

本資料は 年 月 日付けで登録区分、
変更する。 2001. 6. 6

[技術情報室]

F B R 原型炉用パッド付ラッパ管の試作報告

昭和56年度試作管の非破壊・破壊検査結果

1983年8月

動力炉・核燃料開発事業団
東海事業所

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

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

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

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

F B R 原型炉用パッド付ラッパ管の試作報告

昭和56年度試作管の非破壊・破壊検査結果



実施責任者 立石嘉徳*
報 告 者 田中康正*, 滝 清隆*
石橋藤雄*, 後藤達朗*
谷山定美*

期 間 1982年7月～1983年3月

目 的 F B R 原型炉「もんじゅ」用のパッド付ラッパ管試作・評価を行い、燃料設計および
実機材製作へ反映させる。

要 旨

F B R 原型炉「もんじゅ」用パッド付ラッパ管の56年度試作管が神戸製鋼、新日鉄、住友金属、東芝、日本鋼管の各社より5本ずつ、計25本が昭和57年7月～9月に渡って納入され、技術部検査課において非破壊、破壊の受入検査を実施した。

本試作管は長尺として初めて実機並に製作されたため、非破壊検査で肉厚、内側対面間寸法、ねじれ、粗さにおいて規格を満足できなかった。なかでも、内側対面間寸法測定（二軸寸法測定装置による連続測定）の結果、パッド部周辺で寸法変化の大きなものがあり規格を満足することができなかった。破壊検査についてもパッド部周辺での冷間加工度が不均一のため硬度および引張試験の一部に規格を外れるものがあった。

今後の課題として、パッド部周辺の内側対面間寸法変動、加工度の均一性を改善していく必要がある。

* 技術部検査課（昭和57年度在席部署）

目 次

1. はじめに	1
2. 製作仕様	2
2.1 一般仕様	2
2.1.1 数 量	2
2.1.2 仕様概要	2
2.2 技術仕様	2
2.2.1 製造方法	2
2.2.2 化学成分	3
2.2.3 寸法公差	3
2.2.4 機械的性質	4
3. 非破壊検査	13
3.1 外観検査	13
3.2 外側対面間寸法	15
3.3 肉 厚	27
3.4 内側寸面間寸法	39
3.5 真直度およびねじれ測定結果	49
3.6 内側角部曲率半径および各部の長さ測定	51
3.7 パッド部形状検査	54
3.8 表面粗さ	57
4. 破壊試験	62
4.1 引張試験	62
4.2 硬さ測定	68
4.3 金相試験	83
5. ま と め	92
5.1 非破壊検査	92
5.2 破壊検査	93
5.3 化学分析結果	94
附録-1 (PNC側連続測定結果)	101
附録-2 (PNC側表面粗さ測定結果)	182

1. はじめに

1. は じ め に

高速増殖炉原型炉「もんじゅ」用のラップ管試作は、昭和46年度より54年度までストレートラップ管（パッド無し）が製作されており、集合体製作時にはスペーサパッドをストレートラップ管に溶接していた。しかし、スペーサパッドを溶接することによりラップ管パッド部の強度低下、また熱影響による形状変化が生じる等のことがわかっている。このため、一体型パッド付ラップ管を製作することが検討され、昭和52、53年度に東京芝浦電気で短尺管（1m）の試作が行われたが、形状が複雑であり、製管上高度な技術が必要となり、仕様を充分満足させることができず、その後ラップ管試作は行われなかった。以上の経緯の基で、昭和54年度に高速増殖炉実験炉「常陽」、また高速増殖炉原型炉「もんじゅ」用ストレート型ラップ管の製造実績のある製造者（新日本製鐵、住友金属工業）に対しパッド付ラップ管の試作を要請したが、コストおよび技術的に困難とされ自主検討が続けられた。その間、上記以外の3社（神戸製鋼、東京芝浦電気および日本鋼管）にて製造可能とされ、実質的に初めて5社で試作を行うに致った。

尚、本レポート上では、神戸製鋼をK、新日本製鐵をN、住友金属工業をS、東京芝浦電気をB、日本鋼管をEと簡略化して記述する。

2. 製作仕様

2. 製作仕様

PNCとK, N, S, B, E,社の間でかわされた製作仕様の抜粋を次に示す。

2.1 一般仕様

2.1.1 数 量

表 2.1 パッド付ラップ管数量

製造者	K	N	S	B	E
数 量	5 本	5 本	5 本	5 本	5 本

2.1.2 仕様概要

材 質: SUS316

形 状: 正六角形継目無鋼管 (図 2.1 に形状を示す)

寸 法: (公 称 値)

外側対面間寸法	管部	110.6 mm
	パッド部	114.6 mm
内側対面間寸法		104.6 mm
肉 厚	管部	3.0 mm
	パッド部	5.0 mm
内側角部曲率半径		4.5 mmR
全 長		3,020 mm
パッド部長	頂部	40 mm
	底部	80 mm
パッド部位置	ラップ管下端 (反Na側) よりパッド部中心まで	
		1,695 mm

2.2 技術仕様

2.2.1 製造方法

① 製品は溶体化処理後 $20 \pm 5\%$ (目標 20%) の冷間加工により仕上げる。

② 冷間加工度は (別途打合せ)

(参考として製造者各社の製造工程表を, 表 2.2 ~ 表 2.6 に示す。)

2.2.2 化学成分

表 2.7 化学成分規格

〔単位 wt %〕

元 素	真空二重溶解(含有量)	その他溶解(含有量)	目 標 値	元 素	真空二重溶解(含有量)	その他溶解(含有量)	目 標 値
C	0.040~0.080	≤0.08	0.055	N	≤0.010	報 告 値	—
Si	≤1.00	≤1.00	高 目	Cu	≤0.20	報 告 値	—
Mn	≤2.00	≤2.00	1.75	Ti	≤0.10	報 告 値	高 目
P	≤0.04	≤0.04	0.025	V	≤0.20	報 告 値	—
S	≤0.010	≤0.03	—	Nb+Ta	≤0.10	報 告 値	高 目
Ni	13.00~14.00	10.00~14.00	高 目	As	≤0.030	報 告 値	—
Cr	16.00~18.00	16.00~18.00	低 目	Al	≤0.050	報 告 値	—
Mo	2.00~3.00	2.00~3.00	250	Zr	≤0.10	報 告 値	—
Co	≤0.10	報 告 値	—	O	報 告	報 告 値	—
B	≤0.0100	報 告 値	0.0040	Fe	残	報 告 値	残

2.2.3 寸法公差

- ① 外側対面間寸法(管 部) 110.6mm
 " (パッド部) 114.6 ± 0.5 mm (目標 ±0.5)
- ② 内側対面間寸法 104.60 ± 0.40 mm (目標 ±0.25)
- ③ 肉 厚 (管 部) 3.00 ± 0.25 mm (目標 ±0.20)
 " (パッド部) 5.00 ± 0.40 mm (目標 ±0.20)
- ④ 内側角部曲率半径 4.5 ± 0.5 mmR
- ⑤ パッド部長 (頂 部) 40 ± 3 mm
 " (底 部) 80 $\pm \frac{10}{8}$ mm (目標 ±5)
- ⑥ 長 さ 3,020 $\pm \frac{10}{8}$ mm
- ⑦ パッド部位置(下端よりパッド中心まで) 1,695 ± 5 mm
- ⑧ 真 直 度

真直度は、製品のいかなる部分でも 1.50 mm 以下(目標 1.00 mm 以下)とする。

⑨ ね じ れ

製品各辺、全長につき 0.70 mm 以下(目標 0.50 mm 以下)とする。

⑩ 表面粗さ

製品の内外表面の粗さは、JIS 試験片と対比し、12.5 s 相当以下であること。

⑪ 端面仕上げ

製品の両端は直角に切断し、バリがないこと。

⑫ パッド部形状

パッドは、管部と一体にて加工するものとし、ラップ管の軸方向におけるパッド部の断面は台形で、パッド頂部は平坦であること。また、管部とパッド頂部の間の斜部についてはパッド部の両側で寸法公差内で対称形とすること。

2.2.4 機械的性質

① 引張試験

製品から試験片を採取し、室温および650℃で試験を行う。性質は表2.8を満足すること。

表2.8 常・高温引張試験の規格

試験温度	0.2%耐力 (kg/mm^2)	引張強さ (kg/mm^2)	伸び (%)
RT	≥ 60	≥ 70	≥ 10
650℃	≥ 30	≥ 40	≥ 7

試験片：管の長さ方向よりJIS-Z-2201-13号B試験片を採取する。パッド部の試験片については、管部の肉厚3mmまで頂部を削除する。

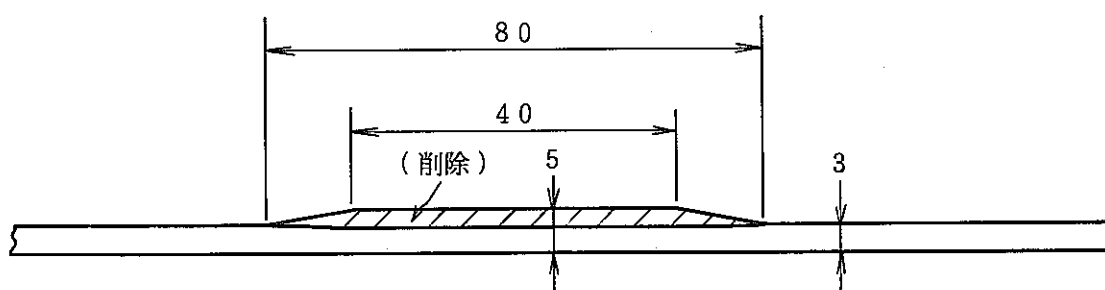


図2.2 引張試験片

採取位置および個数：パッド部は2辺より横縦各断面硬さ試験片（5mmt）を採取し、残り4辺から各1本の引張試験片（3mmt）を採取し、2本を常温用2本を高温用とする。

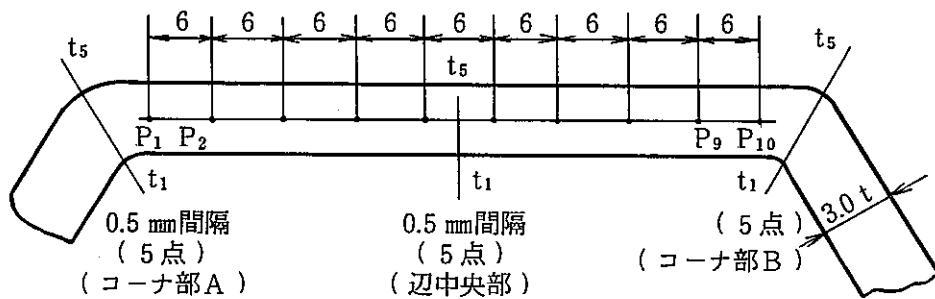
管部はパッド部と対応させて4本の試験片を採取し、2本を常温用、2本を高温用とする。計8本の試験片を採取する。

② 硬さ試験

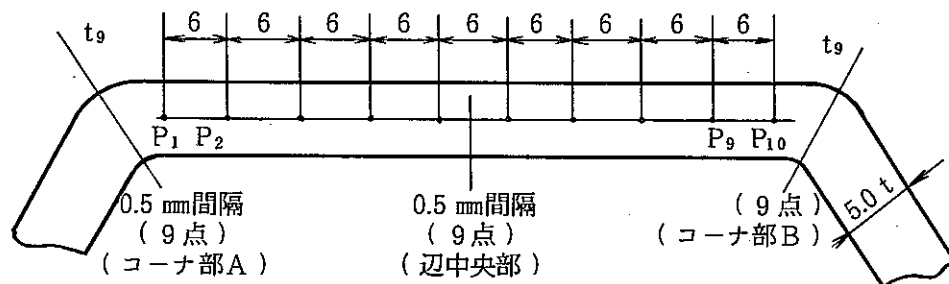
製品の管部、パッド部それぞれの各1辺の断面の図2.3に示す位置について、ビッカース硬さ試験を行う。試験荷重0.5kgを用いて、各断面の硬さ分布を求め、測定値がHv280

±60の範囲内にあること。

(管部横断面)



(パッド部横断面)



(パッド部縦断面)

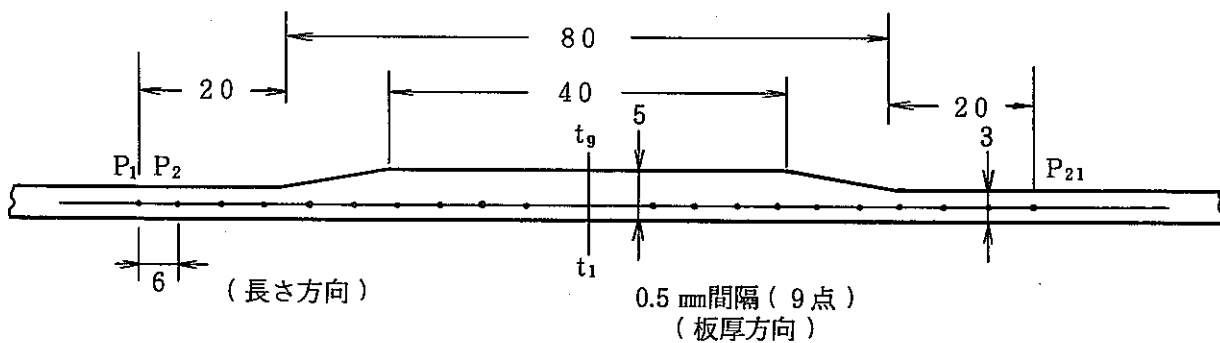


図 2.3 硬さ試験位置

③ 金相試験

(1) 結晶粒度

製品の断面についてASTM-E-112により、結晶粒度を測定し、平均結晶粒がNo.5～9であること。

パッド部は、角部と辺中央部の横断面について、管部は角部と辺中央部の横断面および辺中央部の縦断面について測定を行う。(計5カ所)

(2) 炭化物

製品の管部2カ所の縦断面について、ASTM-A262-Practice-Aにより光学顕微鏡で炭化物の析出を調べる。判定基準は、StepおよびDual組織を合格とし、Ditch組織を不合格とする。

(3) 介在物

製品の管部2カ所の縦断面について、ASTM-E45-Practice-Aにより非金属介在物を測定する。

(4) 外観検査

製品の内外表面には油脂、酸化物、塵埃等の付着物があってはならない。また、有害な打ち疵、くぼみ、搔き疵、ピット変色等があってはならない。

なお、局所的な欠陥は深さ0.3mmまでは許容とするものとする。

(5) 洗 浄

製品の表面には残留塩化物および弗化物を除去するために適当な方法で清浄にするものとする。

(6) ロットの定義

同一チャージ、同一インゴット、同一熱処理チャンスによる製品をロットと呼び、ロット番号を報告すること。

なお、すでに動燃事業団宛納入材に付したロット番号は再使用してはならない。

(7) 製品番号

製品片端の外表面には電気振動ペンにより指定のNoを刻字すること。No側を管の上端とし、これを上から見て、No刻字面をA面とし、これより時計まわりの方向にB、C、D、E、Fと各面を指定する。

(8) その他

破壊試験片の残材は、製品納入と同時に納入すること。

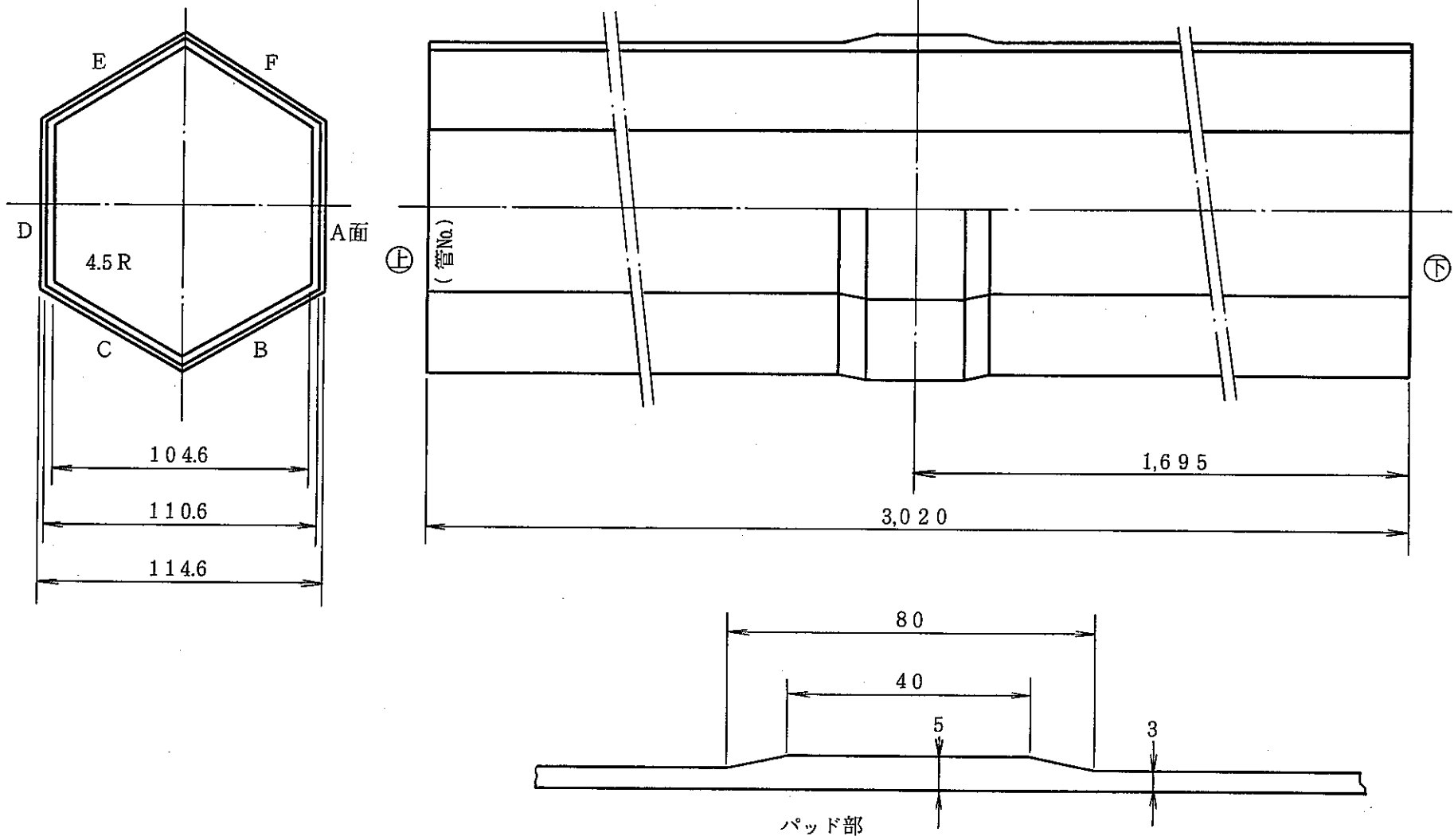


図 2.1 「もんじゅ」用パッド付ラップ管概略図

(単位: mm)

表 2.2 K社製造工程表

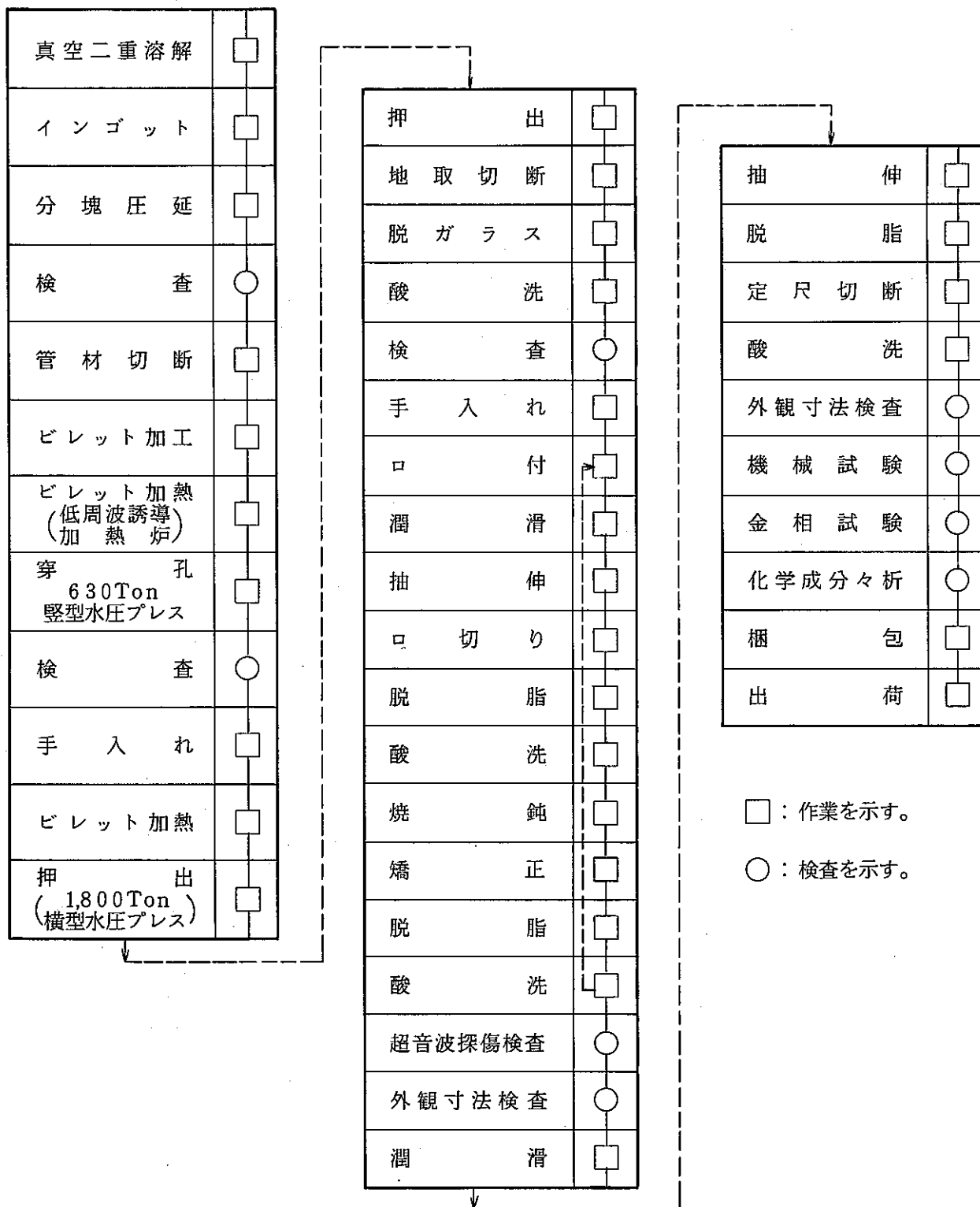


表 2.3 N社製造工程表

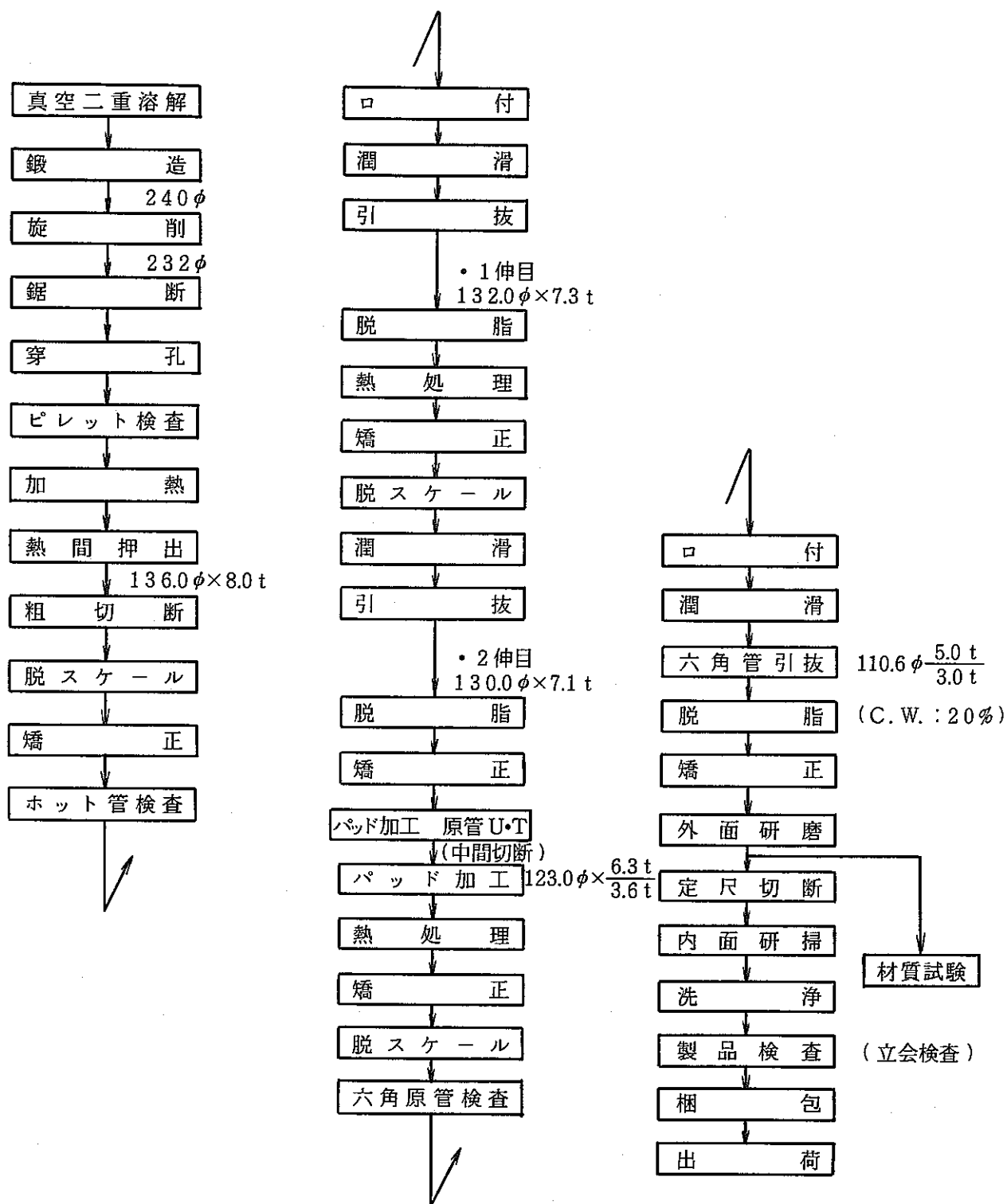


表 2.4 S 社製造工程表

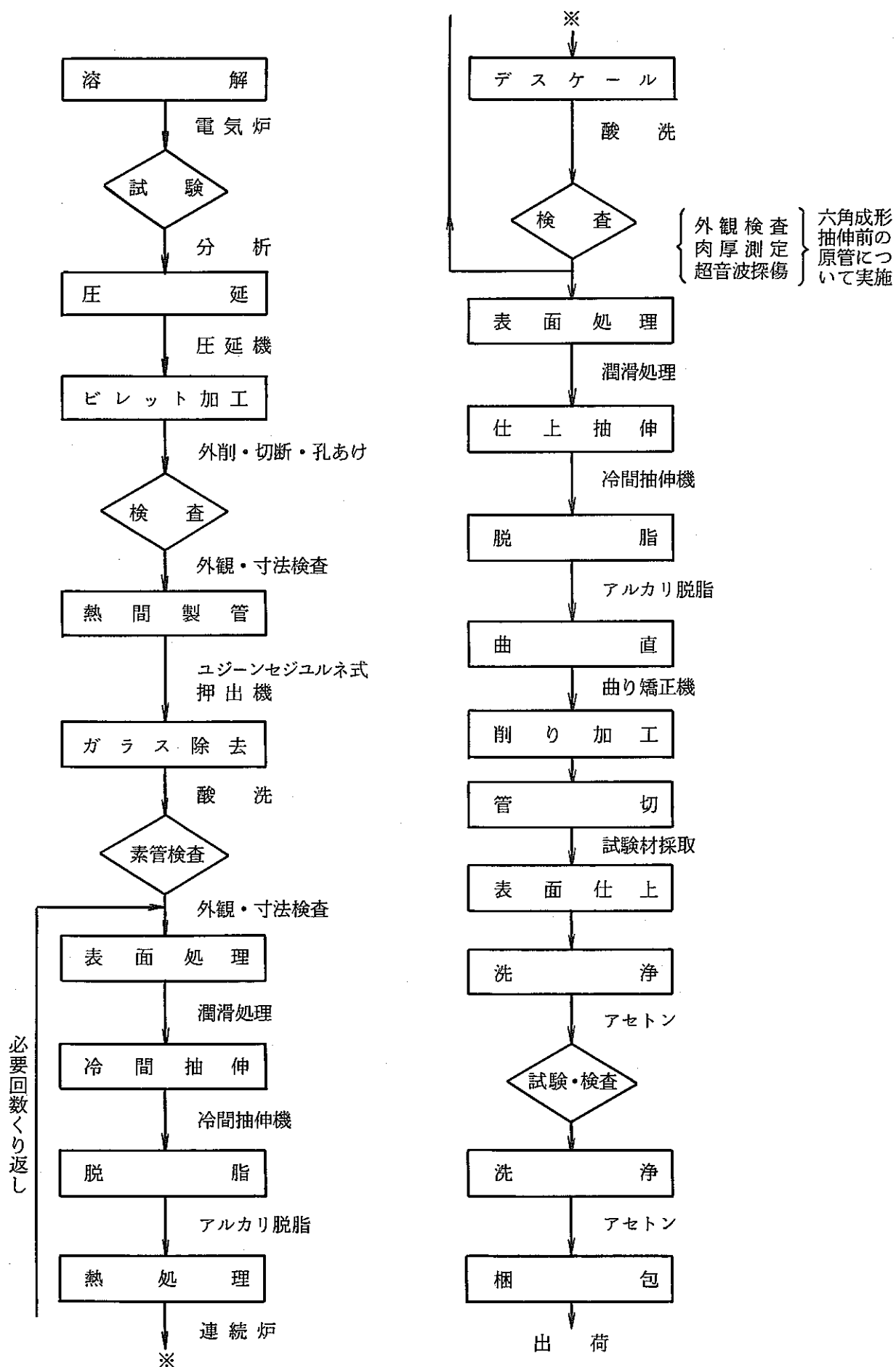


表 2.5 B 社製造工程表

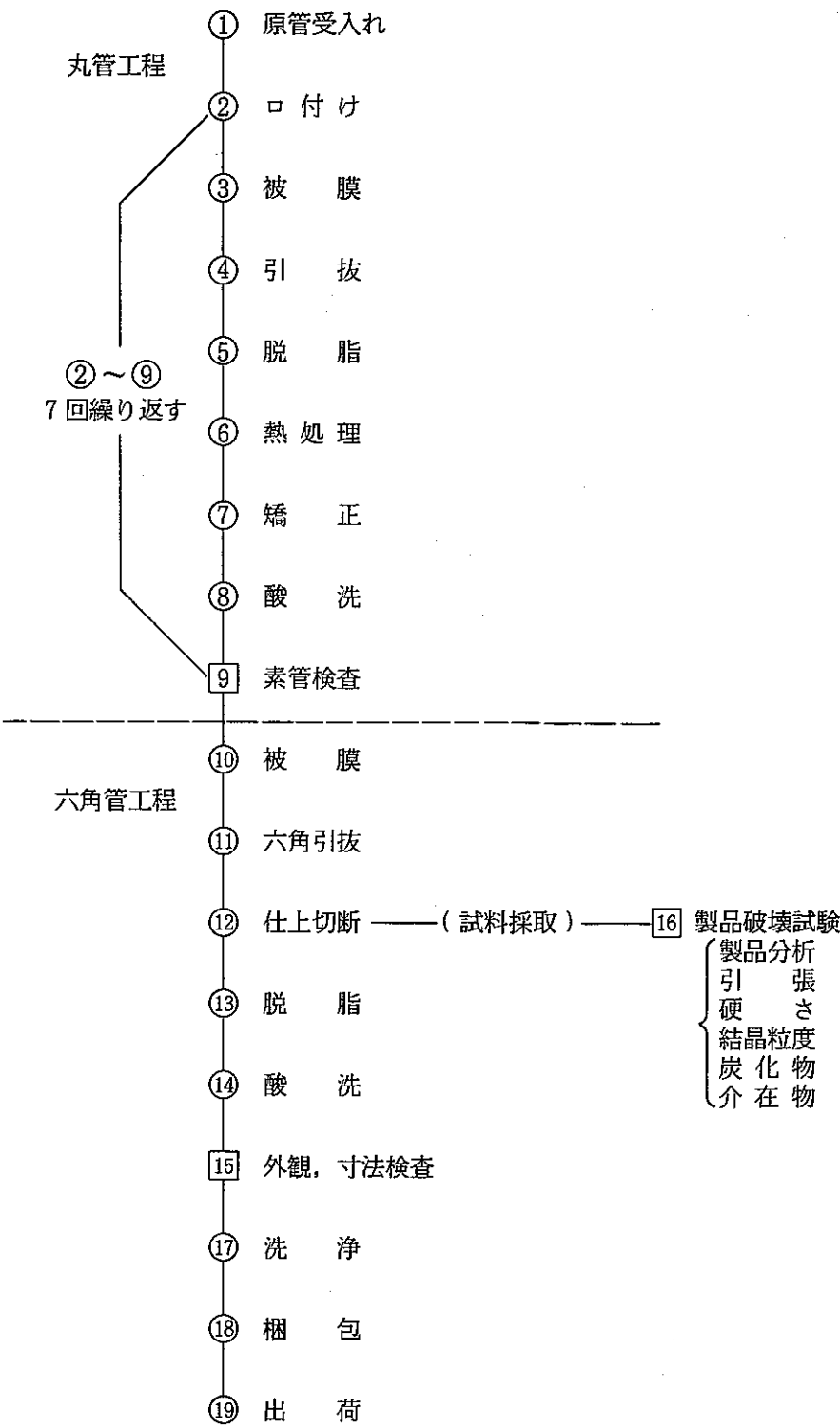
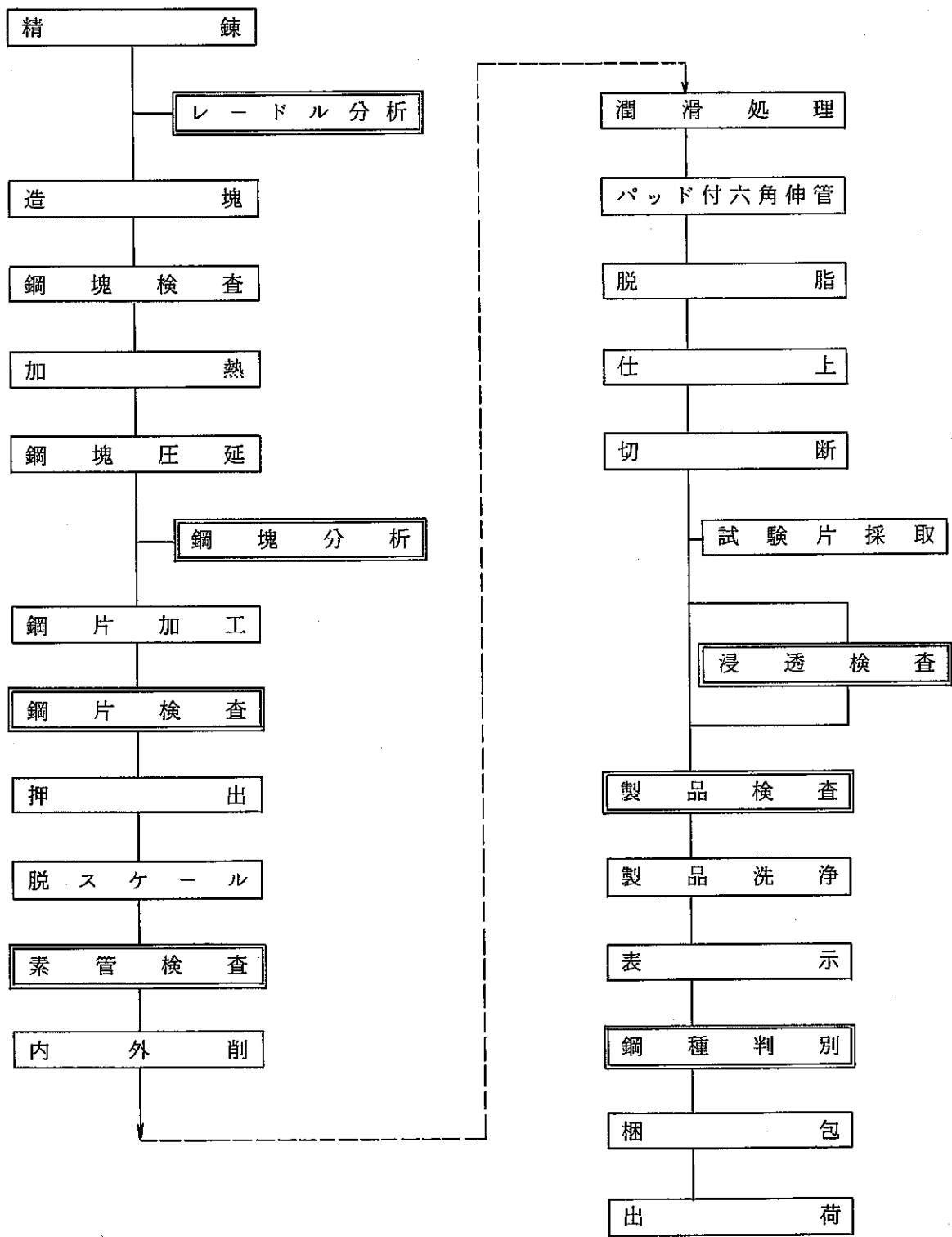


表 2.6 E社製造工程表



3. 非破壊検査

3. 非 破 壊 検 査

3.1 外観検査

3.1.1 検査方法

ラッパ管の内・外表面をアセトンを浸したガーゼで拭きとり、表面清浄を行うとともに目視により酸化物・傷などの有害な付着物の有無を調査した。また、それと並行して粗さの検査（JIS規格標準試験片との比較）、および端面仕上げ状況の検査についても実施した。なお、粗さの検査は、目視だけで判断することは困難なため、表面粗さ計（東京精密、サーフコム20B）を使用しての検査も行われた。

3.1.2 外観検査結果

表3.1に各社材の仕上げ状況を示す。表より管部外表面については、5社ともに、程度の差はあるが、ペーパーあるいはスコッチブライトで仕上げがなされている。内表面については大部分のものが、引き抜いたままであり、手入れがなされていない。

表3.1 内外表面仕上げ状況

製 造 者		K	N	S	B	E
ペーパー又はスコッチブライト仕上げ	外表面	○	○	○	△	○(3本) ×(2本)
	内表面	×	△	○	×	×
パッド部機械加工		?	○	○	×	○(3本) *(2本)

○：研 磨 △：軽く研磨 ×：未研磨

*：2本について機械加工しなかったのは、動燃の指示

？：機械加工が施されているか、否かわからない。

また、パッド部においては、N材およびS材は5本、E材は3本について、機械加工が施されていたが、B材およびE材の内2本は、引き抜きままである。また、K材は、パッド部表面の仕上げがきつく、機械加工が施されているか否か判断することは困難であった。しかし5社共に、内・外表面に規格を上まわる有害な付着物、疵等は観察されなかった。つぎに各社材ごとの外観状況を記す。

- (1) K材の外表面は、ペーパー(500～600番相当)で、パッド部を含め、全長にわたってきつく研磨されている。

また、パッド部では、頂部とテーパの境界が明瞭であるが前述したように、機械加工を施しているか否かの判断は難しい。内表面では、伸管前工程(六角形に引く前の素管)

- の表面仕上げムラと思われる傷が最終引き抜きにより、拡張されて、周方向のしわ状の傷になり、これらが全長にわたり観察される。また、内表面のパッド部前後では凹凸が見られた。
- (2) N材の外表面は、引き抜き後ペーパーおよびスコッチブライトで研磨しているため、金属光沢を有しているが、光の反射により管部に潤滑材の造膜ムラの跡が見える（凹凸はない）。またパッド部は、機械加工されているが、頂部がだれているため、頂部とテーパ部の境界が不明瞭であった。また、パッド部前後では、ヘコミが八巻状に観察される。（肉厚が0.1mm～0.2mm程度減少している）

一方、内表面では、研磨によってついた線状の研磨跡が軸方向についているほか、パッド部前後にもやはり凹凸があった。

- (3) S材の外表面は、機械加工（切削加工）後、ペーパー、および、スコッチブライトで入念に仕上げられているために、鏡面仕上げになっているが、管部では光の反射により、全長にわたり小さきみに波がうっているように見うけられる。

内表面も、外表面同様スコッチブライトで鏡面仕上げがなされているので、引き抜き肌を観察されず、外表面ほどではないが、全長にわたり小さきみに凹凸があるようである。また、手仕上げであるため、外側コーナ部の曲率が不ぞろいである（6.0R～8.5R）

- (4) B材の外表面は、スコッチブライトで軽く研磨されているが内・外表面ともに酸洗肌をしており、外表面の隋所に、傷取りの修正跡があるため光沢の違う部分が見うけられる。またパッド部は、引き抜き加工のままであるためパッド部と管部の境界が不明瞭である。

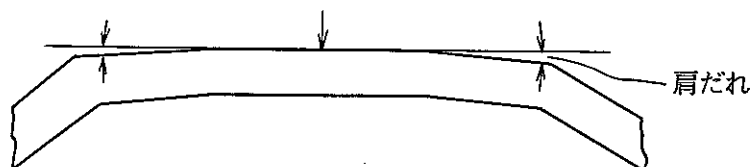
外表面では、パッド部ならびに管部のNo.側管端より200mmおよび、反No側管端より500mmの位置に凹凸が見られる。管部については、内表面にも凹凸が見られる。

- (5) E材の表面仕上げは、軽くスコッチブライト仕上げがなされているもの3本、引き抜きのままのものが2本であるが、軽くスコッチブライト仕上げがなされているもの3本のうち2本は、パッド部が完全に機械加工により削りだされており、残る1本は、頂部だけが機械加工されている。また、内・外表面とも研磨されているものの、殆んど引き抜いたままの状態であり、引き抜き後の肌は、ともに銀白色を呈し、きれいであるが潤滑剤の造膜ムラがある。表面粗さがB材に比べ大きいように思われる。

また、外表面のテーパ部前後に、ヘコミが周方向に八巻状（全周）に見られる。

外側コーナ部の曲率半径は、他社のもの（約8.0R）に比べて、小さいため、（約6.0R）コーナ部でのめりはりがあり、横断面形状については、下図に示すようにコーナ部で若干肩だれしているものが見うけられる。

横断面辺中央



3.2 外側対面間寸法

3.2.1 測定方法

外側対面間寸法については、管部の規格は、 110.60mm で公差なし、パッド部の規格は $114.60 \pm 0.4\text{mm}$ （目標値 $+0.5\text{mm}$ ）である。また、測定は、標準外側マイクロメータを使用して行ない、測定位置は、肉厚・内側対面間寸法と同一であり、図3.1に示すとうりである。（合計99点）

但し、B材・E材は、パッド部形状等の違いにより測定不能な場所が出てきたため、図3.1のラッパ管軸方向測定位置（パッド部を除く）の間隔を若干変更している（ $\pm 15\text{mm}$ 以内）

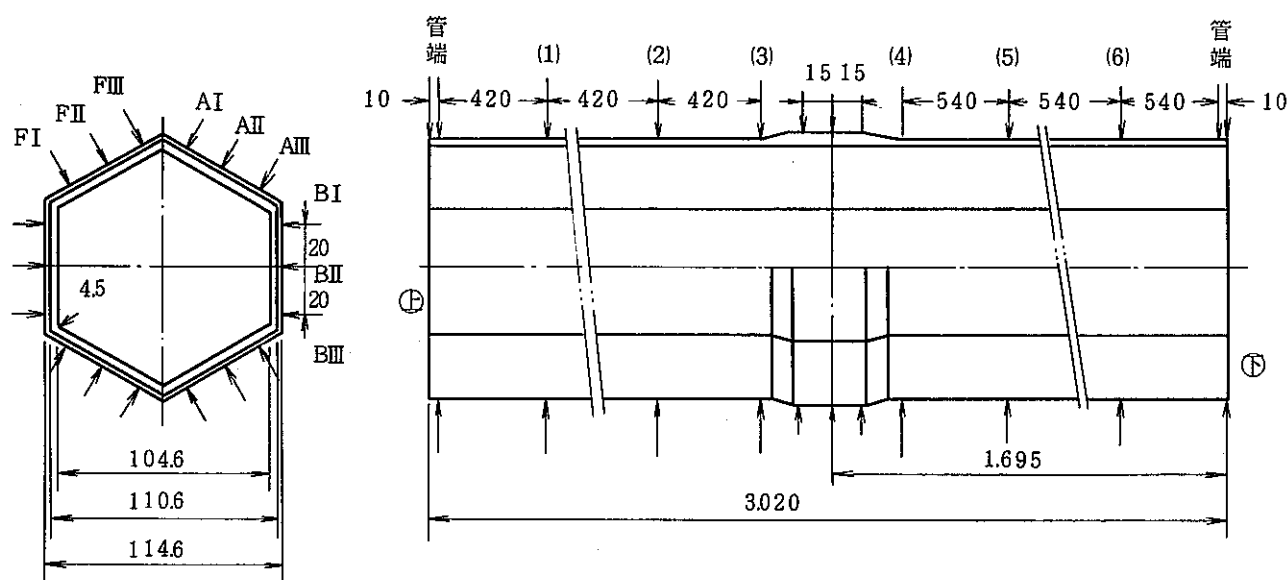


図3.1 内・外側対面間寸法および肉厚の測定位置

3.2.2 外側対面間寸法測定結果

(1) 管部（1社あたり合計72点/本 $\times 5 = 360$ 点）

管部については、設計上きびしい寸法公差を必要としない。外側対面間寸法の測定結果を統計処理したものを表3.2に記し、ヒストグラムを図3.2～3.6に示す。

以下に統計処理した結果について述べる。

表3.2よりN・E材を除く各社材は、ノミナル値（ 110.60mm ）に対し、若干大き目に製作されている。

標準偏差(σ)は、K材が最も小さく、次いでB、N、E、S材の順になっている。図3.2～図3.6より平均値および標準偏差こそ異っているが、5社とも正規分布している。

S材の場合、最大値について 111.22mm と他社材に比べ大き目の値が管端で測定され、管端部ではこの他 111.00mm を超える所が21か所みられる。

表 3.2 管部外側寸法の統計値

製造者 項 目	K	N	S	B	E
MaX	110.93	110.89	111.22	110.98	110.89
Min	110.45	110.34	110.43	110.42	110.23
R	0.48	0.55	0.79	0.55	0.66
$\bar{x}$	110.733	110.604	110.772	110.720	110.565
σ	0.086	0.105	0.134	0.098	0.120

(2) パッド部 (1社あたり27点/本×5=135点)

結果を統計処理したものを表 3.3 に記し、ヒストグラムを図 3.7～図 3.11 に示す。ここで、E 材は、動燃の指示により、2 本についてパッド部の最終仕上げを行っていないので統計処理する上で、この 2 本分に関するデータがないため、他社材に比べ測定数 n は少ない。表 3.3 より B 材の σ がノミナル値に対し、大きな値を示し、N 材が小さめの値を示している。

B 材は最大値について 5 社中最も大きい値 115.02mm (規格上限, 115.10mm) を示し、N 材は、最小値で 114.13mm (規格下限, 114.10mm) を示している。このことより B 材は大きめのパッドを、N 材は小さめのパッドを製作していることがわかる。また、図 3.7～図 3.11 よりいずれも正規分布に近い形をしている。

表 3.3 に示した C_p (工程管理能力指数) は、 σ (標準偏差) によって決まり、 σ が大きくなれば C_p は小さくなるという性質のものである。また、 C_p については、1.33 以上であれば、管理能力があるといわれ、5 社ともに 1.33 以上である。

表 3.3 パッド部の外側対面間寸法の統計値

製造者 項 目	K	N	S	B	E	
					a *1	b *2
Max	114.92	114.62	114.83	115.02	114.82	115.39
Min	114.57	114.13	114.40	114.45	114.42	115.11
R	0.35	0.49	0.43	0.57	0.40	0.28
$\bar{x}$	114.734	114.365	114.650	114.839	114.613	115.251
σ	0.072	0.107	0.082	0.108	0.080	0.079
C_p	2.31	1.56	2.03	1.54	2.08	2.10

* 1 a 規格 114.60 ± 0.5 mm (目標 ± 0.1 mm) と設定し製作したもの 3 本 (機械加工仕上げ)

* 2 b 規格 115.10 ± 0.5 mm で最終仕上げを行わなかったもの 2 本 (引き抜き加工のまま)

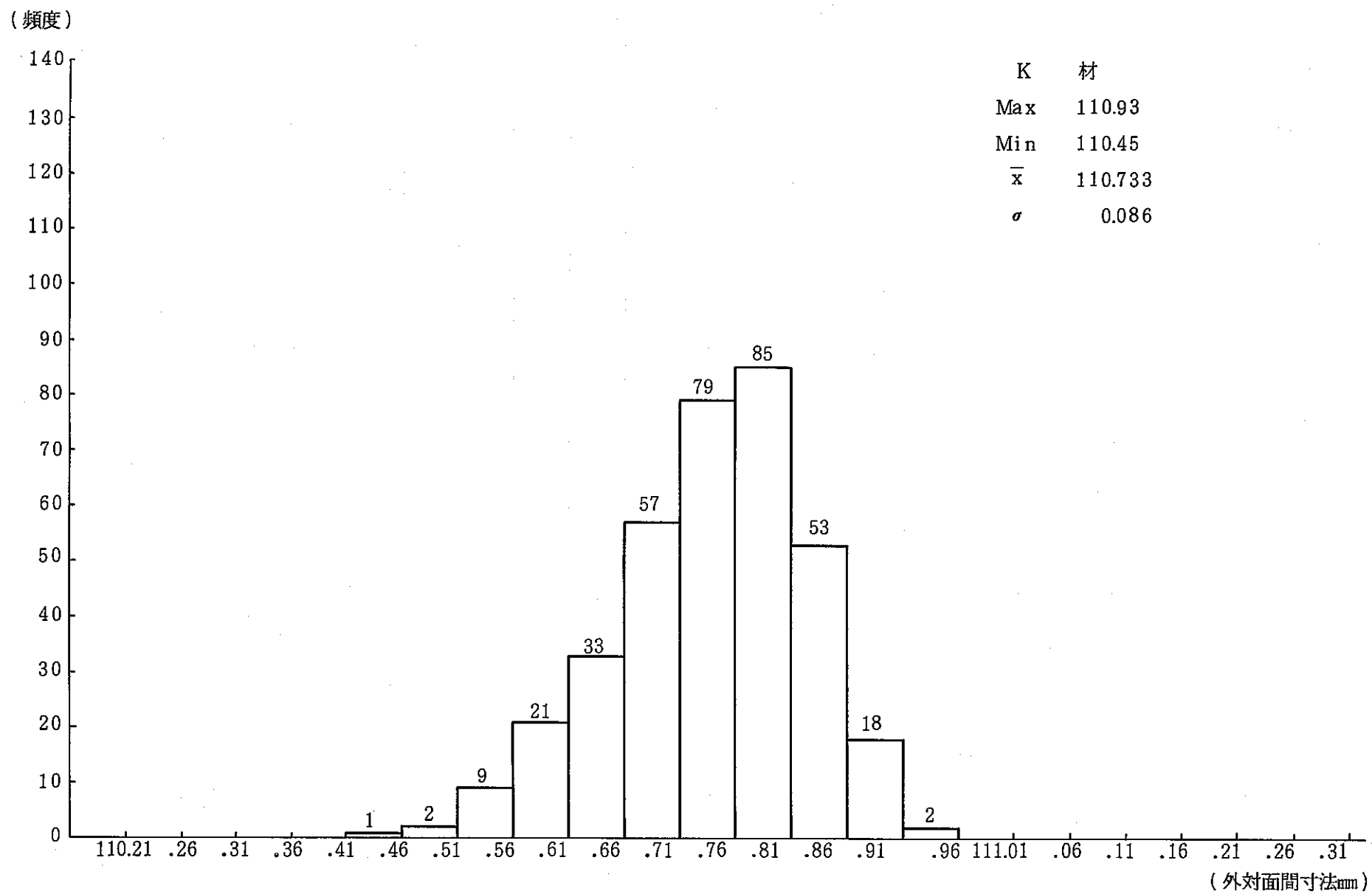


図 3.2 外側対面間寸法検査結果〔管部〕K材

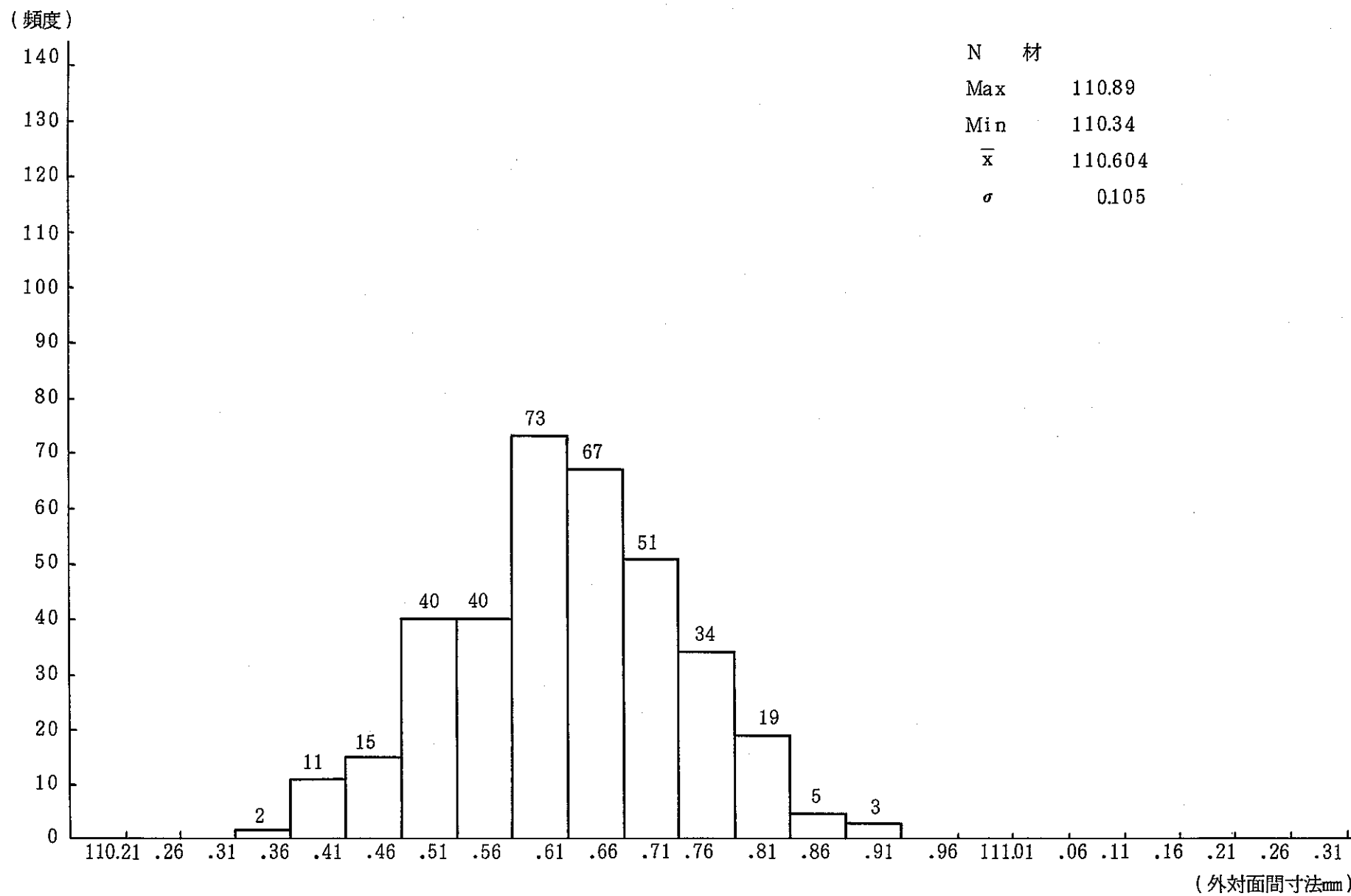


図 3.3 外側対面間寸法検査結果〔管部〕N材

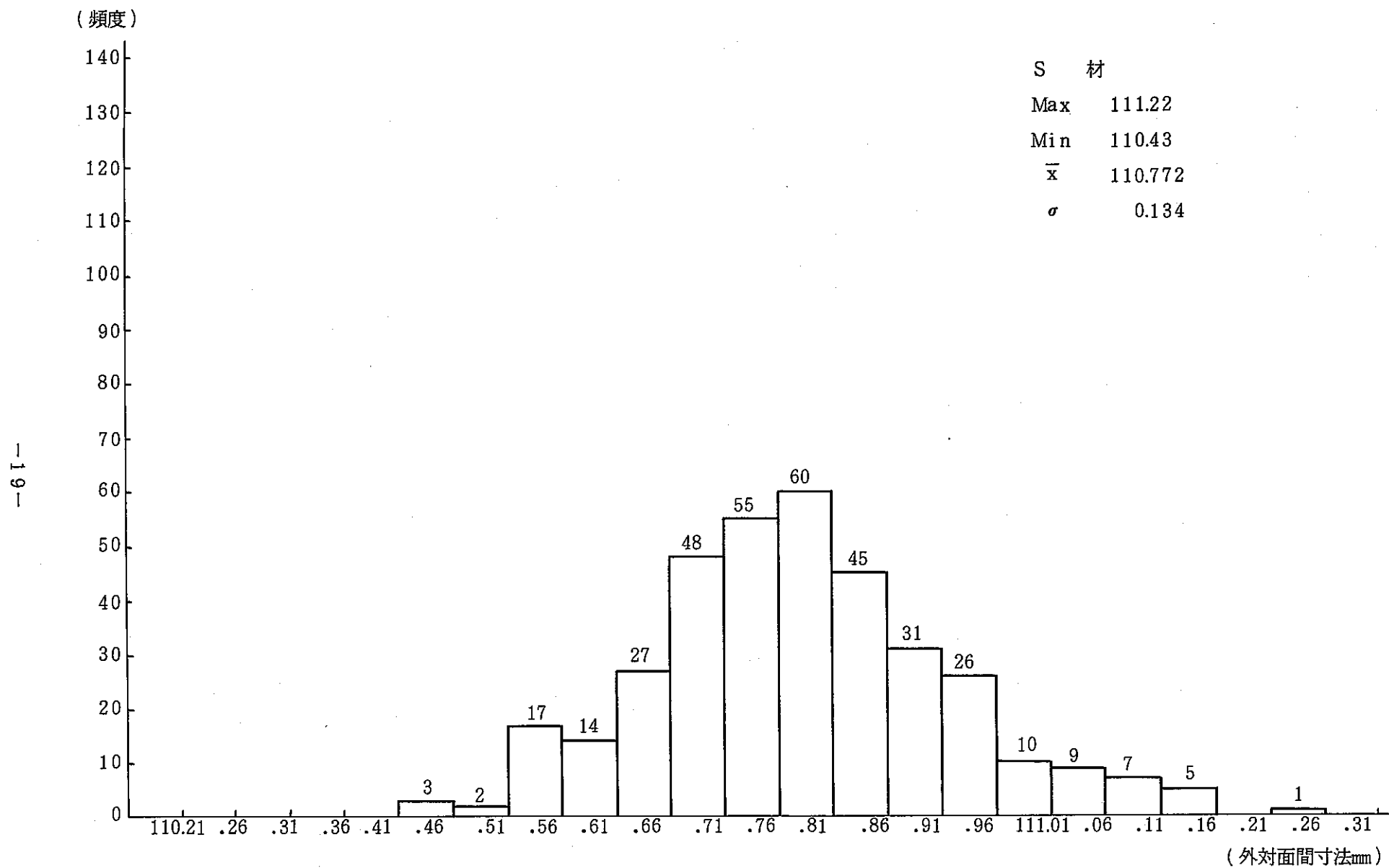


図 3.4 外側対面間寸法検査結果〔管部〕S 材

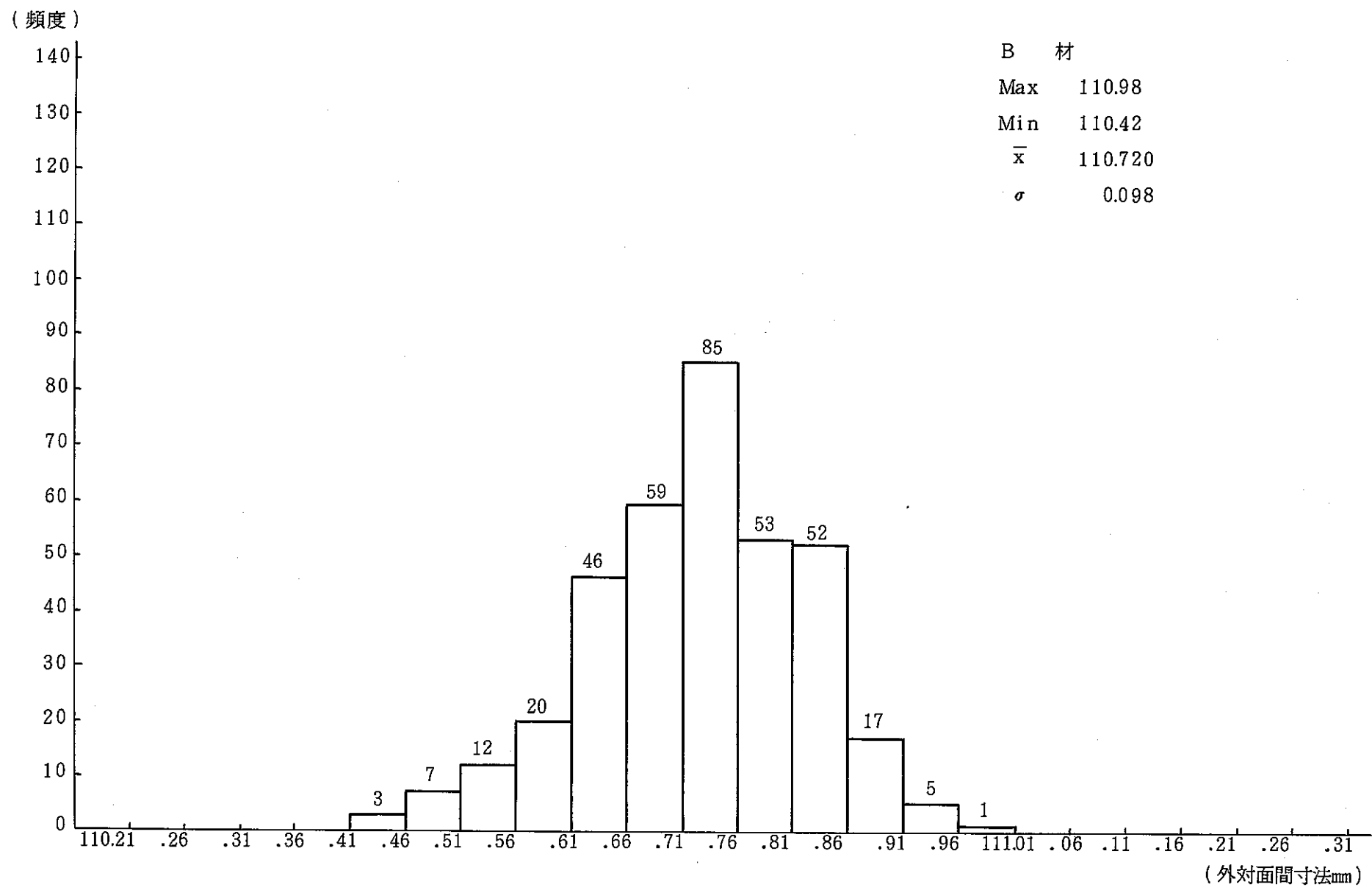


図 3.5 外側対面間寸法検査結果〔管部〕B材

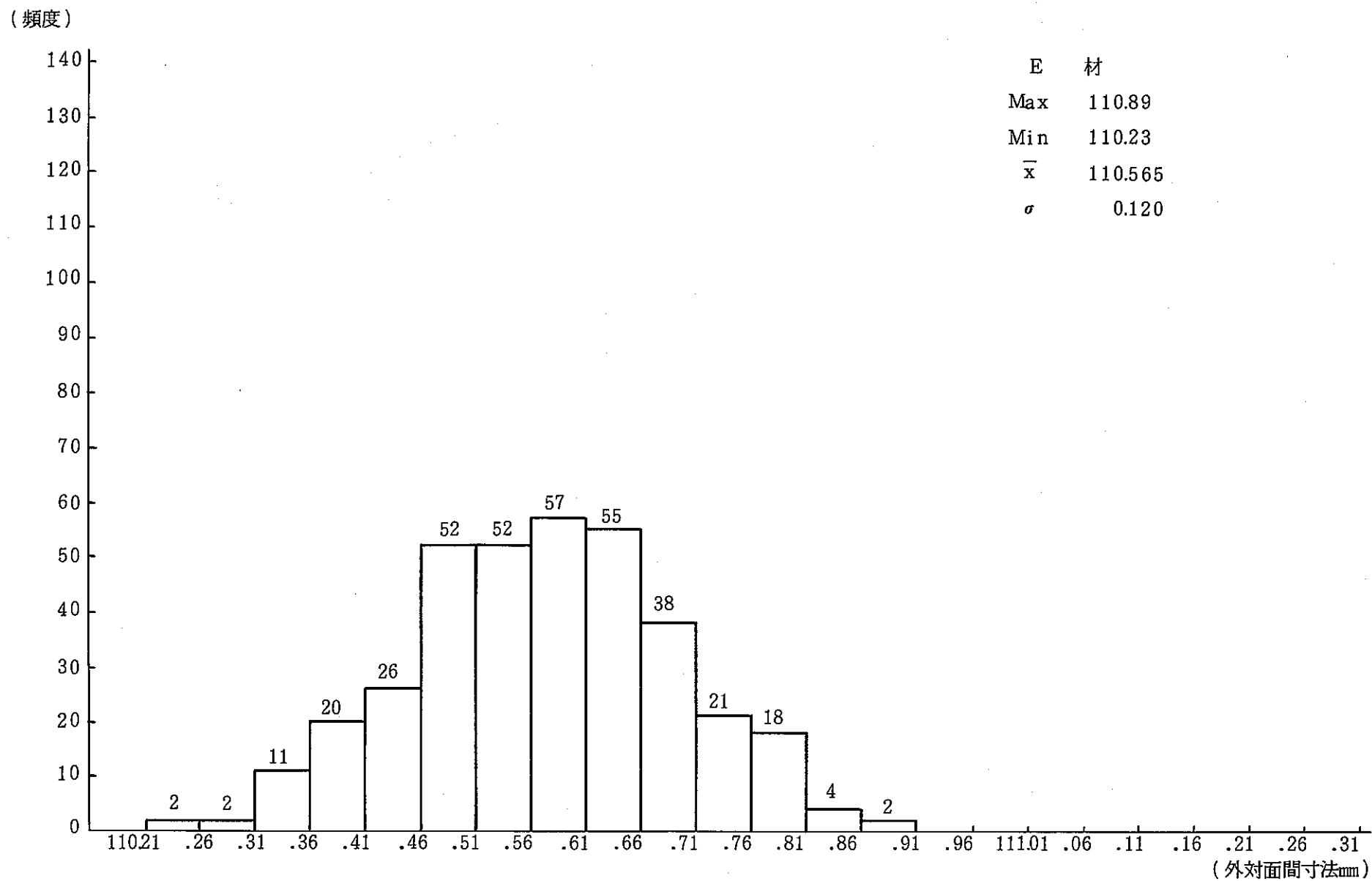
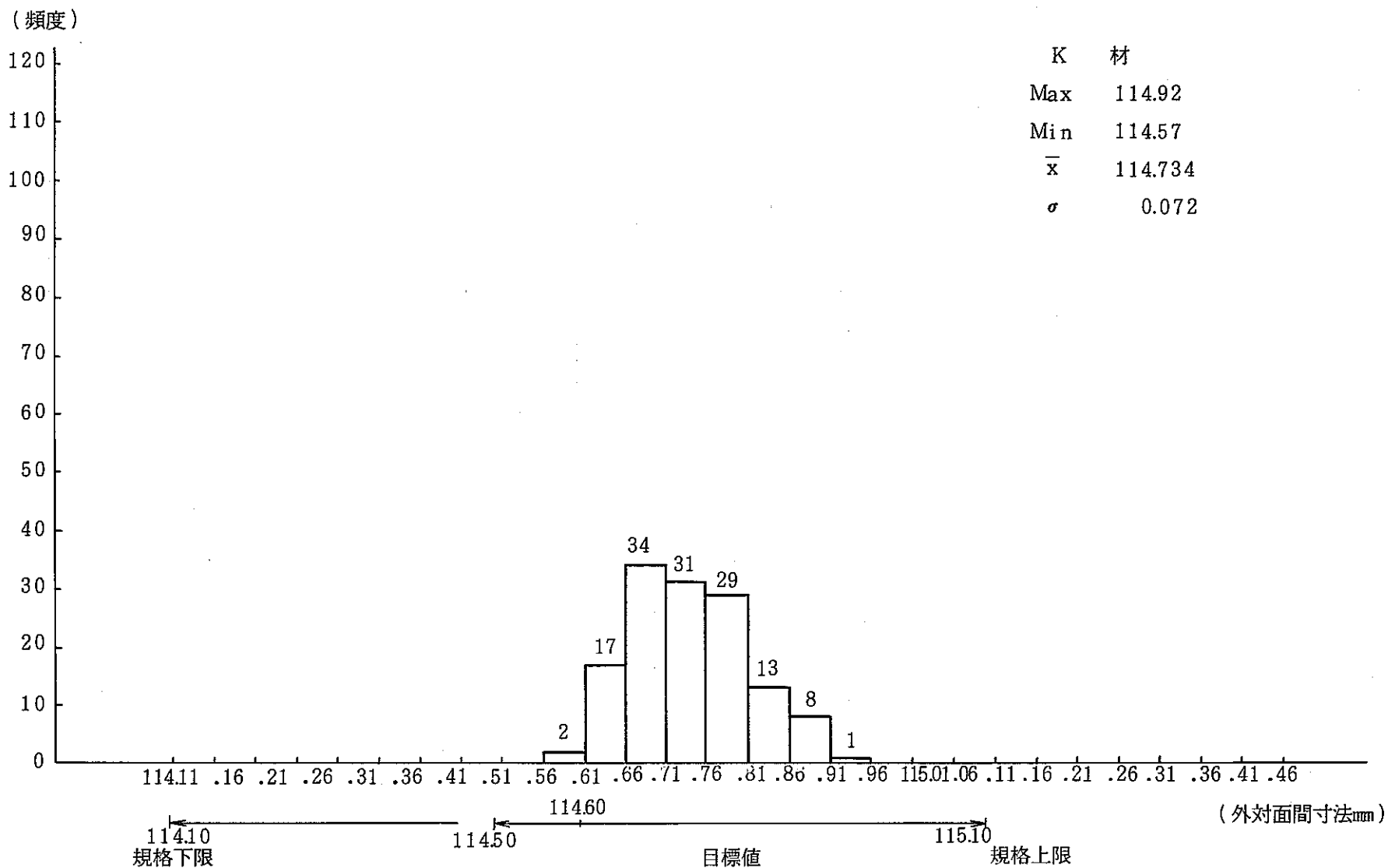


図 3.6 外側対面間寸法検査結果〔管部〕E材



K	材
Max	114.92
Min	114.57
$\bar{x}$	114.734
σ	0.072

図 3.7 外側対面間寸法検査結果〔パッド部〕K材

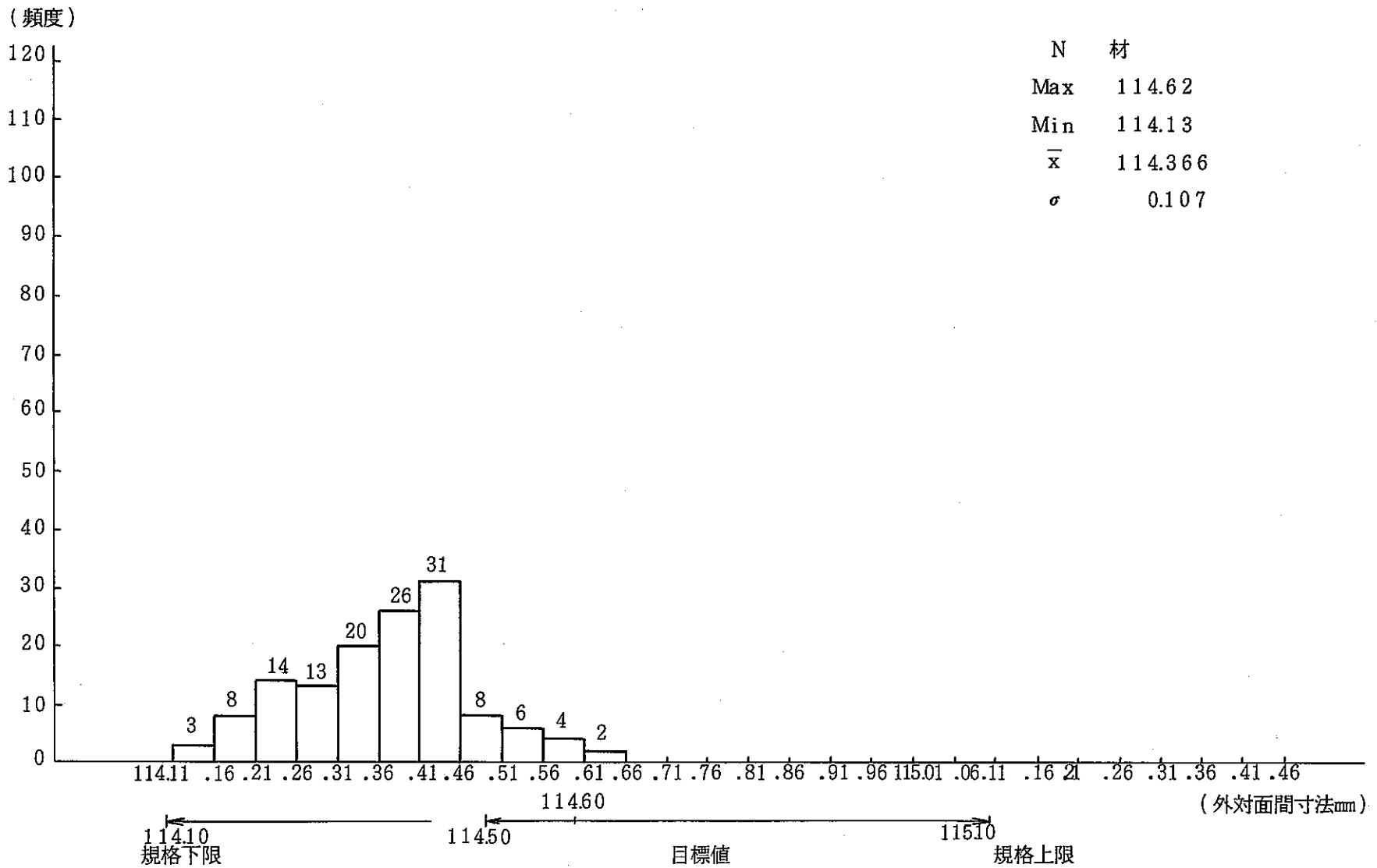


図 3.8 外側対面間寸法検査結果〔パッド部〕N材

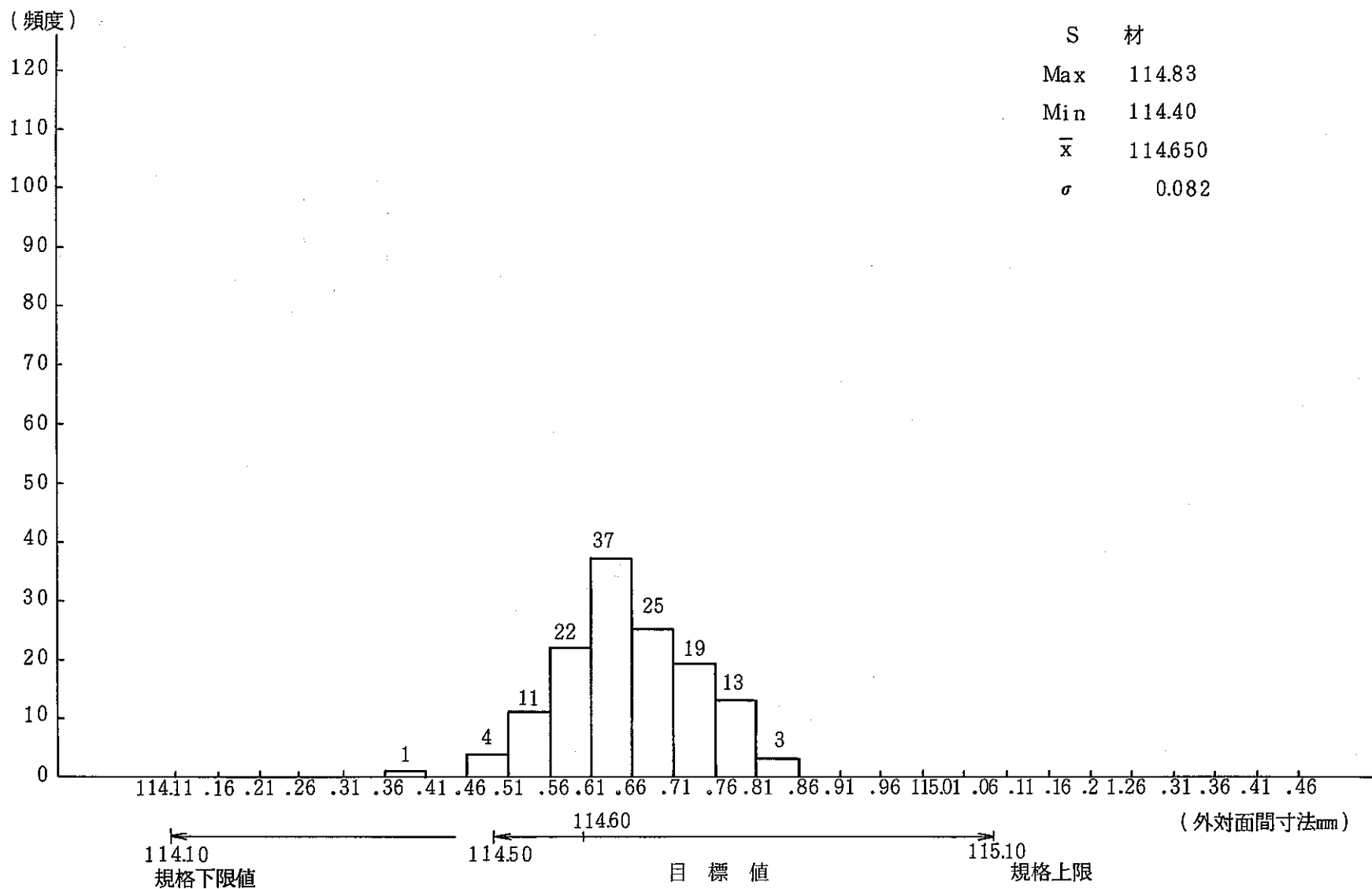


図 3.9 外側対面間寸法検査結果〔パッド部〕S材

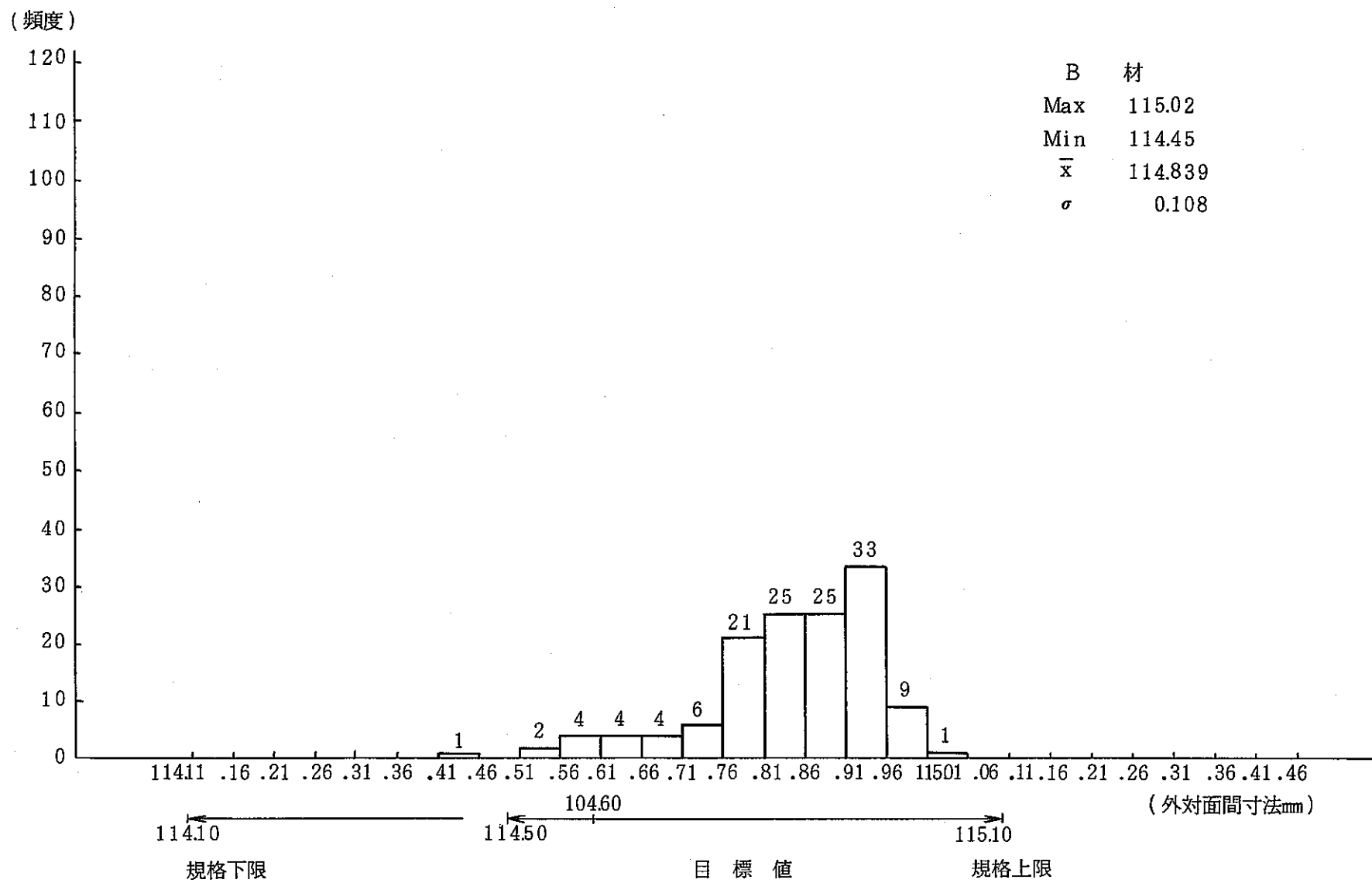


図 3.1 0 外側対面間寸法検査結果〔パッド部〕B材

E 材

E5601~E5603



Max 114.82

Min 114.42

 $\bar{x}$ 114.613 σ 0.080

E5604~E5605



Max 115.39

Min 115.11

 $\bar{x}$ 115.251 σ 0.079

(最終仕上げを行なわなかったもの)

