

第 117 研 究 部 会

大径中間軸の横弾性係数に関する研究

報 告 書

昭和 46 年 3 月

社 団 法 人

日 本 造 船 研 究 協 会

は し が き

本報告書は日本船舶振興会の昭和45年度補助事業「船舶の構造・性能に関する基礎的研究」の一部として日本造船研究協会が第117研究部会においてとりまとめたものである。

第117研究部会委員名簿

部会長	上 阪 直 樹	(石川島播磨重工業)		
委 員	岩 井 健	(三菱重工業)	植 田 靖 夫	(船舶技術研究所)
	大 村 寿 一	(石川島播磨重工業)	海 津 源 治	(住友重機械工業)
	草 間 毅	(大阪造船所)	小 町 太 一	(東京計器)
	坂 本 隆 男	(三井造船)	笹 部 敏 次	(大阪商船三井船舶)
	佐 谷 耕 一	(日本製鋼所)	陣 駒 美 登	(佐世保重工業)
	鈴 木 勝 利	(函館ドック)	須 藤 彰 一	(日立造船)
	平 尾 悠 一	(日本鋼管)	広 本 豊	(日立造船)
	富 士 岳	(日本鋼管)	松 田 武 久	(三菱重工業)
	村 松 省 吾	(三保造船所)	若 林 邦 夫	(川崎重工業)

目 次

第 1 章	まえがき	1
1. 1	研究の目的	1
1. 2	作業経過	1
第 2 章	超音波計測	3
2. 1	超音波計測装置の性能試験結果	3
2. 2	超音波計測装置の使用法	8
2. 3	超音波計測装置による実測実験結果	12
第 3 章	密度および炭素含有量計測	20
3. 1	密度および炭素含有量計測方案	20
3. 2	密度および炭素含有量計測結果	26

第 1 章 ま え が き

1.1 研究の目的

昭和44年度第117研究部会報告書にあるとおり 新しい超音波計測方法を試みてGの値を計測するとともに、軸を振る従来の計測方法とも比較検討することにより、現時点における最適の計測方法を見出し、その方法によってできるだけ多くの中間軸を実測することにより、Gの値そのものを解明することを目的として本研究を計画した。

1.2 作業経過

前年度に引続いて昭和45年8月10日の第6回委員会から昭和46年2月16日の第9回委員会まで4回にわたって、審議を行ない、その間に超音波計測装置の性能試験および実測実験を行なった。

前年度に三菱重工を通して三菱商事からメーカー(ELECTRONIC CONSULTANTS LTD)に発注した超音波計測装置は昭和45年6月に入荷した。

ただちに東京計器において性能試験が行なわれた結果、計測可能であることが判明し、昭和45年9月から昭和46年2月にかけて、超音波計測装置を下記のとおり各社持廻りにして、中間軸の実測実験を行なった。

試験年月	社名	試験番船
45年 9月	三菱重工	S No. 913
同上	同上	S No. 916
同上	石 播	S No. 2102
同上	同上	S No. 2206
※ 45年10月	住重浦賀	S No. 915
※ 同上	同上	S No. 935
※ 同上	石 播	S No. 2213
※ 同上	日 立	S No. 4232
※ 45年11月	川 重	S No. 1137
※ 同上	同上	S No. 1153
※ 同上	同上	S No. 1132
※ 同上	同上	S No. 1116
※ 同上	三井造船	S No. 847
同上	日本鋼管	S No. 873
45年12月	住重浦賀	S No. 914
同上	同上	S No. 940
同上	日本鋼管	S No. 7
同上	同上	S No. 300
46年 1月	三菱重工	S No. 1026
同上	同上	S No. 215
同上	同上	S No. 700
同上	同上	S No. 1674

また、中間軸軟鋼の密度および炭素含有量の計測を昭和46年1月から2月にかけて三菱重工(株)長崎研究所にお

いて行なった。

超音波計測装置による中間軸の実測実験は来年度も引き続き行なり計画であるが、本年度の計測結果を中間報告としてまとめた。

注) ※印はソニーテクノロジクス社の好意によりSONY TEKTRONIX 453を借用し計測したものを示す。

第 2 章 超 音 波 計 測

2.1 超音波計測装置性能試験結果

2.1.1 まえがき

44年度第117研究部会報告書3.2項超音波計測装置性能試験方案に従い、性能を試験し、次のような結果を得た。

2.1.2 機器構成

(1)	Timing Unit, type TU/1	× 1
(2)	Oscilloscope, Telequipment, type D53	× 1
	(Input Amplifiers, type HD2	× 2
	Timebase, type TD51	× 1
(3)	3m coaxial leads BNC付	× 6
(4)	1m coaxial leads BNC, M型コネクター付	× 3
(5)	1m single leads Wander plug付	× 3
(6)	Transducer assemblies, pulse transformer BNC付	× 3
	crystal transducer Y-cut 1"角 1MHz	× 6
(7)	Phenyl Salicylate	× 1

2.1.3 外観検査

Timing Unit, type TU/1		良好
Oscilloscope, Telequipment, type D53		良好

2.1.4 寸法検査

TU/1	198H × 214W × 234L
D53	273H × 289W × 483L

2.1.5 性能検査

- (1) Oscilloscope, Telequipment, type D53
Manual により性能を確認した。 結果良好
- (2) Timing Unit, type TU/1
 - 1) Transmit Pulse (無負荷で)

Amplitude	57V (P-P) 負方向	
繰返し周波数	500Hz	
パルス幅	1.5 μ sec (振巾の半分まで)	
Rise time	0.08 μ sec	
Fall time	0.2 μ sec	
 - 2) Timing Comb

Amplitude		
1 μ sec	10mV (P-P) 負方向	

10 μ sec	20 mV (P-P) 負方向
100 μ sec	40 mV "
繰返し周波数	500 Hz
パルス幅	200 n sec (振巾の半分)
Rise Time	0.06 μ sec
Fall Time	0.08 μ sec

3) Trigger Pulses

Amplitude	25 V (P-P) 負方向
繰返し周波数	1 KHz
パルス幅	200 n sec (振巾の半分)
Rise Time	0.06 μ sec
Fall Time	0.08 μ sec
Delay Time	0 ~ 999 μ sec 1 μ sec ステップ

4) Fixed delay

1), 2), 3) の間 delay はなく一致していた。

(3) 総合性能試験

1) アクリルシユーの場合

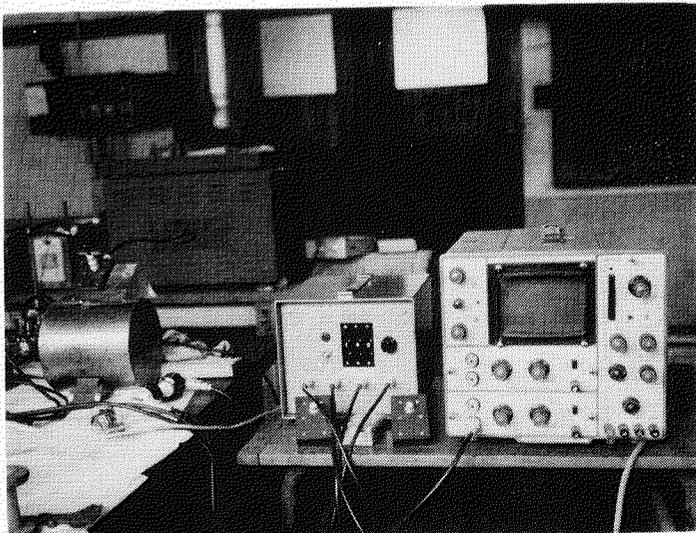
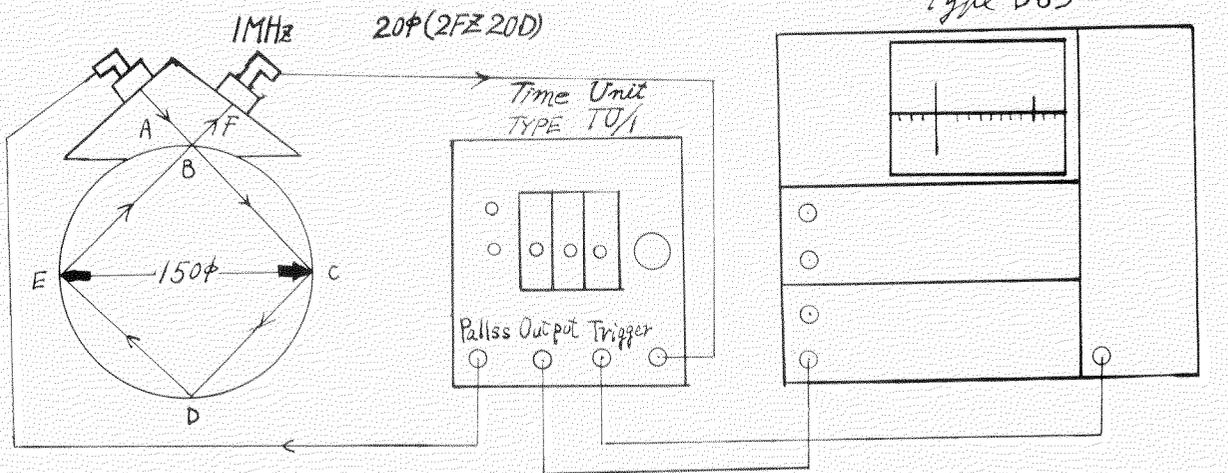


写真 2.1.1

総合配置

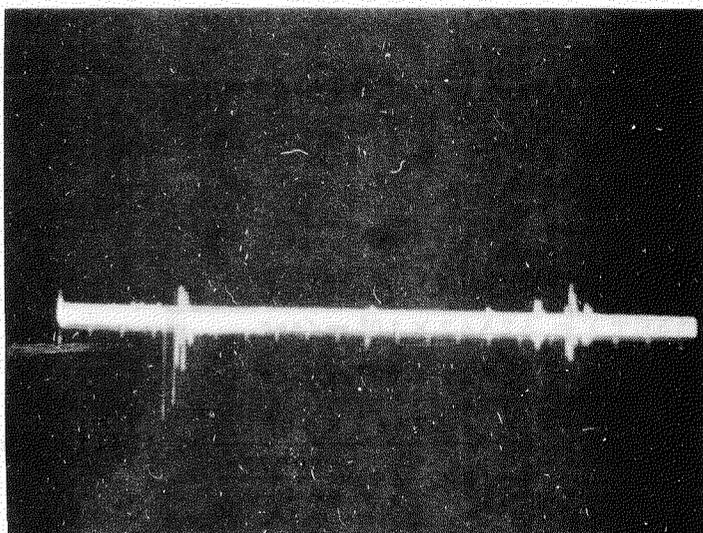


写真 2.1.2

A B C D E B F

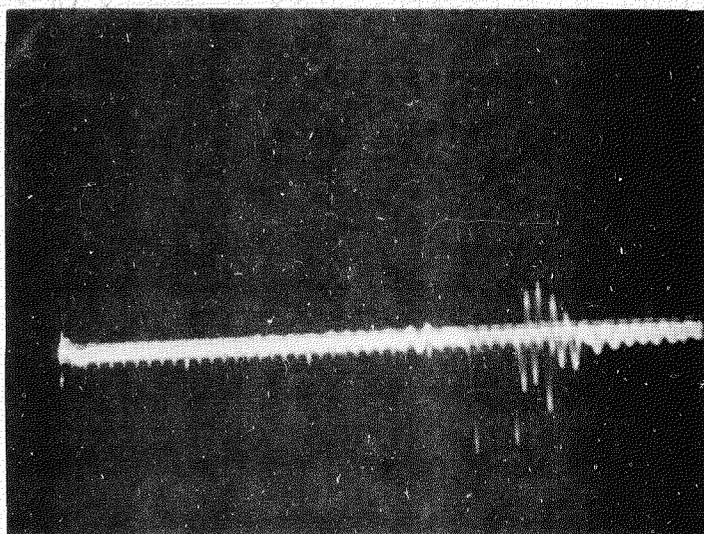


写真 2.1.3

A B F 拡大

$3.3 \mu \text{sec}$

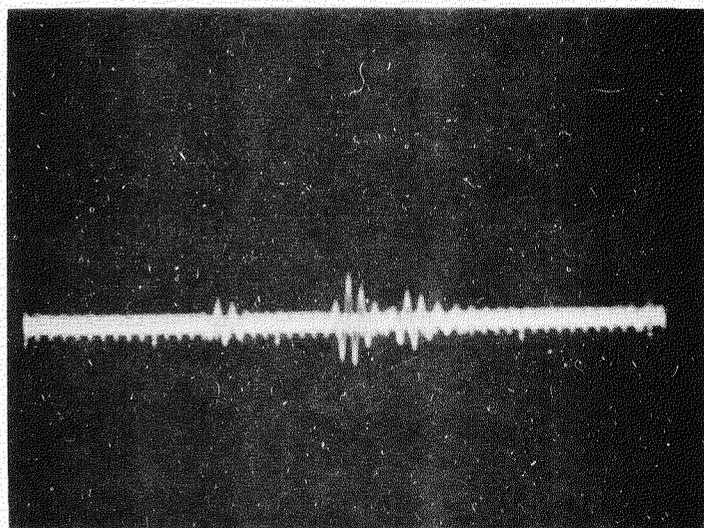


写真 2.1.4

A B C D E B F 拡大

遅延 $140 \mu \text{sec}$

$164.3 \mu \text{sec}$

軸 温 度 31.5°C (88.7°F)

