

ボイラダスト除去装置の実証試験

Demonstration Tests of Shock Pulse Sootblower



永 森 稔 朗	Toshio Nagamori	㊴
南 一 彦	Kazuhiko Minami	㊴
岡 田 潤	Jun Okada	㊵
森 田 寛 之	Hiroyuki Morita	㊵

あ ら ま し

当社ではごみ焼却発電施設用排熱回収ボイラのダスト除去装置として、ショック・パルス・スートブロワの実機実証運転を実施した。本装置はメタンと酸素の混合気体を急速燃焼させることにより衝撃波を発生させ、ボイラ内部の排ガスに伝播させてボイラ伝熱面に付着したダストを除去する装置である。本機1基で従来型の蒸気式スートブロワ6～10台分を代替し、十分なダスト除去効果が得られている。ボイラ構造部への衝撃波による影響はひずみゲージによる調査の結果、非常に小さいことを確認した。また、ダスト除去に蒸気を使用しないため、発電電力が向上することに加え、動作時にタービンへの蒸気量が変動せず、発電および送電の安定性が大きく向上する。

Abstract

We conducted demonstration tests of a Shock Pulse Sootblower for removing dust from the heat recovery boiler in an Energy-from-Waste plant. The device generates a shock pulse through quick combustion of a mixed gas of methane and oxygen, and transfers the shock pulse to the flue gas inside the boiler to remove ash deposited on the boiler's heating surface. We confirmed that a single unit of this device removes dust efficiently enough to replace 6 to 10 conventional steam sootblowers. The results of a strain gauge test also show that the effects of the shock pulse on the boiler are minimal. Because the device does not use any steam during operation, it increases the amount of electric power produced and moreover eliminates fluctuations in steam flow to the turbine to significantly stabilize power generation and transmission.

1. 緒 言

ごみ焼却発電施設においては、焼却により発生した高温排ガスからボイラを用いて熱回収し、蒸気タービンで発電を行うBTG (Boiler Turbine Generator) 方式が主流となっている。この高温排ガスには、多量のダストが同伴されており、ボイラ伝熱管に付着して伝熱性能を低下させるため、付着したダストの除去装置が設置される。

現在、国内のごみ焼却プラントのダスト除去装置には蒸気式スートブロワが主に採用されている。本方式は長期にわたる実績を有し、そのダスト除去性能の信頼性はきわめて高いものとして認められているが、ダスト除去に大量の蒸気を使用するため、一時的に発電量を大きく減少させる。

電力自由化に伴い送電電力量の安定化が求められるため、蒸気を消費しないダスト除去装置への転換が求められる。

蒸気を使用しないダスト除去装置として、空気式スートブロワ、機械式鎚打装置、ショットクリーニング等多様なダスト除去装置が存在している。ごみ焼却発電施設用ボイラにおいても使用されているものもあるが、限定的なダスト除去効果しか得られない、ボイラの形状・構造をダスト除去装置にあわせて大きく変更する必要がある、大規模な付帯設備を有する等、蒸気式スートブロワを完全に代替するには至っていない。

これに対し、ショック・パルス・スートブロワ (以下SPS) は、2009年ごろ欧州で開発されたダスト除去装置で、メタン-酸素の混合ガスを急速燃焼させて発生した衝撃波をボイラ内排ガスに伝播させ、その振動によりボイラ伝熱面に付着・堆積したダストを除去する装置である。本装置は運用に蒸気を用いないことに加え、大規模な付帯設

㊴ 環境事業本部 環境設計部

㊵ 技術開発本部 ものづくり基盤研究センター

備も不要で、また、既存のボイラに変更を加えることなく設置・運用ができる。

当社では、欧州における実証運用試験を通じてその有用性を確認しており、欧州向けごみ焼却プラントのダスト除去装置として標準採用している。このSPSの日本国内のごみ焼却施設への適合性を確認するため松山西クリーンセンターで実証試験を行った。

