

〈新製品紹介〉

外表面帯電防止機能付ふっ素樹脂チューブ

T/#9003-NE 「ナフロンPFA-NE チューブ」

高機能樹脂製品事業部 技術開発部

1. はじめに

ふっ素樹脂は、純粋性、耐熱性、耐薬品性、電気絶縁性を活かした配管材料として、ライニング配管、チューブ配管として利用されている。ふっ素樹脂の中でも特にPFA（パーフルオロアルコキシアルカン）チューブは、クリーンな配管材料として半導体、医薬、食品などの高純度薬液移送用として広範囲で使用されている。

PFAチューブを使用する場合、高い電気絶縁特性を持つがゆえに帯電しやすく、静電気による様々なトラブルに注意が必要である。このうち、チューブ表面が帯電することで雰囲気中との間で放電現象（火花放電）が生じ、爆発・火災の危険が生じる課題を抱えている。

この課題に対して、当社では、チューブ表面の帯電を抑えるチューブとして、ナフロンPFA-NE

(NE：Non Explosion) (写真1) チューブを開発し、販売を開始した。

2. 帯電防止の目標値について

2.1 帯電しやすさと各特性値との関係

電気の流れやすさは、電気抵抗値で表せるが、静電気に関係する電気抵抗値は、比較的高い絶縁抵抗、漏洩抵抗であり、このような抵抗に対しては一般にオームの法則が成り立たず、抵抗が印加電圧、電圧印加時間などにより変化する。

労働省産業安全研究所 産業安全研究所技術指針 静電気安全指針によると帯電量の指標として表1の数値関係が示されている。

2.2 火花放電による火災発生防止の指標

最も着火しやすい混合濃度にある可燃性混合物



写真1. ナフロンPFA-NE チューブ



表1 帯電の大きさと各特性値との関係

帯電の大きさ	表面電位 (kV)	漏洩抵抗 (Ω)	体積抵抗率 (Ω・cm)	表面抵抗率 (Ω)
ほとんどなし	0.01以下	10 ⁶ 以下	10 ¹⁰ 以下	10 ¹⁰ 以下
小さい	0.01～0.1	10 ⁶ ～10 ⁸	10 ¹⁰ ～10 ¹²	10 ¹⁰ ～10 ¹²
普通	0.1～1	10 ⁸ ～10 ¹⁰	10 ¹² ～10 ¹⁴	10 ¹² ～10 ¹⁴
大きい	1以上	10 ¹⁰ 以上	10 ¹⁴ 以上	10 ¹⁴ 以上

*一般的に、感電防止のための電気器具漏洩抵抗は10²Ω以下、静電気がほとんど起きないのは、10⁸Ω以下と言われている。

が外部から与えた着火源（火花放電など）によって着火するために必要な最小エネルギーを最小着火エネルギー（mJ）と呼んでいる。火花放電による火災発生の危険を防ぐためには、帯電の大きさをこの最小着火エネルギー以下に抑えることが必要である。

前記安全指針には、爆発・火災を防止するための安全係数を持たせた管理指標を表2のように、また、代表的な可燃性物質の最小着火エネルギーを表3のように示している。

3. 製品概要

ナフロンPFA-NEチューブは、ふっ素樹脂PFAチューブの外表面にストライプ状導電性PFA部を備えたチューブである。接液部がクリーン（PFA-HG）なまま、導電性PFA部の遮蔽効果により、アースを取ることによってチューブ外表面の帯電を防止することができる。チューブ外表面の帯電を防止することにより、可燃ガス雰囲気中からチューブ外表面への火花放電による火災事故を防止する。

4. 製品仕様

ナフロンPFA-NEチューブは図1に示すように、ナフロンPFA-HGチューブ外層部にサイズ毎に一定幅及び厚みのストライプ状導電性PFA部を備えたチューブである。

PFA-HGと導電性PFA部は熔融状態で一体成形されているため、剥がれなどの心配がない。

標準品のサイズ・長さとして25℃破壊圧力、最小曲げ半径を表4に示す。強度や曲げ半径は、

表2 最小着火エネルギーと帯電電位管理指標

最小着火エネルギー（mJ）	帯電電位の指標（kV）
0.1以下	1以下
0.1～1	5以下
1～10	10以下
10以上	10以下

表3 主な可燃性物質と最小着火エネルギー

可燃性物質	最小着火エネルギー（mJ）
アセトン	1.15
アンモニア	680
エチルメチルケトン	0.27
酢酸エチル	0.46
ジイソプロピルエーテル	1.14
ジエチルエーテル	0.19
シクロヘキサン	0.22
ジメチルエーテル	0.29
トルエン	2.50
2-プロパノール（IPA）	0.65
ヘキサン	0.24
ベンゼン	0.20
メタノール	0.14