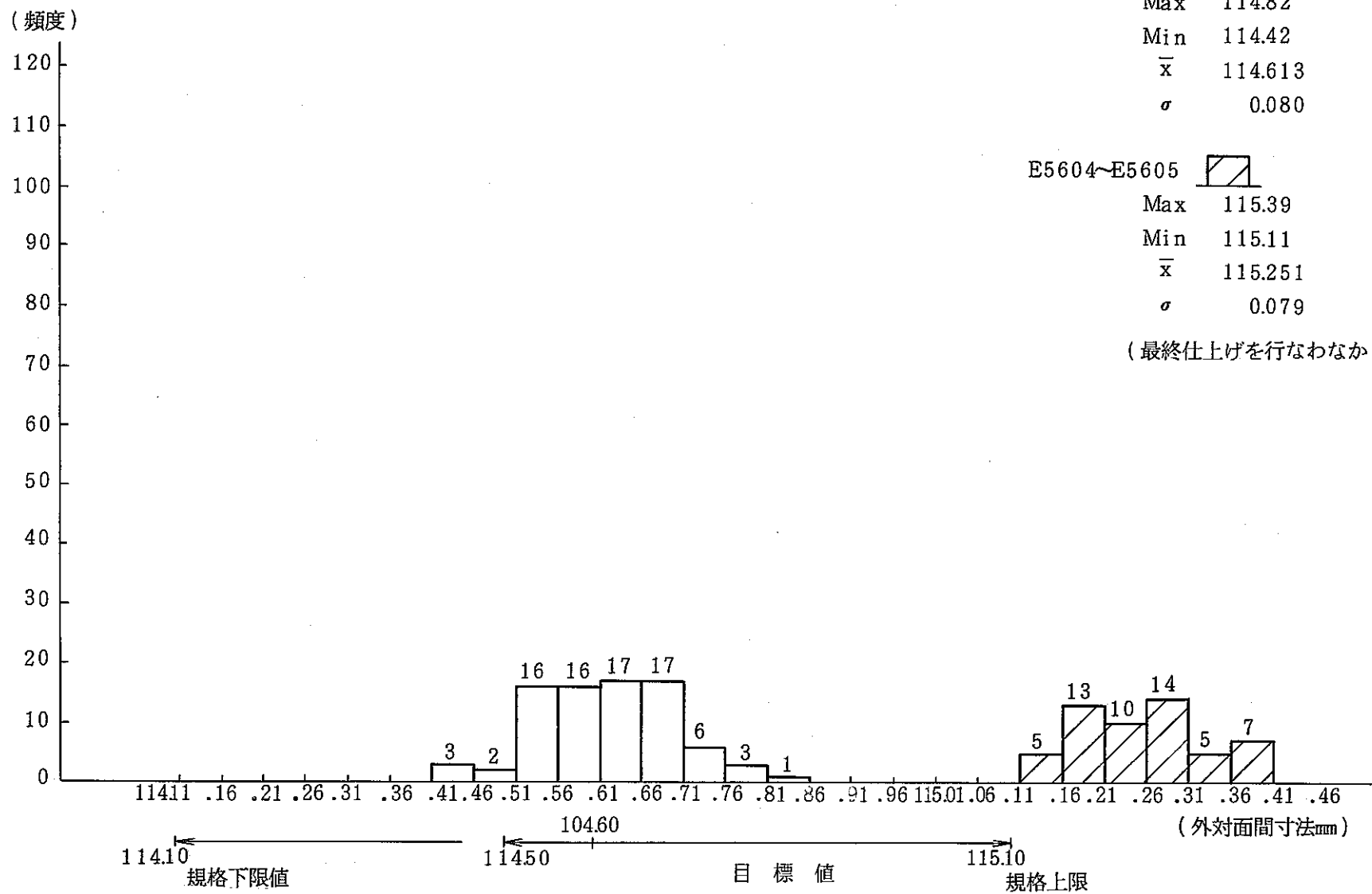


図3.11 外側対面間寸法検査結果〔パッド部〕E材

3.3 肉 厚

3.3.1 測定方法

管部の規格は、 $3.00 \pm 0.25 \text{ mm}$ （目標 $\pm 0.20 \text{ mm}$ ）で、パッド部の規格は $5.00 \pm 0.40 \text{ mm}$ （目標 $\pm 0.20 \text{ mm}$ ）である。

ラッパ管の各面で図3.1に示すように、外側対面間寸法と同一の測定位置を超音波厚み計（クラウト、クレーマ社製CL204、最小目盛 $\frac{1}{1000} \text{ mm}$ ）を使用して測定する。

超音波厚み計で測定する際、一面ごとに両端面（図3.1の周方向Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ）でマイクロメータと厚み計の値を一致させることにより校正を行う。校正は必ず1面ごとに測定前に行なうとともに測定後もマイクロメータによる測定値と厚み計の測定値が合致していることを確認する。ラッパ管測定中における音速も測定前後で、値が一致していることを1面ごとに確認する。

なお測定点は、1本の管につき軸方向11点×周方向18点 計198点である。

3.3.2 肉厚測定結果

(1) 管部（1社あたり 144点/本×5＝720点）

肉厚については管部およびパッド部ともきびしい寸法精度が要求されており管部 $3.00 \pm 0.25 \text{ mm}$ （目標 $\pm 0.20 \text{ mm}$ ）、パッド部 $5.00 \pm 0.40 \text{ mm}$ （目標 $\pm 0.20 \text{ mm}$ ）である。

管部についての結果を統計処理したものを表3.4に示し、ヒストグラムを図3.12～図3.16に示す。

表3.4より、S材はノミナル値 3.00 mm に対し、 3.12 mm と他社材に比べ若干大きめの値を示している。次いでK、B、E、N材という順であるが、S材は最大値で規格の上限値を外れており、また、N材は最小値では、 2.75 mm （規格下限値）が観察された。

標準偏差(σ)およびレンジ(R)は、S、BおよびE材が大きな値を示している。ここで、E材はレンジ(R)が小さいにもかかわらず、標準偏差が大きくなっている。

表3.4 肉厚の統計値（管部）

製造者 項 目	K	N	S	B	E
MaX	3.21	3.13	3.26	3.23	3.21
Min	2.90	2.75	2.81	2.77	2.84
R	0.31	0.38	0.45	0.46	0.37
$\bar{x}$	3.070	2.957	3.120	3.000	3.023
σ	0.046	0.058	0.077	0.084	0.073
C _p	1.80	1.43	1.08	0.99	1.15

各社材における C_P については、標準偏差(σ)が小さいK材が1.80, N材が1.43で次いでE, S, B材の順になっている。図3.12～図3.16より5社ともに正規分布しているがB, E材に関しては、標準偏差が大きい。

S材においては、6点の規格外れが見られた。

(2) パッド部(1社あたり54点/本 $\times 5 = 270$ 点)

結果について、統計処理したものを表3.5に示し、ヒストグラムを図3.17～図3.21に示す。表3.5より、ノミナル値5.00mmに対しNおよびB材は小さめの値を示し、残るSKおよびE材は若干大きめの値になっている。

特に、NおよびB材において、N材が下限値で4.57mmと規格を外れ、B材も4.61mm(規格下限値4.60mm)を示している。5社の中で目標値を満足したのは、K材だけで標準偏差(σ)についてもK材が最も小さく0.044であった。次いでE・S・N・B材の順で大きくなっている。 C_P は、K材の3.02を最高にEおよびS材が1.33以上を示し、NおよびB材はともに0.93という値である。

次にヒストグラム(図3.17～3.21)よりK, SおよびE材は、正規分布しており、パッド部が厚目に製作されていることがわかる。また、N・B材については、正規分布しているとは、言いがたくパッド部が薄めに製作されていることがわかる。

参考として、N材には規格下限値を外れている所が4点あった。

表3.5 パッド部の肉厚の統計値

製造者 項目	K	N	S	B	E	
					a *1	b *2
Max	5.17	5.21	5.23	5.21	5.21	5.42
Min	4.88	4.57	4.96	4.61	4.91	5.20
R	0.29	0.59	0.27	0.60	0.30	0.22
$\bar{x}$	5.082	4.870	5.100	4.875	5.060	5.322
σ	0.044	0.143	0.069	0.144	0.059	0.044
C_P	3.02	0.93	1.93	0.93	2.26	3.04

a *1 ; 規格を 5.00 ± 0.40 mm(目標 ± 0.20 mm)に設定して製作したもの3本
(機械加工仕上げ)

b *2 ; 最終仕上げを行なわなかったもの2本(引き抜き加工のまま)

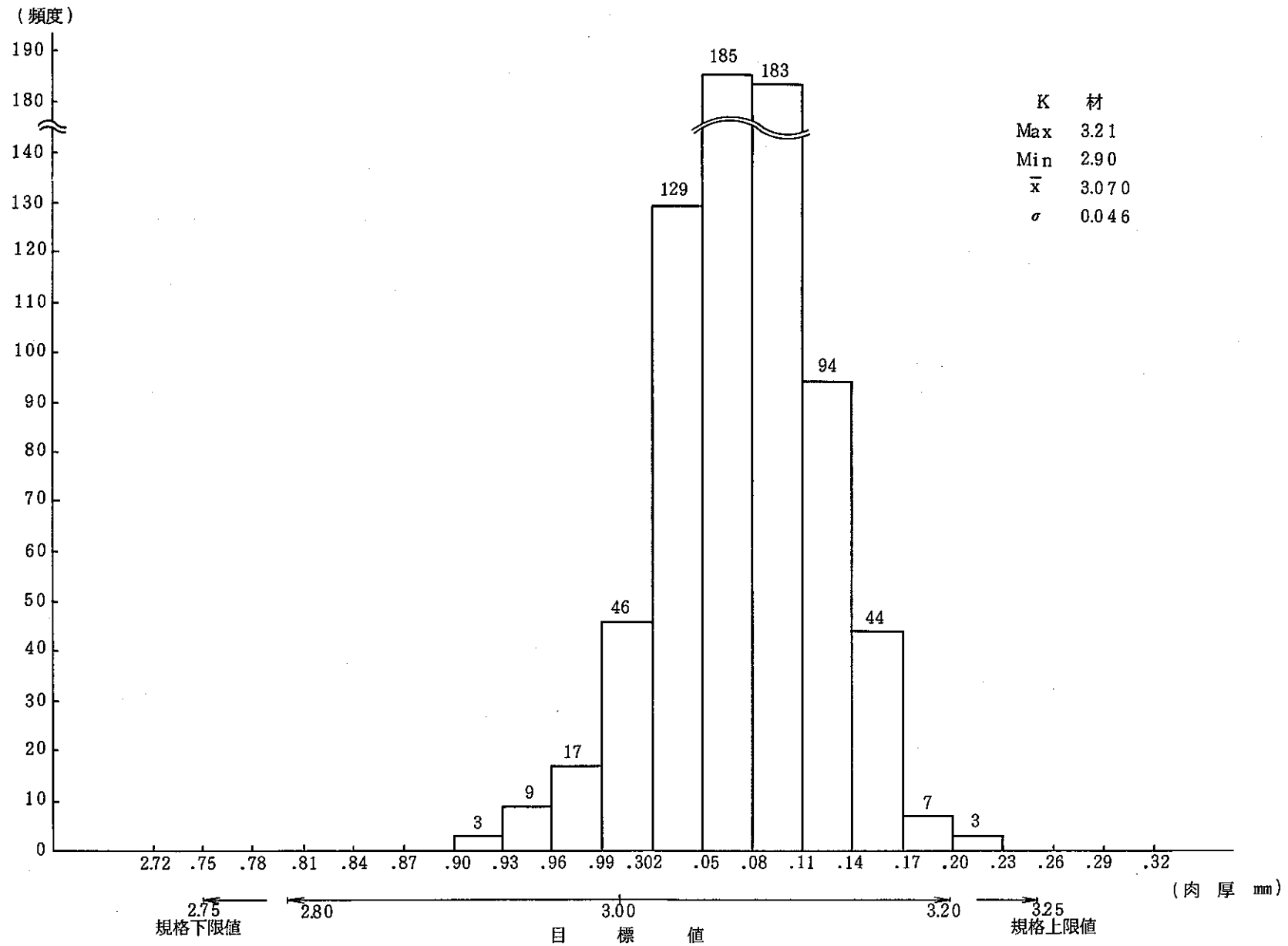


図 3.1 2 肉厚検査結果〔管部〕K材

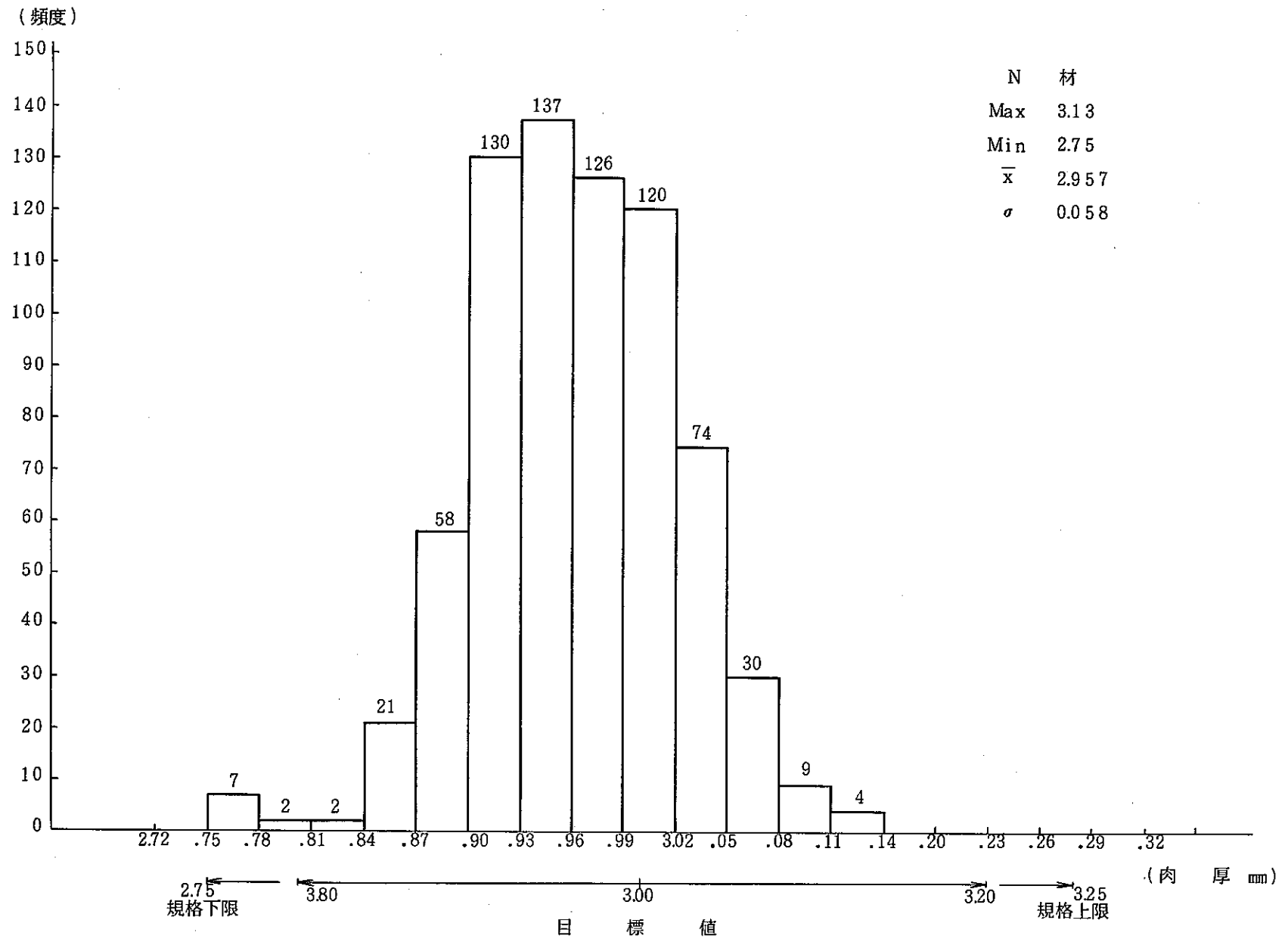


図 3.1 3 肉厚検査結果〔管部〕N材

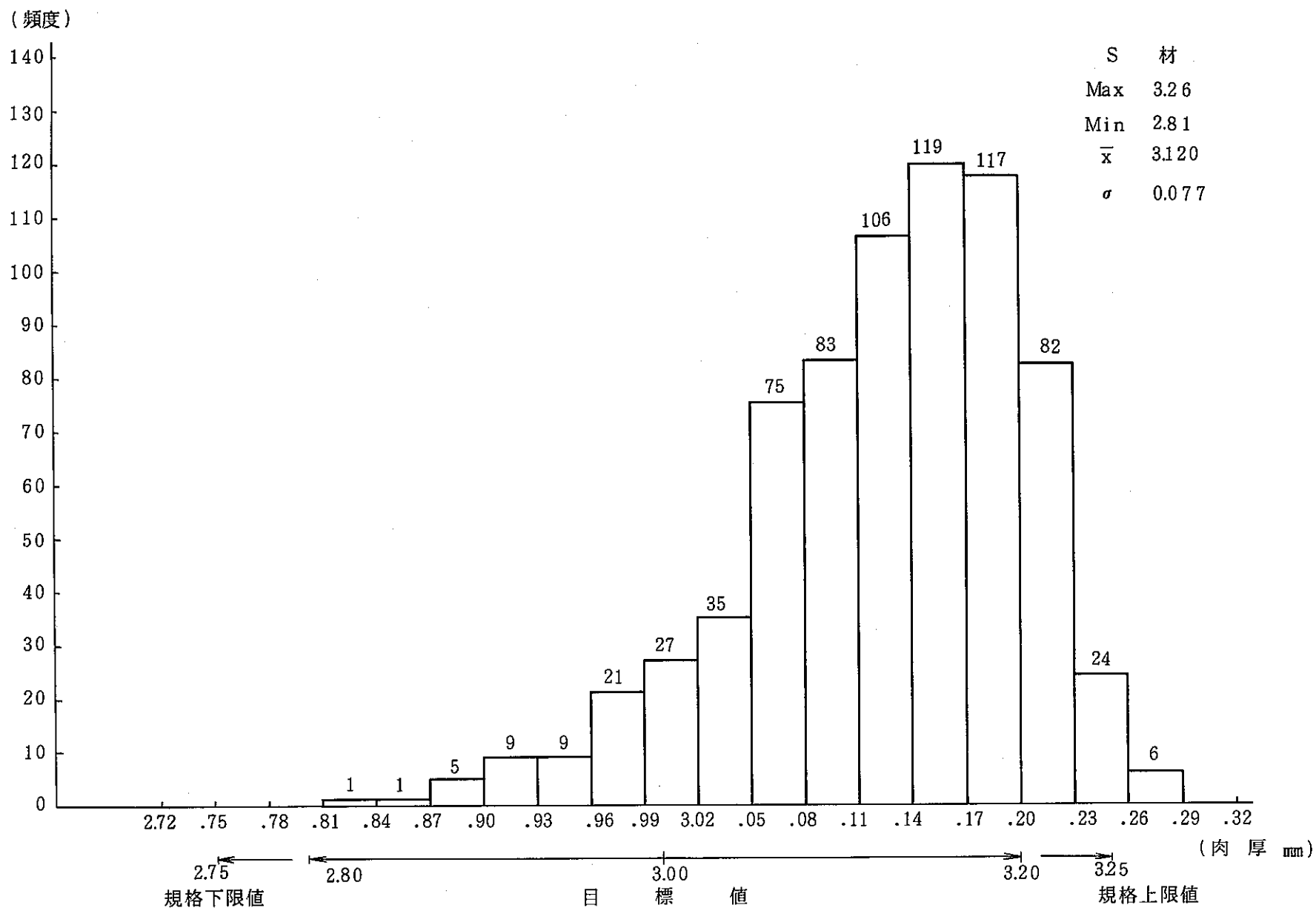


図 3.1 4 肉厚検査結果〔管部〕S 材

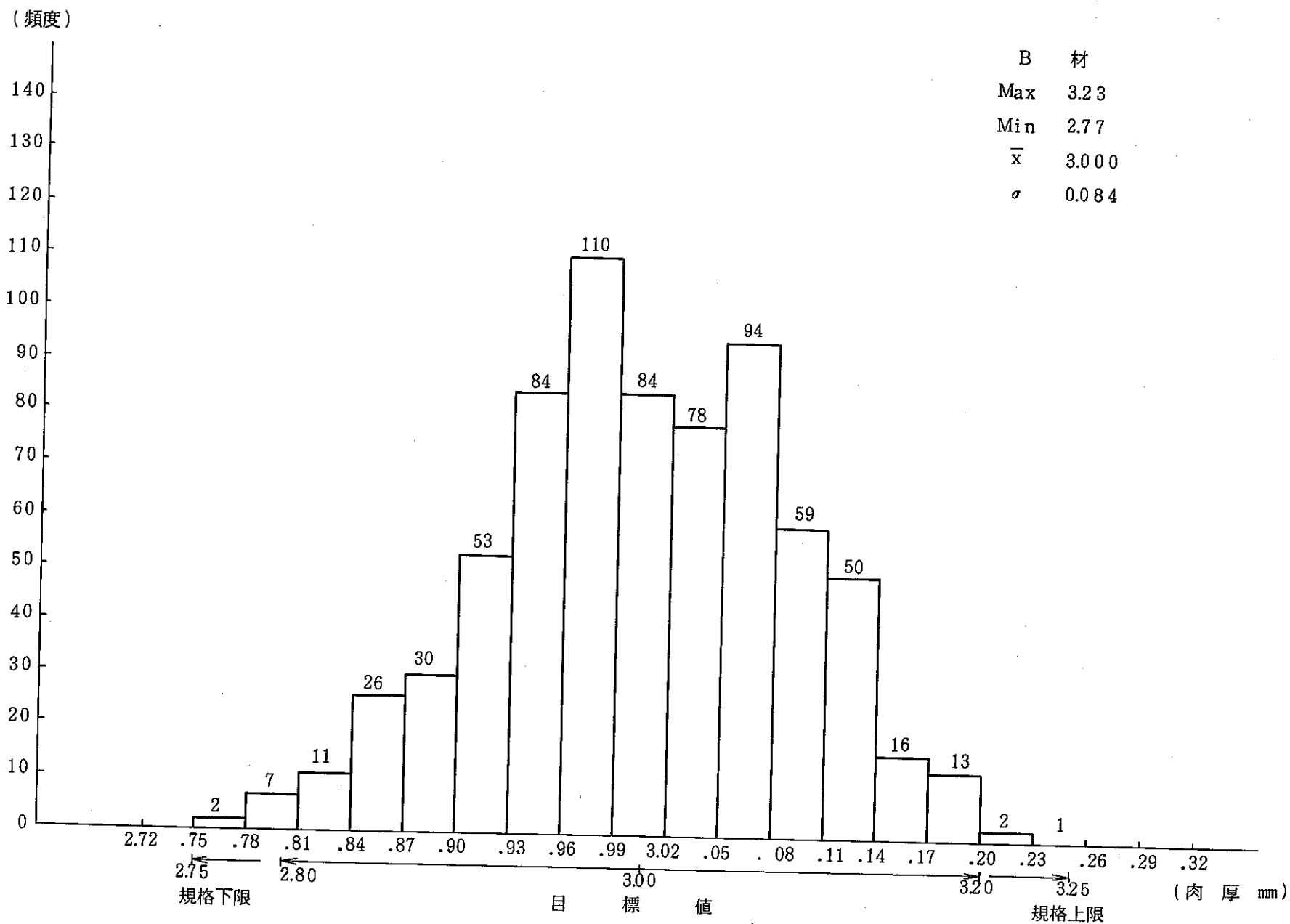


図 3.15 肉厚検査結果〔管部〕B材

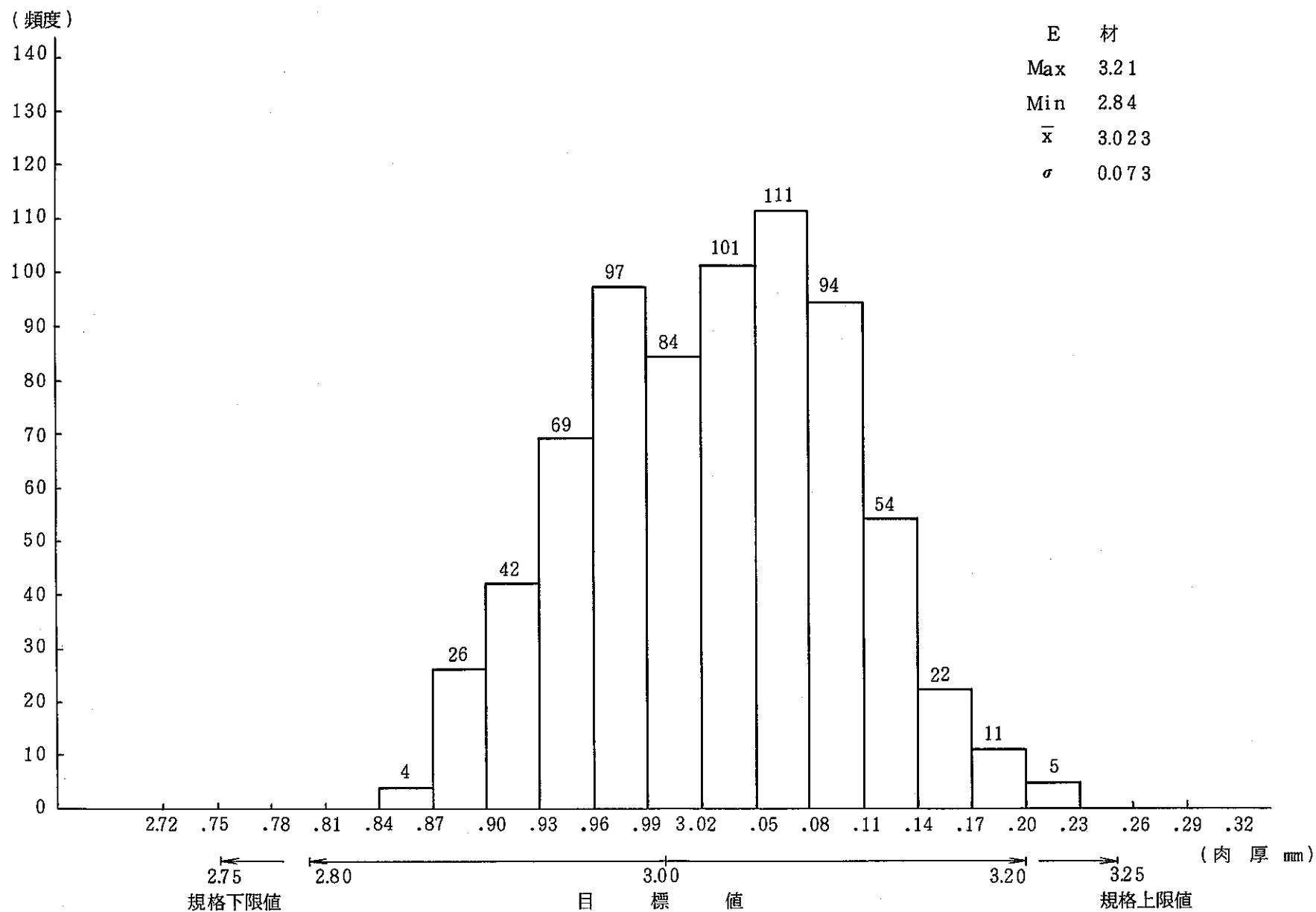


図 3.1 6 肉厚検査結果〔管部〕E 材

K 材
Max 5.17
Min 4.88
$\bar{x}$ 5.082
σ 0.044

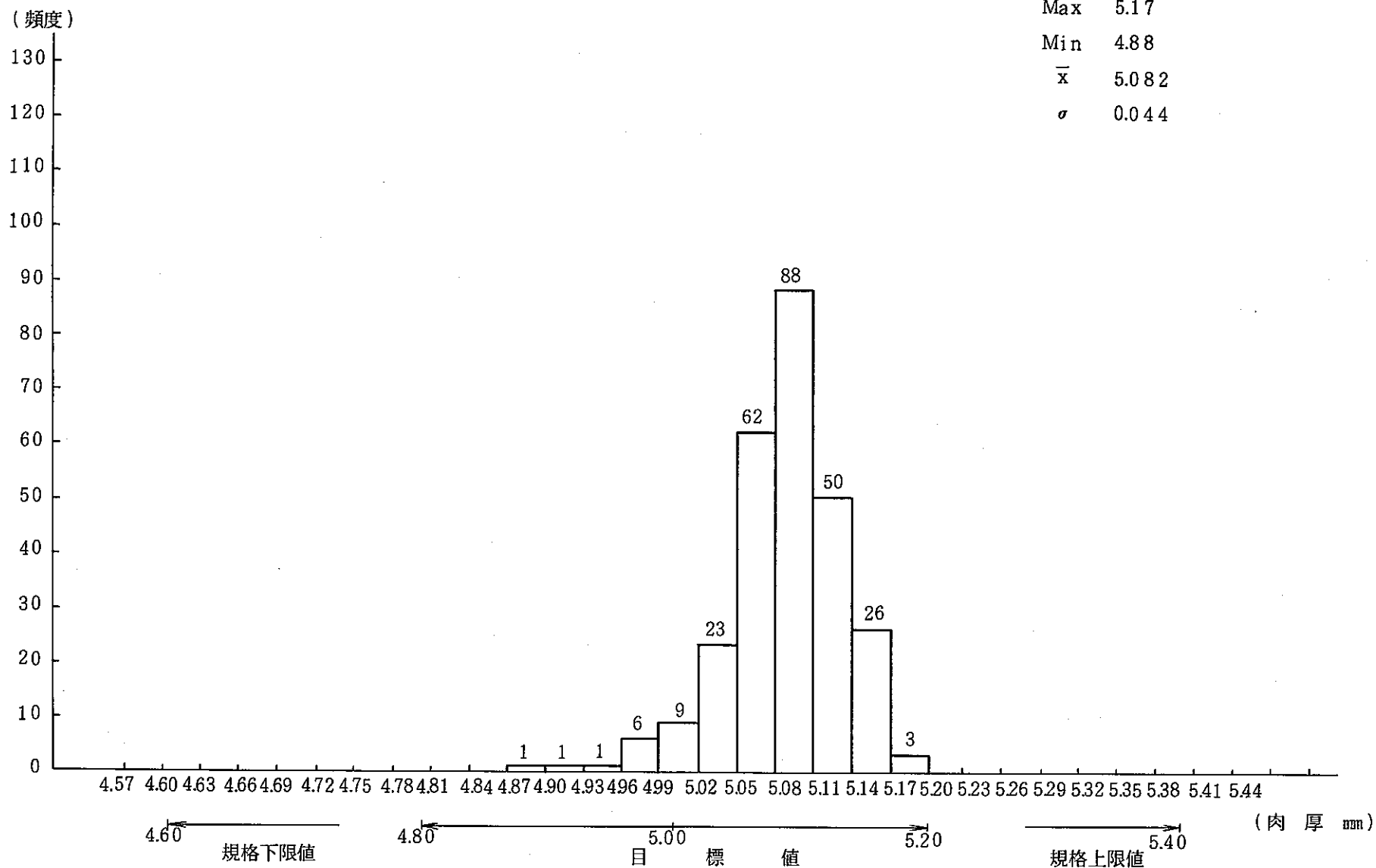


図 3.17 肉厚検査結果〔パッド部〕K材

N 材	
Max	5.21
Min	4.57
$\bar{x}$	4.870
σ	0.143

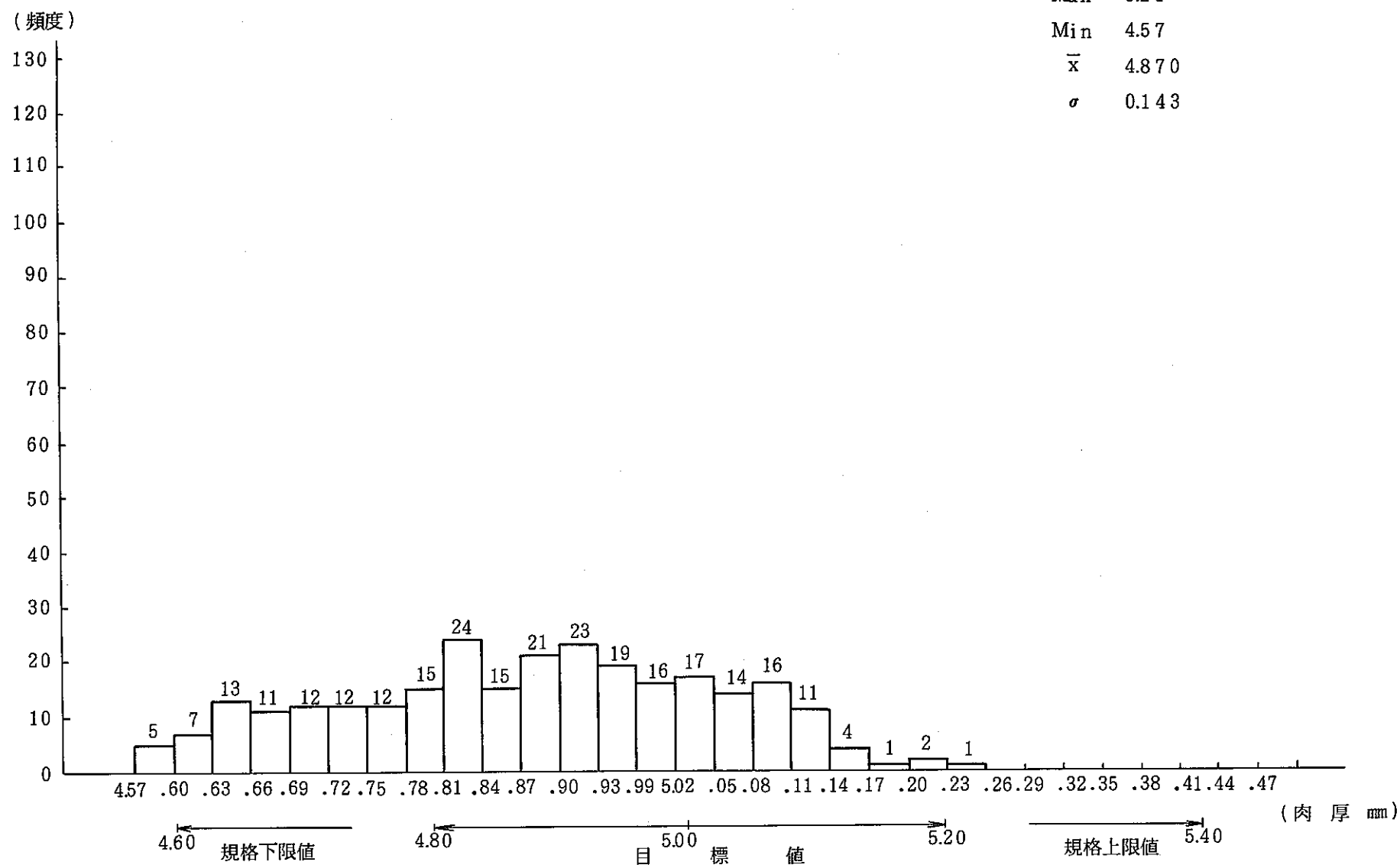


図3.18 肉厚検査結果〔パッド部〕N材

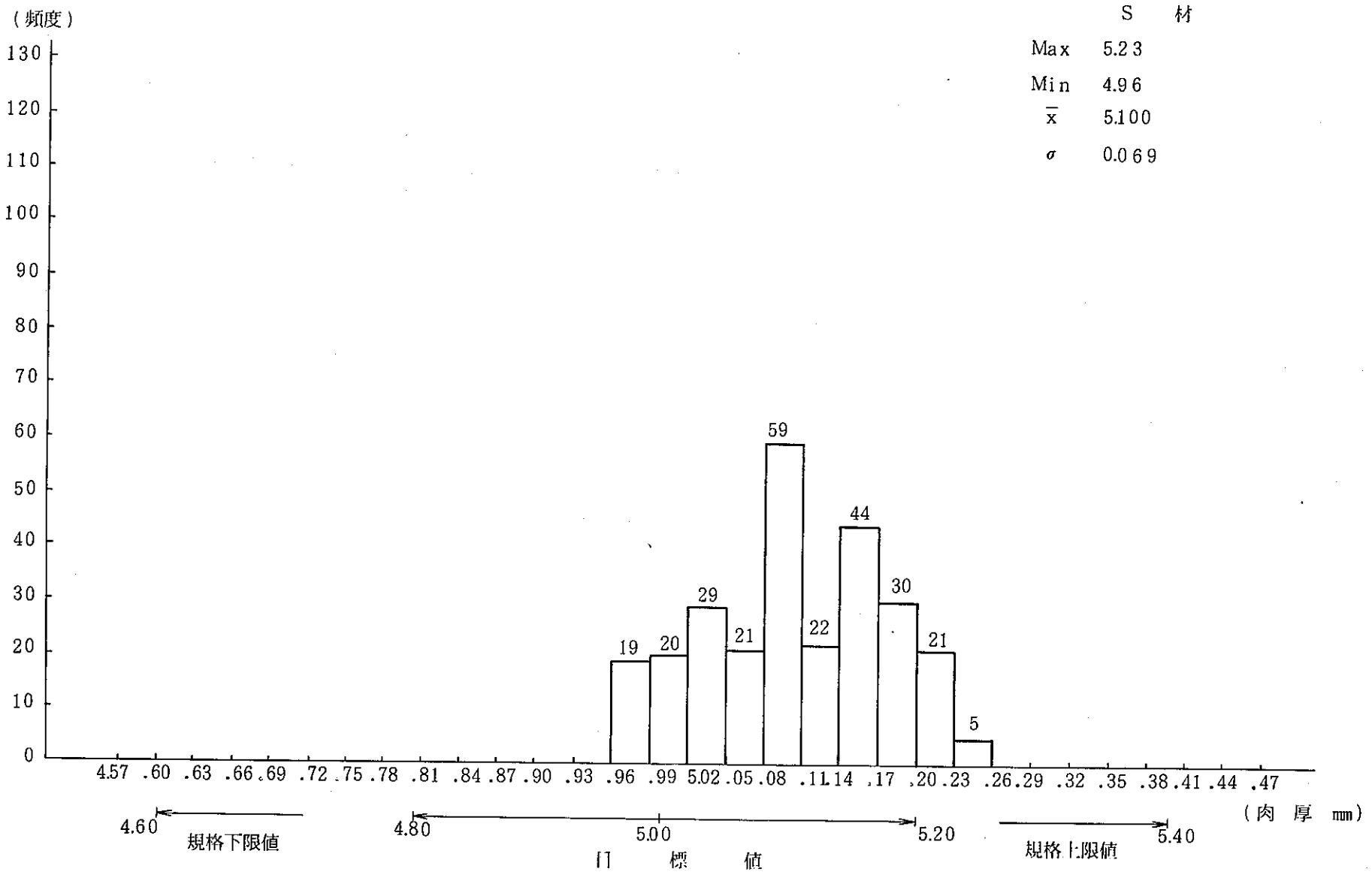


図3.19 肉厚検査結果〔パッド部〕 S材

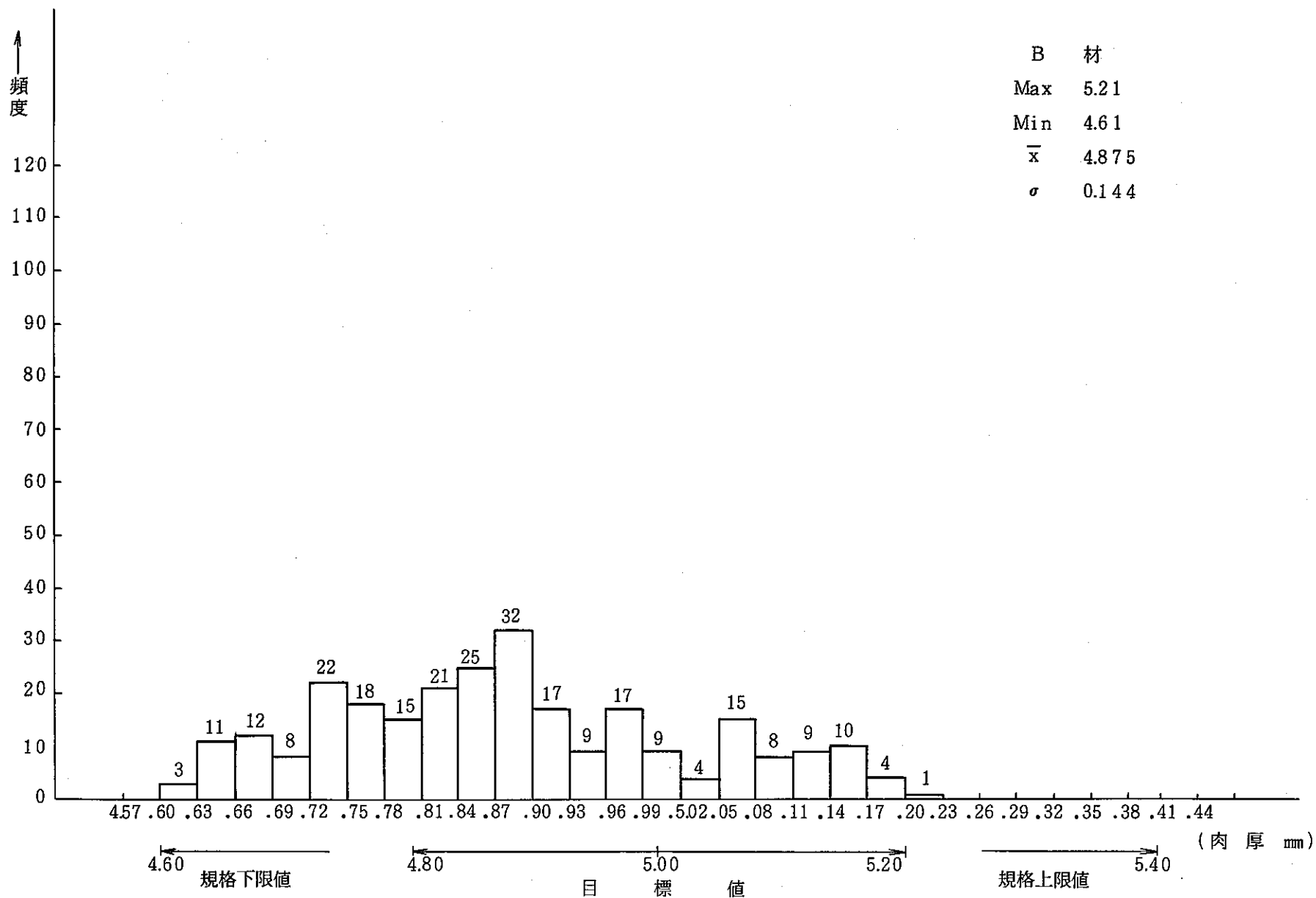


図 3.2 0 肉厚検査結果〔パッド部〕 B材

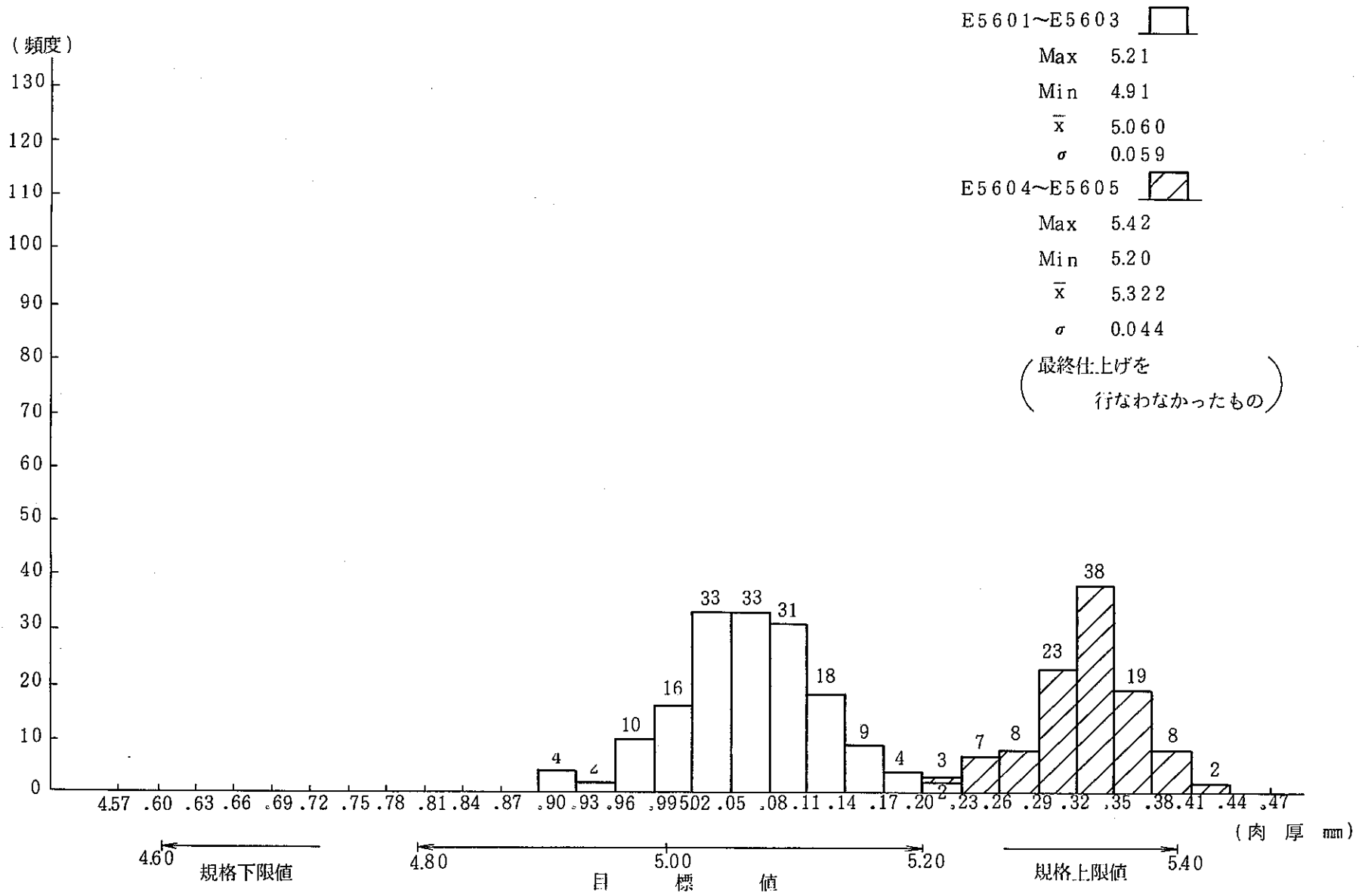


図 3.2 1 肉厚検査結果〔パッド部〕E材

3.4 内側対面間寸法

3.4.1 測定方法

内側対面間寸法を測定する方法には、外側対面間寸法（マイクロメータ値）と肉厚（超音波厚み計による値）の差の算出による方法と二軸寸法測定装置（小坂研究所製）でチャートを取り測定する方法とがある。

前者の方法による測定位置は、図3.1に示す通りであり、外側対面間寸法と同一位置である。また後者の二軸寸法測定装置を使用する方法では、装置に検出器（電気マイクロメータ）を装備して連続的に測定することができる。図3.2 2の内側対面間寸法検査要領からもわかるように、検出器の都合上、測定できない位置（両端から150mmの範囲，デッドスペース）ができる欠点がある。

なお、連続測定前後の校正は104.35mm，104.60mm，104.85mmのゲージを用いて行った。

3.4.2 内側対面間寸法測定結果

(1) 算出値

内側対面間寸法には、算出値と、二軸寸法測定装置とがあるが算出値について先に述べる。内側対面間寸法について、寸法精度がきびしくなっており規格は 104.60 ± 0.40 mm（目標 ± 0.25 mm）である。

内側対面間寸法の統計処理をするにあたり、肉厚および外側対面間寸法がパッド部と管部において異なるため、管部とパッド部を合わせた場合および分けた場合について行った。管部とパッド部を合わせた場合を表3.6および表3.7，表3.8に示す。またヒストグラムについて管部とパッド部を含めた場合を図3.2 3～図3.2 7に示す。

表3.6 内側対面間寸法の統計値（管部およびパッド部）

製造者 項 目	K	N	S	B	E
Max	104.82	105.09	104.92	105.47	104.86
Min	104.25	104.18	104.15	104.27	104.19
R	0.57	0.91	0.77	1.20	0.67
$\bar{x}$	104.588	104.672	104.511	104.821	104.525
σ	0.093	0.154	0.123	0.275	0.110
C _P	1.43	0.86	1.08	0.48	1.21

表 3.6 より, B, N材がノミナル値 104.60mm に対し若干大き目であり, K, E および S 材が若干小さめである。全て規格を満たしたのは, K 材だけであり他社材は規格を外れる所がある。

表 3.6 よりレンジ(R)および標準偏差(σ)は, 各社材ともに大きな値を示しており, C_P は, K 材だけが 1.33 以上を示した。図 3.23 ~ 図 3.27 より, B 材を除く他社材については, 正規分布している。

また, ヒストグラムより E および S 材は内側対面間寸法の小さめの管, N・B 材は大き目の管であることがわかる。参考までに規格を外れた所について述べると, N 材はパッド部で上限値を 10 ケ所, 下限値で 1 ケ所, B 材にいたってはパッド部コーナ側の値が殆んど外れている。また, S 材は管端で 3 ケ所, E 材も同じく管端で 1 ケ所外れている。

表 3.7 内側対面間寸法値の統計値 (管部)

	K	N	S	B	E
Max	104.82	104.97	104.92	105.08	104.86
Min	104.25	104.43	104.15	104.26	104.19
R	0.57	0.54	0.77	0.82	0.67
$\bar{x}$	104.594	104.690	104.533	104.720	104.520
σ	0.095	0.104	0.123	0.181	0.112
C_P	1.40	1.28	1.03	0.74	1.19

表 3.8 内側対面間寸法値の統計値 (パッド部)

	K	N	S	B	E
Max	104.76	105.09	104.62	105.47	104.81
Min	104.37	104.18	104.22	104.40	104.31
R	0.39	0.91	0.40	1.07	0.50
$\bar{x}$	104.570	104.625	104.450	105.089	104.539
σ	0.084	0.236	0.075	0.303	0.103
C_P	1.58	0.57	1.78	0.44	1.30

(2) 二軸寸法測定装置による測定結果

以上算出値について述べたが, 算出による方法は, マイクロメータと超音波厚み計による測定位置が同一でなければ若干測定誤差が生じる。そこで, 連続的に測定できる二軸寸法測定装置を使用して検査した。

二軸寸法測定装置にも若干問題がありチャック等の都合上, デッドスペースができ両管端から 150mm の範囲が測定できないが測定誤差の観点から二軸寸法測定装置の方が信頼度が高い。

二軸寸法測定装置による測定結果を表 3.9 および表 3.10 に示し、チャートを付録 1 に示す。

管部について、算出値と二軸寸法測定装置による測定結果を比較すると S および E 材は、算出値では規格を外れる所があったが、二軸寸法測定値はすべて規格に入っている。

表 3.9 二軸寸法測定装置による測定結果 管部

製造者 項 目	K	N	S	B	E
Max	104.85	104.98	104.85	>105.22*	104.93
Min	104.18	104.22	104.20	104.23	104.25
R	0.67	0.76	0.65	—	0.68

表 3.10 二軸寸法測定装置による測定結果 パッド部

製造者 項 目	K	N	S	B	E
Max	104.88	105.07	104.72	>105.22*	104.93
Min	104.18	104.03	104.24	103.98	104.32
R	0.70	1.04	0.48	—	0.61

*) は検出限界を越えた (103.98mm ~ 105.22mm)

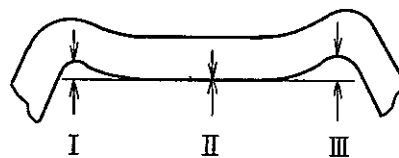
これは、S・E材ともに規格を外れるものが管端にあったがため、前述したように二軸寸法測定装置では、管端から150mmの範囲がデッドスペースになるためであると思われる。パッド部についても管部同様に比較してみると、K材の算出値においては、すべて規格内であったが、二軸寸法測定装置による測定では下限値で規格を外れている。チャートより反N側のパッド部付近で最小値104.18mmを示していることがわかる、この位置についてはマイクロメータによる測定がなされていないために、このような結果が生じたものと思われる。

また、B材についても算出値による値は下限値で104.40mmだったが、二軸寸法測定装置では103.98mm(検出限界値103.98mm)を示したが、これについてもK材同様と考えられる。

チャートより各社材ともパッド部およびその近辺で内側対面寸法に大きな変化が見られK・NおよびB材にいたっては特に変化が大きい。

また、B材については、外観検査により、管端横断面形状が下図のように変形していると述べたが、外側対面間寸法においても、辺中央に比べ0.2mm程、コーナ側が、全長にわた

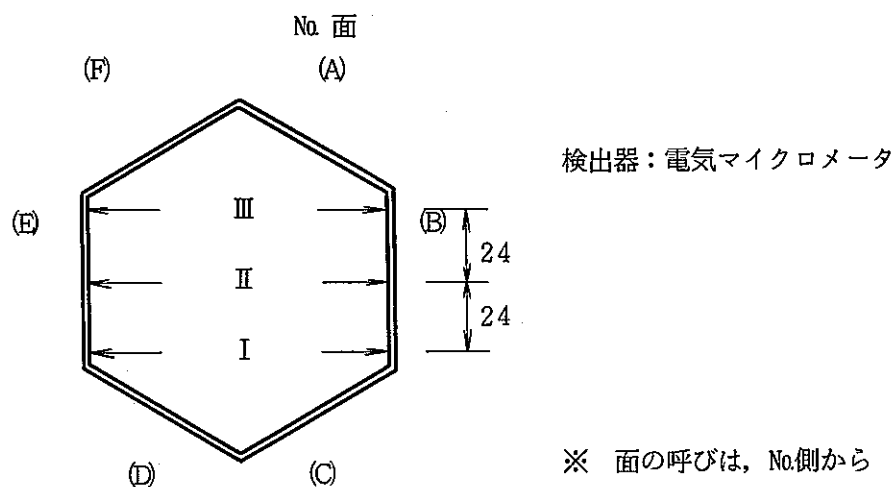
って、大きくなっている。



横断面形状

また、内側対面間寸法においても、それぞれ算出値と二軸寸法測定値による値が、それぞれ 0.2 mm～0.4 mm および 0.5 mm 程、辺中央に比べコーナ側が、全長にわたり大きくなっている。

これより、管端ばかりでなく管全長にわたり横断面形状が、上図の様に變形していることがわかる。



※ 面の呼びは、No.側からみて時計のまわりにA、BCの順。

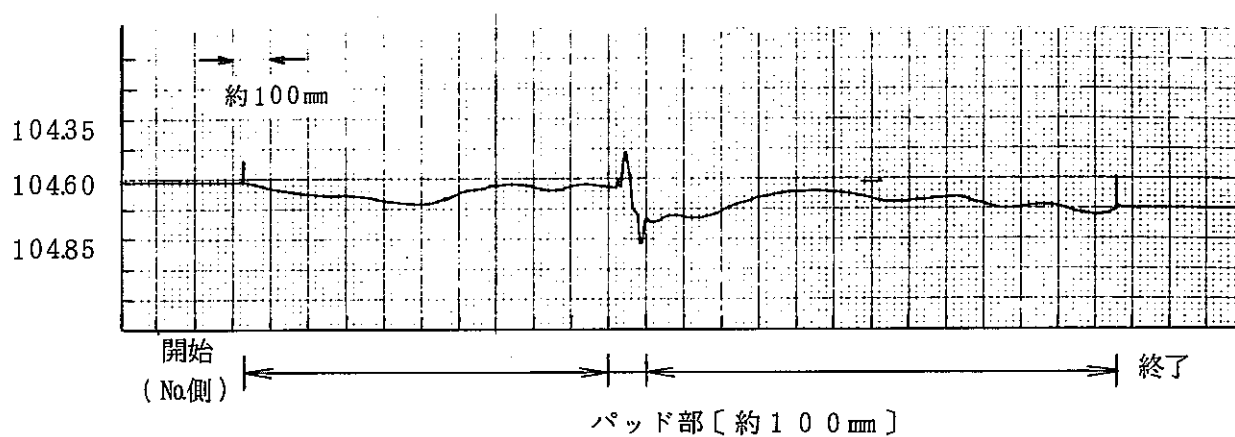
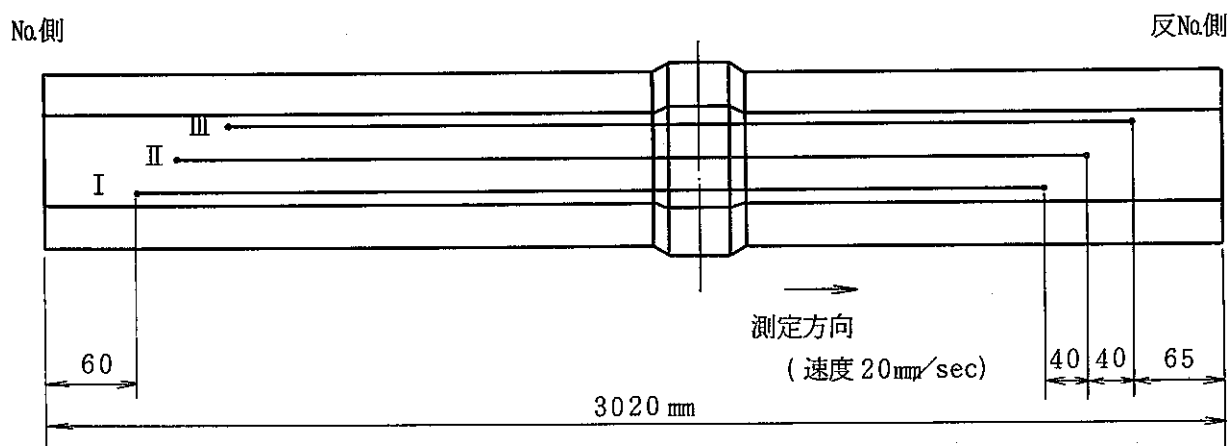


図 3.2 2 二軸検査装置による内側対面間寸法検査要領

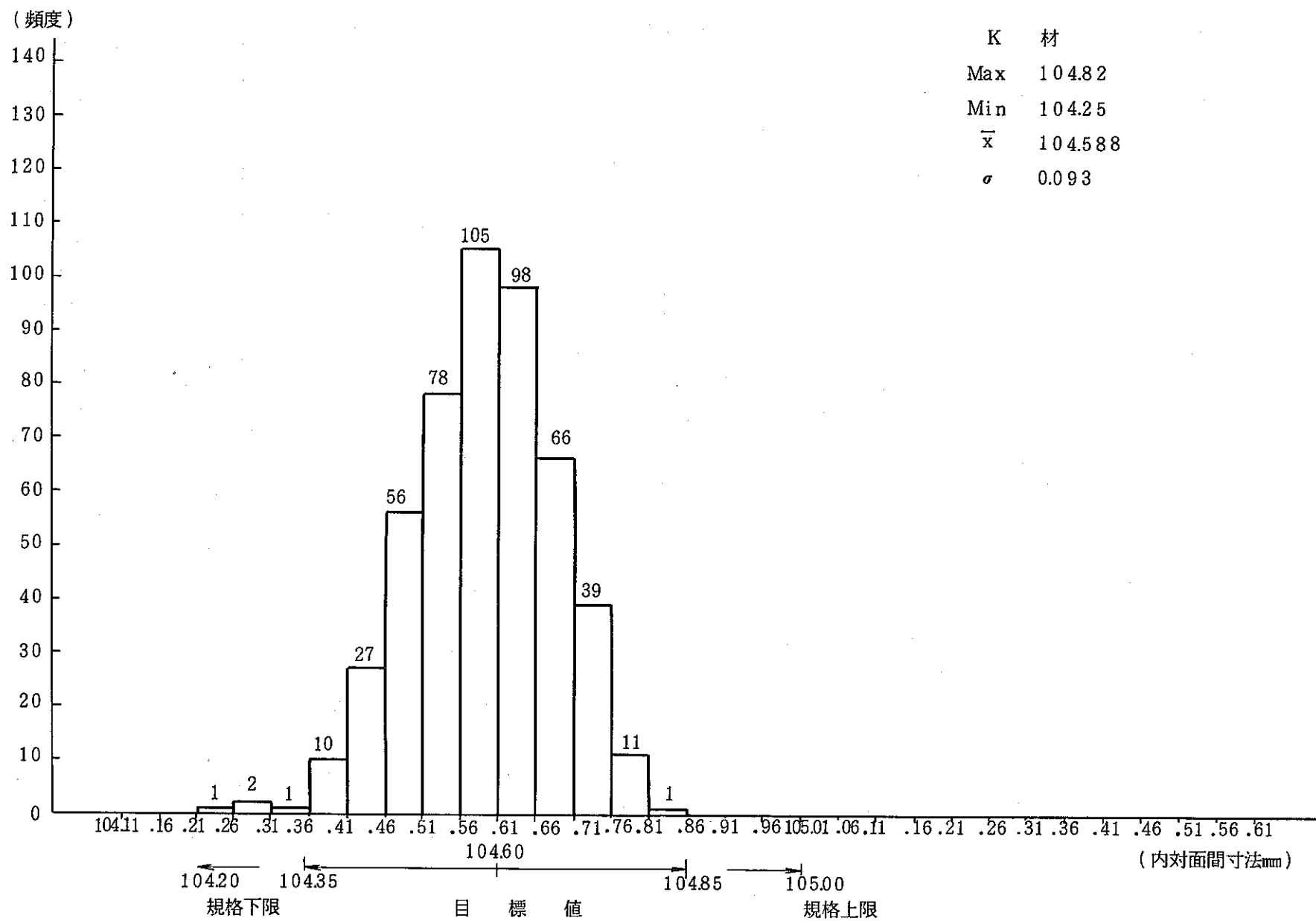


図 3.2 3 内側対面間寸法検査結果 K材

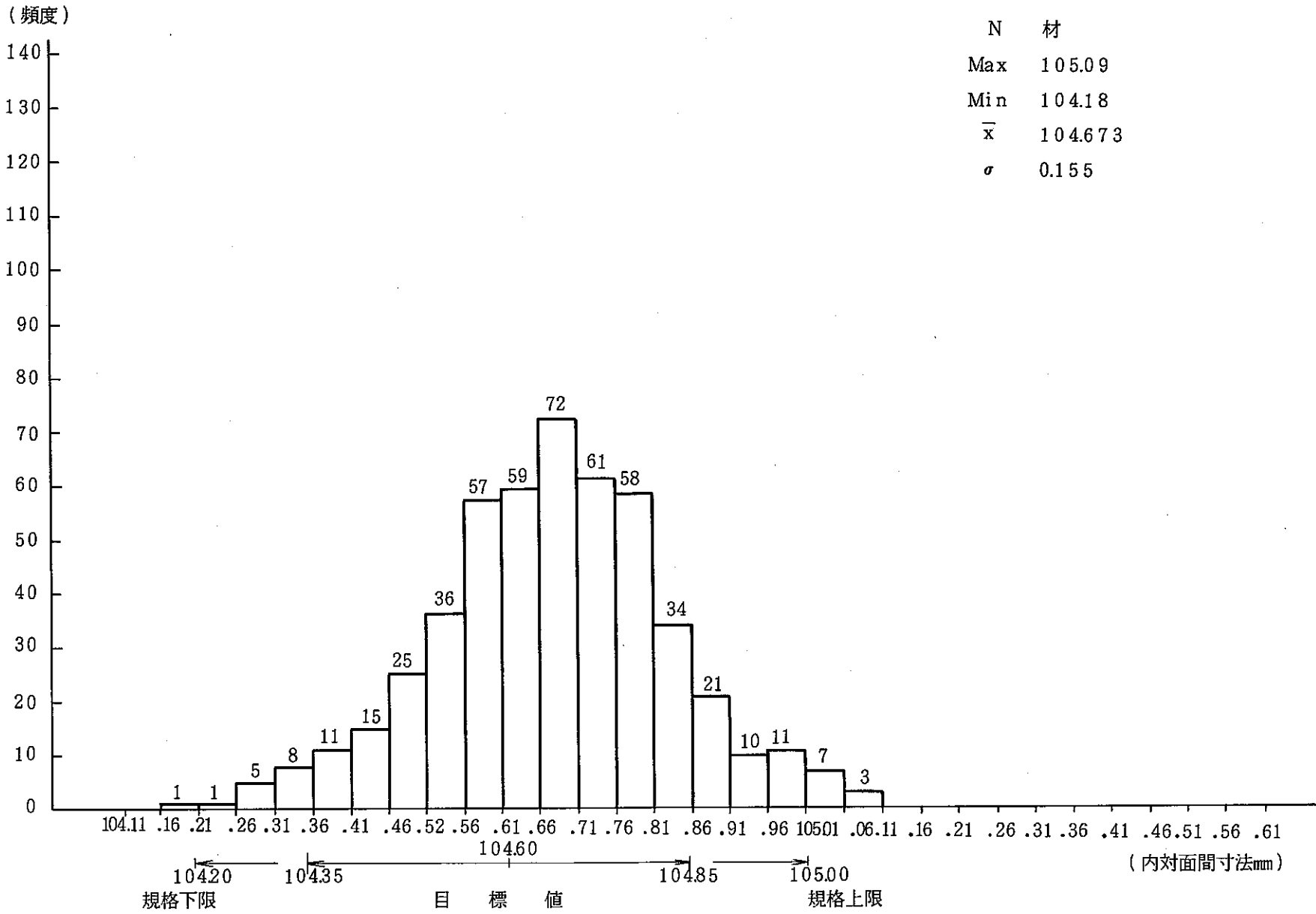


図 3.2 4 内側対面間寸法検査結果 N材

(頻度)

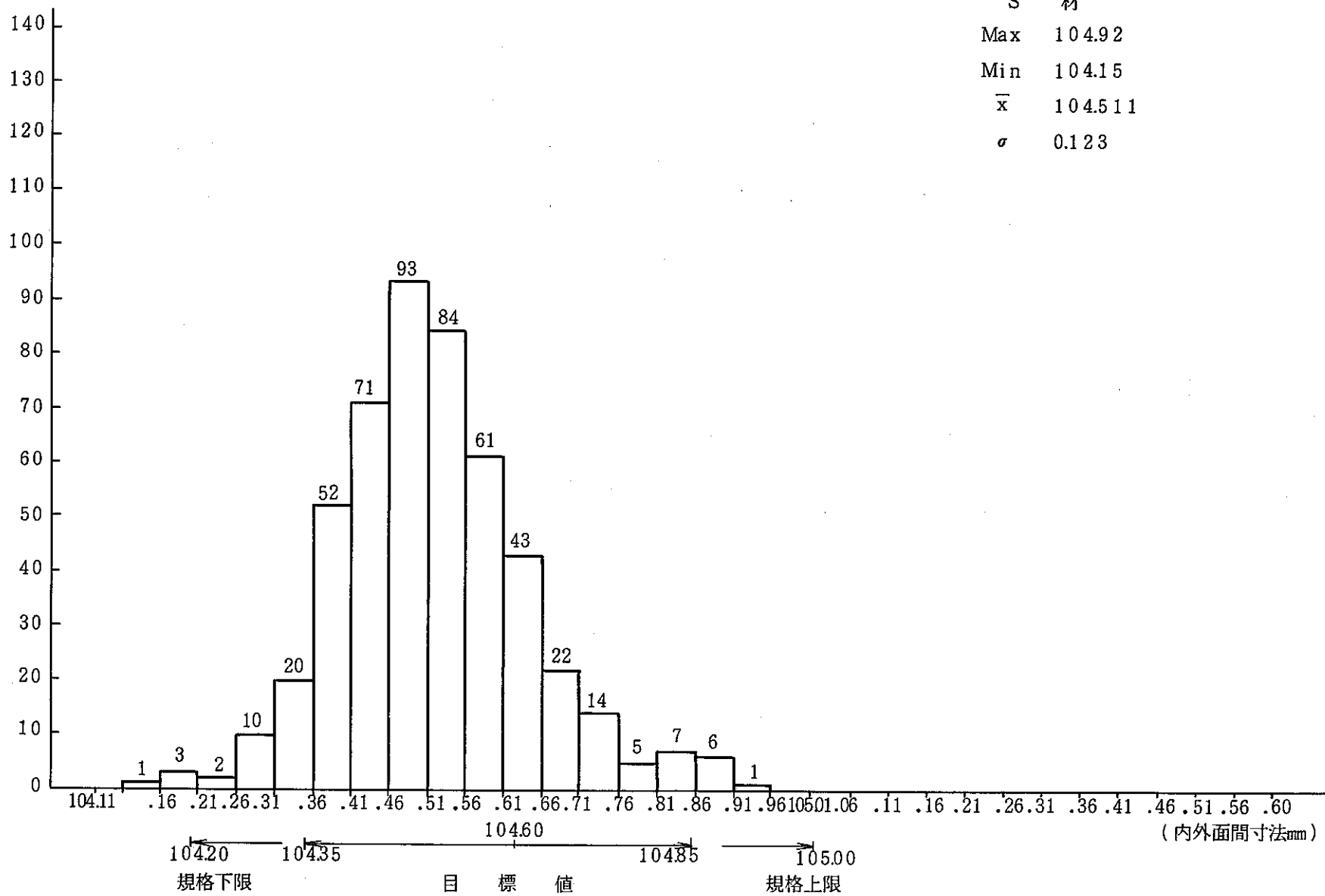


図 3.2 5 内側対面間寸法検査結果 S 材

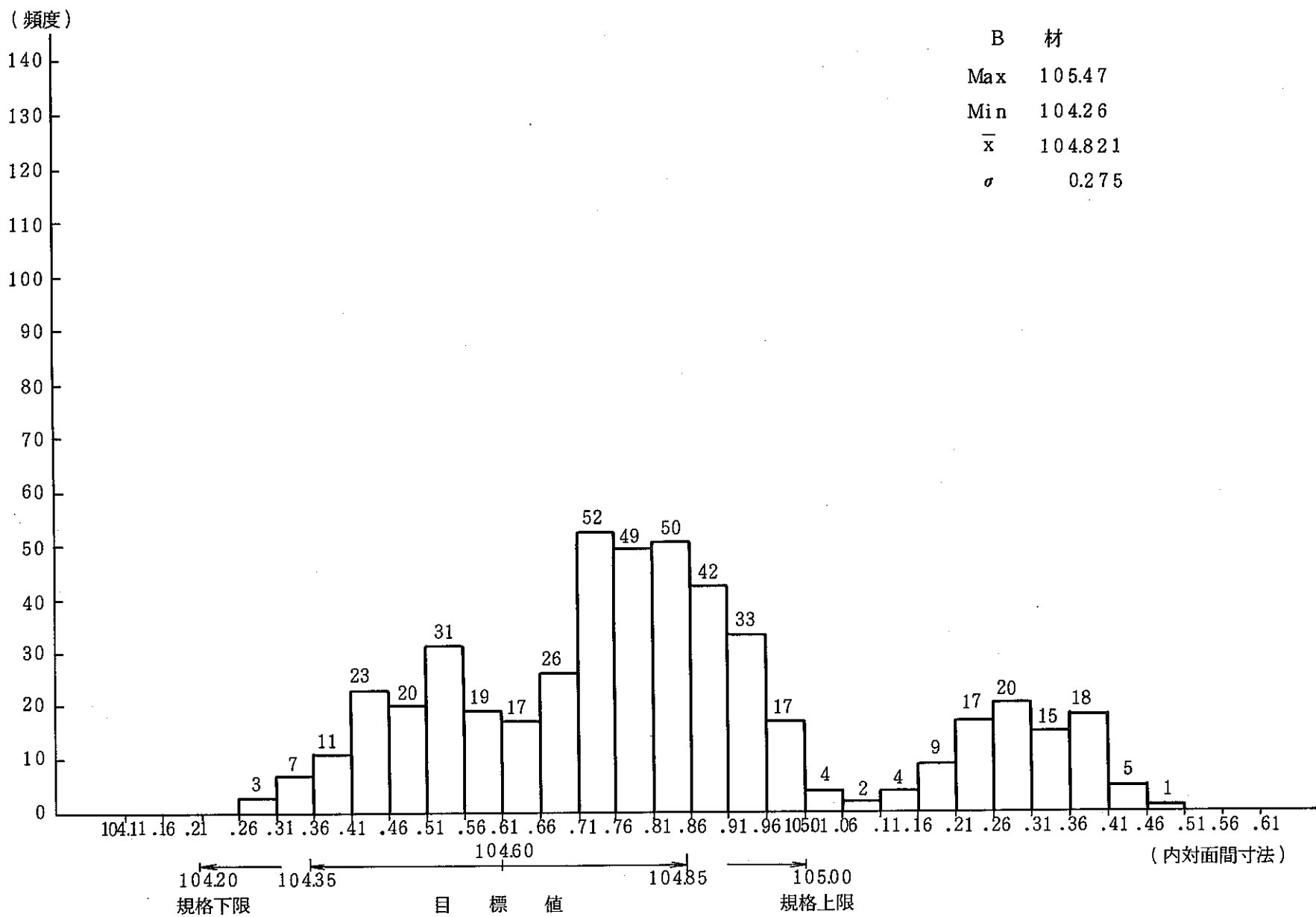


図 3.2 6 内側対面間寸法検査結果 B 材

E 材	
Max	104.86
Min	104.19
$\bar{x}$	104.525
σ	0.110

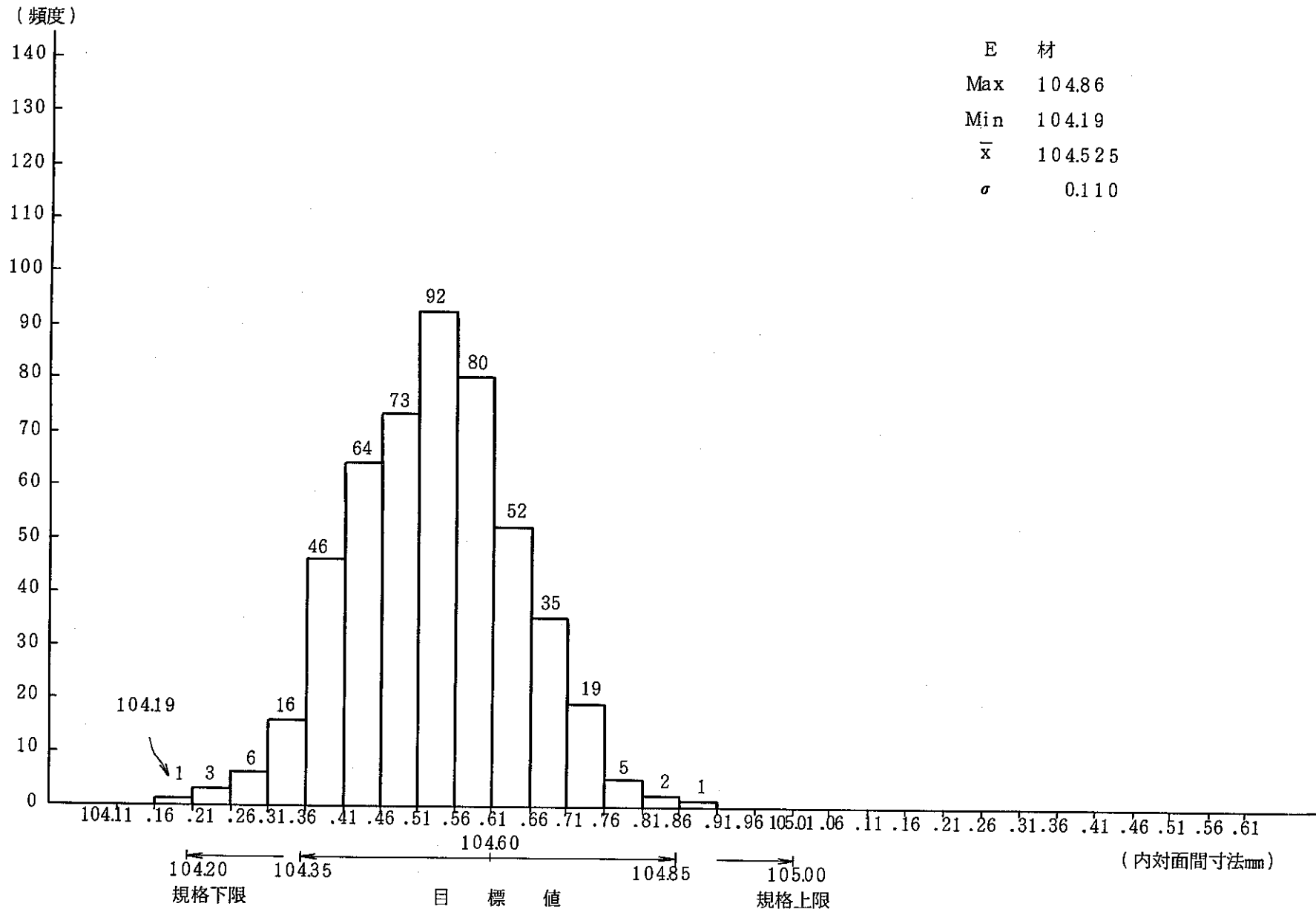


図 3.2 7 内側対面間寸法検査結果 E 材

3.5 真直度およびねじれ測定結果

3.5.1 真直度測定方法

規格は、1.5mm以下である。

定盤上にブロックおよびストレートエッジ（鋼製3,000mm）をマグネットブロックで固定し、ラッパ管をブロック上に置き、ダイヤルゲージ法で図3.28に示すように、No側および反No側管端から50mmまで面の中央を軸方向に連続的に測定し、各ピッチ毎の値を求め、それらの最大値をその面の曲りとした。

