

SWAT- 3 蒸発器内部構造物の解体検査報告書
(Run-5試験)

—大リーク・ナトリウム—水反応試験(第17報)—

1979年9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)

1979年 9月

SWAT-3 蒸気発生器内部構造物の解体検査報告書(Run-5試験)

— 大リーク・ナトリウム—水反応試験(第17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 1977年12月12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-5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結果をとりまとめたものである。

Run-5試験においては、伝熱管ヘリカルコイル部下部において注水率15(初期)～11(後期)kg/sで9.7秒間(注水弁開時間)の注水が行なわれた。総注水量150kgの試験規模であったが、隣接伝熱管の二次破断・機械力による変形、内圧および高温化に起因するプリスタなどは観察されなかった。

なお、本試験で用いた伝熱管群構造物(内部構造物)は、三菱重工(株)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^{*}
田 辺 裕 美^{*}
錦 見 正 和^{*}
吉 岡 直 樹^{**}
堀 雅 夫^{***}

* 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MAPI

*** 蒸気発生器開発部

Sep., 1979

POST-TEST INSPECTION OF REACTION VESSEL INTERNAL

(Run - 5 Test of SWAT - 3 Facility)

REPORT No. 17 ; 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 helically coiled heat transfer tube bundles which was used in run - 5 sodium water reaction test. The internal was manufactured by TOSHIBA/IHI company based on their design of the MONJU's SG.

Run - 5 test was executed with the water injection point of the lower part of the tube bundle, and water injection rate and duration of 15 (initial) to 11 kg/sec (afterward) and 9.7 seconds. Total weight of injected water was 150 kg. No secondary tube failure, deformation of heat transfer tube which include the deformation due to mechanical force and blister due to the high internal pressure and tube wall softening caused by high temperature generated by sodium water reaction were observed.

Some deformations were observed on the hanger bolts and the shroud of internal.

* Steam Generator Safety Section, Steam 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	4
3. 検査内容	5
3.1 検査項目	5
3.2 検査要領	5
4. 検査結果	7
4.1 外観検査	7
4.2 伝熱管外径	9
4.3 コイル真直度	10
4.4 コイルピッチ	10
4.5 シュラウド真直度・内径	11
4.6 センタパイプ真直度・外径	11
5. まとめ	12
6. 謝 辞	13
7. 参考文献	13

図 表 リ ス ト

Fig. 2.1.1	立体配置図	14
Fig. 2.1.2	蒸発器全体組立図	15
Fig. 2.2.1	蒸発器の運転履歴の概要	17
Fig. 3.1.1	伝熱管圧力 (Run-5)	18
Fig. 3.2.1	コイル測定要領	19
Fig. 3.2.2	シュラウド測定要領	20
Fig. 3.2.3	センタパイプ測定要領	21
Fig. 4.1.1	吊り金具の変形	7
Fig. 4.1.2	下部固定腕部での損傷	8
Fig. 4.1.3	下部固定腕ボルト締結部の変形	8
Fig. 4.1.4	内部構造物全体外観 (写真)	22
Fig. 4.1.5	内部構造物上部状況 (写真)	22
Fig. 4.1.6	内部構造物上部状況 (写真)	23
Fig. 4.1.7	注水試験前の内部構造物上部 (写真)	23
Fig. 4.1.8	注水試験前の内部構造物の上部 (写真)	24
Fig. 4.1.9(a)(b)	吊り金具の変形状況 (写真)	25
Fig. 4.1.10(a)(b)	吊り金具の変形量	26
Fig. 4.1.11	蒸発器下部の盲栓の打痕 (写真)	28
Fig. 4.1.12	下部固定腕の打痕 (写真)	28
Fig. 4.1.13	下部固定腕・ボルト締結部の変形 (写真)	28
Fig. 4.1.14	伝熱管コイル (6 層目) 全体 (写真)	29
Fig. 4.1.15	伝熱管コイル (6 層目) 注水点付近 (写真)	29
Fig. 4.1.16	伝熱管コイル (5 層目) 注水点付近 (写真)	30
Fig. 4.1.17	伝熱管コイル (5 層目) 隣接伝熱管 (写真)	30
Fig. 4.1.18	伝熱管コイル (4 層目) 注水点付近 (写真)	31
Fig. 4.1.19	伝熱管コイル (4 層目) 注水孔 (写真)	31
Fig. 4.1.20	伝熱管コイル (3 層目) 注水点付近 (写真)	32
Fig. 4.1.21	伝熱管コイル (2 層目) 注水点付近 (写真)	32
Fig. 4.1.22	シュラウド (写真)	33
Fig. 4.1.23	センタパイプ (写真)	33
Fig. 4.2.1(a)~(l)	伝熱管外径	34

