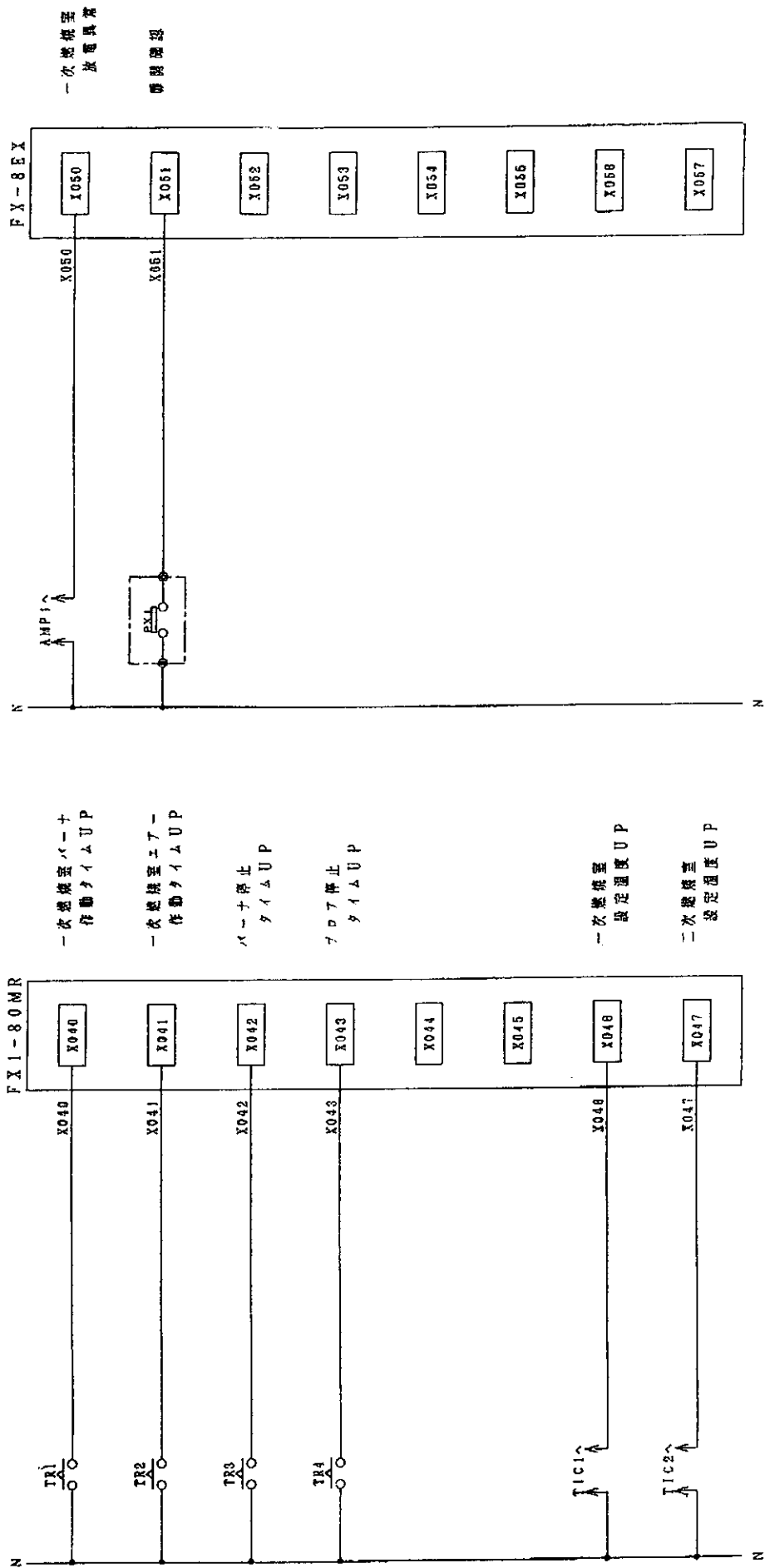
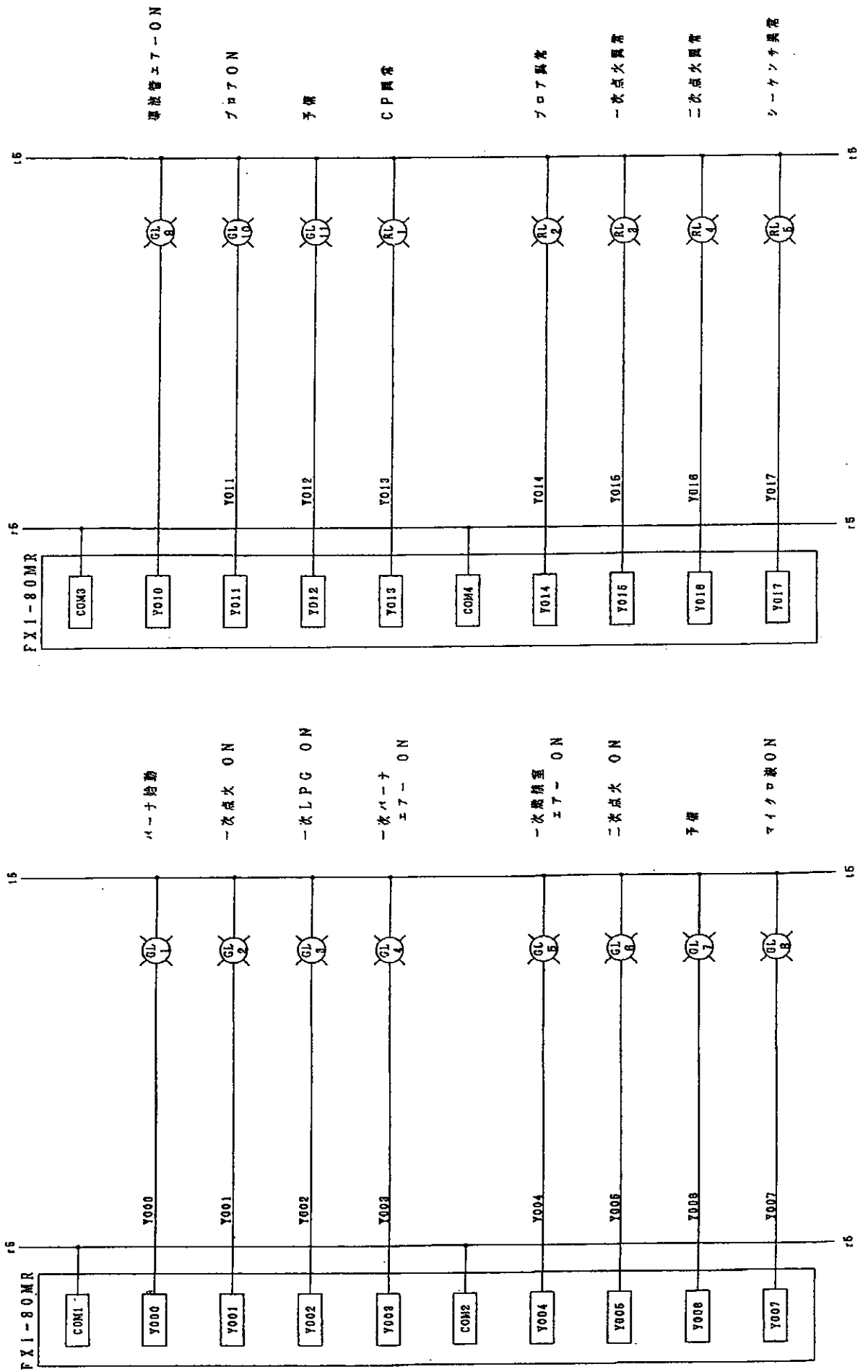