なお、測定開始前に、ラッパ管を水平にするためシックネスゲージで高低を調節し、両端から50mmの位置でダイヤルゲージが零を示すようにした。

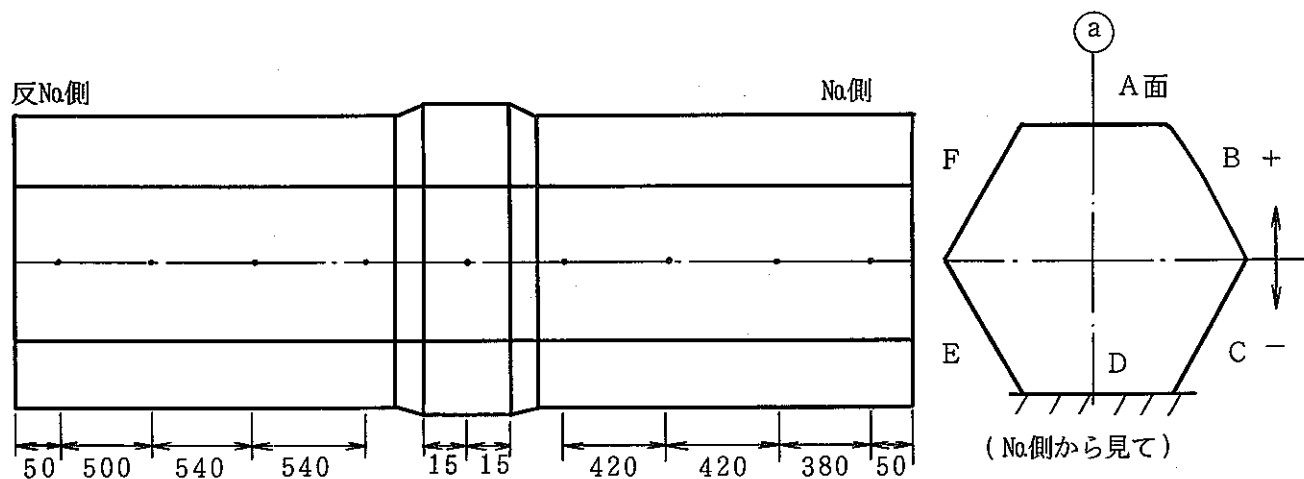


図3.28 真直度測定方法

3.5.2 ねじれ測定方法

規格は、全長につき0.70mm以下である。

真直度測定と同様に、定盤上にブロックおよびストレートエッジ（鋼管3,000mm）をマグネットブロックで固定し、ブロック上にラッパ管を置きダイヤルゲージ法（ダイヤルゲージ2個②、③を、スタンドに固定する。）で測定した。測定位置を図3.29に示す。測定位置はNo側の管端50mmの位置から、反No側管端50mmの位置まで軸方向に測定し、ダイヤルゲージ②および③の差を各ピッチ毎にもとめ、それらの値の最大値をその面のねじれとした。

なお、測定点は、1本の管につき（軸方向11点×6面）計66点である。

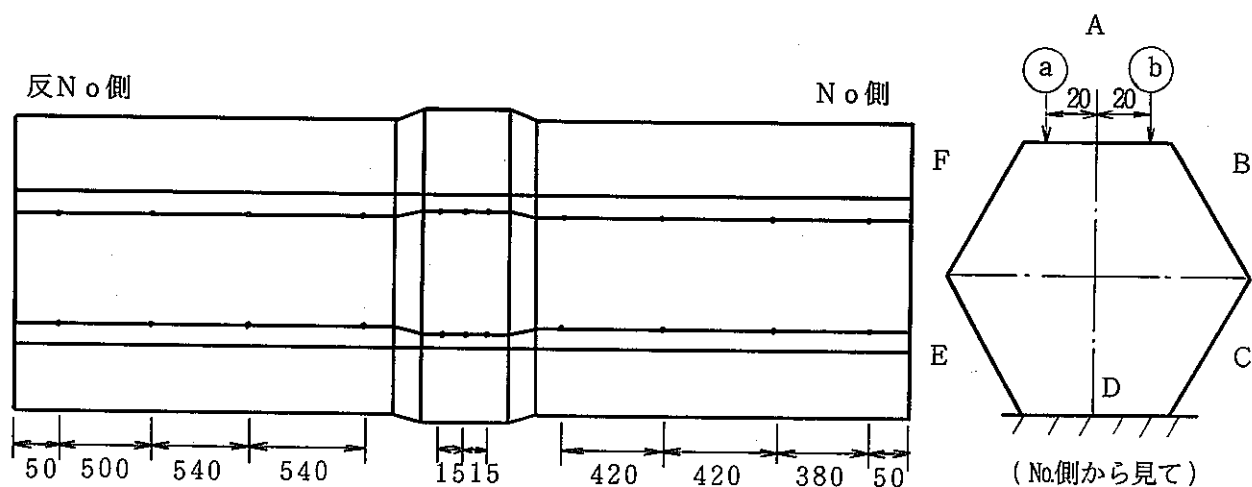


図 3.2.9 ねじれ測定位置

3.5.3 真直度およびねじれ測定結果

曲がりおよびねじれは設計の観点から充分小さくしておく必要がある。

曲がりねじれの測定結果をそれぞれ表 3.1.1 および表 3.1.2 に示す。表 3.1.1 より S および B 材の曲がりが大きく目標値 1.0 0 mm を上まわっている。

表 3.1.2 より N および E 材のねじれが大きく、規格値 0.7 0 mm を上まわっている。

表 3.1.1 真直度測定結果

〔単位：mm〕

製造者 項目	K	N	S	B	E
Max	0.8 0	0.7 2	1.3 1	1.4 1	0.8 3
Min	0.0 5	0.1 5	0.2 3	0.1 9	0.2 6

表 3.1.2 ねじれ測定結果

〔単位：mm〕

製造者 項目	K	N	S	B	E
Max	0.1 8	0.7 1	0.3 7	0.1 8	0.7 3
Min	0.0 3	0.2 8	0.0 8	0.0 4	0.3 9

3.6 内側角部曲率半径および各部の長さ測定

3.6.1 内側角部曲率半径および各部の長さ測定方法

(1) 内側角部曲率半径測定方法

規格は $4.5 \pm 0.5 \text{ mm R}$ である。

図 3.3 0 に示す様な位置を R ゲージを用いて測定した。

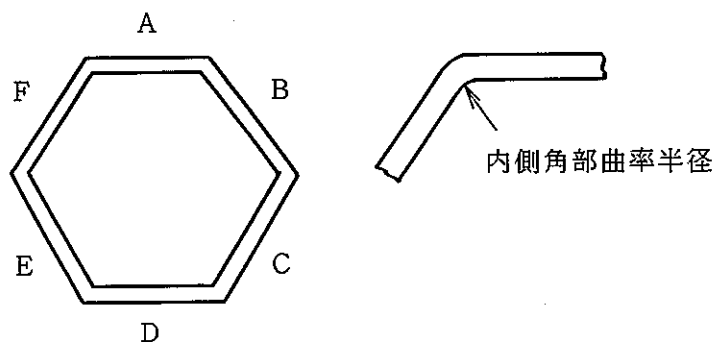


図 3.3 0 内側角部 曲率半径測定方法

(2) パッド部位置

規格は、反 No 側よりパッド部中心まで $1,695 \pm 5 \text{ mm}$ である。

1 mm 単位の鋼製の巻尺 (JIS 規格 1 級) を用い、図 3.3 1 に示すように反 No 側管端より両稜線部 a, b を測定し $(a + \frac{b-a}{2})$ より算出した。(表 3.1 4 参照)

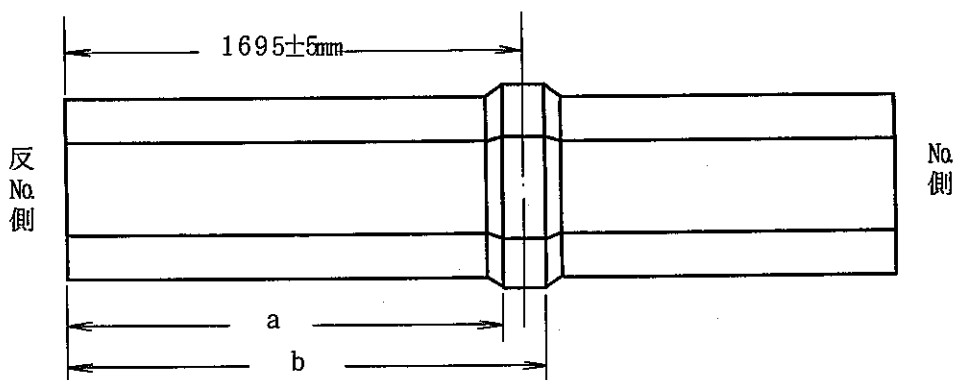


図 3.3 1 パッド部位置

(3) パッド頂部長さ

規格は $40 \pm 3 \text{ mm}$ である。

ノギス (JIS 規格 1 級, 最小目盛 $\frac{1}{50} \text{ mm}$) を使用し、図 3.3 2 に示すように、ストレートエッジを頂部に置き、ストレートエッジと頂部の密着している部分をノギスにより 6 面を測定した。(表 3.1 5 参照)

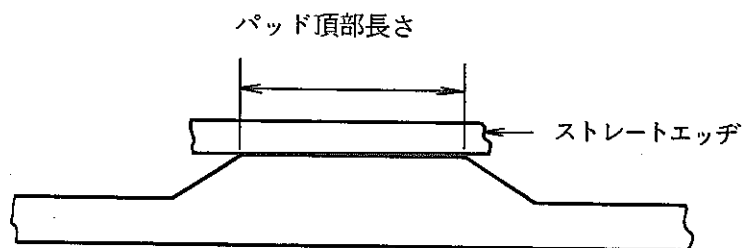


図 3.3 2 パッド頂部長さの測定方法

(4) パッド底部長さ

規格は 80 ± 10 mm (目標 ± 5 mm) である。

ノギス (JIS規格1級, 最小目盛 $\frac{1}{50}$ mm) を使用し, 図 3.3 3 に示すように No 側および反 No 側で, ストレートエッジを矢印の方向に, 滑らせ管部からテーパ部にかかる寸前で止め, ストレートエッジの間をノギスで6面を測定した。(表 3.1 6 参照)

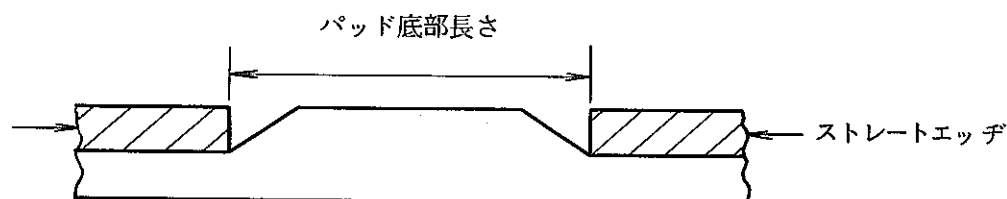


図 3.3 3 パッド底部の長さ測定方法

(5) 全 長

規格は $3,020 \pm 10$ mm である。

1mm単位の鋼製の巻き尺 (JIS規格1級) を用いて測定した。(表 3.1 7 参照)

3.6.2 内側角部曲率半径および各部長さ測定結果

内側角部曲率半径の測定結果を表 3.1 3 に示す。

表 3.1 3 より, 5 社中 E 材だけが最大 6.0 R, 最小 5.5 R で 5 本ともに規格を外れている。

表 3.1 3 内側角部曲率半径測定結果

規格 4.5 ± 0.5 mmR

〔単位: mmR〕

製造者 項 目	K	N	S	B	E
Max	5.0	4.5	4.5	5.0	6.0
Min	4.5	4.5	4.0	4.5	5.5
R	0.5	0	0.5	0.5	0.5

その他の各部長さは、寸法公差がゆるく機械加工であるため、5社とも表3.14～表3.17に示す通り規格を満足している。しかし、N材は頂部長さおよび底部長さで若干小さい値を示している。

表3.14 パッド部位置の測定結果

規格：1695±5mm

〔単位：mm〕

製造者 項 目	K	N	S	B	E
Max	1697.0	1695.5	1697.0	1700.0	1698.0
Min	1695.0	1690.0	1692.5	1694.0	1694.0
R	2.0	5.5	4.5	6.0	4.0

表3.15 パッド頂部長さの測定結果

規格：40±3mm

〔単位：mm〕

製造者 項 目	K	N	S	B	E
Max	43.00	42.65	42.20	42.80	41.80
Min	41.05	37.40	39.40	39.10	38.95
R	1.95	5.25	2.80	3.70	2.85

表3.16 パッド底部長さの測定結果

規格：80± $\frac{10}{5}$ mm（目標80±5mm）

〔単位：mm〕

製造者 項 目	K	N	S	B	E
Max	85.55	84.80	83.45	82.80	81.10
Min	82.20	75.95	78.55	78.50	79.75
R	3.35	8.85	4.90	4.30	1.35

表3.17 全長の測定結果

規格：3020± $\frac{10}{8}$ mm

〔単位：mm〕

製造者 項 目	K	N	S	B	E
Max	3026.0	3027.0	3028.0	3027.0	3026.0
Min	3025.0	3026.0	3025.0	3026.0	3024.0
R	1.0	1.0	3.0	1.0	2.0

3.7 パッド部形状検査

3.7.1 パッド部形状測定方法

パッド部は管部と一体で加工するものとし、ラップ管の軸方向におけるパッド部の断面は台形でパッド頂部は平坦でなければならない。また、管部とパッド頂部の斜部（テーパ部）は、パッド部の両側において寸法公差内で対称形とする。これらを形状測定装置（東京精密製サーフコム20B）を使用して、No側から反No側に（図3.34）で縦倍50，横倍2でチャートを取り測定する。また、パッド部前後での変化（凹凸）および、パッド部の高さも、同時に測定した。

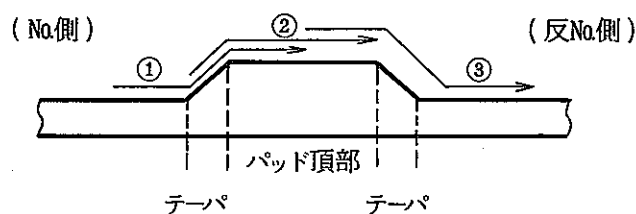


図3.34 パッド部形状測定方法

3.7.2 パッド部形状測定結果

パッド部形状について、A・B面について測定した。（参考として他の面も測定）パッド部形状については、特に問題はなかったが、表3.2.1に示すように、全体にパッド頂部と管部が平行でなく、反No側で若干高くなる傾向がある。

パッド部高さについては、N材が通常の高さより若干（約0.2mm）低くなっていることがわかる。

表3.18 パッド部高さの測定結果

〔単位：mm〕

管No 面	K5603	N5604	S5605	B5605	E5601
A	2.02	1.86	1.98	2.05	2.19
B	1.9.0	1.76	2.08	2.08	2.08
C	2.12	1.90	2.02	2.04	
D					2.06
E		1.60			
F		1.78			

次に、パッド頂部長さをチャートより読みとり、結果を表3.19に示す。ノギスによる測定では、各社材とも規格を満足していたが形状検査装置による測定は、2～4mm程小さくなっている。これは、チャートの倍率や送りスピードの変化などの要因と考えられる。

表3.19 パッド部長さ頂部の測定結果

〔単位：mm〕

管No. 面	K5603	N5604	S5605	B5605	E5601
A	42.0 (41.50)	35.3 (37.85)	39.5 (41.00)	37.5 (40.85)	39.3 (40.00)
B	41.5 (42.25)	34.0 (37.40)	40.0 (40.80)	38.5 (40.00)	38.0 (38.95)
C	40.5 (42.85)	39.5 (39.35)	40.0 (41.00)	38.0 (39.85)	
D					39.5 (40.25)
E		39.5 (41.40)			
F		36.5 (39.70)			

() 内の値は、受入検査（ノギス）測定値

表3.20より、パッド部底部の長さについても、ノギスによる測定と、形状測定装置による測定に0～5mm程度の差が見られる所がある。これは、パッド部前後での凹凸によるチャート読みとり誤差や送りスピードが原因であると考えられる。

表3.20 パッド部長さ底部の測定結果

〔単位：mm〕

管No. 面	K5603	N5604	S5605	B5605	E5601
A	84.0 (84.25)	86.5 (82.65)	86.3 (81.50)	82.5 (79.50)	80.5 (80.40)
B	86.5 (85.20)	86.0 (80.85)	86.5 (82.00)	84.0 (79.15)	80.5 (80.40)
C	85.5 (85.05)	81.0 (81.50)	87.0 (82.30)	84.0 (80.10)	
D					80.5 (80.50)
E		78.5 (82.80)			
F		78.0 (81.80)			

() 内の値は、受入検査（ノギス）測定値

表 3.2.1 パッド部形状検査測定結果

〔単位：mm〕

面 管No	A	B	C	D	E	F
神 戸 製 鋼 K 5 6 0 3						
新 日 鉄 N 5 6 0 4						
住 友 金 属 S 5 6 0 5						
東 芝 B 5 6 0 5						
日 本 鋼 管 E 5 6 0 1						

3.8 表面粗さ

3.8.1 表面粗さの測定方法

JIS規格標準試験片と比較する検査では、3.1.1外観検査の所で、述べてるように、表面粗さ計（東京精密、サーフコム20B）を使用して測定した。K5604, N5603, S5604, B5604 および E5604 の管部より試験片（軸方向50mm×周方向60mm）を切り出し、図3.35に示す位置を測定した。結果を表3.22、表3.23に示す。

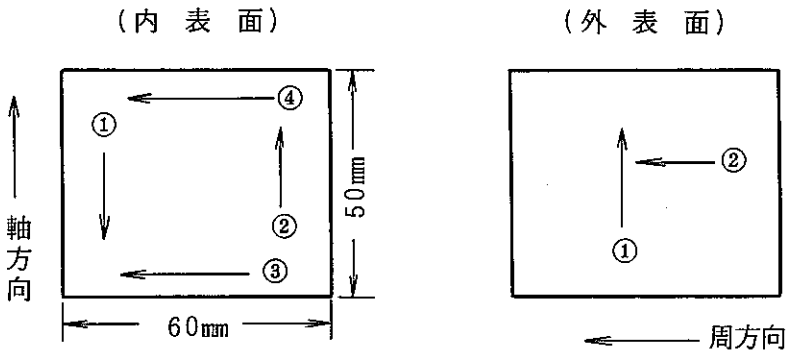


図3.35 内・外表面の表面粗さ測定位置

3.8.2 表面粗さ結果

表3.22よりKおよびB材の内表面粗さが大きく、規格（12.5S相当以下）を外れた。またE材は周、軸方向ともに10.00 μ Rmaxを超え粗いものとなっていた。

表3.23よりE材は外表面のRmaxが15.00 μ Rmaxを示し、規格を外れていた。

外表面または、内表面において規格を外れた、K、BおよびE材は、外観検査で述べたように、引き抜き肌のままになっているためである。

表 3.2 2 内表面粗さの測定結果

(単位: μ)

管No. 測定位置		K 5 6 0 4	N 5 6 0 3	S 5 6 0 4	B 5 6 0 4	E 5 6 0 4
①	Ra	1.9 0	0.4 6	0.1 5	1.8 0	1.5 4
	Rmax	1 4.8 0 *	3.5 0	1.2 0	1 1.8 0	1 0.2 0
	Rz	1 3.0 0	2.2 0	0.6 0	1 0.0 0	8.9 0
②	Ra	1.8 0	0.3 4	0.1 6	1.7 0	1.2 0
	Rmax	1 1.3 0	3.3 0	1.5 0	1 1.5 0	1 2.4 0
	Rz	9.3 0	2.4 0	0.8 0	9.0 0	9.5 0
③	Ra	1.9 5	0.7 0	0.3 0	1.6 0	1.4 0
	Rmax	1 3.7 0 *	5.0 0	2.5 0	1 1.5 0	9.6 0
	Rz	1 0.2 5	3.8 0	1.8 0	9.8 0	9.0 0
④	Ra	1.9 5	0.6 8	0.4 3	1.6 2	1.5 0
	Rmax	1 0.2 5	5.0 0	3.1 0	1 3.0 0 *	1 0.0 0
	Rz	8.5 0	3.5 0	2.3 0	1 0.0 0	9.0 0

* は規格外れ

表 3.2 3 外表面粗さの測定結果

(単位: μ)

管No. 測定位置		K 5 6 0 4	N 5 6 0 3	S 5 6 0 4	B 5 6 0 4	E 5 6 0 4
①	Ra	0.1 2	0.3 2	0.2 7	1.0 1	1.9 3
	Rmax	1.0 0	2.8 0	1.5 0	2.5 0	1 5.0 0 *
	Rz	0.5 0	1.7 0	1.0 0	6.5 0	1 0.7 0
②	Ra	0.1 9	0.6 6	0.4 8	1.0 2	1.8 0
	Rmax	2.3 0	5.7 0	3.5 0	7.5 0	1 1.5 0
	Rz	1.2 0	5.0 0	3.2 0	6.0 0	1 0.2 0

* は規格外れ

なお、粗さのチャートは、付録-2に添付する。

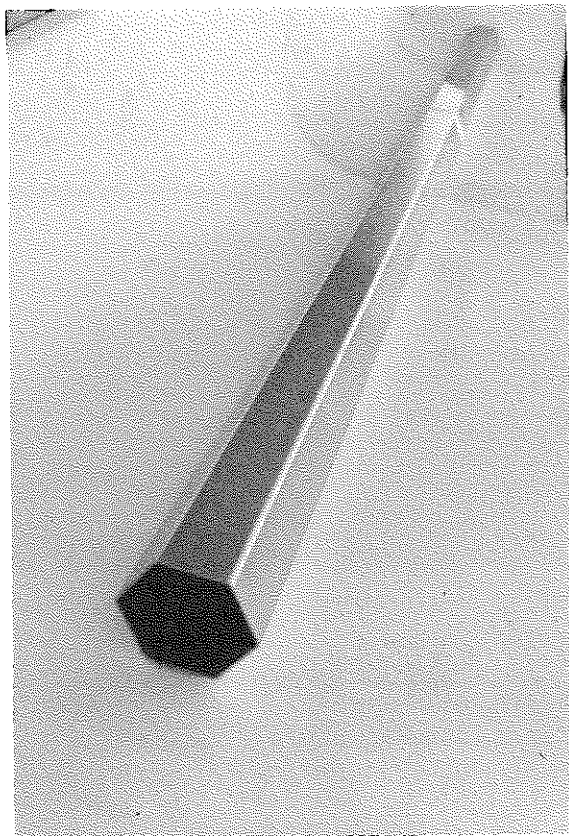


写真3-1 ラubber管全景

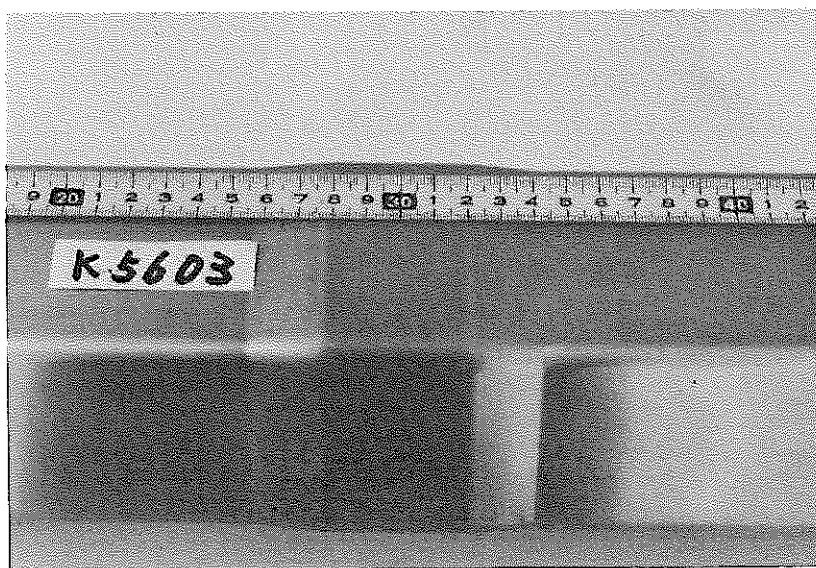


写真3-2 K社パッド部

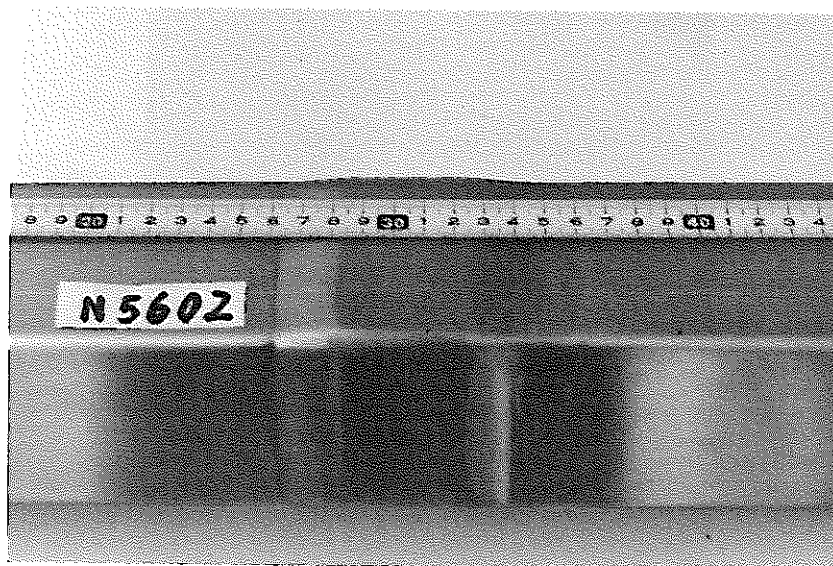


写真3-3 N社패드部

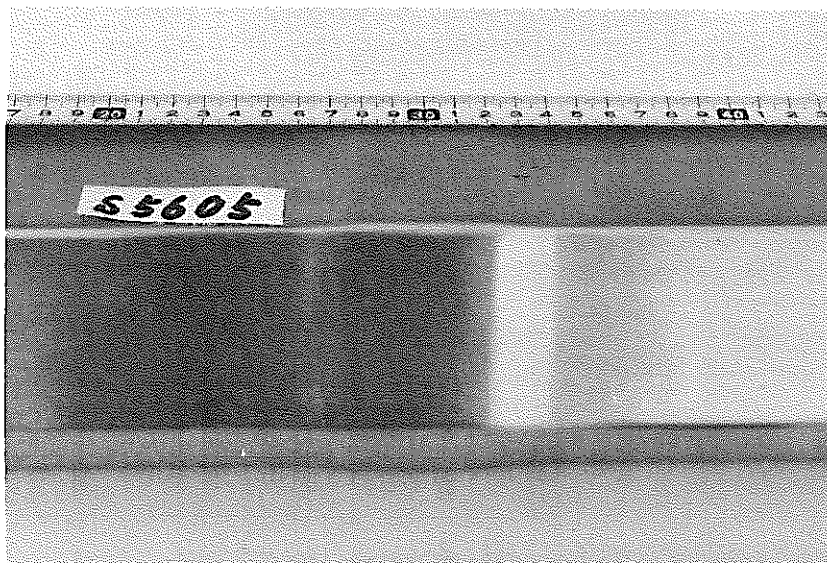


写真3-4 S社패드部

4. 破 壞 試 驗



写真3-5 B社パッド部

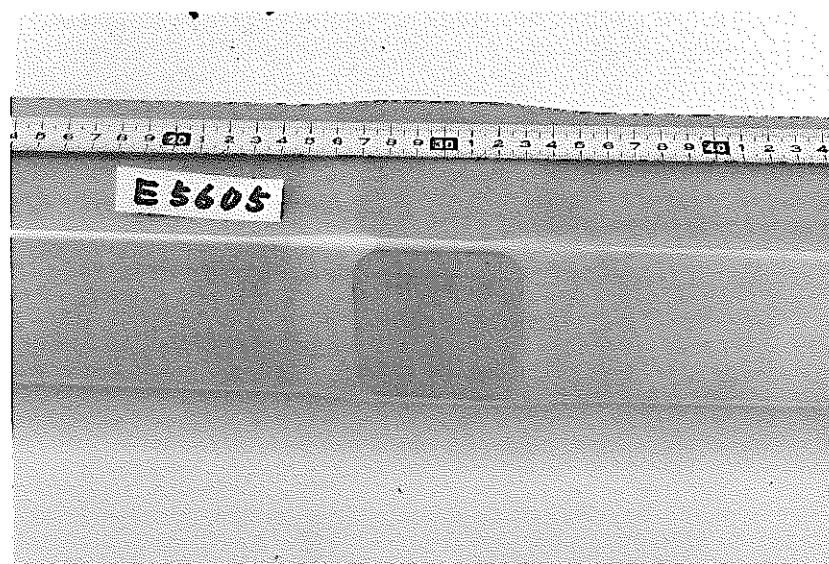


写真3-6 E社パッド部

4. 破壊試験

4.1 引張試験

4.1.1 引張試験方法

規格は、常温引張試験 ($U.T.S\ 70 \leq \text{kg}/\text{mm}^2$, $0.2\%Y.S\ 60 \leq \text{kg}/\text{mm}^2$, $E\ 10 \leq \%$), 高温引張試験 ($U.T.S\ 40 \leq \text{kg}/\text{mm}^2$, $0.2\%Y.S\ 30 \leq \text{kg}/\text{mm}^2$, $E\ 7 \leq \%$) である。

引張試験片は、図 4.1 に示したラップ管の展開図より、図 4.2 のような JIS-Z-2201 の 13 号 B 試験片を軸方向に常温および高温用試験片として 2 枚ずつ採取した。

引張試験機は、島津製 (autograph IS5000) を使用して常温および高温引張強さ、0.2%耐力、伸びについて求めた。

高温引張試験では、熱電対 (Pt-PtRh) を試験片にセットし温度をコントロールする。所定の温度 (650°C) に到達した後、15 分間の保持時間を取り、引張速度は 0.2%耐力まで $0.5\%/min$ 、それ以降は破断まで $5\%/min$ とする。

歪測定は、高温の場合歪測定用差動トランスで、常温の場合は歪ゲージで行なう。

4.1.2 引張試験結果

管部およびパッド部の常温、高温引張試験結果を表 4.1～表 4.4 に、結果をプロットしたものを図 4.3、図 4.4 に示す。

常温引張試験で、B 材はパッド部の引張強さ、および 0.2%耐力で $1 \sim 2\text{ kg}/\text{mm}^2$ 程、規格に対し低くなっている。B 材は、常、高温において管部とパッド部の強度が他社材に比べ $3 \sim 10\text{ kg}/\text{mm}^2$ 程低くなっており、伸びは $5 \sim 10\%$ 程高くなっている。これより、明らかに他社材に比べ加工度が低くなっていることが推測される。

また、高温引張試験では N 材がパッド部の伸びにおいて規格に対し $1 \sim 2\%$ 程低くなり、規格を満たすことはできなかった。N 材は、パッド部試験片の A～B 破断の位置にヘコミが認められ、その付近から破断しておりパッド部から管部にかけての加工度が不均一であることが推測される。

常・高温引張試験で、各社材のパッド部と管部の強度と伸びを比べると、強度では、N・S および B 材が $1 \sim 5\text{ kg}/\text{mm}^2$ の範囲でパッド部の方が低くなっており、逆に K 材はパッド部の方が高くなっている。

また、伸びでは、K・N 材のパッド部の伸びが管部に比べ極端に低くなっている。5 社中、強度および伸びでパッド部と管部の変化が小さかったのは、S 材であった。

表 4.1～4.4 に示した K・E 材の空欄は、C 破断してしまいデータが得られなかった。これより、K・E 材の管部からパッド部にかけての冷間加工度が極端に違っていることが推測できる。

表 4.1 常温引張試験結果 (管部)

項目	製造者 試料No		K		N		S		B		E	
			K-A-1	K-B-1	N-A-1	N-B-1	S-A-1	S-B-1	B-A-1	B-B-1	E-A-1	E-B-1
U.T.S (kg/mm ²)			79.4	79.8	78.1	77.4	74.5	75.9	72.6	73.0	79.1	79.0
0.2%Y.S (kg/mm ²)			74.6	74.9	70.8	70.4	65.3	65.8	60.8	60.8	68.2	66.9
E (%)			25	25	28	28	28	31	39	38	26	26
破断位置			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

表 4.2 常温引張試験結果 (パッド部)

項目	製造者 試料No		K		N		S		B		E	
			K-D-2		N-A-2	N-B-2	S-A-2	S-B-2	B-A-2	B-B-2		
U.T.S (kg/mm ²)			82.4		73.4	74.6	73.8	74.9	68.0*	68.9*		
0.2%Y.S (kg/mm ²)			72.0		66.7	68.0	62.6	64.2	57.9*	60.3		
E (%)			11		11	14	24	27	27	32		
破断位置			A		B	A	A	A	B	A		

* 規格外れ

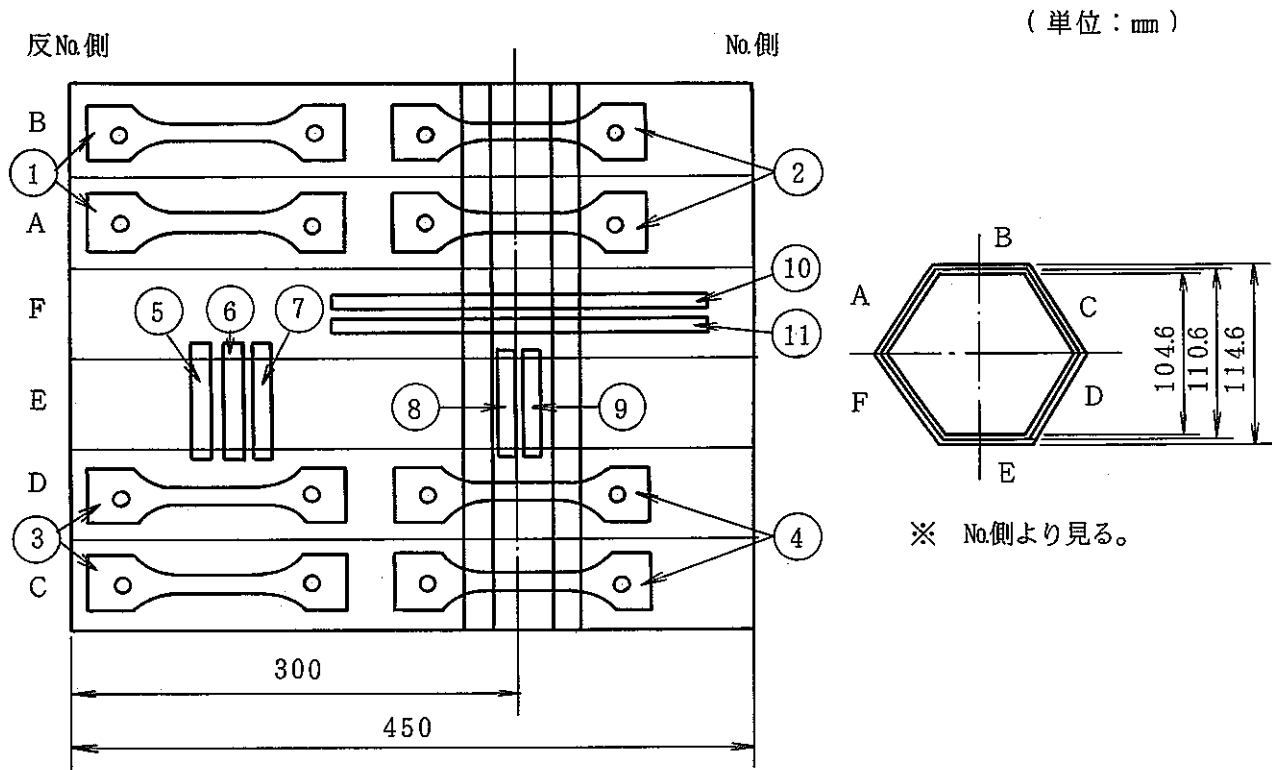
表 4.3 高温 (650℃) 引張試験結果 (管部)

項目	製造者 試料No		K		N		S		B		E	
			K-C-1		N-C-1	N-D-1	S-C-1	S-D-1	B-C-1	B-D-1	E-C-1	E-D-1
U.T.S (kg/mm ²)			55.0		51.9	51.2	46.4	46.3	43.3	43.4	52.4	52.5
0.2%Y.S (kg/mm ²)			48.0		45.7	45.1	40.1	37.4	36.5	37.2	44.5	43.9
E (%)			16		18	17	24	20	30	25	22	21
破断位置			A		A	A	A	A	A	A	A	A

表 4.4 高温引張試験結果 (パッド部)

項目	製造者 試料No		K		N		S		B		E	
			K-C-2		N-C-1	N-D-2	S-C-2	S-D-2	B-C-2	B-D-2		
U.T.S (kg/mm ²)			57.3		49.9	52.2	45.8	45.5	40.6	41.1		
0.2%Y.S (kg/mm ²)			49.6		44.7	36.5	36.8	38.7	35.0	35.8		
E (%)			8		5*	6*	15	15	15	14		
破断位置			A		B	B	A	A	B	B		

* 規格外れ



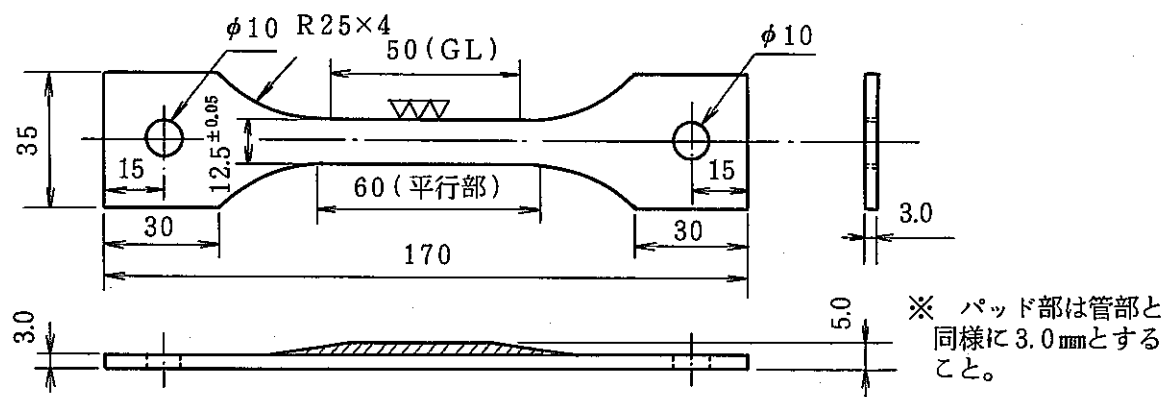
※ 採取した試験片には、各品番をNo.側に刻印すること。

品番	品名	個数	品番	品名	個数
①	常温引張試験片 (管部)	2個/ロット	⑦	金相 (粒界腐食) 試験片 (管部)	1個/ロット
②	常温引張試験片 (パッド部)	2個/ロット	⑧	硬さ試験片 (パッド部)	1個/ロット
③	高温引張試験片 (管部)	2個/ロット	⑨	金相 (結晶粒度, 介在物) 試験片 (パッド部)	1個/ロット
④	高温引張試験片 (パッド部)	2個/ロット	⑩	硬さ試験片 (パッド部)	1個/ロット
⑤	硬さ試験片 (管部)	1個/ロット	⑪	金相 (結晶粒度, 介在物, 炭化物) 試験片 (パッド部)	1個/ロット
⑥	金相 (結晶粒度, 介在物) 試験片 (管部)	1個/ロット			

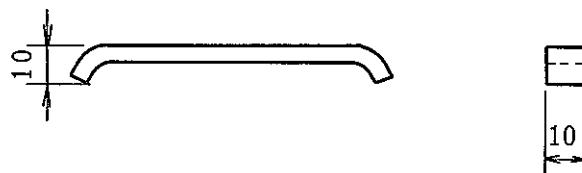
図 4.1 ラッパ管展開図

(單位：mm)

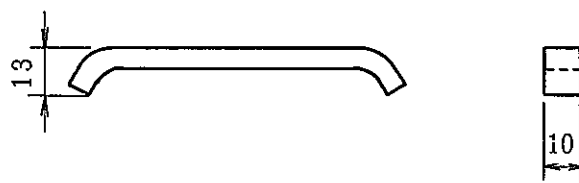
① ② ③ ④ (JIS-Z2201-13号B試験片)



5 6 7



8 9



10 11

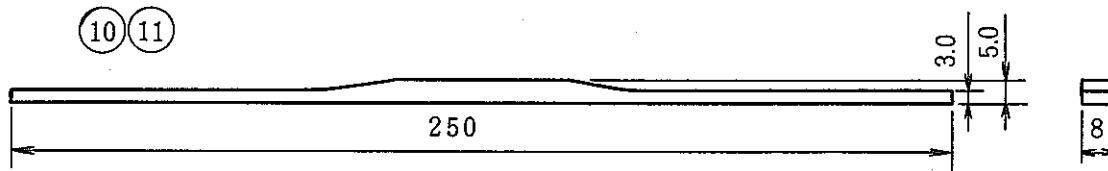


図 番 号	品 名	材 質	個 数	備 考
①②③④	引張試験片（常温高温）	SUS316	8個/ロット	②④ はパッド部切削
⑤⑥⑦	金相硬さ試験片（管部）	SUS316	3個/ロット	
⑧⑨	金相硬さ試験片（パッド部）	SUS316	2個/ロット	
⑩⑪	金相硬さ試験片（軸方向）	SUS316	2個/ロット	

図 4.2 試験片形状

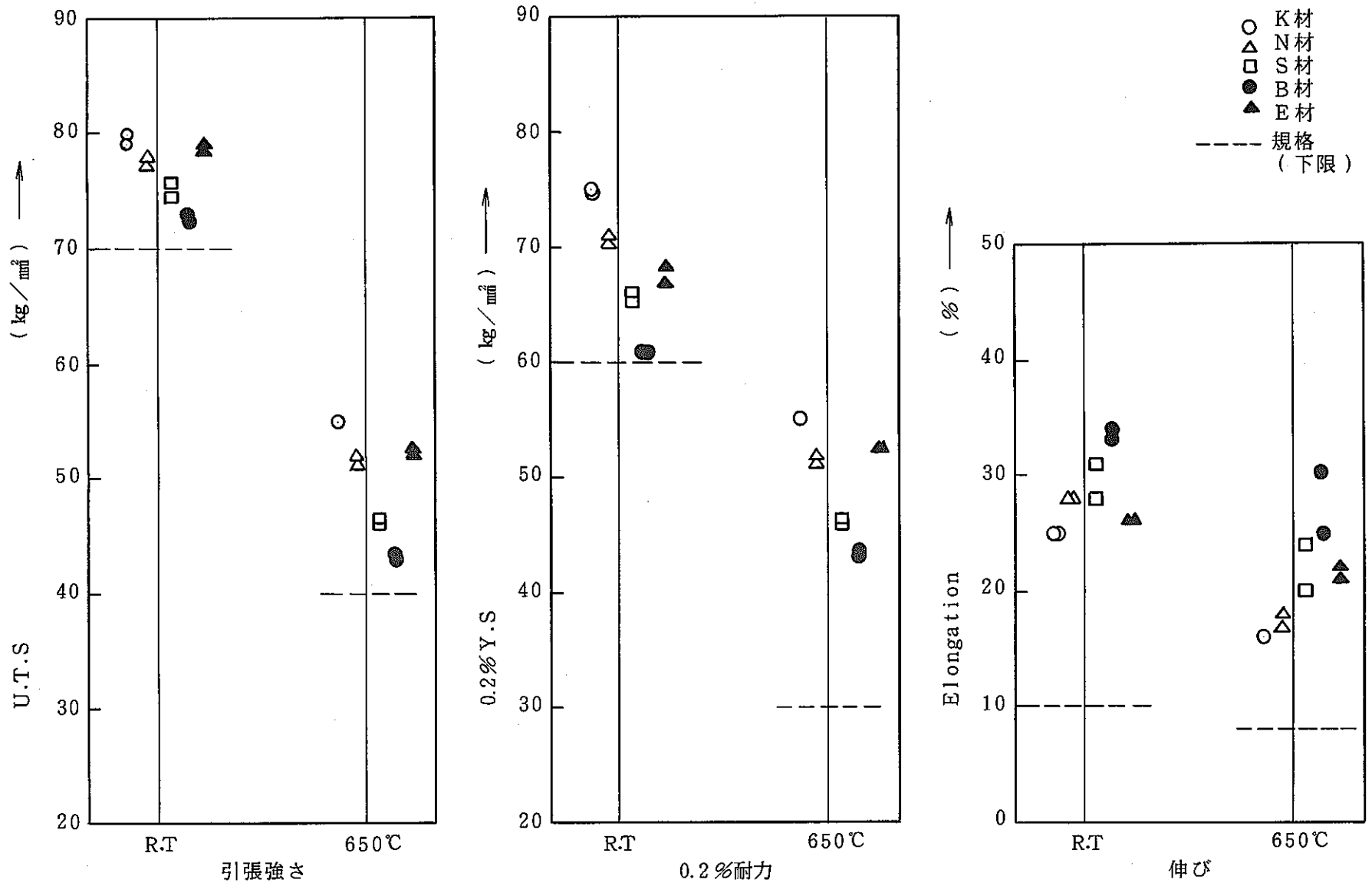


図 4.3 常・高温引張り試験結果 (管部)

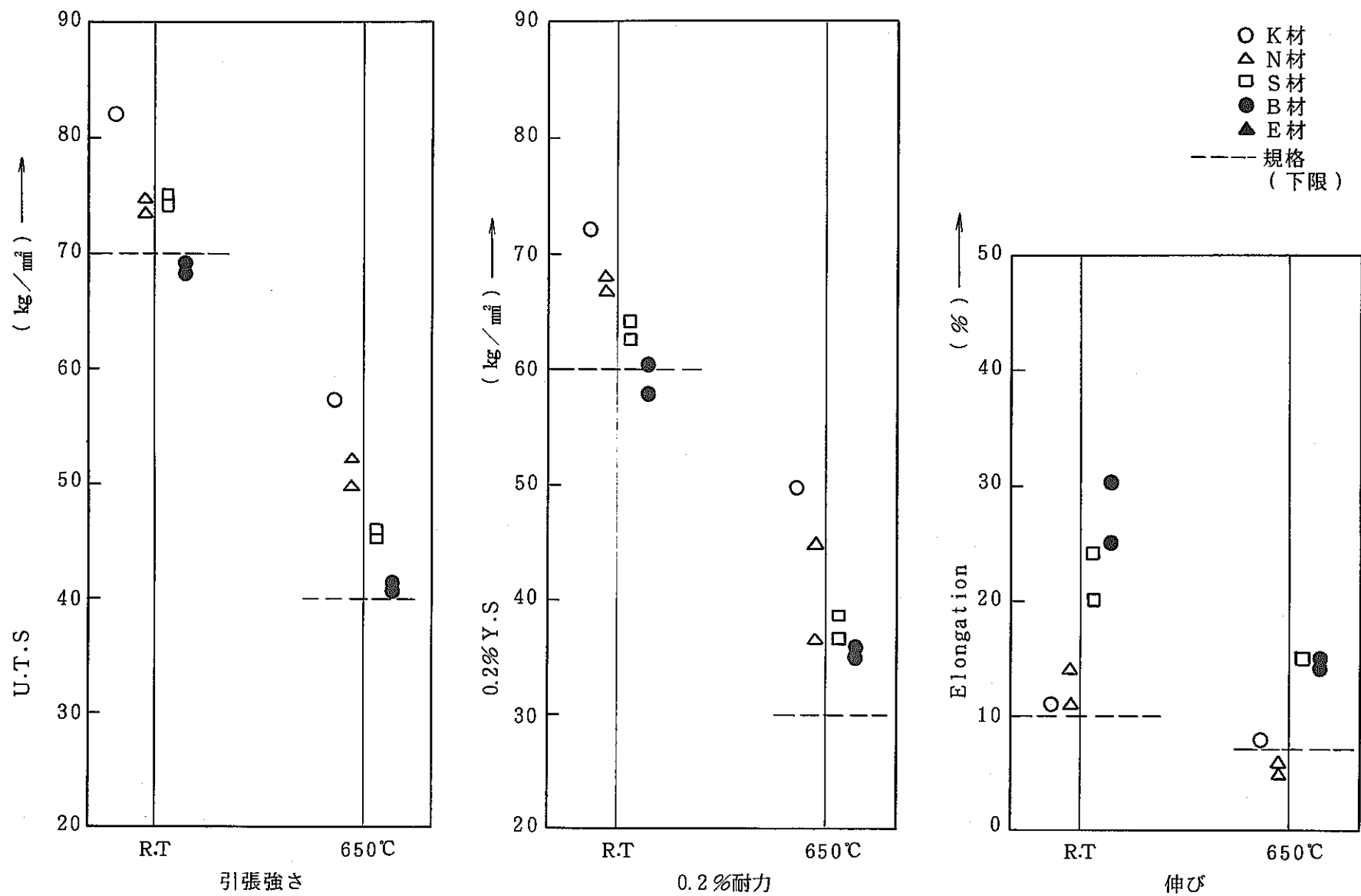
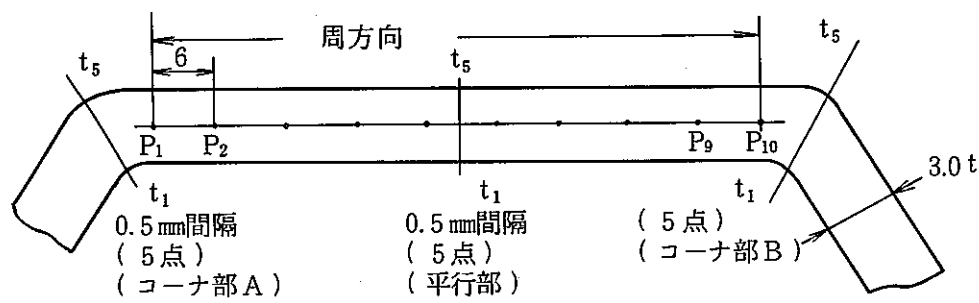


図 4.4 常・高温引張り試験結果 (パッド部)

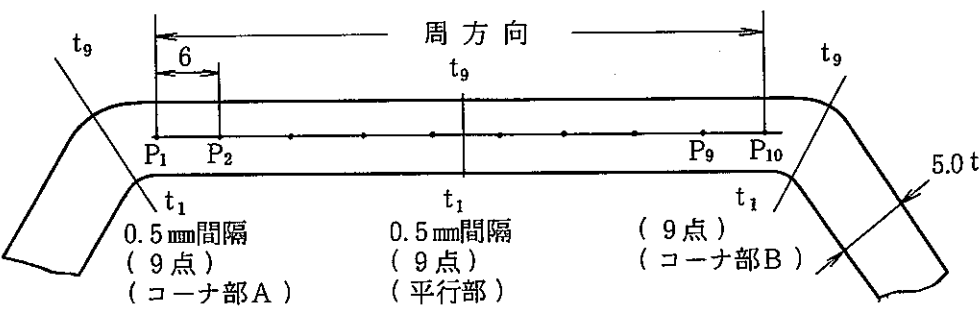
4.2 硬さ測定

4.2.1 硬さ測定方法

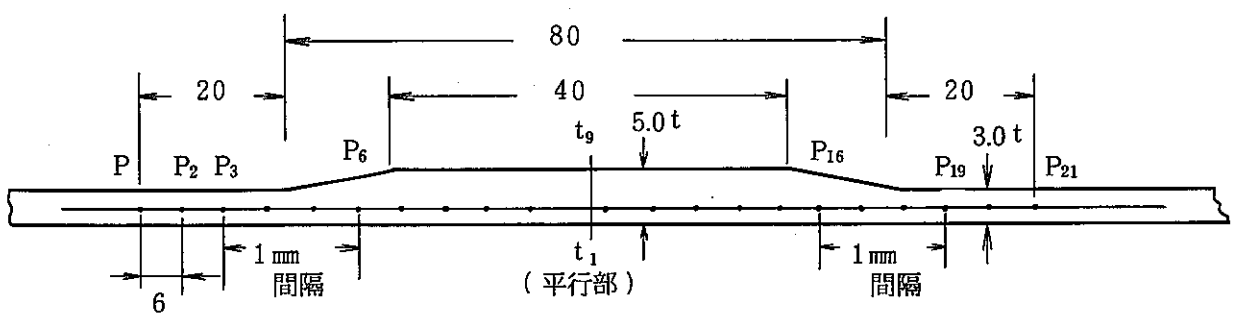
マイクロビッカーズ (AKASHI, MVK-E Hardness Tester) を使用し、荷重 500g (Hv) で図 4.5 に示す位置について測定した。規格は 280 ± 60 (Hv) である。



管部横断面測定位置



パッド部横断面測定位置



パッド部縦断面測定位置

(単位: mm)

図 4.5 硬さ測定位置

4.2.2 硬さ測定結果

① 管部横断面硬さ

各社材の硬さについて測定し、計算したものを表4.5プロットしたものを図4.6～図4.8に示す。

各社材の管部横断面肉厚方向と周方向の規格は、満足している。表4.5より、各社材のコーナ部と平行部の硬さを比較すると各社材ともにコーナ部が15～35(Hv)高くなっている。

表4.5 管部横断面硬さ測定結果

(単位: Hv)

位置	製造者 項 目		K	N	S	B	E
周 方 向	Max		314	304	315	296	319
	Min		269	262	281	256	289
	$\bar{x}$		294.3	281.3	295.5	274.7	300.7
肉(コ 厚ナ 方A・ 向B)	Max	コーナ A	330	330	311	307	324
		コーナ B	323	325	328	330	336
	Min	コーナ A	304	309	298	282	297
		コーナ B	301	310	313	298	300
	$\bar{x}^*$		316.1	316.2	312.7	301.3	316.3
肉(平 厚行 方部 向)	Max		299	293	288	273	305
	Min		269	276	273	261	289
	$\bar{x}$		284.2	282.4	281.0	266.2	297.0

* コーナA, Bの平均値である。

肉厚方向の硬さは、コーナ部においてK・SおよびE材が内側の方が外側に比べ高い値を示し、N材は外側の方が高くなっている。

平行部は、K・BおよびE材が外側の値が高くなっておりN材は内側の方が高くなる傾向が見られた。

図4.8よりコーナAとBを比較した場合、S・B材の内側で30(HV)以上の差があり、中央から外側へ行く程値は接近している。他社材については、A・Bの差が10(HV)程度である。

このことよりS・B材においては、コーナの違いにより冷間加工度に差が生じていると考えられる。

② パッド部、横断面の硬さ結果

各社材のパッド部、横断面の硬さについて測定し計算したものを、表4.6に示し、プロットしたものを図4.10～図4.12に示す。表4.6よりN・B材が肉厚方向のコーナ部で6(Hv)～16(Hv)、周方向ではN・E材が2(Hv)～6(Hv)程規格を外れている。表4.6より平行部とコーナ部の硬さを比較すると、各社材ともコーナ部の方が高い値を示し、S、B材においては40(Hv)程度高くなっている。

表 4.6 パッド部、横断面硬さ測定結果

(単位：Hv)

位置	製造者 項目		K	N	S	B	E
周 方 向	Max		330	346* ²	329	322	342* ²
	Min		302	283	284	269	292
	$\bar{x}$		317.8	308.5	294.9	293.8	308.8
肉(コ 厚ナ 方A・ 向B)	Max	コーナ A	323	353* ²	323	356* ²	333
		コーナ B	336	350* ²	333	346* ²	333
	Min	コーナ A	307	304	292	306	287
		コーナ B	304	300	316	307	282
	$\bar{x}$ * ¹		316.3	325.7	316.2	322.1	301.4
肉(平 厚行 方部 向)	Max		324	302	303	301	318
	Min		292	289	278	266	280
	$\bar{x}$		309.7	296.7	281.0	283.7	298.3

*1 ; コーナーAとBの値を平均したもの

*2 ; 規格外れ

図4.11よりコーナAとBの硬さを比較すると、各社材ともにAとBに差が生じており、特にS、およびB材が内・外側付近で40(Hv)の差が生じている。

表4.5、表4.6の $\bar{x}$ より管部・パッド部の横断面硬さを比較すると、各社材ともにパッド部硬さおよびレンジともに高くなる傾向がある。また、各方向(周・肉厚方向)を比較するとS・E材が10(Hv)以下であり、殆んど値が一致し硬さが安定している。

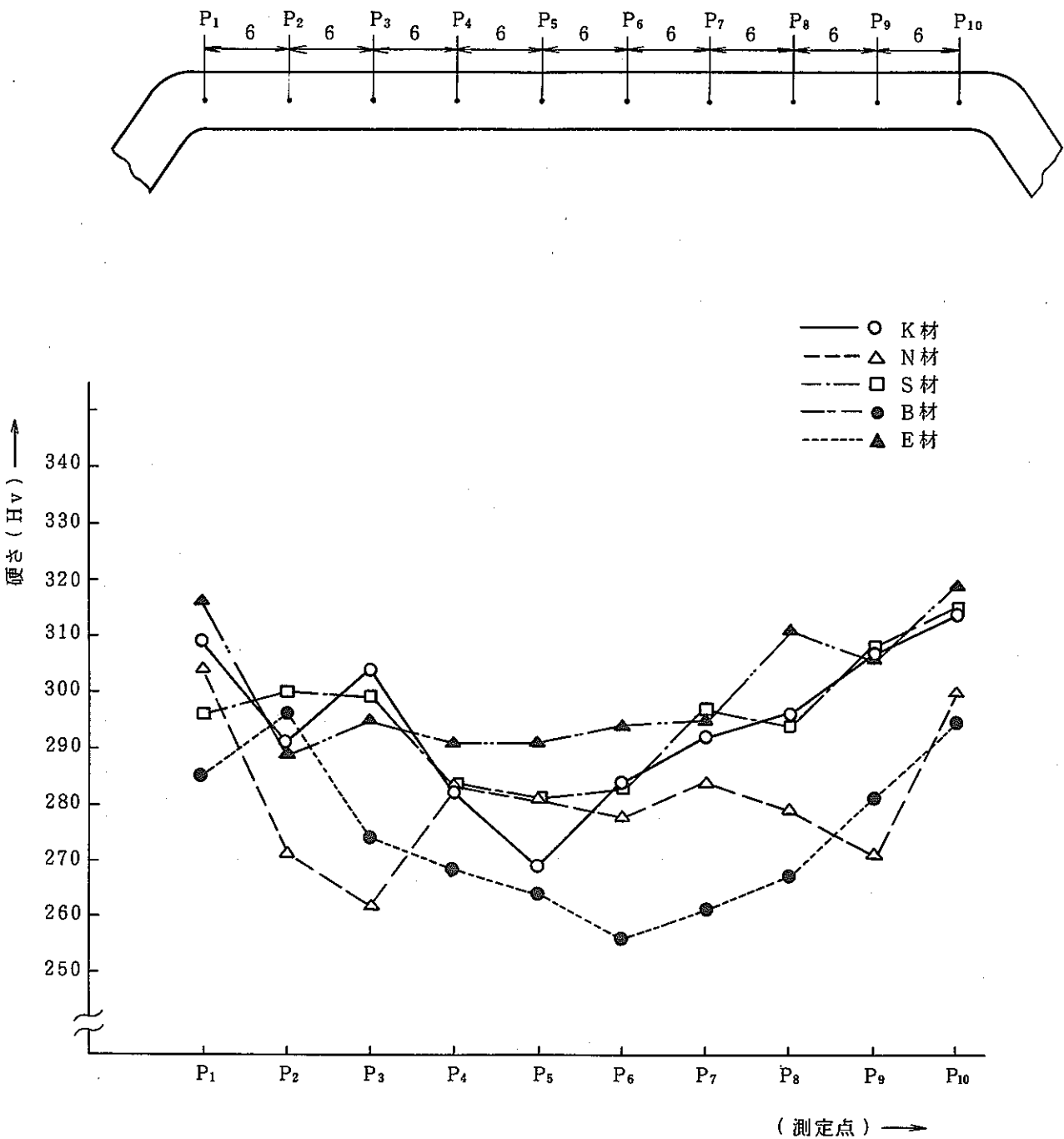


図 4.6 管部横断面（周方向）の硬さ

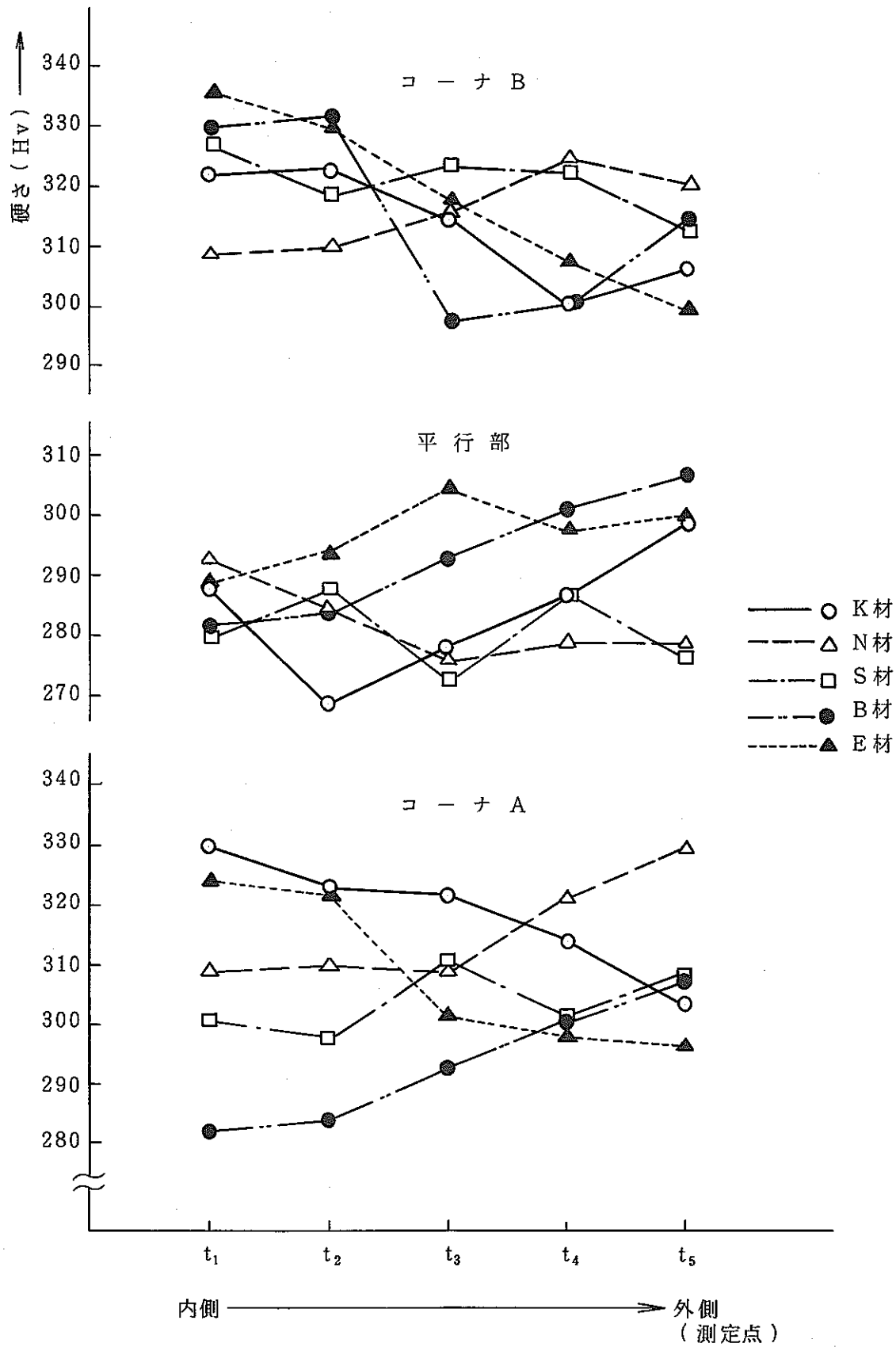


図 4.7 管部横断面 (肉厚方向) の硬さ

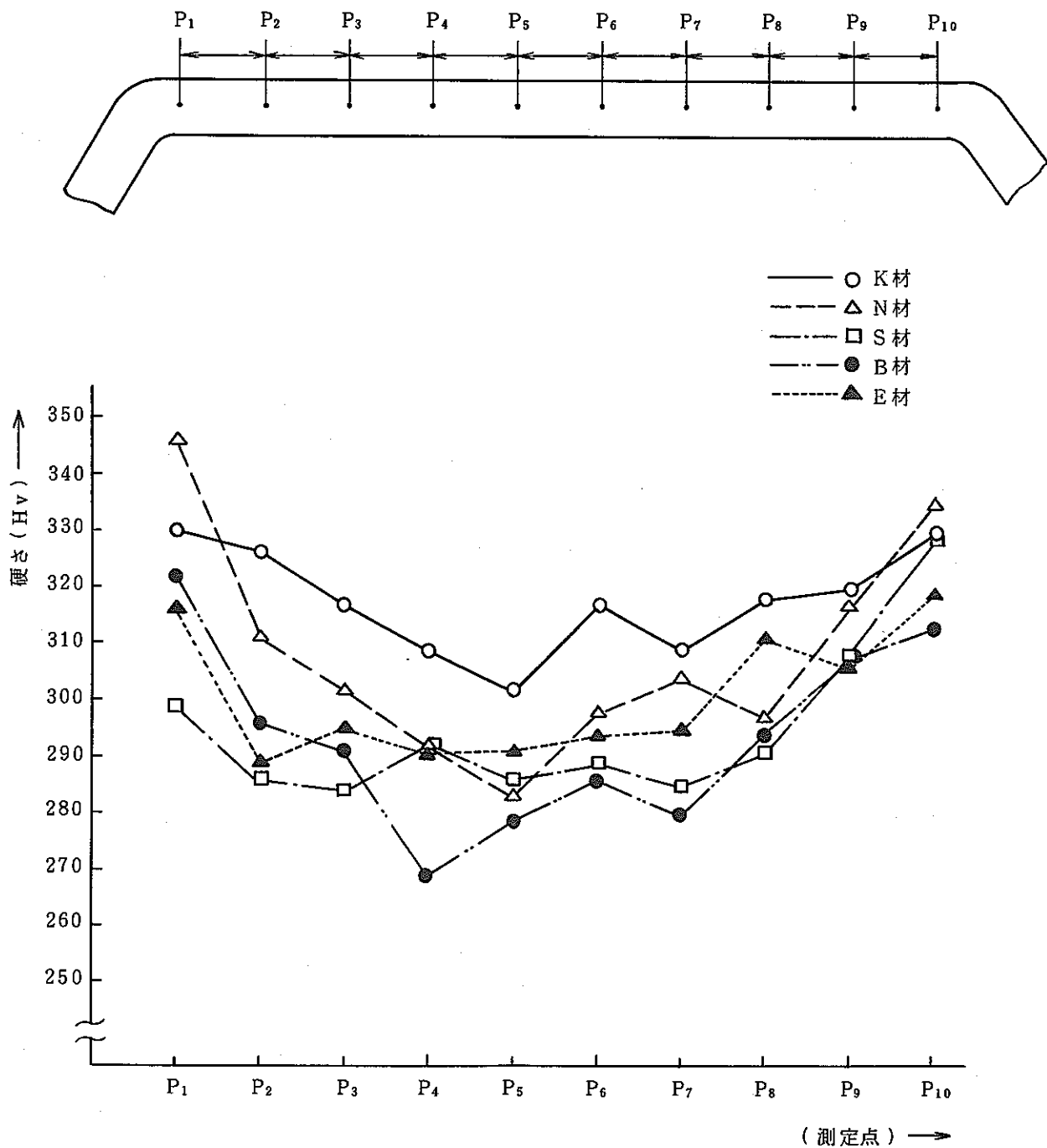


図 4.9 パッド部横断面（周方向）の硬さ

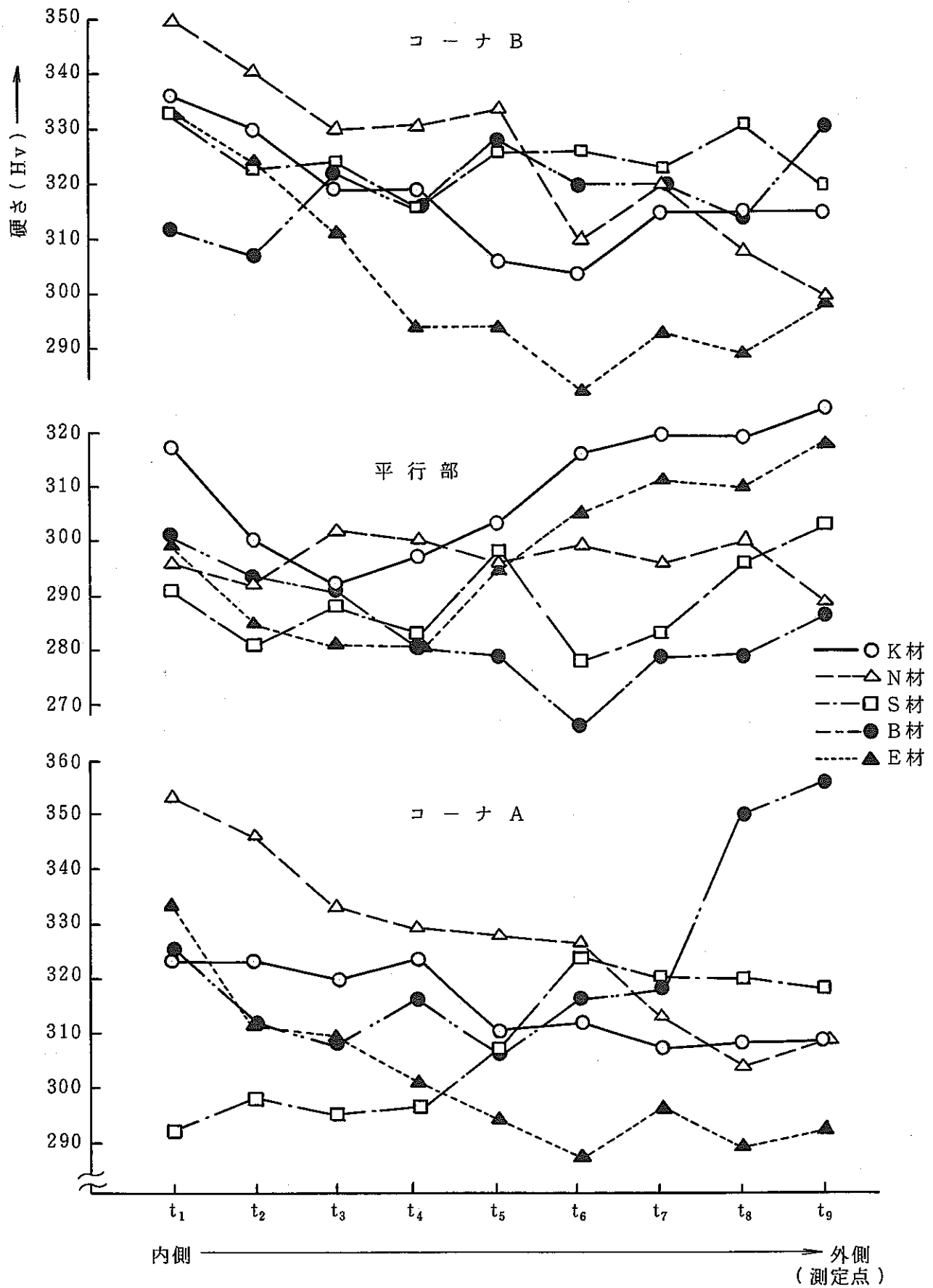


図 4.10 パッド部横断面 (肉厚方向) の硬さ

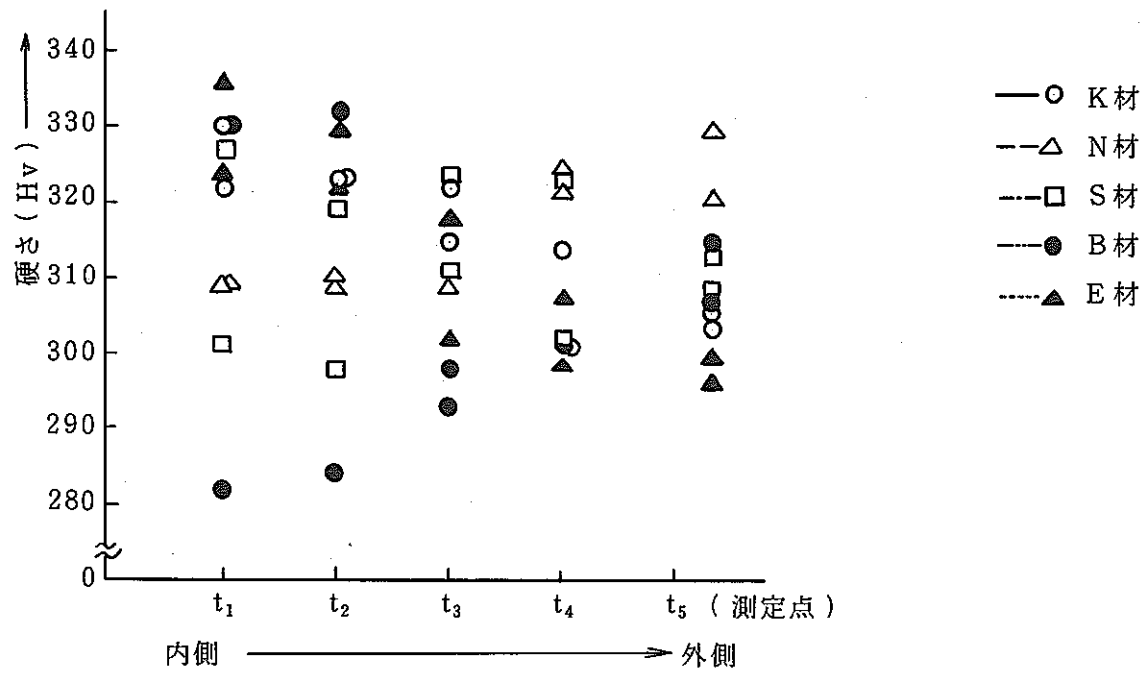


図 4.8 管部横断面コーナ A と B の硬さ

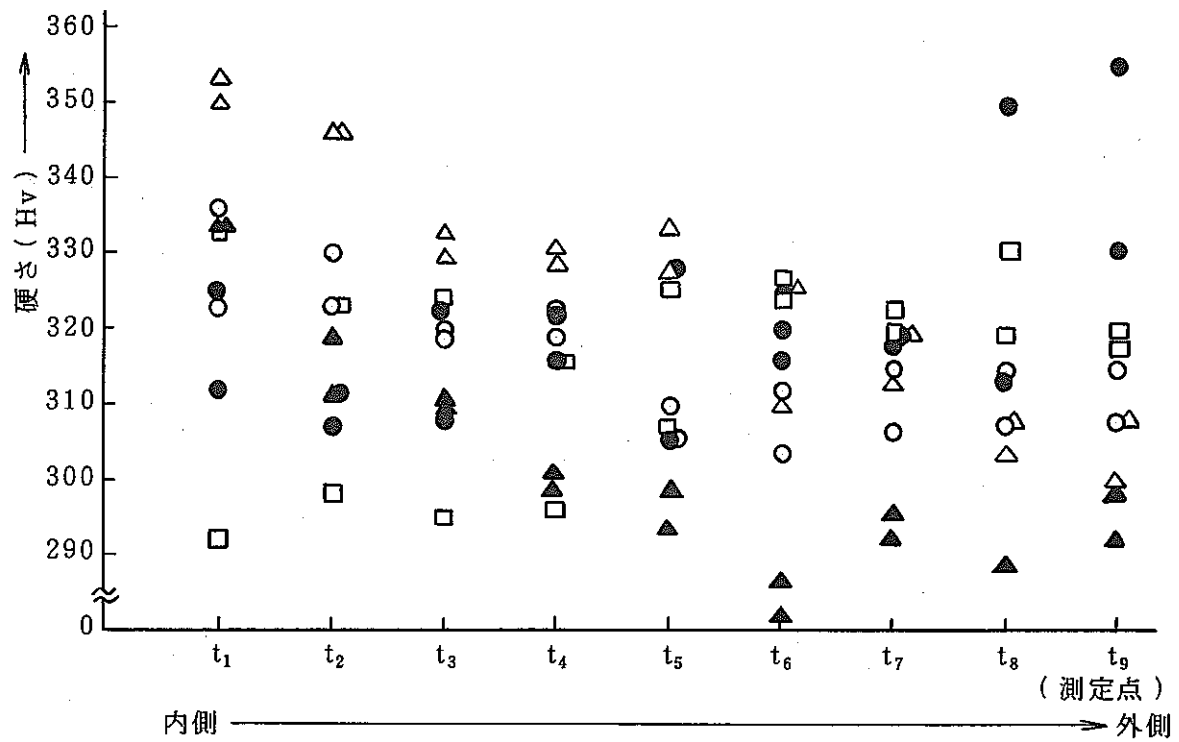


図 4.11 パッド部横断面コーナ A と B の硬さ

③ パッド部、縦断面の硬さ

パッド部、縦断面の硬さについて測定し、計算したものについて表 4.7 に示し、プロットしたものを図 4.1 2～図 4.1 7 に示す。

表 4.7 より肉厚方向の硬さは、K 材が規格に対し 6 (Hv) 外れており、また、レンジ (R) においても 3 9 (Hv) と若干高い値を示している。

表 4.7 パッド部、縦断面硬さ測定結果

(単位：Hv)

