

SWAT- 3 蒸発器内部構造物の解体検査報告書
(Run-7 試験)

—大リーク・ナトリウム—水反応試験(第19報)—

1979年10月

動力炉・核燃料開発事業団

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団 大洗工学センター

システム開発推進部 技術管理室

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technology Management Section, O-arai Engineering Center, Power Reactor
and Nuclear Fuel Development Corporation 4002, Narita O-arai-machi Higashi-
Ibaraki-gun, Ibaraki, 311-14, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development
Corporation)

SWAT-3 蒸気発生器内部構造物の解体検査報告書(Run-7試験)

— 大リーク・ナトリウム — 水反応試験(第19報) —

高橋憲二郎^{*}，山田 敏雄^{*}，大高 仁護^{*}
佐々木和一^{*}，井上 設生^{*}，佐藤 稔^{*}

要 旨

期間 1979年2月1日～1979年7月31日

蒸気発生器安全性総合試験装置(SWAT-3)を用いて、高速増殖原型炉「もんじゅ」蒸気発生器の大リーク・ナトリウム-水反応事故時の隣接伝熱管二次破損の有無の確認試験が行なわれている。

本報告書は、Run-7試験における蒸気発生器(反応容器)伝熱管群構造物の試験後解体検査の結果をとりまとめたものである。

Run-7試験においては、ダウンコマ部において注水率10.6(初期)～7.9(後期)kg/sで9.5秒間(注水弁開時間)の注水が行なわれ総注水量85kgの試験規模であったが隣接伝熱管の二次破断、内圧と高温化に起因するプリスタなどは観察されなかった。

ただし、一部の伝熱管に機械力による変形が認められた。その他、計測用センサ類に一部破損が生じていた。

なお、本試験で用いた伝熱管群構造物(内部構造物)は、東芝/IHIにて設計・製作されたものである。

* 大洗工学センター蒸気発生器開発部蒸気発生器安全性試験室

本注水試験の計画作成および実施に下記の者が参加した。

広	井	博	*
三	宅	収	*
大	後	美道	**
進	藤	嘉久	*

* 大洗工学センター蒸気発生器開発部蒸気発生器安全性試験室

** 現在 FBR 開発本部

POST-TEST INSPECTION OF REACTION VESSEL INTERNAL

(Run - 7 Test of SWAT - 3 Facility)

REPORT No. 19 ; LARGE LEAK SODIUM WATER REACTION TEST

Kenjiro TAKAHASHI*, Toshio YAMADA*,
Jingo OHTAKA*, Kazuichi SASAKI*,
Setsunari INOUE*, Minoru SATO*,

Abstract

The series of the scoping test which ascertains whether the secondary failure of the adjacent heat transfer tube occurs or not due to large leak sodium water reaction in steam generator of LMFBR is being performed using SWAT - 3 test facility. This paper describes the post-test inspection result of the reaction vessel internal with downcomer heat transfer tube bundles which was used in Run - 7 test.

The internal was designed and manufactured by TOSHIBA/IHI based on their design of the MONJU's steam generator. Run - 7 test was executed with the water injection point of the middle part of the tube bundle, and water injection rate and duration of 10.6 (initial) to 7.9 kg/sec (afterward) and 9.5 seconds. Total quantity injected water was 85 kg.

No secondary tube failure and blister due to the high temperature and tube wall softening caused by high temperature generated by sodium water reaction was observed.

Some bowing were observed on the heat transfer tube, and some damage were observed on the sensor cables and its banding wire closed to water injection point.

* Steam Generator Safety Section, Generator Division, O-arai
Engineering Center, PNC.

目 次

1. まえがき	1
2. 試験の概要	2
2.1 試験装置	2
2.2 試験概要	3
3. 検査内容	5
3.1 検査項目	5
3.2 検査要領	6
4. 検査結果	7
4.1 外観検査	7
4.2 伝熱管外径	8
4.3 伝熱管真直度	9
4.4 伝熱管ピッチ	9
4.5 シュラウド真直度・外径	10
4.6 外部シュラウド真直度・内径	10
4.7 センタパイプ真直度・外径	10
5. まとめ	11
6. 謝 辞	12
7. 参考文献	12

図 表 リ ス ト

Fig. 2.1.1	Flow diagram for SWAT-3	13
Fig. 2.1.2	蒸発器全体組立図	14
Fig. 2.1.3	伝熱管配置図	15
Fig. 2.1.4	伝熱管展開図	16
Fig. 2.2.1	蒸発器の運転履歴の概要	18
Fig. 3.2.1	伝熱管測定要領	19
Fig. 3.2.2	シュラウド測定要領	20
Fig. 3.2.3	外部シュラウド(ライナ)測定要領	21
Fig. 3.2.4	センタパイプ測定要領	22
Fig. 4.1.1	内部構造物全体	23
Fig. 4.1.2	内部構造物下部(試験前)	24
Fig. 4.1.3	内部構造物下部(試験後)	24
Fig. 4.1.4	伝熱管束(全体)	25
Fig. 4.1.5	伝熱管束(注水点付近)	25
Fig. 4.1.6	伝熱管束(0°方向)	26
Fig. 4.1.7	伝熱管束(内層注水点付近)	26
Fig. 4.1.8	隣接伝熱管	27
Fig. 4.1.9	反応生成物の残留	27
Fig. 4.1.10	シュラウド	28
Fig. 4.1.11	センタパイプ	28
Fig. 4.2.1 (a)~(z)	伝熱管外径	29
Fig. 4.3.1 (a)~(v)	伝熱管真直度(半径方向)	55
Fig. 4.3.2 (a)~(f)	伝熱管真直度(周方向)	77
Fig. 4.4.1 (a)~(v)	伝熱管ピッチ	83
Fig. 4.5.1	シュラウド真直度	105
Fig. 4.6.1	外部シュラウド(ライナ)真直度	106
Fig. 4.7.1	センタパイプ真直度	107
Table. 2.1.1	「もんじゅ」設計値とSWAT-3#7の対照表	2
Table. 2.2.1	試験条件のまとめ	4
Table. 2.2.2	実験計測のまとめ	17
Table. 4.5.1	シュラウド外径測定結果	108

Table. 4. 6. 1	外部シュラウド内径測定結果	108
Table. 4. 7. 1	センタパイプ外径測定結果	109

1. ま え が き

高速増殖原型炉「もんじゅ」用蒸気発生器の大リーク・ナトリウム-水反応に対する安全設計法確立のため、動燃大洗工学センターにおいて、蒸気発生器安全性総合試験装置(SWAT-3)を用いて一連の注水試験が実施されている。

SWAT-3試験装置で実験的に確認すべき項目の一つに、「伝熱管1本破断までの大リーク事故により引き起こされる隣接伝熱管二次破損の規模の確認」がある。

このため、SWAT-3装置による大リーク試験では、注水される蒸発器容器内に実寸規模の伝熱管群構造物(内部構造物)を挿入し、伝熱管1本破断と同じ注水率により注水試験を行ない、隣接伝熱管二次破損の有無を確認することにした。

この報告書は、一連の注水試験のうち第7回大リーク・ナトリウム-水反応試験(Run-7試験)で使用した蒸発器内部構造物について、注水試験後、解体検査を行ない、隣接伝熱管を含む伝熱管群全体にわたって破損・変形状況を調査した結果をそのまま整理・記述することを目的としてとりまとめたものである。

これまでに合計6回の注水試験(Run-1～Run-6)が実施されているが、これらはいずれもヘリカルコイル部での注水試験であった。

これに対し今回のRun-7試験は、ダウンカマ部におけるナトリウム-水反応現象の解明を目的として計画されたもので、蒸発器内部構造物は「もんじゅ」SGのダウンカマ部を模擬したものが用いられた。

内部構造物は1978年1月から東芝/石川島播磨重工(株)によって製作が開始され、製作完了とともに1978年6月SWAT-3蒸発器内へ組込みが行われた。

その後動燃事業団による準備作業、調整試運転を経た後、1978年10月26日注水試験が実施された。

注水試験後蒸発器内の水蒸気洗浄を行った後1979年1月中旬蒸発器内から取出し、以後本書で述べる解体検査が実施された。

2. 試験の概要

2.1 試験装置

SWAT-3 装置の概要を Fig. 2.1.1 に示す。各機器および装置全体の仕様については別報告書⁽¹⁾を参照されたい。

Fig. 2.1.2 に今回の試験に供した蒸発器(反応容器)の全体組立図を示す。蒸発器容器は既設のものであり、内部構造物のみ Run-7 試験用に新規製作されたものである。

内部構造物は東芝/石川島播磨重工(株)によって設計・製作されたもので、構造・寸法は同社の「もんじゅ」設計にもとづくものである。

全体は、伝熱管、外部シュラウド(ライナ)、シュラウド、センタパイプから構成されており、外部シュラウドとシュラウドの間隙がダウンカマ領域を模擬している。外部シュラウドは蒸発器容器の保護のため設けられたもので、「もんじゅ」SGのライナに相当する。

ダウンカマ領域は局所実寸モデルにするという思想から、主要部材質および管束部の管材、管径、ピッチは実機と同じであるが、その他の寸法は既設の蒸発器容器に合わせて高さ方向および径方向ともにスケールダウンされた設計となっている。

伝熱管の配置を Fig. 2.1.3 に、また、その展開図を Fig. 2.1.4 に示す。

特に、伝熱管本数、伝熱管支持板段数、伝熱管支持板分割数などは「もんじゅ」設計と異なっている。

また、伝熱管支持板のピッチ(伝熱管の支持スパン)および相隣り合う伝熱管支持板の段差寸法なども既設容器の高さ寸法の制約から「もんじゅ」設計と異なっている。

「もんじゅ」設計と SWAT-3 の主な相違点をまとめたものを Table. 2.1.1 に示す。

Table. 2.1.1 「もんじゅ」設計値と SWAT-3#7 の対照表

No	項目	もんじゅ SG(E.V)	SWAT-3 #7	備考
1	シエル内径	2650 mmφ	1300 mmφ	
2	外部シュラウド O.D.	2590 mmφ	1202 mmφ	
3	" 肉厚	9 mm	12 mm	
4	" 長さ	—	4000 mm	
5	外部シュラウド O.D.	2250 mmφ	968 mmφ	
6	" 肉厚	(但しガス層含み 74mm) 12 mm	12 mm	製準 I ではガス層は Na スタグナント層としている
7	" 長さ	9050 mm	3000 mm	

	項 目	もんじゅ SG(E.V)	SWAT-3 #7	備 考
8	ダウンコマ部 伝熱管群外層 P.D.	2504 mm φ	1114 mm φ	
9	" P.D.	2418 mm φ	1028 mm φ	
10	ダウンコマ部 伝熱管サイズ	25.4 φ × 3.2 t	25.4 φ × 3.2 t	
11	ダウンコマ部 伝熱管本数	255 本	128 本	"もんじゅ"はダウンコマ部を 4 分割し、ポイド部有
12	ダウンコマ部 伝熱管ピッチ	50.15 (内層), 52 (外層) 50 (内 ↔ 外)	50.44 (内層), 54, 66 (外層) 50.39 (内 ↔ 外)	
13	ダウンコマ部 伝熱管支持方法	スリーブ型	スリーブ型	
14	伝熱管支持板段数	6 段	3 段	
15	伝熱管支持板分割数	12 分割	16 分割	
16	" ピッチ	1500 mm	1350 mm	
17	" 分割段差	750 mm	250 mm	

註) 但し、もんじゅ寸法は T 社の調整設計 IV に依る。

伝熱管本数 128 本のうち注水点近傍の 30 本は N₂ ガスで加圧され、その圧力が常時監視される。従って二次破断が生ずれば圧力が低下するのでその検出ができる。

また、伝熱管 20 ケ所については注水試験によるウェステージの有無が精密に測定できるように伝熱管外径が機械加工されている。(ウェステージ測定管と呼ぶ。) その配置を Fig. 2.1.3, Fig. 2.1.4 中に示す。

注水点は 90° 方向, FL3875 (伝熱管番号 19A) で、角度の進む方向に向って注水され、伝熱管番号 18 をかすめて 17 を直撃するように注水ノズルの向きが設定されている。

2.2 試験概要

Run-7 試験の試験条件を Table. 2.2.1 に示す。

注水点はダウンコマ部であり、注水率は伝熱管 1 本破断相当の値に計画された。

注水結果は、注水率 10.6 kg/sec (1 sec 後) ~ 7.9 kg/sec (9 sec 後) で 9.5 秒間 (注水弁開時間) の注水が行なわれ総注水量 85 kg であった。

注水試験においては、Table. 2.2.2 に示すように、蒸発器 (EV), 過熱器 (SH) 等の各機器および配管系に各種の測定器が設置され、圧力、歪、温度、液面、ポイド、配管支点反力、加速度、変位、流量、ラプチャ板破裂時期等が測定された。

Table. 2.2.2 実験計測のまとめ

計測場所 計測項目	EV	SH	IHX	RT	二次系 配管	放出系 配管	WH	水系 配管	その他	合計	
圧力	11+10+1 ⁸⁾¹⁾	2+1 ¹⁾	2	1+1 ¹⁾	8	7	1	3+5 ⁷⁾	加圧伝熱管	5	58
歪	10+7 ⁸⁾	0	0	0	0	0	0	0	フランジギャップ	4	21
温度	50	1	1	5	16	9	1	1+5 ⁷⁾	ドレンライン 逆止弁	2 2	93
液面	4	1	0	0	0	3 ²⁾	1	0			9
ボイド	22 ⁴⁾	0	0	0	2 ⁴⁾	1 ⁵⁾ +15 ⁴⁾	0	0			40
反力	0	0	0	0	0	18	0	0			18
加速度・変位	2+5 ⁹⁾	0	0	0	12	9	0	0			28
流量	2 ³⁾	0	0	0	1+1 ³⁾	2 ³⁾	0	1 ⁶⁾ +1 ³⁾			8
ラブチャ破裂	1	1	1	0	0	0	0	0			3
全計測数										278	

註 1) 運転制御用計器 2) 接触式液面検知器 3) ドラッグ式流量計 4) 抵抗式ナトリウムボイド計
5) γ 線ボイド率計 6) タービン流量計 7) 伝熱管部 8) ダウンカマ部 9) 架台とEV本体

特に、蒸発器内には、多数の熱電対、圧力計が挿入され、注水試験時の温度、圧力挙動に関する詳細なデータが得られた。

また、液面計やボイド計のデータから蒸発器内の流動が考察され、さらに、内部構造物に取付けられた加速度計データも得られた。

それによれば、蒸発器(EV)内に発生した初期スパイク圧力はダウンカマ部注水点近傍で最大19.5 kg/cm²a (ピーク値)であった。

EV内温度はT-1148にて1140℃の値が検出された。

また、ダウンカマ部にセットしたドラッグ式流量計が最大13 m/sの流速を検出した。

これらの詳細については参考文献(2)を参照されたい。

蒸発器は以上の注水試験の他に、その前後で各種の運転を経ている。試験前には装置の健全性を確認するための調整試運転が実施されている。

また試験後には、反応生成物を一旦ドレンした後EV下部にドレンポットを接続し、EV底部に残留する反応生成物をこれに回収する運転が行なわれた。

その後蒸発器内の水蒸気洗浄を行ない、以後本報告で述べる解体検査が実施された。

これら一連の蒸発器の運転履歴の概要を内部雰囲気およびその温度を中心にまとめたものをFig. 2.2.1に示す。

3. 検査内容

3.1 検査項目

解体検査で調査すべき事項は、これまでの検査（Run-1～Run-6）と同様であり、次の通りである。

- (1) 隣接伝熱管の二次破断の有無の確認。
- (2) 隣接伝熱管の機械力による変形の有無。
- (3) 伝熱管の内圧ラプチャまたは局所的なふくらみ（プリスタ）などの有無。
- (4) ウエステージ損傷の有無。
- (5) その他の構造物の破損・変形。

このうち、(1)隣接伝熱管の二次破断については、注水試験前の伝熱管の封入ガス圧データから、二次破断がないことがすでに確認されている。すなわち、2.1項で述べたように注水試験では、注水点近傍の30本の伝熱管をN₂ガスで加圧しその圧力を監視している。二次破断が起こればその圧力が低下するはずであるが圧力の低下は無かった。

よって、ここでは上記事実の確認とその他の伝熱管に破損がないことの確認が中心となる。

隣接伝熱管の機械力による変形については、伝熱管の真直度およびピッチに注目して測定を行った。

(3)伝熱管の内圧ラプチャまた局所的なふくらみ（プリスタ）および(4)ウエステージ損傷についてはこれらがいずれも伝熱管断面に関する損傷であることから、伝熱管外径を測定することにした。

(5)その他の構造物についてはシュラウド、センタパイプおよび外部シュラウド（ライナ）を対象とした。

センタパイプについては構造上大きな変形が生じることはまず考えられないが、外径と真直度を測定することにした。

いずれも注水試験前後で同じ要領で測定し、両者を比較することによりこれらの変形や損傷を調査することにした。

ただし試験前の検査は内部構造物の製作工程中に実施されたものであり、試験後の検査との間に工場組立、輸送、現地据付、試験後解体などの作業が入ることになり、場合によってはこれらの作業中の変形が考えられるが、ここではある程度はやむを得ないものとして無視して取扱うこととした。

3.2 検査要領

(1) 外観

注水試験による変形，損傷の有無を目視して確認するとともに写真撮影などを行った。

(2) 伝熱管外径

Fig. 3.2.1 に示すように，伝熱管外径（同図寸法 d ）を軸方向 22 点（A 点～V 点）について全伝熱管（128 本）についてノギス（最小目盛 0.05）にて測定した。

(3) 伝熱管真直度

Fig. 3.2.1 に示すように伝熱管に沿ってさげふり（糸）をおろし，半径方向の真直度（同図寸法 l ）と周方向の真直度（同図寸法 m ）を軸方向 22 点，全コイルについて直尺（最小目盛 0.5 mm）で測定した。

(4) 伝熱管ピッチ

同じく Fig. 3.2.1 に示すように互に隣接する伝熱管のピッチ（同図寸法 P ）を軸方向 22 点，全コイルについて測定した。

(5) シュラウド真直度・外径

Fig. 3.2.2 に示すように，シュラウドをたて置きにした状態で固定し，シュラウドの軸に平行に糸を張り，これからシュラウド外面までの垂直高さ l を上下方向 11 点について直尺（最小目盛 0.5）で測定した。

また外径寸法 D_o をアウトサイドマイクロメータ（最小目盛 0.01）を用いて測定した。

(6) 外部シュラウド（ライナ）真直度・外径

Fig. 3.2.3 に示すように外部シュラウドをたて置きにした状態で固定し，軸に平行に糸を張り，これから外面までの垂直高さ l を上下方向 13 点について直尺（最小目盛 0.5）を用いて測定した。

また内径寸法 D_i をインサイドマイクロメータ（最小目盛 0.01）を用いて測定した。

(7) センタパイプ真直度・外径

Fig. 3.2.4 に示すようにセンタパイプを横置きにした状態で固定し，軸に平行に糸を張り，これから外面までの垂直高さ l を測定した。

また，外径寸法 D_o をアウトサイドマイクロメータ（最小目盛 0.01）を用いて測定した。

4. 検査結果

4.1 外観検査

- (1) 試験後、蒸発器内から取り出した内部構造物の全体外観を Fig. 4.1.1 に示す。

この状態では外部 シュラウド (ライナ) が観察できる。

上部に見える フランジ付の構造物は中間胴体 (Fig. 2.1.2 の ①) であり蒸発器容器の一部を形成するものである。内部構造物はこの中間胴体の内壁に 4 本の吊棒で懸垂支持されている。

- (2) 内部構造物下部の状況を試験前後で比較したものを Fig. 4.1.2, 4.1.3 に示す。

伝熱管下端の管寄せ部, センタパイプ, シュラウドが観察できるが大きな変形や損傷はみられなかった。

伝熱管はこの部分で 90° に曲げられ, 管寄せの穴 (スリーブが溶接されている) に差し込んで支持されている。センタパイプを貫通している管が注水管である。また, シュラウドの内側に多段に設けられたリング状の板はシュラウドの補強板である。

- (3) 注水試験後の伝熱管の外観を Fig. 4.1.4 ~ Fig. 4.1.7 に示す。

Fig. 4.1.5, 4.1.7 に示すように, 注水点近傍の伝熱管に変形が認められた。特に注水管 (No. 19A) が噴出力で反注水側に, また伝熱管 No. 18 が注水方向にそれぞれ大きく押し曲げられていた。

また Fig. 4.1.6 に示すように 0° 方向の伝熱管 No. 3, 3A ~ 7, 7A などにも変形が生じていた。

- (4) 注水試験後の注水孔および隣接伝熱管の状況を Fig. 4.1.8 に示す。

隣接伝熱管にウエステージ損傷や局所的なふくらみなどは認められなかった。

ただし図に示すように注水孔付近の熱電対, 圧力計のリード線およびこれらを縛り付けてあるステンレスワイヤが破断していた。

熱電対は外径 1.6φ, シース材質 SUS 316, シース肉厚 0.2mm であり, 圧力計リード線は外径 3.2φ, シース材質 SUS 316, シース肉厚 0.5mm である。またワイヤは SUS 316 である。切り口ではシース径がわずかに小さくなっており, またワイヤも細くなっていた。芯線はシース切り口より数 mm 飛び出した位置で破断しており絶縁物 (マグネシア) が白く見えていた。

破断した圧力計 (TAG No. PK 5004) および熱電対 (TK 5004) の出力信号記録からこれらが破断した時刻はそれぞれ注水開始後 2.22 sec および 2.45 sec と推定された。(参考文献 (2) 参照)

破断の原因として例えばウエステージ損傷が考えられるが, 隣接伝熱管には目視および後

述する外径測定結果からウェステージ損傷が認められないこと、また、ステンレス鋼がこのような短時間のうちに0.2～0.5mmにも及ぶようなウェステージ損傷をうけることは過去の実験データからまず考えられないことなどからその可能性は少ない。

実際、これまでの試験（Run-1～Run-6）でもこのような損傷は観察されていない。

むしろ破断部の状況から引張力が作用して破断した可能性が大きい。すなわちFig.4.1.8から明らかなように破断した圧力計（PK5004）および（TK5004）のリード線はそれぞれ伝熱管№17Aおよび18Aに固定されていたものである。その状態で伝熱管（注水管№19A）が反注水方向に大きく押し曲げられた分けであるから当然破断部には大きな引張力が作用したことが推定される。ステンレスワイヤについても同様で、これらは伝熱管18Aと20Aを互に縛り付けていたものである。後述するように両伝熱管は互に相い反する側に変形しておりかつ伝熱管№19がステンレスワイヤを押し切る恰好で変形している。

この他に反応時の温度効果や場合によってはウェステージ損傷などが若干複合していることも考えられるが、いずれにしても伝熱管の変形にもとづく引張力が作用して破断したものと推定される。

(5) 伝熱管支持板の部分に残存していた反応生成物をFig. 4.1.9に示す。水蒸気洗浄で十分除去されなかったものであろう。この他にも、1～2ヶ所伝熱管支持板と伝熱管の間に未洗浄のままの反応生成物が残留していた。

(6) シェラウドおよびセンタパイプをFig. 4.1.10, 4.1.11に示す。

これらについては外観上変形は全く認められない。

4.2 伝熱管外径

伝熱管外径の測定値を注水試験前後で比較したものをFig. 4.2.1(a)～(z)に示す。

試験前後で良く一致しており伝熱管の断面変形、外径の損傷などは認められない。

若干の測定値の差はノギスの精度が0.05（最小目盛）であることを考えれば明らかに測定誤差である。

機械加工されたウェステージ測定管（中図Ma部分）についても特に他の部分と相違するような測定値の差は認められない。

よって、検査精度の範囲内ではウェステージ損傷はないものと判断できる。

図中Grと記した箇所は溶接継手部のグラインダ仕上面であるのでわずかな測定位置のずれによって大きな測定値の差が生ずるので厳密には除外して考えるのが良い。

また、ウェステージ測定管の両端には機械加工部と非加工部の段差があり、試験前後で測定位置がわずかにずれることにより測定値が大きくなる場合がある。

Fig. 4.2.1(0)の伝熱管7AのB点、K点に見られるような測定値の差はこのため生じたもので

あり外径の変化ではない。

4.3 伝熱管真直度

半径方向の真直度を試験前後で比較したものを Fig. 4.3.1 (a)~(v)に示す。

両測定値が大きくずれているものがあるがこれは生データをそのままプロットしたために測定時の糸の張り方のずれや傾きなどが図にあらわれたものであり、両者の差がそのまま絶対的な変形量をわすものではない。

伝熱管の支持点では両者は一致する筈であるから、これを基準に考えれば図から変形の状態を読み取ることができる。

また周方向の真直度を Fig. 4.3.2 (a)~(f)に示す。これについては試験前のデータが得られていないので試験後測定結果のみを示した。ただし、半径方向の真直度データ等から初期変形はほとんどなかったと判断できるので、図示されている変形量がすべて注水試験によって生じたものと考えて良い。

全体的に注水点近傍の伝熱管(管番号 13A~19A, 14~25)に変形の大きいものが見られる。また、0°方向でも管番号 2, 2A~7, 7Aなどに周方向への大きな変形が認められる。315°方向の伝熱管(57A~59A)にも変形の比較的大きなものがある。

変形量が最も大きいのは注水管(Na19A)および伝熱管Na18で、いずれもスパン中央でのたわみが約15mmである。

0°方向の伝熱管(Na3A~Na6A)にも11~12mm程度の比較的大きな変形が認められる。これらはいずれも周方向への変形である。

これに対し半径方向への変形は比較的小さく、伝熱管Na16A, 17A, 15, 22, 23などでスパン中央で6~7mm程度の変形である。

ただ、注水ジェットの直撃を受けたはずの伝熱管Na17にはほとんど変形が認められない。

4.4 伝熱管ピッチ

伝熱管ピッチの測定結果を試験前後で比較したものを Fig. 4.4.1 (a)~(v)に示す。

これらは、横軸に伝熱管番号、たて軸にピッチ(ただし伝熱管の外側同志のピッチ)をとって同一水平断面毎に整理したものである。

前項の伝熱管真直度測定結果から明らかなように注水点近傍などで伝熱管に大きな変形があり、これにもとづくピッチの乱れがみられる。

ピッチの乱れは支持スパンの中央(G点, R点)およびこの近くで大きく、逆に支持点の近傍(A点, K~N点, T~V点など)では小さい結果となっている。

ただし、今回のように広範囲に渡って伝熱管に大きな変形が生じているような場合は、ピッ

チの測定結果から伝熱管の絶対的な変形量を明らかにすることは困難である。よってあくまでも前述の伝熱管の真直度データを主にしてピッチデータは補助的なものとして取扱うべきと思われる。

4.5 シュラウド真直度・外径

シュラウド真直度の測定結果を試験前後で比較したものを Fig. 4.5.1 に示す。

図は、シュラウドをたて置きにして横から眺めたときの外面のうねりの状態を表している。試験前後で測定値は良く一致しており、変形は認められない。

Table. 4.5.1 にシュラウド外径の測定結果を示すが、同表でも外形の変形は認められない。

4.6 外部シュラウド(ライナ)真直度・内径

外部シュラウド(ライナ)の真直度の測定結果を試験前後で比較したものを Fig. 4.6.1 に示す。

図の表わし方は前項と同じである。

中央部から上方にかけて 0° - 180° 方向につぶれ、逆に 90° - 270° 方向に拡がり変形が認められる。

変形量は上方程大きく、上端部で最大であり、 0° - 180° 方向に約 18mm のつぶれ、 90° - 270° 方向に約 21mm の外径増(拡がり)である。

下端部で変形が少ないのはこの部分ではセンタパイプ側に下部支持装置で完全に固定(溶接)されていると思われる。

内径の測定結果を Table. 4.6.1 に示す。同表でも上記の変形は明らかである。

4.7 センタパイプ真直度・外径

測定結果をそれぞれ Fig. 4.7.1 および Table. 4.7.1 に示す。試験前後で変形は認められない。

5. ま と め

SWAT-3装置，第7回大リーク・ナトリウム-水反応試験で使用した蒸発器内部構造物について，注水試験後，解体検査を行った結果を要約すると次の通りである。

- (1) 隣接伝熱管を含む注水点近傍の伝熱管およびその他の伝熱管の一部に機械力によるたわみ変形が認められた。たわみ量は支持スパンの中央部で，伝熱管ピッチ円の半径方向に6～7mm，周方向には最大15mmの範囲内であった。
- (2) 加圧伝熱管を含むすべての伝熱管の断面変形，局所的なふくらみ（プリスタ）などは認められなかった。
- (3) 隣接伝熱管およびすべての伝熱管のウエステージ損傷は検査の範囲内では観察されなかった。すなわち，隣接伝熱管およびウエステージ測定管に，特に他の部分と相違するような特徴（外面の損耗，損傷など）は一切観察されなかった。
- (4) 外部シュラウド（ライナ）に変形が生じていた。変形量は上端部で最も大きく，90°-270°方向に約21mm外径増（拡がり），0°-180°方向に約18mmの外径減（つぶれ）であった。
- (5) シュラウドおよびセンタパイプに変形はなかった。
- (6) 注水点付近の熱電対，圧力計のリード線およびステンレスワイヤが一部破断していた。

6. 謝 辞

本検査を進めるに当って実際の解体検査作業は東興機械工業(株)派遣作業員の手で行なわれた。
以上の方々に末筆ながら感謝の意を表します。

7. 参 考 文 献

- (1) 佐藤稔, SWATグループ, 「SWAT-3 試験装置による大リーク・ナトリウム-水反応試験の概要」動力炉技報 No. 25 (1978・2) 動燃
- (2) 広井博, 佐藤稔, 大後美道他「蒸気発生器安全性総合試験装置 (SWAT-3) Run-7 試験結果 大リーク・ナトリウム-水反応試験 (第12報)」 PNC SN941 79-155 (1979・8)

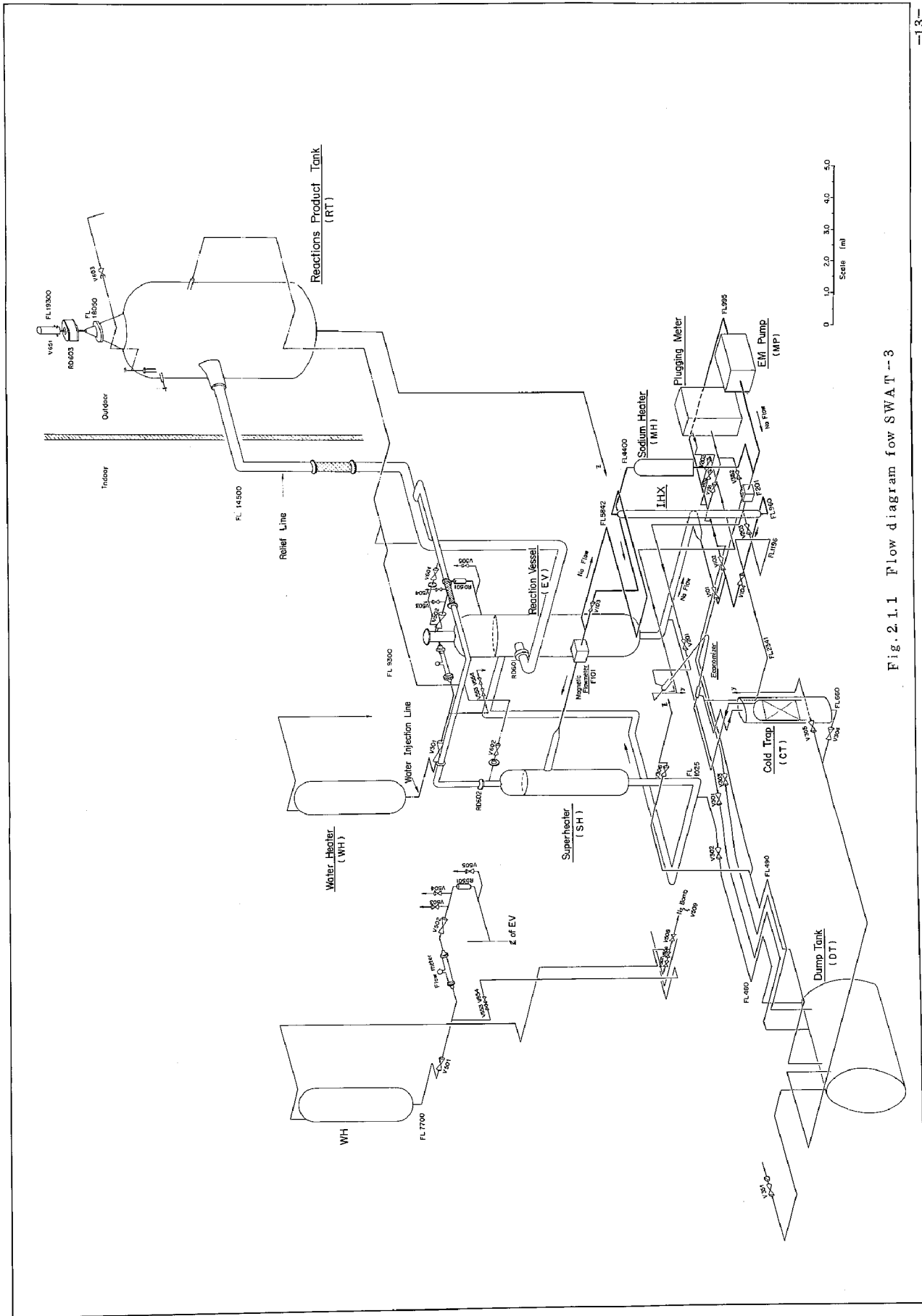


Fig. 2.1.1 Flow diagram for SWA T-3

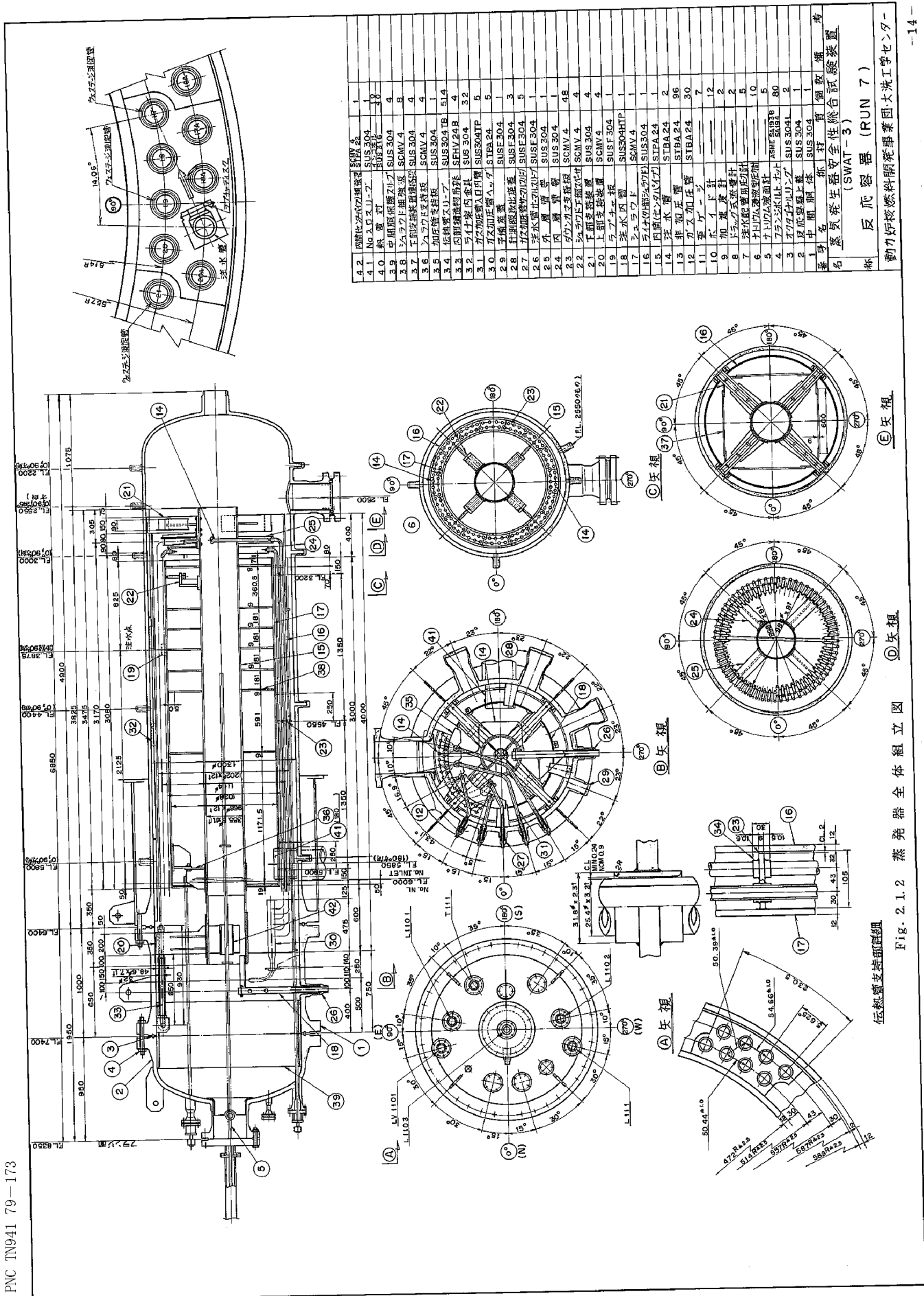


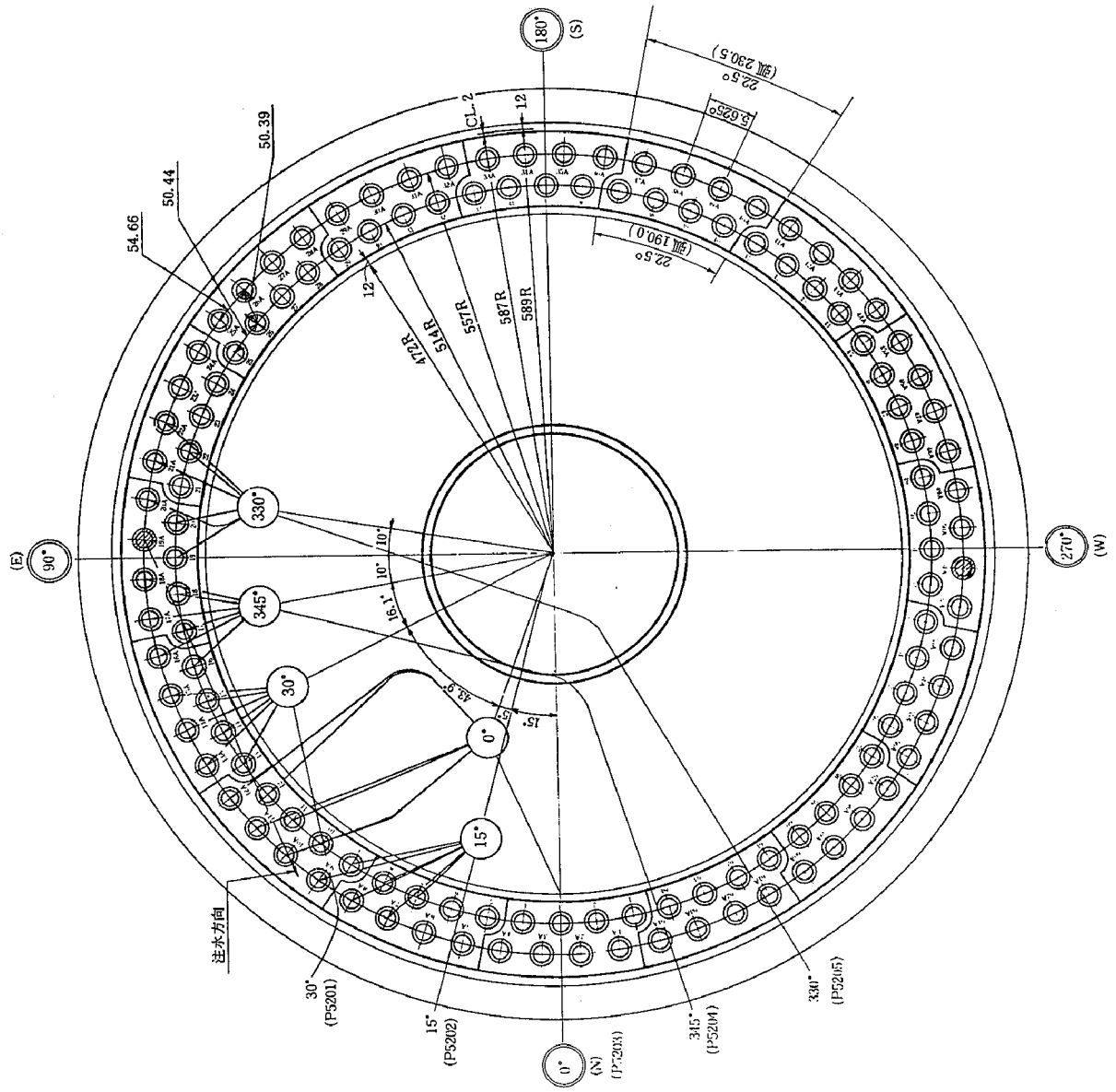
Fig. 2.1.2 蒸発器全体組立図 (A) 長尺 (B) 長尺 (C) 長尺 (D) 長尺 (E) 長尺

伝熱管支持部詳細

反応容器 (RUN 7)

動力炉核燃料開発事業団大洗工字センター

部材番号	部材名	材質	数量
4.2	筒状支持部	SUS 304	1
4.1	No.1 入口パイプ	SUS 304	1
4.0	熱交換器	SUS 304	1
3.9	中間部筒状部	SUS 304	4
3.8	下部筒状部	SUS 304	4
3.7	上部筒状部	SUS 304	4
3.6	パイプ支持板	SUS 304	4
3.5	加圧管支持板	SUS 304	4
3.4	加圧管パイプ	SUS 304H	514
3.3	内筒筒状部	SENY 248	4
3.2	パイプ支持部	SUS 304	32
3.1	加圧管入口管	SUS 304H	8
3.0	加圧管パイプ	STPA 24	8
2.9	子機蒸発器	SUS F 304	3
2.8	干熱蒸発器	SUS F 304	3
2.7	加圧管支持部	SUS F 304	3
2.6	加圧管パイプ	SUS F 304	1
2.5	加圧管	SUS 304	1
2.4	内筒筒状部	SUS 304	4
2.3	加圧管支持部	SCMV 4	4
2.2	加圧管パイプ	SCMV 4	4
2.1	下部筒状部	SUS 304	4
2.0	上部筒状部	SCMV 4	4
1.9	パイプ支持板	SUS F 304	1
1.8	加圧管	SUS 304H	1
1.7	パイプ	SCMV 4	1
1.6	加圧管支持部	SUS 304	1
1.5	内筒筒状部	STPA 24	2
1.4	加圧管	STBA 24	2
1.3	加圧管支持部	STBA 24	96
1.2	加圧管パイプ	STBA 24	30
1.1	パイプ	SCMV 4	7
1.0	パイプ	SCMV 4	12
9	加圧管支持部	SCMV 4	2
8	加圧管パイプ	SCMV 4	2
7	加圧管支持部	SCMV 4	5
6	加圧管パイプ	SCMV 4	10
5	加圧管支持部	SCMV 4	5
4	加圧管パイプ	SCMV 4	80
3	加圧管支持部	SUS 304L	2
2	加圧管パイプ	SUS 304	1
1	加圧管支持部	SUS 304	1



汽水加圧管	
角度	伝熱管番号
0°	10, 11, 12, 10A, 11A, 12A
15°	7, 8, 9, 7A, 8A, 9A
30°	13, 14, 15, 13A, 14A, 15A
330°	19, 20, 22, 19A, 20A, 22A
345°	16, 17, 18, 16A, 17A, 18A

• 併し、管径の内径

注水管	
角度	伝熱管番号
270°	19A, 51A

• 併し、管径の内径

Fig. 2.1.3 伝熱管配置図

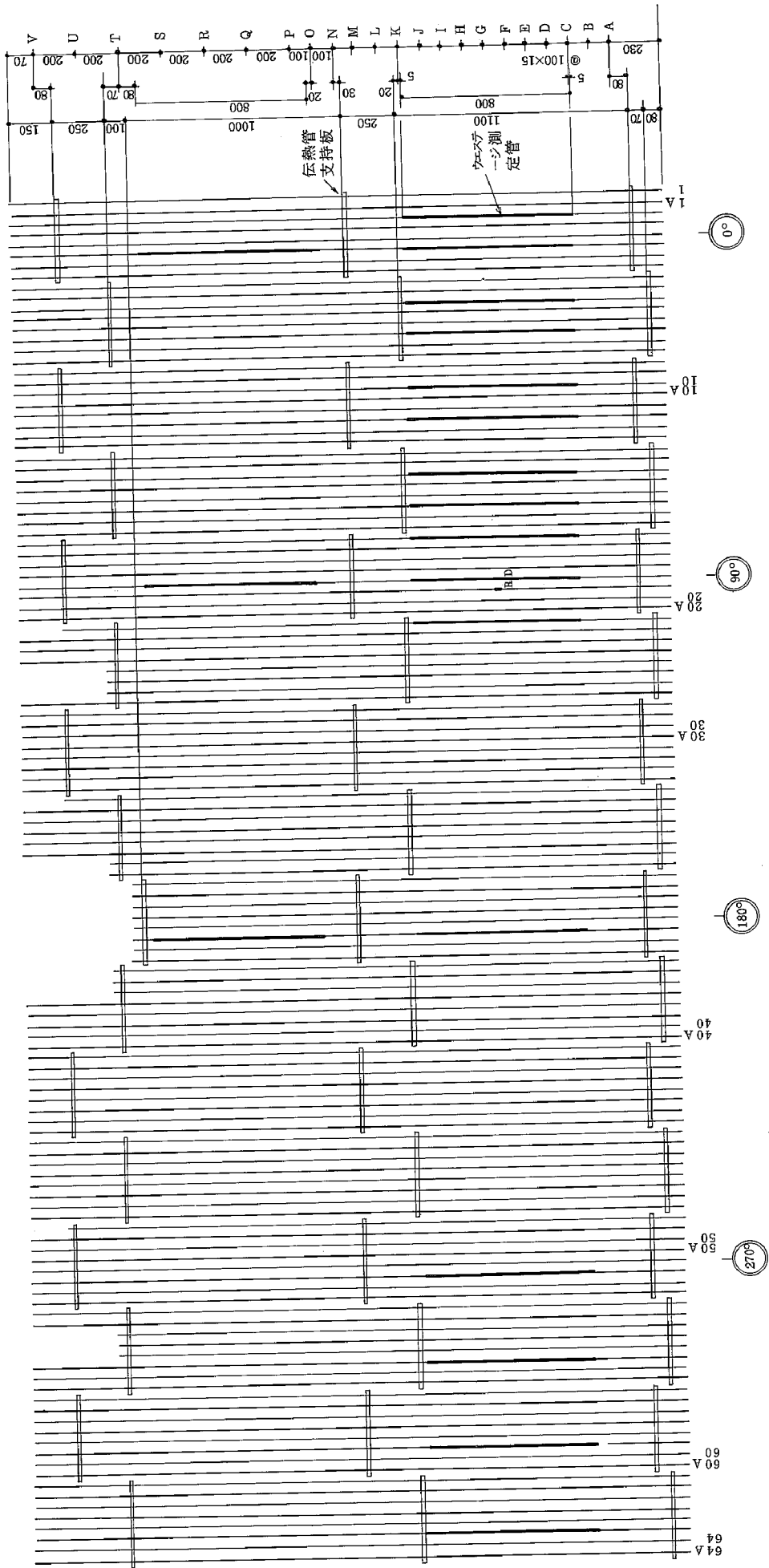


Fig. 2.1.4 伝熱管展開図

Table. 2.2.1 試験条件のまとめ

項	目	単 位	Run-7
試験年月日			1978. 10. 26
反応容器 内部構造物 型式	反 応 容 器		蒸発器
	内 部 構 造 物 型 式		ダウンカマ模擬
	反 応 点 位 置		ダウンカマ部
			FL. 3875
注水条件	注水孔・ラプチャ板型式		ノズル19φ, 円板引張型
	ラプチャ圧設定圧		
	RD 501	kg/cm ²	100 ⁺⁰ ₋₁₀ (350℃)
	RD 502	kg/cm ²	100 ⁺⁰ ₋₁₀ (245℃)
	準 定 水 率	kg/sec	
	全 注 水 量	kg	85
	注 水 配 管 温 度	℃	357
	水 加 熱 器 温 度	℃	298
	" 圧 力	kg/cm ² a	125
	" 初 期 給 水 量	kg	445
	注水弁 (V502) 弁開時間	sec	95
ナトリウム系条件	ナ ト リ ウ ム 温 度	℃	245
	ナ ト リ ウ ム 流 量	ℓ/sec	静 止
	カ バ ー ガ ス 圧		
	蒸 発 器	kg/cm ² G	0.5
	過 熱 器	kg/cm ² G	0.5
	バ ー ガ ス 使 用 ガ ス		アルゴン
放 出 条 件	ラ プ チ ャ 板 設 定 圧		235 ~ 241
	RD 601	kg/cm ²	3 (485℃)
	RD 602	kg/cm ²	3 (485℃)
	RD 603	kg/cm ²	1.5 (150℃)
	放 出 系 配 管 取 出 し 位 置		側 部
	運 転 温 度		
	放 出 系 配 管	℃	
	取 納 容 器	℃	257
	カ バ ー ガ ス 圧 (取 納 容 器)	kg/cm ² G	0.5
	カ バ ー ガ ス 使 用 ガ ス		アルゴン

