

触媒フィルトレーション：
バグフィルターにおける
ダイオキシン/フランの分解



ベルギー、
ローセラーの
IVRO 都市
ごみ焼却場での調査

Jean Luc Bonte
Koen van Overberghe

C.V. IVRO
Oostnieuwkerksesteenweg 121
8800 Roeselare
Belgium

Marc Plinke
Robert Dandaraw
Glenn Brinckman
Michelle Waters

W. L. Gore & Associates, Inc.
101 Lewisville Road
Elkton, MD 21921
USA

Hein van den Heuvel

W. L. Gore & Associates B.V.
Pettelaarpark 64^a
5216 PP's-Hertogenbosch
Netherlands



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

本書はベルギー、ローセラーのIVRO 都市ごみ焼却場における空気汚染管理の現状について解説するものです。同焼却場ではダイオキシン/フランを分解し、ばいじんを制御できるリメディアD/F触媒フィルターを使用しています。1996年10月、初めてバグフィルターにいくつかの触媒フィルターを設置し、触媒の活動を調査しました。また、1997年3月から1998年7月にわたって試験的なスケールテストを実施し、さまざまな触媒のダイオキシン分解性能を評価しました。1998年10月には全ラインへの導入が完了しました。

本書は5部で構成されています。第1部は現在のダイオキシン/フラン排出量に焦点をあて、これをリメディアD/F触媒フィルターシステムが11% O₂換算で0.1 ng (ITEQ) /m³Nの規制値以下に分解することを紹介します。第2部では触媒の耐久性について触れ、3年間にわたりダイオキシンとフランの一貫した分解が見られたことを説明します。第3部はダイオキシン/フラン濃度測定の実験に焦点をあてます。測定企業数社を評価し、各社につき±15%以内の測定精度について調べました。第4部はリメディアD/F触媒フィルターシステムのばいじん除去性能について記載します。100回以上の測定で、クリーンガス・ダスト濃度は1 mg/m³N以下で、検出限界以下の0.2 mg/m³N以下になることも頻繁にありました。第5部では環境へのダイオキシンの総排出量を評価しました。リメディアD/F触媒フィルターシステムを活性炭注入システムと比較すると、リメディアD/F触媒フィルターシステムはガス状ダイオキシン/フラン排出を99%以上低下させたばかりでなく、ダイオキシン/フラン総排出量を93%以上減少させました。

背景

工場について

IVRO 都市ごみ焼却場はベルギーのローセラーに所在します。図1に示すように、同工場は、ストーカー、ボイラー、ESP (電気集じん機)、消石灰注入、バグフィルターから構成されます。バグフィルターの運転温度は200～230℃です。

工場の歴史

1976年に設立された工場には、2つのラインがあり、それぞれがストーカー炉、空気冷却器、ESPを備えています。1985年、IVROはドライガス・クリーニング・システムを導入し、各ラインの1時間あたりの処理量を3.2tから4tに増加させました。その他の設備改良コストも含め、当時、約1400万ユーロが投資されました。

1990年に、乾式消石灰から高反応消石灰 Spongiacal® に切り替え、塩素の排出量を約10 mg/m³Nまで低下させました。また、ゴアテックス®メンブレンフィルターバッグを設置することにより、ばいじん排出量は1mg/m³N以下に低下しました。1996年には、新しいダイオキシン規制が制定されたため、IVROは活性炭注入 (PAC) システムを設置し、ダイオキシン排出量を0.1 ng (ITEQ) /m³Nまで低下させることになりました。活性炭注入システムは200～300℃の高温で使用します。このような温度では、腐食を最小限に抑えることができるほか、スクリュウコンベヤーでSpongiacalを加えることができます。ただし、高温で活性炭を使用すると、バグフィルターで火災が発生する危険性があります。炭素を多く含有する飛灰が燃えると、フィルターバッグばかりでなく、集じん装置を破損することにもなります。新規規制制定後に工場が稼働休止にならないよう、IVROではダイオキシンとばいじんをコントロールする新たな技術の検討をはじめました。1998年、さらに4500万ユーロを投じて、ストーカーとESPを修復し、新規の除じんおよび静電防止システムを設置しました。運転自体に何の変更を加えることもなく、触媒フィルターシステムを既存のバグフィルターに設置することができました。現在、同工場は欧州のあらゆる環境規制値をクリアしています。

