

昭和56年度サンシャイン計画補助事業

新エネルギー総合開発機構委託

成果報告書

石炭液化技術の研究開発

褐炭系溶剤抽出液化プラントの開発

〔高温油中粉碎の研究〕

昭和57年 3 月

電源開発株式会社

川崎重工業株式会社



010017597-5

石炭液化技術の研究開発

褐炭系溶剤抽出液化プラントの開発

〔高温油中粉碎の研究〕

電源開発株式会社

川崎重工業株式会社

昭和57年3月201頁

褐炭液化技術開発の一環として、一次脱水褐炭に対する粉碎・スラリー調製、二次脱水工程の装置化技術を確立する。

昭和56年度サンシャイン計画補助事業

新エネルギー総合開発機構委託

成 果 報 告 書

石炭液化技術の研究開発

褐炭系溶剤抽出液化プラントの開発

〔高温油中粉碎の研究〕

昭和57年3月

電源開発株式会社

川崎重工業株式会社

目 次

I	概 要	P- 1
1.	研 究 項 目	P- 1
2.	研 究 目 標	P- 1
3.	研究計画の内容	P- 1
4.	従 来 の 経 過	P- 1
5.	研究成果の概要	P- 1
6.	今 後 の 課 題	P- 3
7.	研究項目と実施状況	P- 5
8.	研 究 場 所	P- 6
9.	研究担当者氏名	P- 7
10.	研究発表, 講演, 文献, 特許等の状況	P- 9
11.	他の研究機関における類似研究および協力関係状況	P- 9
12.	そ の 他	P- 9
II	研 究 内 容	P-10
1.	試 験 装 置	P-10
1. 1	試験装置配置	P-10
1. 2	試験装置フロー	P-10
1. 3	試験装置仕様	P-14
2.	供 試 原 料	P-18
3.	試 験 方 法	P-23
3. 1	スラリー調製方法	P-23
3. 2	ミル出口ガスおよびドレーン回収液のサンプリング方法 ...	P-23

3.3	分 析 方 法	P - 25
3.3.1	スラリー分析方法	P - 25
(1)	水分測定法	P - 25
(2)	石炭濃度測定法	P - 26
(3)	石炭粒度分布測定方法	P - 27
(4)	粘度測定方法	P - 28
(5)	比重測定方法	P - 29
(6)	比熱測定方法	P - 30
3.3.2	液化反応性分析方法	P - 30
3.3.3	ミル出口ガス分析方法	P - 30
3.3.4	ドレーン回収液分析方法	P - 30
4.	検 討 項 目	P - 35
5.	試 験 結 果	P - 37
5.1	試料調製条件および名称	P - 37
5.2	最適性状スラリー調製条件の検討	P - 39
5.2.1	ミル粉碎性の検討	P - 39
5.2.2	ミル脱水性の検討	P - 46
5.2.3	スラリー調製に伴う石炭, 溶剤および触媒の性質変化 の検討	P - 46
5.3	安全性の検討	P - 77
5.3.1	ミル出口ガスの安全性の検討	P - 77
5.3.2	ドレーン回収液の安全性の検討	P - 77
5.4	ミルハードの検討	P - 88
5.5	スラリー比熱測定結果	P - 98

6. 考 察	P-100
6. 1 ミル粉碎性について	P-100
6. 2 最適性状スラリー調製条件について	P-103
6. 3 システムの安全性について	P-104
6. 4 装置化技術について	P-114

〔 添 付 〕

試 験 デ ー タ 集

1. スラリー調製試験データ集	P. 116 - 127
2. スラリー中石炭粒度分布	P. 128 - 201

1. 研究項目

中項目 溶剤抽出液化技術の開発

小項目 二次脱水法の研究（高温油中粉碎の研究）

2. 研究目標

褐炭脱水技術の一方式として一次脱水褐炭を対象に高温溶剤と共にミル中で粉碎してスラリー製造と二次脱水を同時に行う技術の可能性をベンチスケールユニットで確認する。

3. 研究計画の内容

55年度に設計・建設を行つた高温油中粉碎ベンチスケールユニット（20kg/h）を用いて一次脱水褐炭の高温油中粉碎技術の評価・検討を行う。

4. 従来の経過

55年度においては、まず、石炭供給量にて20kg/hの高温油中粉碎ベンチスケールユニットを設計・建設した。そして、この装置を用いて高温油中粉碎および脱水によるスラリー調製法が、液化原料スラリー調製法に適用可能かどうかを予備的に評価・検討した。

その結果、この湿式スラリー調製法が、液化原料スラリー調製法として適用可能であるとの見直しを得た。

5. 研究成果の概要

(1) 最適性状スラリー調製条件の検討

一次脱水褐炭（オーストラリア産ヤルーン炭）、溶剤（クレオソート油および脱晶アントラセン油）ならびに触媒を供試原料として、ミル粉碎性、脱水性および液化反応性に関する知見を得るべく、石炭供給量、溶剤・石炭比、ならびに調

製温度をそれぞれ、 $5\sim 40\text{ kg/h}$ 、 $2\sim 8$ ならびに $70\sim 200^\circ\text{C}$ に変化させて種々スラリーを調製し、その石炭濃度、石炭粒度、水分、液化反応性などのデータを採取し、検討した。

その結果、次のことが判明した。すなわち、クレオソート油および脱晶アントラセン油のいずれの溶剤の場合も、ミル粉碎性は石炭供給量および溶剤・石炭比の増大と共に低下する傾向がある。しかし、スラリー調製温度のミル粉碎性に及ぼす影響については、一般的に知られている傾向と異なり、その上昇と共に、ミル粉碎性が増大せず、ほぼ一定の値を示す。

また、スラリー中の残留水分は、スラリー調製温度 100°C 以上で、 1% 以下に低下する。

スラリーの液化反応性は、調製温度 180°C 以上で、やや変化の徴候が認められた。

(2) 安全性の検討

スラリー調製時に発生する排気ガスおよび排水について、その安全性に関する知見を得るべく検討を行った。

排気ガスについては、ベンチスケールユニットの運転時のミル出口ガスの分析と実験室規模排気モデル実験装置により発生させたガスの分析とにより、調製温度の上昇に伴う無機ガス、炭化水素ガスおよび悪臭ガスの濃度ならびに発生量を調べた。

また、排水については、ベンチスケールユニットのドレーン回収液を採取し、それに含有される有害成分を分析・検討した。

これらの悪臭ガスおよび排水の安全性に対する判断基準としては、環境庁告示にある判定基準を用いた。

その結果、排気ガス中の CO 、 H_2 および炭化水素ガスの濃度は十分低く、爆発の危険性は極めて小さいが、悪臭ガス成分については、基準値を超えるものがある。また、ドレーン回収液についても、いくつかの成分については基準値を満足しない。

以上より、実際の液化原料スラリー調製設備については、使用する溶剤によつては、排ガス中の悪臭ガス成分および排水中の有害成分について、対環境対策を講じる必要があると考えられる。ただし、この対策は、従来技術で、十分対応できるものと考えられる。

(3) ミルハードの検討

ミルの加熱に伴う温度上昇が、その変形・強度に及ぼす影響を調べるため、ミル本体の加熱に伴う熱応力と荷重に起因する応力から全応力を解析するアルゴリズムを確立し、いくつかの温度について解析を行い、高温ミルの設計のための基礎資料を得た。

(4) スラリー調製システムの総合的検討

以上の検討結果により湿式ミルによる石炭液化スラリー調製方法は十分な粉碎性と脱水性を有し、かつ安全性も高いシステムであることが判明した。ただし、使用する溶剤の性状によつては、悪臭ガスおよび排水について、環境に対する考慮を必要とする。

5. 今後の課題

(1) 溶剤の蒸発が大きい場合のシステム構成の検討

本研究では受入れのままの生の溶剤を使用したので、調製温度150℃以上で、溶剤の蒸発が著しく、ドレーン中へ蒸発溶剤が凝縮する結果となつた。この溶剤の蒸発を装置上どう処理すべきかは今後の課題である。

(2) リサイクルスラリーを溶剤とする高温油中粉碎・脱水技術の検討

リサイクルスラリーを溶剤とする場合は、その性状が本研究の受入れのままの溶剤のそれと異なるので、別途検討の必要がある。

(3) 一次脱水炭の水分含有量とスラリー残留水分量の関係の検討

本研究においては水分量30%程度の脱水炭を原料としたが、この場合スラリー中残留水分は調製温度100℃以上で1%以下に低下し、湿式スラリー調製法が十分な脱水性を有することがわかつた。

より水分含量の高い脱水炭を原料炭とした場合、スラリー中残留水分がどのような値となるか、スラリー調製温度との関係で定量的に把握することは液化原料スラリーの水分コントロールならびに脱水プロセスの経済性から重要である。

(1) 研究項目と実施状況

計畫
實施

8. 研究実施場所

東京都千代田区丸の内1丁目8番2号

電源開発株式会社 技術開発部・火力部

東京都港区浜松町2丁目4番1号

川崎重工業株式会社 技術開発本部

兵庫県明石市川崎町1番1号

川崎重工業株式会社 技術研究所

千葉県八千代市上高野1780番地

川崎重工業株式会社 八千代工場 破碎機事業部

9. 研究担当者氏名

(1) 電源開発株式会社

氏 名	役 職	研 究 項 目
宮 谷 和 夫	技術開発部 部長補佐	研究業務管理総括
豊 口 泰 治	〃 〃	〃
渡 辺 洋 文	〃 課長	同 上 補 佐
鮫 島 義 雄	〃 技術開発第二課 研究員	研究業務管理担当
下 畑 完 治	〃 技術開発第一課 研究員	研究業務管理担当
井 上 信 之	〃 〃 〃	〃
松 浦 彦 夫	火 力 部 課長	研究実施管理総括
中大路 和 彦	〃 課長代理	同 上 補 佐
栗 原 道 夫	〃 火力技術課研究員	研究実施管理担当
釜 尾 貢	〃 〃 〃	〃

(2) 川崎重工業株式会社

氏 名	役 職	研 究 項 目
佐 藤 昇	技術開発本部 石炭技術開発 部長	研究全般の計画とりまとめ
坂 田 元 弘	" " 係長	同 上 補 佐
河 村 量 介	" " "	"
萩 原 達 雄	破碎機事業部 機械製造部 部長	研究実施管理総括
金 森 敬 明	" " "	研究実施とりまとめ
鈴 木 仁太郎	" " 開発課課長	研究実施主務
陶 英 一	" " " 課長	研究全般の指導助言
大 戸 寛	" " " 係長	研究実施担当
尾 崎 弘 憲	" " " 研究員	"
山 口 憲	" " " "	"
広 沢 賢 一	" " " "	"
片 畑 正	" " " "	"
沢 幸 盛	" " " "	"
渡 辺 隆	" "プラント設計課課長	エンジニアリングに関する指導助言
桑 村 与志夫	" " " 係長	エンジニアリング担当
小熊坂 真 二	" " " 研究員	"
小 川 道 夫	" " " "	"
潮 田 善 美	" " " "	装置制御担当
野見山 文 博	" " 機械設計課課長	機械装置に関する指導助言
三 鴨 政 昭	" " " 係長	機械装置技術担当
永 井 潤	" " " 研究員	機械装置技術担当補佐
伊 東 速 水	技術研究所エネルギー研究室 課長	理化学に関する指導助言
白 田 眞 久	" " 研究員	研究実施担当

10. 研究発表，講演，文献，特許等の状況

特許 1 件申請予定

11. 他の研究機関における類似研究及び協力関係状況

なし

12. その他

なし

Ⅱ 研 究 内 容

1. 試 験 装 置

1.1 試験装置配置

高温油中粉碎装置全体配置図を，図 1 - 1，図 1 - 2 に示す。

1.2 試験装置フロー

高温油中粉碎装置フロー図を，図 1 - 3 に示す。

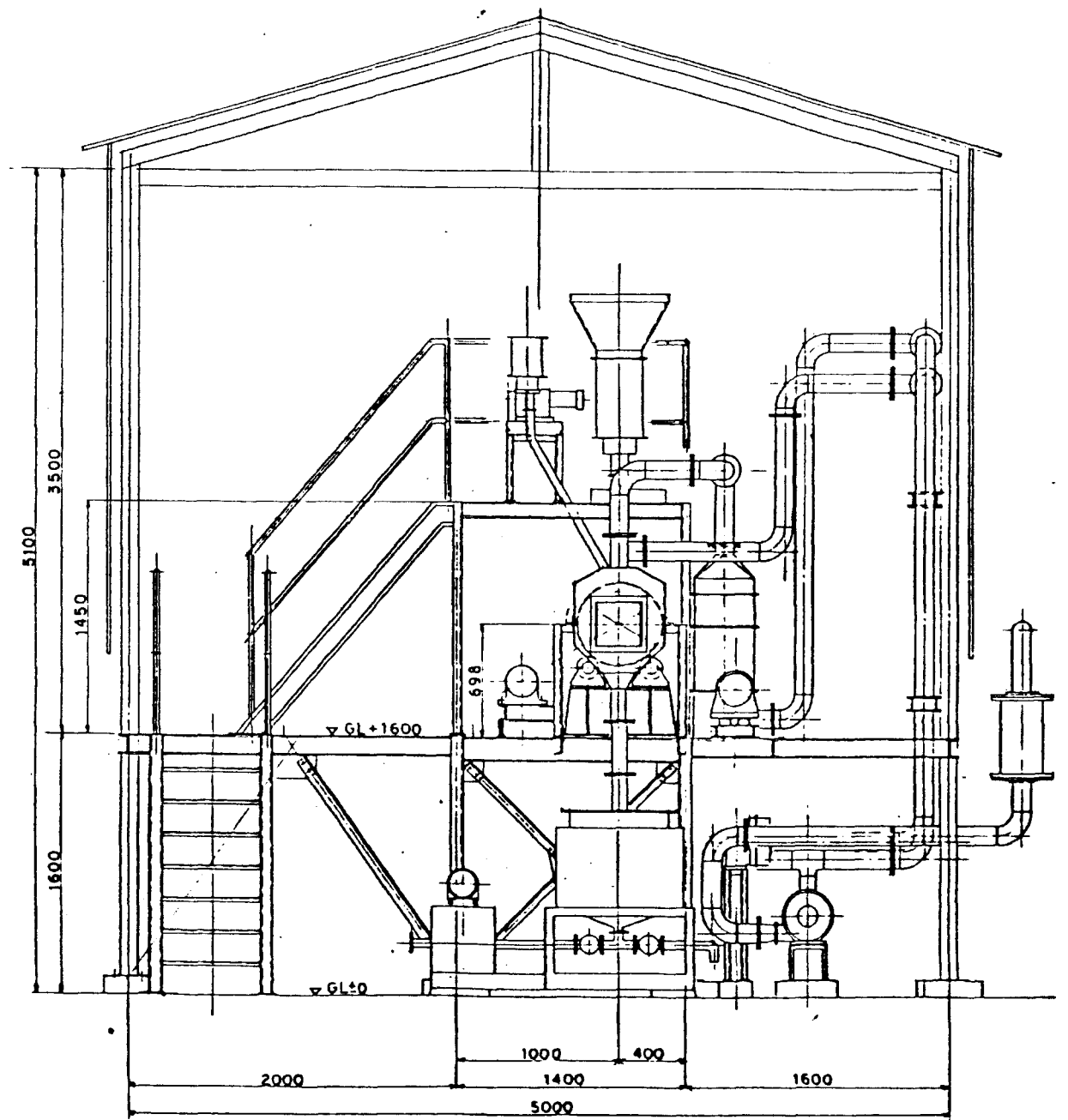
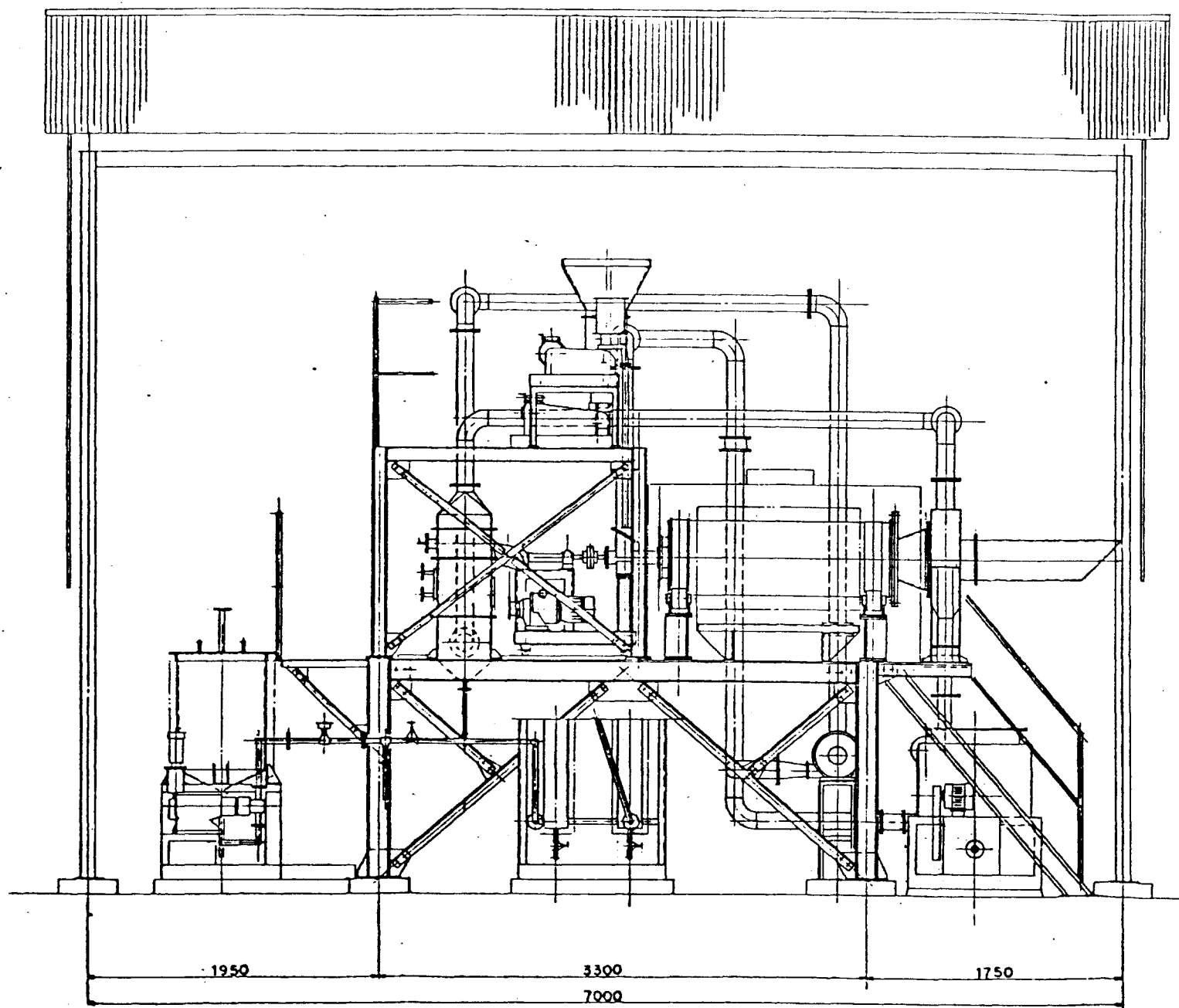


图 1-1 $20 \frac{kg}{h}$ 高温油中粉碎装置全体配置图

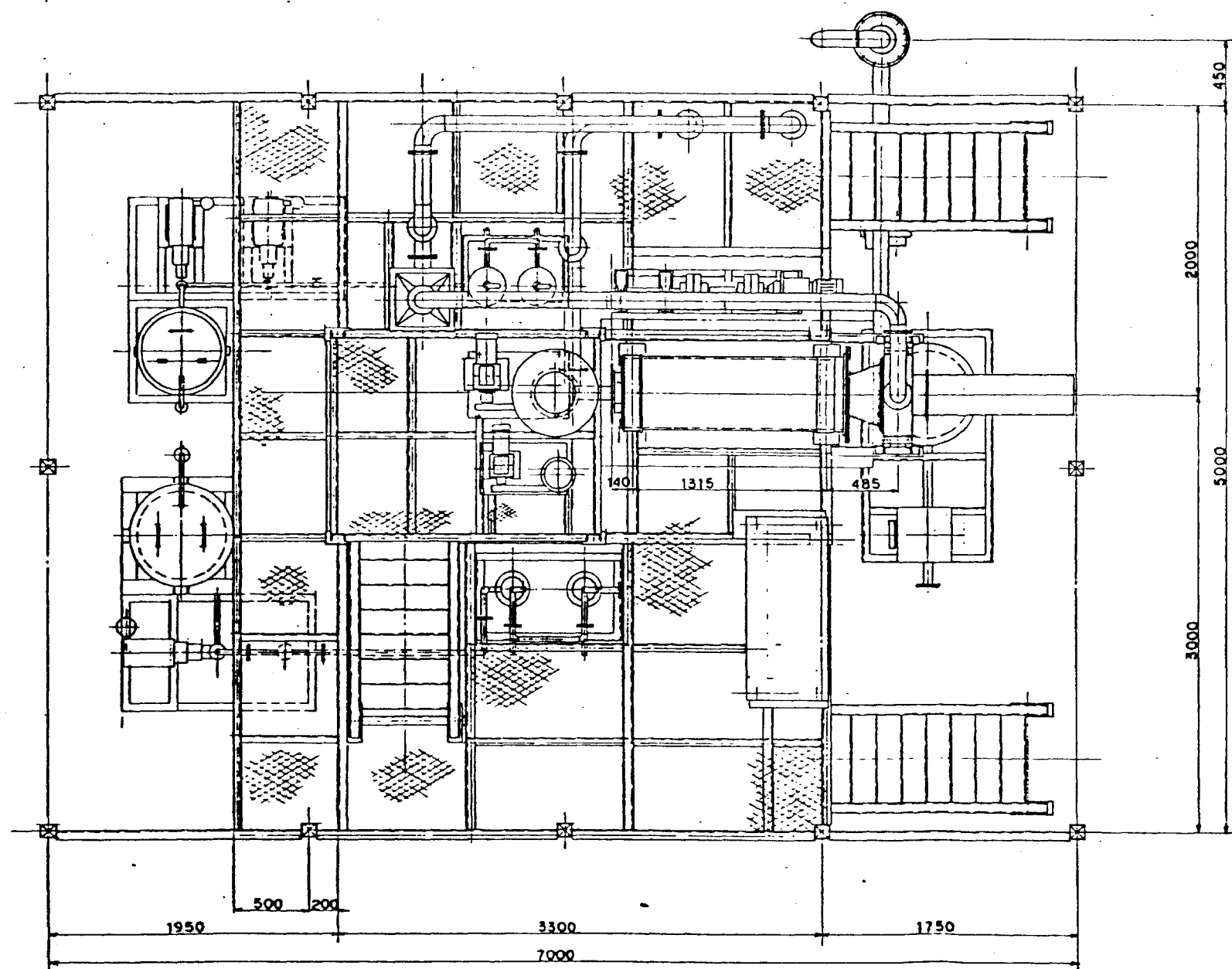


图 1-2 20 Kg/h 高温油中粉碎装置全体配置图。

1.3 試験装置仕様

1) 石炭フィーダ

型 式	テーブル型フィーダ
供給量	max 170 ℓ/h
電動機	0.4 kW×4p 無段変速

2) 触媒フィーダ

型 式	テーブル型フィーダ
供給量	max 25 ℓ/h
電動機	0.2 kW×4p 無段変速

3) 油 タ ン ク

型 式	円筒型誘導加熱式
容 量	200ℓ
電気容量	4 kVA 温度制御装置付

4) 油 ポ ン プ

型 式	定容量式
容 量	max 240 ℓ/h
吐出圧	5 kg/cm ²
電動機	0.4 kW×4p

5) 流 量 計

型 式	容積型微小流量計
流 量	max 200 ℓ/h

6) 油加熱ヒータ

電気容量	22 kVA	温度制御装置付
流量	max 170 ℓ/h	
型式	誘導加熱式オイルヒータ	

7) スラリータンク

電気容量	27 kVA	温度制御装置付
容量	100 ℓ	
型式	円筒型誘導加熱式	

8) スラリ-循環ポンプ

型式	定容量式
容量	100 ℓ/h
吐出圧	5 kg/cm^2
電動機	0.4 kW $\times$ 4p

9) スラリ-ポンプ

型式	定容量式
容量	max 35 ℓ/h
吐出圧	5 kg/cm^2
電動機	0.4 kW $\times$ 4p

10) スラリ-加熱ヒータ

型式	電気ヒータ式	
流量	max 35 ℓ/h	
電気容量	30 kVA	温度制御装置付

11) ミル供給機

型 式	スクリーフイーター
供給量	max 60 kg/h
電動機	0.75 kW × 4p 可変速減速機

12) 高温ミル

型 式	湿式ボールミル
寸 法	478 mm ϕ × 1435 mm L
ボール重量	348 kg
回 転 数	43 rpm
駆 動 方 式	チェーン駆動 サイドドライブ方式
電 動 機	2.2 kW × 4p × 1/30 減速機

13) ミル加熱ヒータ

型 式	誘導加熱型
電 気 容 量	30 kVA 温度制御装置付

14) スラリー受槽

型 式	円筒型誘導加熱式
容 量	170 L
電 気 容 量	4 kVA 温度制御装置付

15) スラリー排出ポンプ

型 式	容 積 型
容 量	100 L/min
吐 出 圧	5 kg/cm ²
電 動 機	2.2 kW × 4p

16) 凝 縮 器

式 水 冷 チ ュ ー プ 型
排 気 流 量 $3 \text{ m}^3/\text{min}$ max

17) 排 風 機 (No. 1)

型 式 ターボファン
流 量 $1 \text{ m}^3/\text{min}$
静 圧 200 mm A q
電 動 機 $0.3 \text{ kW} \times 2 \text{ p}$

18) 排 風 機 (No. 2)

型 式 ターボファン
流 量 $1 \text{ m}^3/\text{min}$
静 圧 200 mm A q
電 動 機 $0.3 \text{ kW} \times 2 \text{ p}$

項目 12 の高温ミルについて、従来スラリ-排出機構がオーバーロー
タイアであった。今年度はより高石炭濃度（低溶剤・石炭比）のスラ
リ-を得るべく排出機構を強制タイアに改造した。

2. 供 試 原 料

2.1 供 試 石 炭

使用したヤルーン一次脱水褐炭の性状を表 2 - 1 に示す。

図 2 - 1 に粒度分布を示す。

2.2 供 試 溶 剤

供試溶剤としてクレオソート油（記号：C）および脱晶アントラセン油（記号：D）の 2 つを用いた。

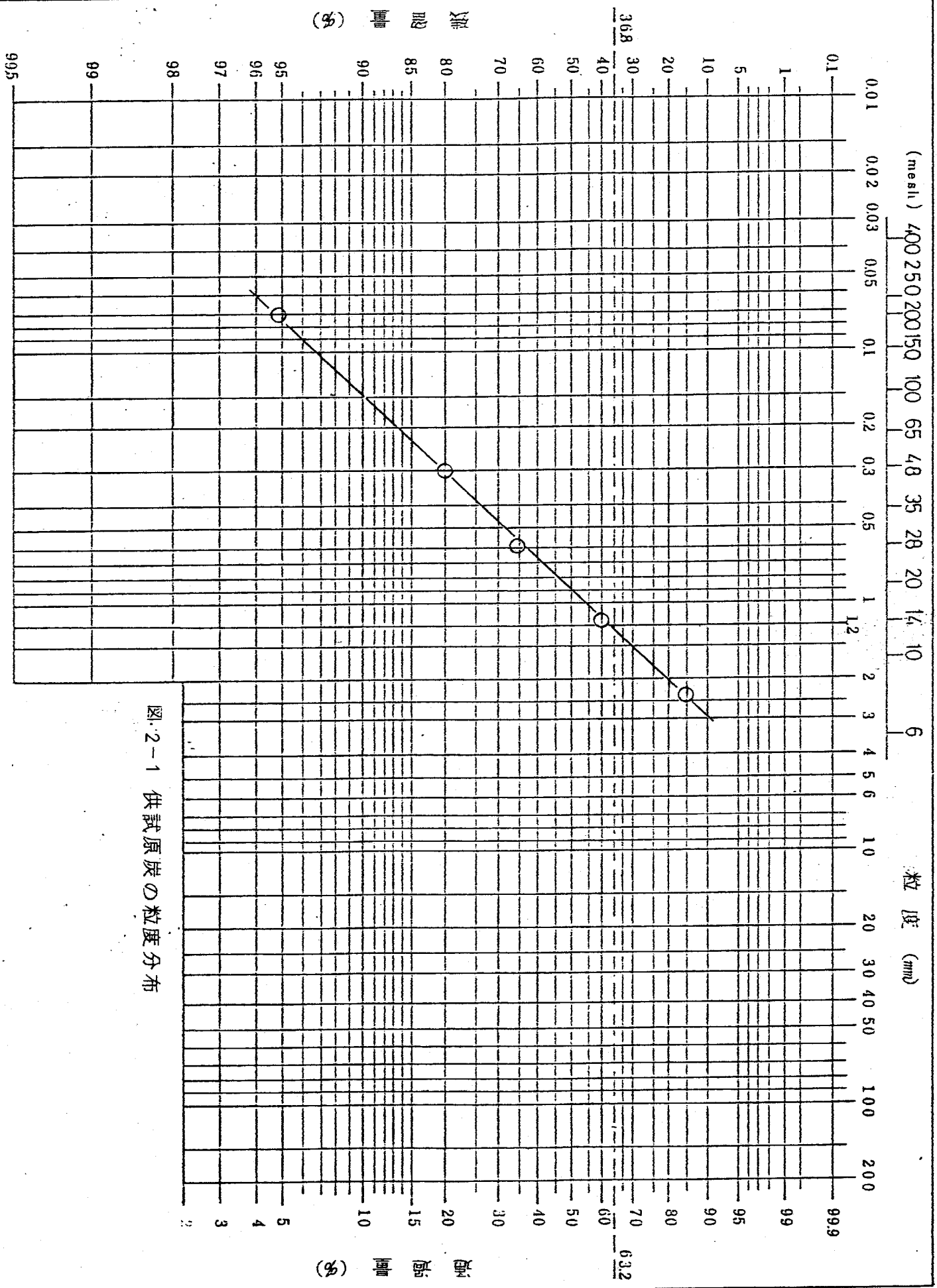
表 2 - 2 にその性状を示す。

2.3 供 試 触 媒

使用した酸化鉄（ Fe_2O_3 ）触媒の性状を表 2 - 3 に示す。

表 2 - 1 ヤル - シ一次脱水褐炭性状

全 水 分		3 1. 1	(%)
工 業 分 析	固 有 水 分	1 7. 4	(%)
	灰 分	0. 6	(%)
	揮 発 分	3 7. 3	(%)
	固 定 炭 素	4 4. 3	(%)
元 素 分 析	C	6 9. 0	(%)
	H	4. 6	(%)
	N	0. 5 6	(%)
	S	0. 2 8	(%)
	Cl	4 1 0	(mg/kg)
	O	2 4. 9 1	(%)
高 発 熱 量		6 3 0 0	(cal/g)
低 発 熱 量		5 9 7 0	(cal/g)
灰 分 分 析	SiO ₂	2 0. 0	(%)
	Al ₂ O ₃	3. 6 6	(%)
	Fe ₂ O ₃	2 7. 9	(%)
	CaO	6. 9 1	(%)
	MgO	1 9. 0	(%)
	Na ₂ O	2. 6 4	(%)
	K ₂ O	0. 7 1	(%)
	SO ₃	1 4. 9	(%)
H · G · I		7 1	(%)



図・2-1 供試原炭の粒度分布

表 2 - 2 溶 剤 性 状

項 目		単 位	クレオソート油	脱晶アントラセン油
比 重(20℃/4℃)			1.079	1.142
粘 度 (20℃)		cP	8.93	83.4
引 火 点		℃	72	120
元 素 分 析	C	%	90.16	91.76
	H	%	6.56	5.80
	N	%	1.29	0.95
	S	%	0.41	0.66
	O	%	1.58	0.83
灰 分		%	1	0.1
水 分		%	0.32	Nil

表 2 - 3 触媒 (Fe₂O₃) 性 状

項 目		单 位	数 值
純 度		%	99.0 以上
平 均 粒 径		μ	0.55
水 分		%	0.05 Max
元 素 分 析	Si	%	0.02
	Al	%	0.03
	Fe	%	70.4
	Ca	%	< 0.01
	Mg	%	< 0.01
	Ti	%	< 0.01
	Total-S	%	0.03
	Cl	%	0.01

3. 試 験 方 法

3.1 スラリー調製方法

スラリーを調製する方法を図 1 - 3 に示したフロー図に従って説明する。

約 3 mm 以下にあらかじめ破碎された石炭は石炭フィーダによりミル供給機経由で高温ミルに定量供給される。

溶剤は、油タンクより定量的にポンプにより送給され、油加熱ヒーターで加熱され高温ミルに供給される。

また、触媒は、触媒フィーダからミル供給機経由で高温ミル内へ供給される。

高温ミル内で石炭は、溶剤および触媒と共に粉碎、混合および脱水されたスラリーとなつてミルからスラリー受槽へ投入される。

高温ミル内で発生する排気ガス中の水分およびガス成分は、排風機により吸引され、凝縮器にてミスト分をドレーンとして回収される。そして排気は、大気に放散される。

試験に際しては、石炭供給量、溶剤・石炭比およびスラリー調製温度を種々変化させた。

触媒重量は調製スラリー量の 3 % にまた、供給溶剤温度は 150℃ に設定した。

表 3 - 1 にスラリー調製時における測定項目を示す。

なお、排気ガスのリサイクル方式は採用せず、全て開放系で実験を行つた。

3.2 ミル出口ガスおよびドレーン回収液のサンプリング方法

ミル出口ガスサンプリングは、ミル出口および凝縮器間のダクトに設けてあるサンプリング口で、また、ドレーン回収液は凝縮器の下に設けてあるドレーン抜きで行つた。

表 3 - 1 測 定 項 目

測 定 項 目	備 考
破 碎 炭 温 度 (℃)	温 度 計
破 碎 炭 水 分 (%)	工 業 分 析
破 碎 炭 供 給 量(kg/h)	設 定
溶 剤 温 度 (℃)	測 温 抵 抗 体
溶 剤 供 給 量(kg/h)	設 定
触 媒 供 給 量(kg/h)	設 定
ミルヒータ温度 (℃)	熱 電 対
ミル出口スラリー温度(℃)	熱 電 対
ミル出口排ガス温度(℃)	熱 電 対

3.3 分析 方法

3.3.1 スラリー-分析方法

(1) 水分測定方法 (JIS K2275 準拠)

使用器具 。 蒸留装置

3つ口のガラスフラスコ (500 ml)

検水管 (0 ~ 1 ml は 0.1 ml 目盛)

1 ~ 2.5 ml は 0.2 ml 目盛)

リ-ビツと冷却器

。 マントルヒータ, スライダック

。 キシレン, 沸石

① 容器 500 ml の耐熱性ガラスフラスコに均一に混合したスラ

リー 100 g を ± 0.5 g の精度で物理天秤にて秤量, 採取する。

② これにキシレン約 100 ml を加え, 十分に振とうしてスラリ

ーを溶解し, さらに突沸防止のため沸石を少量加える。

③ フラスコを検水管, 冷却器に連結し, 冷却管に水を通し

ながらスライダック付きのマントルヒータ (電圧約 50 V)

によりフラスコを加熱する。

④ 検水管中の水層の増加が無くなったらマントルヒータの

スイッチを切り, 室温に冷却後水層の目盛を読み取る。

なお, 水分が冷却管および検水管の内壁に付着していると

きは, キシレンで冷却管内を洗浄する。

⑤ スラリー中の水分は次式により算出する。

$$\text{水分} = \frac{W}{w} \times 100 [\%]$$

ここに w : スラリーの溜出水分量 [g]

W : スラリー-採取量 [g]

(2) 石炭濃度測定法

使用器具 ◦ アスピレーター

 ◦ ガラス濾過器 (1G-3)

 ◦ グラスファイバーフィルタ (GB-100R, 37mm ϕ)

 ◦ ビーカ (100ml)

 ◦ トルエン, セライト

- ① ビーカにまずセライトを約2g精秤する。つぎに均一にまぜたスラリー約2gを精秤し加え, さらにトルエン約50mlを加えて十分に攪拌し均一に溶解する。
- ② 濾過器に精秤したフィルタをセットし, アスピレーターにより吸引しながら①項の試料溶液を濾過する。
- ③ 濾過後ビーカ内壁の付着物を温トルエンにより濾過器に洗い落とす。
- ④ 温トルエンにより濾過器上の試料を十分に洗浄し, 濾液がほぼ無色になつたら洗浄を止める。
- ⑤ 濾過器を取り出し, 110~120℃の恒温乾燥器中で約120分乾燥後デシケータ中でほぼ室温まで冷却し精秤する。
- ⑥ 石炭濃度は, 次式により算出する。

$$\text{石炭濃度} = \frac{A-B}{W} \times 100 \text{ [\%]}$$

ここに A : 濾過器上の残渣 [g]

 B : セライトの重量 [g]

 W : スラリー採取量 [g]

(3) 石炭粒度分布測定方法

使用器具 ◦ フルイ (48, 100, 200, 250, 350メッシュ)

 ◦ フルイ振とう機 (首振り式)

 ◦ ビーカ (300ml)

 ◦ アスピレーター

 ◦ ブフナーロート

 ◦ ろ紙 (No. 5 A)

 ◦ トルエン

- ① 100ml ビーカに均一にまぜたスラリー約 10g を 0.01g まで精秤し採取する。
- ② これに熱トルエンを約 5 ml 加えて試料中の石炭粒子を壊さないように注意し十分に攪拌し溶解する。
- ③ 48 mesh のフルイに試料を移し汙過する。トルエンにて汙液が無色透明になるまで十分に洗浄し、汙液、洗液は保存する。
- ④ 次にフルイが入るくらいの容器にフルイを入れ網が浸るくらいにトルエンを入れ石炭粒子が落なくなるまで、くり返しフルイをふるい洗浄する。洗液は保存する。
- ⑤ 別のフルイが入るくらいの容器を準備し 100 mesh のフルイを入れ③項で保存した汙液、洗浄を入れて汙過しトルエンにて汙液が無色透明になるまで十分に洗浄する。
- ⑥ さらに④項で保存した洗液をフルイに入れて汙過し、トルエンをフルイの網が浸るくらいに加え、石炭粒子が落なくなるまでくり返しフルイをふるい洗浄する。洗液は保存する。
- ⑦ この操作を順次 200, 250, 350 mesh の順に行う。

- ⑧ ③～⑦項までの操作を終えたフルイを 105～110℃ の乾燥器に 30 分間入れ乾燥させる。
- ⑨ 乾燥後そのままフルイを上から 48, 100, 200, 250, 350 mesh の順に重ね振とう機に 10 分間かける。
- ⑩ 振とう後各フルイ上に残った石炭を 0.01g まで精秤する。
- ⑪ 石炭の各粒度〔%〕は次式により算出する。

$$\text{各粒度} = \frac{w}{W} \times 100 \text{〔\%〕}$$

ここに w : 各フルイ上に残った石炭量〔g〕

W : 採取試料スラリー中の石炭重量〔g〕

$$W = \text{採取スラリー量〔g〕} \times \frac{\text{石炭濃度〔\%〕}}{100}$$

(4) 粘度測定方法

使用器具 ・ B 型粘度計, 3 号ロータ

・ ビーカ (300ml)

- ① 均一にまぜたスラリーをビーカに約 200ml 採取し, 90±0.5℃ の恒温水槽に浸漬する。
- ② ガラス棒で試料を攪拌し, 温度が 90±0.5℃ を 2 分間保持したら粘度計のロータを試料中心部に挿入回転させ 5 分間後の指示目盛を読み取る。
- ③ 目盛に係数を乗じて粘度〔cP〕に換算する。

(5) 比重測定法 (JIS K2249 準拠)

使用器具 ・ ハバート比重瓶

・ 蒸留水

- ① 洗浄，乾燥してほぼ室温に冷却した比重瓶の重量をキャップと共に精秤する。〔 W_a 〕
- ② この比重瓶にあらかじめ $80\sim 85^{\circ}\text{C}$ に保持した熱蒸留水をいっぱい満し，キャップにて余分の蒸留水をあふれ出させる。
- ③ ただちに $90\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ の恒温水槽に浸漬し，キャップ穴より余分の水があふれ出なくなつたら乾布で穴の上縁の水をよくふき取つた後に恒温水槽より取り出し，水道水でほぼ室温になるまで冷却し外側に付着した水を乾布で十分ふき取つて精秤する。〔 $W_b = W_a + \text{水}$ 〕
- ④ 比重瓶の蒸留水は捨てて再び乾燥しほぼ室温に冷却後，攪拌して均一な $85\sim 95^{\circ}\text{C}$ のスラリーを約 $10g$ 比重瓶に採取し，水道水で③項同様に冷却後外部を乾布でよくふき取り精秤する。〔 $W_c = W_a + \text{スラリー}$ 〕
- ⑤ さらに蒸留水を加え②，③項と同一要領で操作し精秤する。
〔 $W_d = W_a + \text{スラリー} + \text{水}$ 〕
- ⑥ $90^{\circ}\text{C}/4^{\circ}\text{C}$ の比重を次式により算出する。

$$\text{比重} = \frac{W_c - W_a}{(W_b - W_a) - (W_d - W_c)} \times 0.965 \quad [90^{\circ}\text{C}/4^{\circ}\text{C}]$$

0.965: 90°C の水の密度

(6) 比熱測定法

溶剤ならびにスラリーの比熱を、室温(20℃)、50℃、70℃、90℃、130℃、160℃、および200℃の温度で、DSC(示差走査熱量計)法で測定した。

測定条件は以下のとおりである。

測 定 条 件

加熱速度	10℃/min
試料採取量	15mg
感 度	2mcal/sec
前 処 理	200℃×1min

3.3.2 液化反応性分析方法

(1) 固液分離要領

図3-1に固液分離のフローシートを示す。

(2) 分析項目、内容および方法

表3-2に分析項目、内容および方法を示す。

3.3.3 ミル出口ガス分析方法

表3-3にミル出口ガス分析の項目、内容および方法を示す。

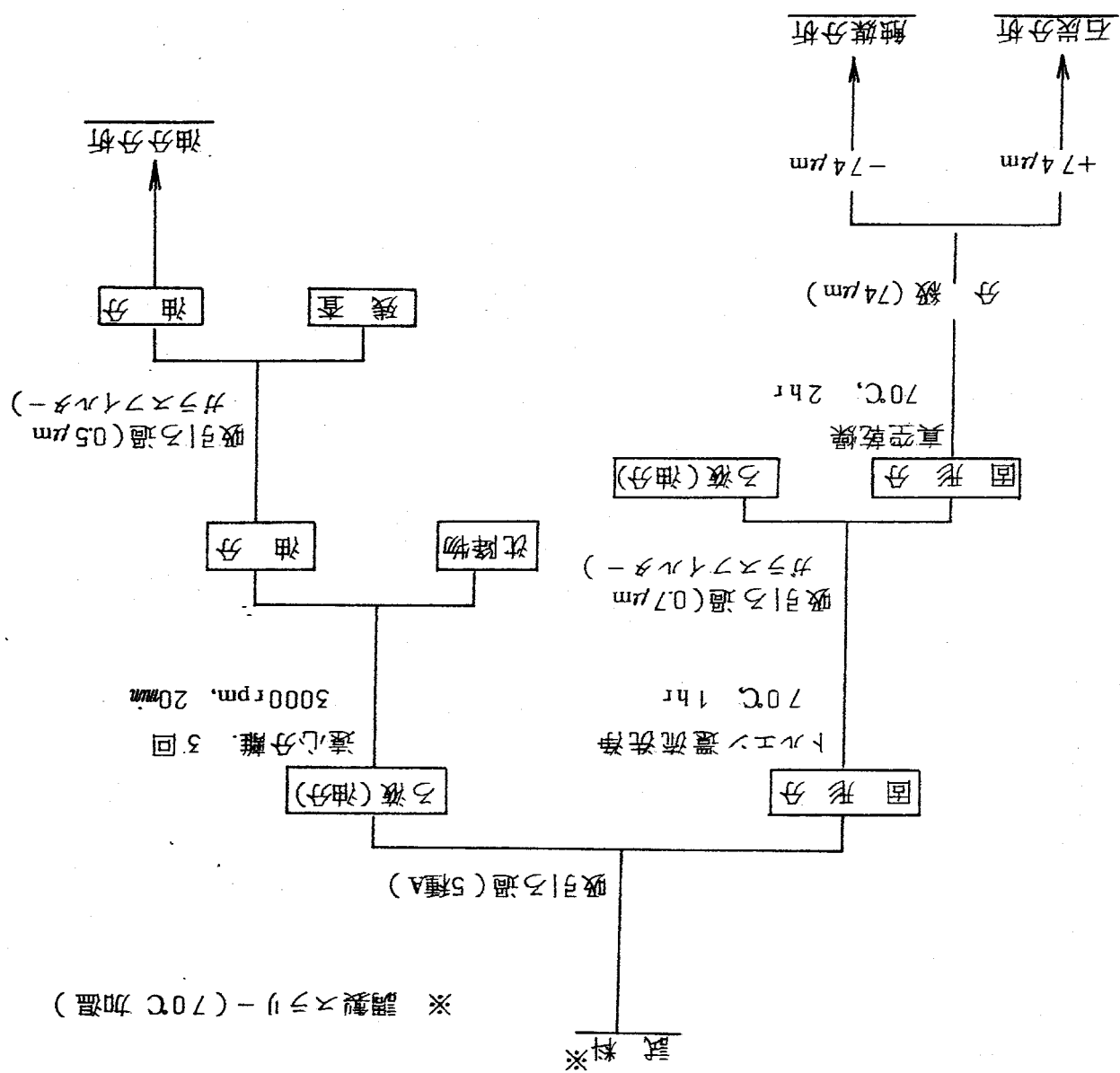
3.3.4 ドレーン回収液分析方法

表3-4にドレーン回収液分析の項目、内容および方法を示す。

表 3-2 液化反応性分析項目, 内容および方法

分 析 項 目	分 析 内 容	方 法
<u>石 炭 の 分 析</u>		
含酸素官能基分析	O_2H , O_2CO , O_2COOH	石炭技術研究所方式
X 線 回 折	結晶回折パターン	粉末法 (Coka 線)
赤 外 線 分 析	芳香族・脂肪族水素吸収 スペクトル	赤外線吸収スペクトル装置
走査型電子顕微鏡 観察	形状, 表面状態	1120 倍, 3670 倍
<u>触 媒 の 分 析</u>		
X 線 回 折	結晶回折パターン	粉末法 (Coka 線)
<u>溶 剤 の 分 析</u>		
コンラドソン炭素分析		JIS K 2270 に準拠
赤 外 線 分 析	芳香族・脂肪族水素吸収 スペクトル	赤外線吸収スペクトル装置
H-NMR 分 析	各種結合形態プロトン量	核磁気共鳴スペクトル装置
分 子 量 分 析	平均分子量, 分布	ゲルパーミュシオンクロマトグラ フ (G·P·C) 装置

図 3-1 固液分離のプロシード



※ 調製スラリー-(70℃ 加温)

試料※

表 3-3 ミル出口ガス分析項目、内容および方法

分 析 項 目	分 析 内 容	方 法
組 成 分 析	水 蒸 気	J I S Z 8 8 0 8
	炭 じ ん 濃 度	"
	窒 素	J I S K 0 1 1 4
	一 酸 化 炭 素	"
	二 酸 化 炭 素	"
	水 素	"
	炭 化 水 素	"
悪 臭 物 質	ア ン モ ニ ア	J I S K 0 0 9 9 参 考 ネ ス ラ ー 法
	硫 化 水 素	環 境 庁 告 示 第 9 号
	メ チ ル メ ル カ プ タ ン	"
	硫 化 メ チ ル	"
	二 硫 化 メ チ ル	"
	ト リ メ チ ル ア ミ ン	"
	ア セ ト ア ル デ ヒ ド	"
	ス テ レ ン	"

表 3-4 ポレエン回収液分析項目，内容および方法

分 析 項 目	分 析 内 容	方 法
水質汚濁防止法 排出基準		
1. 健康項目	カドミウムおよびその化合物 シアン化合物 有機りん化合物 六価クロム化合物 砒素およびその化合物 水銀およびアルキル水銀 その他の水銀化合物 鉛およびその化合物 P O B	JIS K 0102 " 環境庁告示13号 JIS K 0102 " " 環境庁告示13号 "
2. 生活環境項目	水素イオン濃度 B O D C O D 浮遊物質 ノルマルヘキサン抽出物 質含有量 フエノール類含有量 銅含有量 亜鉛含有量 溶解性鉄含有量 溶解性マンガ含有量 クロム含有量 弗素含有量	JIS K 0102 " " " " " " " " " " " " " "

4. 検 討 項 目

本研究において検討した項目は以下の通りである。

4.1 最適性状スラリー調製条件の検討

以下の3項目について検討し、最適性状スラリー調製条件を把握した。

4.1.1 ミル粉碎性の検討

スラリー中石炭粒度におよぼす、石炭供給量、溶剤石炭比（石炭濃度）、スラリー調製温度の影響を調べ、ミル粉碎性を検討した。

4.1.2 ミル脱水性の検討

スラリー調製に伴うミルの脱水性すなわち脱水効率および脱水コントロール性を検討した。

4.1.3 スラリー調製に伴う石炭、溶剤および触媒の性質変化の検討

石炭、溶剤および触媒がスラリー調製時に性質変化をきたし、液化反応工程に好都合または不都合なものとなる可能性がある。そこで、調製前後における石炭、溶剤および触媒を種々分析し、その性質変化の有無を調べた。

4.2 安全性の検討

4.2.1 ミル出口ガスの安全性の検討

高温油中粉碎装置によるスラリー調製時のミル出口ガスの組成を分析し、その安全性を検討した。

4.2.2 ドレーン回収液の安全性の検討

高温油中粉碎装置によるスラリー調製時のドレーン回収液の分析を水質汚濁防止法との関連で行い、その安全性を検討した。

4.3 ミルハードの検討

石炭液化前処理におけるスラリー調製温度については、各液化方式により異なるが、70～250℃となっており、高温ミルはこれを考慮した設計としなければならない。

そこで、ミルの温度上昇が、その変形、強度および機能におよぼす影響を解析的に検討した。

4.4 湿式スラリー調製システムの総合的検討

上期各項目の検討結果に基づき、湿式スラリー調製システムの評価、検討を行つた。

5. 試 験 結 果

5.1 試料調製条件および名称

表 5 - 1 に試料スラリーの調製条件とその名称を示す。

試料名称の下には、石炭濃度も併せて示してある。

クレオソート油および脱晶アントラセン油それぞれの溶剤につき、

以下のごとく条件を変化させてスラリーを調製した。

- 石炭供給量： 5 ～ 40 kg/h
- 溶剤・石炭比： 2 ～ 9
(石炭濃度) (10 % ～ 33.4 %)
- スラリー調製温度： 70 ～ 200℃

最も高いスラリー調製温度は、クレオソート油を溶剤とする C シリーズでは 180℃、そして脱晶アントラセン油を溶剤とする D シリーズでは 200℃である。

C シリーズの場合、スラリーの加熱温度上昇に伴う溶剤の蒸発が著しく、200℃でのスラリー調製が困難であつた。

表 5-1 試料調製条件および名称

和炭使用 脱炭使用 スラッシュ炭使用 割合		5				10				15				20									30				40				
		2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	2	3	4	5	
		33.3	25	20	16.7	33.3	25	20	16.7	33.3	25	20	16.7	50	33.3	25	20	16.7	14.3	11.4	12.9	10.6	33.3	25	20	16.7	33.3	25	20	16.7	
クレオソート油	70					C22 C81 23.7 18.9								C30 28.0																	
	90													C56 C31 C90 C55 C59 C1 C70 33.4 18.2 27.7 26.3 24.3 21.1 18.6				C58 C71 14.3 11.7					C10 C9 C8 26.6 22.2 19.5								
	100													C32 C33 29.7 21.7																	
	110					C34 C82 25.9 18.6								C35 C2 30.2 21.8											C73 C36 21.1 17.9						
	130													C37 C74 C3 33.1 29.1 22.9											C47 C77 25.2 19.9						
	150	C38 33.2				C39 C83 31.0 20.9				C40 29.4				C43 C75 C44 C76 C45 31.1 27.4 26.2 20.5 18.9					C46 19.9												
	180													C91 C51 C78 C79 30.2 29.0 27.8 18.1																	
脱晶アントラセン油	70													D30 23.0																	
	90													D31 D70 D4 28.3 27.2 16.7								D71 10.8				D32 17.5					
	100								D12 18.7					D33 26.1																	
	110								D34 19.2					D35 D5 23.8 18.3													D36 18.0				
	130													D37 D52 25.7 22.6																	
	150				D38 19.4				D39 18.7			D40 20.5		D41 D42 D43 25.1 23.5 21.7			D7 D44 15.9 14.3					D45 10.0				D46 20.6				D47 17.8	
	180													D49 24.6																	
	200				D48 26.7									D61 D50 23.0 17.0													D51 20.4				

(注) 試料名の下に数字は石炭濃度(分析値)を示す。

5.2 最適性状スラリー調製条件の検討

5.2.1 ミル粉碎性の検討

図5-1および5-2にC(クレオソート油)およびD(脱晶アントラセン油)シリーズそれぞれについて、ミル粉碎性と石炭供給量の関係を示す。

両図に見られるごとく、スラリー中石炭200メッシュ以下重量割合で示したミル粉碎性は石炭供給量の増大にともなつて、一様に低下している。この傾向は、図5-1に示すごとく、石炭濃度が異なる場合についても認められる。

図5-3および5-4に、ミル粉碎性に及ぼす溶剤・石炭比(石炭濃度)の影響を示す。両図に示すごとく、ミル粉碎性は溶剤・石炭比の増大、すなわち石炭濃度の低下に伴つて低下するが、溶剤・石炭比4以上、すなわち石炭濃度20%以下での低下は顕著である。

この傾向はスラリー調製温度が異なつても認められる。

また、石炭濃度の高い方が粉碎性が良いという事実は、スラリー中の石炭比率が高い方が望ましいので好都合である。

図5-5および5-6にミル粉碎性に及ぼすスラリー調製温度の影響を示す。CおよびDのいずれのシリーズの場合も、ミル粉碎性は90℃以下ではやや低いが、100℃以上でスラリー調製温度にかかわらず、おおむね200メッシュ以下重量割合で88%に一定となつている。

以上の結果よりミル粉碎性は、石炭供給量および溶剤・石炭比の増大と共に一様に低下する。しかし、スラリー調製温度がミル粉碎性に及ぼす影響はわずかである。

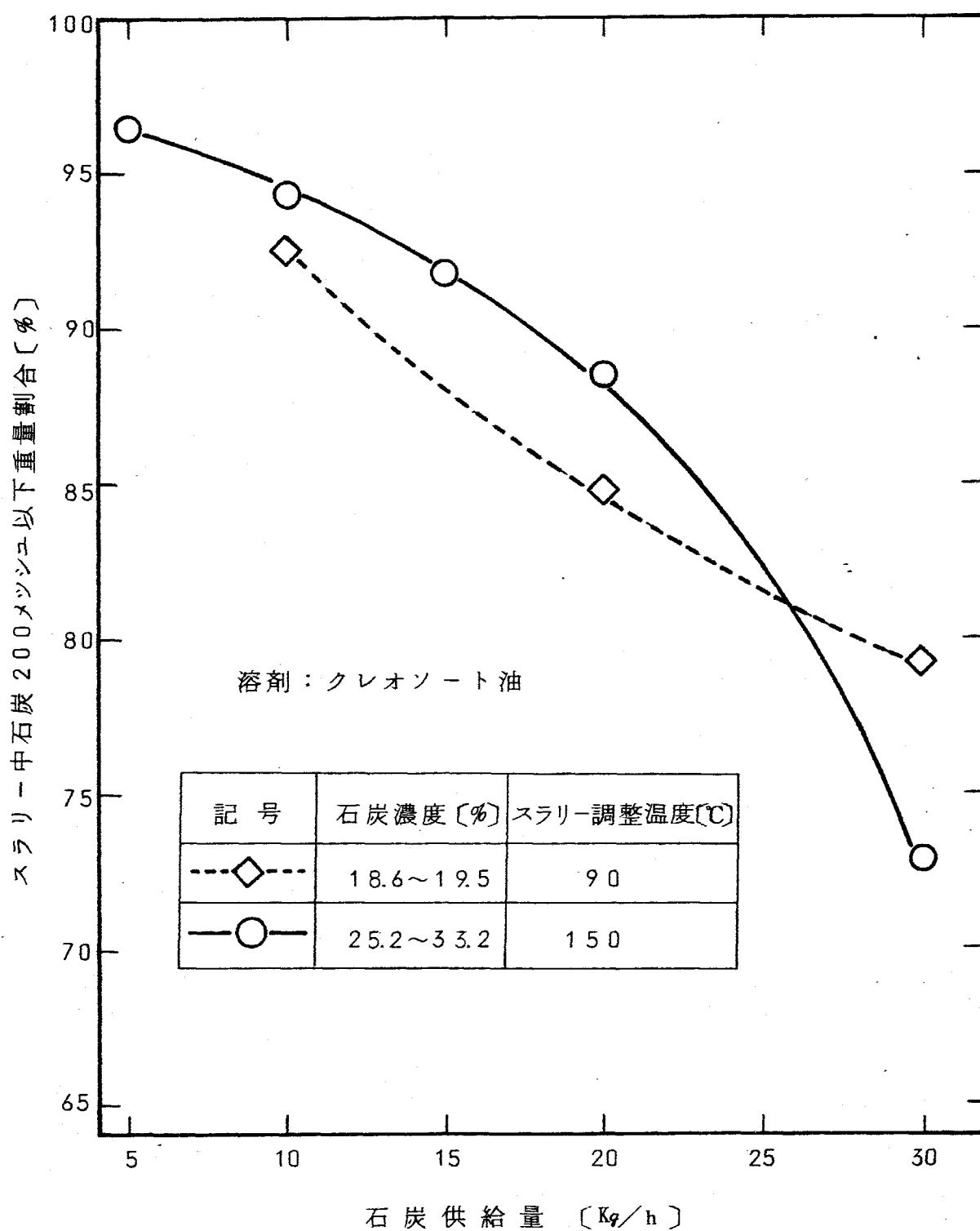


図 5 - 1 ミル粉碎性と石炭供給量の関係 (Cシリーズ)

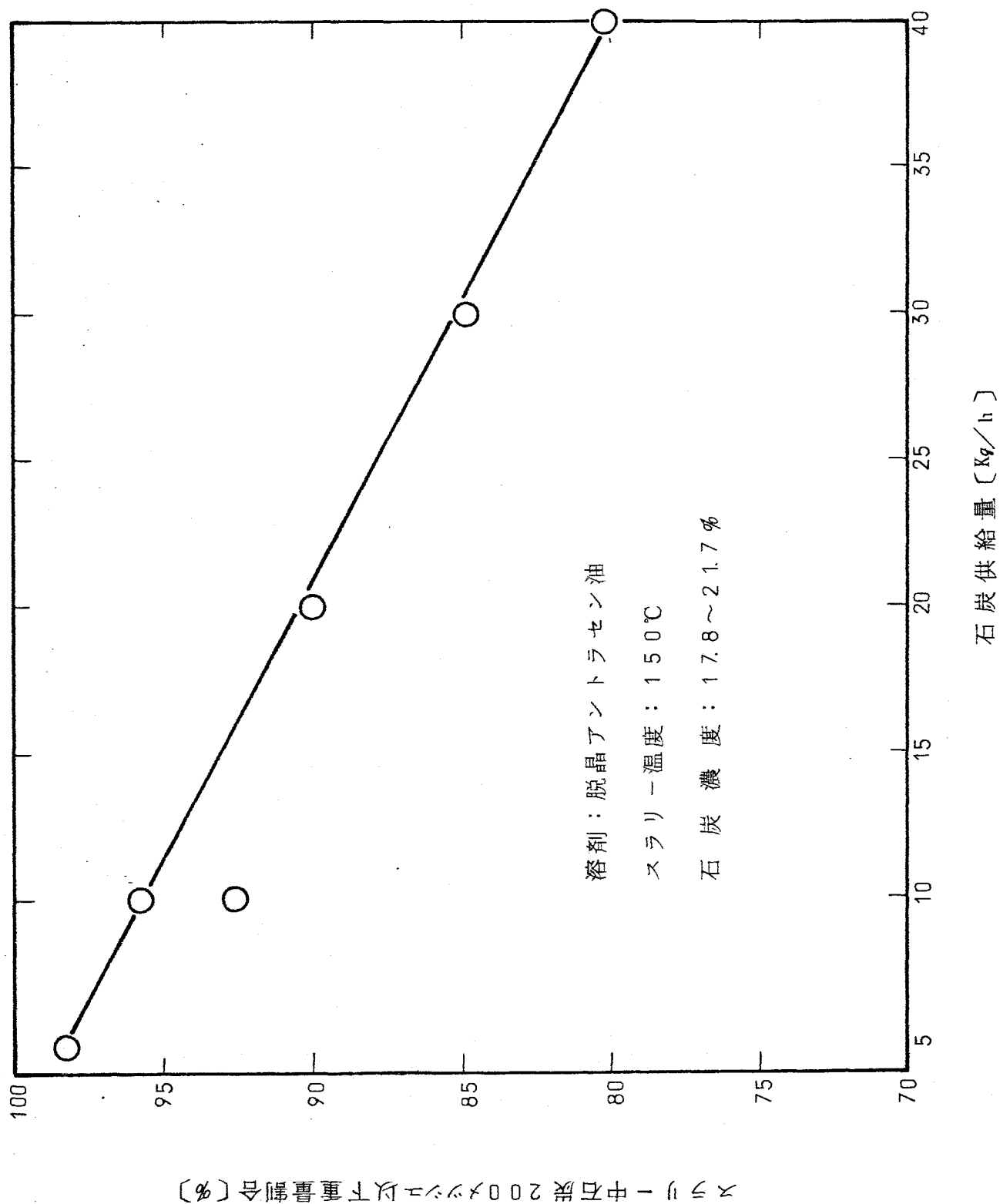


図 5-2 ミル粉碎性と石炭供給量の関係 (Dシリーズ)

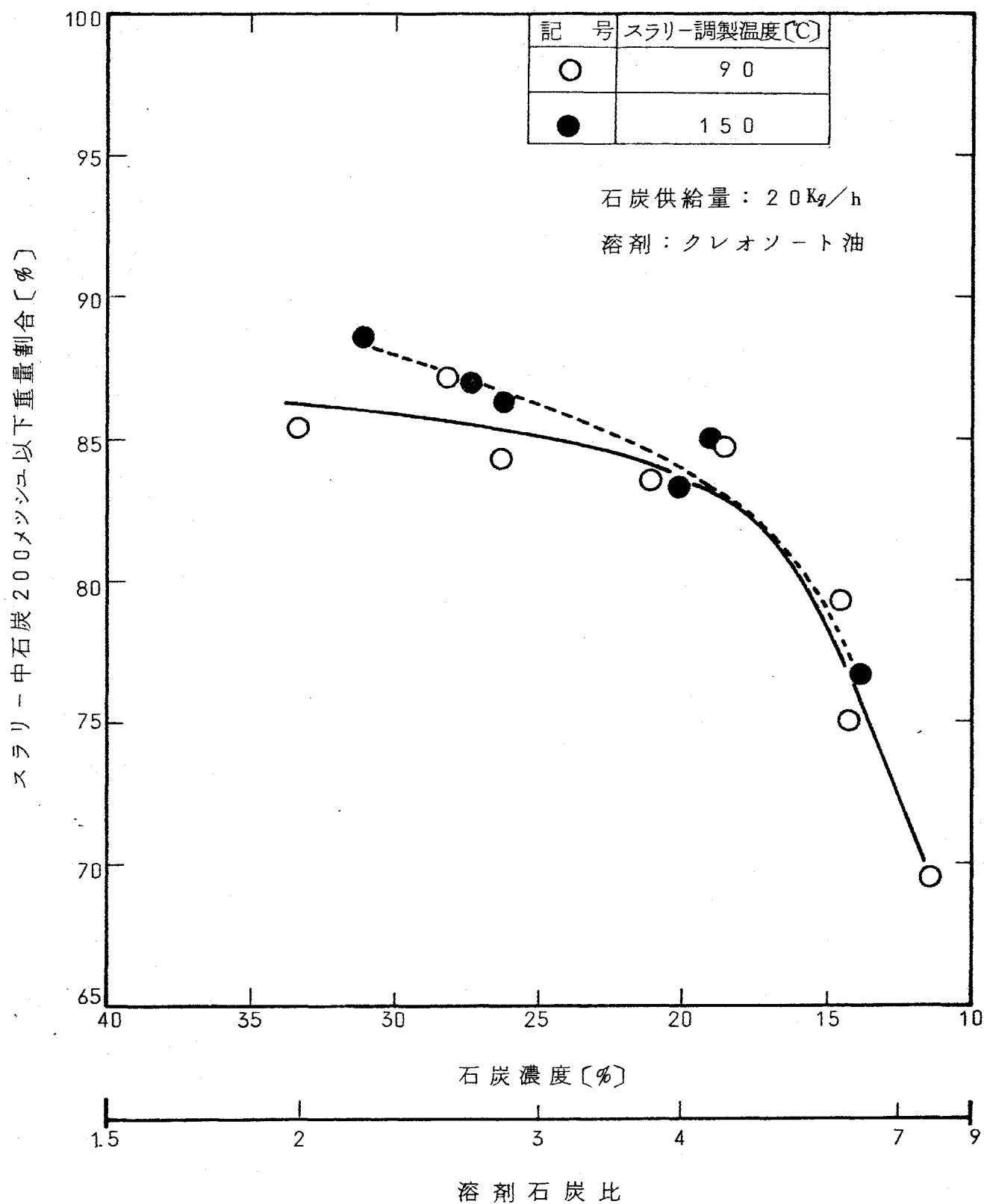


図 5 - 3 ミル粉碎性に及ぼす溶剤石炭比の影響 (Cシリーズ)

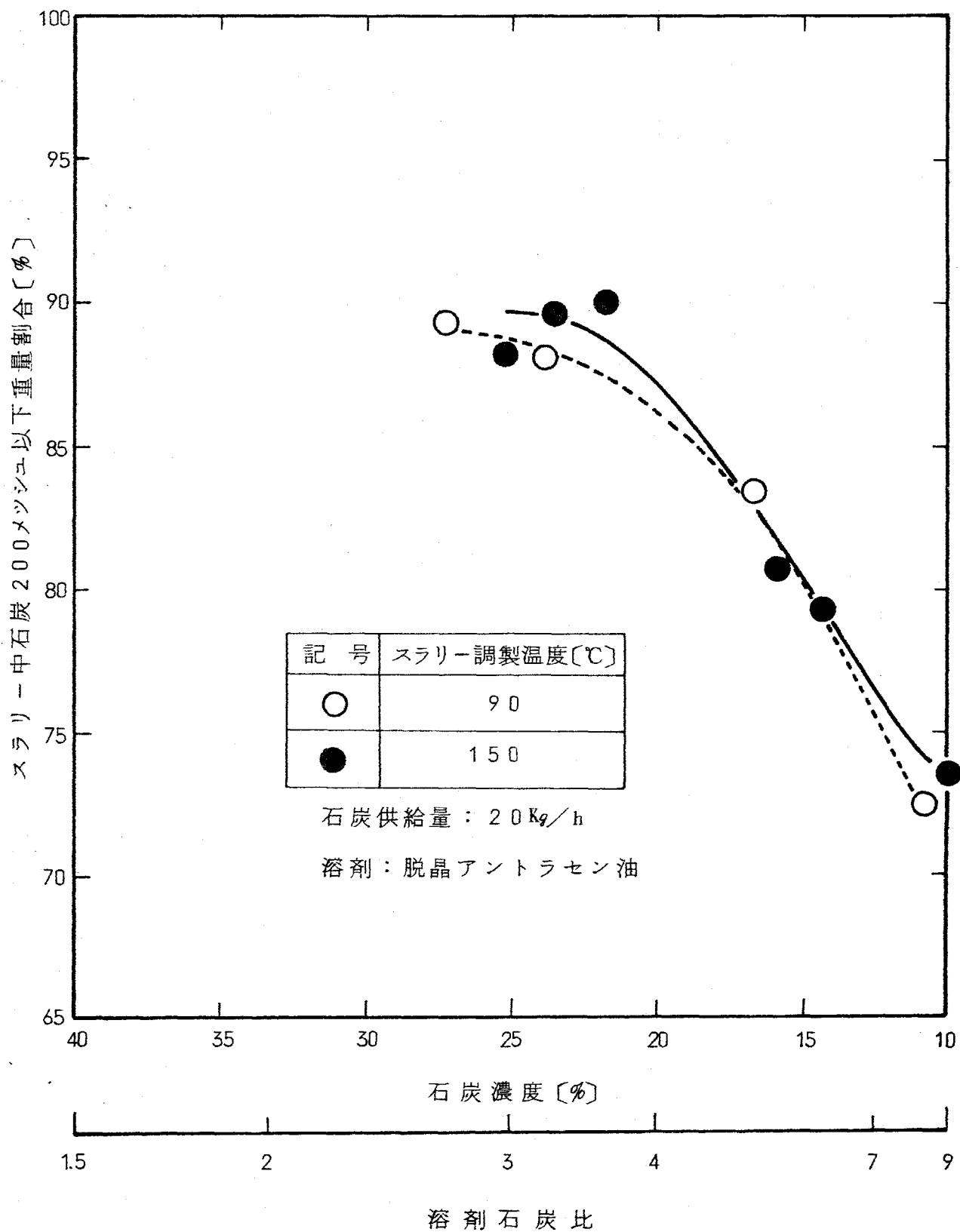


図5-4 ミル粉碎性に及ぼす溶剤石炭比の影響(Dシリーズ)

