

6 - 1 汚泥処理における温室効果ガス排出量削減調査

施設管理部施設管理課 宮本 彰彦
(現 計画調整部 技術開発課)
坂巻 兵衛
同 施設保全課 原島 光雄

1 . 調査目的

東京都下水道局(以下「当局」という。)では、汚泥の衛生的な処理と埋立処分地の延命化を目的とし、汚泥の全量焼却体制に向けた汚泥焼却炉の整備を行ってきた。しかし、このことが温室効果ガスの排出量をさらに増加させることとなり、温室効果ガスの削減は当局が解決すべき最優先の課題となっている。

下水汚泥を焼却する際に発生する一酸化二窒素(以下「 N_2O 」という。)は、その温室効果が二酸化炭素の 310 倍と高く、当局で排出する温室効果ガスの約 4 割を占めている。電力や燃料などに由来する温室効果ガスは大幅な排出量削減が期待できないため、京都議定書などで定められた温室効果ガスの削減目標を達成するためには、汚泥焼却炉における N_2O 削減対策が急務となっている。

既往の文献や当局によるこれまでの調査結果では、流動層式汚泥焼却炉における N_2O の削減方策として焼却温度の高温化(以下「高温焼却」という。)の有効性が指摘されている。

しかし、当局の既存焼却炉の多くは燃焼温度が 800 で設計されており、高温焼却運転を想定した設計がされていない。高温焼却の実施には、増大する熱負荷による焼却炉本体や排ガス処理装置への影響が懸念されるほか、昇温に必要となる都市ガスなどの補助燃料消費量の増加による運転コスト増が予想されることなど多くの課題も残っている。

本調査では、調査対象として製造社の異なる 4 焼却炉を選定し、フリーボード上部温度を 850 及び 810 とする運転を行い、 N_2O 排出量を比較することで高温焼却における N_2O 削減効果の検証を行った。また、燃焼温度が 800 で設計されている葛西処理場 4 号炉においては約 2 か月間にわたりフリーボード上部 850 を目安とする高温焼却運転を実施し、補助燃料の増加量や熱負荷が設備に与える影響を調査することで、高温焼却に対する課題を整理するとともに、他施設での高温焼却実施に向けた改善の必要性を検討した。さらには、焼却炉メーカーの実験炉において調査を行い、 N_2O 生成メカニズムの解析や高温焼却以外の N_2O 排出抑制方法等の検討を行った。

2 . 調査内容

2 . 1 高温焼却状況調査

葛西処理場 4 号炉において、フリーボード上部温度 850 を目標温度とする高温焼却運転を約 2 か月間実施した。高温焼却運転中は補助燃料の消費量の増加が予想されることや、制御方法における問題点など、高温焼却における課題を整理した。

また、増加する熱負荷が機器に与える影響を調査するため、空気予熱器内部の温度や歪みを計測し、FEM(有限要素法)解析を行うことにより、施設の耐久性や耐熱性を解析した。

2 . 2 N_2O 排出状況調査

製造社がそれぞれ異なる葛西処理場 4 号炉、5 号炉、北多摩一号処理場 2 号炉、南部ス

ラッジプラント 5 号炉の 4 施設において、高温域と低温域の炉内温度が異なる状態で排ガス中の N_2O 濃度を測定することで、高温焼却の N_2O 排出量削減効果を検証した。また、補助燃料の消費量増加に伴い増加するエネルギー由来の温室効果ガス量をあわせて、温室効果ガス排出量を総合的に評価した。

2.3 汚泥処理運転改善調査

南部スラッジプラント 5 号炉にカロリーメータを設置し、汚泥含水率の変動と運転データの相関関係について調査し、汚泥含水率（発熱量）を用いた焼却炉運転制御の適用可能性について検討した。

2.4 N_2O 生成・分解調査

焼却炉メーカーの実験炉において脱水汚泥の燃焼実験を行い、流動層式焼却炉の炉内における N_2O 発生メカニズムを解析するとともに、高温焼却をはじめとする各種の N_2O 抑制技術に対しての検討を行った。

3. 測定結果及び考察

3.1 高温焼却状況調査

3.1.1 高温焼却運転状況

葛西処理場 4 号炉において実施した約 2 か月間の高温焼却運転中におけるフリーボード上部温度の推移を図 1 に示す。当焼却炉は砂層温度を炉内温度の制御対象としているため、フリーボード上部温度は通常の自動制御運転では一定の温度ではなく成りゆきのまま変動している。そのため、本調査においては運転員が制御対象ではないフリーボード上部温度を監視しながら、目標温度となるように制御対象である砂層温度設定値を適宜変更した。フリーボード上部温度は砂層部とは異なり、入熱量（脱水汚泥投入量、補助燃料供給量等）の変動の影響を大きく受けるため、840～850 を中心として $\pm 20 \sim 30$ の範囲で変動している。

高温焼却運転後の設備状況は、焼却炉本体などに大きな損傷は無く、空気予熱器において伝熱チューブ数本にリークが見られた程度であった。これは通常運転における補修頻度程度である。

