

リフラクトリーセラミックファイバー 代替シール材

1. はじめに

アスベストの代替として、様々な人造鉱物繊維が開発され使用されてきたが、一部に発がん性が懸念されるものがあり、各国で規制が実施されている。日本国内においても、2015年11月にリフラクトリーセラミックファイバー（以下、RCF）が特定化学物質障害予防規則（以下、特化則）の管理第二類物質及び、特別管理物質に位置づけられた。主な規制内容は以下のとおりであり、主に製造において種々の管理が必要となった¹⁾。

＜主な管理項目＞

- ① 局所排気の設置
- ② 作業主任者の選任
- ③ 掲示、作業記録の作成・保存
- ④ 作業環境測定の実施
- ⑤ 健康診断の実施

しかし、バインダーで固定化された成形品やRCFが密封された製品は規制の対象外であるが、当該品を切断、研磨などを行う場合には、RCFなどの粉塵が発散するおそれがあるため、特化則が適用される。

RCFは1,000℃以上の高温域でも使用できる耐火材・断熱材として、鉄鋼・石油・化学などの各種プラントで広く使用されてきた。シール材においても、その優れた耐熱性から、ガスケット、グランドパッキンなど、様々な製品に用いられていた。当社は法規制に伴いRCFに替えて、生体内で溶解性がある無機繊維を採用することで、安全面と性能を両立させた製品を開発した。これらの繊維は呼吸器系に吸入されても、体内で溶けやすく、健康影響へのリスクが低いと考えられており、法規制対象外となっている。

Table1にRCF代替対象製品を示す。本報では、うず巻形ガスケット、メタルジャケットガスケット、ゴム引き織布ガスケット、グランドパッキンにおいての代替品を紹介する。

Table1 RCF代替対象製品

対象製品群	当社品番
うず巻形ガスケット	No.8590シリーズ
メタルジャケットガスケット	No.N510、N520、N530、N570、N580、N6520、N6580
ゴム引き織布ガスケット	No.P-N314
紡織品	No.P-101S、P-102SF、P-102S、P-105S、P-105SN、P-112S、P-112S-N
グランドパッキン	No.N340G-F、N340M-F

2. うず巻形ガスケット

うず巻形ガスケットは、高温高压用として設計されたセミメタリックガスケットであり、シール性及耐熱性に優れていることから、一般配管、機器など広い用途で使用され、蒸気や熱媒などのシールに用いられている。V字形状にくせ付けした金属帯（フープ）と軟質密封帯（フィラー）をうず巻状に巻き合せたものであり、使用条件により、金属製内外輪を装着したものが一般的に用いられる。

うず巻形ガスケットに使用しているフィラーの一つである無機質紙は、有機・無機繊維、充填材、及びゴムバインダーを混合、抄紙したもので、最高使用温度は500℃である。無機質紙フィラーには、アスベストに替わる無機繊維としてRCFが使用されていた。

当社は、RCFの代替繊維として生体溶解性ロックウールを使用した無機質紙フィラーうず巻形ガスケット（No.8590シリーズ）を開発した（Figure1）。生体溶解性ロックウールは、特化則の規制対象外の繊維であり、EU指令97/69/EC「人造非品質繊維の発がん分類と包装表示」のNote Qにより、発がん性分類から除外されている。

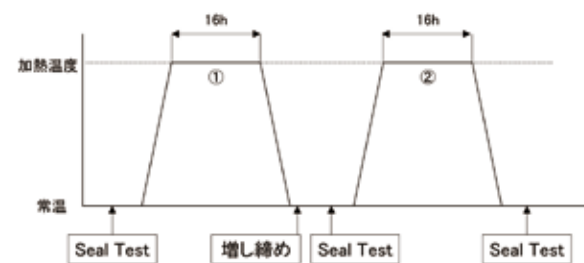
以下に生体溶解性ロックウールを用いたRCF代替品（以下、RCF代替品）の性能を示す。Table2は高温のシール特性評価として、ガスケットをフランジに締結した状態で加熱し、常温に冷却後のシール性を評価した結果である。ライン入りとは膨張黒鉛フィラーの酸化消失を防ぐため、両端に無機質紙フィラーを配置した製品である。RCF代替品に漏れはなく、

十分な高温シール性を有していることが確認された。



Figure1 No.8590シリーズ(RCF代替品)

Table2 No.8596V、No.8596VLの高温特性比較



サイクル数	試料	漏えい量 [Pa・m³/s]		
		No.8596V (RCF代替品)		
		400°C	500°C	600°C
0		漏れなし	漏れなし	漏れなし
1		漏れなし	漏れなし	漏れなし
2		漏れなし	漏れなし	漏れなし

