

ダイオキシン発生抑制技術

Dioxin Suppression Technology

中 川 原 実*¹ 菊 地 辰 美*¹
NAKAGAWARA Minoru KIKUCHI Tatsumi

ダイオキシンの定義、発生機構と発生抑制技術、発生防止のために必要な燃焼条件管理手法、焼却施設の運転と冷却設備、中でも重要な燃焼室における燃焼温度、集塵器入口における排ガス温度、排ガス中のCO濃度とダイオキシン類濃度との関係、新しい焼却技術として次世代型ガス化熔融炉、これらの発生抑制技術に貢献する当社のダイオキシン類発生防止対策用CO-O₂濃度計、汎用赤外分析計、ダストモニタ、燃焼制御用に利用されるジルコニア式酸素濃度計、煙道ガス濃度計についてその役割と特長を述べる。

This paper describes the definition of Dioxin. The formation mechanism of Dioxin and its suppression technology, combustion control method and analyzers are discussed. Especially, how Dioxin concentration relates with combustion temperature, cooling temperature and carbon monoxide concentration of the exhaust gas are discussed. In order to prevent from forming Dioxin, many Yokogawa's gas analyzers have been used. CO-O₂ analyzer, Infrared analyzers, Dust Monitor, Zirconia and Paramagnetic Oxygen analyzers, stack-gas analyzers are mentioned for examples.

1. はじめに

ダイオキシンは人類が作り出した史上最強の猛毒である。1960年代にベトナム戦争で米軍が使用した枯葉剤の後遺症で問題となった。⁽¹⁾我が国でも1983年にゴミ焼却場の飛灰中から検出されて社会的な大問題となった。最近でも焼却炉周辺における土壌汚染問題、野菜汚染問題等がマスコミでも大きく報じられたことは記憶に新しい。一方ダイオキシン類の大幅な削減を目的とした「ダイオキシン類対策特別措置法」²が2000年1月15日から施行された。規制の網が小型焼却炉、アルミニウム合金製造業、下水処理設備等にも広がっている。本稿ではダイオキシンの定義、発生機構と抑制技術に関して燃焼管理手法、発生抑制技術、機器について報告する。

2. ダイオキシンの定義

ダイオキシンとはポリ塩化ジベンゾパラジオキシン(PCDDs: Polychloro Dibenzo-p-dioxin)で75種類の異性体がある。図1左にその構造を示す。

ダイオキシンに類似したものでポリ塩化ジベンゾフラン(PCDFs: Polychloro dibenzo-furan)があり、135種類の異性体がある(図1真中)。またコプラナーポリ塩化ビフェニール(Co-PCB)も似たような毒性を示すといわれており、ダイオキシン類対策特別措置法ではこれら3種類

の化合物を総称してダイオキシン類という。中でも、2, 3, 7, 8の位置に塩素がついている2, 3, 7, 8テトラクロロジベンゾパラジオキシン(図1右)が最も毒性が強いため、この毒性を1として他のダイオキシン類の毒性の強さを換算して評価し、毒性等量TEQ(Toxicity Equivalent Quantity)という単位で表す。⁽³⁾ダイオキシン類は無色無臭の固体で水に溶けにくく、油には溶けるので、人間の脂肪内に蓄積され易い性質がある。

3. ダイオキシン類の発生機構

ダイオキシン類は、酸素、塩素が存在すれば、さまざまな有機物から、燃焼過程および燃焼後の過程で生成される。この様子を図2に示す。燃焼過程においては、特に300 程度の比較的低温で燃焼するとゴミの中に含まれる大量の炭化水素(C_xH_y)が塩化水素(HCl)や塩素と反応して、ダイオキシン類や似た構造をもつ前駆物質が発生する。燃焼後においても、この前駆物質が飛灰表面で塩化銅等の金属塩を触媒にしてダイオキシン類が生成され

