

卒業論文

青藤研

排煙の理論及び実験的研究

昭和49年2月20日

東京大学工学部建築学科

片山 信一

辻本 誠

序

建築そもそもの始まりが外敵から人間の身を守るためのものであり、建物とその中にいる人間との安全確保は建築物にとって必要不可欠でなければならない。しかし現実には我々が卒論活動にたずさわってからも国内では高槻の西武ショッピングセンター火災、熊本の大洋デパート火災、国外ではサーバフロ銀行ビル火災などの大惨事が相次ぎ、多勢の死傷者を出した。現在のように建築が高層化、巨大化してくると消防機関の規模を増大しても追いつかずそれには限界がある。そこでおのずから建築的なさらに設備的な解決が当然求められてくる。しかしこの分野の研究は比較的新しく、最近急速な進展をみたもののまだまだ不十分な点、未解決な点が多い。我々はその中でも特に煙の性状、排煙設備に目を向けて研究を進めて行った。

たまたま我々の在籍する東大斎藤研究室が東京消防庁、火災学会から排煙に関連した実験を委託され、我々はその合同実験研究班に一員として参加し、実験を行った。即ち王子旧木軍キャンプ病院棟での大部屋における機械排煙と自然排煙の効果を見る実験及びグフトホを伝播する煙の挙動、滴れを観測する実験を行った。次に能美防災工業KK埼玉県幸沼工場の150mトンネルを利用して廊下を流れる煙に対して

排煙口の形状とその効果、タレ壁の効果その他を観測した。

この論文では以上の3つの実験を第1章、第2章、第3章として分け、それぞれ実験目的、実験方法、測定項目、考察と説明、データとグラフを掲載した。短期間に3つも大きな火災実験を行ない、又それ进行处理する為の時間に制約があったので様々な設計段階での対策、又は物理的な数値を明確に求めることは十分には果せなかつた。しかし今後さらにデータを追加して新たな解析も斎藤研究室で進めて行くはずである。以下に昭和49年2月までに行なわれた実験に基づいた研究、考察を編集することにより、片山信一、辻本誠の東京大学工学部建築学科における卒業論文とする。

最後に全期間を通じて、木匠な我々を親切丁寧に御指導下さつた東大教授斎藤平蔵先生、斎藤研究室の皆様にご心から感謝の意を表します。そして又火災実験のような大きな実験に御協力して下さい、た東京消防庁の皆様、日建設計設備部、皆様をはじめ、実験装置を提供して下さい、た各企業の方々に心からお礼を申し上げます。

1974年2月20日

片山信一
辻本 誠

第 1 編

第 1 章 王子大御屋実験

第 2 章 王子タクト糸実験

第 1 章

王 子 大 部 屋 実 験

1. 実験主体

火災学会実験委員会

2 場所

旧米軍王子キャンパス (北区十条台 1~2)

3 日時

昭和48年 10月 23日

4 組織

実
験
本
部

火災学会実験委員会

委員長 斎藤平蔵

副委員長 川越邦雄

委員 若松孝旺

松尾 陽

徳岡 実 (松田)

李 健 (斤山、辻本)

岩井一三 (栗村)

東京消防庁

王子大部屋実験 (5.48.10.23)

§1. 目的

1-1 開口部(ドア、窓、排煙ダクト以外のダクト)が開
 ざされている時に法規に定められた $1\text{m}^3/\text{min m}^2$ の機械
 排煙を行なった場合、負圧が生じて煙が下方へ降りてくる
 可能性がある。それを給気量、弁煙量、排気量の関係でと
 らえる。

1-2 法規に定められた自然排煙口が果して有効に作用する
 かどうか定性的に観測する。

§2 実験手順

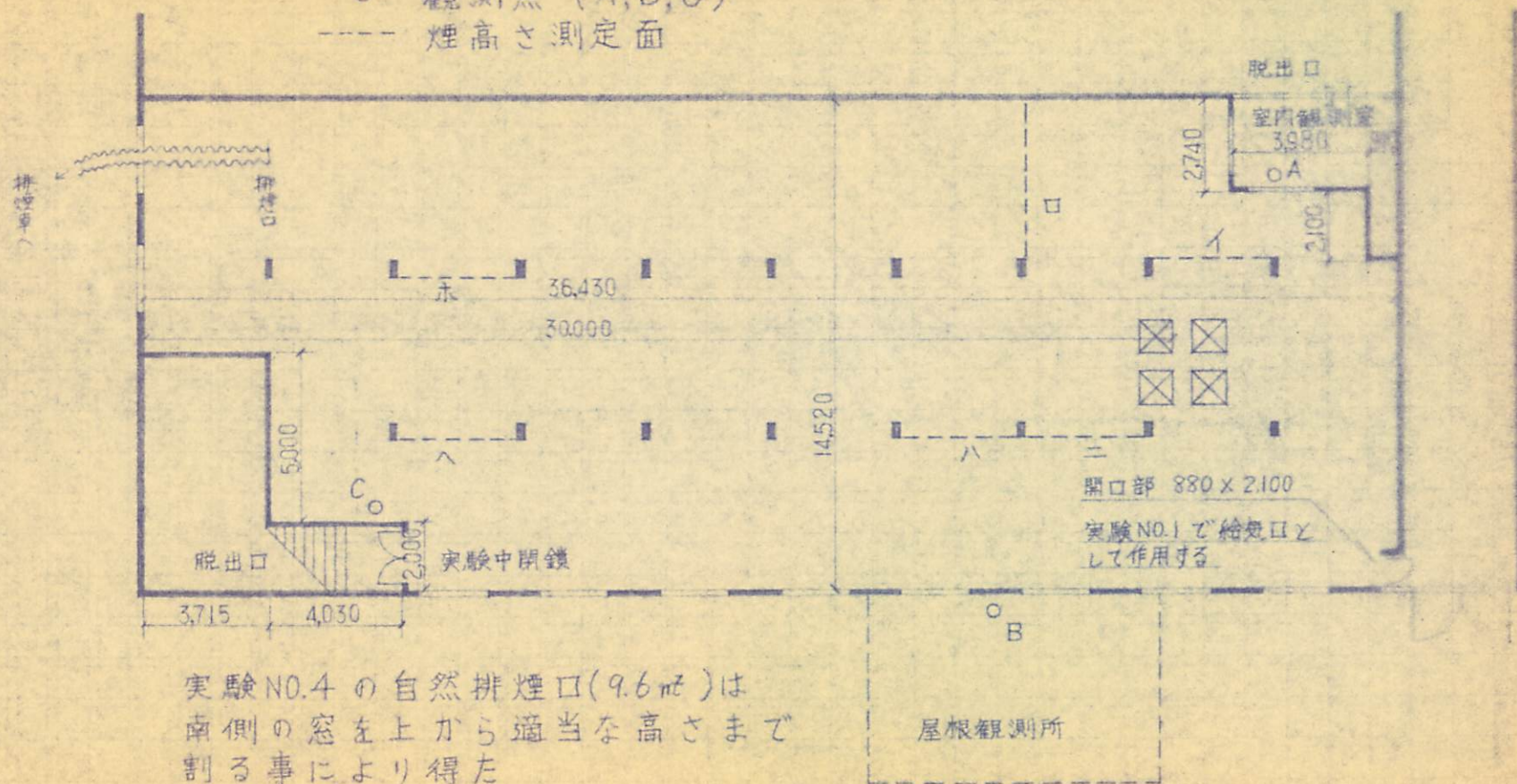
実験番号	火災室の状態	備考
実験1	扉閉 機械排煙 (給気口)	アルコール燃焼皿 4つ ($1\text{m}^2 \times 4$) を同時に燃やし、中央に設 置した3本の3分用弁煙筒を次 々点火(計9分)する。煙が排 煙口の所に達してから機械排 煙する。
実験2	扉閉 機械排煙	開口部(排煙口)ゼロで煙の下降 を実験1.2と比較する。 規模方法は1.2に同じ
実験3	扉閉 開口部なし 排煙せず	床面積 $1/50$ (96m^2) の自然排煙 口をつくる。 方法は1.2に同じ
実験4	扉閉 自然排煙	

§3 大部屋平面図 自然排煙口立面図

[大部屋平面図]

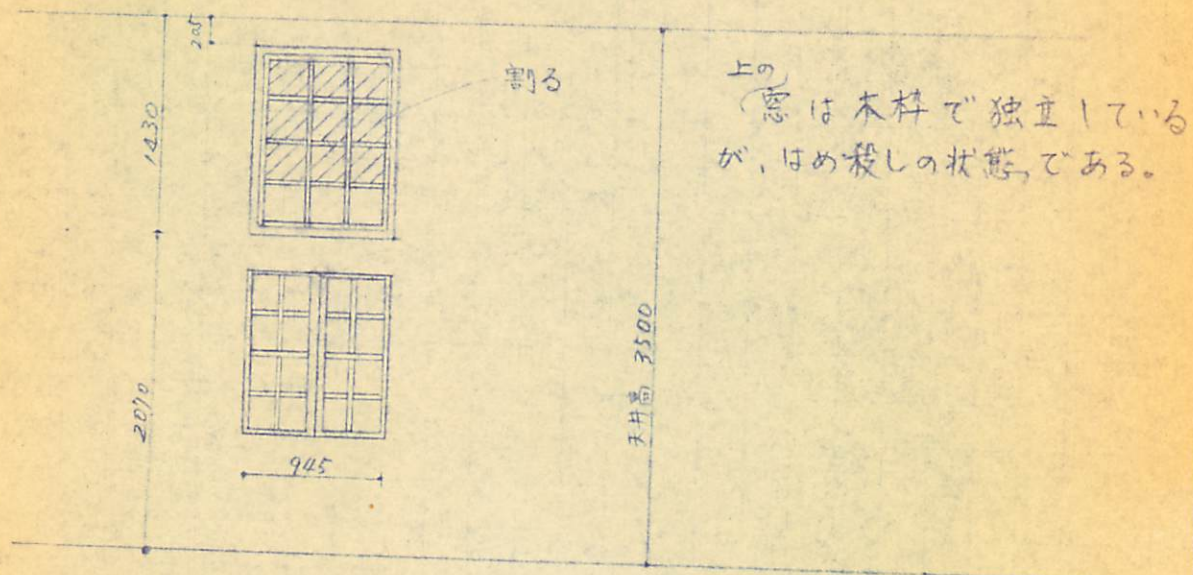
煙の厚さの観測：A点、B点、C点に各二人
 写真撮影：A点（+自然排煙口）

- ☒ アルコールパン
- 観測点 (A, B, C)
- 煙高さ測定面



実験NO.4の自然排煙口(9.6㎡)は
 南側の窓を上から適当な高さまで
 割る事により得た

自然排煙口 (窓) の立面図 (1/50) [実験4]



1ブロックにつきガラスを9枚割り、あわせて 1.2m^2 、
そしてこのように8ブロックの窓を割り、合計 9.6m^2 あけた。
この値は大部屋の面積 479m^2 の $1/50$ に当り、法規に定めら
れた値となる。

§4 測定項目とその方法

- 温度関係は室中央に鉛直方向に9点、アルコール燃焼皿の直上 天井から5 cm下に1点 をとり それぞれ打点式レコーダーで記録した。
- 排煙車の排煙量は回転数と東京消防庁提供の排煙車のカタログとて求めた。
- 煙の下降状況は、柱に50 cmごとにつけた黒テープの帯をA点B点C点(四面参照)の3箇所から目視で観察記録した。
- 実験2の給気口(扉の位置は四面参照)での風速は、表5-3と図5-3のように熱線風速計とピラムとで1分おきに記録した。
- 実験状況の流れをつかむためA、B、Cの各箇所からテープレコーダーでその状況を録音した。
- C観測者により煙が排煙口に到達する時間を記録した。
- A点からみた写真撮影

§5 データ処理

- 5-1 実験1~4の内容詳細
- 5-2 排煙車の性能
 - 5-2-1 排煙車の性能曲線(東京消防庁提供資料)
 - 5-2-2 排煙車排煙口位置立面図
- 5-3 実験No.2における給気口部の風量
- 5-4 実験当日の気象条件
- 5-5 温度グラフ (P32~P47)
 - 5-5-1 室中央点, 火点直上の温度の時間的变化 (グラフ編)(P32~P39)
 - 5-5-2 定常状態の室中央点での高さ方向の温度変化 (グラフ編)(P40~P43)
 - 5-5-3 室中央点での高さ方向の温度分布時間的变化 (グラフ編)
(P44~P47)
- 5-6 室中央点での圧力分布グラフ (グラフ編)(P48~P51)
- 5-7 煙の降下速度の目視グラフ (グラフ編)(P52~P55)

5-1

実験 No. 1

実験開始時刻

10時 40分

- ・ アルコール量 (パン1個につき) 13.5ℓ × 4
- ・ アルコール燃焼時間 約9分間
- ・ 煙到達時間 (排煙口まで) 47秒
- ・ 排煙車風量 (定常時) 320m³/分
- ・ 火災室温度 (Max)
 - 火室 (4'30") 260°C
 - 室中央 (6'00") 160°C

注意事項

1) 本目、発煙筒が飛火せず、2本目をアルコール臭火後 1'00" 2' 臭火、1'25" 2' 定位置に設置した。
 煙到達時間はアルコール臭火用のガソリンの煙に
 対し測定した。

実験 No. 2

実験開始時刻

11時 45分

- ・ アルコール量 (パン15個につき) 13.5ℓ × 4
- ・ アルコール燃焼時間 17分45秒
- ・ 煙到達時間 49秒
- ・ 排煙車風量 (定常時) ~~333~~ m³/min
333
- ・ 給気口 (FP) 部分の風速
 風量 $\bar{v} = 2.7 \text{ m/sec}$
 250 m³/min (P15参照)
- ・ 火災室温度 (Max)
 - 火室 (4'45") 220°C
 - 室中央 (6'00") 140°C

実験 No. 3

実験開始時刻

1時30分

・アルコール量 (パン1個につき)

13.5ℓ × 4

・アルコール燃焼時間

9分以上 約10分程度

・煙到達時間

45秒

・火室温度 (Max)

火室 (5'00") 270°C

室中央② (6'00") 180°C

・注意事項

真火後、しばらく後、実験 No. 2 の給気口としていたドアが、圧力と開口、スハ開くと同時に開口部の窓が1組開いた。消防方の隊員が直ぐに開けたが、若干の煙がもれた。

実験 No. 4

実験開始時刻

2時50分

・アルコール量 (パン1個につき)

13.5ℓ × 4

・アルコール燃焼時間

全面燃焼 8分

部分 " 16分

・煙到達時間

40秒

・火室温度 (Max)

火室 (4'15") 240°C

室中央② (4'30") 140°C

・注意事項

実験 No. 2 に給気口としていたドアを真火後 4'30" 2 周けた。

0 ~ 7'30"	2'30" もの発煙筒と連続3本
7'30 ~ 8'15"	発煙せず
8'15 ~ 10'30"	4本の発煙筒

実験 No. 1 ~ 3 に使用した発煙筒と No. 4 のものは異なる。

5-2

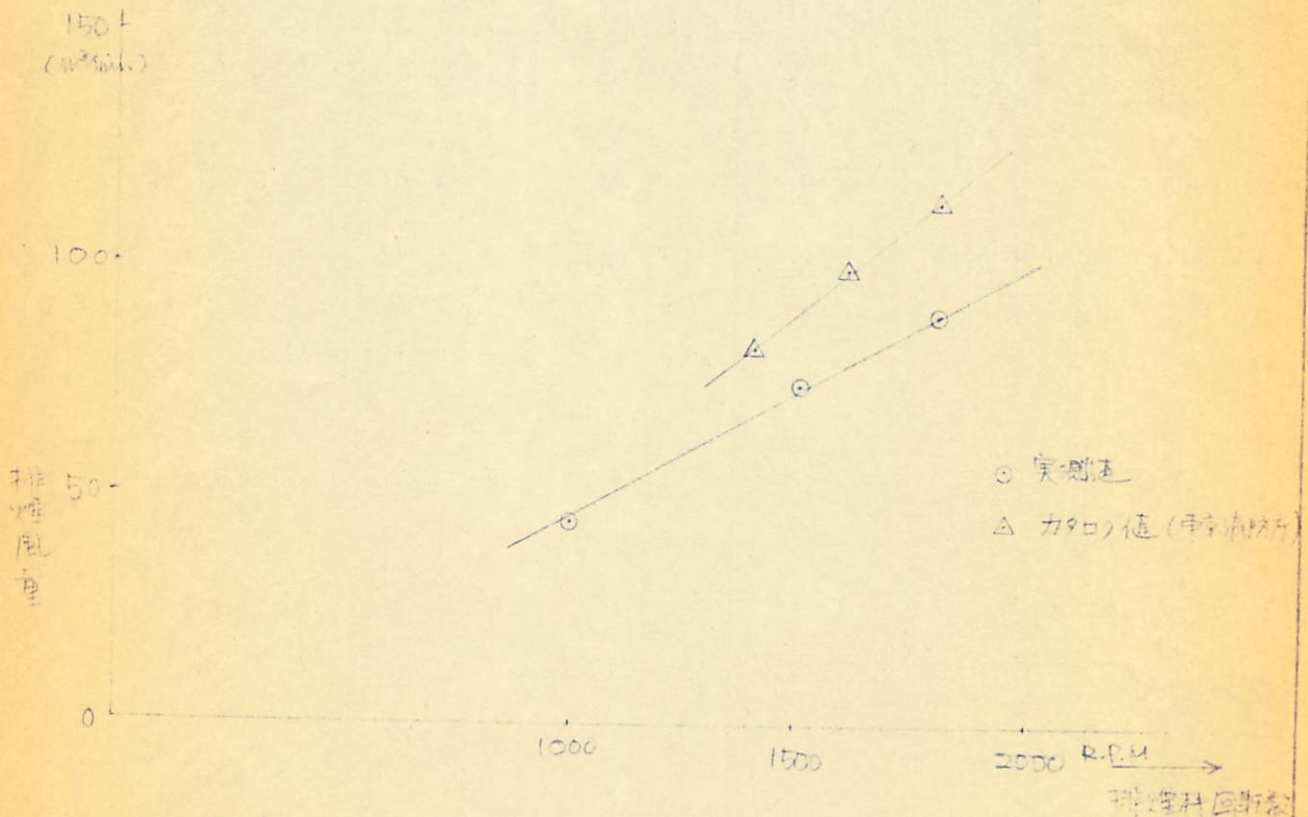
< 実験 1. 2 の排煙量 >

実験 No.	排煙車種	回転数	排煙量 (m ³ /min)	総排煙量
実験 1	A	1730	90	326 m ³ /min
	B	2000	230	
実験 2	A	1700	90	333 m ³ /min
	B	2150	243	

* 回転数は定常時のものを示した。

○ 排煙車性能 (排煙機の回転数と排煙口からの風量)

< A型排煙車 >



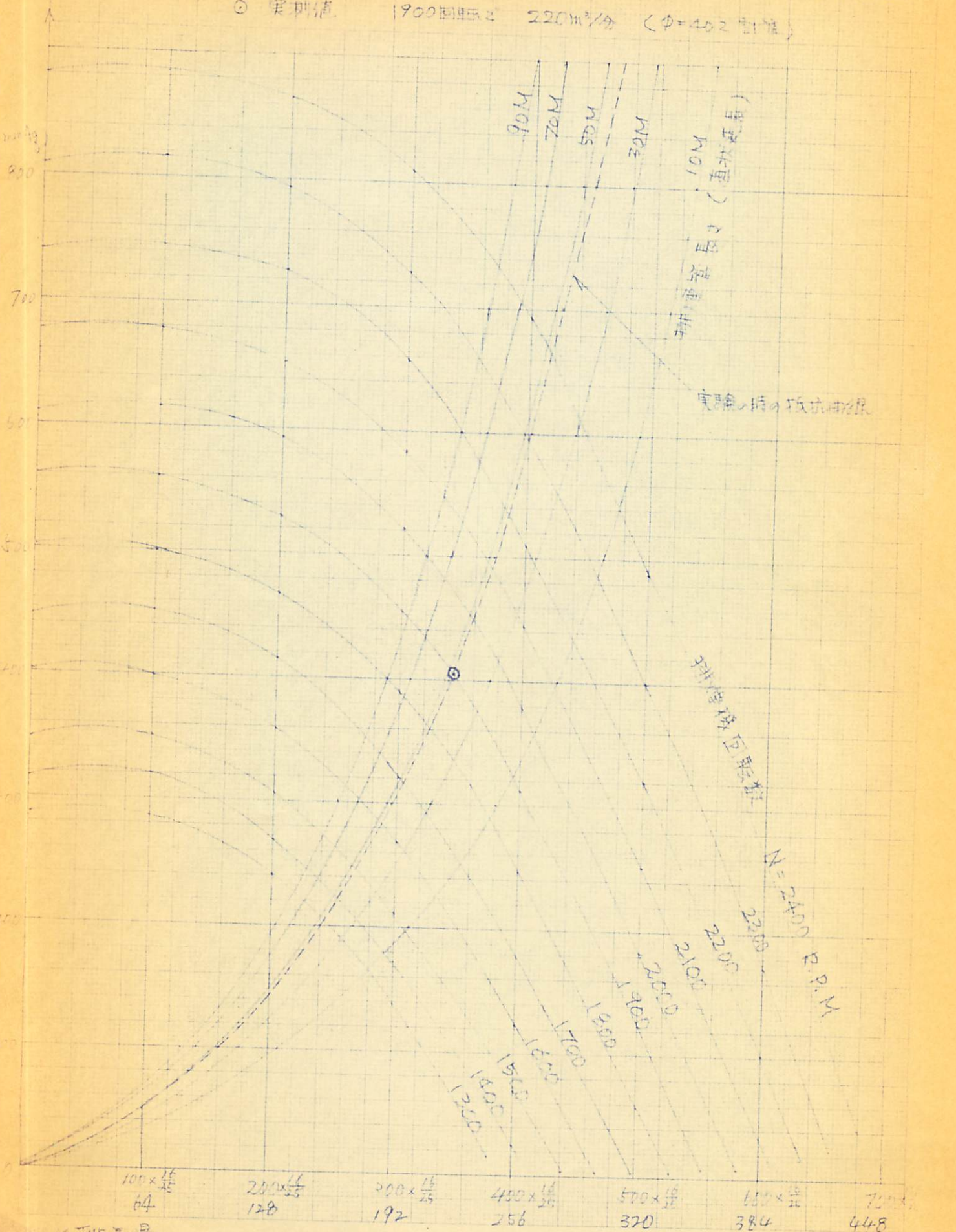
< B型排煙車 >

消防庁提供のグラフの 実測値 (1 実) に より およめ た グラフ は 次 ページ

858-1 型 可変電圧機性能線 (B型)

目+の特性 出力 100W
 $\phi=40mm$ の計器用

◎ 実測値 1900回転/分 220m³/分 ($\phi=452$ 計器)



[注] 取込空気; 空気元 20°C, 大気圧 160mmHg

5-2

<備考>

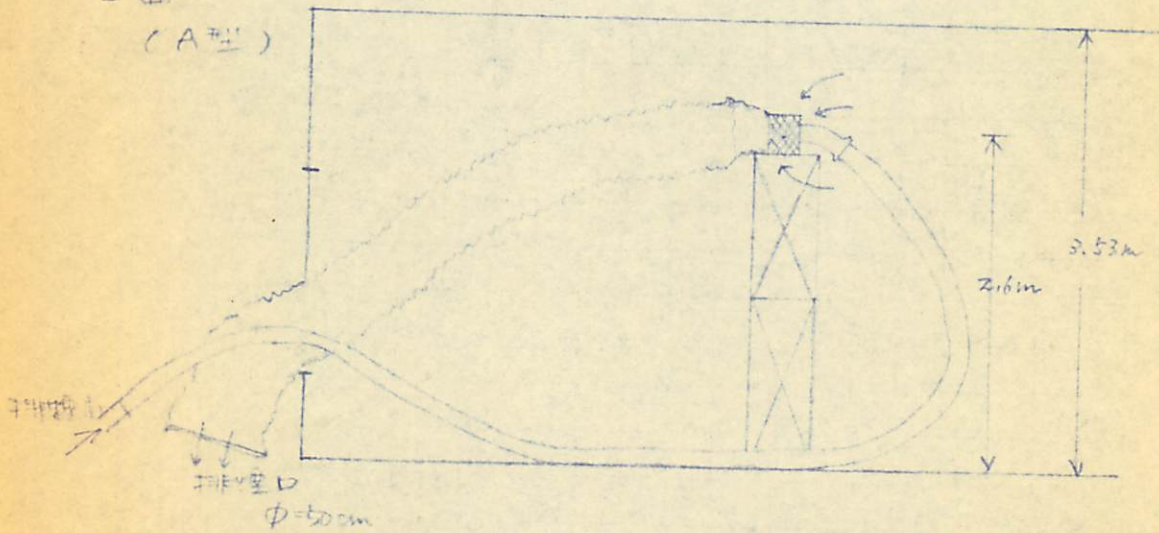
- ・ A型排煙車 …… 細いホースで圧縮空気を送り込み、火煙室のファンを回して吸引排気を行う。
- ・ B型 …… 火煙室へ円型ダクトを入れ、排煙機で煙を吹出す。
- ・ 排煙口の大きさは $\phi = 50\text{cm}$ とあるが、ダクトの蛇腹部分が大きく凹んでいいため $\phi = 40\text{cm}$ とし計算に用いた。
- ・ 排煙風量・排煙口における風速を 熱線風速計で測定し $\phi = 40\text{cm}$ とし計算した。 ($S = 0.1256\text{m}^2$)

<排煙口の位置>

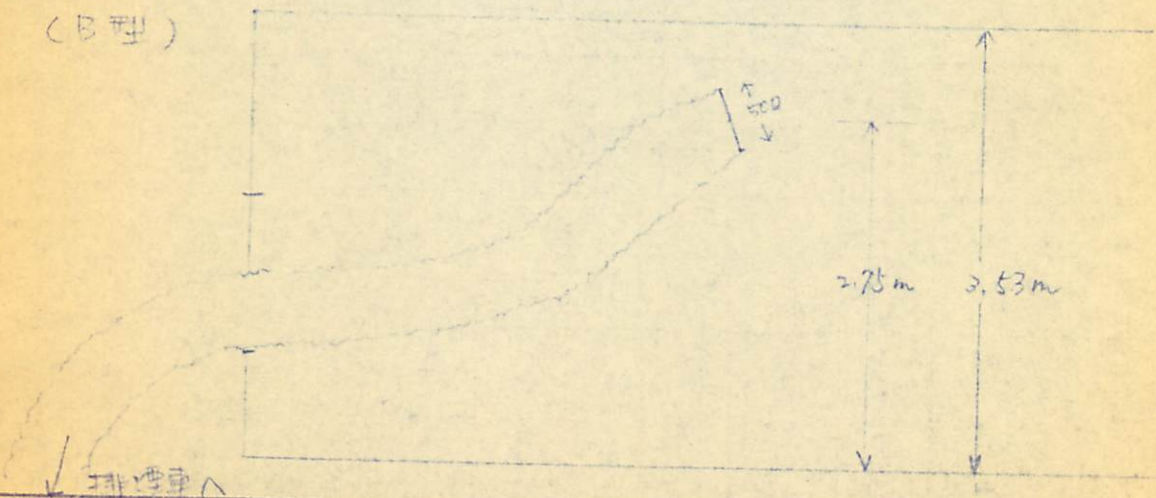
・ 平面での位置は 別図

・ 立面

(A型)



(B型)



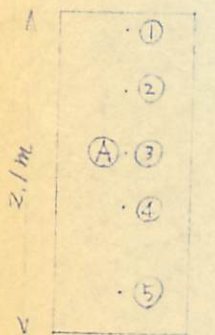
5-3

給気口 (FP) 部の風速及び風量

実験 No. 2. (王子大部屋)

実験開始時間 (分)	ヒラムにお ける測定値 (m/sec)	熱線風速計による測定値 (m/sec)					左の平均 風速	左=53 風量 (m ³ /min)
		①	②	③	④	⑤		
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0.90	1.40	1.95	1.70	2.00	1.59	176
2	2.1	—	—	—	—	—	—	—
3	2.4	1.75	1.75	2.30	2.35	2.20	2.07	230
4	2.5	1.70	1.90	2.50	2.50	2.50	2.23	248
5	2.65	1.75	2.00	2.20	2.60	2.50	2.21	245
6	2.8	1.80	2.00	2.55	2.50	2.60	2.29	254
7	2.65	1.60	2.10	2.40	2.50	2.50	2.22	246
8	2.9	1.90	2.20	2.70	2.60	2.70	2.42	269
9	2.8	2.10	2.35	2.70	2.70	2.70	2.51	279

* 測定区は 2



①~⑤: 熱線風速計の測定位置

③: ヒラム測定位置

FP 上端からの距離

① 10 cm

② 50 cm

③ 90 cm

④ 130 cm

⑤ 180 cm

5-4

0. 気象条件

昭和48年10月23日

	天候	風向	風速	気温
10:00	晴	西	0.8 m/sec	24.5°C
10:40	晴	東南東	0.3 m/sec	
12:07	晴	北西	0.5 m/sec	27.5°C
1:30	晴	西	0	
2:00	晴	北西	0.5 m/sec	28°C
3:10	晴	西	0.5 m/sec	

この面を通過する気流量
面の位置は当然変化する

6 参考計算

6-1 上昇空気量の計算

横井氏の式より

$$Q = 6.35 (1 - 0.00122 \theta_r) Z^{1.75} \dot{q}$$

この式の誘導は別掲(上昇気流の理論)

- Q: 上昇気流量 cc/s
- θ_r : 室内温度 °C ($\theta_r = 20^\circ\text{C}$ とする)
- Z: 原点からの高さ (cm)
- \dot{q} : 熱源から上昇気流に放散した熱量 (cal/s)

(仮定)

- アルコール燃焼速度 1 mm/分
- “ の発熱量 5400 kcal/kg (19)-16)
- “ の比重 0.793 g/cc

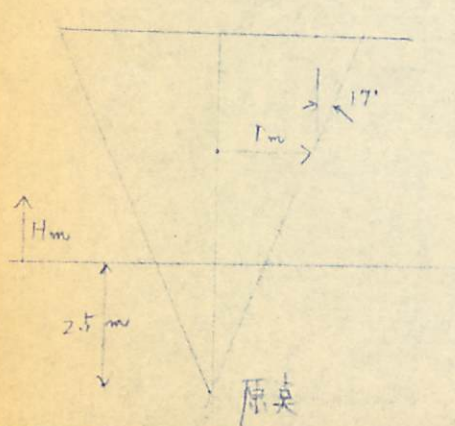
アルコールパン $47 \times 1 \text{ m}^2 = 4 \text{ m}^2$
 $1 \text{ mm/分} \times 4 \text{ m}^2 = 0.004 \text{ m}^3/\text{分} = 4 \text{ l/分}$
 $4 \text{ l/分} \times 0.793 \text{ g/cc} = 3.172 \text{ kg/分}$
 $3.172 \text{ kg/分} \times 5400 \text{ kcal/kg} = 17130 \text{ kcal/分}$

発熱量 $17130 \text{ kcal/分} = 1,028,000 \text{ kcal/hr} = 286,000 \text{ cal/sec}$
 後述の炎の放射熱量 5916 cal/s を差し引いて 発熱量 = 280,000 cal/s
 上昇空気量 $Q = 6.35 (1 - 0.00122 \times 20) (280,000)^{1/4} Z^{1.75} (1/100)$
 $= 441 \text{ l/s}$

天井面 (H=3.5m Z=60m)

$$Q = 18.7 \text{ m}^3/\text{sec}$$

6-2



横井の実験によれば上昇気流の外縁は、原点から17°の広がりである。

4350
 4280
 41730
 13'

h
 2
 10=20.5

6-3 燃烧理論空気量



$$\frac{793 \times 4}{32} \times 22.4 \times \frac{3}{2} \times \frac{100}{21} \div 15900 (\text{g/s}) \div \underline{\underline{16 \text{ m}^3/\text{min}}} \leftarrow \text{必要空気量}$$

6-4 開口が比較的小さく室内外気体の密度差による換気量
によって燃烧が規制される場合

$$R = (5.5 \sim 6.0) A \sqrt{H}$$

R: 燃烧速度 kg/min

A: 開口面積 m^2

H: 開口高 m

$$A = 9.6 \text{ m}^2 \quad H = 0.5 \text{ m} \text{ とすると}$$

$$R = 36.96 \sim 40.32 \text{ kg}/\text{min}$$

一般に木材 1 kg 当りの発熱量が $3600 \text{ kcal}/\text{kg}$ だから

発熱量は $144000 \text{ kcal}/\text{min}$.

Ann. Ag. 12 1737 年 押可.

71.5
4
286

286 6

アルコール燃焼時の **炎の放射熱量** を求めること

炎の表面積 A_1

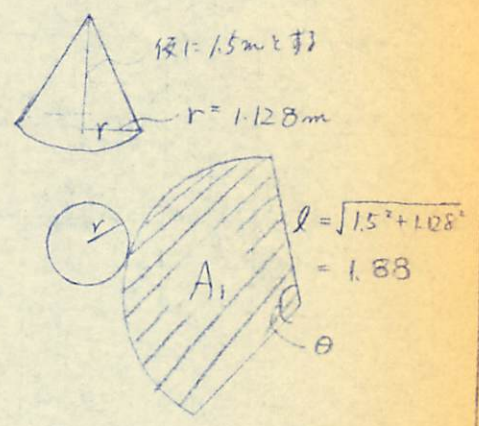
アルコール $4m^3$ をもやした時これを円錐形として表面積を求めよ

$$4 = \pi r^2 h \quad h = 1.128$$

$$3.14 \times 1.88 \times r \times \frac{\theta}{360} = 1.128 \times 2\pi r = 7.083$$

$$\therefore \theta = 216^\circ$$

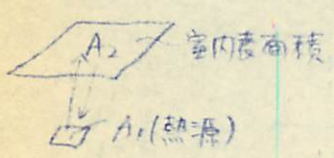
$$A = \pi r^2 \times \frac{216^\circ}{360^\circ} = 3.14 \times 1.88^2 \times \frac{6}{10} = \underline{\underline{6.66 m^2}}$$



大部屋の室内表面積 (床Eのε<) A_2

$$A_2 = 830 m^2$$

形態係数の関係



公式より

$$A_1 F_{12} = F_{21} A_2$$

F_{12} : 1 → 2 への形態係数

$$6.66 \times \frac{1}{2} = 830 \times F_{21}$$

$$\therefore F_{21} = 0.0040$$

よく射熱量 q (炎 → 室内) は 炎を黒体として (炎温度 $800^\circ C$)

$$q_{(炎 \rightarrow 室内)} = Q_{1 \rightarrow 2} - Q_{2 \rightarrow 1}$$

$$= A_1 \epsilon_1 F_{12} - A_2 \epsilon_2 F_{21}$$

$$= 6.66 \times 4.88 \times \left(\frac{273+800}{100}\right)^4 \times \frac{1}{2} - 830 \times 4.88 \times \left(\frac{273+80}{100}\right)^4 \times 0.0040$$

$$= 21300 \text{ kcal/h} = \underline{\underline{5916 \text{ cal/s}}} \quad 5.916 \text{ kcal/s}$$

(註) 炎温度は '74年1月27日実施の三菱銀行金杉橋支店実験の値を参考とした。

熱源からの上昇気流量

I) 横井論文から

熱源を点とし、これを座標の原点、鉛直上をz軸、水平面内では円筒座標としてr座標をとると、上昇気流量の運動方程式は、ナビエ-ストークスから

$$w \frac{\partial w}{\partial z} + v \frac{\partial w}{\partial r} = g \frac{\Delta \theta}{\theta_0} - \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left\{ l^2 r \left(\frac{\partial w}{\partial r} \right)^2 \right\} \quad (1)$$

w, v: 熱気流の鉛直及びラジアル方向の速度成分

l: 運動量に関する混合距離

$\Delta \theta$: 熱気流内の点と外気との温度差

θ_0 : 外気の絶対温度

又、横井氏の実験により、熱気流の拡散中r、中心軸における流速 w_m 、外気との温度差 $\Delta \theta_m$ は熱源からの高さzに
 関して $r_0 \propto z$, $w_m \propto z^{-1/2}$, $\Delta \theta_m \propto z^{-3/2}$ (2)

よって $l = c_0 z$, $\eta = \frac{1}{2} z$ (3) (4) (5) を使って

$$w = A z^{-1/2} F(\eta)/\eta, \quad \frac{\Delta \theta}{\theta_0} = B z^{-3/2} \phi(\eta) \quad \text{とおく} \quad (5)$$

(3) (4) (5) 式を (1) 式に代入すると次の常微分方程式を得る。

$$\frac{5}{3} \frac{d\eta}{d\eta} \left(\frac{F F'}{\eta} \right) + \frac{g B}{A^2} \phi \eta - \frac{4}{3} \left(\frac{F'}{\eta} \right)^2 \eta = c_0^2 \frac{d}{d\eta} \left[\eta \left(\frac{d}{d\eta} \left(\frac{F'}{\eta} \right) \right)^2 \right] \quad (6)$$

ここに F/η , ϕ は室内実験から得た次の近似式を用いる。

$$F(\eta)/\eta = \left(1 - \frac{\eta}{\eta_0} \right)^2, \quad \phi(\eta) = \left(1 - \frac{\eta}{\eta_0} \right)^2 \quad (7)$$

(6) 式の両辺を 0 から η_0 まで 近積分すると左辺第1項と右辺は0となる。

$$\therefore \int_0^{\eta_0} g B / A^2 \phi \eta d\eta = \frac{4}{3} \int_0^{\eta_0} (F/\eta)^2 \eta d\eta \quad (8)$$

$$x e^{-x} \quad x^2 e^{-x}$$

(7) 式と (8) 式に代入すると

$$A^2 = \frac{15}{8} g B$$

$$\text{即ち } w_m^2 = \frac{15}{8} g \Delta \theta_m / \theta_0 \Delta \quad (9)$$

○任意の高さの水平断面を1秒間に通過する全熱量を Q と

$$\text{すれば} \quad Q = \int_0^{r_0} 2\pi r c_p w (\Delta \theta) dr \quad (10)$$

(7) 式の仮定により、

$$w = w_m (1 - r/r_0)^2, \quad \Delta \theta = (\Delta \theta)_m (1 - r/r_0)^2 \quad (11)$$

として (10) 式に代入すると、

$$Q = \frac{1}{15} \pi c_p r_0^2 w_m (\Delta \theta)_m \quad (12)$$

これと (9) 式とから

$$w_m = \sqrt[3]{\frac{225g}{8\pi c_p \theta_0 \eta_0}} Q^{1/3} \Delta^{-1/3} \quad (13)$$

Z 軸より r cm 離れた位置での上昇気流を w (cm/s) とすると、

$$w = w_m \left(1 + 21.76 \eta^{1/2} + 191.45 \eta^{3/2} + 925.8 \eta^{5/2} \right) e^{-47.76 \eta^{1/2}} \text{ (cm/s)} \quad (14)$$

さて高さ Z における上昇気流量 S (cc/s) を求めるには

$$S = \int_0^{\infty} 2\pi r w dr \quad \frac{2}{3} r^{3/2} dr = dx$$

$$\int_0^{\infty} 2\pi r w_m \left[1 + 21.76 \left(\frac{r}{2}\right)^{1/2} + 191.45 \left(\frac{r}{2}\right)^{3/2} + 925.8 \left(\frac{r}{2}\right)^{5/2} \right] e^{-47.76 \left(\frac{r}{2}\right)^{1/2}} dr$$

$r^{3/2} = x \quad 47.76 = a$ であるので Γ 関数の表より

$$\int_0^{\infty} x^n e^{-ax} dx = \frac{\Gamma(n+1)}{a^{n+1}}$$

$$r = x^{2/3} \quad (21)$$

$$dr = \frac{2}{3} x^{-1/3} dx$$

$$S = 0.0425 W_m Z^2$$

(15)

$$\sqrt[3]{\frac{1}{\theta_r}} = \left(\frac{1}{273 + \theta_r}\right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{1}{273}\right)^{\frac{1}{3}} \left(1 - \frac{1}{3} \frac{\theta_r}{273}\right)$$

$$= 0.154 (1 - 0.00122 \theta_r)$$

$\therefore \theta_r = \text{室内温度 } ^\circ\text{C}$

$$\eta_0 = \frac{1}{5} \approx 0.2$$

$$W_m = \sqrt[3]{\frac{225 \times 980}{8 \times 3.14 \times 0.24 \times 0.001 \times (0.2)^2}} \times 0.154 (1 - 0.00122 \theta_r) \theta_r^{\frac{1}{3}} Z^{-\frac{1}{3}}$$

$$= 971 \times 0.154 (1 - 0.00122 \theta_r) \theta_r^{\frac{1}{3}} Z^{-\frac{1}{3}} \quad (16)$$

(16)を(15)に代入

$$S = 6.35 (1 - 0.00122 \theta_r) \theta_r^{\frac{1}{3}} Z^{\frac{2}{3}} \quad (17)$$

王子・大部屋実験にこれを当てはめる。

(仮定)	アルコール燃焼速度	1 m ³ /分
	熱熱量	5400 kcal/kg (×710)
	比重	0.79381/cc

$$\text{アルコールの } \pi \times 4 \times 1 \text{ m}^2 = 4 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ m}^3/\text{分} \times 4 \text{ m}^2 = 0.004 \text{ m}^3/\text{分} = 4 \text{ l}/\text{分}$$

$$4 \text{ l}/\text{分} \times 0.79381 \text{ cc} = 3.172 \text{ kg}/\text{分}$$

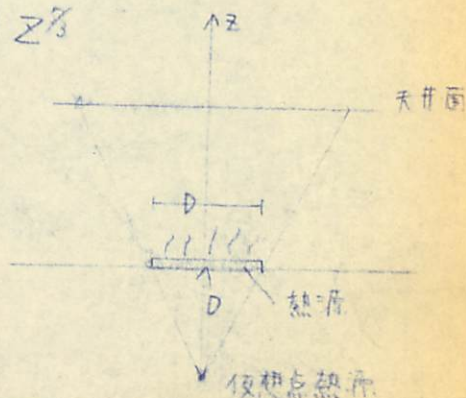
$$3.172 \text{ kg}/\text{分} \times 5400 \text{ kcal}/\text{kg} = 17130 \text{ kcal}/\text{分}$$

$$= 286000 \text{ cal}/\text{分}$$

$$S = 6.35 (1 - 0.00122 \times 20) (286000)^{\frac{1}{3}} Z^{\frac{2}{3}}$$

$$\text{天井面 } (H=3.5 \text{ m } Z=6.3 \text{ m})$$

$$S \approx 19.0 \text{ m}/\text{sec} \quad (20^\circ\text{C} \text{ における})$$



$$\text{王 子 大 部 屋 容 積} = 479 \text{ m}^2 \times 3.5 \text{ m} = 1676.5 \text{ m}^3$$

$$\text{よ、て下まで煙が降下してくる時間は } \frac{1676.5}{19.0} = 88 \text{ (秒)}$$

しかし実験結果では煙の降下した時間は2分30秒～3分であ
およそ2倍早すぎる結果となった。これは仮想定点源とした
場合の床面以下の熱、ふく射熱を無視したため、又鉛直方向
の温度変化を一定としたためである。

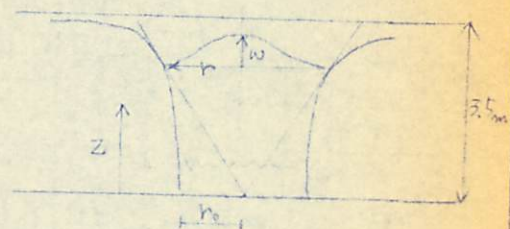
II 熱源を面源とした場合 (川越レポート 4P. 12 参考)

横井氏によれば面源の場合 $\frac{z}{h_0}$ が 2.5 以下の領域では 点源
拡散に乗らず, ゾ1 ゾ2 領域にある。王子の場合

$$2.5\text{m} \times 2.5\text{m} = \pi r_0^2 \quad \text{相当半径 } r_0 = \underline{1.4\text{m}} \quad \text{となり } 2.5h_0 = \underline{3.5\text{m}}$$

で 殆んど ゾ1 ゾ2 領域に入る。

ゾ2 領域内では上昇速度は constant
で拡散中も大して増えず真直な柱状
に近いと見なせる。



横井論文から (建築学会論文集 58号) (12) 式 と (21) 式 から

$$W(\text{無次元風速}) = \frac{w r_0^{1/2}}{\left(\frac{zQ}{\rho C_p T}\right)^{1/2}} = \frac{1.696}{\sqrt{n}} = 1.696$$

∴ w : 中心軸の上昇速度
 n : 矩形化

$$\begin{aligned} \therefore w &= 1.696 \left(\frac{zQ}{\rho C_p T}\right)^{1/2} r_0^{-1/2} \doteq 1.696 \times (10450)^{1/2} \times \left(\frac{Q}{r_0}\right)^{1/2} \\ &= 37.2 \left(\frac{Q}{r_0}\right)^{1/2} \end{aligned}$$

上昇気流の質量速度は

$$M = \alpha w \pi r^2 \rho_f \quad (\alpha \text{ は平均化係数})$$

今上昇気流半径 r は r_0 とほとんど変わらないとして $r = r_0$ と

おくと 時間 " t " における煙層の質量変化 (下降速度) は

$$-\rho_f A \frac{dz}{dt} = \alpha w \pi r_0^2 \rho_f$$

積分して

$$-z = \frac{\Delta w \pi r_0^2 \rho_f}{A \rho_s} t + c$$

$$t=0 \text{ で } z=H$$

$$\therefore t = \frac{(H-z) A \rho_s}{\Delta w \pi r_0^2 \rho_f} = \frac{(H-z) A \rho_s}{37.2 \Delta \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{1/2} \pi r_0^2 \rho_f}$$

煙が下まで下降する時間 $z=0$ とおくと

$$t = \frac{H A \rho_s}{37.2 \Delta \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{1/2} \pi r_0^2 \rho_f} = \frac{350 \times 4770000}{37.2 \times \Delta \times 3.14 \times 0.75 \times 0^{1/2} (140)^{1/2}}$$

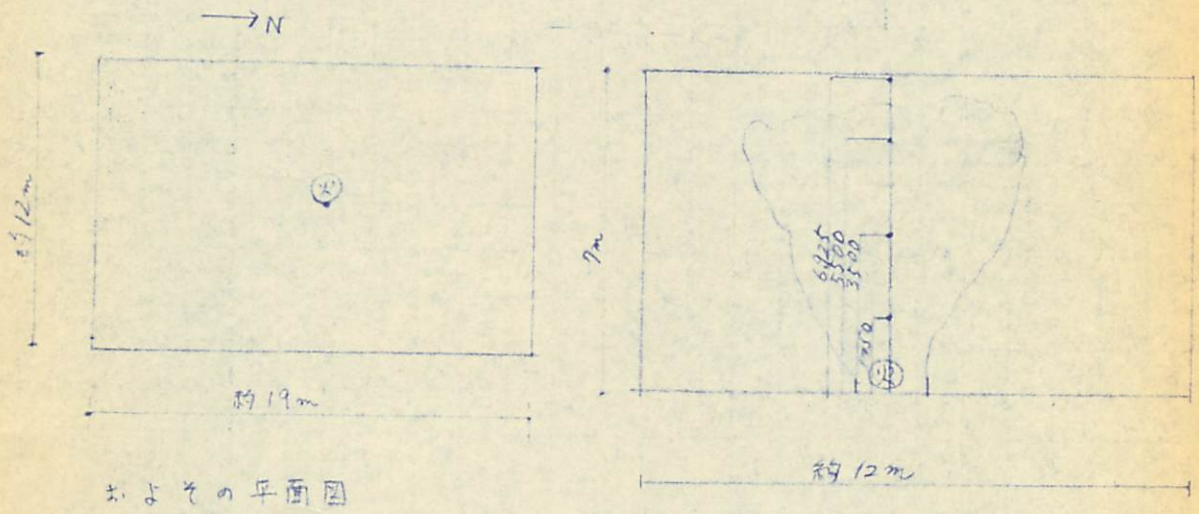
$$= 77(\text{秒})$$

すなわち 77 秒で下降する結果となる。

補 横井の式について

横井鎮男氏の建築学会論文集50号 P95~P100によれば「理論式から熱気流の中心軸の温度と周囲との温度差 $\Delta\theta_m$ は熱源からの高さの $1/5$ 乗で減少する」と記述されている。そこで我々は丁度 49年1月27.28日に東京消防庁が行った火災実験の結果からこの理論式が現実火災に適用できるかどうかを計算してみた。

東京消防庁旧三菱銀行金杉支店の火災実験内容



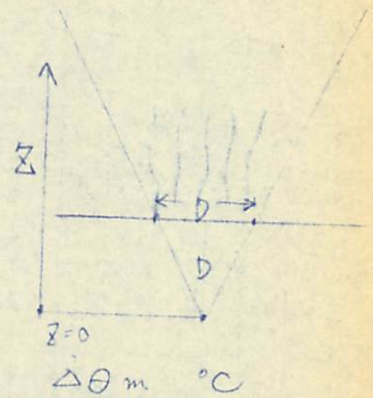
およその平面図

およその断面図

Zの値 cm	Z ^{1/5} ×10 ⁻⁴	$\Delta\theta_m$ °C	m ² -10 1m ²	2m ² 由 実測値	2m ²	4m ² 由	4m ²
175	1.8256		219.9	441.9	232.9	601.2	717.7
350	0.5748		79.4	213.8	147.1	332.7	377.1
550	0.2709		64.9	142.7	114.6	241.0	209.9
692.5	0.1845		58.7	121.6	93.6	186.0	176.9

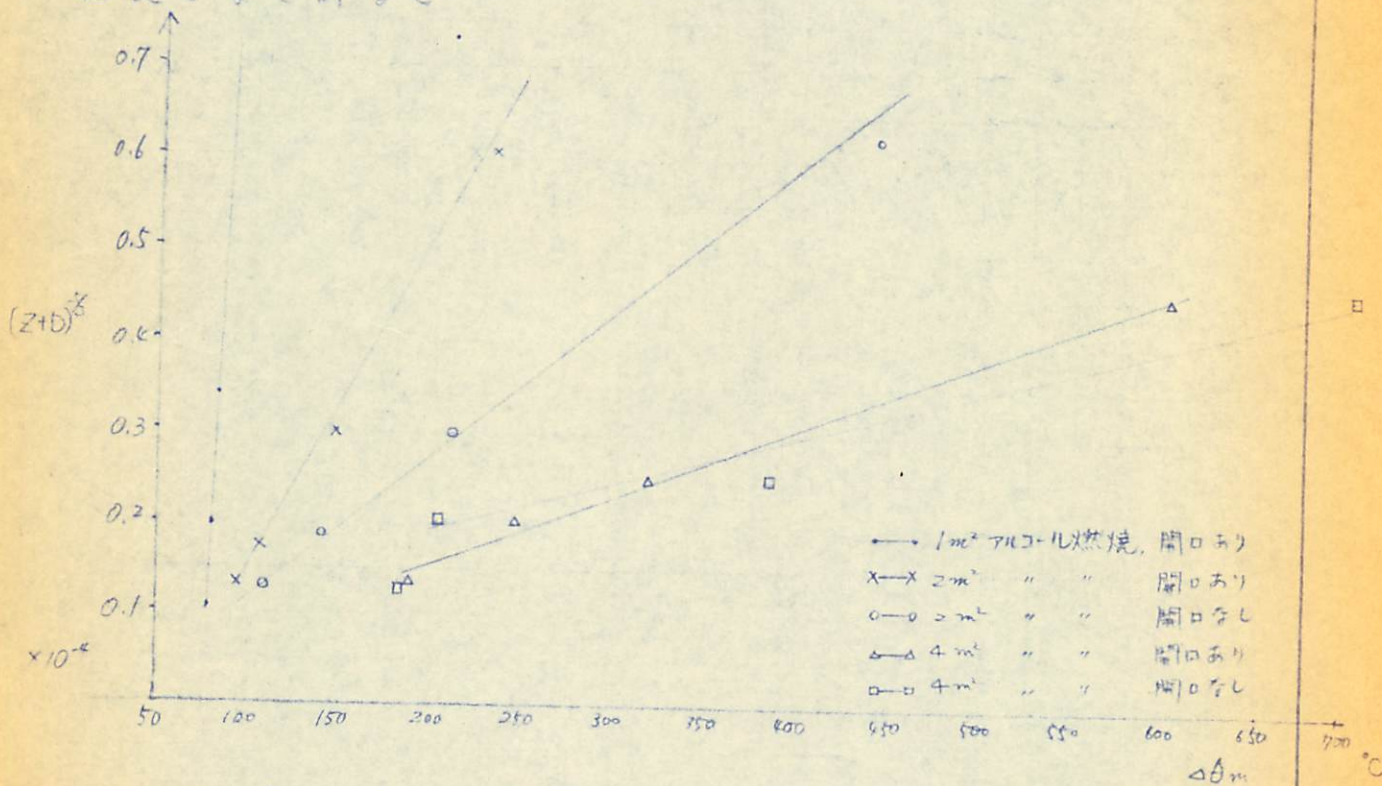
となり $\Delta\theta_m$ は Z^{1/5} に比例しなり。

今度は右図のような方法で Σ の値を
Dだけおとした状態で Σ を計算し先の
実測値 $\Delta\theta_m$ と比べる。



Z	$Z+D$ (1 m ²)	$Z+D$ (2 m ²)	$Z+D$ (4 m ²)	$(Z+D)^{2/3}$ (1 m ²) ^{2/3}	$(Z+D)^{2/3}$ (2 m ²) ^{2/3}	$(Z+D)^{2/3}$ (4 m ²) ^{2/3}	$\Delta\theta_m$ °C
175	303	334	401	0.73	0.62	0.45	219.9 441.9 232.9 601.2 717.7
350	478	509	576	0.34	0.30	0.25	79.4 213.8 149.1 332.7 377.5
550	678	709	776	0.19	0.17	0.21	64.9 142.7 114.6 241.0 271.7
672.5	820.5	851.5	918.5	0.13	0.13	0.13	56.7 121.6 93.6 186.0 176.7

上記をまとめると

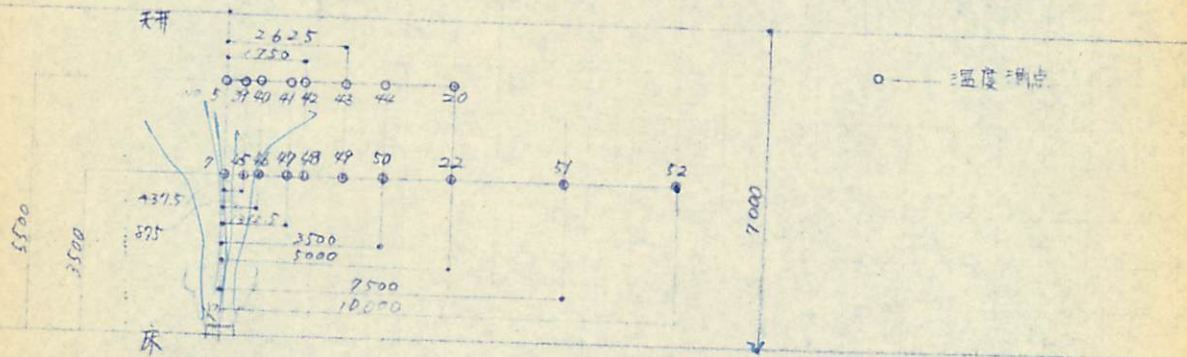


よって $(Z+D)^{2/3}$ と $\Delta\theta_m$ との関係は 2,3 の例を除いて直線関係になる。

傾きが違うのは Q (発生熱量) が違うからである。

次に中心軸とは垂直のラジアル方向の分布を横井氏の分布と比べてみる。

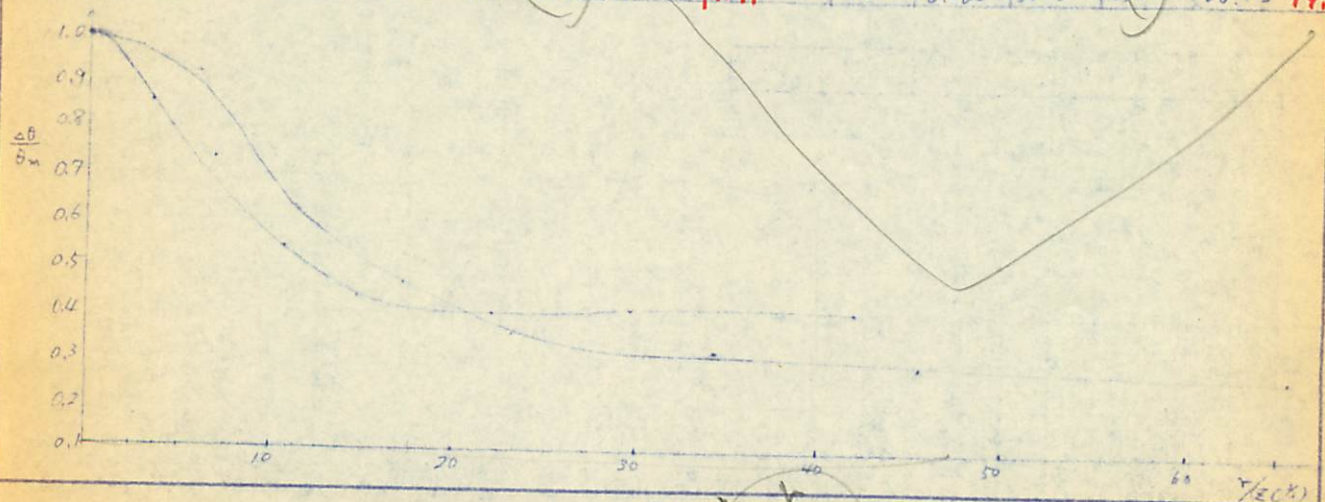
旧三菱銀行金杉支店 湿度測定位置



→ 2020年12月

天井-床 = 4m (予2)

