

貫流ボイラーでのVOC（揮発性有機化合物）完全処理

川重冷熱工業㈱

前 阪 幸 利

Perfect Combustion Process of VOC Gas by the Drumless Water Tube Boiler

by Yukitoshi Maesaka

1. はじめに

貫流ボイラーでVOC（揮発性有機化合物）を直接燃焼法で酸化分解させる「VOC燃焼システム」の開発に成功し、VOCを完全処理することを実機で実証できたので、本稿にて「VOC燃焼処理システム」の概要と採用技術を紹介する。

VOC (Volatile Organic Compounds) とは、揮発性を有し大気中でガス状となる有機化合物の総称で、主に塗料・印刷インキ・接着剤・洗浄剤などに含まれており、代表的な物質として、トルエン・キシレン・イソプロピルアルコールなどの物質がある。

大気汚染防止法では、VOCの排出抑制に対し、法規制および自主的な取り組み促進などの施策が講じられているが、専用の処理設備は規模が大きく装置価格が高価で、ランニングコストもかかる。特に、未対応の中小製造設備において、さらなるVOCの排出削減への取り組みが求められている。

開発した「VOC燃焼処理システム」は、直接燃焼法で最も確実に処理する方法と言われている。

高温酸化分解する適切な処理温度を確保することで処理できる信頼性の高い方法である。

蒸気発生システムにVOCガスの処理をプラスすることで、VOCガスを処理するための燃料費用がかからなくなるだけでなく、VOCガスを燃焼させることにより燃焼による発熱量が得られ、ボイラーで使用していた主燃料を削減することができるので、システム全体の省エネにつながるメリットがある。

なお、VOCを貫流ボイラーで燃焼処理するには、不安定に発生する多種類のVOCへの対応が課題となる。これは、貫流ボイラーで当社のみが採用しているPI（比例積分）燃焼制御による高度な燃焼制御に加え、VOC混合による必要空気量を安定させる燃焼制御の開発により解決することができ、VOCの完全処理を達成することができた。

2. システム概要

VOC燃焼処理システムの概略図を図1に示す。

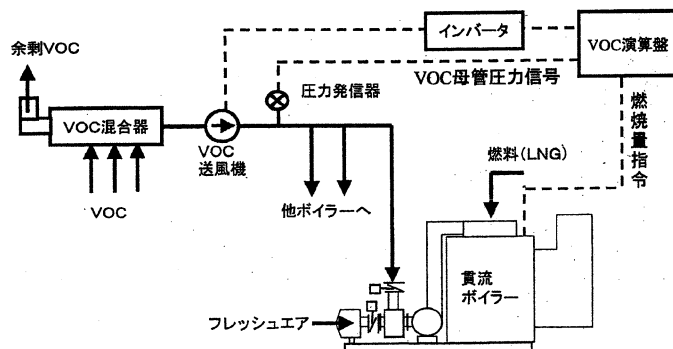


図1 VOCシステム概略図

工場が発生するVOCガスは、日々、濃度と種類が変動する。それらのVOCガスの多くは大気中へ放散されていた。このVOCガスを当社ボイラーで燃焼処理できるか相談を受け、図1に示すVOC燃焼処理システムを開発した。

数種類のVOCガスは、一度集合器に集められ、VOC送風機により、貫流ボイラーの燃焼量に応じて必要分だけ、複数台を設置対応可能な各ボイラーの混合器に分配される。さらに、余剰分のVOCガスがある場合は、集合器から大気に放出している。

VOCガスはフレッシュエアと混合し、燃焼用空気として押込送風機により、燃焼装置へ送り込まれる。そこで主燃料とともにVOCガスが燃焼分解され、クリーンな排ガスとなり大気に放出される。

3. 貫流ボイラーでの燃焼処理技術について

(1) 貫流ボイラーの特徴について

当社の貫流ボイラーの外観を写真に示す。

当社の貫流ボイラーは、換算蒸発量6 000、5 000、4 000、3 000kg/hをシリーズ化している。さらに、最大16缶を同時に制御できる台数制御装置と組み合わせることで、換算蒸発量96t/hの

