原水やろ過水の安全を守る
環境電子 水質自動監視装置

環境電子の「メダカのバイオアッセイ」は、毒物に対する反応が敏感なヒメダカを試験魚として、取水場の原水や浄水場のろ過水の水質を24時間連続で自動監視を行う製品。安全・安心な水道水の需要者への供給の守り手として、全国でも多くの導入実績を誇る。バイオアッセイの第一人者である同社の山本会長に製品の仕組みや特徴について伺ったほか、同社の製品を導入した広島市に取材を行った。

採用自治体ルポ 広島市水道局

豊富な毒物試験データに信頼

■監視強化へ バイオアッセイ導入

広島市水道局では、市民に安全・安心な水道水を安定的に供給するため、水源から蛇口までの水質管理体制の強化に取り組んでいる。具体的には、平成26年度から運用している水安全計画に基づき、水質の監視・検査体制の確保、残留塩素低減等に努めている。

このうち水質監視体制の強化の取組みとしては、水源における水質汚染事故の監視体制強化を目的として平成4年度に市内3カ所の取水場にバイオアッセイによる水質自動監視装置を導入。続いて13年度には水道施設に関するテロ対策強化を目的に、市内の浄水場においてもバイオアッセイによる水質自動監視装置の設置を開始。取水場においては原水水質の監視、浄水場においてはろ過水の監視を目的にそれぞれ設置を行っている。

同局では広島市全域への水道水供給を担っており、約35万立方㍍／日（令和5年度時点）の水を供給している。特に、高陽浄水場（給水能力＝20万立方㍍／日）は全給水量の約4割を担う基幹施設の一つであり、安定した水質と供給量を維持している。

■更新にあわせ 環境電子製に

当初、同局において導入していたバイオアッセイによる水質自動監視装置（他社製）は、カメラやコンピューターの性能から、装置のサイズが比較的大きく、水質異常に敏感な魚類のタナゴを用いた装置によって監視を行っていた。

平成20年度には厚生労働省（当時）が、全国の水道事業体に対し水源から給水栓までの各段階において危害評価と危害管理を行い、安全な水の供給を確実にする水道システムを構築する「水安全計画」の策定を推奨。同局においても、すでに導入していたバイオアッセイによる水質自動監視装置について、更新時には毒物混入等のリスクに対して迅速かつ確実に対応できる装置とすることが求められていた。

そこで同局では、25年度に3取水場（戸坂・八木・高陽）で導入していた水質自動監視装置の更新にあわせ、環境電子製の水質自動監視装置（メダカのバイオアッセイ）を導入。さらに、令和4年度から5年度にかけて3浄水場（牛田・緑井・高陽）においてもメダカのバイオアッセイを導入し、微量毒物の早期検知を実現している。同局として7年度現在、計7カ所（取水場4カ所、浄水場3カ所）に環境電子の水質自動監視装置を導入している。

環境電子の装置は、微量毒物に敏感なヒメダカの行動をCCDカメラで常時監視し、独自の画像処理アルゴリズム（ブロック画像方式）により異常行動を解析するもの。人の目では判別の難しいヒメダカの異常行動（鼻上行動、狂奔行動、停止行動など）を自動検知し、一定時間内に設定ブロック数以上が検知されなかった場合に、4段階のアラームを発報し通知する仕組みとなっている。また、異常時には試験水を自動採取し、分析に活用できる点や、毒物試験に対するデータが豊富であることから、導入することを決定したという。

特に、毒物試験のデータの豊富さは随一であったと同局技術部設備課の小村琢治課長は話す。同社では、メダカの入った実機に各種毒物を濃度ごと、または設定値ごとに投入し、メダカを暴露させる毒物試験の結果を「毒物試験ライブラリ」として取りまとめており、要望に応じて提供も行っている。「微量のシアンを入れるとメダカの動きがどうなるのか、アラームは出るのか、あるいは何秒でメダカが死ぬのかといった貴重なデータが膨大に蓄積されている。これほど充実したデータを有している企業はほかにない、採用に至った一つの大きな決め手となった」（小村課長）と振り返る。

