

バグフィルターにおける
PCDD/F 分解と
ばいじんの制御



医療廃棄物

焼却工場における

触媒フィルター

システムでの調査

Keith J. Fritsky

W. L. Gore & Associates, Inc.
101 Lewisville Road
Elkton, MD
USA
kfritsky@wlgore.com

John H. Kumm*

EA Engineering
Science & Technology
15 Loveton Circle
Sparks, MD
USA
jkumm@eaest.com

Michael Wilken

Michael Wilken
UmweltConsulting
Florastrasse 8
D-12163 Berlin
Germany



日本ゴア株式会社
〒108-0075
東京都港区港南1-8-15 Wビル14F
Tel: 03-6746-2570
Fax: 03-6746-2571

概要

フェニックスサービス社 (Phoenix Services, Inc.) は米国メリーランド州バルティモアにあるバルティモア地域医療廃棄物焼却炉を所有・運営しています。ダイオキシンとフランに対する新しい規制により、従来の規制値に比べてはるかに低い排気レベルが課せられることになりました。フェニックスサービスでは、新しいダイオキシン/フランの規制に準拠する方法を判断するために、活性炭を使った試験を実施しました。結果は合格レベルでしたが、フィルターバッグを、ダイオキシン/フランを破壊し同時にばいじんも捕集する触媒フィルターに取り替えることに決定しました。触媒フィルターシステムには、炭素を吸着する代わりに、ダイオキシンやフランを破壊するなど、数々の利点があります。さらに、新たな装置を必要としないという、合理的な解決を提供するものでした。

2000年1月には、ダイオキシン/フランとばいじんを測定するプロジェクトを実施し、この測定で触媒フィルターシステムを評価しました。この調査で得られたいくつかの重要な結果は、以下のとおりです。

- ダイオキシン/フラン排出量は、11% O₂ で0.1 ng TEQ/m³N 以下でした。この濃度は、従来の平均と比較して約2桁下回るもので、この素材タイプでは、既存のものと同じもの両方において、新規規制値よりかなり低くなっています。
- 触媒フィルターで破壊されたダイオキシン/フランの量は、11% O₂ で約1.73 ng TEQ/m³N でした。
- ばいじん排出量は、規制値より12～17倍低くなりました。

はじめに

工場の概要

バルティモア地域医療廃棄物焼却炉では、メリーランド州バルティモアにある病院や診療所の規制医療廃棄物および一般廃棄物、また大西洋沿岸中部地域の医療施設からの規制医療廃棄物が処理されています。本施設の対応範囲は、地域の法令により、バルティモアから半径約400 kmの区域に制限されています。1991年1月に商業的運転を開始したこの工場は世界最大の医療廃棄物専門焼却炉で、現在、フェニックスサービスによって所有・運営されています。

処理は、2つのまったく同一の制御空気式焼却炉ラインで実施され、それぞれのラインは1日あたり77トンの公称処理速度を誇ります。施設全体では、1日あたり最大136.4トン

を処理できます。各焼却ラインは、第1、第2、第3燃焼室、熱回収蒸気発生器、乾式注入/フィルター空気汚染制御システムを備えています。廃棄物は、まず焼却炉の給じん装置で第1燃焼室に送られます。

第1燃焼室には階段状になった一連の炉床があり、それぞれに給じん装置が装備されています。化学量論的量以下の燃焼用空気が各炉床にあるパイプを通して連続的に送られ、第1燃焼室の温度が約900℃に維持されます。およそ8時間かけて、固体廃棄物は炉床を転がり落ちていき、炭となります。高温加熱した固体から発生する可燃性ガスは、約1000℃に維持される第2燃焼室において、余剰の空気で燃焼されます。次に、可燃性ガスは、第3燃焼室で、滞留時間として新たに1秒間1000℃以上に維持されます。第3燃焼室を過ぎたら、冷却空気を加えてガス温度を約427℃に低下させ、燃焼ガスは煙管ボイラーに移されます。冷却空気は、固体廃棄物燃焼ガスの特徴であり熱伝表面を劣化させるアルカリ金属塩の融解温度を燃焼ガス以下にするためのものです。

ボイラーで蒸気として回収されたエネルギーは、IDF上のタービンドライバーに送られ、建物の暖房や、再利用可能な廃棄物出荷容器を消毒する水の加熱に利用されます。排煙ガスは約275℃でボイラーを出て、空気汚染制御システムを備えたいずれかの焼却炉を稼働する空気余熱器に流れ込みます。

