

## 福岡県における使用済み蛍光管からのレアアースリサイクルの取り組み

○ (公) 梶原佑介<sup>1)</sup>、(公) 永野英男<sup>1)</sup>、(公) 中村裕康<sup>1)</sup>  
1) (財)福岡県リサイクル総合研究センター

### 1. はじめに

近年、良く耳にするレアアース(希土類)は微量でも他の金属に混ぜると、磁力や耐熱性等を飛躍的に向上させるため「産業のビタミン」と呼ばれている。レアアースの用途は幅広く、永久磁石・ガラス研磨剤・触媒・蛍光体等に使用され、日本のハイテク産業には不可欠な金属資源となっている。

レアアースは1990年代半ばまではアメリカが主な生産国となっていた。ところが、1992年以降中国のレアアースの安値攻勢により、他の生産地が市場から次々と撤退していった。その結果、今では中国が世界の生産量の97%を占めるに至った。また、2000年代に入ると、中国政府は資源保護・内需優先政策を実施し、レアアースの生産・輸出を国策としてコントロールするようになった。そして、2010年7月の中国の2010年第2期レアアース輸出枠の公表以来、供給問題が世界を翻弄し、レアアースの需給・価格動向に多大な影響を及ぼすこととなった。こうした中、世界の様々な地域で過去に閉山した鉱山の再開や新しい供給源の開拓が進められるようになった。しかし、現在、開発対象となっている鉱床は軽希土類を主体としたものが多く、中重希土類の供給は中国に頼らざるを得ない状況である。

我が国においては、国内に有望な鉱床は見つかっていないこともあり、国策としてレアメタル等の確保を目指し4つの柱、①海外資源確保の推進、②代替材料等の開発、③リサイクルの推進、④レアメタルの備蓄、の強化を掲げている。福岡県においては、2009年2月に「福岡ニューディール」計画を発表し、この中で、レアメタルの安定確保と資源循環型社会を構築することを目指している。福岡県の外郭団体である「財団法人福岡県環境保全公社 リサイクル総合研究センター」では、福岡県の政策に則り、レアメタルリサイクル推進事業に取り組んでいる。2010年7月には、蛍光管に含まれるレアアースに着目し、産学官で構成される「レアアースリサイクル研究会」を立ち上げ、使用済み蛍光管からのレアアースリサイクルの事業化可能性について議論し、事業化の可能性を見出した。2011年10月には「使用済み蛍光管からのレアアースリサイクル事業化共同プロジェクト」を立ち上げ、関係各社による技術的検討の結果、2012年3月に事業化に着手した。本報告では、福岡県における「使用済み蛍光管からのレアアースリサイクル」の取り組みについて報告する。

### 2. 蛍光管とレアアース及び水銀

蛍光管の両端には電極があり、そこに電圧をかけると放電が起こり熱電子が管内に放出される。放出された熱電子が管内の水銀原子に衝突すると紫外線が放出され、その紫外線が管内表面に塗布されている蛍光体に衝突すると可視光が放出される。蛍光管に使われる蛍光体にはハロゲン蛍光体と三波長蛍光体がある。ハロゲン蛍光体は、 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{F}, \text{Cl})_2 \cdot \text{Sb}^{3+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ のハロリン酸カルシウムで構成される。三波長蛍光体は、 $\text{Y}_2\text{O}_3 \cdot \text{Eu}^{3+}$ など赤色蛍光体、 $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17} \cdot \text{Eu}^{2+}$ など青色蛍光体、 $\text{LaPo}_4 \cdot \text{Tb}^{3+}$ 、 $\text{Ce}^{3+}$ など緑色蛍光体の混合物で構成される<sup>1)</sup>。両者の出す光は同じ可視光でも平均演色評価数(自然光を100とした場合の色のズレを示す)が違い、三波長蛍光体の方がより自然光に近い。また、三波長蛍光体の方が全光束(明るさ)も高い。但し、前述の化学組成を見ても分かるように、構成元素にレアアースが含まれているのでハロゲン蛍光体に比べて高価である。三波長蛍光体の中にはイットリウム(Y)・セリウム(Ce)・ランタン(La)・ユーロピウム(Eu)・テルビウム(Tb)の5種類のレアアースが使われており、特に、イットリウム・ユーロピウム及びテルビウムは中重希土類に分類され、その埋蔵量は中国に偏在していることもあり、貴重な元素であると考えられる。

