



Title	焼却炉二次燃焼空気の酸素富化実験
Author(s)	青木, 孝; 宮田, 治男; 松山, 智哉 他
Description	第5回衛生工学シンポジウム (平成9年11月6日 (木) -7日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 3 廃棄物 . 3-3
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 5, 111-116
Issue Date	1997-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7715
Type	departmental bulletin paper
File Information	5-3-3_p111-116.pdf



3-3

焼却炉二次燃焼空気の酸素富化実験

三機工業(株) 青木 孝、宮田治男、松山智哉、○定塚徹治

1. はじめに

燃焼に必要な酸素は、通常空気の吹込みによって供給される。しかし、空気中に含まれる酸素は、自然の状態では20.95%しかなく、残りのほとんどは不活性成分(窒素分:78.09%)であるので、燃焼炉の熱効率を低下させる。そこで、燃焼空気中の酸素濃度を通常空気よりも増加させて燃焼する方法があり、これを酸素富化燃焼と言う¹⁾。酸素富化燃焼することにより、通常空気を使用した燃焼に比べて、

1)不活性成分割合が少なくなるので火炎温度が上昇し、火炎放射熱が増大する。

2)燃焼に必要な吹込空気量が少なくなり、系外に持ち出される熱が少なくなる。

などの利点があり、冶金・精錬・化学工業等の燃焼設備で用いられてきた。

酸素富化する方法には、従来液体酸素が利用されてきているが、この方法は酸素自身の価格が高いため、経済効果の発生する高温燃焼場を使った生産工程での利用にとどまっていた。最近では、シリコン系やテフロン系の酸素富化膜を用いた装置や、モレキュラーチューブを利用したPSA(Pressur Swing Adsorption)装置を用いて空気中の酸素を分離し、高濃度の酸素を製造する技術の進展により、酸素富化燃焼が経済的に有利となるケースが増える可能性が出てきた。(財)省エネルギーセンターでは、燃焼温度域で、酸素富化を用いた場合とB重油を用いた場合の経済的分岐点を図1のように試算している¹⁾。この曲線よりも下に位置するケースであれば酸素富化燃焼の経済性が見込まれ、燃焼温度域が低くなっても酸素価格が下がれば、経済効果が発生することになる。従って酸素価格が下がるにつれ、生産分野だけでなく、都市ごみ焼却や産業廃棄物焼却分野においても、酸素富化燃焼による効果に加え経済性が生じてくる。このような背景の中で、Air Products社のG. H. Shahaniらは、ごみ焼却炉の燃焼空気を酸素富化することによって、以下の効果を期待し、計算モデルでの比較検討およびパイロットテストを実施している²⁾。

- ・処理量の増加
- ・熱効率の増加
- ・排ガス中の未燃分減少
- ・燃焼設備の操作性向上
- ・燃焼用空気量、排ガス量の低減化
- ・低カロリーごみの焼却が可能

G. H. Shahaniらは、燃焼空気の酸素富化を行い、焼却施設の効率化の可能性を追求しているが、現状の酸素価格では実用化が難しいであろうと考え、我々はごみ焼却炉二次燃焼室に吹込む二次燃焼空気のみを酸素富化することによって、二次燃焼室での未燃ガスやダイオキシン類の分解効率を高めることを目的とし、ストーカ炉を用いている実プラントにてテストを行った。

その結果、排ガス中のCO濃度の低減化、ダイオキシン類の分解効果が確認されたので報告する。

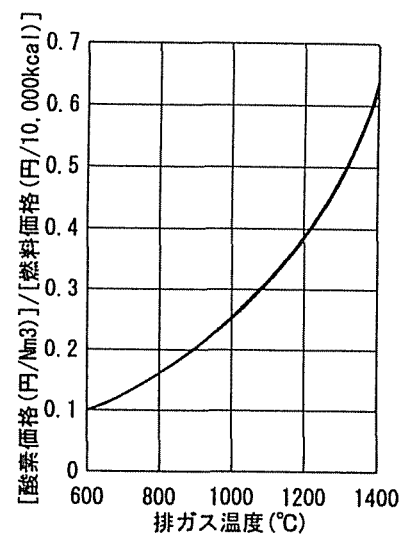


図1 酸素富化燃焼の経済性

〔(財)省エネルギーセンター資料〕

2. 実験概要

都市ごみ焼却炉二次燃焼空気吹込みダクト中に高濃度の酸素ガスを添加することによって、二次燃焼空気の酸素富化実験を行った。酸素富化燃焼の導入には酸素発生装置を設置することが経済的であるが、ここでは短期間の実験であるので液化酸素（酸素純度99.5%）を用いた。