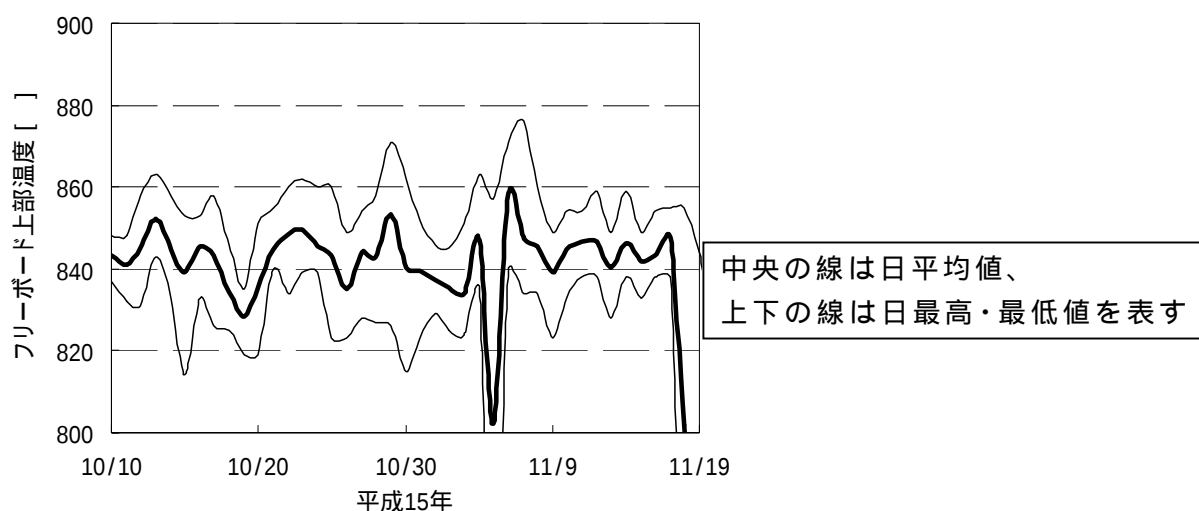


図 1 高温焼却運転状況

3.1.2 通常運転と高温焼却運転の比較

通常運転（平成 15 年 6 ～ 7 月）と高温焼却運転（平成 15 年 10 ～ 11 月）時の運転状況について、運転月報を基に補助燃料及び電力消費量の比較を行った。

これより、通常運転と高温焼却運転時の補助燃料、電力消費量の平均値を表 1 に示す。補助燃料、電力のいずれも高温焼却運転時は消費量が増加していることがわかる。原因として、補助燃料については燃焼温度を高温化させるために必要な熱量を補う補助燃料の増加分が、電力については排ガス温度の高温化と補助燃料増加により排ガス量が増加するため白煙防止ファンおよび誘引ブロワの電力消費量が増加することが考えられる。

表 1 補助燃料、電力量の消費量比較

項目	単位	通常運転	高温焼却	比率	
補助燃料使用量	m ³ /t-ケーキ	8.8	10.7	1.22 倍	
	m ³ /t-DS	38.3	46.5		含水率 77%と仮定
電力消費量	kWh/t-ケーキ	66.2	70.1	1.06 倍	
	kWh/t-DS	287.8	304.8		含水率 77%と仮定

3.1.3 脱水ケーキ含水率が補助燃料消費量に与える影響

補助燃料消費量に影響を与える因子としては、焼却炉の燃焼温度のほかに、脱水ケーキの含水率が大きく影響する。そこで、通常運転時と高温焼却運転時における補助燃料消費量を脱水ケーキ含水率の面から比較し、図 2 に示す。

この図からも、高温焼却運転時は通常運転時と比較し補助燃料消費量が増加していることは明らかで、同一の含水率（77%）で比較した場合、約 1.54（m³/t-ケーキ）増加している。しかし、脱水ケーキの含水率を 1%低下させることができれば、補助燃料消費量を増加させることなく高温焼却運転が可能であることを示唆している。