軸 直 徑 150mm

$$\text{軸 BCDEB} = 2\sqrt{2} \times 150 = 2.82842 \times 150 = 424.263 \text{ mm}$$

$$\text{ABCDEBF time} = 164.3 \mu \text{ sec}$$

$$\text{ABF time} = 33.0 \mu \text{ sec}$$

$$\therefore \text{BCDEB time} = 131.3 \mu \text{ sec}$$

$$\text{True Shaft time} = 131.3 - 0.2 = 131.1 \mu \text{ sec}$$

$$\text{Pulse Velocity (31.5°C)} = 3.2362 \times 10^6 \text{ mm/sec}$$

$$= 3.2362 \times 10^5 \text{ cm/sec}$$

$$\text{Velocity temp. correction} = \frac{3.2362 \times 10^5}{1 + (88.7 - 68) \times \frac{0.00726}{100}} = 3.2411 \times 10^5 \text{ cm/sec}$$

$$\text{Density (P)} = 7.85 \text{ (20°C = 68°C)}$$

$$\begin{aligned} \text{MODULUS OF RIGIDTY (G)} &= (3.2411 \times 10^5)^2 \times \frac{7.85}{9.8 \times 10^8} \times 10^{-8} \\ &= 8.4145 \times 10^5 \\ &= 8.415 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

2) 鉄シュールの場合

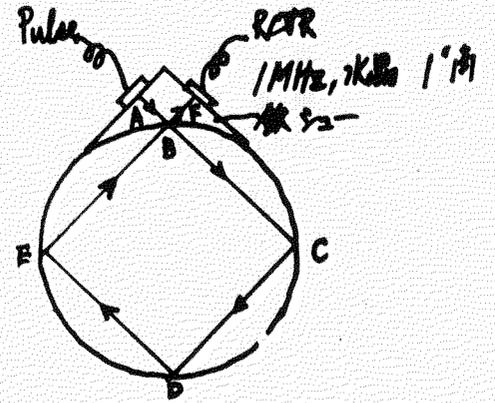
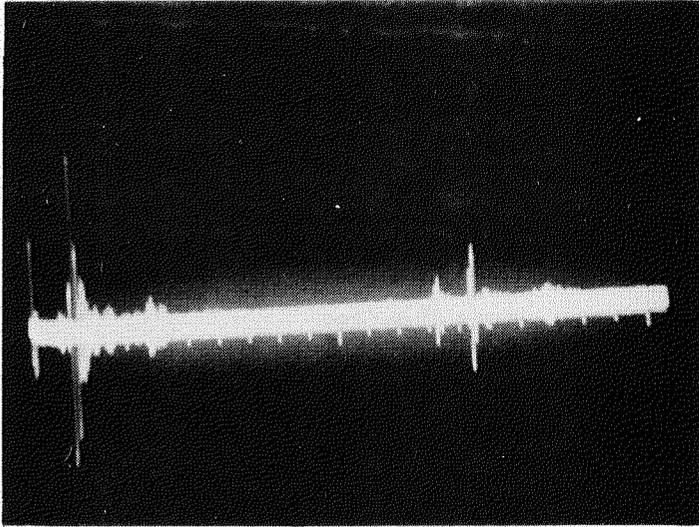


写真 2.1.6

A B C D E B F

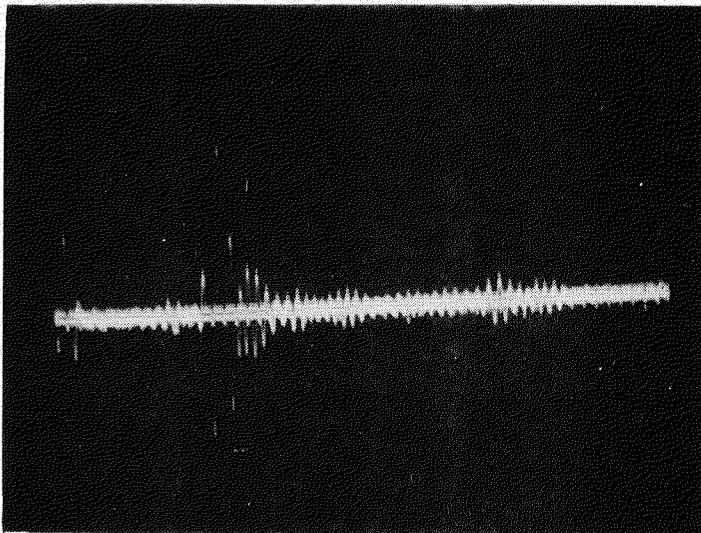


写真 2.1.7

A B F 拡大

11.3 μ sec

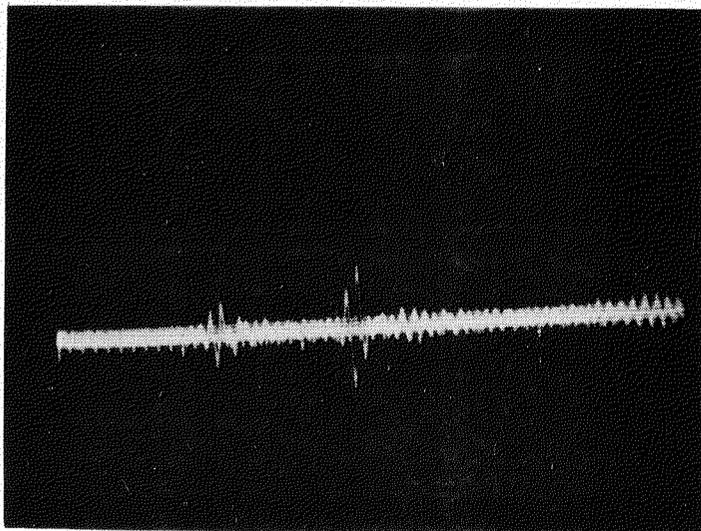


写真 2.1.8

A B C D E B F 拡大

遅延 120 μ sec

142.7 μ sec

軸 温 度 28°C (82.4°F)

軸 直 径 150 mm

$$\text{軸 BCDEB} = 2\sqrt{2} \times 150 = 424.263 \text{ mm}$$

$$\text{ABCDEBF time} = 142.7 \mu \text{ sec}$$

$$\text{ABF time} = 11.3 \mu \text{ sec}$$

$$\text{BCDEB time} = 131.4 \mu \text{ sec}$$

$$\text{True shaft time} = 131.4 - 0.2 = 131.2 \mu \text{ sec}$$

$$\text{Pulse velocity (28°C)} = 3.2337 \times 10^6 \text{ mm/sec}$$

$$= 3.2337 \times 10^5 \text{ cm/sec}$$

$$\text{Velocity temp correction} = \frac{3.2337 \times 10^5}{1 + (82.4 - 68) \times \frac{0.00726}{100}} = 3.2371 \times 10^5 \text{ cm/sec}$$

$$\text{Density (P)} = 7.85$$

$$G = (3.2371 \times 10^5)^2 \times \frac{7.85}{9.8 \times 10^2} \times 10^{-8}$$

$$= 8.3937 \times 10^5$$

$$= 8.394 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$$

以上のごとく、44年度第117研究部会報告書3.2項と機器構成、外觀、寸法、性能で異っている所もあったが、テストピースによる総合試験結果のごとく、測定に使用可能なことを確認した。

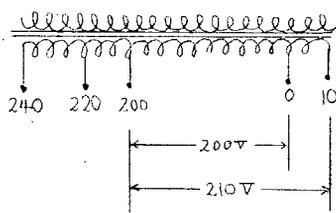
2.2 超音波計測装置使用法

2.2.1 まえがき、性能試験結果により、測定可能なことは確認したが、それを実際に使用して見ると、いろいろな問題が生じたので、その問題点と、使用の際の注意事項を記す。

2.2.2 超音波計測装置作動説明

(1) 電源使用電圧により、下記のごとくセットしてから、電源スイッチを入れる。

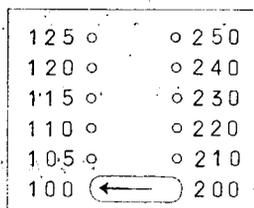
1) Time Unit type TU/1 約50W, 50, 60~



図のごとく、電源トランスのタップを切り換えることにより、200, 210, 220, 230, 240, 250Vの電源で使用できる。タップの切換えは内部にある電源トランス端子をハンダ付けによる。

注意： 電源電圧を間違ると機器を破損することがある。

2) Oscilloscope Teleequipment type D53 約200V, 50, 60~



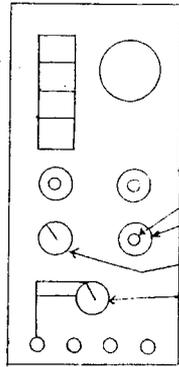
例. 100V

裏面のコネクタの矢印の方向にある数値の電圧にセットできる。

(100, 105, 110, 120, 125, 200, 210, 220, 230, 240, 250V)

注意： 電源電圧を間違ると機器を破損することがある。

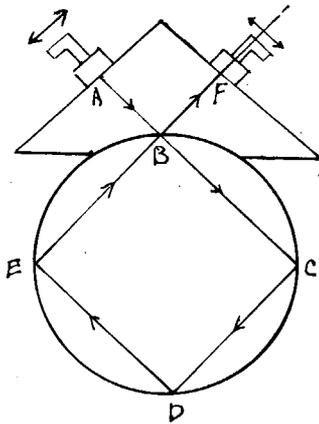
(2) 同期の調整



Oscilloscope Teleequipment type D53 の timebase type TD51 の

- TRIG LEVEL を時計方向一杯にする
- STABILITY を映像が止るように調整する
- AC. FAST 位置
- EXT. TRIG, -位置

(3) Transducer (探触子) 位置の調整



接触媒質はマシン油

中心より前後に動かして、 $ABCEBF - ABF \div \frac{22 \times \text{シャフト外径}}{3,230m/sec}$ となるようなエコーが最大になるように調整する。

(4) Oscilloscope の CRT 上の映像を拡大して、時間を測定する。

エコーを拡大しても、それがCRT上で見られるように、Time Unit TU/1のTrigger Delayにより遅延し、OscilloscopeのTime/cmスイッチにより、 $5 \mu sec/cm$ 以上に拡大して、振動波形の立上り点で、CRT上の時間をTime Comb(マーカー)によって読み取り、それにTime Unit TU/1で遅延した時間を加えたものが、その時間となる。

マーカーは $1 \mu sec$ 単位であるが、 $10 \mu sec$ ごとにその振幅が $1 \mu sec$ マーカーの2倍となっている。また、 $100 \mu sec$ ごとのマーカーはその3倍の振幅となっている。

