

純 水

1 はじめに

化学分析を行う上で「水」は、利用頻度・利用する量が多い試薬のひとつである。例えば試料の水溶液化、滴定試薬や標準溶液などの試薬類の調製、クロマトグラフィーの移動相の調製、器具類や分析装置の洗浄水など利用する目的は数限りない。その反面、化学分析で使用する「水」には、いろいろな呼び名の「水」が存在する。その様々な呼び名の「水」における「質」の違いを見定め、使用目的に合わせて使い分けをしなければならない。

2 水の種類

公定法の中に規定されている水の種類は、JIS K 0211-2013「分析化学用語（基礎部門）」の中で、イオン交換水、蒸留水、超純水の規定がされている。

- ・イオン交換水：イオン交換装置を用いて精製した水
- ・蒸留水：蒸留装置を用いて精製した水
- ・超純水：a) TOC 値が非常に少なく、抵抗率が $18 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上（電気伝導率 $0.056 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下）に精製した水。b) 逆浸透膜、イオン交換樹脂（連続イオン交換体を含む）、活性炭、紫外線及び限外ろ過膜などを組み合わせて精製した水で、抵抗率が $18 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上（電気伝導率 $0.056 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下）の水。

また JIS Z8122-2000「コンタミネーションコントロール用語」の中では、純水、一次純水、超純水に関する規定がある。

- ・純水：不純物をできる限り取り除いた水。
- ・一次純水：半導体製造用に前処理装置で処理された水中に存在するイオン、微小粒子、微生物、有機物などの不純物をほとんど除去した水。（備考：抵抗率 $5 \sim 18 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ 程度の純水）
- ・超純水：超純水製造装置によって水中の懸濁物質、溶解物質、微小粒子及び不純物を高効率に取り除いた極めて高純度の水。

このように様々な呼び名の「水」は、精製方法または不純物（抵抗率など）で分類されている。抵抗率は、全く不純物を含まない純度 100 % の水（理論純水と呼ばれる）では、 $18.25 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ を示す。

3 化学分析で用いる水の質

前項でも触れたが、水の質は含まれている不純物とその量で示されることが多い。必要とされる質は分析方法やその目的ごとに異なる。

代表的な例をあげると工業用水や工業排水の水質試験に用いる水として、JIS K 0557「用水・排水の試験に用いる水」に準じた水を使用する。その種別を A1～A4 に分類し、質は表 1 のように規定されている。A1 の水は、器具類の洗浄及び A2～A3 の水の原料に用い、A2 の水は一般的な試験及び A3～A4 の水の原料に用いる。A3 の水は試薬類の調製、微量成分の試験に用い、A4 の水は微量成分の試験に用いる。この中で電気伝導率は水に残留している電解質、有機体炭素（TOC）は有機物、亜鉛は重金属元素の指標としている。シリカは原水に多く含まれ弱電解質である故に水の精製工程で比較的处理しにくい成分となる。また、塩化物イオン、硫酸イオンは陰イオン成分の指標となる。

A1～A4 の水において海外における同等の規格としては ISO3696、ASTM D 1193 があげられる。また A1～A4 の水の他に、以下の 5 種類の水の記載がある。

- ・溶存酸素を含まない水
- ・炭酸を含まない水
- ・100 ℃ における過マンガン酸カリウムによる酸素消費量（CODMn）の試験に用いる水
- ・有機体炭素（TOC）の試験に用いる水
- ・全酸素消費量（TOD）の試験に用いる水

この表 1 の「項目」に関して注意点がある。電気伝導率（抵抗率）の値は、その水に含まれるイオンの総量を示していて、イオンの種類やその濃度までは特定できない。同様に有機体炭素（TOC）は有機物の総量を炭素量として表しているが、こちらも有機化合物の種類やその濃度までは特定できない。したがって電気伝導率

表 1 JIS K 0557 用水・排水の試験に用いる水における水の種別及び質

項 目	種 別			
	A1	A2	A3	A4
電気伝導率 mS/m (25 ℃)	0.5 以下	0.1 以下	0.1 以下	0.1 以下
有機体炭素 (TOC) mgC/L	1 以下	0.5 以下	0.2 以下	0.05 以下
亜鉛 $\mu\text{gZn}/\text{L}$	0.5 以下	0.5 以下	0.1 以下	0.1 以下
シリカ $\mu\text{gSiO}_2/\text{L}$	—	50 以下	5.0 以下	2.5 以下
塩化物イオン $\mu\text{gCl}^-/\text{L}$	10 以下	2 以下	1 以下	1 以下
硫酸イオン $\mu\text{gSO}_4^{2-}/\text{L}$	10 以下	2 以下	1 以下	1 以下

(抵抗率)と有機体炭素(TOC)は、水の純度を示すひとつの目安に過ぎない。

4 純水・超純水の入手方法

純水・超純水を利用したい時、使用量が少ない場合や一時的に使用したい場合には、市販のボトルに入った水を利用すると便利である。「イオン交換水」などの商品名で20 L程度のポリエチレン容器に入って販売しているものがあり、商品によっては「A3相当」などの表記で純度を示している場合もある。市販の「超純水」は、無機分析用、有機物分析用など用途ごとに分かれていて、無機分析用は樹脂製容器に、有機物分析用はガラス瓶に充填されている。それぞれに規格書があり、ホームページで公開されている。またメーカーによっては成績書が添付されているので、不純物とその量を確認できる。

