



Title	ごみ焼却炉の内部温度の挙動とその影響について
Author(s)	鈴木, 厚志; 古橋, 誠; 定塚, 徹治
Description	第4回衛生工学シンポジウム (平成8年11月7日 (木) -8日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 5 測定 . 5-6
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 4, 209-214
Issue Date	1996-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7851
Type	departmental bulletin paper
File Information	4-5-6_p209-214.pdf



5 - 6

ごみ焼却炉の内部温度の挙動とその影響について

三機工業(株) ○鈴木厚志, 古橋 誠, 定塚徹治

1. はじめに

ごみ焼却炉におけるごみ燃焼は固体燃料の燃焼形態であり、表面反応による燃焼、蒸発燃焼、分解燃焼が組合わさった形で進行する。ごみの中には種々雑多な物質が含まれており、水分の含有割合も厨芥や紙、プラスチック類などまちまちであり、形状も多様化している。主要な燃焼形態としては、焼却炉に投入されたごみが周囲の対流や焼却炉からの輻射熱により、乾燥すると共に一部が分解して可燃性の気体を発生させ、この分解成分がごみの表面から離れた所で炎を上げて気相燃焼を行うものと、その後に残った残留炭素分の表面に酸素が拡散し表面反応する燃焼とがある。また、その他比較的融点の低いごみは燃焼前に溶融・液化して液体燃料と同様、蒸発燃焼が発生する。

ごみ焼却炉では、これらの燃焼形態が安定して効率的に持続するよう、炉の構造や火格子の構造、燃焼用空気の前熱やその吹き込み方法といったハード面の技術が確立されてきている。また、ごみの供給量、移送速度、燃焼空気量の管理技術も自動燃焼システムとして確立されてきている。我が国においては、ごみ焼却炉の数において8割が夜間休止する間欠運転炉であり、毎日焼却炉の立上げ、立下げ操作がなされ、焼却炉の耐火物の蓄熱・放熱が繰り返されている。しかしながら、これまで間欠運転炉における耐火物の蓄熱・放熱に関する調査報告はほとんどなかった。

ここでは、耐火物の温度が立上げ一定常立下げ一夜間のサイクルの中でどのような挙動を示しているのか、実際の焼却施設で炉内各主要部における耐火物壁温度を連続測定し、調査を行い、耐火物の蓄熱、放熱状態と燃焼への影響についていくつか知見を得たので報告する。

2. 調査施設の概要

調査に用いた都市ごみ処理施設の全体フローを図1に示す。

本施設は16時間運転して60tのごみを焼却処理することのできるストーカ式焼却炉を備え、

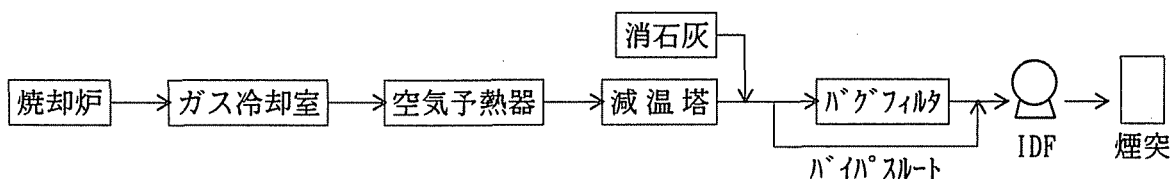


図1 施設の全体フロー

水噴射式排ガス冷却設備、余熱利用としての空気予熱器、水噴射式排ガス減温設備、排ガス処理として有害ガス除去設備とバグフィルタを備えた施設である。表1に焼却炉の概要を示した。図2に示すような焼却炉横断面図の中の①～⑥点における各炉壁に熱電対を取り付け、炉壁温度の連続測定

表1 焼却炉の概要

	設計仕様	測定時
焼却炉容積(m ³)	77.1	—
火格子面積(m ²)	20.6	—
火格子燃焼率(m ² ・h)	182	211
燃焼室熱負荷(kcal/m ² ・h)	146,000	107,300
バーナ容量(l/h)	114	—

