

海底作業車の水槽試験について

別所正利

内容	頁
1. 試験の種類と概要	1
2. 抵抗試験について	3
3. 流線観察について	4
4. 重心査定試験について	5
5. 沈降試験について	6
6. 結論	9
7. 実車性能の推定	10
附録 I 模型試験と相似則	12
" II 沈降運動の方程式の解	15
" III 附加質量について	17
記号表	19
図 1 浸水試験要領図	20
図 2, 3 速度抵抗曲線図	21
図 4, 5 速度抵抗係数 "	23
図 6~15 沈降時間距離速度 "	25
データ S-1, 2; T-1~8 ヲ抵抗試験解析表	34
データ F-1~14 沈降試験解析表	44
表 1 模型要目表	2
表 2 沈降試験解析結果一覧表	7
表 3 沈降時間と終速 (模型)	8
表 4 " (実車)	11
表 5 物体の形と附加質量	18

1. 試験の種類と概要

海底作業車の $1/10$ 縮尺模型について次の試験を実施した。

1. 浸水抵抗試験

回流水槽 (幅 1.2m $\times$ 深さ 1.2m) に仮底を設け、実車において水深 5.8m に対応した状態で浸水係動力計により正面抵抗を測定した (図1)。

試験状態 カバー無し、付着コブ

2. 曳航抵抗試験

同じ回流水槽水面 (開口部 3.6m) において模型浮揚状態で曳航抵抗を測定した。

(プーリーを介して既知おもりで模型を曳航し、その速度を計測する)

試験状態 カバー無し、付着コブ

3. 流線観察

試験1の状態での動力計等を取らして模型を仮底上に置き流速を約 0.2m/s の微速に保ち水彩絵具を模型表面に塗りつけ、その流れる様子を観察し、写真にとった。

4. 重心査定試験 (浸水時)

模型を水に沈むように調整し、水中重量分だけ糸で吊って置き、船の傾斜試験の要領で垂錘を前後に移動させてトリムを測り復原力を求め、重心と浮心の距離を実験的に求めた。

5. 沈降試験

浮上状態より沈降着底する過程を 8mm フィルムにとり、その沈降状態を観察すると共に、その降下距離と時間の関係を解析し、降下時間と終速の関係を調査する。

試験状態

水深 1m (倉庫 10m 相当)

水中重量 100 ~ 400g

重量位置 前後中央 3種

使用模型の要目を下表に示す。又カバー形状は写真参照

表-1
模型要目表 (縮尺 1/10)

要目		浸水時	変形時
全長	L (mm)	716	"
全幅	B (mm)	337	"
全高	H (mm)	262.3	231 (乾水)
排水量	∇ cm ³	16.860 ¹⁾	16.231 ¹⁾
正面投影面積	A cm ²	590	—
側面	A' cm ²	640 ²⁾	512

註 1) カバー排水量は倉庫内

2) ~~ポールの投影面積 (0.7 × 30 = 21) を倉庫~~

2. 抵抗試験について

没水, 曳航両抵抗試験の結果はデータ S-1, 2, T-1~8 図 2~5 に示す。

これらの結果を見ると抵抗係数は没水時試験で得たレイノルズ数 (2×10^4 以下) を除いてほぼ一定の値となりレイノルズ数にもフルード数にも殆ど関係しないように見える。

これらのデータから抵抗係数は略々次のように相定せられる。

試験状態		C_A $R/\frac{\rho}{2} V^2 A$	C_A^* $R/\frac{\rho}{2} V^2 A^*$	C_{BH} $R/\frac{\rho}{2} V^2 B H$
没水	カバー無	1.05	.925	.70
	付	1.05	.925	.70
曳航	カバー無	1.04	.90	.69
	付	1.10	.95	.73

この結果によると今回のカバーの形状では抵抗減殺の結果はなく又曳航時にはカバーをつけると前トリムが大きくなり、かなりの浮力発生現象が見られ、抵抗も変動が大きくてこの場合は有害無益と見られる。

又没水試験では水が底と模型上部タンクの間に押しこみ揚力を生じている様子も何カ所は見た。

なお図 2, 4 の抵抗速度曲線において附録 I に述べるように抵抗を 1,000 倍、速度を $\sqrt{10}$ 倍すれば実車のものと見なす事が出来る。

3. 流線観察について

流線の模様は図1, 2(示)が
カバー無しの場合

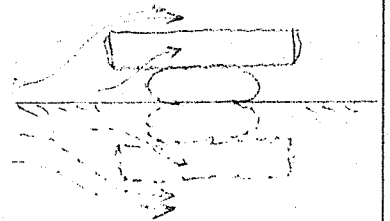
i) 全体として表面はタコ前面による大きい伴流におおわれているように見えるが、流線模様としては個々の突起物の周りの面が砂なものが目立つ。

ii) 注目すべき傾向はキャタピラー前面から上へタコの方へ流れる流線で、このような流れは揚力を生ずるものと仮定できよう。この傾向を理解するのは図のように屏に立てて正鏡像をたてればよい。

カバー付の場合

キャタピラー部分はより深くなる

それにより流線が見えるが全体の傾向と
大きさ変化はないように見える



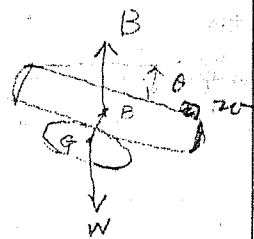
いづれにしても流線型とは程遠い形状で、かつ突起物が多いので表面上の流線のみを観察するのはあまり意味がなかったように思われる。

なお絵具は水より重いため常に下に垂れて行くので流線の下の流れの傾向は過大評価にはいけません。

★ 重心査定試験について

水中で重力 W と浮力 B が釣り合っている
とすると図のように復原力が生ずる。

実際にはこのような状態はあり得ないので少し
沈み加減に重量を調整し、水中重量分だけ
重心点を上へ吊ってやる。



今回のテストはポール無しで行ったが、ポールが浮力を
有する場合、水中重量が僅かであればその浮力と
釣り合う吃水で浮く事になる。

さて移動小重量 (水中での) を w , 中心からの移動距離を
 l とすると図より

$$W \overline{GB} \sin \theta = w l \cos \theta$$

なる等式が立つから、既知の w, l, W から θ を測定する
事により

$$\overline{GB} = \frac{w l}{W \tan \theta}$$

によつて 重心と浮心の距離を求める事が出来る。

w を 約 100 ~ 300 gr, $l = 270 \text{ mm}$ としてテストした
結果は

$$\overline{GB} = 54.2 \text{ mm}$$

なる平均値を得た。

今浮心 B がタンク中心下方 10 mm 程度の位置にある
とすると重心 G は大体キャタピラー上端にある事になる。
他方タンクを空にして空中で重心を求めた結果も大体その位置であつたので 10 mm を妥当な
値と認められた。

5. 沈降試験について

今回のテスト状態では各状態において一定で略々水平な姿勢の儘垂直に沈降して着底した。

このように姿勢の変動が少なかったのは前節に述べた復原力のためと思われる。(実験はボール無しの状態であった)

8mm フィルムから読みとった沈降距離と、速度と時間の関係を図 F-1~14, 図 6~15 に示す。

運動方程式を次頁のように仮定してこれらの結果から抵抗係数と附加質量係数を求めた結果も二頁下段に示す。

運動の様子には最初僅かな巨離だけ加速降下し、後は抵抗と水中重量が釣り合って等速(終速)で降下着底する。

この運動方程式を解析的に解いて(附録II), 今得られた係数を用い、もう一度逆に着底時の時間と終速等を求め、実験値と比較したものを8頁に示す。

表に見える通り、よい一致がえられる。

又着底時間に対する近似式による値も*も充分精度を有する。

なおこの際重錘位置による変化は区別出来なかつたので平均値で示してある。

又附録Iに述べるように図 6~15 において時間を10倍、距離を10倍、速度を10倍すれば実際の性能と考えてよい。

結果から見て底の影響は今の問題には関係ないように見える。又上浮する場合もこの式に余剰浮力を入れれば全く同じになる。

沈降試験の解析と結果

1. 解析法

$$\text{運動方程式 } M^* \ddot{z} + R = w$$

において

$$\frac{W^*}{g} = M^* = (M_0 + m) (1 + k), \quad (M_0 + m): \text{空中質量}$$

w : 水中 "

$$R = C_D \times \frac{1}{2} \rho (\dot{z})^2 L B$$

とおき $\ddot{z} = 0$ の時, つまり速度一定になったときの速度 (終速度) $\dot{z} = V$ と沈降初期の加速度の大きい時の $\dot{z} = V_0$ と $\ddot{z} = \alpha$ をよみとり, 式より k と C_D を求める。

$$C_D = \frac{2w}{\frac{1}{2} \rho L B V^2}, \quad k = \frac{2w - \frac{1}{2} \rho L B V_0^2 C_D}{(M_0 + m) \alpha}$$

その後は表に示す

2. 結果

表-2

m 錘重量	錘位置	w 水中質量	$(M_0 + m)$ 空中質量	k 附加質量係数	C_D 抵抗係数	V 終速度	$k(M_0 + m)$ 附加質量
0	—	110 gr	17.08 g	1.879	.876	.101 m/s	32.09 g
100 gr	中央	200 gr	17.17	2.645	.922	.133	
	前			1.098	.950	.131	
	後			1.794	.969	.130	
	(平均)			1.839		.131	31.57
200 gr	中央	290 gr	17.26	2.948	.944	.158	
	前			1.318	1.092	.148	
	後			2.084	.983	.155	
	(平均)			2.116		.154	36.52
300 gr	中央	380 gr	17.35	1.309	1.261	.157	
	前			1.973	1.038	.173	
	後			1.747	.871	.188	
	(平均)			1.677		.172	29.09

$$M_0 = 16.97 \text{ g}$$

$$\text{平均 } C_D = .990$$

$$\text{平均 } M_0 = 32.32 \text{ g}$$

$$\frac{M_0}{M_0} = 1.90, \quad \frac{M_0}{\rho L B H} = 0.713$$

沉降時間と終速

(理論値と実験値の比較)

主要目: $W_0 = 16.97 \text{ kg}$, $L = .716 \text{ m}$
 $B = .337 \text{ m}$, $H = .26231 \text{ m}$

表-3

水中重量	$W_0 \text{ (kg)}$	110	200	290	380	2,000
空中 "	$W_0 + m/g$	17.08	17.17	17.26	17.35	18.97
昇掛 "	$W^* \text{ (kg)}$	49.40	49.49	49.58	49.67	51.29
	γ	1.731	1.728	1.725	1.722	1.667
	$\beta \times 10^3$	2.227	4.041	5.849	7.650	38.99
	C	.03587	.05052	.05823	.06665	.1529
終速	$V \text{ (m/s)}$	.095	.134	.154	.177	.405
同実験	$V_E \text{ (m/s)}$	.101	.131	.154	.172	—
着底時間	$t \text{ (sec)}$	10.87	7.74	6.71	5.85	2.58
同近似値	t^*	10.90	7.75	6.72	5.87	2.58
同実験	t_E	10.8	8.15	6.88	6.08	—

注 1) 理論値は 沉降距離 75 cm

附加重量 32.32 kg.

抵抗係数 $C_D = 0.99$.

と 17 計算した。

$$2) \quad \gamma = (pgLB C_D) / (2W^*), \quad \beta = w / W^*$$

$$C = \sqrt{\beta / \gamma} = \sqrt{2w / (pgLB C_D)} = V / \sqrt{gL}$$

$$3) \quad t = \frac{\sqrt{L/g}}{\gamma C} \cosh^{-1} \left(e^{\frac{\gamma z}{C}} \right), \quad z: \text{沉降距離}$$

$$t^* = \frac{z}{V} + \frac{\log z}{\gamma C} \sqrt{\frac{L}{g}}, \quad (\log 2 = .6931)$$

6. 結論

抵抗試験の結果は

- i) 本実験の範囲では フルード数, レイノルズ数の影響はなく抵抗は速度の自乗に比例する。
- ii) 正面投影面積に關する抵抗係数は 0.9 ~ 0.95 の間となった。
- iii) 今回のカバーは抵抗減少の効果はなく、かえって曳航時には曳航行を生じ甚合が悪かった。
- iv) 浮れ時試験会では揚力を生じている事が伺われこれは流れ線の観察から推測される。

次に沈降試験の結果

- i) 水中の速度力の為には重心移動が小さくなければ水中姿勢は安定している。
- ii) 水中重量が今回速度力ならば安定した姿勢で沈降し、底近くでは略に一定の等速運動で着底する。
- iii) 筒空を運動方程式で結果を説明出来る。

等の結論が導かれる。

7. 実車性能の推定

以上の結論に基づき実車においては次のような性能を示すと推論される。

i) 抵抗は次の程度と推定される。

速度 (km/h)		1	2	3
浸水時	カバー無	83.9 (kg)	335.6	755
	付	83.9	335.6	755
曳航時	カバー無	83.4	333.6	751
	付	87.9	351.5	791

海水比重は 1.025 とする。

ii) 今回テストのカバーは抵抗減少には役立たず、曳航時には曳行を誘起するおそれがある。

iii) 今回テストの模型は水中において充分な復原力を有し、水中姿勢は安定していたが、実車では重心点が模型よりは上方にあると考えられるので、浮心位置前に調査しておく必要がある。

iv) 沈降着床に要する時間と速度等の関係は図 6～15 において時間、速度を $\sqrt{10}$ 倍、距離を 10 倍、重量等は 1000 倍すれば、実車性能となるが特に水深 10m と 5m について 5 節で得られた解析結果を利用して計算したものを次頁に示す。

浮上の場合も水中重量の値に余剰浮力を代入すれば同じである。

なおこれにはポール等の影響は入っていない。

沈降時間と終速

(実車の場合の推定値)

主要因 $W_0 = 16.97 \text{ tons}$ $L = 4.16 \text{ m}$
 $B = 3.37 \text{ m}$ $H = 2.623 \text{ m}$

表-4

水深	10m (沈降距離 7.5m)			5m (沈降距離 2.5m)		
水中重量	終速	着床時間	同位速度	終速	着床時間	同位速度
$w \text{ (kg)}$	$V \text{ (m/s)}$	$t \text{ (sec)}$	値 $t^* \text{ (sec)}$	$V \text{ (m/s)}$	$t \text{ (sec)}$	値 $t^* \text{ (sec)}$
110	.301	34.4		.301	16.7	17.8
200	.423	24.5	(同左)	.423	11.9	12.7
290	.488	21.2		.488	10.3	11.0
380	.558	18.5		.558	9.0	9.6
2,000	1.282	8.2		1.282	4.0	4.3

註 1) 附加重量 32.32 ton
 抵抗係数 $C_D = 0.99$ とする

$$2) V = C\sqrt{gL} \quad , \quad C = \sqrt{\frac{\beta}{\alpha}}$$

$$t = \frac{\sqrt{Lg}}{\gamma C} \cosh^{-1} \left(e^{\frac{\gamma W}{2C}} \right) ,$$

$$t^* = \frac{2}{V} + \frac{0.6931}{\gamma C} \cdot \sqrt{\frac{L}{g}} ,$$

による計算値とし γ, β, C は表 の値を使った。

3) 水深 5m では 着床時の速度は上部の値に達せず それより僅かに小さいと推定される。

4) 水深 5m の場合でも t と t^* の差は僅かであるので 上の値に t^* を使えば充分であろう。

附録 I 模型試験と相似則

実物による試験が物理的、技術的、経済的、社会的等の面で困難である場合、それと幾何学的に相似な模型を作って各種の試験が行われる。

その試験の目的が力学的諸量の研究である場合、我々の問題であるが、その時に模型と実物の互の力学的諸量の関係を示すものが相似則と呼ばれる。

最も普通の方法では、実物寸法を一定の縮尺で縮めた模型を作るもので、この時実物と模型は寸法が違っただけで、形は等しい。(形が等しいという意味を以下に解釋する)

力学に関する量(時間、長さ、質量、折抗等)については無次元化する事によつて、量の大きさに無関係な値となるので、量の大きさが違う物あるいは状態間の比較、異同の目安とする事が出来る。

