

ロックウール製品の化学特性評価

研究開発本部 分析解析室 矢嶋 一 仁

1. はじめに

ロックウールは、製鉄スラグや岩石を原料として作られる無機繊維の一種である。繊維そのものの用途もあるが、多くは有機質のバインダ、すなわち形状を維持するための接着剤を添加してマット、ボードやパイプ状に加工して使用されている(図1)。保温、断熱、耐火そして防音などの優れた特性から用途は多岐にわたり、熱や音に関係する特性の他に、使用環境に応じて化学特性についても評価される。

化学特性は、主要組成、微量成分といった金属成分の濃度の評価の他に、公的な基準、試験規格に基づいた評価も行われている。本稿では、ロッ

クウール製品の化学特性評価として住宅環境でシックハウスの原因物質として懸念されるホルムアルデヒドの放散速度の評価と、工場やプラントで金属部材の保温材として使用される際に、鋼材への腐食成分として懸念される可溶性成分の評価方法について、背景を交えて述べてみたい。

2. ホルムアルデヒド放散速度評価

2.1 シックハウス対策

新築やリフォームした住宅で、目の違和感や喉の痛み、頭痛などの症状が現れるシックハウス症候群が問題となり、2003年7月に改正建築基準法が施行された。この法律では、シックハウス対策の



住宅用断熱材「ホームマット®」



巻付け耐火被覆材「マキベエ®」



ボード状断熱材・吸音材「MGボード™」



配管保温材「MGマイティカバー®」

図1 当社のロックウール製品群

規制を受ける化学物質としてクロルピリホスおよびホルムアルデヒドが指定され、原則として全ての建築物に機械換気設備の設置が義務化された。

住宅の防蟻剤などに使用されていたクロルピリホスの使用は禁止され、一方、ホルムアルデヒドを放散する建材は、使用に制限を受けるようになった。従来のロックウール、グラスウールなどの無機繊維断熱材には繊維のバインダ、すなわち形状を維持するための接着剤として主にフェノール樹脂が使用されており、その原料にホルムアルデヒドが含まれているため規制の対象となる。

2.2 ホルムアルデヒド放散速度とは

改正建築基準法では、ホルムアルデヒドの放散速度により、表1の使用制限が設けられている。

ホルムアルデヒド放散速度とは、単位時間、単位表面積あたりに放散されるホルムアルデヒドの質量で表され、単位は $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ である。

ロックウール製品については次項に示す小型チャンバー法による測定を行い、標準的な評価では、試験開始から1日、3日、7日経過後の放散速度を算出する。表1の放散等級は、試験開始後7日以内の放散速度で判定される。放散速度が低いほどホルムアルデヒドの放散量が少ないことを意味し、最上位等級のF☆☆☆☆等級では、建築基準法の内装仕上げの制限を受けない。当社のロックウール製品では、住宅用断熱材の「ホームマット®」をはじめとして、「ビルマット®」、「マキベエ®」などがF☆☆☆☆等級である。

2.3 ホルムアルデヒド放散速度の測定方法

ロックウール製品のホルムアルデヒド放散速度

の測定は、JIS A1901による小型チャンバー法にて行う。図2に小型チャンバー法の概要を示す。20Lのステンレス製チャンバーに、一定の表面積に切り出したロックウール製品を入れ（図3）、ふたをして、清浄な空気を注入し続ける。