次に、空気余熱器を出たガスは、転移管を通して乾式ガス洗浄器に進みます。この工場は、もともと酸性ガス (HCl および SO₂) のガス洗浄に乾燥消石灰 (Ca(OH)₂) を使用するよう設計されました。この素材で目標とする反応温度の範囲は120℃～150℃です。縦型淡水急冷タワーは、本来、ボイラーの後にさらに必要となるガス冷却を行うために設置されたものでした。消石灰は、内部で固体を再循環して吸着剤の使用量をできる限り少なくする専有の反応容器で、引力によって冷却場所の下流へと送られました。

稼働上の問題により、1994年に消石灰を炭酸水素ナトリウム (NaHCO₃) に取り替えました。この時に、アルカリナトリウム吸着剤と酸性ガスの間で高温で反応が起こる可能性があったため、淡水急冷は工程から取り外されました。輻射状に冷却され、空気漏れがない場合、バグフィルター入口付近の温度はそれでも260℃の制限値以下に維持できます。

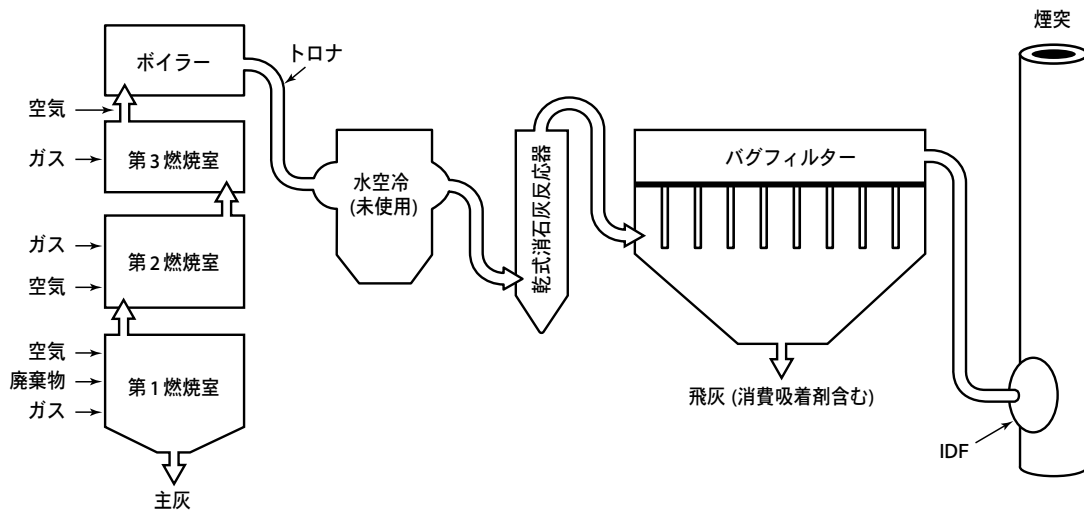


図1 フェニックスサービスの医療廃棄物焼却施設の工場構造
(天然ガス注入は、起動時および終了時のみに使用)

1996年に、炭酸水素ナトリウムをトロナ (trona) に取り替えました。これは、低価格のナトリウム吸着剤であるセスキ炭酸ナトリウム ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) で、現在、同施設で使用しているものです。ダストを含んだ煙道ガスは、乾式洗浄器システムを通過した後、4つのコンパートメントのバグフィルターに入ります。燃焼ガスは、IDFでバグフィルターから吸い出され、その後、両方の焼却系列に共通の単一煙突に送られます。図1は1つの焼却系列の処理フローを説明したものです。

排出基準

同施設の規模が大きいくと公共の目につきやすいことから、メリーランド州政府は、施設建設の企画時点から基準と危険な空気汚染 (HAP) の両方について非常に厳しい排出基準を設定していました。1990年に修正された大気汚染防止法 111 条および 129 条での条件のもとに、米国環境保護局は、1997年9月に、新規および既存の病院・医療・感染廃棄物焼却炉について、新しい素材実施基準および排出ガイドラインを公布しました。最も厳しい条件は、1日あたり 5.5 トン以上を処理できるユニットに対する規定でした。

ばいじん (PM)、一酸化炭素 (CO)、酸化窒素 (NO_x)、酸化ガス (HCl および SO_2) に対する新しい排出規制は、元来の稼働許可で施設に設定されたものと基本的に同じものですが、特定の HAP (鉛 [Pb]、カドミウム [Cd]、水銀 [Hg]、ダイオキシン/フラン [PCDD/F] など) に対しては、新規規制は

濃度をベースにした限界を設定しています。HAP 排出準拠内容は、分散モデリングを使用し、排出による大気へのインパクト許容値を証明するという危険度をベースにしたものでしたが、新規における濃度ベースの制限値は、危険度ベースのものより、はるかに厳しいものです。以前の準拠テストによると、金属に対する新しい制限値を満たすことは可能ですが、7% O_2 で 2.3 ng TEQ/dscm (11% O_2 では 1.76 ng TEQ/ m^3N) という新しい PCDD/F 規制値は、同施設での準拠テスト中に測定した従来の PCDD/F レベルより相当低いものです。

