

原子力向け膜分離活性汚泥式洗浄排水処理設備

Laundry Drain Treatment System Using Membrane Bio Reactor for Nuclear Power Plant

本社営業窓口 原子力事業本部原子力部新型炉・新製品課
☎ (03) 6716-4916

膜分離活性汚泥式洗浄排水処理設備は、自然界における自浄作用を利用することにより、省ランニングコストを実現した設備である。また、設備構成的にもタンクとポンプを主体とする非常に簡素な構成をしており、加圧・昇温する設備もないため設備点検・部品交換頻度が少なく、この観点からもランニングコスト低減につながると同時に安全かつ運転の容易な設備となっている。さらに、主な二次廃棄物発生源としては有機物を分解することによる活性汚泥の増殖分のみであり、従来の設備と比較して1/8～1/20と二次廃棄物発生量の少ない設備であり、原子力発電所への適用を予定している。

本設備は、一般産業の下水処理等には広く適用されているなど十分に実績のある設備であり、また当社においては原子力発電所における実廃液を用いた試験を行い、水質浄化性能及び放射性物質除去性能等、本設備の原子力発電所での洗浄排水処理方式としての成立性については十分確認済みである。

更に、標準的な活性汚泥法では、汚泥と処理水の分離を自然沈降で行っているが、平膜を用いて膜による分離を行うことで、省スペース化を図っている点も本設備の特徴の一つである。

以上のように、“膜分離活性汚泥式洗浄排水処理設備”は既存する洗浄排水処理設備の問題点を改善した新設備である。

1. はじめに

原子力発電所において、管理区域内で着用した衣服等の洗濯の際に発生する放射性廃液及び管理区域退却時に使用した手洗い水及びシャワー水は、洗浄排水（洗濯排水）処理系統にて処理される。これらの廃液を処理する方式として、蒸発方式、膜ろ過方式（RO、

UF）、活性炭ろ過方式などが多くのプラントで使用されており実績も多いが、ランニングコストが高い、二次廃棄物発生量が多いなど、改善すべき課題を有している。ここでこれら課題を解決する新たな方式として、一般産業排水処理、下水処理で適用実績を有する活性汚泥方式の適用を着想した。更に膜による固液分離を行うことによって省スペース化を図り、膜分離活性汚泥方式として設備化された新製品を紹介する。

2. 省スペース化を実現する膜分離活性汚泥方式

活性汚泥は、主としてバクテリア（細菌類）、原生動物、後生動物などから構成されている微生物群集であり、活性汚泥法とはこれら微生物群集の代謝機能を利用して排水を浄化する方法である（図1参照）。一般的な標準活性汚泥法では、まず洗浄排水は浄化槽に導入される。浄化槽は空気による曝気（空気を送り液中に酸素を供給すること）を行っており、ここで有機物は微生物により分解され、最終的には二酸化炭素と水になる。また、この過程で微生物自体も増殖する。曝気処理の後、活性汚泥を含んだ処理水は沈降分離槽に送られ、汚泥と処理水は自然沈降によって固液分離される。処理水は汚泥を含まない上澄み液として得られ、沈降した汚泥は循環ポンプにより浄化槽に返送される。また、浄