測点No	$\Delta\theta$	$\frac{\Delta\theta}{\theta_m}$	r	Z	$\frac{1}{\sqrt{EC^2}}$	$\frac{1}{Z}$	測点No	$\Delta\theta$	$\frac{\Delta\theta}{\theta_m}$	r	Z	$\frac{1}{\sqrt{EC^2}}$	$\frac{1}{Z}$
5	241.0	1	0	550	0	0	7	332.7	1	0	350	0	0
39	206.2	0.854	437.5	550	3.63	0.796	45	307.6	0.925	437.5	350	5.79	1.25
40	176.3	0.731	875	550	7.37	1.591	46	208.5	0.626	875	350	11.57	2.5
41	129.5	0.537	1312.5	550	11.04	2.386	47	155.2	0.466	1312.5	350	17.36	3.75
42	106.6	0.442	1750	550	14.73	3.182	48	116.8	0.351	1750	350	23.15	5
43	96.3	0.400	2625	550	22.10	4.773	49	107.0	0.322	2625	350	34.72	7.5
44	97.7	0.405	3500	550	29.46	6.364	50	94.6	0.224	3500	350	46.29	10
20	102.0	0.423	5000	550	42.08	9.091	22	86.4	0.260	5000	350	66.13	14.25



(28) $\eta = \frac{r}{Z}$

このグラフは $\eta' = \frac{1}{2}c\omega$ の値が大きすぎると横軸のグラフとは一致しなかった。

考察と説明

王子大部屋実験では、機械排煙の排煙量が法規に定められた量に達しなかったこと、隙間が多く、流入流出の風量にかなりの漏れがあったこと、等で当初の期待通りには実施できなかったが、記録及びデータはかなり詳しく出たのでできる範囲での考察を述べてみたい。

実験1では給気口なしで機械排煙を行った。4分で定常になり、室中央部の最高部は 160°C であった。実験2では給気口があり、その為室内空気は冷され、最高部でも 140°C であった。このことは火桌上部でも同じことかといえ、実験1では最高 260°C 、実験2で最高 220°C であった。よって給気の冷気は予想以上に火災温度を下げるものと考えられる。

煙の下降速度はもちろん密閉状態の実験3が一番早い。これは温度グラフ(5-5-3)や煙の降下速度の目視グラフ(5-7)からも容易に理解できる。煙が床面まで降りてくるのがおよそ2分30秒である。又速に最後まできれいな層が残っているのは実験2である。およそ床上1mの所で煙と空気が2層になり実験終了までその厚さは不変であった。この場合発煙量と排煙量と給気量とがある一定な関係になっていたと考えられるのだが温度の因子がはいるので数量的にはその関係は求め難い。

煙が上昇気流に乗って天井に当たり、それが横方向に流れて行く速度は観測者の目視によって明らかになった。熱源から機械排煙口までの距離は26.5 m、煙が排煙口に至るまでの時間が45秒、よって煙が横に流れる速度は0.6 m/秒である。

自然排煙口は法規に示す、床面積の $\frac{1}{50}$ の9.6 m²開けたが外から見た範囲では、風による影響で煙が相当乱され、思うようには出なかった。しかし室内の鉛直方向の温度分布では床上90 cmまではほとんど上昇しなかった。ので風がなければ煙と空気の間層が形成されたのではないかと思われる。とは言っても後に熊谷で行った実験のように排煙口というものは、決して面積だけで決定してはならない。いろいろな条件、例えばその形や位置などによって効果が大きく左右されるのであるから法規では厳しく細目化してうたいあげるべきである。

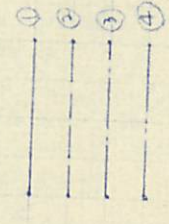
又当初のねらいであった火災室圧の問題、つまり排煙量の過大の為、負圧を生じ煙層が早くおりてくるのではないかとこの問題は排煙風量の足りなかつたこと、隙が多く、密閉室が作れなかつたこと等と顕著には判別できなかった。

総じて言えることは、火災室に給気があれば、火災温度は上昇するし、又煙の下降も早い。しかし十分な給気があれば火災温度も20°C~40°C低く、又煙の下降は遅くなる。

実験日 5.28 10.23

室中央における時間的溫度変化 実験 No.1 (給気なし, 機械排煙)

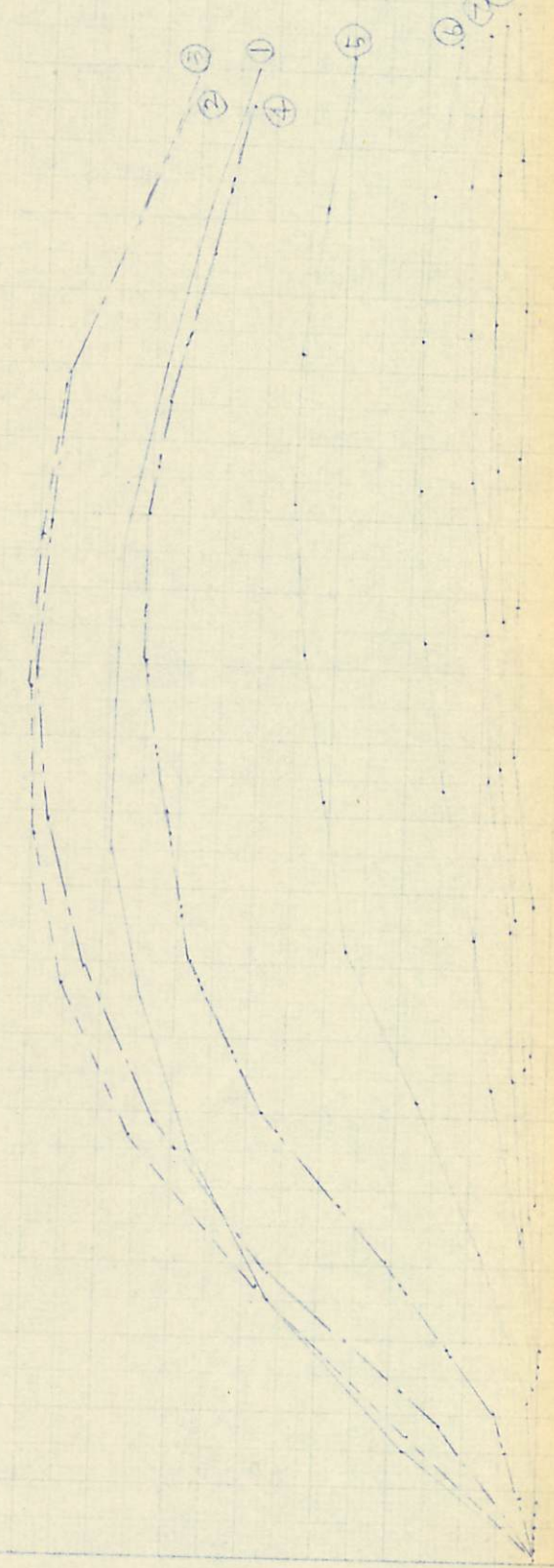
室中央 ①~④
縦方向



200

100

(32)

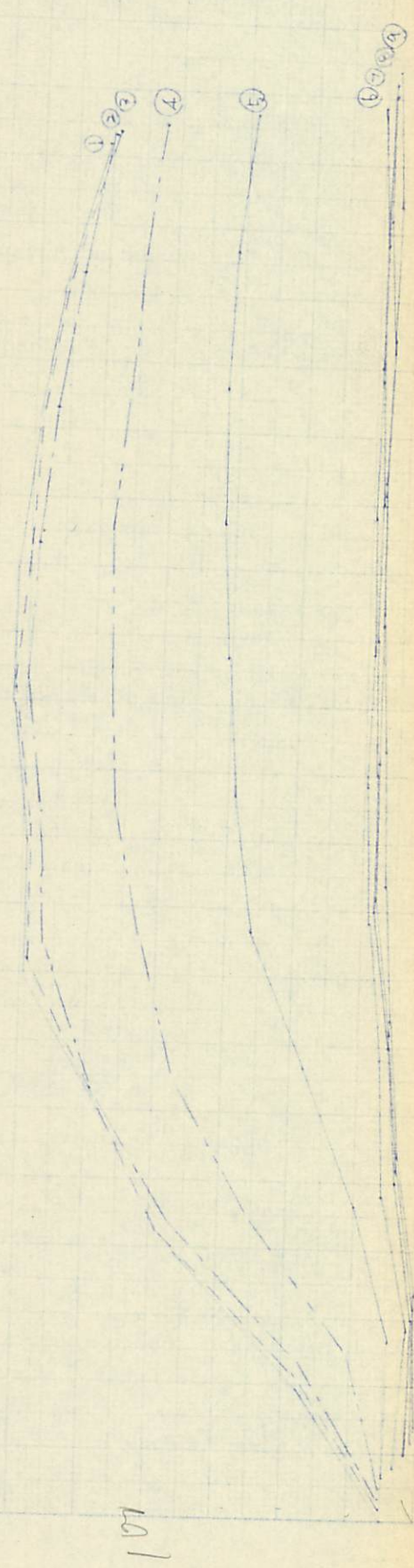


1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 (分)

室中央における時間的溫度変化 実験NO2 (給気口あり 機械排煙)

室中央の⑨

- ① ———
- ② - - - -
- ③ - · - · -
- ④ - - - -



545 10.23

室中央における時間的溫度変化 実験NO3 (給気口なし 排煙せず)

実験 No. 3

室中中 ① ~ ④

- ① ————
- ② ————
- ③ ————
- ④ ————

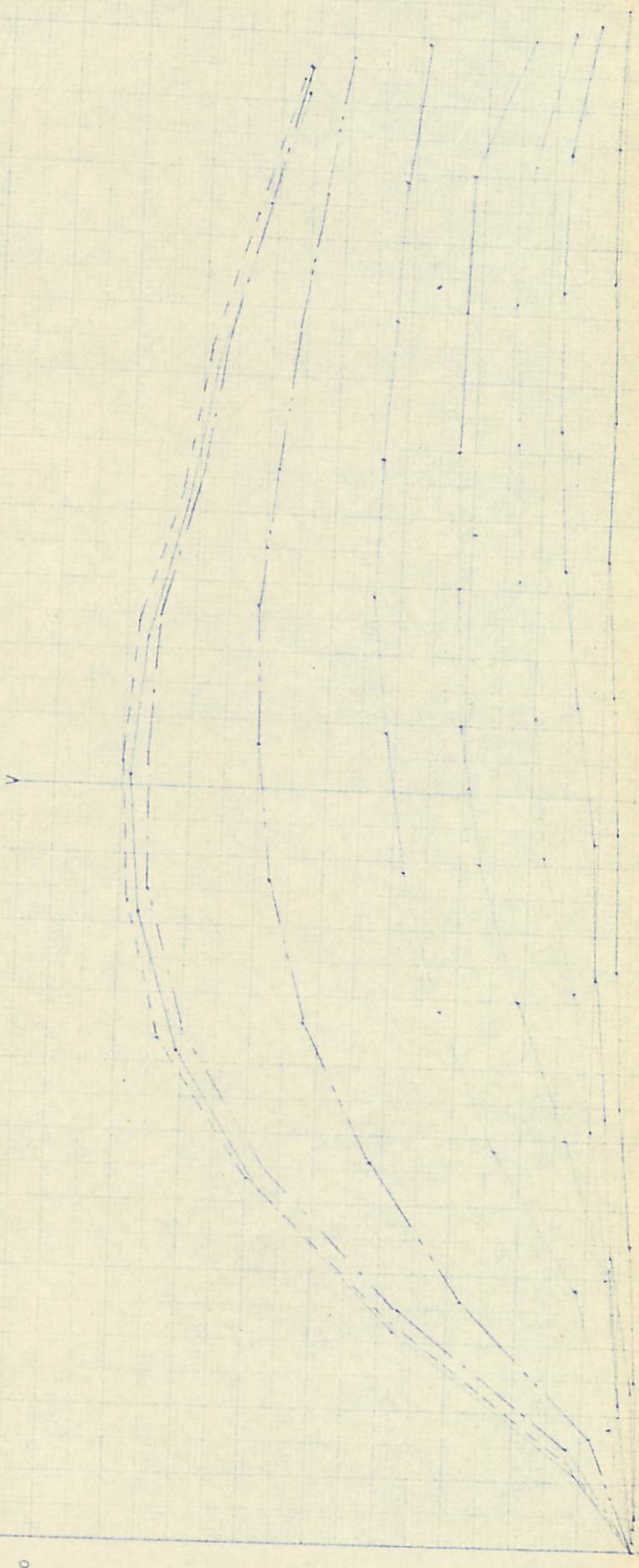
(°C)

200

100

Y

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 (分)



S. 48, 10.2.3

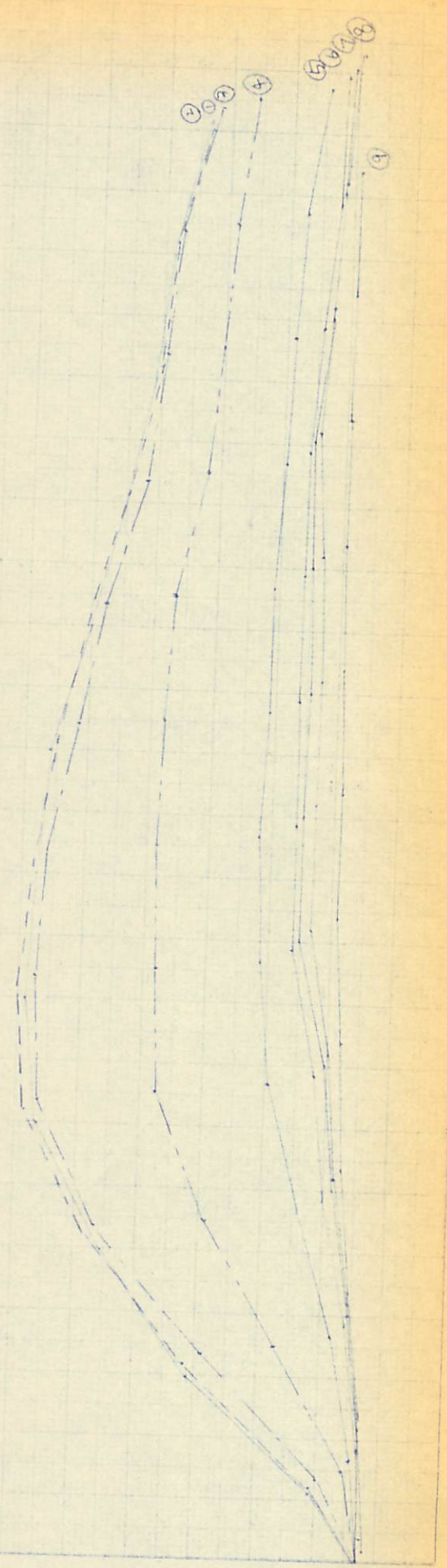
室中央における時間的溫度変化 実験 No4 (自然排煙)

室中央 ① ~ ④

- ① ————
- ② ————
- ③ ————
- ④ ————

(°C)
200

100

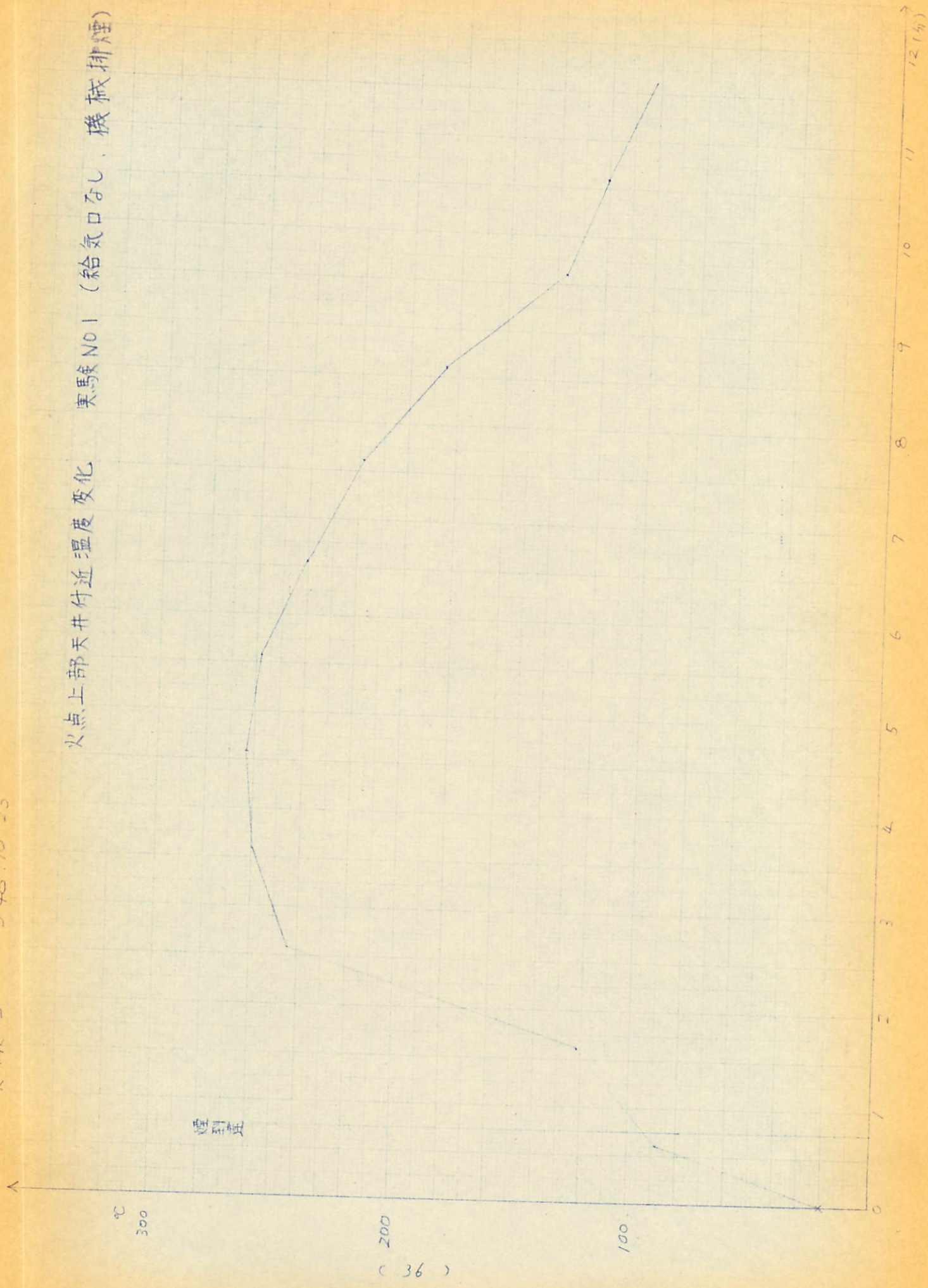


1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 (分)

実験日 548.10.23

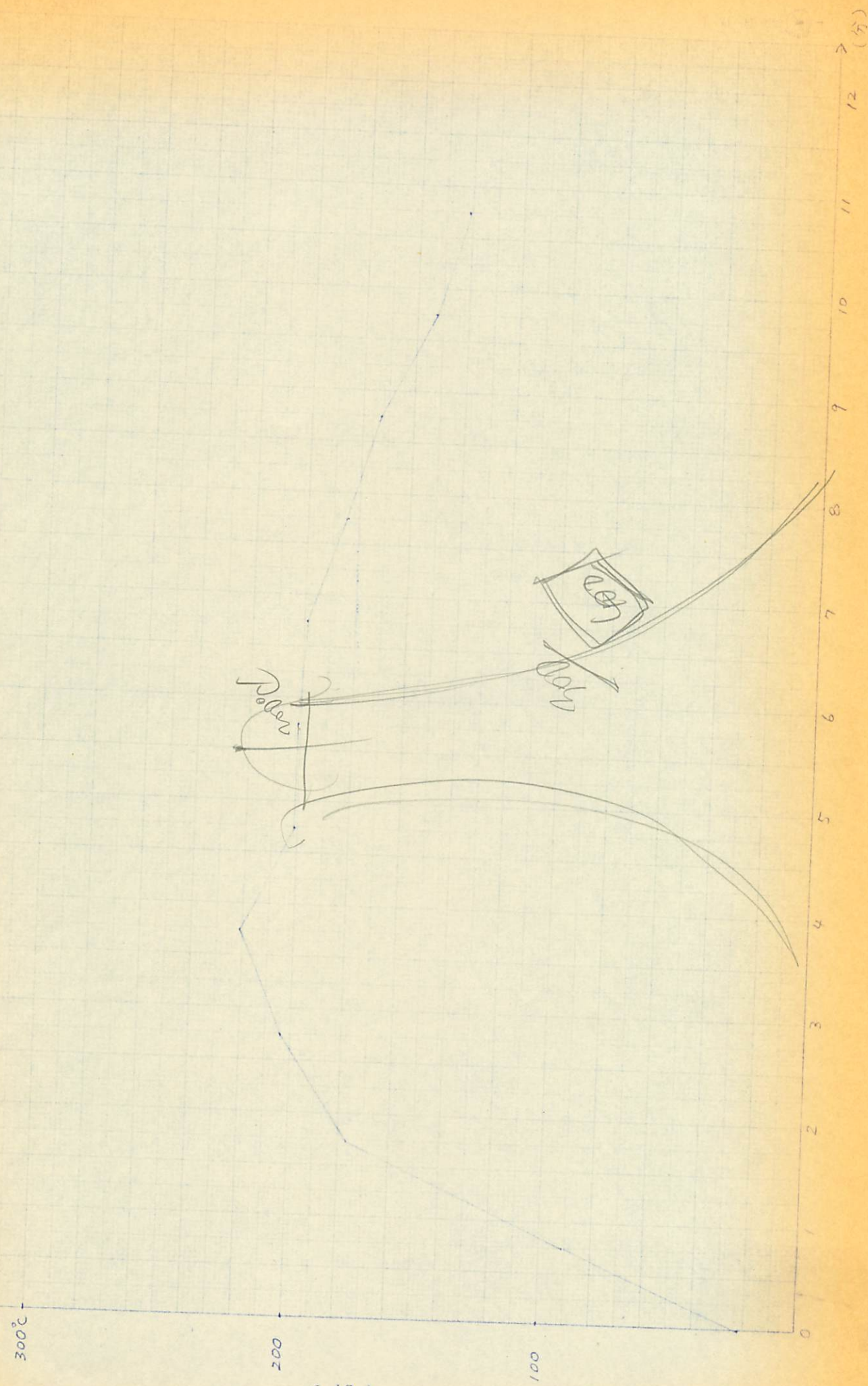
火点上部天井付近温度変化 実験No1 (給気なし、機械排煙)

煙量



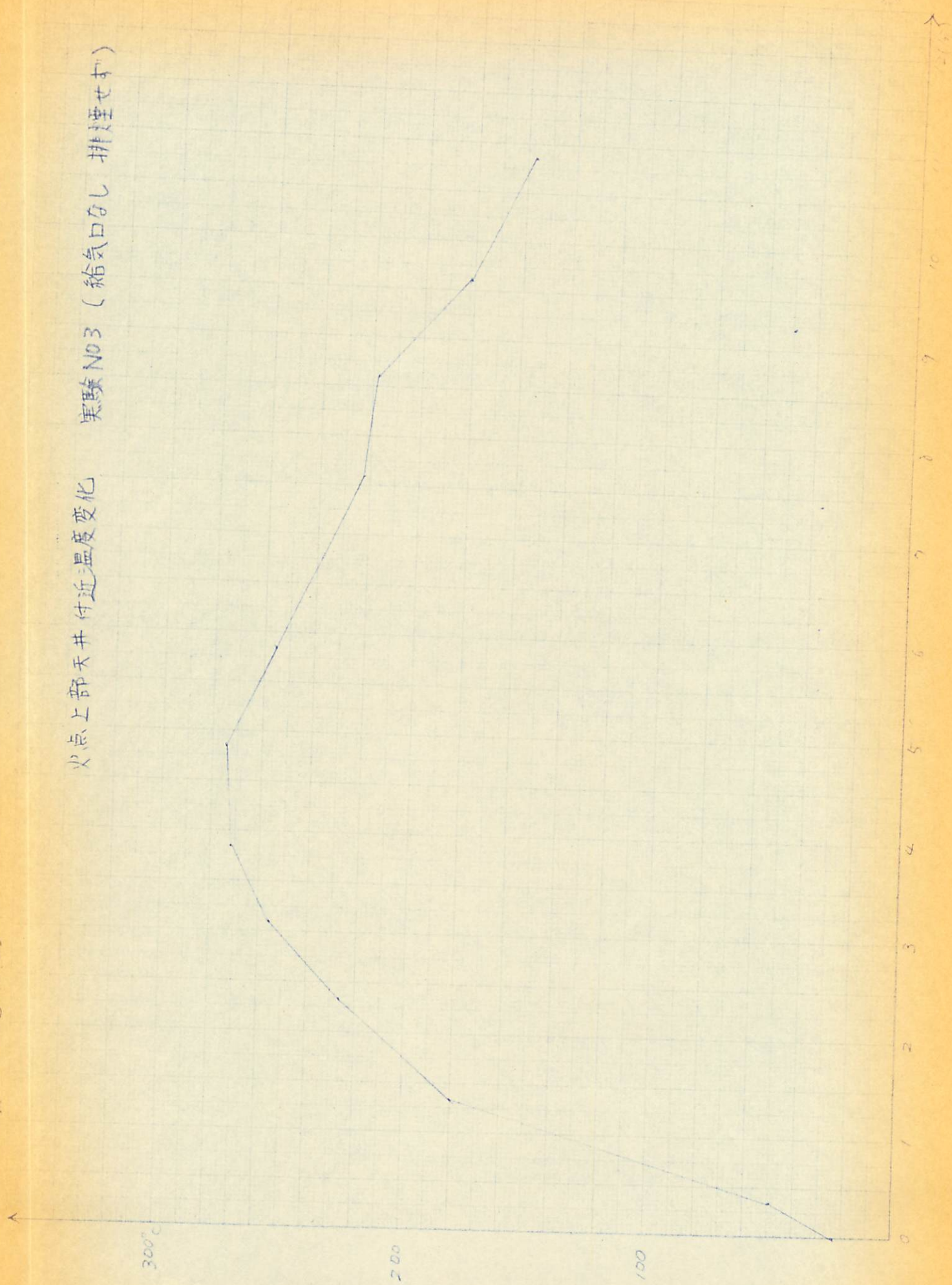
実験日 5.48.10.23

火点上部天井付近温度変化 実験NO2 (給気口あり 機械排煙)



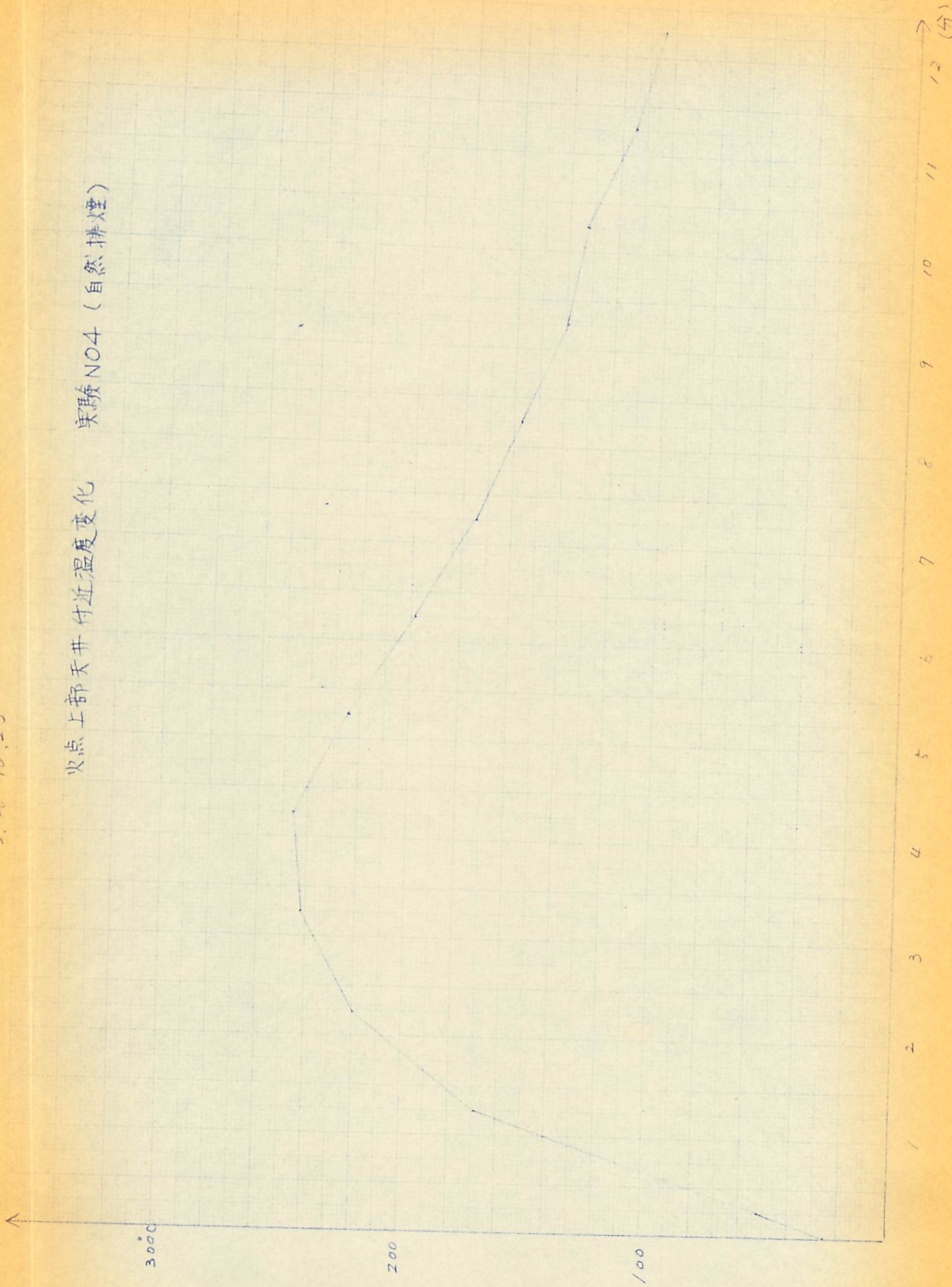
実験# 345 10.23

火点上部天井付近温度変化 実験NO3 (給気口なし 排煙せず)



5.48 10.23

火点上部天井付近温度变化 実験 NO4 (自然排煙)



5.46.10.23

長=2.52 天井

長=2.70

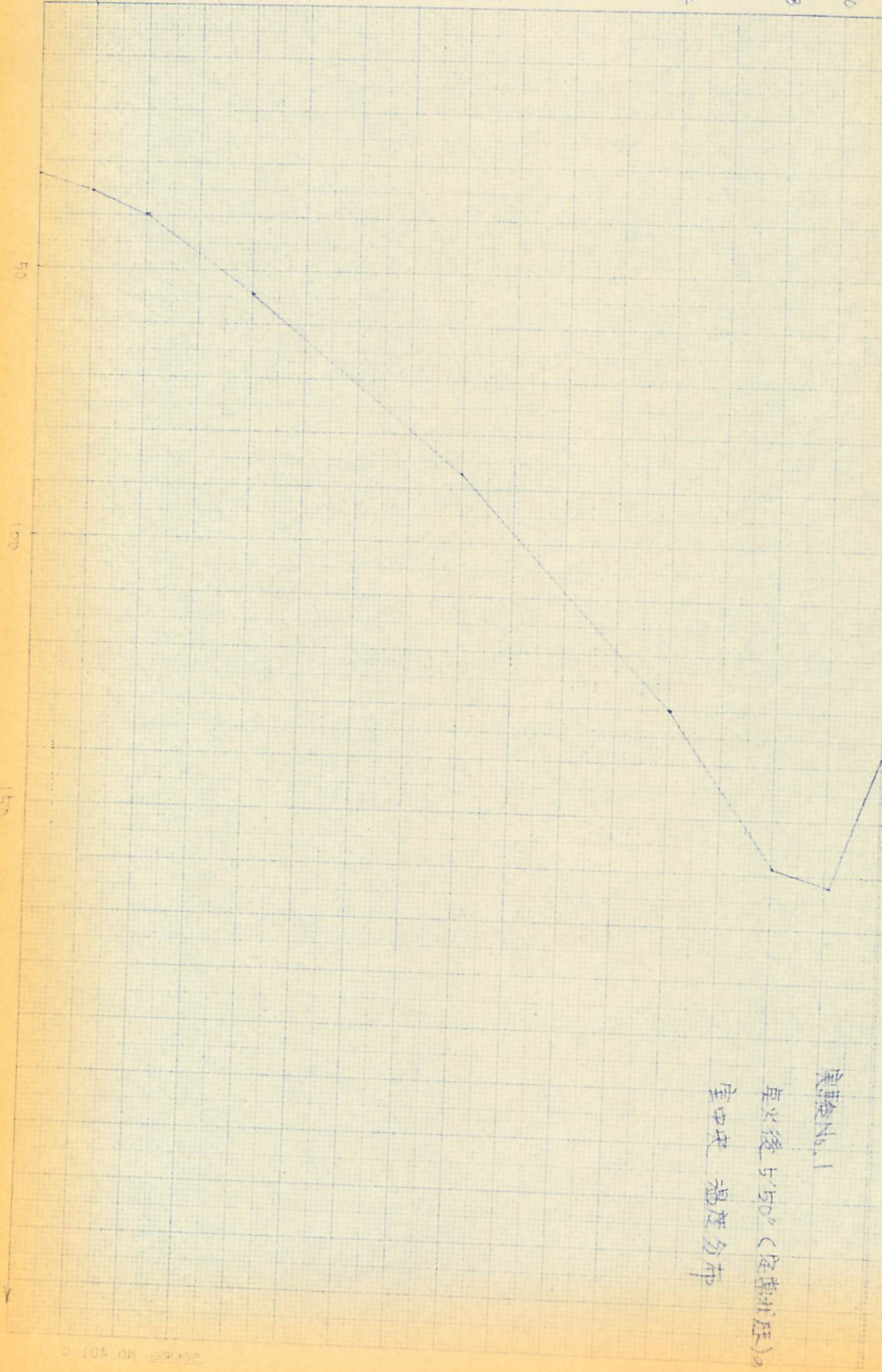
3.08

2.64

1.76

0.88

0.44
↑
0.22
(m)



実験 No. 1

卓火後 5'50" (定常状態)

室中央 温度分布

20.0°C

実験 No. 12

昇火後 700" (定常燃焼時) の
室中央 温度分布

天井面 $K=3.52$

3.30

3.00

2.64

1.76

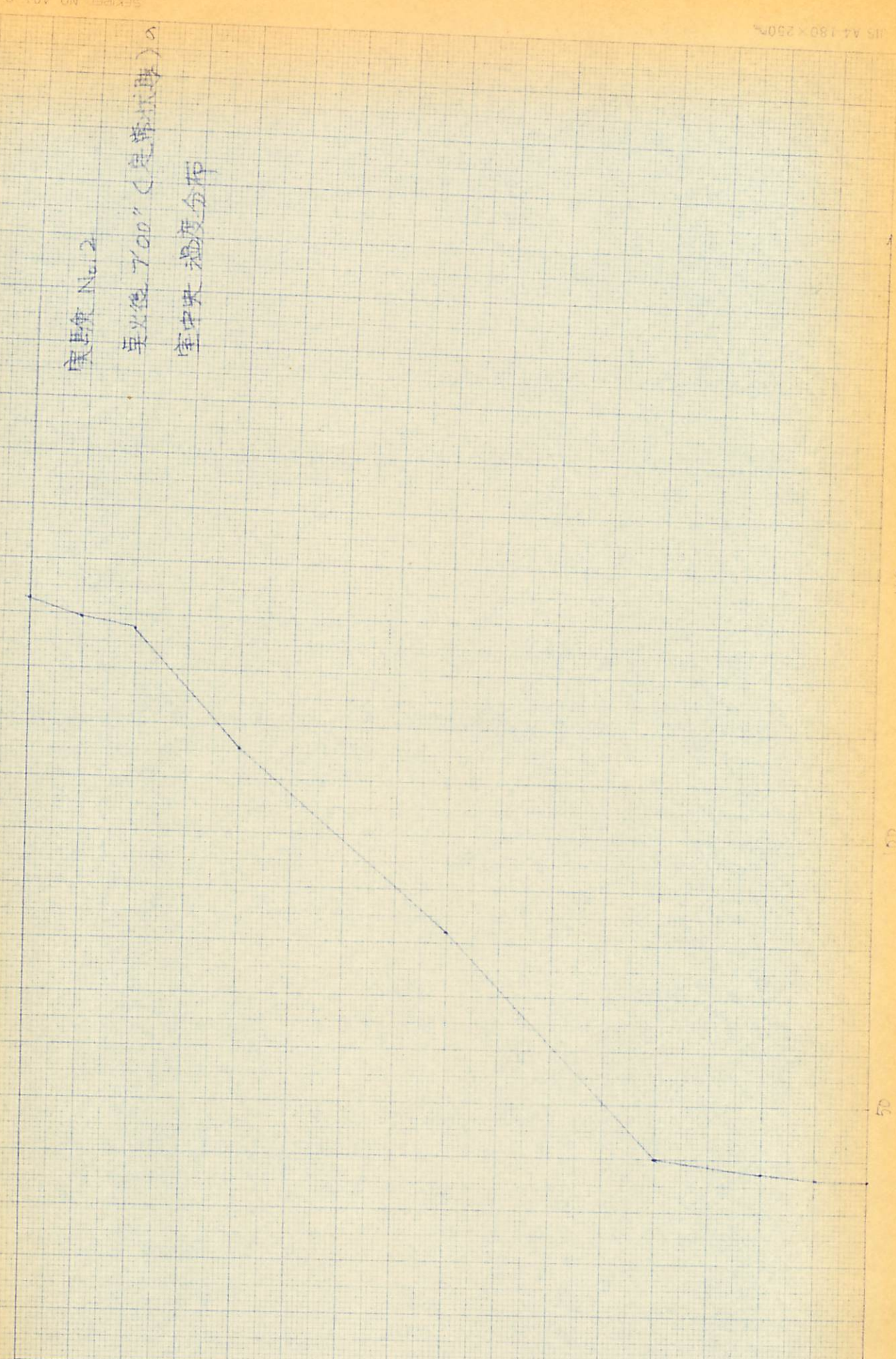
0.88

0.44

0.22

(m)
↑ 天井面

(41)



実験 No. 3

点火後 5'30" (定常状態)

室内温度分布

天井 (3.52)

3.30

3.08

2.64

1.76

0.88

0.44

0.22

床面 0

(42)

20.0 °C

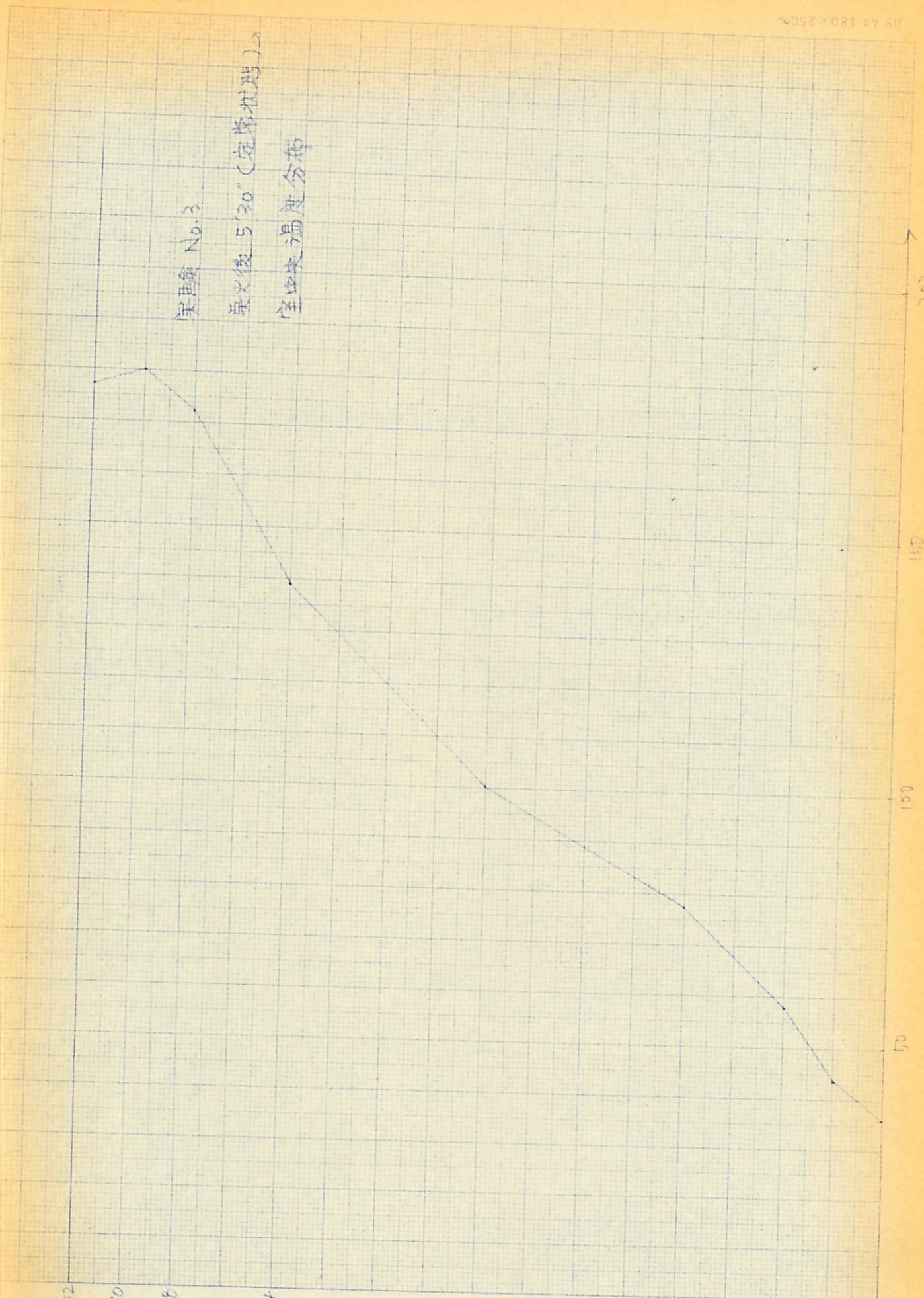
15.0

10.0

5.0

0

3.46, 0.23



実験 No. 4
 炭火後 4/30 (定常状態) の
 室中央温度分布

天井 $h=3.52$

3.30

3.05

2.64

1.76

0.88

0.44

0.22

0

↑ h

(m)

↑ (m)

(43)

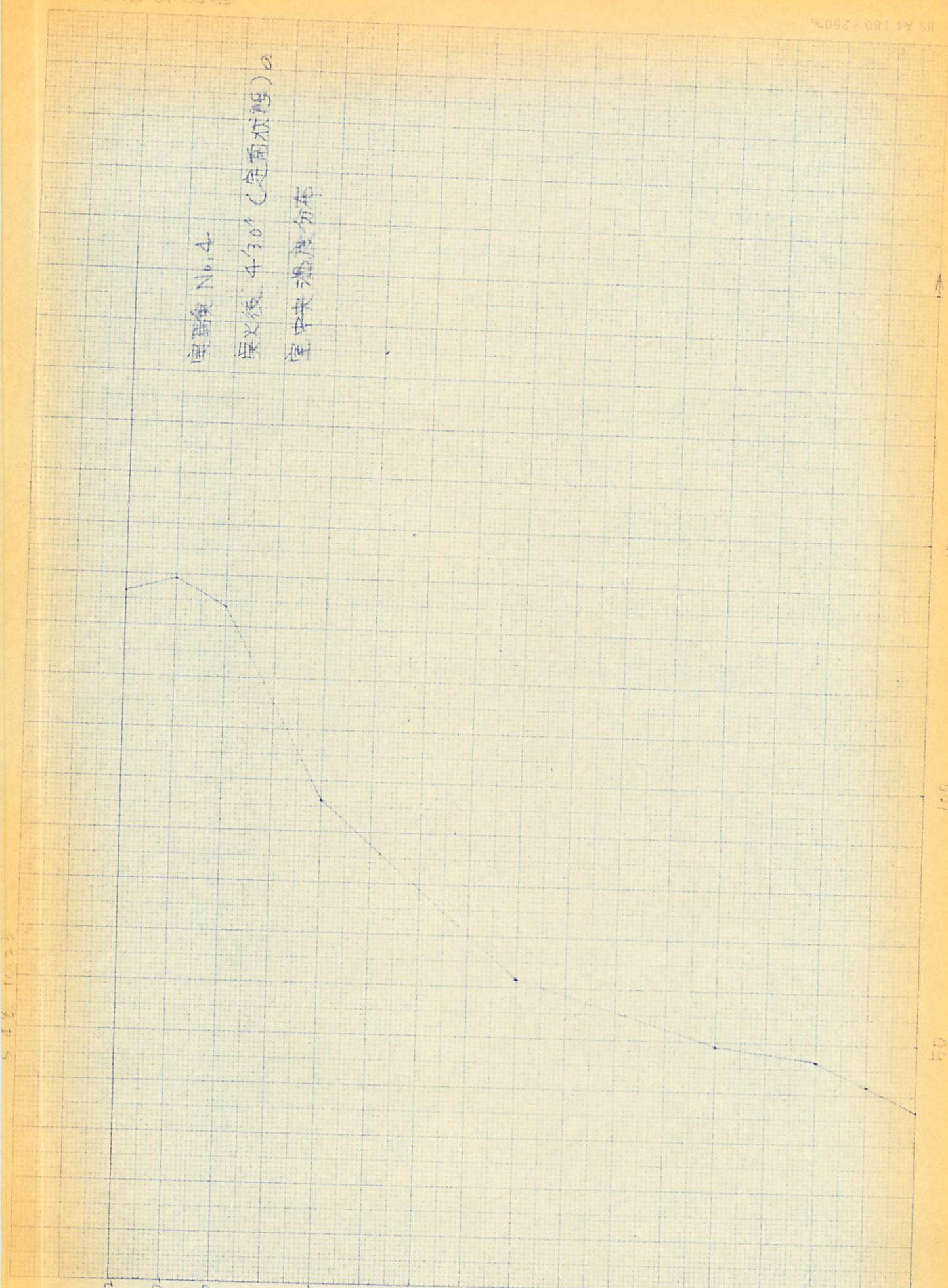
↑ 100°C

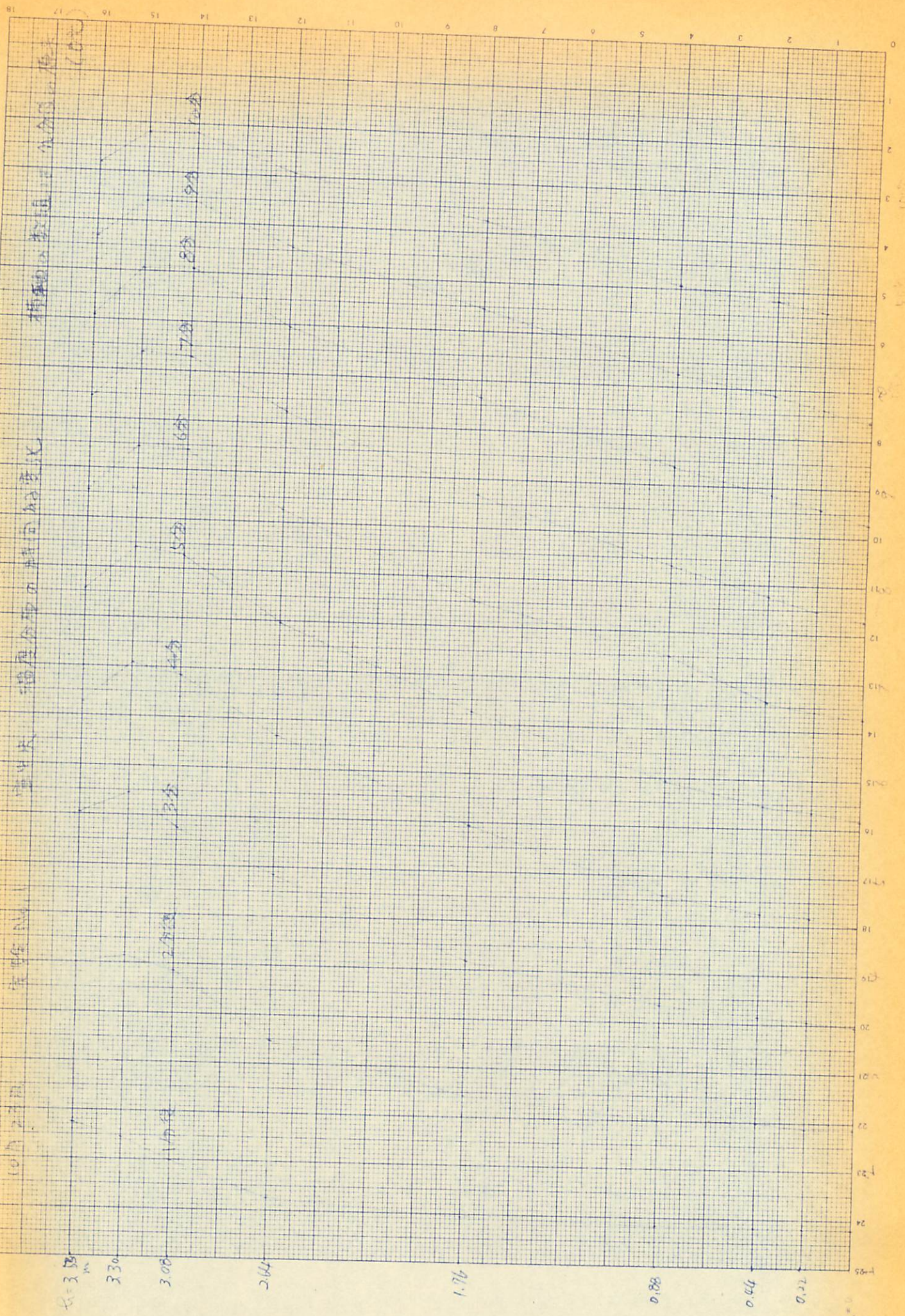
150

100

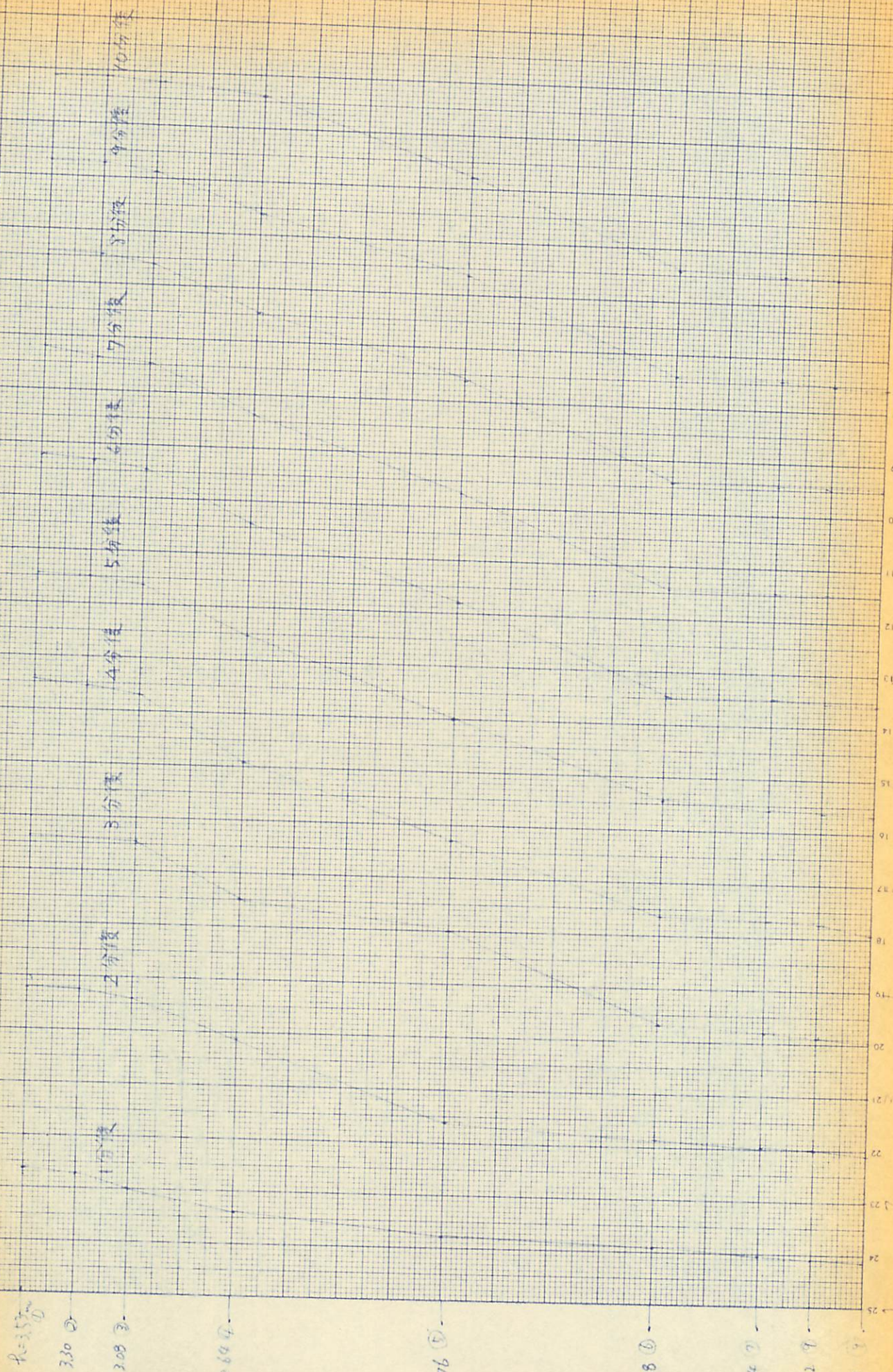
50

5.48 10.23

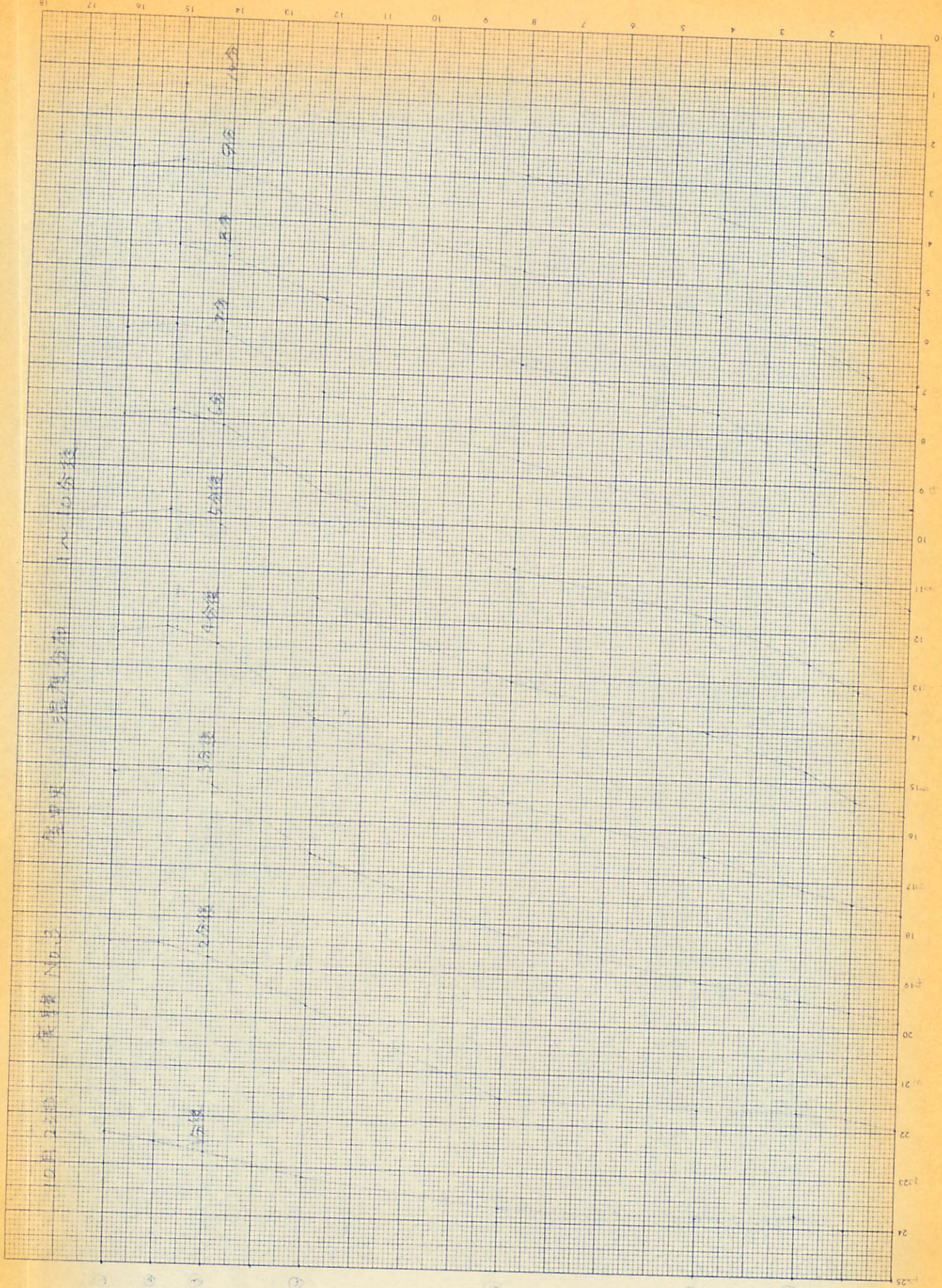




實驗 NO. 2 在中央溫度分布時間的推測



3.57
 3.30
 3.08
 2.84
 1.76
 0.88
 0.44
 0.22
 0



10月25日 実測 No.2 宝中実 温度分布 1~10分後

$t_0 = 3.53M$
 3.30
 3.08
 2.64
 (4) 1.76
 0.33
 0.64
 0.22

空氣溫度分布時間的過程

10日23日 星期四

1分後
 2分後
 3分後
 4分後
 5分後
 6分後
 7分後
 8分後
 9分後
 10分後

4.25

3.30

3.08

2.64

(47)