又幾何学的に相似な2つの物体の互の運動において、これらの無次元量がすべて互に等しければ、それらは量の大きさには無関係なのであるから、2つの運動は、同じ形が等しいと言ったと同じような意味で等しい。

これを利用して模型と実物の間の対応関係が求められる。さて先ず、今回の折抗試験について考えよう。

相似模型を相似な境界(水深等)の中で折抗 R_m を測定する。

斜率をよければ

$$C_A = \frac{R_m}{\frac{1}{2} \rho A_m V_m^2} = f_{func}(F, Re) \quad ; \text{折抗係数}$$

$$F = V_m / \sqrt{g L_m} \quad ; \text{フルード数}$$

$$Re = V_m L_m / \nu_m \quad ; \text{レイノルズ数}$$

のように無次元である折抗係数はフルード数とレイノルズ数の関数である。

今回の試験の範囲では極く低速の部分を除き CA は一定であつて、フルード数に比例する数にも関係しなかつた。

従つて、実物の抵抗を R_s とすると、 CA は量のみで無関係な量であるから

$$\frac{R_s}{\frac{\rho_s A_s V_s^2}{2}} = CA = \frac{R_m}{\frac{\rho_m A_m V_m^2}{2}}$$

のような等式が成立しなければならない。

よつて、実物抵抗は

$$R_s = CA \cdot \frac{\rho_s A_s V_s^2}{2} = R_m \left(\frac{\rho_s A_s V_s^2}{\rho_m A_m V_m^2} \right)$$

で与えられる。

この時

$$A_s/A_m = (L_s/L_m)^2$$

であるから

$$V_s/V_m = \sqrt{L_s/L_m}$$

あるいは

$$V_s/\sqrt{g L_s} = V_m/\sqrt{g L_m}$$

つまりフルード数の等しい対応速度では上式に代入すれば直ちにわかるように

$$R_s/W_s = R_m/W_m, \quad W: \text{排水重量}$$

となる。

今回の実験では $L_s/L_m = 10$ であるから模型の速度抵抗曲線において速度を $\sqrt{10}$ 倍、抵抗を 1,000 倍すれば、実物のそれになる筈である。

次に沈降運動の場合を考えよう。

附録正に示すように次のように無次元量を考えれば運動方程式は物の大きさが違つてもこれらの値が同じであれば等しいから、初期条件が同じならば解も等しく、これによつて大きさの違うものの運動を推定する事が出来る。

$$Z = \frac{z_m}{L_m} \quad (無次元), \quad T = t_m \sqrt{\frac{g}{L_m}} \quad (無次元), \quad \beta = \frac{\rho_m (排水重量)}{W_m (重量)}$$

これから速度について

v_s/v_m とおけば事がある。

さて以上の考察から 実像と虚像は

距離 $z_s/z_m = L_s/L_m$

全周の長さ
10

時間 $t_s/t_m = \sqrt{L_s/L_m}$

$\sqrt{10}$

重量 $W_s/W_m = (L_s/L_m)^3$, $W_s/W_m = (L_s/L_m)^3$

10^3

速度 $v_s/v_m = \sqrt{L_s/L_m}$

$\sqrt{10}$

存在 虚像がある事になる。

附録Ⅱ 沈降運動の方程式の解 運動方程式は

$$\frac{W^*}{2} \ddot{z} + \frac{\rho}{2} L B C_D \dot{z}^2 = w, \quad (1)$$

とすると $z = L \bar{z}$, $t = \sqrt{\frac{L}{g}} T$, $\beta = w/W^*$, $\gamma = \frac{\rho g L^2 B C_D}{2 W^*}$, (2)

とおくと (1) は

$$\bar{z}''(T) + \gamma \{\bar{z}'(T)\}^2 = \beta \quad (3)$$

となる。但し (1) は T に 関する微分を示す。

この運動方程式を

$$\begin{aligned} \dot{z} = \ddot{z} = 0 & \text{ for } t = 0 \\ (z = \dot{z} = 0 & \text{ for } T = 0) \end{aligned} \quad (4)$$

なる初期条件で解くのが目的である。

さて運動は初めは加速運動となるが最終的には等速運動に落付く。

その時の速度 V は (1) の (3) に於いて $\ddot{z} = 0$ とすると求められ

$$V/\sqrt{gL} = C = \sqrt{\beta/\gamma} = \sqrt{2w/\rho g L B C_D} \quad (5)$$

となる。

(3) を解く為には新しく

$$z(T) = CT - X(T) \quad (6)$$

と変数変換して (3) に代入すると (3) は

$$X''(T) = \gamma X'^2 - 2\gamma C X', \quad (7)$$

となり (4) は $X'(0) = C$, $X(0) = 0$, (8)

となる。

(7) の両辺を X' で割って積分し (8) を代入すると

$$X'(T) = C e^{\gamma X - 2\gamma C T} \quad (9)$$

が一度積分して

$$e^{-\gamma X} = \frac{1}{2} (1 + e^{-2\gamma C T}) \quad (10)$$

を得る。

変数 z に 戻すと (10) は

$$e^{\gamma z} = \cosh(\gamma c T), \quad T = \frac{1}{\gamma c} \cosh^{-1}(e^{\gamma z}), \quad (11)$$

$$z' = c \tanh(\gamma c T), \quad (12)$$

を得る。

従って $T \gg \frac{1}{\gamma c}$ ならば (11), (12) から

$$e^{\gamma z} \doteq \frac{1}{2} e^{\gamma c T}, \quad z' \doteq c, \quad (13)$$

となる。

$1/\gamma c$ は 系型系の時定数と同じようなものである。

(13) 前式から 近似的に

$$t \sqrt{\frac{c}{L}} \doteq \frac{1}{\gamma c} \{ \gamma z + \log 2 \},$$

$$\text{or} \quad t \doteq \frac{z}{V} + \frac{\log 2 \sqrt{L}}{\gamma c}, \quad (\log 2 = .6931), \quad (14)$$

が得られる。

附録Ⅲ 附加質量について

物体が流体中を加速又は減速運動をする時は、速度の周数(今の場合は角速度に比例すると仮定)である排抗の他に加速度に比例する排抗がある。

これは物体が流体をおしよけて動く時物体の排除する容積の何割かの流体は物体と一緒に動かさざるを得ないからそれが慣性排抗として加わる筈である。

この排抗は一般に

$$M_a \alpha \quad (\alpha: \text{加速度})$$

と表わされ、 M_a を附加質量と呼ぶ。

なおこれは物体の質量を加えたものを見掛質量と呼ぶ。

M_a は正確に言うと粘性や波力や運動の様子、境界等によって異なるが、それらによる変化は比較的少なく、少くも今の場合は一定と考えてよからう。

又これは物体の大きさと開きに関係するので物体の容積 V で割っておくと便利である。

$$M_a / \rho V = k$$

これは附加質量係数と呼ばれ形によって異なり、長い円筒では1、球では0.5である。(次頁参照)

又密度に比例するので空中では風船や飛行船のような場合以外は問題にならない量である。

しかし水の中の場合は常に考えねばならぬ量である。

今水の中で水中重量が0である長い円筒に F なる力を加えると最初の瞬間の加速度 α_w は

$$\alpha_w = F / (M_0 + M_a) = F / (1+k) M_0 = F / 2 M_0, \quad M_0 = \rho V$$

となるから空中では $M_a \neq 0$ であるからその加速度を α_{air} とすると

$$\alpha_w = \frac{1}{2} \alpha_{air}$$

となって加速度は空中の半分となる。

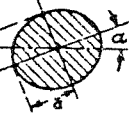
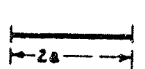
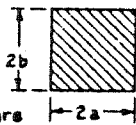
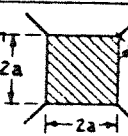
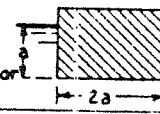
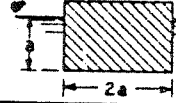
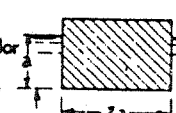
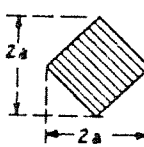
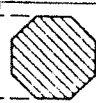
Form of Two-Dimensional Body	Added Mass of Entrained Liquid	Added Moment of Inertia of Entrained Liquid																								
Rod of Circular Section 	Mode of Motion $m_L = \rho \pi a^2$	Mode of Motion $J_L = 0$																								
Rod of Elliptic Section Major Axis 	Mode of Motion $m_L = \rho \pi (b^2 \cos^2 \alpha + a^2 \sin^2 \alpha)$	Mode of Motion $J_L = \frac{1}{8} \rho \pi (a^2 - b^2)^2$																								
Long. Flat Plate 	$m_L = \rho \pi a^2$	$J_L = \frac{1}{8} \rho \pi a^4$																								
Rod of Square or Rectangular Section 	$m_L = k_1 \rho \pi a^2$	$J_L = k_2 \rho \pi a^4$																								
	<table><tr><th>a/b</th><th>k₁</th><th>k₂</th></tr><tr><td>0.1</td><td>2.23</td><td>14.70</td></tr><tr><td>0.2</td><td>1.98</td><td>9.4</td></tr><tr><td>0.5</td><td>1.7</td><td>2.4</td></tr><tr><td>1</td><td>1.51</td><td>0.234</td></tr><tr><td>2</td><td>1.38</td><td>0.15</td></tr><tr><td>5</td><td>1.21</td><td>0.15</td></tr><tr><td>10</td><td>1.14</td><td>0.147</td></tr></table>	a/b	k ₁	k ₂	0.1	2.23	14.70	0.2	1.98	9.4	0.5	1.7	2.4	1	1.51	0.234	2	1.38	0.15	5	1.21	0.15	10	1.14	0.147	
a/b	k ₁	k ₂																								
0.1	2.23	14.70																								
0.2	1.98	9.4																								
0.5	1.7	2.4																								
1	1.51	0.234																								
2	1.38	0.15																								
5	1.21	0.15																								
10	1.14	0.147																								
Square-Section Rod with Fins on the Corners 	$m_L = k_3 \rho \pi a^2$	$J_L = k_4 \rho \pi a^4$																								
	<table><tr><th>d/a</th><th>k₃</th><th>k₄</th></tr><tr><td>0.05</td><td>1.61</td><td>0.31</td></tr><tr><td>0.1</td><td>1.72</td><td>0.4</td></tr><tr><td>0.25</td><td>2.19</td><td>0.69</td></tr></table>	d/a	k ₃	k ₄	0.05	1.61	0.31	0.1	1.72	0.4	0.25	2.19	0.69													
d/a	k ₃	k ₄																								
0.05	1.61	0.31																								
0.1	1.72	0.4																								
0.25	2.19	0.69																								
Floating Rectangular Box 	Mode of Motion $m_L = 0.76 \rho \pi a^2$	Mode of Motion $J_L = 0.117 \rho \pi a^4$																								
Floating Rectangular Box in Liquid of Limited Depth 	$m_L = 0.25 \rho \pi a^2$																									
Floating Rectangular Box in Liquid of Limited Depth 	$m_L = k_5 \rho \pi a^2$																									
	<table><tr><th>a/h</th><th>k₅</th></tr><tr><td>∞</td><td>0.75</td></tr><tr><td>2.8</td><td>0.83</td></tr><tr><td>1.8</td><td>0.89</td></tr><tr><td>1.5</td><td>1.0</td></tr><tr><td>0.5</td><td>1.35</td></tr><tr><td>0.25</td><td>2.0</td></tr></table>	a/h	k ₅	∞	0.75	2.8	0.83	1.8	0.89	1.5	1.0	0.5	1.35	0.25	2.0											
a/h	k ₅																									
∞	0.75																									
2.8	0.83																									
1.8	0.89																									
1.5	1.0																									
0.5	1.35																									
0.25	2.0																									
Rod of Diagonal Square Section 	$m_L = 0.76 \rho \pi a^2$	$J_L = 0.059 \rho \pi a^4$																								
	$m_L = k_6 \rho \pi a^2$																									
	<table><tr><th>a/b</th><th>k₆</th></tr><tr><td>0.2</td><td>0.61</td></tr><tr><td>0.5</td><td>0.67</td></tr><tr><td>2</td><td>0.85</td></tr></table>	a/b	k ₆	0.2	0.61	0.5	0.67	2	0.85																	
a/b	k ₆																									
0.2	0.61																									
0.5	0.67																									
2	0.85																									
Octagon, with All Sides of Equal Length 		$J_L = 0.055 \rho \pi a^4$																								

FIG. 62.A ADDED-LIQUID-MASS VALUES FOR SOME TWO-DIMENSIONAL GEOMETRIC SHAPES IN UNSTEADY MOTION. All values given are for unit lengths normal to the page. The respective modes of motion are indicated by the double-headed arrows.

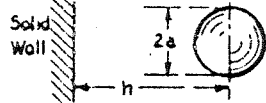
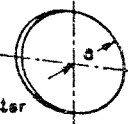
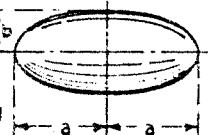
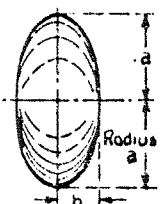
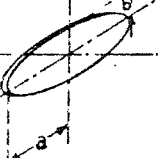
Form of Three-Dimensional Body	Added Mass of Entrained Liquid	Added Moment of Inertia of Entrained Liquid																																																																
Sphere 	$m_L = \frac{2}{3} \rho \pi a^3$	$J_L = 0$																																																																
Solid Wall 	$m_L = \frac{2}{3} \rho \pi a^3 \cdot (1 + \frac{3}{16} \frac{a^2}{h^2})$	$m_L = \frac{2}{3} \rho \pi a^3 \cdot (1 + \frac{3}{8} \frac{a^2}{h^2})$																																																																
Circular Disc Moving Normal to Its Plane or Rotating About a Diameter 	Mode of Motion $m_L = \frac{4}{3} \rho a^3$	Mode of Motion $J_L = \frac{16}{45} \rho a^5$																																																																
Prolate Ellipsoid 	Moving Broadside $m_L = k_1 (\frac{4}{3} \rho \pi a b^2)$	$m_L = k_2 (\frac{4}{3} \rho \pi a b^2)$																																																																
<table><tr><th>a/b</th><th>k₁</th><th>k₂</th><th>k₃</th><th>a/b</th><th>k₁</th><th>k₂</th><th>k₃</th></tr><tr><td>1.0</td><td>0.5</td><td>0.5</td><td>0</td><td>4.99</td><td>0.895</td><td>0.059</td><td>0.701</td></tr><tr><td>1.5</td><td>0.621</td><td>0.305</td><td>0.094</td><td>6.01</td><td>0.918</td><td>0.045</td><td>0.764</td></tr><tr><td>2.0</td><td>0.702</td><td>0.209</td><td>0.240</td><td>6.97</td><td>0.933</td><td>0.036</td><td>0.805</td></tr><tr><td>2.51</td><td>0.763</td><td>0.156</td><td>0.367</td><td>8.01</td><td>0.945</td><td>0.029</td><td>0.840</td></tr><tr><td>2.99</td><td>0.803</td><td>0.122</td><td>0.465</td><td>9.02</td><td>0.954</td><td>0.024</td><td>0.865</td></tr><tr><td>3.99</td><td>0.860</td><td>0.082</td><td>0.608</td><td>9.97</td><td>0.960</td><td>0.021</td><td>0.883</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>∞</td><td>1.0</td><td>0</td><td>1.0</td></tr></table>	a/b	k ₁	k ₂	k ₃	a/b	k ₁	k ₂	k ₃	1.0	0.5	0.5	0	4.99	0.895	0.059	0.701	1.5	0.621	0.305	0.094	6.01	0.918	0.045	0.764	2.0	0.702	0.209	0.240	6.97	0.933	0.036	0.805	2.51	0.763	0.156	0.367	8.01	0.945	0.029	0.840	2.99	0.803	0.122	0.465	9.02	0.954	0.024	0.865	3.99	0.860	0.082	0.608	9.97	0.960	0.021	0.883					∞	1.0	0	1.0		$J_L = k_3 (\frac{4}{3} \rho \pi a b^2) \cdot (a^2 + b^2)$
a/b	k ₁	k ₂	k ₃	a/b	k ₁	k ₂	k ₃																																																											
1.0	0.5	0.5	0	4.99	0.895	0.059	0.701																																																											
1.5	0.621	0.305	0.094	6.01	0.918	0.045	0.764																																																											
2.0	0.702	0.209	0.240	6.97	0.933	0.036	0.805																																																											
2.51	0.763	0.156	0.367	8.01	0.945	0.029	0.840																																																											
2.99	0.803	0.122	0.465	9.02	0.954	0.024	0.865																																																											
3.99	0.860	0.082	0.608	9.97	0.960	0.021	0.883																																																											
				∞	1.0	0	1.0																																																											
Planetary Ellipsoid or Oblate Spheroid Moving Parallel to Its Polar Axis 	$m_L = \frac{4}{3} \rho \pi a^3 \left[\frac{a - (\sin^2 \theta) \sqrt{1 - e^2}}{\sin^2 \theta - e \sqrt{1 - e^2}} \right]$ where $e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$																																																																	
Elliptic Disc Moving Perpendicular to its Plane 	$m_L = k_4 (\frac{4}{3} \rho \pi a^2 b)$, where $k_4 = \frac{0.5 \pi}{\int_0^{\pi/2} \sqrt{\frac{a^2 \sin^2 \theta + b^2 \cos^2 \theta}{a^2}} d\theta}$	<table><tr><th>a/b</th><th>1.0</th><th>2.0</th><th>5.0</th><th>10.0</th></tr><tr><th>k₄</th><td>0.637</td><td>0.41</td><td>0.19</td><td>0.098</td></tr></table>	a/b	1.0	2.0	5.0	10.0	k ₄	0.637	0.41	0.19	0.098																																																						
a/b	1.0	2.0	5.0	10.0																																																														
k ₄	0.637	0.41	0.19	0.098																																																														

FIG. 62.B ADDED-LIQUID-MASS VALUES FOR SOME THREE-DIMENSIONAL GEOMETRIC SHAPES IN UNSTEADY MOTION.

