

廃ガス中のダイオキシン類の低減への 取り組みの現状と課題

北村 寿宏

日本学術振興会研究員

片山 裕之

島根大学総合理工学部材料プロセス工学科

Update on Reduction of Dioxins in Exhaust Gas from the Incinerator

Toshihiro KITAMURA and Hiroyuki KATAYAMA

(Received September 18, 1998)

Dioxins has been a one of the serious social problem and, especially, reduction of dioxins in the exhaust gas from the incinerator is urgent. Except the control of burning of incinerator, which is the main measure presented in the guide line of the Environment Agency for the reduction of dioxins, two directoins of technologies are surveyed; (1) economical production of the activated chacoal, which is reliable for the reduction of dioxin, and (2) various measures for reduction of used plastics in refuse burned up.

1. はじめに

ベトナム戦争の枯葉作戦の後遺症などを通してダイオキシンの問題が認識されるようになったのは1970年前後であるが、1977年にはオランダの都市ごみ焼却炉の飛灰の中からダイオキシンが検出されて身近な問題になった。日本でも、1983年に焼却炉の飛灰中からのダイオキシンの検出が報告された。それ以後、日本では対応は遅々としていたが、1996年以降、ごみ焼却炉に関連してダイオキシンの問題がマスコミ等で大きく取り上げられるようになり、大きな社会問題になって今日に至っている。

著者の1人は、1992年からの通産省補助金による共同研究『スクラップ再生利用プロセスの技術開発』に従事し、自動車の鉄スクラップなどが加熱溶解される時に、スクラップに混入しているわずかの量の有機物（シュレッターダスト）が原因になって廃ガスにダイオキシンが含まれるおそれがあり、鉄スクラップのリサイクルにおいても、その対応がキーになることを経験し、以後、廃ガスのダイオキシン対策についての調査と研究を続けてきた。

本報においては、廃ガスのダイオキシン対策について情報をまとめるとともに、廃ガスのダイオキシン規制が現在よりもさらにきびしくなる時を想定して、取るべき対応策について進めている研究の状況について述べる。

2. ダイオキシン類に関する基本的事項¹⁻⁵⁾

(1) ダイオキシン類とは

ダイオキシン (PCDD ; ポリ塩化ジベンゾ・パラ・ジオキシン) とは、図1-1に示すように2つのベンゼン環が2つの酸素原子によってつながれ、ベンゼン環につく水素の1部が塩素に置換されたものの総称である。置換した塩素の数と位置によって75種類の異性体がある。その中で人体への毒性は、2-3-7-8 (数字は置換した位置を表す) などの7種がとくに大きい。ダイオキシンの量は異性体ごとに分析して、毒性を示す係数をかけて足し合わせた等価毒性量 ; TEQ で表される。廃ガス中の場合、単位は ng-TEQ/Nm³ (ただし、ng = 10⁻⁹ g) が用いられる。

2つのベンゼン環が1つの酸素原子によって結ばれたもの (図1-2) はフラン (PCDF ; ポリ塩化ジベンゾフラン) と呼ばれる。また、2つのベンゼン環が直接結ばれたもの (図1-3) は、コプラナー PCB と呼ばれる。フラン、コプラナー PCB についても、ダイオキシンと同じような扱いができるので、全部を併せて、以下では『ダイオキシン類』と呼ぶことにする。

(2) ダイオキシン類はどのようにして生成するか

日本では、ダイオキシン類の約90%はごみ焼却過程で発生している。ダイオキシン類は、塩化ビニルなどの有機物が燃える過程で生成するクロロフェノール、クロロベンゼンなど (前駆物質と呼ばれる)、塩素と水から発生した塩酸、雰囲気中の酸素、CO ガスなどが、適度な温度範囲 (300~500°C) で、煤塵中の重金属 (Cu など)、未燃焼炭素などを触媒とし反応をおこして生成するとされている。

ごみ焼却においては、有機物、塩素、重金属 (Cu など)、未燃焼炭素、そして酸素などのダイオキシン生成に必要なものが揃って存在している。とくに蒸し焼き状態など、ガスの温度が十分に上がり切らなかった場合に生成量が多い。温度が1000°C以上で完全燃焼すると、ダイオキシン類はほとんど分解する。しかし、一旦、分解しても温度が下がる過程で再合成する可能性がある。