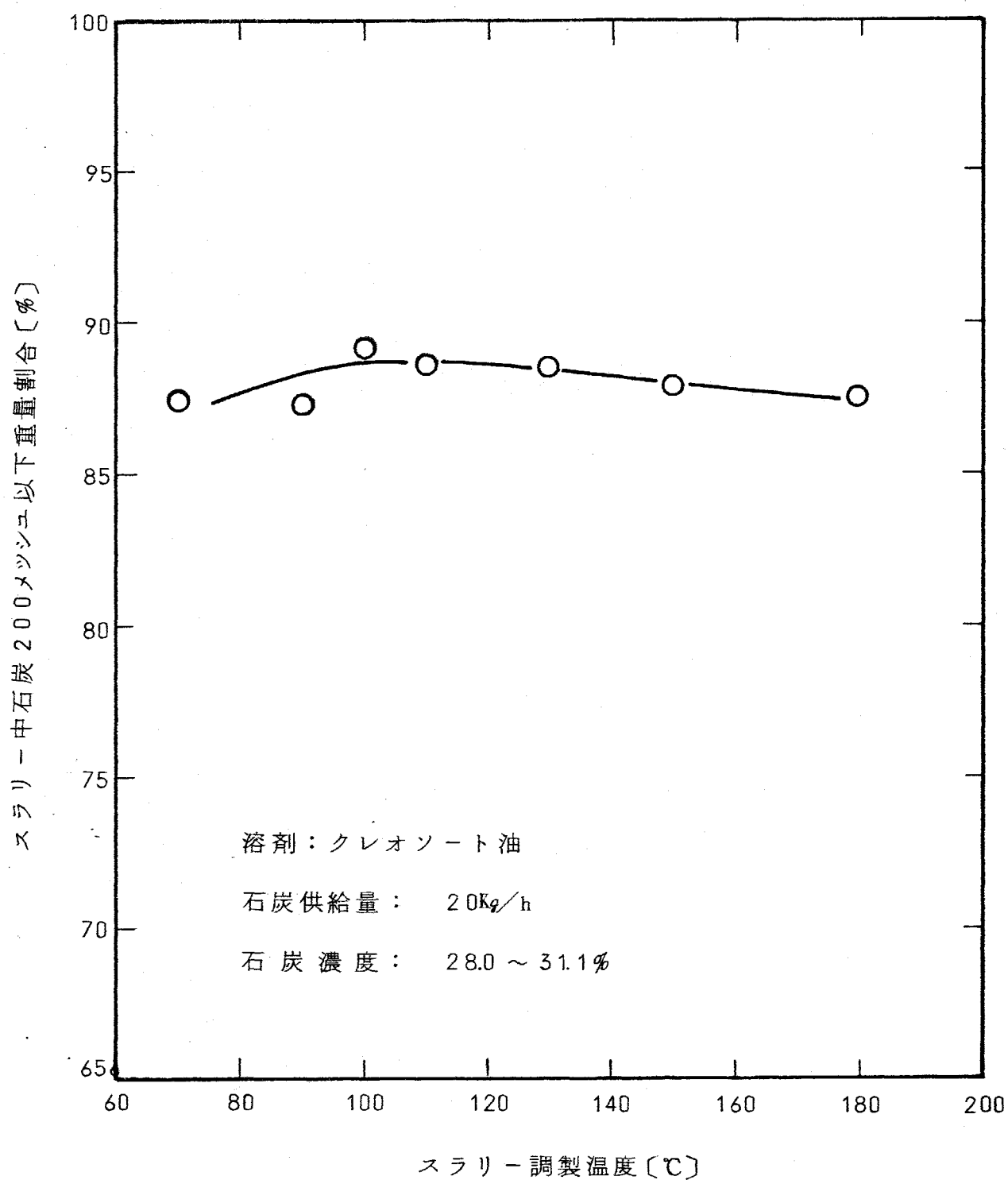


図 5 - 5 ミル粉碎性に及ぼすスラリー調製温度の影響 (Oシリーズ)

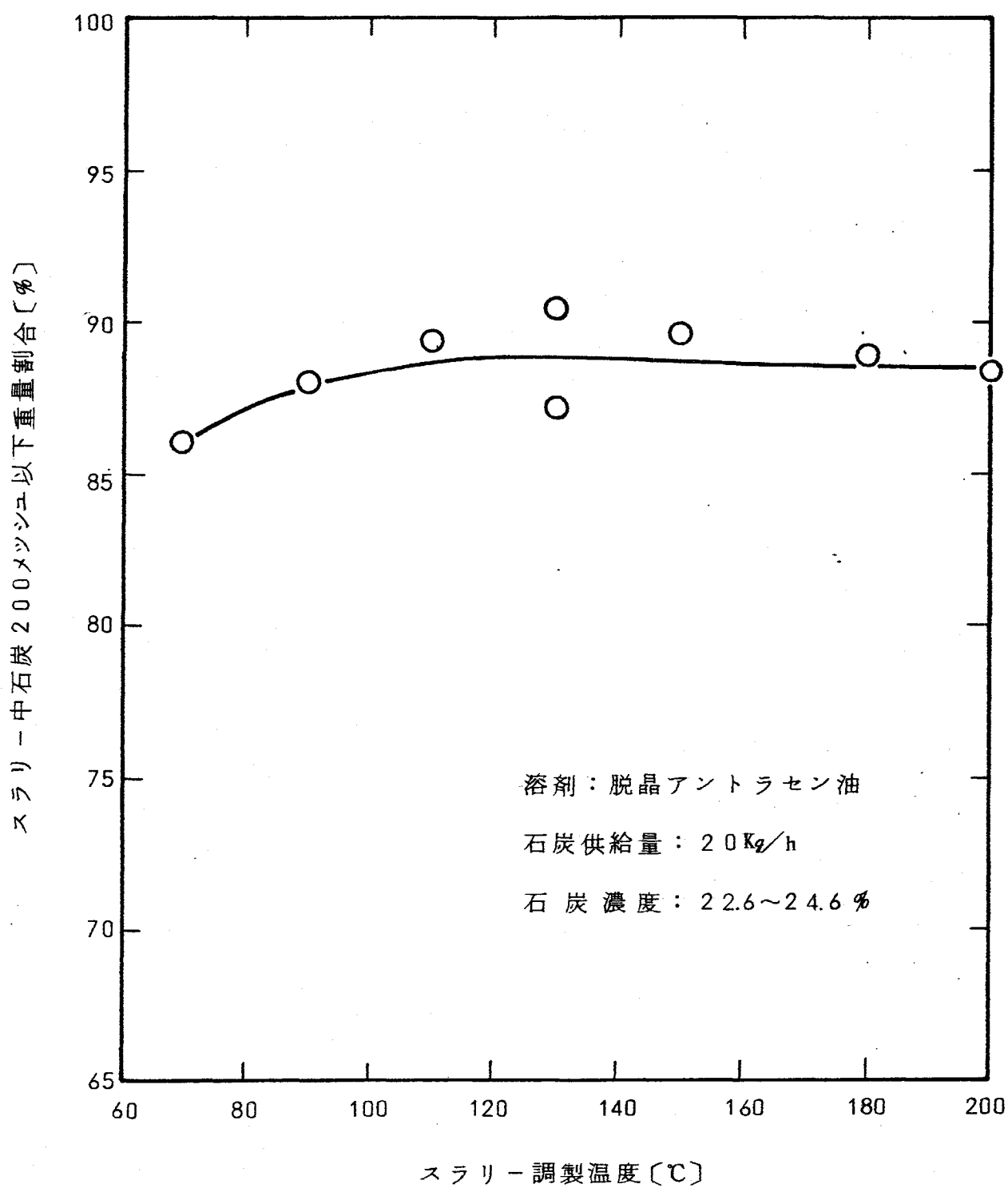


図 5 - 6 ミル粉碎性に及ぼすスラリー調製温度の影響

5.2.2 ミル脱水性の検討

図 5 - 7 および 5 - 8 にスラリー中残留水分量に及ぼす調製温度の影響を示す。

スラリー中残留水分量は調製温度の上昇と共に一様に減少するが、その減少の傾向は、 110°C を境として異なり、 110° 以下での減少の方が大きい。

調製温度 100° 以上で、スラリー中残留水分量は 1 % 以下となる。このような傾向は、水の沸点が 100°C であることから妥当と考えられる。

5.2.3 スラリー調製に伴う石炭、溶剤および触媒の性質変化の検討

表 5 - 2 に液化反応性分析に用いた試料の一覧を示す。

原料の単体熱処理物は、原料を空气中で単に加熱する場合と、油中で空気接触が相対的に少い高温油中粉碎の場合を比較するため、調製したものである。

表 5 - 3 に液化反応性分析において実施した分析とその評価方法をまとめて示す。

(1) 石炭の性状変化

① 表面外観

写真 5 - 1, 5 - 2 および 5 - 3 に石炭の走査型電顕写真を示す。

C シリーズの場合、D シリーズに比べ、石炭の表面が若干膨潤しているように見受けられる。

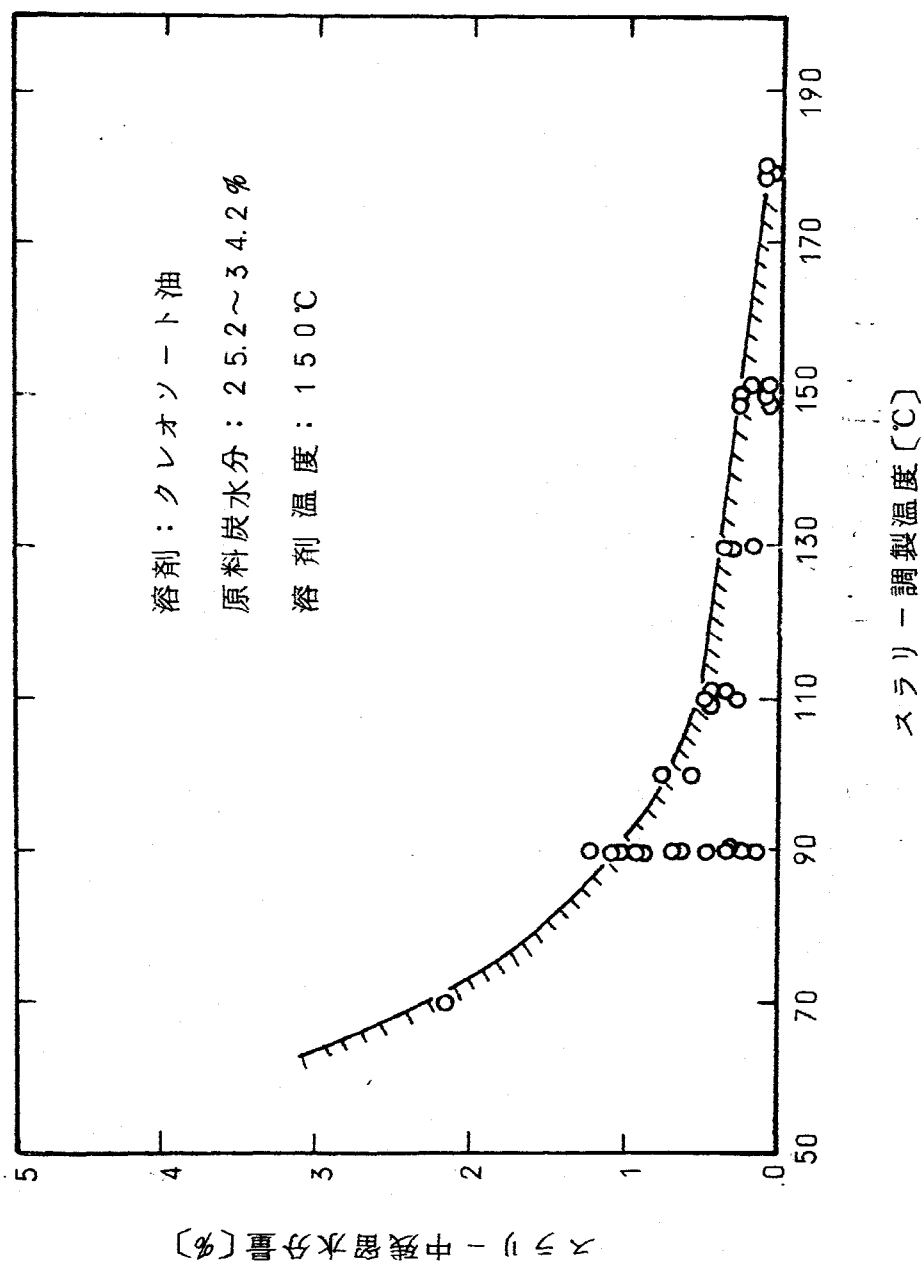


図 5-7 スラリー中残留水分量に及ぼす調製温度の影響 (○シリーズ)

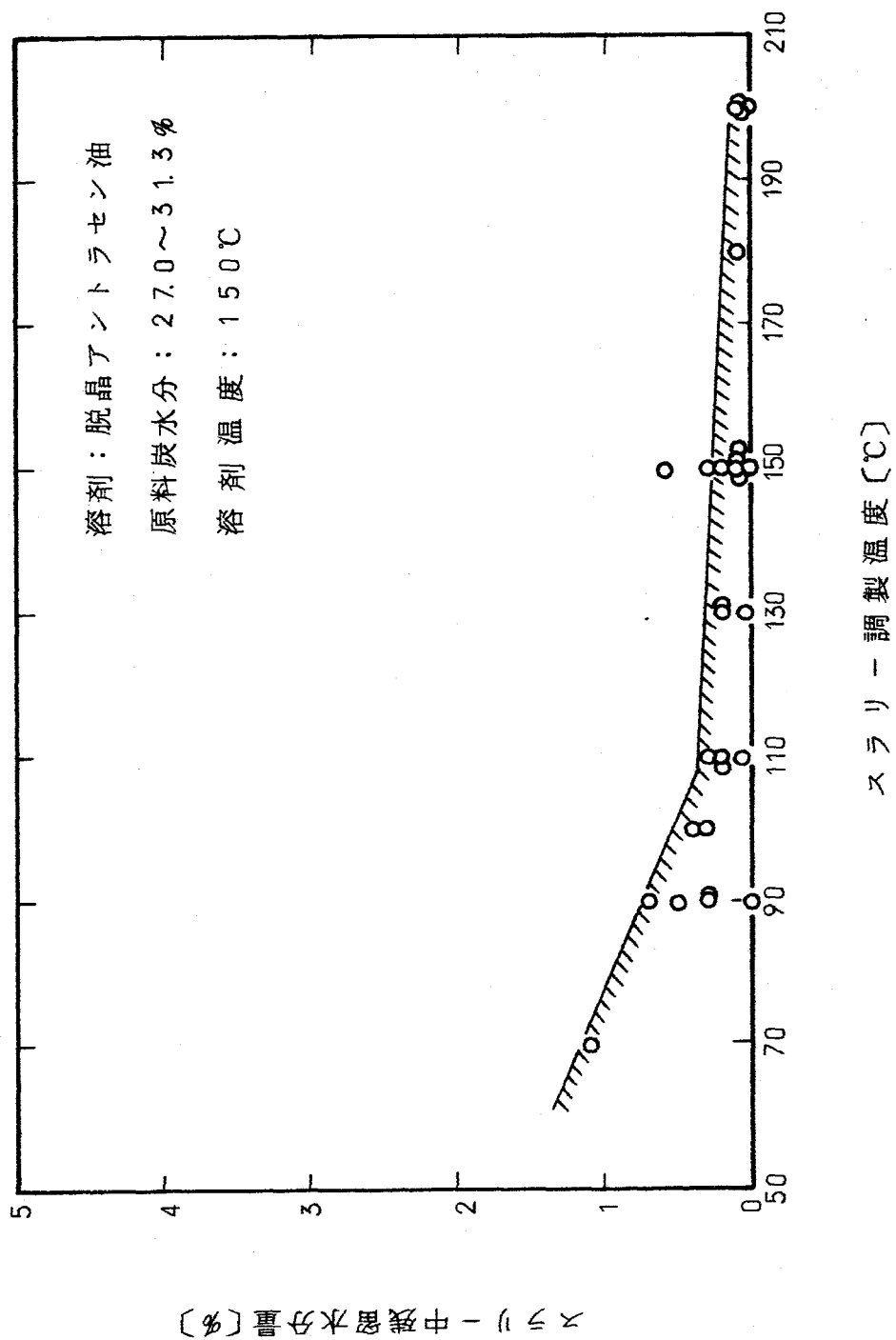


図 5-8 スラリー中残留水分量に及ぼす調製温度の影響 (Dシリーズ)

表 5-2 液化反応性分析試料一覧表

分類	試料記号	試料内容	調製条件		
			温度〔℃〕	加熱時間〔分〕	雰囲気
原料	Cr	石炭	—	—	—
	Gar	触媒			
	Ar	脱晶アトロセン油			
	Kr	クレオソート油			
原料の単体の処理	Ct	石炭	180	30	空気開放系
	Cat	触媒			
	At	脱晶アトロセン油			
	Kt	クレオソート油			
高温油による調整粉末装置	Ag	D 3 1	90	20	油中 ただし空気との接触多 少あり 開放系
	A ₁₈	D 4 9	180		
	A ₂₀	D 6 1	200		
	K ₉	O 9 0	90		
	K ₁₈	O 9 1	180		

表 5-3 液化反応性の評価項目と内容および分析項目

スラリー成分	評価項目	評価内容	指標	分析項目
石 炭	形 態	炭粒の膨潤の有無	外 観 変 化	走査型電顕観察
	液 化 転 換 率	含酸素官能基量の変化	CO, COOH, OH 基量の変化	含酸素官能基分析
		炭化反応の発生の有無	◦ 固定炭素量の変化 ◦ 炭素含有量の変化 ◦ グラファイト化の有無 ◦ 芳香族性の変化	◦ 工業分析 ◦ 元素分析 ◦ X線分析 ◦ 赤外線分析
	水 素 消 費 量	酸素含有量と水素含有量の変化	H/C, O/C 比の変化	元 素 分 析
	酸 化	酸素含有量の変化	酸素含有量の変化	元 素 分 析
触 媒	触媒能力の維持	結晶構造の変化	結晶構造の変化	X 線 回 折
溶 剤	水 素 供 与 性	水素原子の結合形態	脂肪族水素／芳香族 水素 比の変化	赤 外 線 分 析
	重 質 油 化	炭素の結合形態	芳香族性の変化	H-NMR 分析
		縮合・コーキングの発生の有無	◦ 残留炭素量の変化 ◦ 分子量・分子分布の変化	◦ コンラッドソン炭素分析 ◦ G・P・C 分析

② 化学分析

石炭の化学分析結果すなわち全水分、工業分析、元素分析および含酸素官能基分析をまとめて表5-4に示す。

高温油中粉碎装置による調製スラリーでは、触媒として

Fe_2O_3 が添加され、それが灰分中に含まれているので、その影響を除いた()内の修正値で比較すれば、湿式調製スラリーは、供試原炭および熱処理炭に比べ、固定炭素および炭素量ならびに酸素量がやや低下する傾向にあるようである。この傾向とあいまつて、 COOH 、 OH および CO 量も低下の傾向が認められる。

化学分析結果より H/C および O/C を求め、表5-5に示す。湿式調製スラリーの場合、 H/C および O/C 共原炭に比べて低下している。しかし、 O/C の低下の方が大きい。

ミル出口ガス分析において、スラリー調製に伴い CO_2 の発生が認められており、これらの結果から高温湿式スラリー調製においては、石炭中の液化反応の初期の変化すなわち含酸素官能基の離脱現象が若干起つているものと推察される。また酸素量の減少傾向より、湿式調製スラリー中石炭の空気酸化が極めて少ないことが明らかである。

なお、熱処理炭においては酸素含有量の増加が認められ、石炭が酸化されているものと推察される。

③ X線分析

図5-9, 5-10, および5-11に原炭および各処理炭のX線分析結果を示す。石炭のグラフアイト化による回折ピークは認められない。

表 5-4 石炭の性状分析結果

試料				供試原炭	熱処理炭	Cシリーズ		Dシリーズ		
項目				C _R	C _T	K ₉	K ₁₈	A ₉	A ₁₈	A ₂₀
全水分		W・B	%	31.1	10.8	4.1	3.3	3.9	2.7	1.3
工業分析	灰分	D・B	%	0.7	0.9	3.6 (0.3)	3.8 (0.4)	2.9 (0.2)	2.9 (0.4)	4.0 (0.7)
	揮発分			49.4	49.4 ^{PH}	52.0 ^{PH} (54.7)	50.7 ^{PH} (52.5)	53.7 ^{PH} (55.2)	50.2 ^{PH} (51.4)	51.0 ^{PH} (52.8)
	固定炭素			49.9	49.7	43.4 (44.8)	45.4 (47.1)	43.4 (44.6)	46.9 (48.2)	45.0 (46.5)
元素分析	C	D・B	%	69.0	68.8	64.4	66.7	63.9	64.6	61.1
	H			4.6	3.9	3.3	3.6	4.1	3.8	3.5
	N			0.56	0.62	1.17	1.47	1.13	1.22	1.35
	T・S			0.28	0.19	0.18	0.23	0.19	0.21	0.29
	燃焼性S			0.18	0.18	0.15	0.23	0.16	0.17	0.27
	塩素	D・B	ppm	410	460	370	320	370	360	360
	酸素		%	24.91	25.65	18.08	16.10	18.01	17.41	19.38
官能基分析	COOH	D・B	%	3.2	3.8	2.4	1.8	2.4	2.1	2.1
	OH			9.0	9.2	8.3	7.9	8.1	7.9	6.8
	CO			5.4	5.4	4.0	3.6	4.2	3.9	4.0

表 5-5 石炭の H/C・O/C (モル) 比

項目 試料名	H/C	O/C
C _R	0.80	0.27
C _T	0.68	0.28
K ₉	0.71	0.21
K ₁₈	0.65	0.18
A ₉	0.77	0.21
A ₁₈	0.71	0.20
A ₂₀	0.69	0.24

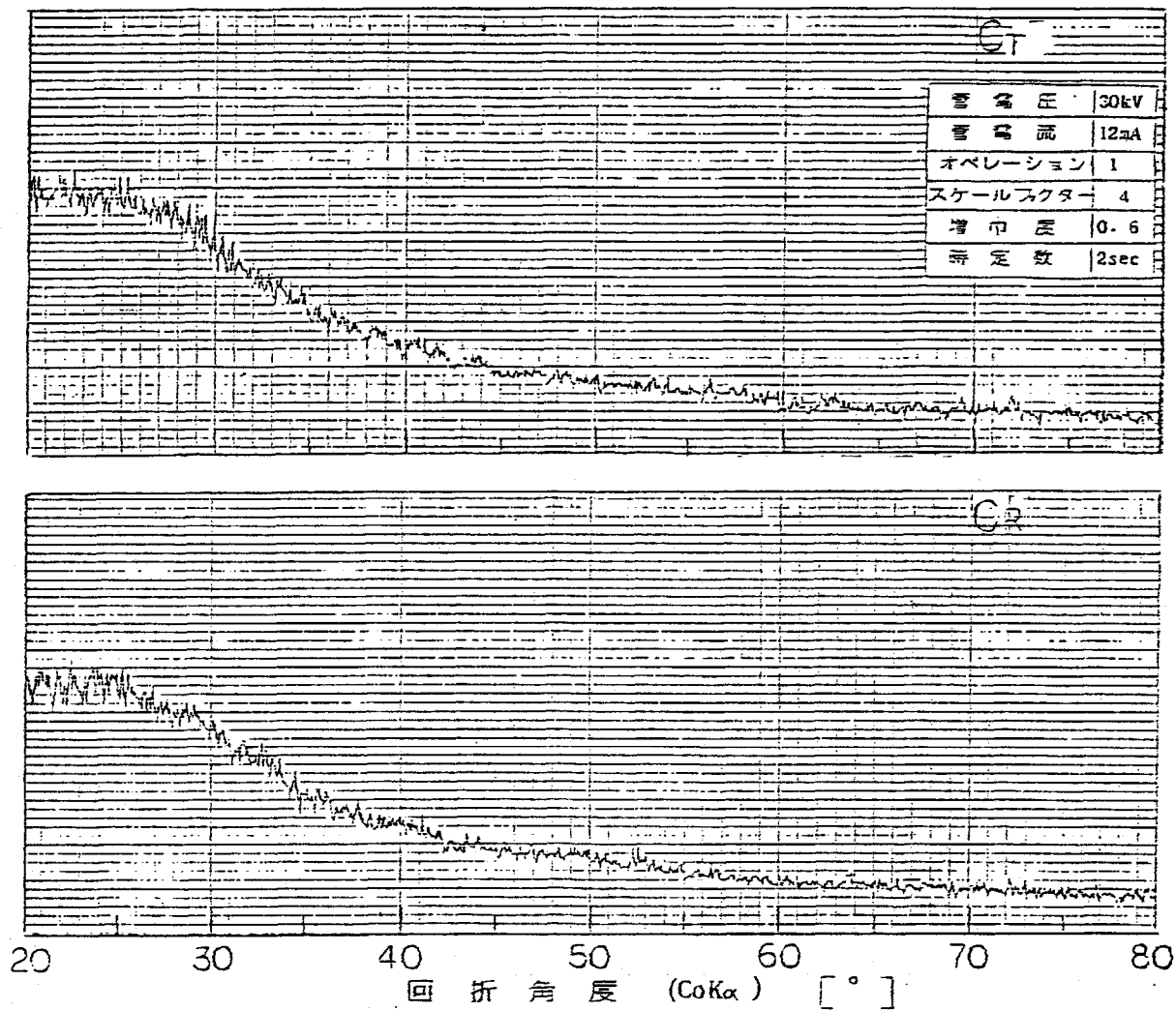


図 5-9 原炭・同熟処理炭の X 線回折結果

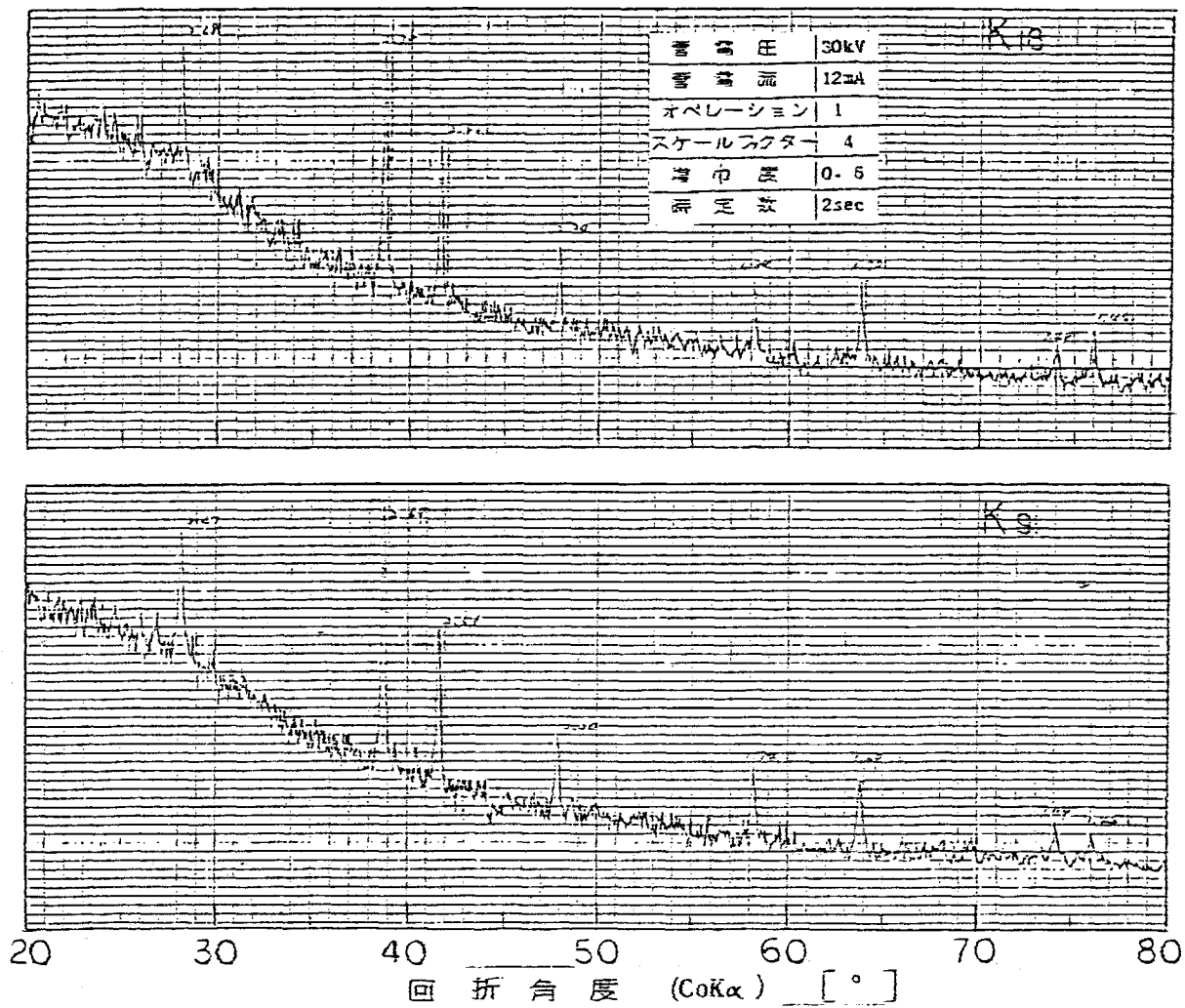


図 5-10 クレオソート油処理炭の X 線回折結果

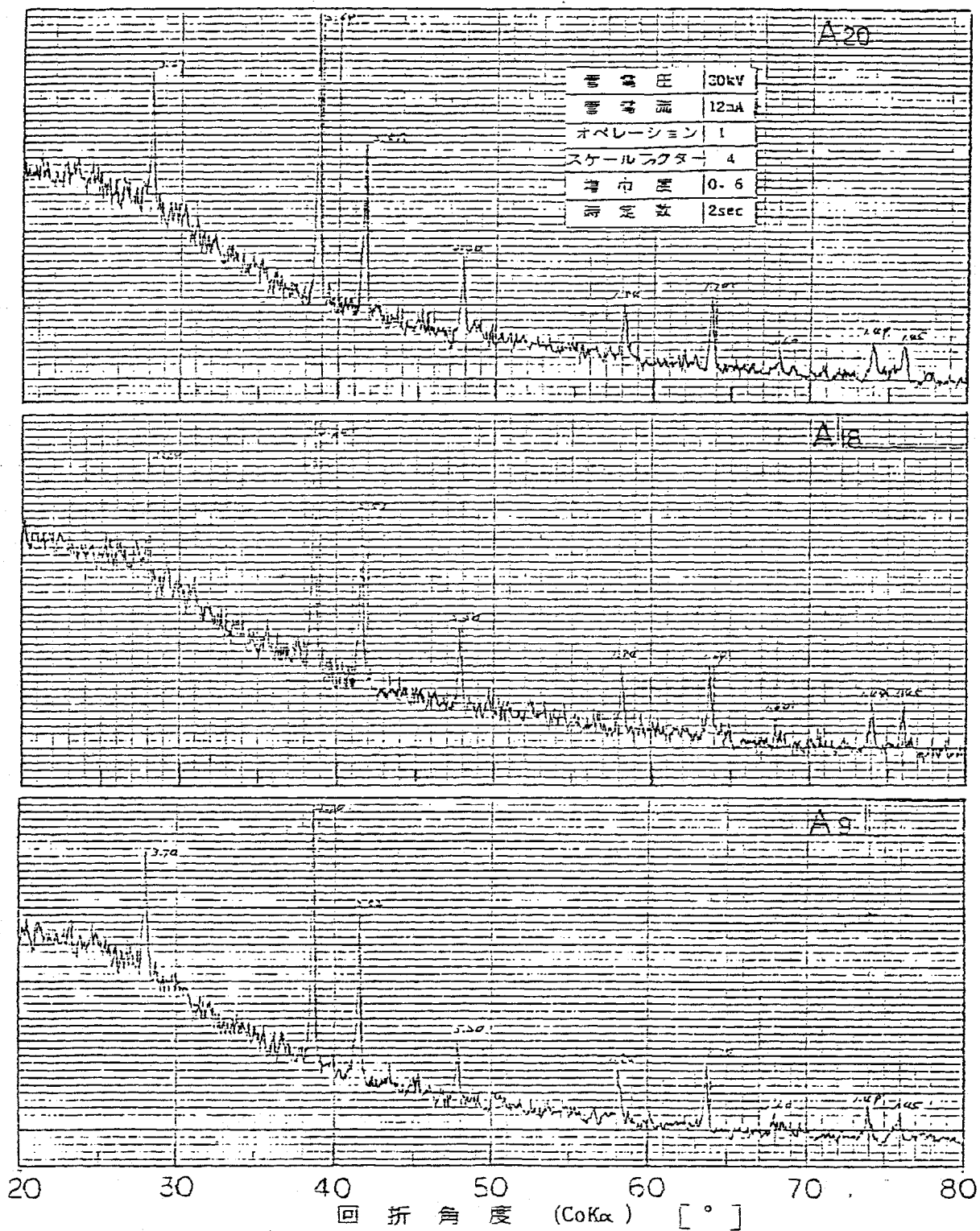


図 5-11 アントラセン油処理炭の X 線回折結果

なお、図中の鋭いピークは触媒 Fe_2O_3 の存在によるものである。

④ 赤外線分析

図 5-12 および 5-13 に赤外線分析結果を示す。

C および D シリーズのスラリー共脂肪族 CH 水素 (2920 cm^{-1}) が高温調製されたもの程やや少なくなっている傾向が認められる。

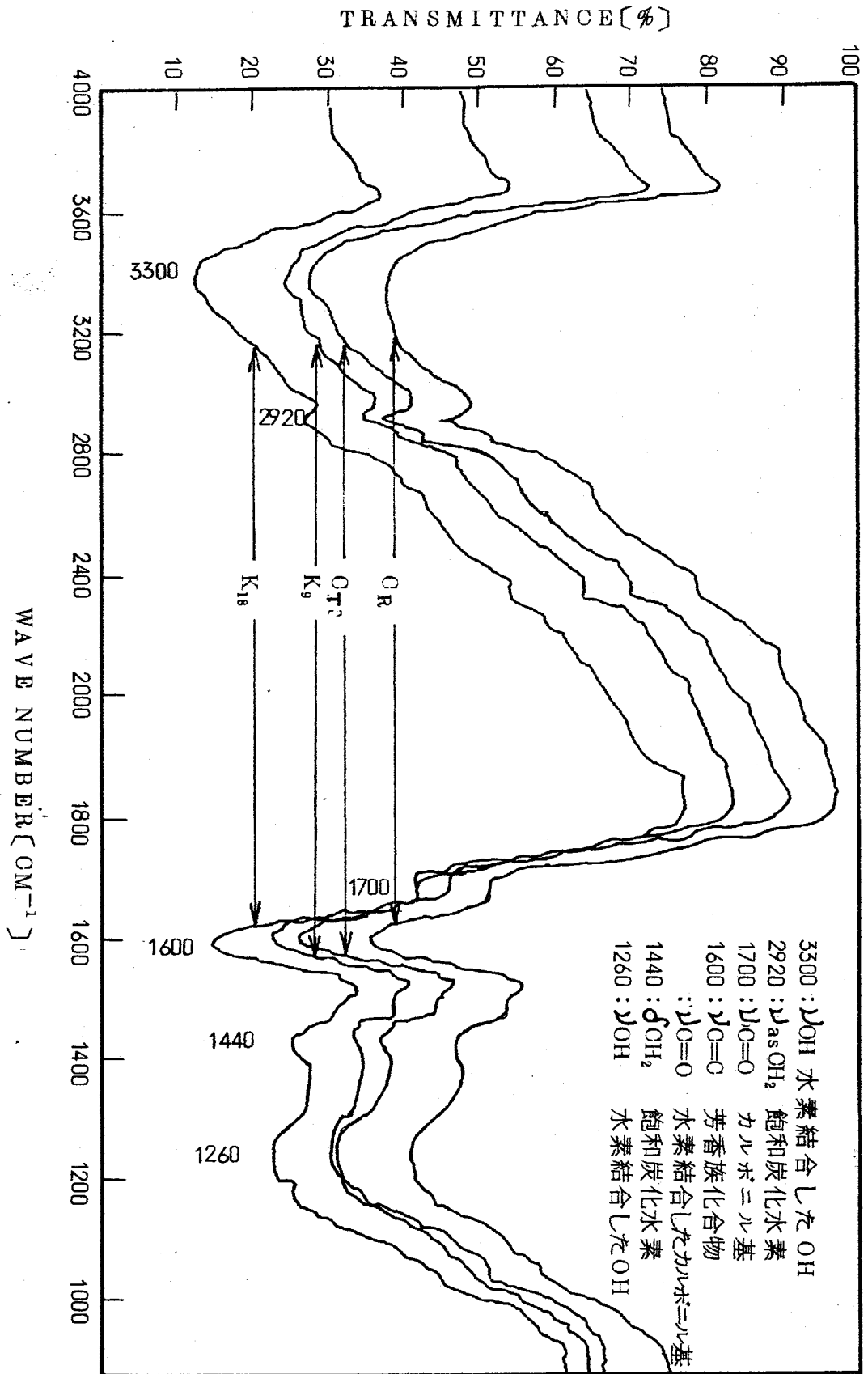


図 5-12 石炭の赤外線吸収スペクトル (原炭, 熱処理炭 O シリーズ)

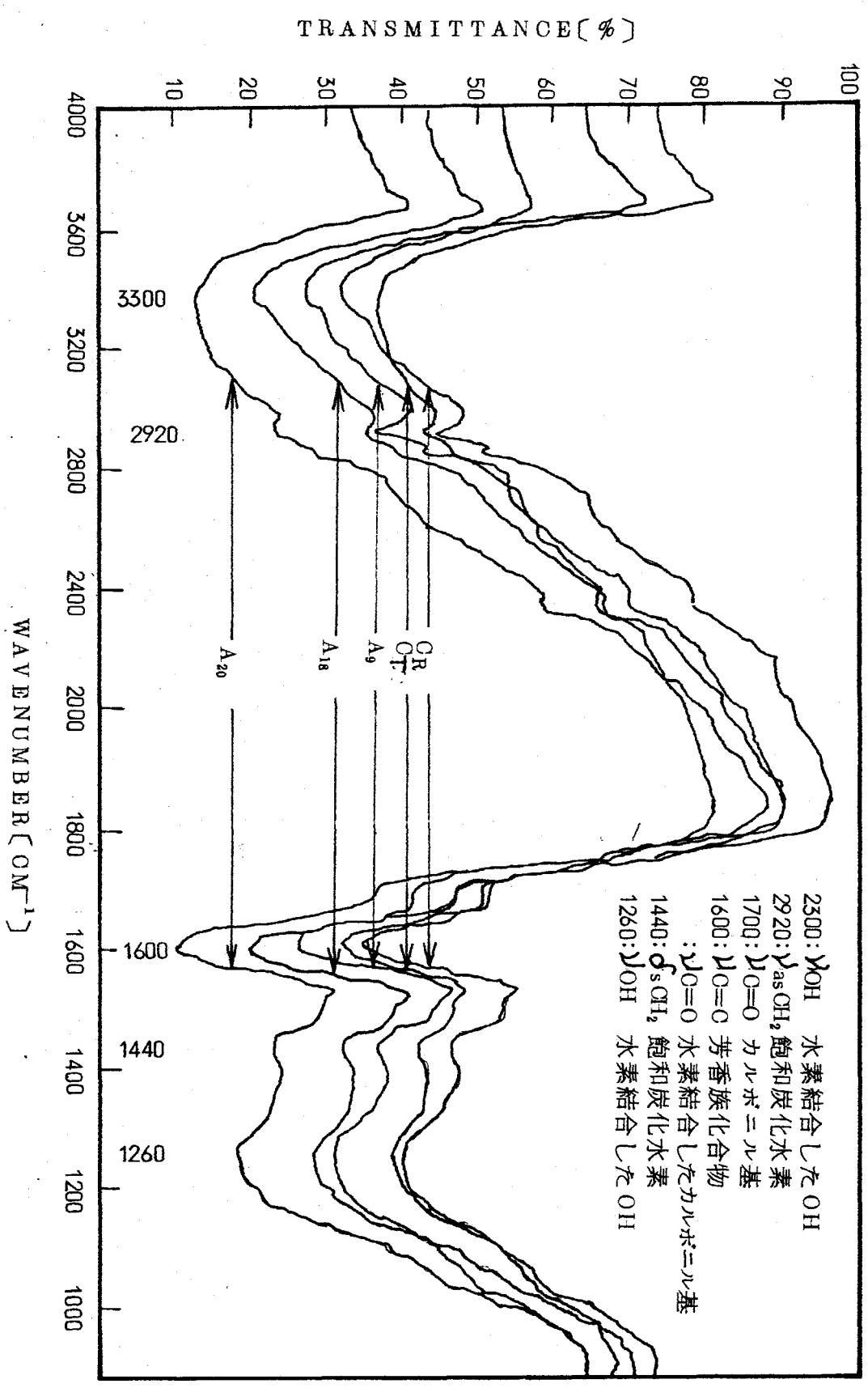


図 5-13 石炭の赤外線吸収スペクトル (原炭, 熱処理炭 D シリーズ)

(2) 触媒の性状変化

図 5-14 に触媒の X 線回折結果を示す。 Fe_2O_3 の回折パターンには調製処理前後で顕著な変化が認められず、調製に伴う結晶構造の変化は生じていないようである。

(3) 溶剤の性状変化

① 赤外線分析結果

図 5-15 および 5-16 に各溶剤の赤外線吸収スペクトルを示す。

図中の主たる吸収ピークは芳香族および飽和炭化水素の CH 、 CH_2 の伸縮・変角振動によるものである。

表 5-6 は上記ピーク強さをベースラインからの深さで表わして示したものである。

いずれの溶剤の場合も、注目すべき変化は認められない。

② H-NMR 分析結果

表 5-7 に H-NMR 分析結果を示す。

赤外線分析結果と同様、各溶剤の芳香族性および脂肪族性の顕著な変化は認められないようである。

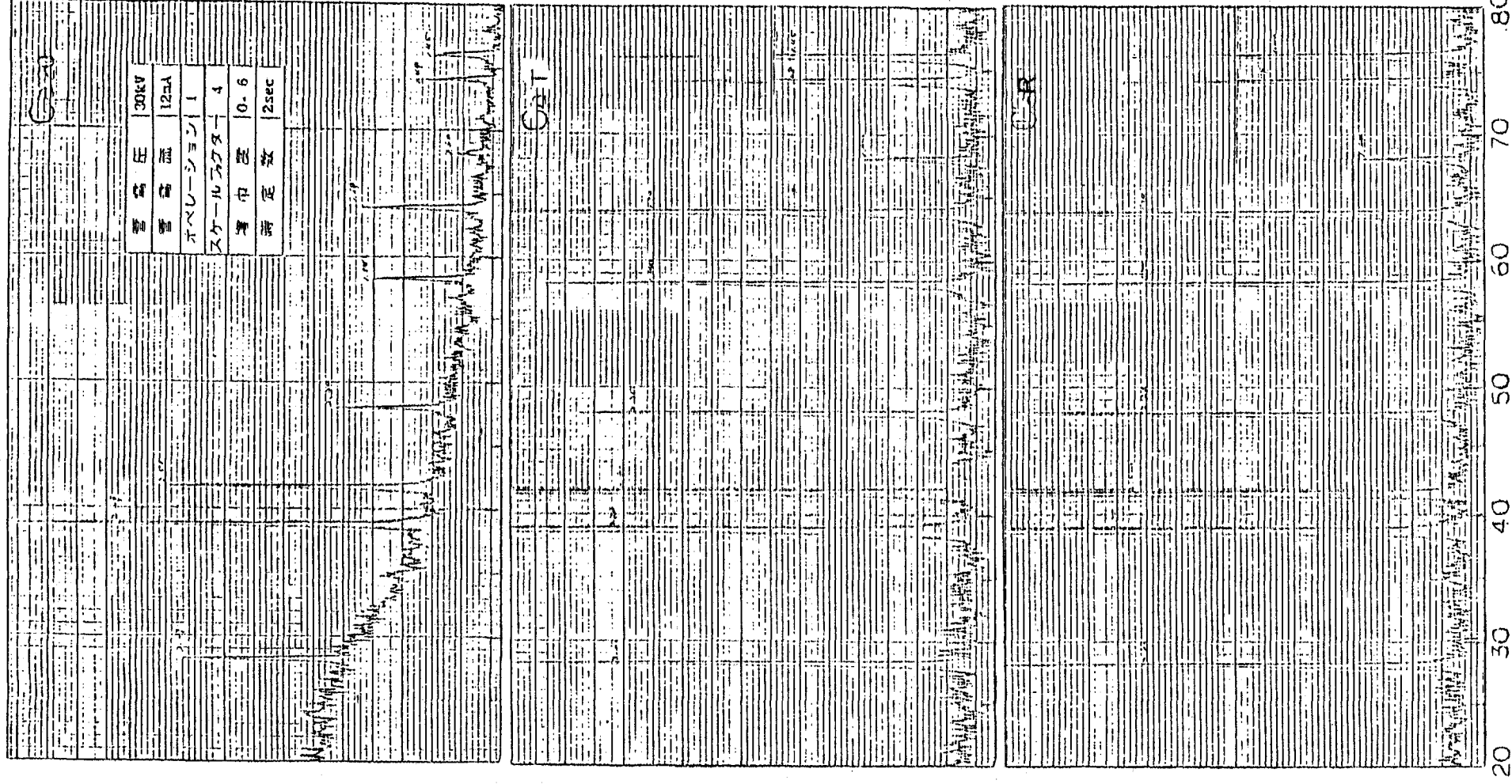
表 5-7 の結果および元素分析値より、溶剤の芳香族炭素の割合を算出して示したのが表 5-8 である。

各溶剤の芳香族炭素分率の著しい変化は認められず、ほぼ同様の値となつている。

③ コンラドソン炭素分析結果

表 5-9 にコンラドソン炭素分析結果を示す。

D シリーズの脱晶アントラセン油の場合、コンラドソン炭素量の増加が認められる。



回 折 角 度

20 30 40 50 60 70 80
回 折 角 度 (CoKa) [°]

図 5-14 触媒の X 線回折結果

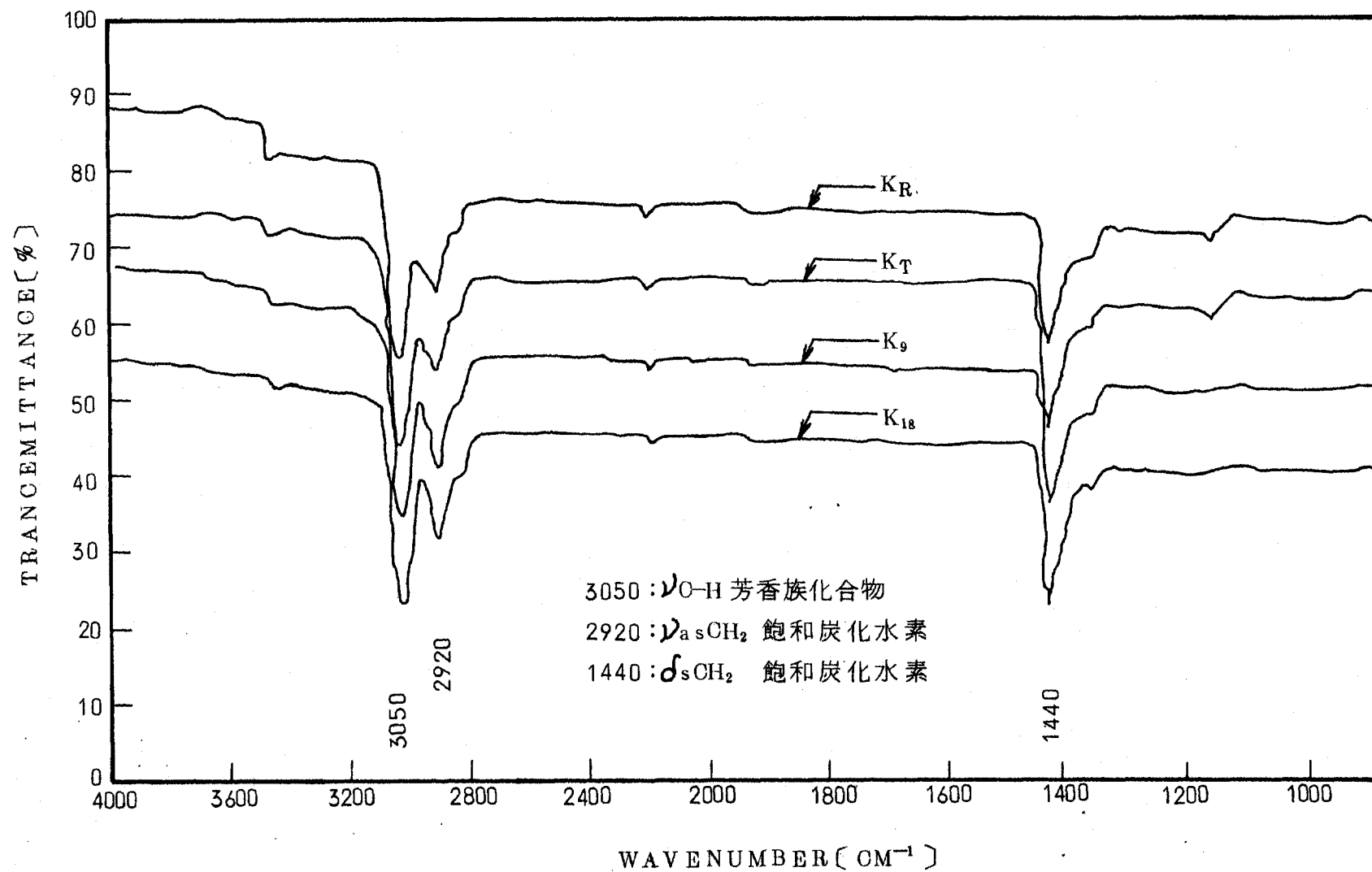


図 5-15 溶剤の赤外線吸収スペクトル (クレオソート油)

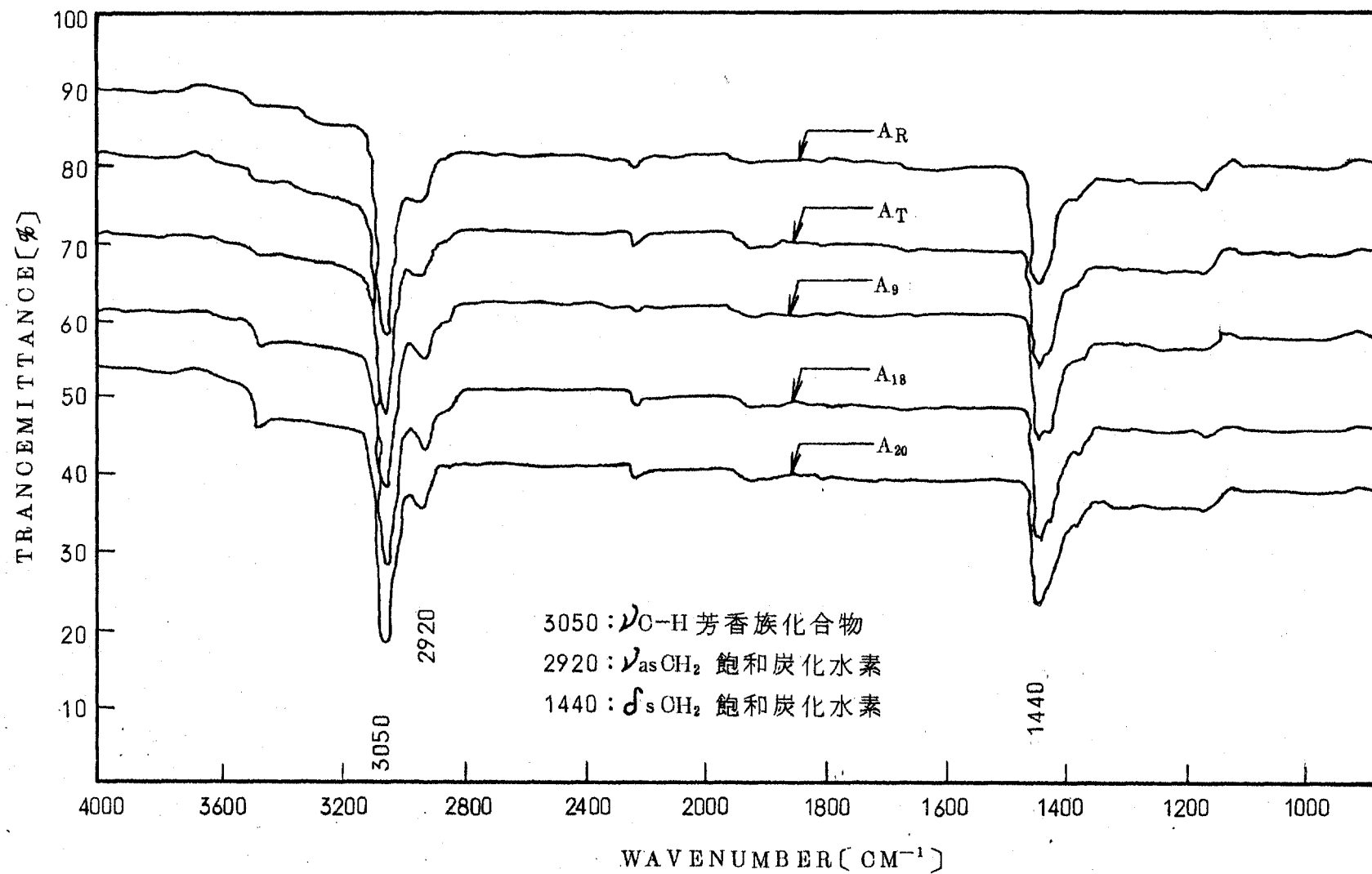


図 5-16 溶剤の赤外線吸収スペクトル (脱晶アントラセン油)

表 5-6 主な赤外吸収ピークの強さ（ベースラインからの深さ）

項目 試料	芳香物化合物の CH伸縮振動吸 収強度 ν_{C-H} 3050 [CM]	飽和炭化水素の CH ₂ 逆伸縮振動 吸収強度 $\nu_{as C-H}$ 2920 [CM]	飽和炭化水素の CH ₂ 変角振動吸 収強度 δ_{sCH_2} 1440 [CM]
K _R	3.0	1.9	2.7
K _T	3.3	1.7	3.0
K ₉	3.1	2.0	2.9
K ₁₈	3.4	2.0	3.3
A _R	3.4	0.7	2.3
A _T	3.3	0.5	2.3
A ₉	3.4	0.9	2.5
A ₁₈	3.2	0.9	2.6
A ₂₀	3.2	0.6	2.4

表 5-17 溶剤の H-NMR 測定による各種プロトン量の測定結果

試 料	芳香族水素 H _a [%]	α 炭素についた 脂肪族水素 H _α [%]	β 位以上の炭素 についた脂肪族水 素 H _β [%]	側鎖の末端にあ るメチル基水素 H _γ [%]	芳香族水素/ 脂肪族水素 H _a γ/H _α l [-]	H-NMR 測定条件	
						装 置	VarionXL-100-12 型 スペクトロメーター
K _R	74.6	21.9	3.0	0.5	2.94	溶 媒	CDCl ₃
K _T	72.4	22.2	4.9	0.5	2.62	濃 度	50%
K ₉	72.6	22.7	3.9	0.8	2.66	温 度	室 温
K ₁₈	76.1	19.6	3.5	0.7	3.19	基 準 物 質	TMS
A _R	88.1	10.7	1.2	0	7.38	測定核	H
A _T	88.2	10.2	1.6	0	7.48	共 鳴 周波数	100.1 MHz
A ₉	85.1	12.0	2.7	0.3	5.71	掃引幅	1000 Hz
A ₁₈	88.9	9.5	1.3	0.3	8.04	掃 引 時 間	500 SEC
A ₂₀	86.1	10.6	2.6	0.7	6.19	磁 場 周波数ロック	TMS

表 5-8 溶剤の炭素と水素の原子比 (C/H) 及び芳香族炭素分率

試料 \ 項目	C/H	芳香族炭素分率 (f _a)
K _R	1.15	0.86
K _T	1.13	0.85
K ₉	1.13	0.85
K ₁₈	1.15	0.87
A _R	1.31	0.94
A _T	1.31	0.94
A ₉	1.31	0.92
A ₁₈	1.31	0.94
A ₂₀	1.25	0.91

$$f_a = \frac{C/H - \frac{1}{2}(H\alpha + H\beta) - \frac{1}{3}H\gamma}{C/H}$$

f_a : 芳香族炭素分率

H_α : α 炭素についての脂肪族水素

H_β : β位以上の炭素についての脂肪族水素

H_γ : 側鎖の末端にあるメチル基水素

表 5-9 溶剤のコンラドソン炭素分析結果

試 料	コンラドソン炭素〔%〕
K _R	1.74
K _T	1.25
K ₉	0.88
K ₁₈	1.61
A _R	0.36
A _T	0.69
A ₉	1.35
A ₁₈	2.37
A ₂₀	2.17

④ G・P・C 分析結果

G・P・C 法による分子量測定結果を表 5-10 および図 5-17 ~ 20 に示す。前者は平均分子量測定結果をそして後者は分子量分布曲線を示したものである。

脱晶アントラセン油の場合、平均分子量の増加ならびに分子量分布曲線の高分子側ピークの存在から、いくぶん高分子物が増加したと考えられる。

以上の結果より、脱晶アントラセン油溶剤の場合、高温湿式スラリー調製時に、わずかのコンラドソン炭素量の増加および分子量の増大現象が生じていることがうかがわれ、若干の炭化縮合反応が起つていると推測されるが、液化反応工程で問題となるような性状変化はないと言える。

表 5-10 G・P・O 法による分子重量測定結果

基準 項目 試料	芳香族炭化水素分子重量基準					n-パラフィン分子重量基準				
	数平均分子重量 Mn	重量平均分子重量 Mw	Z平均分子重量 Mz	Mw — Mn	Mz — Mw	数平均分子重量 Mn	重量平均分子重量 Mw	Z平均分子重量 Mz	Mw — Mn	Mz — Mw
K R	92	108	128	1.18	1.18	53	56	61	1.07	1.08
K T	92	108	127	1.17	1.17	53	56	61	1.07	1.08
K ₉	92	106	125	1.17	1.17	52	56	60	1.06	1.07
K ₁₈	95	112	132	1.17	1.18	54	58	63	1.07	1.08
A R	98	110	126	1.13	1.14	54	57	61	1.05	1.06
A T	97	109	126	1.13	1.14	54	57	61	1.05	1.06
A ₉	97	112	131	1.15	1.17	54	58	63	1.06	1.08
A ₁₈	101	116	136	1.15	1.17	55	59	65	1.06	1.09
A ₂₀	101	117	137	1.15	1.17	56	60	65	1.06	1.08

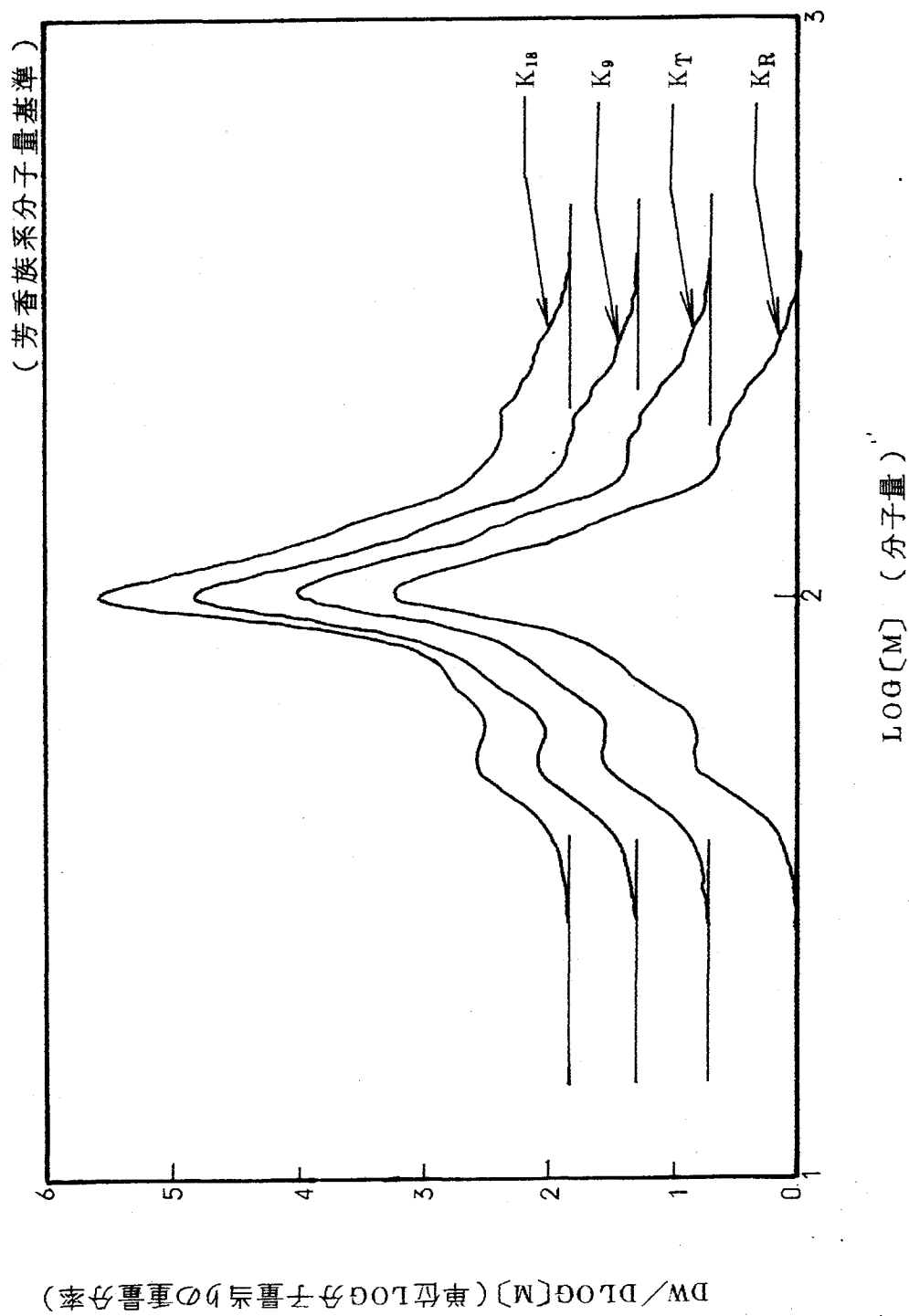


図 5-17 分子量分布曲線 (クレオソート油)

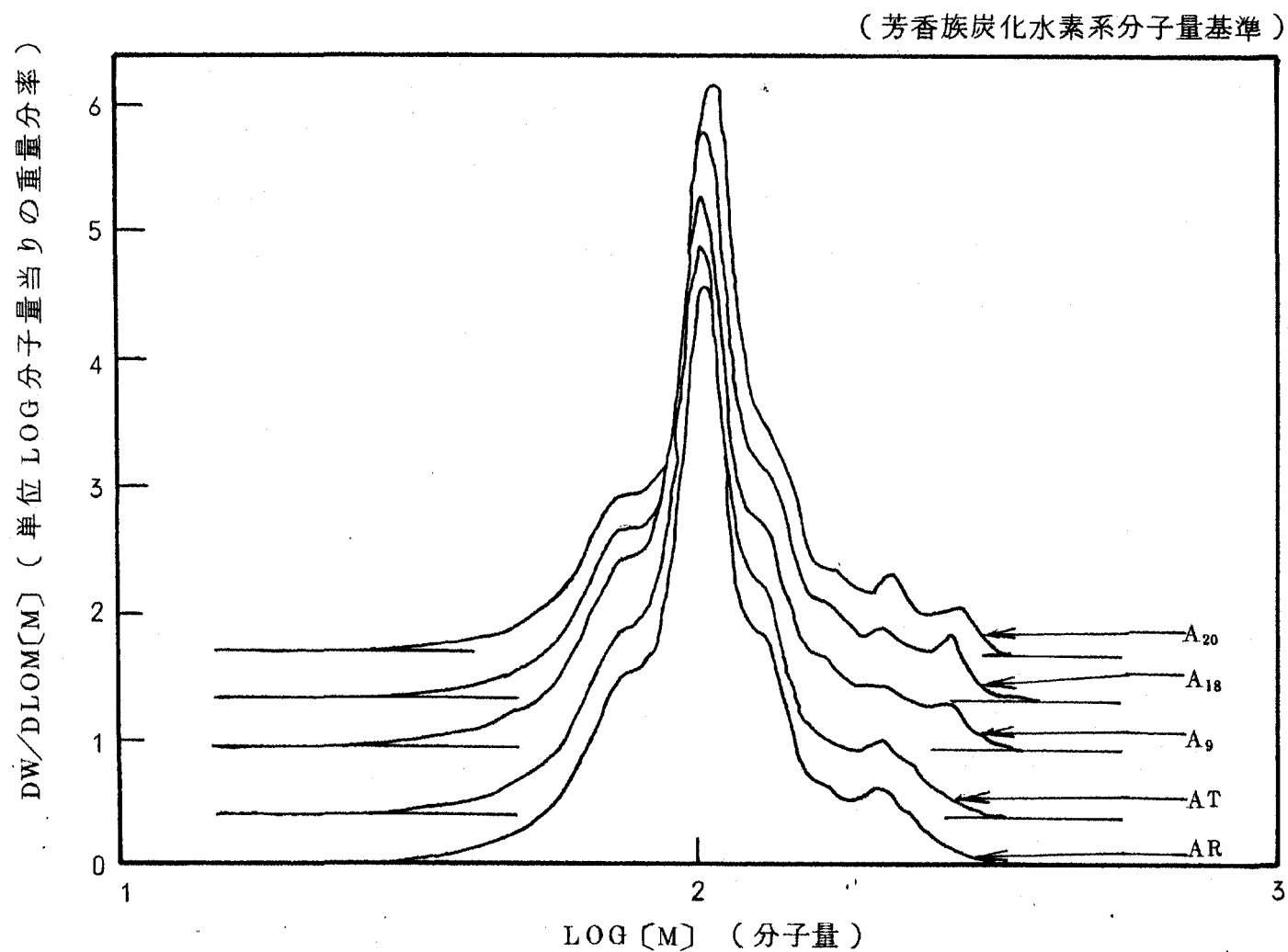


図 5-18 分子量分布曲線 (脱晶アントラセン油)

(n-パラフィン分子量基準)

