

水素社会に貢献する触媒技術及び 環境負荷低減に貢献する AQCS の最新鋭技術

The Most Advanced Technologies of SCR for Contribution to Hydrogen-based Society and
Other AQCS Products for Reducing Environmental Load



三菱パワー株式会社
営業本部 環境プラント営業部

三菱パワー株式会社(以下、当社)は、脱硝装置(SCR: Selective Catalytic Reduction System)・脱硫装置・電気集塵装置などの総合排煙処理システム AQCS(Air Quality Control System)を一貫して提供できる世界唯一のメーカーであり、環境保全に貢献してきている。排ガス・排水の規制が世界各国で厳しくなる中、更に脱炭素化に向けた取り組みが必要となってきた。これらに対する有望な対策技術として、①水素社会に貢献する高効率脱硝装置、②発電所からの排水規制強化策としての脱硫設備の無排水化装置、③船用エンジンの排ガス規制強化策としての脱硫スクラバー最新状況について紹介する。

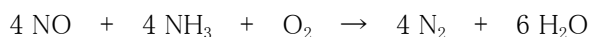
1. 高効率脱硝装置の紹介

当社は、ガスタービンコンバインドサイクル(GTCC: Gas Turbine Combined Cycle)向け脱硝装置において 95%を超える高効率脱硝を達成しており、本実績は、①アンモニア/NO_xアンバランス低減技術(高性能アンモニア注入ノズル、高性能排ガス混合器)②高効率脱硝に対応した排ガスシール構造を採用し達成できた。また、来るべき脱炭素社会での水素及びアンモニアを燃料としたガスタービン発電設備においても、上記の③高効率脱硝技術を応用して計画しており、以下の通り紹介する。

1.1 高効率脱硝技術

① アンモニア/NO_x(モル比)アンバランス低減技術

脱硝装置は、発電設備等で発生するNO_xを含む排ガスにアンモニアを注入し、脱硝触媒上で、下式の化学反応により窒素と水に分解する。



NO_xとアンモニアは、1:1で反応するため 95%以上の高効率脱硝を達成するためには、アンモニア注入時のモル比アンバランスを低減し、排ガス中のNO_xと可能な限り完全に混合することが必要不可欠である。当社は、アンモニア注入時の温度上昇によるモル比アンバランスも考慮した高性能アンモニア注入ノズル及び旋回流を利用した混合器を開発採用してモル比アンバランスを低減し、95%以上の高効率脱硝の実用化に成功している。

② 高効率脱硝に対応した排ガスシール構造

GTCC 向け脱硝装置は、HRSG(Heat Recovery Steam Generator: 排ガスボイラ)内に脱硝装置が組み込まれており、HRSG の熱伸びを考慮して触媒反応器を設計する必要がある。しかしながら、この構造により脱硝触媒と接せず隙間を通り抜ける排ガスが生じるため、HRSG 内の排ガスシール構造を変更することによってガスリーク(ガスの吹き抜け)を低減させることに成功した。

③ 水素、アンモニア焼きへの脱硝技術応用

今後、CO₂ 低減に向けた水素及びアンモニア焼き GTCC への適用燃料として、水素やアンモニアを使用する場合、従来使用している天然ガス等と比べ、ガスタービンから排出される NO_xが増加することが考えられ、更なる高効率の脱硝装置が必要となると考えられる。この高効率脱硝装置は、天然ガスを燃料とする通常の GTCC よりも脱硝装置入口の NO_x濃度が高くなるため、増加するアンモニア注入量やモル比アンバランス低減を、触媒技術を応用して対応する計画である。

1.2 高効率脱硝実績

当社は、当社高砂工場内の実証設備複合サイクル発電所(第二T地点)にて、脱硝効率が95%を超える設備を納入済みである。本設備では、アンモニア/NO_xアンバランス低減技術と高効率脱硝装置に対応した排ガスシール構造を採用することにより脱硝率:95%以上を達成できた(図1)。