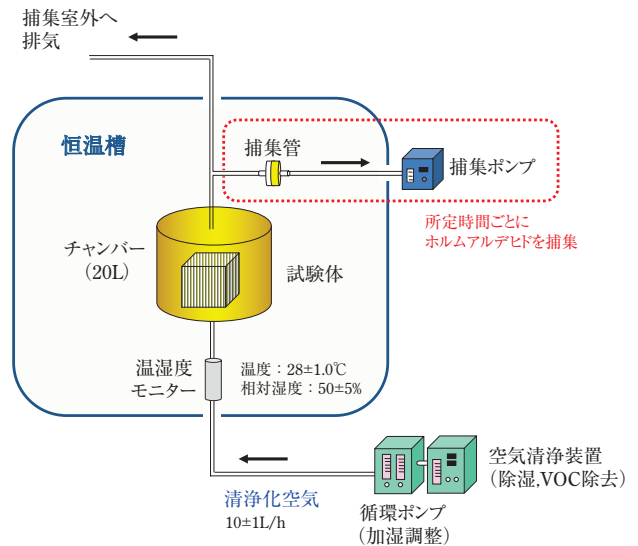


図2 小型チャンバー法によるホルムアルデヒド捕集の概要



図3 ロックウール製品の試験体をチャンバーへ設置した様子

表1 建材のホルムアルデヒド放散速度と使用制限

建築材料の区分	ホルムアルデヒド放散速度	放散等級 (JIS表示記号)	内装仕上げの制限	天井裏、床下、壁内などへの使用制限
建築基準法の規制対象外	$5\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 以下	F☆☆☆☆	制限なし	使用できる
第3種ホルムアルデヒド発散建築材料	$5\sim 20\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$	F☆☆☆	使用面積に制限	使用できる
第2種ホルムアルデヒド発散建築材料	$20\sim 120\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$	F☆☆		使用できない
第1種ホルムアルデヒド発散建築材料	$120\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 超	—	使用禁止	使用できない

表2 ロックウールのホルムアルデヒド放散速度測定に関するJIS規格

規格番号	規格名称	ホルムアルデヒド放散速度に関する記載内容
JIS A 1901	建築材料の揮発性有機化合物(VOC),ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散測定法-小型チャンパー法	用語の定義,ホルムアルデヒドの捕集方法,捕集条件,放散速度の算出方法,捕集装置の管理など
JIS A 1902-4	建築材料の揮発性有機化合物(VOC),ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散量測定におけるサンプル採取,試験片作製及び試験条件-第4部:断熱材	サンプルの採取方法,試験片作製方法,包装,保管など
JIS A 1962	室内及び試験チャンパー内空気中のホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物の定量-ポンプサンプリング	DNPH誘導体化法の原理,捕集管の作製方法,捕集したホルムアルデヒドの測定方法など
JIS A 9504	人造鉱物繊維保温材	保温材のホルムアルデヒド放散特性,試料負荷率,質量ガス濃度の制約(試験条件)など
JIS A 9521	建築用断熱材	建築用断熱材のホルムアルデヒド放散特性,試料負荷率,質量ガス濃度の制約(試験条件)など

空気の注入量は、換気回数と呼ばれるパラメータが 0.5 ± 0.05 回/hとなるように調整する。この値は、チャンパー内の空気が1時間で半分入れ替わることを意味し、住宅の換気設備の換気回数と同じである。

試料をチャンパーに設置してから1日目,3日目,7日目に、ホルムアルデヒドを吸着させるDNPHカートリッジと呼ばれる捕集管を取り付け、チャンパーから排出されるホルムアルデヒドを捕集する。ホルムアルデヒドを捕集したカートリッジは、アセトニトリルで溶出させ、高速液体クロマトグラフにてその量を測定する。

表2にロックウール製品のホルムアルデヒド放散速度に関するJIS規格を示す。試料のサンプリング,捕集,測定まで試験規格で詳細に定められている。

ホルムアルデヒドの汚染のない清浄な環境や器

具の管理が必要となり、また試料採取から測定までの期間に制限もあるため、これらの関連規格に精通することが必要である。

当社では壁面をアルミ板で覆った専用の捕集室を設け、外部からの汚染の少ない清浄な測定環境を確保している(図4)。また、工場と密接な連携のもと、製造から測定までの時間差を少なくするなど測定品質の向上に努めている。

