

## 圧力波式ダスト除去装置 (VSPS) への都市ガスおよびプロパン (LP ガス) 利用拡大に向けた取り組み

Efforts to Expand the Use of City Gas and Propane (LP Gas) in Pressure Wave Boiler Dust Removal System (VSPS)



安藤 秀隆\* 巽 圭司\*  
Hidetaka ANDOH Keiji TATSUMI

**【要旨】**当社が独自に開発・商品化した圧力波式ダスト除去装置 (VSPS) は、これまでメタンを燃料ガスとして運転されてきた。今回、メタンに比べて調達コストの面で優れる都市ガスおよびプロパン (LP ガス) が適用可能か確認するため、実験室における各燃料の運転特性の確認と実機でプロパン (LP ガス) を用いた長期連続運転を実施した。その結果、VSPS の燃料ガスとして都市ガスおよびプロパンが適用可能であることを確認した。

キーワード：ボイラー，ダスト除去技術，圧力波

### Abstract

The Pressure Wave Boiler Dust Removal System (VSPS) developed and commercialized by our company has so far been operated using methane as fuel. In this study, we evaluated the operating characteristics of various fuels in the laboratory, and conducted a long-term continuous operation test with propane (LP gas) on an actual VSPS unit to determine whether city gas and propane can be used in VSPS since they are cheaper than methane to procure. The results confirmed that city gas and propane are suitable fuels for VSPS.

**Keywords:** boiler, dust removal technology, pressure wave

\* 装置技術部  
Mechanical Design & Engineering Dept.

## 1. はじめに

近年、都市ごみ焼却施設のボイラーダスト除去装置について、従来の蒸気式スートブロワ（以下、MSBと記す）に代わる新たな装置として、装置から炉内に圧力波を放出しダストを除去する圧力波式ダスト除去装置が注目され導入が進んでいる。当社では、ボイラー毎に異なる付着範囲や性状を持つダストに対し、最適な威力の圧力波でダストを除去することが、ボイラーの運転および維持管理にとって重要と考え、威力の調整を可能とする独自の圧力波式ダスト除去装置（以下、VSPS：Variable Shock Pulse Soot blowerと記す）を開発し、その有効性を実証してきた<sup>1-4)</sup>。現在は、都市ごみ焼却施設へのVSPS導入を推進し、運用を開始している。

従来、VSPSの燃料ガスには工業用メタンを利用してきた。しかし、工業用メタンはメタン濃度を高めるために追加的な製造工程をとるガスであり、より調達性に優れる都市ガスとLPガス（以下、プロパンと記す）を適用できれば、用役費が低減・入手性が向上することから、これらの燃料ガスの利用拡大に向けて評価試験を実施した。

## 2. 装置の概要

図1に装置の全体フローおよび本体概略図を、図2に装置本体の外観を示す。燃料ガス（メタン）と酸素ガスの供給はボンベからおこない、バルブユニットを介して燃焼容器に供給し、瞬間的に着火・燃焼させることでガスをシールする膜を破り、圧力波を炉内に放出する仕組みになっている。ガスのシールに消耗品である膜を使用することを特徴とし



図2 装置本体の外観

ており、これにより圧力波放出部の構造をシンプルにでき、装置の維持管理を容易にしている。

## 3. 都市ガスとプロパン利用の効果

図3に、代表的な単価を用いて算出した1回の運転あたりのガス用役費（酸素の用役費含む）を示す。図より、都市ガスはメタンと比較して72%、プロパンは63%の大幅な用役費低減の効果があることがわかる。

