

# 圧電セラミックス

Piezoelectric Ceramics



## 目 次

はじめに／参考文献	3
圧電セラミックスについて	4
設計資料	6
ネベック®“NPM”	11
主要製品の応用分野	17
ボルト締めランジュバン型振動子	18
洗浄機用振動子	21
超音波モータ用圧電素子	22
圧電バイモルフ素子	23
積層圧電アクチュエータ	24
水中用モールド型振動子	25
高周波用振動子	31
空中マイクロホン用振動子	32
ソナー用振動子	33

# はじめに

機械振動および超音波を利用した機能部品における応用分野は、近年めざましい発展をとげていますが、その心臓部となるのが振動子です。そのため、振動子の性能に対する要求もますます厳しくなってきました。

これらの要望に対応すべく、当社も新しい材料及び製造技術の開発にたゆまぬ努力を続けております。

圧電セラミックス材料として、チタン酸ジルコン酸鉛系ネペック〈NPM〉とチタン酸バリウム〈VPT〉を製品化しております。

特にNPMにおいては、

- (1) 機械的品質係数、電気機械結合係数が任意に選択できる。
- (2) 温度や湿度の変化および時間経過に対し、安定している。
- (3) 緻密な磁器であるため機械加工性にすぐれており、任意の形状や寸法の振動子を製作できる。
- (4) 耐電圧性が良いため、任意の分極方向の振動子を得ることができる。
- (5) 広範囲に圧電特性を揃えているため、応用範囲が広い。

等の特長を持っております。

このカタログでは、トーキンが製造している圧電セラミックスについて材料から応用製品まで一般的な仕様について広範に記載していますが、用途に応じた仕様にて設計と製造を致しますのでご相談ください。

## 参考文献

振動子の基礎理論および応用分野について、さらに詳しくお知りになりたい方は、下記の文献をご参照ください。

- 1) 超音波技術便覧 (実吉純一他著 日刊工業新聞社)
- 2) セラミック誘電体工学 (岡崎清著 学献社)
- 3) Physical Acoustic Vol I Part A (Mason 著 Academic Press)
- 4) 圧電セラミック材料 (田中哲郎他著 学献社)
- 5) 圧電セラミックとその応用 (電子材料工業会 電波新聞社)
- 6) 超音波の新技术 (森栄司著 共立出版)
- 7) 超音波工学 (和田八三久著 日刊工業新聞社)
- 8) 超音波回路 (石渡昭一他著 日刊工業新聞社)
- 9) 超音波医学 (日本超音波医学会編 医学書院)
- 10) やさしい超音波の応用 (藤森聡雄著 株産報)
- 11) エレクトロメカニカル機能部品 (専門委員会編 電気学会)
- 12) 圧電セラミック振動子の試験方法 (EMAS-6001 ~ EMAS-6004)  
(圧電セラミック技術委員会、電子材料工業会)
- 13) 圧電/電歪アクチュエータ (内野研二著 森北出版)

# 圧電セラミックスについて

## 圧電セラミックスの動作原理

結晶レベルで見た場合圧電セラミックスの挙動は以下の通りとなります。

圧電材料はペロブスカイト結晶構造を有します。ここでは主成分であるチタン酸ジルコン酸鉛 $\text{PbZrO}_3\text{-PbTiO}_3$ （略称、PZT）を例にして説明いたします。

結晶構造はキュリー温度（ $T_c$ ）と呼ばれる温度以上では、立方晶（立方体）となります（図1-a参照）。立方晶では3結晶軸はすべて同じ長さとなり（ $a=b=c$ ）、各軸同士の角度はすべて $90^\circ$ となります（ $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ ）。正イオンであるZrイオンまたはTiイオンは結晶の中心に位置しており、電気的にバランスが取れているため、電気分極は生じません。

キュリー温度以下になると、結晶は正方晶（直方体）または菱面体晶になります。正方晶はc軸が他の2軸より長くなり（ $a=b \neq c$ ）、各軸の角度は $90^\circ$ となります（ $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ ）。一方、菱面体晶は各軸の長さが等しく（ $a=b=c$ ）、各軸の角度は $90^\circ$ からずれます（ $\alpha=\beta=\gamma \neq 90^\circ$ ）。

ここでは代表的な正方晶について説明いたします（図1-b参照）。キュリー温度以下では、ZrイオンまたはTiイオンは中心からずれた位置にシフトします。その結果、結晶のc軸が長くなり、また電気的なバランスがくずれ双極子モーメントが発生します。なお、ZrイオンまたはTiイオンは結晶内の6方向のどの位置にずれてもエネルギー的に等価です。

この正方晶の結晶に外部の電界が加わると、ZrイオンまたはTiイオンは電界の方向にシフトします。電界を取り去ってもZrイオンまたはTiイオンは元の位置に戻らず、電界の方向に留まります。その結果、結晶の長い軸の方向が変わることになります（図1-c参照）。この現象を「 $90^\circ$ 反転」と呼びます。当然「 $180^\circ$ 反転」が起こることもありますが、この場合には結晶の長い軸の方向は変わりません。

この結晶に外部電界が加わると、ZrイオンまたはTiイオンは電界のマイナス側に、またO（酸素）イオンはプラス側に引き寄せられ、結晶が長くなります（図1-d参照）。すなわち外部電界によって結晶格子の変位（伸び）が発生することになります。この結晶長さの変化は、「電圧によって取り出せる変位量」となります。これが「圧電セラミックスの動作原理」の1つ目の要因です。

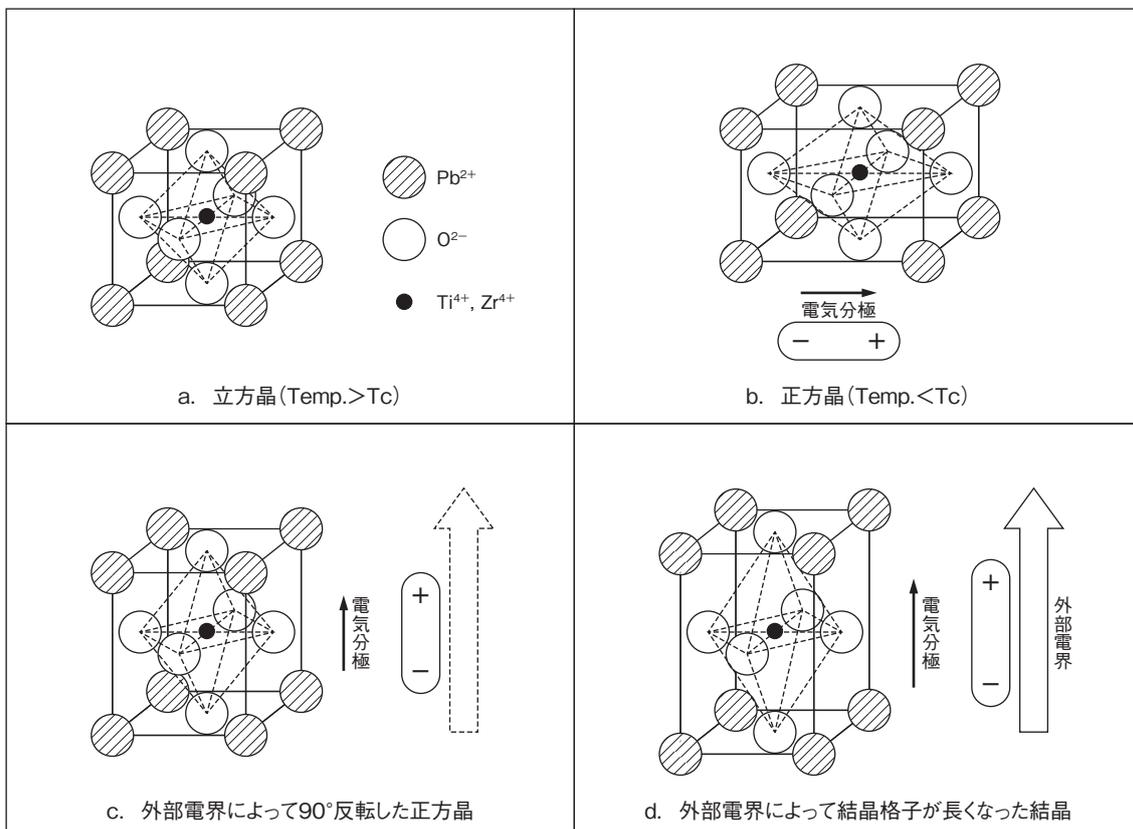


図1 圧電セラミックス（ペロブスカイト結晶構造）の挙動

さらに巨視的、すなわち結晶粒子レベルでみた場合、キュリー点以下に温度を下げると、原子レベルのZrイオンまたはTiイオンの方向が揃った分域（ドメイン）を生じます（図2-a参照）。ただし、圧電セラミックス全体で見ると自発分極同士が打ち消しあい、モーメントは表には出てきません。この状態を「未分極」状態と呼びます。

この未分極の圧電セラミックス素子に電界が加わった場合、ZrイオンまたはTiイオンのシフトに基づき、ドメインのZrイオンまたはTiイオンの方向が電界方向の近い方向に揃います。この現象を「分極」と呼びます。その結果、電界方向に素子長は長くなります（図2-b参照）。

電界を除去しても、ZrイオンまたはTiイオンの「90°反転」により、未分極状態の素子長には戻りません。この素子長の変化分を「残留分極」と呼びます（図2-c参照）。ただし、エネルギー的には「未分極」状態が最も安定なので、長期に保管すると徐々に分極がはずれ「未分極」の状態に戻ります。

電界を加えた状態で「90°反転」を生じたZrイオンまたはTiイオンの一部には、電界をはずした時点で、周囲のドメインの影響などからエネルギー的に不安定となり、元の位置（未分極時の位置）に戻るものがあります。すなわち、電界（電圧）を加えた時点では電界方向に素子長が長くなり、電界（電圧）を除去するとこの分の素子長がもとに戻ることになります。この素子長の変化が「電圧によって取り出せる変位量」、すなわち「圧電セラミックスの動作原理」の2つ目の要因です。

