



放射線防護技術の概要

3. 放出管理技術

安全部

資料番号: 81-4

Overview on Development of Radiation Protection Technology

3. Development of Technology on Effluent Control

(Safety Division)

原子炉施設、再処理施設等では、環境中に放出する放射性気体廃棄物、放射性液体廃棄物について平均濃度、総放出量を把握し、放出管理基準を下回っていることを確認するため、排気および排水の測定・監視を実施している。これら放出管理は、施設と公衆との接点として管理上重要であり、事業団においては放出管理に係わる必要な技術開発を実施してきた。本稿では、事業団施設における排気および排水の放出管理の特徴を紹介するとともに、これまでの技術開発の現状、放出実績等について記載する。

3.1 はじめに

事業団施設において発生する放射性廃棄物は、固体廃棄物については施設内に貯蔵し、気体廃棄物と液体廃棄物については施設の規模に応じて分離、回収等の処理を行った後、その一部を環境中へ放出している。

周辺環境への放射性廃棄物の放出管理は放射線管理の中でも特に重要な項目の一つであり、気体廃棄物については各施設排気口に排気モニタ等を設置し、放出される気体廃棄物中の放射性物質の濃度および量を監視・測定している。また、液体廃棄物については、連続監視、あるいは放出パッチ毎の放出判定分析により、放出基準値を下回っていることを確認しつつ放出している。

本稿では、事業団施設における排気および排水の放出管理の特徴を紹介するとともに、これまでの技術開発の現状、放出実績等について記載する。

3.2 排気監視

3.2.1 管理基準

原子力施設の運転に伴って発生する放射性気体廃棄物を含む排気は、排気口に設置された排気モニタ等により連続あるいは定期サンプリングにより放出基準を下回っていることを確認しつつ放出してい

る。各施設の放出管理基準は、法令に定める周辺監視区域外の濃度限度等を満足する必要があることはもちろんであるが、各施設の安全設計の結果も考慮して定められている。すなわち、施設からの気体廃棄物の出口において、放出管理基準を下回っていることを確認することにより、施設の運転に伴う周辺公衆の線量当量についても線量当量限度に比べて十分に低いことが確認できる。第1義的には、気体廃棄物の放出に係わる公衆の安全確認は排気監視により行われる。主な施設の放出管理基準を表3-1に示す。

新型転換炉ふげん発電所および高速実験炉「常陽」では比較的半減期の短いγ線放出核種、あ

表3-1 主な事業団施設における排気管理基準

施設	対象核種	1年間の最大放出量(Bq)
新型転換炉ふげん発電所	希ガス	5.1×10^3
	I-131	2.7×10^4
	H-3	1.8×10^4
高速実験炉「常陽」	希ガス	1.1×10^6
	I-131	1.7×10^6
	放射性物質	3.4×10^4
再処理施設	Kr-85	8.9×10^7
	H-3	5.6×10^8
	C-14	9.7×10^8
	I-131	1.6×10^9
	トランズロン	1.7

るいはトリチウム等が監視対象となっているのに対し、再処理施設の排気監視では、 ^{85}Kr 、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{129}I 等の半減期が長く、比較的低エネルギーの低い γ 線あるいは β 線を放出する核種が、また、プルトニウム燃料工場では α 線を放出する核種が対象となっている。

3.2.2 監視、測定法

ふげん発電所、「常陽」等の原子炉施設において生成する放射性核種は、核分裂により生成する核分裂生成物と原子炉内構造物等が放射化されて生成する放射化生成物の二つに大別できる。これらのうち大部分は、燃料要素内あるいは施設内に保持されるが、ごく一部は気体状となって処理系統を経て環境へ放出される。これら原子炉施設においては、希ガス、ヨウ素 (^{131}I 、 ^{129}I 等)等の比較的高エネルギーの γ 線を放出する核種を対象とした監視が必要となる他、ふげん発電所では減速材として重水を使用しているため、トリチウムの監視が重要となっている。

