

コンパクト水質計LAQUAtwinシリーズの展開

Development of the LAQUAtwin Series of Compact Water Quality Meters

辻 皓平

TSUJI Kohei

小松 佑一郎

KOMATSU Yuichiro

いつでも、だれでも、どこでも水質をチェックしたいという要望に応えるため、HORIBAではコンパクト水質計LAQUAtwinシリーズを展開している。これまでの測定項目ラインナップとしてpH、電気伝導率、塩分およびナトリウム、カリウム、硝酸、カルシウムの各イオンと計7種類を有していたが、多様化する測定ニーズに応えるため、新たにコンパクトなフッ化物イオン計、酸化還元電位計を新製品としてラインナップに追加した。本稿ではHORIBAの特徴的な水質計であるLAQUAtwinシリーズについて振り返るとともに、新たに登場した2機種について述べる。

HORIBA has developed the LAQUAtwin series of compact water quality meters to meet the demand for checking water quality anywhere, anytime, by anyone. The lineup of measurement items so far includes pH, electrical conductivity, salinity, and sodium, potassium, nitrate, and calcium ions, for a total of seven types, but to meet diversifying measurement needs, a fluoride ion meter and an oxidation-reduction potential meter have been newly added to the compact product lineup. In this paper, we review HORIBA's characteristic water quality meters, LAQUAtwin series, and describe the two newly introduced models.

はじめに

わたしたちが住む地球の2/3は水に覆われており、また人間の体は約60%が水でできている。河川や湖、土壌から食べもの・飲料水まで、私たちの毎日の暮らしを取り巻くあらゆるシーンにあたりまえのように「水」が存在している。人間や動植物が生きるうえで欠かせないさまざまな水の性質を見える化することは有用であり、もし煩雑な操作が必要なく、簡単にしかも瞬時に水の成分を測定できれば、私たちの生活に今以上の安心を与え、さらには新たな発見と驚き、感動をもたらす可能性をもつ。ただし、実際はサンプルを測定するためにガラスビーカーなどの容器を準備し、水質測定のための装置やセンサの前準備が必要となる。水質測定の一例における水溶液中のイオン成分測定ではプロフェッショナルが用いるような原子吸光法(AA)、高周波プラズマ発光法(ICP)やイオンクロマト法(IC)が一般的であり、100万円以上の初期費用が必要になってしまう。また安価なものでは呈色試薬の発色を利用した比色法があるが、目視による官能判定もしくは色差計により定量する方法であり、目視による官能判定では測定値を数値化することができない。代表的なイオン成分のサンプルはおおよそ100ppmから10,000ppm程度まで広く分布しているが、上述したような分析手法は主に低濃度

域で用いられ、測定に際しては試料の希釈が不可欠となってしまう。また、これらの装置は高価でプロフェッショナルが分析するものであるとの思いがあり、実験室で行う難しいイメージが先行するため、必要に駆られない限り測定までに至らないのが現実である。そのようなユーザーの思いを一気に解決しようと1980年代にCARDY^[1]が開発され、その後継機として防水仕様にて測定項目拡充のため開発されたのが、コンパクト水質計「LAQUAtwin」(Figure 1)であった。

シリーズ販売開始時には、pH、電気伝導率、イオン(Na^+ 、 K^+ 、 NO_3^- 、 Ca^{2+})、塩分(NaCl 濃度)と用途に合わせて7種類の水質成分測定装置をラインナップし、イオン成分の測定にはイオン電極法を採用した。イオン計の希望販売価格は数万円と安価であり、ランニングコストおよび測定時間の面からも利点がある。更に測定レンジが数ppmから9,900ppmまでの広範囲であることから、多くの場合、試料を希釈せずとも測定できる。

2024年にはLAQUAtwinシリーズに新たにイオン計の F^- と、酸化還元電位(Oxidation-Reduction Potential: 以後はORPと表記)計を測定項目としてラインナップに追加し販売を開始した。本稿では、コンパクト水質計LAQUAtwinの特徴や

測定方法について改めて紹介するとともに、新製品となる2センサ(F⁻, ORP)について述べる。

装置の構造

代表的な測定装置の構成例をFigure 2に示す。電気化学センサを用いたイオン測定には、電位差計①にイオン電極またはpH電極②と比較電極③を接続し、サンプル溶液⑨中に浸し、マグネチックスターラ⑤と回転子⑥を用いてサンプルを攪拌しながら測定する方法が一般的である。また電気化学センサを用いたイオン測定では温度影響が生じないように、恒温槽などを用いてサンプル温度を安定して測定する必要があるため、温度計④を用いて温度の管理を実施している。

