

TN8410 89-084

PNC ~~18410 89-022~~

内部資料

本資料は 年 月 日付で登録区分、
変更する。 2001. 6. 20

[技術情報室]

プラスチック固化体焼却試験（I）

1989年10月

動力炉・核燃料開発事業団
東海事業所

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:

Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2001

TN 8410 89-084

内 部 資 料

PNC ~~1-8410-00-023~~

1989年10月



プラスチック固化体焼却試験（I）

実施責任者 落合健一^{*1}

報告者 夔井忠信^{*1}, 村山重雄^{*1}

松山 勉^{*2}, 千田公男^{*2}

要 目

廃溶媒処理技術開発施設およびアスファルト固化技術開発施設で固化したプラスチック固化体およびアスファルト固化体は現在ドラム缶に収納され一時貯蔵されている。将来これらの固化体は処分する必要があるが、現在処分方法は確立されていない。

しかし現在貯蔵中の固化体のなかにはほとんど放射能を含んでいないものあるいは一定期間で減衰してしまうものがある。したがってこれらの固化体の処分へのステップとして減容の観点から焼却方法について検討した。

試験として模擬固化体を用いて次の項目を実施した。

- (1) 示差熱分析
- (2) 小型電気炉による燃焼性確認試験
- (3) 燃焼試験炉による燃焼試験

実施期間 1988年2月～1988年6月

※1 環境施設部 处理第一課

※2 新菱冷熱工業株式会社 燃料エネルギー部

目 次

	頁
1 章 緒 言	1
2 章 模擬固化体	2
2.1 模擬固化体の組成	2
2.2 模擬固化体の物性調査結果	3
3 章 示差熱分析調査結果	4
3.1 目 的	4
3.2 試験方法	4
3.3 試験結果	4
3.3.1 条 件	4
3.3.1 結 果	4
3.4 まとめ	31
4 章 小型電気炉による燃焼性確認試験	32
4.1 目 的	32
4.2 試験方法	32
4.3 試験結果	33
4.4 まとめ	43
5 章 燃焼試験炉による燃焼試験	44
5.1 目 的	44
5.2 試験目的	44
5.3 試料調整	44
5.4 試験設備	47
5.4.1 燃焼試験炉	47
5.4.2 灯油バーナの設置	47
5.4.3 試験設備の系統図	47
5.4.4 炉内の改造	50
5.5 必要燃焼空気量の計算	52
5.5.1 理論空気量の計算	52
5.5.2 空気比の計算	52

5.5.3 必要燃焼空気量の計算	52
5.6 試験内容	53
5.6.1 予備試験	53
5.6.2 燃焼性試験	56
5.6.3 燃焼速度試験	69
5.6.4 フィルター試験	71
5.6.5 残渣の状態、化学形態、性質確認	72
5.6.6 減容比の確認	74
5.6.7 装置材料の耐食性確認	75
5.6.8 連続燃焼試験（排ガス分析）	82
5.6.9 炉内圧力の変動確認	99
5.7 まとめ	100
6章 問題点の抽出	101
6.1 問題点の抽出	101
6.2 今後検討すべき項目	101
7章 結言	103

1章 緒 言

廃溶媒処理技術開発施設およびアスファルト固化処理施設で固化したプラスチック固化体およびアスファルト固化体は現在ドラム缶に収納され一時貯蔵されているが将来これらの固化体は最終処分する必要がある。現在最終処分方法は確立されていない。

しかし、現在貯蔵中の固化体のなかにはほとんど放射能を含んでいないもの、あるいは10年以内に減衰してしまうものも相当ある。従って放射性廃棄物としての処分を要しないものあるいは要するものであっても固化体の減容の観点から焼却方法は有力な方法として検討に値する。

そこで、これらの固化体の焼却試験を実施し、各固化体の燃焼に関する基礎データの取得と燃焼に伴い発生する問題点の抽出により焼却処理の可能性を検討した。

本報告書はその試験結果報告書である。

2章 模擬固化体

本試験は、実際の固化体と同一組成の模擬固化体を用いて行なった。

2.1 模擬固化体の組成

模擬固化体のデータをまとめ下表に示す。

表 2.1-1 模擬固化体の配合比および組成

エボキシ固化体			アスファルト固化体			
主成分	TBP	41(wt%)	主成分	アスファルト	57(wt%)	
	ドデカン	4		NaNO ₃	35.4	
	硬化剤(注1)	6		NaNO ₂	1.6	
	添加剤(注2)	25		NaHCO ₃	2.7	
	エボキシ(注3)	24		Na ₂ HPO ₄	1.6	
(詳細内訳)			(注1)			
硬化剤の組成………C, H, N, S			(注2)			
(ただし、SはMAX・7wt%である。)			添加剤の組成			
詳細内容	タルク製品		塩ビ樹脂製品			
	86(wt%)		14(wt%)			
	SiO ₂	53~63	塩化ビニル	87~88		
	MgO	31~38	酢酸ビニル	8~9		
	Al ₂ O ₃	1以下	無水マレイン酸	3.5~4		
	Fe ₂ O ₃	0.5	——	——		
(注3)			エボキシの組成………C, H, O			
(ただし、Cl ₂ をMAXで0.5wt%含む)						

2.2 模擬固化体の物性調査結果

下表に、本試験で用いた固化体の物性調査結果を示す。

表 2.2-1 固化体の物性調査結果

試料名称	基準	エキシ固化体	アスファルト固化体	分析方法
水 分 (%)	到着	8.6	1.7	JIS M 8811 に準拠
灰 分 (%)	到着	29.0	26.2	JIS M 8812 に準拠
C (%)	到着	43.8	42.1	C・H・N 計に依る
H (%)	到着	6.3	5.0	C・H・N 計に依る
N (%)	到着	1.67	2.18	ケルダール法
T-S (%)	到着	0.50	2.12	JIS M 8813, K 2541
不燃性-S (%)	到着	0.02	1.10	JIS M 8813
可燃性-S (%)	到着	0.48	1.02	JIS M 8813
C1 (%)	到着	2.21	0.01 以下	JIS M 8813

3章 示差熱分析調査

3.1 目的

模擬固化体を燃焼させ、O₂濃度と燃焼速度との関係、炉内温度と燃焼速度との関係、および燃焼時の発熱量についてのデータを得ることを目的とした。

3.2 試験方法

O₂濃度と燃焼速度との関係、炉内温度と燃焼速度との関係は示差熱分析法にもとづき行なった。燃焼時の発熱量については、模擬固化体の燃焼時の急激な分解、燃焼により正確な発熱量が求められなかつたため、JIS M 8814に準拠して、発熱量の測定を行なった。以下に示差熱分析法に基づく試験方法を示す。

- ① 重量変化曲線、示差熱曲線、および昇温曲線が読み取れる示差熱分析計を使用した。
- ② 模擬固化体を調整し、代表サンプルを20mg程度採取する。
- ③ これを示差熱分析計に入れ昇温する。この時の条件は以下の通りである。
 - ・昇温速度、および機器感度（SENS.）を一定にする。
 - ・模擬固化体各々につきO₂濃度を0、10、20、30%の4条件にてデータを採取した。（ただし、各2回行なった。）

尚、今回の試験でわかったこととして、試料中の揮発分の成分が多いいため、揮発分の分解による減量が生じ、示差熱分析における重量変化曲線から燃焼速度を求めるることは、燃焼速度が大きくなるため、以下の報告書中では燃焼速度という表現を用いず、減量率速度という表現を用いた。

3.3 試験結果

3.3.1 条件

試料量	約20mg	重量レンジ	20mg
昇温速度	20°C/min	示差熱レンジ	250 μV
チャートスピード	5 mm/min	温度レンジ	0~1000°C

酸素濃度は0、10、20、30%を各2回行なった。

酸素濃度は窒素ガスと酸素ガスを混合して調整した。

3.3.2 結果

(1) エポキシ固化体

a. 酸素濃度0%

(a) 示差熱分析チャートNo. 1

ア. 重量分析

この条件では約40°Cから少量に減量がある。170°Cからは急激な減量が始まり490

°Cではほぼ終了する。

イ. 示差熱分析

示差熱は大きな変化はない。

以上のことから下記のことが考えられる。

40°Cからの減量は水分の蒸発であり、170~490°Cの減量は、試料中の揮発分の分解によるものと考えられる。

(b) 示差熱分析チャート No. 2

ア. 重量分析

この条件では約40°Cから少量の減量がある。170°Cからは急激な減量が始まり495°Cではほぼ終了する。

イ. 示差熱分析

示差熱は大きな変化はない。

以上のことから下記のことが考えられる。

40°Cからの減量は水分の蒸発であり、170~495°Cの減量は、試料中の揮発分の分解によるものと考えられる。

以上二回の分析結果では再現性の良い結果が出ている。

b. 酸素濃度10%

(a) 示差熱分析チャート No. 3

ア. 重量分析

この条件では約40°Cから少量の減量がある。170°Cからは急激な減量が始まり720°Cではほぼ終了する。

イ. 示差熱分析

190°Cから発熱が始まり420°Cおよび590°Cのふたつのピークがあり755°Cで終了する。

以上のことから下記のことが考えられる。

40°Cからの減量は水分の蒸発であり、170~720°Cの減量は、試料中の有機物の燃焼によるものと考えられる。この試料の有機物は420°Cをピークとして燃焼するものと590°Cをピークとして燃焼する二種類に分けられるものと考えられる。

(b) 示差熱分析チャート No. 4

ア. 重量分析

この条件では約40°Cから少量の減量がある。170°Cからは急激な減量が始まり700°Cでほぼ終了する。

イ. 示差熱分析

235°Cから発熱が始まり450°Cおよび660°Cのふたつのピークがあり755°Cで終了する。

以上のことから下記のことが考えられる。

40°Cからの減量は水分の蒸発であり、170~700°Cの減量は、試料中の有機物の燃焼によるものと考えられる。この試料の有機物は450°Cをピークとして燃焼するものと660°Cをピークとして燃焼する二種類に分けられるものと考えられる。

以上二回の分析結果では再現性の良い結果が出ている。

c. 酸素濃度20%

(a) 示差熱分析チャート No. 5

ア. 重量分析

この条件では約40°Cから少量の減量がある。170°Cからは急激な減量が始まり620°Cでほぼ終了する。

イ. 示差熱分析

210°Cから発熱が始まり410°Cおよび570°Cのふたつのピークがあり655°Cで終了する。

以上のことから下記のことが考えられる。

40°Cからの減量は水分の蒸発であり、170~620°Cの減量は、試料中の有機物の燃焼によるものと考えられる。この試料の有機物は410°Cをピークとして燃焼するものと570°Cをピークとして燃焼する二種類に分けられるものと考えられる。

(b) 示差熱分析チャート No. 6

ア. 重量分析

この条件では約40°Cから少量の減量がある。170°Cからは急激な減量が始まり605°Cでほぼ終了する。

イ. 示差熱分析

210°Cから発熱が始まり410°Cおよび550°Cのふたつのピークがあり670°Cで終了す

る。

以上のことから下記のことが考えられる。

40°Cからの減量は水分の蒸発であり、170~605°Cの減量は、試料中の有機物の燃焼によるものと考えられる。この試料の有機物は410°Cをピークとして燃焼するものと550°Cをピークとして燃焼する二種類に分けられるものと考えられる。

以上二回の分析結果では再現性の良い結果が出ている。

d. 酸素濃度30%

(a) 示差熱分析チャートNo. 7

ア. 重量分析

この条件では約40°Cから少量の減量がある。170°Cからは急激な減量が始まり570°Cでほぼ終了する。

イ. 示差熱分析

350°Cから発熱が始まり395°Cおよび585°Cのふたつのピークがあり600°Cで終了する。

以上のことから下記のことが考えられる。

40°Cからの減量は水分の蒸発であり、170~570°Cの減量は、試料中の有機物の燃焼によるものと考えられる。この試料の有機物は395°Cをピークとして燃焼するものと585°Cをピークとして燃焼する二種類に分けられるものと考えられる。

(b) 示差熱分析チャートNo. 8

ア. 重量分析

この条件では約40°Cから少量の減量がある。170°Cからは急激な減量が始まり570°Cでほぼ終了する。

イ. 示差熱分析

505°Cから発熱が始まり580°Cのピークがあり605°Cでほぼ終了する。

以上のことから下記のことが考えられる。

40°Cからの減量は水分の蒸発である。また170°Cから分解が始まるが505°Cまでは燃焼せず505°Cで着火し580°Cをピークとして燃焼して605°Cでほぼ燃焼は終了する。

二回の分析の結果(a)と(b)では大きな差がでた。これは(b)の分析時に170°Cから分解し始めたガスに350°C付近で着火が起こらなかったためと考えられる。

図3.3.2-1に酸素濃度0%と20%の条件での温度と減量率速度の関係を示す。

酸素濃度0%の条件では、230°Cおよび350°Cにピークがあり減量は550°Cで終了している。

酸素濃度20%の条件では、200°Cおよび320°Cにピークがあり次に550°C付近をピークとした減量があり、減量は710°Cで終了している。

減量は酸素濃度0%では酸素がないために燃焼は起こらずに分解現象だけがおこるが、酸素濃度20%では減量は燃焼および分解の両方で起こる。

以上のことから下記のことが考えられる。

- ① 酸素濃度20%の条件での200~320°Cをピークとした燃焼は揮発分の燃焼であり、550°C付近をピークとした燃焼は固定炭素の燃焼であると考えられる。

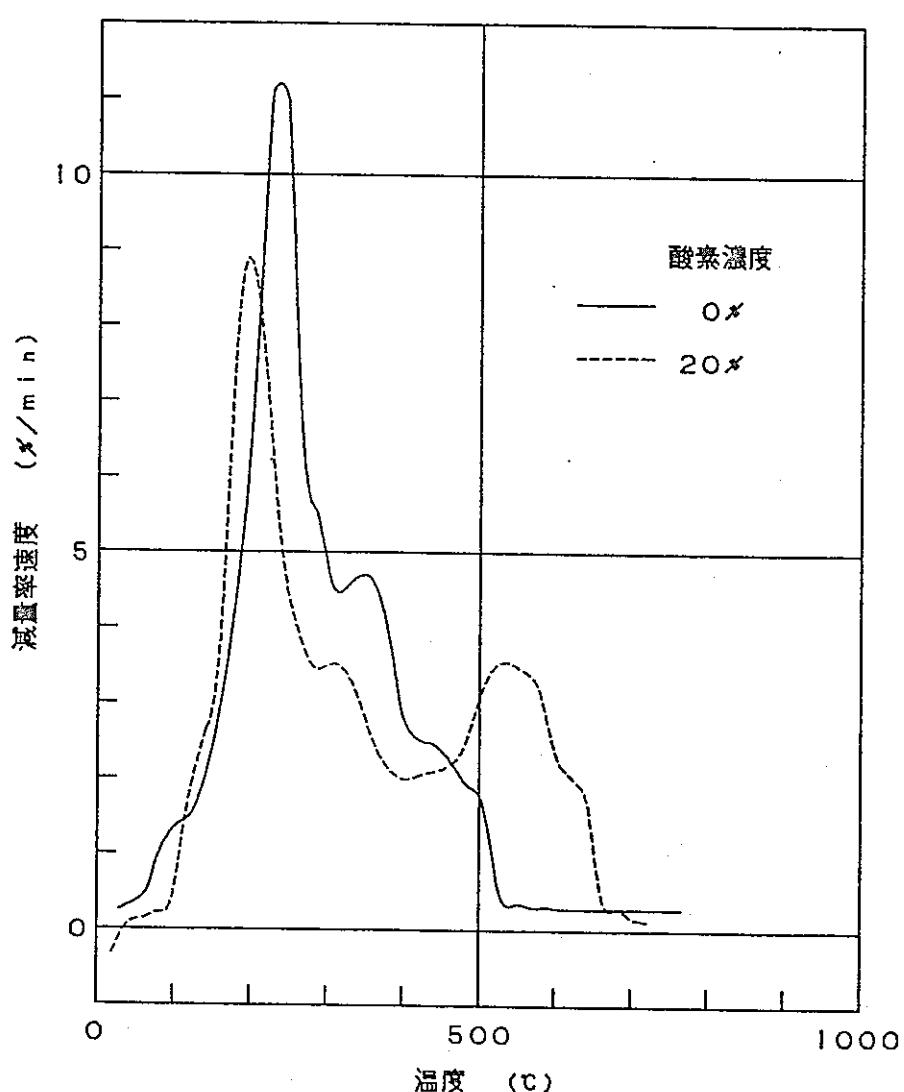


図3.3.2-1 減量率速度と温度の関係

図3.3.2-2に酸素濃度10、20、30%の温度と減量率速度の関係を示す。

- ① 各酸素濃度に於ける揮発分の燃焼ピーク温度は、200~250°Cと差はあるが特に傾向はない。
- ② 固定炭素の燃焼ピーク温度は酸素濃度10%と20%とでは100°Cの差があるが、酸素濃度20%と30%では大きな差はない。
- ③ 燃焼終了温度は680~780°Cと酸素濃度が大きくなるに連れて低くなる。

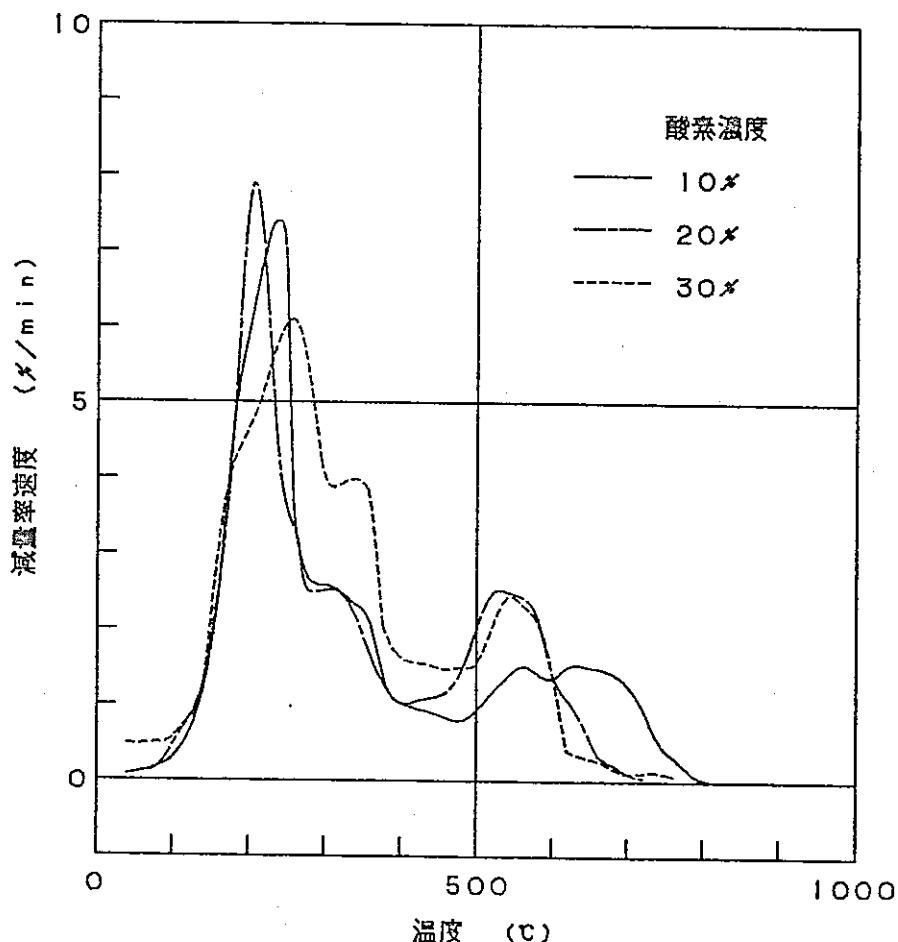


図3.3.2-2 減量率速度と温度の関係

酸素濃度 (%)	揮発分燃焼 ピーク温度 (°C)	固定炭素燃焼 ピーク温度 (°C)	燃焼終了温度 (°C)
10	240	630	780
20	200	530	710
30	250	540	680

(2) アスファルト固化体

アスファルト固化体は酸素濃度10、20、30%の条件では380°C~600°Cで重量が大きく振れる現象が出たが、酸素濃度0%ではその現象は起こらなかった。また物性調査時にも過熱過程に於いて、急激な燃焼および分解のために試料が飛散する現象がおきていることからこの現象は試料が一定の温度で爆発的な燃焼および分解が起こすためであると考えられる。酸素濃度10、20%では数回分析を繰り返すことにより重量曲線の安定した記録を取ることが出来たが酸素濃度30%濃度では得られなかった。

a. 酸素濃度0%

(a) 示差熱分析チャートNo. 9

ア. 重量分析

この条件では170°Cで少量の減量がありその後、400°Cからは急激な減量が始まり約520°Cでほぼ終了する。

イ. 示差熱分析

200、260°Cに小さな吸熱のピークがあり455~545°Cの間に505、525°Cをピークとした発熱がある。

以上のことから下記のことが考えられる。

200、260°Cからの吸熱は何かの分解と考えられるが詳細は不明。また、400~520°Cで急激な減量があるがこれは燃焼によるものと考えられる。

(b) 示差熱分析チャートNo. 10

ア. 重量分析

この条件では170°Cで少量の減量がありその後、370°Cからは急激な減量が始まり約520°Cでほぼ終了する。

イ. 示差熱分析

200、320°Cに小さな吸熱のピークがあり、415~555°Cの間に510、535°Cをピークとした発熱がある。

以上のことから下記のことが考えられる。

200、320°Cからの吸熱は何かの分解と考えられるが詳細は不明。また、370~520°Cで急激な減量があるがこれは燃焼によるものと考えられる。

以上二回の分析結果では、再現性の良い結果が出ている。

b. 酸素濃度10%

(a) 示差熱分析チャートNo.11

ア. 重量分析

この条件では170°Cで少量の減量がありその後、390°Cからは急激な減量が始まり470°Cまで続く、その後ゆるやかな減量があり、630°Cでほぼ終了する。

イ. 示差熱分析

190、320°Cに小さな吸熱のピークがある。その後410°Cから吸熱が始まると急激な発熱が起こり、500°Cまで続く、その後695°Cまでに565、660°Cをピークとした発熱がありゆるやかな燃焼が810°Cまで続く。

以上のことから下記のことが考えられる。

190、320°Cの吸熱は何かの分解と考えられるが詳細は不明。また、390°Cから分解が始まると急激な発熱が起こり、500°Cまでの間で激しく燃焼する。その後565、660°Cをピークとした二つのゆるやかな燃焼があり終了する。

(b) 示差熱分析チャートNo.12

ア. 重量分析

この条件では170°Cで少量の減量がある。390°Cからは急激な減量が始まり580°Cまでの間で大きな重量の変動がある。その後ゆるやかな減量があり、670°Cでほぼ終了する。

イ. 示差熱分析

200、315°Cに小さな吸熱のピークがある。その後390°Cから吸熱が始まると急激な発熱が起こり530°Cまで続く、その後805°Cまでに630°Cをピークとした発熱がある。

以上のことから下記のことが考えられる。

200、315°Cの吸熱は何かの分解と考えられるが詳細は不明。また、390°Cから分解が始まると急激な発熱が起こり530°Cまでの間で激しく燃焼する。その後630°Cをピークとしたゆるやかな燃焼があり終了する。

以上二回の分析結果を比較すると下記の通りとなる。

- ① 重量分析では(b)の測定時に390~580°C間で大きな変動がありチャート上ではその変化はわからないが、減量の開始温度および終了温度では大きな差はない。
- ② 示差熱分析では分解開始温度および燃焼終了温度は、類似しているが、その間の発熱吸熱のピークの形状はかなり異なる。これは、この温度の間で激しい燃焼と分解が同時に起きるため再現性がないものと考えられる。

c. 酸素濃度20%

(a) 示差熱分析チャートNo.13

ア. 重量分析

この条件では170°Cで少量の減量がありその後、350°Cからは急激な減量が始まり約500°Cまで続き、その後再び減量が始まり610°Cでほぼ終了する。

イ. 示差熱分析

190、250°Cに小さな吸熱のピークがある。その後305°Cから発熱が始まり660°Cの間に400、510、570°Cをピークとした発熱ピークがある。

以上のことから下記のことが考えられる。

190、250°Cからの吸熱は何かの分解と考えられるが詳細は不明。また、305°Cから燃焼が始まり400、510、570°Cをピークとした三つの燃焼がある。

(b) 示差熱分析チャートNo.14

ア. 重量分析

この条件では170°Cで少量の減量がある。390°Cからは急激な減量が始まり595°Cまでの間で大きな重量の変動がある。その後630°Cまでゆるやかな減量がありほぼ終了する。

イ. 示差熱分析

200°Cに小さな吸熱のピークがある。330°Cから発熱が始まり400°Cをピークとして480°Cで終了する。その後520°Cをピークとした小さな吸熱、595°Cをピークとした発熱があり670°Cで終了する。

以上のことから下記のことが考えられる。

200°Cの吸熱は何かの分解と考えられるが詳細は不明。また、330°Cから燃焼が始まるとその後520°Cまでの間で発熱および吸熱が激しく繰り返されているものと考えられる。その後595°Cをピークとしたゆるやかな燃焼があり670°Cで終了する。

以上二回の分析結果を比較すると下記の通りとなる。

- ① 重量分析では(b)の測定時に390~595°C間で大きな変動がありチャート上ではその変化はわからないが、減量の開始温度および終了温度では大きな差はない。
- ② 示差熱分析では分解開始温度および燃焼終了温度は、類似しているが、その間の発熱吸熱のピークの形状はかなり異なる。これは、この温度の間で激しい燃焼と分解が同時に起きるため再現性がないものと考えられる。

d. 酸素濃度30%

(a) 示差熱分析チャートNo.15

ア. 重量分析

この条件では170°Cで少量の減量がある。340°Cからは急激な減量が始まり600°Cの間で重量の大きな変動がある。

イ. 示差熱分析

200、320°Cに小さな吸熱のピークがある。また、380~440°Cで発熱がありその後510°Cで吸熱、590°Cで発熱のピークがあり640°Cで終了する。

以上のことから下記のことが考えられる。

200、320°Cの吸熱は何かの分解と考えられるが詳細は不明。また、380°Cから燃焼が始まりその後、燃焼、分解が繰り返し起こり640°Cで終了する。

(b) 示差熱分析チャートNo.16

ア. 重量分析

この条件では170°Cで少量の減量がある。390°Cからは急激な減量が始まりその後重量の大きな変動があり600°Cで安定する。

イ. 示差熱分析

190、360°Cに小さな吸熱のピークがある。410°Cからは発熱が始まり415°Cで発熱、500°Cで吸熱、580°Cで発熱と三つのピークがありその後800°Cまでゆるやかな燃焼が続き終了する。

以上のことから下記のことが考えられる。

190、360°Cからの吸熱は何かの分解と考えられるが詳細は不明。また、410°Cから燃焼が始まりその後、燃焼、分解が繰り返し起こる。その後ゆるやかな燃焼が続き800°Cで終了する。

以上二回の分析結果を比較すると下記の通りとなる。

- ① 重量分析では(b)の測定時に390~600°C間で大きな変動がありチャート上ではその変化はわからないが、減量の開始温度および終了温度では大きな差はない。
- ② 示差熱分析では分解開始温度および燃焼終了温度は、類似しているが、その間の発熱吸熱のピークの形状はかなり異なる。これは、この温度の間で激しい燃焼と分解が同時に起きるため再現性がないものと考えられる。特にこの条件ではその傾向がはっきりと出ている。

図3.3.2-3に酸素濃度0、10、20%の温度と減量率速度の関係を示す。

尚、酸素濃度30%の条件では重量分析の安定した記録が得られなかつたため温度と減量率速度の関係は作成出来なかつた。

- ① 各酸素濃度に於ける燃焼ピーク温度は、440~510°Cと酸素濃度が高くなるほどピーク温度は高くなる。
- ② 燃焼終了温度は690~910°Cと酸素濃度が大きくなるに連れて低くなる。