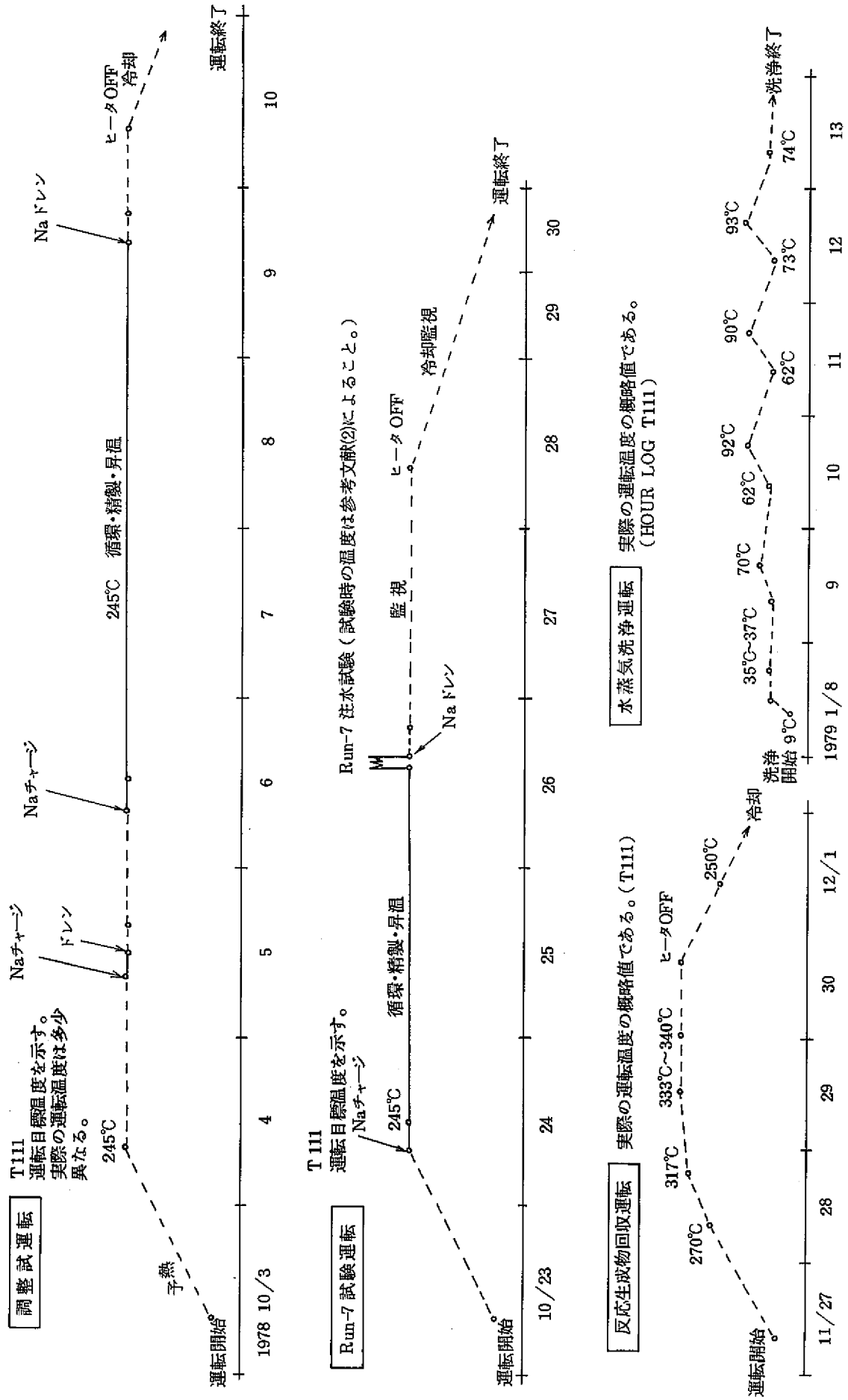
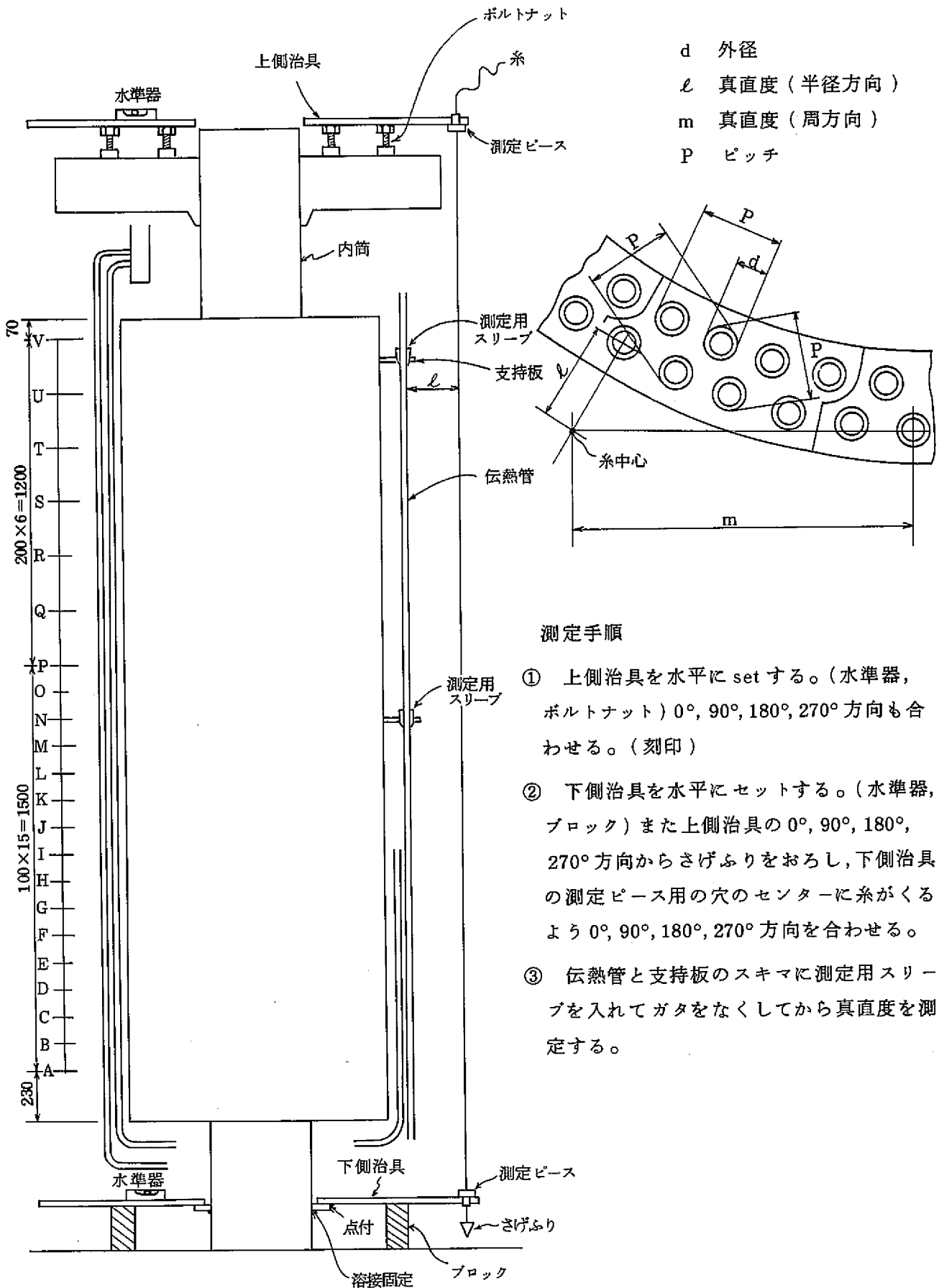


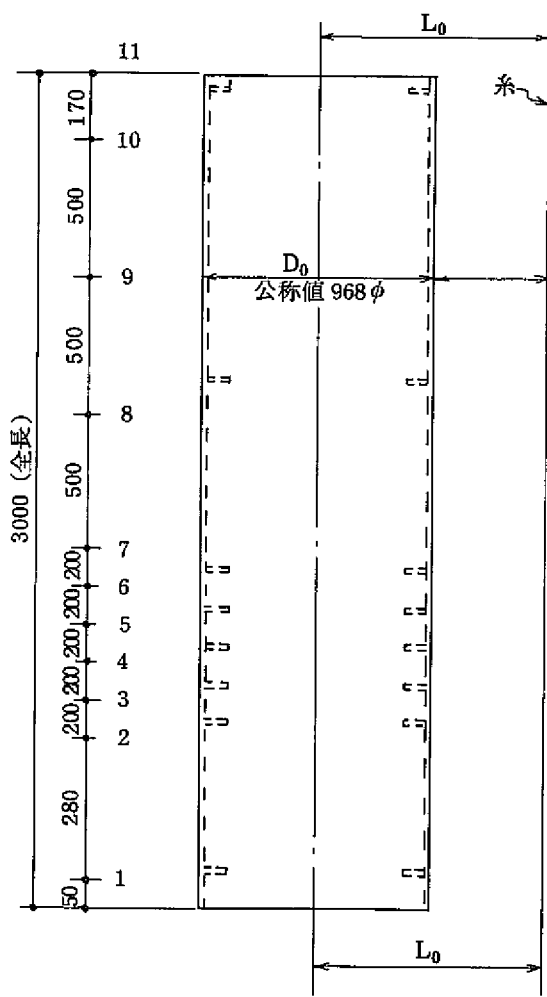
Fig. 2.2.1 蒸発器の運転履歴の概要



測定手順

- ① 上側治具を水平に set する。(水準器, ボルトナット) 0°, 90°, 180°, 270° 方向も合わせる。(刻印)
- ② 下側治具を水平にセットする。(水準器, ブロック) また上側治具の 0°, 90°, 180°, 270° 方向からさげふりをおろし, 下側治具の測定ピース用の穴のセンターに糸がくるよう 0°, 90°, 180°, 270° 方向を合わせる。
- ③ 伝熱管と支持板のスキマに測定用スリーブを入れてガタをなくしてから真直度を測定する。

Fig. 3.2.1 伝熱管測定要領



l …… 真直度

D_0 …… 外径

L_0 設定値 (mm)

試験前	600
試験後	625

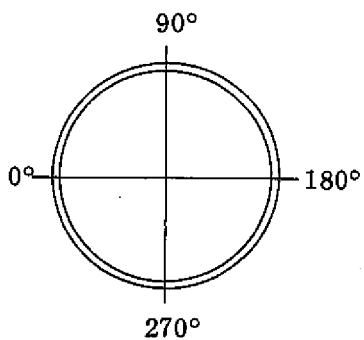
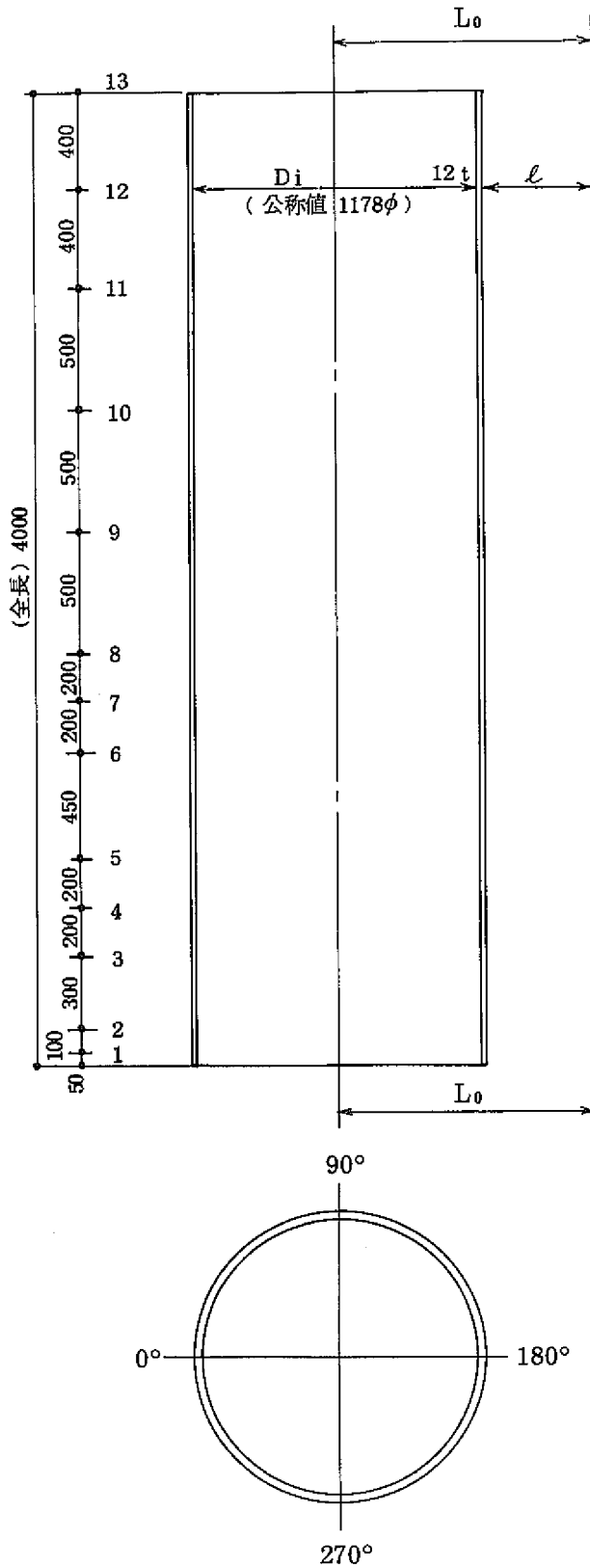


Fig. 3.2.2 シュラウド測定要領



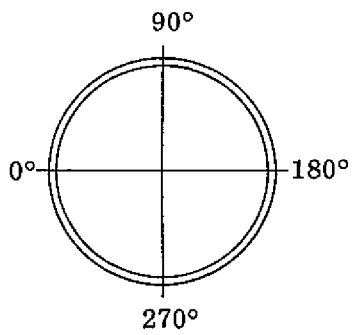
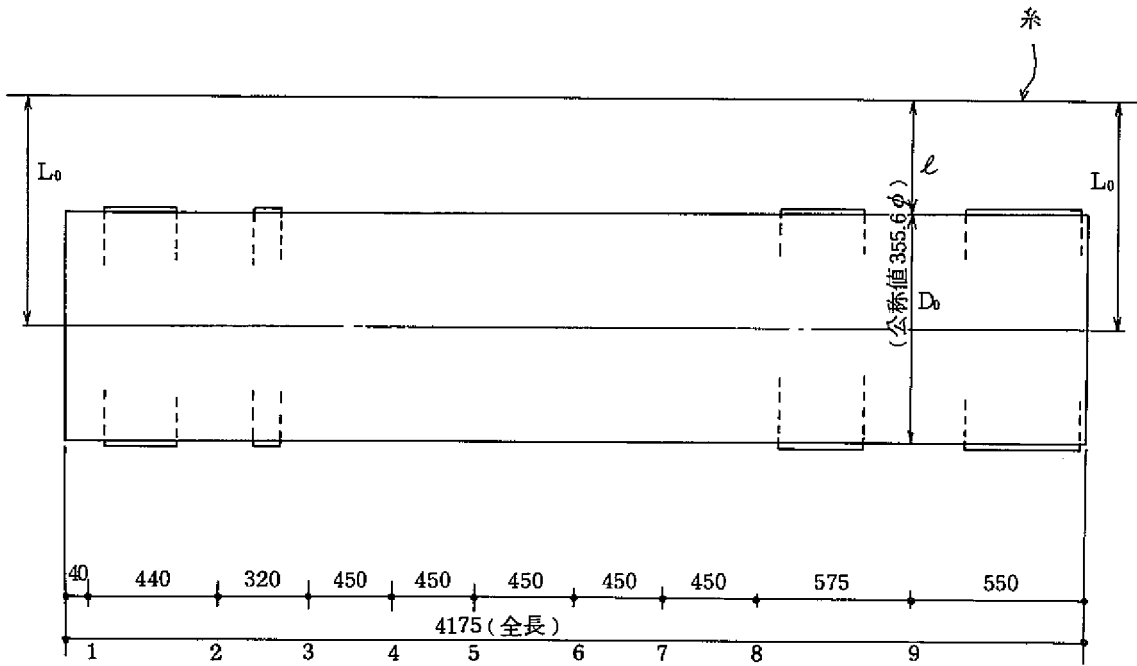
L_0 設定値 (mm)

試験前	603
試験後	750

l …… 真直度

D_i …… 内径

Fig. 3.2.3 外部シュラウド(ライナ)測定要領



L_0 設定値 (mm)

試験前	250
試験後	215

l 真直度

D_0 外径

Fig. 3.2.4 センタパイプ測定要領

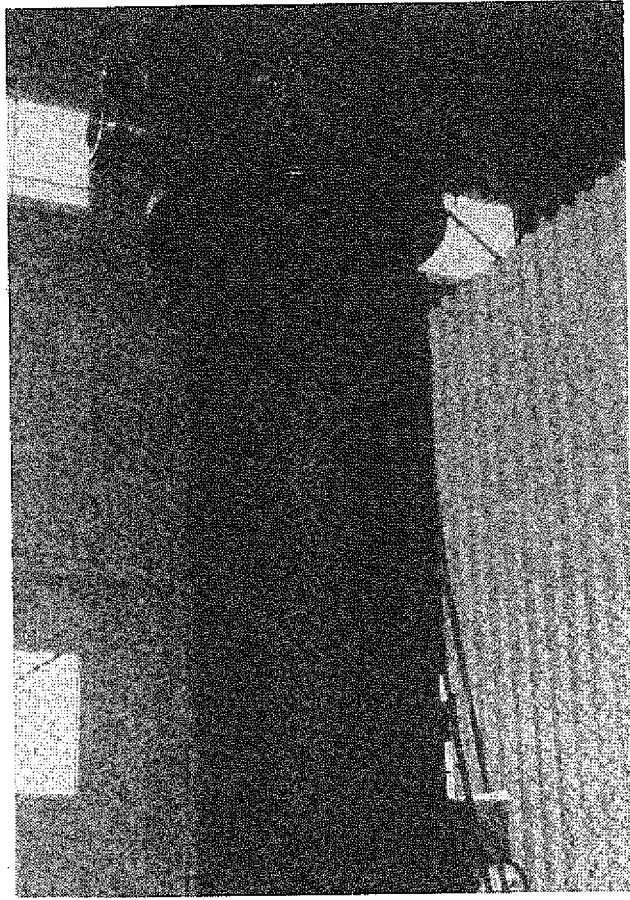


Fig. 4.1.1 内部構造物全体

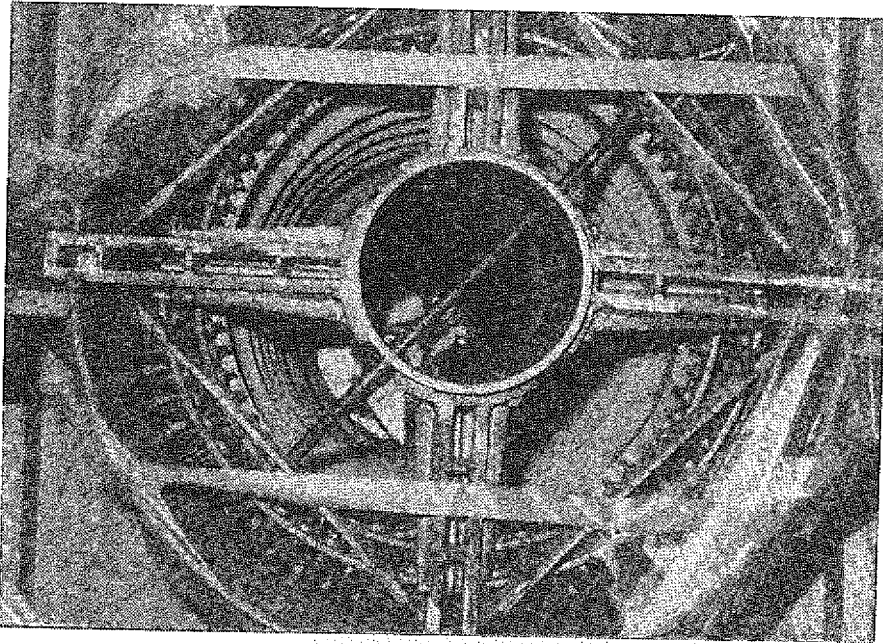


Fig. 4.1.2 内部構造物下部 (試験前)

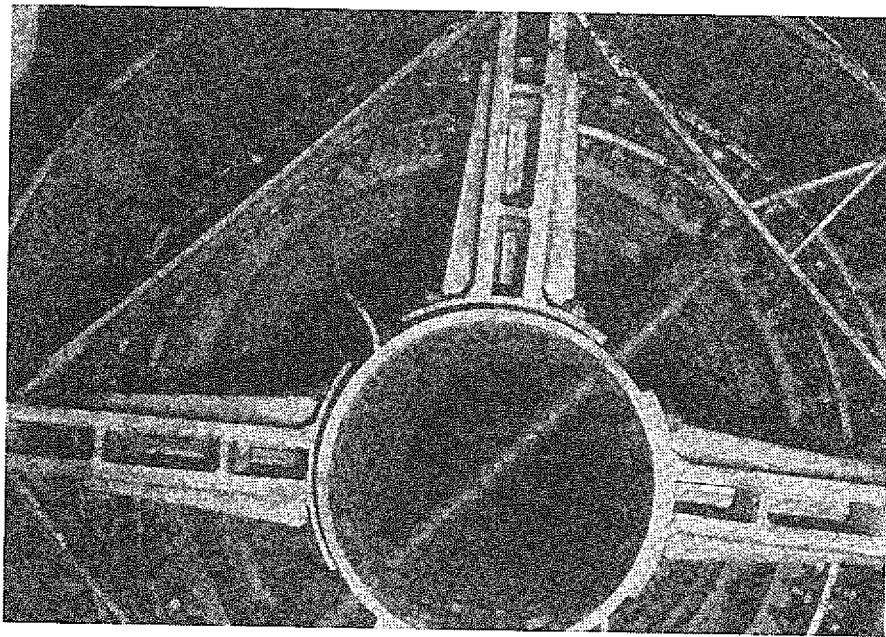


Fig. 4.1.3 内部構造物下部 (試験後)



Fig. 4.1.4 伝熱管束 (全体)

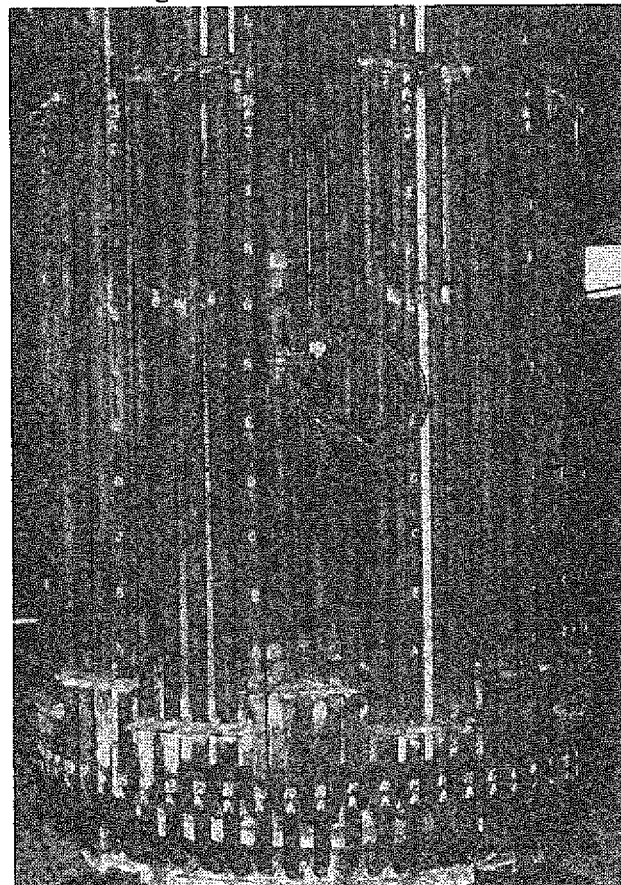


Fig. 4.1.5 伝熱管束 (注水点付近)

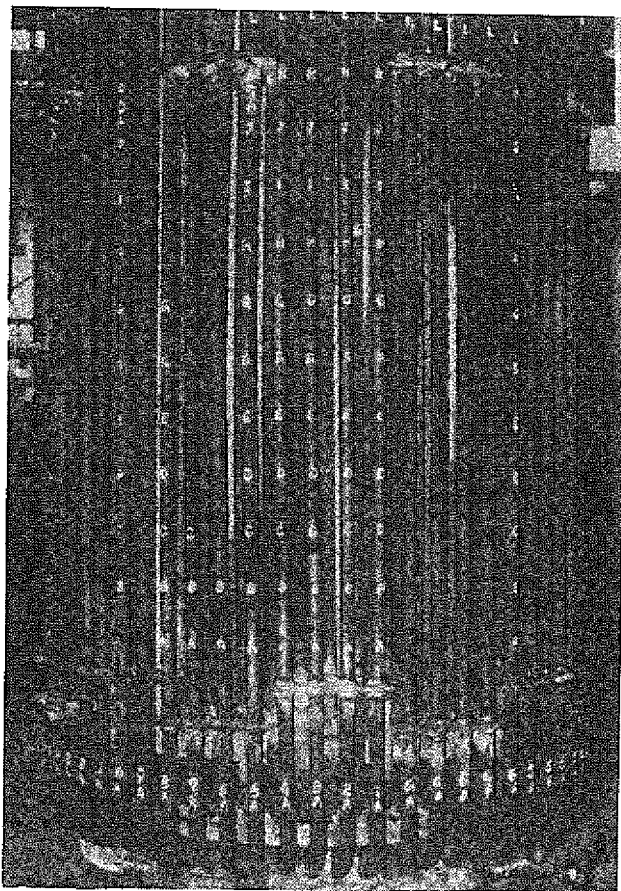


Fig. 4.1.6 伝熱管束(0°方向)

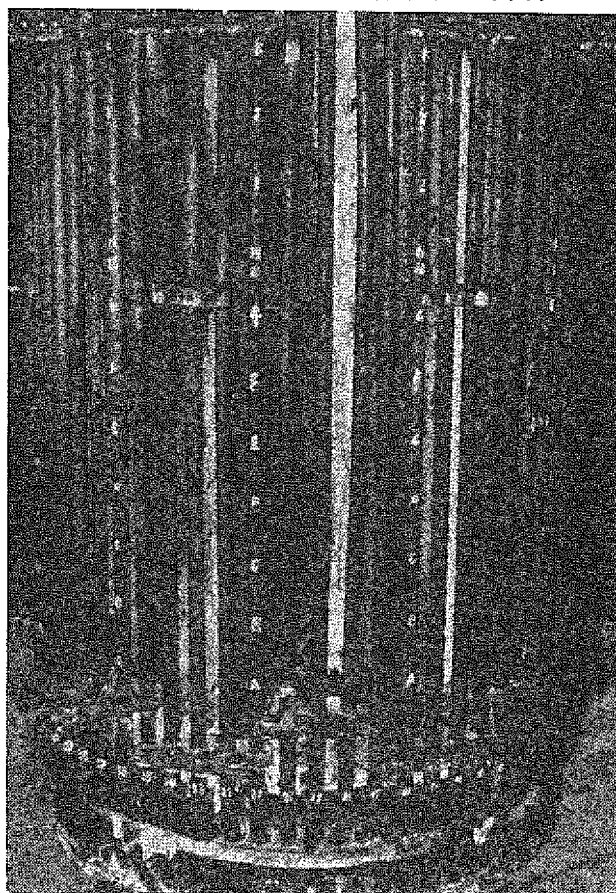


Fig. 4.1.7 伝熱管束(内層注水点付近)

