

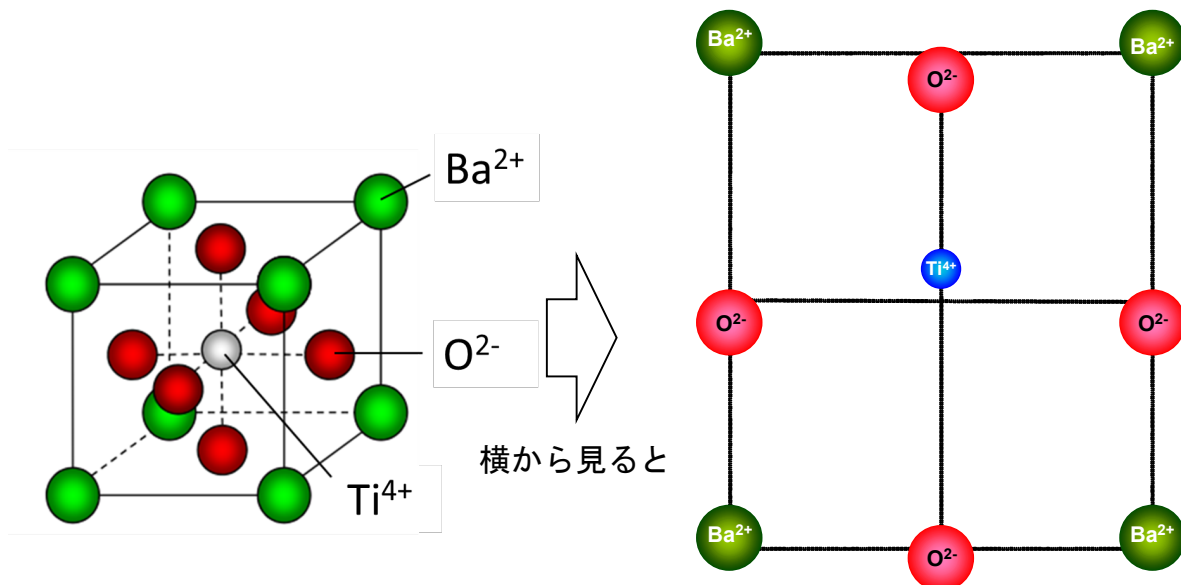
ピエゾ素子で発電してみよう

応用化学科 和田 智志
上野 慎太郎
藤井 一郎

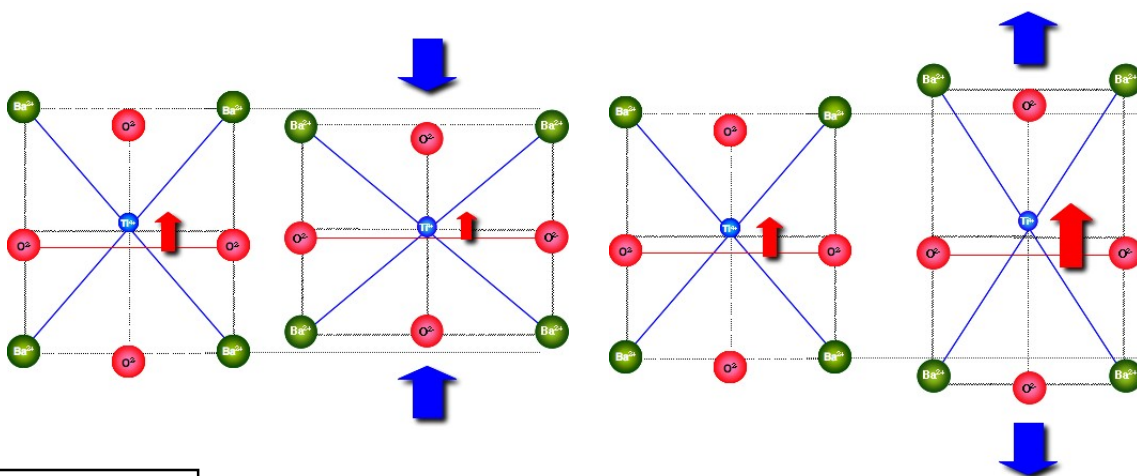
ピエゾ素子って何？

“ピエゾ”とは日本語では“圧電”という言葉の意味しています。つまり圧力をかけると電気を発生する物質のことです。水晶のように自然界に存在する物質もありますが、高い性能を持つピエゾ材料は自然界にはなく、すべて人工的に創られています。ここでは、代表的なピエゾ材料であるチタン酸バリウムセラミックスを用いてピエゾ素子を造ってみましょう。そして、基本的なセラミックス材料の作り方を体験してみましょう。

ここで取り上げるチタン酸バリウムは、 BaTiO_3 という化学式を持っています。下の図を見てもらえるとわかりますが、この物質の単位格子は 2 価のマイナスイオンである酸素イオン (O^{2-}) 3 個と、2 価のプラスイオンであるバリウムイオン (Ba^{2+}) 1 個と 4 価のプラスイオンであるチタンイオン (Ti^{4+}) 1 個から構成されており、マイナスイオンの中心とプラスイオンの中心がずれています。このずれの分だけ電気を貯めることができます。