一方で、環境負荷の大きい水銀は、蛍光管に使われる量の削減はされてきたが現在もなお不可欠な構成物質である。国連環境計画(UNEP)では2001年から地球規模の水銀汚染に係る活動を開始し、2009年の第25回管理理事会において、水銀によるリスク削減のための法的拘束力のある文書(条約)を2013年に制定すること、そのための政府間交渉委員会を設置し、2013年までに取りまとめを目指すことが合意された。政府間交渉委員会においては、①水銀供給の削減と環境上適正な保管能力の強化、②製品及び工程中の水銀需要の削減、③水銀の国際貿易の削減、④水銀の大気放出の削減、⑤水銀含有廃棄物及び汚染サイト回復に関する取り組み、⑥途上国への技術・資金支援、普及啓発などが検討され、条約の条文案について議論が進められている<sup>2)</sup>。

### 3. 研究会・プロジェクトの概要

#### (1) レアアースリサイクル研究会

本研究会では、三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社へ事業化可能性調査を委託し、その調査結果を基に、産

---

【連絡先】〒808-0135 福岡県北九州市若松区ひびきの2番1号 産学連携センタービル4階  
(財)福岡県リサイクル総合研究センター 梶原佑介 Tel: 093-695-3069 FAX: 093-695-3066  
e-mail: kajihara@recycle-ken.or.jp

【キーワード】蛍光管、蛍光体、レアアース、水銀、リサイクル

学官のメンバーで構成される研究会を3回開催し意見交換を行った。その結果、以下のような考察を得て事業化の可能性を見出した。①照明分野では、日本では、省エネの観点からLED照明が注目されているが、世界的にみると、まずは白熱電球から蛍光灯への切り替えが進むとみられる。特にエネルギー効率のよい三波長蛍光灯の需要が増加するとみられる。②近年のレアアース価格高騰のため、新規鉱山開発等が急がれているが、イットリウム・ユーロビウム及びテルビウムについては中国依存からの脱却は困難であると見られ、これらの元素が含有されている使用済み蛍光灯は重要なリサイクル資源と考えられる。③現在、国内で適正に回収処理されている使用済み蛍光灯は約3割と見られる。その中でもレアアースの回収まで行われているのはほんの一部であり、適正処理及び廃蛍光体の回収技術の向上により国内におけるレアアースの調達が可能となる。また、適正処理の向上による環境負荷の低減も重要である。

## (2) 使用済み蛍光灯からのレアアースリサイクル事業化共同プロジェクト

上記研究会の検討を受けて、翌年、事業化を目指したプロジェクトが始まった。本プロジェクトにおける課題は、使用済み蛍光灯の回収量増加の検討、その中に含まれる廃蛍光体の効率的な回収方法の検討、不純物を含む廃蛍光体の高品位化の検討、廃蛍光体からのレアアースの溶解・抽出・精製の検討等である。図1に本プロジェクトの体制図を示す。使用済み蛍光灯の回収及びその蛍光灯からの廃蛍光体の効率的な回収については㈱ジェイ・リライツが、回収された廃蛍光体の高品位化については九州大学の平島教授が、回収された廃蛍光体からのレアアースの効率的な回収等については日本イットリウム㈱が主導で技術開発を行った。