位置	製造者	K	N	S	B	E
	項目					
周 方 向	Max	336	333	322	310	301
	Min	282	269	296	249	221
	R	54	64	26	61	80
	$\bar{x}$	301.7	288.7	309.1	269.3	270.8
肉(平 厚行 方向部 向)	Max	346*	315	328	288	303
	Min	307	286	309	269	280
	R	39	29	19	19	23
	$\bar{x}$	313.9	297.1	318.2	277.3	290.1

* 規格外れ

図 4.1 2～1 7 より K・N・B および E 材は、管部からパッド部にかけてのレンジ (R) が大きく、E 材の 8 0 (Hv) を最高に N・B・K・S の順で小さくなっている。

以上のことより K・E 材の引張試験片において、C 破断してしまったことは、テーパ部付近の硬さ変化に起因しており、管部からパッド部にかけての加工度が違っているためといえる。

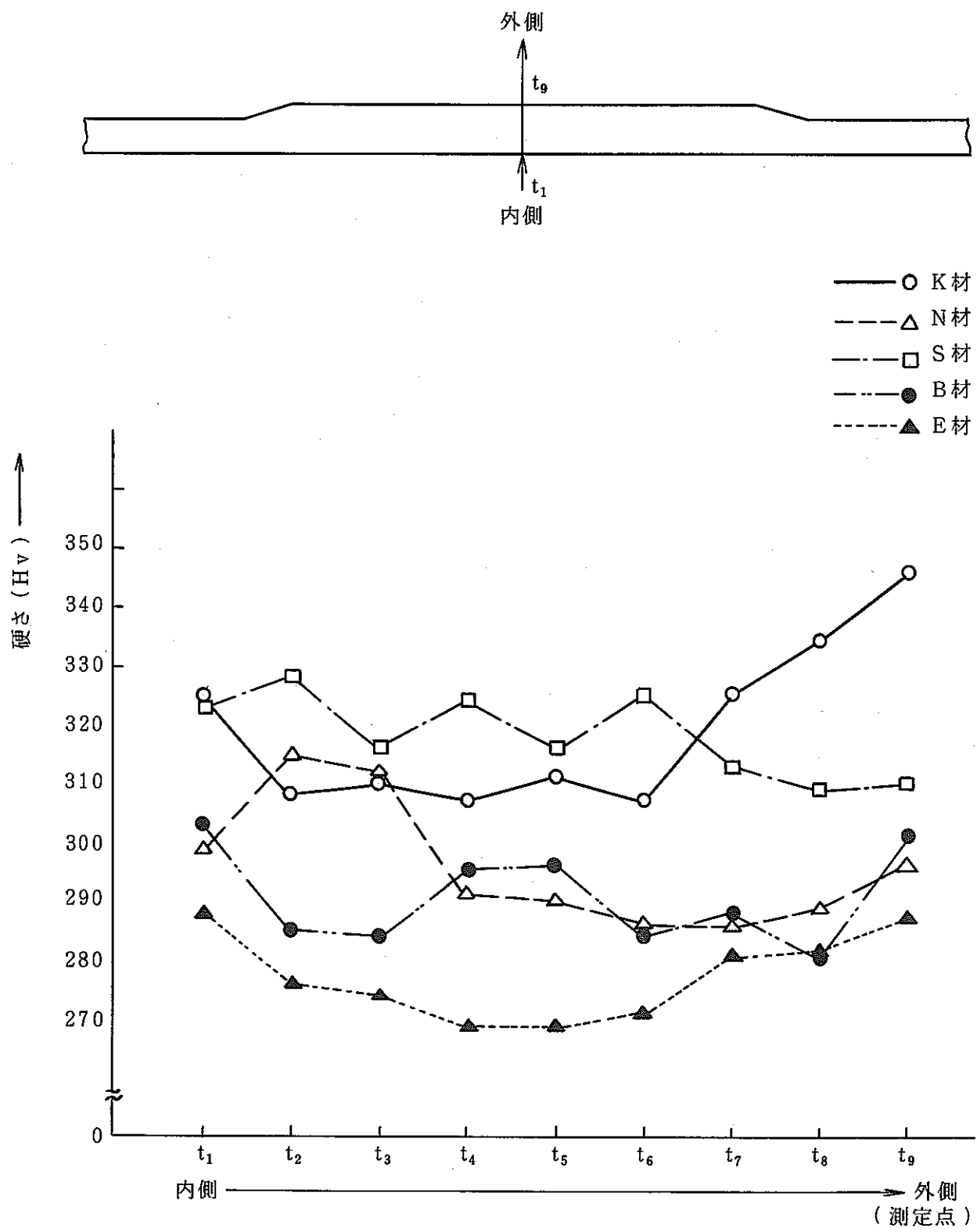


図 4.1 2 パッド部縦断面 (肉厚方向) の硬さ

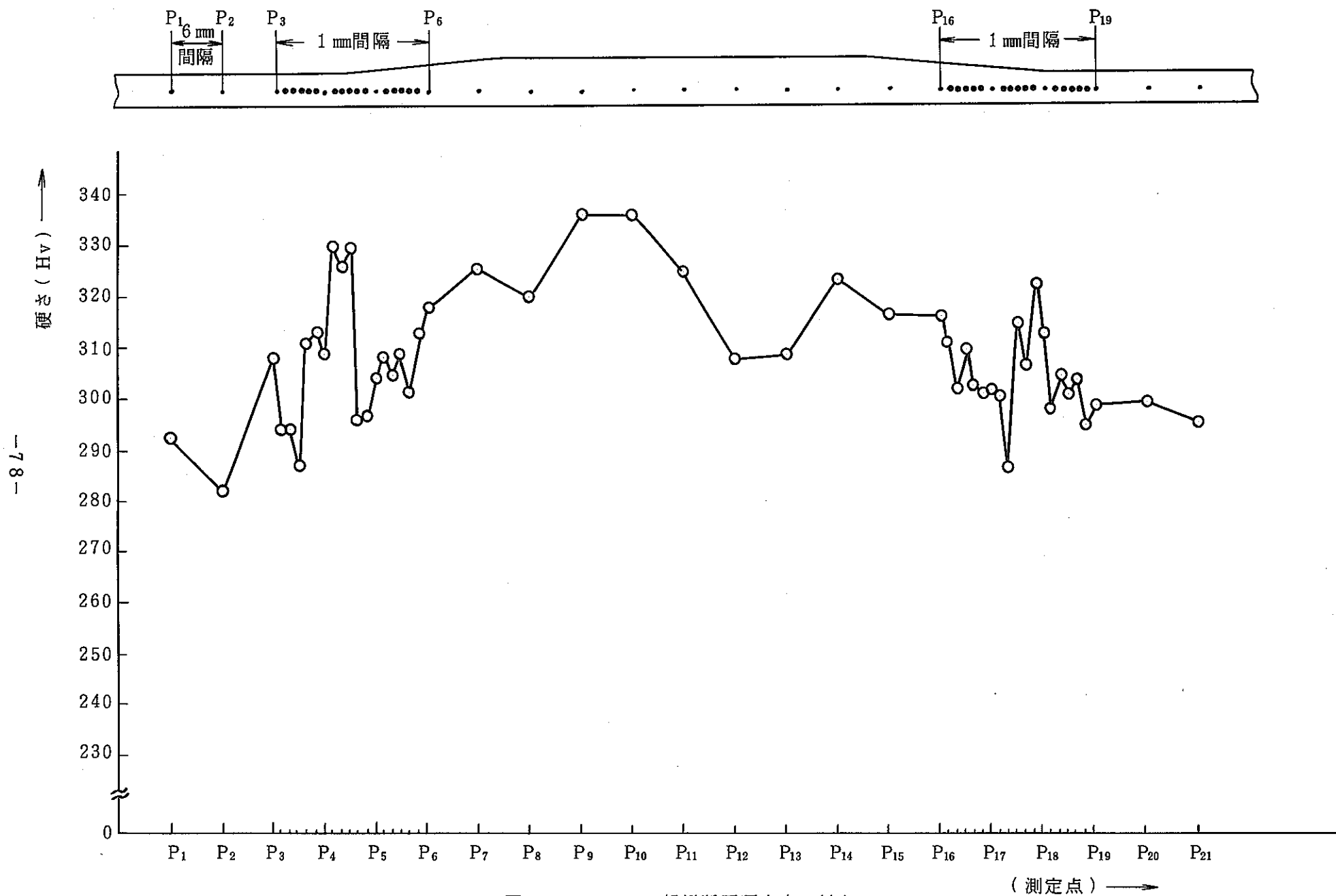


図 4.13 パッド部縦断面硬さ (K材)

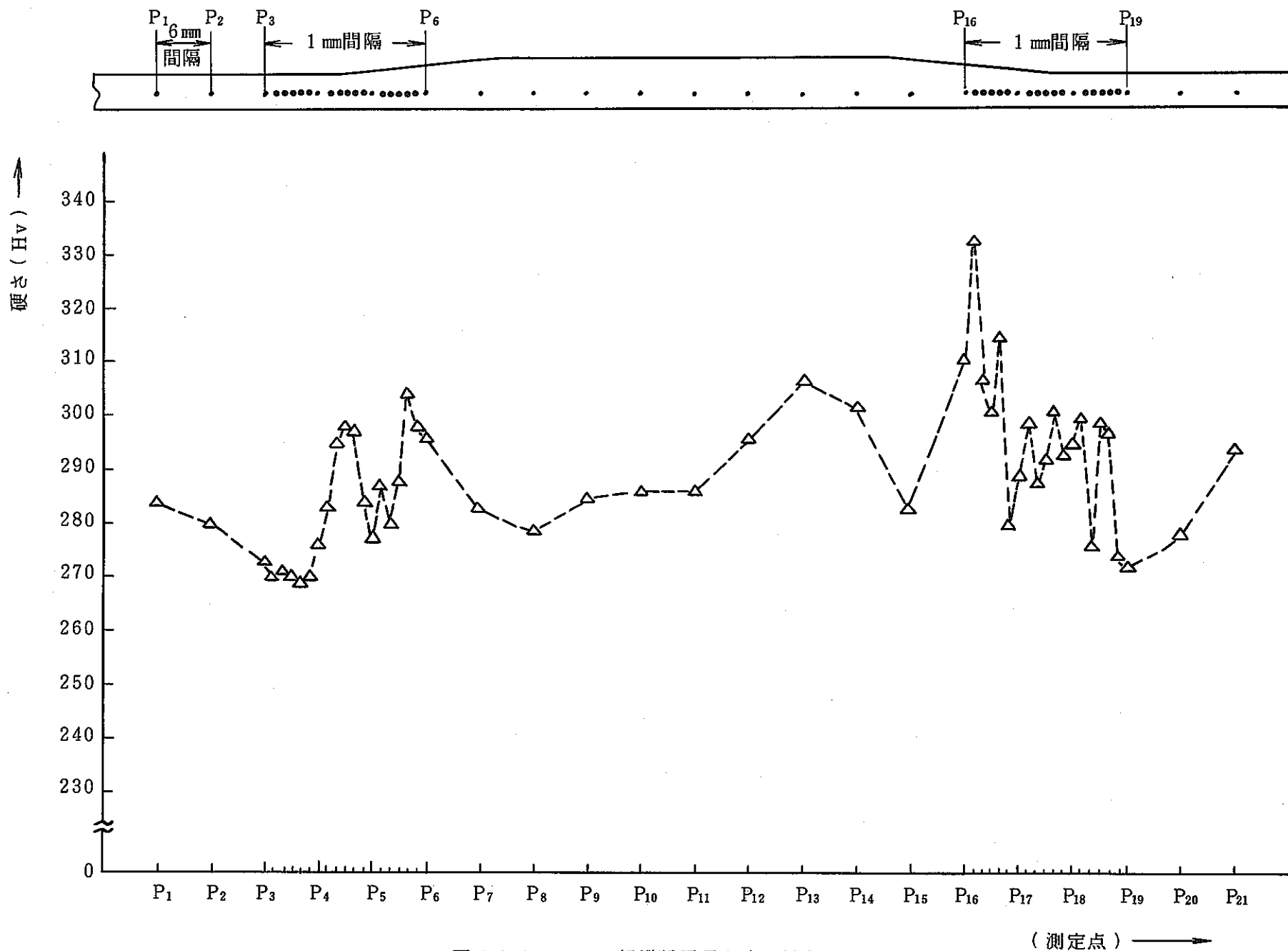


図 4.1 4 パッド部縦断面硬さ (N材)

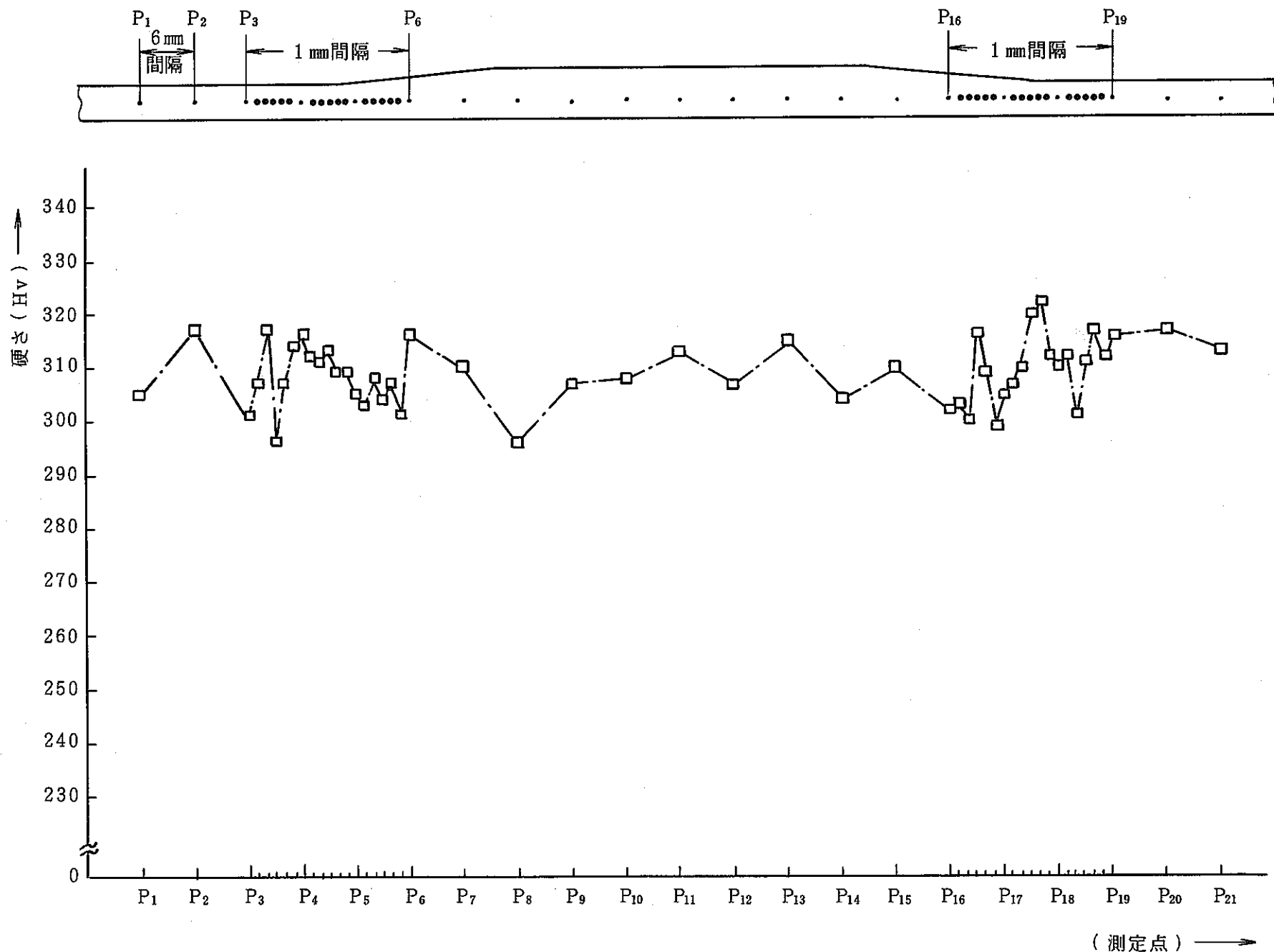


図 4.1 5 パッド部縦断面硬さ (S 材)

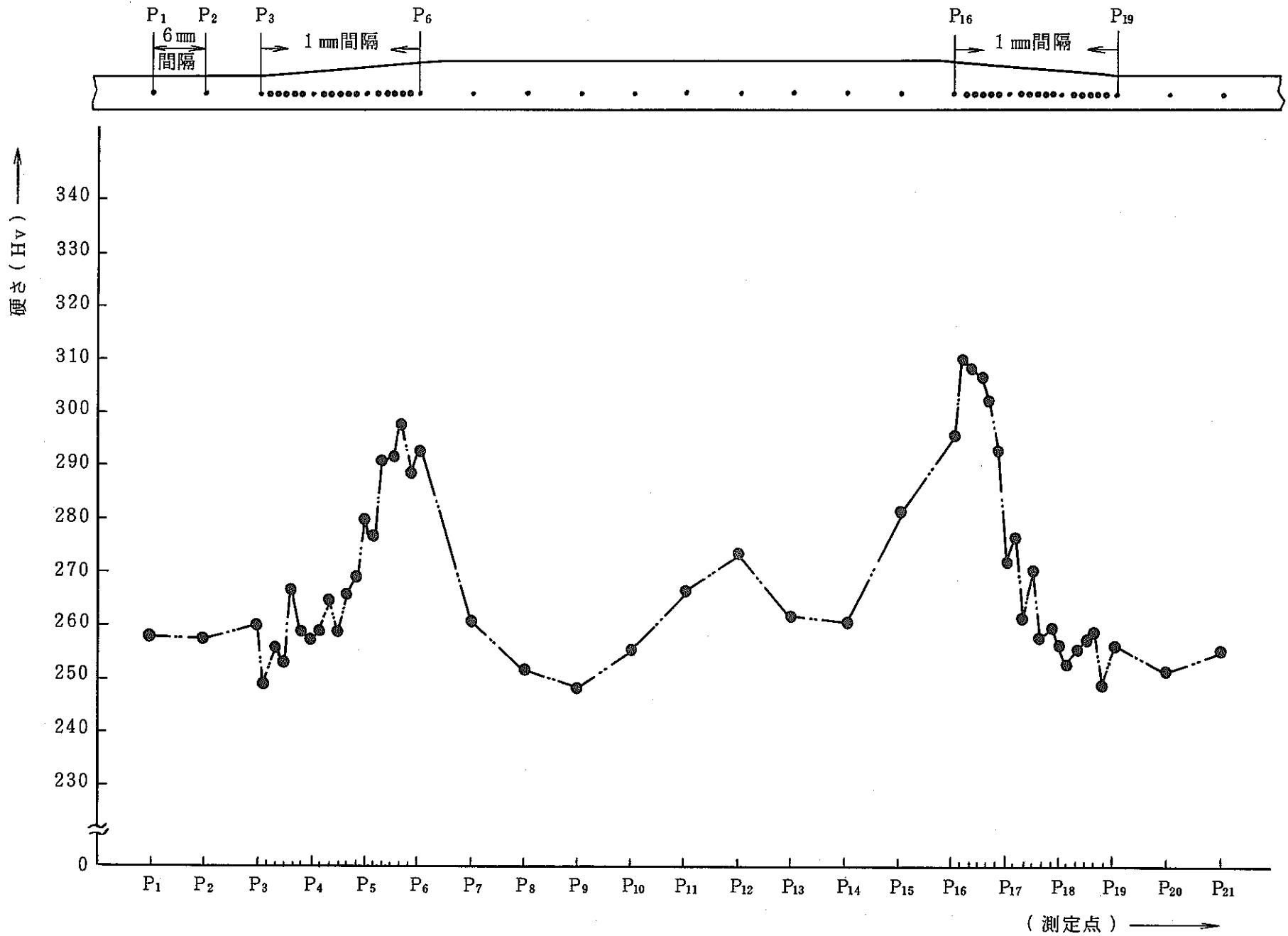


図 4.1 6 パッド部縦断面硬さ (B 材)

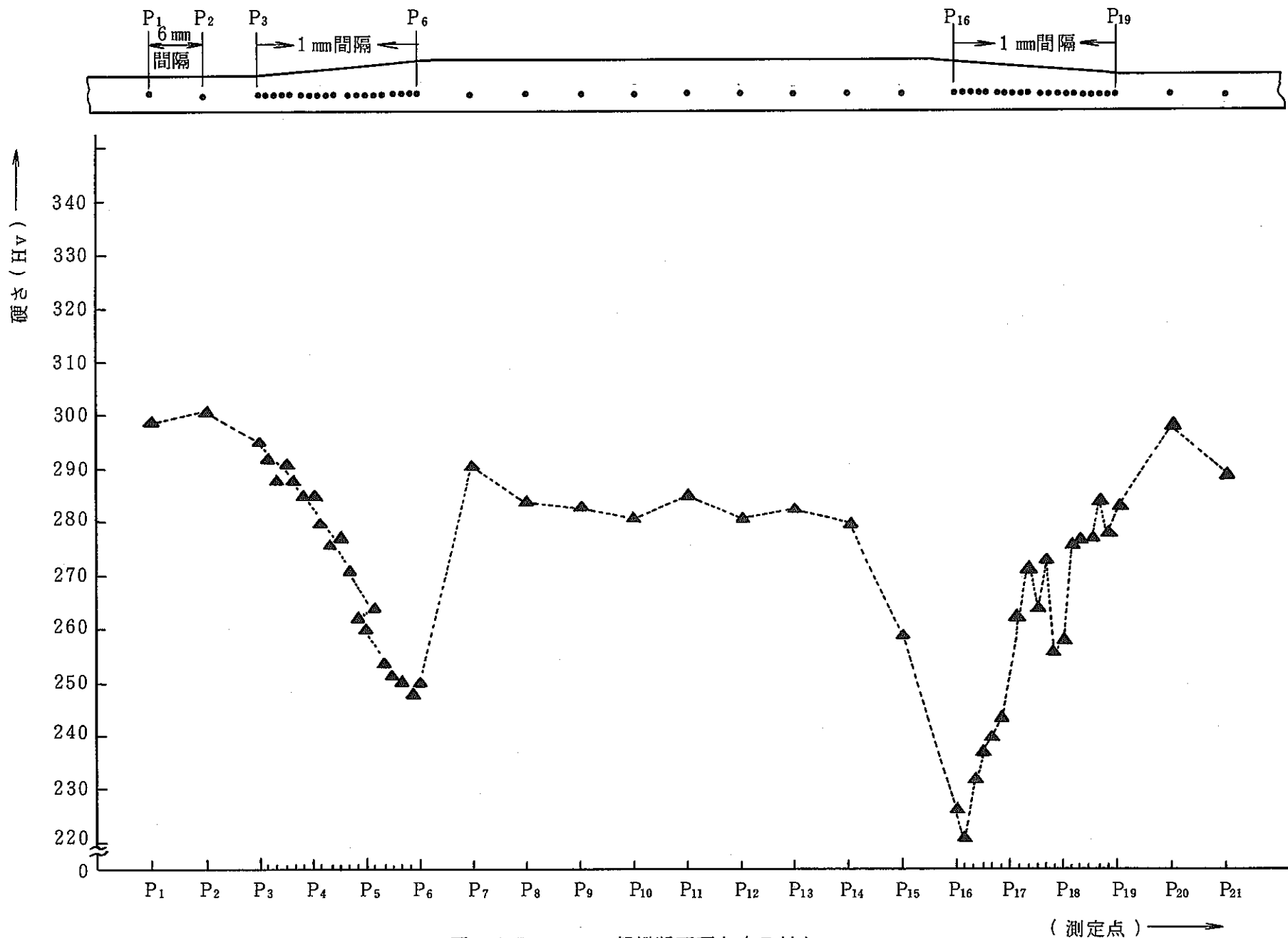


図 4.1 7 パッド部縦断面硬さ (E 材)

4.3 金相試験

4.3.1 金相試験方法

① 結晶粒度

図4.1より試験を採取し粗研磨，仕上げ研磨した後，50%硝酸で電解エッチングを行い，図4.18に示すような位置について光学顕微鏡を用いて，倍率100倍で写真撮影した。粒度番号は，ASTM-E-112. plate I「鋼のオーステナイト結晶粒度標準図」より決定した。

② 炭化物測定

結晶粒度測定と同じ位置より試験片を採取して，粗研磨，仕上げ研磨した後，10%シュウ酸で電解エッチングを行い，光学顕微鏡を用いて倍率400倍で観察撮影した。

③ 介在物測定

図4.1より試験片を採取し粗研磨，仕上げ研磨をした後，光学顕微鏡を使用して，倍率100倍で観察，撮影した。試験結果は，ASTM-E-45. plate IIIで判断した。

④ 粒界腐食試験

図4.1の管部より，試験片1枚を採取し，JIS G0575に基づいて試験を行なった。16時間沸騰試験後，溶液から，試験片を取り出し，常温，常圧，硬化樹脂に埋め込み光学顕微鏡を利用して，横断面をエッチングなしの400倍で観察撮影した。

4.3.2 金相試験結果

① 結晶粒度試験結果

測定結果を表4.8と写真1に示す。規格は，ASTM No.5～9の範囲であり，各社材ともに結晶粒度ASTM No.6.5～8.5で規格を満足していた。

B・N材の管部とパッド部を比較すると，パッド部の結晶粒度が大きくなっている（N材ではパッド部でASTM No.2小さい）。これは，中間の冷間加工時にパッド部と管部の加工度が異なり，溶体化処理時に粒度差が生じたものと思われる。

パッド部の結晶粒度が大きいかかわらずさらに硬度が高くなった。これは写真1より見られるように，「加工じわ」がパッド部に深く，多く見られることからこのような結果になった。また，管部のコーナ部と平行部比較した場合，K・N材の加工じわがコーナ部に多くみられるために，硬度で30（Hv）程高くなっている。

② 非金属介在物試験結果

非金属介在物の結果を表4.9，写真-2に示す。

各社材ともに，ASTM-E-45. plate IIIから判断した値で，1/2～1の範囲でB系Alminatype，C系Silicatetype，D系Globartype Oxders が観察されている。

③ 炭化物試験結果

写真－３に、各社材の測定結果を示した。

N材のパッド部と管部、E材の管部で若干観察されたが、粗大化した炭化物は観察されなかった。

④ 粒界腐食試験結果

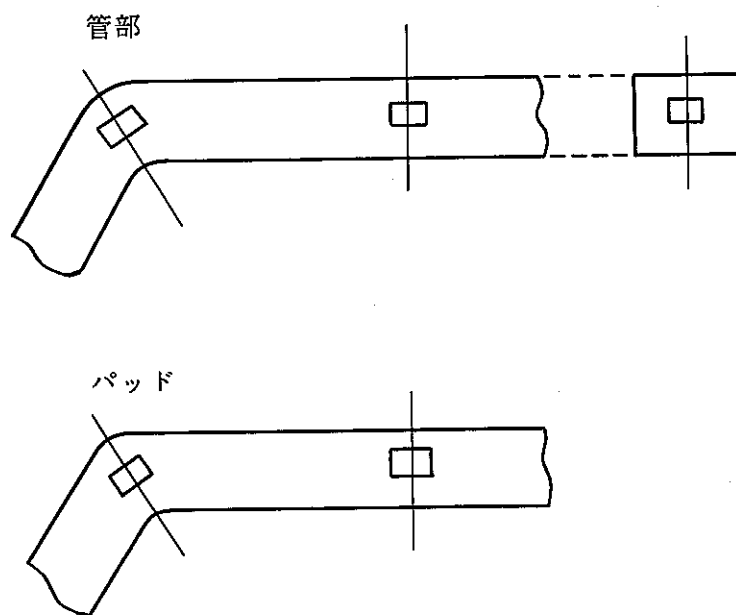
写真－４に、各社材の測定結果を示したが、写真－４より粒界腐食による割れ等は観察されなかった。

表 4.8 結晶粒度測定結果

製造者 位置		K	N	S	B	E
パッド部横断面	平行	ASTM 8	ASTM 6.5	ASTM 7.5	ASTM 7	ASTM 7
	コーナ	ASTM 8	ASTM 6.5	ASTM 7.5	ASTM 7	ASTM 7
管部横断面	平行	ASTM 8	ASTM 8.5	ASTM 7	ASTM 8	ASTM 7
	コーナ	ASTM 8	ASTM 8.5	ASTM 7.5	ASTM 8	ASTM 7
管部縦断面		ASTM 7.5	ASTM 8.5	ASTM 6.5	ASTM 8.5	ASTM 6.5

表 4.9 非金属介在物量測定結果

製造者 介在物		K	N	S	B	E
H E A V Y	A					
	B		$\frac{1}{2}$			
	C					1
	D	1				
T H I N	A					
	B			$\frac{1}{2}$	1	
	C	1		1		
	D					1



結晶粒度炭化物，介在物

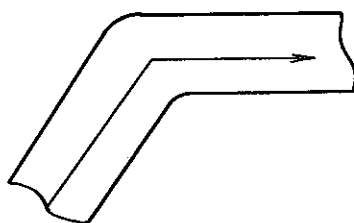
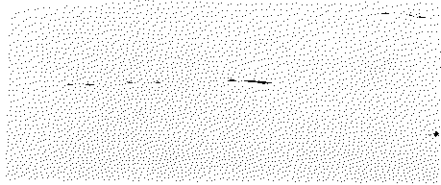
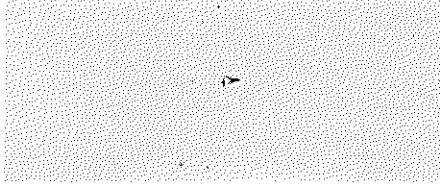
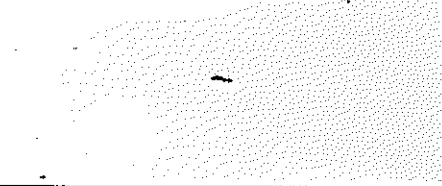
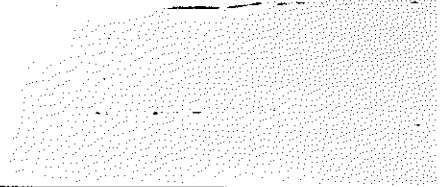
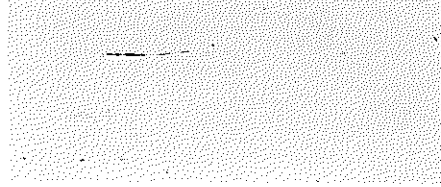
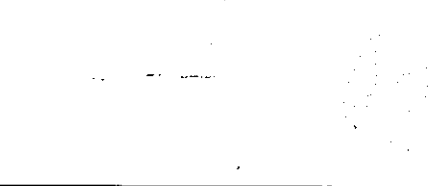
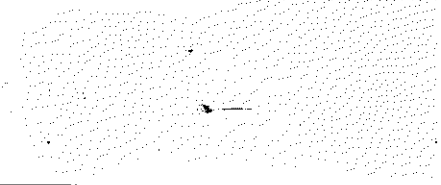
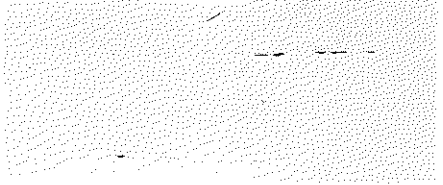


図 4.1 8 金相試験位置

この頁は PDF 化されていません。
内容の閲覧が必要な場合は、技術資料管理
担当箇所を参照して下さい。

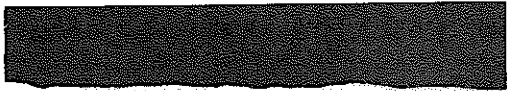
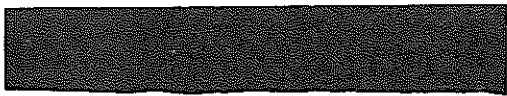
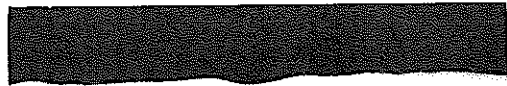
写真-2 非金属介在物試験結果

K 材		Thin C系 1 	Heavy D系 1 
N 材	Heavy B系 $\frac{1}{2}$ 		
S 材	Thin B系 $\frac{1}{2}$ 	Thin C系 1 	
B 材	Thin B系 1 		
E 材		Thin C系 1 	Heavy D系 1 

×100

この頁は PDF 化されていません。
内容の閲覧が必要な場合は、技術資料管理
担当箇所を参照して下さい。

写真-4 粒界腐食試験結果

項目 メ-カ-	粒 界 腐 食	項目 メ-カ-	粒 界 腐 食
K		B	
N		E	
S		×400	

5. ま と め

5. ま と め

5.1 非破壊検査

5.1.1 外観検査

5社ともに、外表面は研磨しており、内表面は引き抜き肌や研磨されているものが観察された。

横断面形状は、 (六角形) をしているが、B材のように  の形をしているものがあった。

B材は、パッド部及び管部に軽く研磨しており、傷取り修正跡が残っていた。また、パッド部頂部がだれているため、テーパ部との区別がつかなかった。

S材は、外内表面において、鏡面仕上げがなされているが、100～150mm間隔で凹凸が観察された。

K材は全長にわたり、周方向にしわ状の傷が見られ、表面粗さが13.00S程あった。また、外表面の研磨がきつかったために、パッド部において機械加工が施されているのか否かは、区別がつかなかった。

S材を除く他社材のパッド部前後の外表面に深さ0.1～0.2mm程の凹凸があり、一部には周方向にハチ巻状に見える。内表面でもパッド部に0.1～0.3mm程の凹凸が確認された。

5.1.2 外側対面間寸法

- ① S材はノミナル値(110.60mm)に対し、0.2mm程度大き目に製作された。
- ② パッド部では5社ともに規格を満足していたが、N材だけがノミナル値(114.60mm)に対し、0.2mm(平均)小さく製作されており目標下限値を0.1mm程下まわり満足させることができなかった。

5.1.3 肉 厚

- ① 管部では、S材がノミナル値(3.00mm)に対し0.1mm程大きく製作されており、規格の上限値で0.01mm外れる所があった。
- ② パッド部は、ノミナル値(5.00)に対しS材が0.1mm程大き目に、N・B材が0.1mm程小さ目に製作されている。5社中、N材だけが0.03mm程下限値で規格を外れた。これは、六角拡管時のパッド部等により悪影響が生じ、寸法が満たされなかったと考えられる。

5.1.4 内側対面間寸法

- ① 算出値で、規格を満たしたのはK材だけであった。但し目標値(下限値)を0.1mm程度下まわる値が見られた。但し、二軸寸法測定では、パッド部近傍で0.02mm規格下限値を下回っていた。
- ② 規格に対しS・E材が管端の下限値で0.01～0.05mm外れており、B・N材のパッド部、パッド部前後でそれぞれ0.02～0.05mm上限値で規格を外れていた。

二軸寸法測定値のデットスペースや算出値のポイント測定の関係上S・E材の算出値では

0.02mm～0.05mm大きくなり、規格を満足させた。

5.1.5 真直度およびねじれ

- ① 5社ともに規格は満足していたが、S・B材がそれぞれ1.31mm, 1.41mmの値を示し、目標値を満足できなかった。
- ② ねじれはN・E材が0.01mm～0.03mm規格を外れていた。他社材については、目標値も満足していた。

5.1.6 内側角部曲率半径および各部の長さ

- ① 内側角部曲率半径は、5社中E材だけが5.5R～6.0Rとなり、製品全数規格を外れた。
- ② その他のパッド部位置、パッド部底部すべてが規格を満足させている。

5.1.7 パッド部形状（形状検査による測定）

- ① パッド部形状は、チャートより全ての製造者が規格を満足していた。頂部の反No側が約0.2mm高くなる傾向が見られた。
- ② 頂部の長さはチャート（縦倍50横倍2）より、極端にRの部分が狭くなりノギスの値より2～4mm小さな値を示した。
- ③ 底部の長さをチャートより読みとるのが難しいものがあり、ノギスによる値よりも5mm程小さい所があった。
- ④ パッドの高さの規格（ノミナル値）は2.00mmであるが、N材は0.3mm程小さな値を示した。

5.1.8 表面粗さ検査（表面粗さ測定装置）

外表面で、引き抜いたままである管であるE材は表面粗さが15.0S, また内表面で引き抜いたままの管K材, 若干研磨されているB材はそれぞれ14.8S, 13.0Sで規格を外れている。

5.2 破壊検査

5.2.1 引張試験

K・NおよびE材のパッド部試験片の伸びが、管部に比べ極端に低くなっている（10%以上の差）。このため、N材の高温試験において、規格に対し1～2%低く外れている。

また、K・E材のパッド部常、高温試験においては、試験片のつかみ部（テーパ）付近で破断している。

B材は、パッド部、強度で1～2kg/mm²規格を外れていた。

上に示された4社（K・N・B・E）がパッド部引張試験で、規格を外れる原因としては

- ① 冷間加工度の変動による強度低下
（パッド部縦断面の硬さ分布参照）
- ② パッド部近傍の寸法変動による強度低下
（パッド部形状検査結果図3.21参照）

③ ラップ管製管法による機械的強度の低化

等が考えられる。

5.2.2 硬 さ

横断面硬さにおいて、コーナ部と平行部では各社材ともにコーナ部が高くなっている。また、肉厚方向では外・内側表面付近で高くなっており、コーナ部にバラツキが大きい。

パッド部コーナでN・B材が6～16（HV），周方向ではN・E材が2～6（HV）規格を外れていた。

縦断面硬さは、S材を除く各社材とも、パッド部から管部にかけての硬度変化が大きく、レンジも50（HV）を超えているが、S材は、10～20（HV）の範囲で変化しているだけである。

ここで、S材と他社材の製造方法が異なることが顕著になっている。また、K、E材の（パッド部）引張試験においては、パッド部近辺の加工度が不均一なため、テーパ部付近で切れたことが、硬さの上からも明らかになっている。

5.2.3 金相試験

結晶粒度は、5社ともにASTM, No.6.5～8.5で規格を満足していたがN・E材のパッド部と管部の粒度差がある（ASTM, No.2）

また、パッド部は結晶粒度が大きいにもかかわらず、硬さが高くなっている。これは「加工じわ」が管部より深く観察されているためである。その他の非金属介在物、炭化物、粒界腐食試験については有害なものは、観察されなかった。

5.3 化学分析結果

PNC側受入分析結果および製造者側報告値について表5.1に示す。表中の規格は、真空二重溶解の規格である。各社材とも規格を満足しているがS・B材は大気溶解であるため、窒素量が多くなっている。

表 5.1 化学分析結果

(単位: %)

成分および規格	製造者および 製造方法	K 〔真空二重溶解〕		N 〔真空二重溶解〕		S 〔大気溶解〕		B 〔大気溶解〕		E 〔真空溶解 真空鑄造〕	
	製造者	製造者	PNC	製造者	PNC	製造者	PNC	製造者	PNC	製造者	PNC
C	0.040~0.080 (≤ 0.08)	0.057	0.058	0.049	0.052	0.06	0.063	0.054	0.057	0.068	0.073
Si	≤ 1.00 (≤ 1.00)	0.75	0.75	0.71	0.70	0.83	0.83	0.54	0.52	0.81	0.80
Mn	≤ 2.00 (≤ 2.00)	1.70	1.65	1.70	1.72	1.77	1.80	1.08	1.11	1.69	1.71
P	≤ 0.040 (≤ 0.04)	0.025	0.028	0.022	0.023	0.024	0.022	0.025	0.024	0.025	0.022
S	≤ 0.01 (≤ 0.03)	0.005	0.006	0.005	0.004	0.001	0.001 以下	0.002	0.002	0.005	0.003
Ni	13.00~14.00 (10.00~14.00)	13.54	13.61	13.45	13.60	13.55	13.89	11.92	12.03	13.80	13.80
Cr	16.00~18.00 (16.00~18.00)	16.39	16.38	16.39	16.48	16.45	16.43	17.24	17.80	16.53	16.55
Mo	2.00~3.00 (2.00~3.00)	2.44	2.52	2.45	2.48	2.49	2.47	2.15	2.16	2.47	2.48
Co	≤ 0.10 (報告値)	0.01	0.01 以下	0.01	0.01 以下	0.24	0.33	0.33	0.44	0.02	0.011
B	≤ 0.0100 (報告値)	0.0029	0.0038	0.0025	0.0026	0.0002	0.0002	0.0005	0.0009	0.0045	0.0040
N	≤ 0.010 (報告値)	0.003	0.003	0.004	0.003	0.028	0.034	0.031	0.038	0.005	0.005
Cr	≤ 0.20 (報告値)	0.01	0.013	0.02	0.014	0.25	0.25	0.28	0.26	0.01	0.014
Ti	≤ 0.10 (報告値)	0.091	0.093	0.069	0.068	0.006	0.006	0.01	0.001 以下	0.067	0.074
V	≤ 0.20 (報告値)	0.01 以下	0.005	0.01	0.002	0.06	0.056	0.07	0.063	0.01	0.014
Nb+Ta	≤ 0.10 (報告値)	0.050	0.060	0.078	0.080	0.020	0.013	0.01	0.020以上 0.021以下	0.090	0.078
As	≤ 0.030 (報告値)	0.002	0.007	0.001	0.010	0.001	0.003	0.003	0.005	0.002	0.004
Al	≤ 0.050 (報告値)	0.021	0.021	0.010	0.016	0.012	0.018	0.003	0.005	0.006	0.012
O	報告値 (報告値)	0.0010	0.001	0.0012	0.002	0.0010	0.003	0.0114	0.006	0.0044	0.006
Zr	≤ 0.10 (報告値)	0.01 以下	0.003	0.01	0.003	0.01	0.003	0.01	0.003	0.00	0.003

()はS, B材の成分規格(大気溶解)

表 5.2 パッド付ラップ管受入検査結果まとめ〔非破壊検査〕

検 査 項 目			※ 規 格 mm	K	N	S	B	E
外 観 検 査			—	○	○	○	○	○
外側対面間寸法	管 部		1046	—	—	—	—	—
	パッド部		1146±0.5 (1146+0.5,-0.1)	◎	○	○	○	○
内 面 対面間 寸 法	ポイント 測 定	計 算 値	1046±0.40	○	×	×	×	△
	連続測定	管 部	(1046±0.25)	△	○	○	×	○
		パット部		△	×	○	×	○
肉 厚	管 部		300±0.25 (300±0.20)	○	○	△	○	○
	パッド部		500±0.40 (500+0.25)	○	△	○	○	○
真 直 度 〔最大値〕			≤150 (≤100)	◎	◎	○	○	○
ね じ れ 〔最大値〕			≤0.70 (≤0.50)	◎	△	◎	◎	△
内 側 角 部 曲 率 半 径			4.5±0.5R	○	○	○	○	×
パ ッ ド 部 位 置			1695±5	○	○	○	○	○
パ ッ ド 部 長 〔最大値〕	頂 部		40±3	○	○	○	○	○
	底 部		80+10, -5 (80±5)	○	○	○	○	○
表 面 粗 さ 〔最大値〕	外 面		≤12.5S	○	○	○	○	×
	内 面			×	○	○	×	○
全 長			+10 3020-0	○	○	○	○	○
端面仕上げ・パッド部形状			—	○	○	○	○	○

△：規格外れではあるが測定誤差内のもの〔3/100mm〕

○：規格を満足しているもの

※：()内は目標値

◎：目標値を満足しているもの

×：規格外れのもの

表 5.3 パッド付ラップ管受入検査結果まとめ〔非破壊検査〕

検 査 項 目			規 格※mm	K	N	S	B	E
外 観 検 査				○	○	○	○	○
外側対面間寸法		管 部	110.6	110.45 ~110.93	110.34 ~110.89	110.43 ~111.22	110.42 ~110.98	110.23 ~110.89
		パッド部	114.6±0.5 (114.6+0.5,-0.1)	114.57 ~114.92	114.13 ~114.62	114.40 ~114.83	114.45 ~115.02	114.42 ~114.82
内 側 対面間 寸 法	ポイント 測 定	計 算 値	104.6±0.40 (104.6±0.25)	104.25 ~104.82	104.18 ~ 105.09	104.15 ~104.92	104.27 ~ 105.47	104.19 ~104.86
	連続測定	管 部		104.18 ~104.85	104.22 ~104.98	104.20 ~104.85	104.23 ~ 105.22	104.25 ~104.93
		パッド部		104.18 ~104.88	104.03 ~ 105.07	104.24 ~104.72	103.98 ~ 105.22	104.32 ~104.93
肉 厚		管 部	3.00±0.25 (3.00±0.20)	2.90~3.21	2.75~3.13	2.81~ 3.26	2.77~3.23	2.84~3.21
		パッド部	5.00+0.40 (5.00+0.25)	4.88~5.17	4.57~5.21	4.96~5.23	4.61~5.21	4.91~5.21
真 直 度 〔最大値〕			≤1.50 (≤1.00)	~0.80	~0.72	~1.31	~1.41	~0.83
ね じ れ 〔最大値〕			≤0.70 (≤0.50)	~0.18	~ 0.71	~0.37	~0.18	~ 0.73
内 側 角 部 曲 率 半 径			45±0.5R	45~5.0	4.5	4.0 ~4.5	45~5.0	5.5 ~ 6.0
パ ッ ド 部 位 置			1695±5	1695 ~1697	1690 ~1695.5	1692.5 ~1697	1694 ~1700	1694 ~1698
パ ッ ド 部 長 〔最大値〕		頂 部	40±3	41.05 ~43.00	37.40 ~42.65	39.40 ~42.20	39.10 ~42.80	38.95 ~41.80
		底 部	80+10, -5 (80±5)	82.20 ~85.55	75.95 ~84.80	78.55 ~83.45	78.50 ~82.80	79.75 ~81.10
表 面 粗 さ 〔最大値〕		外 面	≤12.5S	2.3	5.7	3.5	7.5	15.0
		内 面		14.8	5.0	3.1	13.0	12.4
全 長			+10 3020 - 0	3025 ~3026	3026 ~3027	3025 ~3028	3026 ~3027	3024 ~3026
端面仕上げ・パッド部形状				○	○	○	○	○

○：規格を満足しているもの ：規格を外れているもの

※：()内は目標値

表 5.4 パッド付ラップ管受入検査まとめ〔破壊検査〕56年度

検 査 項 目				K	N	S	B	E	
引 張 試 験	R ・ T	管 部	UTS, 0.2%Y. S, E		○	○	○	○	○
		パッド部	U・T・S		○※	○	○	×	※
			0.2%Y・S		○※	○	○	×	※
			Elongation		○※	○	○	○	※
	H ・ T	管 部	UTS, 0.2%Y. S, E		○※	○	○	○	○
		パッド部	U・T・S		○※	○	○	○	※
			0.2%Y・S		○※	○	○	○	※
			Elongation		○※	×	○	○	※
硬 さ	横 断 面	管 部	周方向板厚方向		○	○	○	○	○
		パッド部	板厚方向	辺	○	○	○	○	○
				コーナ	○	×	○	×	○
			周 方 向		○	×	○	○	×
	縦 断 面	管 部	板 厚 方 向		×	○	○	○	○
		お よ び パッド部	長 さ 方 向		○	○	○	○	○
	結 晶 粒 度					○	○	○	○
炭 化 物					○	○	○	○	○
非 金 属 介 在 物					○	○	○	○	○
粒 界 腐 食					○	○	○	○	○

○：規格を満足しているもの

×：規格外れのもの

※：C破断であったのでデータ採取は行わなかった。

表 5.5 パッド付ラップ管受入検査まとめ〔破壊検査〕56年度

検 査 項 目				K	N	S	B	E
引 張 試 験	R ・ T	管 部	U・T・S	794,798	774,78.1	745,75.9	726,73.0	79.1,79.0
			0.2%Y・S	746,74.9	704,70.8	653,65.8	608,60.8	68.2,66.9
			E	25, 25	28, 28	28, 31	39, 38	26, 26
		パッド部	U・T・S	824, ※	734,74.6	738,74.9	680,68.9	※, ※
			0.2%Y・S	72.0 ※	66.7,68.0	62.6,64.2	57.9,60.3	※, ※
			E	11, ※	11, 14	24, 27	27, 32	※, ※
	H ・ T	管 部	U・T・S	550, ※	512,51.9	463,46.4	434,43.3	524,52.5
			0.2%Y・S	480, ※	45.1,45.7	374,40.1	365,37.2	44.5,43.9
			E	16, ※	17, 18	20, 24	30, 25	22, 21
		パッド部	U・T・S	57.3, ※	49.9,52.2	45.5,45.8	40.6,41.1	※, ※
			0.2%Y・S	49.6, ※	44.7,36.5	36.8,38.7	35.0,35.8	※, ※
			E	8, ※	5 6	15, 15	15, 14	※, ※
硬 さ	横 断 面	管 部	辺	269 314	262 304	273 315	256 296	289 319
			コーナ	301 330	309 330	298 328	282 330	297 336
		パッド部	辺	292 330	283 346	278 329	266 322	280 342
			コーナ	304 336	300 353	292 333	206 356	282 333
	縦 断 面				282 346	269 333	266 328	249 310
結 晶 粒 度	横 断 面	管 部	辺	8.0	8.5	7.0	8.0	7.0
			コーナ	8.0	8.5	7.5	8.0	7.0
		パッド部	辺	8.0	6.5	7.5	7.0	7.0
			コーナ	8.0	6.5	7.5	7.0	7.0
	縦 断 面				7.5	8.5	6.5	8.5
炭 化 物				○	○	○	○	○
非 金 属 介 在 物				○	○	○	○	○
粒 界 腐 食				○	○	○	○	○
化 学 成 分				○	○	○	○	○
加 工 度			管 部	18	18.7	21	17	21
			パッド部	22	16.7	21	16	21
溶 解				真空二重 溶解	真空二重 溶解	大気溶解	大気溶解	真空溶解 真空鑄造

※：C破断であったのでデータ採取は行わなかった。

○：合否判定で合格

 ：規格外れのもの

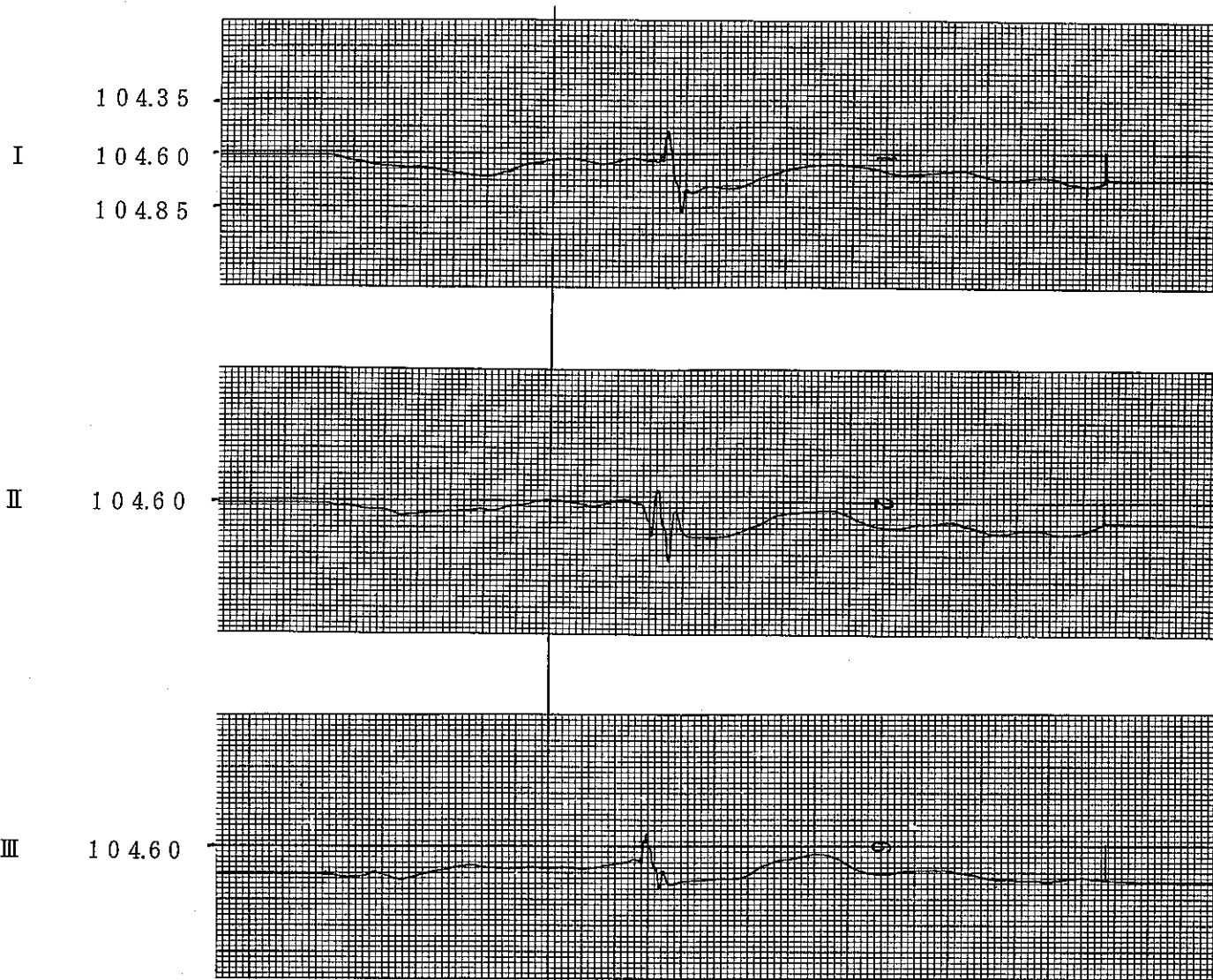
附錄 1. P N C 側連續測定結果

内側対面間寸法検査結果〔連続測定結果〕

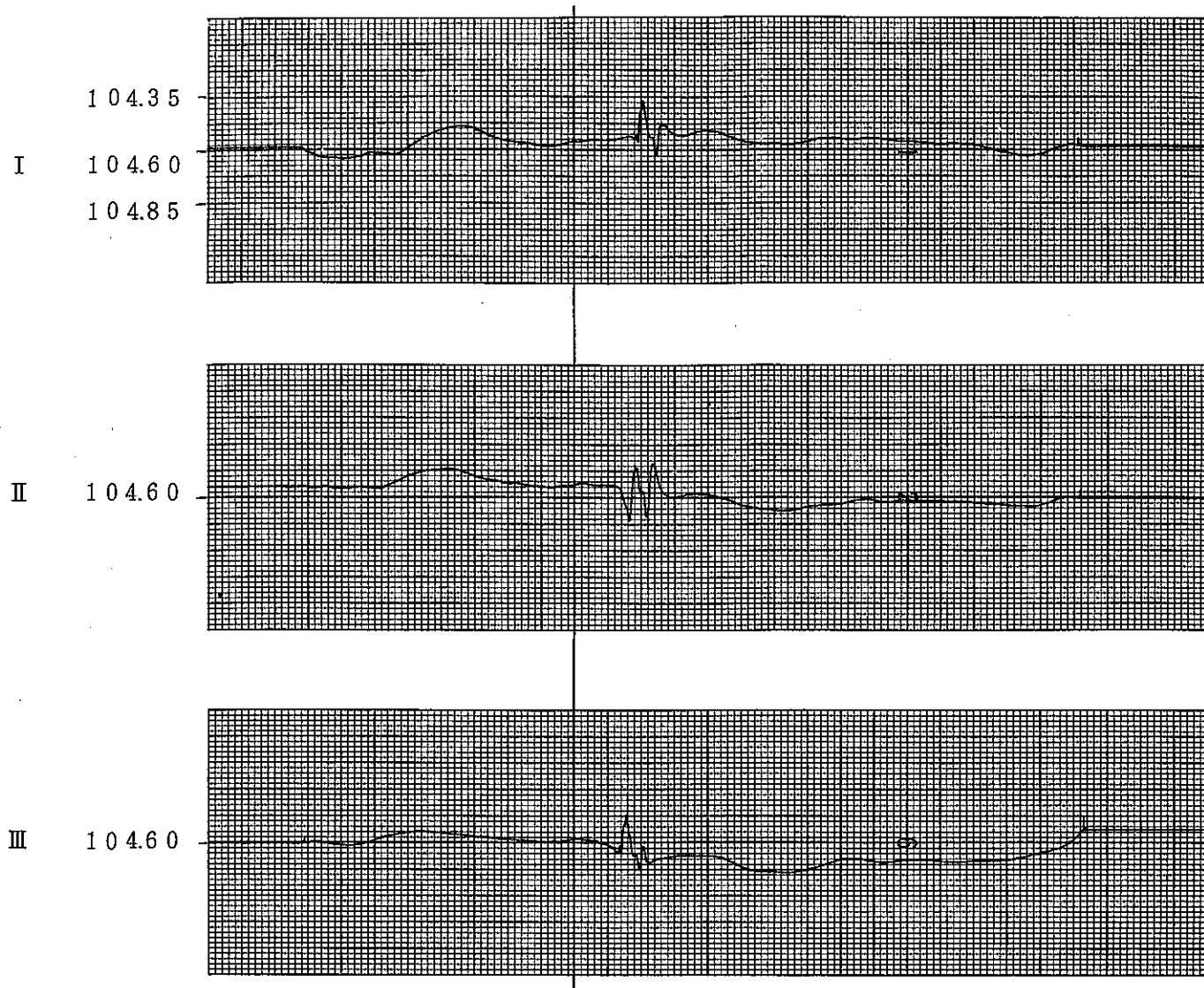
〔単位：mm〕

項目 管位 No 置		管 部						パ ッ ド 部					
		A - D 面		B - E 面		C - F 面		A - D 面		B - E 面		C - F 面	
		最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値
K5601	I	104.78	104.61	104.64	104.48	104.62	104.48	104.87	104.49	104.62	104.37	104.64	104.45
	II	104.77	104.59	104.66	104.44	104.65	104.28	104.88	104.55	104.70	104.47	104.73	104.28
	III	104.78	104.64	104.74	104.55	104.72	104.45	104.80	104.54	104.72	104.47	104.68	104.45
K5602	I	104.83	104.67	104.62	104.39	104.79	104.51	104.76	104.59	104.62	104.39	104.80	104.48
	II	104.78	104.52	104.65	104.18	104.75	104.57	104.80	104.52	104.65	104.18	104.81	104.51
	III	104.75	104.61	104.69	104.43	104.82	104.60	104.76	104.57	104.63	104.43	104.83	104.52
K5603	I	104.81	104.61	104.60	104.47	104.67	104.46	104.86	104.46	104.62	104.36	104.74	104.52
	II	104.78	104.59	104.61	104.38	104.67	104.28	104.86	104.51	104.67	104.38	104.73	104.28
	III	104.85	104.62	104.73	104.53	104.68	104.48	104.83	104.49	104.73	104.41	104.75	104.48
K5604	I	104.72	104.54	104.70	104.43	104.73	104.53	104.73	104.47	104.64	104.43	104.79	104.43
	II	104.75	104.50	104.68	104.23	104.73	104.57	104.78	104.50	104.70	104.23	104.84	104.50
	III	104.72	104.58	104.57	104.43	104.75	104.60	104.75	104.48	104.63	104.40	104.80	104.48
K5605	I	104.66	104.47	104.68	104.44	104.79	104.63	104.68	104.47	104.72	104.39	104.79	104.52
	II	104.73	104.34	104.72	104.54	104.75	104.45	104.75	104.45	104.78	104.44	104.79	104.50
	III	104.61	104.48	104.70	104.58	104.67	104.55	104.70	104.42	104.78	104.43	104.73	104.56

