

II - 658

魚を用いた水道原水の水質監視に関する基礎的研究

山 口 県 正 員 藤岡健智
(株) 富士電機総合研究所 田中良春

山口大学工学部 正 員 関根雅彦
大阪工業大学 正 員 中西 弘

1.はじめに 現在、水道原水水質監視のため、水道原水による魚類の飼育が厚生省により指導されている。しかしほとんどの場合、原水をかけ流した水槽中の魚の挙動を肉眼で観察するだけであり、毒性物質に対する魚の反応の定量評価や連続監視が困難で、判定に個人差が出やすいという問題がある。

本研究では、魚による水質監視を支援するものとして開発されたバイオセンサの種々の毒性物質に対する出力と魚の挙動との関係を実験的に評価し、魚による水源水質の監視を合理化する事を目標とした。

2.供試魚と毒性物質 供試魚として、浄水場で毒性物質の生物検定に用いられている魚種のうち、きれいな水を好むと言われているマス、農薬や工場廃水にも強いと言われているコイ、小型で飼育しやすいタナゴの3魚種を用いた。実験に用いる毒性物質として、一般的な毒性物質からシアン、有機塩素化合物からテトラクロロエチレンとクロロホルム、農薬からチウラムとシマジンの5種類を用いた。

3.静水試験・流水試験とバイオセンサの概要 本研究で用いたバイオセンサは、(株)富士電機の水質安全モニタである。水質安全モニタは硝化菌を用いたセンサで、毒性物質が混入すると細菌の呼吸活性が阻害され、センサの出力は低下する。この出力低下の程度を検出する事によって、毒性物質をモニタできるものである。本研究では、魚の挙動や忌避行動を本センサの出力と関連づける事を目的とするため、実験で用いる毒性物質の濃度は本センサの検出濃度を基本に決定した。

本研究の目的を達成するために静水試験と流水試験の2つの実験を行った。

静水試験では、2槽を結合した形態を持つ図1の実験装置を用い、試験区となる水槽には適切な溶媒に溶解させた毒性物質、対照区となる水槽には溶媒のみを注入し、魚の挙動をビデオ撮影(1時間)した。供試魚数は、魚の酸素消費量が水槽の溶存酸素量の半分以下となるように計算し、コイ5尾、マス4尾、タナゴ10尾とした。実験濃度は、それぞれの毒性物質のバイオセンサによる検出濃度の10倍、1倍を用いた。ただし、クロロホルムの場合は検出濃度が高濃度のため、0.1倍についても実験した。画像解析では、ビデオ映像から画像を取り込み、それを2値化して魚影を認識し、各魚影の底面からの平均位置とその標準偏差を測定した。

流水試験では、毒性物質で汚染された水が流れる試験区と安全な水が流れる対照区を並流させ、その一部分が結合された図2の実験水路において、試験区と対照区の魚の分布をビデオ撮影(30分)により調べた。水路長は1水路内に供試魚が1度に入り、なおかつ、その供試魚数で泳ぐ事の可能な尾数を予備実験より決定し、移動幅は供試魚の体長と予備実験から決定した。その結果より、タナゴの供試魚数は7尾、水路長は10cm、移動

表1.毒性物質の検出濃度と水質基準値(厚生省)

毒性物質名	検出濃度 (mg/L)	水質基準値 (mg/L)
シアン	0.05	0.01
テトラクロロエチレン(有機塩素化合物)	6.0	0.01
クロロホルム(有機塩素化合物)	200	0.06
チウラム(農薬)	0.06	0.006
シマジン(別名:CAT, 農薬)	0.6	0.003

注:検出濃度とは、(株)富士電機の水質安全モニタにより水質異常と判定され得る濃度である。

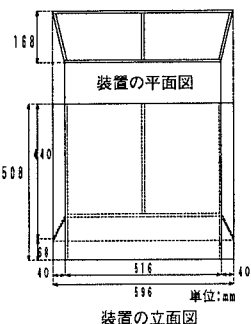


図1.実験装置図(静水試験用)

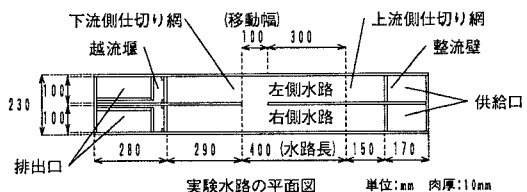


図2.実験水路図(流水試験用)