※試験条件

内圧 : 4MPa(400°C、500°C)、1MPa(600°C)

締付力 : 面圧70MPa相当のボルト締め

Table3に示すのは耐蒸気性の評価結果である。一般的に生体内で溶解性を持つ繊維は、蒸気や水と接する条件下で繊維の強度が低下すること懸念される。耐蒸気性を評価するため、蒸気暴露後に窒素ガスでシール性評価を行い、劣化を確認した。その結果、RCF代替品に漏れは見られず、RCF含有品と同等のシール性能であった。

なお、繊維を変更したことによる、m、y値等の設計データに変更はなく、従来のRCF含有品と同様に使用することが可能である。

Table3 No.8596Vの耐蒸気特性比較

蒸気暴露期間	シール評価 内圧 [MPa]			
	No. 8596V (RCF含有品)		No. 8596V (RCF代替品)	
	2.0	4.0	2.0	4.0
暴露前	漏れなし	漏れなし	漏れなし	漏れなし
1week	漏れなし	漏れなし	漏れなし	漏れなし
3week	漏れなし	漏れなし	漏れなし	漏れなし

※試験条件

暴露流体 : 30K蒸気(230°C、3MPa)

締付力 : 面圧70MPa相当のボルト締め

3. メタルジャケットガスケット

メタルジャケットガスケットは、フェルト(無機材料からなる厚板)の外側を金属薄板で被覆したセミメトリックガスケットである。複雑な形状や幅の狭い寸法が製作できるため、塔槽類や熱交換器などに使用されている。

メタルジャケットガスケットは、500°C以上で使用されることも多く、中芯材となるフェルトには耐熱性が優れたRCFが使用されていた。メタルジャケットガスケットはフェルトが完全に金属に被覆されているため、暴露する恐れは少ない。そのため、先に述べたように法規制の対象外となるが、より安心・安全に使用していただくため、特化則規制対象外物質である無機繊維に代替したメタルジャケットガスケット(No.N510、N520など)を開発した(Figure2)。

RCF含有品、RCF代替品の比較データとして、600°Cの熱サイクルシール特性結果をFigure3に示す。これは、ガスケットをフランジに締結し、温度サイクルを複数回与えた後の常温シール性を比較した結果である。Figure3より、RCF代替品はRCF含有品と比較して、加熱サイクルを与えた後も同等以上のシール性を有していることが分かる。

なお、うず巻形ガスケットと同様、各種設計データに変更はなく、RCF含有品と同様に使用することが可能である。



Figure2 No.N510、N520など(RCF代替品)

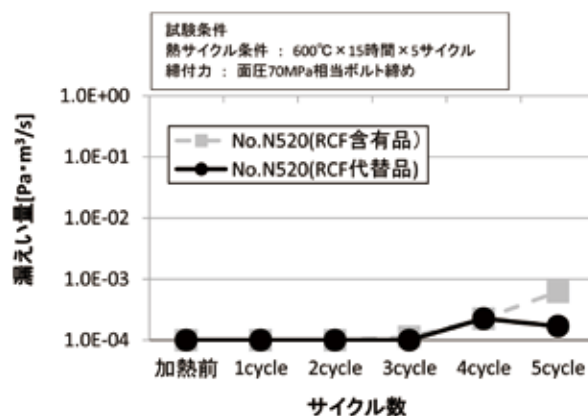


Figure3 No.N520の高温特性比較

4. 織布ガスケット

織布ガスケットは、布やリボン、ヤーンといった形状のガスケットでRCF素材は500℃以上で使用されている。中でも織布にゴムなどを含浸し、特殊な処理をしたガスケットは、主に機器のマンホール、排ガスのダクトのフランジなど、比較的漏れが許容される箇所に用いられている。

当社は、RCFに替え、生体溶解性繊維(BSF)を使用したガスケットの供給を開始した。BSFはRCFより生体内での滞留性が低い繊維で、特化則の規制対象外繊維である。RCF代替品はBSFを主原料に少量の有機繊維を加えた織布にゴムなどを含浸し、シール性を向上させた製品となっている。

RCF含有品、RCF代替品の比較データとして、800℃の熱サイクルシール特性結果をFigure4に示す。Figure4より、RCF代替品はRCF含有品と比較して、同等以上のシール性を有していることが分かる。

