

簡易水質分析が担う社会的役割

—水質の簡易測定器「パケットテスト®」—

海田 学

1 はじめに

工場排水の日常管理や水質の異常時の調査など、環境中への汚染物質の漏洩による影響把握や汚染を最小限に抑えるためには、簡便・迅速な分析技術（簡易水質分析）が現場でのスクリーニングとして有用である。国内においては、ユーザーの用途は多岐にわたり、排水管理以外の分野での活用事例も増えている。本稿では、簡易水質分析技術の要求が高まっている昨今の社会情勢を概説し、今年で誕生から50年を迎えた水質の簡易測定器「パケットテスト®」の特徴と活用事例について紹介する（パケットテストは、共立理化学研究所の登録商標である。以下、®は省略する）。

2 社会的背景と簡易水質分析のかかわり

2.1 社会の変化と簡易水質分析の需要

我が国は、1955～1973年の高度経済成長期、産業分野において技術革新を伴う経済発展を遂げ、都市部に人口が集中した。その結果、都市化により生活排水は増大し、また、環境対策が不十分であった多くの工場や事業場からの有機汚濁物質を含む排水が河川などに流入し、水質汚濁が発生した。

その対策として、1971年に水質汚濁防止法が施行され、工場から河川や湖沼、海などの公共用水域に排出する水に対して直罰制度を含む規制が設けられ、各企業は排水基準や上乗せ基準の遵守が求められた。同法施行後、製造業（特にめっき業を営む小さな工場など）での

排水管理では「日常的な排水が水質の基準値を満たしているのかどうか排水の見た目だけでは判断できない」「水質検査を分析機関に依頼しても検査結果が分かるまでに数日かかってしまい、その間、生産や排水を止めるわけにはいかない」「毎日、分析するには分析設備の投資や外注委託費が高額になり難しい」「概略値でも良いから自分たちで排水の傾向を把握したい」といった声が多くあがった。弊社創業の地である東京都大田区は、ものづくりの町として知られ、そのような要望を受けて、水質の簡易測定器「パケットテスト」が誕生した（図1）。激甚な公害が収まってきた1970年後半、行政や大学、研究機関などにより実試料などを用いた公定法と簡易分析の性能評価に関する研究が多く報告され、簡易分析器の信頼性と認知度は少しずつ向上し、さらに排水管理で広く普及する要因となった¹⁾²⁾。また、1990年代に入り、河川をはじめとする身近な水環境に対する市民の意識の高まりを受け、簡易分析器は、市民の環境分析ツールとして利用されている。

2000年以降、新しい市場や労働力を求めて海外に生産拠点を移す国内企業が急増した。さらに、少子化に伴う生産年齢人口（15～64歳）の減少等による人材不足問題と、2020年からの新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の流行により、あらゆる産業分野で働き方が見直され始めた。業務の自動化や検査装置等の新たな設備の導入、管理方法を効率化する動きも加速している。

2.2 簡易水質分析の役割

簡易水質分析は高感度・高精度化に対して迅速性・簡便性・低コストの追求によって、中小企業の抱える社会的な課題の解決に寄与するものと考えられる。工場での排水トラブルは、いつどんなタイミングで発生するか予測できない。しかし、一度でも違反した水を放流した企業は、社会的責任を問われ、企業価値や取引先からの信用低下を招くことになる。

簡易分析器は、国内外、業種や会社規模にかかわらず、これまで、排水処理設備の運転管理や排水の水質異常を迅速に察知するために活用されてきたが、今日で

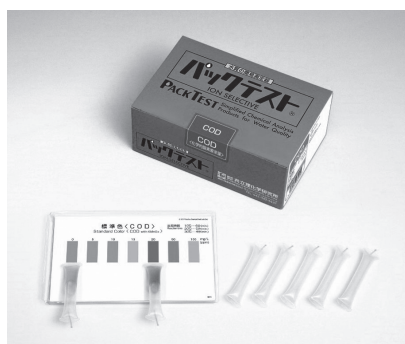


図1 水質の簡易測定器「パケットテスト」

は製造業の工程管理，原材料の品質管理，環境学習，河川などの水質異常事故調査などの原因物質のスクリーニングまで多種多様な用途で使用されている。簡易分析器にはパックテスト以外にも試験紙法（pH 試験紙や尿検査薬など）や検知管法（検知管式気体測定器），センサー法（イオン電極など）などが挙げられる。