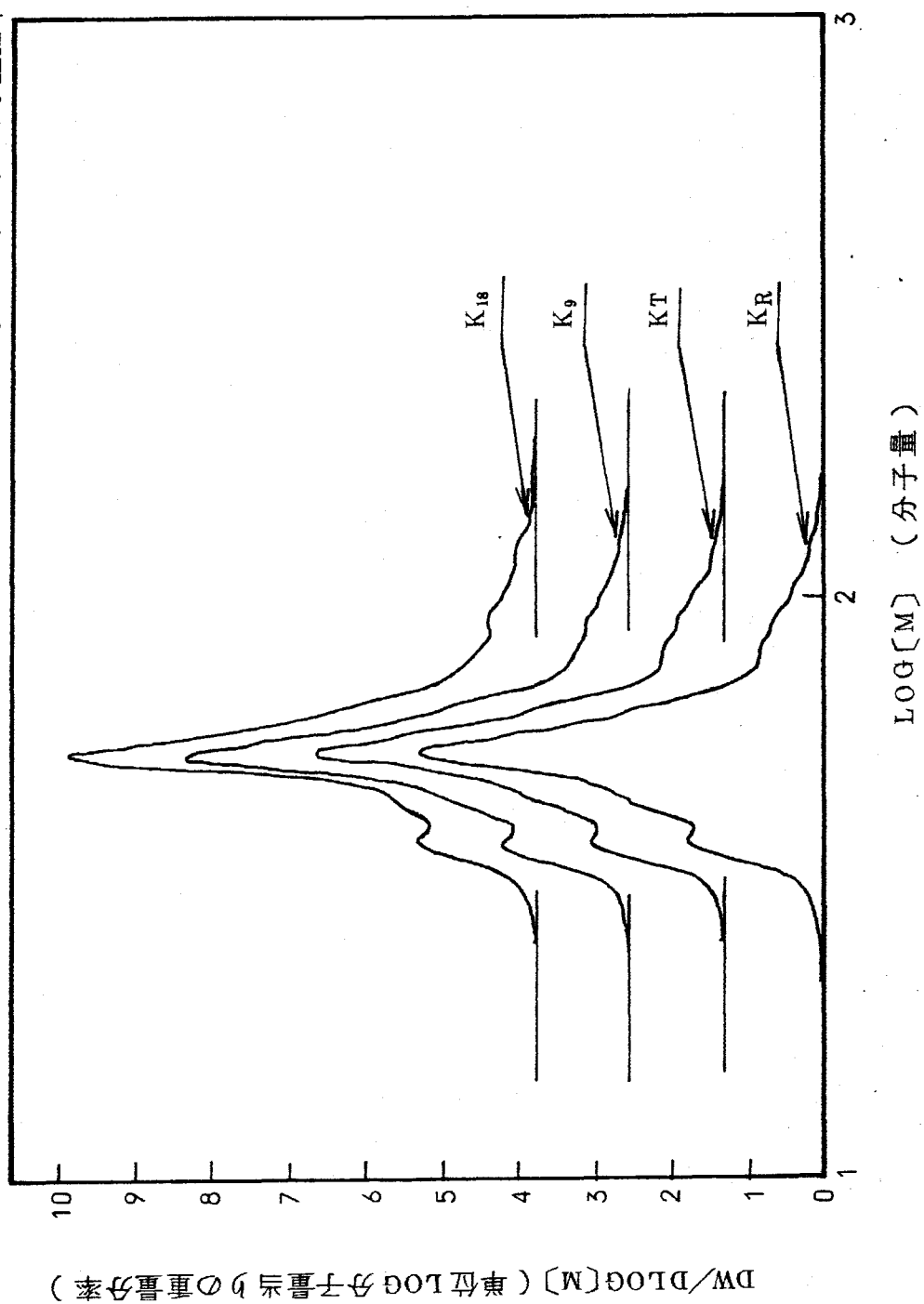


図 5-19 分子量分布曲線 (クレオソート油)

(n-パラフィン分子基準)

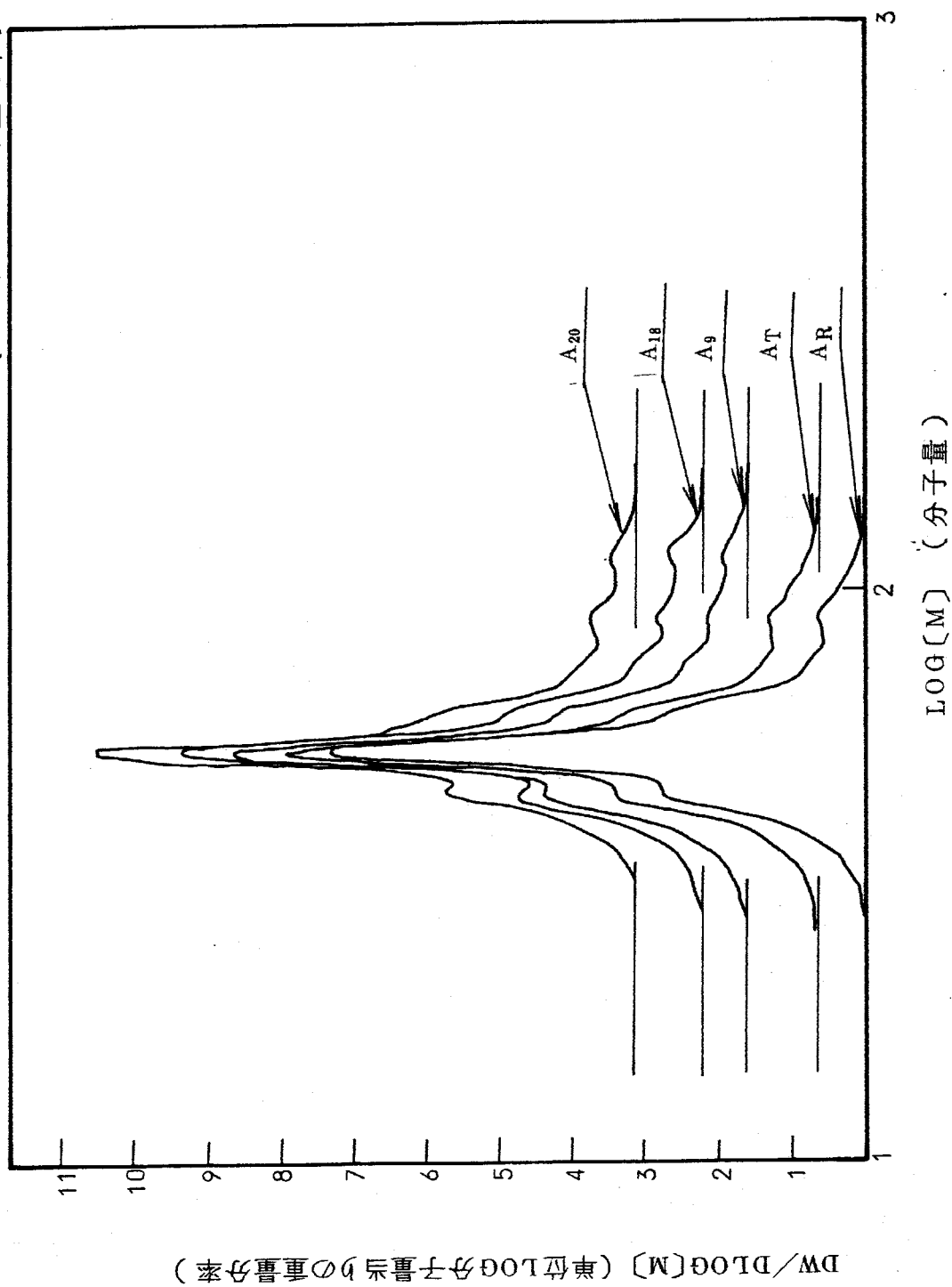


図 5-20 分子量分布曲線 (脱晶アスファルト油)

5.3 安全性の検討

5.3.1 ミル出口ガスの安全性の検討

表5-11および12に高温油中粉碎装置のスラリー調製時に
行つたミル出口ガス分析の結果を示す。

これら表に示すごとく、 H_2 、 CO および炭化水素の可燃性ガス
の発生は、 CO および $Dシリ-ス$ のいずれの場合もスラリー調製
温度にかかわらず少ない。

ベンゼン、トルエンおよびキシレンの芳香族炭化水素ガスの発
生は、 $COシリ-ス$ の場合で $81 \sim 460$ ppm、そして $Dシリ-ス$
の場合で $9 \sim 36$ ppmとなっている。

二酸化炭素は、スラリー調製温度の上昇と共に発生量が増大し、
 $COシリ-ス$ の場合で $90^\circ C$ の 350 ppmから $180^\circ C$ の 1300 ppm
そして $Dシリ-ス$ の場合、 $90^\circ C$ の 460 ppmから $180^\circ C$ の
 1960 ppmとなっている。

悪臭ガスについては、 $アセトニ$ 、 $アセトアルデヒド$
 CO および $メチルシレン$ の発生量がいずれの溶剤の場合も環境庁告示
9号に定められた判定基準より高い。

$メチルメルカプタンの発生はCOシリ-スの場合に著しい。$
なお、トリメチルアミンは定量不能であつた。

5.3.2 スラリー回収液の安全性の検討

図5-21にスラリー回収液量をスラリー調製温度との関係で
示す。

スラリー回収液量は調製温度の上昇に伴つて増大するが、 $COシ$
 $リ-ス$ すなわちクレオソート油を溶剤とする場合の増大が著し
い。

表 5-11 ミル出口ガス分析結果 (C シ リ ー ズ)

スラリー調整温度 試料		C 3 1	C 3 5	C 3 7	C 4 4	C 5 1	判定基準
成分		90°	110°	130°	150°	180°	
無機ガス	H ₂ (ppm)	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	
	O ₂ (%)	18.7	18.6	18.7	18.3	18.7	
	CO (%)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
	CO ₂ (ppm)	350	450	660	630	1300	
	H ₂ O (%)	11.9	14.8	19.1	24.1	28.1	
炭化水素ガス	C ₁ (ppm)	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	
	C ₂ (ppm)	4	< 3	< 3	3	< 3	
	C ₃ (ppm)	4	3	3	3	3	
	C ₄ (ppm)	13	10	13	7	9	
	C ₅ (ppm)	9	11	13	11	7	
	C ₆ (ppm)	13	17	11	9	7	
	C ₇ (ppm)	5	2	6	6	6	
	C ₈ (ppm)	3	6	12	20	2	
	C ₉ (ppm)	5	4	13	21	12	
	C ₁₀ (ppm)	39	18	28	79	42	
	ベンゼン (ppm)	200	240	260	440	270	
	トルエン (ppm)	200	220	260	460	280	
	キシレン (ppm)	120	81	180	320	190	
悪臭ガス	アンモニア (ppm)	2.0	4.4	—	—	5.3	1~5
	硫化水素 (ppm)	3.6	4	—	—	7.6	0.02~0.2
	メチルメルカプタン (ppm)	0.14	0.06	—	—	0.47	0.002~0.01
	硫化メチル (ppm)	<0.01	<0.01	—	—	<0.01	0.01~0.2
	二硫化メチル (ppm)	0.02	0.03	—	—	0.07	0.009~0.1
	トリメチルアミン (ppm)	定量不能	定量不能	—	—	定量不能	0.005~0.07
	アセトアルデヒド (ppm)	17	15	—	—	16	0.05~0.5
	スチレン (ppm)	9.3	13	—	—	15	0.4~2
その他	ダスト (g/Nm ³)	0.165	0.286	0.244	0.146	0.124	

表 5-12 ミル出口ガス分析結果 (Dシリーズ)

試料 スラリー調整温度 成分			D 3 1	D 3 5	D 4 2	D 4 9	D 6 1	判定基準
			90°	110°	130°	150°	180°	
無機ガス	H ₂	(ppm)	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	
	O ₂	(%)	18.7	18.6	18.9	18.4	18.0	
	CO	(%)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
	CO ₂	(ppm)	460	650	1150	1670	1960	
	H ₂ O	(%)	12.8	14.2	12.4	10.5	11.7	
炭化水素ガス	C ₁	(ppm)	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	
	C ₂	(ppm)	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	
	C ₃	(ppm)	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	
	C ₄	(ppm)	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	
	C ₅	(ppm)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
	C ₆	(ppm)	< 1	1	< 1	< 1	< 1	
	C ₇	(ppm)	< 1	2	< 1	< 1	2	
	C ₈	(ppm)	2	< 1	< 1	< 1	9	
	C ₉	(ppm)	2	1	< 1	< 1	1	
	C ₁₀	(ppm)	36	20	16	36	29	
	ベンゼン	(ppm)	15	13	11	9	9	
	トルエン	(ppm)	36	26	13	13	13	
	キシレン	(ppm)	29	27	14	10	10	
悪臭ガス	アンモニア	(ppm)	8.2	7.9	-	9.8	-	1~5
	メチルメルカプタン	(ppm)	不検出	不検出	-	不検出	-	0.02 ~ 0.2
	硫化水素	(ppm)	0.15	0.12	-	0.17	-	0.002~0.01
	硫化メチル	(ppm)	不検出	不検出	-	0.05	-	0.01 ~ 0.2
	二硫化メチル	(ppm)	不検出	不検出	-	不検出	-	0.009~0.1
	トリメチルアミン	(ppm)	定量不能	定量不能	-	定量不能	-	0.005~0.07
	アセトアルデヒド	(ppm)	2.4	6.2	-	定量不能	-	0.05 ~ 0.5
	スチレン	(ppm)	5.9	6.9	-	9.8	-	0.4 ~ 2
その他	ダスト	(g/Nm)	0.020	0.025	0.034	0.170	0.136	

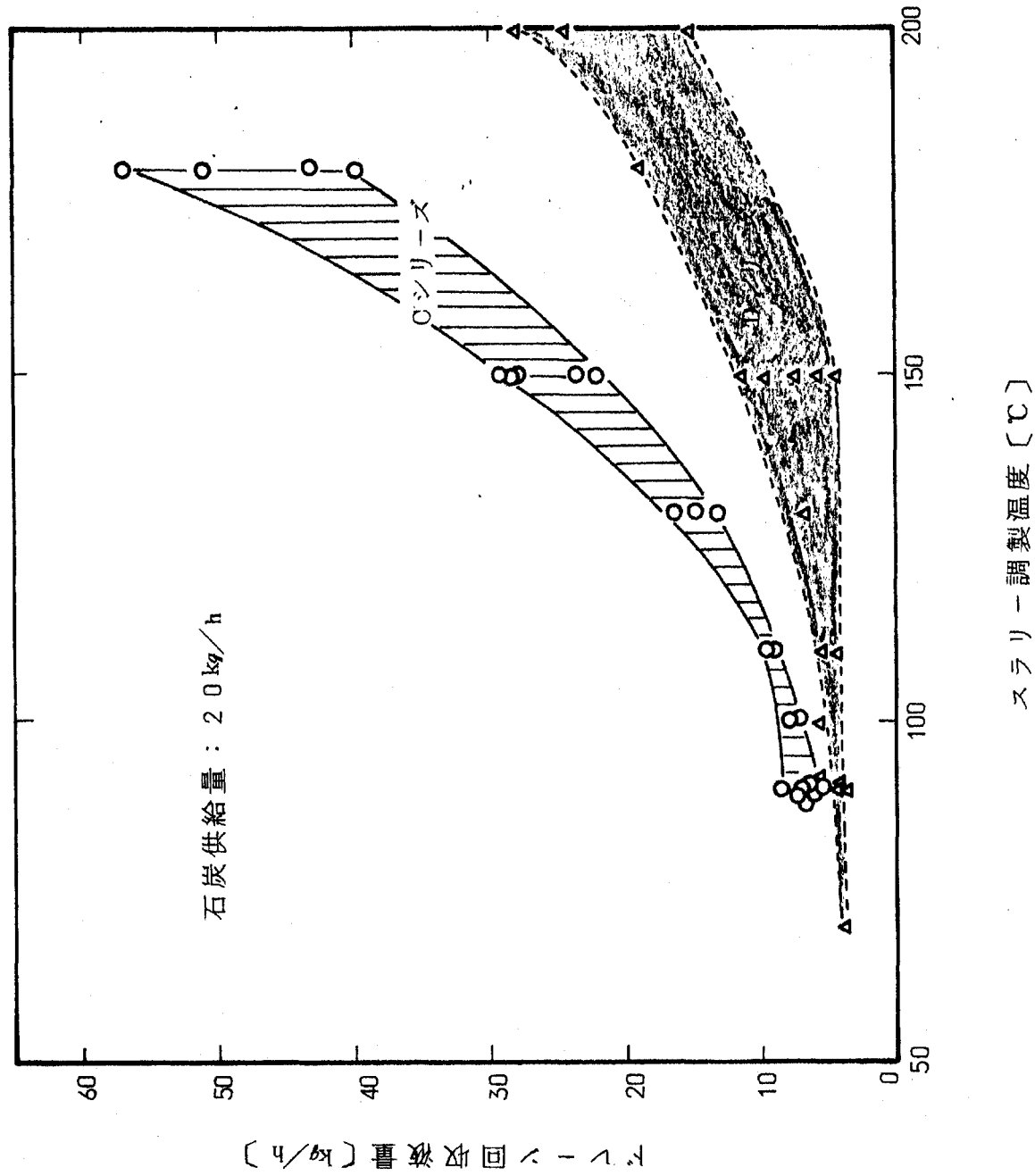


図 5-21 ドレーン回収液量に及ぼすスラリー調製温度の影響

表 5-13 および 14 にドレーン回収液の分析結果を示す。

COD および BOD はスラリー調製温度の上昇に伴ってその発生量は増大している。特に、C シリーズの場合は水質汚濁防止法の判定基準を超えて COD および BOD の発生が認められる。

表 5-13 ドレーン回収液分析結果 (Cシリーズ)

項目	スラリー試料 調製温度	C1	C2	C44	C51	判定基準
		90°	110°	150°	180°	
pH		6.99	7.10	6.65	6.40	5.8~8.6
SS (mg/l)		160	220	98	84	200 (日間平均150)
COD (g/l)		460	82	470	1140	160 (日間平均120)
BOD (g/l)		280	100	600	710	160 (日間平均120)
N-ヘキサン抽出物質(g/l)		95	310	630	756	5
全比重		0.99	0.98	1.00	1.01	—
フェノール類 (mg/l)		2110	7180	2960	4700	5
F (mg/l)		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	15
T-CN (mg/l)		0.028	0.017	0.010	0.012	1
Cd (mg/l)		0.004	0.003	0.010	0.008	0.10
Pb (mg/l)		0.11	0.06	0.07	0.06	1
Cu (mg/l)		0.59	0.67	0.43	0.25	3
Zr (mg/l)		9.63	2.40	5.80	5.70	5
Mn (mg/l)		0.42	0.37	0.13	0.12	10
Fe (mg/l)		21	8.0	4.7	31	10
As (mg/l)		0.01	0.01	0.04	0.04	0.5
T-Cr (mg/l)		0.02	0.05	0.04	<0.02	2
T-Hg (mg/l)		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	不検出
Org-P (mg/l)		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	1
PCB (mg/l)		<0.1	0.2	0.3	0.6	0.003

表 5-14 ドレーン回収液分析結果 (Dシリーズ)

項目	試料 スラリー 調製温度	D31	D35	D42	D49	D61	判定基準
		90°	110°	150°	180°	200°	
pH		6.71	6.24	5.52	5.32	5.02	5.8~8.6
SS (mg/l)		130	60	188	763	300	200 (日間平均150)
COD (g/l)		3.1	3.9	2.6	69	101	160 (# 120)
BOD (g/l)		4.3	3.2	7.8	100	117	160 (# 120)
N-ヘキサン 抽出物質 (g/l)		18	193	356	585	821	5
全比重 (°C)		1.00(24)	0.99(20)	1.02(25)	1.04(23)	1.07(23)	—
フェノール類 (mg/l)		774	817	518	2560	3710	5
F (#)		0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	15
T・CN (#)		<0.004	<0.004	0.028	0.023	0.015	1
Cd (#)		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.10
Pb (#)		<0.05	<0.05	0.10	0.14	0.14	1
Cu (#)		0.19	0.12	0.16	0.25	0.34	3
Zn (#)		3.65	7.10	42.0	101	17.7	5
Mn (#)		0.16	0.20	0.41	0.78	0.23	10
Cr(VI) (#)		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.5
As (#)		<0.01	0.01	0.04	0.06	0.08	0.5
T・Cr (#)		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	2
T・Hg (#)		<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	不検出
Org・P (#)		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	1
PCB (#)		<0.1	0.6	2.9	2.2	4.4	0.003
Fe (#)		21.5	8.80	20.0	70	22.5	10

* 測定温度

フェノール類の発生も極めて著しく、判定基準をはるかに超えている。このフェノールは石炭より発生するものと推定される。また、スラリー調製温度の上昇に伴う水素イオン濃度の酸性側への移行はフェノール量の増加によるものと考えられる。

溶解性亜鉛および鉄の発生は、著しくはないが、認められ、場合によつては判定基準を超えることがある。

鉛、カドミウム、ヒ素、水銀、シアンおよびフッ素の発生は微量である。ノルマルヘキサン抽出物質は、判定基準を超えて発生しており、かつスラリー調製温度の上昇に伴つて増加している。ノルマルヘキサン抽出物質はドレーン回収液中の油（溶剤）分を示すものであるが、かなりの溶剤がミル内で蒸発し、ドレーンに移行していることが推察される。

表 5-15 はミル内で蒸発した水分および溶剤量ならびにそれらのドレーンへの移行量をみたものである。

ミル内発生水分量より大きいドレーン回収液中水分量の場合があるが、これは分析の誤差によるものと考えられる。

図 5-22 は同図よりミル内蒸発量およびドレーン回収液量に及ぼすスラリー調製温度の影響をみたものである。

ミル内蒸発量は、C および D シリーズのいずれの場合も、スラリー調製温度の上昇に伴つて増大するのが認められる。そしてこれに伴つてドレーン回収液量もスラリー調製温度の増大と共に大となつていく。この蒸発量およびドレーン回収液量のスラリー調製温度に伴う増大は、溶剤の蒸発によるものであることが表 5-15 からよみとれる。

表 5-15 ミル内で蒸発する水分および溶剤のドレーン回収液への移行量

スラリー 調製温度 (℃)	成分	項目		ミル内蒸発量〔kg/h〕		ドレーン回収液量〔kg/h〕	
		溶 剤	水	クレオソート油	脱晶アントラセン油	クレオソート油	脱晶アントラセン油
90		水		7.6	7.9	6.1	0.1
		溶 剤		39.8	0.0	0.6	4.3
		合 計		47.4	7.9	6.7	4.4
110		水		8.4	8.1	3.0	1.0
		溶 剤		39.2	1.5	6.5	4.3
		合 計		47.6	9.6	9.5	5.3
150		水		7.7	8.2	13.9	7.9
		溶 剤		57.9	11.6	8.2	1.9
		合 計		65.6	9.8	22.1	9.8
180		水		8.2	9.0	9.7	7.8
		溶 剤		65.1	23.8	30.0	11.0
		合 計		73.3	32.8	39.7	18.8
200		水		—	9.1	—	4.3
		溶 剤		—	26.0	—	9.8
		合 計		—	35.1	—	24.1

(注)

* ドレーン回収液中の溶剤量は
その組成分析におけるノ
ルマルヘキサン抽出物質量
として算出

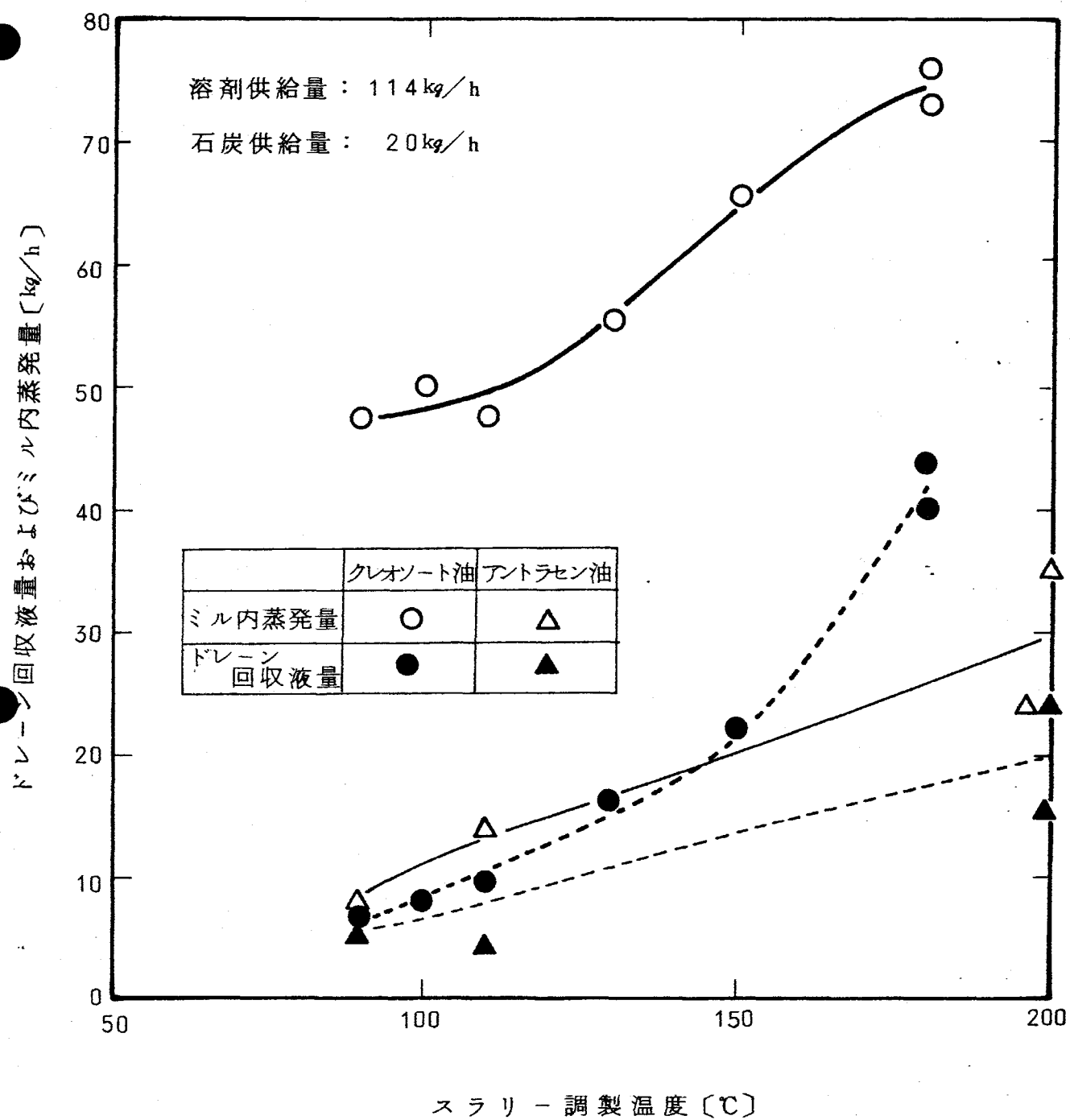


図5-22 ミル内蒸発量およびドレーン回収液量に及ぼすスラリー調製温度の影響

CシリーズとDシリーズを比較すれば、前者の方が、ミル内蒸発量およびドレーン回収量とも後者より大である。これは、クレオソート油が脱晶アントラセン油に比べて蒸発量が大きいためである。

ミル内で蒸発する水分はほぼ、ミストセパレータで凝縮され、ドレーン回収液に移行するが、溶剤はその全てがドレーン回収液中へ移行せず、相当量が排気ガスとして大気へ放散されていることがわかる。このことは、ミル出口ガス分析において、沸点の低いベンゼン、トルエン、キシレンが認められていることからもうなづける。

5.4 ミルハードの検討

55年度はミルの加熱温度を設定して高温ミルの温度分布について解析したが、56年度は温度条件がミル本体、軸受へ与える影響について検討した。またこれと併行して重力荷重下によるミル本体の強度を解析し、ミル実機の設計資料を得た。

5.4.1 計算条件

図5-23は対称性を考慮して全体の1/4を理想化した有限要素法解析のモデルであり、トラニオン部、ガースギア部には塊体要素を、シエル部およびリブ材等には平面要素を使用している。荷重条件は

a) 設定加熱条件に基づく熱荷重(表5-16)、b) ミル内在物の圧力荷重、さらに本体・付属物の重力荷重の2種を考慮した。また、解析には構造解析汎用プログラム“NASTRAN”を使用した。

5.4.2 解析結果

1) 軸受け

軸から潤滑油に伝わる熱量はすべて油が持ち去ると近似的に考えて良い。図5-24の曲線Aは給油温度、給油量を設定して算出した伝熱量—軸温度曲線である。一方曲線Bはミルの伝熱解析より得た軸受吸熱量—軸温度曲線である。従つて両者の交差した点が軸受温度の解である。温度条件1に相当する実績と、この解析結果を参考に、より苛酷な温度条件で使用する軸受けの冷却方式の選定が可能である。

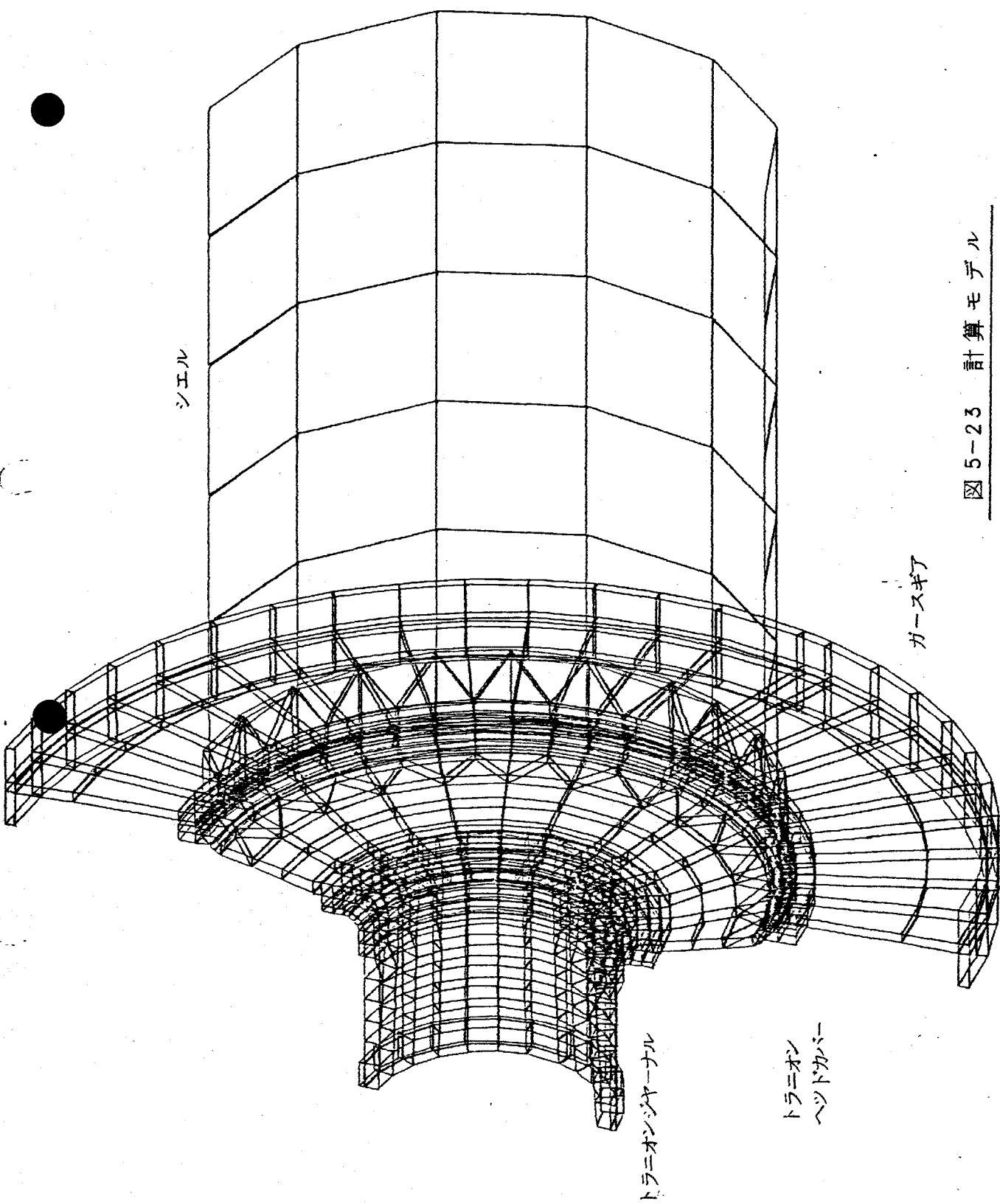


図 5-23 計算モデル

表 5-16 温 度 条 件

項目 条件	ミル加熱温度 〔℃〕	スラリー温度 〔℃〕	ガースギア潤滑 油温度〔℃〕	周囲温度 〔℃〕
1	150	90	55	20
2	200	140	55	20
3	250	190	55	20

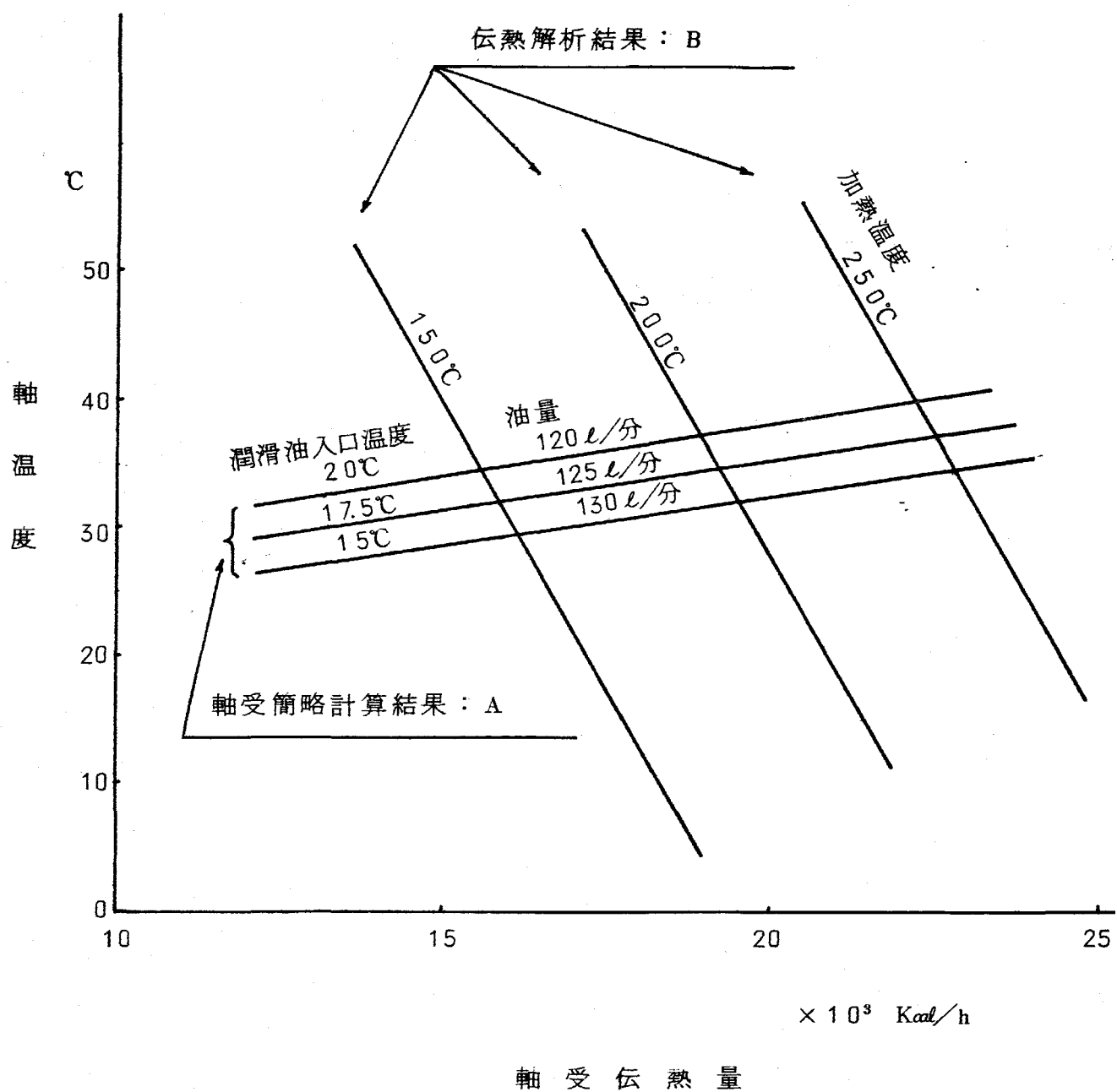


图 5-24 伝熱量—軸溫度曲線

2) ミルの変形

図 5-25 に重力荷重と温度荷重によるミルの変形状態を示す。温度荷重によるミルの軸方向変形が大きいが構造上問題は少ない。一方温度荷重によるミルの半径方向変形量は相対的に小さいが、温度条件 1 で既に重力荷重による変形量と同等であり、ミルの下部においてガースギア、駆動ギアのカミ合せの影響を考慮すると、高温条件に対しては今後該部の接触応力について詳細検討を進める必要がある。

3) ミルの強度

ミルの温度分布に基づき熱応力解析した結果を図 5-26 および図 5-27 に示す。

1 体化したガースギア周辺部にはジャーナル屈曲部、シエル端部と同等の熱応力が算出されているが、組立構造のガースギアの場合にはボルト部の荷重集中について詳細に検討する必要がある。図 5-28 はガースギアの応力分布を示したものであるが応力レベルはほぼ温度差に比例して増減する。重力荷重による応力は図 5-29 に示すごとくミル加熱温度 150°C の場合の熱応力と同等である。

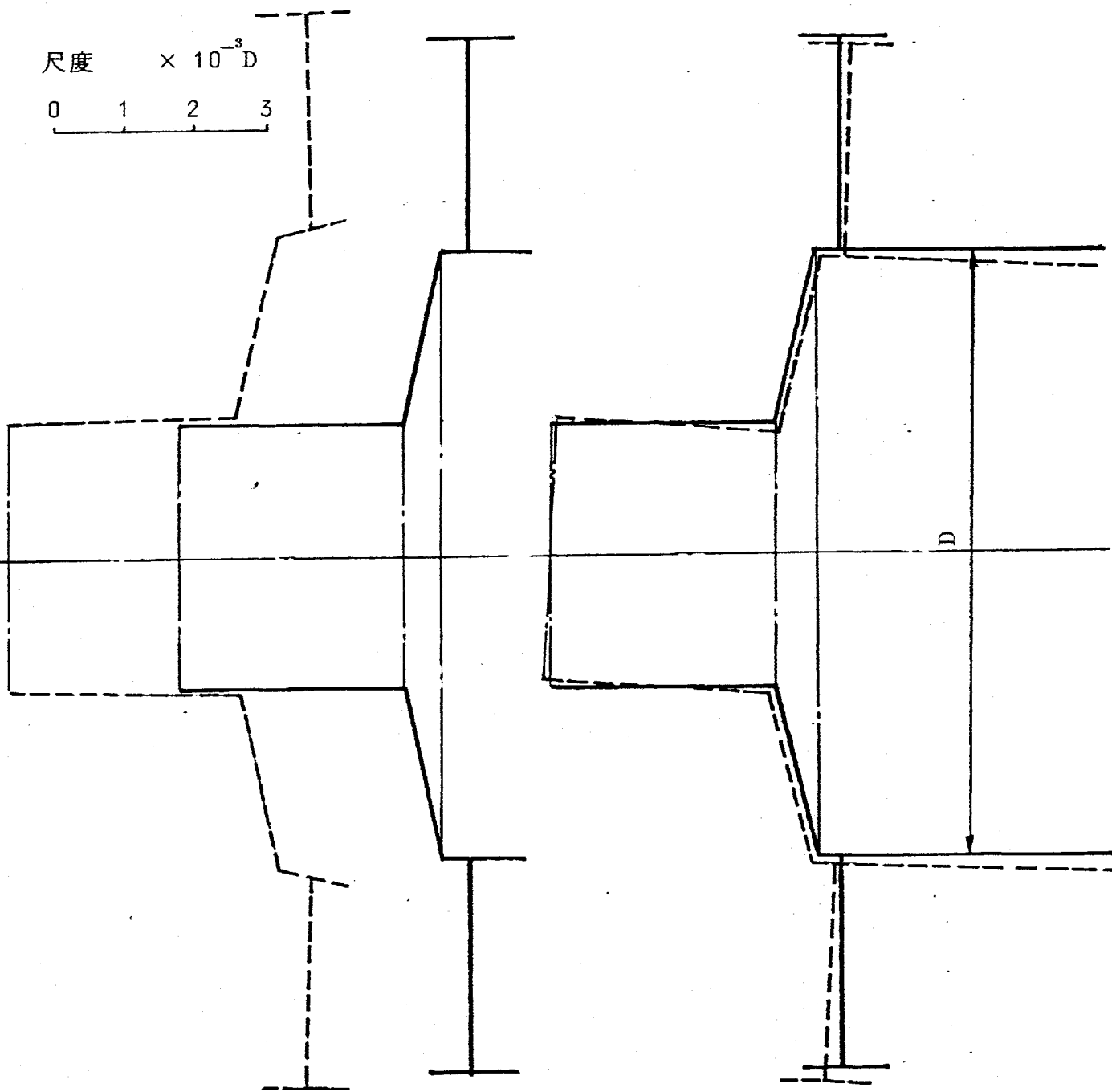


图 5-25 变形图

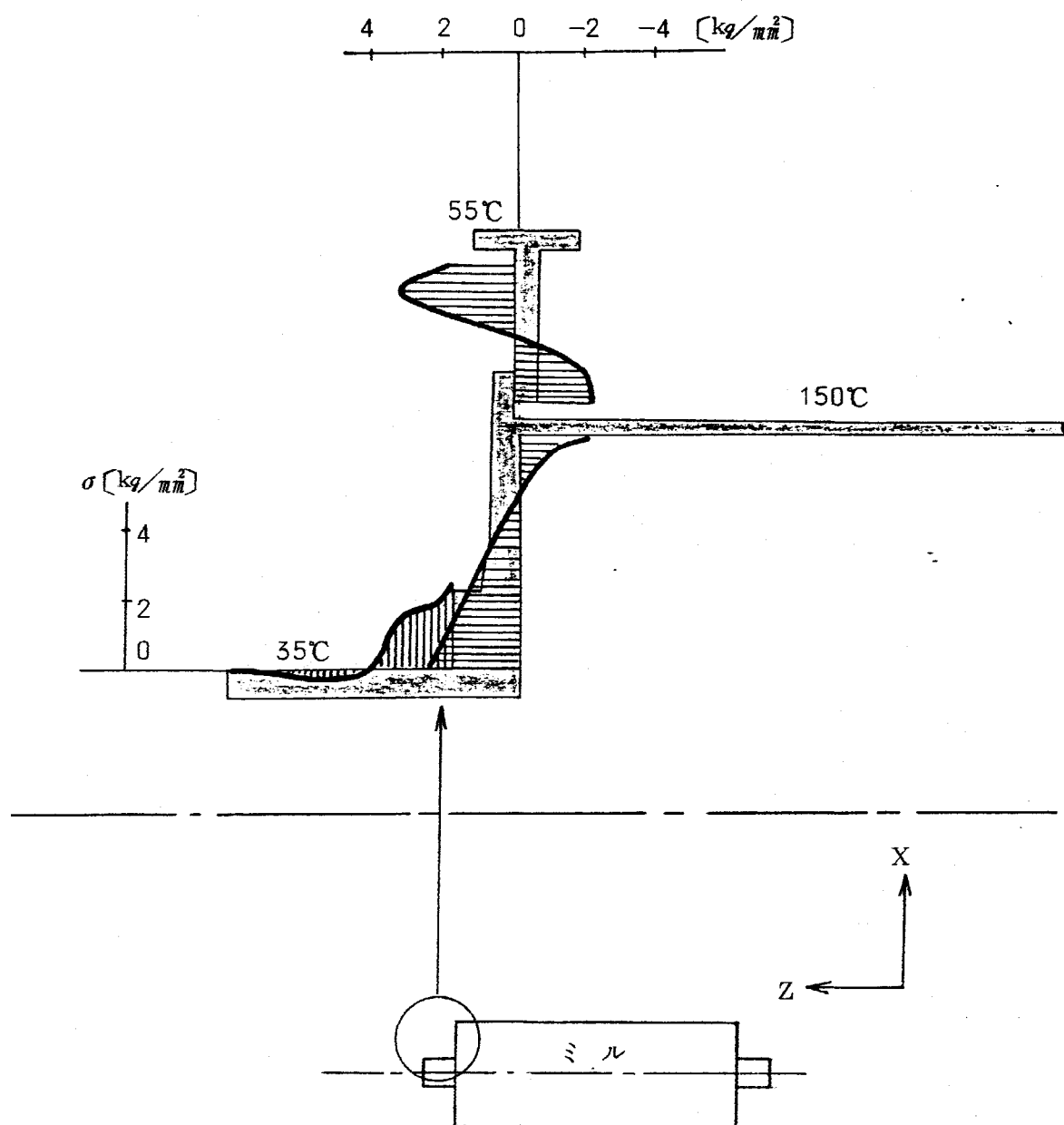


図 5-26 熱応力計算結果 (X-Z 面内応力)

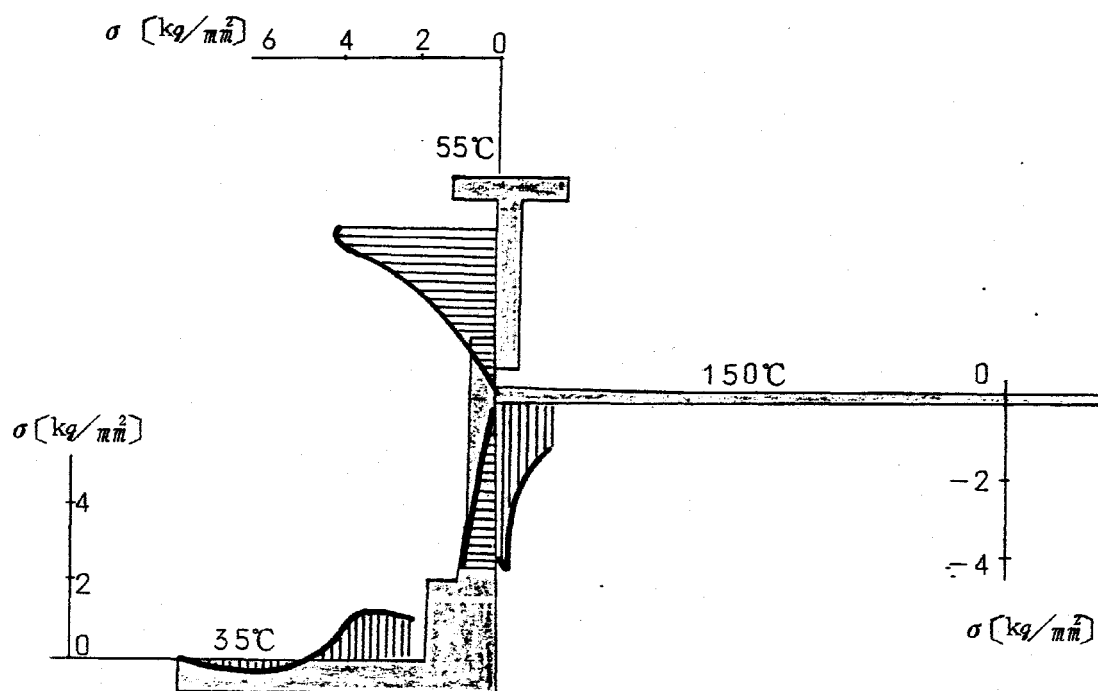


圖 5-27 熱応力計算結果（表面円周方向応力）

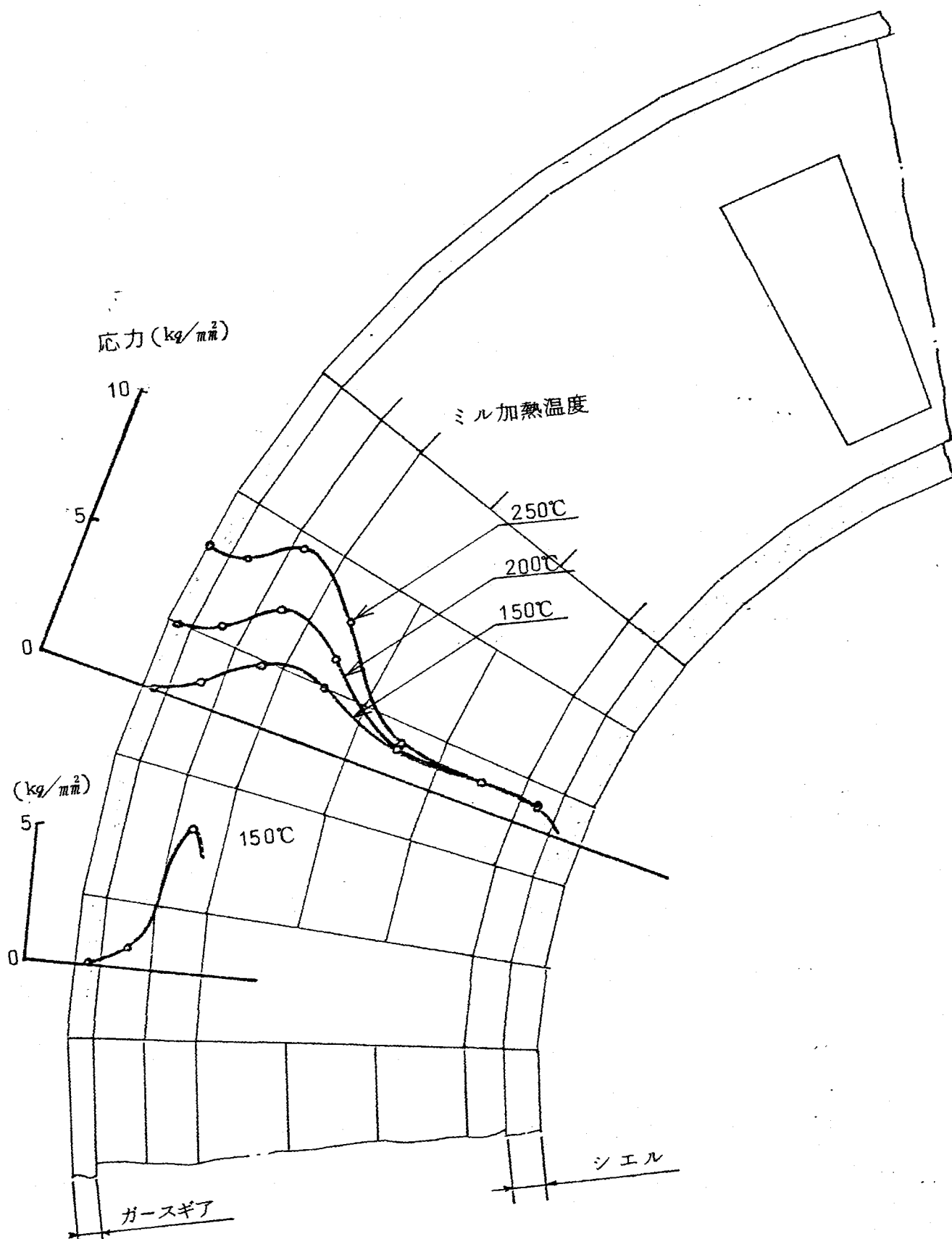


図 5-28 ガスギア応力分布図

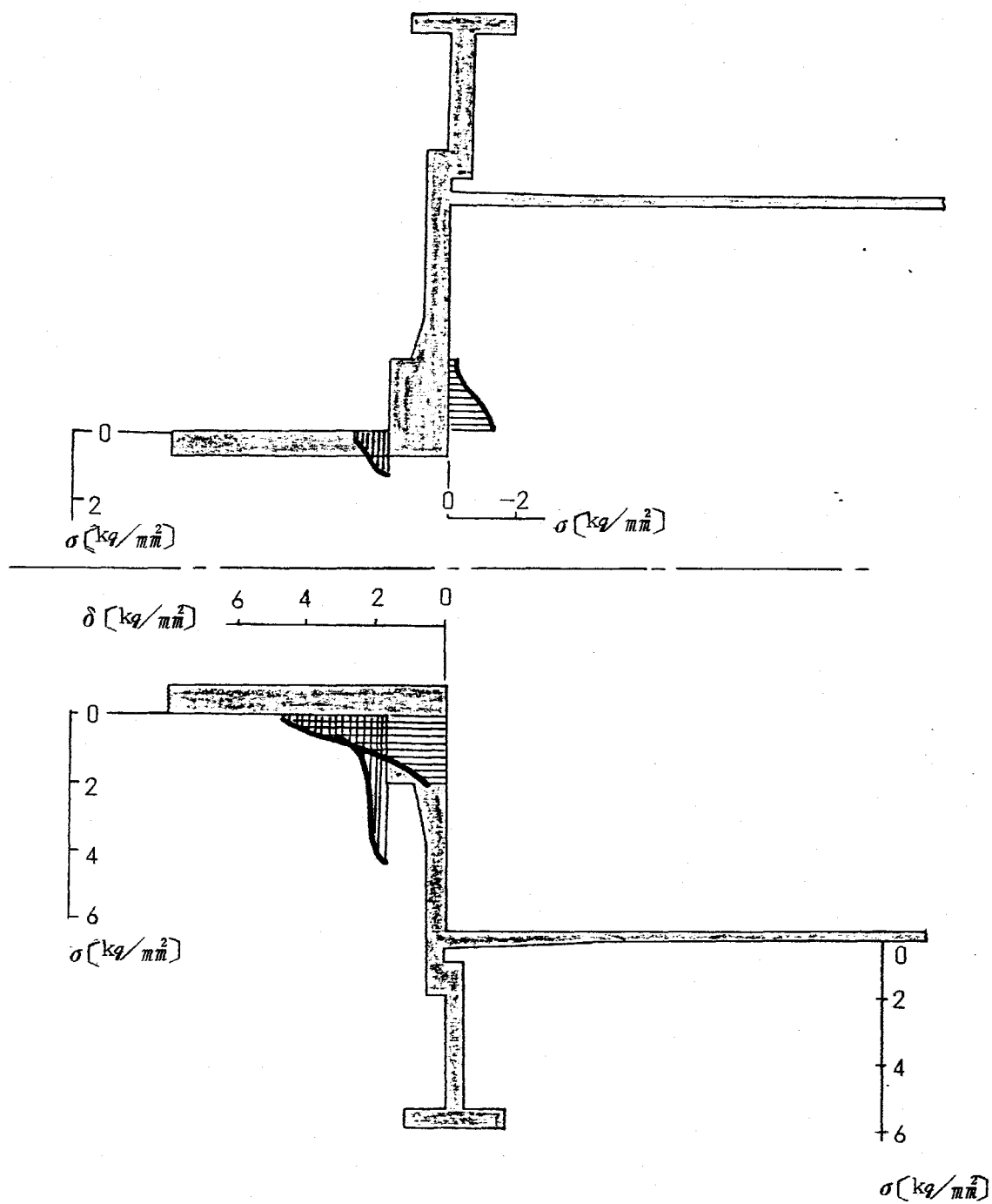


圖 5-29 応力解析結果(重力荷重)

5.5 スラリー比熱測定結果

スラリー比熱測定結果を図 5-30 に示す。

スラリーおよび石炭比熱のいずれの場合も、石炭濃度および水分量に変化が生じて、溶剤、石炭および水の比熱の加成的計算により推定する。

なお、脱晶アントラセン油スラリーの場合、ピークが認められるが、これは晶出物の溶解によるものと考えられる。

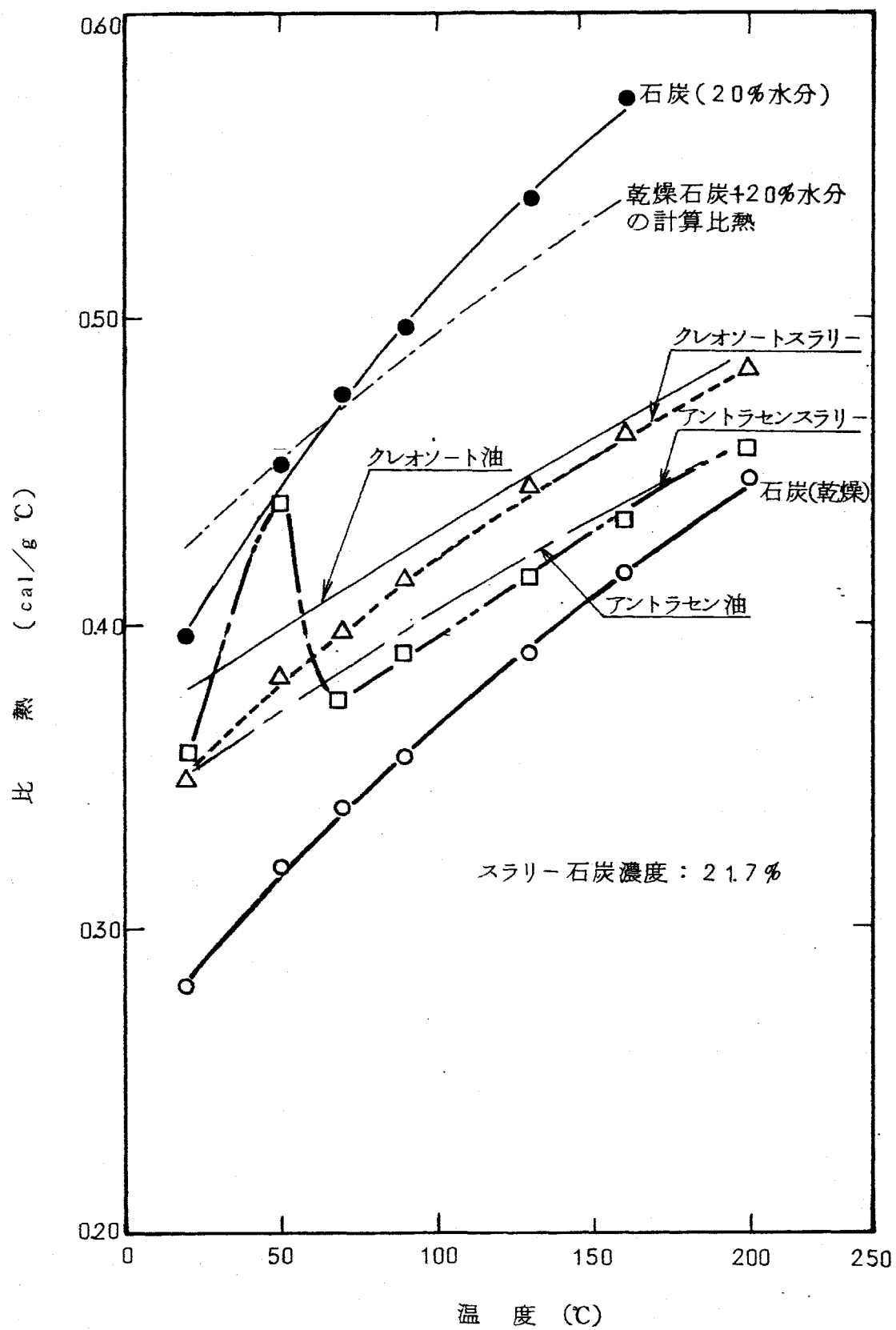


図 5-30 スラリー比熱測定結果

6. 考 察

6.1 ミル粉碎性について

実験結果によれば、ミル粉碎性はスラリー調製温度によらず、ほぼ一定の値を示す。この傾向は、石炭・重油スラリーにおいて認められているスラリー調製温度の上昇に伴い粉碎性が向上する傾向と異なる。

図6-1および6-2にスラリー調製温度と粘度の関係を示す。スラリー粘度は図6-2に示すDシリーズの高温部を除き、スラリー調製温度にかかわらずほぼ一定となつている。すなわちミル粉碎性がスラリー調製温度にかかわらずほぼ一定であるのは、スラリー粘度が調製温度にかかわらずほぼ一定であることによると推定される。

液化原料スラリー調製の場合、その調製温度はCOMの場合より高く、溶剤の蒸発による性状変化が無視できない。すなわち、調製温度の上昇は、それによる粘度の低下と軽質分の蒸発による粘度上昇の相反する効果をスラリーに与え結果として一定粘度になつていると考えられる。

なおスラリーのハンドリング性についても粉碎性と同様、100～180℃の間では粘度があまり変化しないことから、ほぼ同様のハンドリング性を示すものと考えられる。

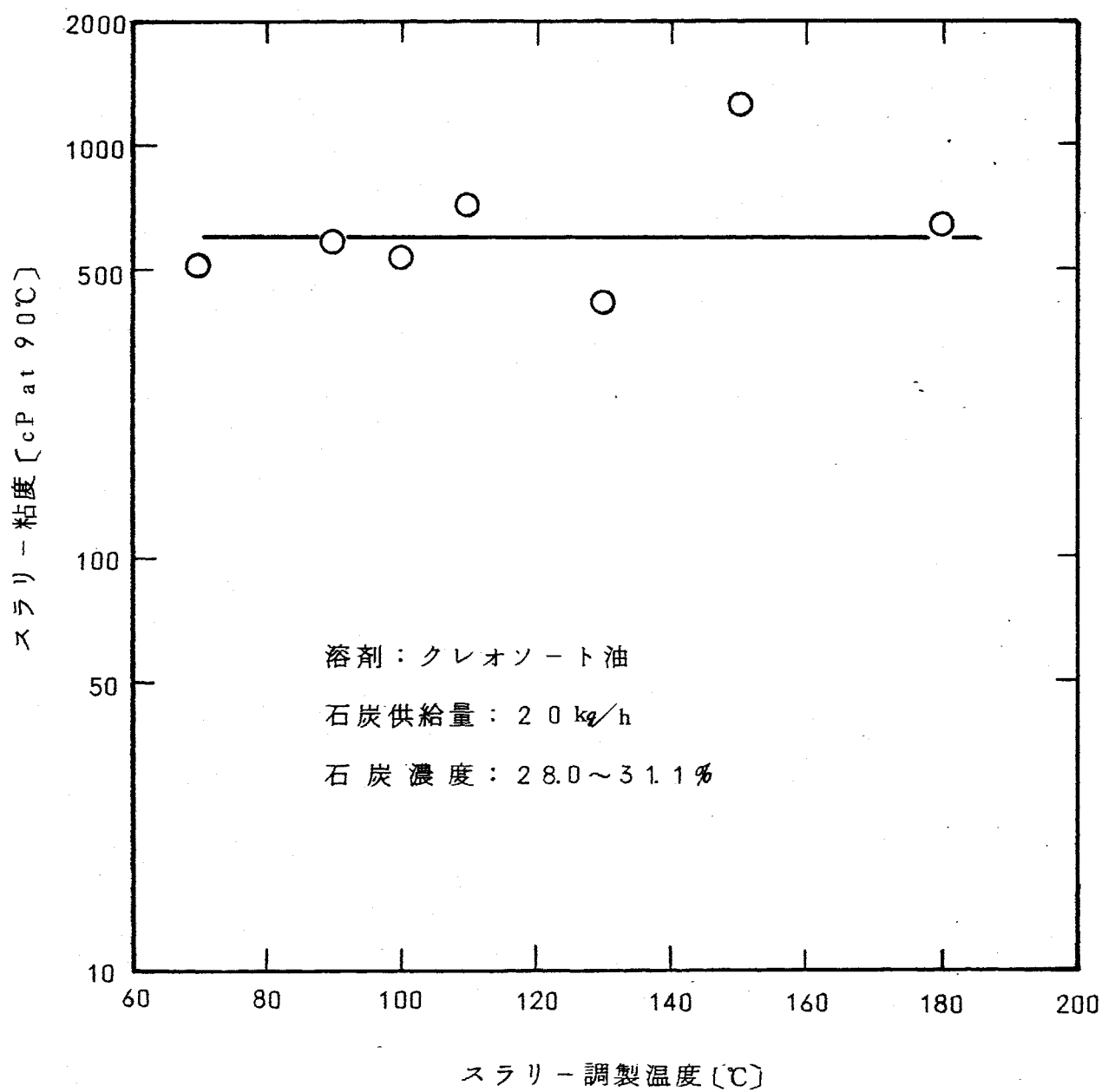


図 6 - 1 スラリー調製温度と粘度の関係 (Oシリーズ)

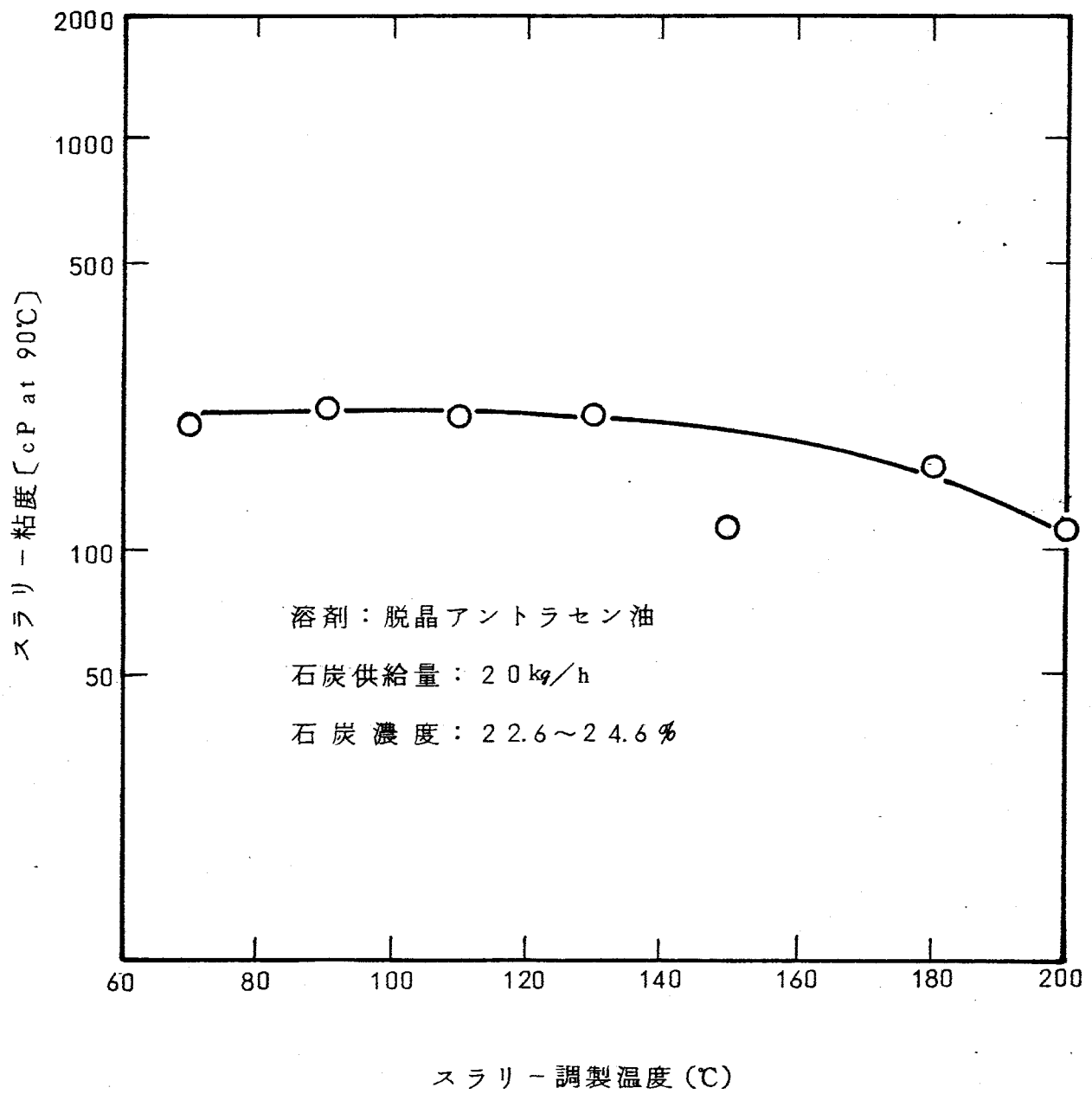


図 6 - 2 スラリー調製温度と粘度の関係 (Dシリーズ)

6.2 最適性状スラリーの調製条件について

ミル粉碎性は前述のごとく、スラリー調製温度 100~180℃
でほぼ一定である。

ミル脱水性についても、スラリー調製温度 100℃以上で、スラリー
中残留水分量が 1% 以下と極めて低く十分なものとなつている。
一方、液化反応性分析結果によれば、高温湿式調製されたスラリー
中の石炭は、スラリー調製温度の上昇に伴い、含酸素官能基の
離脱がやや認められるようになり、溶剤は脱晶アントラセン油が
若干高分子量化する傾向を示すも、基本的な変質は認められず、
また触媒も変質しないことがわかつた。

石炭の O/C 比の低下と含酸素官能基の離脱が生じることが液化反
応工程にとつて好都合ならば、スラリーの予熱効果も期待できる
ので、より高温でスラリー調製する意義が認められる。この場合、
湿式法は、石炭の空気酸化が極めてわずかであることもメリット
となる。しかし、上述の意義が小さい場合はむしろ 100~150℃
でスラリー調製する方が経済的といえる。

なお、湿式法では、調製可能な最小溶剤・石炭比は 2 (最高石炭
濃度は 33.3%) であり、しかも、この場合のミル粉碎性は高溶剤・
石炭比の場合よりむしろ良好である。