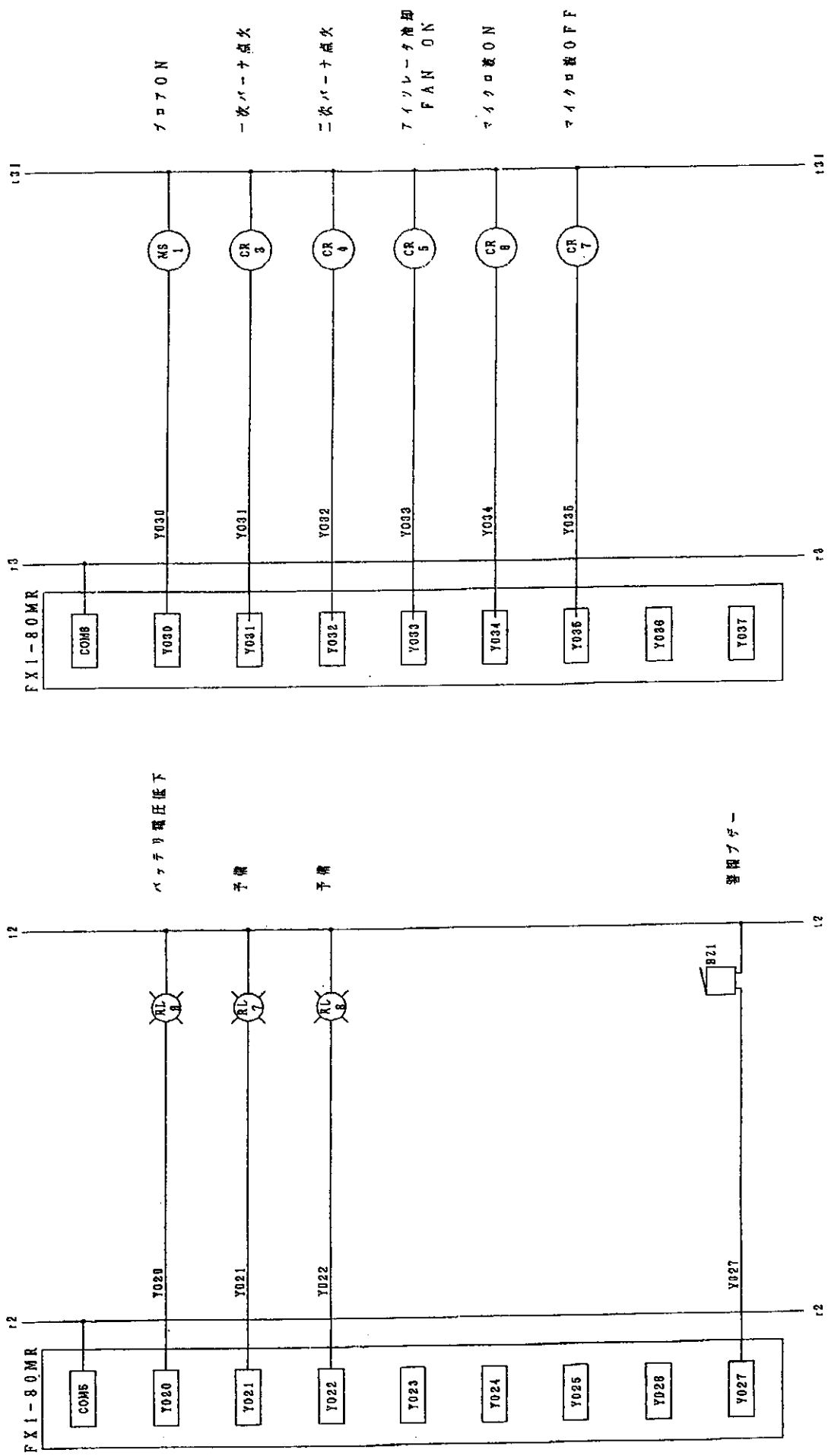
第8図 展開接続図-4



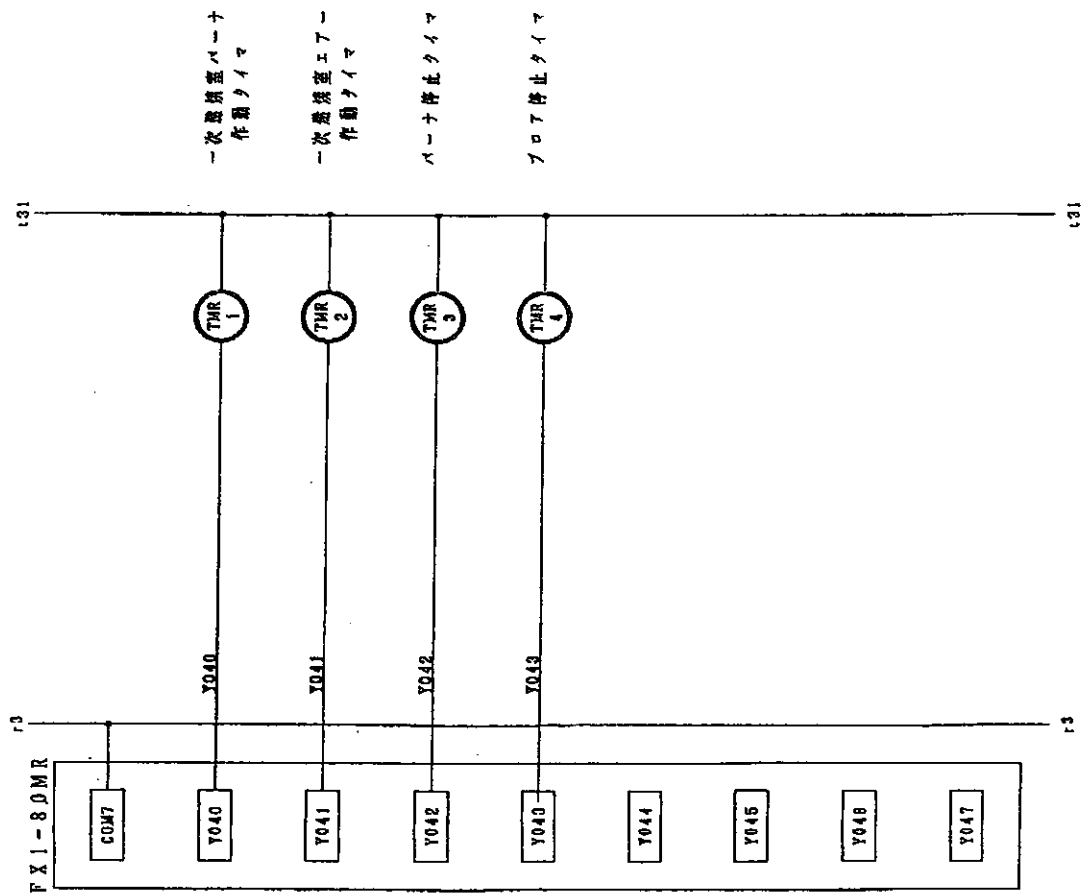
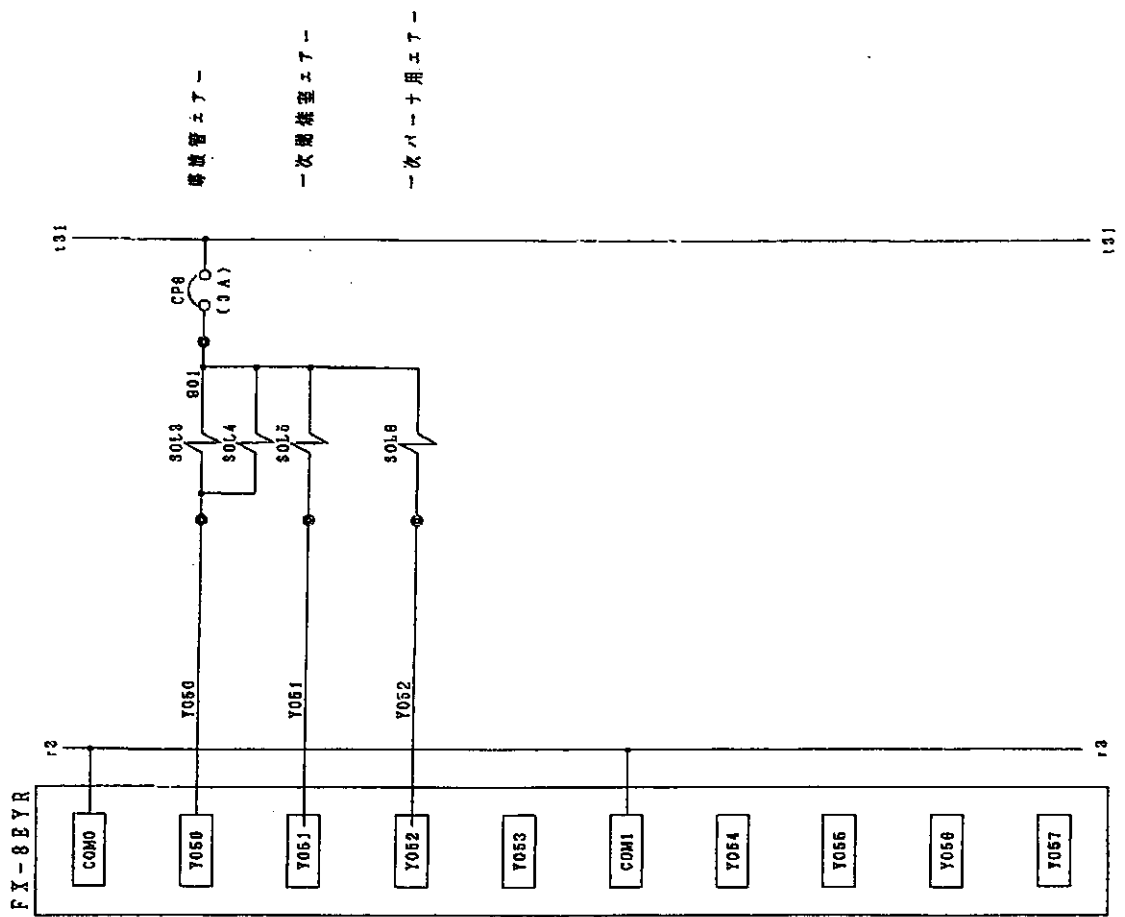
第9図 展開接続図-5