3 パックテストについて

3・1 簡便性・迅速性の追求

水質汚濁防止法や下水道法により規制対象となる各種事業場（特定施設）からの排水の水質検査は，工場排水試験方法（JIS K 0102）に準拠した分析方法（公定法）で行われている³⁾。企業にとって日常的に公定法による分析を実施できれば，万一水質に異常があった際も迅速に対応ができ安心である。しかし，多くの中小企業では分析室や高額な分析機器（原子吸光光度計や ICP 発光分析装置など）を設置するスペースと予算の確保が難しい。さらにそれらを使用するためには一定レベルの化学分析に関する知識や技術が要求される。また，これらの分析機器は，導入後も日常的な機器のメンテナンスが必要となるため管理業務の負担は大きく，日常的な自社分析は現実的ではない。一方で，簡易分析では分析作業や準備に係る負担が軽減され，簡便性および迅速性が優先されている。

3・2 パックテスト誕生から 50 年

筆者が所属する共立理化学研究所は，1952 年の創業以来，水質の簡易分析器具に特化したトップメーカーである。1973 年に誕生したパックテストは，今年で 50

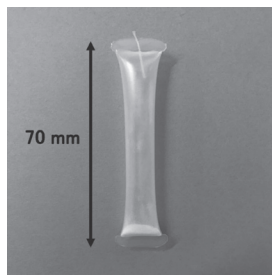


図 2 発色試薬入りチューブ

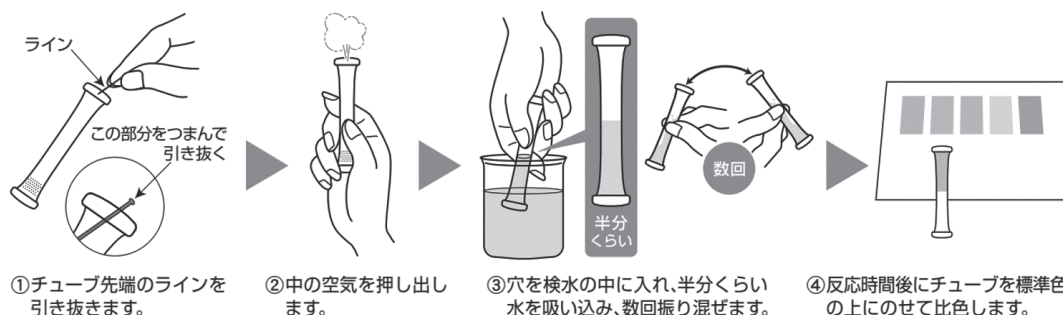


図 3 パックテストの使い方

年を迎えたロングセラー製品である。新規測定項目の開発にあたっては，簡易分析器としての性能を維持するために感度や選択性が要求を満たすことに加え，操作性，可搬性，安全性，保存性，経済性などが考慮される。測定項目ごとに発色に必要な粉末状の混合試薬を調合し，半透明のポリエチレン製チューブに封入した形状の製品である。測定時にチューブに穴をあけ，試料（検水）を吸い込み，発色した色調を標準色列と比較することにより検水中の濃度の概略値を把握することができる（図 2，図 3）。2023 年 7 月 1 日現在，パックテストの測定項目は化学的酸素要求量（COD）や重金属，窒素・リンなどの無機イオン，遊離シアンなど 70 項目のラインナップがある（表 1）。また，近年では，マンガン⁴⁾やヒ素⁵⁾のように簡易分離濃縮技術を組み合わせることで高感度化を達成した製品群もあるが本稿では割愛する。

3・3 パックテストの特徴

パックテストには，以下のような利点がある。

- (1) 事前に複数の粉体試薬を調合・充填しているため現場で直ちに分析可能（試薬調製や検量線作成を省略）。
- (2) 短時間で結果が得られ，検水中の対象物質の概略値が得られる。
- (3) 測定条件が一定であれば，測定結果に再現性がある。
- (4) 目視判定が基本であるので高価な分析機器を使用せず，機器のメンテナンス不要。
- (5) 小型軽量で持ち運びが簡単であり，丈夫。
- (6) 作業者の安全を考慮し，低有害性の試薬を採用（毒物及び劇物取締法非該当）。
- (7) 1 回あたりの測定コストが安価（1 回あたり 100 円前後）。
- (8) 検水量が少量（1.5 mL）であるため廃液量も最小限となり，環境負荷低減。