を行った。また熱電対の取付図を図3に示した。熱電対は、耐火キャストブルの中に埋め込み、壁面より壁内部に50mmの位置での測定を行った。

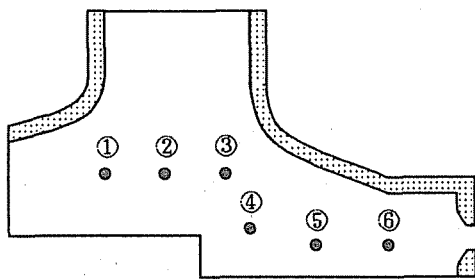


図2 炉壁温度測定位置図

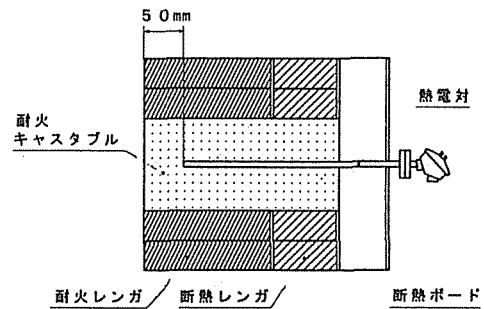


図3 熱電対取付図

3. 調査結果および考察

3.1 運転条件と各炉壁温度

間欠運転する焼却炉の運転条件には、一週間の内土曜、日曜の2日間休炉とする場合と日曜日の1日だけ休炉する場合がある。2日間休炉とした後立上げ運転を行い、16時間運転して夜間8時間休止した場合、翌日も同様16時間運転し夜間8時間休止した場合、および3日目以降も同様の運転をした場合において、炉壁温度・炉出口排ガス温度の測定・調査を行った。(1993年7月, 1994年1月測定分)この経時変化を図4に示した。また、1日休炉とした場合についても同様の測定・調査を行った。(1993年6月, 1994年3月測定分)これを図5に示した。

2日間休炉した場合の各炉壁温度は、2日前の炉休止時の温度が $600^{\circ}\text{C}\sim 800^{\circ}\text{C}$ であったのに対して、 $100^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ 程度に低下していた。立上げ運転時は、焼却炉内をバーナで昇温すると共に、ごみが投入され、炉出口排ガス温度が急激に上昇してくるが、各炉壁温度①～⑥は非常に緩やかに上昇していた。また、炉出口排ガス温度が3時間程度で定常に達しているのに対し、炉壁温度は16時間運転しても緩やかに上昇し続け、定常に至っていなかった。2日目の運転においては、初期炉壁温度が $400^{\circ}\text{C}\sim 600^{\circ}\text{C}$ 残存していたにもかかわらず、炉壁温度が定常状態に至るまで6時間程度を要していた。また、3日目以降の運転においては、初期炉壁温度が $500^{\circ}\text{C}\sim 700^{\circ}\text{C}$ の残熱を保持しており、立上げから4時間程度で炉壁温度が定常状態に至っていた。

1日休炉した場合の各炉壁温度は、 $150^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ 程度になっており、2日間休炉した場合より立上げ～定常初期の炉壁温度が高くなっていた。2日目、3日目以降の炉壁温度・炉出口排ガス温度については、2日間休炉した場合との違いはなかった。2日間休炉した場合と1日休炉した場合の大きな違いとして、2日間休炉した後の初日の運転では、立上げから10時間後程度の所で、炉出口排ガス温度のバランスが崩れていた。これは、炉壁温度昇温により乾燥ストーク上でのごみの乾燥速度がある温度域から急激に促進され、乾燥帯における燃焼が急激に始まったことにより、自動燃焼システムの制御域を越えてしまったものと推定される。長時間休炉した場合の初日の運転においては、このような自動燃焼系のバランスを崩す所が必ず発生していた。今回の測定・調査によりこの主要因は、炉壁の蓄熱状態であると考えられたので、この結果を燃焼制御系へのフィードバックすることにより、間欠運転炉における自動燃焼システムをより安定して安全なシステムへと改善することができる。