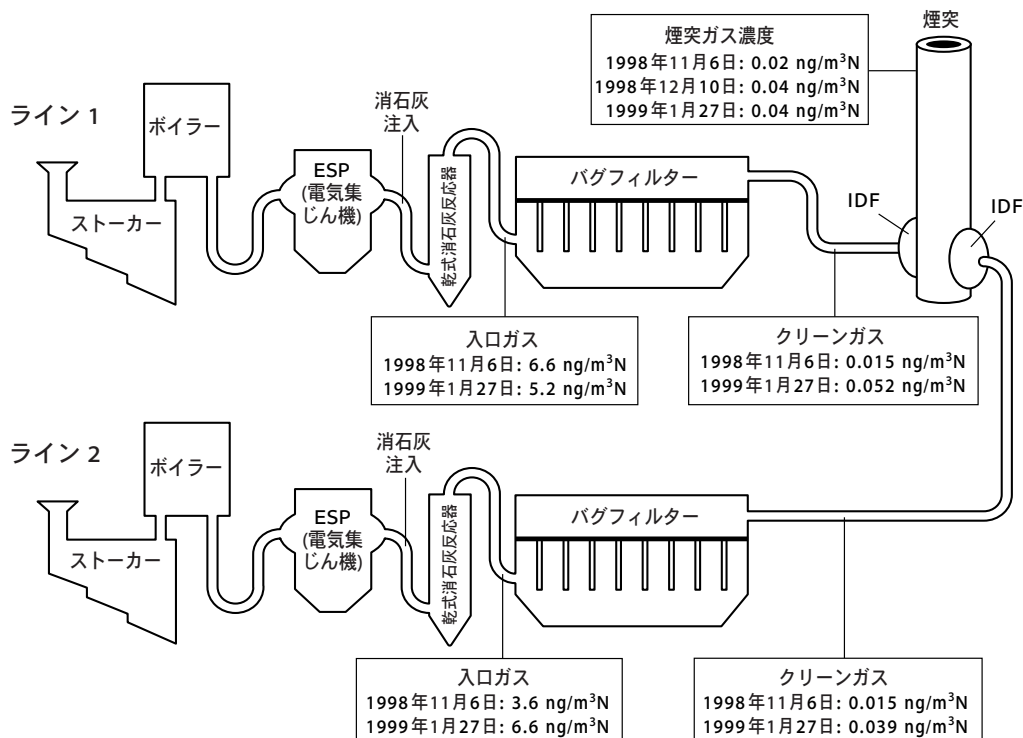


図1 IVRO工場の概要図。入口ガス(バグフィルターの前)、リメディアD/F触媒フィルターシステムを用いたクリーンガス(バグフィルターの後)、および煙突での現在のダイオキシン濃度を示しています。ITEQ内のダイオキシン/フラン排出量はすべて11% O₂換算で測定したものです。

触媒フィルトレーション製品について

リメディアD/F触媒フィルターシステムはW. L.ゴア&アソシエーツ社が製造した新型システムで、触媒フェルトとそれにラミネート加工したゴアテックス®メンブレンで構成されています。使用フェルトは、特殊な方法で製造した各種触媒を含有し化学的に活性化されるファイバーでできています。ガスがこのフェルトを通過すると触媒反応が起こり、ダイオキシン/フランは害のない気体に分解されます。この新しいファイバーにより、ゴアテックス®メンブレンフィルターバッグのフィルトレーション能力が高まります。ゴアテックス®メンブレンがばいじんを捕集すると同時に、触媒基材が非常に有害な気体汚染物質を分解します。触媒反応に必要な温度は140℃～260℃の範囲ですが、適切な最低温度は180℃です。

実験手順

フィルター設置日

1995年10月にIVROメインバグフィルターおよび他の燃焼工場において触媒物質を使った不活性化調査を開始しました。最初の完全なリメディアD/F触媒フィルターシステムは、1997年3月に、1000 m³/hの試験工場に導入しました。また同年7月には、リメディアD/F触媒フィルターをIVRO

