世界の幸せをカタチにする。
Creating Peace & Happiness for the World
Musashino University
武蔵野大学 学術機関リポジトリ
Musashino University Academic Institutional Repository

使用済携帯電話を活用した環境教育

メタデータ	言語: Japanese
	出版者:
	公開日: 2016-10-27
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 髙橋, 和枝, 佐々木, 重邦
	メールアドレス:
	所属:
URL	https://mu.repo.nii.ac.jp/records/281

使用済携帯電話を活用した環境教育

Environmental Education by using discarded mobile phones

髙　橋　和　枝*
TAKAHASHI Kazue

佐々木　重　邦†
SASAKI Shigekuni

1　はじめに

環境教育は、今日、社会で活躍するために、必須であると考えられる。一方、環境問題には、地球温暖化や生物多様性等、様々な側面があるが、資源枯渇によるリスクも重要な課題の一つである。そこで、武蔵野大学大学院環境学研究科では、資源に関するリスクを正しく認識するため、社会・安全・環境と材料の関わりを過去の失敗や事故の事例をもとに理解し、製品を作るために材料がどのように選択されるかを理解することを目標とする「環境材料工学」の授業を行っている。この授業では、材料工学の基礎から、エコマテリアル設計、新規材料、環境影響評価手法等について学んでいるが、その一環として、使用済携帯電話を用いた環境教育を行った。

携帯電話は、国内では2002年に固定電話を上回る加入者数となり、ITU-T [1] の報告によれば、国際的にみても多くの人々が使用する情報通信機器となっている（図１）。言い換えれば、学生にとって、携帯電話は、最もなじみの深い電子機器と言っても過言ではない。しかし携帯電話を構成する部品、基板に金をはじめとする貴金属の他、資源枯渇が懸念されている希少金属が数多く含有されていることはあまり知られていない。そこで、授業では、使用済携帯電話を学生が自ら解体し、さらに資源量やその資源リスクを試算する実習を行った。実習の前に電子機器と資源の関係およびそのリサイクルの課題等を授業で取り上げ、実習後、リサイクルの課題や資源リスクの評価結果についてディスカッションを行った。

学生が参加する形式の環境教育としては、リサイクル工場等の見学の他、本藤ら（2011）により開発された教育用ライフサイクルアセスメント（LCA）ソフトウェアを用いたかばんの中の所持品を評価する実習や、松本（2009）や成田（2009）が提案する携帯電話を題材として、材料の特性を学び、さらに工場見学までを有機的に結び付けた環境教育プログラムがある。しかし、学生が、実際に携帯電話を解体して、リサイクルの課題を見出すといった体験型の授業は知る限り行われていない。解体用サンプルの調達やツールの精度等、まだ課題は残っているが、新たな試みとして提案したい。

*工学部非常勤講師（環境システム学科）　†工学部教授（環境システム学科）

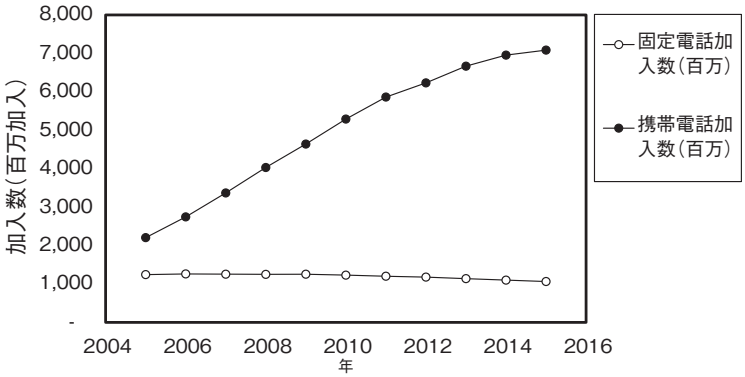

図１　世界の携帯電話・固定電話の加入状況

2　実習の方法

実習の概要を図2に示す。実習の導入部として、実習の主旨、手順について説明した。続いて、使用済携帯電話を解体し、部品別の重量を秤量させた。さらに携帯電話の資源含有量を推定する評価用ツールを用いて、資源含有量を推定させた。評価用ツールは、高橋ら（2009）の文献をもとに、携帯電話部品の資源別濃度データベースを有し、部品の重量を掛け合わせることで個々の資源量を推定するもので新たに作成した。

推定精度を上げるためには、同種の携帯電話のデータを用いることが望ましいが、全ての携帯電話を分析することは困難であるため、できるだけ近い製造年、形態の携帯電話のデータを用いるようにした。さらに、推定した資源量とTMR [2] 指標から、資源リスクを評価し、経済性は、資源量と資源の市場価格から推定した。