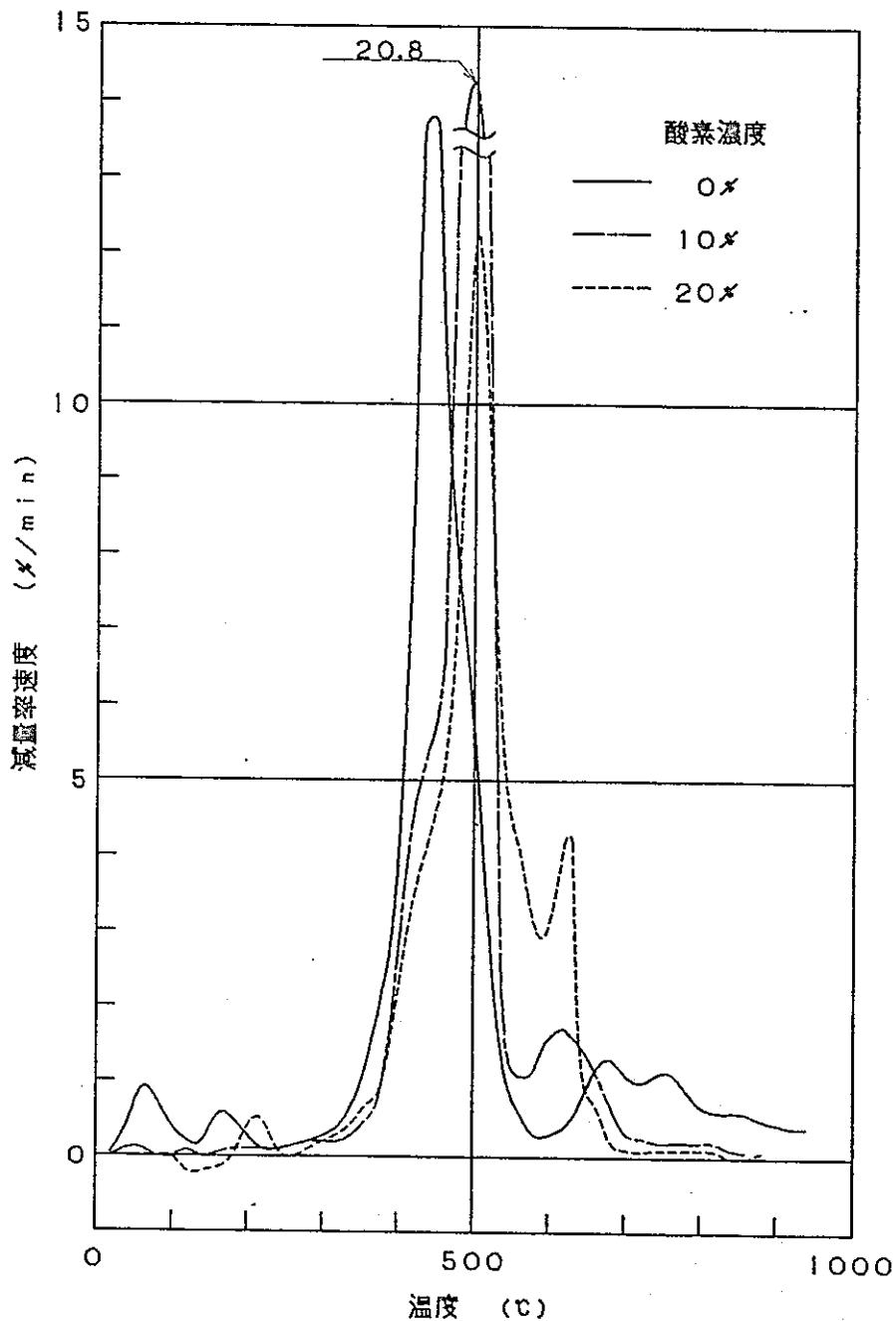
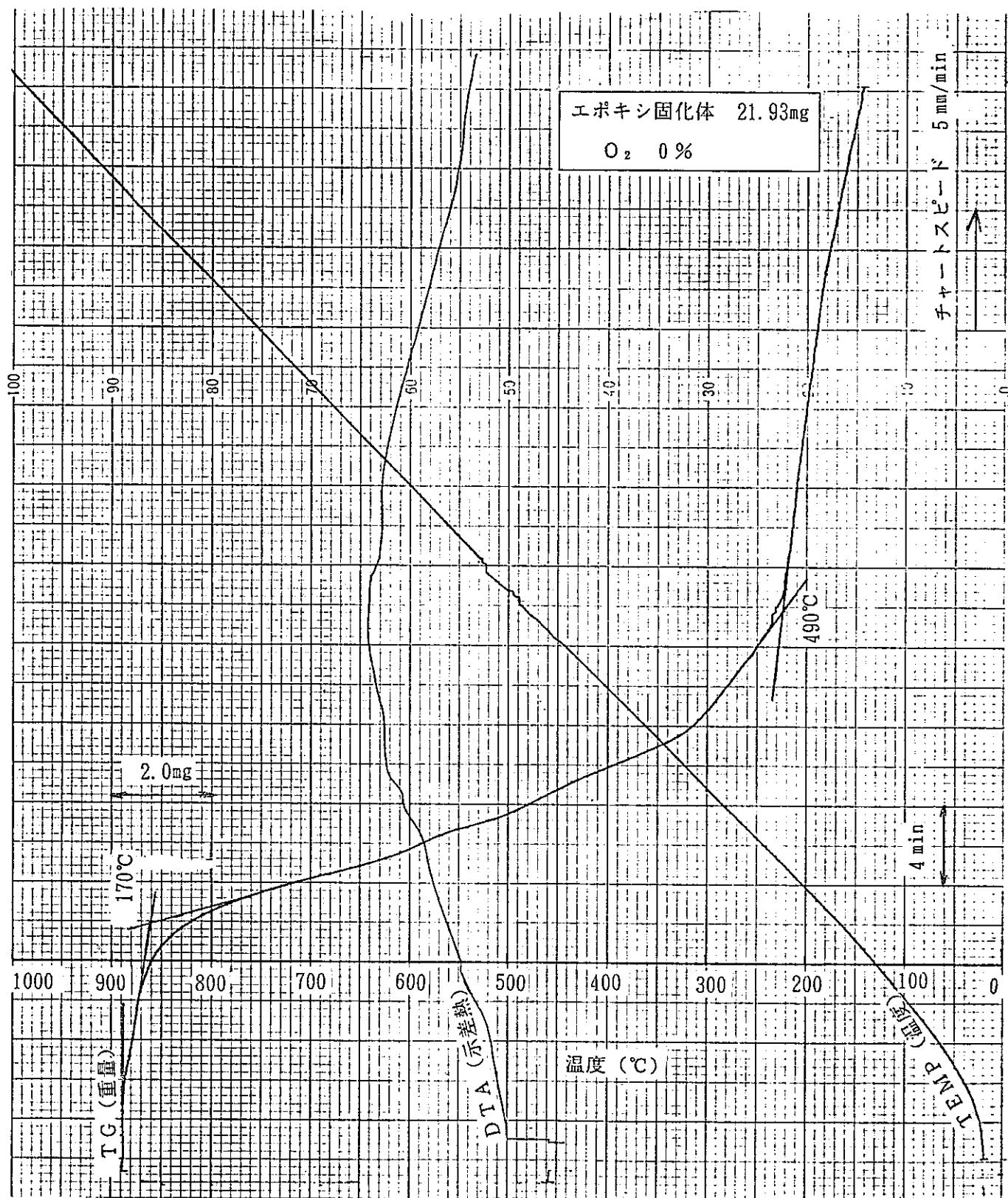
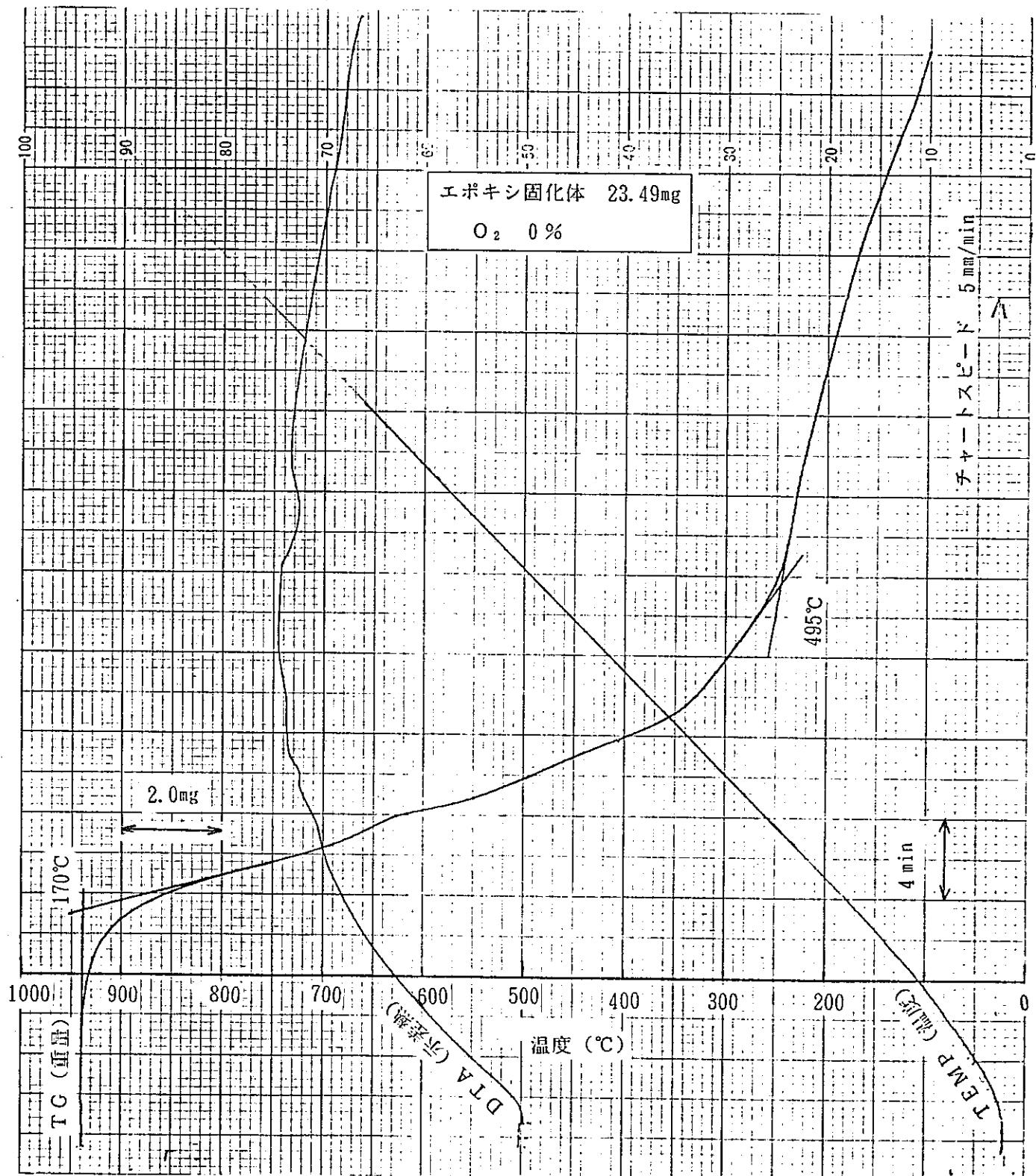