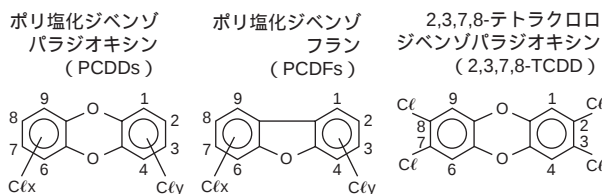


図1 ダイオキシン類

*1 IA環境機器事業部 営業部

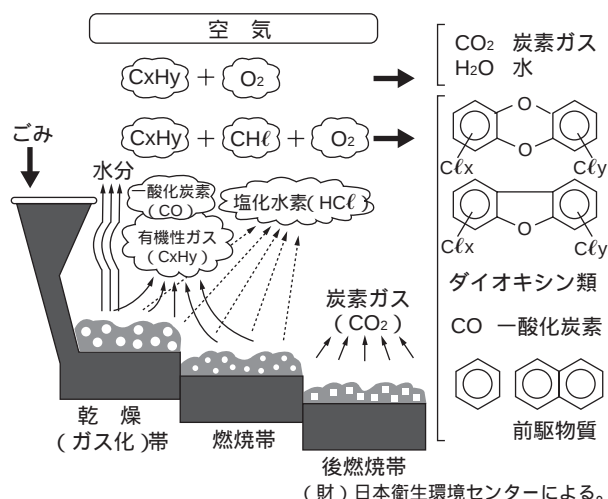


図2 燃焼過程におけるダイオキシンの発生

る。この様子を図3に示す。

以上の発生機構より、ダイオキシン類発生を抑制する方法としては、良好な制御条件下での燃焼、すなわち充分な高温、適切な滞留時間、酸素との混合とガス処理設備を備える必要があることが分かる。

4. ダイオキシン類発生抑制技術

我が国におけるダイオキシン類排出量は環境庁データによると平成10年に約2900g-TEQ/年で、その90%は一般廃棄物焼却施設と産業廃棄物焼却施設から排出されている。ダイオキシン類の発生を抑制する焼却施設のイメージを図4に示す。⁽⁴⁾施設は、燃焼室、冷却設備と排ガス処理設備により構成されている。

燃焼室においてダイオキシン類の発生を抑制するには完全燃焼をさせることである。そのために燃焼温度を800 以上（望ましくは850 以上）にする。燃焼温度とダイオキシン類濃度との関係を図5に示す。800～850 以上でダイオキシン類濃度が著しく減少し、それ以下では大幅に増加している。

800～850 以上での滞留時間を2秒以上とすることにより完全燃焼をさせる。更に外気と遮断すること、焼却灰の熱しゃく減量が10%以下になるように焼却をすることが必要である。運転の開始時には

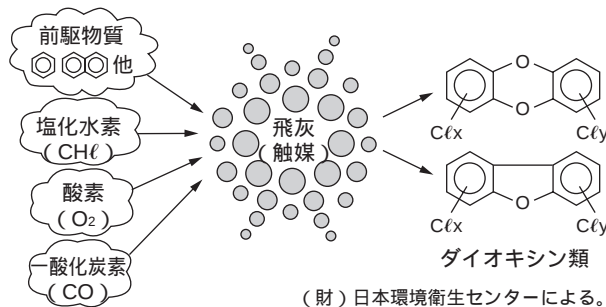


図3 燃焼後のダイオキシン類の発生

助燃装置を作動させることにより炉の温度を速やかに上昇させ、停止時は炉温を高温に保ち、廃棄物を燃焼しつくす必要がある。これらを実現するために、ゴミの投入時には廃棄物を均一に混合すること。また廃棄物を定量ずつ連続して供給する装置、温度計や記録計を含めた燃焼制御装置と供給空気量を調節する装置による燃焼空気配分の適正化が必要である。炉内の構造も渦流を起こさせて、燃焼ガスと二次空気との接触と混合を促進する必要がある。

冷却設備においては、集塵器に流入する燃焼ガスの温度を概ね200 以下に冷却する必要がある。集塵器入口における排ガス温度とダイオキシン類濃度との関係を図6に示す。集塵器に流入する燃焼ガスの温度を連続的に測定・記録することも義務付けられている。燃焼ガスの冷却のためには温度だけでなく、水噴射の方法、位置の適正化を図る等により急速に冷却して、ダイオキシン類の発生を抑制する必要がある。