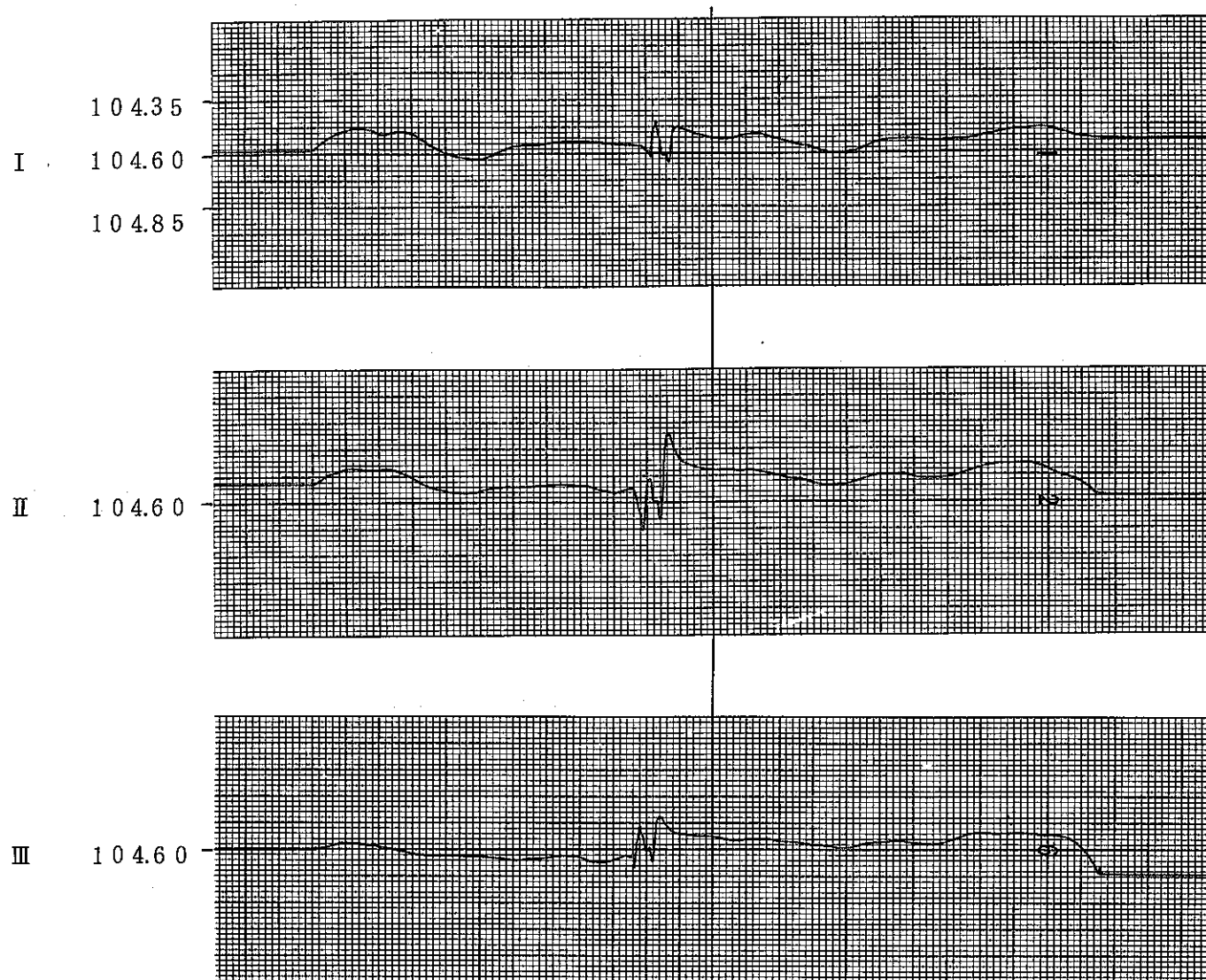
K 5 6 0 1 A—D面



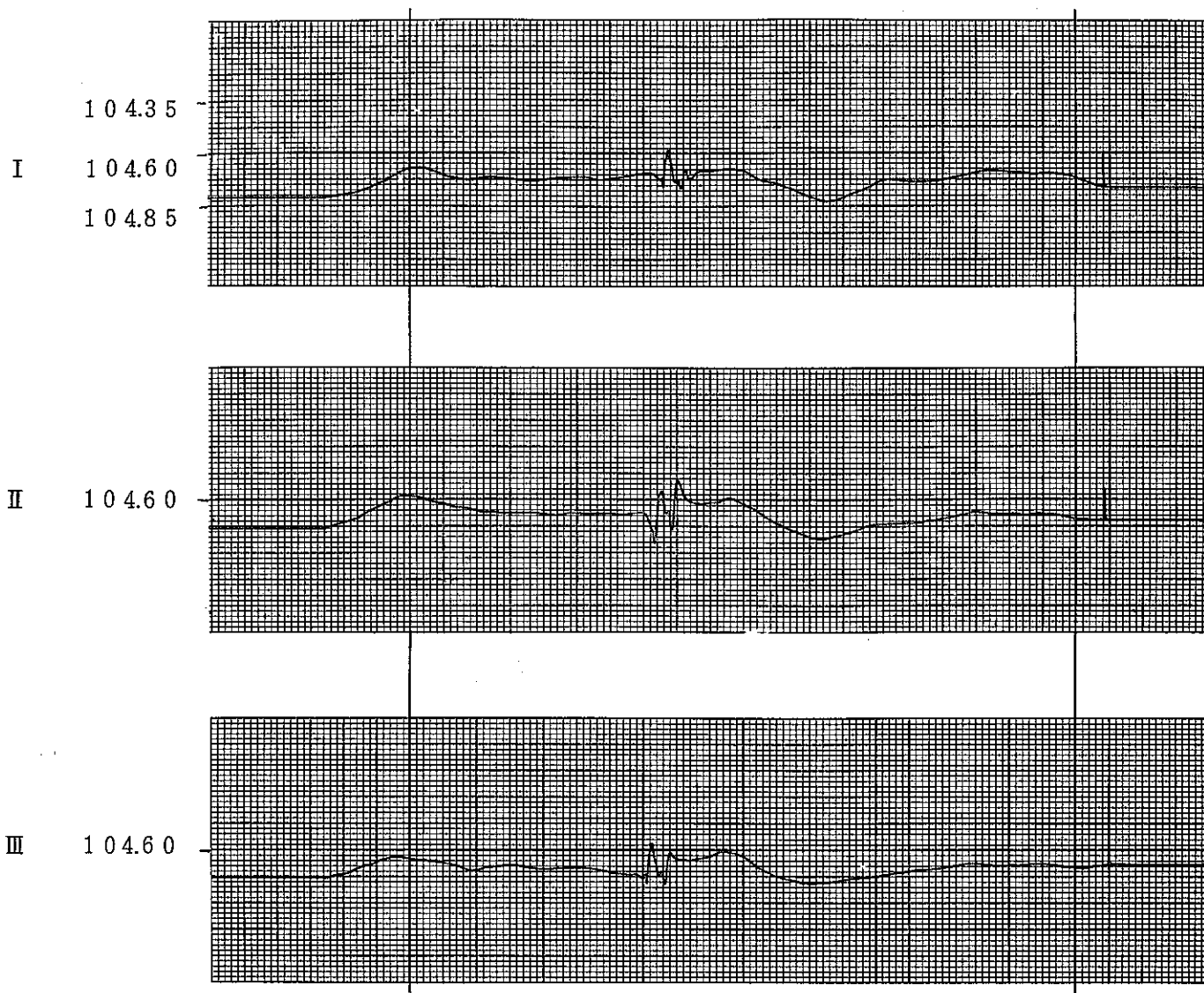
K 5 6 0 1 B-E面



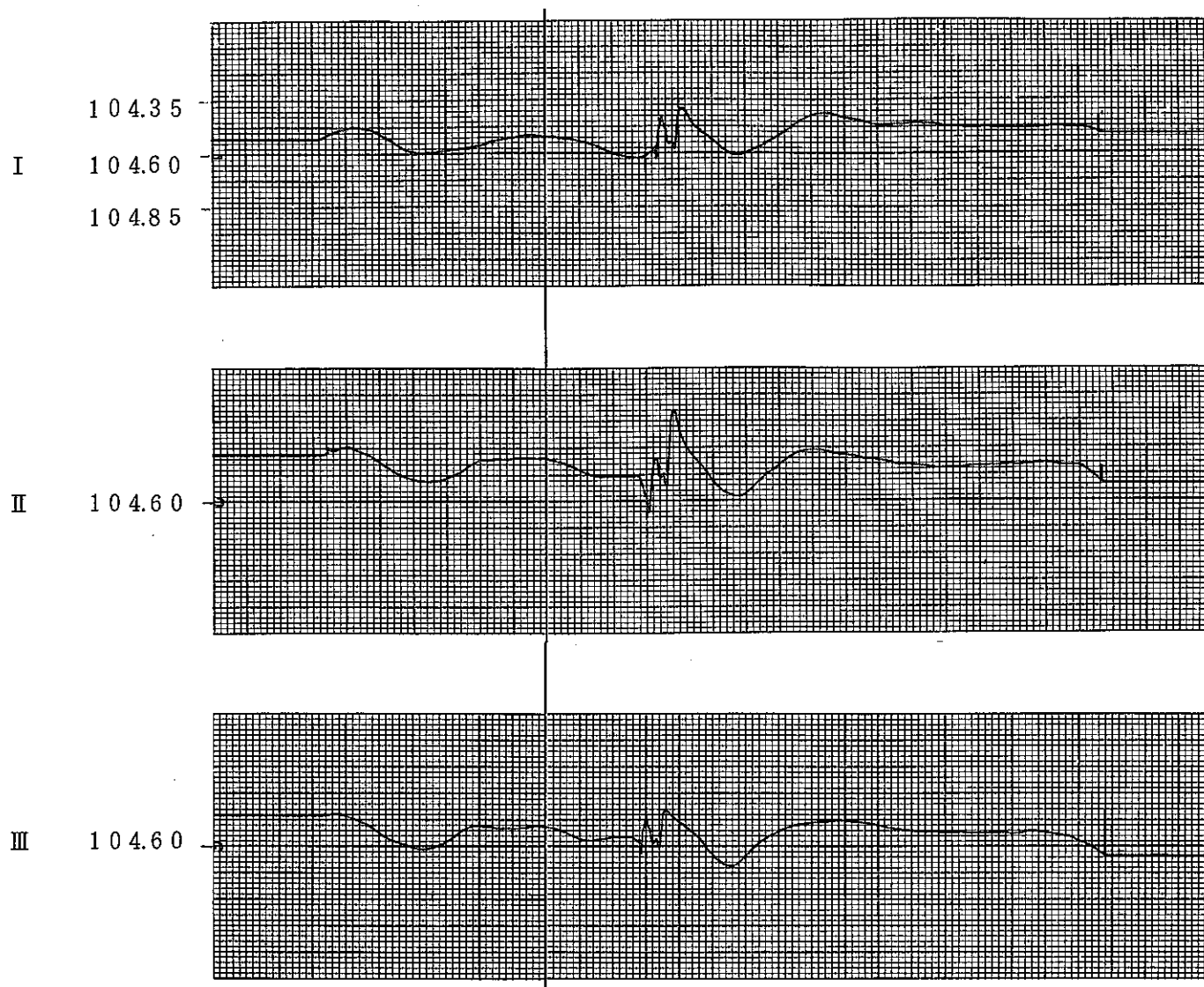
K5601 C-F面



K5602 A-D面

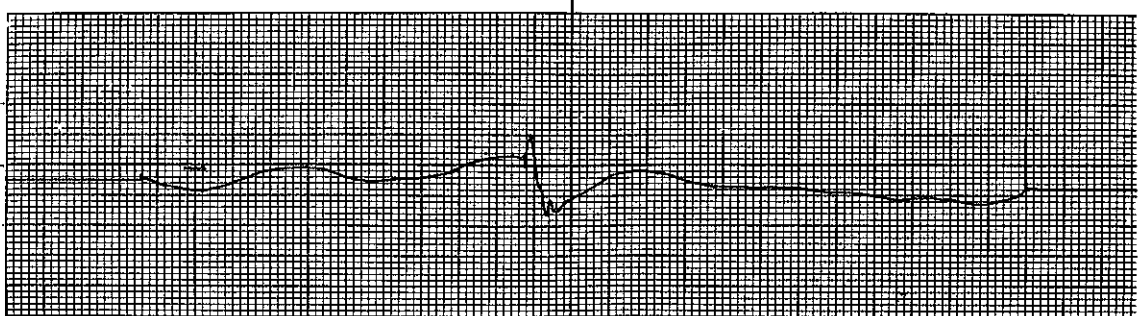


K5602 B-E面

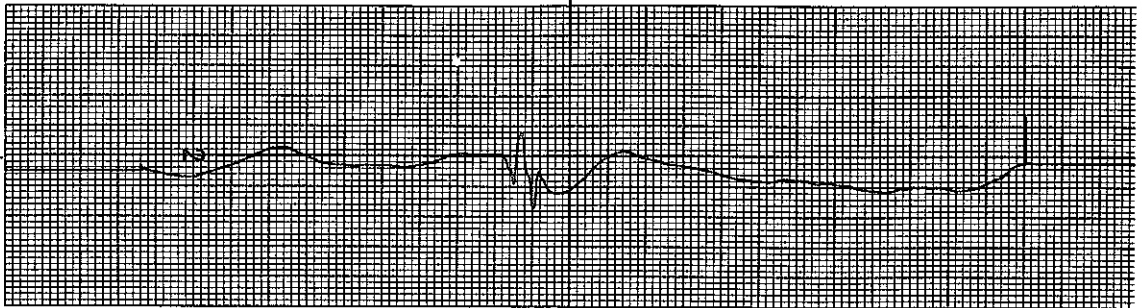


K 5 6 0 2 C—F面

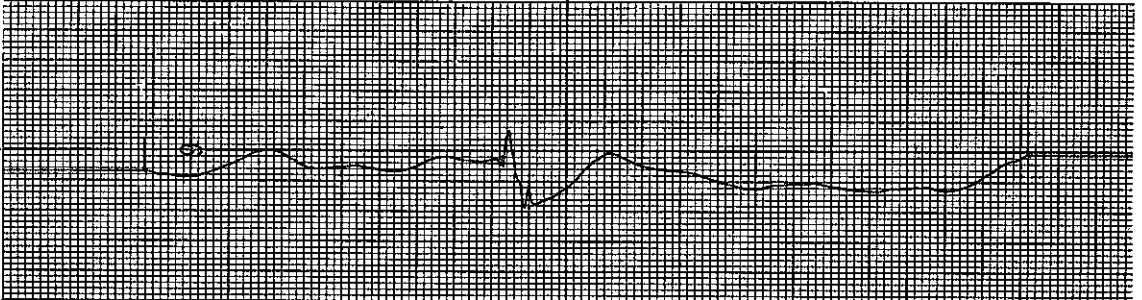
I 104.35
104.60
104.85



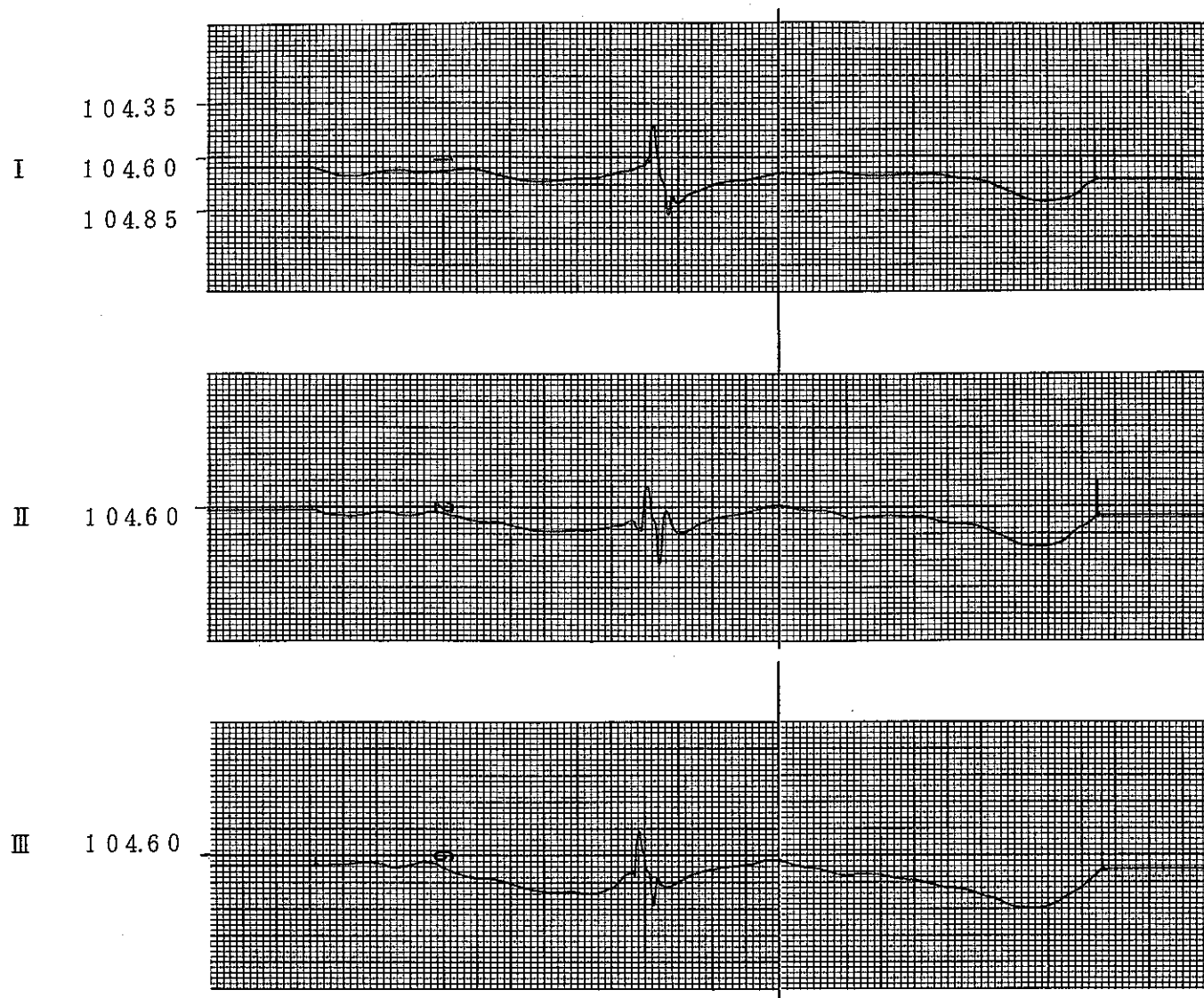
II 104.60



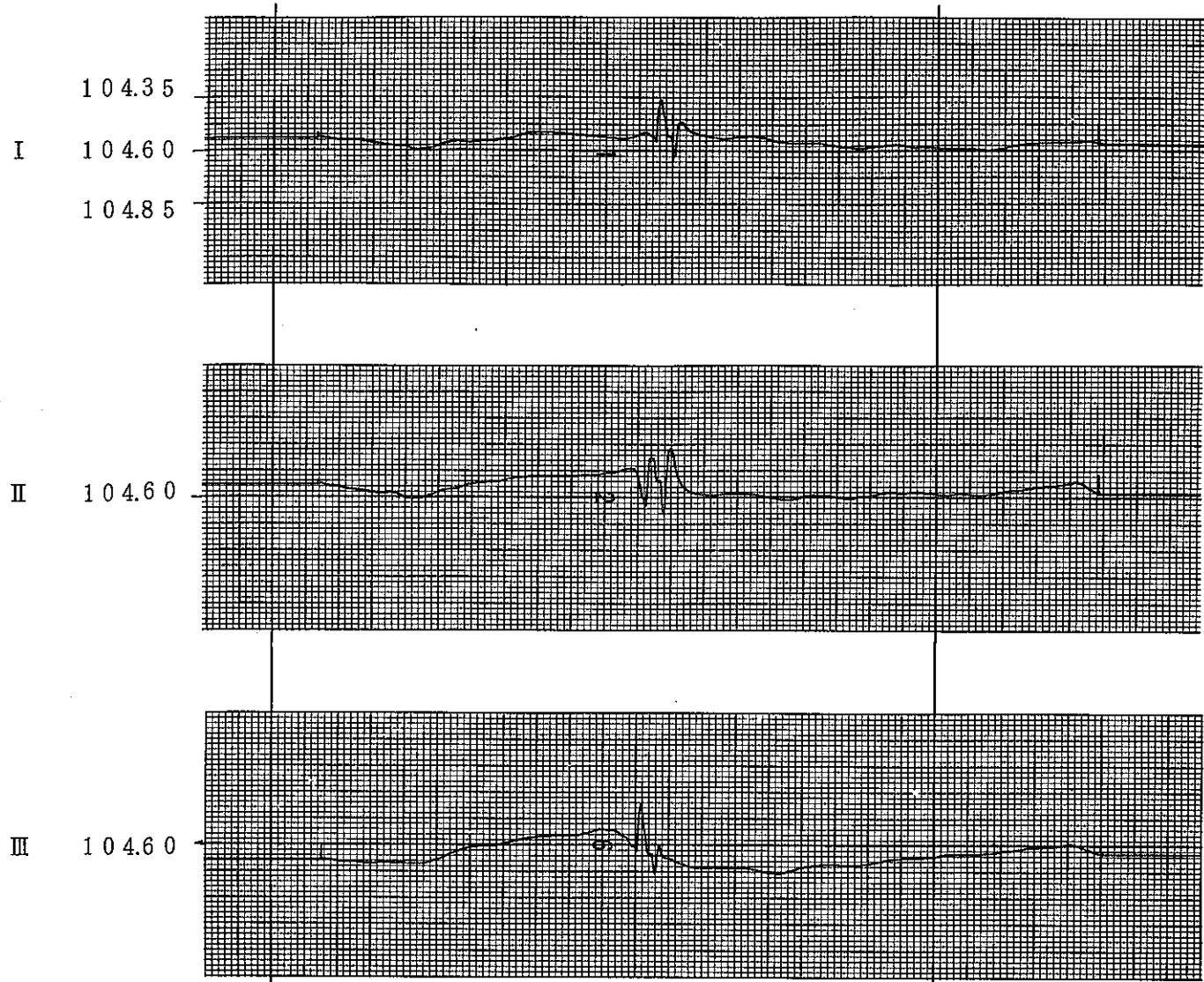
III 104.60



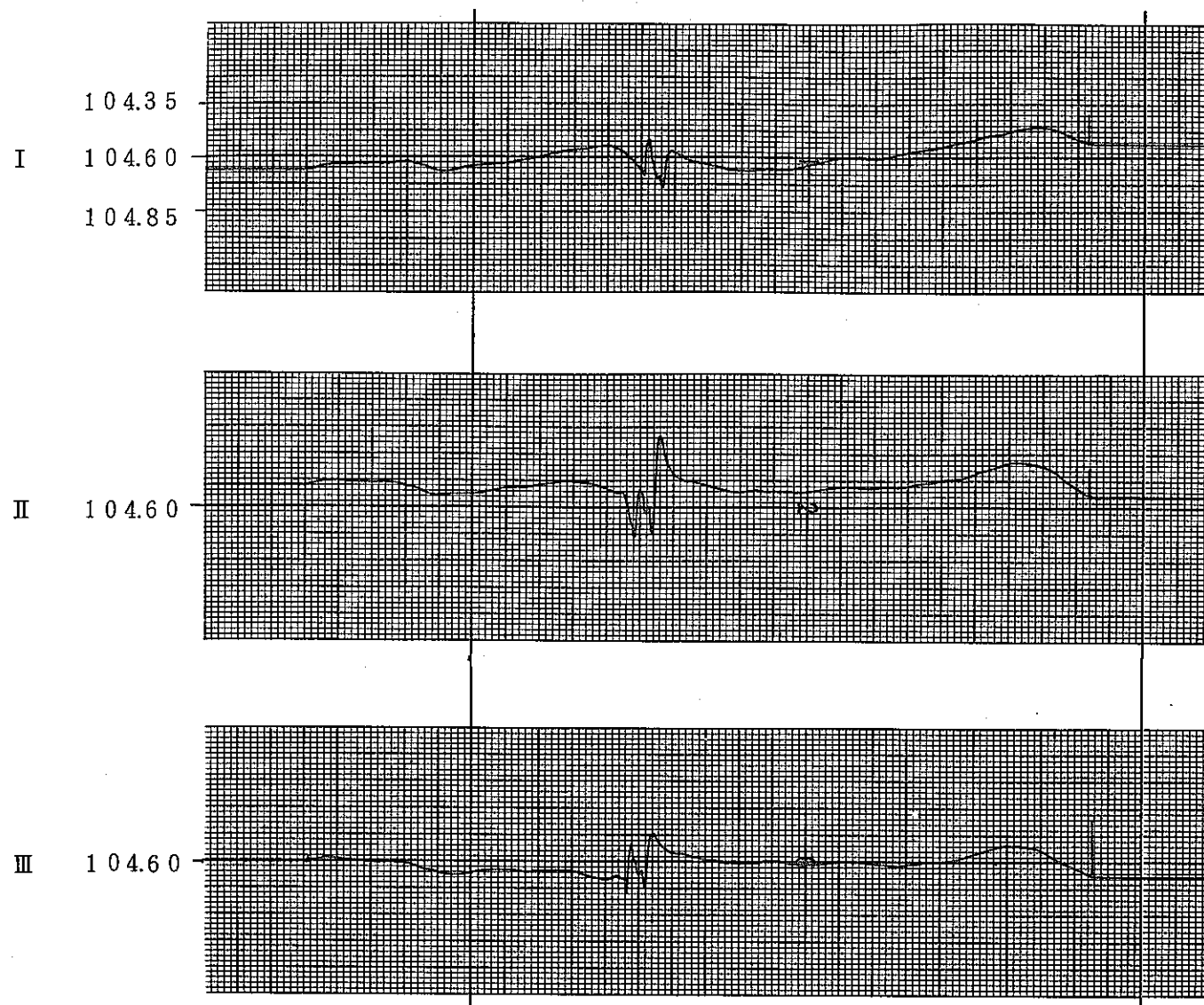
K 5 6 0 3 A-D面



K 5 6 0 3 B—E面

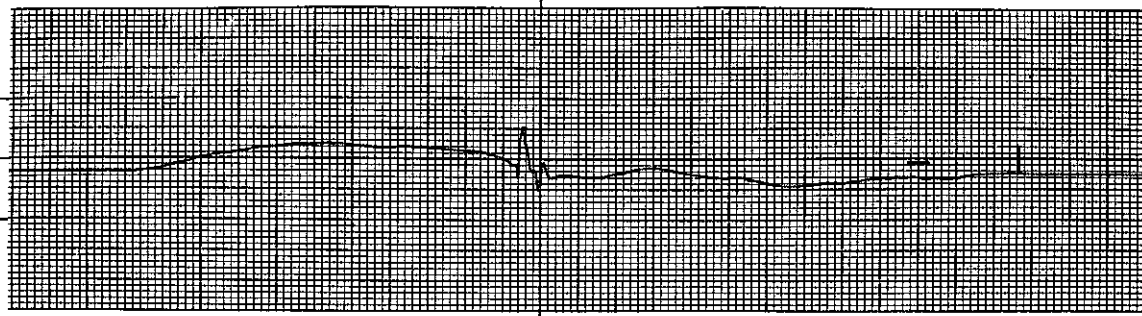


K 5 6 0 3 C—F面

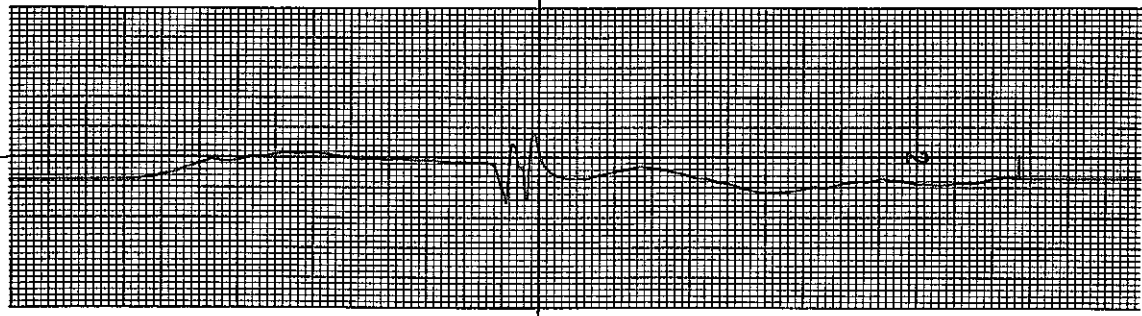


K 5 6 0 4 A—D面

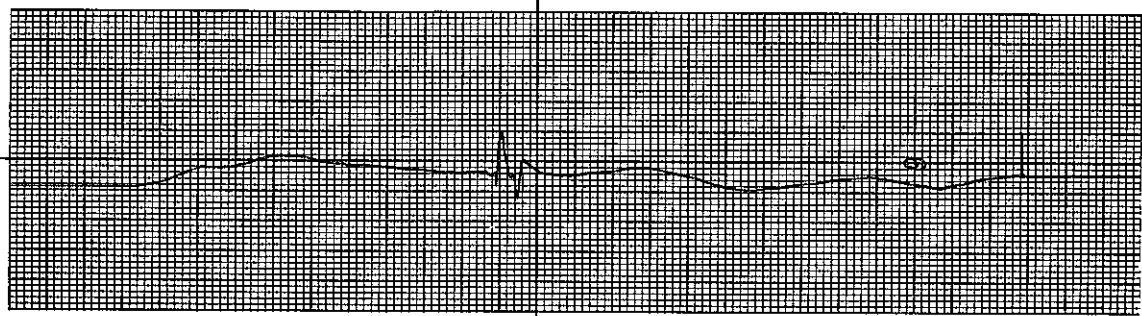
I 104.35
104.60
104.85



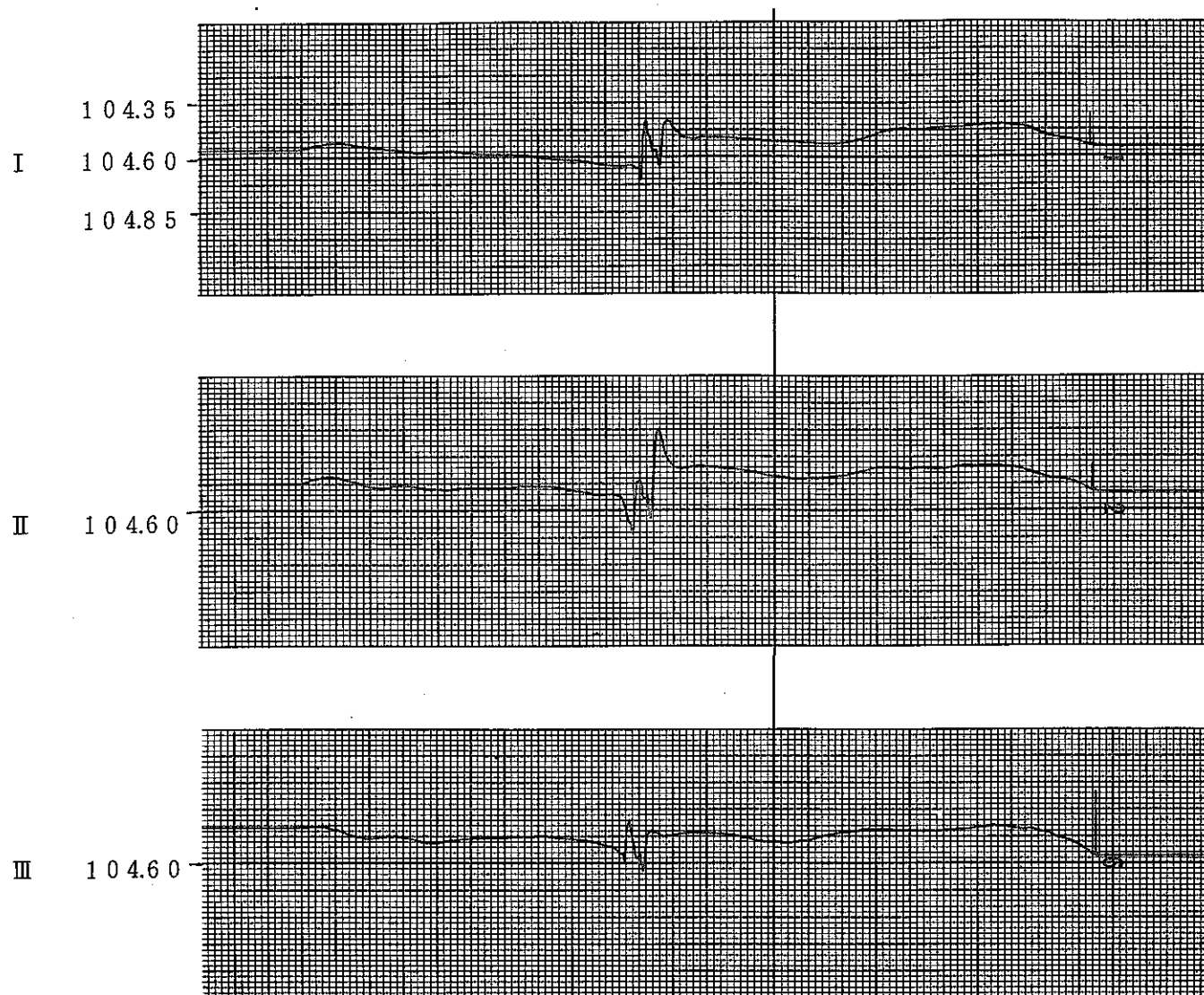
II 104.60



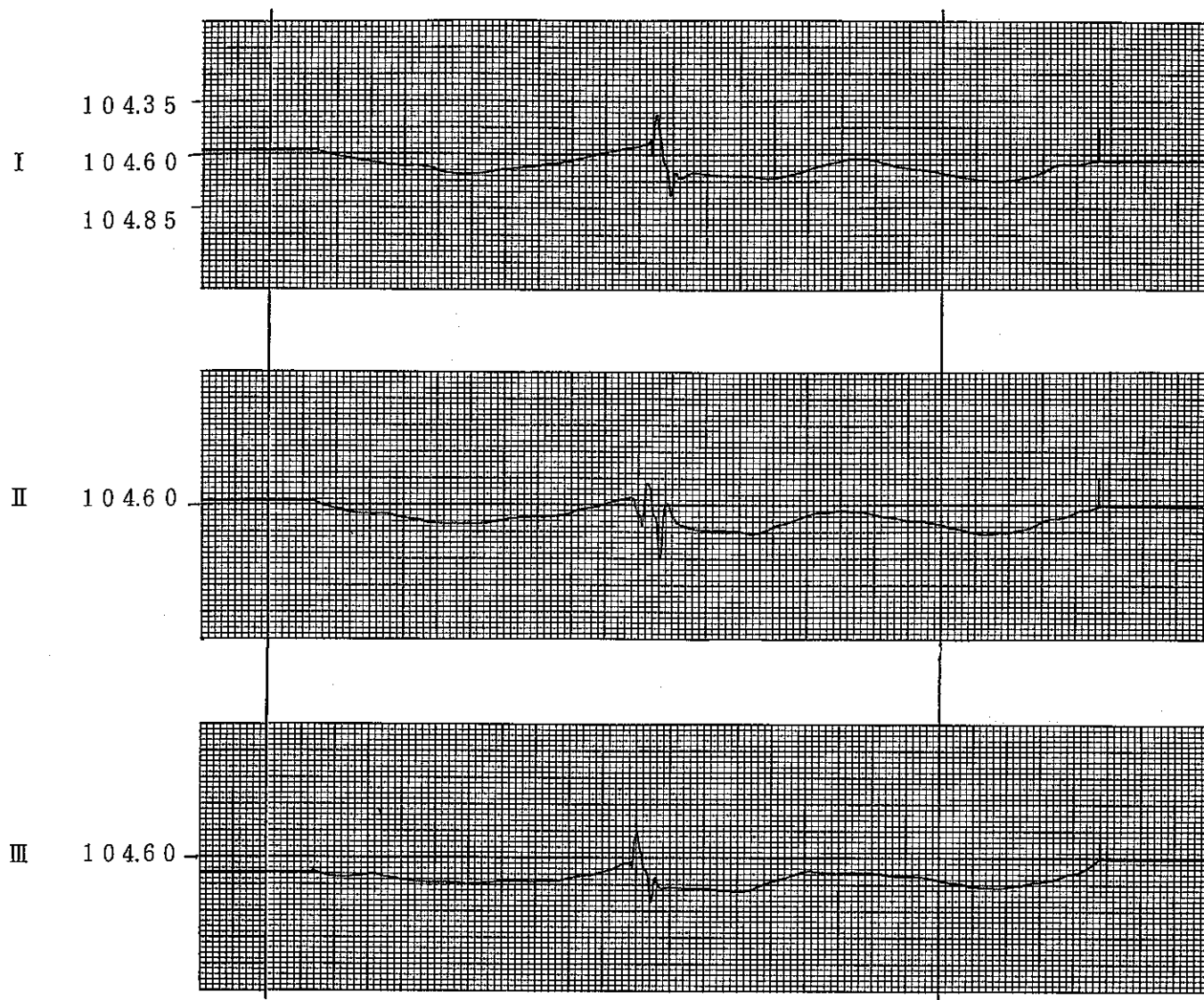
III 104.60



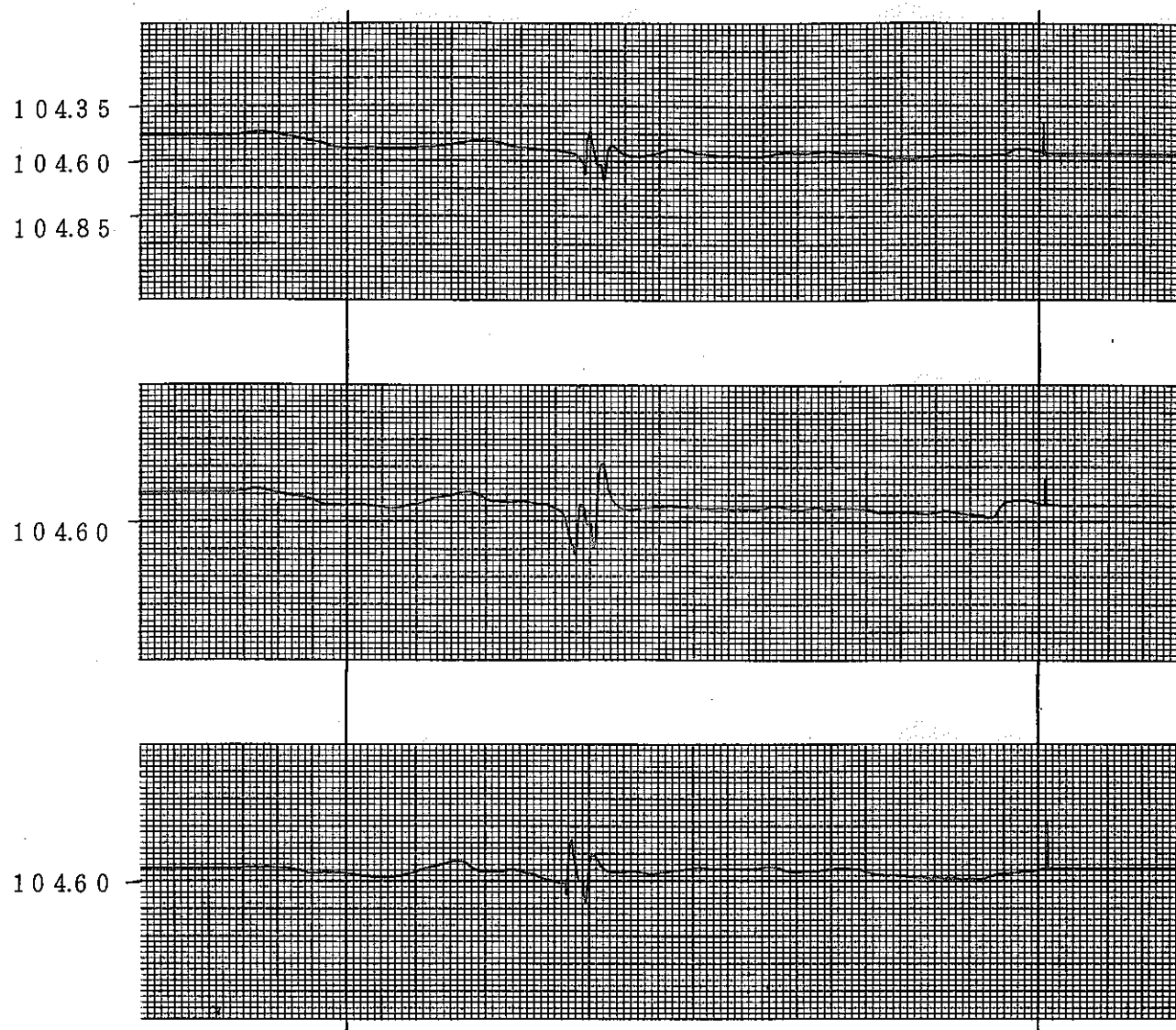
K 5 6 0 4 B-E面



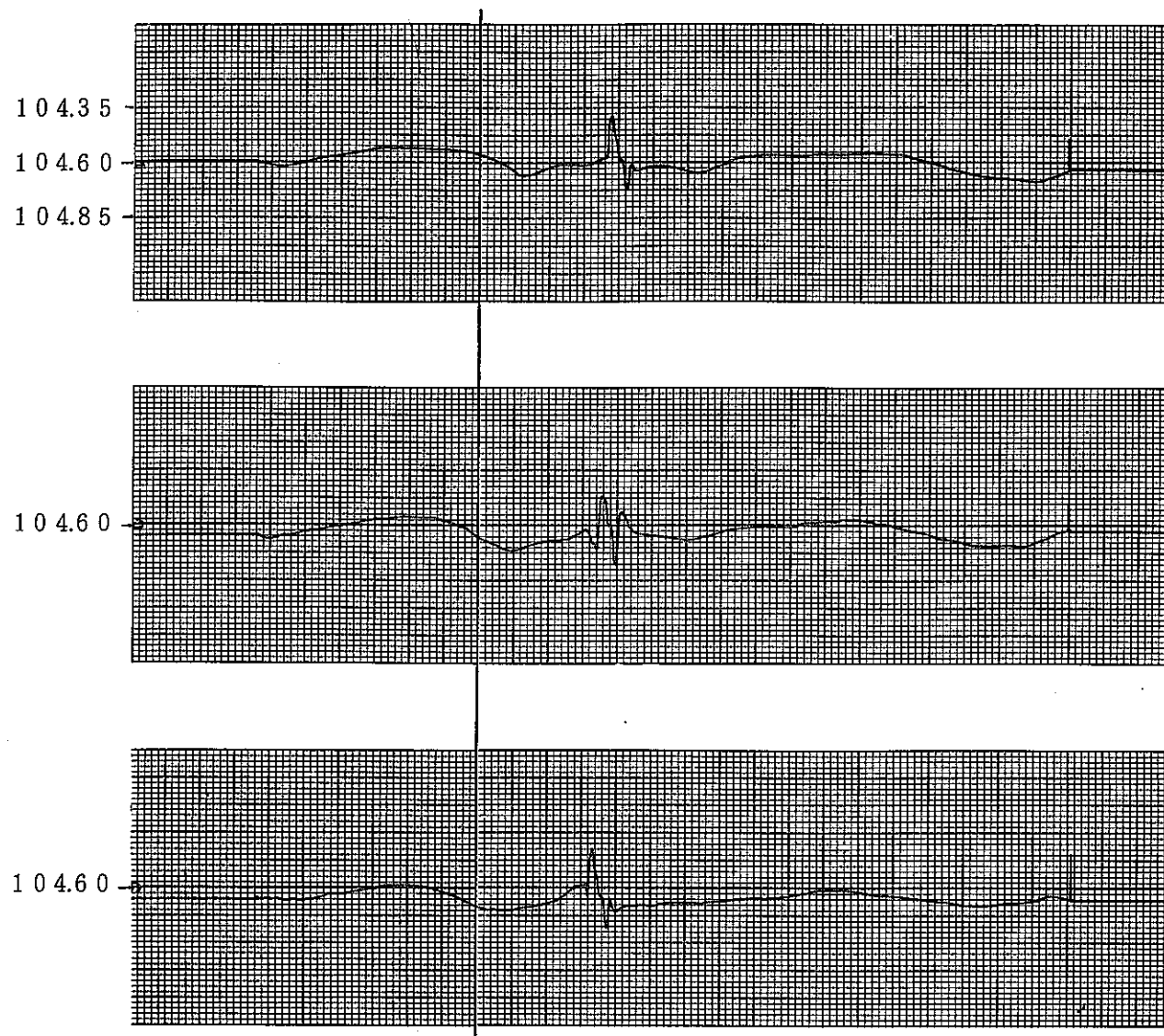
K 5 6 0 4 C—F面



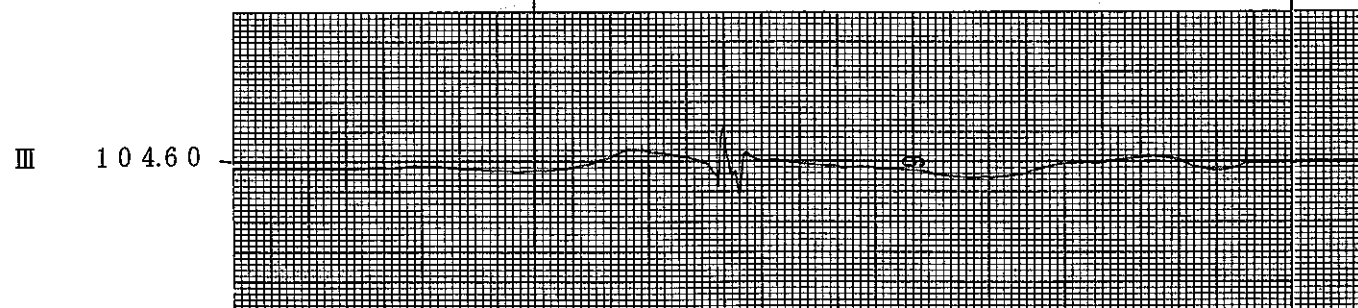
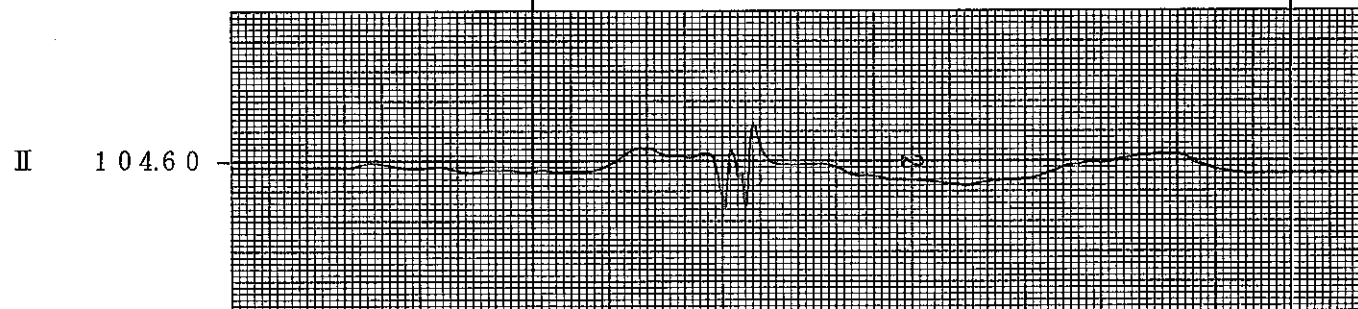
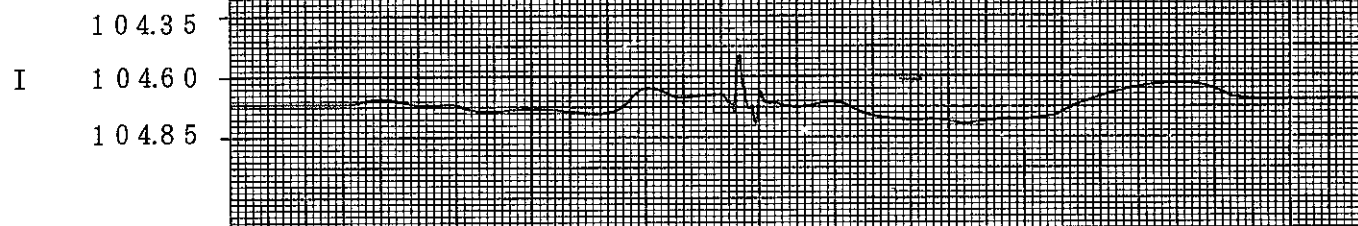
K5605 A-D面



K5605 B-E面



K 5 6 0 5 C—F面

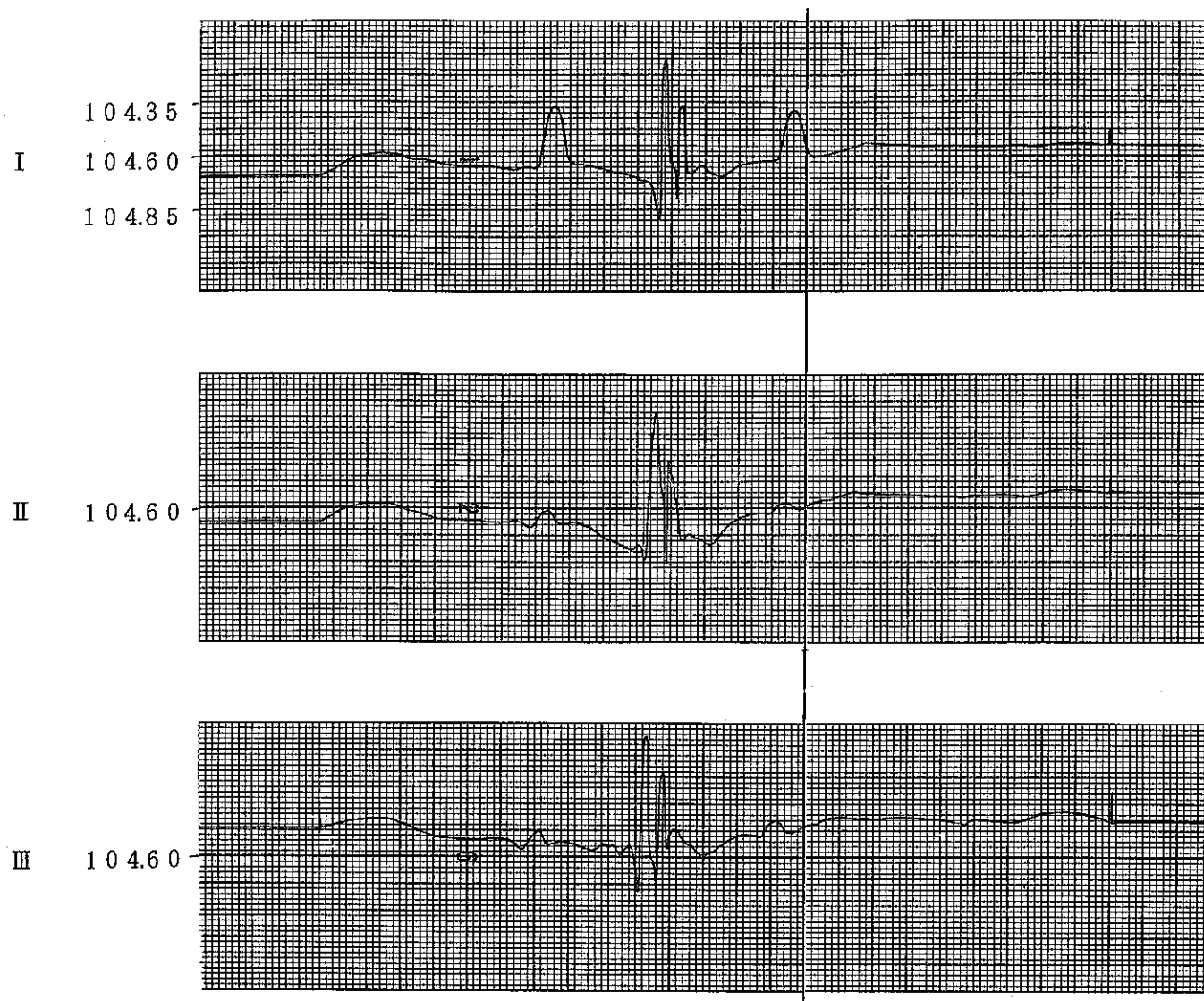


内側対面間寸法検査結果〔連続測定結果〕

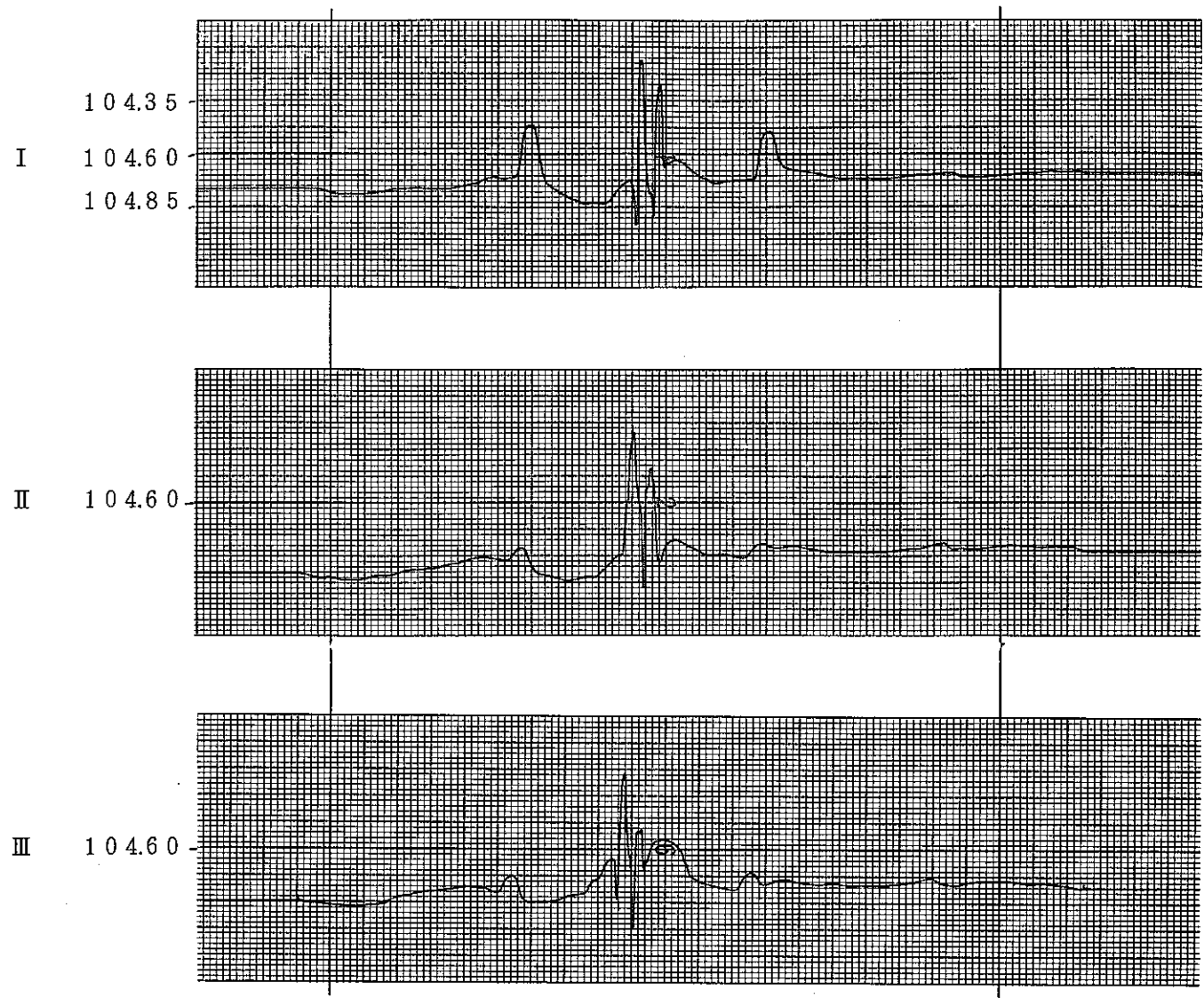
〔単位：mm〕

管 No	項 目 位置	管 部						パ ッ ド 部					
		A - D 面		B - E 面		C - F 面		A - D 面		B - E 面		C - F 面	
		最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値
N5601	I	10464	10440	10480	10448	10487	10457	10498	10428	10496	10433	10473	10414
	II	10488	10448	10480	10449	10493	10464	10490	10423	10470	10435	10480	10438
	III	10480	10437	10462	10443	10485	10459	10 03	10437	10484	10425	10493	10445
N5602	I	10490	10438	10483	10442	10476	10442	10480	10415	10493	10417	10489	10432
	II	10484	10452	10497	10460	10488	10450	10486	10415	10499	10428	10493	10420
	III	10460	10438	10487	10452	10495	10450	10479	10404	10497	10425	10502	10435
N5603	I	10490	10458	10486	10462	10478	10437	105.03	10429	10496	10418	10498	10431
	II	10488	10455	10497	10458	10475	10437	105.06	10435	105.07	10433	10482	10433
	III	10473	10422	10485	10460	10490	10440	10493	10418	10499	10430	10499	10431
N5604	I	10482	10445	10494	10450	10489	10451	10494	10434	10473	10425	10491	10433
	II	10485	10441	10498	10465	10497	10461	10498	10422	10488	10430	105.02	10441
	III	10473	10432	10473	10445	10492	10453	10472	10417	10483	10430	10488	10434
N5605	I	10498	10440	10486	10450	10480	10435	105.00	10430	10472	10403	10494	10422
	II	10490	10460	10493	10457	10482	10445	10497	10425	10483	10418	105.00	10422
	III	10485	10445	10492	10462	10495	10431	10479	10411	10485	10424	10495	10422