ダイオキシン類の沸点は300~200°C程度であるから、廃ガス温度が下がるほど、ダスト (飛灰) などに吸着されやすくなる。ダストは集塵機でガスから分離される。通常の条件では、もとのガス中にあったダイオキシン類の90%近くがダストに吸着される。

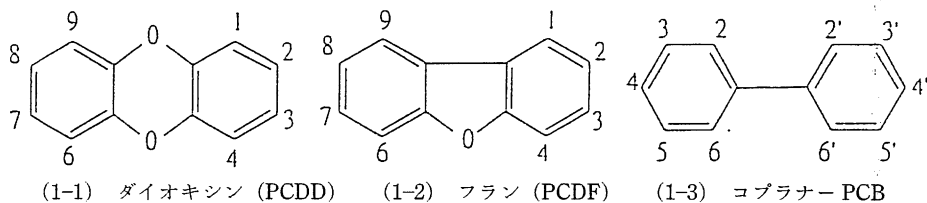


図1 ダイオキシン類の化学構造とナンバリングシステム

(3) ダイオキシン類の人体への取り込まれ方、悪影響および耐容摂取量

ダイオキシン類は水への溶解度は小さいが、油脂類にはよく溶けるという性質があるので、環境に放出されたダイオキシン類は、水を經由して魚や家畜などの体内に移行すると、そこで脂肪類に濃縮される。そして、人間はそれを食物として食べるという形で、ダイオキシン類を体内に取り込むことになる。日本人の場合、ダイオキシン類の98%以上はこのようなして摂取するとされている。そのうち、魚介類から60%、乳製品から10%、肉・卵類から10%という例が報告されている。

人体に入ったものは、水に溶解するという形で体外に排出される割合が小さいので蓄積が進む。そして、母親の体内に蓄積されたものは、母乳を介して乳児に移行することになる。

毒性については、急性毒性、慢性毒性、発ガン性、生殖毒性などがある。動物実験では、急性の半致死量は数～数千 $\mu\text{g}/\text{体重 kg}$ (ただし、 $\mu\text{g}=10^{-6}\text{g}$)、発ガン性は数10～数100 $\text{ng}/\text{体重 kg}/\text{日}$ (ただし、 $\text{ng}=10^{-9}\text{g}$) と言われている。さらに、最近、とくに微量で影響すると言われている環境ホルモン(内分泌攪乱物質)としての作用が注目されている。

人体に対する悪影響についての直接のデータがほとんどないので、動物実験の結果に係数をかけて、安全摂取量が計算されている。環境庁が出した耐容1日摂取量は10 $\text{pg-TEQ}/\text{kg 体重}/\text{日}$ (1 $\text{pg}=10^{-12}\text{g}$) である。世界的に見ると、もっときびしい値を耐容摂取量として出している所もある(例:1 $\text{pg-TEQ}/\text{kg}/\text{日}$)。現時点での摂取量の例として日本の大都市域では約3 $\text{pg-TEQ}/\text{kg}/\text{日}$ (コプラナーPCBを除く)と言われている。したがって、耐容摂取量として安全を見込んできびしい値を採用すると、食べることのできるものが制限されることになる。この耐容摂取量の値については、現時点では種々の見解がある。より根拠のある値を得るため、今後、人体への悪影響についての定量的な研究が進むことが待たれるが、上記のような濃縮機構、特に胎児、乳児に影響が及びやすいことを考えると、厳しい方向に推移することが予測される。

3. 焼却炉の廃ガス中のダイオキシン低減技術の考え方

一般的に、毒性が懸念されるものが発生している場合には、対応策としては、(i)生成させない(発生源を断つ)、あるいは(ii)一旦生成しても後処理で除去するのいずれかの形で、問題解決が図られる。しかし、ダイオキシンの場合には、以下のような事情があって解決は容易でない。

(1) ごみの焼却をやめることができない。

日本では土地が狭いので、ごみを埋め立てただけでは対処できず、焼却による減量化が必要とされている。

(2) ごみの中から、ダイオキシン生成の原因になる物質を完全に取り除くことが容易でない。

現在、とくに問題視されているのはごみの中に混入した塩化ビニルであるが、これは、コストが安い(海水を電気分解してNaOHを製造した時の副産物である塩素を有効利用

しているという背景がある)上に絶縁体などとして優れた特性を持っているので、簡単には製造を止めることができない。

また、たとえごみの中の塩化ビニルがゼロになっても、食塩を含むもの、海水を浴びたものなどが塩素を持ち込み、有機物と共存すると、それがダイオキシンの発生原因になる可能性もある。