第10図 展開接続図 - 6



第11図 展開接続図 - 7



第12図 展開接続図 - 8

⑨ 安全性の設計

イ、マイクロ波の漏洩防止対策：

マイクロ波の漏洩防止は重要であり次の事項についてその対策を確実に設計に反映させ組み込むものとする。

- a、次の状態ではインターロックによりマイクロ波発振機の操作電源がはいらぬものとする（発振機は始動できないものとする）
 - ・ 一次燃焼炉の扉が「開」の状態にあるとき。
 - ・ 一次燃焼炉の扉が閉状態であっても一次燃焼炉内に「焼却物が挿入されていない」とき（一次燃焼炉の内壁が鋼板製であるため反射電波が多量）
 - ・ 一次燃焼炉の扉が閉状態であっても変形、物の咬み込みなどで扉枠と扉外周枠とのタッチが悪く「タッチ不良」の表示が出たとき。
 - b、一次燃焼炉の扉と枠とのタッチはメタルタッチ（金属どうしの密接）とし、全周にわたって密接面の幅を 3 cm ($\lambda/4=12.2/4$ 2450MHz:12.2 cm) 以上とする。
 - c、一次燃焼炉～二次燃焼炉を接続するダクト内に 6mm ϕ 以下のパンチングメタル製のアレスターを挟み込むものとする（マイクロ波の漏洩防止のみならず二次燃焼炉からの火炎も遮断され一次燃焼炉への逆火が防止される:quencing-distance（消火距離）が維持される）
 - d、スタックに前項同様のアレスターを装着するものとする。
 - e、導波管空冷管は 10mm ϕ 以下とする。
 - f、導波管の破損穴、接続箇所の緩みなど定期・随時点検可能な扉式外壁とする。
- ロ、二次燃焼炉内の過高温防止対策：最高温度制御を組み込む。
- ハ、一次、二次燃焼炉の断熱を確実にを行う（断熱材の選定・外壁温度の算定）
- ニ、挿入（焼却）禁止物を明示する。
- ホ、運転・操作マニュアルを作成し明示する。
- ヘ、設置制限場所を明示する。

2-1-3 展望

1 当該焼却炉の望ましい提供先と対象物の焦点

当該マイクロ波応用小型焼却炉は、医事関係機関、微生物研究機関、医薬・化粧品研究所、製造現場等において「緊急危険解消手段」として それら機関が最低具備すべき必須施設として配備し活用されることが望まれる。

つまり、我が国における廃棄物処理の現状は感染性病原菌汚染物や有害微生物汚染物の現場外流出や環境への拡散の可能性が無しとは言い難い状況にあるが それだけに今後増加が予測される不法投棄など不適正処理の中に 最低 前記の危険物だけは入って欲しくない。

廃棄物の不法投棄が増加する予測は、廃棄物処理関係者の一致した見方であるがその理由は言うまでもなく廃棄物処理施設設置に対する市民の忌避感情や反対運動、加えて施設設置コスト及び施設維持管理コストの急速な高騰と膨張である。

かかる現状と予測の中で、前記の危険物及び冒頭既述の特殊少量廃棄物だけは少なくとも不法・不適正処分がなされてはならないと願われるのである。

そのため、排出現場内で最低これら廃棄物だけでも他人に渡す事なく確実に自家処理されるようお願い、そのため操作が簡便で処理の確実性が高い当該焼却炉の提供を図ろうとするものである。

2 製造コストの低減化

当該焼却炉は、本質的に量産化にはなじまないが 例えば 30 台前後のロット生産が可能となれば売価もリーズナブルなものになるであろうし その結果汎用化が進む可能性は大きい。

また、異論はあろうが当初設計の炉の大きさは過大であると反省され一次燃焼炉の容積は 30 リットル、発振機は 1.5 Kw で所期のニーズに込え得るものと考えられる。

ダイアライザーや薬ビンなどが対象となるべきではなく、これら一般医療廃棄物などは殆どが公的処理場に受け入れられるようになるであろうし、現に少なくない数の地方自治体立焼却場が公的医療機関の非感染性廃棄物を受け入れはじめている。

このようなケースと競合していたのでは展望はない。

3 販路の再確認と販売網の整備

当該焼却炉は、単に我が国のみならず広くニーズを求めておかしくない装置である。但し、我が国で言う法定伝染病や指定伝染病など感染性疾病が多発する地域においては規模が過小でありそれゆえ活用される地域は限られるが、国内外を問わず販路の再構築と販売網の整備が緊急の課題であり強力で真に真摯なメーカーと販売者の理解と協力が是非とも必要である。

