

## 放射線管理区域内での廃棄物低減を目的とした 使用済み蛍光灯破碎作業について

(株)ジェイテック 飯田 健嗣、佐々木 崇文  
ケンブリッジフィルターコーポレーション(株) 成田 祐也  
エステック(株) 森山 武史  
日本原燃(株) 岩間 武彦



再処理施設の放射線管理区域内で使用されている照明器具のうち、使用済み蛍光灯は汚染の有無を判断できないことから放射線管理区域内で保管されており、保管スペースを圧迫している。そこで、放射線管理区域内で使用済み蛍光灯を破碎する装置を開発し、この装置を用いて使用済み蛍光灯の破碎・減容作業を行った。これによって大幅に廃棄物容量低減に貢献した。

本稿では、2023年の日本保全学会[1]にて発表したこれらの取り組みについて紹介する。

キーワード：放射線管理区域、使用済み蛍光灯、産業廃棄物、容量低減

### 1. はじめに

再処理施設 放射線管理区域(以下、管理区域)内で使用されている照明器具のうち使用済み蛍光灯(以下、蛍光灯)は、約 1,000 本/月と大量に発生し、管理区域内に保管されている。蛍光灯は、使用履歴および設置状況の記録等により汚染がないことを判断できないことから、放射性廃棄物でない廃棄物の条件を満たすことができない。そのため、管理区域外に搬出し、産業廃棄物として処分することができず、管理区域内で保管管理する必要がある。そこで、廃棄物の容量低減を目的とし、蛍光灯を破碎する方法を検討した。

管理区域内で廃棄物を保管する際には分別区分を考慮する必要があり、また蛍光灯破碎時に発生する破碎粉や蛍光灯内部に封入されている水銀ガスの適切な処理方法についての問題を解決しなければならない。

本稿は、蛍光灯を破碎し廃棄物の容量低減を可能とした装置の開発・導入内容について報告する。

### 2. 管理区域で蛍光灯を減容する装置の開発

#### 2.1 蛍光灯の減容

管理区域内で蛍光灯を保管廃棄する方法として、ドラム缶やボックスパレットに収納・保管する方法がある。

ドラム缶(JISZ 1600)に 40 W 形以上の蛍光灯を直接収納する場合、管長が長いので蓋をすることができない。また、ボックスパレットも同様に管長の影響でボックスパレットの対角線上に収納することとなり、大量のボックスパレットが必要になる。そのため、管理区域内で使用した蛍光灯は、段ボールに収納し日本原燃(株) 指定場所に保管している。その結果、年月が経過するにつれて、管理区域のスペースを圧迫する事態となった。

上記より、蛍光灯の破碎・減容が可能な可搬式・安価で取り扱いが用意な蛍光灯破碎装置の導入を検討した。

## 2.2 蛍光灯破碎ユニットの導入

導入にあたり、蛍光灯破碎に使用する破碎機、破碎時に発生する破碎粉および水銀ガスを除去する活性炭フィルタユニット、ブロワーとして吸引に使用する局所排風機をフレキダクトで接続した蛍光灯破碎ユニットの製作を計画した。

なお、局所排風機には管理区域で通常配備されている機器を使用することとして計画した(図1参照)。

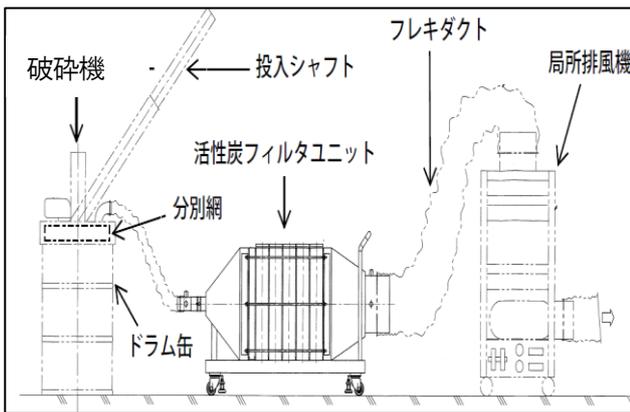


図1 蛍光灯破碎ユニット概略図

破碎機は、蛍光灯破碎ユニットを複数の建屋に搬出入することを前提として、エステック(株)で製造・販売されている可搬式のランプクラッシャー CFR 型を当社の仕様に合わせて改造したものを使用した(図2参照)。