表1に各燃料ガス（メタン、都市ガス、プロパン）

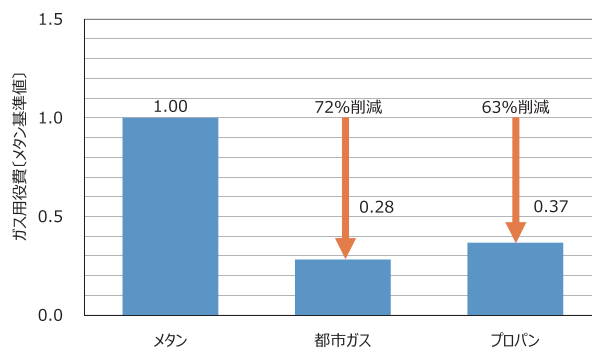


図3 ガス用役費の低減効果（酸素用役費含む）

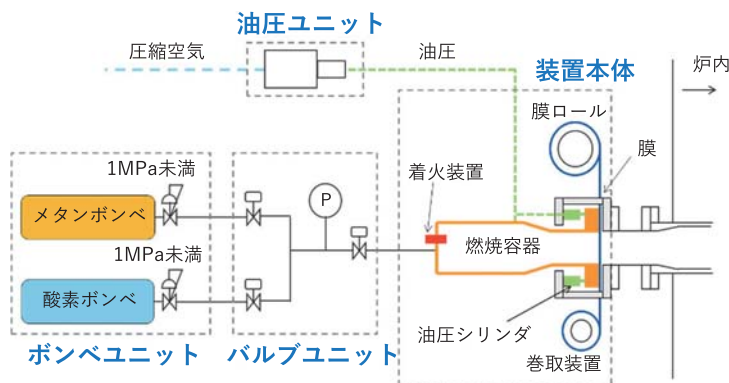


図1 全体フローと本体概略図

表1 各燃料ガスの特徴と物性値（代表値）

項目	主成分	供給方法	発火点 [°C]	高位発熱量 [MJ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> ]	理論酸素比 [酸素/燃料ガス]
メタン	CH <sub>4</sub>	ボンベ	537	39	2.0
都市ガス	CH <sub>4</sub>	ガス導管	537	45	2.2
プロパン (LPガス)	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	ボンベ	450 (プロパン)	99	5.0

の特徴と物性値を示す。

都市ガスとプロパンは、それぞれ家庭や産業用に確立された既存のインフラがあり、用役費低減以外にも次のようなメリットがある。

- ・都市ガスは、ガス事業者のガス導管で利用者に供給される。従来はメタンと酸素のボンベ交換作業が必要であったが、都市ガスに代替することで、酸素ボンベのみとなり、ボンベの交換頻度を低減できる。
- ・プロパンは、液体で貯蔵されるため、ボンベ1本あたりで利用できるガス量が多い。47Lメタンボンベと比較して50kgプロパンボンベは3倍以上のガスを供給できるため、燃料ガスのボンベ交換作業を低減できる。さらに、プロパンは、メタンに比べて流通量が多く、入手性（調達先の多様性、即納性）も優れている。

## 4. 試 験

VSPSに都市ガスやプロパンを適用するには、成分の違いによる圧力波の特性（威力）把握と、運転による装置の異常が生じないことやダスト除去性能に影響しないことの検証が必要である。そのため、まず実験室で圧力波の威力評価試験をおこなった。

また、都市ガスは主成分がメタンであるため、工業用メタンと同等の運転が可能と推測されるが、プロパンは主成分が異なるため、装置に異常が生じないことやダスト除去性能への影響の有無を確認するべく、実機での長期実証試験をおこなった。

### 4.1 威力評価試験

#### 4.1.1 試験方法

ダスト除去性能は、装置から放出される圧力波の威力と相関があると考えられる。威力を定量評価するために、図4に示すようにVSPSからの圧力波の放出先に設置した圧力センサで圧力波の静圧を測

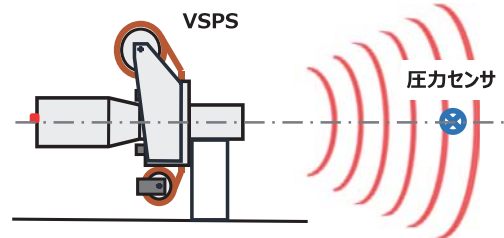


図4 実験室設備概要

定し、静圧の時間積分により算出した力積（以下、正相インパルス）を評価指標とした。試験条件は、燃料ガス種を3種（メタン、都市ガス、プロパン）、燃焼容器へのガス充填圧力（燃料ガスと酸素の全圧）を3条件（0.3, 0.6, 0.9 MPa）の計9条件とし、それぞれ10回の運転で比較評価をおこなった。なお、燃料ガスと酸素の混合比は、同じ当量比として試験を実施した。

#### 4.1.2 試験結果

図5に、燃焼容器へのガス充填圧力と正相インパルスの関係を示す。それぞれ10回測定した平均値とそのばらつきの範囲（エラーバー）を示している。ガス充填圧力が増加するにつれて正相インパルスは線形に増加する傾向が見られ、ガス種による差異として、都市ガスの正相インパルスはメタンと同等、プロパンはメタンの1.3倍程度であることを確認した。

