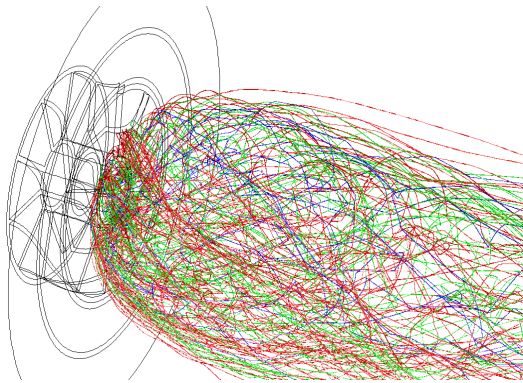


環境性能に優れた重質油焚バーナの開発

Development of Environmentally-Friendly Heavy Oil Fired Burner



橋口 和明*¹
Kazuaki Hashiguchi

山根 史也*¹
Fumiya Yamane

今田 潤司*²
Junji Imada

藤村 皓太郎*³
Koutaro Fujimura

藤井 宏*⁴
Hiroshi Fujii

小河 秀太*⁵
Hideta Ogawa

残留炭素分を多く含む重質油の利用拡大に向けて、環境性能に優れた重質油焚バーナの開発を目的として、主要構成部品であるアトマイザ及びスワラの構造を主に数値解析で検討した。開発した構造では、噴霧試験にて液滴径が38%減少することを確認し、1年間の運用後にもスワラに損傷が認められないことを実機で検証し、有効性が確認されている。本報では、バーナ開発において新たに構築した解析技術について述べる。

1. はじめに

近年の石油市場を取り巻く環境としてC重油需要の減少傾向は著しく、需要の白油化が進行しており今後もこの傾向は着実に進むと考えられる。

軽質油製品を増産するため、各製油所は有機溶剤を用いて軽質留分を抽出するSDA (Solvent De-Asphalting) 装置の導入を進める場合がある。一方で、副生される重質油残渣(SDAピッチ)の利用方法が課題となっている⁽¹⁾。

SDAピッチはボイラ燃料として期待されているが、固体の炭素質である残留炭素分の含有量が多く、燃焼排ガス中の煤塵濃度増加が懸念されることから、既設のボイラプラントでは集塵設備の強化など大掛かりな環境対策を強いられている。

当社では、このような重質油の低煤塵燃焼に向けて、数値解析技術や実験技術を組み合わせて重質油焚バーナの開発を推進している。

2. 重質油焚バーナの技術課題

図1に重質油焚バーナの基本構成を、図2に重質油の燃焼過程を示す。重質油の低煤塵燃焼のためには、以下の要素を改良していく必要がある^{(2),(3)}。

(1) アトマイザの微粒化性能

噴霧燃焼においては、液滴の加熱、揮発分と呼ばれる可燃性ガスの放出及び炭素質の燃焼反応のいずれも液滴及び粒子の表面で進行する。炭素質の燃焼は上記プロセスの中で比較的遅い反応であることから、粒径の大きな炭素質ほど燃え切りまでに要する時間が長く、燃え残りであるセノスファの存在により煤塵濃度が増加する。したがって、アトマイザの微粒化性能を改善し、液滴をより微小にすることで煤塵濃度の低減が期待される。

*1 総合研究所燃焼研究部

*2 総合研究所燃焼研究部 室長 技術士(機械部門)

*3 技術戦略推進室技術企画部 次長

*4 三菱日立パワーシステムズ(株)ボイラ技術本部ボイラ戦略部 主席技師

*5 三菱日立パワーシステムズ(株)ボイラ技術本部ボイラ技術部 主席技師

(2) スワラの耐久性

スワラ前方に形成された循環領域に取り込まれた燃焼ガスによって液滴が加熱され、放出された揮発分が着火源となり、安定した燃焼が維持される。

スワラのエッジ部では空気が剥離し、逆流する空気に巻き込まれた液滴がスワラに付着し、固着した炭素質が燃焼して高温となり、燃料中に含まれるバナジウムや硫黄分といった成分による腐食が進行しスワラが損傷する。重質油には腐食成分が多く含まれるため、スワラの耐久性を向上させるためには空気の逆流を抑制する必要がある。