(3) きわめて微量域が問題になっている

問題視されているダイキシン類の濃度は、現時点でも他の物質に比べるときわめて微量域であるが、今後さらに低い濃度域が問題にされる可能性もある。このような微量域の分析は、濃縮操作が面倒であることから、特定の場所でしか行えず、費用もかかることから、データ数をふやすことが容易でない。すなわち、定量的な取り扱いが行いにくい。

(4) ごみ焼却時の問題はダイオキシン類だけではなく、Pb, Cdのような共存重金属なども含めて総合的に考える必要がある。

このようにダイオキシン問題には、ごみに関連する環境問題のむつかしい部分が濃縮されており、『完全な解決とはどのようなものであるか』がよく見えていない状態にあると言える。しかし、人体への影響についていくつかの不安要素がある以上、対応技術としては、より高度の、完全に近いものを目指し、一方、逐次、できるものから実行に移して行くという姿勢が望まれる。すなわち、規制値についても、またそれに対応する技術についても、時間(時期)の関数と考えて柔軟に対応してゆく必要がある。

4. 現在の焼却炉廃ガス対策技術指針と、残された課題⁶⁾

ごみ焼却炉の法的規制として、平成7年1月に環境庁から表1に示すような廃ガスの新ガイドラインが出されている。恒久策として、もっとも厳しいものでは、新設炉で0.1 TEQ-ng/m³という値が要求されている。これは、

- 焼却を連続して行って燃焼を安定化させ、完全燃焼させ、ダイオキシン類の高温分解(1000°C以上)を行い

表1 焼却炉排ガスのダイオキシン量基準値(恒久対策)

炉の種類	区 分		基準値 (ng-TEQ/m ³)
全連続炉	新設炉		0.1
	既設炉	旧ガイドライ 適用炉	0.5
		旧ガイドライン 非適用炉	1
准連続炉 機械化バッチ炉 固定バッチ炉	既設炉	連続運転	1
		間欠運転	5

- 廃ガスを急冷してダイオキシン類の再結合を防止し、
- 活性炭などの吸着剤の吹き込みなどを行うとともに、廃ガス温度を可能な限り下げて（乾式法の場合、下限は約160℃）吸着を促進し
- 集塵された飛灰を溶解などの後処理を行って安定化すること

などの対策を組み合わせると実現できると言われている。廃ガス処理として同時に必要なNO_x除去と関連してダイオキシン類の分解を促進する触媒を併用する場合もある。

このような対策を十分には講じられない場合、例えば、既設の連続炉の場合には0.5 TEQ-ng/m³、また、連続操業できない既設炉では1 TEQ-ng/m³あるいは5 TEQ-ng/m³とされている。なお、ごみ処理量が100 kg/日以下の小型焼却炉では、このような対応を要求しても現時点では困難であり、また、規制すると不法投棄が増えて別の問題を生じるおそれもあるので、現時点では規制の対象外になっている。実際には、学校など公共施設の小型炉は閉鎖されるようになっている。

これらの対策が実施されると、日本のダイオキシン発生量は図2のように減少することが期待されている。

これに対して、平成9年9月現在で、既設の焼却炉のダイオキシン測定結果として1641施設のうち、80 ng-TEQ/Nm³を越えていたのが107施設、一方、0.1 TEQ-ng/m³以下で