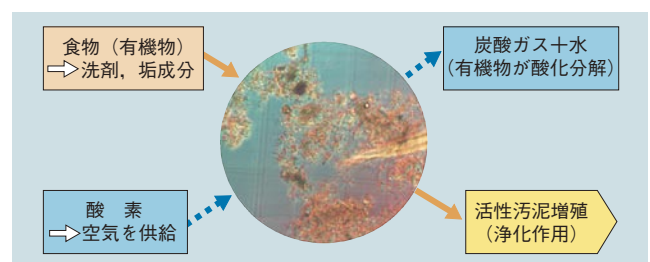


図1 活性汚泥の排水浄化原理

化槽での汚泥濃度を一定に保つために、増えすぎた汚泥は余剰汚泥として定期的に引き抜かれる。このような標準活性汚泥法では汚泥と処理水の分離を自然沈降で行っているため、大きな沈降分離槽が必要となる点がデメリットの一つとなる（図2参照）。このデメリットを解決する手段として、浄化槽内に分離膜を設置し、従来の標準活性汚泥法の浄化槽と沈降分離槽を一つの槽（膜分離浄化槽）に統合する膜分離活性汚泥法が挙げられる。膜分離活性汚泥法のフロー図を図3に示す。この方式によって、装置のコンパクト化を図ることが可能となると同時に、膜を通してろ過するため曝気槽内の汚泥濃度を高く維持することが可能となり、その

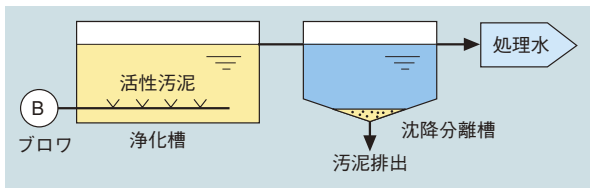


図2 標準活性汚泥法フロー図

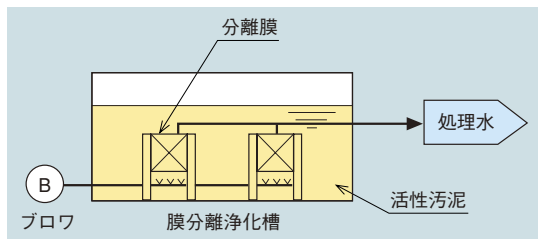


図3 膜分離活性汚泥法フロー図

分処理能力も向上する。さらに、処理水中の浮遊懸濁物も膜ろ過により完全除去することが可能となる。

3. 安全かつシンプルなシステム構成

膜分離活性汚泥法のシステム構成を図4に示す。

放射性物質を含んだ洗濯廃液は膜分離浄化槽で活性汚泥の働きにより有機物等が分解除去される。また、放射性物質についてはそのほとんど（90%以上）が粒子状であるため浄化槽内に設置された膜により除去可能であり、残りのイオン状成分については汚泥内に取り込まれる（放射性物質除去性能については図5に示す）。膜分離浄化槽では洗浄排水中の有機物分解に伴い汚泥が徐々に増加し、増加（余剰）分が汚泥タンクに抜き出される。汚泥タンクの汚泥（余剰汚泥）は汚