(5) 機器の接続

機器の接続を図 2.2.1 に示す。

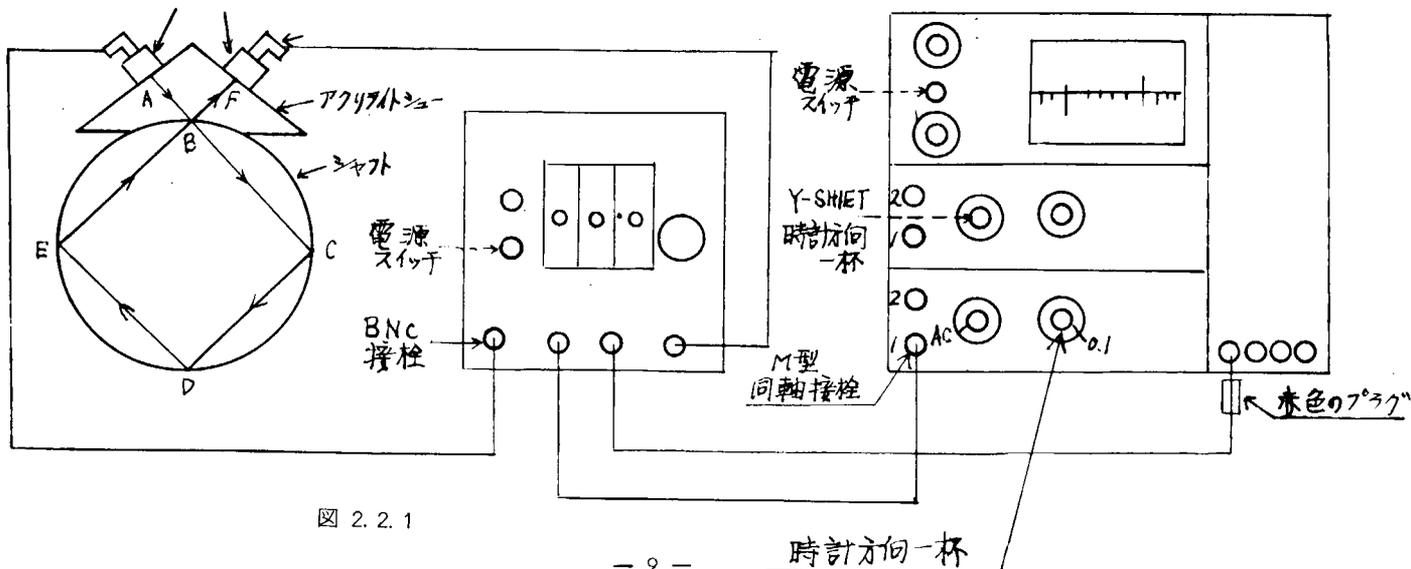


図 2.2.1

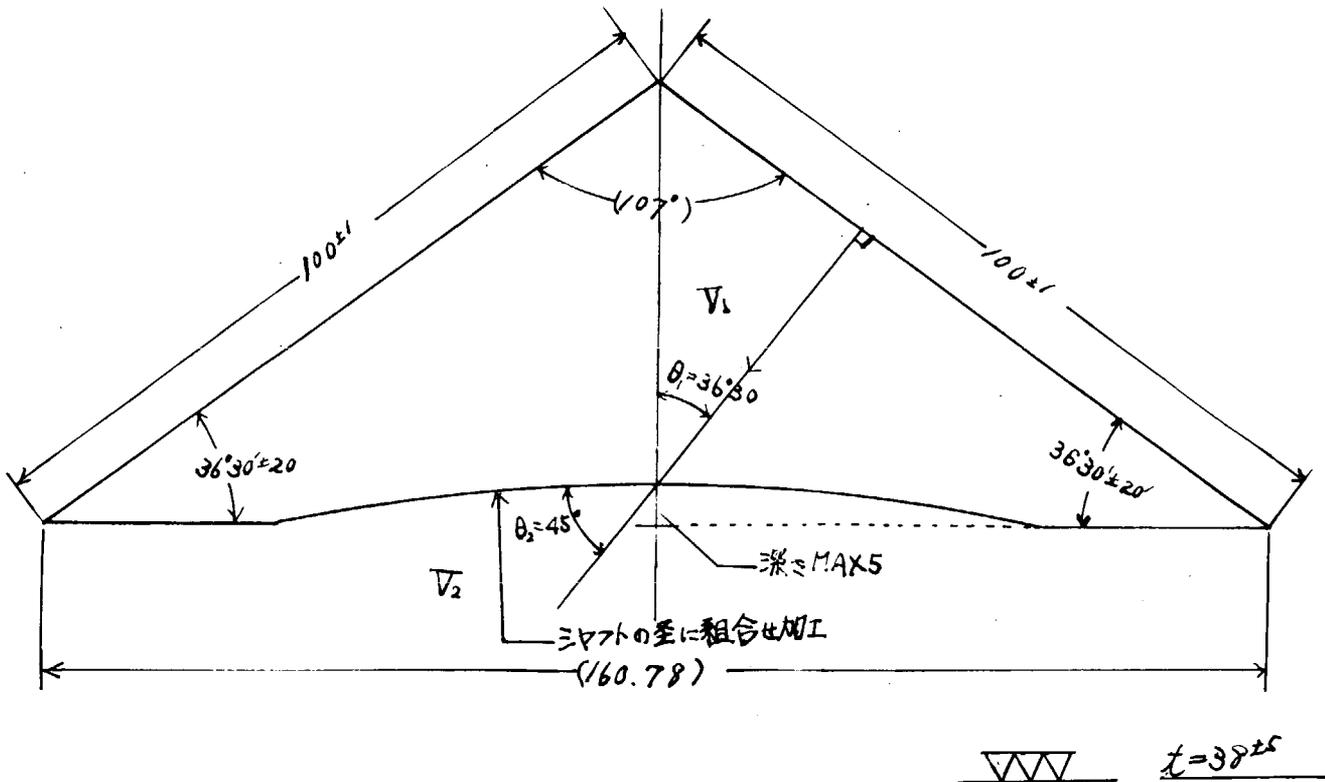
2.2.3 アクリライト・シュー

2.1.5性能検査 (3)総合性能試験のごとくアクリライト・シューによっても、鉄のシューによっても同様に測定できることを確認し、また44年度報告書の予備実験結果のごとく、アクリライト・シューでのほうが測定しやすいという結論を得たので、実際の測定はアクリライト・シューを使用して測定することになり、図2.2.2のごとく図面を作成した。

$$\frac{\sin \theta_1}{V_1} = \frac{\sin \theta_2}{V_2}$$

$$\begin{cases} \theta_2 = 45^\circ \\ V_1 = 2,720 \text{ m/sec} \\ V_2 = 5,850 \text{ m/sec} \end{cases}$$

$$\therefore \theta_1 = 36^\circ 30'$$



- 注1. ()内数値は参考
- 注2. アクリライトのメーカー 三菱レーヨン
- 注3. 音速 = 2,720 ± 40 m/sec (2.25 MHzで)
- 注4. 減衰度 3 dB/cm以内のこと (2.25 MHzで)

図 2.2.2 アクリライト・シュー

2.2.4 使用の際のトラブルおよび問題点

- (1) 電源電圧が Time Unit は 200~240V で、Oscilloscope は 100~125V, 200~250V となっており、複雑であり、これは 100V に統一すべきであった。
- (2) Oscilloscope の Teleequipment は特に Oscilloscope として、特徴のあるものでなく、国産品で十分測定可能であった。

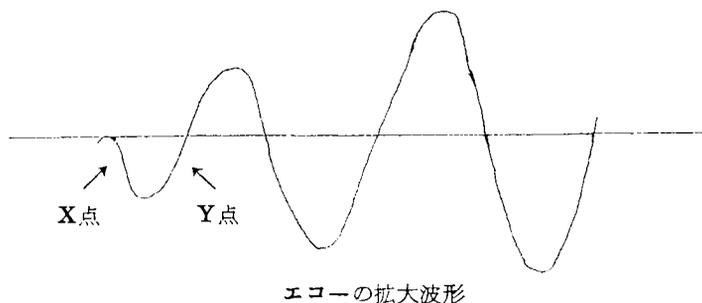
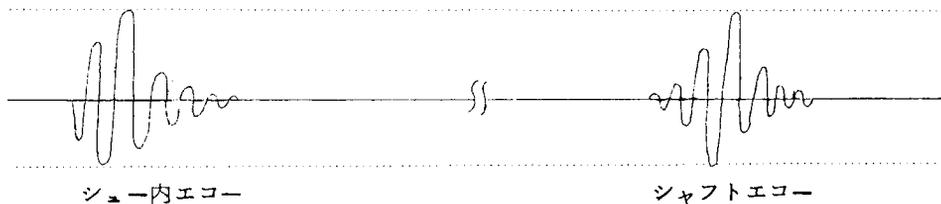
なお、Teleequipment 電源回路のケミカルコンデンサーがパンクし、そのため Amp 回路(2チャンネルとも)が故障し、その修理に約1カ月を要した。しかし、その間ソニー・テクトロニクス社の好意により、SONY TEKTRONIX 453 を借用し、測定に支障はなかった。
- (3) Time Unit の受信器の利得が、シャフトの径が大きい場合、たらなくなったので、約 20 dB ゲインの Amp を一段追加した。
- (4) 軸の中を通過した波形の立上り位置が読み取りにくかった。受信器の後で、シュミット Amp で増幅してやると読み易くなる。
- (5) 装置が実験用セットであり、接続、使用法等複雑だった。

専用セット案

- 1) 探傷器に精密マーカーを付けたもの。
- 2) 1) のものに時間を自動的にデジタル表示するもの。
- 3) 波形観測用1灯を持ち、ゲート2ケでシュ-内エコー、シャフト内エコーをゲートし自動的に、時間をデジタル表示するもの。

2.2.5 使用の際の注意事項

- (1) 作動説明を良く読み、作動説明に従って、装置を正しく使用する。
- (2) 電源、電圧 200~250V は変動が激しいので Oscilloscope の Teleequipment はなるべく 100V を使用する。
- (3) 接触媒質のマシン油が少なかったり、なかったりすると、軸の中を通過した波形があらわれないことがあるので探触子~アクリライト・シュ-間、アクリライト・シュ-~シャフト間には、接触媒質にマシン油を十分塗布し、押して圧力を加え、できるだけ薄い油膜にする(少し引張っても取れない位にする)。
- (4) エコーの立上り点の読み方



- 1) エコーの拡大波形のX点でもY点でも良いから、どちらかに決めて、シュー内エコーもシャフト内エコーも同じ点で読みとる。
- 2) シュー内エコーを読みとる時は受信器の感度調整でシャフト内エコーと大体同じ位の波高値になるように感度を下げて読みとる。

2.3 超音波計測装置による実測実験結果

2.3.1 計測結果

- (1) 計測した結果をすべて以下の図表に示す。

表 2.3.1, 表 2.3.2, 表 2.3.3, 図 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3, 2.3.4, 2.3.5, 2.3.6, 2.3.7, および図 2.3.8 を参照。

なお, 図 2.3.1 ~ 2.3.8 はすべて表 2.3.1 を図として表わしたものである。

また, 表 2.3.1 の横弾性係数は音速を B, S, R, A, Report の温度修正式によって 20°C (68°F) に修正した値を示す。*

- (2) 表 2.3.2 に表 2.3.1 より求めた横弾性係数の計測値の平均値を示す。
- (3) 表 2.3.3 は軸メーカー別の横弾性係数の計測値の平均値を示す。
- (4) 写真 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3, 2.3.4 は計測状態を示す。
- (5) 表 2.3.4 に計測データ, 表 2.3.5 に従来の計測方法による計測データの一例をそれぞれ示す。
- (6) 鍛造比は鍛造前の素材の断面積と鍛造後の素材の断面積との比であり, 中間軸胴部の鍛造比を示す。

2.3.2 考 察

超音波計測装置を使用して本年度分の実船中間軸 27 本の G を計測した結果, 平均 $8,377 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$ となり, 前年度の報告書 2.1.4 にある従来の計測方法による平均値 $8,383 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$ と同様に従来わが国で広く使われていた $8,31 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$ よりかなり大きいことが判明した。

超音波計測値のばらつきは平均値 + 0.9%, - 0.9% であり, 軸を換る従来の計測方法よりはかなり小さくなっている。

* 参考文献

- (1) 日本機械学会誌 第 72 巻 No 608.
- (2) 金属材料の弾性係数に関する資料調査分科会報告書 1968. 6. 10
- (3) 超音波技術便覧 改訂新版 (5.3) 金属の音速と弾性