The respective modes of motion are indicated by the double-headed arrows.

L : 全長

B : 全幅

H : 全高

V : 排水容積

A : 投影面積 (正面)

V : 速度

$$Re = VL/\nu : \text{レイノルズ数}$$

$$Fr = V/\sqrt{gL} : \text{フーコー数}$$

R : 抵抗

ρ : 水密度

$\nu = \mu/\rho$: 動粘性係数

γ : 重力常数

$$C_A = R / \frac{\rho}{2} V^2 A : \text{抗係数 (前進)}$$

$$C_A^* = R / \frac{\rho}{2} V^2 A^* : \quad "$$

$$C_{BH} = R / \frac{\rho}{2} V^2 BH : \quad "$$

$$C_D = R / \frac{\rho}{2} V^2 LB : \quad " \text{ (下降時)}$$

W_0 : 空中重量 ($= Mg$) , B : 浮力

w : 水中 "

W^* : 水中見物重量 ($= Mg$)

Z : 花障距離 ($\frac{Z}{L} = \bar{Z}$)

t : 時間 ($= \sqrt{\frac{L}{g}} T$)

$$\gamma = \frac{\rho g L B C_D}{2 W^*}$$

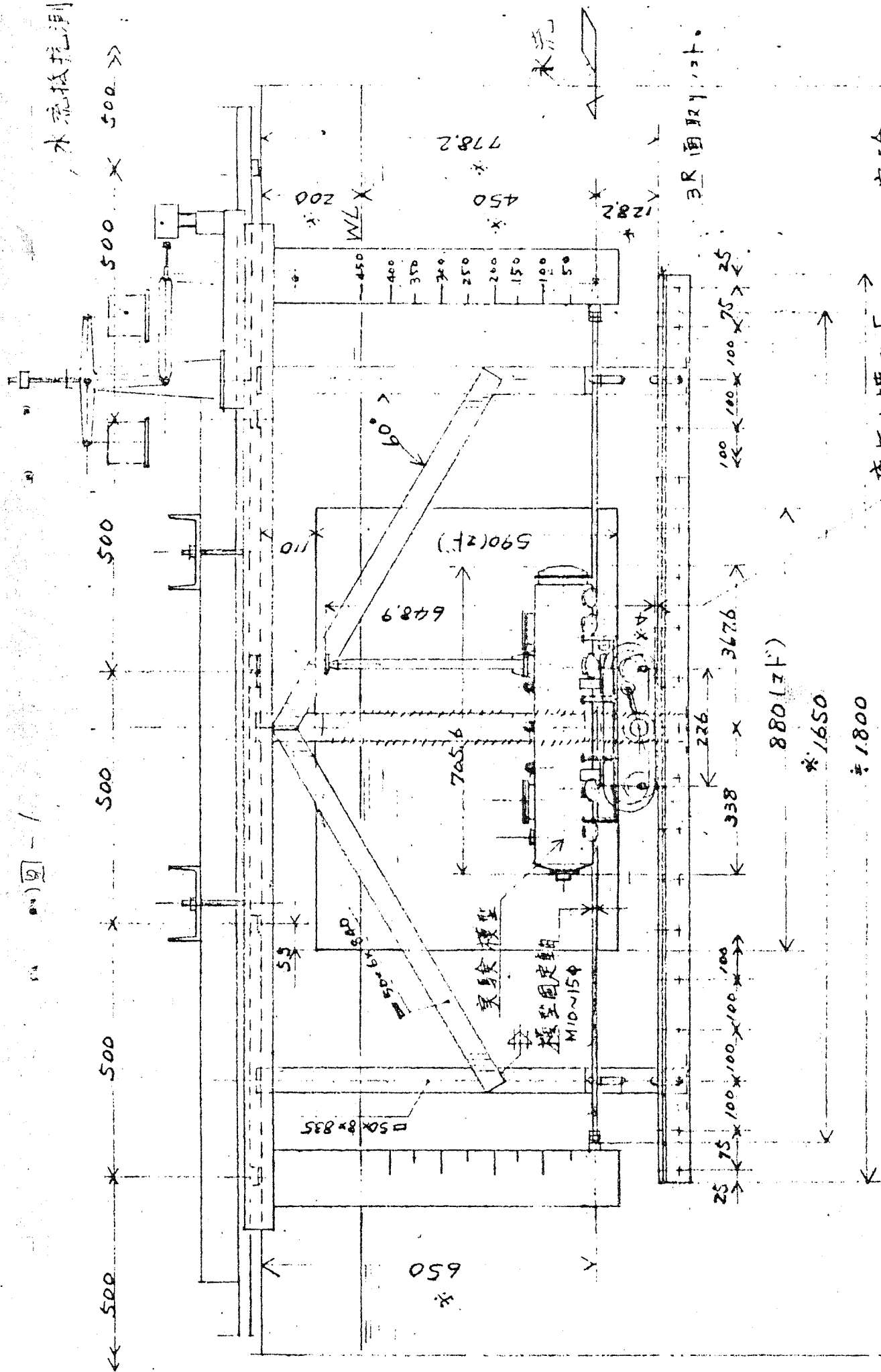
$$\beta = w/W^*$$

$$C = V/\sqrt{gL} = \sqrt{\beta} \text{ (V: 終速)}$$

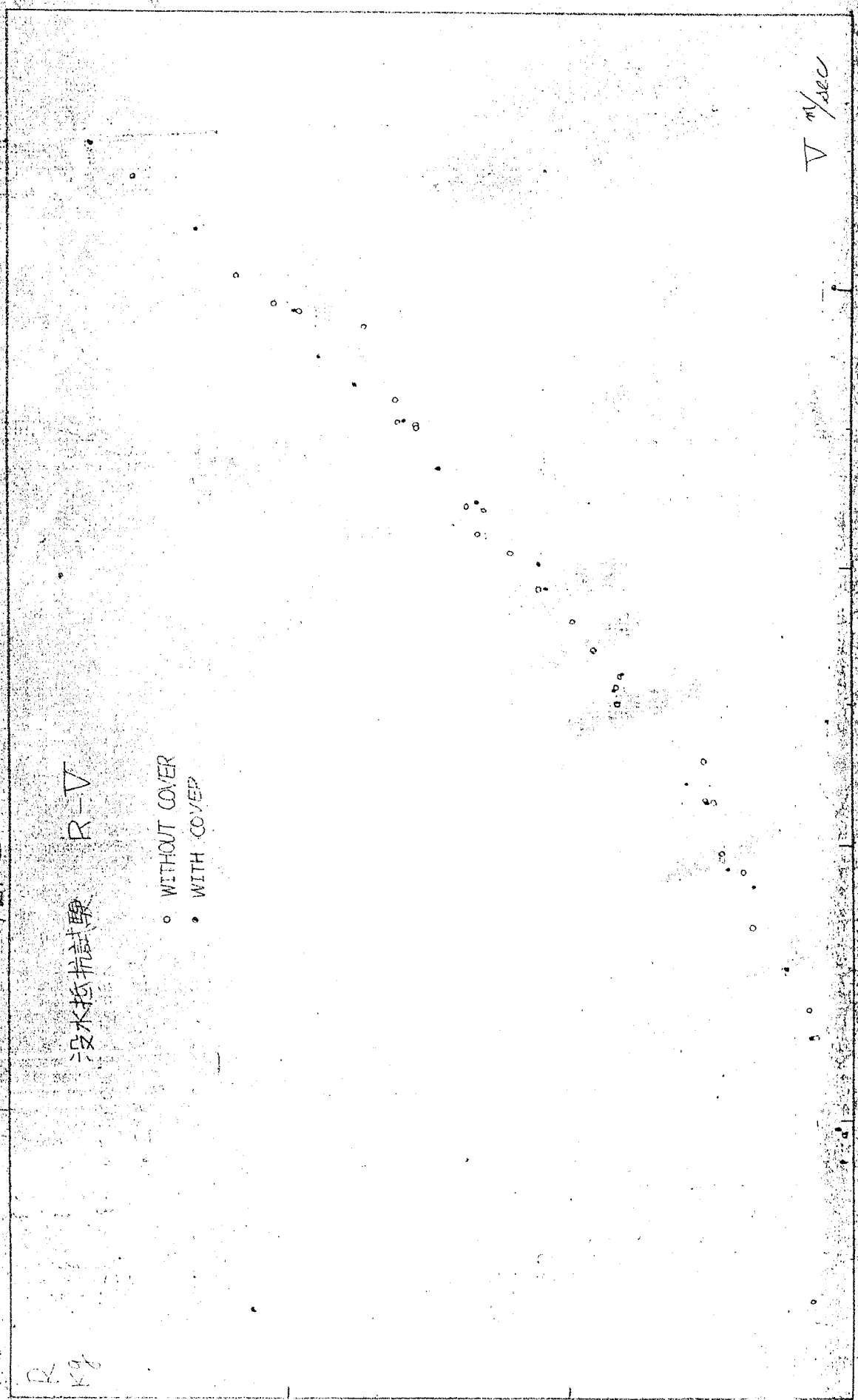
Ma : マッハ数

k : 抵抗係数係数

α : 加速度



底板ト模形「グリアシ」ハ、實際
中ト現物合セ音調整スルガ、トハスルコト。



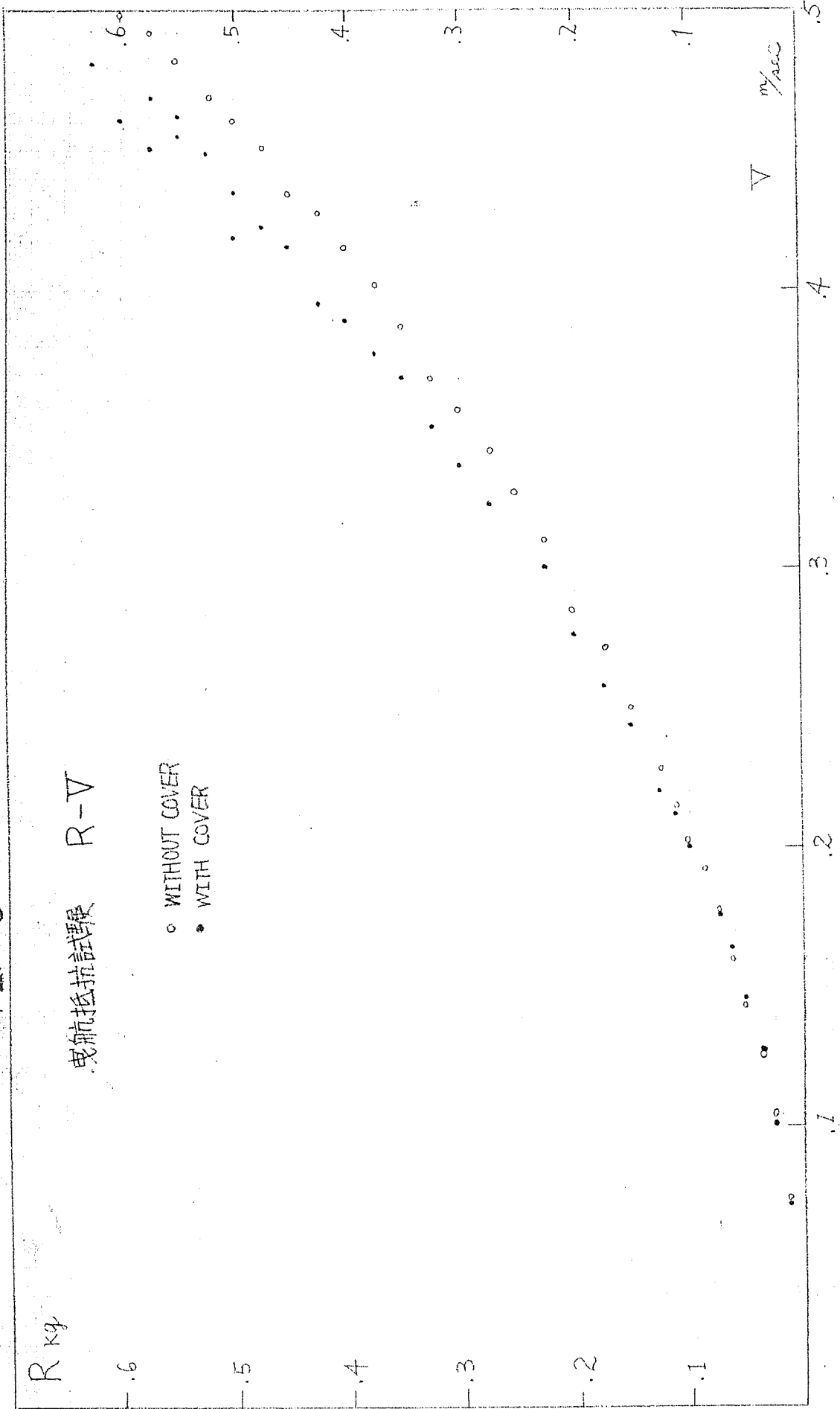
没水抵抗試験 $R=V$

