

(II-18) 低レベル放射性廃液処理方式について

京都大学工学部 正員 大 塩 敏 樹

低レベル放射性廃液は、放射能強度は低い、その量が比較的多いので、処理に際しては操作が簡便であること、経済的であること、更に最低の安全除染係数が容易にしかも確実に維持されることが必要条件となる。

放射能強度によつて放射性廃液を分類する場合、低ないし弱レベルに属する廃液の放射能強度の上限については、廃液の量、放射能強度の範囲、処理施設の規模やその処理能力に応じ、種々様々な値が報告されている。また低レベルに属する廃液の出所についてみると一般に代表的な原子力関係諸施設においては、トレーサーレベルの実験室廃液、強レベルトレーサー実験室の洗滌廃液、炉の冷却水、燃料貯蔵タンクの trench water、除染室よりの洗滌廃液、燃料再処理設備の洗滌廃液、その他ボイラーの凝縮水やブロー水などが低レベル廃液に相当する源となる。

演者は一応これらの低レベル廃液の放射能強度を $10^{-4} \sim 10^{-7} \mu\text{C}/\text{ml}$ と仮定して、従来この種の廃液処理に利用されている各種の処理方式を適用し、放射性核種別に除去率を測定した。なおこれらの結果から低レベル放射性廃液処理方式で処理可能な核種の濃度を算定するとともに、低レベル廃液の標準的な処理装置を設計、検討した。

第1表 低レベル廃液処理方式による除去率(%)

核 種		137 Cs-Ba	45 Ca	89・90 Sr	91 Y	144 Ce-Pr	106 Ru-Rh	32 P	F.P.	実験室 廃 液
最大許容濃度 $\mu\text{C}/\text{m}\ell$		2×10^{-4}	9×10^{-5}	1×10^{-3} 1×10^{-6}	1×10^{-4}	1×10^{-3}	1×10^{-4}	2×10^{-4}		
凝 集 ・ 沈 殿	I	<5	<10	<10	95 ~98	95 ~98	30 ~50	98	65 ~70	76
	II	<10	<10	<20	98 ~99	98 ~99	40 ~70	99<	70 ~77	79
	III	<20	60 ~85	70 ~85	99<	99<	60 ~80	99<	80 ~85	86
	IV	<20	80 ~90	85 ~90	99<	99<	60 ~80	99<	80 ~87	88
	V	93 ~96	80 ~90	85 ~92	99<	99<	65 ~83	98 ~98	83 ~93	90
ろ 過	I	50 ~99	<10	<10	80 ~90	80 ~93	35 ~55	<20	77 ~85	64
	II	<10	<10	<10	99<	99<	50 ~80	99<	85 ~95	80
バーミキュライト		99・9	99・8	99・8	85 ~90	85 ~90	45 ~75	<20	92 ~97	92
標準方式		99・9	99・8	99・8	99<	99<	50 ~85	99<	95 98	99・3

