

工場で使う水、どんな水ですか？

－腐食・スケールの問題と水質分析－

配管や蛇口から出る水、普段なにげなく使っている水ですが、見た目は同じでも、利用する地域や処理方法によってその性質が異なります。水質は、水を使用する工場設備の管理とどのように関わってくるのでしょうか？

工場で使う水

工場では様々な場面で水を使用しています。代表的な用途としては、配管内を循環させる冷却水やボイラ水、槽にためて使用する洗浄水などが挙げられます。これらの「水」には、水道水（上水）、工業用水、地下水、またはこれら原水を処理した水（純水など）を利用しています（表1）。

表1 工場における水の用途と原水の種類

代表的な用途	冷却水、ボイラ水、冷却塔循環水、洗浄水、めっき液ほか
原水	水道水、工業用水、地下水

水に溶けているものと水質

水道水や工業用水には様々な物質が溶解しています。この溶解している成分が、その水の性質（水質）に大きく影響しています。

水道水質の例として、都産技研の水道水を分析した結果を表2に示します。陽イオンであるナトリウムイオン（Na⁺）やカルシウムイオン（Ca²⁺）、マグネシウムイオン（Mg²⁺）、陰イオンである塩化物イオン（Cl⁻）や硫酸イオン

表2 都産技研の水道水の水質

代表的な項目のみ分析しています

項目	単位	分析結果
pH	—	7.5
電気伝導率	mS/m	20
ナトリウムイオン（Na ⁺ ）	mg/L	20
カリウムイオン（K ⁺ ）	mg/L	2.9
マグネシウムイオン（Mg ²⁺ ）	mg/L	4.5
カルシウムイオン（Ca ²⁺ ）	mg/L	21
塩化物イオン（Cl ⁻ ）	mg/L	22
硝酸イオン（NO ₃ ⁻ ）	mg/L	7.8
硫酸イオン（SO ₄ ²⁻ ）	mg/L	25
全硬度	mgCaCO ₃ /L	69
シリカ（SiO ₂ ）	mgSiO ₂ /L	13

（SO₄²⁻）は、全国の水道水に普遍的に含まれている成分です。水道水には、表2に挙げた項目以外にも、酸素などの気体分子や微量の有機物などが含まれています。

全国の水道水質は、水道法に定められた水質基準項目等について、「社団法人日本水道協会」の「水道水質データベース」により概要を調べることが可能です。水道水質に地域差があるのは、浄水場の原水（河川水・地下水）の水質が地域ごとに異なっているのが大きな要因です。

近年専用水道としての利用が増加している地下水は、鉄やマンガンを比較的高濃度で含んでいる場合があります。

水に関わる腐食とスケールの問題

工場で使用する水の水質が関係する代表的なトラブルは、金属の腐食とスケールの沈着です。スケールとは、水に溶けていたイオンなどが析出したもので、代表的な成分として炭酸カルシウム（CaCO₃）やタルク（Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂）が挙げられます。

図1は、腐食した恒温槽とスケールが付着した加湿器の内部の写真です。スケールの沈着は、熱交換効率の低下や、配管の閉塞を引き起こします。

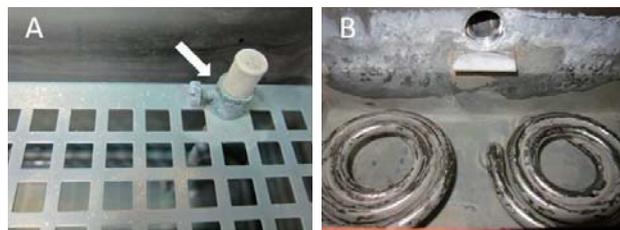


図1 腐食した恒温槽(A)とスケールが付着した加湿器(B)

