

α放射能の新しい計測技術 —αクリアランスレベル検査技術

イオン計測により α放射能を一括検査

空気中でα線により作られたイオンを効率よく収集する技術を用いて、ウランなどα線を放出する放射性核種による汚染の有無を一括して検査できるαクリアランスレベル検査装置を開発しました。これは、イオンを低損失で収集するための流体力学上の様々な工夫と、高感度のイオンセンサの開発により実現しました。

これまでα線放出核種の効率的な検査技術がなかったため、非汚染物も汚染物と混在した廃棄物として保管していましたが、それらを効率的に分別し、廃棄物量の低減と資源の有効利用に寄与する技術です。

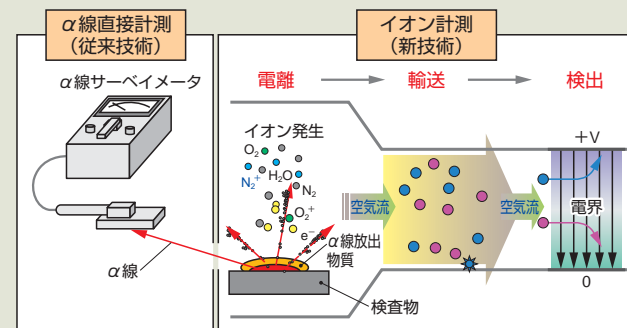


図1. イオン計測によるα放射能の計測原理—α線を直接計測する従来の技術と比較し、イオン計測による新しい技術は、α線で電離したイオンを空気流で輸送し、収集して計測するため、離れた所から全表面を一括で検査できます。



図2. 循環式イオン計測型αクリアランスレベル検査装置—測定室で発生したイオンをセンサに効率よく輸送するために、センサと測定室間の構造を最適化しました。

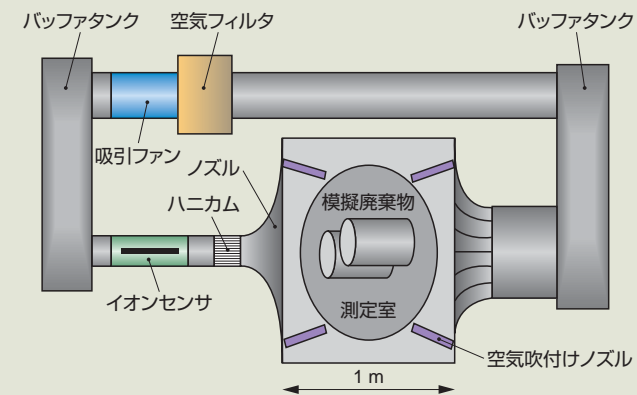


図3. 循環式イオン計測型αクリアランスレベル検査装置の構成—測定室に検査物を設置し、吸引ファンで循環させた空気イオンをセンサ部まで輸送し計測します。空気清浄用の空気フィルタや、流れ整流用のハニカム、バッファタンク、局部吹付け用の空気吹付けノズルを備えています。

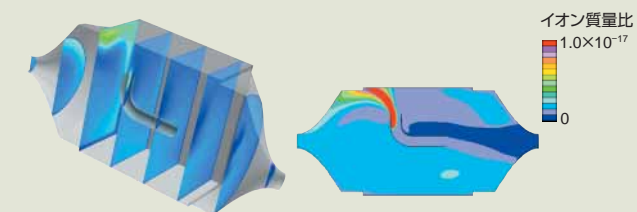
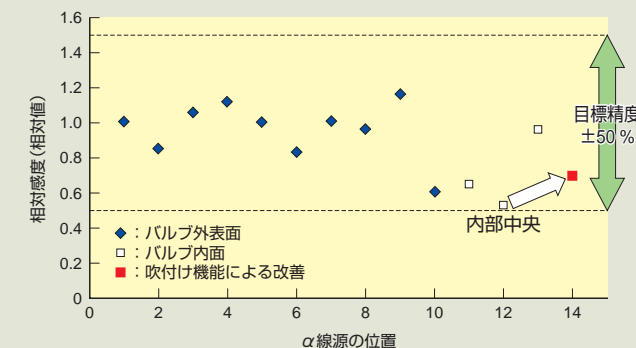


図4. 測定室形状最適化のための空気流解析—L字形の配管内にα線放出核種がある場合、測定室内イオン密度分布の3次元解析結果です。このような測定物では、イオンの消滅を計算であらかじめ評価し、その補正值を用いて実際のα線放出核種の濃度を求めます。