本稿ではSPSの装置説明と実証試験により確認したダスト除去効果やボイラに与える影響等を説明する。

2. SPS 概要

2.1 装置構成 装置構成を図1に示す。SPSの動作には動作源となるメタン、酸素に加え、装置のシール用に窒素を使用する。これらのガスはガスボンベから供給され、減圧ユニットにより適正に減圧されて使用される。

減圧された各ガスは、装置近傍に設置されるバルブパネルを介してSPS本体に供給される。バルブパネルには、各ガスの供給を制御盤の指令により開閉する各種の自動弁が設置されている。

SPSへのガスの移送および本体の動作は、制御盤により制御され、設定した任意の時間毎にダスト除去が行われる。また、DCSからのインターロックにより運転を停止する機能も有している。

SPSの本体構成を、図2に示す。

SPS本体は、メタン、酸素の各1次タンク、燃焼室、アキュムレータおよび噴射管により構成されている。

減圧されバルブパネルを通過して供給されるメタン、酸素の各ガスはまず装置下部両側面に取り付けられた1次タンクに導かれる。1次タンクの出口には遮断弁(ガス移送弁)が設置されており、1次タンクと燃焼室を遮断している。

燃焼室は装置上部の中央ブロックと両側の管により構成されており、待機時は内蔵のピストンにてボイラ内の排ガスから隔離・遮断されている。また、着火には、燃焼室に取り付けられたグロープラグを用い、制御盤の指令により着火される。発生した衝撃波は、この燃焼室に接続されている噴射管を経由して、ボイラ内の排ガスに伝播させる。

燃焼に伴い、装置本体およびボイラ壁面にも衝撃が伝わるため、噴射管はスプリングユニットを介してボイラ本体に取り付けることで、衝撃力を緩和している。また、装置本体 燃焼室内のピストンは燃焼の衝撃により急速に後退する。このピストンが装置本体に衝突しないように装置後部に設けたアキュムレータ内の窒素ガスを、クッションとして用いている。