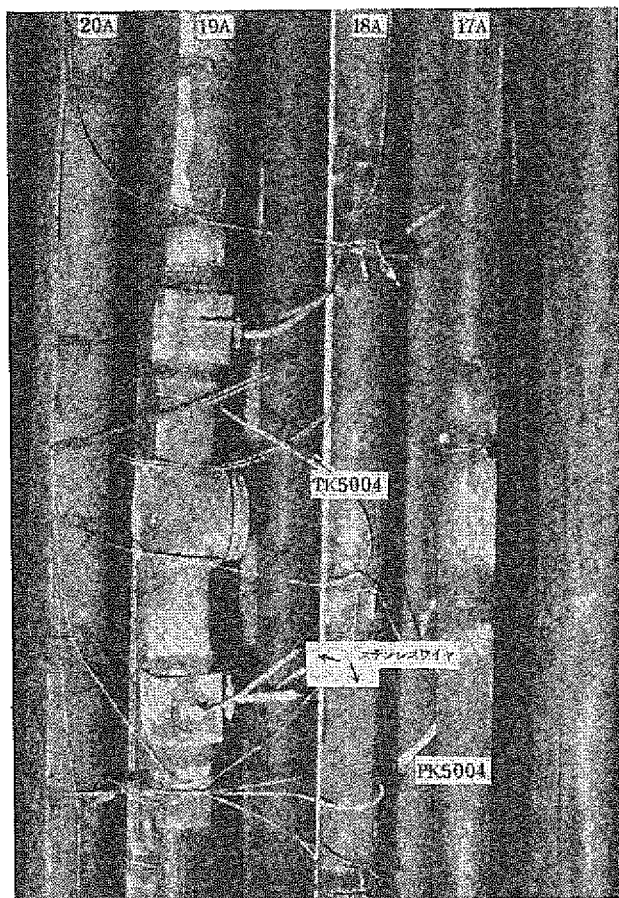


Fig. 4.1.8 隣接伝熱管

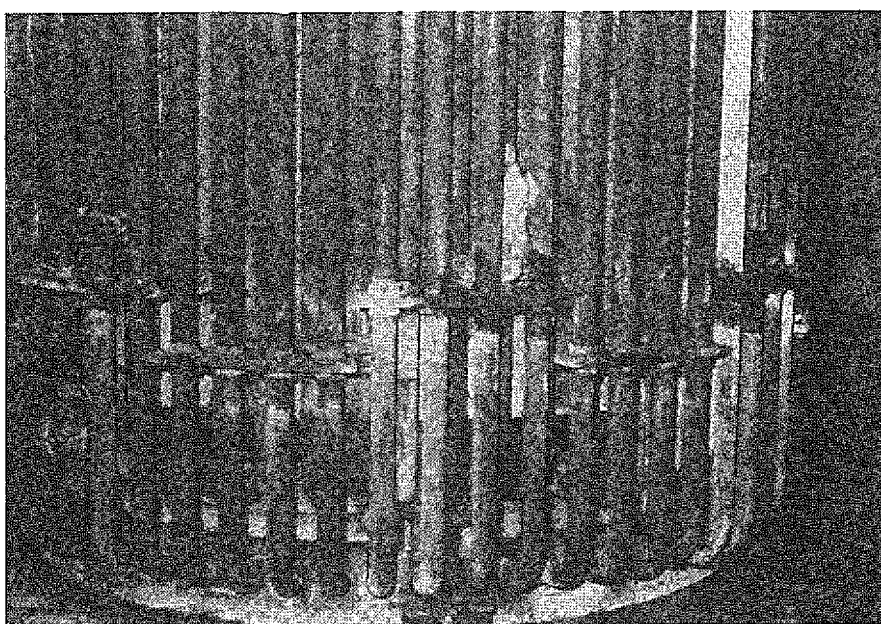


Fig. 4.1.9 反応生成物の残留



Fig. 4.1.10 シュラウド

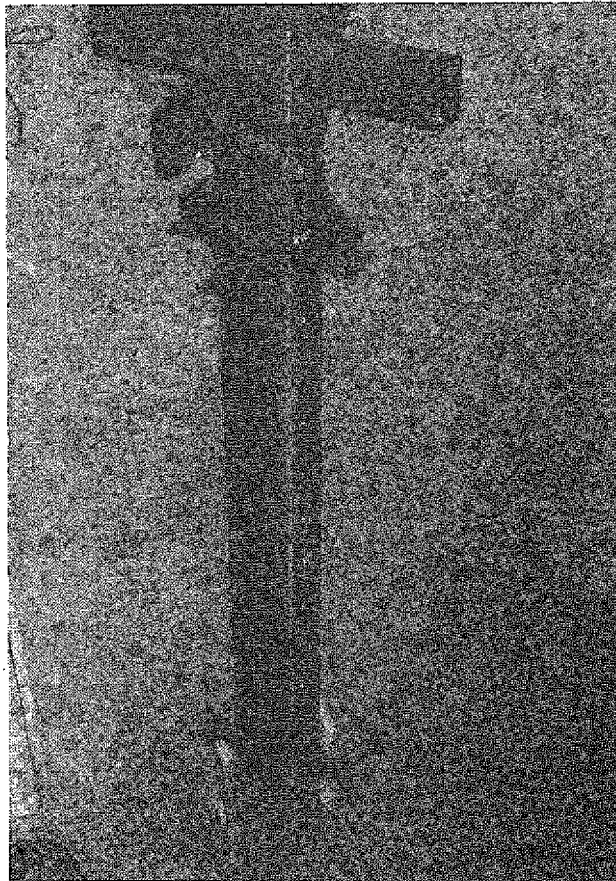


Fig. 4.1.11 センタパイプ

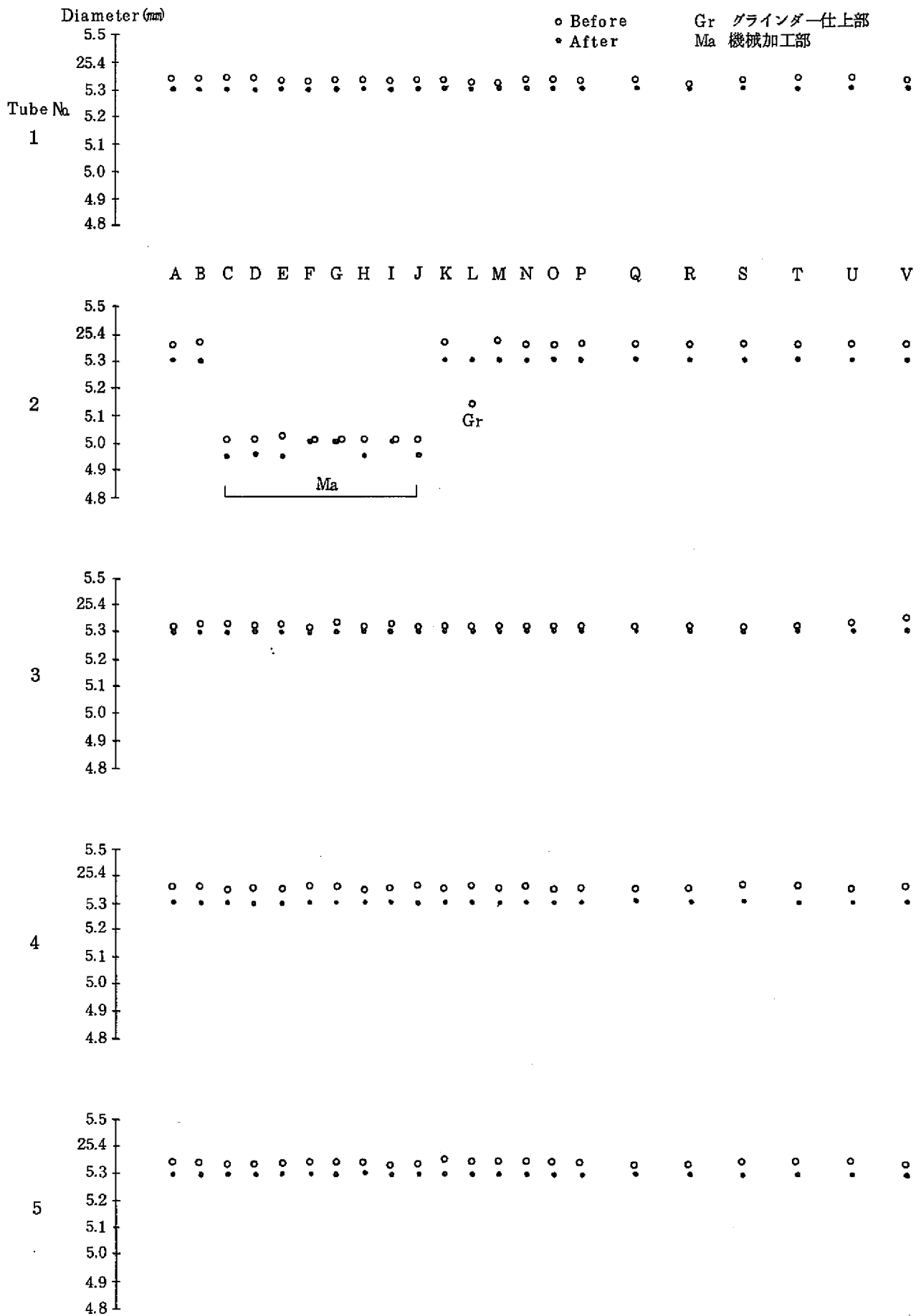


Fig. 4.2.1(a) 伝熱管外径

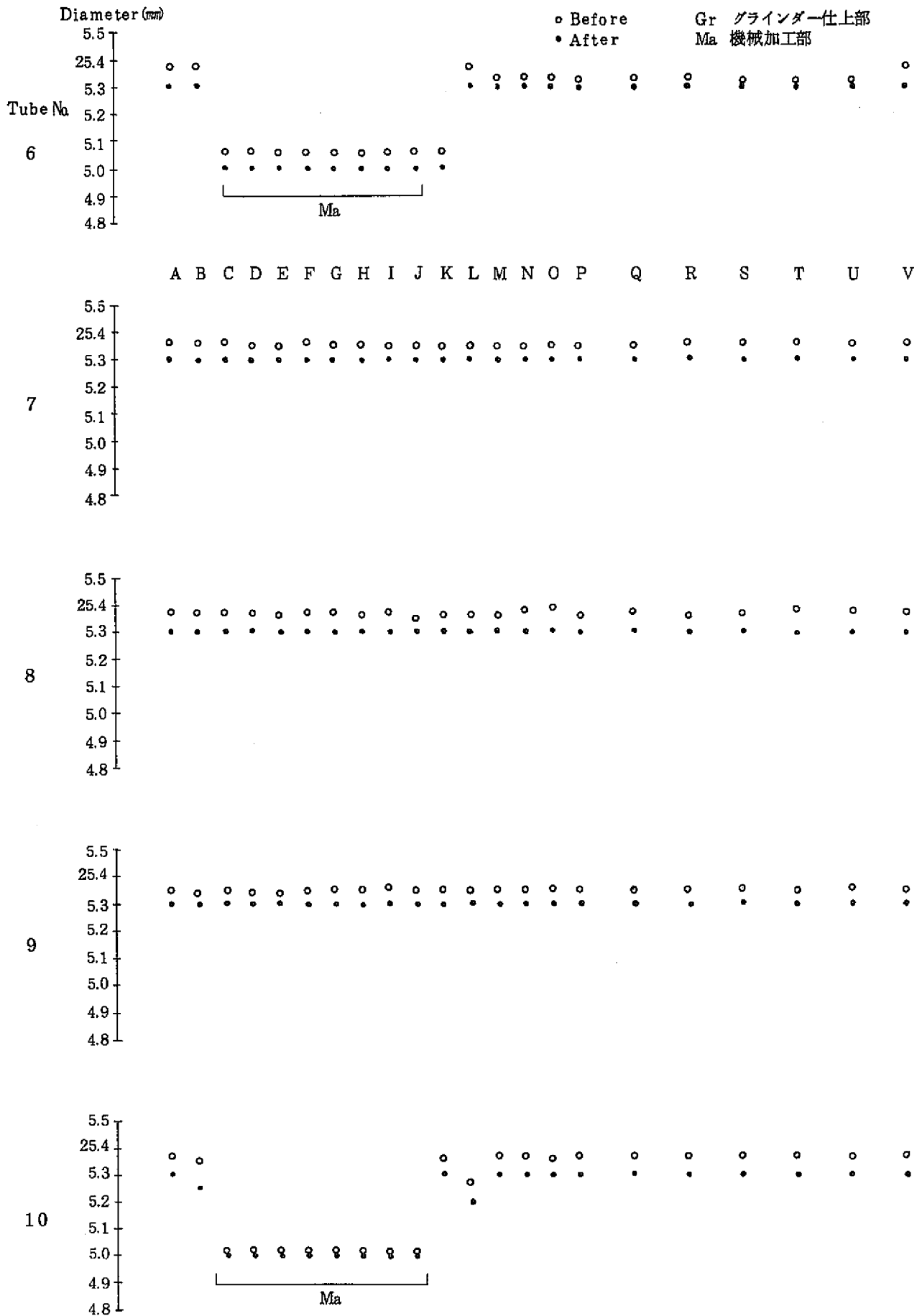


Fig. 4.2.1 (b) 伝熱管外径

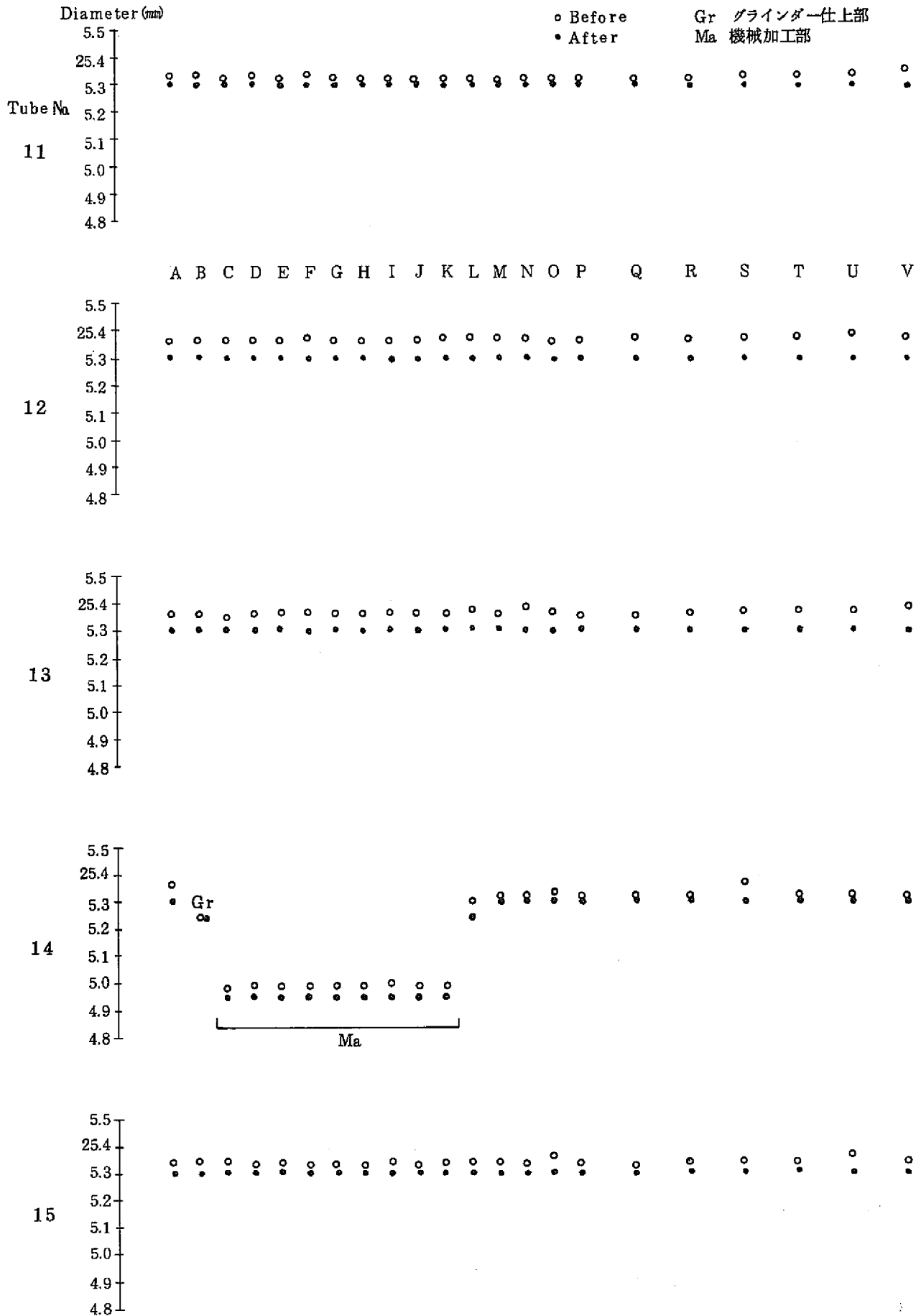


Fig. 4.2.1(c) 伝熱管外径

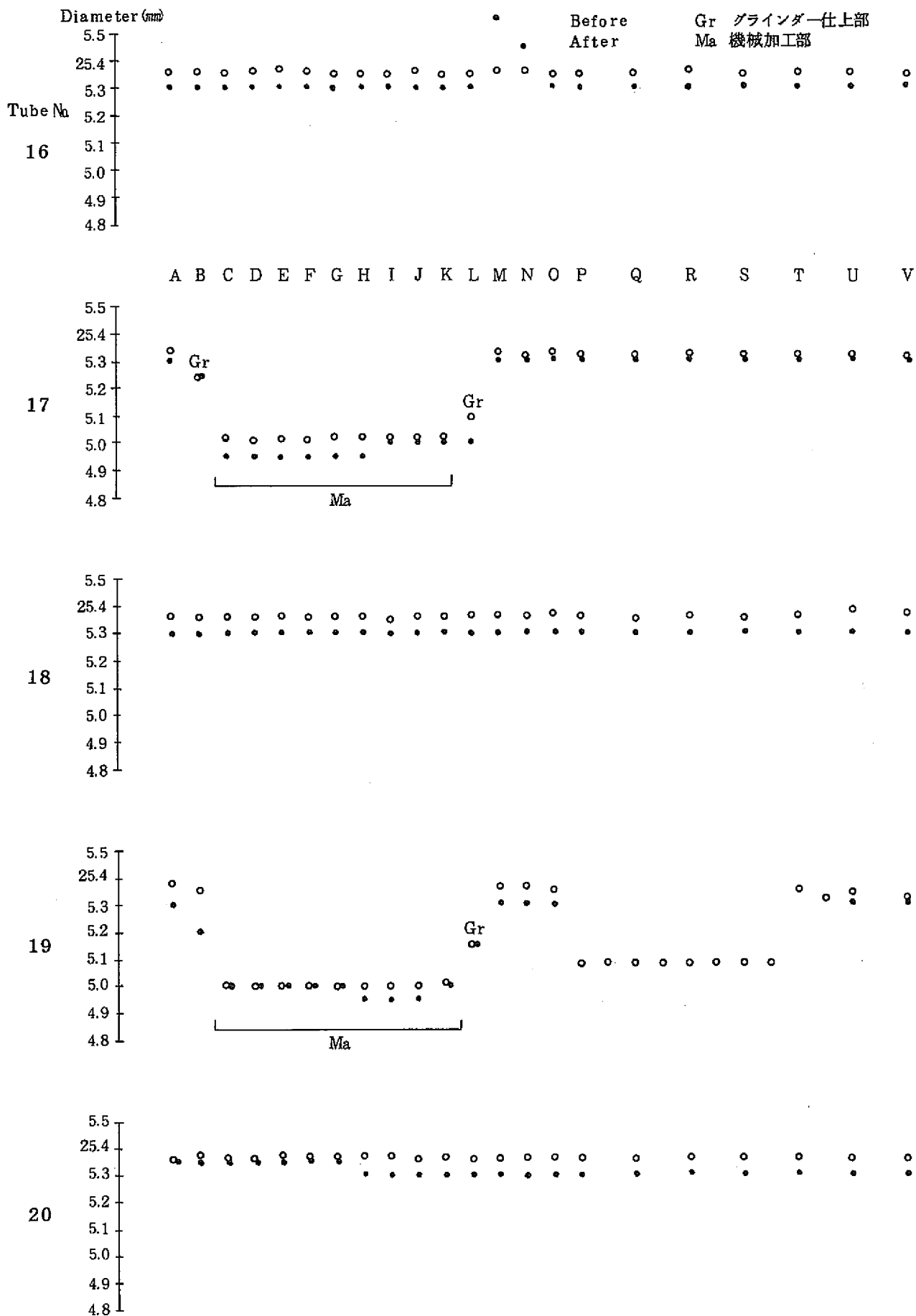


Fig. 4.2.1(d) 伝熱管外径

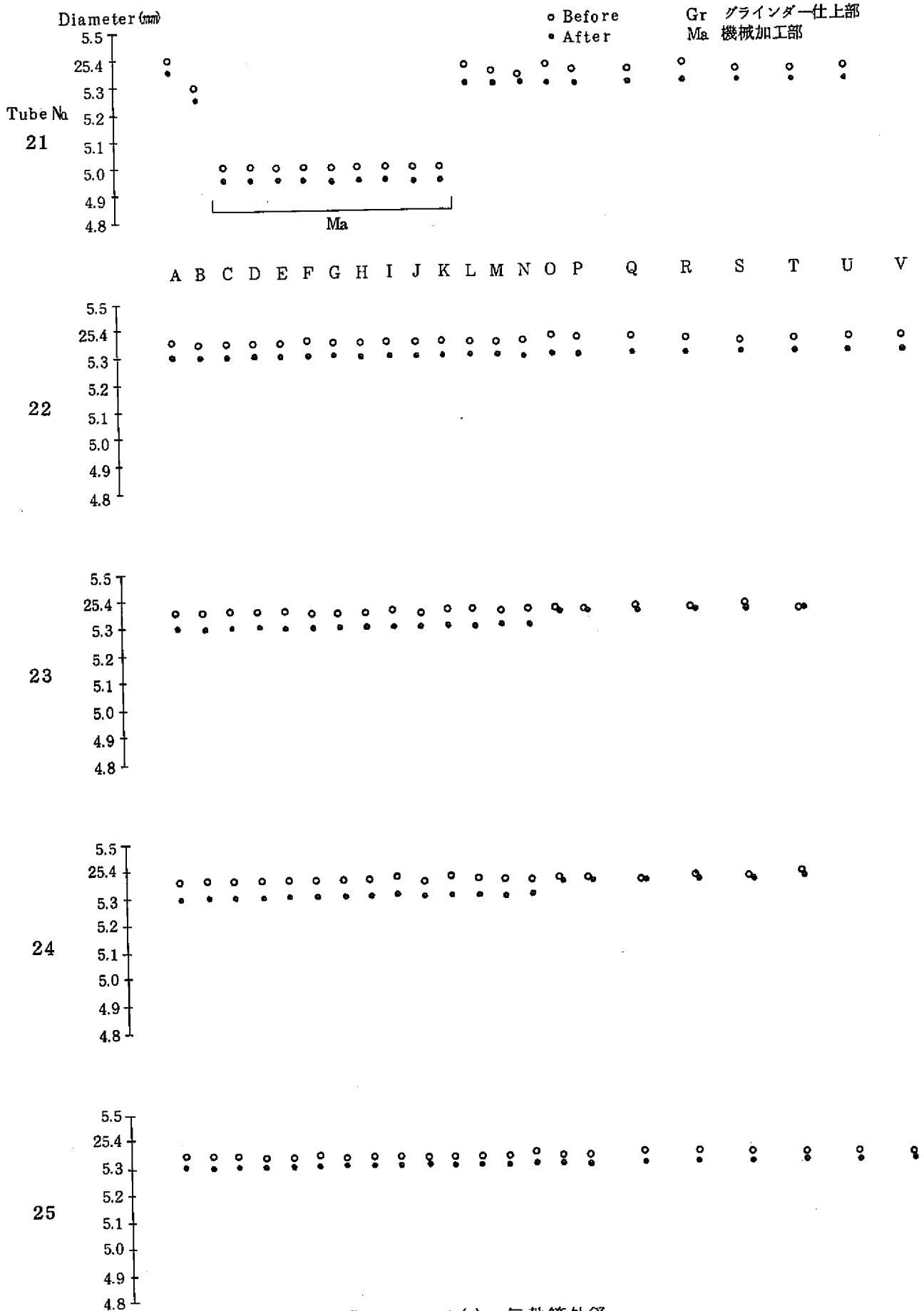


Fig. 4.2.1(e) 伝熱管外径

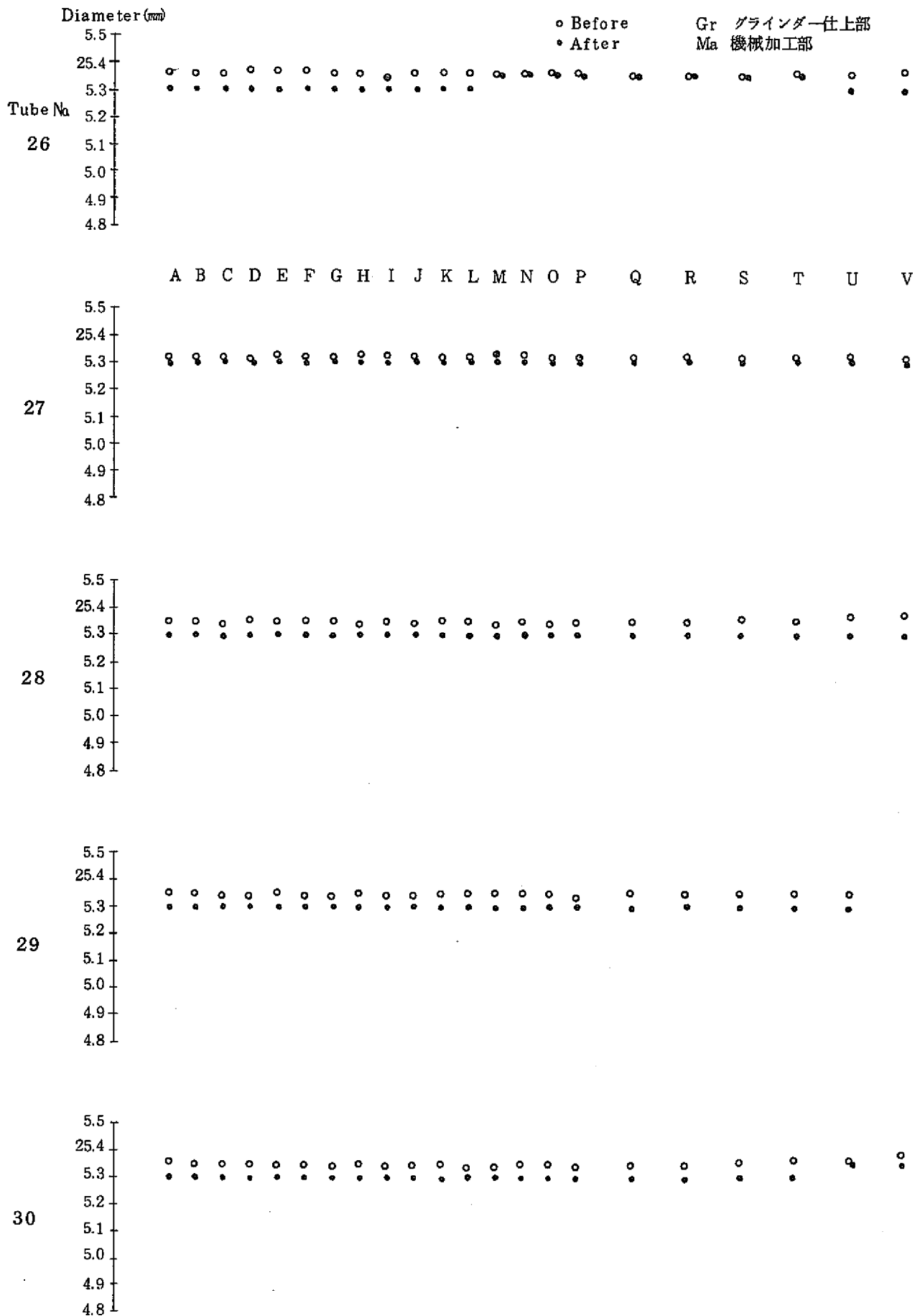


Fig. 4.2.1(f) 伝熱管外径

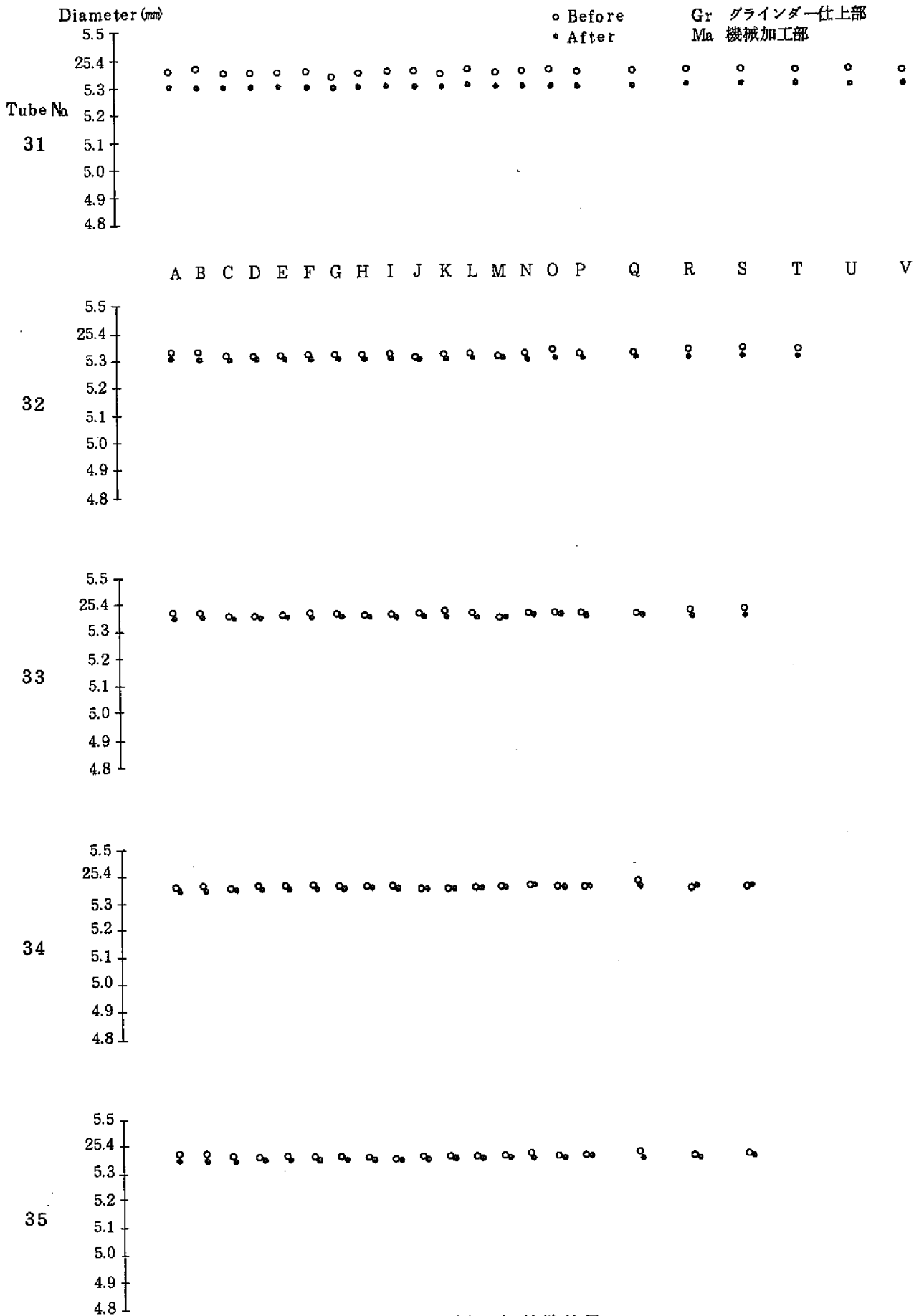


Fig. 4.2.1 (g) 伝熱管外径

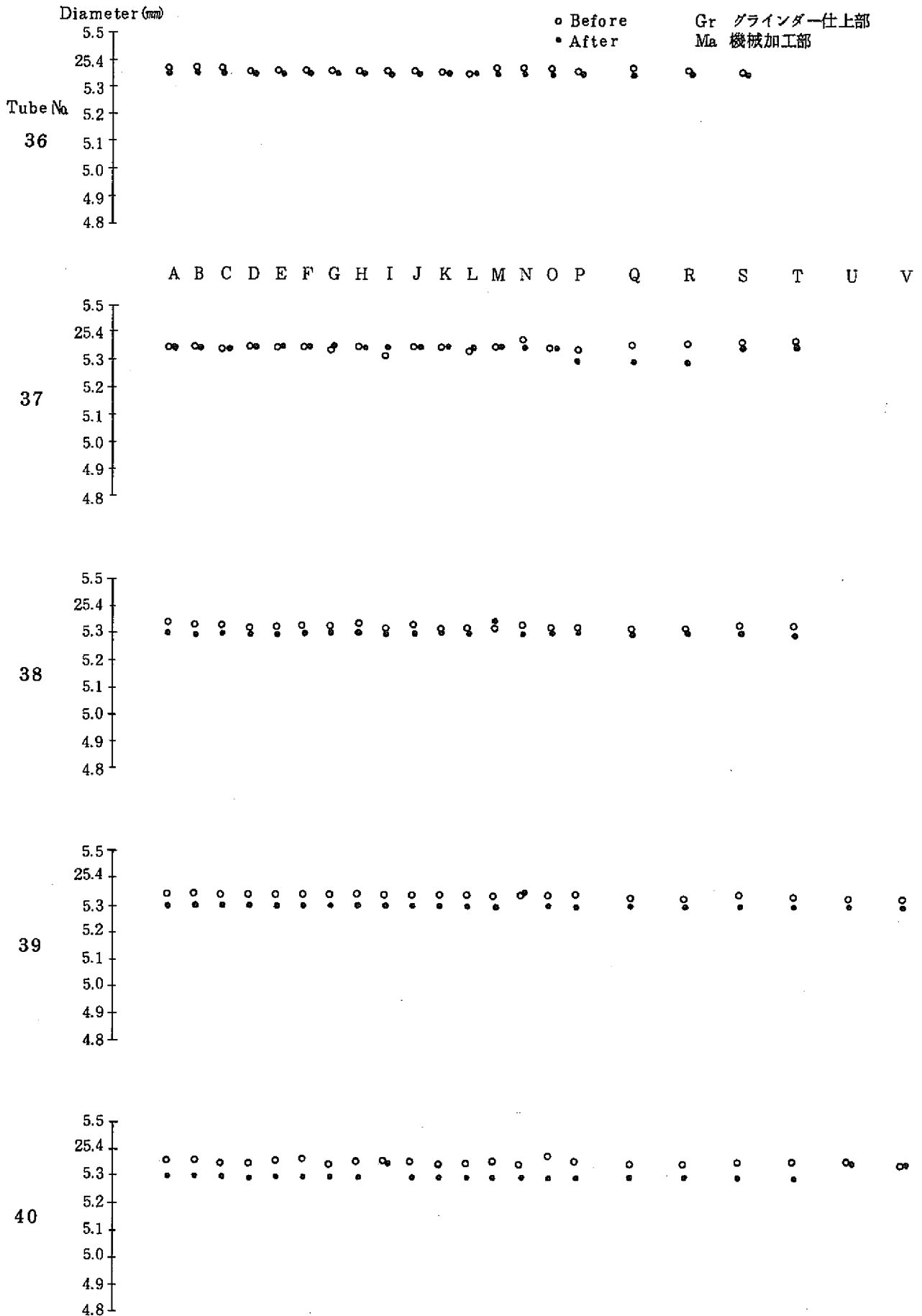


Fig. 4.2.1(h) 伝熱管外径

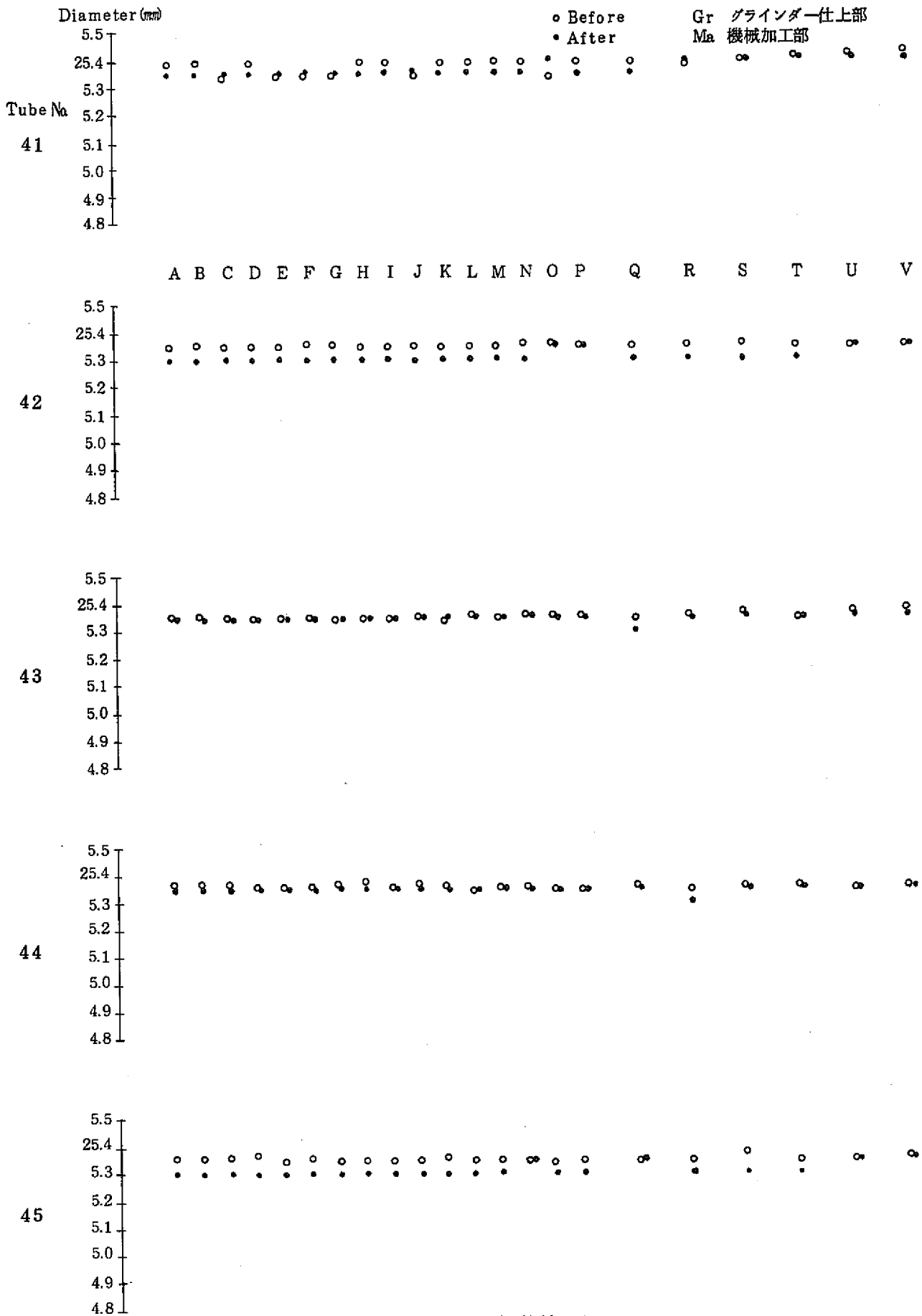


Fig. 4.2.1(i) 伝熱管外径

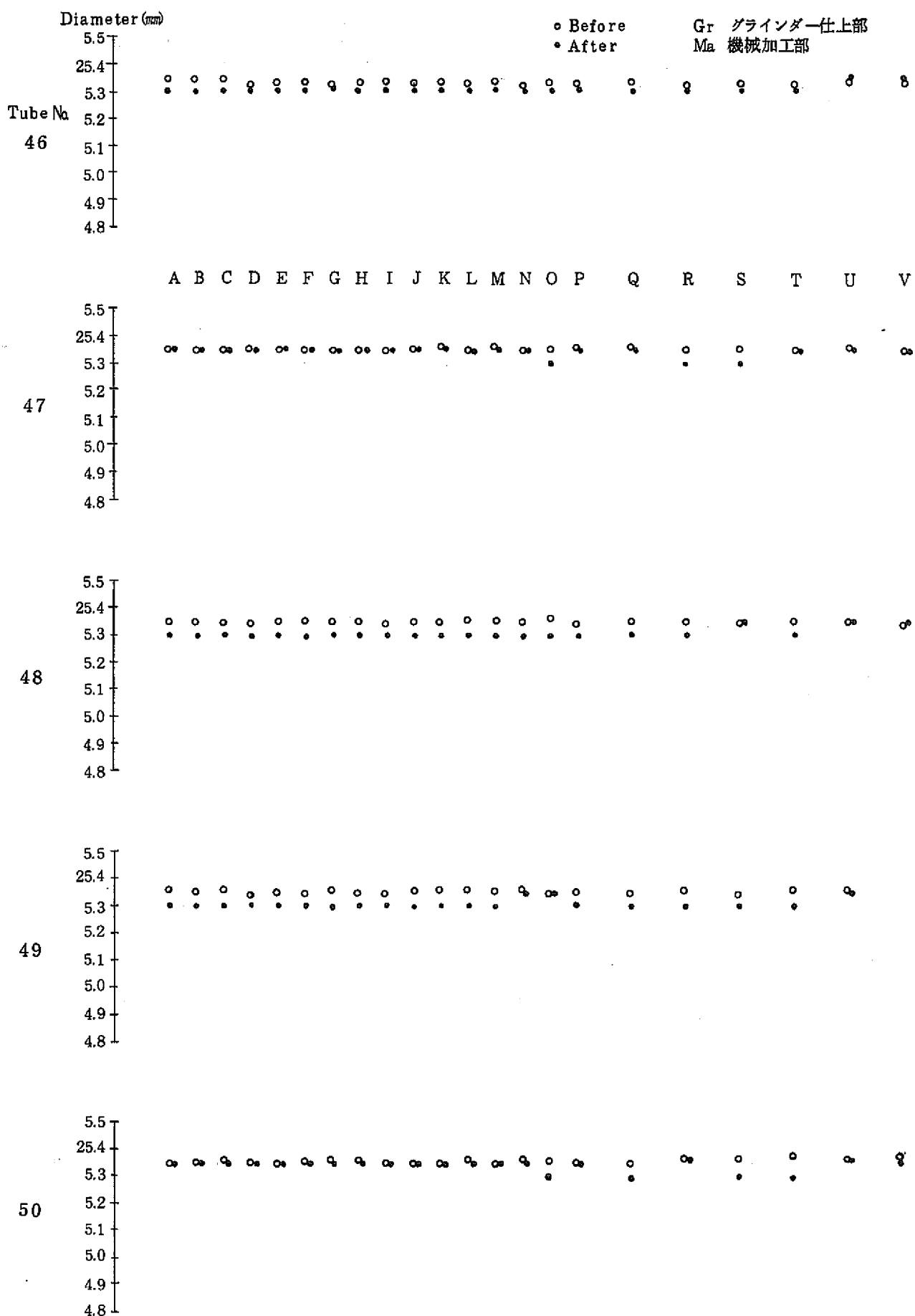


Fig. 4.2.1(j) 伝熱管外径

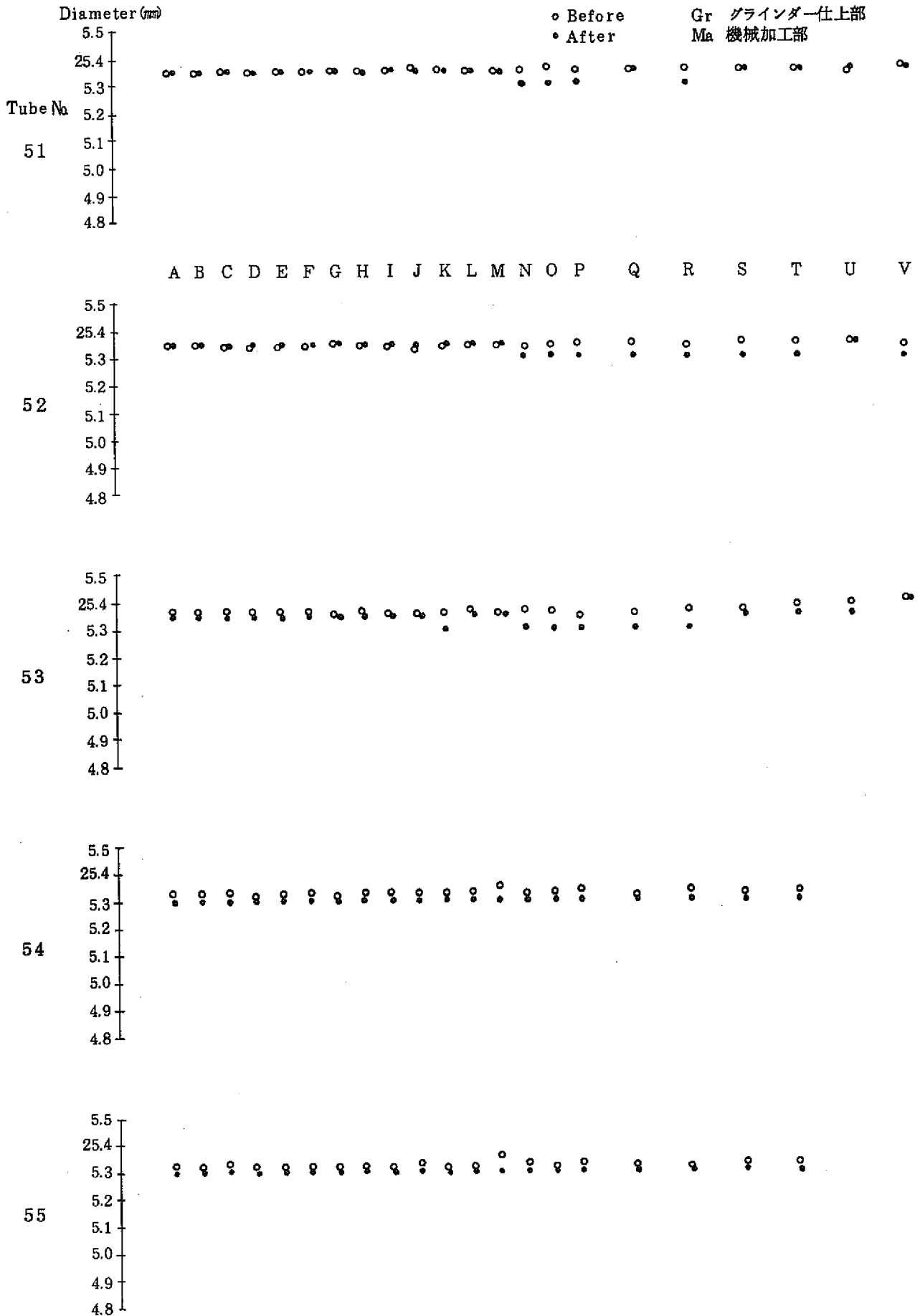


Fig. 4.2.1(k) 伝熱管外径

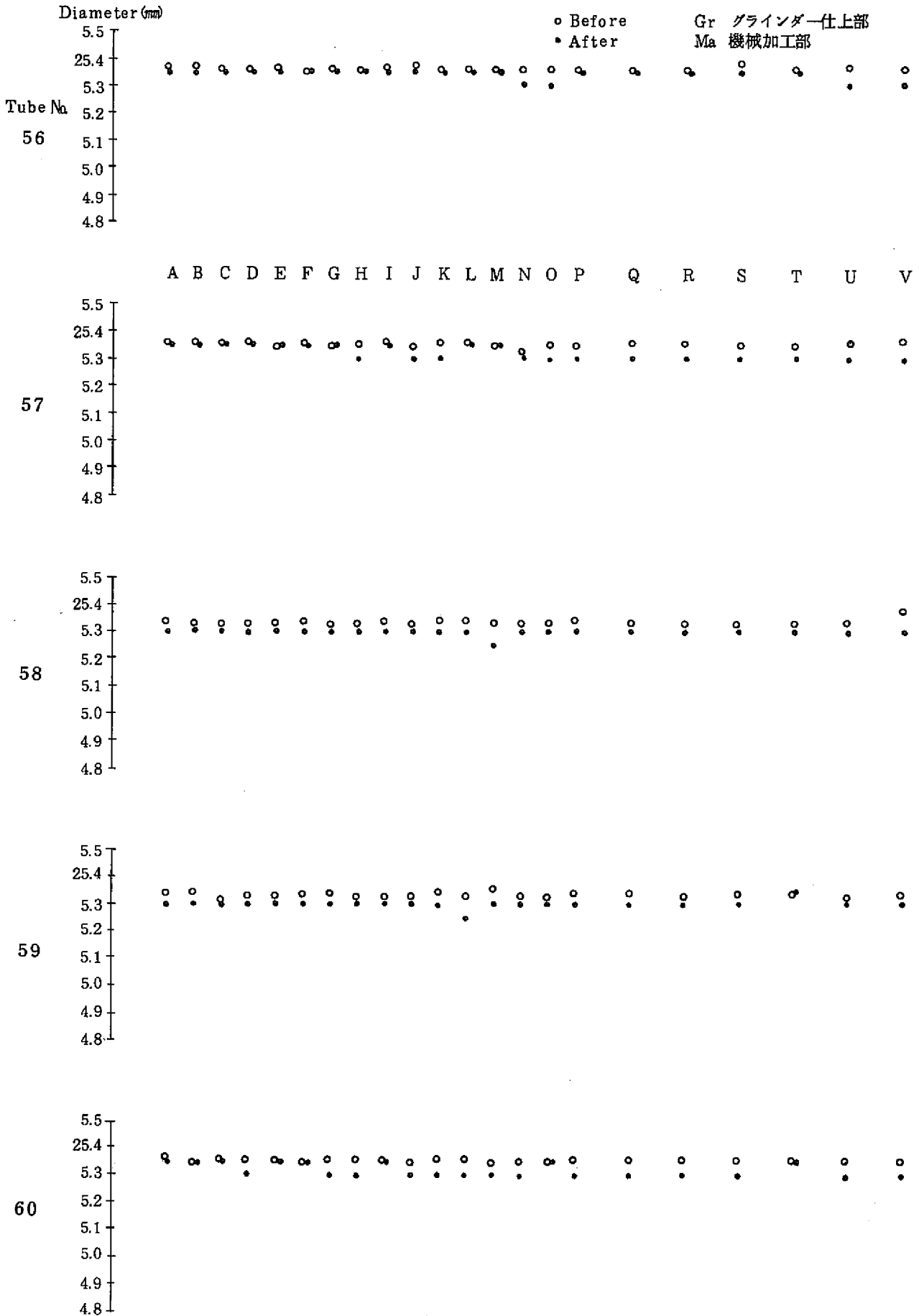


Fig. 4.2.1 (c) 伝熱管外径

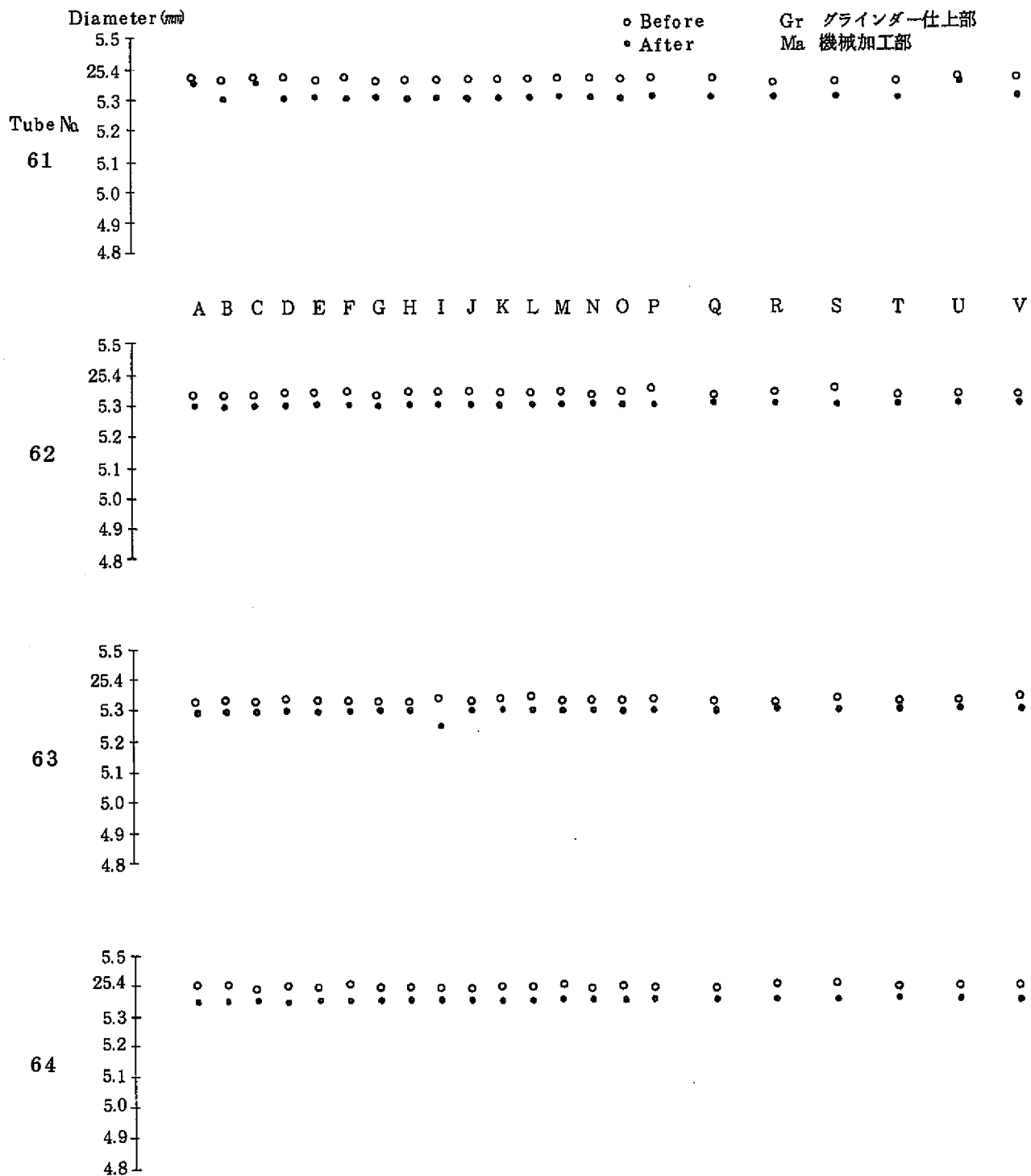


Fig. 4.2.1 (m) 伝熱管外径

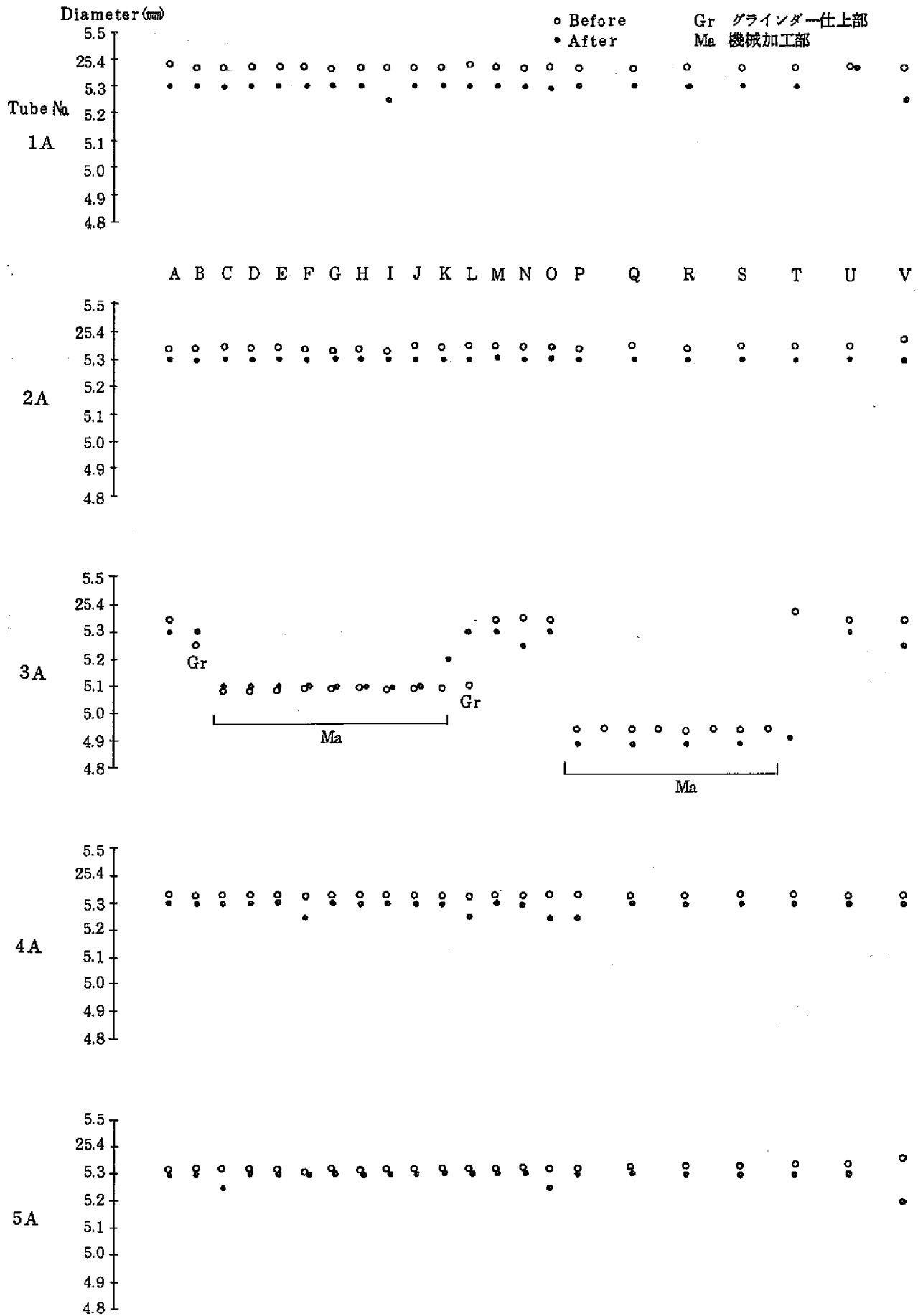


Fig. 4.2.1(n) 伝熱管外径

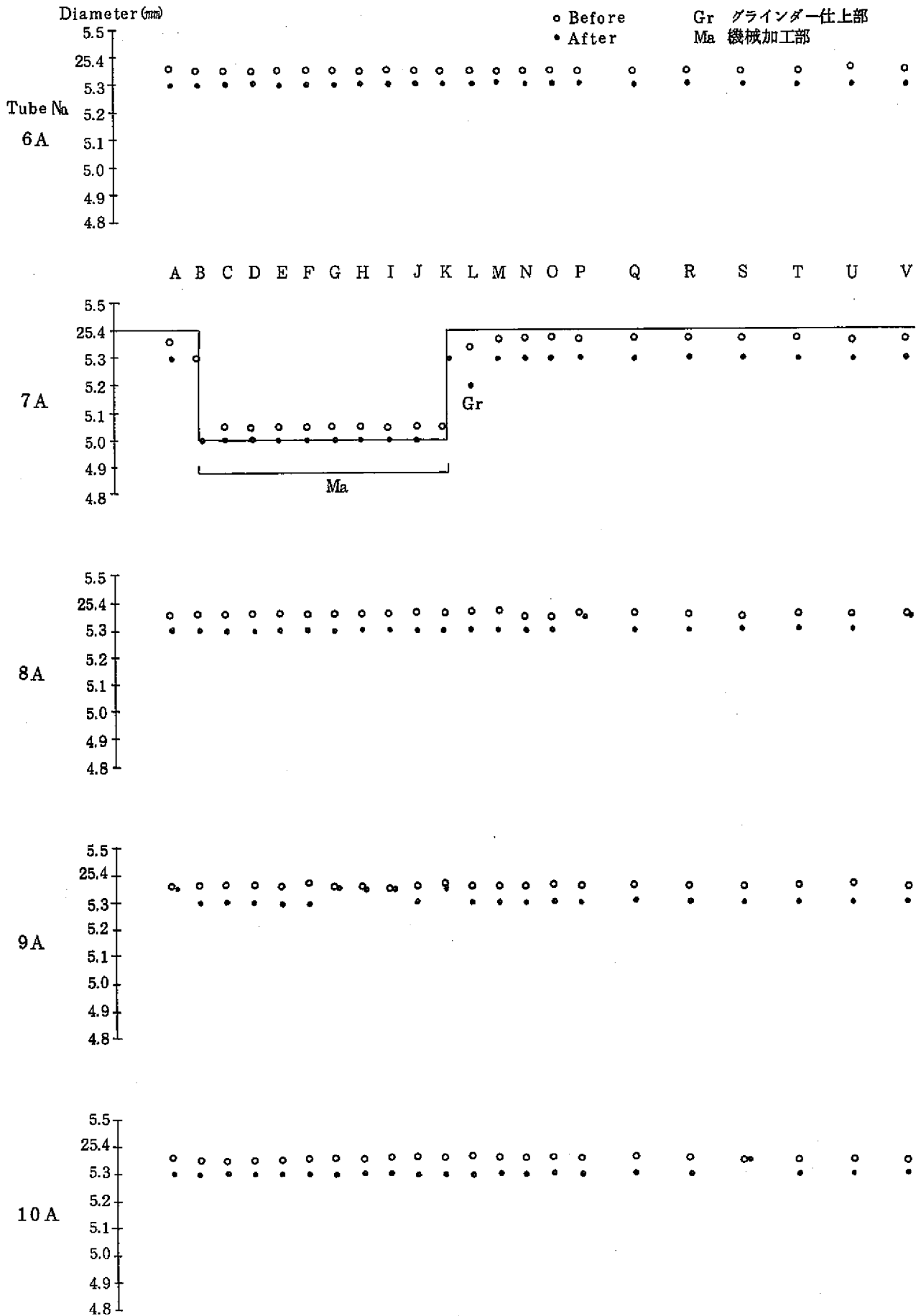