幅は5cmとした。同様に、コイは6尾、水路長30cm、移動幅10cmとし、マスは6尾、水路長40cm、移動幅10cmとした。流水試験ではシアンの実験は行わなかった。実験濃度はバイオセンサの検出濃度(=1倍)を基本とし、テトラクロロエチレンでは1倍・10倍、クロロホルムでは1倍・0.1倍、チウラムでは1倍・10倍、シマジンでは1倍・0.2倍を用いた。タナゴの実験においては、上記に加えて、テトラクロロエチレン0.05倍・0.5倍、クロロホルム0.05倍・0.5倍、チウラム0.5倍・5倍、シマジン0.1倍・0.5倍についても試験した。

4. 静水試験の結果 実験結果の一例を図3.に示す。バイオセンサの検出濃度を基本とした場合、有機塩素化合物に対する挙動は検出しやすいが、農業に対する挙動は検出しにくい事が判明した。肉眼観察では、死亡に至るまでの魚の痙攣などの異常な挙動は断続的であり、毒性に対する動作なのか偶発的な動作なのか判断し難いものであった。また、タナゴにおいて、鼻上げ行動がほとんど観察されず、むしろ水底でじっとする場合が多かったことも特記される。

図4.より、画像解析では分布位置の違いが対照区と試験区を比較することにより明確となる。また、対照区の標準偏差は安定しているのに対し、試験区の標準偏差は変動している事が読みとれる。これらの結果より、試験区単一槽だけの観察の場合に比べ、対照区を用いる事により客観的に異常が検出できる事が明らかになった。

5. 流水試験の結果

当初は静水試験より流水試験の方が感度が高いものと予想していたが、流水試験では低濃度の毒性物質は検出できなかった。流水試験結果で注目されるのは、クロロホルムにおいて、魚の挙動から明らかに毒性物質を感知していると思われる場合においても、魚は試験区と対照区の往來を繰り返し、結果的に左右の分布率に差が現れない現象が観察された点である。このような場合に、毒性物質の存在する水路に魚が強く好む遮蔽条件などを同時に設定しても、毒性物質側の存在率が増加することはなかった。つまり、魚はクロロホルムの存在する水中に長く留まることはできないが、単純に忌避するわけでもないことになる。また、シマジンでは毒性物質が存在する水路が選好される傾向が見られた。

6. おわりに 試験区と対照区を同時に画像解析することによって、定量的かつ客観的に魚の異常行動が検出できることが判明した。また、流水試験より、魚の毒性物質に対する反応は単純ではないことが示された。バイオセンサに関しては、検出感度が低い物質も存在するものの、多くの毒性物質について、バイオセンサの方が単一槽での魚の挙動の観察より10倍程度高感度に水質異常が検出できる事が判明した。

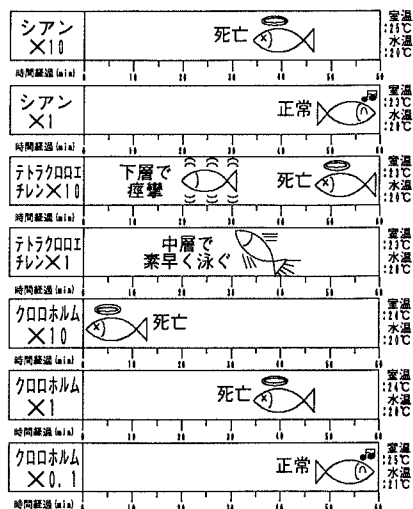


図3. 静水試験におけるタナゴの結果の一例

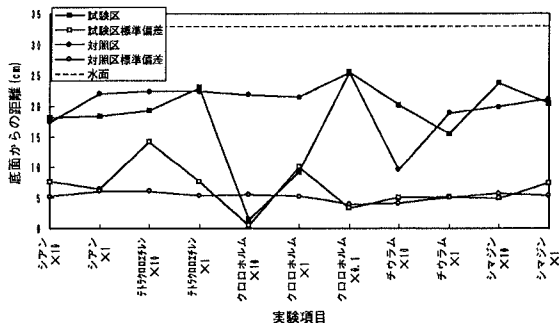


図4. 画像解析におけるコイの静水試験の結果

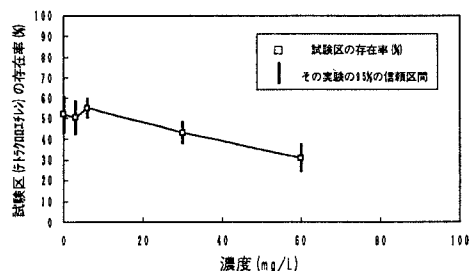


図5. 流水試験におけるタナゴの結果の一例