

## 技術ノート

## 超音波洗浄装置を用いた廃蛍光管ガラスからの水銀の除去

Removal of mercury from a waste fluorescent lamp with ultrasonic cleaning

永井明良<sup>\*1)</sup> 木崎 勝<sup>\*1)</sup> 榎本 博<sup>\*1)</sup> 栗原秀樹<sup>\*2)</sup> 伊瀬洋昭<sup>\*3)</sup>  
 加藤光吉<sup>\*4)</sup> 長谷川徳慶<sup>\*4)</sup> 小坂幸夫<sup>\*5)</sup>

## 1. はじめに

廃蛍光管は年間約4億本ともいわれ、その大部分が破碎して埋設処理されている。この方法は、蛍光管に含まれる水銀により土壌汚染を引き起こす可能性がある。また、循環型社会形成からは、ガラス資源などの回収が強く望まれており、ガラス片に付着した水銀の除去が不可欠となっている。本研究では、ガラス片の再資源化を推進するため、効果的で安価な水銀除去方法を検討し、この方法を用いた廃蛍光管処理技術を開発して、社会的要請に積極的に対応する。具体的には、超音波洗浄技術を用いて破碎した廃蛍光管のガラス片に付着した蛍光体や水銀等の除去を行うことを目的とした。

## 2. 実験方法

## 2.1 超音波洗浄装置の試作

洗浄装置は、次のような仕様で製作し、その外観を図1に示す。

試作装置は、水槽、超音波発信器、回転かご、制御装置及びろ過装置で構成している。

回転かごは、廃蛍光管のガラス片が回転時にかごの上部に運ばれると散乱し落下するように、かご内にひれを設けた。回転数は、モーターを使用して1分間に2～40回転の制御が可能である。

ろ過装置は、洗浄時に水槽内に浮遊する水銀粒と蛍光粉を除去するためのものである。フィルターは浮遊物の97%が除去できるメッシュ約5 $\mu$ mを用いている。

## 洗浄装置の仕様一覧

超音波発生出力	600W 27kHz
回転かご	直径23cm×幅24cm
かごの目	1mm角及び4mm角
洗浄槽	40×45×60cm 実用容量約80 $\ell$
かごの回転数	最大40回転/分
ろ過装置	ろ過膜寸法約30×40cm

\*1) 電気応用技術グループ

\*2) 電気応用技術グループ(現企画普及課)

\*3) 企画普及課

\*4) 計測応用技術グループ

\*5) 精資源環境技術グループ



図1 試作装置の外観

## 2.2 試作装置水槽内の超音波強度測定

水槽内のどの位置にガラスを存在させれば洗浄効果が高まるのかを調査するために、かごを取り外した状態で、水槽内の超音波強度の分布を測定した。

超音波強度分布の測定は、アルミホイルがキャピテーションで破壊される性質を利用し、場所・洗浄時間等を変化して行った。

また別の方法として、各部分の超音波強度を水中マイクを用いて測定した。さらに回転かごのかご目(一種の障害物)による超音波の減衰測定をかご目サイズ4mmのもの1mmのものについて行うこととした。

## 2.3 試作超音波洗浄装置による廃蛍光管ガラス片の洗浄効果の測定

回転かごは2.2の超音波強度分布測定の結果をもとに、かごの取付け位置等や回転数を設定した。この条件で廃蛍光管ガラス片を洗浄したときのガラス片に付着している水銀量の測定を行った。洗浄は、ガラス片を 粒度約1～5 $\mu$ m・総量50g一定とし、洗浄時間を3分から120分までの範囲の中で選定した。

## 3. 実験結果

## 3.1 アルミホイルを用いた強度分布の測定

水槽内部の超音波強度分布を測定するため、回転かごを取り外して厚さ約15 $\mu$ m・縦約30cm・横約40cmのアルミホイルを張った。キャピテーションの強い部分は、図2から超音波発生装置のすぐ前面ではなく約10cm程度離れた場所に発生することがわかった。したがって、廃蛍光管ガラス片をこの位置に存在させるように実験装置の各部を調整させれば、効果的な洗浄効果が期待できる

ことが推定できた。



図2 水槽側面からみた超音波強度の分布

### 3.2 マイクロホンを用いた音圧分布の測定

アルミホイルを用いた結果をもとに回転かごを外した状態で、水槽内にマイクロホンを設置し、音圧分布を測定した結果を図3に示す。音圧が強弱と波うっているのは、波長の影響から生じているためである。

