

BNT-BKT 系非鉛圧電セラミックスの焼結と曲げ強度

知能材料学研究室

坂東佑亮

1. 緒言

センサー、アクチュエータに広く使用されている圧電セラミックスにおいては、圧電特性に特に優れているチタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) がそのほとんどを占めている一方、PZTは環境に悪影響を与える鉛が多く含まれているため、これに代わる非鉛系の圧電セラミックスの研究・開発が進められている。これらの材料の実用化のためには、その強度特性の把握が重要である。本研究ではBNT-BKT系非鉛圧電セラミックスの $[\text{Bi}_{0.5}(\text{Na}_{1-x}\text{K}_x)]\text{TiO}_3$ における x の値を0.2, 0.4, 0.6, および0.8と変え、3点曲げ試験を行い、材料の強度に及ぼす組成の影響について調査した。

2. BNT-BKT 系セラミックスの焼結

非鉛系圧電セラミックス $(1-x)\text{BNT}-x\text{BKT}$ を焼成する原材料として Bi_2O_3 , Na_2CO_3 , TiO_3 および K_2CO_3 を用いた。 $x=0.2$, 0.4, 0.6 および 0.8 とした場合の組成について、化学量論的にこれらの原材料の重量を計算し、1ロット 50gの原料粉を作製した。各原料粉は 850°C , 4hr で仮焼し、 $40 \times 5 \times 2\text{mm}$ の直方体形状に成形した後、電気炉を用いて焼成した。

最適な焼結温度は各組成により異なり、高温すぎると一部が熔融し、低温すぎると焼結が不十分となる。各種温度における焼結を試みた結果、図1に示す最適焼結温度を得た。 x の増加とともに、焼結温度を下げる必要があることが分かった。焼成後に1000番のエメリー紙を用いて仕上げた。

3. 曲げ強度

3点曲げ試験には自作の横型の曲げ試験機を用いた。ロードセルに固定された支点に対し、移動するステージ上に試験片をセットして曲げる。ステージは、ボールねじを介してステッピングモーターにより駆動させ、その移動速度は $3.6\text{mm}/\text{min}$ に調整した。

組成 x を変えた材料についてそれぞれ20本以上の試験片の曲げ試験より得られた平均曲げ強さと標準偏差を図2に示す。曲げ強さはBKTの割合が増加するに従い増大する傾向が見られた。PZTの曲げ強度は $70 \sim 80[\text{MPa}]$ であり、 x が小さい場合かなり低強度となった。

一般にセラミックスは最弱リンクモデル説に基づき、その強度分布はワイブル分布に従うことが知られている。2母数ワイブル分布における破壊の危険率 S は式(1)により示される。ここで σ は破断強度、 m , σ_c はそれぞれ形状母数、尺度母数と呼ばれるパラメータである。

各材料における実験結果についての $\ln \ln S - \ln \sigma$ 関係プロットを図3に示す。結果がほぼ直線で近似できることから、ワイブル分布に当てはめて各パラメータを求めました。ただしばらつきを表す形状パラメータ m の値は、 $x=0.2 \sim 0.8$ の場合で $1 \sim 3$ と一般的なセラミックスの値(≈ 10)に比べかなり小さく、強度のばらつきが大きい結果となった。実際、肉

眼で確認できる欠陥が存在する試験片もあり、今後さらに焼成プロセスの検討が必要であると思われる。

$$S = \exp \left[- \left(\frac{\sigma}{\sigma_c} \right)^m \right] \dots \dots (1)$$

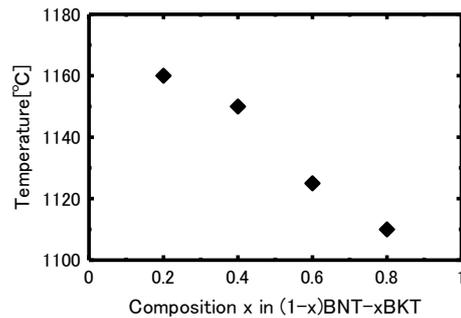


図1 (1-x)BNT-xBKT の最適焼成温度

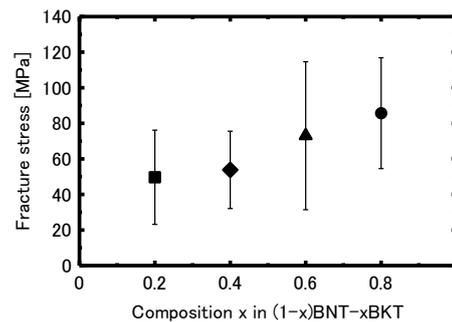


図2 破断応力と標準偏差

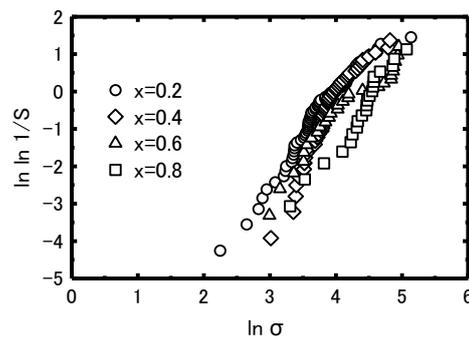


図3 ワイブル分布

4. 結言

$(1-x)\text{BNT}-x\text{BKT}$ について x を種々変えた材料を焼成し、その3点曲げ試験を行った。焼結温度は $x=0.2$ では 1160°C が最適であった。 x の増加とともにその温度を下げ、 $x=0.8$ では 1115°C とするのが望ましいことが分かった。曲げ強さは、 x の増加とともに増加したが、強度はPZTなどに比べて小さく、ばらつきも大きいものとなった。(参考文献省略)