Nomex® 411
技術データシート

Nomex® 411 は、カレンダー加工（高温・高圧での圧縮）されていない Nomex® 410 の原紙で、5 種類の厚さ (0.13～0.58 mm) (5～23 mil)にて比較的低目の密度、およびこれらに応じた電気／機械特性を持ち合わせております。Nomex® 411 は、かさ高で柔軟であることが重要なモーター相間絶縁や変圧器コイルのエンドフィラーなどの用途に使用されています。Nomex® 411 は Nomex® 410 に比べると、含浸性と樹脂保持力に富んでおり、レジンキャスト用途で層間絶縁および相間縁層として使用するのにも適しています。

電気特性

Nomex® 411 の標準的電気特性を表 1 に示します。表 1 の 絶縁破壊電圧（AC 直昇圧）試験は、周波数 60 Hz で 10 ～ 20 秒の間に絶縁破壊を起こす条件で電圧ストレスを上昇させた結果を示すものです。これらの値は長期絶縁耐力を示すものではありません。デュポン社では、部分放電のリスクを最小限に抑えるために、変圧器の場合には連続的電圧ストレスが 40 V/mil (1.6 kV/mm) を超えないように設計することを推奨しています。表 1 の全波インパルス絶縁破壊電圧データは、層間およびバリヤー絶縁用途に用いられるような平板サンプルで測定したものです。システムの形状が実際の材料のインパルス強度値に影響を与えます。

ここに掲載された絶縁破壊電圧は標準値であり、機器設計目的での使用は推奨されません。機器設計に使用するための仕様書については、別途弊社までお問合せ下さい。

Nomex® 410 データシート（別紙）の図 1 に、Nomex® 410 の絶縁破壊電圧および誘電率に対する温度の影響を示しています。Nomex® 411 は Nomex® 410 と化学組成が同じであるため、その電気特性は 220°C までにおいて同様の温度依存性を示します。

Nomex® 410 データシート（別紙）の表 II に、Nomex® 410 の電気特性に対する水分（湿度）の影響を示しています。これは、Nomex® 411 にも当てはまります。相対湿度 96% の環境に 6 日間曝露した Nomex® 411 は 16% の水分を吸収しますが、絶乾対比最大 85% 以上の絶縁破壊電圧を保持します。これは、ほとんどの多孔質絶縁材料とは対照的です。

機械特性

Nomex® 411 の標準的機械特性を表 2 に示します。Nomex® 410 データシート（別紙）の図 5 に、 Nomex® 410 の引張強さおよび伸びに対する温度の影響を示しています。

220°C までの温度での短期曝露の影響は、 Nomex® 410 と同じです。ただし、これに加えて、Nomex® 411 の引張強さは、一定の特別な条件下で熱処理を行うと大幅に向上します。

温度特性

Nomex® 410 データシート（別紙）の図 7、8 に、Nomex® 410 の熱劣化挙動のアレニウスプロットの例を示しています。温度上昇時の Nomex® 411 は同様の熱的耐久性を示し、UL で 220℃ 連続使用の絶縁材料と認定されております。

注意:

このデータシートの特性は代表値または平均値であり、製品仕様目的の保障値ではありません。

特記されていない限り、特性はすべて大気中で「標準」条件 (23° C、相対湿度 50% の平衡状態) で測定されました。他の製紙技術製品と同様に、NOMEX® 紙はタテ方向 (MD) 、ヨコ方向 (XD) では特性が少し異なります。一部の用途では、潜在能力を最大限に引き出すために、用紙を最適な方向にする必要がある場合があります。

表 1. Nomex® 411 の標準的電気特性

特性	公称厚さ、mm (mil)					試験方法および箇条
	0.13(5)	0.18 (7)	0.25 (10)	0.38 (15)	0.58 (23)	
絶縁破壊電圧 (AC 直昇圧) V/mil kV/mm	220 9	240 9	240 9	240 9	230 9	自社法（デュポン法）
全波インパルス V/mil kV/mm	450 18	450 18	450 18	400 16	400 16	ASTM D3426
誘電率 60 Hz 時 1 kHz 時	1.2 1.3	1.2 1.3	1.2 1.3	1.3 1.4	1.3 1.4	JIS C 2323-2 箇条 6 に準ず
誘電正接 60 Hz 時 ($x10^{-3}$) 1kHZ 時 ($x10^{-3}$)	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	JIS C 2323-2 箇条 6 に準ず

化学的安定性

Nomex® 紙とプレスボードの、事実上あらゆる種類の絶縁ワニスや接着剤（ポリイミド、シリコン、エポキシ、ポリエステル、アクリル、フェノール、合成ゴムなど）あるいはその他の絶縁材料との化学的親和性は、UL 認定絶縁システムおよび約 50 年の長きにわたる使用実績によって証明されています。また、Nomex® 紙は、封止系で使用される変圧器の絶縁油（鉱物油、シリコン油およびその他合成油）や潤滑油、冷媒とも完全に適合性があると考えられます。一般的な工業用溶剤（アルコール、ケトン、アセトン、トルエン、キシレン）は、Nomex® 411 に対して、水と同程度のわずかな軟化効果と膨潤効果があります。これらの効果は、溶剤を除去すれば、大部分は元に戻すことができます。