一方、コンパクト水質計は②の電極と③の比較電極および④の温度計をFigure 3に示すように薄さわずか約0.8 mmに集積した平面シートを開発し採用している。小さなスプーン状の容器の底面に配置することで、平面シートにわずか100 μL(イオン測定では300 μL)からの微量試料を滴下するだけで測定が可能であり、かつ計器自体が容器の役割を担うので、河川などの大量の試料からそのまますくい取って抽出する測定法も可能にした。また、①のデジタル表示付電位差計と一体化し、IP67準拠の防水・防塵構造となっているため、ビーカー不要で場所を選ばず、実験室と同じ信頼性の高いデータを簡単に取得することができる。この仕様においては新たに追加したF⁻, ORPについても同様となるように設計している(Figure 4)。

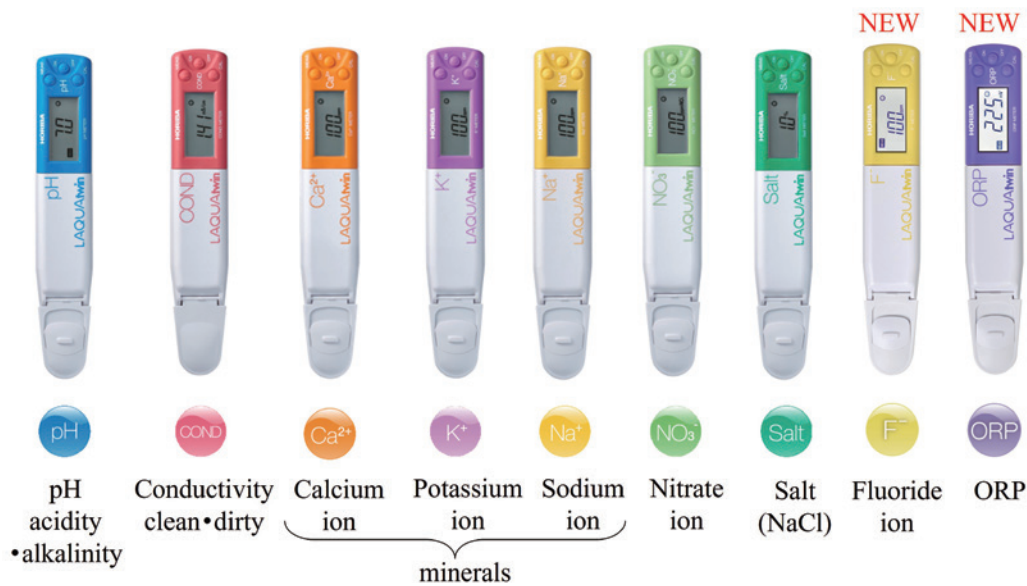


Figure 1 Overview of the LAQUAtwin series

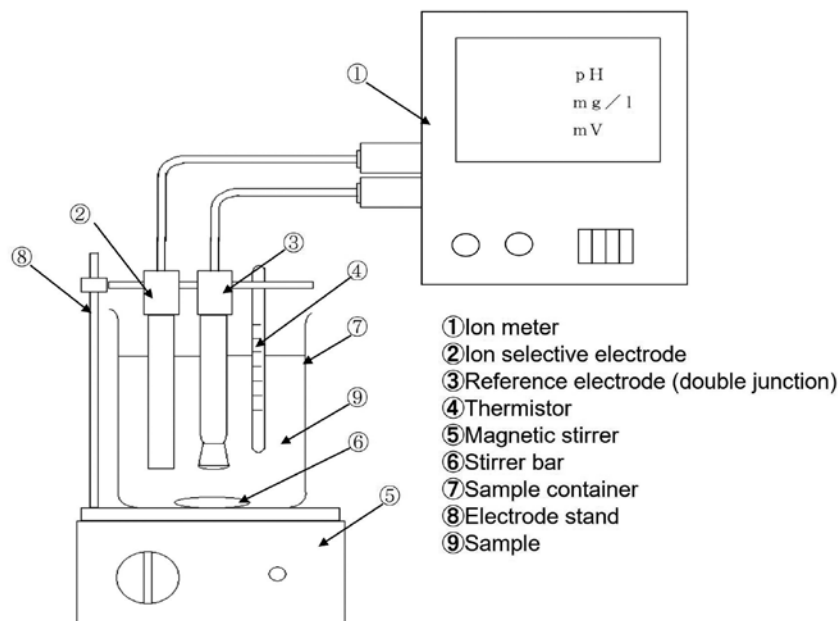


Figure 2 Ion measurement diagram with an ion selective electrode

さらに、平面シートでは、イオン電極またはpH電極と比較電極部が同平面上に配置され、両箇所を試料を接触させれば測定できる性質から、水溶液に限らず、食品などの水分がある固形物および粉末、紙、布などのシート状の物に純水を滴下した試料などを測定シーンやサンプルに応じて、最適な測定方法を選ぶことができる (Figure 5)。