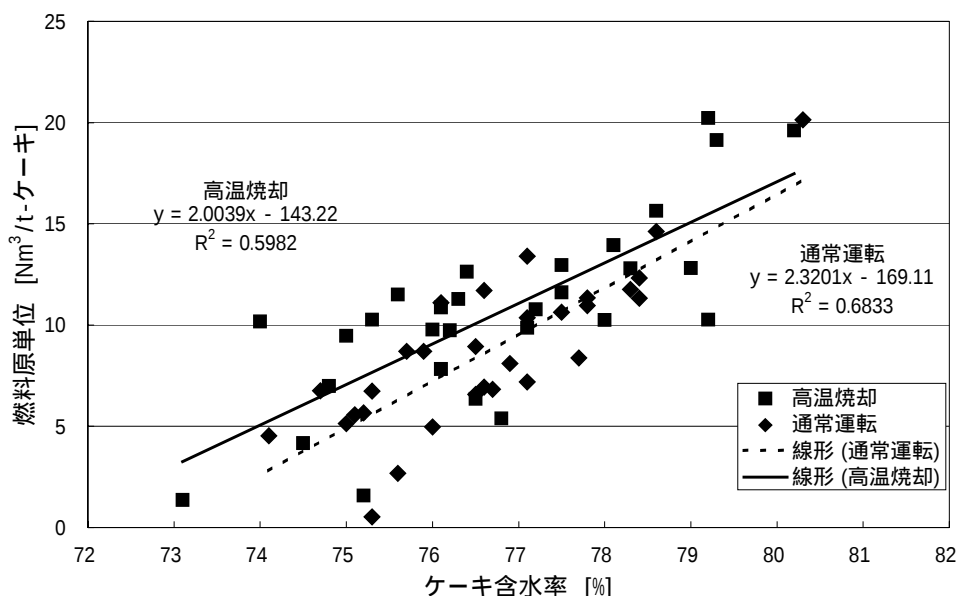


図 2 ケーキ含水率に対する燃料消費量の影響

3.1.4 運転管理項目

高温焼却運転は、焼却炉の補助燃料使用量増加による排ガス量増加や排ガス温度の上昇から、通常運転と比較して設備機器容量の余裕率などが減少することが考えられる。高温焼却運転では、焼却設備の安定運転を維持することが通常運転に比べて難しくなる。また、排ガス処理温度が上昇することによって、補機（熱交換器、乾式電気集塵機など）の耐熱性が懸念されるため、排ガス温度・空気温度の監視が重要となる。

高温焼却運転における運転管理項目は通常の運転管理項目に加えて、運転管理及び設備保護の面から表2に示す項目を追加する必要がある。

表2 高温焼却運転管理項目

	項目	内容
焼却炉	フリーボード上部温度	運転目標温度 850
	排ガス O ₂ 濃度(乾式EP出口)	高温焼却を維持するために、極力低減させる。
空気予熱器	出口空気温度	720 以下に抑える
白煙防止器	出口排ガス温度	320 以下に制御
白煙防止ファン	空気量	高温時の制御性の確認
誘引ファン	ダンパ開度、回転数	高温時の炉内圧制御性の確認

3.1.5 高温焼却運転機器寿命予測

高温焼却運転により増加する熱負荷が空気予熱器に対して与える影響について検討するため、空気予熱器外面の温度・歪み計測及び内面（管板、チューブなど）の温度計測を実施し、この測定結果を基に、空気予熱器の FEM 強度解析を実施し、空気予熱器の強度に関する寿命予測を行った。

3.1.5.1 空気予熱器温度・歪み計測結果

各部測定結果の概要を下記に示す。

- (1) No. 1 空気予熱器の下部管板構造の温度分布は円周方向にほぼ一様であるが、上部管板構造は排ガス・空気の流入方向によって大きな温度差が生じており、円周方向に一様な分布でないことが確認された。なお外筒の温度分布は排ガス流入方向が高い卵形の分布となる。
- (2) 高温焼却運転時（850～855℃）における各管板中央部の温度は、No. 1 上部管板中央部で 715～725℃、下部管板中央部で 740～745℃ 程度となっていることが周辺部温度の計測値から推測される。
- (3) 空気予熱器外筒上端がコニカルプレートに結合する部分には、0°方向（排ガス流入側）で約 140kg/mm² という高い熱応力が計測された。ただし、円周方向の異なる位置での計測値はいずれも 0°方向の半分以下である。

3.1.5.2 空気予熱器 FEM 強度解析結果

上記の温度、歪みの計測結果を基に No. 1 空気予熱器管板構造の FEM 強度解析を実施した。No. 1 空気予熱器の上部管板構造の温度は円周方向に一様な分布でないため、3次元シェルモデルを作成し、それに非軸対称温度分布荷重を与えた熱変形・応力解析を行った。