2-2 ダイオキシン類の測定

1. はじめに

ダイオキシン類とはポリ塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシン類 (PCDDs) およびポリ塩化ジベンゾフラン類 (PCDFs) の総称である。最近、コプラナポリ塩化ビフェニル (Co-PCBs) もその毒性がダイオキシン類と類似していることから、ダイオキシン類の中に含まれる場合も見られる。ダイオキシン類は極めて強い毒性をもつほか、発ガン性があること、また内分泌攪乱物質としての作用も報告されており、発生源の状況を含めた環境中での挙動や人体中の濃度を把握することが、非常に重要な課題となっている。しかしながら、環境中や人体中のダイオキシン類は極めて微量であるために、高精度の微量分析が必要とされる。ここでは、ダイオキシン類の測定法およびその問題点など調査した結果について報告する。

2. 測定方法

(1) 分析対象化合物

厚生省ならびに環境庁から出されている測定法についてのマニュアルでは数多くある同族体および異性体の中から分析の対象となる化合物を規定している。PCDDs では、同族体および異性体の数は 75 種ある。このうち分析の対象となる化合物は 7 種である。PCDFs は 135 種のうち 10 種が対象となっている。Co-PCBs は 209 種ある中の 13 種である。従って合計 30 種が分析の対象となっている。これは数多くある同族体および異性体が塩素の数および置換している位置により、その毒性が異なることによるものである。毒性の強いものを分析の対象としている。

(2) 環境庁から提出された分析方法

環境庁からの排ガス試料中のダイオキシン類の分析法〔ガスクロマトグラフィー質量分析 (GC-MS) 法〕について述べる。

概略図 (図 1) を示す。

特徴として以下の点が挙げられる。

- ・現時点では、最も信頼のおける分析法である。
- ・前処理は、試料の濃縮やクリーンアップの工程からなり、熟練した技術を必要とする。
- ・一つの試料に対して通常 4～6 日の分析時間が要する。
- ・分析のために高額のコストが必要である。

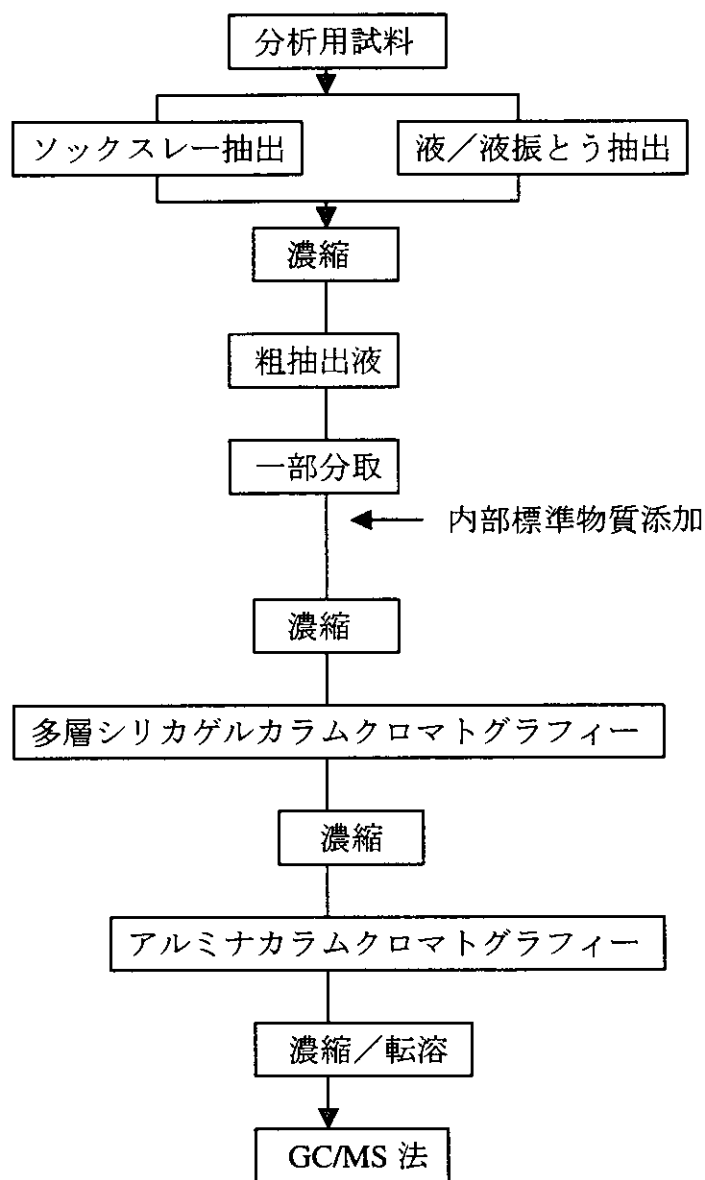


図1 排ガス試料中のダイオキシン類の分析法の概要

(3) 生化学的な検出法 (Enzyme Immunoassay 法)

概略図 (図 2) を示す。

特徴として以下の点が挙げられる。

- ・ダイオキシン類はその塩素の数および置換している位置により毒性が異なる。従って毒性評価をするために毒性等価係数を用いて行っている。すなわち最強の毒性を持つ 2,3,7,8-四塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシンの毒性を 1 とし、他のダイオキシン類の毒性の強さを換算した係数が用いられている。この測定法は 2,3,7,8-四塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシンを定量・半定量的に測定する方法である。
- ・測定用のキットが市販されている。
- ・測定のために要する時間は約 70 分であり、(2) の GC/MS 法に比べて非常に短時間で測定ができる。
- ・測定用のキットの試薬は高価である。

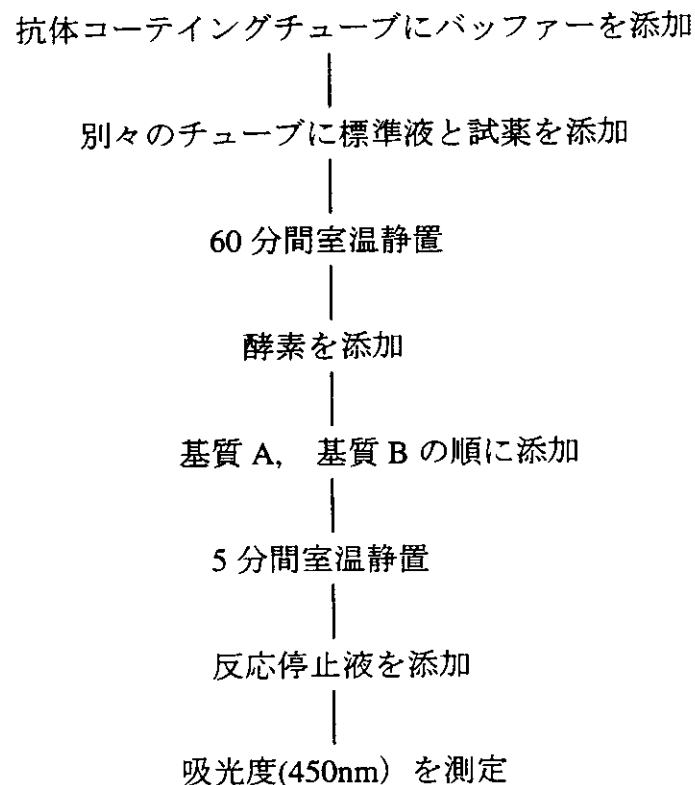


図 2. ダイオキシン検出キットを用いた分析法の概要

3. 分析方法の問題点と今後の課題について

環境中、食品や生体からの試料中には多くの他の環境汚染物質が存在しているのに対して、分析対象となるダイオキシン類は、ppb～ppq レベルしか存在していない。従って、

