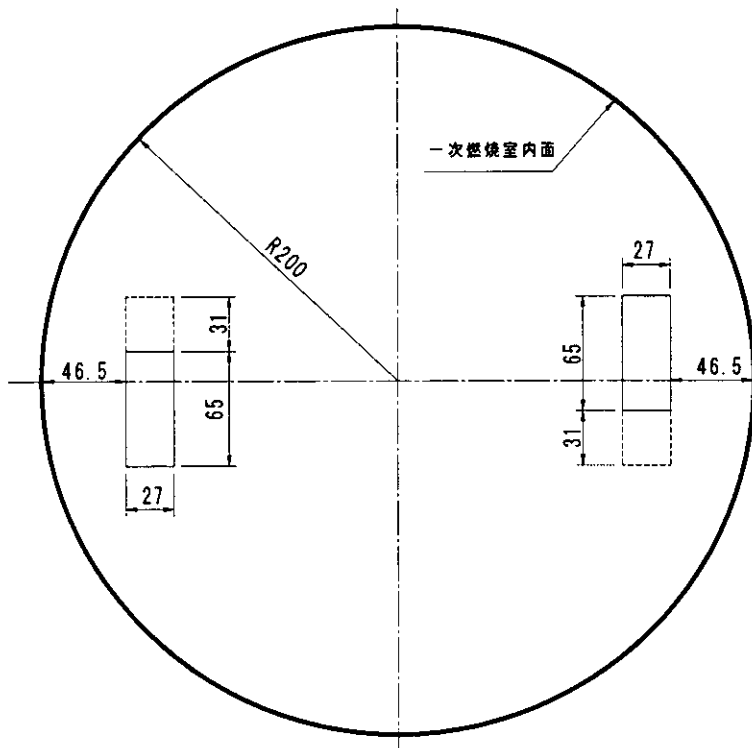


### 反射の少ないマイクロ波導入口の形状と位置

マイクロ波吸収材にダイアライザと血液回路を合計重量 6.8kg を用いて、マイクロ波反射の最も少なくなるマイクロ波導入口の形状と位置を求めた結果を図 9. に示す。



マイクロ波導入口の寸法は改善前の寸法より 31 mm 短くなった。

(図中の破線部分)

一次燃焼室の内壁からは 46.5 mm 以上離れると内壁面の影響が無くなることを確認した。

図 9. 反射電力の少ないマイクロ波導入口の形状寸法

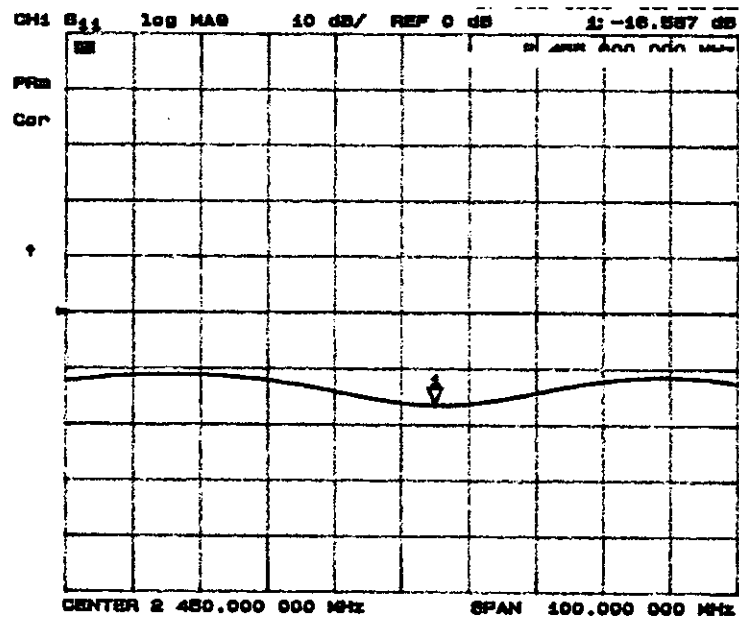


図 10. 改善されたマイクロ波反射特性 S11

マイクロ波周波数が 2,455MHz の時に S 1 1 は -16.587db であるので  
 $\text{反射電力} / \text{入射電力} = 2.2\%$  となり、ネットワークアナライザを用いた測定ではマイクロ波反射損失を 20%強も減少させることが出来た。

## 2-2. 300リットル一次燃焼室のマイクロ波導入口計画

### マイクロ波電力の試算

既存の60リットル一次燃焼室には、1.2kW 出力のマイクロ波発振器が2台搭載され、合計出力2.4kWで運転されている。

一次燃焼室300リットルにスケールアップされた装置を計画するにあたり、燃焼時間を60リットルと同等にすると、300リットルでは医療廃棄物は60リットルの5倍となるので、一次燃焼室に投入するマイクロ波電力は60リットルの5倍の  $1.2\text{kW} \times 10\text{台} = 12\text{kW}$  にしなければならないことはすでに述べた。

本研究のマイクロ波導入口の形状と位置の改善結果により20%程度の反射損失の低減が見込まれるので、マイクロ波出力としては  $1.2\text{kW} \times 8\text{台} = 9.6\text{kW}$  で従来型のSMC I-60医療廃棄物焼却装置の燃焼時間と等価になる計算である。