㈱ジェイ・リライツでは、使用済み蛍光灯の回収量アップのため、未分別回収自治体への働きかけを行った。また、現在回収される各種廃蛍光体のマテリアルバランスを調査した。その他、水銀除去の最適化等を検討し、廃蛍光体の安定的な供給体制を整えた。九州大学では、廃蛍光体に含まれる不純物を効率的に除去するために、各種選別装置を用いて効率的に不純物を除去できる方法を検討した。日本イットリウム㈱では、廃蛍光体に含まれる各種不純物の効率的な除去方法を検討し、大幅なコスト削減技術を可能とするとともに、レアアースの回収量増加に貢献する技術を開発した。その結果、平成23年3月に㈱ジェイ・リライツと日本イットリウム㈱の間で廃蛍光体の取引契約が成立し、使用済み蛍光灯からのレアアースリサイクルの事業化が一步前進した。

業化が一步前進した。

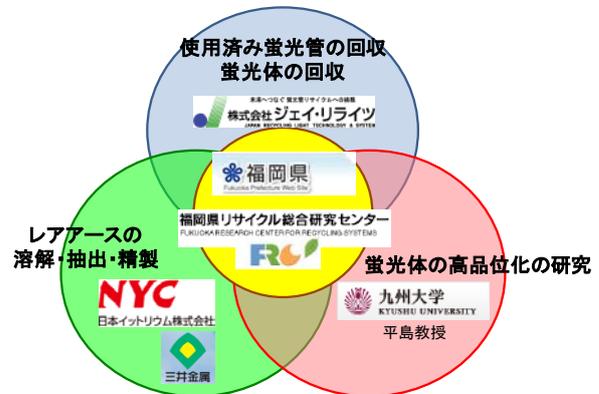


図1 プロジェクト体制図

## 4. まとめ

使用済み蛍光灯から回収した廃蛍光体からレアアースを抽出し、市場へ供給するというシステムの確立をもって事業化は成立したが、今後、レアアースの価格が暴落する可能性も否定できない。そのような状況に陥っても、このリサイクルシステムが簡単に崩れないようにするためにもこのシステムをより堅固なものにしておく必要がある。そのためには事業規模を大きくするとともにリサイクルの効率性を向上させ事業の安定化を図る必要がある。その方法として、まずこのシステムの入口の強化が挙げられる。入り口とは、使用済み蛍光灯の回収量を上げることである。前述した通り、現在、国内で蛍光灯処理業者が適正に回収処理している量は約3割に過ぎない。この問題を解決するためにも、資源確保・環境保護の観点からより一層の公共的な啓発活動が必要と考えられる。また、2013年には、UNEPによる水銀のリスク削減のための条約の制定が計画されており、使用済み蛍光灯の適正処理の機運が期待される。

入口に加えて出口の強化も重要課題である。ここで言う出口とは、抽出されたレアアースの安定的な販路の確立である。理論的には、廃蛍光体から回収された5つのレアアースは、再び蛍光灯用の蛍光体に戻して使うことができる。但し、蛍光体に戻すには蛍光灯メーカーの品質要求を満たす必要がありさらに検討を重ねる必要がある。

使用済み蛍光灯からの廃蛍光体の回収方法や廃蛍光体からのレアアースの回収技術についてはこれまでも検討されてきたが、まだまだ開発の余地は残る。未だ事業として経済的にリサイクルされている廃蛍光体は高品位なものに限られている。現在、国内で回収されるほとんどの廃蛍光体は低品位なものである。これらをより高品位なものとして回収するとともに、多少品位が低くとも経済性をもって回収できる技術の開発が必要である。

## 参考文献

- 1) 環境省：水銀条約制定に向けた国際的議論の動向 <http://www.env.go.jp/chemi/tmms/seminar/kokusai/mat01.pdf>
- 2) 谷口彰敏：蛍光体の基礎及び用途別最新動向，株式会社情報機構，12-13（2007）

## 謝辞

本事業は、平成22～23年度福岡県リサイクル総合研究センターレアメタルリサイクル推進事業により実施したものである。ここに関係者各位に謝意を表します。