

新型転換炉ふげん発電所における 放射性廃棄物処理技術

動燃技報 No.77(1991)別刷

1991年3月

動力炉・核燃料開発事業団

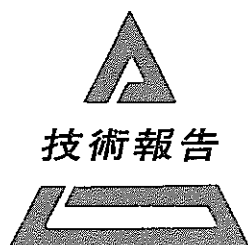
新型転換炉ふげん発電所

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒914 福井県敦賀市明神町3
動力炉・核燃料開発事業団
新型転換炉ふげん発電所
技術課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:Technology
Section, Fugen Nuclear Power Station, Power Reactor and Nuclear Fuel
Development Corporation 3 Myoujin-cho, Tsuruga-shi, Fukui-ken 914, Japan

© 動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development
Corporation)1991



新型転換炉ふげん発電所における放射性廃棄物処理技術

塚本 裕一 吉村 修一
羽田 孝博 館岡 修
新型転換炉ふげん発電所

資料番号：77-1

Radioactive Waste Treatment Techniques of Fugen Nuclear Power Station

Youichi Tsukamoto Syuichi Yoshimura
Takahiro Haneda Osamu Tateoka
(Fugen Nuclear Power Station)

新型転換炉ふげん発電所では、廃液処理能力の向上と放出放射能量の低減化を図る観点から、平成元年8月に液体廃棄物処理系のろ過装置を中空糸膜フィルタに改造するとともに、洗濯廃液系にドライクリーニング装置を導入した。また、固体廃棄物の減容化対策として、平成元年10月に雑固体廃棄物焼却設備を設置し、可燃性雑固体廃棄物の焼却減容を行っている。ここでは、新型転換炉ふげん発電所における廃棄物処理技術について報告する。

1. はじめに

新型転換炉ふげん発電所（以下「ふげん」という。）において発生する放射性廃棄物は、気体廃棄物、液体廃棄物および固体廃棄物に大別される。

気体廃棄物の種類は、空気抽出器排ガス、換気系排ガス、雑固体廃棄物焼却設備排ガス等であり、それぞれの性状に応じてろ過処理、放射能の時間による減衰等を行っている。これらの排ガスを大気中に放出する際には、排ガス処理設備により放射性物質が十分に低い濃度まで処理されていることを確認するとともに、排気筒または廃棄物処理建屋排気筒において放射性物質濃度を測定し、問題のないことを確認している。重水系機器の分解点検等によって、トリチウムが換気系排ガスに移行する場合は、その排ガスをモレキュラシーブにより吸着し回収している。

液体廃棄物は、機器ドレン廃液、床ドレン廃液、再生廃液等について、その性状に応じてろ過・脱塩処理、蒸発濃縮処理等を行っている。これらの廃液は、定期点検作業によって発生量が増加する傾向にあり、機器ドレン廃液および床ドレン廃液の処理能力の向上を図るため、ろ過装置に中空糸膜フィルタを採用している。また、管理区域内で使用した衣類をドライクリーニング処理し、洗濯廃液の低減を図っている。

固体廃棄物は、定期点検作業等により発生する雑固体廃棄物、各系統の脱塩器に使用した使用済イオン交換樹脂および液体廃棄物処理系から発生するフィルタスラッジ等である。雑固体廃棄物は、可燃性雑固体廃棄物について焼却処理を行っている。使用済イオン交換樹脂およびフィルタスラッジについては、貯蔵タンクに貯蔵し管理している。

ここでは、「ふげん」における廃棄物処理方法、廃棄物管理方法、廃棄物処理実績、放出低減対策および廃棄物低減対策について報告する。

2. 廃棄物処理方法

2.1 気体廃棄物

図1に気体廃棄物の種類と放出経路を示す。

気体廃棄物は、その発生源によって次のように分類され、それぞれの性状によりろ過処理、放射能の時間による減衰等を行っている。

(1) 空気抽出器排ガス

空気抽出器排ガスは、活性炭希ガスホールドアップ装置において、キセノンを通算約27日以上、クリプトンを通常約40時間以上滞留させて、放射能を十分減衰させている。

(2) タービンブランド蒸気系排ガス

タービンブランド蒸気系排ガスは、減衰管フィル

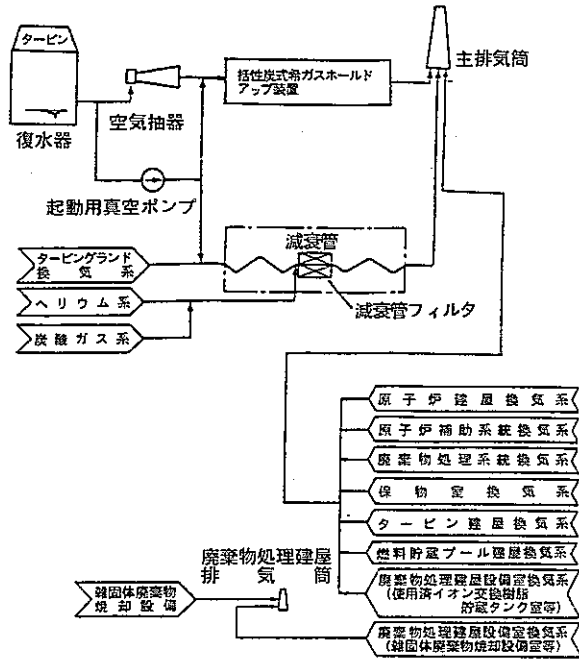


図1 気体廃棄物処理系の概念図

タによりろ過処理し、減衰管において約15分間以上滞留させることにより放射能を減衰させている。

(3) 起動用真空ポンプ排ガス

起動用真空ポンプ排ガスは、減衰管フィルタによりろ過処理し、減衰管において約15分間以上滞留させることにより放射能を減衰させた後、主排気筒から大気中に放出する。タービン停止後比較的短時間内に起動用真空ポンプを起動する際に排ガス中に放射性希ガスが含まれる可能性がある場合には、空気抽出器排ガスと同様に処理する。

(4) 換気系排ガス

原子炉建屋換気系、原子炉補助建屋換気系、廃棄物処理系統換気系、保物室換気系、タービン建屋換気系および燃料建屋換気系の排ガスは、フィルタによりろ過処理している。

廃棄物処理建屋の換気系排ガスは、雑固体廃棄物焼却設備室等換気系排ガスについてはフィルタ通過後、廃棄物処理建屋排気筒から放出するが、使用済イオン交換樹脂貯蔵タンク室等換気系排ガスについては主建屋の貯蔵タンク室の換気系排ガスと性状が同じであるため、フィルタ通過後主排気筒へ導いている。

(5) 炭酸ガス系排ガス

炭酸ガス系は、圧力管とカランドリア管の間に炭酸ガスを通過させ、熱遮蔽と圧力管の健全性確認（露点測定）を行っている。炭酸ガスは通常再循環されており、その一部を減衰管フィルタおよび減衰