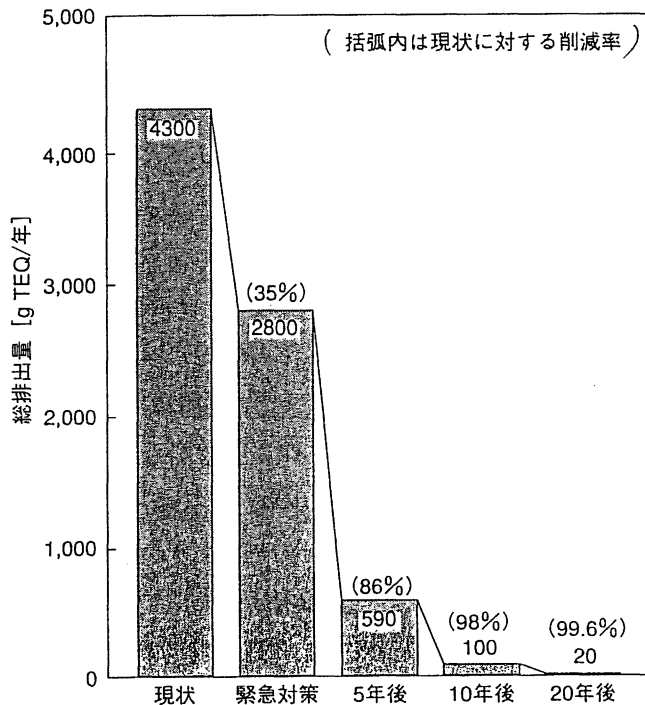


図2 環境庁から出されているダイオキシン削減策の予想効果

あったのは、29施設であったという。とくに高い値が得られた場合の理由としては、塩化ビニルなどを含んだごみを燃焼温度管理が不良で、廃ガス温度が300～600°Cに間に入っていたこと、除塵装置が不完全であったことなどが挙げられている。また、焼却設備の周辺の土壌で高濃度のダイオキシンが検出された場合があるが、これはダストの処理が不完全であったこと（除塵不十分、あるいは一旦集塵したものを周辺に捨てたなど）高濃度のダイオキシンを含んだ水滴の飛散（新聞報道による）などが考えられる。緊急策として既存の焼却設備で廃ガスに対して80 ng-TEQ/Nm³以下にすることが要求されている。

しかし、上記のような対応で次のようなことが問題と指摘されている。

- (1) 連続操業を行うには、ごみの量が十分に集まることが必要である（最低100 t/日以上、人口7～8万人以上に相当）そのために広域化することが考えられているが、その場合、どこに焼却場を設置するが問題となり容易には進まない。
- (2) どうしても上記のような大型施設だけで対応できない場合が残るが、その場合にどうするか（小型炉の対応が示されていない。）

我々は、次の2点から研究が行うことが必要と考えて、研究を進めている。

- (a) どのような焼却炉であれ、所定の値まで廃ガス中のダイオキシン類濃度を下げる方策として、現在、切り札となっている方法は、活性炭で吸着することである。現時点での問題は、活性炭の値段が高いことである。したがって、活性炭相当のものを安価に得られるようにすること。
- (b) 併せて、焼却ごみの中に入るプラスチック類を極力少なくできるような方策を検討すること。

5. 安価に活性炭相当品を製造し、廃ガス処理に用いるシステムに関する研究

5-1. 研究の着眼

現在、日本で用いられている活性炭は、椰子殻などを原料として、炭化と賦活の2工程を経て、比較的小規模で製造されているものである。製品品質は高い（比表面積が700～1000 m²/gと大きい）が、約2000円/kgと高価である。

活性炭相当品を安く製造する方法として次の点に着眼した。

- (1) 原料としては、難処理廃棄物として問題になっている廃木材（防腐処理されたものを含む）を用いる。

これから建築廃木材として発生してくるものには防腐処理をしたものが含まれる。そのうちの1つはCCA処理と言って、クロム、砒素、銅の化合物を含ませたもので、従来のように埋め立て処理しようとするので腐らないので問題であり、一方、焼却すると砒素が蒸発するので、野焼きは絶対許されない。また、灰を廃棄するとクロムの溶出が起こるおそれがある。したがって、社会的に見れば、費用がかかっても完全な処理を行う必要がある。完全な処理としては、除塵機が完備した所で加熱を行って砒素が環境に放出されることを防ぎ、また、最終的に燃えた後の灰の後処理（例えば熔融）を行って、クロムの溶出を防止することが必要である。したがって、いずれにしても、大掛かりな装置で行うこと

が必要になるので、この際、できるだけ付加価値が高くニーズがあるものを得るという観点から活性炭相当品の製造を考え、従来の活性炭処理よりもシステム化された大量処理を行うことによってコストダウンを狙う。

(2) 従来、2段処理で製造されてきた活性炭を、炭化条件を制御することによって、1段処理で製造できるようにする。

そして、吸着能力（比表面積であらわされる）が従来の活性炭の1/2あるいはそれ以上のものを製造することを目標に基礎実験によって可能性を検討した。

5-2. 実験方法

熱天秤装置を用いて、スギの芯材（木材の中でもマイクロ構造の点から活性炭を作るにはもっとも不利なものと考えられている）を試料として、温度・時間、雰囲気組成などを変えた炭化実験を行い、得られた炭化物の比表面積を調べた（N₂吸着ベツト1点法）。試験条件と主な結果を表2にまとめて示す。