図2 破碎機外観(40W形用投入シャフト取り付け時)

破碎方法は、蛍光灯をシャフトに投入し破碎機内の回転ブレードで破碎し、破碎粉をドラム缶に落下させるものである。更に、約1,000本/月と大量に発生する蛍光灯の

破碎処理のために、破碎機は40W形直管蛍光灯(φ40mm)を4本同時に処理可能なものとした。

しかし、導入にあたり、以下2点の懸案事項があった。

- (1) 既製品の投入シャフト(700mm)は40W形の蛍光灯(1,198mm)対応のため、管長の長い110W形の蛍光灯(2,367mm)を投入すると、シャフトから蛍光灯およびガラス片が跳ね返るおそれがあるため、作業員がケガをする危険性が高い。
- (2) 蛍光灯は両端の口金とガラスの蛍光管で構成されている。管理区域内で廃棄物を保管管理する場合は、金属とガラスくずに分別が必要となるが、破碎された蛍光灯は、そのままドラム缶に落下するため、ガラスくずと金属くずが混在する。

そこで、上記2点を踏まえて、メーカーと共同で破碎機の検討・製作・検証した。

- (1) 110W形の蛍光灯に対応するため、専用の投入シャフト(1,600mm)を製作した。これにより、蛍光灯およびガラス片の飛散がなくなり、安全性を確保した作業が可能となった(図3参照)。
- (2) ホッパーの出口に電動ふるい機搭載の分別網を設けた(図4参照)。これにより、ガラスくずと金属くずの分別が可能となった。また、常時稼働の電動ふるい機により、破碎粉による分別網の目詰まりを防止するため、作業を止めずに破碎作業を進めることが可能となった。以上を踏まえ、製作・検証した結果、10W形、40W形、110W形の蛍光灯に対応し、管理区域内の制限に対応可能な破碎機として導入することができた。



図3 破碎機外観(110W形用投入シャフト取り付け時)



### 2.3 蛍光灯に含まれる水銀ガスの処理

蛍光灯内部には微量の水銀ガスが封入されている。破碎機で蛍光灯を破碎する際、水銀ガスが放出されるため、労働安全衛生法で定められた水銀の作業空間の作業管理濃度基準(0.025 mg/m<sup>3</sup>)以内に抑えて作業しなければならない。そのため、破碎機に水銀ガスを吸着させるための活性炭フィルタユニットを接続することとした。

蛍光灯 1 本あたりに含まれる水銀ガスの含有量は約 6 ~ 10 mg/本[2]であるが、生産年やメーカーによる個体差を考慮し、平均に 8 mg/本 含まれると仮定し、また、局所排風機を含め可搬型であること、排気出口の水銀ガスは作業管理濃度(0.025 mg/m<sup>3</sup>)未満であることを設計条件とした。

局所排風機の実機理由は、HEPA フィルタを内蔵しており、活性炭フィルタで破碎粉および水銀ガスを吸着させる動力として必要なスペックを有しているため、有効利用しコスト低減を考慮した結果である。

活性炭フィルタの設計要素の一つとして、活性炭の充填体積あたりの通風量を示す空間速度(SV 値)がある。活性炭フィルタのガス除去効率は、主に対象ガスと活性炭の接触時間によって決まるため、局所排風機の実機(流量/静圧)から、可搬型として許容できる活性炭フィルタのサイズを選定し設計を行った。以下、設計にあたって、考慮した点を 2 点例示する。

- (1) 例として空間速度(SV 値)を小さくすると、対象ガスと活性炭の接触時間が長くなるため除去効率が上昇し圧力損失が低下するが、一方で処理できる流量が低下することで、入口ガス濃度が上昇する。
- (2) 反対に、空間速度(SV 値)を大きくすると、除去効率は低下し圧力損失が上昇する一方で、処理できる流量が上昇することで、入口ガス濃度が低下する。

その他、活性炭フィルタの形状や充填体積、寿命、許容できる入口ガス濃度等、複数要因を同時に考慮する必要

があるが、これらを総合的に勘案、成立性を検証し、表 1 の通り決定した。

表 1 設計諸元

通気断面積	0.28 m <sup>2</sup>
活性炭層厚さ	0.458 m
処理流量	4.2 m <sup>3</sup> /min
圧力損失	0.93 kPa
入口ガス濃度	2.0 mg/m <sup>3</sup>
ガス除去率	98.75 %