空気予熱器の上部管板構造において、強度上で特に重要な部位は図3で、の箇所である。下部管板構造については、斜板と管板との溶接部と斜板の R 部となる。

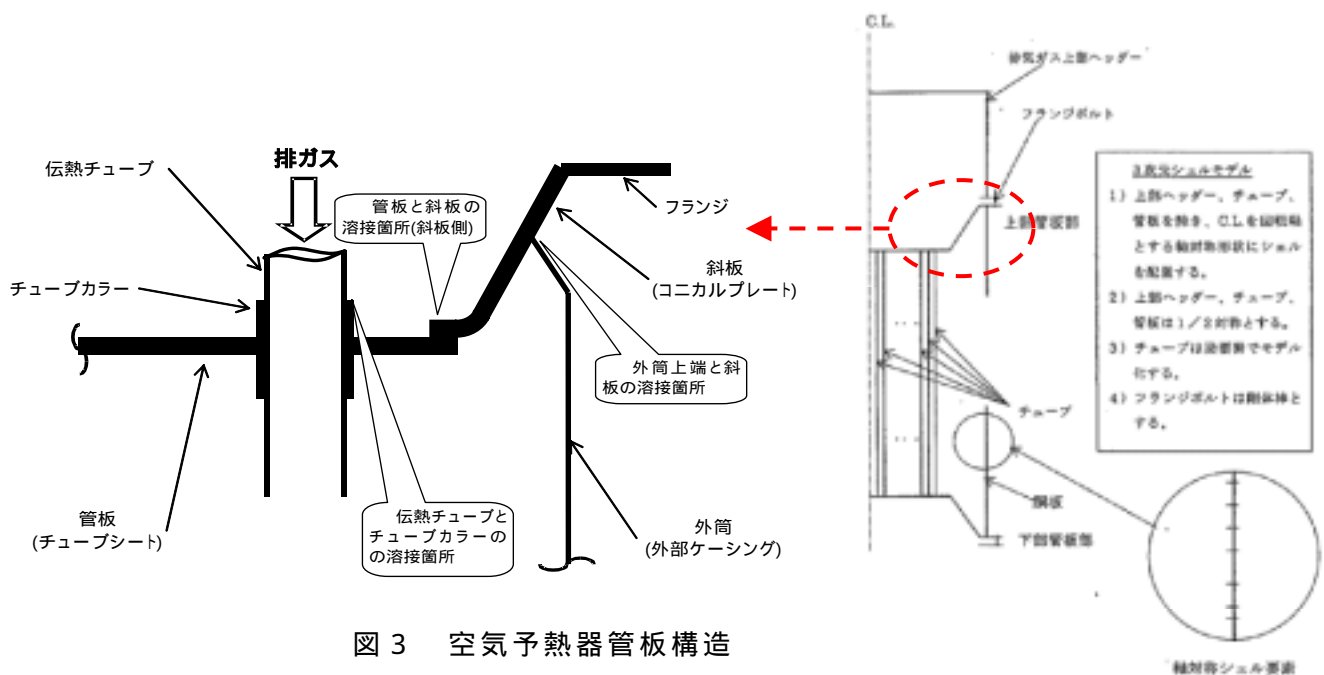


図3 空気予熱器管板構造

3. 1. 5. 3 強度解析に基づく空気予熱器の寿命予測

計測結果、FEM 強度解析結果より、高温焼却による空気予熱器への影響について検討した。空気予熱器の管板構造において、強度的に重要な部分は図3に示した箇所であるが、該当箇所を中心として、強度評価(寿命予測)を行った結果を以下にまとめる。

(1) 強度評価

解析結果を基に低サイクル疲労寿命評価を行った結果を表3に示す。これより、管板構造は高温焼却によって、短期間で損傷することはないと考えられる。しかし、通常運転に比べて、管板構造の内部の寿命は低下することは間違いのないため、注意を要する。

最も厳しい評価は、位置B(斜板と管板の溶接部の斜板側)で、評価用の温度を実測値よりも高い650と仮定したときのもので、繰返し数が約700回で亀裂が発生するというものである。次は、位置E(外筒と斜板の溶接部)で、実測の熱応力値を用いた場合で、繰返し数が約1,000回となる。

葛西4号炉の場合、運転中はほぼ定格負荷での連続運転であり、現状の運転方法での耐用年数は約14年と想定される。しかし、運転開始から既に10年以上が経過している点を考慮すると、その分を差し引いて考えなければならない。なお、強度評価を行った箇所は空気予熱器管板構造の最も重要な箇所であるため、損傷が発生した場合には焼却炉の運転継続は困難であり、また、容易に補修することができないため長期間の運転停止となる可能性もある。そのため、計画的に高温焼却対応型の空気予熱器への更新を検討する必要がある。また、処理場ごと、焼却炉ごとの運転計画はそれぞれ異なるため、間欠運転を多用する焼却炉では寿命が極端に低下するため、高温焼却対応型の空気予熱器への更新がさらに必要と考えられる。

表 3 高温焼却時の上部管板構造の低サイクル疲労寿命

位置		周方向位置 θ [°]	材質	板面	熱応力 [kg/mm ²]	評価用 温度 [°C]	E [kg/mm ²]	歪範囲 ϵ_i [$\times 10^{-3}$]	繰返し数 Nd [回]
B	斜板と管板の溶接部の斜板側	270	SUS304	表面	53.9[64.7]	560 650	15.8×10^3 14.9×10^3	3.41 ~ [4.09] 3.62 ~ [4.32]	3000 ~ [2000] 1050 ~ [700]
				裏面	36.86	560 650	15.8×10^3 14.9×10^3	省略	省略
C	斜板の R 部	270	SUS304	表面	48.9	508 590	16.3×10^3 15.5×10^3	省略	省略
				裏面	49.95	508 590	16.3×10^3 15.5×10^3	3.06 3.22	4200 30100
E	外筒と斜板の溶接部	0	SUS304	表面	100.2[120.0]	277	18.2×10^3	5.51 ~ [6.59]	3000 ~ [1500]
				表面	140(実測)			7.69×10^3	1000
				裏面	-101.4 [-120.0]	277	18.2×10^3	5.57 ~ [6.59]	3000 ~ [1500]

