

神奈川大学総合理学研究所産学共同研究報告

研究テーマ G.「魚類を分析機器とみなした水質の査定」

神奈川大学理学部教授

小笠原 強

東京大学名誉教授・ハワイ大学客員教授

神奈川大学総合理学研究所客員所員

平野 哲也

背景

水界は大気および土壌との関連も含め、極めて重要な環境として意識されつつある。水はとりわけ生物の細胞内外の環境でもあるので、われわれの生命の維持に直接関わる分子としても捉えることが出来る。地球生態系つまり物理的環境と生物は、数十億年の進化のなかで巧妙なバランスを保ってきた。しかし、人間の生産活動が加速度的に高まって以来、環境と生物の関わりは歴史的に例のない多大な変動を受けていることは周知のとおりである。水分子を中核とする水界環境は、あらゆる地球環境の中でもとりわけ大きな意味をもつ。水界の変動すなわち汚濁については、これまでには専ら分析機器による物理・化学的側面からの解析が行われてきた。環境指標生物種をもとにした評価もなされてきてはいるが、解析に時間を要し精度も良好とはえない。

本研究テーマは水界の代表的な動物である魚類を、ある種の分析機器、言い換えればバイオメーターとして水質の監視・査定が可能かどうかを試すものである。環境変動に対する鰓の生理的な形態変化を指標とする。鰓は広大な表面積をもち、外部環境と接する。鰓表皮細胞は環境変動に鋭敏であり、形態・機能を柔軟に変化させる繊細な上皮細胞層である。この器官の形態変化が指標となれば、生物を中心においた環境査定が可能となる。この査定法は魚類の適応能をも加味するので、従来の機器分析法と併用すれば実質的な環境評価と保全への手がかりが得られるはずである。とりわけ、ある程度の汚濁が不可避な市街河川における評価の実質的な査定の指針となりうる事が期待される。

研究方法

メダカ（養成種ヒメダカ）を材料とした。河川・湖沼の汚染有機物質としてアンモニアについて調べた。さまざまなアンモニア溶液にメダカを移し、生存状態を調べ、鰓を組織的に解析した。組織観察は通常の光学顕微鏡を用い、広い視野にわたっておこなった。

結果・考察

魚類の窒素代謝に関わる実験には硫酸アンモニウムが用いられることが多い。はじめに硫酸アンモニア、およびそれに類する炭酸アンモニウムを淡水に添加してメダカを移行した。他の魚種で実験報告のあるアンモニウム濃度で試した。どちらの環境でもメダカは死亡した。特に、炭酸アンモニウム溶液中では短時間で死亡した。これらの溶液にはそれぞれ硫酸イオンおよび炭酸イオンが含まれる。これらアンモニウム以外

のイオンの影響が懸念された。そこで、他のイオンの含まれないアンモニア水で試した。アンモニア水はアンモニアガスを水に通気して得られる試薬である。アンモニア水を淡水に添加してメダカを移行したが、死亡することはなかった。経時的にメダカをとりだし鰓組織を観察した。

魚類特にメダカの鰓組織については、小笠原の研究室でデータが蓄積されている。この種は淡水に生息するが、海水にも適応して繁殖もおこなうことをみている。鰓には塩分代謝に重要な役割を果たす塩類細胞がある。この細胞が機能することにより、広塩性魚類の体液浸透圧は淡水中でも海水中でも一定に保たれ、安定した生命活動が補償される。塩類細胞は環境塩濃度に鋭敏に反応して形態を変える。すなわち、海水に適応すると塩類細胞の数が増え、大型になることを確認している。さらに、蒸留水あるいは強酸性淡水においても同様の形態変化をみせる。しかし、これらの低張環境での塩類細胞の形状は海水タイプとは異なる。このような低張な環境では塩の摂取をおこなっているものと推測している。

アンモニア環境にメダカを移行して一週間すると、鰓に変化が観察された。大小さまざまな塩類細胞が認められ、大型の塩類細胞にはピットとよばれる陥入部がみられた。つねには塩類細胞が分布していない呼吸上皮にも塩類細胞が観察された。これは、塩分代謝の活性化を反映した結果とおもわれる。アンモニア環境下でのこのような報告はこれまでにない。低張環境では塩類細胞は塩の摂取に関わるらしい。一方、水生動物の窒素代謝産物であるアンモニアは体表から排泄される。魚類では鰓がアンモニアの排泄にあたる。アンモニアの排泄は $\text{Na}^+/\text{NH}_4^+$ 交換系によるとされ、排泄と同時に Na^+ が体内に入る。つまり、外界に NH_4^+ が増えると Na^+ の体液側への流入量が減少する可能性がある。低調な高アンモニウム環境下で塩類細胞が活性化するのは、このような交換系による Na^+ 摂取の減衰を補うためと推測される。外界アンモニウム濃度と組織変化の度合いの間に相関があるかどうかは調べていないが、メダカはアンモニウムの上昇に応答して鰓上皮の形態を変化させる。いずれにしても本結果は、特異的な細胞あるいは器官を指標とした環境変動の査定の可能性を示す。

機器による環境査定は単一要因での環境変動については高精度のデータを与えるが、複合要因の関わる変動については解析に困難をとまなう。自然界の環境変動はつねに複合要因によって生じる。本試験のような発想を発展させれば、機器では解析の不可能な環境要因の変動を生物側から捉えることが可能であろう。