また、活性炭フィルタは、運搬・据付交換・廃棄処理等が容易にできるように、5 層に分割したカートリッジ式を採用した。また、1 次側に粗塵除去用のプレフィルタを設置し、6 層式の活性炭フィルタユニット(図 5 参照)とし、蛍光灯破碎時に発生する水銀ガスおよび破碎粉は、活性炭フィルタユニット内のプレフィルタと活性炭フィルタにて吸着させ、更に局所排風機付属の HEPA フィルタで吸着させる設計とした。

蛍光灯破碎時は、作業空間でガス検知器を使用し、作業管理濃度(0.025 mg/m<sup>3</sup>)未満であることを確認しながら作業を実施した。

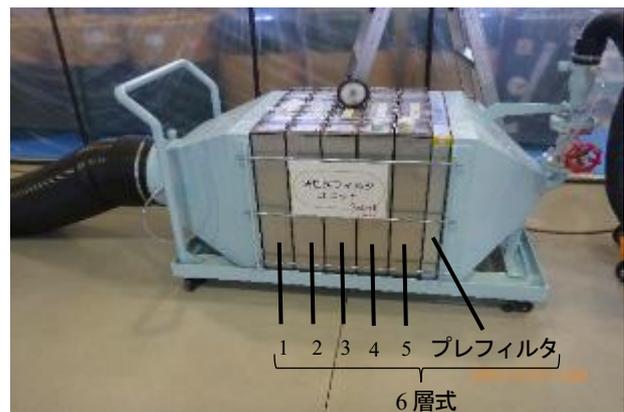


図 5 活性炭フィルタユニットの外観

### 3. 蛍光灯破碎ユニット導入後の実績

当社では、2013 年に蛍光灯破碎ユニット(図 6 参照)を導入した。日本原燃(株) 再処理工場の管理区域内においてグリーンハウスを設置し、作業管理濃度(0.025 mg/m<sup>3</sup>)未満かつ安全を確保した上で、2023 年 3 月末までに合計で約 116,000 本の蛍光灯減容作業を実施した。(表 2 参照)



図6 蛍光灯破碎ユニットの外観

表2 蛍光灯減容実績

2013 年度	32,453 本
2014 年度	17,035 本
2020 年度	37,294 本
2021 年度	1,509 本
2022 年度	27,700 本
合計	115,991 本

約 116,000 本の蛍光灯減容を実施した結果、管理区域の保管スペースに梱包用段ボールで保管していた蛍光灯が、破碎された状態でドラム管に収納・保管が可能になった。梱包段ボール体積は 0.04 m<sup>3</sup>(40 W 形が 25 本入り)であり、1,000 本分では 40 箱必要になるため、0.04 m<sup>3</sup>×40 箱で 1.62 m<sup>3</sup>となる(表3 参照)。

また、破碎した蛍光灯 1,000 本分をいれることが可能なドラム管 1 本の体積は 0.23 m<sup>3</sup>のため、梱包段ボール体積 1.62 m<sup>3</sup>に対し約 1/7 の体積比減に成功し、管理区域の保管スペースの確保および廃棄物容量低減に貢献することができた。

表3 梱包段ボールサイズ

種類	W×H×D (mm)	体積 (m <sup>3</sup> )
10W 形	370×65×155 (10 本入り)	0.004
40W 形	1,250×180×180 (25 本入り)	0.04
110W 形	2,410×100×250 (10 本入り)	0.06

#### 4. まとめ

蛍光灯を減容する作業は、管理区域という特殊環境の中では様々な制約があった。しかし、蛍光灯破碎ユニットは、管理区域内で求められる廃棄物の分別が可能で、破碎

粉の飛散を防止しつつ、作業管理濃度の基準内で作業環境を確保でき、安全に蛍光灯の減容作業を実施できるため、再処理工場だけでなく、他の原子力施設でも有効に活用できると考える。

#### 参考文献

- [1] 飯田 健嗣、佐々木 崇文 他 “放射線管理区域内での廃棄物低減を目的とした使用済み蛍光灯破碎作業について”、日本保全学会 第 19 回学術講演会 要旨集、2023、pp.22-25.
- [2] 環境省、水銀に関する国内外の状況、資料3、p13、2014 年 5 月



飯田 健嗣  
(株)ジェイテック  
電気・計装保修部 電気グループ



佐々木 崇文  
(株)ジェイテック  
防火保修部 自火報工事グループ