— ①炉壁温度 - - ②炉壁温度 - · - · ③炉壁温度 - · - · - · ④炉壁温度 - · - · - · ⑤炉壁温度 · · · · ⑥炉壁温度 · · · · · 炉出口温度

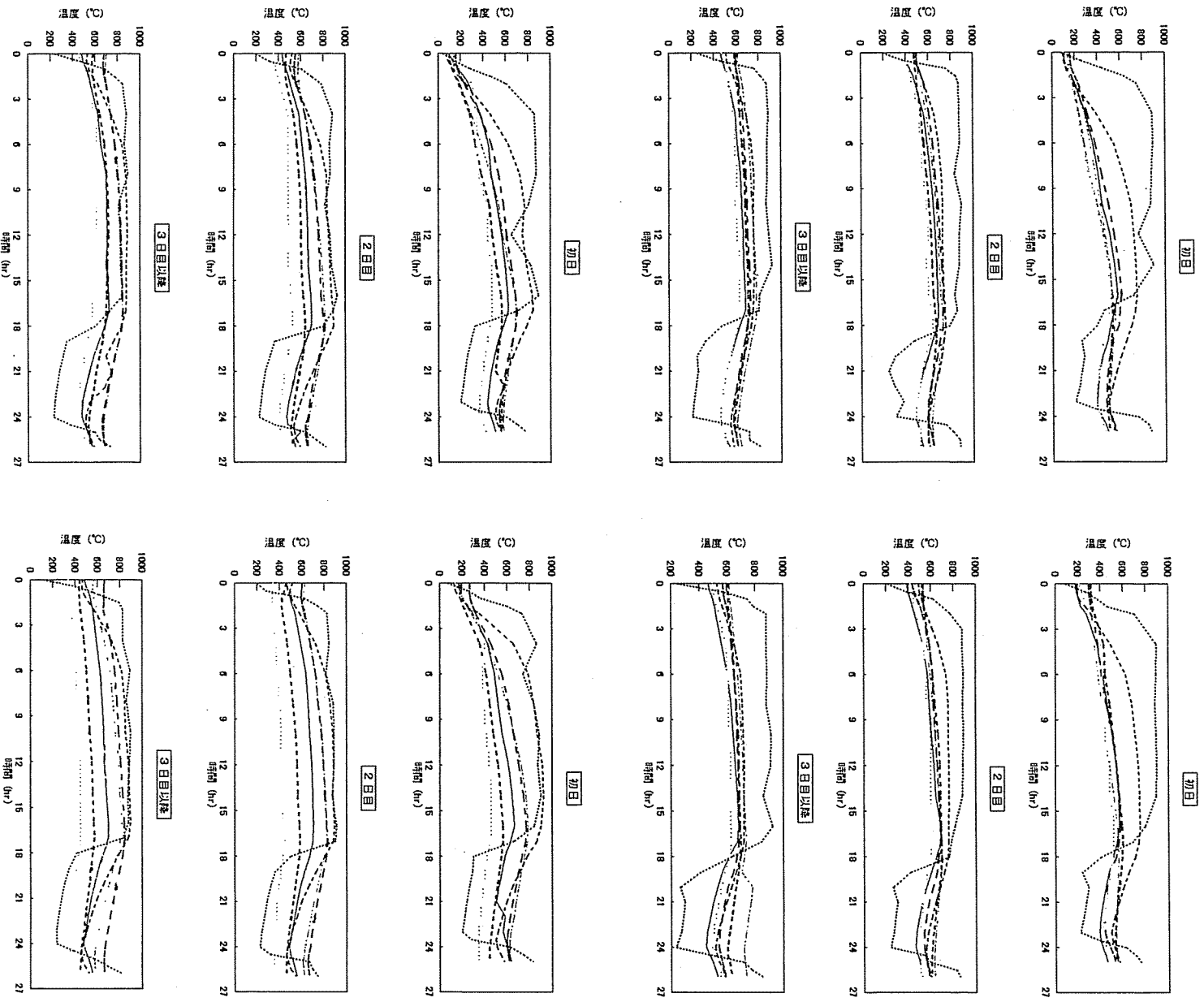


図4 2日間休炉後の運転における各炉壁温度と炉出口排ガス温度の経時変化

図5 1日休炉後の運転における各炉壁温度と炉出口排ガス温度の経時変化

3.2 休炉後の炉壁温度の変化について

1日休炉後および2日休炉後の初日の立上げ、2日目、3日目以降の立上げ時の各炉壁温度について表2に示した。1日休炉した場合と、2日間休炉とした場合では、休炉後の初日の立上げ時における炉壁温度の条件は違っていたが、2日目、3日目以降についてはほぼ同等の炉壁温度の残熱があり、1日休炉の場合、2日休炉の場合も、初日の運転で炉壁温度の蓄熱はほぼ平衡に達するため、2日目以降に大きな差は生じないと考えられた。

表2 休炉後の各炉壁温度

炉壁 No.	2日休炉後 休止時間 8h+2日			1日休炉後 休止時間 8h+1日		
	初日 炉壁温度	2日目 炉壁温度	3日目以降 炉壁温度	初日 炉壁温度	2日目 炉壁温度	3日目以降 炉壁温度
①	102	407	471	175	428	476
②	173	513	635	285	524	619
③	174	541	660	256	586	594
④	89	515	526	155	509	501
⑤	134	474	592	245	493	528
⑥	101	369	464	121	382	478

単位：℃