図1 高砂工場内実証設備複合サイクル発電所(第二T地点)向け脱硝装置

2. 環境負荷低減に貢献する無排水化設備 WSD の紹介

近年、米国の ELG's (Effluent Limitation Guidelines and Standards)、中国の水汚染防止行動計画(水十条)、日本の水質汚濁防止法、欧州の BREF (Best Available Techniques Reference) 等を始めとして、世界各地域で健康保護や水質改善を図ることを目的に、多分野の産業施設から排出される排水に対する規制が強化され、規制対象となる成分の追加並びに規制濃度の引下げが行われている。

火力発電所においては、従来、湿式石灰石膏法脱硫装置で生成する副生石膏を脱水した際のろ液を、排水処理設備にて重金属やその他有害成分を化学薬品を用いて規制基準値以下となるよう高度処理した後に河川や湖沼、海域に放流していた。しかしながら、上述のように、近年排水規制が強化されるのに伴って乾式排煙処理技術や無排水化技術(ZLD: Zero Liquid Discharge)のニーズの高まりを受け、当社は、環境負荷低減に貢献する取り組みとして、湿式排煙脱硫装置の排水を、プラント排ガス熱源と接触させることで効率的、かつ安価に無排水化する WSD (Wastewater Spray Dryer)を開発した。

WSD のフローを図2に示す。エアヒータ(AH: Air Heater)入口の一部抽気排ガスを WSD 缶体内に引き込み、同時に脱硫ろ液排水を液滴化、噴霧し、排ガスと接触させる事で同缶体内にて蒸発乾固させた後、この排ガスを AH 出口煙道に戻し乾式電気集じん機(ESP: Electrostatic Precipitator)にて蒸発後の塩粒子を除去するものである。本 WSD の特徴として、以下が挙げられる。

- ① プラント排ガスの熱を用いて効率的に無排水化できるため、他 ZLD 方式で必要とされる蒸気熱源などのユーティリティが不要。
- ② WSD 缶体と主煙道系統を繋ぐダクトにダンパを設置し、必要時にダンパを閉じて WSD 系統を切り離すことで、発電設備運転中に WSD 内部の清掃や保守を行うことができる。このため、発電設備全体の安定操業が可能。
- ③ AH の差圧を駆動力として WSD 缶体に排ガスを引き込むことが可能であり、WSD 系統ダクト専用の送気ファンが不要なため、設備構成を簡素化できる。

2016年までにWSD基礎研究(塩水液滴蒸発速度の遅延予測、蒸発塩の潮解性抑制、重金属の溶出防止処理方法)及びパイロット試験実証⁽¹⁾を完了させ、また熱流動と塩水液滴蒸発を同時に解析するシミュレーション手法により、実機設備の適正容量設計が可能となった(図3)。

本研究を経て、2017年中国EPCメーカー“北科欧遠”社と協力し中国山西省 臨汾発電所(発電量 350MW 石炭焼き発電設備)に、WSD 初号機を建設し、運転を開始した(脱硫排水処理量 5t/h)。発電所の O&M も手掛ける同社と、運転データ管理に基づく運転制御条件、保守頻度を適切に調整した結果、WSD 出口ダクト内に閉塞等生じることなく(図4)、現在も長期安定運転を継続できている。

表1に WSD の受注実績を示す。現在中国、米国にて計 14 基の WSD を受注しており、この他にも多数の商談に対応中である。

次期取組みとして、WSD と脱硫排水の濃縮減容化装置を組み合わせた技術の実用化検討を進めている。無排水化設備の前流で脱硫排水を濃縮減容化する方法として、脱硫装置で石膏脱水後のろ液を吸収塔に戻す際の返送量を増加させる方法と、脱硫装置から排出される排水を逆浸透膜(Reverse Osmosis Membrane, RO 膜)に通し Brine 濃縮液を取り出し減容化する方法がある。膜の長寿命化と安定運転のため、RO 膜種と透水圧力の選定、逆洗頻度、スケーリング・ファウリング防止のための前処理方法の適正化を実施中である。