- ① 各試料毎に適切な抽出、精製操作を行う必要がある。
- ② 多数のダイオキシンの異性体や同族体の中で、分析の対象となる 30 種を高分解能 GC/MS を駆使して、いかに精度よく分離定量するかがポイントとなる。

今後の課題として

- ① 1～2 日で分析できる簡易迅速分析法の開発が必要である。
- ② 現行の抽出法並びに精製法を改善することにより、複雑な操作を簡素化する。
- ③ 現行の GC/MS 法とは全く異なった分析法の開発（例 バイオセンサー等）

参考文献

- 1) 厚生省生活衛生局水道環境部環境整備課：廃棄物処理におけるダイオキシン類標準測定分析マニュアル
- 2) 環境庁大気保全局大気規制課：有害大気汚染物質測定方法マニュアル
- 3) 公害対策技術同好会：続・ダイオキシン類測定マニュアル
- 4) 太田壮一：ダイオキシンの分析、ファルマシア, 5, 441-444 (1998)

2-3. マイクロ波照射効率測定

2-3-1. 60リットル容量の一次燃焼室のマイクロ波加熱効率測定 (従来型SMC I-60のマイクロ波加熱効率の測定)

1-1. 一次燃焼室の形状とマイクロ波導入口の寸法

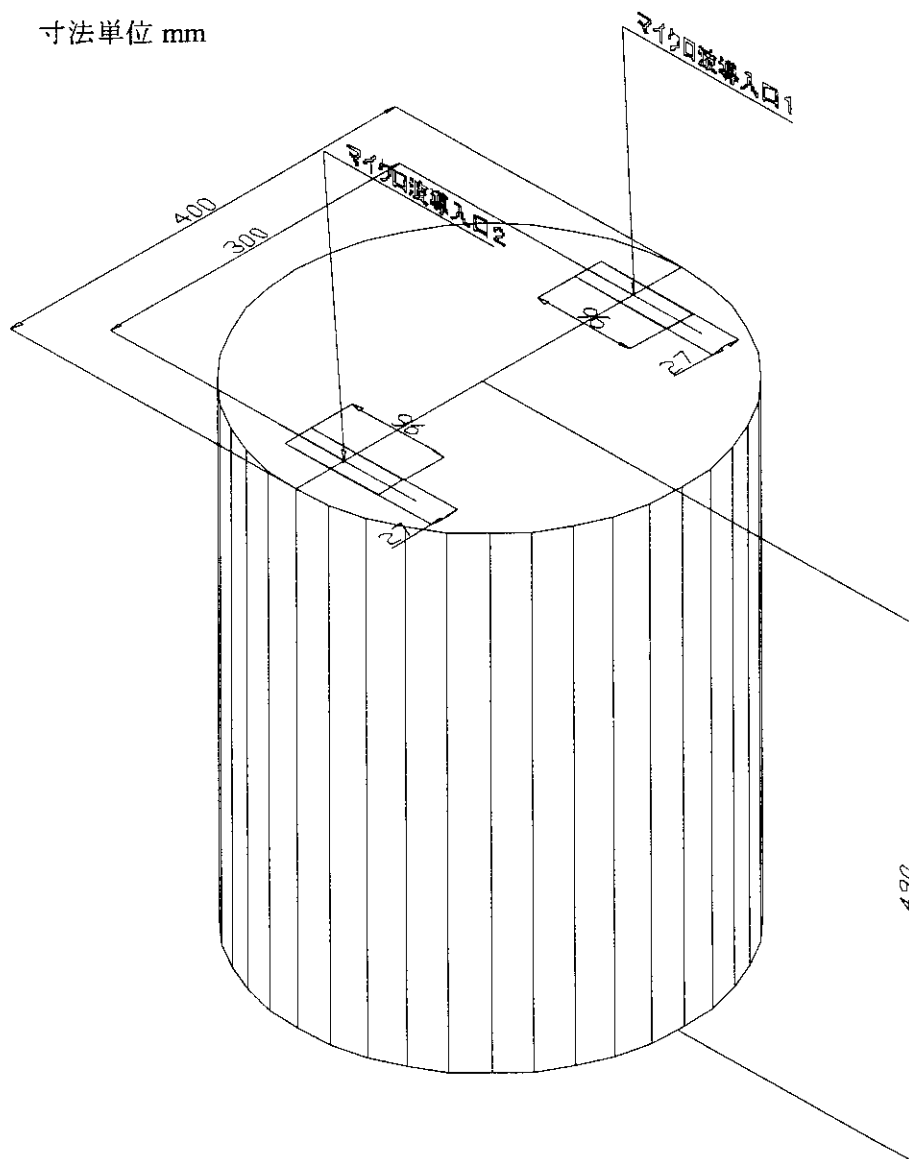
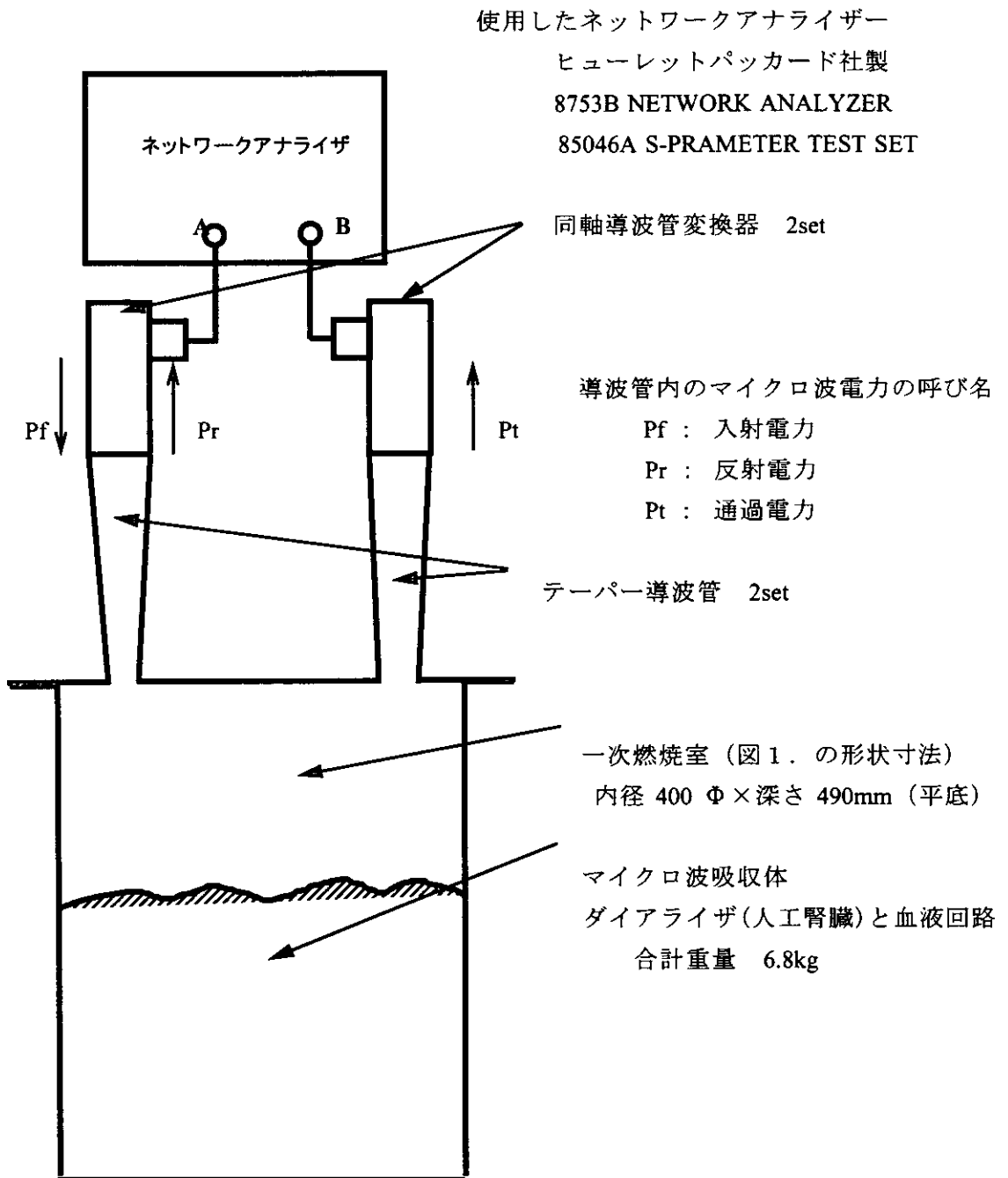