ただし，水質汚濁防止法などで定める公定法に準拠していないため，公的な書類・報告に結果を使用できない。日常点検やスクリーニングとしての用途に限られるといった欠点もある（自主検査）。

表 1 代表的なパケットテストの製品仕様一覧

測定項目	測定原理	測定範囲/ mg L ⁻¹	測定 時間	主な用途
pH	pH 指示薬の発色による比色法	pH 5.0~9.5	20 秒	排水管理, 河川調査, 井戸水調査, 水質異常事故調査
COD	常温アルカリ性過マンガン酸カリウム酸化法	0~100	5 分	排水管理, 環境調査・環境学習
アンモニア態窒素	インドフェノール青比色法	0.2~10	5 分	排水管理, 環境調査, 水質検査・管理
残留塩素	DPD 比色法	0.1~5	10 秒	水道水検査, プールや公衆浴場の水質検査, 排水管理
遊離シアン	4-ピリジンカルボン酸比色法	0.02 以下~2	8 分	排水管理, 水質異常事故調査
銅	バソクプロイン比色法	0.5~10 以上	1 分	排水管理, 工程管理, 水質異常事故調査
フェノール類	4-アミノアンチピリン比色法	0~10	2 分	排水管理, 工程管理, 水質異常事故調査
6 価クロム	ジフェニルカルバジド比色法	0.05~2	2 分	排水管理, 工程管理, 品質管理 (RoHS 関連)
グルコース	酵素を用いた 4-アミノアンチピリン比色法	0~20	10 分	醸造管理, 食品管理
過酸化水素	酵素を用いた 4-アミノアンチピリン比色法	0.05~5	1 分	衛生管理, 品質管理
ヒ素	シリンジフィルターを用いた分離濃縮/モリブデン青比色法	0.01~1	約 10 分	排水管理, 環境調査
カドミウム	シリンジフィルターを用いた分離濃縮/5-Br-PAPS 比色法	0~0.1 以上	約 5 分	排水管理, 品質管理 (RoHS 関連)
鉛	高選択性分子認識ゲル (MetaSEP AnaLig [®]) を用いた鉛の分離・濃縮と PAR 比色法	0~1	約 10 分	排水管理, 工程管理

3・4 パケットテストによる定量法

(1) 標準色列を用いる目視比色定量

パケットテストの測定原理は、多くの項目で工場排水試験方法 (JIS K 0102) や各種公定法に採用される吸光度法を応用している。目視によってパケットテストの発色した色を標準色 (標準色列) と比較し、標準色の色調に最も近い色の濃度を読み取ることで水質の概略値を測定できる。実際の現場での使われ方として、目視判定により排水管理に活用する事業場が最も多い。標準色列との比較による目視定量の場合、読み取りの個人差や、目盛中間値の読み取り、光源による見え方の違いなどが測定結果に影響を及ぼし、誤差の原因になる。そこで、定量性を向上させるために、次項で紹介する水質計や数値化ツールが開発された。



図 4 携帯型吸光度計「デジタルパケットテスト」

(2) 携帯型吸光度計 (デジタルパケットテスト)

目視比色用の標準色列の代わりに、あらかじめ測定項目ごとに検量線データを内蔵した携帯型吸光度計であり、パケットテストの発色の吸光度から測定値を算出しているため目視定量より精度の高い結果を得ることができる (図 4)。また、データの客観性を高めるために、測定結果の保存について目視ではなく、数値で表示する水質計を採用する企業も増えている。

(3) スマートフォンを用いる数値化ツール

デジタルパケットテストは、目視定量による読み取り精度を解消するが、簡易水質分析技術の普及においてはコスト面の配慮も重要である。弊社ではスマートフォンのカメラ機能を活用した計測技術に着目し、2020 年 4 月より iPhone[®] 専用でパケットテスト数値化アプリ「スマートパケットテスト」を無償で配信している (図 5)。