○ WITHOUT COVER
● WITH COVER

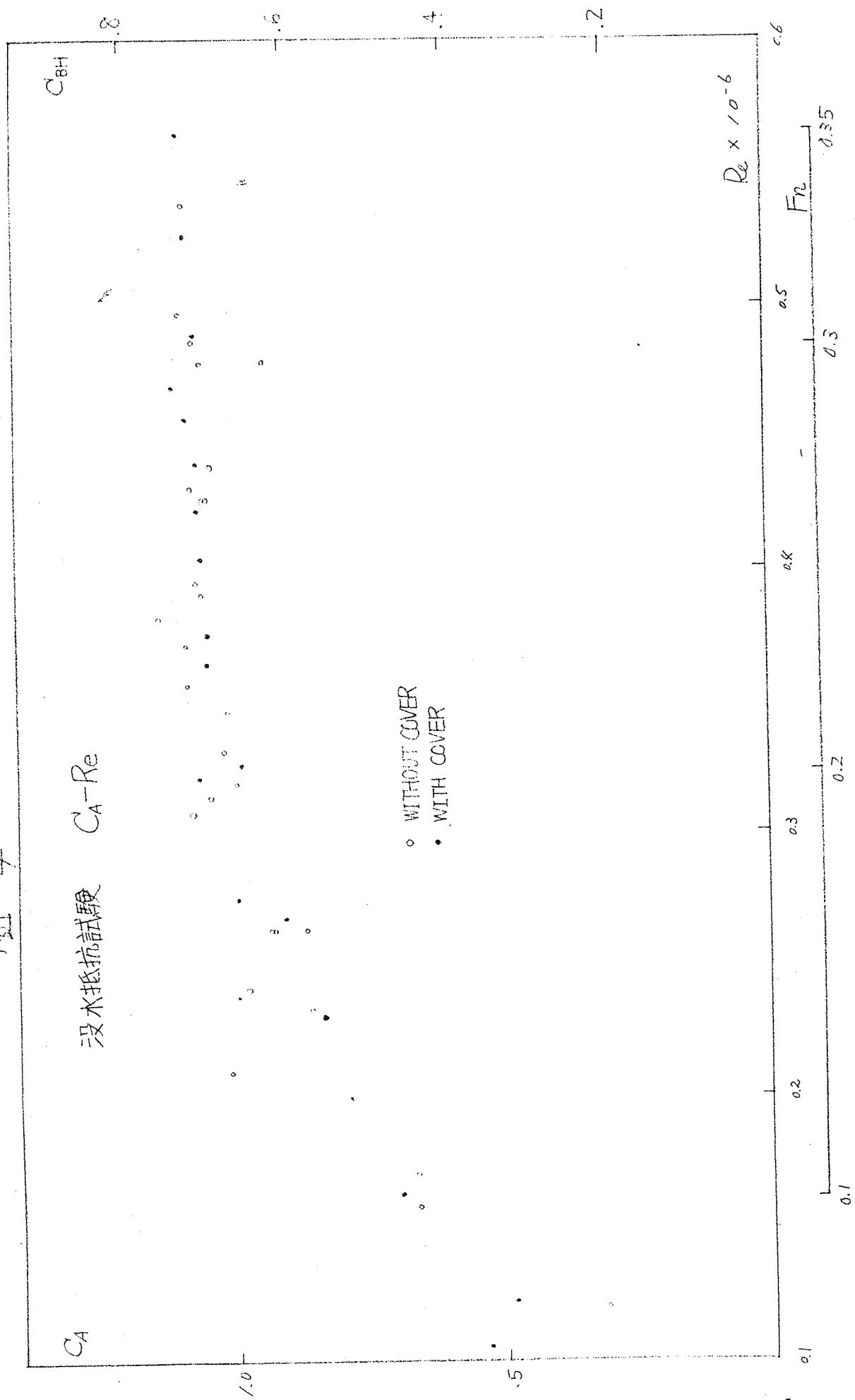
V m/sec

21

12 3

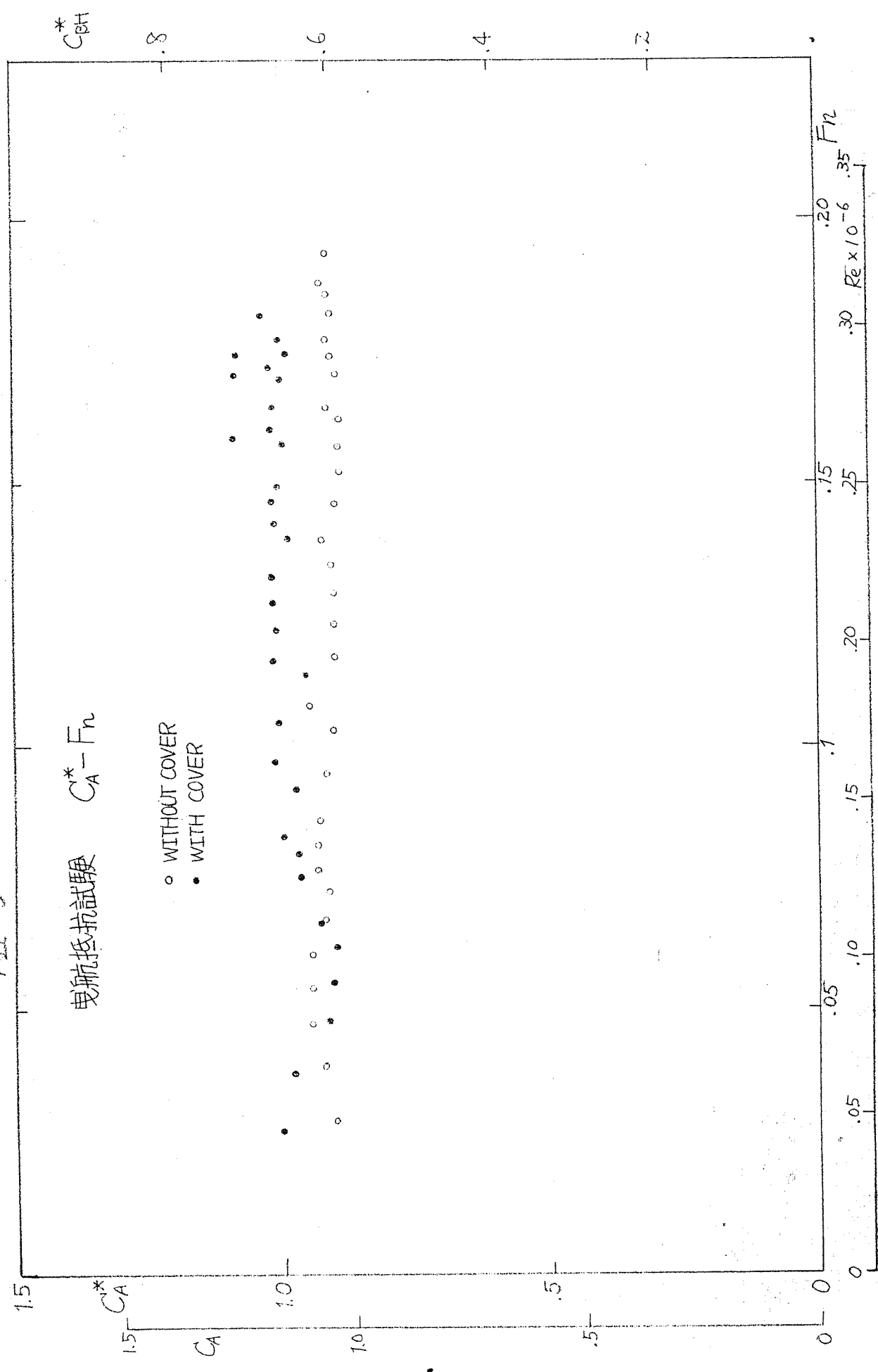


151 4



1515

曳航抵抗試験 $C_A^* - F_n$



156

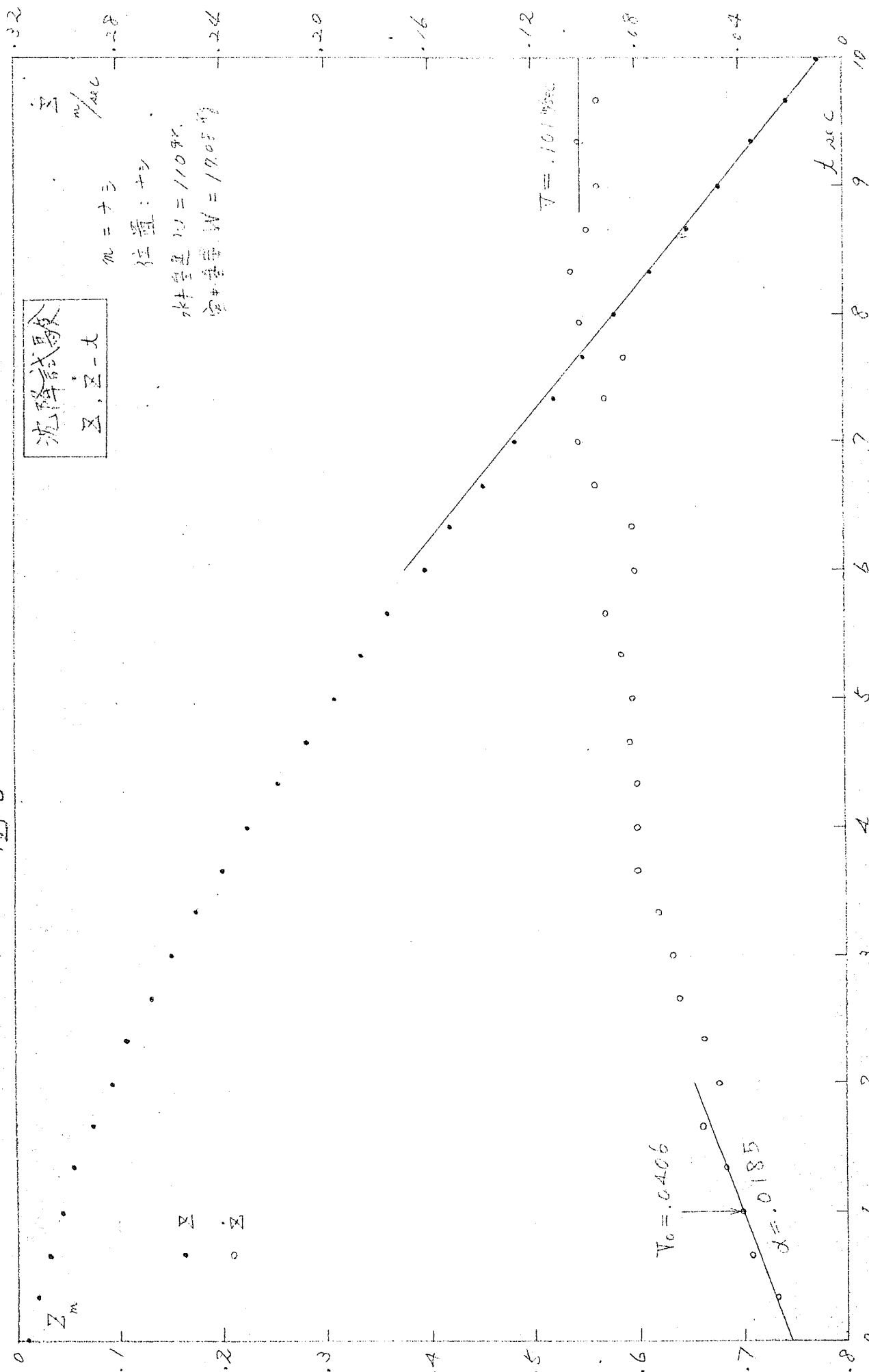
沈降試験
Σ, Σ-t

$n = 13$

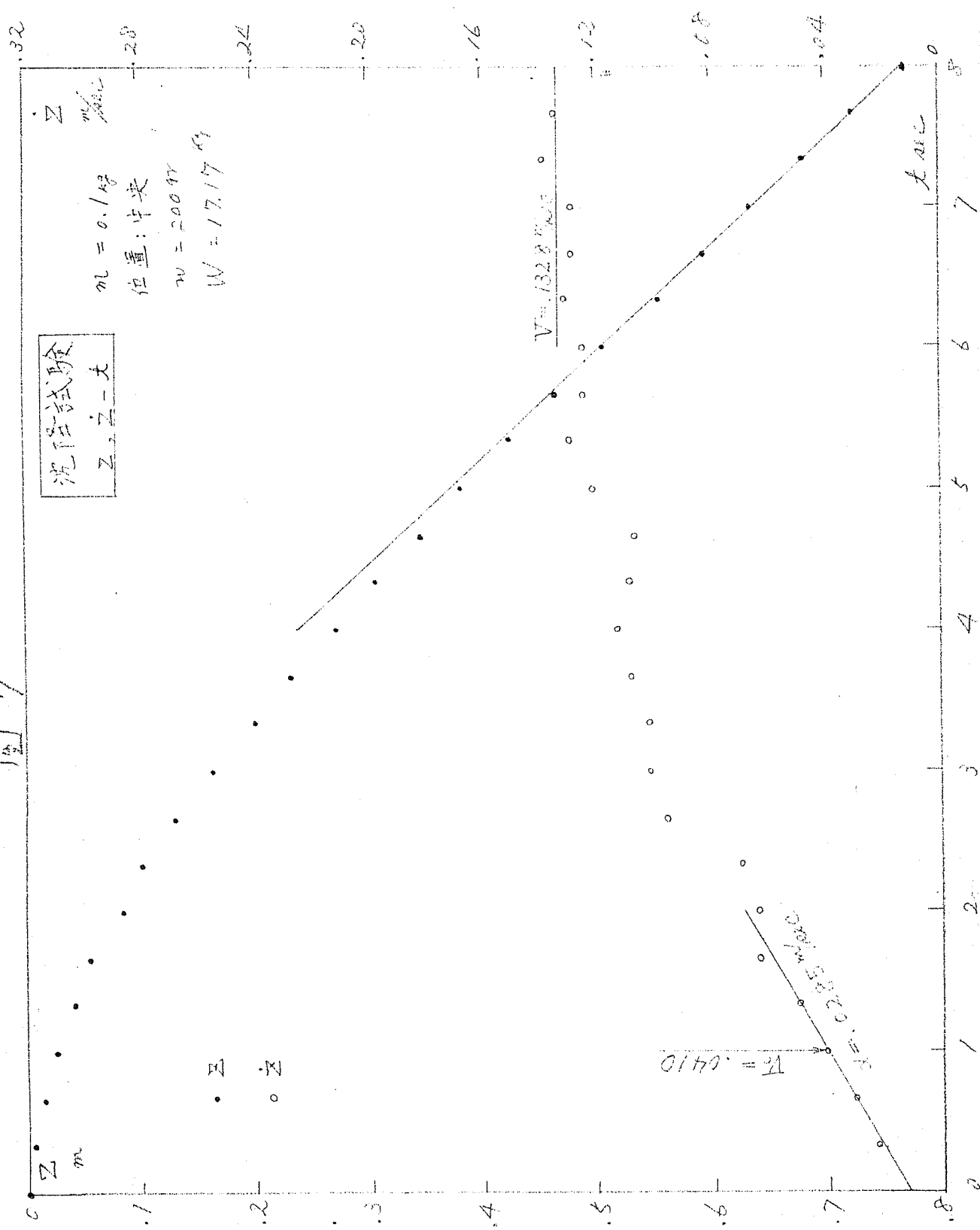
位置: +シ

水質: 10 = 110%

空気: 10 = 17.05%



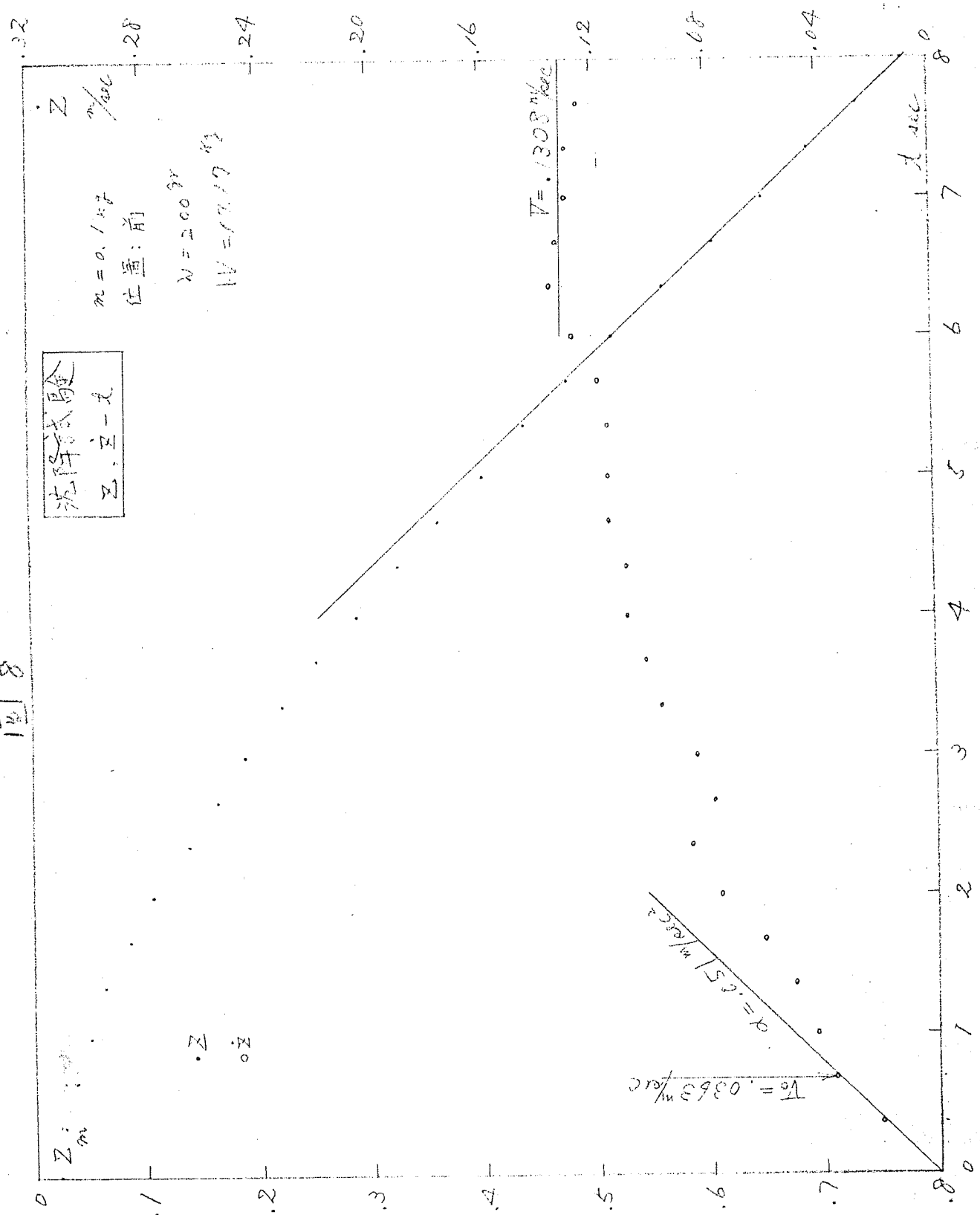
127



148

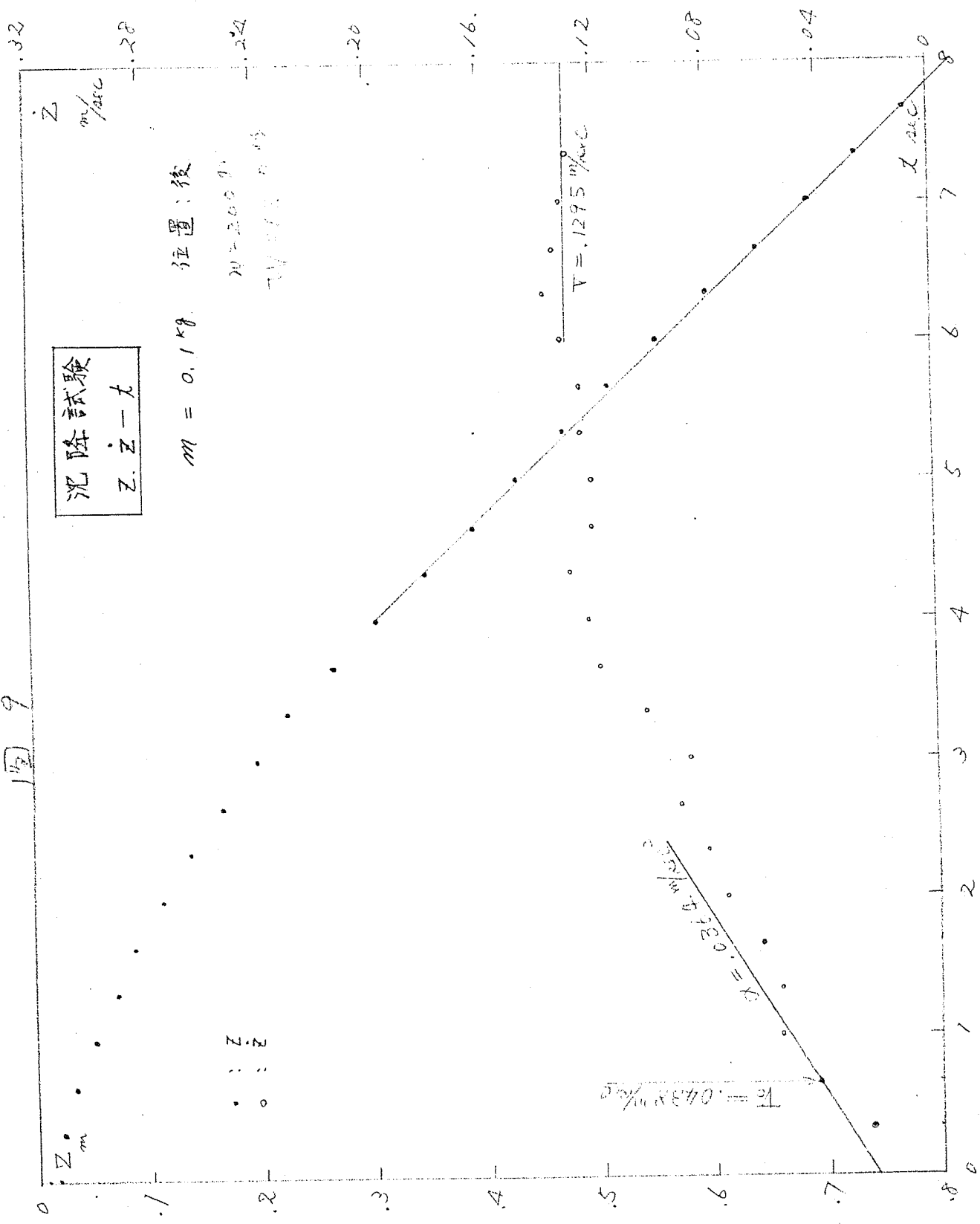
沈降試験
Σ, 立一立

$n = 0.147$
位置: 前
 $\lambda = 200 \text{ gr}$
 $V = 17.17 \text{ sec}$



112 9

沉降試験
Z. Z-t



10

沉降試験
Z, Ż - t

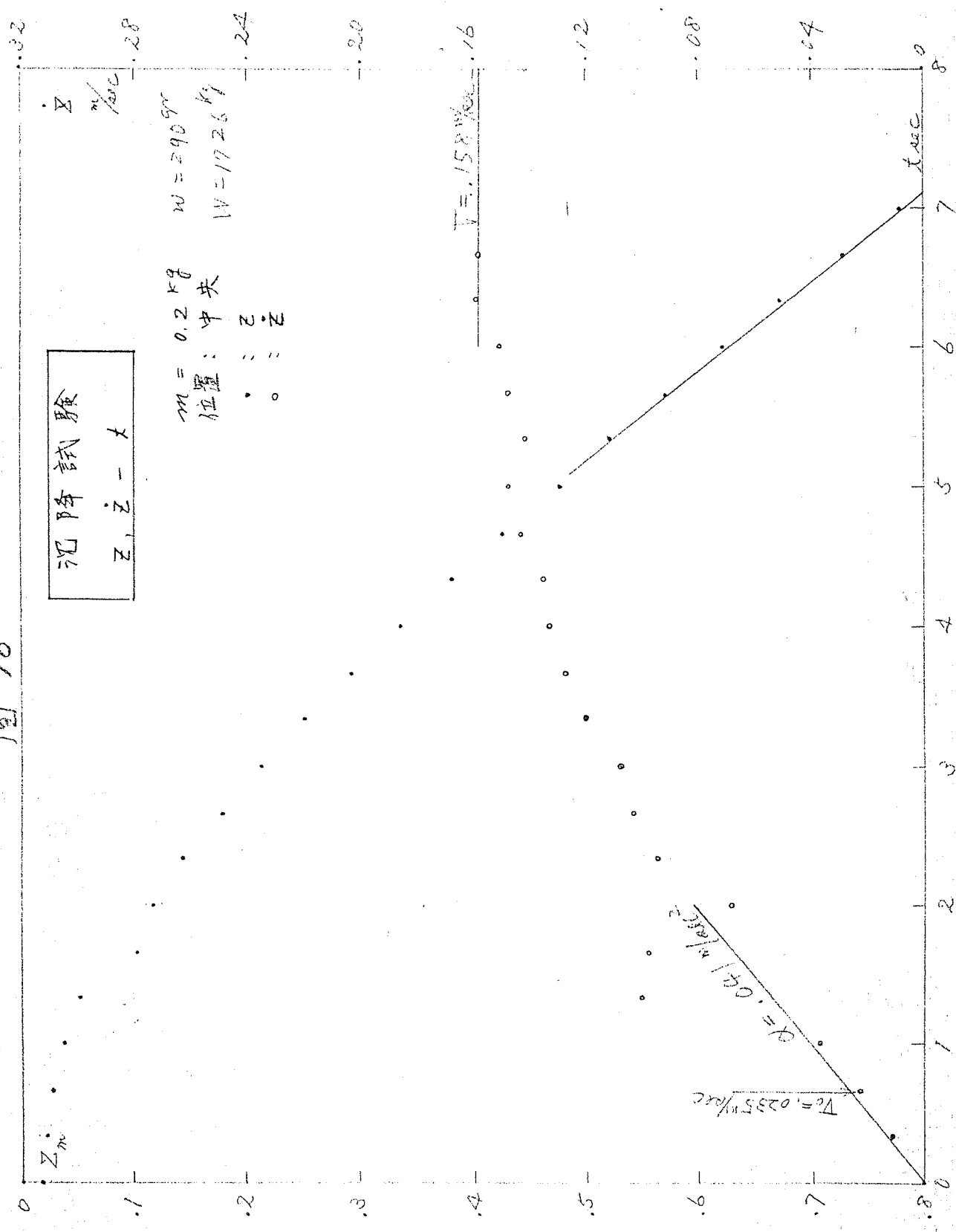


图 11

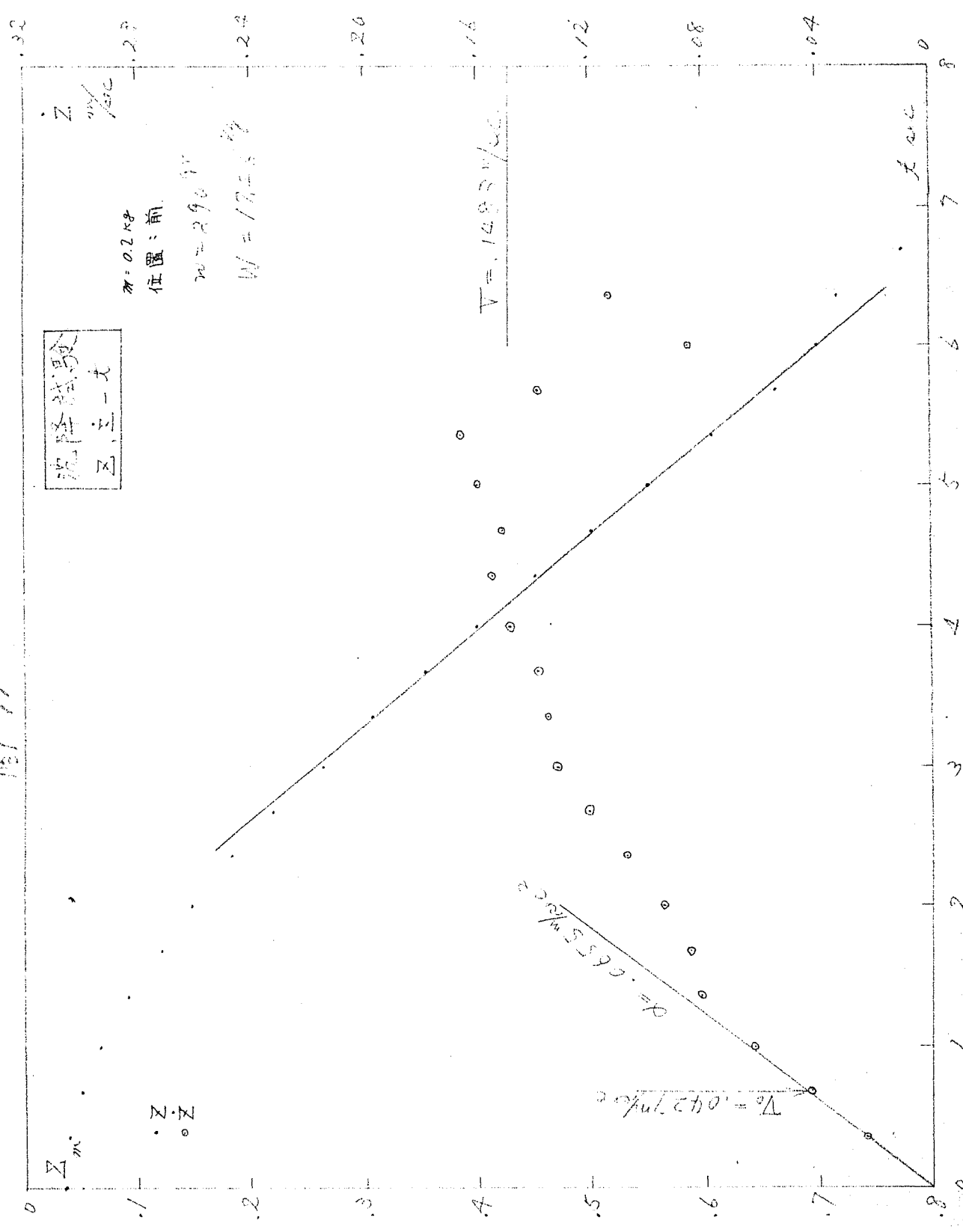


图 12

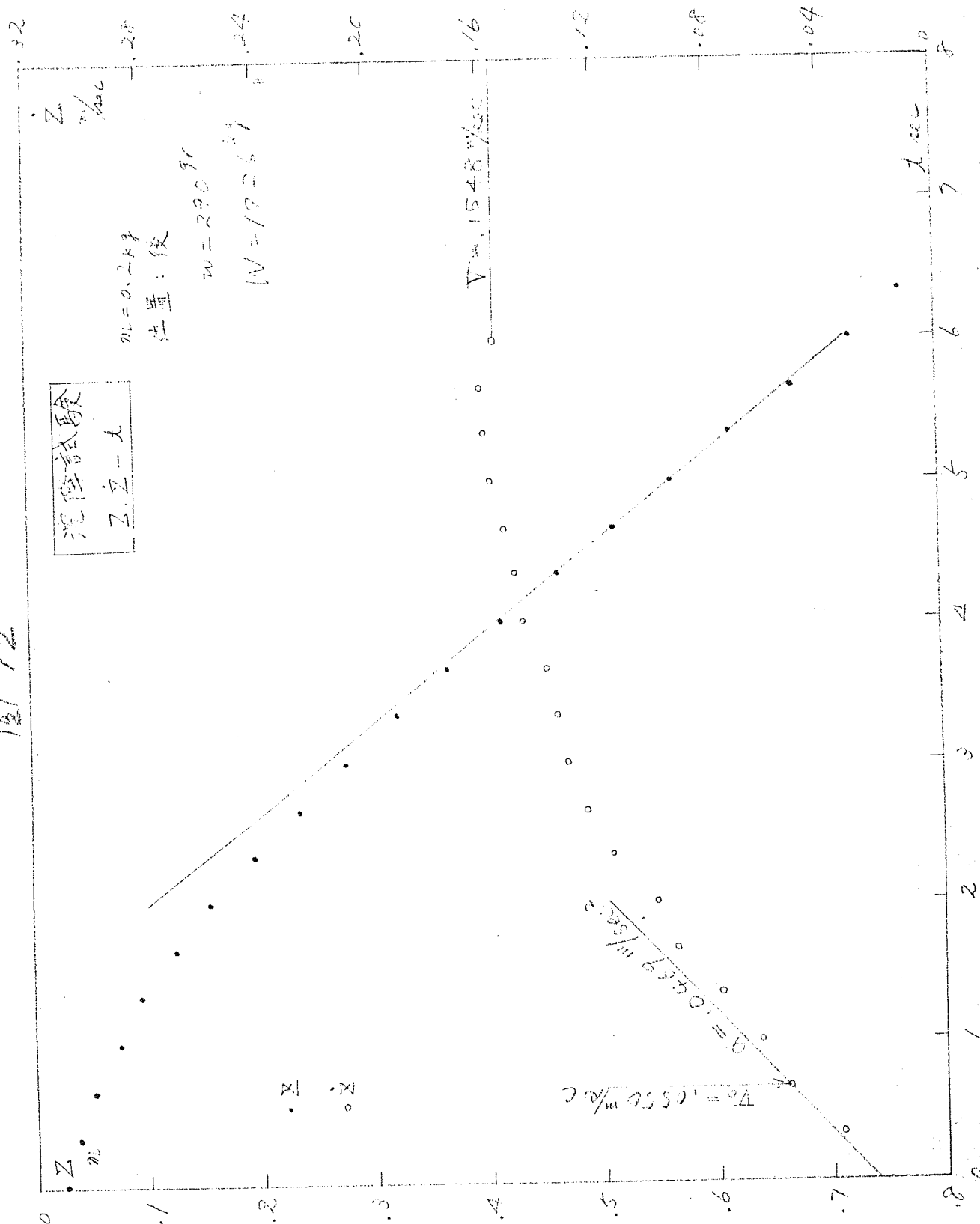
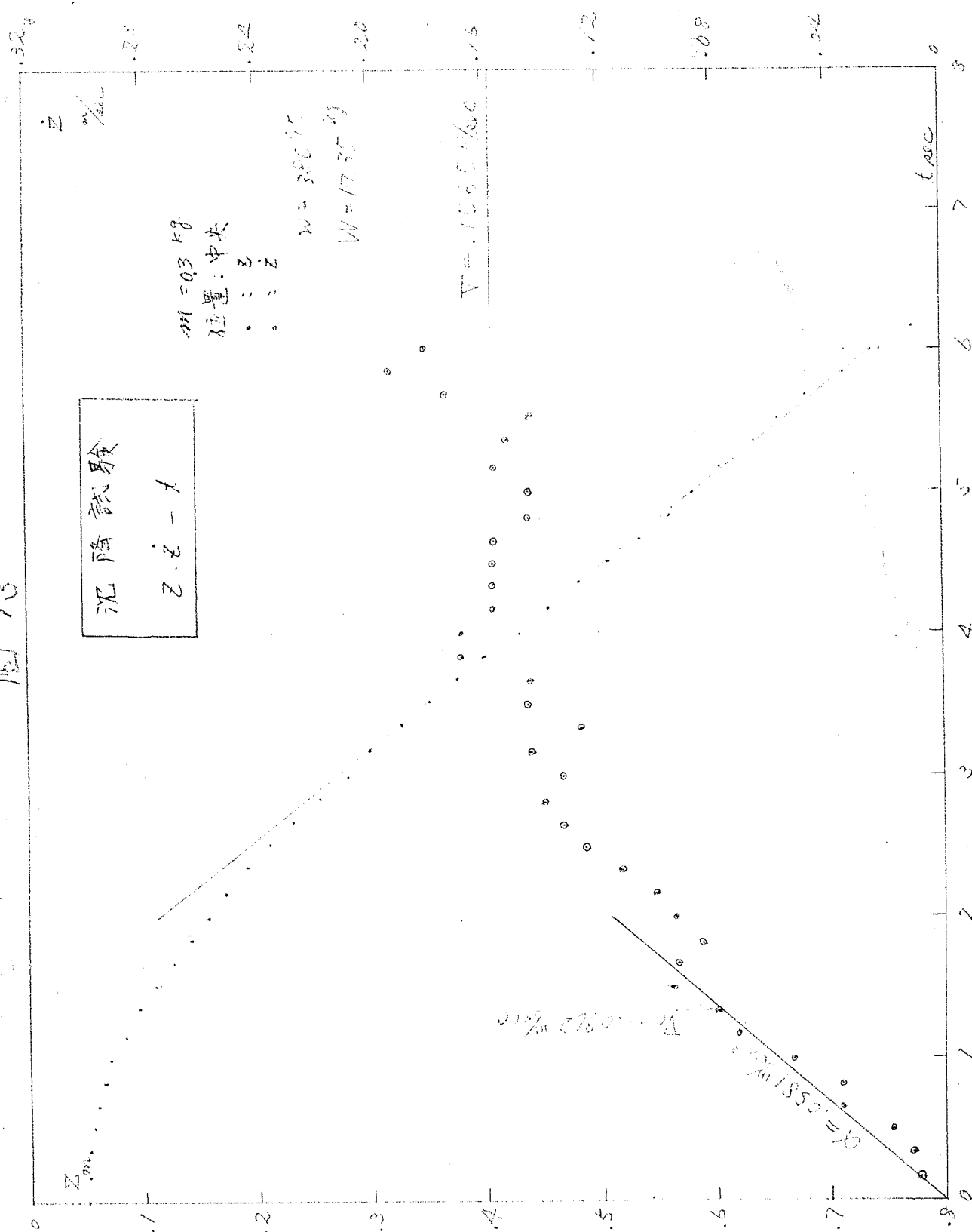


圖 13



沉降試験
Z. z - t

$m = 0.3 \text{ kg}$
 位置 = 前
 $\bullet = z$
 $\circ = z$
 $w = 380 \text{ g}$
 $W = 14.35 \text{ g}$
 $T = 17.25 \text{ g/sec}$

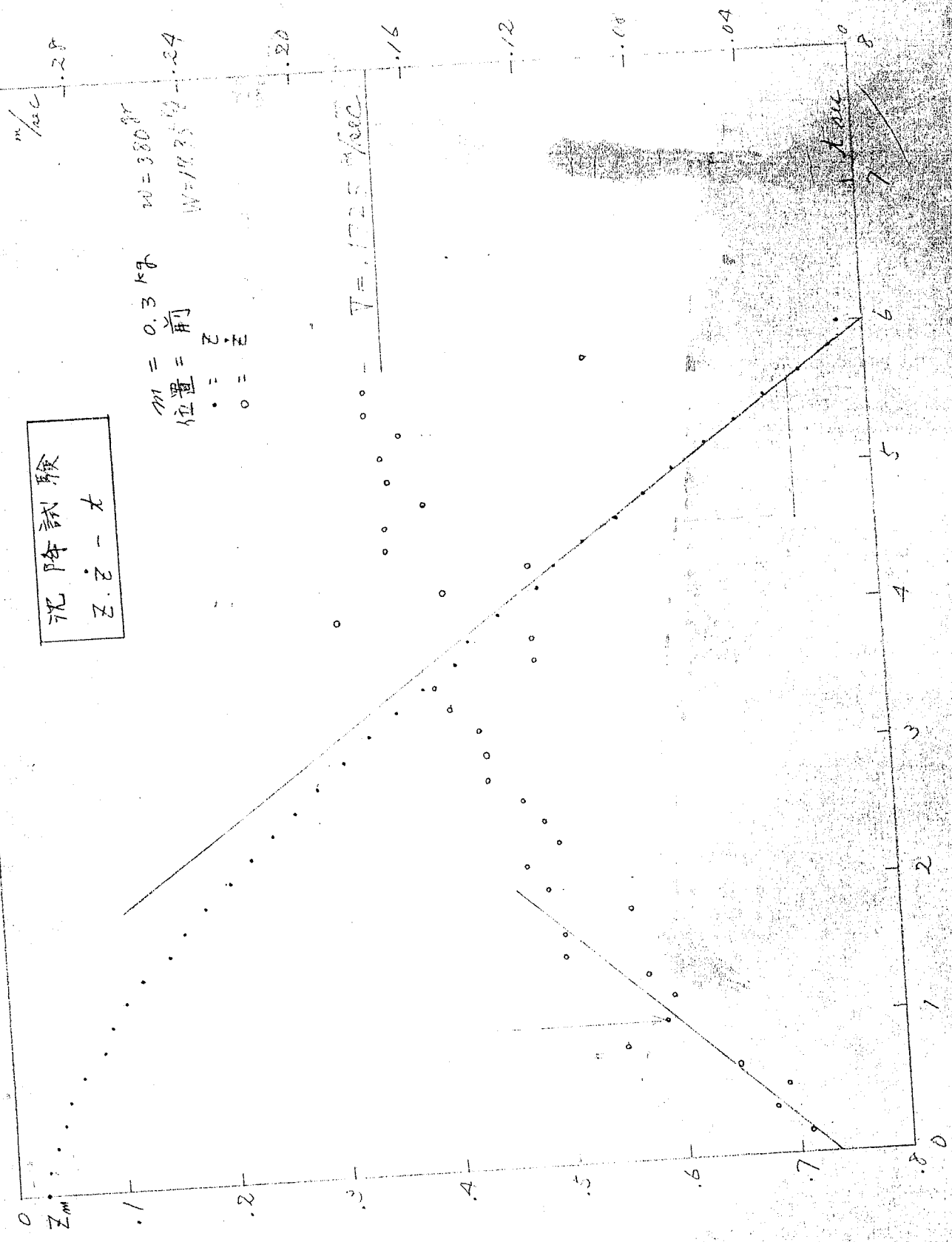