新たな手段の検討

将来、工場からの PCDD/F 排出量を最終的に減少させなければならないという条件を予想し、フェニックスサービスは 1995 年末に、標準活性炭 (PAC) および専有の活性炭製品の両方を煙道ガスに注入して試験的運転を実施しました。その結果、両方の素材が使用可能であることが分かり、将来の基準として目標注入率を確立することができました。

試験的運転はその年の準拠テスト測定中に実施され、ダイオキシン/フランの検査結果、デノボ合成を示す PCDD/F 異性体の分散があることが分かりました。飛灰と共に、塩化第二塩 (FeCl_3) も PCDD/F のデノボ合成に触媒作用を及ぼすと考えられています。塩化第二塩は、塩化水素によって腐食された軟鋼上に存在するものです。

このような表面は、ボイラー管、運転していない急冷容器、中間配管などに発生します。かなり上流でアルカリ吸着剤の注入を行うと、PCDD/F合成に触媒作用を及ぼす塩化第二塩を減少できるという可能性により、1996年にもう一度試験的運転を実施することになりました。今回、ダイオキシン/フラン準拠値を再度測定中に、トロナは、ボイラーのすぐ下流で煙道ガスに圧搾空気で注入しました。これは1つのデータポイントを提供したにすぎませんが、TEQベースでのPCDD/Fは、従来の平均レベルを約50%低下させるという非常に好ましい結果が得られました。

吸着剤注入をできる限り上流に移動させるもうひとつの理由は、吸着剤の消費を減少させるためでした。消石灰を用いた乾式洗浄器をリサイクルシステムと共に設置し、吸着剤の全体的使用量を低下させる手段として、未反応カルシウムを含むバグフィルターダストを注入しました。乾式洗浄器の希釈位相圧縮空気リサイクルシステムは、1994年、さらに改造され、ナトリウム吸着剤で現在も使用されています。リサイクルは、ナトリウム吸着剤の使用に対し、かなり効果的でしたが、バグフィルター入口でのダスト充填が2～3倍に増加するという欠点も生まれました。ほとんどの固体素材はすでに塩に変換されているため、大部分が不活性であり、単にバグフィルターの圧力を下げるだけなので、バッグクリーニングサイクルが増加し、バッグの機械的寿命を低下させることとなります。

トロナは、煙道ガス流に懸濁されると酸化ガスとすばやく反応し、全体的使用率は、懸濁液がフィルターバッグに到達する前の懸濁液の滞留時間を単に増加することによって大幅に低下できます。また、消石灰と違い、トロナはより高温でも有効で、反応速度温度依存性の利点を生かすことができます。1999年に、煙道ガスにトロナを希釈位相空気圧搾で配送・注入するための永続的なシステムをボイラーのすぐ下流に設置しました。この変更により、吸着剤リサイクルシステムのシャットダウン、バグフィルター運転の改善、吸着剤消費の低減が可能になりました。この変更が、PCDD/F濃度に対する好ましい効果を生んだことは後のテストで分かりましたが、この改善だけではPCDD/F濃度を新基準以下に低下させるには不十分でした。結果として、さらにダイオキシン/フランを除去することが必要になりました。

1997年末、W.L.ゴア&アソシエーツは、フェニックスサービスに新しいフィルトレーションメディアのコンセプトを紹介しました。このコンセプトは、フィルターメディアに、ダイオキシンとフランの触媒破壊を組み合わせたものです。従来のPAC注入と比較して、この新技術には以下のような利点があります。

- 1) ガス相PCDD/Fは、単に固体に吸着されるのではなく、破壊されます。
- 2) 新たな化学薬品注入システムを導入する必要のない合理的な解決方法です。
- 3) 新技術への移行は、フィルターバッグの交換だけです。
- 4) PCDD/F汚染された固体残留物に対する将来の責任が減少します。
- 5) ePTFEメンブレンの高捕集効率、低圧力損失、機械的寿命延長などの利点を生かします。

1998年初頭、テストフィルターを同施設のバグフィルターのひとつに設置しました。10ヵ月後、フィルターの触媒活動は低下していないことが分かり、フェニックスサービスは、古くなった従来フィルターを触媒フィルターに取り替えることを決定しました。1999年5月初旬、両方のバグフィルターは触媒フィルターシステムで完全に再装備し、PCDD/Fとばいじんを同時に制御できるようになりました。