図1. 60リットル一次燃焼室の内寸法とマイクロ波導入口の寸法

1-2. ネットワークアナライザを用いた反射電力/入射波電力比の測定

図2. 測定方法



測定結果

図 3. S₁₁ (反射電力/入射電力) の測定結果

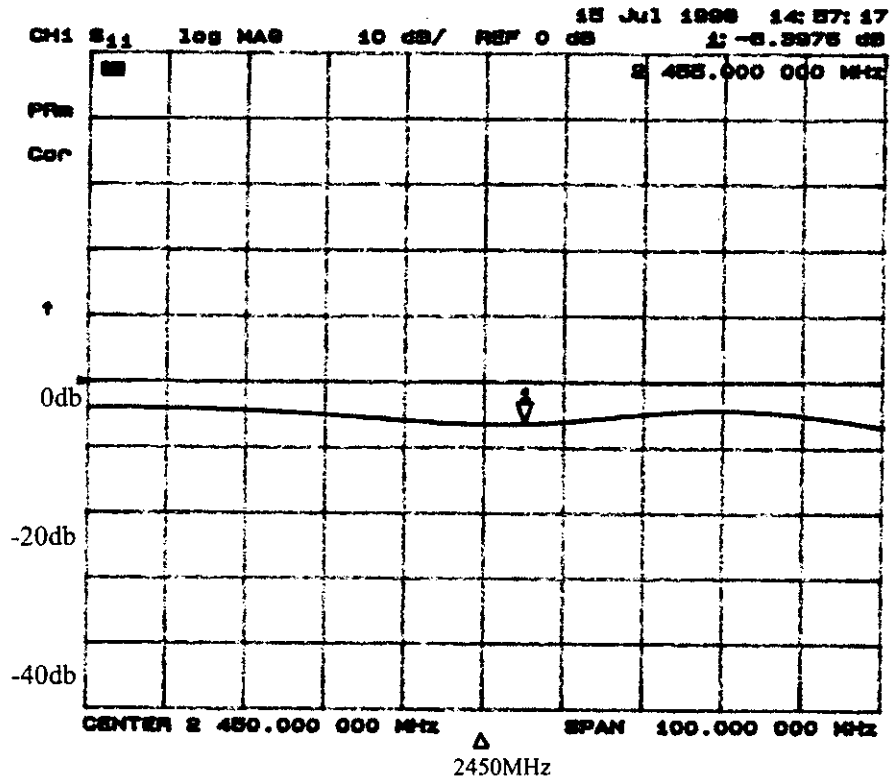
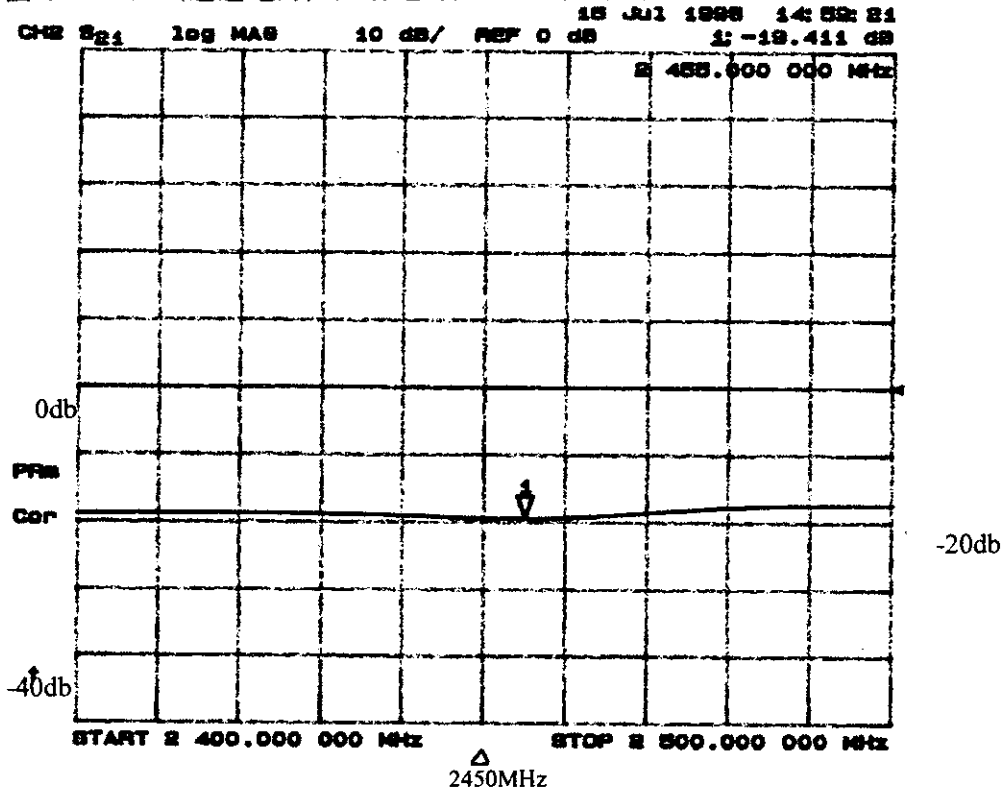


図 4. S₂₁ (通過電力/入射電力) の測定結果



ネットワークアナライザはマイクロ波周波数に対し、負荷に向かって進むマイクロ波電力と負荷から反射してくるマイクロ波電力の比を測定する機器である。

測定データの図3. と図4. は、横軸は周波数を示し、縦軸は一次燃焼室からネットワークアナライザに向かって逆方向に進行してくるマイクロ波電力 (Pr あるいは Pt) とネットワークアナライザから一次燃焼室に向かう入射電力 (Pf) の比を下式で演算して示している。

$$S_{11} = 10 \log (\text{反射電力} / \text{入射電力}) \quad [\text{db}] \dots \dots \dots \text{式1}$$

$$S_{21} = 10 \log (\text{通過電力} / \text{入射電力}) \quad [\text{db}] \dots \dots \dots \text{式2}$$

上の式1 と式2 を逆算し、反射電力 / 入射電力と通過電力 / 入射電力を求めると次のようになる。

$$\begin{aligned} S_{11} &= -6.29 \quad [\text{db}] & \text{反射電力} / \text{入射電力} &= 23.6 \% \\ S_{21} &= -19.41 \quad [\text{db}] & \text{通過電力} / \text{入射電力} &= 1.15 \% \end{aligned}$$