Fig. 4.2.1(o) 伝熱管外径

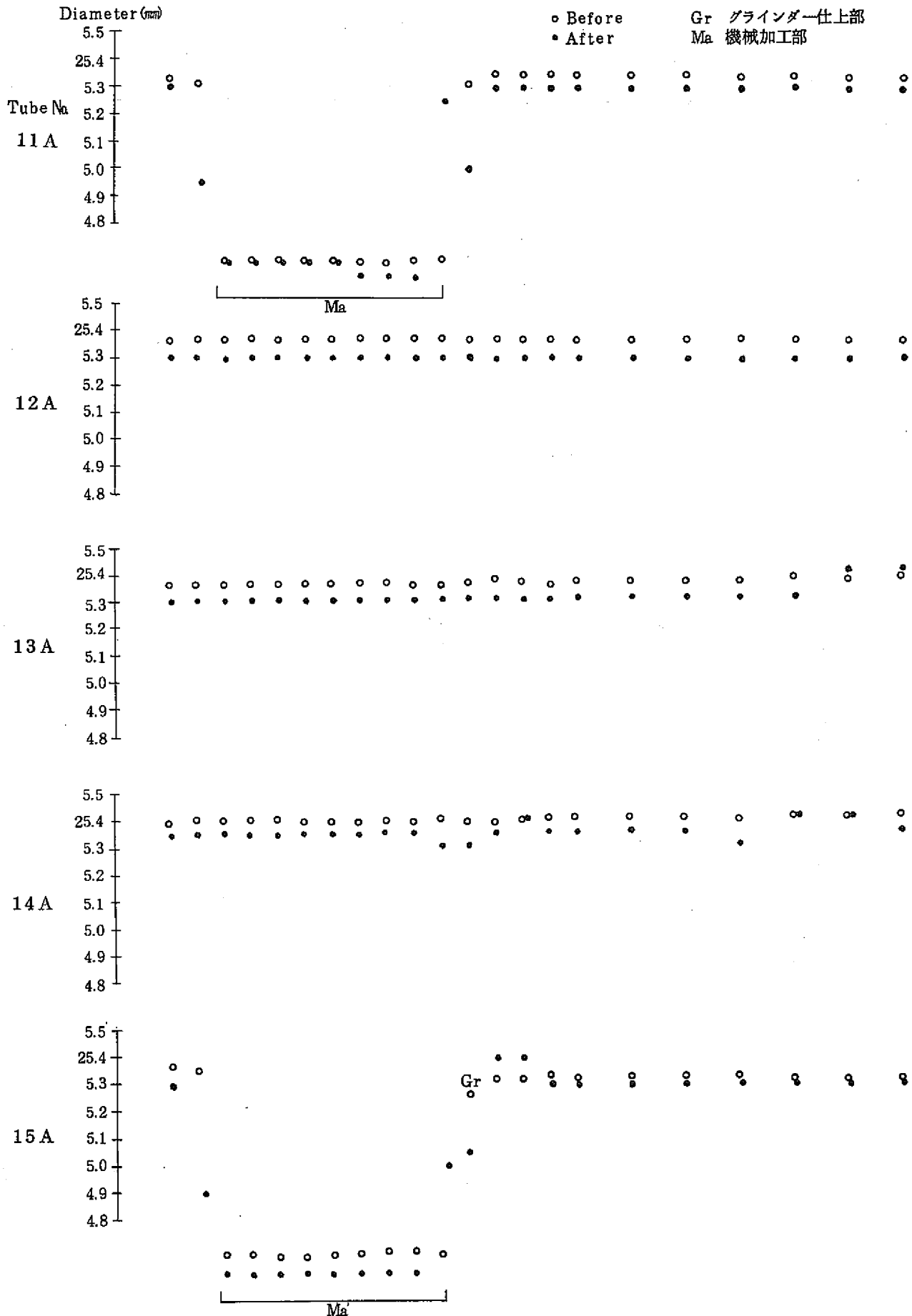


Fig. 4.2.1 (p) 伝熱管外径

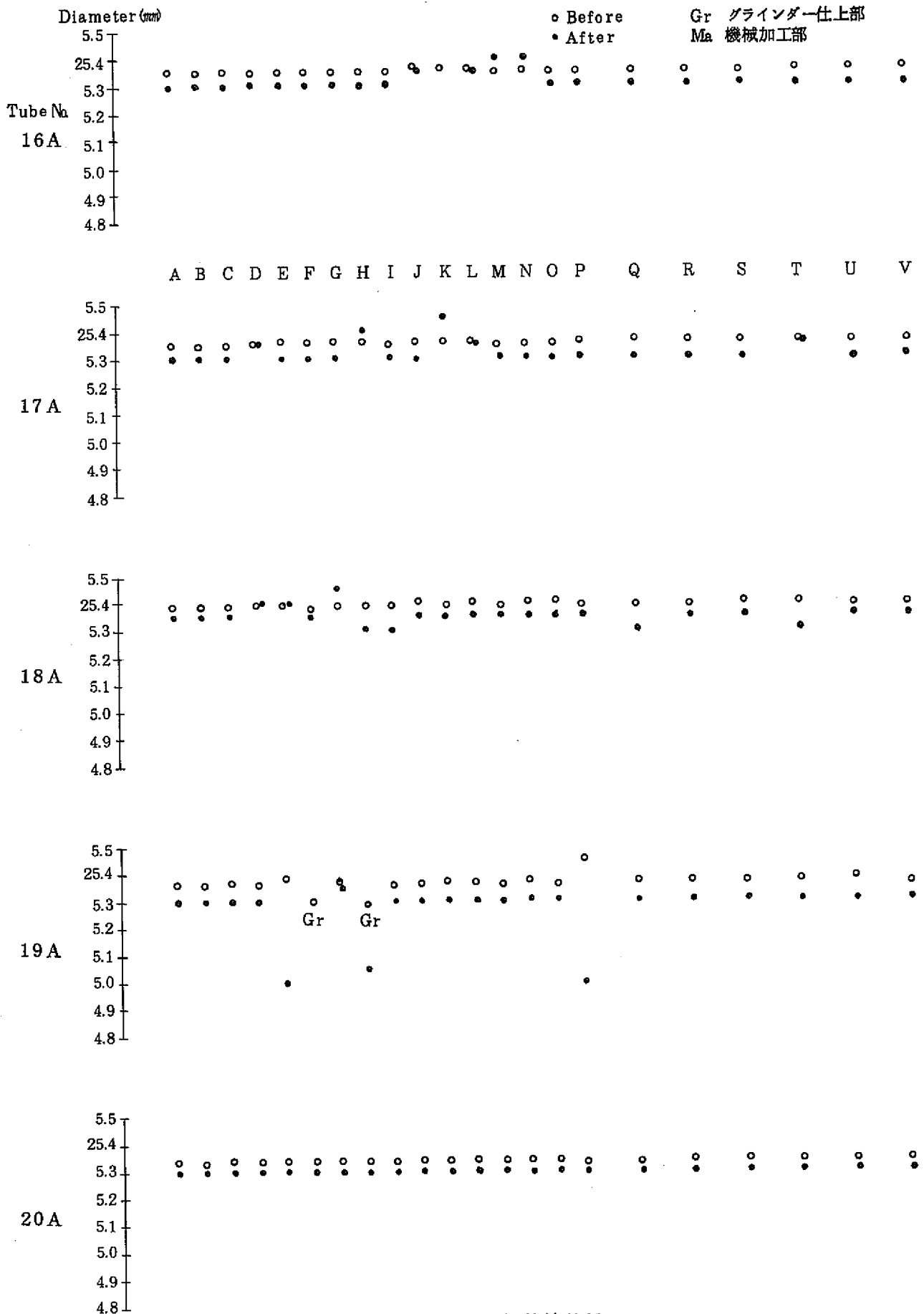


Fig. 4.2.1 (q) 伝熱管外径

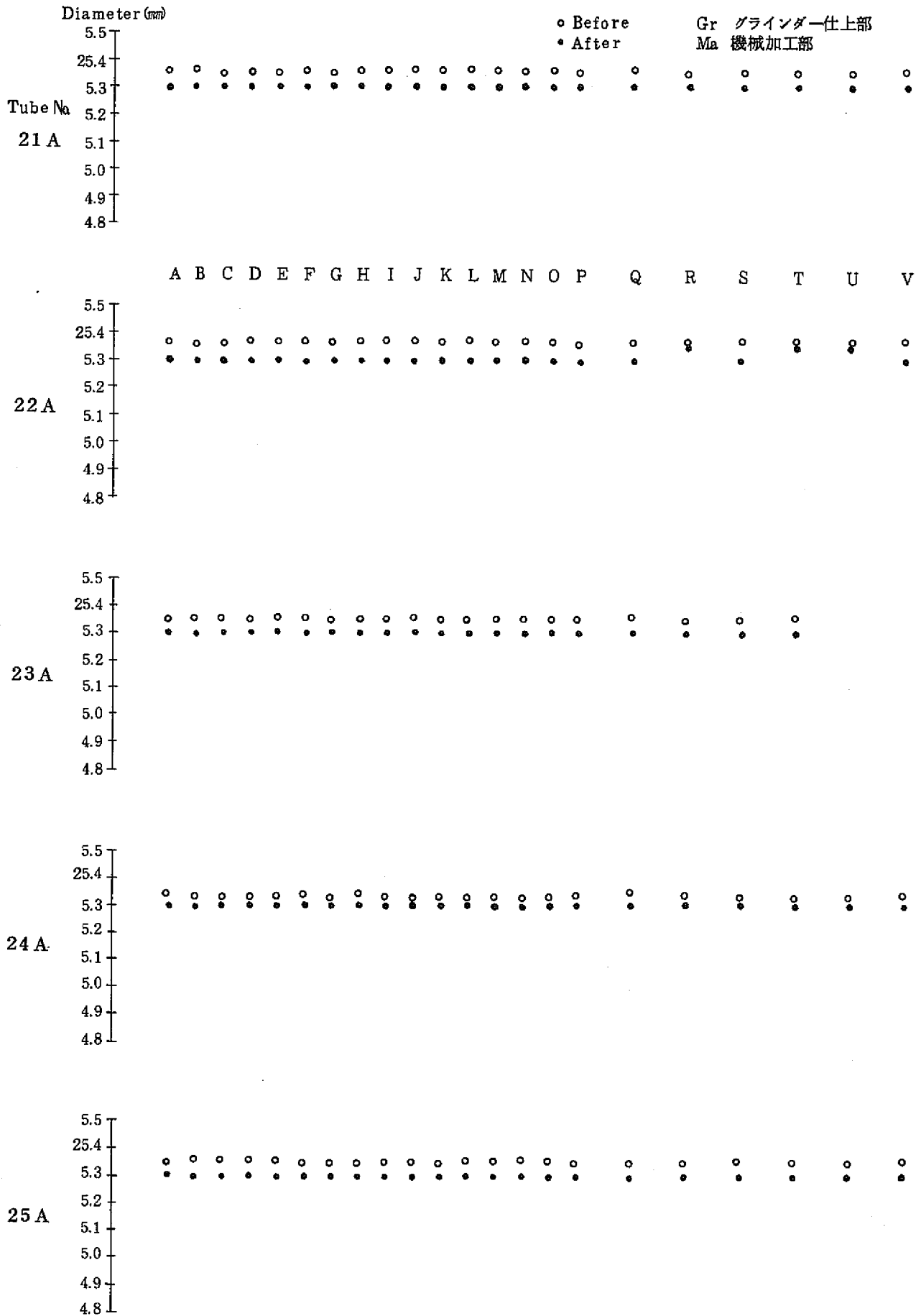


Fig. 4.2.1(r) 伝熱管外径

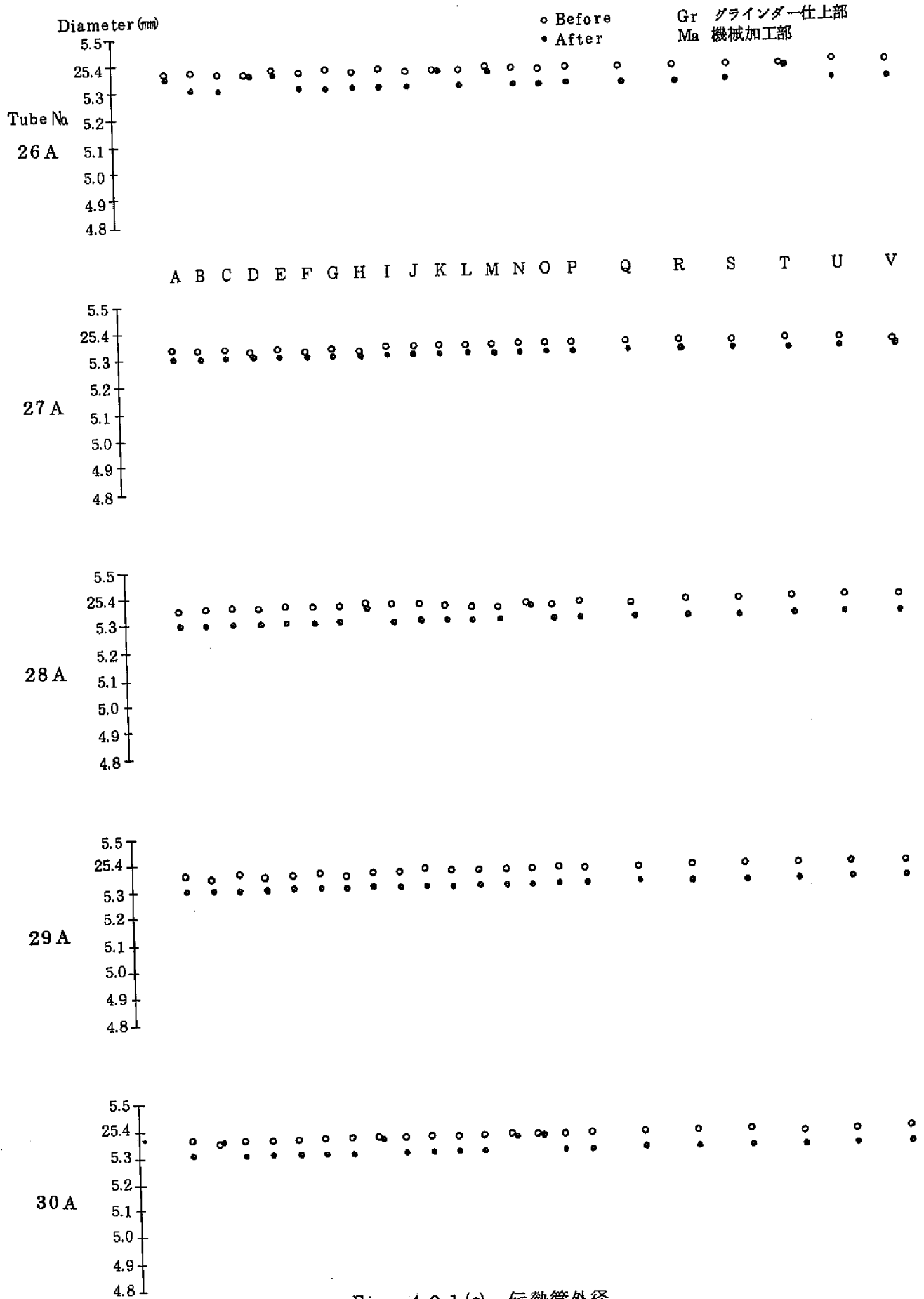


Fig. 4.2.1(s) 伝熱管外径

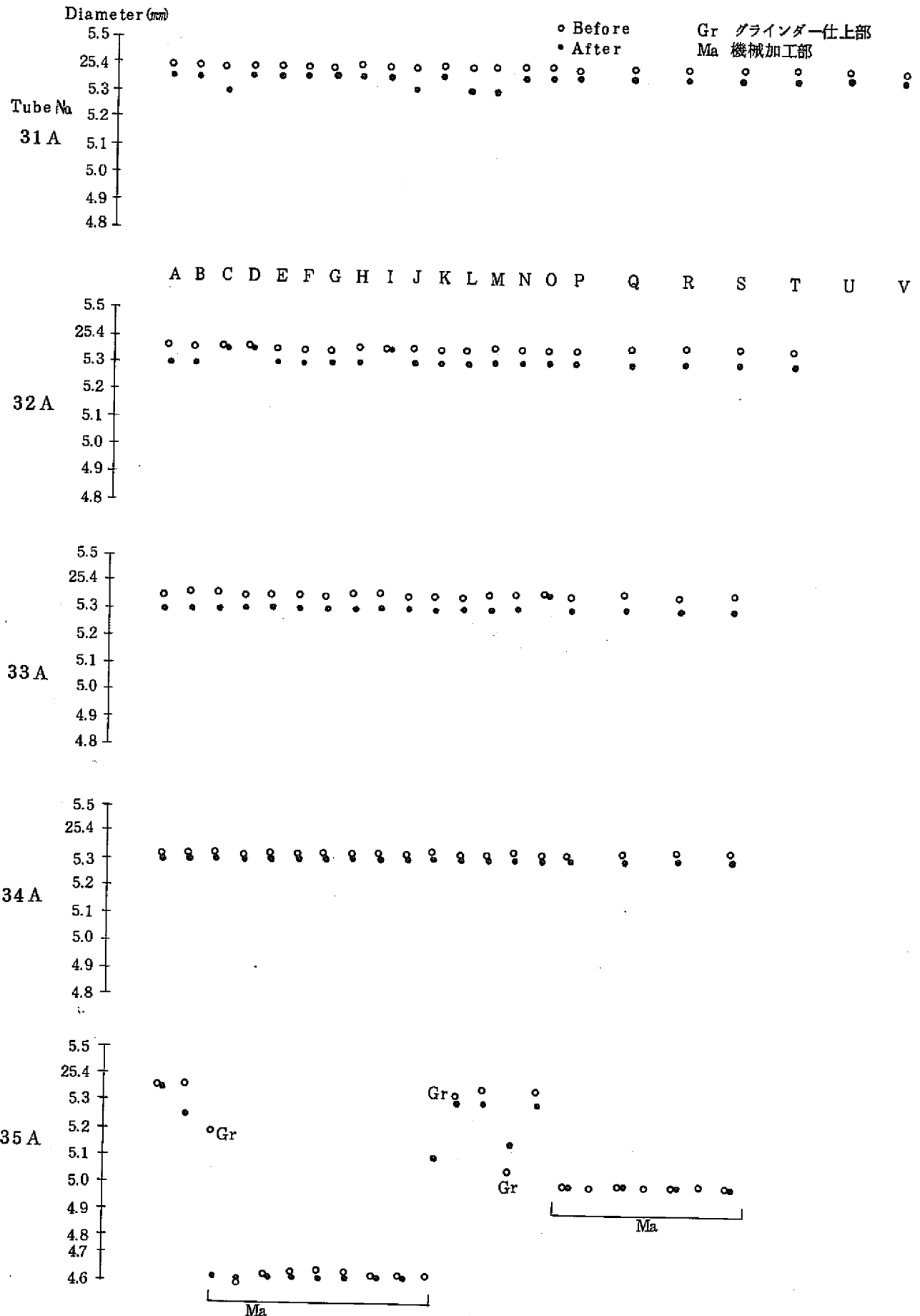


Fig. 4.2.1(t) 伝熱管外径

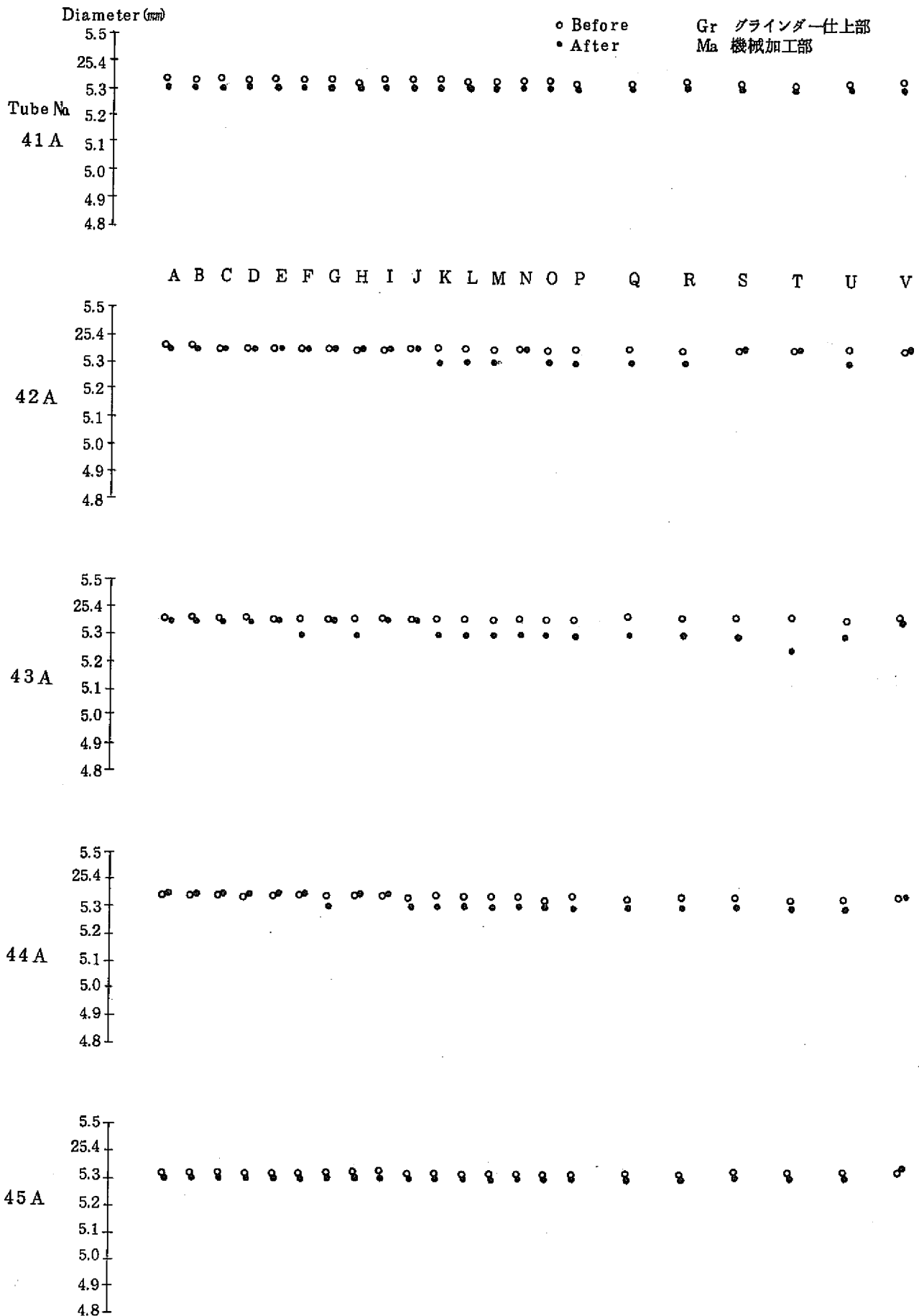


Fig. 4.2.1(v) 伝熱管外径

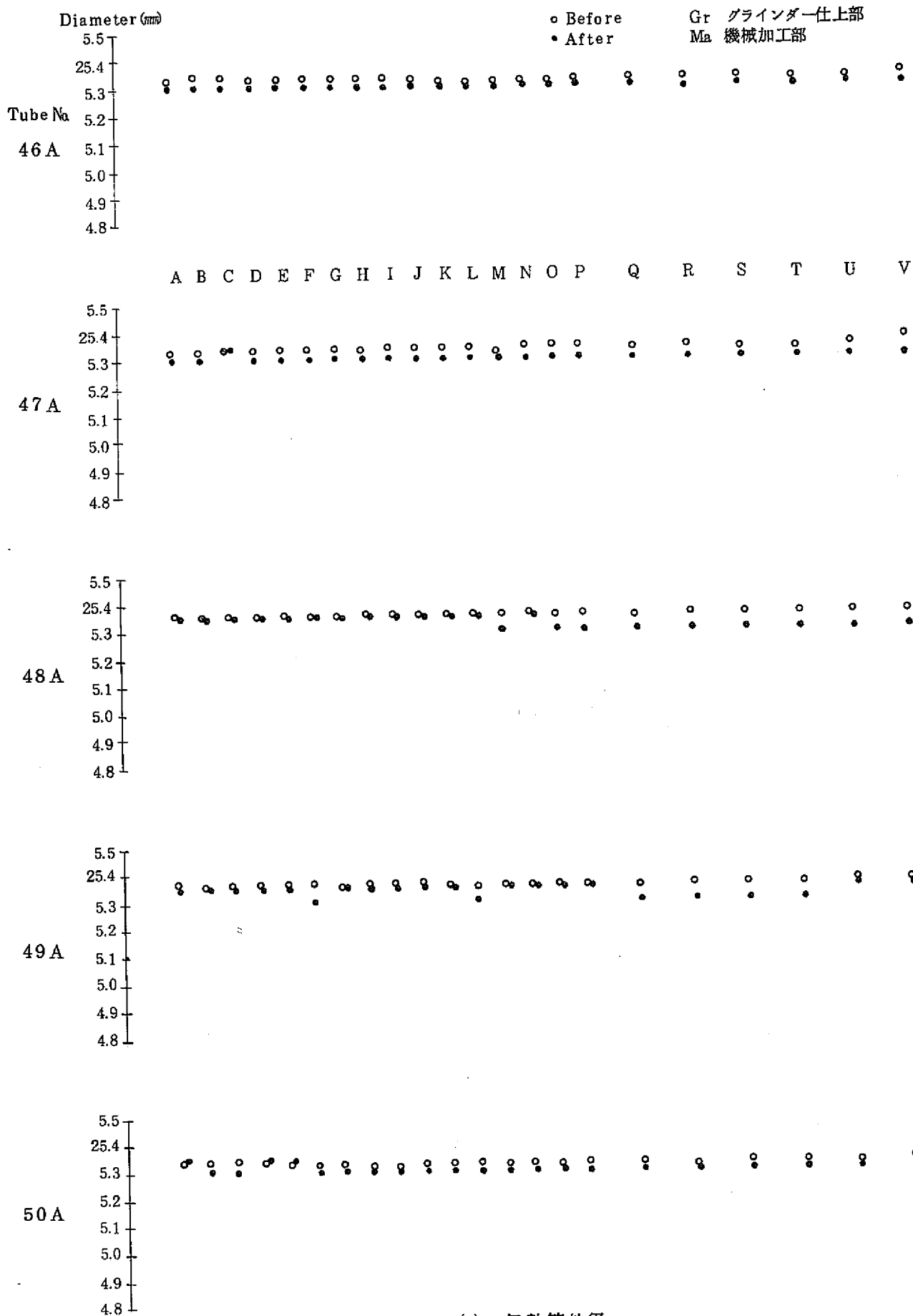


Fig. 4.2.1 (w) 伝熱管外径

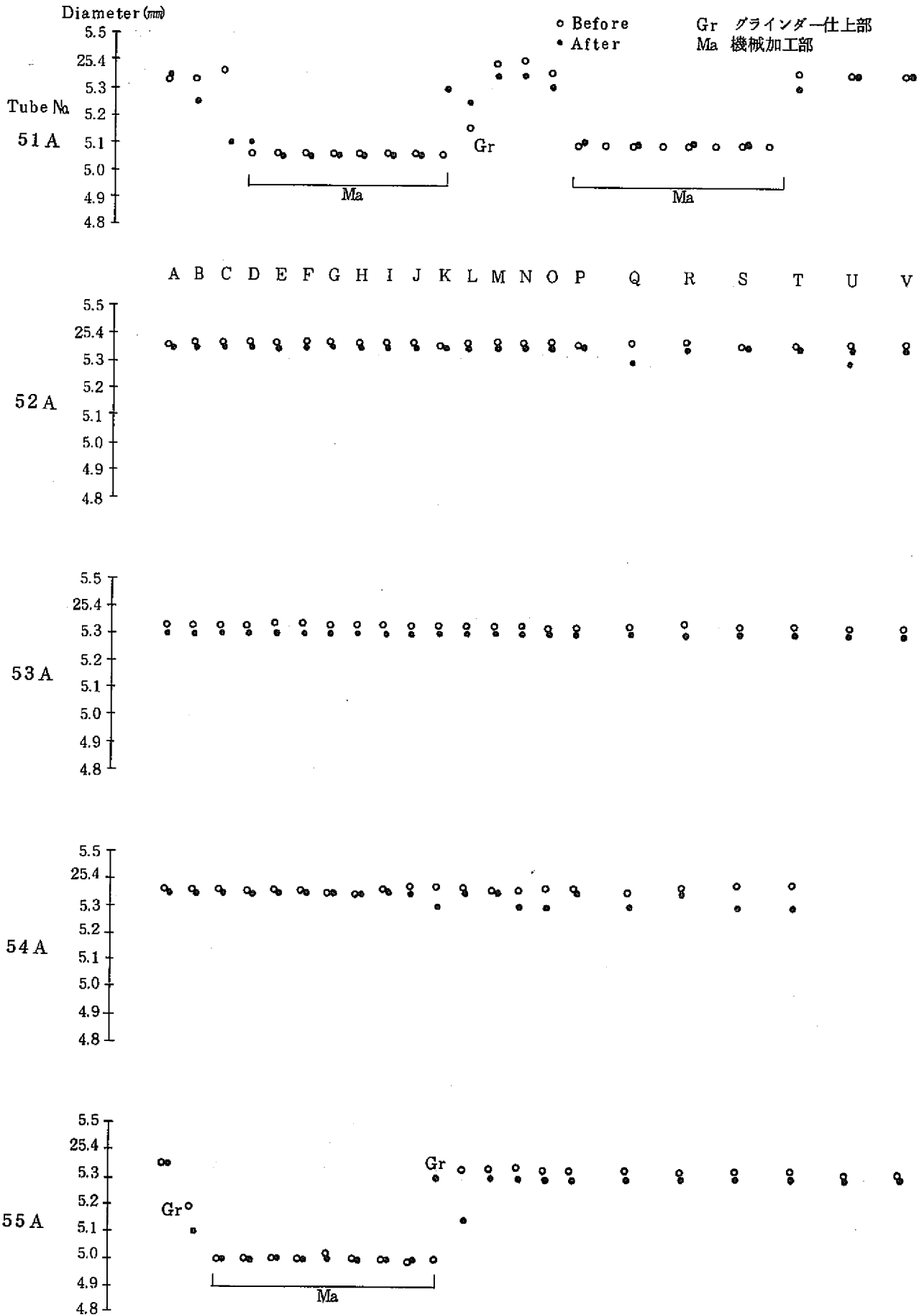


Fig. 4.2.1(x) 伝熱管外径

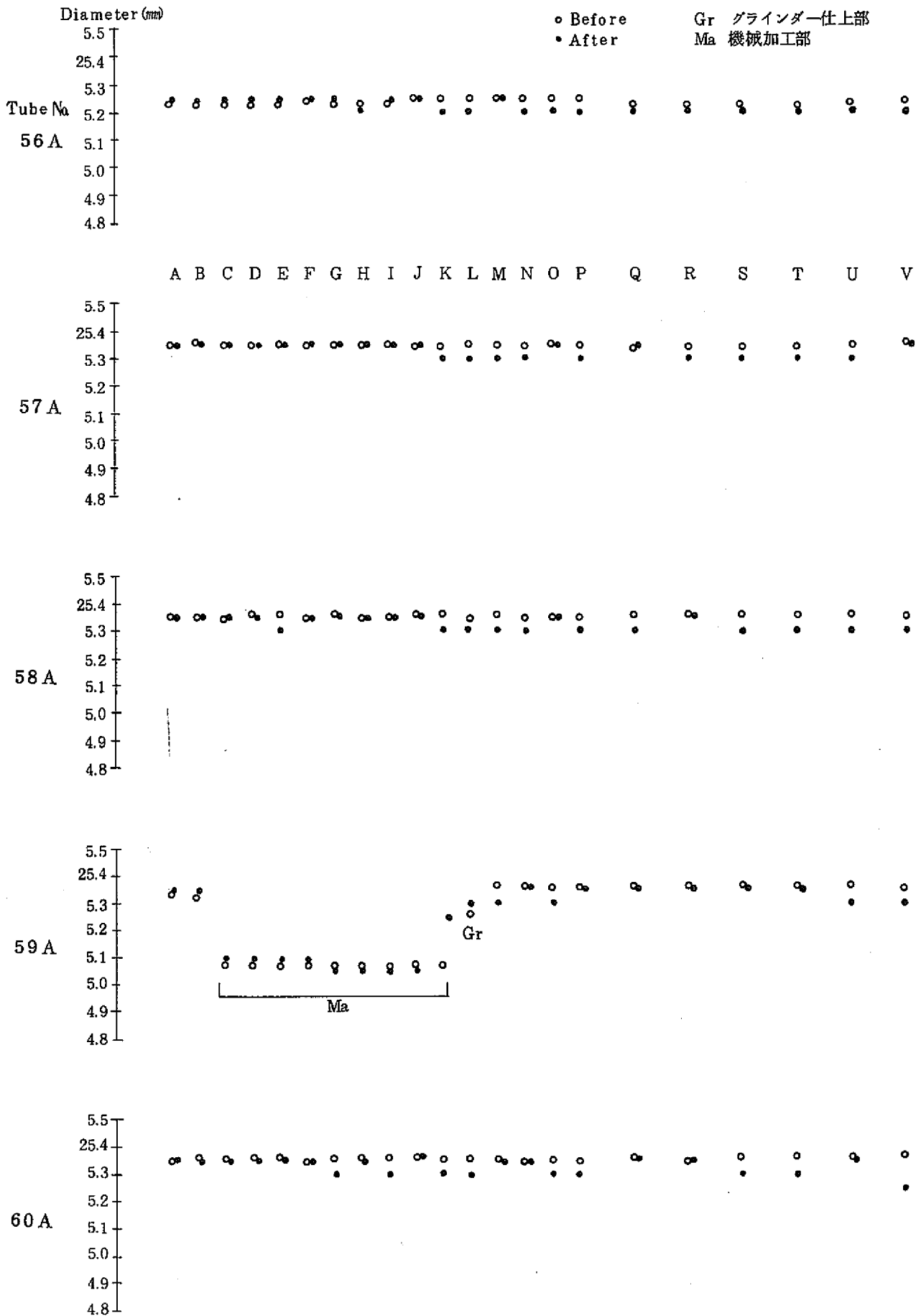


Fig. 4.2.1 (y) 伝熱管外径

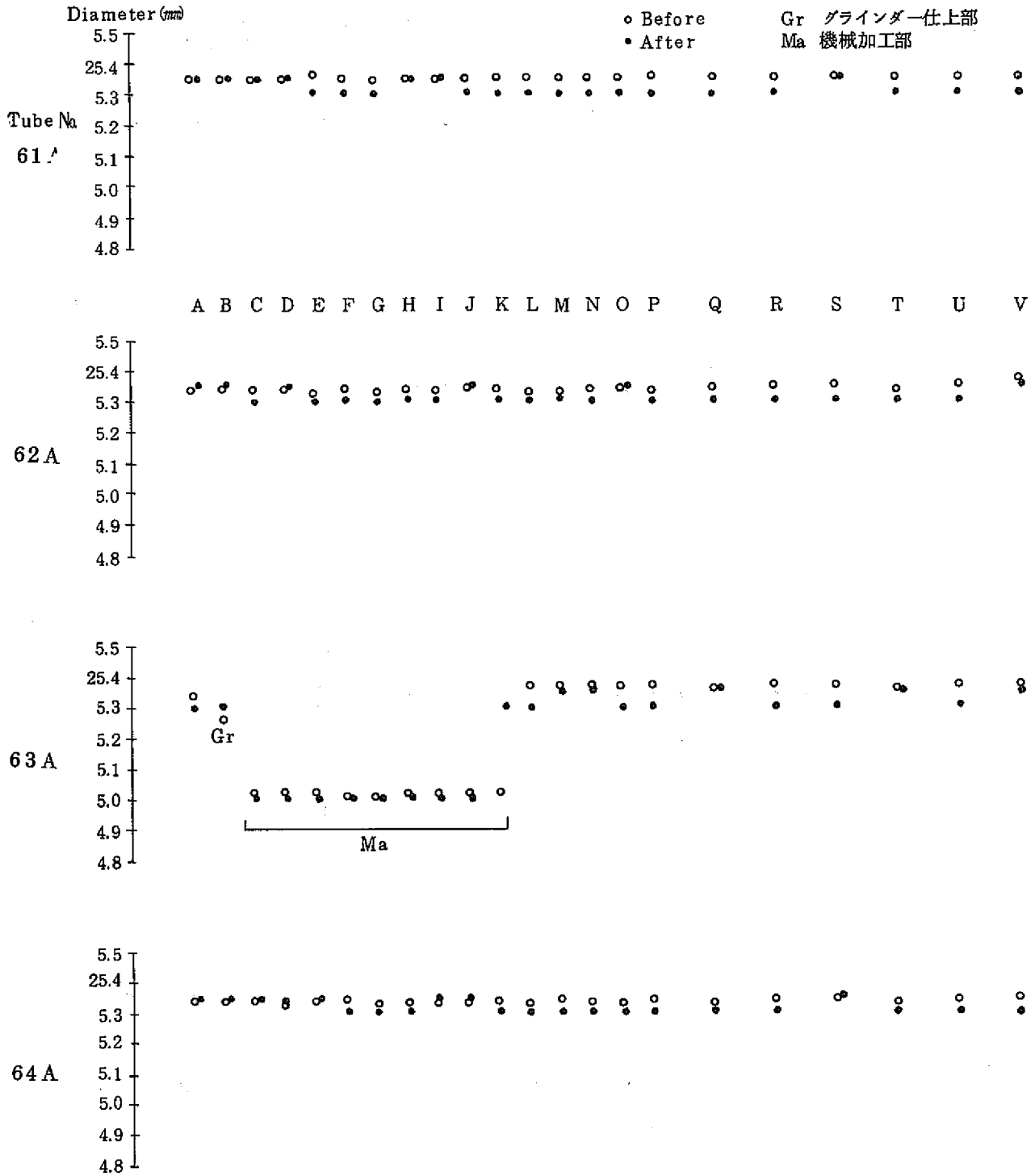


Fig. 4.2.1(z) 伝熱管外径

○ Before
 ● After
 - 伝熱管支持点

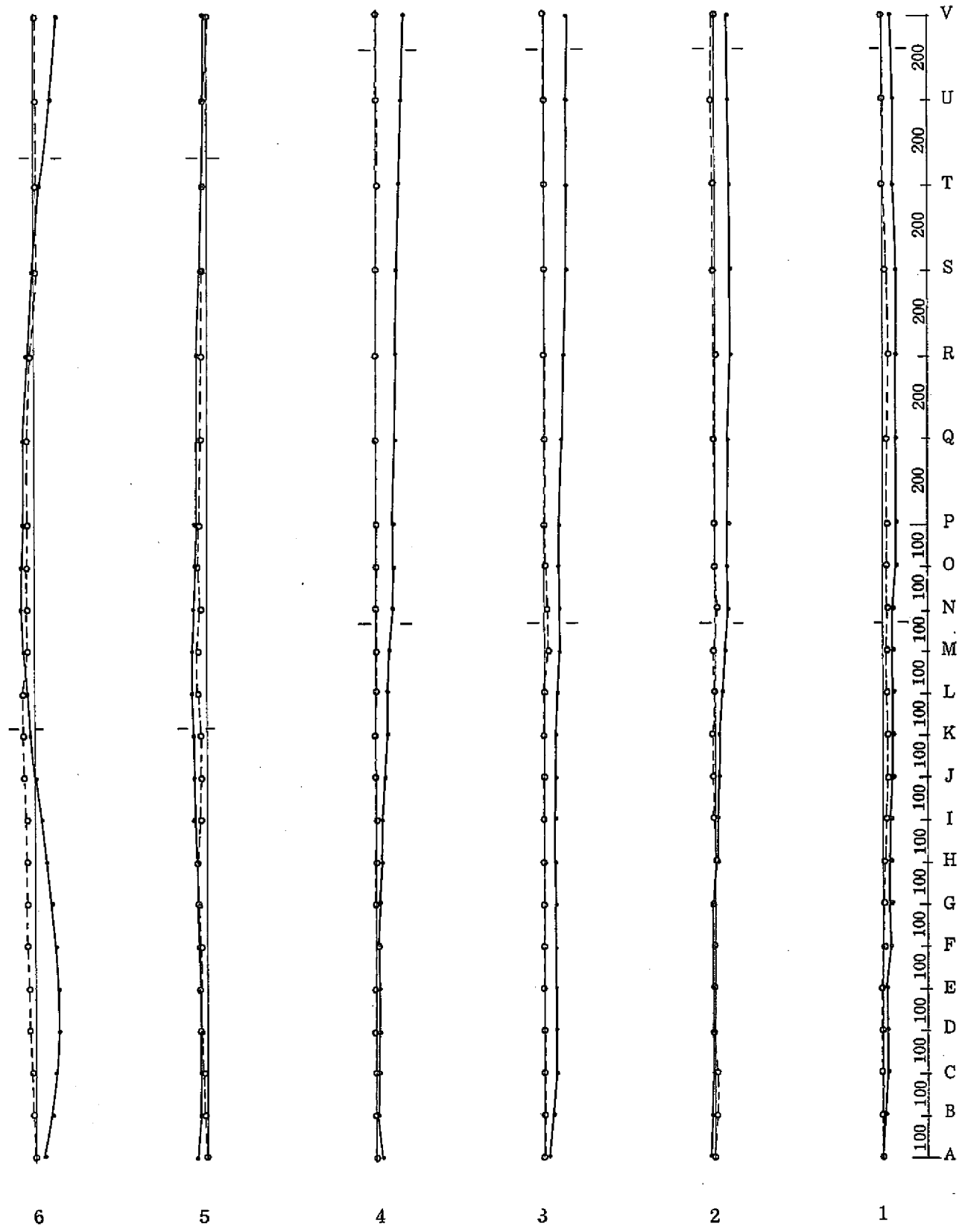


Fig. 4.3.1(a) 伝熱管真直度 (半径方向)

○ Before
 ● After
 — 伝熱管支持点

● 125-120-115
 ○ 75-70-65

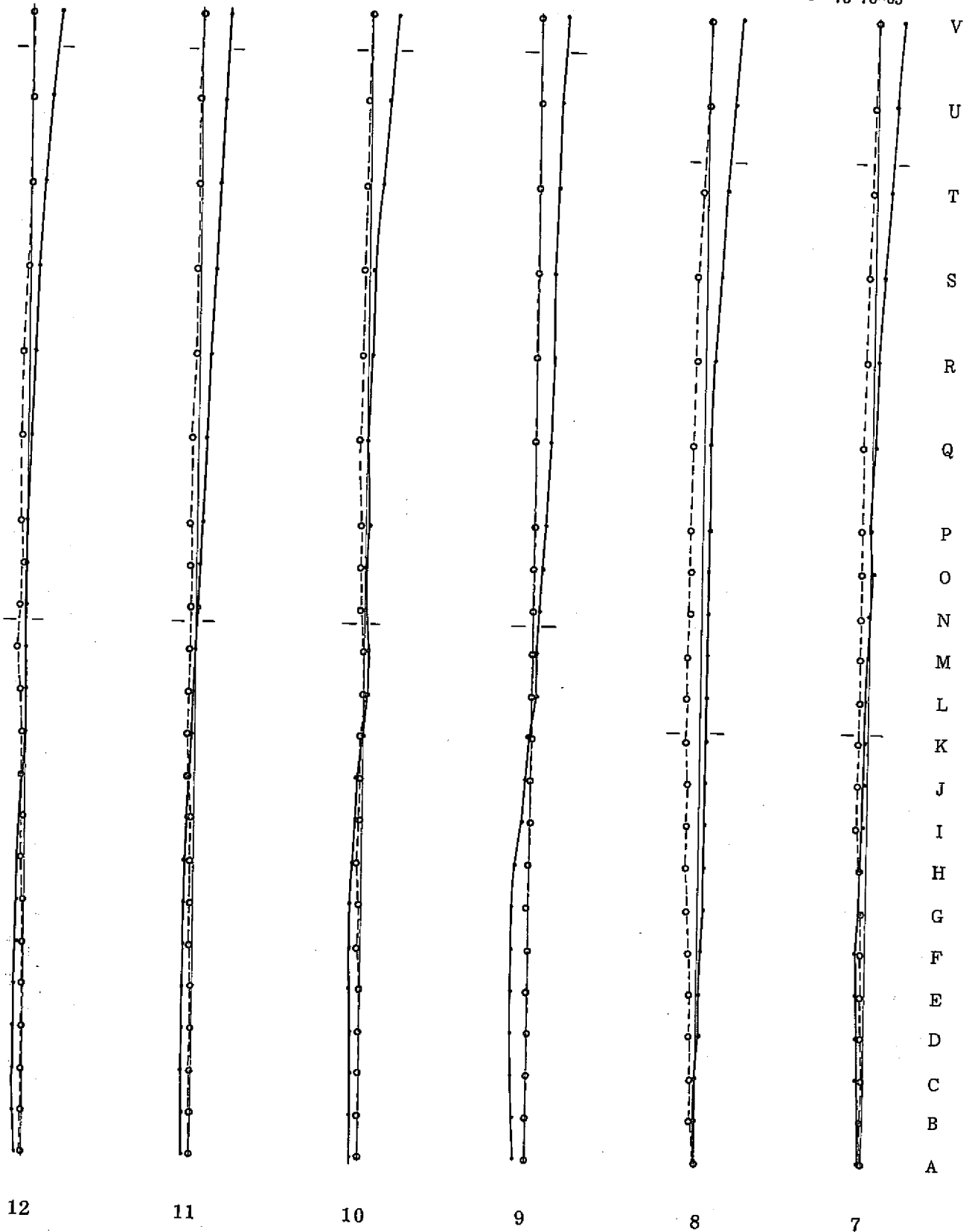


Fig. 4.3.1(b) 伝熱管真直度 (半径方向)

○ Before
 ● After
 — 伝熱管支持点
 ● 120
 ○ 75-70-65

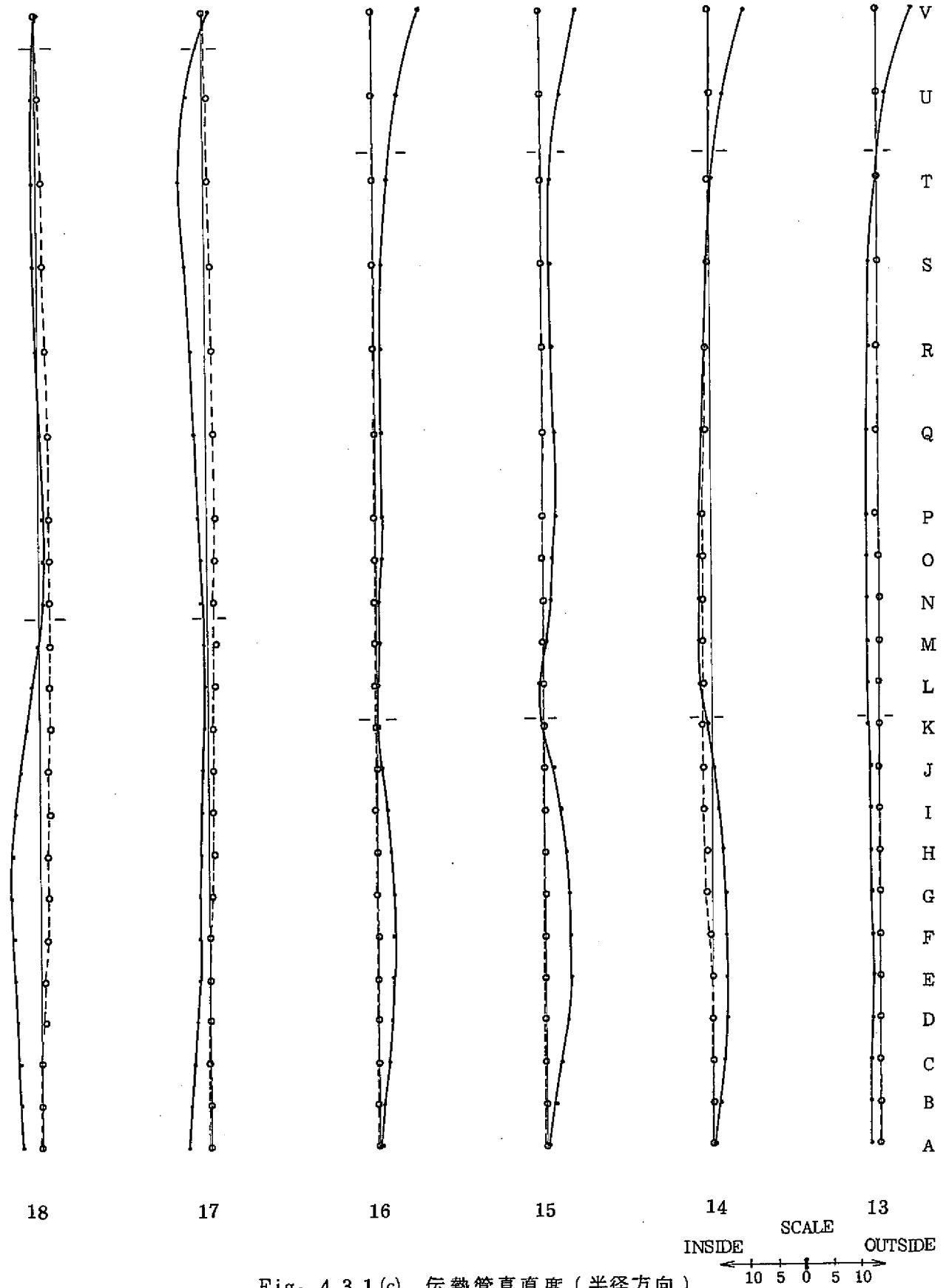


Fig. 4.3.1 (c) 伝熱管真直度 (半径方向)

○ Before
 ● After
 — 伝熱管支持点

● 125-120-115
 ○ 75-70-65

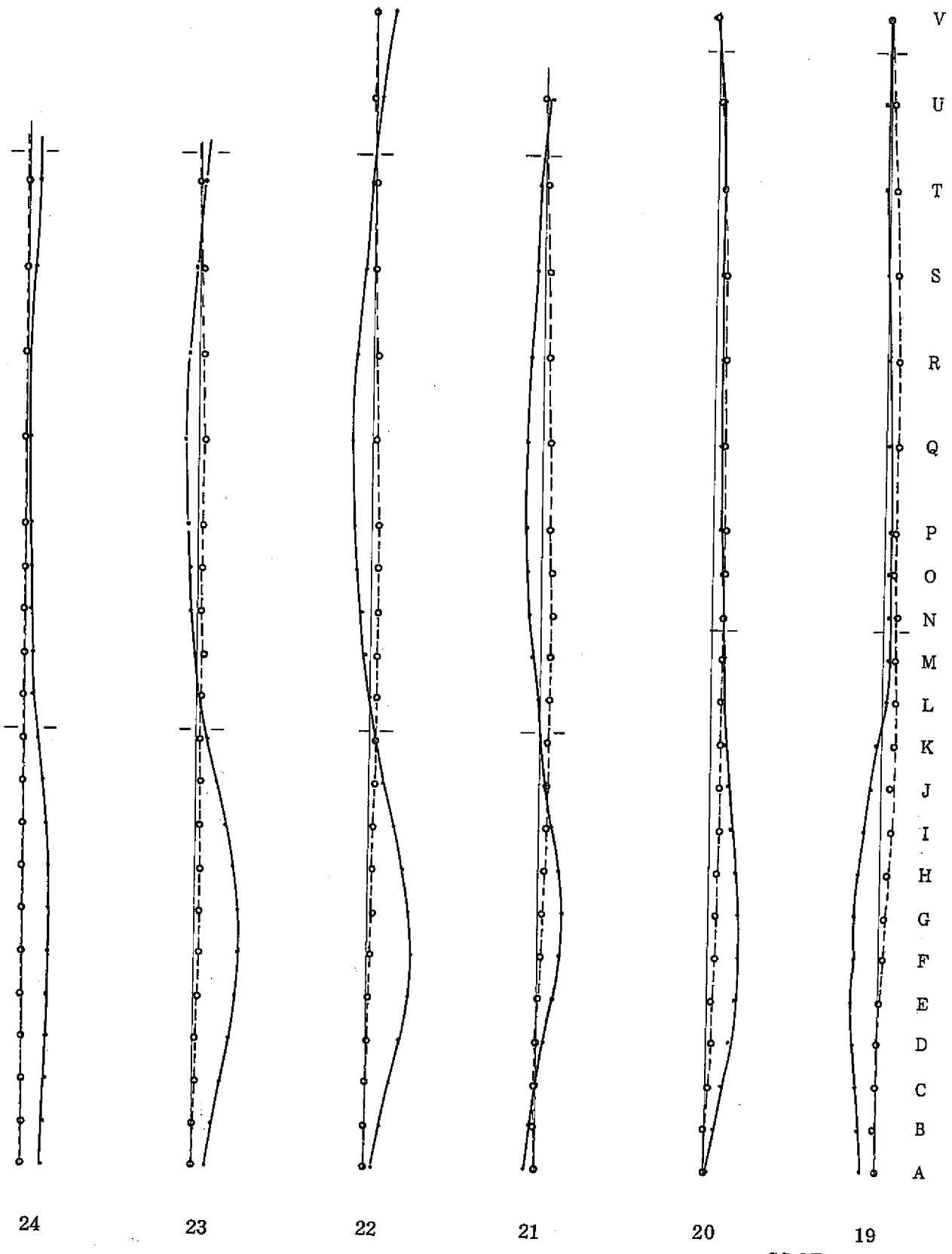
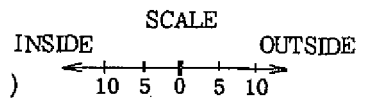


