

農学研究院若手教員支援事業成果報告書

平成23年6月1日

支援対象研究分野：アジア研究

研究課題名：ベトナムにおける水質汚染迅速検知システムの適用と評価

支援期間：平成21年11月～平成22年10月

所属部門・研究分野：農学研究院オープンプロブレムスタディー

(農学研究院前寄附講座水圏バイオモニタリング学講座)

研究代表者氏名：准教授 姜 益俊

研究分担者：

福田 信二 (熱帯農学研究センター・地水環境保全部門・助教)

諸石 淳也 (前寄附講座水圏バイオモニタリング学講座・客員助教)

研究協力者：

Trinh Quang Huy (ハノイ農業大学環境工学部・講師)

1. 研究の成果, 達成度

研究背景および目的：

近年、農業や工業だけでなく一般家庭でも様々な化学物質が日常的に使われており、その種類は数万にのぼるとされている。それに伴い、化学物質の河川水、地下水への流出が起こっており、大量の化学物質が河川やダム等の水道の原水に混入する事故が度々報告されている。現在、先進国では水道原水中に含まれている化学物質の監視を高度な化学分析機器を用いて測定し、さらに生物を用いて水質調査を行い、水質の安全性を確保している。例えば、日本国内では、取水を行う水源や浄水場において魚類を飼育し、その生存や行動を目視観察、または装置によって観察し、魚の行動変化を用いて水質異常を判断する。その際、魚類の遊泳行動や活動電位などのパラメータを用いることで、より早期に水質異常が検出できることが知られている。一方、ベトナムは東南アジアの新興国として集約的な農業や活発な産業活動により急激に社会経済的な発展を成し遂げてきた。しかし、近年では、都市への人口集中と周辺地域の混住化が急速に進行しており、水環境や土壌環境の汚染問題が多く報告されている。特に、都市域での汚染源の中心は経済発展を牽引する産業セクター（化学工場など）であるため、経済成長と環境の両立に資する技術開発は喫緊の課題となっている。以上の背景から、環境の汚染レベルを把握する長期的モニタリングと同時に、有害化学物質等の生活圏への混入を防ぐための監視システムを構築することは、生活の安全を確保する上で大きな意義があるとともに、環境改善に向けた計画や管理手法を策定する上でも極めて重要である。

本研究グループは、メダカ等の淡水魚や貝類を用いて、その応答行動の変化から様々な有害化学物質の毒性を評価する手法を提案し、数理的な手法を駆使することにより、これまでよりも迅速に行動毒性を検出する手法の開発に取り組んでおり、その成果を挙げている。本プロジェクトでは、ベトナム北部ハノイ市を流れる河川のうち、特に汚染が進んでいる To Lich 川の水サンプルを用いて水質汚染の現状を把握するとともに、開発済みの手法の現地オンラインシステムでの適用可能性を検証することを目的とした。また、既存の研究者ネットワークを活用し、長期的な共同研究に向けた協力体制の確立を目指した。

研究成果：

本研究では、まず平成 21 年 11 月 20 日～27 日に、ベトナム・ハノイ市にあるハノイ農業大学 (HUA) において現地実験を行った。ベトナム市内を流れている To Lich 川から試験水をサンプリングした。次に、有害化学物質に対する魚類の遊泳行動の変化から、水質汚染を早期に検出するリアルタイム・モニタリング装置 (SNBD07-E01Lab type) を利用した。また、淡水性巻貝を利用した毒性評価実験を実施した。