実験に用いた焼却炉は、ストーカ方式のガス冷炉上タイプの施設であり、排ガス処理施設にバグフィルタを用いているA施設と、電気集じん器を用いているB施設の2ヶ所で実施した。実験に用いた施設のフローおよび排ガス測定点を図2に示す。また、二次燃焼空気吹込み口から上部における二次燃焼室排ガス滞留時間は、A施設・B施設共に約1secである。A施設、B施設共に二次燃焼空気の吹込み口の設計は、数値計算を用いたシミュレーション結果を反映させたものであり³⁾、同等の排ガス混合効果を持たせた設備である。

なお、二次燃焼室への酸素ガスの添加は、図3に示すように液体酸素をガス蒸発器にてガス化し、二次燃焼空気ダクトへ混入させた。酸素ガス混入後の酸素濃度は酸素濃度計にて測定した。

A施設にて酸素富化量と排ガス中のCO濃度の挙動および排ガス中の残存酸素濃度、NO_xの挙動について調査し、二次燃焼空気への効果的酸素富化量の検討

を行った。この基礎実験を基に、二次燃焼空気の酸素富化量を固定して連続運転を行い、ダイオキシン類の分解効果の確認を行った。

なお、ダイオキシン類の分解効果については、B施設においても同様の実験を行い、再現性の確認を行った。

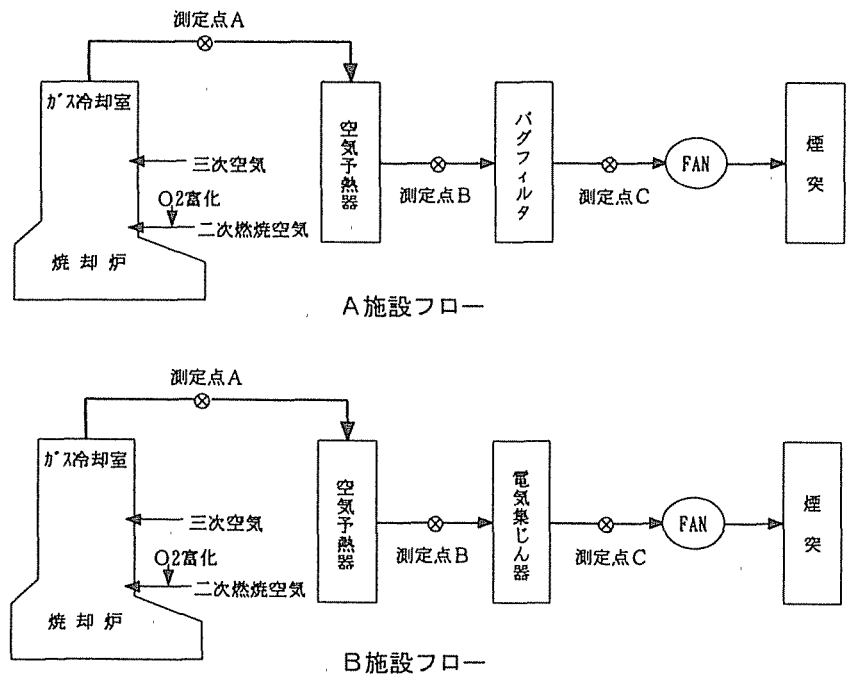


図2 実験に用いた施設の概略フロー

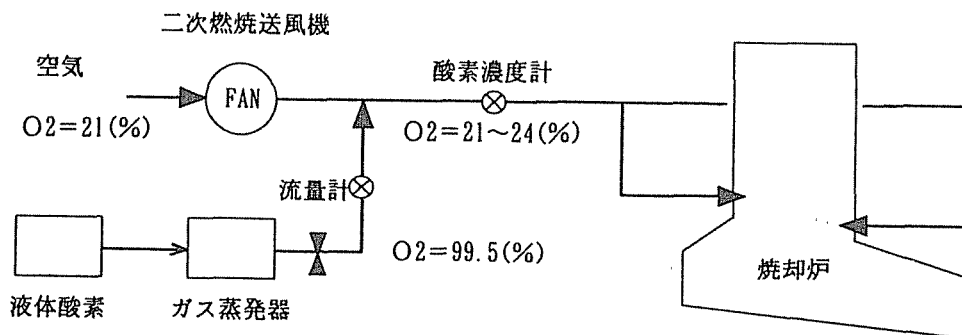


図3 酸素富化テストフロー

3. 実験結果および考察

3.1 酸素ガス (O₂=99.5%) 添加量と混合後の酸素濃度

二次燃焼空気量を一定にして、酸素ガスの添加量を圧力調整弁にて変化させ、酸素ガス混合後の二次燃焼空気中の酸素濃度を測定した。この結果を図4に示す。二次燃焼室空気への酸素ガス添加量と、混合後の酸素濃度の関係は理論線と良く一致していた。