Fig. 4.3.1(d) 伝熱管真直度 (半径方向)



○ Before
 ● After
 - - - 伝熱管支持点

● 125-120-115
 ○ 75-70-65

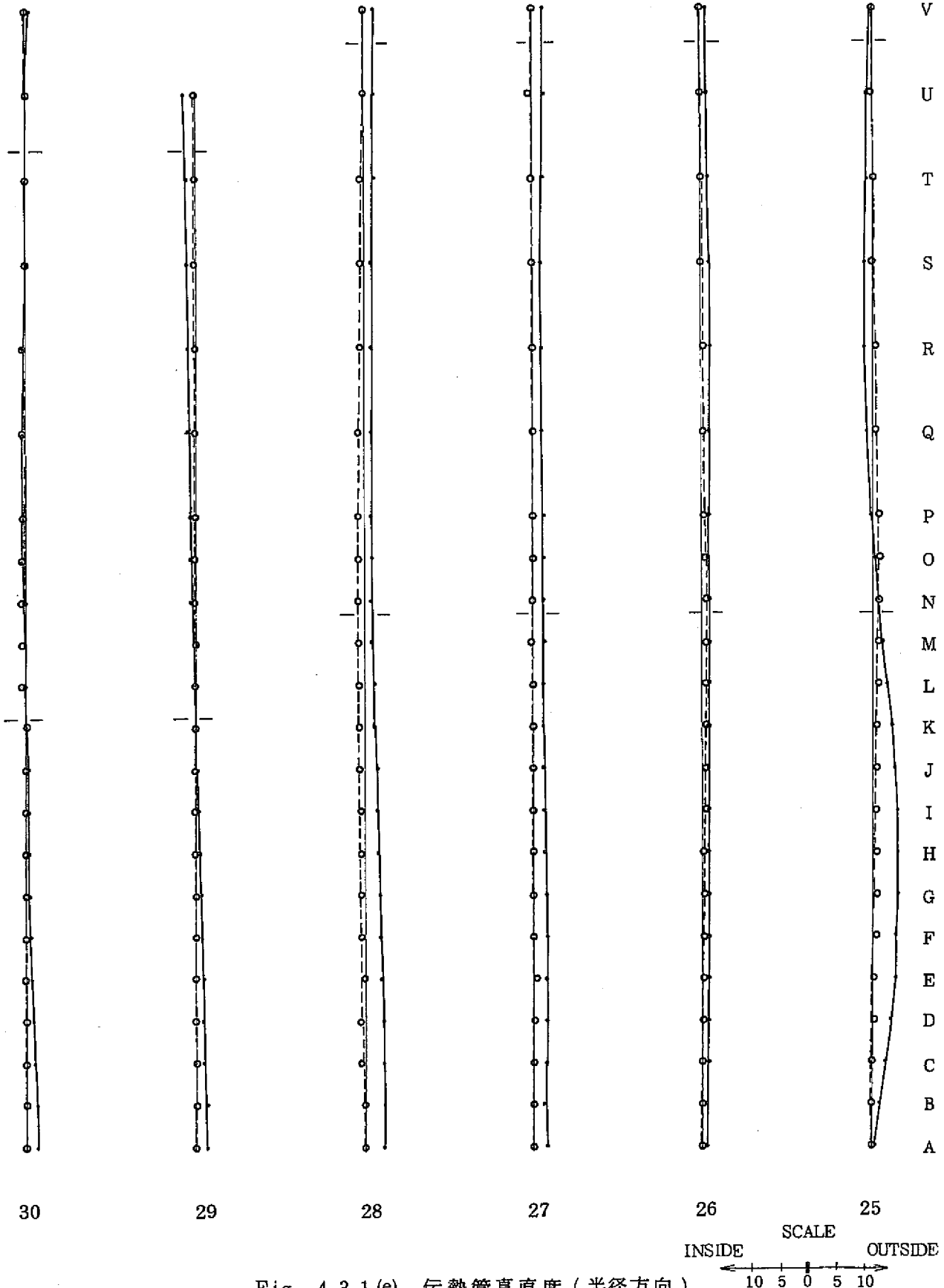


Fig. 4.3.1(e) 伝熱管真直度 (半径方向)

□ Before
 ● After
 — 伝熱管支持点

● 125-120-115
 ○ 75-70-65

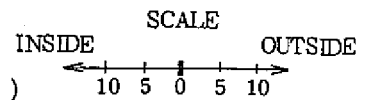
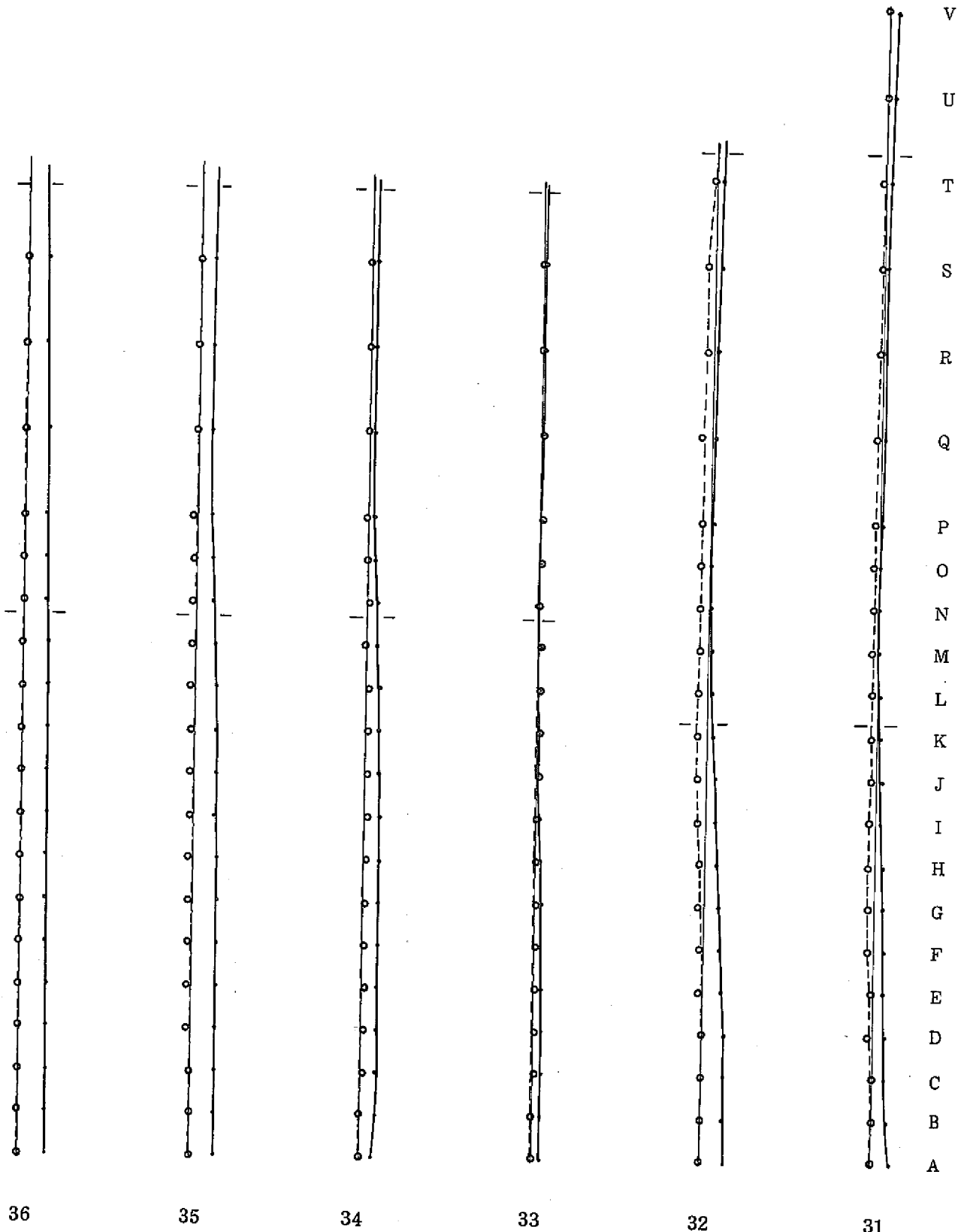


Fig. 4.3.1(f) 伝熱管真直度 (半径方向)

○ Before
 ● After
 - - - 伝熱管支持点
 ●-125,120,115
 ○...75,70,65

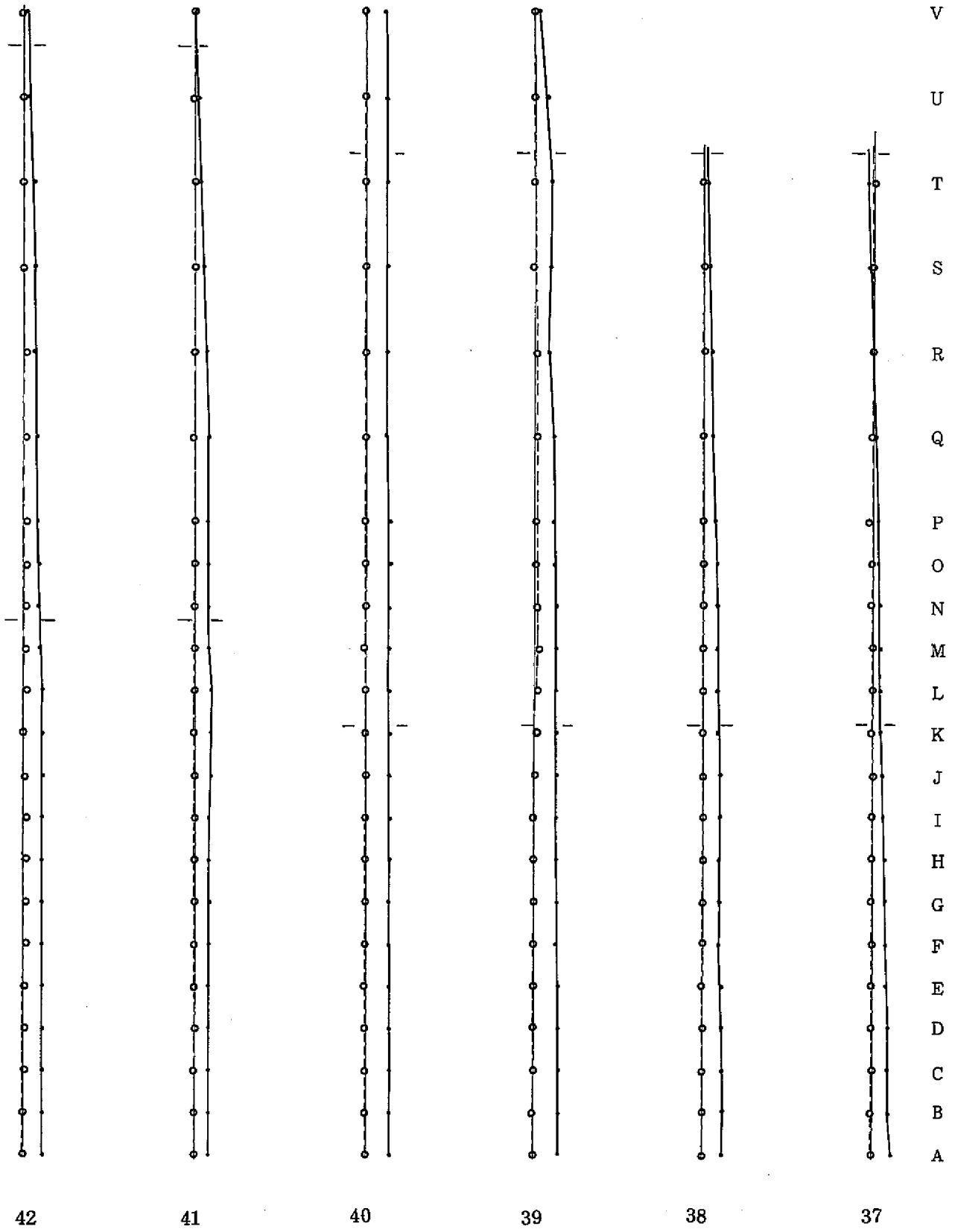


Fig. 4.3.1(g) 伝熱管真直度 (半径方向)

○ Before
 ● After
 ——— 伝熱管支持点
 ●---125,120,115
 | | |
 ○---75, 70, 65
 | | |

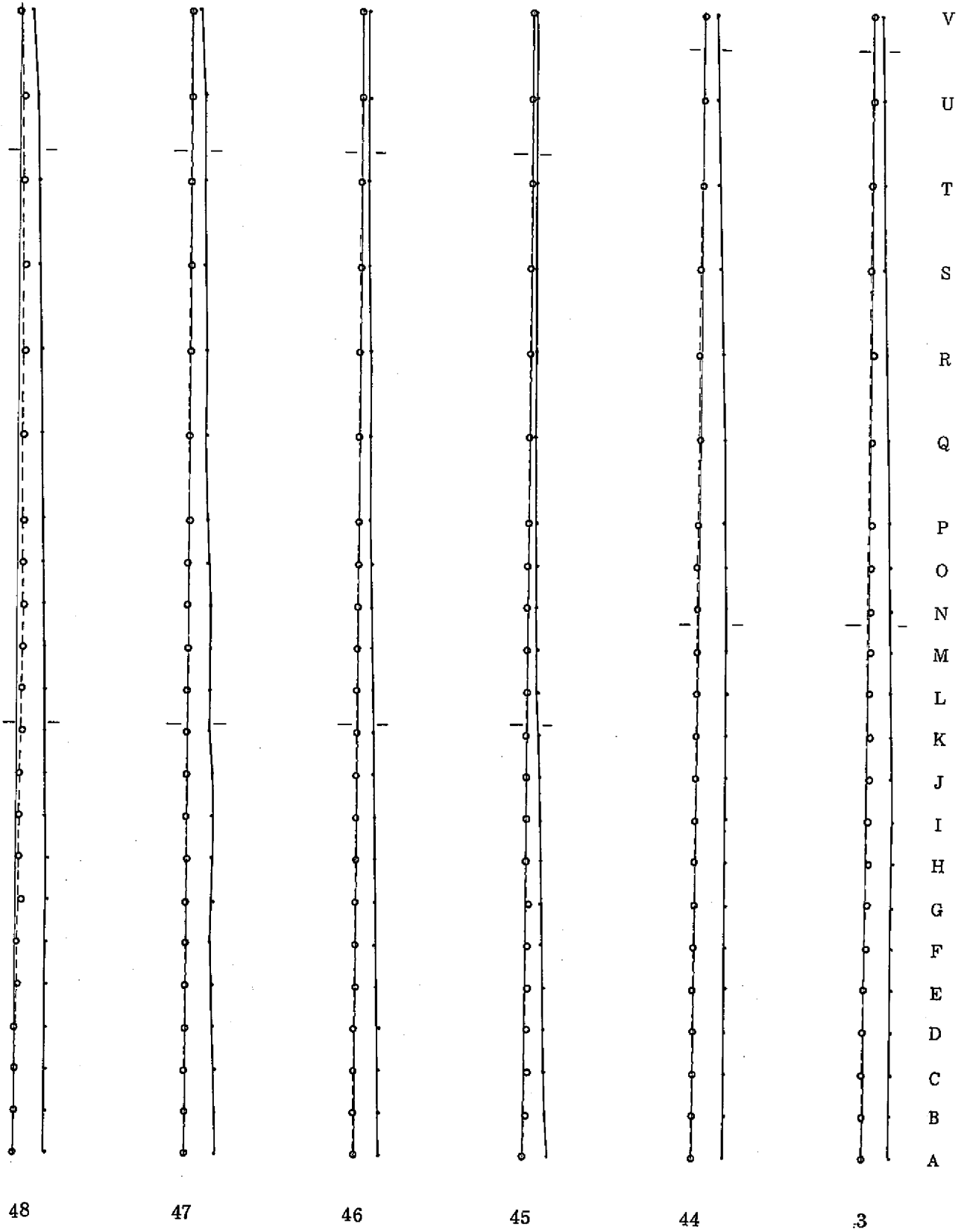
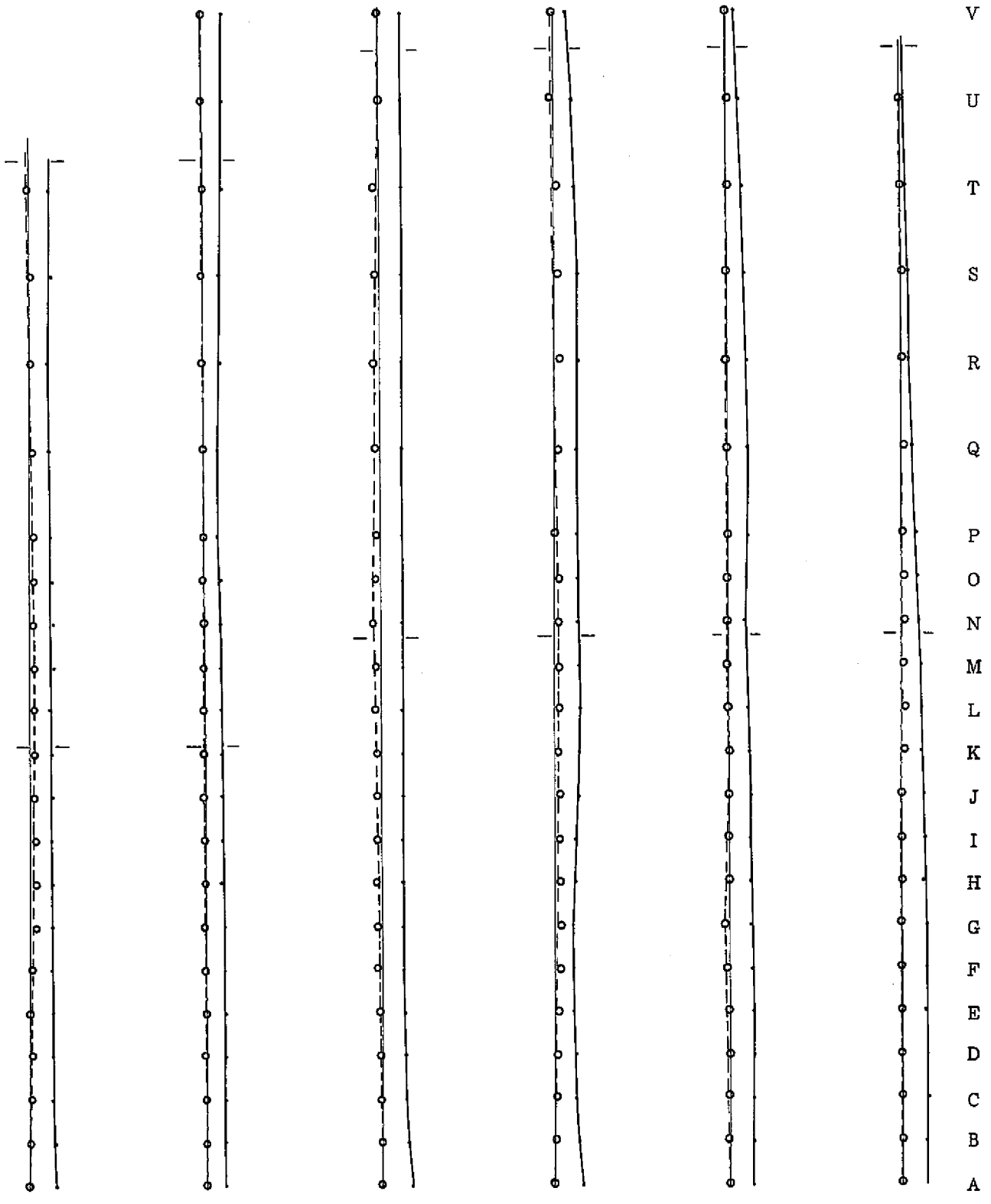


Fig. 4.3.1(h) 伝熱管真直度 (半径方向)

○ Before
 ● After
 — 伝熱管支持点
 ○---75,70,65



54 53 52 51 50 49

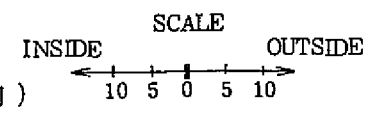
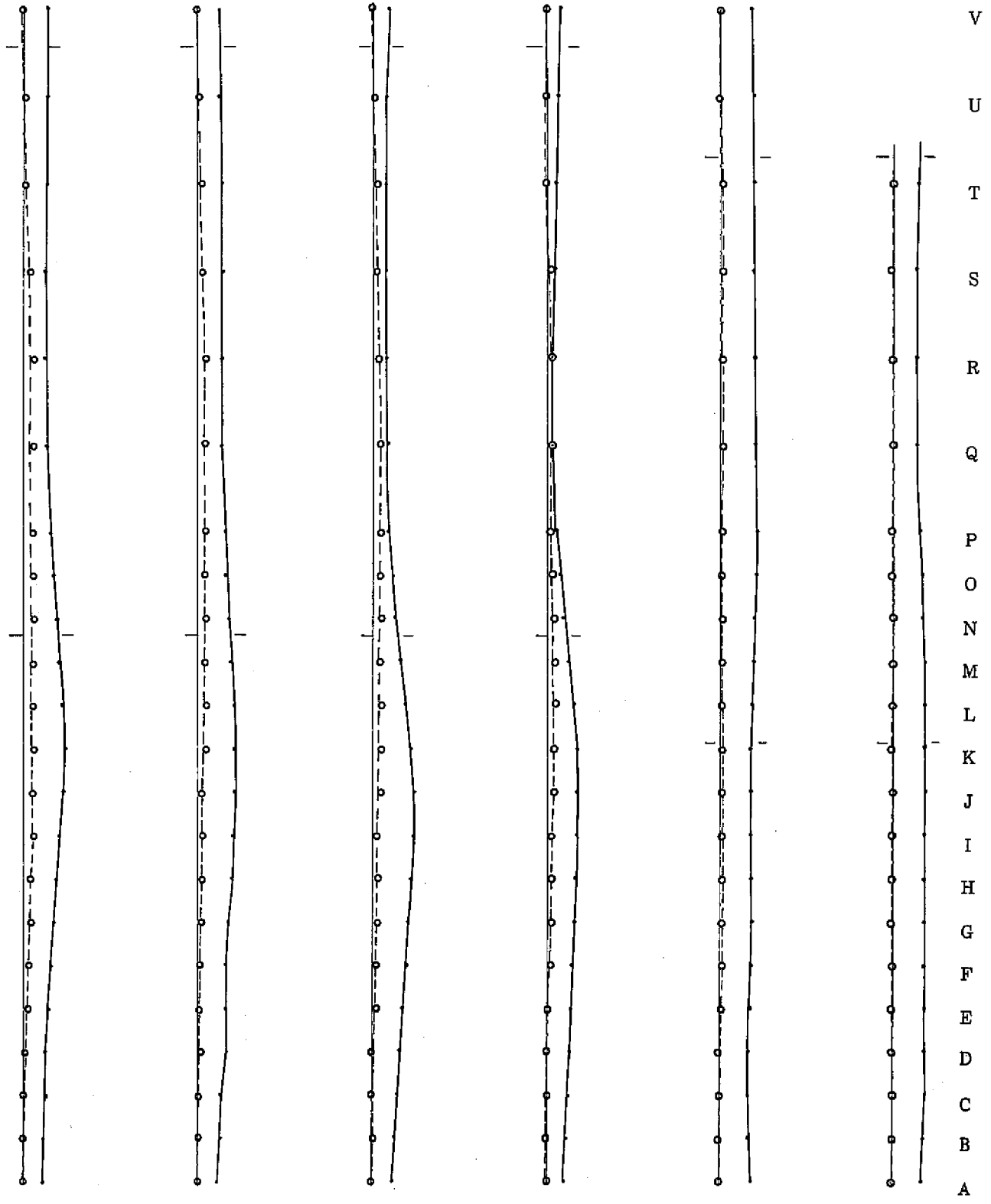


Fig. 4.3.1(i) 伝熱管真直度 (半径方向)

○ Before
 ● After
 — 伝熱管支持点
 ●---125,120,115
 ○---75,70,65



60 59 58 57 56 55

SCALE
 INSIDE 10 5 0 5 10 OUTSIDE

Fig. 4.3.1(j) 伝熱管真直度 (半径方向)

● Before
 ● After
 --- 伝熱管支持点
 ●--- 125, 120, 115
 ○--- 75, 70, 65

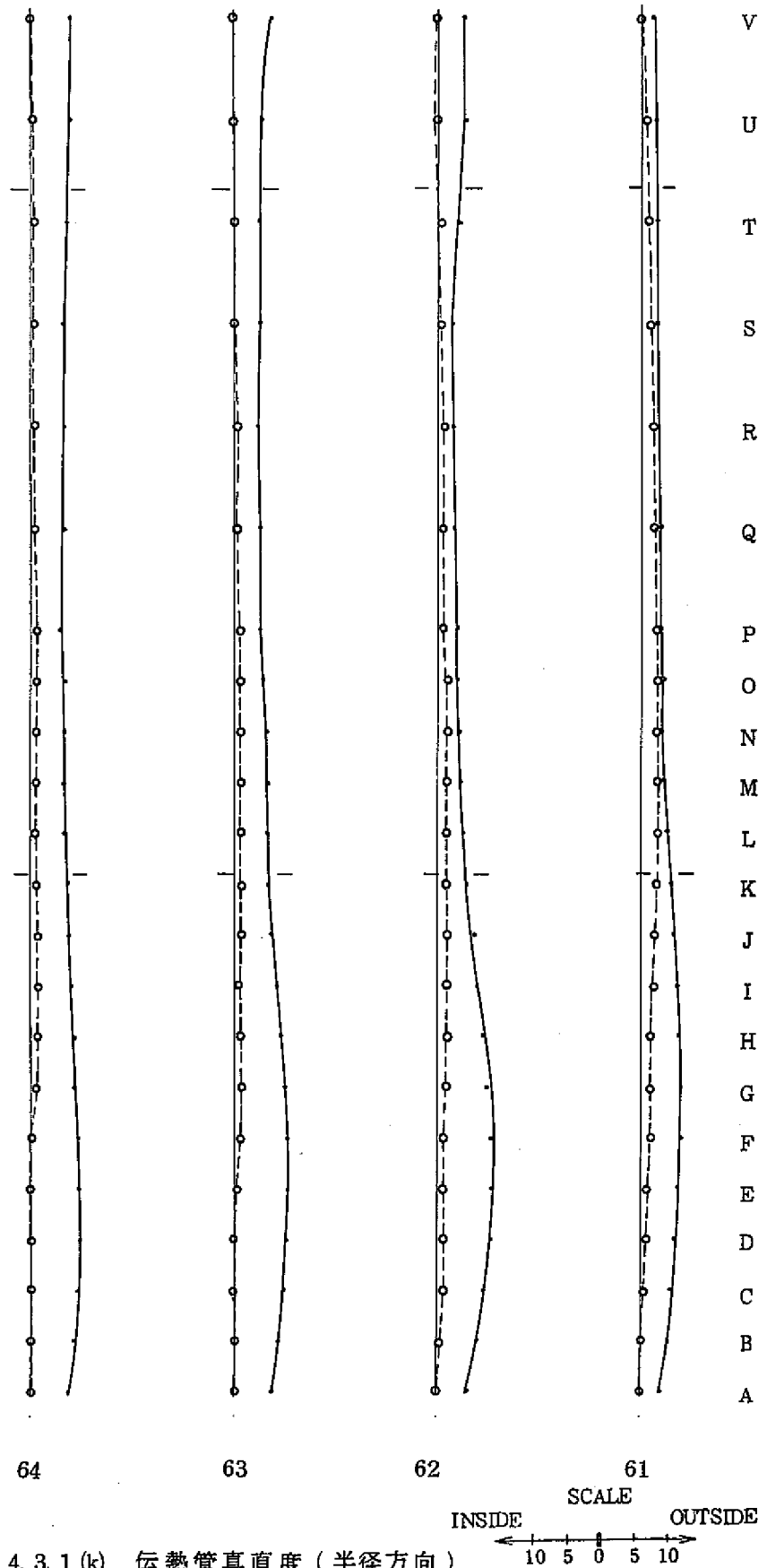


Fig. 4.3.1 (k) 伝熱管真直度 (半径方向)

○ Before
 ● After
 -| -| 伝熱管支持点

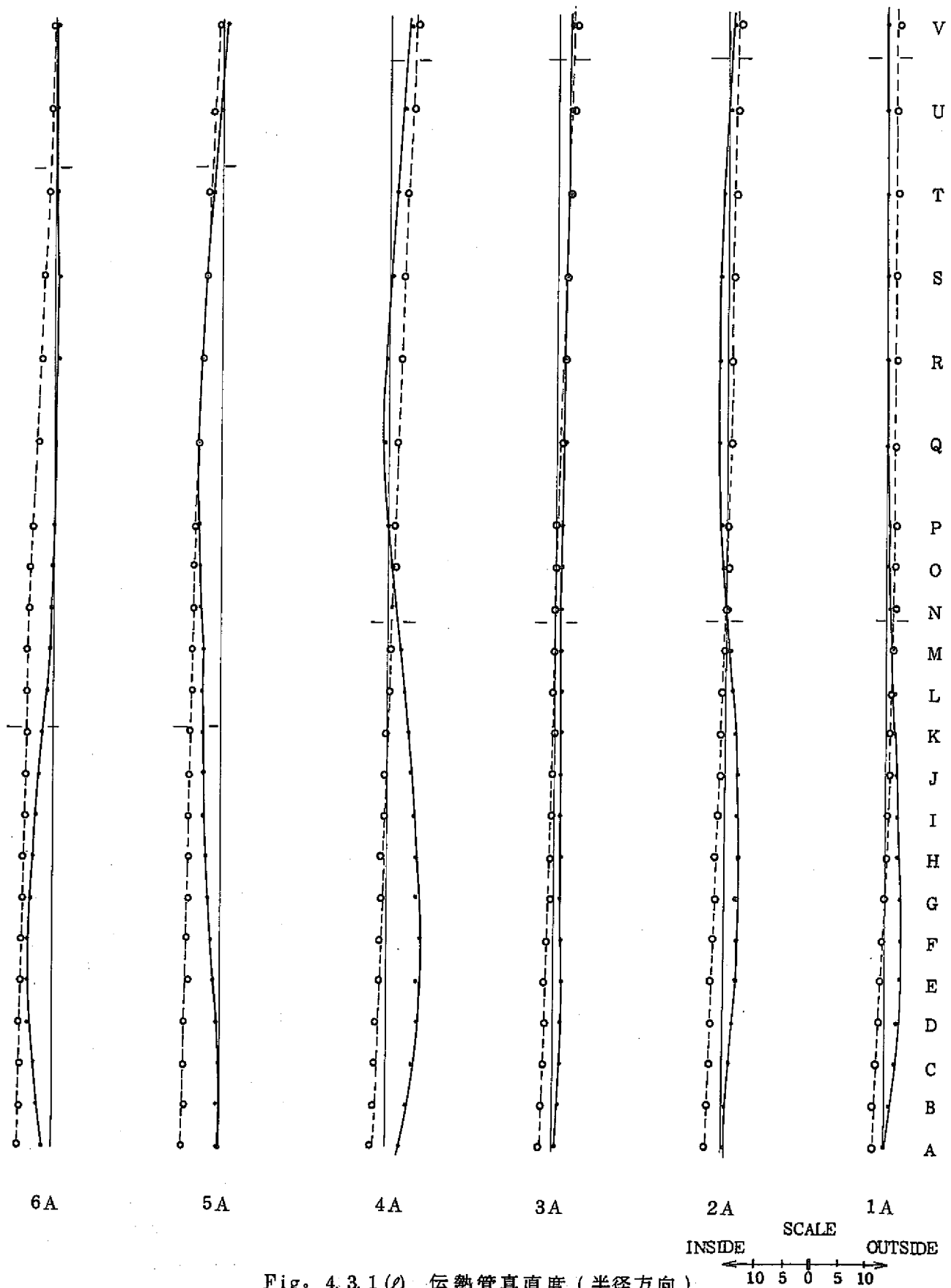
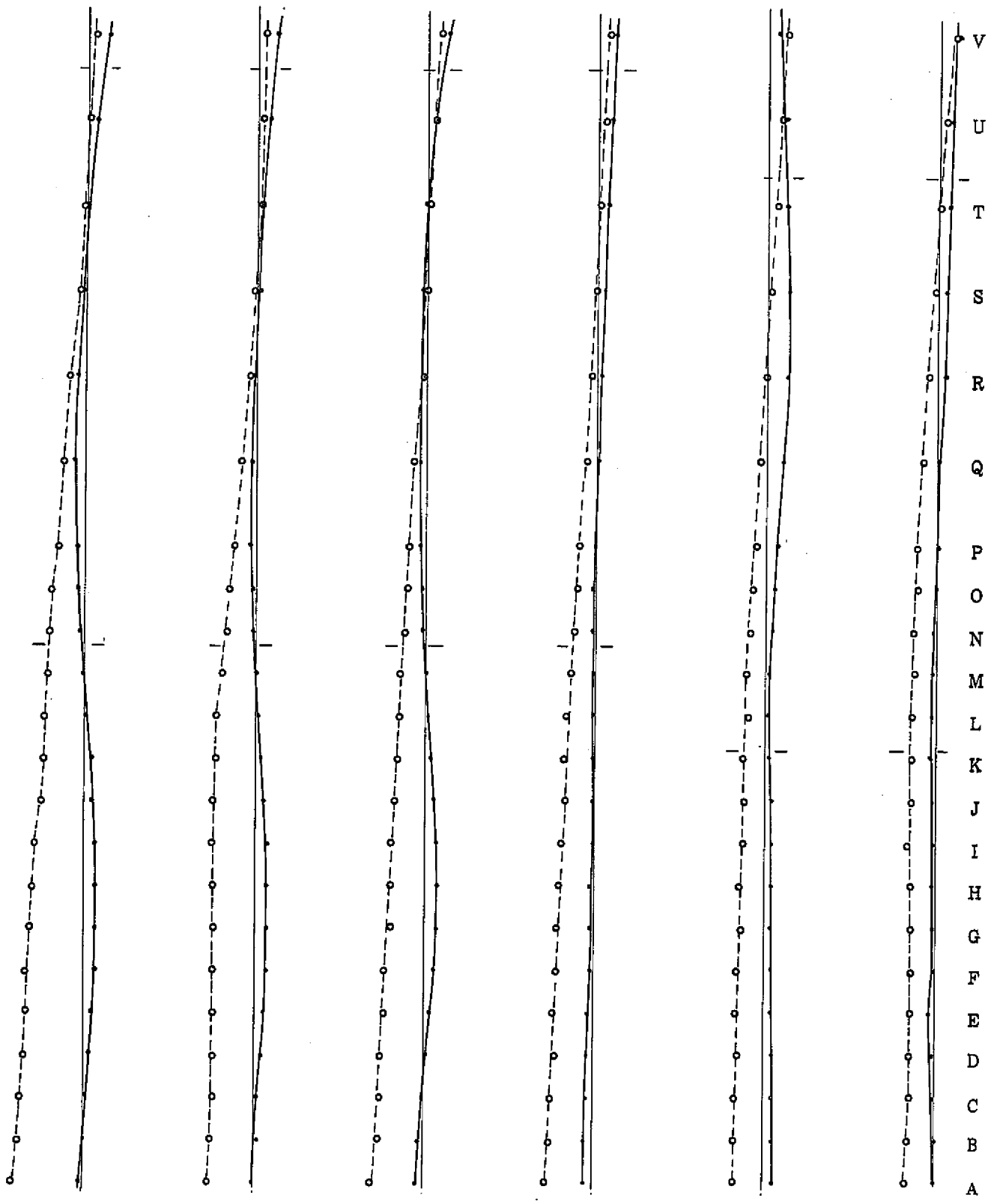


Fig. 4.3.1 (a) 伝熱管真直度 (半径方向)

○ Before
 ● After
 - - - 伝熱管支持点



12A

11A

10A

9A

8A

7A

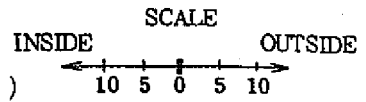
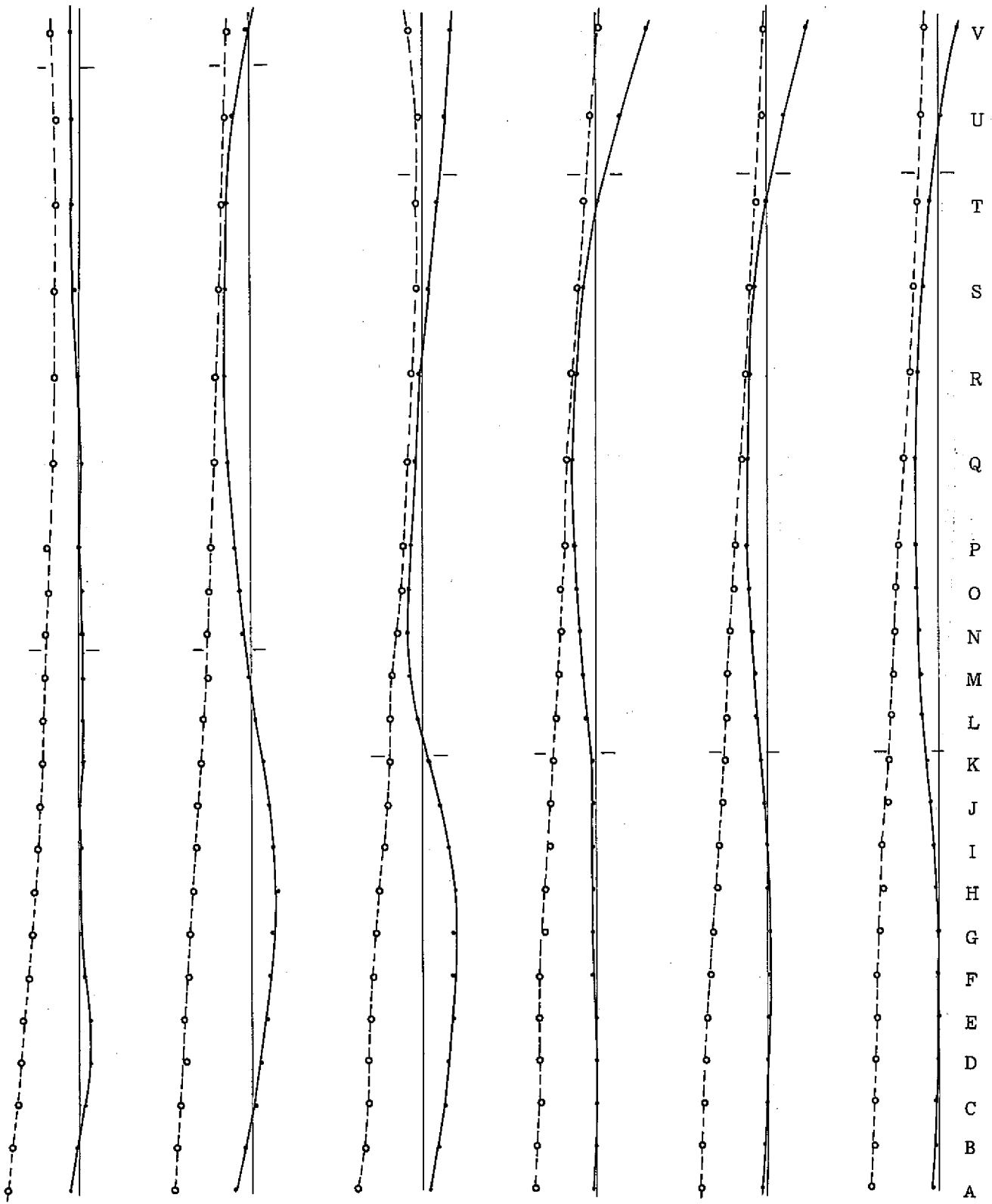


Fig. 4.3.1(m) 伝熱管真直度 (半径方向)

○ Before
 ● After
 -||- 伝熱管支持点



18A

17A

16A

15A

14A

13A

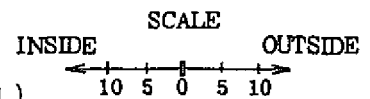


Fig. 4.3.1 (n) 伝熱管真直度 (半径方向)

○ Before
 ● After
 - - - 伝熱管支持点

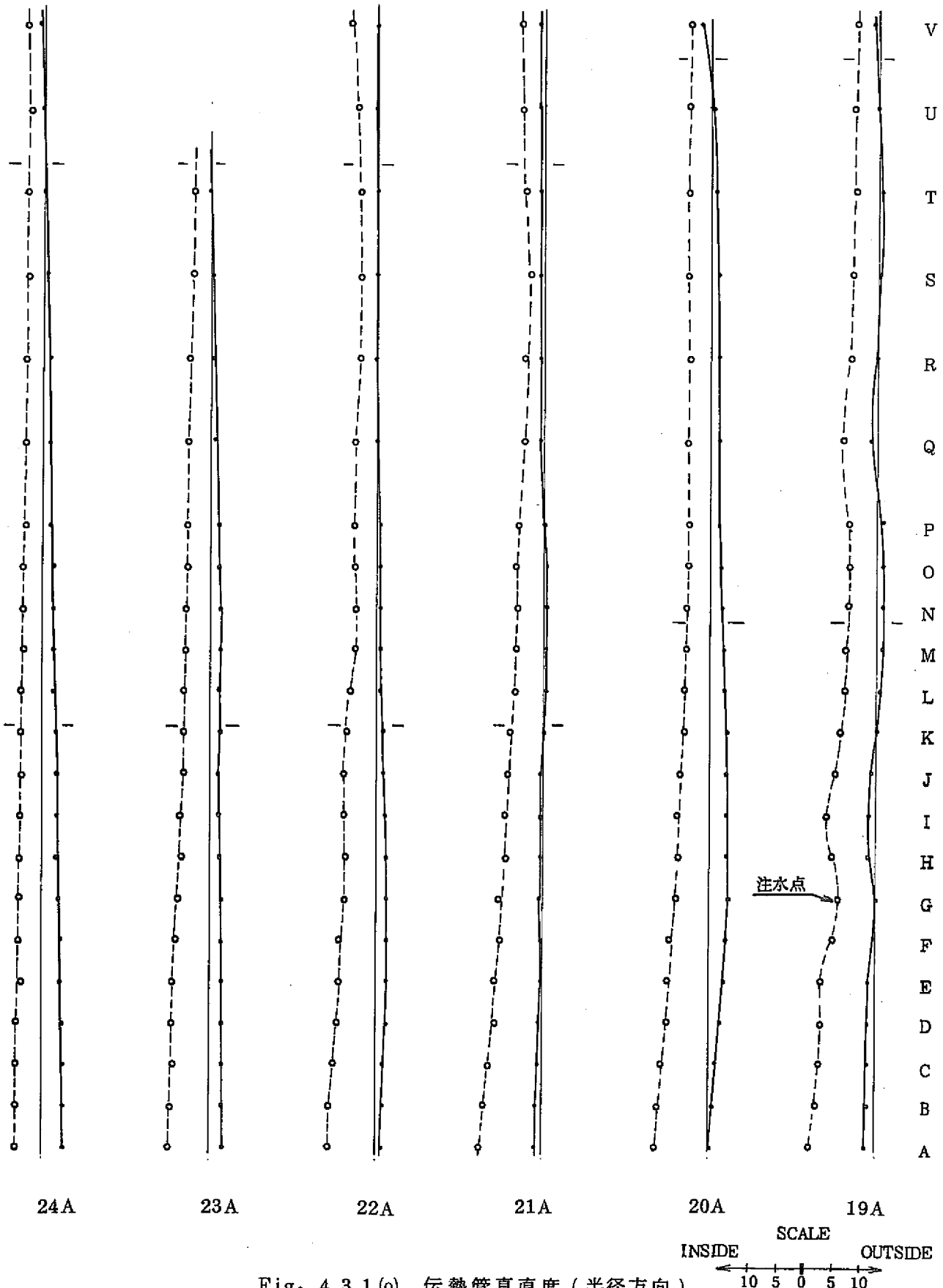


Fig. 4.3.1 (o) 伝熱管真直度 (半径方向)

○ Before
 ● After
 — 伝熱管支持点

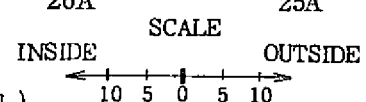
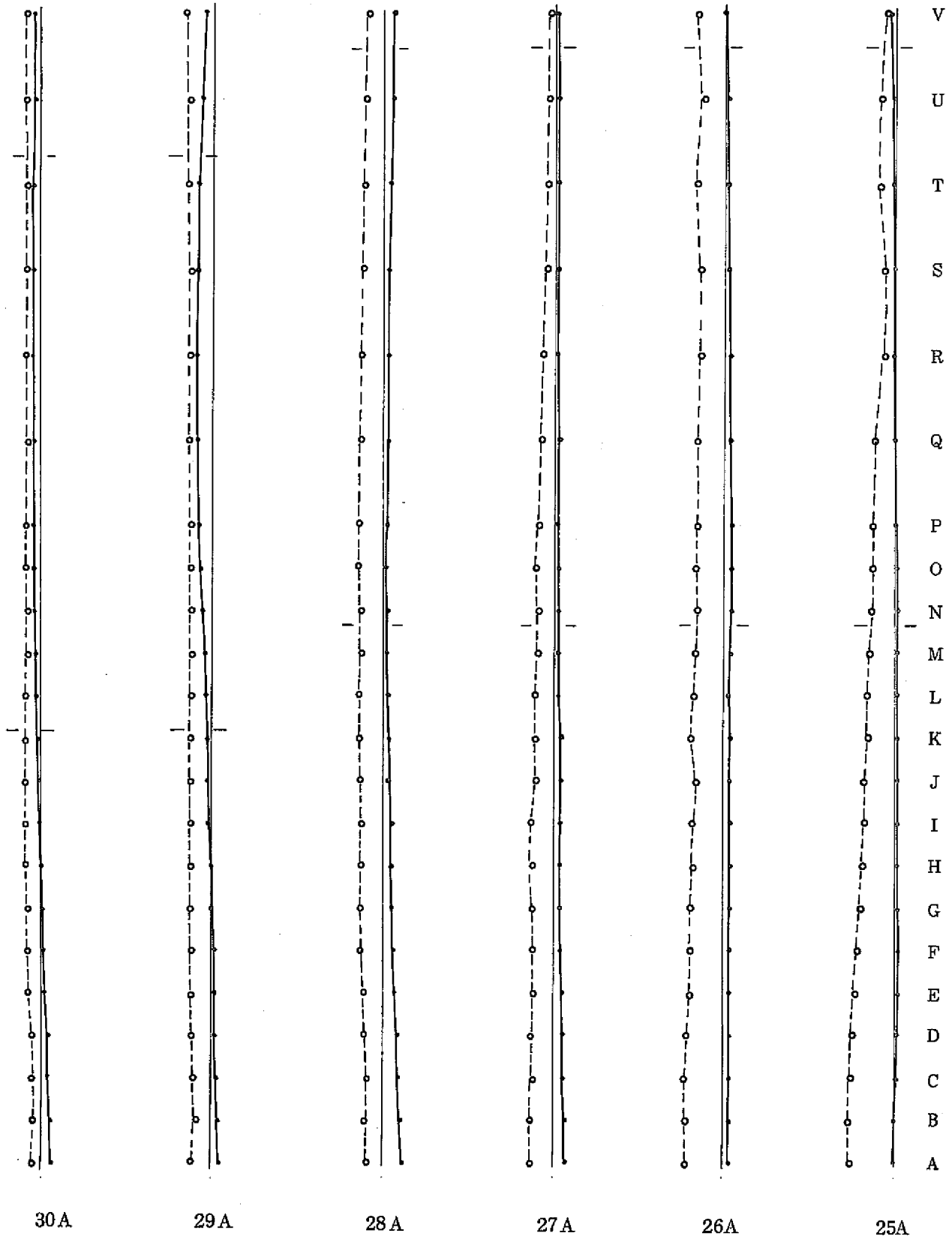