まず、魚類の遊泳行動をモニタリングする手法では、魚の行動は 2 台のカメラによりパソコンに記録され、そのデータを専用ソフトにより 3 次元位置データに変換し、その結果を用いて遊泳速度や遊泳角度、遊泳位置について解析した (図 1)。この装置は、九州大学から航空便で現地に HUA に輸送し、HUA の Dr. Huy の研究室を借用して設置した。今までの研究では、メダカを試験魚として用いており、ハノイ農業大学 (HUA) 周辺農地において採集できるメコンメダカ (*Oryzias mekongensis*) を試験生物として用いる予定であった (図 2)。しかし、サンプル水の濁度の問題により、メコンメダカの体色が画像認識には適していなかったため、実験にはハノイ市内の熱帯魚店で購入したゼブラフィッシュ (*Danio rerio*) を用いた (図 3)。この試験魚は、全長もほぼメダカと同じであり、蛍光色を注入しているため、画像認識の精度が高く、実験に適していた。ベトナム北部ハノイ市の To Lich 川より採取したサンプル水を希釈することで複数の実験区を設定し、ミネラル水を対照区のサンプルとした。そして、希釈度の異なるサンプル水が入った試験水槽 (10×10×15cm) にゼブラフィッシュを入れ、行動を観察することにより、水質汚染の度合を評価した。得られたデータは、九州大学に持ち帰り、解析した。その後、河川水の水質は、HUA において分析を行った。サンプル水の分析に関する項目としては、次のような項目を設定した。基本的な水質項目として pH、DO、EC、COD、BOD を測定し、重金属として Cu、Pb、Cd、Cr、Ni、Zn を分析した。

次に、上記の実験と並行し、簡易的な評価手法である巻貝の行動を指標とする毒性実験を実施した。淡水性巻貝は、ハノイ市内より購入し、実験に用いた (図 4)。実験では、巻貝を希釈度の異なるサンプル水に暴露し、その行動の経時的変化を記録した。観察方法は、先行研究におけるカワニナの行動パターンの指標に従った (図 5)。すなわち、巻貝の行動を 5 つの行動 (移動、付着停止、剥離、剥離停止、閉蓋) に分類し、各サンプル水に対す

る応答行動に基づいて、水質評価を行った。

上記の実験の結果を以下に示す。河川水 100%を用いて 2 時間魚の暴露試験を行った結果、対象区に比べて遊泳速度や遊泳角度において異常が検出された (図 6)。特に、試験水に魚が暴露されてから、約 1 時間経過した後に、平均遊泳速度が著しく低下し、ほとんどの個体が 2 時間以内に遊泳不能になっていた。さらに、鉛直方向の遊泳位置を調べてみると、全ての魚が水面を遊泳していたことが分かった。魚の遊泳行動を調べ、水質の影響を評価する際、その速度や位置は有効な尺度として用いられるが、今回の実験においても、良好な影響評価指標として認められた。

巻貝を用いた実験も魚類の試験と同様な結果が得られた。暴露時間が経つにつれ、移動または付着停止する個体より、剥離、剥離停止や閉蓋する個体の割合が多くなっていった (図 7)。特に、閉蓋の行動を示した個体は、試験開始の 12 時間後から 80%を占めており、行動への阻害が顕著に表れた。このように、To Lich 川の河川水において、魚類の遊泳行動や貝類の移動行動が影響を受け、摂餌や繁殖、各種危機への忌避等の生存するために必要不可欠な行動が不可能になり、その個体数の減少に繋がる危険性が示唆された。さらに、水質分析の結果と併せて考察すると、河川水の貧酸素状態が生物の行動阻害における主な原因であったことが考えられる。以上の結果から、この魚類や貝類を用いた水質影響評価手法は、現場レベルでの水質評価における有効な手段であることが明らかになった。

2. 論文等の研究発表状況

論文発表：

Environmental toxicology (国際誌) 2010年10月

The Application of Entropy for Detecting Behavioral Responses in Japanese Medaka (*Oryzias latipes*) Exposed to Different Toxicants, S. Fukuda, I.J. Kang, J. Moroishi, A. Nakamura. Environ. Toxicol. 25, 5, 446-455.

学会発表 (2011 年 7 月参加予定)：

環境汚染、影響評価などの課題を発表する国際学会 15th International Symposium on Toxicity Assessment (ISTA 15) の Risk Assessment and Environmental Management 分野において口頭発表を行う。

タイトル：Monitoring toxic responses of swimming behavior of zebra fish (*Danio rerio*) using a river water in Hanoi, Vietnam. Fukuda, J. Moroishi, T. Q. Huy and I.J. Kang

3. 研究の波及効果

生物を用いた水質測定および毒性物質の迅速診断は、水圏に生息している生物をはじめ、水資源を利用する人間に対する健康被害の防除に大きく貢献する。本研究で対象とするリアルタイムモニタリングシステムを環境評価に適用することができれば、水域の汚染が生