S₁₁ 反射電力は、一次燃焼室からマイクロ波電源に戻って来て燃焼室内の被加熱物の加熱には寄与しない無効電力である。

S₂₁ 通過電力は図1. に示す二つのマイクロ波導入口に接続された二台のマイクロ波電源のマイクロ波入射電力の一部が互いの導入口に入り込む電力の大きさを示しているが、反射電力と同様に一次燃焼室内の被加熱物を加熱することのない無効な電力である。

反射電力と通過電力は、どちらも一次燃焼室からマイクロ波発振器に向かって進行するマイクロ波電力で一次燃焼室の中で熱になることはないため、この二つの無効電力の多寡がマイクロ波加熱効率に大きな影響を与える。

既製の60リットル一次燃焼室の測定結果では反射電力 S₁₁ が非常に大きな値となっている。

1-3. マイクロ波加熱効率の測定

マイクロ波加熱時のエネルギー効率 η を

$$\eta = \text{燃焼室内の被加熱物の発熱量} / \text{マイクロ波照射エネルギー}$$

と定義すると、実際の加熱物は医療廃棄物で種々雑多な物質の集合体であるため被加熱物の発熱量を正確に求めることは不可能である。そこで、被加熱物に水を用いてマイクロ波加熱時のエネルギー効率を求めた。

1-3-1. 加熱効率測定の方法

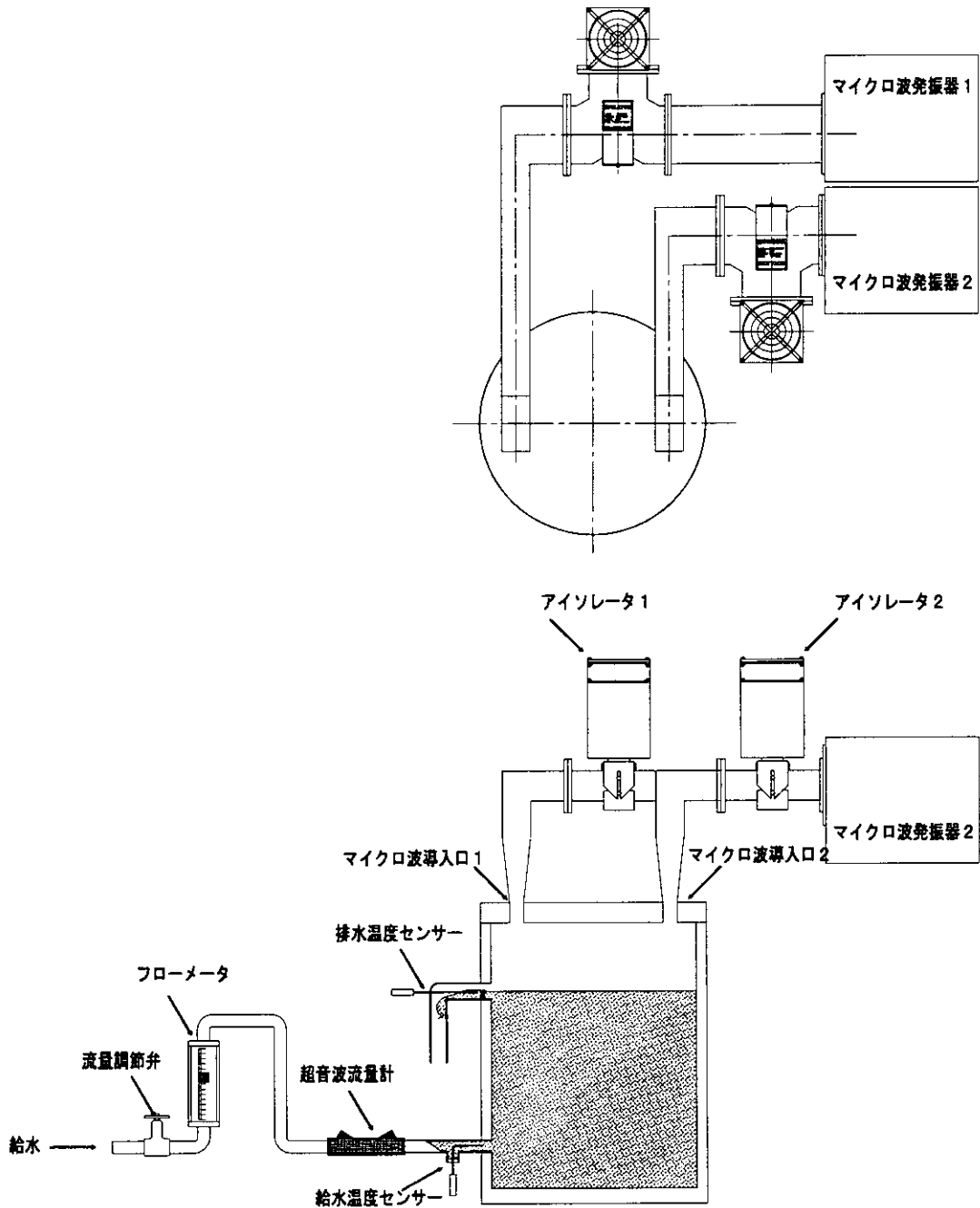


図5. 60リットル一次燃焼室のマイクロ波加熱効率測定

図5. に示す給水温度センサーと排水温度センサー及び超音波流量計の測定データはパーソナルコンピュータに10秒間隔で逐次取り込み、そのデータを元にマイクロ波加熱効率を算定する。

使用機器リスト

給水温度センサー	シース熱電対	種類	J
排水温度センサー	シース熱電対	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	1.2kW出力	2台	

1-3-2. データ収集の方法

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. 排水は一次燃焼室内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採り重量を測定して校正を行う。
4. 加熱データの収集は次の3通りである。
 - 4-1. マイクロ波発振器1を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2を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1とマイクロ波発振器2を同時に使用した場合
5. 上記3通りのマイクロ波照射したとき排水温度の温度上昇が平衡状態に達する迄の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。

1-3-3. データ解析の方法

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。

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

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。

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

1-4. 60リットル一次燃焼室のマイクロ波加熱効率測定の結果と評価

図5. に示した一次燃焼室のマイクロ波導入口1とマイクロ波導入口2のそれぞれに出力1.2kWのマイクロ波発振器を接続して、マイクロ波発振器1のみを運転した場合と、マイクロ波発振器2のみを運転した場合、及びマイクロ波発振器1と2を同時に運転した場合の3通りについて水に対するマイクロ波加熱効率を測定した結果を下表にまとめた。

表1. 60リットル一次燃焼室のマイクロ波加熱効率測定の結果

マイクロ波導入口	1	2	1 & 2
マイクロ波出力	1.2 kW	1.2 kW	2.4 kW
マイクロ波照射時間	1,790 秒	1,790 秒	1,790 秒
排水が1790秒間に一次燃焼室から持ち去った熱量	1,310.9 kJ	1,523.5 kJ	2,290.6 kJ
マイクロ波照射熱量	2,148.0 kJ	2,148.0 kJ	4,296.0 kJ
水のマイクロ波加熱効率	61.0 %	70.9 %	53.3 %
加熱効率の平均値		59.3 %	* 1

* 1: 加熱効率の平均値は次のように計算した。

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

評 価

従来型SMCI-60のマイクロ波加熱効率が概略60%であるという結果となった。一般にマイクロ波加熱装置のマイクロ波加熱効率は被加熱物のマイクロ波吸収特性によって異なるが、水はマイクロ波吸収の良い物質であるので60%の加熱効率という値は低すぎるように思われる。