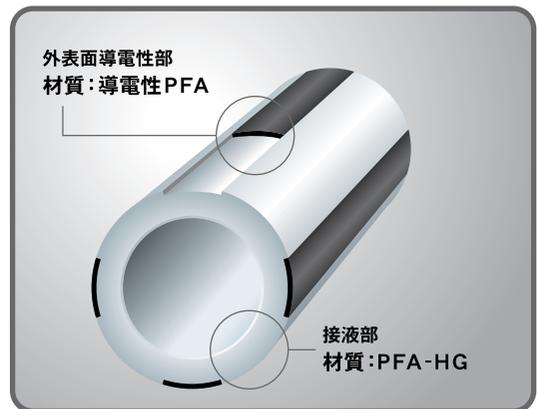


図1 チューブ断面図

PFA-HGチューブと同じであるため、従来のPFA-HGチューブと同様な使い方ができる。

表4 標準品サイズと特性値

	呼び寸法 (mm)			導電性部 (mm)	長さ (m)	25℃破壊圧力 (MPa)	最小曲げ半径 (mm)
	内径	外径	肉厚	厚み×幅×本			
ミリサイズ	2	3.0	0.5	0.03×0.6×4	10	5.4	15
	2	4.0	1.0	0.06×0.8×4		8.3	15
	3	4.0	0.5	0.03×0.8×4		3.9	25
	4	6.0	1.0	0.06×1.4×4		5.4	20
	6	8.0	1.0	0.06×1.8×4		3.9	40
	8	10.0	1.0	0.06×2.3×4		2.9	65
	10	12.0	1.0	0.06×2.6×8		2.5	110
	16	19.0	1.5	0.06×3.8×8		2.4	155
	22	25.0	1.5	0.06×4.9×8		1.8	320
インチサイズ	2.17	3.17	0.50	0.03×0.6×4	100	5.3	15
	4.35	6.35	1.00	0.06×1.5×4		4.9	20
	6.35	9.52	1.59	0.06×2.4×4		5.4	30
	7.52	9.52	1.00	0.06×2.2×4		3.1	60
	9.52	12.7	1.59	0.06×2.6×8		4.1	60
	15.88	19.05	1.59	0.06×3.8×8		2.6	160
	22.22	25.4	1.59	0.06×4.9×8		1.9	320

*上記特性値は代表値であり、規格値ではありません。

*25℃破壊圧力：30cmチューブ長さのサンプルを用いて、窒素ガスにて0.1MPa×1Min保持のペースで昇圧したときの破壊圧力

*曲げ半径：当社最小曲げ試験規格（AS5-6-0429）にて測定。

5. 特長

<導電性PFA部の遮蔽効果により>

- 着火危険に結びつくような火花放電を防止する。
- 電気絶縁雰囲気中からの放電によるチューブ絶縁破壊を防止する。

<接液部はPFA-HGチューブであるため>

- 流体中へのふっ素イオンの溶出が少ない。
- 薬液の透過、滞留が少ない。
- PFAと同じ耐薬品性・耐熱性・強度を備える。

<PFAチューブを遮蔽導体で被覆して帯電防止する場合と比較して>

- 金属線、金属メッシュで被覆する場合と比較して、腐食の心配がない。
- 被覆作業の手間が省ける。
- 被覆作業のバラツキにより、アースが取れない危険がない。

6. 特性

6.1 外表面除電特性

表5より、ナフロンPFA-NEチューブは、導電性PFA部の遮蔽効果により、1～15m長さ内で、目標値である表面電位：1kV以下の特性を備えていることがわかる。

6.2 チューブ材質の体積固有抵抗率

表6より、導電性PFA部の体積抵抗率は 10^{10} Ω-cm以下であることから、帯電の大きさ“ほとんどなし”の特性を持つことがわかる。

表5 外表面除電特性測定結果 単位：kV

チューブ種類	1m長さ：中央部	15m長さ：中央部	15m長さ：他端
PFA-NEチューブ	0.5～0.7	0.5～0.7	0.5～0.7
一般PFAチューブ	>2.0(測定限界)	—	—

*サンプル：φ4.35×φ6.35×1m、15m

*測定機器：表面電位計（春日電機㈱ KSD-0202）

*測定方法：片端を接地し、中央部又は他端の20cm幅を不織布で50回擦り、その部分の表面電位を測定。

表6 チューブ材質の体積固有抵抗率 単位：Ω-cm

部位・材質	体積固有抵抗率
外表面：導電性PFA	5.3×10^2
接液部：PFA-HG	$> 10^{18}$

* サンプル：φ 4.35 × φ 6.35

* 測定方法：JIS K 7194にて測定

7. 用途

- 引火しやすい有機溶剤（剥離液，アセトン，IPA，シンナーなど）を使用する半導体製造装置での高純度薬液・ガス移送。
- 静電気によるノイズを嫌う電子精密機器近傍での高純度薬液・ガス移送。
- 現状，金属線，金属メッシュなどで遮蔽して使用しているPFAチューブの代替。

8. 使用上の注意

使用時には必ず接地して使用すること。接地用には，別途当社製ポリプロピレン質の導電性アースバンドを用意している（写真2参照）。

また，接液部は，絶縁性のPFA-HGチューブのため，流体との流動帯電による絶縁破壊防止には効果がないと考えられる。



写真2 アースバンド

9. おわりに

本稿では，ナフロンPFA-NEチューブの概要について説明した。本製品については別途技術資料を用意しているのでご興味を持たれた際は連絡願いたい。

なお，本稿に関するご質問お問い合わせは高性能樹脂製品事業部 技術開発部（TEL：03 - 3433 - 7269）までお願いしたい。