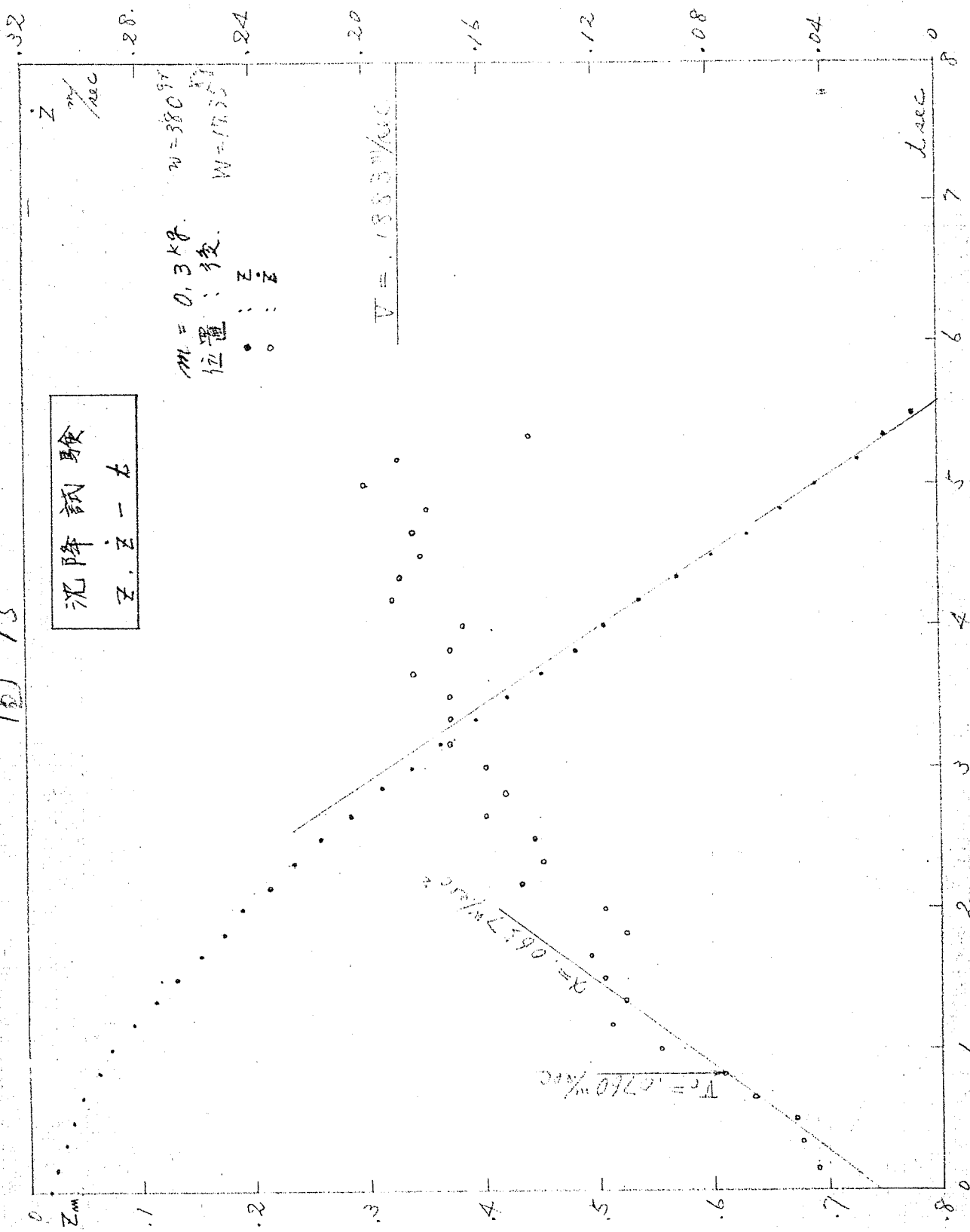


図 15



〔没水模型の抵抗試験解析表〕

Date 72.4.5 No. S-1

Model

Condition WITHOUT COVER

T = 14.0°C

L (M)	.716	V (M ³)	16.860 _{$\times 10^{-6}$}	A ₀ / S	
B (M)	.337	S (M ²)		A ₀ / V ^{1/3}	
H ₀ (M)	.2623	A ₀ (M ²)	.059	A ₀ / BH	.6675

$$V = 1.175 \times 10^{-6} \quad \rho = 102.07$$

$$C_A = R / \frac{\rho}{2} V^2 A_0$$

$$C_S = C_A A_0 / S$$

$$C_V = C_A A_0 / V^{3/2}$$

$$C_{BH} = C_A A_0 / BH$$

V % rec	Re $\times 10^6$	F _n	4R	C _A	C _{BH}	R kg
0.0767	0.0467	0.0289	0.563	7.9497	5.3061	0.1408
0.2619	0.1596	0.0987	0.549	2.6645	0.4435	0.1222
0.3429	0.2090	0.1295	1.420	1.0025	0.6691	0.2550
0.4315	0.2627	0.1629	1.949	0.8691	0.5801	0.4873
0.5048	0.3076	0.1906	3.314	1.0797	0.7208	0.8285
0.6102	0.3719	0.2304	4.860	1.0835	0.7232	1.2150
0.7000	0.4266	0.2643	6.170	1.0455	0.6978	1.5425
0.7857	0.4788	0.2966	7.845	1.0550	0.7042	1.9613
0.8163	0.4974	0.3082	8.782	1.0942	0.7303	2.1955
0.8854	0.5396	0.3343	10.242	1.0846	0.7240	2.5605
