

スポットライト

～第6回「高校生・高専学生ポスター発表」優秀賞～

タンタルコンデンサの熱分解による タンタル焼結体の回収

東京都立科学技術高等学校

清水梨穂

私はタンタルコンデンサ(Tantalum Capacitor, TC)からタンタル焼結体を回収することを試みています。TCとは希少金属であるタンタルを使ったコンデンサで現代の私たちの生活には必要不可欠なものとなっています。私たちが日常的に使っている高性能電子機器であるスマートフォンやタブレットに使われています。このタンタルコンデンサの素子原料であるタンタルの2020年における最大産出国はコンゴ民主共和国です⁽¹⁾。コンゴ民主共和国では、2013年に終結したとされていますが、タンタルやズブなどを含む鉱物資源であるコルタン(Coltan, Columbite-Tantaliteの略称)を巡って民族間の紛争や人権侵害などが長らく続いてきました。このような背景からタンタルの需要は伸びるものの価格は安定せず、産出も不安定な要素を抱えているためリサイクルが望まれています⁽²⁾。この研究を始めたきっかけは高校入学後に指導教員である先生の研究テーマの説明を聞いたときに「やらなくてはならないテーマだ」と思ったからです。私もスマートフォンを使っていますが、内蔵されているタンタルが人権侵害を経て作られたものではないと断言はできなかったからです。しかし、TCのリサイクルでは大きな課題が2点あります。まず、TCは耐熱性が求められるため化学的・物理的に安定なABS樹脂がモールド樹脂として使われています。そのため非常に硬く、物理的な破壊が困難であること。次に臭素系難燃材が添加されているため、熱処理の際の温度条件によってはハロゲン化合物が発生し有毒であることです。私は過去の文献⁽³⁾や先輩の研究⁽⁴⁾を調べ、アルミニウムとマグネシウムの複合水酸化物であるハイドロタルサイト(HT)に注目しました。HTは塩基性であり、陰イオン吸着効果を持っており、医薬品に利用されているものです。近年では触媒としても注目されています。そのため、添加条件を変えながら、TCにHTを添加して電気炉を用いて、大気下、550°C(毎分5°Cの昇温)で熱分解を行いました。熱分解は一般的に600-800°Cで行われますが、添加物を加えているため触媒作用を期待して比較的低温で行うこととしました。質量比でTC:HT=2:1, TC:HT=4:1の条件でモールド樹脂を燃焼・分解することができました。熱分解後にTCを水に入れスターラーで攪拌し、完全に破壊できるかを確認しました(図1・図2参照)。

TCを熱分解で破壊し、タンタル焼結体を回収できた理由として、HTは層間に水を保持しています。モールド樹脂であるABS樹脂は水がある環境では劣化反応(加水分解)が起きやすいこと、生成するハロゲン(Br₂)は酸であるため塩基であるHTと酸・塩基反応(中和反応)が起き、回収することができたことと考えています。しかし、HTの調製にはアルミニウムとマグネシウムの配合比、粒径の大きさなどさまざまなパラメーターが存在しています。今回は協力していた協和化学工業株式会社のKW-1000というHT(Mg/Al=4.5)を使用しましたが、TCの破壊に最適なHT

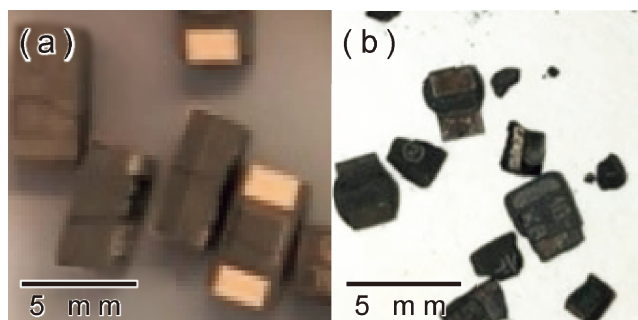


図1 条件TC:HT=2:1の実験結果。(a)熱分解直後のTC, (b)スターラーでの解体処理後のTC。(オンラインカラー)

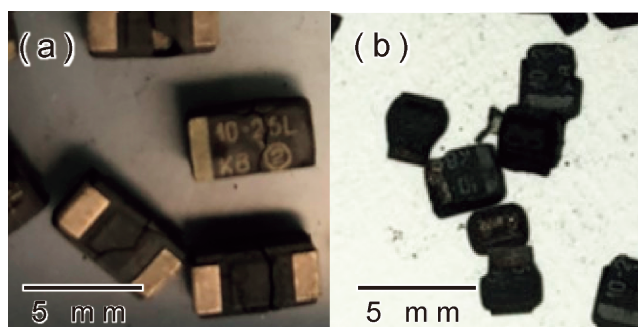


図2 条件TC:HT=4:1の実験結果。(a)熱分解直後のTC, (b)スターラーでの解体処理後のTC。(オンラインカラー)

が存在していると考えています。また、HTは450°C程度でその構造の特徴である層構造が崩れるとされています。今回も熱分解後のHTをX線構造回折(XRD)で分析したところ層構造が崩壊していることが考察できました。しかし、HTによってTCを容易に破壊することができました。これらの要因とともにさらに熱分解温度、HTの構成比による違いなどの検証を進めていきたいと考えています。新型コロナの影響で入学後、休校期間や放課後の部活動に制限もありました。思うように研究が進められないこともありましたが、先生方の協力で始業前に実験の準備を行い、授業時間中に熱分解をし、下校時刻までに翌日の準備を行うというようなスケジュールで実験を行うことができました。今回の発表はオンラインでしたが、ぜひ対面で行いたいと希望しています。私は対面での発表を経験していません。指導教員の先生は「オンラインでわかったことがある」と言っています。それは「対面で行うと余白があるんだ」と。私もぜひ、その余白というものを体験してみたいと考えています。今後も継続して金属学会で発表させていただけたらと考えています。その後の進捗についても随時、報告していきたいと考えています。

文 献

- (1) Tantalum in Mineral Commodity Summaries 2022, U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, (2022), 166-167.
- (2) D. I. Bleiwas, J. F. Papp and T. R. Yager: Shift in Global Tantalum Mine Production, U. S. Geological Survey, Reston, Virginia, (2015), 2015-3079.
- (3) T. Kameda, M. Nakamura and T. Yoshioka: J. Environmental Science and Health, **47**(2012), 1146-1151.
- (4) K. Hanazawa, M. Toritsuka and N. Morita: Int. J. Chem. Eng. App., **12**(2021), 7-11.

(2021年12月13日受理)[doi:10.2320/materia.61.296]

(連絡先: 〒136-0072 東京都江東区大島1-2-31)