6.3 システムの安全性について

高温油中粉碎装置のスラリー調製時のミル出口ガスの直接的分析に加えて実験室での排気モデル実験を実施し、併せて湿式スラリー調製システムの安全性を考察する。

図6-3に排気モデル装置の構成を、そして実験条件および試料名称を表6-1に示す。

試験手順は以下に示す通りである。

- (1) 室温にて溶剤を330gフラスコ内にそして石炭(3mm以下, 水分28.7%)60gおよび触媒(Fe_2O_3)9gを投入口にそれぞれ仕込む。
- (2) 全系内を N_2 ガスで十分置換する。(置換後バッグ内のガスは除去しておく。)
- (3) 原料溶剤を攪拌しつつ所定温度(90℃, 110℃, 150℃, 200℃)まで昇温する。
- (4) 溶剤が150℃そしてガスが所定温度に到達した後キャリアガスとして N_2 を1340Ncc/min通ガスしつつ石炭, 触媒を投入し, スラリーとする。
- (5) 20分間定常保持する。
- (6) 通ガスを停止し, 室温まで冷却する。
- (7) 凝縮性ガスおよび非凝縮性ガスをそれぞれインピンジャーおよびテトラバッグ(1ℓ)にサンプリングする。
- (8) 通ガス量を湿式ガスメーターで実測する。

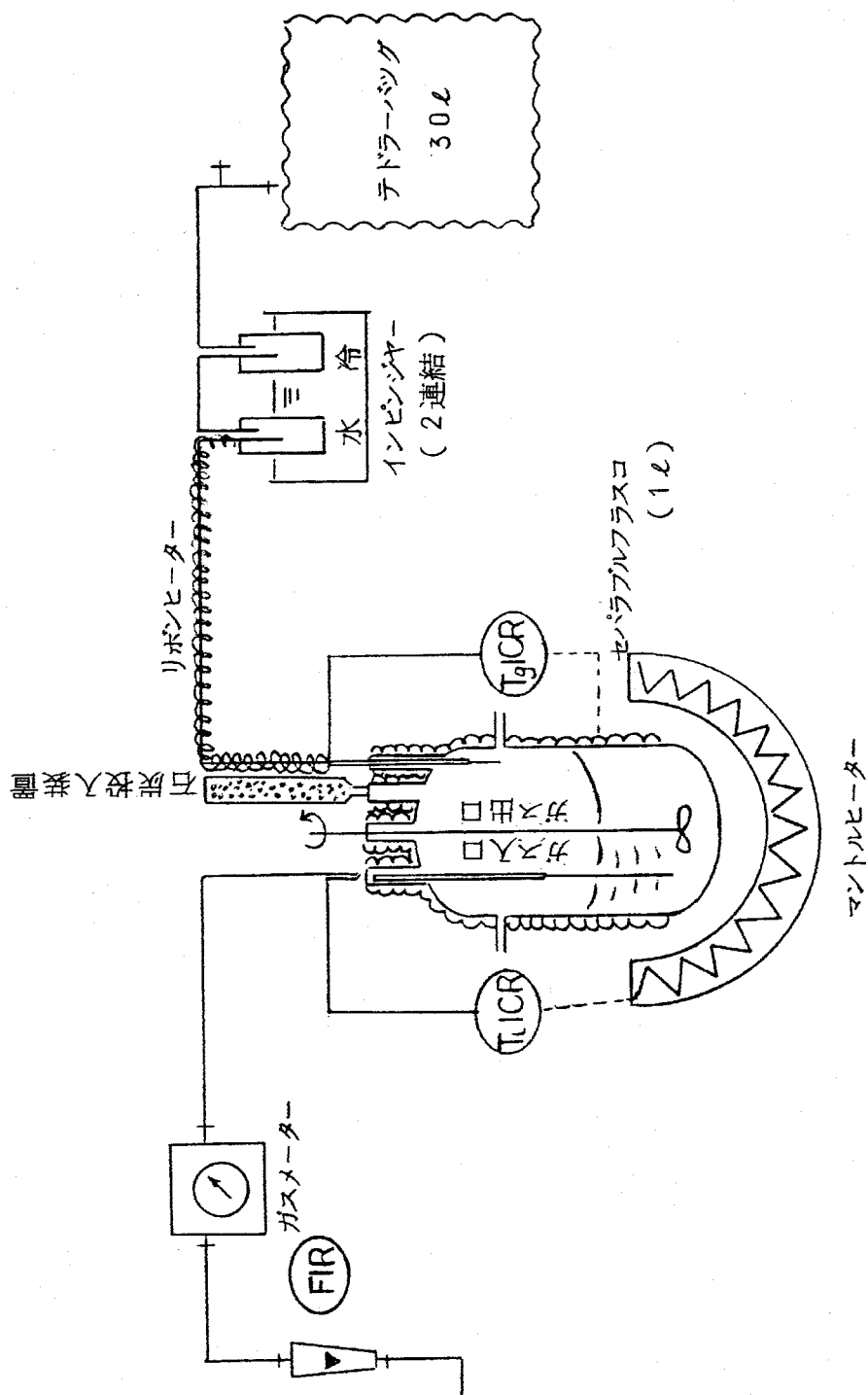


図 6-3 排気モデル装置の構成

表 6-1 排気モデル試験条件および試料名称

スラリー温度〔℃〕		90	110	150	200
雰囲気ガス温度〔℃〕		70	90	125	180
クレオソート油	単 味	S ₉	S ₁₁	S ₁₅	S ₂₀
	スラリー	CS ₉	CS ₁₁	CS ₁₅	CS ₂₀
脱晶アントラセン油	単 味	A ₉	A ₁₁	A ₁₅	A ₂₀
	スラリー	CA ₉	CA ₁₁	CA ₁₅	CA ₂₀

計測，分析項目および方法は表 6 - 2 の通りである。

表 6 - 3 に試験結果をまとめて示す。

非凝縮性ガスのうち，CO および H₂ の発生は微量である。O₂ および CO₂ 発生量はスラリー調製温度の上昇に伴つて，増加している。この結果はミル出口ガス分析および液化反応性分析結果と一致している。

表 6 - 3 の結果をもとに，高温油中粉碎装置の主要部におけるガス組成・濃度を算出し，安全性を検討した。図 6 - 4 に検討のための前提条件を示す。

① 湿式ミル内および凝縮器までのダクト部

表 6 - 4 に検討結果を示す。なお算出式は次のとおりである。

非凝縮性ガス成分濃度

$$= \frac{(\text{非凝縮性ガス量}) \times (\text{各ガス成分濃度} - \text{分析値})}{(\text{非凝縮性ガス量}) + (\text{凝縮性ガス量})} \times \frac{1}{150} \dots (1)$$

凝縮性ガス成分濃度

$$= \frac{(\text{非凝縮性ガス量}) \times (\text{各成分濃度} - \text{非凝縮性ガス分析値})}{(\text{非凝縮性ガス量})} \times \frac{1}{150} \dots (2)$$

ここで，150 の数値はモデル装置と 20kg/h 装置の供給石炭および通ガス量の差から求めたスケール比である。

可燃性ガスは石炭および溶剤から多種類のものが放出されるがいずれも微量であり吸引空気・脱水蒸気に薄められ濃度は低く通ガス中の爆発の危険性はきわめて低い。最も濃度の高い水素でも爆発下限界は 1/100000 以下である。

表6-2 分析・計測項目および方法

項 目	方 法	備 考
① 温 度 ア. 溶 剤 温 度 イ. フラスコ内ガス温度	CA 熱 電 対 "	
② 発生ガス ア. ガス量 イ. 濃 度 N_2 O_2 H_2O CO CO_2 H_2 CH_4 ($m=2\sim 10$) $C_n H_n$ H_2S	実測および計算 ガ ス ク ロ 法 " " " " " " " " "	フローメーターおよび 湿式ガスメーター TCD " " " " " FID " FPD
③ 凝縮液 ア. 液 量 イ. 組 成	メスシリンダーにて計測 ガ ス ク ロ 法	FID

③ 可燃性ガス処理対策

	比重	成分
Coal	0.44	20%
Catalyst	0.67	—
Oil	1.10	—

Mass Ht Co:Ca:O=30:3:67

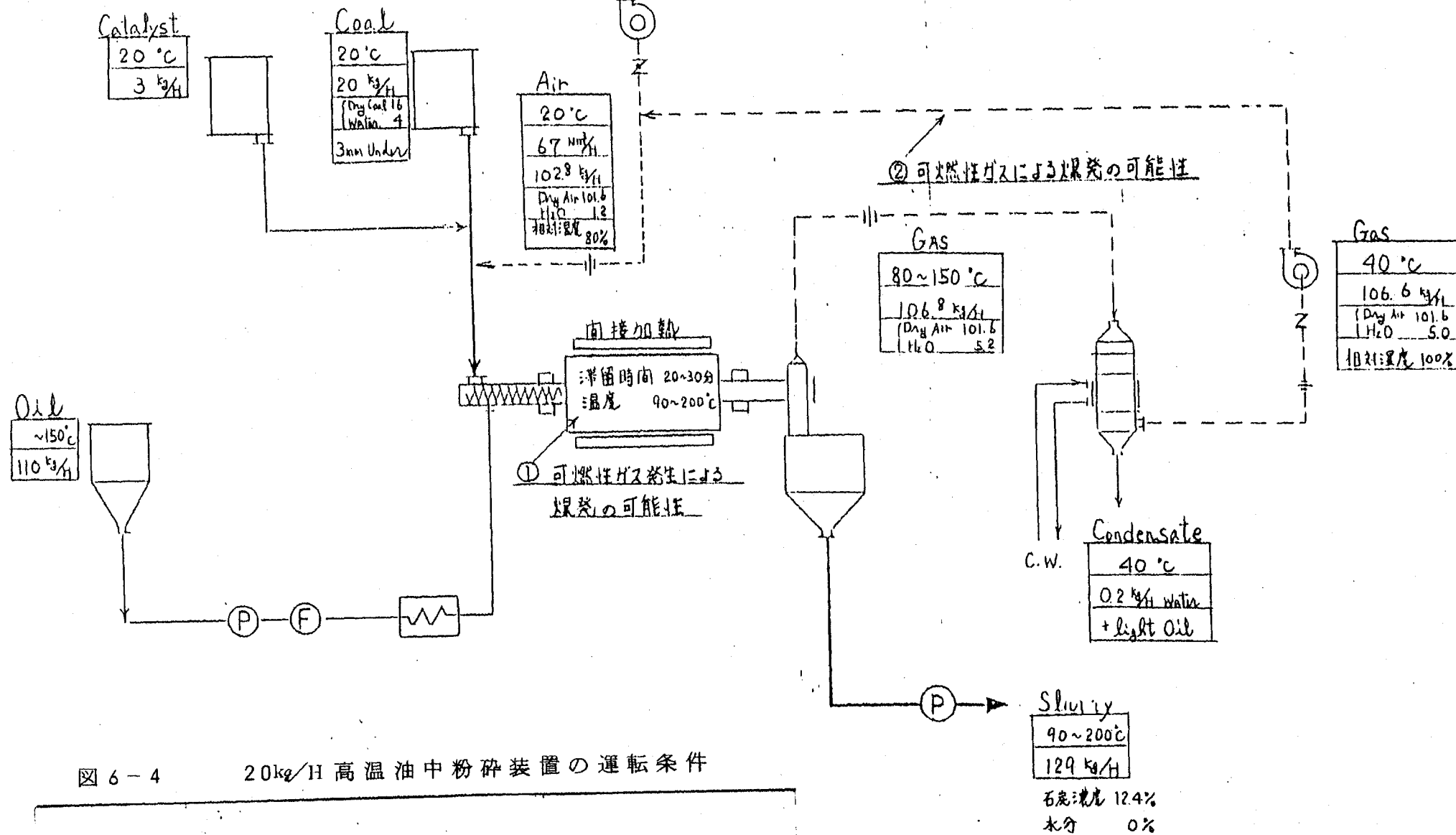


図 6-4 20kg/H 高温油中粉碎装置の運転条件

表 6 - 3 各試験条件におけるガス，液のサンプリング量および分析結果一覧

試 験 記 号	温 度		テドラバッグ捕集ガス （非凝縮ガス）																				インピンジャー捕集液 （凝縮液）																	
	℃		サンプリング 量 ml	%				PPM																サンプリング 量 g	g	mg														
	スラリー	ガス		N ₂	O ₂	H ₂ O	CO ₂	CO	H ₂	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₆ H ₆	C ₇ H ₈	C ₈ H ₁₀	H ₂ S			H ₂ O	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉	C ₂₀	C ₂₁	C ₂₂
CS-9	90	70	26370	99.11	0.11	0.54	0.03	<50	<50	<5	<3	<1	<1	34	0.2 %	7	<1	9	57	276	123	8	15	6.005	3.670	22.0	285	301	1290	61.9	207	116	20.9	465	21.5	377	<0.05	1.24	—	
CS-11	110	90	27010	97.83	0.13	0.54	0.05	<50	<50	<5	<3	<1	<1	38	1.44 %	133	<1	1	33	267	102	7	7	8.197	4.032	93.5	527	467	2010	163	404	330	69.6	185	66.3	11.0	0.12	4.02	0.05	
CS-15	150	125	27860	99.20	0.12	0.56	0.11	<50	<50	<5	<3	<1	<1	52	58	17	<1	17	81	296	110	28	44	13.343	3.002	236	1040	907	4660	573	1180	1080	243	87.0	270	44.5	0.57	18.6	167	
CS-20	200	180	27800	99.05	0.15	0.56	0.23	<50	<50	<5	<3	<1	<1	45	418	11	<1	22	247	269	111	13	130	15.424	2.915	115	682	706	4660	715	1770	2150	611	234	787	164	366	97.1	14.7	
CS-9	90	70	24210	99.39	0.16	0.42	0.03	<50	<50	<5	<3	<1	<1	<1	120	3	<1	1	32	14	18	10	5	4.363	3.594	1.20	9.89	29.3	305	26	343	25.6	5.56	2.17	114.2	48.3	0.10	1.72	—	
CS-11	110	90	26260	99.28	0.17	0.49	0.04	<50	<50	<5	<3	<1	<1	<1	165	6	<1	4	51	12	12	4	12	5.404	4.614	<0.05	4.66	19.0	254	22.6	394	37.6	9.99	4.66	28.1	8.08	0.74	6.40	0.08	
CS-15	150	125	26640	99.10	0.22	0.58	0.08	<50	<50	<5	<3	<1	<1	<1	139	3	<1	3	63	10	10	3	13	7.443	5.721	0.84	16.1	43.0	494	44.6	831	83.1	29.9	17.0	94.8	35.5	0.99	28.5	3.00	
CS-20	200	180	23880	98.90	0.30	0.55	0.24	<50	<50	<5	<3	<1	<1	<1	24	6	<1	11	255	8	8	4	58	9.522	4.807	1.07	18.9	53.3	871	135	2060	295	120	81.4	471	261	29.6	27.0	47.6	
A-9	90	70	27640	99.30	0.18	0.50	<10 PPM	<50	<50	<5	<3	<1	<1	<1	305	<1	<1	1	40	5	5	2	2	0.361	0.061	<0.05	0.05	3.83	82.8	6.85	176	11.0	2.37	0.73	6.84	2.23	0.15	1.50	—	
A-11	110	90	27370	98.99	0.20	0.80	<10 PPM	<50	<50	<5	<3	<1	<1	<1	7	<1	<1	1	33	5	5	1	2	0.685	0.063	<0.05	3.18	13.4	18.6	22.6	336	26.5	6.94	2.92	17.0	4.55	0.10	2.71	—	
A-15	150	125	25690	99.20	0.19	0.59	<10 PPM	<50	<50	<5	<3	<1	<1	<1	213	<1	<1	1	29	7	7	2	2	1.086	0.060	<0.05	8.66	23.1	28.6	48.6	511	45.9	17.0	8.29	48.5	16.1	0.37	11.3	0.94	
A-20	200	180	25460	99.32	0.11	0.56	80 PPM	<50	<50	<5	<3	<1	<1	<1	630	<1	<1	3	84	18	25	13	27	2.675	0.056	1.32	18.8	37.1	491	75.5	1200	180	67.3	4.58	25.3	11.4	4.80	11.4	16.4	
S-9	90	70	26680	99.31	0.11	0.57	16 PPM	<50	<50	<5	<3	<1	<1	44	198	8	<1	4	49	200	60	14	4	1.477	0.050	21.4	214	192	755	42.7	113	61.0	11.1	2.27	11.5	1.59	<0.05	0.72	—	
S-11	110	90	32520	99.20	0.23	0.56	16 PPM	<50	<50	<5	<3	<1	<1	69	26	7	<1	9	52	268	88	7	4	3.299	0.099	107	494	37.9	1610	100	265	17.4	31.4	6.94	2.66	41.4	0.05	1.21	—	
S-15	150	125	26670	99.48	0.09	0.42	19 PPM	<50	<50	<5	<3	<1	<1	56	80	7	<1	6	52	369	132	24	21	8.652	0.055	138	814	78.5	3960	488	994	90.6	20.2	64.4	19.7	33.8	0.27	9.89	0.87	
S-20	200	180	25140	97.51	0.11	0.59	39 PPM	<50	<50	<5	<3	<1	<1	51	1.78 %	<1	<1	18	86	329	129	14	73	10.303	0.071	194	892	87.8	4850	63.6	1240	99.7	21.7	69.7	20.9	33.5	0.68	1.31	1.18	

表 6 - 4 湿式ミル内および凝縮器までのダクトのガス組成の推算結果

組成 原料	AIR	H ₂ O	CO ₂	CO	H ₂	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉	C ₂₀	C ₂₁	C ₂₂	C ₆ H ₆	C ₇ H ₈	C ₈ H ₁₁
	[%]			PPM																										
CS-9	97.20	2.75	0.30	0.29	0.29	0.03	0.02	<0.01	<0.01	0.19	0.0012 %	0.04	<0.01	12.85	156.33	149.76	587.60	261.04	81.02	42.43	71.76	1.51	6.57	1.09	0.02	0.31	—	1.55	0.69	0.05
CS-11	96.75	3.17	0.05	0.29	0.29	0.03	0.02	<0.01	<0.01	0.22	0.0080 %	0.76	<0.01	40.40	290.19	243.36	963.04	72.18	164.32	126.88	25.06	6.27	213.2	33.4	0.03	1.10	0.01	1.48	0.58	0.04
CS-15	97.56	2.31	0.11	0.30	0.30	0.03	0.02	<0.01	<0.01	0.31	0.35	0.10	<0.01	138.13	510.49	434.42	2043.70	232.19	444.05	379.85	80.29	26.96	79.29	1.24	0.15	4.69	0.40	1.79	0.66	0.17
CS-20	97.47	2.28	0.23	0.31	0.31	0.03	0.02	<0.01	<0.01	0.28	2.59	0.06	<0.01	69.88	374.43	351.00	2035.0	301.40	694.10	792.00	209.00	75.79	239.80	47.60	1.01	23.30	3.68	1.66	0.68	0.08
CA-9	97.06	2.89	0.03	0.31	0.31	0.03	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	0.75	0.02	<0.01	0.87	6.50	17.21	163.17	12.87	157.62	11.05	2.28	0.83	5.11	16.4	0.03	0.53	—	0.09	0.11	0.06
CA-11	96.20	3.74	0.04	0.29	0.29	0.03	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	0.97	0.04	<0.01	0.08	3.03	11.12	136.09	11.23	181.44	16.20	4.05	1.17	10.11	2.75	0.24	1.98	0.02	0.07	0.07	0.03
CA-15	94.80	5.10	0.08	0.27	0.27	0.03	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	0.77	0.02	<0.01	0.67	116.8	27.41	289.80	24.28	418.95	38.96	13.16	7.04	37.08	13.16	0.35	9.58	0.96	0.05	0.05	0.02
CA-20	94.96	4.76	0.24	0.29	0.29	0.03	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	0.14	0.04	<0.01	1.07	17.34	40.93	614.46	860.1	1242.60	166.44	636.1	40.70	222.30	116.28	125.4	109.21	18.35	0.05	0.05	0.02
A-9	99.48	0.50	<10 PPM	0.33	0.33	0.03	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	2.05	<0.01	<0.01	<0.01	0.26	0.05	1.06	0.08	19.3	0.11	0.02	<0.01	0.06	0.02	<0.01	0.01	—	0.03	0.03	0.01
A-11	99.18	0.80	<10 PPM	0.33	0.33	0.03	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	0.30	0.26	3.39	0.38	5.30	0.39	<0.01	<0.01	0.21	<0.01	<0.01	0.03	—	0.03	0.03	<0.01
A-15	99.39	0.59	<10 PPM	0.35	0.35	0.03	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	1.46	<0.01	<0.01	<0.01	0.48	0.68	7.67	1.20	11.76	1.00	0.34	0.16	0.87	0.27	<0.01	0.17	<0.01	0.05	0.05	0.01
A-20	99.42	0.56	80 PPM	0.36	0.36	0.03	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	4.47	<0.01	<0.01	0.11	1.75	2.07	25.06	35.6	528.1	7.39	2.59	1.65	8.72	3.68	0.14	3.34	0.46	0.13	0.18	0.09
S-9	99.41	0.57	16 PPM	0.33	0.33	0.03	0.02	<0.01	<0.01	0.29	1.31	0.05	<0.01	1.60	14.66	11.71	42.32	2.21	5.44	2.74	0.47	0.09	0.43	0.07	<0.01	0.02	—	1.32	0.39	0.09
S-11	99.42	0.56	16 PPM	0.28	0.28	0.03	0.02	<0.01	<0.01	0.39	0.15	0.04	<0.01	5.45	22.82	15.82	61.58	35.3	8.69	5.34	0.90	0.19	0.68	0.10	<0.01	0.03	—	1.51	0.50	0.05
S-15	99.55	0.43	19 PPM	0.33	0.33	0.03	0.02	<0.01	<0.01	0.37	0.53	0.05	<0.01	25.41	134.50	117.52	546.00	61.98	117.52	100.00	20.90	6.23	18.20	2.96	0.02	0.76	12.27	2.45	0.88	0.16
S-20	99.34	0.61	39 PPM	0.35	0.35	0.03	0.02	<0.01	<0.01	0.35	0.011 %	<0.01	<0.01	48.72	201.40	180.36	816.92	110.16	200.88	151.20	30.78	9.29	26.35	4.01	0.08	1.07	0.12	2.25	0.87	0.09

② 凝縮器以降のダクト部

表 6 - 5 に検討結果を示す。算出式は次のとおりである。

各成分濃度

$$= \frac{(\text{非凝縮性ガス量}) \times (\text{各成分濃度} - \text{非凝縮性ガス分析値})}{(\text{非凝縮性ガス量})} \times \frac{1}{150}$$

凝縮器において主として水蒸気が凝縮する結果、非凝縮性の可燃性ガス濃度はわずかに増加するが、爆発の危険性は極めて小さい。

表 6 - 5 凝縮器以降のガス組成の推算結果

組成 原料	AIR	H ₂ O	CO ₂	CO	H ₂	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₆ H ₆	C ₇ H ₈	C ₈ H ₁₁
	%			PPM														
CS-9	99.41	0.54	0.03	0.35	0.35	0.03	0.02	<0.01	<0.01	0.24	<0.01	0.05	<0.01	0.06	0.04	1.91	0.85	0.06
CS-11	99.39	0.54	0.05	0.34	0.34	0.03	0.02	<0.01	<0.01	0.26	0.010 %	0.92	<0.01	<0.01	0.23	1.86	0.707	0.05
CS-15	99.32	0.56	0.11	0.35	0.35	0.04	0.02	<0.01	<0.01	0.37	0.41	0.12	<0.01	0.12	0.58	2.11	0.78	0.20
CS-20	99.20	0.56	0.23	0.36	0.36	0.04	0.02	<0.01	<0.01	0.33	3.07	0.08	<0.01	0.16	1.82	1.97	0.81	0.10
CA-9	99.54	0.42	0.03	0.37	0.37	0.04	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	0.89	0.02	<0.01	<0.01	0.23	0.10	0.13	0.07
CA-11	99.46	0.49	0.04	0.36	0.36	0.04	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	1.19	0.04	<0.01	0.03	0.37	0.09	0.09	0.03
CA-15	99.30	0.58	0.08	0.35	0.35	0.03	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	0.97	0.02	<0.01	0.02	0.44	0.07	0.07	0.02
CA-20	99.20	0.55	0.24	0.38	0.38	0.04	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	0.18	0.05	<0.01	0.08	1.94	0.06	0.06	0.03
A-9	99.49	0.50	<10 PPM	0.33	0.33	0.03	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	2.05	<0.01	<0.01	<0.01	0.27	0.03	0.03	0.01
A-11	99.19	0.80	<10 PPM	0.34	0.34	0.03	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	0.23	0.03	0.03	<0.01
A-15	99.40	0.59	<10 PPM	0.35	0.35	0.03	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	1.49	<0.01	<0.01	<0.01	0.20	0.05	0.05	0.01
A-20	99.43	0.56	80 PPM	0.36	0.36	0.04	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	4.54	<0.01	<0.01	0.02	0.60	0.13	0.18	0.09
S-9	99.42	0.57	16 PPM	0.33	0.33	0.03	0.02	<0.01	<0.01	0.30	1.33	0.05	<0.01	0.03	0.33	1.34	0.40	0.09
S-11	99.43	0.56	16 PPM	0.28	0.28	0.03	0.02	<0.01	<0.01	0.40	0.15	0.04	<0.01	0.05	0.30	1.54	0.50	0.04
S-15	99.57	0.42	19 PPM	0.34	0.34	0.03	0.02	<0.01	<0.01	0.39	0.55	0.05	<0.01	0.04	0.36	2.56	0.92	0.17
S-20	99.38	0.59	39 PPM	0.36	0.36	0.04	0.02	<0.01	<0.01	0.37	0.013 %	<0.01	<0.01	0.13	0.62	2.37	0.93	0.10

6.4 装置化技術について

20 kg/h 試験装置および排気モデルによる実験的検討ならびにミルハードの解析的検討により、液化原料スラリーを湿式法により安全に調製するための実用規模プラントの装置化技術を確立しうる見通しを得た。

悪臭ガスおよび排水について環境基準を超える成分が発生する可能性が示されたが、これらは液化プラントにおいて発生する排ガスおよび排水に比べ十分少量であると考えられ、従来技術で十分対応できると思われる。

今後、さらに検討すべき課題としては以下の項目が挙げられる。

(1) 溶剤の蒸発が大きい場合のシステム構成の検討

本研究では受入れのままの生の溶剤を使用したので、調製温度 150℃ 以上で、溶剤の蒸発が著しく、ドレーン中へ蒸発溶剤が凝縮する結果となつた。この溶剤の蒸発を装置上どう処理すべきかは今後の課題である。

(2) リサイクルスラリーを用いた最適スラリー調製条件の検討

リサイクルスラリーを溶剤とする場合は、その性状が本研究の受入れのままの溶剤のそれと異なるので、別途検討の必要がある。

(3) 一次脱水炭の水分含有量とスラリー残留水分量の関係の検討

本研究においては水分量 30% 程度の脱水炭を原料としたが、この場合スラリー中残留水分は調製温度 100℃ 以上で 1% 以下に低下し、湿式スラリー調製法が十分な脱水性を有することがわかつた。

より水分量の高い脱水炭を原料炭とした場合、スラリー中残留水分がどのような値となるか、スラリー調製温度との関係で定量的に把握することは液化原料スラリーの水分コントロールならびに脱水プロセスの経済性から重要である。

- (4) 経済性の観点からミル出口ガスのリサイクルによる排熱回収ならびにスラリー予熱装置も考慮したスラリー調製システムの検討

本実験の場合、排気ガスはリサイクルせず、大気中へ放散した。省エネルギーの観点から、排気ガスをリサイクルするシステムとすることが望しい。また、熱エネルギーの効率的利用から、スラリー調製温度は、予熱器と併せて検討する必要がある。

〔添 付〕

試 験 デ ー タ 集

1. スラリー調製試験データ集
2. スラリー中石炭粒度分布

付表 1 スラリー調製試験データ表

試験番号		C 1	C 2	C 3	C 8	C 9	C 10	C 22
石炭 / 溶剤		BC / クレオソート油	BC / クレオソート油	BC / クレオソート油	BC / クレオソート油	BC / クレオソート油	BC / クレオソート油	BC / クレオソート油
設定値	製品量(kg/h)	137	137	137	207	177	156	68.5
	石炭(C)供給量(kg/h)	20	20	20	30	30	30	10
	溶剤(S)供給量(kg/h)	114	114	114	171	141	120	57
	触媒(F)供給量(kg/h)	3	3	3	6	6	6	1.5
	C / S / F 比	15 / 83 / 2	15 / 83 / 2	15 / 83 / 2	14 / 83 / 3	17 / 80 / 3	19 / 77 / 4	15 / 83 / 2
運転データ	破碎炭温度(℃)	30	31.6	27.5	24	25.6	25	19.7
	溶剤温度(℃)	150	150	150	150	150	150	150
	スラリー温度(℃)	90	110	130	90	90	90	90
	排気温度(℃)	41	42	42	44	40	40	33
	ミルヒータ温度(℃)							
	外気温度乾球/湿球(℃)							
	湿度(%)							
	ドレン量(kg/h)							
分析値	破碎炭水分(%)	29.2	30.5	30.5	30.8	30.8	30.8	29.2
	石炭濃度(%)	21.1	21.8	22.9	19.5	22.2	26.6	23.7
	スラリー水分(%)	0.65	0.45	0.30	1.60	0.63	0.85	0.67
	スラリー粘度(90℃)(cP)	93	100	140	76	68	238	260
	スラリー比重(90℃)	1.12	1.10	1.13	1.07	1.13	1.13	1.11
	スラリー比熱(90℃)							
	200メッシュ以下	83.6	85.1	87.6	79.1	77.7	80.6	93.9
	48メッシュ以上	0.5	0.3	0.1	0.5	0.7	0.6	<0.1
	48~100メッシュ	3.6	3.1	2.1	5.2	6.5	4.7	0.8
	100~200メッシュ	12.3	11.5	10.2	15.2	15.1	14.1	5.3
	200~250メッシュ	4.1	4.6	4.3	5.2	4.3	4.0	2.7
	250~350メッシュ	8.6	8.8	8.6	10.6	9.7	9.3	7.9
	350メッシュ以下	70.9	71.7	74.7	63.3	63.7	67.3	83.3
備考								

付表2 スラリー調製試験データ表

試験番号		C30	C31	C32	C33	C34	C35	C36
石炭 / 溶剤		BC/クレオソート油	BC/クレオソート油	BC/クレオソート油	BC/クレオソート油	BC/クレオソート油	BC/クレオソート油	BC/クレオソート油
設定値	製品量(kg/h)	103	103	103	137	68.5	103	207
	石炭(C)供給量(kg/h)	20	20	20	20	10	20	30
	溶剤(S)供給量(kg/h)	80	80	80	114	57	80	171
	触媒(F)供給量(kg/h)	3	3	3	3	15	3	6
	C/S/F比	19/78/3	19/78/3	19/78/3	15/83/2	15/83/2	19/78/3	14/83/3
運転データ	破碎炭温度(℃)	30	31	30	31.8	23	31	24
	溶剤温度(℃)	150	150	150	150	150	150	150
	スラリー温度(℃)	70	90	100	100	110	110	114
	排気温度(℃)	39	39	40	42	34.8	41	45
	ミルヒータ温度(℃)							
	外気温度乾球/湿球(℃)							
	湿度(%)							
	ドレン量(kg/h)							
分析値	破碎炭水分(%)	25.9	25.9	28.3	29.2	29.2	28.3	26.9
	石炭濃度(%)	28.0	28.2	29.7	21.7	25.9	30.2	17.9
	スラリー水分(%)	2.16	1.08	0.75	0.57	0.38	0.48	0.43
	スラリー粘度(90℃)(cP)	510	580	530	120	420	720	34 40
	スラリー比重(90℃)	1.16	1.15	1.16	1.13	1.13	1.16	1.07
	スラリー比熱(90℃)							
	200メッシュ以下	87.4	87.2	89.1	86.5	94.2	88.6	75.2
	48メッシュ以上	0.3	0.2	0.2	0.3	<0.1	0.2	1.1
	48~100メッシュ	2.8	2.6	2.1	2.8	0.8	2.2	7.0
	100~200メッシュ	9.5	10.0	8.6	10.4	5.0	9.0	16.7
	200~250メッシュ	3.6	4.1	3.6	4.9	3.1	5.1	5.3
	250~350メッシュ	8.6	8.5	7.0	9.5	6.0	6.3	8.7
	350メッシュ以下	75.2	74.6	78.5	72.1	85.1	77.2	61.2
備考								

付表3 スラリー調製試験データ表

試 験 番 号		C 3 7	C 3 8	C 3 9	C 4 0	C 4 3	C 4 4	C 4 5	
石 炭 / 溶 剤		BC／クレオソート油	BC／クレオソート油	BC／クレオソート油	BC／クレオソート油	BC／クレオソート油	BC／クレオソート油	BC／クレオソート油	
設 定 値	製 品 量 (kg/h)	103	34.5	68.5	103.5	118	137	164	
	石 炭 (C) 供 給 量 (kg/h)	20	5	10	15	20	20	20	
	溶 剤 (S) 供 給 量 (kg/h)	80	28.5	57	85.5	94	114	140	
	触 媒 (F) 供 給 量 (kg/h)	3	1	1.5	3	4	3	4	
	C / S / F 比	19／78／3	14／83／3	15／83／2	14／83／3	17／80／3	15／83／2	12／85／3	
運 転 デ ー タ	破 碎 炭 温 度 (℃)	32	22.5	24.5	24	22.5	33.5	24	
	溶 剤 温 度 (℃)	150	150	150	150	150	150	150	
	ス ラ リ ー 温 度 (℃)	130	149	150	151	150	150	150	
	排 気 温 度 (℃)	44	33	36	38	40.8	45	42	
	ミルヒータ温度 (℃)								
	外気温度乾球／湿球 (℃)								
	湿 度 (%)								
	ド レ ン 量 (kg/h)								
分 析 値	破 碎 炭 水 分 (%)	28.3	27.6	29.2	28.2	29.0	28.3	29.0	
	石 炭 濃 度 (%)	33.1	33.2	31.0	29.4	31.1	26.2	18.9	
	ス ラ リ ー 水 分 (%)	0.38	0.06	0.20	0.14	0.09	0.27	0.08	
	スラリー粘度(90℃)(cP)	1620	1283	1690	630	1260	250	40 50	
	スラリー比重(90℃)	1.18	1.17	1.16	1.18	1.16	1.15	1.12	
	スラリー比熱(90℃)								
	粒 度 分 布 (%)	200 メツシュ以下	88.5	96.4	94.2	91.8	88.5	86.3	85.0
		48 メツシュ以上	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2
		48～100 メツシュ	2.3	0.6	1.0	1.3	2.3	2.8	3.3
		100～200 メツシュ	8.9	2.9	4.7	6.8	9.0	10.6	11.5
		200～250 メツシュ	3.8	1.6	2.6	3.1	3.8	3.8	4.4
		250～350 メツシュ	8.6	4.7	5.4	7.5	8.4	7.8	9.6
350 メツシュ以下		76.1	90.1	86.2	81.2	76.3	74.7	71.0	
備 考									

付表 4 スラリー調製試験データ表

試験番号		C 4 6	C 4 7	C 5 1	C 5 5	C 5 6	C 5 8	C 5 9	
石 炭 / 溶 剤		BC／クレオソート油	BC／クレオソート油	BC／クレオソート油	BC／クレオソート油	BC／クレオソート油	BC／クレオソート油	BC／クレオソート油	
設 定 値	製 品 量(kg/h)	2 0 4	2 0 7	1 3 7	1 1 7. 4	8 2. 4	2 0 6	1 6 4. 8	
	石 炭 (C) 供 給 量(kg/h)	2 0	3 0	2 0	2 0	2 0	2 0	2 0	
	溶 剤 (S) 供 給 量(kg/h)	1 8 0	1 7 1	1 1 4	9 4	6 0	1 8 0	1 4 0	
	触 媒 (F) 供 給 量(kg/h)	4	6	3	3. 4	2. 4	. 6	4. 8	
	C / S / F 比	1 0 / 8 8 / 2	1 4 / 8 3 / 3	1 5 / 8 3 / 2	1 7 / 8 0 / 3	2 4 / 7 3 / 3	1 0 / 8 7 / 3	1 2 / 8 5 / 3	
運 転 デ ー タ	破 碎 炭 温 度 (℃)	2 3	2 7. 5	3 3	2 6. 3	2 8. 0	3 1. 0	2 6	
	溶 剤 温 度 (℃)	1 5 0	1 5 0	1 9 0	1 5 0	1 5 0	1 5 0	1 5 0	
	ス ラ リ ー 温 度 (℃)	1 5 0	1 5 0	1 8 0	9 0	9 0	9 0	9 0	
	排 気 温 度 (℃)	4 3	4 6	4 8. 4	3 9. 5	4 1	4 0	4 1	
	ミ ル ヒ ー タ 温 度 (℃)								
	外 気 温 度 乾 球 / 湿 球 (℃)								
	湿 度 (%)								
	ド レ ン 量 (kg/h)								
分 析 値	破 碎 炭 水 分 (%)	29.0	27.5	29.3	31.2	31.2	28.8	30.0	
	石 炭 濃 度 (%)	13.9	25.2	29.0	26.3	33.4	14.3	14.6	
	ス ラ リ ー 水 分 (%)	0.13	0.28	0.10	1.03	1.22	0.45	0.92	
	スラリー粘度(90℃)(cP)	18 23	100	640	280	1370	17 26	24 37	
	スラリー比重(90℃)	1.09	1.13	1.18	1.12	1.14	1.05	1.05	
	スラリー比熱(90℃)								
	粒 度 分 布 (%)	200 メッシュ以下	76.7	72.9	87.5	84.3	85.4	74.9	79.3
		48 メッシュ以上	1.1	1.6	0.4	0.5	0.5	1.1	0.7
		48～100 メッシュ	6.5	8.4	2.8	3.5	3.3	7.3	5.3
		100～200 メッシュ	15.7	17.1	9.3	11.7	10.8	16.7	14.7
		200～250 メッシュ	6.2	5.8	3.5	4.4	3.8	5.3	6.8
		250～350 メッシュ	9.3	8.0	8.5	8.6	7.8	10.7	8.6
		350 メッシュ以下	61.2	59.1	75.5	71.3	73.8	58.9	63.9
備 考									

付表5 スラリー調製試験データ表

試験番号		C70	C71	C72	C73	C74	C75	C76
石炭 / 溶剤		BC/クレオソート油	BC/クレオソート油	BC/クレオソート油	BC/クレオソート油	BC/クレオソート油	BC/クレオソート油	BC/クレオソート油
設定値	製品量(kg/h)	150	214	224	176	118	124	152
	石炭(C)供給量(kg/h)	20	20	20	30	20	20	20
	溶剤(S)供給量(kg/h)	126	190	200	141	94	100	128
	触媒(F)供給量(kg/h)	4	4	4	6	4	4	4
	C/S/F比	13/84/3	9/89/2	9/89/2	17/80/3	17/80/3	16/81/3	13/84/3
運転データ	破碎炭温度(℃)	21	17.0	18.0	19.0	22.5	9	9
	溶剤温度(℃)	150	150	150	150	150	150	150
	スラリー温度(℃)	91	90	90	110	130	150	150
	排気温度(℃)	35	31.5	33	37	38	33.5	34
	ミルヒータ温度(℃)							
	外気温度乾球/湿球(℃)							
	湿度(%)							
	ドレン量(kg/h)							
分析値	破碎炭水分(%)	27.1	25.3	25.3	25.3	30.0	34.2	25.2
	石炭濃度(%)	18.6	11.7	9.0	21.1	29.1	27.4	20.5
	スラリー水分(%)	0.15	0.33	0.23	0.33	0.16	0.16	0.09
	スラリー粘度(90℃)(cP)	39 48	12 16	11 17	60 71	429	450	54 61
	スラリー比重(90℃)	1.10	1.07	1.06	1.09	1.15	1.16	1.13
	スラリー比熱(90℃)							
	200メッシュ以下	84.7	69.5	76.5	79.5	88.3	87.9	83.3
	48メッシュ以上	0.4	1.9	1.2	0.9	0.2	0.4	0.4
	48~100メッシュ	3.3	10.5	6.9	5.6	2.2	2.3	4.5
	100~200メッシュ	11.6	18.1	15.4	14.0	9.3	9.4	11.8
	200~250メッシュ	4.7	4.9	5.4	4.5	3.6	3.7	6.0
	250~350メッシュ	8.4	9.6	8.4	8.6	7.7	8.9	9.0
	350メッシュ以下	71.6	55.0	62.7	66.4	77.0	75.3	68.3
備考								

附表 6 スラリー調製試験データ表

試験番号		C77	C78	C79	C81	C82	C83	C90
石炭 / 溶剤		BC/クレオソート油	BC/クレオソート油	BC/クレオソート油	BC/クレオソート油	BC/クレオソート油	BC/クレオソート油	BC/クレオソート油
設定値	製品量(kg/h)	266	144	184	75	82	87	104
	石炭(C)供給量(kg/h)	30	20	20	10	10	10	20
	溶剤(S)供給量(kg/h)	230	120	160	63	70	75	80
	触媒(F)供給量(kg/h)	6	4	4	2	2	2	4
	C/S/F比	11/86/3	14/83/3	11/87/2	13/84/3	12/85/3	11/86/3	19/77/4
運転データ	破碎炭温度(℃)	10	7.5	8	14.0	16	9	8
	溶剤温度(℃)	150	200	200	150	150	150	180
	スラリー温度(℃)	150	180	180	150	110	150	90
	排気温度(℃)	39	41	41	30	31	29	31
	ミルヒータ温度(℃)							
	外気温度乾球/湿球(℃)							
	湿度(%)							
	ドレン量(kg/h)							
分析値	破碎炭水分(%)	25.2	25.2	25.2	31.5	31.5	32.0	28.8
	石炭濃度(%)	27.4	27.8	18.1	18.9	18.6	20.9	27.7
	スラリー水分(%)	0.16	0.10	0.06	0.32	0.26	0.19	0.6
	スラリー粘度(90℃)(cP)	15 20	620	31 36	65 77	49 62	75 83	430
	スラリー比重(90℃)	1.16	1.16	1.12	1.09	1.10	1.13	1.13
	スラリー比熱(90℃)							
	200メッシュ以下	87.9	86.7	81.0	92.5	93.6	92.9	86.6
	48メッシュ以上	0.4	0.6	1.2	0.2	0.1	0.2	0.4
	48~100メッシュ	2.3	2.6	5.3	1.2	0.8	1.2	2.7
	100~200メッシュ	9.4	10.1	12.5	6.1	5.5	5.7	10.3
	200~250メッシュ	3.7	3.6	6.0	3.4	3.7	3.5	3.7
	250~350メッシュ	8.9	8.1	8.2	7.4	7.7	6.4	9.0
	350メッシュ以下	75.3	75.0	66.8	81.7	82.2	83.0	73.9
備考								

試験番号		C91							
石炭 / 溶剤		BC/クレオソート油							
設定値	製品量(kg/h)	138							
	石炭(C)供給量(kg/h)	20							
	溶剤(S)供給量(kg/h)	114							
	触媒(F)供給量(kg/h)	4							
	C/S/F比	14/83/3							
運転データ	破碎炭温度(℃)	10							
	溶剤温度(℃)	200							
	スラリー温度(℃)	180							
	排気温度(℃)	42							
	ミルヒータ温度(℃)								
	外気温度乾球/湿球(℃)	12.2/11.2							
	湿度(%)								
	ドレン量(kg/h)								
分析値	破碎炭水分(%)	28.8							
	石炭濃度(%)	30.2							
	スラリー水分(%)	0.1							
	スラリー粘度(90℃)(cP)	874							
	スラリー比重(90℃)	1.15							
	スラリー比熱(90℃)								
	粒度分布(%)	200メツシュ以下	88.2						
		48メツシュ以上	0.6						
		48~100メツシュ	2.0						
		100~200メツシュ	9.2						
200~250メツシュ		4.9							
250~350メツシュ		7.3							
350メツシュ以下		76.0							
備考									

付表 8 スラリー調製試験データ表

試験番号		D 4	D 5	D 7	D 12	D 30	D 31	D 32
石炭 / 溶剤		BC/DAO	BC/DAO	BC/DAO	BC/DAO	BC/DAO	BC/DAO	BC/DAO
設定値	製品量(kg/h)	138	138	157.8	69	104	104	207
	石炭(C)供給量(kg/h)	20	20	20	10	20	20	30
	溶剤(S)供給量(kg/h)	114	114	133.8	57	80	80	171
	触媒(F)供給量(kg/h)	4	4	4	2	4	4	6
	C/S/F 比	14/83/3	14/83/3	13/85/2	14/83/3	19/77/4	19/77/4	14/83/3
運転データ	破碎炭温度(℃)	10	4	7.5	11.5	12.5	9.5	15
	溶剤温度(℃)	150	150	160	150	150	150	150
	スラリー温度(℃)	90	110	150	100	70	90	91
	排気温度(℃)	32	33	37	23	30	31	40
	ミルヒータ温度(℃)							
	外気温度乾球/湿球(℃)							
	湿度(%)							
	ドレン量(kg/h)	5.68	4.10	4.67	—	3.78	4.35	7.87
分析値	破碎炭水分(%)	29.7	31.1	29.7	29.0	29.3	29.3	29.5
	石炭濃度(%)	16.7	18.3	15.9	18.7	23.0	23.8	17.8
	スラリー水分(%)	0.3	0.3	0.1	0.3	1.1	0.5	Trace
	スラリー粘度(90℃)(cP)	43 48	51 58	27 30	80	202	220	48 68
	スラリー比重(90℃)	1.15	1.16	1.15	1.21	1.19	1.17	1.19
	スラリー比熱(90℃)							
	200メッシュ以下	83.3	80.0	80.7	92.9	86	88	81.7
	48メッシュ以上	0.5	0.8	0.5	0.1	0.2	0.2	0.5
	48~100メッシュ	4.4	4.6	4.8	1.0	3.0	2.4	5.0
	100~200メッシュ	11.8	14.6	14.0	6.0	10.8	9.4	12.8
	200~250メッシュ	4.9	4.9	5.4	1.9	3.7	3.8	4.4
	250~350メッシュ	9.8	10.7	8.5	7.6	8.0	8.8	8.7
	350メッシュ以下	68.6	64.4	66.8	83.4	74.3	75.4	68.6
備考								

付表 9 スラリー調製試験データ表

試験番号		D 3 3	D 3 4	D 3 5	D 3 6	D 3 7	D 3 8	D 3 9
石炭 / 溶剤		BC/DAO	BC/DAO	BC/DAO	BC/DAO	BC/DAO	BC/DAO	BC/DAO
設定値	製品量(kg/h)	104	69	109.3	207	115.1	34.5	69
	石炭(C)供給量(kg/h)	20	10	20	30	20	5	10
	溶剤(S)供給量(kg/h)	80	57	85.3	171	91.1	28.5	57
	触媒(F)供給量(kg/h)	4	2	4	6	4	1	2
	C/S/F 比	19/77/4	14/83/3	18/78/4	14/83/3	17/79/4	14/83/3	14/83/3
運転データ	破碎炭温度(℃)	10	12	4.5	7	4	10	11
	溶剤温度(℃)	150	150	150	150	150	150	150
	スラリー温度(℃)	100	110	110	110	130	150	150
	排気温度(℃)	34	25	33	33	39	26	30
	ミルヒータ温度(℃)							
	外気温度乾球/湿球(℃)							
	湿度(%)							
	ドレン量(kg/h)	5.89	—	5.26	11.26	6.87	3.48	4.97
分析値	破碎炭水分(%)	29.4	29.0	29.3	29.5	27.0	29.9	29.9
	石炭濃度(%)	26.1	19.2	23.8	18.0	25.7	19.4	18.7
	スラリー水分(%)	0.4	0.2	0.2	0.1	0.2	0.6	<0.1
	スラリー粘度(90℃)(cP)	242	80	210	45 60	212	38 50	39 56
	スラリー比重(90℃)	1.18	1.29	1.15	1.28	1.13	1.30	1.24
	スラリー比熱(90℃)							
	200メッシュ以下	90.1	93.6	89.4	83.5	90.4	98.3	95.7
	48メッシュ以上	0.2	<0.1	0.1	0.3	0.1	<0.1	<0.1
	48~100メッシュ	1.7	0.8	1.6	4.2	1.8	<0.1	0.3
	100~200メッシュ	8.0	5.6	8.9	12.0	7.7	1.7	4.0
	200~250メッシュ	3.8	2.6	3.8	3.4	2.8	1.4	2.1
	250~350メッシュ	6.7	6.5	6.8	8.8	7.6	4.1	4.8
	350メッシュ以下	79.6	84.5	78.8	71.3	80.0	92.8	88.8
備考								

付表10 スラリー調製試験データ表

試験番号		D40	D41	D42	D43	D44	D45	D46
石炭 / 溶剤		BC/DAO	BC/DAO	BC/DAO	BC/DAO	BC/DAO	BC/DAO	BC/DAO
設定値	製品量(kg/h)	103.5	104	120.6	118	185.8	254	207
	石炭(C)供給量(kg/h)	15	20	20	20	20	20	30
	溶剤(S)供給量(kg/h)	85.5	80	96.6	94	161.8	230	171
	触媒(F)供給量(kg/h)	3	4	4	4	4	4	6
	C/S/F比	14/83/3	19/77/4	17/80/3	17/80/3	10/87/3	8/90/2	14/83/3
運転データ	破碎炭温度(℃)	12	7	6.8	12.4	5.5	6.8	8
	溶剤温度(℃)	150	160	160	150	160	160	150
	スラリー温度(℃)	150	150	150	150	150	150	151
	排気温度(℃)	31	38.5	39.4	30	42	44	42
	ミルヒータ温度(℃)							
	外気温度乾球/湿球(℃)							
	湿度(%)							
分析値	ドレン量(kg/h)	7.68	5.66	9.80	9.8	11.36	7.39	15.46
	破碎炭水分(%)	29.0	31.1	29.3	30.0	29.5	29.5	29.5
	石炭濃度(%)	20.5	25.1	23.5	21.7	14.3	10.0	20.6
	スラリー水分(%)	0.1	0.2	0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.1
	スラリー粘度(90℃)(cP)	47 66	400 415	100 112	65 86	21 26	12	54 66
析度分布(%)	スラリー比重(90℃)	1.24	1.19	1.18	1.31	1.16	1.13	1.29
	スラリー比熱(90℃)							
	200メッシュ以下	92.5	88.2	89.6	90	79.3	73.5	84.9
	48メッシュ以上	<0.1	0.2	0.2	0.2	0.5	1.2	0.4
	48~100メッシュ	1.2	2.2	1.7	1.9	5.1	7.6	3.5
	100~200メッシュ	6.3	9.4	8.5	7.9	15.1	17.7	11.2
備考	200~250メッシュ	2.4	3.9	3.3	3.3	5.8	6.1	2.9
	250~350メッシュ	6.6	10.0	8.3	8.2	9.1	9.5	6.4
	350メッシュ以下	83.5	74.3	78.0	78.5	64.4	57.9	75.6
備考								

附表 11 スラリー調製試験データ表

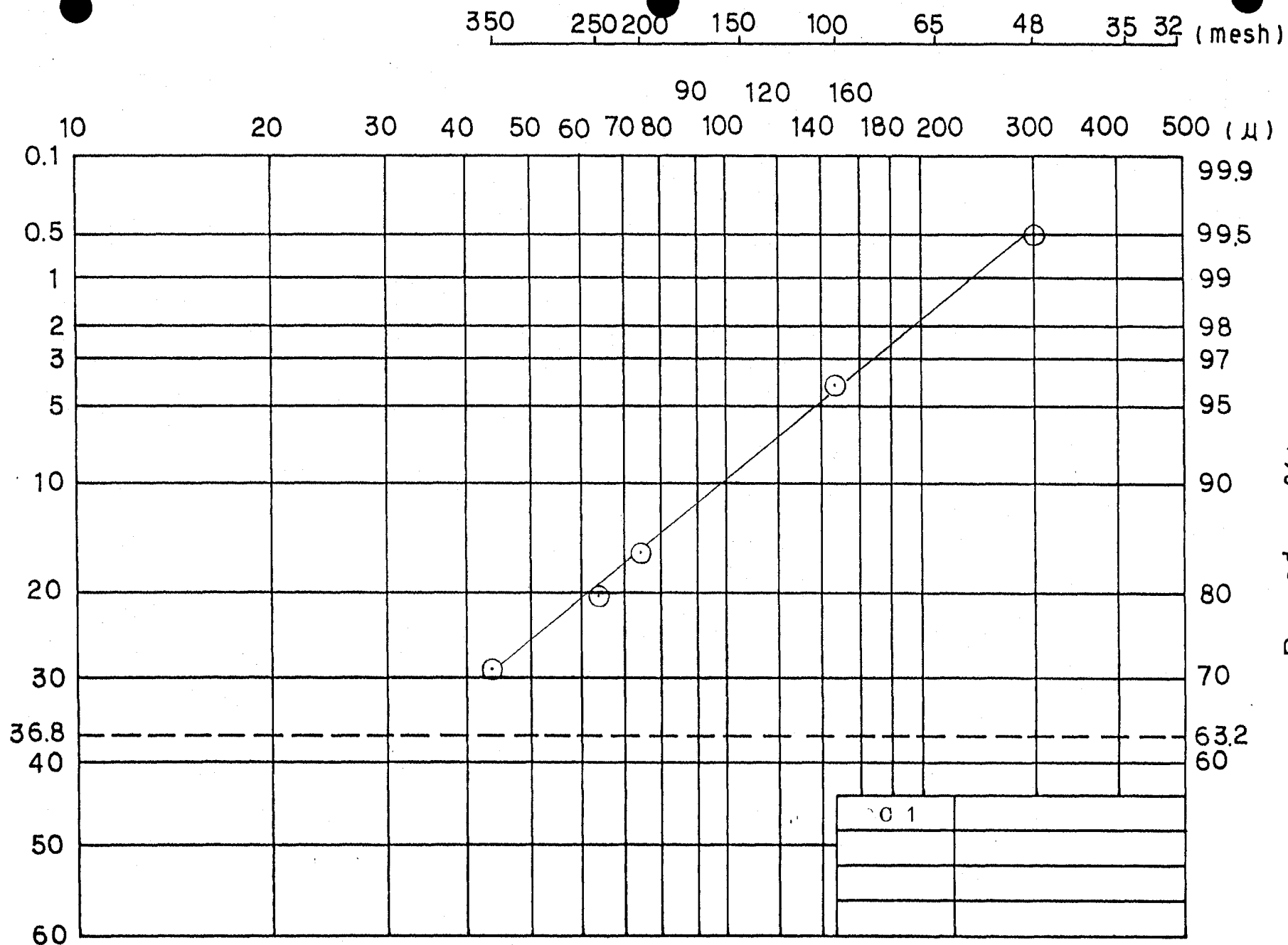
試験番号		D 4 7	D 4 8	D 4 9	D 5 0	D 5 1	D 5 2	D 6 1	
石 炭 / 溶 剤		BC/DAO	BC/DAO	BC/DAO	BC/DAO	BC/DAO	BC/DAO	BC/DAO	
設 定 値	製 品 量(kg/h)	276	69	129	186	207	104	137.3	
	石 炭 (C) 供 給 量(kg/h)	40	10	20	20	30	20	20	
	溶 剤 (S) 供 給 量(kg/h)	228	57	105	162	171	80	113.3	
	触 媒 (F) 供 給 量(kg/h)	8	2	4	4	6	4	4	
	C / S / F 比	14/83/3	14/83/3	16/81/3	11/87/2	14/83/3	19/77/4	15/83/2	
運 転 デ ー タ	破 碎 炭 温 度 (℃)	4	12	7	5	11	7.5	11	
	溶 剤 温 度 (℃)	150	220	180	200	200	051	240	
	ス ラ リ ー 温 度 (℃)	148	200	180	200	199	130	200	
	排 気 温 度 (℃)	46	36	41	48	44	31	45	
	ミ ル ヒ ー タ 温 度 (℃)								
	外 気 温 度 乾 球 / 湿 球 (℃)								
	湿 度 (%)								
	ド レ ン 量 (kg/h)	17.68	16.58	18.82	28.40	27.87	7.05	24.14	
分 析 値	破 碎 炭 水 分 (%)	29.9	29.0	31.3	28.7	29.4	29.4	31.3	
	石 炭 濃 度 (%)	17.8	26.7	24.6	17.0	20.4	22.6	23.0	
	ス ラ リ ー 水 分 (%)	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	
	ス ラ リ ー 粘 度 (90℃) (cP)	30 38	338	158 160	41 43	54 62	120 130	100 112	
	ス ラ リ ー 比 重 (90℃)	1.24	1.36	1.17	1.16	1.15	1.16	1.19	
	ス ラ リ ー 比 熱 (90℃)								
	粒 度 分 布 (%)	200 メ ッ シ ュ 以 下	80.1	97	87.9	76.8	83.4	87.2	88.4
		48 メ ッ シ ュ 以 上	0.3	<0.1	0.2	1.2	0.6	0.2	0.3
		48 ~ 100 メ ッ シ ュ	5.2	0.3	2.2	7.5	4.2	2.5	2.4
		100 ~ 200 メ ッ シ ュ	14.4	2.7	9.7	14.5	11.8	10.1	8.9
		200 ~ 250 メ ッ シ ュ	4.4	2.3	3.1	4.7	4.7	3.3	2.9
		250 ~ 350 メ ッ シ ュ	8.1	5.2	8.3	10.8	7.6	7.5	7.8
		350 メ ッ シ ュ 以 下	67.6	89.5	76.5	61.3	71.1	76.4	77.7
備 考									

附表 12 スラリー調製試験データ表

試験番号		D70	D71	D101				
石炭 / 溶剤		BC/DAO	BC/DAO	BC/DAO				
設定値	製品量(kg/h)	84	204					
	石炭(C)供給量(kg/h)	20	20					
	溶剤(S)供給量(kg/h)	60	180					
	触媒(F)供給量(kg/h)	4	4					
	C/S/F 比	24/72/4	10/88/2	15/83/2				
運転データ	破碎炭温度(℃)	9.3	6	10				
	溶剤温度(℃)	150	150	240				
	スラリー温度(℃)	90	91	200				
	排気温度(℃)	31.5	27	46.5				
	ミルヒータ温度(℃)							
	外気温度乾球/湿球(℃)							
	湿度(%)							
	ドレン量(kg/h)	3.59	3.64	15.36				
分析値	破碎炭水分(%)	29.7	28.8	30.0				
	石炭濃度(%)	27.2	10.8	20.3				
	スラリー水分(%)	0.7	0.3	<0.1				
	スラリー粘度(90℃)(cP)	820	14 19	104 110				
	スラリー比重(90℃)	1.20	1.12	1.17				
	スラリー比熱(90℃)							
	200メッシュ以下	89.3	72.5	83.9				
	48メッシュ以上	0.2	1.2	0.7				
	48~100メッシュ	1.9	8.3	3.6				
	100~200メッシュ	8.6	18.0	11.8				
	200~250メッシュ	4.0	5.2	4.4				
	250~350メッシュ	9.7	11.0	9.1				
	350メッシュ以下	75.6	56.3	70.4				
備考								

Remained (%)

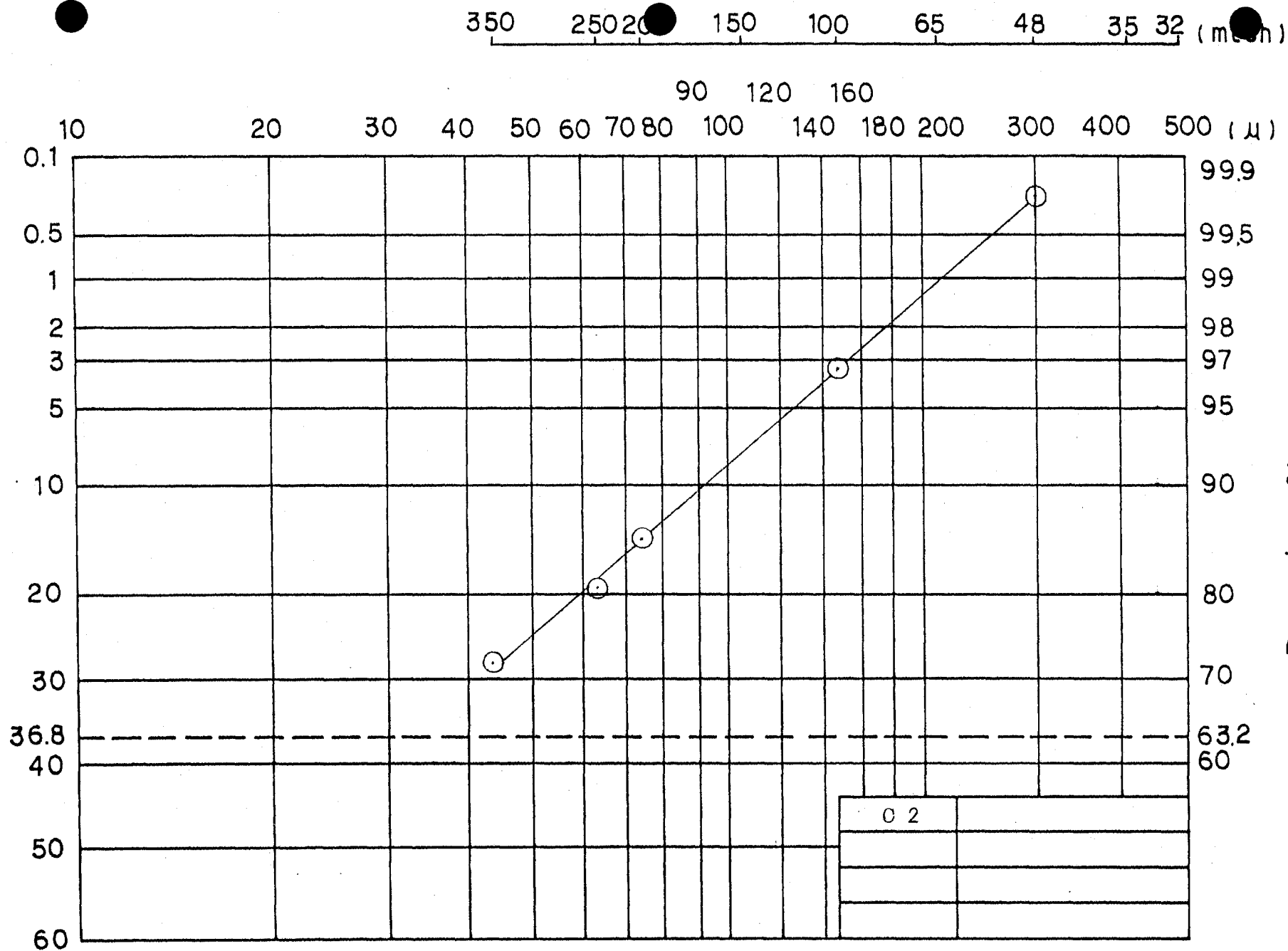
Passed (%)



付図 1 粒度分布図

Remained (%)

Passed (%)



付図 2 粒度分布図

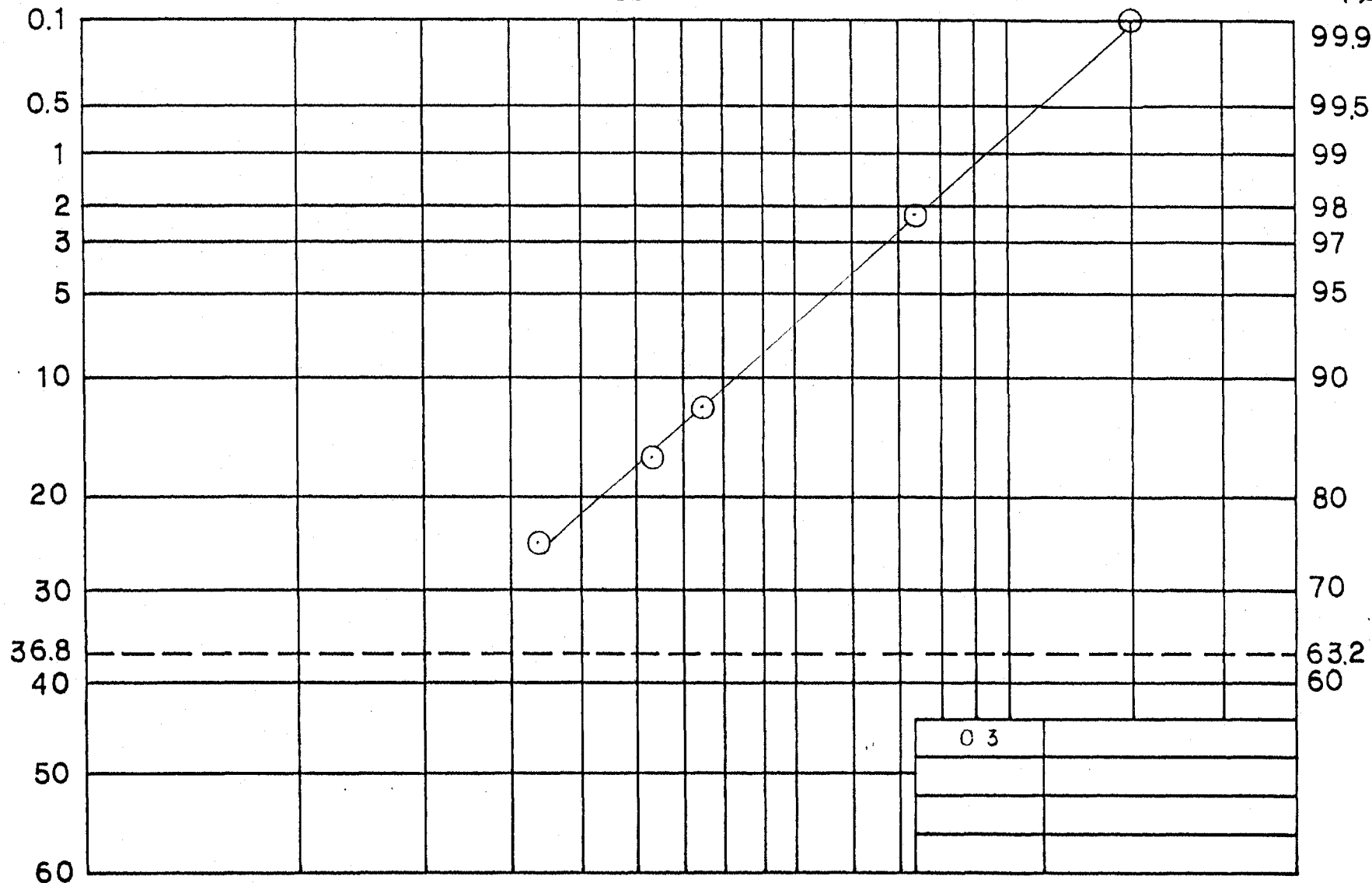
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