さらに、マイクロ波発振器の一台あたりの出力が1.5kWのものを選定して、マイクロ波送電を行うためのアイソレータと導波管の数を減らして更なるコストダウンを計った。

以上の結果から300リットル一次燃焼室のマイクロ波導入口の配列を図11.のように決定した。

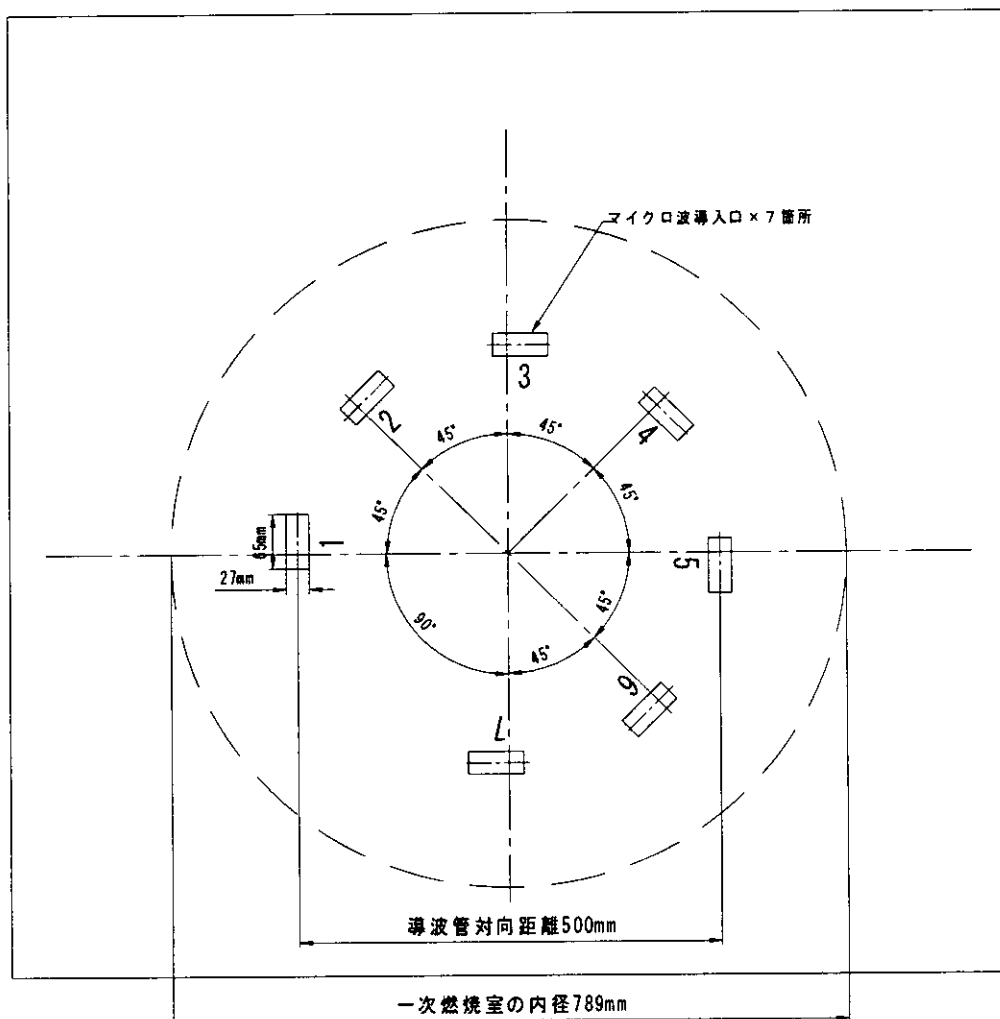


図11. 300リットル一次燃焼室のマイクロ波導入口の配置

## 2-3. マイクロ波加熱効率の測定

### 2-3-1. マイクロ波機器の接続状況

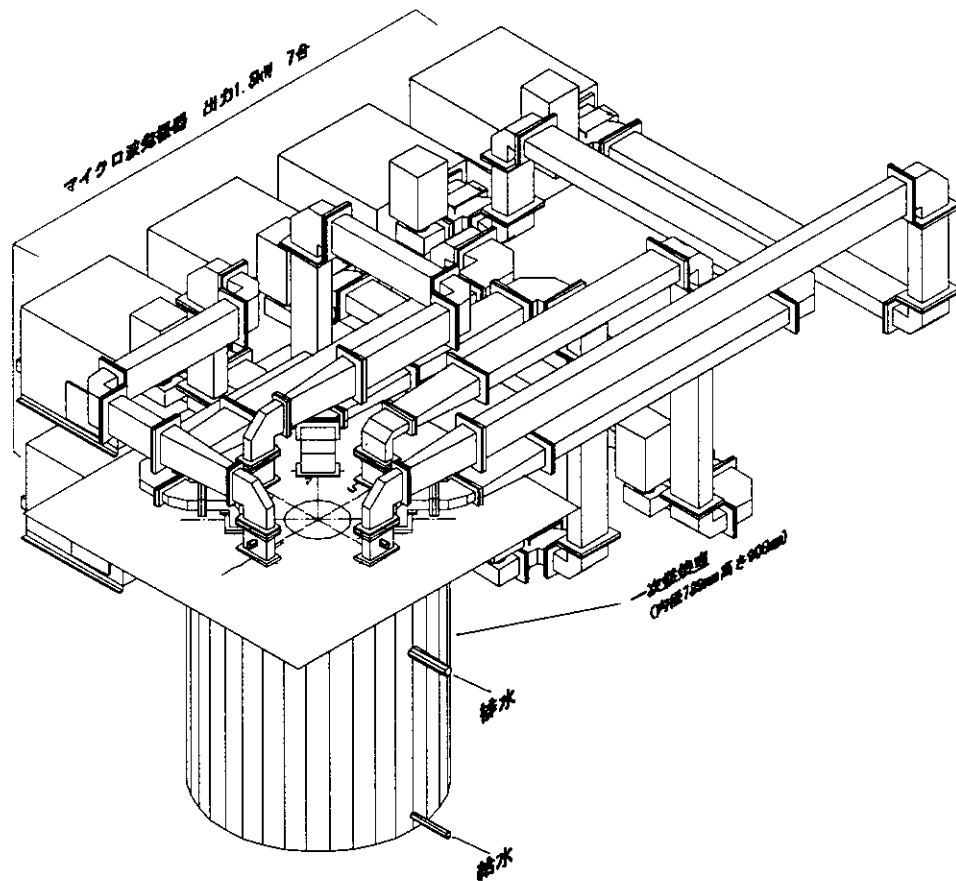


図12. 300リットル一次燃焼室とマイクロ波機器の接続図

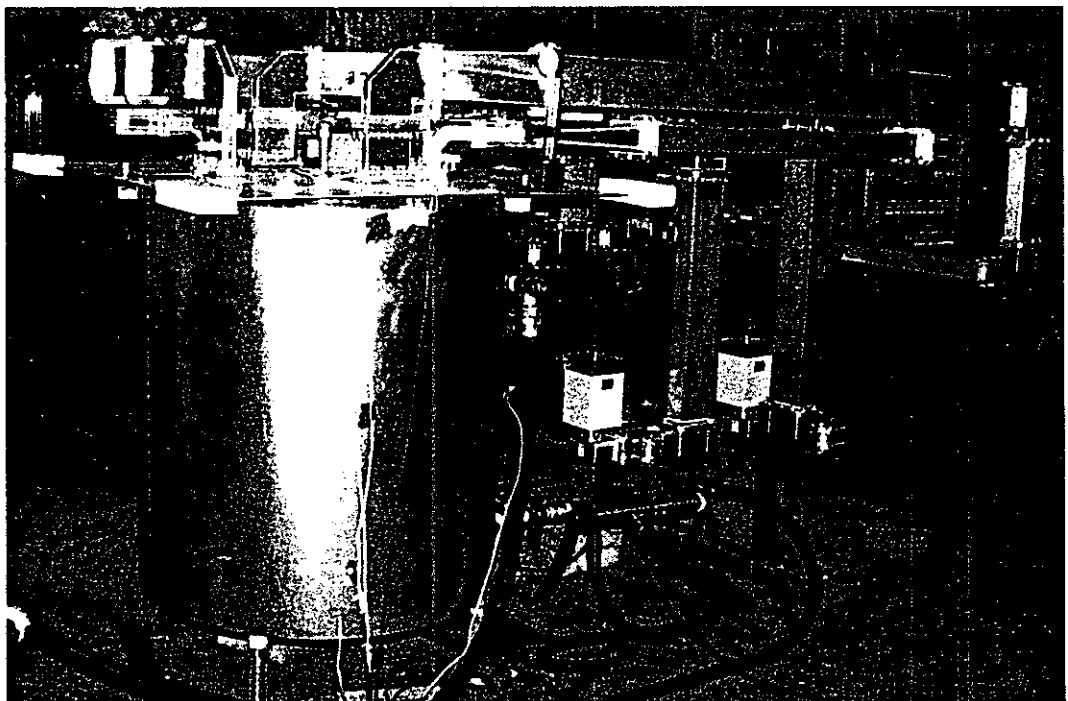


図13. 組上がり状況の写真

## 2-3-2. 加熱効率測定の方法

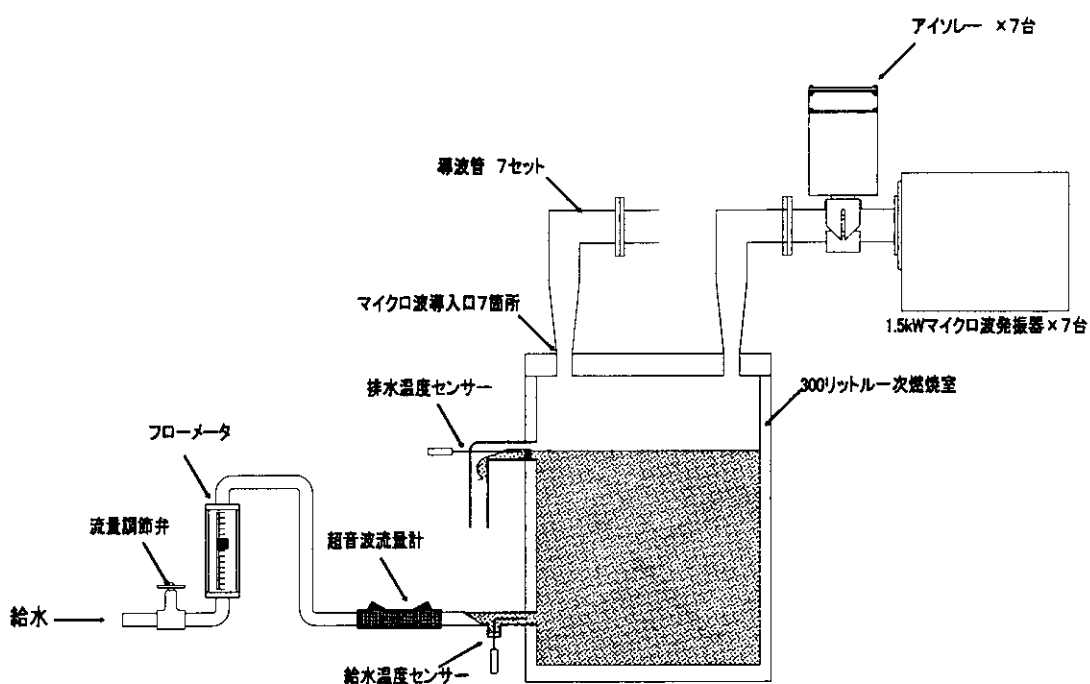


図14. 300リットル一次燃焼室のマイクロ波加熱効率測定

図14. に示すように前記60リットル一次燃焼室のマイクロ波加熱効率測定と全く同じ計測システムを使用する。

### 使用機器リスト

給水温度センサー	シーエス熱電対	種類	J
排水温度センサー	シーエス熱電対	種類	J
フローメーター	0～10リットル/分		流体工業(株)
超音波流量計	FLB型		富士電機
データ収集システム	NR-250		(株)キーエンス
マイクロ波発振器	1.5kW出力	7台	