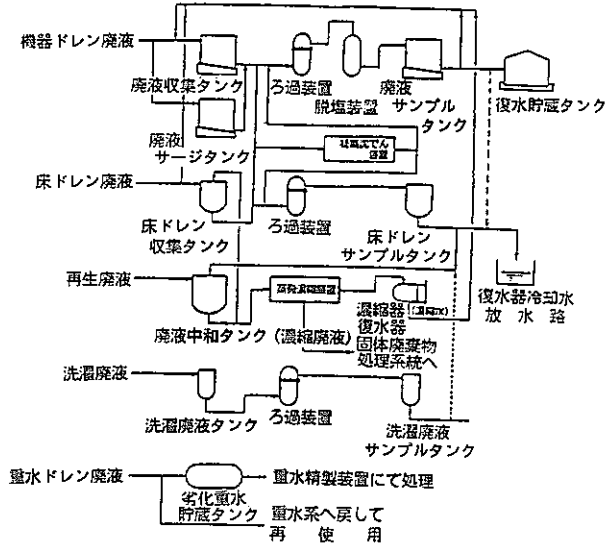


図2 液体廃棄物処理系の概念図

管により処理している。

(6) ヘリウム系排ガス

ヘリウムは、原子炉起動時の温度上昇等によって系統ヘリウム圧力が上昇した場合にパージされる。このヘリウム排ガスには、トリチウムが含まれるため、ヘリウム浄化系の脱湿塔によりトリチウムを回収した後、減衰管フィルタおよび減衰管を通して

(7) 雑固体廃棄物焼却設備排ガス

雑固体廃棄物焼却設備排ガスは、雑固体廃棄物焼却設備の排ガス処理装置の一次フィルタ、二次フィルタおよび高性能フィルタを通し、排ガス中の放射性物質の濃度を $1/10^5$ 以下に下げた後、廃棄物処理建屋排気筒へ導いている。

2.2 液体廃棄物

図2に液体廃棄物の種類と放出経路を示す。

液体廃棄物は、その発生源と性状によって機器ドレン廃液、床ドレン廃液、再生廃液、洗濯廃液、重水ドレン廃液に分類し、ろ過装置、脱塩装置、蒸発濃縮装置等により処理している。

(1) 機器ドレン廃液

機器ドレン廃液は一次冷却水のドレン水等であり、化学的不純物の濃度が比較的低い。これらの廃液は、廃液収集タンクに集められ、蒸発濃縮・脱塩処理、またはろ過（中空糸膜フィルタ）・脱塩処理を行っている。処理水は、廃液サンプルタンクにおいて放射性物質の濃度および化学的純度を測定し、復水貯蔵タンク水の水質基準を満たす場合には復水貯蔵タンクに回収し、満たさない場合は廃液中和タ

ンク等に移送して再度処理している。プラントの保有水が増加した場合、機器ドレン廃液の処理水のうち、放射性物質の濃度の十分低いものを復水器冷却水放水路へ放出し希釈させている。

(2) 床ドレン廃液

床ドレン廃液は、スタックトンネルサンプ水、格納容器空気再循環系ドレン水、換気空調系ローカルクーラーのドレン水等である。これらの廃液は、機器ドレン廃液と同様に蒸発濃縮・脱塩処理、またはろ過（中空糸膜フィルタ）・脱塩処理を行っている。

(3) 再生廃液

再生廃液は、主に復水脱塩装置脱塩器および液体廃棄物処理設備脱塩器のイオン交換樹脂の再生廃液、化学分析室のドレン廃液等であり、塩類を含むことが多く化学的不純物の濃度が高いため、蒸発濃縮・脱塩処理を行っている。

(4) 洗濯廃液

洗濯廃液は、管理区域内で使用した保護衣類の水洗廃液、シャワー排水等である。これらの廃液は、洗濯廃液サンプタンクにおいて放射性物質の濃度を測定し、十分低い値であることを確認した後、復水器冷却水により十分希釈している。放出低減対策としては、汚染区域で使用したつなぎ服のほぼ全量

を90kg/hの処理能力を有するエマルジョンタイプのドライクリーニング装置により処理している。

(5) 重水ドレン廃液

重水ドレン廃液は、定期点検時に重水系機器からドレンした廃液、重水浄化系イオン交換樹脂の重水化、軽水化の際に発生する廃液等である。これらの廃液のうち、重水濃度の比較的高いものは劣化重水貯槽に保管し、重水精製装置により重水濃度を上げて再使用している。

2.3 固体廃棄物

図3に固体廃棄物の種類と処理方法等を示す。

固体廃棄物の安定化処理は、濃縮廃液のみ実施している。減容処理は、可燃性雑固体廃棄物について焼却処理を行っている。使用済イオン交換樹脂、フィルタスラッジについては、内蔵放射能の減衰等を考慮し、貯蔵タンクに貯蔵保管している。

(1) 雑固体廃棄物

雑固体廃棄物は、焼却減容処理を想定し、従来より可燃性と不燃性を区別して200ℓドラム缶またはドラム缶4本分に相当する鉄箱（ボックスパレット）に充填して固体廃棄物貯蔵庫に貯蔵してきた。このうち、可燃性雑固体廃棄物については、平成元年10月より、焼却減容を実施している。

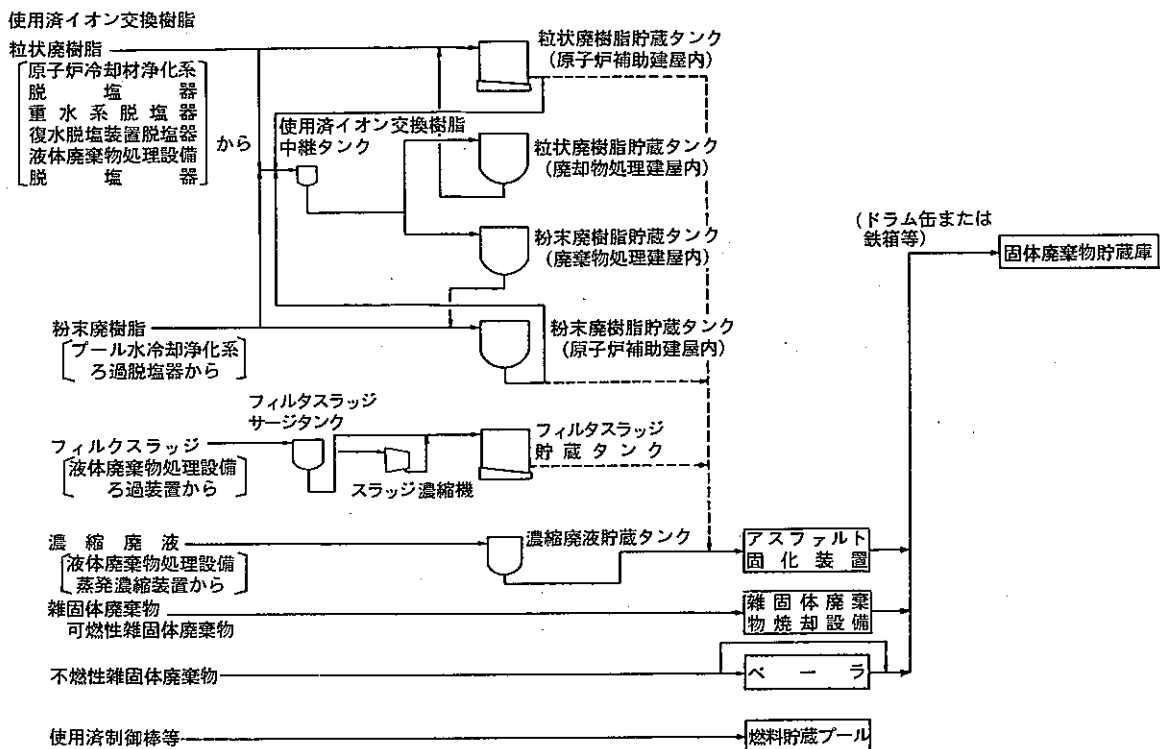


図3 固体廃棄物処理系の概念図

(2) 使用済イオン交換樹脂

使用済イオン交換樹脂の種類は、次のとおりである。

(粒状廃樹脂)