図3.3.2-3 減量率速度と温度の関係

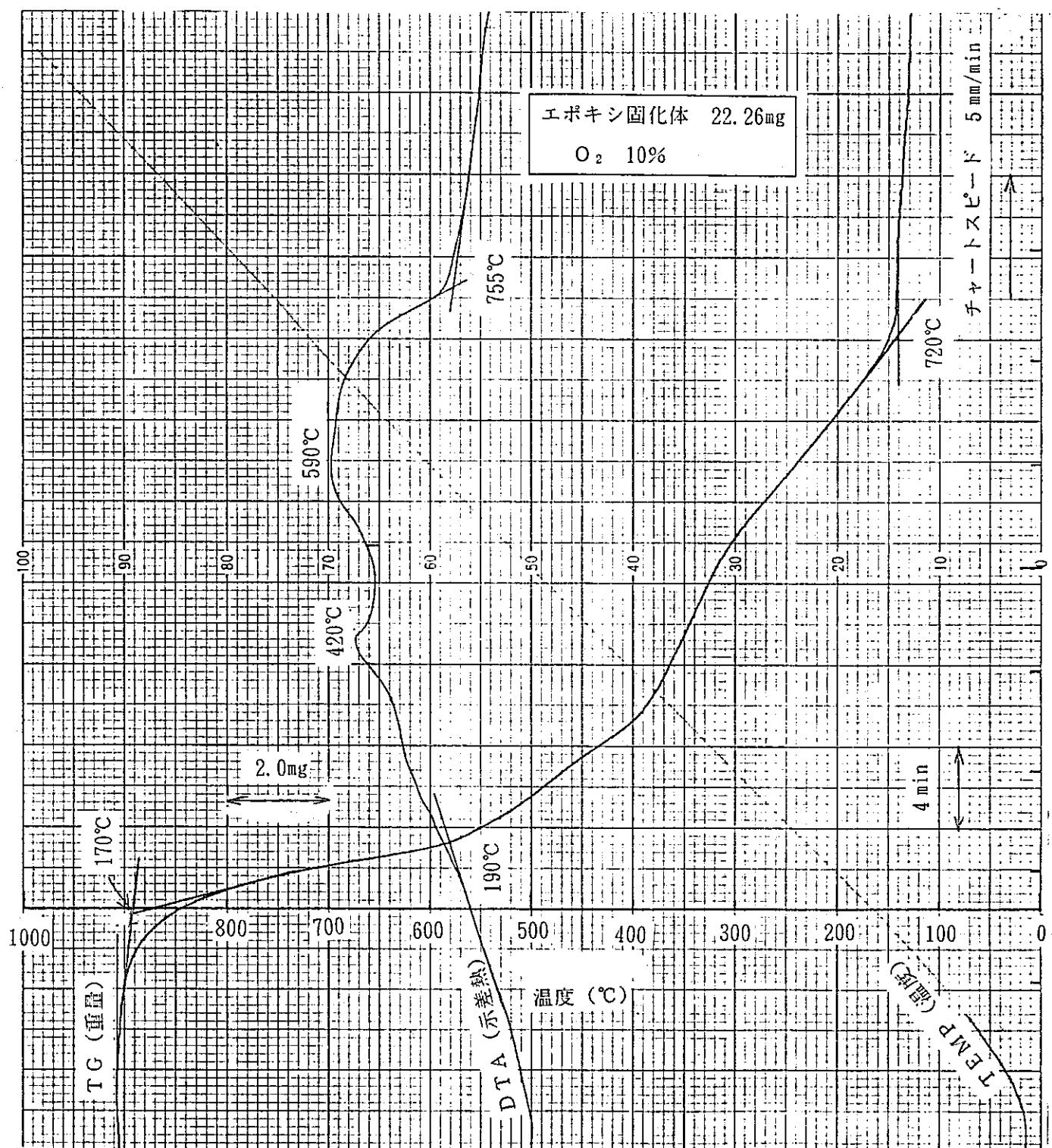
示差熱分析チャート No. 1



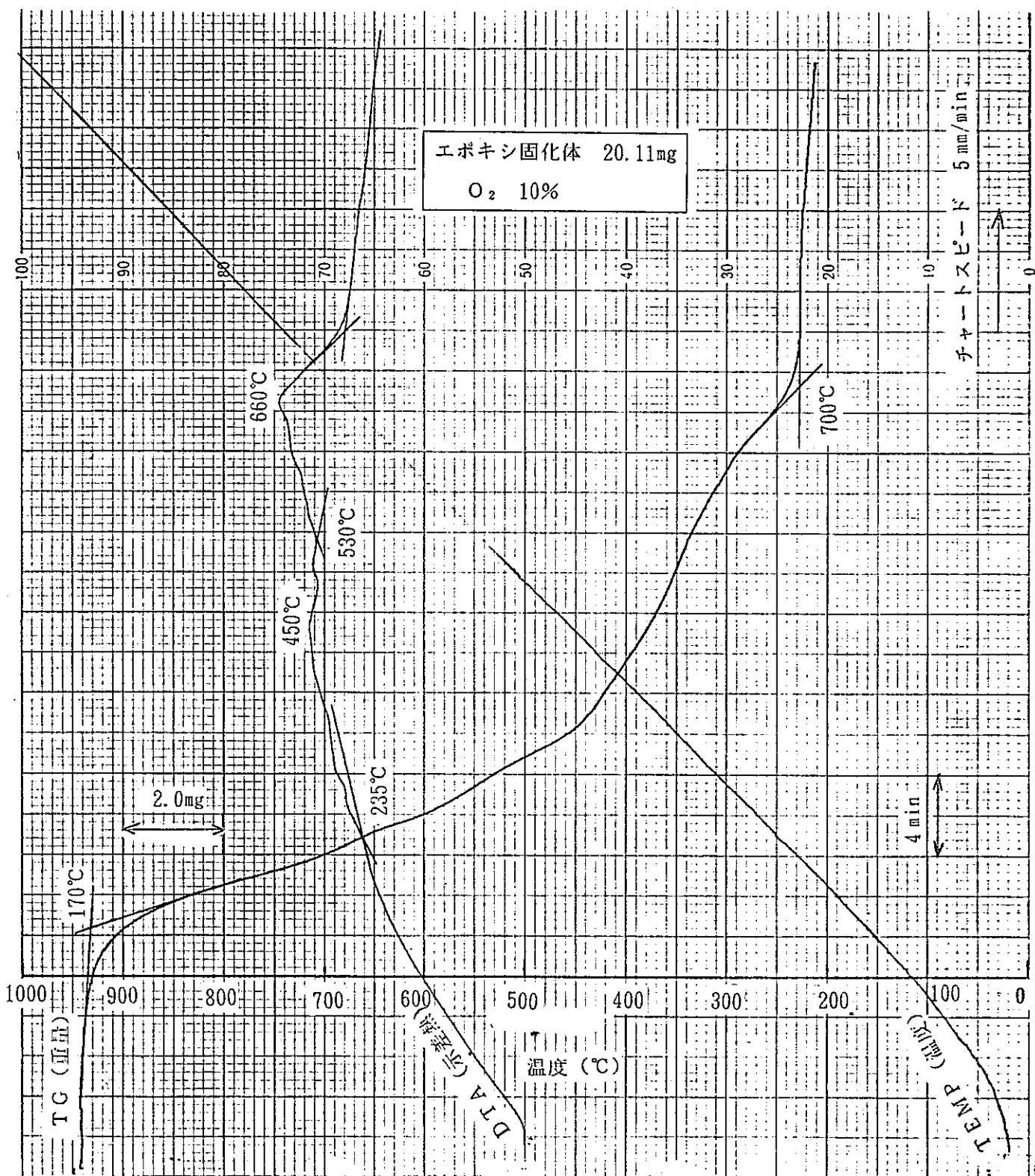
示差熱分析チャート No. 2



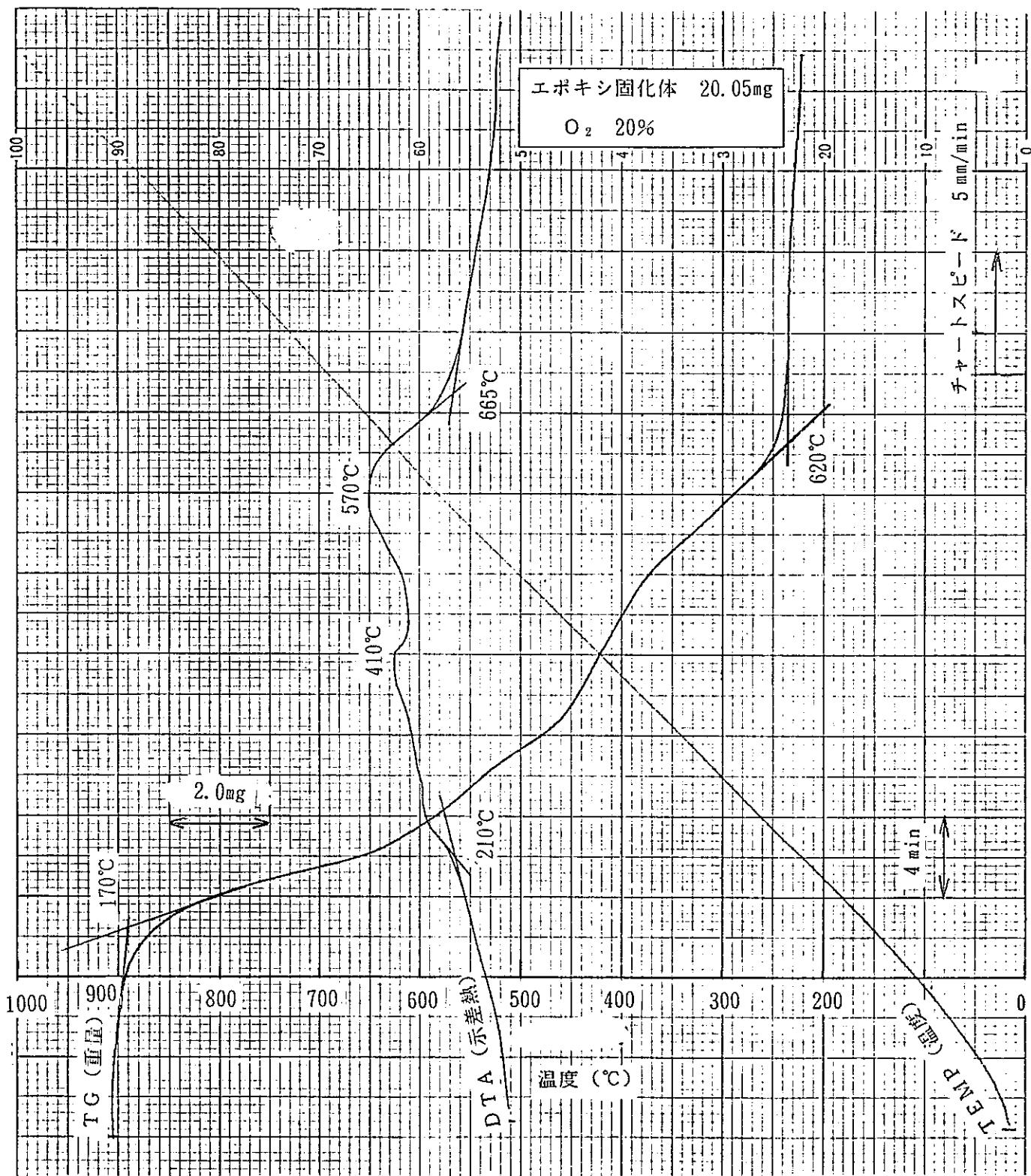
示差熱分析チャート No. 3



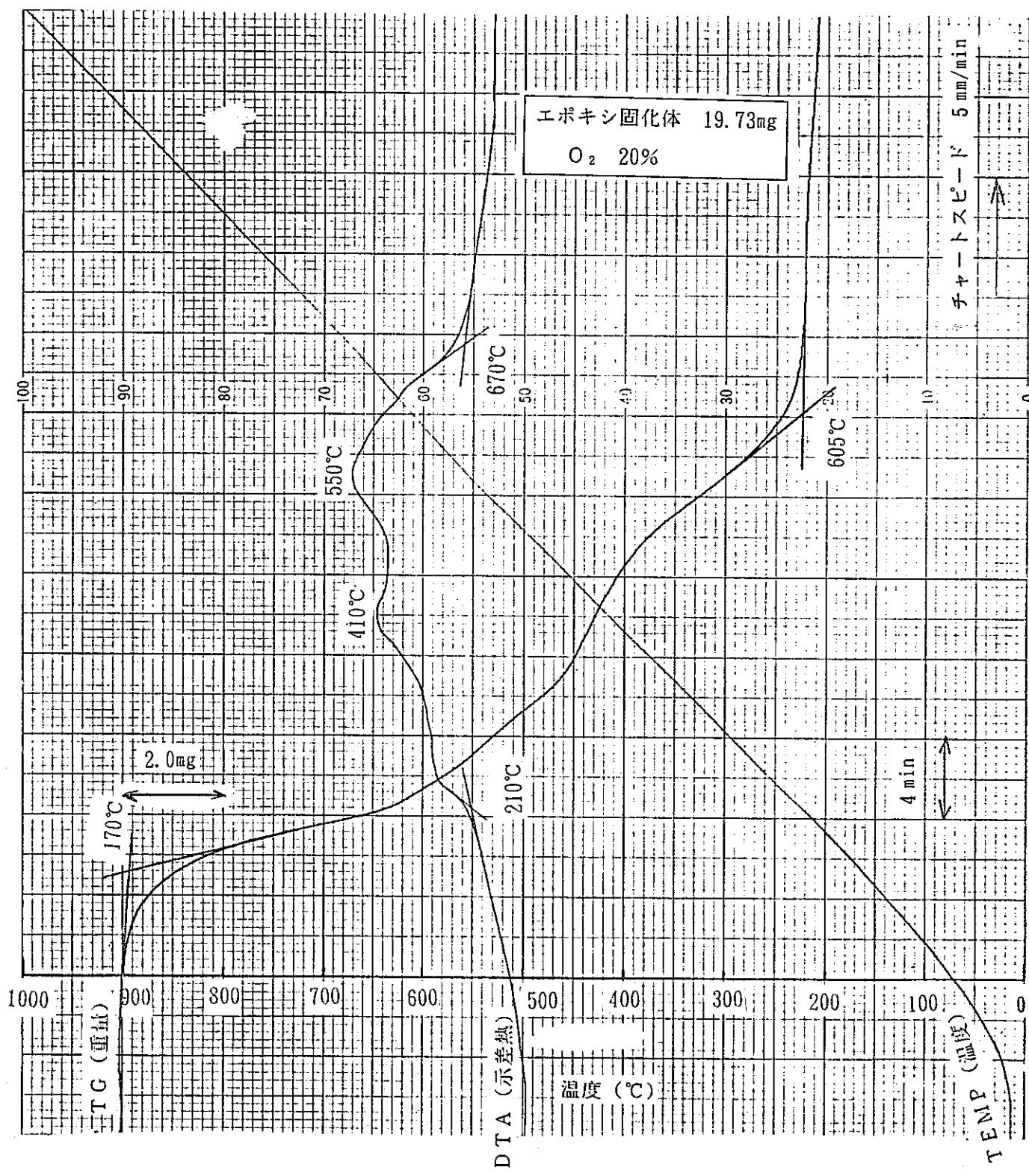
示差熱分析チャート No. 4



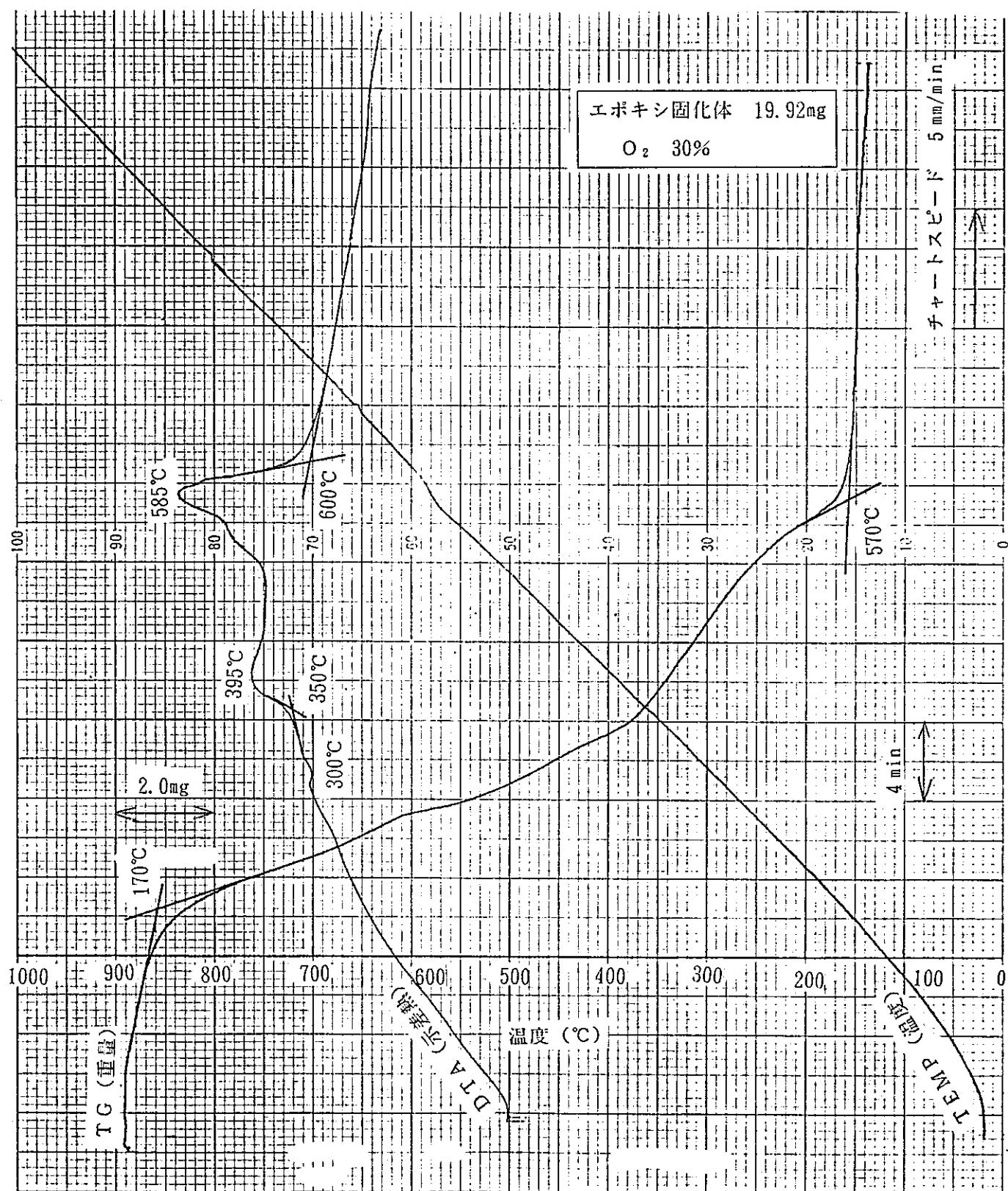
示差熱分析チャート No. 5



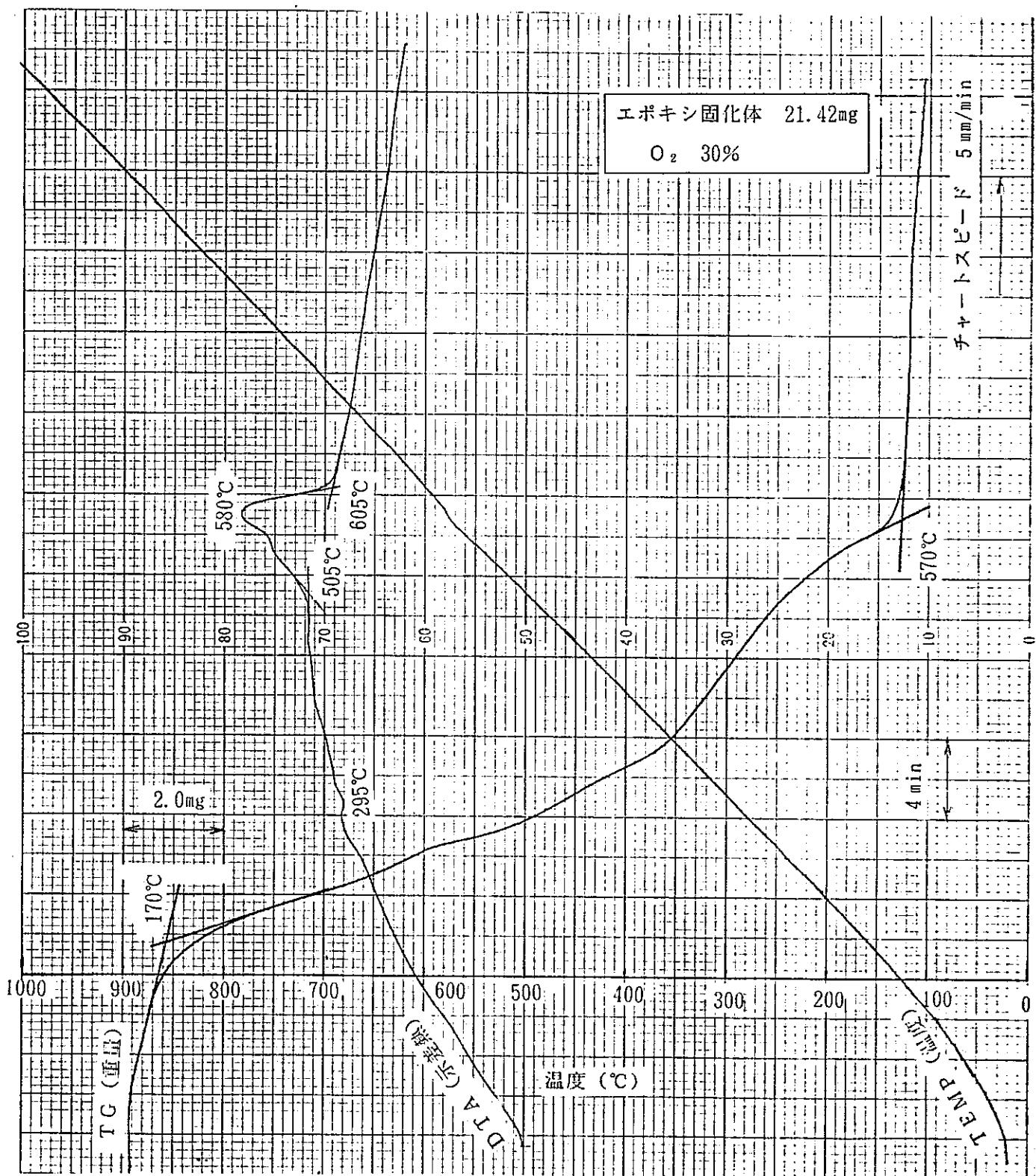
示差熱分析チャート No. 6



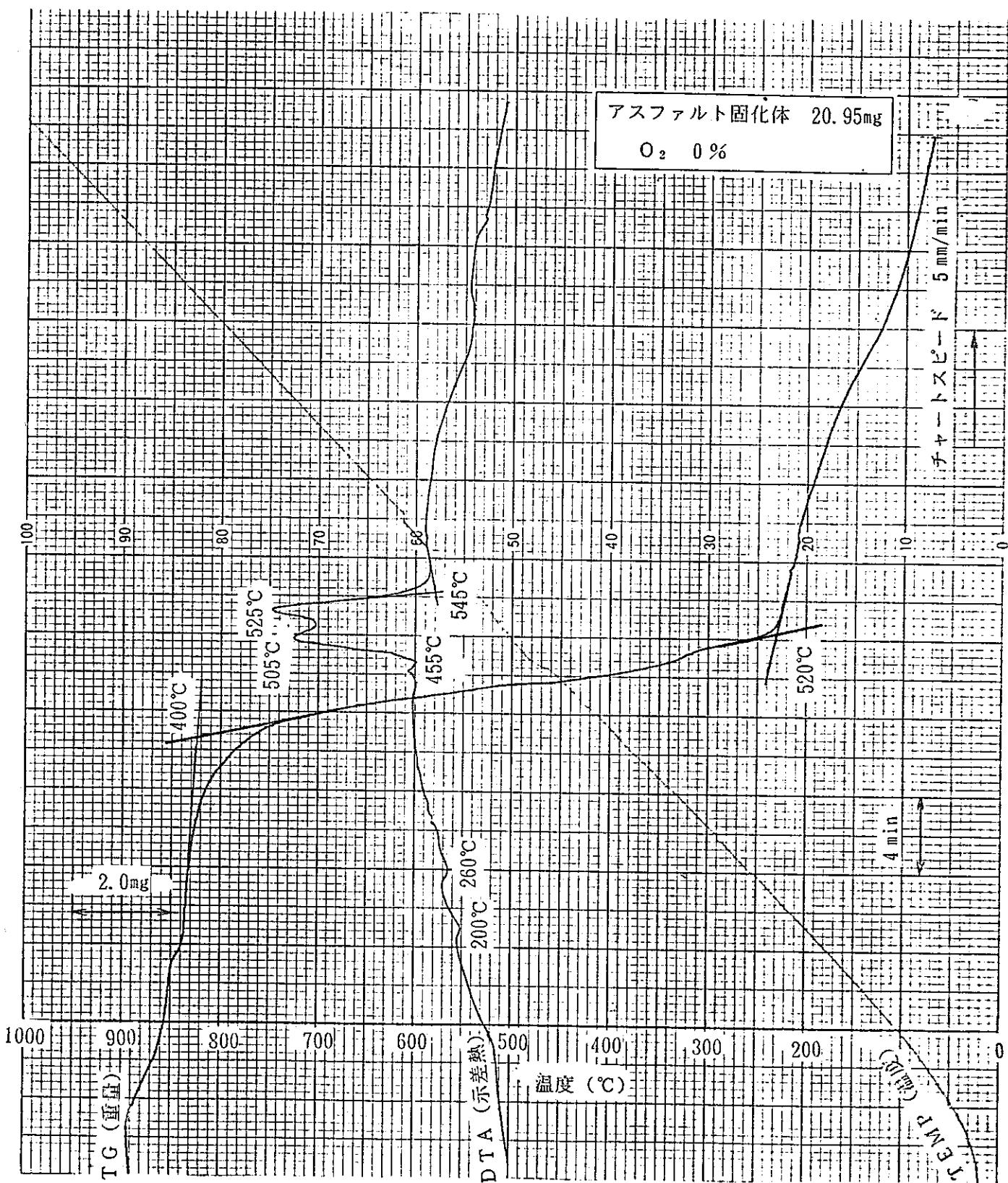
示差熱分析チャート No. 7



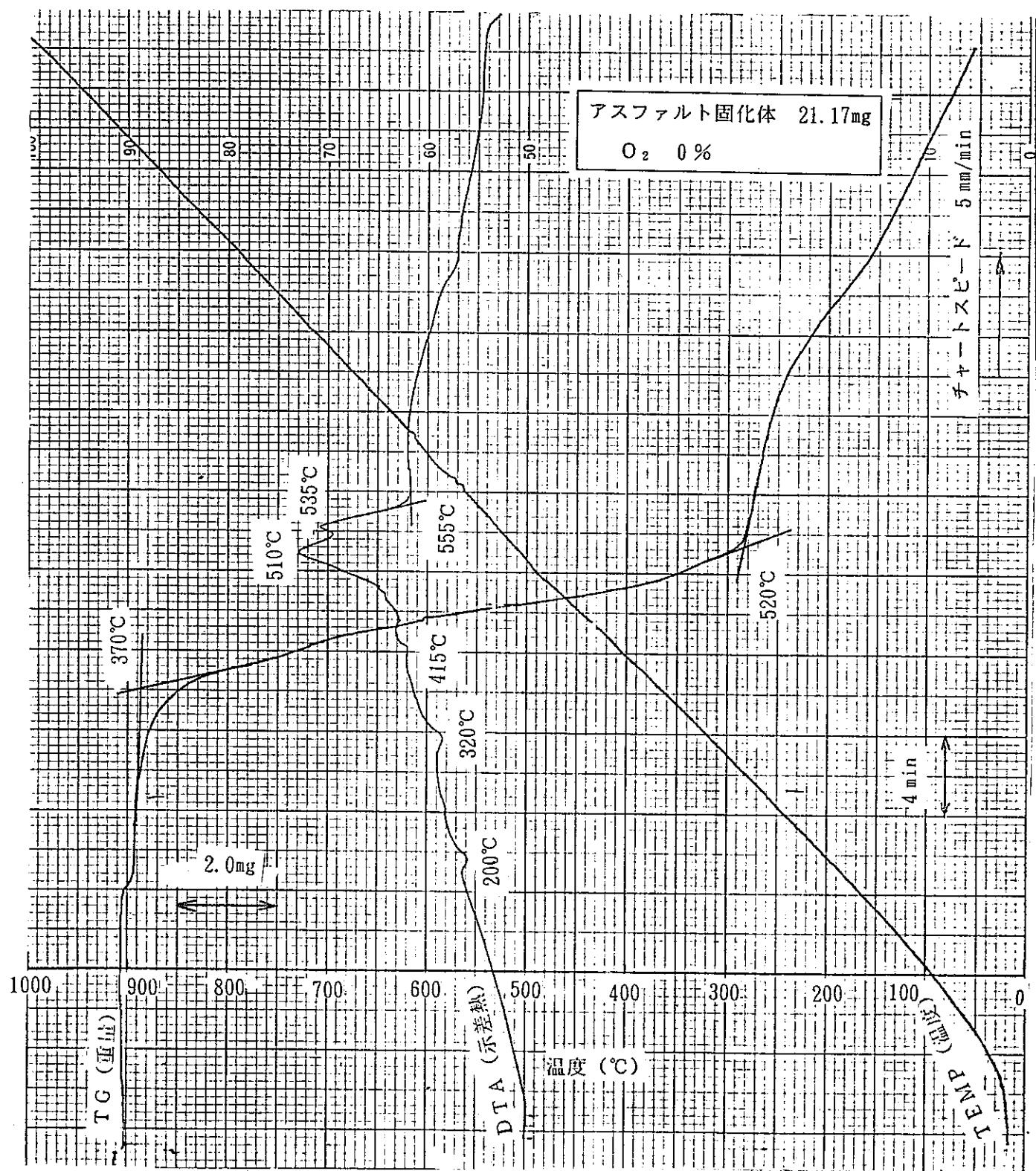
示差熱分析チャート No. 8



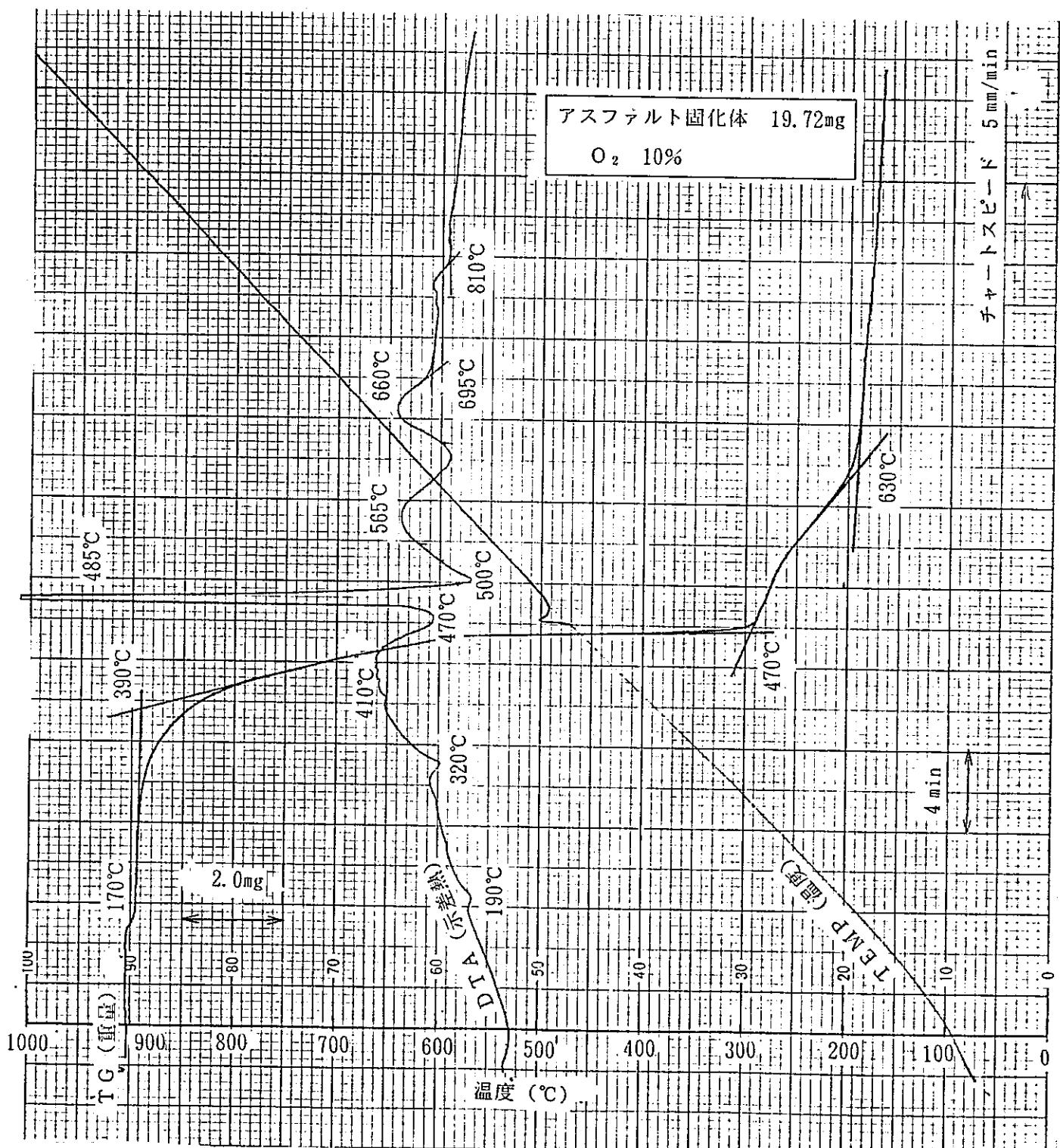
示差熱分析チャート No. 9



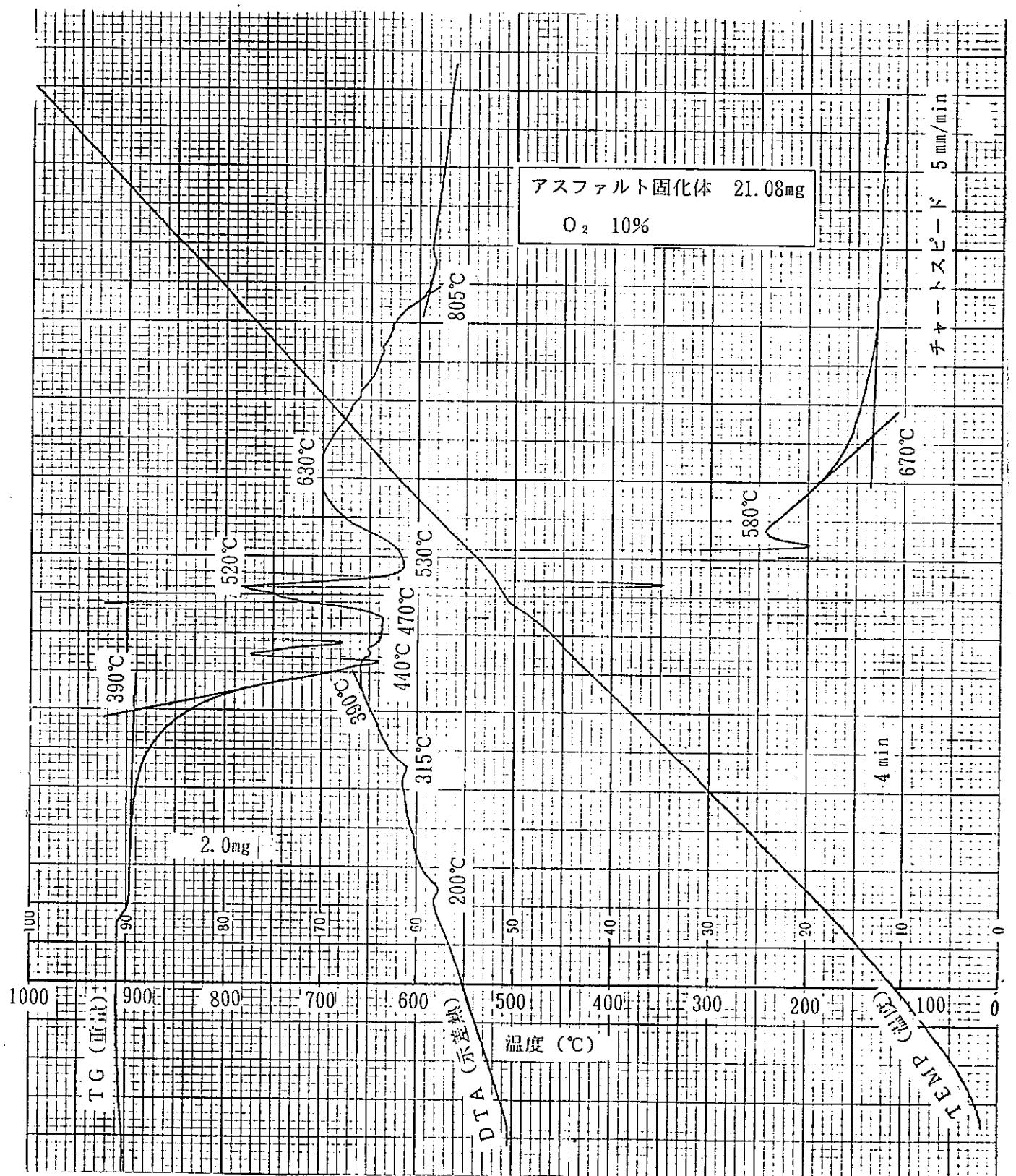
示差熱分析チャート No. 10



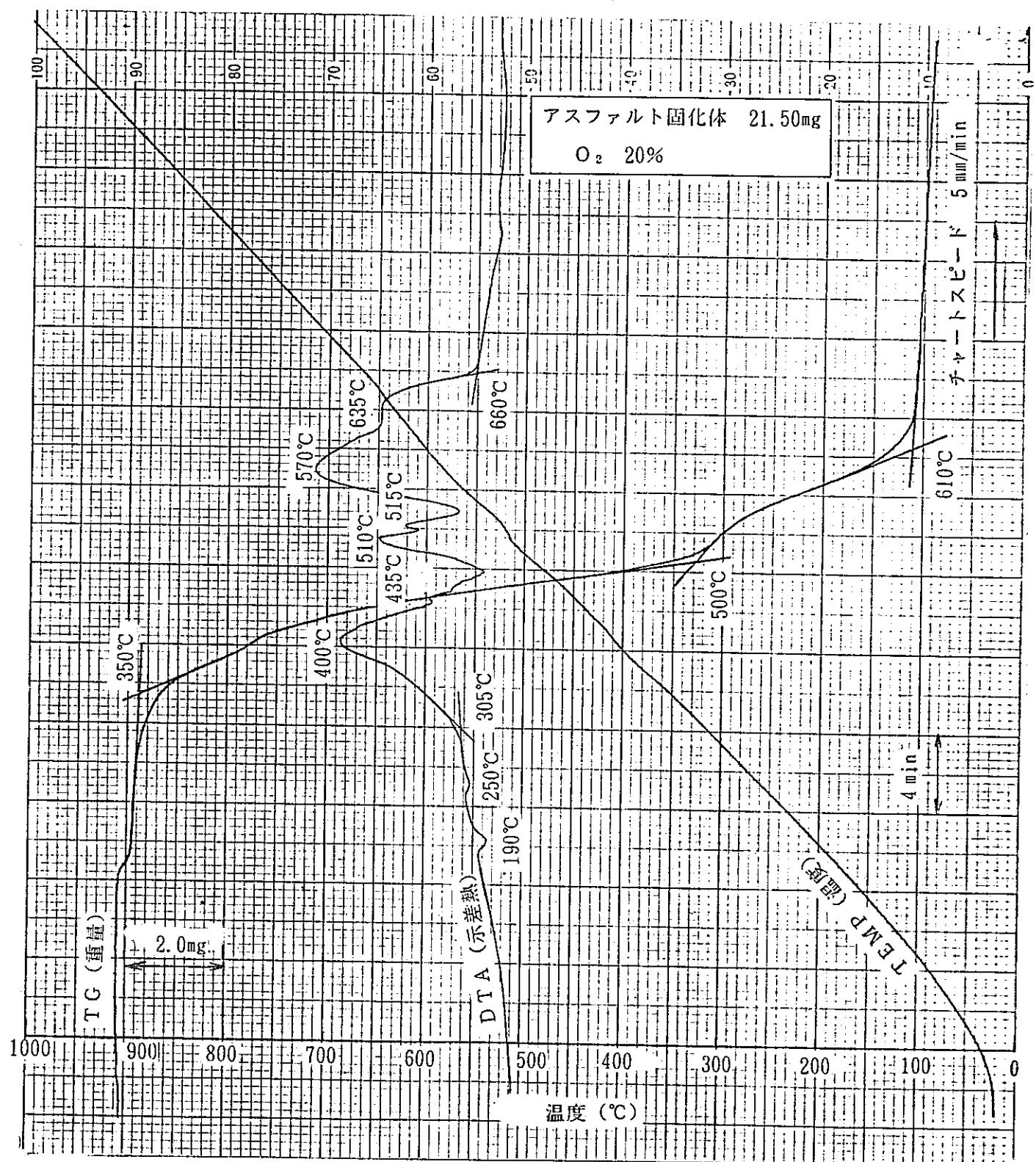
示差熱分析チャート No. 11



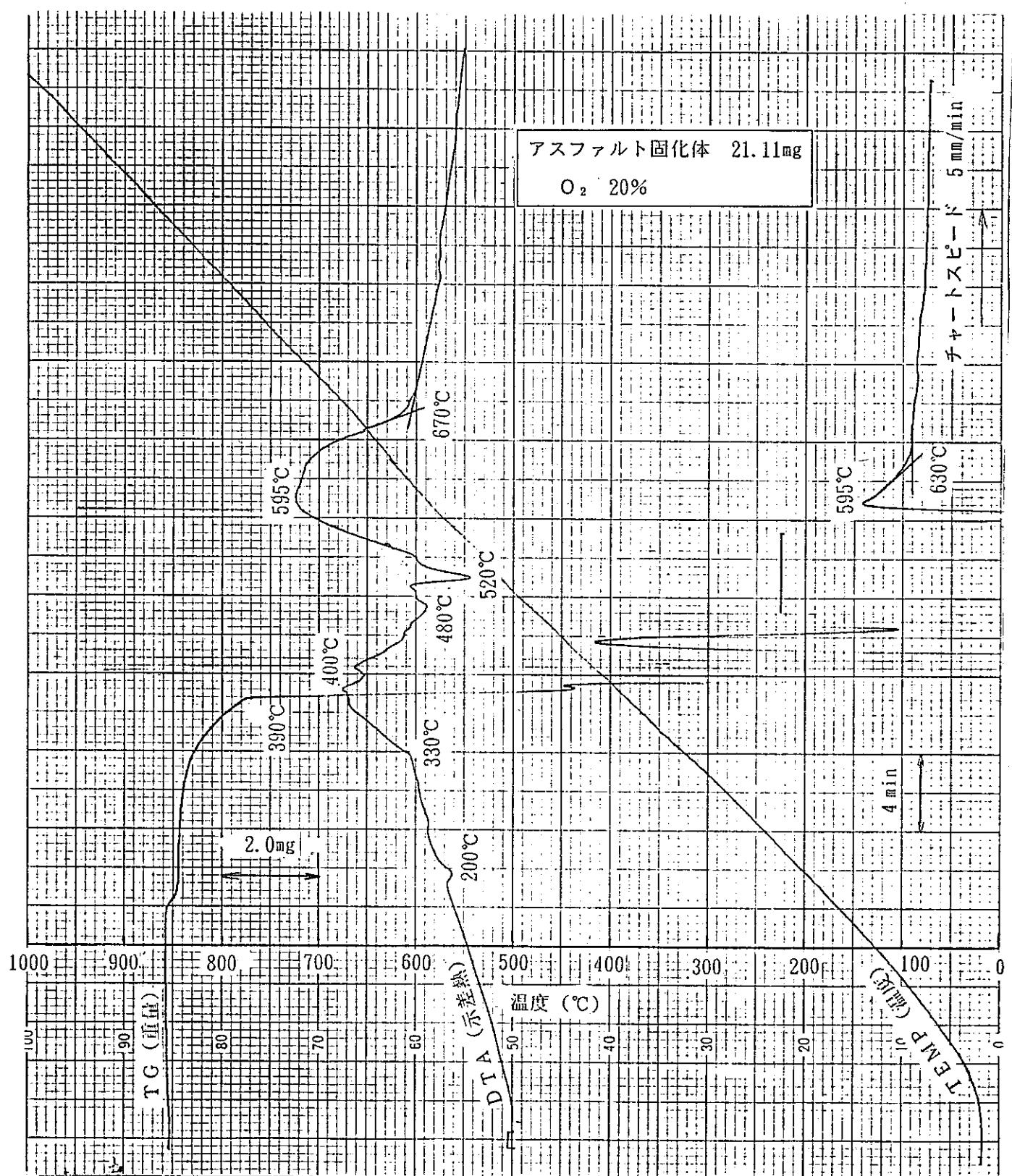
示差熱分析チャート No. 12



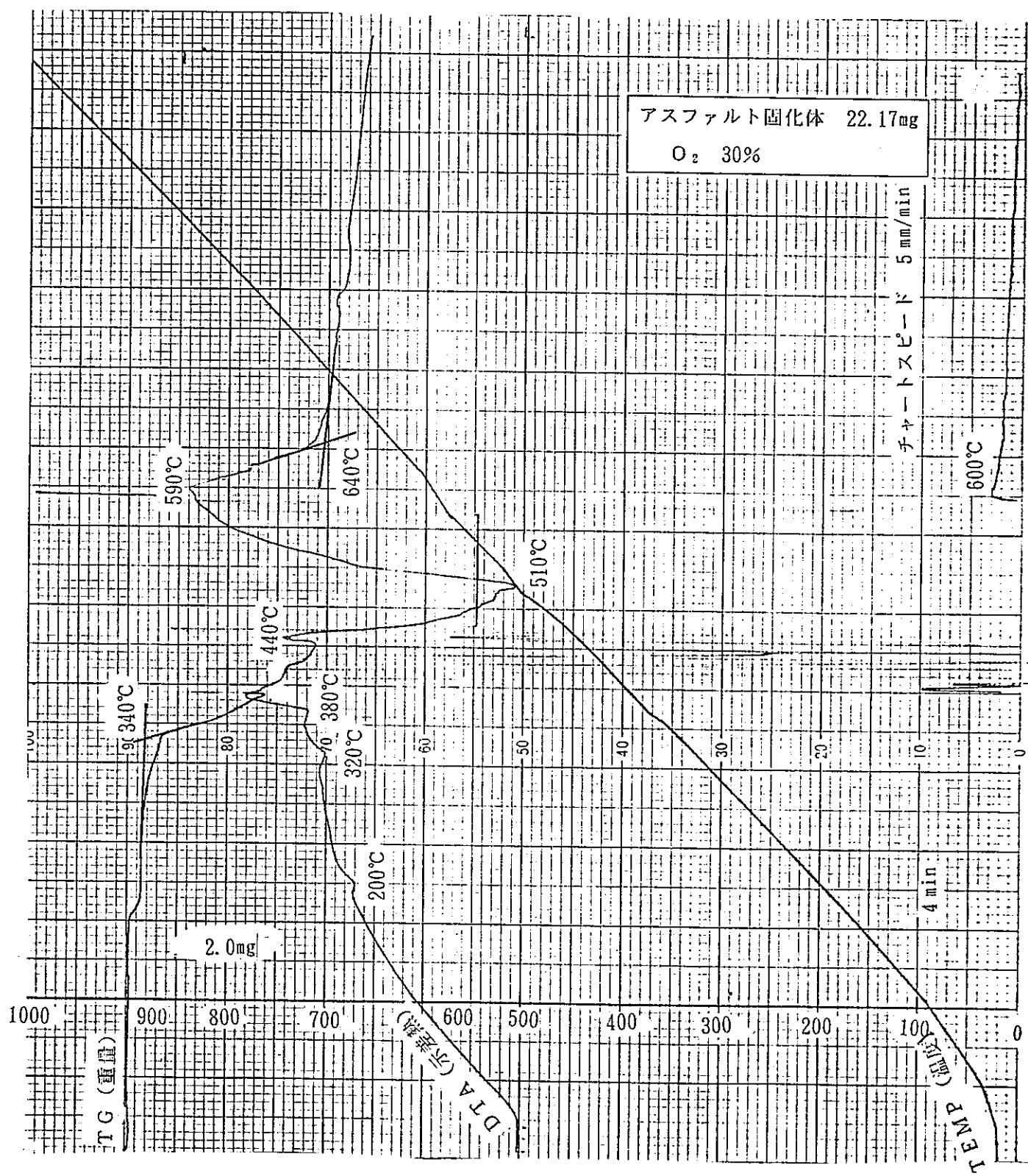
示差熱分析チャート No. 13



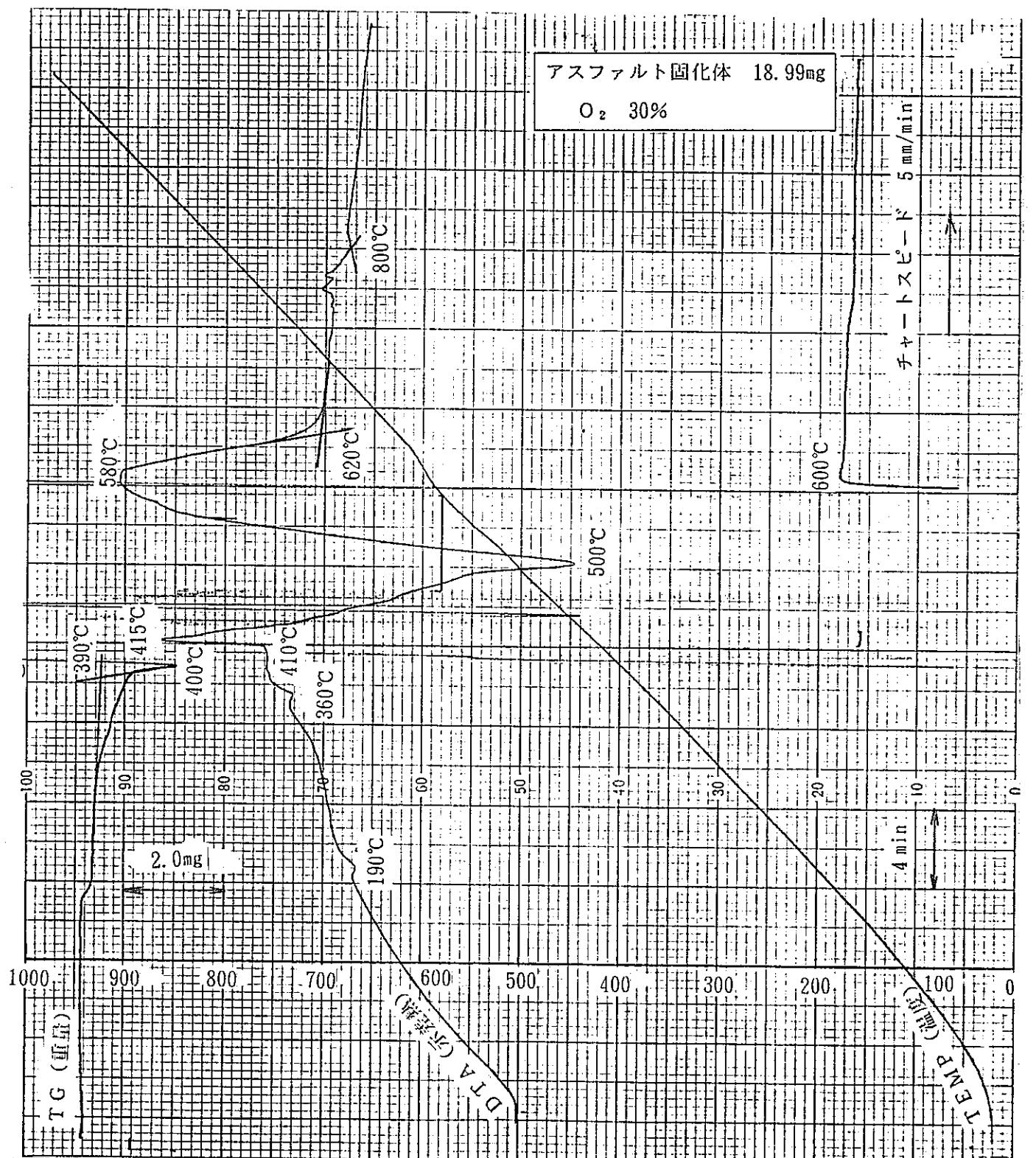
示差熱分析チャート No. 14



示差熱分析チャート No. 15



示差熱分析チャート No. 16



3.4 まとめ

示差熱分析結果より以下の様なことがわかった。

(1) エポキシ固化体

- ① 170°Cより急激な分解および燃焼が始まり、755°Cまでに終了する。
- ② 燃焼するものは大きくわけて2種類である。
 - (i) 410°C付近をピークとして燃焼する揮発分
 - (ii) 570°C付近をピークとして燃焼する固定炭素分
- ③ 条件によって揮発分の燃焼時に着火が起きずに分解ガスが外部に放出されることがある。このことより揮発分の着火は不安定であると考える。
- ④ 各酸素濃度に於ける揮発分の燃焼ピーク温度は、200~250°Cと差があるが、特に傾向はない。
- ⑤ 固定炭素の燃焼ピーク温度は酸素濃度10%と20%とでは、100°Cの差があるが酸素濃度20%と30%では大きな差はない。
- ⑥ 燃焼終了温度は680~780°Cと酸素濃度が大きくなるにつれて低くなる。
- ⑦ 発熱量は5340cal/gである。

(2) アスファルト固化体

- ① 350~500°Cの間で急激で激しい分解および燃焼があり、酸素濃度30%では安定した重量分析の記録が得られなかった。
- ② 各酸素濃度に於ける燃焼ピーク温度は440~510°Cで酸素濃度が高くなるほど燃焼ピーク温度は高くなる。
- ③ 燃焼終了温度は690~910°Cと酸素濃度が大きくなるにつれて低くなる。
- ④ 発熱量は5700cal/gである。

4章 小型電気炉による燃焼性確認試験

4.1 目的

小型電気炉で模擬固化体を燃焼させ、オフガス組成、燃焼残渣の測定、および燃焼状態（固化体の溶解、発煙状態等）を調査することを目的とした。

4.2 試験方法

- ① 窒素、空気の混合ガスを石英管 ($\phi 25\text{mm} \times l1000\text{mm}$) に送り込む。次にサンプルをボードに載せて中央に置き、マッフル炉を用いてサンプル部分を800~900°Cまで加熱する。

試験装置の系統図を図4.2-1に示す。

（本試験装置はJIS K 2541中の燃焼管式空気法試験器に準拠する。）

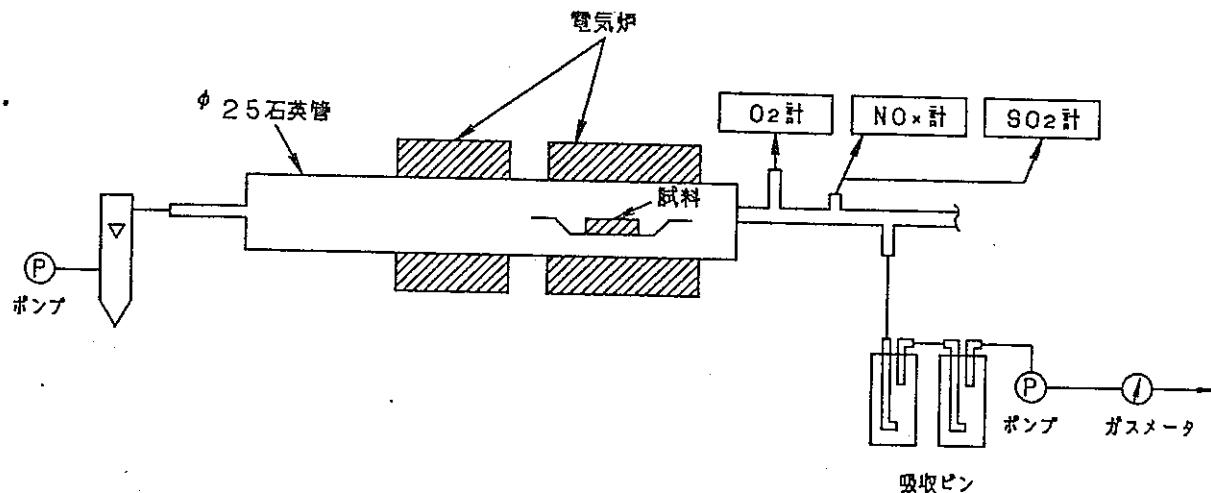


図4.2-1 試験装置の系統図

- ② オフガスを採取し組成分析を行なった。

この時の分析項目および分析方法を表4.2-1に示す。

表 4.2-1 分析項目および分析方法

成 分	エポキシ固化体	アスファルト固化体	分 析 方 法	吸引流速 (ℓ/min)
窒素酸化物濃度 N O x (ppm)	○	○	JIS K 0104 化学発光法 連続分析法	—
酸素濃度 O ₂ (%)	○	○	JIS B 7983 ジルコニア方式 の連続分析計を使用	—
二酸化硫黄濃度 S O ₂ (ppm)	○	○	JIS K 0103 定電位電解法 連続分析法	—
全硫黄酸化物濃度 S O x (mg)	○	○	JIS K 0103 比濁法	—
塩化水素濃度 H C l (mg)	○	○	JIS K 0107 チオシアノ酸水銀(II)吸光光度法	1.0
塩素濃度 C l ₂ (mg)	○	○	JIS K 0106 オルトリシン法	0.1
りん酸濃度 P ₂ O ₅ (mg)	○	○	液捕集 モリブデン酸法	1.0
シアノ化水素濃度 H C N (mg)	○	○	JIS K 0109 4-ピリジンカルボン酸-ビラゾロン吸光光度法	1.0

- ③ 発煙状態等の燃焼状態を観察し、適宜、ビデオ撮影を行なって記録した。
- ④ 次に燃焼後の燃焼残渣を取り出し重量測定を行なった。
- ⑤ 融点測定については、アスファルト固化体の場合は、JIS M 8801 の方法では測定困難なため目視にて流動点を求めた。

4.3 試験結果

(1) エポキシ固化体

a. 試験-1 (ビデオに収録)

(a) オフガス発生条件

試験-1 オフガス発生条件

試験方法	試料投入後昇温
空気量	4 ℓ/min
試料量	5 g

ア. 試験結果

この条件では、約200°Cから約5分間多量の白煙が発生するが、酸素濃度および窒素酸化物濃度の変化はない。その後、約18分間ゆるやかな燃焼がおこり酸素濃度の最小値は、18.7%となった。

350~500°Cで多量の白煙が発生する原因としては、分解ガスに着火せず分解ガスがそのまま外部に放出されているものと思われる。

詳細は排ガス測定チャートNo. 1を参照のこと。

b. 試験-2 (ビデオに収録)

(a) オフガス発生条件

試験-2 オフガス発生条件

試験方法	820°Cに設定された雰囲気中に投入
空気量	4 ℥/min
試料量	1 g

ア. 試験結果

この条件では、急激な燃焼は約1.5分で終了する。この間黒煙を発生し、酸素濃度の最小値は6%となる。また、窒素酸化物濃度は、445ppmで二酸化硫黄濃度は900ppmを示した。

その他の有害ガスの分析値は表4.3-1を参照のこと。

詳細は、排ガス測定チャートNo. 2を参照のこと。

c. 試験-3

(a) オフガス発生条件

試験-3 オフガス発生条件

試験方法	820°Cに設定された雰囲気中に投入
空気量	4 ℥/min
試料量	0.2 g

ア. 試験結果

この条件では、急激な燃焼は約50秒で終了する。この間、少量の黒煙を発生し、酸素濃度の最小値は9.8%となる。また、窒素酸化物濃度は、400ppmを示した。また二酸化硫黄濃度は320ppmを示した。