SPSはこの装置構成により安全に衝撃波を発生させダスト除去を行っている。具体的な装置の制御動作を次項にて説明する。

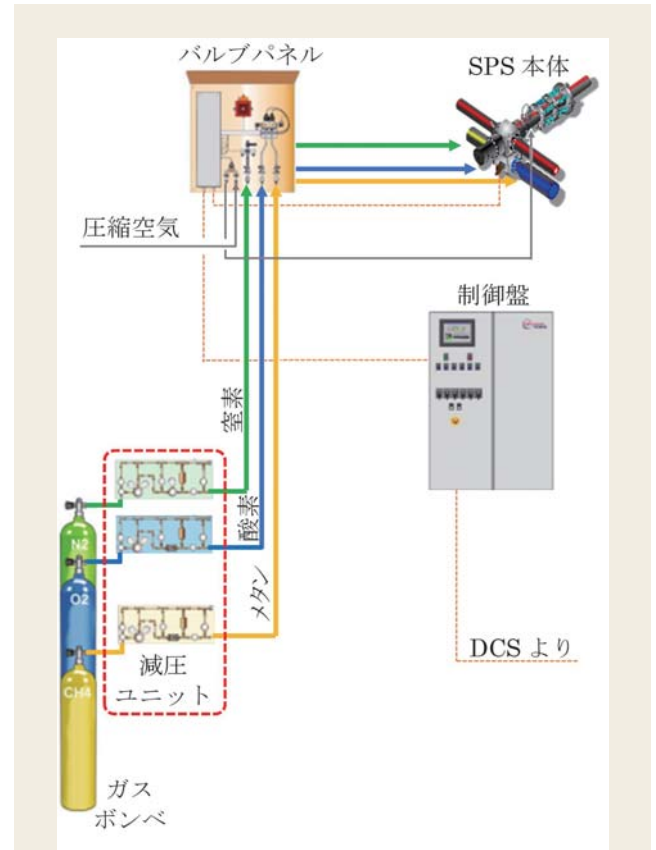


図1 SPSの装置構成

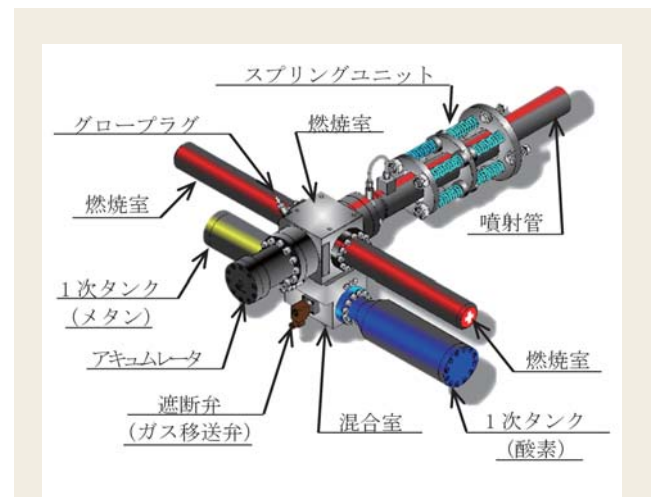


図2 SPS装置本体の構成

2.2 SPSの動作 SPSの動作を図3に示す。装置は、DCSもしくは現場制御盤からの運転指令により起動し、衝撃波をボイラ内部に伝達させる。この動作を確実かつ安全に実施するため、以下の動作にて運転を行う。

①装置には、各1次タンクに酸素およびメタンが接続されているが、1次タンク入口の遮断弁により閉止されている。また、アキュムレータに接続された窒素によりピストンを加圧し、噴射管に押し付けて燃焼室をボイラ内の排ガスから遮断している。

待機時はこのように、燃焼室は可燃ガス、ボイラ中の排ガスの双方から隔離される環境となる。

- ② 起動信号により、バルブパネルのメタン、酸素の遮断弁が開き、1次タンクに各ガスを充填する。充填は、1次タンク圧力が規定値に達すると自動的に停止し遮断弁を閉止する。
- ③ 1次タンク出口のガス移送弁が開きメタン、酸素が燃焼室、予燃焼室に送られ混合される。一定時間経過後ガス移送弁を閉止し、燃焼室を1次タンクから隔離する。
- ④ グロープラグに通电し、予燃焼室内のメタン・酸素混合ガスに着火する。
- ⑤ 燃焼によって急激にガス圧が上昇し、ピストンが後退する。
このとき、ピストンへの窒素加圧は継続しており、アキュムレータ内の窒素がクッションとなり、装置へのピストンの激突を防いでいる。
- ⑥ ピストンの後退により、予燃焼室から燃焼室に燃焼ガスが流入し、燃焼室内の混合ガスが急速燃焼する。
この燃焼により発生した衝撃波が噴射管を通してボイラ内部の排ガスに伝播する。

衝撃波が燃焼ガスと共にボイラ内に噴射すると、燃焼室内のガス圧力は急激に減少し、ピストンを後退させていた圧力が無くなる。このため、窒素加圧により再度ピストンが前進し、燃焼室を排ガス環境から遮断する。