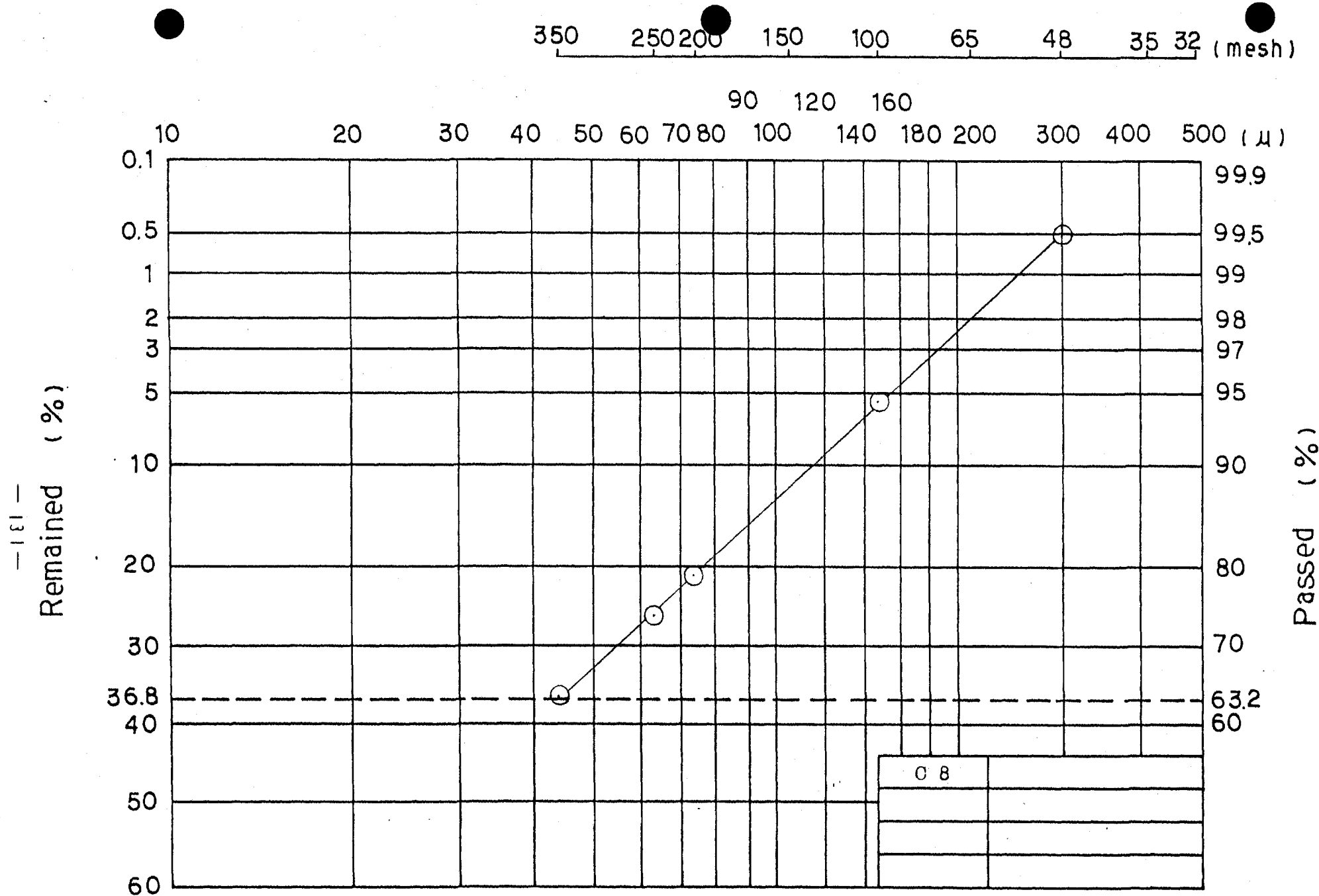
10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

Remained (%)

Passed (%)



付図3 粒度分布図



付図 4 粒度分布図

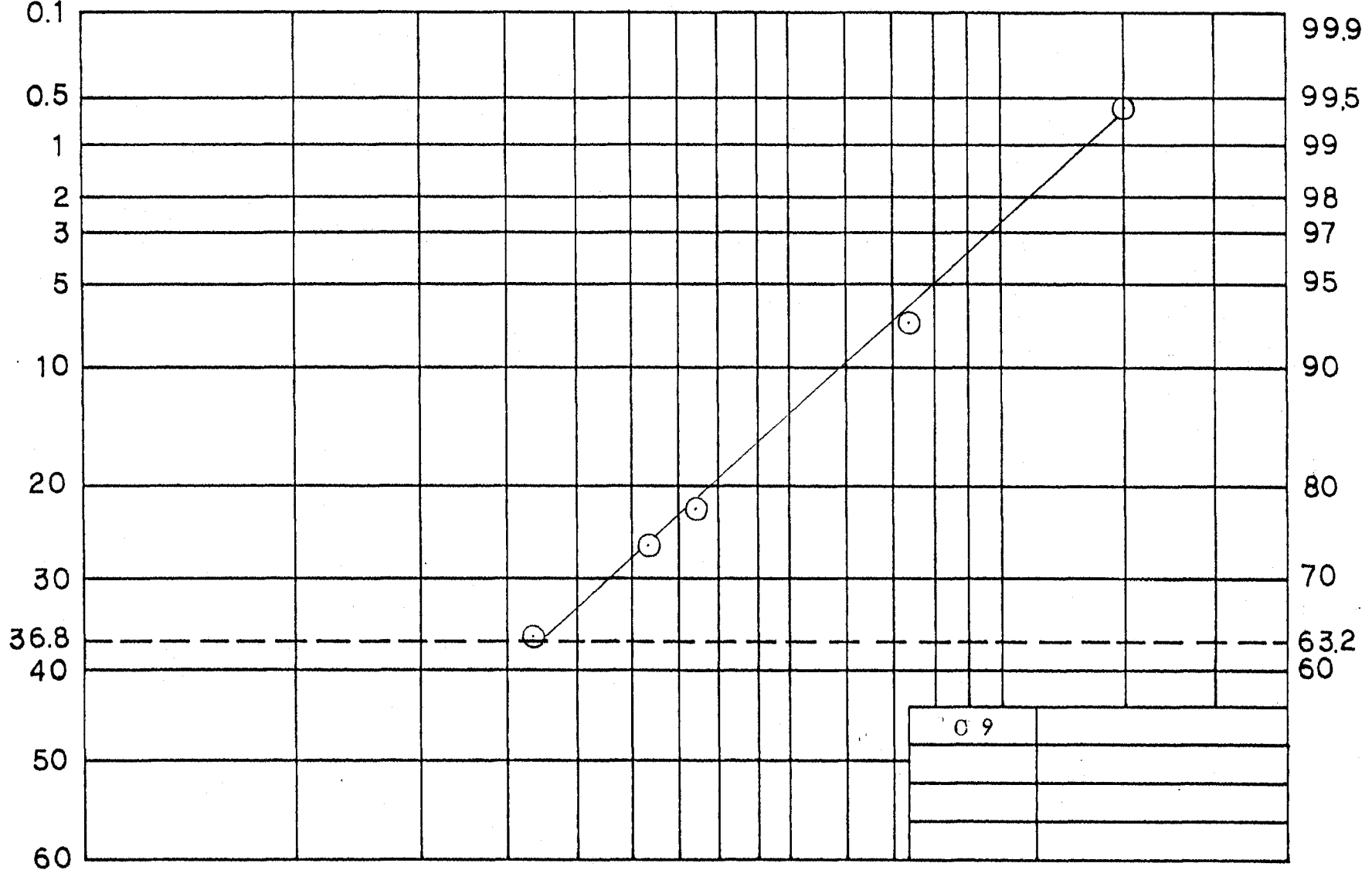
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

Remained (%)

Passed (%)



付図 5 粒度分布図

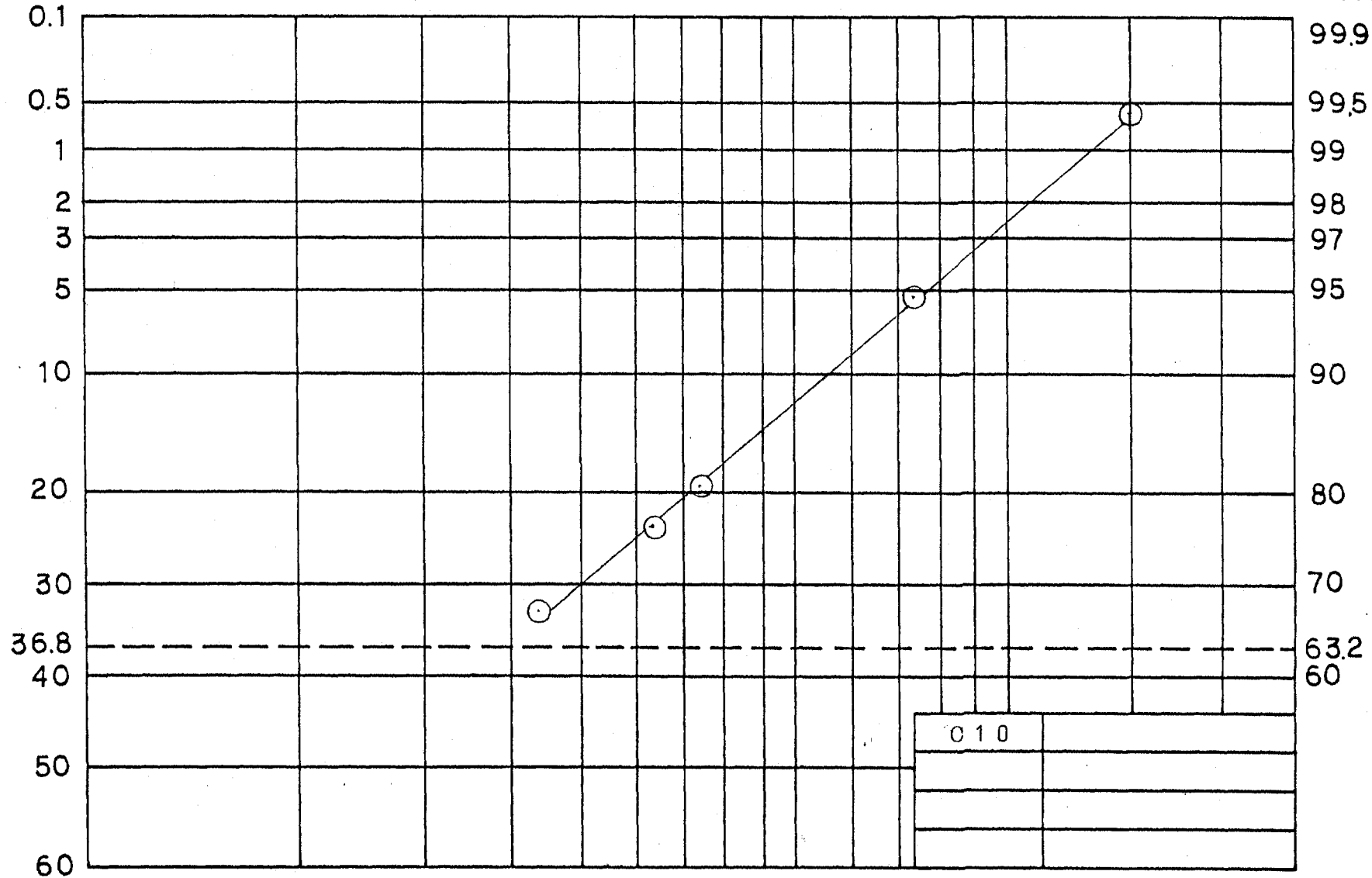
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

Remained (%)

Passed (%)

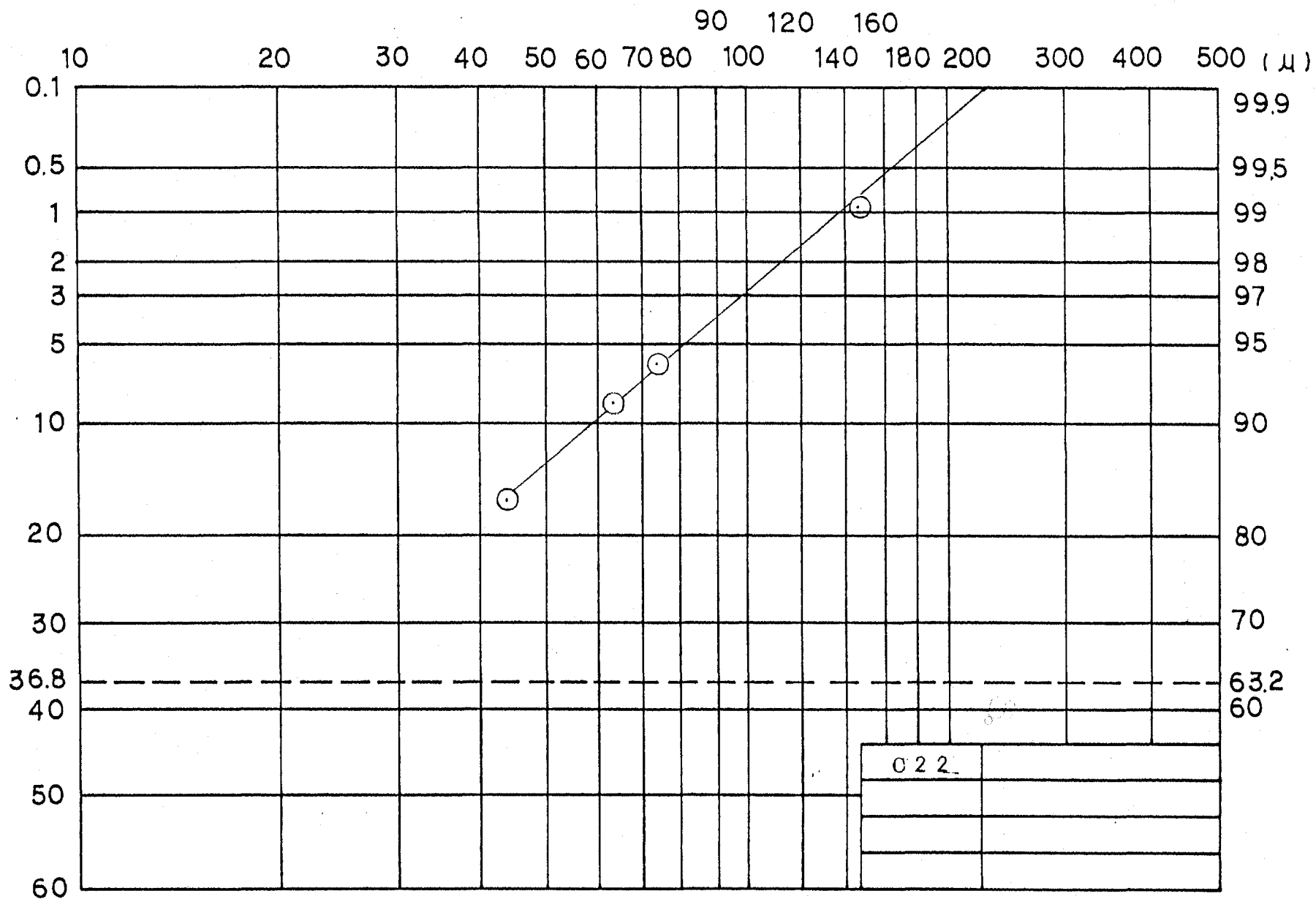


付図 6 粒度分布図

—131—

Remained (%)

Passed (%)



付図 7 粒度分布図

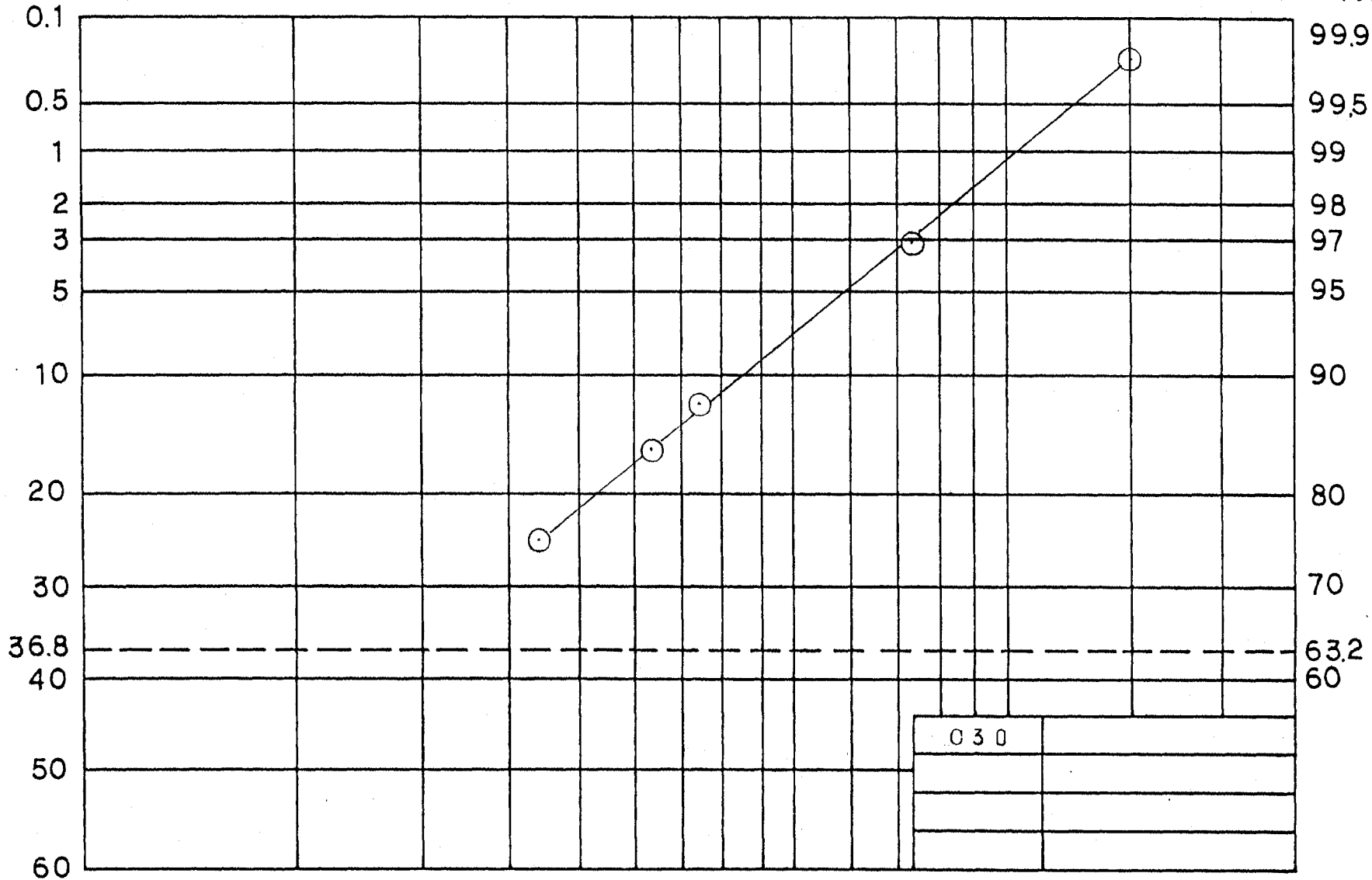
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

Remained (%)

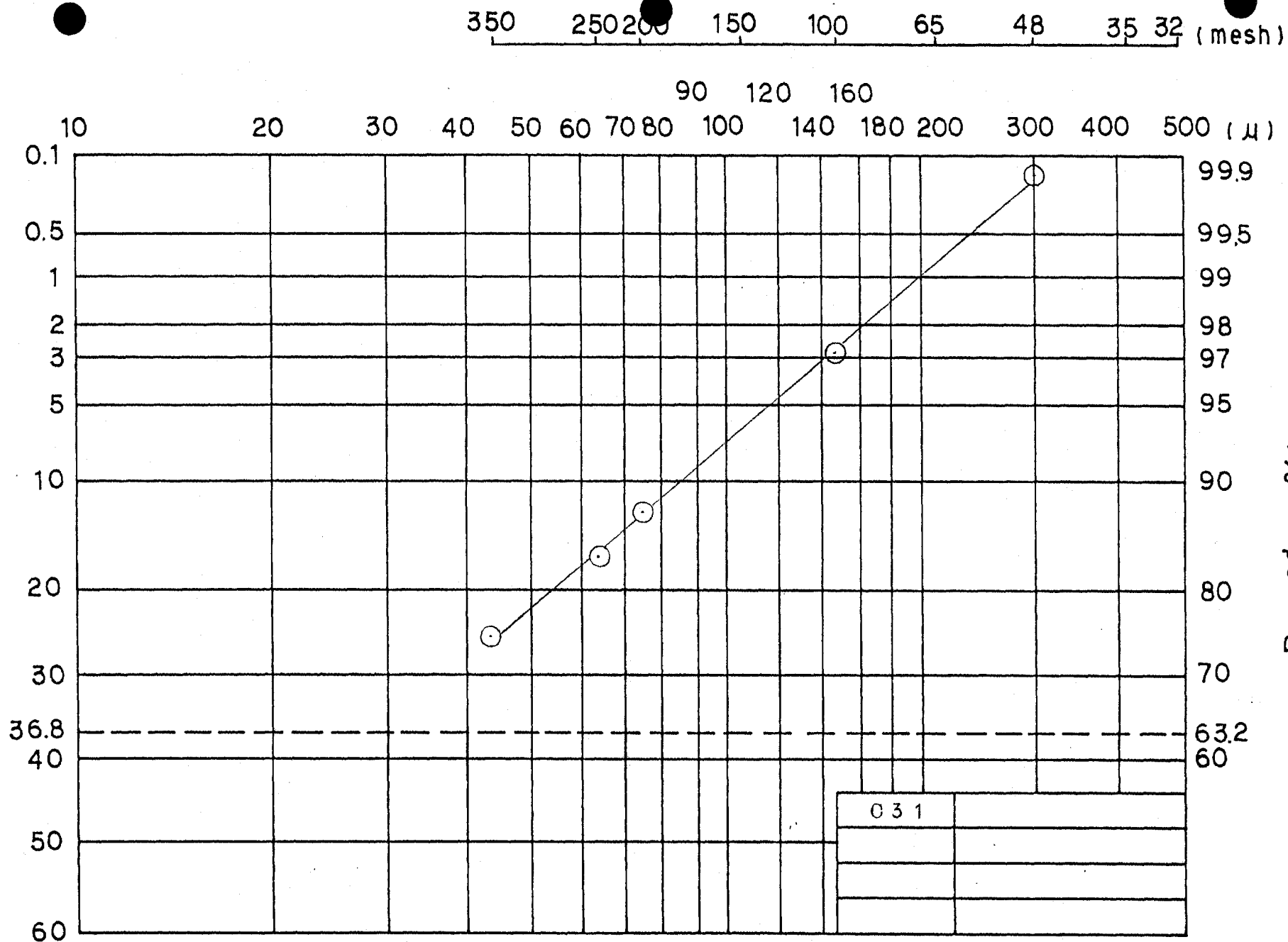
Passed (%)



付図 8 粒度分布図

Remained (%)

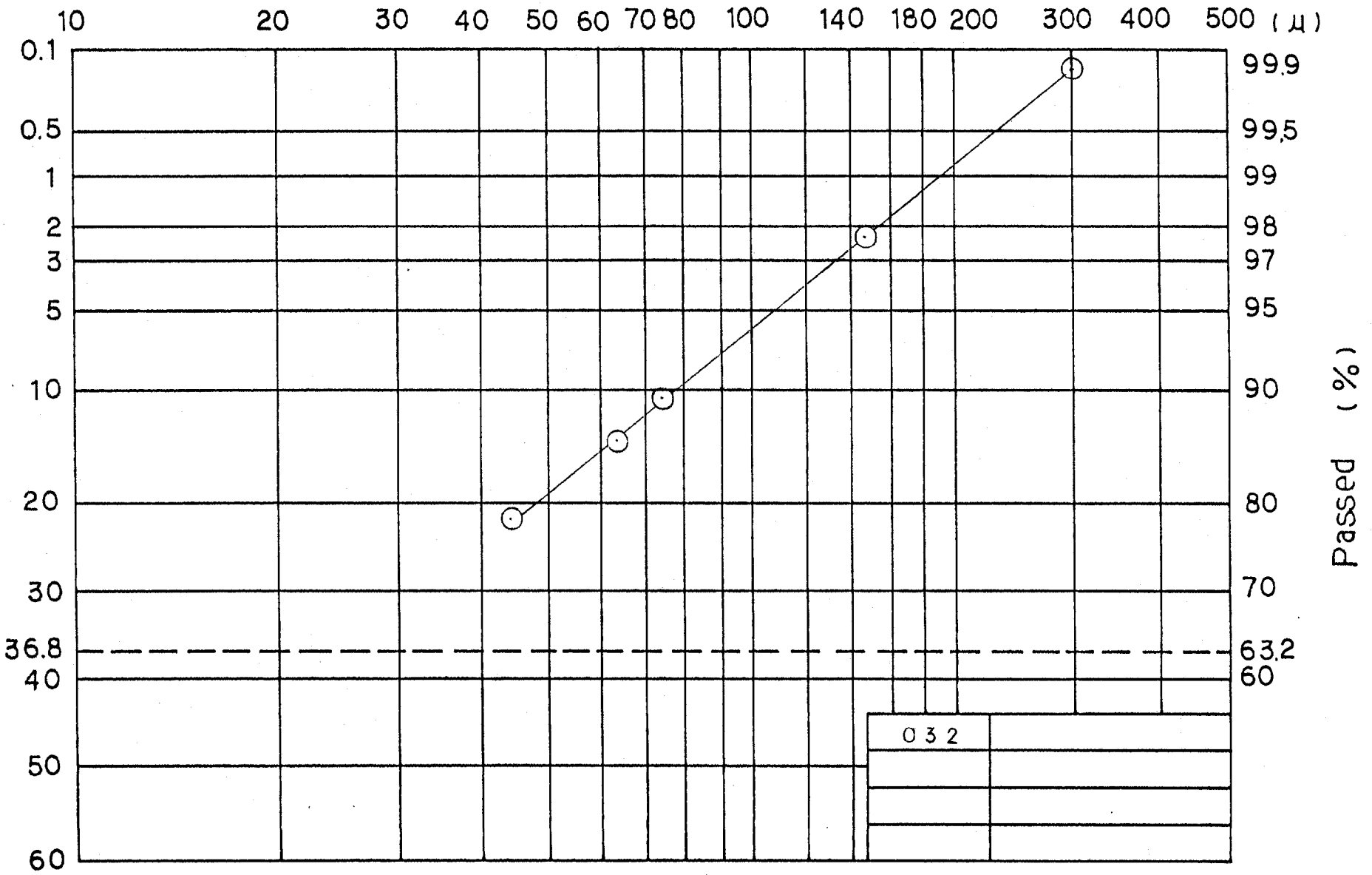
Passed (%)



付図 9 粒度分布図

350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

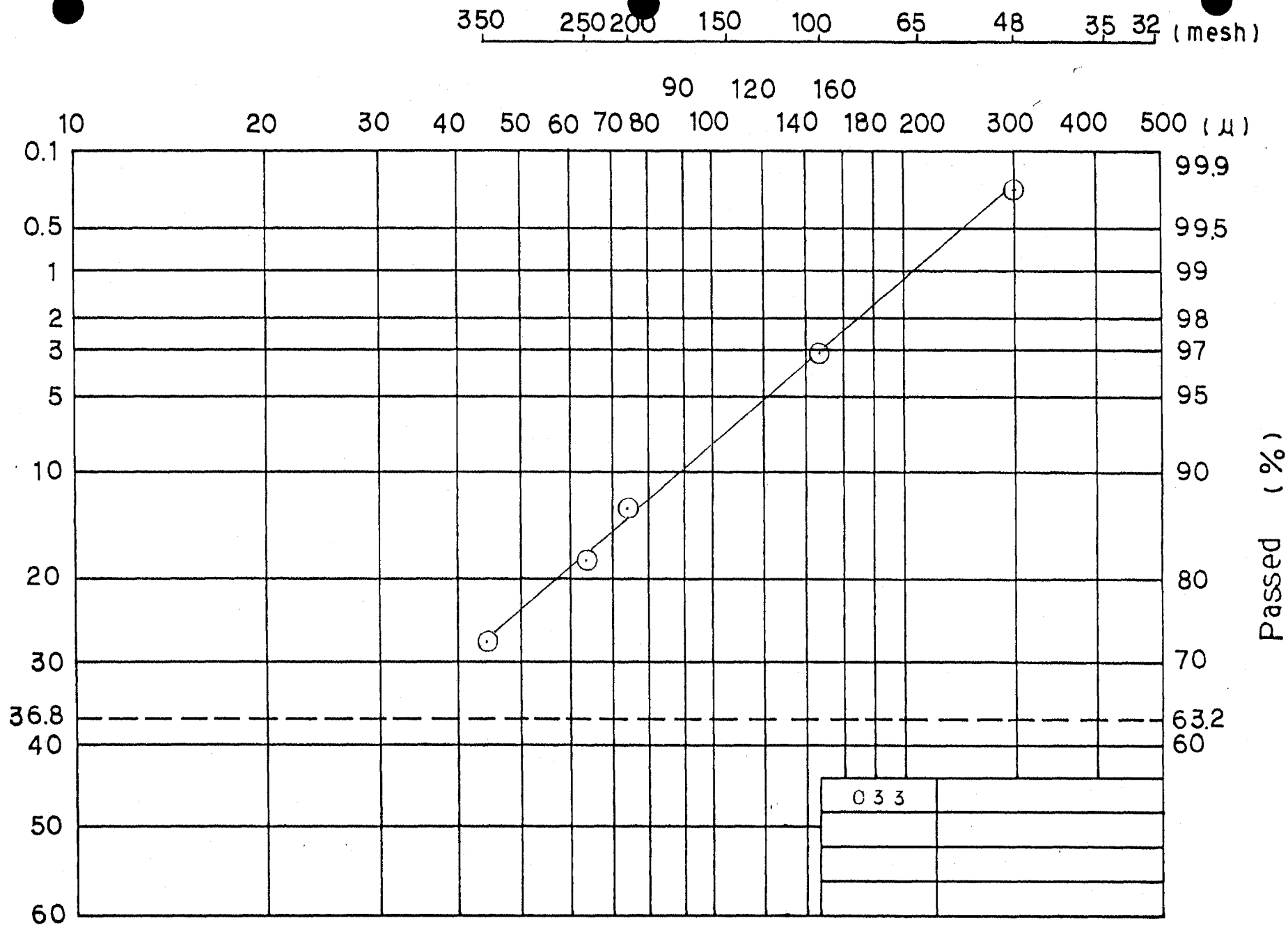
90 120 160



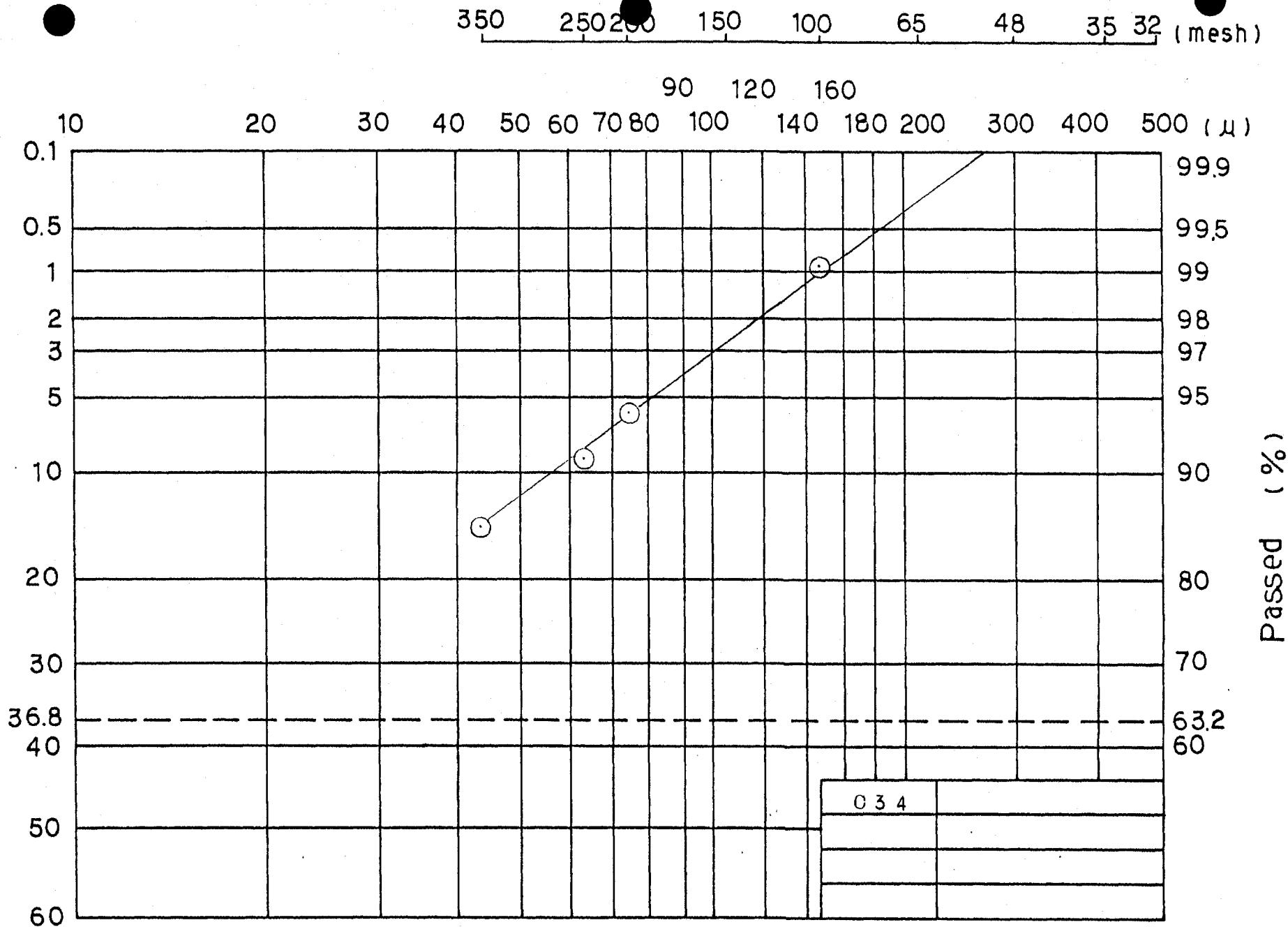
— 137 —

付図 10 粒度分布図

Remained (%)



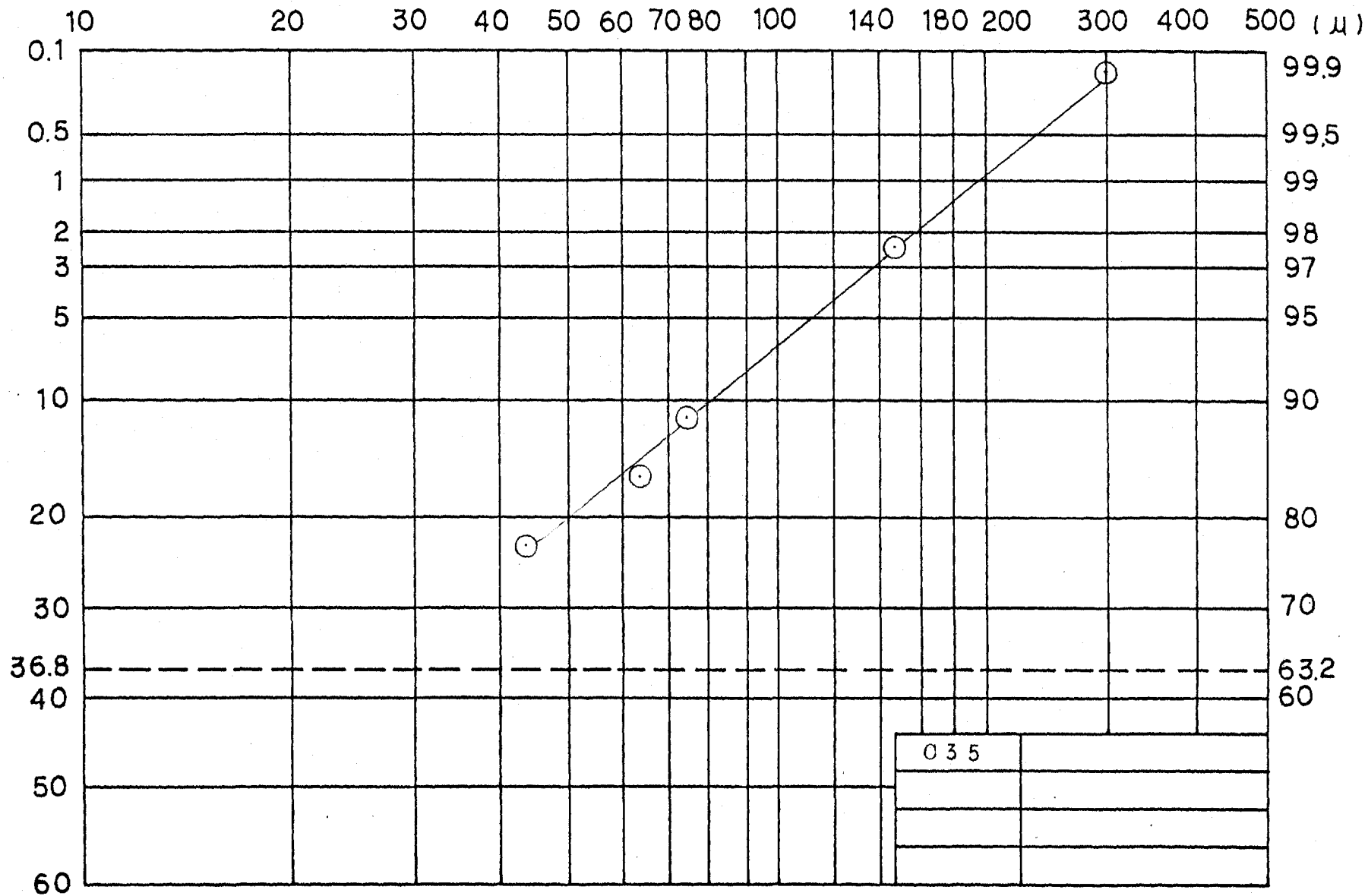
付図 11 粒度分布図



付図 12 粒度分布図

— 140 —

Remained (%)



付図 13 粒度分布図

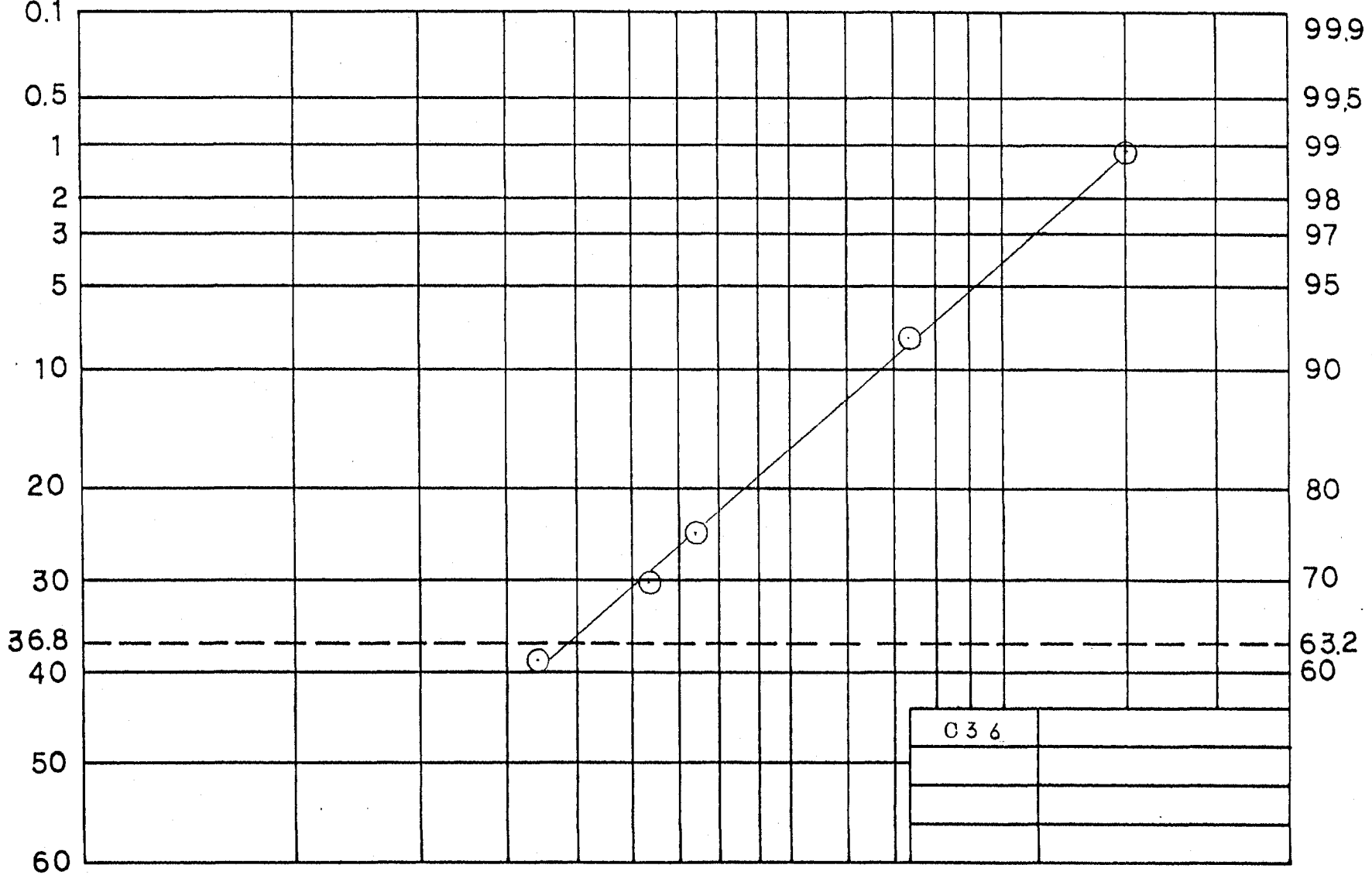
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

—||—
Remained (%)

Passed (%)



付図 14 粒度分布図

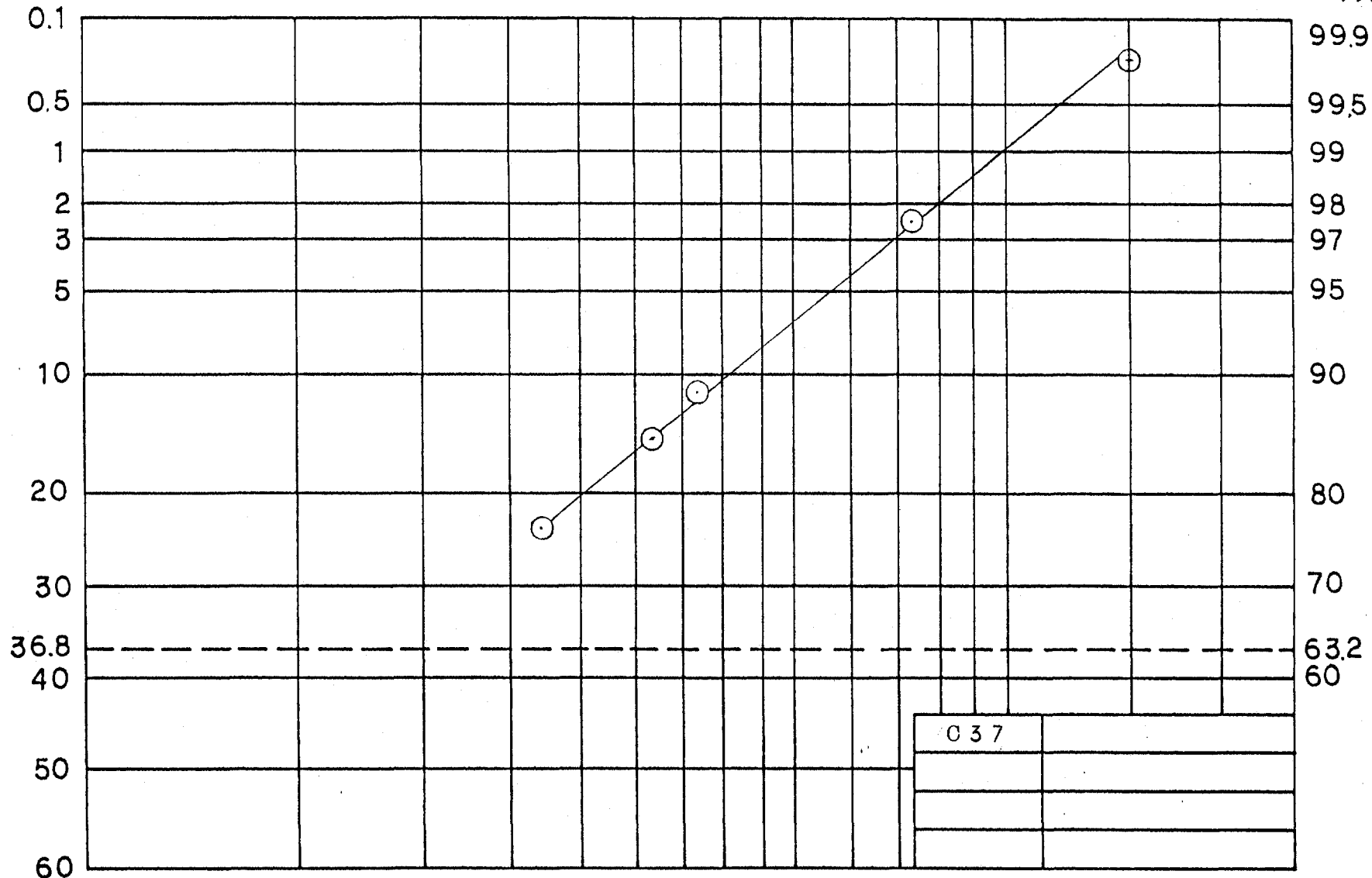
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

Remained (%)

Passed (%)



付図 15 粒度分布図

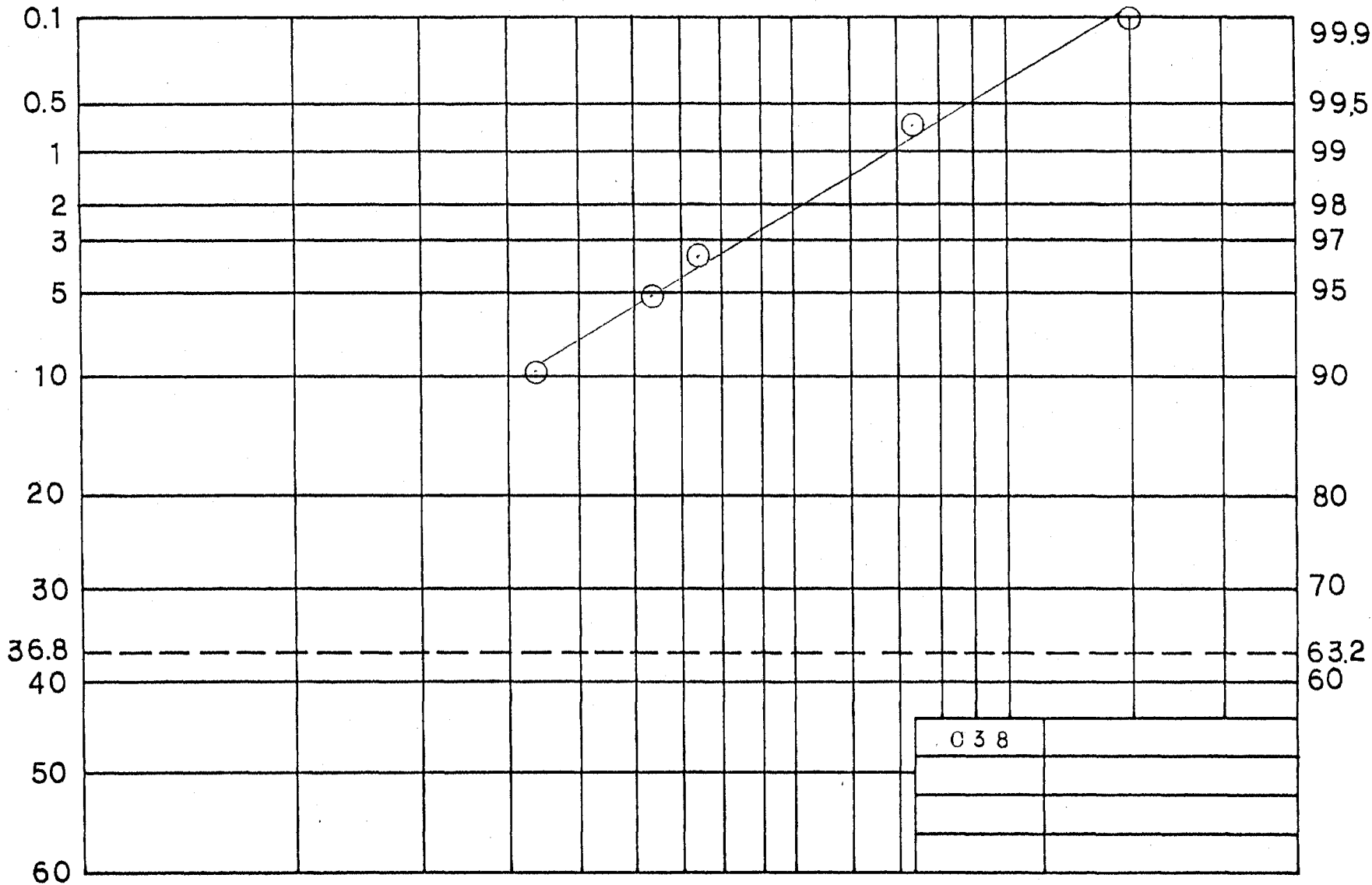
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

Remained (%)

Passed (%)

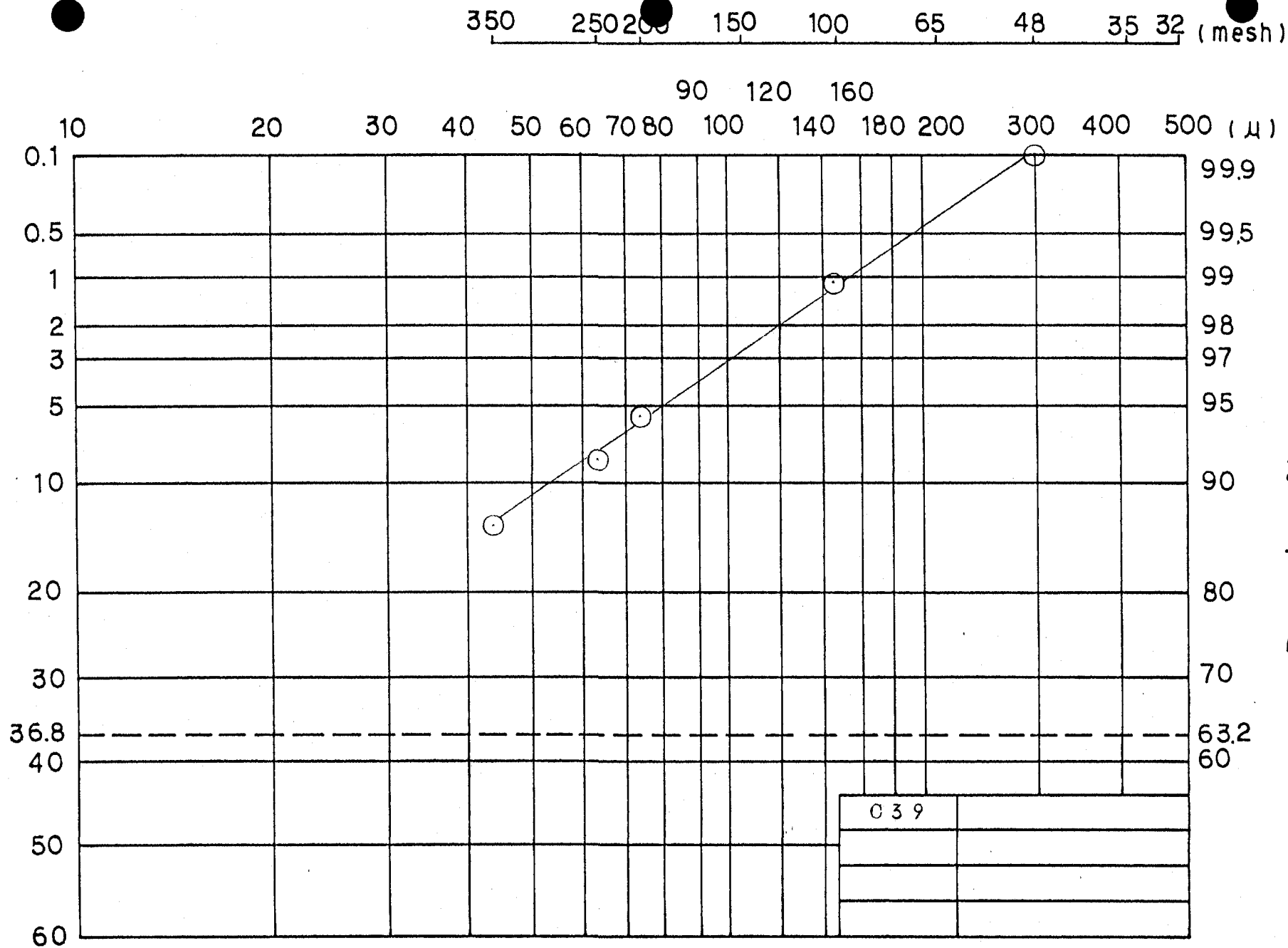


付図 16 粒度分布図

— 11 —

Remained (%)

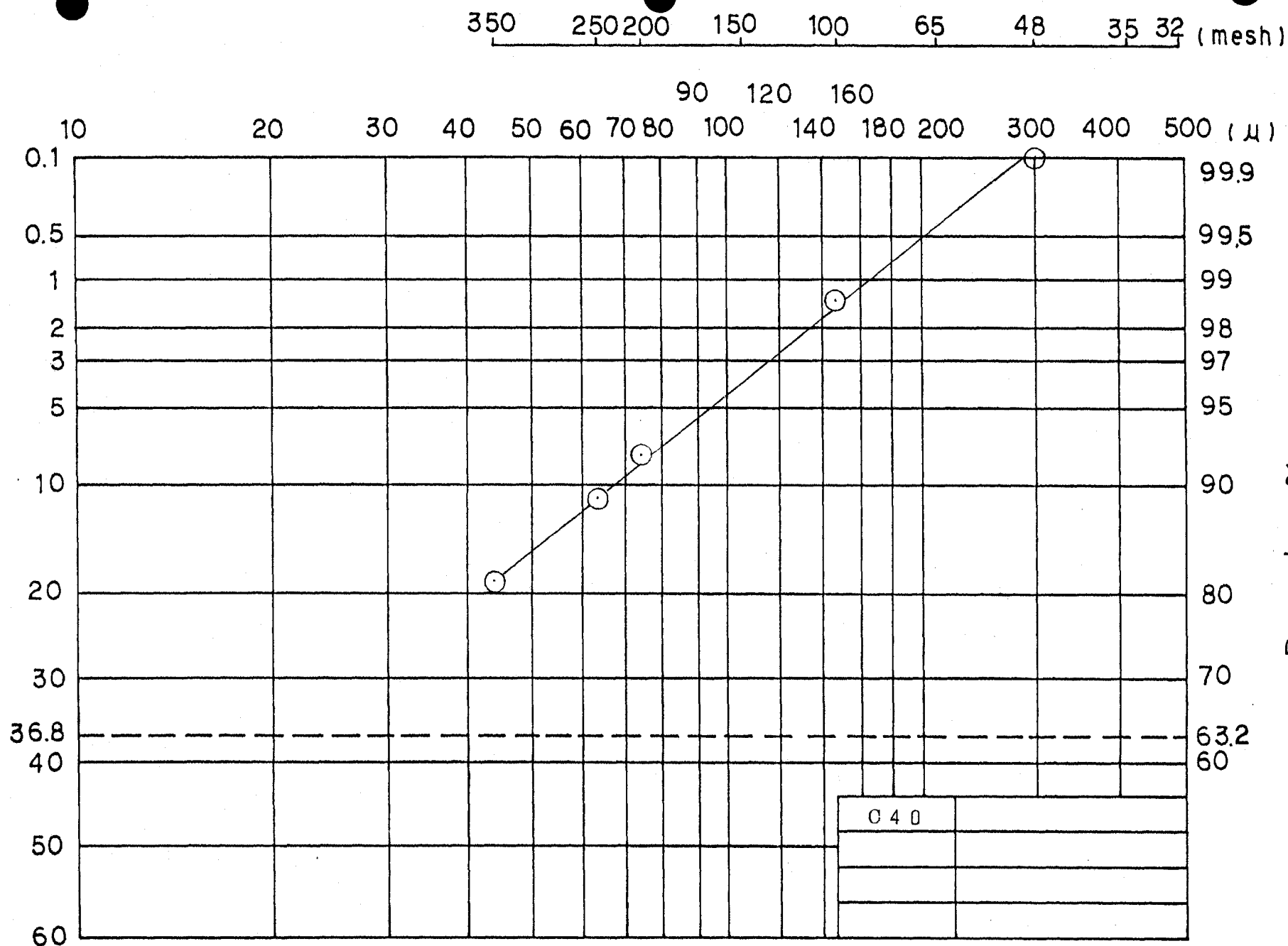
Passed (%)



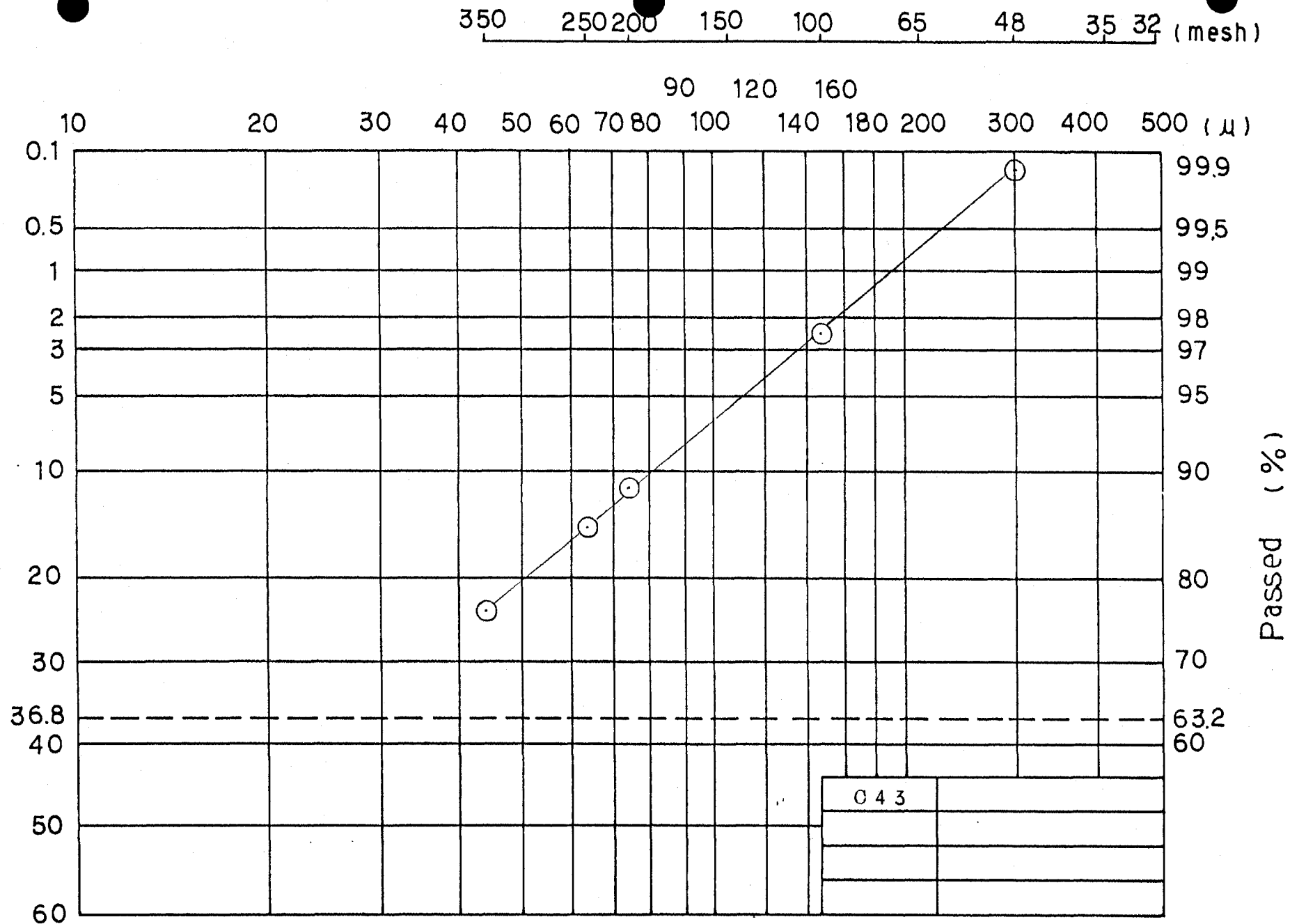
付図 17 粒度分布図

Remained (%)

Passed (%)



付図 18 粒度分布図



付図 19 粒度分布図

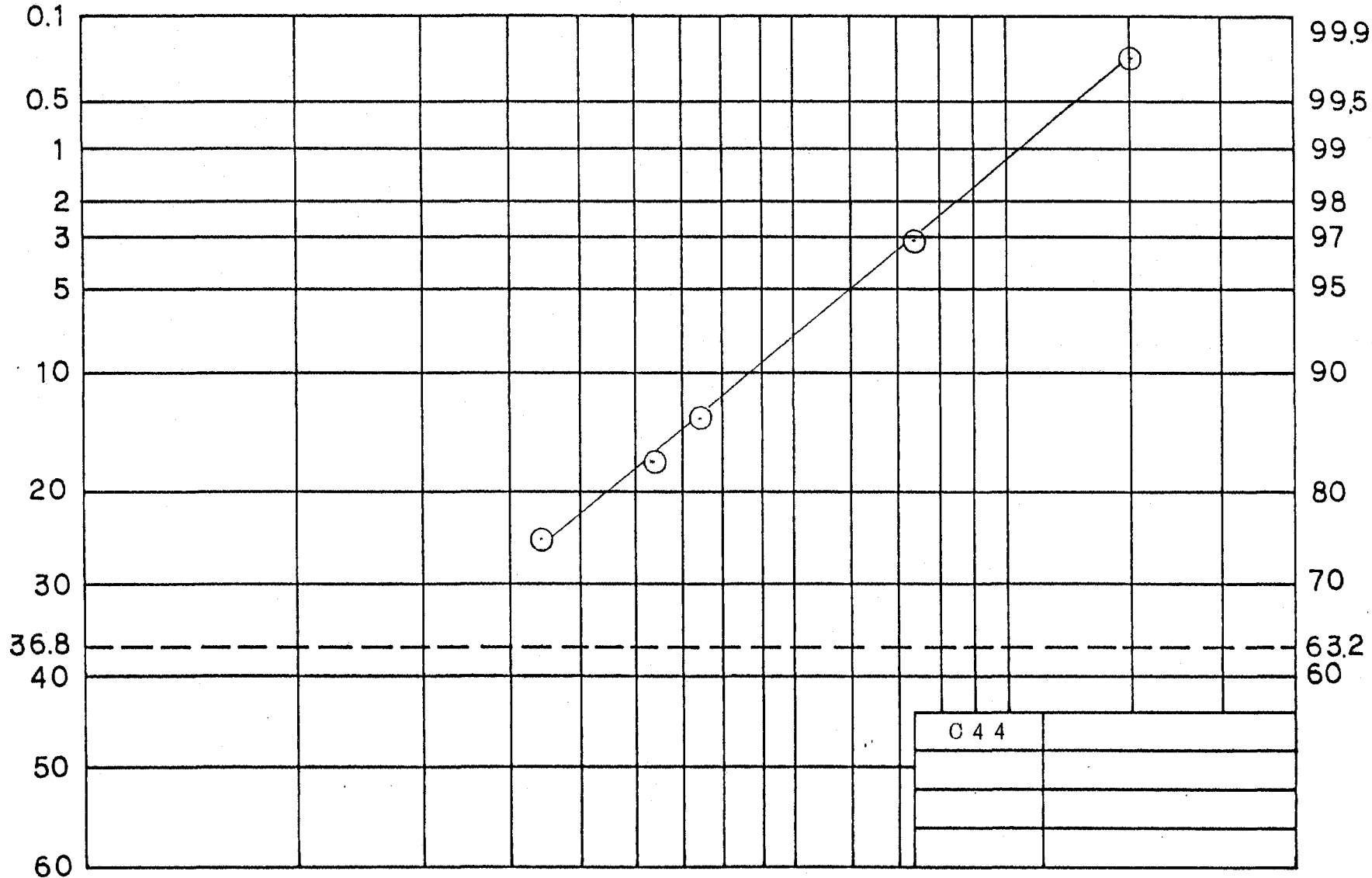
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

Remained (%)

Passed (%)



付図 20 粒度分布図

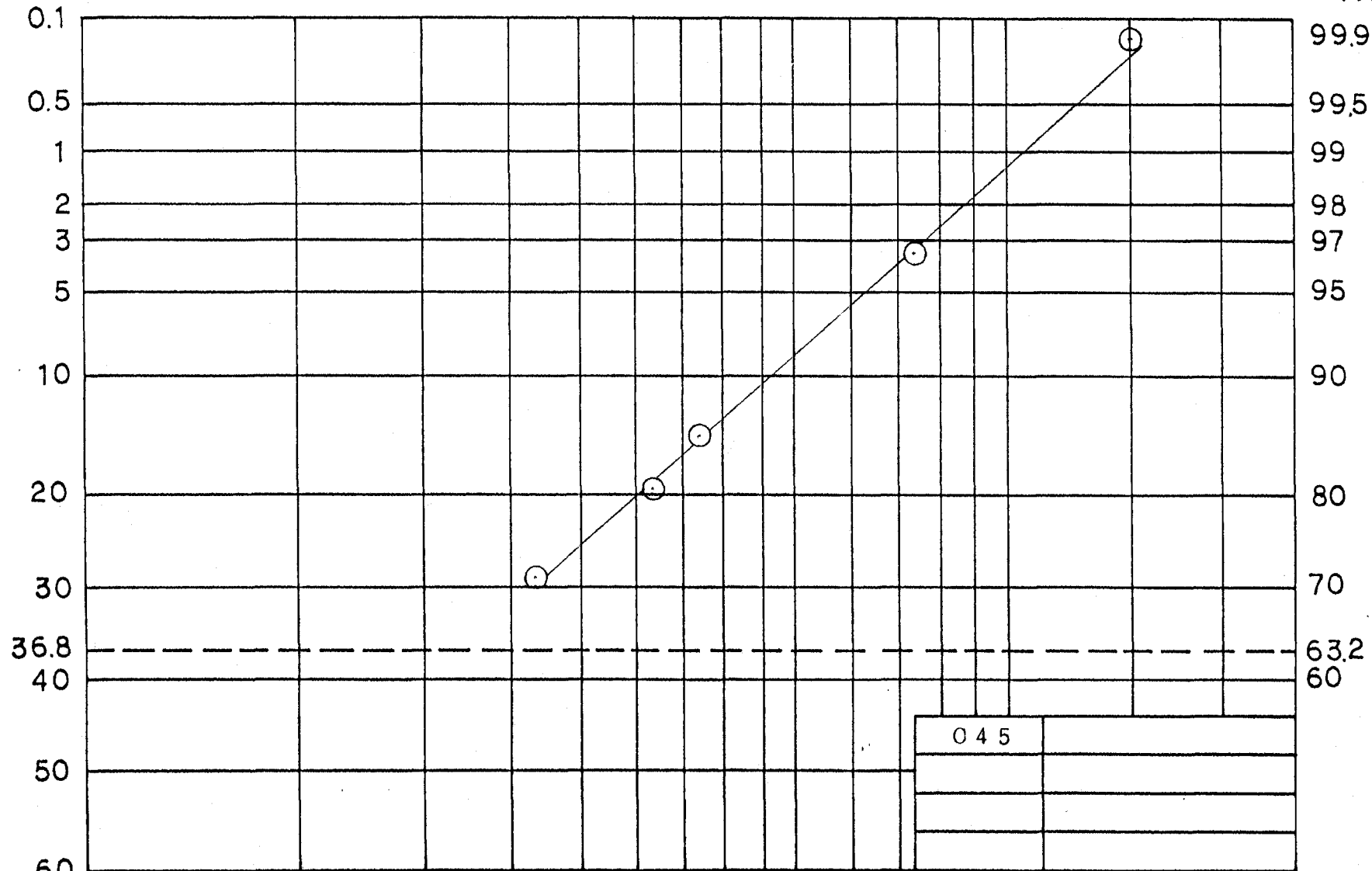
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

Remained (%)

Passed (%)