図 5 数値化アプリ「スマートパケットテスト」

表 2 水質の簡易分析で併用される前処理

前処理法	概 要
pH 調整	検水の pH が簡易法で対処可能な範囲外である場合に、酸・アルカリを添加し、測定可能な pH に調整する。
酸による有機物分解・沈殿物の溶解	キレート剤による錯形成・水酸化物などの沈殿形成が疑われる場合、酸添加後に煮沸する（重金属測定で有効）。ただし、処理後に pH 調整が必要である。
蒸留	全シアン、フッ素、フェノールの測定時に JIS K 0102 にしたがって蒸留する。
前処理剤の添加	測定を妨害する物質（酸化剤や還元剤など）を除去するとき、硝酸測定時の亜硝酸の除去など。
ろ過	懸濁物質あるいは妨害物質を沈殿させて除去する。ただし、懸濁物質に吸着した目的成分も除去される。
希釈	希釈により妨害物質の影響を緩和する。ただし、目的成分も希釈される。
その他	公定法との相関データによる測定値の換算など。

このアプリでは発色させたバックテストを iPhone[®]で撮影し、画像解析により数値化することができる。これにより水質計を持たなくても目視での色判定の悩みを解消し、測定結果のデジタル表示や結果の保存も可能となった。

3・5 バックテストをより適切に使うために

バックテストをより効果的・効率的に使用するためには、あらかじめ簡易水質分析技術の特徴と限界を理解しておく必要がある。初めて工場の排水管理でバックテストの導入を検討する場合、まずは自社の排水（同一検水）を公定法とバックテストの両方で測定し、測定結果を比較することが重要である。おおむね良好な相関関係が得られる場合、両者の関係より換算係数を求めることによって管理することができる。一方、測りたい目的の成分の水中での形態や検水中の共存物質の種類や濃度によって、正しく測れない場合もある。この場合は、検水の pH 調整や酸による有機物分解、希釈やろ過、蒸留などの前処理を加えることによって、分析精度が向上することもある（表 2）。

(1) 精度管理

弊社への質問として、バックテストと公定法の結果が一致しないといった測定精度に関する問合せが多い。バックテストは前述の通り、簡便性と迅速性、低有害性などの観点を最優先として開発された製品である。公定法に比べ、分析工程の簡略化や試薬の省略、さらに低有害性の試薬への代替等の改良を加えている。試薬調合技術の向上により再現性のある結果は得られるようになったが、公定法と条件を変えているために差異が生じる場合があり、また目視比色法に起因する読み取り誤差もあるため、測定値の保証が難しい。

バックテストによる目視測定の正確さとしては、標準液を測定した場合に、対応する標準色に対して半目盛り内の誤差を許容範囲としている。デジタルバックテストでは、同一検水、同一作業員、同一環境での操作条件と

して、測定範囲中央値において、項目によるがおおむね 20 % 以内の誤差を許容範囲として管理している。

代表的な誤差の原因と、軽減するための対策としては、以下が挙げられる。

(1・1) 作業で生じる誤差

- ・検水量：吸い込む検水量をなるべく一定にする。製品設計時は検水量を 1.5 mL と規定。
- ・水温：製品設計時には水温 20 °C を標準としている。測定時は、15～25 °C に温度調整。
- ・操作手順：規定の使用法に従い、振り混ぜ方・反応時間・光源などの測定条件を遵守。比色時の光源として、直射日光や一部の蛍光灯、水銀灯、LED では誤差が大きくなる場合があるため日光下の日影が望ましい。
- ・濃度域：測定上限を超える場合は、標準色列の目盛の中央付近に収まるように適宜希釈する。
- ・容器のキズや汚れ：デジタルバックテストを使用する場合、吸光度を測定するためのセルにキズや汚れがある場合、新しいセルに交換。

(1・2) 検水の均一性や性状に起因する誤差

- ・採水場所：対象成分濃度のほか、懸濁物（SS 成分）や共存物質に偏りが生じている場合がある。
- ・採水時刻：採水時刻が変われば、同一場所においても検水の状態が変化する。
- ・pH：測定項目に応じて発色に最適な pH がある。発色試薬に含まれる pH 緩衝剤では容量不足となる強酸性、強アルカリ性の検水は、あらかじめ pH を調整。

(2) 共存物質の影響

バックテストでは測定項目ごとに共存物質の影響が異なる。共存物質の種類や共存濃度によって、プラス妨害を及ぼす場合と、マイナス妨害を及ぼす場合がある。弊社では、測定項目ごとに共存成分の影響データをまとめた技術資料を準備しており、測定値が適正かを判断する一助となる（表 3）。