厚生省令（1997）による構造・維持管理基準改正後の焼却施設

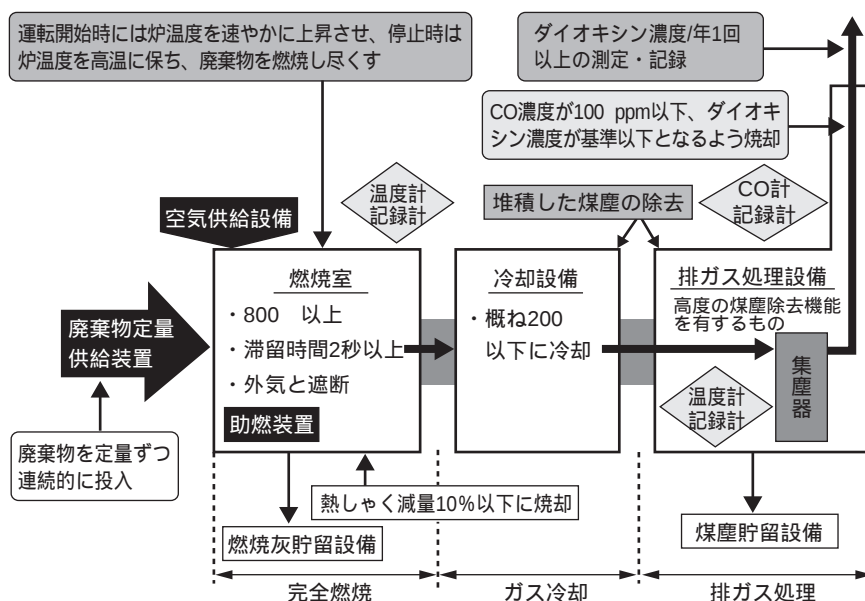


図4 焼却施設のイメージ図

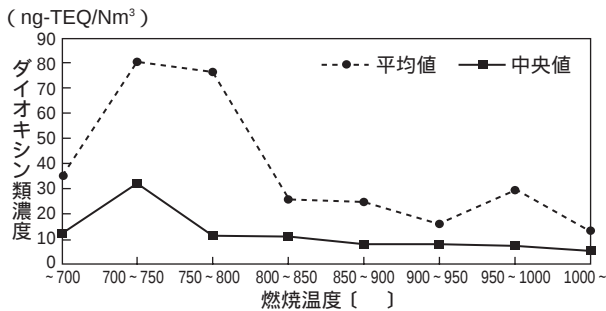


図5 燃焼温度とダイオキシン類濃度の関係

排ガス処理設備においては、生活環境保全上の支障が生じないようにするため、バグフィルタのように高度の煤塵除去機能を有するものが使用されている。⁽⁵⁾ バグフィルタとは、円筒あるいは袋状のフィルタの役割をするろ布に排ガスを通し、ろ過することによって排ガス中の煤塵除去を行う装置のことである。煤塵の大量飛散を防ぐ対策として、バグフィルタの破れを初期の微小な段階で検知する必要がある。そのセンサとしてダストモニタが使用されている。更に塩化水素の除去のためには消石灰の吹き込み等も有効である。活性炭、活性コークス等の吸着層の設置あるいは吹き込みも行われる。⁽⁶⁾

排ガス中のCO濃度の連続測定と記録も義務付けられている。現時点では、ダイオキシン類を直接現場で連続的に測定することが実用的でないため、CO濃度を指標として使用することにより、ダイオキシン類の発生を抑制するもので、排ガス中のCO濃度が100 ppm以下になるように焼却しなければならない。煙突出口における排ガス中のCO濃度とダイオキシン類濃度の関係を図7に示す。CO濃度が100 ppm以内ではダイオキシン類の濃度が大幅に減少していることが分かる。

