携帯電話を分解して，リサイクルについて考える

マテリアル工学科　　河原　正泰

１．緒言

基礎セミナー「携帯電話を分解して，リサイクルについて考える」では，工学部以外の学生に「ものづくり」の大切さとリサイクルの問題点を知ってもらうために，実習を取り入れたセミナーを行っている．実習内容は，携帯電話を分解して，部品選別を行った後，それぞれの部品に使われている金属の種類と量を分析するというものである．それを基に，携帯電話に使われている素材の価値を判定し，小型家電のリサイクルの可否を論議している．また，現在商業ベースで行われている紙，プラスチック，ガラス瓶，自動車などのリサイクルに関する問題点をグループで調査し，グループ発表とディスカッションを実施している．ここでは，本セミナーの目標と実施内容について紹介する．

２．本セミナーの目標

本セミナーの目標は，

(1) ものごとをいろいろな面から見ることができる．
(2) 自分の考えを分かりやすく，論理的に伝えることができる．
(3) 互いの意見に耳を傾け，意見を述べ合うなどして，考えを発展させることができる．

であり，これらは他の基礎セミナーと同様である．

リサイクルは環境にやさしいと言われているが，本セミナーでは，リサイクルが本当に必要なことかどうかを考えて，意見を述べ合うことにしている．小型家電のリサイクルに関しては、携帯電話を分解して部品に使われている材料を分析し，一台あたりの価値を判定して小型家電のリサイクルの採算性を考えさせることにしている．また，実際に行われているリサイクルの実情と問題点をグループで調査し，その成果を踏まえてディスカッションを行うことにしている．

対象者が「ものづくり」にあまり興味を持っていないと思われる工学部以外の学生であるため，それらの学生に「ものづくり」の大切さ，言い換えると，工学の大切さを知ってもらうために，ものづくりを取り巻く社会システム的な要素を取り入れたセミナーになるように工夫している．

３．授業の方法と内容

本セミナーは，90 分×８回行うもので，それぞれの内容は，以下のとおりである．

第１回：オリエンテーションと自己紹介およびグループ分け，レアメタルと都市鉱山の紹介（座学）
第２回：家電リサイクルの問題点の紹介（座学）
第３回：携帯電話の分解と部品選別
第４回：携帯電話に使われている金属（特にレアメタル）の分析
第５回：ティベート（廃携帯電話の価値の判定とリサイクルの必要性に関するディスカッション）
第６回：グループ調査のまとめと発表資料の作成
第７回：グループプレゼンテーション
第８回：セミナーの感想紹介とレポート作成

セミナーの１回目には受講生の自己紹介と授業の目的を受講生に知ってもらうためのオリエンテーションを行っている．また，受講生を４つのグループに分け，現在行われているリサイクルの問題点を調査する対象を選択させている．グループ調査の対象は，紙，プラスチック，ガラス瓶，自動車等である．これらのグループ調査はセミナーの時間外に行うよう指導している．なお，廃家電や小型家電のリサイクルに関する問題点については，１回目と２回目の座学において担当教員が紹介している．

セミナーの３回目と４回目には実習を行っている．実習では，携帯電話をいくつか用意し，セミナーの３回目において専用のドライバーを用いて携帯電話を分解し，それぞれの部品に分ける作業を行っている．

写真１に携帯電話と分解に用いる専用ドライバーを示す．写真２は，携帯電話の分解手順を説明している様子である．写真３は受講生が分解をしているところ，写真４は分解と部品選別を終えた様子を示したものである．ほとんどの学生が携帯電話を分解した経験がなく，受講生は皆，喜んで分解作業を行っていた．なお，受講生には傷害保険の加入を義務付けているが，怪我をしないよう，十分に注意を与えている．

セミナーの４回目には，蛍光Ｘ線分析装置を用いて，携帯電話を分解して得られた電子基板やバイブレーター，アンテナ，カメラ，液晶等に使われている金属（特にレアメタル）の分析を行っている．また，身近にある金属製品を受講生に持ってこさせ，それがどのような金属でできているかを分析させて，ものづくりに興味を持たせるように工夫している．

写真５は，学生が蛍光Ｘ線分析装置を使って分析している様子である．学生達は，これまで見たことのない装置を使って，迅速かつ簡便に金属の分析ができる

ことに興味を持ち，代わる代わる積極的に装置に触れて分析を行っていた．

写真６に，分析結果の一例として，携帯電話のアンテナの組成分析結果を示す．この結果から，携帯電話のアンテナは，ニッケルとチタンが原子比で１：１の，いわゆる形状記憶合金でできていることが分かる．