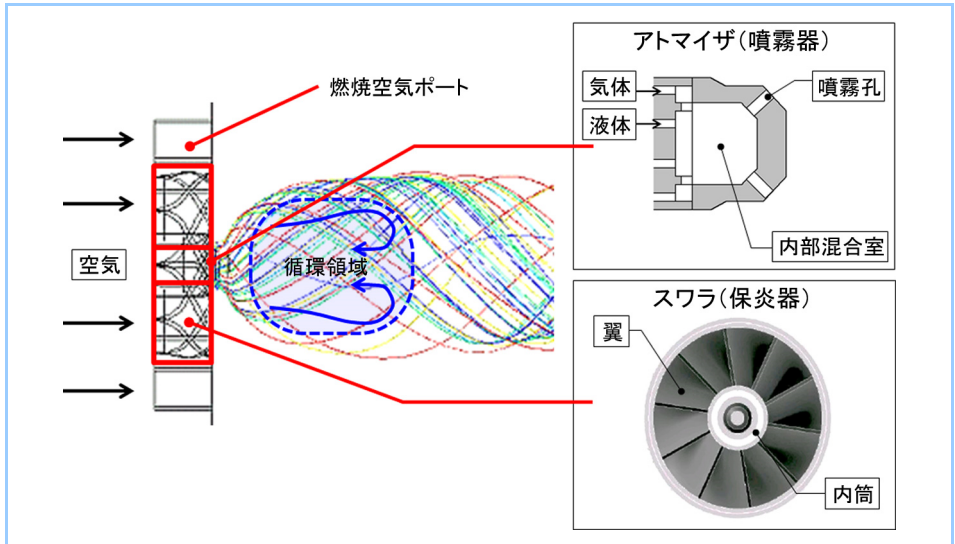


図1 重質油焚バーナの基本構成

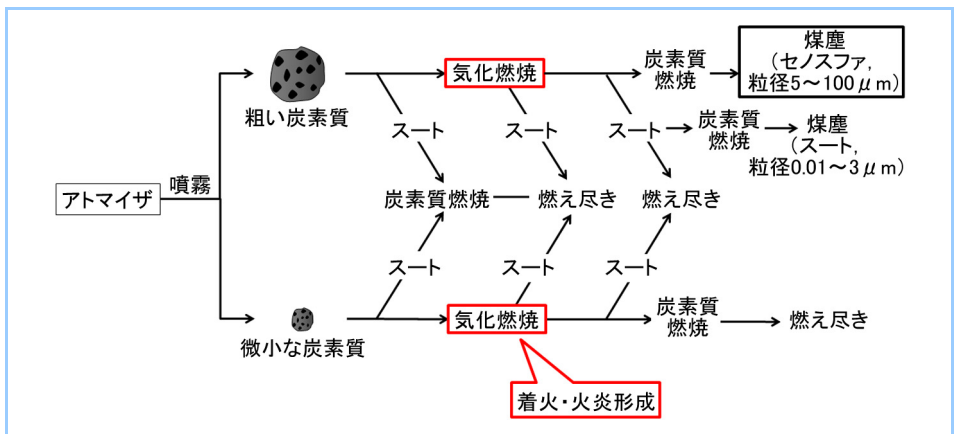


図2 重質油の燃焼過程

3. アトマイザの開発

より高い微粒化性能を持つアトマイザを開発するためには、アトマイザ内部における気液流動を把握することが重要である。そこで、数値解析における界面捕捉法の一つである VOF 法 (Volume Of Fluid method) を適用して、図3に示すアトマイザ内部の気液流動解析を実施した。

3.1 アトマイザの内部流動解析

アトマイザ内部の気液の分布を図4に示す。アトマイザ背面より流入した液体は、外周から流入する気体と衝突して分散した後、噴霧孔へと流入している。気体が周方向からアトマイザ中央に向かって流入するため、液体が押し込まれる形でアトマイザ中央部に液溜まりが生じており、内部における気液の混合が不十分であることがわかる。図4(b)は、図4(a)中の噴霧孔入口(A-B)断面における気液の分布であり、噴霧孔に流入する液体がアトマイザ中央側に偏っている。これは上記液溜まりが原因であると考えられる。こうした液体流入量の偏差は噴霧孔内で厚い液膜が形成される要因となり、大きな液滴が発生することが懸念される。したがって、均一に噴霧孔に液体

を流入させることがより高い微粒化性能を持つアトマイザ開発の課題である。

上記課題に対して、噴霧孔の総面積は同一としつつ、先端部に加えて側壁軸方向に複数の噴霧孔を配置し、濡れ縁が長くなるよう改良を施した。これにより、各噴霧孔への液体の流入量に偏差が生じることや厚い液膜が形成されることを抑制するとともに、先端の噴霧孔からの噴流はアトマイザ前方、側壁の噴霧孔からの噴流はアトマイザ側方に噴出されることで噴霧同士が接触しにくく、液滴径を小さくすることができる。