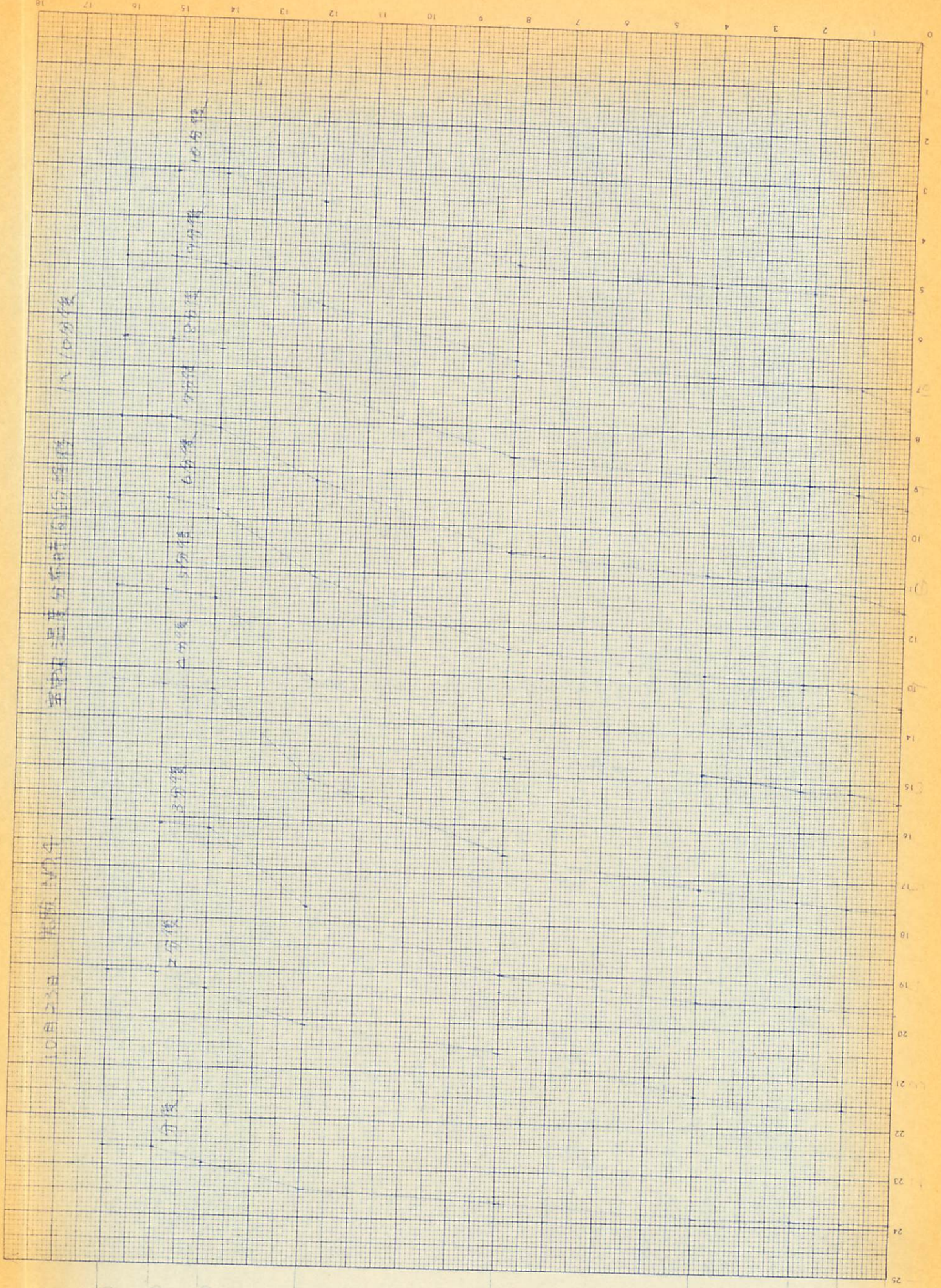
1.76

0.88

0.54

0.22

0

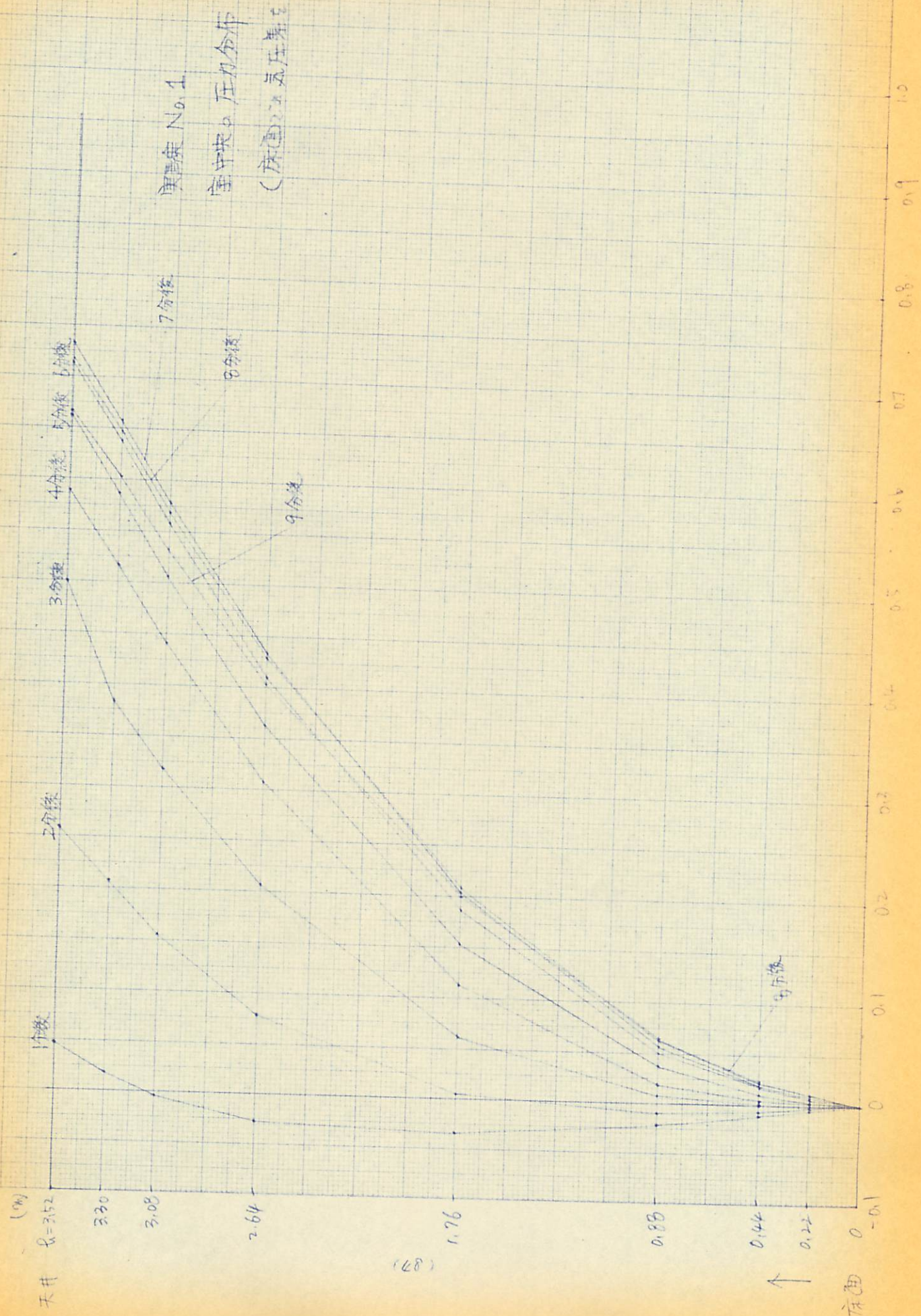


王子大卸屋夫高敏

2.48.10.23

56x29 NO 401 1

JS A4 180 x 250

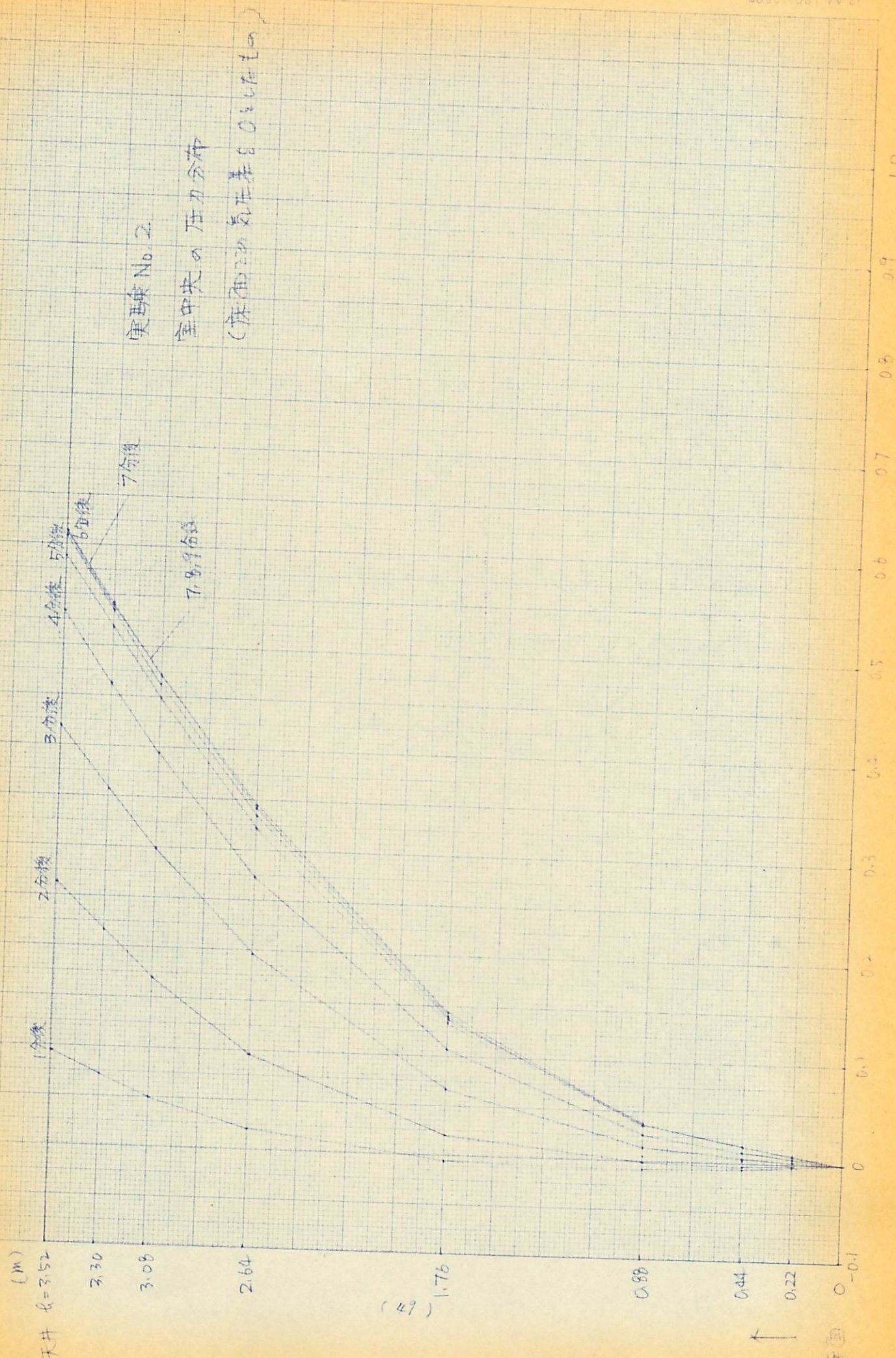


(87)

5.48.10.23 王子 大倉屋 実験

SEKURI NO. 401 C

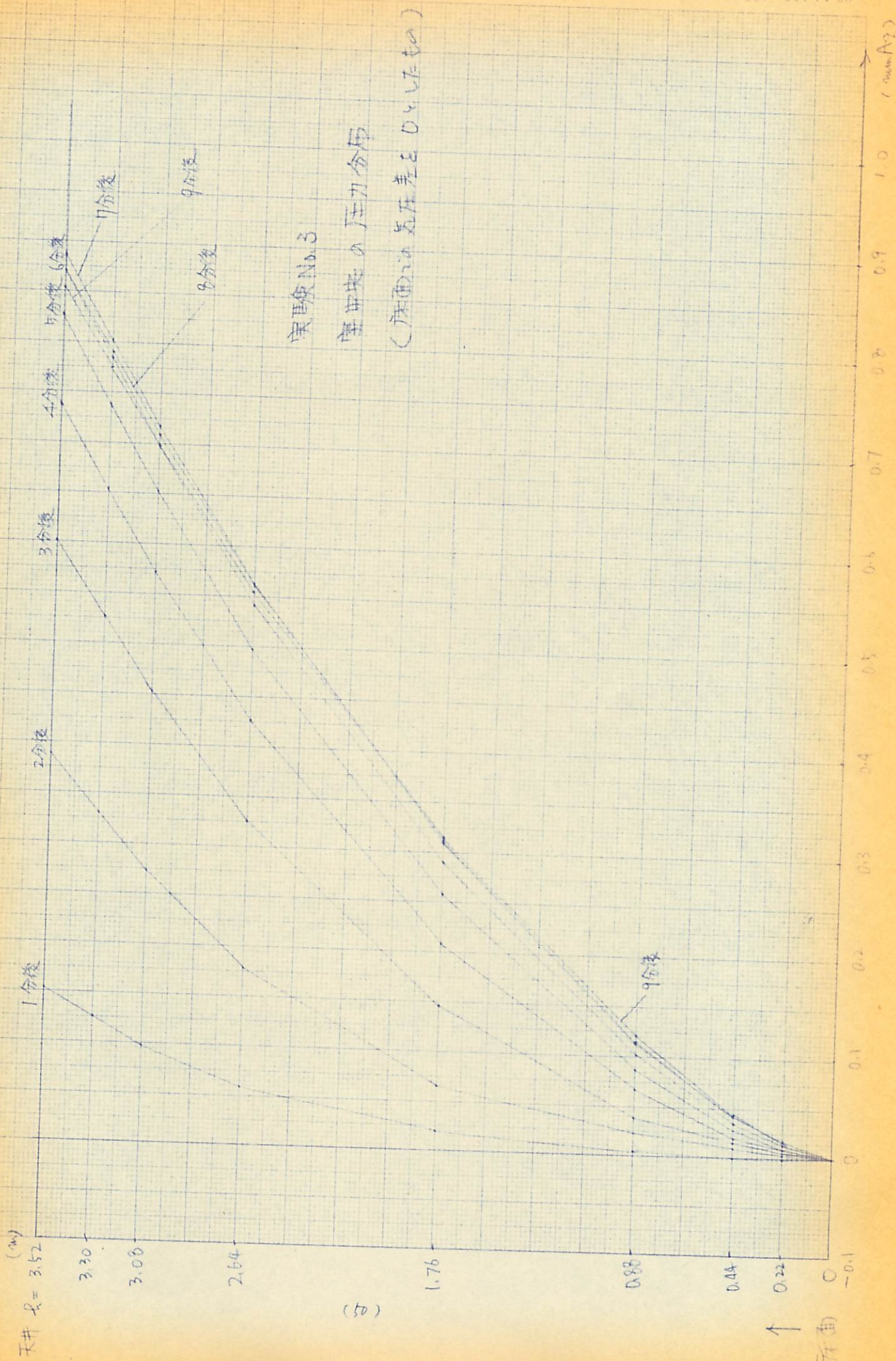
13 A4 180 x 250%



(49)

↑ 7.8.9

3 48.10.23 工才 (20) 生大 392



実験 No. 3

宝田の圧力分布

(床面は気圧差 0.4 U.F. (cm))

天井 $h = 3.52$

3.30

3.06

2.64

(5)

1.76

0.88

0.44

0.22

0

-0.1

(mmHg)

0.9

0.8

0.7

0.6

0.5

0.4

0.3

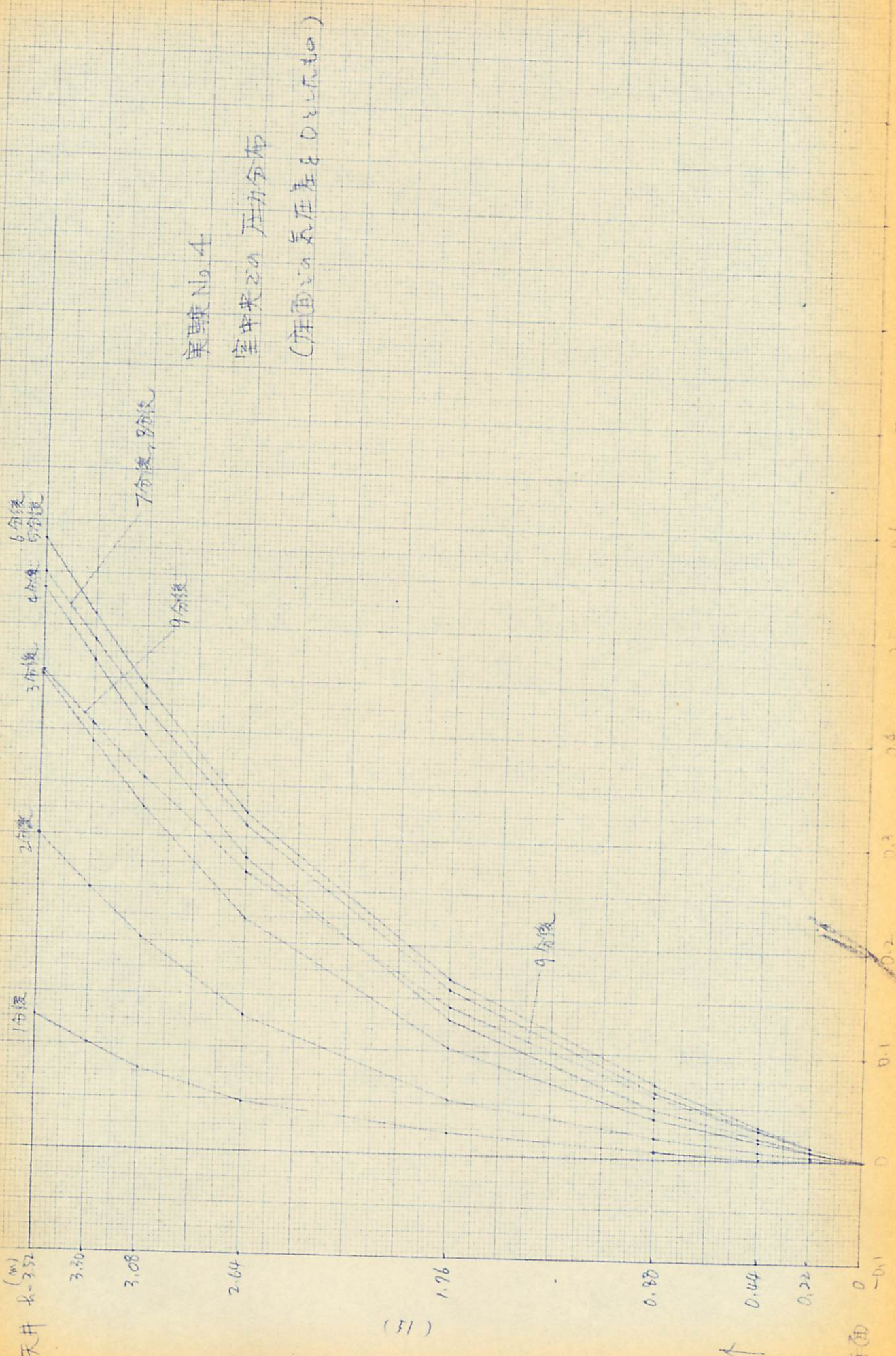
0.2

0.1

0

1.0

3. 10. 10. 23 土 方 大 0.0 / 主 矢 馬 車



実験 No. 4
 室中央の圧力分布
 (断面の長さは 0.2m 以下)

(31)

↑

断面

天井 長さ = 3.52 (m)

3.30

3.08

2.64

1.76

0.88

0.44

0.22

0

-0.11

6分後

5分後

3分後

2分後

1分後

7分後, 8分後

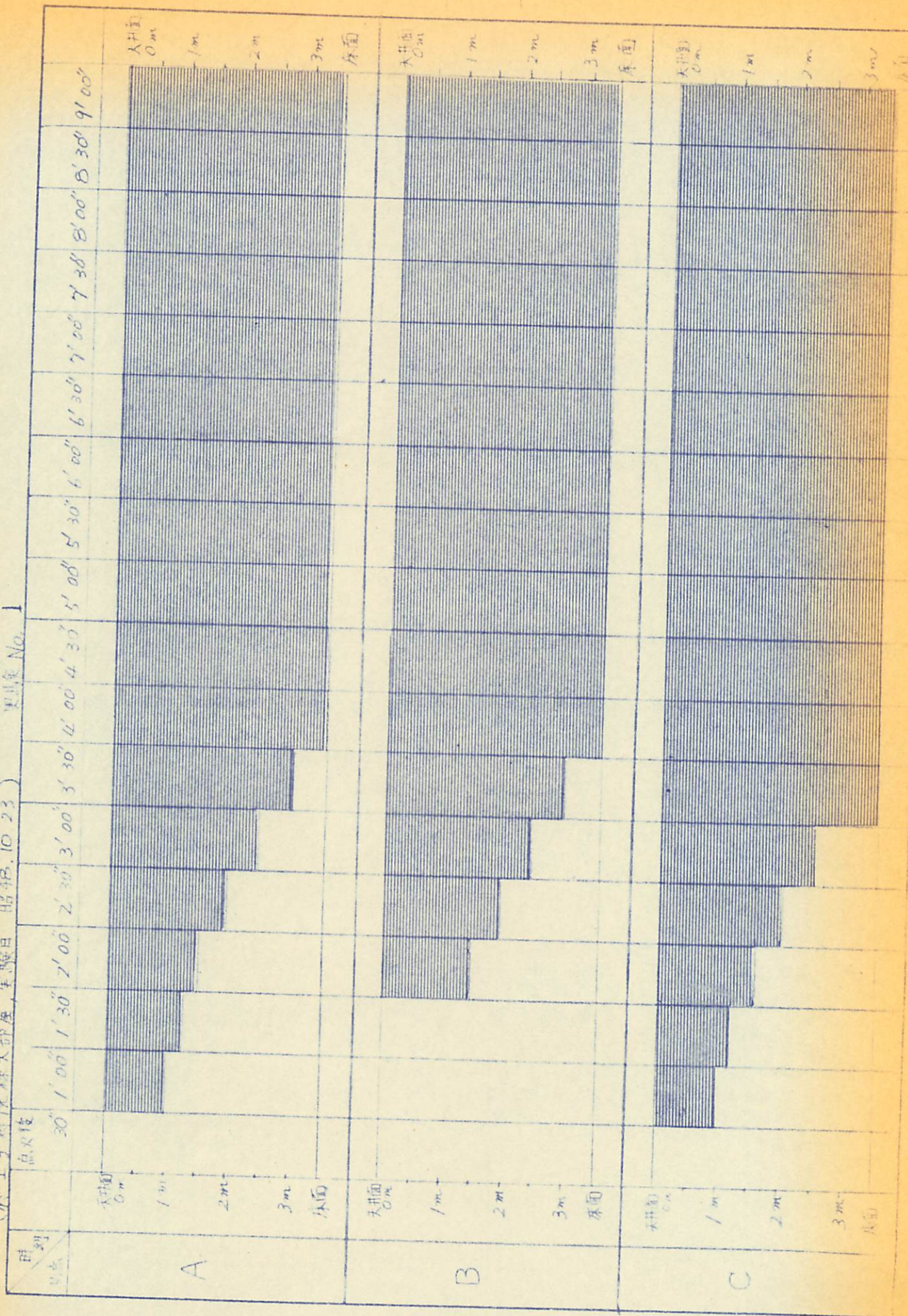
9分後

9分後

煙の降下速度(目視による)

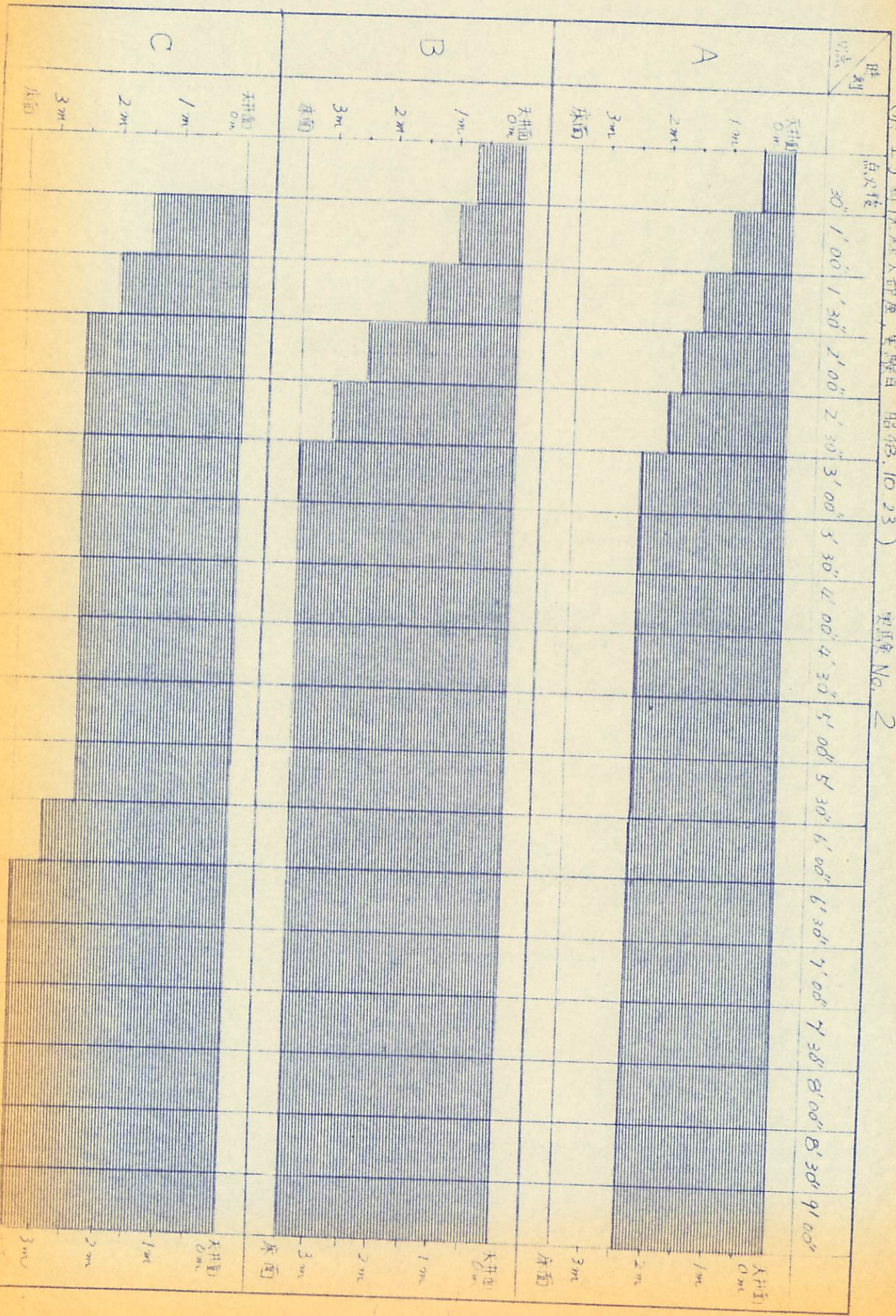
(於王子病院棟大部屋, 実験日 昭和10.10.23)

果山 No. 1



煙の降下速度 (目視による)

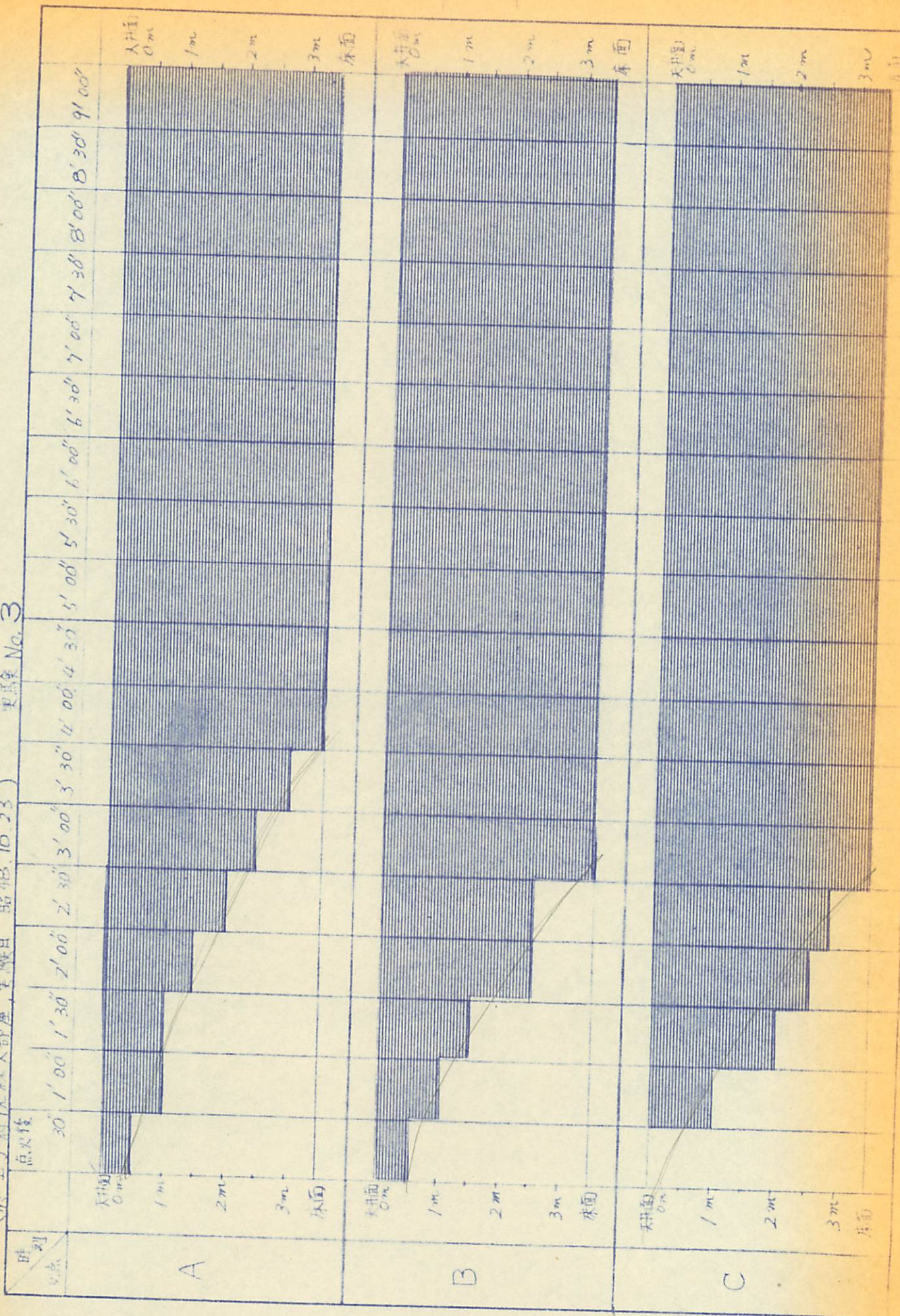
(於 王子病院 煙大部屋 実験日 昭和 10 23) 実験 No. 2



煙の降下速度 (目視による)

(於 王子病院棟大部屋 実験日 昭和 10.23)

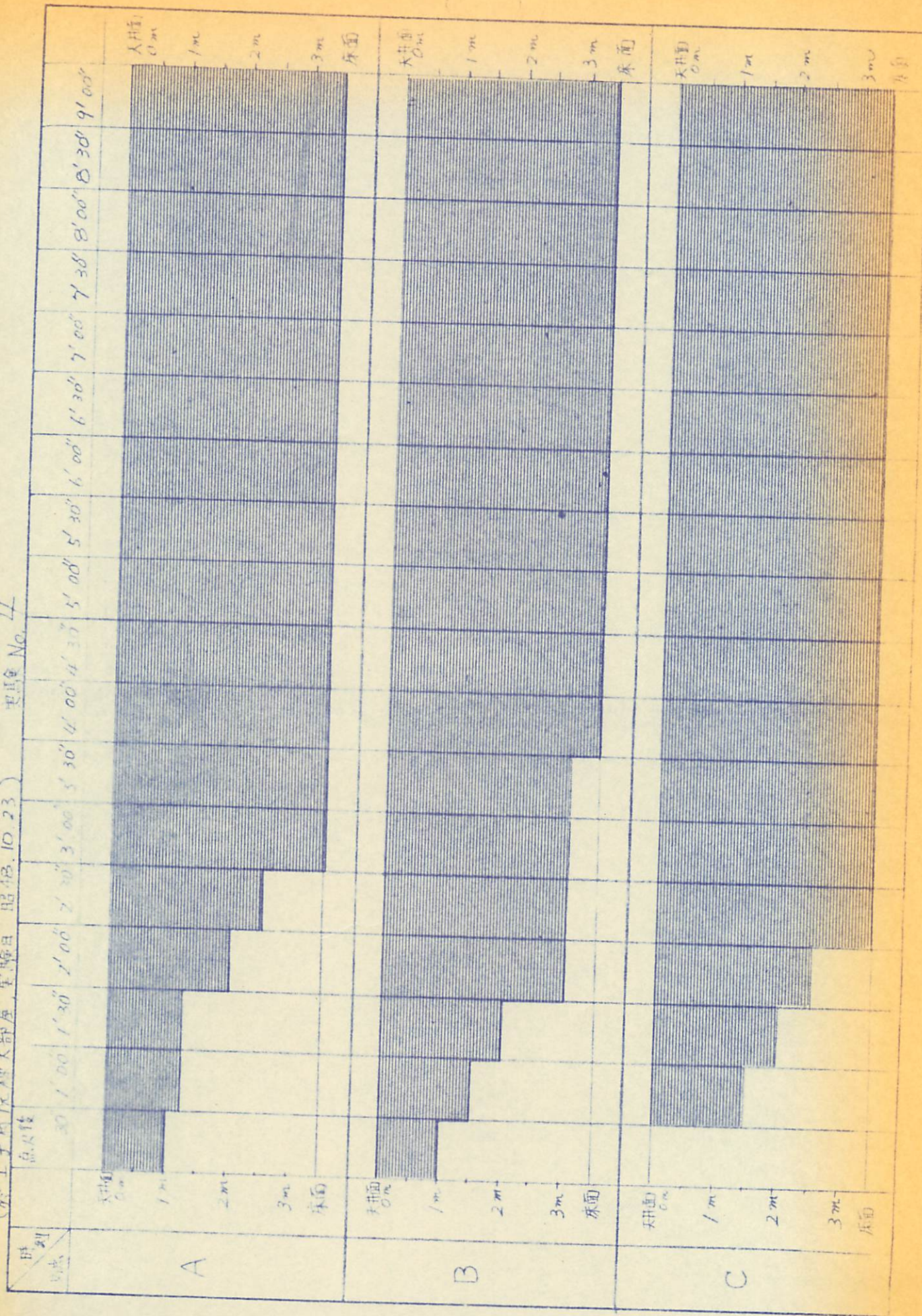
実験 No. 3



煙の降下速度 (目視による)

(於王子病院種大部屋 実験日 昭和10.23)

実験 No. 44



第 2 章

ビル火災に於けるダクト系の煙伝播に関する実験

昭和48年11月2.6.8日 実施

目的

最近のビル火災は建物の高層化、新建材の採用などにより延焼の危険性よりむしろ火災時に発生する煙による窒息死の危険を主要な問題として提起しているが、これらの煙の流通経路の1つに空調、換気などの空気分配を目的とするダクト系がある。

これらのダクト系は防火区画や防煙区画を貫通して建物の全域に網の目のように張りめぐらされており、火災発生の場合には、火や煙を他室へ侵入させる流通経路になる恐れがあり、これに対して有効なる対策が叫ばれてきた。しかしながらこれらの防煙防火対策を実施する前提となるダクト系を通しての煙の伝播現象そのものの解明は、火災そのものが非定常現象であるところから未だに十分とは言えない現状にある。

これらの現象の解明には本来ならば、とろくの基礎実験が必要であるが今回王子の米軍病院跡での火災実験をおこない、大まかには次のような項目を主として実測・観察した。

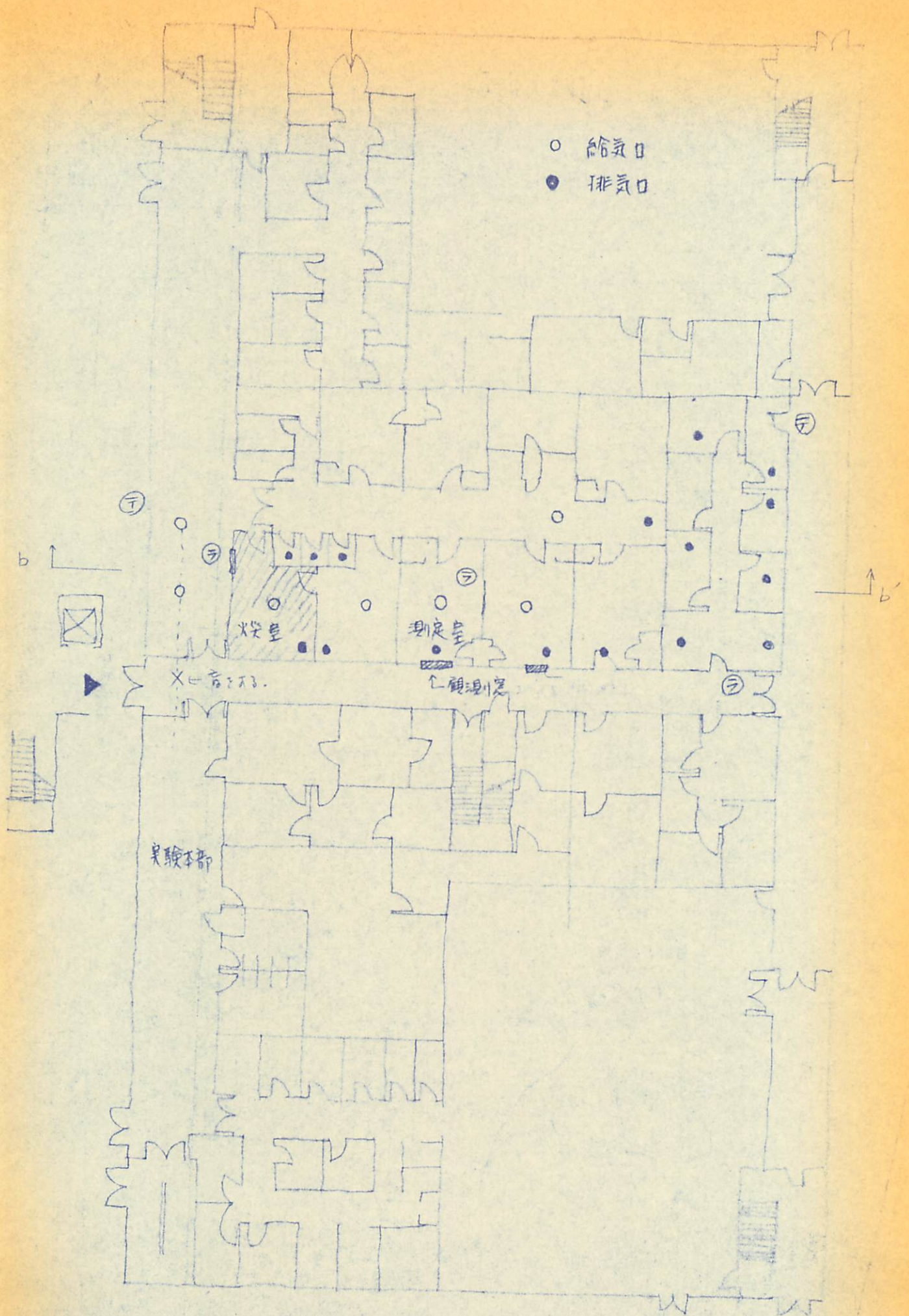
- 火災室開口部（ダクト開口）の高さによる煙の伝播量
- 同一階横方向他室への影響
- 上部他階への影響
- 実火災におけるダンパー性能

日時 昭和48年10月23日
11月2, 6, 8日

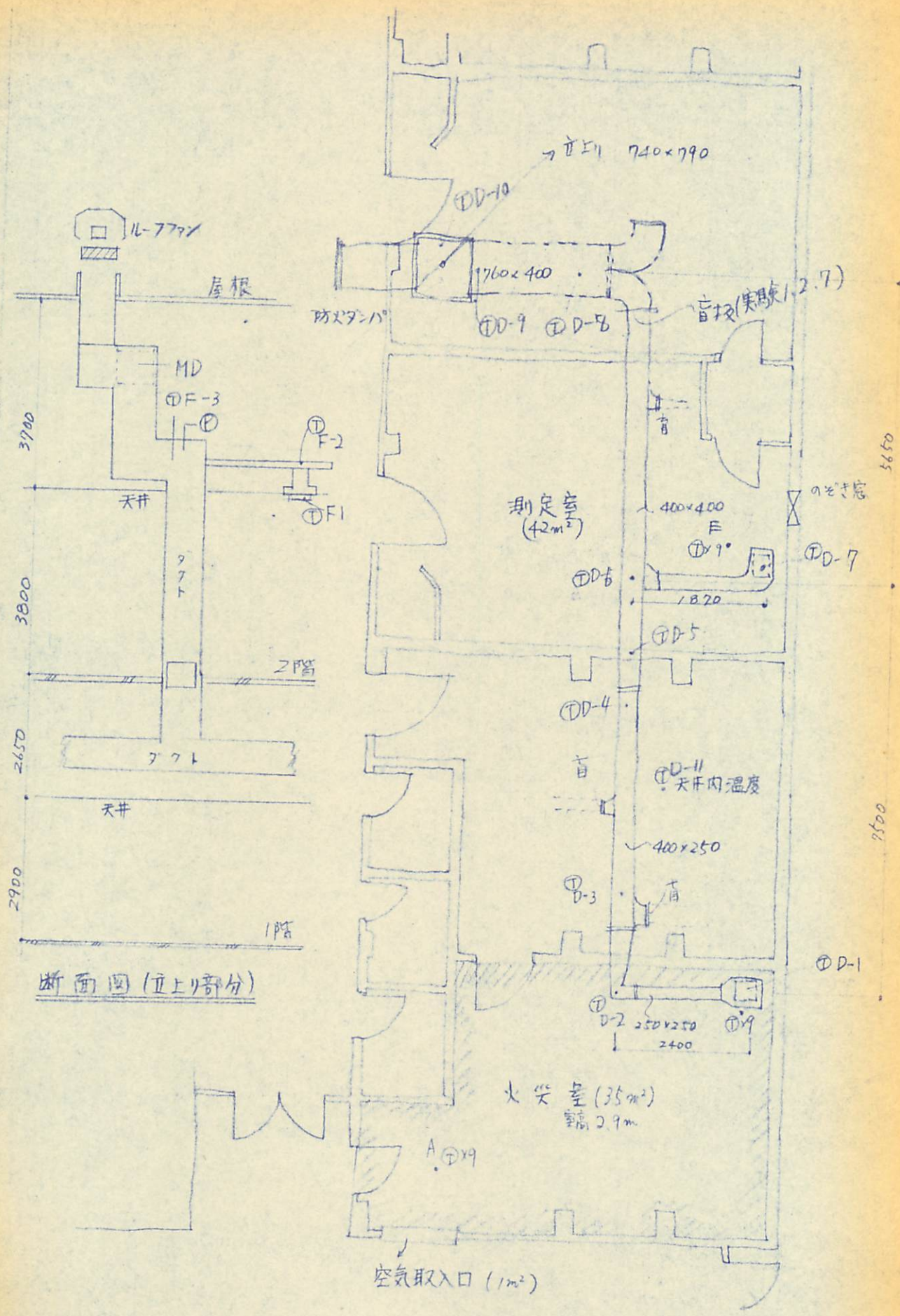
実験手順 (111コ-ルバーン による火災性状)
祭煙筒

実験番号	火災室の状態	ダクト系の状態	備考	実験日
予備実験	扉用 給気用 ダクト開口...天井	全館 開放	全室 目視観察	10月23日
実験 1	全 上	同一階 横方向の伝播	測定室 扉用... 外部の 目視観察	11月2日
" 2	全 上	全 上	測定室... 尺量実測法 ... 圧力測定	全 上
" 3	ダクト開口 床面に 接す。 (床下のダクトは想定) 扉閉	上階への煙の 伝播	全 上 (12-1のダクト系は想定)	11月6日
" 4	ダクト開口 天井 扉閉	全 上	全 上	全 上
" 5	全 上	全 上 頂部開放	全 上 頂部開放の 場合下向きに 8分岐部の影響	11月8日
" 6	空用 扉-両面 自然排煙	排煙車による強制排煙 (排煙状況の目視観察)	(別処理)	10月23日
" 7	扉用	実験1, 2に 同じ 実験4に同じ	実験2に同じ 火災室の扉開放時に 煙伝播量の差 実験4に同じ	11月2日
" 8	実験4に同じ	既設ダクト の遮煙性 を見る		11月6日
" 9	寒火災			11月8日

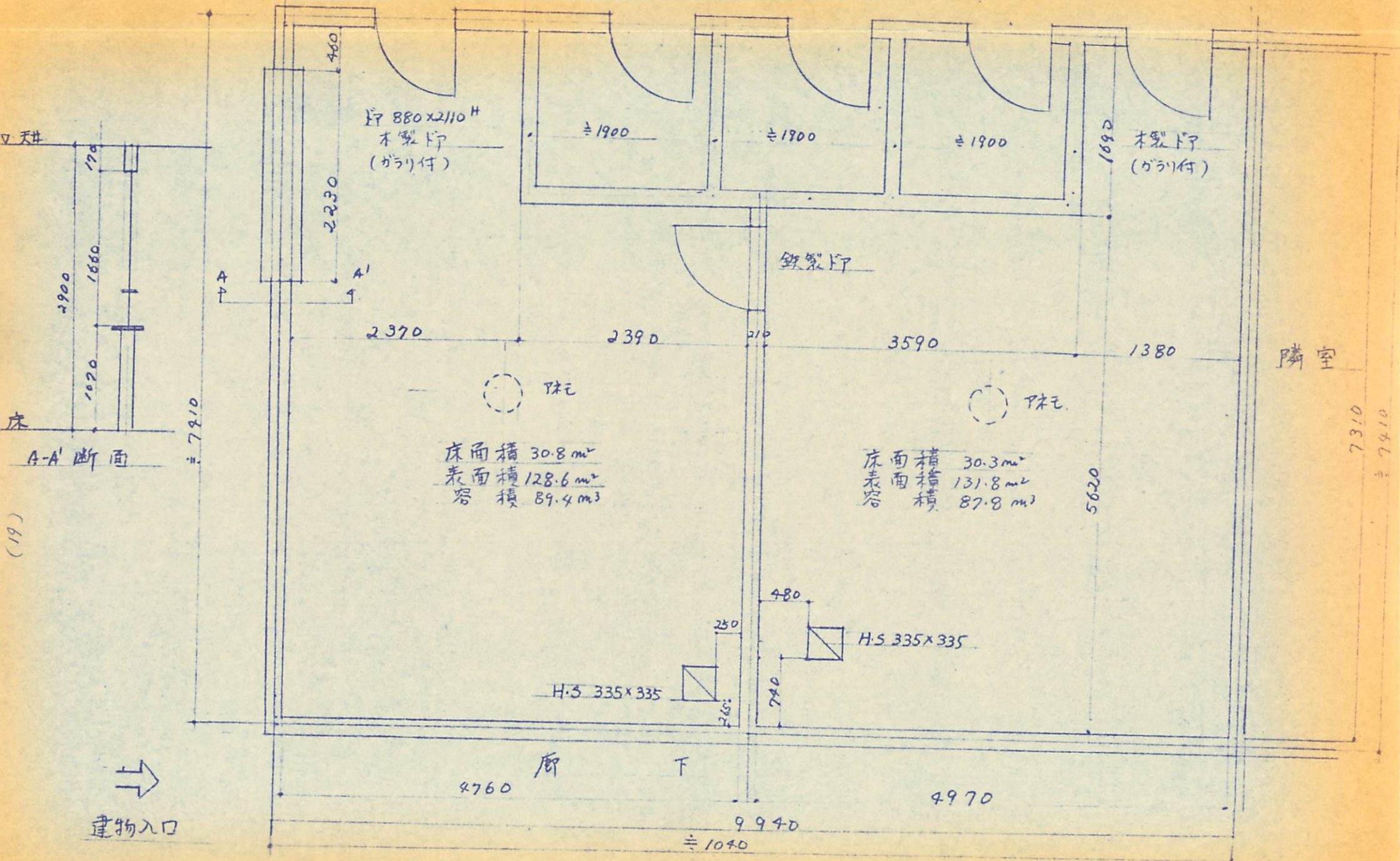
注 実験6は「王子大部屋実験」として別処理



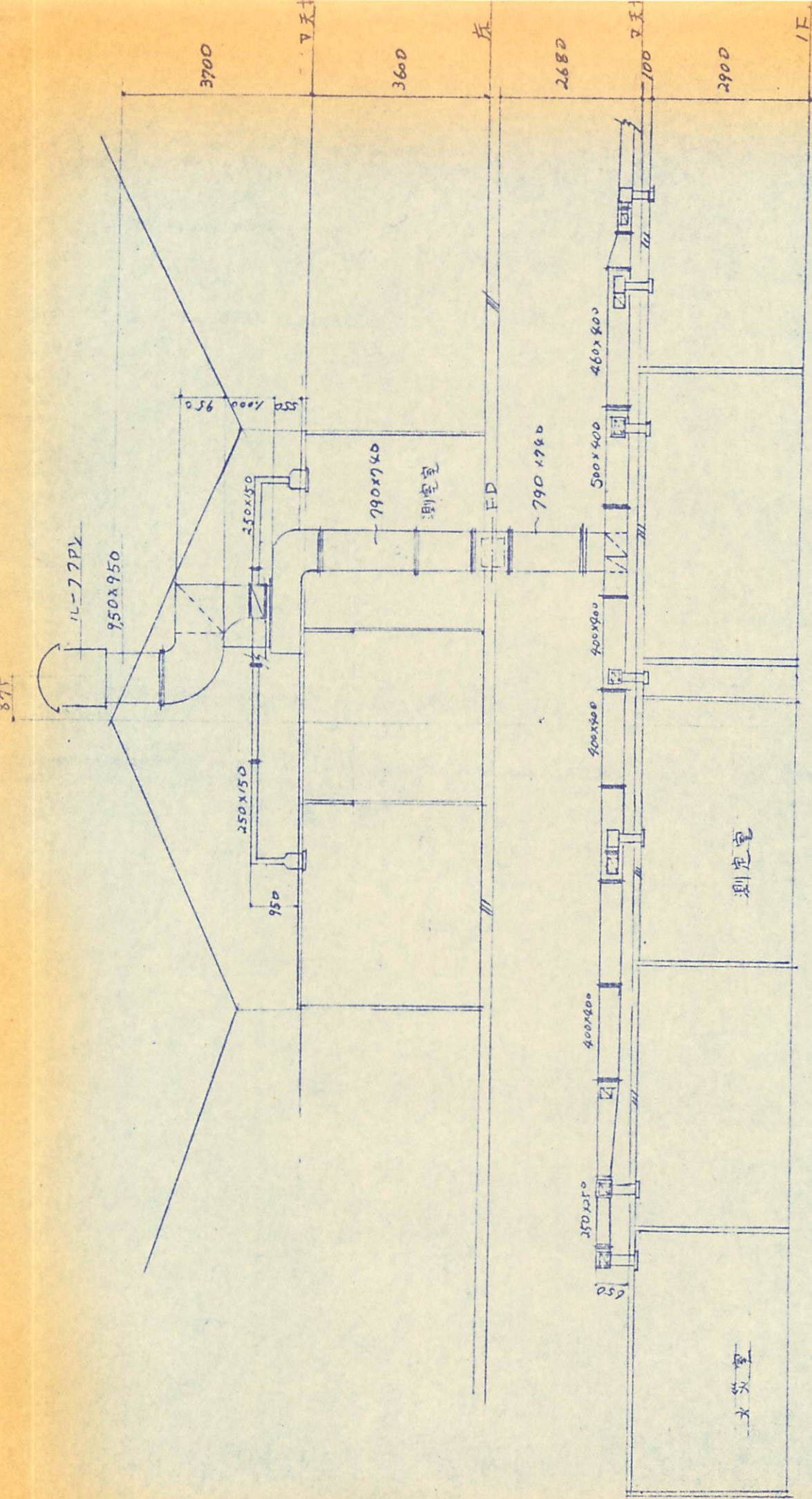
1 階平面図



1階平面図

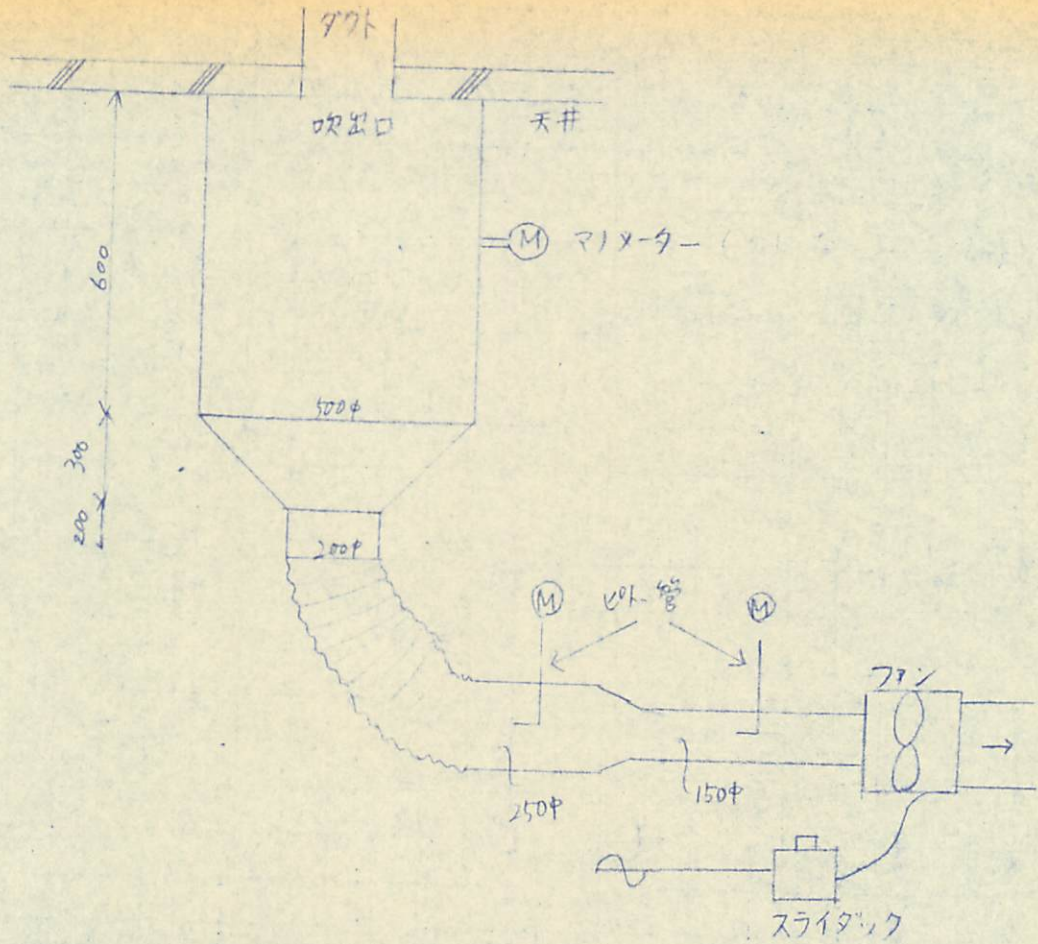


火災室平面図 $S = 1/50$



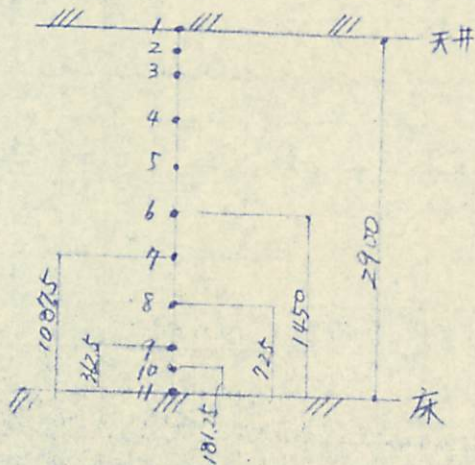
b-b 断面图 S=1/100

風量測定法とその器具
(誘引法)

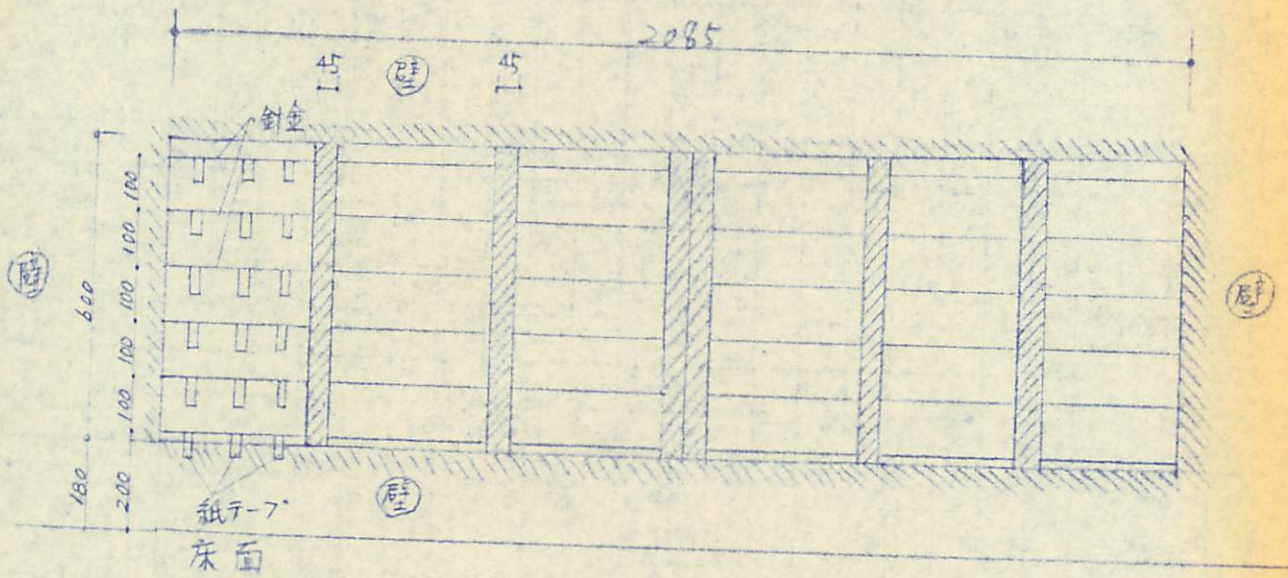


空気箱を天井に密着させ箱内外の圧力差が0になるように、マキータを用いて、ファンの流量を調節し、そのときの流量をピット管をもちいて $Q = A \sqrt{\frac{2g}{\gamma} \Delta P}$ (A: 管断面積, γ : 空気比重) の式に代入して求める。

熱伝対のとりつけ位置 (A, B, E点) (縦方向)



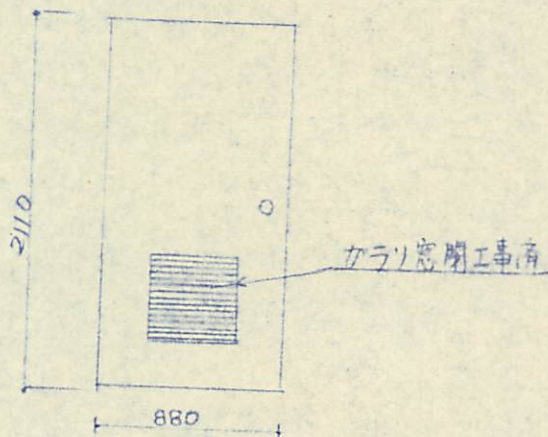
火災室空気取入口詳細立面図



開口面積 $0.600 \times (2.085 - 0.045 \times 6) = 1.08 (m^2)$

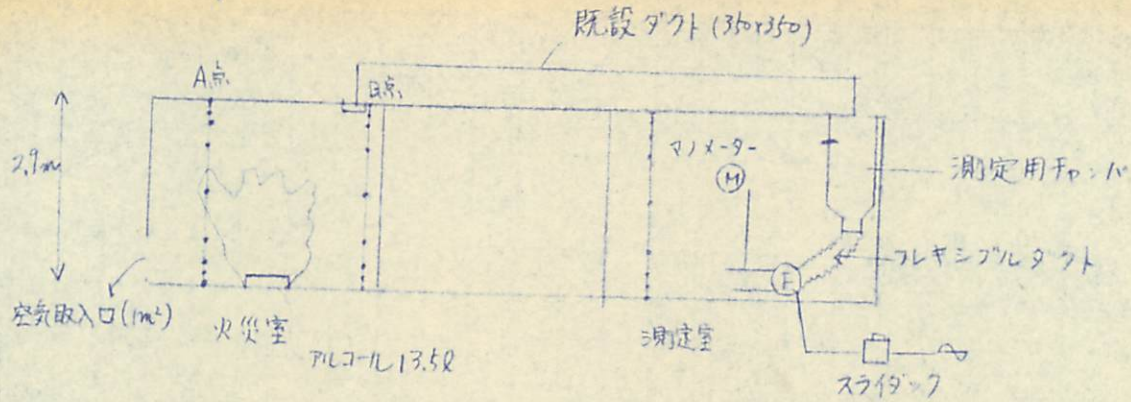
紙7-7°のふれ具合で中性帯の位置を5くった。

火災室扉 (実験7)



実験概要説明

実験127



実験1 — 火災室は扉を開けて開口は空気取入口 ($1m^2$) のみとする。

熱源はアルコール皿

$1m^2$ (13.5ℓ) で発煙筒を近くに置き、煙を上昇気流にのせる。
(9分間)

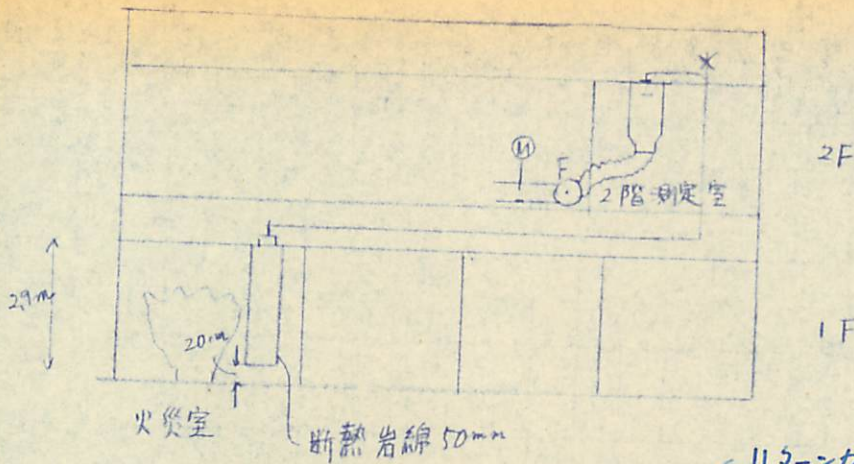
温度測定は火災室扉付近に(Aグループ11点)とダクト吸込口付近に(Bグループ11点)、ダクト内温度と天井内温度(Dグループ11点)そして測定室は中央(Eグループ11点)を熱電対で測定する。

空気取入口ではうすい紙を10cmほどに横に張った針金に結びつけ、その紙のゆれる方向を目視で観察し、中性帯の位置を確認した。測定室では測定用チャンバーをはずした状態で天井吹出口からの煙の漏れを目視で観察した。

実験2 火災室の条件は実験1と同じ。又熱源も発煙筒も実験1と同じとする。一方測定室では侵入する煙の量が少量であることから誘引法(後述)により上図のような風量測定器を用いて煙量を測定した。

実験7 — 火災室の扉を開放することによる煙の伝播量の違いを見る。他の条件、測定項目はすべて実験1,2と同じ。

実験3.