原子炉冷却材浄化系脱塩器廃樹脂

重水系脱塩器廃樹脂

復水脱塩装置脱塩器廃樹脂

廃液脱塩装置脱塩器廃樹脂

(粉末廃樹脂)

プール水冷却浄化系ろ過脱塩器廃樹脂

これらの廃樹脂は、将来の安定・減容化処理を考慮し、性状、発生源によって別々に貯蔵している。

(3) フィルタスラッジ

フィルタスラッジは、液体廃棄物処理設備ろ過装置から発生し、その種類は昭和60年度までが珪そう土、昭和60年度から平成元年度までが粉末樹脂、それ以降が中空糸膜フィルタの逆洗スラッジである。これらのフィルタスラッジは、その性状が異なることから、2基の貯蔵タンクにけいそう土と粉末樹脂(逆洗スラッジを含む)を別々に貯蔵している。

(4) 濃縮廃液

濃縮廃液は、液体廃棄物処理設備の再生廃液処理系蒸発濃縮器の蒸発残渣であり、濃縮廃液貯蔵タンク(タンク容量:30m³×3基)に貯蔵し、その都度アスファルト固化処理を行っている。

3. 廃棄物管理方法

3.1 気体廃棄物

気体廃棄物を環境に放出する際には、主排気筒において放射性物質の濃度を測定し、周辺監視区域外の年間線量当量および放射性物質濃度が「原子炉の設置、運転等に関する規則等の規定に基づく線量当量限度等を定める件」に定める値を超えないようにするとともに、主排気筒モニタにより排ガス中の

放射性物質の濃度を連続測定し、異常のないことを中央制御室等で監視している。

また、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針について」(昭和50年5月 原子力委員会)を参考として、主排気筒からの放射性物質の放出管理目標値を放射性希ガス、よう素-131、トリチウムについて設定し、これを超えないように管理している。また、廃棄物処理建屋排気筒からの放射性物質の放出管理目標値をよう素-131、トリチウムについて設定し、これを超えないように管理している。

重水精製建屋排気筒からの放射性物質の放出については、放射線障害防止法に基づき管理している。

表1に放出放射性物質の測定対象核種、測定下限濃度、計測頻度および計測装置を示す。

3.2 液体廃棄物

液体廃棄物は、放射性物質の濃度の極低いものを除き、原則として放出しないこととしている。

原子炉施設からの液体廃棄物を環境に放出する際には、一旦廃液サンプルタンクに貯留して放射性物質の濃度を測定し、復水器冷却水放水路から海に放出する排水中の放射性物質の濃度を測定し、復水器冷却水放水路から海に放出する排水中の放射性物質の濃度が「原子炉の設置、運転等に関する規則等の規定に基づき、線量当量限度等を定める件」に定める周辺監視区域外の濃度限度を超えないようにするとともに、液体廃棄物処理系排水モニタおよび復水器冷却水放水路の放水槽モニタにより排水中の放射性物質の濃度を監視し、十分低いことを確認している。

また、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針について」(昭和50年5月 原子力委員会)を参考として、液体廃棄物中の放射性物質

表1 気体廃棄物の放出管理に係わる測定対象核種および測定方法

放射性物質の種類	計測装置	測定頻度	測定下限濃度 (Bq/m ³)
〔ガス状物質〕 放射性希ガス 〔揮発性物質〕	主排気筒モニタ	連続	約 2×10 ⁻³
よう素-131	Ce (Li) 半導体スペクトロメータ	週1回	約 3×10 ⁻⁹
よう素-133	Ce (Li) 半導体スペクトロメータ	週1回	約 3×10 ⁻⁸
トリチウム	液体シンチレーション計測装置	週1回	約 4×10 ⁻⁵
〔粒子状物質〕			
Co-60等	GE (Li) 半導体スペクトロメータ	週1回	約 4×10 ⁻⁹ *1
Sr-89, 90	2πガスフローカウンタ	四半期1回	約 4×10 ⁻¹⁰ *2
全β放射能	2πガスフローカウンタ	1カ月1回	約 4×10 ⁻⁹
全α放射能	ZnS (Ag) シンチレーションカウンタ	1カ月1回	約 4×10 ⁻¹⁰

*1 Co-60に対する値を代表として示した。

*2 Sr-90に対する値を代表として示した。

表2 液体廃棄物の放出管理に係わる測定対象核種および測定方法

放射性物質の種類	計測装置	測定頻度	測定下限濃度 (Bq/cm ²)
Co-60等	Ge (Li) 半導体スペクトロメータ	放出の都度	約 2×10^{-3} *1
Sr-89, 90	2πガスフローカウンタ	四半期1回	約 4×10^{-4} *2
トリチウム	液体シンチレーション計測装置	放出の都度	約 8×10^{-2}
全β放射能	2πガスフローカウンタ	1カ月1回	約 4×10^{-9}
全α放射能	ZnS (Ag) シンチレーションカウンタ	1カ月1回	約 4×10^{-10}

*1 Co-60に対する値を代表として示した。
 *2 Sr-90に対する値を代表として示した。

(トリチウムを除く) およびトリチウムについて放出管理目標値を設定し、これらを超えないよう管理している。

重水精製建屋からの液体廃棄物の放出については、放射線障害防止法に基づき管理している。

表2に放出放射性物質の測定対象核種、測定下限濃度、計測頻度および計測装置を示す。

3.3 固体廃棄物

固体廃棄物のうち雑固体廃棄物は、表面線量当量率の低いものについては第1固体廃棄物貯蔵庫(貯蔵容量: 8,500本(200ℓドラム缶換算))と第2固体廃棄物貯蔵庫(貯蔵容量: 13,000本(200ℓドラム缶))の地上1階に貯蔵し、表面線量当量率の比較的高いものについては第2固体廃棄物貯蔵庫地下1階に貯蔵している。図4に雑固体廃棄物の貯蔵状況を示す。

使用済イオン交換樹脂については、発生源、性状等に応じて貯蔵タンクを分けて貯蔵している。フィルタスラッジは、液体廃棄物処理系のプレコート式ろ過装置から発生する粉末樹脂および中空糸膜フィルタから発生する逆洗スラッジである。これらは、フィルタスラッジ貯蔵タンクに移送し貯蔵している。