## 2-3-3. データ収集の方法

(前記60リットル一次燃焼室のデータ収集方法と同手段)

1. 一次燃焼室の中に給水された水はすべて配水管から排水されることを確認する。
2. 排水は一次燃焼室の水位の最上部を排水するように配水管を構成し、排水温度センサーが排水温度を検出するように配置する。
3. 給水流量はフローメータと超音波流量計で監視し、超音波流量計からの電気量は1分間の排水量を容器に取り重量を測定して校正を行う。
4. データの収集は次の7通りについて行う。
  - 4-1. マイクロ波発振器を1台用いてマイクロ波を照射した場合
  - 4-2. マイクロ波発振器を2台用いてマイクロ波を照射した場合
  - 4-3. マイクロ波発振器を3台用いてマイクロ波を照射した場合

- 4-4. マイクロ波発振器を4台用いてマイクロ波を照射した場合
  - 4-5. マイクロ波発振器を5台用いてマイクロ波を照射した場合
  - 4-6. マイクロ波発振器を6台用いてマイクロ波を照射した場合
  - 4-7. マイクロ波発振器を7台用いてマイクロ波を照射した場合
5. 上記4-1. から4-7. の条件でマイクロ波照射したときの排水温度の温度上昇が平衡状態に達する30分間マイクロ波を連続に照射し続け、その間10秒ごとに給水温度、排水温度、給水流量を測定しパーソナルコンピュータに取り込む。

#### 2-3-4. データ解析の方法

(前記60リットル一次燃焼室のデータ解析方法と同手段)

一次燃焼室の中で水がマイクロ波から受け取った熱量は排水によって一次燃焼室の外に持ち去られるので、排水温度と給水温度の温度差を $\Delta T[^\circ\text{C}]$ 、10秒間に一次燃焼室に給水された水の量(=排水量)を $V_w[\text{kg}]$ とした時、排水が10秒間に一次燃焼室の外に持ち出した熱量 $Q_{10}[\text{kJ}]$ は次式で表される。

$$Q_{10} [\text{kJ}] = 4.185 \times V_w [\text{kg}] \times \Delta T [^\circ\text{C}] \quad \dots\dots\dots \text{式3}$$

排水温度が平衡状態に達するまでのマイクロ波照射時間  $t[\text{秒}]$ の間に排水が一次燃焼室の外に持ち出した総熱量  $Q_t[\text{kJ}]$ は、上式で求めた  $Q_{10} [\text{kJ}]$ をマイクロ波照射時間  $t[\text{秒}]$ にわたって積算した値となる。

一方、マイクロ波発振器で発生されて一次燃焼室に向けて送り出されたマイクロ波エネルギー  $Q_m[\text{kJ}]$ は、マイクロ波照射時間  $t[\text{秒}] \times$  マイクロ波出力  $[\text{kW}]$ であるので、マイクロ波加熱効率  $\eta [\%]$ は次式で表される。

$$\eta [\%] = (Q_t [\text{kJ}] / Q_m [\text{kJ}]) \times 100 \quad \dots\dots\dots \text{式4}$$

## 2-4. 300リットル一次燃焼室の効率測定結果

図12、図13に示した300リットル一次燃焼室の水に対するマイクロ波加熱効率測定結果を表2にまとめた。

表2. 300リットル一次燃焼室の水に対するマイクロ波加熱効率測定結果

マイクロ波発振器動作台数	1	2	3	4	5	6	7
マイクロ波出力 [kW]	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5
マイクロ波照射時間[秒]	1,790						
排水が1790秒間に持ち去った熱量[kJ]	1012	4726	7615	9288	11996	14410	16135
マイクロ波照射熱量[kJ]	2685	5370	8055	10740	13425	16110	18795
水のマイクロ波加熱効率[%]	*1 37.7	88.0	94.5	86.5	89.4	89.4	86.8
加熱効率の平均値[%]	86.9 *2						

\*1: 燃焼室容量300リットルに対してマイクロ波出力が少ない領域では、給水流量や温度計測誤差が効率計算に大きく影響する。

\*2: 加熱効率の平均値は次のように計算した。

$$\eta = \frac{\text{上表の[排水が1790秒間に一次燃焼室から持ち去った熱量]の合算値}}{\text{上表の[マイクロ波照射熱量]の合算値}} \times 100$$

## 2-3-3. 研究の成果

### 3-1. 省エネルギーの効果

マイクロ波導入口の形状と位置を最適化することによって、300リットル一次燃室のマイクロ波加熱効率86%の結果を得た。

従来型SMC I-60型医療廃棄物焼却装置のマイクロ波加熱効率は約60%であるので25%強の省エネルギーがなされた。

SMC I-60型医療廃棄物焼却装置の焼却データでは、約10 kgの人工透析機器を焼却するのに2.4 kWのマイクロ波電力を用いて7時間のマイクロ波照射時間が必要である。

SMC I-60一次燃焼室の中の医療廃棄物に吸収されたマイクロ波電力がマイクロ波発振器の出力の60%であるとする、一次燃焼室内で仕事をしたマイクロ波電力量は $2.4 \text{ kW} \times 60\% \times 7 \text{ 時間} = 10 \text{ kWh}$ となる。

商用電力をマイクロ波電力に変換する際の効率は67%程度である。

従って、1 kWのマイクロ波電力を作り出すには1.5 kWの商用電力を必要とする。

この焼却時間中に使用された商用電力量は $(2.4 \text{ kW} / 67\%) \times 7 \text{ 時間} = 25 \text{ kWh}$ である。即ち、25 kWhの商用電力量を与えて10 kWhの仕事をしたのであるから電力利用効率は40%という結果になる。

改良したマイクロ波導入口を持つ300リットルの一次燃焼室に50 kgの人工透析機器を入れ7時間で焼却するならば、一次燃焼室内で必要とするマイクロ波電力量は50 kWhとなり、マイクロ波加熱効率を86%とすると必要なマイクロ波出力は $50 \text{ kWh} / 86\% / 7 \text{ 時間} = 8.3 \text{ kW}$ でよいことになる。

本研究では、300リットル燃焼室について、1.5 kW出力のマイクロ波発振器を7台用いて総合出力10.5 kWで効率測定試験を行ったが、マイクロ波発振器をもう一台減らして6台にしても余裕のある運転を行うことが出来る。

この場合に必要な商用電力量は、 $(9 \text{ kW} / 67\%) \times 7 \text{ 時間} = 94 \text{ kWh}$ となる。

これを表にまとめる。

	従来のSMC I-60	効率を改善した300リットル型
焼却物	ダイアライザー、血液回路等人工透析廃棄物	
一回の焼却量	10 kg	50 kg
焼却時間	7 時間	ただし、冷却時間は含まない
マイクロ波出力	2.4 kW	9 kW
所要電力量	25 kWh	94 kWh
1 kg 焼却するのに必要な電力量	$25 \text{ kWh} / 10 \text{ kg} = 2.5 \text{ kWh}$	$94 \text{ kWh} / 50 \text{ kg} = 1.88 \text{ kWh}$
使用エネルギー比	100	75.2

以上の結果から1 kgの医療廃棄物焼却あたりに24.8%の電力消費量を低減させることが可能となった。

### 3-2. 設備費のコストダウン

マイクロ波導入口の形状と位置を従来型のSMC I-60医療廃棄物焼却装置のままでスケールアップすると一次燃焼室容量300リットルの場合には、12 kWのマイクロ波出力が必要であった。

一台のマイクロ波出力が1.2 kWのマイクロ波発振器を使用するならば、一次燃焼室にマイクロ波を送電する導波管は10セットを300リットル一次燃焼室に針鼠のごとくに配置しなければならず構造が複雑にならざるを得ない。

本研究のマイクロ波導入口の改良により、マイクロ波出力を9 kWまで少なくすることが可能となった。さらに、1.5 kW出力のマイクロ波発振器を採用することで導波管、アイソレーター、マイクロ波発振器等マイクロ波機器の台数を6セットにすることが可能となり、マイクロ波機器を従来コストより30%程度コストダウンさせることが可能となった。

### 3-3. 今後の課題

マイクロ波の照射によって一次燃焼室内の医療廃棄物が時間とともに加熱分解し減容していくのであるが、従来型SMC I-60医療廃棄物焼却装置では廃棄物が加熱分解して燃焼室に存在しなくなるまでマイクロ波を照射し続けている。