触媒フィルターシステムについて

フェニックスサービスが採用した触媒フィルターシステムは、リメディアD/F触媒フィルターシステム(1、2)です。同システムは、触媒および表面ろ過という2つの実績ある技術から生まれたものです。システムはePTFEメンブレンと触媒フェルトで構成されています。この基材はニードルパンチされたフェルトで、ダイオキシン分解能力実証済みの触媒を含有するePTFEで製造されています。この触媒フェルトは、触媒反応によって、低温度(180℃～260℃)でガス状のPCDD/Fを分解します。PCDD/F分子は触媒表面上に分散して反応し、微量のCO₂、H₂O、HClを形成します。

また、このフィルターは、触媒フェルト基材に積層化した微多孔性ePTFEメンブレンでばいじん制御を行います。このメンブレン（ゴアテックス®メンブレン）は、触媒フェルト基材にばいじんを透過させることなく、超微粒子を捕集します。

したがって、このメンブレンは、吸着されたPCDD/F含有のばいじんを捕集する手段を提供するものです。ただし、ガス状のPCDD/Fはメンブレンを透過し、触媒フェルトに到達します。触媒および表面ろ過の原理を図2に示します。

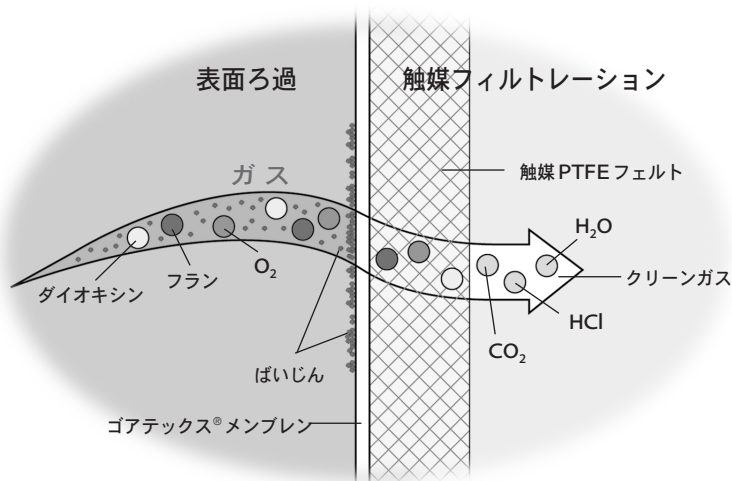


図2 触媒フィルターの断面図。メンブレンがばいじんを除去すると同時に、触媒フェルトがガス状PCDD/Fを分解します。

PCDD/F およびばいじんの測定

説明

2000年1月に、PCDD/F測定を実施し、バグフィルターNo. 2の触媒フィルター性能を評価しました。バグフィルター入口管（入口ガス）および煙突（クリーンガス）という2つのサンプリング場所を選び、サンプリングを同時に行いました。それぞれの場所で、2回の測定を実施しました。各測定は別々の日に行いました。使用したサンプリング法は、EPA（米国環境保護局）のMethod 23です。

さらに、2回のばいじんサンプリング測定を同じ2カ所で行いました。ばいじんサンプリングは、PCDD/F測定の前に行いました。総PCDD/Fを判断する分析は、高解像度GC/MSを用いて実施しました。ばいじん濃度はEPA Method 5に従って判断しました。測定時の工場の運転状態は平均的で、これを表1にまとめました。全測定中、廃棄物はすべて焼却炉No. 1に送り込み、煙道ガスはすべてバグフィルターNo. 2から吸引しました。

	測定 1	測定 2
廃棄物フィード合計 (kg/h)	3138	3157
ボイラーNo. 1の入口温度 (°C)	955	947
ボイラーNo. 2の蒸気流量 (kg/h)	10639	9891
バグフィルターNo. 2の入口温度 (°C)	202	194
IDFNo. 2 入口 (バグフィルターNo. 2 出口) 温度 (°C)	177	167
圧力損失 (mm H ₂ O)	140-150	140-150

表1 測定プロジェクト中での工場の平均運転状態（サンプリング測定による）

結果

図3は入口ガスおよびクリーンガスにおける総PCDD/F濃度(固体+ガス相)を示したものです。データはI-TEQ値として表されています。入口ガスでの測定No. 2のPCDD/F結果は、サンプリング系列に漏れが発生したため、信頼性に欠けます。したがって、その結果は図3には含まれていません。測定1のデータはPCDD/Fの除去効率が98.4%であることを示しています。

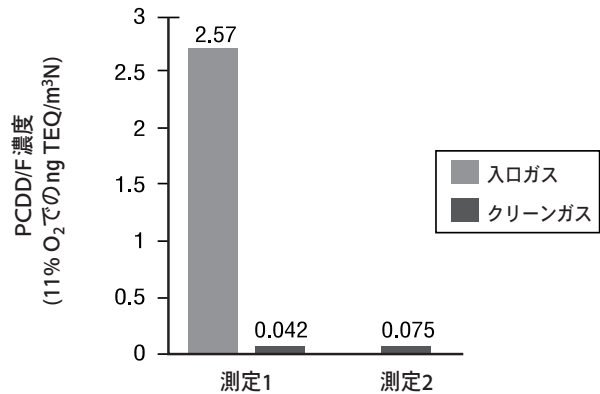


図3 入口ガスおよびクリーンガスにおけるPCDD/F濃度(サンプリング測定による)