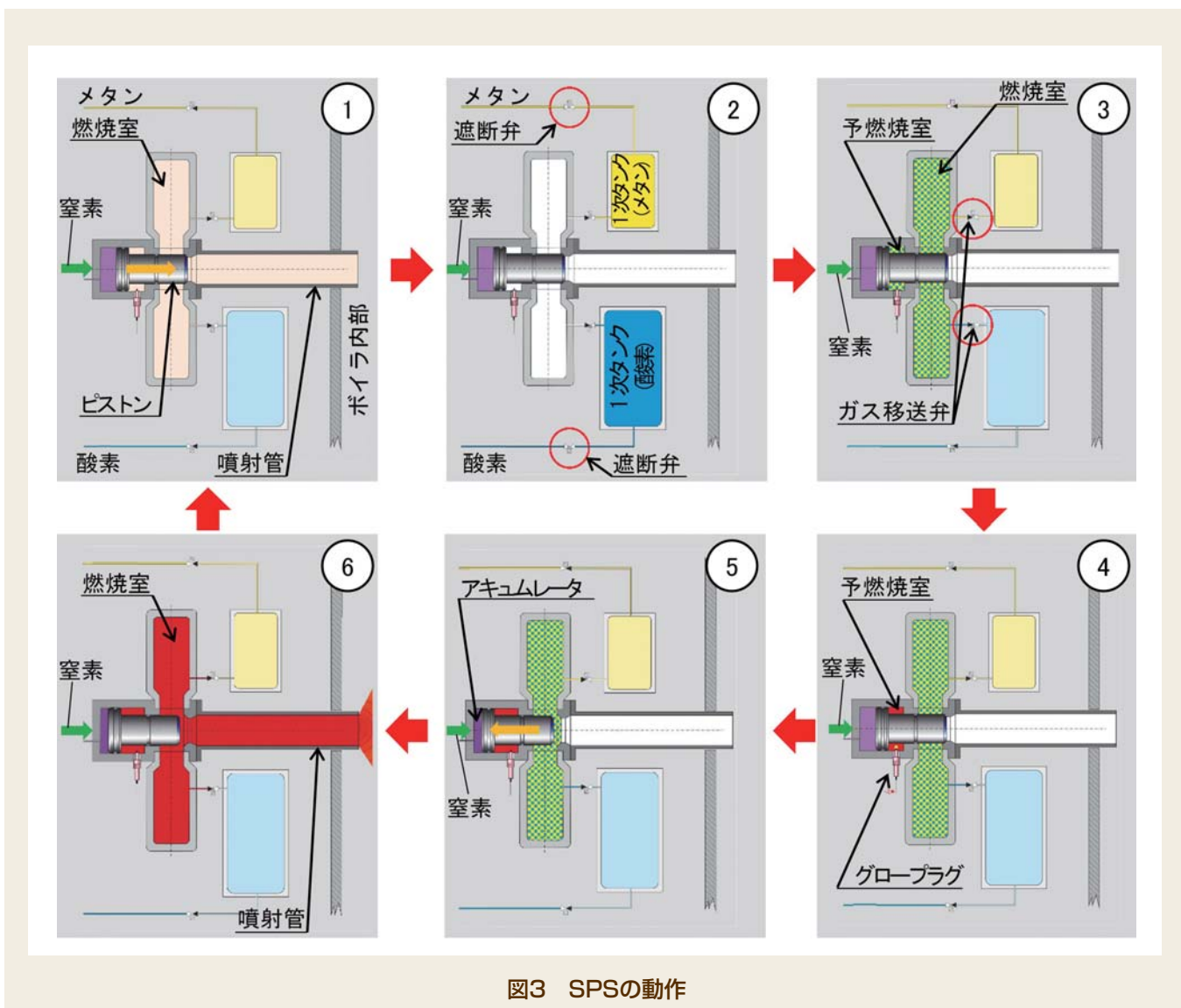
3. 実証運用試験

SPSをごみ焼却発電施設用排熱回収ボイラのダスト除去に使用するためにあたって、ダスト除去効果をはじめ、炉・ボイラに与える影響を調査するため、平成27年5月から松山西クリーンセンター様、2号炉にSPSを設置し、実証運用試験を行った。

図4に松山市西クリーンセンターの概要を示す。

実証試験は、2号炉の過熱器入口部にSPSを設置し、ボイラ付のストブロワを全て停止し、ダスト除去効果の確認を行った。また、あわせてボイラに与える影響および発電に与える影響についても調査を行った。