3.2 N₂O 排出状況調査

本調査では、葛西処理場 4 号炉、5 号炉、北多摩一号処理場 2 号炉、南部スラッジプラント 5 号炉の 4 施設に対して炉内温度低温域（フリーボード上部温度の目標 810 °C）及び高温域（同目標 850 °C）の運転を実施し、各種排ガス測定および設備運転プロセスデータの取得を行うことにより、炉内温度の違いによる N₂O 排出量の調査を実施した。

3.2.1 運転条件

表 4 に設備の主仕様及び運転条件を示す。

表 4 設備主仕様及び運転条件

対象設備		処理能力	稼働年	メーカー	フリーボード上部目標 温度	調査実施日
葛西処理場	4号炉	300t/d	H4	三菱重工	低温域(810 程度)	10月15日
					高温域(850 程度)	10月15日
	5号炉	300t/d	H13	月島機械	低温域(810 程度)	10月16日
					高温域(850 程度)	10月16日
北多摩一号 処理場	2号炉	100t/d	H15	三機工業	低温域(810 程度)	11月26日
					高温域(850 程度)	11月27日
南部スラッジ プラント	5号炉	300t/d	H13	日本ガイシ	低温域(810 程度)	10月22日
					高温域(850 程度)	10月22日

3.2.2 排ガス測定結果

(1) 手分析結果

表 5 に排ガス測定結果を示す。

表5 排ガス測定結果

	葛西処理場 4号炉		葛西処理場 5号炉		北多摩一号処理場 2号炉		南部スラッジプラント 5号炉	
	低温域	高温域	低温域	高温域	低温域	高温域	低温域	高温域
排ガス温度 ()	812	848	812	840	795	827	810	850
湿ガス量 ($\text{m}^3_{\text{N}}/\text{h}$)	34,600	34,300	43,100	43,800	12,700	13,400	46,200	43,500
乾ガス量 ($\text{m}^3_{\text{N}}/\text{h}$)	21,100	19,900	25,800	23,400	7,790	7,750	29,400	26,600
水分量 (%)	39	41.9	40.1	46.5	38.7	42.2	36.4	37.8
CO ₂ (vol%)	10.3	10.8	11.7	11.4	10.3	11.5	10.6	11.4
O ₂ (vol%)	8.6	8	6.4	6.8	9	6.3	7.9	6.9
CO (vol%)	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
NO _x (ppm)	18	3	13	15	2	5.5	3	3
N ₂ O (ppm)	440	95	370	180	350	86	285	84

(NO_x、N₂O は O₂=12%換算値)

表より、高温域での運転に対して以下のことがわかる。

- 1) 排ガス温度が上昇する。
- 2) 各設備とも N₂O 濃度が約 50～80%程度低減している。
- 3) NO_x には明確な差異が確認されず、本温度領域では高温化に伴って懸念されていた thermal-NO_x の発生は見られない。
- 4) N₂O 以外の排ガス組成に大きな変化は見られない。

(2) 連続分析結果

排ガス連続測定データより求めた N₂O 排出係数とフリーボード上部温度の関係を図4に示す。

ここで、N₂O 排出係数(kg / t-DS)は、

炉出口 N₂O 濃度(ppm) × 乾ガス量 ($\text{m}^3_{\text{N}}/\text{h}$) × 比重 / 汚泥処理量 (t-DS/h)