図4は両方の測定における入口ガスとクリーンガスでの総ばいじん(PM)濃度を示したものです。2回の測定で、ばいじん除去効率の平均は99.95%でした。クリーンガスでのこのばいじん濃度は、11% O₂で26 mg/m³Nの排出量ガイドラインを12~17倍下回るものです。

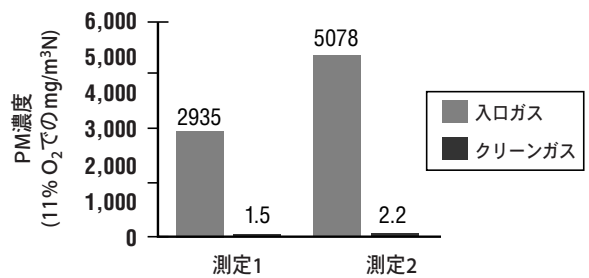


図4 入口ガスおよびクリーンガスにおけるばいじん濃度(サンプリング測定による)

行政規制値と従来値の比較

図5は、バグフィルターが触媒フィルターシステムを備えている現在の調査での、煙突における総PCDD/F排出量を示したものです。これは両方の測定における固相+ガス相のPCDD/F(I-TEQによる)平均です。この値を既存の医療廃棄物焼却炉のEPA排出量ガイドラインおよび1998年に測定した平均従来値(触媒フィルターシステム設置前に実施した最後の測定)と比較しました。触媒フィルターでのPCDD/F排出量は、EPA規制値と平均従来値の両方で1次元以上低くなりました。また、この排出量は11% O₂で0.1 ng TEQ/m³Nという厳しいヨーロッパでの基準を下回るものです。

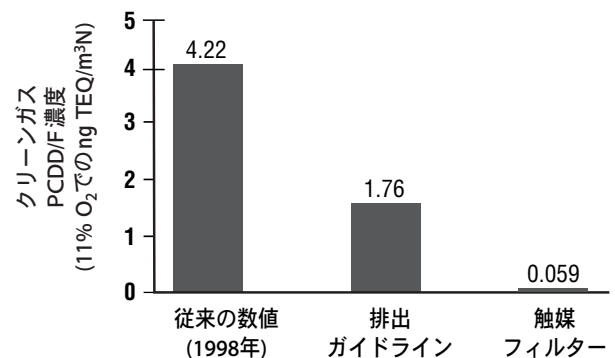


図5 平均の総PCDD/F濃度と、排出ガイドラインおよび従来値の比較

考察

触媒フィルターを利用する他の本格規模の工場では、ばいじん排出が $1 \text{ mg/m}^3\text{N}$ 以下、PCDD/F 排出が $0.05 \text{ ng TEQ/m}^3\text{N}$ 以下であることが実証されました。これらの工場は、利用燃料の種類や、工程の構成、バグフィルターの温度、ばいじんの特性、入口PCDD/F濃度など、数多くの基本的な相違があります。フェニックスサービスでは、工場からのPCDD/Fおよびばいじん排出量をさらに低下させる対策があります。バグフィルターの漏れを調べれば、ばいじんがクリーンガスに侵入する経路を発見できる可能性があります。

PCDD/Fをさらに低下させるための対策として、バグフィルターの下流にある配管をクリーニングする方法があります。以前は、フィルターバッグが古くなり、穴があくと、配管の壁面にばいじんが蓄積する傾向がありました。配管壁が冷えているときは、壁面のばいじんはある程度のPCDD/Fを含んでいます。運転を開始し、煙道ガスで壁面を加熱すると、固体状のPCDD/Fが離脱し、ガスに含まれます。

フェニックスサービスの場合、測定No. 2 ($0.075 \text{ ng TEQ/m}^3\text{N}$)のPCDD/F排出量は、測定No. 1 ($0.042 \text{ ng TEQ/m}^3\text{N}$)のものより1.8倍高くなっています。この違いの理由は、バグフィルター入口とファン入口温度を調べた表1で分かります。測定No. 1のバグフィルターとファン入口温度は、測定No. 2のものより高くなっています。触媒活動は温度が上昇すると増加するため、測定No. 1のPCDD/F排出量が低いというのは納得がいくものです。また、測定No. 2のファン入口温度は触媒フィルターの推奨最低温度 (180°C) より 13°C 低くなっています。バグフィルター出口とファン入口の間には配管が走っているため、実際のバグフィルター出口の温度は、ファン入口の温度より数度高くなる傾向があります。ただし、実際のバグフィルター出口温度は、最適の触媒フィルトレーションに必要な最低温度以下であると推定できます。これには測定No. 2の、より高いPCDD/F排出量がかかわっていると考えられます。したがって、PCDD/Fをさらに低下する別の対策として、バグフィルター温度を上げ、出口温度を推奨最低温度以上にする方法があります。

