

パソコンおよび携帯電話の廃棄に伴う重金属の溶出挙動

大同工業大学大学院 学生員 平江 伸浩
大同工業大学 正員 堀内 将人

1. はじめに

近年、パソコンや携帯電話が普及しつづけている。またパソコンのハード・ソフト両面での急速な技術革新や携帯電話のカメラ、高画質、高音質、Web アクセスなどの高機能化に伴い、パソコンや携帯電話の使用から廃棄に至る年数（ライフサイクル）は短くなる一方である。これらの状況から、パソコンや携帯電話の廃棄量は今後しばらくは増加の一途をたどると予想される。図-1は使用済み携帯電話の処理プロセスである。図-1によると半数以上の携帯電話が回収されずに家庭に保存または不燃ごみに出されている。回収されていない携帯電話がそのまま廃棄された時、環境に与える影響は大きいと思われる。

当研究室では昨年度より、パソコン等の電子機器が廃棄処分されることによってどのような環境負荷が生じるのかを、重金属の溶出という観点から評価するため溶出実験を実施している。本研究では、昨年世古ら⁽¹⁾がパソコンの電子部品について実施した溶出実験方法を改良し、パソコンおよび携帯電話の環境負荷に関するさらに多くの情報を得ることを目的とした。さらにパソコン電子部品については模擬降雨を与えるカラム実験を実施し、より現実に近い条件での重金属の溶出挙動を評価した。

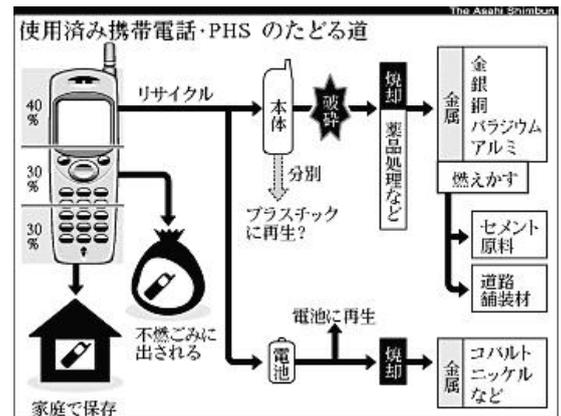


図 1 携帯電話の処理プロセス

2. 振とう溶出実験

2-1 対象としたパソコンおよび実験試料 昨年の実験と同様に NEC PC9801VX を対象パソコンとして取り上げた。基板（はんだの有無で区別）は約 1cm^2 、フレームは約 4cm^2 の大きさに切断し、ROM（プラスチック）はそのままの形状で、コンデンサー（たる型、小）は溶出しやすいように半分に切断したものを用意し、溶出実験に供した。平均重量は基板、フレーム、コンデンサー（小） はんだ（有、無）：約 1g 、コンデンサー（たる型）： 0.88g 、ROM：約 0.92g であった。

2-2 パソコンの実験方法 実験試料と抽出液（pH3, pH7, pH11）を液固比 0.05g/ml で混合したポリ容器を恒温振とう器にセットし、25 で6時間振とう（振とう幅 3cm 、 167rpm ）した。なお3時間経過時に一度振とう器を止め、試料を手でよく振った。6時間振とう後上澄液を 10ml 採取して分析試料とし、同量の抽出液をポリ容器に添加した。18時間放置した後、1日目と同じ振とう実験を実施した。この操作を5日間続けた。ただし4日目、5日目については、長時間溶出が継続すると予想した ROM、コンデンサー（小） はんだ（有）のみ実施した。再現性の確認のため同じ条件の実験を2回行った。溶液中重金属濃度を京都大学原子炉実験所の ICP 質量分析器（YOKOGAWA, HP-4500）を用いて測定した。測定元素は Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Cd, Sb, Pb の11元素である。

2-3 対象とした携帯電話および実験試料 NTT DOCOMO P501i を対象携帯電話として取り上げた。基板（はんだ有のみ）は約 1cm^2 、フレームは約 4cm^2 の大きさに切断し、ROM（プラスチック）はそのままの形状で、液晶は溶出しやすいように半分に切断し電池は溶出しやすいように穴を開けたものを用意し、溶出実験に供した。平均重量はフレーム、はんだ、ROM（プラスチック）：約 1g 、液晶画面： 4.98g 、電池パック： 15.4g であった。

2-4 携帯電話の実験方法 実験方法、分析項目はパソコンと同じである。ただし電池パックの液固比は 0.1g/ml とし、実験日数を3日間とした。

キーワード パソコン、携帯電話、廃棄物、振とう溶出実験、カラム溶出実験、重金属

連絡先 〒457-8532 名古屋市南区白水町40 大同工業大学工学部都市環境デザイン学科 TEL052-612-5571

3. カラム溶出実験

パソコン電子部品の溶出実験において、重金属が高濃度で溶出した ROM とはんだ（有）を、そのままの形状でカラム溶出実験に供した。平均重量は 5g とし、内径 2.6cm のガラスカラムにガラスビーズを 1.5cm 敷き、その上にこれらの試料を入れ模擬酸性雨（pH4.6）で湛水状態にした上で、上部より模擬酸性雨を 10ml/h の速度で滴下した。流出液を約 15ml ずつ分取し分析に供した。