図5に各 ZLD 方式の設備費+運転費の比較を示す。WSD は従来型に比較してトータルコスト優位であることが分かる。RO 膜濃縮装置+WSD の組合せ時は WSD 単独時と比較して電力費(熱源)と設備費が大きく低減できている。これは排水量、必要熱源量の低減による省エネ及び ZLD 設備サイズダウンの効果である。RO 膜濃縮装置+WSD の組合せ時は、RO 膜濃縮前流の前処理として薬剤費が増加しているが、現在、この低減を検討している。

本報で紹介した WSD は、火力発電設備のみならず、産業用向けの排ガス処理設備における無排水化にも適用できる可能性があることから、今後それらへの適用も目指して環境と省エネに貢献すべく技術進歩に務めていく。

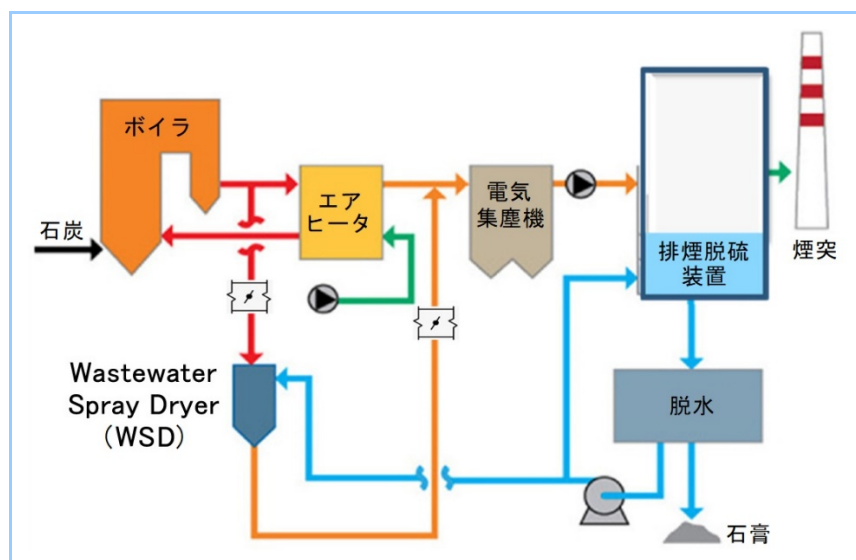


図2 WSD フロー図

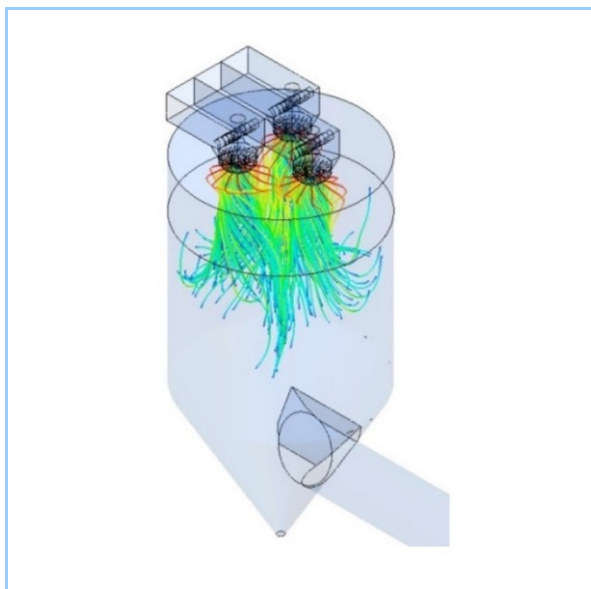


図3 WSD 缶体内部 排水液滴蒸発シミュレーション解析例



図4 WSD 実機開放点検時出口ダクト内部写真

表1 WSD 受注実績(ライセンス*による販売実績) ※WSD 技術ライセンス供与先会社

地域	納入先	発電容量	排水処理量	WSD 基数	プラント状況
中国 山西省	臨汾発電所	1×300MW	5t/h	1基	商用運転中
中国 山西省	侯馬発電所	2×300MW	8t/h	1基	商用運転中
中国 河北省	京能秦皇島発電所	2×350MW	12t/h	1基	建設中
中国 山西省	晋能孝義発電所	2×350MW	10t/h	2基	建設中
中国 広東省	粤电大埔发电有限公司	2×660MW	20t/h	2基	建設中
中国 広東省	粤江公司発電所	2×300MW 2×660MW	8t/h 16t/h	4基	建設中
中国 江西省	大唐国際撫州発電所	2×1000MW	16t/h	1基	建設中
米国 ミネソタ州	Boswell Energy Center	1×650MW	24t/h	1基	建設中
合計	—	8190MW	119t/h	14基	—

2021年6月現在

受注済み案件: 中国 13基
米国 1基