一次燃焼室内部が空の状態ではマイクロ波が熱に変換されないため、マイクロ波電力は過大な反射電力となってマイクロ波発振器に戻ってしまう。

マイクロ波発振器は、許容される以上の反射電力を受けるとマイクロ波発振が不安定となり破壊する。

SMC I-60医療廃棄物焼却装置では、マイクロ波電力を送電する導波管経路の一部に反射電力のみを吸収するアイソレーターを取り付け、燃焼末期の空焚き状態で発生する過大な反射電力からマイクロ波発振器を保護している。

一次燃焼室内に存在する加熱分解中の医療廃棄物の容積（もしくは重さ）を監視し、減容状況にあわせてマイクロ波発振器の運転台数を増減させるような制御方法を開発することでマイクロ波発振器が破壊しないような反射電力レベルすることは可能と考える。

反射電力がマイクロ波発振器の破壊レベル以下に制御できれば、アイソレーターが不要となり、さらに25%以上設備費をコストダウンする事が出来る。

しかしながら医療廃棄物は種々雑多な物質の集合体であり、加熱減容する際に示す反射電力の挙動はいつも同じではないので長期にわたるデータ収集とデータの解析から最適なマイクロ波の制御プログラムを作り出すことが必要であろう。



### 3. マイクロ波利用の小型処理装置での実燃焼テスト（ダイオキシン類の発生抑制）

医療廃棄物（以後、処理物と称す）の焼却処理は、処理物の勸善焼却及び熱分解で発生した可燃ガスの完全燃焼を行う事である。

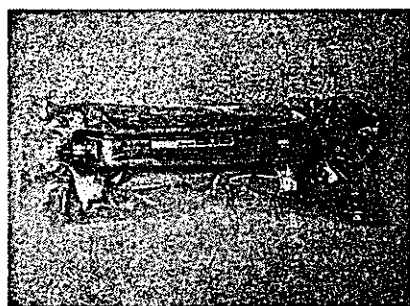
処理物の主素材は、塩化ビニル・ポリカーボネート・ナイロン等の高分子化合物であり、加熱及び燃焼により溶融ガス化の状態となる。また、処理物は用途により、水分等が内封又は混入している状態もあり、処理装置として、安定した焼却状態を維持継続させる必要がある。

従来の焼却処理装置では、処理物の強制燃焼又は自然焼の方法であり、上記処理物条件に対し、焼却維持性の不安定が想定される。

そこで、表 III-3-1 示す適正処理物を、マイクロ波を利用した加熱方法による安定焼却処理を確認すると共に、焼却・燃焼に伴い排出及び残留するダイオキシン類の状況と、装置としての運転状態を確認した。

表 III-3-1 燃焼テスト用医療廃棄物材料（医療使用前材料）

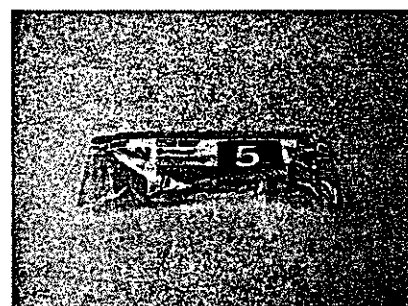
		基本処理量(kg)	発熱量 (低発熱量) (kcal/kg)	製品	備考
1	ダイアライザ ー	10 セット(水入り) 4.260	6,540	テルモ製クリアランス S15 (ホローファイバー型)	内 水溶液量 0.183kg/セット
2	血液回路	13 セット 4.329	13,600	テルモ製クリアランス 血液回路 BH	
3	注射筒	100 本 0.600	10,900	テルモ製シリンジ 5ml	
	計	9.189kg/回			



ダイアライザー



血液回路



注射筒

写真 III-3-1 燃焼テスト用医療廃棄物材料（医療使用前材料）

### 3-1. テスト結果及び成果と今後の課題

#### 3-1-1. 装置運転関係

- ・ SMCI-60、STB-60 共に良好であり、差異はみられない。
- ・ 処理時間は、STB-60 の方が 100 分程度短い。要因は、処理物の釜内加熱ガス発生開始時間差と考えられる。(マイクロ波加熱特性と自然焼却差)

表 III-3-2 運転処理時間

	予熱時間	予熱温度	ガス化	オキ火	冷却	合計(分)	記事
SMCI-60	40	700	360	20	(120)	540	第8回テスト
STB-60	105	800	210	20	120	445	第5回テスト

表 III-3-3 釜内ガス発生所用時間

	SMCI-60	STB-60	記事
内釜温度上昇タイミング時間(分) (ガス発生が大)	190	90	Fig III-3-8、III-3-5

- ・ 燃焼制御性(発生ガス制御及び二次燃焼室制御): 安定燃焼  
各燃焼テストでは、二次燃焼室設定温度制御が、燃焼バーナとマイクロ波照射負荷により安定したコントロール状態が確認され、マイクロ波利用による処理物加熱制御の有効適用性が確認できた。

#### 3-1-2. ダイオキシン類の発生抑制関係

- ・ 排ガス中のダイオキシン類及び Co-PCB 濃度については、SMCI-60 での顕著な低減は確認できなかった。これは、処理物の過剰投入による二次燃焼室での滞留時間が 0.4~0.8 秒と短くなった為と考える。  
設備基準の 2 秒を確保すれば、従来実績値の 1ng/m<sup>3</sup>N は充分可能と考える。

(表 III-3-4 参照)

表 III-3-4 ダイオキシン類分析結果(排ガス中) (ng/m<sup>3</sup>N)

	DXN(TEQ)	Co-PCB(TEQ)	滞留時間	記事	二次燃焼室温度
SMCI-60	2.2~4.4	0.0046~0.02	0.7~0.8 秒	第3,4,7回テスト	850℃以上
STB60	6.1	0.02	0.4 秒	第5回テスト	

- ・ 焼却残渣中のダイオキシン類は、低濃度を確認。但し、1 テストケースで、高濃度となる。これは、一次燃焼室の温度が 400℃程度と低く、炭化物内にダイオキシン類が析出保持されたものとする。温度 600℃以上とすれば、低濃度は可能である。

表 III-3-5 ダイオキシン類分析結果 (残渣中) (ng/m<sup>3</sup>N)

		DXN(TEQ)	Co-PCB(TEQ)	一次燃焼室温度	記 事
SMCI-60	A	2.7~0.16	0.07~0.00097	Max 750~830℃	Fig III-3-3, III-3-4
	B	56	1.8	Max 450℃	Fig III-3-7
STB-60		0.57	0.011	Max 800℃	Fig III-3-5

- ・ガス化中の燃焼排出ガス中 CO 濃度は、数 ppm と低濃度を確認。

### 3-1-3. その他分析関係

- ・燃焼排ガス中のダスト濃度は 0.08~0.001g/m<sup>3</sup>N と低濃度を確認。

(表 III-3-27)

- ・処理物の燃焼効率は、97%の高効率を確認。(表 III-3-28)
- ・処理物の減量化率は、98%を確認。(表 III-3-30)
- ・焼却残渣中の熱灼減量は、85%を確認。(表 III-3-30)
- ・主残渣成分は未燃炭素である。(表 III-3-30)
- ・装置の熱精算結果、有効熱量率は SMCI-60 では平均 66%、STB-60 は 76%と STB タイプの方が熱量率は高い。これは、マイクロ波照射電波と自燃焼の差及びガス化時間差による放熱差と考える。(表 III-3-6、表 III-3-31)

表 III-3-6 装置の熱精算結果 (kcal/kg)

	入熱量			出熱		有効熱量率	記 事
	処理物熱量	マイクロ波熱量	LPG 他	排ガス顕熱	放散他		
SMCI-60	11,333	2,018	38,211	33,824	17,738	66%	表 III-3-31
STB-60	11,333	0	29,563	30,944	9,952	%	

### 3-1-4. 今後の課題

- ・一次燃焼室 (処理物投入釜) のガス化+燃焼制御性の向上研究。
- ・一次燃焼室 (処理物投入釜) の判定制御対応研究 (センサー類含む)

### 3-2. 燃焼テスト

#### 3-2-1. 第1回燃焼テスト [SMCI-60L 通常運転]

今回の燃焼テストにおけるベースデータを確認する為に、表 III-3-7 に示す焼却物を投入し、表 III-3-8 の条件で、燃焼テストを行った。

表 III-3-7 焼却投入物内訳

投入焼却物	単重 kg	本数	重量 kg	備考
ダイアライザー(水入り)	0.426	10	4.260	内水分 1.830kg
血液回路	0.333	13	4.329	
注射筒	0.006	100	0.600	
		合計	9.189	

表 III-3-8 燃焼諸条件

燃焼空気量	大	4.0 m <sup>3</sup> /hr
	中	2.0 m <sup>3</sup> /hr
	小	1.0 m <sup>3</sup> /hr
燃焼空気供給方法	SMCI タイプ 側面供給	
運転方法	全自動	
マイクロ波	1.2kw×2台	