炉休止後の経過時間と各炉壁温度・炉出口排ガス温度の経時変化、および次の立上げ時における炉壁温度、炉出口排ガス温度の挙動について、図6に示した。炉休止後は、炉壁に蓄熱された熱は炉内温度の低下と共に放熱される。この放熱により炉壁温度が低下する。炉休止時の経過時間と炉壁温度との関係において、8時間後の立上げ、1日休炉後、2日休炉後の立上げの各炉壁温度低下の挙動は、ほぼ同一の温度低下を示していた。炉休止からの炉壁の蓄熱は休止時間と共に放熱され、次の立上げ運転に大きく影響する。従って、間欠運転炉においても長時間炉休止することなく、炉壁の蓄熱が、放出してしまわない間で間欠運転を行うよう計画することや、炉休止時の放熱を最小限にする方法などを考えていく必要があると考えられた。

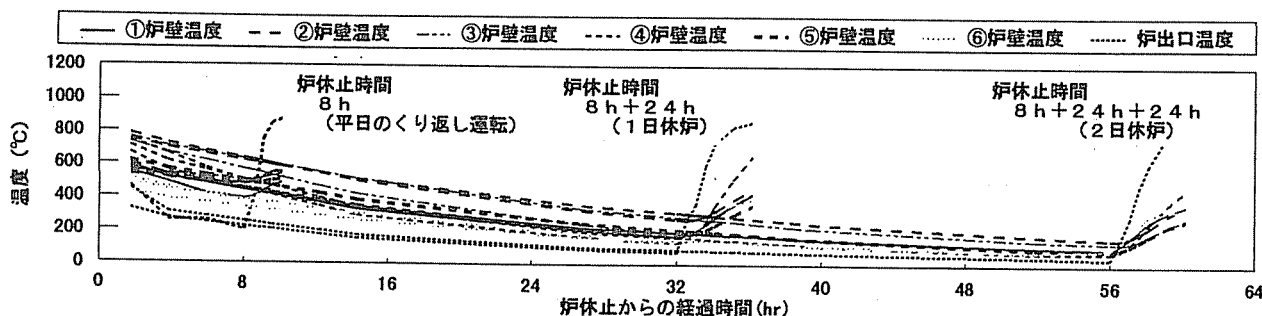


図6 炉休止時間と各炉壁温度・炉出口排ガス温度の経時変化および各立上げ時の挙動

3.3 炉壁温度と蓄熱

立上げ時の焼却炉への供給熱源としては、昇温のための重油バーナからの熱量と、ごみそのものが持つカロリーが燃焼する時に発生する熱量および、燃焼空気の持ち込み熱量とがある。定常時には、昇温バーナは停止され、ごみの自然による燃焼が継続される。これら供給熱源により、炉出口排ガス温度とガス量が上昇すると、耐火壁の蓄熱量も増大し、炉壁の温度が上昇する。立下げ時には、焼却炉内への供給熱源がなくなり、逆に耐火壁に蓄熱された熱量が炉内へ放熱される。このような炉内における熱の収支関係を図7に示した。炉壁温度の測定値より、蓄熱量の算定ができ、炉出口排ガス温度・ガス量より、炉