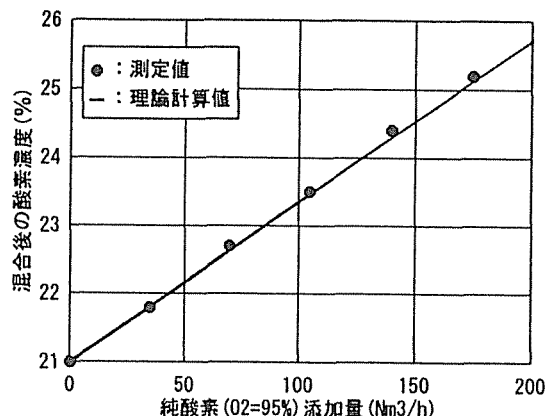


図4 酸素ガス添加量と混合後の酸素濃度

3.2 酸素ガス添加量と排ガス中のCO濃度

3.2.1 吹込み速度と酸素富化

焼却炉内は定常運転で、自動燃焼システムによりごみの供給・送り・一次燃焼空気量を管理し、安定燃焼状態を保持した運転を行っている⁴⁾。ごみ焼却炉に投入されたごみは、乾燥過程を経て、燃焼の初期段階から後段の高温燃焼過程へと移送されていく。燃焼の初期段階で発生する未燃ガスと後段からの高温燃焼ガスを混合し、未燃ガスの燃焼に必要な酸素を供給することにより、排ガス中の未燃分のほとんどを分解させることが、二次燃焼空気吹込みの目的である。また、未燃ガスの二次燃焼を促進させることが、ダイオキシン低減化において非常に重要であることが知られている⁵⁾。そこで、二次燃焼室に吹込む空気の流速と、吹込み空気の酸素濃度を変えた実験を行い、排ガス中CO濃度の低減化に最も効果的な組合せの検討を行った。測定結果を図5に示す。

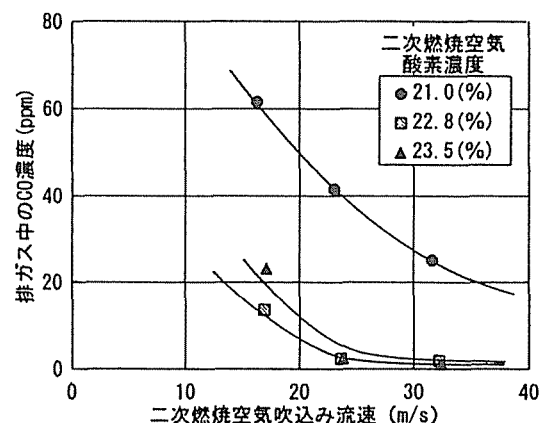


図5 二次燃焼空気吹込み流速と酸素富化量の排ガス中CO濃度への影響

吹込み風速を大きくして、混合効率を上げることによりCO濃度は低減され、また酸素富化量を高くすることによってもCO濃度は低減されていた。酸素富化量を大きくするとランニングコストが高くなり、酸素富化導入による経済的デメリットが生じるので、吹込み風速を25m/sec程度にして酸素富化量を最小限にすることが、効果的組合せであると考えられた。