5-3. 実験結果

炭化の過程は、昇温中の試料の重量変化によって推定できる。図3に示すように、約873 K (600°C)まで温度の上昇とともに重量が減少しているが、そのうち473 K (200°C)までは主として水分の蒸発、それ以上では揮発分の蒸発によるものである。得られた炭の重量

表2 実験条件と比表面積の測定結果

No.	温度 (K)	ガス組成	保持時間	比表面積 (m ² /g)	気孔容積 (cm ³ /g)	平均気孔直径 (μm)
N-400-01	673	N ₂	1 hr	30.34	4.57	1.09
N-600-01	873	N ₂	1 hr	57.84	5.39	1.07
N-800-01	1073	N ₂	1 hr	37.19	5.18	0.83
N-1000-01	1273	N ₂	1 hr	30.42	4.59	0.62
N-800-02	1073	N ₂	10 min	14.63	4.03	0.55
N-800-03	1073	N ₂	5 hr	83.53	5.40	1.52
N-800-04	1073	N ₂	10 hr	154.03	5.09	1.44
O-800-01	1073	N ₂ +O ₂ : 0.1%	10 min	21.36	4.82	0.07
O-800-02	1073	N ₂ +O ₂ : 0.5%	10 min	25.15	5.17	0.63
O-800-03	1073	N ₂ +O ₂ : 1%	10 min	36.30	4.90	0.26
O-800-04	1073	N ₂ +O ₂ : 10%	10 min	320.56	4.88	0.69
O-800-05	1073	N ₂ +O ₂ : 0.1%	1 hr	136.41	5.63	0.77
O-800-06	1073	N ₂ +O ₂ : 1%	1 hr	218.48	6.43	1.09

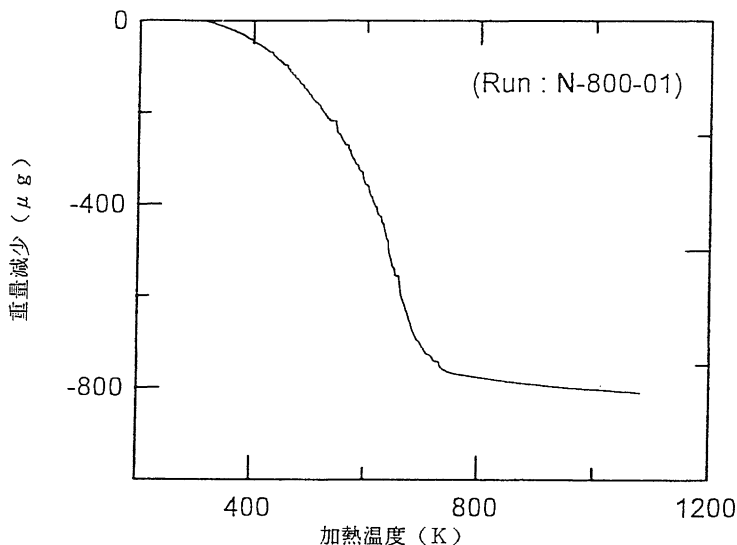


図3 炭化の過程での試料の重量変化の例

は、もとの試料の25~17%である。加熱雰囲気はArのような酸化ポテンシャルが低い時は、得られる炭化物の比面積は、加熱保持温度が800°K (523°C前後) で最も高く60 m²/gであり、それよりも温度が低くても、また高くても30 m²/g前後で、同じ方法で測られた活性炭試薬の値；785 m²/gに比べて、1/10~1/20と低い(図4)。

それに対して、雰囲気酸素濃度と時間の適当な組み合わせを用いると図5に示すように約300 m²/gの値が得られている、酸化度と時間にはいくつかの組み合わせが可能である(実用の条件によって選定)。適正条件の組み合わせを用いると、建築廃木材でも当初目標にした活性炭の1/2程度のものが得られる見通しが得られた。

5-4. 成果の実用化のイメージ

本研究の方法が実用化される1つのケースは、廃木材処理を製鉄所で行い、得られた活性炭の利用、および最終処理を主として同じ製鉄所で行う方法である。その時のシステムを図6に示す。その方式では、以下の点が着眼されている。