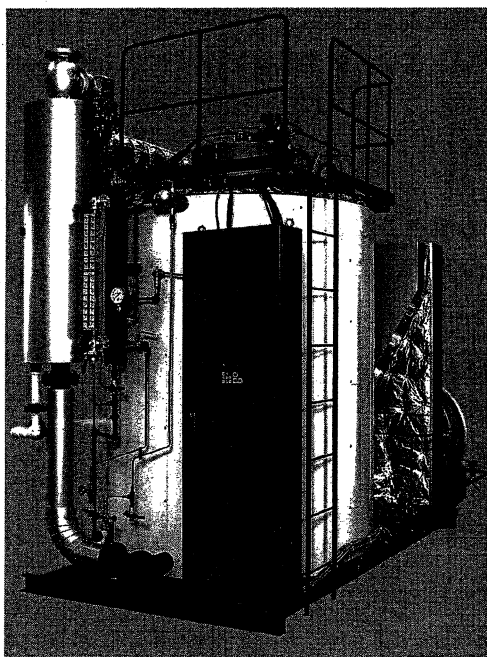


写真 貫流ボイラー

大容量ユーザへも対応が可能である。

燃焼制御は標準仕様として、独自の燃焼比例積分制御を採用し、バーナのターンダウンは6 : 1 (13Aガス焼き) を達成しているため、換算蒸発量1 000~6 000kg/hまでバーナをON-OFFさせることなく追従できる。

ターンダウンが広いことは、蒸気負荷変動時でもバーナがON-OFFすることなく、連続でVOC燃焼処理を行うために重要な要素である。また、ターンダウンの広さが、部分負荷においても高いボイラー効率を維持できる有効な技術である。

これらの特徴を有する開発した貫流ボイラーは、VOCガスを安定処理することに適している。

(2) 貫流ボイラーにおけるVOC燃焼処理について

VOCガスの酸化分解には、高温度とその温度域での滞留時間が重要である。開発した貫流ボイラーは、VOC分解するための温度と滞留時間を確保している。

ターンダウンを広く取っている当社の貫流ボイラーでは、最低負荷時の火炉出口排ガス温度は下がるが、VOCガス処理に必要な温度を確保している。一方、負荷率が下がれば火炉滞留時間は長くなり、逆に負荷が上がれば火炉滞留時間は短くなる。よって、最低負荷域では温度は低くなるが、滞留時間が十分取れることで、確実にVOCガスを酸化分解している。このことにより、開発した貫流ボイラーの燃焼において、VOCガスの完全燃焼処理が可能である。

(3) 燃焼制御モードについて

フレッシュエアのみの燃焼に比べ、VOCガスの混合気体で燃焼する場合は、VOCガスの発熱量により排ガス中の O_2 濃度は低下する。このため、フレッシュエアで燃焼するフレッシュエアモードとVOCガスの混合気体で燃焼するVOCモードを設けて、選択できるようにしている。VOCモードでは、VOCガスの燃焼による発熱量を得られるため、主燃料であるLNGの投入量をフレッシュエアモードより絞るようにし、排ガス O_2 濃度を正常範囲に保ち省エネと燃焼安全を図っている。

また、VOCシステム系統に異常が発生した場合は、即時にフレッシュエアモードに切り替わる

ことで、さらに安全性を配慮した。

(4) VOCガスの送気と燃焼空気への混合について

貫流ボイラーの燃焼量変動してもVOCガスを常に安定して送気する必要があり、省エネも考慮してVOC送風機にインバータを設け、各ボイラー入口の圧力を一定に保つよう回転数制御を行う。当システムは、ボイラー室とVOCガス発生設備の設置場所に距離があることが想定され、VOC母管圧力信号のみによるフィードバック制御だけでは制御遅れが発生し、圧力を一定にできないので、各ボイラーの燃焼量指令信号から必要VOCガス送気量を算出し、初期回転数を与えるフィードフォワード制御を採用している。これらによってVOCガス圧力は安定し、各ボイラーに安定して分配することを可能にしている。

各ボイラーに分配されたVOCガスは、ボイラー内のVOC混合器入口に設けたダンパにより、VOC混合率（燃焼用空気中のVOCガスが占める割合）が一定になるよう混合され、安全が確保されている。

開発した貫流ボイラーの特徴である燃焼比例積分制御、高ターンダウンと、これらの独自制御によるVOCガス混合空気の安定供給により、VOCガスの完全処理を可能にしている。