その他の有害ガスの分析値は表4.3-1を参照のこと。

詳細は、排ガス測定チャートNo.3を参照のこと。

また、各試験における燃焼残渣量について、表4.3-1を参照のこと。

エポキシ固化体の場合は、燃焼残渣の形状はもとの試料の形で残るが重量は試料の27.8～32.5%となる。

融点測定の結果についてはエポキシ固化体の場合は加熱しても流動せず逆に硬化するため融点が存在しないことが判明した。

(2) アスファルト固化体

a. 試験-1 (ビデオに収録)

(a) オフガス発生条件

試験-1 オフガス発生条件

試験方法	試料投入後昇温
空 気 量	4 ℥/min
試 料 量	1 g

ア. 試験結果

この条件では、急激な燃焼は約3.0分で終了する。この間2つのピークがあり黒煙を発生し、酸素濃度の最小値は1.7%になる。また、窒素酸化物濃度は、500ppmオーバーであった。また、二酸化硫黄濃度は185ppmを示した。

その他の有害ガスの分析値は表4.3-1を参照のこと。

詳細は、排ガス測定チャートNo.4を参照のこと。

b. 試験-2

(a) オフガス発生条件

試験-2 オフガス発生条件

試験方法	試料投入後昇温
空 気 量	4 ℥/min
試 料 量	0.2 g

ア. 試験結果

この条件では、急激な燃焼は約1.5分で終了する。この間二つのピークがあり黒煙を発生し、酸素濃度の最小値は18.0%になる。また、窒素酸化物濃度は、480ppm

を示した。

その他の有害ガスの分析値は表 4.3-1 を参照のこと。

詳細は、排ガス測定チャート No. 5 を参照のこと。

また、各試験における燃焼残渣量について、表 4.3-1 を参照のこと。

アスファルト固化体の場合は、燃焼残渣は溶融し形状はかなり小さくなり減容比が大きい。重量は試料の19.0~25.2%となる。

融点測定の結果については、目視にて流動点は110°Cであった。

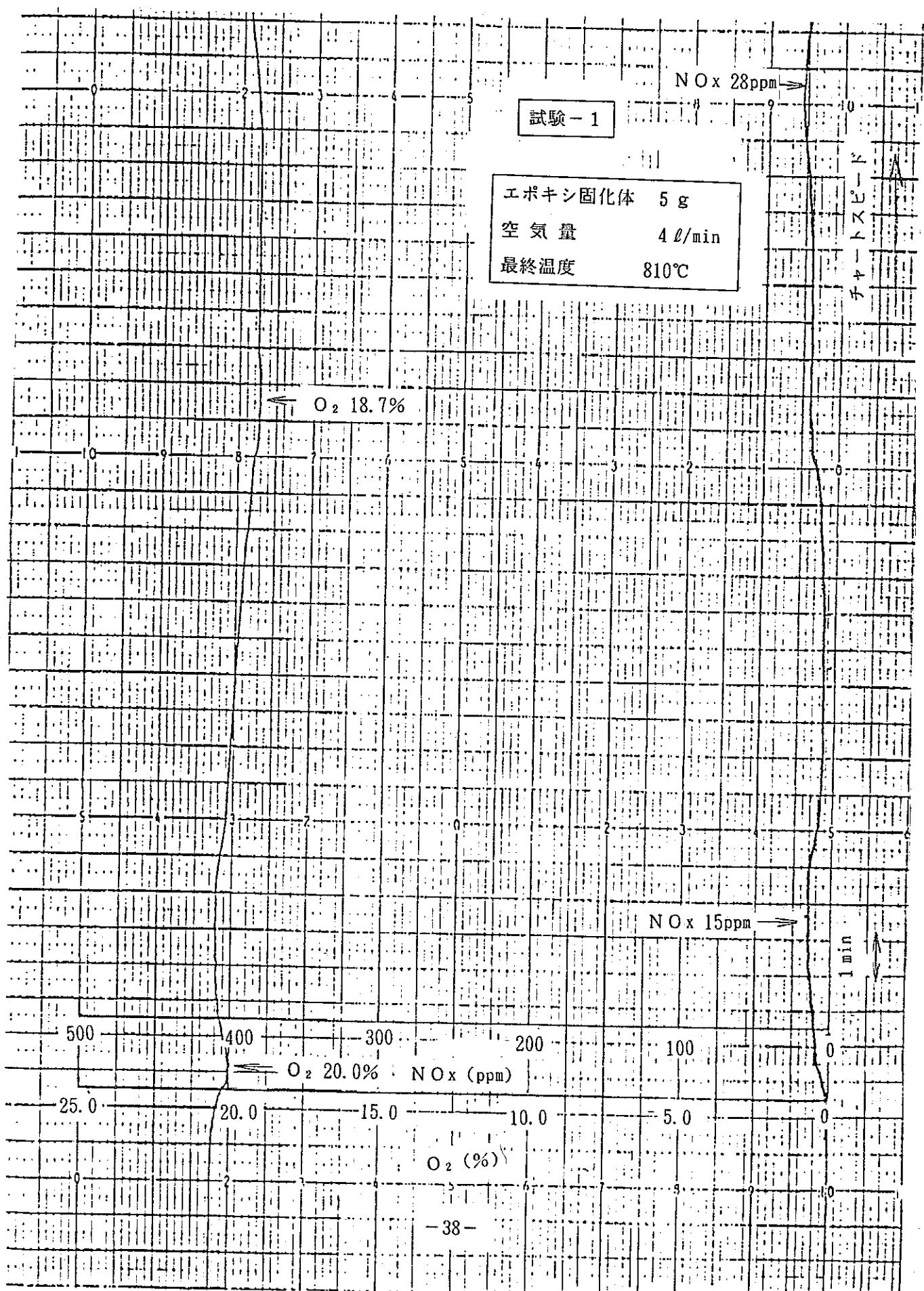
表 4.3-1 分析項目及び分析方法

成 分	エポキシ固化体			アスファルト固化体	
	試験-1	試験-2	試験-3	試験-1	試験-2
窒素酸化物濃度 N O x (ppm)	28.0	44.5	40.0	50.0以下	48.0
酸素濃度 O ₂ (%)	18.7	6.0	9.8	1.7	18.0
二酸化硫黄濃度 S O ₂ (ppm)	—	90.0	32.0	18.5	6.0
全硫黄酸化物量 S O x (mg)	—	1.26	0.31	1.91	0.355
塩化水素量 H C l (mg)	—	2.63	1.27	0.1以下	0.1以下
塩素量 C l ₂ (mg)	—	0.01以下	0.01以下	0.01以下	0.01以下
りん酸量 P ₂ O ₅ (mg)	—	0.14	0.03	0.01以下	0.02
シアノ化水素量 H C N (mg)	—	1.85	0.70	2.75	1.26
燃焼残渣量(%)	—	27.8	32.5	25.2	19.0

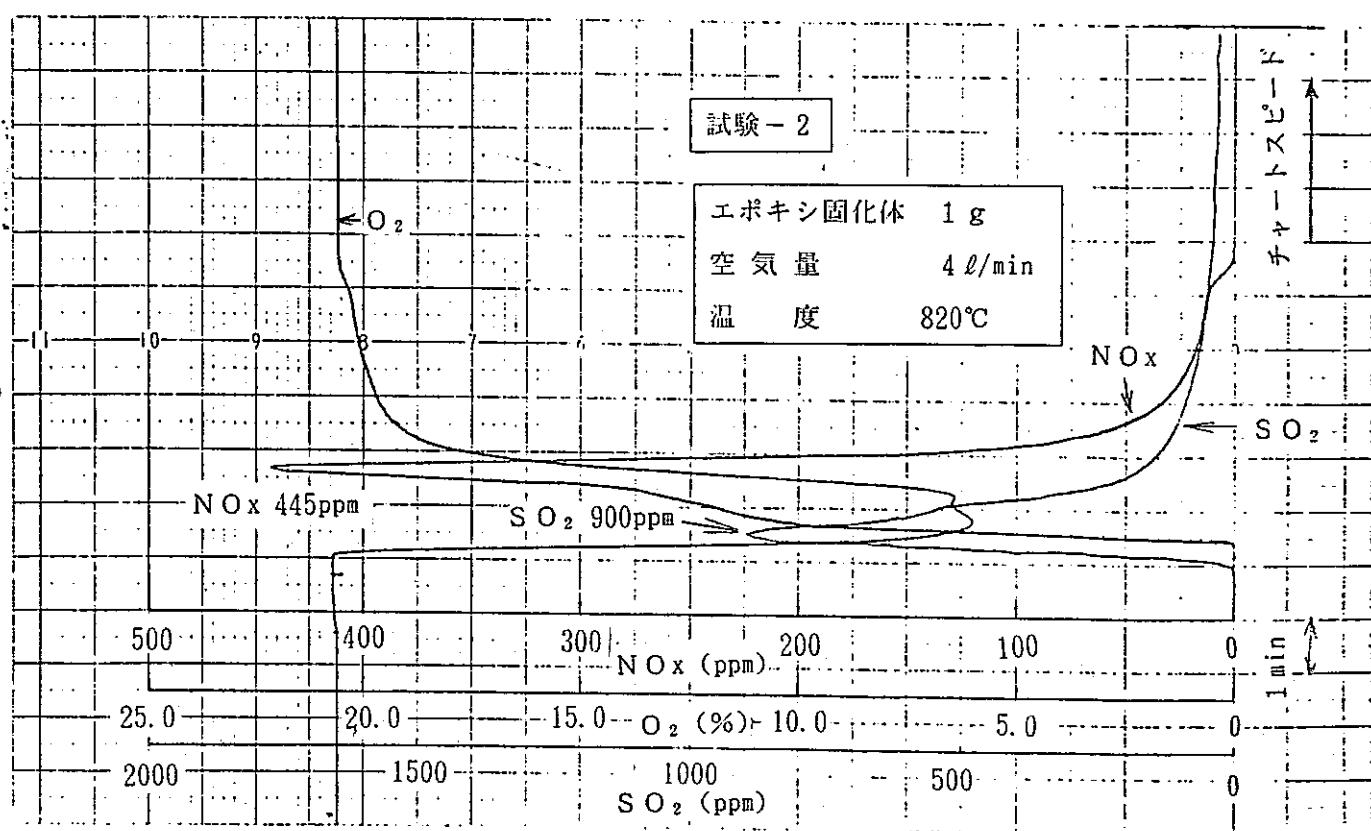
(注1) エポキシ固化体の試験-1は分解ガスに着火せず分解がそのまま外部に放出されるため有害ガス測定を行なわなかった。

(注2) エポキシ固化体のS O₂濃度が大きな値となっているのはエポキシ固化体中の未然ガスによる妨害を受けているためである。

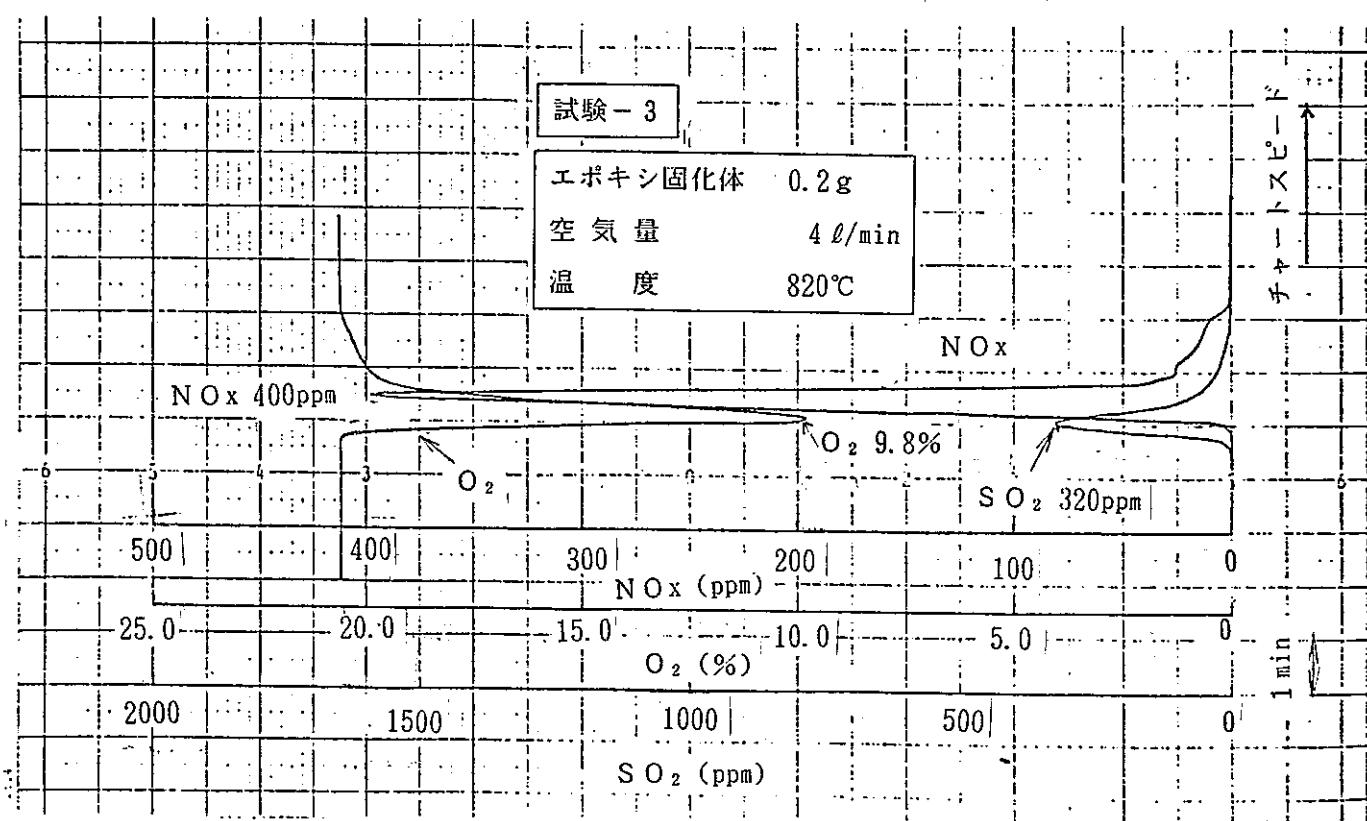
排ガス測定チャート No. 1



排ガス測定チャート No. 2



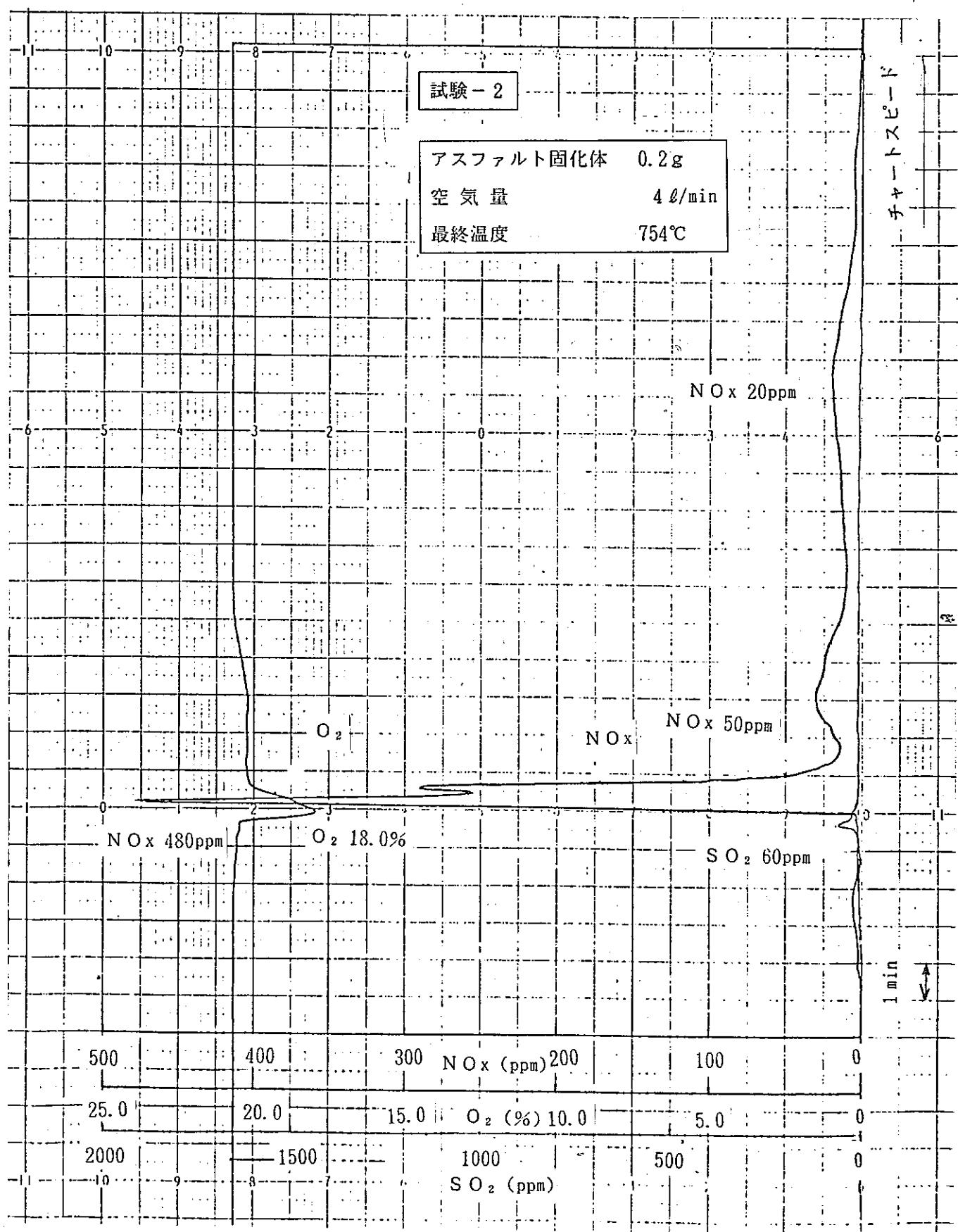
排ガス測定チャート No. 3



排ガス測定チャート N.O. 4



排ガス測定チャート No. 5



4.4まとめ

小型電炉による燃焼性確認試験の結果より以下の様なことがわかった。

(1) エポキシ固化体

- ① ある条件での揮発分の燃焼時に着火が起こらず分解ガスとして外部に放出される現象があらわれ、エポキシ固化体の揮発分の着火が非常に不安定であることがわかった。
- ② 820°Cに設定された雰囲気中に投入すると急激な燃焼が一瞬のうちに終了しこの間に黒煙を発生し、NO_x濃度は高い値を示した。
- ③ 燃焼残渣は、もとの試料の形で残り、重量は試料の27.8~32.5%となる。
- ④ 加熱しても流動せず逆に硬化し、融点が存在しないことがわかった。

(2) アスファルト固化体

- ① 試料を投入後昇温していく急激な燃焼が一瞬のうちに完了し、この間NO_x濃度には2つのピークを生じ、黒煙を発生した。
- ② 燃焼残渣は、溶融し形状はかなり小さくなり減容比が大きく、重量は試料の19.0~25.2%となる。
- ③ 流動点は110°Cである。

5章 燃焼試験炉による燃焼試験

5.1 目的

3章 示差熱分析調査結果、および4章 小型電気炉による燃焼性確認試験結果をふまえて、各固化体の実際の燃焼状態を把握し、燃焼空気量、燃焼温度などの燃焼条件を見出すため、燃焼試験炉による燃焼試験を行い必要なデータを得ることを目的とする。また燃焼状態をビデオにとり記録する。

5.2 試験項目

燃焼試験炉で行なった試験項目を以下に示す。

- ① 燃焼状態
- ② 必要燃焼空気量
- ③ フィルタ目詰り状態（時間、焼却量、差圧）
- ④ 燃焼温度（炉内温度）
- ⑤ 燃焼速度
- ⑥ 排ガス組成、特に有毒ガス（公害規制物質）の発生の有無
- ⑦ 残渣の状態、化学形態、性質
- ⑧ 減容比
- ⑨ 助燃油の要否
- ⑩ 炉内圧力の変動
- ⑪ 装置材料の耐食性について

5.3 試料調整

基礎試験の結果、試料の大量投入は、明らかに燃焼に悪影響を及ぼし、かつ危険であることが予想され、又燃焼試験炉の投入口の制約があったこともあり試料は細分化（調整）して供試するものとした。

以下に実際に行った試料の調整方法を示す。

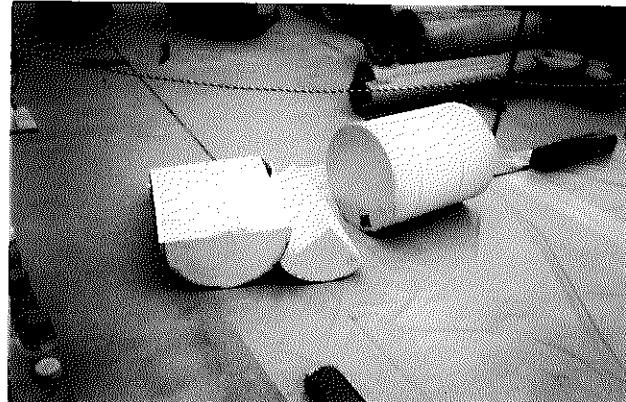
（1）エポキシ固化体（図5.3-1を参照のこと。）

エポキシ固化体は、非常に弾力があるため、たたいても割れを生じない。従って、ノコギリの様なもので切削することがよい様である。

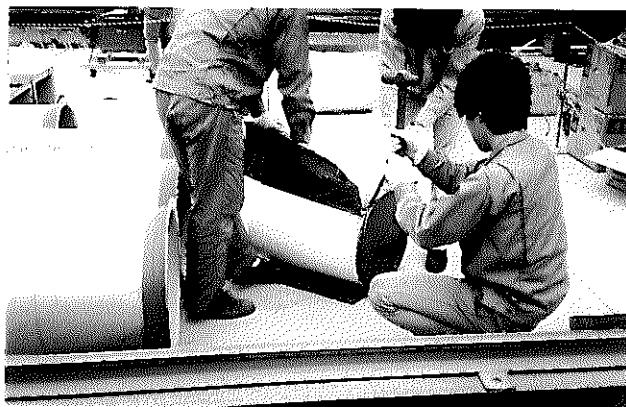
今回の試験では、試料調整のために、ノコギリおよび木工用バンドソーを使用し、ドラム缶より取り出した固化体を細かく切削した。その他の方法として、ナイフ又はカッター状のもので切る方法も試みたが、やはりノコギリによる切削の方法が能率的であった。



①
エポキシ固化体をドラム缶より取り出す。



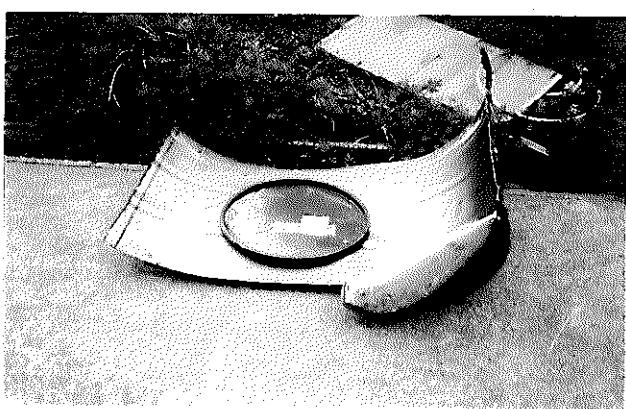
④
ノコギリを使用してエポキシ固化体を細に切断。



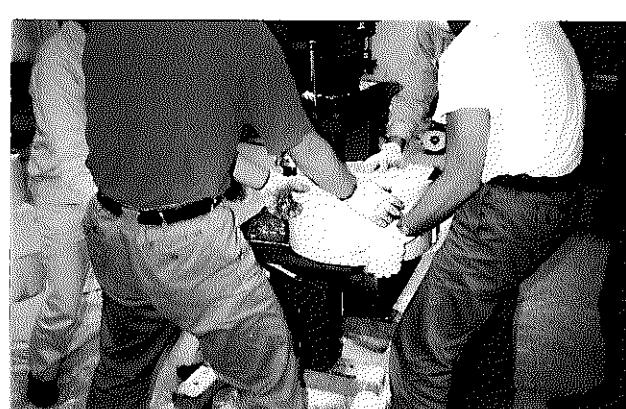
②
エポキシ固化体をドラム缶より取り出す。



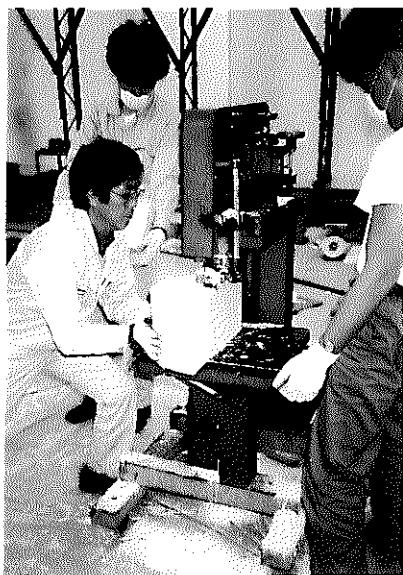
⑤
ノコギリを使用して更に細かく切断。



③
エポキシ固化体を取り出した後のドラム缶の様子。

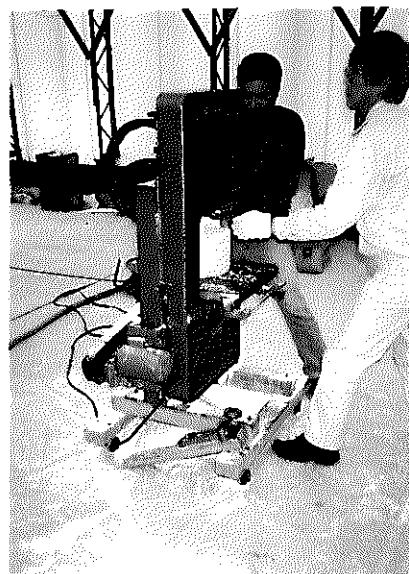


⑥
木工用バンドソーを使用して他の試料を更に細かく切断。



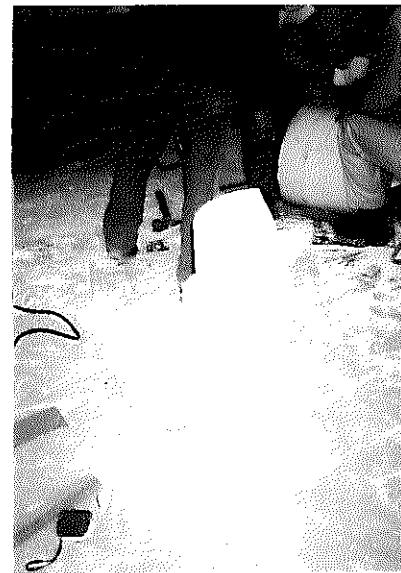
→⑦

木工用バンドソーを使用して
⑥の試料を更に細かく切削。



→⑧

木工用バンドソーを使用して
スライス状試料の調整。



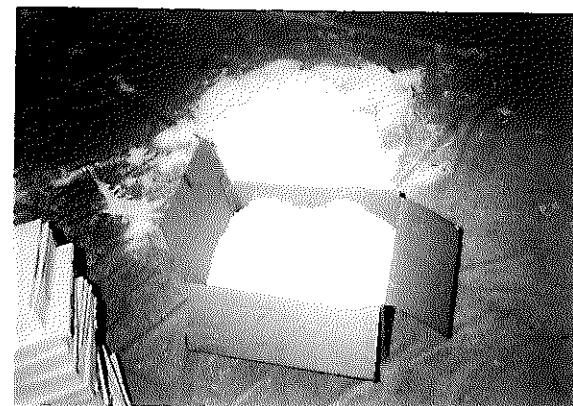
→⑨

ブロック状試料の調整。



→⑩

スライス状試料の調整。



→⑪

粉末状試料の調整。

図5.3-1 エポキシ樹化体試料調整 (2/2)

(2) アスファルト固化体

アスファルト固化体は、非常に調整の難しい試料であった。外気の温度にかなり影響され、温度の低い日（曇日など）には、ある程度硬化しているため、タガネなどを使用して、わりと容易に破碎できる。逆に温度の高い日（晴天など）は、固化体がわずかな温度の違いで軟化するためタガネなどを使用しても破碎ができない。

また、今回の試料を破碎後保管しておいた際に外気との温度差にて固化体に凝縮した水分がつくと、黄色い粉状の物質を吹きだしていた。（図5.3-2を参照）これは、ナトリウム系化合物と思われる。

両者の固化体ともについて言えることは、実機の焼却炉を設計する際に併せて、前処理として最適な形状を見つけ、それを調整する必要がある。

5.4 試験設備

5.4.1 燃焼試験炉

今回の試験で用いた横型水冷式二重鋼板構造、強制通風方式の炉は、プラスチック及び廃油の焼却用として代表的な炉である。しかしながら3章、および4章の基礎試験からもわかる様に試料は通常のプラスチックとは違う非常に燃えにくい物であることを考慮し、その結果をふまえ、灯油バーナーを設置した。

従って、以下の項目では基礎試験の結果をふまえ今回用いた試験設備の概要を説明する。

（注）今回使用した炉の外形図を図5.4.1-1に示す。

5.4.2 灯油バーナーの設置

上記の焼却炉にて、焼却試験を行なうにあたって、エポキシ固化体の着火が非常に難しいことが考えられたため、助燃油が必要であると判断し、燃えにくいプラスチック、廃油用として一般によく使われる8.0ℓ/hの灯油バーナーを設置して、今回の試験に臨んだ。尚、固化体の燃焼試験の結果については、詳細は、後記にて示すが、8.0 ℓ/hでの良好な燃焼状態が得られなかったため、本焼却設備での限度であると考えられる10 ℓ/hで実際の試験を行なった。

5.4.3 試験設備の系統図

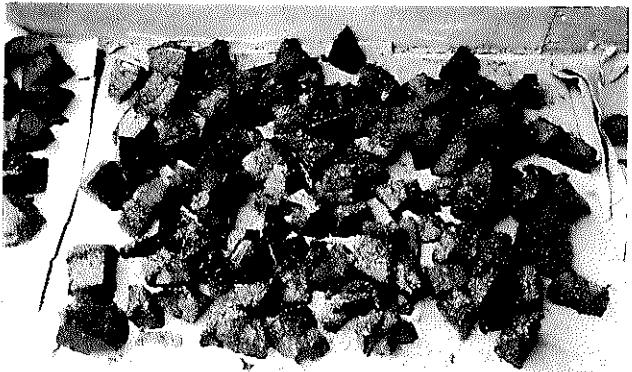
実際に使用した試験設備の系統図を図5.4.3-1に、又、用いた測定器の種類と用途を表5.4.3-1に示す。



①
アスファルト固化体を大きな塊り状に分割。



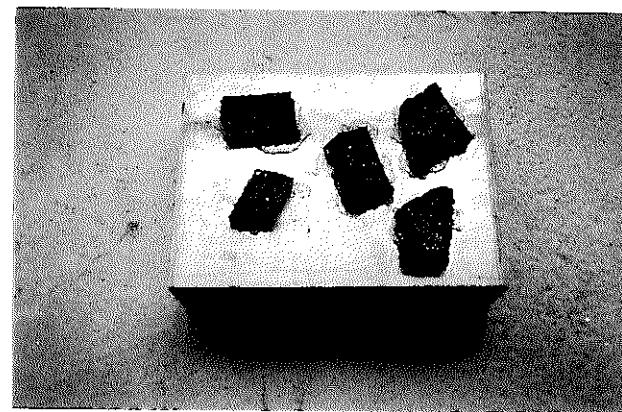
②
①の試料を更に細かく調整
(約250gに分割)