煙突での流量測定は、実際の流量がバグフィルター入口よりも約 $11,800 \text{ m}^3\text{N/h}$ 高いことを示しています。これはバグフィルター入口とIDFの間に大きな空気漏れがあることを

示します。バグフィルター、IDF、および関連金属部への大気漏れは、煙道ガス温度低下につながります。この空気漏れを軽減すれば、バグフィルター温度がより高くなり、よりすぐれた触媒性能を発揮させることができます。

PCDD/F 破壊

説明

バグフィルターのPCDD/F質量収支を実施し、触媒フィルターが分解したPCDD/Fの量を計算しました。前述のように、PCDD/Fは入口ガスとクリーンガスで測定しました。これらの流れは、図6のバグフィルター概略図に示します。図6に見られるように、固相PCDD/Fはホッパーガスに含まれ、ある程度のガス状PCDD/Fはフィルター素材に吸収されます。PCDD/Fを分解する触媒フィルターシステムでは、フィルターのPCDD/F、飛灰、クリーンガスの総量が、入口ガスのものより少なくなります。この違いは、ガス状PCDD/Fが触媒フィルターによって分解されからです。

分解されたPCDD/F量を計算するために分析を行い、飛灰のサンプルに含まれるPCDD/F (ダスト 1 g あたりでの ng TEQ)、および単一のフィルターに吸収されたPCDD/F (フィルター 1 g あたりでの ng TEQ) を測定しました。フィルターと飛灰は、測定プロジェクト中にバグフィルターから捕集しました。これらの測定値は、入口ガスおよびクリーンガスでの値と併用するために煙道ガスの $\text{ng TEQ/m}^3\text{N}$ ユニットに変換しました。飛灰に対しては、ダストのユニット質量あたりのPCDD/F濃度と入口ガス濃度を掛けて変換しました。

この変換はフィルターではもう少し複雑になります。まず、フィルターのユニット質量あたりのPCDD/F濃度とユニットフィルター領域の質量を掛けます。次に、この積に、煙道ガスの容積流量に対するフィルター領域の割合を掛けて、煙道ガスの $\text{ng TEQ/m}^3\text{N/h}$ での結果を求めます。さらに、この結果を、触媒フィルターを設置してからの運転時間総数で割って、最終結果を ng TEQ/m^3 で求めます。運転時間全体にわたってフィルターに吸収されたPCDD/Fが蓄積されるため、この3つ目のステップは必要です。

結果

バッグフィルターでPCDD/F質量収支を実施するため、入口ガスとクリーンガスにおけるPCDD/Fのガス・固相の区分を理解することが大切です。入口ガスとクリーンガスでの総PCDD/F濃度は、1) サンプリング系列のフィルター上に収集された固相、2) XADに吸収されたガス相、3) サンプリング系列洗液に含まれる固相+ガス相という、もともと3つの部分で報告されました。この洗液は、EPA Method 23に従ってサンプリング系列全体で行いました。ノズル、プローブ、プローブフィルターコネクタ(固相PCDD/Fを含有)の洗液は、フィルター・コンデンサーコネクタおよびコンデンサー(ガス相PCDD/Fを含有)の洗液と混合しました。ガス相PCDD/Fは、XAD画分、ならびにガス相の洗液の一部から構成されます。固相PCDD/Fは、フィルター画分、ならびに固相の洗液の一部から構成されます。ガス対固相の洗液の一部は、混合されて元に戻せないため、不明です。ただし、飛灰におけるPCDD/F濃度は、入口ガスおよびクリーンガスでのばいじんのPCDD/F濃度に非常に近いという前提をもとに、ガス・固相区分を推定できます。

入口ガス — 測定 No. 1

図3に示したように、測定 No. 1の入口ガスにおける総PCDD/F濃度は、11% O₂で2.57 ng TEQ/m³Nです。画分は次のとおりです。フィルター = 0.47 ng TEQ/m³N、XAD = 0.50 ng TEQ/m³N、洗液 = 1.60 ng TEQ/m³N。