のメインバグフィルターの全室に導入しました。これらが絶え間ない触媒活動を示すことが分かった後、1998年10月に、工場全体にリメディアD/F触媒フィルターを導入しました。現在IVROでは、リメディアD/F触媒フィルターを実際のガス状態で利用して、合計で3年以上の実績があります。その工程において、7つ以上の触媒をテストし、ダイオキシン/フランの分解、副産物生成による反応、連続した触媒活動について調査しました。

ダイオキシン測定手順

IVROでのすべての煙突測定は、Euro Norm EN 1948に従って実施しました。入口ガス(バグフィルターの前)およびクリーンガス(バグフィルターの後)の測定も同一の方法で行いました。サンプリング時間は3時間に設定しました(図1参照)。

結果

第1部 — IVROにおける現在のダイオキシン/フラン排出量

ライン1および2でのバグフィルター入口と出口、さらに煙突の測定は、すべて同時に行いました。全テストは、活性炭を注入せずに実施しました。測定結果は図1に示します。

フルスケール都市ごみ焼却場 35ヵ月以上の結果

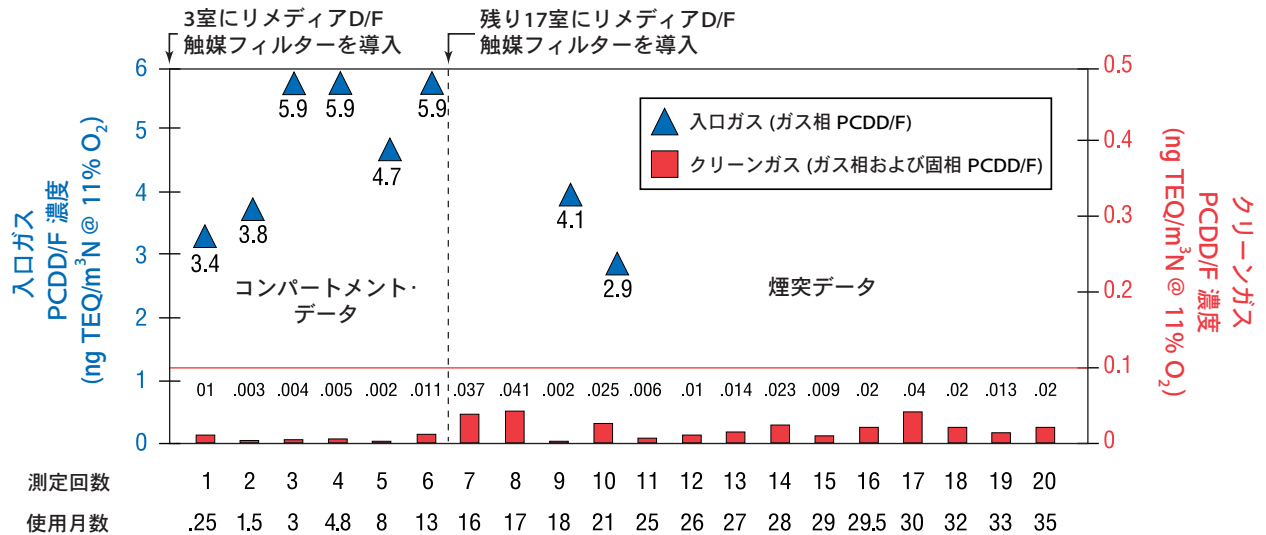


図2 入口ガスおよびクリーンガスのダイオキシン濃度。リメディアD/F触媒フィルターシステムを使用した場合の、温度200℃～230℃での焼却場稼働中のダイオキシン分解性能です。すべての測定はEuro Norm EN 1948に従って実施しました。分解性能を測定した後、入口ガス測定値の読み取りは中止しました。「コンパートメントデータ」はバグフィルターの直前(入口ガス)、およびバグフィルターの直後(クリーンガス)での3時間の測定を表します。「煙突データ」は煙突における測定を表します。