5. 次世代型ガス化溶融炉

従来のゴミ焼却炉を改良して新たな規準を達成するためには莫大な改修費用が必要となる。このため1997年の排出規制強化から1年で、約2000の焼却施設が廃・休止

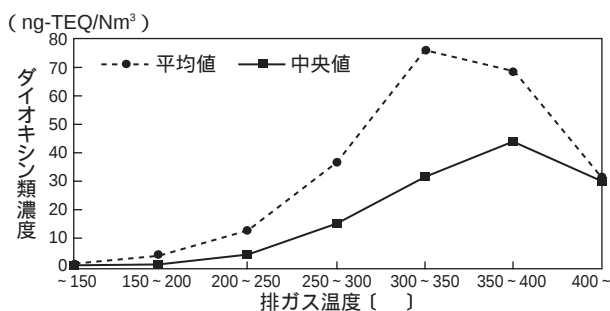


図6 集塵器入口における排ガス温度とダイオキシン類濃度の関係

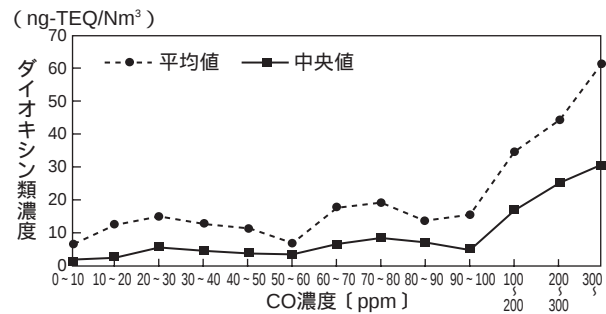


図7 煙突出口における排ガス中のCO濃度とダイオキシン類濃度の関係

した。⁽⁷⁾このような経緯もあり、ゴミ焼却技術も世代交代が進んでいる。新しい焼却技術はガス化溶融炉と呼ばれる。例を図8に示す。

ガス化溶融炉は従来の炉とは異なり、ゴミをそのまま焼却しない。まずガス化炉において400～600 程度の温度で、無酸素または低酸素濃度状態で「蒸し焼き」にする。⁽⁸⁾この時に発生する可燃ガスと炭素分は溶融炉に送られる。溶融炉では可燃ガスを用いて炭素部分を1200 以上の高温で燃焼させる方式である。高温燃焼のためダイオキシン類の発生を大幅に抑制することができる。熱量のロスも従来の炉より少なく、燃焼後の熱をボイラで回収し、効率良く発電等に利用することも可能である。また燃焼後の灰の量が従来の炉より10分の1程度と少ない上に、タイルや道路のブロック等へ有効利用することができる。また金属物は酸化されずにそのまま排出されるため再利用が可能となる。このようにダイオキシン類の発生抑制だけでなく資源の再利用という利点もあるため「次世代炉」として注目を集めているが、稼働実績は少なく、大半はまだ実証プラントの段階である。このプラントでは「蒸し焼き」後のガス成分が非常に重要であるが、高ダスト、タールが多い等の問題で、ガス成分を連続で測定することが非常に難しい。当社では長年の経験とノウハウを活かし、各ガス化溶融炉ごとに最適なサンプリング装置を提供している。