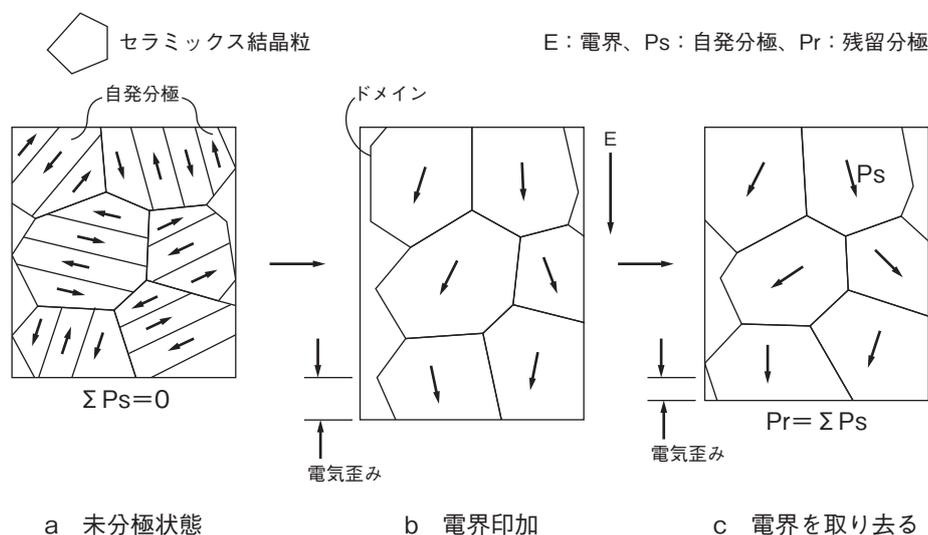


図2 圧電セラミックス（結晶粒子）の挙動



## 振動子の特性評価方法

トーキンでは、材料の主要特性について、以下の点から特性評価をしています。

### 1) 共振周波数

振動子に交流電圧を印加し、周波数fを変化させて振動子の固有振動数に一致させると振動子は非常に強く振動します。この周波数が共振周波数frと呼ばれているものです。

図2-1に示した共振周波数近傍の等価回路から求められる共振周波数fr、反共振周波数faは次の式で表されます。

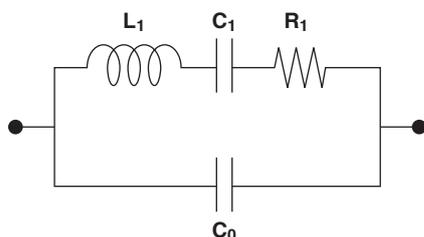


図2-1 振動子の等価回路

$$f_r = 1 / \{2\pi\sqrt{L_1 C_1}\}$$

$$f_a = 1 / \{2\pi\sqrt{L_1 C_0 C_1 / (C_1 + C_0)}\}$$

ここで、

- $L_1$  : 直列インダクタンス
- $C_1$  : 直列容量
- $C_0$  : 並列容量
- $R_1$  : 直列抵抗

実際には、図2-2に示すようにインピーダンスが最小、最大になるそれぞれの周波数をfr、faとして扱うのが一般的です。

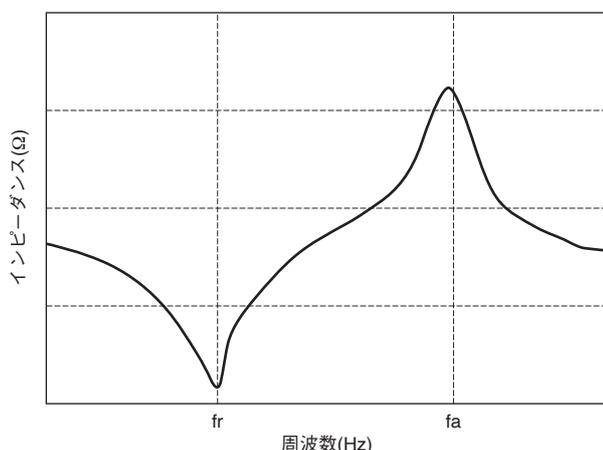


図2-2 圧電振動子のインピーダンス特性

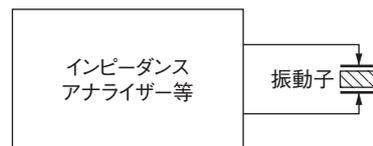


図2-3 インピーダンス測定回路

ところで、その共振周波数frは、振動子の共振姿態により、次のように定義することができます。

a) 径方向振動

$$f_r = \frac{N_1}{D} [\text{Hz}] \dots\dots\dots (1)$$

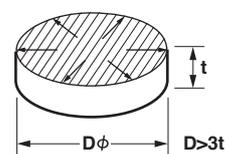


図2-4

薄い円板の径方向振動で、電気機械結合係数はKrで表わします。

b) 長さ方向振動

$$f_r = \frac{N_2}{\ell} [\text{Hz}] \dots\dots\dots (2)$$

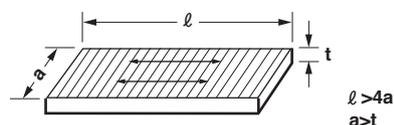


図2-5

分極方向に対して振動方向が直角であり、しかも単一振動であるものです。電気機械結合係数はK<sub>31</sub>で表わします。

c) 縦方向振動

$$fr = \frac{N_3}{\ell} [\text{Hz}] \dots\dots\dots (3)$$

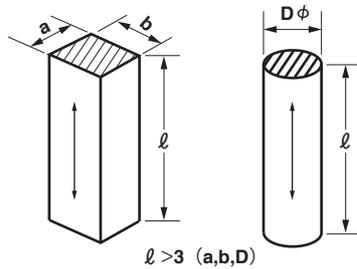


図2-6

分極方向と振動方向が同一で、単一振動しているものです。電気機械結合係数は $K_{33}$ で表わします。

d) 厚み方向振動

$$fr = \frac{N_4}{t} [\text{Hz}] \dots\dots\dots (4)$$

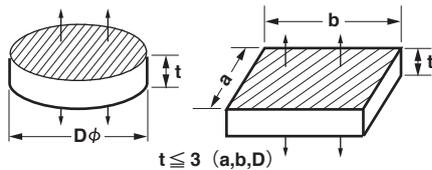


図2-7

輻射面の大きさに比較して、厚さが薄いもので、効果としては縦振動と同じですが、一般には複振動があるため区別しています。電気機械結合係数は $K_t$ で表わします。

e) 厚みすべり振動

$$fr = \frac{N_5}{t} [\text{Hz}] \dots\dots\dots (5)$$

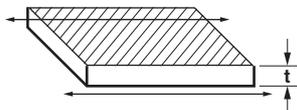


図2-8

分極方向と直角に駆動電極を設けたものです。このときの振動は分極軸と電界軸を含む面のずれ変形を生ずる振動で、電気機械結合係数は $K_{15}$ で表わします。

ただし

- $N_1$  : 径方向振動の周波数定数 (Hz-m)
- $N_2$  : 長さ方向振動の周波数定数 (Hz-m)
- $N_3$  : 縦方向振動の周波数定数 (Hz-m)
- $N_4$  : 厚み方向振動の周波数定数 (Hz-m)
- $N_5$  : すべり振動の周波数定数 (Hz-m)
- $D$  : 円板ならびに円柱状の直径 (m)
- $\ell$  : 角板円柱、角柱ならびに円筒状の長さ (m)
- $a, b$  : 角板ならびに角柱の巾 (m)
- $t$  : 円板、角板ならびに円筒状の厚さ (m)

2) 電気機械結合係数

電気機械結合係数は、電氣的総入力に対する、機械的な形で結晶中に蓄積されたエネルギーの比の平方根で定義されているものです。それは、共振周波数 ( $fr$ または $fm$ )、反共振周波数 ( $fa$ または $fn$ ) から、次式で各振動姿態における $k$ 値を算出することにより求められます。

$$Kr = \sqrt{\left(0.395 \times \frac{fr}{fa - fr} + 0.574\right)^{-1}} \dots\dots\dots (6)$$

$$K_{31} = \sqrt{\frac{r}{r - \tan r}} \dots\dots\dots (7)$$

$$r = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{fa}{fr}$$

$$K_{33} = \sqrt{\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{fr}{fa}\right) \cot\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{fr}{fa}\right)} \dots\dots\dots (8)$$

$$K_t = \sqrt{\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{fr}{fa}\right) \cot\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{fr}{fa}\right)} \dots\dots\dots (9)$$

$$K_{15} = \sqrt{\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{fr}{fa}\right) \cot\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{fr}{fa}\right)} \dots\dots\dots (10)$$

ただし

- $K_r$  : 径方向振動の電気機械結合係数
- $K_{31}$  : 長さ方向振動の電気機械結合係数
- $K_{33}$  : 縦方向振動の電気機械結合係数
- $K_t$  : 厚み方向振動の電気機械結合係数
- $K_{15}$  : すべり振動の電気機械結合係数
- $fr$  : 共振周波数 [Hz]
- $fa$  : 反共振周波数 [Hz]

### 3) 比誘電率

比誘電率とは、一定応力のもとで振動子の電極間に電界Eを加えることにより生じる電束密度をDとした場合、 $D/E = \epsilon^T$ で定義される定数を、真空の誘電率 $\epsilon_0$ で割ったものです。この比誘電率は分極方向と電界印加方向が同じときには $\epsilon^{T_{33}}/\epsilon_0$ 、直角のときには $\epsilon^{T_{11}}/\epsilon_0$ で表示し、一般には周波数1kHzで静電容量を測定し、(11)式から算出します。

$$\epsilon_{33}^T / \epsilon_0 = \frac{tC}{\epsilon_0 S} \dots\dots\dots (11)$$

( $\epsilon^{T_{11}}/\epsilon_0$ も同じ式から算出)

- ただし  $\epsilon_0$  : 真空の誘導率 (=  $8.854 \times 10^{-12} \text{F/m}$ )  
 $t$  : 両電極間の距離 (m)  
 $S$  : 電極面積 ( $\text{m}^2$ )  
 $C$  : 静電容量 (F)

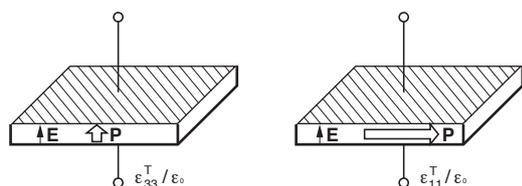


図2-9

### 4) ヤング率

ヤング率は、各種振動形態の音速と密度の値から、(12)式によって算出します。

$$Y^E = \rho v^2 [\text{N/m}^2] \dots\dots\dots (12)$$

- ただし  $\rho$  : 密度 ( $\text{kg/m}^3$ )  
 $v (=2fr\ell)$  : 音速 ( $\text{m/sec}$ )

### 5) 機械的Q

機械的Qとは、共振周波数における機械的な振動の“鋭さ”で(13)式によって算出します。

$$Q_m = \frac{fa^2}{2\pi fr Z_r C(fa^2 - fr^2)} \dots\dots\dots (13)$$

- ただし  $fr$  : 共振周波数 (Hz)  
 $fa$  : 反共振周波数 (Hz)  
 $Z_r$  : 共振抵抗 ( $\Omega$ )  
 $C$  : 静電容量 (F)

また、簡便法として、共振周波数における点より3dBへだてたときの周波数( $f_1, f_2$ )を求め、(14)式によって算出する方法もあります。

$$Q_m = \frac{fr}{f_1 - f_2} \dots\dots\dots (14)$$

なお、本カタログの材料定数表の値は、(13)式から算出したものです。

### 6) 圧電定数

圧電定数には、次の二つがあります。

#### a) 圧電歪定数

応力ゼロの状態ですべての電界を与えたときその際に生ずる歪をいい(15)式によって算出します。

$$d = k \sqrt{\frac{\epsilon^T}{Y^E}} (\text{m/V}) \dots\dots\dots (15)$$

- ただし  $k$  : 電気機械結合係数  
 $\epsilon^T$  : 誘電率  
 $Y^E$  : ヤング率 ( $\text{N/m}^2$ )