本報告書の75ページに60リットル位置燃焼室のマイクロ波導入口のマイクロ波特性をネットワークアナライザーで測定したデータは次のようになっていた。

$$S_{11} = -6.29 \text{ [db]} \quad \text{反射電力} / \text{入射電力} = 23.6\% \quad (75ページから転載)$$

マイクロ波電力をマイクロ波導入口を介して一次燃焼室に導く際の導入口の反射電力を少なくする整合設計がなされていないため、23.6%ものマイクロ反射損失が発生した結果マイクロ波加熱効率が低い値となっている。

2-3-2. 300リットル容量の一次燃焼室のマイクロ波加熱効率測定

2-1. マイクロ波導入口の形状寸法の適正化による反射損失の低減

これまでの測定結果では、60リットル一次燃焼室のマイクロ波加熱効率は60%程度であった。

一次燃焼室の内容積が300リットルの装置を開発するにあたり、60リットルの燃焼性能のままでスケールアップとするならば、容積比(300リットル/60リットル=5倍)に相当するマイクロ波電力を供給する事が必要である。

従来型SMC I-60医療廃棄物焼却装置では1.2kWのマイクロ波発振器を2台搭載して合計出力2.4kWで運転している。

そのまま一次燃焼室容積を300リットルにスケールアップするならばマイクロ波出力は5倍の12kWを必要とすることになる。

これまでの測定結果では、60リットルの内容積を持つSMC I-60の一次燃焼室のマイクロ波加熱効率は60%前後であった。40%のエネルギー損失の中でマイクロ波反射損失が24.6%を締めていることが判明した。

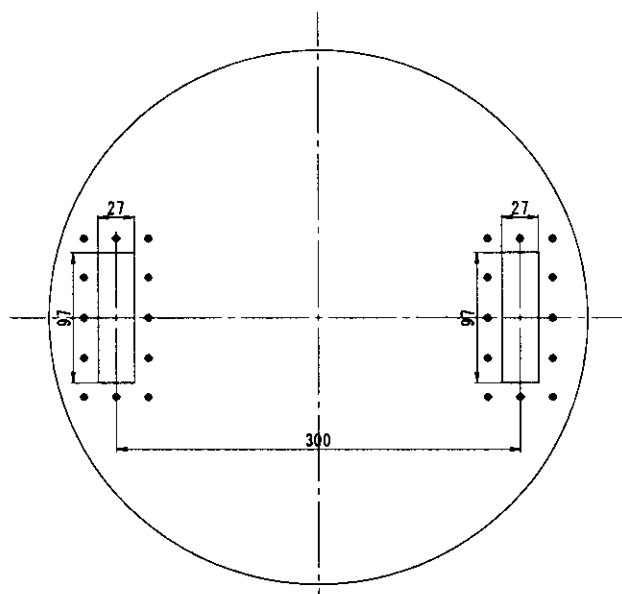
このマイクロ波反射損失を低減することで省エネルギーとコストダウンの両方が可能となる。

マイクロ波反射損失を低減する方法として一般的には、マイクロ波導入口とマイクロ波発振器の間にスリースタブ・チューナーと呼ばれるマイクロ波整合器を接続して反射損失が少なくなるように整合調整を行う方法が採られる。

しかし、この方法は反射電力を計測表示するパワーモニターとスリースタブ・チューナーをマイクロ波導入口の数だけ使用しなければならない。

この方法は省エネルギーは果たせるものの、装置が複雑化してコストアップになることは避けられない。

そこで、300リットル容量の一次燃焼室については、反射電力の少ないのマイクロ波導入口の形状を作り出して、省エネルギーとコストダウンを両立させることにした。



左図は図1. 60リットル一次燃焼室のマイクロ波導入口を真上から眺めた図である。

27 mm × 97 mm の矩形の穴の周囲にあるネジ穴はマイクロ波電力を送電する導波管のフランジを接続するためのものである。

導波管の中を通過してきたマイクロ波電力は27 mm × 97 mm の矩形穴を経て一次燃焼室に導入される。

図6. 60リットル一次燃焼室のマイクロ波導入口の形状と寸法

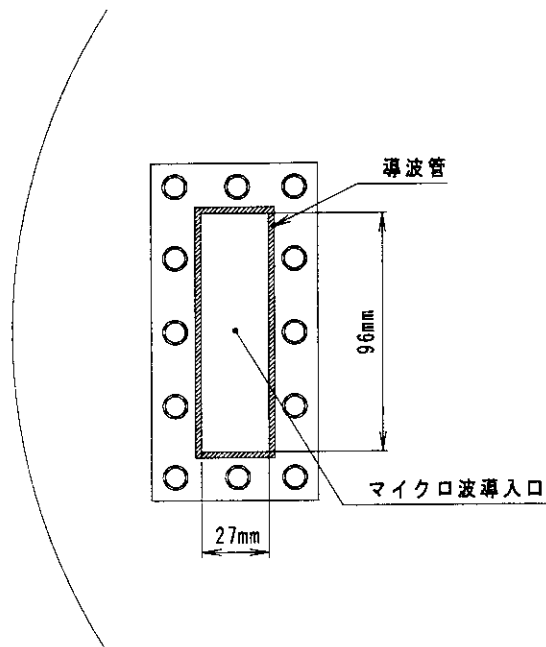


図7. マイクロ波導入口に導波管が接続された状態

図6. の一つのマイクロ波導入口に導波管を接続した状態が図7. である。この図のように、既製の60リットル一次燃焼室のマイクロ波導入口の寸法は導波管の内寸法と同じ大きさとなっていてマイクロ波の反射を低減するような方策は何ら採られていない。

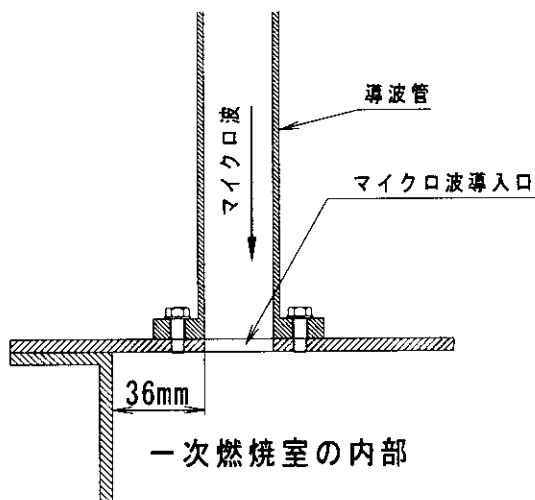


図8. マイクロ波導入口と導波管を真横から見た断面図

図8. はマイクロ波導入口と導波管と一次燃焼室の関係を横断面図で示している。

図8. のマイクロ波導入口と導波管の接続でマイクロ波の反射は発生しないように見えるが、マイクロ波導入口まで進んできたマイクロ波電力が一次燃焼室に入り込む際に急に広い空間に変化するためマイクロ波の伝播状態が急変して反射電力を作り出ていることが推察される。

さらに、マイクロ波導入口と一次燃焼室の内壁間との距離が図中に示すように36mmと近いこと反射電力をさらに増加させている可能性がある。

そこで、60リットル一次燃焼室と同じ模擬燃焼室を作り、ネットワークアナライザを用いて反射電力/入射電力比を測定しながらマイクロ波反射の少ないマイクロ波導入口の形状と位置を求めた。

一次燃焼室の中のマイクロ波吸収材は、ダイアライザと血液回路を合計重量6.8kg使用した。