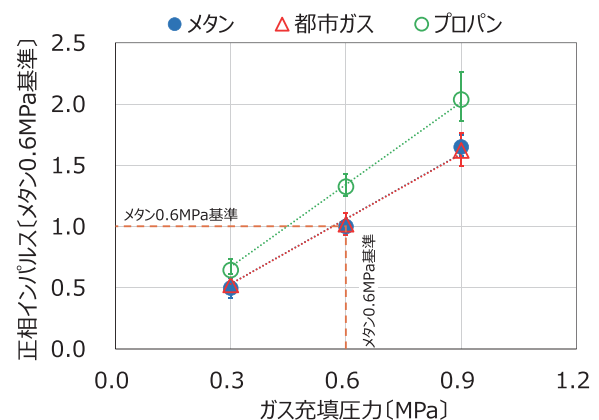


図5 ガス充填圧力と正相インパルスの関係

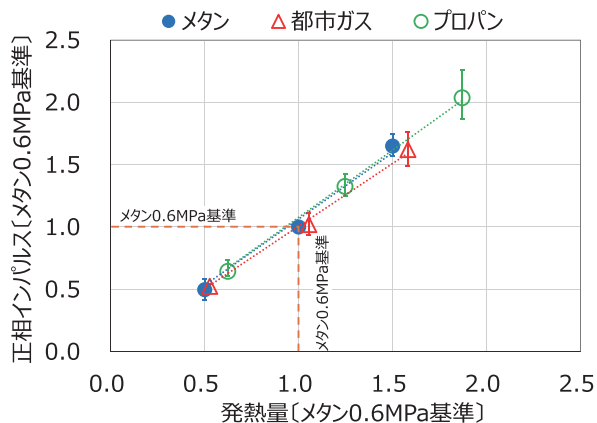


図6 発熱量と正相インパルスの関係

図6に、1回の運転あたりのガスの発熱量と正相インパルスの関係を示す。図より、すべての結果が同様の比例関係となっていることから、VSPSの威力（正相インパルス）は、充填されたガスの発熱量に強く依存することを確認した。

また、運転性については、いずれの燃料ガスもいずれのガス充填圧力においても着火不良などの運転上の問題はなく、運転後の装置点検においても異常は認められなかった。

以上より、VSPSに都市ガスとプロパンを用いた運転において、メタンと同等以上の威力が確認されたことから、ダスト除去性能についても同等以上と考えられる。また、装置に問題が見られなかったことから、実験室環境下の短期的な運転においては、VSPSに都市ガスとプロパンを適用しても問題がないことを確認した。

## 4.2 実機における長期実証試験

### 4.2.1 試験方法

都市ごみ処理量100t/日・炉クラスのストーカ式焼却炉を2炉運用する施設において、1炉はMSBで運転し、もう1炉は既存のMSBを停止させ、VSPSを運転した。図7に示すようにMSBが2パスの管群毎に配置されているのに対し、VSPSは3

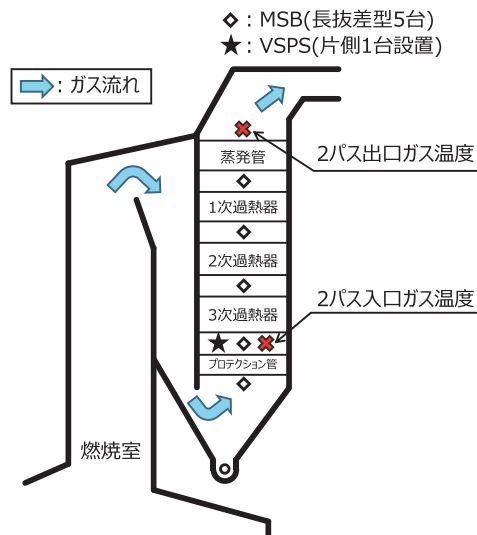


図7 VSPS設置状況

次過熱器入口に1台設置して、2パスにおけるプロパンを用いたVSPSのダスト除去性能（以下、VSPS/プロパンと記す）を比較した。なお、VSPSは、ガス種によるダスト除去効果の違いを確認するため、参考として過去に実施したメタンを用いた運転（以下、VSPS/メタンと記す）との比較評価もおこなった。

表2に、MSB、VSPS/プロパン、VSPS/メタンの各運転条件を示す。MSBは全5台を1台ずつ順次運転する工程を48時間毎におこなうのに対し、VSPSは1回で2パス全体のダストを落下させる効果を有することから、ボイラーの安定稼働に有効と考えられる4時間毎の運転としている。