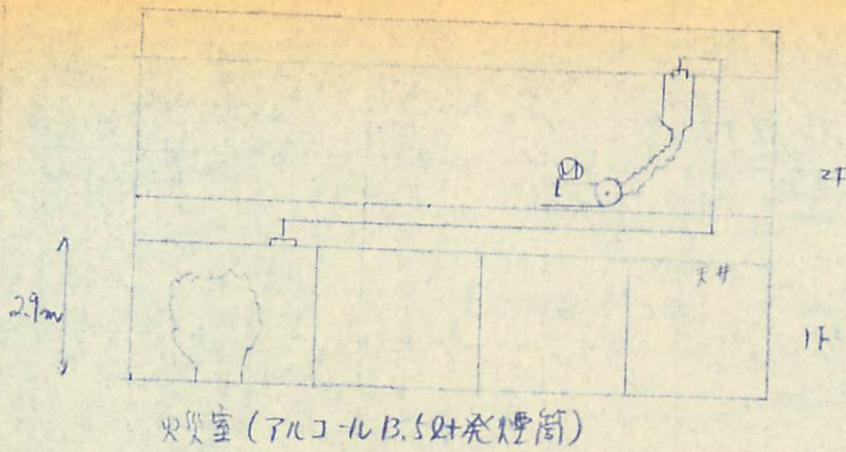
リターンダクト 排気用の部分への煙の侵入の程度。

上図のように火災室のダクト開口も床近辺(床±20cm)に降ろし、これで床付近のケラリも想定する。

火災規模としてはアルコール B.5L 燐煙筒を燃やし、9分間続行した。温度測定は火災室に A グループ B グループ 11 点ずつとリターンダクトと天井内温度の D グループ 11 点と純ダクト内温度 F グループ 5 点をとってそれぞれ熱伝対により測定した。

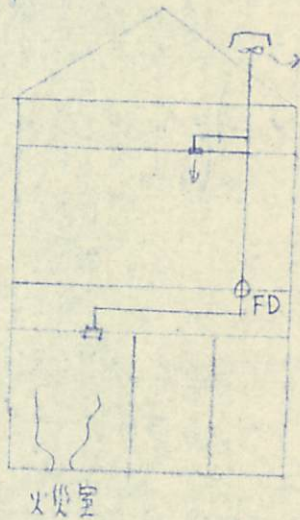
2F への漏れ量の風量測定は実験 1 と同様の装置で行った。なお実験 1.2.7 で使用した 1 階測定室へのダクトは直にした。

実験4



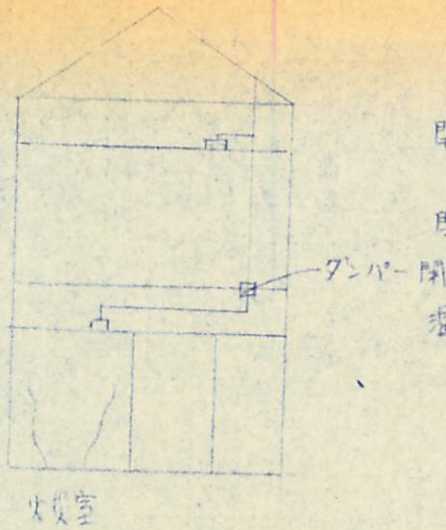
上図のように天井ダクト開口で上階への煙の影響を見た。
 温度測定は実験3と同じで2Fの風量測定も実験3と同様とした。
 又断面図(註4)にもあるように立上りダクト頂部で静圧を測いた。

実験5



左図のようにダクト頂部を開放した場合のドラフト作用による分岐部の影響を見た。
 火災室は実験4と同じである。
 又温度測定、圧力測定は実験4と同じ。

実験 8



左図のように火災室のダクト天井開口部から煙を伝播させ防火ダンパー閉鎖時の2階へのもれ量を見た。温度と圧力測定は実験4に同じ。

実験9 別棟で実火災をおこし 防火ダンパー^{2%}性能を調べた。実際にはダンパーが落ちれば測定室にもうけた豆ランプが消える装置を設けた。

王子ダクト内煙伝播に関する実験データ - (777)

11月2日

実験1

各グループによる時間的溫度変化 ——— A, B, E, D
(P95~P98)

各グループによる高さの違いによる溫度変化 — A, B, E
(P99~P101)

上記の溫度を基にした高さの違いによる圧力変化 — A, B, E
(P102~P104)

実験2, 7

各グループによる時間的溫度変化 ——— A, B, D

実2 (P105~P107) 実7 (P113~P115)

各グループによる高さの違いによる溫度変化 — A, B

実2 (P108, P109) 実7 (P116~P117)

上記の溫度を基にした高さの違いによる圧力変化 — A, B

実2 (P110, P111) 実7 (P118~P119)

煙もれ量

実2 (P112) 実7 (P120)

11月6日

実験3, 4, 8, 5

各グループによる時間的溫度変化 A, B, D, F

実3 (P121~P124) 実4 (P130~P133) 実8 (P140~P143) 実5 (P147~P152)

各グループによる高さの違いによる溫度変化 A, B

実3 (P125, P126) 実4 (P134, P135) 実8 (P144, P145) 実5 (P153, P154)

上記の溫度を基にした高さの違いによる圧力変化 A, B

実3 (P127, P128) 実4 (P136, P137) 実8 (P146, P147) 実5 (P155, P156)

煙もれ量

実3 (P129) 実4 (P138) 実8 (P148) 実5 (P157)

立上りダクト静圧

実4 (P139)

実5 (P158)

11月8日

実験9 実火におけるダクト性能と溫度 (P159)

なお 溫度を基にした高さの違いによる圧力の算出法は

後述「垂直方向に溫度変化のある場合の浮力(室内外の圧力差)」

(P75~P78) を参照されたい。

(考察と説明)

11月2日(1回目)

実験1

(温度) データとしては温度しか出ていない。A,Bグループ(火災室)の時間的溫度変化のグラフ(グラフ論)を見れば5分後の溫度が1.5秒に落ちこんでいるが、これは空氣の急な熱膨張の為、空氣取入口の中性帯が押し下げられ、その為給氣が減り、燃焼が妨げられ、溫度が一時下がったのではないかと考えられる。後の実験にも同じ現象がいくつか見られるが、同じ理由と考える良いたろう。Eグループ(測定室)の溫度はほとんど上昇しなかったため、温度的には横引ダクトから他室への影響は少ないと考えられた。

11月2日(2,3回目)

実験2,7

実験1とは火災状況はすべて同じで、実験2は実際に測定室に侵入する煙の量を風量測定装置を使用して計測した。実験7は火災室の扉を開放して給氣に変化を与え、実験2と同様に測定室に漏れる煙量を測った。

(温度) A,Bグループでは当然のことながら(給氣が少くなるとそれだけ冷やされる。) $50^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 実験2の方が高くなっている。Dグループを見ると火災室の吸込口から測定室の次出口まで約11.7m 煙が流れて 実験2では $210^{\circ}\text{C} \rightarrow 80^{\circ}\text{C}$ 、実験7では $150^{\circ}\text{C} \rightarrow 58^{\circ}\text{C}$

まで温度が下降している。断熱材不備のダクトとはいかなりの落ちこみようである。

(煙のもれ量)

これは実験2のときが約 80°C で約 $4.5\text{m}^3/\text{分}$ 、実験7のとき約 58°C で $3.5\text{m}^3/\text{分}$ 。重量に換算すると実験2で約 $4.8\text{kg}/\text{分}$ 、実験7で約 $4.0\text{kg}/\text{分}$ 。測定誤差を考慮しても実験2の方が大きいのはやはり温度で生ずる浮力の差であろう。(0.3~0.4mmHg程度の差)

11月6日(初回目, 初2回目)

実験3.4

この実験はどちらも煙がダクト内を伝わって上階へ侵入する場合。火災室の煙吸込口の高さによる違いを見た。吸込口の高さを実験3では床上 20cm 、実験4では天井ダクト開口である。

(温度) 温度についてはA、Bグループの温度が両実験ともほとんど違わないのは当然である。Dグループの温度については D_7 、 D_{11} を除けば(D_7 は盲ダクトの先、 D_{11} は天井内温度)、実験3において温度上昇がわずかしか見られなかったのに対し、実験4では、煙の伝播が温度によって把握できるほど温度が段階的に下降している。

(煙のもれ量) 2階測定室への煙のもれ量を計測すると、もれ量は実験3で5分後で $2\text{m}^3/\text{分}$ (16°C)重量で $2.6\text{kg}/\text{分}$ 、実験4で

5分後で $6.5 \text{ m}^3/\text{分}$ (50°C) 重量で $25 \text{ kg}/\text{分}$ となり かなりの差が出てきた。これは床上 20 cm までおりてきた煙はもはや高い温度ではなくなって (50°C)、上階へ移ってゆくほどの浮力ももたないからと考えられる。

11月6日 (第3回目)

実験8

実験8は火災室状態は実験4と同じだが1階から2階へのスラブを貫通するダクト、既設防火ダンパー開時の遮煙性を調べてみた。

(温度) Fグループ (2Fダクト) は実験3と比べれば若干の温度上昇は確認できるが微々たるものである。
($5^\circ\text{C} \sim 7^\circ\text{C}$)

(煙の吐出量) 3分後で $1.0 \text{ m}^3/\text{分}$ (20°C) 重量で $1.29 \text{ kg}/\text{分}$ であった。

11月8日 (第3回目)

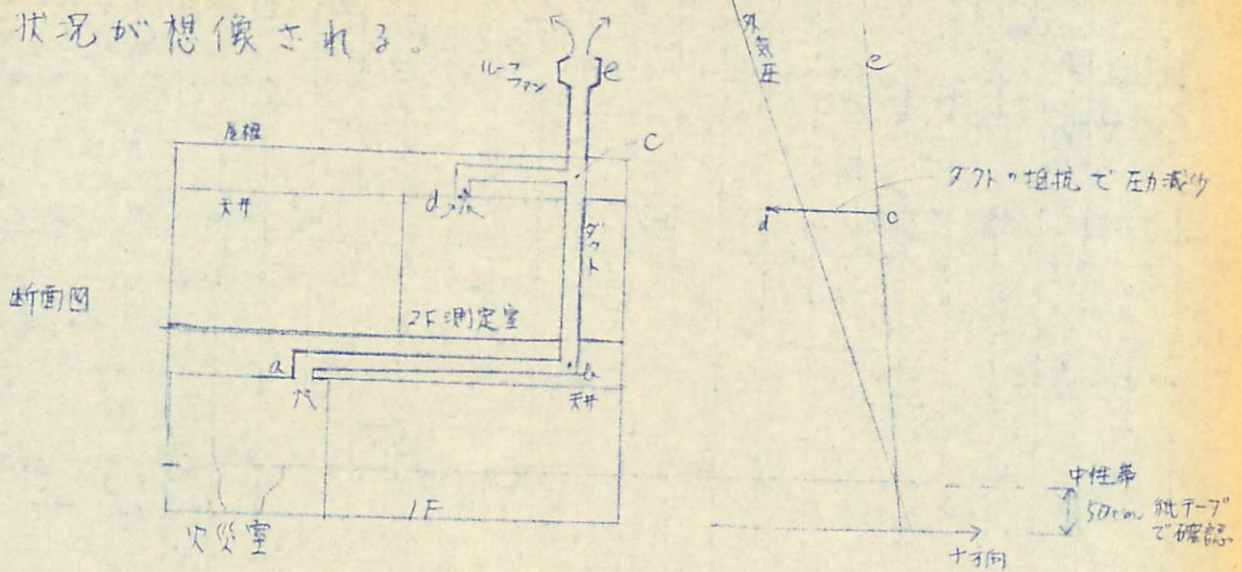
実験5

火災室の状態は実験4と同じである。ダクトの頂部を外気に開放した。

(温度) Fグループは温度上昇がなかったがこれは従述するように煙が2Fへあふれるどころか逆にダクト内へ空気を吸引している所からみてもうなつける。

(煙の吐出量) 2F測定室の空気箱をとり去りたはこの煙を天井開口に近づけるとたはこの煙は吸引にまわっていたことから次のような

状況が想像される。



即ち火災室で床上50cmに中性帯が確認されているにもかかわらず、d(2F天井ダクト外開口)でダクト内が外気より低い圧になっているのは、c点でダクト内圧が $>$ 外気圧だがcd間でのダクトの抵抗によりd点までくると外気圧より低くなってしまったと考えられるからである。それを確認するための圧力計算は、ルーフファン部の形状抵抗が不明なので残念ながらあきらめざるを得ない。

実験9 (実火災)

グラフ(P159)を見ればわかるように、A、Bダンパーとも $1/30^\circ$ で閉鎖している。Cも防火シャッター(多翼防火ダンパー)であるが計器の短絡の為閉鎖時刻は不明であった。

中性帯位置

	中性帯位置 (床上 ~ cm)
実験 1	—
実験 2	60cm ~ 55cm 5分0.5秒
実験 7	1.3m ~ 1.2m 1分0.5秒
実験 3	50 ~ 55 cm
実験 4	50 ~ 55 cm
実験 8	50 ~ 55 cm
実験 5	50 ~ 55 cm

垂直方向に温度変化のある場合の

浮力(室内外の圧力差)の求め方とその簡易計算法

S. 49. 1. 31

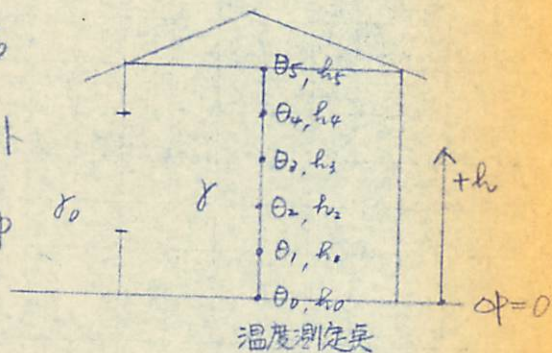
M. Tsujimoto

[垂直方向に温度変化のある場合の浮力の求め方 および簡易計算]

一般に火災室での浮力は室内温が一定、例えば 800°C とし、室内外の圧力差を求めるという方法をとっている。今回の一連の実験においては、上下方向に 9~11 本の温度分布を測定して、その数値を用いて以下の事を試みた。

(浮力の求め方)

右図のごとく 外気の比重量一定: γ_0
 室内の比重量: γ とし、床面と室内外の圧力差が 0 と仮定すると 浮力: ΔP は次式で表わされる。



$$\Delta P = \int_0^h (\gamma_0 - \gamma) dh \quad \text{--- ①}$$

又 室内温度が図のように θ_0 から θ_1 まで (各 θ_i の高さ h_i とする) n 本測定されたおり、各測定間の温度は直線的に変化するに近似するから θ_f は h の関数として

$$\theta_f = k_i h + C_i \quad (h_{i-1} \leq h \leq h_i) \quad \text{と表わせる。} \quad \gamma = \frac{353}{273 + \theta_f} \quad \text{であるから}$$

h_i の高さで生じる浮力 ΔP_i は ① 式より

$$\begin{aligned} \Delta P_i &= \int_{h_0}^{h_i} (\gamma_0 - \gamma) dh \\ &= \gamma_0 (h_i - h_0) - 353 \int_{h_0}^{h_i} \frac{dh}{273 + k_i h + C_i} \\ &= \gamma_0 (h_i - h_0) - 353 \cdot \frac{1}{k_i} \left[\log (273 + k_i h + C_i) \right]_{h_0}^{h_i} \\ &= \gamma_0 (h_i - h_0) - 353 \cdot \frac{1}{k_i} \{ \log (273 + \theta_1) - \log (273 + \theta_0) \} \end{aligned}$$

k_i は点 (h_0, θ_0) (h_i, θ_1) を結ぶ直線の傾きだから

$$k_i = \frac{\theta_1 - \theta_0}{h_i - h_0}$$

$$\text{又 } k_0 = \theta_0 + 273, \quad k_i = \theta_1 + 273 \quad \text{とおくと } k_i = \frac{k_i - k_0}{h_i - h_0} \quad \text{と表し}$$

上式へ代入して

$$\Delta P_1 = \frac{353}{K_a} \cdot (h_1 - h_0) - 353 \cdot \frac{h_1 - h_0}{K_1 - K_0} (\log K_1 - \log K_0) \quad (K_a: \text{外気の絶対温度 } K)$$

$$= 353 (h_1 - h_0) \left(\frac{1}{K_a} - \frac{\log K_1 - \log K_0}{K_1 - K_0} \right) \quad \text{----- ②}$$

同様に 1, 2 ... h_2 の高さでの浮力 ΔP_2 は次の様に求めらる

$$\Delta P_2 = \Delta P_1 + 353 (h_2 - h_1) \left(\frac{1}{K_a} - \frac{\log K_2 - \log K_1}{K_2 - K_1} \right)$$

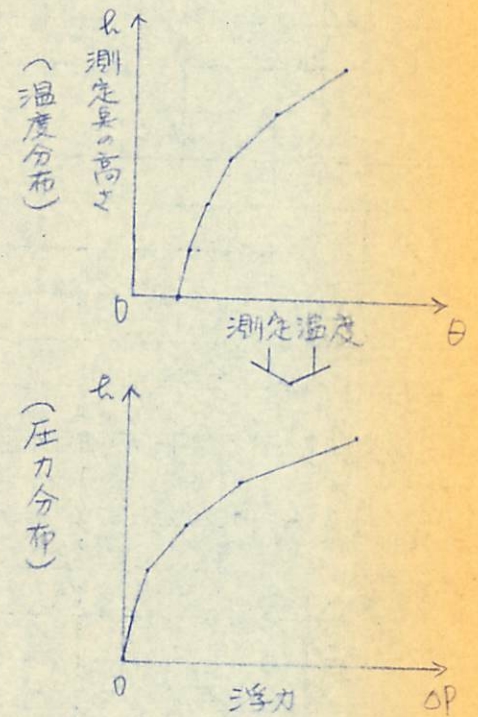
即ち

$$\Delta P_n = \Delta P_{n-1} + 353 (h_n - h_{n-1}) \left(\frac{1}{K_a} - \frac{\log K_n - \log K_{n-1}}{K_n - K_{n-1}} \right) \quad \text{とある。}$$

右図のように温度分布が与えらると

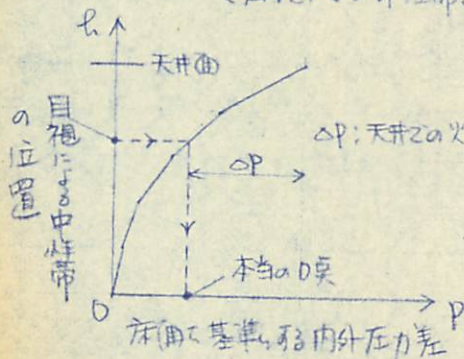
床面の浮力を 0 とした、圧力差分布が上式によ、て求めらる。

ところが、実際には 内外圧力が 0 の奥(中性帯)は床面にはなくある高さを持つ、といる。この中性帯の位置は火災室の温度が一定とあるとする場合は計算によ、て求めらる。*

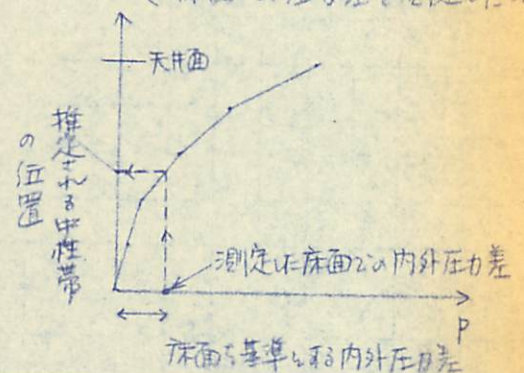


今回の実験では、開口部にこまかく紙テープを張り、て、目視によ、て中性帯を求めらる方法と 床面の内外圧差を実際に測定する方法とをと、た。

(目視による中性帯の場合)



(床面の圧差を測定した場合)



* 建築学大系 21 建築防火論

"天井排煙口の所要断面積" 横井鏡男

日本火災学会誌「火災」

(②式の簡易計算法)

②式は対数計算を含む。対数表での計算では K_1 と K_2 の差が小さい場合、計算誤差が大きくなる。そこで $\frac{\log K_n - \log K_{n-1}}{K_n - K_{n-1}}$ の部分が微分の形をとる。このことから $\frac{\log K_n - \log K_{n-1}}{K_n - K_{n-1}} \doteq \frac{2}{K_n + K_{n-1}}$ の近似を行おう。

$$\Delta P_n = \Delta P_{n-1} + 353(h_n - h_{n-1}) \left(\frac{1}{K_a} - \frac{2}{K_n + K_{n-1}} \right) \text{ ----- ③} \text{ を得た。}$$

これは $K_n = K_{n-1}$ 即ち 2測定点間の温度差が無い場合、②式では $\Delta P_n = \Delta P_{n-1} + 353(h_n - h_{n-1}) \left(\frac{1}{K_a} - \frac{1}{K_n} \right)$ という別式を用いた場合よりも比較してはるかに計算が簡単である。

実際 王子における大部屋での排煙実験で得られた温度データを用い ②式と③式で内外圧力差を、東大の大型計算機で計算させた結果、両者の差は最大でも 0.002 mm Ag であった。

この事は、測定点間の温度差が極端に大きくなる場合は③式が②式の充分な近似式である事を示す。

*尚、今回の一連の実験(王子・熊谷)では温度分布を基にした圧力差分布(グラフ化されたもの)はすべて③式による計算結果である。

温度変化のあるタウトの取扱計算

および 実験値との比較 (王子 実験2・実験7)

[温度変化のあるダクトの抵抗計算および実験値との比較]

ダクトの抵抗計算は普通、 $\theta = 20^\circ\text{C}$ とし計算し、高温もしくは低温の空気に対しては温度に対するダクト抵抗の割合 k_t と $k_t = \frac{273+20}{273+t_a}$ (t_a : 空気温度 $^\circ\text{C}$) とし計算してゐる。ところで今回の王子における「ダクト内の煙の伝播に関する実験」ではダクトの入口から出口まで温度降下があり、数箇所温度測定が行はれてゐる。そこでその温度値を用いてリーク量が無いとした場合のダクト抵抗値と流量の関係を計算し、その内外圧力差の求め方により、2得るたる浮力値を代入して実験値と比較した。

以下は王子での実験に即して計算法およびその結果である。

(温度変化のあるダクト抵抗計算)

ダクト内の温度は曲がり部分や入口、出口の部分には測定された温度を、直管部にはその両端における温度の相加平均を用いた。

抵抗計算には以下の諸式を用いた。

・ d_e : 矩形ダクトの長辺、短辺の長さをそれぞれ、 a 、 b とする

時、これと同じ抵抗を示す円型のダクト径

$$d_e = 1.3 \left[\frac{(ab)^{5/2}}{(a+b)^2} \right]^{1/5}$$

・ ν : 動粘性係数 (伝熱工学資料・気体の物性値より)

・ ϵ : ダクト表面の絶対粗さ 亜鉛鍍鉄板 0.15×10^{-3} (m)

・ λ : 計算により、2得るたる Re 数と ϵ/d により求める。

* ダクト計算便覧

井上宇市著

丸善

建築換気設計

石原正雄著

朝倉書店

・直管部での圧力損失

$$\Delta P_T = \lambda \frac{\rho}{2g} \frac{l}{d} v^2$$

・各形状抵抗

$$\Delta P_T = \zeta \frac{\rho}{2g} v^2$$

① 管入口 (円管)

層流の場合 $\zeta = 1.7$ ($Re \leq 2500$)

乱流の場合 $\zeta = 305 Re^{-0.69}$

常に $Re > 2500$ のとき $\zeta = 305 Re^{-0.69}$ を対数グラフから読む

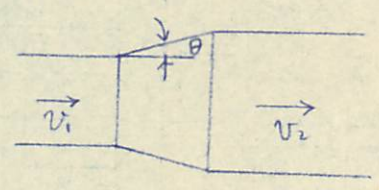
② 直角曲り (円管)

層流の場合 $\zeta = 3.5 \sim 3.8$ ($Re \leq 2400$)

乱流の場合 $\zeta = 71.2 Re^{-0.42}$

常に $Re > 2400$ のとき $\zeta = 71.2 Re^{-0.42}$ を対数グラフから読む

③ 漸次拡大



θ	5°	10°	20°	30°	40°
ζ	0.17	0.28	0.45	0.59	0.73

$$\Delta P_T = \zeta \frac{\rho}{2g} (v_1^2 - v_2^2)$$

④ ダクト出口

風量測定装置 (

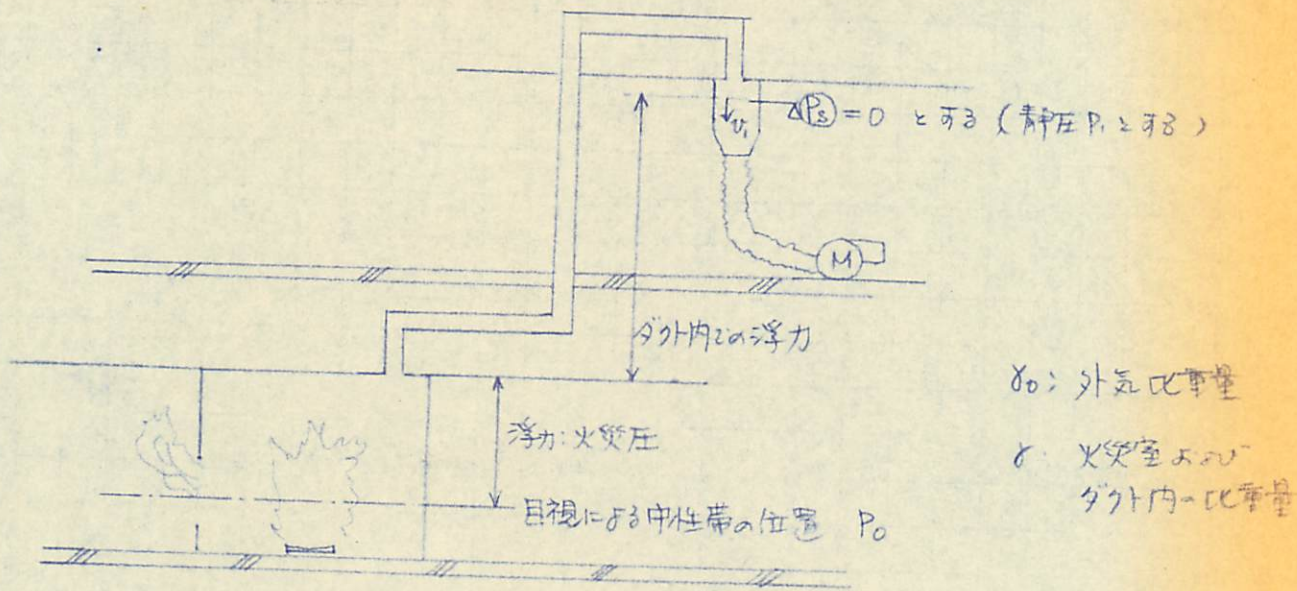
参照) に $\zeta = 1.0$ の静圧差 0 とし 2 を

する。全圧を基準とした圧力損失は測定部の動圧と足す操作を省略することから $\zeta = 1.0$ とし 2 を計算した。

※ 急拡大による圧力損失 $\Delta P_T = \frac{\rho}{2g} (v_1^2 - v_2^2)$ と残る動圧: P_v

$$P_v = \frac{\rho}{2g} v_2^2 \text{ とあるから } \Delta P_T + P_v = \frac{\rho}{2g} v_1^2 \text{ とし } 2 \text{ を}$$

(実験の比較の方法)



上図のようなダクト系を考へる。

ダクトの各段に温度が与えて、ある一定量 W (kg/sec) の空気が漏れずに入口から出口まで流れるとすると各段の速度は

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{1}{S} \cdot \frac{W}{\delta} \quad \text{と求まり 前述の計算法を各段に繰返し、}$$

ダクト系全体の抵抗を得る事ができる。 W を変化させて同じ計算を繰り返して W と ΔP_T のグラフを得る。

ここで P_0 と P_1 の関係について式を立てると

$$P_1 = P_2 + \delta_0 h$$

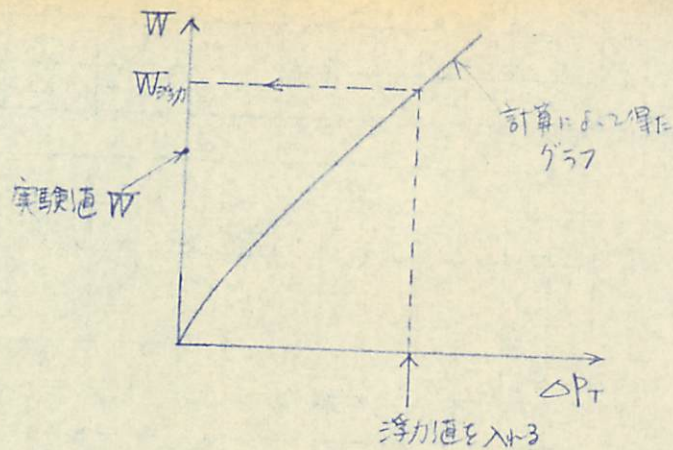
$$P_1 = P_2 + \frac{\gamma}{2g} v^2 + \Delta P_T + \delta h$$

$$\therefore (\delta_0 - \delta) h = \frac{\gamma}{2g} v^2 + \Delta P_T$$

即ち、浮力はダクト内での圧力損失と測定装置部の静圧の和とつりあふ事が分かる。

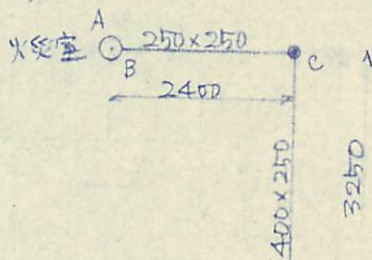
よって、出口での $\zeta = 1.0$ とし、計算に δ を求めらる $\Delta P_T'$ は静圧部分も含んでゐる。即ち $\Delta P_T' = (\delta_0 - \delta) h$ である。

よ、 $2W$ と ΔP_T のグラフに計算によつて得られた浮力の値(PT5~73参照)を代入し、 $W_{浮力}$ を求め、実験値 W (風量測定装置によつて得られた値)と比較する

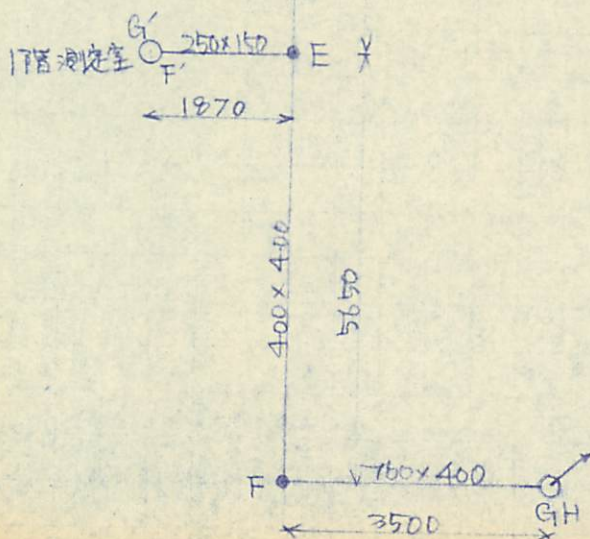


(実験値との比較)

王子におけるダクト系、簡略図は下の通りである。詳細はダクト断面を参照されたら。



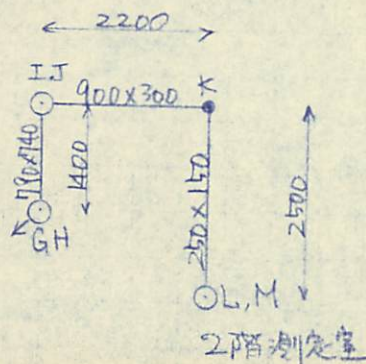
<1階ダクト平面>



<立面部分>

AB間	立ち上がり	0.65m
	径	335x335
GF間	立ち上がり	0.65m
	径	335x335
GH間	立ち上がり	6.38m
	径	790x740
IJ間	立ち上がり	0.65m
	径	790x740
LM間	立ち上がり	0.95m
	径	150x150

<2階ダクト平面>



(王子ごの実験2・実験7ごの比較)

実験2. 7ごはダクトはEF間ご目張りされ、ダクト系は
A-B-C-D-E-F'-G'ごある。

実験内容は 火災室の開口面積を 実験2. 7ご変化させ 1 階
測定室への 煙の伝播量の変化を計ったものごある。(詳細は実験
内容を参照)

○浮力の求め方

火災室ごの浮力(火災圧)は 火災室ごの温度分布を もとにし
ご床面ごの圧力差を0 とする内外圧力差を書き(グラフ1.2)
目視による 中柱帯の位置を内外差圧0としご求める。

ごの火災圧にダクト内における浮力を加算しご 全体ごの浮力
とする。

附表1.2の如く、計算をくりかえしご W と ΔP_T の関係を得る事
ができる。これをグラフにし 浮力の値を代入しご 実験値と比
較したごがグラフ-3ごある。

	実験2 (11/2 才2回)	実験7 (11/2 才3回)
炎火後7分ごの浮力 (火災圧+ダクト内浮力)	1.246 mm Ag	0.808 mm Ag
グラフにお2得らした $W_{浮力}$	0.0915 kg/sec	0.0763 kg/sec
実測による 実験値 W	0.074 kg/sec	0.056 kg/sec
$W_{浮力} / W$	1.24	1.36

(常温時の抵抗との比較)

常温 (15°C) でのダクト抵抗が ^{風量測定装置を用いて} 測定されたものを利用して、前回の抵抗計算法が、常温でどれくらいの精度があるのかを求めてみた。

附表3の如く、ダクト内温度が 15°C で一定であるとして計算した抵抗値と、実験値と比較したのが、グラフ4である。

(考察)

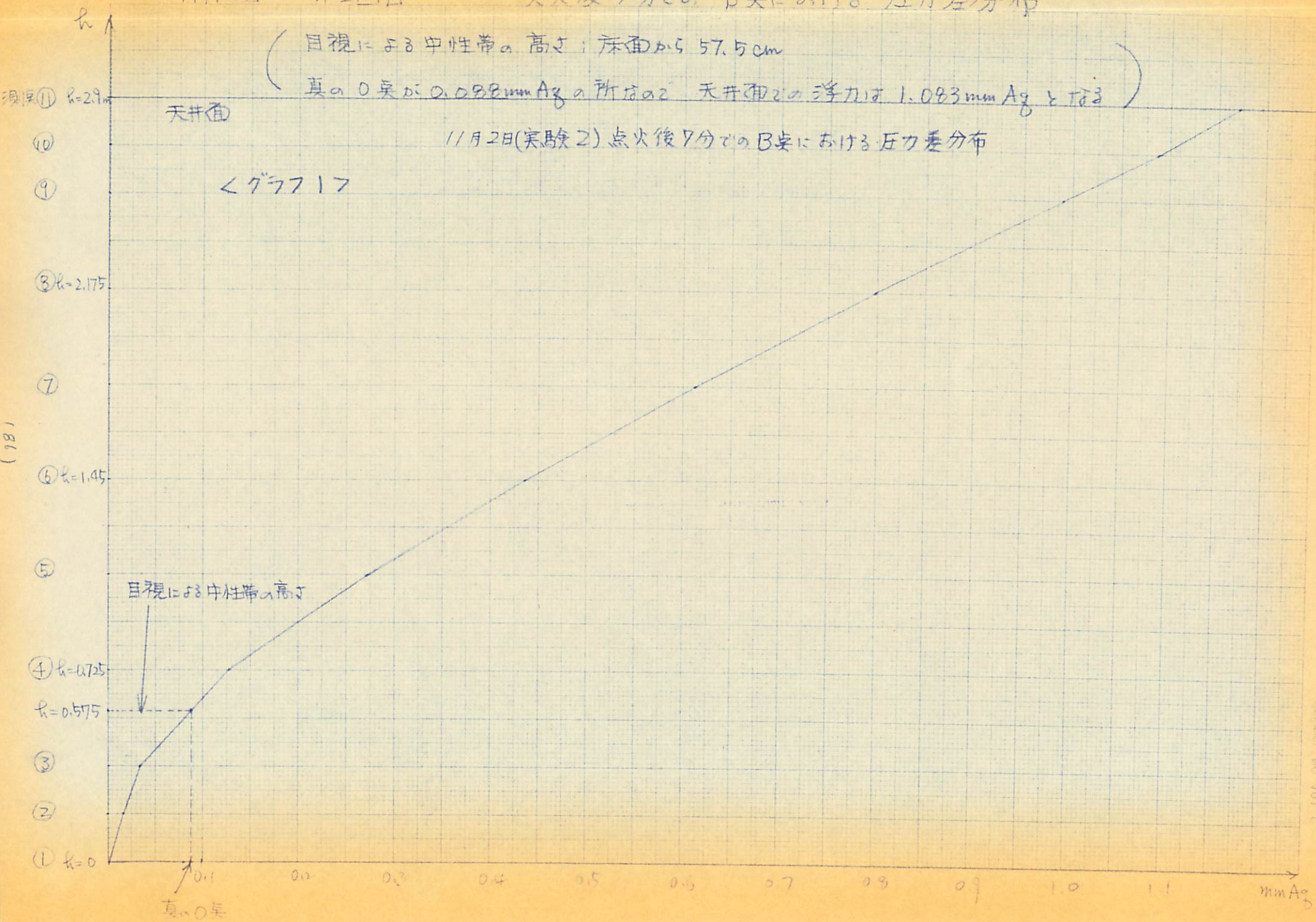
常温時には、計算値と実験値が、ほぼよい一致をみせるのに対し、温度変化のある場合は、3~4割の差がある。

差が生じる理由として、まず考えられるのは、浮力と送風機等によってつくられる圧力との差にある。送風機によってつくられる圧力が、ダクト外部に短い距離の中によってつくられるのに対し、浮力はダクト内でも生じ、しかも立ち上り部分の距離によらず徐々に増加する傾向を持つ。

その他、高温ダクト計算式の不備および代入する浮力通の求め方のものを持つ誤差が、差を大きくする要因であろう。

11月2日 第2回目

臭火後7分でのB臭における圧力差分布



11月2日 才3回目 実験後7分での B 奥における圧力差分布

(目視による中性帯の高さ: 床面から 120.0 cm)

(真の O 奥が 0.120 mm Ag の所は、天井面との浮力は 0.663 mm Ag とする)

11月2日初回(実験7) 実験後7分での B 奥における圧力差分布

天井面
測点 ① $R=2.9$
⑩
⑨

< グラフ 27 >

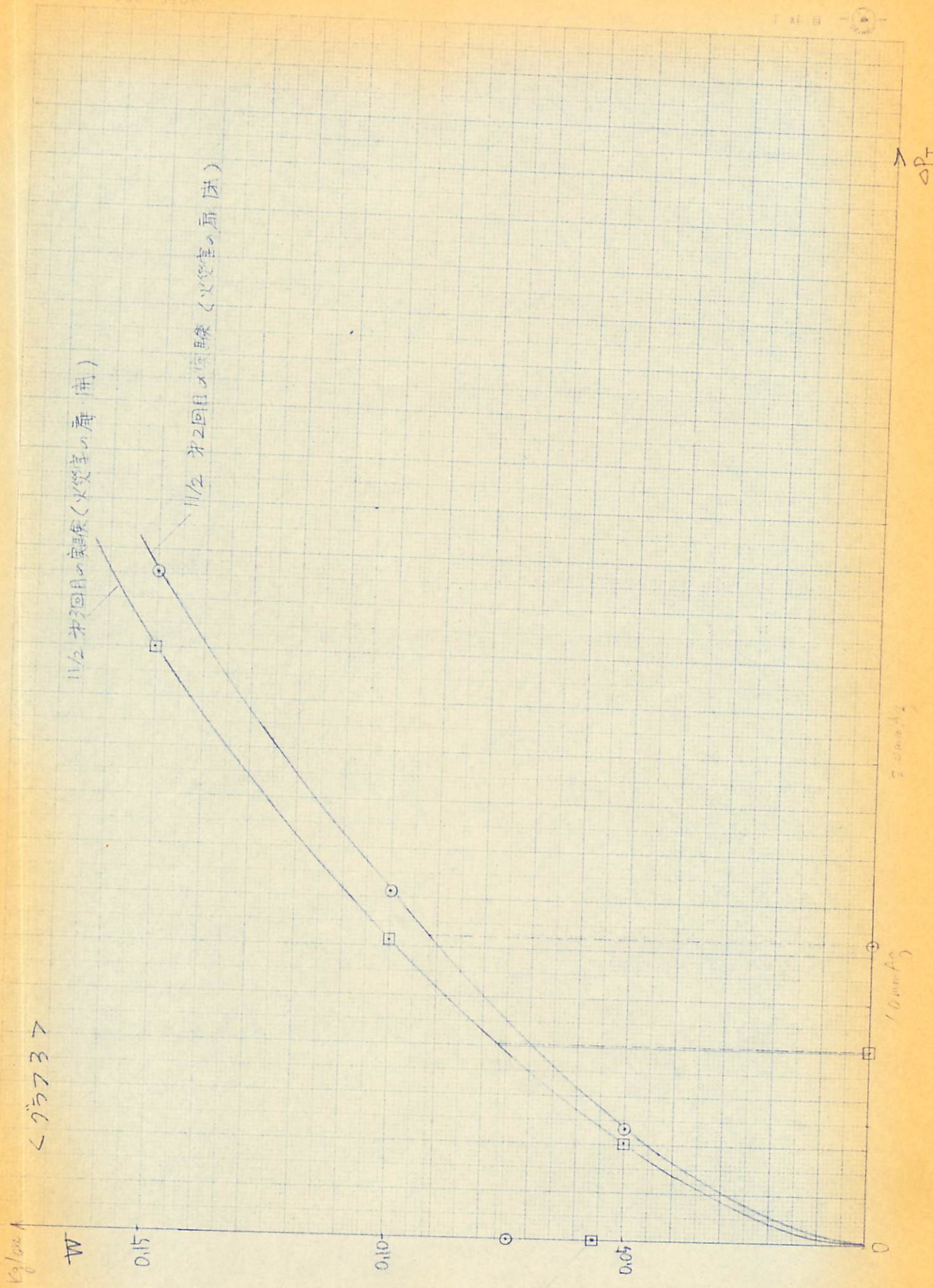
⑧ $R=2.175$
⑦

⑥ $R=1.45$ 目視による中性帯の位置
⑤ $R=1.20$

④ $R=0.725$
③
②
① $R=0$

0.1 真の O 奥
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1.0
1.1
mm Ag

＜グラフ＞



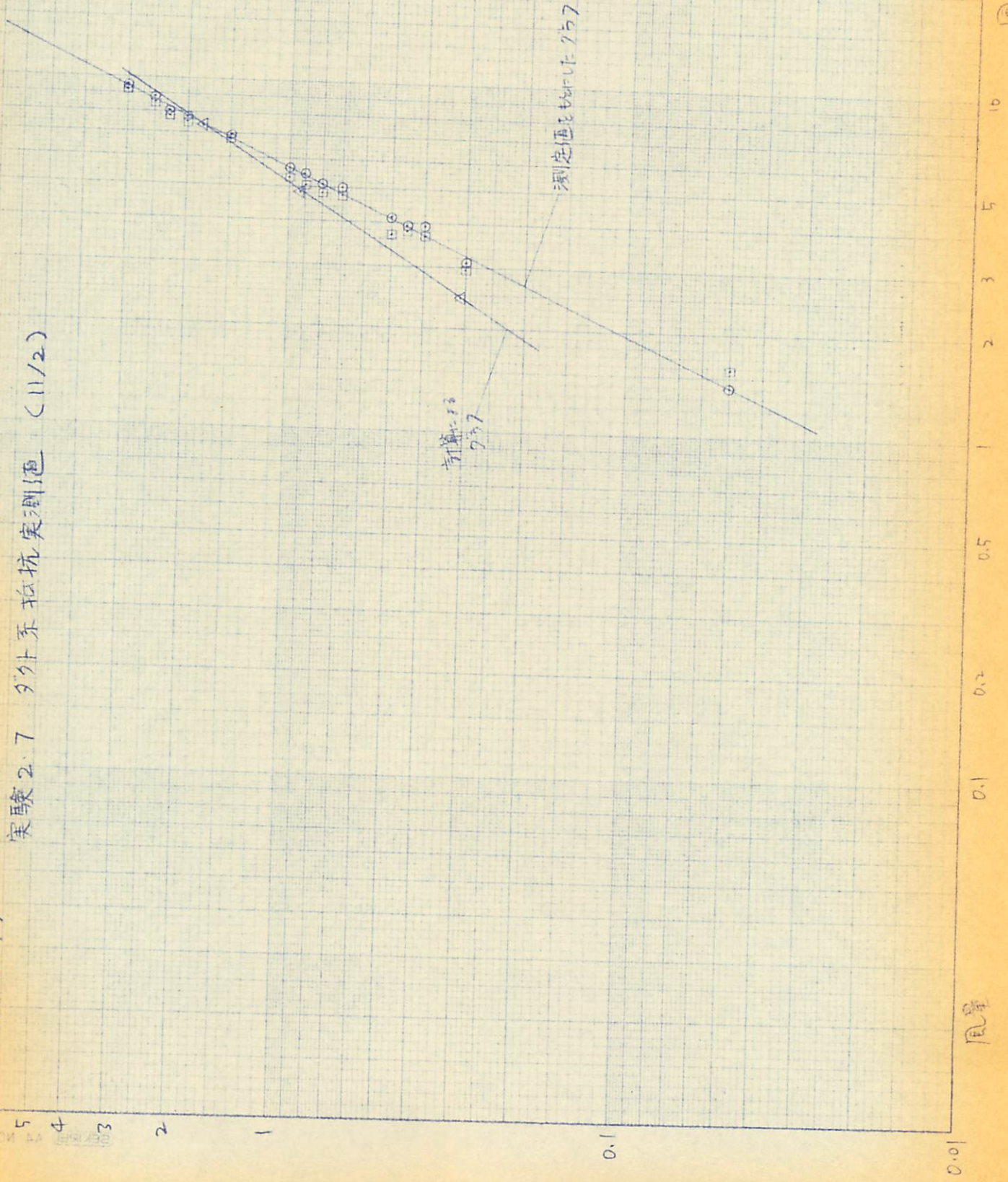
単位換算表

(mmHg)

<7774>

実験 2.7 外系抵抗実測値 (11/2)

○ 測定装置 No. 1 対測定値
 □ " " No. 2 " "
 △ 計算値



〈附表1〉 実験2 (11月2日 水2回) の 9.7.1 抵抗計算表

9.7.1 種類	9.7.1 外径 mm × mm	9.7.1 長さ mm	9.7.1 重量 kg	9.7.1 浮力 kg	9.7.1 浮力係数 %	9.7.1 浮力係数 %	9.7.1 浮力係数 %	9.7.1 浮力係数 %
A	335 × 335	366	11.2	20.9	6.75	1.200	1.3	0.75
AB	335 × 335	366	11.2	20.9	6.75	1.200	1.3	0.75
B	273φ × 150	366	4	20.9	6.75	1.200	1.3	0.75
BC	250 × 250	366	6.5	20.9	6.75	1.200	1.3	0.75
C	273φ × 150	366	4	20.9	6.75	1.200	1.3	0.75
CD	400 × 250	366	10.0	18.7	2.56	0.802	1.6	0.37
D	↓継ぎ足	---	16.5	16.5	0.004	0.004	---	---
DE	400 × 250	366	10.0	18.7	2.56	0.802	1.6	0.37
E	273φ × 150	366	4	20.9	6.75	1.200	1.3	0.75
EF	250 × 250	366	6.5	20.9	6.75	1.200	1.3	0.75
F	273φ × 150	366	4	20.9	6.75	1.200	1.3	0.75
FG	335 × 335	366	11.2	20.9	6.75	1.200	1.3	0.75
G	335 × 335	366	11.2	20.9	6.75	1.200	1.3	0.75

・重量測定装置 1. 0. 1 風車 (英尺寸分)

風量 (m ³ /min)	温度 (°C)	流量 (kg/sec)
測定装置 No. 1 (150φ)	67.1	0.076
測定装置 No. 2 (250φ)	60.5	0.071
平均 = 0.074 kg/sec		

・中性帯の位置

前面から 120.0 cm

・9.7.1 の浮力: AB間20%浮力 - F台前20%浮力

標準値 16.1%

$$\Delta P_{9.7.1} = 0.162$$

→ 9.7.1 の 浮力と F 台前 20% 浮力の相加

$$\Delta P_{9.7.1} = 1.245 \text{ mmHg}$$

W = 2.1127

W = 1.424

W = 0.604

＜附表 27 実験 7 (11月 2日 水3回) のデータ抵抗訂正表＞

No.	測定装置 No. (150φ)	測定装置 No. (200φ)	風速 (m/min)	温度 (°C)	流量 (kg/sec)	浮力 (kg)		浮力 (kg)		浮力 (kg)								
						ΔP _{浮力}	Pr	ΔP _{浮力}	Pr	ΔP _{浮力}	Pr							
A	335 × 335	366	11.2	147	0.840	0.292	0.117	0.0975	0.119	1.06	1.25	0.18	0.027	0.059	0.53	0.62	0.081	
At	335 × 335	366	11.2	147	0.840	0.292	0.117	0.0975	0.119	1.06	1.25	0.18	0.027	0.059	0.53	0.62	0.081	
B	273φ × 273φ 直筒型	162	↑	141	0.840	0.292	0.117	0.0975	0.119	1.06	1.25	0.18	0.027	0.059	0.53	0.62	0.081	
BC	250 × 250	273	6.25	147	0.840	0.292	0.117	0.0975	0.119	1.06	1.25	0.18	0.027	0.059	0.53	0.62	0.081	
C	273φ × 273φ 直筒型	162	↓	147	0.840	0.292	0.117	0.0975	0.119	1.06	1.25	0.18	0.027	0.059	0.53	0.62	0.081	
CD	400 × 250	323	3.25	10.0	0.840	0.292	0.117	0.0975	0.119	1.06	1.25	0.18	0.027	0.059	0.53	0.62	0.081	
D	↓ 漸縮抵抗	---	---	117	0.840	0.292	0.117	0.0975	0.119	1.06	1.25	0.18	0.027	0.059	0.53	0.62	0.081	
DE	400 × 400	427	4.25	110	0.840	0.292	0.117	0.0975	0.119	1.06	1.25	0.18	0.027	0.059	0.53	0.62	0.081	
E	273φ × 273φ 直筒型	162	---	77	1.009	0.214	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
E'	250 × 150	270	1.87	3.75	1.035	0.204	0.71	0.145	0.170	0.097	2.57	2.15	0.026	0.077	0.048	1.29	1.33	0.030
F	273φ × 273φ 直筒型	162	---	59	1.063	0.195	---	0.121	0.148	0.094	1.51	2.70	0.086	0.324	0.047	1.25	1.35	0.103
F'	335 × 335	366	0.65	11.2	1.063	0.195	0.41	0.141	0.037	0.084	0.84	1.58	0.029	0.020	0.047	0.42	0.77	0.033
G'	335 × 335	366	---	11.2	1.063	0.195	---	0.141	0.037	0.084	0.84	1.58	0.029	0.020	0.047	0.42	0.77	0.033

Pr = 1.2352
Pr = 0.4046

・風量測定装置に付る風量 (表に付)

測定装置 No.	風速 (m/min)	温度 (°C)	流量 (kg/sec)
No. 1 (150φ)	3.75	48.5	0.060
No. 2 (200φ)	3.53	42.4	0.053