表 3 共存成分の影響データの例（パケットテストアンモニウムの場合）

許容上限値/ mg L ⁻¹	共存成分
≥ 1000	B(III), Ba(II), Cl ⁻ , F ⁻ , K ⁺ , Mg(II), Na ⁺ , NO ₃ ⁻ , PO ₄ ³⁻ , SO ₄ ²⁻ , Zn(II), 陰イオン界面活性剤, 残留塩素, フェノール
500	Ca(II), I ⁻
50	Al(III)
20	Cr(III), Cu(II), Ni(II)
5	Cr(VI), NO ₂ ⁻ , ホルムアルデヒド
2	Mn(II)
1	Co(II), Fe(II), Fe(III)

(3) 有効期限と保管状態

パケットテストは、複数の試薬を調合している性質上、製品ごとに有効期限が設定されている。製品のパッケージに貼付される情報ラベルに有効期限を表記しており、必ず有効期限内の製品を使用する必要がある。また、試薬を封入したチューブは、湿気や光による試薬の劣化を防ぐためにアルミラミネート包装されている。製品の保管条件によって、感度や反応速度の低下、ブランクの上昇などの劣化が生じるおそれがあるため、ラミネート包装を開封後は数日以内に使い切る。特に吸湿に弱い製品には保存用のチャック付袋が同梱されている。

また、冷蔵庫で保管したい旨の相談をよく受けるが、冷蔵庫からの出し入れによる温度差によって結露が生じ、試薬の劣化を引き起こすおそれがあるため推奨していない。乾暗所（常温）での保管をお願いしている。また、気温が高くなる夏場の屋外や炎天下の車中などでは、気温が40℃以上になる場合があり、長時間の放置は行わない。

(4) 試薬の廃棄方法

パケットテストの使用目的が事業用途であれば、事業系のごみとして処分する。製品および廃液の分別については、ウェブサイトより SDS（安全データシート）を入手の上、産業廃棄物処理業者に相談し、適切に処理する。

また、家庭など事業用途でない場合は、ポリエチレン製チューブは吸い込んだ溶液ごと「燃やすごみ」として処分することを推奨している。チューブ内の液漏れを防ぐため新聞紙などでしっかり包んで処分するよう注意する。

4 さまざまな分野での活用事例の紹介

パケットテストは、製品の特徴からユーザーの用途・目的によってさまざまな場面において分析の手段と可能性を提供する。パケットテストの代表的な活用事例を紹介する。

4・1 排水管理

下水試験方法⁶⁾では、下水処理場の維持管理において、容易で迅速に概略値を得ることのできる簡易水質分析の採用が有効であると紹介されている。東京都をはじめとした各都道府県で行う排水管理実務者の養成研修や、各業界団体（めっき業、コンクリート業など）での講習会などで定期的に排水管理の指導が実施され、パケットテストがマニュアルなどに記載されている。

例えば、生コンクリートの製造に伴う排水処理では、特に水素イオン濃度（pH）、浮遊物質質量および6価クロム化合物に注意が求められる。6価クロムの処理水でパケットテスト6価クロムとデジタルパケットテストを組み合わせた管理が採用されている⁷⁾。

[代表的な項目：遊離シアン、6価クロム、COD、銅、動植物油脂、アンモニウム、フェノール、リン酸、亜鉛]

4・2 水処理設備の運転管理

原水から、各種水処理プロセスを経て公共用水域へ放流または再生水として活用される中で、流入水の水質や排水処理設備の工程管理、さらに設備の異常の早期発見においてもパケットテストが活用される。

[代表的な項目：残留塩素、COD、アンモニウム、亜硝酸、硝酸、リン酸]

4・3 ボイラー水や給湯水の水質管理

ボイラー水や給湯水の管理では、スケールの発生や配管の腐食の対策が課題である。スケール原因物質や防錆剤などの濃度管理によりトラブルを未然に防止している。

[代表的な項目：カルシウム、マグネシウム、リン酸、シリカ、全硬度、硫酸]

4・4 工業原材料の品質管理

(1) RoHS 指令

RoHS 指令は、欧州の電気電子部品における有害物質を制限するための法令であり、2006年に施行（2011

年にRoHS2が施行)された。電機メーカーやめっき業では、6価クロムやカドミウムが規制対象物質として、RoHSに準拠した製品を輸出するため品質管理が求められた。しかし、電気電子部品の取扱い数量は多く、分析にかかる費用も莫大なため、各社では品質管理マニュアルが作成され、簡易分析が用いられている。6価クロムの溶出試験では、IEC62321、JIS H8625(熱水抽出)、EPA3060A(アルカリ抽出)などによる溶出を行った後、ジフェニルカルバジド法が採用され、具体例としてバックテストが利用されている。