飛灰でのPCDD/F濃度は、2日間の測定調査にわたって84～157 ng TEQ/kgの範囲でした。図4から、入口ガスばいじん濃度は、11% O₂で2935～5078 mg/m³Nの範囲であることが分かっています。平均の飛灰濃度(120.5 ng TEQ/kg)と平均ばいじん充填(4007 mg/m³N)を掛けると、11% O₂で0.48 ng TEQ/m³Nという結果になります。入口ガスの場合、この結果は測定 No. 1のPCDD/Fフィルター画分(0.47 ng TEQ/m³N)と一致し、これはすべての固相PCDD/Fがサンプリング系列フィルターに含まれていることを示唆します。ただし、入口ガスサンプリングからの洗液を肉眼で観察すると、ある程度の微粒子が洗液に含まれていたことは明らかです。したがって、より妥当な推定値は、飛灰における最大のPCDD/F濃度(157 ng TEQ/kg)を取り、これに最大のばいじん充填(5078 mg/m³N)を掛ければ得られます。

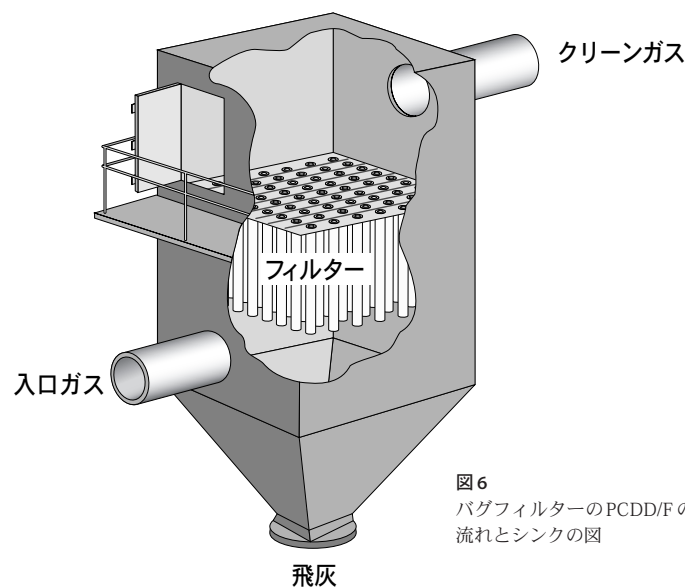


図6
バッグフィルターのPCDD/Fの
流れとシンクの図

これは11% O₂で0.80 ng TEQ/m³Nという結果を生じます。これは測定No. 1の入口ガスにおける推定固相PCDD/Fです。入口ガスでの推定ガス相PCDD/Fは1.77 ng TEQ/m³Nで、合計(2.57~0.80)から固相PCDD/Fを引くと得られます。

クリーンガス — 測定No. 1

図3に示したように、測定No. 1のクリーンガスにおける総PCDD/F濃度は11% O₂で0.042 ng TEQ/m³Nです。画分は次のとおりです。フィルター = 0.001 ng TEQ/m³N、XAD = 0.029 ng TEQ/m³N、洗液 = 0.012 ng TEQ/m³N。

図4から、クリーンガスばいじん濃度は、11% O₂で1.5~2.2 mg/m³Nの範囲でした。最大の飛灰濃度(157 ng TEQ/kg)に最大ばいじん濃度(2.2 mg/m³N)を掛けると、11% O₂で0.0003 ng TEQ/m³Nという結果が得られます。クリーンガスの場合、この結果は測定No. 1のPCDD/Fフィルター画分(0.001 ng TEQ/m³N)とほぼ一致します。

これはすべての固相PCDD/Fが、クリーンガスサンプリング系列フィルターに含まれていることを示唆します。したがって、クリーンガスリンスには固相PCDD/Fはなく、ガス相のみがあると言えます。ゆえに、ガス相PCDD/Fは、XAD画分と洗液の合計、つまり0.041 ng TEQ/m³Nです。

図7は、図6のバグフィルター概要図にPCDD/F収支の結果を加えたものです。結果はPCDD/F濃度と位相(ガスおよび固体)で示されています。触媒フィルターに吸着させたガス相PCDD/Fの量は、無視できる程度(0.0003 ng TEQ/m³N以下)だと判断されます。飛灰に起因する固相PCDD/Fの量は、固相(0.80-0.001 = 0.779 ng TEQ/m³N)における入口ガスとクリーンガスの濃度の差です。差を計算すると、触媒フィルターで分解されたガス相PCDD/Fの量は1.73 ng TEQ/m³Nです。