第2部 — 触媒の寿命

何種類かの触媒(非商品化触媒を含む)を実際の煙道ガスに露出するテストが研究室で3年間行われました。さまざまな評価の後、初期の活動を維持できた触媒はわずかでした。1997年7月に、ここで選ばれた数種をIVRO都市ごみ焼却場のバグフィルターの数室に設置し、そのダイオキシン分解性能を調査しました。1998年10月には、バグフィルターの全室にリメディアD/F触媒フィルターを導入しました。ひとつの部屋での入口ガスおよびクリーンガス・ダイオキシン濃度を図2に示します。

第3部 — 測定したダイオキシン/フラン排出量の精度

IVROで100回以上のダイオキシン/フラン測定を実施しました。測定精度に関する広範な調査を行った結果、ドイツMPU社が±15%以内の精度でダイオキシン/フラン排出量を正確に測定できると判断しました。同社は0.01 ng (ITEQ) /m³N という低濃度の精度を保つことができました。

ばいじんの制御

IVROで100回以上のダスト濃度測定を実施しました。クリーンガスのダスト濃度は1 mg/m³Nのレベルを超えませんでした。ほとんどの場合、3時間のサンプリング時間で、ダストレベルは、11% O₂換算で0.2 mg/m³Nと同等、あるいはそれ以下でした。大気へのダイオキシン総排出量を評価するため、活性炭注入システムとリメディアD/F触媒フィルターシステムの間で比較を行いました。これを行うため、ガス相および固相のPCDD/F排出量をテストしました。

大気へのダイオキシン総排出量

1998年1月の時点で、ガス状ダイオキシン排出量は、活性炭注入システムで0.07 ng/m³Nでした。1999年には活性炭を注入しないリメディアD/F触媒フィルターシステムを用いて、ガス状PCDD/F排出量は0.04 ng/m³Nでした(図1参照)。リメディアD/F触媒フィルターを導入した前後で環境へのPCDD/F排出量を判断するため、ガス相および固相ダイオキシン排出量を評価する必要がありました。

測定番号	日付	活性炭を用いた 飛灰のPCDD/F [ng ITEQ/kg dust]	日付	リメディアD/F触媒フィルター を用いた飛灰のPCDD/F [ng(ITEQ)/kg dust]
1	1998年1月1日	7490		
2	1998年1月15日	2240	1999年1月28日	319
3	1998年1月15日	1247	1999年1月28日	248
平均合計		3659		283

表1 飛灰におけるダイオキシン濃度の比較

飛灰の総量は、1998年1月の時点で、活性炭注入中で2.5 g/m³N (フライアッシュ0.1 g/m³N + 活性炭0.15 g/m³N + Spongiacal 2.25 g/m³N) でした。1999年1月には、リメディアD/F触媒フィルターを導入した後の飛灰の総量は2.1 g/m³N (フライアッシュ0.25 g/m³N + Spongiacal 1.85 g/m³N) でした。煙突からの固相PCDD/F排出量は非常に少なく、考慮に入れるほどのものではないため、この計算には入っていません(前述第4部参照)。表1は、発生したダストのダイオキシン濃度測定結果を示したものです。活性炭と消石灰は、1998年1月にバグフィルターに注入しました。

リメディアD/F触媒フィルターによるダイオキシン/フラン排出量の低下は、以下のように計算できます。

$$\frac{\begin{array}{l} \text{バグフィルターからの固相PCDD/F 排出量} \\ + \\ \text{煙突からのガス相PCDD/F 排出量} \end{array}}{\text{総PCDD/F 排出量}} \times \frac{\begin{array}{l} \text{飛灰量} \\ \times \\ \text{飛灰におけるPCDD/F 濃度} \end{array}}{\text{バグフィルターからの固相PCDD/F 排出量}}$$

したがって、それぞれの製品を使用した場合の総PCDD/F排出量は以下のようになります。

ゴアテックス®メンブレンフィルターおよび活性炭注入(1998年1月):

$$\frac{0.07 \text{ ng/m}^3\text{N} + 2.5 \text{ g/m}^3\text{N}}{\times} \frac{3659 \text{ ng/kg}}{9.22 \text{ ng (ITEQ) / m}^3\text{N}}$$