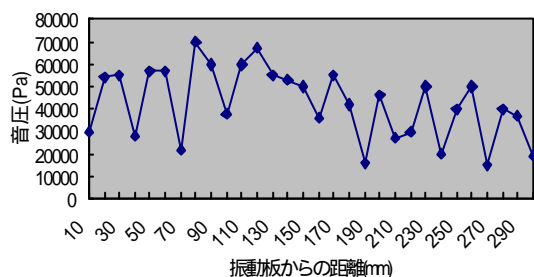


図3 水槽内部の超音波音圧分布

図2と図3より振動板からの距離が80~120mmの範囲が音圧の強い部分であることが判明した。この範囲にガラス片を存在させるよう洗浄かごを設定すれば効果的な洗浄効果が期待できる。

### 3.3 試作超音波洗浄装置による廃蛍光管ガラス片の洗浄効果

水槽内の超音波の強度が強い部分にガラス片を存在させるために、回転かごは、超音波発信子の振動面から回転かごの中心までの距離を13cmに設定し、回転方向・回転数を時計方向毎分12回転とした。

#### 3.3.1 かごによる超音波の減衰

かご目は超音波的には障害物であり、その影響を明らかにするため、蛍光体が付着した蛍光管の輪切り状のもの及び破片等を洗浄して目視にて観察した。

4ミリ角のかごを用いたときの洗浄結果の一部を図4に示す。洗浄後の状態を目視した結果では、明らかにか



かご有り かご無し  
図4 回転かごの有無による洗浄の違い

ご有りの方が洗浄されていないことが確認できた。

さらにかごの中の音圧測定では、次の結果を得た。

かご目サイズが4mm の場合は音圧の最大値は26,000Paとなり、かご目サイズが1mm の場合は、かごの中の音圧の最大値は7,000Paまで低下することがわかった。かごがない状態(図3)と比較すると音圧は、かご目サイズ4mm の場合半分以下になり、1mm の場合はさらにその3分の1以下に減衰してしまうことが確認された。しかし、昨年度ピーカー実験で使用していた200W(37kHz)の超音波洗浄装置では、かご目サイズ4mm のかごを使用しても音圧の減衰が生じていなかった。

試作装置における音圧減衰が大きい原因は、振動子の大型化(600W)により、波長が長くなり周波数が27kHzと低くなる特性のため、障害物による減衰の影響が著しくなったためと推定される。

以上の結果から、確実に洗浄する為には、時間を長めに設定するか、かご目を大きくする等の洗浄条件を考慮することが必要である。

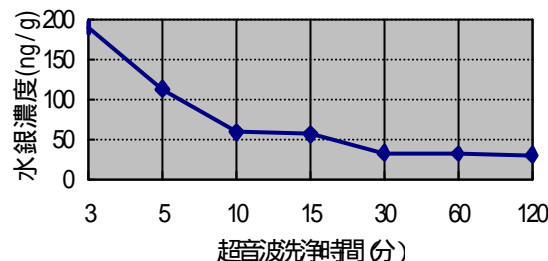


図5 洗浄後のガラス片に付着している水銀量

#### 3.3.2 試作超音波洗浄装置による洗浄

洗浄後のサンプルを採取し、ガラス片に付着している水銀量の分析した。結果を図5に示す。ただし、洗浄前の付着水銀量は、約250ppbである。

ガラス片の残存水銀量は、図5から約30分程度で約30ppb台の安定した量となる。この結果、洗浄時間は、極端に長めに設定しても効果が上がらないものと考えられる。なお、水銀付着量のミニマム値については、30ppb台となり昨年度の60ppb台よりもさらに低下することができた。

### 4. まとめ

装置規模を大きくしていくと、超音波発信装置も大きくなり周波数が低下し、かご目を通る超音波の減衰が大きくなる。したがって、装置を大型化しても超音波発信周波数を低下させない発信器の組み合わせの工夫や、かご目を大きくする等の洗浄条件を考慮する等の工夫が必要である。

廃蛍光管のガラス片は、一回の洗浄で水銀30ppbオーダーまで除去できたが、水中の微細な蛍光粉や水銀のガラスへの再付着を除去するために、更に1~2回の洗浄を行えば、洗浄効果は更に向上すると予想される。

(原稿受付 平成12年8月1日)