付図 2 1 粒度分布図

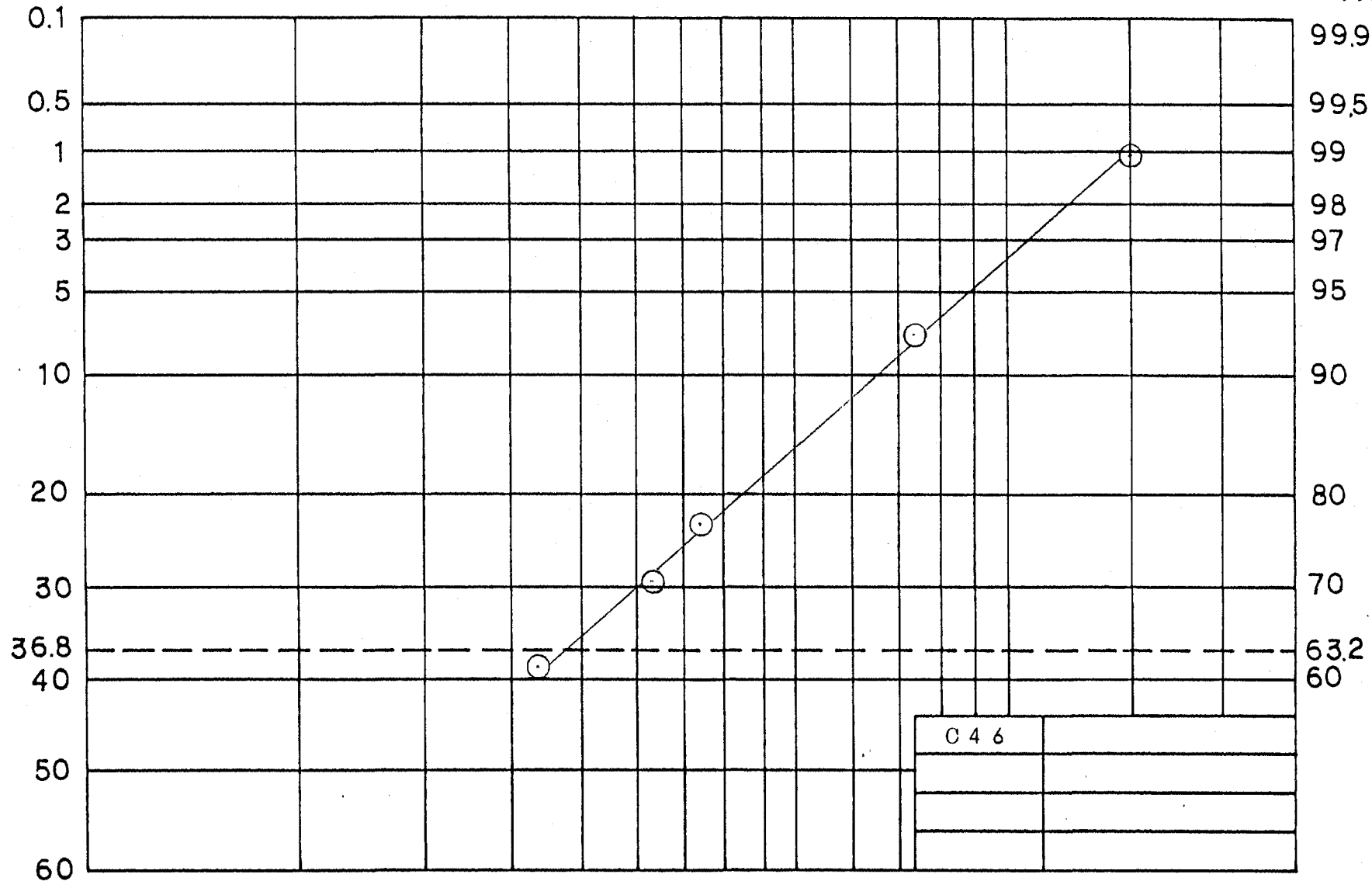
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

Remained (%)

Passed (%)



付図 2 2 粒度 分 布 図

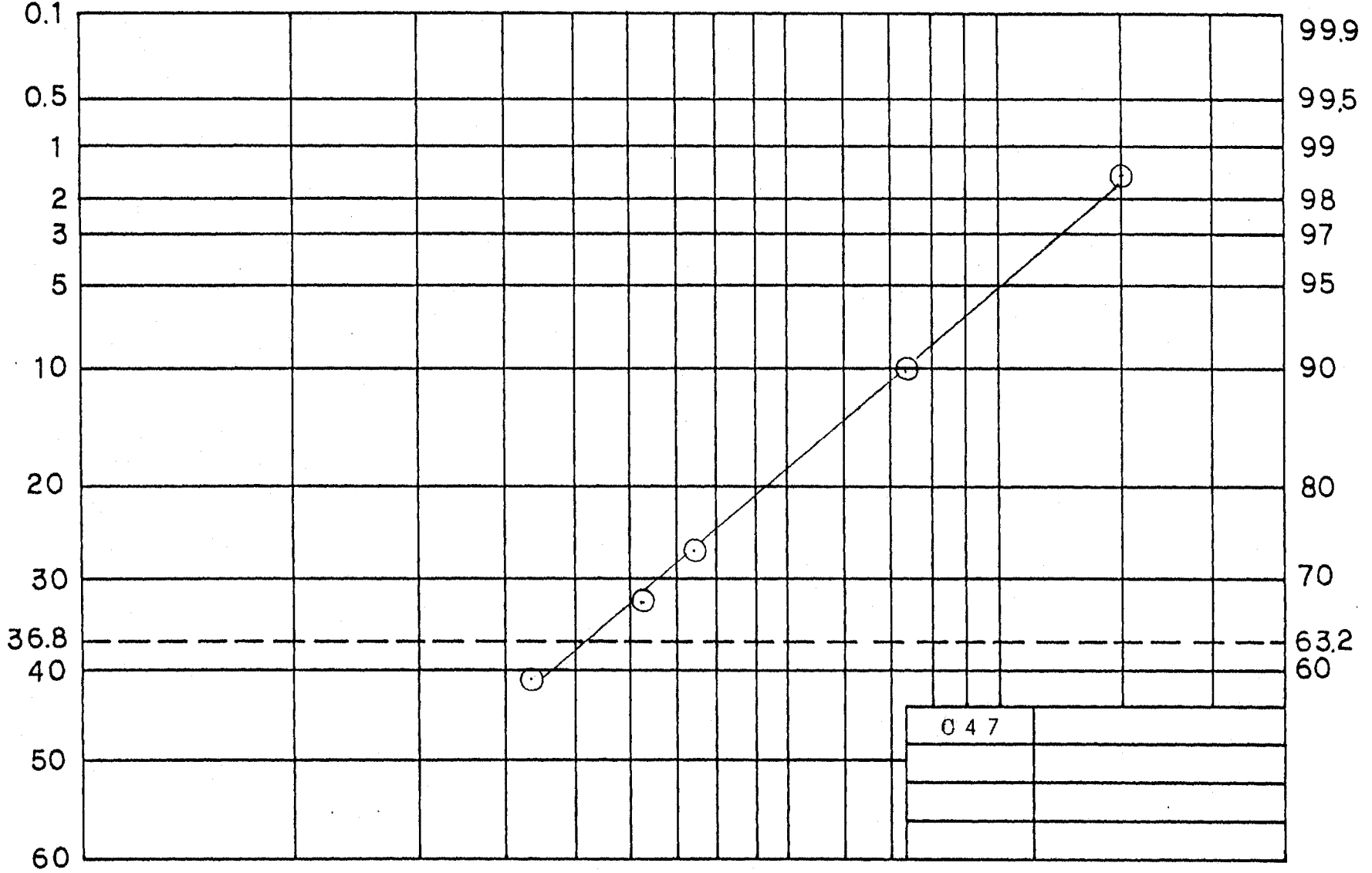
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

— 0.5 —
Remained (%)

Passed (%)



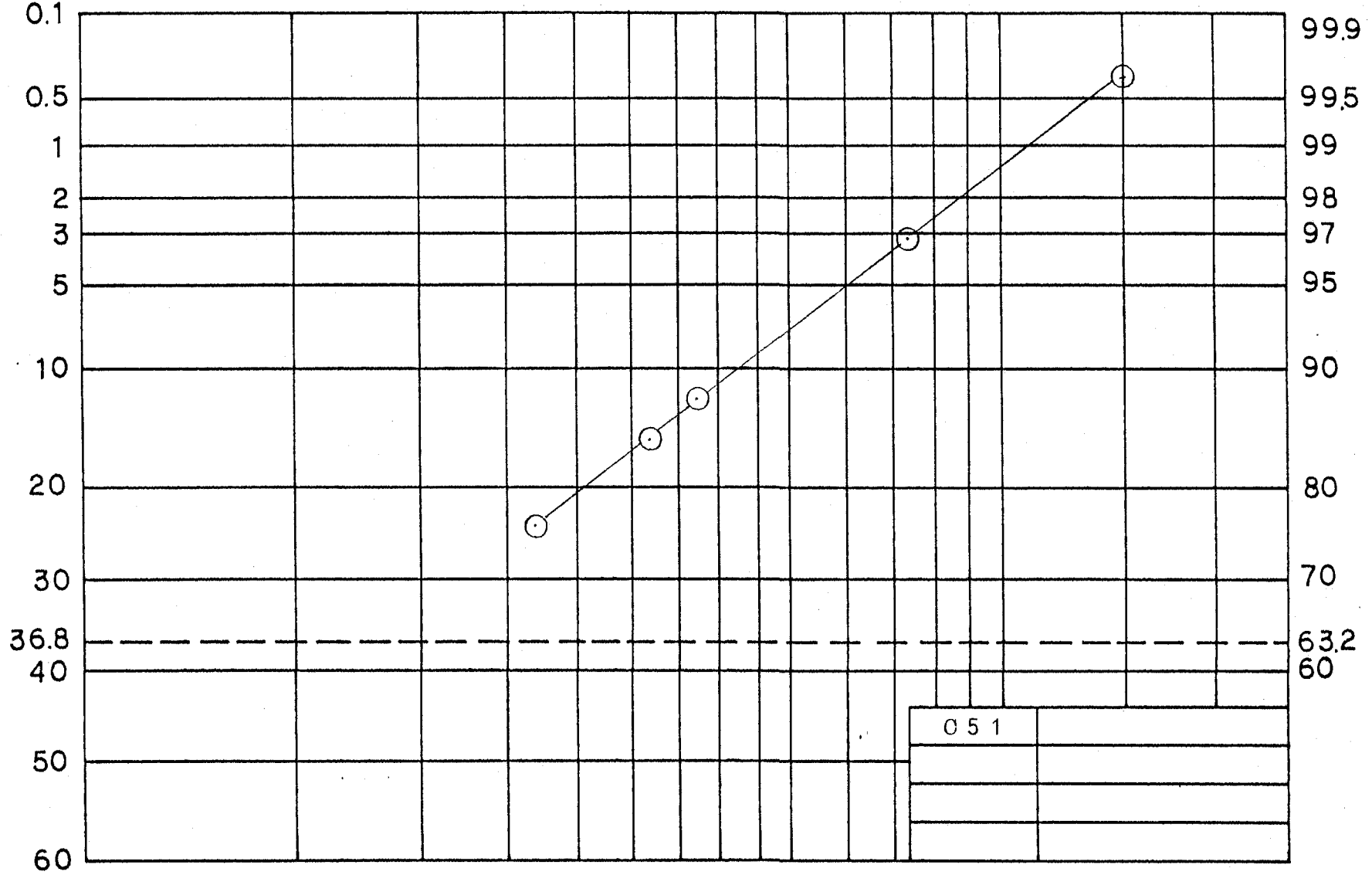
付図 2 3 粒 度 分 布 図

350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

— 151 —
Remained (%)

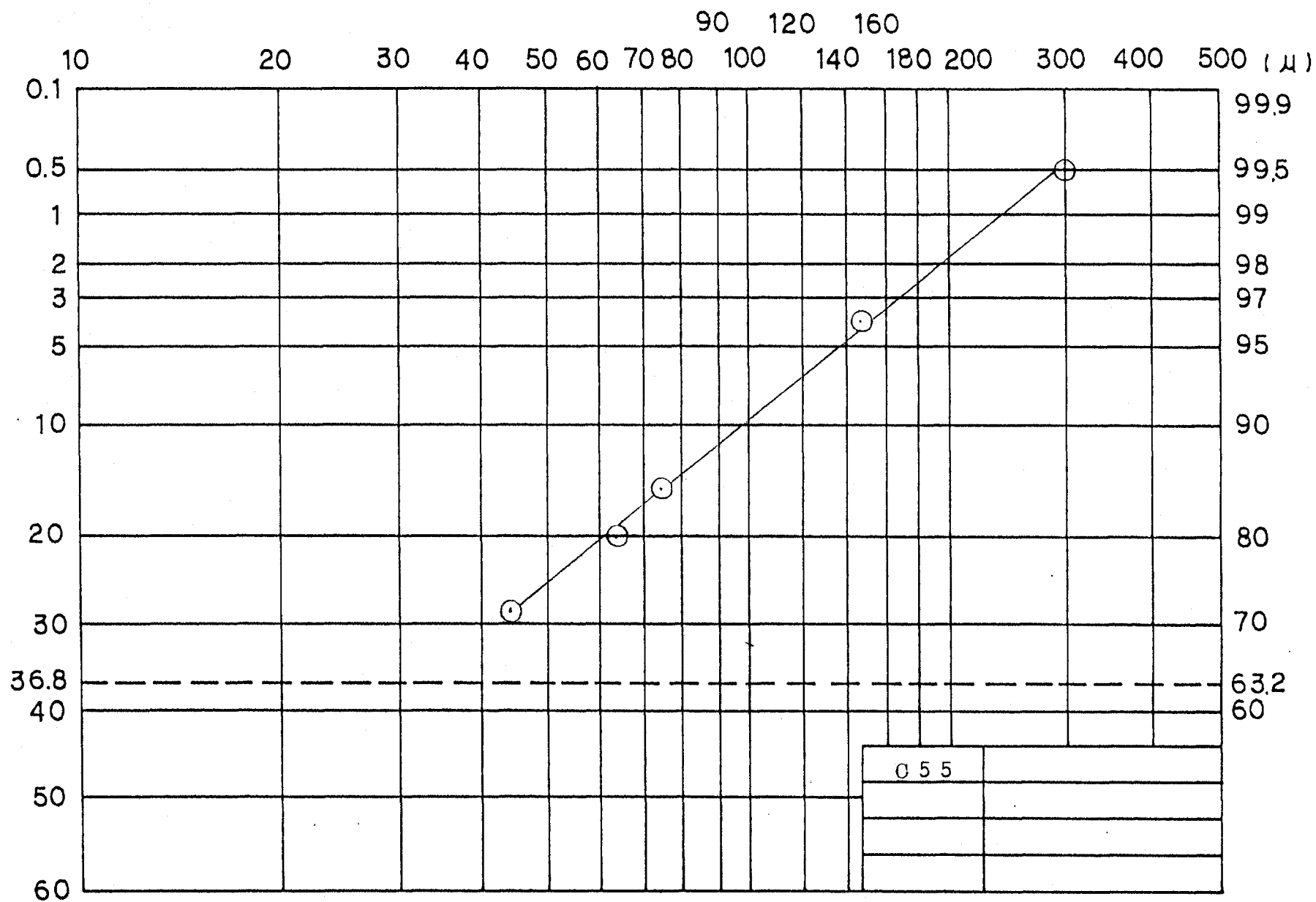


Passed (%)

付図 2 4 粒 度 分 布 図

—152—

Remained (%)



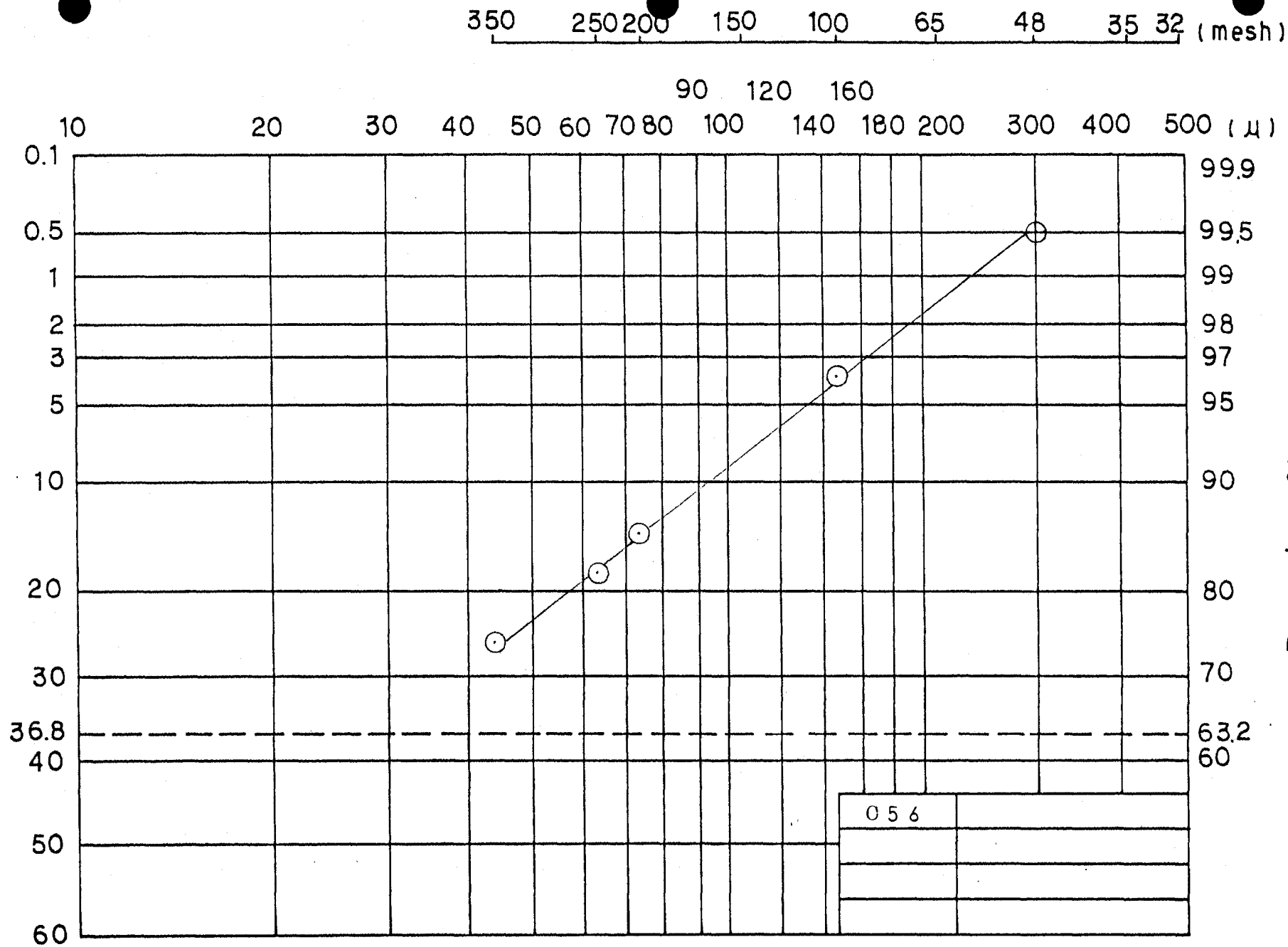
Passed (%)

付図 25 粒度分布図

— 153 —

Remained (%)

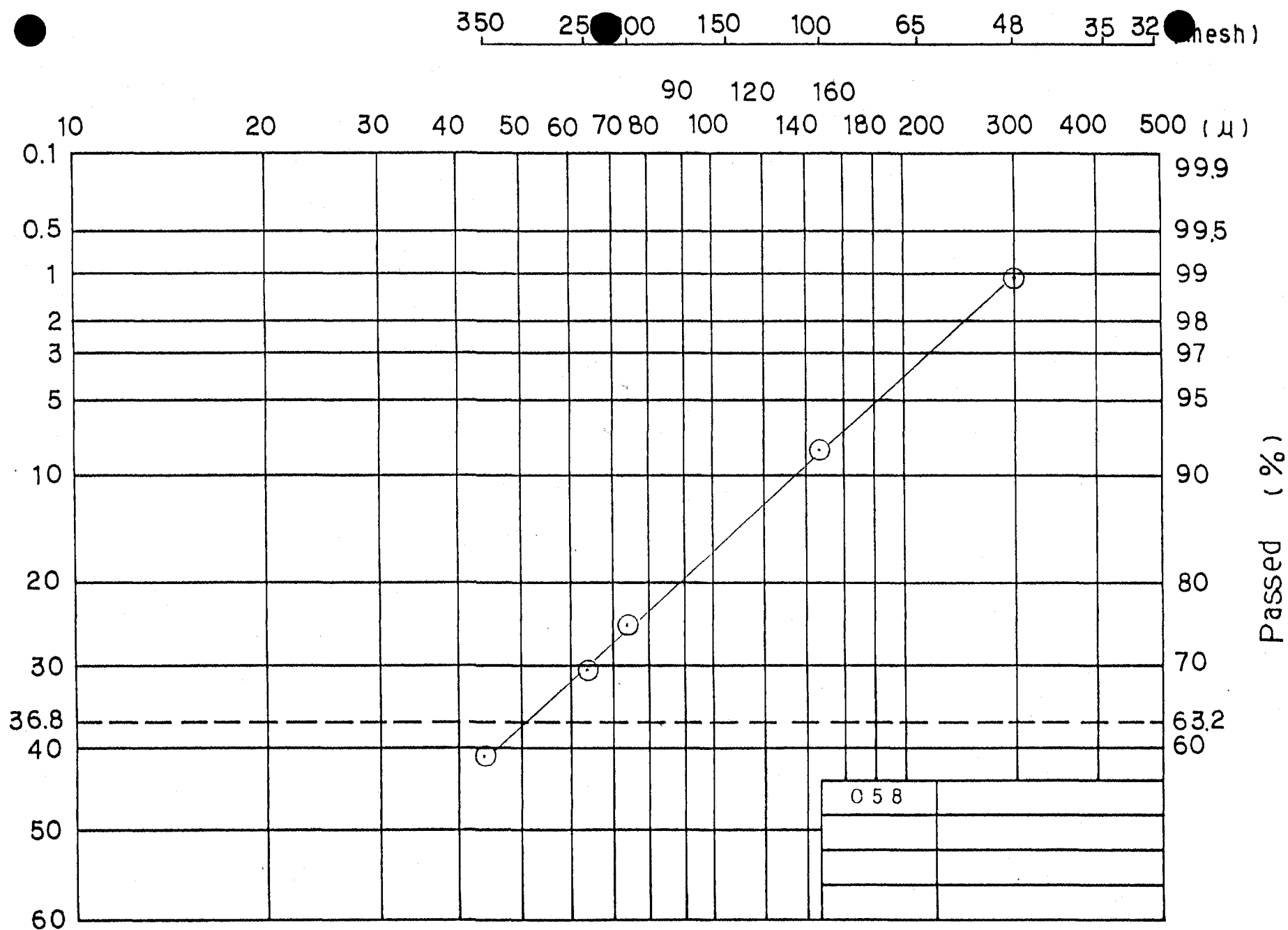
Passed (%)



付図 26 粒度分布図

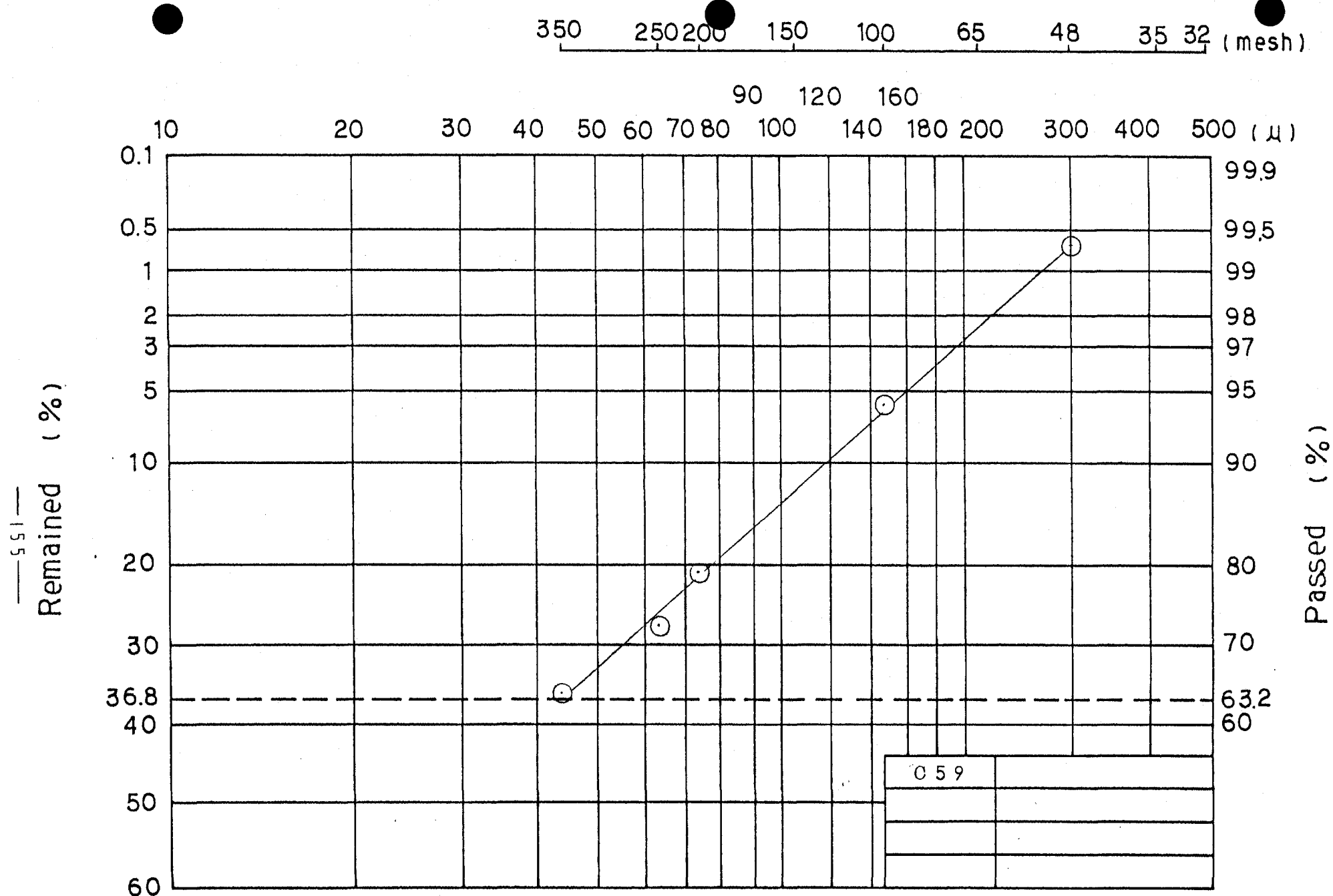
— 154 —

Remained (%)



Passed (%)

付図 27 粒度分布図



付图 28 粒度分布图

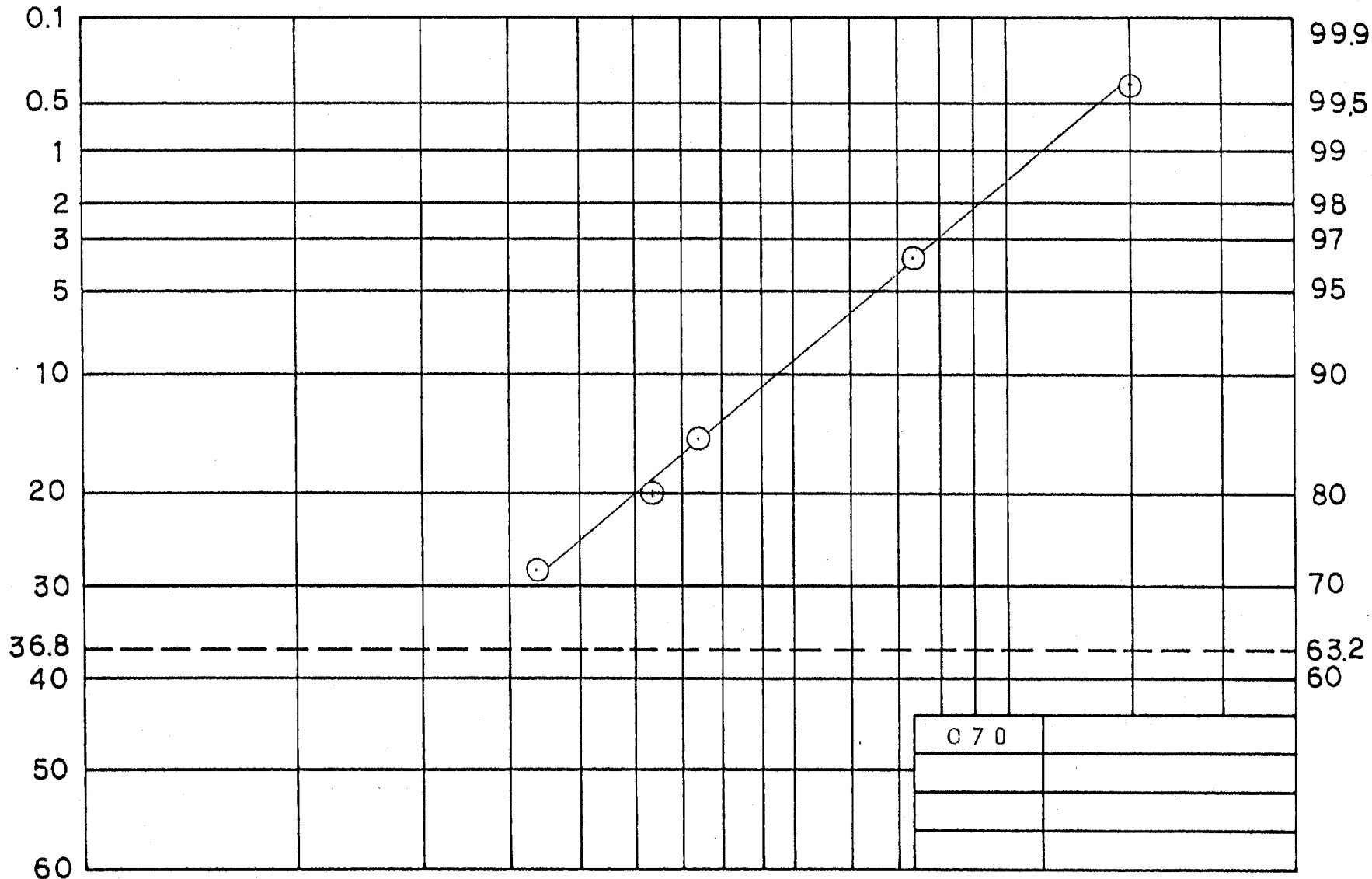
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

Remained (%)

Passed (%)



付図 29 粒度分布図

—151—

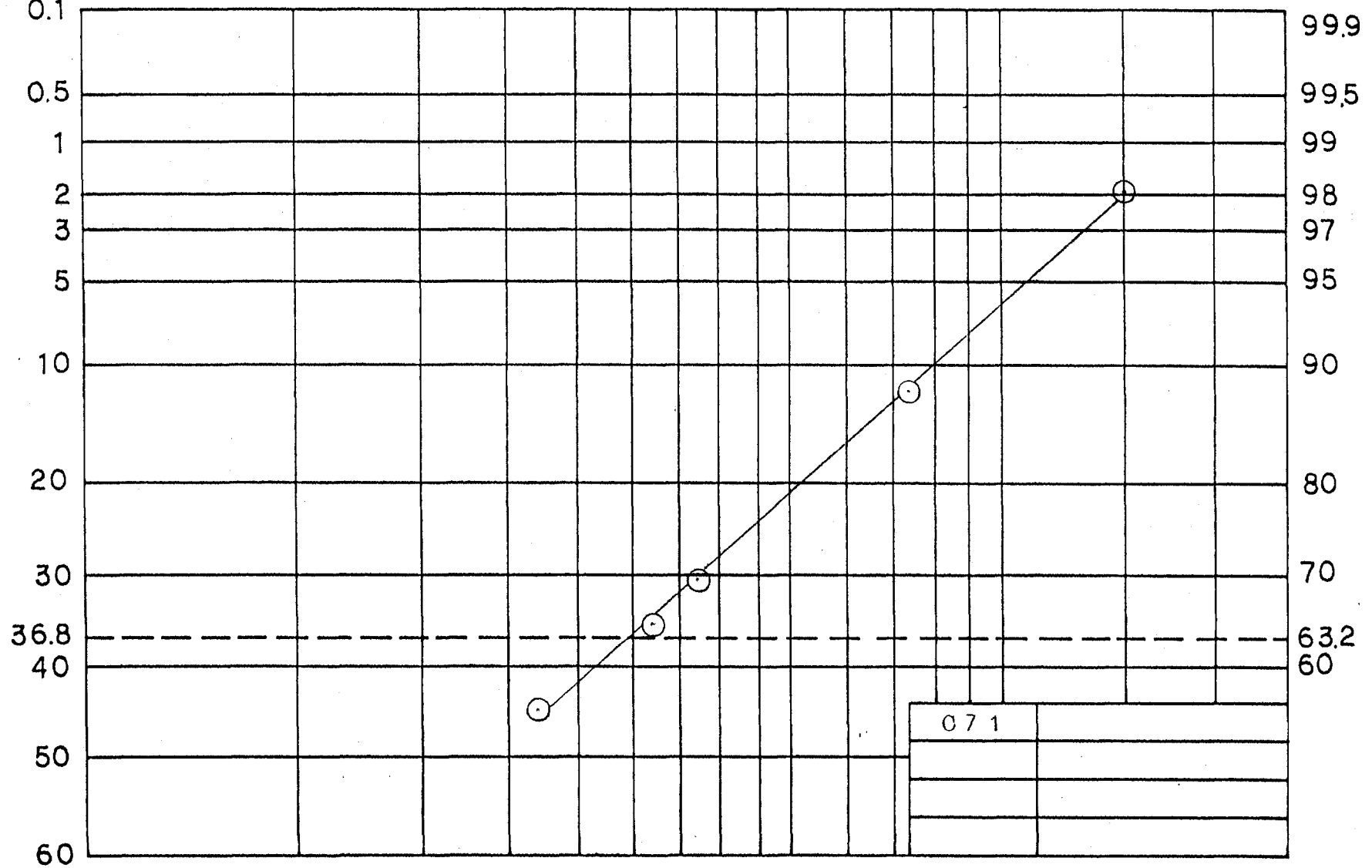
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

Remained (%)

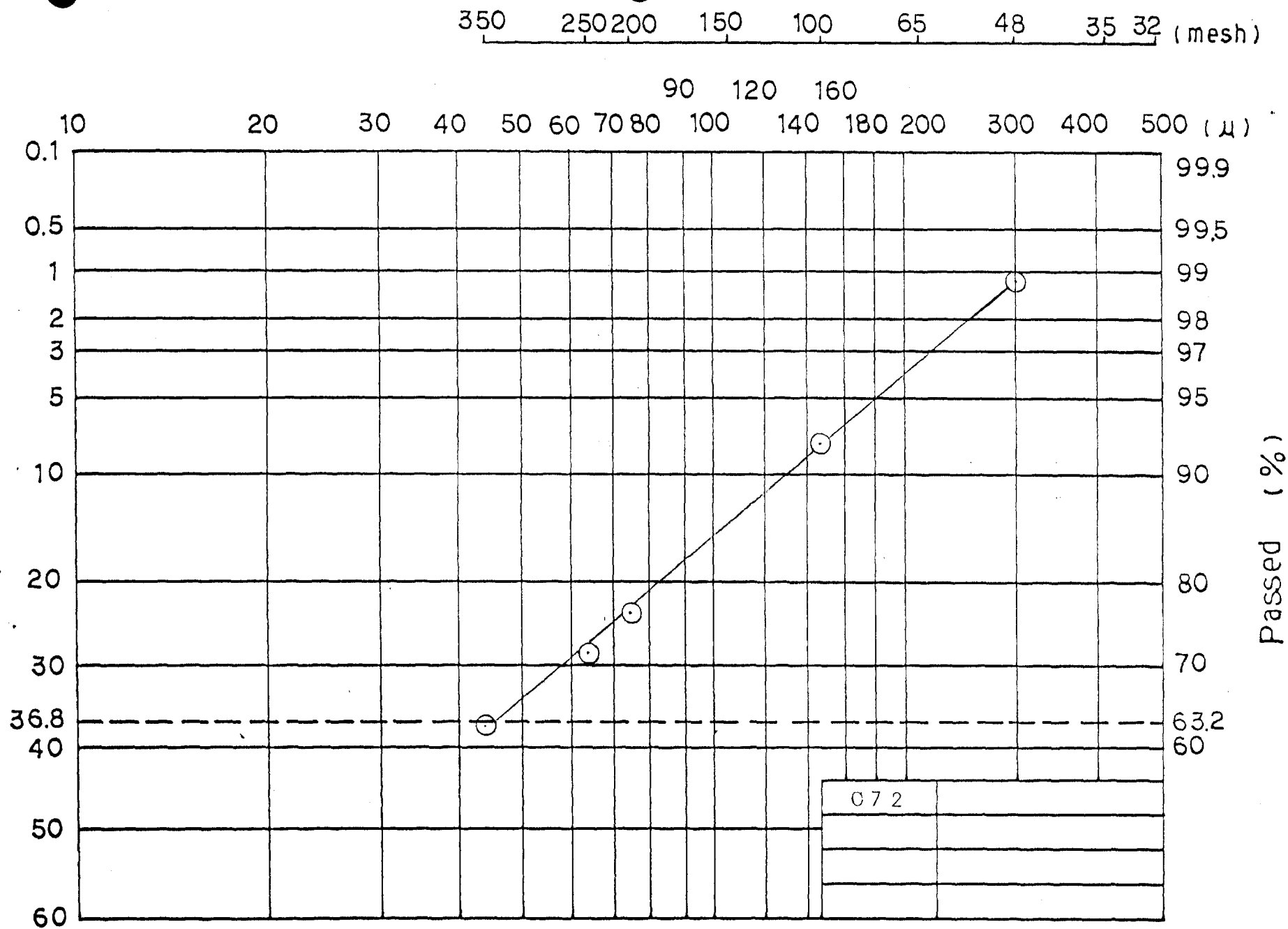
Passed (%)



付図 30 粒度分布図

—851—

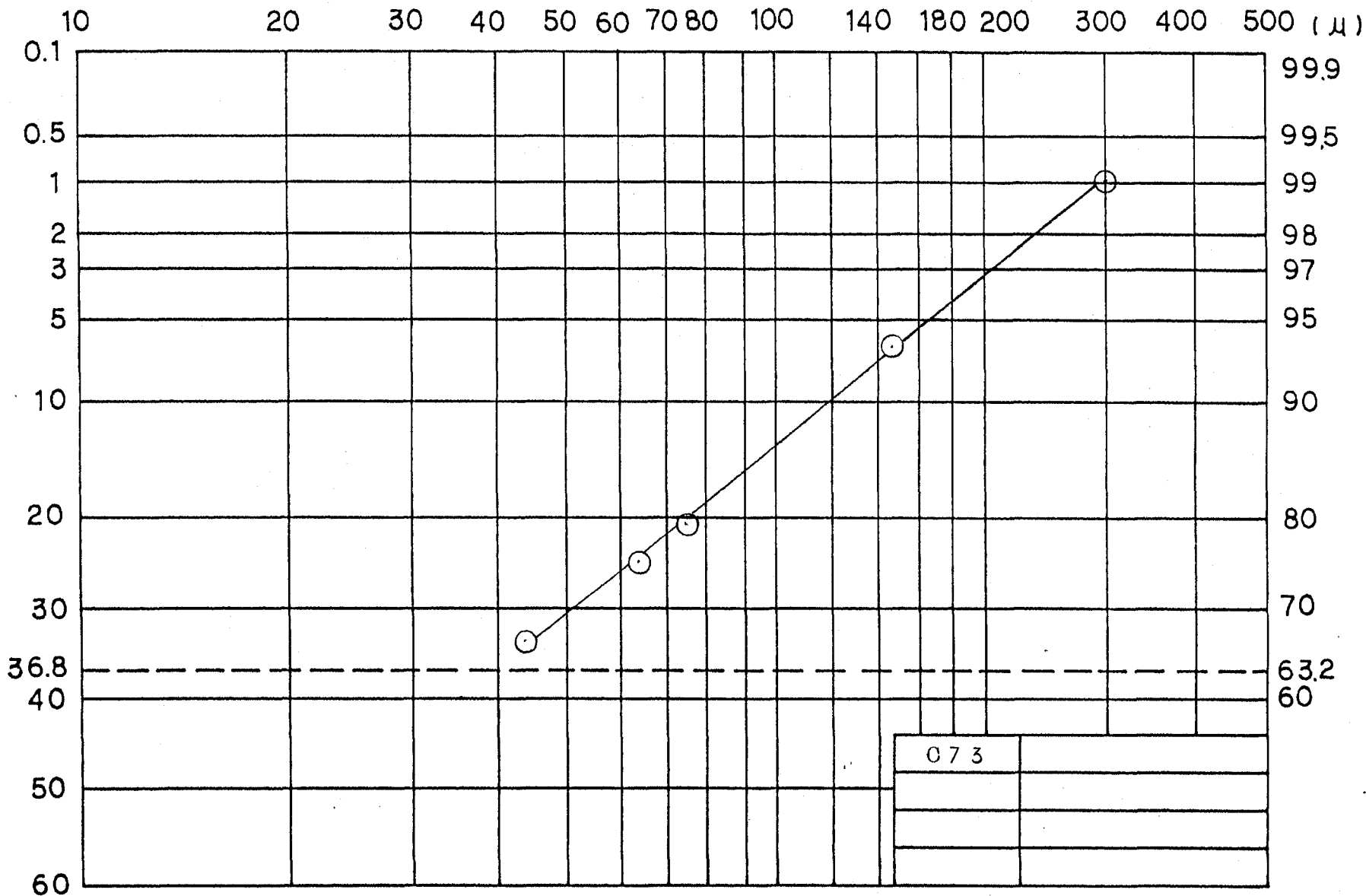
Remained (%)



付図 3 1 粒度分布図

—651—

Remained (%)



付图 3.2 粒度分布图

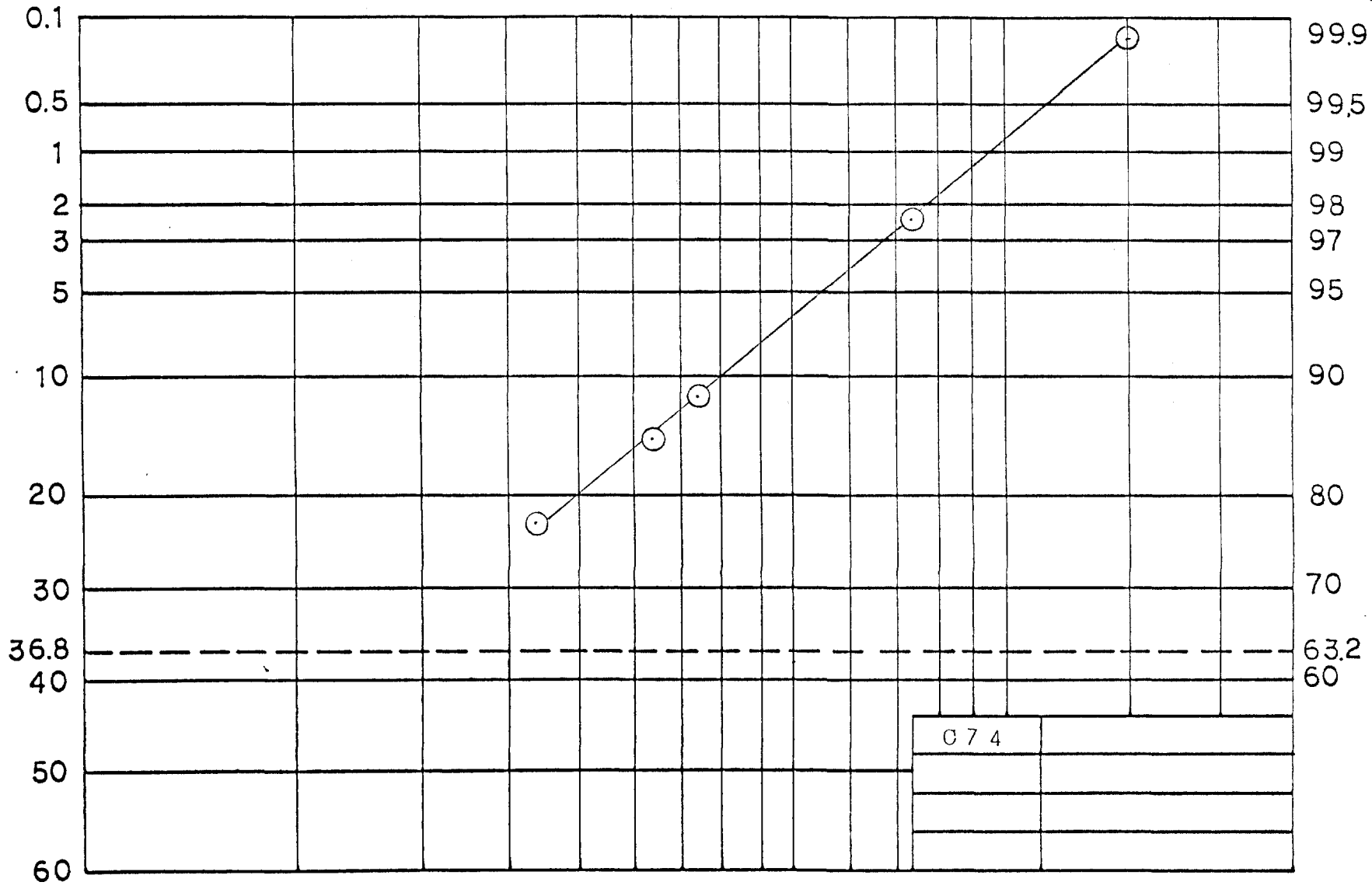
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

— 0.9 —
Remained (%)

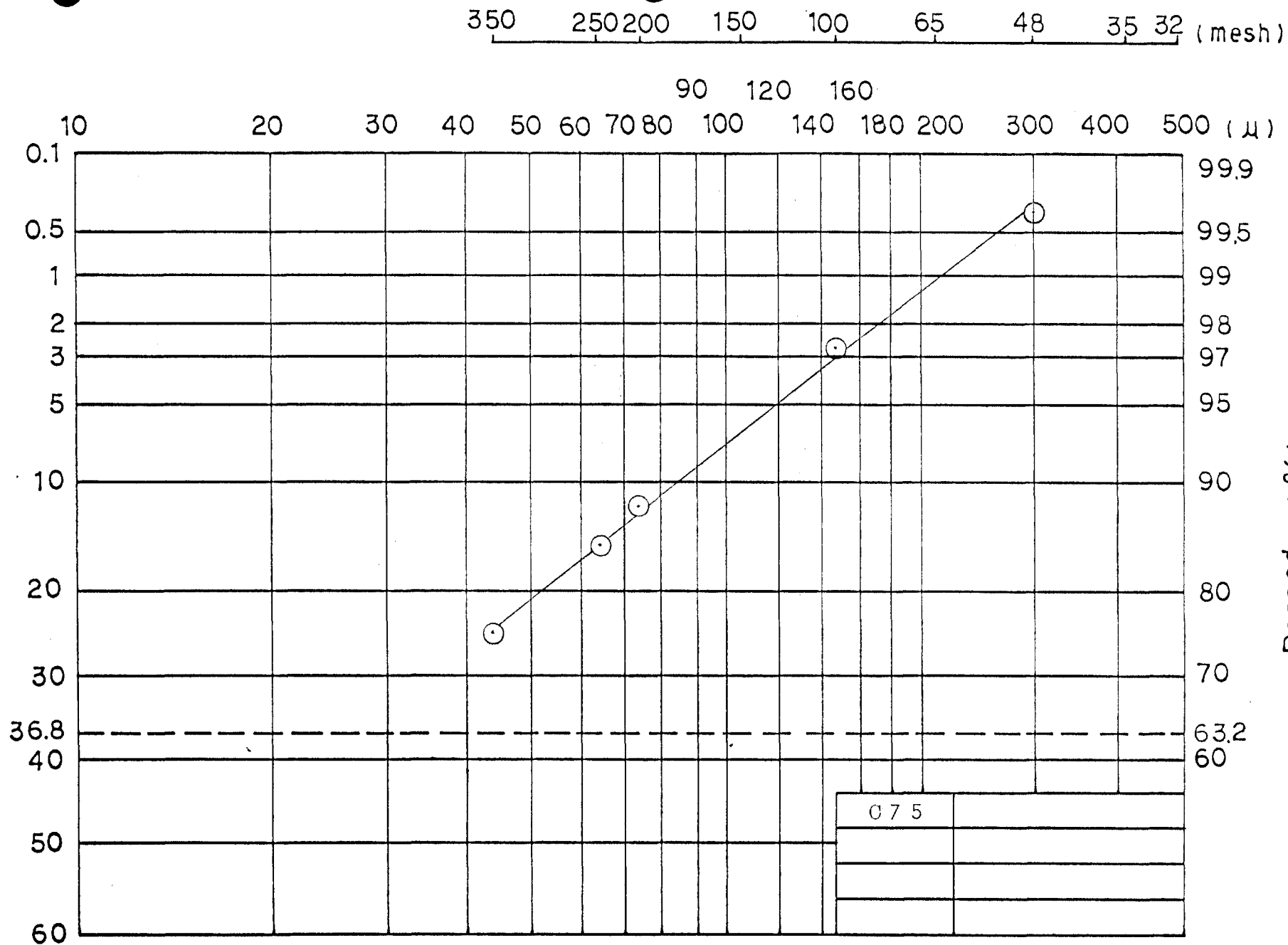
Passed (%)



付図 3 3 粒 度 分 布 図

Remained (%)

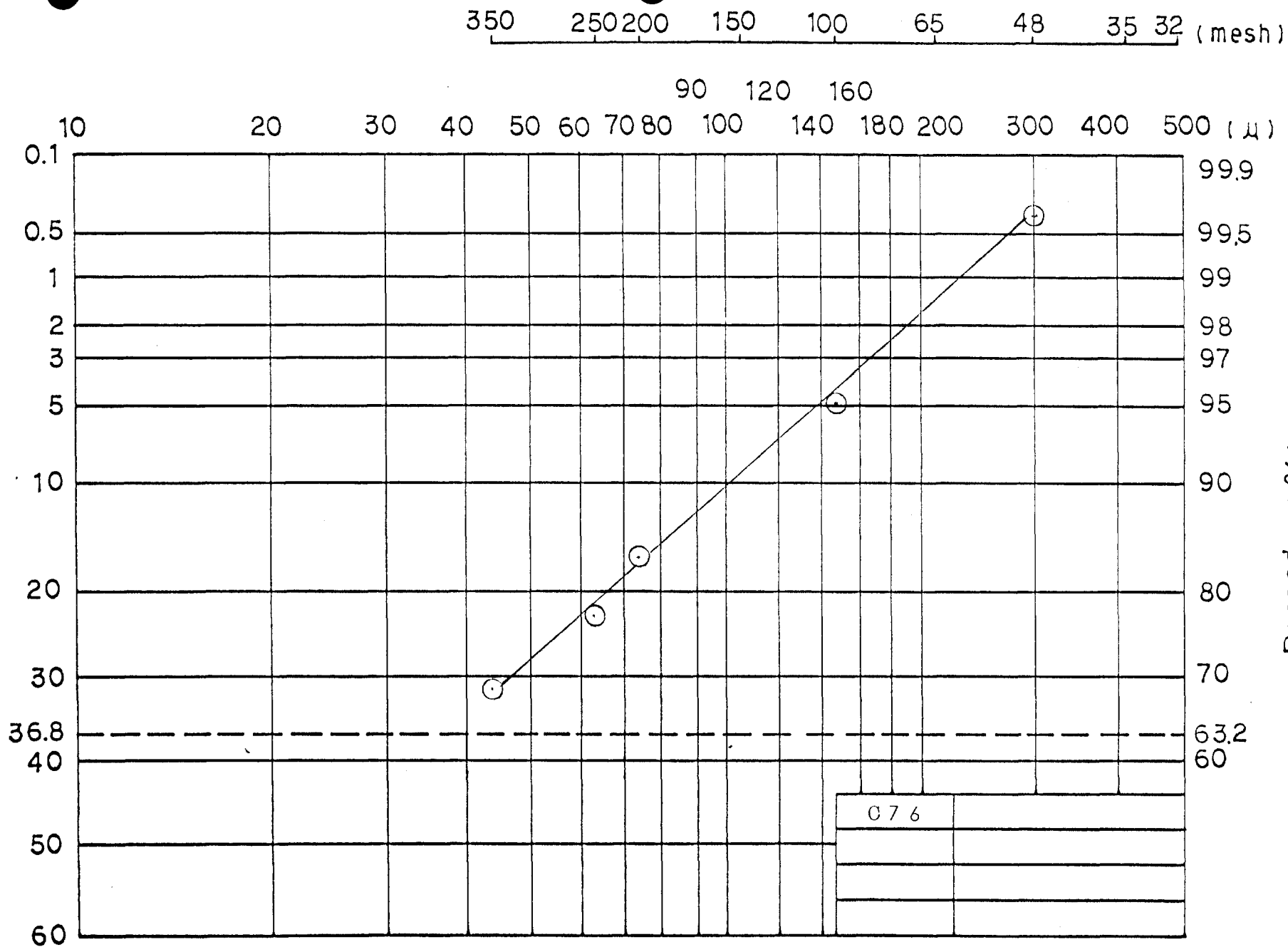
Passed (%)



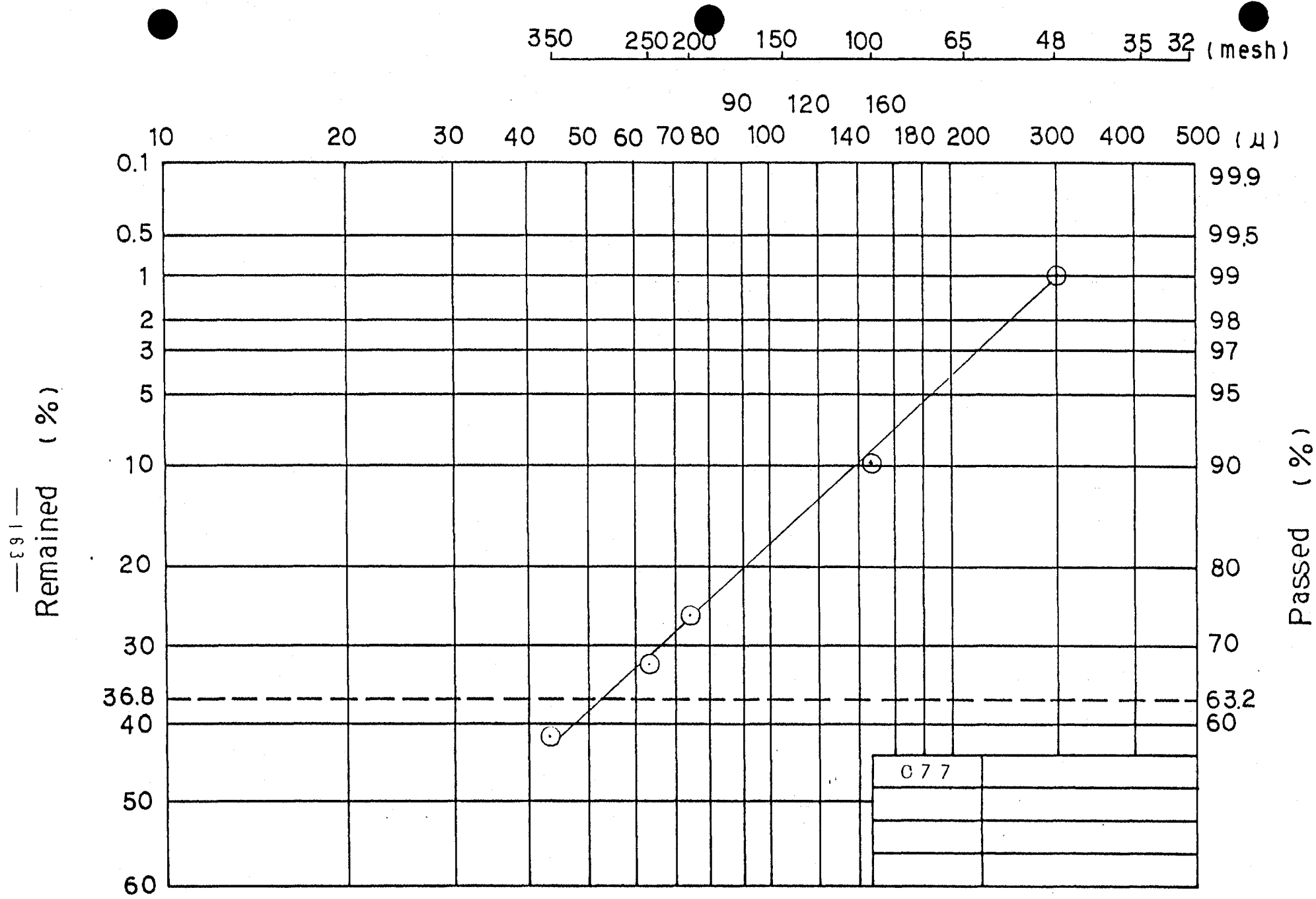
付図 34 粒度分布図

Remained (%)

Passed (%)



付図 35 粒度分布図



付図 3 6 粒度分布図

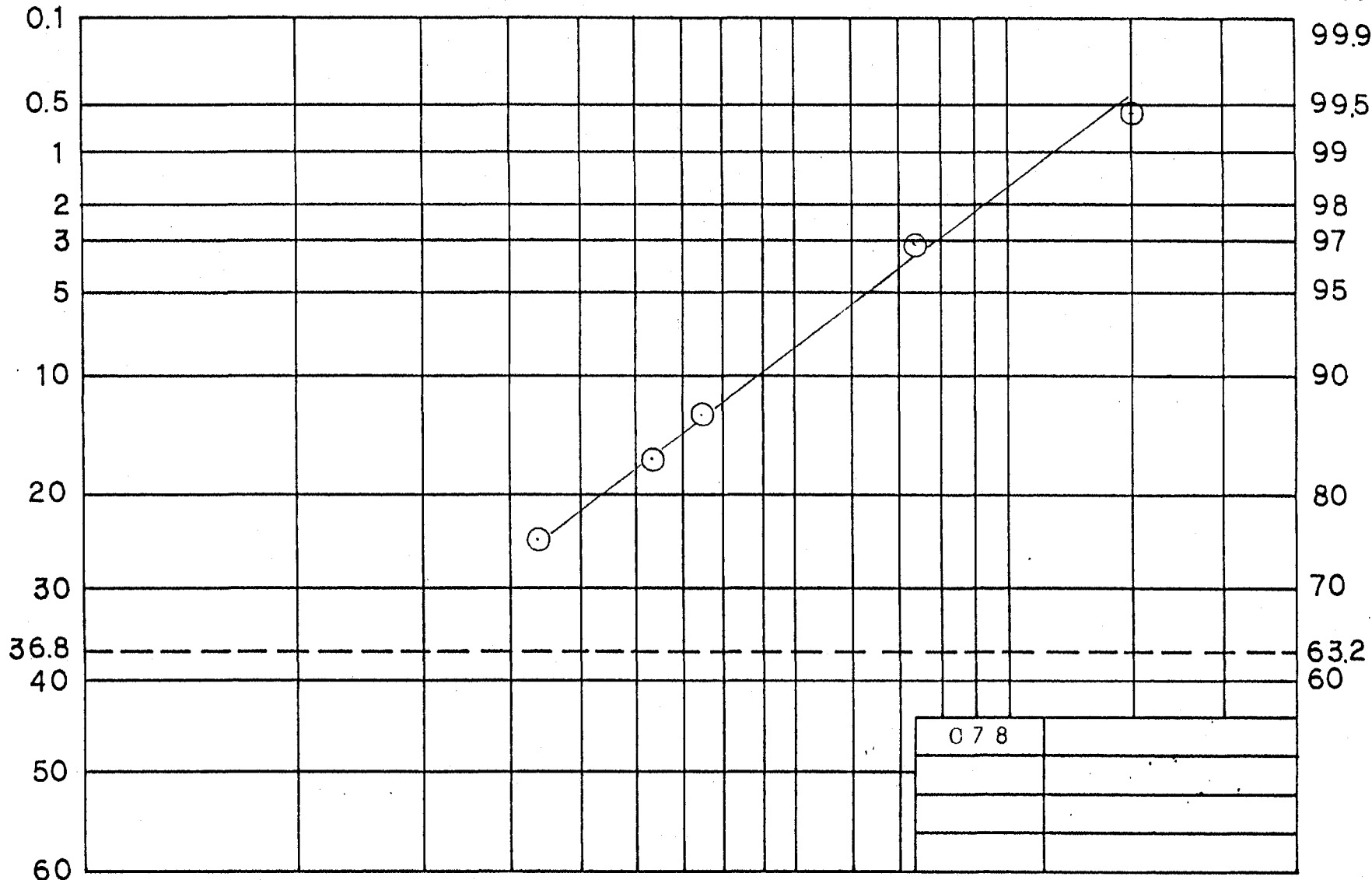
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

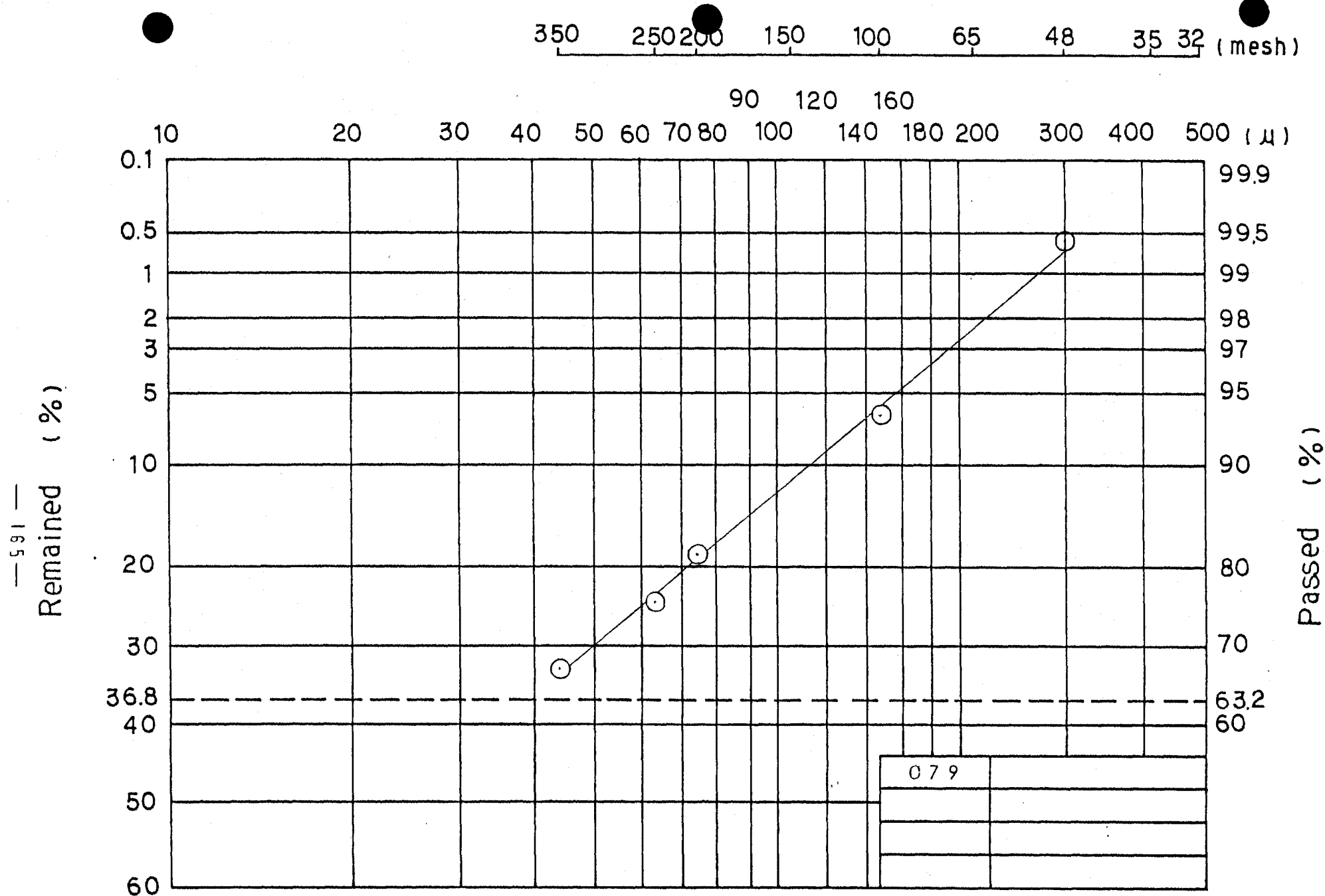
10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

Remained (%)

Passed (%)



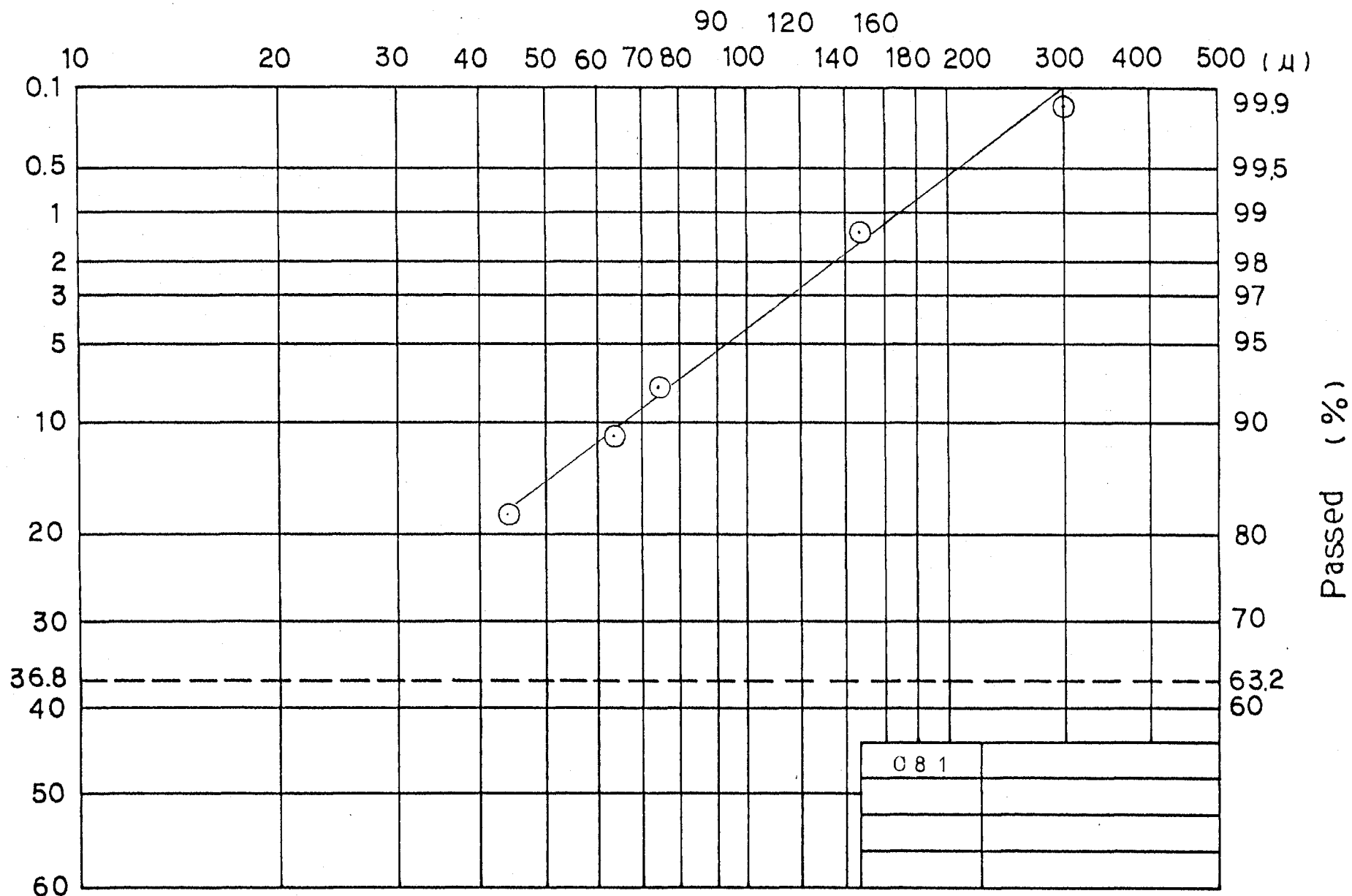
付図 37 粒度分布図



付図 38 粒度分布図

— 99 —

Remained (%)