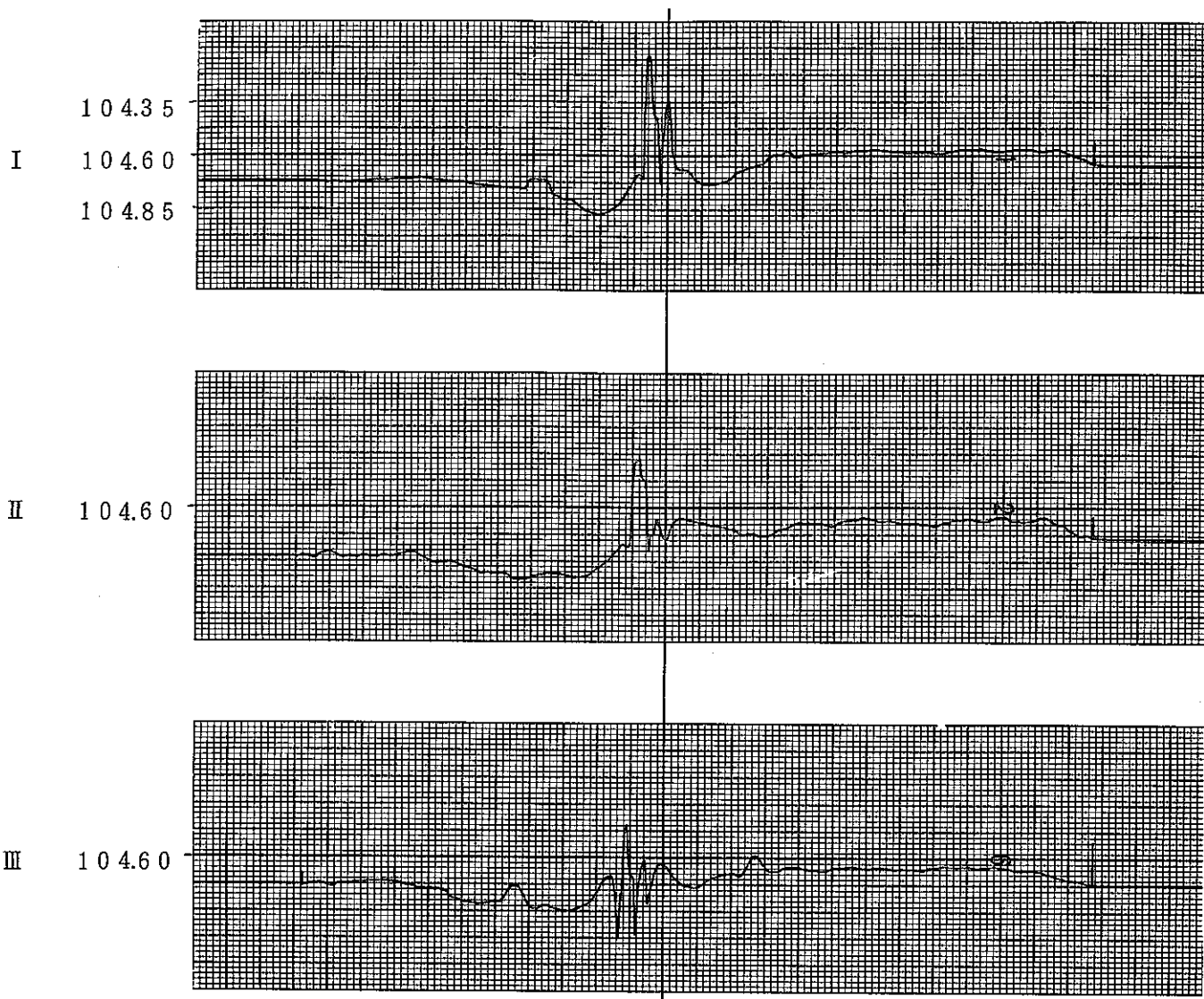
N 5 6 0 1 A—D面

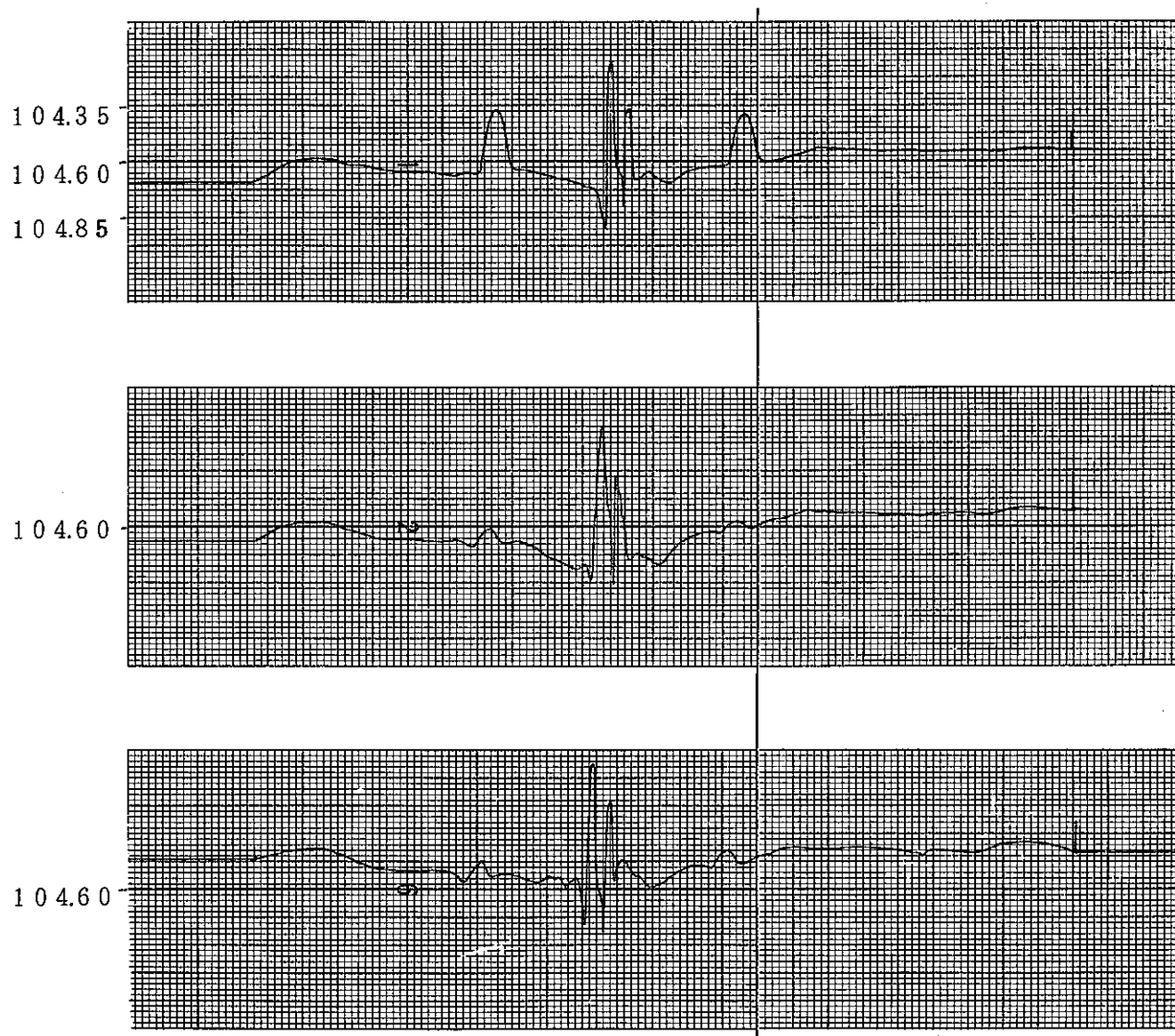


N 5 6 0 1 B—E面

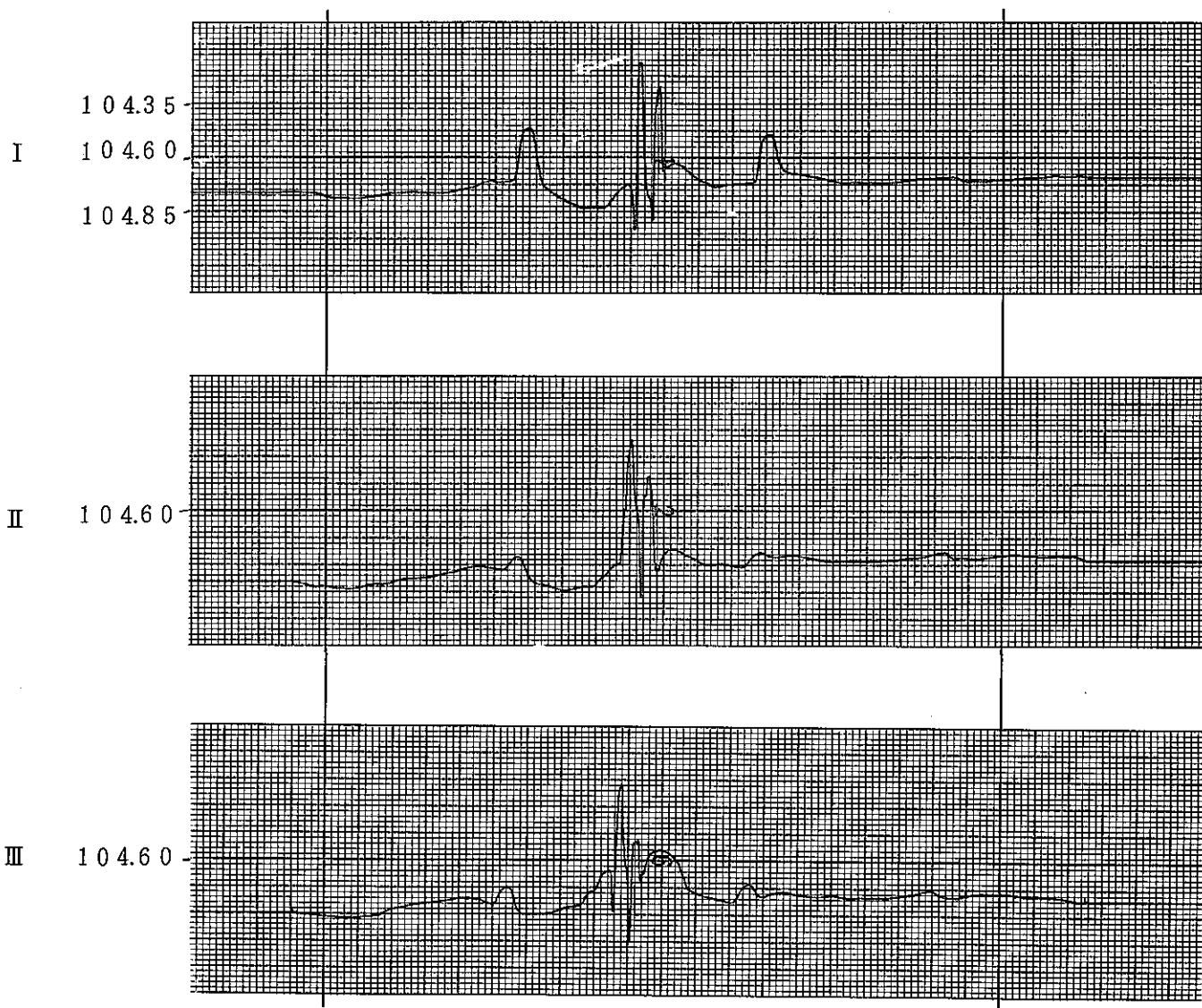


N 5 6 0 1 C—F 面

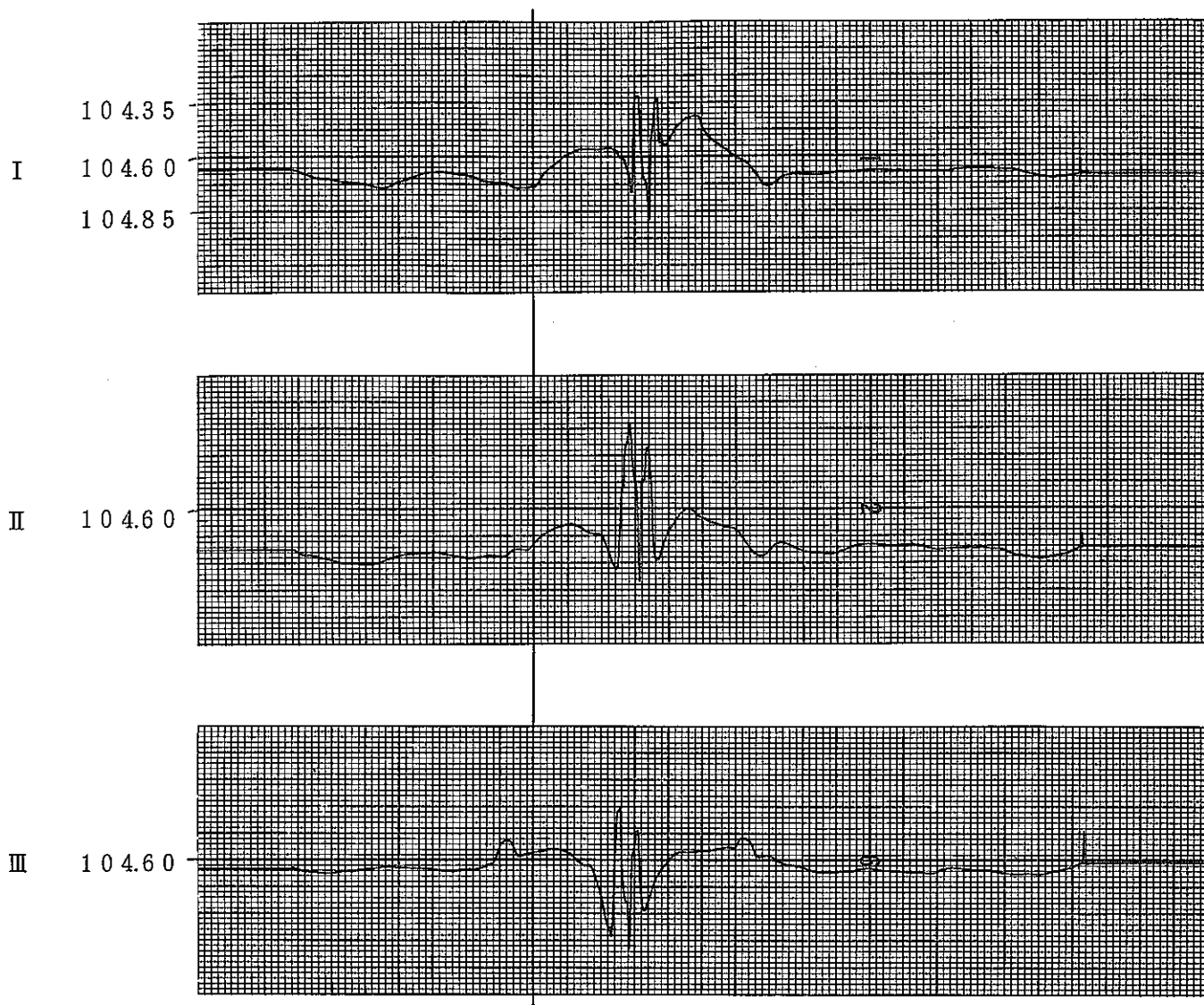




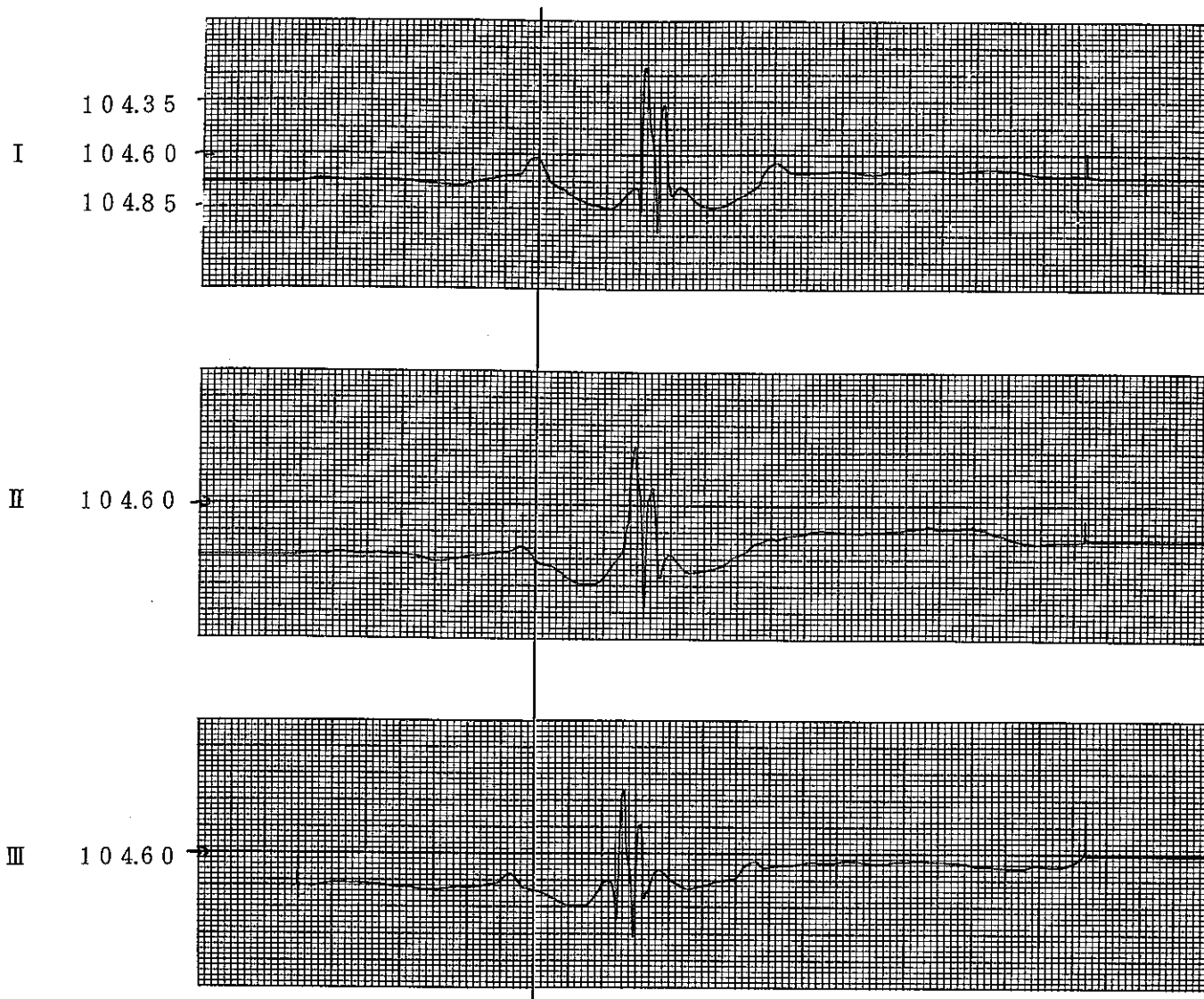
N5602 B-E面



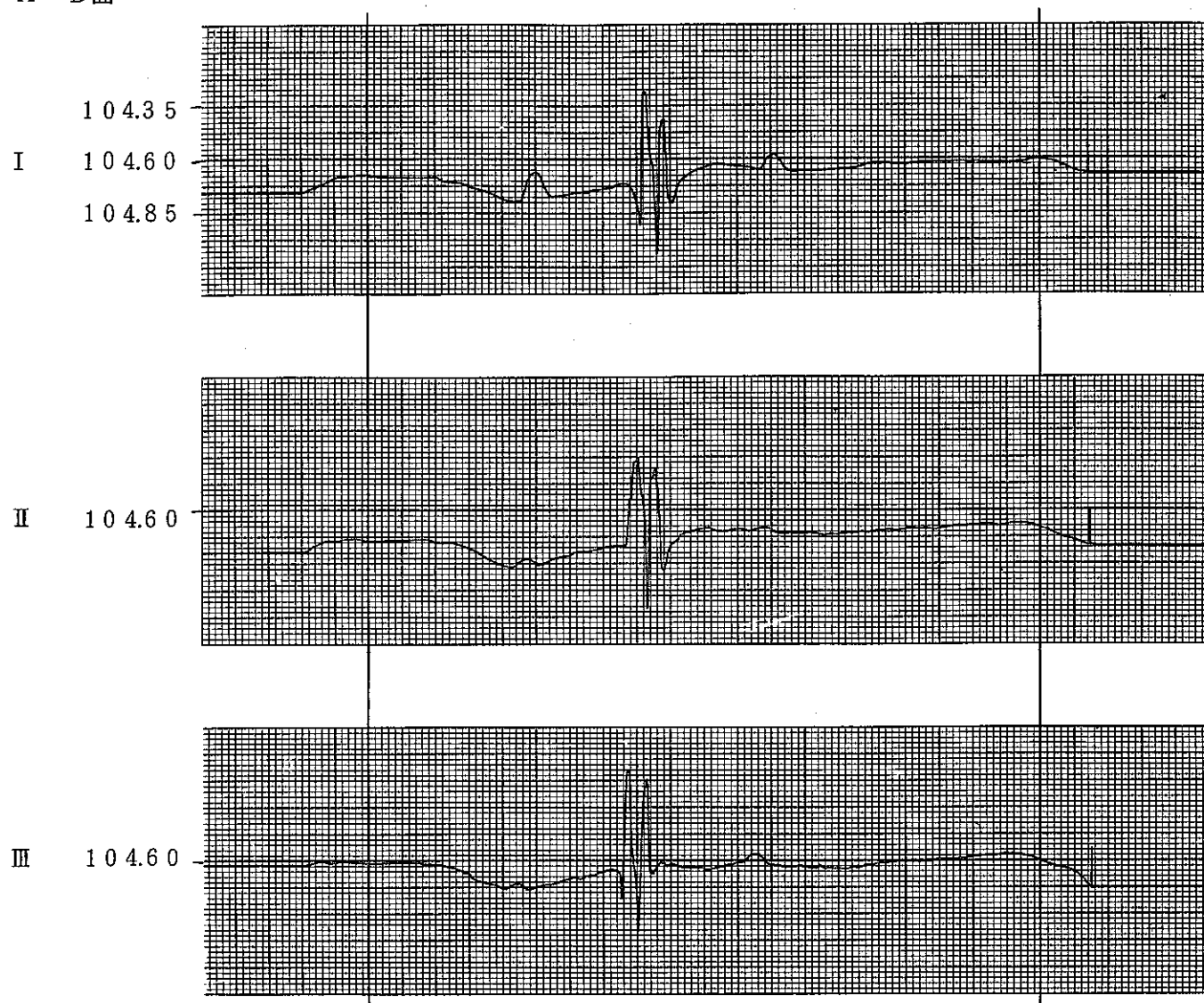
N 5 6 0 2 C—F面



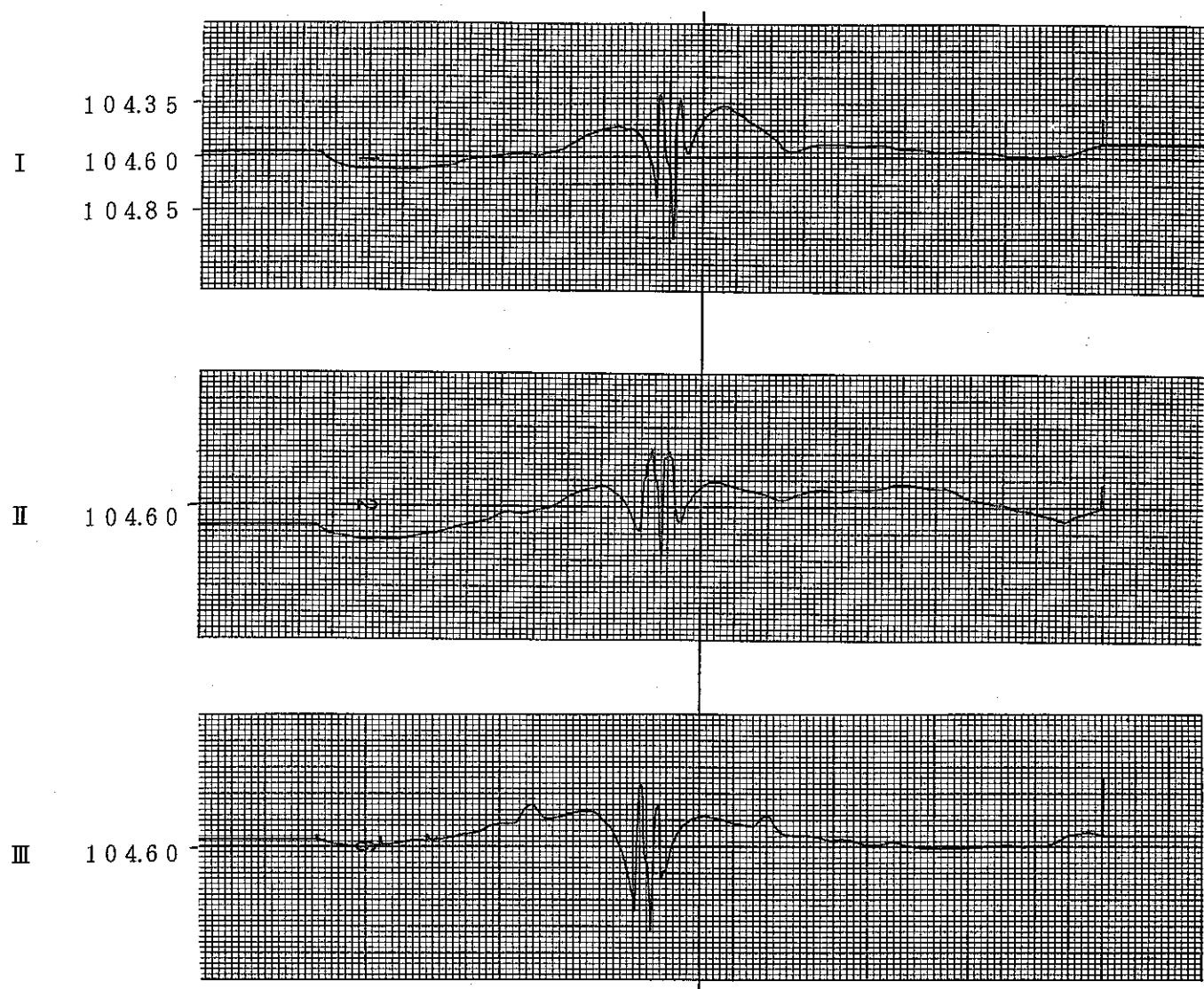
N5603 B-E面



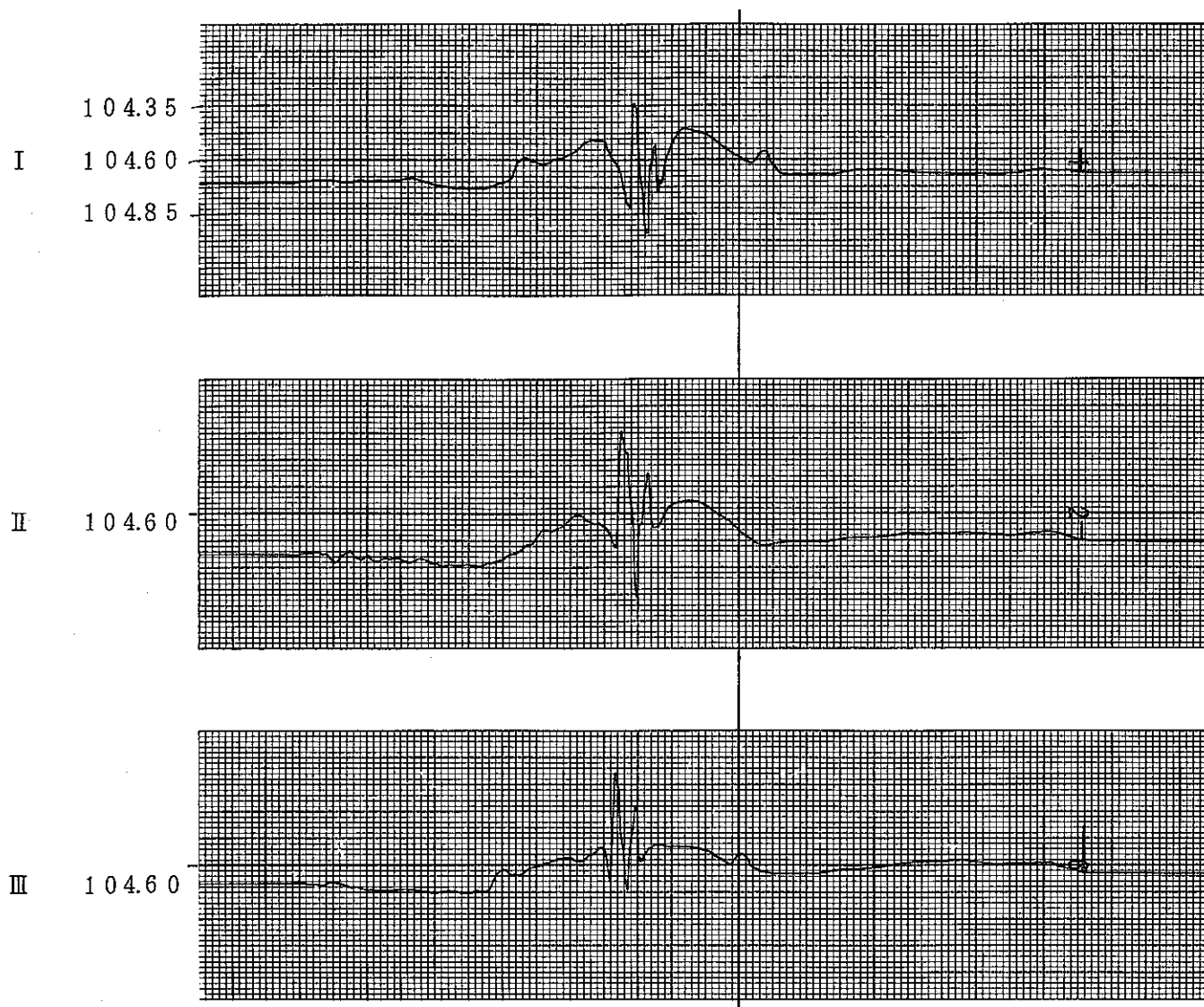
N 5 6 0 3 A—D面



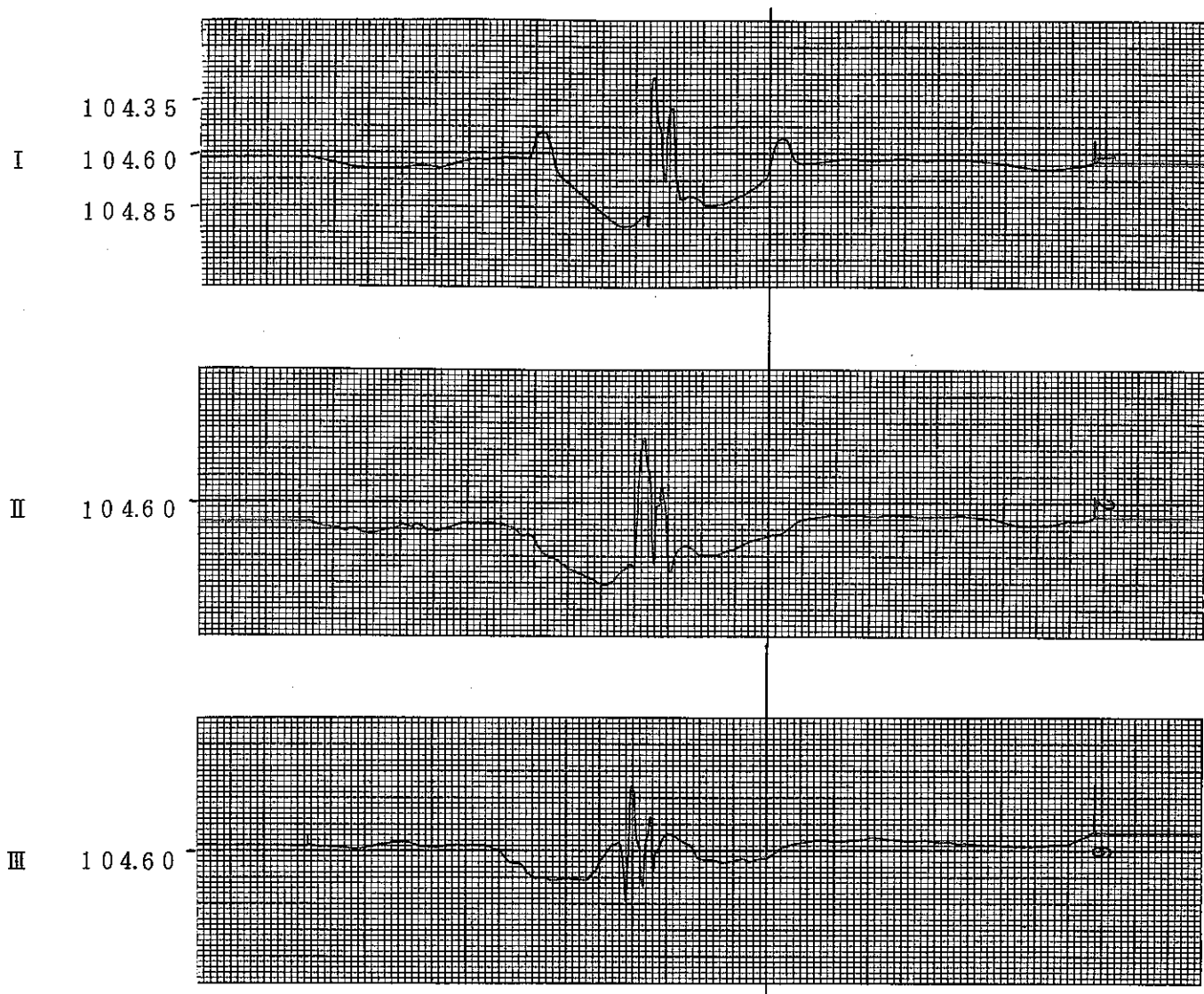
K 5 6 0 3 C—F面



N5604 A-D面

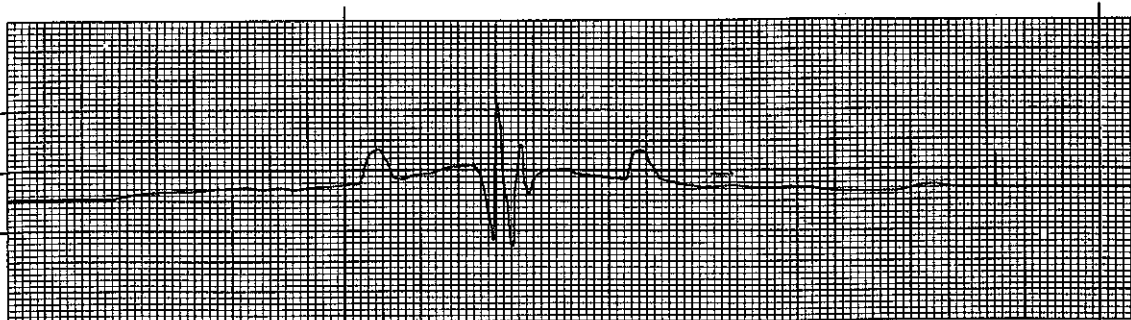


N 5 6 0 4 B—E面

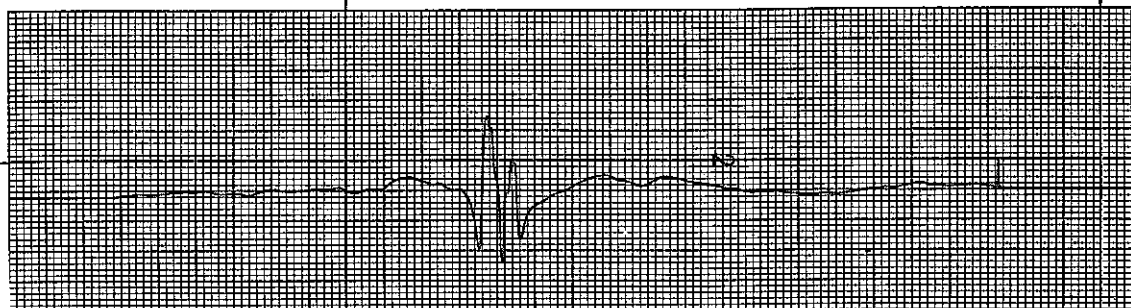


N 5 6 0 4 C—F面

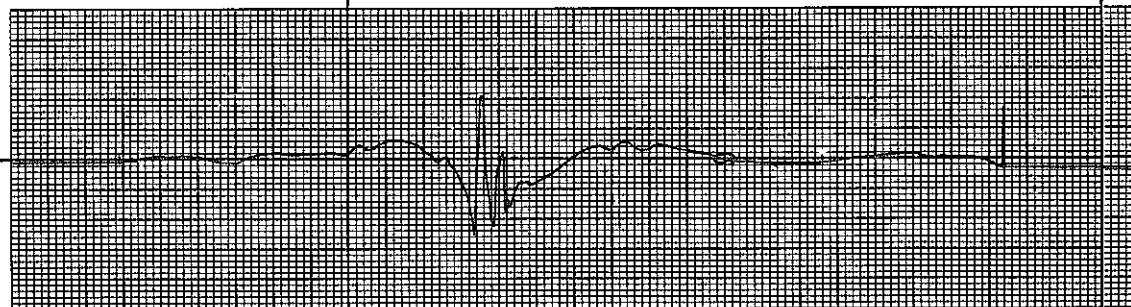
I 104.35
104.60
104.85



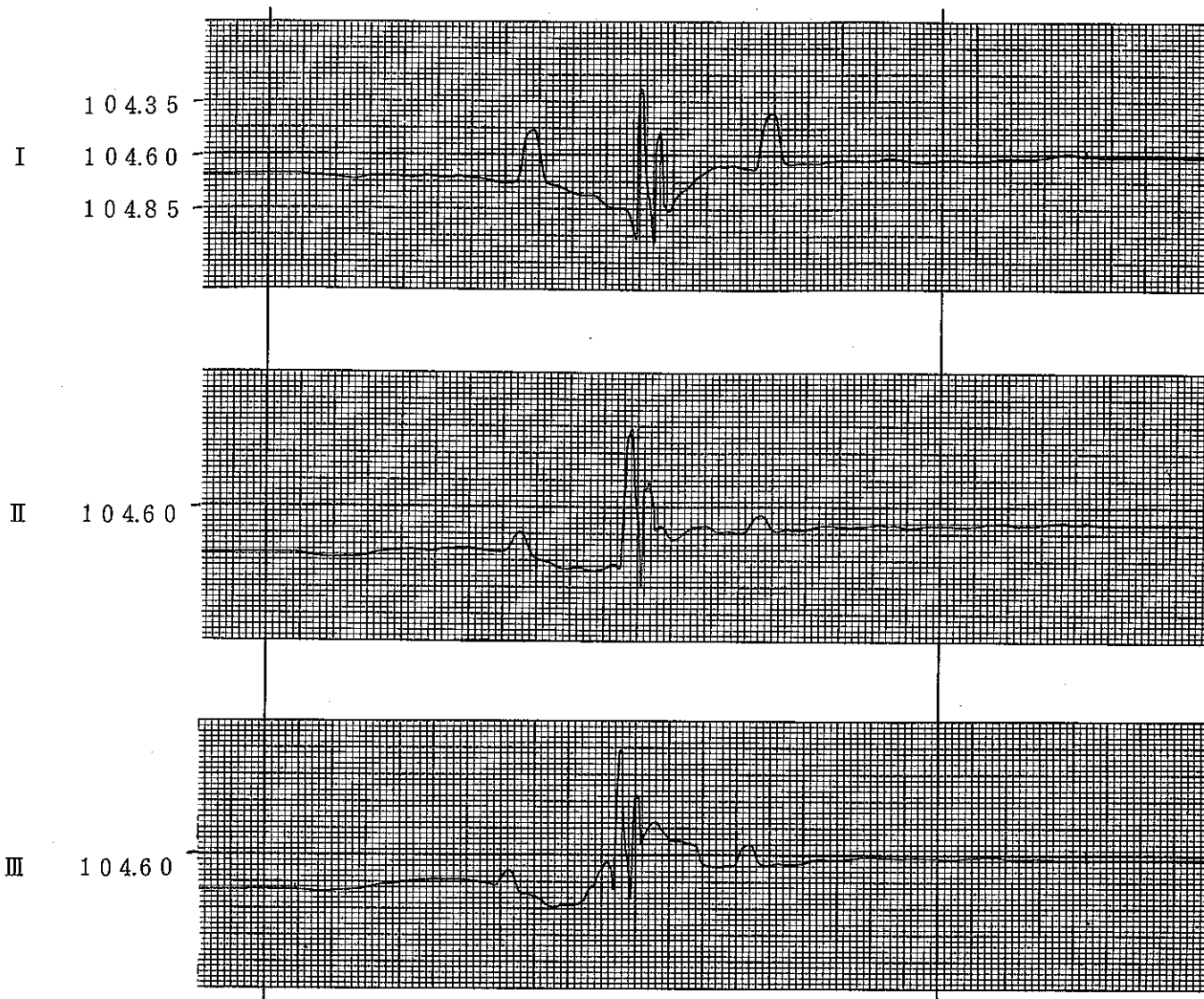
II 104.60



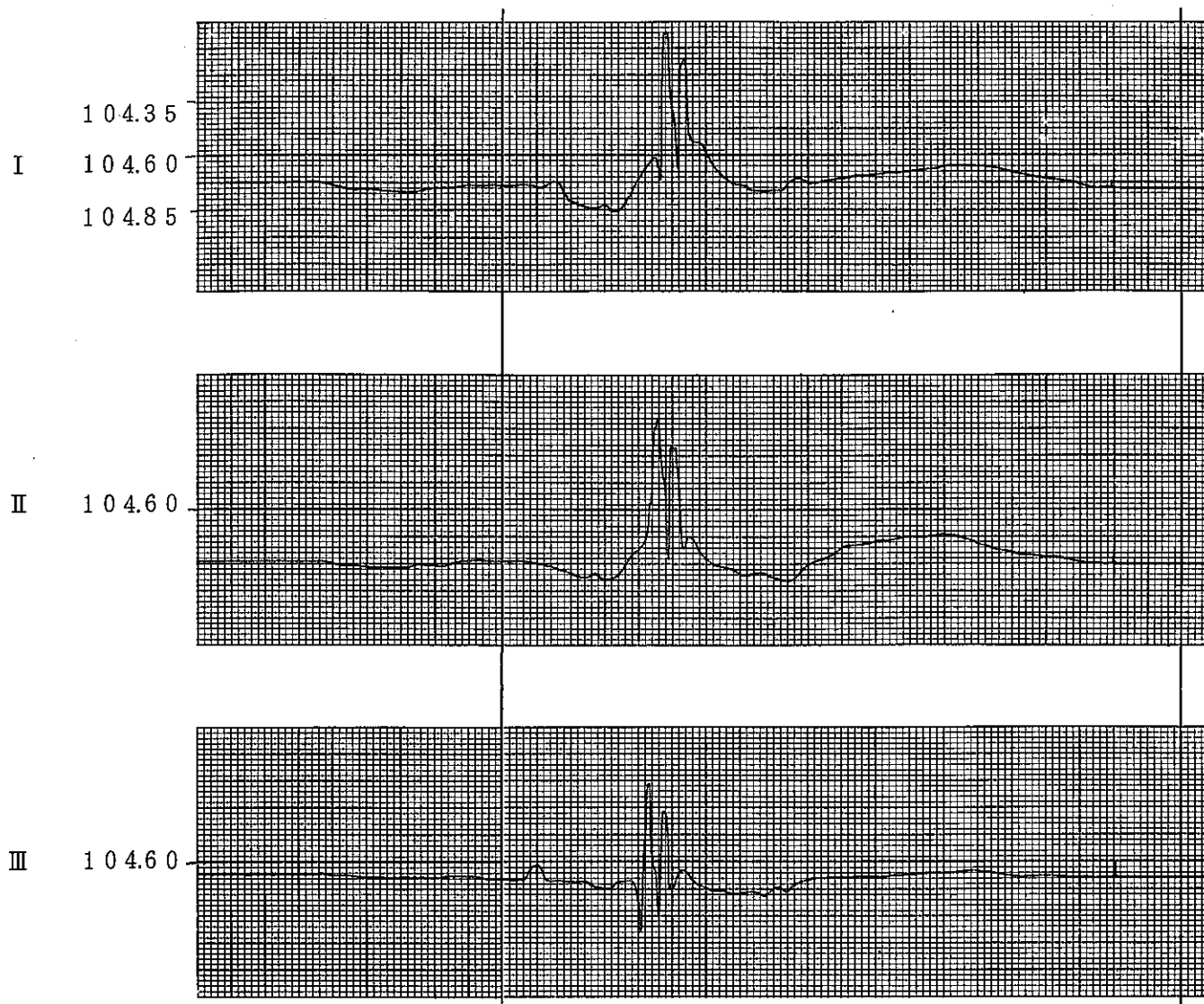
III 104.60



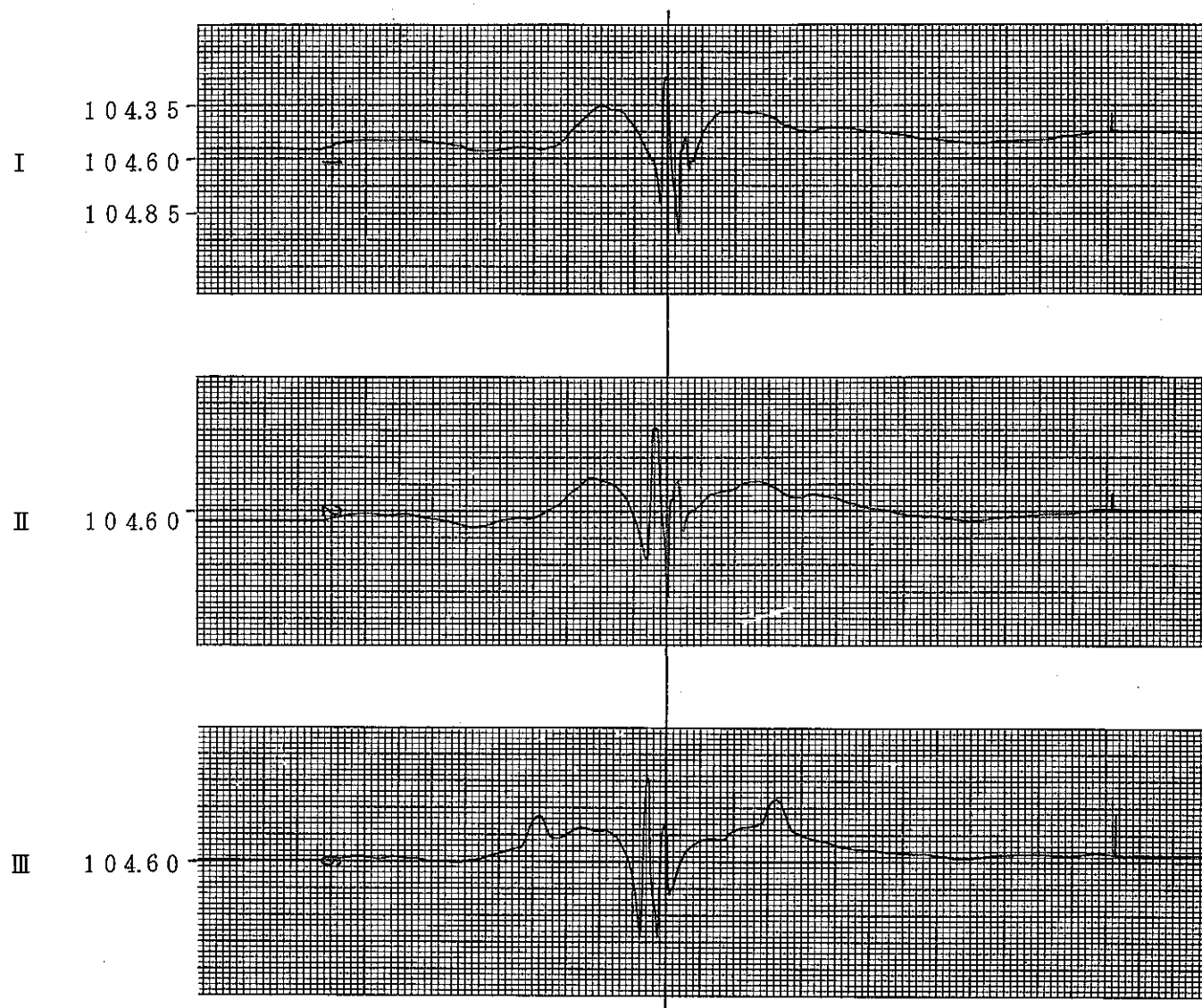
N 5 6 0 5 A-D面



N 5 6 0 5 B—E面



N 5 6 0 5 C—F面

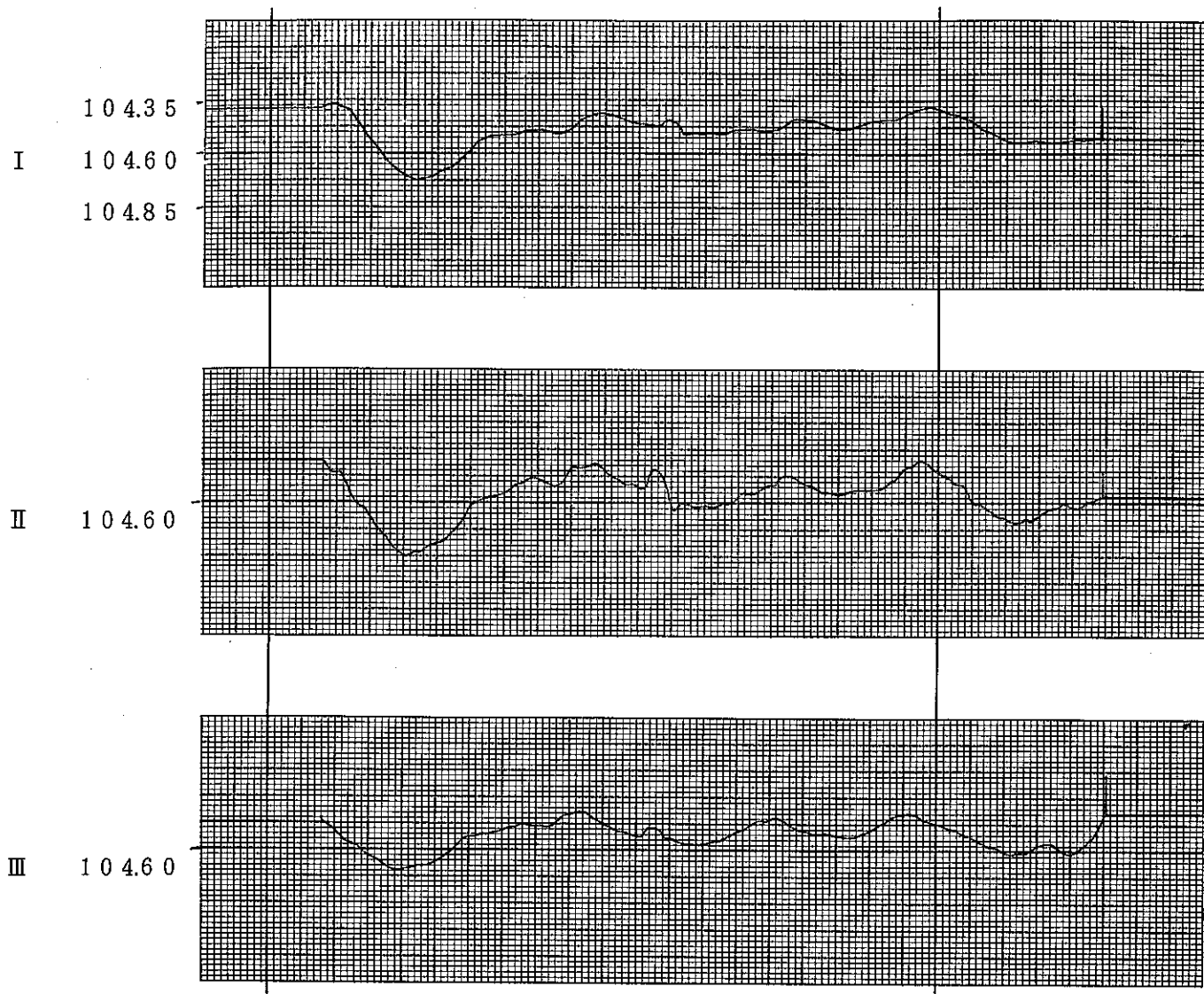


内側対面間寸法検査結果〔連続測定結果〕

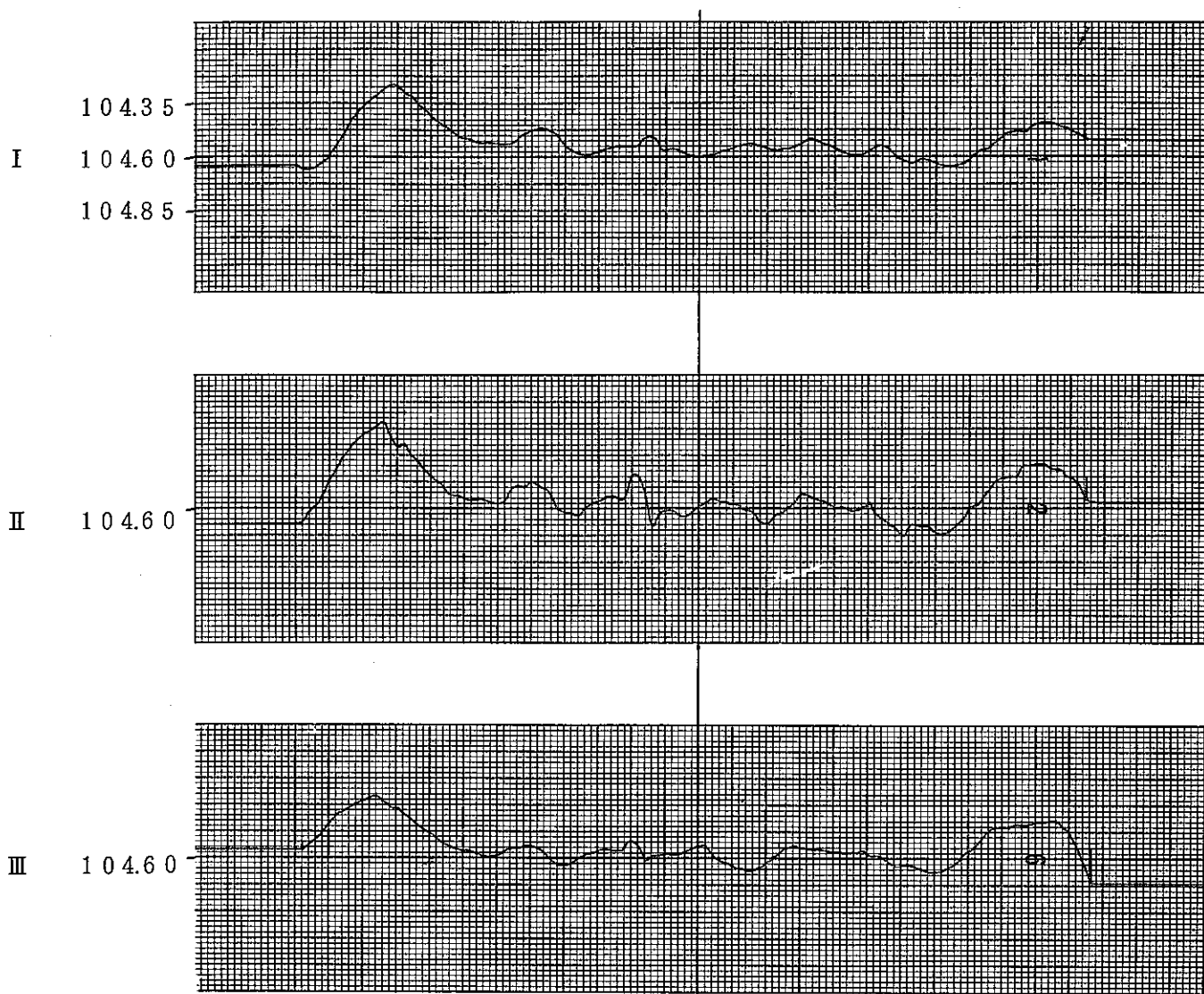
〔単位：mm〕

管 No.	項目 位置	管 部						パ ッ ド 部					
		A - D 面		B - E 面		C - F 面		A - D 面		B - E 面		C - F 面	
		最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値
S5601	I	104.72	104.37	104.66	104.27	104.62	104.33	104.51	104.45	104.57	104.51	104.43	104.36
	II	104.85	104.40	104.73	104.20	104.67	104.28	104.63	104.45	104.68	104.44	104.43	104.24
	III	104.70	104.43	104.72	104.31	104.61	104.36	104.55	104.49	104.61	104.53	104.47	104.38
S5602	I	104.73	104.50	104.60	104.33	104.53	104.38	104.64	104.57	104.53	104.45	104.50	104.39
	II	104.81	104.47	104.63	104.30	104.58	104.22	104.69	104.55	104.62	104.35	104.59	104.32
	III	104.72	104.42	104.57	104.34	104.55	104.39	104.63	104.53	104.53	104.44	104.50	104.42
S5603	I	104.66	104.38	104.72	104.33	104.73	104.42	104.55	104.47	104.56	104.48	104.53	104.47
	II	104.72	104.33	104.75	104.22	104.79	104.32	104.58	104.43	104.63	104.40	104.61	104.31
	III	104.65	104.42	104.70	104.41	104.75	104.38	104.58	104.51	104.57	104.50	104.55	104.43
S5604	I	104.57	104.38	104.59	104.40	104.73	104.47	104.48	104.38	104.55	104.50	104.63	104.52
	II	104.58	104.28	104.60	104.22	104.70	104.25	104.52	104.25	104.33	104.24	104.43	104.27
	III	104.57	104.28	104.65	104.49	104.67	104.45	104.44	104.35	104.65	104.57	104.61	104.52
S5605	I	104.58	104.25	104.73	104.43	104.65	104.47	104.46	104.42	104.62	104.55	104.48	104.42
	II	104.64	104.25	104.63	104.37	104.73	104.43	104.55	104.36	104.72	104.48	104.52	104.30
	III	104.60	104.30	104.73	104.41	104.72	104.47	104.49	104.45	104.62	104.55	104.51	104.45

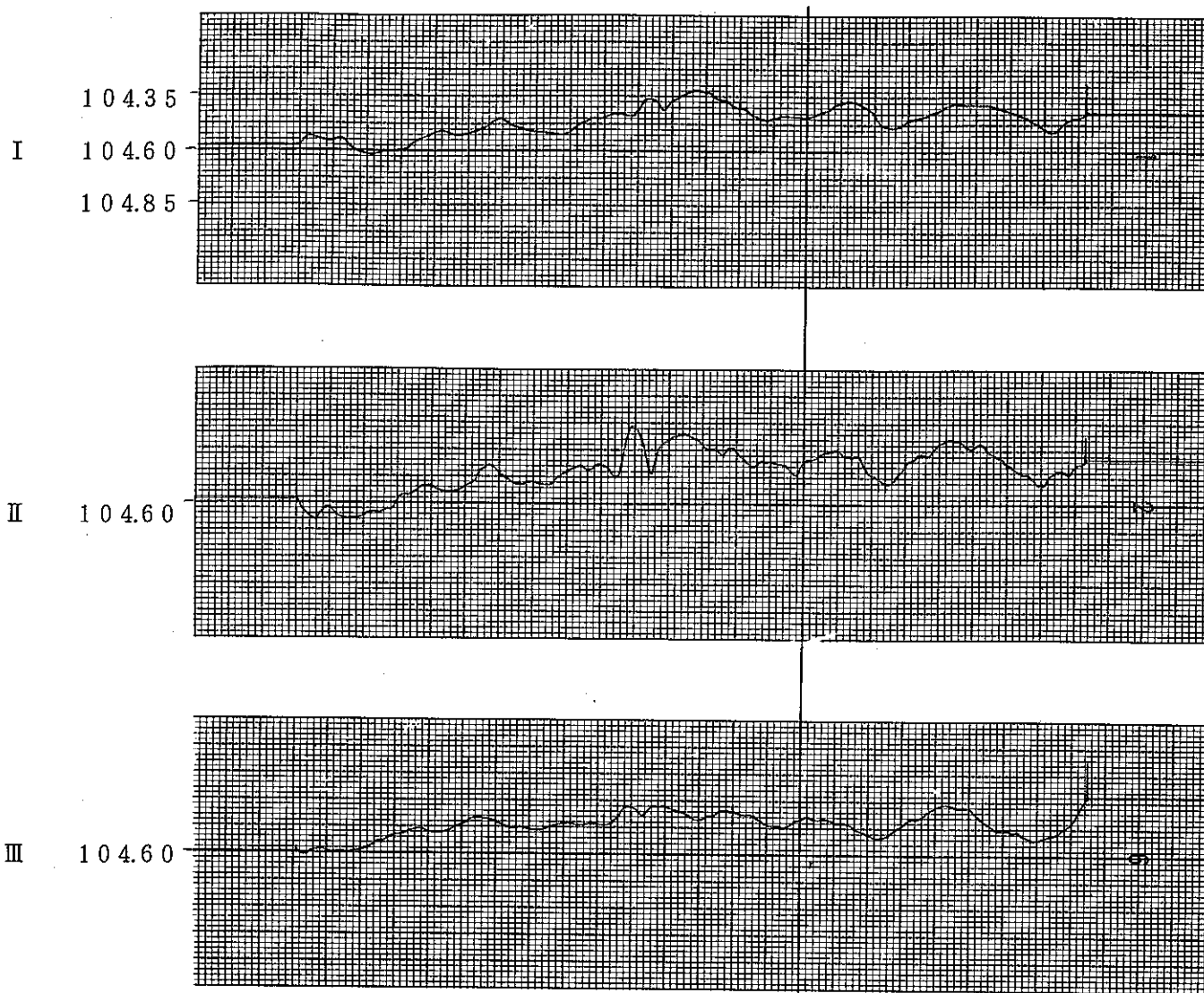
S 5 6 0 1 A-D面



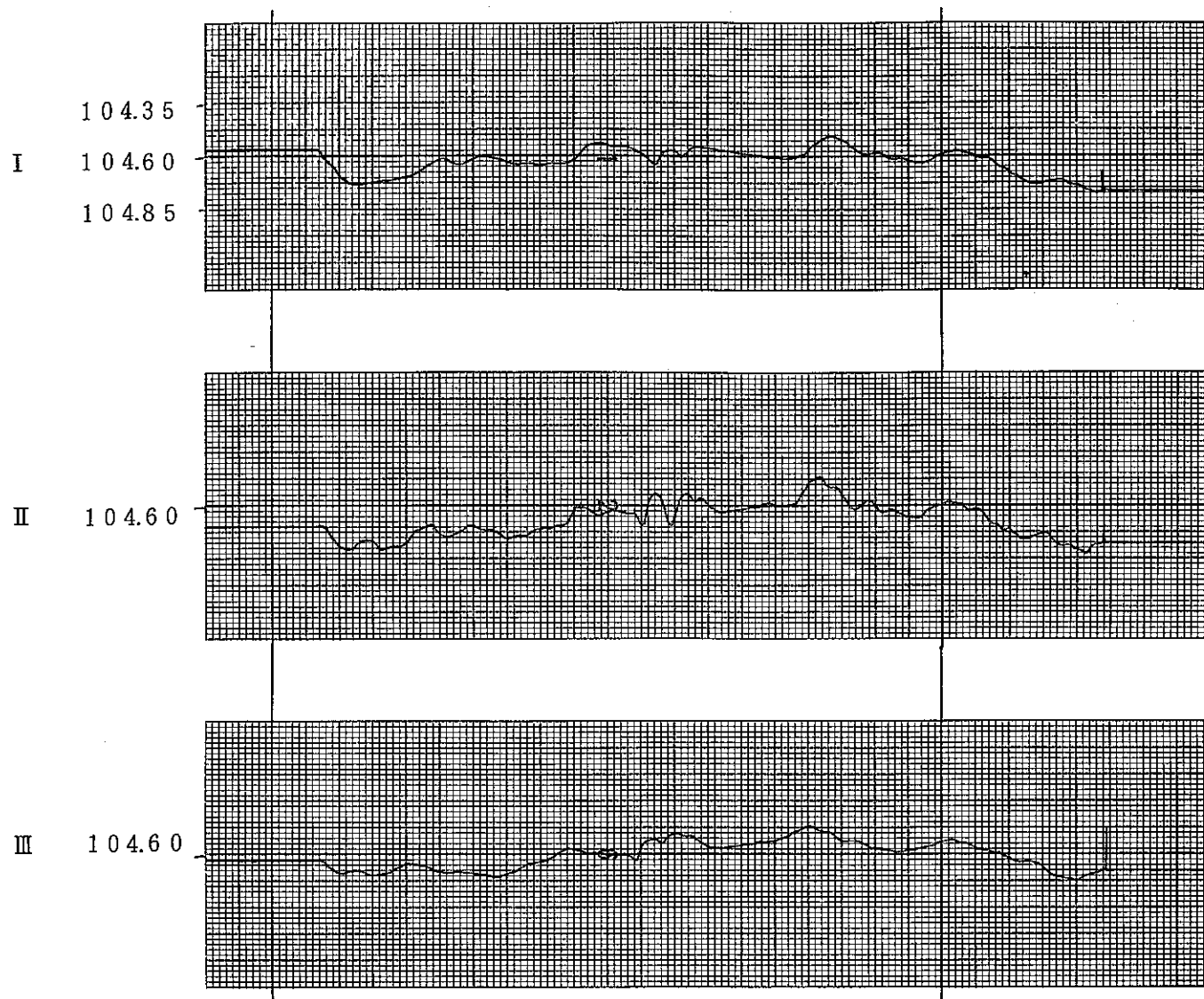
S 5 6 0 1 B-E面



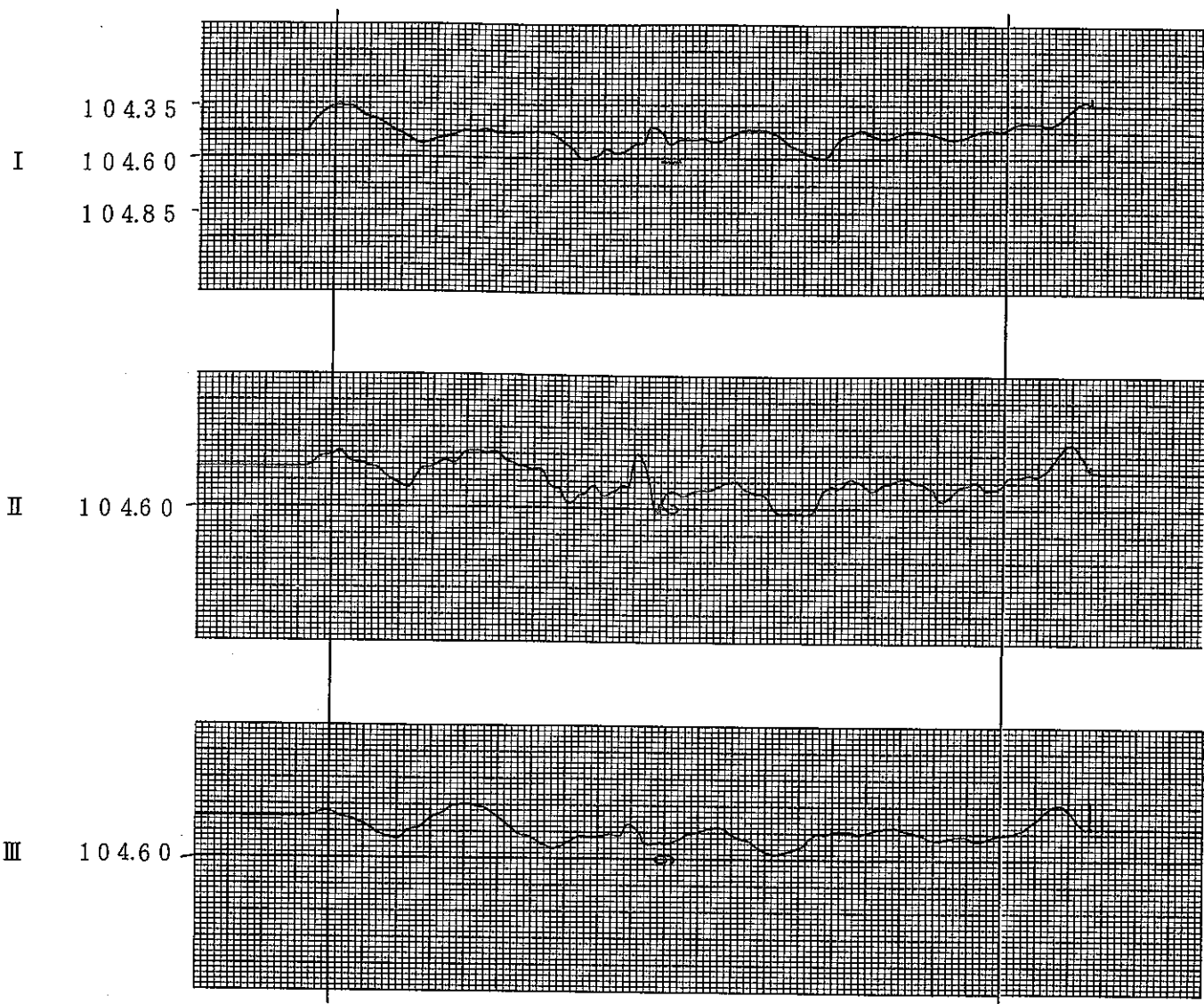
S 5 6 0 1 C-F面



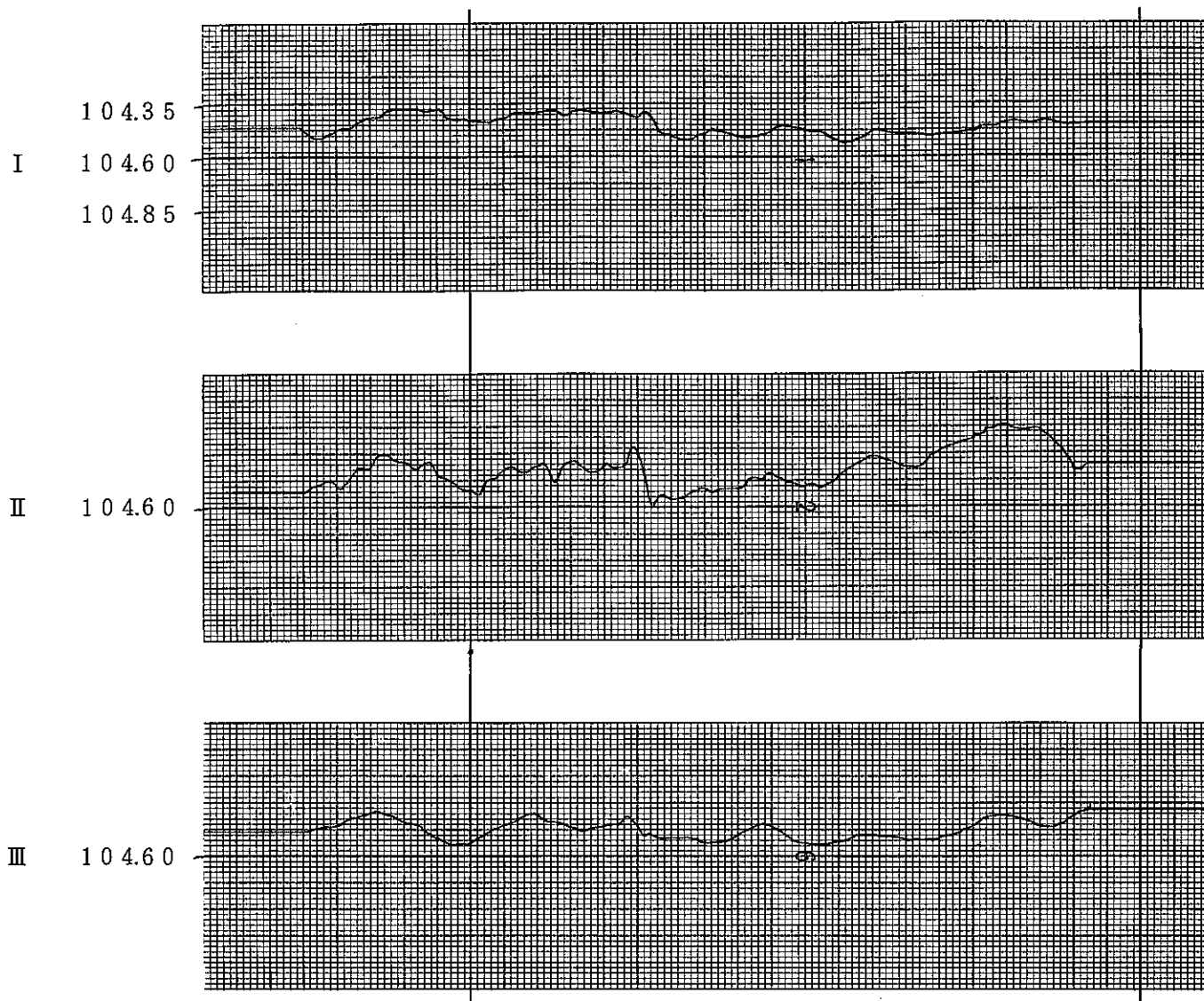
S 5 6 0 2 A-D面



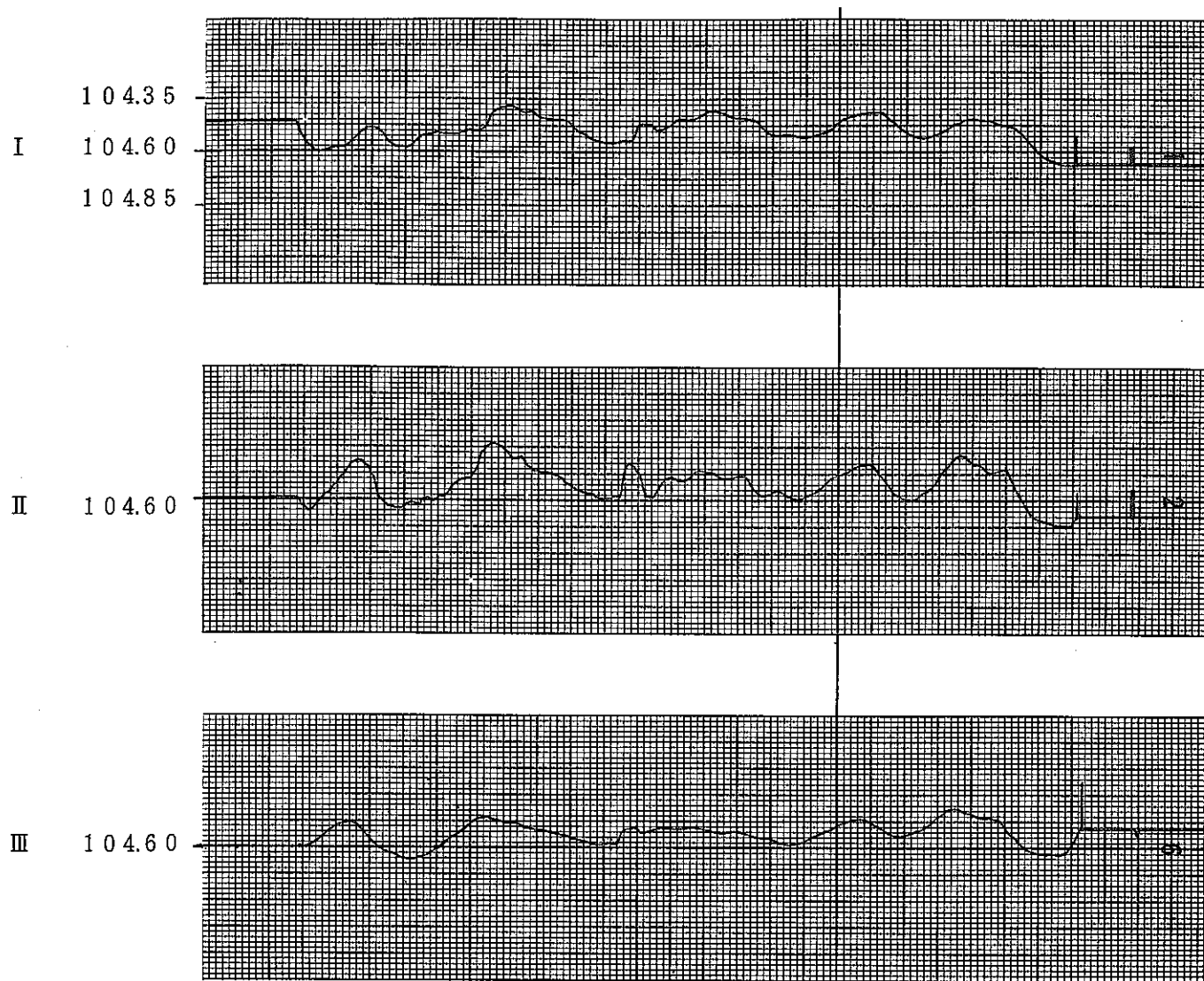
S 5 6 0 2 B-E面



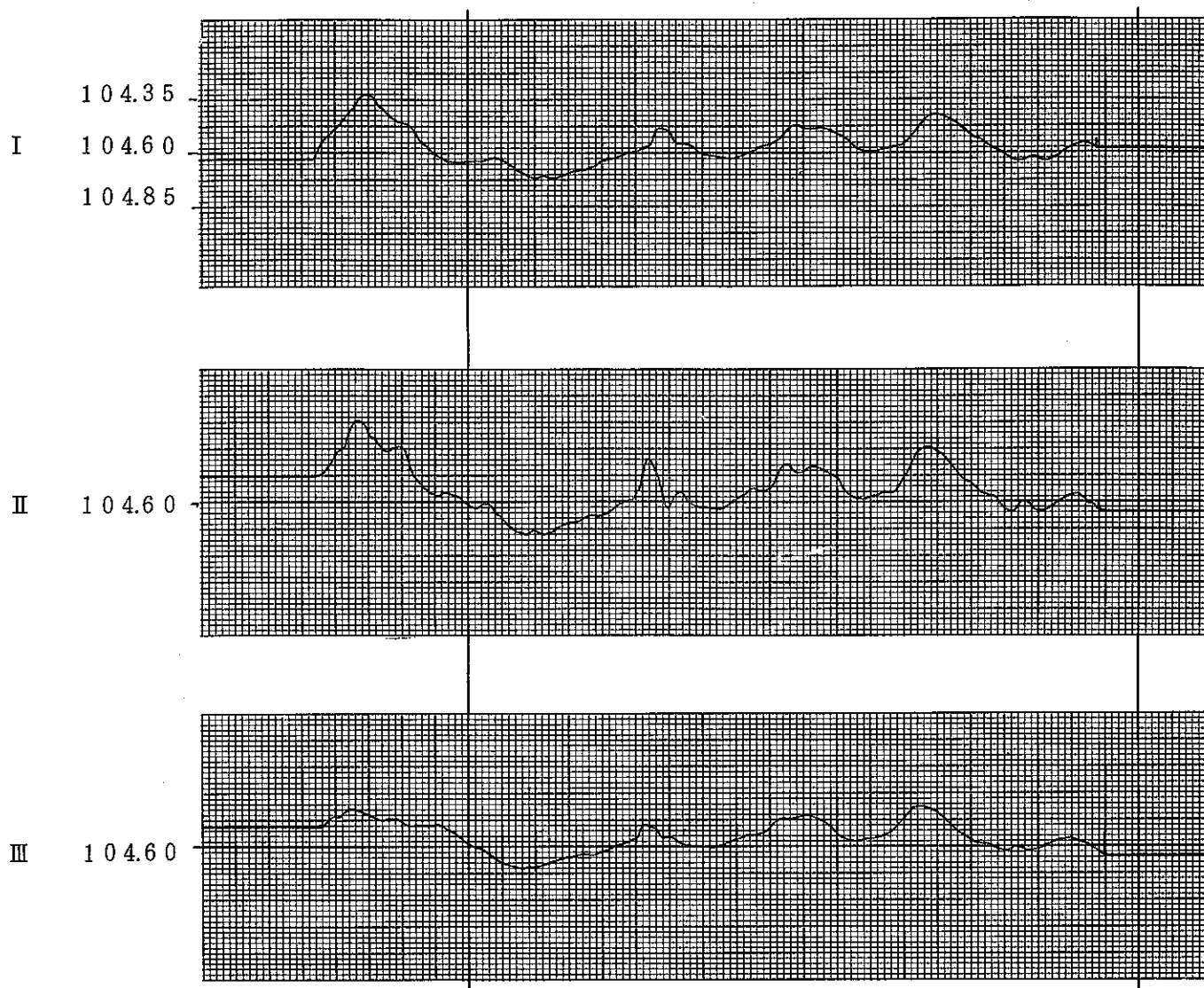
S 5 6 0 2 C—F面



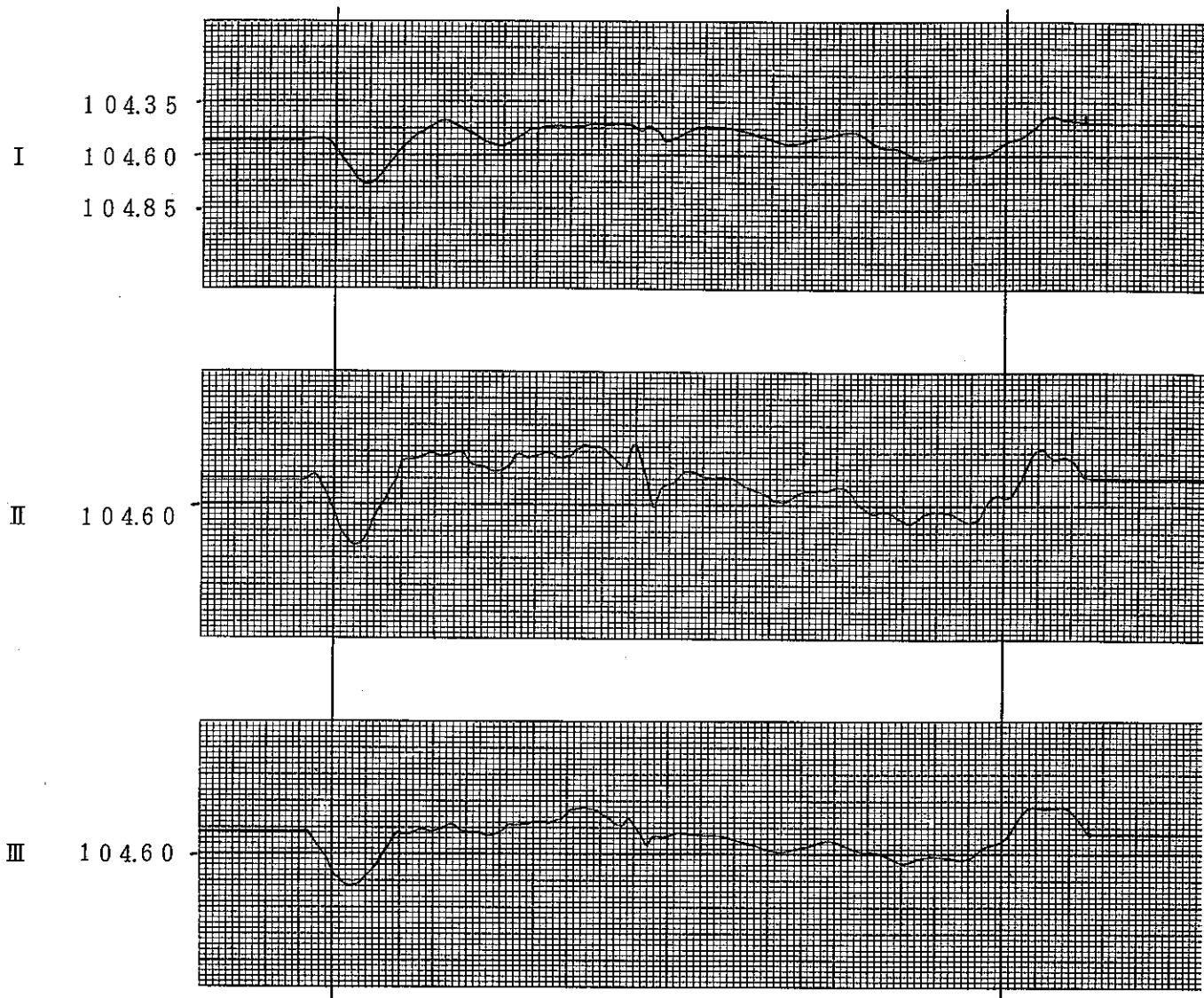
S 5 6 0 3 A-D面



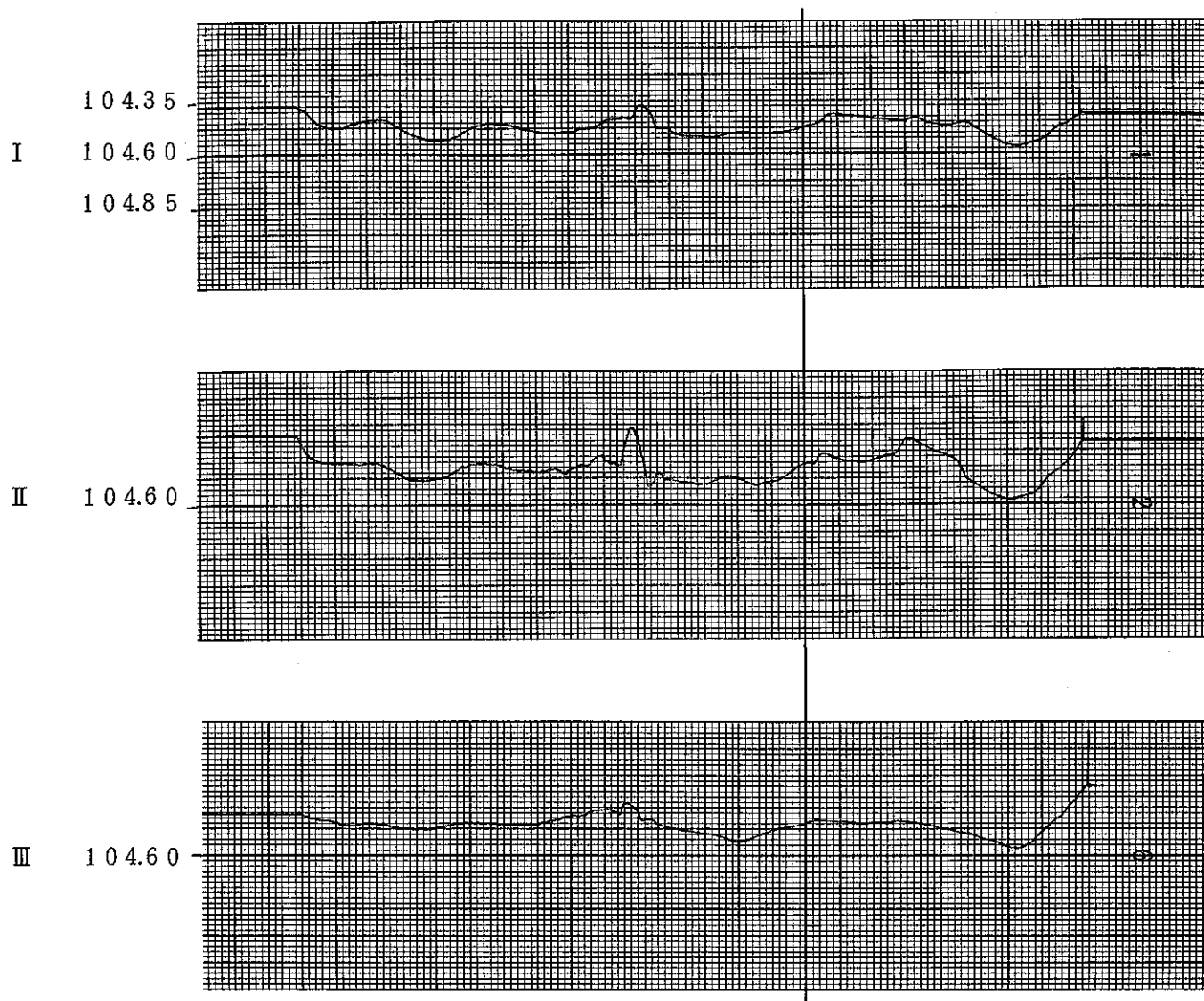
S 5 6 0 3 B-E面



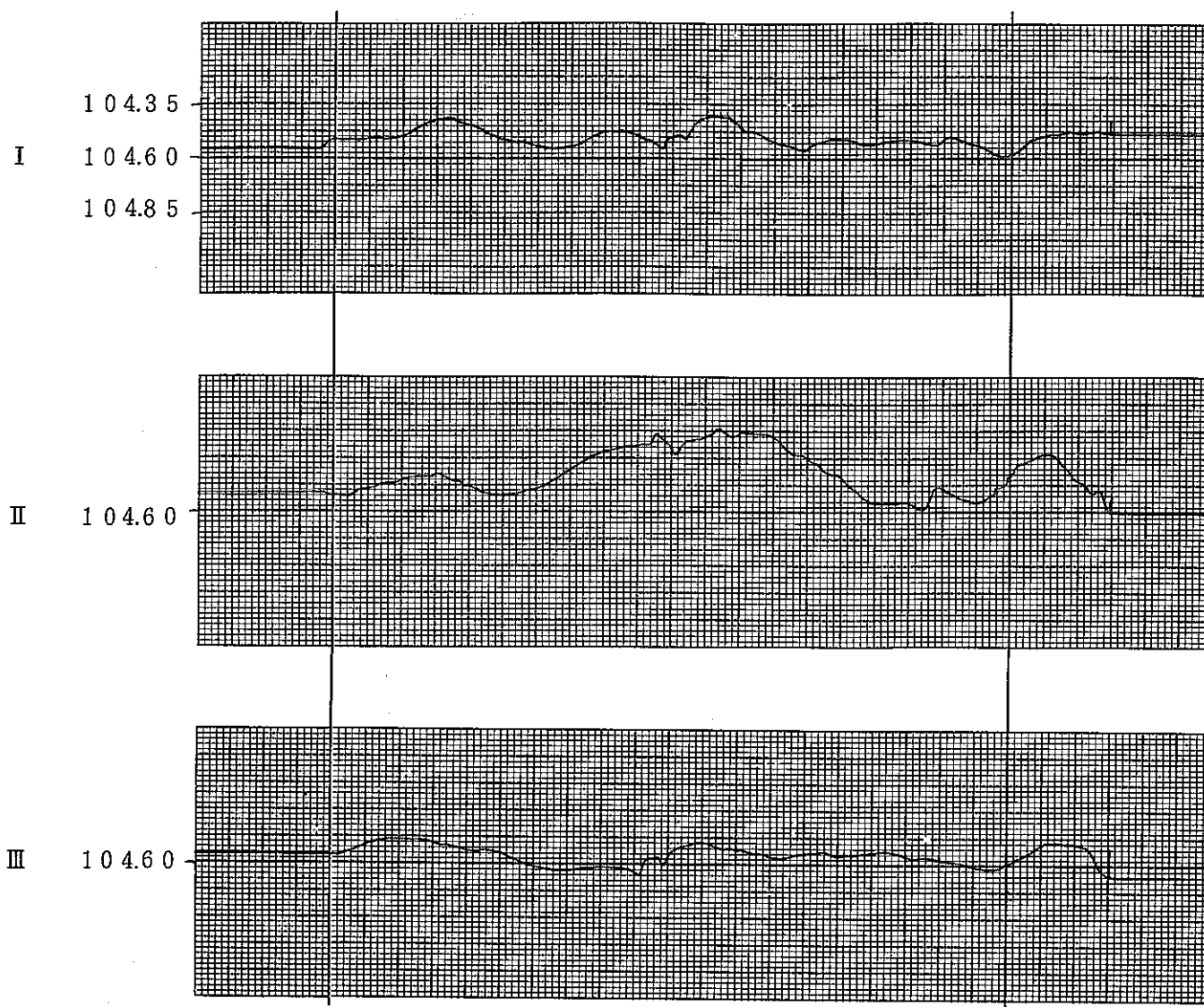
S 5 6 0 3 C—F面



S 5 6 0 4 A-D面

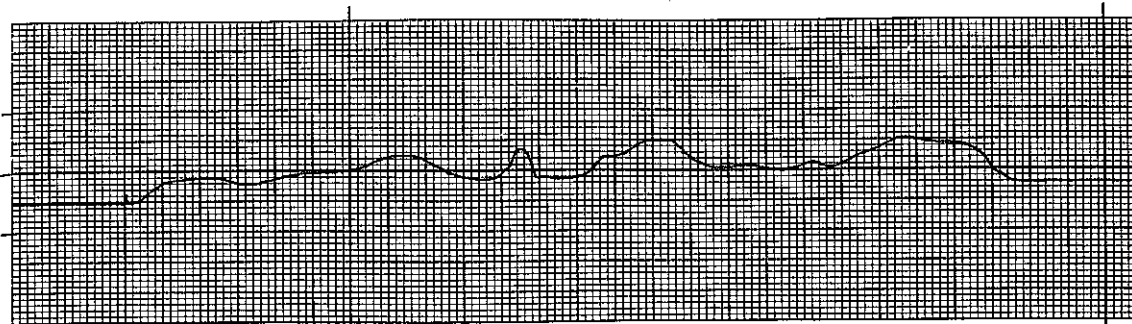


S 5 6 0 4 B-E面

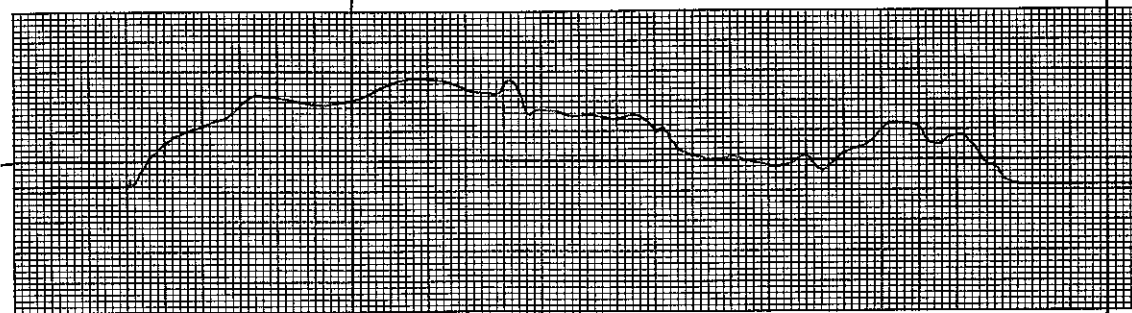


S 5 6 0 4 C-F面

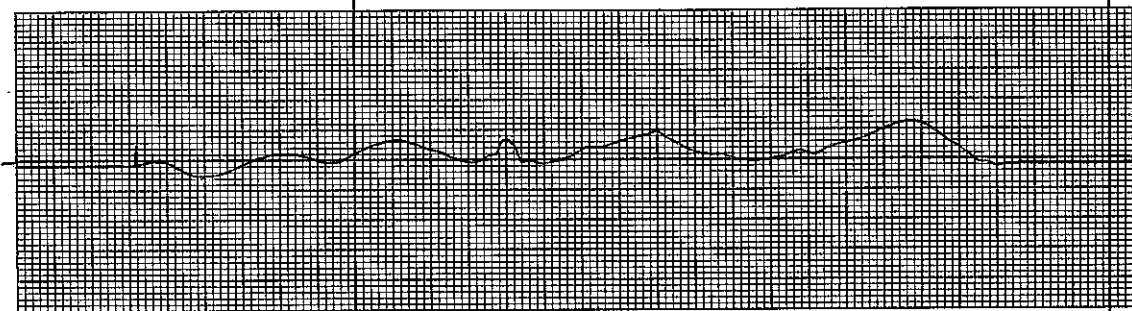
I 104.35
104.60
104.85



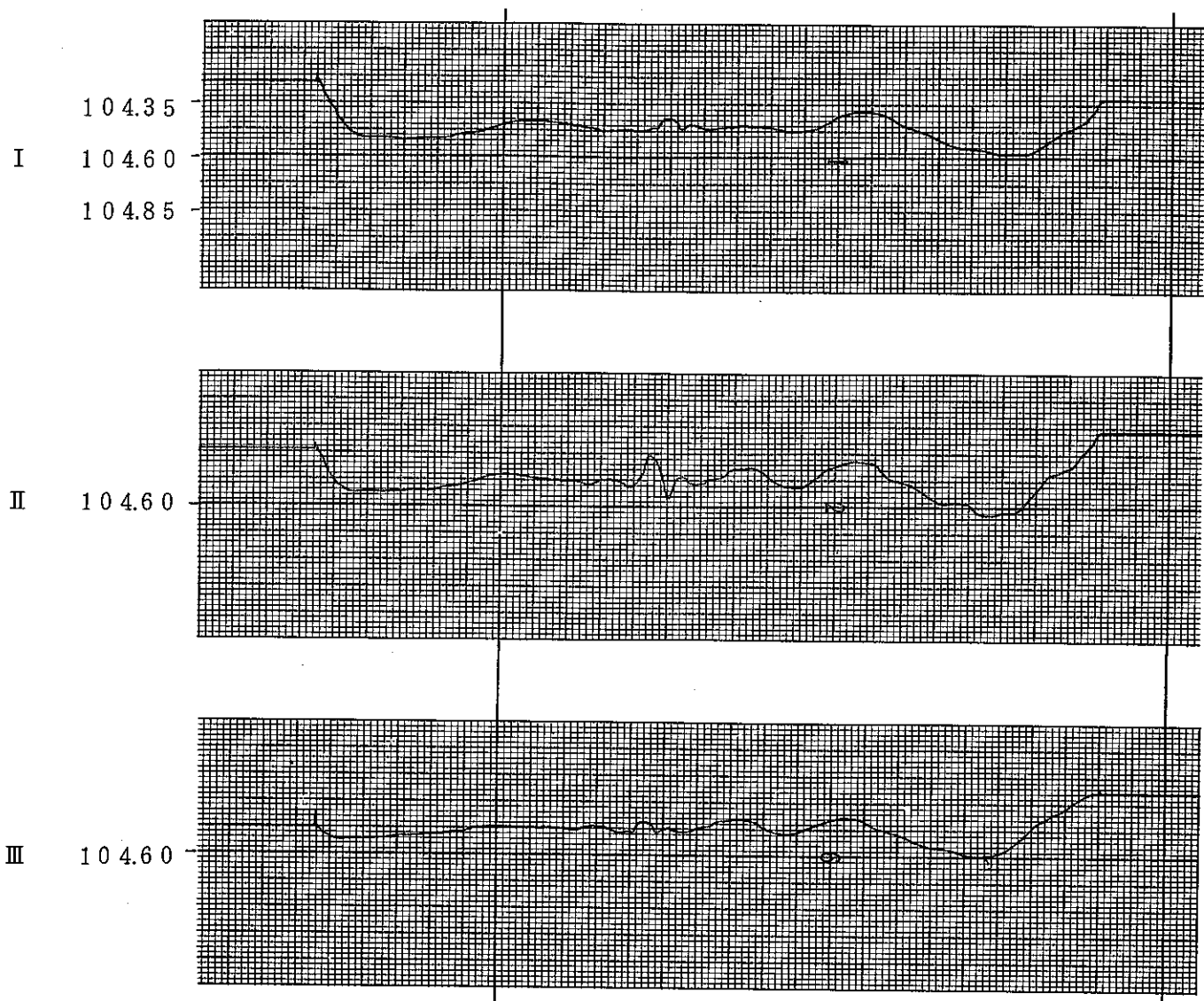
II 104.60



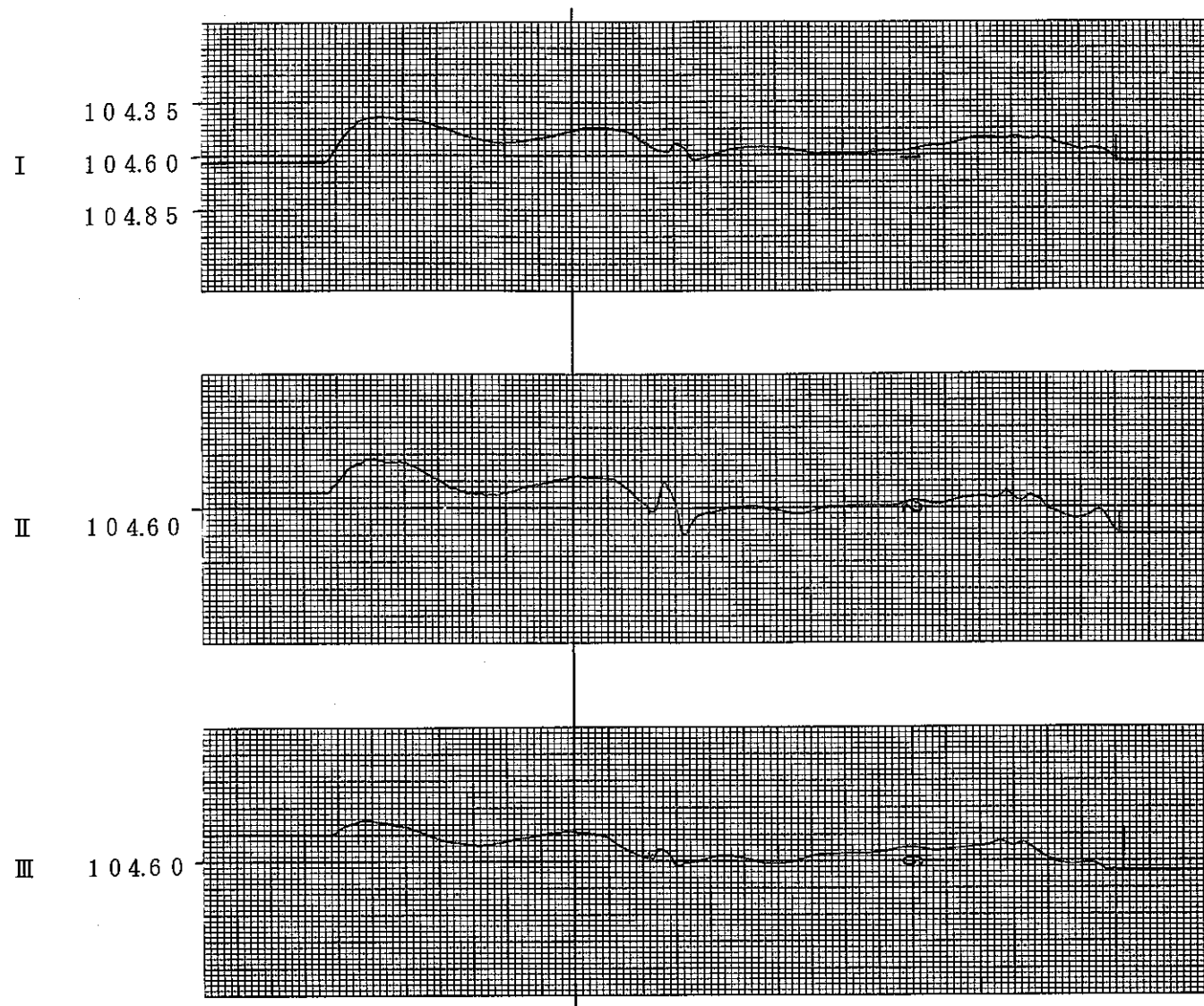
III 104.60



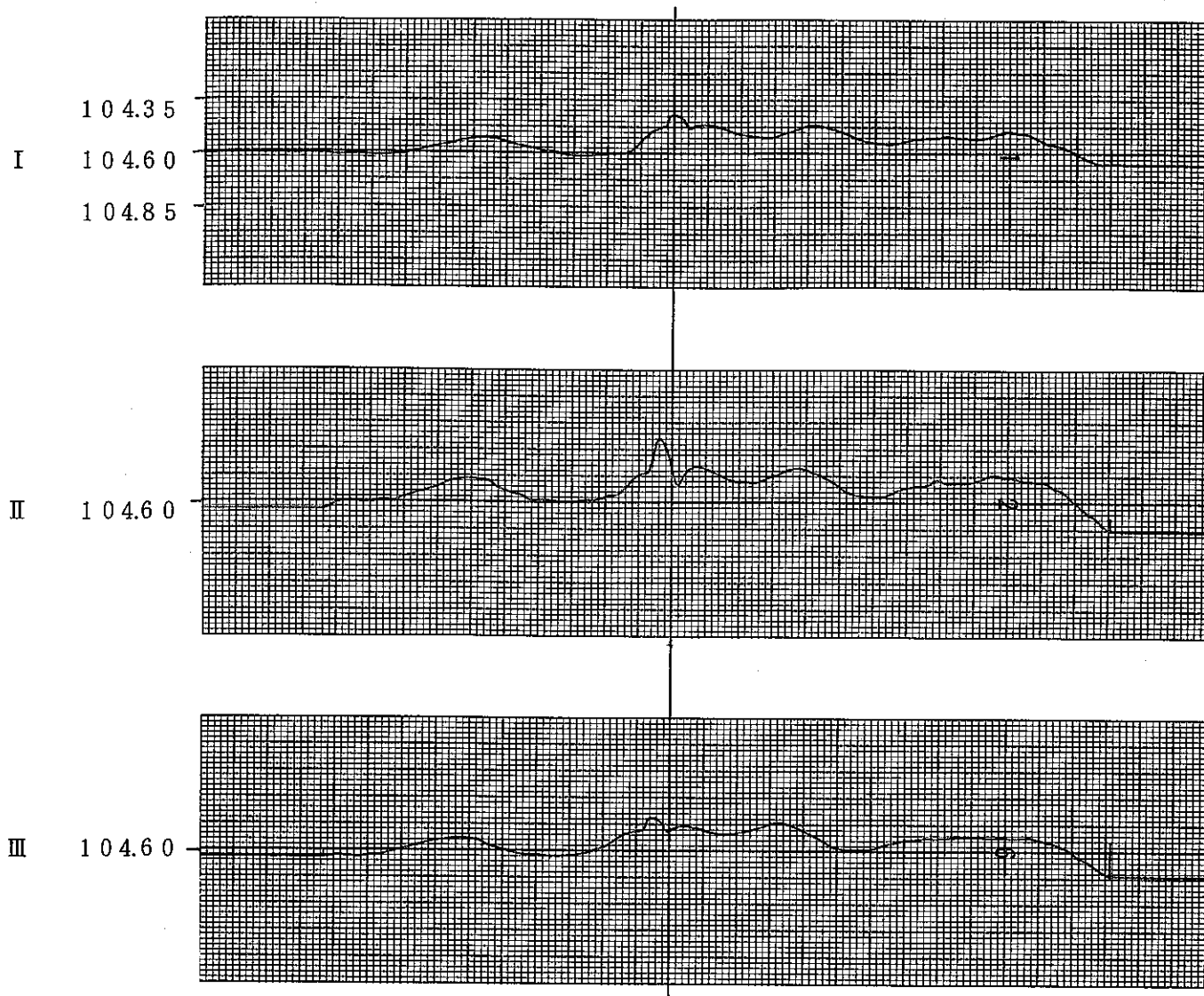
S 5 6 0 5 A-D面



S 5 6 0 5 B-E面



S 5 6 0 5 C-F面



内側対面間寸法検査結果〔連続測定結果〕

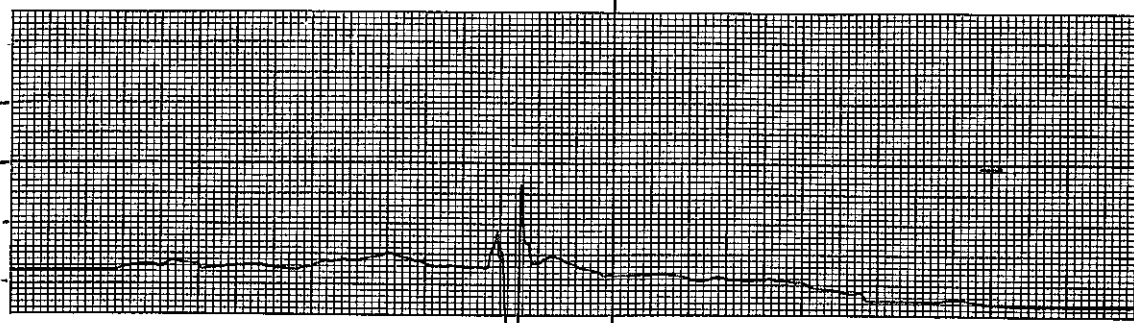
〔単位：mm〕

項 目 位 置		管 部						パ ッ ド 部					
		A－D 面		B－E 面		C－F 面		A－D 面		B－E 面		C－F 面	
		最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値
B 5 6 0 1	I	105.18	104.93	105.12	104.99	105.18	104.95	—	104.69	—	104.90	—	104.92
	II	104.73	104.23	104.75	104.28	104.78	104.30	104.85	104.09	104.93	104.25	104.87	104.19
	III	105.18	104.80	105.11	104.95	105.08	104.90	105.15	104.78	105.22	104.85	105.16	104.78
B 5 6 0 2	I	105.20	105.00	105.05	104.92	105.12	104.95	—	104.77	—	104.47	—	104.38
	II	104.85	104.44	104.82	104.35	104.89	104.43	104.85	104.40	104.68	104.26	104.84	104.30
	III	105.19	105.04	105.14	104.78	105.11	104.73	—	104.63	105.10	104.53	104.93	104.54
B 5 6 0 3	I	105.05	104.85	105.06	104.85	105.14	104.80	—	103.98	—	104.00	—	104.10
	II	104.78	104.27	104.73	104.34	104.76	104.30	105.04	104.99	104.98	—	105.00	103.98
	III	105.06	104.80	105.07	104.80	105.13	104.73	—	104.02	105.21	—	—	103.98
B 5 6 0 4	I	105.10	104.75	105.18	105.05	105.15	104.98	105.18	104.18	—	104.60	—	104.50
	II	104.83	104.30	104.88	104.43	104.85	104.35	104.78	104.04	104.95	104.25	104.88	104.18
	III	105.14	104.85	105.22	104.98	105.09	104.80	—	104.38	—	104.40	—	104.34
B 5 6 0 5	I	—	105.05	105.12	104.77	105.10	104.90	—	104.90	—	104.60	—	104.80
	II	104.89	104.37	104.92	104.45	104.79	104.34	104.82	104.31	104.80	104.30	104.80	104.33
	III	105.10	104.98	105.15	104.93	105.00	104.88	—	104.90	105.15	104.87	—	104.88