有機物の中でも揮発性有機化合物(VOC)の試験に用いるブランク水は、ある特定の市販のミネラルウォーターを使用することが最適であることは知られていて、利用している分析機関もある。

利用頻度・利用する量が多い場合には、純水製造装置、超純水製造装置や蒸留装置などで処理した水を利用する。ラボ用純水・超純水製造装置は利用者の用途に従い、無機物の除去に特化したシステム、無機物も有機物も除去するシステム、バイオ系に対応したシステムなどの仕様を選択する必要がある。また、1日に使用する純水・超純水の量によっても、タイプを選択する必要がある。一例として、水道水を原水とした際の純水の水質例を表2に示す。純水はオルガノ社製の純水製造装置ピュアライト PR-SG で処理した水である。

純水・超純水製造装置は、原水に含まれる不純物を複数の要素技術を組み合わせて除去する。それに伴い、装置で使用されている精製に係る消耗品(例えばイオン交換樹脂、膜、UV ランプなど)を管理し、場合によっては交換が必要になる。

表2 純水製造装置の水質例

分析項目	単位	給水	純水
電気伝導率	μS/cm	289	< 0.1
硝酸イオン	mg/L	20.1	< 0.001
硫酸イオン	mg/L	9.6	< 0.001
塩化物イオン	mg/L	49.2	< 0.0005
ナトリウムイオン	mg/L	6.9	< 0.0001
カリウムイオン	mg/L	0.7	< 0.0001
カルシウムイオン	mg/L	24.6	< 0.0001
マグネシウムイオン	mg/L	11.3	< 0.0001
シリカ	mg/L	40.9	< 0.002
鉄	mg/L	< 0.01	< 0.0001
亜鉛	mg/L	< 0.01	< 0.0001
TOC	mg/L	—	0.15

5 純水・超純水の取扱い

超純水は、「ハングリーウォーター」と呼ばれ触れるものすべてから汚れを溶かし込む性質がある。そのため、ありとあらゆる面からの汚染対策をしなければならない。意識をしなければならない主な点として「環境」「ハンドリング」「容器」が挙げる。

純水、超純水が空気と接触すると、空気中の不純物が溶け込んでいくため、製造装置の出口から出たフレッシュな水を素早く使用するか、製造装置の出口を空気が清浄に保たれているエリア(例えばクリーンベンチやクリーンドラフト)に引き込み、その中で使用することをお勧めする。

純水、超純水を取扱う時に手袋をすることは常識的であるが、手袋自体からの汚染も考慮する必要がある。具体的には、作業中に手袋に付着した水滴が誤って純水、超純水に入ると、無機成分などの汚染が起こる。このようなリスクが起きにくい作業方法への改善と、あらかじめ自分たちが使用している手袋からどのような成分が汚染するかを把握しておくといよい。

採水する容器は、その目的に対応した材質の容器を選定する必要がある。有機物を測定することを目的とした場合、ポリエチレンやポリプロピレン製の樹脂製容器を用いると、微量ではあるが有機物が封入した純水・超純水に溶け出す。また、無機成分の測定を目的とした場合にガラス製容器を用いると、ナトリウム、カルシウムなどの汚染がある。さらに、樹脂製の容器を選定したとしても、使用する前に相応の洗浄が必要になる。洗浄方法は、超純水や酸を用いて洗浄するが、詳細は参考資料に記したJISの超純水中の各不純物試験方法に記載があるので参考にすると良い。

6 さいごに

普段何気なく使用してしまっている「水」も、目的に合った「質」の「水」を使用することが大事である。そのためには使用するタイミングの「水」の「質」を意識した管理と取り扱いが重要となる。ここを誤ると超純水と思っていた水が純水に、純水がそれ以下の水になる場合があり、分析結果に大きな影響を及ぼしてしまう。

文 献

- 1) JIS K 0551, 超純水中の有機体炭素(TOC)試験方法(1994).
- 2) JIS K 0552, 超純水の電気伝導率試験方法(1994).
- 3) JIS K 0553, 超純水中の金属元素試験方法(2002).
- 4) JIS K 0555, 超純水中のシリカ試験方法(2009).
- 5) JIS K 0556, 超純水中の陰イオン試験方法(1995).
- 6) JIS K 0557, 用水・排水の試験に用いる水(1998).
- 7) JIS K 0558, 超純水中のほう素試験方法(2002).
- 8) 梅香明子:ぶんせき(Bunseki), 2011, 194.
- 9) 島山由紀子:ぶんせき(Bunseki), 2010, 442
- 10) 山中弘次:分析化学(Bunseki Kagaku), 59, 265(2010).
- 11) “現場で役立つ化学分析の基本技術と安全”, (オーム社).

[オルガノ株式会社 江川 暁]