#### b) 電圧出力定数

電気変位ゼロの状態ですべての応力を与えたとき、その際に生ずる電界の強さをいい、(16)式によって算出します。

$$g = \frac{d}{\epsilon} (\text{V} \cdot \text{m/N}) \dots\dots\dots (16)$$

ただし、 $d$ 定数、 $g$ 定数は、振動姿態により、それぞれ $d_{31}$ 、 $d_{33}$ 、 $d_{15}$ 、および $g_{31}$ 、 $g_{33}$ 、 $g_{15}$ があります。

### 7) キュリー温度

キュリー温度とは、自発分極を消失して圧電性を失う臨界温度です。それは、試料の温度を変化させて誘電率の値が大きくなったとき、その温度をもって表わされます。

### 8) 温度係数

温度係数とは、共振周波数と静電容量の温度変化に対する変化率で(17)、(18)式によって算出します。

$$Tk(fr) = \frac{1}{\Delta t} \frac{fr(t) - fr(20)}{fr(20)} \times 10^6 (\text{ppm}/^\circ\text{C}) \dots\dots (17)$$

$$Tk(C) = \frac{1}{\Delta t} \frac{C(t) - C(20)}{C(20)} \times 10^6 (\text{ppm}/^\circ\text{C}) \dots\dots (18)$$

- ただし  $Tk(fr)$  : 共振周波数の温度係数 ( $\text{ppm}/^\circ\text{C}$ )  
 $fr(t)$  : 温度 $t^\circ\text{C}$ における共振周波数 (Hz)  
 $fr(20)$  : 温度 $20^\circ\text{C}$ における共振周波数 (Hz)  
 $Tk(C)$  : 静電容量の温度係数 ( $\text{ppm}/^\circ\text{C}$ )  
 $C(t)$  : 温度 $t^\circ\text{C}$ における静電容量 (F)  
 $C(20)$  : 温度 $20^\circ\text{C}$ における静電容量 (F)  
 $\Delta t$  : 温度差 ( $t - 20$ ) ( $^\circ\text{C}$ )

## 9) 経時変化率

経時変化率とは、共振周波数ならびに静電容量の経時日数に対する変化率です。その実際の測定は、各振動子の電極を短絡して恒温室に放置し、測定日数の間隔が2<sup>n</sup>日（1日、2日、4日、8日…）になるように、分極処理後の経過日数を変えて行います。この経時変化率は（19）式によって算出されます。

$$(AR) = \frac{1}{\log t_2 - \log t_1} \cdot \frac{X_{t_2} - X_{t_1}}{X_{t_1}} \dots\dots\dots (19)$$

ただし、(AR)：共振周波数または静電容量の経時変化率  
t<sub>1</sub>、t<sub>2</sub>：分極後の経時日数  
X<sub>t<sub>1</sub></sub>、X<sub>t<sub>2</sub></sub>：分極t<sub>1</sub>日目、t<sub>2</sub>日目の共振周波数または静電容量

## 10) 密度

密度は、セラミックスの体積と重量をもとめ（20）式から算出します。

$$D = \frac{W}{V} (\text{kg/m}^3) \dots\dots\dots (20)$$

ただし、W：セラミックスの重量 (kg)  
V：セラミックスの体積 (m<sup>3</sup>)

# ネペック<sup>®</sup> “NPM”



当社圧電セラミックス、ネペック<sup>®</sup>“NPM”、の代表材料の特性表を次ページに紹介します。

用途に応じたセラミックス材料選択の参考としてください。

掲載された材料以外にも多くの材料がございますので、お問い合わせください。

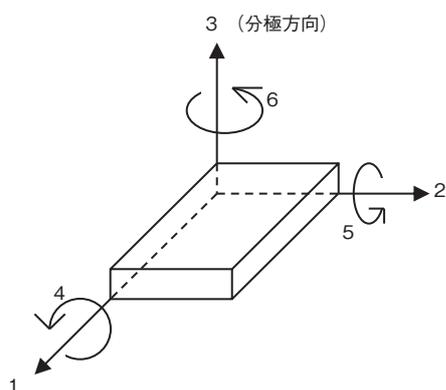
次ページの材料特性表上の掲載特性に関して

## 1. 周波数定数

- N1：径方向周波数定数 ( $fr \times D$ )
- N2：長さ方向周波数定数 ( $fr \times \ell$ )
- N3：縦方向周波数定数 ( $fr \times \ell$ )
- N4：厚み方向周波数定数 ( $fr \times t$ )
- N5：すべり周波数定数 ( $fr \times t$ )

2. 温度特性、経時特性は  $\phi 17.7 \times t1\text{mm}$  の径方向振動での値です。

3. 諸定数のテンソル記号の符号は、以下の通りです。



$d_{31}$   
 └ 変位 (または応力) が 1 軸の方向  
 └ 電極面の法線方向が 3 軸方向 (電界の方向)

$d_{15}$   
 └ 剪断変位方向が 2 軸の回転方向  
 └ 電極面の法線方向が 1 軸方向

$S_{11}$   
 └ 応力 (または変位) が 1 軸方向  
 └ 変位 (または応力) が 1 軸方向

表-1 ネベック® <NPM> 標準材料特性

項目	単位	N6	N61	N85	N10	N17	N21	
比誘電率	$\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$	1400	1400	1800	6200	4360	1800	
	$\epsilon_{11}^T/\epsilon_0$	1350	1300	1890	5000	3890	2000	
誘電損失	$\tan \delta$ (%)	0.3	0.3	0.6	2.0	2.3	2.0	
周波数定数	$N_1$ (径)	(Hz-m)	2160	2160	2270	1930	1920	1960
	$N_2$ (長さ)	(Hz-m)	1600	1570	1660	1410	1380	1410
	$N_3$ (縦)	(Hz-m)	1510	1490	1530	1370	1340	1310
	$N_4$ (厚さ)	(Hz-m)	1960	2010	2040	1850	1880	1940
	$N_5$ (すべり)	(Hz-m)	970	1170	960	1110	820	860
電気機械結合係数	$K_r$	(%)	55	56	63	62	64	62
	$K_{31}$	(%)	34	33	36	34	37	38
	$K_{33}$	(%)	68	67	64	68	67	73
	$K_t$	(%)	55	52	53	51	51	52
	$K_{15}$	(%)	71	66	70	66	67	77
圧電d定数	$d_{31}$	( $\times 10^{-12}$ m/V)	-133	-132	-157	-328	-294	-198
	$d_{33}$	( $\times 10^{-12}$ m/V)	302	296	314	635	579	417
	$d_{15}$	( $\times 10^{-12}$ m/V)	419	464	562	930	882	711
圧電g定数	$g_{31}$	( $\times 10^{-3}$ Vm/N)	-10.4	-10.7	-9.7	-6.0	-7.6	-12.1
	$g_{33}$	( $\times 10^{-3}$ Vm/N)	23.5	23.8	19.5	13.2	15.0	25.4
	$g_{15}$	( $\times 10^{-3}$ Vm/N)	45.1	39.4	33.6	21.5	25.8	41.0
弾性定数	$S_{11}^E$	( $\times 10^{-12}$ m <sup>2</sup> /N)	12.7	13.1	11.7	14.8	16.6	16.5
	$S_{33}^E$	( $\times 10^{-12}$ m <sup>2</sup> /N)	15.4	15.6	14.9	18.1	19.2	19.9
	$Y_{33}^E$	( $\times 10^{10}$ N/m <sup>2</sup> )	6.5	6.4	6.7	5.5	5.2	5.0
	$Y_{11}^E$	( $\times 10^{10}$ N/m <sup>2</sup> )	7.9	7.6	8.5	6.8	6.0	6.1
ポアソン比	$\delta$	0.32	0.31	0.29	0.34	0.35	0.34	
機械的品質係数	$Q_m$	1500	1800	1940	70	60	75	
キュリー温度	$T_c$ °C	325	315	250	145	190	330	
密度	$\rho$ ( $\times 10^3$ kg/m <sup>3</sup> )	7.77	7.79	7.74	8.00	7.93	7.82	
温度係数	$Tk(fr)$ (-20~20°C)	ppm/°C	200	600	-90	-400	-460	-340
	$Tk(fr)$ (20~60°C)	ppm/°C	100	400	-80	1000	30	-175
	$Tk(C)$ (-20~20°C)	ppm/°C	2200	700	3200	7000	5900	3800
	$Tk(C)$ (20~60°C)	ppm/°C	4300	3000	4700	6500	8500	4700
経時変化率	$fr$	(%/10年)	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.1
	$C$	(%/10年)	-1	-2	-3	-5	-5	-2
主な用途		魚群探知機 超音波洗浄機 空中マイクロ フォン	超音波洗浄機 超音波加工機 超音波モータ	魚群探知機 超音波素子 超音波モータ	アクチュエータ	アクチュエータ 音響デバイス	センサ ソナー 医療用診断装置	

## 圧電セラミックス製品について

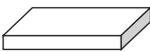
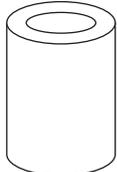
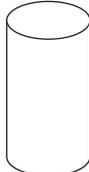
当社の圧電セラミックスは、標準形状での製品ラインナップが無く、基本にお客様要求に応じて設計されるカスタム製品となります。

以下に代表的な圧電セラミックス各種形状、電極形状ならびに塗装例を示します。

## セラミックス形状

表2-1に代表的なセラミックス形状を示します。その他の形状については、別途ご相談ください。

表2-1 主なセラミックス形状

種類	角板	円板	リング状	円筒	円柱
形状					

## 電極構造

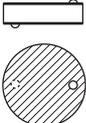
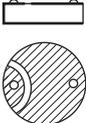
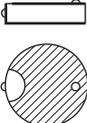
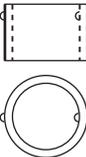
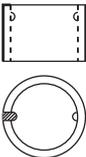
円板型、円筒型については、表2-2に示されている3種類の電極構造を採用しています。

斜線、太線は正負の電極を示します。

その他の円柱型、角板型、角柱型もこれに準じています。なお、特殊な電極については、別途ご相談ください。

塗装なしの場合はハンダ点はつけません。ハンダ点又はリード線のご指定がある場合はお申し付けください。

表2-2 主な電極構造

電極構造	P電極	S電極	O電極
円板型			
円筒型			
内容	正電極面、負電極面にそれぞれ端子（ハンダ点）を設けたもの。	正電極面上に負電極端子部を引き出したもの。	側面上に負電極端子部を引き出したもの。

## 塗 装

振動子には、振動子内部の保護、輻射面の均一性美観の保持などのため、塗装を施しています。表2-3は、その種類および特長を示したものです。それぞれ用途に応じてお選びください。

表2-3 塗装例

塗 装	特 長	塗装範囲	標準色
M塗装	合成樹脂塗装で耐水性、耐ヒマン油性を有し魚探用、空中励振の場合に適します。	全面可能	シルバーグレー
B塗装	ベークライト樹脂塗装で、耐溶剤性を有し、超音波洗浄などの場合に適します。	全面可能	茶褐色 (ベーク色)