一方、再処理施設で処理する使用済燃料は、原子炉から取り出した後、貯蔵プールにおいて半年以上冷却したものであるため、処理時に発生する気体廃棄物中に含まれる核種は比較的長半減期でエネルギーの低い ^{85}Kr 、 ^3H 、 ^{14}C および ^{129}I である。これらの核種は主に剪断工程および溶解工程で発生し、使用済燃料中に内蔵されていた放射能のうち、 ^{85}Kr はほぼ全量が、 ^3H および ^{129}I は気相中に移行した一部が環境中に放出されるため、これらの監視が重要となる。

これらの気体廃棄物の監視・測定は、原子炉施設および再処理施設とも基本的に同様であり、排気筒に排気モニタ、トリチウムサンプラ等を設置して放出放射能の濃度および量を評価している。ここで、エネルギーの高い γ 線を放出する核種については、比較的容易に連続監視が可能であるが、エネルギーの低い γ 線を放出する核種あるいは β 線・ α 線を放出する核種の測定にあたっては、天然に存在する放射性物質や硝酸ミスト等の化学物質の妨害をさけるため、着目する核種のみを分離した後、適切な測定を行う必要がある。

再処理施設で使用している排気モニタのシステム構成図は、図3-1に示すとおりであり、ダストモニタ部、ヨウ素モニタ部およびガスモニタ部から構成されている。放射性のダストはガラスセルロースろ紙等の捕集材上に捕集され、 α 線ダストモニタおよび β (γ)線ダストモニタにより連続監視している。

ヨウ素は活性炭含浸ろ紙およびカートリッジによ

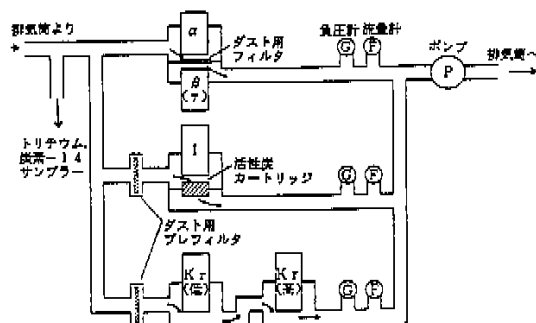


図3-1 再処理排気モニタのサンプリングシステム

り捕集され、ヨウ素モニタにより連続監視している。 α 線・ β (γ)線放出核種およびヨウ素の最終的な放出量については、ろ紙およびカートリッジを一定期間毎（約1週間）に回収し、核種分析装置等により測定し、濃度・放出量を評価している。 ^{85}Kr 等のガスは測定容器に排気を導き、直接ガスモニタにより計測し連続監視・測定を実施している。

また、 $^3\text{H}(\text{T})$ については、HTおよびHTOを冷却捕集法により水分の形で連続的に捕集する方法を開発し、トリチウムサンプラとしてすでに実用化している。また、近年、公衆の線量当量評価の観点から着目されるようになってきた ^{14}C については、エタノールアミンに吸着させる液体捕集法を開発し、実用化している。

なお、再処理施設の排気モニタリング手法の特征的な事項のうち、 ^{14}C およびヨウ素のモニタリングについては、技術小論で述べる。

3.3 排水管理

3.3.1 管理基準

低レベルの液体廃棄物を含む排水は、放出バッチごとに放出管理基準を下回っていることを確認しつつ放出している。各施設の放出管理基準は、排気監視の場合と同様、法令に定める周辺監視区域外の濃度限度等を満足する必要があることはもちろん、安全設計の結果も考慮して放出管理基準が定められている。放出管理の考え方についても、排気と同様、第1義的には、公衆の安全確認は排水管理により行われる。主な施設の年間の放出基準値を表3-2に示す。

ふげん発電所では、トリチウムおよび腐食生成物に対する管理が必要である。また、大洗工学センターにおいては、センター内各施設から一般排水系へ直接排出される手洗い水等の雑排水以外は、隣接する日本原子力研究所大洗研究所中央廃棄物処理場

