

電解脱窒素技術の発電所排水への適用

Application of Electrolytic De-nitrification System to Waste Water of Power Plant



三菱重工環境・化学エンジニアリング
株式会社
資源リサイクル事業部
水再生プラント部

火力発電所の水処理剤として使用されてきたヒドラジン¹⁾は、欧州を中心に使用禁止の動向となっている。代替処置として“高 pH 処理 (High-AVT)”²⁾が適用されている。

High-AVT 適用によって、発電所排水中のアンモニア性窒素濃度は上昇するが、各国において窒素排出規制が存在するため、その対策が必要となる。本稿では、三菱重工環境・化学エンジニアリング(株)が保有し、窒素排出規制に対して有効な電解脱窒素技術を紹介する。

1. 脱窒素技術ニーズの背景

火力発電所の水処理剤として、ヒドラジン使用に代えて、“高 pH 処理 (High-AVT)”²⁾を適用すると、排水中のアンモニア性窒素濃度が上昇するため、対策が必要になってくる。

(1) High-AVT 化による排水性状変化

High-AVT 適用により、ボイラ排水中のアンモニア性窒素濃度が上昇する(表1)。

表1 High-AVT 化による排水性状変化

装置仕様	ヒドラジン処理	High-AVT
ボイラ水中のアンモニア性窒素濃度	30mg-N/L	100mg-N/L
貯留槽内のアンモニア性窒素濃度	15mg-N/L 以下	50mg-N/L

(2) 窒素排出規制の動向

各国で窒素に対する排水規制が存在するため、High-AVT 適用のボイラ排水では、アンモニア性窒素の処理が必要となる(表2)。

表2 各国における窒素排出規制の動向※

項目	排水基準	
	全窒素 T-N	アンモニア性窒素 NH ₄ -N
世界銀行		10mg/L 以下
日本	120mg/L (日間平均 60mg/L)	
サウジアラビア		1mg/L(30 日平均)
インドネシア		1mg/L(30 日平均)
ベトナム	15mg/L	5mg/L
中国		15mg/L
ブラジル		5mg/L
韓国	60mg/L	

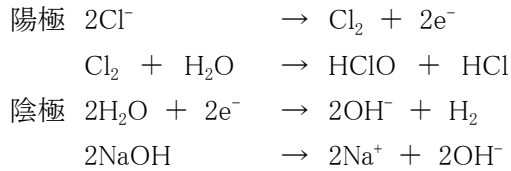
※2012 年, 調査結果

2. 電解脱窒素技術の原理

海水等の塩化物イオンを含む溶液を電気分解し、次亜塩素酸を生成する。次亜塩素酸によりアンモニア性窒素を酸化し無害な N_2 ガスとして大気放出する。

(1) 塩素生成

陽極において塩素 (Cl_2) を生成、塩素はさらに電極近傍で瞬時に不均化分解して、次亜塩素酸 ($HClO$) を生成する。



(2) 窒素除去

水中のアンモニア性窒素は、塩素生成反応で発生した次亜塩素酸 ($HClO$) と反応し、無害な N_2 ガスとなる。



3. ボイラ排水からのアンモニア除去

(1) 実発電所排水 (ボイラ排水) での効果検証

実際の設備から排出された発電所排水 (ボイラ排水) に、電解次亜塩素酸溶液を混合し、アンモニア除去性能を評価した。処理水中のアンモニア性窒素が排出規定値 (10mg/L 以下) となることを確認し、実発電所排水に対して十分な効果があることが検証された。

(2) 制御・終点管理方法

アンモニア性窒素を含む発電所排水は、電解次亜塩素酸溶液と混合し酸化処理する。その混合液中では、バッチ処理の場合、アンモニア性窒素の除去とともに、pH が図1に示すような挙動を示すので、pH を計測することにより酸化処理反応終点の把握が可能である。

また、必要な次亜塩素酸量は、アンモニア性窒素濃度や排水量に依存するが、電解電流を制御することにより次亜塩素酸供給量をコントロールできるため、排水性状等の変化への追従性も高い。