3.2.2 酸素ガス添加と排ガス中の残存酸素、NO_x濃度

二次燃焼空気の吹込み速度を、酸素ガスを加えない状態で 25 m/sec程度となるよう設定したのち、酸素ガス富化量を増加させ、二次燃焼空気の酸素濃度を21~25%程度まで変化させた場合の排ガス中のCO、残存酸素、NO_xの挙動について測定を行った。測定結果を図6~図9に示した。図6は、酸素富化量を変化させたときの排ガス中のCO濃度の経時変化を示したものである。通常の空気のみで二次燃焼を行った場合、CO濃度が40 ppm程度

を中心に大きな変動をしていたものが、酸素富化を行うことによって低濃度で安定化した。また、このときの二次燃焼空気酸素濃度と、排ガス中のCO濃度の平均値を図7に示した。二次燃焼空気の酸素濃度を23%程度に富化することにより、排ガス中のCO濃度は10 ppm以下となり、これ以上の酸素富化を行ってもCO低減化には寄与していなかった。このときの二次燃焼空気酸素濃度と排ガス中のNOx濃度の平均値を図8に、残存酸素濃度の平均値を図9に示した。NOxについては、酸素富化による影響は認められなかった。平均燃焼温度が860~880℃の違い程度であったことから、二次燃焼空気酸素富化による異常高温燃焼が発生するほど未燃ガスが存在しないことに起因するものと考えられた。

また、二次燃焼空気酸素富化量と排ガス中のCO濃度および残存酸素の挙動を見ると、酸素富化により排ガス中の未燃分の酸化の促進が認められるが、二次燃焼空気の酸素濃度を23%以上にしても未燃分の酸化はそれ以上進んでおらず、排ガス中の残存酸素量が増加していた。従って、排ガス中の未燃分量に応じて、酸素富化の適正量が変わるものと考えられた。