註 試水は市水希釈、実験室廃液 $6.6 \times 10^{-3} \mu\text{C}/\text{m}\ell$

凝集沈殿 I 硫酸第二鉄、塩化第二鉄、硫酸アルミニウム 300~500 ppm

II 同上 100~200 ppm

III I+石灰 200~300 ppm+炭酸ソーダ 300~500 ppm

IV I+石灰 200~300 ppm+りん酸ソーダ 200~600 ppm

V IV+グリーンサンド 200 ppm

ろ過半 I 砂ろ過 4 M/H

II 凝集沈殿 I + アンストラサイトろ過 6 M/H

標準方式 凝集沈殿 I + アンストラサイトろ過 + パーミキユライトイオン交換

第1表は代表的な核種について、各種の処理方式で除去率を測定した結果である。水酸化物による凝集沈殿では陽イオン性核種の除去率が低く、中性ないし弱アルカリ性でコロイド状で存在しやすい核種は99%以上の除去率がえられる。前者に属する核種は炭酸カルシウム、りん酸カルシウムの沈殿生成に際して共沈除去されるが、多量の薬剤を使用しなければ90%以上の除去効果を期待しえず、沈殿分離に問題があるとともに中レベル以上の廃液に相当する汚泥の生成量が多いので、脱水処理に問題がある。セシウムは粘土鉱物のイオン交換吸着を利用するのがよく、パーミキユライトの交換分離で 10^3 以上のDFが期待されるので、その量が多ければバッチ法で粘土鉱物を利用するより、カラム法で除去する方が濃縮比が大きい。中性ないし陰イオン性で存在しやすい核種はりんのごとく共沈で除かれやすいものを除いて除去率が低く、核分裂生成物の除去率が他に比較して低いのはこれらの核種の存在によるものと思われる。

低レベル廃液の上限を $10^{-4} \mu\text{C}/\text{m}\ell$ としたが、最大許容濃度の $1/10$ として放流する前提条件と標準的な方式の除去率とから、この方式で処理しうる核種別の最大濃度を計算すると、 $^{106}\text{Ru}-\text{Rh}$ 2×10^{-5} 、 ^{90}Sr $5 \times 10^{-5} \mu\text{C}/\text{m}\ell$ となり、これらについては上限の濃度をさらに低くとらなければならないことがわかった。告示によつて水中の最大許容濃度が定められている226の核種について、そのオーダーを分類してみると次のようになる。

$10^{-1} (\mu\text{C}/\text{m}\ell)$ 2; 10^{-2} 14; 10^{-3} 71; 10^{-4} 105; 10^{-5} 26; 10^{-6} 6
(^{90}Sr , ^{129}I , ^{210}Pb , ^{210}Po , ^{223}Ra , ^{231}Pa); 10^{-7} 2 (^{226}Ra , ^{228}Ra)

このようにU(n.f)で生ずる ^{90}Sr , ^{129}I を除いてはウラン、トリウム、アクチノウラン系に属する6つの天然放射性核種の許容濃度が低いが、後者は特殊な場合を除いてその濃

度が低いので、処理の対象となる可能性は少ないと思われる。

従つて標準的な低レベル廃液処理方式では、許容濃度の低い ^{90}Sr 、 ^{129}I と処理効果が悪いと思われる ^{22}Na 、 ^{24}Na 、 ^{95}S 、 ^{106}Ru 、 Rh 、 ^{131}I 、 ^{133}I 、などの濃度に注意する一方、処理系統を分けることを考慮しなければならない。

低レベル廃液の放射能強度を $10^{-4}\mu\text{C}/\text{m}\ell$ 以下とすれば、一般に核種の分析が困難であり、処理後の放流判定は『種類が明らかでない放射性同位元素の場合の水中の許容濃度』に従つてなされる。第1表のF・P、実験室廃液のDFは20～200程度であるので、全く核種が不明であれば $10^{-8}\mu\text{C}/\text{m}\ell$ の基準で制約され、逆に低レベル廃液の放射能強度は $5 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-5}\mu\text{C}/\text{m}\ell$ 以下でなければならないことになる。しかし、 $^{226,228}\text{Ra}$ が含まれなければ $1 \times 10^{-7}\mu\text{C}/\text{m}\ell$ となり、前者と ^{90}Sr 、 ^{129}I 、 ^{210}Pb 、が含まれなければ $7 \times 10^{-7}\mu\text{C}/\text{m}\ell$ となつていたので、低レベル廃液処理施設の設計に際してはF・P、 ^{90}Sr 、と ^{129}I とを分離し、 $^{126,129,131}\text{I}$ は別系統の施設で陰イオン交換処理し、 ^{90}Sr は高レベル処理に廻すか、そのまま最終処分するようにすれば、この場合の許容濃度は（前述の天然放射性核種は除く） $2 \times 10^{-6}\mu\text{C}/\text{m}\ell$ となるので、標準方式では $10^{-4}\mu\text{C}/\text{m}\ell$ で処理可能となる。

なお個々の処理施設を設計するに際し、除染効果を左右する要素についての、設計、設置した標準的方式と設備との概要と、その処理能力とについて報告する。