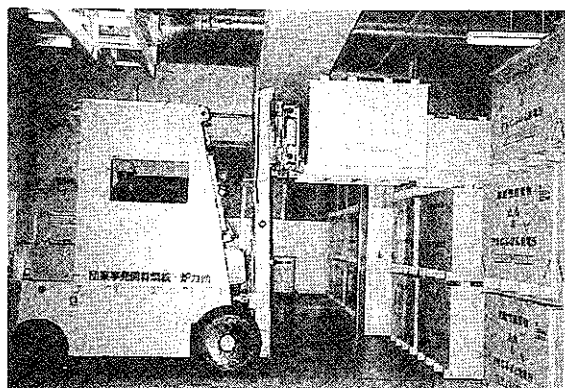


図4 雑固体廃棄物の貯蔵状況

アスファルト固化体は、固化体の表面線量当量率が2 mSv/h以下になるように濃縮廃液とアスファルトの混合比を設定している。

貯蔵放射線量については、雑固体廃棄物の場合、ドラム缶等の表面線量当量率から計算により評価している。使用済イオン交換樹脂およびフィルタスラッジについては、各脱塩器入口の水質と脱塩器の運転状況から内蔵放射線量を評価している。

4. 廃棄物処理実績

4.1 気体廃棄物

放射性希ガスおよび放射性よう素は、燃料被覆管が健全に保たれており、ほぼ検出限界以下で推移している。トリチウムは、年間約 4×10^{12} Bqで推移していたが、昭和63年度より放出低減対策を実施し、約1/3に低減している。

4.2 液体廃棄物の放出実績

表3に各液体廃棄物の発生量および処理実績を示す。トリチウム以外の放射性物質の放出量は、年間約 4×10^7 Bqに抑えられている。トリチウムの放出量は、重水系機器の分解点検作業の内容等によって変動するが、年間約 4×10^{12} Bqである。

トリチウム以外の放射性物質の放射源は、機器ドレン廃液の放出の影響はきわめて少なく、そのほとんどが定期検査期間中の洗濯廃液の放出によるものである。トリチウムの放出源は、非常用ガス処理系のドレン水、機器ドレン廃液の処理水等である。

4.3 固体廃棄物の処理実績および貯蔵実績

(1) 濃縮廃液の固化処理実績

蒸発濃縮装置から年間約60m³発生する濃縮廃液は、アスファルト固化処理し約30m³のアスファルト固化体(200ℓドラム缶で約150本)にして固体廃棄物貯蔵庫に貯蔵している。

(2) 貯蔵実績

固体廃棄物の貯蔵量は、表4に示すとおりである。

表3 液体廃棄物の処理実績

年間平均発生量 (m ³)			年間平均処理量 (m ³)				年間平均放出回収量	
機器ドレン	床ドレン	再生廃液	機器ドレン		床ドレン	再生廃液	放出量 (m ³)	回収量 (m ³)
			ろ過・脱塩	蒸発濃縮	蒸発濃縮	蒸発濃縮		
7,000	5,300	3,800	3,700	2,300	4,600	3,800	6,500	7,900

貯蔵容量としては、昭和60年に第2固体廃棄物貯蔵庫の増設および平成元年に使用済イオン交換樹脂貯蔵タンクの増設と雑固体廃棄物焼却設備の設置を行っており、十分確保している。

5. 廃棄物放出低減対策

「ふげん」では、放出放射エネルギーの低減化を図るため、次の対策を検討し実施してきた。

5.1 気体廃棄物

気体廃棄物のうち、放射性希ガスおよび放射性元素については、燃料被覆管の破損が認められておらず、放出放射エネルギーは十分低い。

しかしながら、トリチウムについては、減速材に重水を用いているため、²D (n, γ)³H等の反応により重水中のトリチウム濃度が原子炉の運転に伴って上昇するため、放出量もこれに従って増加する傾向にある。

トリチウムの放出源は、その大部分が重水サンプリング等の重水取扱作業時の換気排ガスである。このため、昭和63年度から既存の非常用ガス処理系（モレキュラシーブにより吸着し、液体として回収する装置）により重水取扱フードの排ガスを連続処理するようにし、トリチウム放出量を約70%低減している。

5.2 液体廃棄物の放出低減化

(1) トリチウム以外

液体廃棄物のうち、トリチウム以外のγ核種の放出放射エネルギーについて、次の放出低減対策を実施して

きた。

1) 中空糸膜フィルタによる放出低減対策

機器ドレン廃液および床ドレン廃液の処理は、昭和56年度までろ過・脱塩処理のみで処理してきたが、昭和57年度から平成元年度にかけて、放射性物質に対する除去性能の高い蒸発濃縮装置により処理し、機器ドレン処理系からの放出放射エネルギーを従来の1/10に低減してきた。

しかしながら、廃液処理容量としては、蒸発濃縮装置の処理容量が約3.0m³/h（2基）であるため、ろ過・脱塩処理の10m³/h（最大15m³/h）と比較して約1/3に減少した。このため、ろ過・脱塩処理のみで処理できるよう平成元年8月に機器ドレン処理系のプレコート式ろ過装置を中空糸膜フィルタに改造した。

中空糸膜フィルタは、プレコート材を使用しないため、フィルタスラッジ発生量の低減化およびろ過装置の自動運転による運転操作の軽減化が図れる。また、ろ過面の孔径が0.06μmであるため、微細な放射性クラッドをも除去することができ、ろ過・脱塩処理のみで放出放射エネルギーの低減が期待できる。

① 原理

図5に中空糸の断面図を示す。中空糸はトリ酢酸セルロース製で外径が約520μm、内径が約350μmの細い筒状の構造となっており、孔径約0.06μmの隙間を廃液が外側から内側に流れる。

表4 固体廃棄物の貯蔵実績

		貯蔵量(平成2年12月現在)	貯蔵設備
廃樹脂	粒状廃樹脂 (m ³)	75	廃棄物処理建屋内各貯蔵タンク
	粉末廃樹脂 (m ³)	9	
フィルタスラッジ (m ³)		35	
雑固体廃棄物	可燃性(本)	9,200	固体廃棄物貯蔵庫
	不燃性(本)	5,700	