(2) プラスチック中の赤リン系難燃剤

電子・電子機器に使用される樹脂材料中には臭素化合物や塩素化合物、リン化合物などに代表される難燃剤が含有されている。難燃剤の中でも赤リン(P)は、少量の添加で効率よく難燃効果が得られるが、赤リンは吸湿性があり、空気に触れ、加水分解反応によって、リン酸に変質することが知られている。そのため赤リンを使用するときは、赤リンの表面を金属化合物でコーティング処理したものが用いられる。しかし、コーティングが未処理や不完全な状態の赤リンが絶縁部に使用されたために発生したトラブル事例がある。樹脂の絶縁劣化を引き起こすおそれのある赤リンを検出する分析手法として、バックテストが用いられる⁸⁾。

4・5 日本酒の醸造管理

日本酒は、ワインやビールなどの醸造酒と異なり、並行複発酵と呼ばれる醸造方法が特徴である。原料の米に含まれるデンプンを麹菌が産出する酵素によりグルコースに分解(糖化)し、分解されたグルコースは、酵母によってさらにアルコールと二酸化炭素に分解される。この糖化とアルコール発酵が一つの容器で同時並行的に進む工程で、グルコース濃度を管理する。近年では、グルコースが出来上がる日本酒の甘さに影響を及ぼす指標の一つとして、全国日本酒鑑評会などでの品評に活用されている。

酒造現場では、長年、杜氏(現場の最高責任者)の経

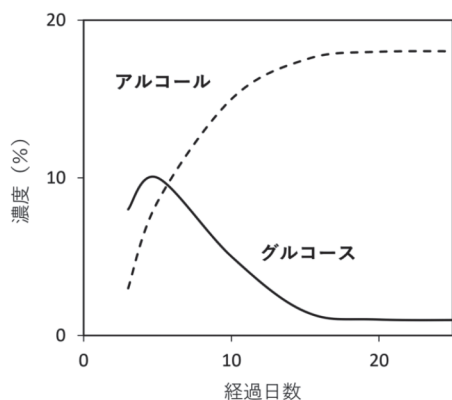


図6 もろみ中の経日変化イメージ

験や勘に頼った酒造りが行われてきた。最近では若い杜氏の誕生や世代交代が進行しているため、客観的な評価指標として、グルコースやピルビン酸をバックテストで測定して管理に用いる酒蔵も増えつつある。図6にもろみの発酵工程におけるグルコース濃度の経日変化のイメージを示す。デジタルバックテストを用いることで酒のグルコース濃度をリアルタイムに把握することが可能となり、もろみを上槽するタイミングや酒の甘味を管理する指標の一つとして活用されている。

[代表的な項目: グルコース, 亜硝酸, ピルビン酸]

4・6 食品・医療現場における衛生管理

身近な食品や飲料水などの製造現場、あるいは医療現場における洗浄液や消毒液の有効成分を管理する目的にもバックテストが利用されている。このような現場では、分析を担当する専任スタッフはおらず、衛生管理は通常業務と兼務することが多い。使用する薬剤の調製や有効濃度の管理、さらに洗浄後の残留濃度や原水の確認などにおいては、迅速かつ簡便な現場分析が有用である。

[代表的な項目: 残留塩素, 亜塩素酸ナトリウム, 過酸化水素, pH]

4・7 養殖池・水槽の養魚管理

養殖池や水槽の水質管理は、魚介類の生育のために重要である。特に窒素化合物の濃度は、用水の水質に加え、飼料や排泄物にも影響される。亜硝酸やアンモニウムは、毒性が強く魚介類の死滅を招くおそれがあるため定期的な水質管理が必要となる。また、大規模な水槽を持つ水族館では、水質管理に自動計測計を導入するが、小規模な水槽の場合は、水槽ごとに定期的に水質管理を実施し、水質の状態を把握する必要がある。水族館の飼育生物や海水を遠距離輸送する際にも、水質が確認される。

[代表的な項目: pH, 亜硝酸, アンモニウム, リン酸]

