

Metabolomic responses of an estuarine benthic amphipod to heavy metals at urban-runoff concentrations

中島 典之（東京大学環境安全研究センター・教授）

このたびは日本水環境学会の論文賞を授与いただき、心より関係各位に感謝申し上げます。

主要対象論文¹⁾は、ニホンドロソコエビ (*Grandidierella japonica*) のメタボローム解析を通して、都市流出水や底質の生態毒性のためのバイオマーカーを選出しようとする一連の研究成果を報告した論文の一つです。都市流出水中に高濃度で含有される Cu, Zn, Cd の3種の重金属をニホンドロソコエビに曝露してメタボロームを抽出し、Orbitrap 型質量分析計によるノンターゲット分析と部分最小二乗判別分析によって、各重金属に特異的なバイオマーカーを見出しました。複雑な混合物である環境試料の生態毒性要因解析にメタボローム解析を用いることの有用性の一例を示せたと考えております。関連論文として、ニホンドロソコエビによる毒性評価に際して底質の粒径がその生長に与える影響を検討した論文²⁾と、主要対象論文の前提とも言える参照底質によるメタボローム変化の有無を解析した論文³⁾を上げていただきました。これらの論文では、東京湾に面した河口や感潮河川の底質の6試料において、底質粒径は死亡率には影響を与えなかったが生長には影響を与えたことを示し、4種類の構成成分の異なる標準底質と Cu 添加系と比較するとメタボローム変化は Cu による影響がより顕著でありメタボロミクスにおいて底質そのものの影響は制約とならないことを明らかにしました。

主要対象論文と関連論文2は柳原未奈氏（現・愛媛大学）の学位論文の一部であり、関連論文1は日置恭史郎氏（現・国立環境研究所）の学位論文の一部です。両名の副指導教員である飛野智宏講師（東京大学）は3編すべての論文において共著であります。今回は私の名前で受賞いただきましたが、個々の研究において実際に実験し、データを解析し、多くの失敗や苦勞に対処してきた共著の3名の仲間こそが称えられるべきところであり、改めて心から感謝するとともに、この研究が日本水環境学会で認められたことをともに喜びたいと思います。

研究の発端は、私が古米弘明教授のもとで助手をさせていただいていた頃に着手した道路排水由来有害物質の受水域底質汚染の研究であり、2001年に在外研究でデンマーク工科大学に行く機会をいただいたことで、ゴカイに対する bioavailability 評価、カイミジンコへの毒性影響評価と展開していきました。渡部春奈氏（現・国立環境研究所）とともに2009年に三番瀬で採取した数個体のニホンドロソコエビが、彼女の献身的な努力により毒性試験を実施できるほどに増殖し、それを受け継いだ研究室メンバーの不断の貢献により今では水槽8つにまで拡大しています。メタボローム分析においては栗栖太准教授、春日郁朗准教授から様々なご支援・ご助言をいただきました。また共著には入っていませんが柳原・日置両

名の副指導教員であった山本和夫名誉教授には本研究を進めるうえで常に大きな支援をいただきました。この場を借りて皆様に厚く御礼申し上げます。

主要対象論文の成果を発展させる形で、より広範なモデルを構築し環境試料に適用した例を2021年に発表しました⁴⁾。結果的にはどの環境試料においても対象とした8つの影響因子が毒性に大きな寄与をしていないことが示されました。環境試料の毒性要因推定は、発生源対策において重要と考えられていますが、非常に難しいことを改めて実感しています。道路排水および道路塵埃が生物へ有害性を示すことは多くの実証データがあり、2018年のシンポジウムでもこれまでの毒性試験結果をもとに現状の水環境でも懸念されるレベルになりうることを示しました。しかし毒性要因解明という点では未達成で、研究着手当初は化学分析を工夫することで対応できるのではないかと考え、2000年代半ばには TIE 手法を用いて生物試験で絞り込む方針に転換し、2010年代には生物体内の成分（遺伝子発現と代謝物）での解決を試みるなど、未だ試行錯誤を続けているというのが正直なところです。北米の研究グループによる昨冬の Science 誌の論文において、丹念な分画・化学分析によって道路排水によるギンザケ大量死の原因物質がタイヤゴム中の添加物の環境中での酸化生成物と同定されていますが、他の地域の生態系で当該物質が影響を与えているかという点はまだ未解明です。また近年のマイクロプラスチックの研究からも道路由来の粒子が非常に大きな寄与をしていることが示されており、プラスチック流出対策の観点からも重要な研究対象です。今回の賞を励みにさらに研究を進め、現象解明・問題解決に資する成果を本会を通じて発信していく所存です。

参考文献

- 1) Yanagihara, M., Nakajima, F., Tobino, T., 2018. Metabolomic responses of an estuarine benthic amphipod to heavy metals at urban-runoff concentrations. *Water Science and Technology* 78 (11), 2349-2354.
- 2) Hiki, K., Nakajima, F., Tobino, T., Wei, N., 2019. Sediment toxicity testing with the amphipod *Grandidierella japonica* and effects of sediment particle size distribution. *Journal of Water and Environment Technology* 17, 117-129.
- 3) Yanagihara, M., Nakajima, F., Tobino, T., 2019. Effect of control sediment composition on the metabolomic responses of *Grandidierella japonica* during toxicity testing using copper at an acutely toxic level. *Journal of Water and Environment Technology* 17, 386-394.
- 4) Yanagihara, M., Nakajima, F., Tobino, T., 2021. Development and application of a metabolomic tool to assess exposure of an estuarine amphipod to pollutants in the environment. *Science of the Total Environment* 752, 141988.