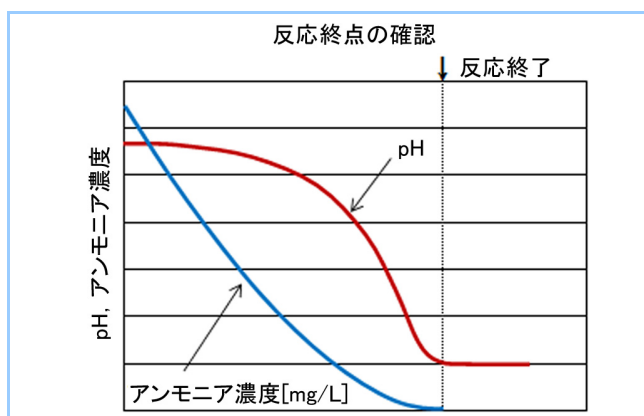


図1 酸化処理反応終点の確認

4. 発電所排水処理プロセスへの適用

発電所での排水処理プロセスを図2、アンモニア処理の設計仕様を表3に示す。海水等の電解で生成した次亜塩素酸溶液と、貯留槽に受けた発電所排水 (ボイラ排水) を混合槽で混合し、液中のアンモニア性窒素を酸化分解する。処理水のアンモニア性窒素濃度が規定値 (10mg/L 以下) になったことを確認し放流する。

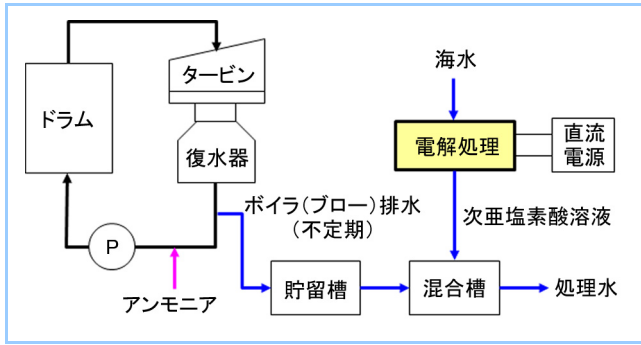


図2 発電所排水処理プロセスフロー

表3 アンモニア処理の設計仕様の一例

項目	容量
ボイラ容量	50 万 kW/基
貯留槽内排水の窒素濃度	50mg-N/L (減温希釈後)
流量	1 000m ³ /週 (減温希釈後)
アンモニア性窒素処理量	50kg-N/週
電解塩素生成能力	405kg-Cl ₂ /週

5. 各種アンモニア処理法との比較

当社の電解脱窒素技術によるアンモニア処理法は、その他の処理法(イオン交換, アンモニアストリッピング)と比較して、優位にあることが分かる(表4)。

表4 当社電解法と各種アンモニア処理法との比較

	イオン交換	アンモニアストリッピング	電解法	評価
処理時間	短い	長い	短い	○
設置面積	中	大	小	○
操作性	特別な操作は無し。予期せぬ濃度増大時にイオン交換能を超過する可能性有り。	水蒸気, NaOH 溶液を多量に使用。低濃度での処理効率が低い。	電流値操作で濃度変化に即時に追従。	○
メンテナンス性	樹脂の再生, 交換	付帯設備数が多く大掛かり	電解槽の酸洗浄, 電極交換	○
工期	短い	付帯設備数が多く長い	短い	○
運転コストの構成	樹脂の再生, 交換, 濃縮アンモニア水処理(別途)	蒸気, pH 調整薬剤 アンモニアガス処理(別途)	電気代, 電解槽メンテナンス	○
廃棄物	使用済みイオン交換樹脂 濃縮アンモニア水(脱着)	アンモニアガス アルカリ性排水	海水 酸洗廃水	○
課題	再生, 再生廃液処理 イオン選択性なし	アンモニアガス放散対策, 回収・処理	海水等, 塩化物イオンを含む溶液が必要	○
OPEX ^{*1}	1 040%	385%	100%	○
CAPEX ^{*2}	187%	103%	100%	○

*1 OPEX (operating expenditure): 運用維持費

*2 CAPEX (capital expenditure): 設備投資費