3.1 ダスト除去効果 ボイラ管群各部に付着するダストの除去効果を確認するため、ボイラ各部のガ



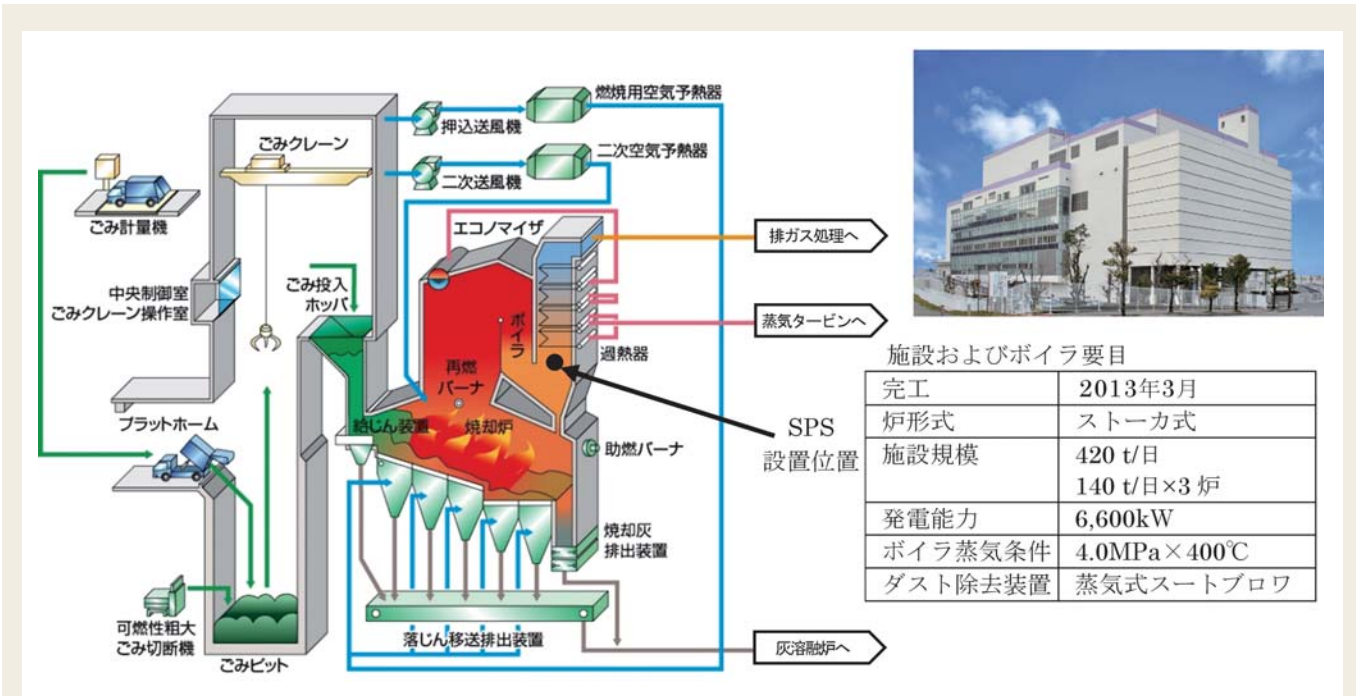


図4 松山市西クリーンセンター概要

ス温度の確認を行った。結果を図5に示す。

図5の左側には比較として、蒸気式ストーブローによるダスト除去での運転状況を示している。本炉には、長抜差形12基、定置回転型6基のストーブローを設置しており、1回/日ダスト除去を行っている。図5左側のグラフに示すように、ストーブロー動作後のガス温度低下が明確に見られている。

一方、SPSでのダスト除去を行った運転を右側のグラフに示す。一回の動作でのダスト除去量は、SPSはストーブローに比較して小さく、動作時のガス温度低下はストーブロー程大きくはないが、1回/1～2hの頻度で運用することで、ダスト付着自体を抑制し、ストーブローに比べて変動の少ないガス温度分布が得られている。