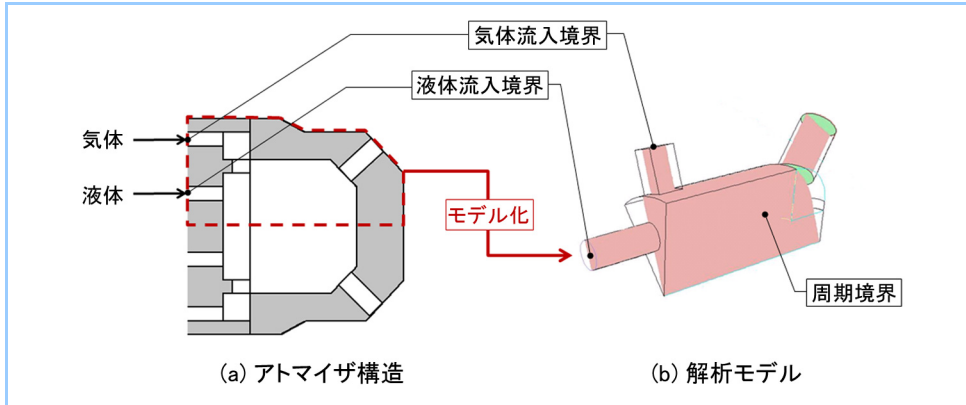


図3 解析対象

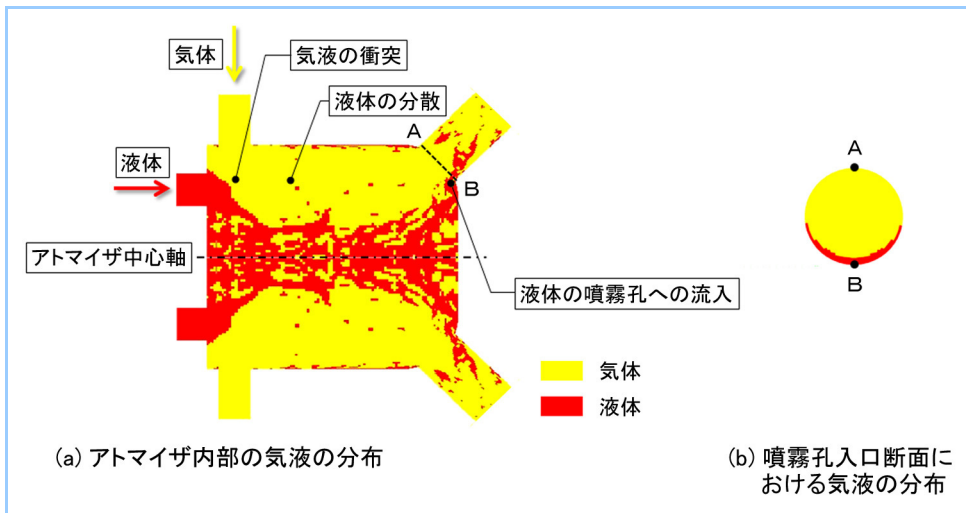


図4 従来アトマイザの内部流動解析結果

3.2 水空気噴霧試験による検証

アトマイザの微粒化性能を図5に示す水空気噴霧試験で評価した。供試体は、重質油焚バーナにて標準的に用いられており噴霧孔内で気液を混合するタイプの基準アトマイザ及び改良アトマイザの2種類とした。液滴径及び液滴速度は、アトマイザ前方の位置で位相ドップラー粒子分析計 (Phase Doppler Interferometer, PDI) を用いて非接触で測定した。

噴流中心からの無次元距離と、SMD (Sauter Mean Diameter) 及び液滴速度との関係を図6に示す。基準アトマイザでは大きな液滴が存在するが、改良アトマイザではそのような液滴は存在しない。また、改良アトマイザは基準アトマイザと比較して液滴速度が遅くなっているのが特徴である。高速の液滴は貫通力が強く、空気流を突き抜けることによる混合不良で煤塵濃度増加が懸念されるが、改良アトマイザの液滴は低速であることから空気流に乗りやすく、良好な混合が期待できる。アトマイザの微粒化性能は、SMD を液滴速度により重み付けした代表液滴径で比較した。改良アトマイザは基準アトマイザに対して代表液滴径が 38%減少し、微粒化性能が向上することを確認した。