Fig. 4.3.1(p) 伝熱管真直度 (半径方向)

● Before
 ○ After
 -|- 伝熱管支持点

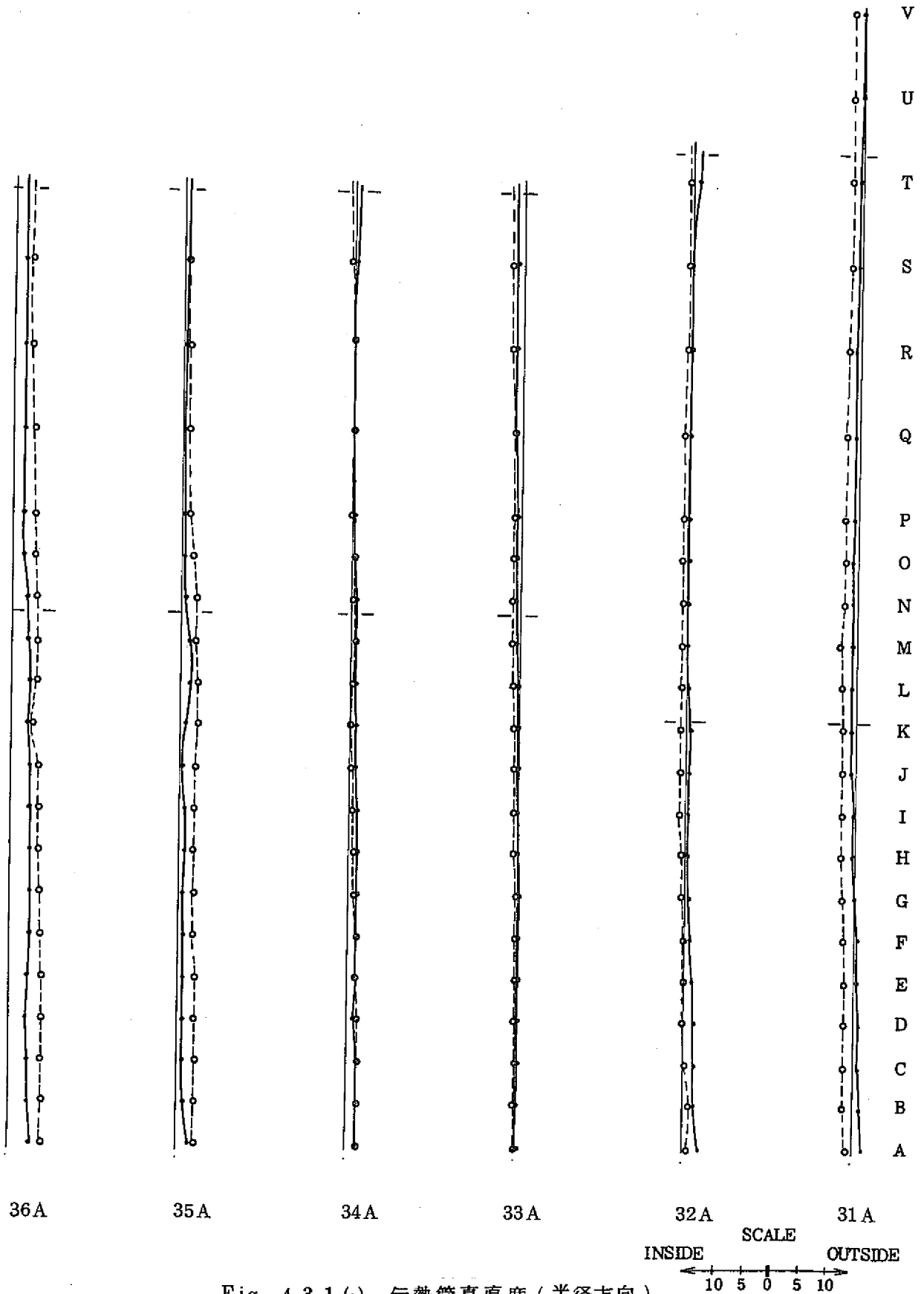
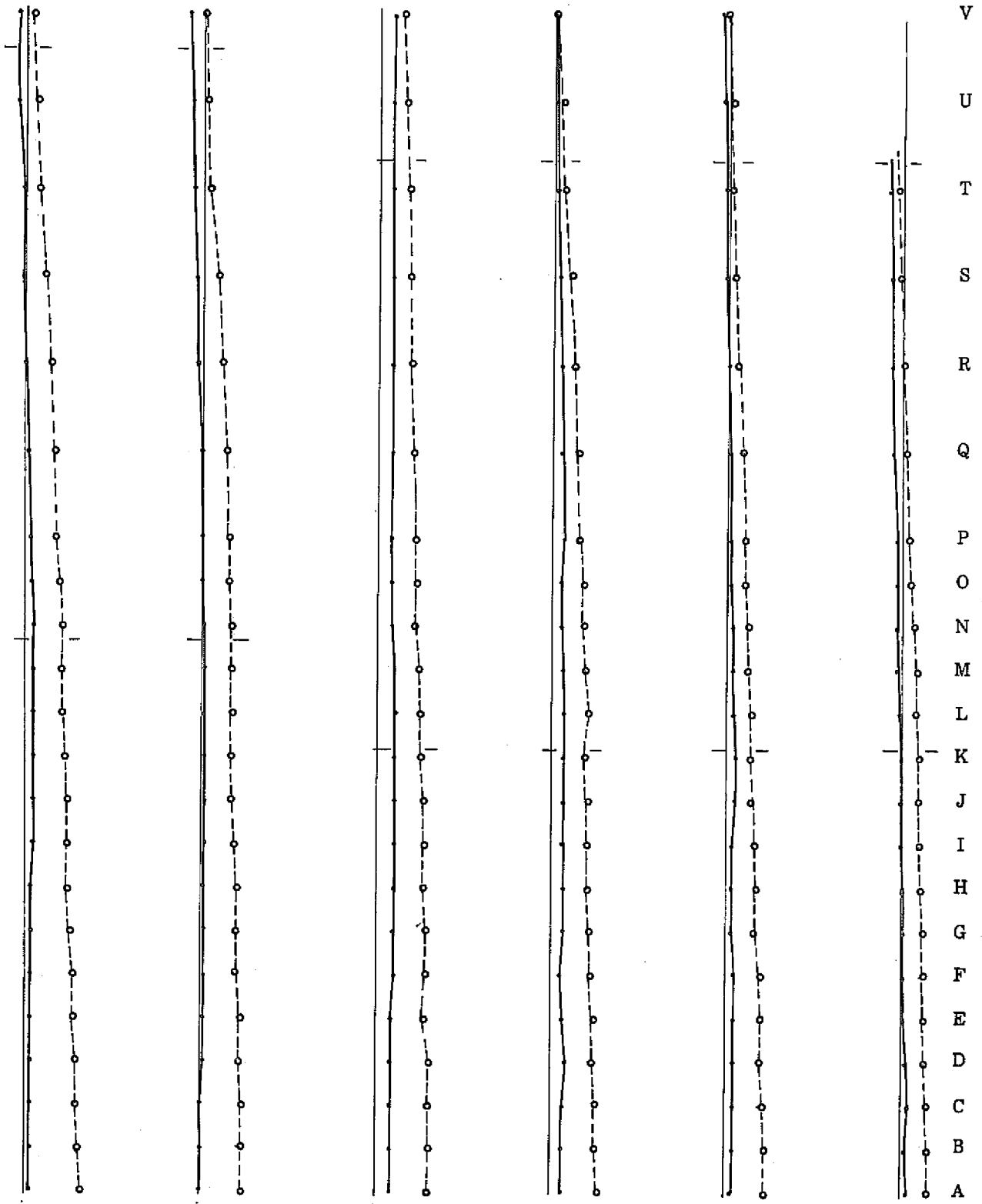


Fig. 4.3.1 (q) 伝熱管真直度 (半径方向)

○ Before
 ● After
 ——— 伝熱管支持点



42A

41A

40A

39A

38A

37A

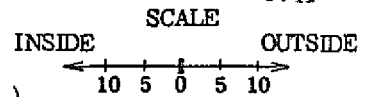


Fig. 4.3.1 (r) 伝熱管真直度 (半径方向)

○ Before
 ● After
 - - - 伝熱管支持点

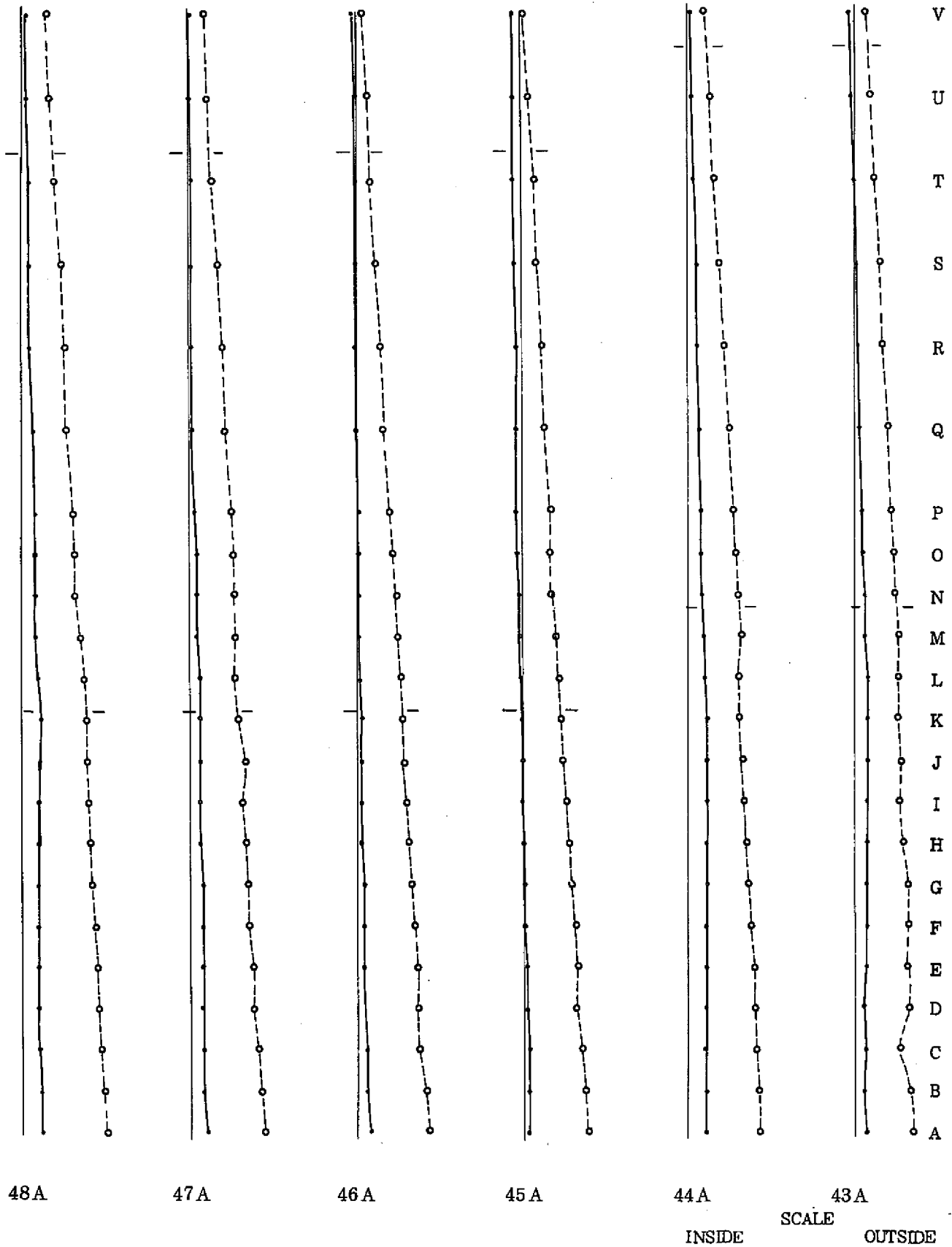
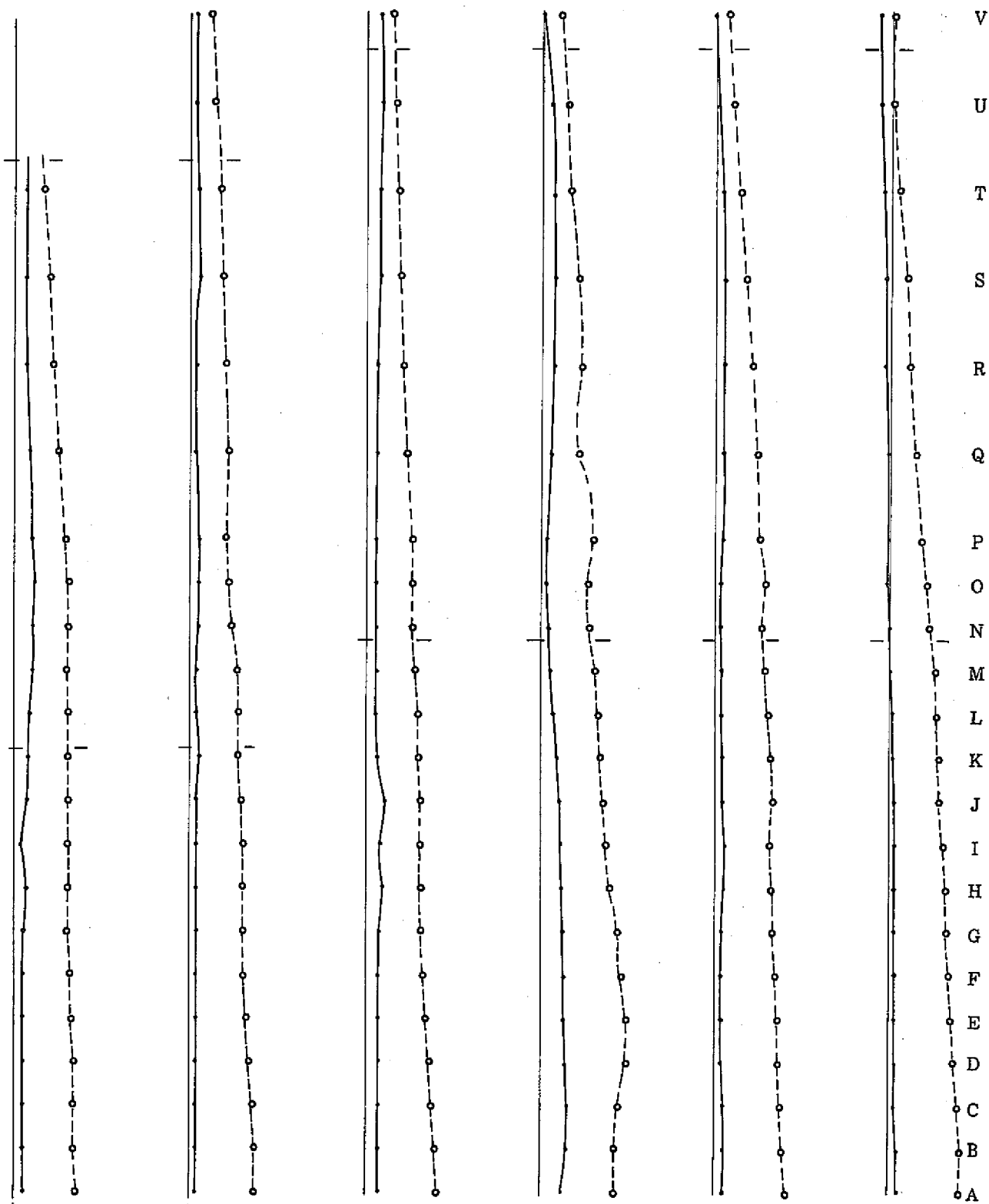


Fig. 4.3.1 (s) 伝熱管真直度 (半径方向)

○ Before
 ● After
 -||- 伝熱管支持点



54A

53A

52A

51A

50A

49A

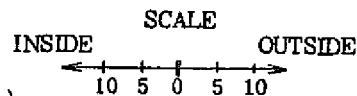
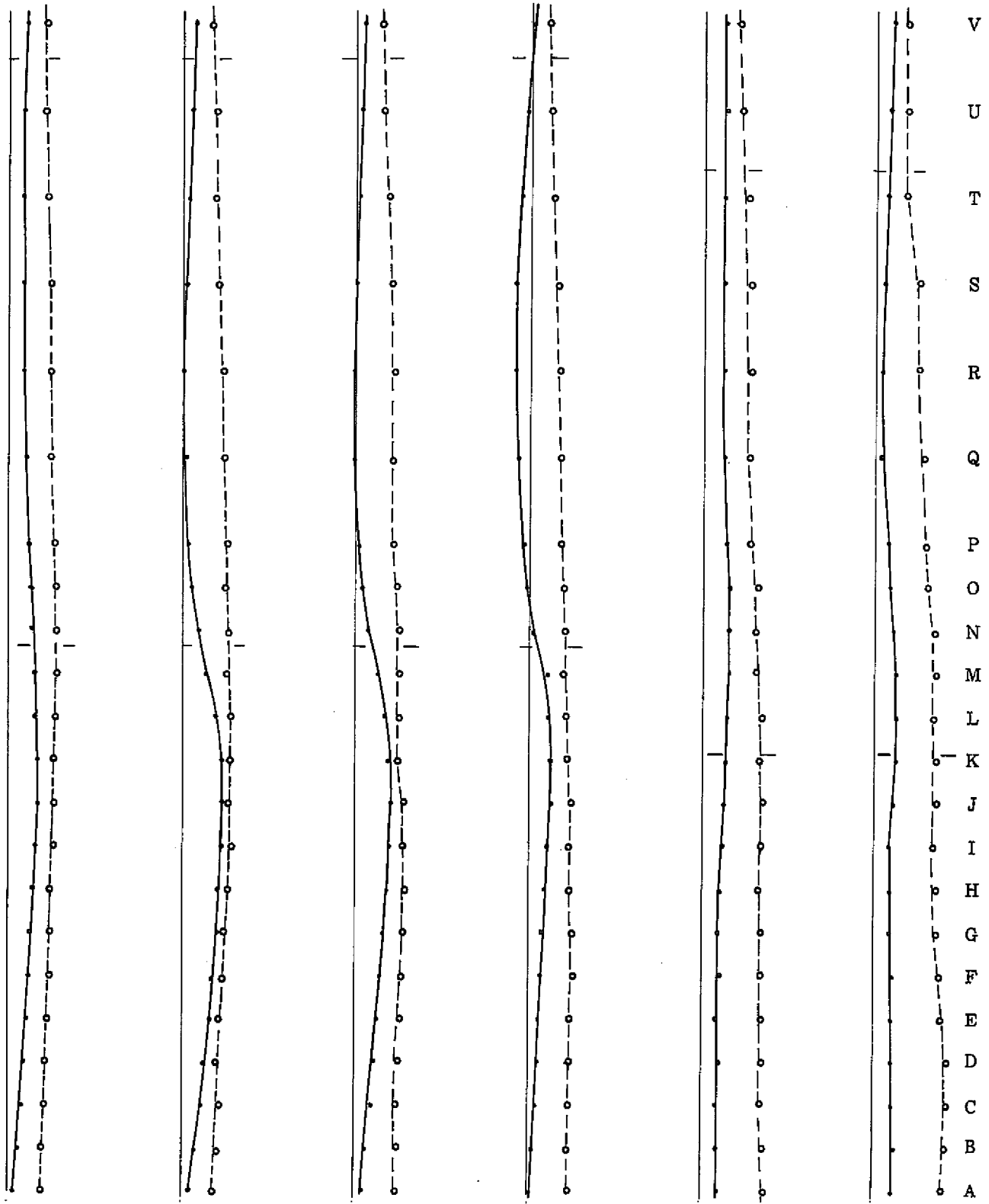


Fig. 4.3.1 (t) 伝熱管真直度 (半径方向)

○ Before
 ● After
 - - - 伝熱管支持点



60A

59A

58A

57A

56A

55A

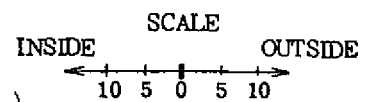


Fig. 4.3.1 (u) 伝熱管真直度 (半径方向)

● Before
 ○ After
 — 伝熱管支持点

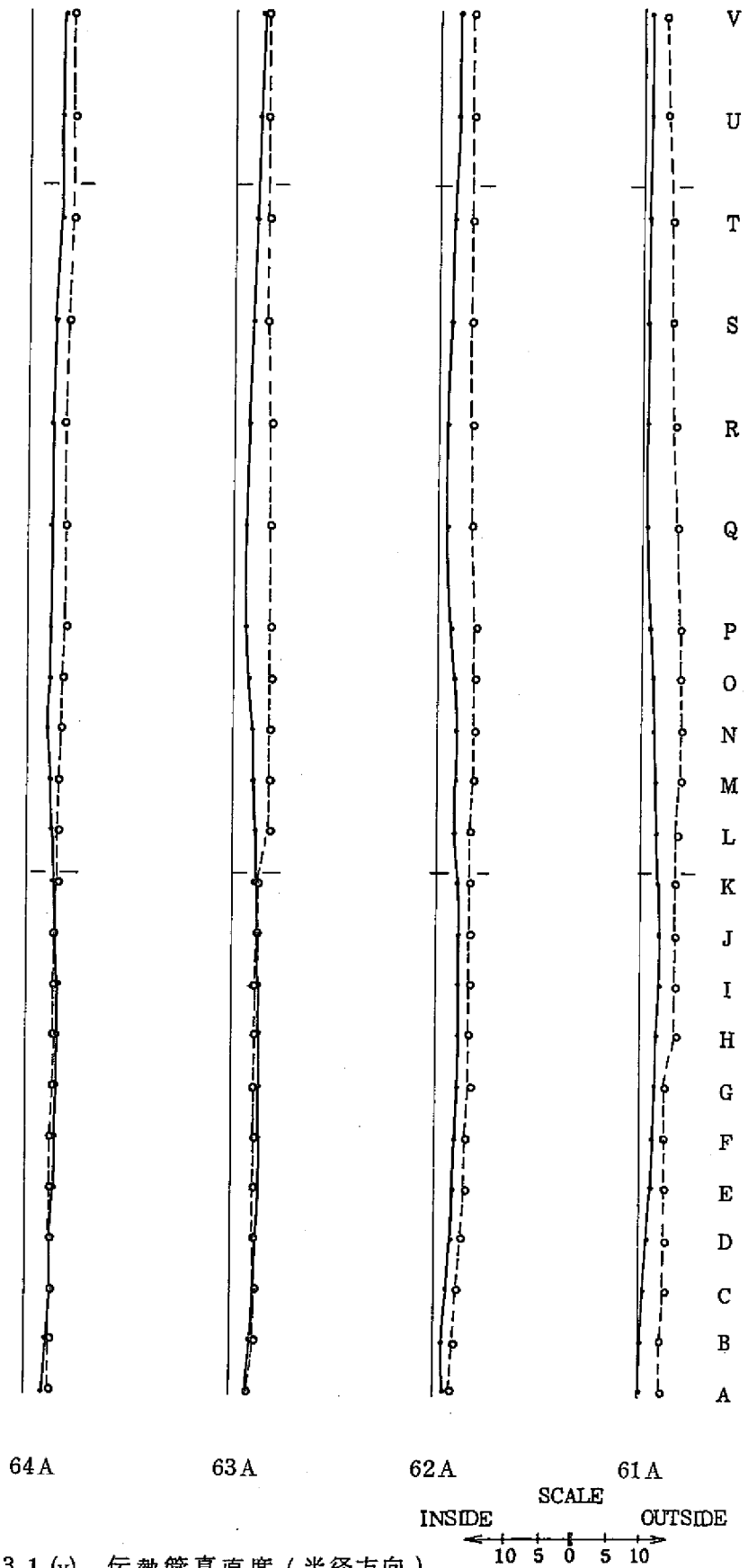
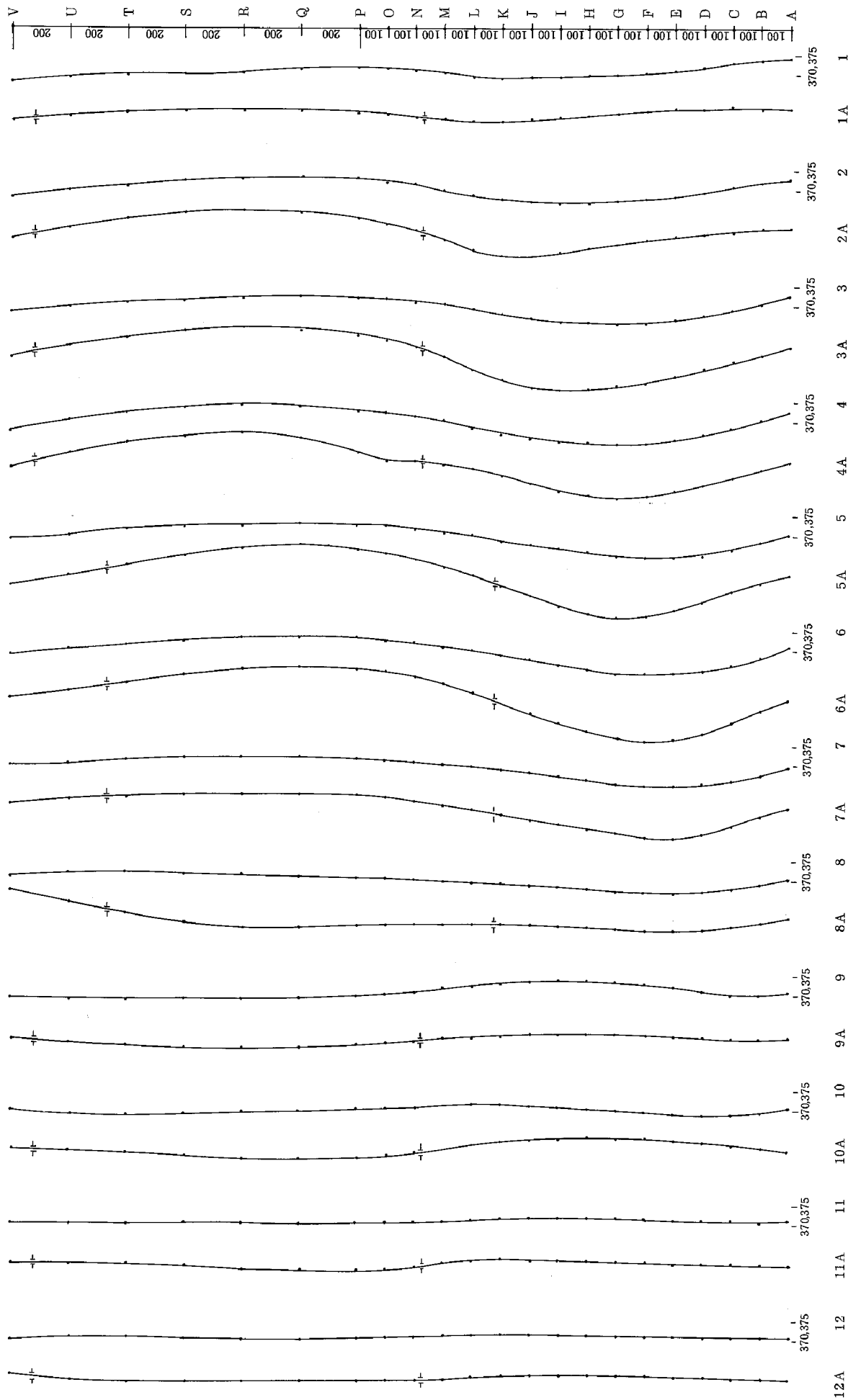


Fig. 4.3.1 (v) 伝熱管真直度 (半径方向)

伝熱管支持点



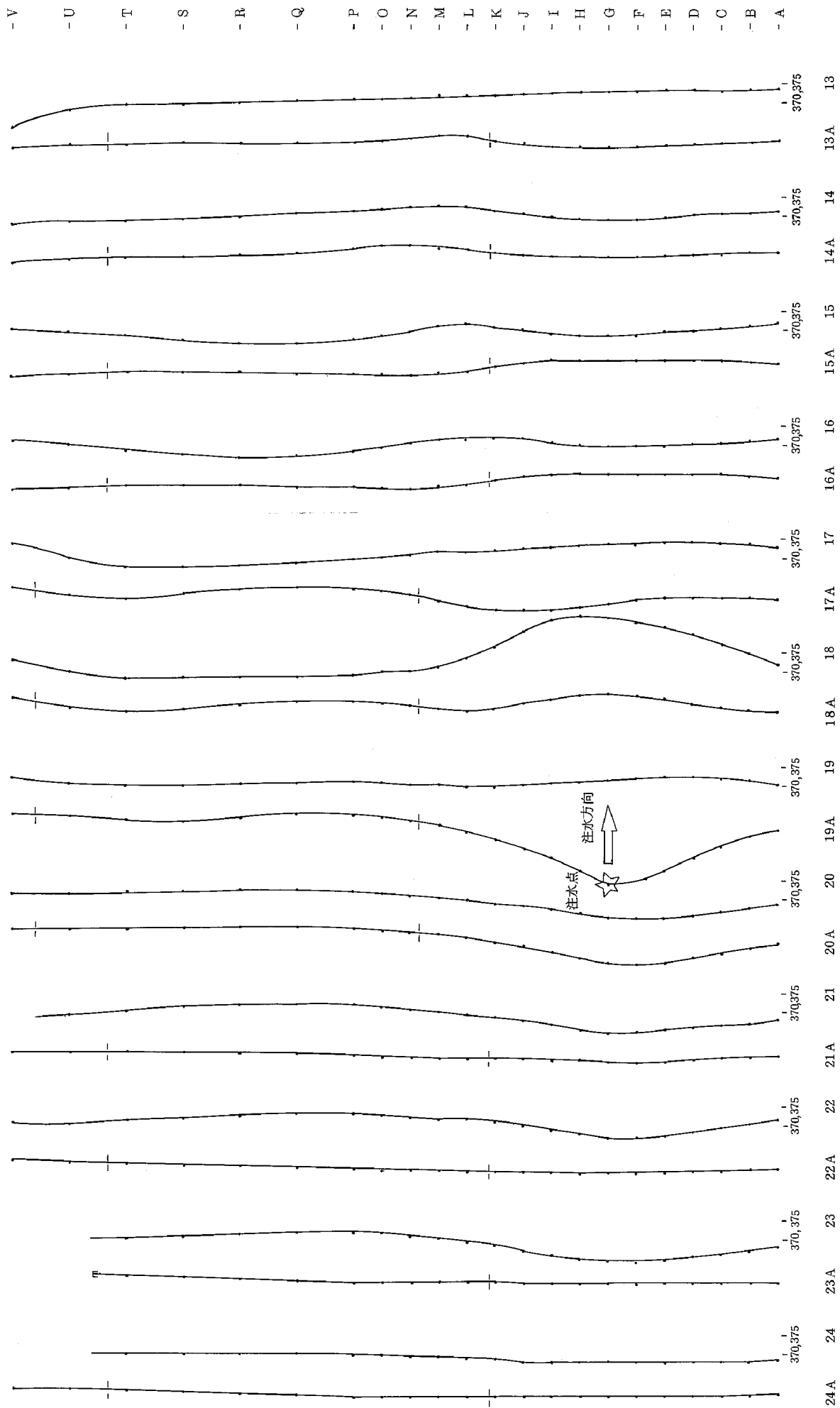
0°

45°

Fig. 4.3.2(a) 伝熱管真直度 (周方向)

SCALE
0 5 10

伝熱管支持点

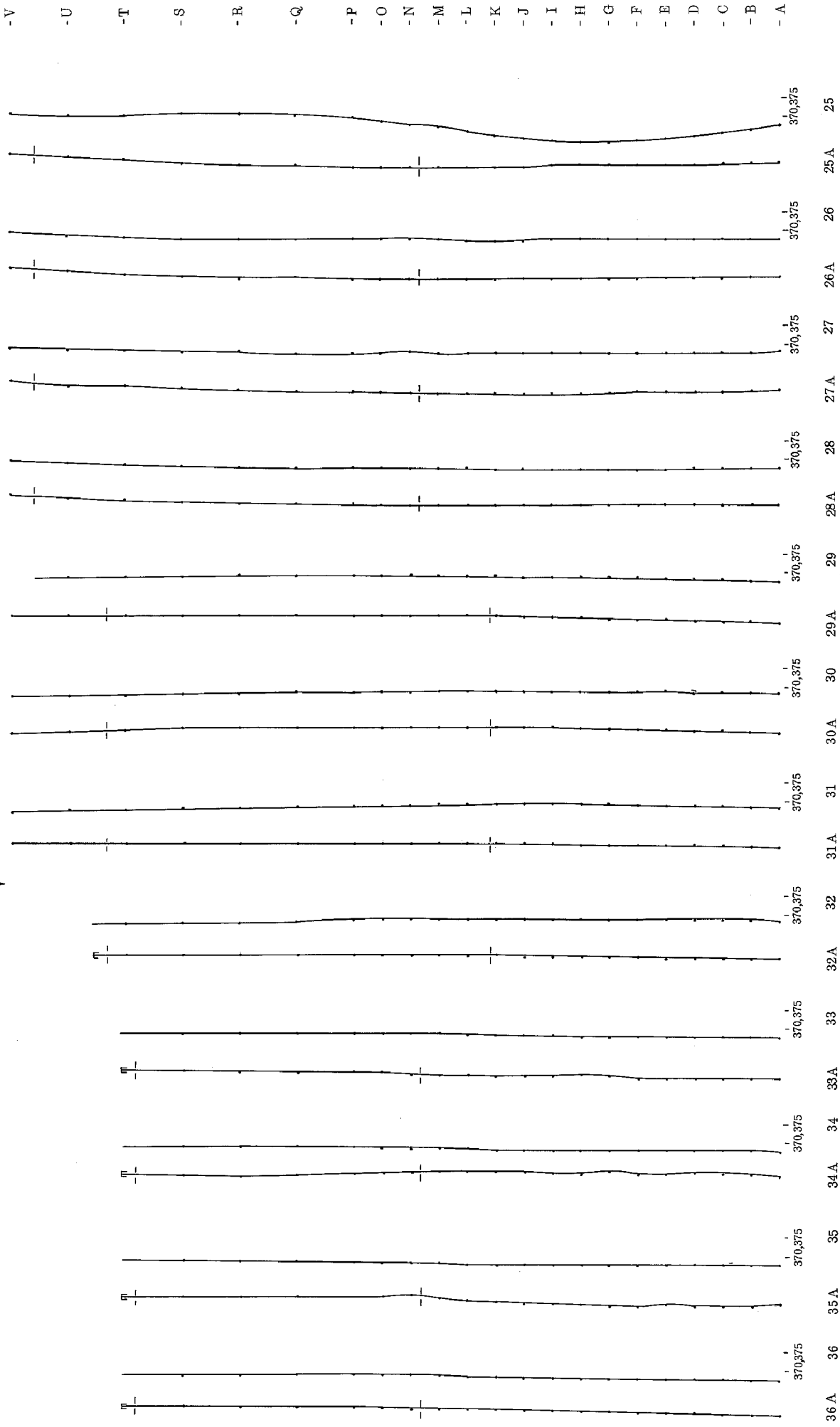


90°

Fig. 4.3.2 (b) 伝熱管真直度 (周方向)

SCALE
0 5 10 mm

伝熱管支持点



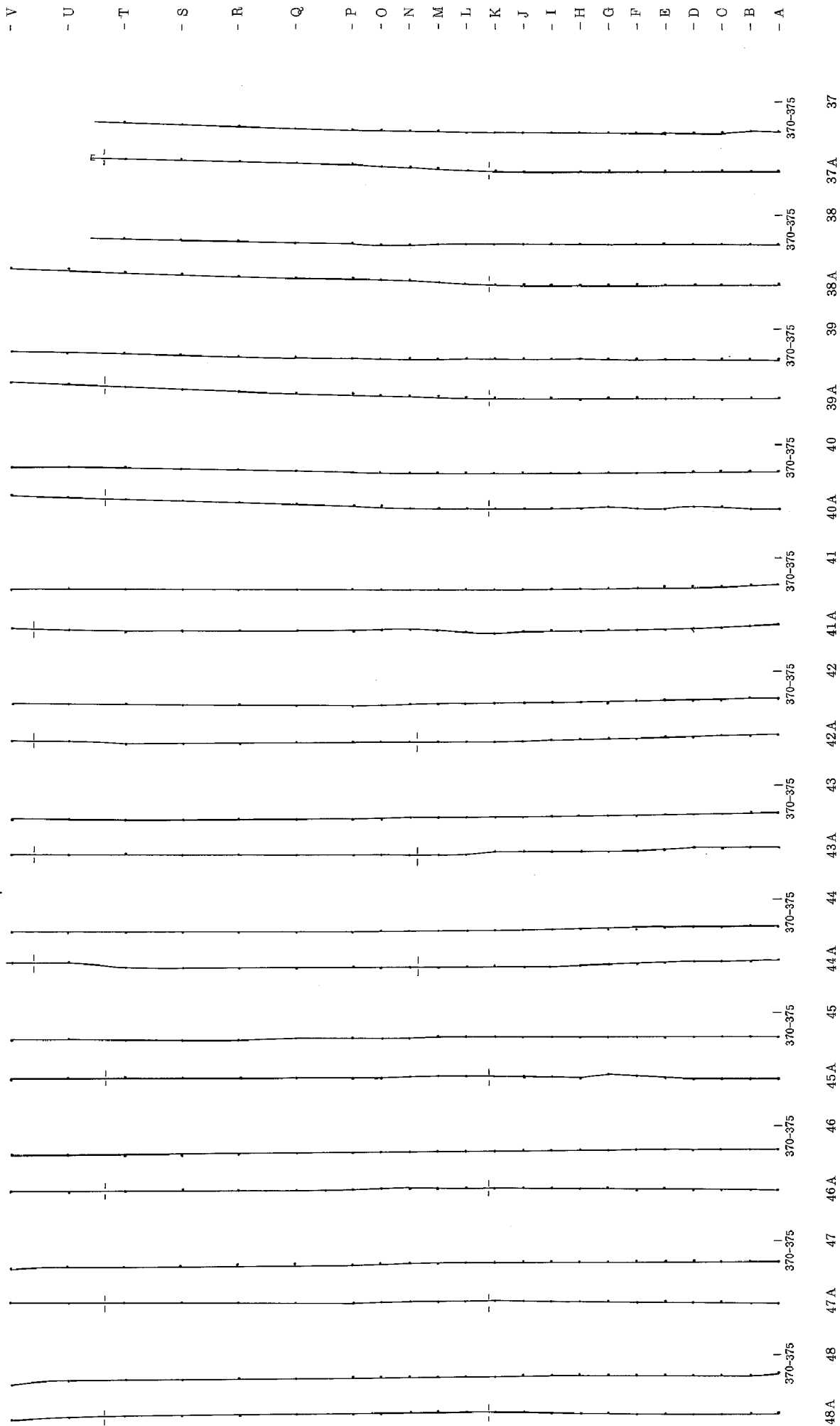
135°

180°

Fig. 4.3.2(c) 伝熱管真直度 (周方向)

SCALE
0 5 10

伝熱管支持点



225

Fig. 4.3.2(d) 伝熱管真直度 (周方向)

SCALE
mm
0 5 10

伝熱管支持点

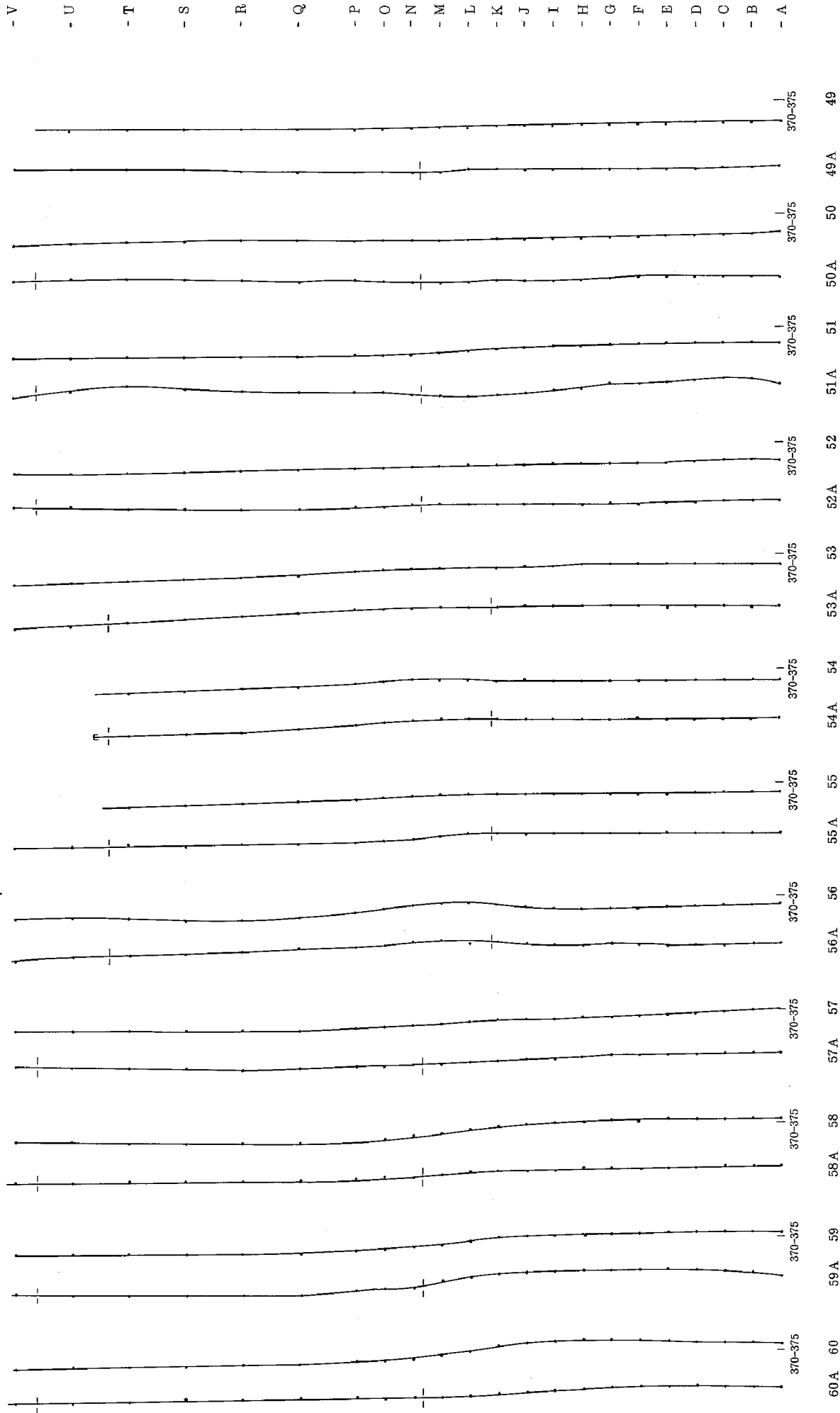


Fig. 4.3.2 (c) 伝熱管真直度 (周方向)

270°

315°

SCALE
Horizontal mm
0 5 10

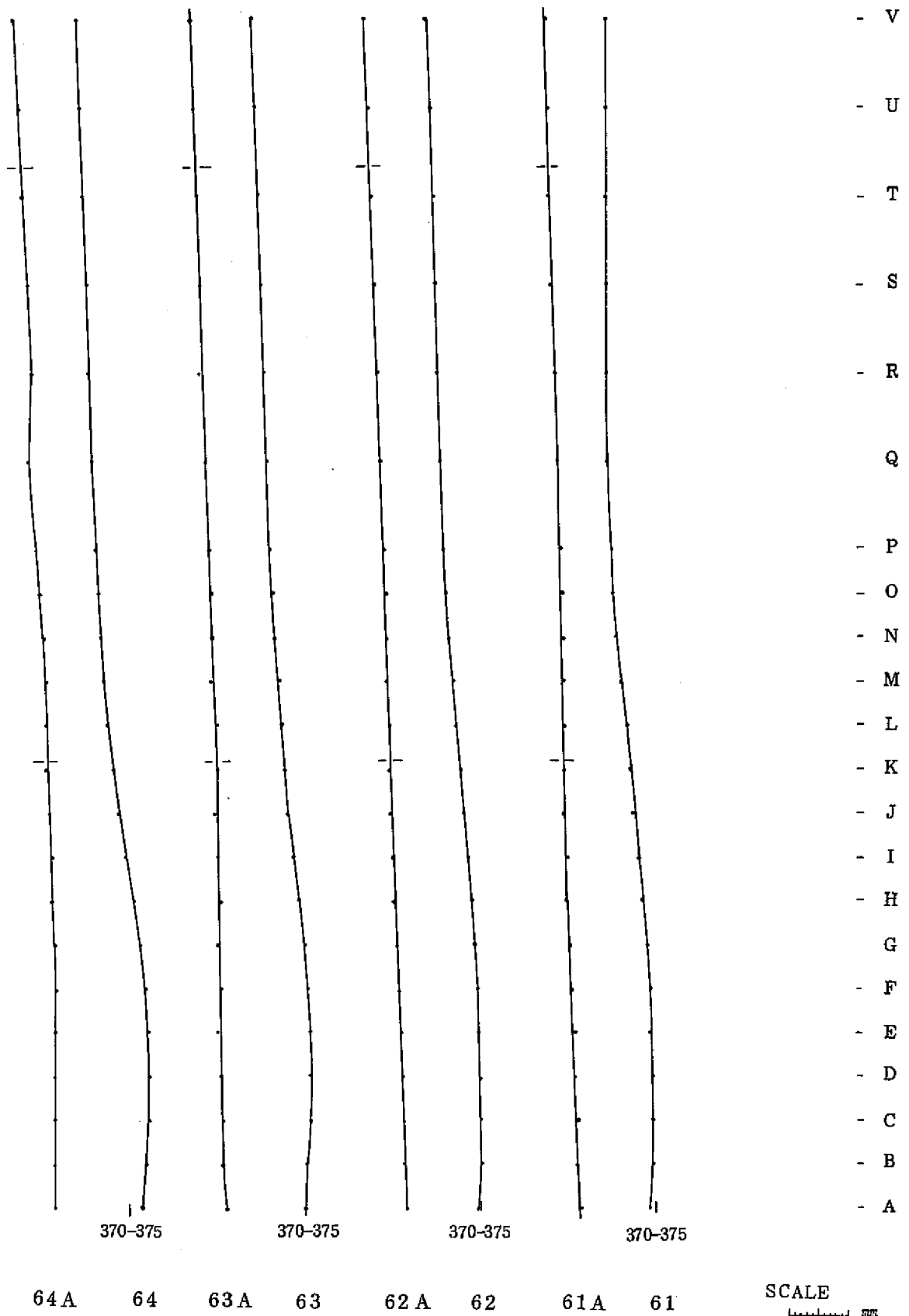


Fig. 4.3.2(f) 伝熱管真直度(周方向)