また、ストーブロー運転直前のガス温度に比べ、低い温度で保持できており、ボイラ伝熱管自体の汚れを抑制

できている。

3.2 ボイラに与える影響 ボイラ構造部へのSPS動作時の衝撃波による影響を確認するため、ボイラ壁面にひずみゲージを貼付し、ひずみの計測を行った。その後、計測したひずみデータを基にFEM解析を行い、ボイラの各部についての強度評価を行った。

3.2.1 ひずみ計測 図6にひずみゲージの設置状況を示す。水管壁に直接ひずみゲージを貼付し、炉運転時はひずみゲージ周辺に保温材を取付けた状態で計測を行った。ひずみゲージの貼付位置はSPS設置高さ近傍であり、SPS設置壁面とその対面側にそれぞれ貼付した。計測回数はSPS動作のタイミングと連動させ、合計22回の計測を行った。

図7に計測結果の一例を示す。各ひずみともSPS動作時の衝撃波により急激に上昇し、動作後1秒ほどで振動

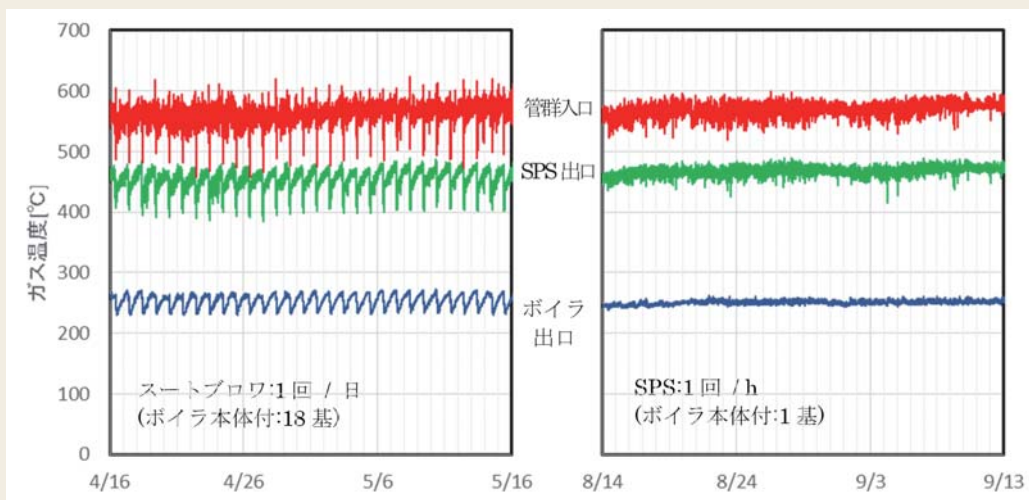


図5 ダスト除去装置形式によるボイラ各部のガス温度比較

が収まっていることがわかる。最も高いひずみが確認されたのはボイラ右面のSPS高さ位置であり、変動範囲として $38.9\mu\text{m}$ (応力換算で約8MPa相当)であった。また、傾向としてSPS設置壁面よりもその対面側で大きなひずみが確認されており、SPS動作による衝撃波の影響は、対面側の方が大きいといえる。



図6 ひずみゲージ設置状況

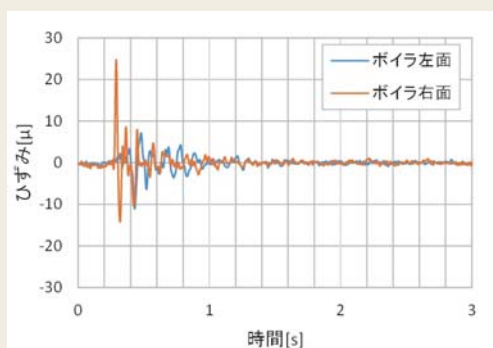


図7 ひずみ計測結果の一例

3.2.2 FEM解析 図8に解析モデルを示す。衝撃波の影響を大きく受けるボイラ右面を対象とし、特にひずみが大きかったSPS設置高さ近傍についての部分モデルを作成した。ボイラの水管壁構造を構成するパイプおよびフィンシェル要素、管寄せ部についてはビーム要素でモデル化を行った。また、衝撃波は圧力荷重として模擬し、ボイラ内部に対応する水管壁面に内圧として付与した。