図２　実習の概要

3　実習の結果

3.1　携帯電話の解体

携帯電話サンプルは、折り畳み型の携帯電話であり、主に特殊な形状（星形）のドライバーとマイナスドライバーを用いて手解体させた。解体した携帯電話を図3に示す。実習を行った学生は、携帯電話を初めて解体したが、22分間で解体できた。携帯電話の解体手順はリチウム電池を取り外した後、カバー（筐体）のねじをはずし、中の液晶ディスプレイ、基板、スピーカー、モーター等に分解する。このとき、ねじの種類数にも注意するように指導した。また、危険物は特に含まれていないが、カバーを外すときに怪我をしないよう、治具の使用にも注意を喚起した。

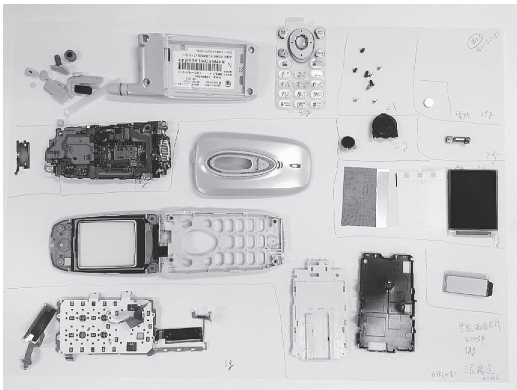

図３　携帯電話の解体例

分解した部品は、主な素材ごとに分類し、さらにその重量をスケールにより測定した。結果を表1に示す。

表１　収集データ

部品		重量（g）	素材
基板		22	混合
フレキシブル基板	フレキ・液晶フレキ	2	金属・プラ
液晶ディスプレイ	液晶（大・小）	6	ガラス・金属・プラ
ねじ	2種類（6+2本）	1.0	鉄
マイク・スピーカー		2.0	ステンレス+プラ
カメラ		0.0	プラ
ボタン電池		0.1	金属
バッテリー		19.0	金属
モーター		1.0	金属
金属		1.0	金属（複数）
プラスチック類	筐体、蓋内側、スイッチ	4.1	プラ
その他		0.0	ダイキャスト
プラ・金属混合		0	金属・プラ
合計		95.1	

3.2　資源含有量の試算と評価結果

評価用ツールを使用して、試算した結果を図4～図6に示す。まず資源の重量は、図4に示したように67%がプラスチックであり、金属等は、約30%であった。さらに、金属の中で多い銅は、19%であり、金は約0.1%であった。