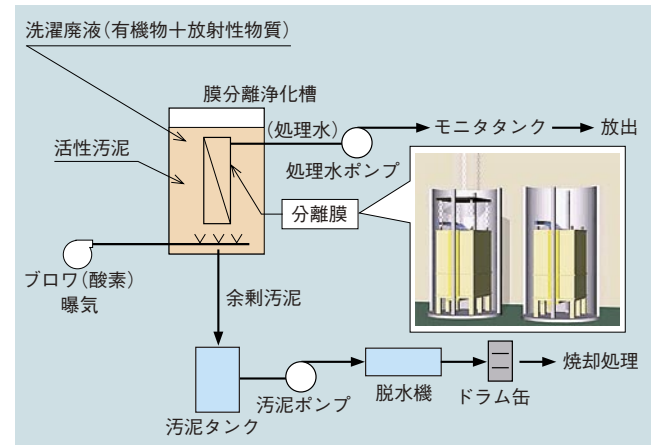


図4 膜分離活性汚泥式洗浄排水処理設備のシステム構成

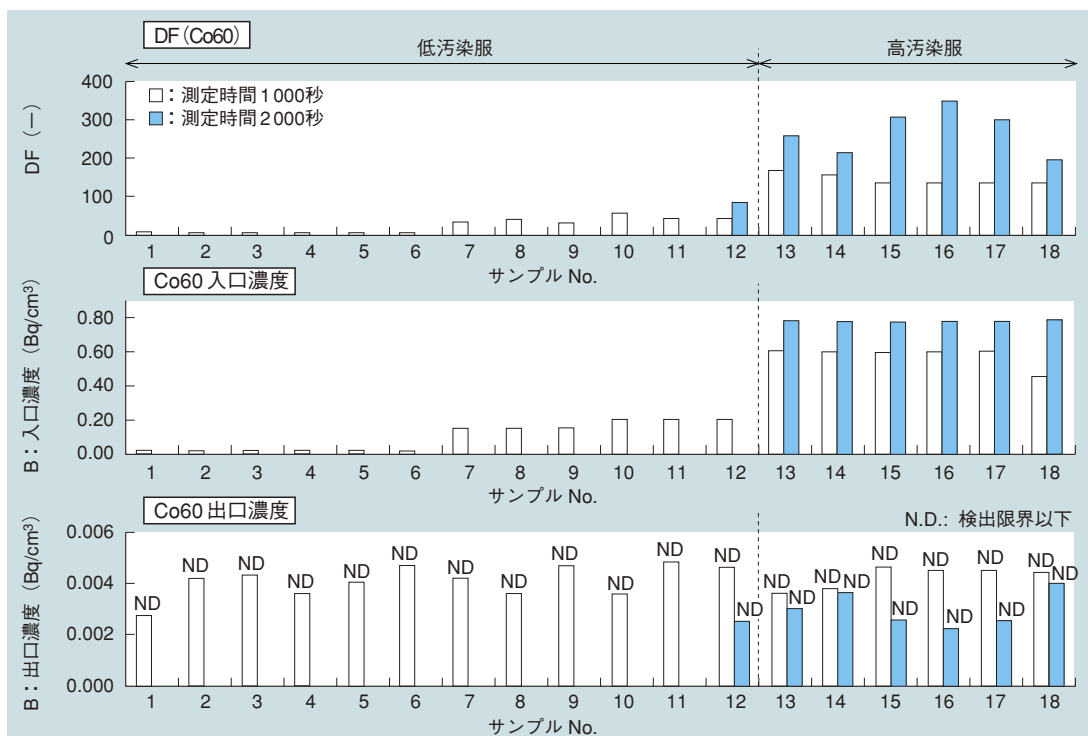


図5 原子力発電所における実廃液を用いた性能試験データ

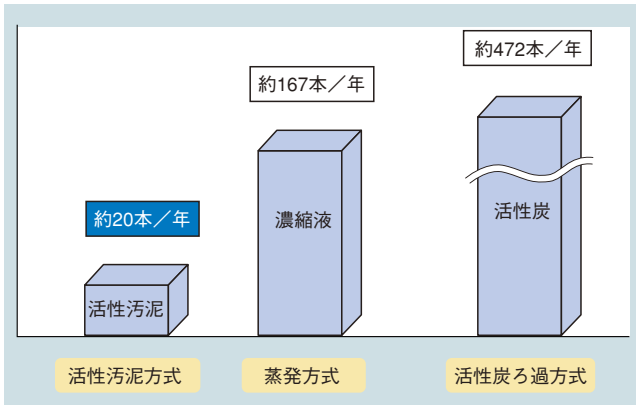


図6 二次廃棄物量の比較 (ドラム缶換算)

泥ポンプにより汚泥脱水機に供給され、減量化された後ドラム缶に回収後、焼却炉に投入され焼却処理される。

以上のように、図4に示した本設備のシステム構成は非常に簡素であり、加圧・昇温する設備もないため設備点検・部品交換頻度が少なくランニングコスト低減につながると同時に安全かつ運転の容易な設備である。