## 圧電セラミックス仕様例

表2-4に当社の圧電セラミックスの仕様例を示します。これらの製品は、カスタム設計品であり、標準仕様品ではございません。

ご要求の仕様に応じた材料選定・製品設計に対応をさせていただきますので、ご相談ください。

表2-4 圧電セラミックス仕様例

	形状 (mm)	材質	fr (kHz)	K	C (pF)
円筒型	NR 38 × 34 × 30	N-21	24	0.25	26500
	36 × 31 × 30	N-21	25.8	0.25	19600
円板型	ND 10 × 0.3	N-21	6400	0.57	3000
	20 × 0.5	N-21	4000	0.6	7000
	40 × 2.5	N-6	54	0.6	5600
	40 × 3.0	N-6	54	0.6	4600
	50 × 2.5	N-6	43	0.6	8900
	50 × 3.0	N-6	43	0.6	7400
	60 × 5.0	N-6	36	0.6	6500
円柱型	ND 7 × 13.5	N-21	100	0.65	48
	7 × 16.5	N-21	80	0.65	40
	10 × 13.5	N-21	100	0.65	98
	10 × 16.5	N-21	80	0.65	90
角板型	NS 20 × 20 × 0.3	N-21	6500	0.3	13500
	20 × 20 × 0.4	N-21	5000	0.3	10500
	25 × 25 × 0.5	N-21	4000	0.3	14000
	80 × 15 × 0.3	N-21	6500	0.3	42000
	80 × 15 × 0.4	N-21	5000	0.3	32500
	100 × 15 × 0.5	N-21	4000	0.3	33000
	100 × 15 × 0.6	N-21	3000	0.3	28500

## 諸特性

### a) 温度特性

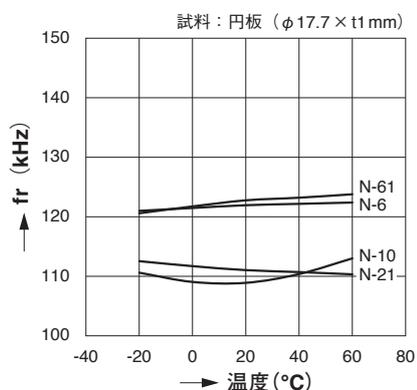


図4-1 共振周波数の温度特性

### b) 経時特性

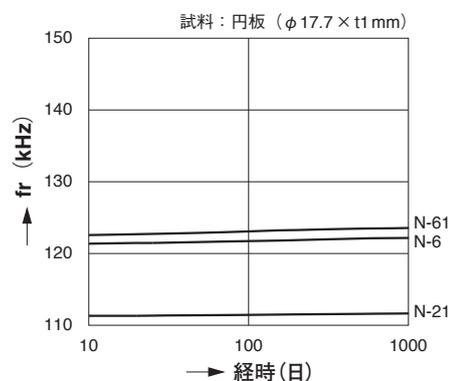


図4-4 共振周波数の経時特性

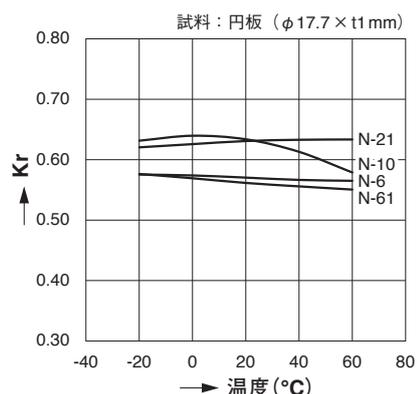


図4-2 電気機械結合係数の温度特性

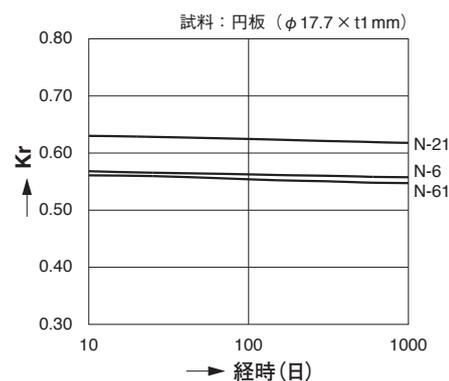


図4-5 電気機械結合係数の経時特性

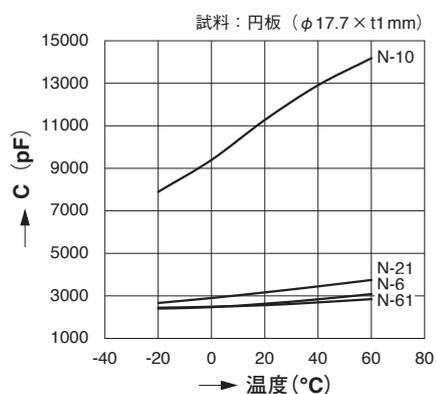


図4-3 静電容量の温度特性

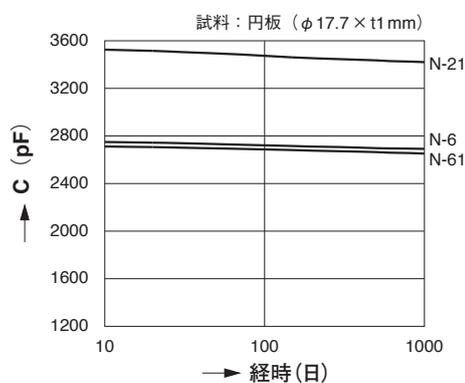


図4-6 静電容量の経時特性

c) 熱エージング特性

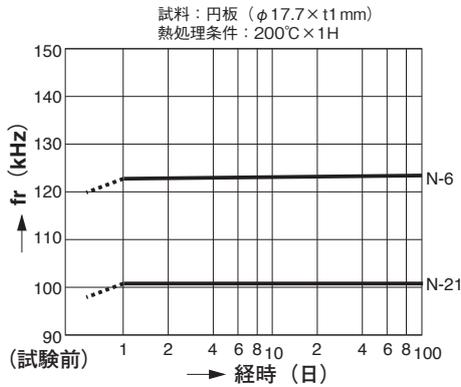


図4-7 共振周波数の熱経時特性

d) 耐電圧エージング特性

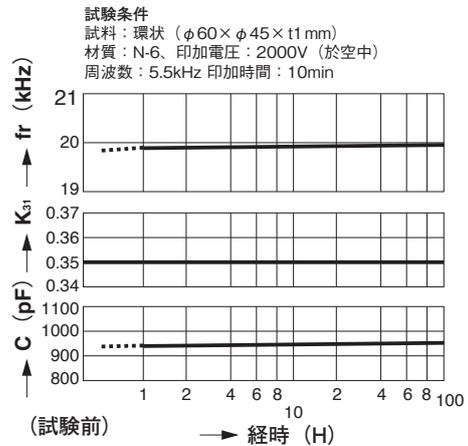


図4-10 耐電圧経時特性 (1)

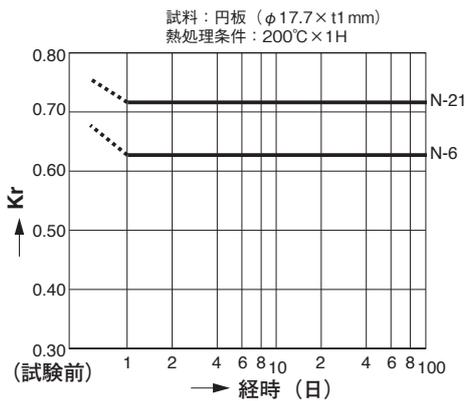


図4-8 電気機械結合係数の熱経時特性

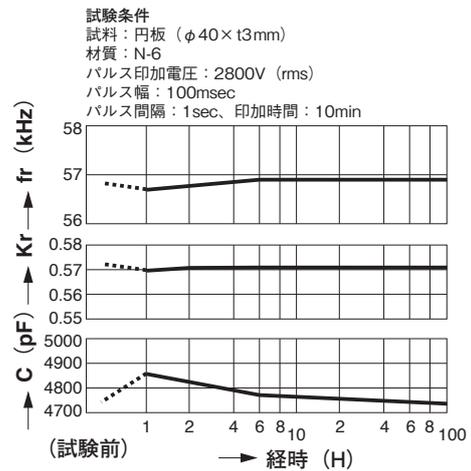


図4-11 耐電圧経時特性 (2)

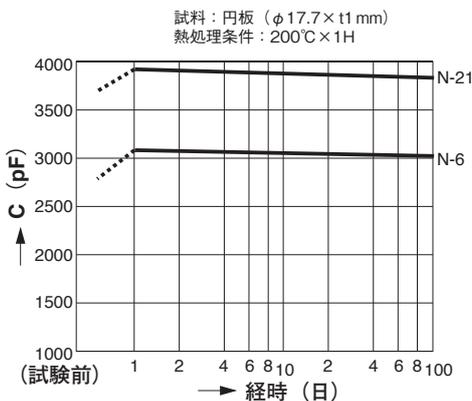


図4-9 静電容量の熱経時特性

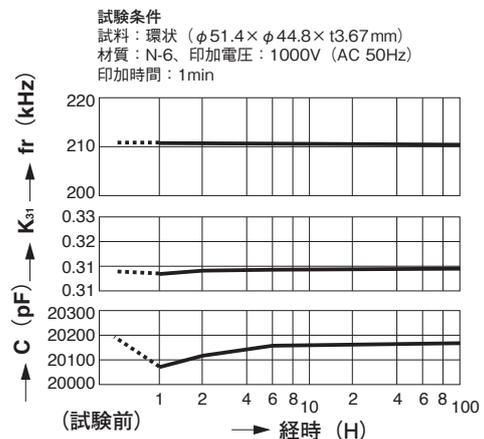


図4-12 耐電圧経時特性 (3)

# 主要製品の応用分野

振動子は、電気的エネルギーを機械的エネルギーに、あるいは逆に、機械的エネルギーを電気的エネルギーに変換するものです。以下はこの「電気エネルギー / 機械エネルギー」の変換という基本機能を動力的応用と通信的応用に大別したトーキン圧電セラミックスの応用例です。

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">                 圧電セラミックス                  〈NPM〉             </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">                 動力的応用             </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">                     ボルト締めランジュバン型振動子                 </div> ..... 18
		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">                     洗浄機用振動子                 </div> ..... 21
		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">                     超音波モーター用圧電素子                 </div> ..... 22
		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">                     圧電バイモルフ素子                 </div> ..... 23
		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">                     積層圧電アクチュエータ                 </div> ..... 24
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">                 通信的応用             </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">                     水中用モールド型振動子                 </div> ..... 25
		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">                     高周波用振動子                 </div> ..... 31
		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">                     空中マイクロホン用振動子                 </div> ..... 32
		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">                     ソナー用振動子                 </div> ..... 33

# ボルト締めランジュバン型振動子



## 概要

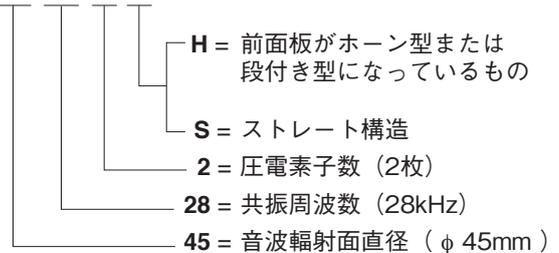
ボルト締めランジュバン型振動子は、超音波の応用機器である超音波洗浄機、超音波加工機、超音波メス、プラスチックウェルダなど、強力超音波と呼ばれている分野で数多く使用されています。