- (1) 炭化の時の発生ガスの集塵(揮発する砒素分の捕集)と、集められたダストの処理が既存工程を利用できる。
- (2) 製造された活性炭相当品を製鉄所内で利用すると鉄スクラップ溶解の廃ガス処理が行いやすくなり、さらに、他では困難な廃棄物の処理を製鉄所で行える。
- (3) 廃ガス処理に利用した後の活性炭相当品は、製鉄所内の溶解炉で燃やして灰分は熔融スラグ中に安定化できる。

この方法は、製鉄所が鉄を作るだけでなく、その持てる設備的ポテンシャルを生かして、都市の問題を解決することに貢献するという都市型製鉄所になるための鍵になると思

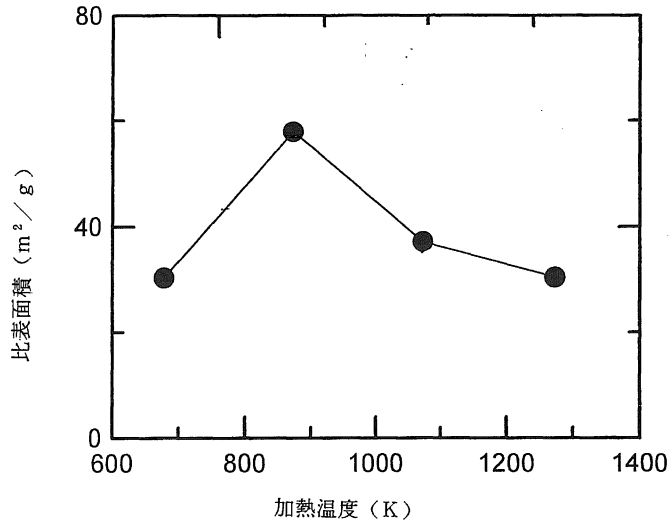


図4 Ar 雰囲気中で炭化されたもの比表面積におよぼす温度の加熱影響

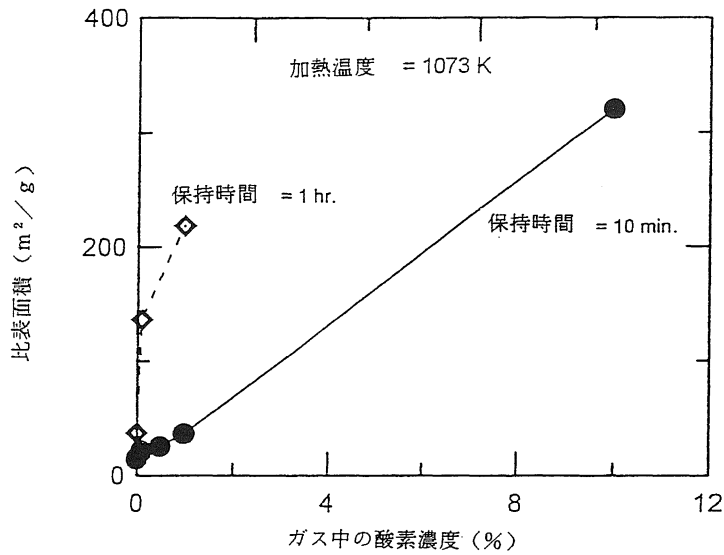


図5 加熱条件が得られた木炭の比表面積に及ぼす影響

われる。

類似のことは、焼却灰熔融設備が伴っているごみ焼却施設でも行うことが考えられる。

さらに、原料としてCCA 処理した廃木材に拘らなければ、安価な活性炭相当品を外部のごみ焼却施設に供給することもできる。

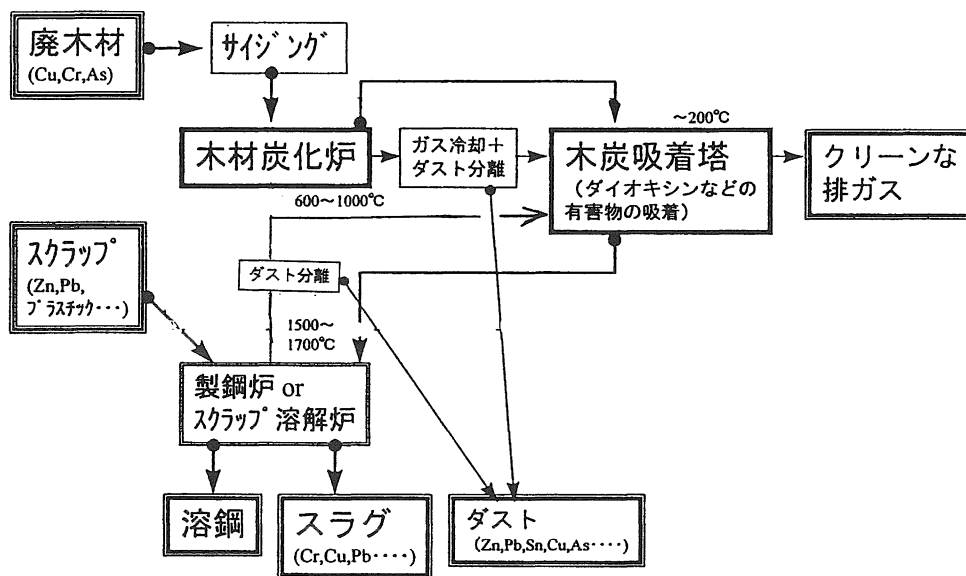


図6 廃木材の炭化と炭化物の利用を製鉄所で行うシステムイメージ

6. 焼却ごみの中のプラスチックを少なくする方法

焼却ごみの中に入る廃プラスチック（とくに塩化ビニル）の量を少なくすることは、それだけでは廃ガス中のダイオキシン類の濃度を 0.1 TEQ-ng/m^3 以下にするための十分条件にはなり得ないが、以下のような効果があるので、長期的かつ多角的に取り組んで行くべき課題と思われる。

- (1) 炉内でのダイオキシン類の発生量が減少する。
- (2) 廃ガス中の HCl が減少する。

その方向に向かっての最近の動きとしては以下のようなものがある。

- (a) 部品のハロゲンフリー化^{7,8)}

電器製品などで、従来、塩化ビニル製であった部品を、塩素を含まない他のプラスチックに変更することが行われ始めている。

塩化ビニルのほかに臭素系難燃プラスチック（デカプロ系；臭素化ビフェニルエーテル系化合物、臭素化ビフェニル）がドイツ、スイスなどでダイオキシン発生源として問題になっている。非デカプロ化（臭素化エポキシオリゴマーなど）を経て、非ハロゲン化の動きが出始めている。これは、アルミニウムやマグネシウムの水酸化物をプラスチックに加えるものであるが、効果が弱いためプラスチックに大量に加える必要があるので、密度が大きくなったり、成型性や機械的物性を損ねるなどの問題も残されている。