4. 低二次廃棄物量の実現

本設備の主な二次廃棄物発生源としては有機物を分解することによる活性汚泥の増殖分のみであり、従来の設備と比較して二次廃棄物発生量の低減を実現した設備である。

各原子力発電所における実廃液試験及び社内試験の結果を基に、活性汚泥方式において発生する二次廃棄物量の算出を行った。また、合わせて従来方式である蒸発方式、活性炭ろ過方式についても二次廃棄物量を算出し比較を行った。結果を図6に示す。10,000 m³/年の洗浄排水を処理すると仮定した場合、本方式の二次廃棄物発生量はドラム缶換算、焼却処理前の比較で蒸発方式の約1/8、活性炭ろ過方式の約1/20となり、本方式は従来方式と比較して二次廃棄物を大幅に低減できる見通しを得た。これによって、廃棄物処分費の低減につながりランニングコストの低減にも寄与する。

一方、一般産業の下水処理等に広く利用されており十分な実績を有する本方式であるが、原子力発電所への適用に当たっては、微生物自体の耐放射線性により排水処理性能に影響を及ぼす可能性が考えられる。そこで、活性汚泥の有機物分解速度に及ぼす放射性物質の影響を把握することを目的に活性汚泥へのγ線照射

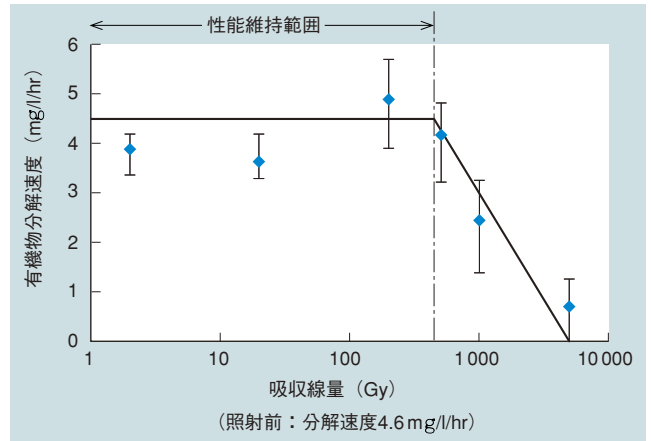


図7 活性汚泥による有機物分解に及ぼす吸収線量の影響

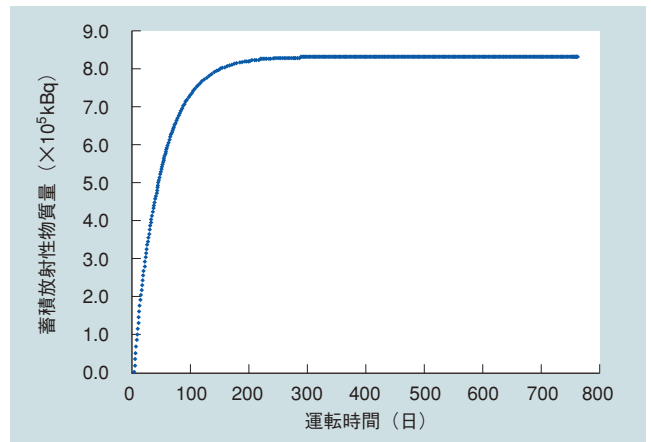


図8 実機放射性物質蓄積シミュレーション結果

試験を行った。試験結果を図7に示す。

有機物分解速度は、500 Gy まではほぼ誤差範囲での変動であるが、1,000 Gy 付近から顕著に低下することが示された。

また、実機を想定した蓄積放射性物質量のシミュレーションを行った結果を図8に示す。

これより実機を長期運転した場合、系内の放射性物質量は徐々に増加していくが、系内への流入量と汚泥引き抜きによる放射性物質の流出量のバランスから 8.3×10^5 kBq でほぼ一定の値をとることが分かった。この数値を用いて微生物の浴びうる最大の吸収線量を求めた結果、吸収線量は0.061 Gyとなり、微生物の活性に影響のない線量であることが示された。

以上より、本方式は一般産業において十分な実績があり、かつ原子力発電所への適用に関して問題のない方式であることが確認されている。また、従来方式に比べ、ランニングコスト、二次廃棄物量、安全性、運転容易性など多くの点で優れた設備となっている。