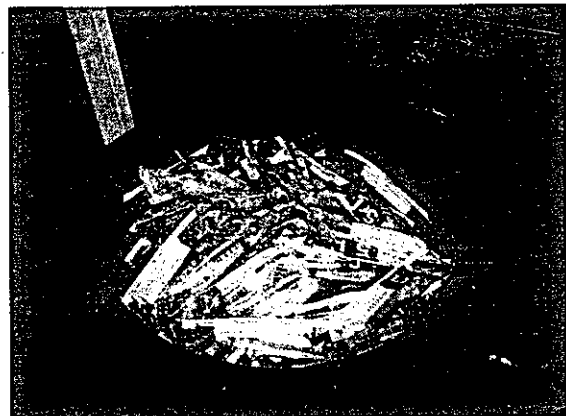
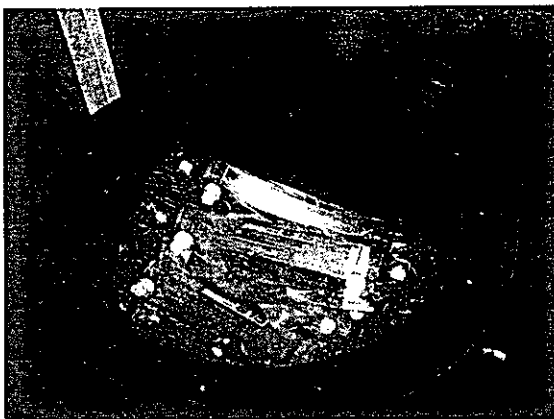


写真 III-3-2 焼却物投入状況

Fig III-3-1 に燃焼中における各温度・ガス量・マイクロ波の ON-OFF 及び排ガス中の CO<sub>2</sub>・O<sub>2</sub>・CO 濃度の推移を示す。

燃焼開始から、約2時間30分の時点で、二次燃焼室温度が一次下降しているが、これは、LPG 燃料供給ボンベが、気化熱の作用で凍り付いてしまいガス圧が下がった為で、途中から接続ボンベの本数を増やした事により、問題の解消となった。

燃焼開始後約3時間で、一次燃焼室内の内釜より燃焼ガスが発生し、一次燃焼室の温度が上昇し始め、30分後には、内釜内の側面及び底面の温度上昇が認められた。

内釜側面の温度は、最高900℃を超え、燃焼開始より6時間後にオキ火処理・その後冷却へと自動運転で進行した。この燃焼テスト結果をベースデータとして、2回目以降の燃焼テストにおける運転の指針とする。