トーキンでは、このボルト締めランジュバン型振動子として高性能のネベックN-61材を使用、トーキン独自の設計により他社にないすぐれたものになっています。

## 呼称法

製品呼称記号は、次のように分類されています。

**NBL 45 28 2 H**



## 特長

- 大振幅における機械的Qが高いため、電気音響変換効率が高い。
- 圧電素子を機械的に組み込んだ構造により、振動速度が大幅に向上、大振幅で使用可能です。
- 耐熱性にすぐれたN-61材を用いて使用温度範囲を拡大したため、振幅の直線性が良好です。
- ボルトによって装置に取り付けることができるため、装着の信頼性にすぐれ、また取り付けも容易です。

## <洗浄機用>

### 品名・仕様

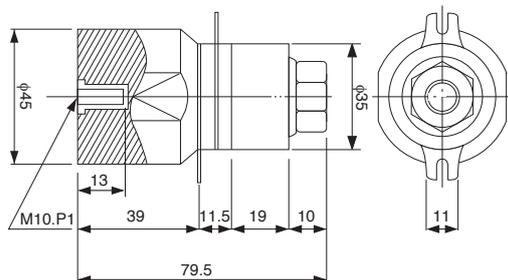
表 4-1 特性表

項目		型名	
		NBL45282H-A	NBL45402H-A
共振周波数	fo (kHz)	28	40
自由アドミタンス	Yo (mS)	40	15
機械的Q	Qm	500	500
静電容量	C (pF)	4000	4000
最大許容速度	V (cm / S)	40	50
最大許容入力	P (W)	50	50
用途		洗浄機	

最大許容入力は、1本使用の場合、片面水負荷時。

## 形状・寸法

NBL45282H-A



NBL45402H-A

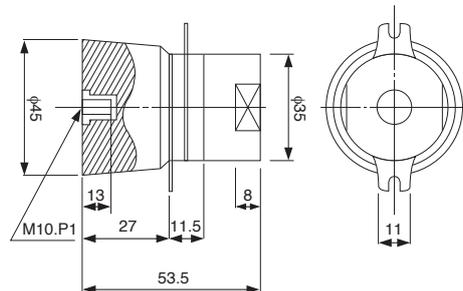


図5-1

## 温度特性

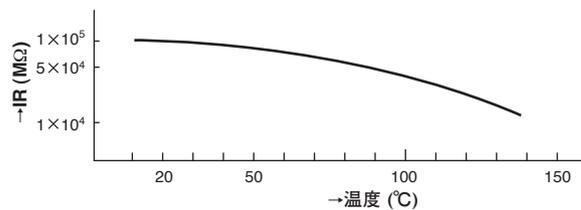
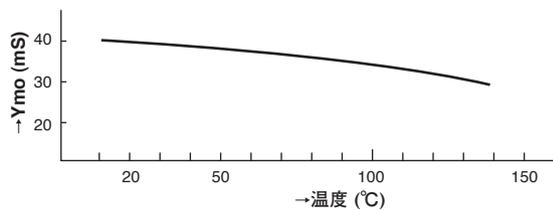
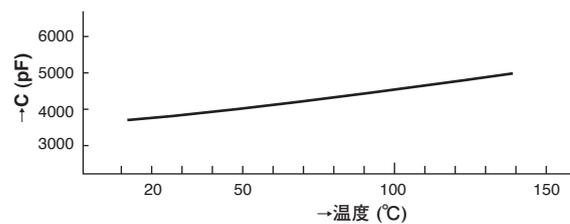
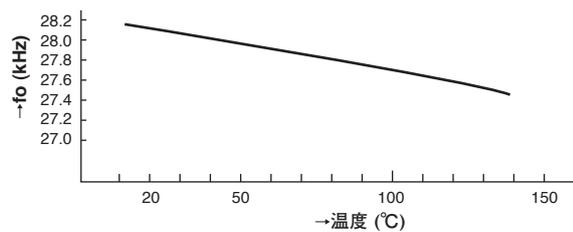


図5-2 NBL-4582H-A温度特性

<加工機用>  
品名・仕様

表 4-2 特性表

項目		型名	
		NBL15602S	NBL20602S
共振周波数	fo (kHz)	60	60
自由アドミタンス	Ymo (mS)	25	20
機械的Q	Qm	500	400
静電容量	C (pF)	850	1250
最大許容振動速度	V0-P (cm / s)	50	40
最大許容入力	P (W)	2.5	3.7
用途		加工機	

注) 最大許容入力は無負荷時の場合

形状・寸法

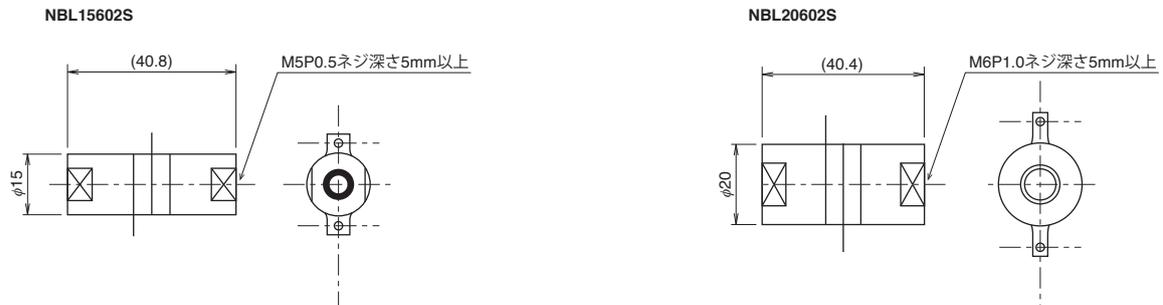


図 5-3

ホーン取付参考例

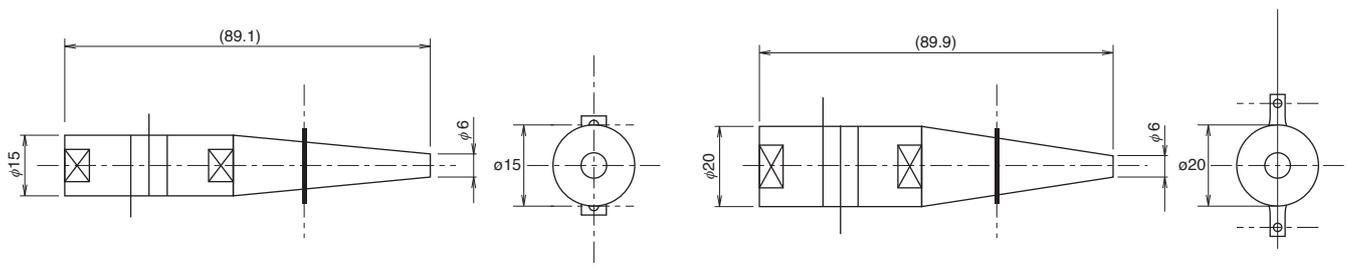


図 5-4

振 幅

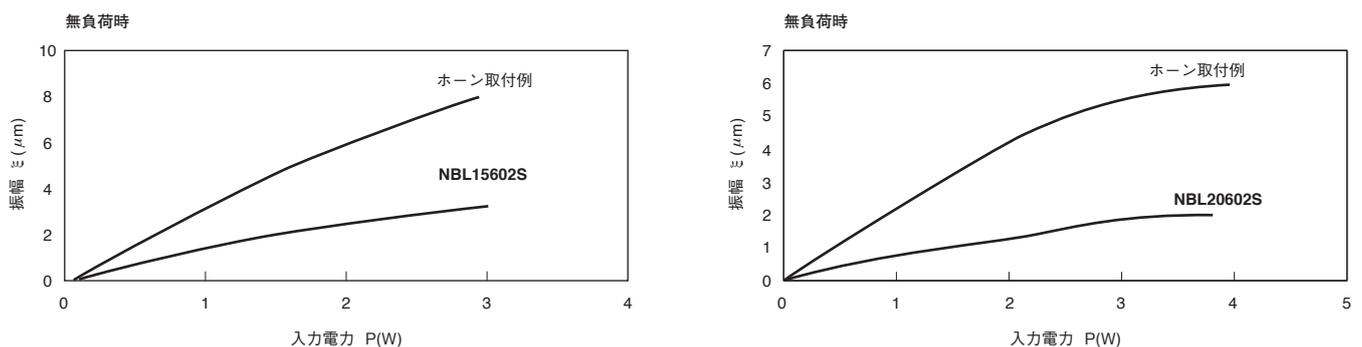


図 5-5

# 洗浄機用振動子

## 概要

洗浄機用振動子は、超音波洗浄機への応用として、従来は産業用および業務用の利用が主流でしたが、最近では、メガネ、入歯、宝石などの洗浄を目的とした家庭用の小型洗浄機に対する需要が非常に高まっています。

トーキンでは、そのような最近の傾向を反映し、小型洗浄機用圧電振動子として、高効率のN-6材振動子を製造、好評を得ています。

## 仕様

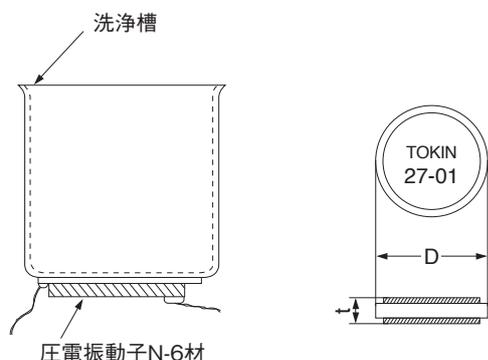


図5-6 製品図

表4-3 仕様例

D(mm)	t(mm)	fr(kHz)	Kr	C(pF)
40	2.5	54	0.60	5600
40	3.0	54	0.60	4600
50	2.5	43	0.60	8900
50	3.0	43	0.60	7400
60	5.0	36	0.60	6500