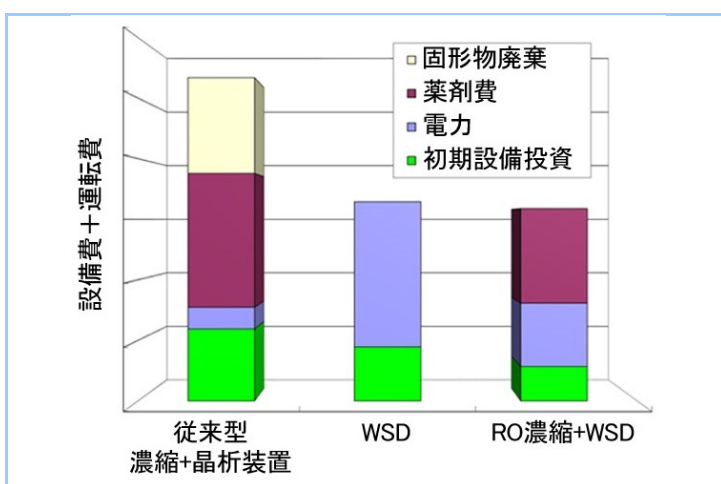


図5 設備費と運転費の比較(従来型, WSD, RO 濃縮+WSD)

3. IMO 規制に対応する船舶搭載脱硫スクラバーの紹介

2020年1月よりIMO(国際海事機関)の定める規則により全海域において船舶で使用する燃料油中硫黄分の規制が強化された。当社の船舶搭載脱硫スクラバーは、陸上ボイラ向けに長年培ってきた角形排煙脱硫装置を船舶向けに展開することで、特に大型コンテナ船向けには配置優位

性があり、カーゴロスなく設置することが可能となる。また、排出規制が特に厳しい ECA (Emission Control Area) を含めた全海域の規制に対応可能な高い硫黄除去効率を得ることができる。これまで 45 基を受注し、世界全海域での地球環境負荷低減に貢献しており、この最新状況について紹介する。

3.1 船用脱硫スクラバーの特徴

船用脱硫スクラバーは吸収液となる海水をワンプラスで吸収塔へ送液するオープンループ方式と苛性ソーダなどの薬剤を用いた循環液を使用するクローズドループ方式、また両方を併用させたハイブリッド方式がある。当社では、ECA の規制値にも対応可能なオープンループ方式に加え、船外排水が禁止されているエリア (Non-Discharge Area) において、無排水運転によりスクラバーの使用が可能となるハイブリッド方式の受注実績を加えた。さらに、開発設計により既存型番よりも小さいレンジへ製品ラインナップを拡充した。

図6に船用脱硫スクラバーの外観図を示す。角型の吸収塔は縦・横比を比較的自由に変更できるため、限られたスペースの船舶に対して最適な配置が可能であり、円筒形スクラバーに比べると容積効率が非常に高い。中でも大型コンテナ船に対しては、スクラバー搭載によりコンテナ積載量を下げることなく搭載することができ、角型による配置上の大きな優位性がある。図7に大型コンテナ船にスクラバーを搭載した配置イメージを示す。本船は居住区とエンジンケーシングが独立した2アイランド型の大型コンテナ船で、エンジンケーシング内にスクラバー本体が収まりコンテナ積載数を減らすことなく配置している例である。