リメディアD/F触媒フィルターシステム(1999年1月):

$$\frac{0.04 \text{ ng/m}^3\text{N} + 2.1 \text{ g/m}^3\text{N}}{\times} \frac{283 \text{ ng/kg}}{0.63 \text{ ng (ITEQ) / m}^3\text{N}}$$

リメディアD/F触媒フィルターシステムを使用した場合、環境へのダイオキシン/フラン排出量は、活性炭注入と比べると93%以上減少したことになります。総処理量60,000 m³N/h(両ライン)で、年間に削減できるダイオキシン/フランの総量は約4gに相当します(ITEQ)。

焼却された都市ごみ1トンあたりのバグフィルターから外部環境へのPCDD/F総排出量を比較すると以下のようになります。

活性炭を使用した場合: 都市ごみの69 μg/ton
触媒フィルターシステムを使用した場合:
都市ごみの4.7 μg/ton

考察

リメディアD/F触媒フィルターシステムは、行政機関が制定する規制値よりはるかに低いレベルまでダイオキシンおよびフランを分解することが立証できました。フィルターの寿命は、長期耐久テストにより5年以上見込まれています。研究室での実験でも、触媒活性に大きな低下が見られないことを示しています。このデータによって、触媒ハニカムシステムが焼却炉のダストにさらされなければ、3年以上の寿命があるという触媒メーカーの調査結果が確認されました。またゴアテックス®メンブレンでばいじんが確実に除去されることも証明されました。すべての場合において、クリーンガスのダスト濃度は11% O₂換算で1 mg/m³N以下を達成しています。

環境に排出されたPCDD/Fは、煙道ガスの8 ng (ITEQ) /m³N以上減少しました。活性炭使用時と触媒フィルターの使用時の入口ガスとフィルター素材中のPCDD/F濃度を比較すると、単にフィルター素材に吸着されたのではなく、PCDD/Fは分解されていることが分かりました。したがって、環境に排出されたダイオキシン総量の低下は、バグフィルター内の固型残留物に活性炭が残っていないことが主な原因であると示されました。

結論

ベルギー、ローセラーのIVRO都市ごみ焼却場での排出量は、リメディアD/F触媒フィルターシステムを用いた場合、11% O₂換算で0.1 ng (ITEQ) /m³Nをはるかに下回っています。リメディアD/F触媒フィルターを設置したのは3年前ですが、現在でも機能しており、排出量は11% O₂換算で0.1 ng (ITEQ) /m³N以下を維持しています。何回か信頼性測定検査を実施しましたが、それによると、選ばれた測定企業のすべてが、11% O₂換算で0.01 ng (ITEQ) /m³Nという低い濃度のダイオキシン/フラン排出量を高い信頼性(±15%以内)で測定する能力があることを示しました。また、100回以上の測定を行った結果、クリーンガスのダスト濃度は11% O₂換算で1 mg/m³N以下、あるいは検出限界である11% O₂換算で0.2 mg/m³N以下のことも頻繁にありました。

バグフィルターホッパーから除去されたダストの総量は、活性炭注入システムを停止してから減少しました。さらに、ダイオキシンとフランによる飛灰の汚染は、リメディアD/F触媒フィルターによって分解されたため低下しました。リメディアD/F触媒フィルターシステムの性能を検証するため、煙突テストを実施したほか、システム内でのPCDD/F測定をさらに100回行いました。最も重要なことは、煙突およびホッパーダストを合わせた同工場のPCDD/F総排出量が、活性炭を用いた場合よりも93%低下した点です。これは、添加剤(活性炭)の量を最小限に抑え、バグフィルターのダスト毒性を減少させたことにより達成できたものです。

謝辞

ドイツ、ベルリンのMWC社 Michael Wilken氏、およびドイツ、ベルリンの測定企業MPU社に多大なご支援をいただいたことに心よりお礼申し上げます。



GORE®, GORE-TEX®, REMEDIAは、W. L. Gore & Associatesの商標です。
Spongiacal®は、Lhoist Rechercheet Development S.A.の登録商標です。
Copyright ©2000 W. L. Gore & Associates, Inc.
Printed in the USA
4-323-009E 9/00