図9に最大主応力コンターを示す。高い応力が確認されたのは、「ボイラのコーナー部」と「管寄せと水管壁の接合部」であった。それぞれの応力は弾性範囲内に収まっていることがわかる。また、ボイラ各部の疲労に関しては、得られた解析結果から疲労照査を行ったところ、実機でのSPSの動作回数などを考慮し、供用上大きな影響はないことを確認した。

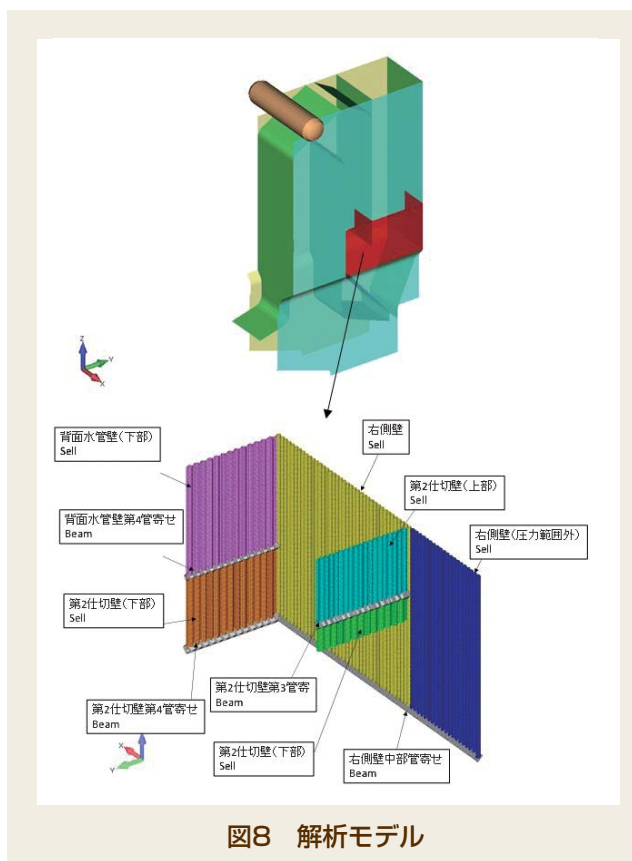


図8 解析モデル

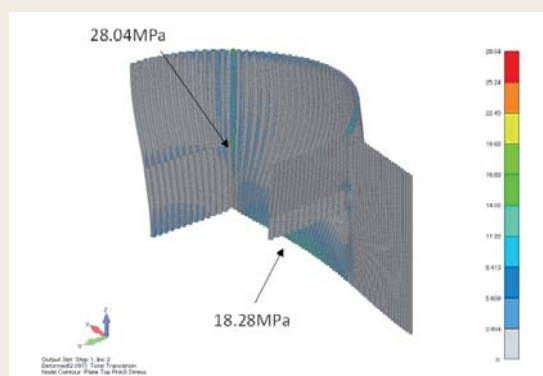


図9 最大主応力コンター (変形倍率1,000倍)

3.3 発電電力の向上および安定化 SPSはダスト除去に蒸気を使用しないため、蒸気タービンへの蒸気量に影響を与えない。図10に蒸気式スートブロワ使用とSPS使用でのタービン蒸気流量と発電電力を示す。

蒸気式スートブロワでは、2～3t/hの蒸気消費が断続的に発生するため、タービン蒸気流量は平均約21t/hが18t/hと14%程度低下している。この蒸気量低下により発電電力も600～700kWの低下が見られている。松山西クリーンセンター2号ボイラの場合では、1回あたりのスートブロワにより約2.3tonの蒸気が消費される。この蒸気量は発電電力量にすると約22kWhに相当し、施設全体として年間換算すると約530MWhとなる。(蒸気式スートブロワの運用を1回/日とし3炉合計にて)