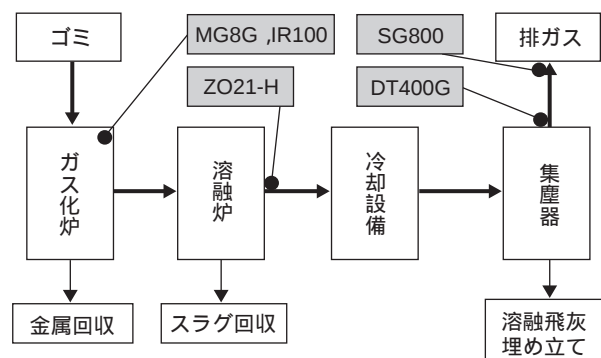


図8 次世代型ガス化溶融炉

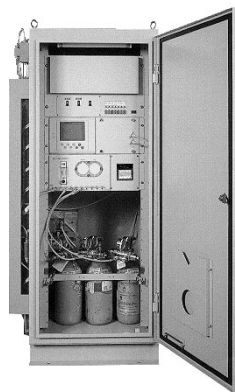


図9 ダイオキシン類発生防止対策用CO-O₂濃度計SG400

6. ダイオキシン類発生抑制技術に貢献する 当社のガス分析計

当社のガス分析計はダイオキシン類発生抑制技術に貢献している。ダイオキシン類発生防止対策用CO-O₂濃度計SG400は廃棄物焼却炉専用機として、当社の温度計からの信号とともに燃焼排ガス中のCO、O₂濃度の連続測定・記録に使用されている。自動校正、O₂換算演算機能を標準装備し、省メンテナンスと、図9に示すように前面から保守が行える省スペース型となっている。

排ガス処理設備の煤塵を除去するバグフィルタの破損検知、あるいは電気集塵装置の集塵効率向上のためにダストモニタDT400Gが使用されている。ダスト検出部に摩擦静電気方式を採用しており、ダスト付着による出力変動が少なくメンテナンス頻度を大幅に減らすことができる。図10に示すようにセンサと変換器が一体構造であるため、設置工事が容易である。

次世代型ガス化溶融炉では、ガス化炉における可燃ガス中の酸素濃度測定に磁気式酸素濃度計MG8Gが使用されている。またCO、CO₂濃度測定に汎用赤外分析計IR100が使用されている。IR100を図11に示す。

ダストとタール分が多いガス化炉での測定であるため、当社の豊富なサンプリングノウハウが活かされている。燃焼制御用にも当社のジルコニア式高温用酸素濃度計ZA8Cが検出器ZO21D-Hと高温用プローブアダプタ

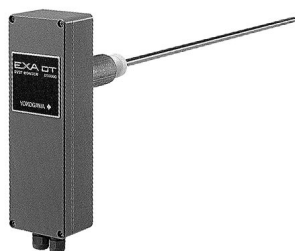


図10 ダストモニタDT400G



図11 汎用赤外分析計 IR100

ZO21P-Hとともに使用されている。ダスト量が多いため、間欠的にブローバックを行い、ダストを除去して測定している。煙道ガス濃度計SG800は燃焼排ガス中のNO_x、SO₂、CO、CO₂、O₂の5成分の同時測定が可能である。高感度で広い測定レンジと干渉補償形検出器採用で干渉ガスの影響がほとんどなく、自動校正機能を標準装備した高信頼形になっている。

7. おわりに

ダイオキシン類発生抑制技術は我々の健康と生態系への影響を避けるために重要かつ不可欠である。更にダイオキシン類の対策には根底にあるゴミ問題の解決が欠かせない。ゴミの発生量を減らしたり、分別、リサイクルを進めていくことにより、発生源からの発生抑制が必要である。

当社においても今後更なる研究開発を行い、ダイオキシン類発生抑制対策だけでなく、すべての計測制御情報技術を駆使して地球環境改善に貢献していきたい。

参考文献

- (1) 平岡正勝編著, “廃棄物処理とダイオキシン対策”, 環境公害新聞社, 1993, 469p, ISBN4-905622-12-3
- (2) ダイオキシン類対策特別措置法(平成11年法律第105号), 環境庁ホームページ<http://www.eic.or.jp/eanet/dioxin/>
- (3) 廃棄物学会誌市民編集, 1998, vol. 9, no. 2, p. 69-81, ISBN-4-7952-1803-X
- (4) 厚生省生活衛生局水道環境部, “ダイオキシンの排出削減に向けて”, 1997, ISBN4-324-05322-7
- (5) 北見誠一, “都市ごみ焼却におけるダイオキシンへの対応”, 1991, 5月22日, 環境公害新聞, p. 23
- (6) 志垣政信, “廃棄物の焼却技術”, オーム社, 1998, p. 89-94, ISBN4-274-02368-0
- (7) 読売新聞, “大幅削減めざす「特別措置法」”, 2000年1月14日朝刊
- (8) 松浦隆幸, “ダイオキシン抑制の切り札 次世代焼却炉がよいよ実用化へ”, 日経エコロジー, 1999, 7月号, p. 49-51

* 文中の製品名は各社の商標もしくは登録商標です。