■運用状況とメンテナンス

同課の中村秀司課長補佐によると、これまで同局で導入した環境電子のメダカのバイオアッセイは、現在まで安定した稼働を続けており、大きな支障は発生していないという。「原水水質が比較的清浄なこともあり、これまで重警報の発報はないが、メダカの行動は適切に検知できており、装置の感度の高さを確認することができている。また、現場に行かなくても遠隔で状況を把握できるようになり、早期に異常を発見できる点は大きなメリットだと感じている」と話す。

またメンテナンスについても、メダカへの給餌が自動化されているほか、水槽自体がらせん状の流れを持つ楕円形の構造となっていることから、汚れが中央に集まりやすくなっており、清掃は2週間に1回程度で済んでいるという。さらにメダカ、餌、蛍光灯、捕獲ネットといった各種消耗品も容易に入手できることから、日常の保守管理の負担が軽い点も利点に加えた。

■合併地区で遠隔監視採用

また令和6年度には、湯来水道ステーションにおいても水質監視装置の更新にあわせて環境電子のメダカのバイオアッセイを導入した。湯来水道ステーションは合併地区である旧湯来町（現佐伯区湯来町）の浄水場で、合併後は同局の施設として引き継ぎ維持管理を担当している。同ステーションは普段は無人で運転を行っており、原水水質監視のために水質監視装置を導入していた。

更新に当たっては、遠隔での状態監視や運転を行えるかがポイントとなった。これまでの同市の採用現場では有人の施設においてその場で水質監視を行っていた。しかし湯来水道ステーションは山奥にあり、市内からも距離が遠く、大雨等の悪天候の場合は現地に赴くのが困難となることも多いという特徴があった。

小村課長は「同ステーションは普段は無人運転を行っており、運転状況等は緑井浄水場から遠隔で集中監視を行っている。そのため水質監視装置の更新に際して、異常警報のリセット、給餌、監視水槽の排水といったメンテナンス作業を、緑井浄水場からの遠隔操作によって実現できないかという点に重きを置いていた」と話す。装置の更新に当たっては、環境電子のほかに他社もあわせて検討を行ったが、環境電子が遠隔操作を可能としたことで、毒物試験データの観点から環境電子の装置を導入することとなった。

通常、環境電子のメダカのバイオアッセイを導入すると、水質監視装置のほかに管理専用端末（管理PC）が設置される。管理PCからは、メダカの水槽を上部から固定カメラで撮影した映像をリアルタイムで確認できる。今回の同ステーションでは、ステーションに設置した管理専用端末と同じものを緑井浄水場にも設置し、緑井浄水場からの遠隔監視が可能となった。

これに加えて、同社製の遠隔操作端末を緑井浄水場に設置。遠隔操作端末は、広島市とは別の事業体からの要望を受けて同社が近年開発・製品化していたもの。遠隔操作端末には警報リセット、給餌、監視水槽の水位変更、採水容器内の試料水排水といった各作業を自動で行うスイッチがあり、これらを緑井浄水場から操作することで、ステーションにおける給餌や水槽の清掃といった作業を遠隔化することができた。

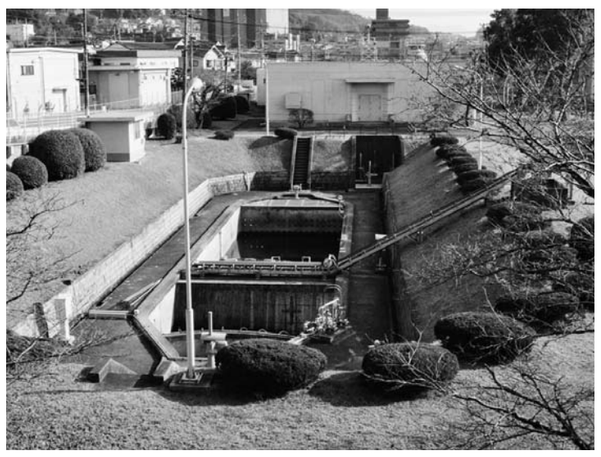
■遠隔化へ連携で改良

さらに同ステーションでは、遠隔操作端末のほかに、流量計を初めて設置した点も特徴となっている。同市の取水場においては、原水濁質を除去するためのオプションとして砂ろ過装置を設置している。雨の多い時期等には、砂ろ過装置の詰まりや砂抜けによる装置異常が発生し、「水位低下」の警報が装置から発報されることがあるのだという。しかし、装置の映像は上部から撮影したものであるため、流入量がどれだけ減少しているかを把握することが難しい課題があった。