今後、製品イメージアップの点から、できるものから順次、非ハロゲン化が進んでゆくものと考えられる。

(b) 廃棄の時に解体分離が容易なように設計の時から考える⁹⁾。

部品の品質の面から、どうしても廃棄の時に問題になるもの（塩化ビニルなど）を部品として使わざるを得ない場合は、容易に解体して問題になる部分を取り除いて屑化するという考え方である。組み立て、分解の手法を整理して、設計時にマニュアルして使用できるようにすることも進められている。実際の製品設計への応用は端緒についたばかりである。

以上の2つを合わせたものが、リサイクル容易化設計、エコマテリアル設計などと呼ばれる。だんだんに普及してゆくものと考えられるが、実際にごみに入ってくるハロゲン化プラスチックの量の低下が顕著になるまでには、長時間を要すると予想される。

(c) 廃プラスチックの高炉還元剤として利用する¹⁰⁾。

製鉄用高炉においては、コークス、微粉炭に高温空気を作用させて、発生するCO、H₂によって鉄鉱石の還元を行って銑鉄の製造を行っている。この還元剤の1部として廃プラスチック利用しようとするものである。実際には、廃プラスチックを粉碎して、高炉の下部からガスに乗せて吹き込む。少量であればとくに問題はなく実施できることが確認されているが、塩素の量が増えると、HClガスにより配管などの腐食が促進されるおそれがある。その対応策としては、廃プラスチックを350°C程度に加熱して、プラスチックを流動性が高い状態に溶かし、発生したHClを回収する方法がパイロット規模まで研究されている。

製鉄用高炉は規模が大きいのので、廃プラスチックが製鉄所に集められれば、大量に使用できる。問題は集められるかどうかにかかっている。

(d) 一般ごみに混入した廃プラスチックを分離して処理する方法

三晃技研で研究中的の方法¹¹⁾で、第1段階では一般ごみを破碎し、ついで金属、プラスチック、およびガラス・土砂の3つに分離し、このうちの廃プラスチックと、ガラス・土砂を、プラスチックが熔融する温度に加熱して混ぜ合せ、ブロックのような形状のものに固めて利用するという方法である。土砂・ガラスが骨材で、プラスチックが粘結剤の役割をしており、両者の混合比率は大幅に変えられると言われている。プラスチック熔融の時に分解が起こらないような（ダイオキシン類が発生しないような）加熱の方法に特徴がある。ブロックの用途開発ができれば、比較的小型で、種々のごみを処理する方法として合理的であると考えられる。