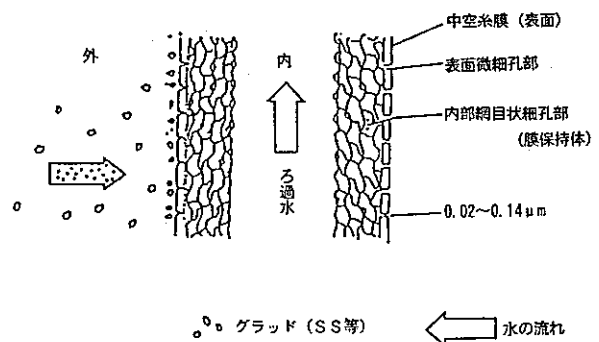


図5 中空糸の断面図

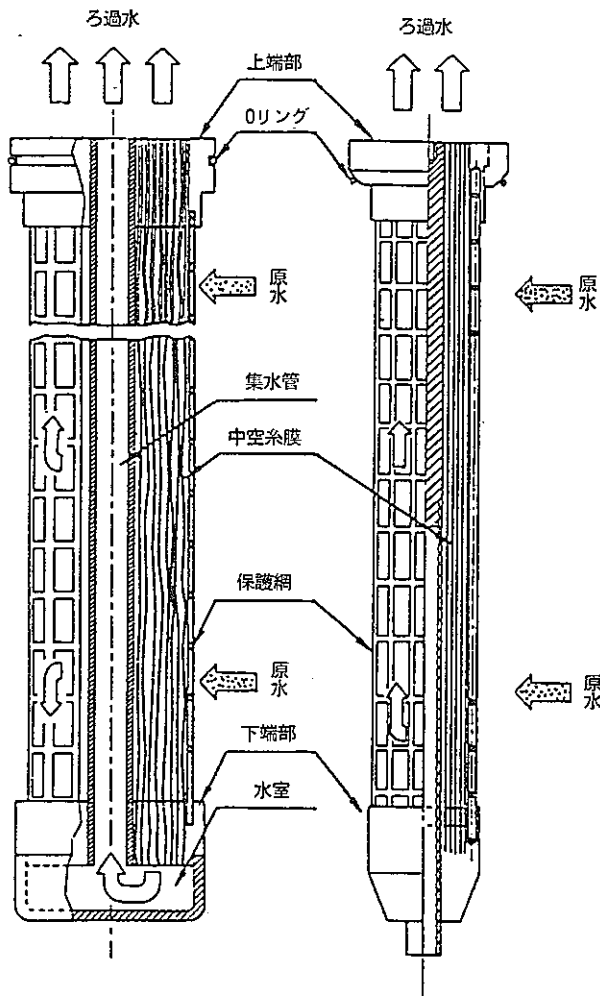


図6 中空糸膜モジュール構造図

中空糸膜モジュールの構造は、図6に示すように、下部方向に流れたろ過液を取水管により上部に集める両端集水型である。実機ろ過装置は、この中空糸膜モジュールを19本充填(ろ過面積: 143 m²)しており、通常10m³/h (最大15m³/h) の流量で処理する。図7に両端集水型中空糸膜モジュールの外観を示す。また、図8に中空糸膜モジュール装着後のろ過装置の内部状態を示す。

② ろ過特性試験

今回実機に採用した両端集水型の中空糸膜モジュールのろ過特性については、コールド試験により図9に示すように逆洗後の差圧上昇と差圧変動(逆洗効果)が抑えられ、膜表面の有効利用、差圧上昇の抑制および中空糸膜モジュールの長寿命化が図れることを確認している。

ホット試験では、両端集水型モジュール1体と実機脱塩装置を模擬したイオン交換樹脂カラムを用い、ろ過・脱塩処理の放射性物質に対する除去

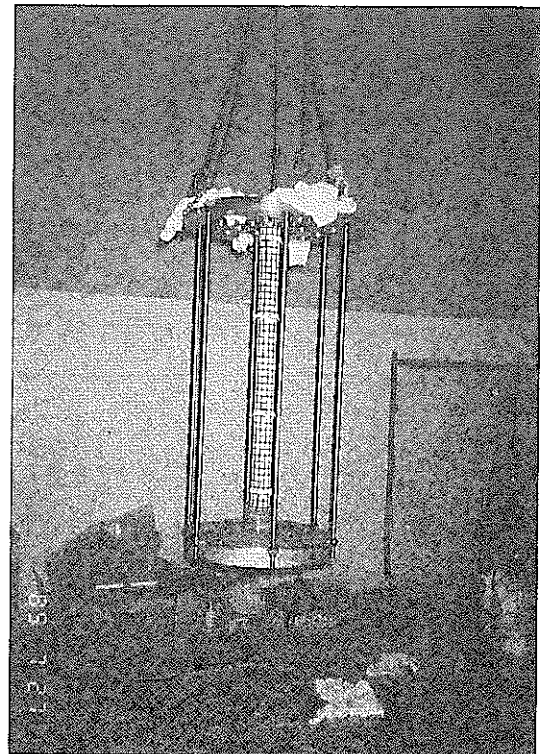


図7 中空糸膜モジュール外観

率が、従来のプレコート式ろ過装置と脱塩装置の組合せに比べて約5倍高いことを確認した。表5に本試験に用いた廃液の種類および放射物質に対する除去率を示す。

③ 実機中空糸膜フィルタの運転実績

イ、廃液処理方法

中空糸膜フィルタ導入後の廃液処理方法は、図10に示すとおりである。機器ドレン処理系でのろ過・脱塩処理は、廃液収集タンクおよび廃液サージタンクに集められた機器ドレン廃液と

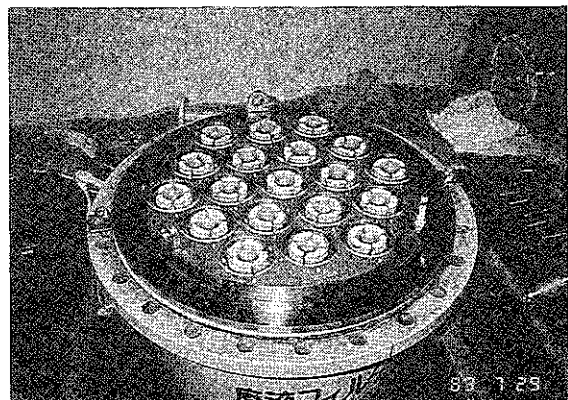


図8 ろ過装置の内部構造

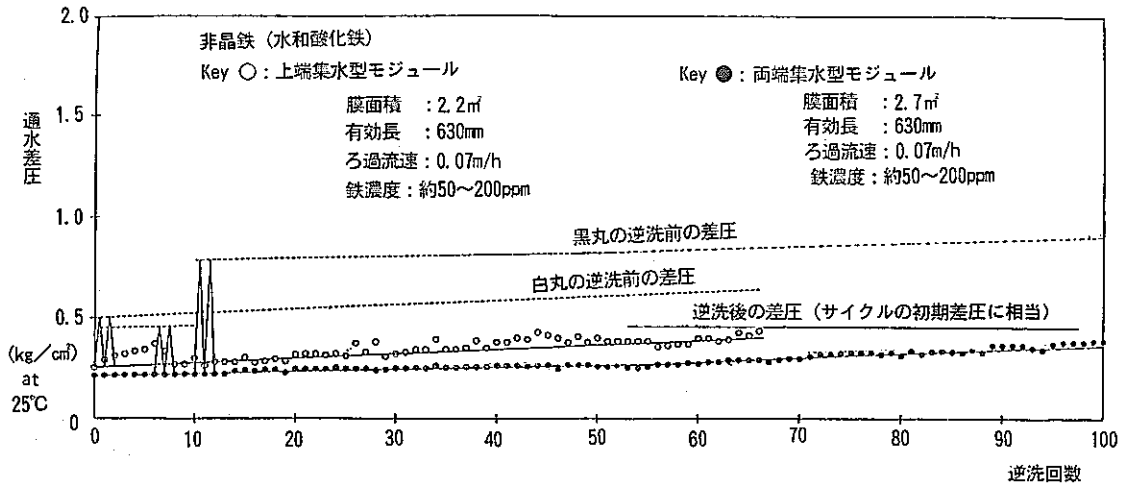


図9 難ろ過性模擬クラッドによるろ過加速試験 (コールド試験)

床ドレン廃液のうち、処理基準（電導度：50 μ S/cm、SS濃度：50ppm以下）を満足する廃液について行っている。中空糸膜フィルタの逆洗後のフィルタ差圧が上昇し上限値（2 kg/cm²以下）に達する場合は、約0.5%の過酸化水素溶液をろ過装置内に注入し、約5分間エアバブリックを行った後、純水により洗浄する。図11に薬品再生による差圧回復手順を示す。