なお、ゴムを含浸した織布ガスケットの各種設計データに変更はなく、RCF含有品と同様に使用することが可能であるが、ゴムを含浸せず織布の紡織品としてクロスやリボンを使用する場合には、最高使用温度に注意が必要である。従来のRCFを用いた織布の最高使用温度が1260℃であったのに対し、BSFを用いた織布の最高使用温度は1000℃となる。これは、BSFの耐熱性がRCFより劣るためである。1000℃以上で使用可能な無機繊維にアルミナ繊維があるが、非常に高価であり、まだこの領域は課題が残る。

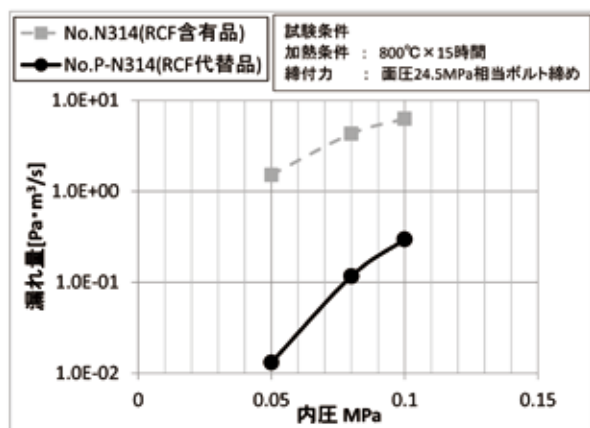


Figure4 No.N314、P-N314の高温特性比較

5. グランドパッキン

グランドパッキンは、バルブ、回転ポンプ、その他様々な機器の軸封用のパッキンとして幅広く用いられているが、断面

角形に編組されたロープのような形状であるため、シール材としての汎用性が高く、多少の漏れを許容可能で耐熱性が求められるボイラー・タービンの排熱ダクトの継手部分、マンホールなどの固定部などのシール材としても使用されている。

これらの用途の多くは400℃以上の高温であるため、グランドパッキンには耐熱性の高いRCFが使用されてきた。しかしRCFが特化則の規制対象となったため、規制対象外繊維であるBSFを使用したRCF代替グランドパッキンの供給を開始した(Figure5、6)。



Figure5 No.N340G-F (RCF代替品)



Figure6 No.N340M-F (RCF代替品)

No.N340M (RCF含有品)、N340M-F (RCF代替品)の比較データとして、500℃の高温シール特性結果をFigure7に示す。Figure7より、No.N340M-F (RCF代替品)はNo.N340M (RCF含有品)と比較して、同等以上のシール性を有していることが分かる。

一方、RCF代替品に使用しているBSFは生体溶解性を持つため、高炉ガスや排ガスなど、水分を殆ど含まない高温条件下(乾熱)では、従来のRCF含有品と同等の性能を発揮するが、蒸気や熱水などの条件下(湿熱)での耐性は不明であり、注意が必要である。

多少の水濡れであればすぐに分解は起こらないが、その場合十分乾燥させた後の使用を推奨する。

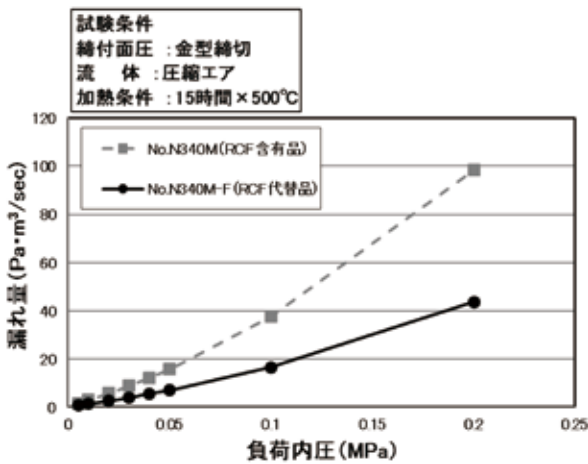


Figure7 高温時のシール特性比較

6. おわりに

シール材は様々な過酷な条件での使用に耐えられるよう、耐熱性、耐薬品性、高強度などの多種多様な特性を持った材料を組合せて構成されている。

しかし、環境負荷や人体への悪影響を軽減させるための国際的な規制が進み、更に使用可能な材料が限定されていくと考えられる。

我々シールメーカーはこれからも、顧客の安心・安全に貢献できるよう環境負荷を低減し、人体への悪影響のない製品を開発していく。

7. 参考文献

- 1) セラミックファイバー工業会 セラミックファイバー製品の取扱い 平成28年1月改定版



濱出 真人
 研究開発本部
 第1商品開発部