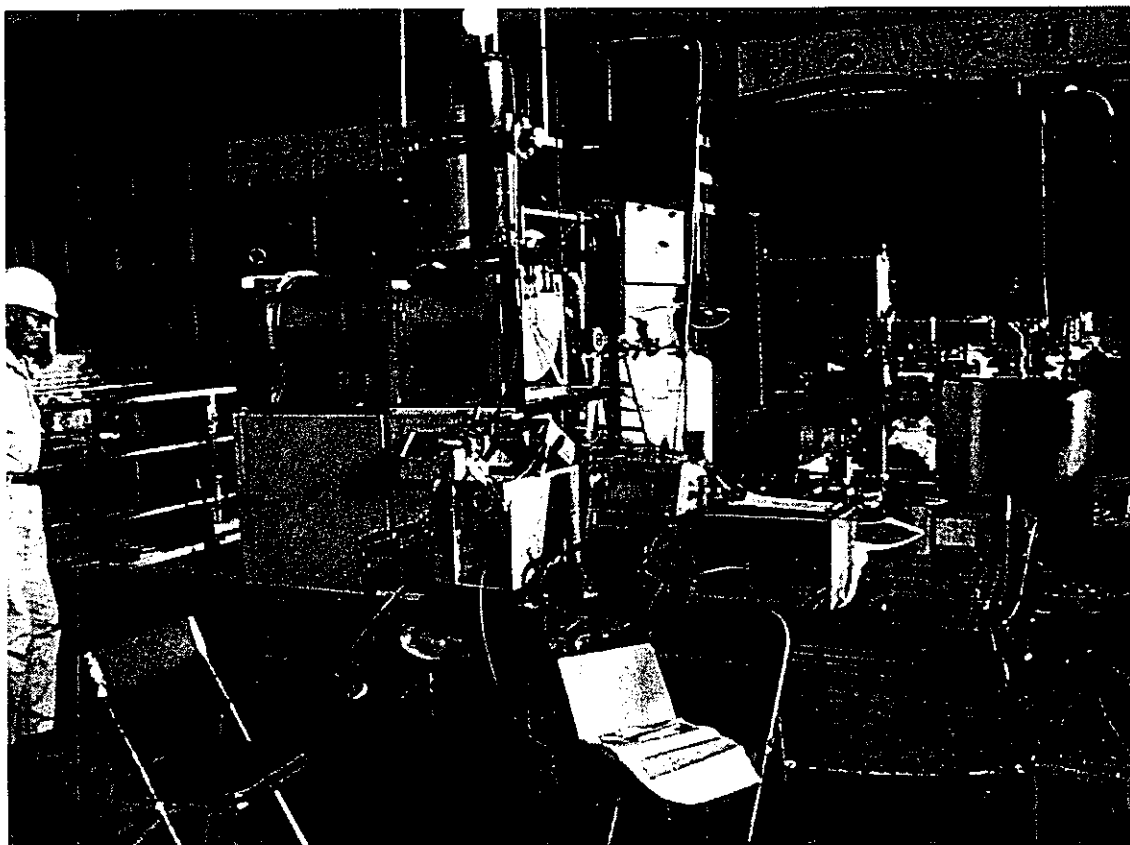


写真 III-3-3 燃焼計測風景

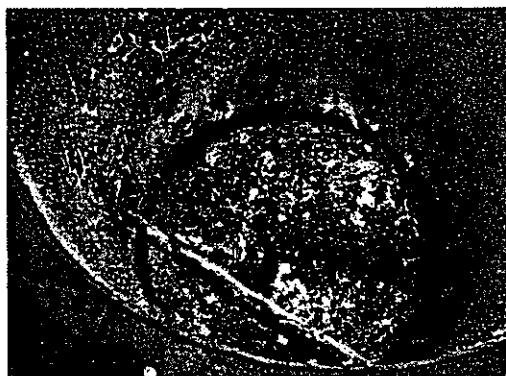


写真 III-3-4 残渣物

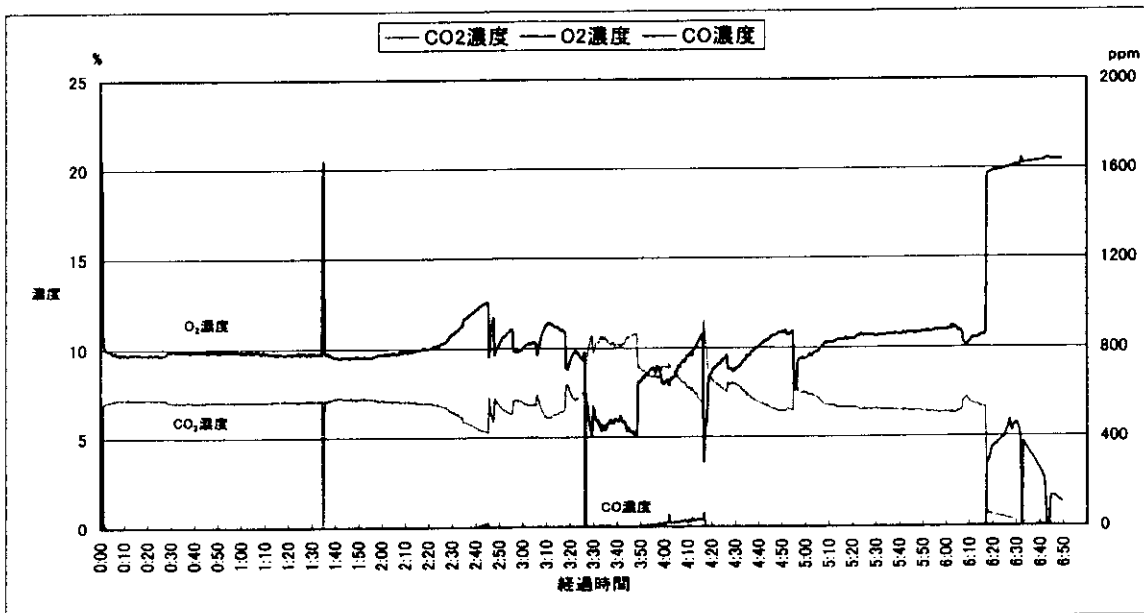
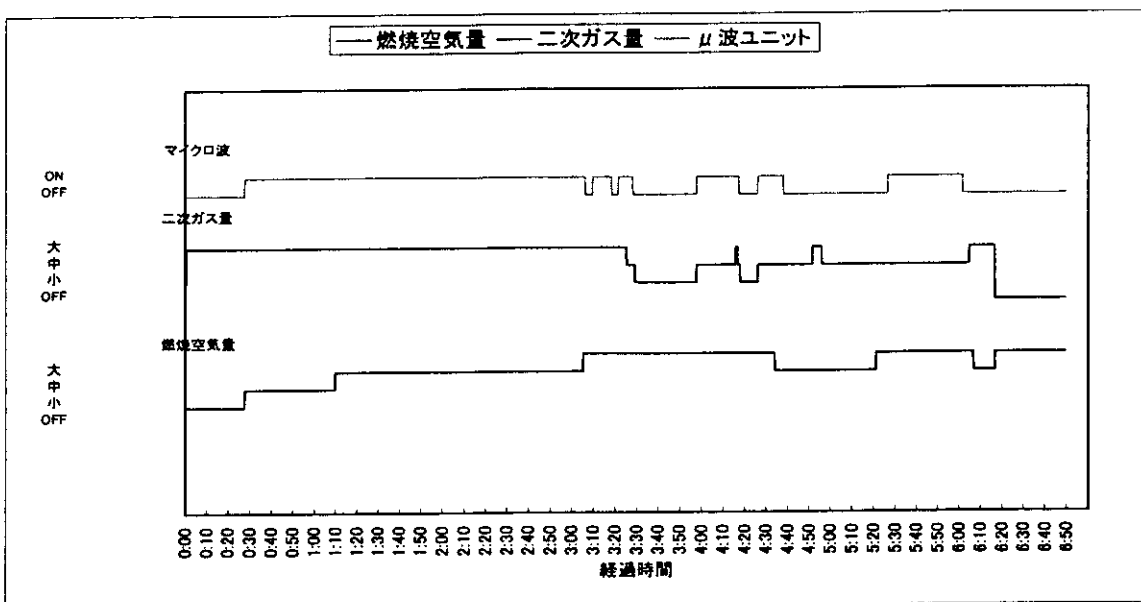
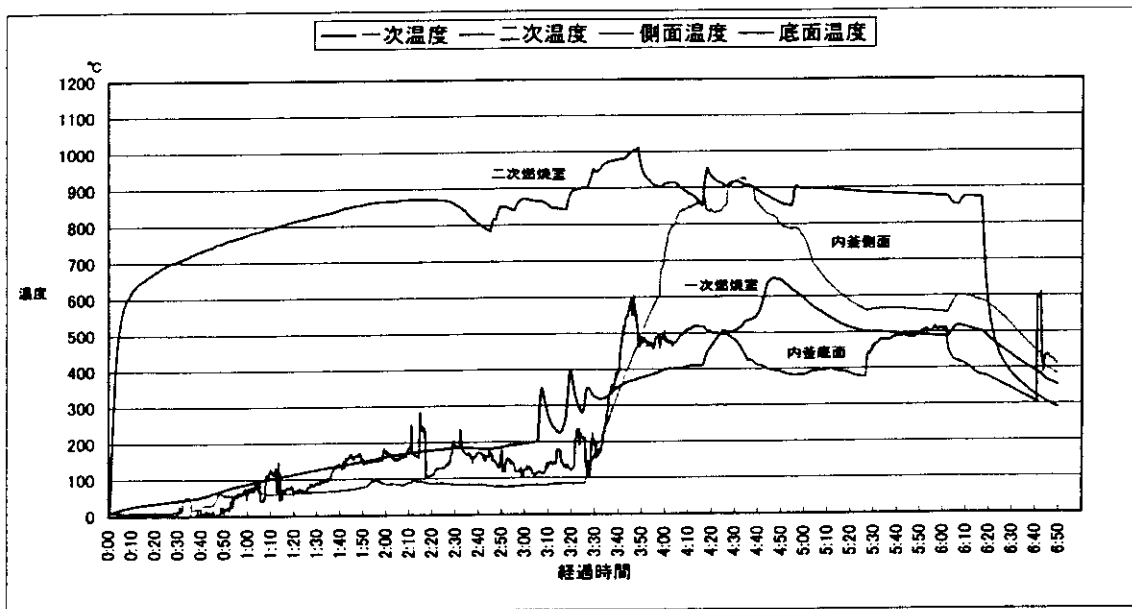


Fig. III-3-1 燃焼推移グラフ

### 3-2-2. 第2回燃焼テスト [SMCI-60L 内釜予熱運転]

第1回燃焼テストで選ばれたベースデータを基に、内釜予熱による予熱時間の短縮を目的に、燃焼テストを行った。

焼却物を投入しない状態で、内釜内を一次バーナを利用し150℃まで加熱した。その後、表 III-3-9 に示す焼却物を投入し、燃焼テストを行った。燃焼諸条件は表 III-3-10 による。

表 III-3-9 焼却投入物内訳

投入焼却物	単重 kg	本数	重量 kg	備考
ダイアライザー(水入り)	0.426	10	4.260	内水分 1.830kg
血液回路	0.333	13	4.329	
注射筒	0.006	100	0.600	
		合計	9.189	

表 III-3-10 燃焼諸条件

燃焼空気量	大	4.0 m <sup>3</sup> /hr
	中	2.0 m <sup>3</sup> /hr
	小	1.0 m <sup>3</sup> /hr
燃焼空気供給方法	SMCI タイプ 側面供給	
運転方法	全自動	
マイクロ波	1.2kw×2台	

内釜予熱による予熱時間の短縮を試みたが、燃焼テスト準備中に内釜の温度が下がり、結果的には効果を確認するには至らなかった。(Fig III-3-2 燃焼推移グラフ参照)

考えられる要因としては、内釜内に充填されている耐火物への蓄熱エネルギー量が少なかった為であり、再現テストを行うのであれば、予熱に対し十分な時間をかけ、内釜内の耐火物に熱エネルギーを蓄積させる必要がある。また、予熱の温度に関しては、焼却物が蓄熱された温度で、変質しない温度として、100℃以下の予熱にとどまらなければならない。