表 2.3.1 計測結果

No	弾性係数 G × 10 ⁸ Kg/cm ²	築造比	中間軸径 mm	中間軸長 mm	縦手ボルト 本数 × 径 mm	炭素含有率 %	軸表面温度 F	使用軸メーカー	使用煤質	アダプタ材質	計測年月日	計測場所	軸材質	TIMING UNIT 入力電圧 V	OSCILLO- SCOPE 入力電圧 V	温度計測方法	備考 (従来の計測方法) (による異動値)
1	8.376	5.7	592	7,797	16×105 1,680	0.35	8.42	A	マシソン油	アクリル	45. 9. 3	工場	SF55	220	220	HP-4F(安立計器)	
2	8.360	5.9	516	7,215	10×100 1,000	0.25	7.97	A	マシソン油	アクリル	45. 9. 3	船内	SF45	220	220	同上	
3	8.414	5.7	612	7,702.8	14×105 1,470	0.22	7.72	B	マシソン油	アクリル	45. 9. 17	工場	ABS (AL-12)	250	100	棒状温度計	(8.3.6)
4	8.349	8.0	695	8,605.3	16×120 1,920	0.19	7.57	B	マシソン油	アクリル	45. 9. 18	工場	SF45	250	100	同上	(8.3.2)
5	8.325	5.2	445	6,065	8×80 8720	0.23	7.07	C	マシソン油	アクリル	45.10.13	船内	AB規格 (AL-12)	220	100	同上	
6	8.378	6.7	455	8,700	10×90 900	0.25	7.03	C	マシソン油	アクリル	45.10.14	船内	SF50 (LR)	220	100	同上	
7	8.383	6.7	455	8,650	9×85 855	0.24	7.03	C	マシソン油	アクリル	45.10.14	船内	SF50 (LR)	220	100	同上	
8	8.454	7.8	715	9,150	16×120 1,920	0.20	6.62	B	マシソン油	アクリル	45.10.14	船内	SF50 (LR)	220	100	同上	
9	8.328	5.8	630	9,560	12×120 1,440	0.25	6.17	D	マシソン油	アクリル (三菱レヨン)	45.10.19	工場		230	100	同上	
10	8.402	5.6	530	7,412	12×90 1,080	0.26	6.08	D	マシソン油	アクリル	45.10.27	船内		230	115	H-P(西野産業)	
11	8.409	10.0	510	7,953	12×98 1,176	0.22	6.08	B	マシソン油	アクリル	45.11. 7	工場	SF45	220	100	HP-4F(安立計器)	
12	8.395	12.6	645	8,917.3	12×116 1,392	0.23	8.39	D	マシソン油	アクリル	45.11. 7	工場	SF45	220	110	同上	
13	8.400	9.7	660	10,406.9	12×115 1,380	0.24	5.72	D	マシソン油	アクリル	45.11.10	船内	SF45 (NV)	220	120	同上	(8.5.9)
14	8.394	7.15	631.5	7,790	16×105 1,680	0.21	5.00	E	マシソン油	アクリル	45.11.11	工場(原外)	SF45 (NV)	230	110	同上	(8.4.7)
15	8.341	不明	630	6,425	12×100 1,200	0.22	5.99	F	マシソン油	アクリル	45.11.25	工場	SF45 (LR)	220	115	棒状温度計	(8.4.7.8)
16	8.397	5.52	645	7,510	12×100 1,200	0.24	5.00	D	マシソン油	アクリル	45.11.28	船内	SF45	200	200	同上	
17	8.416	7.0	515	7,075	12×95 1,140	0.24	4.46	C	マシソン油	アクリル	45.12. 7	船内	LR規格	220	100	同上	
18	8.392	8.9	640	8,843	16×105 1,680	0.23	4.64	F	マシソン油	アクリル	45.12. 7	工場	SF45	220	100	同上	
19	8.352	6.7	312	6,450	8×70 560	0.22	5.81	G	マシソン油	アクリル	45.12.15	工場	SF45	200	200	HP-4F(安立計器)	
20	8.302	6.5	312	5,495	8×70 560	0.21	5.90	G	マシソン油	アクリル	45.12.24	船内	SF45	200	200	棒状温度計	
21	8.312	6.7	312	6,450	8×70 560	0.23	5.90	G	マシソン油	アクリル	45.12.24	船内	SF45	200	200	同上	
22	8.322	6.5	312.02	5,495	8×70 560	0.23	5.81	G	マシソン油	アクリル	45.12.24	船内	SF45	200	200	同上	
23	8.443	8.0	605	13,300	14×110 1,540	0.22	4.64	B	マシソン油NO.60	アクリル	46. 1. 9	工場	SF45	220	220	HP-3FB(安立計器)	
24	8.443	8.0	605	13,300	14×110 1,540	0.22	4.64	B	マシソン油NO.60	アクリル	46. 1. 9	工場	SF45	220	220	同上	
25	8.367	5.5	530	6,600	12×98 1,176	0.28	4.73	A	マシソン油NO.120	アクリル	46. 1.16	工場	SF45	220	220	TT-2D(東芝)	
26	8.367	1.40	200	4,765	6×42 252	0.25	4.64	A	マシソン油	アクリル	46. 1.22	工場	SF45	220	220	HTC-203(国際電気)	
27	8.354	5.2	635	7,315	16×105 1,680	0.25	5.45	A	マシソン油	アクリル	46. 2.10	工場	SF45	220	220	表面温度計	

注) *印はソニーテクトロニクス社の好意により SONY TEKTRONIX 453 を借用し計測したものを示す。

表 2.3.2 計測値の平均値

	$G (\times 10^5 \text{ Kg/cm}^2)$
本年度超音波計測装置で計測した27本の平均値	8.377
従来の方法で計測した76本の平均値(44年度報告書参照)	8.383
SNAME, BS	8.37

表 2.3.3 軸メーカー別計測値の平均値

軸メーカー	記号	$G (\times 10^5 \text{ Kg/cm}^2)$
A社	●	8.365
B社	○	8.419
C社	⊗	8.376
D社	×	8.384
E社	*	8.394
F社	▲	8.367
G社	△	8.322