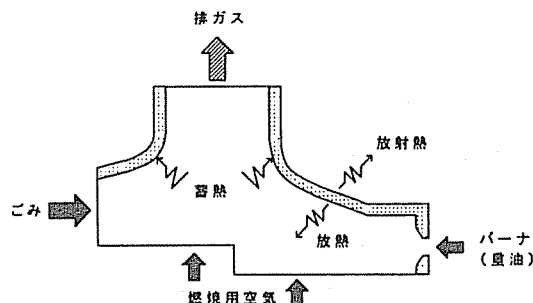


図7 炉内熱収支図

から排出される熱量が算定される。また、供給した重油、ごみ量、燃焼空気量の熱量は供給時間帯により算定でき、定常時は毎時ごとに算定することができる。ここで、炉壁の蓄熱量(H)の算定には(1)式を用いた。毎時間ごとの蓄熱量の差(ΔH)を毎時蓄熱量とし、ΔHが負になるものについて放熱量とした。

$$H = l_1 p_1 c_1 \left[\frac{t_i + t_1}{2} - t_3 \right] + l_2 p_2 c_2 \left[\frac{t_1 + t_2}{2} - t_3 \right] + l_3 p_3 c_3 \left[\frac{t_2 + t_0}{2} - t_3 \right] \dots\dots\dots (1)式$$

- | | | | |
|--|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| H | : 蓄熱量 [kcal/m ²] | t _i | : 内壁(熱面)温度 [°C] |
| l ₁ l ₂ l ₃ | : 各炉材の厚さ [m] | t ₁ t ₂ | : 各境界温度 [°C] |
| p ₁ p ₂ p ₃ | : 各炉材の密度(かさ比重) [kg/m ³] | t ₀ | : 外壁(冷面)温度 [°C] |
| c ₁ c ₂ c ₃ | : 各炉材の比熱 [kcal/kg°C] | t ₃ | : 炉壁の加熱前温度 [°C] |

算定した熱量収支を図8に示した。(ここでは放射熱分は微量であるので無視した。) 炉に供給された熱源から排ガスとして持ち出される分を差し引くと、炉壁に吸熱された分とほぼ一致していた。また、炉に供給される熱源を停止してから、排ガスが持ち出した熱量と、炉壁からの放熱分がほぼ一致していた。

排ガスの持ち出し熱量が、炉壁からの放熱とよく一致していたことより、間欠運転を行う焼却炉においては、休止時に放出される排ガス量を最小限にすることが有効であると考えられた。

3.4 炉壁の蓄熱と燃焼への影響

炉壁の温度が立上げや、定常時の安定性に影響を与えることは、3.1で示した通りである。ここでは、燃焼状態を判断する指標の一つである排ガス中のCO濃度について評価してみる。1日以上休炉した場合と、休炉後正常に16時間運転した3日目以降の場合について、立上げ時CO濃度の経時変化を図9に、定常時CO濃度の経時変化を図10に示した。立上げ運転は、ファジィ制御を用いた自動システムが導入されているので、通常の手動操作を行っている施設より大幅に低い値となっているものの、1日以上休炉した場合には800ppm程度のピーク値が出ておりCO濃度が安定値になるまでに約2時間程度を要している。これに対し運転3日目以降では、ピーク値が500ppm以下であり、CO濃度が安定するまでの時間は約1時間程度となっていた。