このことからLAQUAtwinは独自の平面シートにより、他の類似機種とは一線を画す信頼性の高い測定や測定シーンに応じた多彩な測定方法を実現している。

フッ化物イオン計の特徴と測定シーン

ここでは新規に開発したフッ化物イオン計について紹介する。従来のLAQUAtwinイオンセンサのように平面シート状にゲル化した内部液を静置し、その上からフッ化ランタン応答膜^[2]を重ね、内部液ゲルごと接着にてシールすることで平面センサが構築されている。接着技術としては弊社で販売している複合型フッ化物イオン電極の組み立てノウハウを参考とし、本センサはLAQUAtwinイオン計として初めて固体膜を搭載したセンサとなった。

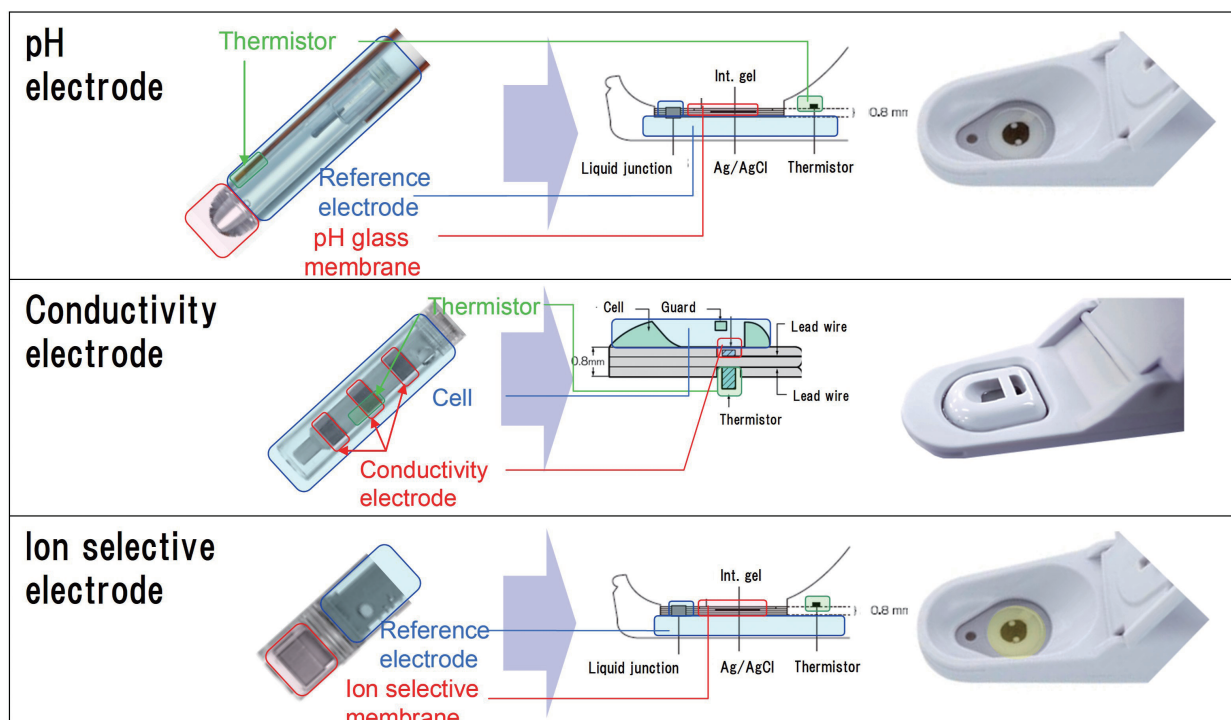


Figure 3 Diagram of Flat sensors



Figure 4 Flat sensor surface for Fluoride ion and ORP measurement

フッ化物イオンは環境水には0.1～数十ppm程度の濃度範囲で存在し、多量の摂取によって健康被害がもたらされるリスクが高まるイオンである。アジア・アフリカなどの上下水が整備されていない地域では、いまだ井戸水や地下水が飲用されているが、これらには岩石や地質から溶出したフッ化物イオンがWHOの水質基準を超えて含まれる場合もある。このような現場で簡易に水質チェックができることは安全・安心な飲み水の確保に寄与するものである。

また国内を含めた半導体産業に関連する工場ではフッ化物イオンを含む廃水の処理が行われている。持ち運びが簡単なLAQUAtwinシリーズでのフッ化物イオン計の登場によって、工場内の各廃水ラインにて多点でのフッ化物イオン濃度測定が可能となり、最終ラインに既設の現場型水質計と組み合わせてモニタリングも行われるようになった。

精密分析が必要なラボにおいても、イオンクロマト法などで分析を行う際に、あらかじめサンプルのフッ化物イオン濃度を把握していることで希釈操作等を短時間で済ますことができる。このように、高価で複雑な分析手法の前処理ツールとしても活躍する製品となっている。