・中性帯の位置

断面 No. 3 57.5 cm

・付内2.5付る浮力: AB間20浮力 - F付内20浮力

基準値 16.1

ΔP_{浮力} = 0.11448 mmHg

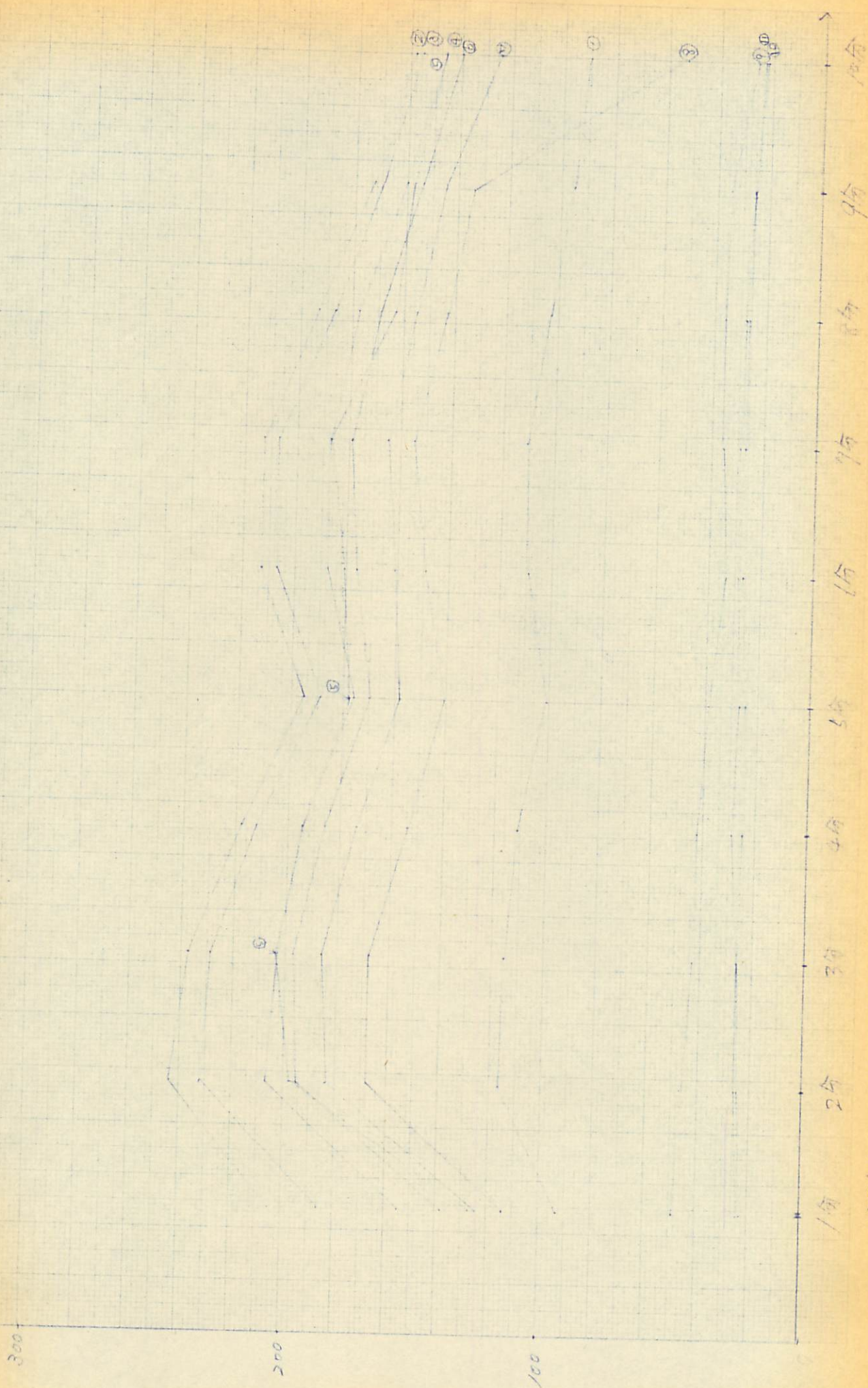
表3-7 タンク温 室温 25°C 温度変化の場合のタクトA → G1 の測定値

タクト	管外の縦径	管外の寸法	管径	断面積 S (cm ²)	平均温度 t (°C)	管長 l (cm)	平均速度 v (cm/s)	速度係数 α (1/°C)	温度係数 β (1/°C)	熱伝達率 αPr	Re 数	Pr 数	速度 v (cm/s)	Re 数	Pr 数	速度 v (cm/s)	Re 数	Pr 数
A	—	335 × 335	366	11.2	15	—	1.226	0.55	—	0.222	1.73	0.127	0.73	1.73	0.127	0.73	1.73	0.127
AB	E2	335 × 335	366	11.2	—	—	—	—	—	0.028	1.73	0.127	0.73	1.73	0.127	0.73	1.73	0.127
B	—	273 φ 10 直管継手固定	—	↑	—	—	—	—	—	0.2046	2.31	0.1023	1.31	2.31	0.1023	1.31	2.31	0.1023
BC	F=	250 × 250	273	6.25	—	—	—	1.55	—	0.0502	2.31	0.1023	1.31	2.31	0.1023	1.31	2.31	0.1023
C	—	273 φ 10 直管継手固定	—	↓	—	—	—	—	—	0.2046	2.31	0.1023	1.31	2.31	0.1023	1.31	2.31	0.1023
CD	F=	400 × 250	343	10.0	—	—	—	0.44	—	0.2046	1.81	0.110	0.82	1.81	0.110	0.82	1.81	0.110
D	—	↓ 溝継手固定	—	—	—	—	—	—	—	0.0158	0.51	0.0991	0.51	0.51	0.0991	0.51	0.51	0.0991
DE	F=	400 × 250	437	16.0	—	—	—	0.33	—	0.0090	1.44	0.044	0.51	1.44	0.044	0.51	1.44	0.044
E	—	210 φ 10 直管継手固定	—	↑	—	—	—	—	—	0.5133	2.18	0.209	2.18	2.18	0.209	2.18	2.18	0.209
EF	F=	250 × 150	210	3.75	—	—	—	0.71	—	0.1406	2.18	0.209	2.18	2.18	0.209	2.18	2.18	0.209
F	—	210 φ 10 直管継手固定	—	↓	—	—	—	—	—	0.5133	2.18	0.209	2.18	2.18	0.209	2.18	2.18	0.209
FG	F=2	335 × 335	366	11.2	—	—	—	6.4	—	0.0034	1.93	0.016	1.93	1.93	0.016	1.93	1.93	0.016
G1	—	335 × 335	366	11.2	—	—	—	—	—	0.0746	1.93	0.030	1.93	1.93	0.030	1.93	1.93	0.030

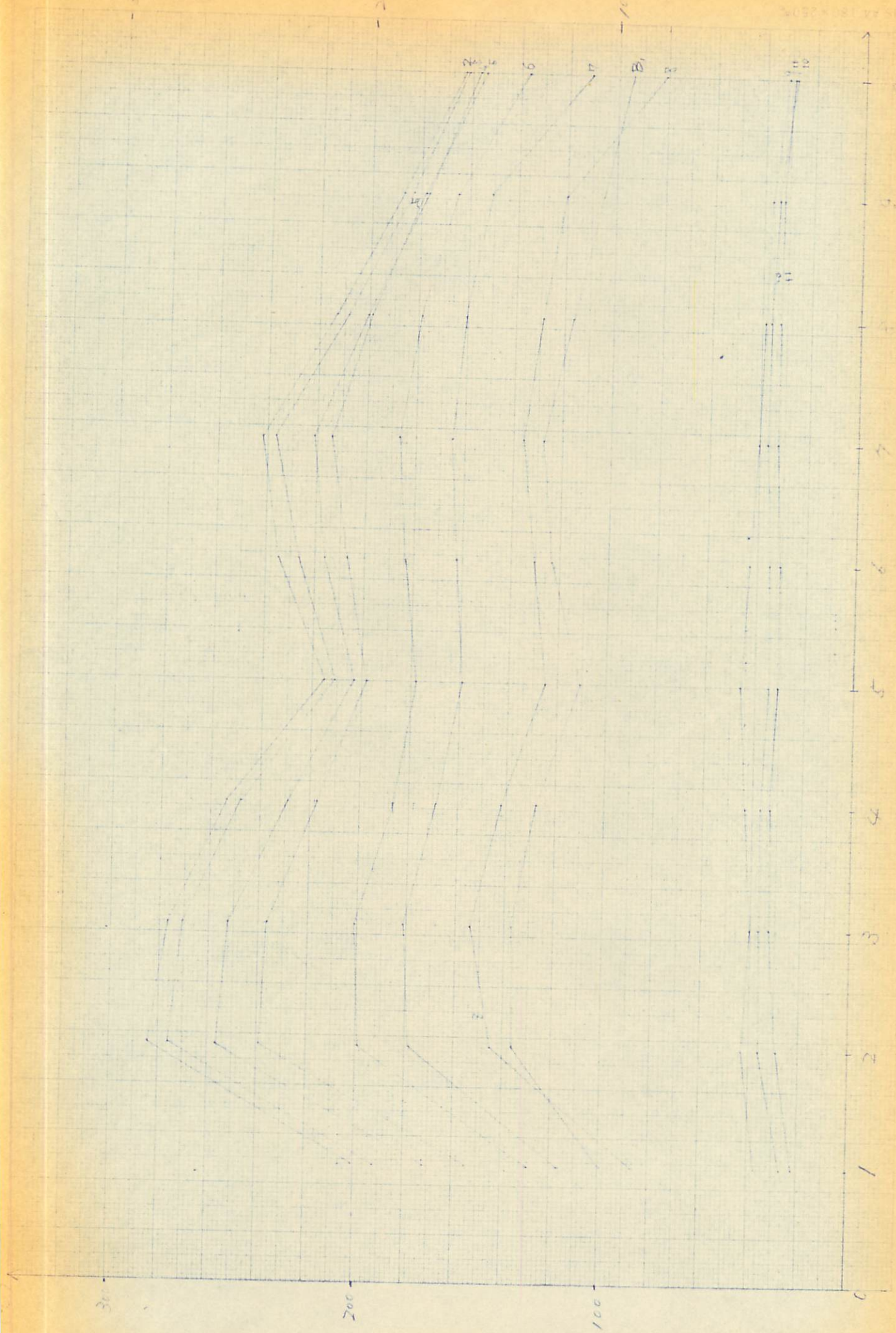
Pr = 1.7757
 Pr = 0.7220
 Pr = 0.3629

W = 0.15 kg/sec
 W = 0.10 kg/sec
 W = 0.05 kg/sec

Q = 4.8 m³/min
 Q = 2.45 m³/min
 Q = 1.25 m³/min



実験 | 11月2日 初回用 Aワル-7° 時間的溫度変化 ①~⑤は 天和から順に上へ測定



実験1 11月2日 才1回 Bグループ 時自的温度変化 1~11日 5日間の順時的温度変化

300

260

220

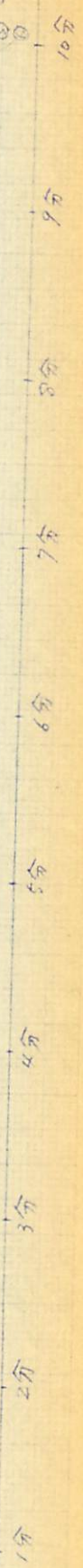
180

140

100

60

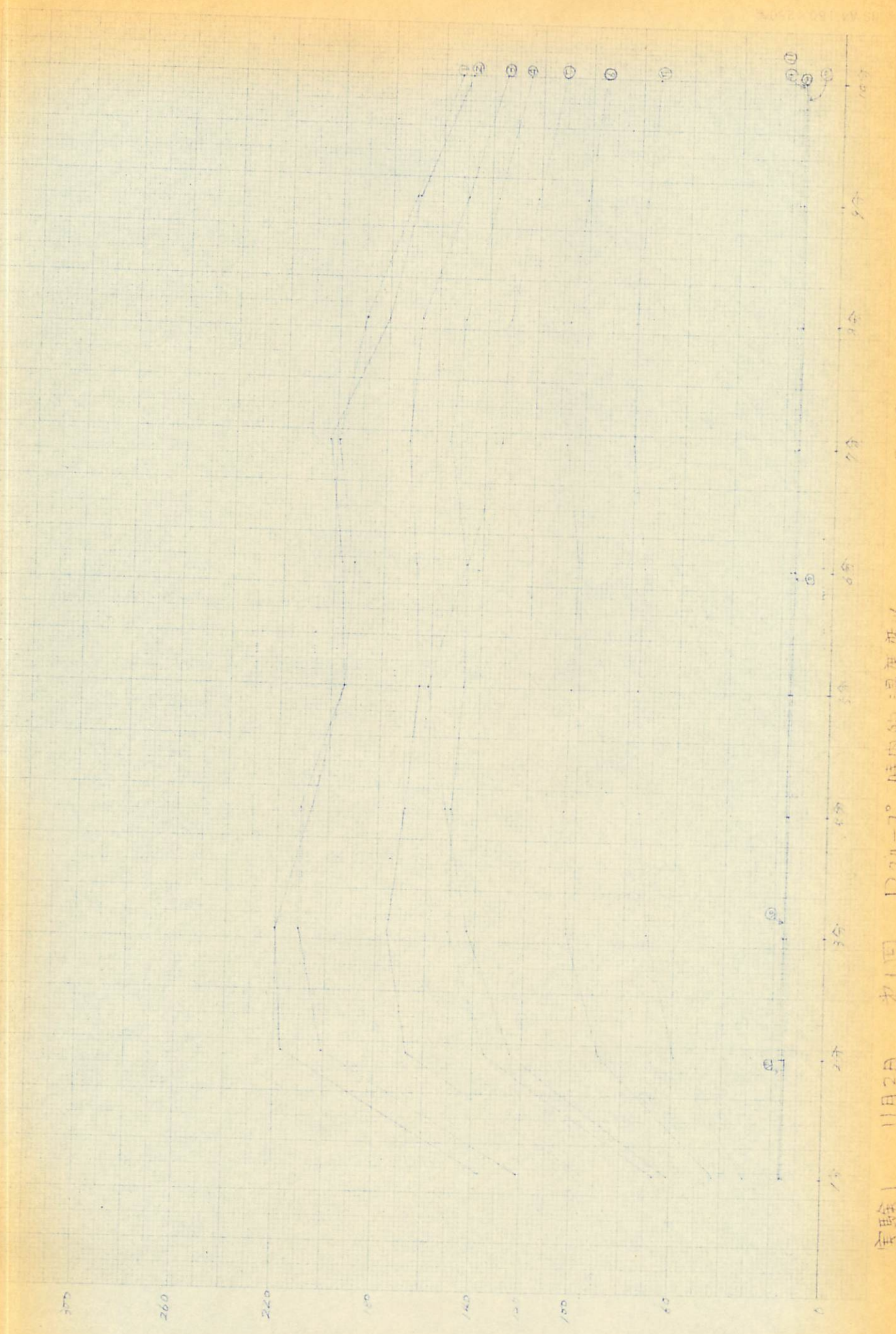
0



実験1 11月2日 1回 E クループ 時間的溫度変化 ①~④は天中及び噴火に測定位置

300
260
220
180
140
100
60
0

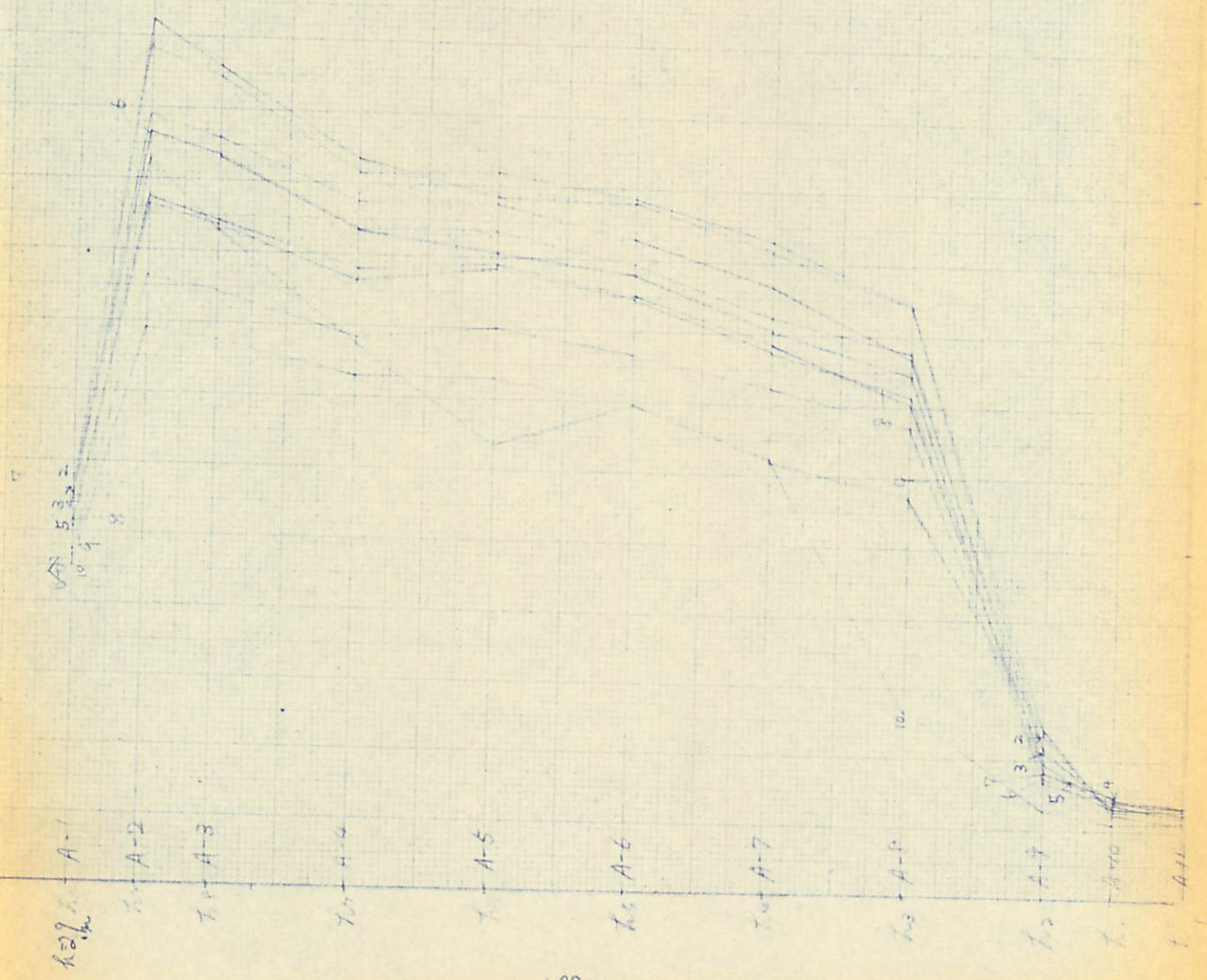
1分 2分 3分 4分 5分 6分 7分 8分 9分 10分



実験1 11月2日 才1回 Dクル-7° 時間的湿度変化

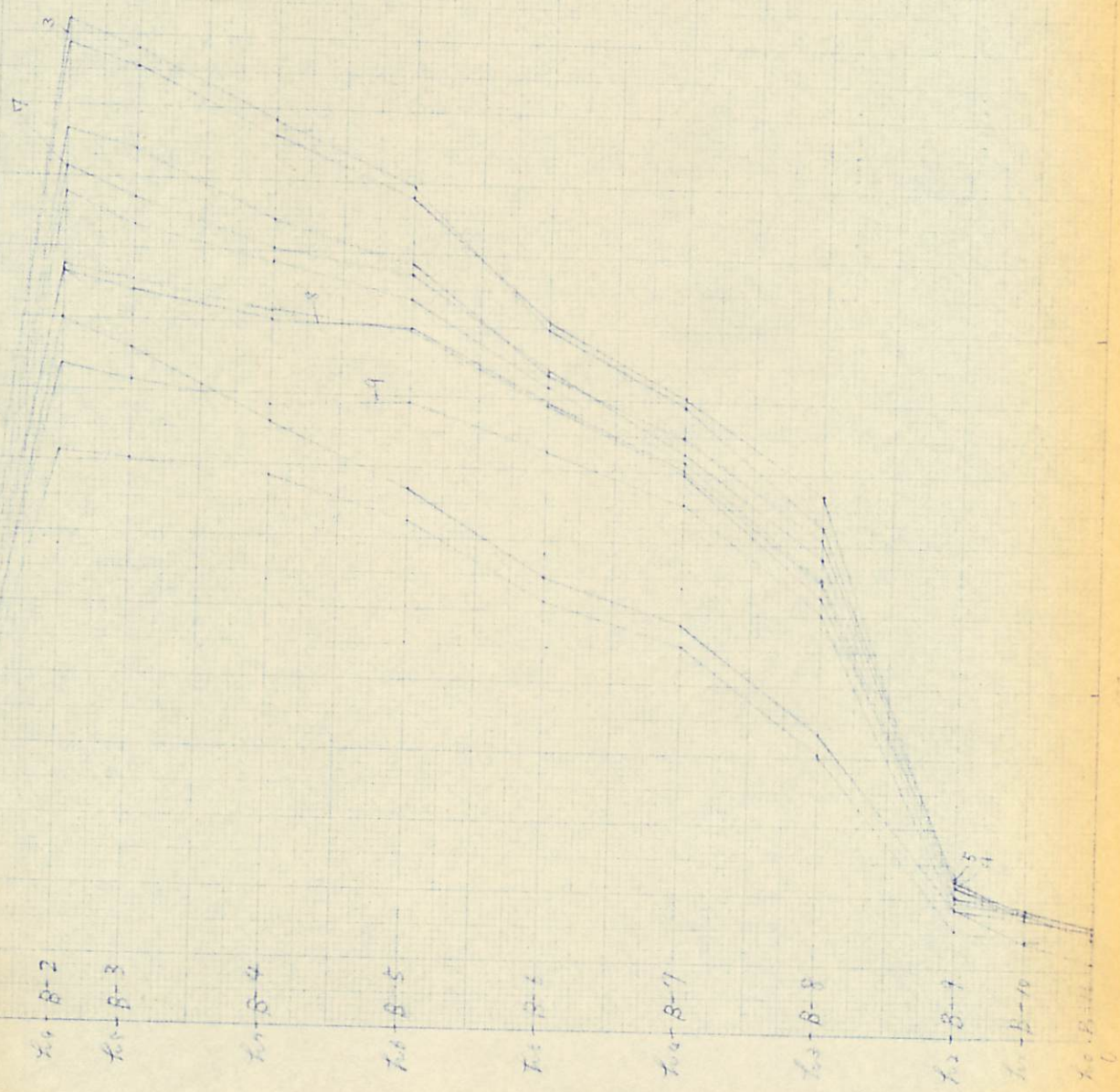
①~⑥) 1日 天井面から順に下へ測定位置

10月2日 木回 A/A-70 高川の温度分布
 実験1



$k_{0.9} - B-1$
 $k_{0.8} - B-2$
 $k_{0.7} - B-3$
 $k_{0.6} - B-4$
 $k_{0.5} - B-5$
 $k_{0.4} - B-6$
 $k_{0.3} - B-7$
 $k_{0.2} - B-8$
 $k_{0.1} - B-9$
 $k_{0.0} - B-10$

10 11 12 13 14 15 (↑)



実験1 11月2日 才1回 Bグループ 高さ5.3m 風速分布 (9)

100.7 厚形後 可分 素子

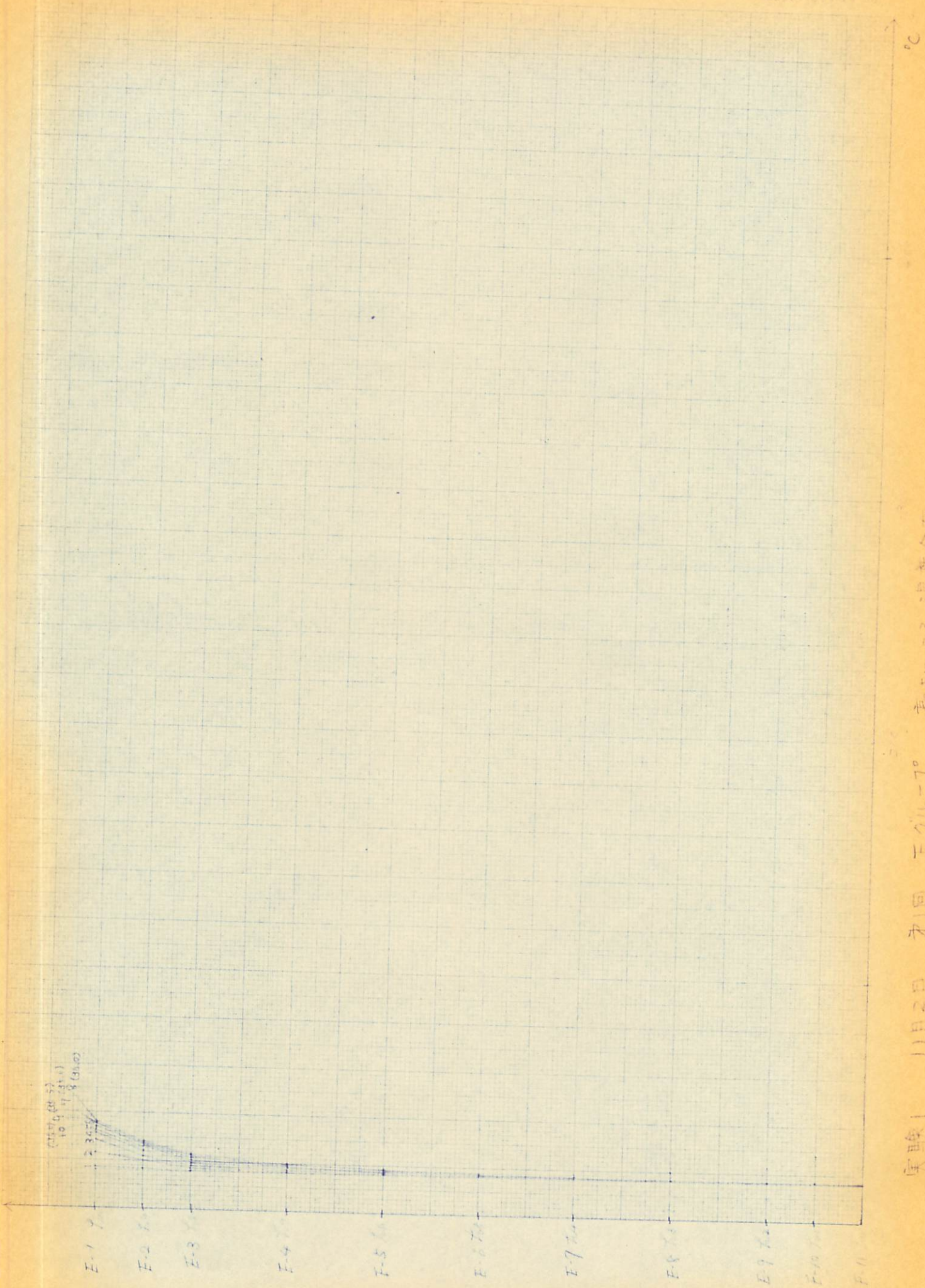
高ぶらる 温度分

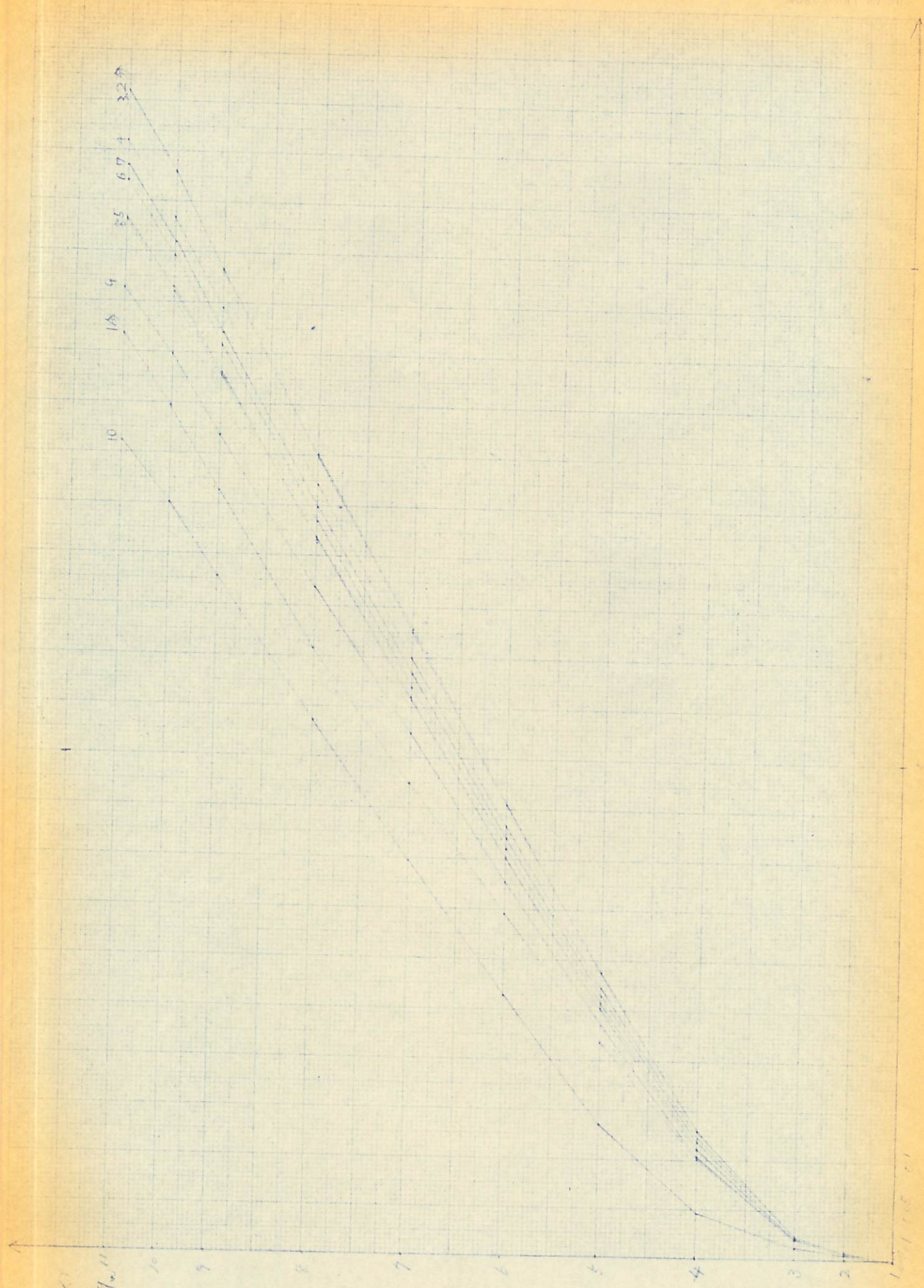
ニ

11月20日

実験1

ニ





実験 1 11月2日 才回 Aクループ 世の今在 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

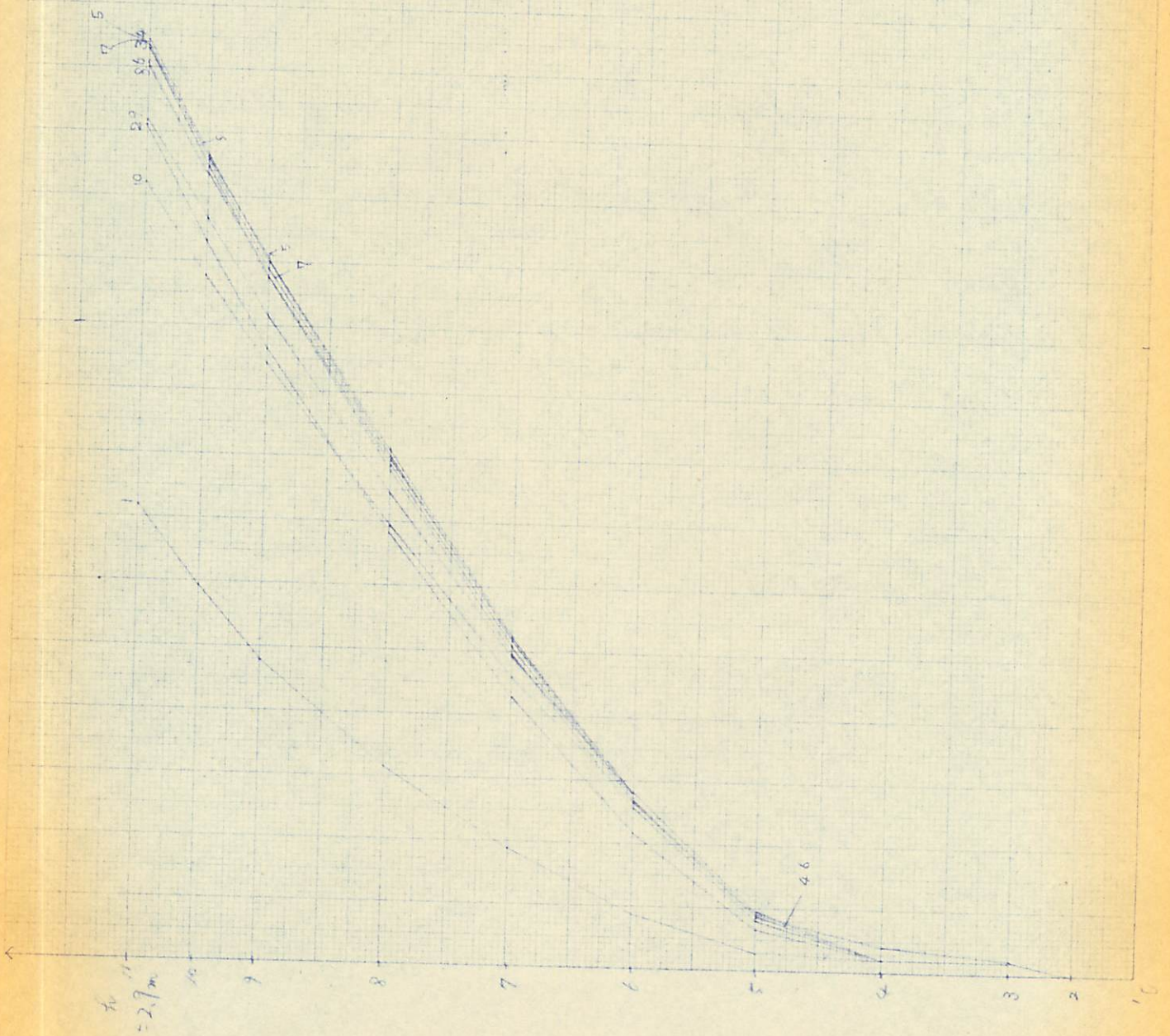
天井
2.7m



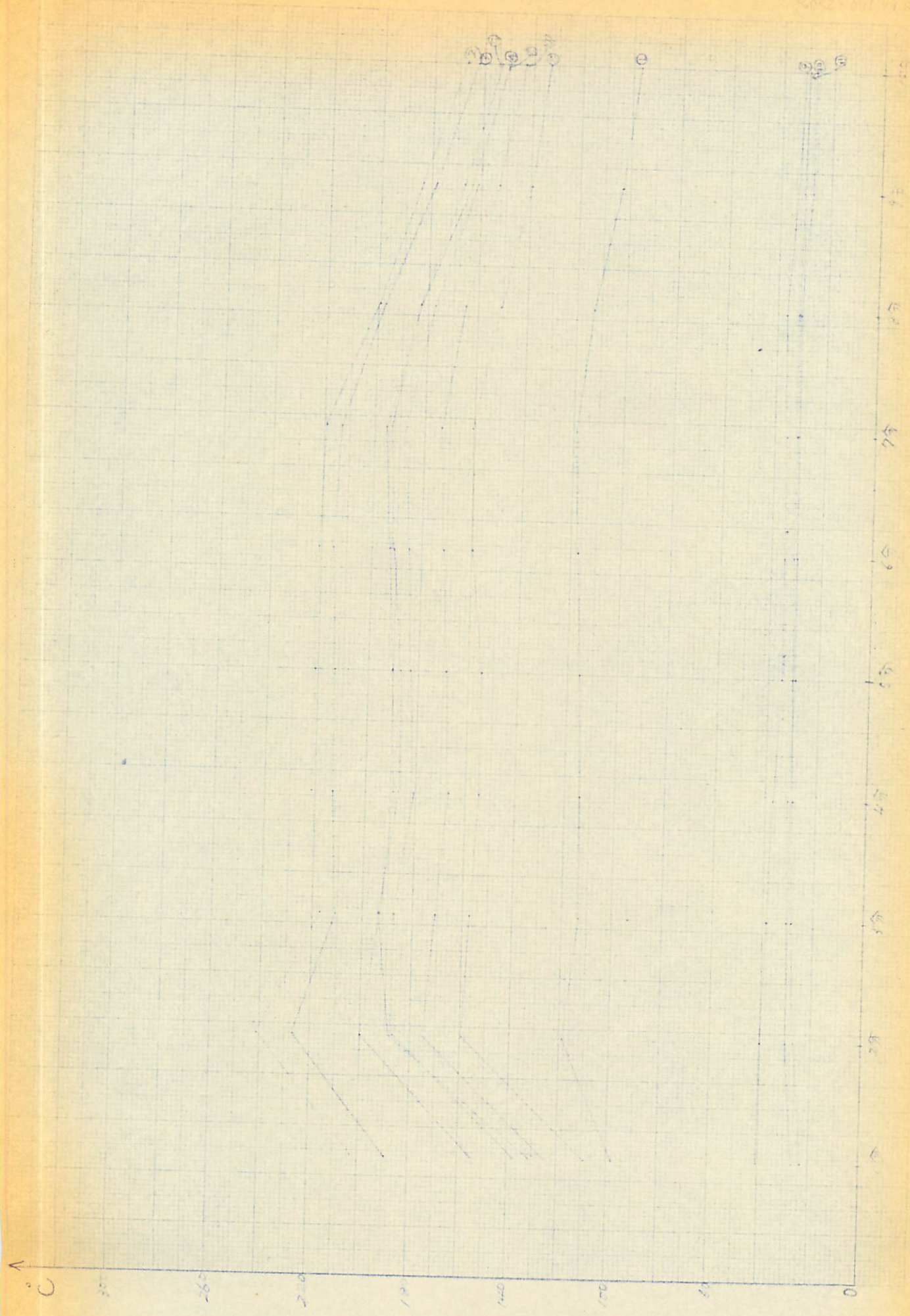
天井

井戸 1.5m
回水
日
日
二
日
日
日

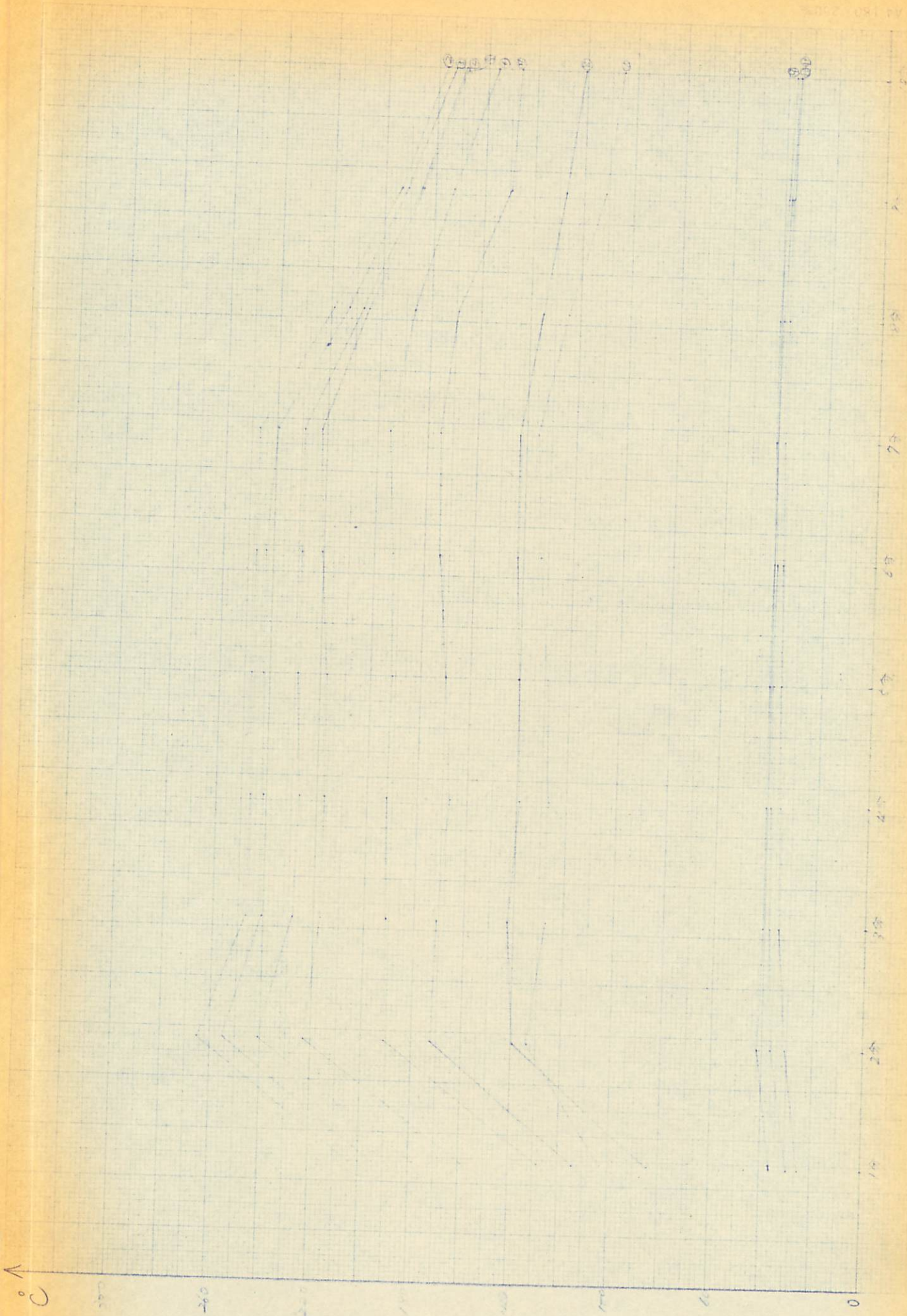
1~10は分後E&Sを示す



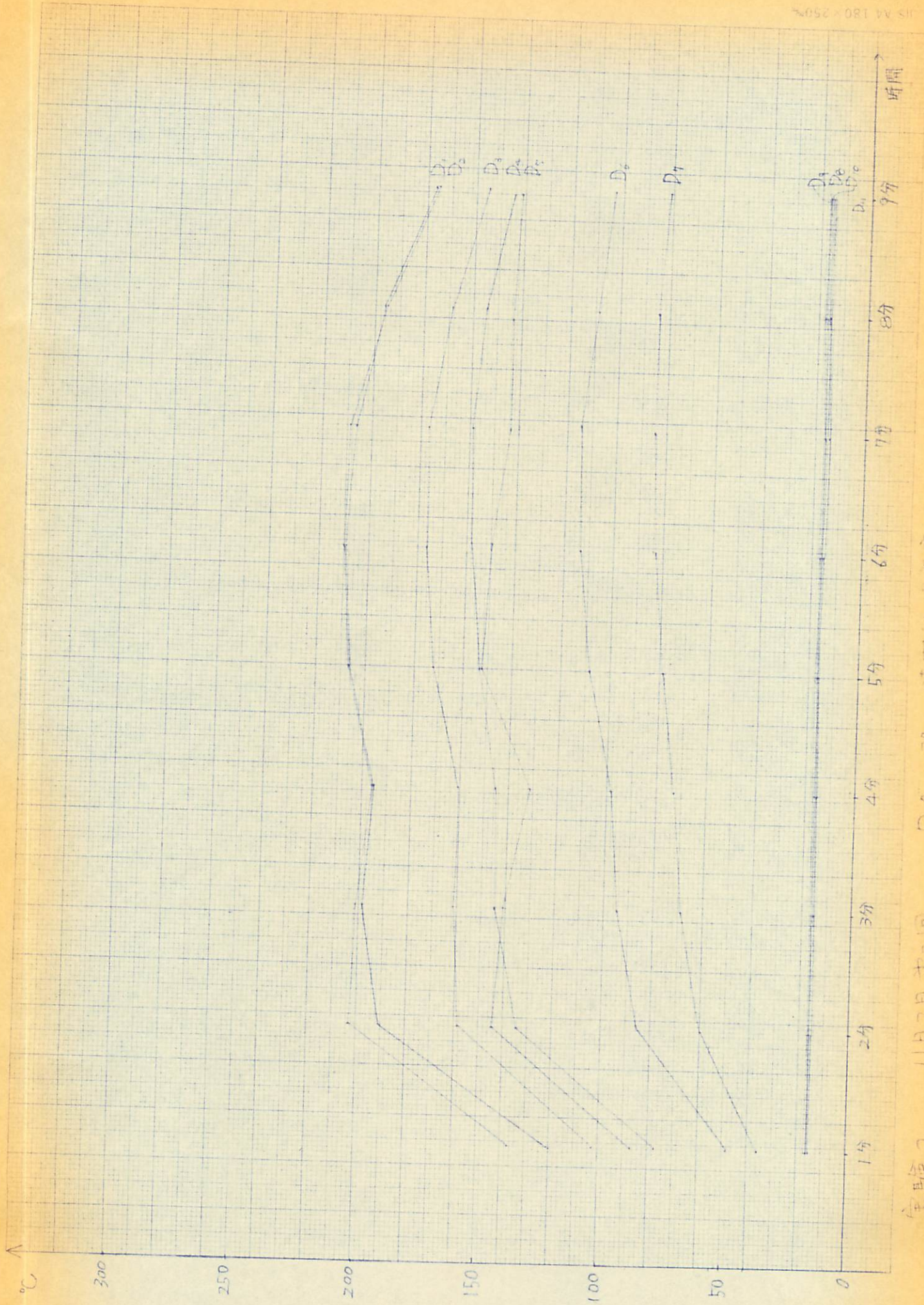
実験1 川田2回 木田 下グループ 上グループ 1~10は分後E&Sを示す



実験 2 11月2日 初回 Agn-7° 時間的溫度変化 ①~④は天中面が暗くなった測定位置



実験2 11月2日 第2回 Bグループ 時間的溫度変化 ①~⑤は開面から順にとった測定位置



实验 2 11月2日才2回 D 70-7° 时间的温度变化 D1~D7 温度: 示す

1~10日 草火後 10分 2 行 草

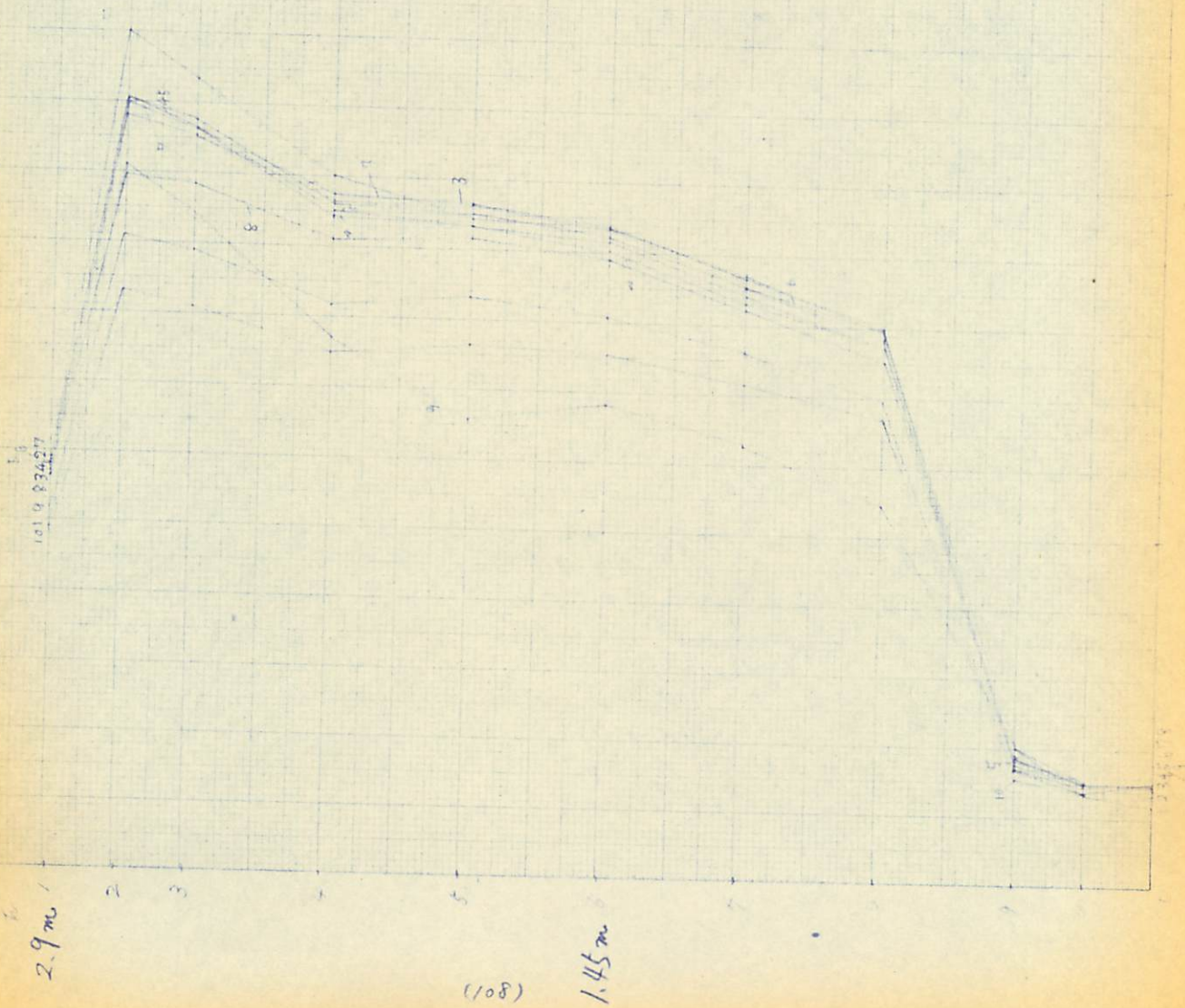
高 21.5m 温度 分布

A 9/11-7°

和 回

11月 2日

実験 2

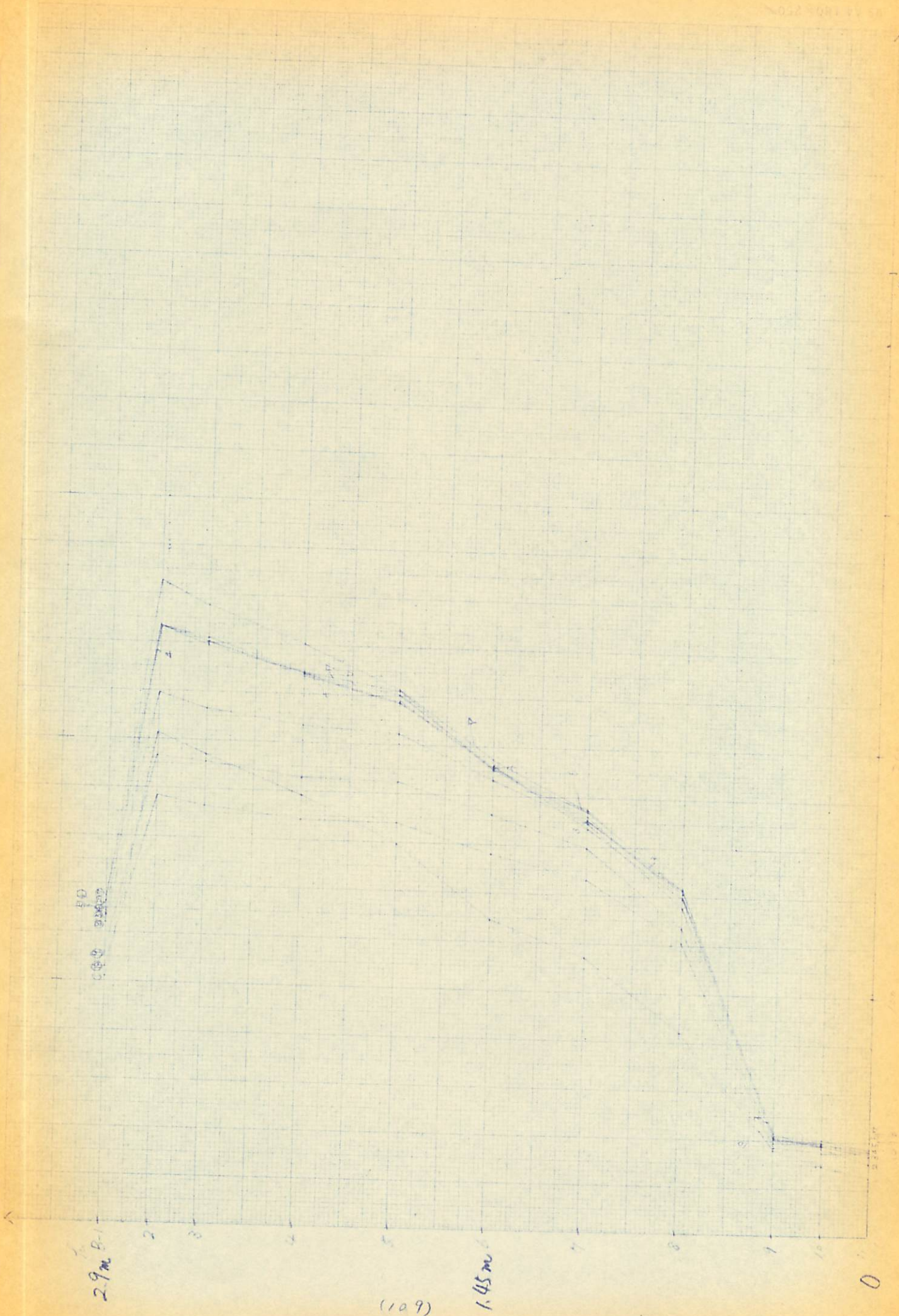


2.9m

1.45m

(80)

(C)



実験2 11月2日 初回 Eグループ 高口10日3 温度分布

400

100

500

2.9m

(109)

1.45m

0

100

500

九

2.9m

10

9

8

7

1.45m

5

4

3

2

(1110)

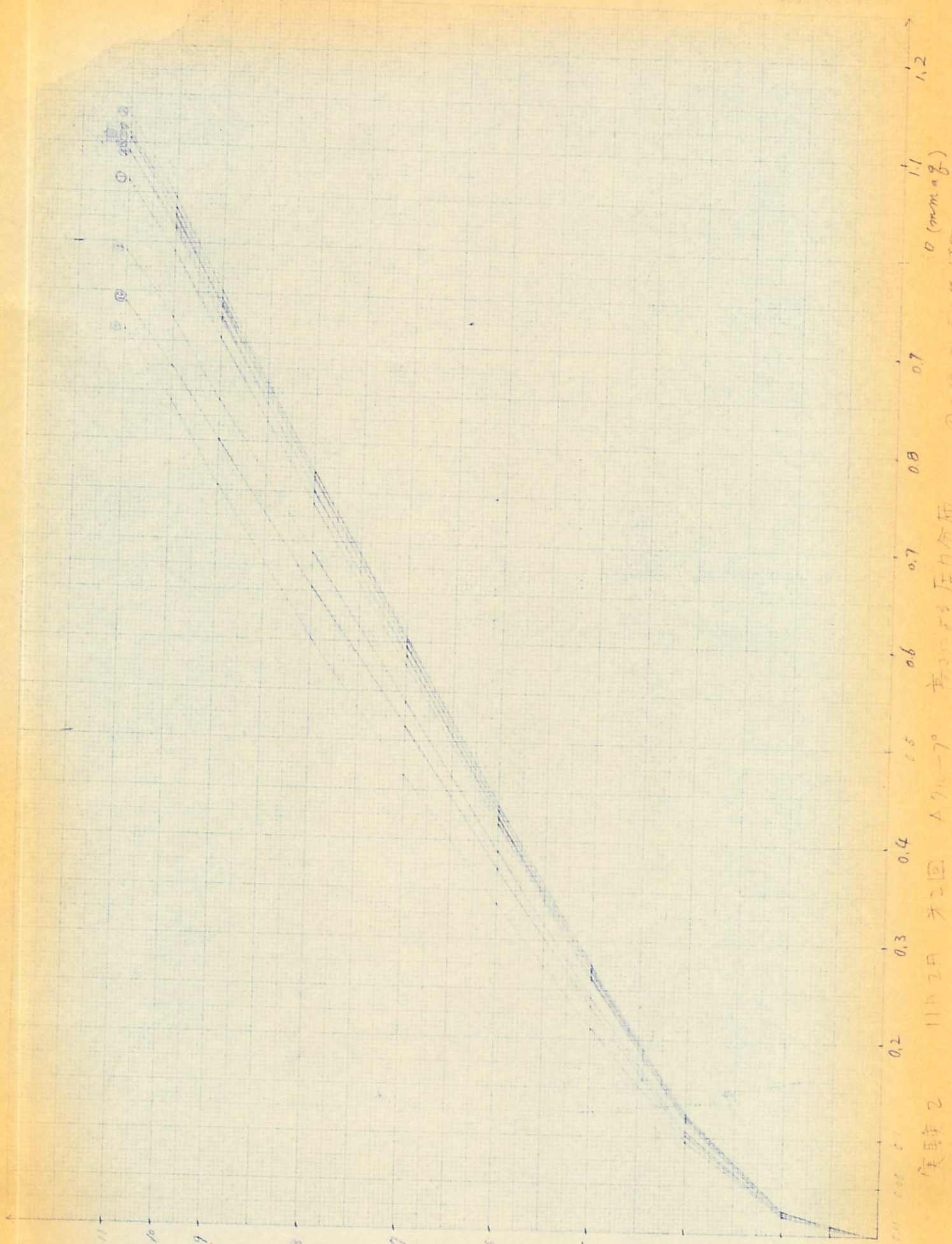
実験2

11月2日 水加回 A70-70 高さ0.5m 圧力分圧

① A101.5 0.1m (2.5m)

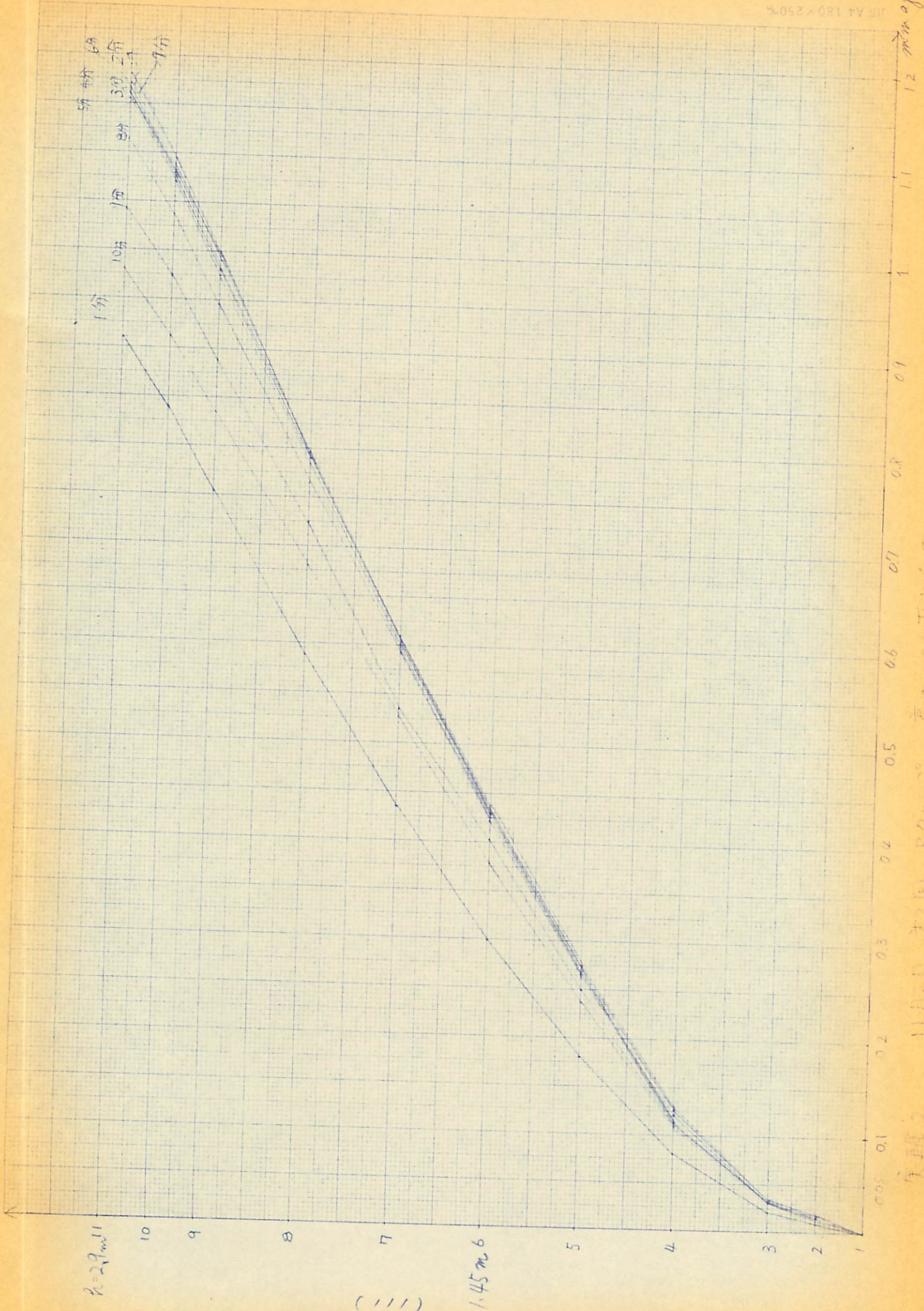
② (mmHg)