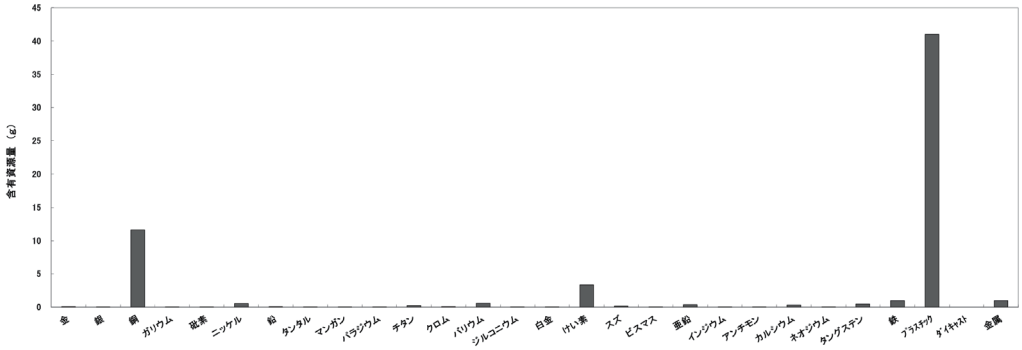

図4　資源量の試算例

TMRで試算した資源リスクの評価結果を図5に示した。図4の資源量とは傾向が異なり、金が全体のTMRの84%を占めており、金の負荷が大きいことがわかった。

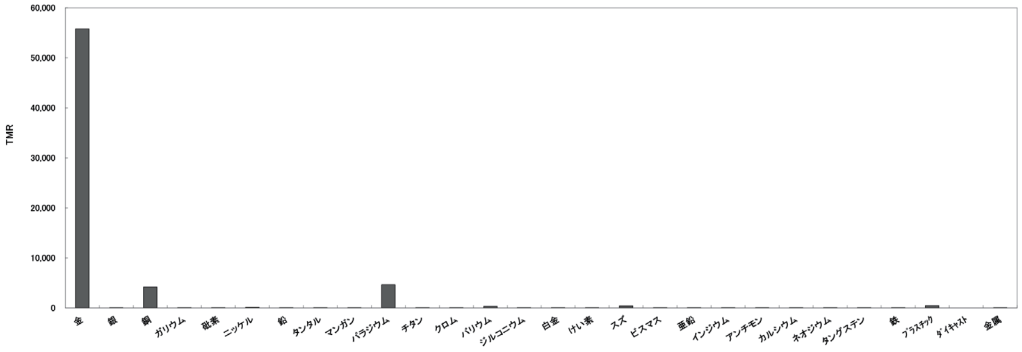

図5　TMR 試算例

さらに経済的な価値を試算した（図6）。資源の経済的価値は、1台あたり130円と試算され、金がその大部分（約90%）を占めていた。現在、この金を回収することが、携帯電話リサイクルの経済的な原動力であると推測される。さらに、推定した資源価格を学生アルバイトの平均時給約1,000円と比較すると、22分間かけて解体していると、資源価格にも見合わないことがわかった。実際には、運搬や管理費などがかかるため、さらに利益は低くなり、手解体による資源回収のみでは、リサイクルのコストに見合わないことが明らかになった。

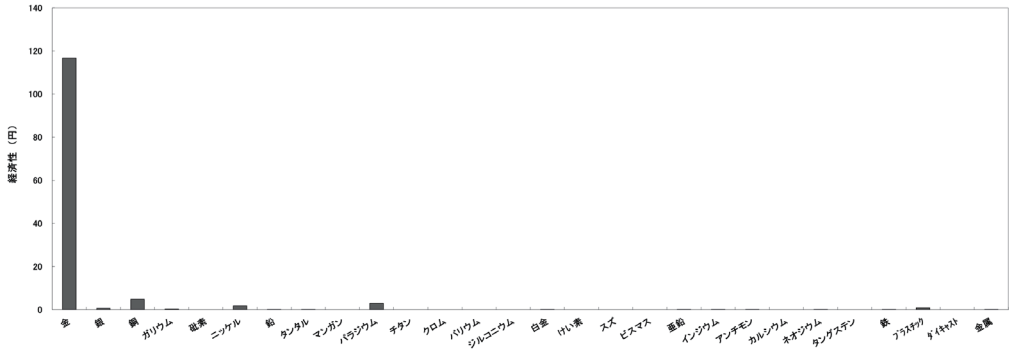

図６　経済的価値の試算例

3.3　携帯電話の環境負荷削減

実習後、学生と教員が一緒に、携帯電話の環境負荷を低減するエコデザインについてディスカッションを行った。携帯電話の一般的なライフサイクルは図7のように考えられるため、各工程における課題と解決策を検討した。下記に主なものを示す。

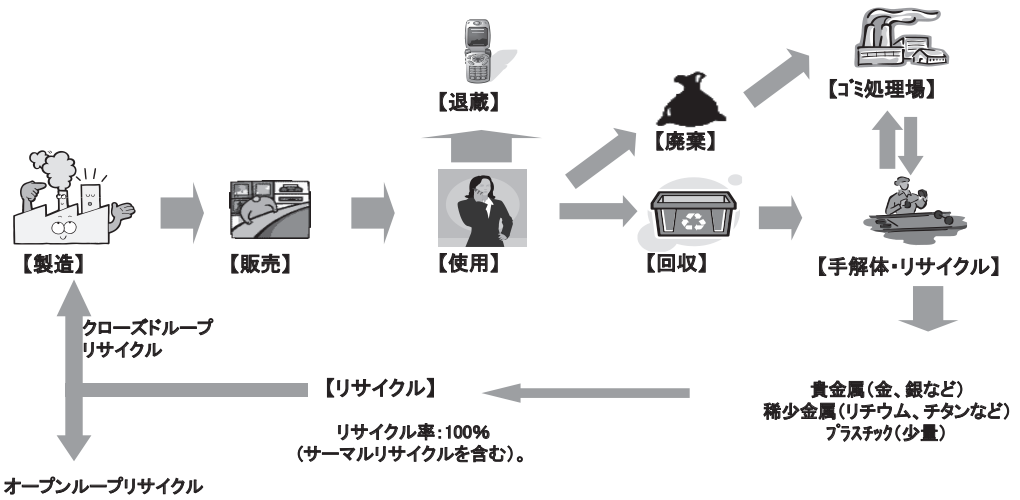

図７　携帯電話のライフサイクル

［製造工程］

・課題①　両面テープで他の部品や基板に接着されているため、分解しにくい部品があった
　　⇒　（検討した解決策　以下、同じ）接着剤による組み立てをやめる
・課題②　多種多様なプラスチック材料が使用されており、分離が難しい
　　⇒　使用するプラスチック材料の種類を減らす
・課題③　ねじが隠れているなど、解体方法が分かりにくい端末があった
　　⇒　取り外すねじの位置を共通化する等、解体が易しいデザインに変更する