ORP計の特徴と測定シーン

ここでは新規に開発したORP計について紹介する。作用極には白金板を使用し、これを平面シート上に導電性接着剤を用いて固定・導通確保した。本センサは電位差測定を原

理とするLAQUAtwinセンサでは初めての作用極に内部液を有さないセンサとなっている。また、従来のORP電極では白金作用極の固定にはガラス封じが用いられてきたが、本センサでは接着プロセスによる一体化を採用し、コンパクト水質計として必要な性能を低価格で実現した。標準液はASTM規格^[3]としてグローバルに使用されているフェリシアン系標準液(Zobell's solution)を新たに採用した。これまで、特に国内ではORP計のチェックに主にキンヒドロソ液が用いられてきたが、キンヒドロソ液は変質しやすいために保管ができず、使用の都度粉末からの調製が必要であるなど手間のかかるものとなっていた。一方、フェリシアン系標準液は溶液状態の保管でも品質が劣化しにくく、有害性も低い標準液であり、LAQUAtwinのコンセプトである、簡単にどこでも測定ができる点を満たすことが可能となった。本ORP標準液は温度変化により電位が変化するものであるが、標準液の温度をセンサ搭載の温度計で読み取り、測定温度に応じた電位^{[4],[5]}に自動でキャリブレーションすることで測定精度向上を可能とした。

ORP測定はサンプル水中に酸化性の物質が多いか、還元性の物質が多いかを知ることができるものであり、pHと並んで基本的な水質状態を示す指標の1つとなっている。環境水や排水処理においては溶存酸素量と合わせてORPを測定することで、嫌気性の度合いから微生物の活動や処理状況を詳細に評価できるほか、還元水など機能水の品質確認にもORPは使用される。ORPは特定の成分のみを示す指標ではないが、サンプル水中に含まれる各物質を加味して全体



Figure 5 Several measurement ways with a planer electrode.

としてどのような状態となっているかを示すものであり、世界中で他の測定項目と組み合わせて頻繁に測定されている。LAQUAtwinシリーズとしてラインナップにORPが加わることで既存の製品との相乗効果が期待されるものである。

環境負荷低減を目指した梱包材の削減

LAQUAtwinシリーズは販売開始当時、持ち運べる実験室と謳い、梱包資材もそれに見合うようなデザイン性の高い化粧箱となっていた。しかしながら昨今の世界的な環境負荷低減の風潮の中、デザイン性追求のために梱包材料としての紙資源消費を軽視すべきではなく、梱包形態の見直しも行われた。LAQUAtwinシリーズは販売台数が年間約3万台にのぼり、わずかな削減でもその寄与は非常に大きいものとなる。新デザインの梱包箱は従来品より紙重量として60%、年間で約1.6 tの紙使用量の削減を達成した。今後も製品開発に際して、環境負荷低減への貢献もクリアすべき課題となるが、水質計にてその先駆けとなる取り組みとなった。

おわりに

本稿ではHORIBAの特徴的な水質計であるLAQUAtwinシリーズについて振り返るとともに、新たに登場した2機種(F⁻, ORP)についてその概要を述べてきた。今回紹介したコンパクト水質計LAQUAtwinシリーズは私たちを取り巻く環境や、生活に関する水質測定を従来よりも簡便にできることはもちろんのこと、派生製品も含めて新たな水質測定分野でのアプリケーションを切り開いてきた。今後もさらなるLAQUAtwinシリーズの拡充をはじめ、水質測定装置の開発を通して、私たちの生活に関わる環境問題の解決や水質管理等に貢献していきたい。

*編集局注：本内容は特段の記載がない限り、本誌発行年時点での自社調査に基づいて記載しています。

参考文献

- [1] K. Tomita, H. Okawa, J. Kojima, *Readout*, 1990, No.1, p.24-32
- [2] M. S. Frant and J. W. Ross Jr., *Science*, 1966, Vol.154, p.1553-1555
- [3] ASTM D1498-14(2022)e1, approved December 7, 2022.
- [4] D. K. Nordstrom, *Geochimica and Cosmochimica Acta*, 1977, Vol. 41, No. 12, p.1835-1841
- [5] Bates, R.G., *Determination of pH, theory and practice (2d ed.)*: New York, John Wiley & Sons, 1973, p.333-336



辻 皓平

TSUJI Kohei

株式会社堀場アドバンスドテクノ
開発本部 先端技術開発部 Core Sensingチーム
Advanced Technology Development Department,
Development Division
HORIBA Advanced Techno, Co., Ltd.



小松 佑一郎

KOMATSU Yuichiro

株式会社堀場アドバンスドテクノ
品質保証部 品質管理チーム
Quality Control Team,
Quality Assurance Department
HORIBA Advanced Techno, Co., Ltd.