4・8 水質異常事故の原因物質の推定(スクリーニング)

河川や湖沼などの公共水域で、着色や魚のへい死などの異常が生じた場合、近隣の取水制限や汚染拡大を防止するために原因物質や排出源の特定が必要となり、簡易分析による迅速な初期対応が行われている。国土交通省や環境省をはじめ各所管省庁では、水質事故対応マニュアル⁹⁾¹⁰⁾を定め、バックテストが活用されている。これらは各都道府県などでも異常時の対応として定められている¹¹⁾。

[代表的な項目: 残留塩素, 遊離シアン, COD, 銅, pH, フェノール]

4・9 環境教育・環境啓発活動

河川を管轄する国土交通省の下部組織である河川事務所や、各都道府県などの環境研究所などでは、河川水や生活環境水を対象にCODなどの水質を調べ、水の汚れを考えるイベントが毎年実施される。パックテストの色の変化から水の性質や環境を考えることができる。また、子どもから大人まで参加可能であるため、体験を通して親子のコミュニケーションツールにもなる。
[代表的な項目：残留塩素，COD，アンモニウム，亜硝酸，リン酸]

4・10 身近な水環境の一斉調査

毎年6月5日の「環境の日」に、一般市民による環境保全活動として、「身近な水環境の一斉調査」¹²⁾が実施されており、2023年で20年目を迎える。調査には大人から子どもまで参加し、パックテストを用いてCODが全国7000地点で測定されている(図7)。これらの活動の結果は、毎年、参加団体に共有され、環境保全に対する意識の啓発に繋がっている。



図7 パックテストを使用した水質調査に参加する子ども達

5 さ い ご に

簡易水質分析は、簡便性や迅速性を重視した技術であり、通常は専門性が必要となる化学分析をより身近にすることができる。ただし、簡易水質分析で得られる結果は、概略値であるため正確さや精度には限界がある。近

年では、水質計や簡易分離濃縮技術などの併用により、定量性や感度・選択性を高めた簡易分析技術も利用可能となっている。簡易水質分析法の特徴と限界を理解して活用することで、幅広い分野で効率的な水質管理が実践できる。

文 献

- 1) 小倉紀雄：人間と環境，**14**，20 (1998)。
- 2) 田中庸央，佐野昌之，中村健次，久米茂行，川人俊夫，高田文子：水，**34**，67 (1992)。
- 3) JIS K 0102，工場排水試験方法 (2019)。
- 4) 村居景太，本多宏子，奥村 浩，岡内完治：分析化学 (*Bunseki Kagaku*)，**60**，507 (2011)。
- 5) 村居景太，本多宏子，奥村浩，岡内俊太郎：分析化学 (*Bunseki Kagaku*)，**68**，465 (2017)。
- 6) 日本下水道協会：“下水試験方法 上巻”，p. 195 (2012)，(日本下水道協会)。
- 7) 全国生コンクリート工業組合連合会：“生コン工場 品質管理ガイドブック”，第6次改訂版，p.450 (2019)，(全国生コンクリート工業組合連合会)。
- 8) 製品評価技術基盤機構：“プラスチックの難燃化手法と難燃剤によるトラブル事例について”，(<https://www.nite.go.jp/jiko/event/houkoku/houkoku2014.html>)，(accessed 2023.7.31)。
- 9) 国土交通省水質連絡会：“水質事故対策技術”，2001年版，(2001)，(技報堂出版)。
- 10) 日本水道協会：“突発水質汚染の監視対策指針”，(2002)，(日本下水道協会)。
- 11) 東京都環境局自然環境部水環境課：“水質異常事故対応マニュアル”，(2005)。
- 12) 全国水環境マップ実行委員会：“身近な水環境の全国一斉調査”，(<https://www.japan-mizumap.org/index.htm>)，(accessed 2023.7.31)。



海田 学 (Manabu KAITA)

株式会社共立理化学研究所 (〒226-0006 神奈川県横浜市緑区白山1-18-2 ジャーマンインダストリーパーク)。島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学専攻修士。《現在の研究テーマ》簡易分析製品の普及。《趣味》トレッキング，食べ歩き・飲み歩き。

E-mail : kaita-m@kyoritsu-lab.co.jp

ホームページ URL :

<https://kyoritsu-lab.co.jp/>

パックテスト製品ページ URL :

<https://packtest.jp/packtest-item>