350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

99.9

99.5

99

98

97

95

90

80

70

63.2

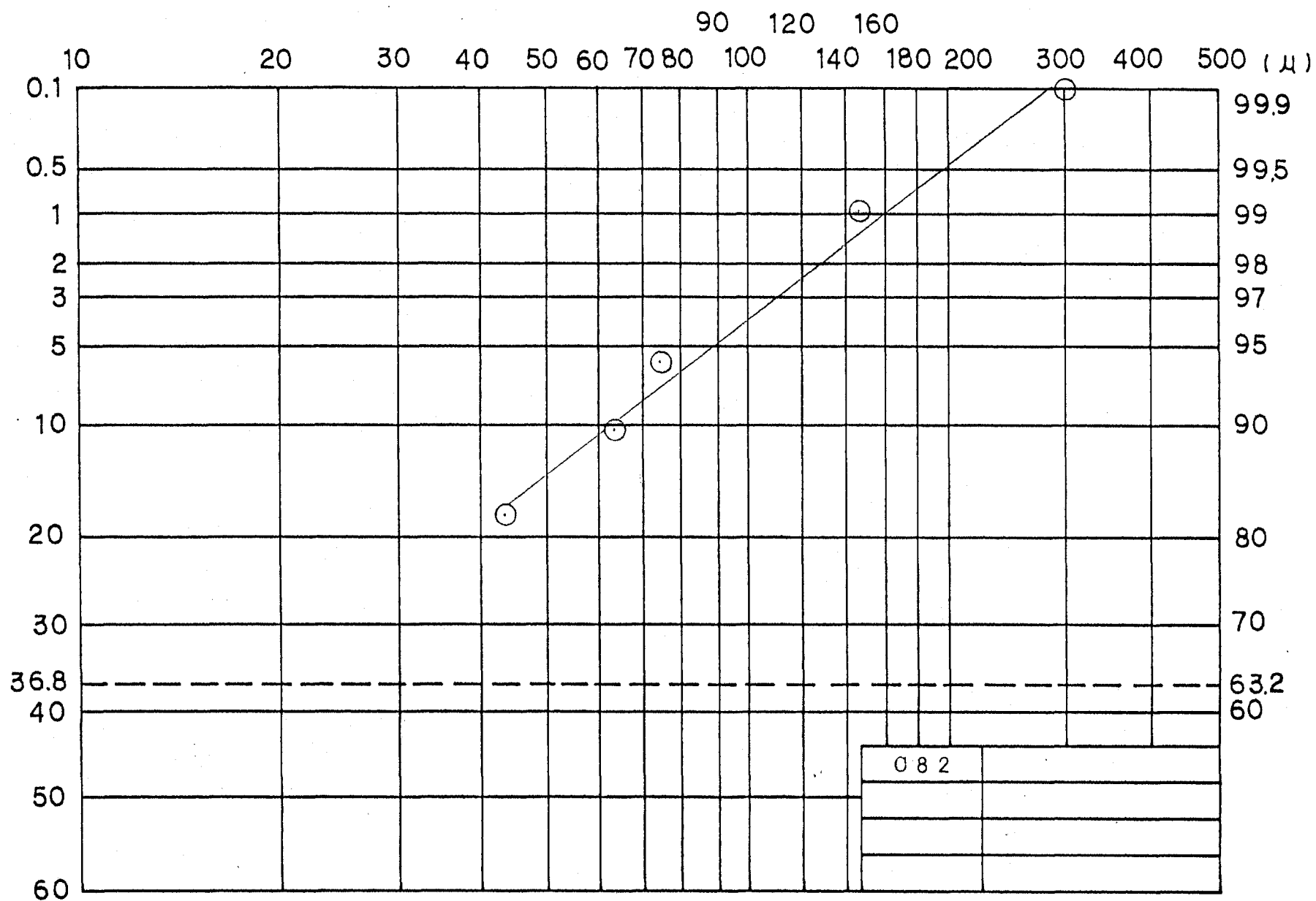
60

Passed (%)

付図 39 粒度分布図

—131—

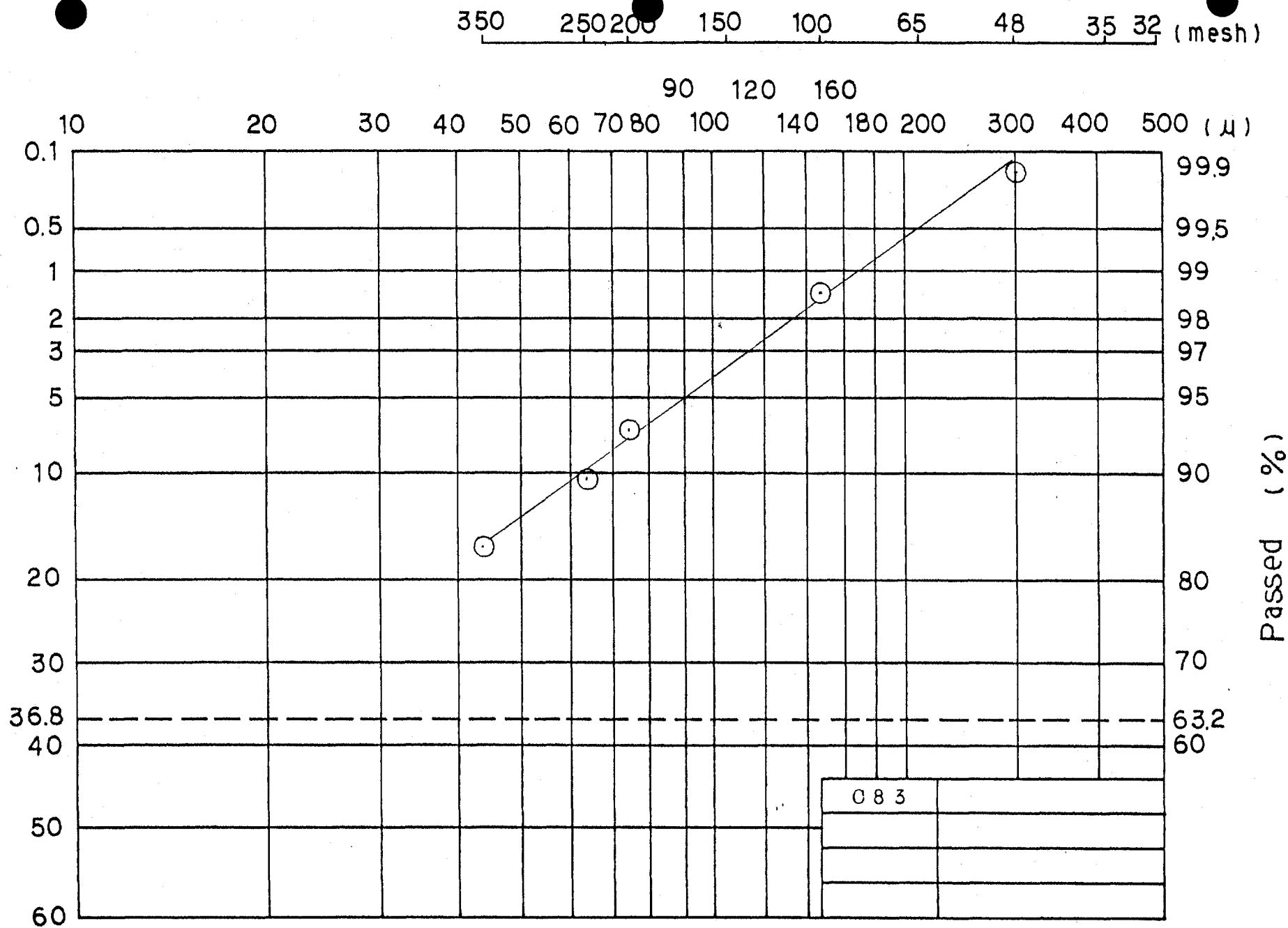
Remained (%)



Passed (%)

付図 40 粒度分布図

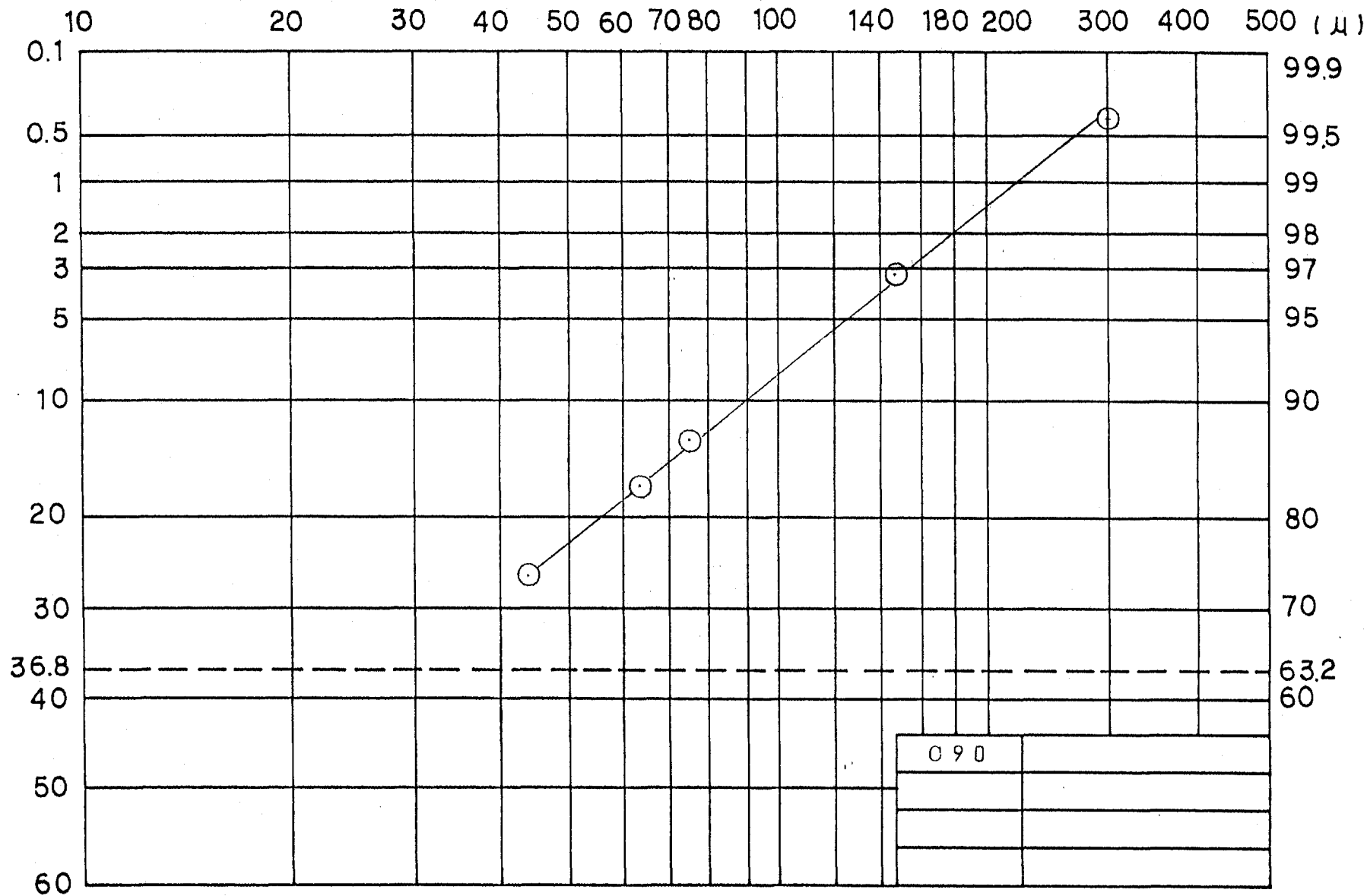
—891—
Remained (%)



付図 4 1 粒度分布図

— 6.91 —

Remained (%)

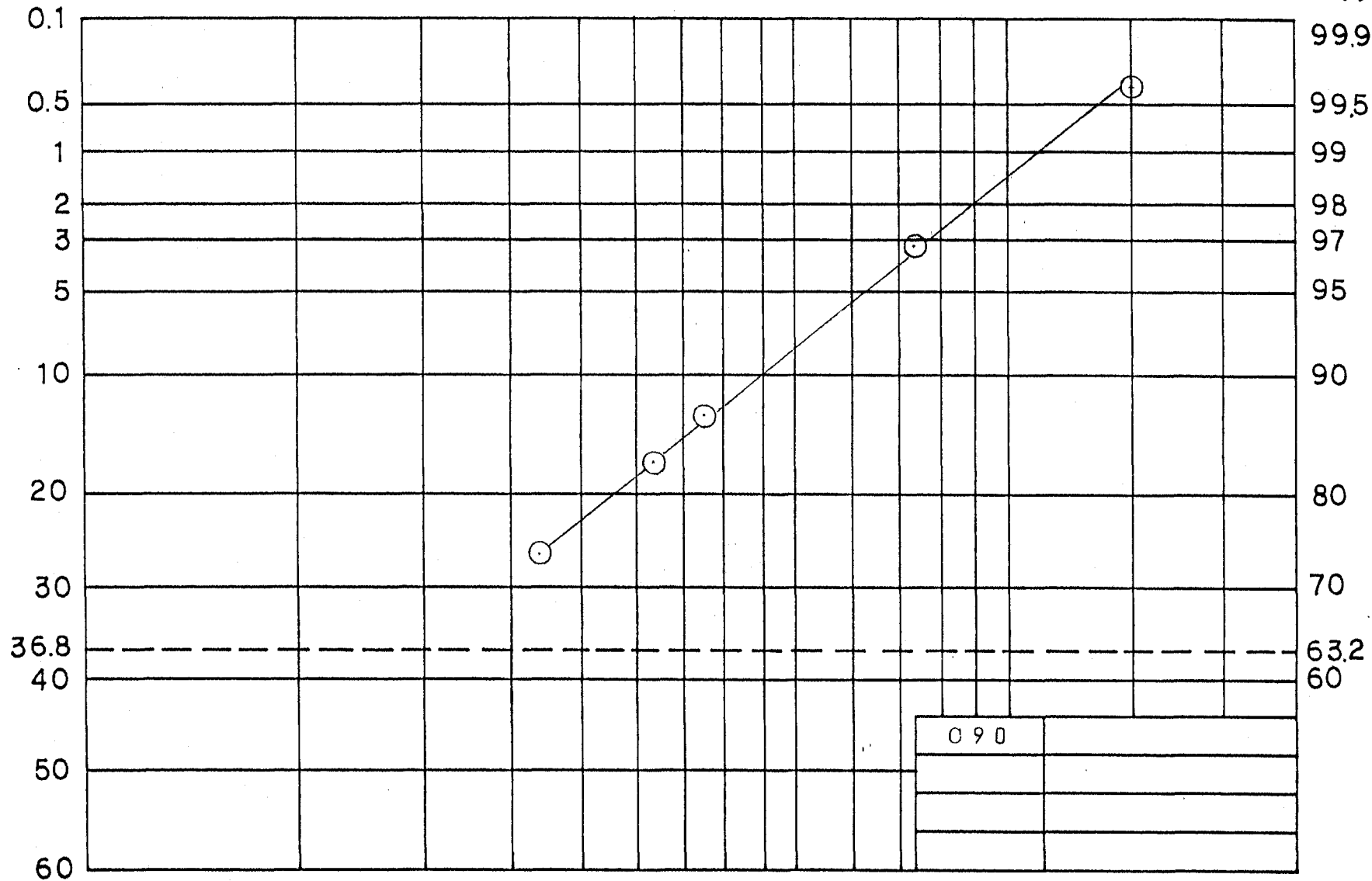


付図 4 2 粒度分布図

350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

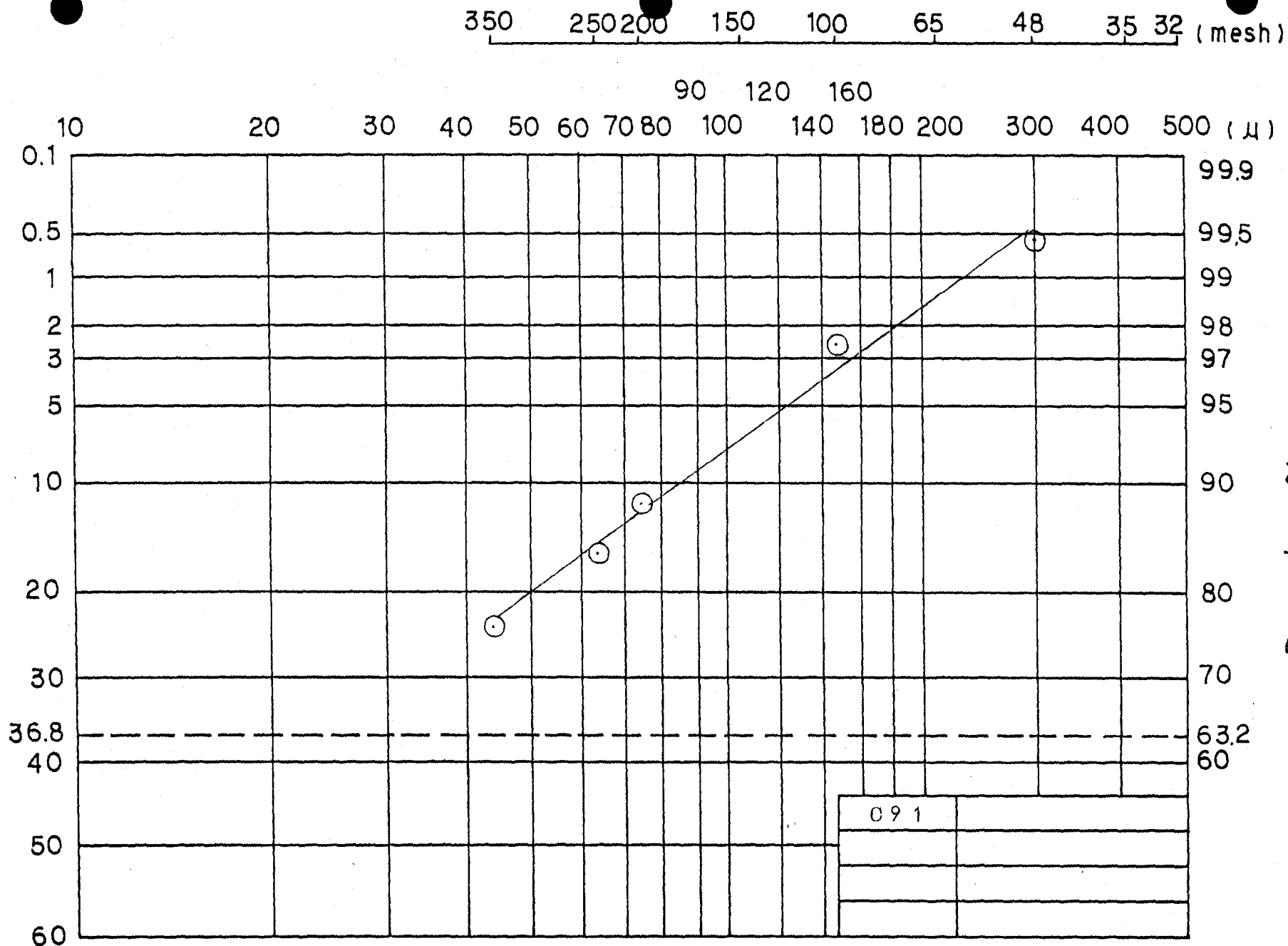
10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)



Passed (%)

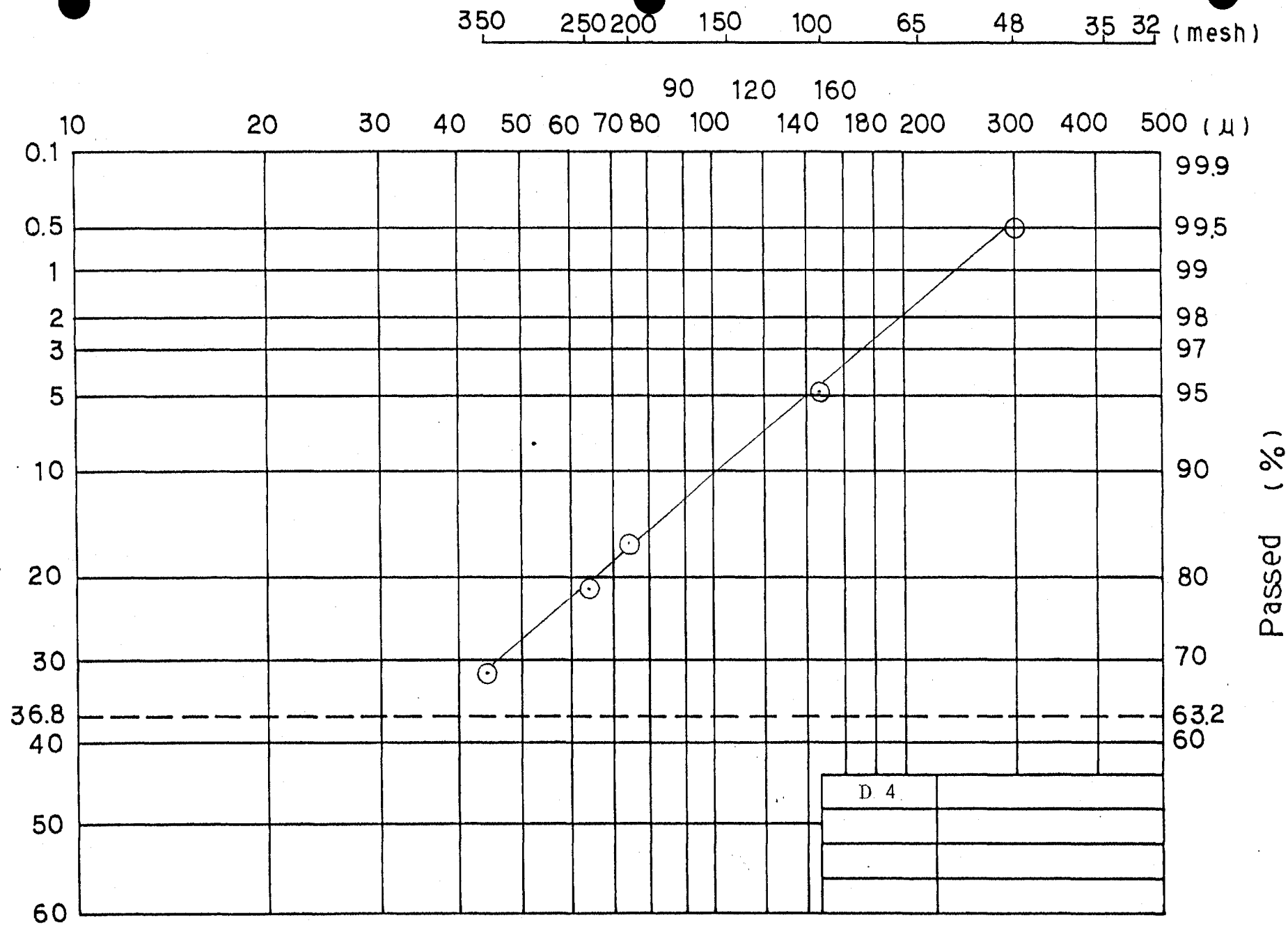
Remained (%)

Passed (%)



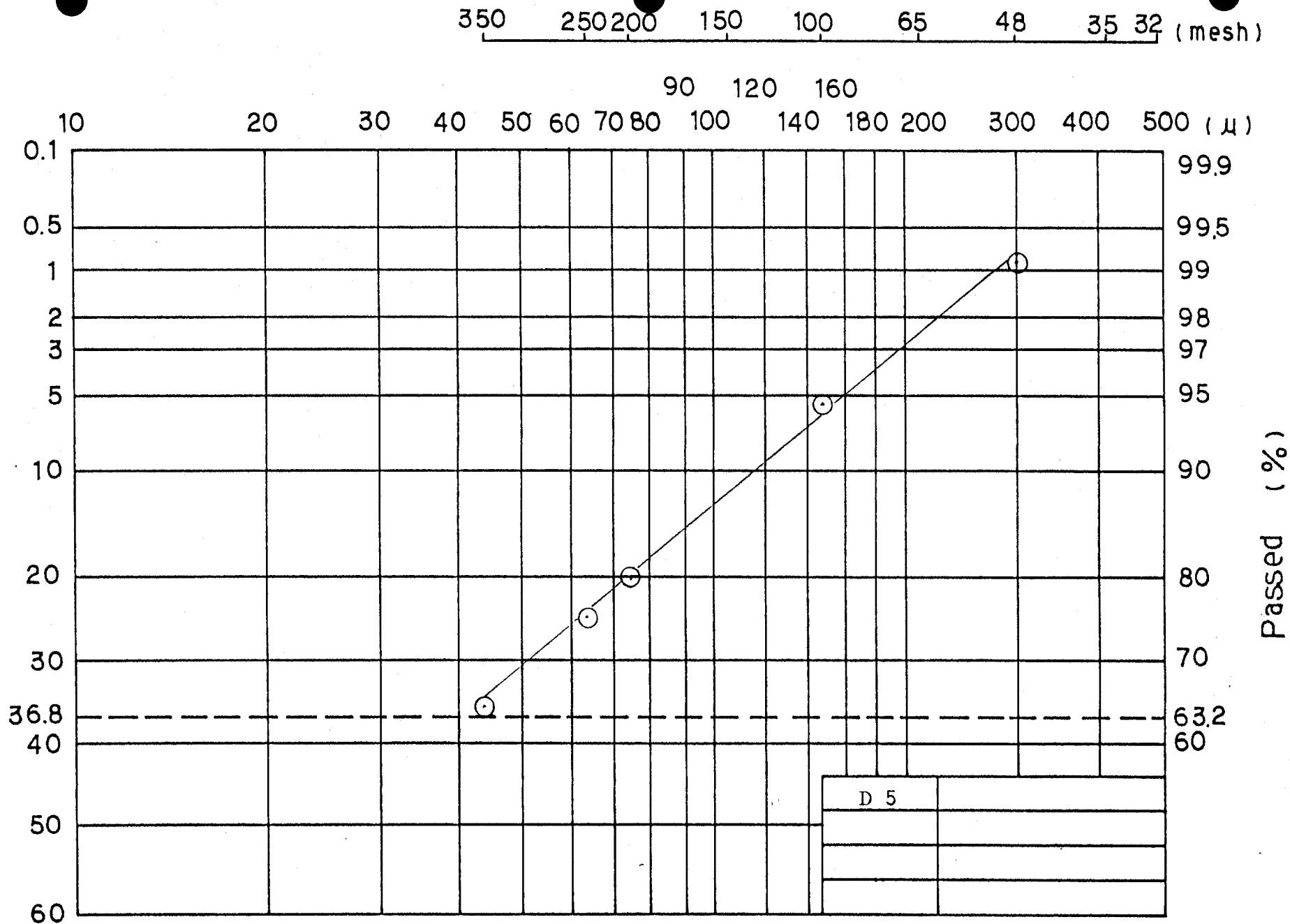
付图 4 3 粒度分布图

—171—
Remained (%)



付図 4 4 粒度分布図

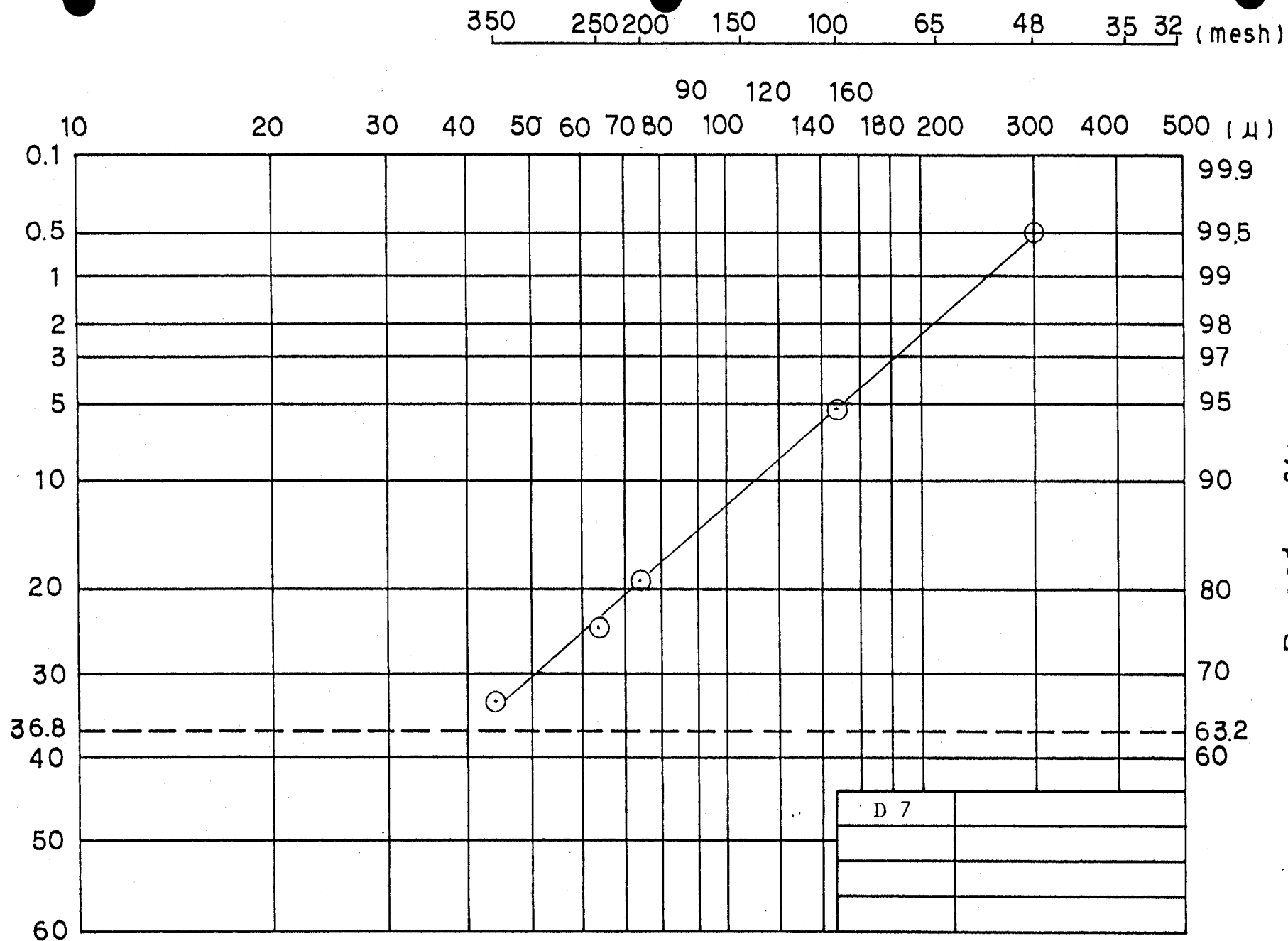
— 172 —
Remained (%)



付图 4 5 粒度分布图

Remained (%)

Passed (%)



付図 4 6 粒度分布図

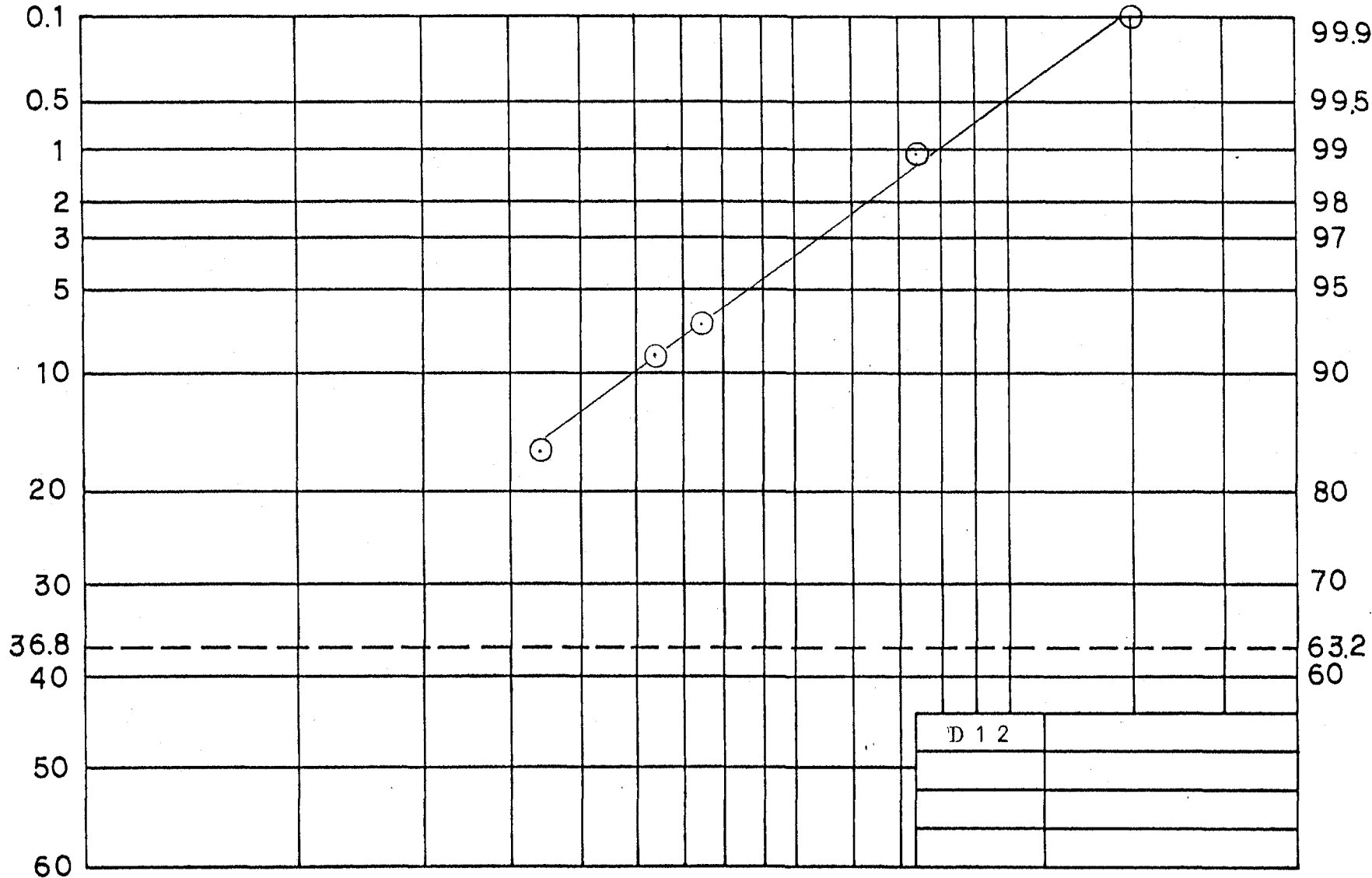
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

Remained (%)

Passed (%)



付図 47 粒度分布図

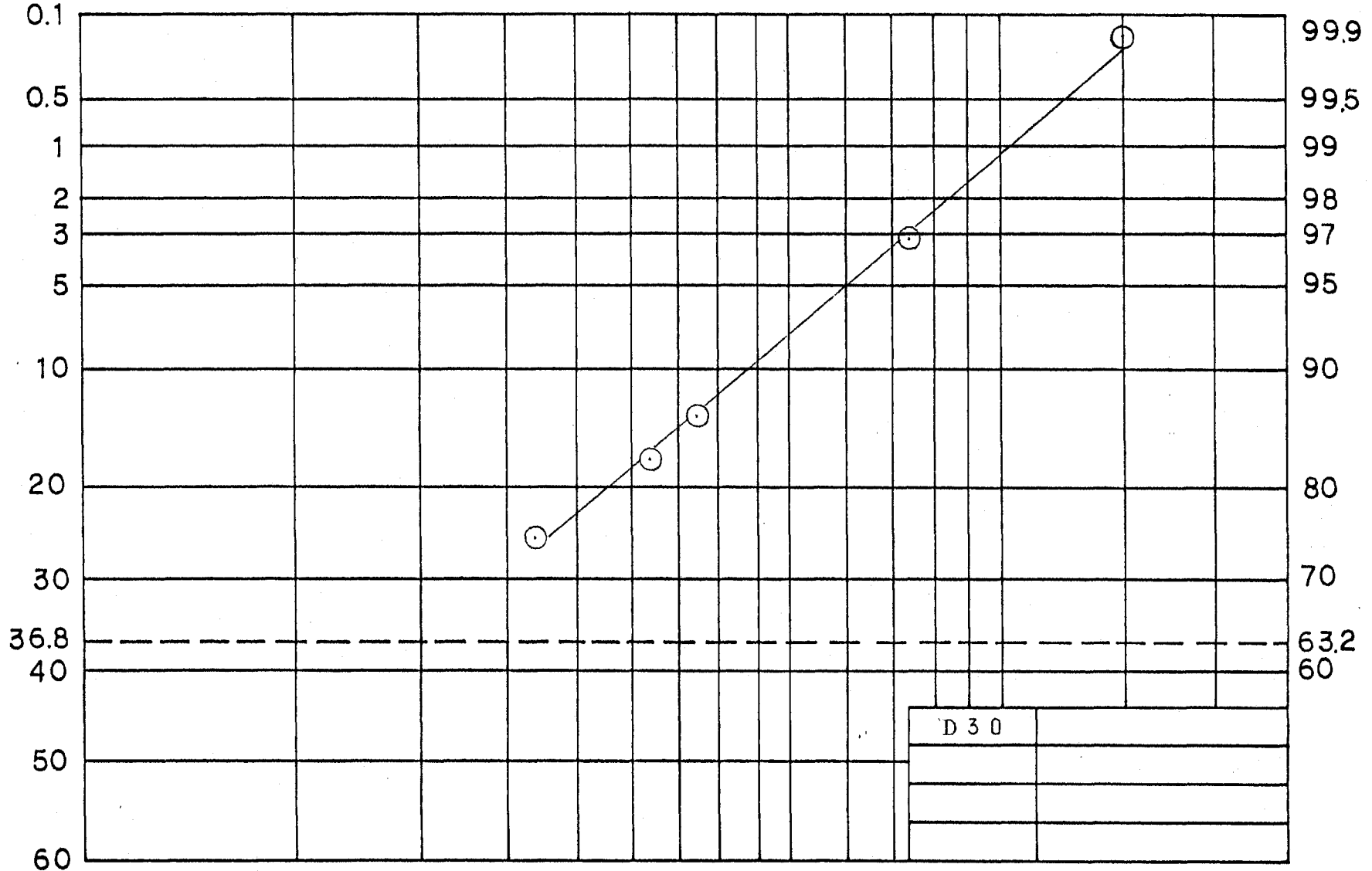
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

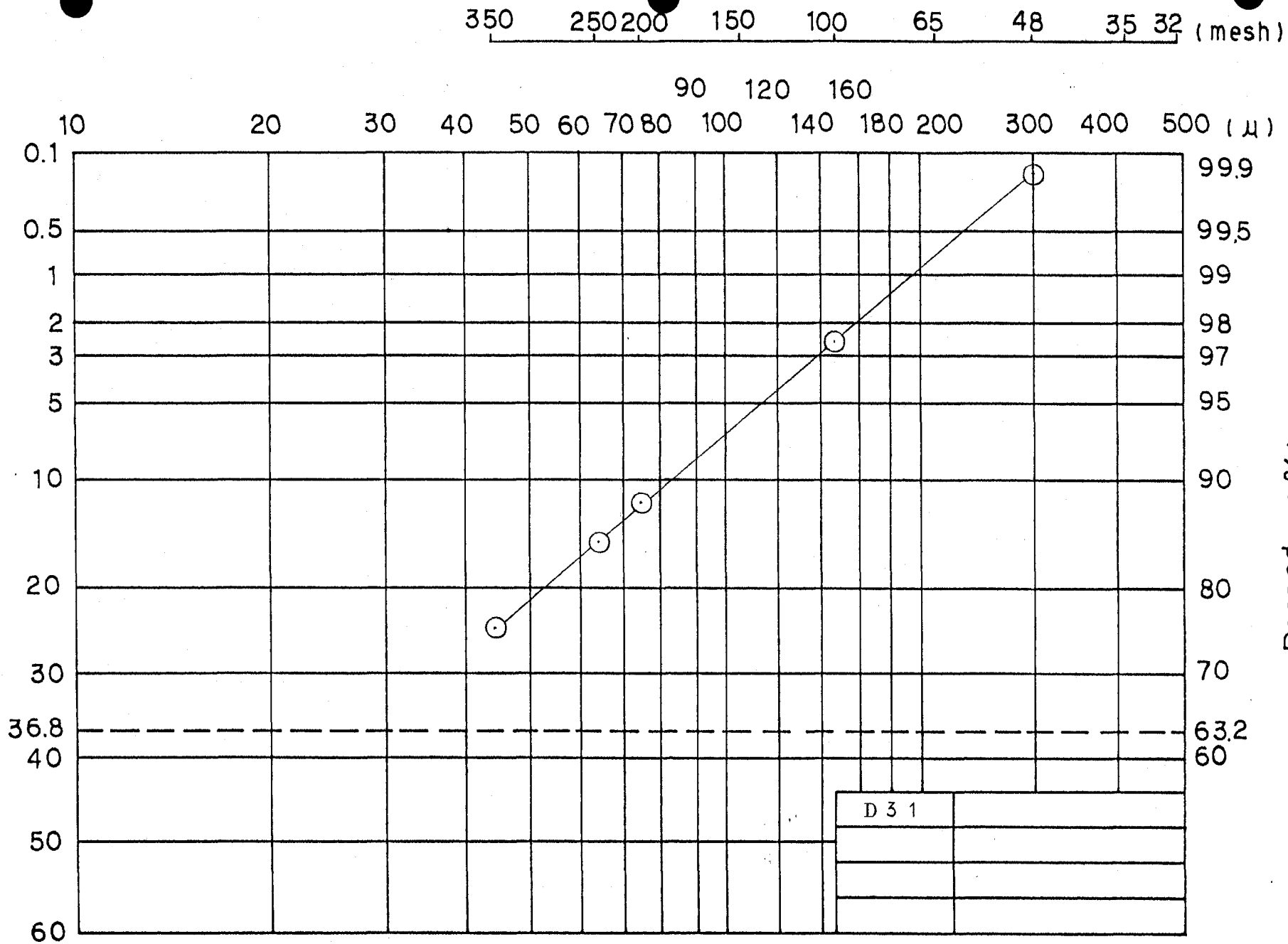
Remained (%)

Passed (%)



付图 4 8 粒度分布图

— 9.1 —
Remained (%)

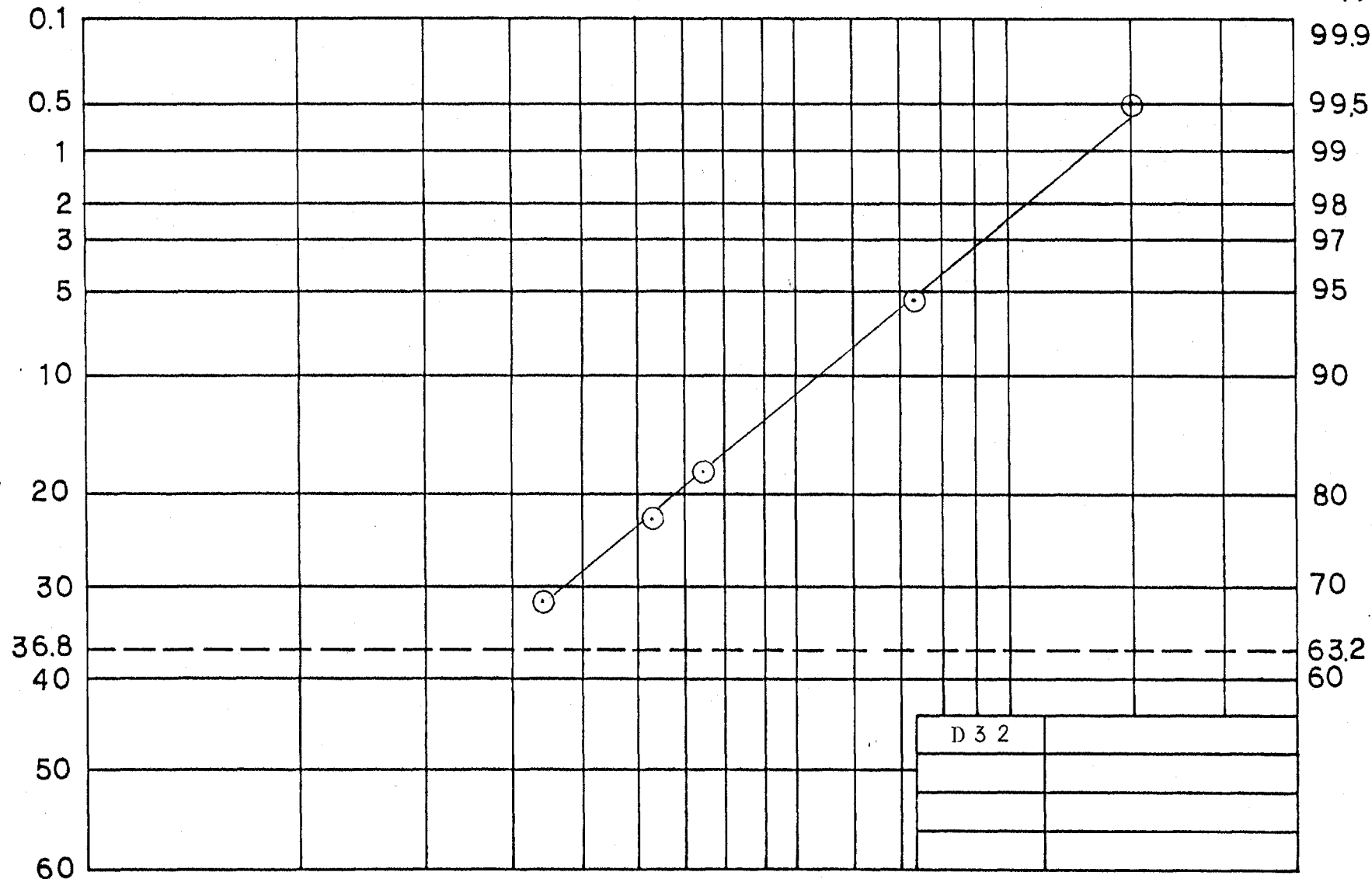


付図 49 粒度分布図

350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)



付図 50 粒度分布図

—87—

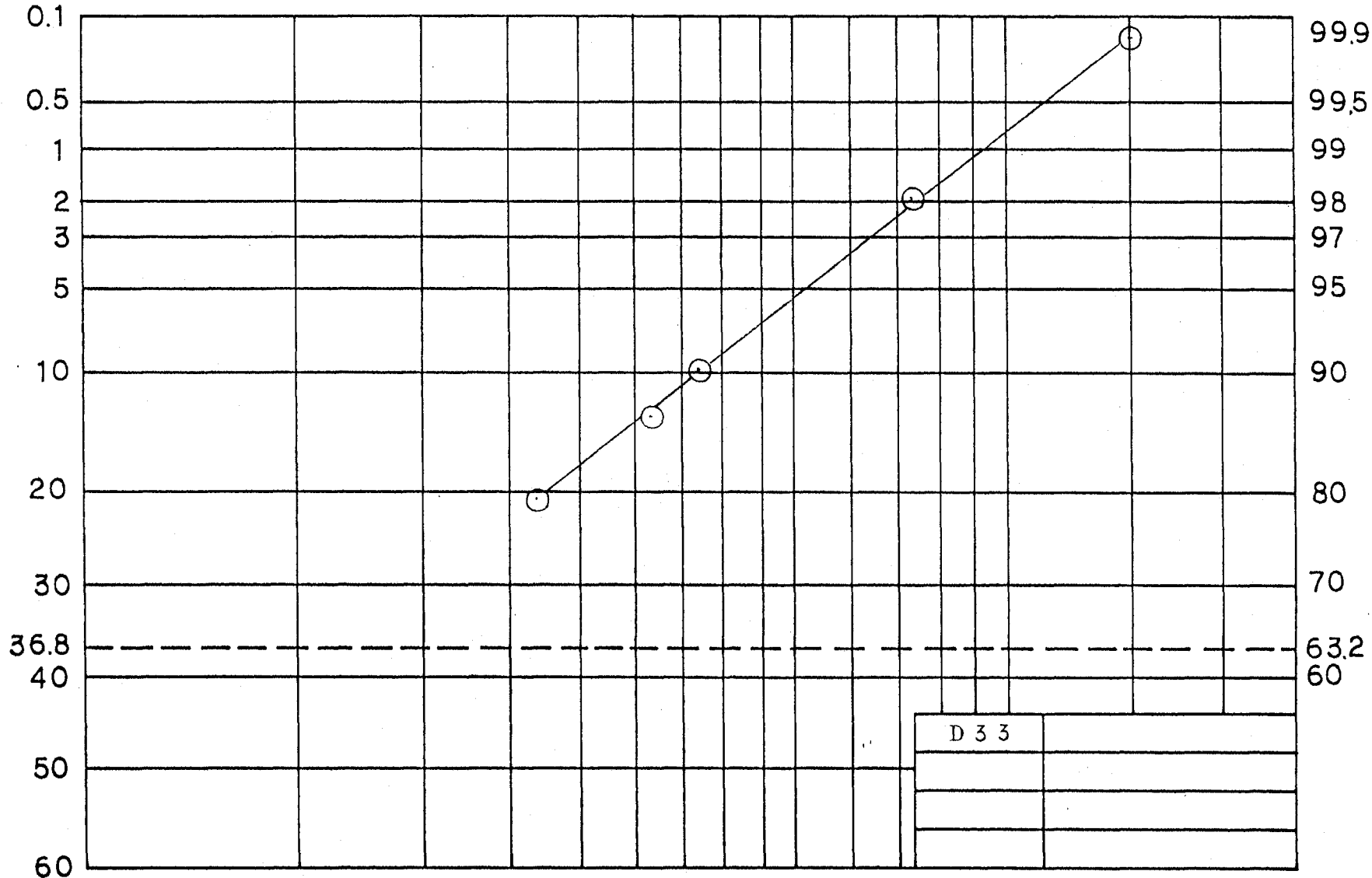
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

Remained (%)

Passed (%)



付図 5 1 粒度分布図

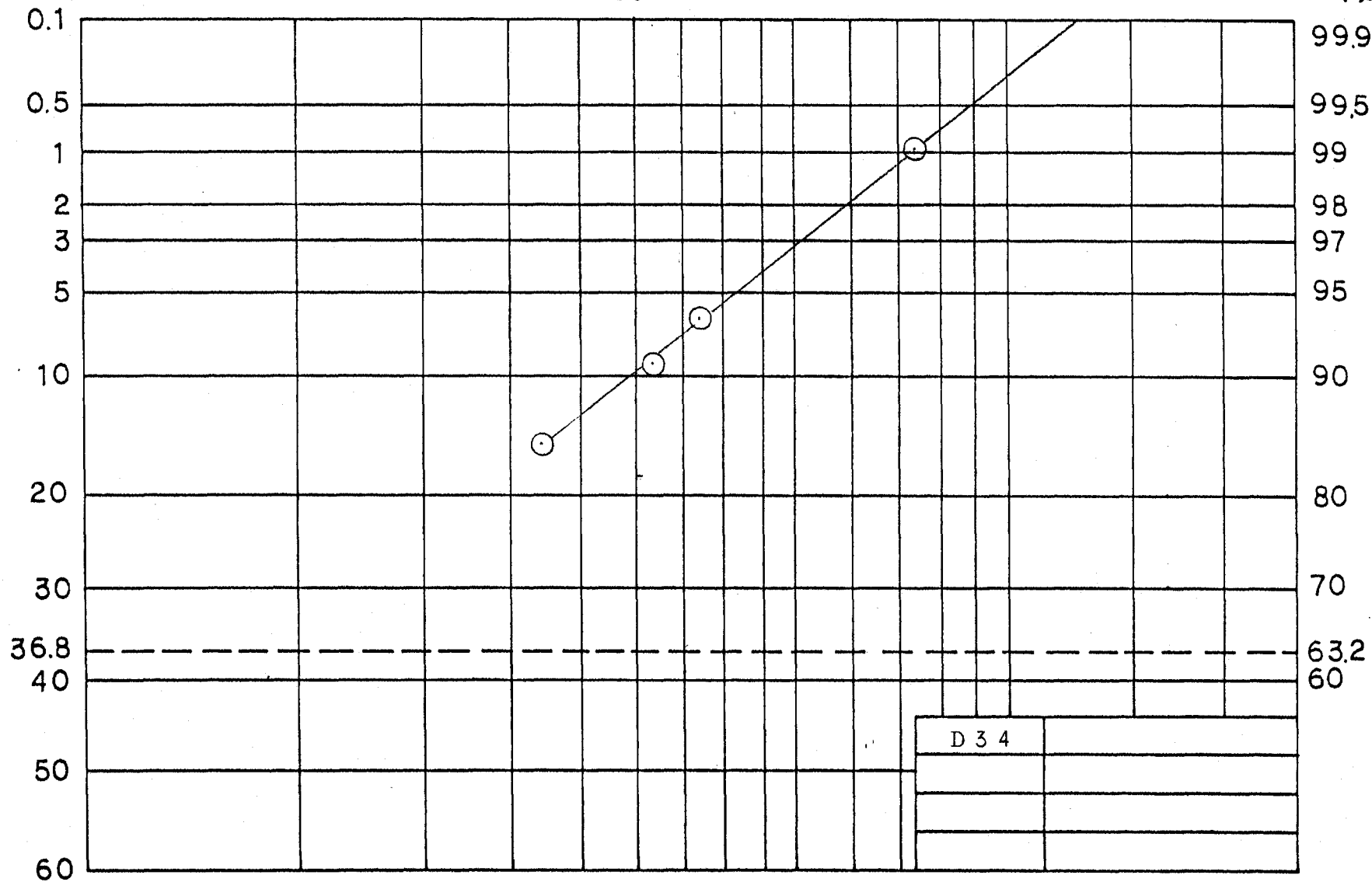
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

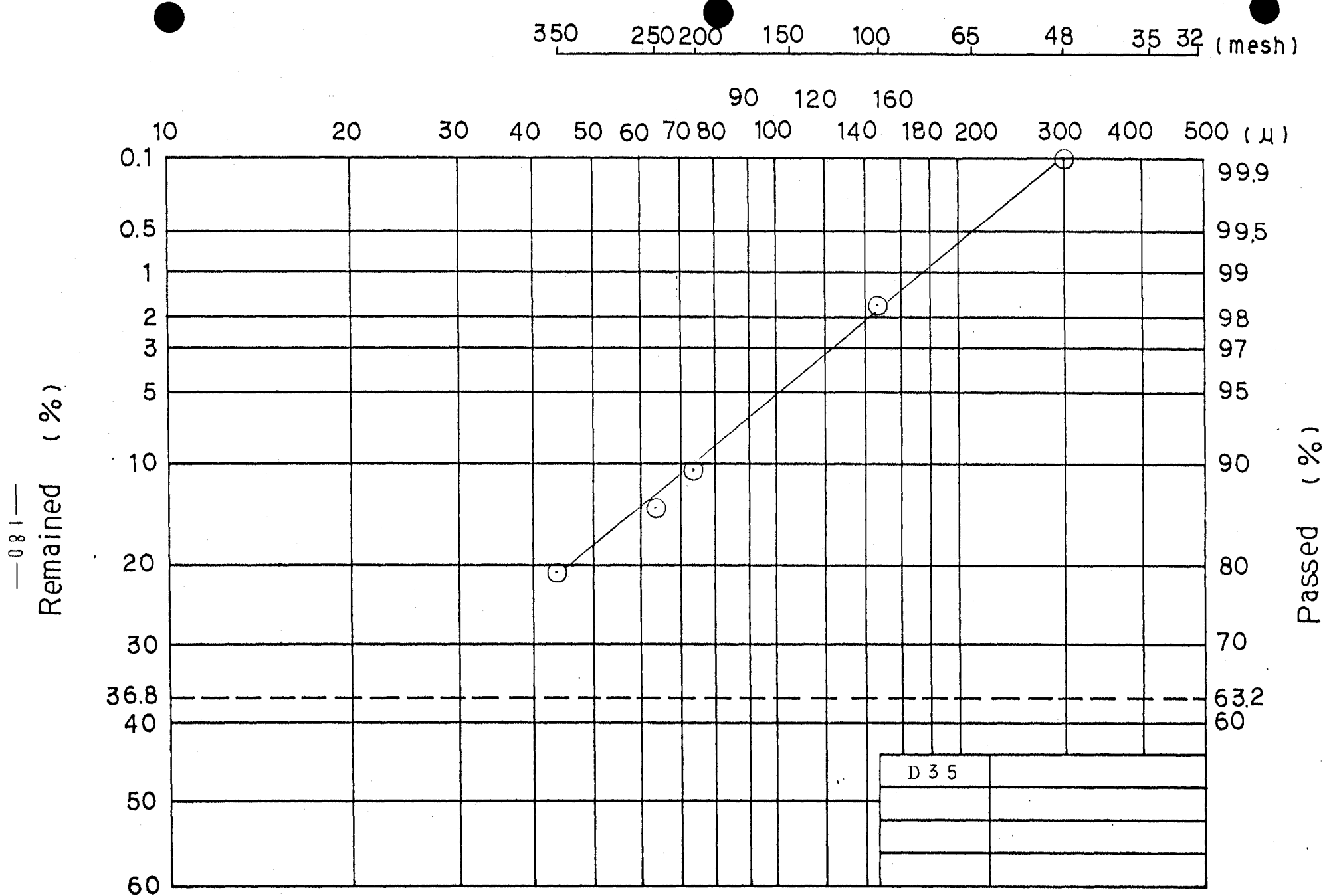
10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

Remained (%)

Passed (%)



付図 5 2 粒度分布図



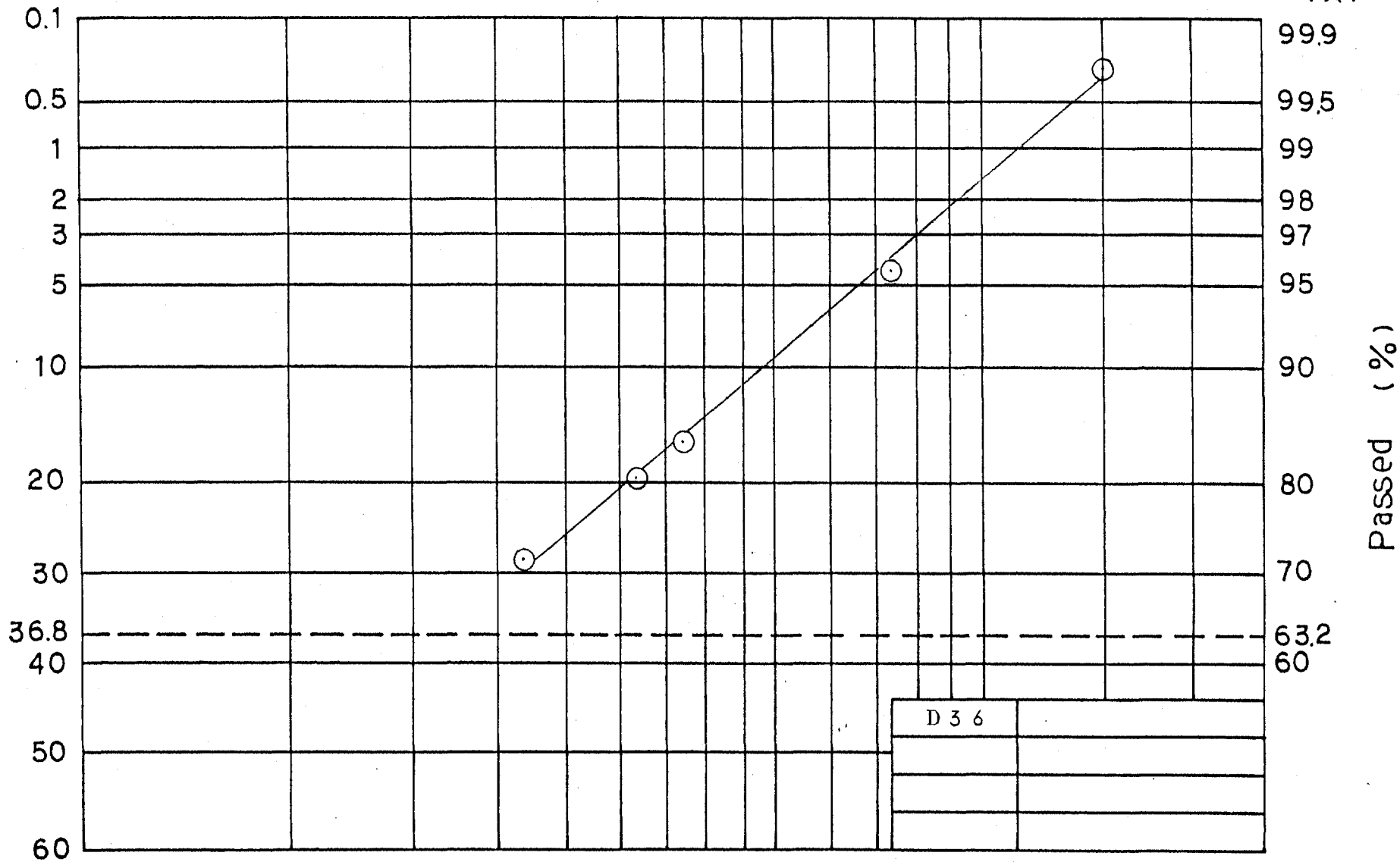
付図 5 3 粒度分布図

—181—

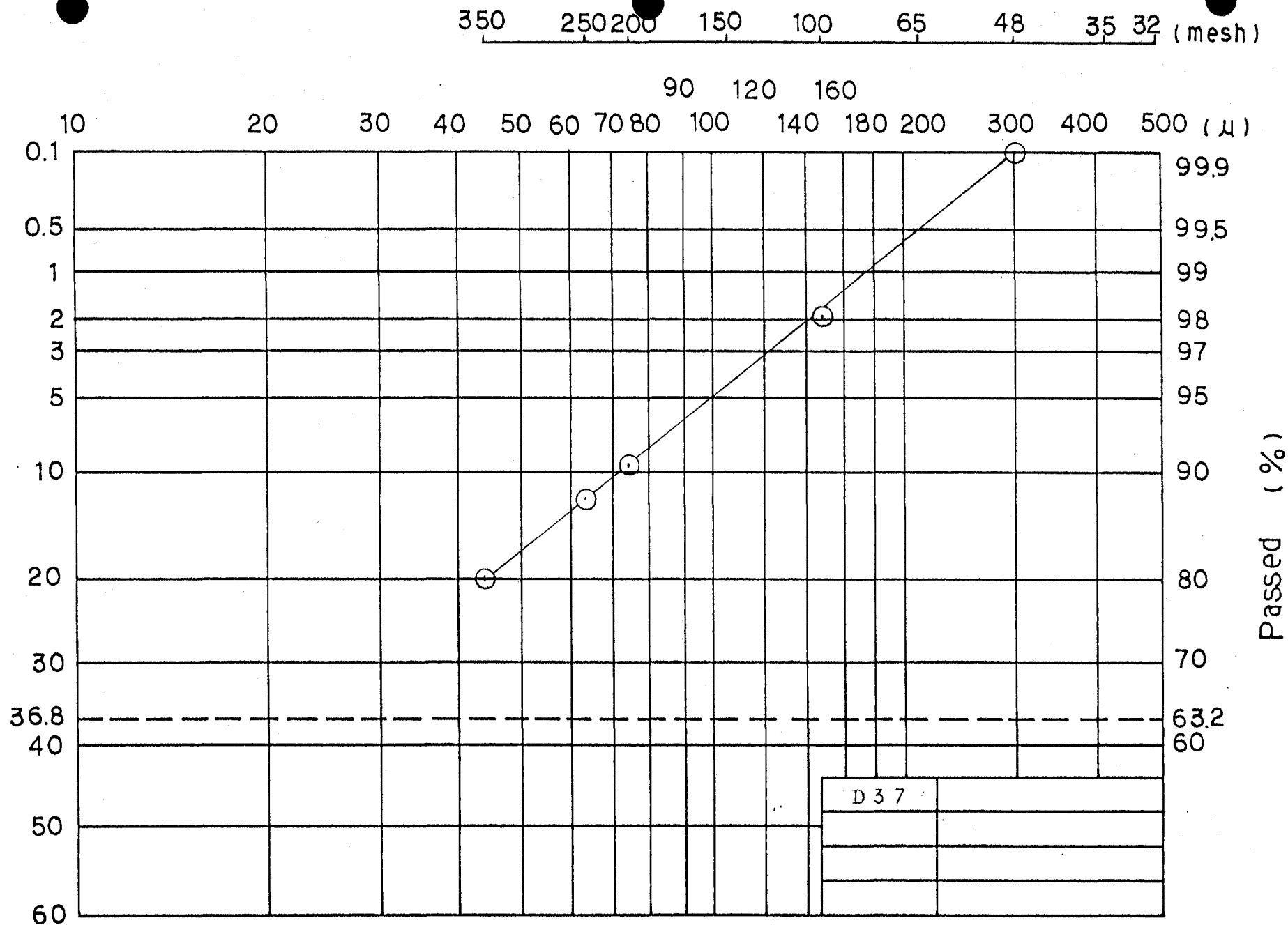
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)



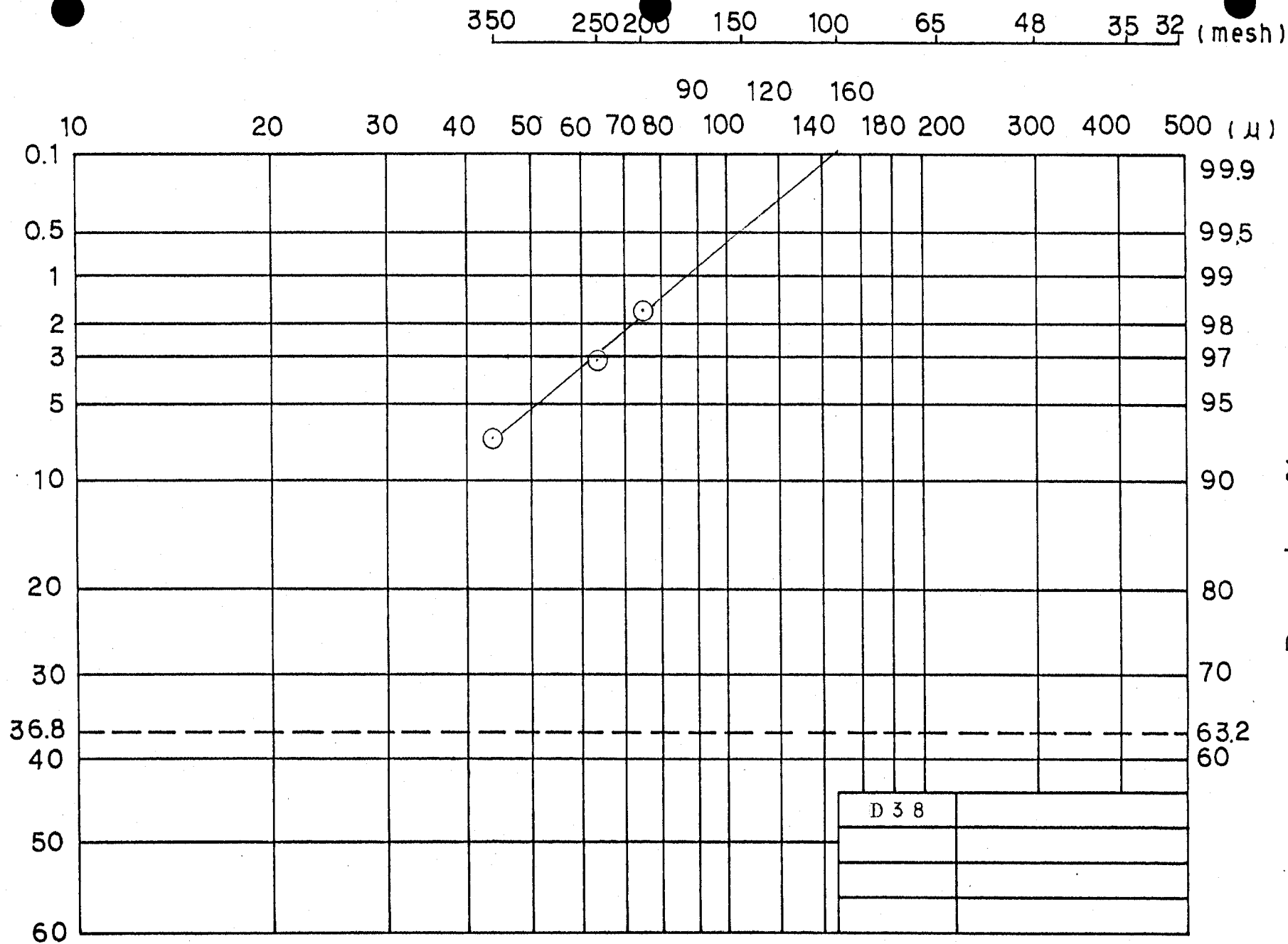
付図 5 4 粒度分布図



付図 5.5 粒度分布図

Remained (%)

Passed (%)