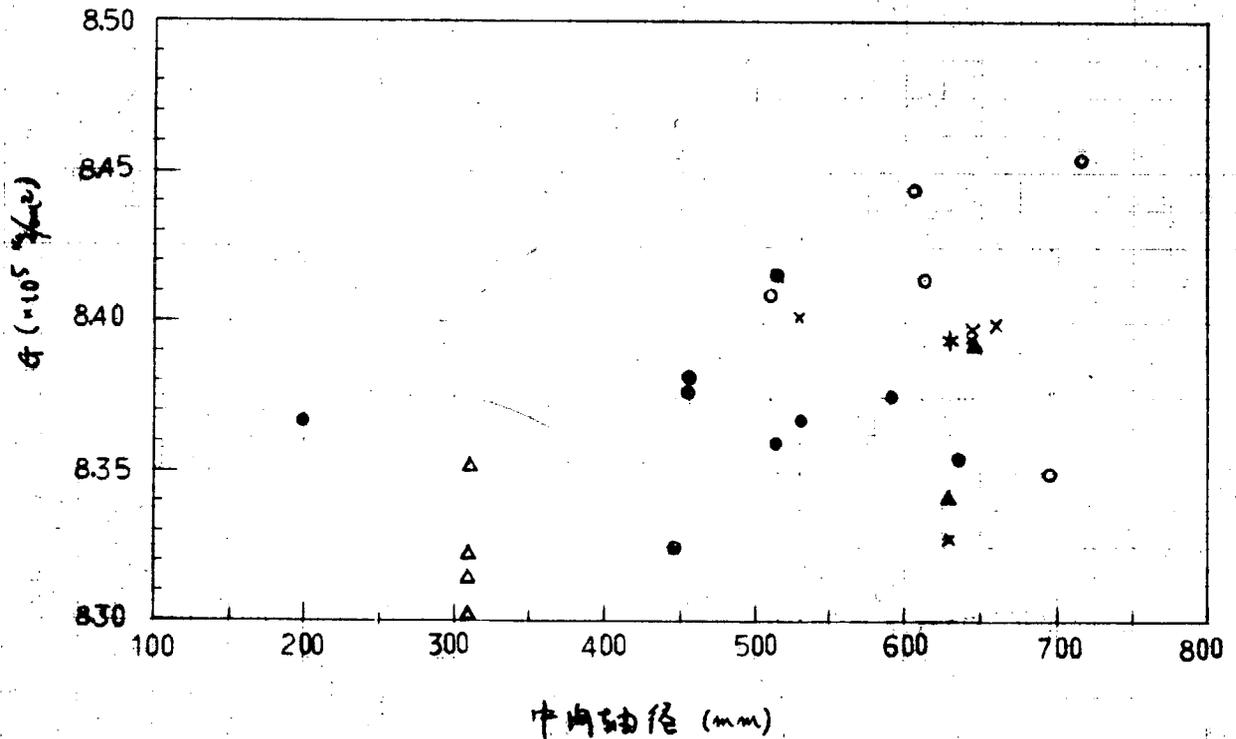


図 2.3.1 中間軸径をベースとしたGの値

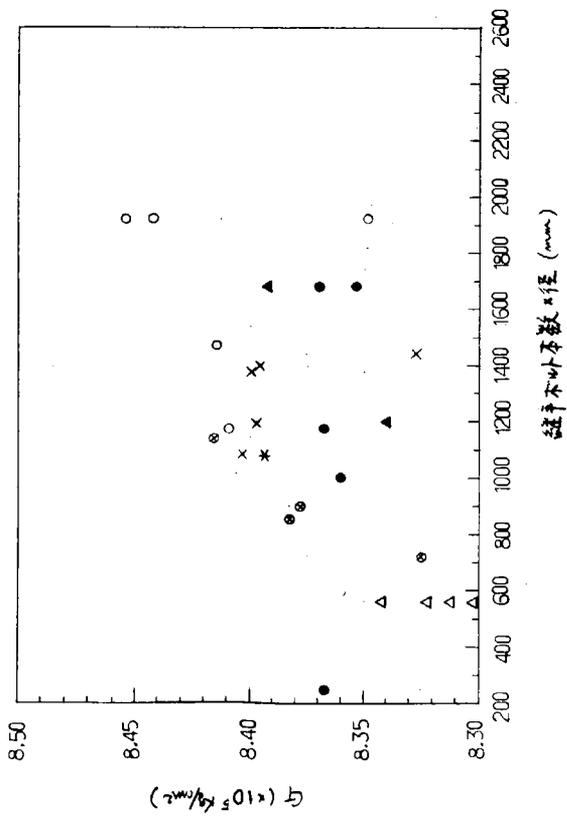


図 2.3.2 継手ボルト本数×径をベースとしたGの値

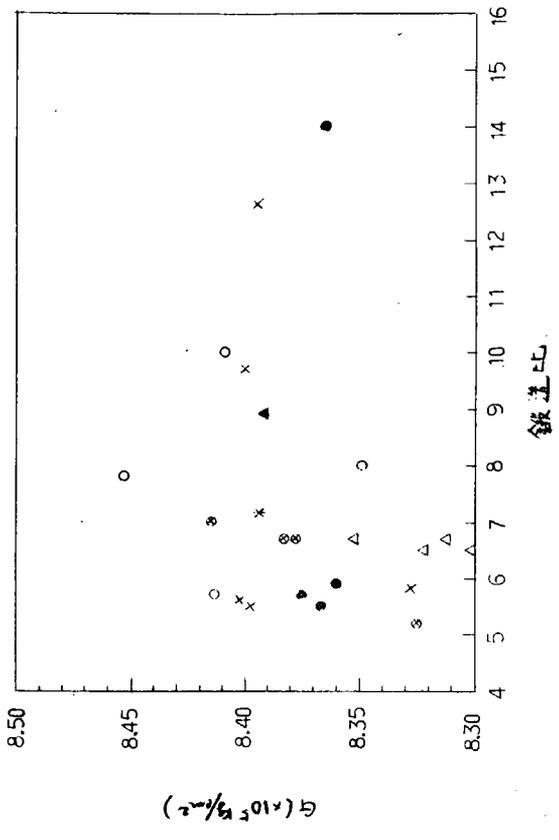


図 2.3.4 中間軸（軸胴部）の鍛造比をベースとしたGの値

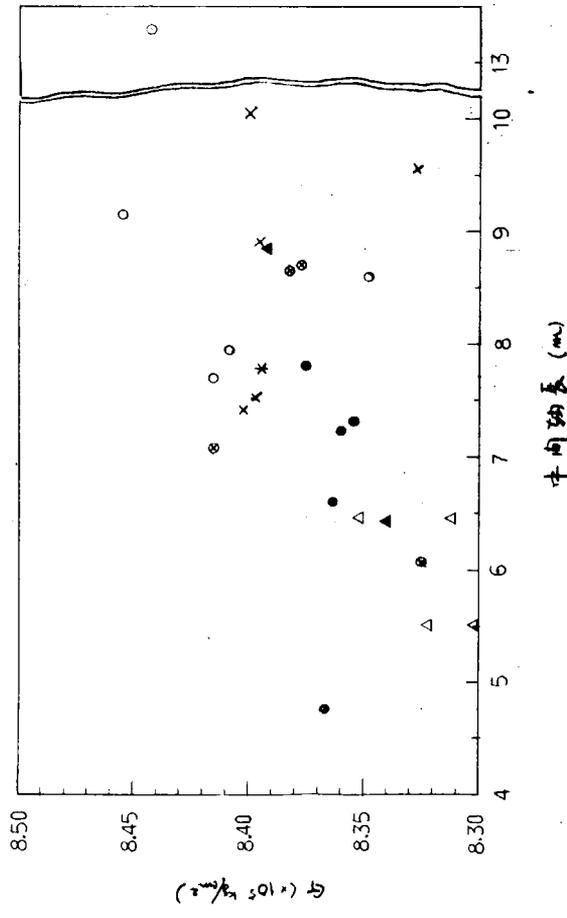


図 2.3.3 中間軸長をベースとしたGの値

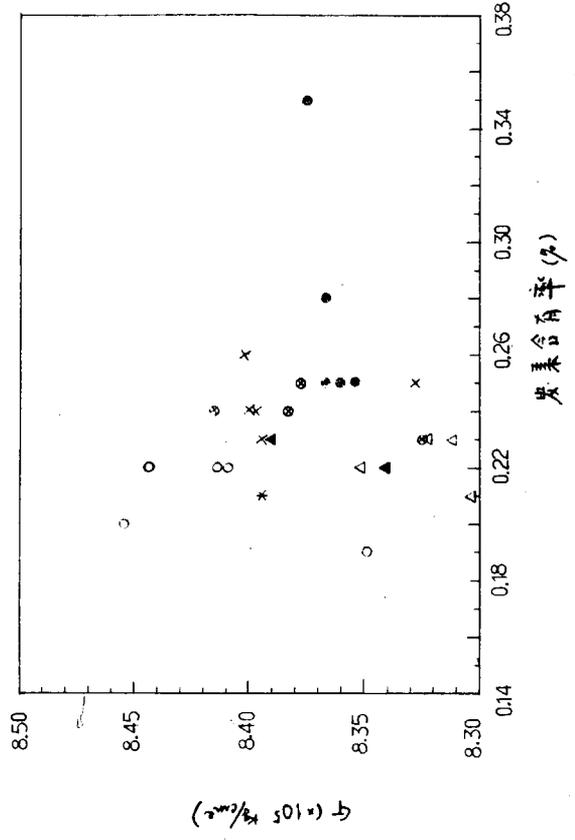


図 2.3.5 中間軸の炭素含有率をベースとしたGの値

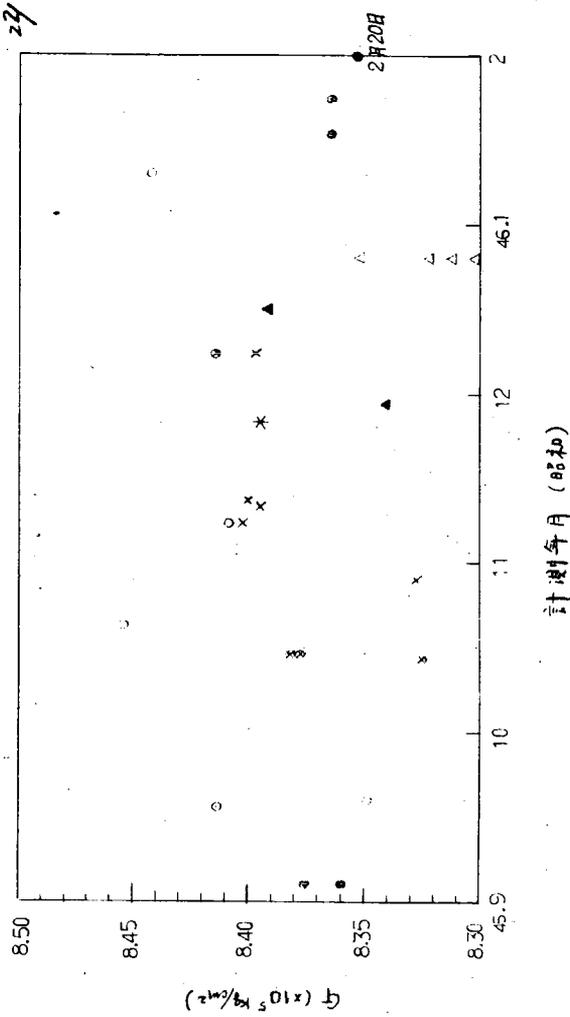
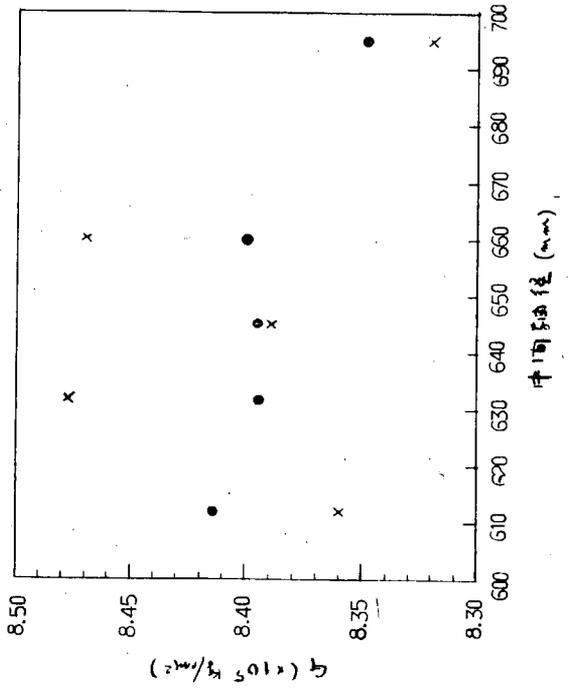


図 2.3.6 計測年月をベースとしたGの値



×印は従来の計測方法によるG値を示す。
 •印は超音波計測装置によるG値を示す。

図 2.3.8 従来方式と超音波方式による計測G値を軸径ベースにまとめた。

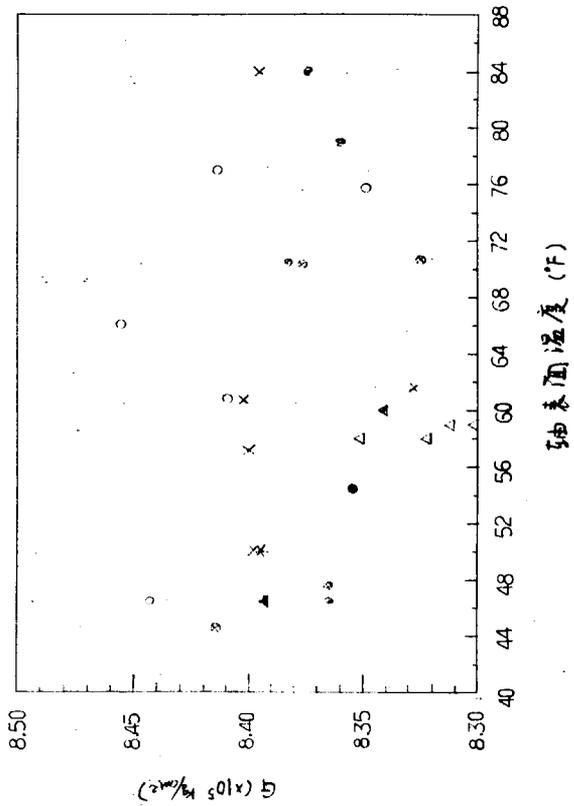


図 2.3.7 中間軸表面温度をベースとしたGの値

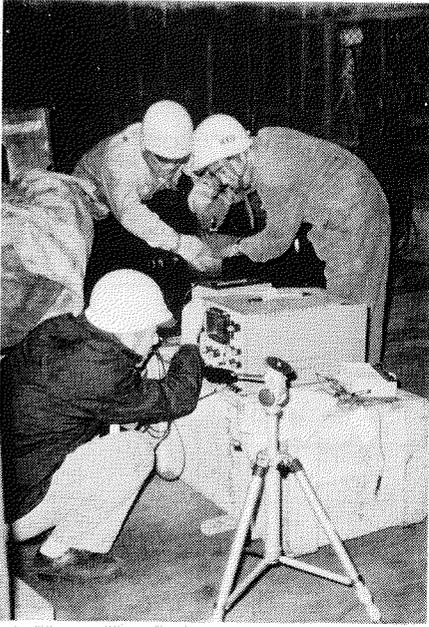


写真 2.3.1

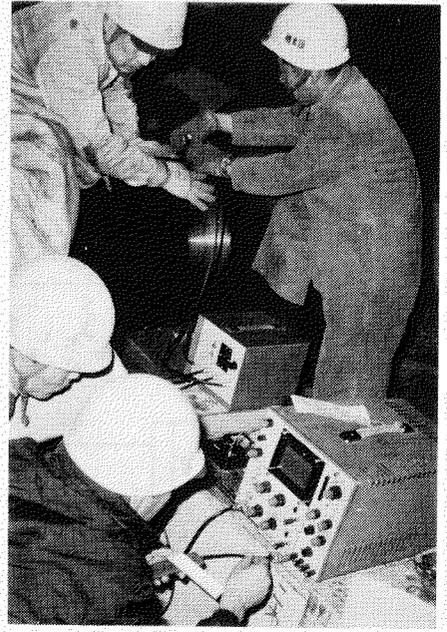


写真 2.3.2



写真 2.3.3

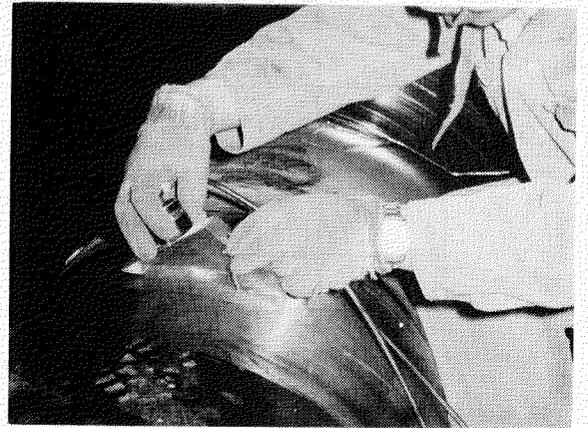


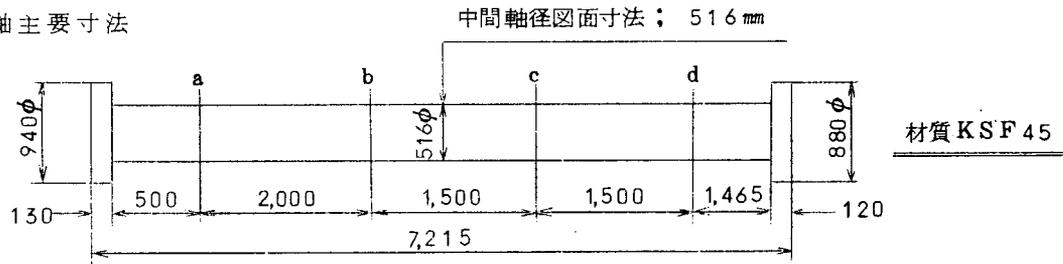
写真 2.3.4

表 2.3.4 超音波計測装置による計測結果例

1. 計測機器

(1) TIMING UNIT TYPE; TU-1	入力電源	V
(2) OSCILLOSCOPE TELEQUIPMENT TYPE; D53	入力電源	V
(3) 探触子	2 SFZ 2 OD 1 MHz (東京計器製)	
(4) 軸表面温度計名;	HP-4F (安立計器製)	
(5) アダプター材質	アクリル 又は 鉄	
(6) 接触媒質		

2. 中間軸主要寸法

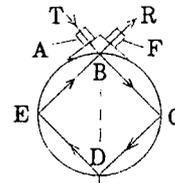


(注) a~dは 'G' 計測箇所

軸メーカー

3. 'G' 計算式

$$G = \frac{V^2 \rho}{g} = \frac{\rho}{g} \left\{ \frac{2\sqrt{2} \cdot D}{1 - \alpha(t - t_0)} \cdot \frac{1}{T} \right\}^2$$



V = 軸内音速 (at 68 F $\times 10^5$ cm/sec)

t = 軸温度

ρ = 密度 7.85×10^{-8} Kg/cm³

t_0 = 常温 68 F (20°C)

g = 重力加速度 980 cm/sec

D = 中間軸径 (実測平均値) cm

α = 温度係数 $\frac{0.00726}{100}$ 1°/F

T = 音波の軸内伝播時間 $\times 10^{-6}$ sec

4. 計測結果

測定点	音波の伝播時間 ($\times 10^{-6}$ sec)			軸内音速 V $\times 10^5$ cm/sec	横弾性係数 'G' $\times 10^5$ Kg/cm ²	
	T ₁ (A B C D E B F)	T ₂ (A B F)	T = T ₁ - T ₂ - T ₃		測定値	平均値
a	484.6	32.3	452.1	3.23153	8.365	8.3595
b	484.8	32.3	452.4	3.22882	8.351	
c	484.6	32.2	452.2	3.23081	8.361	
d	484.6	32.2	452.2	3.23081	8.361	

(注) T₃ = 0.2×10^{-6} sec 接触媒質 (oil) 内の Loss Time.