とした。

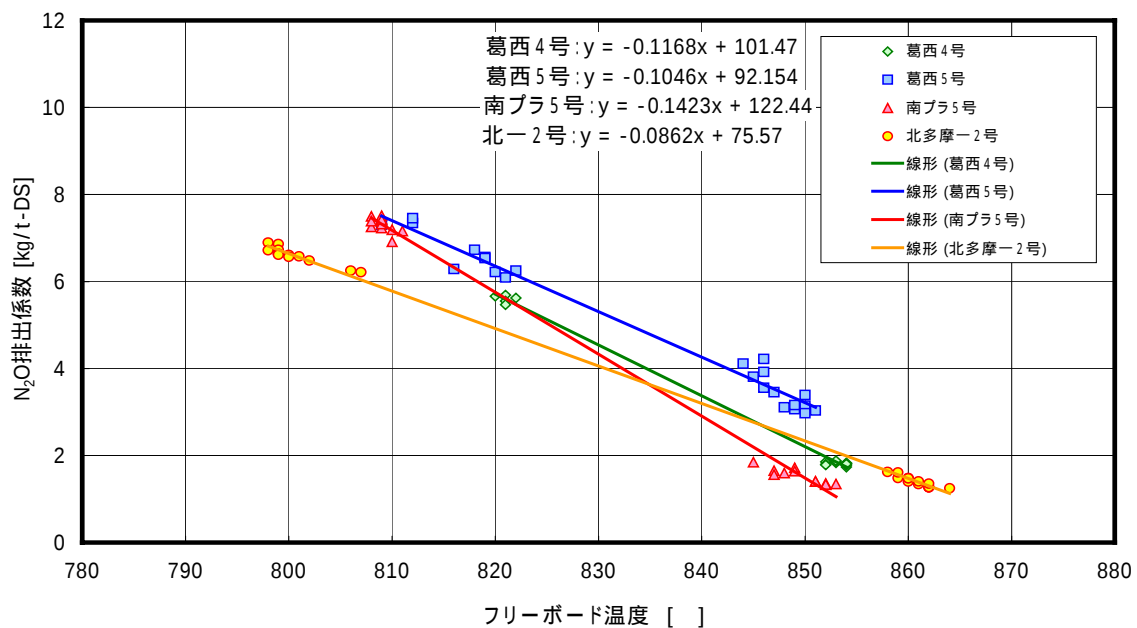
図4 フリーボード温度とN₂O排出係数との関係

図4より、各施設とも炉内温度の上昇とともに N_2O 排出係数は直線的に減少した。フリーボード上部温度が 810 と 850 の状態を比較すると、その排出量は 21～43%に低減しており、高温焼却が N_2O 排出量削減に対して有効であることが確認された。

(3) 高温焼却による温室効果ガス排出抑制の試算

高温焼却運転により N_2O 排出量削減の効果が確認された。しかし、補助燃料および消費電力量が増加しており、それらに由来する CO_2 排出量の増加が懸念されるため、今回の調査結果より温室効果ガスの総量に関して評価を行った。葛西4号炉において通常運転時と高温焼却時に排出される温室効果ガスを N_2O にエネルギー由来の CO_2 を加えて総合的に評価した結果を図5に示す。

図から明らかなように、高温焼却時には補助燃料由来の CO_2 は増加しているが、温室効果ガス全体に占める割合は低いため、温室効果ガス全体としてみると高温焼却時には N_2O 削減効果によって温室効果ガス排出量が抑制されることになる。

本結果を基に高温焼却運転を都内全処理場に適用した場合における温室効果ガス削減効果を試算したところ、年間の温室効果ガス削減効果は、 CO_2 換算で約 12 万 t- CO_2 /年となる。

また、高温焼却を適用した場合のユーティリティ費は約 8 千万円/年 増加する。

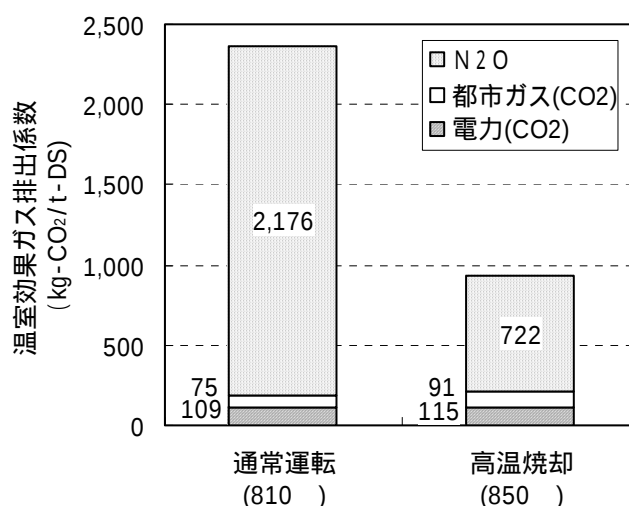


図5 総温室効果ガスの比較

3.3 汚泥処理運転改善調査

3.3.1 カロリーメータの特徴

汚泥焼却炉に投入される脱水ケーキの含水率と発熱量の連続測定が可能なカロリーメータを用いて、焼却炉に与える熱負荷を常時監視し安定させることにより焼却温度（フリーボード温度）の安定化を図ることが期待できる。そこで本調査ではこのカロリーメータを南部スラッジプラント5号炉に設置し、この測定器を利用した焼却炉燃焼状態の安定性向上の可否について検証した。

調査に使用したカロリーメータには次のような特徴がある

- (1)一つの測定器で含水率と発熱量を同時に測定できる。
- (2)連続測定が可能であるので、リアルタイムで監視ができる。
- (3)非接触で測定が可能であり、測定器の汚れによる測定誤差が少ない。

3.3.2 カロリーメータの測定結果と運転データとの関係

気泡型流動床炉の場合は、焼却炉内のフリーボード上部の温度が焼却炉の燃焼状態の安定性を示す指標になる。今回の調査での確認されたように、フリーボード上部温度の低下が N_2O の発生量の増加にもつながることから、新たな手法によるフリーボード上部温度の管理が求められている。

そこで、フリーボード上部温度と焼却炉投入エネルギーとの関係の有無を検証した。その効果の確認方法として、焼却炉のフリーボード上部温度が大きく変動しているときの事

例を選び、その変動原因がカロリーメータによる測定データから解明できるかを検証した。

カロリーメータから得られた炉内熱負荷とフリーボード上部温度の関係を図6に示す。

図から明らかなように、フリーボード上部温度は炉内熱負荷の変動と同様の時間変動をしており、炉内温度の変動原因をカロリーメータから得られた炉内熱負荷のデータから説明することができた。つまり、カロリーメータを使用して、焼却炉に投入される脱水ケーキの発熱量と含水率を連続測定した値から熱負荷を算出することにより、焼却炉のフリーボード温度を管理できることが確認された。