更に当社のスクラバーは、メンテナンス時の省力化を考慮し、複数のエンジンのガスを1塔で処理するマルチストリーム方式を採用することにより機器点数を最小限に抑える事が可能であり、塔内作業が危険であることを考慮し、詰まりによる塔内メンテナンスが発生し難いスプレーノズル構造を選定、採用している。

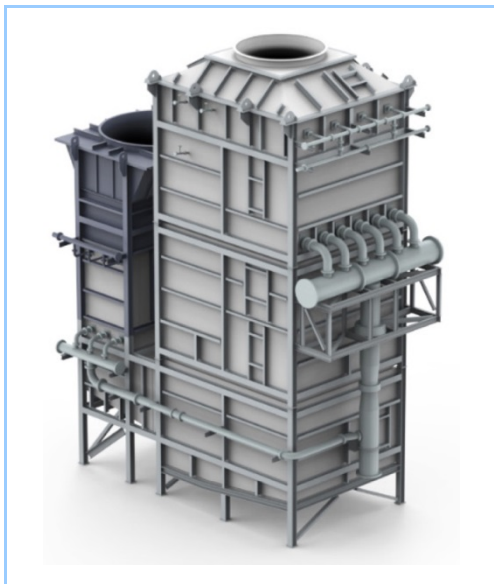


図6 船用脱硫スクラバー外観

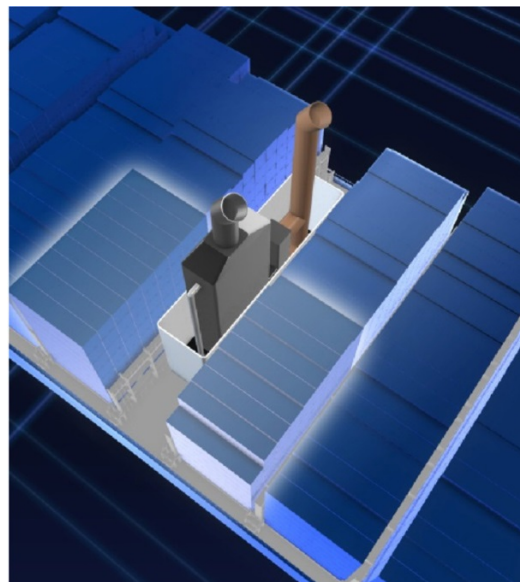


図7 大型コンテナ船にスクラバーを搭載した配置イメージ図

3.2 搭載エンジニアリング

一般的な船用脱硫スクラバーを供給するメーカーと当社の異なる点として、パートナーの三菱造船株式会社にて脱硫スクラバーをより早く、より簡単に、より確実に計画船に搭載したいお客様のために搭載エンジニアリングも承っている点がある。当社の持つ脱硫スクラバーメーカーとしての知見と、造船ヤードとしての経験を併せ持つ三菱造船株式会社だからこそできるサービスを提供し、お客様の計画を全力でサポートしている。本サービスは就航船レトロフィットのために船主様が利用されるほか、最近では造船所様が計画中の新造船に活用されるケースも増えてきている。

三菱造船株式会社ではこの搭載エンジニアリングサービスを新造船/就航船、自社建造船/他社建造船に関わらず承り、計画船と調和のとれた搭載案を提案する。

3.3 搭載後のサポート, アフターサービス

搭載工事後の対応を求められるお客様のサポート対応として、訪船点検を含めた船用スクラバーのアフターサービスの強化を図っており、当社では、海外の発電所ビジネスにおけるネットワークとも連携を取りながら、搭載後のサポートを推進中である。

4. 今後の展開

世界的な脱炭素の流れを背景に、環境技術についても次世代の製品のニーズが高まっている。当社では、今後も総合排煙処理システム(AQCS)サプライヤとして、導入する国の規制、プラントの状況に応じた最適なシステムを提案し環境負荷低減に貢献していく。

参考文献

- (1) 香川晴治ほか, 脱硫装置における無排水化技術の開発, 三菱重工技報, Vol. 52, No. 4 (2015)