物や人の健康にどれほどの影響を与えるかについて予測でき、被害を最低限に抑えることができる。すなわち、ベトナムにおける産業活動や多投入型農業の拡大による環境汚染を未然に防ぐとともに被害を最小限に抑えるような順応的管理の実現に寄与する。また、淡水魚類や巻貝等の現地で入手可能な水生生物を用いて、その応答行動から環境評価を行う九州大学発の手法がベトナムにおいて適用された。今後、その実用性が実証されることにより、水環境の汚染に苦しむアジア諸国において環境問題の解決策の一助になると考えられる。以上から、本研究プロジェクトのアジア研究としての波及効果は非常に大きい。

4. 外部資金獲得に向けての取組状況

本プロジェクトを行った時期より、以前から魚類の行動解析を用いた河川における水質モニタリングに関する共同研究を株式会社紙パルプ研究所と行っていた。現在も魚類の行動データの解析や今後も研究計画など、意見交換や情報交換を行っており、確実ではないが、外部資金を獲得し、現場での水質オンライン・モニタリング研究を行えるよう努める。

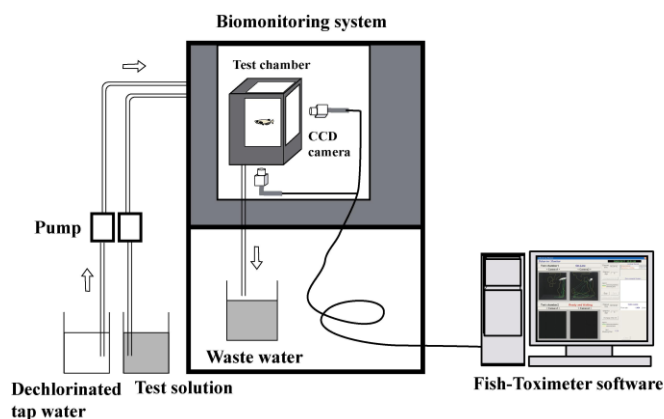


図 1. メダカ行動実験装置



図 2. 淡水性巻貝



図 3. メコンメダカ (*Oryzias mekongensis*)



図 4. ゼブラフィッシュ (*Danio rerio*)