写真１　携帯電話と専用ドライバー



写真２　携帯電話の分解手順の説明



写真３　分解作業



写真４　分解と部品選別を終えて



写真５　金属分析の様子

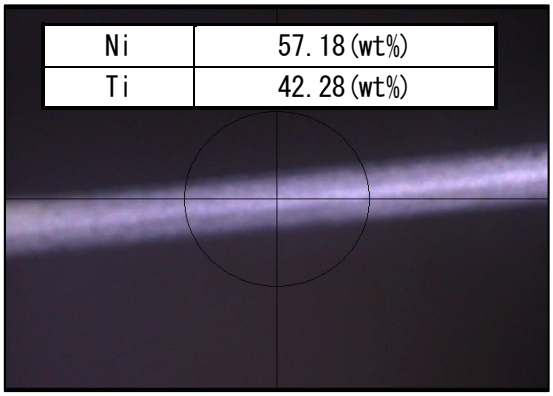


写真６　携帯電話のアンテナの組成分析結果

４．討論および考察

携帯電話に使われている金属の種類と量が分かった段階で，セミナーの５回目に，使われなくなった携帯電話の価値の判定と廃家電や廃小型家電をリサイクルする可否をティベート形式で討論させている．

廃家電のリサイクルの仕方に関するティベートでは，受講生を三つのグループに分け，それぞれのメリットとデメリットを討論している．このときのグループ分けは，次のとおりである．(1) 日本国内でリサイクルするには経費がかかり，消費者から料金を徴収しなけれ

ば成り立たないので，経済原則に任せて廃家電はすべて海外に売る．(2)廃家電の海外流出は，我が国からの資源流出と廃家電が流れた先の国の環境破壊につながるので，廃家電の輸出を法律で禁止し，あくまでも日本国内でリサイクルする．(3)日本国内と同じ環境基準を守る事業者を指定し，海外で適切に処理する．

このティベートを通して，学生は，それぞれのやり方には一長一短があり，国のポリシーやリサイクルのシステム作りの大切さを知ることができる．

図１に，電子基板の分析結果から判明した，使用されている各種金属の重量割合と価格割合を示す．これから電子基板には様々な金属が使われていること，また，「金」の使用量は微量だが，価格的には「金」が圧倒的な割合を占めていることが分かる．

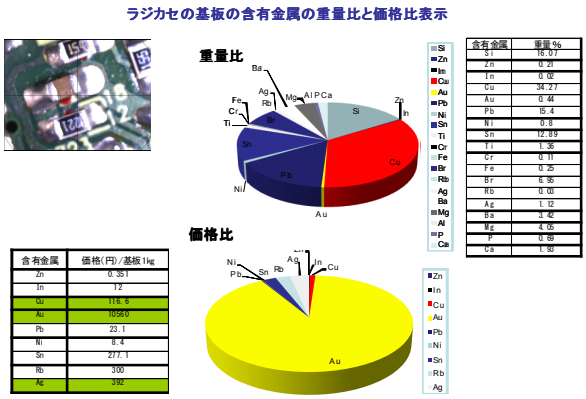


図１　電子基板に使われている各種金属の重量割合と価格割合

小型家電に関しては，例えば携帯電話には「金」やさまざまなレアメタルが使われているとはいえ，１台あたりの原材料の価格は 100 円程度であることが分かる．また，その価格の大部分は「金」の価格であり，多種多様なレアメタルは金額的には回収対象になりにくいことが理解できる．そこで受講生は，「携帯電話は，合計でたった 100 円しかしない様々な金属を加工し，組み合わせて作られている」という，「ものづくり」の素晴らしさを知ると同時に，小型家電をリサイクルし，レアメタルを回収する問題点を知ることができる．

セミナーの６回目と７回目には，家電以外のリサイクルの問題点について，学生達にグループで調査した結果の発表を行わせている．

写真７と８は，そのグループ発表の様子を示したものである．それぞれのグループで各個人がどれほど調査に貢献したかは定かではないが，どのグループも発表にはパワーポイントを使用し，分かりやすい発表を行っていた．



写真７　グループ発表の様子（その１）



写真８　グループ発表の様子（その２）

このグループ発表のディスカッションでは，リサイクルは環境にやさしいと言われているが，それは必ずしも正しくないことに気付き，どういった種類のリサイクルがいいのかを皆で討論するようにしている．また，リサイクルは，技術よりも社会システムや国のポリシーに左右されることが多いことにも気付いてもらうようにしている．

今回のセミナーに関する学生の感想は，以下のようなものであった．

・工学部の工作室に入ったり，分析機器を使うことによって，工学がどういうものであるのかが分かった．
・「ものづくり」に興味を持つようになった．
・携帯電話の分解や元素分析など，二度とできないような経験をすることができて良かった．
・携帯電話には様々なレアメタルが使われていることが分かったが，価格的には金が７割以上を占めているのに驚いた・
・グループで調査することにより，リサイクルについて関心を持つようになった．
・リサイクルにもいろいろな問題があることを知ることができた．