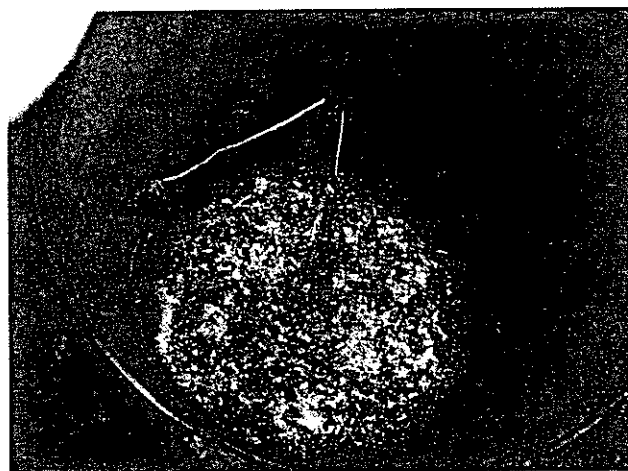


写真 III-3-5 残渣物



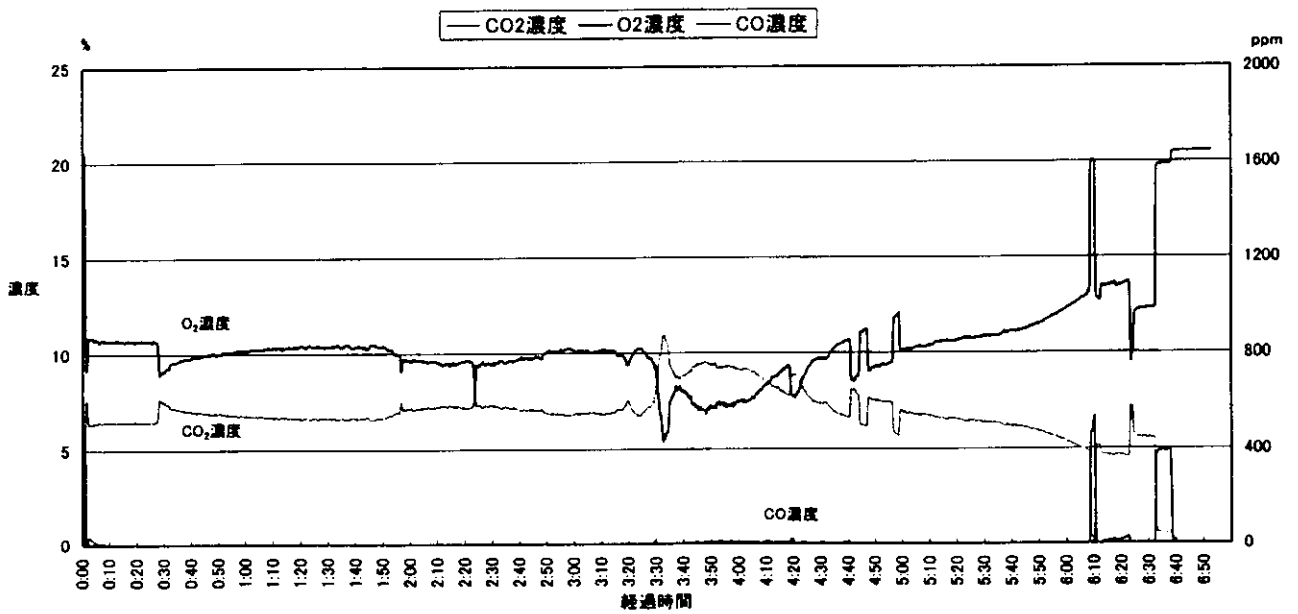
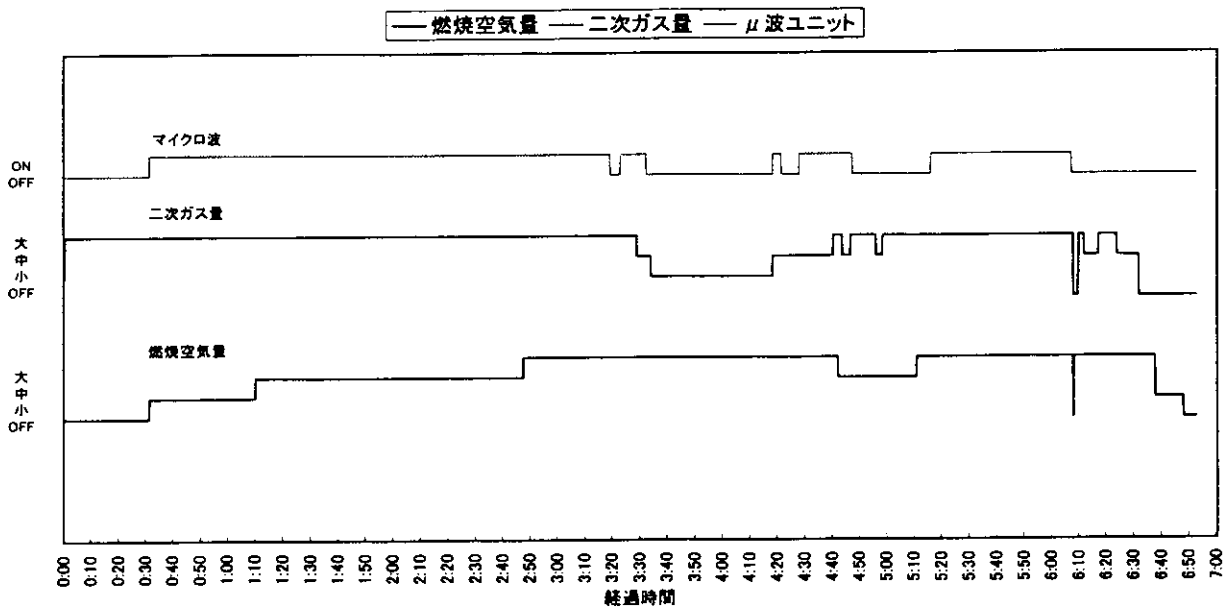
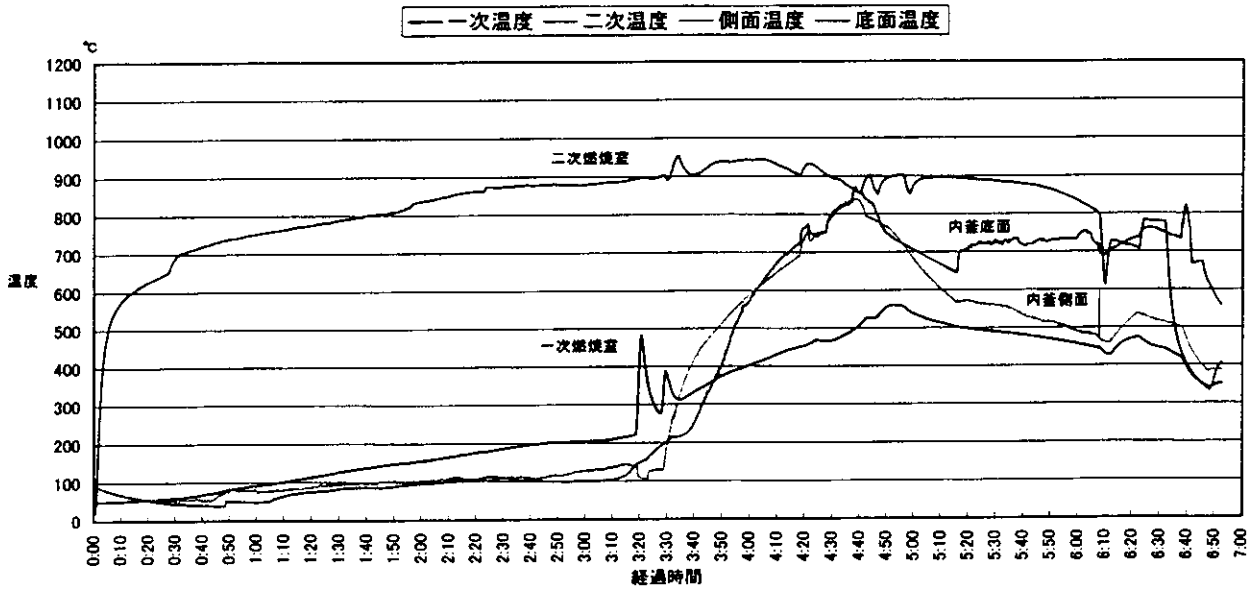


Fig. III-3-2 燃焼推移グラフ

### 3-2-3. 第3回燃焼テスト [冷却強化運転]

廃棄物処理燃焼運転のサイクル時間を短縮するには、先に燃焼テストを行った予熱の時間を短縮するか、焼却処理後の冷却時間を短縮するかの2つの要因がある。

今回のテストでは、焼却処理後の冷却時間を短縮する為、通常冷却時に使用される燃焼空気（最大時）4.0m<sup>3</sup>/hrの5倍の風量である20.0 m<sup>3</sup>/hrを、本装置とは別の圧空源より引き込み、冷却時間の短縮を試みた。

予熱・ガス化燃焼及びオキ火終了までは、通常の全自動運転とし、冷却運転に入った段階で、別供給の圧空ラインより、冷却用空気を流す事とする。

焼却物（表 III-3-11）・燃焼諸条件（表 III-3-12）参照

表 III-3-11 焼却投入物内訳

投入焼却物	単重 kg	本数	重量 kg	備考
ダイアライザー(水入り)	0.426	10	4.260	内水分 1.830kg
血液回路	0.333	13	4.329	
注射筒	0.006	100	0.600	
		合計	9.189	

表 III-3-12 燃焼諸条件

燃焼空気量	大	4.0 m <sup>3</sup> /hr
	中	2.0 m <sup>3</sup> /hr
	小	1.0 m <sup>3</sup> /hr
燃焼空気供給方法	SMCI タイプ 側面供給	
運転方法	自動（冷却時手動切替）	
マイクロ波	1.2kw×2台	
強制冷却風量	20.0 m <sup>3</sup> /hr	

本装置が全自動にて停止する温度条件は、一次燃焼室温度が150℃以下であり、通常の冷却方法だと、一次燃焼室温度500℃から150℃以下になるまでの冷却時間は約2時間30分程度かかるが、今回の風量アップにより、同条件で、約1時間30分であった。(Fig III-3-3 燃焼推移グラフ参照)