そこで、砂ろ過装置を通過した原水が監視水槽に流入するためのブレードホースにクランプ式の流量計を取り付け、流入量を把握できるようにした。流量計自体は環境電子の製品ではないものの、同局からの要望を受けて環境電子が柔軟に対応した形となった。小村課長は「湯来水道ステーションに関しては、遠隔での監視・操作ということもあり、これまでと異なる条件から、環境電子にはいろいろと相談に乗っていただき、最終的に満足のいく仕様の製品をいただくことができた。遠隔での監視・操作は、今後全国の事業体でもニーズが多くなるのでは。より安定した装置となるよう、今後もお互いに連携していきたい」と締めくくった。

■広報面でも効果

メダカのバイオアッセイは、「メダカを使って水質監視を行う」というユニークさから、広報面での効果もあるという。中村課長補佐は「装置が設置されている各浄水場の管理室は、セキュリティの観点から、社会科見学等で実機を見ることはできないが、局の発行している水道事業の広報用パンフレットには写真付きで紹介されており、関心を持ってもらえることが多い」と話す。水道水の安全を守る取組みは、広報面でも好印象を与えている。


戸坂取水場など7カ所で導入

水質監視装置（牛田浄水場）

管理PCで水槽の映像を常時監視

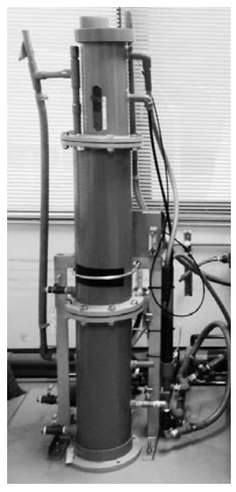
遠隔メンテが可能に
専用操作端末が製品化

環境電子の水質自動監視装置「メダカのバイオアッセイ」は、さまざまな水質に対応するためのオプション機器も取り揃えている。最高1200度までの原水濁度に対応できる高濁水用砂ろ過装置、浄水の塩素を除去する中和装置、油臭等の異臭を検知する臭いセンサ装置などだ。

中でも同社が近年開発・製品化した遠隔操作端末は、監視だけでなく給餌や水槽内の水位変更、採水容器内の試料水排水といった作業を遠隔地から行うことを可能にした画期的なオプション品だ。合併地区などの遠隔地など、無人で運用を行っている施設は少なくない。水道事業体職員数も限られる中で、少しでも作業負担を減らしたいという切実なニーズに応える製品となるだろう。

遠隔操作端末は、ある事業体からの「メンテナンス作業を遠隔でできないか」という声を受けたことをきっかけに開発に着手。製品化してからの遠隔操作端末の実装は今回の広島市が2例目となる。常に顧客の目線に立ったものづくりを信条とする同社の姿勢が端的に現れた製品といえよう。

遠隔操作端末


高濁水用砂ろ過装置

納入台数国内トップ メダカのバイオアッセイの強み

環境電子会長 **山本 隆洋氏に聞く**

◇バイオアッセイとは

バイオアッセイとは魚類（生物）を使った毒物検査で、生物検定法・生物学的（毒性）試験を行う（ｂｉｏ＝生物、ａｓｓａｙ＝評価）分析手法です。試薬を用いる化学分析法に比べて未知の毒物や複合毒物にも対応でき、連続水の監視ができることが大きな特長です。水道法における毒物検査は51種類ですが、人間の急性毒物薬品は1000種類以上と言われ、そのうち魚類は約90％に反応します。魚類の反応結果も早く、環境にも良いので、バイオアッセイは昔から身近な生物で利用されており、水道法により魚類を使った毒物検査（バイオアッセイ法）が決められています。

国内の浄水場の大小を問わずほとんどで使われていますが、初期は水槽に金魚やコイ等を飼育して人の目視で行っていましたが、人間の視覚的判定に基づく方法はベテラン技術者の退職や外部委託などで徐々に少なくなり、自動式の24時間連続監視の装置が普及してきました。それに伴い水道法の水質基準値の超低濃度の検知が要求されてきました。