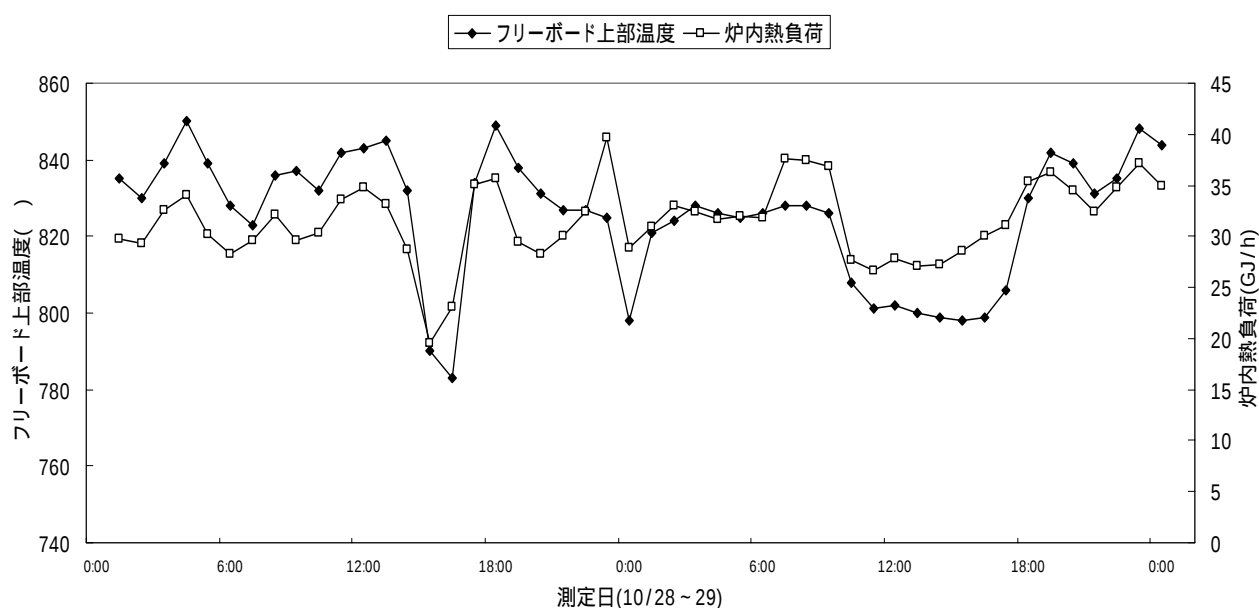


図6 フリーボード上部温度と炉内熱負荷

3.3.3 カロリーメータを用いた焼却炉運転制御の検討

カロリーメータを使用した焼却炉運転管理の今後の活用方法案について以下に示す。

3.3.3.1 モニターとしての使用

今回の調査結果からモニターとしての使用価値は十分にあるといえる。脱水ケーキの性状が大きく変化する降雨時には運転管理を補助するものとして有効である。

また、カロリーメータのトレンド記録として保存しておくことにより、過去の運転結果を解析することも期待できる。

3.3.3.2 ファジー制御制御点としての使用

カロリーメータを焼却炉運転制御に使用する場合には、原則としてフィード・フォワード制御を行うこととなる。その場合の制御方法として、炉内熱負荷の一定制御となる。また、その結果としての炉内温度などをフィード・バックする方法の検討など複合的な制御にならざるを得ない。そのことから、ファジー制御が向いていると思われる。

しかし、今回の調査結果ではファジー制御の制御点として有効であることを確認したに留まり、具体的は制御システムを検討するに至るまでの結果は得られていない。これらシステム構築のためにはモニターとして連続監視を行い、運転データとの関係について精度を上げる必要がある。

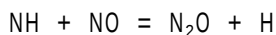
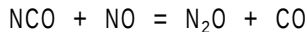
3.4 N₂O 生成・分解調査

気泡流動焼却実験設備を用いて汚泥焼却実験を行い、炉内における N₂O 発生メカニズムを解明するとともに、高温焼却をはじめとする各種 N₂O 抑制技術に対しての検討を行った。

3.4.1 N₂O 生成機構

実験結果から下水汚泥の気泡流動燃焼における N₂O の生成機構は以下のように考えられる。

炉内に投入された汚泥が砂層にて熱分解され、CO、HCN、NH₃ といった熱分解生成物が生成する。次いでフリーボードにて HCN から生成する NCO、NH₃ より生成する NH と、NO が下式、に示すような気相反応により N₂O を生成する。



ここで、フリーボード下部での NH₃ と N₂O の割合や NH₃ 吹き込み実験の結果から NH₃ の影響は小さいと考えられ、下水汚泥の気泡流動燃焼における N₂O 生成に関しては HCN の寄与率が高く、主に上記の反応により N₂O が生成しているものと考えられる。