焼却物の直接処理時間はそのままとすると、冷却時間が単純に1時間短縮できる為、1ロットの標準処理サイクル時間8時間を、7時間に短縮できる。

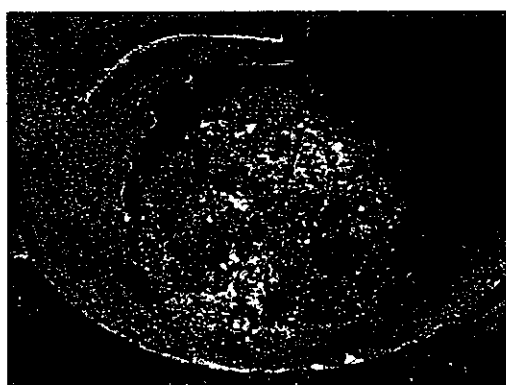


写真 III-3-6 残渣物

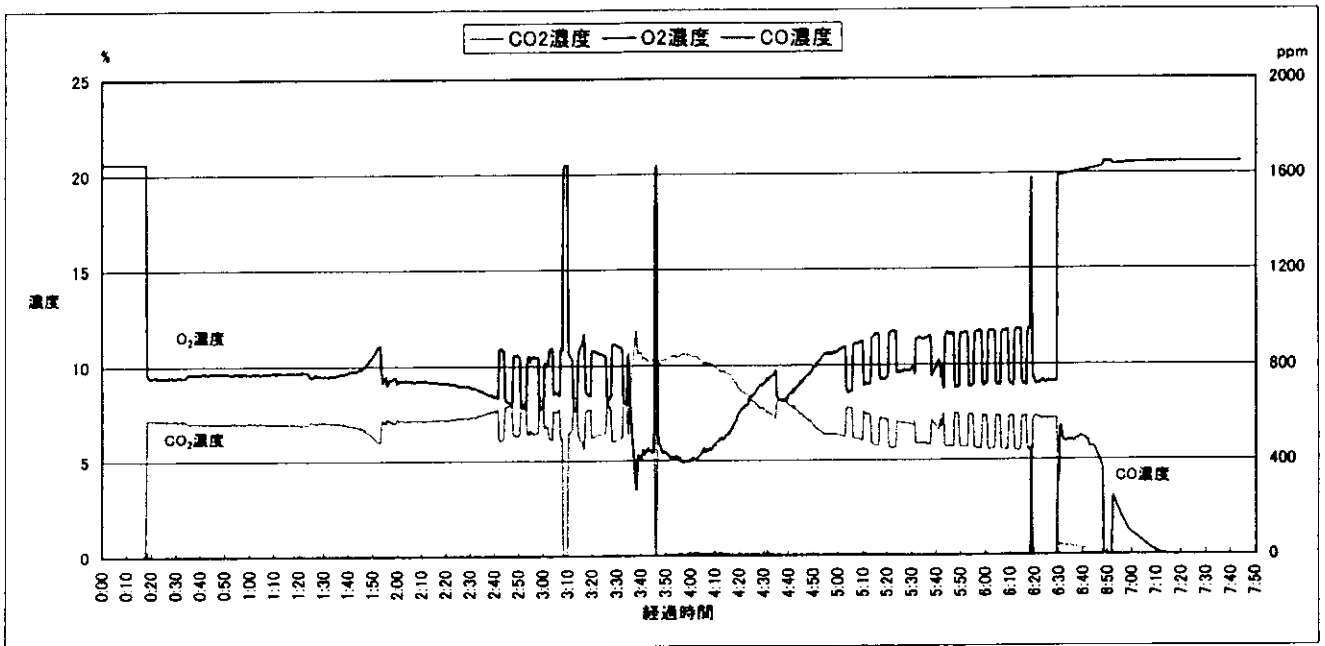
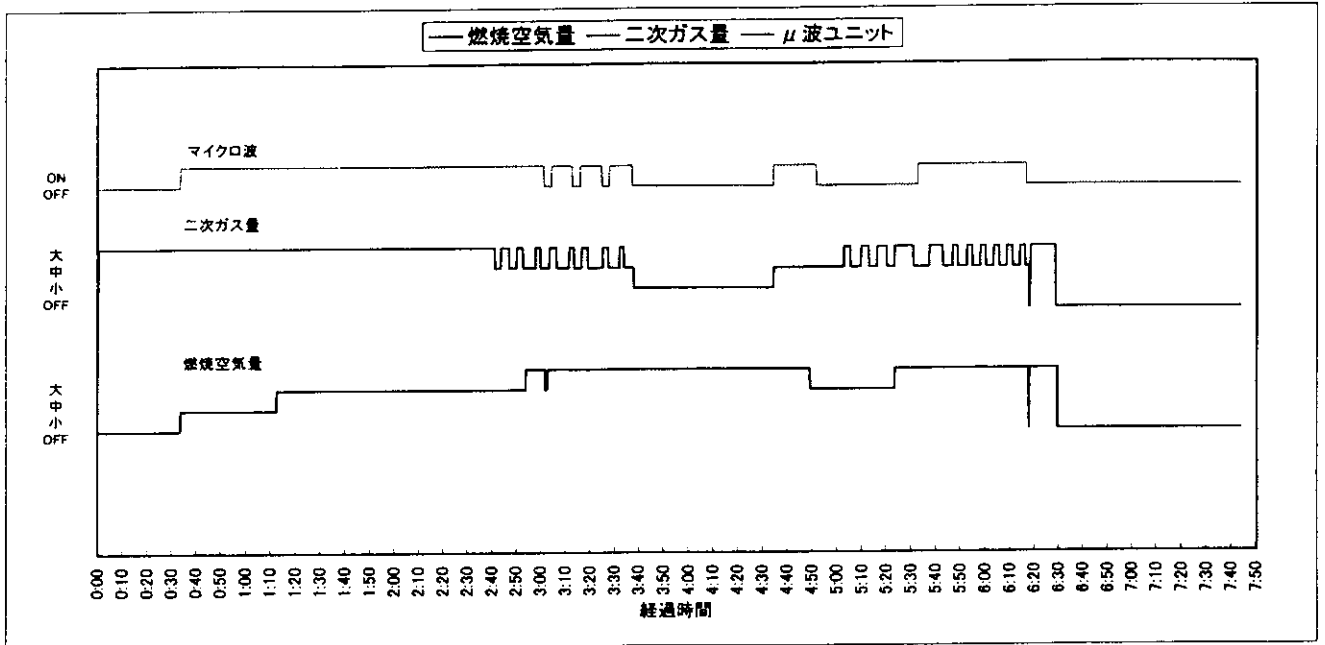
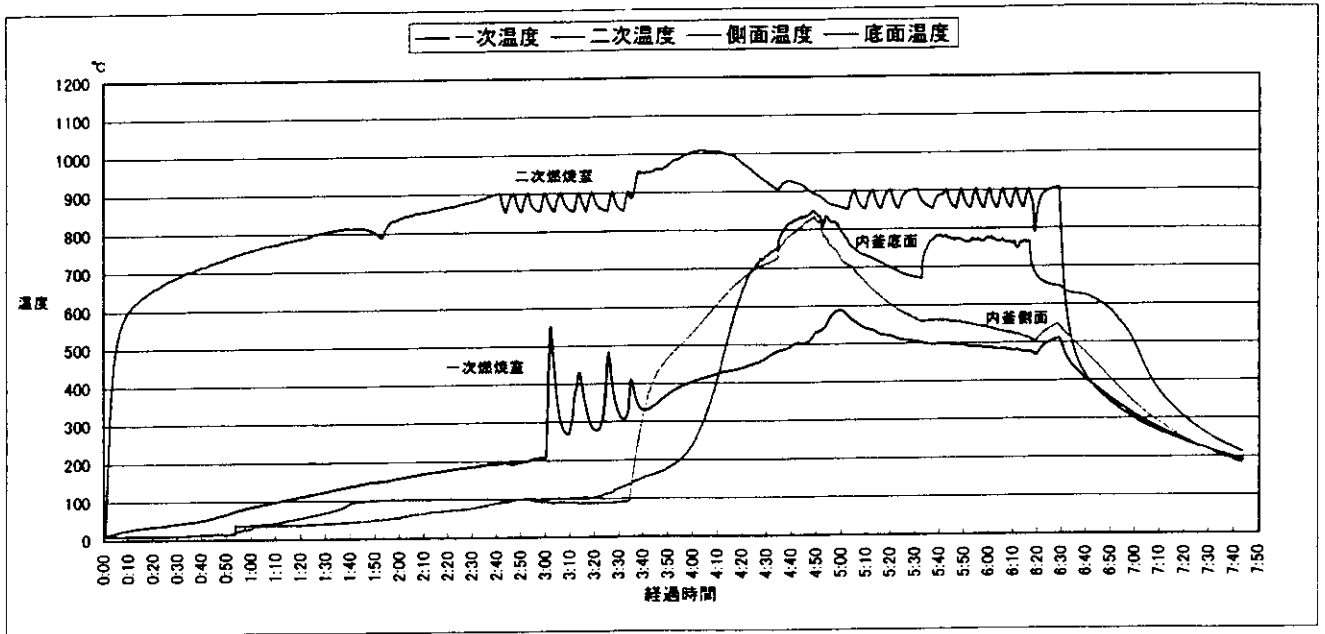


Fig. III-3-3 燃焼推移グラフ