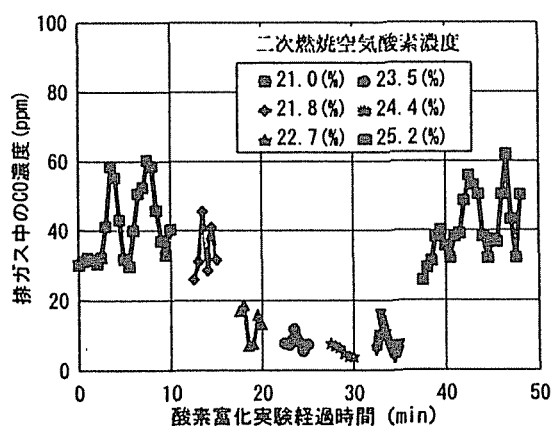


図6 酸素富化量を変化させた場合の排ガス中のCO濃度経時変化

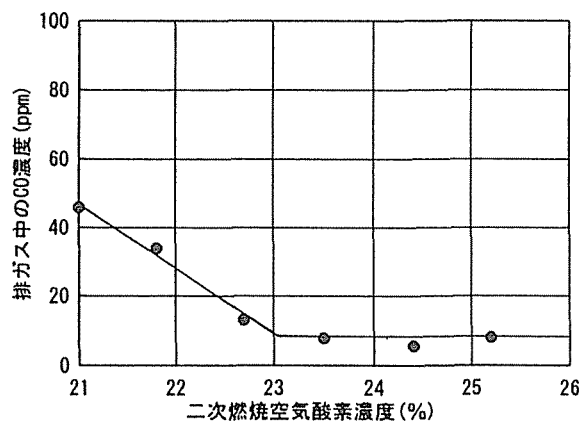


図7 酸素富化量に対する排ガス中のCO濃度平均値

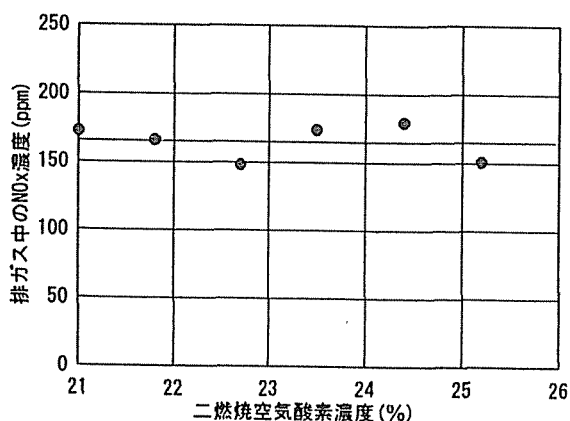


図8 酸素富化量に対する排ガス中のNOx濃度平均値

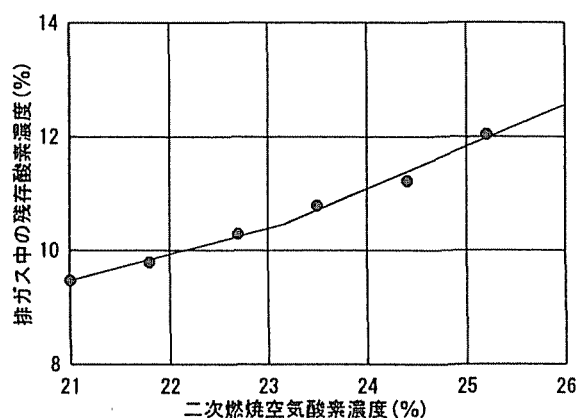


図9 酸素富化量に対する排ガス中の残存酸素濃度平均値

3. 3 酸素富化とダイオキシン類

二次燃焼空気の酸素富化による排ガス中の未燃分酸化促進効果が確認できたので、ダイオキシン類分解効果についての比較実験を行った。A施設、B施設において、二次燃焼空気として通常の空気のみを用いた場合と、二次燃焼空気に酸素ガスを添加し酸素濃度を23%に調節した場合との比較実験を行った。ここでは、他の運転条件を同等に管理した。A施設・B施設共に燃焼方式は同じであるが、空気予熱器はA施設がプレートタイプで、B施設はチューブタイプである。また、排ガス処理設備では、A施設・B施設共に乾式のHCl除去設備を用いているが、集じん器はA施設がバグフィルタ、B施設が電気集じん器を用いている。

A施設・B施設の燃焼設備、ガス冷却設備は同等であるので、酸素富化を行った場合についての二次燃焼室ダイオキシン類分解効果を、ガス冷却室出口の測定結果にて比較検討することができる。図10に、A施設・B施設のガス冷却室出口ダイオキシン類濃度測定結果について、PCDDs、PCDFsに区分して表示した。A施設・B施設共に、通常の空気を用いた場合に比べ、酸素富化によるダイオキシン類低減化は約60%であり、PCDDs、PCDFsも共に同等の割合で低減化されていた。この結果から、二次燃焼空気を酸素富化することにより、ダイオキシン類の分解が促進されたと考えられ、発生防止に効果があることが確認できた。

また、A施設で得られた低減効果が、別のB施設においても同等であったことより、再現性の確認ができた。

また、A施設のガス冷却室出口〜バグフィルタ出口間のダイオキシン類濃度測定結果を図11に、B施設の同様の比較実験結果を図12に示した。A施設・B施設共に空気予熱器では、再合成によるダイオキシン類の増加が認められ、A施設のプレート式よりB施設のチューブ式の方が再合成が非常に多くなっていた。これは、ガス側の熱交表面のダスト付着量がダスト除去機構の差により、プレート式の方が非常に少ないことに起因しているのではないかと考えられた。排ガス処理過程では、A施設のバグフィルタはダスト分離能力が高く、フィルタ表面のダスト層で