◇シアン量0.01mg／Ｌで検出が可能な技術を確立

2017年、厚生労働省水道課（当時）でテロマニュアルが策定され魚類監視が明記されました。水道法ではシアン化物イオン及び塩化シアンはシアンの量に関して0.01mg／Ｌと明記してあるため、この低濃度で自動検出が要求されてきました。環境電子は既に十数年前にシアン量0.01mg／Ｌで検出できる技術を開発し、大手客先の立会試験でも実証試験に合格し納入しています。

◇海外でもバイオアッセイの効果が広く認知

米国はＷＥＴ試験（Whole Effluent Toxicity）という形で、排水中の毒性について魚等を使って評価しています。ＮＰＤＥＳ（National Pollutant Discharge Elimination System：国家汚染物質排出削減システム）という、米国の「水質浄化法（Clean Water Act）」に基づき、工場や自治体などが水域に排水を流す際に必要となる許可制度があります。許可の過程で法的に義務付けられているほか、この制度は欧州でも広く応用されています。

今年（2025年）ベトナム国家大学理科大学環境学部と環境電子の共同で第15回国際グリーンテクノロジー・マネジメントフォーラムにおいて「メダカの行動モニタリングにおける画像解析の応用・微量レベルの水中シアン化物汚染検出」の論文発表で表彰される予定です。

◇40年の研究で積み重ねたデータの蓄積

私は、九州大学先端科学技術共同研究センターの客員教授から福岡大学研究推進部の客員教授の延べ40年に及ぶ研究人生で積み重ねたデータの蓄積の上で水質自動監視装置を開発することができたものだと確信しています。

私は1997年に日本水道協会「突発水質汚染の監視対策に関する研究会」の研究員を務めた経験もあります。装置のハード面では、心臓部の画像処理装置について近年はパソコンの普及により大半が画像処理はパソコンで処理していますが、パソコンのＯＳの変更により４～５年で更新を行う必要があります。

しかし、環境電子は独自開発のロジック回路基板を開発し、ＣＰＵで処理する方法でパソコンを使用しない方式を継続しています。そのため長期の使用（10年以上）が可能となります。また、試験魚には小型で敏感なヒメダカを使い、各種毒物をヒメダカに暴露して警報時間を測定したデータを「毒物ライブラリ」にまとめるなど、ソフト面でも充実しています。自前の独自技術を製品に生かし、ユーザーの目線に立った製品を送り出す姿勢がユーザーの信頼を得て、現在国内では出荷台数がトップとなっています。

◇製品の品質を保証する毒物ライブラリ

毒物ライブラリは、ヒメダカに毒物の濃度を決めて設定値を変えて暴露した試験成績表で製品の品質を保証します。使用したヒメダカはＯＥＣＤ（経済協力開発機構）の毒物試験の指定魚で養殖魚であり、生物保護規制は受けません。

◇豊富なオプションや年間保守契約で安心

試験水が原水の場合はろ過装置、浄水の場合は塩素除去の中和装置、遠隔監視用の監視装置、油臭等の異臭を検知する臭いセンサ、などご使用条件に合わせた各種のオプション品が備わっています。また試験魚のヒメダカなどの消耗品や予備品は、年間メンテナンス契約によりご提供しております。

◇ヒメダカの特徴

バイオアッセイ装置に使用する魚類は、小型で毒性に抗体性がない純正魚種でなければ微量毒性に反応が出ません。その点、ヒメダカは試験魚として最適な魚種なのです。

ヒメダカは養殖純正魚、成魚３～４㌢㍍でそれ以上大きくならないのが特徴で、ふ化後約６カ月で成魚になり産卵します。生存期間は最長で４年ですが、監視用は１年に１回入替えを行います。ＯＥＣＤの指定魚であり、世界的に認知された試験魚です。

環境電子では、熊本県長洲町の養殖業者等から年間約10,000匹の良質なヒメダカを供給しております。年間保守契約を結ばれたお客さまには、ヒメダカを含む消耗品の供給（各種消耗品は宅配便で送ります）を保守契約に含めております。