1.2



12 min of

実験の 11月20日 和国 Bの1000 高小の8 和力と在



$h=2.9m$

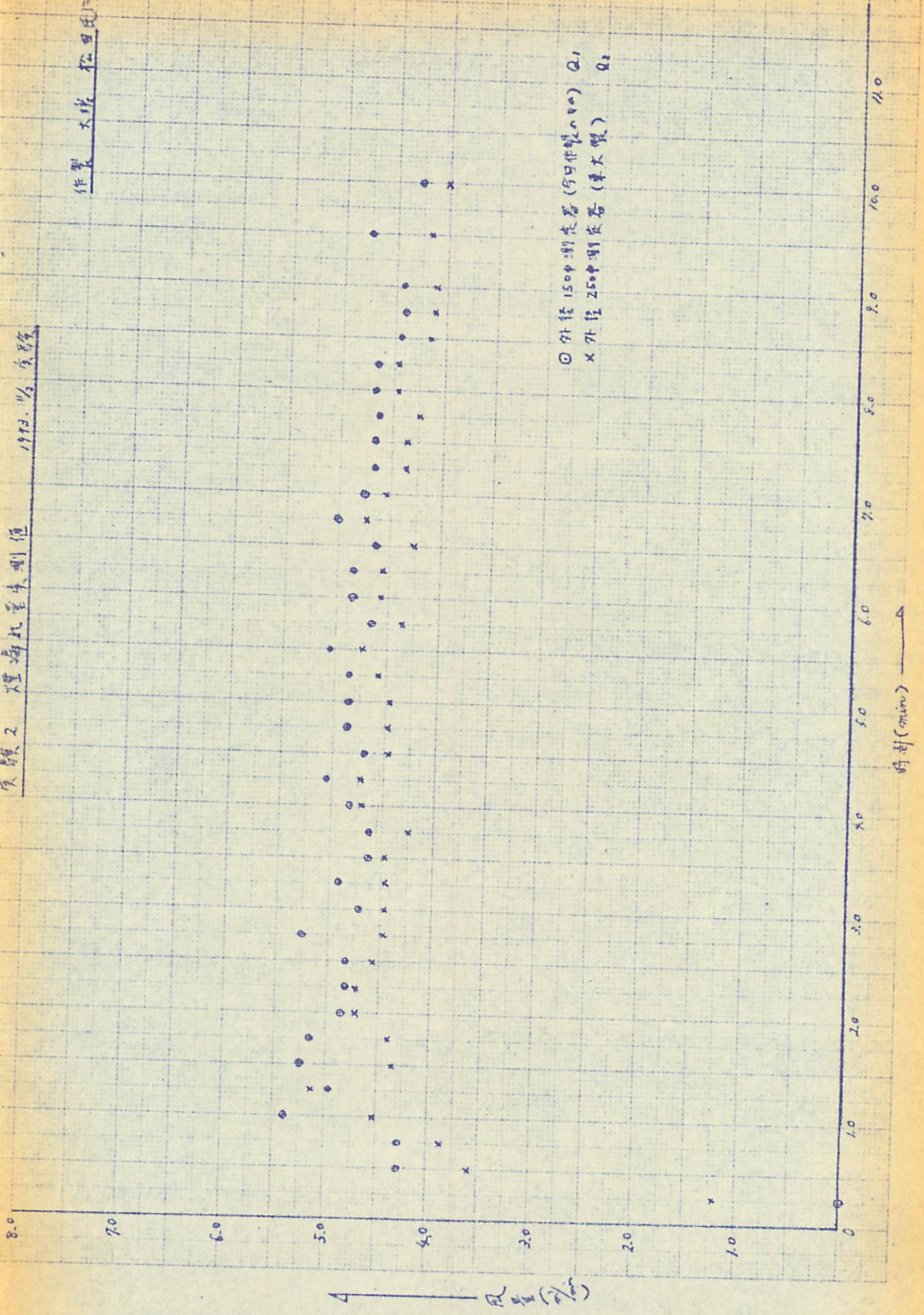
() () () ()

1.45m

實驗 2 煙海孔量測定值

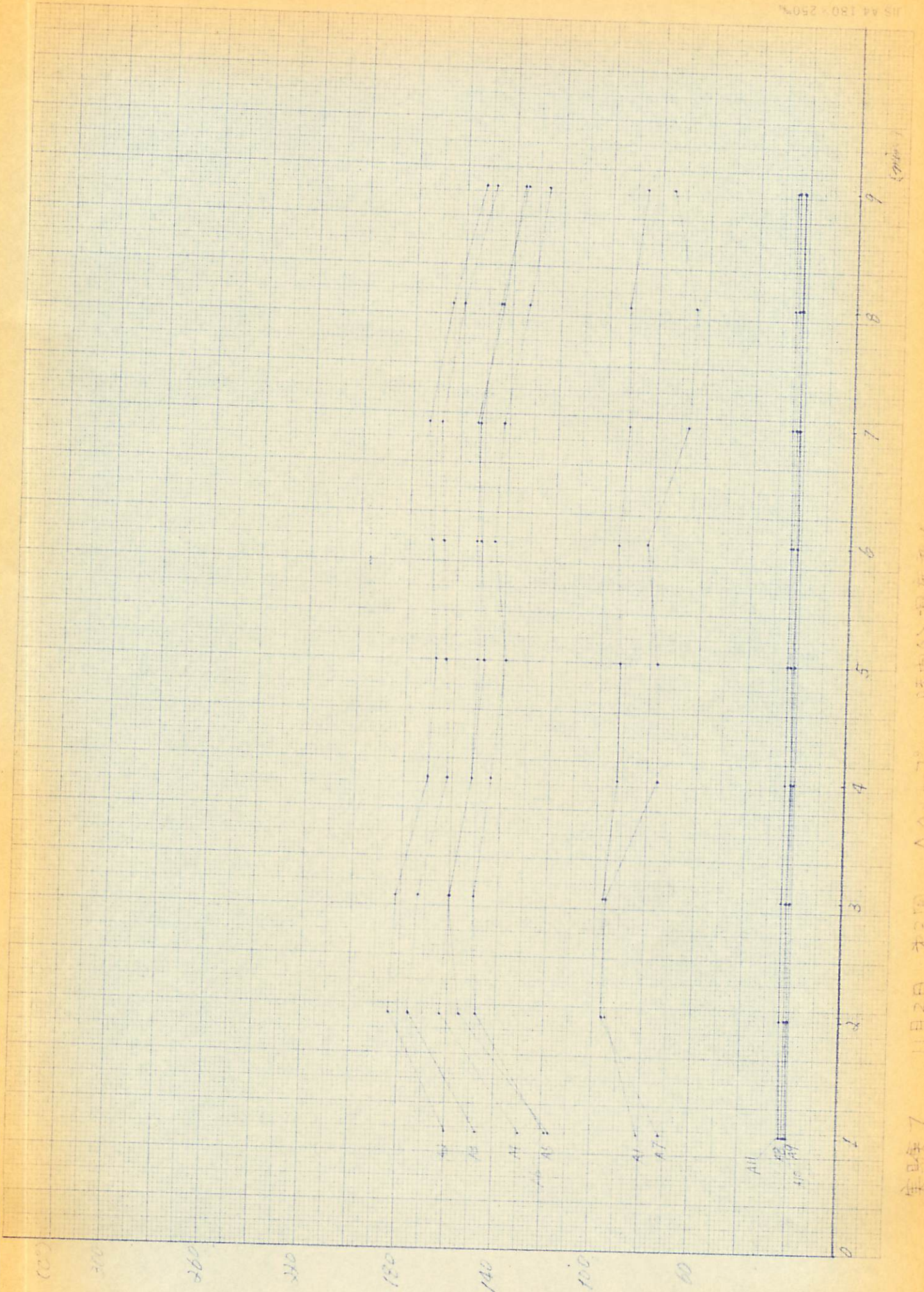
1973. 11. 實驗

作 者 大塚 松田氏

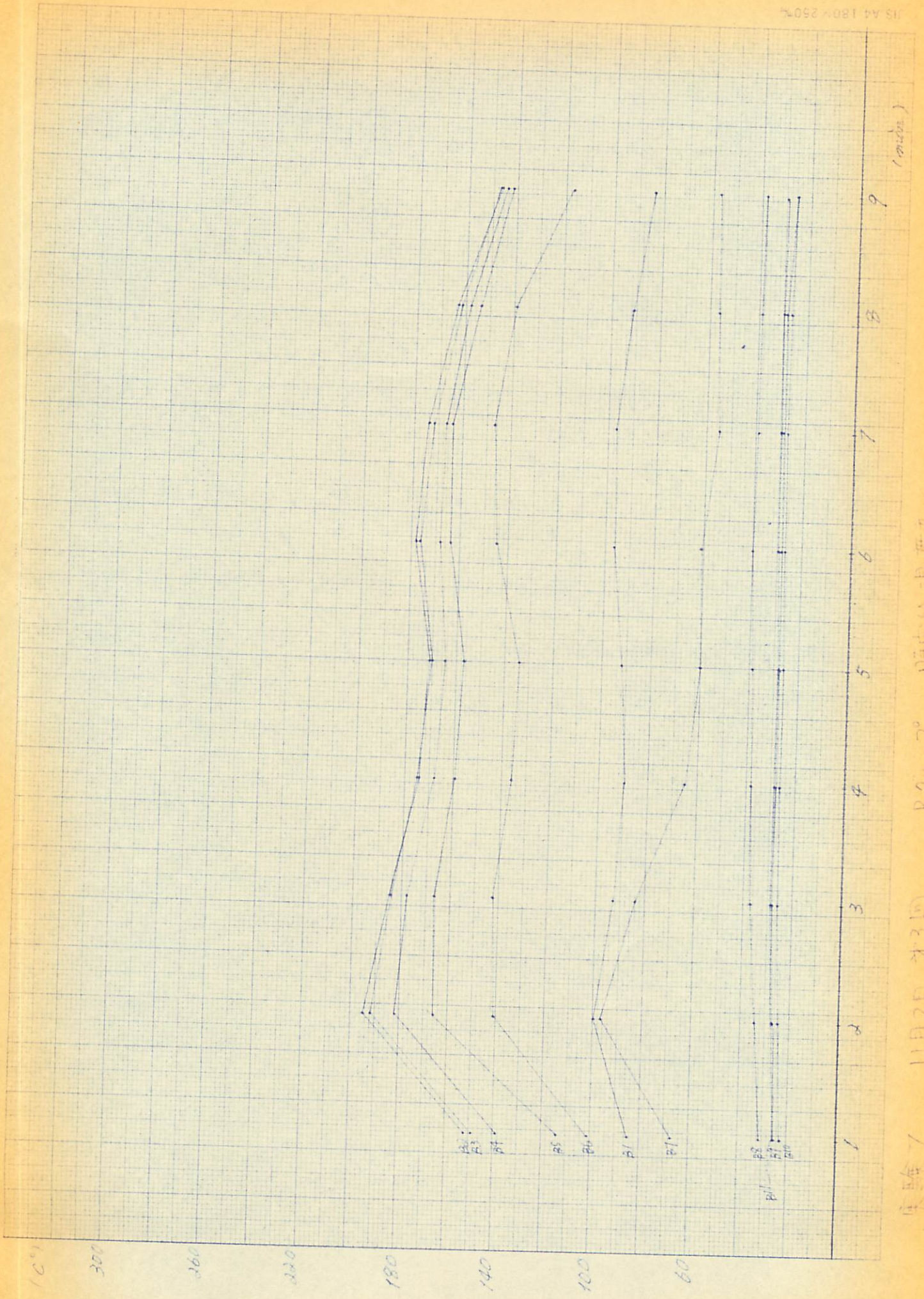


SEKIGI NO 101 C

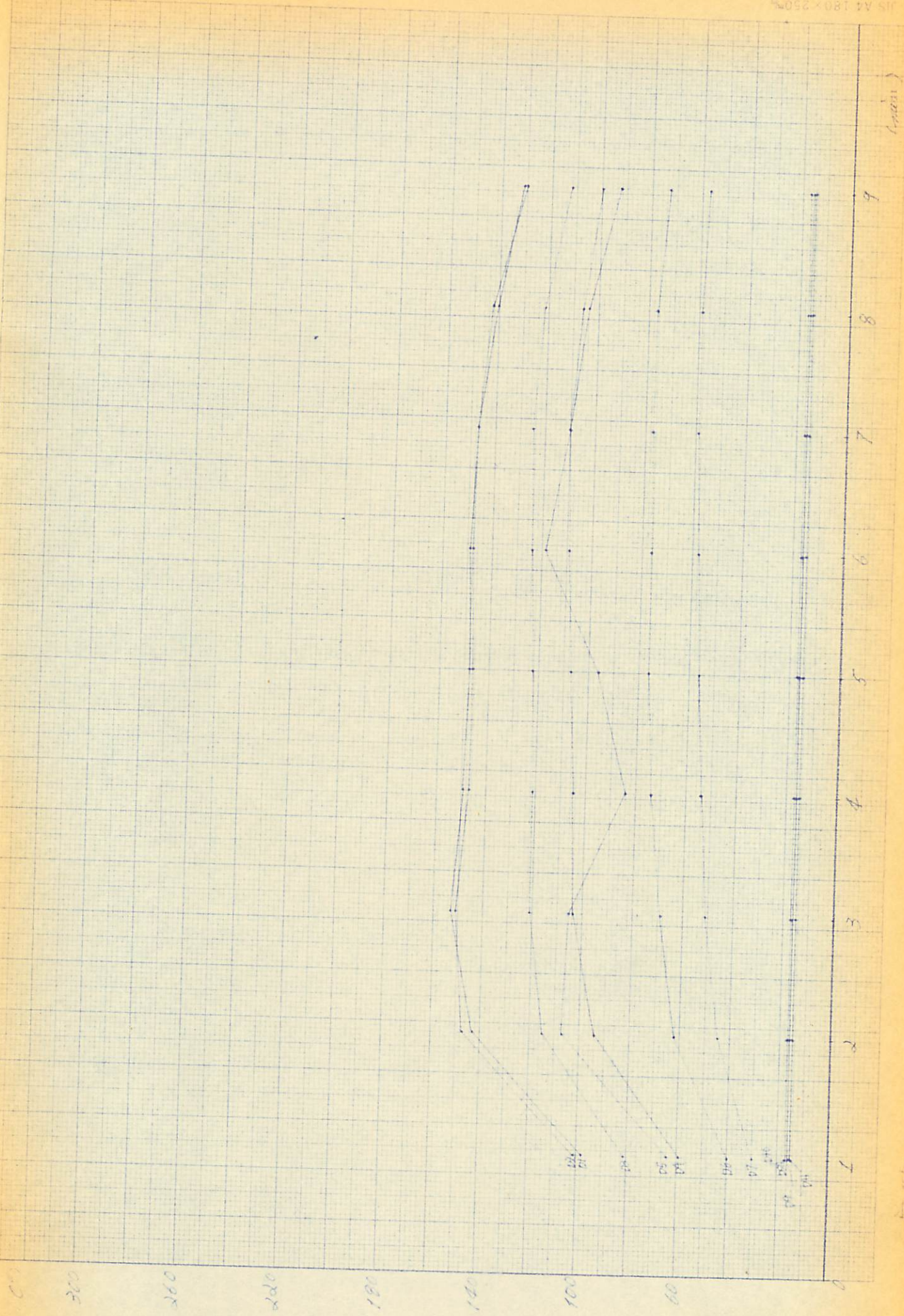
JIS A4 130 250



実験7 11月2日 木曜日 A7-A11 時の温度変化

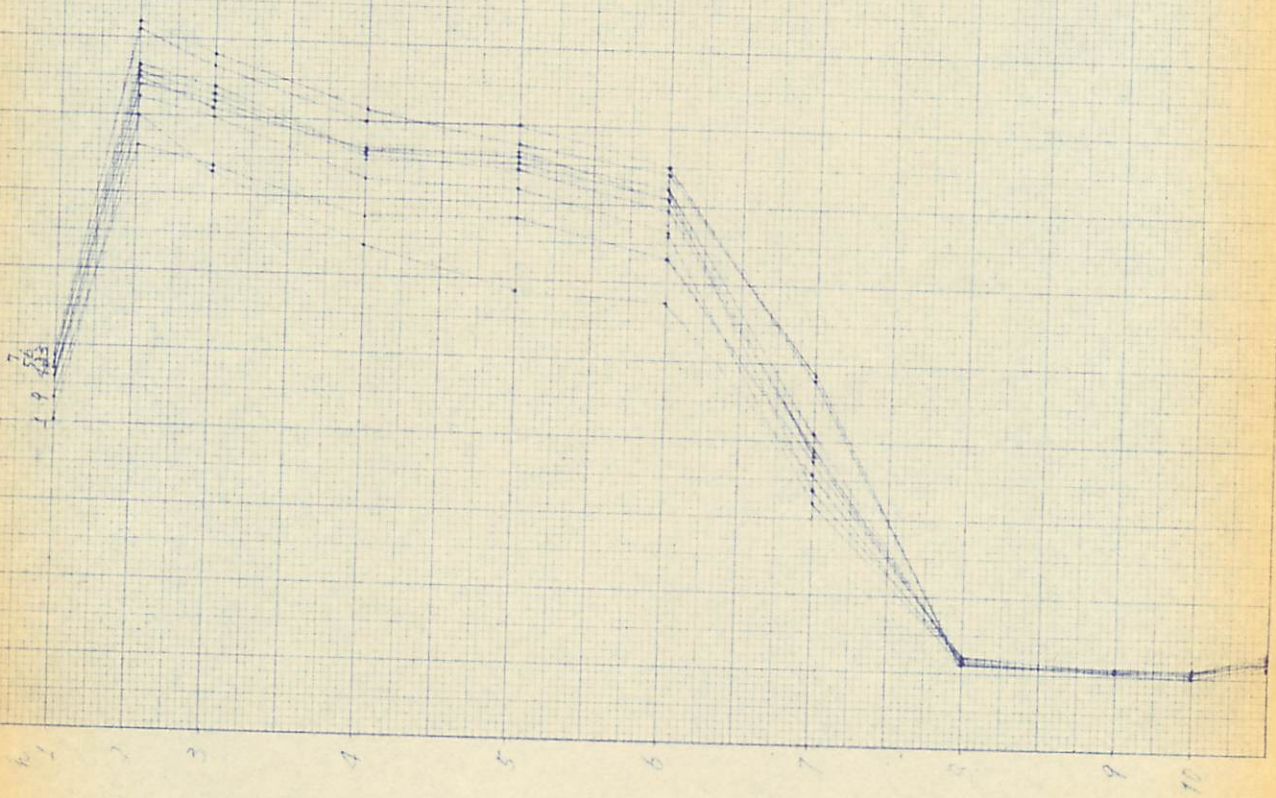


実験 1 11月20日(水) B70-70 時間の温度変化



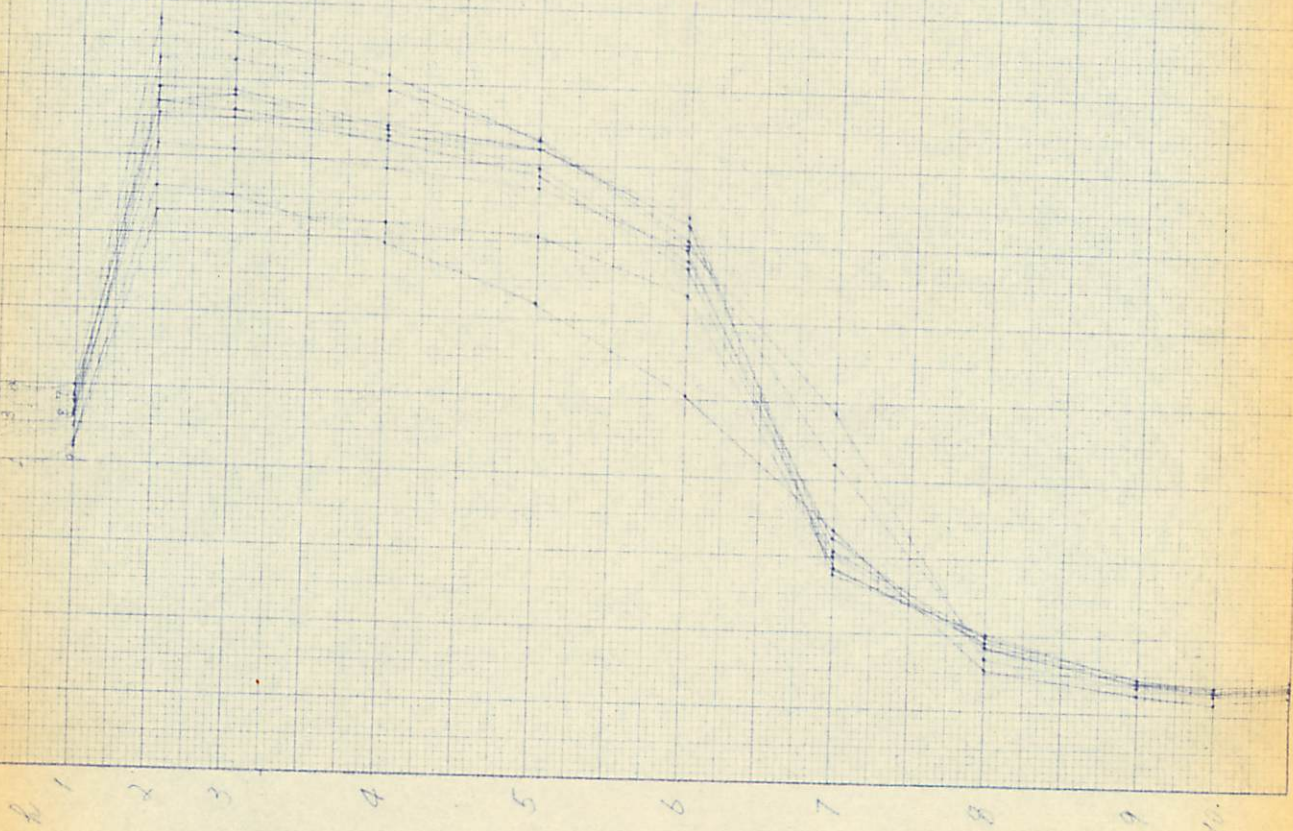
実験 7 11月20日 3時 0分 0秒 時間の温度変化

129は 吳火後 何分と行可

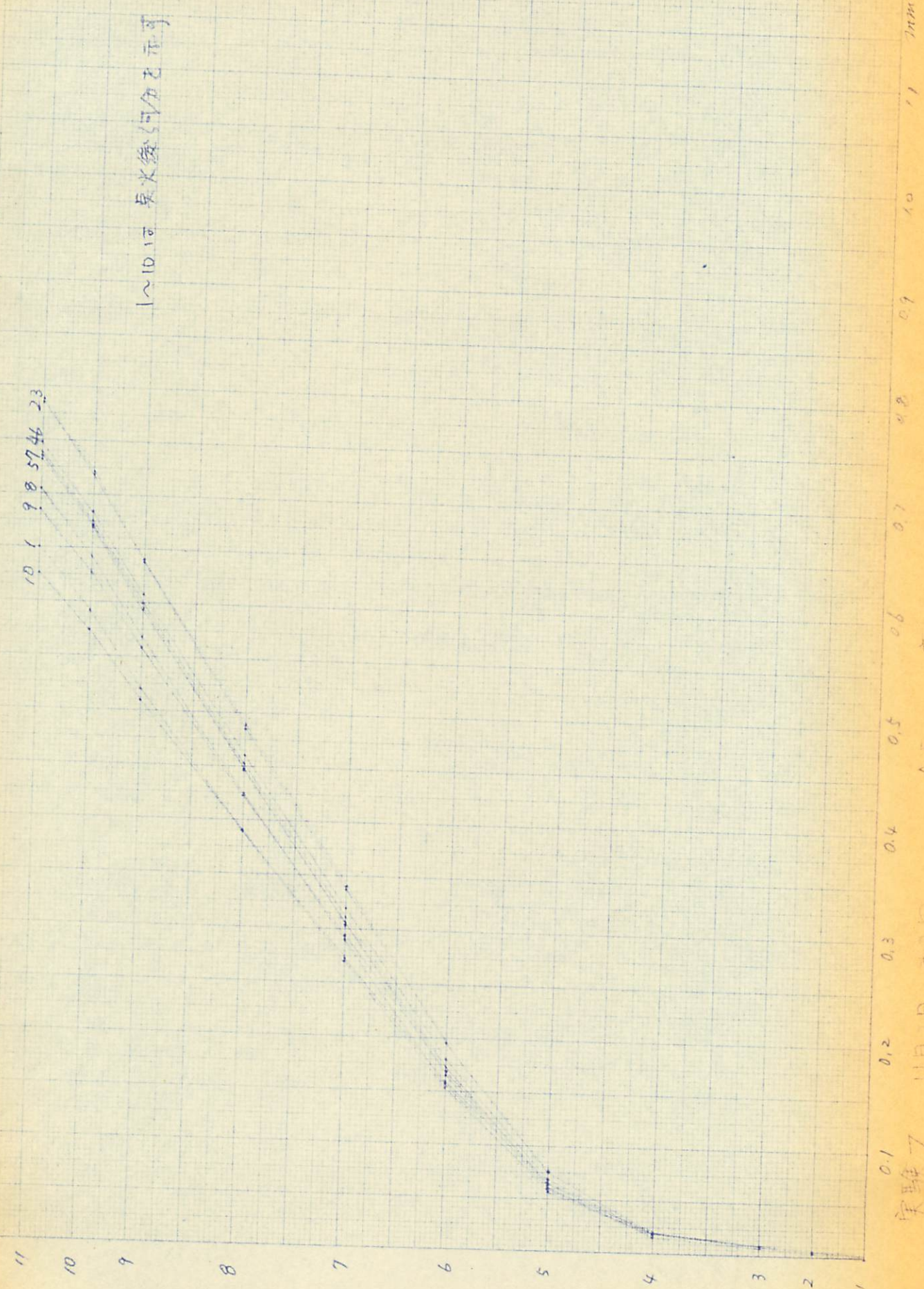


実験 7 11A2D 才3回 6/10-10 高木 邦雄 温度分布

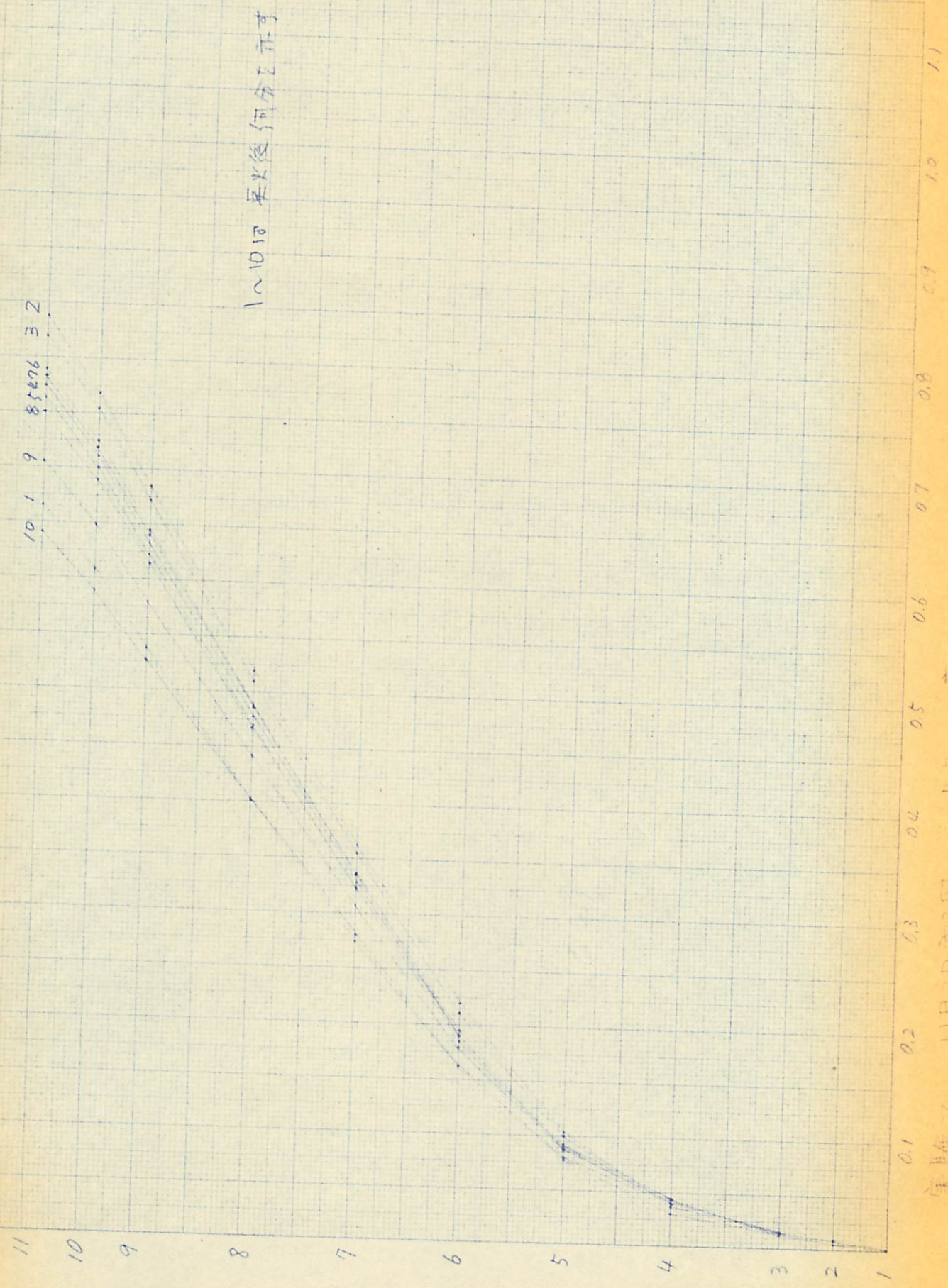
1~9日 長火後河分注示



実験7 11月1日木3回 B号 高水位時湯度分佈



實驗 7 川口 力分 壓力分在

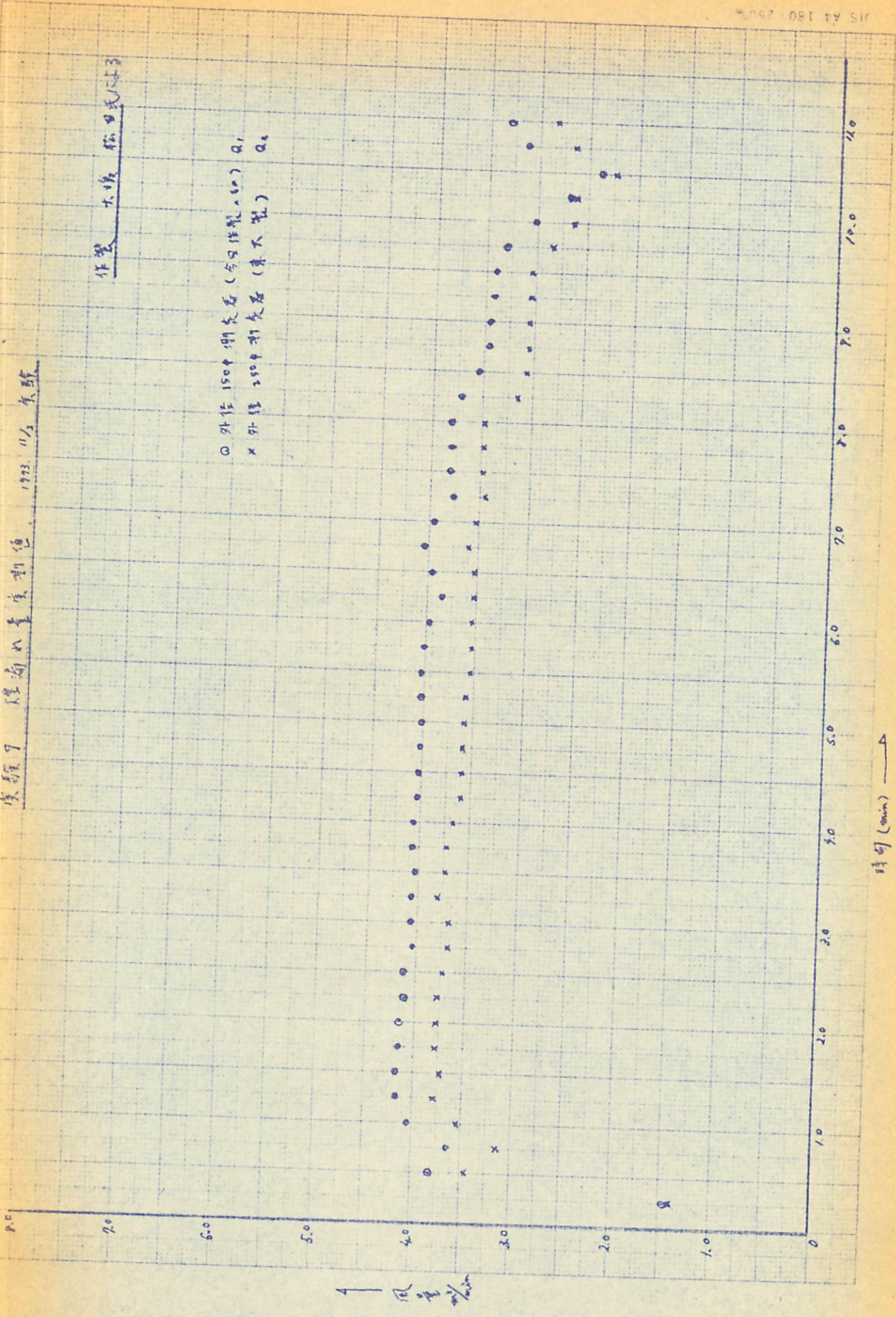


実験 / 11月20日 1時 高さ1.55 分布

実験了 煙筒水量測定 1933. 11. 5 東京

作製 大塚 松田氏(子)

○ 外径 150mm 煙灰石 (今川作製) Q_1
 × 外径 200mm 煙灰石 (東不製) Q_2



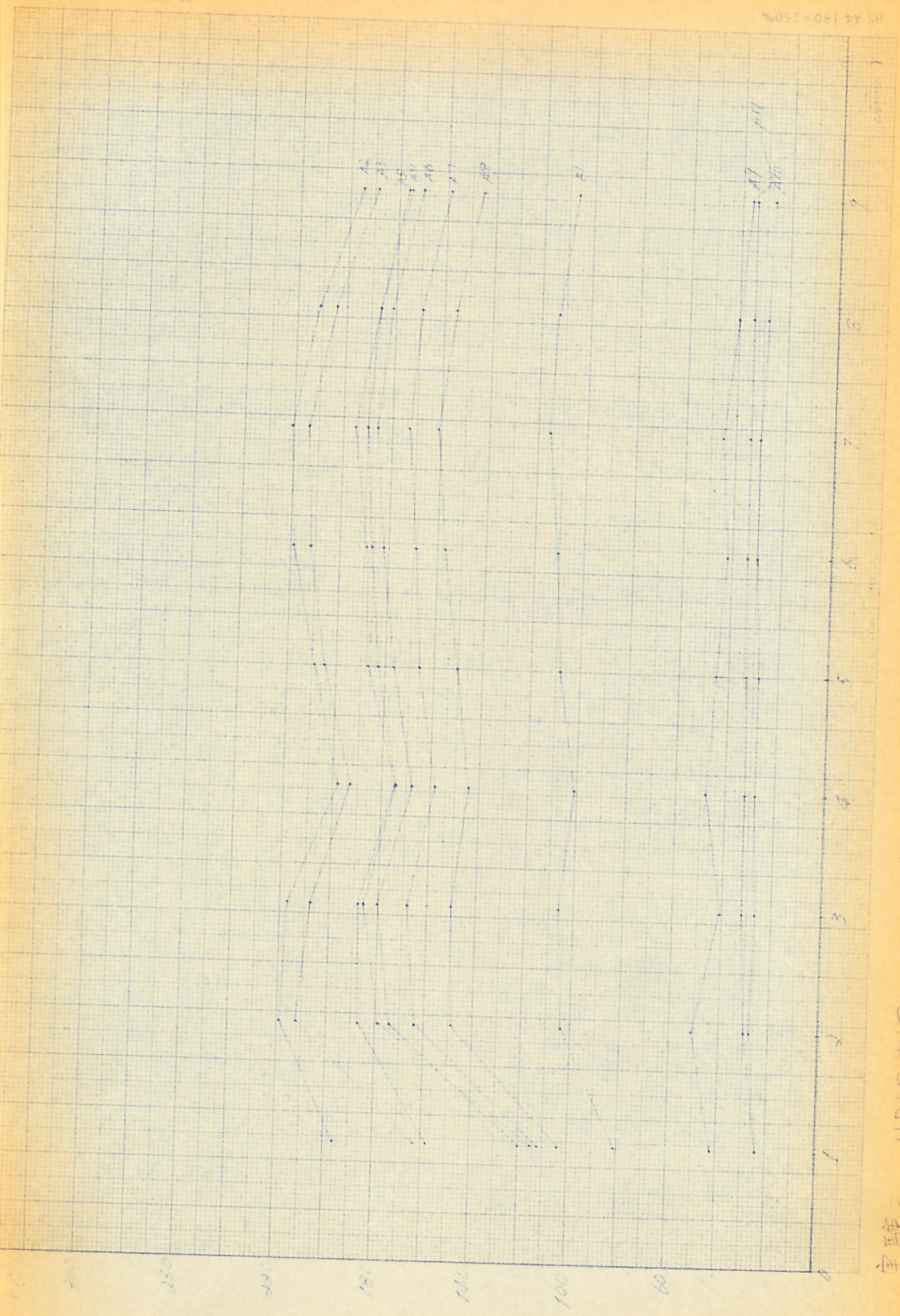
↑ 風量 $\frac{m^3}{min}$

時間 (min) →

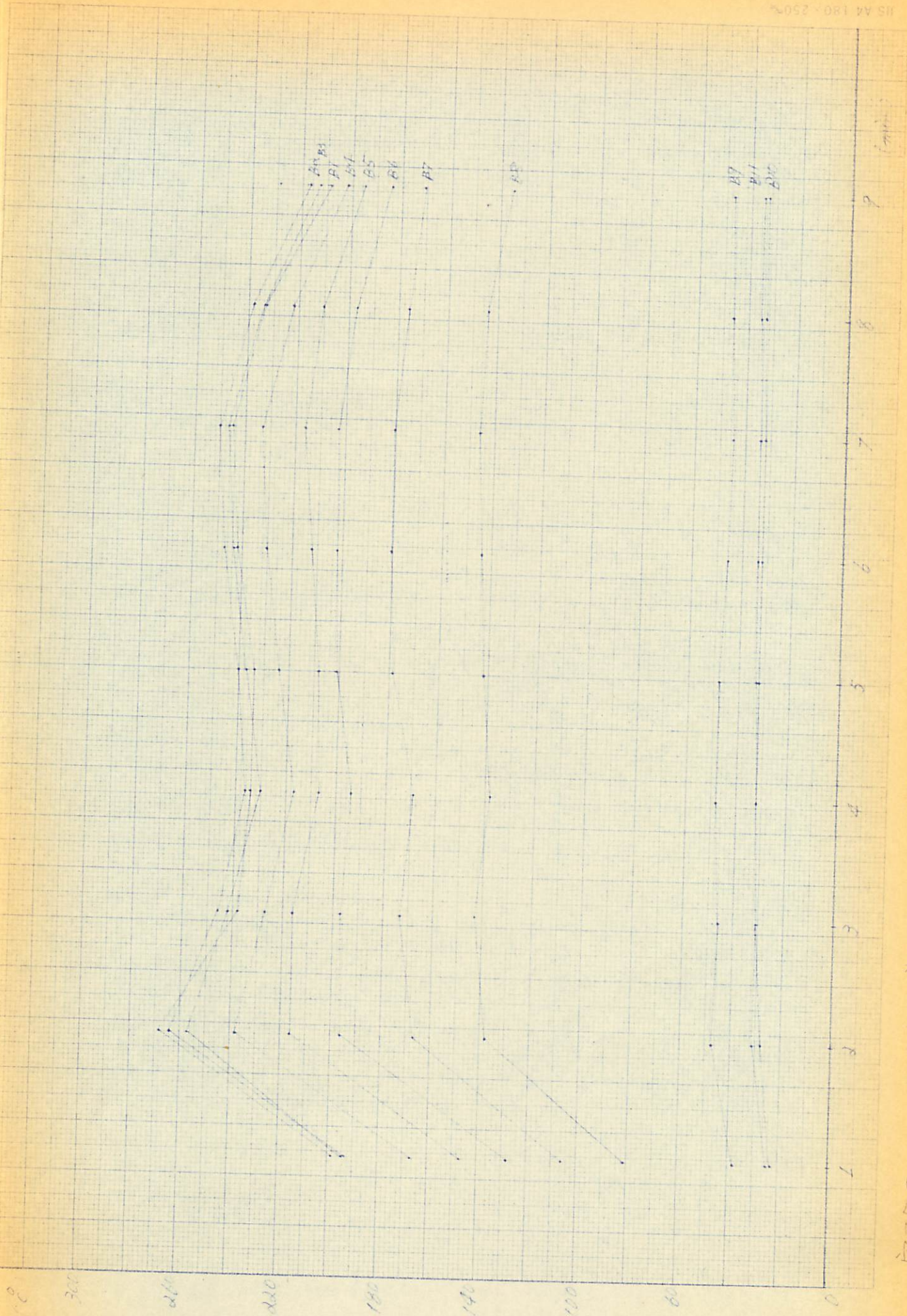
實驗三 11月6日水回 大氣 時間的溫度變化

JIS A4 180 - 250%

SEKOP NO 401 C

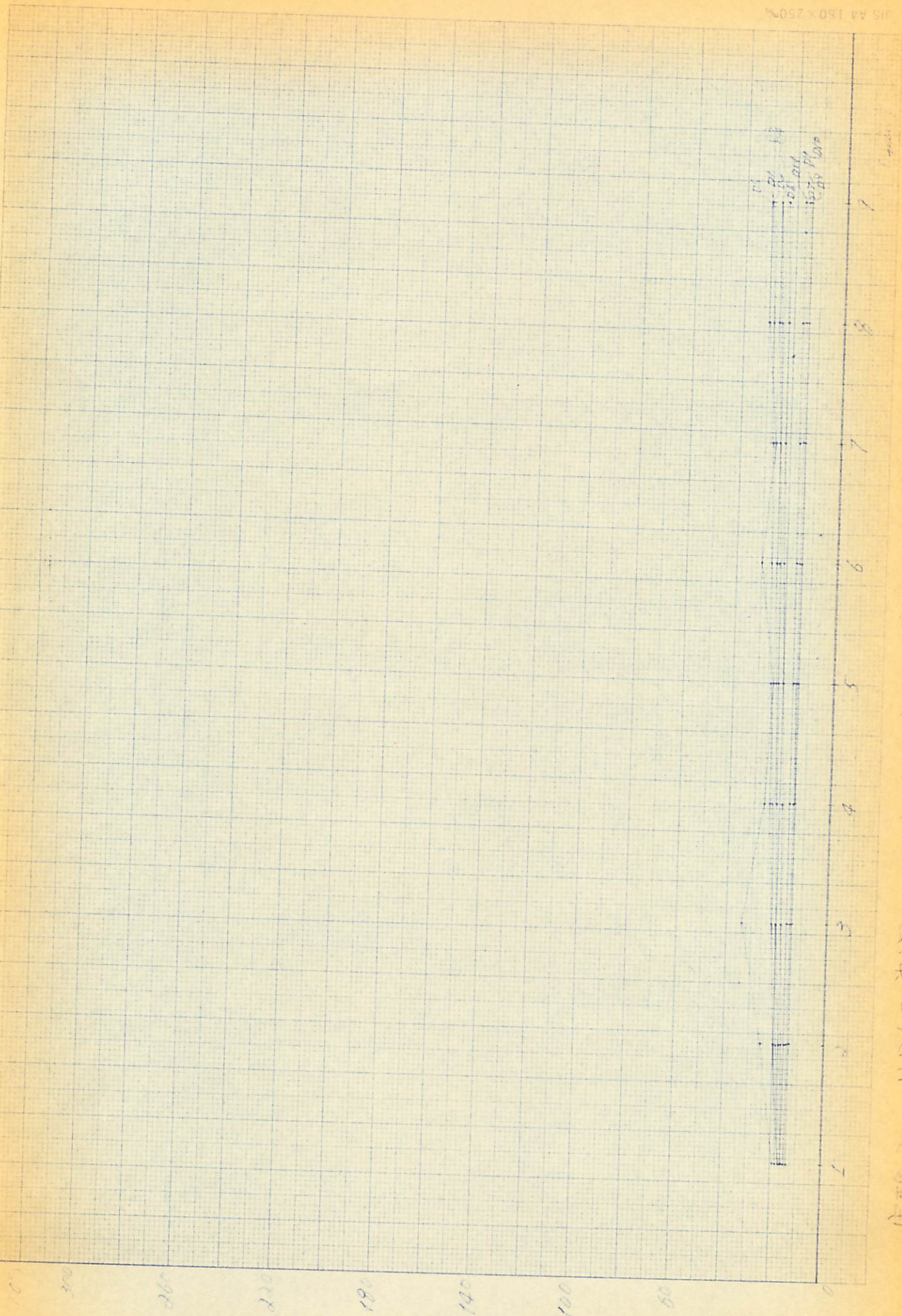


(121)

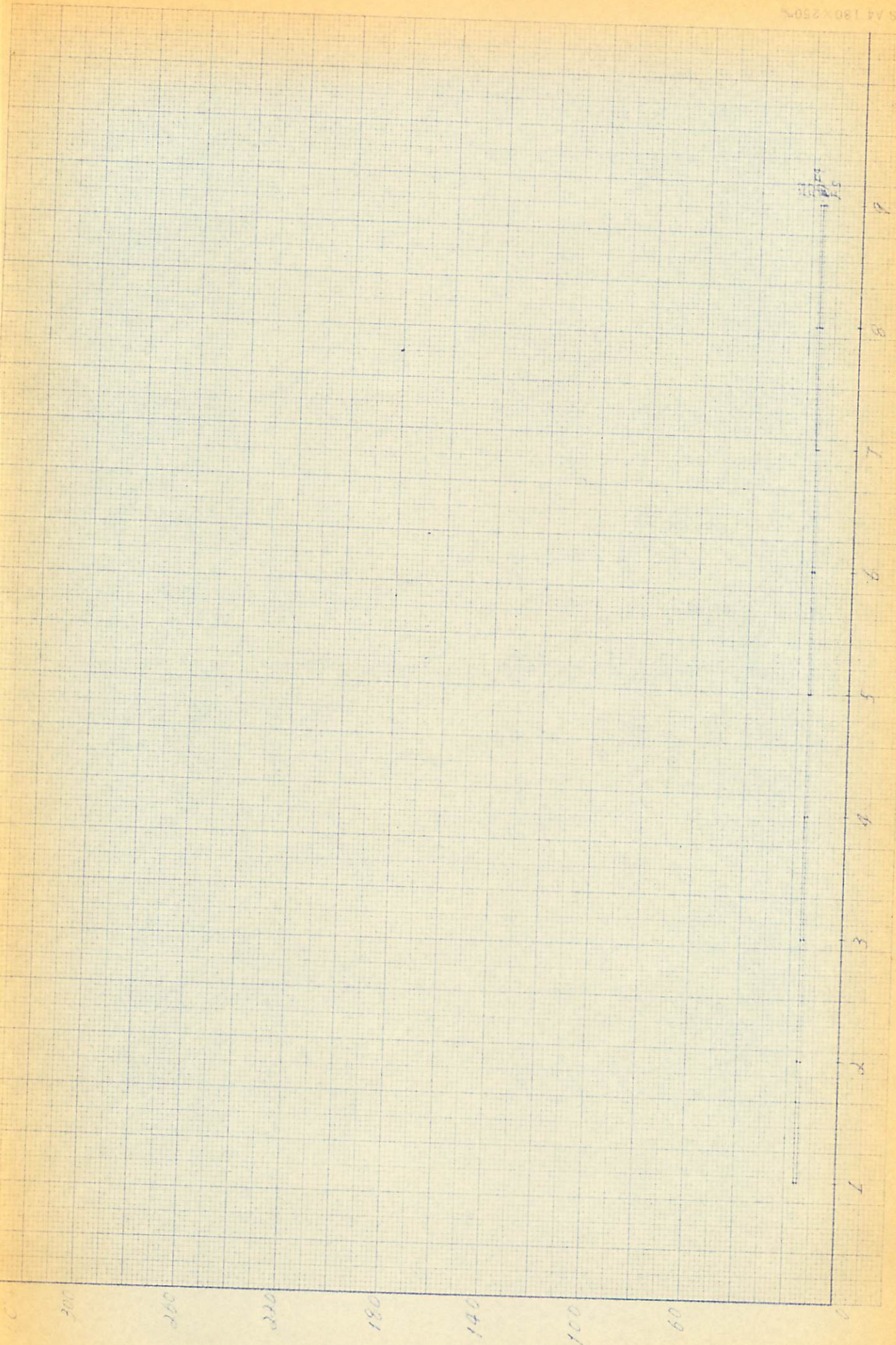


實驗3 11月6日一回 B泉 時間別溫度變化

実験3 11月6日 1日 時刻別温度変化



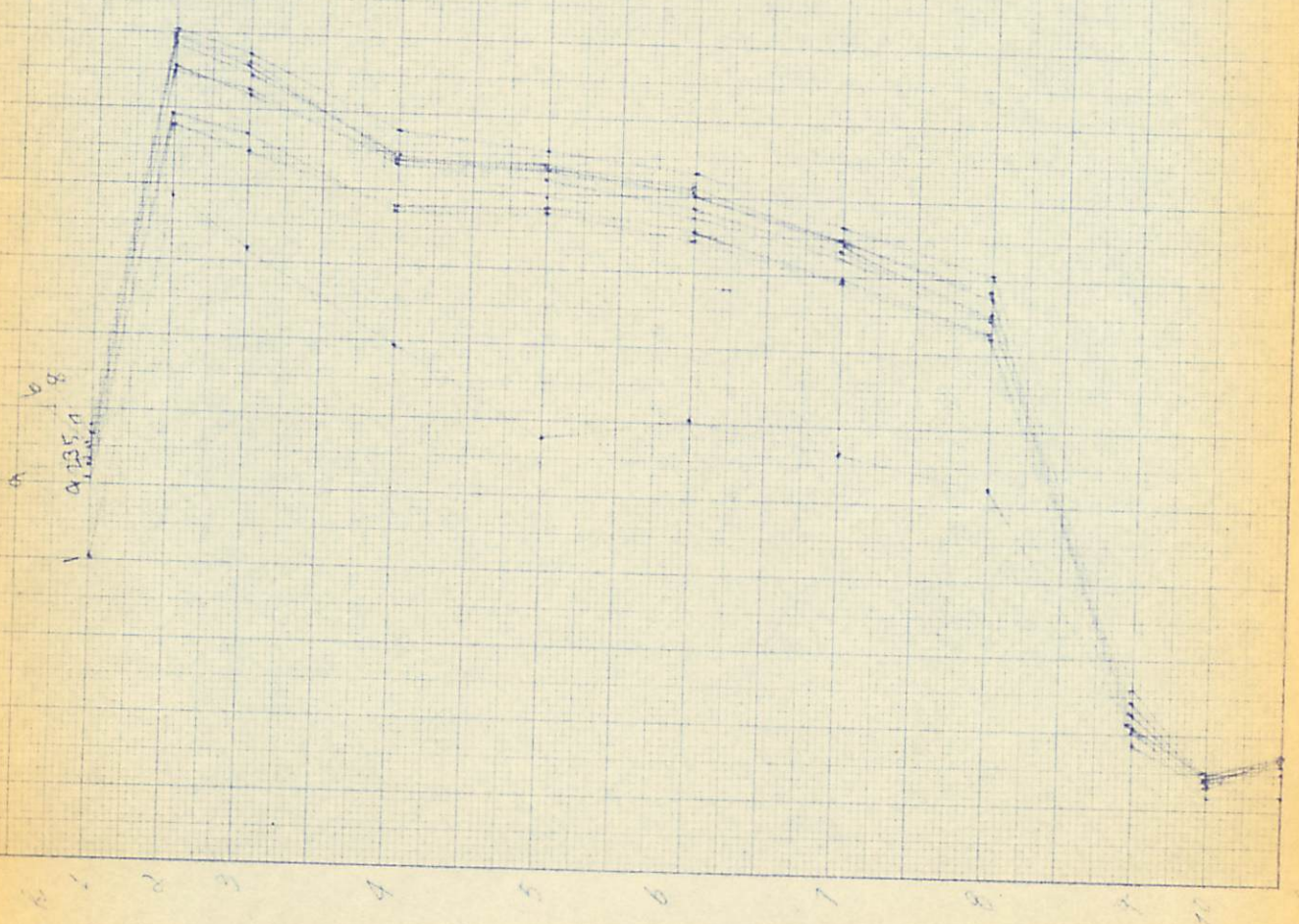
1500 (mm)