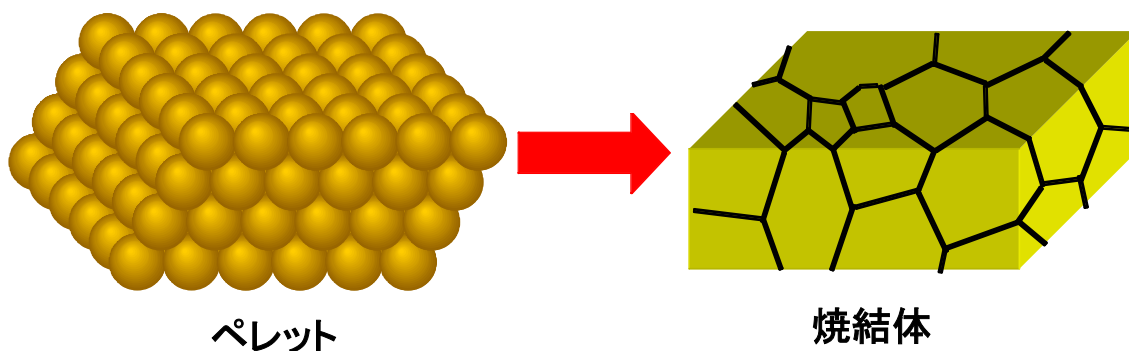
この単位格子を左下図のように押してみます。すると、マイナスイオンの中心とプラスイオンの中心のずれが小さくなり、電気を貯める能力が減ります。この結果、貯まっていた電荷の移動が起こり、電気が流れます。一方、右下図のように単位格子を引っ張ってみます。すると、今度は逆にマイナスイオンの中心とプラスイオンの中心のずれが大きくなり、電気を貯める能力が増えます。この結果、先ほどとは逆向きに電気が流れます。つまり圧力により電気が発生する魔法の物質と言えるでしょう。



実験方法

ピエゾ素子の作製

まず、チタン酸バリウムセラミックスを造ります。まず原料であるチタン酸バリウムナノ粒子（平均粒子径：100nm）を必要量だけ、電子天秤を用いて量り取ります。これを、一軸成型器に入れて、圧力をかけ、固いペレット（錠剤）を作製します。このときのペレットの密度は50-60%ほどで、残りは空気が入っています。

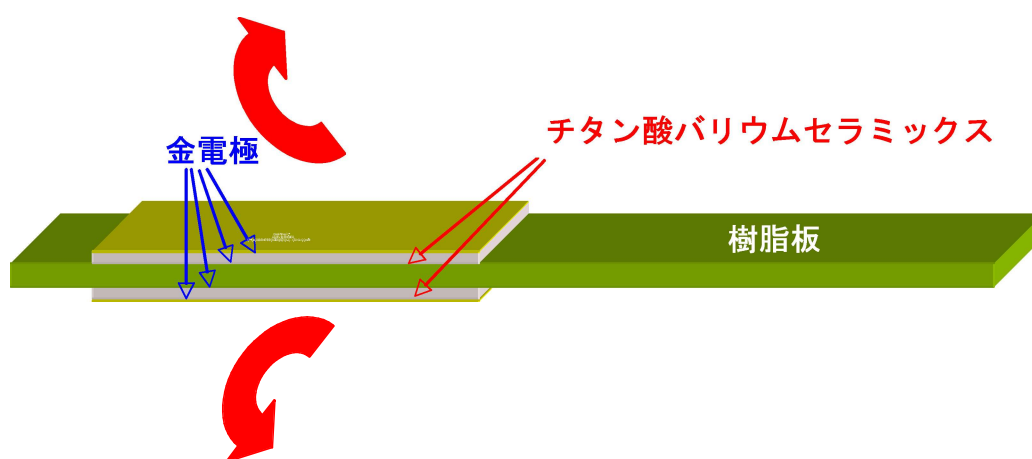


ペレット

焼結体

次にこのペレットを、電気炉に入れ、1000℃以上の高温で焼き固めます。この操作により、焼き固めた後の密度は、98%程度まで増加し、手の力では壊せないほど固くなります。

実際に素子として利用するためにはセラミックスを加工する必要があります。焼き固めたペレットを短冊状に切断し、スパッタ装置を用いて金電極をチタン酸バリウムセラミックスの両側につけます。その後、2枚のセラミックスを樹脂板の両側に接着剤でくっつけます。乾いたら、1000V以上の直流電圧を印加することで分極処理を行います。これらの操作により、チタン酸バリウムセラミックスを用いたピエゾ素子が完成します。



ピエゾ素子を使って発電しよう

- 1) ピエゾ素子に発光ダイオードをつないだ小型の“発電装置”を作って、ピエゾ素子に力を加えてみましょう。何が起こりましたか？
- 2) ピエゾ素子に発光ダイオード以外にいろいろなものをつないで動かしてみるとどうなるでしょうか？ピエゾ素子を使った身近な電子機器を動かして、原理と応用の仕方を調べてみましょう。
- 3) ピエゾ素子に電気を蓄えることができる回路をつなげてみましょう。それを靴に入れて、歩いてみたらどうなるでしょうか。何千歩歩くと、どのくらいの電気が貯まるでしょうか？

このように piezo素子を使うと、普段は歩くという人間の機械エネルギーを電気エネルギーに再生し、活用することができます。しかし、人間の歩く力を電気エネルギーに換える変換効率はあまり高くはありません。piezo素子を利用してたくさんの電気エネルギーを手に入れるためにはどういった工夫が必要でしょうか？

piezo素子を使って発電事業を起こすことは可能でしょうか？何が問題でしょうか？その解決策は？

piezo素子を使った発電には3つの過程があります。

- 1) 機械エネルギーを piezo素子に加える過程
- 2) piezo素子自体の機械エネルギーを電気エネルギーに変換する過程
- 3) piezo素子から電気を取り出す過程

従って、3つの過程の変換効率を、それぞれ最大にする必要があります。それぞれの過程でどのような工夫ができるのかを考えてみましょう。

我々の研究室では、piezo素子自体の機械エネルギーと電気エネルギーとの変換効率を現在の40%から80%に高めるための新規piezo材料の開発を目指しています。どうするかって？それは秘密ですが、来た人だけにはこっそり教えてあげます。(でも何を言っているのかわからないかも？)