ロ. 処理廃液

平成元年8月から平成2年12月にかけてろ過（中空糸膜フィルタ）・脱塩処理した機器ドレン廃液および床ドレン廃液の性状は、電導度が1~30 μ S/cm、SS濃度が80ppm以下、放射性物質の濃度が $1 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-3}$ Bq/cm³である。処理廃液量は、当該期間において発生した機器ドレン廃液および床ドレン廃液の約60%に相当する。

ハ. フィルタ差圧上昇

図12に中空糸膜フィルタの廃液処理に伴うフィルタ差圧の変化および薬品洗浄による差圧の回復効果を示す。差圧の上昇速度としては、平均逆洗頻度が約3日に1回程度で運用に支障

を来していないが、逆洗前の差圧が徐々に上昇し、基準値に接近してきたため、中空糸膜フィルタの運用を開始してから約27,000m³処理したところで薬品洗浄を実施した。これによって差圧を約70%回復することができた。

ニ. 放出放射エネルギーへの寄与

ろ過・脱塩処理後の放射性物質の濃度は、トリチウムを除くいずれの核種についても検出限界以下の低い濃度であり、放出放射エネルギーへの寄与はきわめて小さい。

ホ. フィルタスラッジの発生量

中空糸膜フィルタ導入後のスラッジ発生量は、平成元年12月から平成2年12月にかけての処理廃液中のSS濃度の平均値（約10ppm）と廃液処理量（約8,000m³）から、約0.2m³（スラッジ密度を0.75 t/Fe₂O₃/m³とした。）と推定され、従来と比較すると約1/6に低減している。

2) ドライクリーニング装置による放出低減対策

「ふげん」におけるトリチウム以外の7核種の放出量は、定期点検時に管理区域内で使用した防護衣類の洗濯廃液（水洗廃液）が主放出源となってい

表5 ろ過・脱塩処理の放射性物質に対する除去性能

試験	試験廃液	混合率 (%)	放射性物質濃度 (Bq/cm ³)	ろ過・脱塩処理の放射性物質に対する除去率(DF)	
				プレコート式ろ過装置・脱塩装置	中空糸膜フィルタ・脱塩装置
No.1	原子炉建屋機器ドレンサンプル水	34	CRUD: 1.0×10^9	420	2200
	工安系サーバランス水 (蒸気放出プール水)	66	Total: 1.5×10^1		
No.2	原子炉補助建屋機器ドレンサンプル水	34	CRUD: 1.5×10^9	100	420
	復水脱塩装置脱塩器スクラビング水	66	Total: 3.0×10^9		

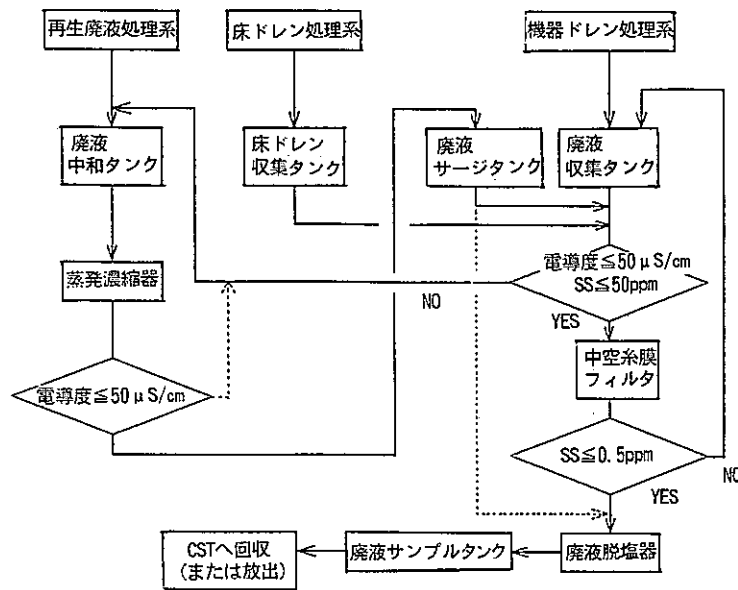


図10 中空糸膜フィルタ導入後の廃液処理方法

た。放出量としては、実績で年間約 3.7×10^7 Bqと放出管理目標値に比べて十分低い値であるが、放出放射エネルギーの低減化を図る観点から、昭和59年度に処

理容量が22kg/hのドライクリーニング装置（一浴フィルタ循環方式）を導入し、水洗処理を行った場合に放出放射エネルギーに大きく影響する汚染区域内使用の防護衣類を対象とした性能試験を実施している。その結果、汗による悪臭防止対策を必要とするものの、放射能に対して水洗処理と同等の除洗性能が得られ、装置の処理能力を増強することにより、汚染区域内で使用した防護衣類のほぼ全量を再利用できることを確認した。表6に汚染区域内で使用した防護衣類の処理実績を示す。

このため、平成元年8月に処理容量が約90kg/hのエマルジョン式ドライクリーニング装置を導入し、汚染区域内で使用したつなぎ服（以下「赤つなぎ服」という。）等を処理し再利用している。図13に現在運用中のエマルジョン式ドライクリーニング装置の外観を示す。本装置の処理性能については、平成元年8月～11月にかけて、放射能汚染に対する除染性能、溶剤の浄化性能（再汚染の程度）、処理能力等を実被洗物により確認し、次のとおり良好な

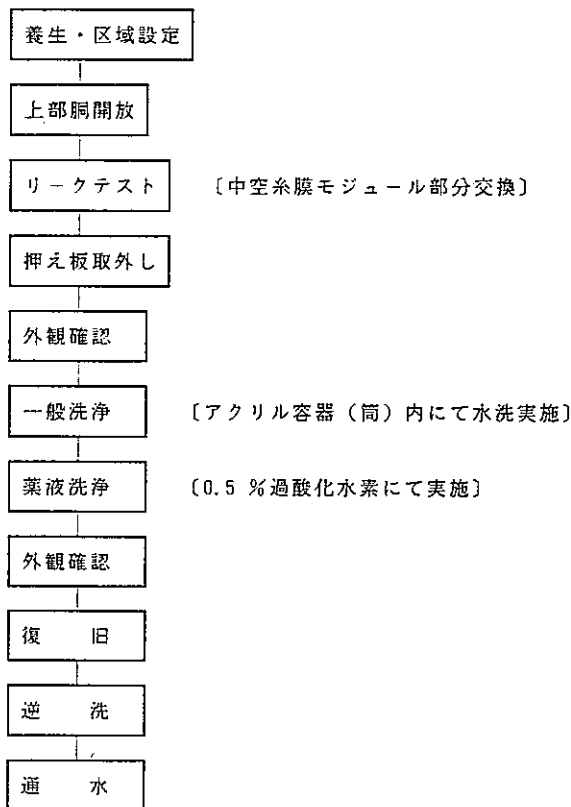


図11 中空糸膜フィルタ薬品洗浄実施工程

表6 ドライクリーニング処理実績

洗濯物の種類	処理実績	注1)
赤つなぎ服	約 3,500着 (約 47,000着)	
タイベックスーツ	約 2,600着 (—)	
赤靴下	約 66,000足 (約 94,000足)	