付図 56 粒度分布図

—184—

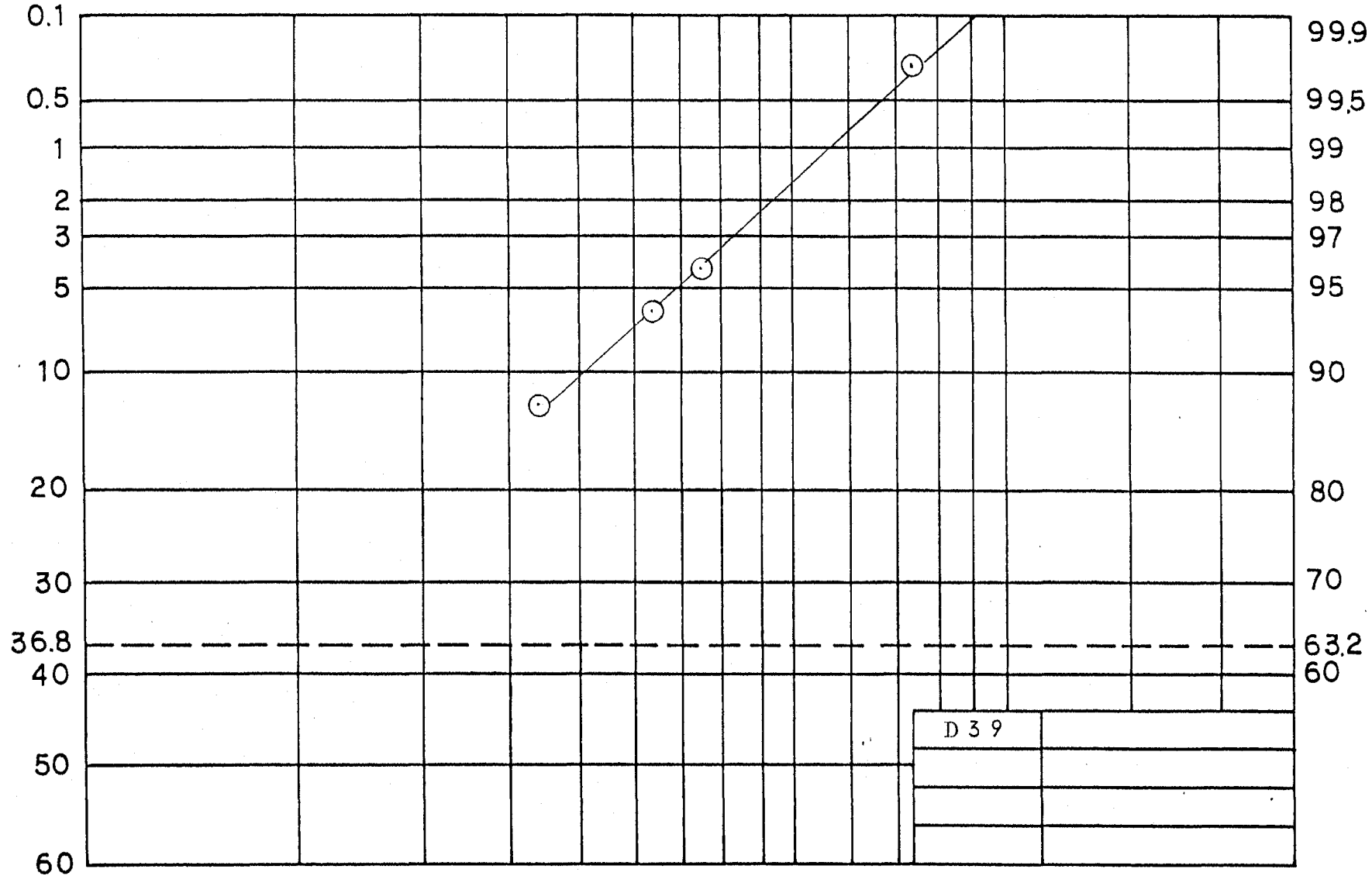
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

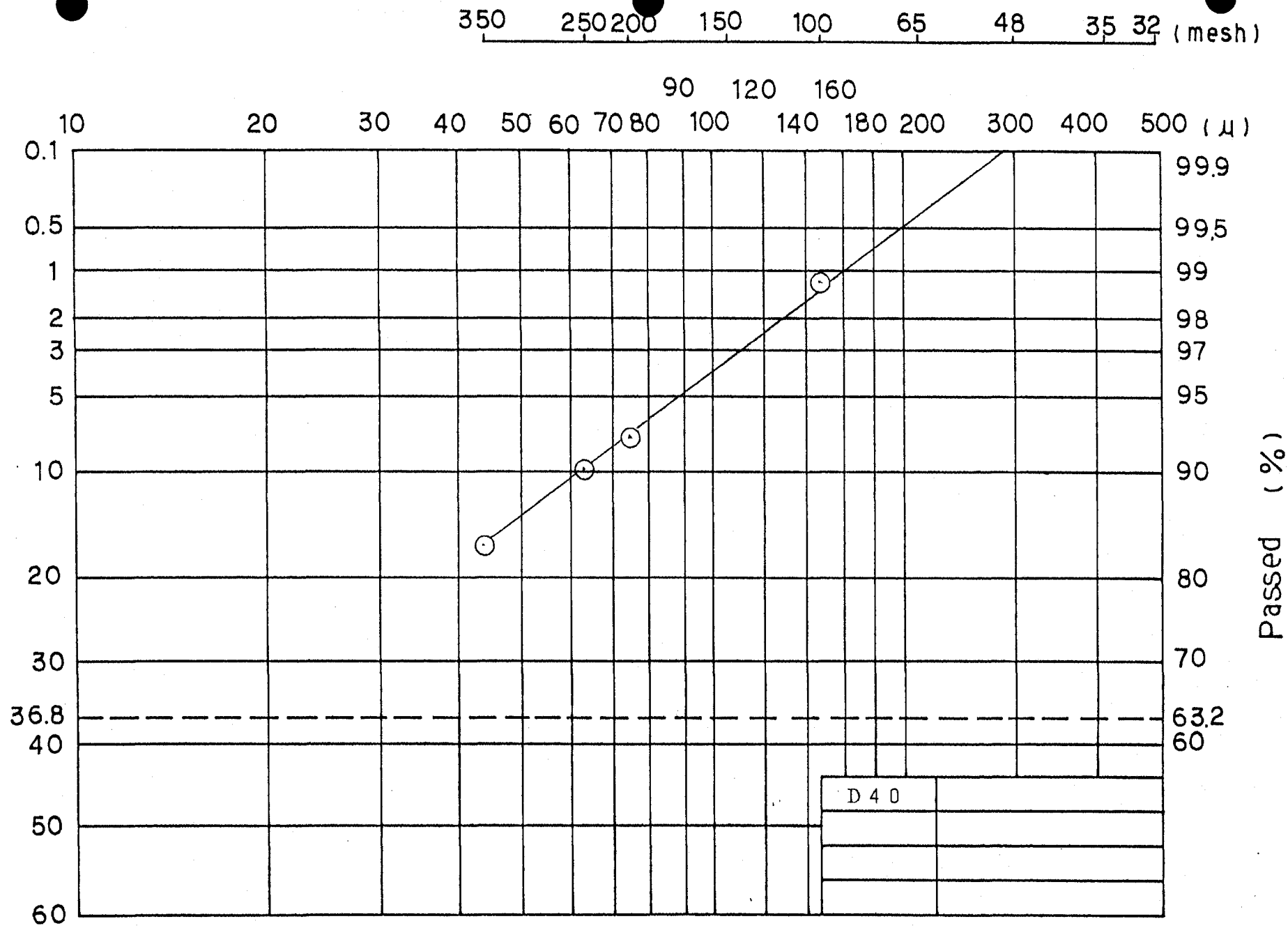
Remained (%)

Passed (%)



付図 5 7 粒度 分 布 図

—581—
Remained (%)



Passed (%)

付図 58 粒度分布図

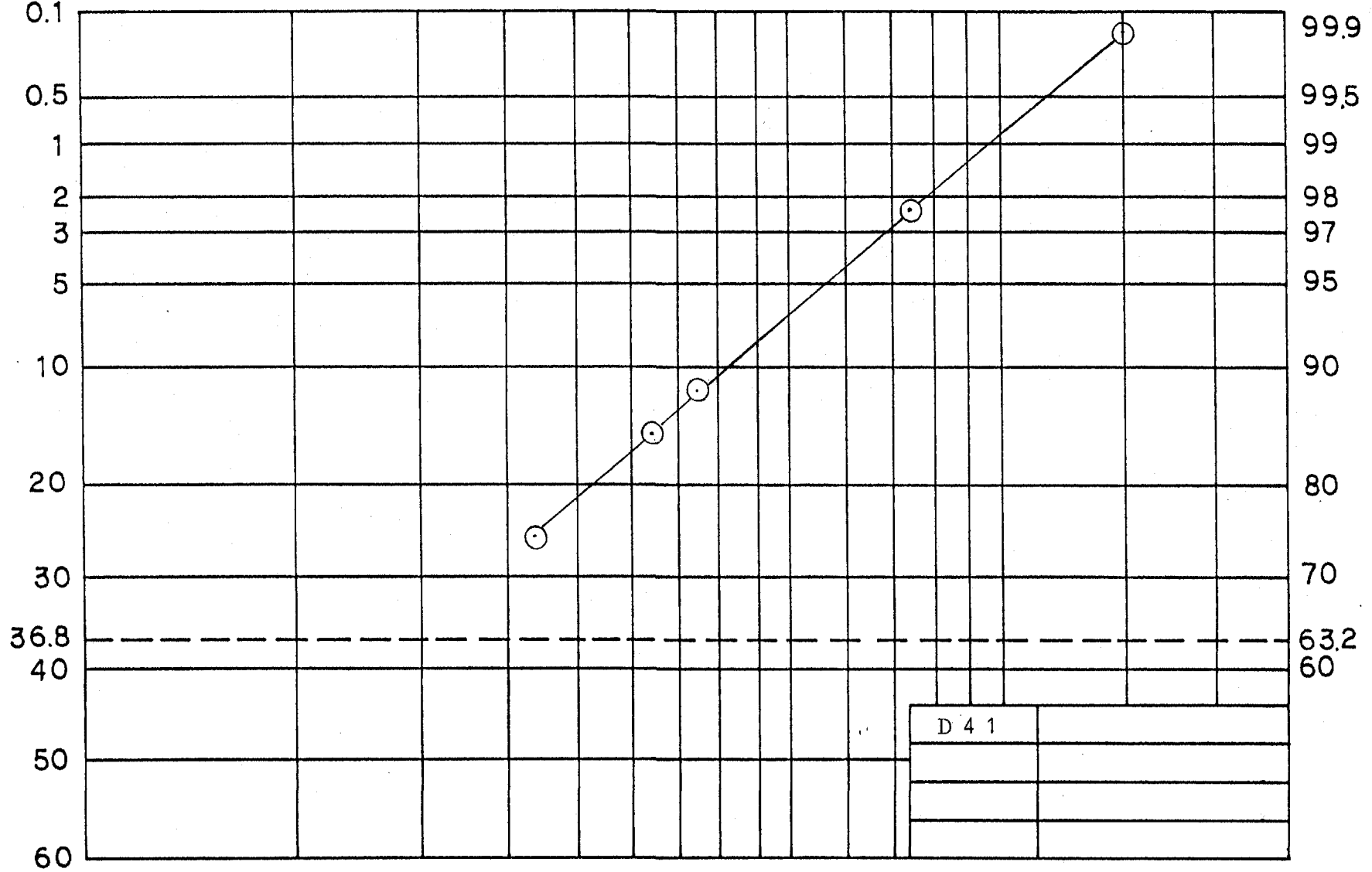
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

—981—
Remained (%)

Passed (%)

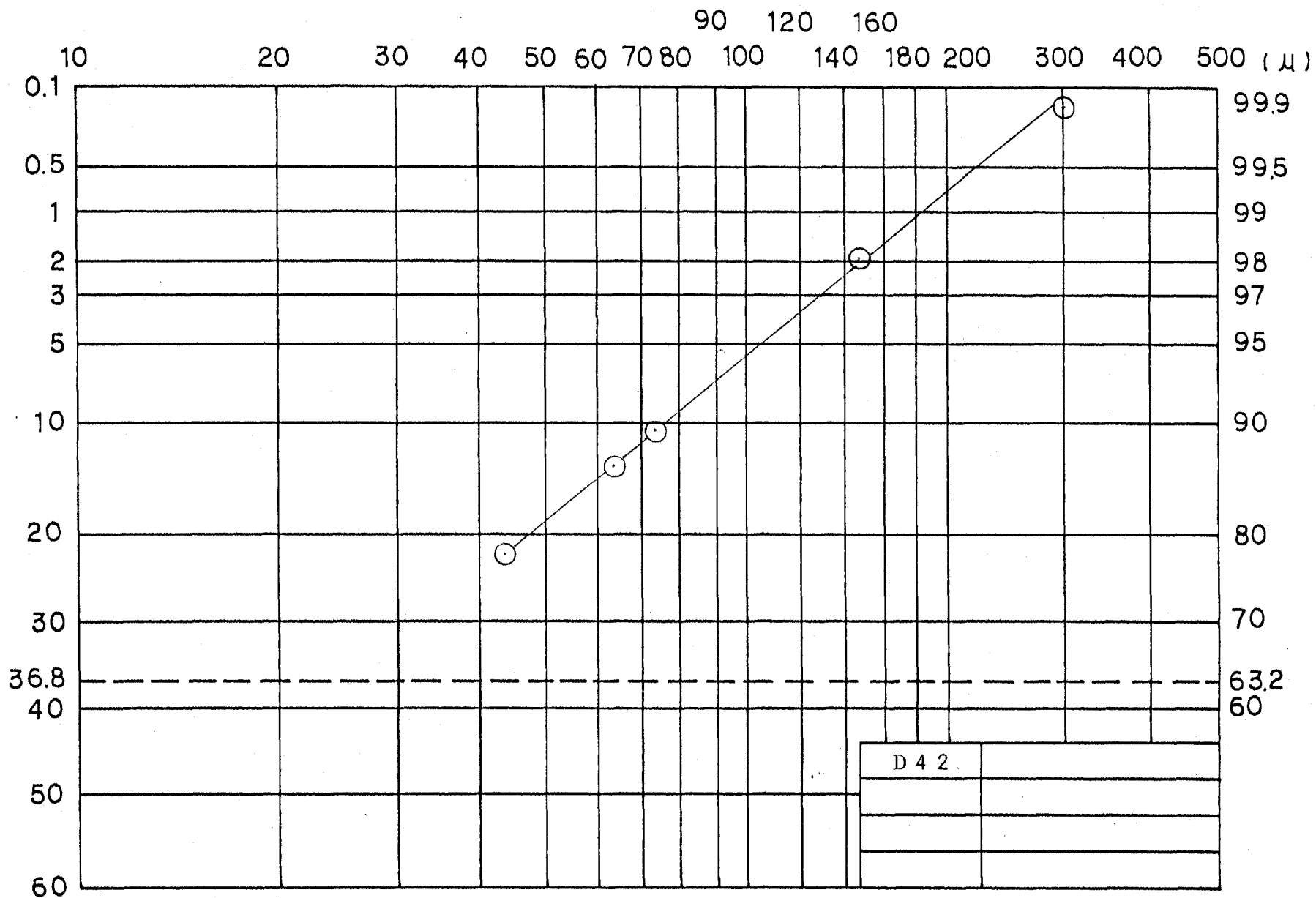


付図 59 粒度分布図

—181—

Remained (%)

Passed (%)



付図 6 0 粒 度 分 布 図

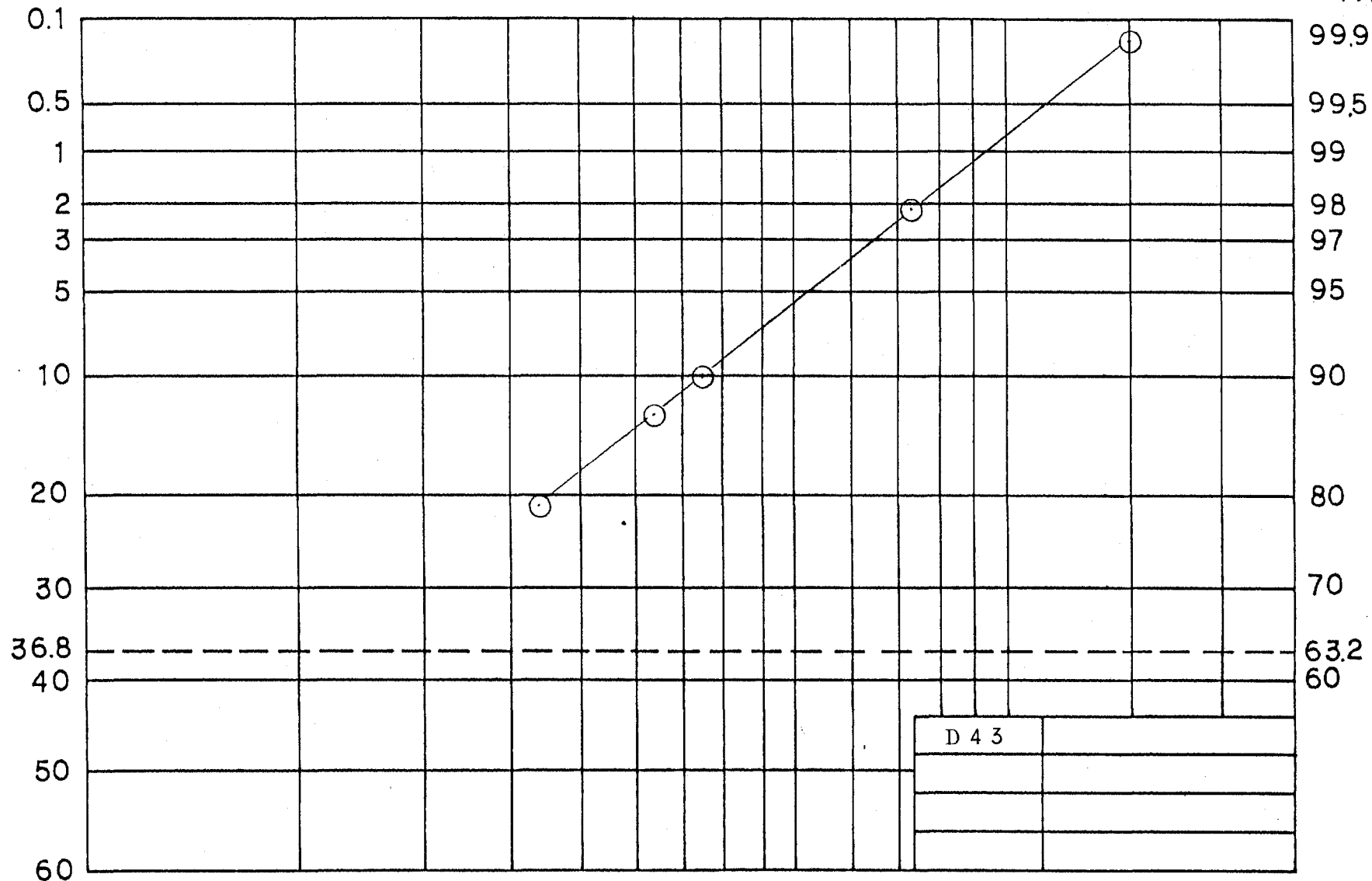
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

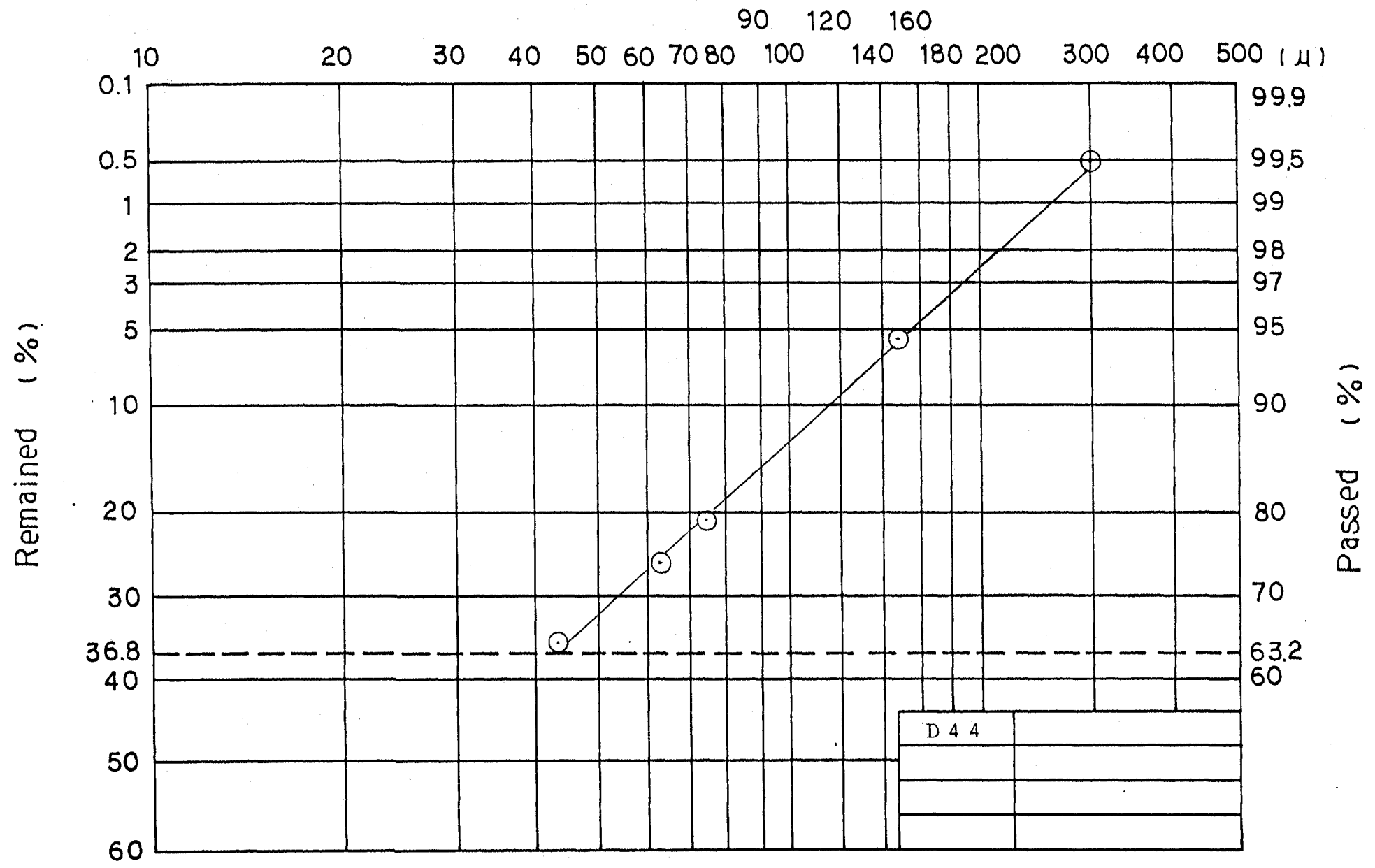
Remained (%)

Passed (%)



付図 6 1 粒度分布図

350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)



付図 6 2 粒度分布図

— 061 —

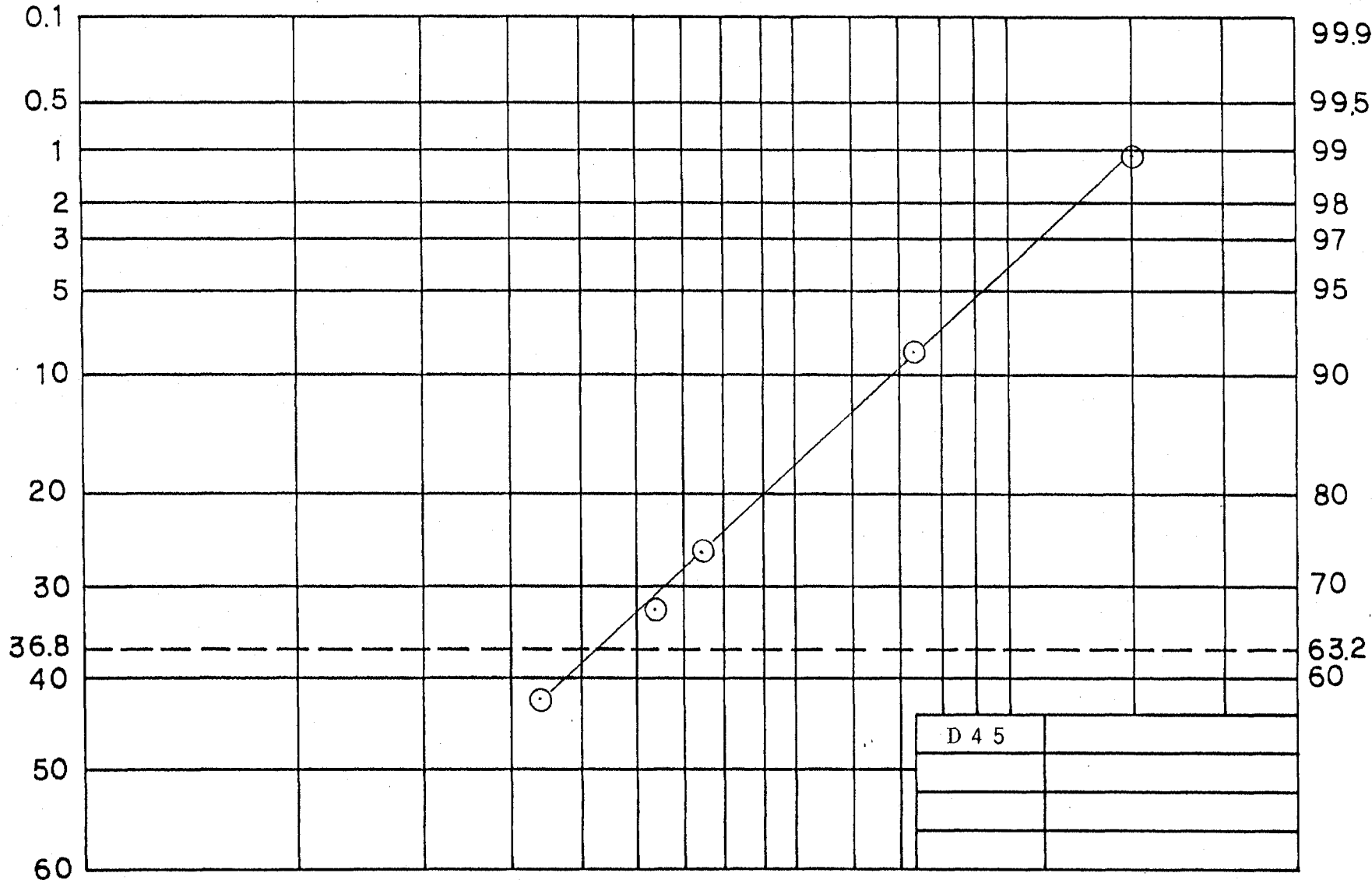
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

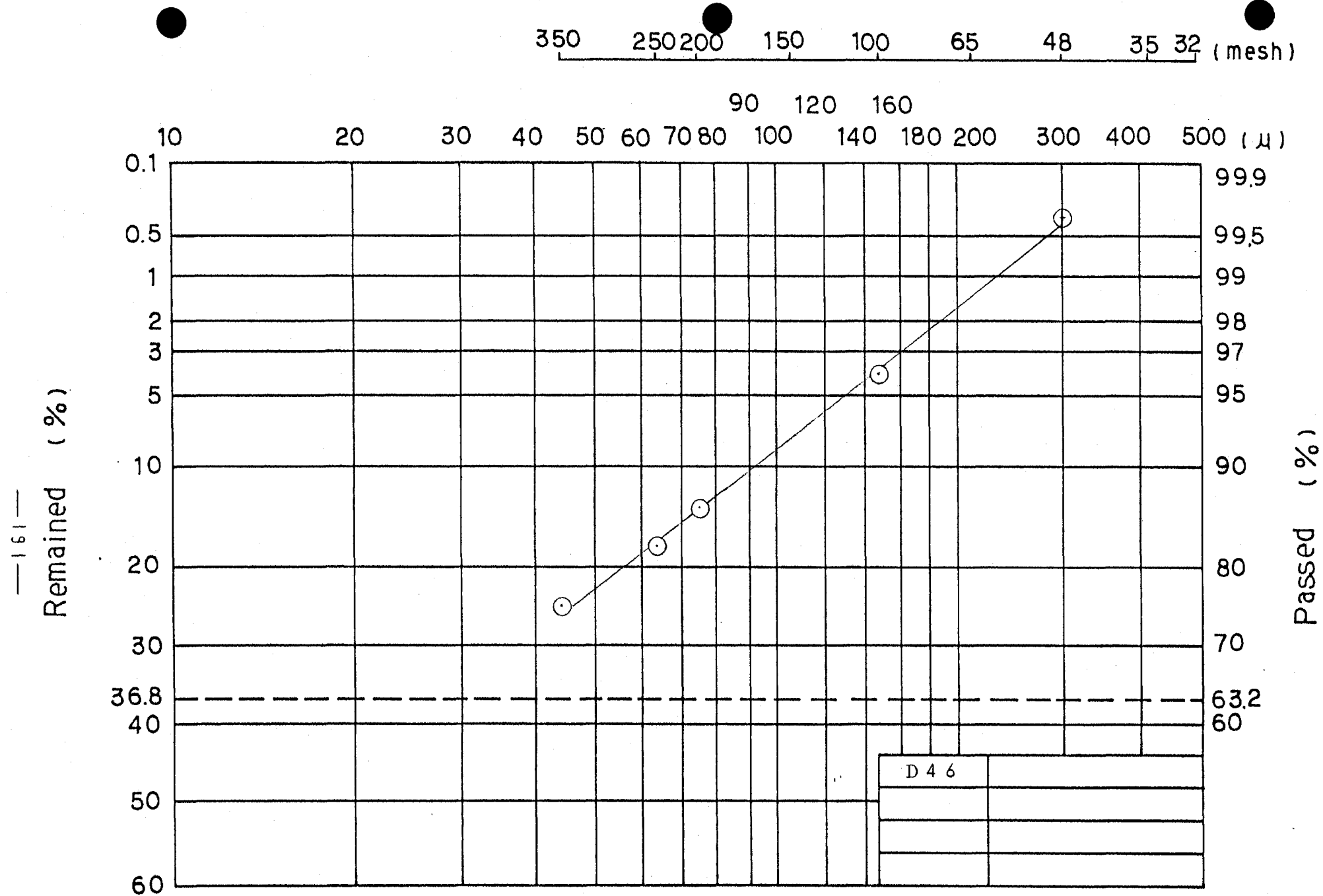
10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

Remained (%)

Passed (%)



付図 63 粒度分布図



付図 6 4 粒度分布図

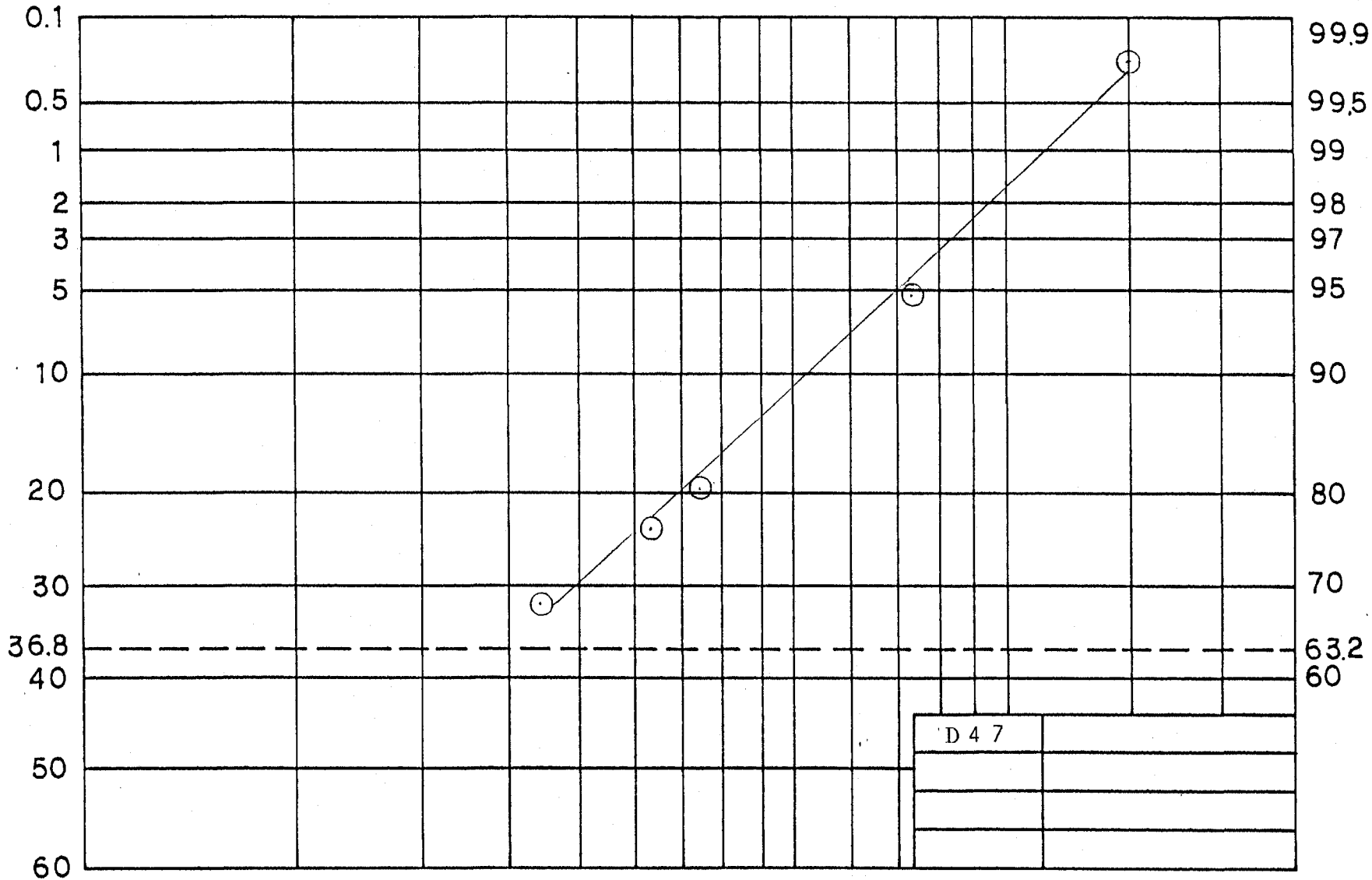
—192—

350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

Remained (%)



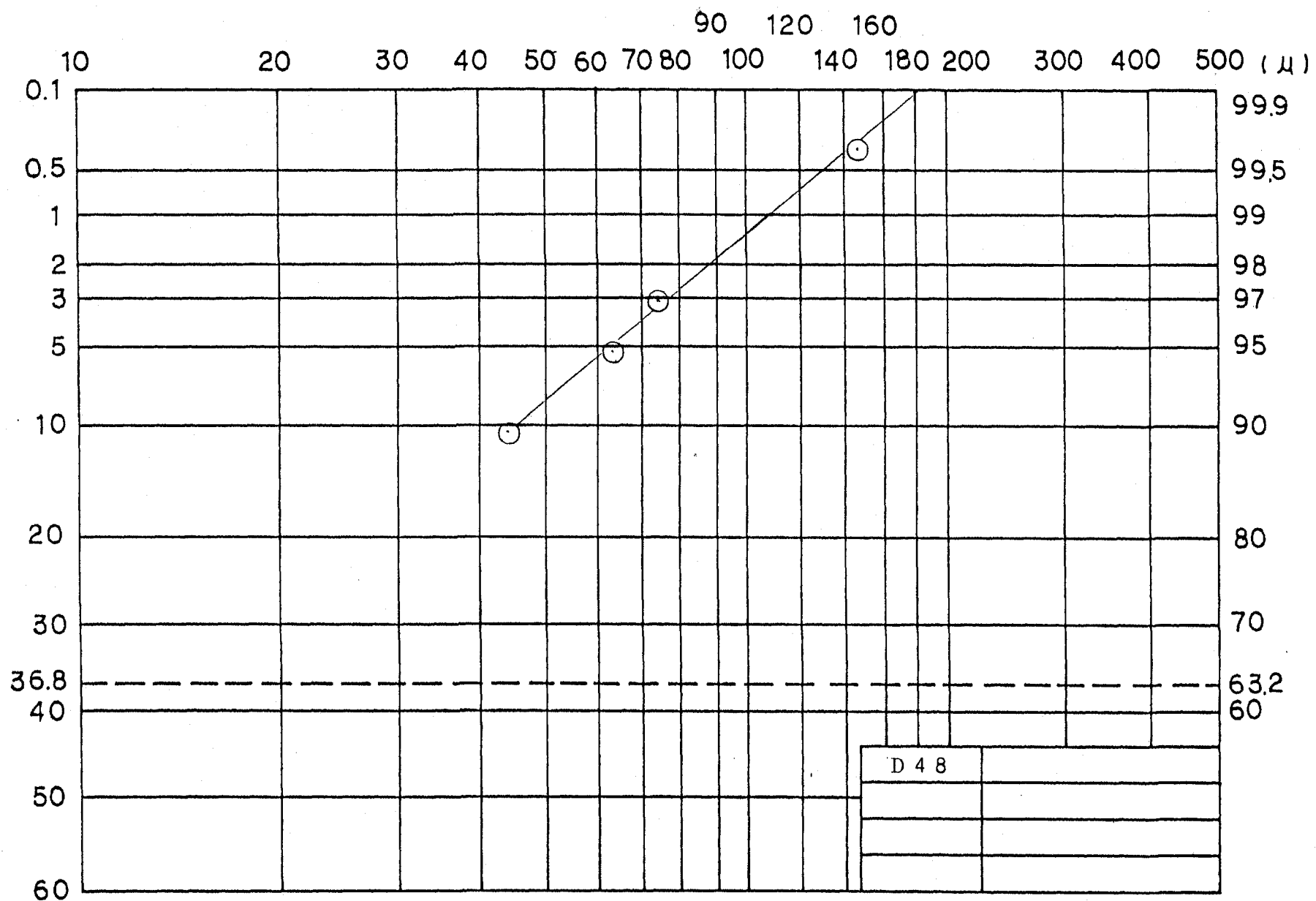
Passed (%)

付図 6 5 粒度分布図

— 193 —

Remained (%)

Passed (%)



付図 66 粒度分布図

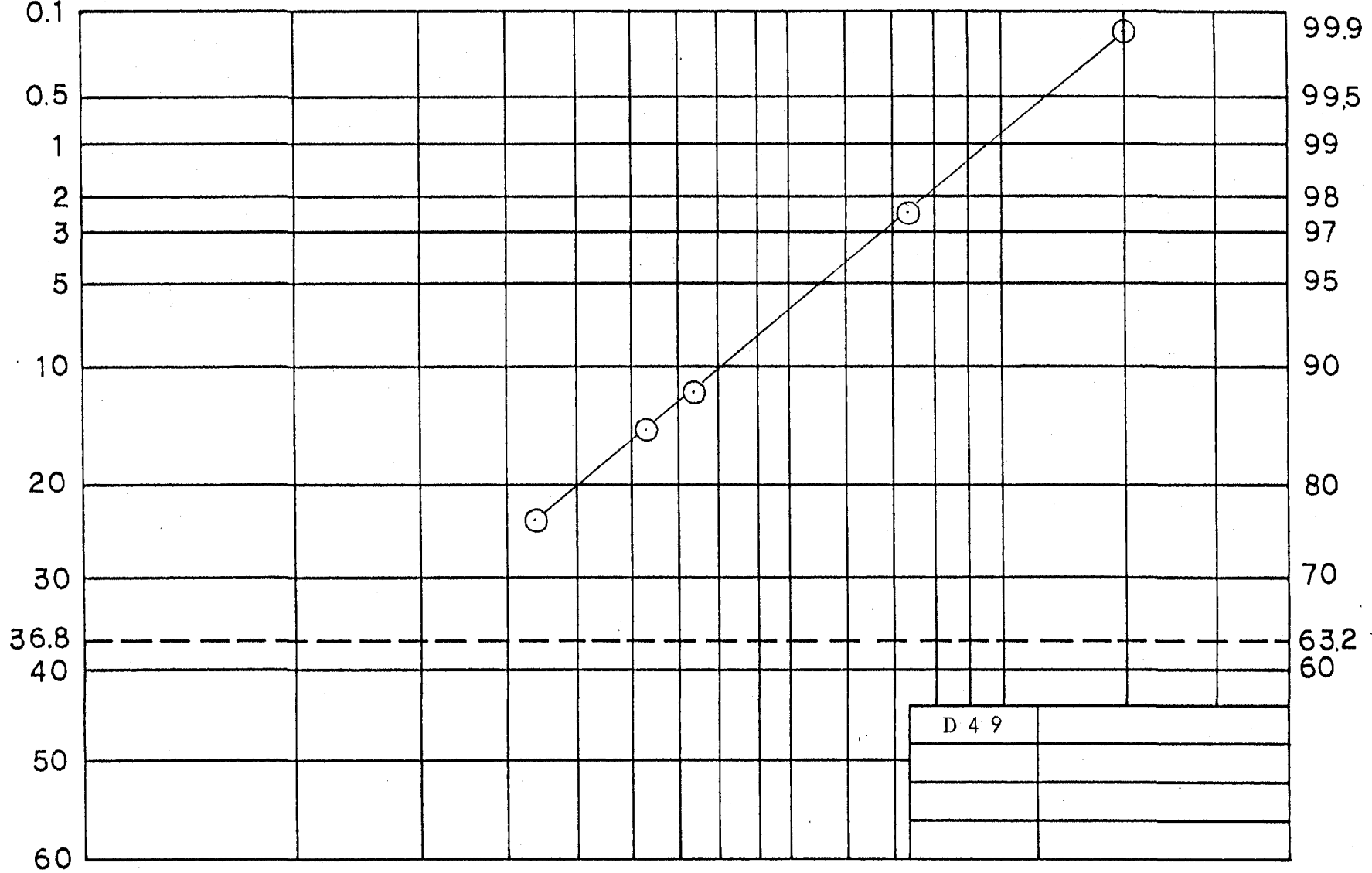
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

Remained (%)

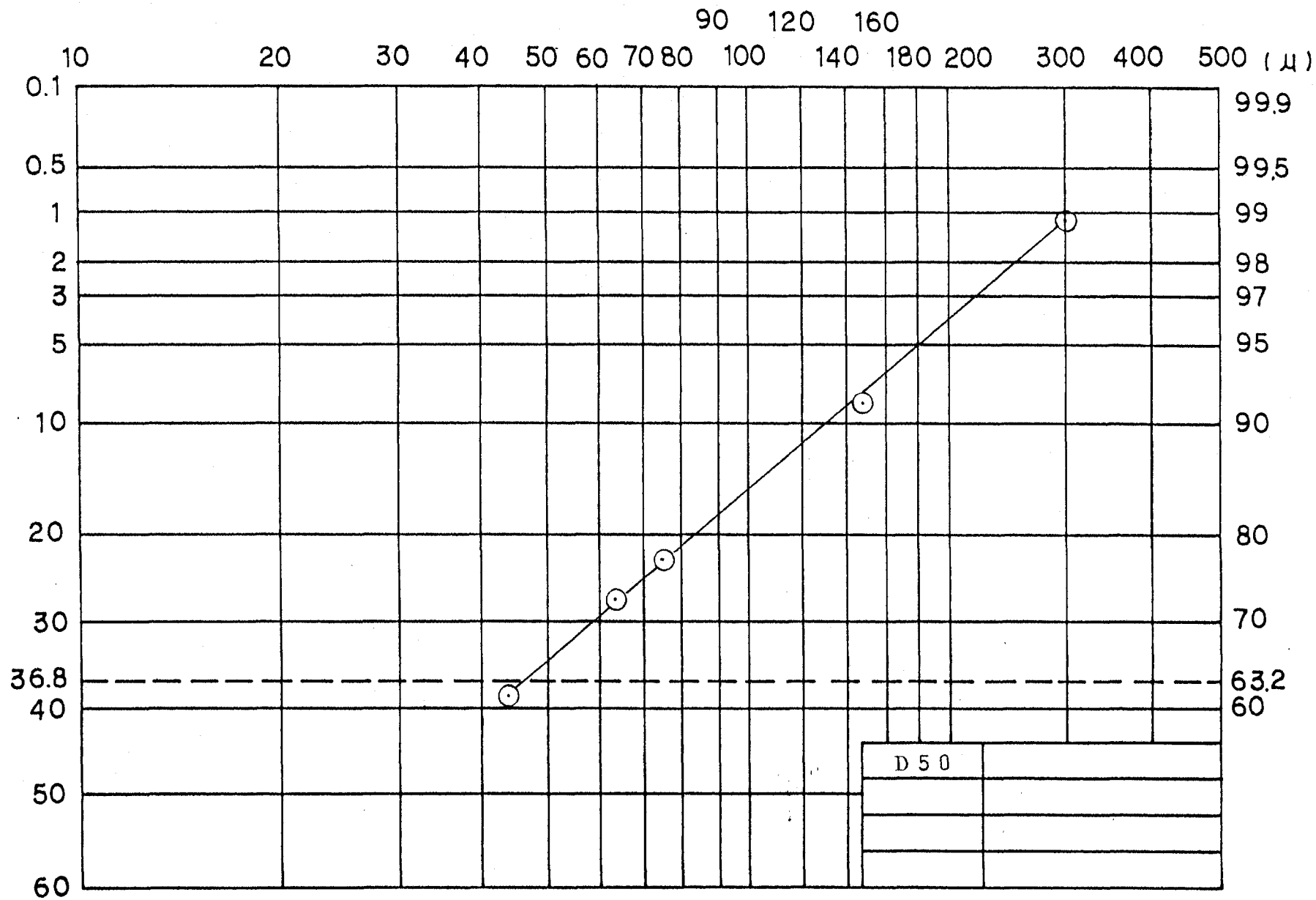
Passed (%)



付図 67 粒度分布図

—561—

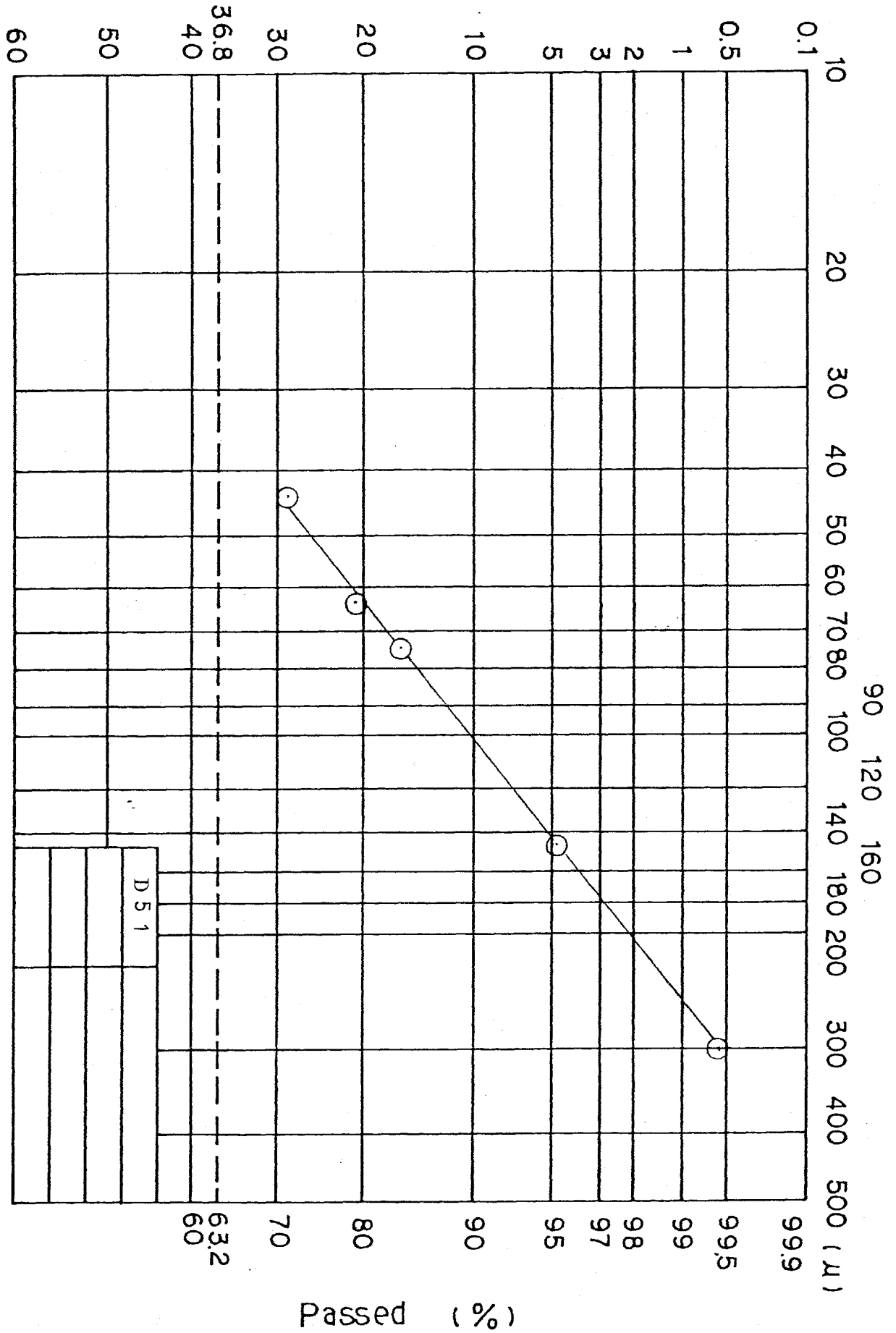
Remained (%)



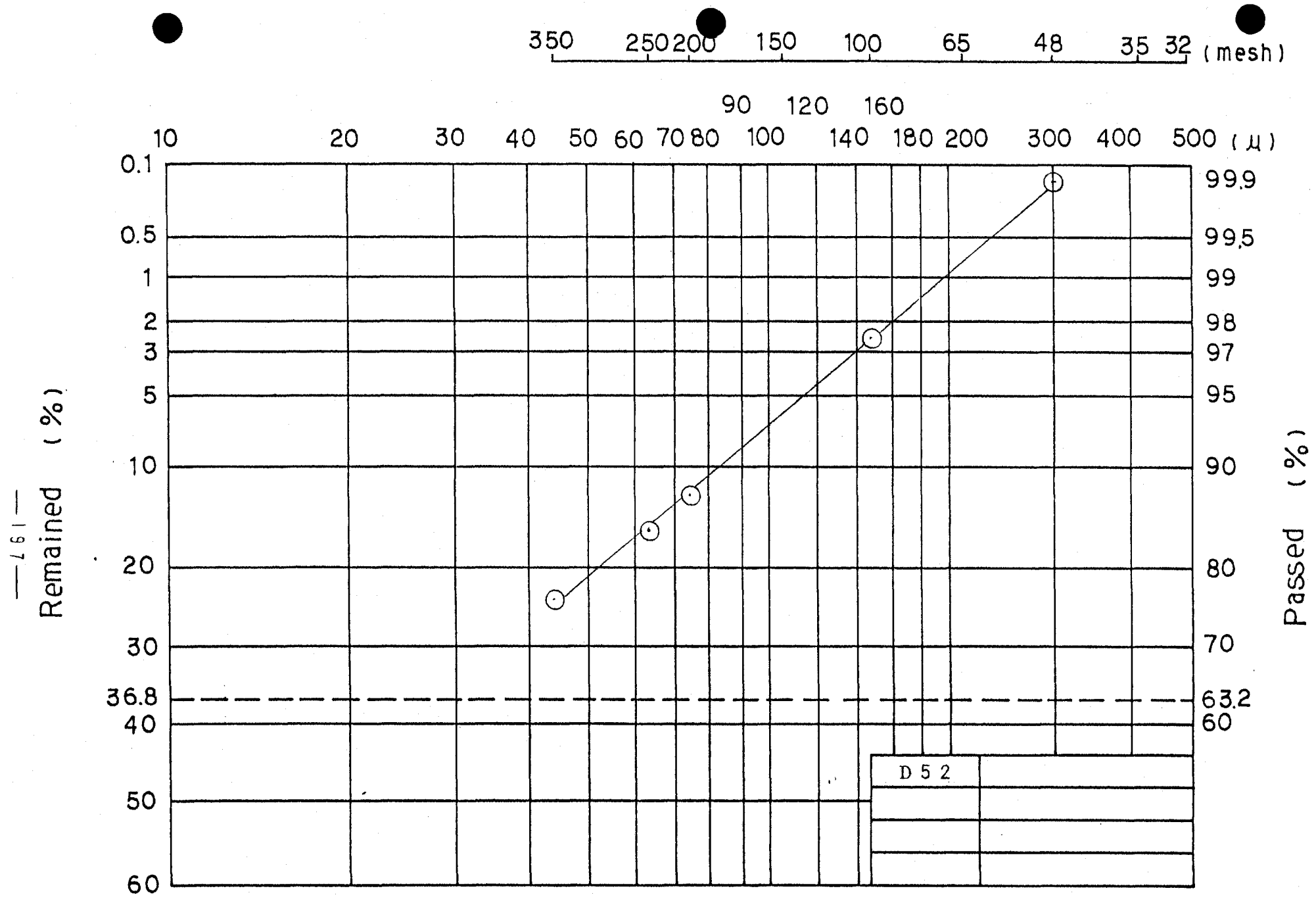
Passed (%)

付図 68 粒度分布図

— 961 —
Remained (%)



付図 69 粒度分布図



付図 7 0 粒 度 分 布 図

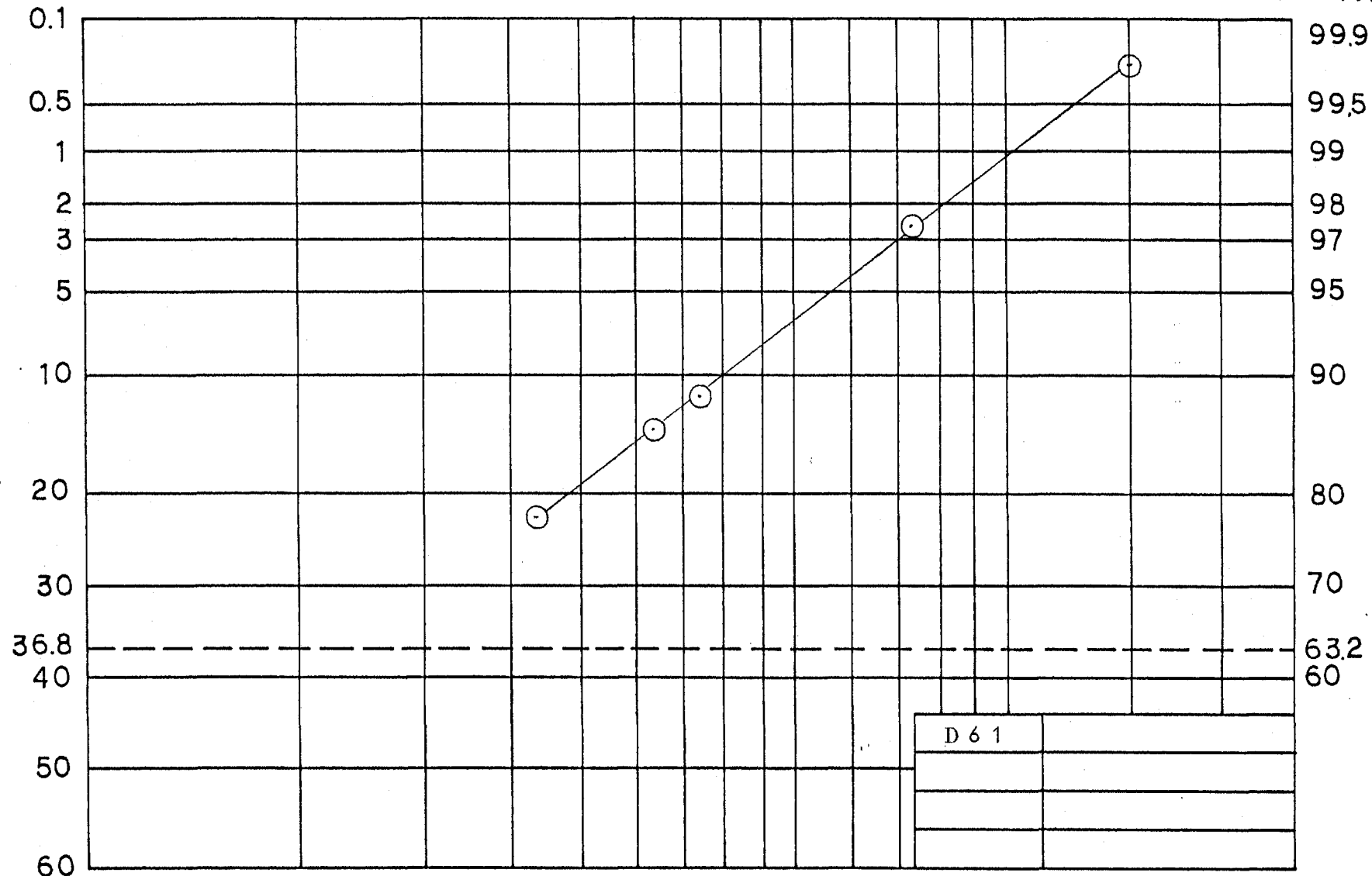
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

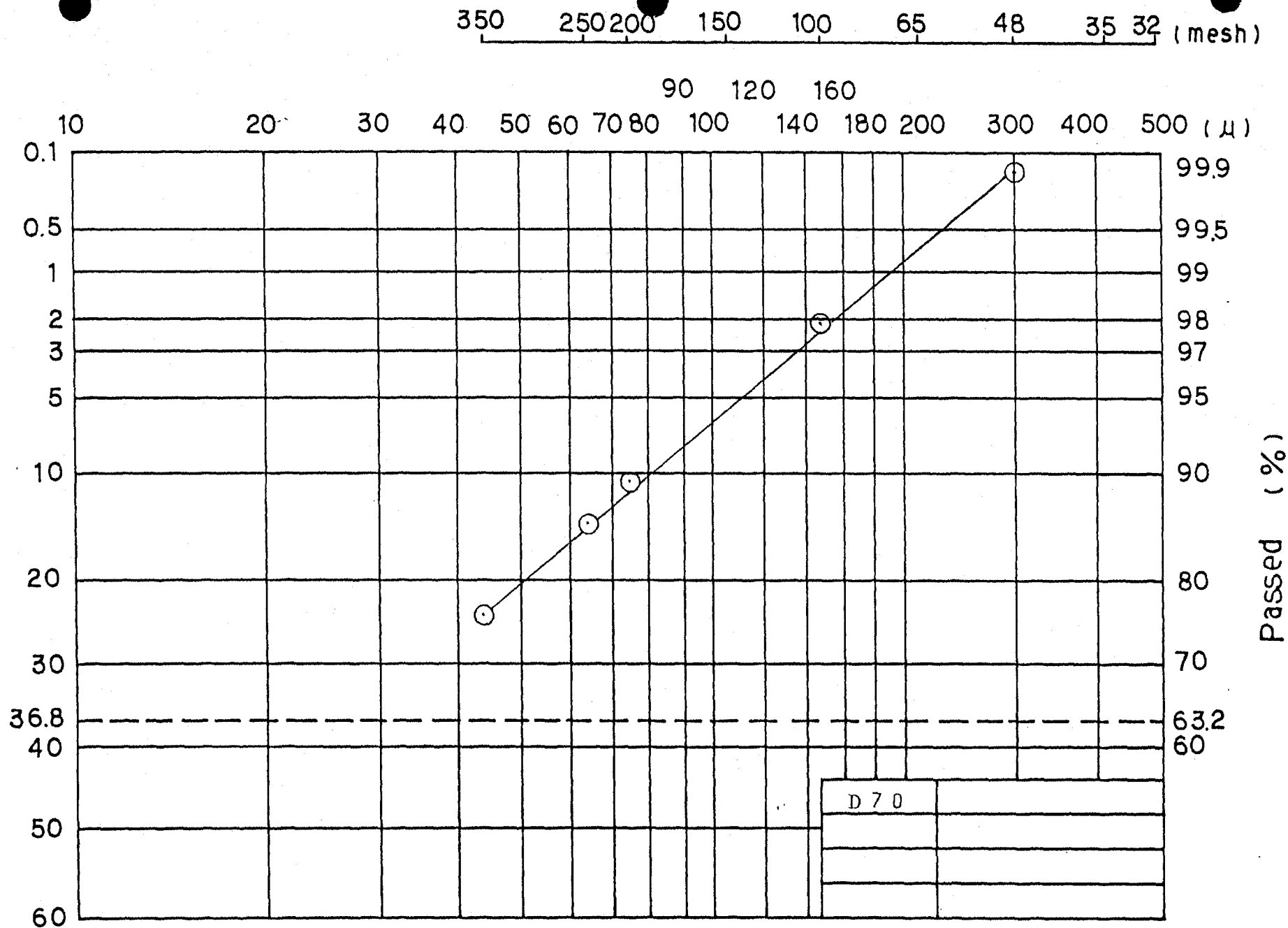
10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

Remained (%)

Passed (%)

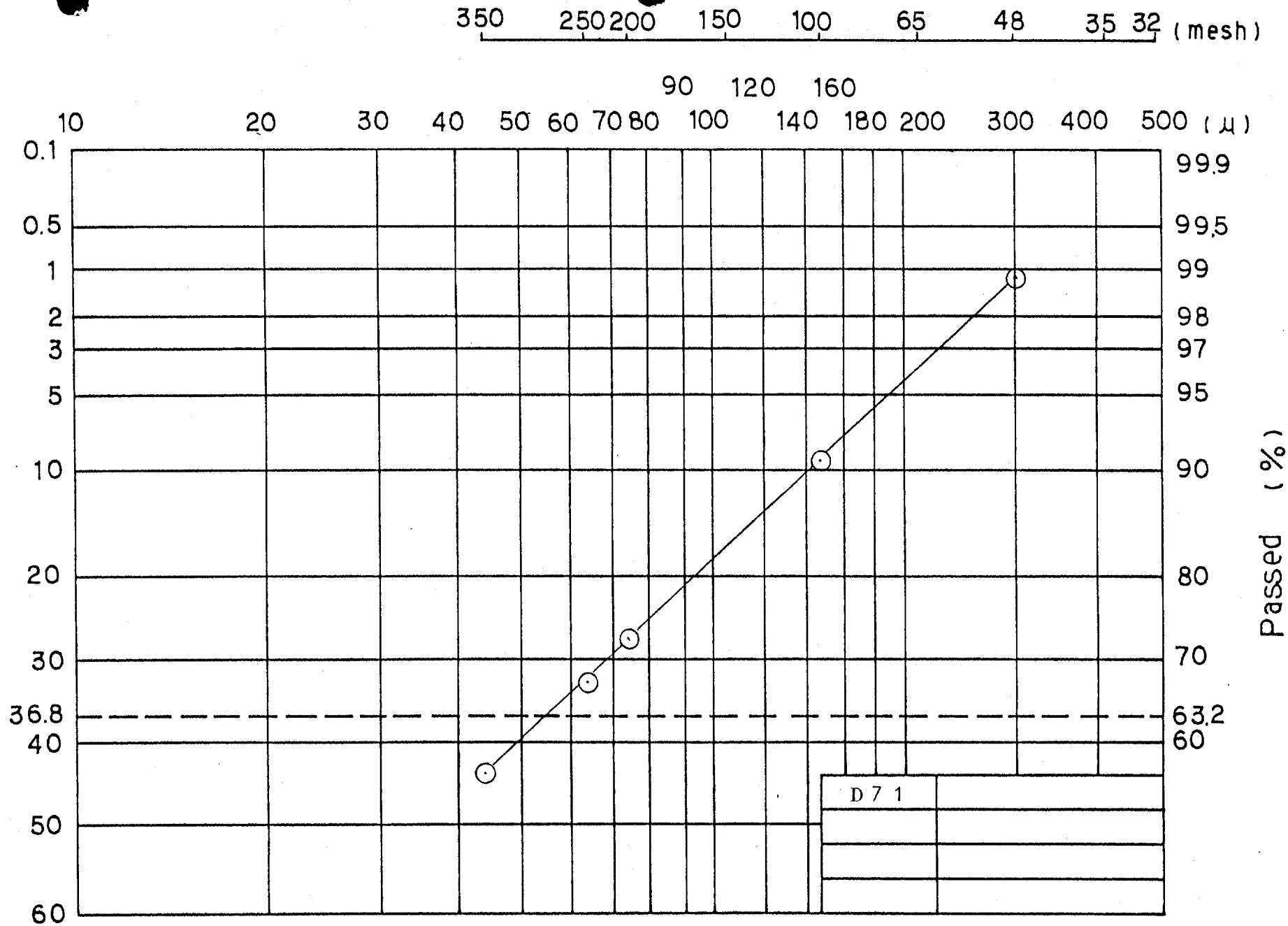


付図 7 1 粒度分布図



付図 7 2 粒度分布図

— 200 —
Remained (%)



付図 7 3 粒度分布図

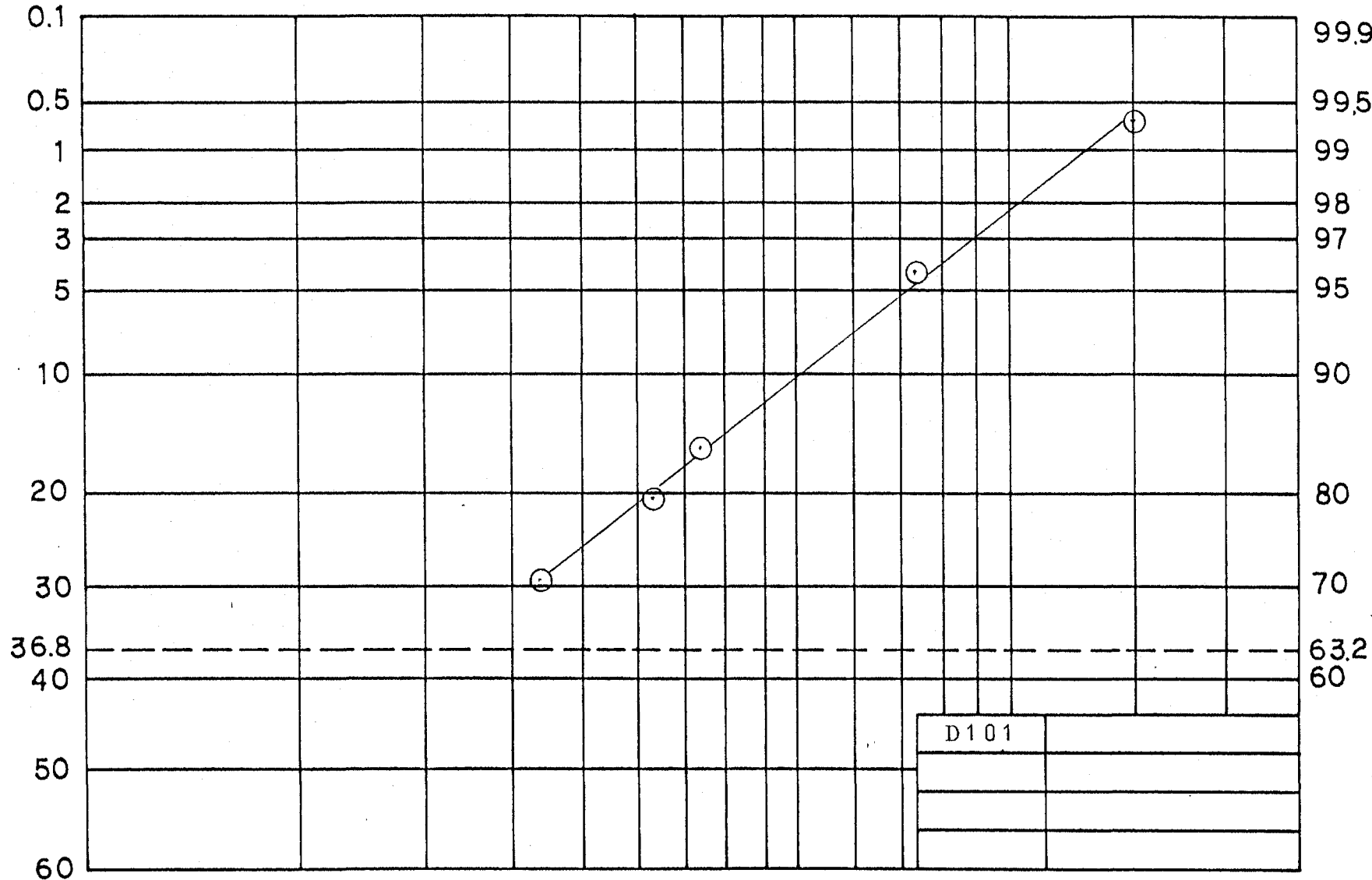
350 250 200 150 100 65 48 35 32 (mesh)

90 120 160

10 20 30 40 50 60 70 80 100 140 180 200 300 400 500 (μ)

Remained (%)

Passed (%)



付図 7 4 粒度分布図

本報告書の内容を公表する際は、あらかじめ新エネルギー
総合開発機構石炭技術開発室の許可を受けて下さい。

電話 03-981-1511 (代表)