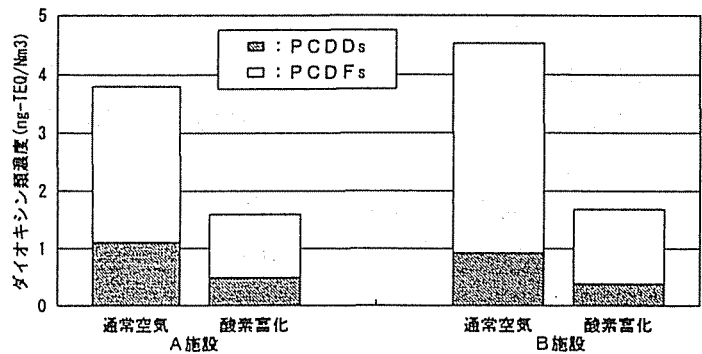


図10 ガス冷却室出口ダイオキシン類濃度

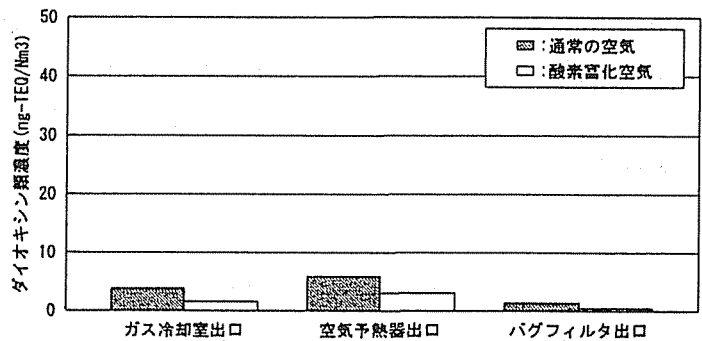


図11 A施設の酸素富化によるダイオキシン類低減化効果比較実験

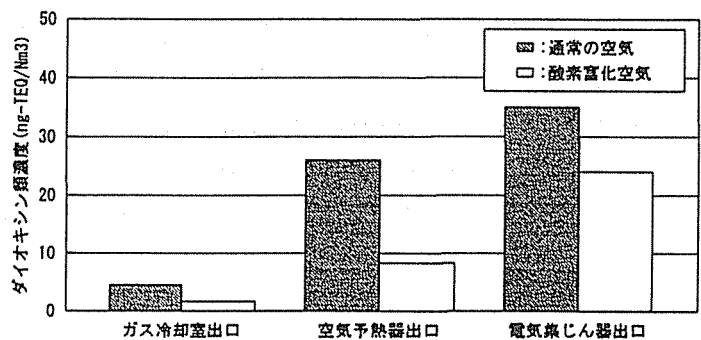


図12 B施設の酸素富化によるダイオキシン類低減化効果比較実験

の吸着効果も期待できるので、入口より出口が大幅に低くなっている。これに対し、B施設の電気集じん器では、再合成による増加が大きくなっている。ここで、共通していることは、熱回収過程・排ガス処理過程での設備の違いによるダイオキシン類再合成の差があっても、二次燃焼空気に酸素富化してダイオキシン類の分解効率を高くすると、後行程の濃度も確実に低減されていることである。発生源の低減化が、焼却炉から排出されるダイオキシン類の低減化に大きな効果があることが確認できた。

4. まとめ

二次燃焼空気の酸素富化実験により、以下の知見が得られた。

- 1) 酸素富化により、酸素濃度を高くするよりも二次燃焼空気の流速を速くして混合を優先させることが、CO低減化に効果的であり、さらに酸素富化して23 % 濃度にするのがより効果的であった。
- 2) 適正酸素富化量は、排ガス中の未燃分量により、変わることが考えられた。
- 3) 排ガス中の未燃分量が少ない場合、酸素富化によるNO_x 濃度への悪影響はほとんどなかった。
- 4) 二次燃焼空気の酸素富化により、発生ダイオキシン類の低減化ができ、後工程の設備の違いにより再合成はあるものの、排出ダイオキシン類量の低減化に効果的であることが確認できた。

酸素富化燃焼は、設備のコンパクト化・有害ガスの低減化・エネルギーの有効利用といった多様面での効果が期待されるものであり、熔融等の高温燃焼場では、より有効な技術として発展すると思われる。我々も経済性を含めてより効果的な使用法を検討し、今後も研究を継続して、次世代のごみ処理技術への展開を行いたいと考えております。

最後に、本実証テストにご協力下さいました大阪酸素工業株式会社の皆様に、深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 畠中ほか：省エネルギー燃焼技術，省エネルギーセンター編，1984年
- 2) G. H. Shahani, D. P. Bucci, D. M. De Vincentis, S. P. Goff : Oxygen enrichment for waste combustion, Proc 1994 Int Inciner Conf, pp 425-429 (1994)
- 3) 長沢, 宮田, 古橋 ほか：「数値計算を用いた焼却炉二次燃焼室排ガス混合シミュレーション」，第4回廃棄物学会研究発表会講演論文集，1993年
- 4) 長沢, 宮田, 松藤ほか：「ファジィ制御を用いたごみ焼却炉自動燃焼システム」，第3回廃棄物学会研究発表会講演論文集，1992年
- 5) L. P. Nelson, P. Schindler, J. D. Kilgroe : Development of Good Combustion Practices to Minimize Air Emissions from Municipal Waste Combustors, In Conference Proceedings of International Conference on Municipal Waste Combustion, pp 8A-61~ 8A-80