注1) 第4～6回定期検査期間中の平均値
() 内は水洗式洗濯機の処理実績を示す。

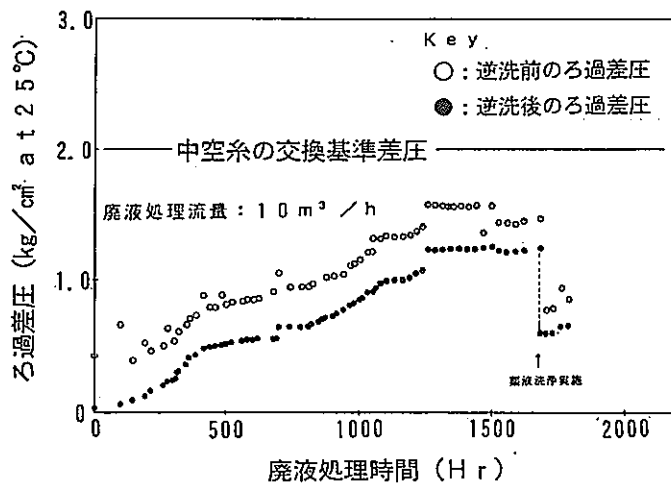


図12 逆洗前後のフィルタ差圧の推移

結果を得ている。

i) 放射能汚染に対するDF

水洗式洗濯機と同程度の除染性能が得られる。

ii) 溶剤の浄化性能

使用前の溶剤中放射性物質の濃度は、検出限界以下であり、再汚染がきわめて少ない。

iii) 処理能力

設計容量の90kg/hに相当するつなぎ服を十分処理できる能力を有する。(定期点検作業時に発生する赤つなぎ服の全量を処理できる。)

iv) 汗による悪臭

定期検査期間中の水洗処理は不要である。

赤つなぎ服の平成元年度におけるドライクリーニング処理実績としては、本格運用を9月から行っており、赤つなぎ服の年間発生量の約45%に相当する約20,000着を再利用した。

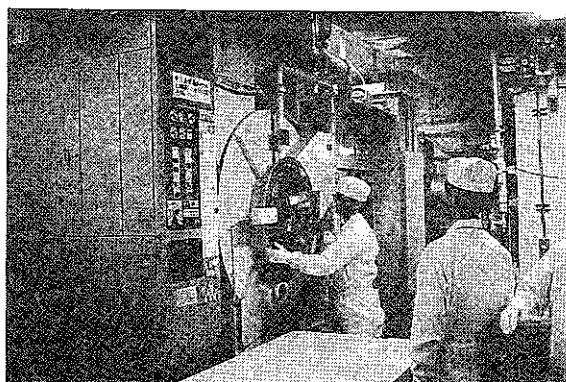


図13 ドライクリーニング装置の外観

6. 固体廃棄物の低減化対策

6.1 可燃性雑固体廃棄物の焼却減容

固体廃棄物のうち、雑固体廃棄物については、可燃性、不燃性に分けて固体廃棄物貯蔵庫に貯蔵してきた。貯蔵容量は、昭和60年度に第2固体廃棄物貯蔵庫を増設したものの、平成6年度には貯蔵容量の限界に達することが予測されたため、その対策として平成元年10月に雑固体廃棄物焼却設備を導入し、年間約1400本(計画値)の可燃性雑固体廃棄物の焼却減容を行うこととした。

(1) 炉型の選定

「ふげん」に導入した熱分解ガス化燃焼方式自然燃焼炉は、日本国内で技術的に確立されている各種炉型についての調査を行い、以下の特徴・利点を考慮して選定した。

- i) 廃棄物の剪断・脱水、カロリー調整等の前処理が不要である。
- ii) 熱分解ガス化燃焼方式により完全燃焼が期待でき、排ガス処理装置の簡素化が図れる。
- iii) 燃焼制御システムにより燃焼温度が上昇すること無く適温に保たれるため、焼却灰の溶融等を防止でき、炉内が健全に保たれる。

(2) 設備概要

図14に雑固体廃棄物焼却設備のフロー図を示す。また、図15に焼却炉本体、排ガス処理設備および炉下部焼却灰取り出し装置等の配置図を示す。

焼却処理容量は、約355,000kcal/h(ポリエチレン約30kg/h又は紙約90kg/hに相当)である。設計上の焼却対象廃棄物は、次のとおりである。

i) 雑固体廃棄物(約65t/年)

(組成) ポリシート: 約65%

紙類: 約20%

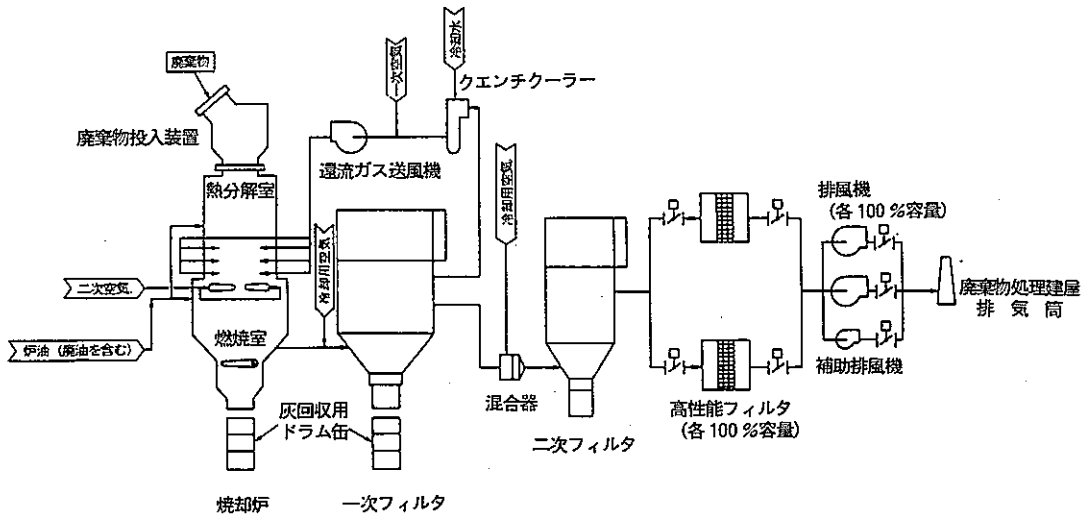


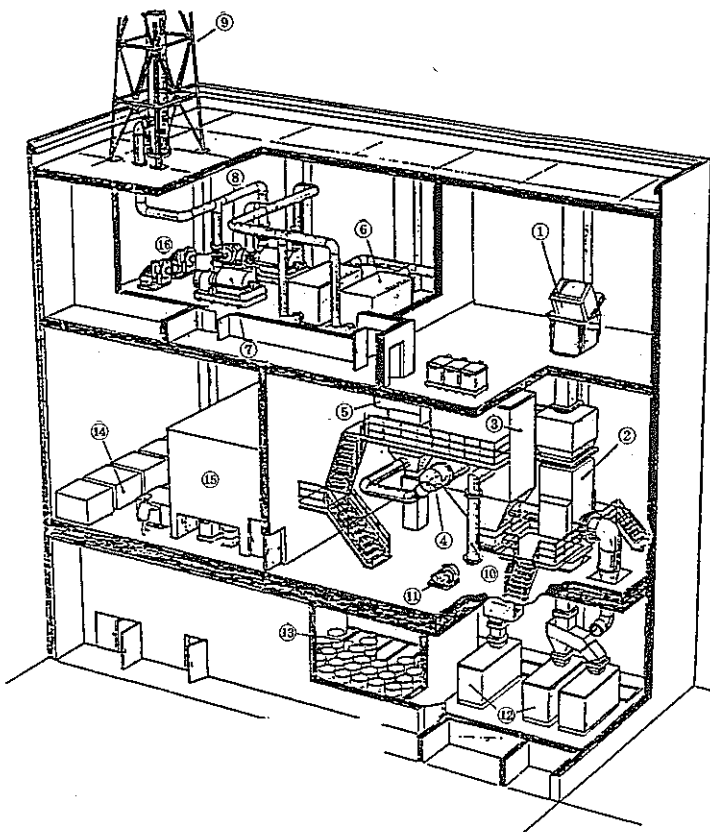
図14 雑固体廃棄物焼却設備フロー図

- ウエス：約10%
- ゴム手袋：約4%
- 木片類：約1%

ii) 廃油 (約15t/年)