## 温度特性

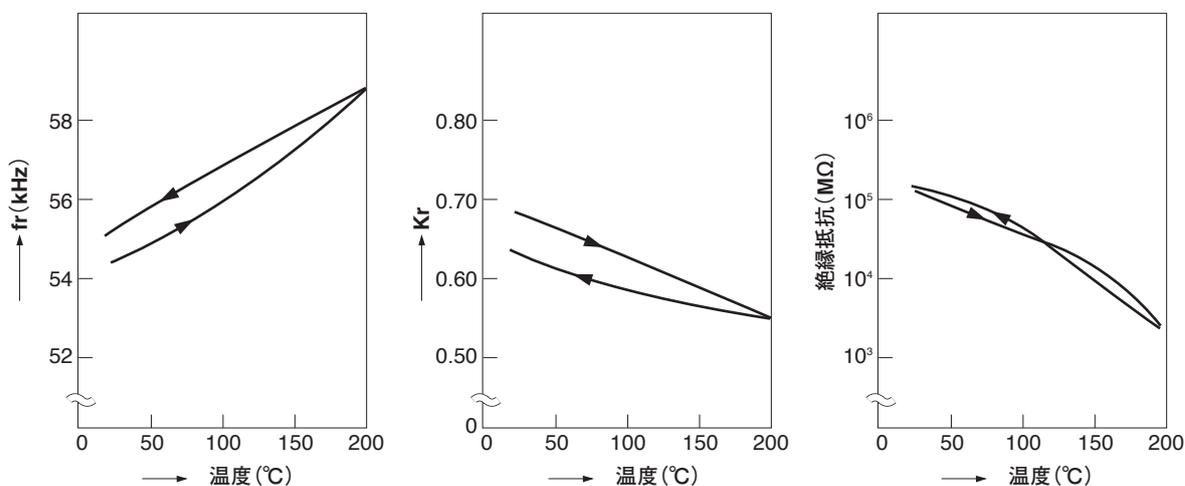
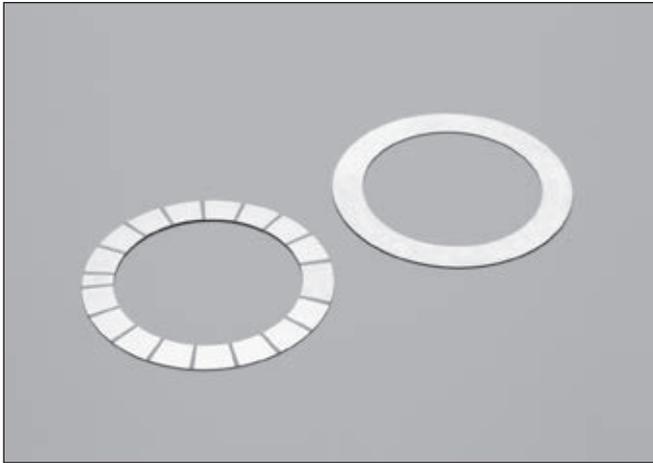


図5-7 N-6材の温度依存特性

# 超音波モータ用圧電素子



## 概要

超音波モータの動作原理は、ステーターと言われる円環状の弾性振動体に圧着された圧電振動子を励振させる際に生ずる高次屈曲振動を利用しています。高次屈曲振動の入力信号を制御してステーターに進行波を生じさせ、摩擦によってスライダを回転させるものです。

圧電素子は下図の様に+、- の分極方向が異なる領域が複数存在し、その領域ごとに電界を印加する事で、厚み方向に伸縮しますので全体として高次屈曲振動が励振されます。この際、駆動信号の周波数をこの高次屈曲振動に合わせた上で、圧電振動子の左右で互いの位相差を1/4波長にとる事で全体に進行波が生じます。この様に弾性振動体に高次屈曲振動の進行波が生じさせることでスライダを回転させる事が超音波モータの動作原理です。

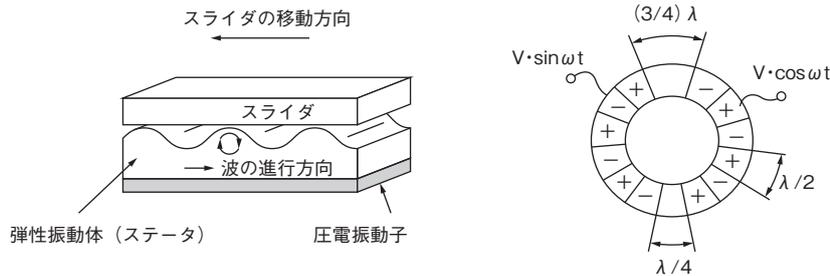


図5-8 超音波モータ動作原理

## 特長

超音波モータの特長は、通常の電磁式モータと比較した場合

- 非磁性材料で構成され、構造が簡単である。
- 静止トルクが高く、高い位置決め精度が得られる。
- 応答性が高く、速度にかかわらず高いトルクが得られる。

## 超音波モータ用圧電材料

超音波モータ用の圧電材料に求められる材料特性としては以下の項目が挙げられます。

- 損失が少ない事→Qの高いハード材料である。
- 回転数が増大し、高変位の状態でも損失が少ない。  
→Vmaxが高い。
- 低電圧でも高速回転が得られる。→電気機械結合係数k31が高い。

# 圧電バイモルフ素子

## 概要

バイモルフ素子は、厚み方向に分極された長さ方向に伸縮する圧電セラミックス板を2枚張り合わせた構造で、一方が伸びた時に、他方が縮み、全体として屈曲変位を発生します。比較的大きな変位置を得られる製品として、アクチュエータ並びにセンサ用途に応用が検討されております。

当社では、一般的な接着タイプのバイモルフから有機接着剤を使用しない、一体焼成タイプのバイモルフをカスタム製造対応しております。

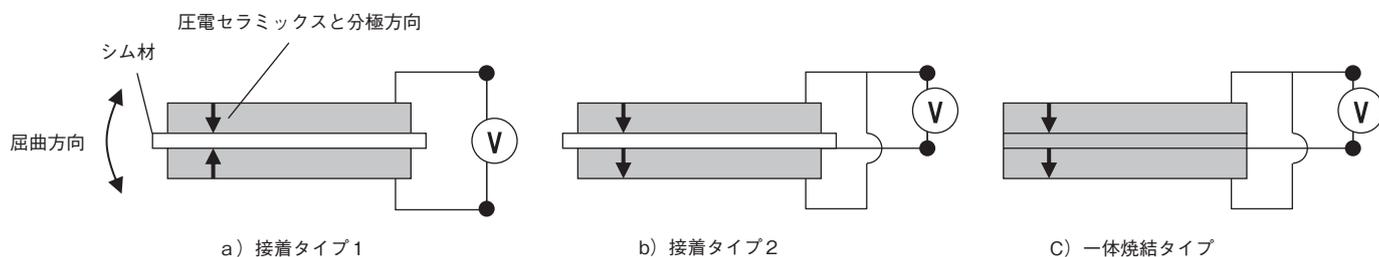


図5-9 圧電バイモルフ構造例

## 特長

- シンプルな製品構造で、製造が容易。
- 低電圧駆動で、比較的大きな変位置が得られる。
- 電磁ノイズが発生しない。
- 動作ノイズが小さい。

# 積層圧電アクチュエータ



## 概要

積層圧電アクチュエータは、圧電縦効果を利用して電気エネルギーを変位や力などの機械エネルギーに変換する一体焼結タイプのセラミック素子です。

当社が独自に開発した素子構造設計により従来の圧電アクチュエータに比べ小型・低電圧で大きな変位・発生力を発生します。

樹脂外装型のAEシリーズは、小型で多種の形状品を準備しており、各種精密位置決め機構や駆動源をはじめとした各種用途に使用されています。

また、金属ケース封入型のASB/ASL/AHBシリーズは、外気を遮断する完全機密構造により、湿度の影響を受けず、これまでにない長寿命化・高性能化に成功しました。

半導体関連製造装置や光通信関連機器をはじめとした高い信頼性を求められる各種用途に使用されています。

## 特長

- |   |   |
|---|---|
| <p><b>AEシリーズ：</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 大きな発生力。</li> <li>● 高速応答。</li> <li>● 精密位置決め。</li> <li>● 低消費電力。</li> <li>● 超小型。</li> </ul> | <p><b>ASB/ASL/AHBシリーズ：</b></p> <p>AEシリーズ特長に加え、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 高信頼性。</li> <li>● 予圧機構内蔵並びに取付けアタッチメントにより、装置への組込み性が向上。</li> <li>● 機械的磨耗性が極めて少ない。</li> </ul> |
|---|---|

## 用途

- DSCの手振れ防止、精密微細位置決め、モータ、ポンプ、バルブ、加振・制震装置、荷重センサ、光学系位置制御、マニピュレーター、AFM、プリンタ、ステッパーのXYテーブル等

標準品として、下記の4シリーズを用意しております。詳細については、別刷の『積層圧電アクチュエータ』カタログをご参照ください。

<p><b>樹脂外装型</b></p> <p><b>汎用</b></p> <p>85°C対応 AEシリーズ</p>	<p><b>金属ケース封入型</b></p> <p><b>高性能 汎用</b></p> <p>85°C対応 ASBシリーズ</p> <p>150°C対応 ASLシリーズ</p> <p>高変位品85°C対応 AHBシリーズ</p>
---	--

\* AEシリーズは樹脂外装品につき、低湿度環境下で使用する場合以外は金属ケース封入型のASBシリーズ、ASLシリーズ、AHBシリーズをお奨めします。



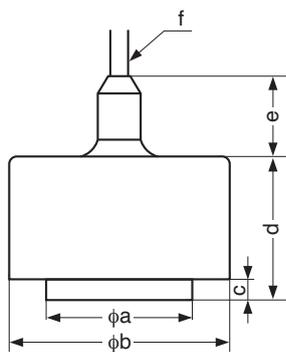
品名・仕様

表5-1 特性表

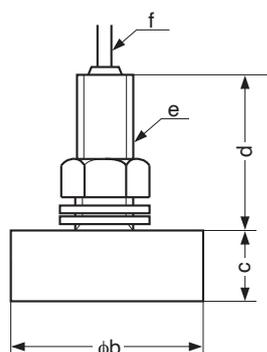
型名	共振周波数 (kHz)	共振インピーダンス ( $\Omega$ )	静電容量 (pF)	絶縁抵抗 (M $\Omega$ )	指向角	形状
TGM60-50-10L	50	150~350	8000	500以上	44°	A
TGM50-200-10L	200	100~400	2400	500以上	11°	A
TGM80-200-20L	200	50~200	5500	500以上	7°	A
TGM100-200-20L	200	30~100	7500	500以上	6°	A
TGM60-50A-15L	50	50~150	23000	500以上	12° × 44°	D
TGM50-200A-15L	200	70~150	5500	500以上	5° × 11°	D
TGM60-50B-12L	50	100~300	15000	500以上	13° × 44°	C
TGM50-200B-12L	200	150~400	4300	500以上	11°	C
NBM40-50-8LA	50	150~350	2800	500以上	60°	B
TBM50-200-8LA	200	200~450	2800	500以上	11°	B

形状・寸法

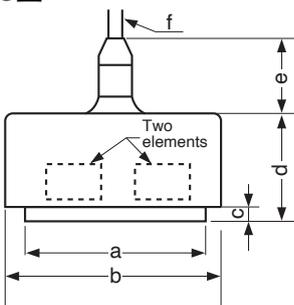
A型



B型



C型



D型

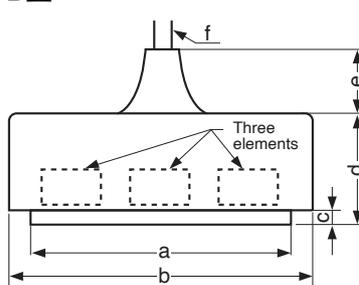


図6-1 型式および寸法

表5-2 寸法表

型名	寸法 (mm)					ケーブル	形状
	a	b	c	d	e		
TGM60-50-10L	69.5	89.5	5.0	60.0	60.0	φ 11、2芯シールドキャブタイヤケーブル (クロロブレン)	A
TGM50-200-10L	69.5	89.0	5.0	60.0	60.0		
TGM80-200-20L	100.0	120.0	7.0	45.0	30.0		
TGM100-200-20L	124.0	140.0	7.0	45.0	30.0	φ 11、2芯シールドキャブタイヤケーブル (クロロブレン)	D
TGM60-50A-15L	206.0	226.0	7.0	160.0	60.0		
TGM50-200A-15L							
TGM60-50B-12L	140.0	160.0	5.0	60.0	50.0	φ 11、2芯シールドキャブタイヤケーブル (クロロブレン)	C
TGM50-200B-12L							
NBM40-50-8LA	—	68.0	31.0	120.0	M・22 P1.5		
TBM50-200-8LA							