銅のさび(矢印)、白いスケールが確認されます

では、どのような水で腐食やスケールの沈着が起こりやすいのでしょうか？水質と、腐食・スケール生成の関連性を示した例として、社団法人日本冷凍空調工業会の冷凍空調機器用水質ガイドライン JRA-GL 02:1994に示されている、冷却水等の水質検査項目を表3に示します。表中の「傾向」欄の○(丸)は、その項目

表3 冷却水等の水質検査項目

JRA-GL 02：1994 表3.1より抜粋

項目	傾 向	傾 向	
		腐 食	スケール生成
基準項目	pH	○	○
	電気伝導率	○	○
	塩化物イオン	○	
	硫酸イオン	○	
	酸消費量 (pH4.8)		○
	全硬度		○
	カルシウム硬度		○
	イオン状シリカ		○
参考項目	鉄	○	○
	銅	○	
	硫化物イオン	○	
	アンモニウムイオン	○	
	残留塩素	○	
	遊離炭酸	○	
	安定度指数	○	○

が腐食またはスケール生成に関係しているかどうかを示しています。例えば、塩化物イオンは腐食因子、カルシウム（硬度）や（イオン状）シリカは、スケール生成の因子となります。これらの成分濃度が高い水を使用する場合は、供給水の軟水化や薬品の添加など、なんらかの処理が必要になる場合があります。

上記の規格では各項目の分析方法として、JIS K 0101：1998 工業用水試験方法（またはこれに準ずる方法）が指定されています。表3に掲げた項目のうち、都産技研が依頼試験として対応している項目について、以下に代表的な分析方法を紹介します（一部項目について、下記に挙げたもの以外の分析法もJIS K 0101では規定されています）。

都産技研における工業用水試験

■ pH

pH(水素イオン指数)は、水の性状を示す項目のうち、最も重要なものの1つです。酸性で腐食傾向、アルカリ性でスケール生成傾向を示します。測定はガラス電極法により行います。pH試験紙を用いて簡易的に測定することも可能です。

■ 電気伝導率

水中に存在するイオンの全濃度の程度を表します。専用の電極を用いて測定します。

■ 塩化物イオン(Cl⁻)、硫酸イオン(SO₄²⁻)

腐食に関連する項目で、イオンクロマトグラフ(図2)を利用して測定します。金属の腐食



図2 イオンクロマトグラフ

水中のイオン成分分析を行います

事例では、このほかにぎ酸や酢酸などの有機酸が関係することがあります。ぎ酸、酢酸もイオンクロマトグラフで定量分析が可能です。

■ 酸消費量 (pH4.8)

アルカリ度とも呼ばれ、水の中に炭酸水素イオン、炭酸イオン、水酸化物イオンなど、酸を消費する成分がどれだけ含まれているかを測定する方法です。滴定により試験を行います。

■ 全硬度 (カルシウム硬度)

水中のカルシウムイオン濃度とマグネシウムイオン濃度の合計（カルシウム硬度はカルシウムイオン濃度のみ）を、対応する炭酸カルシウムの量に換算して示したものです。滴定、イオンクロマトグラフィー、ICP発光分光分析法により求めます。

■ イオン状シリカ

シリカスケールは除去が難しい厄介なスケールです。水中でのシリカは様々な形態で存在していますが、工業用水の分析ではモリブデン黄吸光光度法やモリブデン青吸光光度法により、「イオン状シリカ」を測定します。

■ 鉄、銅

ICP発光分光分析法により分析します。

水を使用する設備で腐食やスケールの問題が起こったときは、上記の項目で異常な値を示すものがないかを確認することが重要になります。

この他に、都産技研では材料の腐食部分に吸着しているイオン成分を、純水抽出-イオンクロマトグラフ法で分析することも可能です。新本部移転後は、こうしたクロマトグラフを利用した分析分野をさらに強化・拡大していく予定です。

開発本部開発第二部 資源環境グループ <西が丘本部>
杉森 博和 TEL 03-3909-2151 内線 351
E-mail:sugimori.hirokazu@iri-tokyo.jp