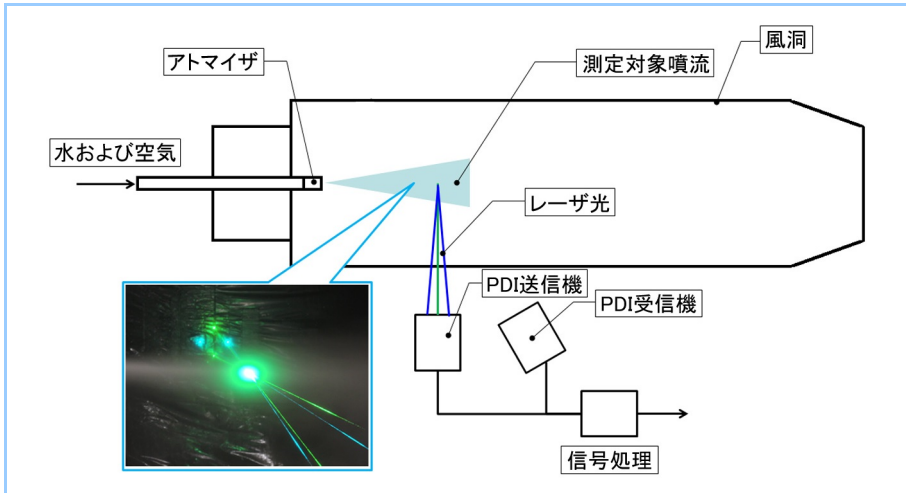


図5 水空気噴霧試験概要

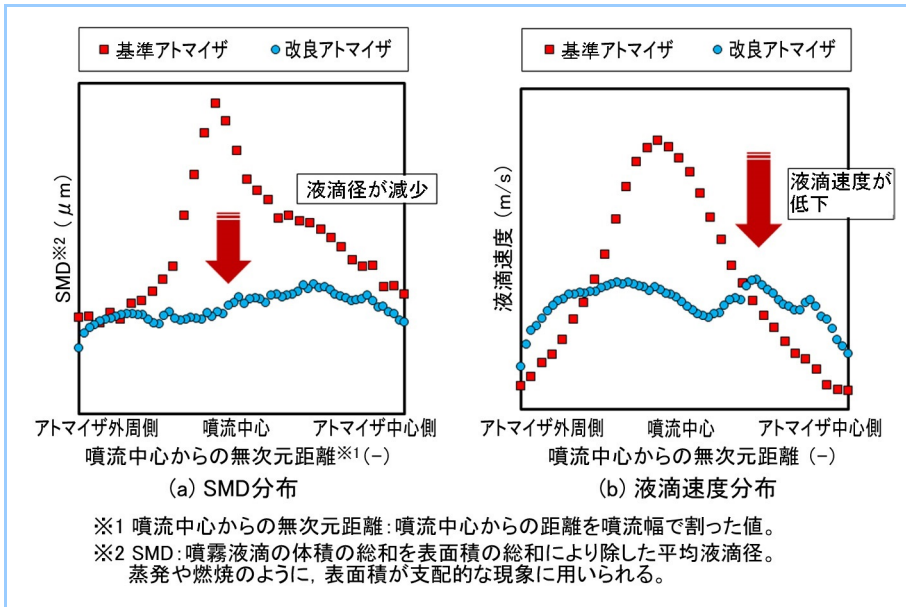


図6 水空気噴霧試験結果

4. スワラ開発

スワラ損傷の課題を解決するため、図7に示すように、スワラ翼の形状を最適化することで空気の剥離を抑制し、かつ巻き戻る液滴があった場合にも付着を抑制する改良スワラを考案した。

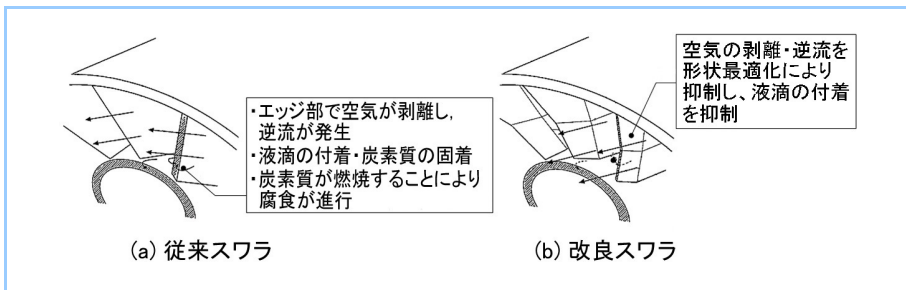


図7 スワラ周りの空気流れ

4.1 スワラの気流解析

従来スワラ及び改良スワラの気流解析結果を図8に示す。図8(a)に示すように改良スワラを用いることにより、従来スワラで発生していた逆流がなくなっており、液滴の付着を抑制できることを期待できる。また、改良スワラは図8(b), (c)に示すように循環空気の流速、循環領域ともに従来スワラと同等であることから、着火性は遜色無いと想定される。