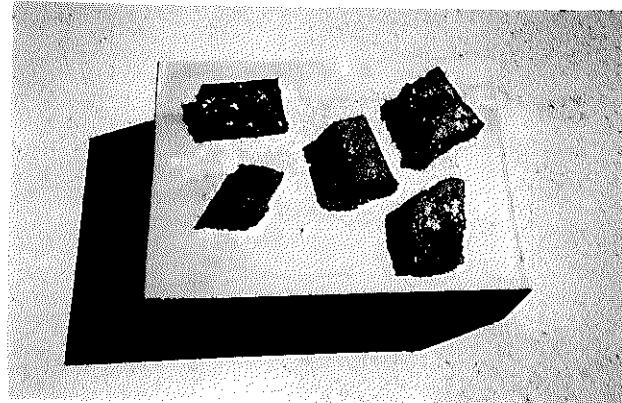
③
試料の表面にNa化合物と思われる結晶。



④
Na化合物の結晶。

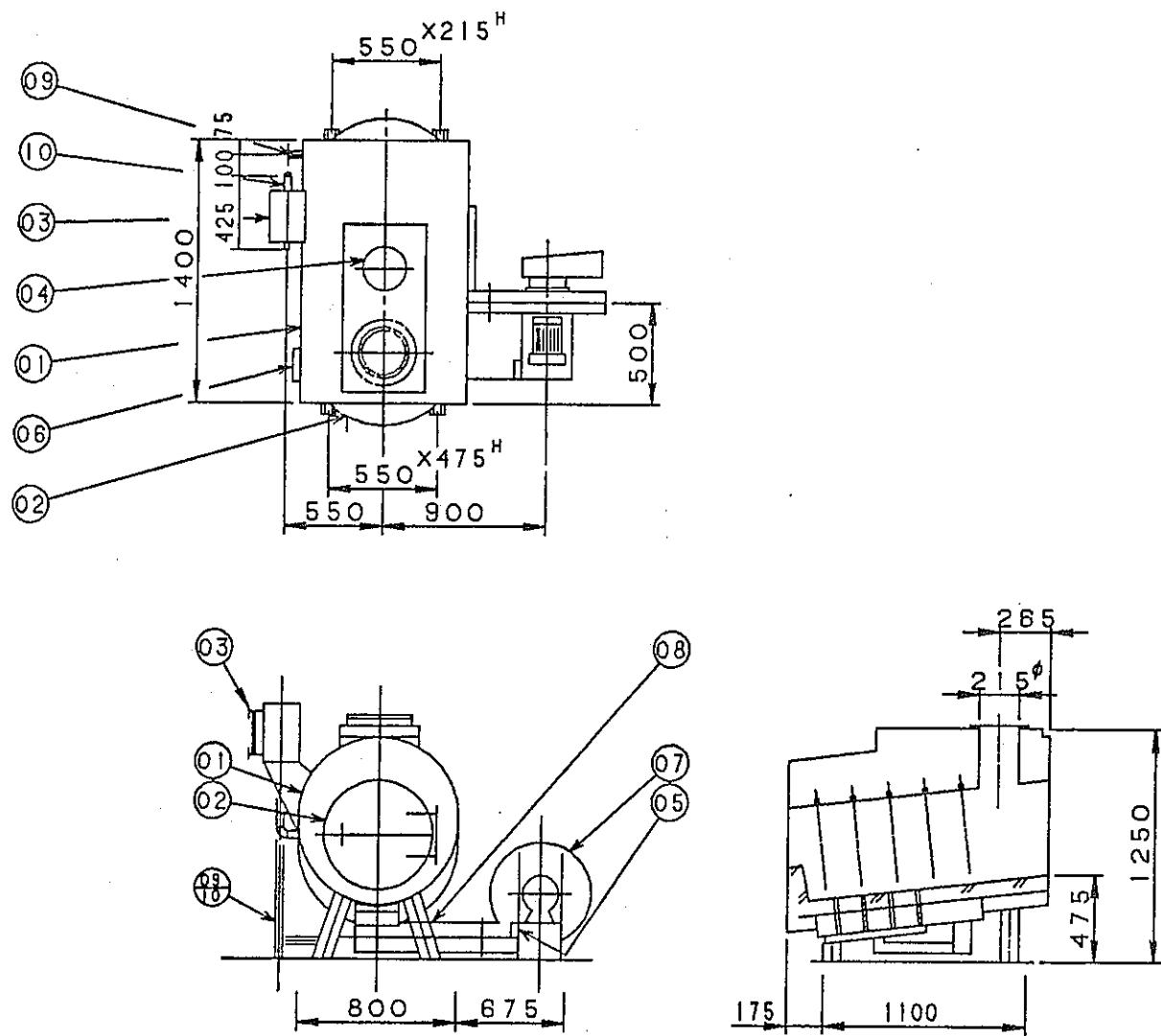


⑤
試料表面が露出し、水分に吸いだされたNa化合物の結晶。



⑥
⑤にて水分が蒸発すると黄色結晶が浮上。

図5.3-2 アスファルト固化体試料調整



番号	名 称	規 格	材 質	個 数	摘要
10	オーバフロー			1	
09	ドレン			1	
08	エアードクト			1	
07	燃焼ファン			1	
06	銘板			1	
05	起動器			1	
04	気水分離器			1	
03	給水タンク			1	
02	投入口			1	
01	焼却炉			1	

図5.4.1-1 燃焼試験炉 外形図

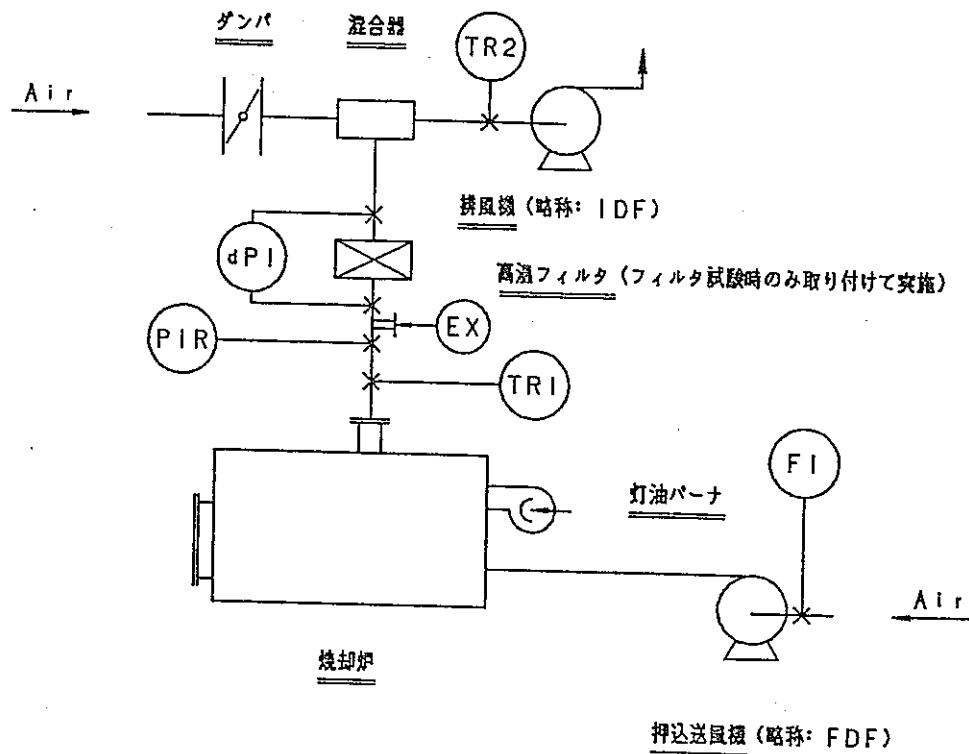


図5.4.3-1 試験設備の系統図

表5.4.3-1 測定器の種類と用途

計装記号	名 称	用 途
F I	流 量 計	押込送風機空気量測定用
T R 1	温 度 計	炉内温度測定用
T R 2	温 度 計	混合空気温度測定用
R I R	压 力 計	炉内压力測定用
d P I	差 压 計	フィルタ間差圧測定用
E X	排ガス測定口	排ガス測定用

5.4.4 炉内の改造

当初、炉の中に直接試料を置き燃焼させたが、良好な燃焼が得られなかつたため、炉内に試料置き台を設置して燃焼試験を行なつた。(調整前) その後、試料を置く位置とバーナーのフレームとの位置を考慮し、良好な燃焼が得られる様に試料置き台を調整し、その後の試験はこの状態にて実施した。(調整後)

以下に炉内改造の過程および調整前後の炉内改造の様子を示す。

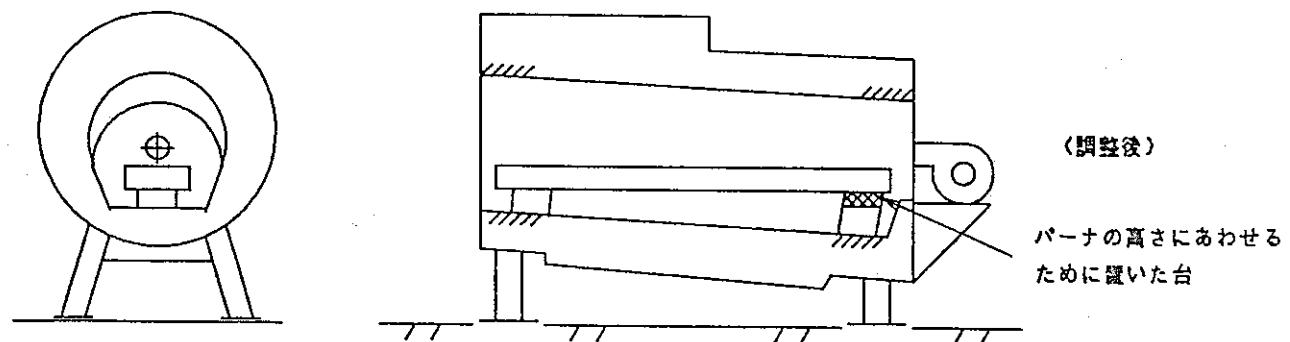
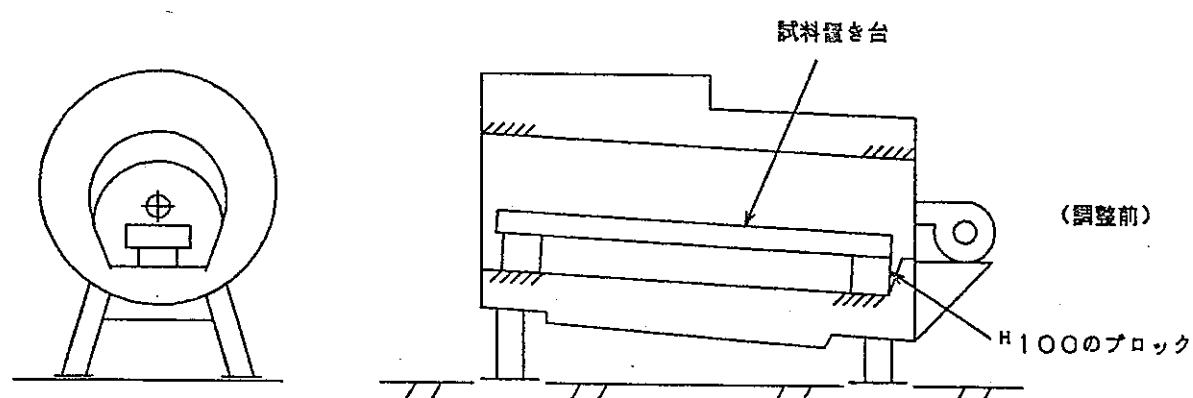
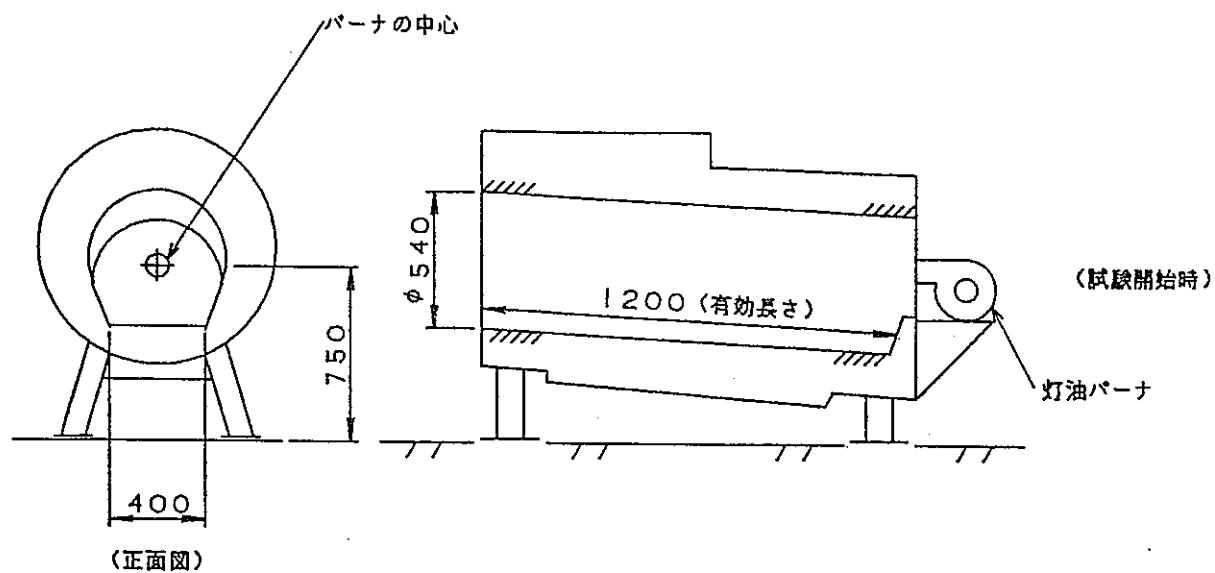


図 5.4.4-1 炉内改造の過程

5.5 必要燃焼空気量の計算

必要燃焼空気量を理論計算し、これに基づき燃焼試験を実施した。

5.5.1 理論空気量の計算

$$A_0 = 8.89 C + 26.7 \left(h - \frac{O}{8} \right) + 3.33 S \text{ (Nm}^3/\text{Kg-燃料)}$$

ここで

A_0 = 理論空気量

C = 炭素の成分

h = 水素の成分

O = 酸素の成分

S = 燃焼性イオウの成分

(1) エポキシ固化体

$$A_0 = 8.89 \times 43.8 + 26.7 \times \left(6.3 - \frac{10.15}{8} \right) + 3.33 \times 0.48 \\ = 5.25 \quad [\text{Nm}^3/\text{Kg-燃料}]$$

(2) アスファルト固化体

$$A_0 = 8.89 \times 42.1 + 26.7 \times \left(5.0 - \frac{21.8}{8} \right) + 3.33 \times 1.02 \\ = 4.38 \quad [\text{Nm}^3/\text{Kg-燃料}]$$

以降の実験ではO₂濃度15%^(注)をベースに試験を実施した。

(注) 廃棄物焼却炉ではO₂濃度を12%程度で焼却させる場合が一般的であるが、今回の固化体の燃焼性を考慮し、若干過剰な15%をベースに試験を実施した。

5.5.2 空気比の計算

$$m = \frac{21}{21 - (O_2)}$$

必要酸素濃度15%のときの空気比を以下に示す。

$$m = \frac{21}{21 - 15} = 3.5$$

5.5.3 必要燃焼空気量の計算

O₂ = 15%のときの必要燃焼空気量は以下の通りとなる。

(1) エポキシ固化体

$$A = A_0 m \text{ より}$$

$$A = 5.25 \times 3.5 = 18.4 \quad [N \text{ m}^3/\text{Kg-燃料}]$$

(2) アスファルト固化体

$$A = A_0 m \text{ より}$$

$$A = 4.38 \times 3.5 = 15.3 \quad [N \text{ m}^3/\text{Kg-燃料}]$$

5. 6 試験内容

5. 6. 1 予備試験

実験の燃焼試験に先立って炉特性を把握するために、試料を投入しない状態で風量、炉内圧力、炉内温度を計測した。

(1) 風量測定

以下に炉内圧力と風量の関係を示す。

表 5. 6. 1 - 1 炉内圧力と風量の関係

炉 内 壓 力 (mmAq)		(注) 炉 内 出 口 風 量 (N m ³ /h)	
投 入 口		投 入 口	
開	閉	開	閉
- 3	- 3	788	218
- 23	- 25	2560	730
- 40	- 50	3343	1174

条件：排風機(I D F)のみ起動(押込送風機(F D F)はOFF、バーナはOFF)

(注) 炉出口の風量は図 5. 4. 3 - 1 EX の排ガス測定口にて測定した。

(2) バーナ着火試験および燃焼調整

助燃油量を変化させたときの炉出口温度およびO₂濃度の測定結果を以下に示す。

表 5. 6. 1 - 2 バーナ燃焼時の各測定結果

助燃油量 (ℓ/h)	炉出口温度 (°C)	O ₂ 濃度 (%)
8	430	14.7
10	479	13.2

条件：投入口閉、押込送風機(F D F)はOFF

(3) バーナ使用時の風量、圧力、O₂濃度の測定

10 ℥/hの灯油バーナを使用した場合の投入口開閉時の各測定結果について下記の表5.6.1-3に示す。

表5.6.1-3 灯油バーナ10ℓ/h使用時の各測定結果

条 件	炉内圧力(mmHg)		-3				-5				
	投入口		閉	開			閉	開			
FDF 開 度	底 部 (%)	0	0	100			0	0	100		
	側口部 (%)	0	0	0	25	50	0	0	0	25	50
測 定 結 果	炉出口温度(℃)	479	392	271	276	231	380	270	222	224	193
O ₂ 濃度 (%)	13.2	16.9	17.7	17.5	17.6	15.5	18.3	18.5	18.3	18.4	
N O _x 濃度(ppm)	30	20	12	12	12	20	14	10	10	10	
C O 濃度(ppm)	48	50	30	30	30	50	50	30	30	30	
排ガス量(Nm ³ /h)	245	465	572	540	556	346	698	753	698	725	

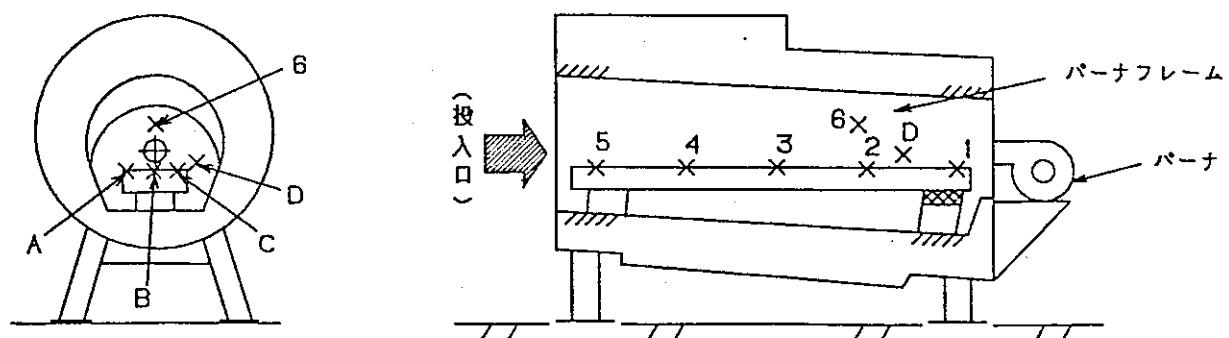
(注記) F D F 開度を50%以上とすると、バーナのフレームが大きく乱れるため、50%をMAXの試験条件とした。

(4) 炉内温度測定

投入口を開の状態にて炉内温度を測定し、その結果を表5.6.1-4に示す。

表5.6.1-4 炉内温度分布測定結果

条件	炉内圧力 (mmAq)		-3			-5		
	FDF 開度	底 部(%)	0	100		0	100	
		側口部(%)	0	0	50	0	0	50
炉 内 温 度 分 布 (°C)	A	1	—	—	699	—	—	687
		2	—	—	573	—	—	551
		3	—	—	502	—	—	493
	B	1	502	722	802	505	702	830
		2	286	—	616	333	—	674
		3	250	—	545	268	—	552
		4	—	—	—	—	—	—
		5	—	—	—	—	—	—
	C	1	—	—	659	—	—	830
		2	—	—	688	—	—	674
		3	—	—	506	—	—	552
	D	—	—	595	—	—	—	616
	6	—	—	900	—	—	—	902



5.6.2 燃焼性試験

(1) エポキシ固化体

a. 投入量の変化による燃焼性確認

(a) 試験要領

ブロック状の試料を用いて試料量、250g、500g、1000g、1500gのものについて、燃焼を行ない、目視にて観察した。

(b) 試験結果

250g、500gは、黒煙および白煙の発生は少ないが炎量が少なく火力が弱い。

1000gは、少量の黒煙および白煙を発生するが、炎量が多く火力が強い。

1500gは、多くの黒煙および白煙を発生し、炎量は、1000gの場合と同じ程度。

b. 試料の形状による燃焼性確認・

(a) 試験要領

ブロック状、スライス状、粉末状の試料を用いて実施した(図5.6.2-1参照)。

尚本試験では、粉末状が、燃焼がよいであろうと判断したため500gと少なめにして、目視にて観察した。

(b) 試験結果

ブロック状のものでは、黒煙および白煙の発生は少ないが、炎量が少なく火力が弱い。

スライス状のものでは、挿入時に多くの白煙を発生するが黒煙の発生が少なく、炎量が多く火力が強い。

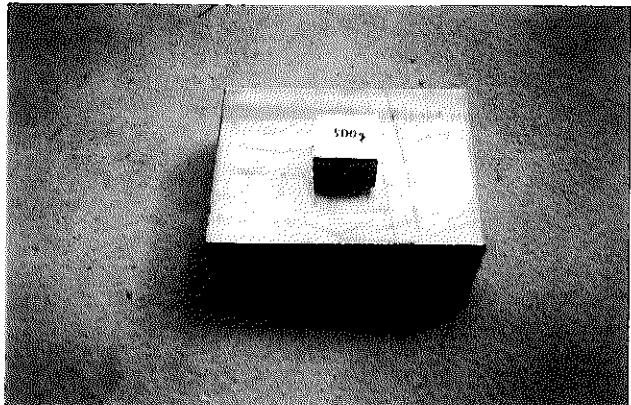
粉末状のものでは、挿入時多くの白煙および黒煙を発生し、炎量が少なく火力が弱い。

燃料後の試料状態については図5.6.2-1を参照のこと。

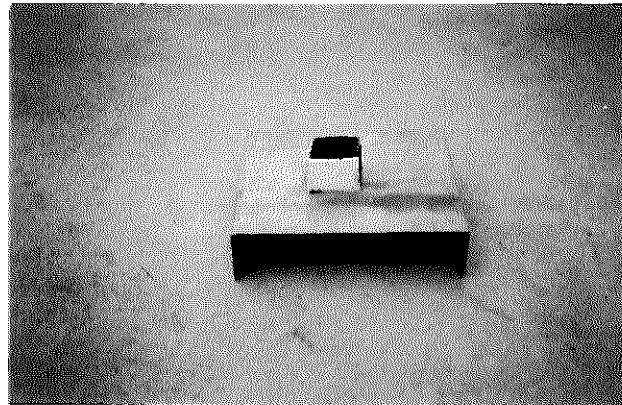
(c) 考 察

粉末状のものは、挿入時多くの白煙および黒煙を発生するが、これは試料の表面積が大きいため分解ガスが発生しやすく、一気に分解ガスを発生し、一時的にまわりの温度を下げ、着火温度にいたらぬものが、白煙となって排出される。また、一部、着火温度に達したものは、燃焼するがまわりのO₂濃度が低いために黒煙となって排出される。

スライス状ものは、適度の分解ガスの発生があり、試料表面で燃焼し、試料温度を高め、さらに分解ガスを発生させ燃焼を激しくする。

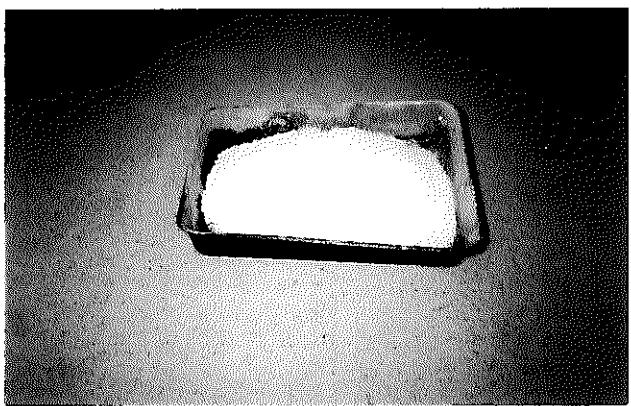


①
ブロック状試料 (500 g)
(燃焼前)



②
ブロック状試料 (500 g)
(燃焼後)

※白くなっている部分はバーナ
の炎を直接受けたところ。



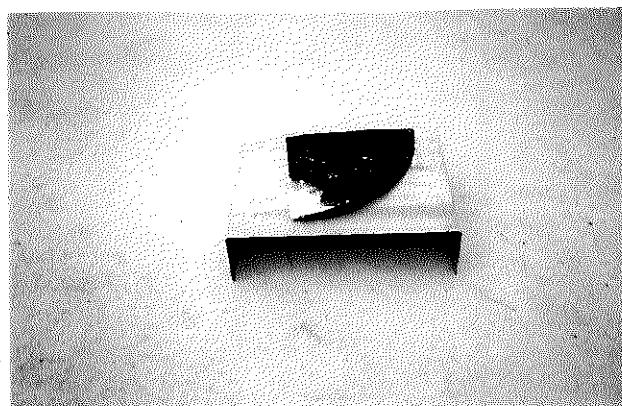
③
粉末状試料 (500 g)
(燃焼前)



④
粉末状試料 (500 g)
(燃焼後)



⑤
スライス状試料 (500 g)
(燃焼前)



⑥
スライス状試料 (500 g)
(燃焼後)

※白くなっている部分はバーナ
の炎を直接受けたところ。

図5、6、2-1 エポキシ固化体の各形状における燃焼前後の状態

ブロック状のものは、表面積が小さいため分解ガスの発生が少なく、そのため良好な燃焼が得られるが、分解ガスの発生が少ないため燃焼がゆるやかであり長時間かかる。

上記結果よりスライス状が最も燃焼性が良いと判断されたため以下の試験はスライス状により実施した。

c. 押込送風機（F D F）の最適開度確認

(a) 試験要領

試料は1000gとし、以下の手順で行なった。

- ① 試料が着火後、底部ダンパーを開き徐々に100%とした。
- ② 次に、試料を投入し、着火後側口部ダンパーを徐々に開き50%とした。
これらの操作を行いつつ炉内の燃焼状態を観察する。

(b) 試験結果

- ① 試料が着火後、底部ダンパーを開き徐々に100%とした場合目視では大きな差はみられなかった。
- ② 試料を投入し、着火後側口部ダンパーを徐々に開き50%とした場合ダンパーを開くにつれて炉内空気の施回力が増し、燃焼が改善される。

このときのF D Fの最適開度確認排ガス分析結果は以下の通りである。

表5.6.2-1 F D Fの最適開度確認排ガス分析結果

F D F 開度				試料量 (g)	排ガス測定値		
底 部 (%)	側 口 部 (%)	O ₂ (%)	C O (ppm)		N O X (ppm)		
0	100	0	50	(g)	14.6	1000	78
○	○			1000	13.3	1000	116
	○	○		1000	12.2	1000	108

試験条件：助燃油量 10 ℥/h

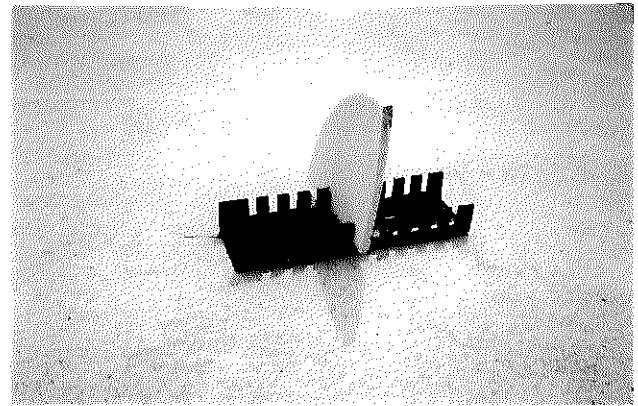
投 入 口 開

炉出口圧力 -3 mmAq

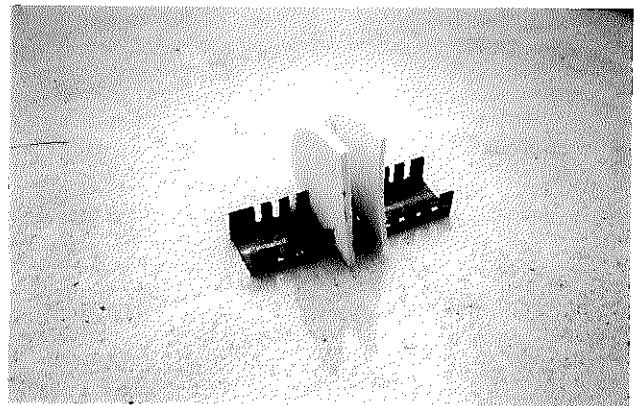
d. 試料の置き方の違いによる燃焼性の確認

(a) 試験要領

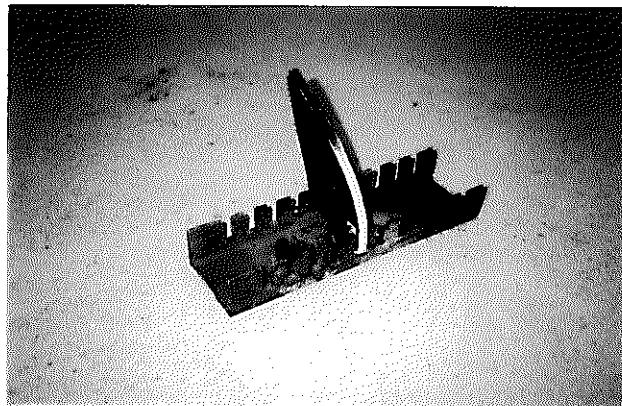
試料を試料置き台（前出の図5.4.4-1参照）に水平にのせた場合とスタンド



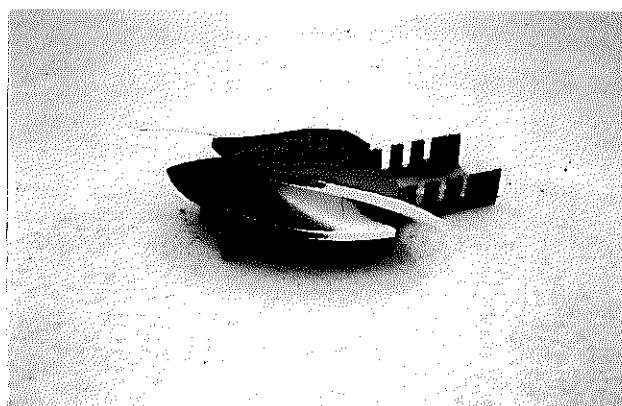
①
スタンド使用 (500 g)
(燃焼前)



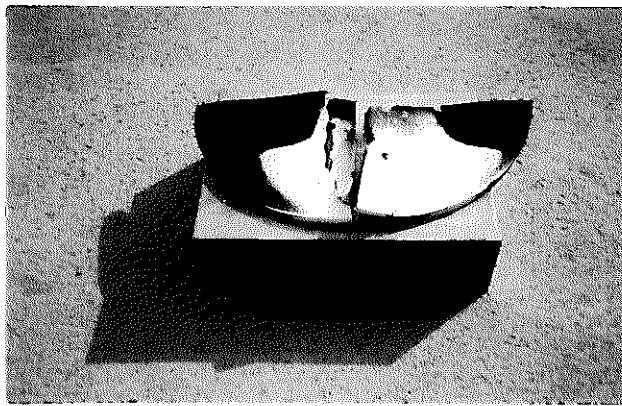
②
スタンド使用 (1000 g)
(燃焼前)



③
スタンド使用 (500 g)
(燃焼後)



④
スタンド使用 (1000 g)
(燃焼後)
※白くなっている部分はバナ
の炎を直接受けたところ。



⑤
④の試料を展開したところ。
※白くなっている部分が多いこ
とからお互いの試料が燃焼す
る際に火力の影響をうけ高温
になったものと判断される。

図5、6、2-2 エポキシ樹化体の焼き方の違いによる燃焼前後の状態

を使用し、垂直に立てた場合（図5.6.2-2を参照）について各々の燃焼性について比較確認を行なった。（図5.6.2-3を参照のこと。）

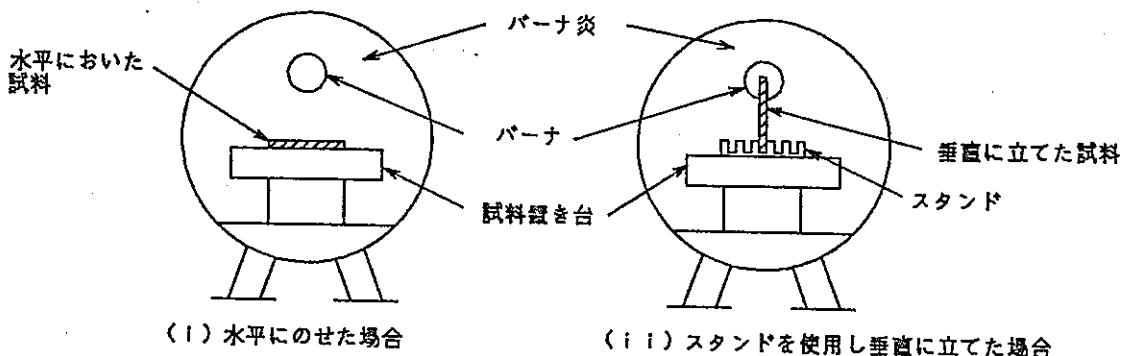


図5.6.2-3 投入口より見た図

(b) 試験結果

① 試料量500g（1枚）のとき

水平に置いた場合は、試料投入時徐々に白煙が発生し、その後、着火し、ゆるやかに燃焼し、若干の黒煙を発生する。

垂直に置いた場合（図5.6.2-2③を参照）は試料投入時、急激に白煙が発生し、その後やや遅れて着火し、黒煙が発生する。

また、火力に関しては水平に置いた場合よりも、垂直に置いた場合の方が大きい。

② 試料量1000g（2枚）のとき

水平に置いた場合はバーナに近いところに置いた試料に着火後、その炎がバーナから離れた所に置いた試料の着火源となり、燃焼し、黒煙の量は増え火力も増加する。

垂直に置いた場合（図5.6.2-2④を参照）は投入時急激に白煙が発生し、ほぼ同時に2枚の試料に着火し多量の黒煙を発生する。火力はかなり強い。

以下に試料の置き方の違いによる排ガス分析の結果を示す。

表 5.6.2-2 試料の置き方の違いによる燃焼性の確認 排ガス分析結果

		水	平	垂直(スタンド使用)
試 料 量 (g)	500	1000	500	1000
試 料 温 度 (°C)	710	750	860	890
炉 出 口 温 度 (°C)	360	539	330	475
測定値	O ₂ 濃度 (%)	15.0	12.8	15.9
	C O 濃度 (ppm)	750	920	500
	N O _x 濃度 (ppm)	80	140	56
試験条件：助 燃 油 量 10 ℥/h				