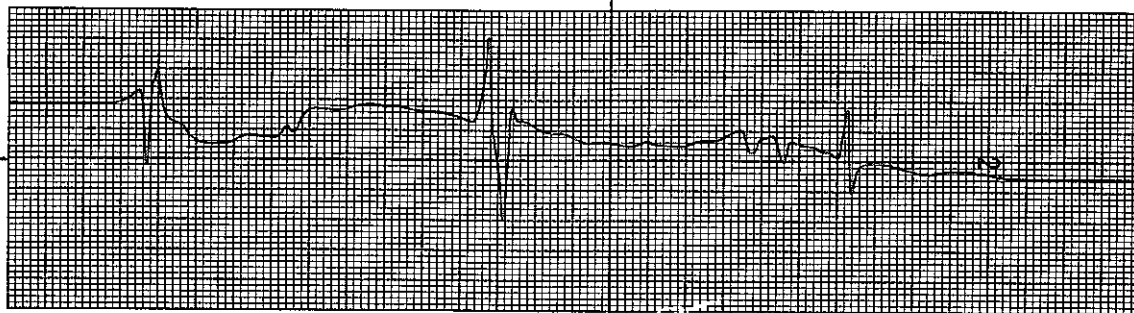
* — 検出限界（範囲：103.98-105.22mm）

B5601 A-D面

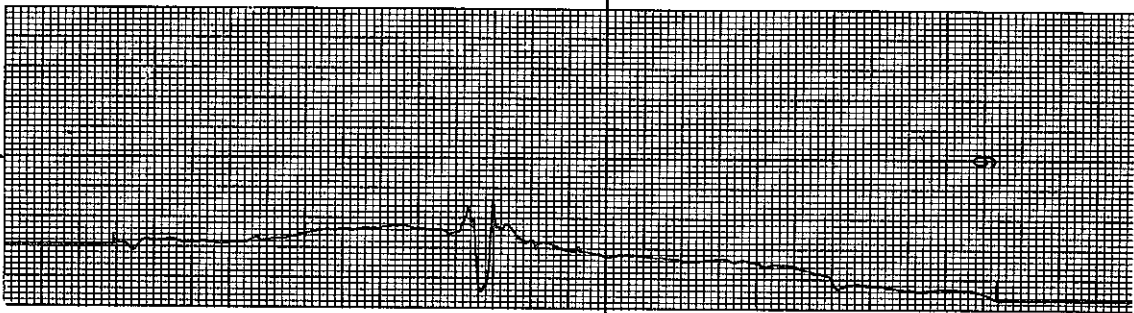
I 104.35
104.60
104.85



II 104.60

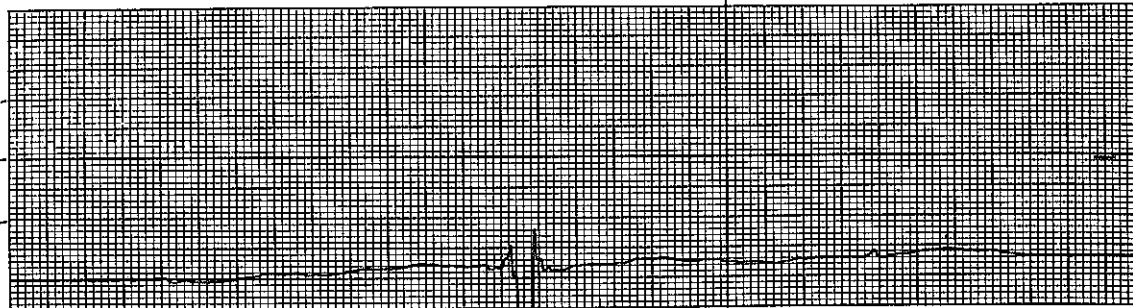


III 104.60

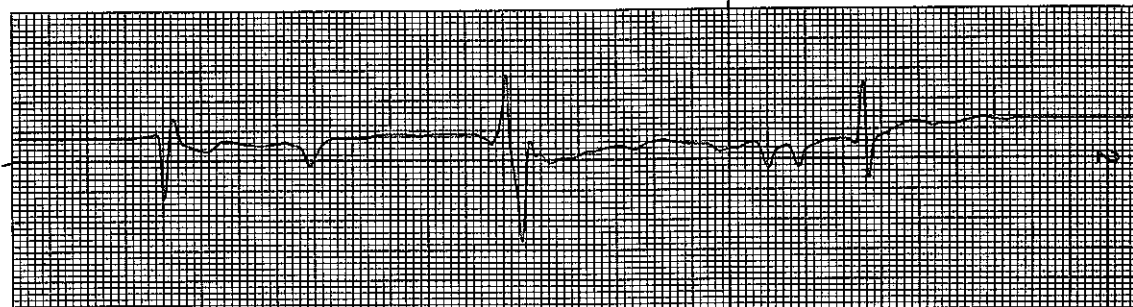


B5601 C-F面

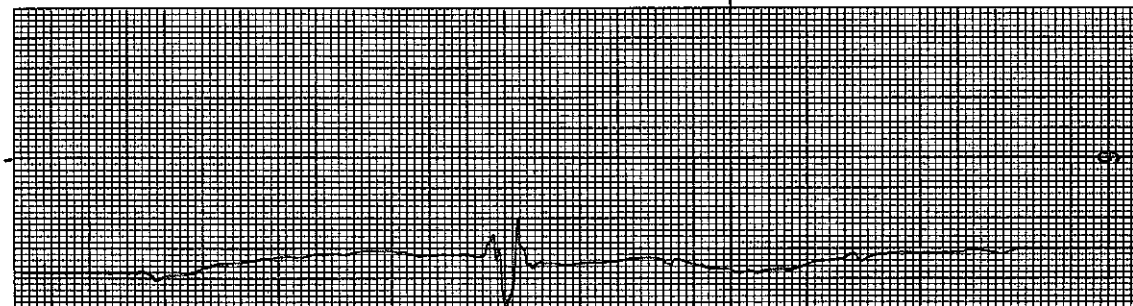
I 104.35
104.60
104.85



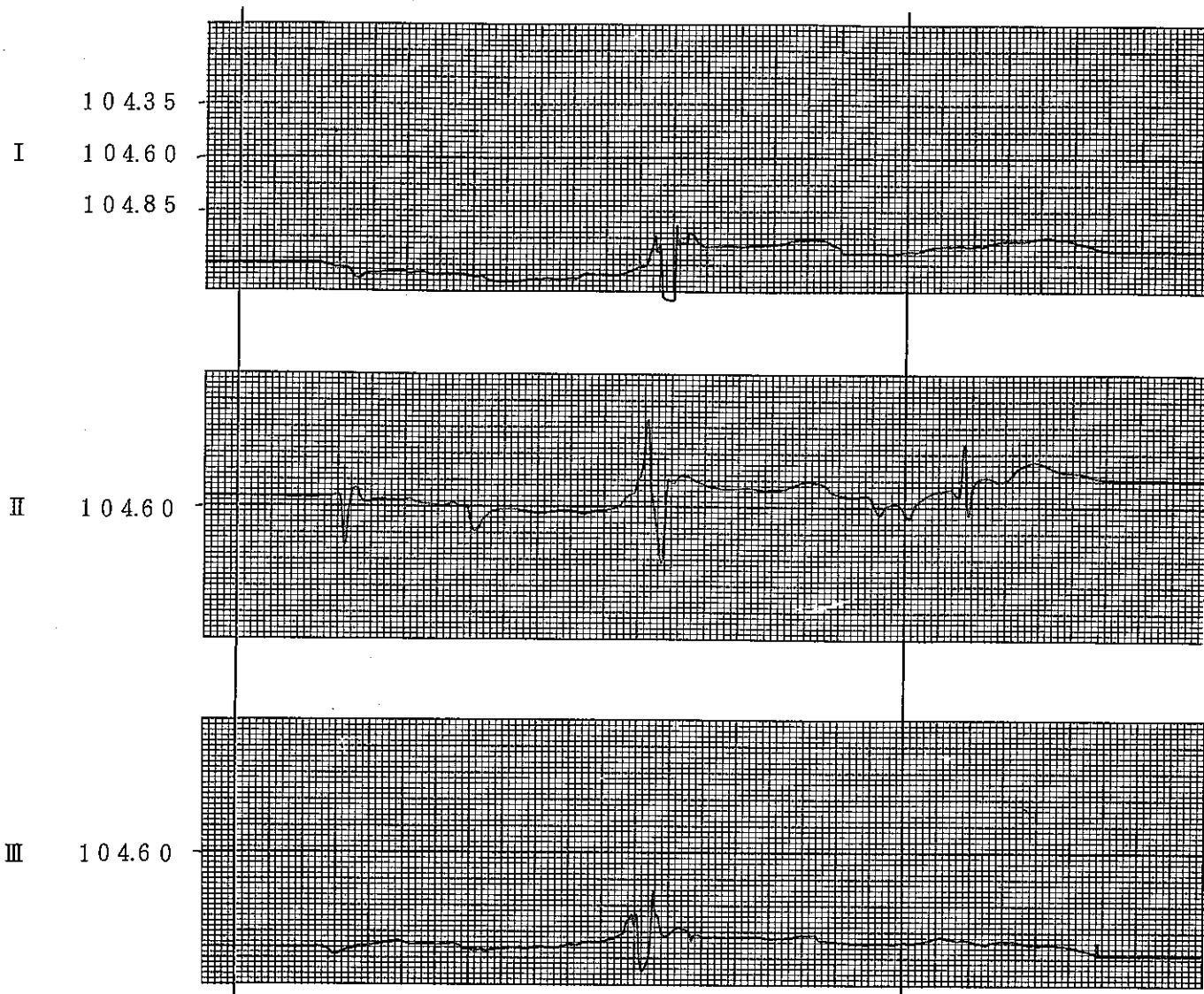
II 104.60



III 104.60

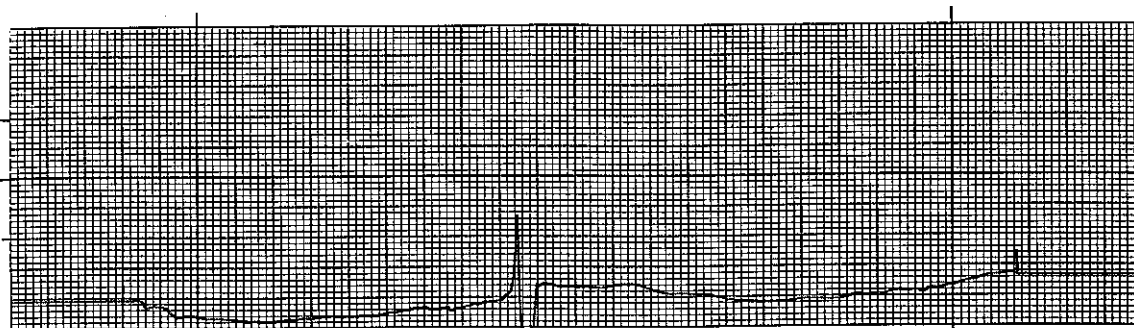


B5601 B-E面

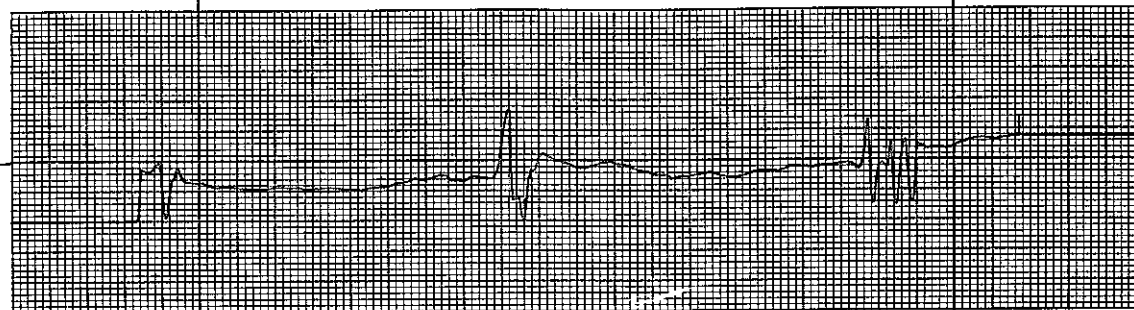


B 5 6 0 2 A-D面

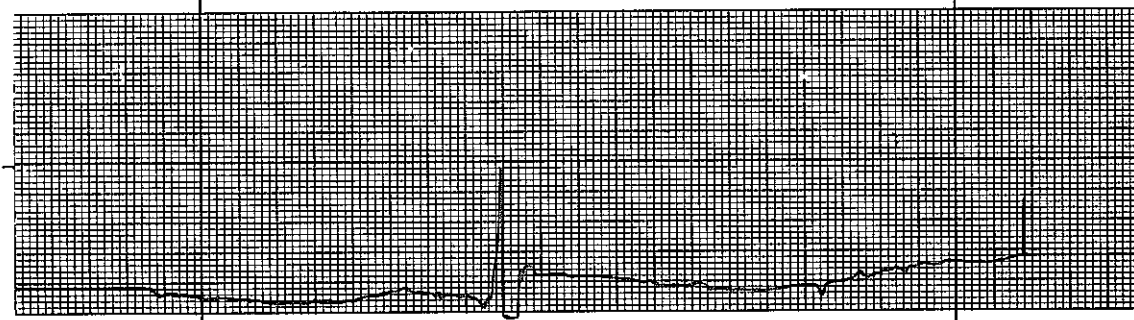
I 104.35
104.60
104.85



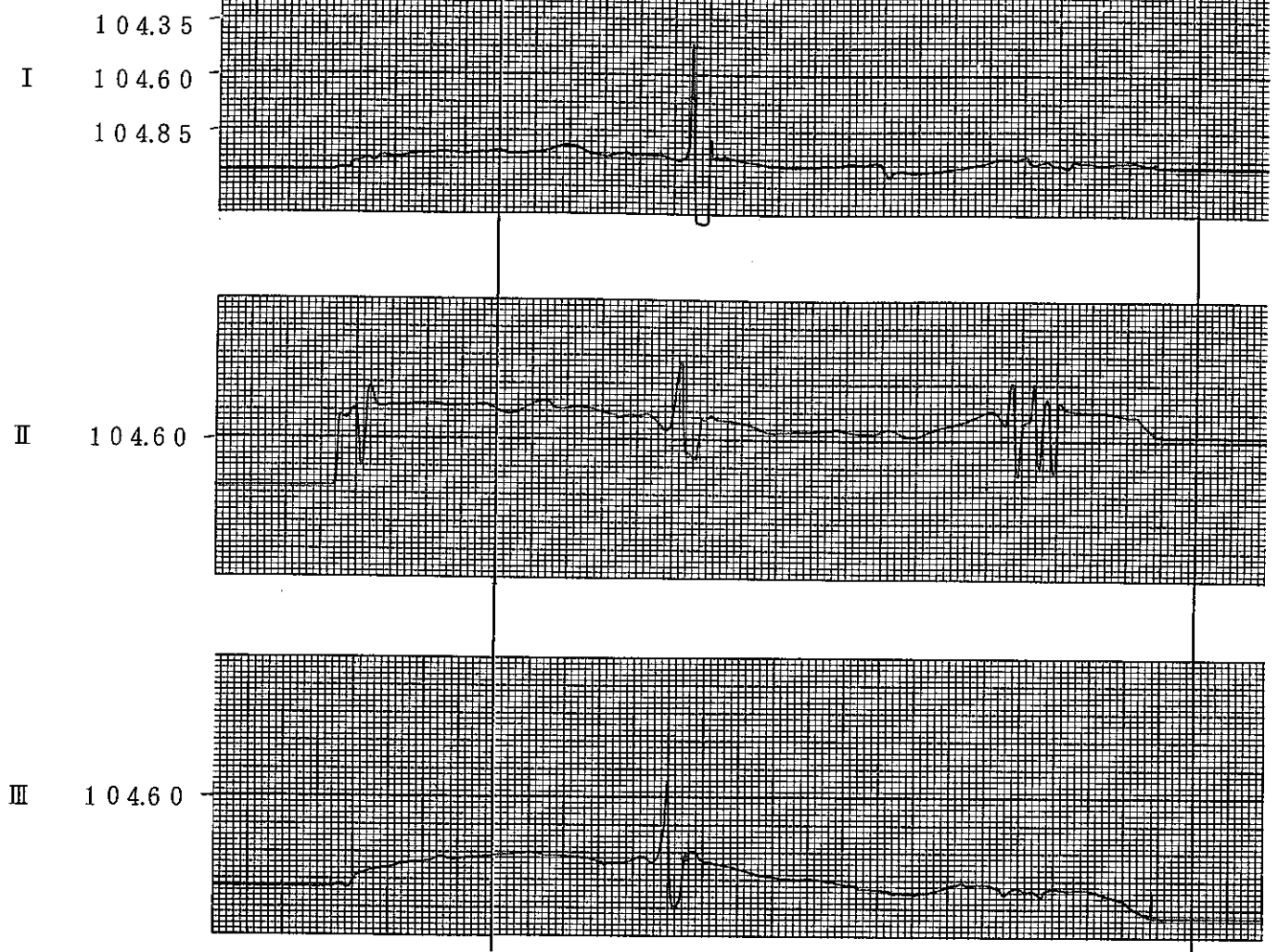
II 104.60



III 104.60

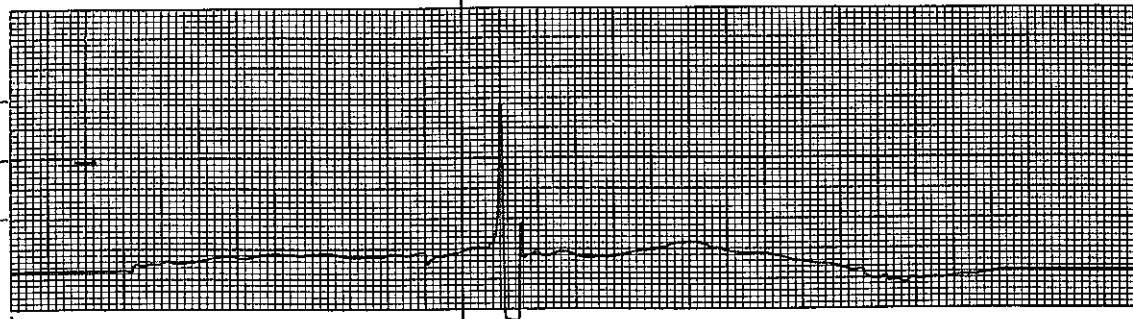


B 5 6 0 2 B—E面

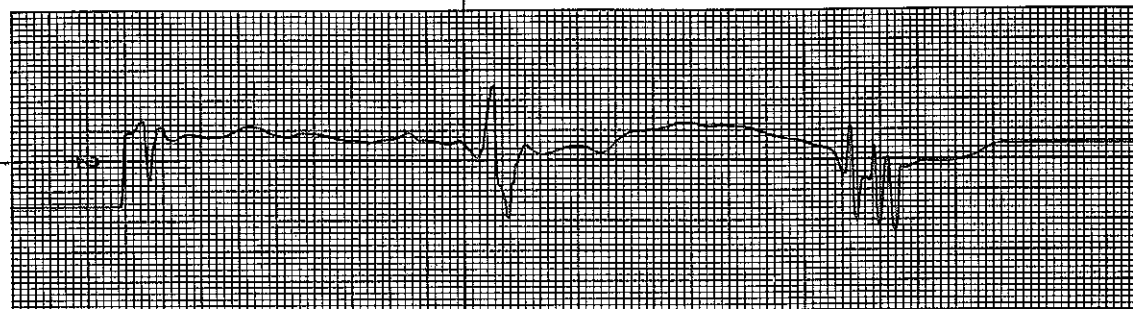


B 5 6 0 2 C-F面

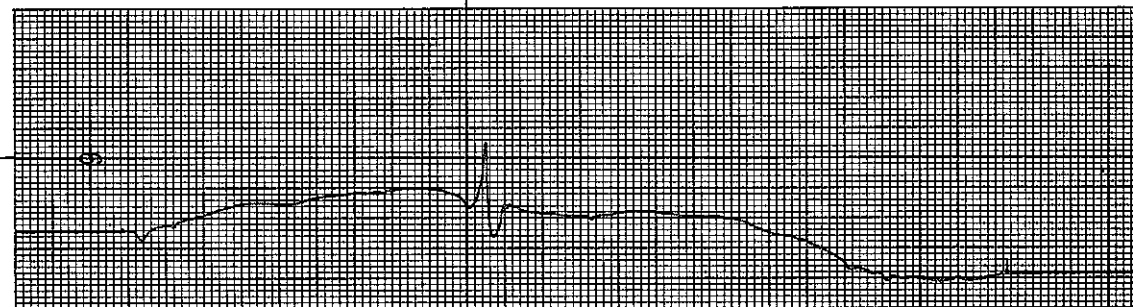
I 104.35
104.60
104.85



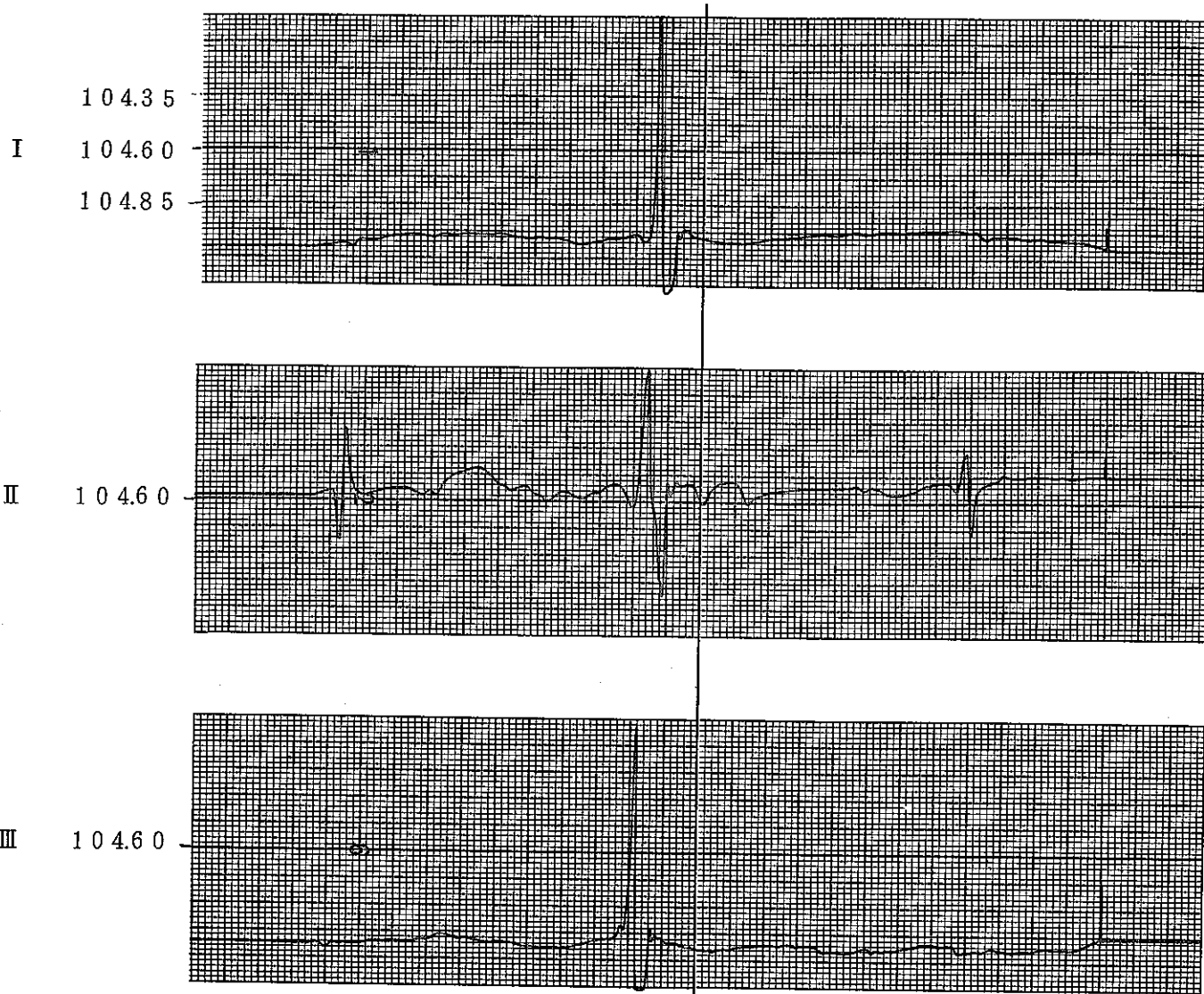
II 104.60



III 104.60

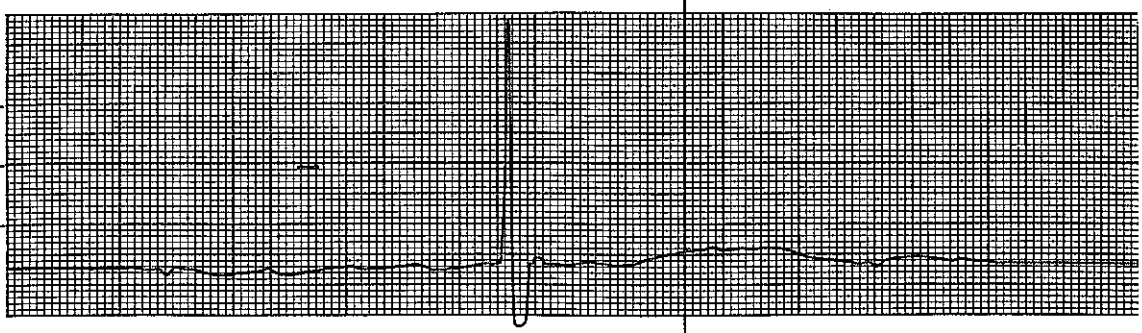


B 5 6 0 3 A—D面

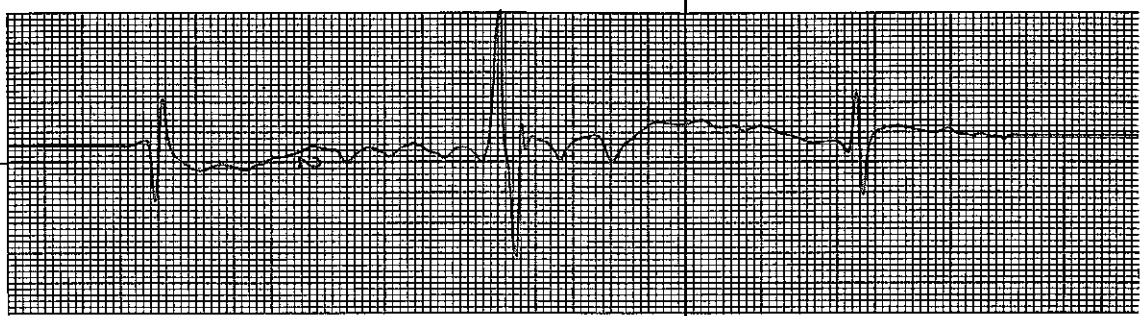


B5603 B-E面

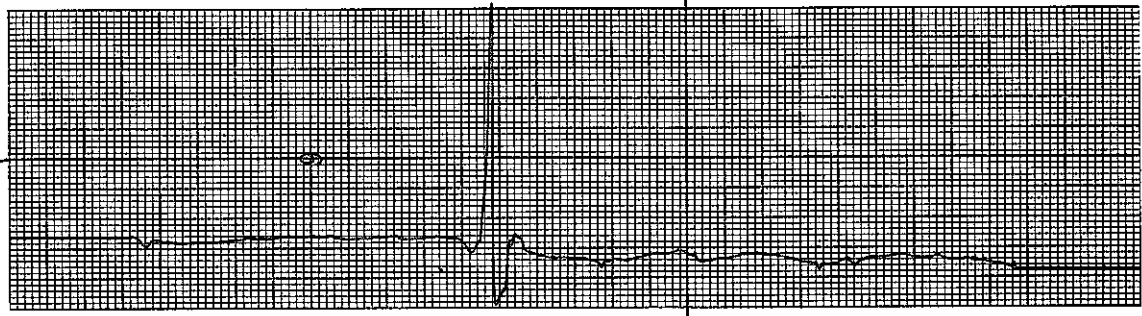
I 104.35
104.60
104.85



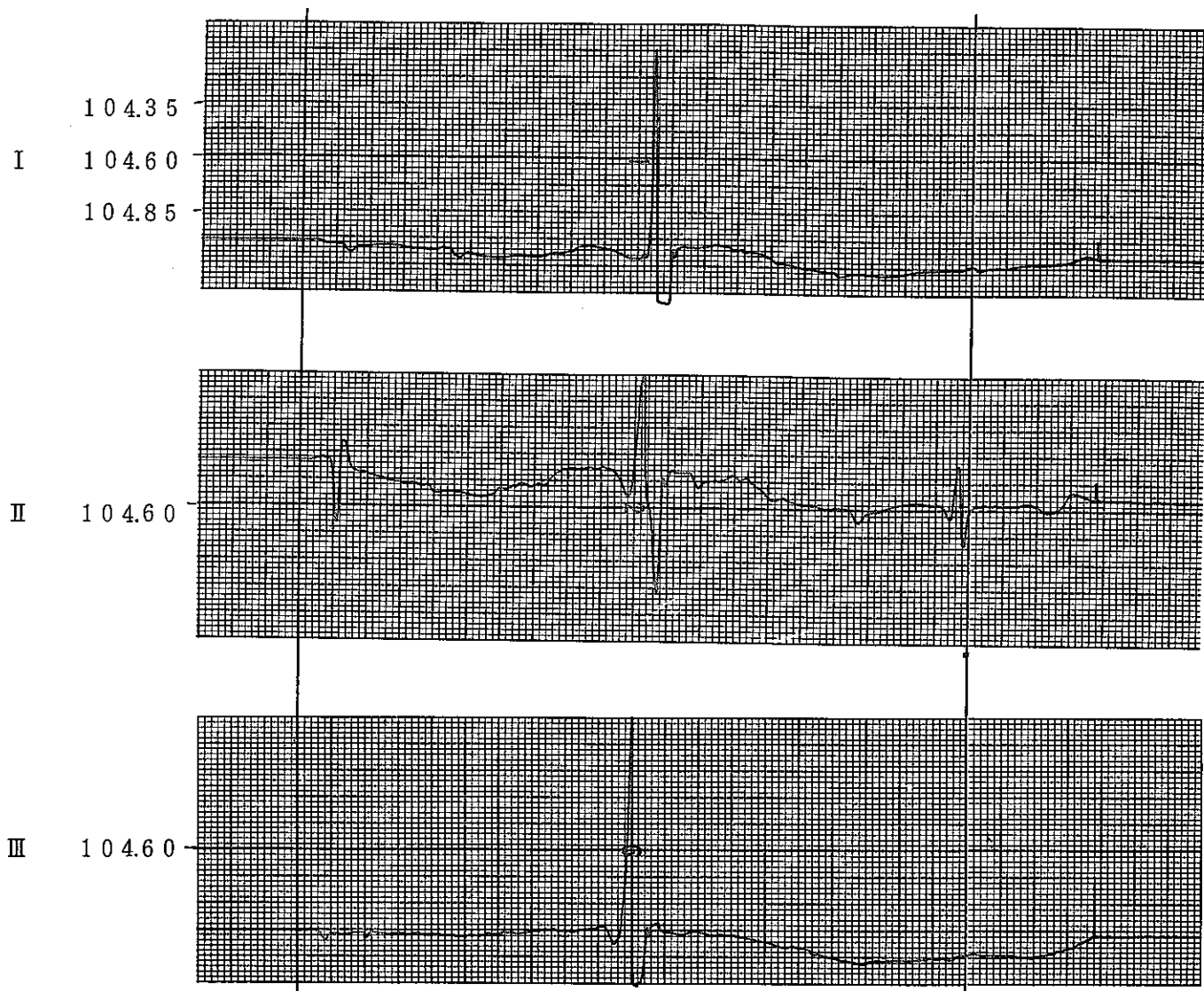
II 104.60



III 104.60

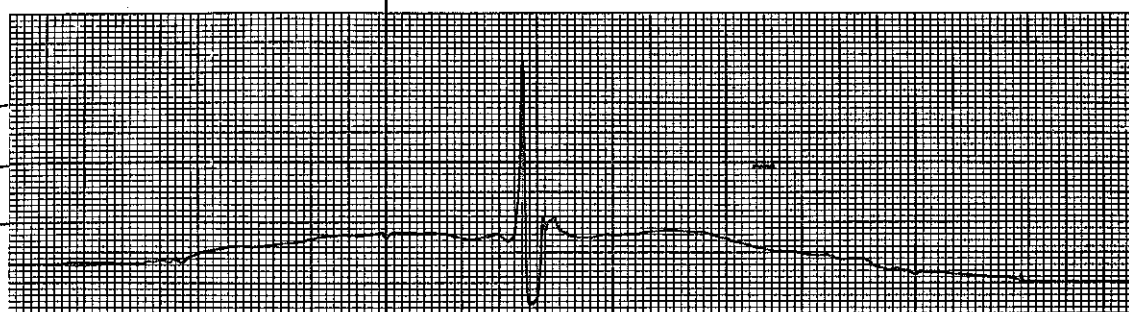


B 5 6 0 3 C—F面

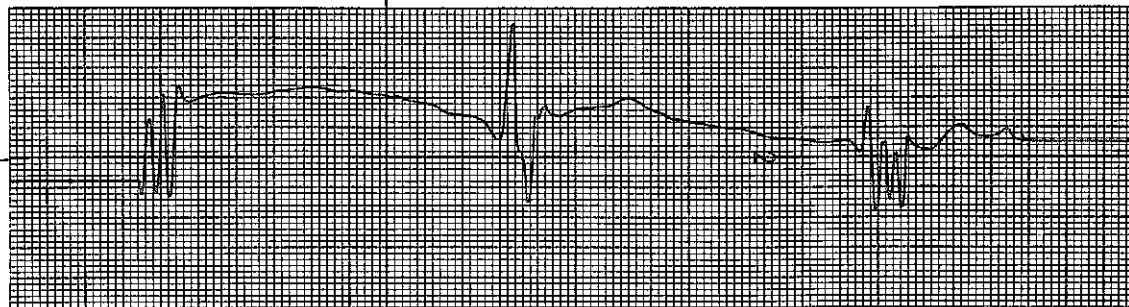


B 5 6 0 4 A-D面

I 104.35
104.60
104.85



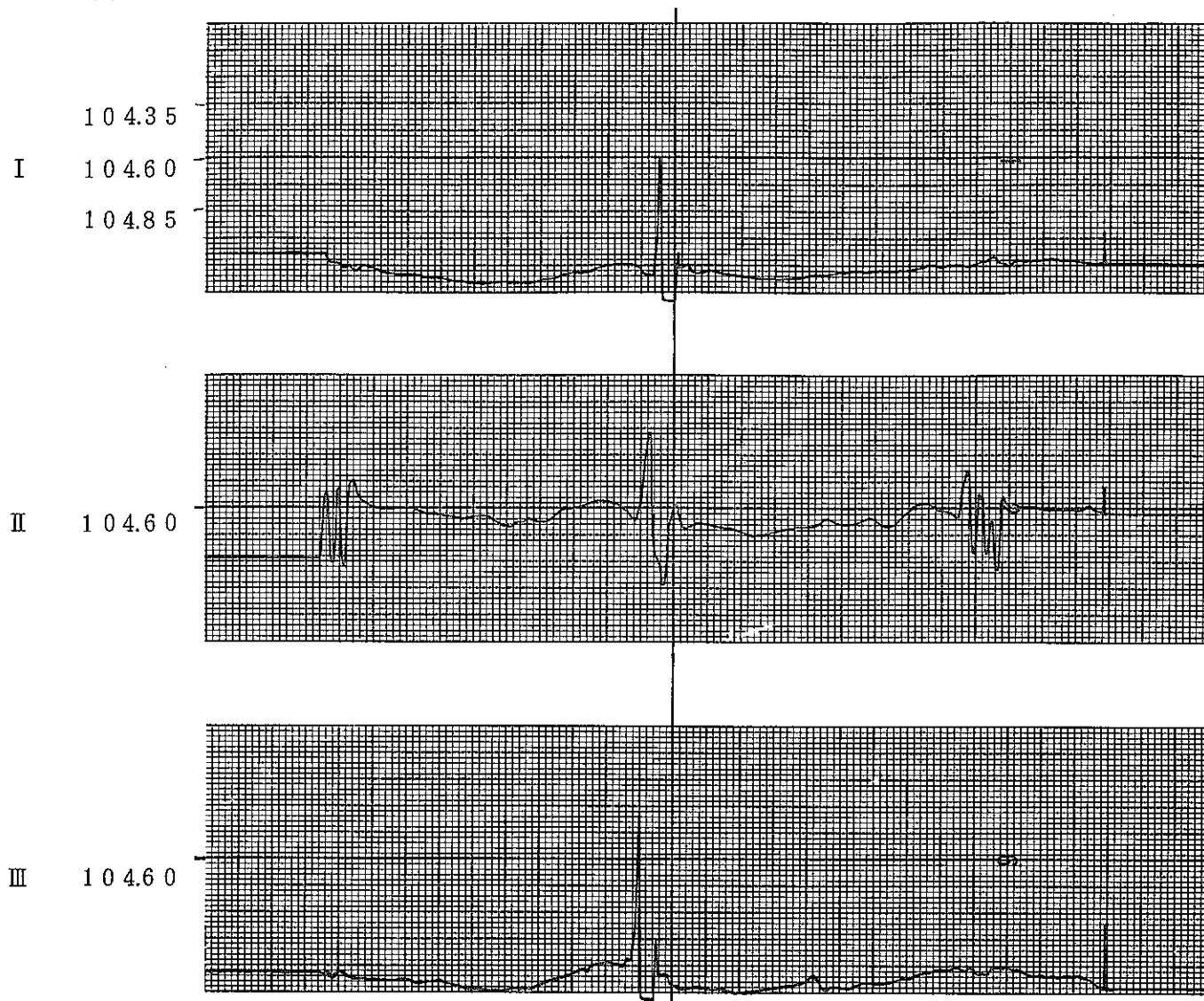
II 104.60



III 104.60

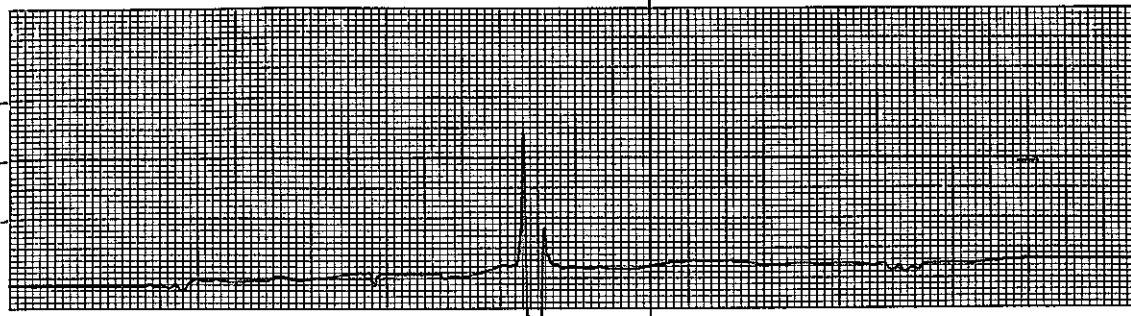


B 5 6 0 4 B-E面

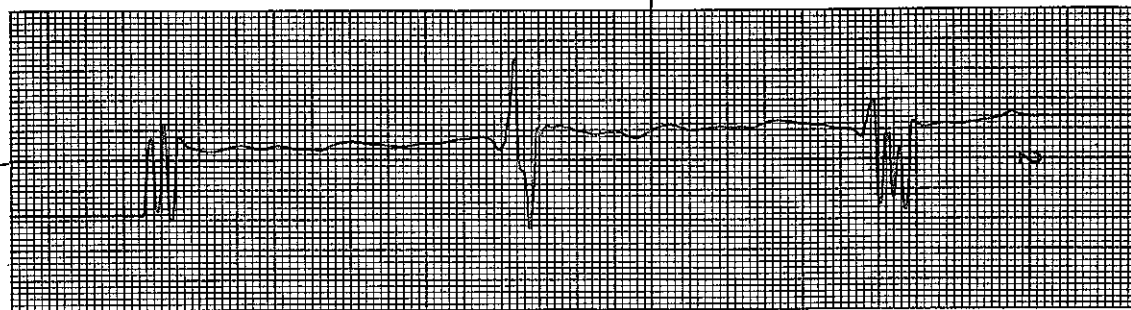


B 5 6 0 4 C-F面

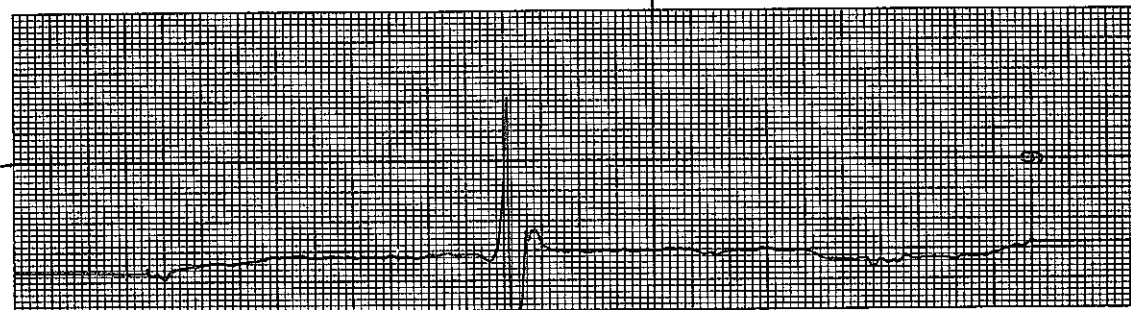
I 104.35
104.60
104.85



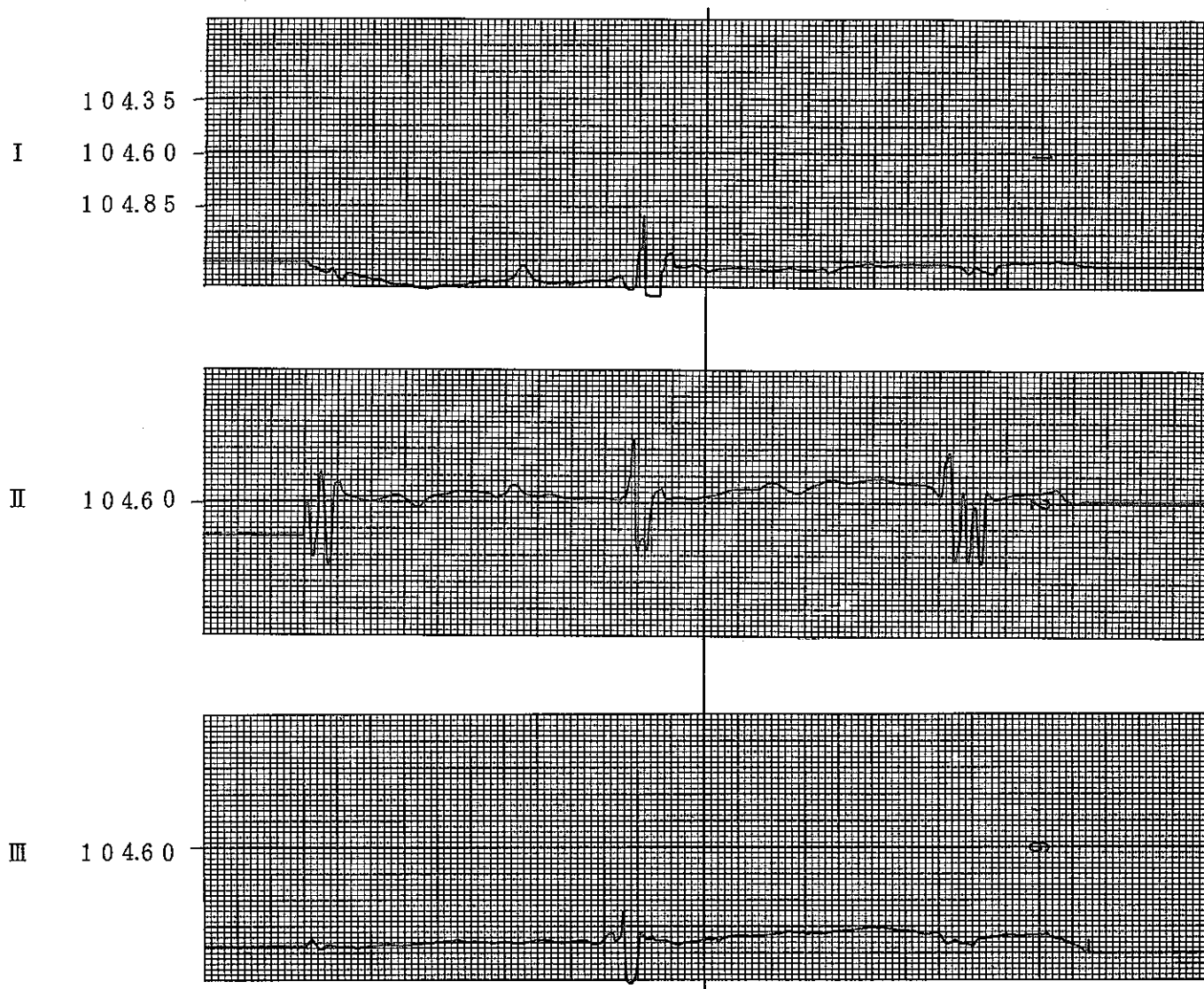
II 104.60



III 104.60

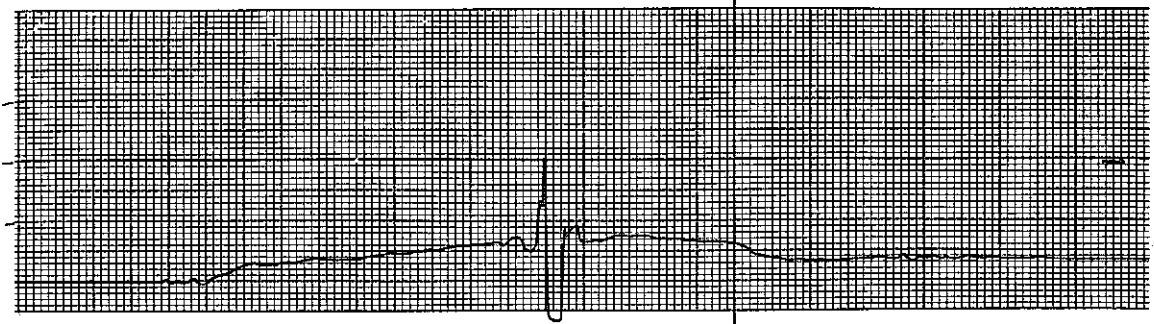


B 5 6 0 5 A-D面

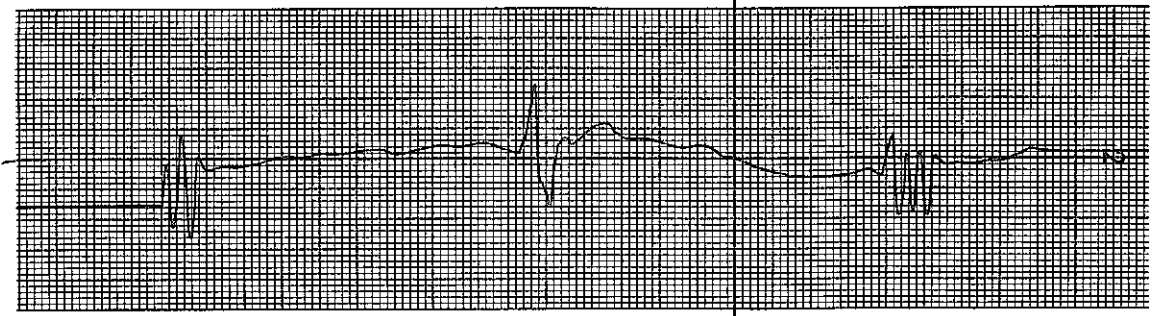


B 5 6 0 5 B—E面

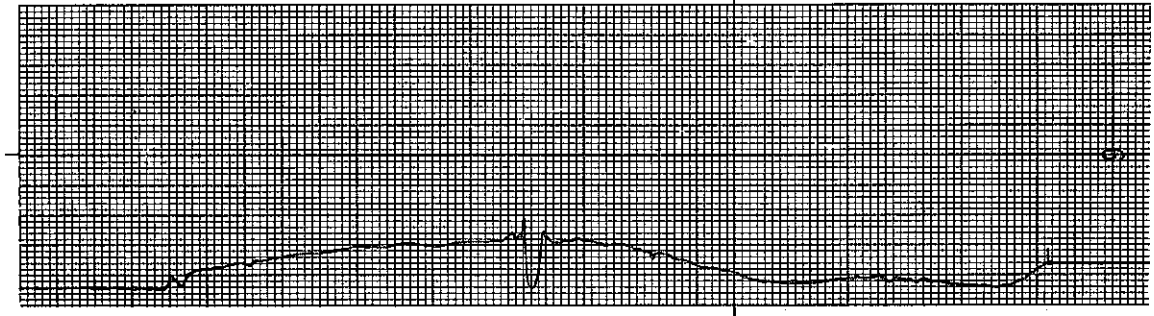
I 104.35
104.60
104.85



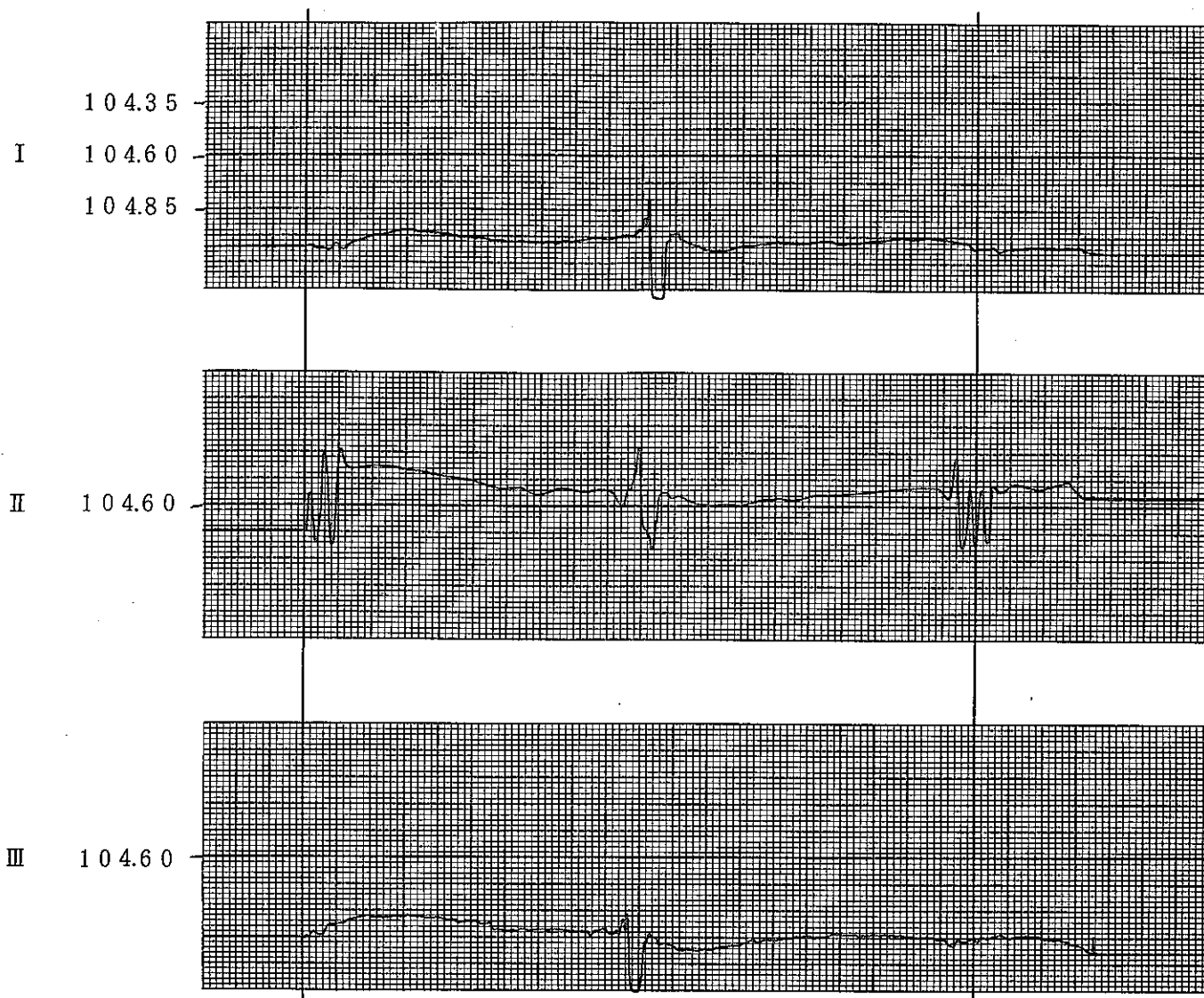
II 104.60



III 104.60



B 5 6 0 5 C—F 面

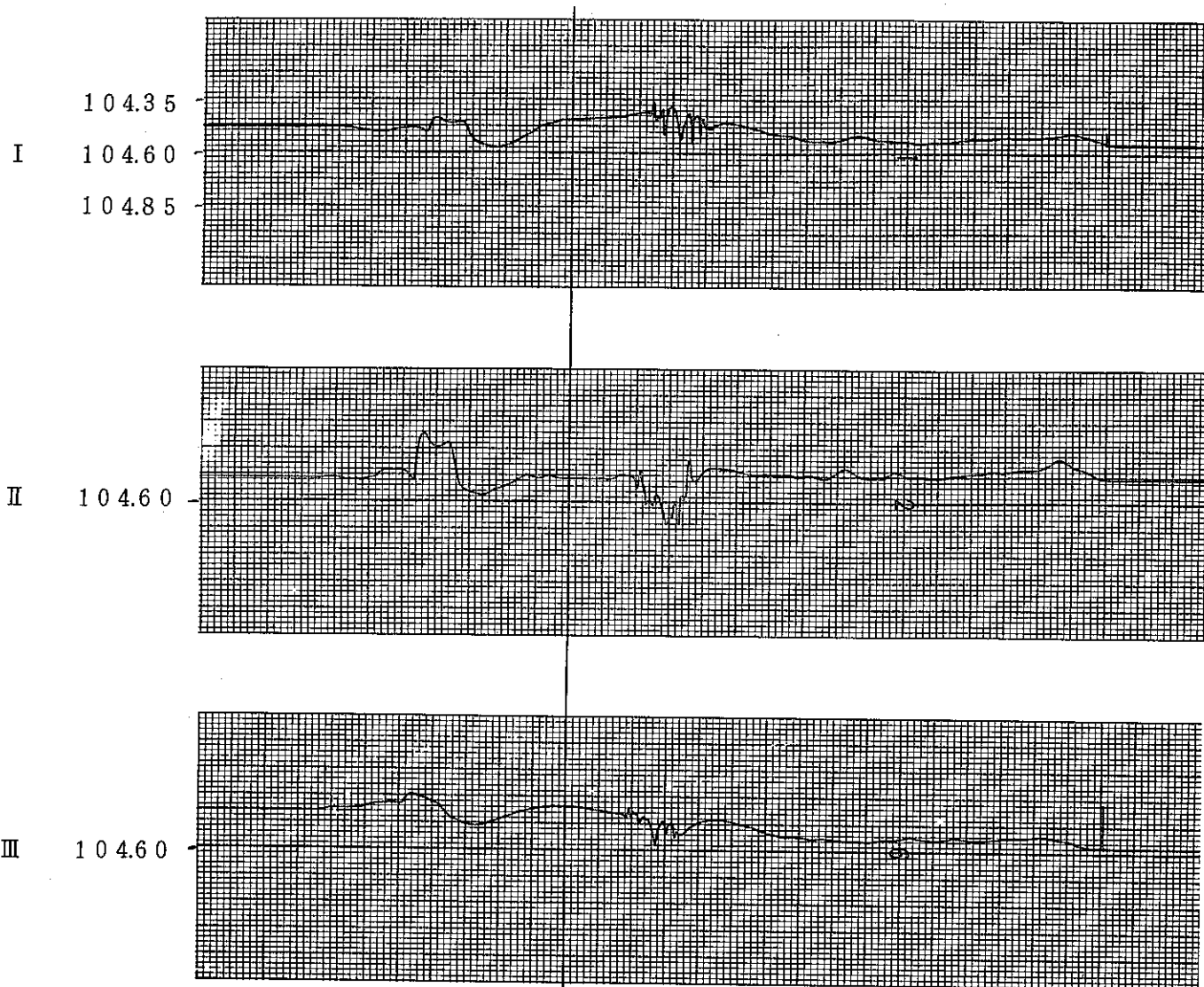


内側対面間寸法検査結果〔連続測定結果〕

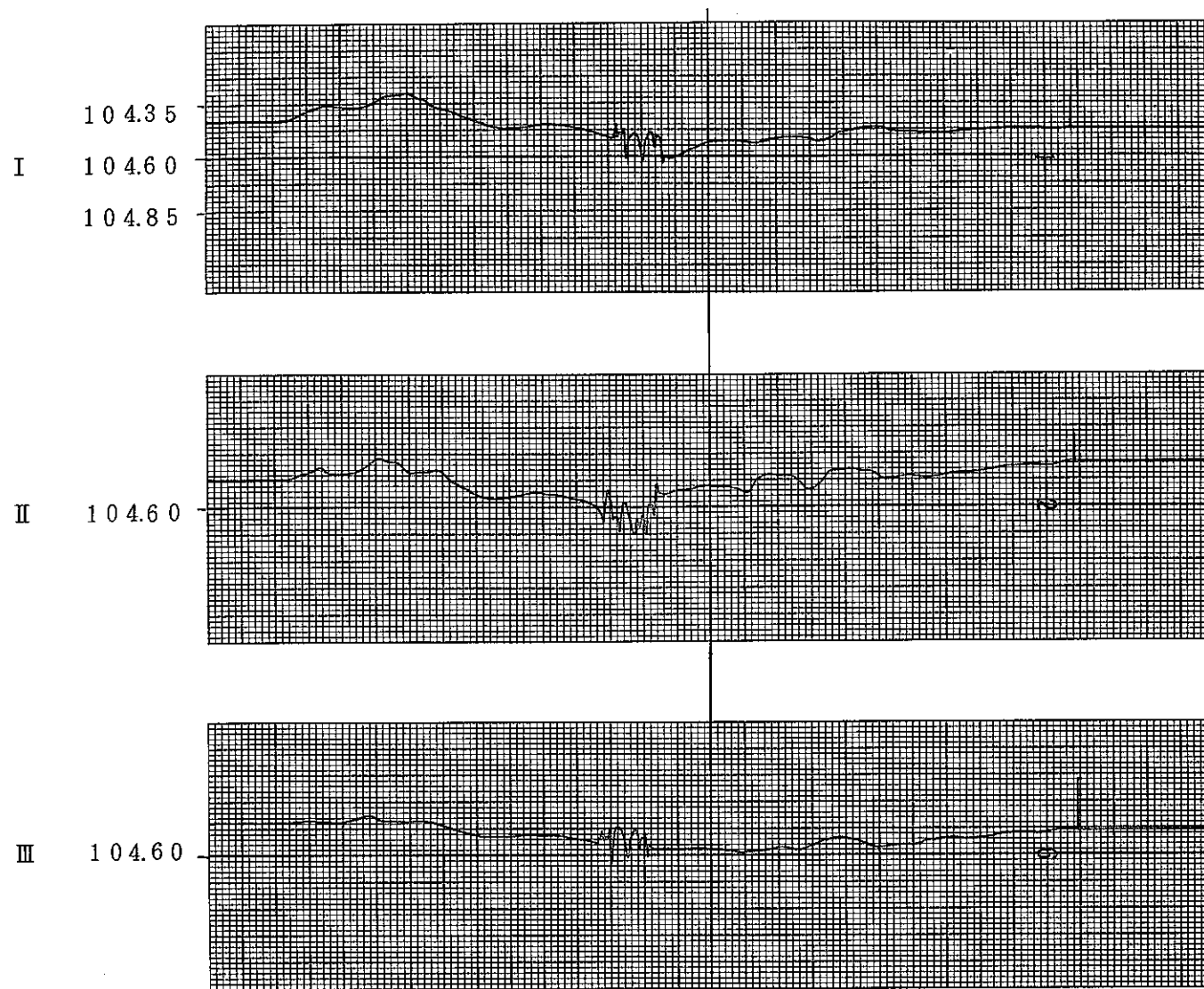
〔単位：mm〕

管 No.	項 目 位置	管 部						パ ッ ド 部					
		A - D 面		B - E 面		C - F 面		A - D 面		B - E 面		C - F 面	
		最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値
E5601	I	10455	10437	10463	10430	10464	10443	10453	10439	10462	10450	10459	10442
	II	10470	10441	10472	10438	10467	10425	10470	10457	10472	10458	10467	10453
	III	10458	10435	10461	10442	10462	10440	10457	10443	10463	10448	10464	10445
E5602	I	10458	10443	10465	10445	10463	10440	10461	10446	10456	10445	10464	10445
	II	10465	10433	10466	10443	10458	10436	10472	10455	10468	10456	10465	10448
	III	10460	10448	10463	10447	10462	10438	10462	10449	10461	10447	10455	10432
E5603	I	10474	10450	10475	10442	10480	10446	10476	10453	10463	10441	10479	10460
	II	10466	10444	10465	10435	10471	10438	10480	10462	10462	10445	10480	10462
	III	10472	10448	10470	10438	10480	10449	10472	10451	10463	10440	10466	10451
E5604	I	10472	10448	10463	10448	10472	10453	10477	10457	10460	10446	10472	10452
	II	10470	10434	10470	10436	10469	10443	10477	10460	10488	10455	10490	10459
	III	10469	10437	10477	10452	10474	10449	10463	10452	10470	10450	10470	10450
E5605	I	10467	10450	10473	10454	10478	10437	10468	10450	10470	10453	10473	10449
	II	10480	10451	10469	10440	10493	10436	10488	10467	10485	10457	10493	10460
	III	10480	10459	10464	10447	10471	10440	10472	10462	10467	10447	10480	10456

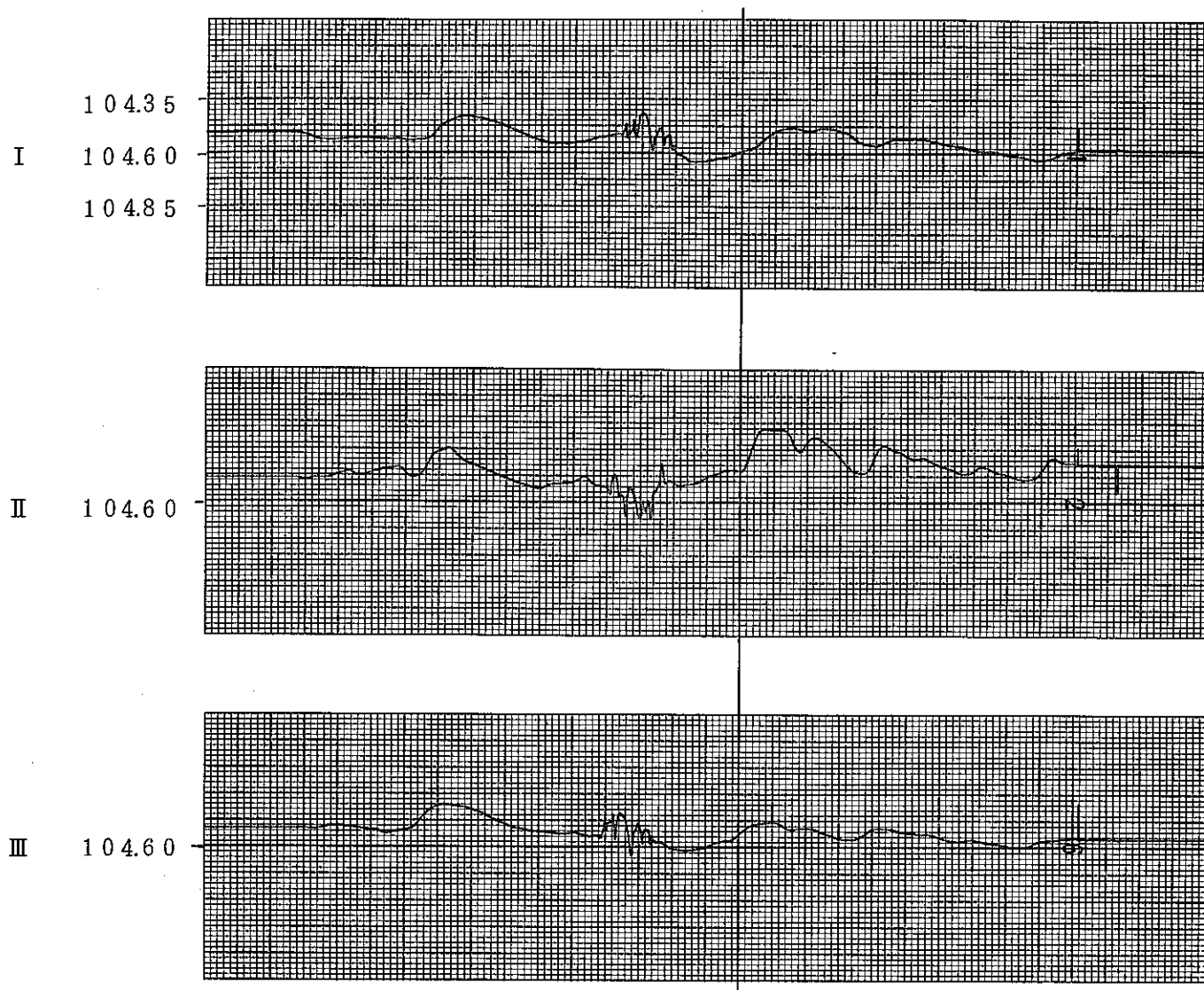
E 5 6 0 1 A—D面



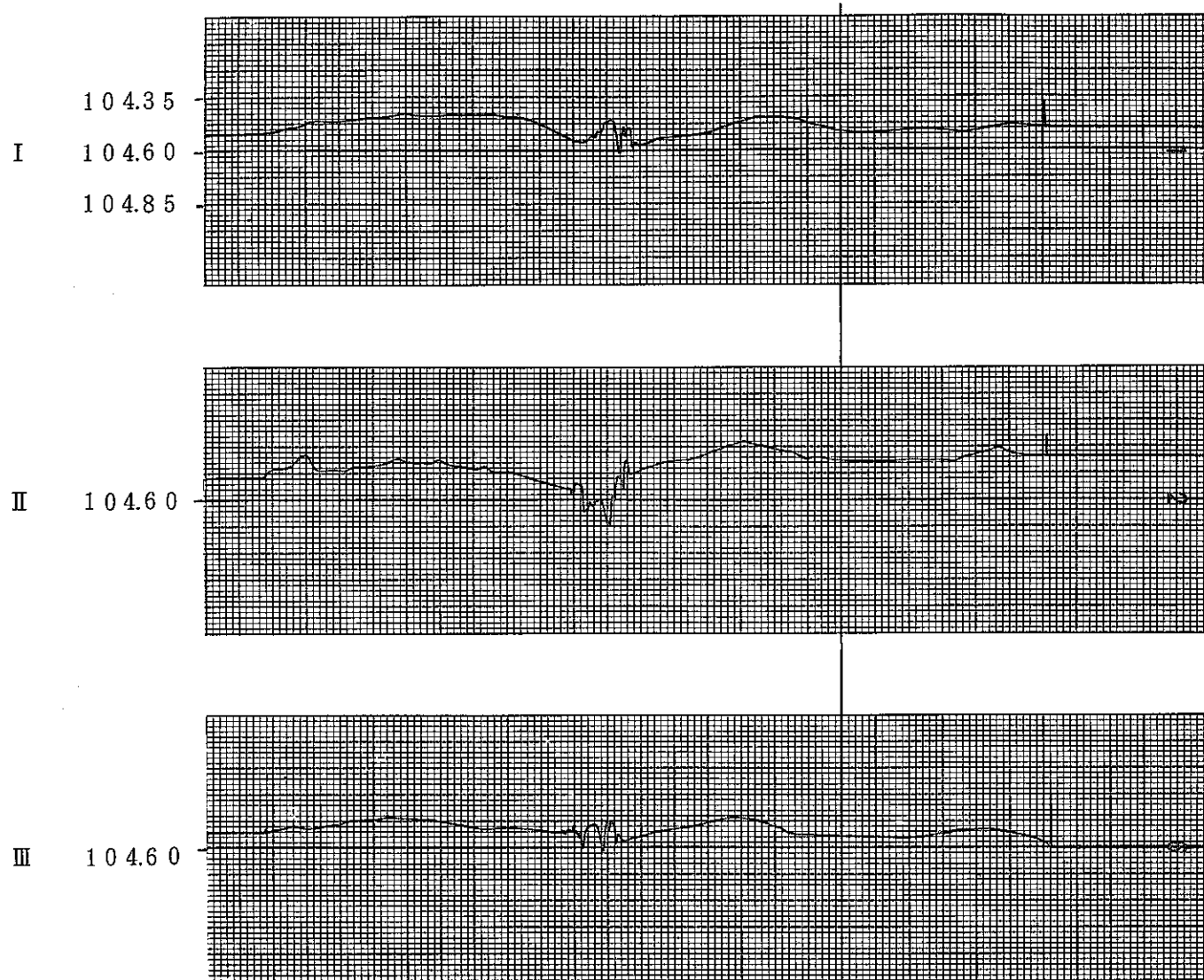
E 5 6 0 1 B-E面



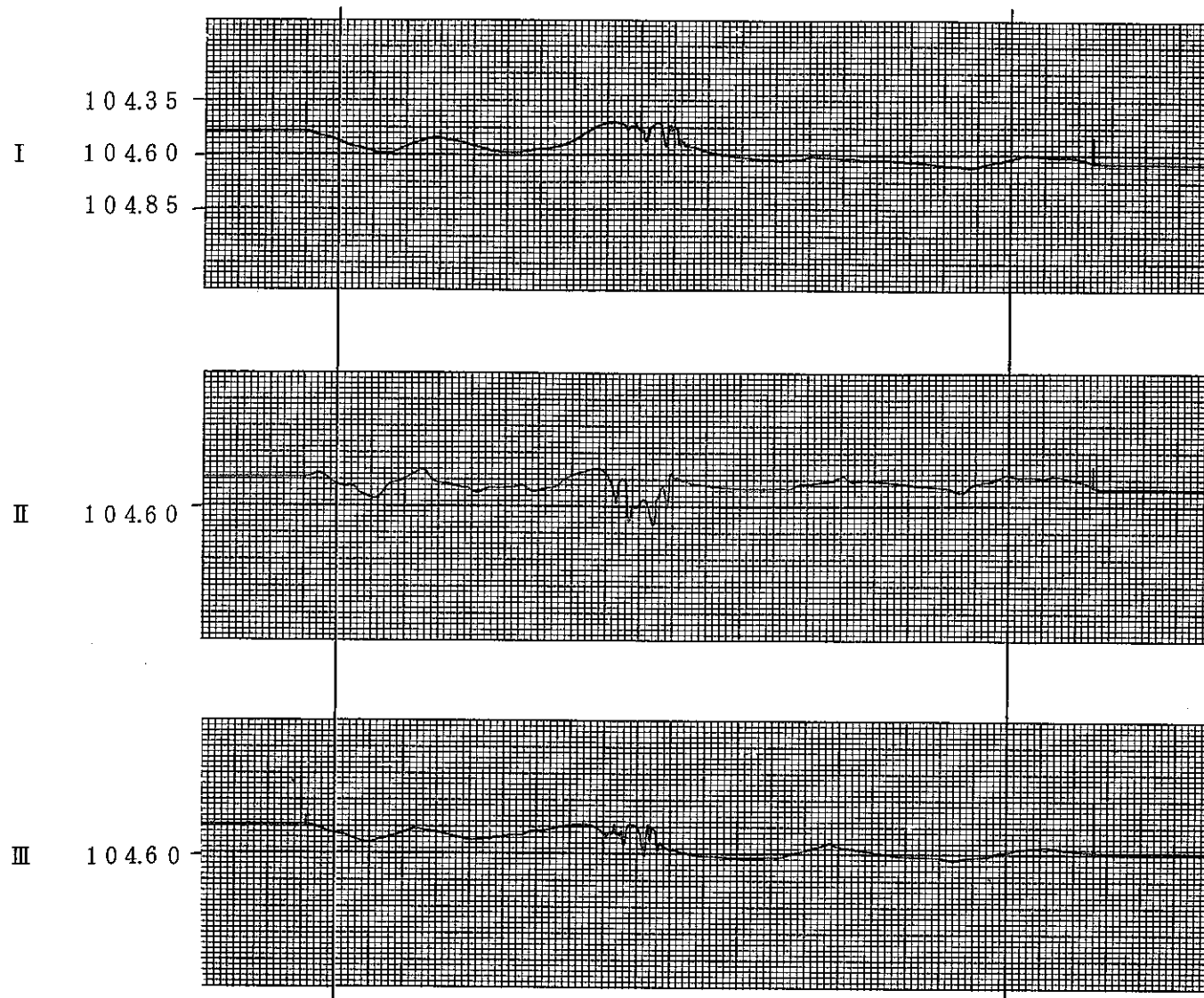
E 5 6 0 1 C—F面



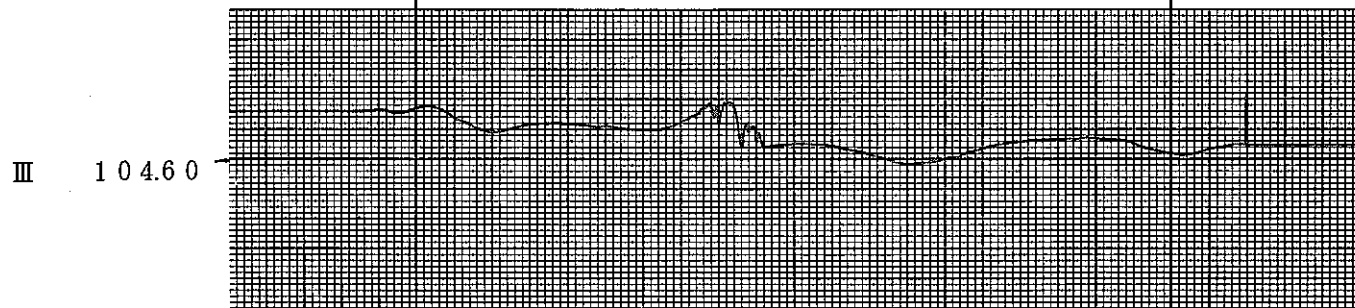
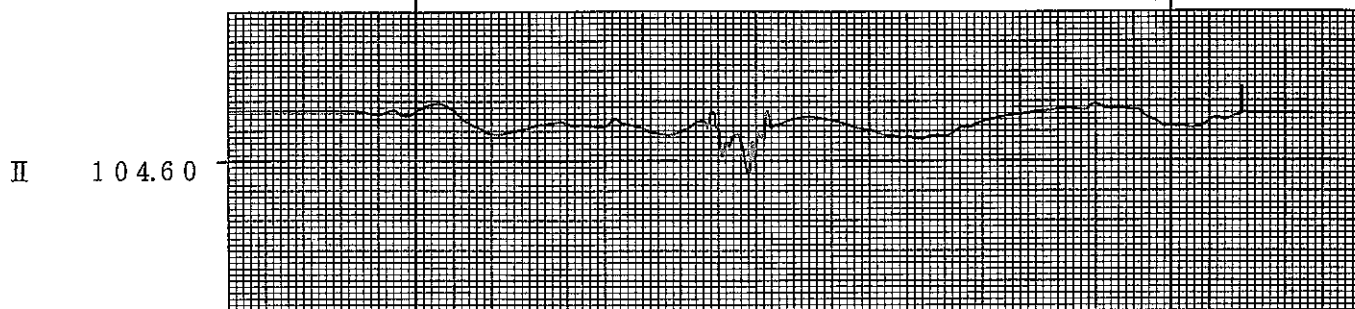
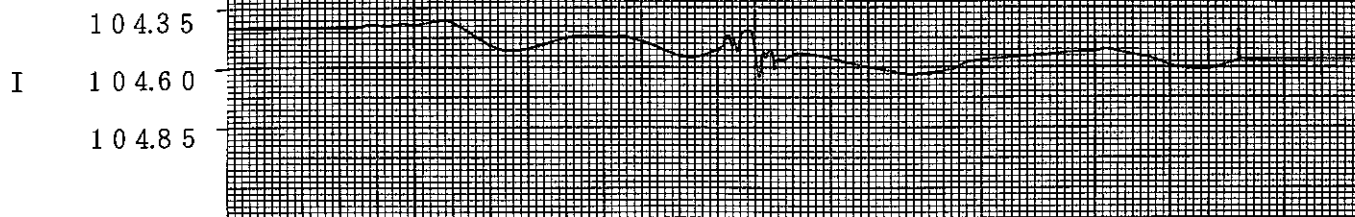
E 5 6 0 2 A-D面