表 2.3.5 従来の計測方法による計測結果

	各荷重におけるバーニヤの変位量							
	第 1 回 試 験				第 2 回 試 験			
	荷 重 上 げ		荷 重 下 げ		荷 重 上 げ		荷 重 下 げ	
	荷重 TON	変位量 mm	荷重 TON	変位量 mm	荷重 TON	変位量 mm	荷重 TON	変位量 mm
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	20.69	2.37	20.52	2.46	20.61	2.37	20.48	2.43
3	40.72	4.75	40.60	4.83	40.64	4.76	40.56	4.84
4	60.83	7.14	60.63	7.23	60.83	7.16	60.67	7.27
5	81.12	9.57	80.95	9.66	81.19	9.59	80.95	9.69
6	101.18	11.77	101.02	12.07	101.22	11.98	101.06	12.11
7	121.05	14.31	121.05	14.44	121.09	14.34	121.05	14.46
8	140.80	16.72	140.80	16.82	140.76	16.73	140.88	16.85
9	160.79	19.10	160.91	19.18	160.71	19.13	160.83	19.20
10	170.60	20.25			170.68	20.27		
合 計	897.78	106.18	726.48	86.69	877.73	106.33	726.48	87.30
平均 ($\frac{W}{\delta}$)	8.445		8.380		8.433		8.322	
全体平均 ($\frac{W}{\delta}$)	8.400							

ねじり剛性率計算結果

$$G = \frac{2 \ell \cdot \frac{W}{2}}{\frac{\delta}{L \cdot R} \cdot \frac{\pi}{32} D^4} = \frac{\ell \cdot W \cdot L \cdot R \cdot 32}{\pi \cdot D^4 \cdot \delta}$$

$$= \frac{150 \times 300 \times 350 \times 32 \times W}{\pi \times 63.141^4 \times \delta} \times 10^4$$

$$= 1.009331 \times \frac{W}{\delta} \times 10^5$$

$$= 1.009331 \times 8.400 \times 10^5$$

$$= 8.4783 \times 10^5$$

ℓ : 荷重点距離 (軸中心より) 150 cm

L : バーニヤ間隔 300 cm

R : バーニヤ先端距離 (軸中心より) 350 cm

δ : バーニヤ変位置

D : 中間軸径 63.141 cm

W : 荷 重

$$G = 8.478 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$$

第 3 章 密度および炭素含有量計測

3.1 密度および炭素含有量計測方案

3.1.1 密度の計測方案

(1) 計測方法

密度の計測は、JIS Z 8807-1966 4項「液中でひょう量する測定方法」に準じて行なう。

液体中にある試料は、試料と同体積の液体の重さに等しい浮力を受けているから、空気中でひょう量した試料を液体中につけてひょう量し、これらの値と液体の比重から試料の比重を求める。この方法の特徴はよい精度で測定ができることである。

なお、試料 21 個はすべて 20℃ にて測定を行ない、その中の 1 個については 40℃ および 60℃ にて測定を行ない、温度差による比重の変化を調べることにした。

(2) 計測器具

- 1) 化学天秤 ひょう量 200g, 感度 1mmg のもの。
- 2) 温度計 1目盛の読みが 0.2 deg 以下の棒水銀温度計
- 3) つり線 試料をつるのに十分な強度を持ち、水中に入ったつり線の体積変化による誤差が無視できるもの。
- 4) 恒温槽 液温調節はタバイ製サーモジェット JH-1 型を使用する (±0.1 deg の精度を保つ)。

(3) 操作

- 1) 試料は脱脂洗滌後乾燥し、デシケータに保存する。
- 2) 試料の重量をひょう量し、4ケタまで求める (W_1)。
- 3) 試料をつり線で結びその合計重量をひょう量する (W_2)。
- 4) 恒温槽にビーカー 200 ml (蒸留水 200 ml 入り) を浸漬し所定温度に保つ。
- 5) つり線で結んだ試料を所定温度に保持したビーカー水中に入れ、更に所定温度になってから 5 分間保つ。
- 6) 恒温槽よりビーカーをとり出し化学天秤につり線をかけ (図 3.1.1) 水中における重量を迅速にひょう量し、4ケタまで求める (W_3)。なお、この時の測定温度を記録する。

(4) 計算

$$\text{比重 } t/4\text{C} = \frac{W_1}{W_1 - [W_3 - (W_2 - W_1)]} (S - S_a) + S_a$$

ここに

W_1 : 空気中で試料をひょう量して得た数値

W_2 : 空気中でつり線を結んだ試料をひょう量して得た数値

W_3 : 試料を液体中につったとき、ひょう量して得た数値

S : 測定温度における水の比重

S_a : 空気の比重, 0.0012 とする。

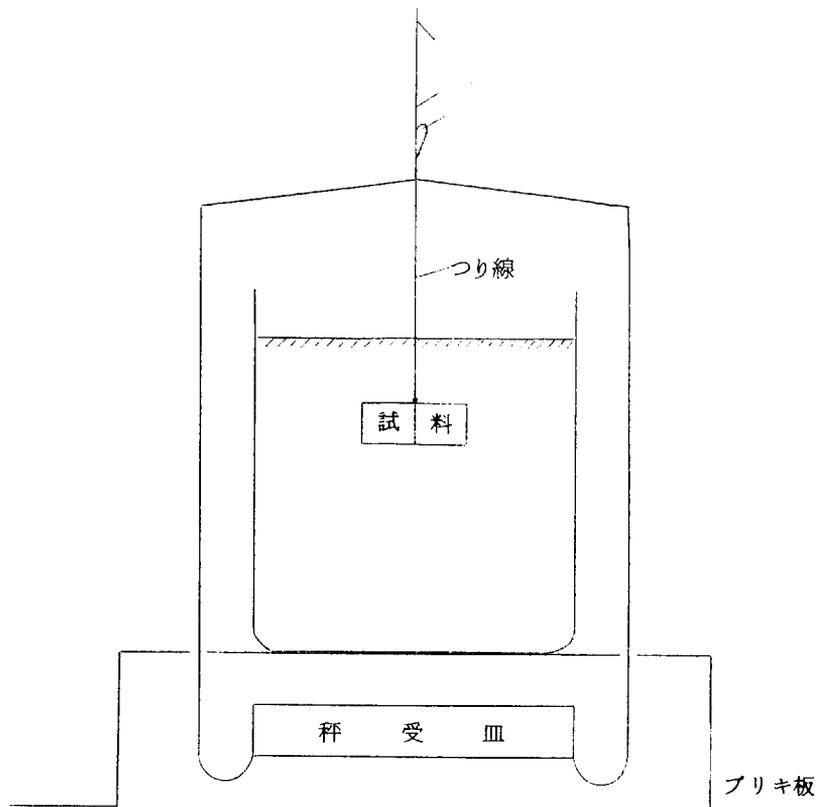


図 3. 1. 1 試料の水中における重量測定

3. 1. 2 炭素含有量の計測方案

(1) 計測方法

炭素含有量の計測は、JIS G 1211 - 1969 3.3 項「ガス容量法」に準じて行なう。この方法は、炭素含有量 0.05% 以上の試料に適用される。試料を酸素気流中において強熱し、炭素を完全に酸化して二酸化炭素とし、これを酸素とともにビュレットに捕集して全ガスの容積を測定し、つぎに二酸化炭素を吸収除去したのち、残留ガスの容積を測定し、その容積減を求める。

(2) 試薬

酸素。 99.5 v/v % 以上のもの。

(3) 装置および器具 (図 3. 1. 2)

- 1) 酸素清浄装置。 この装置は、使用する酸素中に含まれる二酸化炭素または有機性ガスなどを除去し、かつ酸素を清浄乾燥することを目的とするもので、クロム酸飽和硫酸を入れた洗びん、ソーダ石綿を詰めた管、硫酸を入れた洗びんを順次連結する。
- 2) 燃焼炉。 管状電気炉で炉の両端からそれぞれ約 200 mm づつ突き出しうる長さを有する磁器燃焼管をそり入する。炉の中央部燃焼管の真上の温度は熱電温度計にて測定しうるものとする。
- 3) ガス分析装置。 つぎのものを順次連結する。
 - (イ) 二酸化いおう吸収びん。 過マンガン酸カリウム溶液 (5 w/v %) 10 ml に硫酸 (1+1) 1 ml を加えて酸性とした溶液約 5 ml を入れておく。
 - (ロ) 冷却管
 - (ハ) 三方コック (2 個)
 - (ニ) ビュレット。 塩化ナトリウム溶液 (2%) にメチルレッド溶液を加えてこれがようやく赤色となるまで硫酸を滴下して微酸性としたものを入れ全容約 350 ml, 目盛部分 50 ml, 0.1 ml 目盛刻みとする。たゞしこの目盛は 16°C, 760 mm Hg を標準として刻むものとする。

(イ) 水準びん

(ロ) 二酸化炭素吸収びん。 水酸化カリウム溶液 (33w/v%) を入れておく。

(ハ) 温度計。 ビュレット内のガス温度をはかるもの。 0.1℃まで読みとれるものとする。

4) 磁器燃焼ボードおよび磁器燃焼ボードカバー

(4) 操 作

1) 上記(3)項の装置および器具を連結し、燃焼管内温度を1200～1300℃に上昇させ、装置の気密を確認し、三方コックを閉じておく。

2) 燃焼管の酸素入口部を開き、試料を入れた磁器燃焼ボードを燃焼管の中央部にそう入し、たゞちに気密にせんをしたのち酸素を流入しながら約2分間放置する。その後、水準びんをビュレットの球部の位置に置き、冷却管出口およびビュレット入口の三方コックを炉側に開きこの三方コックを調節しながら、二酸化炭素および酸素の混合ガスを二酸化いおう吸収びんおよびビュレットに導き、ビュレットの球部の約半分まで試料の燃焼を完了させる。つぎに水準びんをビュレットの下部目盛以下の位置に置き、約30秒間で混合ガスをビュレットの目盛の下部近くまで捕集したのち三方コック(2個とも)を閉じ、また酸素の流入をやめて約1分間放置する。

3) 水準びんをビュレットに沿って上下に動かして、ビュレットと水準びん内の溶液の水準を合わせてビュレットの目盛を読み、混合ガスの容積とする。なおこのときの混合ガスの温度を温度計により測定する。

4) ビュレット入口側三方コックを二酸化炭素吸収びん側に開き、水準びんをビュレットをこえた位置に上げ、ビュレットの内部に溶液を満たして混合ガスを二酸化炭素吸収びんに送り込んで、二酸化炭素を水酸化カリウム溶液中に吸収させ、つぎに水準びんをビュレットの下部目盛以下の位置に下げて、残留ガスをビュレットにもどし、前記三方コックを閉じ約1分間放置したのち水準びんを動かしてビュレットと水準びん内の溶液の水準を合わせてビュレットの目盛を読み、残留ガスの容積とする。なお、このときの残留ガスの温度を温度計により測定する。

5) 4) の操作をくりかえして残留ガス容積に変化がなくなったことを確認したのち、冷却管出口側の三方コックを外気側に開いて、水準びんをビュレットをこえた位置に上げて残留ガスを放出させ、三方コックを(2個とも)閉じる。

(5) 計 算

$$\text{炭素 (\%)} = \frac{(A_1 - A_2) \times 0.0005027}{W} \times f \times 100$$

ここに

A_1 : 混合ガスの容積 (ml)

A_2 : 残留ガスの容積 (ml)

W : 試料はかりとり量 (g)

f : 補正係数(表3-1)

$$f = 0.3858 \times \frac{B - b}{273.2 + t}$$

B : 気圧読みとり値に温度および重力の補正を行なった値 (mm Hg)

b : t ℃における塩化ナトリウム溶液(26%)の水蒸気圧 (mm Hg)

t : ビュレット内のガスの温度 (℃)