SPSでは蒸気消費が無く、この損失分を発電に加味できるため、年間発電量を向上することに加え、蒸気量変

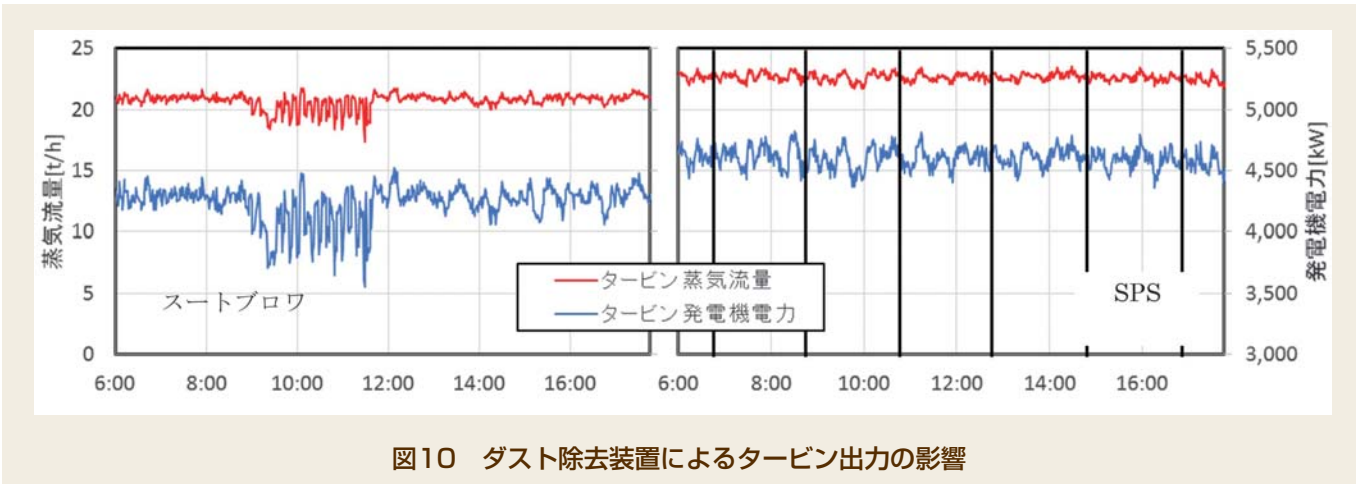


図10 ダスト除去装置によるタービン出力の影響

動を発生させないため、発電電力の安定性も向上しており、蒸気量、発電電力変動もダスト除去装置を運転していない±5%程度と同等となっている。

4. 結 言

蒸気を消費しないボイラダスト除去装置SPSの実炉実証運用を行いダスト除去効果、ボイラに与える影響等を確認し、ダスト除去装置として有用であることを確認した。

特に、従来の蒸気式スートブロウと違い蒸気を消費しないため発電電力への影響が無く、電力自由化により求められる送電電力の安定化に寄与できるため、今後の積極的な採用を行っていく。

最後に、本実証運用試験を行うにあたり、多大な協力をいただきました松山市西クリーンセンター様に心よりお礼を申し上げます。

【文責者連絡先】

Hitz日立造船(株) 環境事業本部

環境設計部

永森稔朗

Tel : 06-6569-0234 Fax : 06-6569-0165

e-mail : nagamori@hitachizosen.co.jp

Hitachi Zosen Corporation

Environment Business Headquarters

Environmental Systems Planning &

Engineering Department

Toshio Nagamori

Tel : +81-6-6569-0234 Fax : +81-6-6569-0165

e-mail : nagamori@hitachizosen.co.jp



永森稔朗



南一彦



岡田潤



森田寛之