投 入 口 開

炉出口圧力 -3 mmAq

(c) 考 察

以上の実験結果より下記のことが考えられる。

- ① スタンドを使用したものは、水平に置いたものに比べ炎が直接あたるため、試料温度が急激に上昇し、分解ガスを急激に発生させるが、水平に置いたものでは温度が徐々にあがるため、分解ガスの発生量はゆるやかである。
- ② スタンドを使用したものでは、分解ガスが急激に発生し、やや遅れて着火し、黒煙が発生する。この現象は分解ガスが大量に発生し、これに着火するため分解ガスのまわりの酸素が一時的に不足となり黒煙を発生するものと考えられる。
一方、水平に置いたものでは、分解ガスがゆるやかに発生するため、分解ガスのまわりの酸素との接触がよくなり、黒煙の発生が少ない。
- ③ スタンドを使用したものでは、急激に燃焼するため火力が強くなる。
特に2枚燃焼したものでは、火力が非常に強くなり、一部の試料温度はかなりの高温になるとされる。

①、②、③の考察をふまえると

火力を強くすると、試料温度は高くなるが多くの白煙および黒煙を発生する。その中で白煙は、分解ガスが大量に発生するため、まわりのガス温度を分解温度付近まで下げ、着火しにくくなるためと予想される。また、黒煙は大量に発生した白煙のうち、着火温度に達したものだけが燃焼し、まわりの酸素が不足するため発生するものと予想される。

e. スライス状試料による最適重量確認

(a) 試験要領

本試験はスタンドを使用し、250g、500g、1000gの試料で行なった。

(b) 試験結果

250gは、黒煙および白煙の発生は少ないが炎量が少なく火力が弱い。

500gは、少量の黒煙および白煙を発生するが、炎量が多く火力が強い。

1000gは、多くの黒煙および白煙を発生し、炎量は500gの場合と同じ程度。

本装置では500gが適していると判断される。

尚、各試料重量における排ガス分析結果を以下に示す。

表5.6.2-3 各試料重量における排ガス分析結果

試 料 量 (g)	250	500	1000	
試 料 温 度 (°C)	890	860	890	
炉 出 口 温 度 (°C)	280	372	442	
測定値	O ₂ 濃度(%)	16.8	15.2	13.2
	C O 濃度(ppm)	100	750	5000以上
	N O _x 濃度(ppm)	60	80	80

試験条件：助 燃 油 量 10 ℥/h

投 入 口 開

炉 出 口 圧 力 - 3 mmAq

押込送風機開度 底 部 100%

(F D F) 側口部 50%

(2) アスファルト固化体

a. 押込送風機(F D F)の最適開度確認

(a) 試験要領

試料は1000gとし、以下の手順で行なった。

① 試料が着火後、底部ダンパーを開き徐々に100%とした。

② 次に、試料を投入し、着火後側口部ダンパーを徐々に開き50%とした。

これらの操作を行いつつ炉内の燃焼状態を観察する。

(b) 試験結果

① 試料が着火後、底部ダンパーを開き徐々に100%とした場合、目視では大きな差はみられなかった。

- ② 試料を投入し、着火後側口部ダンパーを徐々に開き50%とした場合、ダンパーを開くにつれて炉内空気の施回力が増し、燃焼が改善される。
このときの F D F の最適開度確認排ガス分析結果は以下の通りである。

表 5. 6. 2 - 4 F D F の最適開度確認 排ガス分析結果

F D F 開度				試料量 (g)	排ガス測定値		
底 部 (%)		側 口 部 (%)			O ₂ (%)	C O (ppm)	N O _x (ppm)
0	100	0	50	(g)	O ₂ (%)	C O (ppm)	N O _x (ppm)
○		○		500	15.1	3200	98
	○	○		500	14.5	3400	100
	○		○	500	13.8	1700	112

試験条件：助燃油量 10 ℥/h

投 入 口 開

炉出口圧力 -5 mmAq

b. 投入量の変化による燃焼性の確認

(a) 試験要領

試料は、250 g、500 g、750 g、1000 gの場合について燃焼を行なった。

(図 5. 6. 2 - 3 を参照)

(b) 試験結果

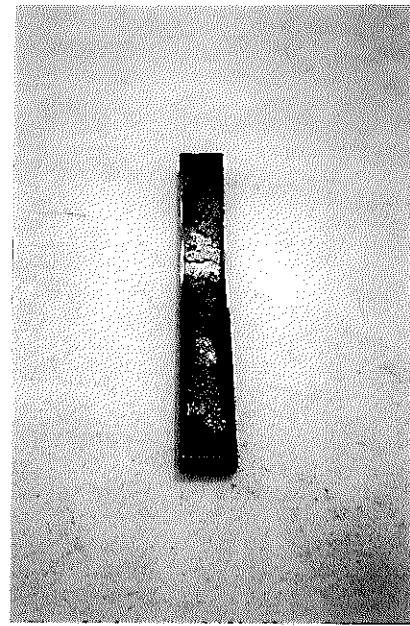
250 g は、黒煙の発生が少なく燃焼状態はよい。

500 g は、少量の黒煙が発生するが、250 g と比べると火力が強い。

750 g、1000 g は、黒煙が多く発生し、かなり激しく燃焼する。

燃焼残渣は上記 4 条件とも表面に黒色のカーボン質の物質が残り、底部の残渣はほぼ溶融した様な形になっている。そのため燃焼残渣をトレーから離すことが難しい。

以下に投入量を変化させた場合の燃焼性について排ガス分析の結果を示す。



アスファルト固化体 500 g 燃焼残渣



アスファルト固化体 750 g 燃焼残渣



アスファルト固化体 1000 g 燃焼残渣

図5、6、2-3 アスファルト固化体の投人量の違いによる燃焼残渣

表 5.6.2-5 投入量の変化による燃焼性の確認 排ガス分析結果

投入量 (g)	250	500	750	1000
試料温度 (°C)	-	760	780	950
炉出口温度 (°C)	430	470	560	552
測定値	O ₂ 濃度 (%)	15.8	13.8	12.8
	CO濃度 (ppm)	850	1700	2680
	NOx濃度 (ppm)	114	112	170
試験条件：助燃油量 10 ℥/h				

投入口 開
 炉出口圧力 -5 mmAq
 押込送風機開度 底部 100%
 (F D F) 側口部 50%

(c) 考察

- ① 750 g、1000 g では一部の試料が燃焼することで溶融が加速され、燃焼を激しいものとする。そのため、まわりのO₂濃度が不足となり多量の黒煙を発生する。また、同時に試料温度が高温になるため、試料内部側では爆燃に近い燃焼がおこり一部試料は飛散する。
- ② この試料は、見掛け上燃焼が終了した後に燃焼残渣を攪拌することにより、再び炎をあげ燃焼がおこる。また一部では赤熱の激しい燃焼が見うけられる。これは表面に生成した灰成分により内部の可燃性物質と酸素の接触がなくなるために起こるものと予想される。

C. 試料サイズの変化による燃焼性の確認

(a) 試験要領

試料量500 gについて、各々2ヶ、5ヶ、10ヶに分割し、燃焼させその時の燃焼性について確認を行なった。(図 5.6.2-4 を参照)

(b) 試験結果

2ヶに分割した場合は、投入後すぐにアスファルトが溶け始め、溶けたアスファルトにすぐ着火する。その後、ゆるやかな燃焼が長く続き、ある温度に達すると突然激しく燃焼をおこす。このとき黒煙の発生がかなり多い。

5ヶに分割した場合は、投入後すぐにアスファルトが溶け始め、溶けたアスファルトにすぐ着火する。その後、炎が徐々に強くなり、ある温度に達すると突然激しく燃焼をおこす。2ヶの分割の場合に比べると爆燃時の火力が弱く、安定しているように思われる。黒煙の発生は少ない。

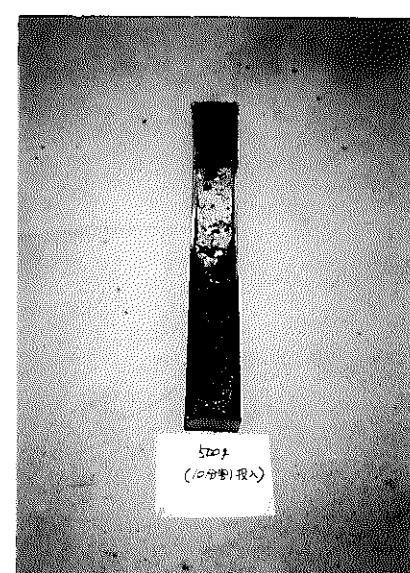
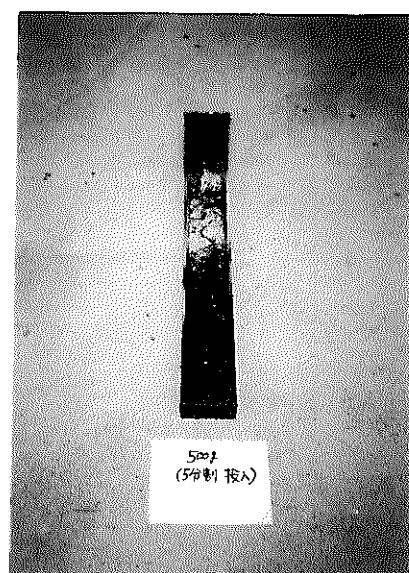
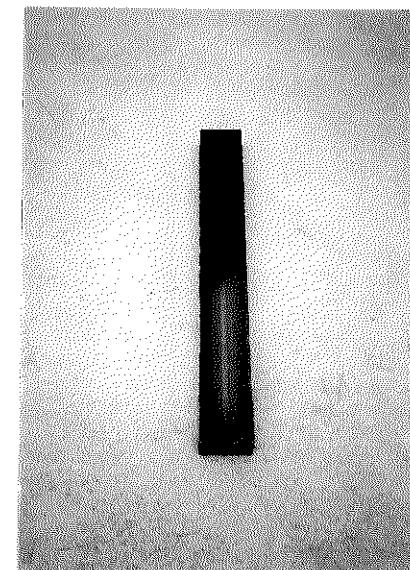
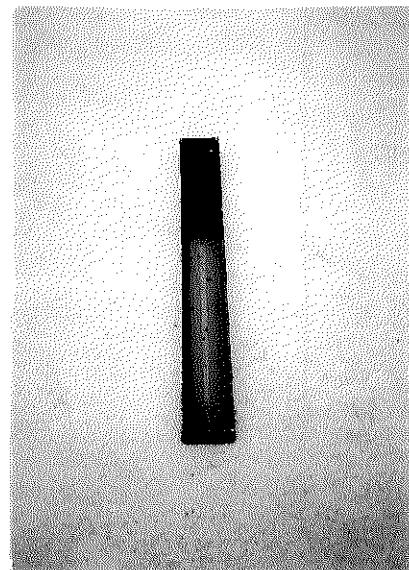
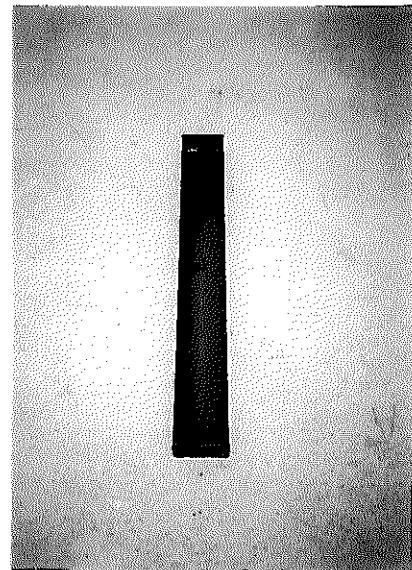


図5、6、2-4 アスファルト固化体 試料サブスの量による燃焼前後の状態

10ヶに分割した場合は、投入後、溶け始めと同時にすぐ着火する。その後炎が徐々に強くなり、安定しながら燃焼する。ある温度に達すると突然激しく燃焼をおこすが、爆燃が2ヶ、5ヶの場合と比較してゆるやかである。

黒煙の発生は、5分割の場合とあまり変わらないが、燃焼状態が安定している。

以下に試料サイズの変化による排ガス分析の結果を示す。

表5.6.2-6 試料サイズの変化による排ガス分析結果

試料の分割数	2	5	10
試料温度(°C)	760	840	1000以上
測定値	O ₂ 濃度(%)	13.8	16.5
	CO濃度(ppm)	1700	830
	NOx濃度(ppm)	112	110
炉出口温度(°C)	470	358	358

試験条件：助燃油量 10 ℥/h

投入口 開

炉出口圧力 -5 mmAq

押込送風機開度 底部 100%
(F D F) 側口部 50%

(c) 考察

以下の結果より下記のことが考えられる。

① 2ヶに分割したものは試料サイズが大きいため、アスファルトが溶けるのに時間がかかる。一部の試料は溶融し揮発分が徐々に燃焼する。それにより一部の固定炭素の燃焼がおこり、試料温度は急激に高くなる。そのために、残りの揮発分および固定炭素の燃焼が同時に起こるので燃焼は激しくなる。

そのため、まわりO₂濃度が少なくなり多量の黒煙を発生するものと考えられる。

② 5ヶ、10ヶに分割したものは、試料サイズが小さいためアスファルトがすぐに溶ける。そのため、着火もすぐにおこり揮発分は一気に燃焼する。

それにより、試料温度があがり、その後固定炭素の燃焼がおこる。

この条件では、揮発分の燃焼と固定炭素の燃焼が別々におこるため、黒煙の発生量は少なくなると考えられる。

③ ①、②の考察をふまえると、アスファルト固化体の燃焼は、アスファルトの溶ける速度が燃焼に非常に関与していると考えられる。つまり溶ける速度が速いと、揮発分の燃焼は一氣におこり、試料温度を高くし、固定炭素を燃焼する。溶ける速度がおそいと、揮発分の燃焼と、固定炭素の燃焼は重なり、激しい燃焼となるためまわり

のO₂濃度が低くなり多量の黒煙を発生するものと考えられる。

d. 燃焼位置（試料投入場所）温度の違いによる燃焼性の確認

(a) 試験要領

(注)

500gと2分割した試料を試料位置-1、2、3の位置に置いた場合の燃焼性の違いを確認する。

(注) 試料位置については5.6.1予備試験(4)の炉内温度分布図を参照のこと。

(b) 試験結果

試験位置-1の場合は、投入後すぐにアスファルトが溶け始め着火も同時に起こる。アスファルトは溶けながら燃焼するが爆燃現象が起こる際には、かなり激しく黒煙が発生し、爆燃現象も大きい。

試験位置-2の場合は、投入後、徐々にアスファルトが溶け始め、しばらくして着火が起こる。その後は溶ける速度が増すにつれて、ゆるやかで安定した燃焼が続く。爆燃現象は、試験位置-1の場合と比べるとゆるやかであり、黒煙の発生も少ない。試験位置-3は、投入後、徐々にアスファルトが溶け始め、着火に時間がかかる。しかし、着火後の燃焼は非常に安定しており、爆燃現象時の黒煙の発生も少ない。

以下に燃焼位置の違いによる排ガス分析結果を示す。

表5.6.2-7 試験位置の違いによる排ガス分析結果

試 料 位 置	1	2	3	
試 料 位 置 温 度 (°C)	830	674	552	
試 料 温 度 (°C)	760	780	585	
測定値	O ₂ 濃度 (%)	13.8	16.0	17.4
	C O 濃度 (ppm)	1700	880	450
	N O _x 濃度 (ppm)	112	100	60
炉 出 口 温 度 (°C)	470	400	330	

試験条件：助 燃 油 量 10 ℥/h

投 入 口 開

炉 出 口 壓 力 - 5 mmHg

押込送風機開度 底 部 100%

(F D F) 側口部 50%

(c) 考 察

以下の結果より下記のことが考えられる。

- ① 試料位置温度の高い試料-1では、温度が高いため、アスファルトが一瞬のうちに溶け出し、着火もほぼ同時に起こる。従って、炎が強く、爆燃時もかなり急激に燃焼するため、一時的に酸素が不足し、黒煙を多く発生するものと考えられる。
- ② 試料位置の温度が低くなるにつれて炎が弱くなるが、非常に安定して連続的に燃焼する。また爆燃現象もゆるやかになる傾向がある。
- ③ アスファルト固化体を高温の状況で燃焼させると溶融がはやくすすみ、揮発分の激しい燃焼がある。そのため試料温度があがり一瞬のうちに急激な爆燃現象が起こる。温度の低い状態では揮発分の燃焼がゆるやかであるため試料温度があまりあがらず、爆燃現象がゆるやかになる。
- ④ ①、②、③の結果から次のことが考えられる。
 - ・試料を高温中に入れると急激に試料が溶融し、揮発分が激しく燃焼する。そのため、試料温度が高くなり、固定炭素の燃焼と考えられる爆燃現象が起こるものと考えられる。
 - ・試料を温度の低い状況中に入れると試料が徐々に溶融し流れだすため揮発分の燃焼は、少量で継続的に燃焼する。そのため、試料温度はあまりあがらず、固定炭素の燃焼と考えられる爆燃現象はあまりおこらないものと考えられる。このことから固定炭素の燃焼は不十分であるものと考えられる。

5.6.3 燃焼速度試験

(1) エポキシ固化体

(a) 試験要領

ブロック状、スライス状、粉末状の試料を各々500gにて、燃焼させ燃焼速度を調べる。(図5.6.2-1を参照)

(b) 試験結果

各試料の燃焼時間および燃焼速度の結果は以下の通りである。

	(燃焼時間)	(燃焼速度)
① ブロック状	約67分	0.45 Kg/h
② スライス状	約5分	6.0 Kg/h
③ 粉末状	約13分	2.3 Kg/h

下記に燃焼速度試験における排ガス分析結果を示す。

表 5.6.3-1 燃焼速度試験における排ガス分析結果

試 料 形 状		ブ ロ ッ ク 状	ス ラ イ ス 状	粉 末 状
試 料 温 度 (°C)		730	710	840
炉 出 口 温 度 (°C)		292	385	320
測定値	O ₂ 濃度 (%)	16.8	14.7	16.5
	C O 濃度 (ppm)	50	230	820
	N O x 濃度 (ppm)	40	68	45
燃 焼 時 間 (min)		67	5	13

試験条件：助 燃 油 量 10 ℥/h
 投 入 口 開
 炉 出 口 壓 力 - 3 mmAq
 押込送風機開度 底 部 100%
 (F D F) 側口部 50%

(2) アスファルト固化体

(a) 試験要領

試料500gを2分割、5分割、10分割にして燃焼させた場合の各々の燃焼速度について調べる。(図 5.6.2-4 を参照)

(b) 試験結果

各試料の燃焼時間および燃焼速度の結果は以下の通りである。

	(燃焼時間)	(燃焼速度)
① 500 g を 2 分割	約 8 分	3.75 Kg/h
② 500 g を 5 分割	約 8 分	3.75 Kg/h
③ 500 g を 10 分割	約 8 分	3.75 Kg/h

表 5.6.3-2 燃焼速度試験における排ガス分析の結果

試 料 形 状	2 分 割	5 分 割	10 分 割
試 料 温 度 (°C)	760	840	1000以上
炉 出 口 温 度 (°C)	470	358	358
測定値	O ₂ 濃度 (%)	13.8	16.5
	C O 濃度 (ppm)	1700	830
	N O x 濃度 (ppm)	112	110
燃 焼 時 間 (min)	8	8	8

試験条件：助 燃 油 量 10 ℥/h
 投 入 口 開
 炉 出 口 圧 力 - 5 mmAq
 押込送風機開度 底 部 100%
 (F D F) 側口部 50%

5.6.4 フィルター試験

(1) エポキシ固化体

(a) 試験要領

高温フィルタを取り付けた状態で試料を燃焼し、フィルタの目詰り状態を時間もしくは焼却量と差圧の関係より求める。

(b) 試験結果

フィルタを取り付けた場合の初期圧損 15 mmAq

エポキシ固化体燃焼後約3.7Kgを燃焼させた時点でのフィルター差圧が47 mmAqとなり、試験を終了した。
 (注) エポキシ固化体燃焼後約3.7Kgを燃焼させた時点でのフィルター差圧が47 mmAqとなり、試験を終了した。

(注) この時点で排風機入口温度が70°C以上となり、排風機耐熱温度を越えた。

(2) アスファルト固化体

(a) 試験要領

高温フィルタを取り付けた状態で試料を燃焼し、フィルタの目詰り状態を時間もしくは焼却量と差圧の関係より求める。

(b) 試験結果

フィルタを取り付けた場合の初期圧損 32 mmAq

アスファルト固化体燃焼後約425gを燃焼させた時点でのフィルタ差圧が45 mmAqとなり、試験を終了した。アスファルトは、黒煙の発生多いため、すぐにフィル

タが詰まつたためにこの様な結果となつた。

(注) (エポキシ固化体と同様)

5.6.5 残渣の状態、化学形態、性質確認

(a) 試験要領

エポキシ固化体およびアスファルト固化体を燃焼させ、燃焼残渣の状態を写真にとり記録する。

また、定性分析および定量分析を行ない化学形態、性質について調査する。

(b) 試験結果

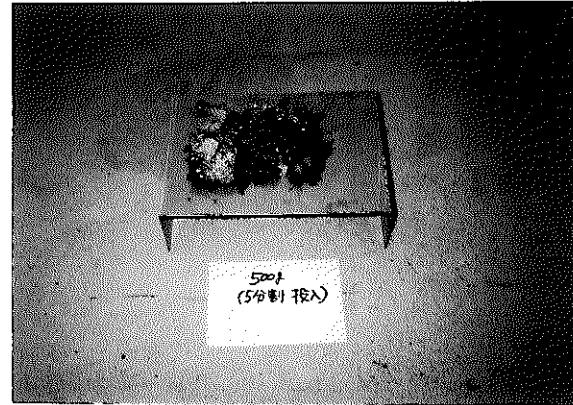
燃焼残渣の写真撮影については

- a. エポキシ固化体………(図5.6.2-1、図5.6.2-2を参照のこと)
- b. アスファルト固化体……(図5.6.2-3、図5.6.2-4、図5.6.2-5を参照のこと)

尚、燃焼残渣については以下の結果が得られた。



③
500 g 2分割による燃焼残渣



④
500 g 5分割による燃焼残渣



⑤
500 g 10分割による燃焼残渣

図5. 5. 2 - 5 アスファルト固化体 試料サイズの違いによる燃焼残渣

表 5.6.5-1 各固化体の焼却残渣の定性、定量分析および灰の溶融性結果

試 料 名 称			エポキシ固化体	アスファルト固化体
定性分析	+	+	非常に強い	SiO_2
	+	+	強い	—
	+	+	中位に強い	Mg
	+		弱い	P
	(+)		非常に弱い	Ca
未 燃 分 (%)			12.8	13.5
NaO_2 (%)			0.05	55.3
CaO (%)			0.90	0.05
MgO (%)			22.0	0.02
Fe_2O_3 (%)			0.05	0.54
SiO_2 (%)			43.3	0.1以下
Al_2O_3 (%)			0.56	0.05
P_2O_5 (%)			11.9	1.97
SO_3 (%)			0.13	5.05
灰 の 融 点 (°C)			—	815
灰の溶融性	軟化点 (°C)		1550以上	—
	融 点 (°C)		1550以上	—
	溶流点 (°C)		1550以上	—

備 考

分析方法 定性分析 — ケイ光X線に依る。灰の溶融性 — JIS M 8801 に依る。

その 他 — JIS M 8815 に準拠。灰の融点 — 示差熱分析に依る。

アスファルト固化体の灰の溶融性は、試料調整時点で灰が溶融するため試料調整が出来ず、示差熱分析にて灰の融点測定を行なった。

5.6.6 減容比の確認

(a) 試験要領

燃焼前後の試料の容積を測定し、減容比を算出する。

また、減重量比も併せて算出する。

(b) 試験結果

減容比に関しては、今回の試験ではアスファルト固化体に関して、灰成分が表面被膜を形成し、正確な減容比が測定できないため、ピーカ試験にて最大の減容比を測定することとした。また、エポキシ固化体に関しては、燃焼後の容積は見掛け上

変化しないため、ビーカ試験にて粉碎後の減容比の測定をすることとした。

ア. エポキシ固化体について

減容比 = 92%

(ただし、中位径95μm、粉碎後の減容比 = 70%)

減重量比 = 34~36%

イ. アスファルト固化体について

減容比 = 12%

減重量比 = 34~37%

ここで 減容比 = $\frac{\text{燃焼後の試料の容積}}{\text{燃焼前の試料の容積}}$

減重量比 = $\frac{\text{燃焼後の試料の重量}}{\text{燃焼前の試料の重量}}$

5.6.7 装置材料の耐食性確認

(a) 試験要領

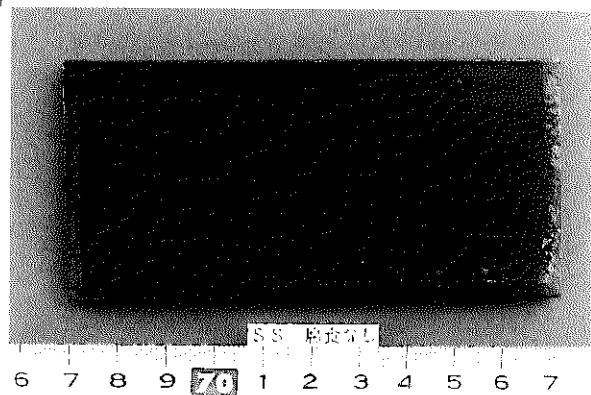
燃焼試験期間中、下記のテストピースを入れ燃焼試験終了後、各テストピースの耐食性について定性的に調査する。尚、鋼材については断層写真をとり、腐食の程度について調査する。

- ① 炭素鋼 (SS41およびSM41)
- ② ステンレス鋼 (SUS304、SUS310S、SUS316L)
- ③ 耐火レンガ
- ④ シリカアルミナ系耐火材

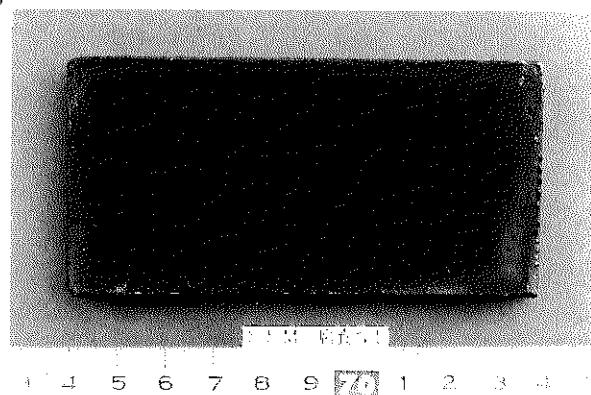
(b) 試験結果

各テストピースの焼却前後の外観写真を図5.6.7-1に示す。

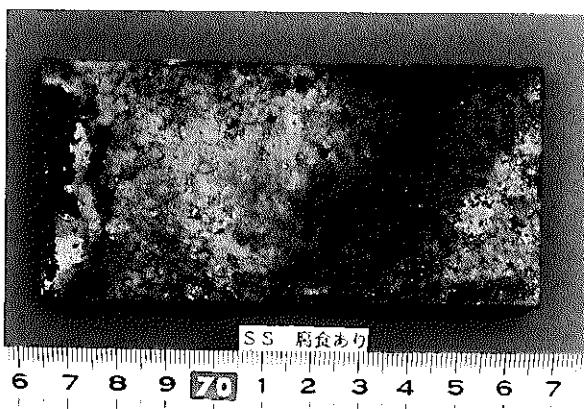
各テストピースともに黒くなっているが、腐食性について顕著な差がみられない。ここで、鋼材については、断層写真をとり腐食性について調べた。(図5.6.7-2を参照のこと。)これをみると腐食性について以下表5.6.7-1の様な結果が得られる。ただし、耐火レンガおよびシリカアルミナ系耐火材については外観写真より判断した結果である。



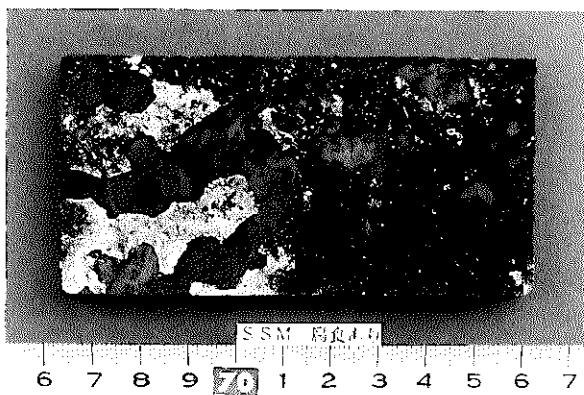
SS 4.1
(焼却前)



SM 4.1
(焼却前)



SS 4.1
(焼却後)



SM 4.1
(焼却後)

図5.6.7-1 テスト・ピースの焼却前後の外観写真 (1/3)

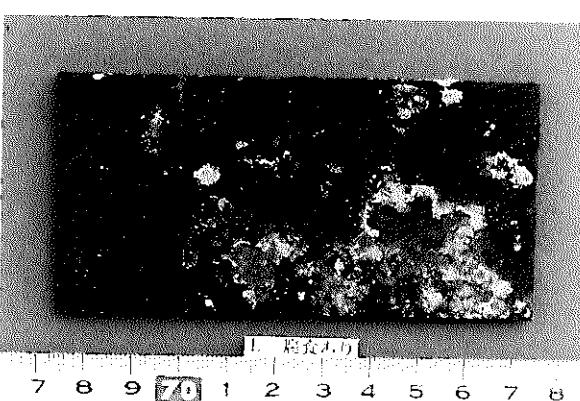
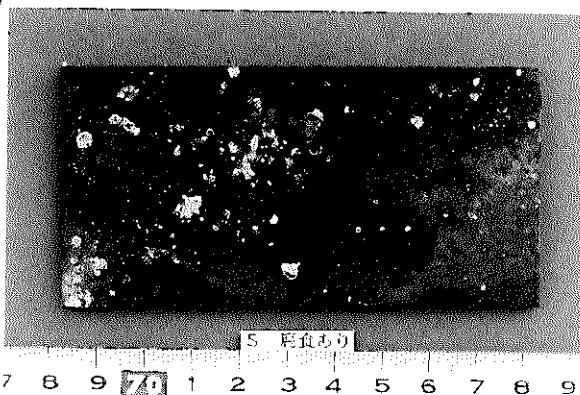
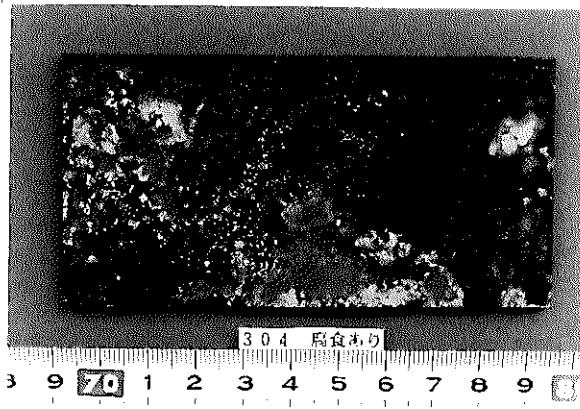
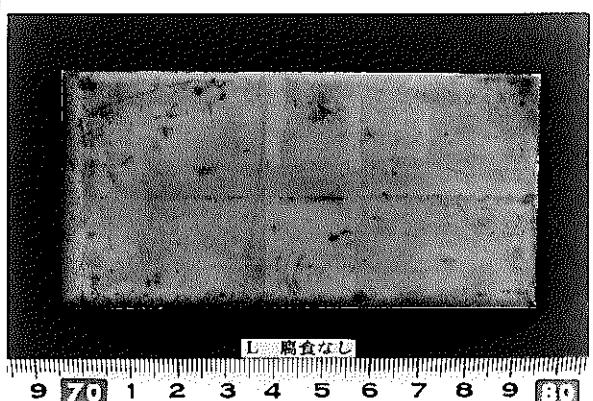
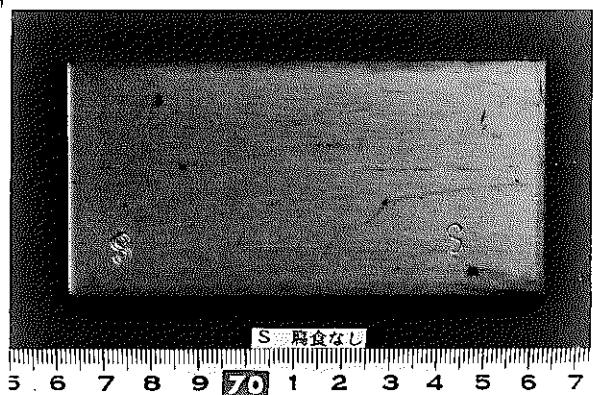
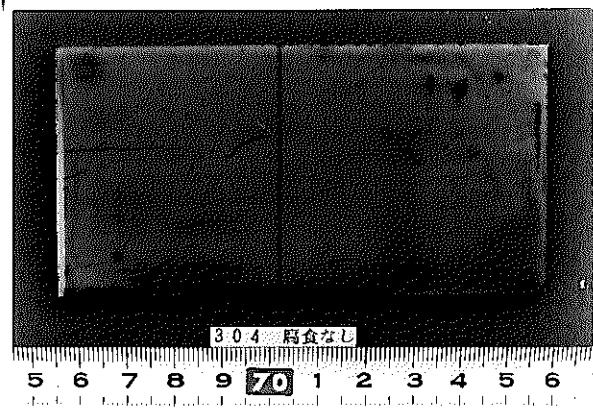
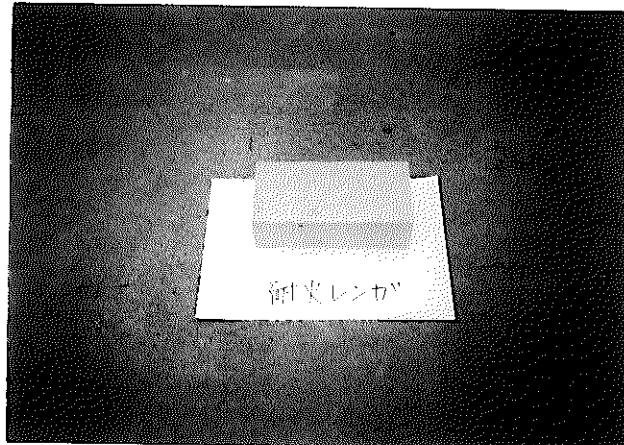