Nomex® 411　0.13mm（5mil）の室温での限界酸素指数（Limiting Oxygen Index = LOI）は 28.5% で、 220°C では 21.8% です。LOI が 20.8%以上の材料は、大気中で自己消火性を有しています。Nomex® 411　0.13mm（5mil）の場合、 図 1 に示すように、240℃ になるまで LOI が 20.8%以下に落ちることはありません。

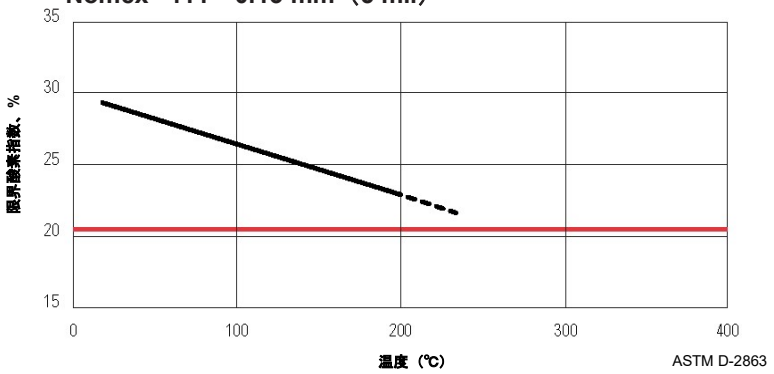
Nomex® 411 は低密度で比表面積が高い構造であるため、Nomex® 410 よりも高い樹脂やワニス含浸性を特長とします。含浸性の正確な定量比較は、樹脂の種類、真空含浸などの含浸方法、製品の厚さになどに依存します。ワニスの手塗り試験の結果では Nomex® 411 は Nomex® 410 よりも 40% 含浸性が向上するという結果が得られ、また、真空含浸では 200% 含浸性が向上しました。

表 2. Nomex® 411 の標準的電気特性

特性	公称厚さ、mm (mil) 0.13(5)	0.18 (7)	0.25(10)	0.38(15)	0.58 (23)	試験方法および箇条
標準厚さ mil mm	5.5 0.14	8.1 0.20	10.2 0.26	16.8 0.43	26.0 0.66	自社法（デュポン法）
坪量 g/m²	42	64	82	134	205	自社法（デュポン法）
密度 g/cm³	0.30	0.31	0.31	0.31	0.31	自社法（デュポン法）
引張強さ N/cm MD XD	 18 9	 27 14	 35 20	 55 33	 71 47	JIS C 2323-2 箇条 7 に準ず
伸び % MD XD	 3.6 4.8	 3.8 5.6	 3.4 5.2	 3.7 5.3	 3.2 3.9	JIS C 2323-2 箇条 7 に準ず
エルメンドルフ引裂強さ N MD XD	 1.1 1.5	 1.6 2.5	 1.9 2.5	 4.1 5.8	 7.4 9.4	JIS C 2323-2 8.3 に準ず
端部引裂強さ N MD XD	 7 4	 10 5	 13 8	 21 14	 30 21	JIS C 2323-2 8.4[1] に準ず
熱収縮率（240℃） % MD XD	 0.6 0.7	 0.6 0.7	 0.6 0.9	 0.6 0.3	 0.5 0.2	JIS C 2323-2 箇条 9 に準ず JIS C 2323-3-3 （温度の規定）

MD = 材料のタテ方向; XD =材料のヨコ方向
1.端部引裂強さで示したデータは、JIS C 2323-2 8.4（JIS K 7128-3）による試験片の方向で定義されています。引裂き方向は試験片の向きに対して 90 ° であるため、タテ方向でより高いデータが得られた材料の場合、実際には材料のヨコ方向の引裂きに対してより強いと言うことになります。

図 1 – 限界酸素指数 (LOI)
Nomex® 411　0.13 mm（5 mil）



この技術資料に掲載されている技術データは標準的な製品の測定値であり、規格値としての使用はできません。また、特に記述が無い限り測定条件は標準条件にて測定しております（23℃、相対湿度 50%の平衡状態）。ノーメックス®紙は他の製紙技術で作られた製品同様、その特性は紙の流れ方向（タテ：MD）と幅方向（ヨコ：XD）によって異なっております。従って特定の用途においてはノーメックス®紙を最適な方向に合わせて使用することにより、最も高い性能を発揮できる場合があります。

製品の安全性に関する情報はご要望に応じてご提供いたします。この情報は、本件に関する当社の現在の知識によるものです。お客様の実験に関して可能な提案をお伝えする目的でのみ提供されています。ただし、特定の目的に対する当社製品の適合性を判断するために、お客様で実施する必要がある何らかの試験の代用になることは意図されていません。この情報は新しい知識や経験が得られた場合、改訂されることがあります。デュポン帝人アドバンスドペーパー株式会社では実際の最終用途のあらゆる状況を予想することはできないため、**この情報を使用したことに関連して一切の保証も責任も負わないものとします**。この発行物の内容は、何らかのライセンスと見なされることも、いずれかの商標や特許権を侵害することを推奨するものでもないものとします。

DTP はデュポン帝人アドバンスドペーパー㈱の登録商標です。ノーメックス®及び Nomex®は、DuPont de Nemours, Inc.又はその関連会社の商標もしくは登録商標です。
Copyright© 2016 Du Pont Teijin Advanced Papers (Japan) Ltd. All rights reserved.