4. 実験結果および考察

抽出液 pH、電子部品ごとに 11 元素の溶出濃度を整理し、比較検討した。結果の一部を図 - 2,3 に示す。抽出液 pH の違いにより重金属の溶出量に大きな差が見られ、ほとんどの部品で重金属の溶出が高濃度で検出されたのは溶出液 pH3 の場合であった。特に溶出濃度が高く検出された重金属は Pb であり、多くの部品で水質環境基準を大きく上まわった。電子部品ではパソコン、携帯電話共に ROM とはんだ（有）で特に高い溶出濃度が検出された。3~5 日間の振とう溶出期間を通じてほぼ同程度の Pb が溶出しつづけた。ROM の Ni でも溶出液 pH3 場合、高濃度の溶出が見られ、溶出期間が 1~5 日間と長くなるにつれて溶出濃度が上昇していく結果が得られた。結果を図 - 4 に示す。

カラム溶出実験での流出液中 Pb 濃度の変化を図 - 5 に示す。図より、Pb はある程度降雨が継続した後に溶出し始めることがわかる。流出液中 Pb 濃度は水質環境基準値の 5000 倍~8000 倍という高い濃度である。Cu も同様の溶出特性が得られたが、溶出濃度は低濃度であった。他では Sb が旧指針値の 10 倍~50 倍程度の濃度で溶出実験中溶出し続けていた。他に高濃度で溶出した重金属はなかった。液晶ではとくに高濃度で溶出された元素はなかったが、液晶はリサイクルされずに廃棄されている可能性が高いため、どのような化学物質が溶出するかさらに詳しく調査する必要がある。近年はんだを使用しない基板が開発されているが、すでに Pb を含んだはんだは多くの製品で利用されているため、今後リサイクルにさらに力を入れていくべきであろう。

5. おわりに

本研究では、昨年の結果と比較するために古いパソコンを選定したが、今後はもっと新しいパソコンをも検討対象とする予定である。カラム実験に関しては、同じ電子部品を用いて、約 10 年分降雨を与える実験を継続している。今後検討対象とする電子部品の種類を増やすと共に、携帯電話の電子部品についてもカラム実験を行い、重金属の溶出挙動に関する知見を広げる予定である。

参考文献 1)世古ら、平成 14 年度土木学会全国大会講演会概要集 部門、pp139-140 (2002) 2)朝日新聞社 <http://www.asahi.com/life/recycle/020625a.html>

謝辞 分析でご協力頂いた京都大学原子炉実験所の西牧研社教授、福谷哲助手に感謝の意を表します。

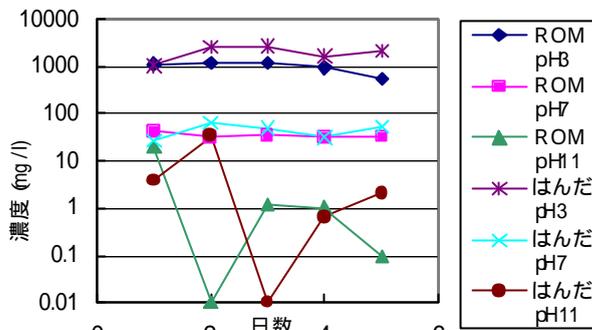


図-2 パソコン振とう溶出実験結果 ROM はんだ(有) Pb

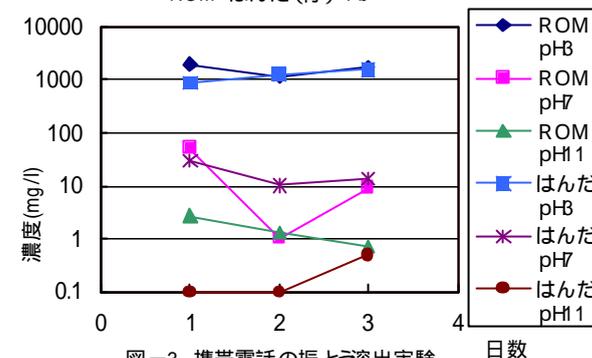


図-3 携帯電話の振とう溶出実験 ROM はんだ(有) Pb

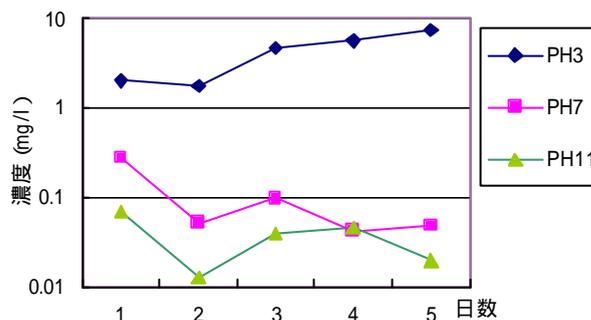


図-4 パソコン振とう溶出実験結果 ROM Ni

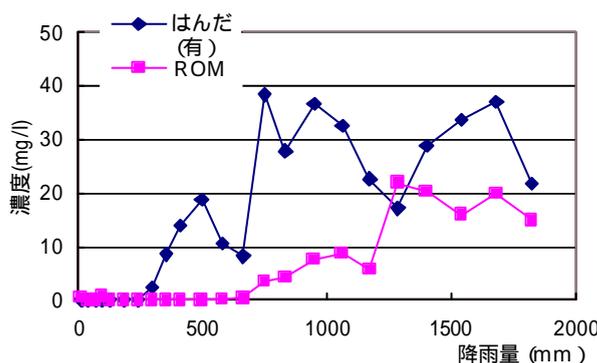


図-5 カラム溶出実験 Pb