図5.6.7-1 テスト・ベースの焼却前後の外観写真 (2/3)



耐火レンガ
(焼却前)



耐火レンガ

耐火レンガ
(焼却後)



シリカ・アルミナ系
耐火材
(焼却前)



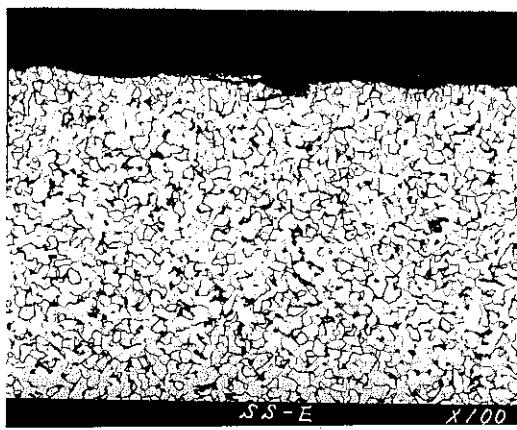
シリカ・アルミナ系
耐火材

シリカ・アルミナ系
耐火材
(焼却後)

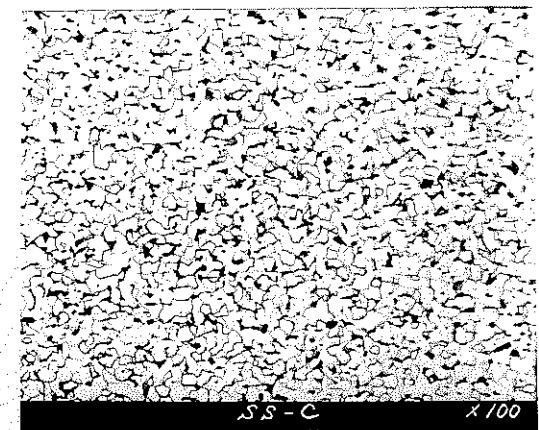
図5, 6, 7-1 テスト・ピースの焼却前後の外観写真 (3/3)



(400倍)



(100倍)

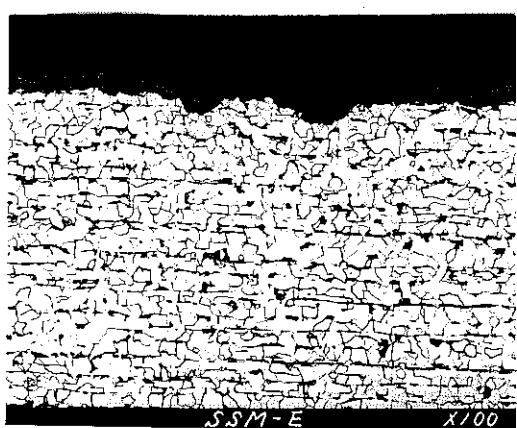


(100倍)

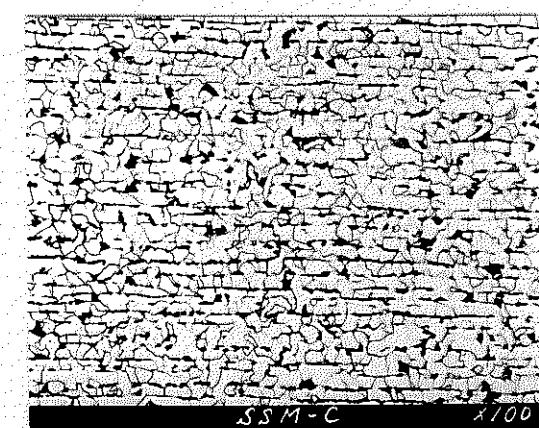
SS 41断層写真



(400倍)



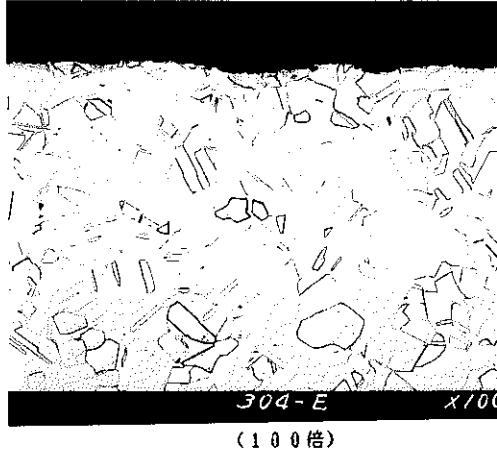
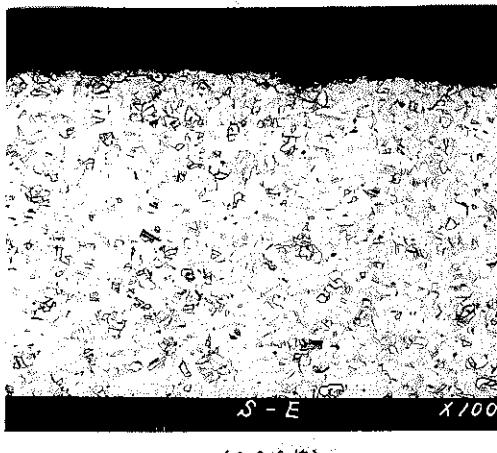
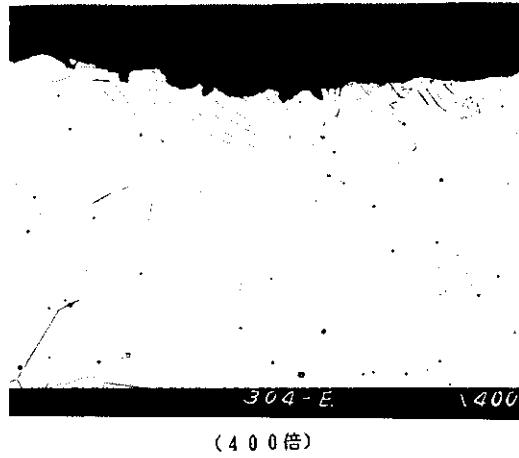
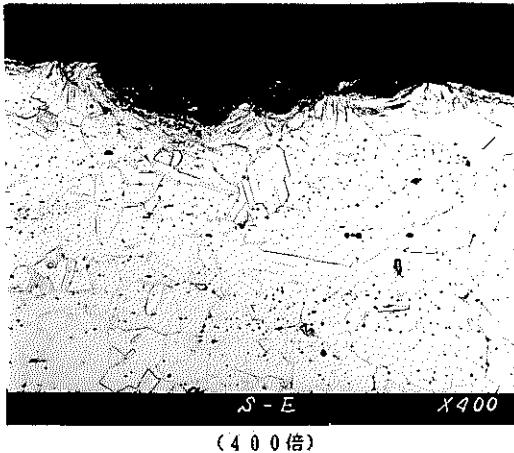
(100倍)



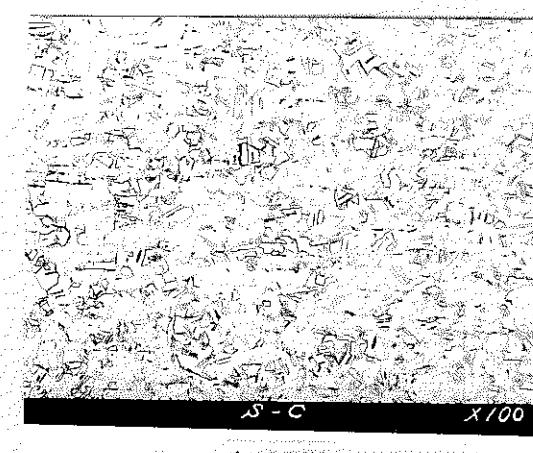
(100倍)

SM 41断層写真

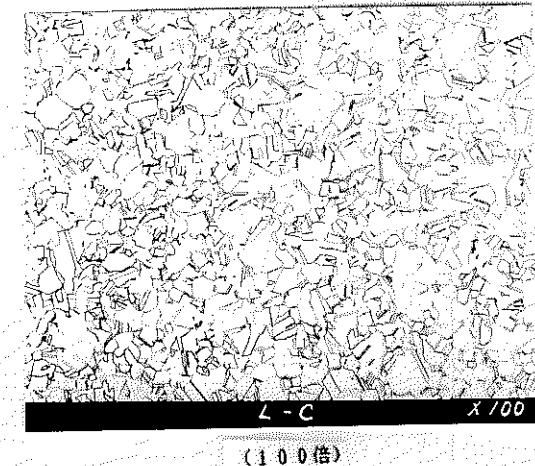
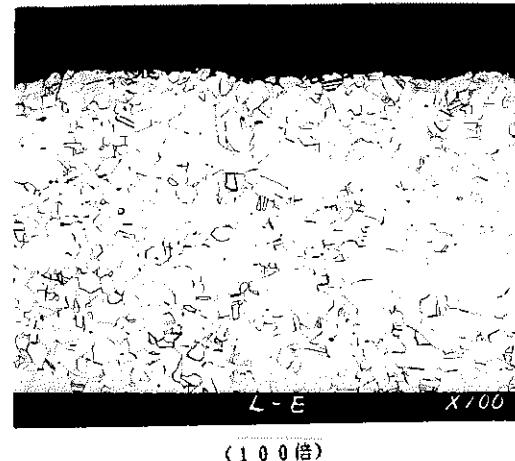
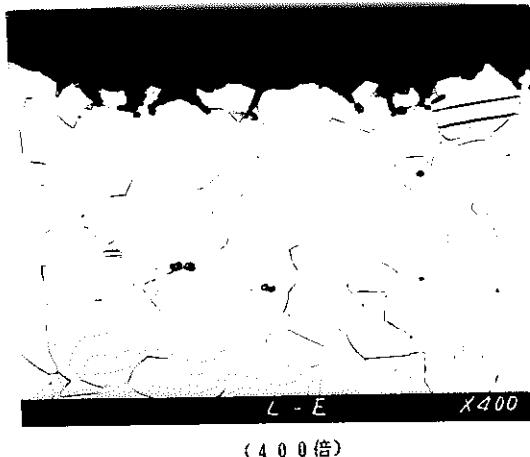
図5.6.7-2 各テストピースの断層写真 (1/3)



S U S 3 0 4 断層写真



S U S 3 1 0 S 断層写真



S U S 3 1 6 L 断層写真

図 5. 6. 7-2 各テストピースの断層写真 (3/3)

表 5.6.7-1 装置材料の腐食性についての定性評価

装置材料		腐食性についての定性評価	備考
炭素 鋼	SS41	全面に酸化スケールの付着 腐食程度は軽微	図 5.6.7-2 より評価
	SM41	全面に酸化スケールの付着 部分的にピット状の腐食あり	同上
ステン 鋼レ	SUS304	ほぼ全面に軽微な粒界腐食あり	同上
	SUS310S	全面に酸化スケールの付着 腐食程度は軽微	同上
SUS316L		全面粒界腐食あり	同上
耐火レンガ		ほとんど変化なし。一部割れが生じている。	図 5.6.7-1 より評価
シリカアルミナ 系耐火材		ほとんど変化なし。表面が若干あれている。	同上

5.6.8 連続燃焼試験（排ガス分析）

(a) 試験要領

各固化体を本装置の最適条件にて 2 ~ 3 時間の連続燃焼を行ない、燃焼状況の確認および排ガス分析を行なう。（各 2 回行なう。）

(b) 試験結果

エポキシ固化体の場合は、10.3 Kg/h および 8.5 kg/h の 2 回の連続投入を行ない、2 回ともに安定した良好な燃焼状態が得られた。

アスファルト固化体の場合は、6.4 Kg/h および 7.7 Kg/h の 2 回の連続投入を行ない、2 回ともに安定した良好な燃焼状態が得られた。

詳細については以下に示す。

表 5.6.8-1 ~ 表 5.6.8-4 に試験記録を示す。

表 5.6.8-5 ~ 表 5.6.8-6 に分析結果を示す。

図 5.6.8-1 ~ 図 5.6.8-4 に排ガス温度などの測定チャートを示す。

図 5.6.8-5 ~ 図 5.6.8-8 に排ガス分析のチャートを示す。

(C) 参考（物質収支の計算）

参考までに各固化体の物質収支を確認する。

(1) エポキシ固化体

例として、添加剤中に含まれるMgOについての物質収支をとる。

- ① まず、焼却炉に投入されたMgO量を求める。

昭和63年6月4日の試験（表5.6.8-1 参照）においてエポキシ固化体の全投入量は

全投入量 (Kg-エポキシ)

$$= 10.3 \text{ (kg-エポキシ/h)} \times 2.5\text{h} = 25.8 \text{ (Kg-エポキシ)}$$

である。

このうちMgOの割合は固化体組成（表2.1-1 参照）から

$$\text{MgO (wt\%)} = 25 \text{ (wt\%)} \times \frac{86}{100} \times \frac{35}{100} = 7.5 \text{ (wt\%)}$$

であるから、焼却炉に投入されたMgO量は

$$25.8 \text{ (Kg-エポキシ)} \times \frac{7.5}{100} = 1.94 \text{ (Kg-MgO)}$$

となる。

- ② 一方、焼却後の残渣分析結果（表5.6.5-1 参照）によれば残渣中には22.0 (wt%) のMgOが含まれている。

残渣量はエポキシ固化体の減重量比測定結果（5.6.6項参照）から約35%であるので、残渣中にはMgO量が

$$25.8 \text{ (Kg-エポキシ)} \times \frac{35}{100} \times \frac{22}{100} = 1.99 \text{ (Kg-MgO)}$$

含まれていたことになる。

- ③ 以上の結果から、添加剤中のMgOはすべて残渣として炉内に残ることがわかる。

(2) アスファルト固化体

例として、排ガス中のNOxについて理論値と実測値を比較する。

- ① まず昭和63年6月2日の試験（表5.6.8-3）において固化体が完全燃焼した場合に理論上、発生すると考えられるNOx量を求める。

この試験時の排ガス量は実測結果から592 N m³/hである。

又、固化体物性調査結果（表2.2-1）によれば固化体にはNが2.18%含まれているから、NOxの理論排ガス量は

$$\frac{2.18}{100} \times \frac{22.4}{14} = 0.035 \text{ (N m}^3/\text{Kg)}$$

となる。

このときのアスファルト固化体の投入量は6.4 Kg/hであるので理論上のNO_x濃度は

$$\frac{0.035 \text{ (N m}^3/\text{Kg}) \times 6.4 \text{ (Kg/h)}}{592 \text{ (N m}^3/\text{Kg})} \times 10^6 = 378 \text{ (ppm)}$$

である。

- ② 一方、実測値は排ガス分析結果（表5.6.8-6）から平均80ppmであり、理論値の約1/4である。
- ③ このように理論値と実測値で差異を生じているのは、アスファルト固化体の特異な燃焼特性（爆燃現象などに伴う未然ガス放出）に起因するものと推定される。なお、実測値平均80ppmという値は、表5.6.8-3の連続分析計によるNO_x濃度平均値81ppmとほぼ一致しており信頼のおける値とみなせる。

No. 1

表 5. 6. 8 - 1 プラスチック固化体焼却試験 試験記録紙

試料名称 エポキシ固化体 助燃油量 10ℓ/h

試験年月日 S63年6月4日

試験 月日	時 間	投入口		温 度		压 力		F D F 開度		排 ガ ス 測 定 値			備 考
		開	閉	炉出口 (℃)	IDF入口 (℃)	炉出口① (mmAq)	炉出口② (mmAq)	側口 (%)	底部 (%)	O ₂ MIN(%)	CO MAX(ppm)	NO _x MAX(ppm)	
6/4	13:30	'0		290	55	- 6	- 5	50	100	15.3	240	53	
	13:45	0		280	49	- 6	- 5	50	100	18.0	120	43	
	14:00	0		300	53	- 7	- 5	50	100	17.0	280	44	
	14:15	0		315	53	- 6	- 5	50	100	16.7	300	32	
	14:30	0		330	52	- 6	- 5	50	100	16.5	210	45	
	14:45	0		310	50	- 6	- 5	50	100	16.8	140	57	
	15:00	0		300	50	- 6	- 5	50	100	15.2	700	41	
	15:15	0		315	52	- 6	- 5	50	100	16.8	360	40	
	15:30	0		285	52	- 6	- 5	50	100	15.9	1050	31	
	15:45	0		300	52	- 6	- 5	50	100	16.6	310	30	
	(平均)			303	52	- 6	- 5	50	100	16.5	371	42	

燃焼量(平均) 10.3 Kg/h

No. 2

表 5.6.8-2 プラスチック固化体焼却試験 試験記録紙

試料名称 エポキシ固化体 助燃油量 10ℓ/h

試験年月日 S 63年6月5日

試験 月日	時 間	投入口		温 度		压 力		F D F 開度		排ガス測定値			備 考
		開	閉	炉出口 (℃)	IDF入口 (℃)	炉出口① (mmAq)	炉出口② (mmAq)	側口 (%)	底部 (%)	O ₂ MIN(%)	CO MAX(ppm)	NO _x MAX(ppm)	
6/5	10:00	'0		220	45.5	- 6	- 4	50	100	16.7	100	50	
	10:15	0		305	50.5	- 5	- 4	50	100	16.1	200	58	
	10:30	0		300	50	- 6	- 4	50	100	17.2	300	34	
	10:45	0		310	44	- 6	- 4	50	100	17.5	360	32	
	11:00	0		305	46	- 6	- 4	50	100	17.8	350	30	
	11:15	0		360	51	- 6	- 4	50	100	17.8	180	30	
	11:30	0		340	54	- 6	- 4	50	100	16.6	350	35	
	11:45	0		350	56	- 6	- 4	50	100	15.9	550	36	
	12:00	0		330	53	- 6	- 4	50	100	17.2	320	32	
	12:15	0		450	65	- 6	- 4	50	100	17.3	210	36	
	(平均)			327	54	- 6	- 4	50	100	17.0	292	37	

燃焼量(平均) 8.5 Kg/h

表 5. 6. 8 - 3 プラスチック固化体焼却試験 試験記録紙

試料名称 アスファルト固化体 助燃油量 10ℓ/h

試験年月日 S 63年 6月 2日

試験 月日	時間	投入口		温 度		圧 力		F D F 開度		排ガス測定値			備 考
		開	閉	炉出口 (℃)	IDF入口 (℃)	炉出口① (mmAq)	炉出口② (mmAq)	側口 (%)	底部 (%)	O ₂ MIN(%)	CO MAX(ppm)	NO _x MAX(ppm)	
6/2													
	13:30	0		260	49	- 6	- 5	50	100	16.3	240	89	
	13:45	0		290	53	- 6	- 5	50	100	15.7	260	78	
	14:00	0		355	56	- 6	- 5	50	100	16.0	210	94	
	14:15	0		340	52	- 6	- 5	50	100	16.0	200	69	
	14:30	0		330	51	- 6	- 5	50	100	15.0	180	108	
	14:45	0		300	53	- 6	- 5	50	100	16.5	150	75	
	15:00	0		270	48	- 6	- 5	50	100	15.2	330	80	
	15:15	0		400	53	- 6	- 5	50	100	16.3	230	56	
	15:30	0		300	52	- 6	- 5	50	100	15.7	150	83	
	(平均)			316	52	- 6	- 5	50	100	15.9	206	81	

燃焼量 (平均) 6.4 Kg/h

表5.6.8-4 プラスチック固化体焼却試験 試験記録紙

試料名称 アスファルト固化体 助燃油量 10ℓ/h

試験年月日 S63年6月3・4日

試験 月日	時間	投入口		温 度		圧 力		F D F 開度		排ガス測定値			備 考
		開	閉	炉出口 (℃)	IDF入口 (℃)	炉出口① (mmAq)	炉出口② (mmAq)	側口 (%)	底部 (%)	O ₂ MIN(%)	C O MAX(ppm)	N O _x MAX(ppm)	
6/3	14:15	0		300	48	-6	-4	50	100	16.0	520	80	
	14:30	0		270	55	-6	-5	50	100	16.1	380	71	
	14:45	0		290	52	-6	-5	50	100	16.2	200	75	
	15:00	0		285	51	-6	-5	50	100	15.8	320	83	
	15:15	0		310	50	-6	-5	50	100	17.2	160	38	
	15:30	0		290	52	-6	-5	50	100	13.9	400	145	
	15:45	0		280	51	-6	-5	50	100	16.3	260	63	
	10:00	0		300	54	-6	-5	50	100	16.3	250	62	
	10:15	0		310	55	-6	-5	50	100	15.6	450	100	
	(平均)			293	52	-6	-5	50	100	15.9	327	79	

燃焼量(平均) 7.7 Kg/h

表5.6.8-5 連続燃焼試験 排ガス分析結果

試料名称	エポキシ固化体								
測定年月日	昭和63年6月4日				昭和63年6月5日				備考
測定回数	1	2	3	平均	1	2	3	平均	
窒素酸化物濃度 (ppm)	37	43	29	36	43	19	37	33	
全硫黄酸化物濃度 (ppm)	3以下	4.4	3以下	3.5	5.6	3.8	3.8	4.4	
三酸化硫黄濃度 (ppm)	0.3以下	0.3以下	0.3以下	0.3以下	1.2	0.5	0.3以下	0.7	
塩化水素濃度 (ppm)	16.1	8.9	33.9	19.6	61.6	112.6	73.9	82.7	
塩素濃度 (ppm)	0.05以下	0.05以下	0.05以下	0.05以下	0.05以下	0.05以下	0.05以下	0.05以下	
シアン化水素濃度 (ppm)	1.3	1.4	1.5	1.4	1.2	2.1	0.5	1.3	
五酸化りん濃度 (mg/N m ³)	25.4	19.3	23.3	22.7	23.6	33.7	8.7	22.0	
ダスト濃度 (g/N m ³)	-	-	-	0.332	-	-	-	0.168	

表5.6.8-6 連続燃焼試験 排ガス分析結果

試料名称	アスファルト固化体								
測定年月日	昭和63年6月2日				昭和63年6月3・4日				備考
測定回数	1	2	3	平均	1	2	3	平均	
窒素酸化物濃度 (ppm)	84	88	69	80	147	93	73	104	
全硫黄酸化物濃度 (ppm)	3以下	3以下	22.0	9.3	11.1	3.1	3以下	5.7	
三酸化硫黄濃度 (ppm)	4.9	3.6	3.0	3.8	2.5	7.1	0.7	3.4	
塩化水素濃度 (ppm)	0.1以下	0.1以下	0.1以下	0.1以下	0.1以下	0.1以下	0.1以下	0.1以下	
塩素濃度 (ppm)	0.05以下	0.05以下	0.05以下	0.05以下	0.05以下	0.05以下	0.05以下	0.05以下	
シアン化水素濃度 (ppm)	0.4以下	0.4以下	0.4以下	0.4以下	0.4以下	0.4以下	0.4以下	0.4以下	
五酸化りん濃度 (mg/N m ³)	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	
ダスト濃度 (g/N m ³)	-	-	-	0.342	-	-	-	0.334	