3. 可溶性成分評価

3.1 プラント配管の外表面腐食

ロックウール,グラスウール,けい酸カルシウムなどの保温材を炭素鋼系配管に使用した場合、しばしば、環境からの水分により、保温材下の金属配管に腐食が認められることが知られている。保温材下配管外面腐食(CUI: Corrosion Under Insulation)と呼ばれ、その予防,対策が各所で検討されている。当社では、「e-AIM[®]工法」などがある¹⁾。

一方、耐食性に優れたステンレス配管を使用した場合には局部的な腐食,外面応力腐食割れ(ESCC: External Stress Corrosion Cracking)が生じることが知られている。

これらの原因のひとつとして、保温材に由来するあるいは使用環境からの塩素,ふっ素が、水分を介して金属配管の外表面に付着して濃縮され、腐食が生じると考えられている。このため、ASTM



図4 ホルムアルデヒド捕集室

C795による保温材から水に溶出する可溶性成分の評価やASTM C692による応力腐食割れ試験が行われている。

3.2 防食判定図

保温材のオーステナイト系ステンレス鋼への腐食性評価では、ASTM C795による防食判定図が広く用いられている(図5)。次項で分析方法を概説するが、保温材から水に溶出する可溶性成分、ここでは塩化物、ふっ化物、ナトリウム、けい酸イオンが対象となり、その単位重量あたりの溶出量で判定される。

図5のように、縦軸は腐食性成分である塩化物イオンとふっ化物イオンの合計、横軸は腐食を抑制する成分と考えられているナトリウムイオンとけい酸イオンの合計である。図中の境界線は経験的に見出されたもので、境界線より下側の領域が使用可能範囲である。当社製ロックウール保温材の範囲も示した。

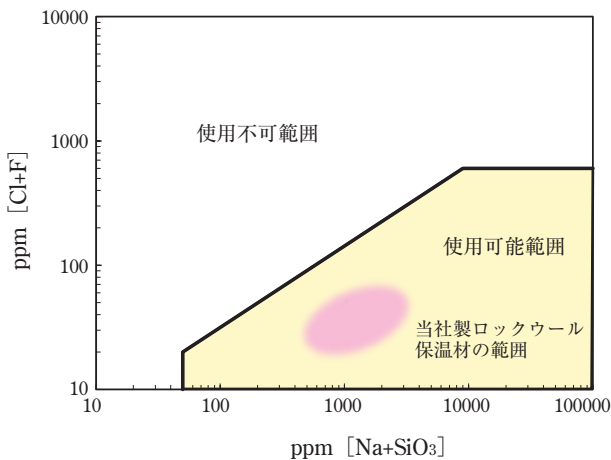


図5 ASTM C795による保温材の使用範囲

3.3 可溶性成分の測定方法

防食判定のための、測定方法はASTM C871が引用されている。図6にASTM C871による溶出手順を示す。可溶性成分量は、保温材を水に煮沸溶出させたときの単位重量あたりの溶出量で表す。