VSPS/プロパンのダスト除去性能の比較は、運転時間の経過によるダストの付着にともなって徐々に上昇する2パス入口と2パス出口のガス温度で評価した。ボイラーの汚れ状態の影響を最小限として評価するため、プロパンで運転した4か月間のうち、ボイラー清掃および炉の立上げからの運転経過日数が同程度となる70日間（VSPS/メタンは66日間）のトレンドデータを抽出し、VSPS/プロパンのダスト除去効果およびVSPSの燃料ガスの差異（プロパ

表2 ダスト除去装置の運転条件

項目	ダスト除去方式	運転台数	充填圧力	運転間隔	評価期間
MSB	蒸気式	5台	—	48時間	2025/1/19~3/29
VSPS/プロパン	圧力波式	1台	0.6MPa	4時間	2025/2/10~4/20
VSPS/メタン	圧力波式	1台	0.6MPa	4時間	2022/11/15~2023/1/19

※ MSBの運転間隔は全台数分を示す。

ンとメタン)を比較評価した。なお、ごみ質の変化の影響を最小限とするため、VSPS/プロパンとMSBについては、同じ時期のデータを抽出して比較評価した。

4.2.2 試験結果

図8に、2パス入口・2パス出口ガス温度、主蒸気流量・温度の運転トレンドを示す。主蒸気流量(≒焼却負荷)の変動にあわせて、2パス入口と2パス出口のガス温度も変動していることが確認でき、主蒸気温度は概ね安定して推移していることがわかる。

主蒸気流量の変動による影響を考慮した比較をおこなうため、図9に示す主蒸気流量と2パス入口・2パス出口ガス温度の分布を評価した。

〈VSPS/プロパンのダスト除去効果の評価〉

同じ主蒸気流量において、VSPS/プロパンの2

パス入口・2パス出口ガス温度は、MSBに比べて同等以下であることを確認した。なお、2パス入口ガス温度が低下した要因は、VSPSが輻射パス(ガス流れ上流側)のダストも除去したためと考えられ、この2パス入口ガス温度低減化により、2パスの過熱管の腐食低減に効果があると想定される。また、VSPS使用時の2パス出口ガス温度がMSB使用時より低く、輻射パスと2パスの伝熱管による吸収熱量が大きくなったことから、VSPS/プロパンがMSBと比較して十分なダスト除去性能を有することが確認された。

〈VSPSの燃料ガスの差異の比較〉

メタンとプロパンの2パス入口・2パス出口ガス温度分布は概ね同じであり、ダスト除去性能に明確な差異は確認できなかった。この結果は、威力評価試験で得られた充填ガスの発熱量が高いプロパンの

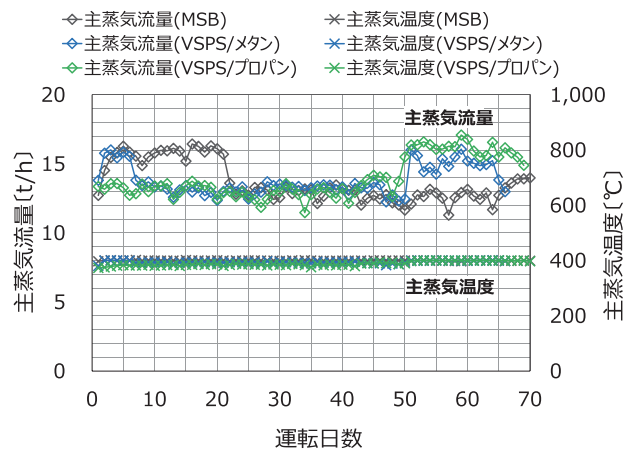
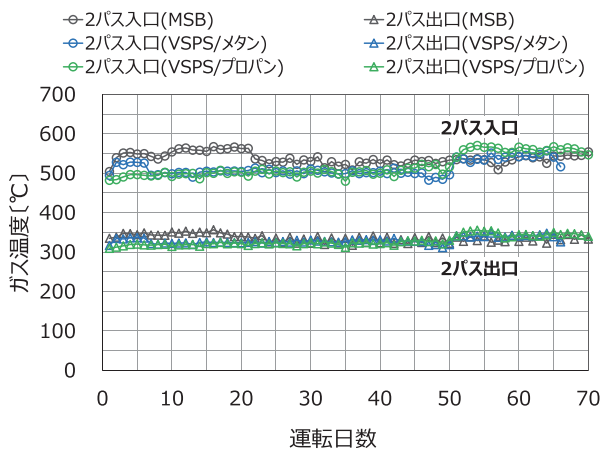