(a) 吹付けによる検査例



(b) 汚染位置による感度変化例

図5. 模擬廃棄物による感度変化の確認—複雑な形状の場合は、局部的に空気を吹き付けて検査します。バルブ表面(◆印)及びバルブ内部(□印)付近の内面にα線放出核種を置き、バルブの汚染を模擬した場合の相対感度の変化は、吹付けにより目標の±50%以内の変動で検査できます。

αクリアランスレベル検査の 必要性

今後原子炉施設の廃止が増加するのに伴い、原子炉構造材などの廃材が多量に発生します。これらを適切に処分するため、放射能汚染の程度が自然界の放射能レベルよりも十分低いものは、“放射性物質として扱う必要はないもの”として区分するクリアランス制度が世界的に導入され始めています。この制度の導入にあたっては、区分となる基準の放射能レベル(クリアランスレベル)に比べ、廃棄物のそれが大きい小さいかを正確に検査する技術が重要となります。これまで東芝は、原子炉廃止に伴って発生する放射性廃棄物(主にβ線やγ線を放出)を対象としたβ線及びγ線用のクリアランスレベル

検査装置を開発してきました。

一方、ウラン燃料の加工施設などでも、ウランなどに汚染された廃棄物が多量に保管されており、これらの中から汚染されていないものを効率的に区分できるクリアランスレベル検査装置が必要とされています。しかし、ウランは、β線やγ線に比べ物質中を透過しにくいα線を放出します。そのため、ウランの汚染を検査するには、検出器を空気中で約4cm以内に近づける必要があり、検出器を近づけることが難しい金属パイプの内面や、湾曲した面などの検査は困難でした。また、全表面をなぞって検査する大型の検査物では、検査に長い時間を必要としていました。

これらの検査効率を改善するために、当社は、α線によって電離したイオンを計測するα放射能の新しい計測

技術をクリアランスレベル検査装置に適用しました。

イオン計測によるα放射能検査

α線は空気を電離し、空気中にイオンを生成させます。湾曲した面や大型の検査物でも、この電離イオンを収集できれば、α放射能を短時間で検査することができます(図1)。しかし、この技術では、イオンを輸送する過程でのイオンの消滅や、環境などによる輸送効率の変動を低減することが課題でした。

当社は、これらの課題を解決するために、イオンを輸送する空気を密封し循環させる方式を採用した試作を行い、それをもとに経済産業省の「革新的実用原子力開発補助事業」の補助を受けて共同研究を進め、循環式イオン計測型αクリアランスレベル検査装置

(図2)を開発しました(注1)。

検査装置の構成と特長

図3に示す検査装置では、イオン輸送用の空気は送風ファンによって装置内部を循環し、空気フィルタによって空気中の粉じんを除去します。このような循環式を採用することで、環境条件の制御も可能となり、環境による変動を低減できました。

一方、輸送中のイオンの消滅を低減するために、長さ1mの高感度イオンセンサを用い、高速の空気流でイオンを収集しました。また、イオン収集用の測定室の形状を空気流解析(図4)により最適化しました。その結果、測定室

(注1) 独立行政法人 日本原子力研究開発機構、東京大学、東北大学、及び東芝の共同研究により開発。

中央で生成したイオンの約75%までセンサで回収できるようになり、1m³の測定室で約6Bq(ベクレル)以上の放射能を検出できるようになりました。

更に、この空気流解析の結果は約10%の誤差範囲内で実測結果と一致しており、検査物の形状によるイオンの消滅量をあらかじめ評価し、イオンの消滅量を補正することが可能です。バルブなど構造の複雑なものでも、局部的に空気を吹き付けることによりイオンを吐き出させて検査でき(図5(a))、イオン収集割合の50%以内の変動幅でイオンを収集できることが確認されました(図5(b))。

実際のウラン廃棄物を用いた試験では、α線を直接測定する従来の測定器で評価した5Bqから250Bqのウラン濃度に対して、形状によらずわか

数分という大幅に短縮された時間で検査できることを確認しました。しかし、実際に付着しているウラン濃度は、ウランが金属中に深く浸透している可能性もあり、これら実ウラン量の化学分析など実廃棄物を用いた性能検証が今後の課題です。

今後の展望

この技術は、微量のα放射能を効率的に検査できる技術です。これがα放射能のクリアランスレベル検査技術として認知されれば、従来のα線直接計測法に比べ、検査の効率化が期待できます。

泉 幹雄

電力・社会システム社
電力・社会システム技術開発センター
計測・検査技術開発部主査