図6の手順に従って、保温材を水に煮沸溶出させ、ろ過した液を検液として表3で指定された測定方法で測定する。

当社では原則として塩化物、ふっ化物、ナトリ

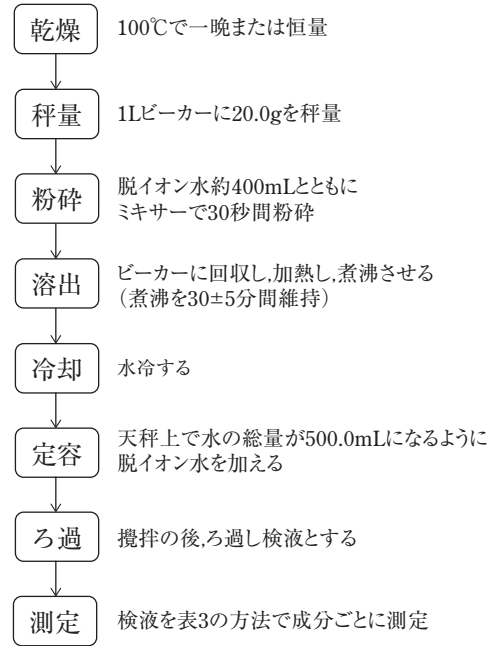


図6 ASTM C871による保温材の溶出手順



図7 ロックウールの煮沸溶出の様子

ウムイオンはイオンクロマトグラフィにて、けい酸イオンはモリブデンイエロー吸光光度法にて定量している。

表3のように、検液の測定には成分ごとに2～4種の方法が記載されているが、干渉や濃度範囲などの制約がある場合もあり、適切な測定法を選択することが必要である。そのためには保温材の材質についての知見や、当該試験規格以外の方法による裏づけなどが必要となる場合がある。

当社では材料全般に関する分析、解析にも力を入れており、材料解析で得られた知見を本分析に活かすなど複合的な評価を行っている²⁾。

表3 ASTM C871による検液測定法

測定成分	測定方法	ASTMに記載の注意事項
塩化物イオン	電流-電量滴定法	含窒素有機化合物が含まれる場合、正の誤差
	滴定法（硝酸水銀）	現在は、非推奨（有害試薬を使用するため）
	イオン電極法	干渉成分に対して補正が必要 2ppm以下の溶液に対して信頼性が低い
	イオンクロマトグラフィ	測定法として適切
ふっ化物イオン	イオン電極法	干渉成分に対して補正が必要
	比色法（SPADNS-Zr）	—
	イオンクロマトグラフィ	測定法として適切
けい酸イオン	原子吸光法	—
	比色法（モリブデンイエロー）	リン酸イオンの共存の有無により、調製法が異なる 即日測定が望ましい
ナトリウムイオン	炎光光度法	高濃度のCa, K, Mgが存在する場合、補正が必要
	原子吸光法	高濃度のCa, K, Mgが存在する場合、補正が必要
	イオン電極法	—
	イオンクロマトグラフィ	測定法として適切

4. おわりに

ロックウール製品の化学特性の中でホルムアルデヒド放散速度と可溶性成分の評価について、その背景や公的な規制、基準を交えて概説した。正確な測定には、適切な試験環境のもと最適な方法の選択のほかに、人的な訓練も欠かせない。また分析の評価技術のみならず、技能や製品知識も肝要となる。ロックウールメーカーとして分析品質の向上に努め、ユーザー各位のご要望に的確にお応えする所存である。

参考文献

- 1) プラント設備の省エネルギー対策と保全に貢献する「e-AIMTM工法」, ニチアス技術時報, No.377, p1 (2017).
- 2) ニチアスの分析・解析技術, ニチアス技術時報, No.365, p9 (2014).
[規格]
 - ・ASTM C692-13, Standard test method for evaluating the influence of thermal insulations on external stress corrosion cracking tendency of austenitic stainless steel.
 - ・ASTM C795-08 (2013), Standard specification for thermal insulation for use in contact with austenitic stainless steel.
 - ・ASTM C871-18, Standard test methods for chemical analysis of thermal insulation materials for leachable chloride, fluoride, silicate and sodium ions.

- ・JIS A 1901:2015, 建築材料の揮発性有機化合物 (VOC), ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散測定法—小型チャンバー法.
- ・JIS A 1902-4:2015, 建築材料の揮発性有機化合物 (VOC), ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散量測定におけるサンプル採取, 試験片作製及び試験条件—第4部: 断熱材.
- ・JIS A 1962:2015, 室内及び試験チャンバー内空気中のホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物の定量—ポンプサンプリング.
- ・JIS A 9504:2011, 人造鉱物繊維保温材.
- ・JIS A 9521:2014, 建築用断熱材.

筆者紹介



矢嶋 一仁

研究開発本部 分析解析室
無機材料分析と分析手法の開発に従事
博士 (理学)
日本分析化学会員

- *「ホームマット」, 「マキベエ」, 「MGマイティカバー」, 「ビルマット」, 「e-AIMTM」はニチアス(株)の登録商標です。
- *「MGボード」はニチアス(株)の商標です。