1) 焼却方法

焼却炉は、熱分解室と燃焼室を上下に分割し、廃棄物の保持機能を持つ可動型火格子の揺動パドルで区切られている。廃棄物は、熱分解室内を通過する間に乾燥・熱分解され、熱分解ガスと炭化した熱分解残渣に変換される。熱分解ガスと熱分解残渣は、



⑬	ボックス換気送風機
⑭	廃棄物集荷開梱室
⑮	ボックスパレット
⑯	焼却灰ドラム缶一時保管庫
⑰	焼却灰取出装置
⑱	還流ガス送風機
⑲	クエンチクーラ
⑳	廃棄物処理建屋排気筒
㉑	補助排風機
㉒	排風機
㉓	高性能フィルタ
㉔	二次フィルタ
㉕	混合器
㉖	一次フィルタ
㉗	焼却炉
㉘	廃棄物投入装置

図15 雑固体廃棄物焼却設備の配置図

燃焼室において完全燃焼される。

2) 排ガス処理方法

排ガス処理装置は、一次フィルタ、二次フィルタおよび高性能フィルタにより構成された乾式ろ過方式である。

焼却炉から飛散してくるフライアッシュおよび未燃焼物は、一次フィルタエレメント表面に補足し、高温、高酸素雰囲気下で完全燃焼（二次燃焼）する。一次フィルタを通過した揮発性物質等は、温度の低い二次フィルタによりろ過する。これらのフィルタによって排ガス中の放射性物質を $1/10^5$ 以下に除去でき、放出放射エネルギーを十分低く抑えられるが、安全裕度を高めるため最終段に高性能フィルタを設置している。各フィルタでの排ガス温度は、一次フィルタを $650\sim 700^{\circ}\text{C}$ 、二次フィルタおよび高性能フィルタを約 200°C に制御している。

一次・二次フィルタの材質・構造は、焼却炉から飛散するダストおよび未燃焼物等が比較的少ないことから、それぞれ6個の角柱の内面にセラミックファイバーマットを張り付けた簡便な構造になっている。ろ過面積は、一次・二次フィルタ共に約 9 m^2 である。

3) 廃棄物の供給方法

定期点検作業等に使用したポリシート、ウエス等はポリ袋に詰められている。廃棄物処理建屋内の集荷間梱室に集められた廃棄物は、金属探知器による大型金属片の除去および表面線量当量率の確認を行い、ポリ袋に詰められた状態で廃棄物カート（焼却炉への廃棄物投入専用ボックス）に充填している。焼却炉内への投入は、廃棄物カートを焼却炉上部の投入口に接続し、1時間に約1回の頻度で投入ゲートを開き、約 50 kg の廃棄物をバッチ的に投入している。

4) 焼却灰取出方法

炉底灰および一次フィルタへの飛散灰は、搬出ボックス内で焼却灰ドラム缶に充填している。充填前には、炉底灰に含まれる塊状物を振動振るいにより分離・除去する。焼却灰ドラム缶は、廃棄物処理建屋内の焼却灰ドラム缶一時保管庫に保管し、ドラム缶表面汚染密度等を測定した後、固体廃棄物貯蔵庫に移送し貯蔵している。廃棄物処理建屋内での焼却灰ドラム缶の取り扱いは、遠隔で実施できるようにしている。

5) 運転・制御

焼却炉の運転は、非管理区域の制御室から遠隔で行っている。自動制御は、燃焼温度と焼却炉内圧力について行っている。燃焼温度の自動制御は、熱分解室へ供給する空気量を燃焼排ガスの温度に応じて

自動で調整するものである。

焼却処理運転は焼却炉の基本的な運転パターンは、以下のとおりである。

- 9時～10時：予備バーナによる上昇
- 10時～15時：焼却処理運転
- 15時～16時：残熱冷却およびシャットダウン
- 16時～9時：補助排風機による負圧維持

(3) 運転実績

1) 試運転結果

約 5 t の模擬廃棄物を使用し、プラント性能を確認した。

- i) 設備容量：最大 $421,000\text{ kcal/h}$
- ii) 減重比：約 $1/120$
- iii) 焼却灰熱灼減量（未燃物量）：約 3% 以下
- iv) 排ガス処理設備DF性能： 10^5 以上（高性能フィルタを除く）

2) 実運用実績

試運転後、平成元年10月末より実廃棄物の焼却運転を開始した。焼却処理廃棄物は、ポリシート、ウエス、紙タオル、梱包用木材、足場板、ゴム手袋、廃油等である。表面線量当量率は、最大 2 mSv/h であった。

平成元年10月から平成2年4月までの焼却処理運転の実績は、次のとおりである。

- i) 総焼却処理量： 15.3 t
- ii) 焼却処理時間：6～10時間/日
- iii) 焼却容量： $150\sim 290\text{ kg/日}$
- iv) 運転要員：1/2名（制御室）、2～4名（廃棄物の集荷、移送、投入、焼却灰払出し）

焼却処理運転により発生した焼却灰は次のとおりである。

- i) 総重量： 256 kg
- ii) 総容量： 480 l
- iii) 焼却灰ドラム缶表面線量当量率： $1\sim 3\text{ mSv/h}$
- iv) 性状：熱灼減量はほぼ 1% 以下

7. おわりに

気体廃棄物については、放射性希ガスおよび放射性元素の放出放射エネルギーを十分低い値に抑えてきた。トリチウムについては、発生源において回収し放出放射エネルギーの低減化を図っている。液体廃棄物についても、中空糸膜フィルタおよびドライクリーニング装置の導入による放出放射エネルギーの低減対策を実施している。固体廃棄物は、可燃性雑固体廃棄物の焼却減容処理を実施し十分良好な成果が得られている。

今後は、放出低減技術の高度化をさらに進めていく

とともに、現在貯蔵している固体廃棄物の減容・安定化技術について検討することとしている。

参考文献

- 1) 塚本、吉村他：液体廃棄物処理系への中空糸膜フィルタの適用、動燃技報No75 (1990)
- 2) 大山、丸田：中空糸膜式ろ過装置、エバラ時報No148 (1990)
- 3) 新型転換炉ふげん発電所他：「ふげん」の運転経験と技術成果、動燃技報No69 (1989)
- 4) 新型転換炉ふげん発電所他：新型転換炉ふげん発電所の運転実績、動燃技報No50 (1984)
- 5) 村松、武井他：新型転換炉ふげん発電所の運転管理、動燃技報No47 (1983)