Fig. 4.3.1(a)~(f) コイル真直度.....	46
Fig. 4.4.1(a)~(ℓ) コイルピッチ.....	52
Fig. 4.5.1 シュラウド真直度.....	64
Fig. 4.6.1 センタパイプ真直度・外径.....	66

Table. 2.1.1	内部構造物仕様 (Run-5)	2
Table. 2.1.2	実機「もんじゅ」とSWAT-3 (Run-5) の仕様比較	3
Table. 2.2.1	試験条件のまとめ (Run-5)	16
Table. 2.2.2	実験計測のまとめ (Run-5)	4
Table. 4.5.1	シュラウド内径測定結果 (Run-5)	65

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、隣接伝熱管破損の有無を確認することにした。

この報告書は、SWAT-3 装置第 5 回大リーク・ナトリウム-水反応試験（Run-5 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まとめたものである。

Run-5 用内部構造物は 1976 年 9 月から三菱重工（株）によって製作が開始され、製作完了とともに 1977 年 6 月 SWAT-3 装置蒸発器内へ組み込みが行なわれた。

その後、動燃事業団による準備作業を経た後、1977 年 9 月 22 日注水試験が実施された。注水試験後、反応生成物の水蒸気洗浄を行った後、蒸発器内から取り出し 1977 年 12 月から本書で述べる解体検査を行った。

一般に隣接伝熱管の破損現象は、大リーク時の爆発的流動現象による破損ということで、現象が複雑で未知の支配因子が多く、一回の試験のみから全体的な結論を導き出すことが困難である。したがって、多数回の試験により総合的に判断すべきであると考えられる。それで、一連の大リーク試験が計画され実行された。

本報告書は、Run-5 試験について、内部構造物の変形検査の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。

2. 試験の概要

2.1 試験装置

SWAT-3 装置を Fig. 2.1.1 に示す。各機器、装置全体の仕様については別報告書(1)を参照されたい。

以下に、今回の試験に供した内部構造物について説明する。

Fig. 2.1.2 に蒸発器（反応容器）の全体組立図を示した。Run-5 用内部構造物は、三菱重工(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」設計に基づくものである。その仕様を Table 2.1.1 に示す。

Table 2.1.1 内部構造物仕様（Run-5）

設計・製作メーカー	三菱重工業
伝熱管型式	ヘリカルコイル型
伝熱管材質	STBA24
伝熱管径×肉厚	31.8φ×3.8t
伝熱管配列	50×50（軸方向×径方向）
伝熱管層数	6層
加圧伝熱管層数	6層
注水位置	4層目，FL. 3109
伝熱管支持構造	4枚の支持板に固定。100個は実機型サポート，その他は簡易サポート
内筒パイプ（内側）	318.5φ×6.9t
内筒（外側）	502φ×20t
シュラウド径×肉厚	1158φ×10t

主要部の材質および管束部の管材，管径，管ピッチは実機と同じであるが，その他の部分は既設の蒸発器容器（IHI 製，これまでの Run-1～Run-4 試験で同じものを使用）に合わせた構造，寸法となっている。

実機「もんじゅ」と比較したものを Table 2.1.2 に示す。

Table 2.1.2 実機「もんじゅ」とSWAT-3 (Run-5) の仕様比較

	も ん じ ゅ	SWAT-3 (Run-5)
伝熱管形式	ヘリカルコイル型	左 同
管束部長さ	約9000mm	約2700mm
管群層数	14層	6層
〃 段数	約180段	約55段
伝熱管本数	135本	16本
伝熱管材質	STBA24	左 同
伝熱管外径×肉厚	31.8mm×3.8t	左 同
伝熱管配例	50×50mm(軸方向×径方向)	左 同
シュラウド径	約2200mm O.D	1158mm O.D
シュラウド材質	SUS 304	左 同
センタパイプ径	約650mm I.D	302mm I.D
センタパイプ材質	SA 387 Gr 22	左 同
内部構造物支持構造	周方向6ヶ所(懸垂支持)	周方向4ヶ所(懸垂支持)
内部構造物振止め	周方向6ヶ所(キー構造)	周方向6ヶ所(キー構造)
伝熱管支持構造	周方向6ヶ所	周方向4ヶ所 注水点近傍100点のみ実機型 サポート。他はステンレスバ ンドの簡易サポート。