・課題④　複数種類のねじがあり、その都度、ドライバーを変えるため時間がかかった
　　⇒　ねじは、できるだけ統一し、種類を少なくする
・課題⑤　材料の表示がプラスチック材料のみであり、金属などは種類がわからない
　　⇒　プラスチック以外の材料名も表示する
・課題⑥　複合材料など、リサイクルしにくい材料が使用されている
　　⇒　材料をできるだけリサイクルしやすい素材に代替する
・課題⑦　レアメタルや貴金属など多くの資源が使われている
　　⇒　小型化により省資源化をさらに図る
・課題⑧　ガラスとプラスチックなど異種の材料が分離できない
　　⇒　素材別に分別がしやすい構造に変更する

[使用段階]

・課題⑨　携帯電話は、機器の寿命よりも早く、数年で廃棄してしまうため、環境負荷が大きい
　　⇒　より長期間使用できるように、後からでも機能を追加できるようにする
・課題⑩　使用段階の負荷は、電力由来であり、さらに低減が必要
　　⇒　機器の省エネルギー化技術の推進。特に待機電力を減らす工夫

[回収・廃棄工程]

・課題⑪　退蔵された携帯電話が資源回収を妨げている
　　⇒　回収量を向上させる施策（買取、デポジット制度等の導入）
・課題⑫　使用済携帯電話から回収されている資源が、貴金属に限られ、コスト的に見合わない資源は、あまり回収されていない
　　⇒　様々な資源を効率よく回収するリサイクル技術の開発

解決策には、現時点では、実現が難しいものが含まれているが、実習を通して、課題を見つけ、自主的に解決策を検討できたことは、評価できると考えている。

4　今後の課題と展望

実習後の方が、携帯電話リサイクルの課題を理解しやすいという意見が学生から得られた。その一方で、実習の準備として、解体用サンプルの入手や、機器の手配に手間がかかることや、実習中の安全面での配慮が必要であるため、実際には、少人数のクラスで実施することが適当である。しかしながら、体験学習による効果は大きいため、実施方法等をさらに工夫し、このような体験型学習は、続けていくことが望ましい。

5　まとめ

環境材料工学の授業に、使用済携帯電話を使用した新たな体験型の授業を行った。その結果、

資源リスクやリサイクルの課題を自らの体験を通じて理解することができた。実施にあたっては、準備や安全面で、さらに工夫が必要であるが、今後も題材等を検討しながら、理解しやすい授業を目指して、継続的に改善に取り組みたい。

用語

[1] ITU-T（International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector）は、国際電気通信連合の一部門で標準化を担当している。情報通信機器やサービスに関連して、「勧告」という形で標準化を行っている。伝送方式や通信機器の規格の統一をはかることを目的としているが、近年では広義の意味で情報通信に関わる標準化にも取り組んでいる。

[2] TMR（Total Material Requirement）は、関与物質総量や環境背後霊等と呼ばれている資源リスクを評価する手法の一つである。対象とする資源を入手するために関与した物質の総量を指標とするもので、下記の式で表される。

$$TMR = \Sigma(\text{直接物質投入量}) + \Sigma(\text{間接物質投入量}) + \Sigma(\text{隠れたフロー量})$$

直接投入物質量および間接投入物質は人の経済行為として、直接または間接に投入された物質の量である。隠れたフロー量は、直接、間接の経済行為に伴う物質以外にその行為に伴って起こる物質の移動やかく乱量を指す。TMR には、採掘に伴う岩石、土石の移動、森林伐採、水系の変化の他、土地の再生や景観保護のために必要な物質等も含まれるため、隠れた環境負荷も示す指標として、国内外で広く利用されている。

引用文献

高橋、中村、小田部、鶴岡、松野、足立（2009）「携帯電話からの資源回収とその経済効果および環境負荷」日本金属学会誌、73, (9), pp.7474-751

独立行政法人　物質・材料研究機構　エコマテリアル研究センター（2006）「NIMS-EMC 材料環境情報データ　No10　関与物質総量（TMR）の算定－資源および工業材料の TMR －」

成田、井上、松本、中村（2009）「携帯電話を題材とした環境教育プログラムの開発」J. LCA J., 5, (3), pp.393-402

本藤、平山、中島、根元（2011）「高度技術社会の環境教育に求められるライフサイクル思考」第 6 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集　C1-20, pp.78-79

松本真哉（2009）「産業技術をテーマとした環境教育プログラム：携帯電話を題材として」J. LCA J., 5, (3), pp.338-343