(5) 開発した貫流ボイラー仕様とVOCガスの処理量について

当社の貫流ボイラーの仕様と最大負荷（定格燃焼量）時のVOCガス処理量（13A都市ガス焼きの場合）を表に示す。

4. VOC処理の実証結果とシステムの特徴について

(1) VOC完全処理を実証

図2に、VOCガス排出量測定時のデータを記載する。

VOCガスの集合器出口のVOC濃度が11 300ppmC*

* ppmCとは、排出濃度を示す単位で、炭素換算の容量比百万分率である。

例) トルエン濃度1ppmは7ppmCとなる。

表 貫流ボイラーの仕様とVOCガス処理量

ボイラー形式	IF-3000A (G) E	IF-4000A (G) E	IF-5000A (G) E	IF-6000A (G) E
規格分類 (取扱資格)	ボイラー (ボイラー取扱技能講習修了者)			
換算蒸発量 (kg/h)	3 000	4 000	5 000	6 000
実際蒸発量 (kg/h)	2 516	3 354	4 192	5 031
最高使用圧力 (MPa)	0.98, 1.56* ²			
常用圧力 (MPa)	0.49~1.32* ²			
伝熱面積 (m ²)	18.6	18.6	29.4	29.4
ボイラー効率 (%)	96* ⁵ <95>			
燃料	13A都市ガス <A重油, 灯油>			
制御方式 (燃焼)	比例積分動作 (制御範囲17~100%) <30~100%>			
(給水)	オン・オフ (最高使用圧力0.98MPa) 比例積分動作 (最高使用圧力1.56MPa以上)			
VOCガス処理量 (m ³ _N /min)	23	30	38	45
NO _x (O ₂ =0%) (ppm)	60 <150>			

備考 1. ボイラー効率は、蒸気圧力0.49MPa、給水温度15℃、吸気温度35℃として表示している。
2. 最高使用圧力が1.96, 2.35, 3.2MPaの仕様も用意している。
3. 最高使用圧力0.98MPa仕様についても、給水比例積分制御はオプション対応可能である。
4. VOCガス処理量は、定格燃焼時の値を示す（燃料によって若干の変動はあるものとする）。
5. ガス焼きの場合は、オプション仕様としてボイラー効率98%とすることができる。

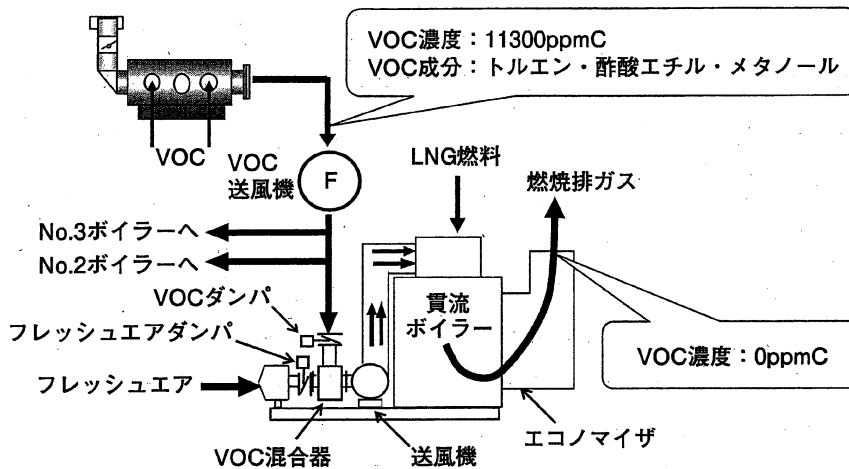


図2 VOC分解実証結果

に対し、各ボイラー排ガス出口で完全燃焼していることを、本システムの初号機にて確認した。

(2) 保守について

ボイラーの燃焼用空気にVOCガスを混合し燃焼処理するため、保守および管理が容易である。触媒燃焼法の触媒や吸着法の活性炭のような劣化要素がないので、特別なメンテナンスは必要がない。

(3) ボイラーの燃料使用量の削減について

燃料の削減率については、VOC成分・VOC濃

度等々諸条件により異なるが、本システムでは、VOCガスを混合することで、発熱量ベースで2～5%程度の燃料使用量の削減を達成した。

5. おわりに

至上命題である環境負荷の低減に対して、ボイラーシステムでVOC削減に大きく貢献できることが可能となった。開発した貫流ボイラーの優位性を活かし、さらなるVOC削減に寄与していきたい。