0.7981	0.4863	0.3013	8.200	1.0688	0.7134	2.0500
0.7207	0.4392	0.2721	6.495	1.0382	0.6930	1.6238
0.6261	0.3815	0.2364	5.358	1.1348	0.7575	1.3395
0.5422	0.3304	0.2047	3.606	1.0184	0.6797	0.9015
0.4315	0.2629	0.1629	2.084	0.9293	0.6202	0.5210
0.3834	0.2336	0.1447	1.521	0.8591	0.5734	0.3803
0.2800	0.1706	0.1057	0.630	0.6672	0.4453	0.1575
0.1980	0.1206	0.0747	0.148	0.3135	0.2092	0.0370
0.3960	0.2413	0.1495	1.848	0.9785	0.6531	0.8620
0.5144	0.3135	0.1942	3.339	1.0477	0.6793	0.8348
0.5857	0.3569	0.2211	4.469	1.0818	0.7220	1.1173
0.6492	0.3956	0.2451	5.390	1.0620	0.7088	1.3475
0.7070	0.4308	0.2669	6.479	1.0763	0.7184	1.6198
0.7857	0.4788	0.2966	6.958	0.9357	0.6245	1.7395
0.7000	0.4266	0.2643	6.230	1.0556	0.7046	1.5575
0.6416	0.3909	0.2422	5.209	1.0507	0.7013	1.3023
0.5687	0.3465	0.2147	3.920	1.0064	0.6717	0.9800
0.5238	0.3192	0.1978	3.298	0.9979	0.6661	0.8245
0.4315	0.2627	0.1629	2.095	0.9342	0.6235	0.5238