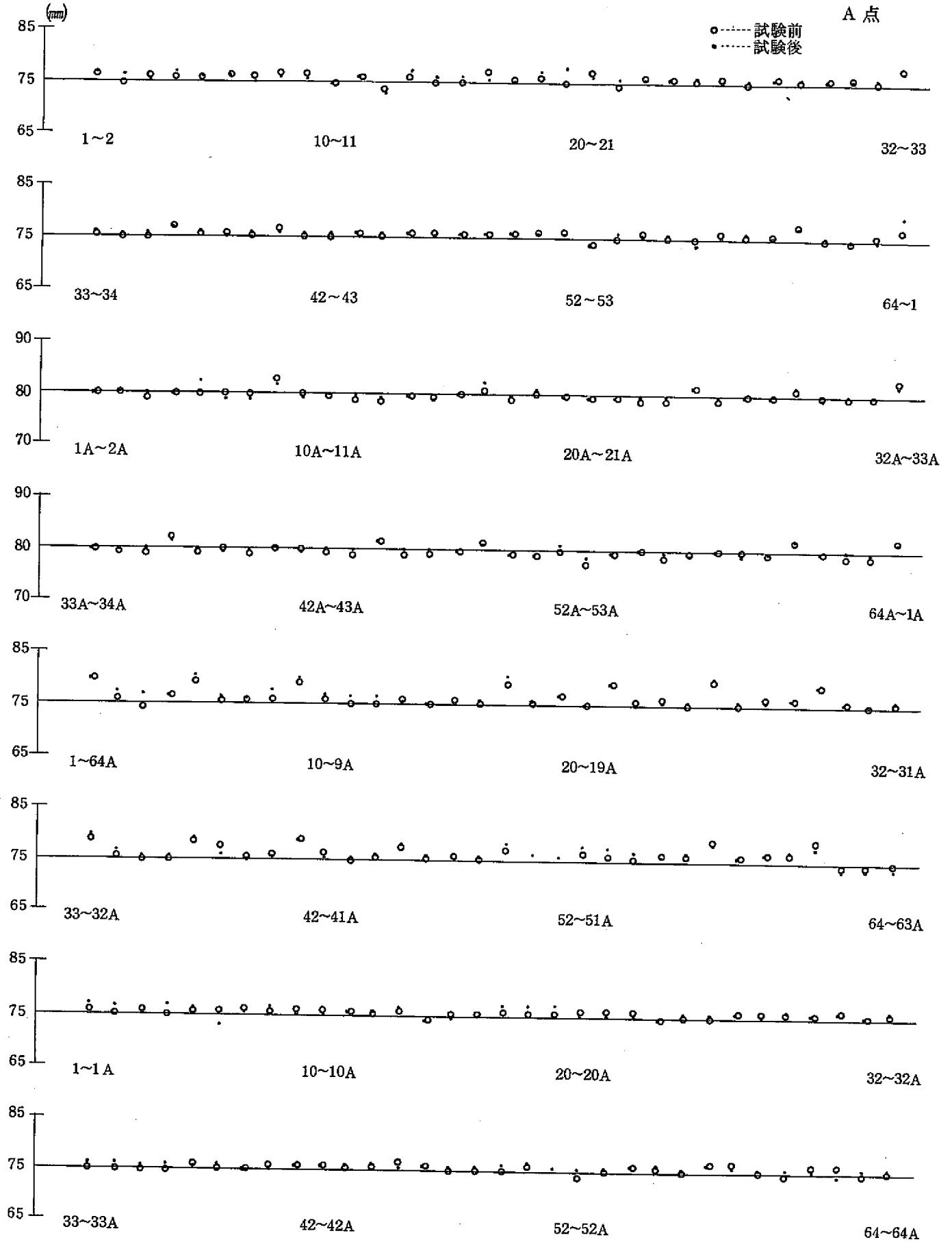


Fig. 4.4.1(a) 伝熱管ピッチ

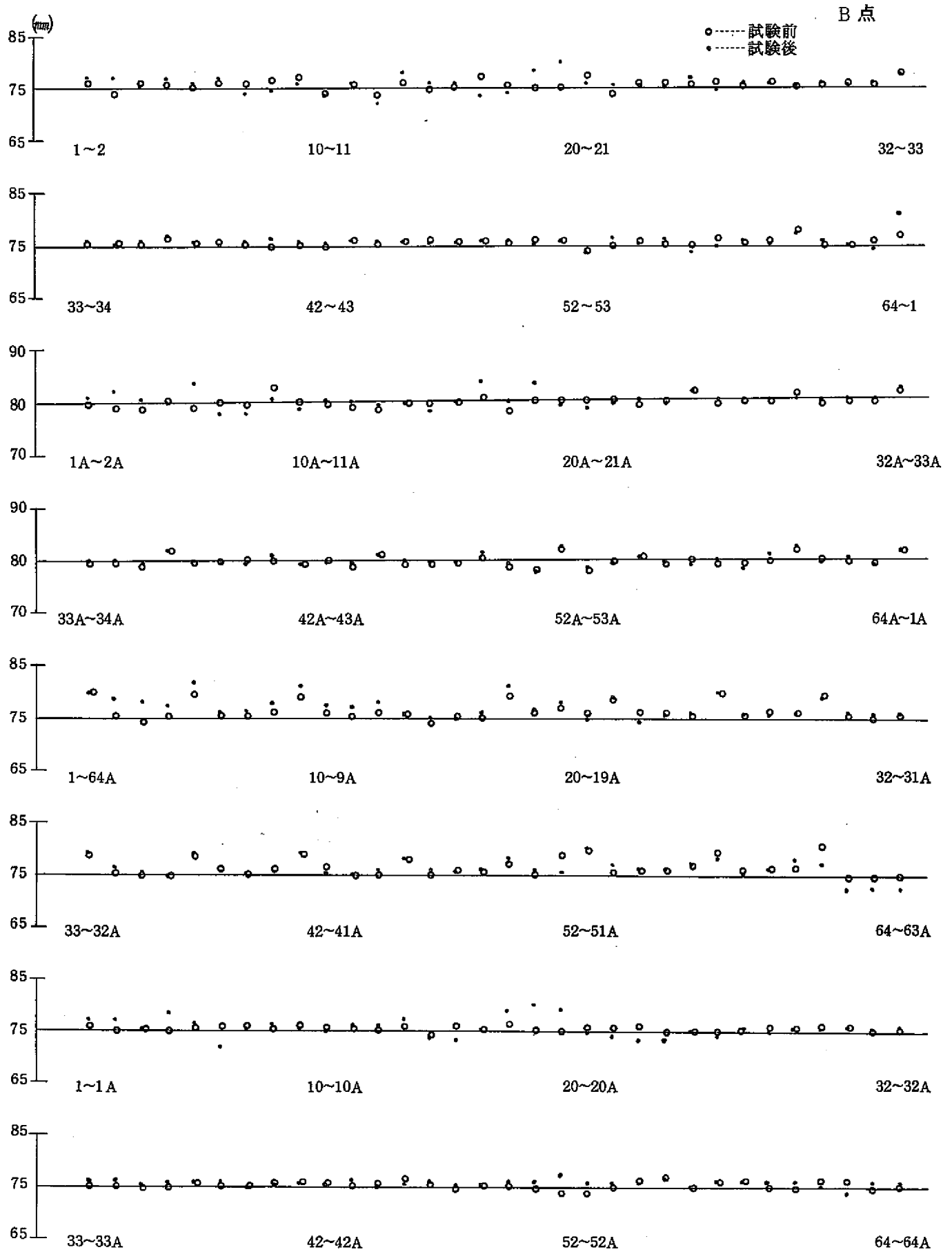


Fig. 4.4.1 (b) 伝熱管ピッチ

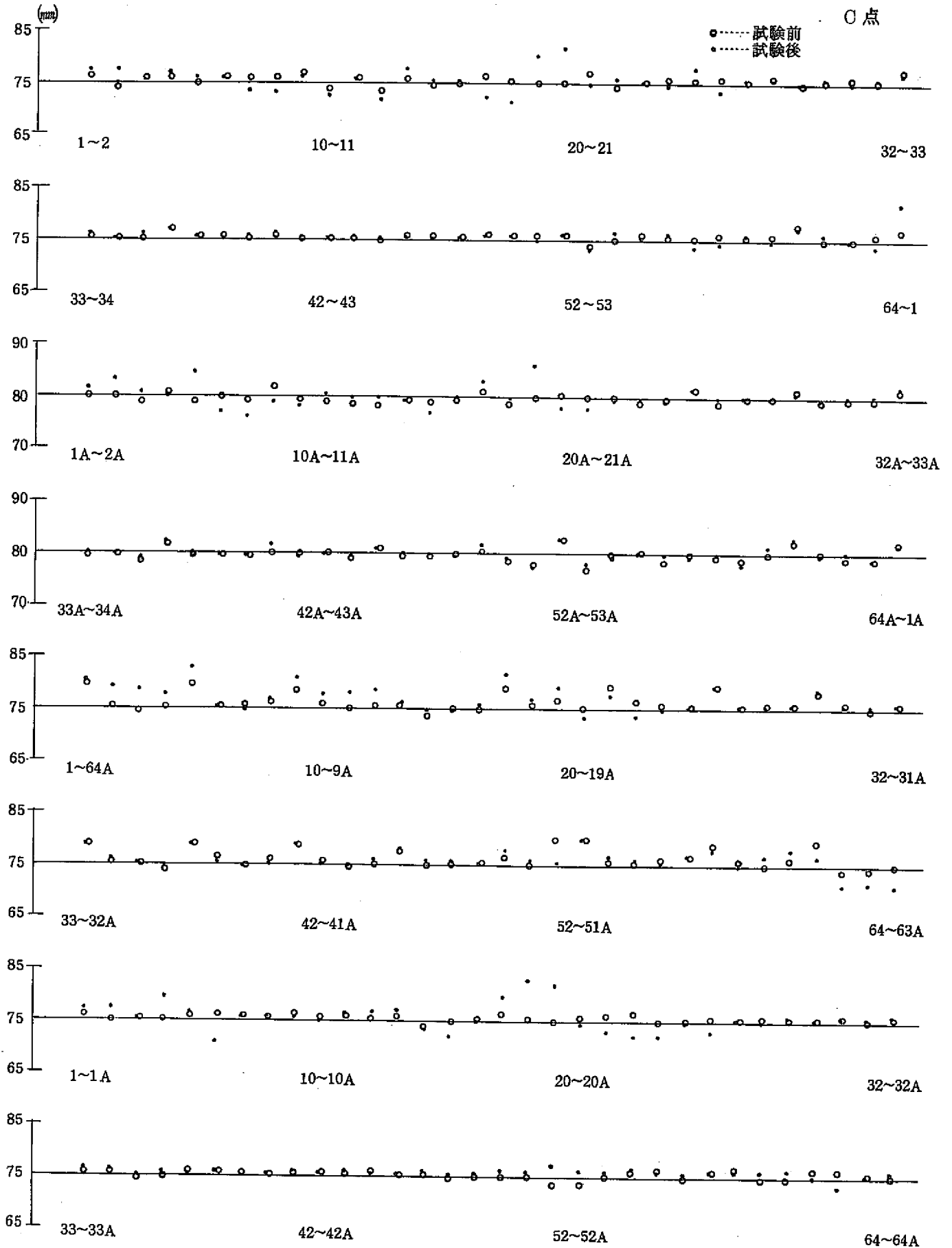


Fig. 4.4.1(c) 伝熱管ピッチ

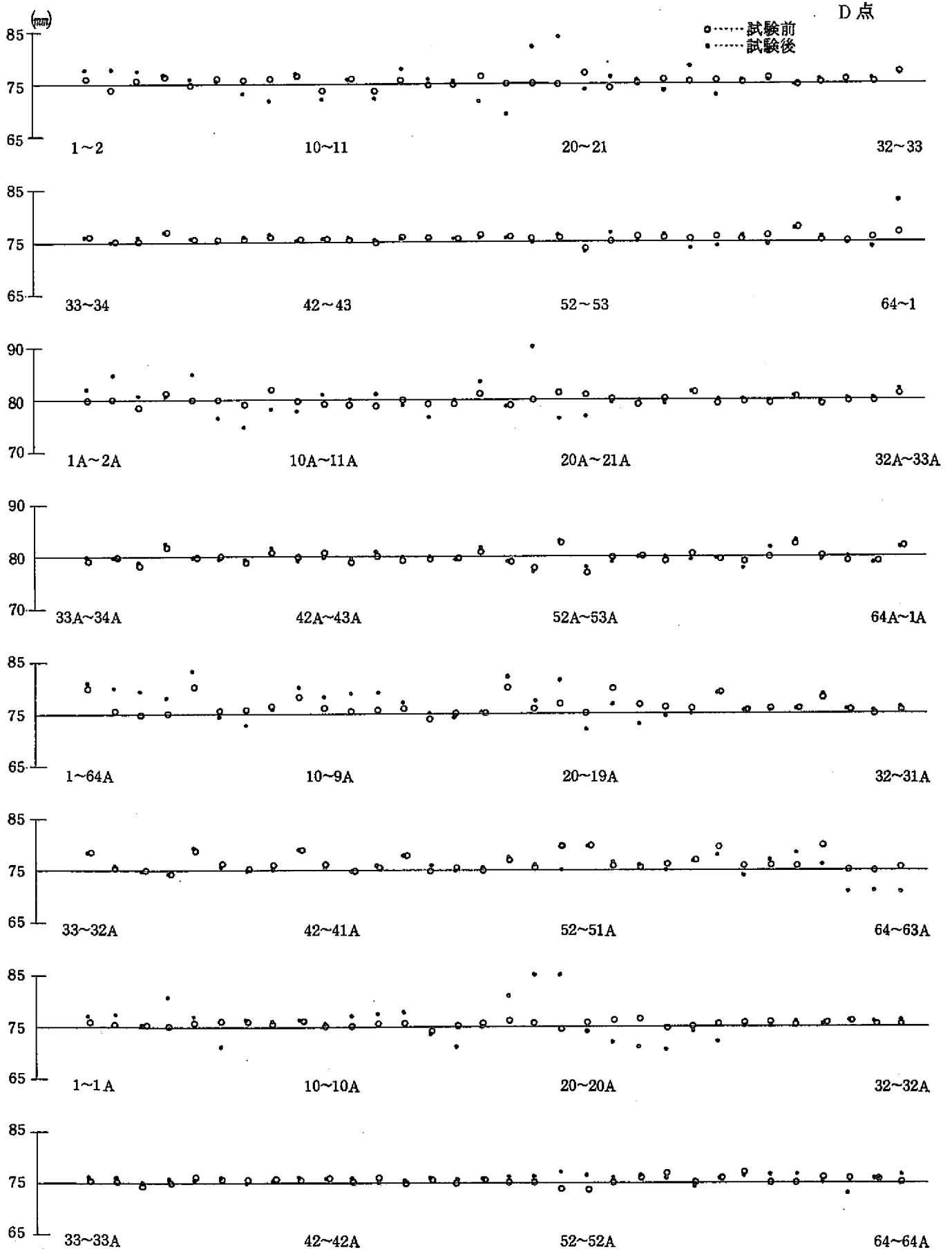


Fig. 4.4.1(d) 伝熱管ピッチ

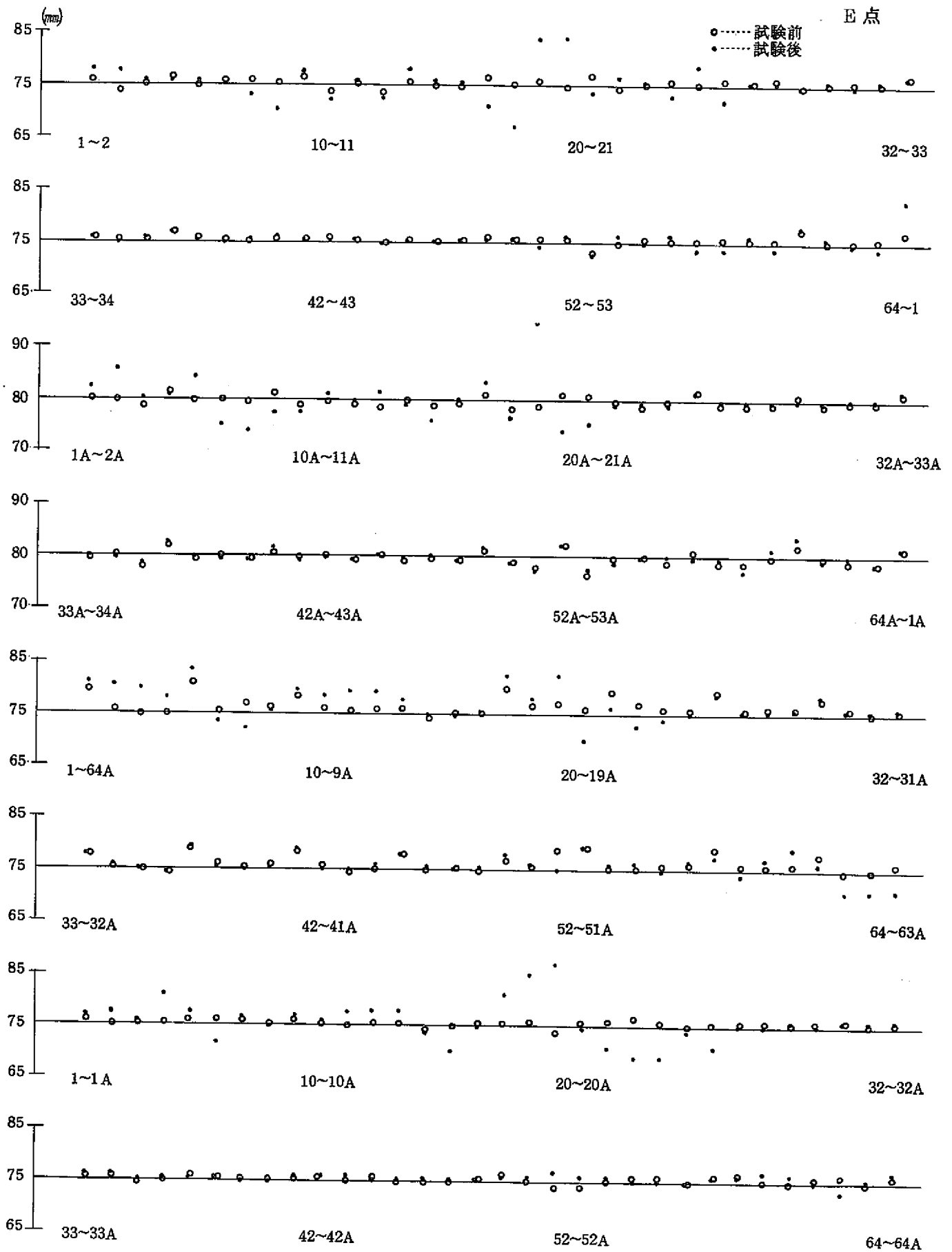


Fig. 4.4.1(e) 伝熱管ピッチ

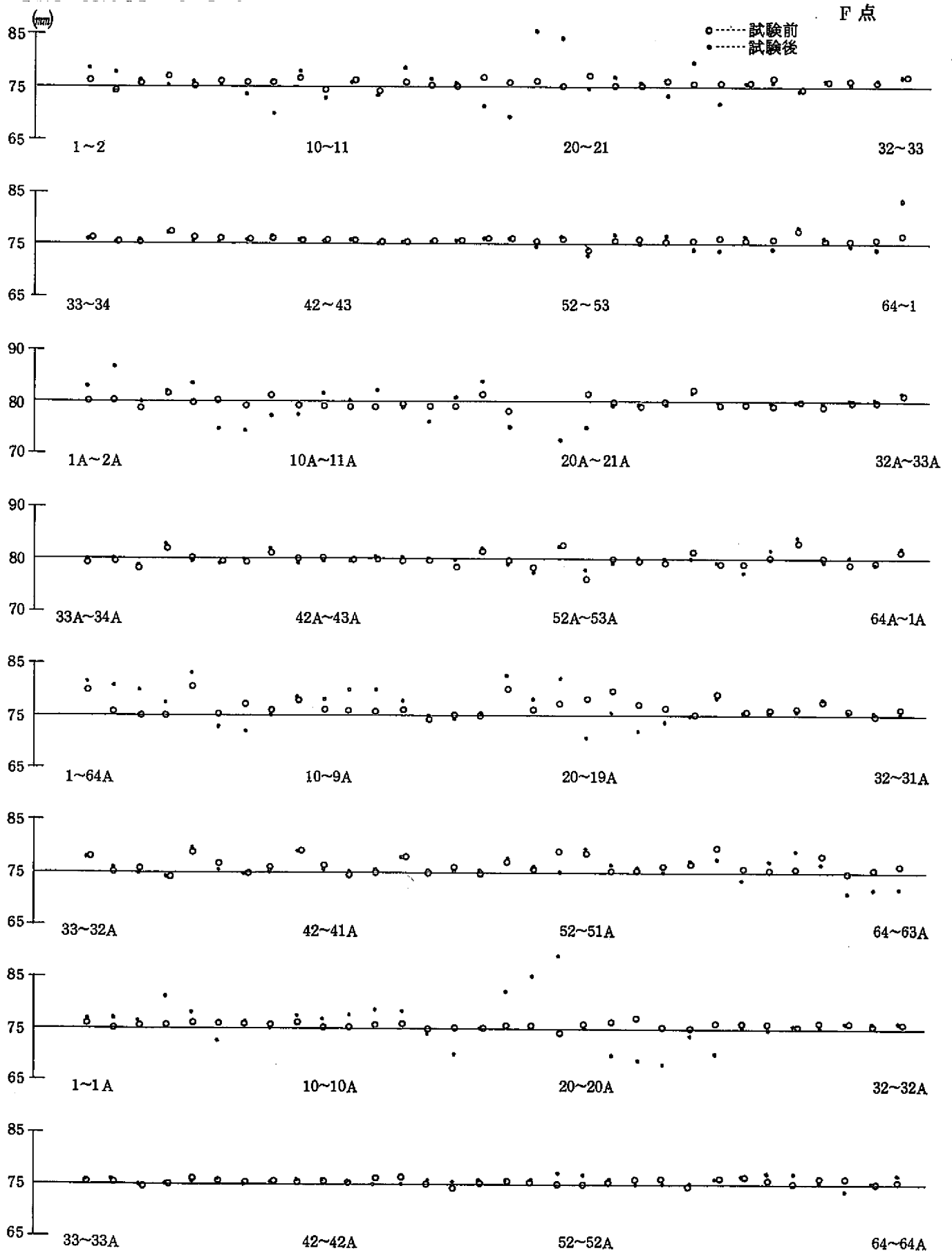


Fig. 4.4.1(f) 伝熱管ピッチ

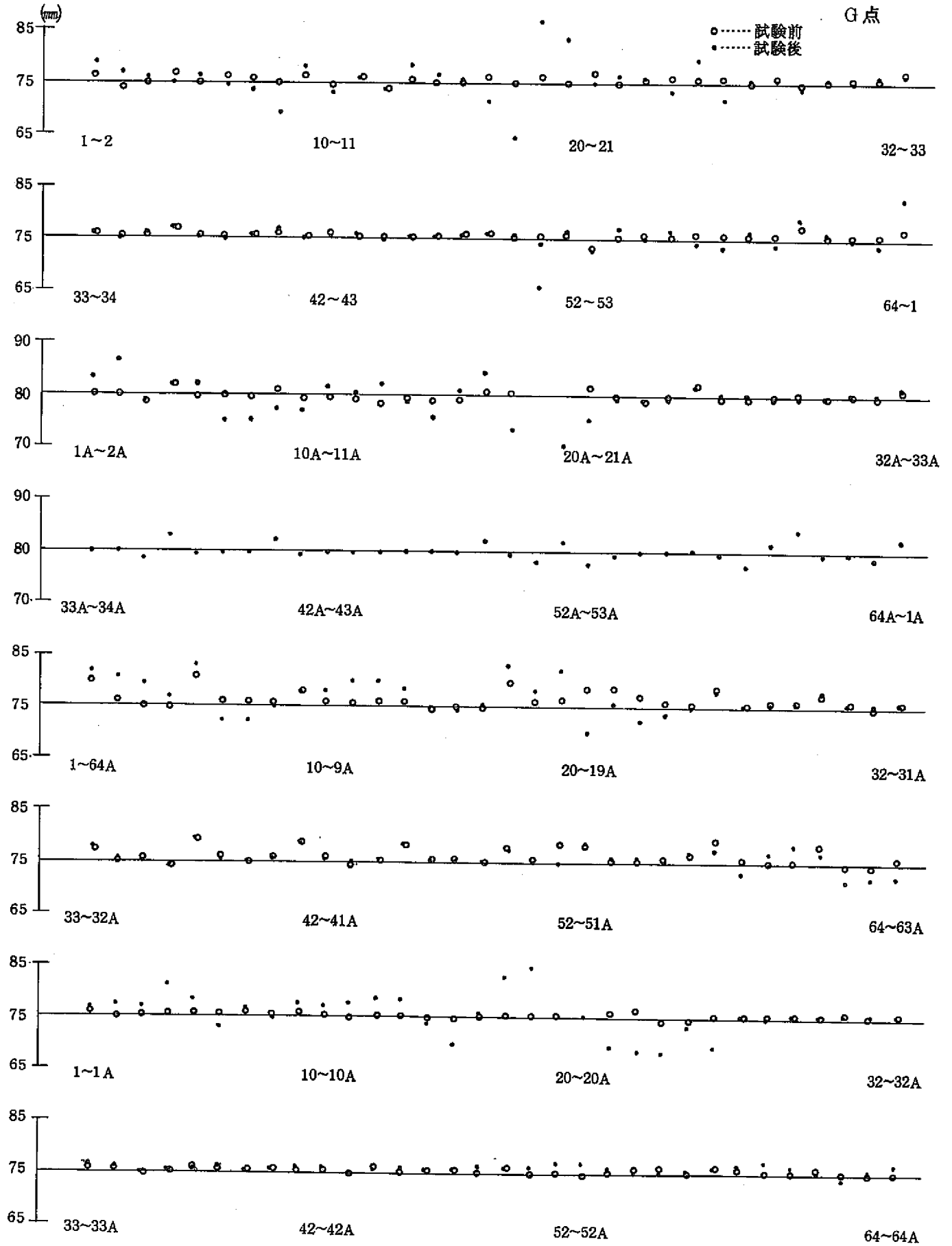


Fig. 4.4.1(g) 伝熱管ピッチ

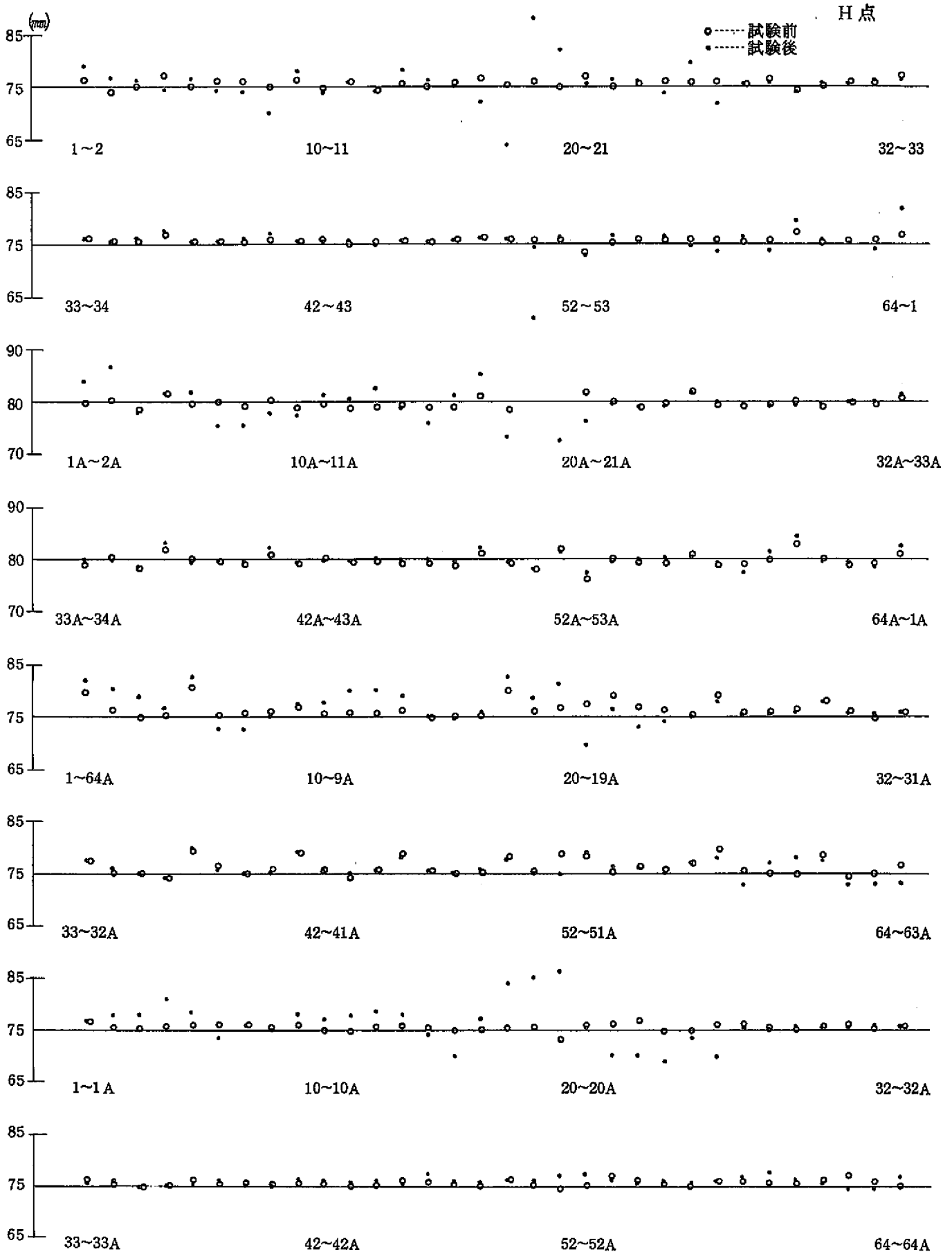


Fig. 4.4.1 (h) 伝熱管ピッチ

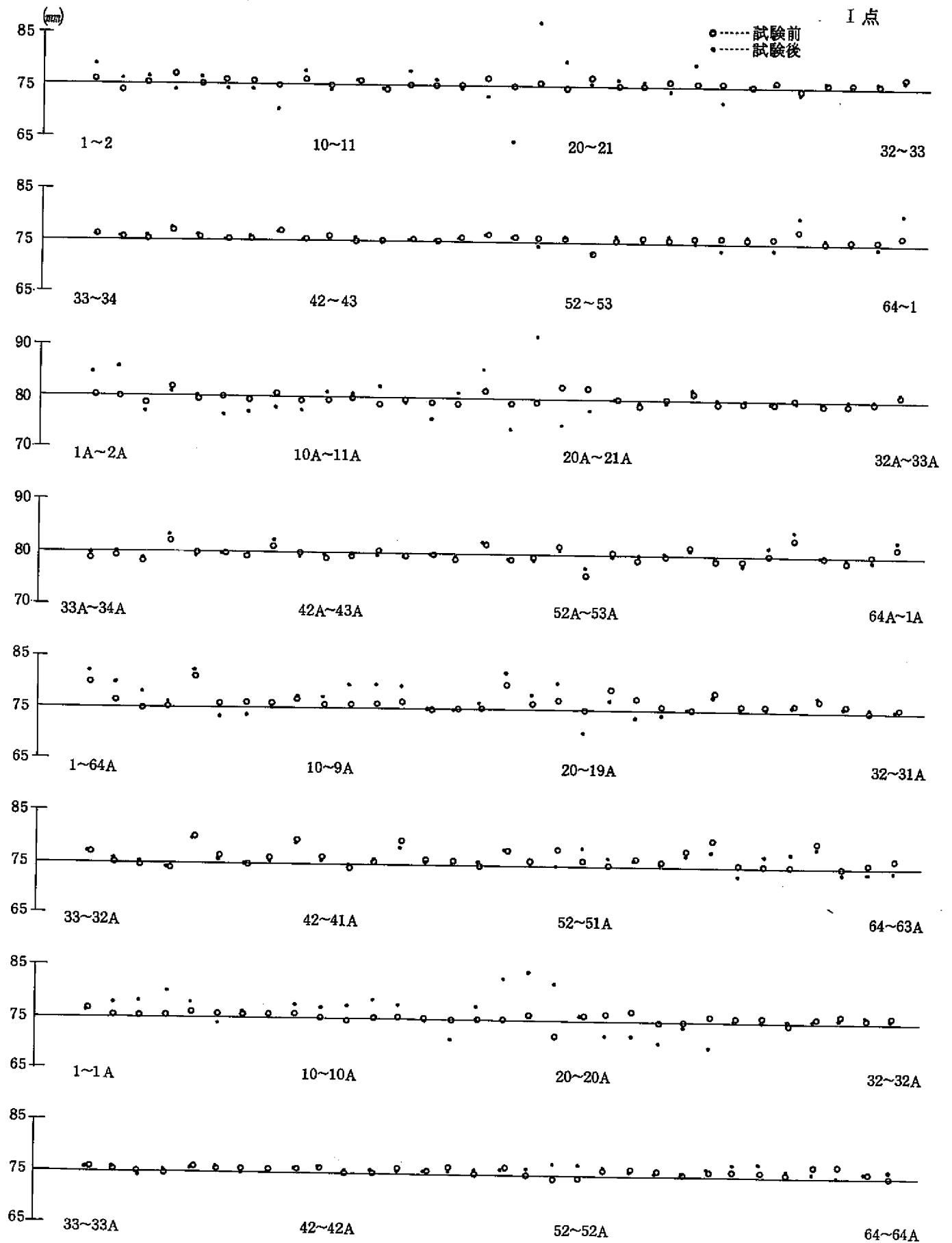


Fig. 4.4.1 (i) 伝熱管ピッチ

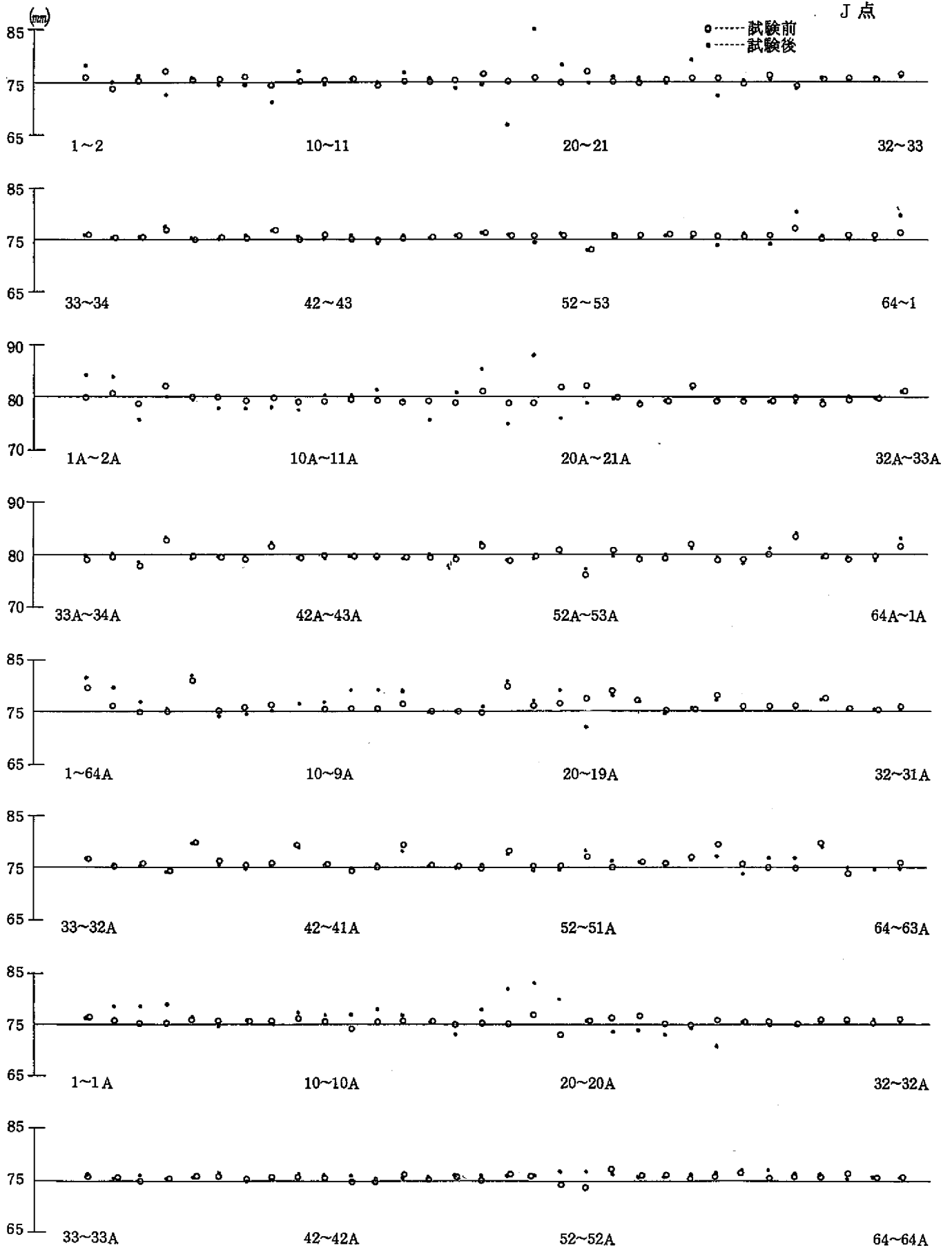


Fig. 4.4.1(j) 伝熱管ピッチ

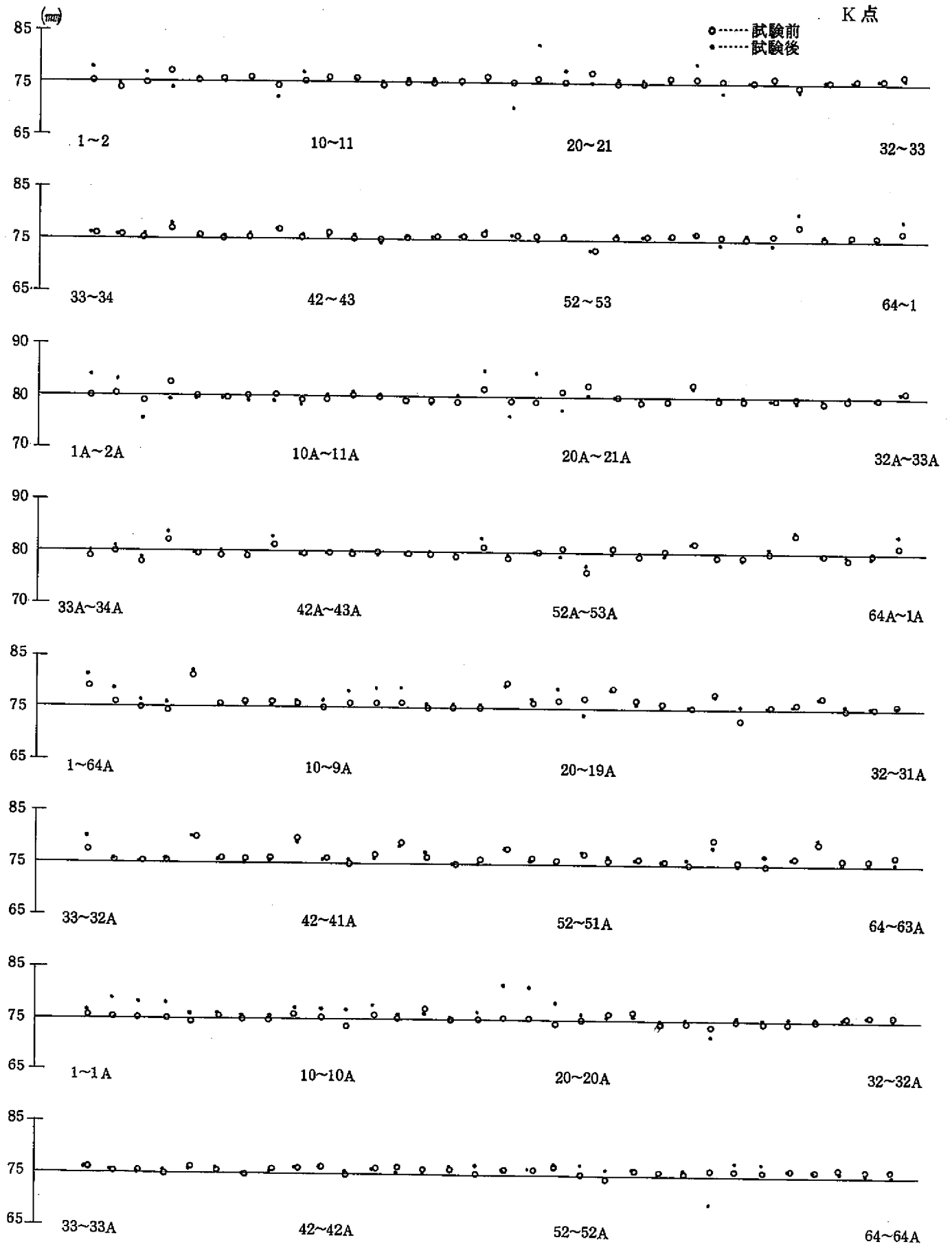


Fig. 4.4.1(k) 伝熱管ピッチ

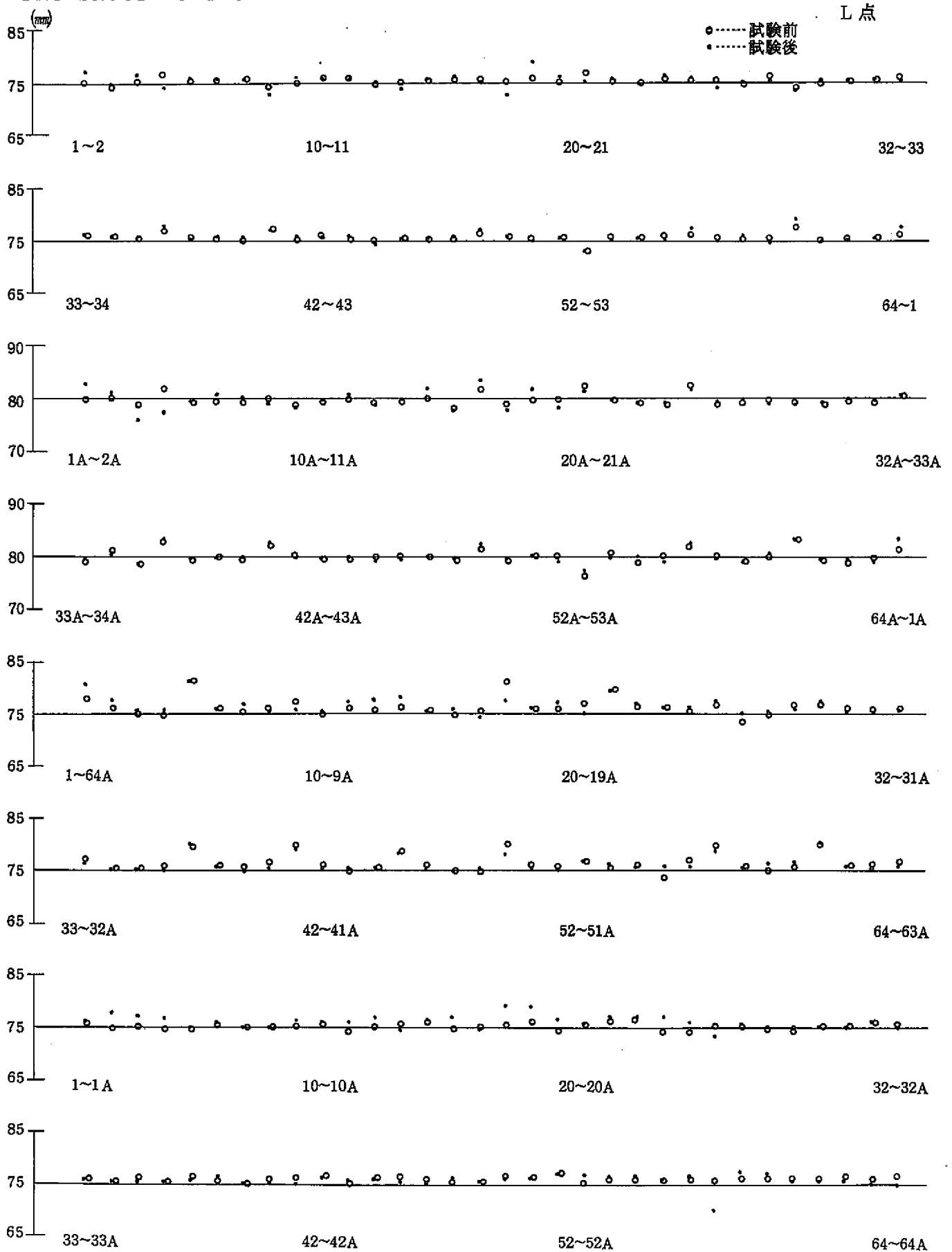


Fig. 4.4.1 (I) 伝熱管ピッチ

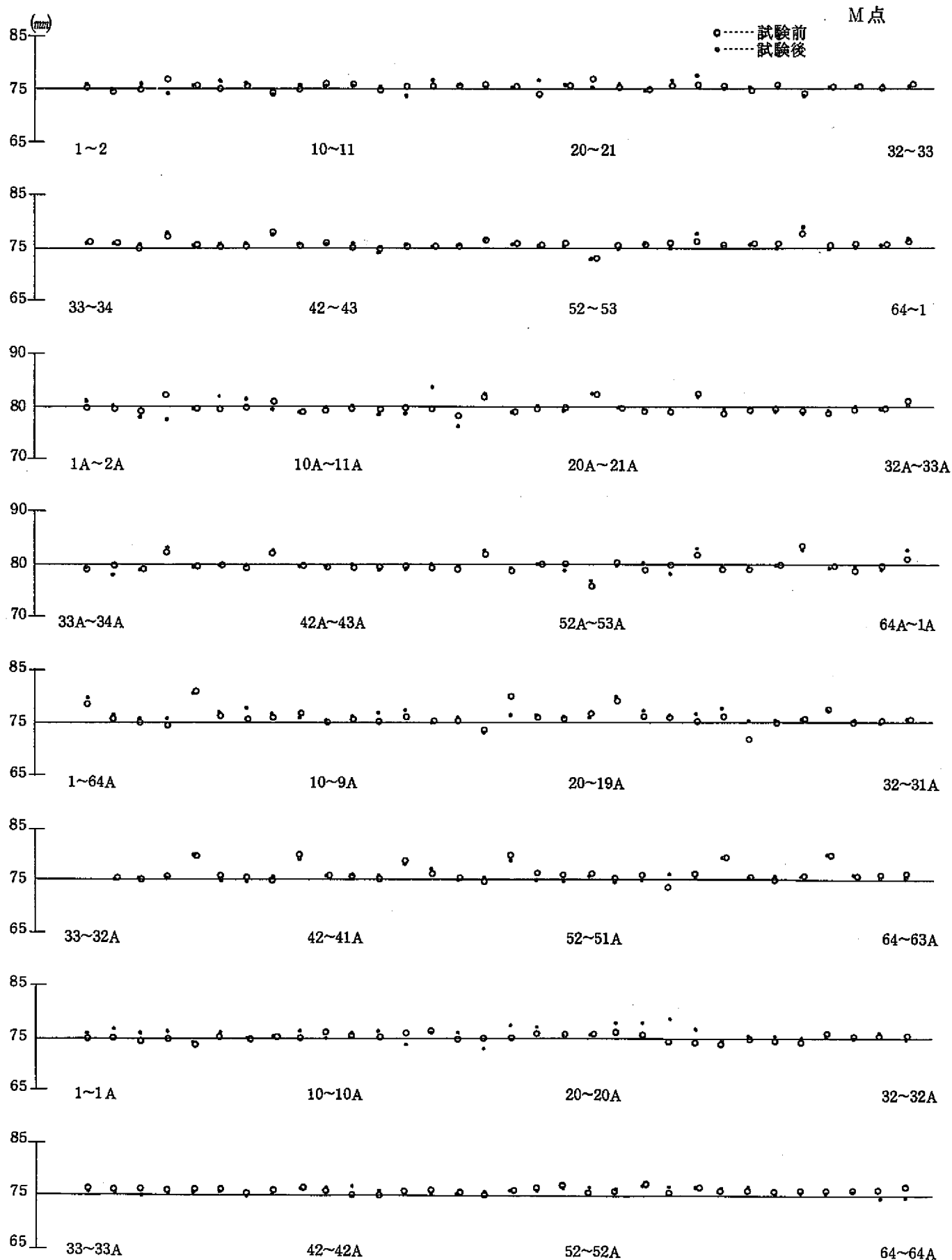


Fig. 4.4.1 (n) 伝熱管ピッチ

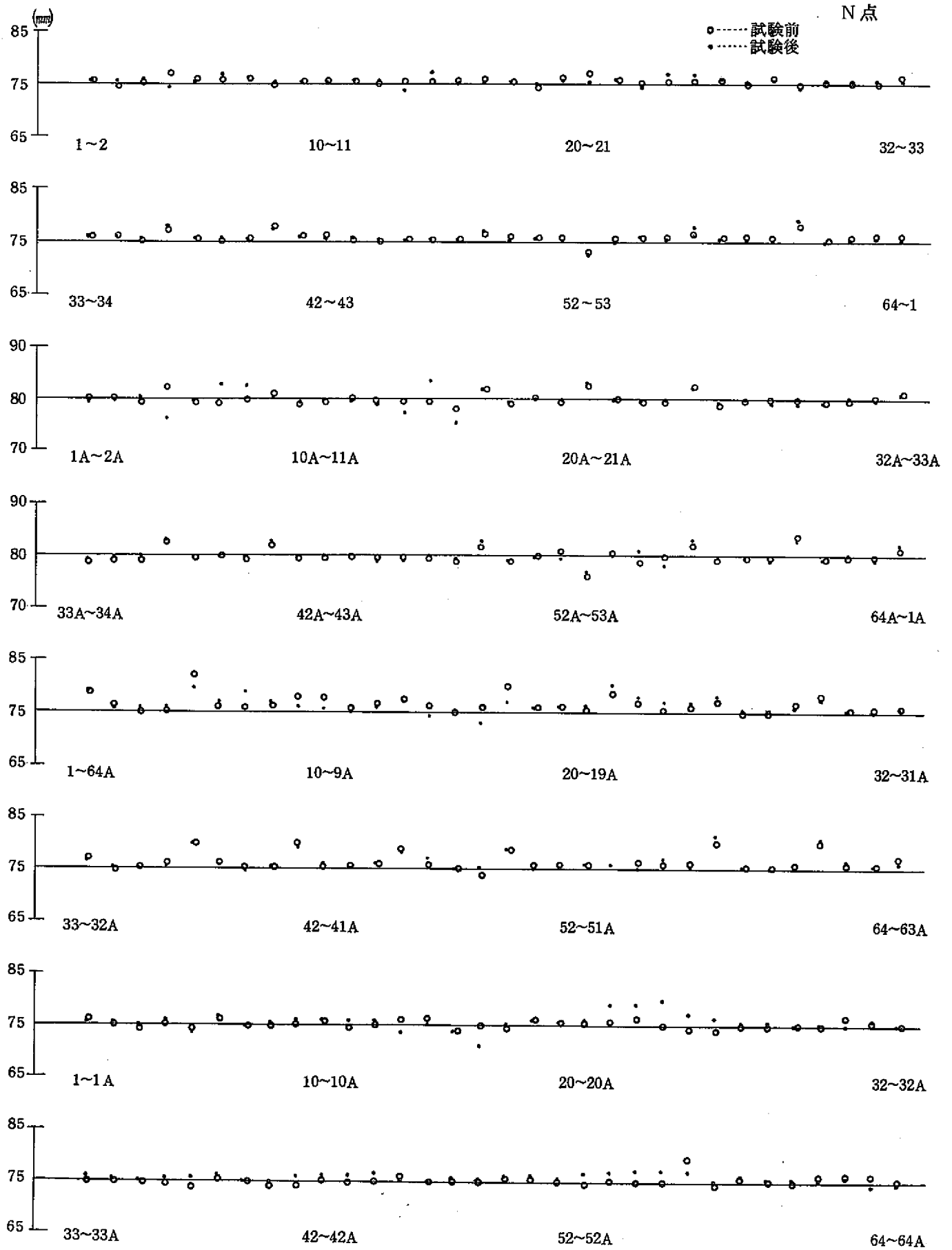


Fig. 4.4.1 (n) 伝熱管ピッチ

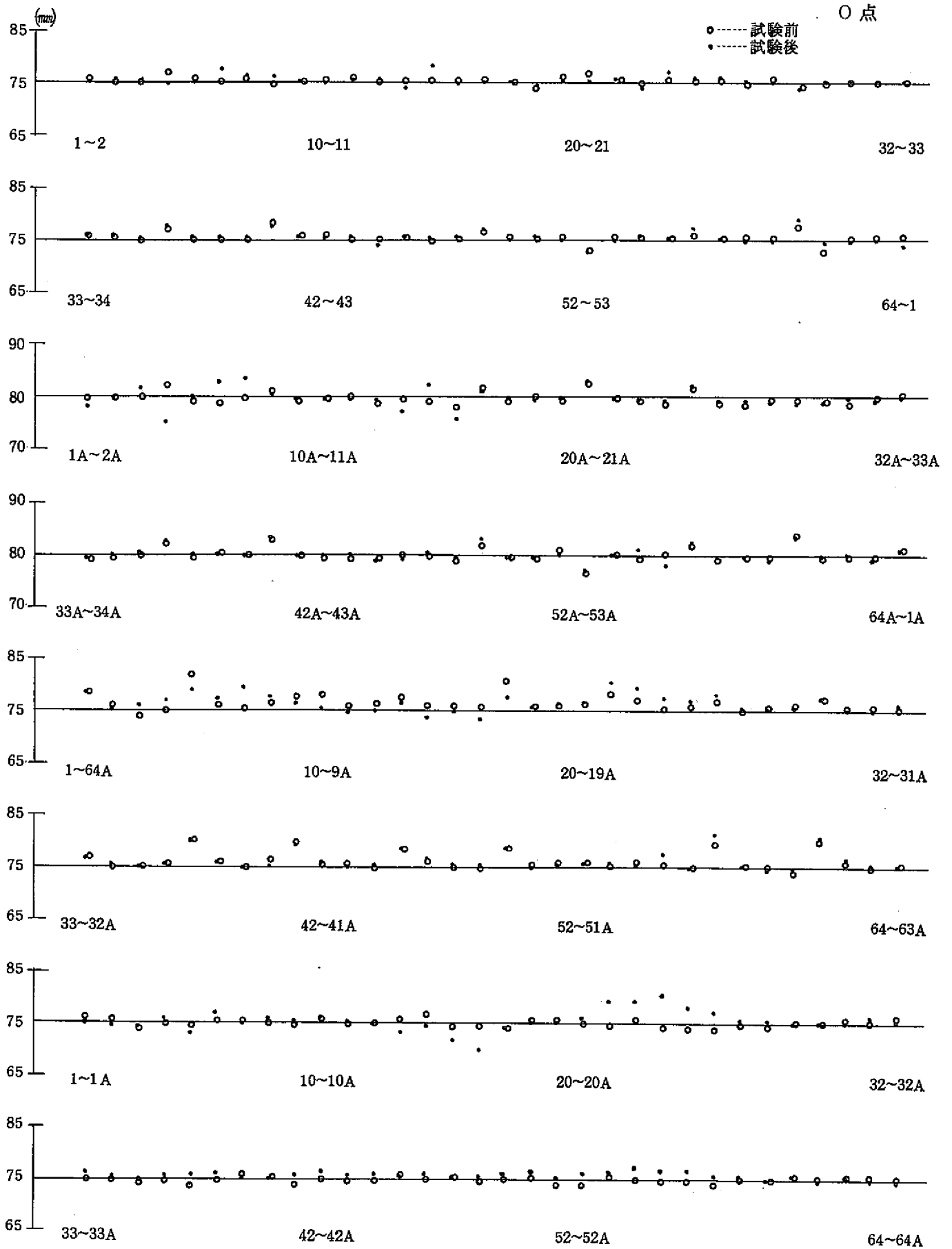


Fig. 4.4.1 (o) 伝熱管ピッチ

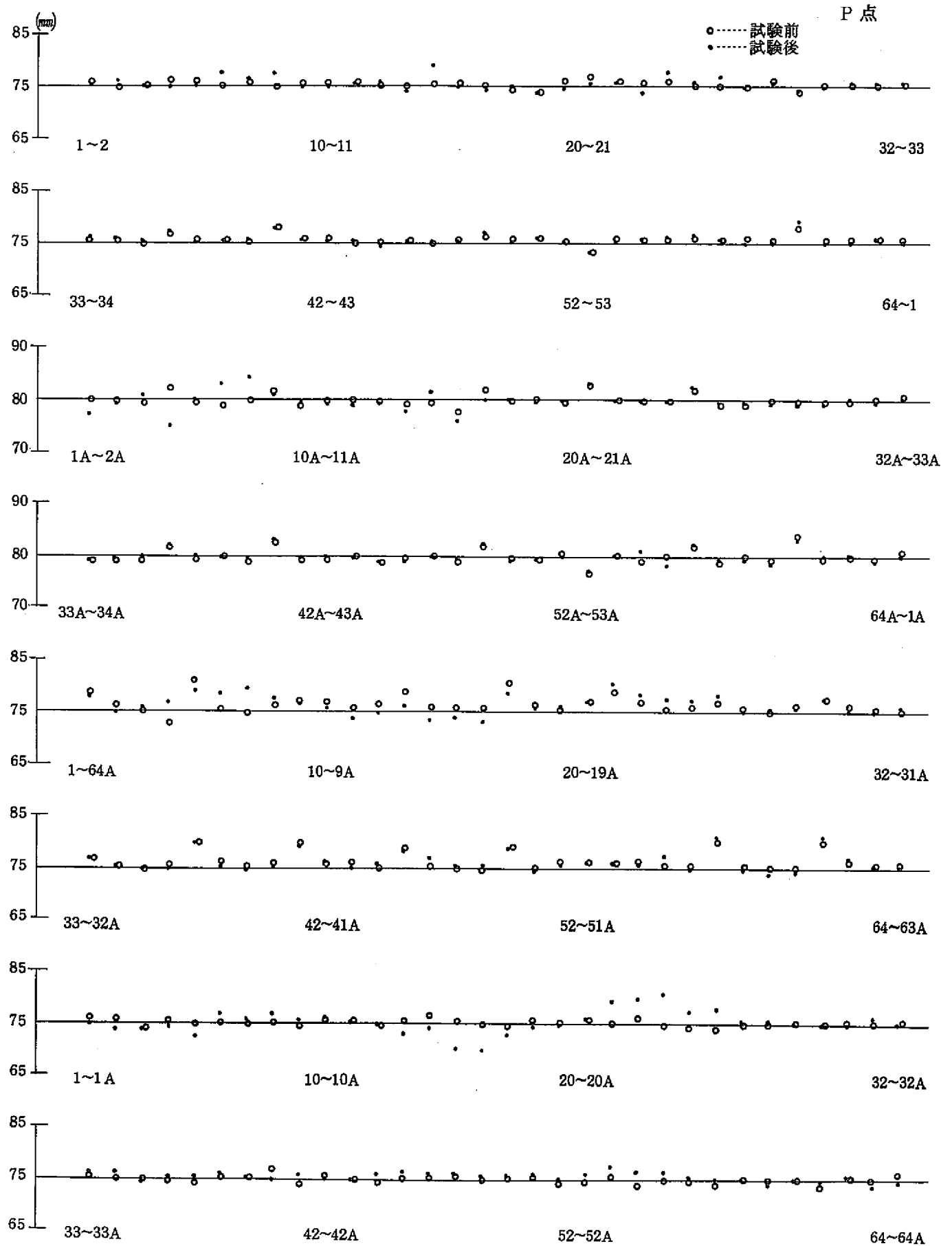


Fig. 4.4.1 (p) 伝熱管ピッチ

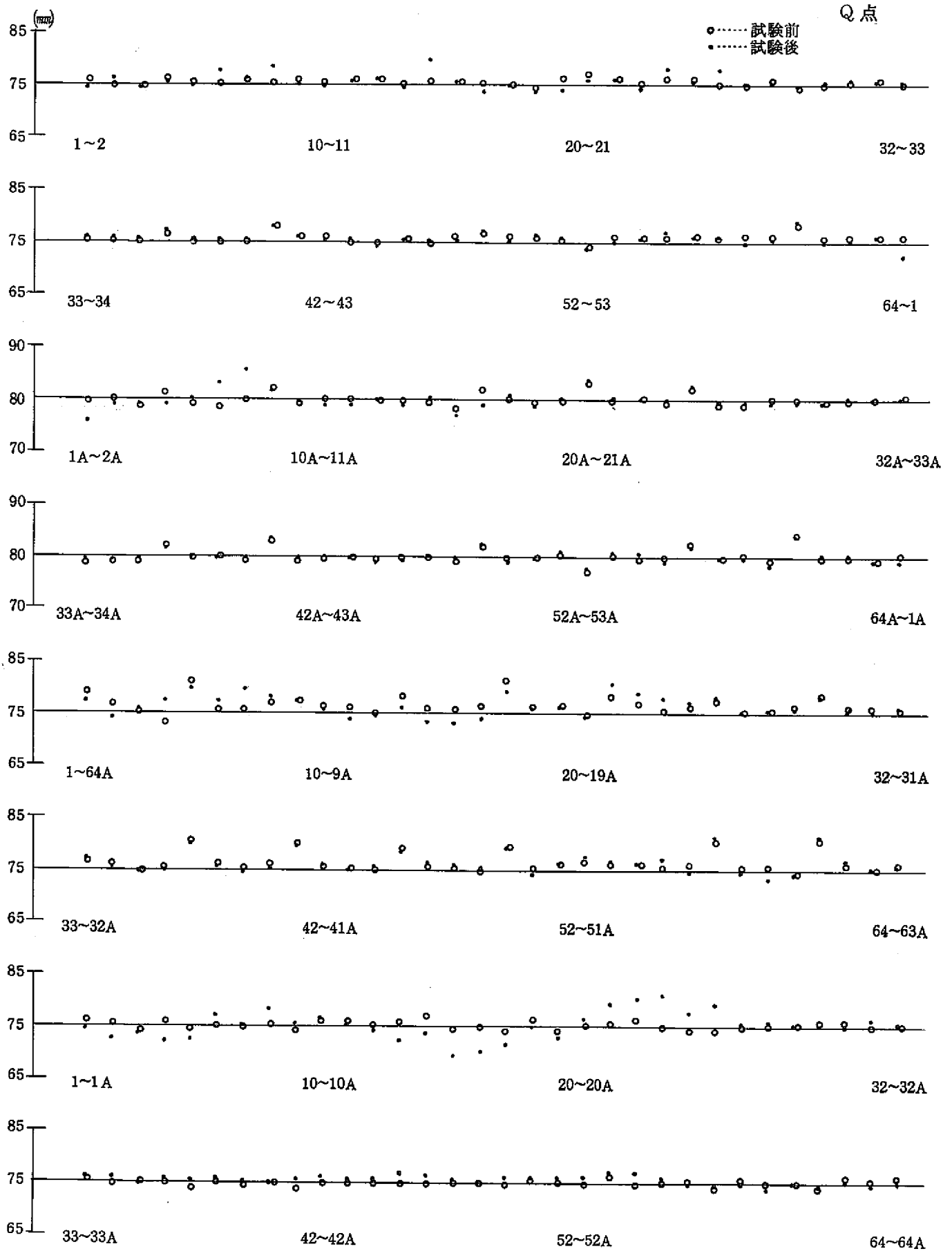


Fig. 4.4.1 (q) 伝熱管ピッチ

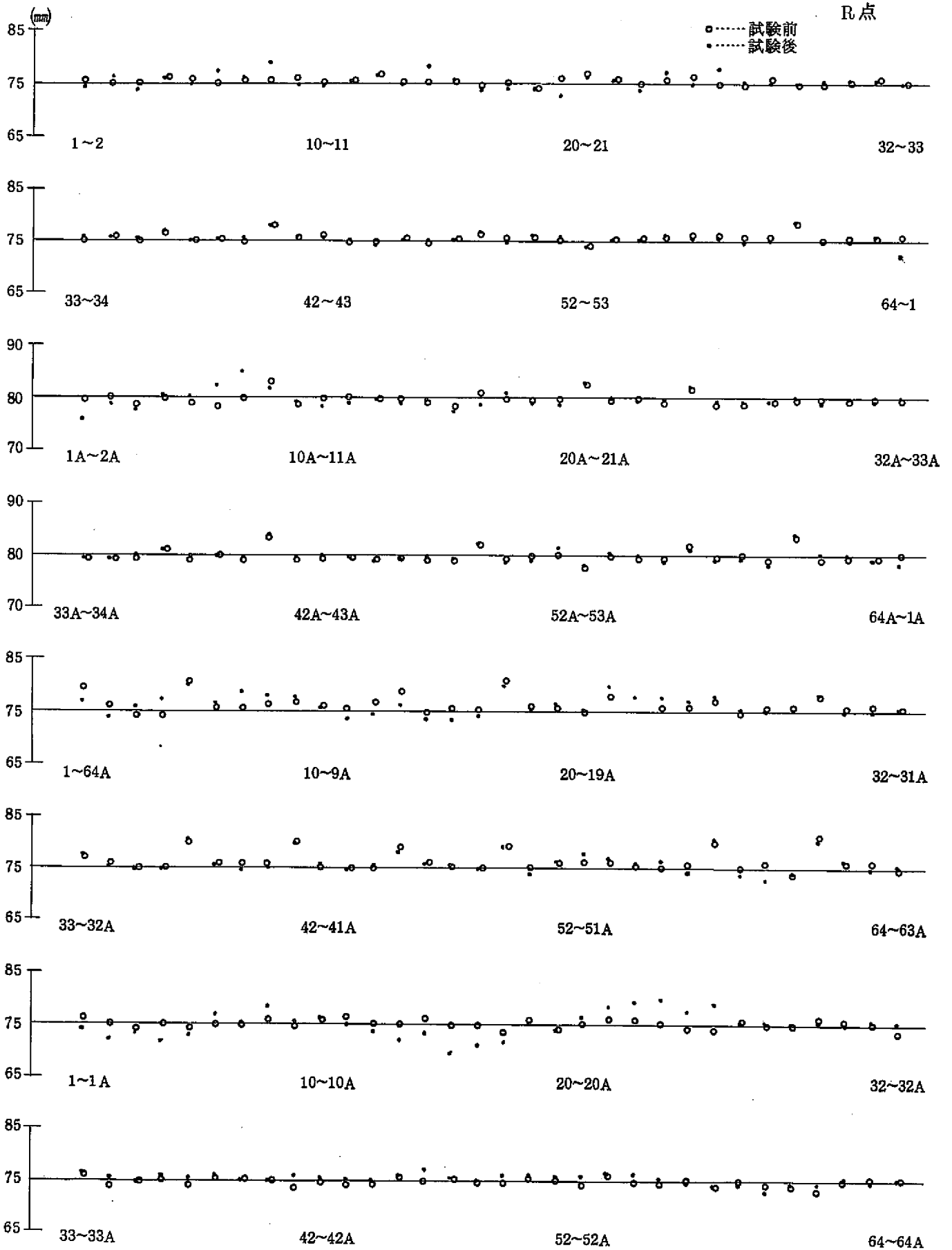


Fig. 4.4.1 (r) 伝熱管ピッチ

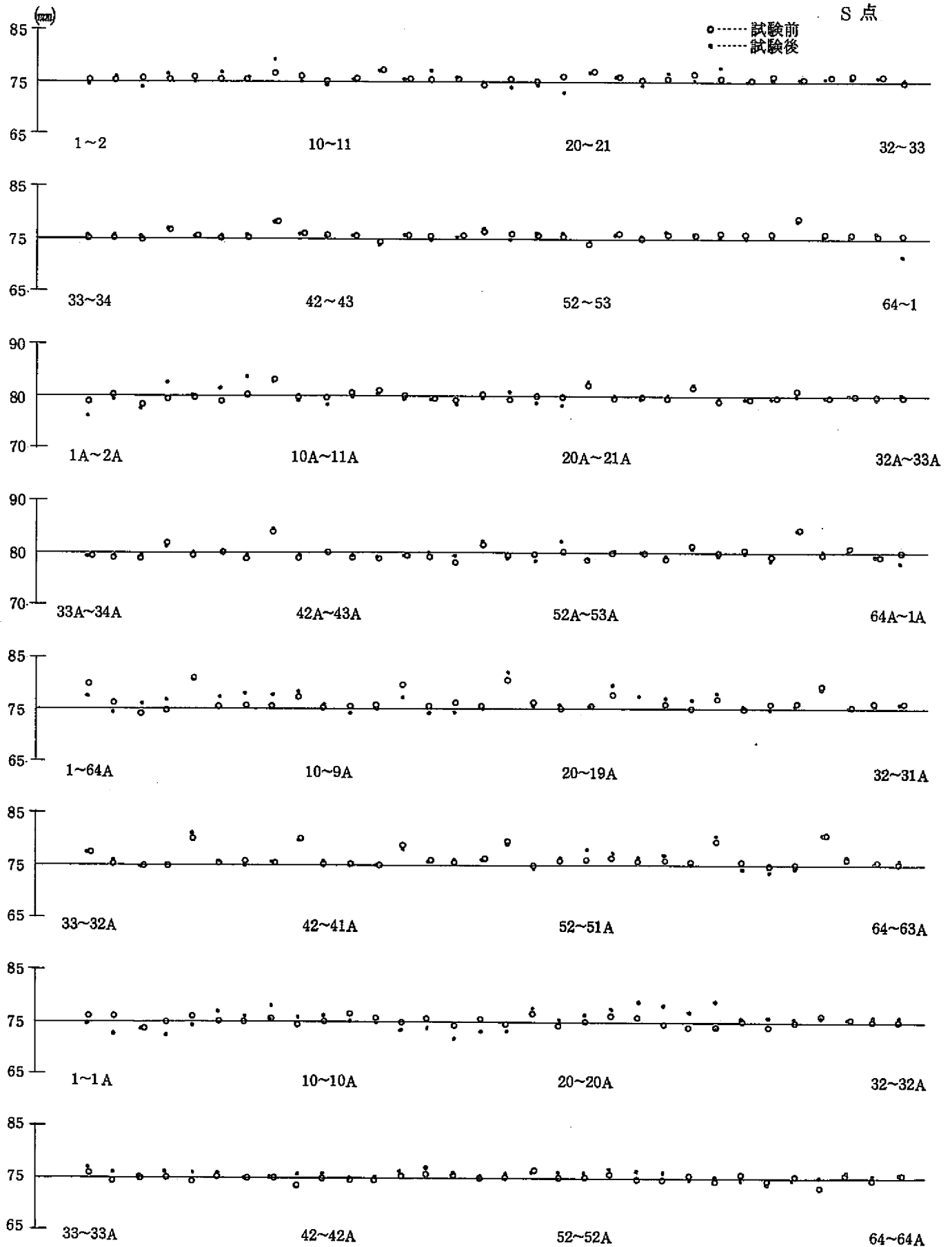


Fig. 4.4.1(s) 伝熱管ピッチ

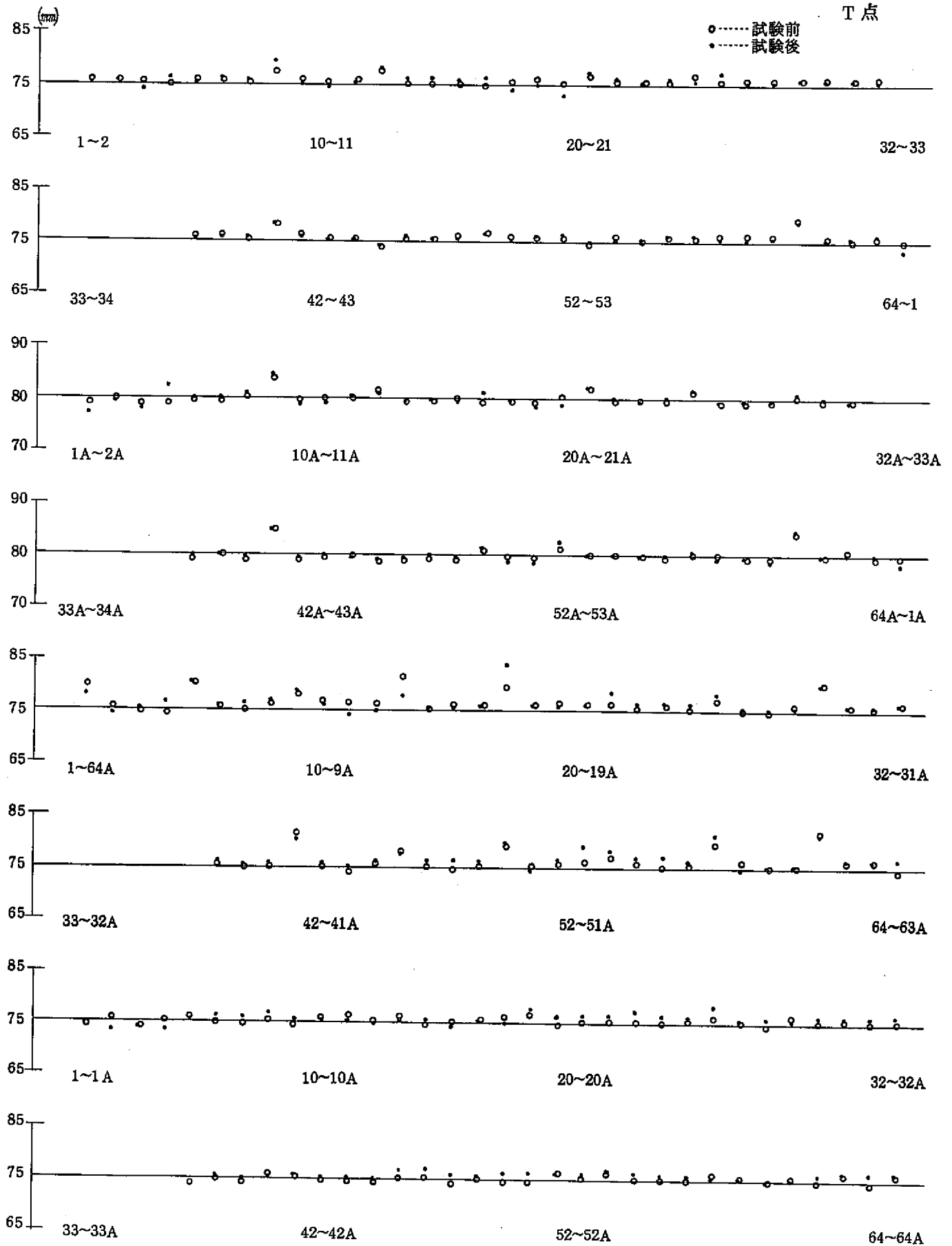


Fig. 4.4.1 (t) 伝熱管ピッチ

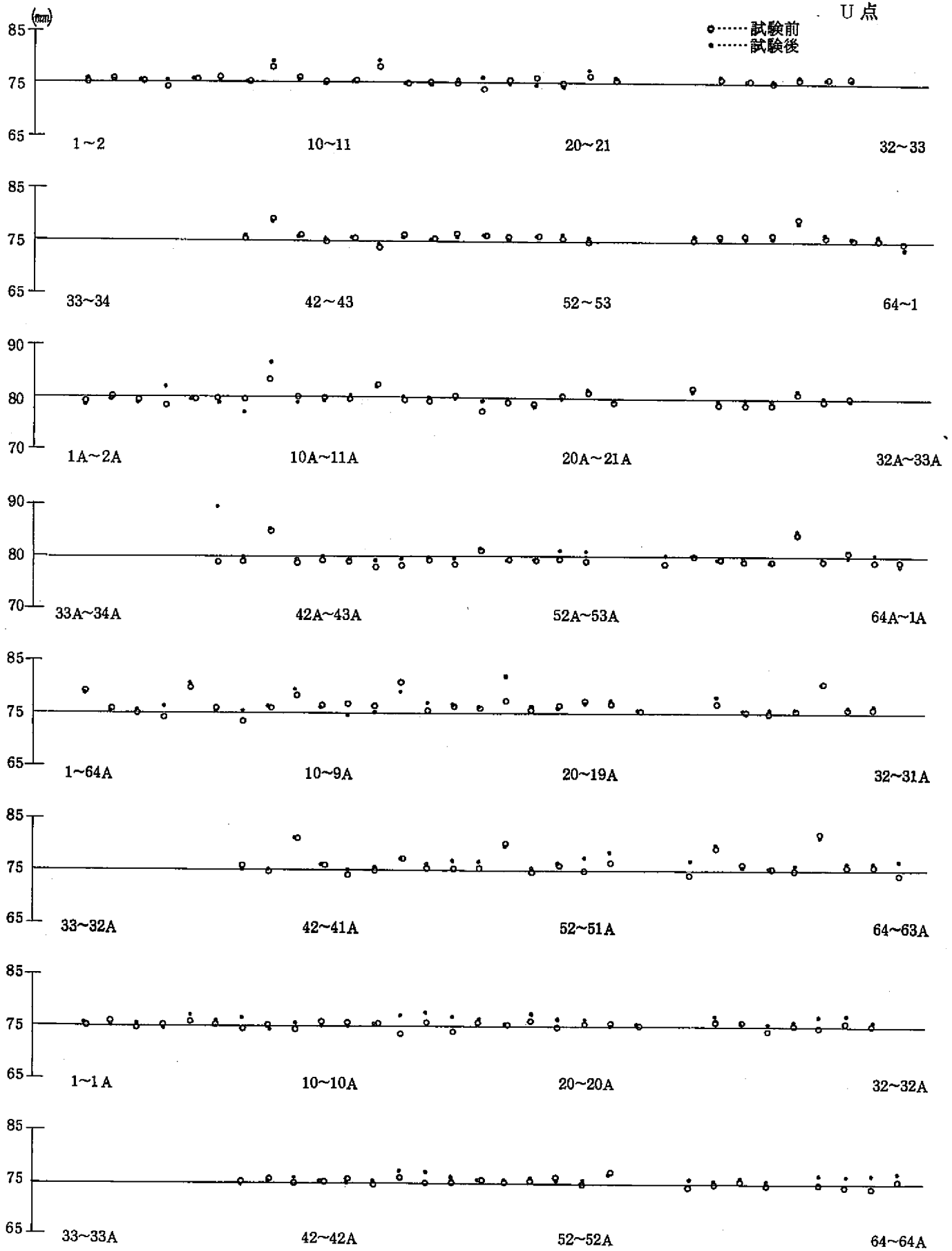


Fig. 4.4.1 (u) 伝熱管ピッチ

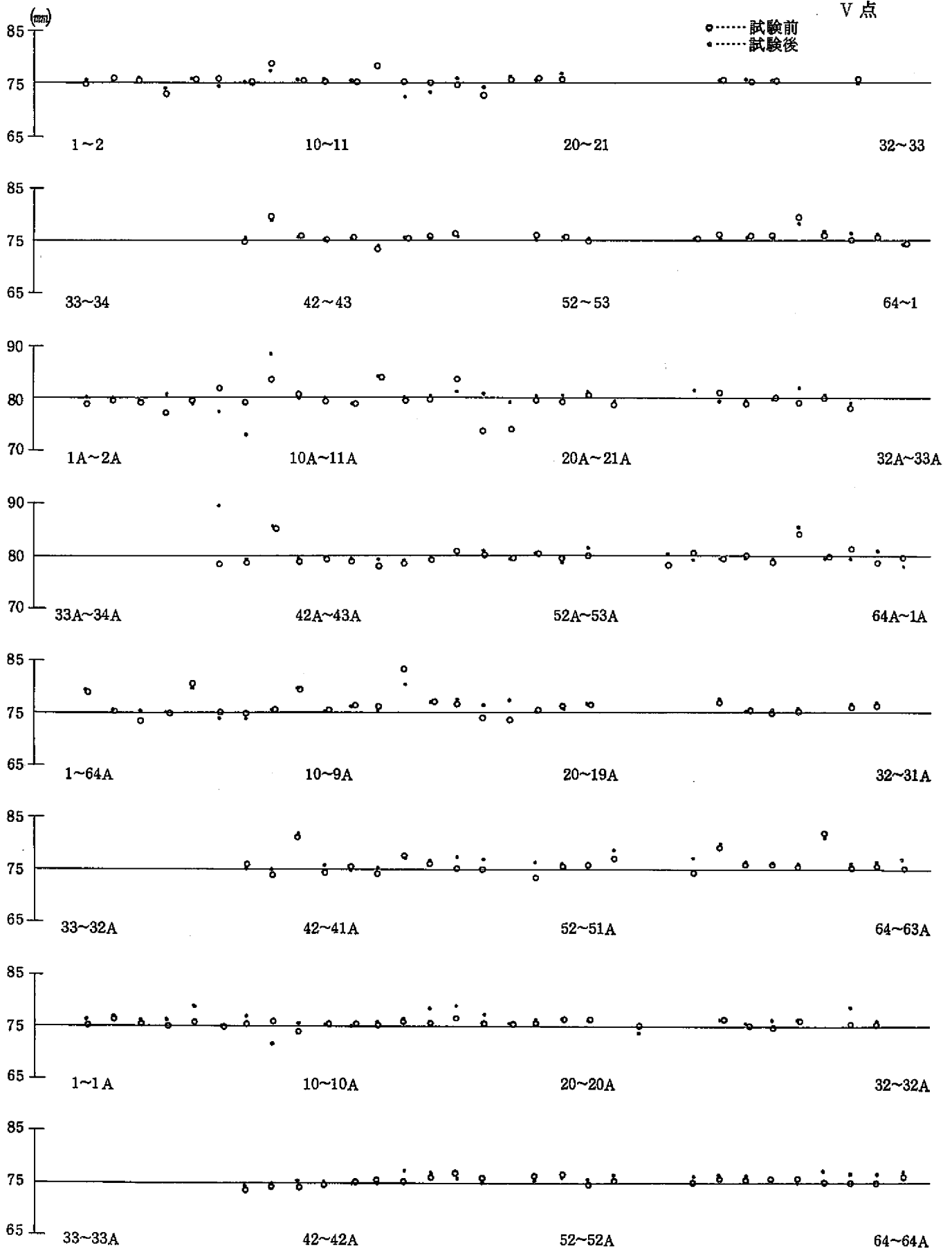


Fig. 4.4.1(v) 伝熱管ピッチ

○ Before
 ● After

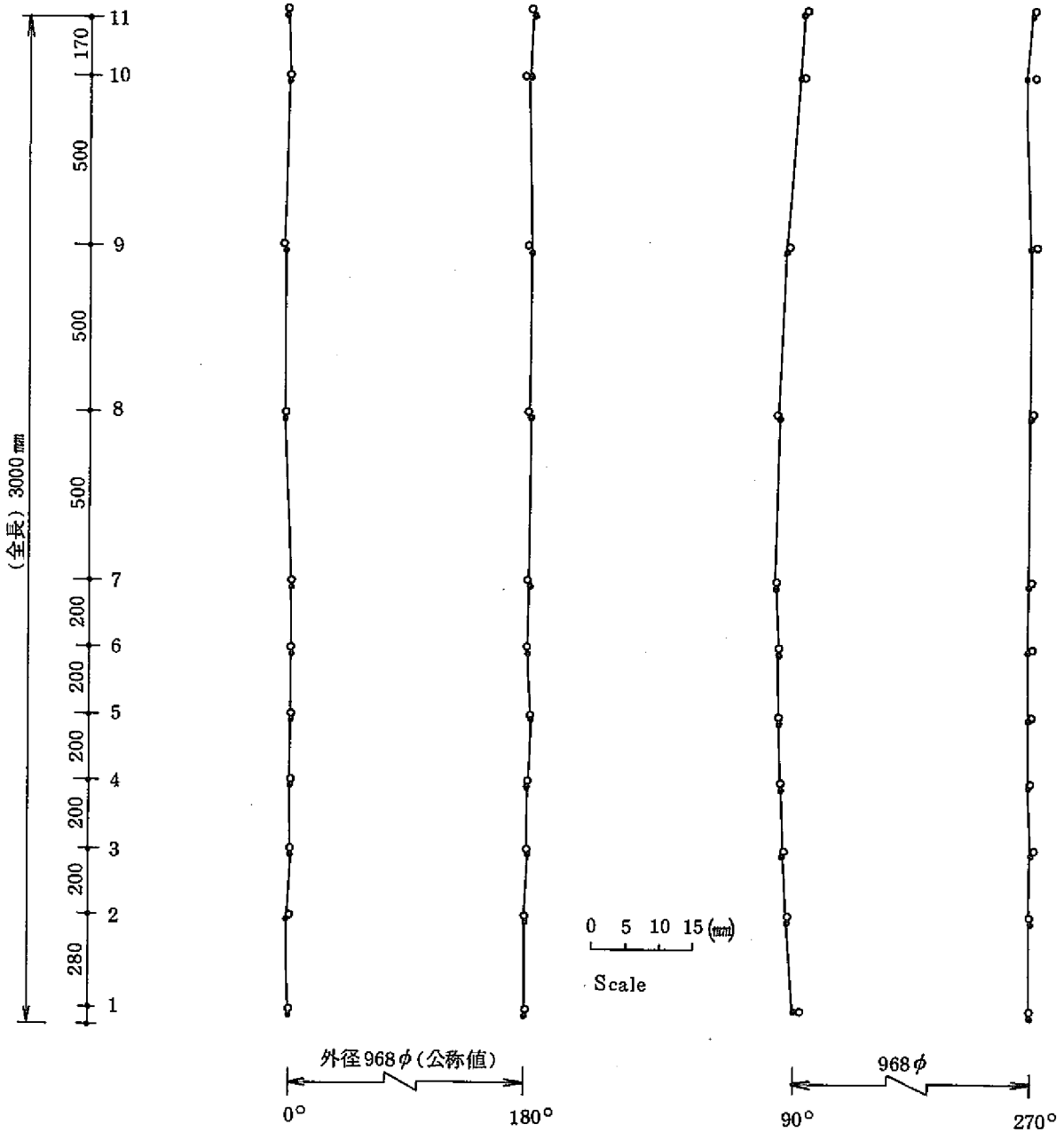


Fig. 4.5.1 シュラウド真直度

○ Before
● After

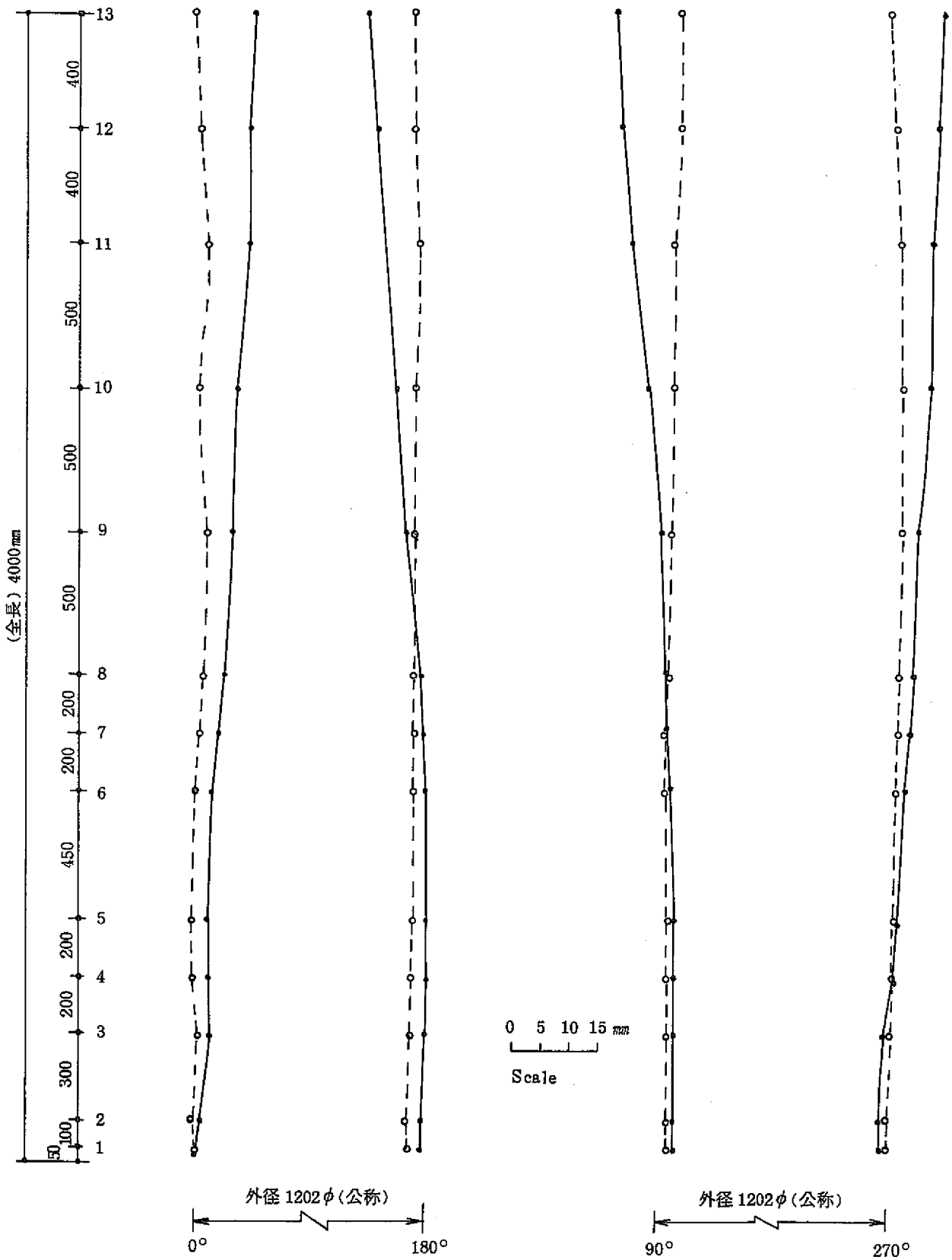


Fig. 4.6.1 外部シュラウド(ライナ)真直度

○ Before
● After

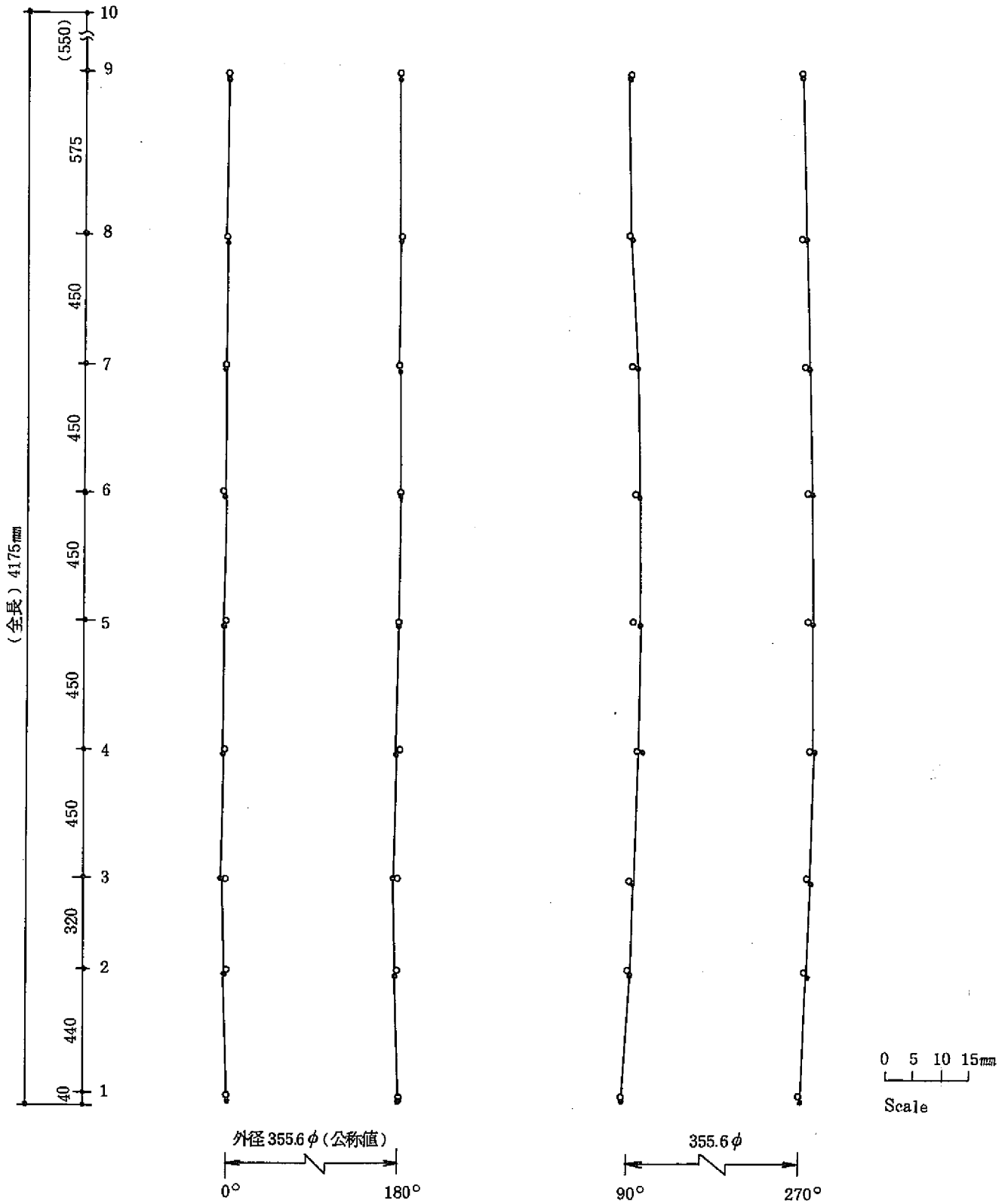


Fig. 4.7.1 センタパイプ真直度

Table. 4.5.1 シュラウド外径測定結果