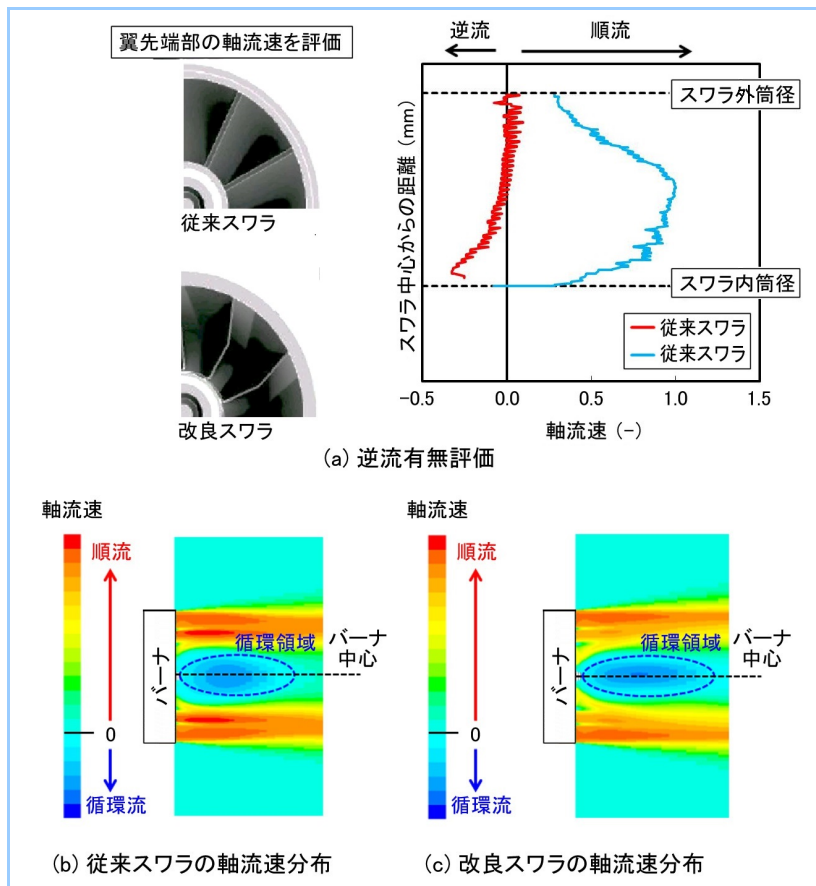


図8 スワラの気流解析結果

4.2 改良スワラの実機検証

改良スワラの着火性は、図9に示すように実機スケールの燃焼試験にて従来スワラと同等であることを確認した。改良スワラを国内ユニットへ導入し、損傷状態の経過観察を行ったところ、1年間の運用後も損傷、減肉はほとんど認められず、重質油に適用した場合にも長期間の使用が可能であることが検証された。

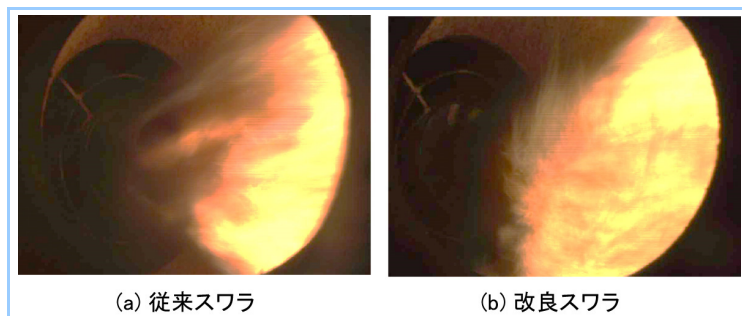


図9 着火状況

5. まとめ

重質油焚バーナの開発に対して、数値解析技術を用いてアトマイザ内部の気液流動やスワラ周りの燃焼空気の流れを改善する構造を開発した。開発した構造では液滴径が38%減少することを確認、長期間の運用後もスワラの損傷が認められないことを実機で検証した。今後、これらの技術を組み合わせて重質油の利用拡大に繋げていく。

参考文献

- (1) 田中铁也ほか、SDAピッチ(石油残渣物)焼きボイラの計画と運転実績、三菱重工技報 Vol.48 No.3 (2011) p.34~40
- (2) 藤村皓太郎ほか、VRだきボイラの計画と運転実績、三菱重工技報 Vol.36 No.2 (1999) p.96~99
- (3) 坂井正康ほか、重質油のばいじん発生に関する基礎研究、三菱重工技報 Vol.23 No.5 (1986) p.63~69