〔設水模型の抵抗試験解析表〕

Date 72.4.6 No. S-2

Model _____

Condition WITH COVER

T = 14.8°C

L (m)	.716	V (M ³)	16.860 $\times 10^{-6}$	A _x / S	
B (m)	.337	S (M ²)		A _x / V ^{2/3}	
H ₀ (m)	.2623	A ₀ (M ²)	.059	A ₀ / BH	.6675

$$V = 1.150 \times 10^{-6}$$

$$p = 102.19$$

$$C_A = R/p \cdot V^2 A_x$$

$$C_S = C_A \cdot A_x / S$$

$$C_V = C_A \cdot A_x / V^{3/2}$$

$$C_{BH} = C_A \cdot A_x / BH$$

V %acc	Re $\times 10^6$	F _n	4R	C _A	C _{BH}	R K _g
0.1715	0.1068	0.0647	0.140	0.5357	0.3577	0.0475
0.2617	0.1631	0.0989	0.573	0.6927	0.4623	0.1433
0.3704	0.2306	0.1378	1.300	0.8341	0.5567	0.2450
0.4315	0.2687	0.1629	2.026	0.9023	0.6023	0.5045
0.5233	0.3261	0.1978	3.253	1.1031	0.6562	0.8133
0.6022	0.3749	0.2273	4.551	1.0409	0.6947	1.1374
0.6787	0.4225	0.2562	5.887	1.1653	0.7087	1.4723
0.7342	0.4571	0.2772	7.042	1.0835	0.7232	1.7605
0.7537	0.4694	0.2846	7.584	1.1065	0.7385	1.8960
0.8458	0.5266	0.3193	9.341	1.0828	0.7227	2.5053
0.9073	0.5649	0.3425	10.853	1.0923	0.7298	2.7133
0.7857	0.4892	0.2766	7.724	1.0604	0.7104	1.9810
0.7070	0.4402	0.2667	6.391	1.0604	0.7078	1.5788
0.6492	0.4142	0.2451	5.352	1.0532	0.7030	1.3380
0.5857	0.3646	0.2211	4.339	1.1491	0.7002	1.0848
0.5144	0.3263	0.1742	3.394	1.0637	0.7100	0.8405
0.4427	0.2756	0.1671	2.357	1.9773	0.6656	0.5893
0.3034	0.2387	0.1407	1.761	0.9935	0.6631	0.4400
0.3130	0.1747	0.1182	0.930	0.7870	0.5553	0.2325
0.1980	0.1233	0.0747	0.229	0.4845	0.3234	0.0573

抵抗試験解析表 (100-2-式) T-1

日付 47年4月7日

モデル NO

形状 総 without corner

L = .716 m

水温 = 15.3°C

B = .337 m

 $\nu = 1.1353 \times 10^{-6}$

H* = .231 m

 $\rho = 101.947$ $V^* = 16.231 \times 10^6 \text{ m}^3$ $A_g^* = .0512 \text{ m}^2$

パイプ抵抗 = -4.321882

V m/s	$Re \times 10^{-6}$	F_n	R Kgr	C_A^*	C_{BH}^*	備考
.0759	.0479	.0287	.0136	.9133	.5941	$C_A^* = \frac{R}{\frac{\rho}{2} V^2 A_g^*}$
.1040	.0656	.0393	.0261	.9239	.6077	
.1249	.0788	.0472	.0386	.9476	.6232	$C_s = \frac{R}{\frac{\rho}{2} V^2 S}$
.1438	.0907	.0543	.0511	.9465	.6225	
.1605	.1012	.0606	.0636	.9457	.6220	$C_{BH}^* = \frac{R}{\frac{\rho}{2} V^2 B H^*}$
.1779	.1122	.0672	.0761	.9211	.6058	
.1927	.1215	.0727	.0886	.9140	.6012	
.2036	.1284	.0769	.1011	.9343	.6145	
.2157	.1360	.0814	.1136	.9354	.6152	
.2279	.1437	.0862	.1261	.9301	.6117	
.2511	.1584	.0948	.1511	.9181	.6038	
.2728	.1720	.1030	.1761	.9066	.5963	
.2848	.1796	.1075	.2011	.9499	.6247	
.3100	.1955	.1170	.2261	.9014	.5929	
.3265	.2059	.1233	.2511	.9125	.5936	
.3424	.2157	.1293	.2761	.9023	.5934	
.3565	.2248	.1346	.3011	.9077	.5970	
.3680	.2321	.1389	.3261	.9226	.6068	
.3870	.2441	.1461	.3511	.8982	.5907	
.4025	.2538	.1519	.3761	.8895	.5850	
.4152	.2619	.1567	.4011	.8915	.5863	
.4283	.2701	.1617	.4261	.8900	.5853	

抵抗試験解析表 (パイプ-式) T-3

日付 7月 4日 月 7日

元付 NO

4尺 管 長さ 10.231 m

L = .716 m

水温 = 15.3°C

B = .337 m

$\nu = 1.1353 \times 10^{-6}$

H = .243 m

$\rho = 101.9 \text{ kg/m}^3$

$7^* = 10.231 \times 10^6 \text{ m}^2$

$A_s^* = .0512 \text{ m}^2$

パイプ抵抗 = 4.3218 m

V m/s	$Re \times 10^{-6}$	F_n	R kgz	C_A^*	C_{BH}^*
.0720	.0454	.0272	.0136	1.0038	.6602
.1010	.0637	.0381	.0261	.9776	.6443
.1271	.0802	.0480	.0386	.9151	.6619
.1468	.0926	.0554	.0511	.9082	.5973
.1645	.1037	.0621	.0636	.9003	.5721
.1767	.1114	.0667	.0761	.9337	.6141
.2001	.1262	.0755	.1011	.9673	.6362
.2120	.1387	.0800	.1136	.9683	.6367
.2200	.1387	.0831	.1261	.9981	.6565
.2440	.1539	.0921	.1511	.9723	.6375
.2580	.1627	.0974	.1761	1.0135	.6666
.2762	.1746	.1045	.2011	1.0056	.6614
.3010	.1898	.1136	.2261	.9561	.6288
.3080	.1942	.1163	.2511	1.0141	.6670
.3238	.2042	.1222	.2761	1.0089	.6636
.3372	.2127	.1273	.3011	1.0146	.6673
.3504	.2210	.1323	.3261	1.0176	.6693
.3694	.2330	.1375	.3511	.9858	.6484
.3774	.2380	.1425	.3761	1.0117	.6654
.3887	.2451	.1467	.4011	1.0172	.6690
.3954	.2494	.1493	.4261	1.0442	.6868
.4168	.2629	.1573	.4511	.9949	.6544

$$C_A^* = \frac{R}{\frac{\rho}{2} V^2 A_s^*}$$

$$C_s = \frac{R}{\frac{\rho}{2} V^2 S}$$

$$C_{BH}^* = \frac{R}{\frac{\rho}{2} V^2 B H^*}$$

抵抗試験解析表 (カウ-7-式)

T-5
10

日付 '72年4月7日

モデル NO

状 態 WITHOUT COVER

L = .716 m

水温 = 15.3 °C

B = .337 m

$\nu = 1.1353 \times 10^{-6}$

H = .2623 m

$\rho = 101.947$

$V = 16.860 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ $A_0 = .059 \text{ m}^2$

パイロ抵抗 = -1.3218 psi

V m/s	$Re \times 10^{-4}$	F_n	RKgr	C_A	C_{BH}	備 考
.0759	.0479	.0277	.0136	.7877	.5232	$C_A = \frac{R}{\frac{\rho}{2} V^2 A_0}$
.1040	.0656	.0373	.0261	.8018	.5352	
.1249	.0788	.0472	.0386	.8223	.5487	$C_s = \frac{R}{\frac{\rho}{2} V^2 S}$
.1438	.0907	.0543	.0511	.8214	.5482	
.1605	.1012	.0656	.0636	.8207	.5478	$C_{BH} = \frac{R}{\frac{\rho}{2} V^2 BH}$
.1774	.1122	.0692	.0761	.7993	.5333	
.1927	.1215	.0727	.0886	.7732	.5214	
.2036	.1284	.0769	.1011	.8108	.5412	
.2157	.1360	.0814	.1136	.8117	.5418	
.2279	.1437	.0860	.1261	.8072	.5387	
.2511	.1584	.0948	.1511	.7467	.5318	
.2728	.1720	.1030	.1761	.7867	.5251	
.2848	.1796	.1075	.2011	.8243	.5502	
.3100	.1955	.1170	.2261	.7822	.5221	
.3265	.2059	.1233	.2511	.7832	.5227	
.3424	.2159	.1293	.2761	.7830	.5226	
.3565	.2248	.1346	.3011	.7827	.5258	
.3680	.2321	.1389	.3261	.8106	.5344	
.3870	.2441	.1461	.3511	.7774	.5202	
.4025	.2538	.1519	.3761	.7719	.5152	
.4152	.2619	.1567	.4011	.7736	.5163	
.4283	.2701	.1617	.4261	.7729	.5155	

抵抗試験解析表 (カウチ-式)

1-7

日付 '72年4月7日

モデル NO

試 WITH COVER

L = .716m

水温 = 15.3 °C

B = .337m

$\nu = 1.1353 \times 10^{-6}$

H = .1627m

$\rho = 101.947$

$\gamma = 16.860 \times 10^6 \text{ m}^3$ $A_x = .059 \text{ m}^2$

パイロ抵抗 = -4.321892

V m/s	$Re \times 10^5$	F_n	R kg ²	C_A	C_{BH}	備考
.0720	.0434	.0172	.0136	.1711	.5814	$C_A = \frac{R}{\frac{\rho}{2} V^2 A_x}$
.1010	.0627	.0201	.0261	.8101	.5114	
.1271	.0802	.0280	.0386	.7941	.5300	$C_s = \frac{R}{\frac{\rho}{2} V^2 S}$
.1468	.0926	.0354	.0511	.7201	.5261	
.1645	.1037	.0621	.0636	.7213	.5115	$C_{BH} = \frac{R}{\frac{\rho}{2} V^2 BH}$
.1767	.1114	.0667	.0761	.8102	.5428	
.2001	.1262	.0755	.1011	.8394	.5603	
.2120	.1337	.0800	.1136	.8403	.5609	
.2200	.1387	.0831	.1261	.8662	.5781	
.2440	.1539	.0921	.1511	.8428	.5632	
.2580	.1627	.0974	.1761	.8716	.5871	
.2768	.1746	.1045	.2011	.8827	.5825	
.3010	.1878	.1136	.2261	.8287	.5538	
.3080	.1942	.1163	.2511	.8201	.5874	
.3238	.2042	.1222	.2761	.8756	.5844	
.3372	.2127	.1273	.3011	.8805	.5877	
.3504	.2210	.1323	.3261	.8821	.5894	
.3694	.2330	.1395	.3511	.8555	.5710	
.3774	.2380	.1425	.3761	.8780	.5860	
.3887	.2451	.1467	.4011	.8827	.5892	
.3954	.2494	.1493	.4261	.9062	.6048	
.4168	.2629	.1573	.4511	.8634	.5763	

008/

F-1

[下降試驗說明書]

H

H

No.

$$M \pm K = W - B$$

H = 11.716 (m)

L = 0.337 (m)

$$H = 11.716 \text{ (m)} \quad M_0 = 11.977 \text{ (kg)} \quad (W - B)/g = 0.11 \text{ (kg)}$$

$$L = 0.337 \text{ (m)} \quad m = 0.972 \text{ (kg)}$$

No.	t sec	Z' m	Z m	Z m/sec
0	0	-0.045	0.0120	
1	.333	-0.035	0.0202	
2	.6667	-0.023	0.0301	0.0271
3	1.000	-0.005	0.0428	0.0369
4	1.333	0.010	0.0571	0.0406
5	1.667	0.033	0.0760	0.0468
6	2.000	0.055	0.0941	0.0554
7	2.333	0.073	0.1089	0.0992
8	2.667	0.100	0.1310	0.0554
9	3.000	0.125	0.1515	0.0640
10	3.333	0.155	0.1762	0.0677
11	3.667	0.185	0.2008	0.0739
12	4.000	0.220	0.2295	0.0800
13	4.333	0.250	0.2541	0.0800
14	4.667	0.285	0.2829	0.0800
15	5.000	0.318	0.3100	0.0837
16	5.333	0.352	0.3379	0.0825
17	5.667	0.388	0.3672	0.0862
18	6.000	0.427	0.3994	0.0923
19	6.333	0.454	0.4216	0.0813
20	6.667	0.494	0.4544	0.0825
21	7.000	0.532	0.4856	0.0960
22	7.333	0.578	0.5234	0.1034
23	7.667	0.607	0.5472	0.0923
24	8.000	0.647	0.5800	0.0850
25	8.333	0.690	0.6153	0.1022

$$V = 1.101 \text{ m/sec}$$

$$V_0 = 1.0706 \text{ m/sec}$$

$$\alpha = 1.015 \text{ m/sec}^2$$

$$k = 1.8789$$

$$C_0 = .8763$$

[試驗結果]

H

H

No.

$$N.S. = R = W - B'$$

$$H = \frac{1}{2} W (1 + \mu)$$

$$L = \frac{1}{2} W (1 - \mu)$$

Weight 位置

$$(m) M_0 =$$

$$(kg) (W - B') / g = 0.11 \text{ (kg)}$$

H =

$$(m) m = \frac{1}{2} V$$

(kg)

No.	t sec	Z' m	Z m	Z m/sec
26	9.000	0.733	0.6506	0.1059
27		0.770	.6810	0.0985
28		0.810	.7138	0.0948
29		0.853	.7491	0.1022
30		0.887	.7770	0.0948
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
48				
49				
50				

$$V =$$

m/sec

$$V_0 =$$

m/sec

$$\alpha =$$

m/sec²

$$k =$$

$$C_0 =$$

[重力加速度測定]

4月 19日

No. 1

測定式 $R = W - B$ 計算式 $H = H_0(1 + R)$

単位換算 (G.P.D.B)

WEIGHT位置 中央

.716 (m) No. 1 1 (kg) $(W - B)/y = 0.2$

H = .337 (m) m = 1 (kg)

No.	l m	R' m	R m	R'' m/sec
0	0	-.02	0	0
1	.3333	-.014	.0051	0
2	.6667	-.002	.0154	.0231
3	1.0000	.01	.0256	.0307
4	1.3333	.03	.0427	.0410
5	1.6667	.05	.0598	.0512
6	2.0000	.08	.0854	.0640
7	2.3333	.1	.1025	.0640
8	2.6667	.135	.1323	.0704
9	3.0	.173	.1665	.0961
10	3.3333	.215	.2007	.1025
11	3.6667	.255	.2348	.1025
12	4.0000	.3	.2732	.1089
13	4.3333	.343	.3099	.1127
14	4.6667	.385	.3458	.1089
15	5.0000	.427	.3817	.1076
16	5.3333	.48	.4269	.1217
17	5.6667	.528	.4679	.1294
18	6.0000	.577	.5097	.1242
19	6.3333	.625	.5507	.1242
20	6.6667	.68	.5977	.1319
21	7.0000	.725	.6361	.1281
22	7.3333	.78	.6831	.1281
23	7.6667	.833	.7283	.1383
24	8.0000	.885	.7727	.1345

 $V = .1228$ m/sec $V_0 = .0410$ m/sec $\alpha = .0215$ m/sec² $R = 2.6448$ $C_b = .9216$

[鉛筒試驗單列表]

$$M = R - W - B$$

$$H = (W - B) / (1 - R)$$

$$k = (W - B) / (R - B)$$

H H No.