測定点 角度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	試験前	968.34 0°-180°	968.37 969.30	968.52 969.83	968.10 970.10	968.23 970.71	967.89 970.77	968.18 971.13	968.75 970.84	968.92 970.14	967.56 967.15
試験後	968.52 968.52	968.98 968.96	968.46 968.45	968.11 968.10	968.50 968.49	968.33 968.34	968.48 968.50	969.48 969.51	969.66 969.65	—	970.22 970.23
	968.35 968.35	969.62 969.60	970.06 970.07	969.97 969.96	970.31 970.31	970.31 970.29	970.67 970.68	970.45 970.45	969.95 969.98	966.95 966.95	966.98 967.00

Table. 4.6.1 外部シュラウド内径測定結果

測定点 角度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	試験前	1174.92 0°-180°	1174.91 1176.23	1174.74 1176.60	1175.96 1177.02	1176.51 1177.38	1175.73 1177.98	1175.17 1177.58	1174.64 1178.35	1174.02 1178.02	1175.48 1177.61	1175.04 1176.81	1175.59 1175.31
試験後	—	1176.18 1176.15	1174.86 1174.87	1175.72 1175.71	1176.00 1176.02	1174.70 1174.70	1173.18 1173.20	1172.03 1172.03	1168.13 1168.19	1165.58 1165.65	—	1160.60 1160.60	1157.63 1157.49
	—	1173.85 1173.85	1174.96 1174.93	1176.26 1176.24	1176.65 1176.61	1178.80 1178.78	1180.45 1180.46	1180.90 1180.90	1183.08 1183.12	1186.97 1187.00	1190.37 1190.38	1192.74 1192.72	1195.06 1195.04

試験後は2回ずつ測定。

Table. 4.7.1 センタパイプ外径測定結果

	測定点		角度								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
試験前	0°-180°	355.58	355.45	355.68	355.97	356.20	356.31	356.10	356.03	355.70	
	90°-270°	356.46	356.30	355.30	355.87	355.74	355.65	355.90	355.84	355.91	
試験後	0°-180°	355.78 355.78	355.56 355.56	355.72 355.73	355.99 355.98	356.19 356.18	356.33 356.32	356.31 356.31	356.03 356.03	355.78 355.78	
	90°-270°	356.70 356.69	356.18 356.17	355.98 355.98	355.88 355.88	355.70 355.69	355.60 355.61	355.61 355.62	355.93 355.92	355.75 355.75	