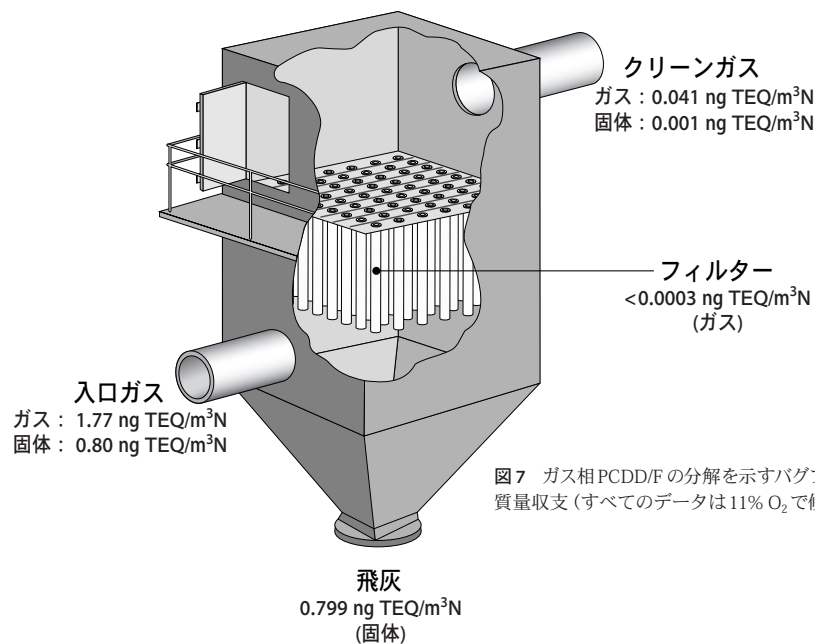


図7 ガス相PCDD/Fの分解を示すバグフィルター質量収支(すべてのデータは11% O₂で修正)

結論

PCDD/F およびばいじん測定プロジェクトでの主な結果は以下のとおりです。

- PCDD/F 除去効率は98.4%。
 - 触媒フィルターが分解したガス相 PCDD/F の量は、11% O₂ で1.73 ng TEQ/m³N または97.7%でした。
 - 触媒フィルターが除去した固相 PCDD/F は99.9% でした。
- クリーンガス PCDD/F 濃度は11% O₂ で0.1 ng TEQ/m³N 以下で、排出量ガイドラインや従来の数値より1桁以上下回るものでした。
- ばいじん除去効率は99.95%で、クリーンガス濃度は排出量ガイドラインより12～17倍低いものでした。

フェニックスサービスの触媒フィルターシステムの寿命は、稼働年で5年とされています。長期にわたって触媒フィルターの活動をテストする方法として、1999年5月の最初の設置から、さまざまな時期に個別のフィルターを取り外しました。各フィルターは検査室でテストし、触媒活動を測定しました。現在までで、触媒フィルターの活性は、初期の活性の100%を保っています。また、フィルターが維持した機械的強度も100%です。運転時間24時間につき、バグフィルターを28回クリーニングするという平均頻度で、フィルター全体の圧力損失は約150 mm H₂Oなため、安定した状態を維持していると言えます。

謝辞

PCDD/F とばいじんのサンプリング、およびばいじん分析は、Air Compliance Technologies の David Ethier 氏によって実施されました。PCDD/F 分析はドイツ、ベルリンの MPU によって実施されました。また、フェニックスサービスのメンテナンスマネージャー、Monte Tabor 氏には、工場への立入を許可していただいたほか、現場活動で援助していただいたことにお礼を申し上げます。さらに、W. L.ゴア&アソシエーツの Diane Orndorff が本書の最終稿を準備してくれたことに感謝します。本書は、2000年5月8日～12日、米国オレゴン州ポートランドで開催された「焼却・熱処理テクノロジー国際会議」で発表したものです。

省略記号

dscm	標準立方メートル (dry)
ePTFE	延伸ポリテトラフルオロエチエン
GC/MS	ガスクロマトグラフィ/質量分析
HAP	危険な空気汚染
ID	吸引
I-TEQ	国際毒性等価係数を用いて計算した総 PCDD/F に匹敵する2,3,7,8テトラクロロジベンゾ-p-ダイオキシンの量
ng	ナノグラム
PAC	活性炭
PCDD/F	ポリ塩化ジベンゾ-p-ジオキシンおよびポリ塩化ジベンゾフラン
PM	ばいじん
TEQ	毒性等価
XAD	PCDD/F サンプリング系列に使用した吸着樹脂

脚注

* John Kumm は1996年6月～1999年10月までフェニックスサービスにおいてオペレーションズマネージャーを担当。

参考文献

- 1) J. L. BONTE et al., “Dioxin/Furan Destruction in the Baghouse,” (Dioxin '99) Venice, Italy, September 1999
- 2) M. PLINKE et al., “Catalytic Filtration - Dioxin Destruction in Filter Bag,” (AIChE 2000 Spring) Atlanta, Georgia, USA, March 2000.



GORE®, GORE-TEX®, REMEDIA およびその意匠は、W. L. Gore & Associates の商標です。
Copyright ©2000 W. L. Gore & Associates, Inc.
Printed in the USA
4-323-010E 9/00