図 3.1.2 鉄および鋼中の炭素定量装置（ガス容量法）

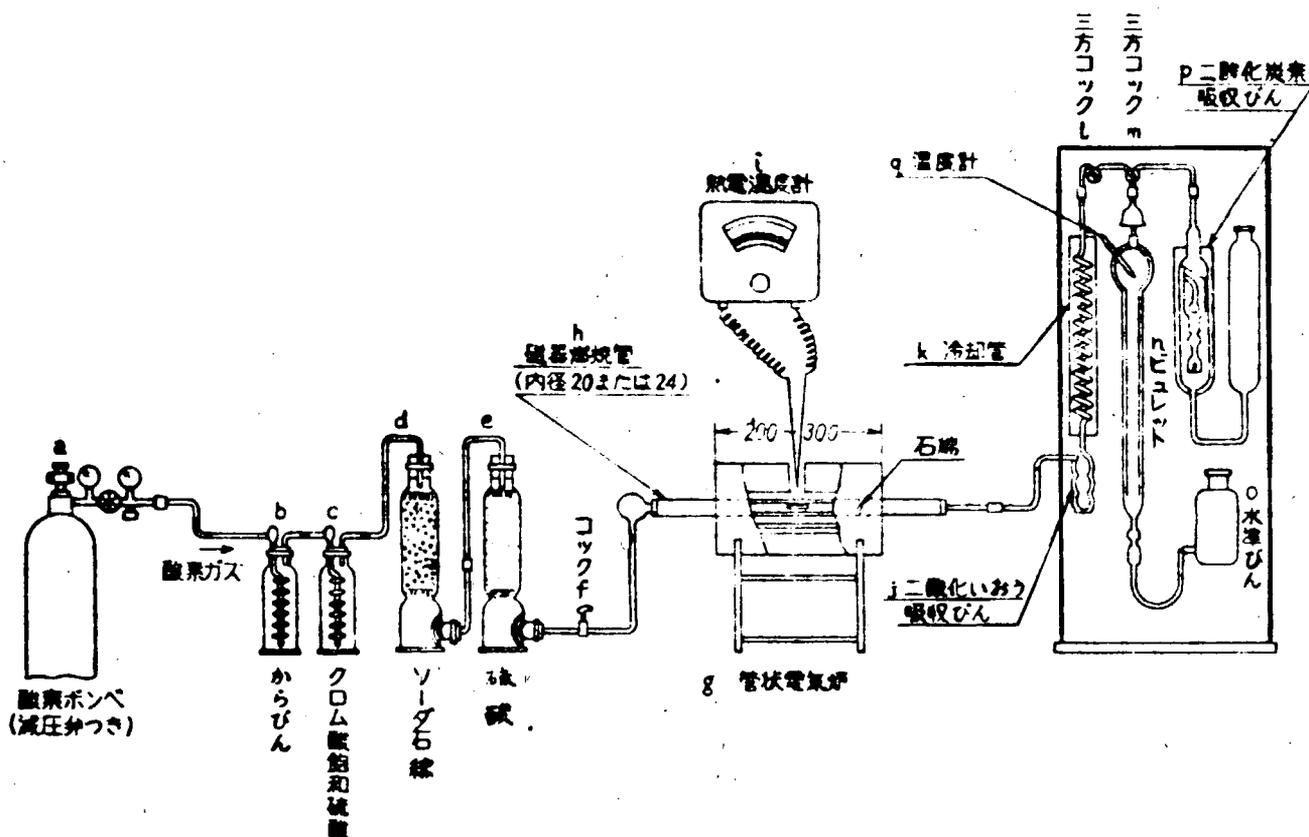


表 3.1.1 鉄および鋼中の炭素定量値補正係数 (f) 表

ガスの 温度 (C) 補正気圧 (B) mmHg	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
740	1.019	1.015	1.011	1.007	1.003	0.999	0.995	0.990	0.986	0.982	0.978	0.973	0.969	0.965	0.961	0.956	0.952	0.948
741	1.021	1.017	1.012	1.008	1.004	1.000	0.996	0.992	0.987	0.983	0.979	0.975	0.970	0.966	0.962	0.958	0.953	0.949
742	1.022	1.018	1.014	1.010	1.006	1.001	0.997	0.993	0.989	0.985	0.980	0.976	0.972	0.968	0.963	0.959	0.955	0.950
743	1.024	1.019	1.015	1.011	1.007	1.003	0.999	0.994	0.990	0.986	0.982	0.977	0.973	0.969	0.965	0.960	0.956	0.951
744	1.025	1.021	1.017	1.012	1.008	1.004	1.000	0.996	0.991	0.987	0.983	0.979	0.974	0.970	0.966	0.962	0.957	0.953
745	1.026	1.022	1.018	1.014	1.010	1.006	1.001	0.997	0.993	0.989	0.984	0.980	0.976	0.972	0.967	0.963	0.958	0.954
746	1.028	1.023	1.019	1.015	1.011	1.007	1.003	0.998	0.994	0.990	0.986	0.981	0.977	0.973	0.969	0.964	0.960	0.955
747	1.029	1.025	1.021	1.016	1.012	1.008	1.004	1.000	0.996	0.991	0.987	0.983	0.978	0.974	0.970	0.966	0.961	0.957
748	1.030	1.026	1.022	1.018	1.014	1.010	1.005	1.001	0.997	0.993	0.988	0.984	0.980	0.975	0.971	0.967	0.962	0.958
749	1.032	1.028	1.023	1.019	1.015	1.011	1.007	1.003	0.998	0.994	0.990	0.985	0.981	0.977	0.973	0.968	0.964	0.959
750	1.033	1.029	1.025	1.021	1.016	1.012	1.008	1.004	1.000	0.995	0.991	0.987	0.982	0.978	0.974	0.969	0.965	0.961
751	1.035	1.030	1.026	1.022	1.018	1.014	1.009	1.005	1.001	0.997	0.992	0.988	0.984	0.979	0.975	0.971	0.966	0.962
752	1.036	1.032	1.028	1.023	1.019	1.015	1.011	1.007	1.002	0.998	0.994	0.989	0.985	0.981	0.977	0.972	0.968	0.963
753	1.037	1.033	1.029	1.025	1.021	1.016	1.012	1.008	1.004	0.999	0.995	0.991	0.986	0.982	0.978	0.973	0.969	0.964
754	1.039	1.035	1.030	1.026	1.022	1.018	1.014	1.009	1.005	1.001	0.996	0.992	0.988	0.983	0.979	0.975	0.970	0.966
755	1.040	1.036	1.032	1.027	1.023	1.019	1.015	1.011	1.006	1.002	0.998	0.993	0.989	0.985	0.980	0.976	0.972	0.967
756	1.042	1.037	1.033	1.029	1.025	1.020	1.016	1.012	1.008	1.003	0.999	0.995	0.990	0.986	0.982	0.977	0.973	0.968
757	1.043	1.039	1.034	1.030	1.026	1.022	1.018	1.013	1.009	1.005	1.000	0.996	0.992	0.987	0.983	0.979	0.974	0.970
758	1.044	1.040	1.036	1.032	1.027	1.023	1.019	1.015	1.010	1.006	1.002	0.997	0.993	0.989	0.984	0.980	0.976	0.971
759	1.046	1.041	1.037	1.033	1.029	1.025	1.020	1.016	1.012	1.007	1.003	0.999	0.994	0.990	0.986	0.981	0.977	0.972
760	1.047	1.043	1.039	1.034	1.030	1.026	1.022	1.017	1.013	1.009	1.004	1.000	0.996	0.991	0.987	0.983	0.978	0.974
761	1.049	1.044	1.040	1.036	1.031	1.027	1.023	1.019	1.014	1.010	1.006	1.001	0.997	0.993	0.988	0.984	0.979	0.975
762	1.050	1.046	1.041	1.037	1.033	1.029	1.024	1.020	1.016	1.011	1.007	1.003	0.998	0.994	0.990	0.985	0.981	0.976
763	1.051	1.047	1.043	1.038	1.034	1.030	1.026	1.021	1.017	1.013	1.008	1.004	1.000	0.995	0.991	0.987	0.982	0.978
764	1.053	1.048	1.044	1.040	1.036	1.031	1.027	1.023	1.018	1.014	1.010	1.005	1.001	0.997	0.992	0.988	0.983	0.979
765	1.054	1.050	1.045	1.041	1.037	1.033	1.028	1.024	1.020	1.015	1.011	1.007	1.002	0.998	0.994	0.989	0.985	0.980
766	1.055	1.051	1.047	1.043	1.038	1.034	1.030	1.026	1.021	1.017	1.012	1.008	1.004	0.999	0.995	0.991	0.986	0.981
767	1.057	1.053	1.048	1.044	1.040	1.035	1.031	1.027	1.022	1.018	1.014	1.009	1.005	1.001	0.996	0.992	0.987	0.983
768	1.058	1.054	1.050	1.045	1.041	1.037	1.033	1.028	1.024	1.019	1.015	1.011	1.006	1.002	0.998	0.993	0.989	0.984
769	1.060	1.055	1.051	1.047	1.042	1.038	1.034	1.030	1.025	1.021	1.016	1.012	1.008	1.003	0.999	0.995	0.990	0.985
770	1.061	1.057	1.052	1.048	1.044	1.040	1.035	1.031	1.027	1.022	1.018	1.013	1.009	1.005	1.000	0.996	0.991	0.987
771	1.062	1.058	1.054	1.049	1.045	1.041	1.037	1.032	1.028	1.023	1.019	1.015	1.010	1.006	1.002	0.997	0.993	0.988
772	1.064	1.059	1.055	1.051	1.047	1.042	1.038	1.034	1.029	1.025	1.020	1.016	1.012	1.007	1.003	0.998	0.994	0.989
773	1.065	1.061	1.056	1.052	1.048	1.044	1.039	1.035	1.031	1.026	1.022	1.017	1.013	1.009	1.004	1.000	0.995	0.991
774	1.067	1.062	1.058	1.054	1.049	1.045	1.041	1.036	1.032	1.028	1.023	1.019	1.014	1.010	1.006	1.001	0.996	0.992

注 (1) 表中の気圧は、水銀気圧計の読取値に温度および重力補正を行なった値である。

(2) 温度および重力の補正は、次式によって行なう。

$$B = B' (1 - 0.000163t - 0.0026 \cos 2\varphi)$$

ただし B = 補正した気圧の値 (mmHg), t = 気圧計についている温度計の読み (°C)

B' = 気圧計の読み (mmHg), φ = 気圧計のある場所の緯度 (°)

分析者は、あらかじめ $B' (0.000163t + 0.0026 \cos 2\varphi)$ の値を、各種の気圧・温度について求めて表にしておけば使用に便利である。

(3) 本表使用例：

試料はかりとり量 1g とすれば $1 \text{ ml CO}_2 = 0.05027\% \text{ C}$

[ただし本表は、塩化ナトリウム溶液(2.6%)を用いた場合に使用する]