實驗三 11月20日 下午 時間的溫度變化

1~9日 吳火後 何分至示可

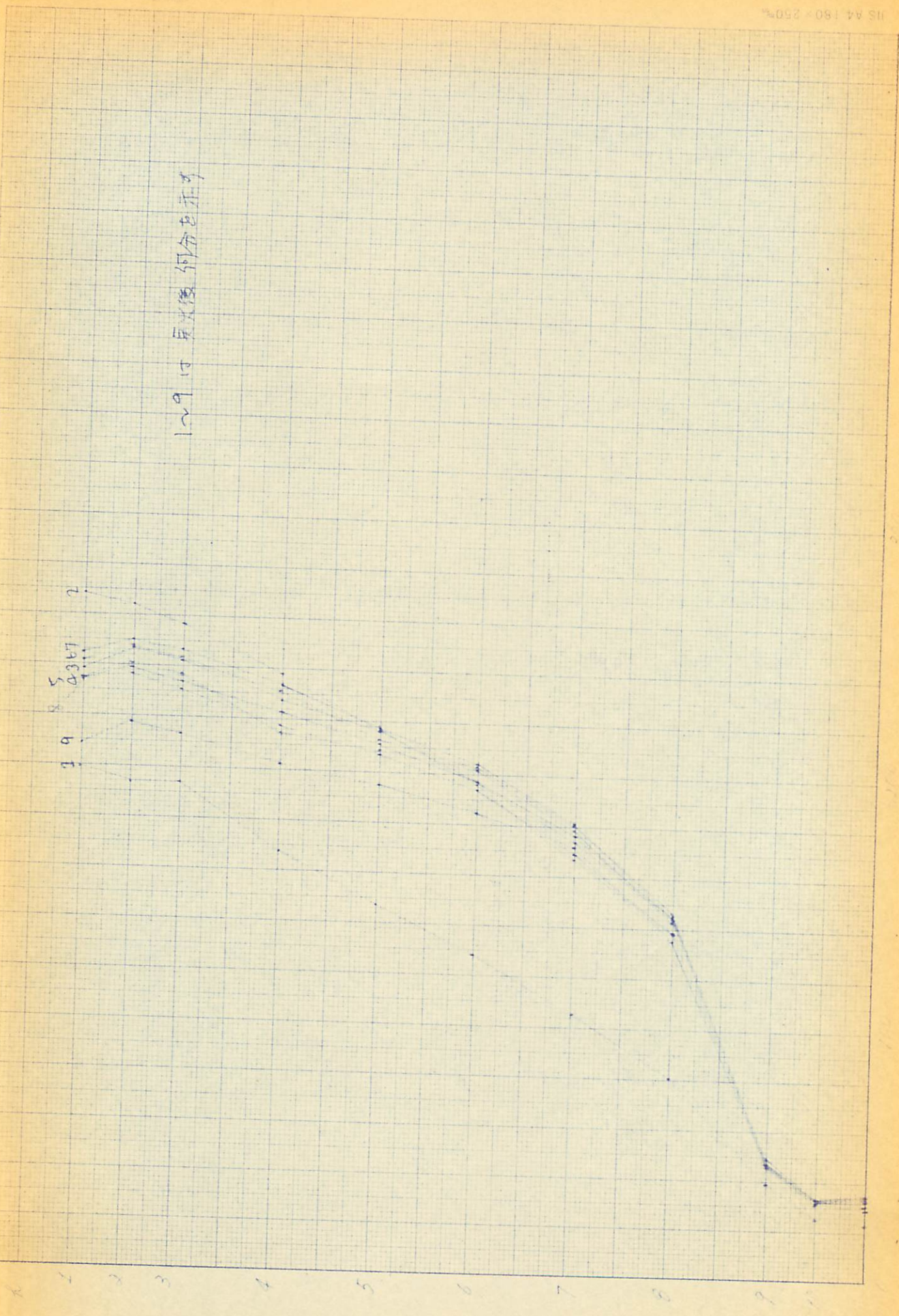
0.8
0.35



実験3 11月6日付 A区 高さ 50cm 流速分布

1~9 日 夏水後 何分也示可

1 9
8
5
4367
2



宇波 5 11日 6日 10日 15日 20日 温度分布

11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

9.4
5.286.7

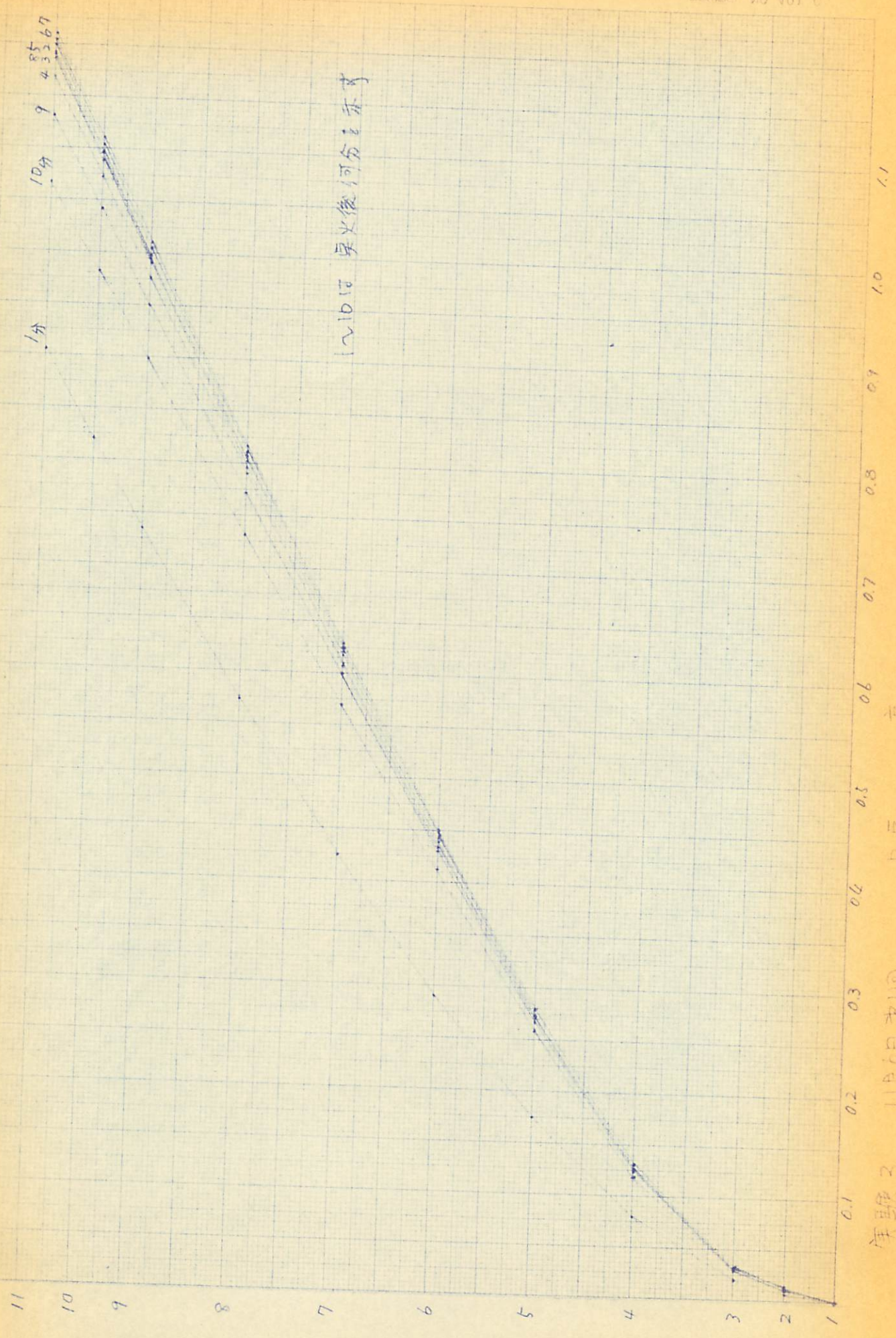
10

1

10.5 算火後 何分と不可

0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.1
mm

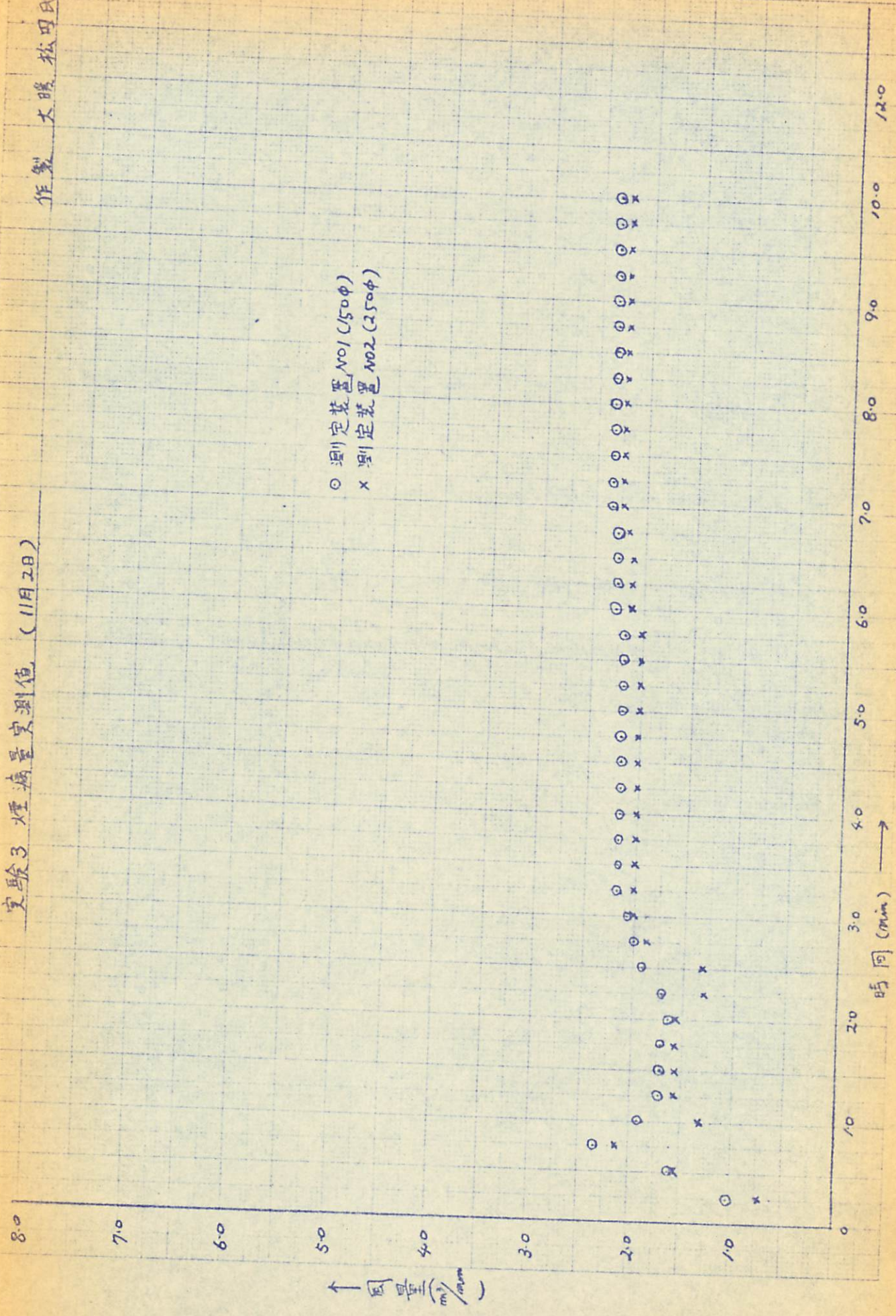
実験3 11月6日 1回 A5

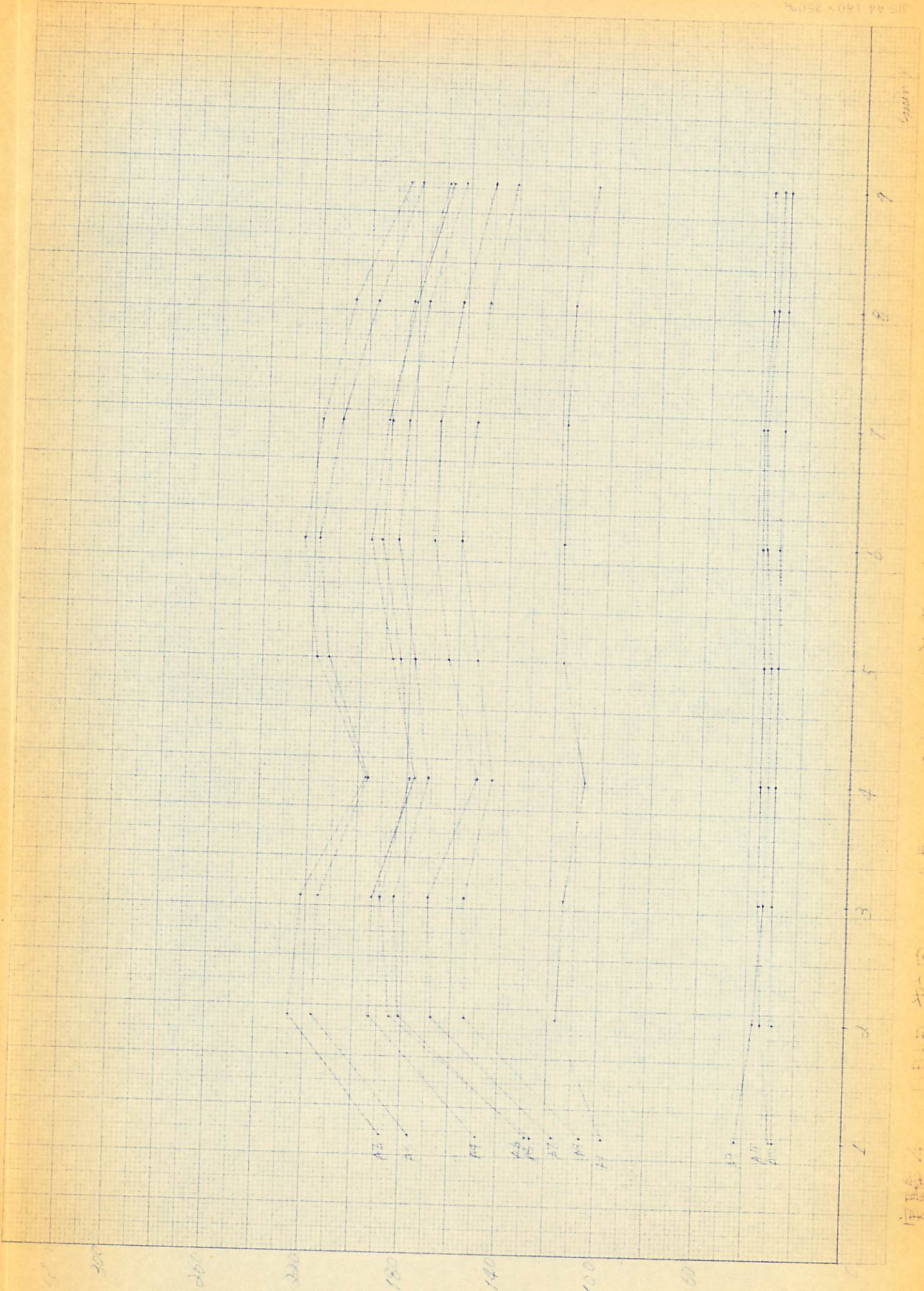


実験3 11A6日 実火後何分と示す

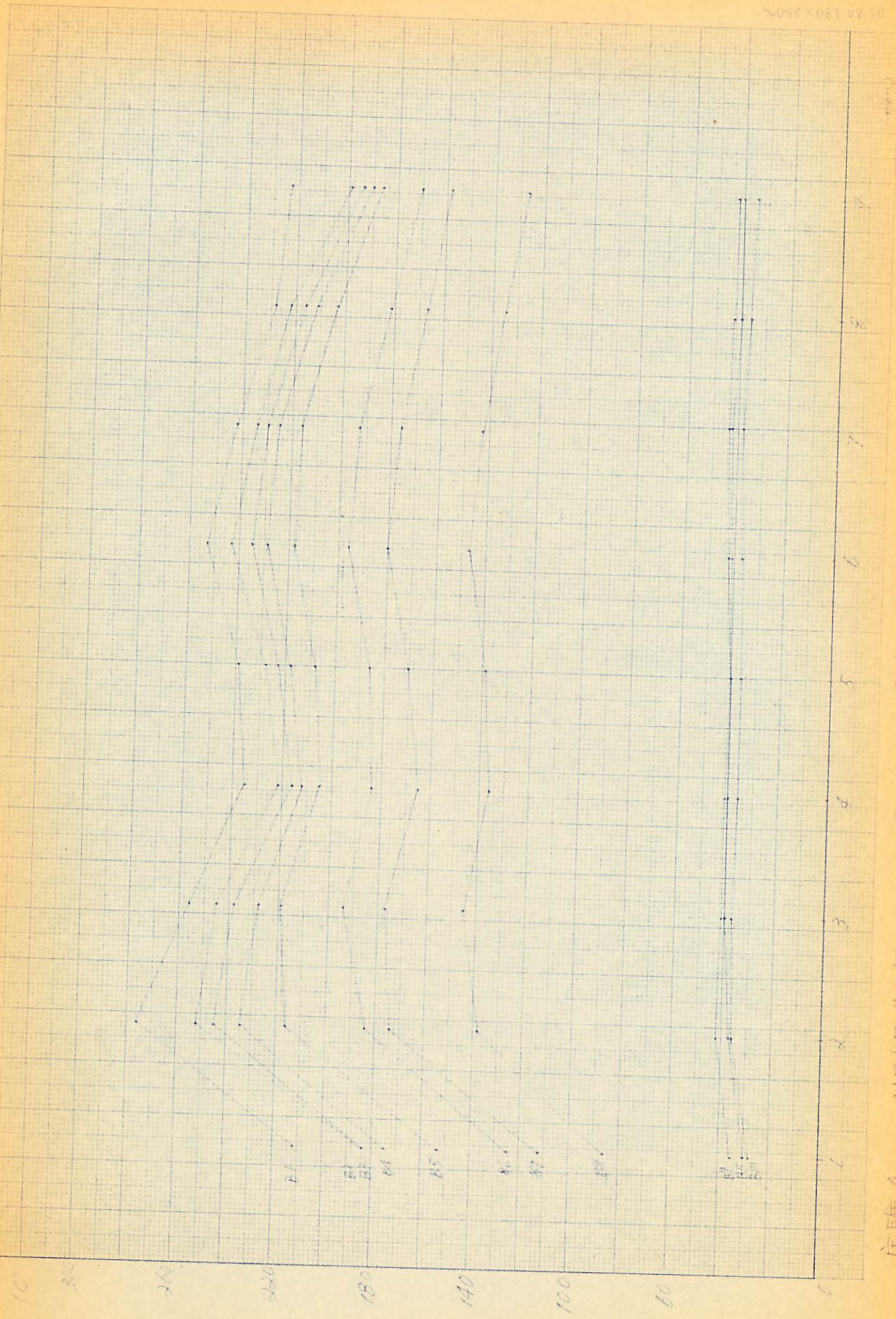
實驗3 煙流量測定値 (11月2日)

作製 大塚 松田氏

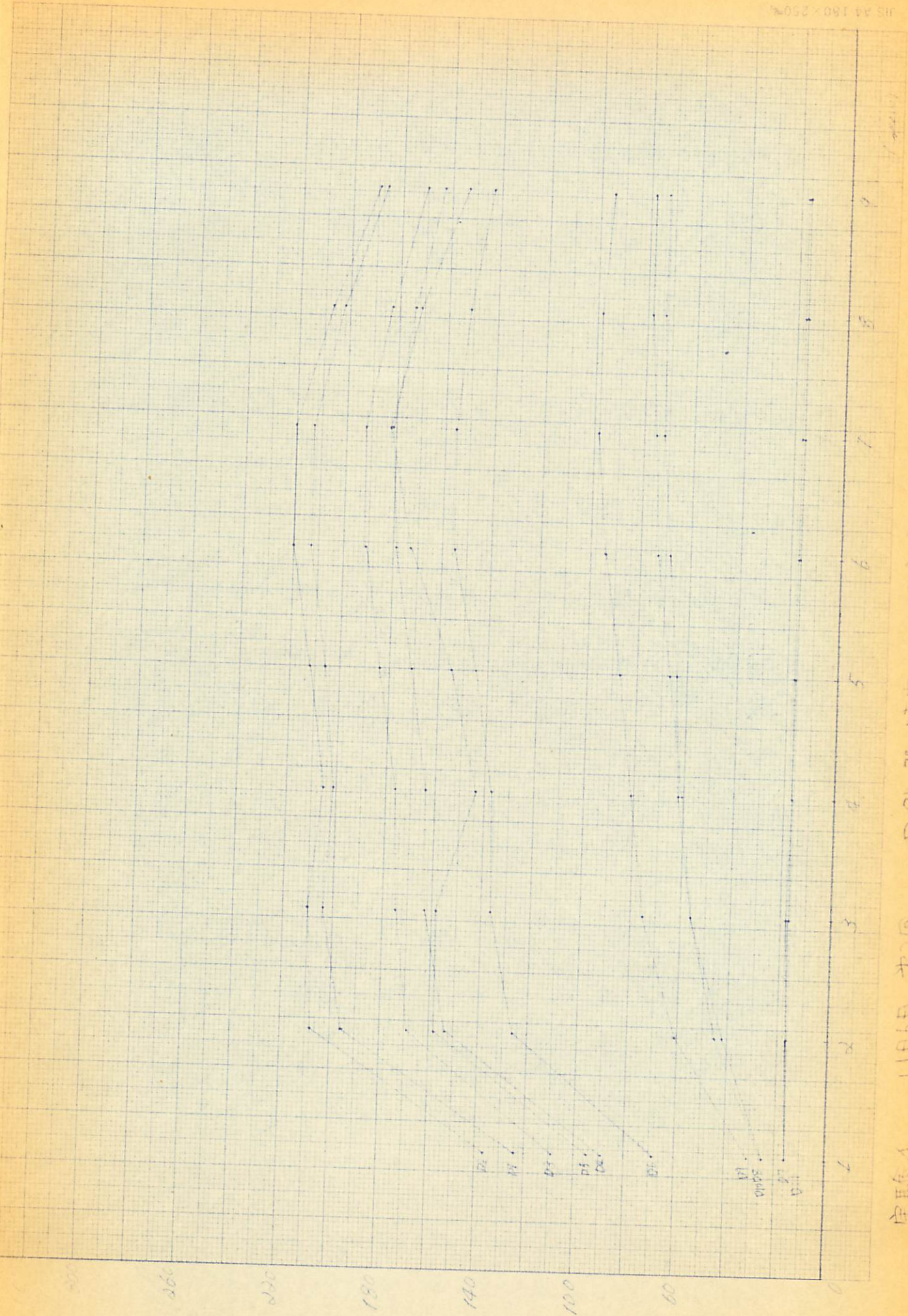




実験4 11月10日 第2回 大塚 時間の油度変化



実験4 11月6日水曜日 日中 時間の温度変化



実験4 11月6日 才2回 D7%7° 時間による温度変化

260
200
180
140
100
60
0

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

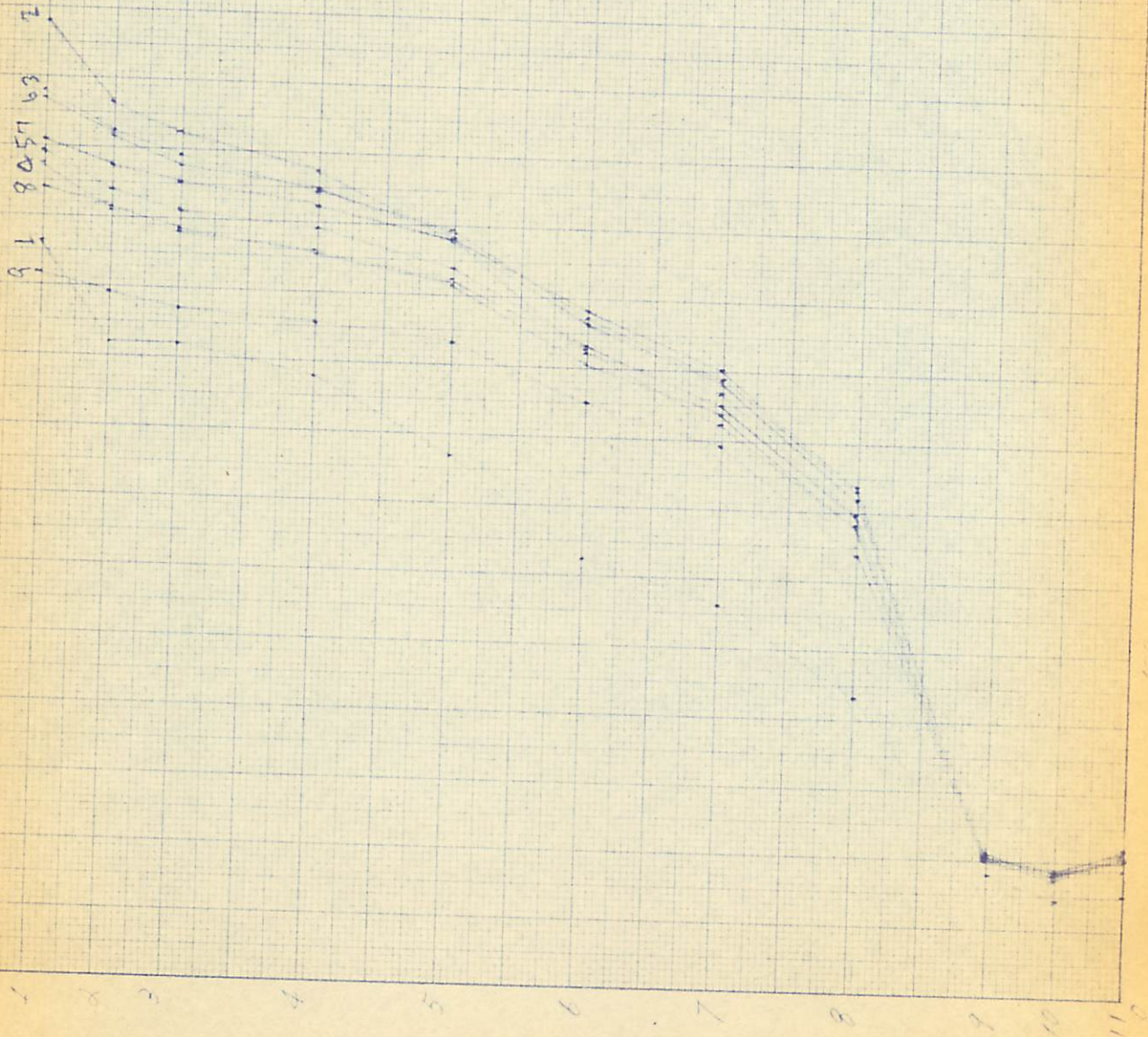
実験 4 11月6日 才20 F710-70 時間の温度変化

7.1
7.2

7.1

1~9日 臭火後何分指示可

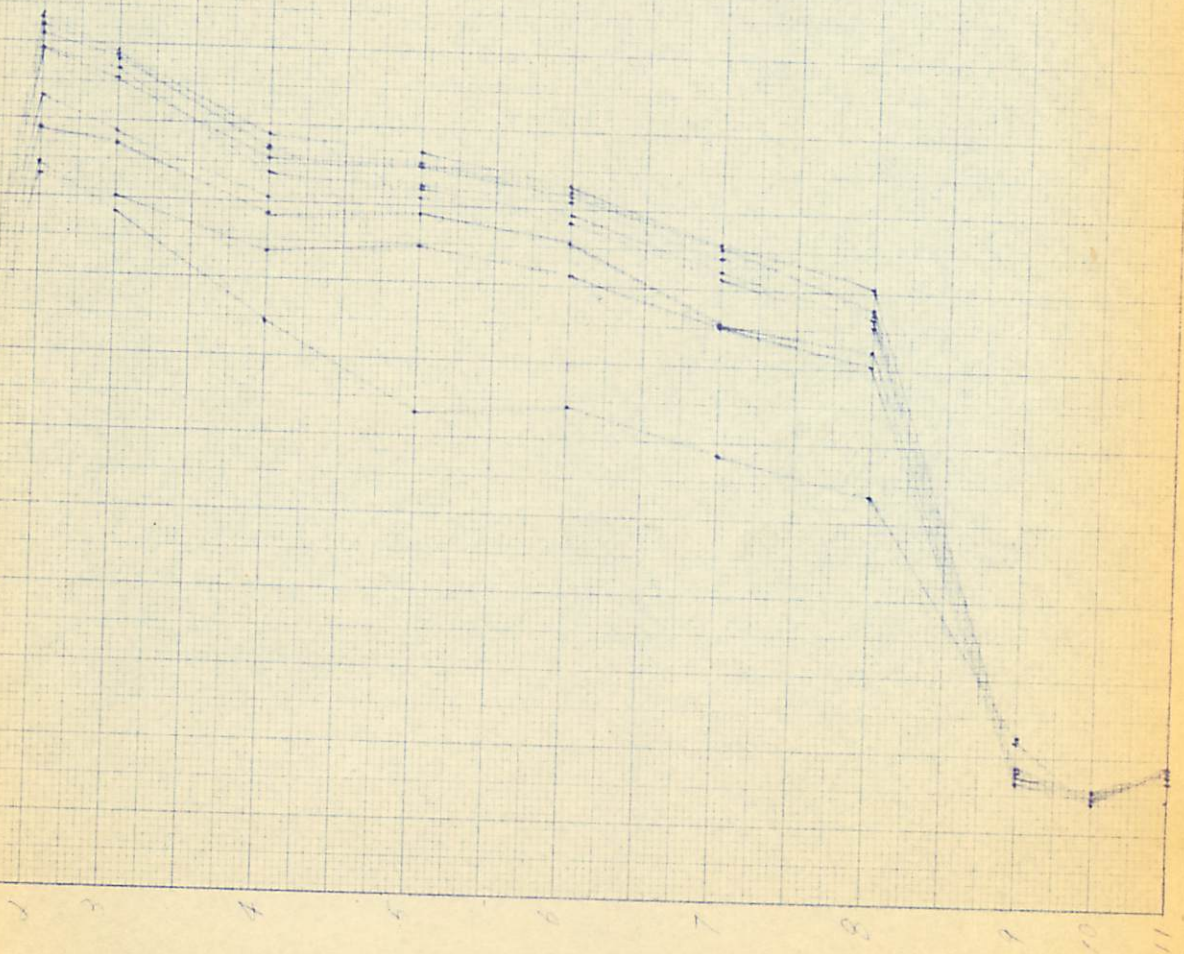
9.1 8.057 6.3 7



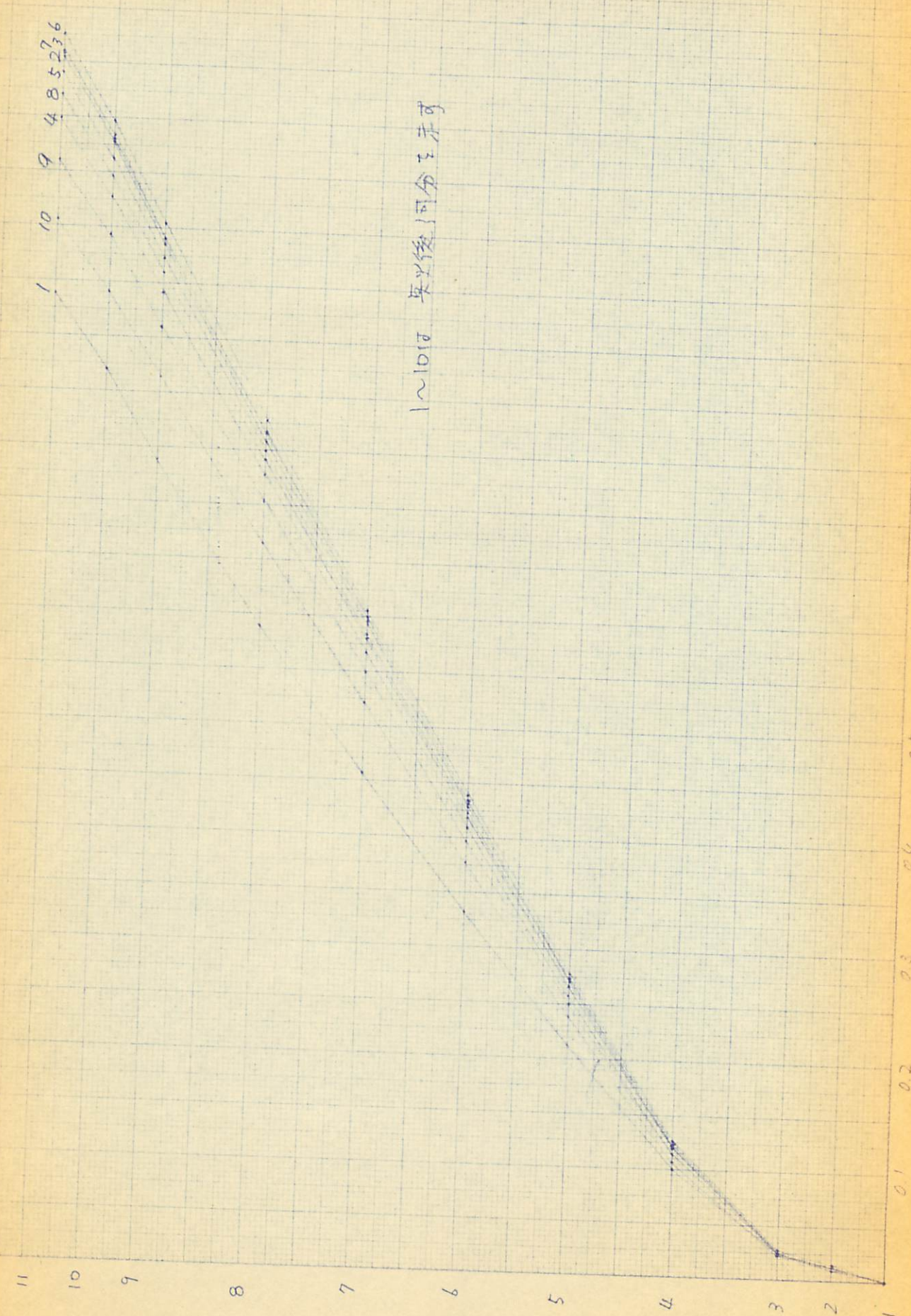
実験4 11月6日 初回 B 臭 温度分布

1~9日 果火後河分石亦可

8.54
1.44
1



実験4 11月6日 才二回 A号 高... 温度分布



1~10位 昇進後 可分 5 未可

実験 4

11月6日 和同

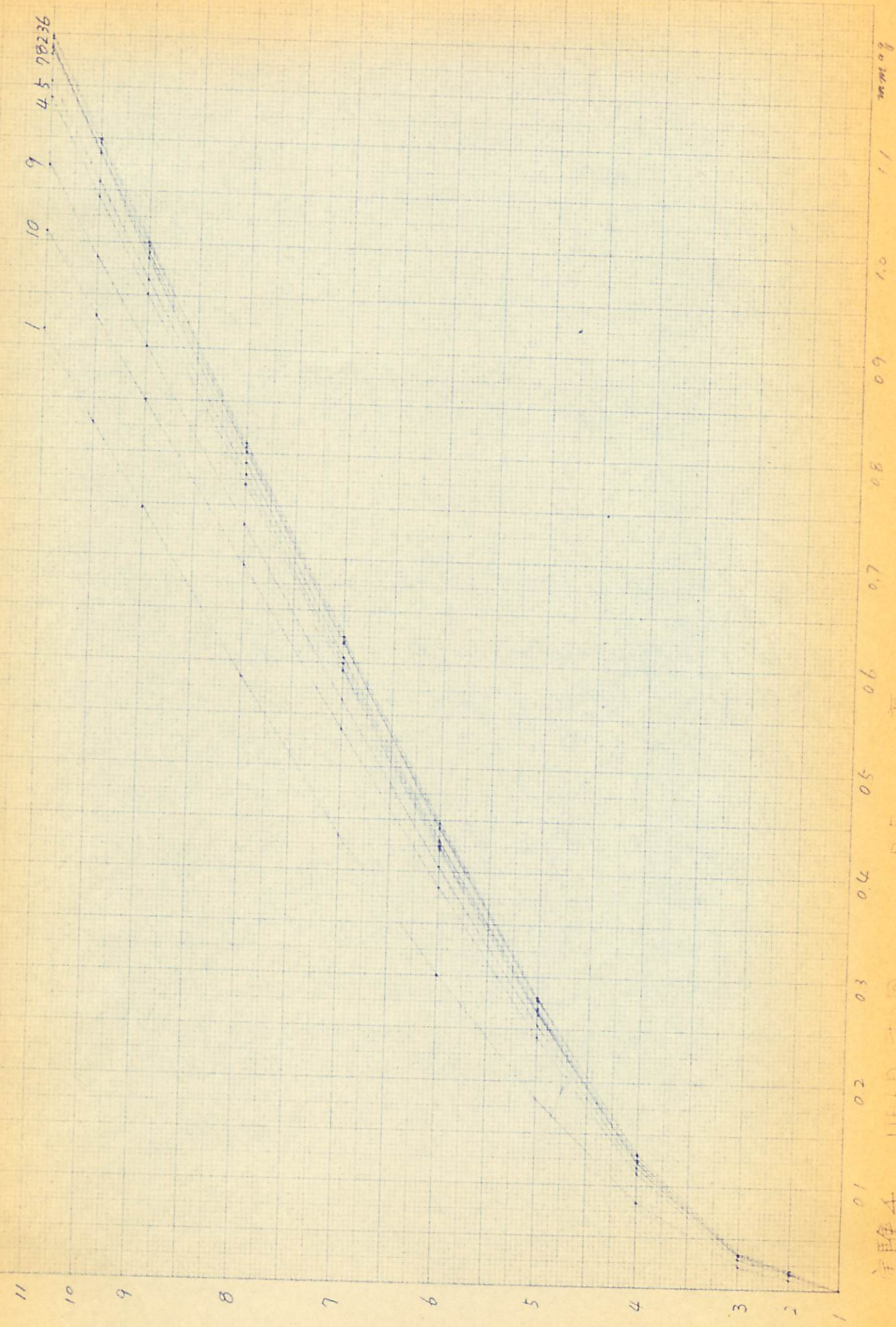
A 5

高 5

2 5 1 1 分 5

1.0
1.1

mm of



実験4

11460 打回

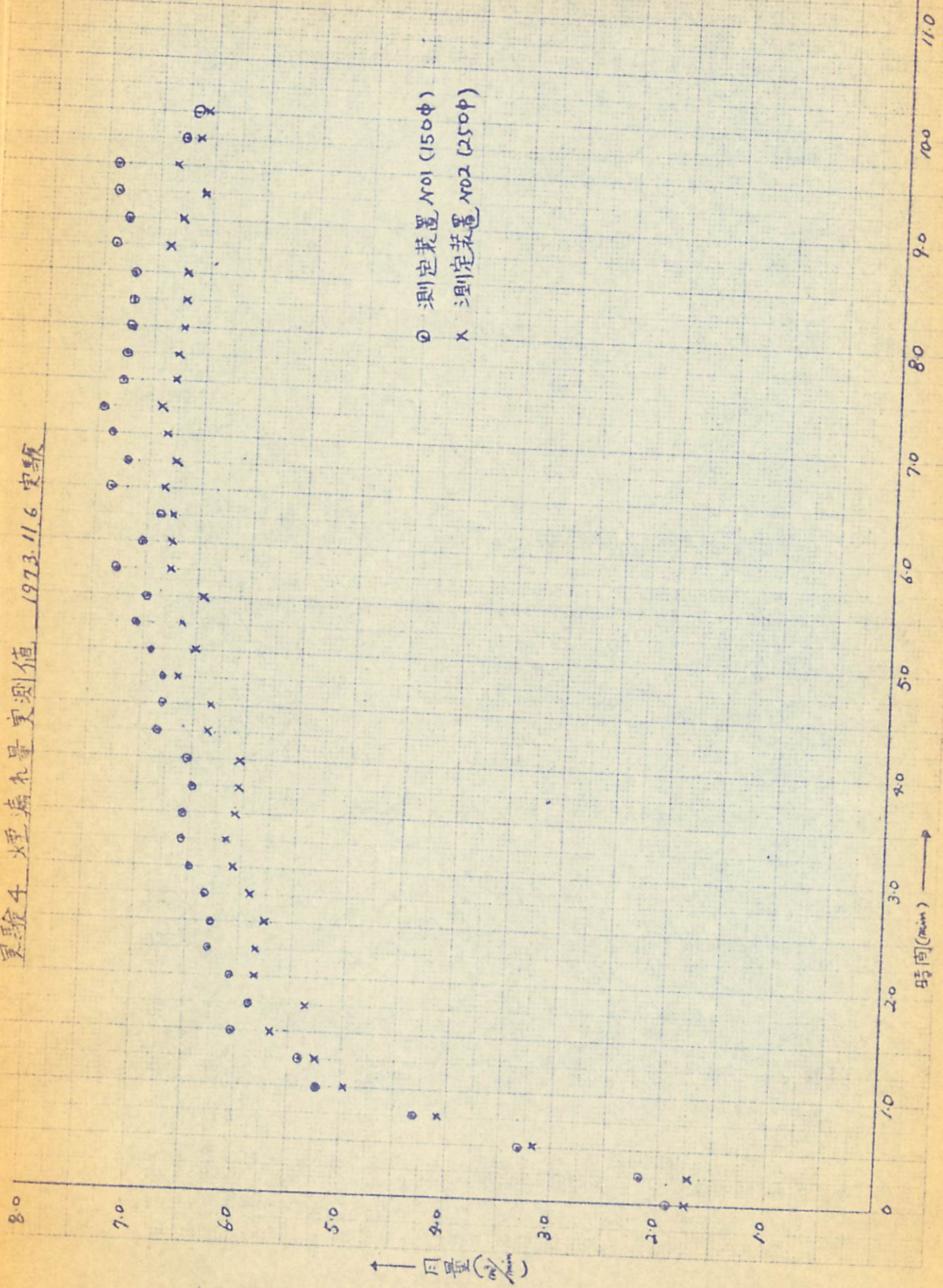
B号

高J

力分花

mm

實驗4 煙痛丸量實測值 1973.11.6 實報

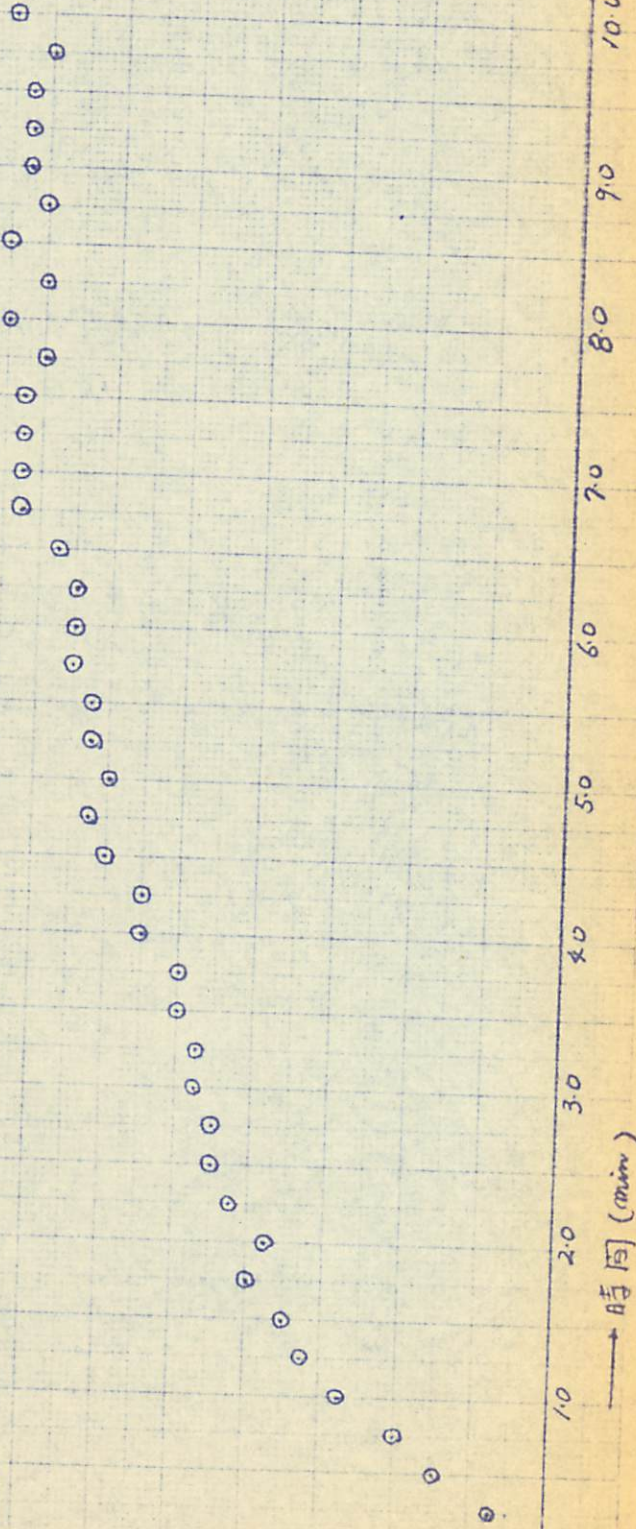


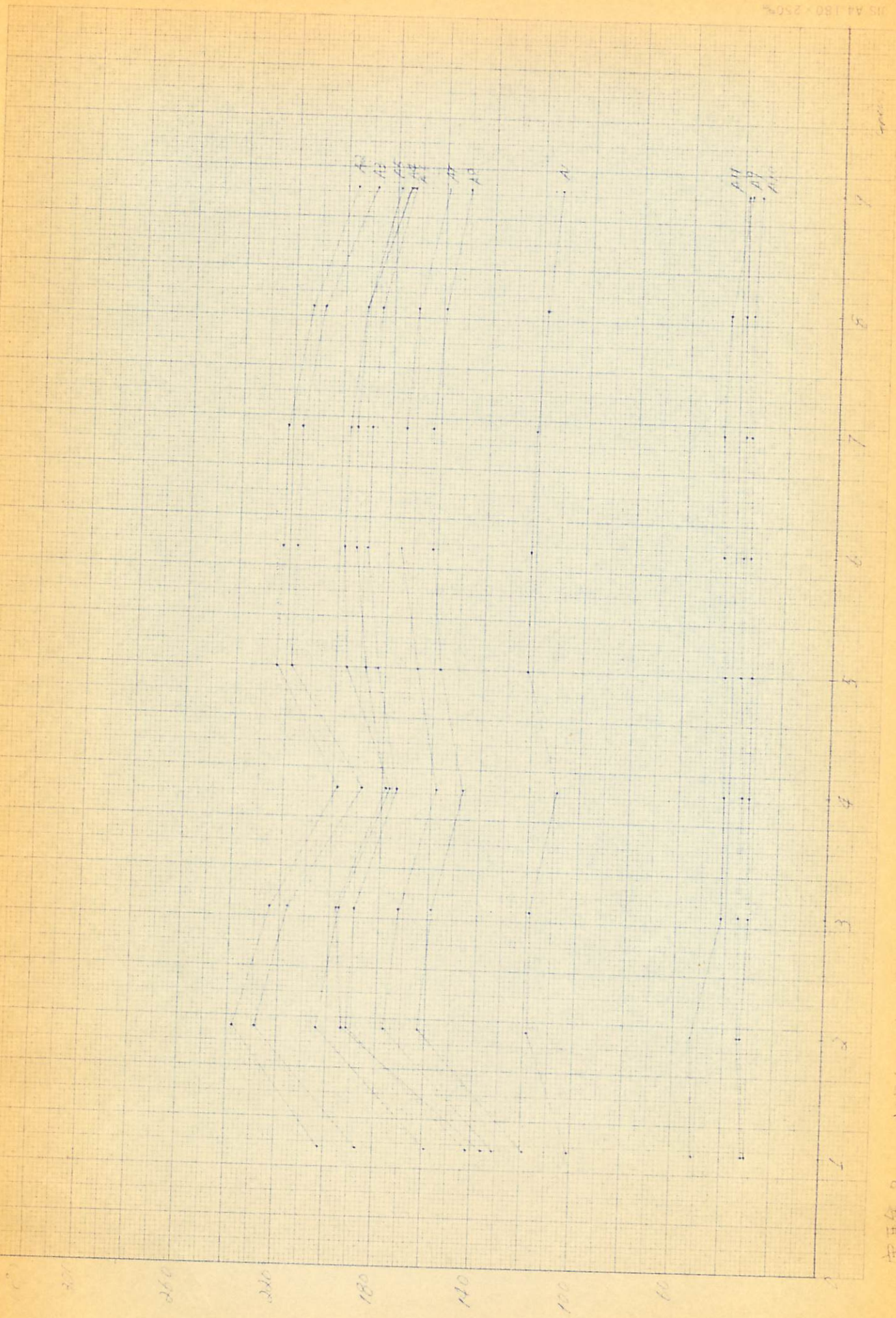
実験4 立上りダクト静圧実測値, 1973.11.6.

3.0
2.9
2.8
2.7
2.6
2.5
2.4
2.3
2.2
2.1
2.0
1.9
1.8
1.7
1.6
1.5
1.4
1.3
1.2
1.1
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1

ダクト内静圧
mmHg

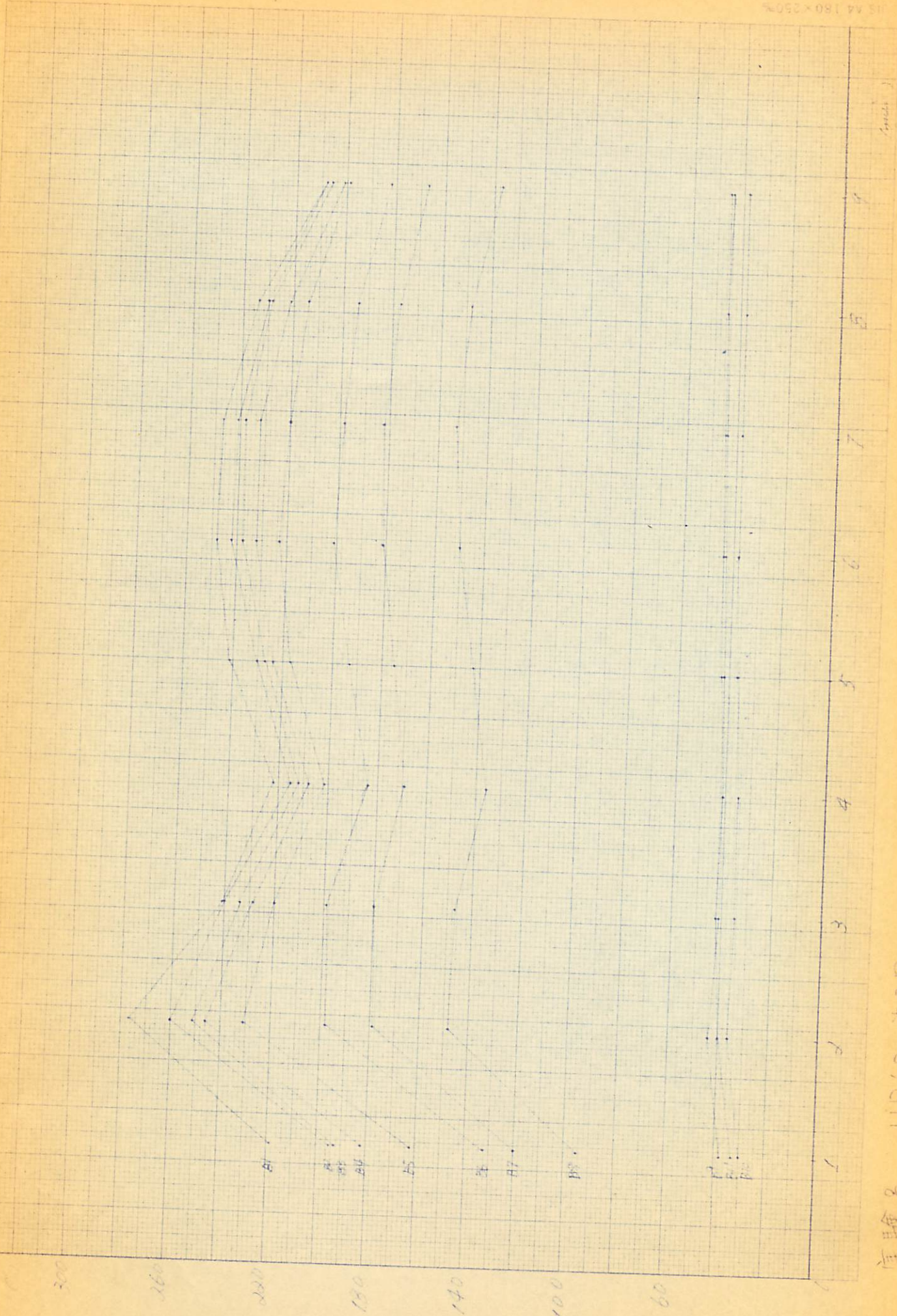
時間 (min)



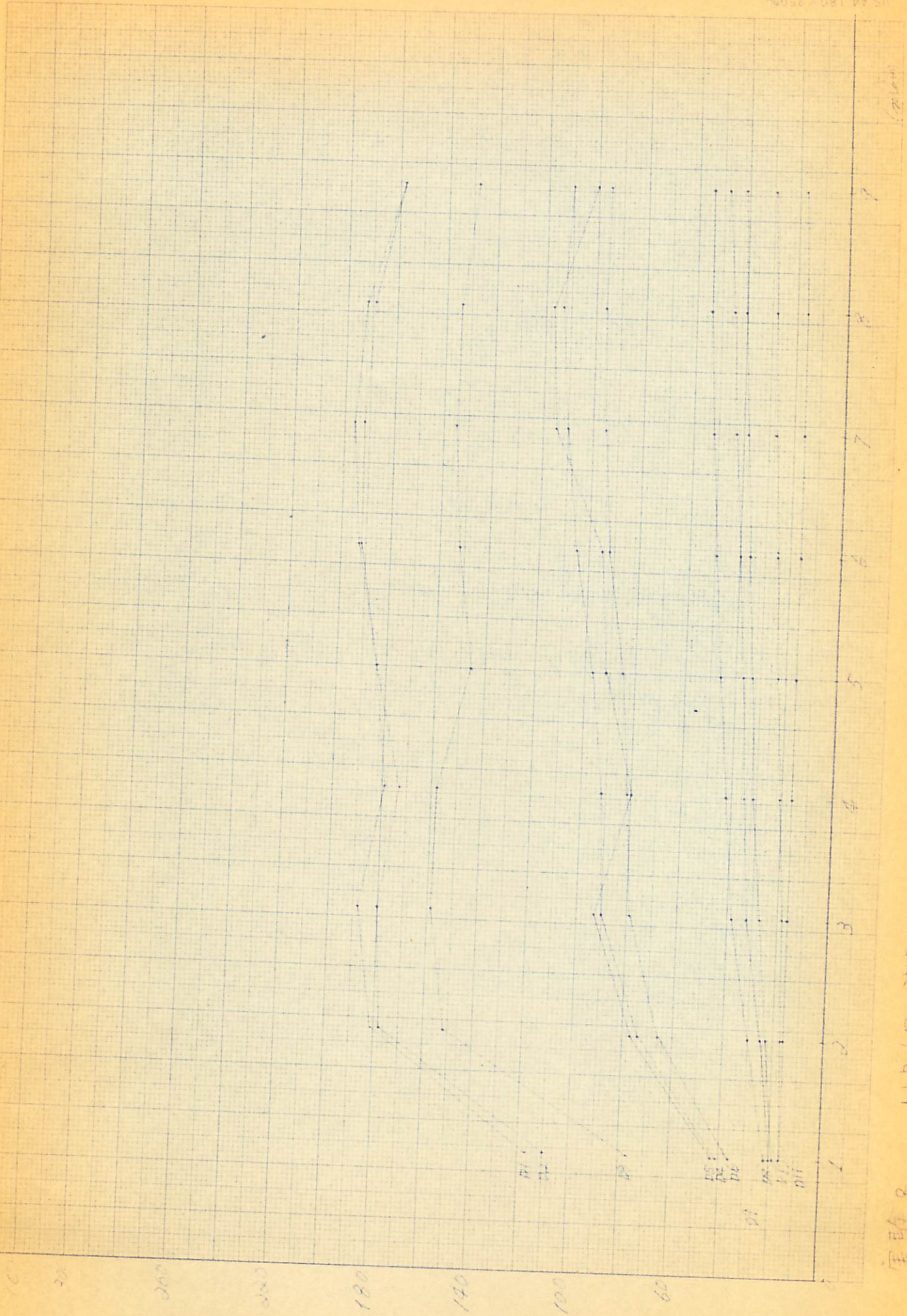


實驗 2 川口才了回 A 年 時間的溫度變化

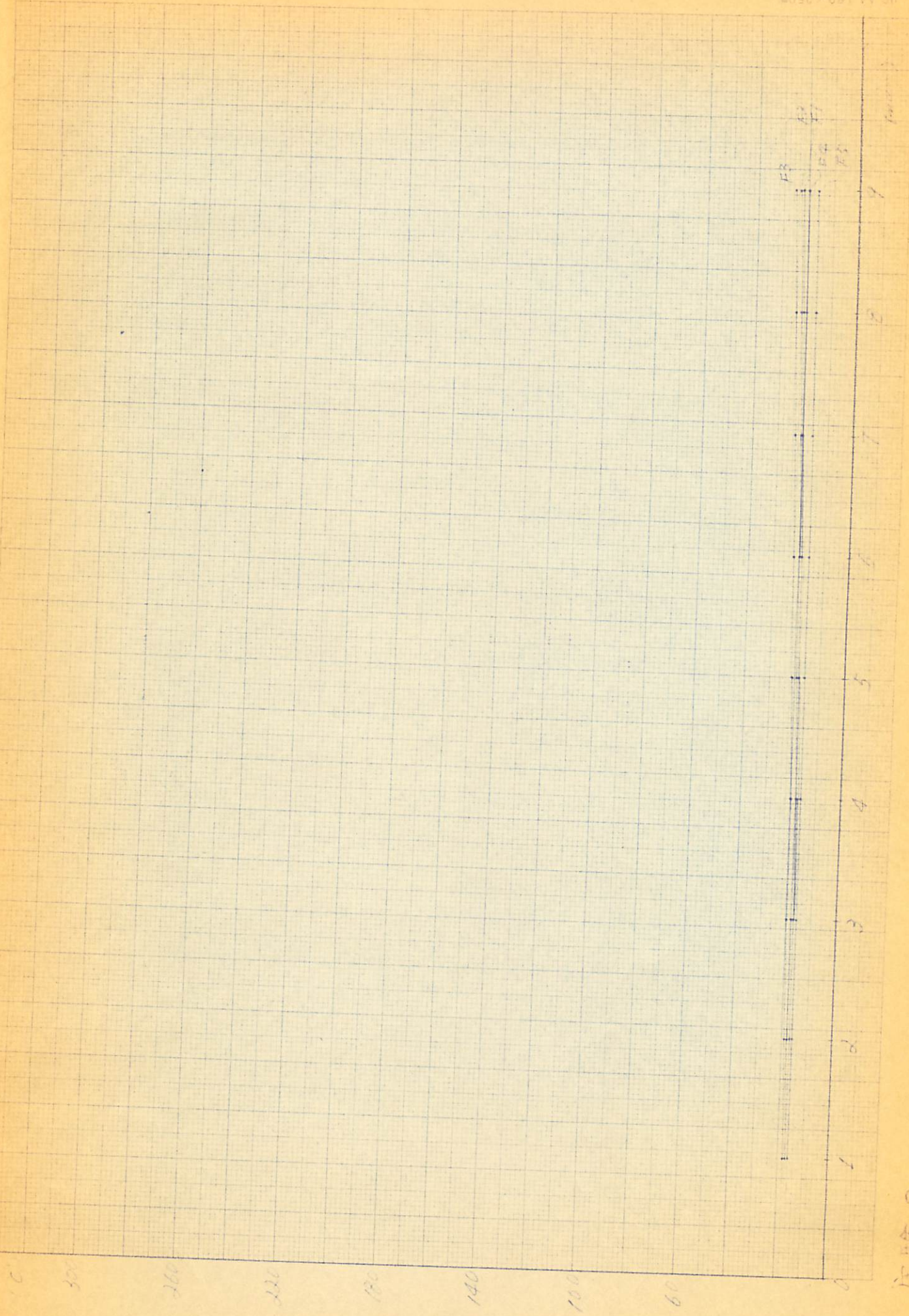
(071)