(e) 農業用廃プラスチックを熔融して土木資材にする方法

(尙)石原工業 石原重雄氏（伯太町）が提唱している方法¹²⁾である。農業用廃プラスチックは、土で汚れた状態で農村地帯で発生するので、従来のマテリアル・リサイクル（すなわち、プラスチックとして再利用）にはそぐわない。それを焼却によるのではなく、農村地帯で需要があるものに再生使用しようとする所に特徴がある。用途としては農村用水関連の土木工事に用いられるくり石が考えられている。

ダイオキシンを発生しないような温度域で加熱・熔融する方法、条件、および、用途開発が実用化の鍵になる。

このような方法で焼却されるごみの中のプラスチック類の量が減少すれば、大形焼却炉ではHClの発生量が減ることによって、設備、操業の負担が減少する。また、非連続操業の焼却炉や小型焼却炉などダイオキシン類の除去に十分な対応が取れない場合についても、廃

ガス中のダイオキシン類濃度許容限に抑える可能性が出てくる。したがって上記(a)~(e)の諸方法はいずれも意義のあるアプローチであると思われる。

我々は、上記の(b)をエコマテリアル工学の研究対象の1つにするとともに、(d)および(e)の研究・実用化に協力してゆきたい。

7. ま と め

ダイオキシン類の問題は、ごみ焼却炉に関連して、また環境ホルモンなどのように微量で人体に悪影響を与える可能性のあるものとして、大きな社会問題になっている。人体への悪影響についての研究はこれから進められてゆき、定量的な値が明らかにされてくると思われるが、環境に放出される量について必要な低減が実施できるように、現時点の規制値よりもきびしくなる場合も想定して技術対応策の検討が進めてゆく必要がある。本報では廃ガス中のダイオキシン類低減に中心をおいて検討した。

環境庁から出されているごみ焼却炉廃ガスのガイドラインは、欧米並の0.1 ng-TEQ/Nm³以下にすることを目標にして、ごみ焼却炉の安定操業を軸とする対応策を示している。しかし、これは広域化、ごみ焼却炉の新設を前提としており、この2点から対応が取りにくい地域が多いことが問題である。

これに対して、我々は、

- (1) 廃ガスからのダイオキシン類除去の切り札とされている活性炭（相当品）を安く製造して、廃ガス中のダイオキシン類除去に必要な量の活性炭を（経済的視点からも）使用できるようにするという観点（すなわち、出口を抑える切り札を持つ）
 - (2) ごみ焼却炉に持ち込まれる廃プラスチックの量を少なくするという観点（すなわち、入り口について多角的に抑えてゆく）
- という2点から、研究および調査を行っており、今後、さらに進めてゆきたい。

文 献

- 1) 廃棄物学会誌 vol 8, No 4 (1997) p. 265~335所載の6論文など
- 2) 宮田秀明；『よくわかるダイオキシン汚染』p. 27；合同出版
- 3) 鈴木 喬；『無機イオン交換体の最近の研究動向』日本海水学会誌, vol 43 (1989), p. 93
- 4) 環境庁ダイオキシンリスク評価研究会監修；『ダイオキシンのリスク評価』中央法規（平成9年）
- 5) 森田昌敏監訳『ダイキシン入門』日本環境衛生センター（平成9年）
- 6) 志垣政信；『廃棄物の焼却技術』オーム社（平成10年）
- 7) 塩ビの使用取りやめ；日本経済新聞 1998 8. 20など
- 8) NIKKEI MECHANICAL p. 57, No 515 (1997 9. 15) など
- 9) 中村茂弘；リサイクル容易化製品開発・設計技法（1994）（日本ビジネスレポート）
- 10) Y. Yamada et. al., Proceedings of the 3rd International Conf. on Ecomaterials (1997. 9) p. 294, Tsukuba.
- 11) 戸田俊男；特許1697577号 樹脂系廃棄物の処理方法（昭和63年）
- 12) 石原重雄；特許出願中；廃プラ処理によるくり石および製造方法