23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	ガスの 温度 (t) 補正気圧 (B') mmHg
0.943	0.939	0.934	0.930	0.925	0.920	0.916	0.911	0.906	0.901	0.896	0.892	0.887	0.881	0.876	0.871	0.866	0.860	740
0.944	0.940	0.936	0.931	0.926	0.922	0.917	0.912	0.907	0.903	0.898	0.893	0.888	0.883	0.877	0.872	0.867	0.862	741
0.946	0.941	0.937	0.932	0.928	0.923	0.918	0.914	0.909	0.904	0.899	0.894	0.889	0.884	0.879	0.873	0.868	0.863	742
0.947	0.943	0.938	0.933	0.929	0.924	0.920	0.915	0.910	0.905	0.900	0.895	0.890	0.885	0.880	0.875	0.869	0.864	743
0.948	0.944	0.939	0.935	0.930	0.926	0.921	0.916	0.911	0.906	0.902	0.897	0.892	0.886	0.881	0.876	0.871	0.865	744
0.950	0.945	0.941	0.936	0.931	0.927	0.922	0.918	0.913	0.908	0.903	0.898	0.893	0.888	0.882	0.877	0.872	0.866	745
0.951	0.946	0.942	0.937	0.933	0.928	0.923	0.919	0.914	0.909	0.904	0.899	0.894	0.889	0.884	0.878	0.873	0.868	746
0.952	0.948	0.943	0.939	0.934	0.929	0.925	0.920	0.915	0.910	0.905	0.900	0.895	0.890	0.885	0.880	0.874	0.869	747
0.954	0.949	0.945	0.940	0.935	0.931	0.926	0.921	0.916	0.911	0.907	0.902	0.897	0.891	0.886	0.881	0.876	0.870	748
0.955	0.950	0.946	0.941	0.937	0.932	0.927	0.923	0.918	0.913	0.908	0.903	0.898	0.893	0.887	0.882	0.877	0.871	749
0.956	0.952	0.947	0.943	0.938	0.933	0.928	0.924	0.919	0.914	0.909	0.904	0.899	0.894	0.889	0.883	0.878	0.873	750
0.957	0.953	0.948	0.944	0.939	0.935	0.930	0.925	0.920	0.915	0.910	0.905	0.900	0.895	0.890	0.885	0.879	0.874	751
0.959	0.954	0.950	0.945	0.940	0.936	0.931	0.926	0.921	0.916	0.912	0.907	0.902	0.896	0.891	0.886	0.880	0.875	752
0.960	0.956	0.951	0.946	0.942	0.937	0.932	0.928	0.923	0.918	0.913	0.908	0.903	0.898	0.892	0.887	0.882	0.876	753
0.961	0.957	0.952	0.948	0.943	0.938	0.934	0.929	0.924	0.919	0.914	0.909	0.904	0.899	0.893	0.888	0.883	0.878	754
0.963	0.958	0.954	0.949	0.944	0.940	0.935	0.930	0.925	0.920	0.915	0.910	0.905	0.900	0.895	0.889	0.884	0.879	755
0.964	0.959	0.955	0.950	0.946	0.941	0.936	0.932	0.926	0.922	0.917	0.912	0.907	0.901	0.896	0.891	0.885	0.880	756
0.965	0.961	0.956	0.952	0.947	0.942	0.937	0.933	0.928	0.923	0.918	0.913	0.908	0.903	0.897	0.892	0.887	0.881	757
0.967	0.962	0.958	0.953	0.948	0.943	0.939	0.934	0.929	0.924	0.919	0.914	0.909	0.904	0.898	0.893	0.888	0.882	758
0.968	0.963	0.959	0.954	0.949	0.945	0.940	0.935	0.930	0.925	0.920	0.915	0.910	0.905	0.900	0.894	0.889	0.884	759
0.969	0.965	0.960	0.955	0.951	0.946	0.941	0.937	0.932	0.927	0.922	0.917	0.912	0.906	0.901	0.896	0.890	0.885	760
0.970	0.966	0.961	0.957	0.952	0.947	0.943	0.938	0.933	0.928	0.923	0.918	0.913	0.908	0.902	0.897	0.892	0.886	761
0.972	0.967	0.963	0.958	0.953	0.949	0.944	0.939	0.934	0.929	0.924	0.919	0.914	0.909	0.903	0.898	0.893	0.887	762
0.973	0.969	0.964	0.959	0.955	0.950	0.945	0.940	0.935	0.930	0.925	0.920	0.915	0.910	0.905	0.899	0.894	0.889	763
0.974	0.970	0.965	0.961	0.956	0.951	0.946	0.942	0.937	0.932	0.927	0.922	0.917	0.911	0.906	0.901	0.895	0.890	764
0.976	0.971	0.967	0.962	0.957	0.952	0.948	0.943	0.938	0.933	0.928	0.923	0.918	0.913	0.907	0.902	0.897	0.891	765
0.977	0.972	0.968	0.963	0.958	0.954	0.949	0.944	0.939	0.934	0.929	0.924	0.919	0.914	0.908	0.903	0.898	0.892	766
0.978	0.974	0.969	0.965	0.960	0.955	0.950	0.946	0.940	0.935	0.930	0.925	0.920	0.915	0.910	0.904	0.899	0.894	767
0.980	0.975	0.970	0.966	0.961	0.956	0.951	0.947	0.942	0.937	0.932	0.927	0.922	0.916	0.911	0.906	0.900	0.895	768
0.981	0.976	0.972	0.967	0.962	0.958	0.953	0.948	0.943	0.938	0.933	0.928	0.923	0.918	0.912	0.907	0.901	0.896	769
0.982	0.978	0.973	0.968	0.964	0.959	0.954	0.949	0.944	0.939	0.934	0.929	0.924	0.919	0.913	0.908	0.903	0.897	770
0.984	0.979	0.974	0.970	0.965	0.960	0.955	0.951	0.945	0.940	0.936	0.930	0.925	0.920	0.915	0.909	0.904	0.898	771
0.985	0.980	0.976	0.971	0.966	0.961	0.957	0.952	0.947	0.942	0.937	0.932	0.927	0.921	0.916	0.911	0.905	0.900	772
0.986	0.982	0.977	0.972	0.967	0.963	0.958	0.953	0.948	0.943	0.938	0.933	0.928	0.923	0.917	0.912	0.906	0.901	773
0.987	0.983	0.978	0.973	0.969	0.964	0.959	0.954	0.949	0.944	0.939	0.934	0.929	0.924	0.918	0.913	0.908	0.902	774

たとえば、ピュレットの読取値 = 1.43 ml, ガスの温度 = 29℃, 気圧計についている温度計の読み $t = 25℃$,

気圧計の読み $B' = 763 \text{ mmHg}$

であった場合は、東京では気圧・温度および重力補正値は -4 mmHg となるから、

補正した気圧の値 $B = 763 - 4 = 759$

従って補正気圧 759 mmHg , ガスの温度 $29℃$ のときの補正係数は、上表から 0.940 であるから、求める炭素量(%)は、つぎのようになる。

$$\frac{1.43 \times 0.05027 \times 0.940}{1} = 0.676(\%)$$

3.2 密度および炭素含有量計測結果

密度および炭素含有量の計測は前記の方法にてそれぞれ2回行なってその2回の平均値を算出した。

計測結果を表3.2.1に記す。なお図3.2.3は炭素含有量と密度の関係を、図3.2.4は温度と密度の関係を示す。

これらの計測結果から、中間軸材料の比重は7.834 gr/cm³程度になると推測される。なお今回の計測からは中間軸材料の炭素含有量と比重の関係は明確に見出せなかった。

表 3.2.2 テストピースの密度および炭素含有量計測結果

試料番号	試料提供者	試料採取位置	炭素含有量 (%)	密度計測温度 (°C)	密度	備考
1	A 製鋼所	—	0.45	20	7.829	炭素含有量は A製鋼所にて計 測されたもの。
2	"	—	0.40	"	7.830	
3	"	—	0.35	"	7.835	
4	"	—	0.31	"	7.828	
5	"	—	0.21	"	7.832	
6	"	Top center	—	"	7.829	
7	"	Top outer	—	"	7.815	
8	"	Top 1/2 R	—	"	7.837	
9	"	Btm center	—	"	7.841	
10	"	Btm outer	—	"	7.840	
11	"	Btm 1/2 R	—	"	7.836	
12	B 造船所		0.31	"	7.834	同一試料にて温 度を変えて密度 を計測した。
13	"		—	"	7.837	
14	C 造船所	Top 側	0.20	"	7.832	
15	"	"	—	"	7.837	
16	"	Btm 側	0.14	"	7.843	
17	"	"	—	"	7.833	
18	D 造船所	Top 側	0.31	"	7.836	
19	"	Btm 側	0.31	"	7.836	
20	E 造船所		0.25	"	7.836	
21-A	F 造船所		0.24	"	7.833	
21-B	"		—	40	7.828	
21-C	"		—	60	7.814	
22	G 造船所		—	20	7.833	G造船所にて計測 したもの。
23	"		—	"	7.839	
24	"		—	"	7.836	
25	"		—	"	7.838	
平均	—	—	—	20	7.834 (7.834)	21-B以下を除く。 (21-B,Cを除く)

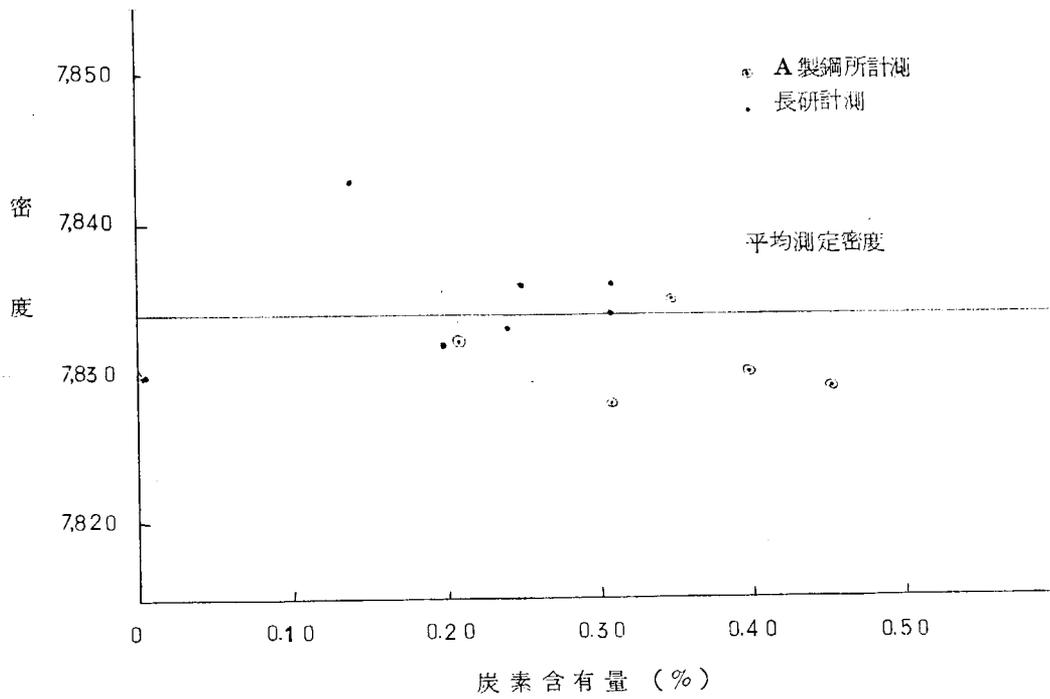


図 3.2.3 炭素含有量と密度の関係

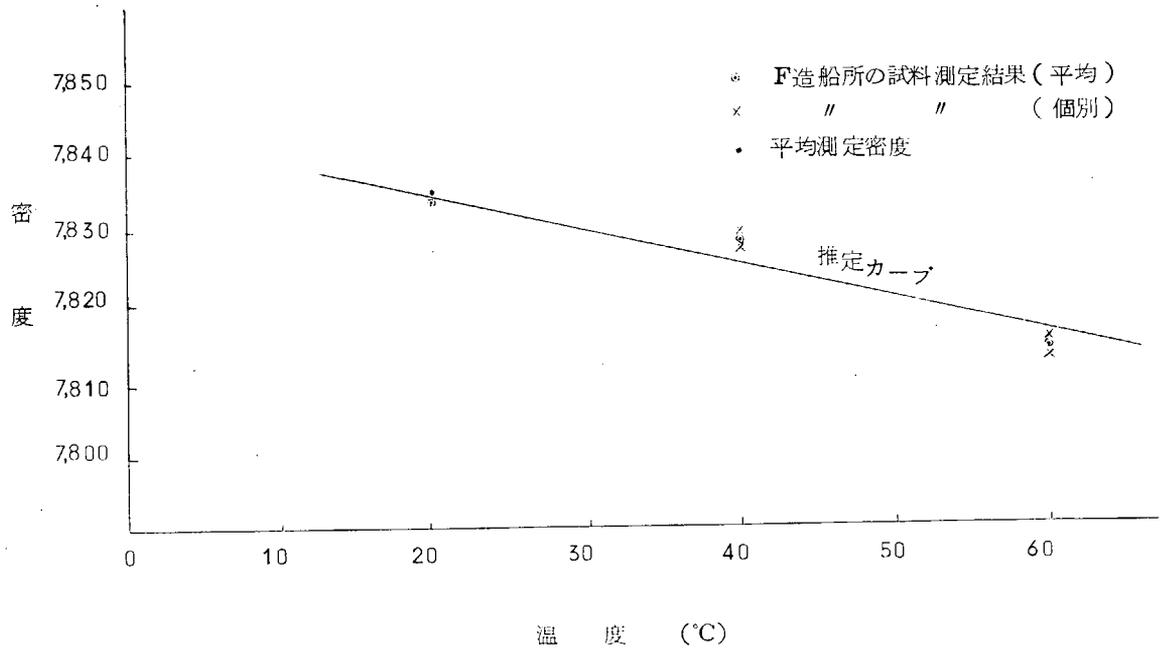


図 3.2.4 温度と密度の関係