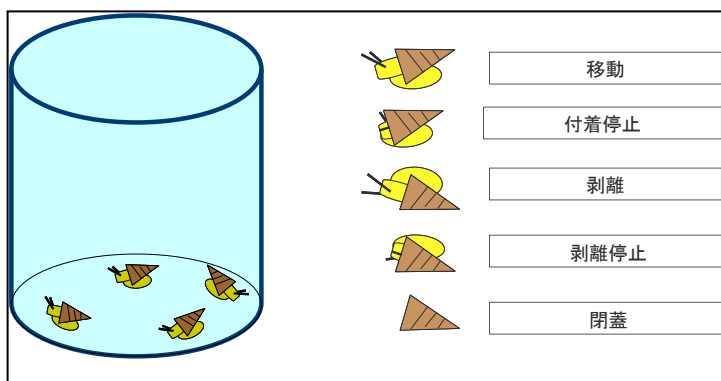


図 5. 巻貝の行動パターン分類

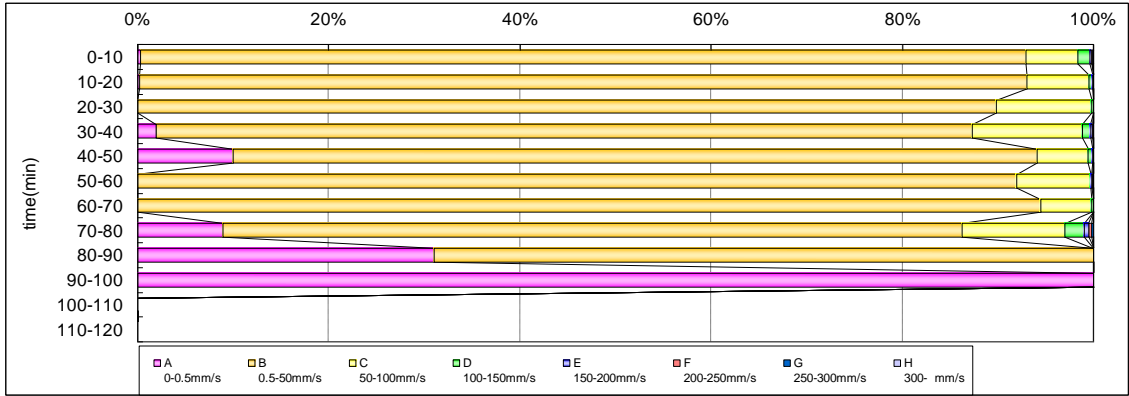


図 6-1. 100%試験水における魚類の遊泳速度

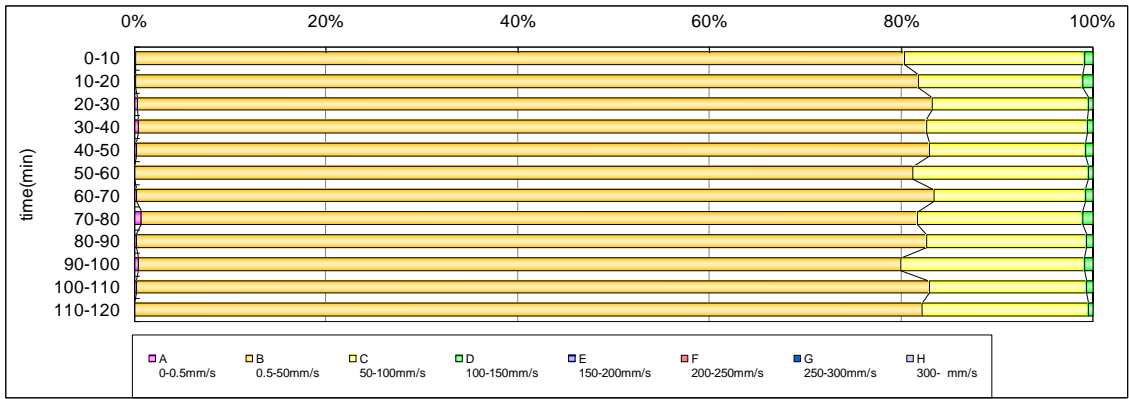


図 6-2. 対象区の試験水における魚類の遊泳速度

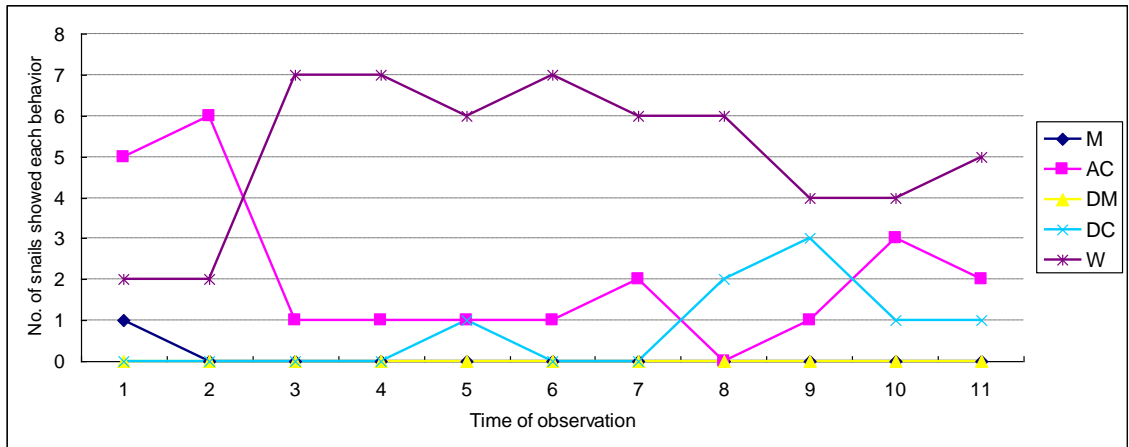


図 7. 100%試験水に暴露された巻貝の行動パターン