實驗 8 11月6日 第三日 B 點 時間的溫度變化



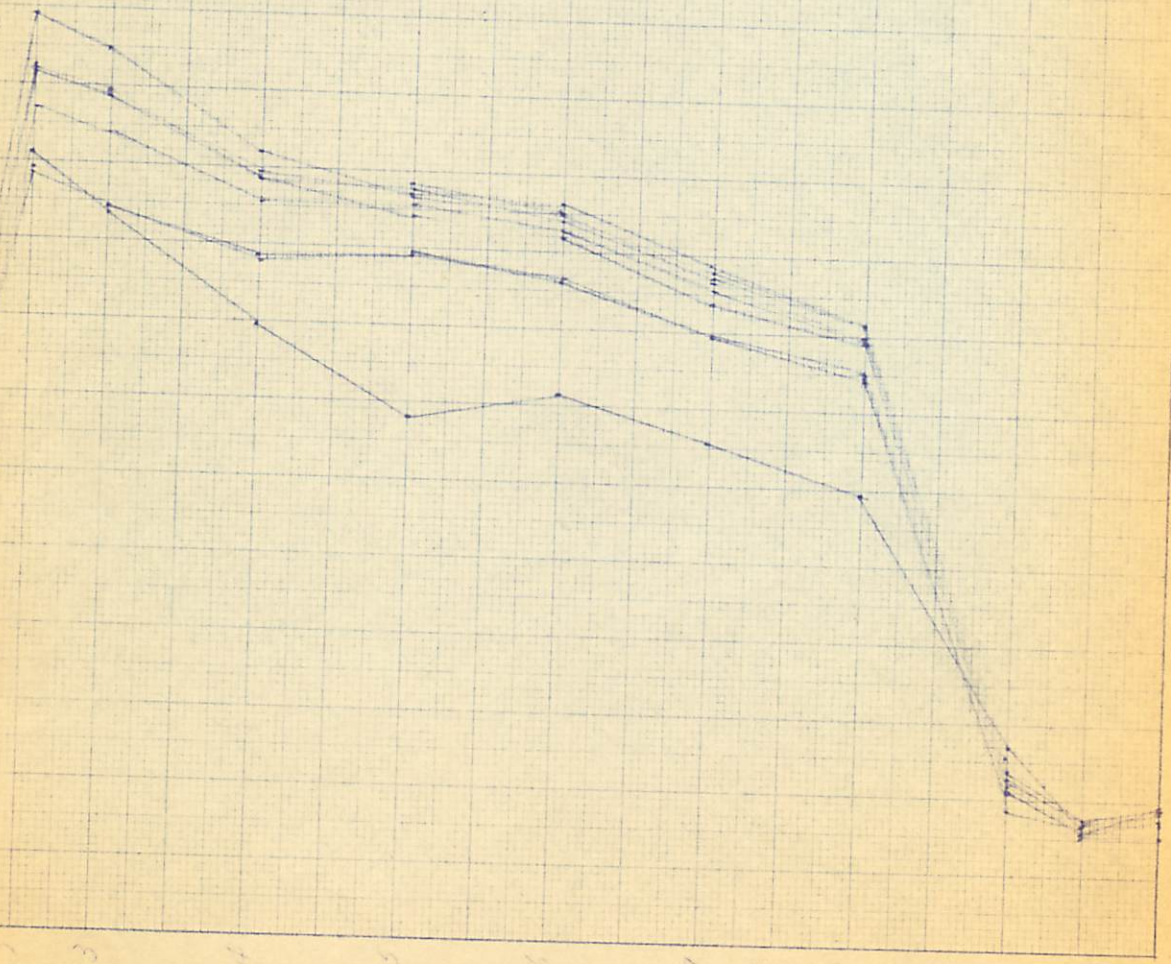
実験 8 11A6日 7回 D70-7° 肉の温度変化



実験 8 1106日 木曜日 F74C-70 時間の温度変化

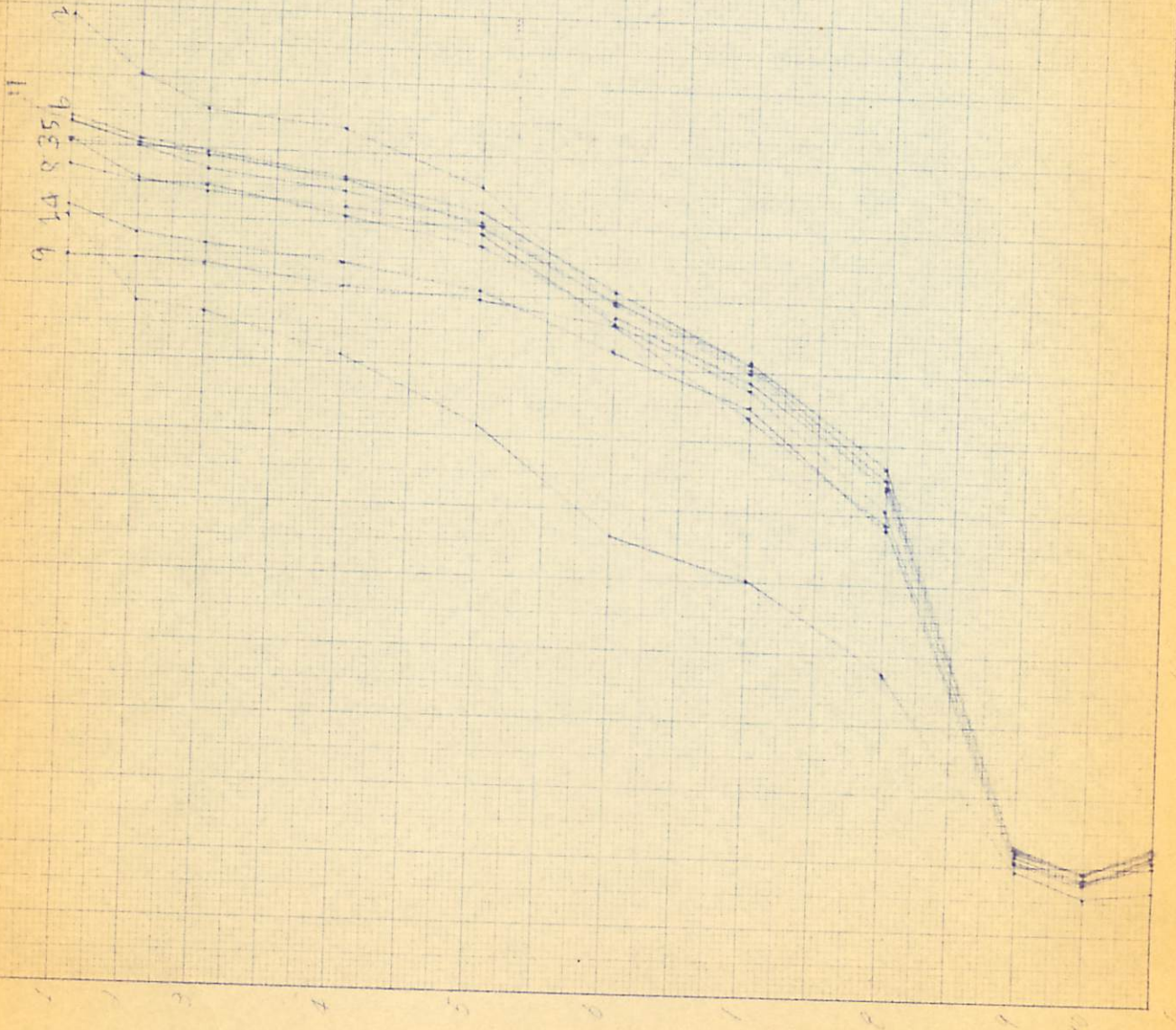
129日 果×後何分正示可

0.8
1.4
1.2
1.3

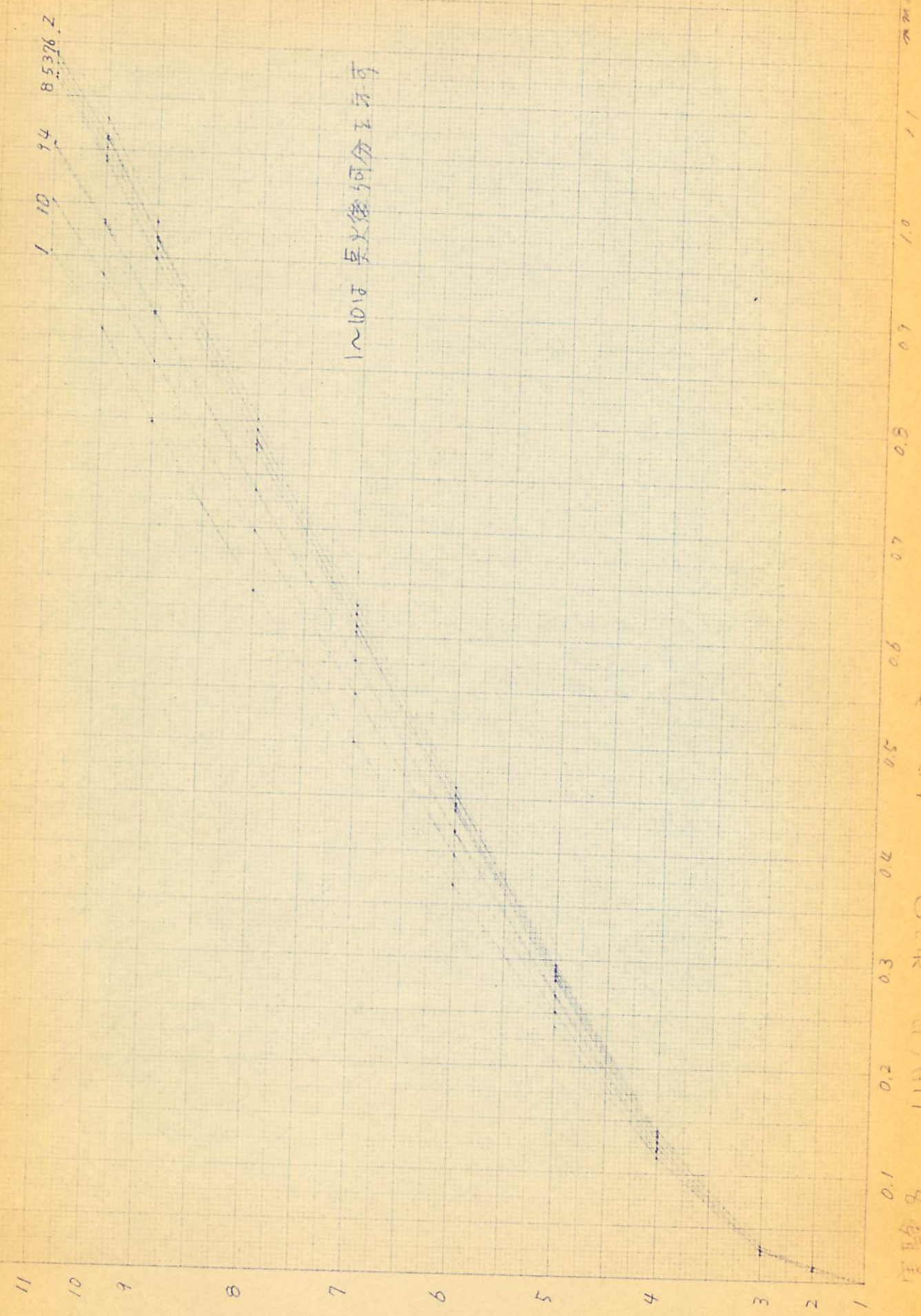


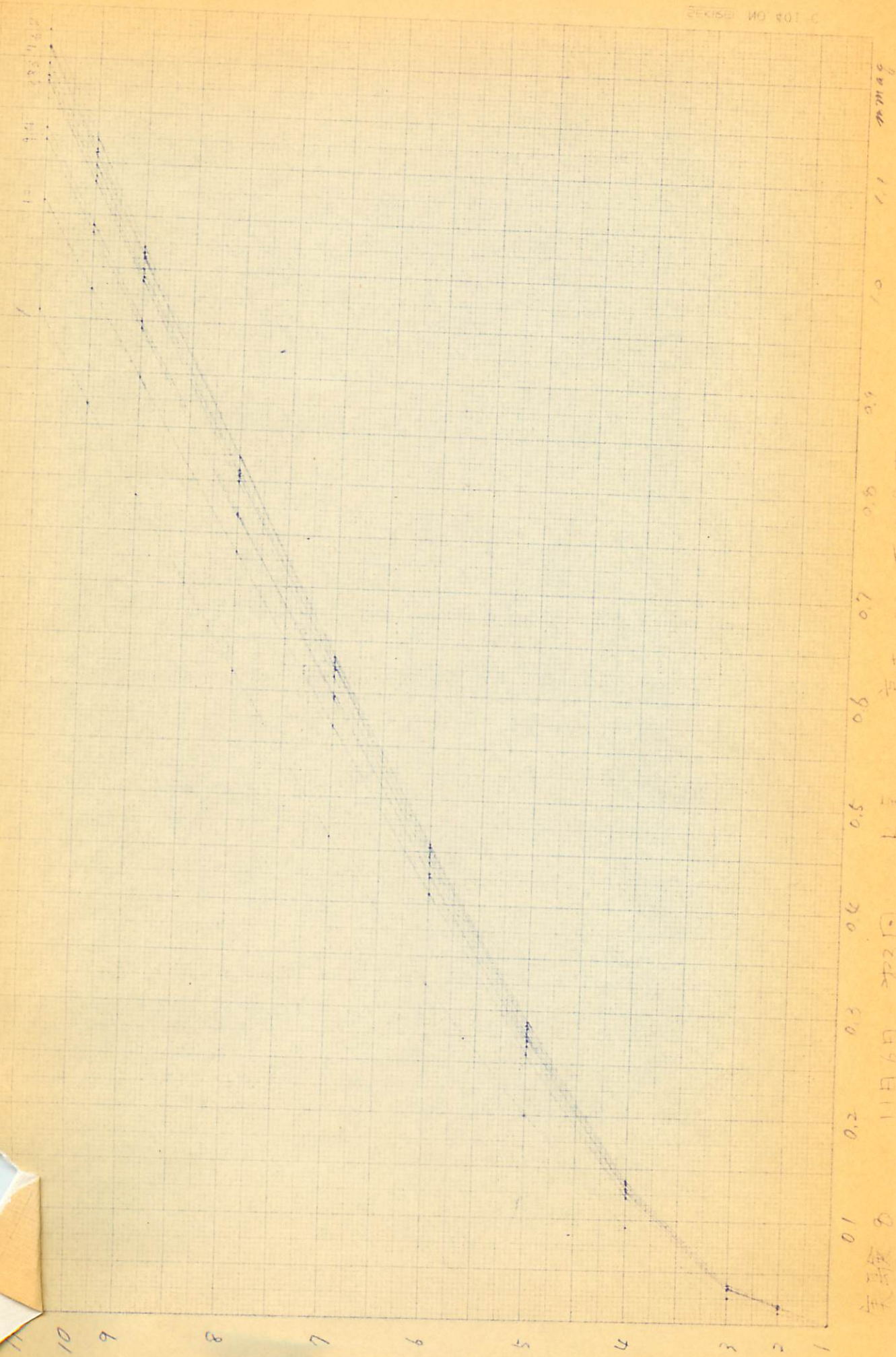
実験 8 1106 730 入 意 温度分布

1~9日 身火援 何分ニ并寄



実験 3 11日 6月 3日 身火援 何分ニ并寄





實驗 8
11月6日 322回

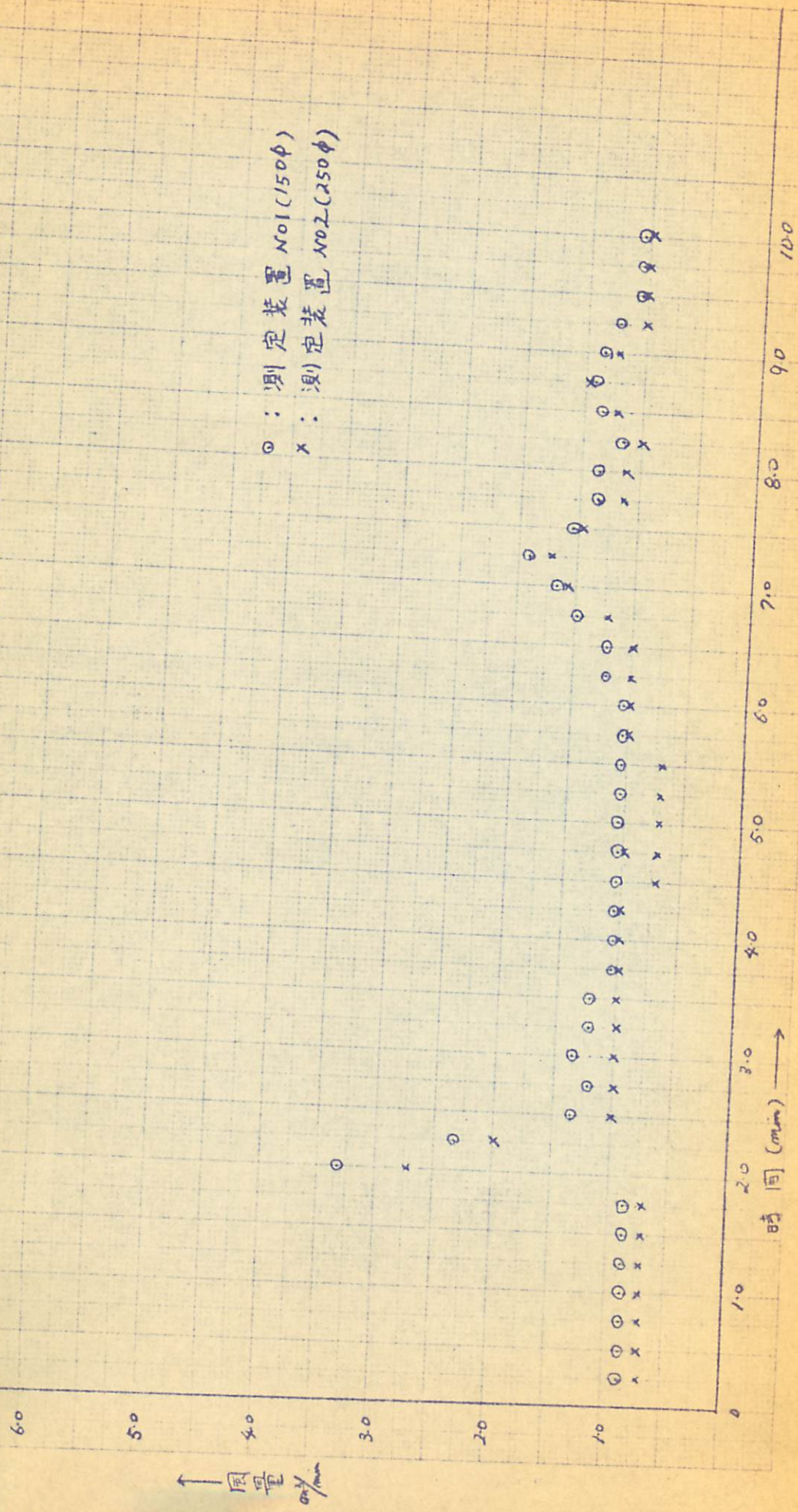
實驗 8 煙痛量測定値 (11月6日)

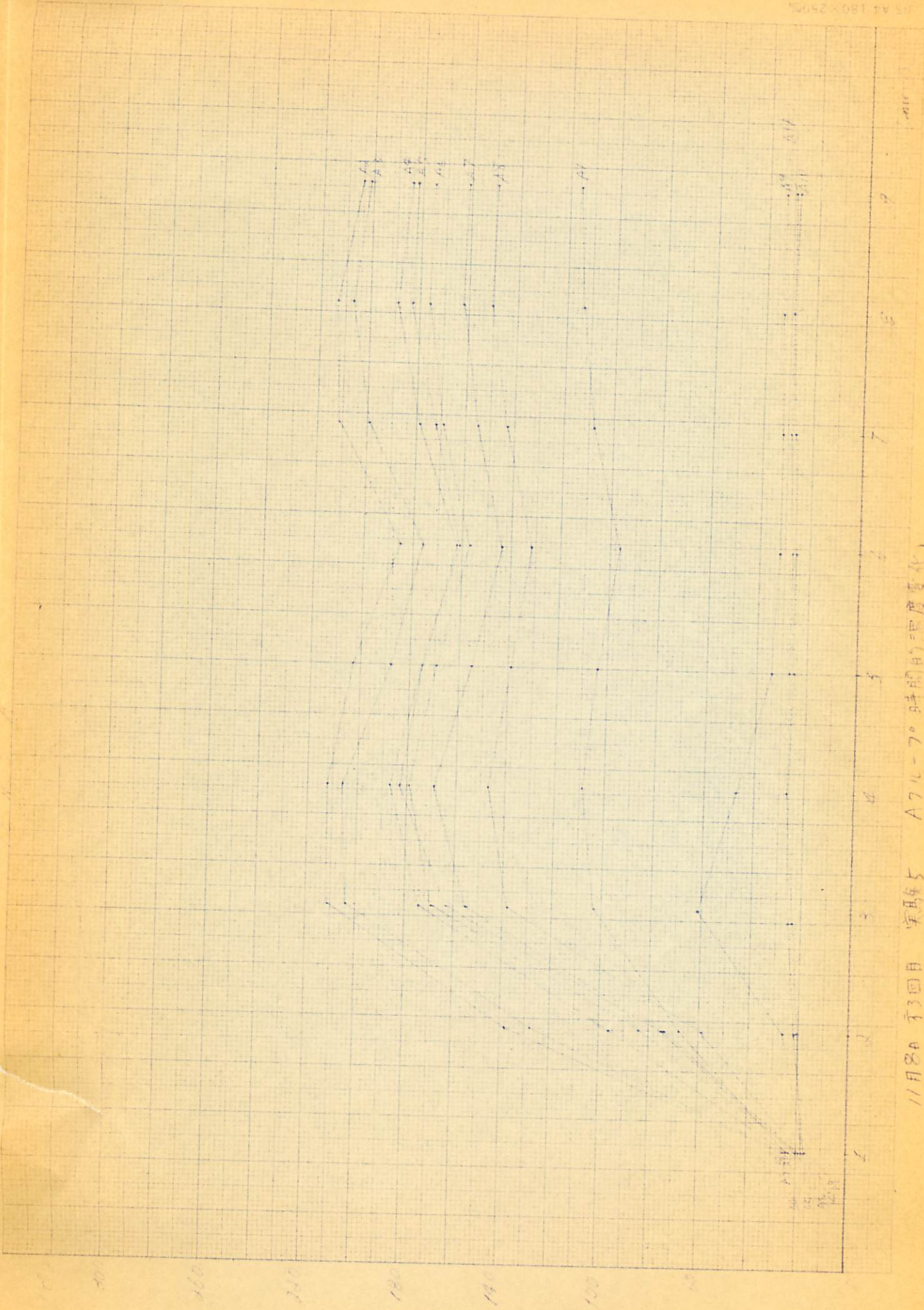
作製 大暖 松田氏 氏子

SHK 211 NO 401 C

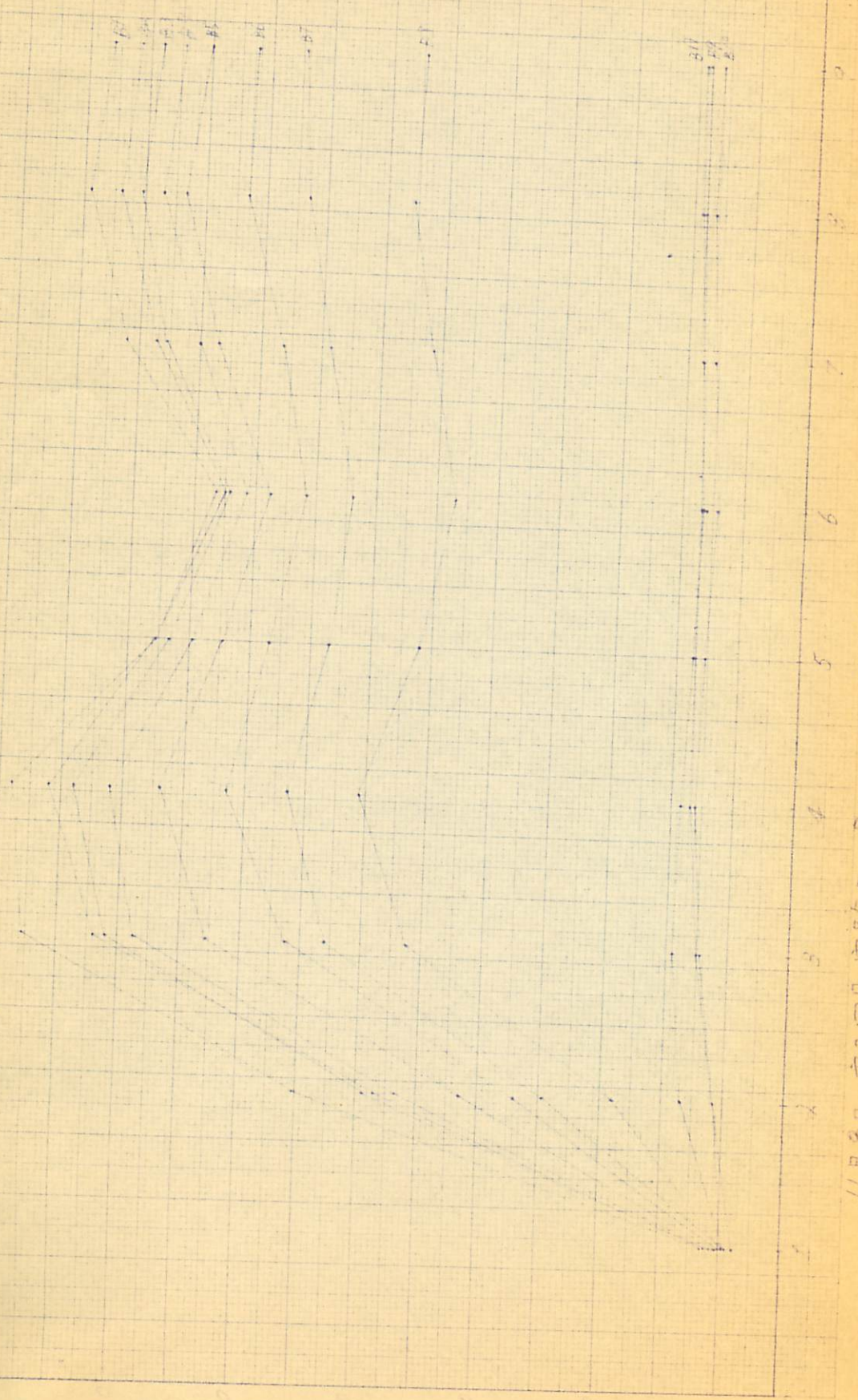
115 A4 180-2507

○ : 測定裝置 No1 (150φ)
 x : 測定裝置 No2 (250φ)

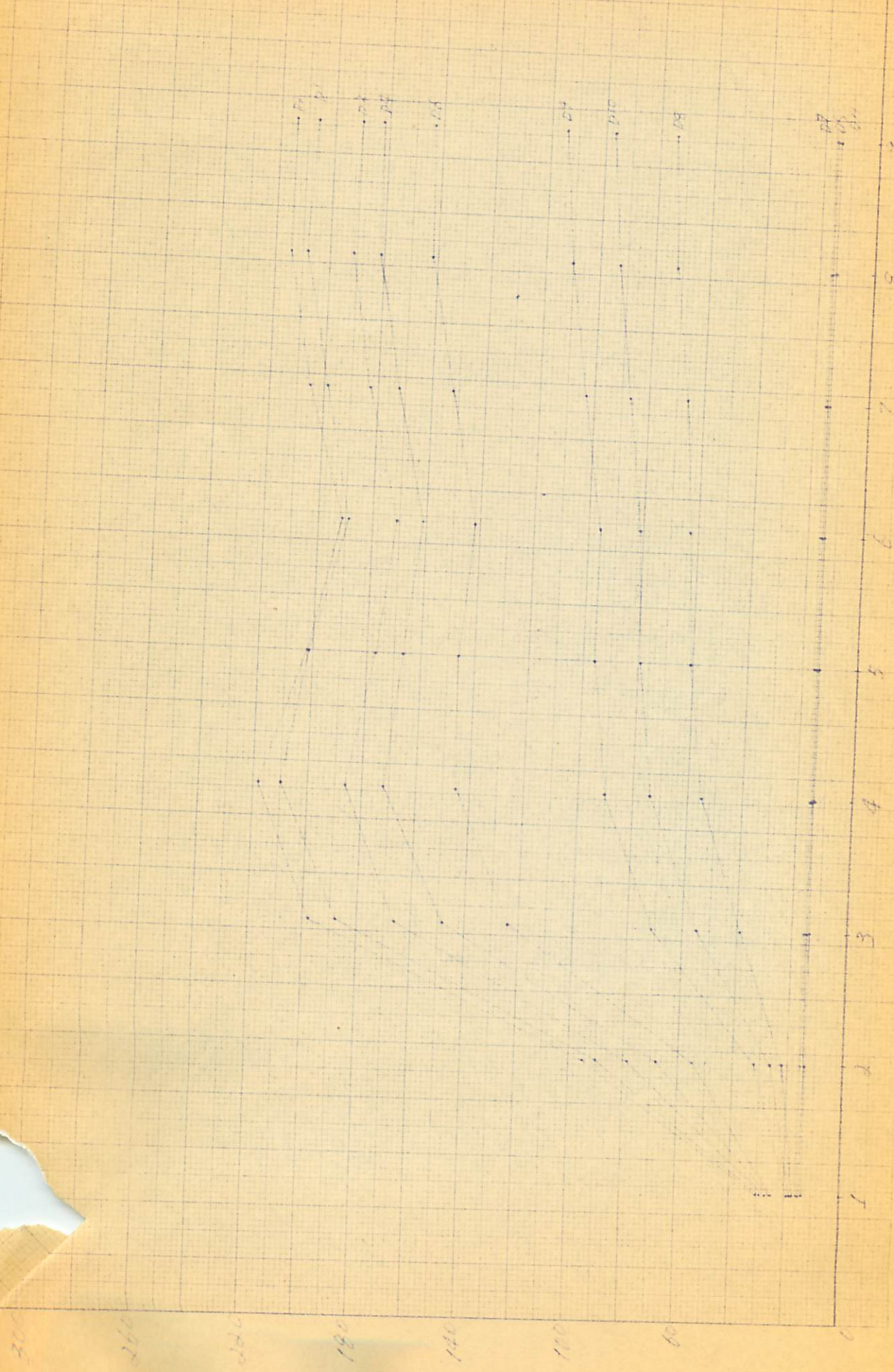




11月8日 3回日 実験5 A7L-70 時間の温度変化



11月8日 3回実験5 B24.7° 時間的温度变化



11月30日 星期四 实验5 D-70 时间的温度变化

11月27日

11月28日

11月29日

11月30日

12月1日

12月2日

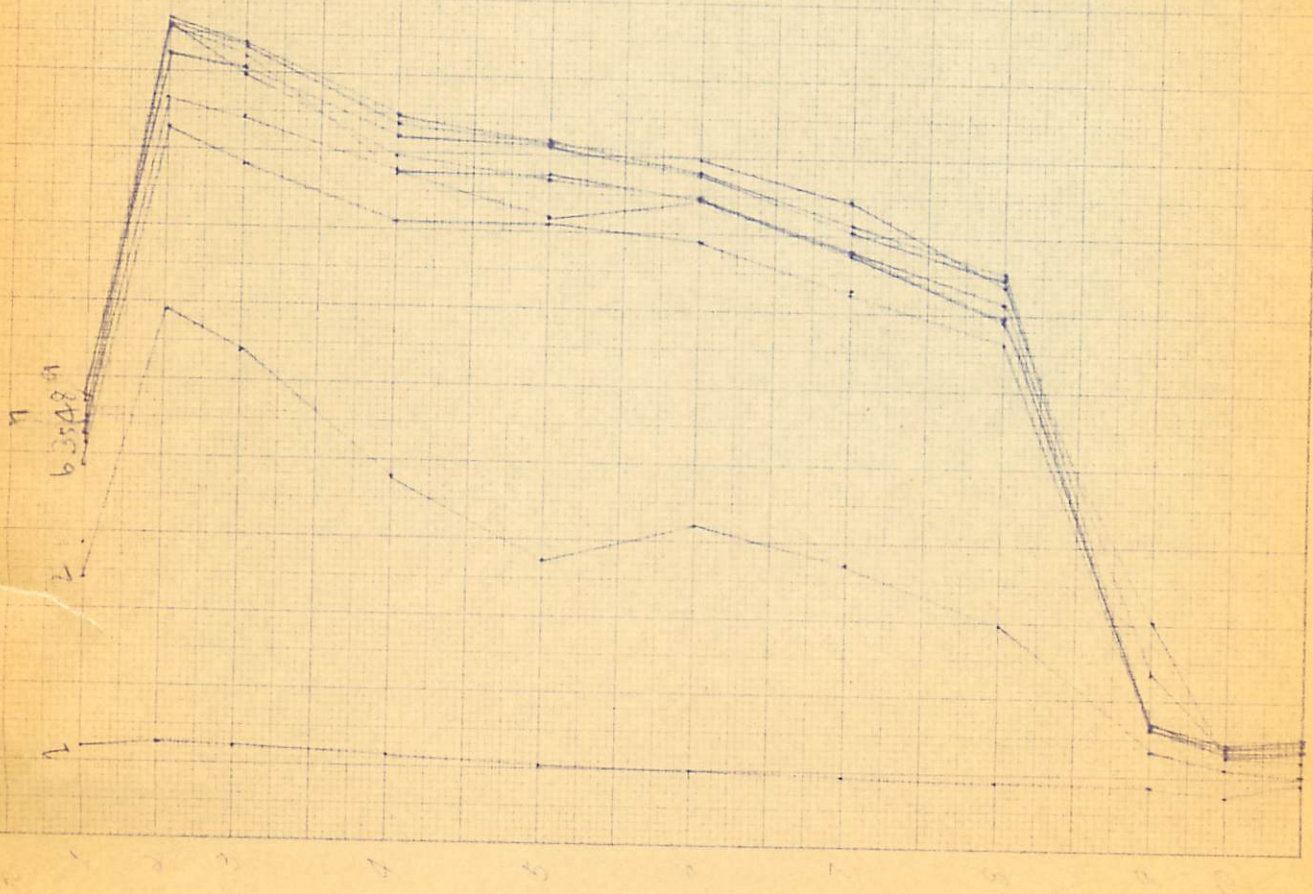
12月3日

12月4日

12月5日

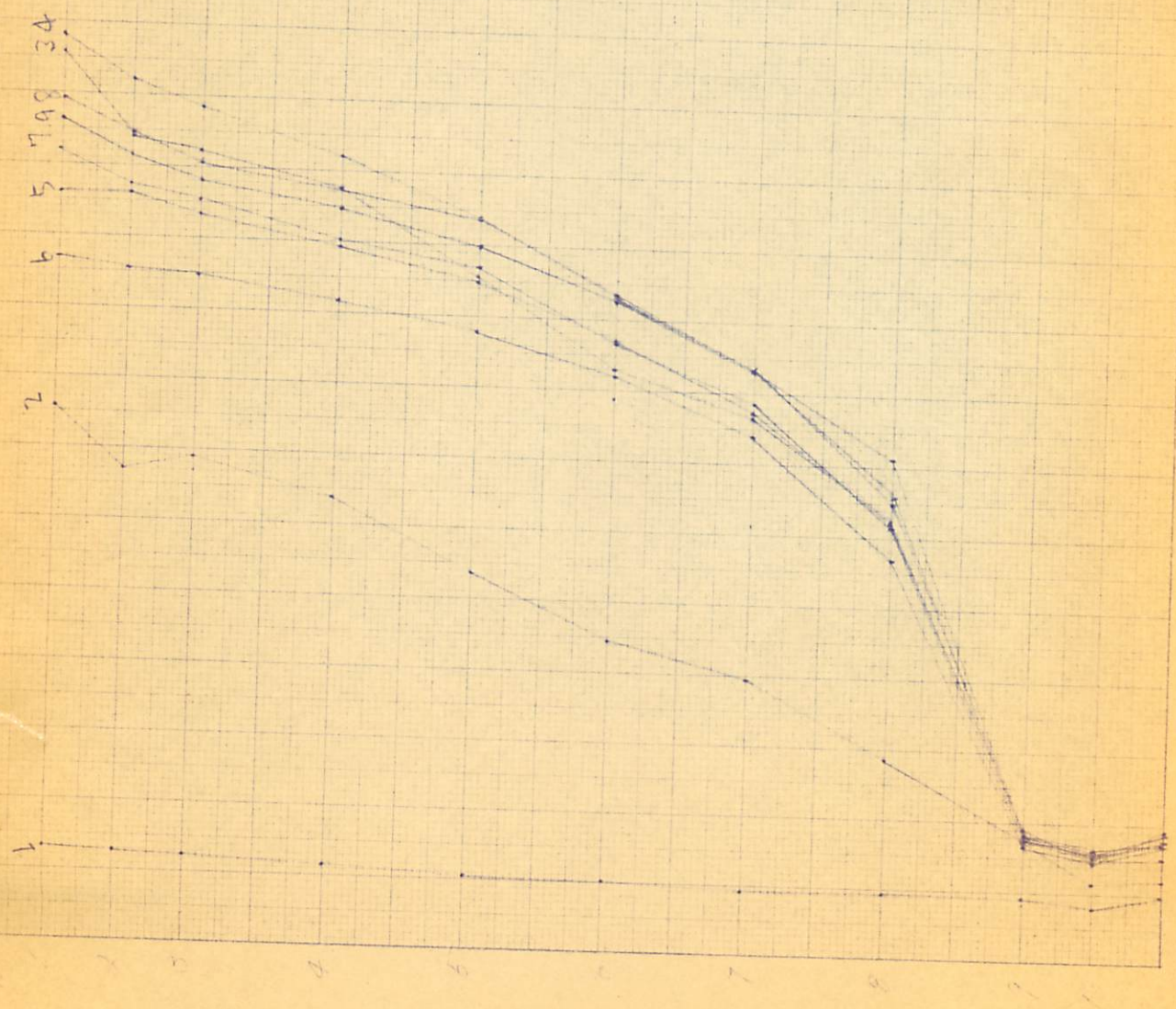
11月20日開始 5 F 7.0-7.0 時間の温度グラフ

300
200
100
0



11980 初回 実験 5 A76-70 高さによる温度分布

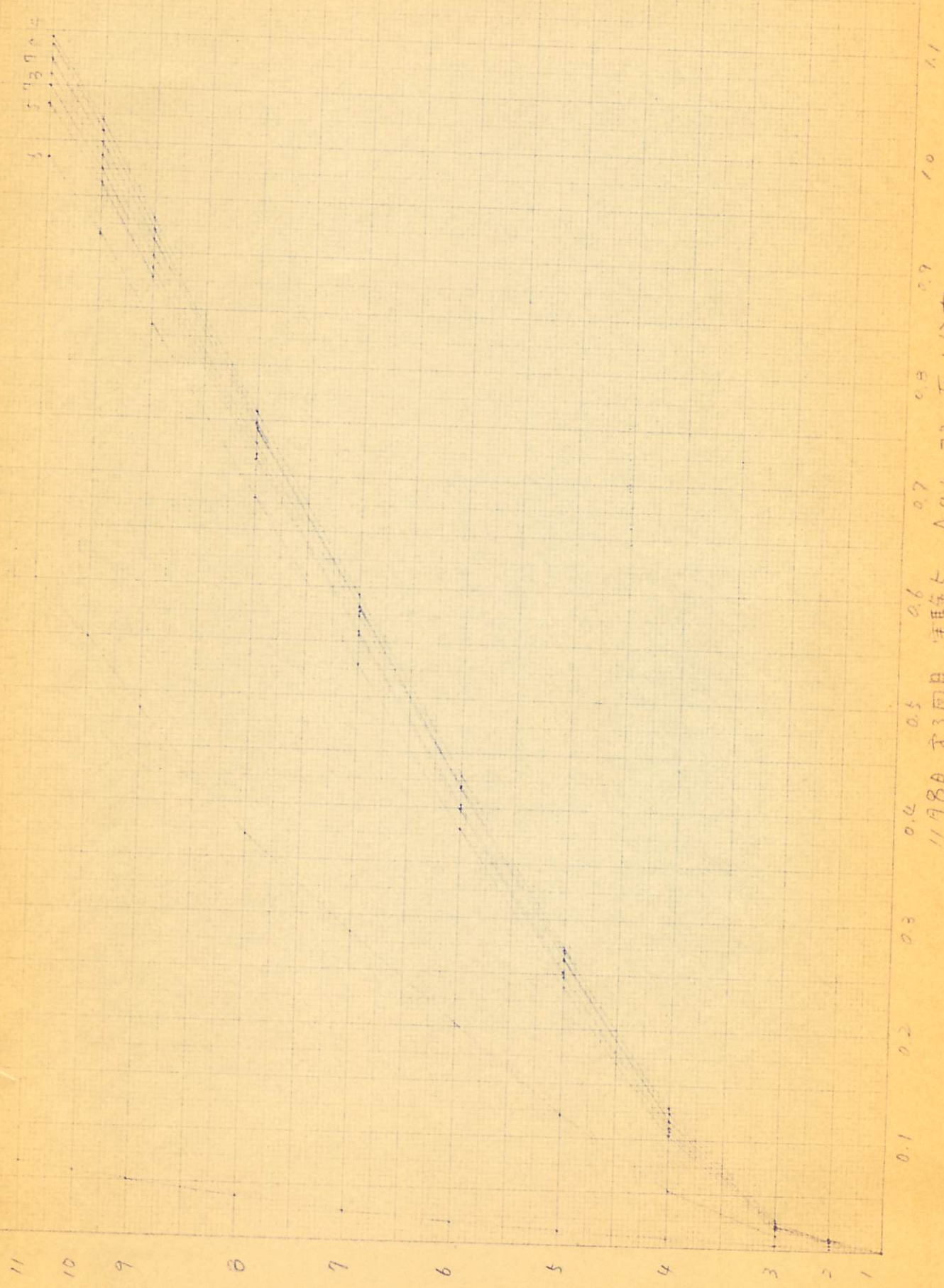
11月8日 行回日 実験5 Bケル-7° 高さによる温度分布



11月8日 30分 A

11月8日 30分 A

11月8日 30分 A

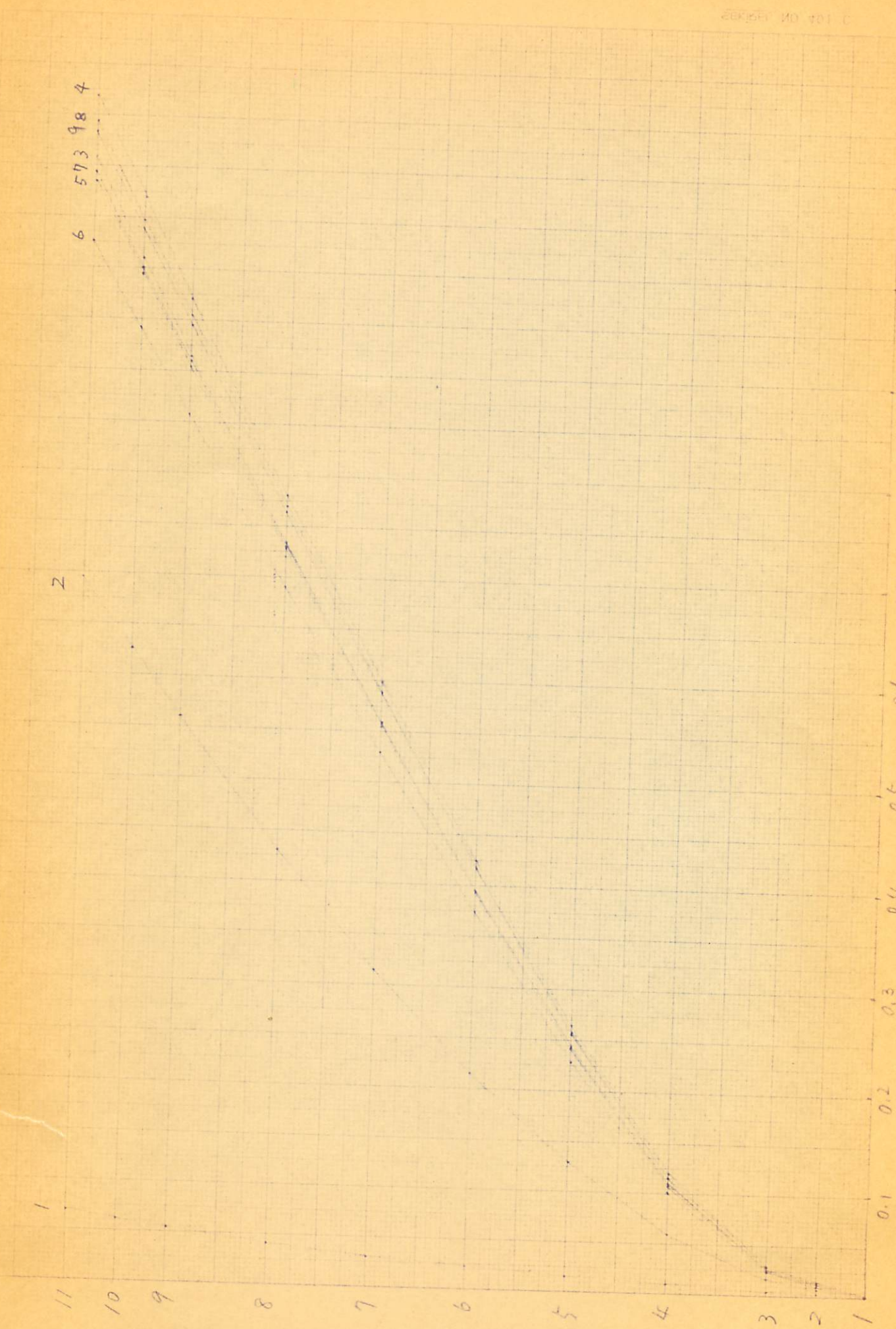


(155)

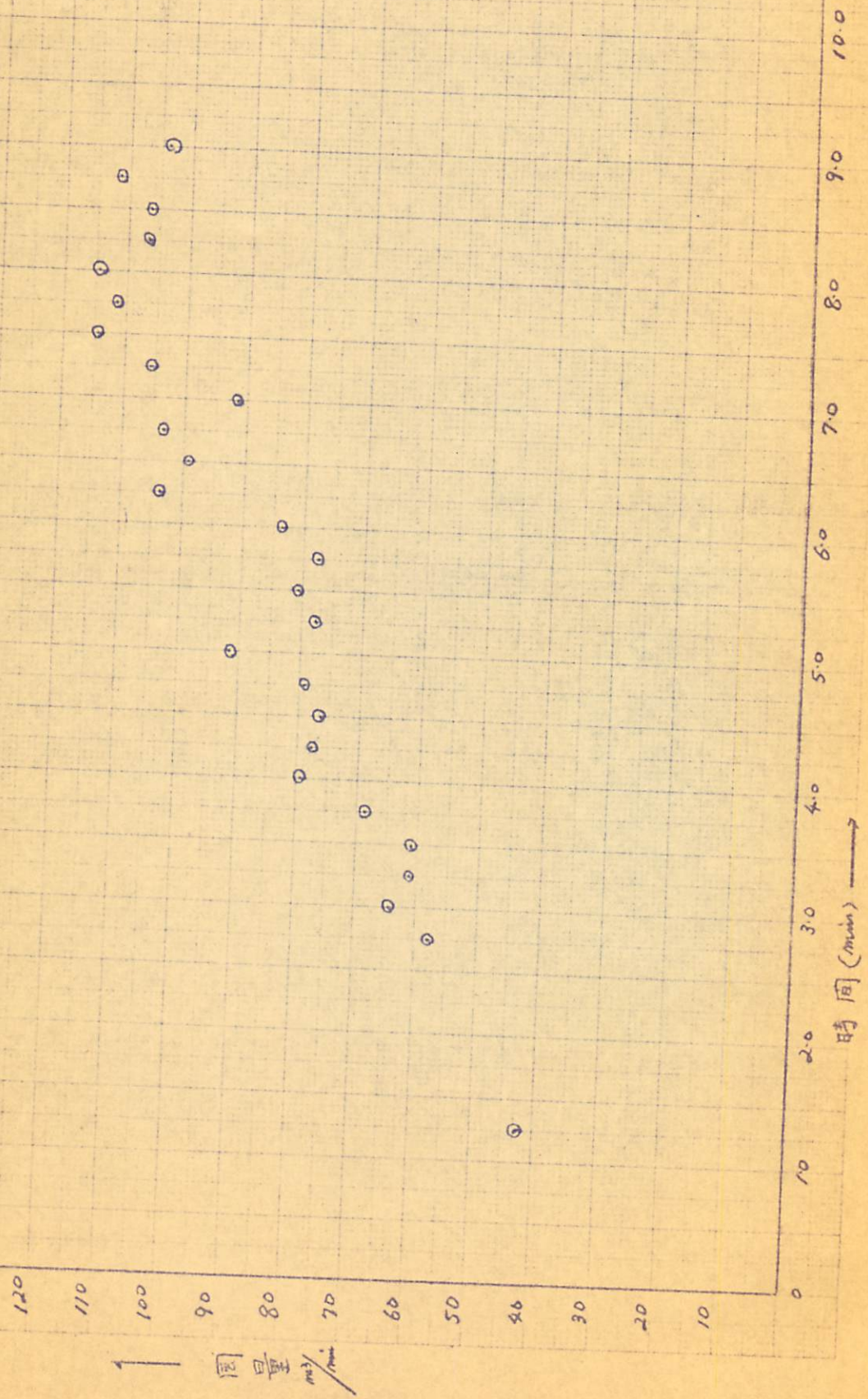
11月8日 30分 A 実験5 A74-70 圧力分布 mmHg

11月8日 3回目 B

11月8日 3回目 実験5 B711-7° 压力分布



実験5 分付頂部煙流量測定値 (1973.11.8)



(157)

実験5 立ち上がり静圧実測値 (1973.11.18)

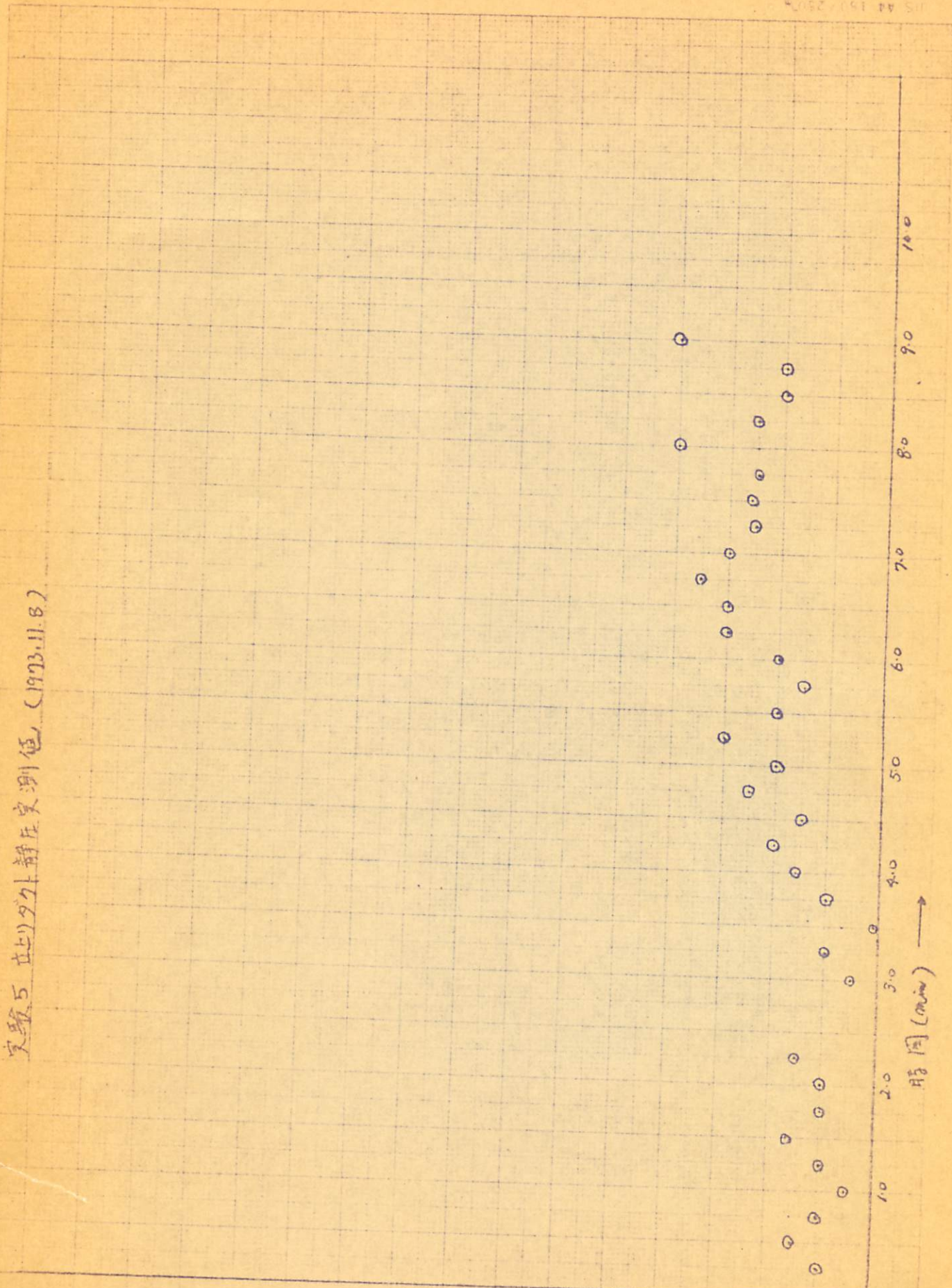
↑ 静圧
mmHg

時間 (min) →

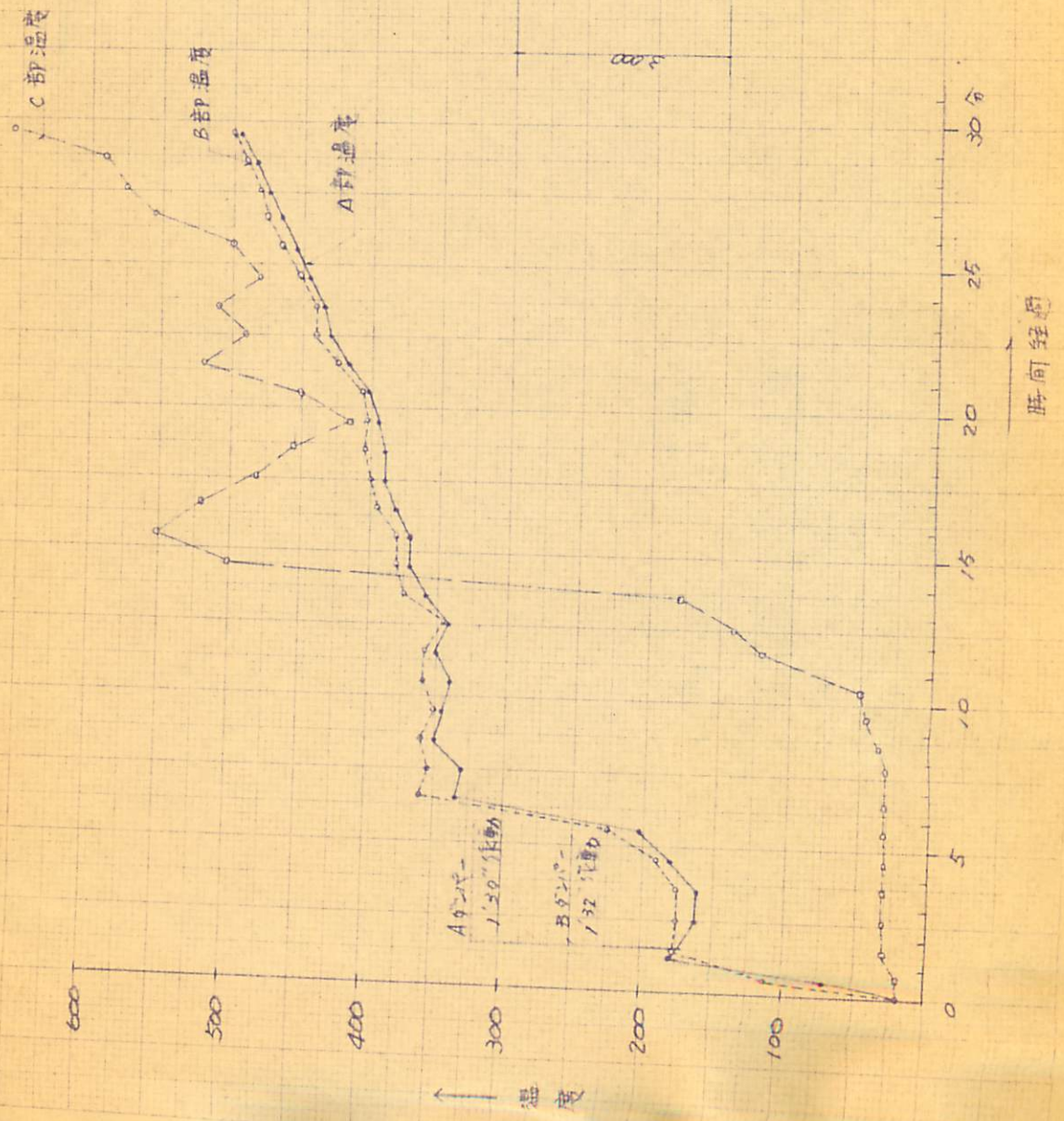
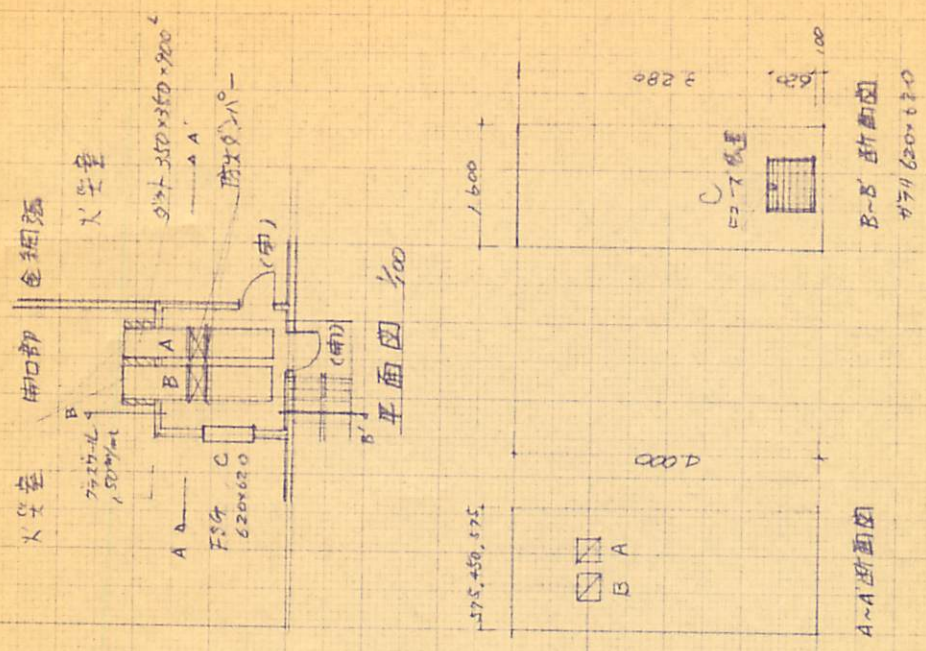
1.0
0.7
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

(85)



王子実験Ⅳ 48/18



11月8日 実験Ⅳ 平面図と温度変化

(159)