WEIGHT 位置 前

$L = .716$ (m) $M_0 = 16,970$ kg $(W - B) / g = 2$ (kg)
 $H = .337$ (m) $m = .1$ (m)

No.	t sec	Z' m	Z m	$\dot{Z}$ m/sec
0	0	-.05	.0230	0
1	.3333	-.045	.0270	0
2	.6667	-.033	.0367	.0206
3	1.0000	-.015	.0512	.0363
4	1.3333	.002	.0649	.0423
5	1.6667	.027	.0851	.0508
6	2.0000	.053	.1061	.0617
7	2.3333	.09	.1359	.0762
8	2.6667	.125	.1641	.0871
9	3.0000	.155	.1886	.0785
10	3.3333	.195	.2206	.0847
11	3.6667	.235	.2528	.0968
12	4.0000	.28	.2891	.1028
13	4.3333	.325	.3234	.1089
14	4.6667	.370	.3617	.1089
15	5.0000	.42	.4020	.1149
16	5.3333	.465	.4383	.1149
17	5.6667	.515	.4786	.1149
18	6.0000	.563	.5173	.1185
19	6.3333	.620	.5633	.1270
20	6.6667	.675	.6077	.1355
21	7.0000	.73	.6520	.1331
22	7.3333	.782	.6939	.1294
23	7.6667	.837	.7383	.1294
24	8.0000	.885	.7770	.1246

$$V = .1508 \text{ m/sec}$$

$$V_0 = .0363 \text{ m/sec}$$

$$\alpha = .051 \text{ m/sec}^2$$

$$k = 1.0780$$

$$C_0 = .7500$$

[沈降試験解析表]

月 日 No.

$$M \ddot{z} + R = W - B'$$

$$M = (M_0 + m)(1 + R)$$

$$R = G \frac{1}{2} P (\ddot{z})^2 L \cdot B$$

Weight 位置 : 後

$$L = .716 \text{ (m)} \quad M_0 = 16.970 \text{ (kg)} \quad (W - B')/g = 0.2 \text{ (kg)}$$

$$B = .227 \text{ (m)} \quad m = 0.1 \text{ (kg)}$$

No.	t sec	Z' m	Z m	Z' m/sec
0	0.0000	-0.040	0.0180	0.
1	.3333	-0.035	.0222	0.
2		-0.020	.0347	.0250
3	1.0000	0.	.0514	.0438
4		.025	.0722	.0563
5		.045	.0889	.0563
6	2.0000	.075	.1139	.0626
7		.105	.1389	.0751
8		.140	.1681	.0813
9	3.0000	.178	.1998	.0913
10		.210	.2265	.0875
11		.260	.2682	.1025
12	4.0000	.305	.3058	.1189
13		.358	.3500	.1225
14		.408	.3917	.1289
15	5.0000	.455	.4309	.1214
16		.505	.4726	.1214
17		.555	.5143	.1251
18	6.0000	.605	.5560	.1251
19		.660	.6018	.1314
20		.715	.6477	.1376
21	7.0000	.767	.6911	.1339
22		.820	.7353	.1314
23	7.6667	.870	.7770	.1289
24				
25				

$$V = .1295 \text{ m/sec}$$

$$V_0 = .0438 \text{ m/sec}$$

$$\alpha = .0364 \text{ m/sec}^2$$

$$R = 1.7936$$

$$C_D = .9691$$

【自由落体实验数据表】

H H No

$M \pm R = W - B$

$H = (W - B) / g$

$t = \sqrt{2H/g}$

WEIGHT位置 中央

$W = 1.716 \text{ (kg)} \quad M = 1.270 \text{ (kg)} \quad (W - B) / g = 0.29 \text{ (kg)}$

$H = 0.297 \text{ (m)} \quad m = 1.2 \text{ (kg)}$

No.	t_{sec}	$\Sigma t' \quad m$	$\Sigma \quad m$	$\Sigma \quad m_{avg}$
0	0	- .05	.0180	0
1	.3333	- .055	.0219	0
2	.6667	- .05	.0258	-.0118
3	1.0000	- .035	.0376	.0235
4	1.3333	- .018	.0510	.0377
5	1.6667	.05	.1043	.1001
6	2.0000	.065	.1161	.0977
7	2.3333	.1	.1436	.0589
8	2.6667	.145	.1789	.0942
9	3.0000	.188	.2127	.1036
10	3.3333	.237	.2511	.1083
11	3.6667	.29	.2927	.1201
12	4.0000	.345	.3359	.1272
13	4.3333	.403	.3814	.11330
14	4.6667	.46	.4261	.1354
15	5.0000	.525	.4772	.1436
16	5.3333	.585	.5243	.1472
17	5.6667	.645	.5714	.1413
18	6.0000	.71	.6224	.1472
19	6.3333	.773	.6718	.1507
20	6.6667	.845	.7283	.1589
21	7.0000	.907	.7770	.1578
22	7.3333			
23				
24				
25				

$V = .158 \text{ m/sec}$

$V_0 = .0235 \text{ m/sec}$

$\alpha = .0410 \text{ m/sec}^2$

$R = 2.4478$

$C_D = .4440$

[飛行試験結果報告]

H H No

M-S-K W-B

H=11.0 (11.0)

L=6.667 (6.667)

WEIGHT位置 前

716 m; $M_0 = 16.970$ (kg) $(W-B)/g = 0.29$ (kg)

$H = 1.337$ (m) $m = .2$ (kg)

No.	t sec	Z' m	Z m	$\dot{Z}$ m/sec
0	0	-.037	.0350 ^v	0
1	.3333	-.032	.0392 ^v	0
2	.6667	-.018	.0509 ^v	.0238 ^v
3	1.0000	.002	.0676 ^v	.0427 ^v
4	1.3333	.032	.0927 ^v	.0627 ^v
5	1.6667	.067	.1220 ^v	.0816 ^v
6	2.0000	.100	.1496 ^v	.0853 ^v
7	2.3333	.142	.1847 ^v	.0941 ^v
8	2.6667	.185	.2207 ^v	.1067 ^v
9	3.0000	.238	.2650 ^v	.1205 ^v
10	3.3333	.290	.3085 ^v	.1318 ^v
11	3.6667	.345	.3546 ^v	.1343 ^v
12	4.0000	.400	.4006 ^v	.1380 ^v
13	4.3333	.463	.4533 ^v	.1481 ^v
14	4.6667	.523	.5035 ^v	.1543 ^v
15	5.0000	.583	.5536 ^v	.1506 ^v
16	5.3333	.650	.6097 ^v	.1594 ^v
17	5.6667	.715	.6641 ^v	.1656 ^v
18	6.0000	.760	.7017 ^v	.1380 ^v
19	6.3333	.780	.7184 ^v	.0851 ^v
20	6.6667	.850	.7770 ^v	.1129 ^v
21				
22				
23				
24				
25				

$$V = .1483 \text{ m/sec}$$

$$V_0 = .0427 \text{ m/sec}$$

$$\alpha = .0455 \text{ m/sec}^2$$

$$R = 1.3175$$

$$C_D = 1.0715$$

[浮力測定結果表]

H H No.

$$M \ddot{z} = R - W - B'$$

$$R = (M + m)(\ddot{z} + g)$$

$$B = \rho V (g - \ddot{z})$$

Weight 位置 緩

$$L = .710 \text{ (m)} \quad M_0 = 16.770 \text{ (kg)} \quad (W - B')/g = 0.29 \text{ (kg)}$$

$$B = .337 \text{ (m)} \quad m = 0.2 \text{ (kg)}$$

No.	t sec	$\ddot{z}'$ m	$\ddot{z}$ m	$\ddot{z}$ m/sec
0	0	-0.033	0.0280	0.
1	0.3333	-0.020	.0386	0.
2	0.6667	-0.003	.0524	.0366
3	1.000	.025	.0752	.0550
4		.050	.0956	.0647
5		.090	.1281	.0794
6	2.000	.127	.1583	.0940
7		.173	.1957	.1014
8		.222	.2356	.1160
9	3.000	.275	.2788	.1246
10		.303	.3235	.1319
11		.385	.3683	.1343
12	4.000	.443	.4155	.1380
13		.505	.4660	.1465
14		.565	.5149	.1490
15	5.000	.630	.5678	.1526
16		.694	.6199	.1575
17		.760	.6736	.1588
18	6.000	.825	.7265	.1600
19		.887	.7770	.1551
20				
21				
22				
23				
24				
25				

$$V = .1548 \text{ m/sec}$$

$$V_0 = .0550 \text{ m/sec}$$

$$\alpha = .0469 \text{ m/sec}^2$$

$$k = 2.0837$$

$$C_D = .9834$$

[空気抵抗係数]

H

H

No.

M.E. = K - W - B

M.E. = W (1 + K)

L.C. = 0.015

WEIGHT位置 中央

$M_c = 16.970$ (kg) $(W - B)/y = 0.38$ (kg)
 $H = .337$ (m) $m = .3$ (m)

No.	x m	x' m	x m	x m
0	0	-.022	.0500	0
1	.1667	-.02	.0516	0
2	.3333	-.018	.0532	.0096
3	.5000	-.015	.0556	.0120
4	.6667	-.01	.0596	.0192
5	.8333	0	.0676	.0361
6	1.0000	.005	.0716	.0361
7	1.1667	.022	.0853	.0529
8	1.3333	.035	.0957	.0721
9	1.5000	.055	.1117	.0794
10	1.6667	.075	.1277	.0962
11	1.8333	.094	.1430	.0938
12	2.0000	.11	.1558	.0842
13	2.1667	.133	.1742	.0938
14	2.3333	.155	.1919	.1082
15	2.5000	.18	.2119	.1130
16	2.6667	.207	.2336	.1250
17	2.8333	.235	.2560	.1323
18	3.0000	.265	.2800	.1395
19	3.1667	.290	.3001	.1323
20	3.3333	.325	.3291	.1443
21	3.5000	.355	.3522	.1263
22	3.6667	.385	.3762	.1443
23	3.8333	.415	.4003	.1443
24	4.0000	.455	.4323	.1683
25	4.1667	.485	.4564	.1683

$$V = .1565 \text{ m/sec}$$

$$V_c = .0962 \text{ m/sec}$$

$$\alpha = .0581 \text{ m/sec}^2$$

$$K = 1.3091$$

$$C_d = 1.2608$$

[物理試驗報告]

H H

No.

$$A) \quad R = W - B$$

$$B = \text{Weight of Sample}$$

$$R = \text{Weight of Sample}$$

WEIGHT 位置 中央

$$(m) \quad M_0 =$$

$$(kg) \quad (W - B)/g = 0.38 \quad (kg)$$

$$H =$$

$$(m) \quad m = 1.3$$

$$(kg)$$

No.	t sec	$\frac{1}{2}l'$ m	$\frac{1}{2}l$ m	$\frac{1}{2}l$ m/sec
26 X	4.1667	.52	.4844	.1563
27 X	4.5000	.55	.5085	.1563
28 X	4.6667	.585	.5365	.1563
29 X	4.8333	.615	.5606	.1563
30 X	5.0000	.645	.5846	.1443
31 X	5.1667	.675	.6087	.1443
32 X	5.3333	.710	.6367	.1563
33 X	5.5000	.738	.6592	.1515
34 X	5.6667	.770	.6848	.1443
35 X	5.8333	.810	.7169	.1731
36 X	6.0000	.850	.7489	.1924
37 X		.885	.777	.1803
38 X				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				

$$V =$$

$$m/sec$$

$$V_0 =$$

$$m/sec$$

$$\alpha' =$$

$$m/sec^2$$

$$R =$$

$$C_0 =$$

[沉降試驗解析表]

月 日 No.

$$M \ddot{z} + R = W - B'$$

$$M = (M_0 + m)(1 + k)$$

$$R = C_b \frac{1}{2} \rho (\dot{z})^2 L \cdot B$$

WEIGHT 位置 前

$$L = .716 \text{ (m)} \quad M_0 = 16.970 \text{ (kg)} \quad (W - B')/g = 0.38 \text{ (kg)}$$

$$B = .337 \text{ (m)} \quad m = .3 \text{ (kg)}$$

No.	t sec	Z' m	Z m	Z m/sec
0	0	-.05	.0250	0
1	.1667	-.045	.0290	0
2	.3333	-.035	.0370	.0360
3	.5000	-.025	.0450	.0480
4	.6667	-.017	.0514	.0432
5	.8333	0	.0650	.0600
6	1.0000	.025	.0850	.1008
7	1.1667	.035	.0930	.0848
8	1.3333	.055	.1090	.0720
9	1.5000	.073	.1234	.0912
10	1.6667	.105	.1490	.1200
11	1.8333	.123	.1634	.1200
12	2.0000	.145	.1810	.0960
13	2.1667	.175	.2050	.1248
14	2.3333	.200	.2250	.1320
15	2.5000	.225	.2450	.1200
16	2.6667	.252	.2666	.1248
17	2.8333	.28	.2890	.1320
18	3.0000	.312	.3146	.1440
19	3.1667	.34	.3370	.1440
20	3.3333	.373	.3634	.1464
21	3.5000	.405	.3890	.1560
22	3.6667	.44	.4170	.1608
23	3.8333	.457	.4306	.1248
24	4.0000	.492	.4586	.1248
25	4.1667	.538	.4954	.1944

$$V = 0.1725 \text{ m/sec}$$

$$V_0 = .0848 \text{ m/sec}$$

$$\alpha = .0550 \text{ m/sec}^2$$

$$k = 1.9731$$

$$C_b = 1.0377$$

[降落試驗解析表]

月 日 No.

$$M \dot{Z} + R = W - B'$$

$$M = (M_0 + m)(1 + R)$$

$$R = C_D \frac{1}{2} \rho (\dot{Z})^2 L \cdot B$$

WEIGHT位置 前

L = (m) $M_0 =$ (kg) $(W - B')/g = 0.38$ (kg)
 B = (m) $m = .3$ (kg)

No.	t sec	Z' m	Z m	$\dot{Z}$ m/sec
26 0	4.3333	.557	.5106	.1560
27 1	4.5000	.59	.5370	.1248
28 2	4.6667	.63	.5690	.1752
29 3	4.8333	.663	.5954	.1752
30 4	5.0000	.697	.6226	.1608
31 5	5.1667	.735	.6530	.1728
32 6	5.3333	.77	.6810	.1752
33 7	5.5000	.805	.7090	.1680
34 8	5.6667	.845	.7410	.1800
35 9	5.8333	.880	.7690	.1800
36 10	6.000	.910	.7770	.1080
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				

$V =$ m/sec
 $V_0 =$ m/sec
 $\alpha =$ m/sec²
 $R =$
 $C_D =$

〔沈降試験解析表〕

4月19日

No.

$$M \ddot{z} + R = W - B'$$

$$M = (M_0 + m)(1 + R)$$

$$R = C_D \frac{1}{2} \rho (\dot{z})^2 L \cdot B$$

Weight 位置: 後

$$L = .716 \text{ (m)} \quad M_0 = 16.170 \text{ (kg)} \quad (W - B')/g = 0.38 \text{ (kg)}$$

$$B = .337 \text{ (m)} \quad m = 0.3 \text{ (kg)}$$

No.	t sec	Z' m	Z m	Z m/sec
0	0.0000	-0.045	0.0170	0.000
1	0.1667	-0.037	0.0235	0.
2	0.3333	-0.027	.0317	.0441
3	0.5000	-0.017	.0399	.0490
4		-0.006	.0489	.0515
5		0.010	.0619	.0662
6	1.0000	.025	.0742	.0760
7		.050	.0946	.0981
8		.072	.1126	.1152
9	1.5000	.095	.1314	.1103
10		.120	.1518	.1177
11		.145	.1723	.1226
12	2.0000	.165	.1886	.1103
13		.193	.2115	.1177
14		.225	.2376	.1471
15	2.5000	.250	.2581	.1397
16		.283	.2850	.1422
17		.315	.3112	.1594
18	3.0000	.345	.3357	.1520
19		.380	.3643	.1594
20		.415	.3929	.1716
21	3.5000	.450	.4215	.1716
22		.485	.4501	.1716
23		.525	.4828	.1839
24	4.0000	.555	.5073	.1716
25		.593	.5384	.1667

$$V = .1883 \text{ m/sec}$$

$$V_0 = .0760 \text{ m/sec}$$

$$\alpha = .0657 \text{ m/sec}^2$$

$$R = 1.7474$$

$$C_D = .8709$$

$$\frac{5}{6}$$

$$\frac{25}{6} \quad 4$$

Weight 位置: 後

max H₀ = 0.38
 max H₁ = 0.3

No.	L sec	$\frac{L}{T}$ m	$\frac{L}{T}$ m	$\frac{L}{T}$ m/sec
26	4.3333	0.633	0.5711	0.1912
27	4.5000	.670	.6013	.1888
28		.707	.6315	.1814
29		.745	.6625	.1839
30	5.0000	.780	.6912	.1790
31		.827	.7296	.2010
32		.857	.7541	.1888
33	5.5000	.885	.7770	.1422
34				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				

$V =$ m/sec
 $V_0 =$ m/sec
 $\alpha =$ m/sec²
 $k =$
 $C_D =$