図8 2パス入口・2パス出口ガス温度、主蒸気流量・温度の推移

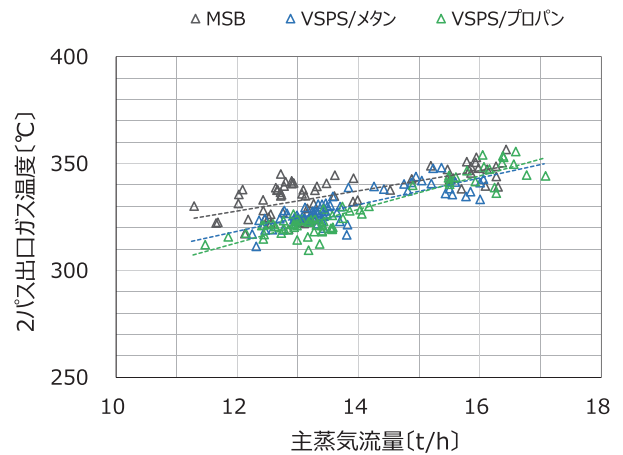
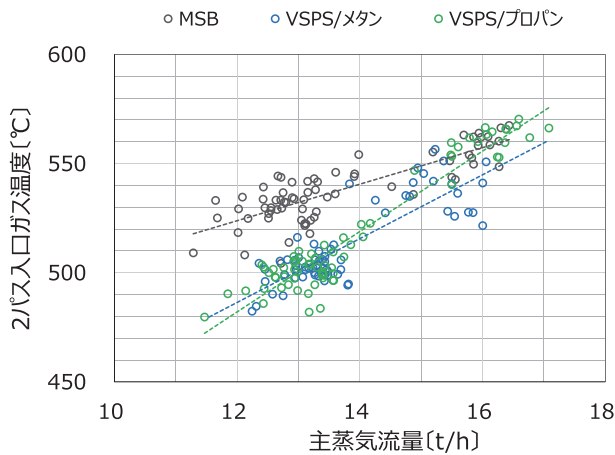


図9 主蒸気流量とガス温度の関係

方がダスト除去性能は向上するとの予想と異なるものである。これは、実証試験施設においてメタンを用いた運転でも十分にダストを除去でき、プロパンを用いた威力増加分の効果が限定的になったと推測される。このことから、プロパン使用時にはガス充填圧力を低くすることや運転間隔を長くして、ガス用役費の低減に寄与できる可能性があると考えられる。しかし、実運転ではダスト落下時の灰排出能力等に十分に配慮した長期間の検証が必要である。

以上より、プロパンの長期運転においてダスト除去性能はMSBより高く、その運転性も問題ないことが確認でき、VSPSの燃料ガスにプロパンを適用可能であることが実証された。

## 5. ま と め

実験室レベルでの評価試験および実機での長期実証試験をおこない、いずれの試験結果からもVSPSに都市ガスとプロパンを用いても性能・運転に支障はなく、VSPSの燃料ガスとして適用可能であることを確認した。都市ガスやプロパンの適用により、大幅な用役費の低減が期待できるだけでなく、ボンベ交換頻度の低減や供給の安定性といった運用面での効率化にも大きく寄与するものと考えられる。なお、

都市ガスの利用にあたっては、導入施設に引き込まれているガス圧力によっては昇圧装置が必要であり、引き続きその費用対効果について検討していく予定である。

当社では今後、VSPSに最適な燃料ガスを選定し、ボイラー設備全体の性能や運用面の向上に資する最適なシステム構築を進めていく所存である。

謝 辞

本試験の実施にあたり、多大なるご協力をいただきました関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

## 参 考 文 献

- 1) 田井 宏：圧力波式ダスト除去装置の開発および運転報告，タクマ技報，Vol. 29, No. 1, pp. 26-30 (2021)
- 2) 岩本敬弘，中西英夫：圧力波式ダスト除去装置の開発および運転報告（第二報），タクマ技報，Vol. 29, No. 2, pp. 33-37 (2021)
- 3) 林 京平，加藤考太郎，藤田泰行：ボイラーエコノマイザへの圧力波式ダスト除去装置（VSPS）適用の実証試験報告，タクマ技報，Vol. 30, No. 1, pp. 23-27 (2022)
- 4) 巽 圭司，山崎翔平，林 京平，高橋広光：圧力波式ダスト除去装置（VSPS）への合成樹脂膜の適用，タクマ技報，Vol. 31, No. 1, pp. 51-55 (2023)