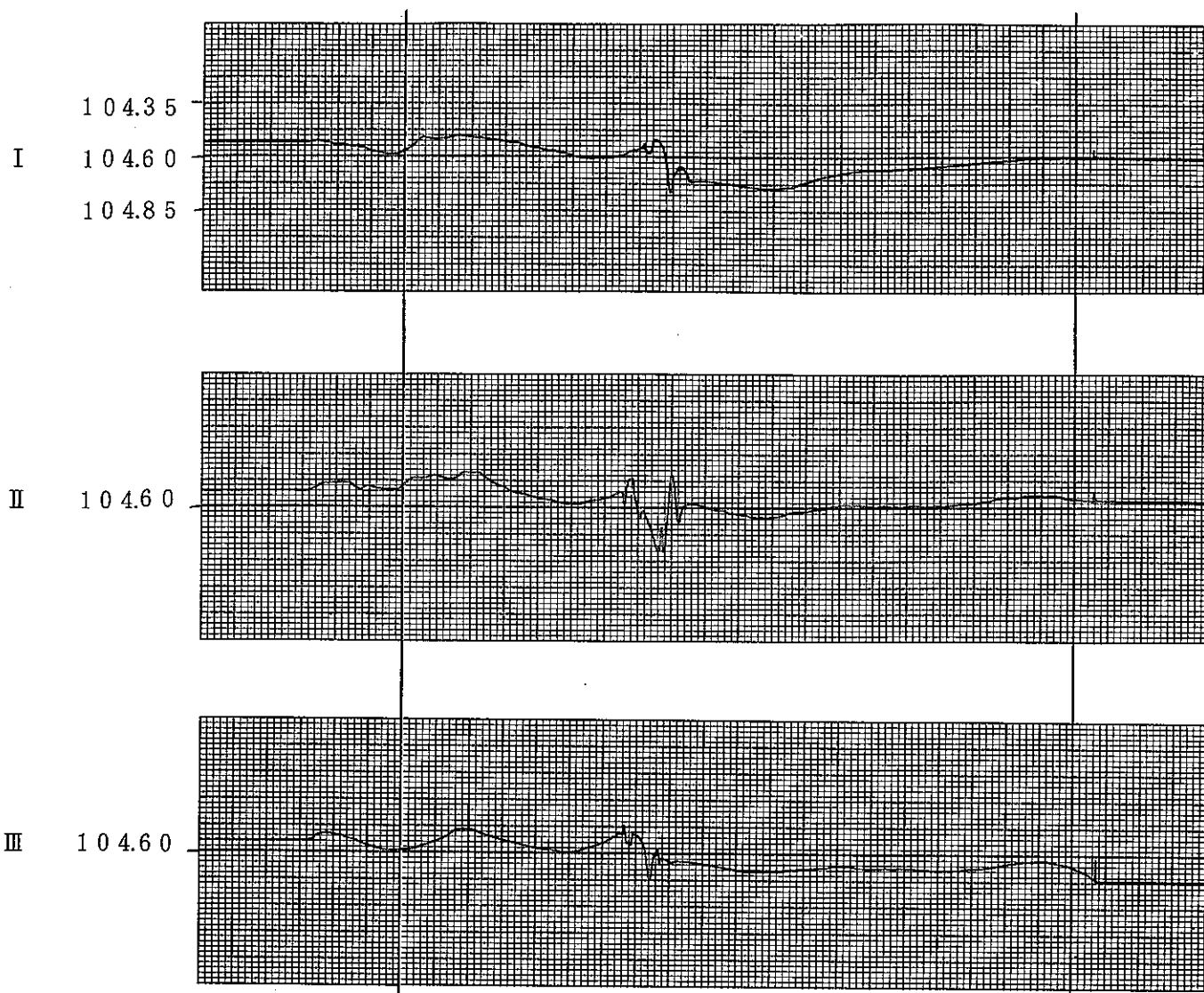
E 5 6 0 2 B—E面



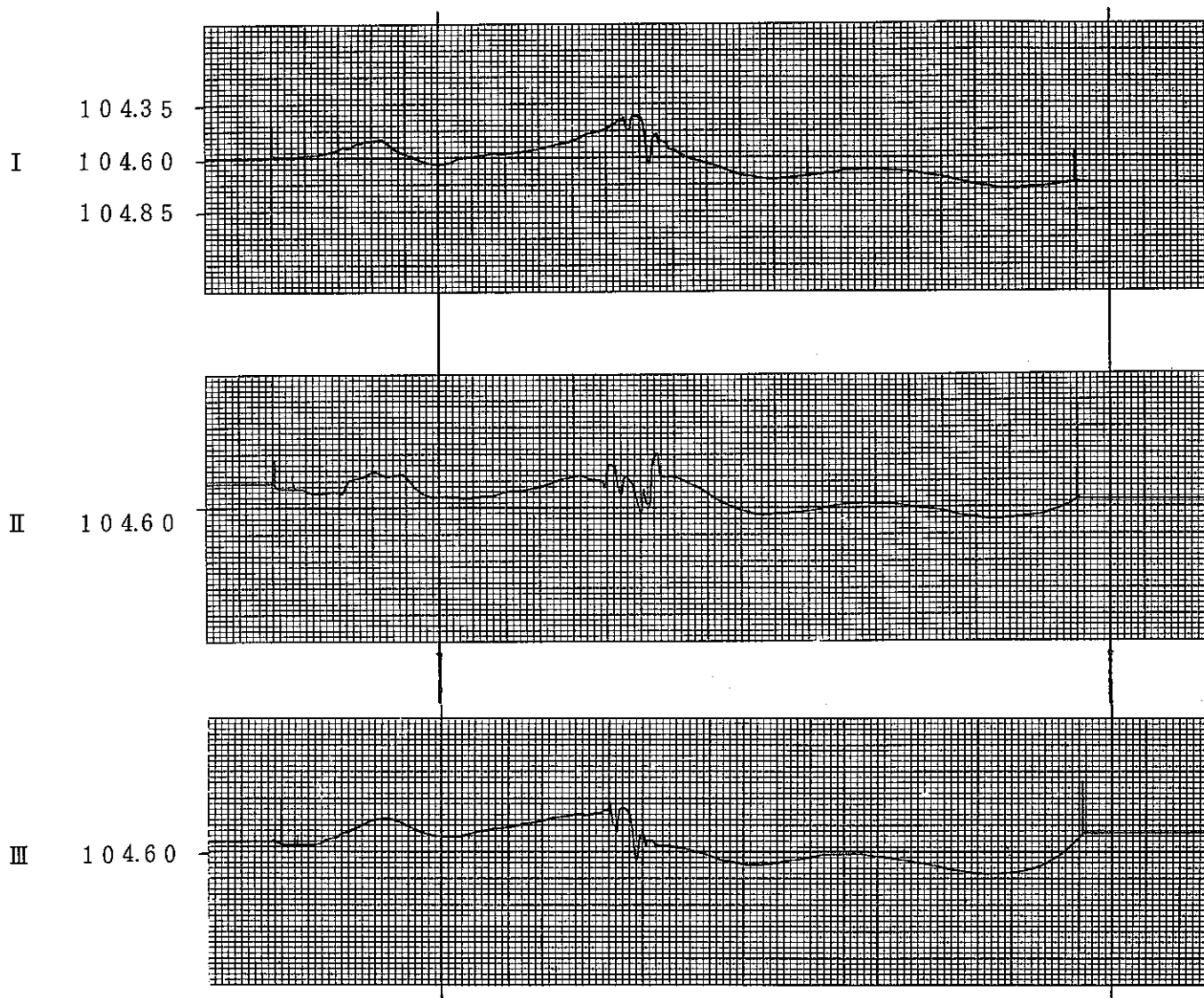
E 5 6 0 2 C—F面



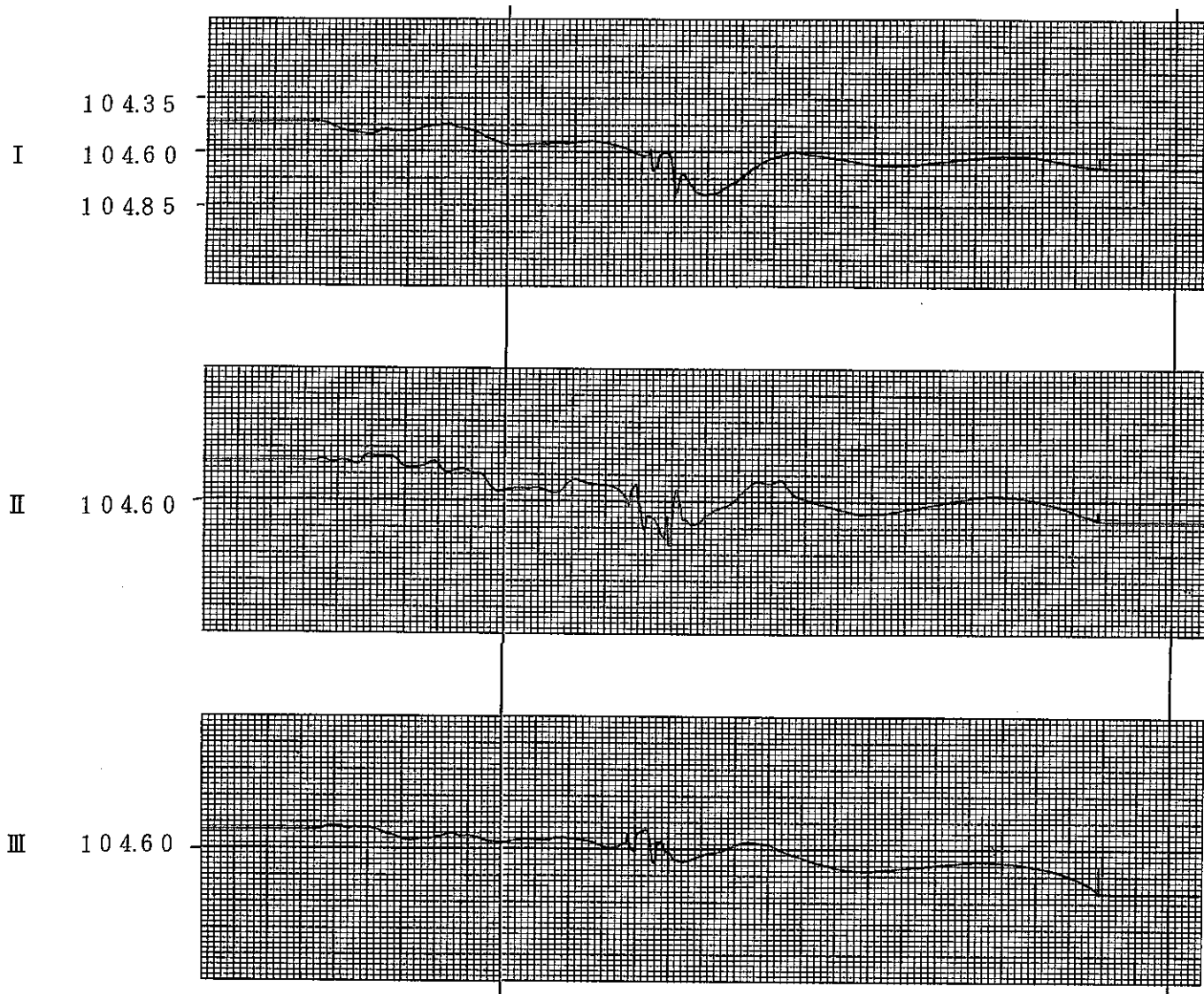
E 5 6 0 3 A—D面



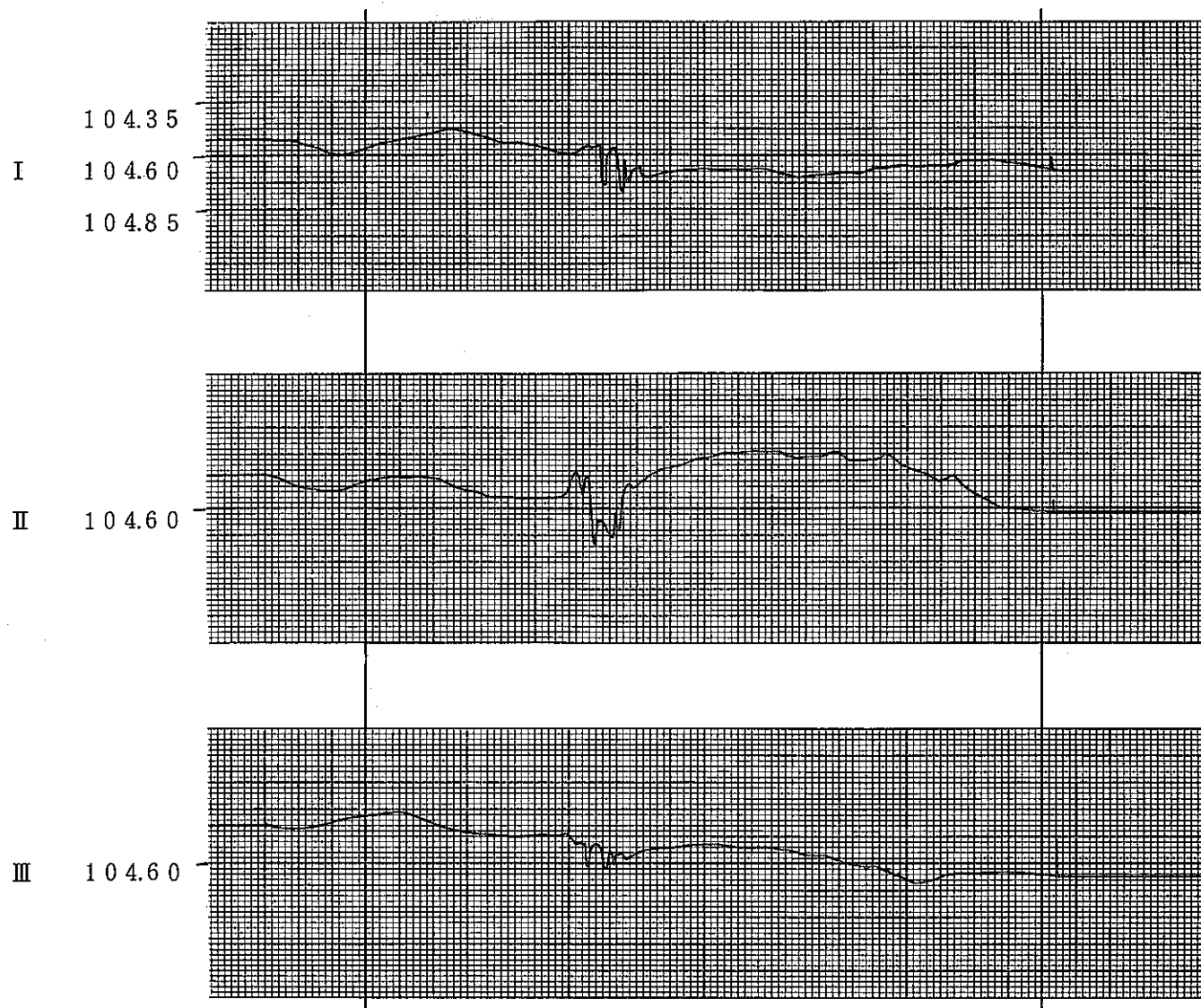
E 5 6 0 3 B-E面



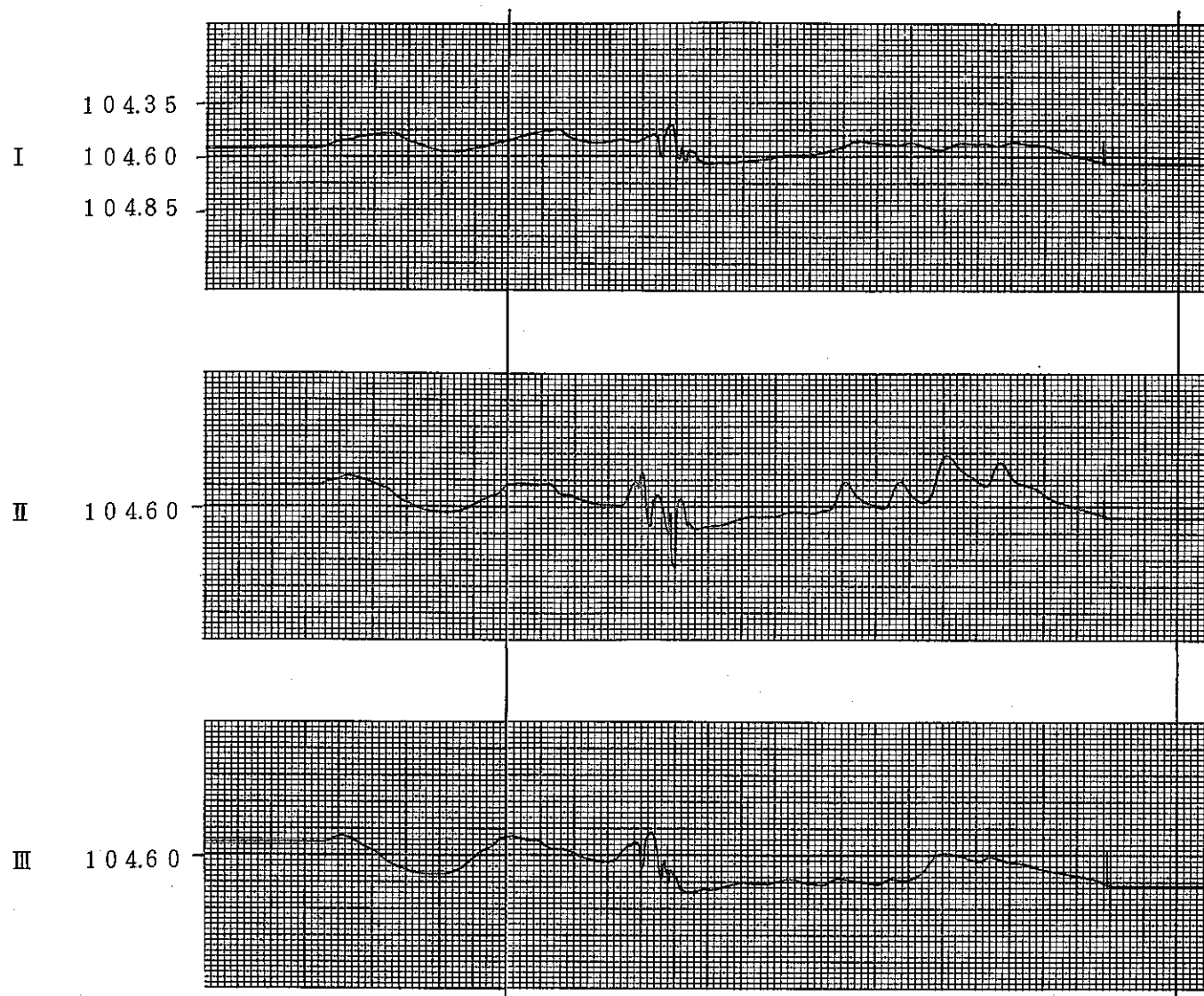
E5603 C-F面



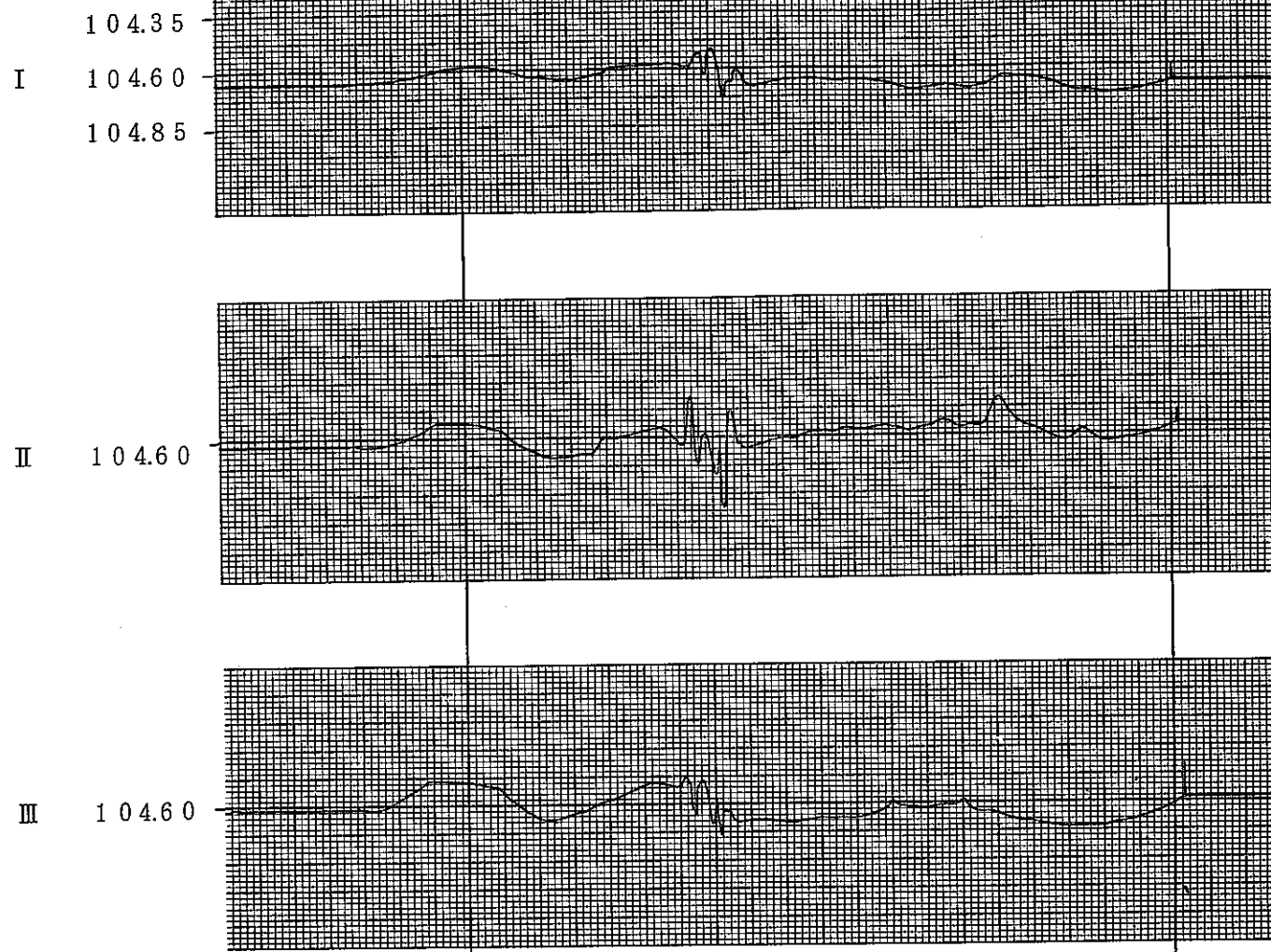
E 5 6 0 4 A-D面



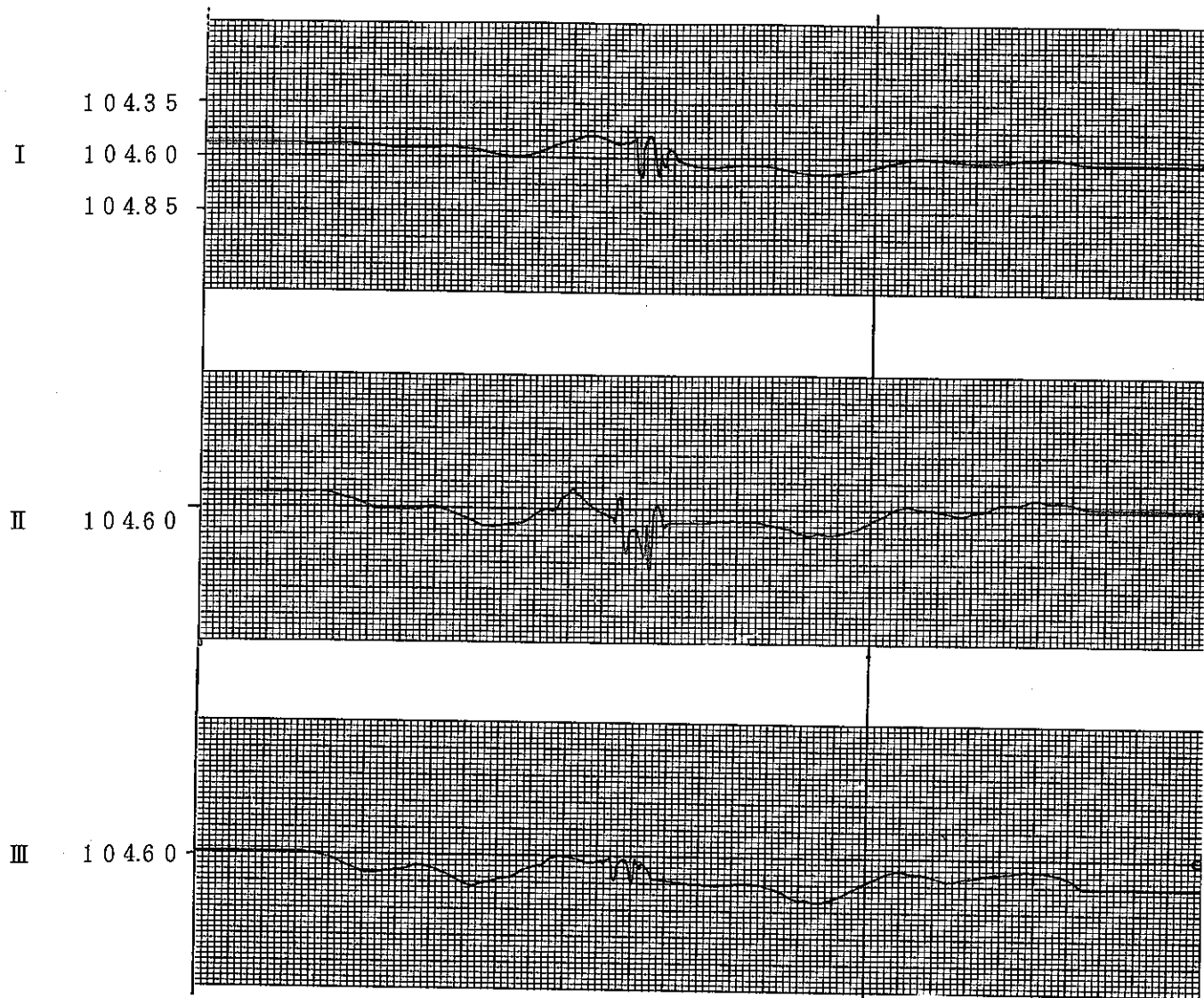
E 5 6 0 4 B-E面



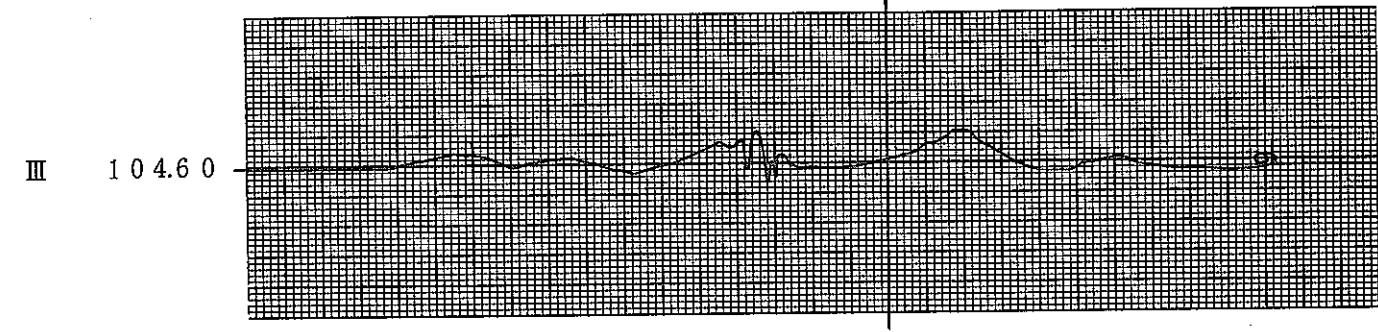
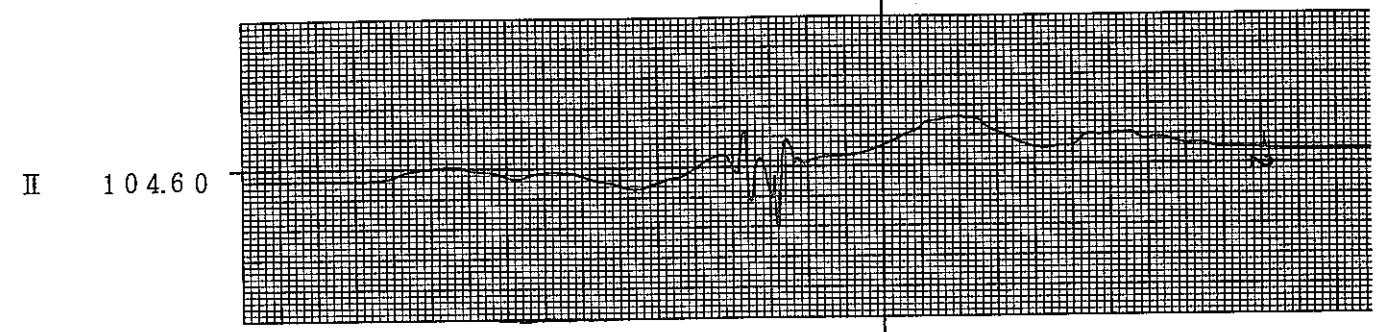
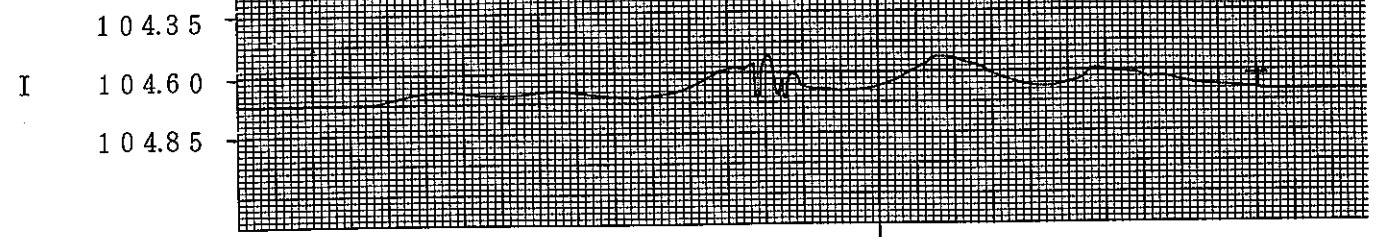
E 5 6 0 4 C—F面



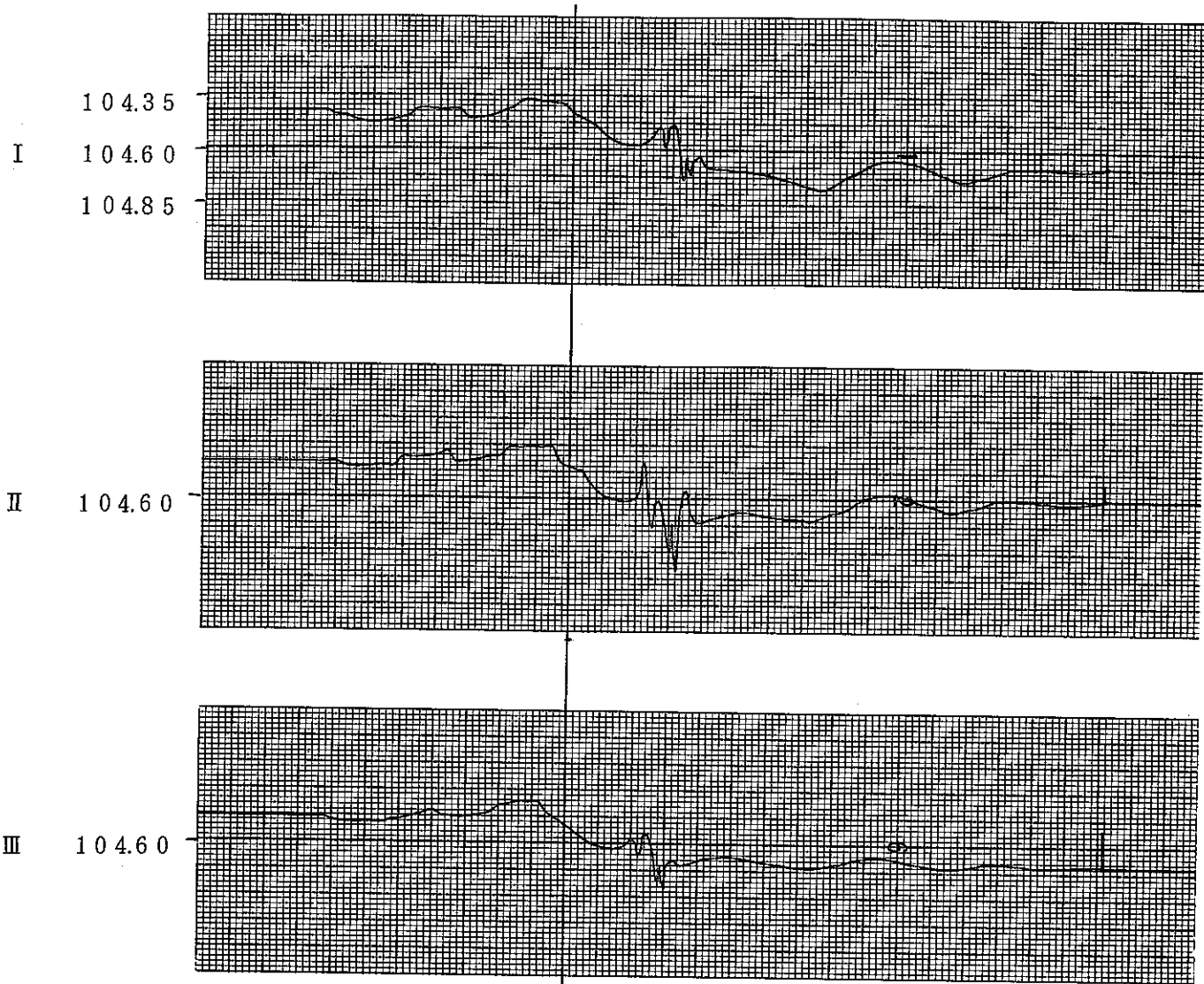
E 5 6 0 5 A-D面



E 5 6 0 5 B-E面



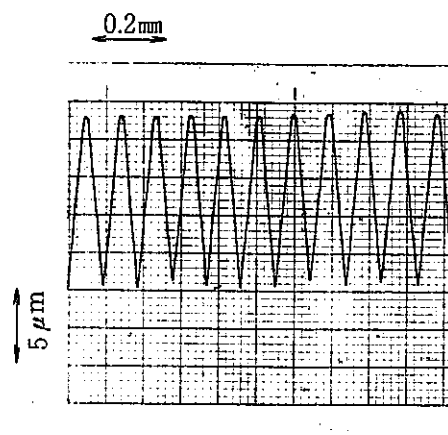
E 5 6 0 5 C-F面



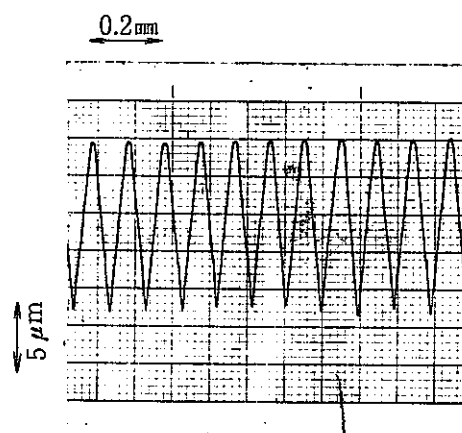
附録－2. PNC側表面粗さ測定結果

標準試験片
11.0 μm Rmax
3.0 μm Ra

測定前



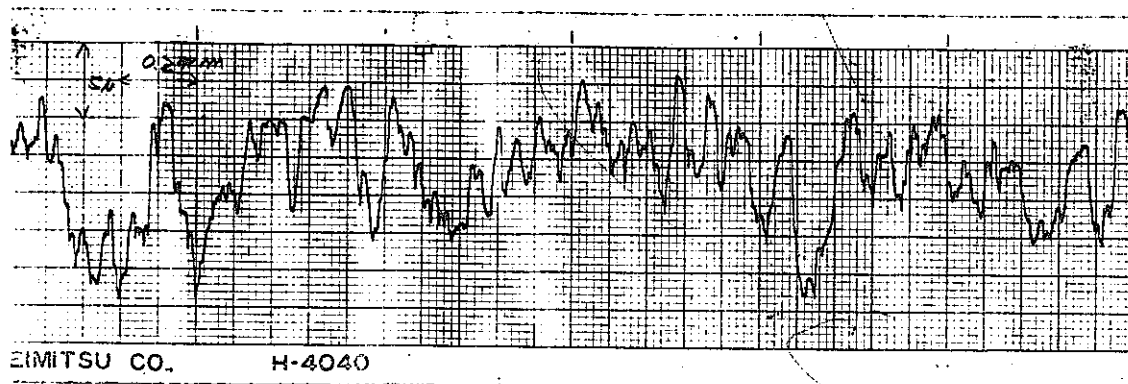
測定後



粗さ測定校正用標準試験片

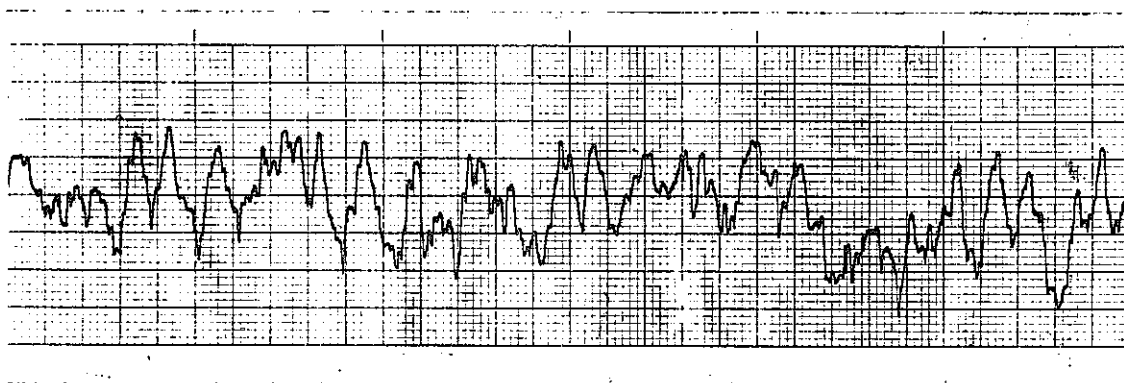
K5604-① 内表面

1.90 μ Ra 14.80 μ Rmax 1.30 μ Rz



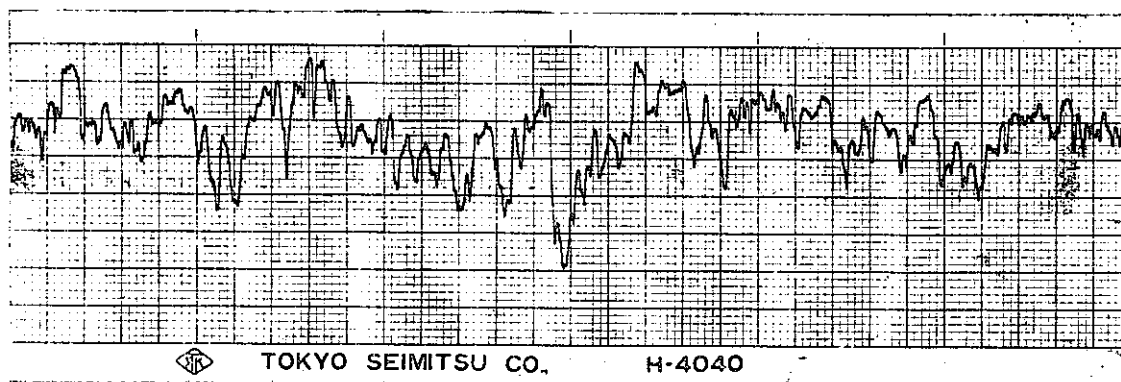
K5604-②

1.80 μ Ra 11.30 μ Rmax 9.30 μ Rz



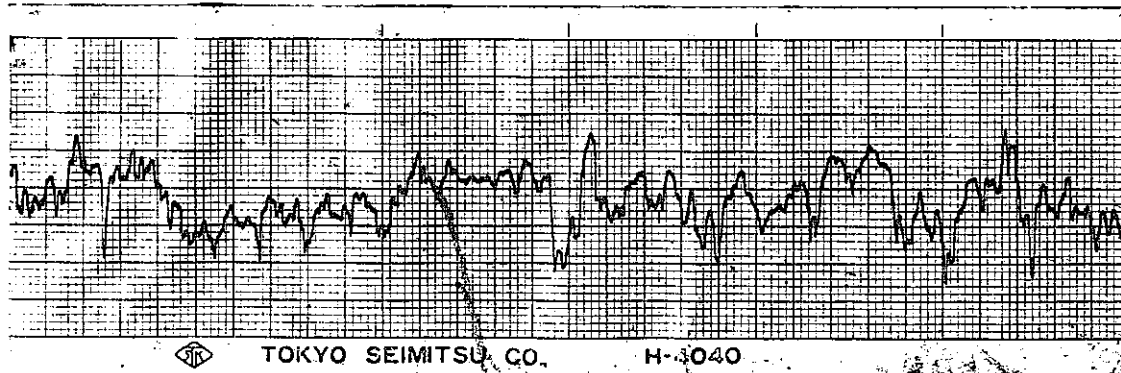
K5604-③

1.95 μ Ra 13.70 μ Rmax 10.25 μ Ra



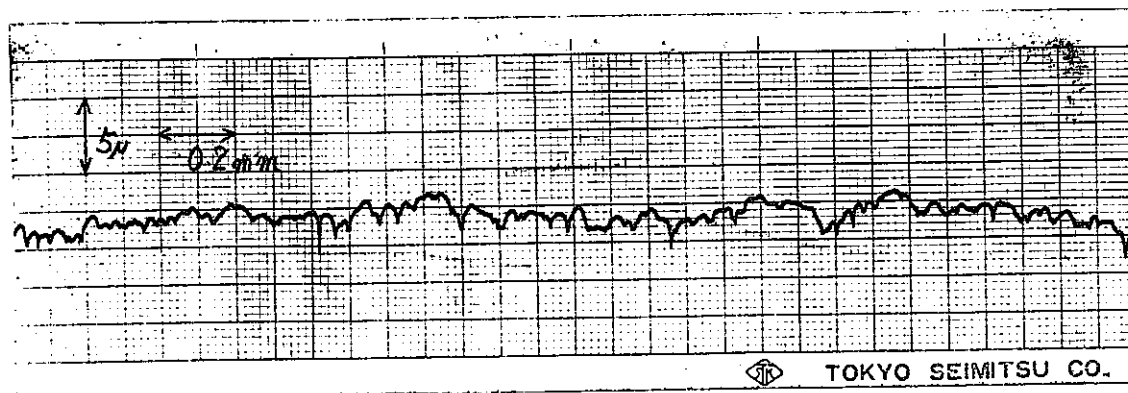
K5604-④

1.95 μ Ra 10.50 μ Rmax 8.50 μ Rz



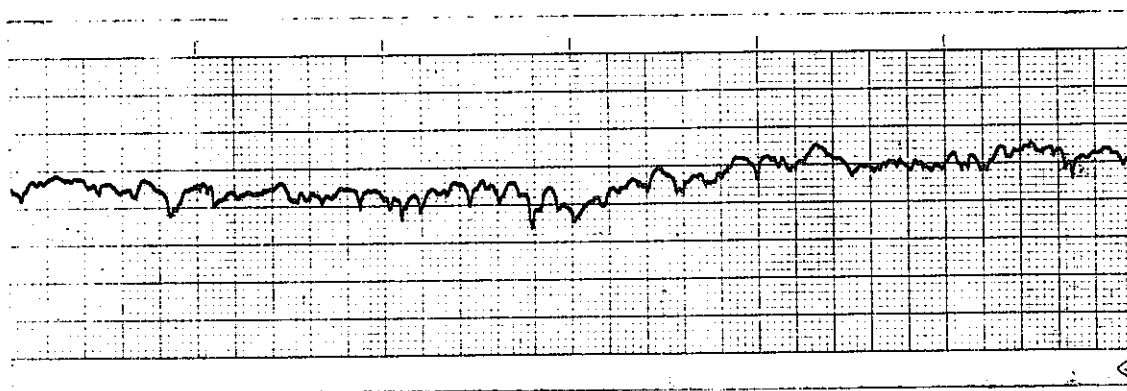
N5603-① 内表面

$0.46 \mu\text{Ra}$ $3.50 \mu\text{Rmax}$ $2.20 \mu\text{Rz}$



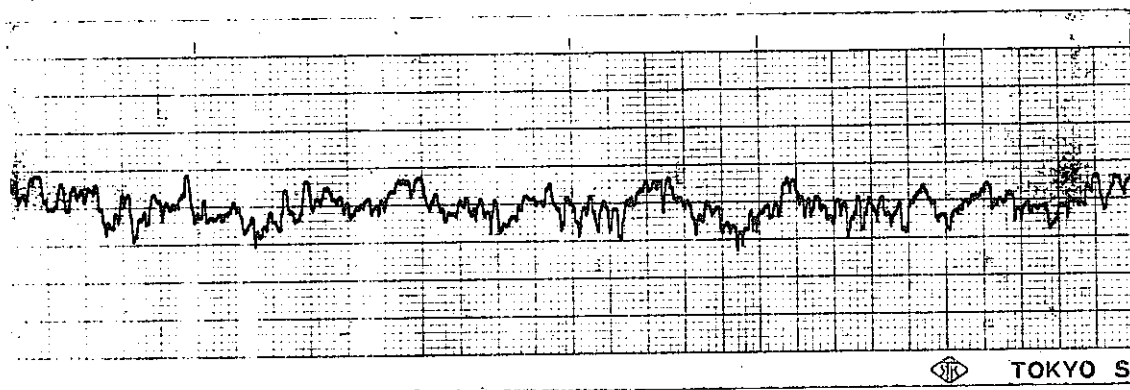
N5603-②

$0.34 \mu\text{Ra}$ $3.3 \mu\text{Rmax}$ $2.40 \mu\text{Rz}$



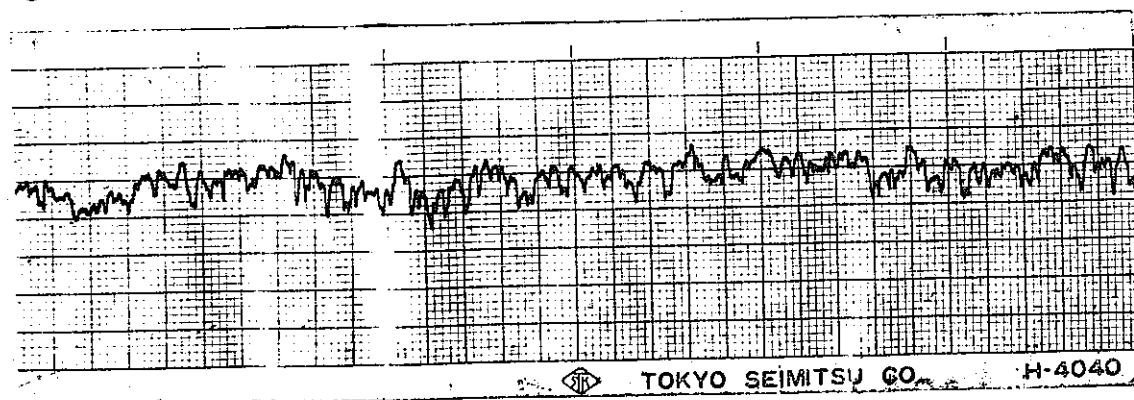
N5603-③

$0.70 \mu\text{Ra}$ $5.00 \mu\text{Rmax}$ $3.80 \mu\text{Rz}$



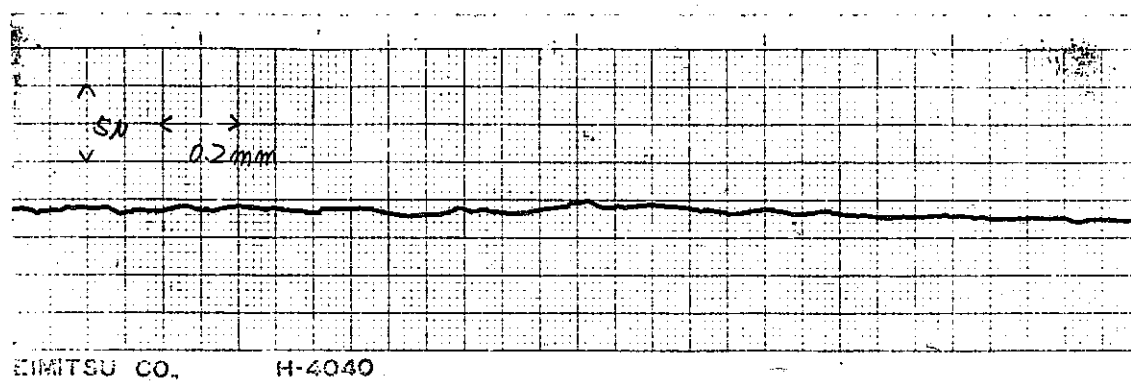
N5603-④

$0.68 \mu\text{Ra}$ $5.00 \mu\text{Rmax}$ $3.50 \mu\text{Rz}$



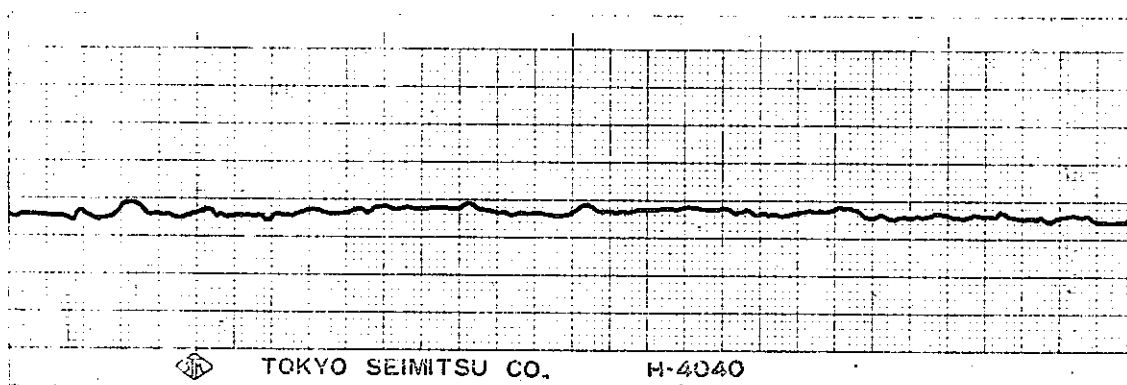
S5604-① 内表面

0.15 μ Ra 1.20 μ Rmax 0.60 μ Rz



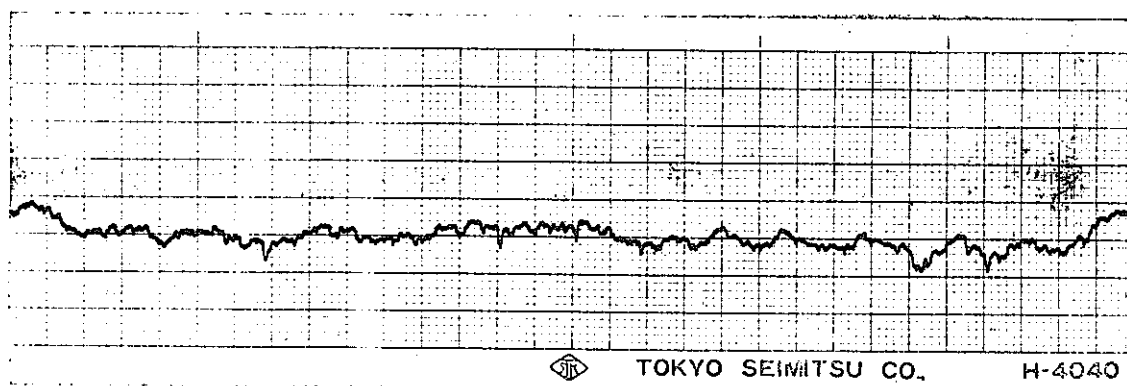
S5604-②

0.16 μ Ra 1.50 μ Rmax 0.80 μ Rz



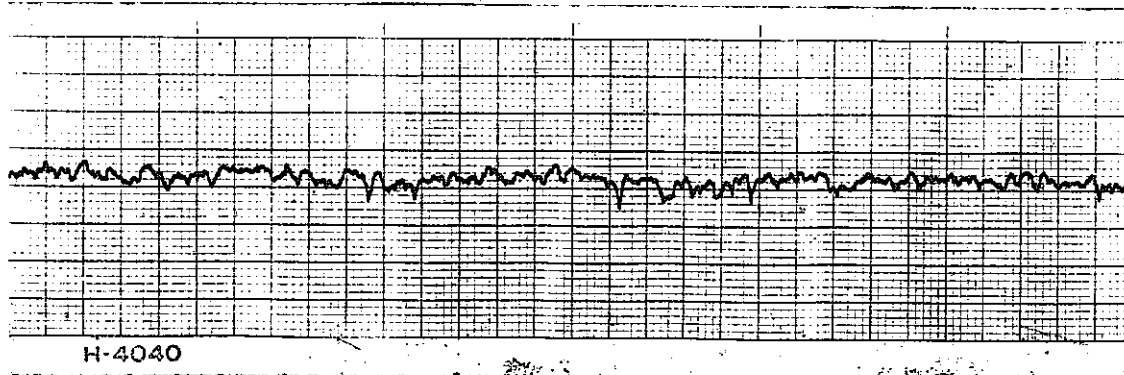
S5604-③

0.39 μ Ra 2.50 μ Rmax 1.80 μ Rz



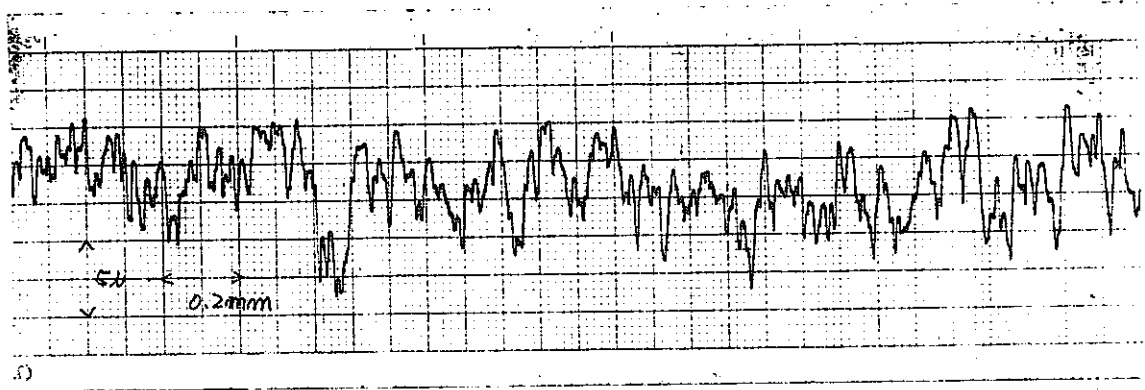
S5604-④

0.43 μ Ra 3.10 μ Rmax 2.30 μ Rz



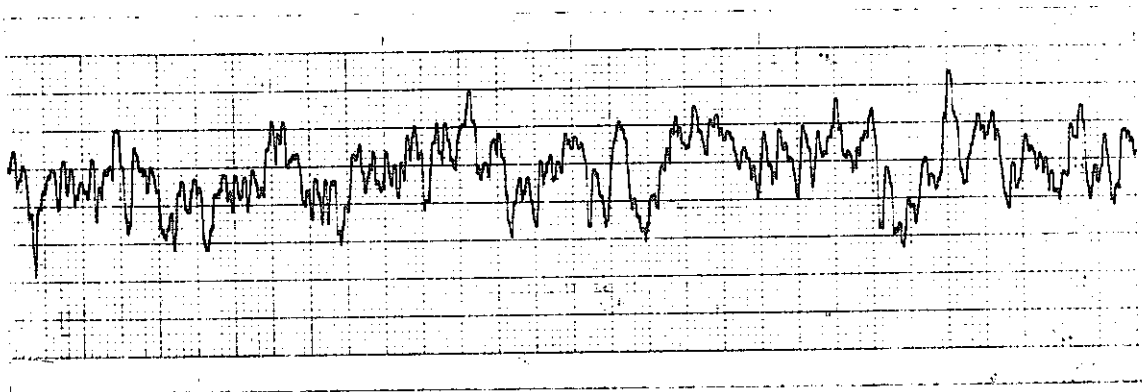
B5604-① 内表面

180 μ Ra 11.80 μ Rmax 10.00 μ Rz



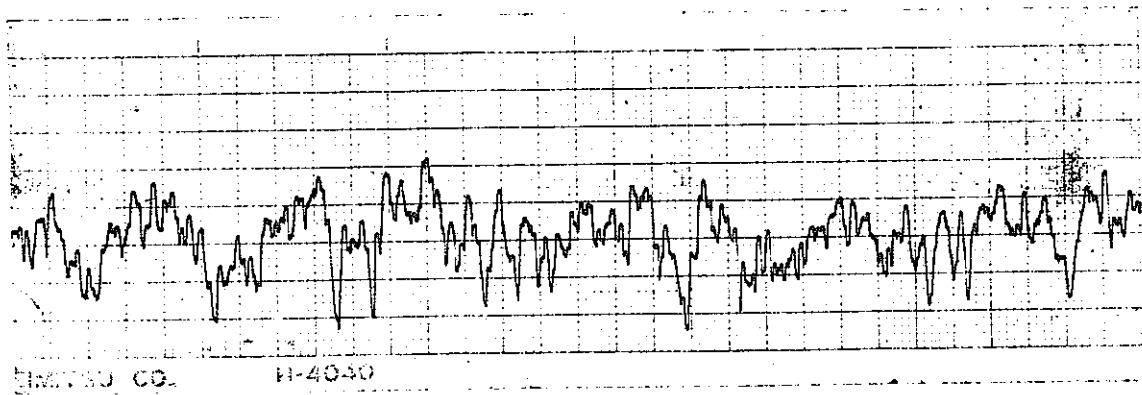
B5604-②

170 μ Ra 11.50 μ Rmax 9.00 μ Rz



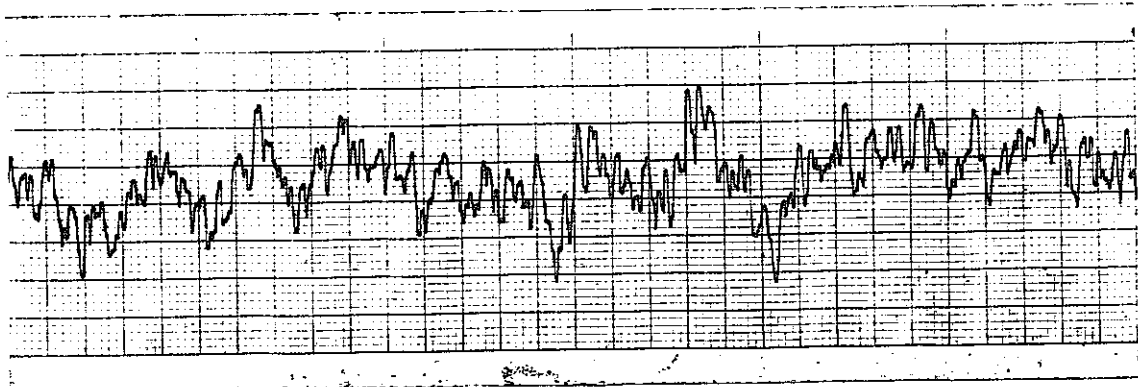
B5604-③

160 μ Ra 11.50 μ Rmax 9.80 μ Rz



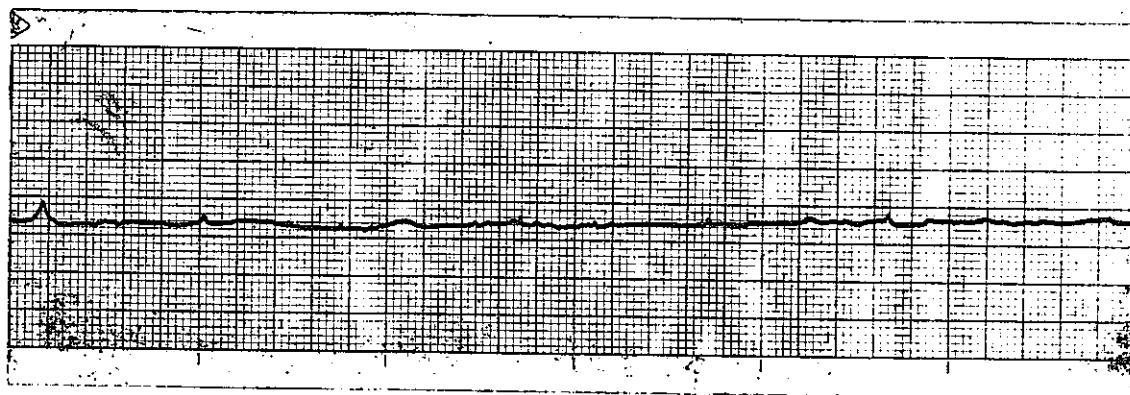
B5604-④

162 μ Ra 13.00 μ Rmax 10.00 μ Rz



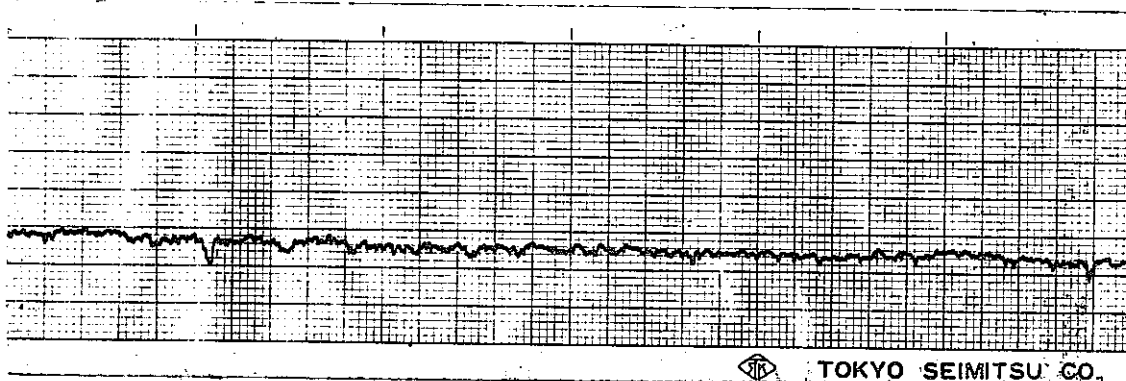
E5604-① 内表面

154 μ Ra 10.20 μ Rmax 8.90 μ Rz



E5604-②

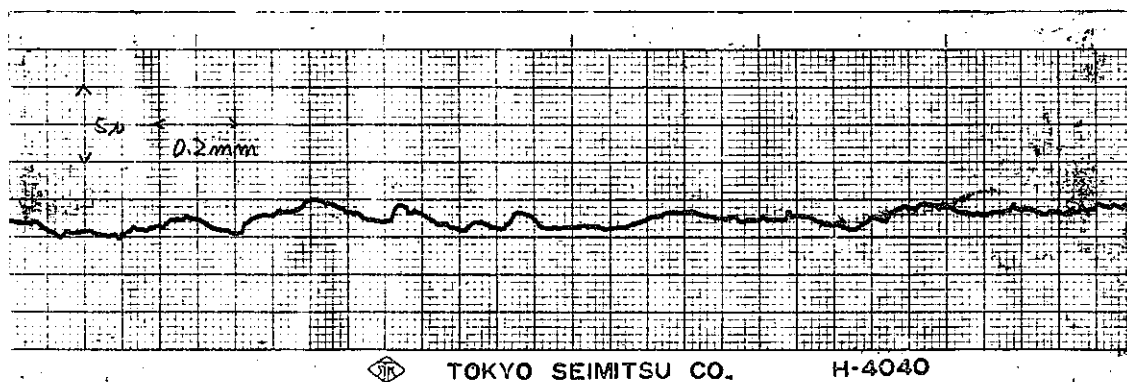
120 μ Ra 12.40 μ Rmax 9.50 μ Rz



TOKYO SEIMITSU CO.

E5604-③

140 μ Ra 9.60 μ Rmax 9.00 μ Rz

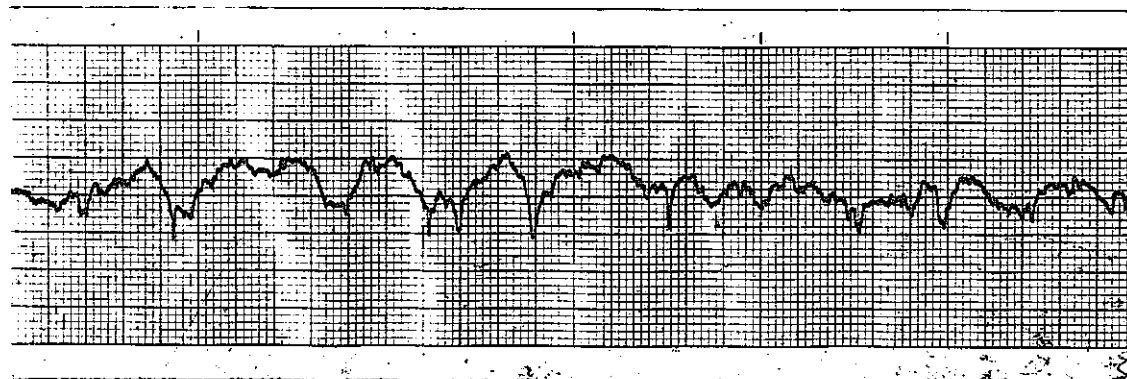


TOKYO SEIMITSU CO.

H-4040

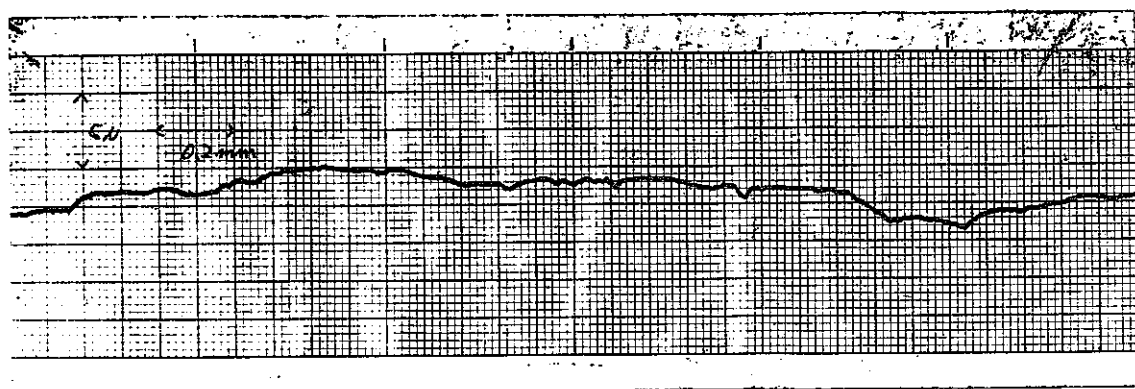
E5604-④

150 μ Ra 10.00 μ Rmax 9.00 μ Rz



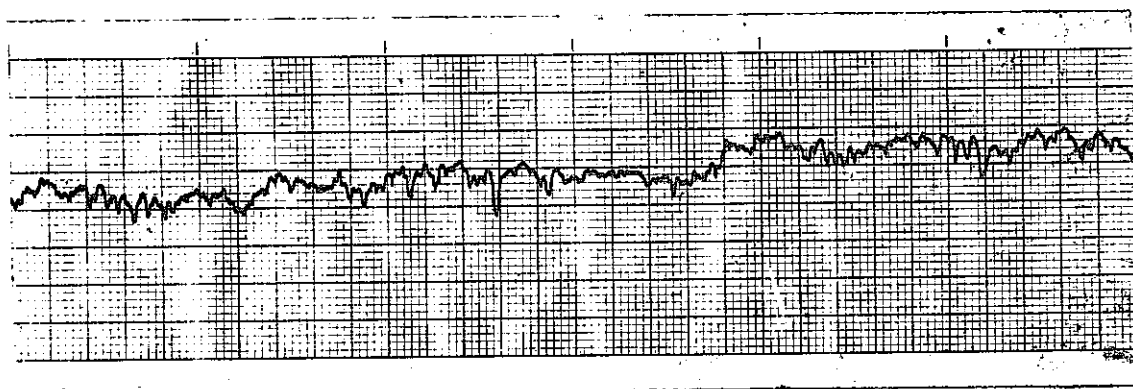
K5604 軸方向

$0.12 \mu\text{Ra}$ $1.00 \mu\text{Rmax}$ $0.50 \mu\text{Rz}$



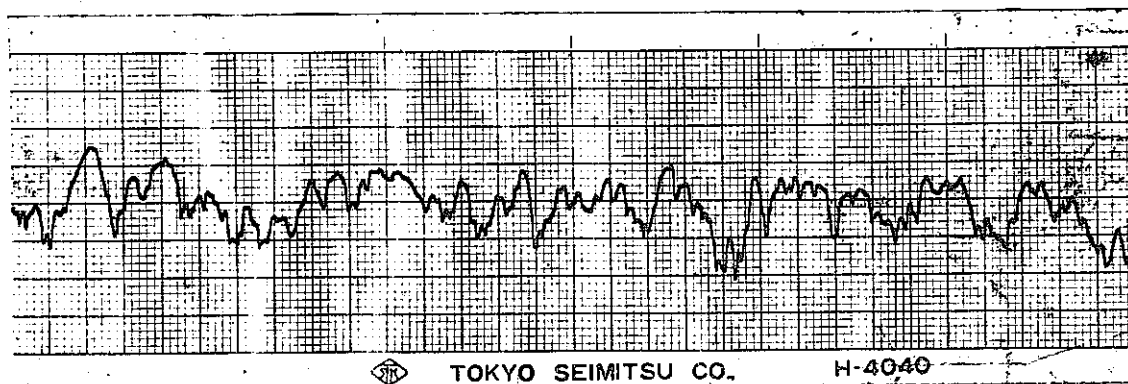
K5604 周方向

$0.19 \mu\text{Ra}$ $2.30 \mu\text{Rmax}$ $1.20 \mu\text{Rz}$



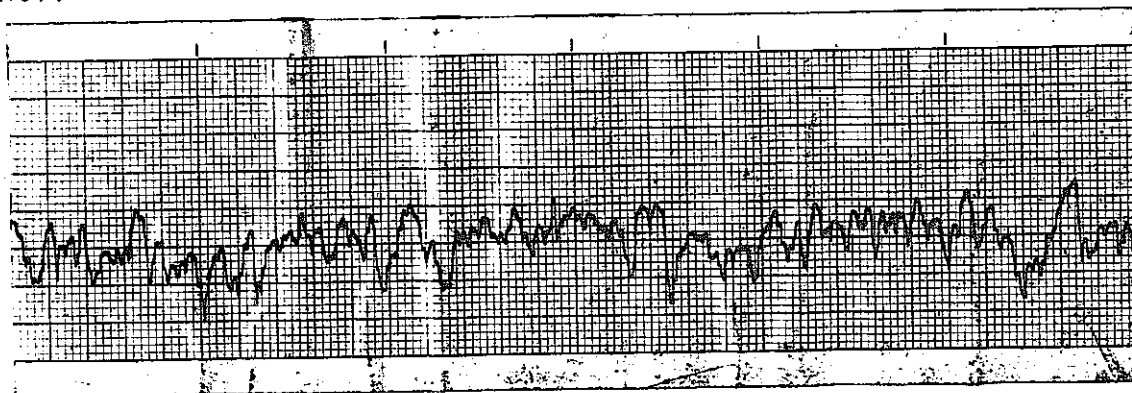
N5603 軸方向

$0.32 \mu\text{Ra}$ $2.80 \mu\text{Rmax}$ $1.70 \mu\text{Rz}$



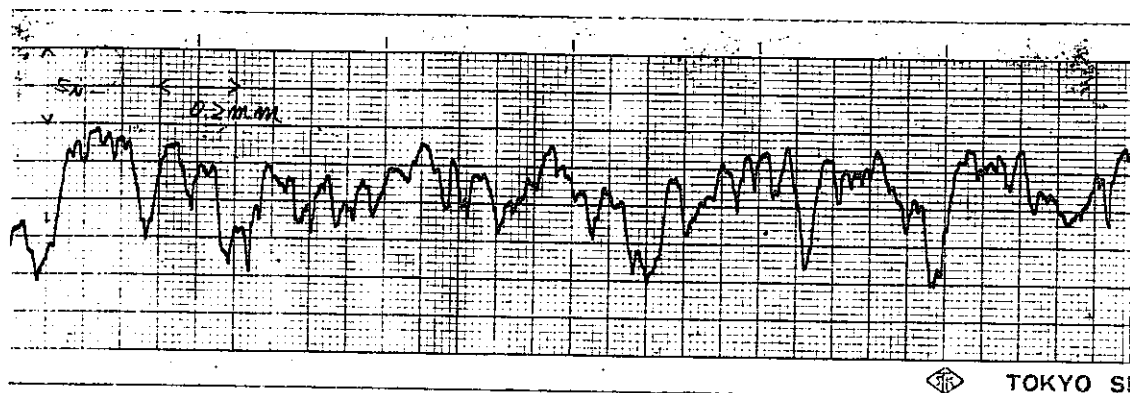
N5603 周方向

$0.66 \mu\text{Ra}$ $5.70 \mu\text{Rmax}$ $5.00 \mu\text{Rz}$



S5604 軸方向 内表面

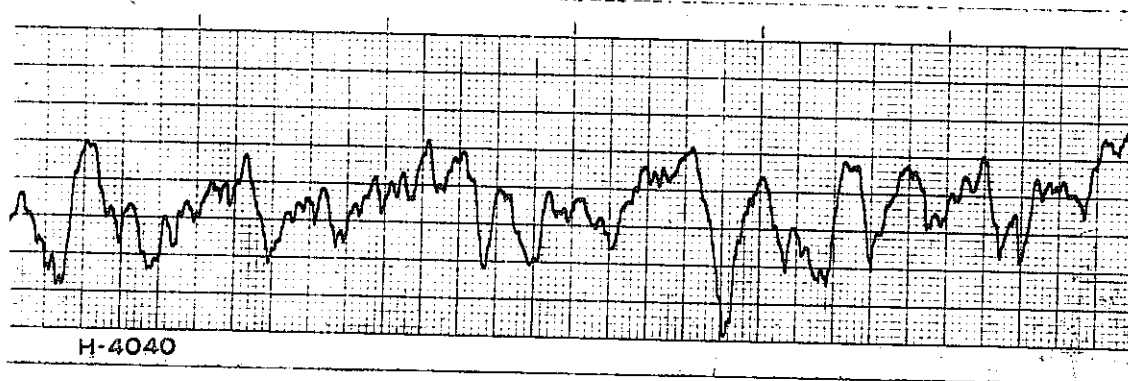
0.27 μ Ra 1.50 μ Rmax 1.00 μ Rz



TOKYO SI

S5604 周方向

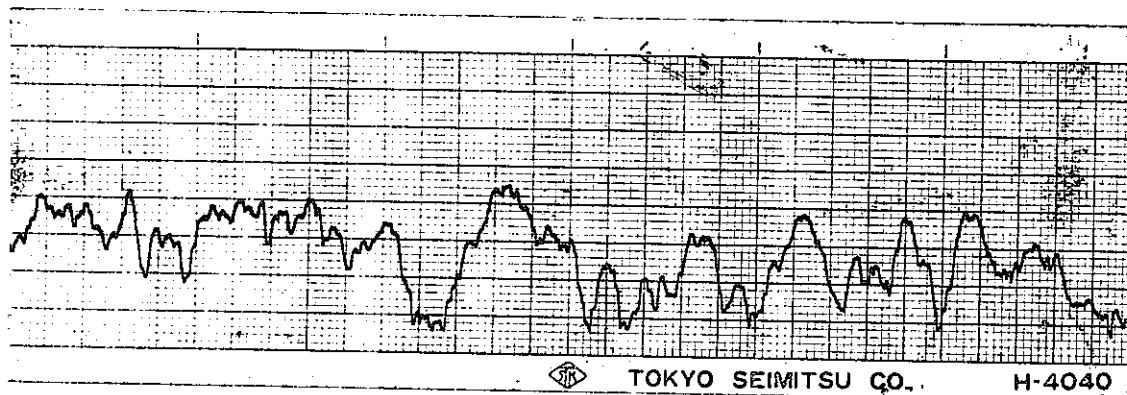
0.48 μ Ra 3.50 μ Rmax 3.20 μ Ra



H-4040

B5604 軸方向

1.01 μ Ra 7.50 μ Rmax 6.50 μ Ra

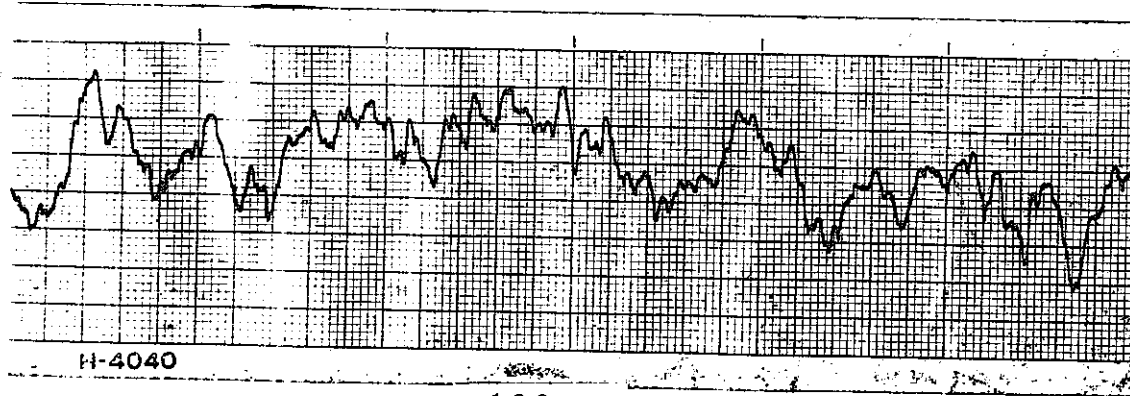


TOKYO SEIMITSU CO.

H-4040

B5604 周方向

1.02 μ Ra 7.50 μ Rmax 6.00 μ Rz

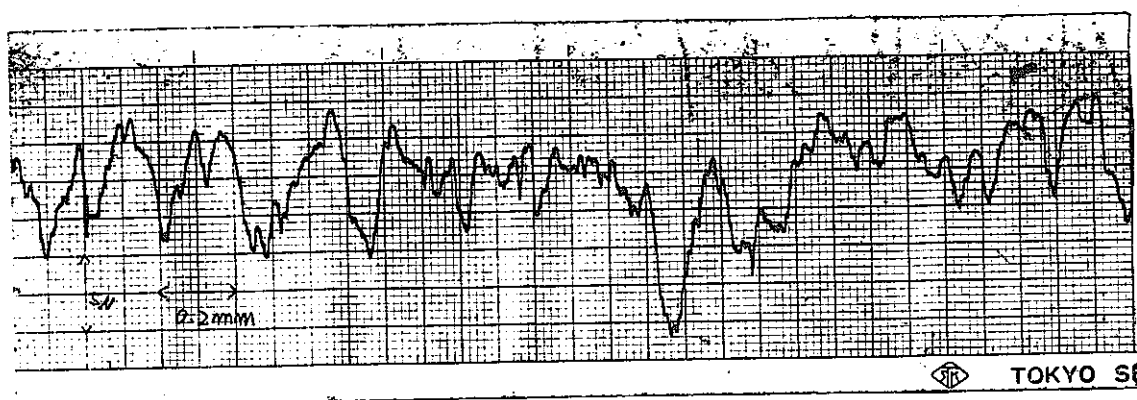


H-4040

PNC SN841 84-66

E5604 軸方向

1.93 μ Ra 15.00 μ Rmax 10.70 μ Rz



E5604 周方向

1.80 μ Ra 11.50 μ Rmax 10.20 μ Rz

