, 2020. 「和賀川の清流を守る会」会報のテキスト分析：休廃止鉱山での水質モニタリングと会報における関連話題の長期的な変遷. *水環境学会誌* 43(6), 183-188.
- 3) Namba, H., Iwasaki, Y., Heino, J., Matsuda, H., 2020. What to survey? A systematic review of the choice of biological groups in assessing ecological impacts of metals in running waters. *Environmental Toxicology and Chemistry* 39(10), 1964-1972.