3.4.2 N₂O 低減技術

今回検討を行った諸方法については、生成抑制効果及び分解効果により高温焼却技術が N₂O 低減に有効であることが明らかになった。

C₃H₈ 吹き込みについても NO_x 排出量を増やすことなく N₂O 低減効果が得られた。炉全体ではなく局所のみ的高温化を行うことにより、高温焼却に比べ補助燃料使用量が少量で済み、炉に対する影響も小さいものと考えられるが、実設備への対応を行う場合には C₃H₈ を炉中心部まで供給できる方策を検討する必要がある。

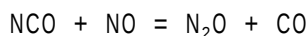
NH₃ 吹き込みに関しては顕著な効果が確認できず、二段燃焼については操炉が不安定になり、条件によっては N₂O が増加する場合もあった。

3.4.3 N₂O 生成・分解反応調査のまとめ

下水汚泥に対して気泡流動焼却実験設備を用いて焼却実験を行い、炉内軸方向の排ガス成分の測定を行うことにより以下の知見が得られた。

(1) 下水汚泥の気泡流動燃焼において、砂層部にて熱分解されて生成した熱分解生成物と NO が気相反応により N₂O を生成する。

(2) 下水汚泥の気泡流動燃焼における N₂O 生成に関しては HCN の寄与率が高く、主に



の反応により N₂O が生成しているものと考えられる。

(3) N₂O 低減技術としては高温焼却技術が有効である。また、C₃H₈ 吹き込みについても N₂O 低減効果が得られた。

(4) 二段燃焼及び NH₃ 吹き込みに関しては顕著な N₂O 低減効果が確認できなかった。二段燃焼については操炉が不安定になり、条件によっては N₂O が増加する場合もあった。

4. まとめ

4.1 測定結果及び考察

(1) 葛西処理場 4 号炉、5 号炉、北多摩一号処理場 2 号炉および南部スラッジプラント 5 号炉にて炉内温度低温域と高温域の運転を実施し、排ガス中の N₂O 測定を行ったところ、各設備とも炉内温度の上昇とともに N₂O 排出量は直線的に減少した。フリーボード

上部温度が 810 と 850 の状態を比較するとその排出量は 21～43%に低減される。

- (2) 葛西処理場 4 号炉において約 2 か月間の高温焼却運転を実施したところ、期間中は焼却炉本体や空気予熱器などに損傷はみられなかった。しかし、熱負荷の影響が最も大きいと予想された空気予熱器に対して、各部の温度及び歪みを測定し、その結果を基に FEM 強度解析を行った結果、設備の昇温及び降温による熱応力発生の一連の繰り返し回数に対する機器寿命の低下が予測された。
- (3) 上記、高温焼却運転期間中は通常運転時と比較して、補助燃料消費量は約 1.22 倍、電力消費量は約 1.06 倍となっており、それぞれ増加が認められた。しかし、投入汚泥の含水率を 1 % 低下させることができれば、都市ガス消費量の増加なしで高温焼却運転が可能であることも示唆された。
- (4) 高温焼却運転の温室効果ガス削減に対する相対的效果について評価を行ったところ、補助燃料及び電力消費量の増加に伴う温室効果ガス増加量に比べて、 N_2O 排出量の低減効果は数十倍以上大きく、高温焼却運転が温室効果ガスの総排出量削減に対して大きな効果があることを確認した。
- (5) カロリーメータを南部スラッジプラント 5 号炉に設置し、焼却炉に投入される脱水ケーキの含水率と発熱量を連続測定したところ、測定データから炉内燃焼温度の変動原因が解明できた。特に脱水ケーキの性状が大きく変化する降雨時などにおいては、従来の運転管理を補助するものとして有効であり、モニターとしての使用価値は十分にあることが明らかになった。
- (6) 焼却炉メーカーの実験設備における調査結果から、気泡流動焼却炉における下水汚泥の燃焼では、砂層部にて生成した熱分解生成物と NO が気相反応により N_2O を生成しており、特に HCN が N_2O 生成に強く寄与していることが推察された。また、各種 N_2O 低減技術 (C_3H_8 添加、 NH_3 添加、二段燃焼) について検討したところ、高温焼却運転が最も有効で実現性が高いことを確認した。

4.2 既存流動焼却炉における汚泥高温焼却実施に関する有効性、考察、課題

本調査における各調査結果から、高温焼却運転は温室効果ガス排出量削減に対して大きな効果がある。試算の結果、局内全焼却炉にて高温焼却運転を実施した場合、年間の温室効果ガス削減効果は約 12 万 t- CO_2 /年となる。

一方で既存の焼却設備については 850 運転に対応した設計となっていないものも多く、空気予熱器、白煙防止器等の熱交換設備及び排ガス処理設備、ファン、ブロウ等について設備更新を含めた機器能力アップなど、焼却炉毎に対し設備の改良が必要となる。

参考文献

- 1) 「汚泥処理における温室効果ガス排出量削減調査報告書」東京下水道局施設管理部
- 2) " Proc. 11th Int. Conf. on FBC " Hulgaard, T. Grarborg, P. and Dam-Johansen, K