表 3-2 主な事業団施設における排水管理基準

施設	対象核種	1年間の最大放出量(Bq)
新型転炉ふげん発電所	H-3を除く液体廃棄物 H-3	7.4×10^9 1.1×10^4
高速実験炉「常陽」	H-3以外の β 核種	8.8×10^{-3}
再処理施設	全 α 放射能 全 β 放射能 Sr-89 Sr-90 Zr-95-Nb-95 Ru-103 Ru-106-Rh-106 Cs-134 Cs-137 Ce-141 Ce-144-Pm-144 H-3 I-129 I-131 Pu (α)	4.1 9.8×10^4 1.6×10 3.2×10 4.1×10 6.4×10 5.1×10^2 6.0×10 5.5×10 5.9 1.2×10^8 1.9×10^9 2.7×10 1.2×10^2 2.3

へ移送し、処理後、海域へ放出している。再処理施設からの排水は、約3.7km沖合に設置されている海洋放出口から行われる。対象となっている管理の核種は、表3-2に示すように、多くの核分裂生成物が対象となっている。

3.3.2 監視、測定法

排水中に放出される主な核種がふげん発電所や「常陽」等の原子炉施設では主に腐食生成物であり、ウランの取り扱い施設ではウランおよびその娘核種、再処理施設では核分裂生成物およびPu、プルトニウム燃料工場ではPuと施設により異なること、また、施設により運転状況も異なることから、放出管理にあたっては水モニタによる連続測定や放出バッチ毎の放出判定分析が施設の状況に合わせて実施されている。本稿では「常陽」における水モニタによる管理と東海再処理施設におけるバッチ管理を紹介する。

「常陽」で発生する放射性廃液は、処理を実施した後、水質を確認して移送管にて原研大洗研究所の中央排水処理場を経由して海洋へ放出される。また、濃度が高いものは蒸発濃縮処理および濃縮廃液の固化処理を行って廃棄物処理場へ移送される。一方、雨水、手洗水、冷却水等の雑排水は水モニタにより連続的に測定・管理して一般排水路へ放出している。水モニタには、貯留タンクやポンド内に直接固定した「浸漬型」と一定量の試料を連続的にサンプリングし、蒸発乾固試料を作成して測定を行う「連続的蒸発乾固型」の2種類を採用している。

東海再処理施設で発生する極低レベル放射性廃液は、凝集沈殿による化学的処理や蒸発缶による処理、活性炭による油分除去等の処理が行われた後、海洋放出口を介して3.7km沖合に設置されている放

出口から放出される。廃液の放出にあたっては、放出前に放出廃液貯槽からサンプリングした試料により放出バッチ毎に放出判定分析（全 α 放射能、全 β 放射能、 ^3H 、 γ 核種）を行い、この放出判定分析により放出管理基準以下であることが確認された処理済排水のみが海洋放出される。また、 ^{89}Sr 、 ^{90}Sr 、 ^{129}I およびPu(α)については、月合成試料の分析によって基準を超えていないことを確認している。再処理施設からの排水放出においては、放出判定分析に要する時間が、運転工程に直接影響することから、分析方法の迅速化に関する技術開発を進め実用化し、円滑な運転に寄与している¹⁾。

3.4 放出管理結果の概要

各施設からの放出放射能は、いずれにおいても放出濃度および放出量とも放出管理基準値を下回っていることが確認されており、周辺公衆に対する安全上の問題はない。

気体廃棄物の放出量のうち、原子炉施設から放出される希ガスについてこれまでの放出実績を見ると、ふげん発電所および福井県に立地している商業用発電所からの希ガスの放出量は、どの発電所においても全体的に低減している傾向が見られている²⁾。

また、東海再処理施設およびセラフィールド再処理施設からの ^{85}Kr の放出実績は図3-2に示すとおりである。再処理施設においては、使用済燃料中に含まれる ^{85}Kr の全量が環境中に放出されることから、両施設での処理対象燃料の種類は異なるが、運転を反映して放出量が増減している^{3),4)}。