指向性パターン代表例 (1)

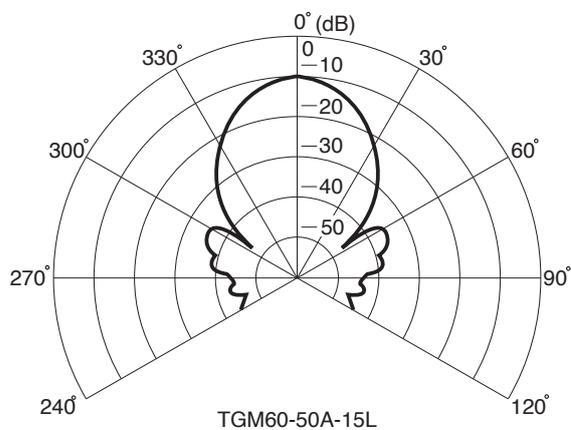
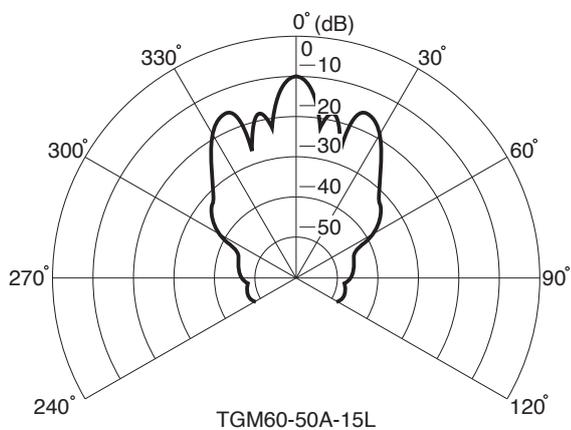
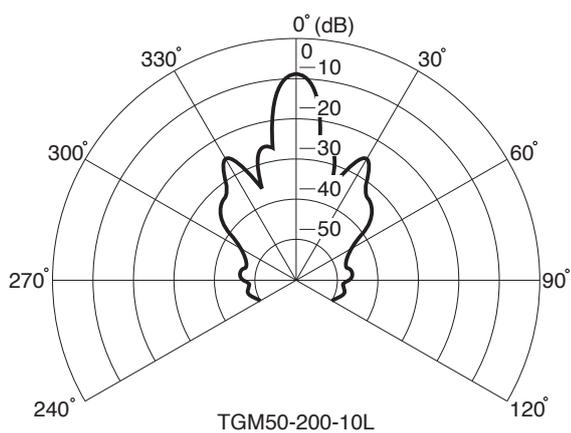
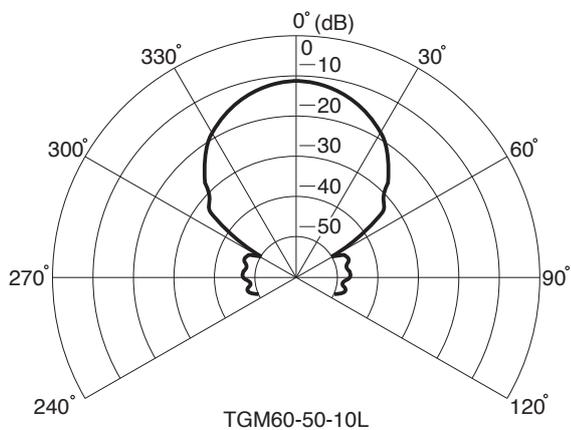


図6-2 指向性例

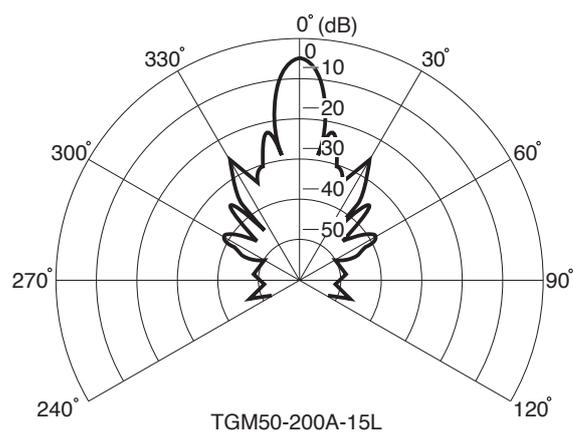
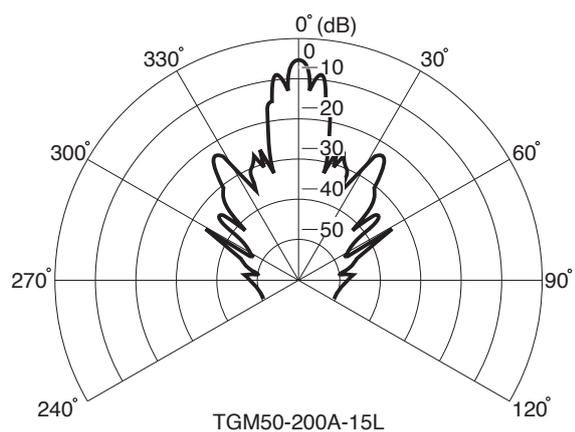
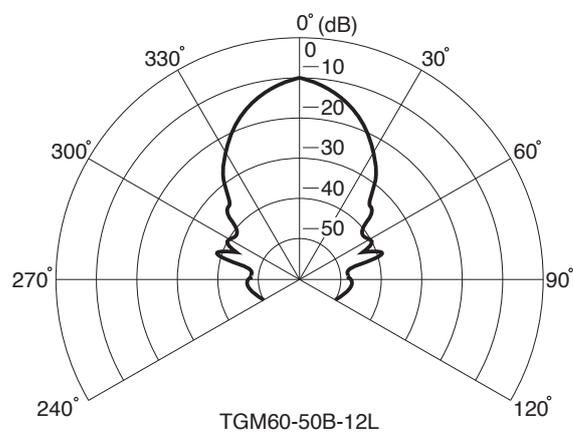
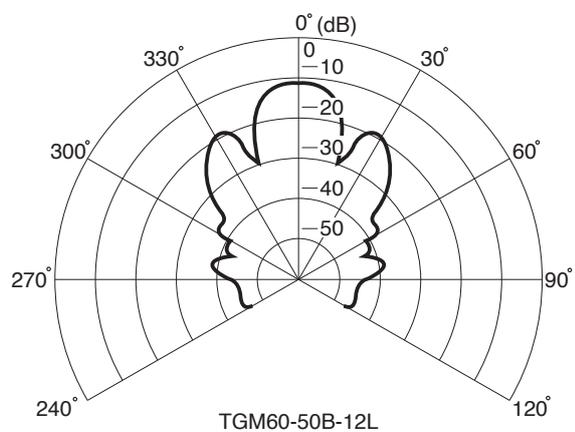


図6-3 指向性例

## 指向性パターン代表例 (2)

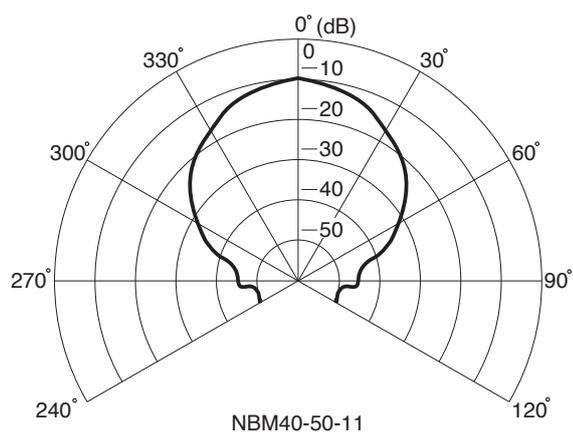
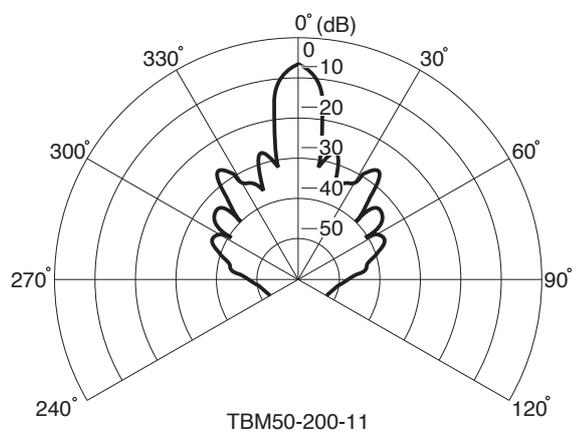
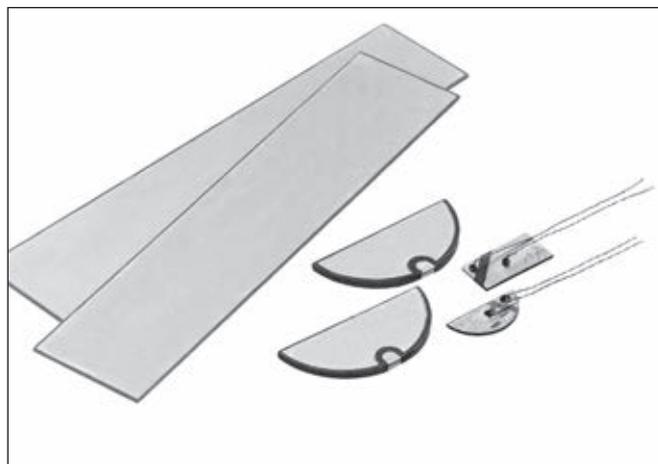


図6-4 指向性例

記載製品は、すべてカスタム製品です。ご要求に応じて製品設計いたしますので、ご相談ください。

# 高周波用振動子



## 概要

高周波用振動子は、圧電振動子のなかでも比較的周波数が高い1～10MHzの領域のもので、医療または探傷センサとして応用されています。特に、最近では、医療分野における超音波診断装置の発展がめざましいため、圧電振動子は、下記に示すように広範囲にわたって応用され、非常に脚光を浴びているものです。

ドップラー方式 { 胎児心音計用  
血流計用 } { 電子スキャン用  
機械式スキャン用 }

パルスエコー方式 { 断層撮影用  
頭蓋内疾診断用  
心臓壁変位測定用 }

## 特長

- 共振周波数のインピーダンスが高い。
- 厚み振動姿態の電気機械結合係数が高く高感度です。
- 厚み振動と径方向振動に異方性があり、厚み共振のスプリングが少なく、分解能力がすぐれています。

ところで、その振動姿態は、厚み共振が中心で周波数が高いために薄板状となり、一般に、共振周波数におけるインピーダンスが小さくなります。しかし、トーキンネバックは、誘電率が低く、インピーダンスはもちろん、感度などの性能面においても、非常にすぐれたものになっています。