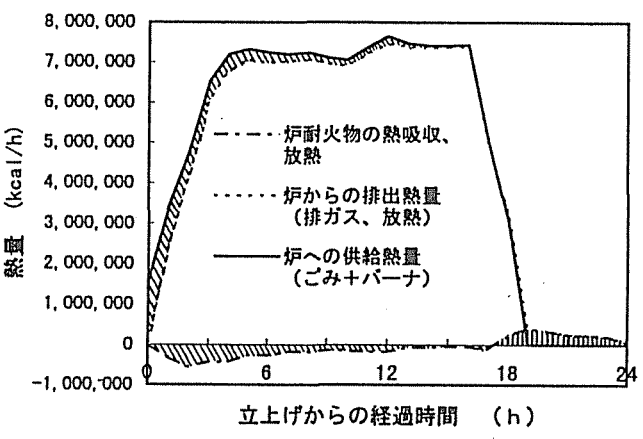


図8 立上げからの経過時間における炉内の熱収支

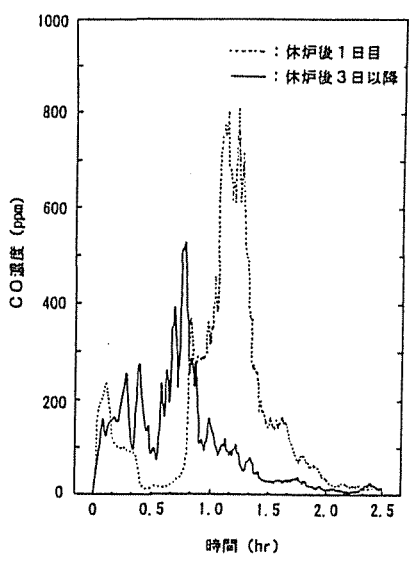


図9 立上げ時CO濃度の経時変化

定常時においても運転3日目以降の場合、COが30ppm以下で常に安定した燃焼が続いているのに対し、1日以上休炉した場合の初日の運転においては、一時的燃焼温度の低下が見られることがあり、CO濃度で80ppm程度のピーク値が一時的に発生している。

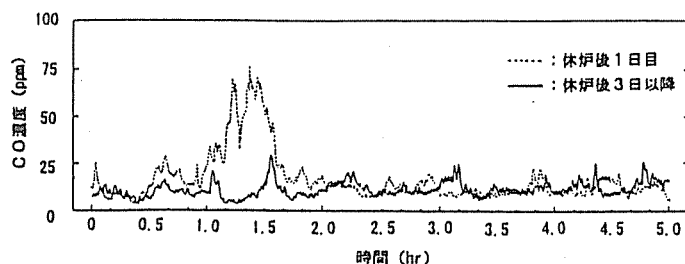


図10 定常運転時CO濃度の経時変化

従って、炉の蓄熱状態が安定していないで、吸熱を続けている場合の燃焼管理が難しいものであることが解る。間欠運転炉は、蓄熱と放熱を繰り返すものであるため、これに対応することのできる管理技術や制御技術を確立し、より効率的熱利用や公害防止対策を講じることが今後の重要な課題となるであろう。

4. まとめ

- 1) 炉壁の蓄熱状態が、立上げ時の未燃ガスの発生抑制や、定常時の安定燃焼を妨げる要因の一つとなっていた。
- 2) 間欠運転炉において、炉壁温度は休止時間と共に低下し、2日以上休炉した場合、立上げ～定常にまで燃焼への影響を及ぼし、1日休炉では、立上げ時にのみに影響し、8時間の休止（平日の間欠連続運転）では、燃焼への悪影響はなかった。
- 3) 炉への供給熱量と排出熱量+炉壁蓄熱量の関係、および炉壁からの放熱量と排出熱量の関係についての熱収支において整合性が取れていた。
- 4) 間欠運転を行う焼却炉においては、長時間休止する回数をできる限り少なくし、休炉時には炉壁の放熱を最小限に止めることが、安定した燃焼管理を行うための重要な因子であると考えられた。

5. おわりに

測定・調査に多大なご協力をしていただきましたT施設の皆様に深く感謝申し上げます。当社においては、本調査結果を踏まえ、より効率的な技術改革を進めていきたいと考えております。