図 5.6.8-1 エポキシ固化体連続燃焼試験 No. 1

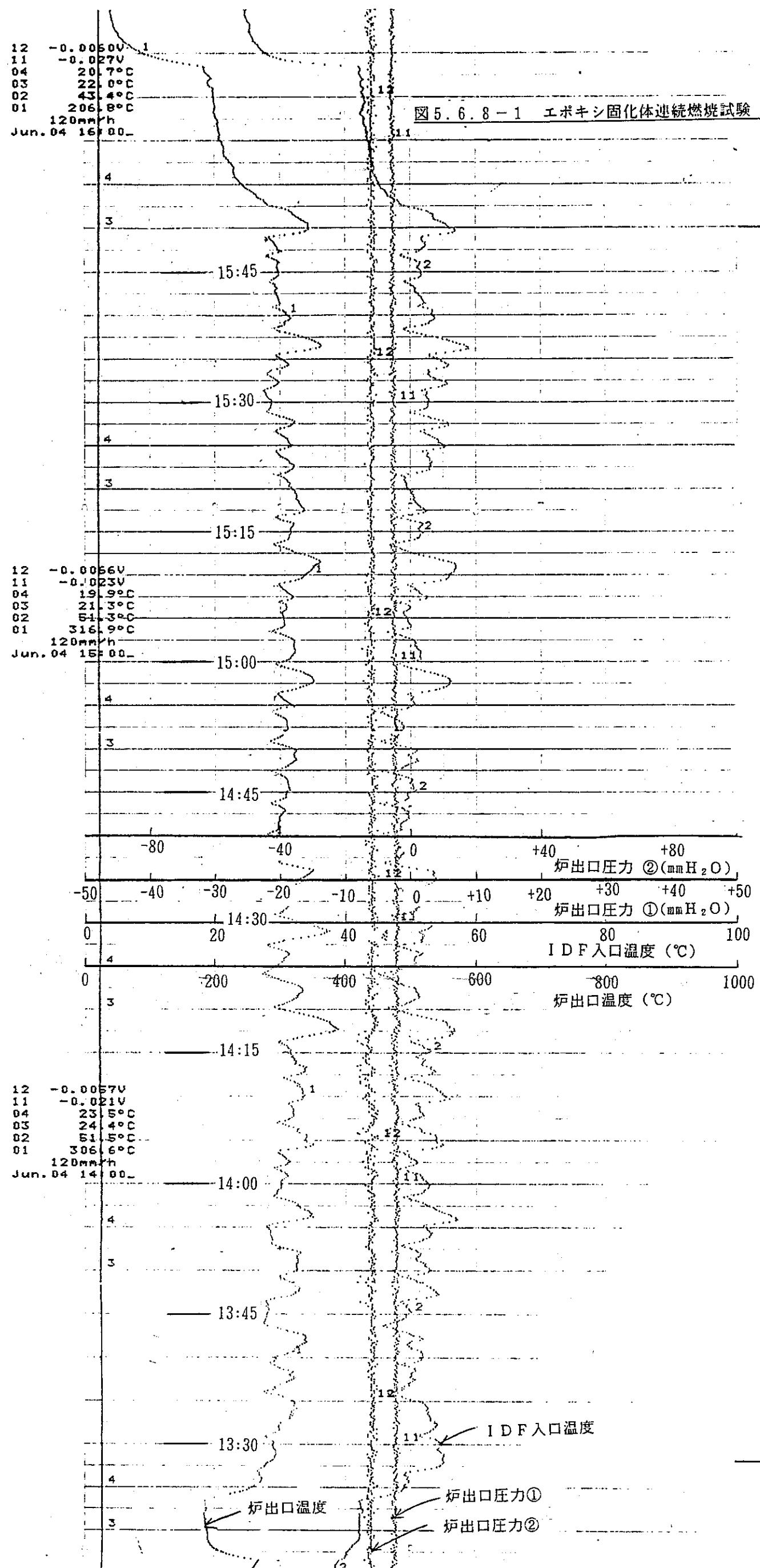


図 5, 6, 8-2 エポキシ固化体連続燃焼試験 No. 2

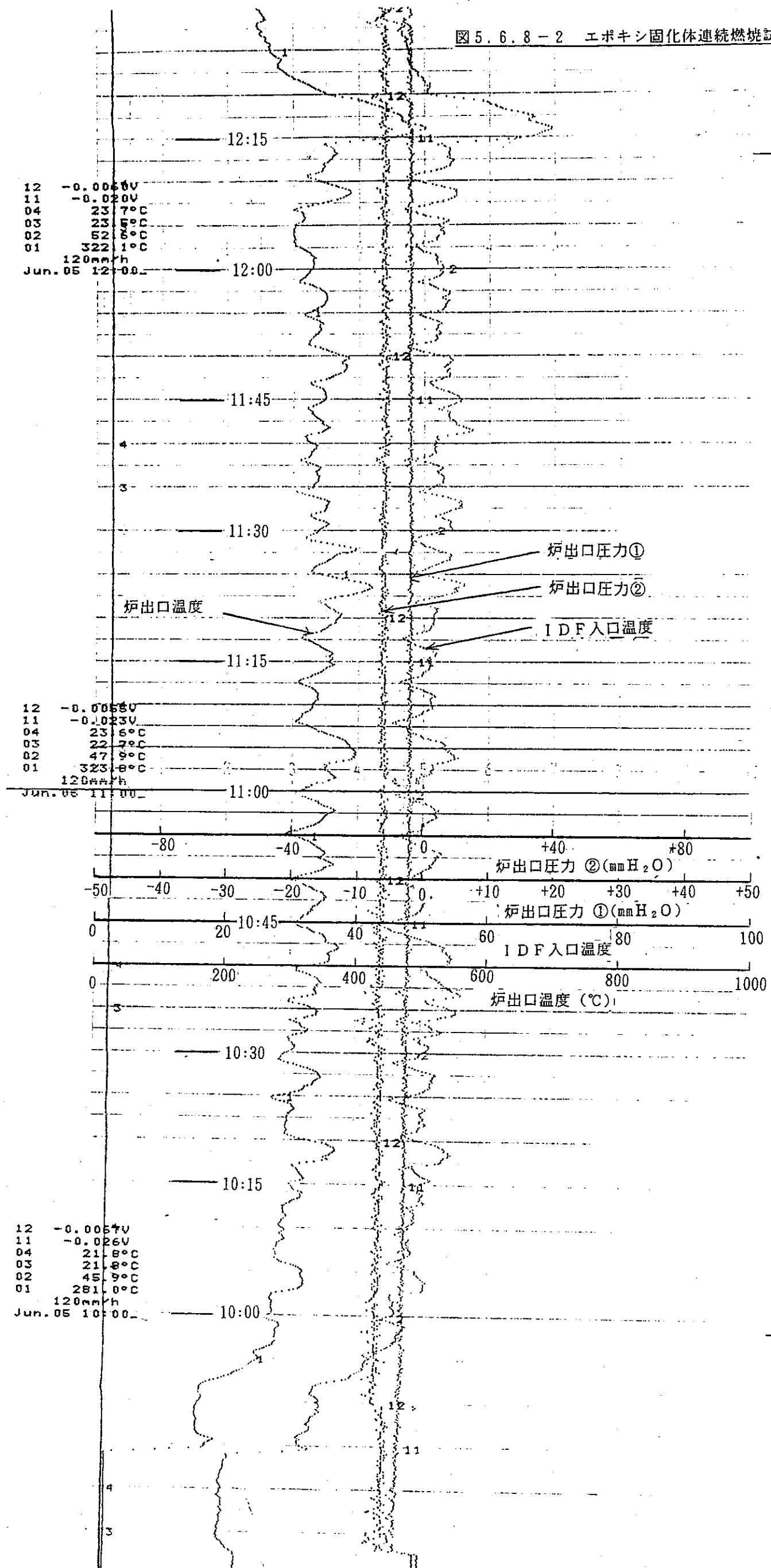
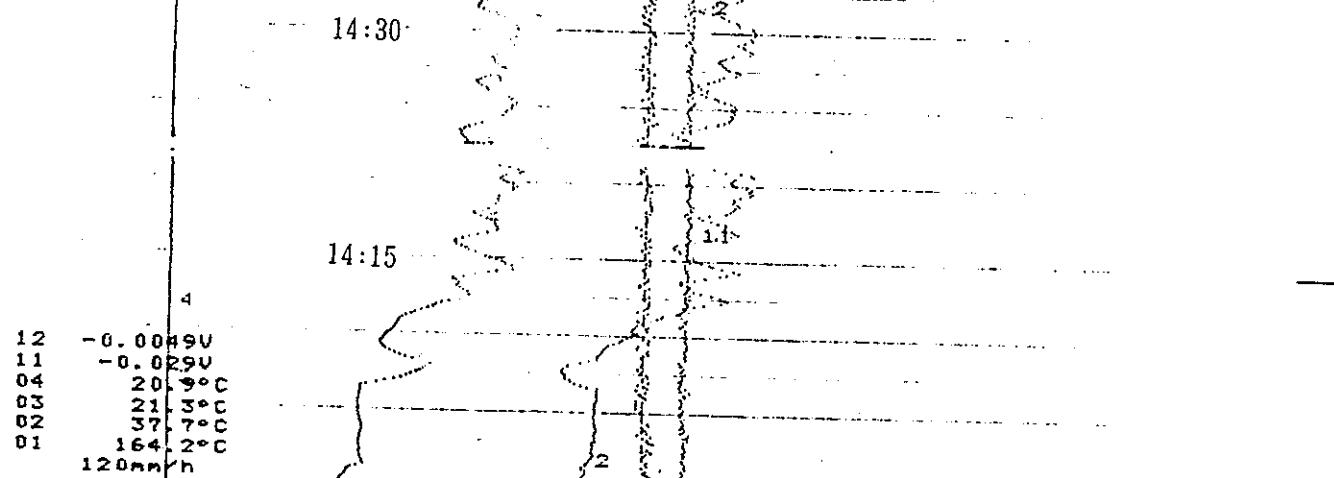
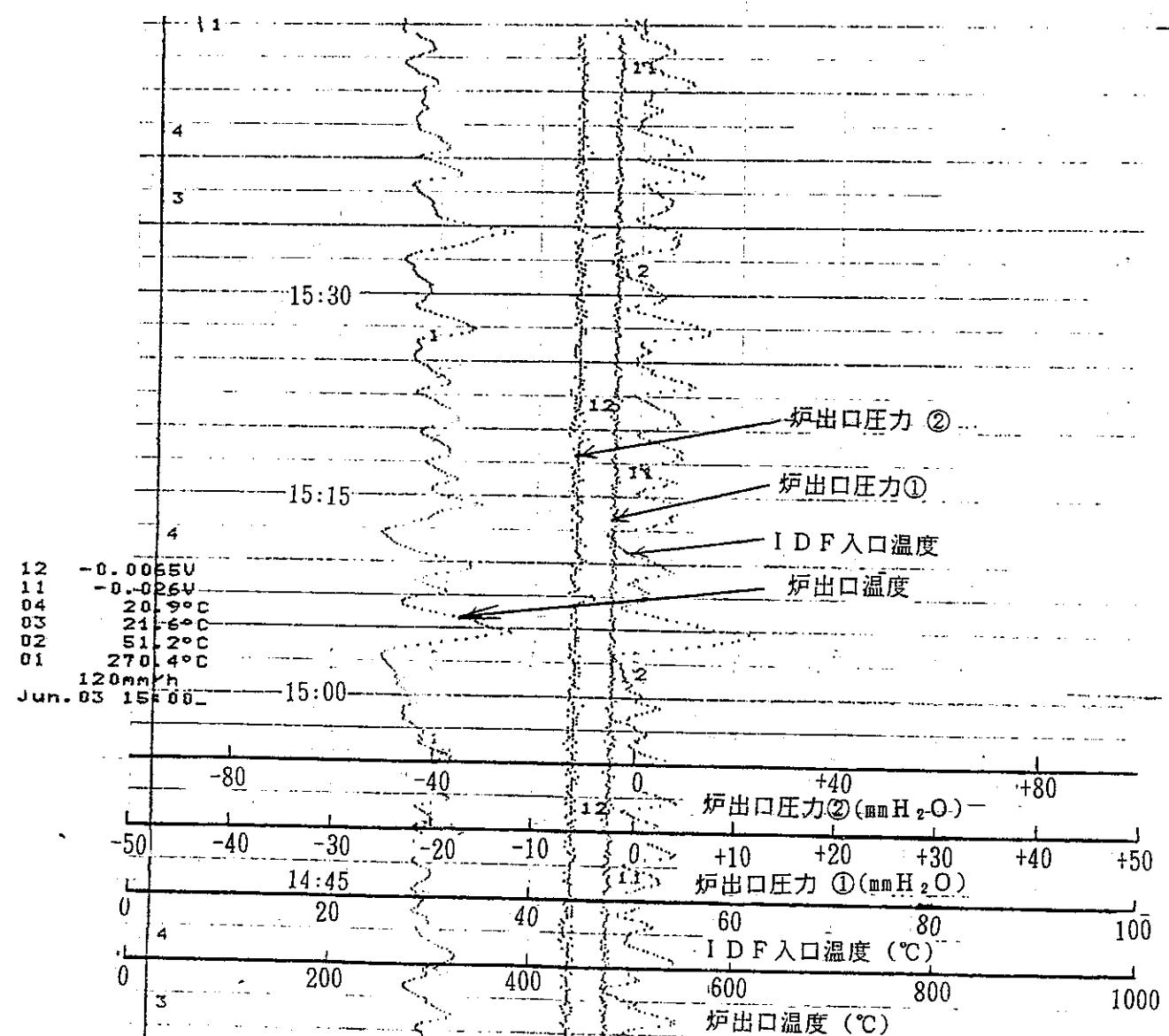
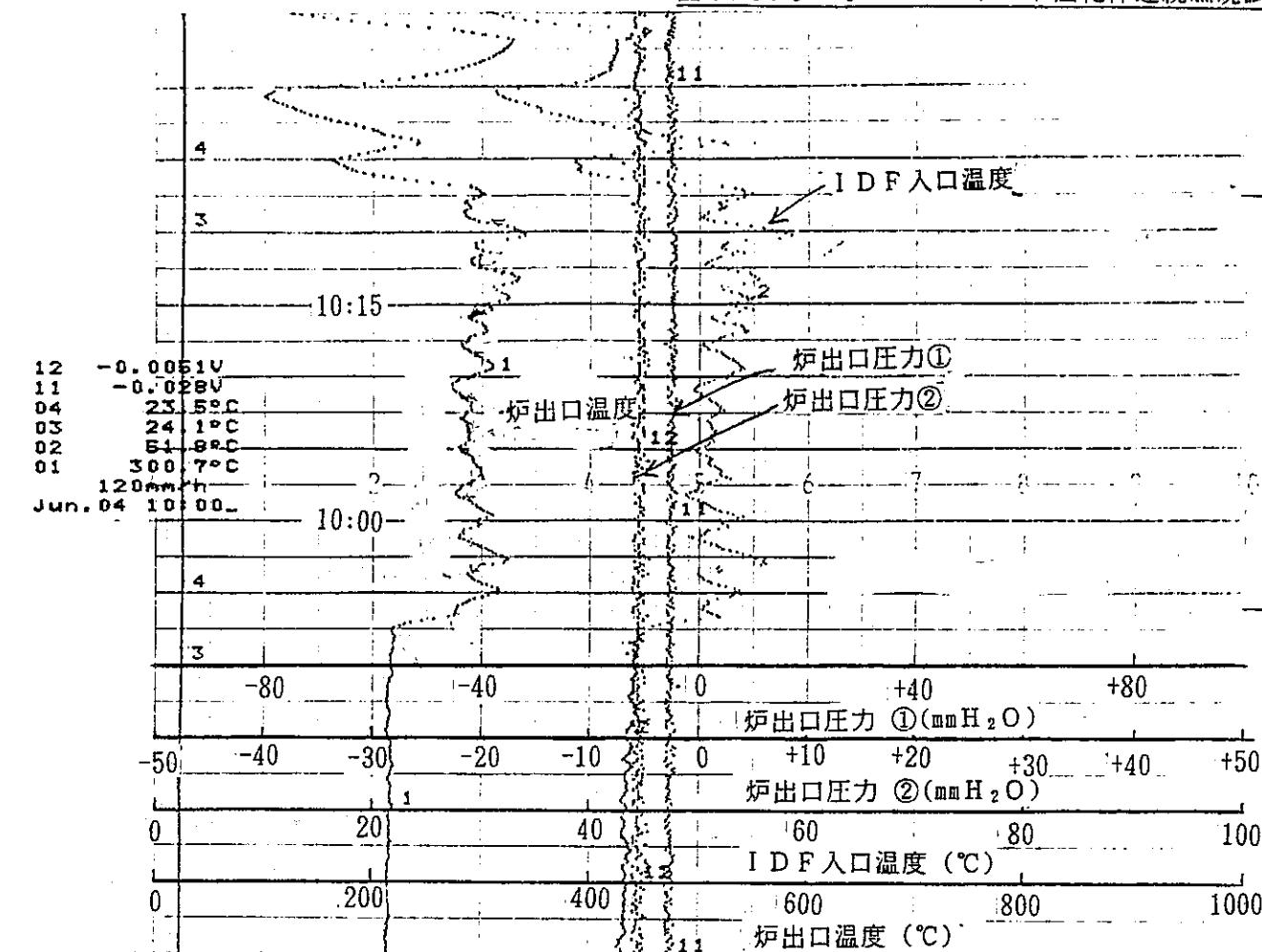


図 5.6.8-3 アスファルト固化体連続燃焼試験 No. 1



連続燃焼試験

図 5.6.8-4 アスファルト固化体連続燃焼試験 No. 2

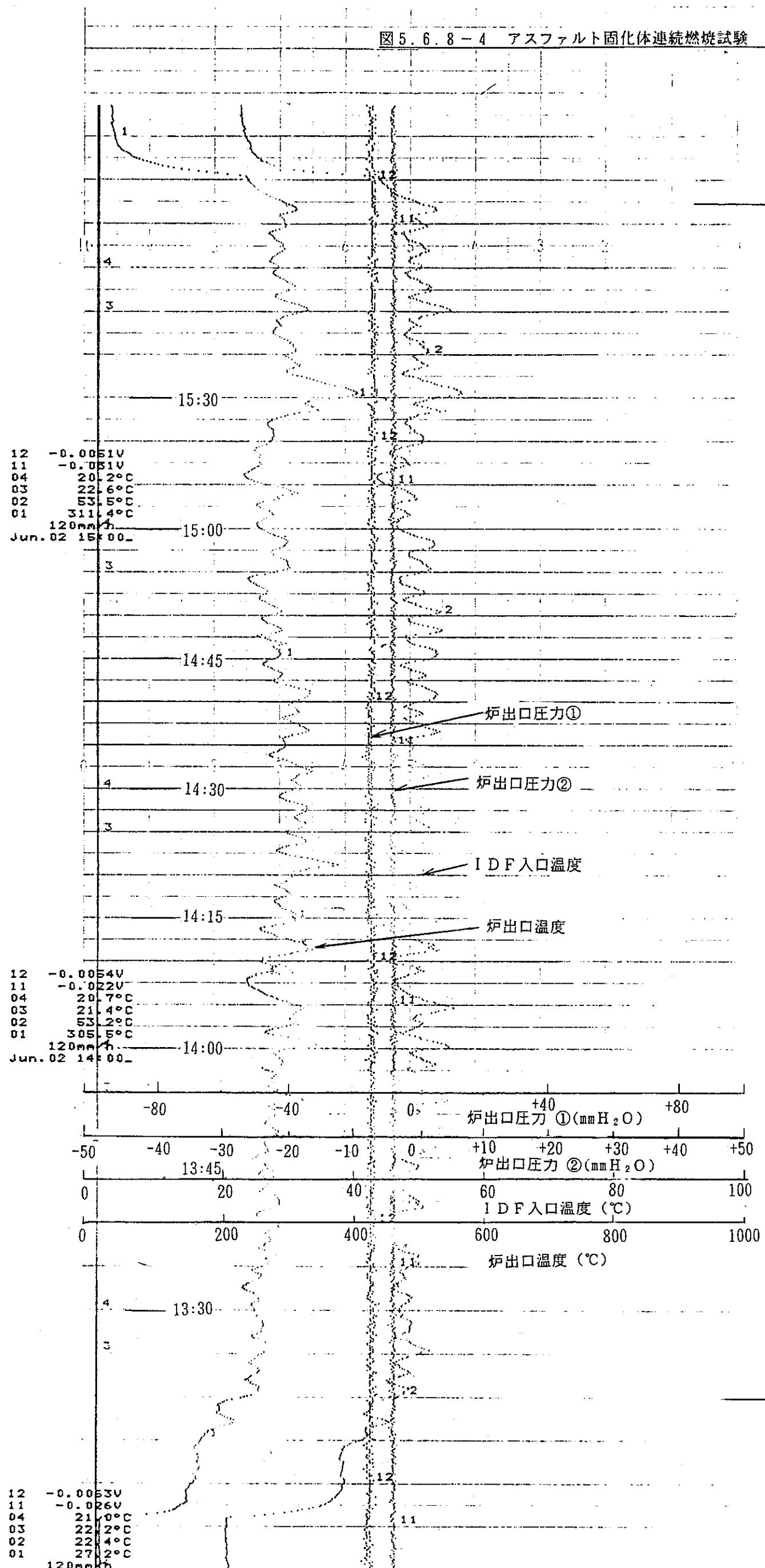


図 5, 6, 8-5 エポキシ固化体連続燃焼試験 No. 1

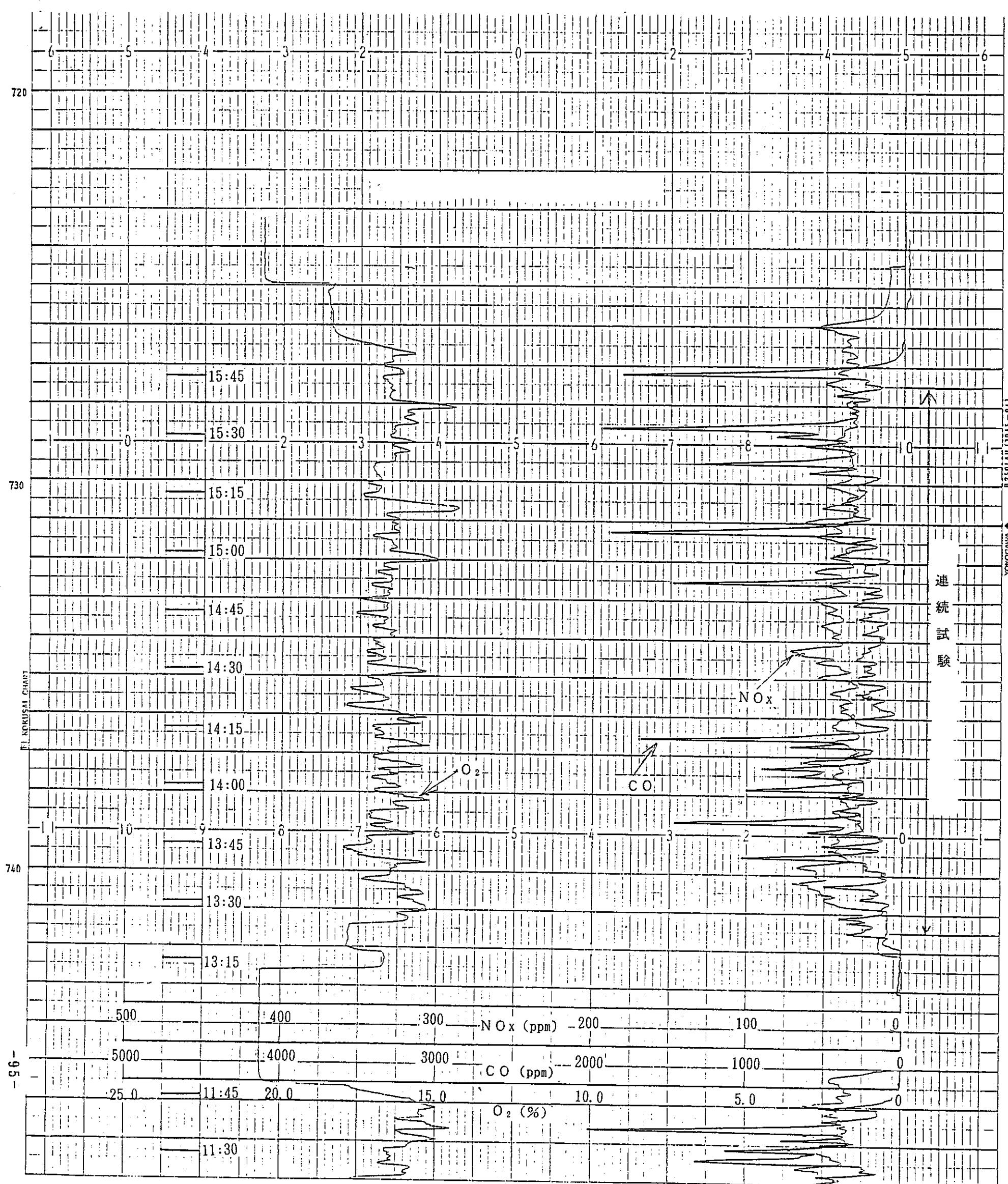


図5.6.8-6 エボキシ固化体連続燃焼試験 No.2

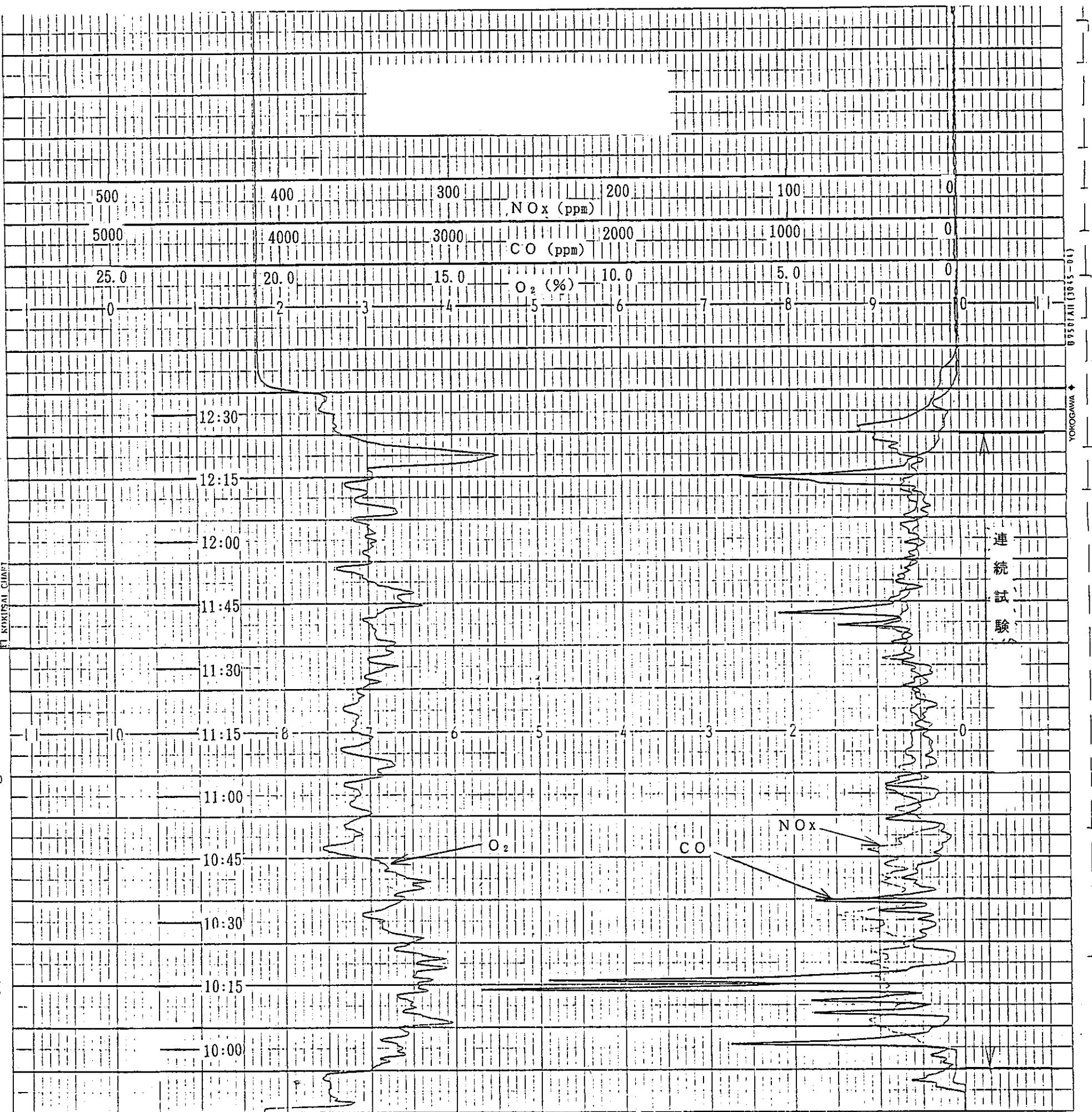


図 5.6.8-7 アスファルト固化体連続燃焼試験 No. 1

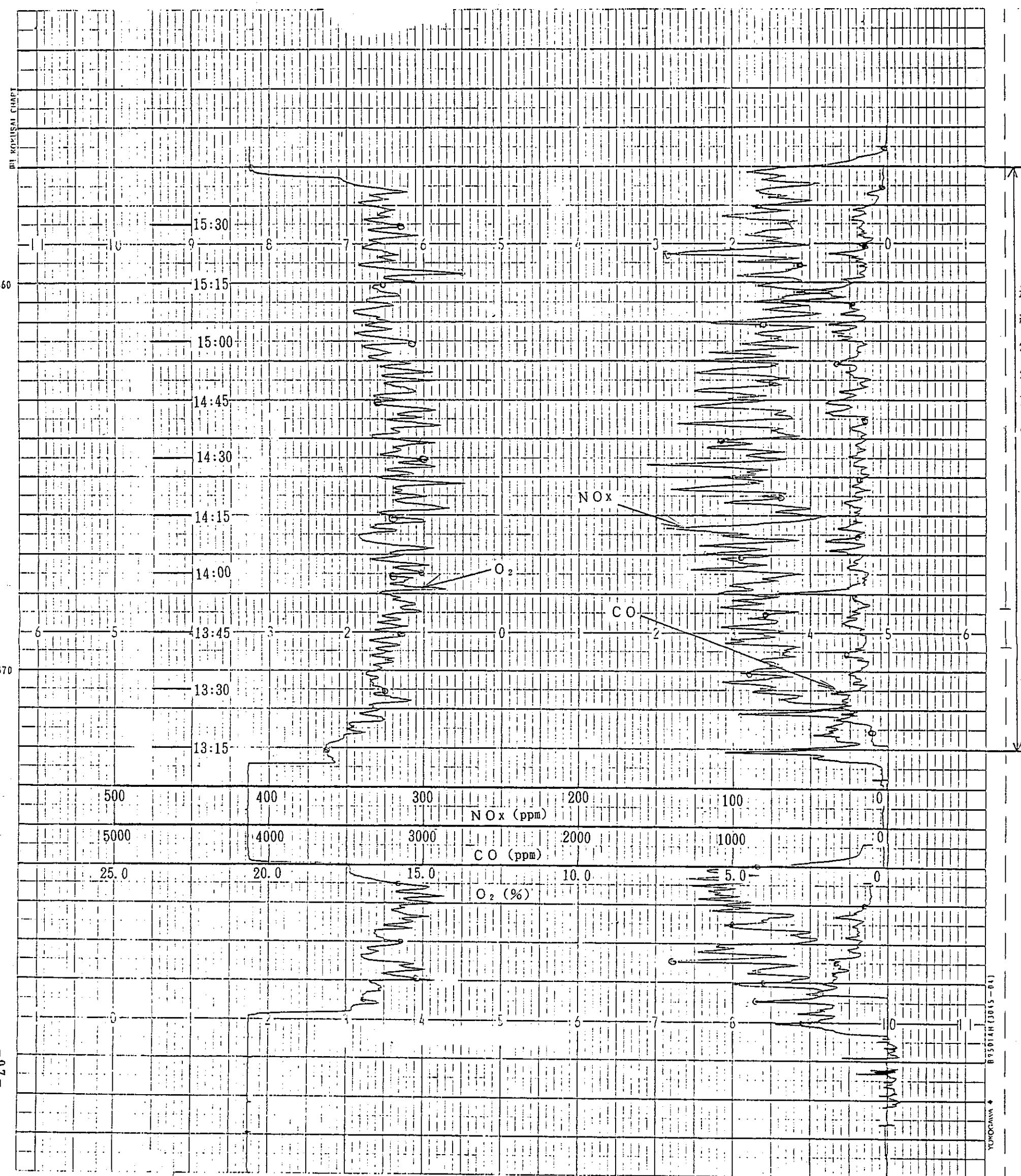
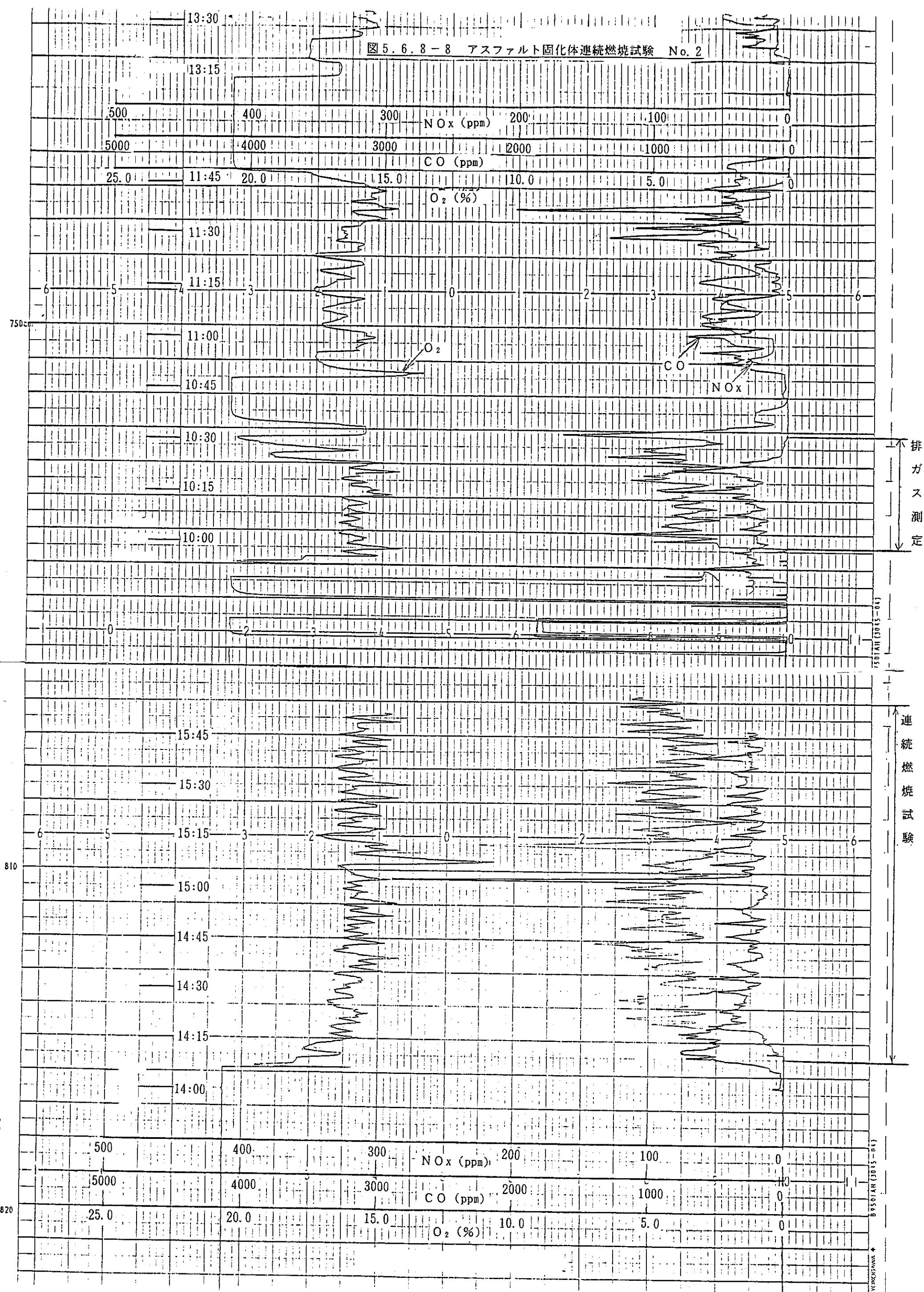


図 5.6.8-8 アスファルト固化体連続燃焼試験 No. 2



5.6.9 炉内圧力の変動確認

(a) 試験要領

前記5.6.8項目の連続燃焼試験時に炉内圧力変動を確認する目的で、炉内圧力の連続記録を行なった。

(b) 試験結果

エポキシ固化体については、変動は小さいが、炉内圧力 - 6 mmAqに対してMAXで±2 mmAqの変動があった。（前出の図5.6.8-1および図5.6.8-2参照）

アスファルト固化体については、変動は小さく最大でも1 mmAq以下であった。

（前出の図5.6.8-3および図5.6.8-4参照）

5.7 まとめ

燃焼試験炉による燃焼試験の結果より以下のことがわかった。

(1) エポキシ固化体

- ① エポキシ固化体は非常に燃焼しにくいものである。
- ② 残渣中に残る固定炭素は温度があがらないと燃焼しない。
- ③ 試料量を多くすると分解ガスと考えられる白煙が多量に発生する。
- ④ 試料温度を高くすると、分解ガスと考えられる白煙が一気に大量に発生する。
- ⑤ 用いた試験装置では燃焼温度領域が限定されているため、分解して発生した白煙の多くは燃焼温度にいたらず外部に排出される。
- ⑥ 一方、燃焼温度に達した一部のガスは燃焼して黒煙となるが、これは近傍のO₂濃度が少ないためにそのまま黒煙状態で排出される傾向がある。
- ⑦ 燃焼残渣は完全に白くならず固定炭素が残る。
- ⑧ エポキシ固化体の燃焼速度は、試料形状がブロック状、スライス状、粉末状のうちでは、スライス状のものが最も大きい。
- ⑨ エポキシ固化体の燃焼残渣は分析の結果、非常に強くSiO₂を示し、定量的にもSiO₂の割合が43.3%と最も多かった。
- ⑩ エポキシ固化体の減容比は92%で粉碎後においても70%である。
- ⑪ 燃焼には助燃油が必要である。

(2) アスファルト固化体

- ① アスファルト固化体の燃焼過程は大きくわけると次の3つになる。
 - ・アスファルト固化体試料の溶融
 - ・揮発分の燃焼
 - ・固定炭素の燃焼、およびそのときに生じる爆燃現象
- ② 試料量を多くすると、多量の黒煙を発生する。
- ③ 燃焼残渣は、燃焼により溶融し、トレーに強く付着する。
- ④ 燃焼残渣表面に灰成分と思われる被覆が形成し、内部の可燃物試料と酸素の接触を妨げ燃焼をわるくする。
- ⑤ アスファルト固化体の燃焼残渣は定性分析の結果、Naを中位に強く示し、定量的にもNaO₂の割合が55.3%と最も多かった。
- ⑥ アスファルト固化体の減容比は約10%である。
- ⑦ 燃焼には助燃油が必要である。

6章 問題点の抽出

本試験で得られた結果より、固化体を焼却処理する場合の問題点を抽出し、それを解決するために、今後検討すべき項目を整理する。

6.1 問題点の抽出

(1) エポキシ固化体

- ① 試料温度が170°Cを越えると揮発分の急激な分解があり、焼却設備としては、この一気に発生する分解ガスを効率良く燃焼させる必要がある。
- ② 投入前に何らかの形状調整（前処理）が必要である。
- ③ 焼却後の減容比が92%と、焼却前と容積が変わらず、95μm以下に粉碎後の減容比も70%であり、減容効果が小さい。

(2) アスファルト固化体

- ① 試料温度350°C～500°Cで急激な分解、および燃焼（爆燃現象）があり、これに対応した焼却設備が必要である。
- ② 燃焼残渣（Naを多く含む）は極めて強い付着性があり、以下の問題を生ずる。
 - ・爆燃現象が発生すると試料が飛散し、炉内各部に付着する恐れがある。
 - ・炉床に残った残渣のはく離（灰の取り出し）が困難である。
- ③ 残渣表面にNaを多く含む灰成分による被覆を形成し、試料内部に残った可燃物と酸素との接触が悪くなり、残った可燃物が燃焼しきれない。

6.2 今後、検討すべき項目

以上の問題点を踏まえ、焼却設備設計のためのデータ収集を目的とした今後の検討項目は以下の通りである。

(1) エポキシ固化体

- ① エポキシ固化体の燃焼に最適な試料形状とその燃焼方法の検討。具体的には、例えば試料表面積と試料体積とをパラメータとして燃焼特性を把握し、さらに燃焼方法の違いによる影響の度合いを調べる。
- ② これらの結果に基づいた最適燃焼条件の整理。
- ③ 試料の形状調整を効率的に行う方法の検討。
- ④ 試料投入方法の検討。
- ⑤ 焼却灰の処理方法の検討。
- ⑥ 減容比を改善する手段の検討。

(2) アスファルト固化体

- ① 爆燃現象などの問題点を踏まえた燃焼方法の検討。
- ② 試料形状を種々変えた場合の燃焼方式と残渣形態との関係についての調査。(液状
燃焼させる場合も含む)
- ③ 灰成分が付着しない燃焼方法、あるいは付着防止対策の検討。
- ④ 試料投入方法の検討。
- ⑤ 焼却灰の処理方法の検討。

7章 結 言

本試験の結果、エポキシ固化体およびアスファルト固化体の燃焼特性に関する数多くの知見が得られた。

それによれば、本試験の目的である焼却による減容については、エポキシ固化体については見掛け上の減容が得られず、後処理にて粉碎後の減容比が70%であり、今後、更に減容比を改善させる方法を検討する必要があると考える。一方、アスファルト固化体については減容比約10%と焼却前の約1/10の減容効果が得られることから、燃焼の際に生じる問題点を解決していくことで、将来、焼却減容処理は実現可能であると判断される。