## 仕様

表5-3 仕様例

形状	材質	寸法 (mm)			特性				
		d	t	ℓ	fr (kHz)	Kr	K <sub>31</sub>	C (pF)	端子
	21	20	0.5	-	4,000	0.60	-	7,000	S
	21	10	0.3	-	6,400	0.57	-	3,000	S
	21	20	0.3	20	6,500	-	0.30	13,500	P
	21	20	0.4	20	5,000	-	0.30	10,500	P
	21	25	0.5	25	4,000	-	0.30	14,000	P
	21	15	0.3	80	6,500	-	0.30	42,000	P
	21	15	0.4	80	5,000	-	0.30	32,500	P
	21	15	0.5	100	4,000	-	0.30	33,000	P
	21	15	0.6	100	3,000	-	0.30	28,500	P

# 空中マイクロホン用振動子



## 概要

超音波空中マイクロホンは、超音波を空中に放射して、標的とする物体の検出や距離の測定に利用されているもので、現在、交通制御システムや障害物の検知、ロボット用センサなどに応用されています。

これらの振動子は、バイモルフ型振動子と円筒型振動子に大別され、それぞれの振動姿態は異なりますが、一般には、振動放射面にホーンを付けて使用しているので、超音波の送受感度ならびに指向性の工夫が重要なポイントとなります。

## 特長

- 温度特性が良好です。
- 円筒型振動子は、耐湿性の表面処理を施しているため、室外での使用にも安定しています。
- 高機械結合係数のため高感度です。

## 仕様

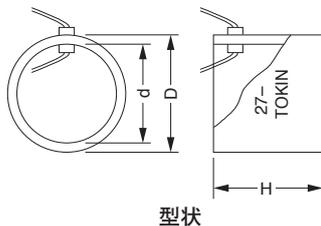


表5-4 仕様例 (N-21材)

D(mm)	d(mm)	H(mm)	fr (kHz)	K	C (pF)
38	34	30	24.0	0.25	26500
36	31	30	25.8	0.25	19600

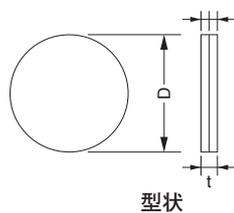


表5-5 仕様例 (N-6材)

D(mm)	t(mm)	fr (kHz)	Df (kHz)	C (pF)
18.7	1.5	23.5	2.0	2100

## 応用例

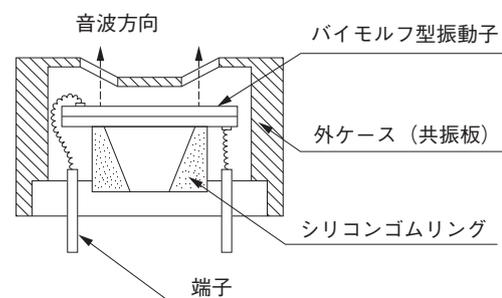
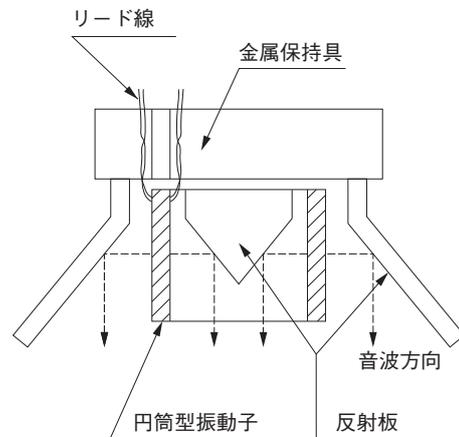


図6-5 製品例

# ソナー用振動子

## 概要

水中測深機や水中探知機としてのソナーは、魚群探知機の原理と同様で、水中に音波を放射し、標的である物体の検知や距離の測定に利用されているものです。また、その機種により、検知能力や探知距離が異なります。その使用される振動子の周波数および形状は、下記に示すように、広い範囲にわたっていますが、いずれも高感度、高分解能力、指向性そして高信頼性が要求されるため、高品質を誇るトーキンのネベックが使用されています。

## 種類と特長

表 5-6

振動子型名	振動モード	使用周波数 (kHz)	主な特長	備考
a 円板型	厚み振動	70～500	周波数調整容易、構造上機械強度大	
b 角柱型	縦振動	40～100	周波数調整容易、電気機械結合係数大	寸法および特性は、お客様のご要望に応じますので、ご相談ください。
c 円筒型	厚み振動	100～500	機械的Q、周波数の調整が容易	
	径方向振動	10～200		
d ランジュバン型	縦振動	20～100	低インピーダンスで低い周波数が得られる	

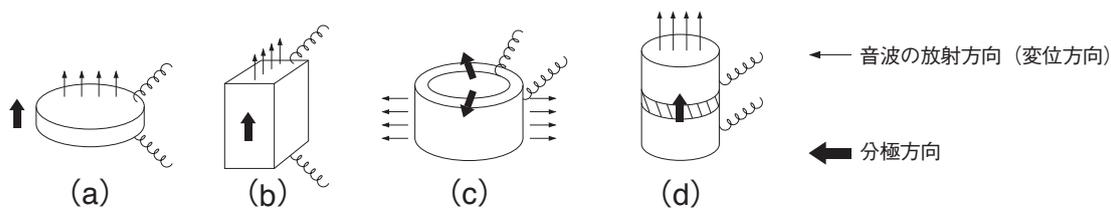


図6-6

## 材質特性

表 5-7

材質	$K_{31}$	$\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$	Qm	Tc(°C)	特長
N-6	0.34	1400	1500	325	高出力に対する安定度が良い
N-21	0.38	1800	75	300	低Qmで高感度

## 輸出管理

本製品が外国為替及び外国貿易法の規定により、規制貨物など（または役務）に該当する場合には、日本国外に輸出する際に、同法に基づき日本国政府の輸出許可が必要です。

本製品は輸出令別表第1の16項の対象貨物です。従い当該貨物を輸出令別表第3に掲げる国以外へ輸出する場合には、客観条件における最終需要者の用途、取引の態様、条件等からみて、大量破壊兵器等への開発などに用いられないことが明らかな場合を除き、経済産業大臣の輸出許可が必要です。

## ご使用に際して

- (1) 電子部品の故障発生とご使用時の装置、システムの製品安全設計のお願い  
一般的に電子部品はある確率で故障が発生します。当社としても電子コンポーネント製品の品質、信頼性の向上に努めていますが、その確率をゼロにすることは不可能です。従いまして、当社の電子コンポーネント製品のご使用に当たっては、その製品の故障の発生を考慮して、人身事故、火災事故、社会的な損害等に対する冗長設計、延焼対策設計、誤作動防止設計等の安全設計をお願いいたします。
- (2) 各種部品の品質水準と適用可能な装置について  
特に、記述のないものは、標準水準です。  
当社は、当社の電子コンポーネント製品に関し、品質水準の低いものから順に「標準水準」、「特別水準」およびお客様に個別に品質保証プログラムをご指定して頂く「特定水準」に分類しています。  
各品質水準は以下に示す用途に製品が使われることを意図しています。  
つきましては、「標準水準」に示す用途以外でご使用をお考えの場合は、必ず事前に当社販売窓口までご相談いただきますようお願いいたします。  
標準水準：コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット  
特別水準：輸送機器（自動車、列車、船舶等）、交通用信号機器、防災／防犯装置、各種安全装置、生命維持を直接の目的としない医療機器  
特定水準：航空機器、航空宇宙機器、海中継機器、原子力制御システム、生命維持のための医療機器、装置またはシステム等  
なお、当社の電子コンポーネント製品のカタログ、データシート、データブック等の資料で、特に品質水準の表示がない場合は、当該製品は標準水準であることを表します。
- (3) 設計に際しては、お客様の用途に応じて、圧電セラミックスの材質選定、取り付け方法、駆動方法などを決定し、その適否を判断していただく必要があります。決定が妥当であるかどうかを評価するために、実際に使用される最終状態および予測される可能な限りの異常状態にして繰り返し試験し、ご確認いただくことをお勧めします。
- (4) ネックのご注文に際しては、下記の事項をご明示願います。
  - 4-1) 形状（円板型、円柱型、円筒型、角板型）
  - 4-2) 材質名および用途（ご希望の材質および用途）
  - 4-3) 寸法（共振周波数に関係のない部分の寸法）
  - 4-4) 共振周波数（ご使用になる振動形態ならびに共振周波数）
  - 4-5) 表面処理（処理の有無、ならびに種類）
  - 4-6) 端子の種類（S端子、P端子、その他のご指定の端子）
- (5) 水中用モールド振動子などの振動応用部品のご注文は、型名をご明記ください。その他、特別仕様のご指定がありましたら、別途お申し付けください。
- (6) 本資料は事前予告なく改訂します。  
本資料に記載されている内容は2024年1月現在の資料に基づいたもので、今後、予告なく変更する場合があります。  
量産設計の場合は、念のため、当社販売部門にお問い合わせ下さい。
- (7) 文書による当社の許諾なしに本資料の転載複製を禁じます。
- (8) 工業所有権問題について  
この製品を使用したことにより、第三者の工業所有権等にかかわる問題が発生した場合、当社製品の構造製法にかかわるもの以外につきましては、当社はその責を負いませんのでご了承ください。

販売拠点

セールス&マーケティング本部

東京営業グループ

〒101-8362 東京都千代田区西神田 3 丁目 8 番 1 号(千代田ファーストビル東館)  
TEL.(03)3515-9192 FAX.(03)3515-9188

名古屋営業グループ

〒460-0003 名古屋市中区錦 2 丁目 15 番 15 号(豊島ビル)  
TEL.(052)211-0131 FAX.(052)211-0134

大阪営業グループ

〒532-0003 大阪市淀川区宮原 4 丁目 1 番 14 号(住友生命新大阪北ビル)  
TEL.(06)6398-5321 FAX.(06)6398-5331

ディストリビューションセールスグループ

〒101-8362 東京都千代田区西神田 3 丁目 8 番 1 号(千代田ファーストビル東館)  
TEL.(03)3515-9180 FAX.(03)3515-9181

TOKIN Korea Co., Ltd.

N tower garden building 8F, 26, Hwangsaeul-ro 200beon-gil, Bundang-gu,  
Seongnam-si, Gyeonggi-do, Republic of Korea, 13595  
Phone: +82-31-712-4797 Fax: +82-31-712-5866

技術お問合せ先

(キャパシタ製品)

キャパシタ事業部販売推進部

〒101-8362 東京都千代田区西神田 3 丁目 8 番 1 号(千代田ファーストビル東館)  
TEL.(03)3515-9264 FAX.(03)3515-9261

(EMC/ノイズ対策製品、材料・マグネット、圧電製品、センサ・モジュール製品)

マグネティック・センサ&アクチュエータ事業本部販売推進部

〒101-8362 東京都千代田区西神田 3 丁目 8 番 1 号(千代田ファーストビル東館)  
TEL.(03)3515-9260 FAX.(03)3515-9261

●技術お問合せ先/マグネティック・センサ&アクチュエータ事業本部販売推進部 TEL.(03) 3515-9260 FAX.(03) 3515-9261  
〒101-8362 東京都千代田区西神田3丁目8番1号(千代田ファーストビル東館)

[www.tokin.com](http://www.tokin.com)