一方、液体廃棄物として放出される放射性核種としては再処理施設から放出される ^3H が年間 $10^0 \sim 10^2$ TBqのオーダーと他の核燃料施設や原子炉施設と

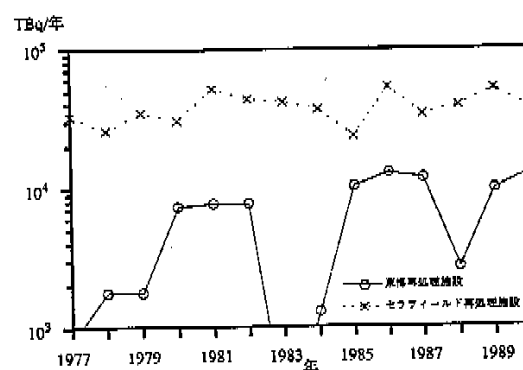


図 3-2 東海再処理施設およびセラフィールド再処理施設からのKr-85の放出実績

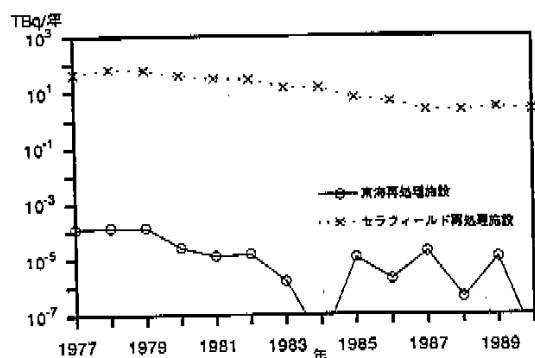


図 3-3 東海再処理施設およびセラフィールド再処理施設からの全 α の海洋放出実績

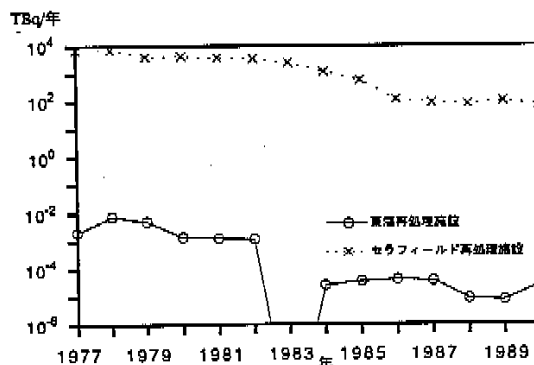


図 3-4 東海再処理施設およびセラフィールド再処理施設からの全 β の海洋放出実績

比べ大きい値となるが1年間の最大放出量(放出管理基準)の20%程度と十分小さく、また海洋放出により希釈・拡散されるため、公衆の線量当量としても、問題となるような量ではない。

また、東海再処理施設およびセラフィールド再処理施設からの全 α 放射能および全 β 放射能の放出実績は、図3-3および図3-4に示すとおりであり、 ^{85}Kr の放出実績が運転を反映する指標であるとするれば、海洋放出実績は東海再処理施設の放出低減化の技術の成果を示すものであると考えられる。

3.5 おわりに

本稿では事業団施設における放出管理技術の現状および放出実績の例について記載した。排気および排水中に含まれる放射性物質の測定・監視は、公衆

の安全確認の接点として重要なものであり、再処理施設におけるリアルタイムのヨウ素監視技術の開発等さらにきめ細かい管理が行えるよう、今後とも技術開発を進めていく。

(東海事業所安全管理部 江森修一、林直美)

参考文献

- 1) 清水武彦、林直美、坪憲、野村保、大和愛司、岩井誠：チェレンコフ光測定と液体シンチレーション測定による ^{85}Sr と ^{90}Sr の迅速測定法の検討、保健物理20, 139-143 (1985)
- 2) 福井県原子力環境安全管理協議会：発電所の運転、建設年報(平成元年版)、(1991)
- 3) British Nuclear Fuels Plc., "Radioactive Discharges and Monitoring of the Environment", (1977)~(1990)
- 4) United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation: "Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation", UNSCEAR (1988)