2.2 試験概要

Run-5 試験における試験条件はTable 2.2.1の通りである。

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，ボイド，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（Run-5）

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	19+1 ¹⁾	2+1 ¹⁾	2	1+1 ¹⁾	7	7	1	3+5 ⁷⁾	加圧伝熱管 5	55
歪	14	0	0	0	0	2	0	0	フランジギャップ 4	20
温度	50	1	1	5	15	9	1	1+5 ⁷⁾	ドレンライン 2 逆止弁 2	92
液面	4	1	0	0	0	3 ²⁾	1	0		8
ボイド	26	0	0	0	2	1 ⁵⁾ +12 ⁴⁾	0	0		41
反力	0	0	0	0	0	14	0	0		14
加速度・変位	2	0	0	0	12	9	0	0		23
流量	2 ³⁾	0	0	0	1	2 ³⁾	0	1 ⁶⁾ +1 ³⁾		7
ラプチャ破裂	1	1	1	0	0	0	0	0		3
全計測数										263

注 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

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ている。

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。

これらの詳細は別報(2)を参照されたい。

この他，注水試験前後の蒸発器の運転履歴の概要を，蒸発器内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) 伝熱管内圧ラプチャまたは局部的なふくらみ等の有無
- (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、注水試験時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確認されている。すなわち、注水試験では、注水管以外の伝熱管を N_2 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。モニタされた伝熱管圧力をFig 3.1.1に示すが圧力の低下は無い。逆に圧力が上昇しているがこれは、注水試験時の温度上昇によるものである。

よって、ここでは、(2)~(5)に関する調査が中心となる。検査の項目は、これまでの検査(Run-1~Run-4試験)で実施したものと同様である。

すなわち、伝熱管の局部的なふくらみやウエステージ損傷については、目視による調査と伝熱管外径測定によって検査を行ない、機械力による変形については、コイルピッチ(垂直方向)とコイルの直真度に注目して検査を行った。

また、シュラウドについては、内径と真直度を、センタパイプについては外径と真直度をそれぞれ測定した。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変形の有無を判定した。

このほか、今回のRun-5試験では、Run-2試験と同様に、内部構造物の吊り金具に変形(バックリング)が生じていたのでその変形量を測定した。

3.2 検査要領

(1) 外観

注水試験による変形、損傷の有無を目視にて確認するとともに写真撮影などを行なった。

(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)をコイル周方向12ヶ所、コイル下端より25(注水象限については40)の伝熱管コイルについてノギス(最小目盛0.05)にて測定した。

(3) コイル真直度

Fig 3.2.1に示すように、コイルに沿って糸を張り、これからコイル外径までの垂直高さ（同図寸法 l ）を、コイル周方向12ヶ所、全コイルについて直尺（最小目盛0.5 mm）にて測定した。

ただ、試験後の測定では図の通りコイルをたて置きにして測定したが、試験前の測定では、コイル組立作業の都合上* 横置き状態で測定した。

(4) コイルピッチ

Fig 3.2.1に示すように、垂直方向のコイルピッチ（同図寸法 P ）を周方向12ヶ所、コイル下端より上方25（注水限界については40）の伝熱管コイルについて測定した。

(5) シュラウド真直度・内径

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を上下方向13点について、直尺（最小目盛0.5）で測定することにより真直度を求めた。

また、内径を同じく上下方向13点について、内側マイクロメーター（最小目盛0.01）を用いて測定した。

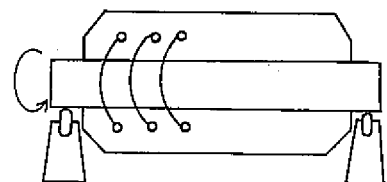
(6) センタパイプ真直度・外径

Fig 3.2.3に示すように、センタパイプをたて置きにした状態で固定しセンタパイプの軸に平行に糸を張り、これからセンタパイプ外面までの垂直高さ（同図寸法 l ）を測定することにより真直度を求めた。

また、外径は上記真直度データと張り糸の間隙 L_0 から下式にて計算で求めた。

$$D_o = L_0 - (\ell_{0^\circ} - \ell_{180^\circ}) \dots \dots \dots 0^\circ - 180^\circ \text{ 方向の場合}$$

* 伝熱管コイルの組立は、従来タイプ（Run-1～Run-4，IHI製）ではたて置きであったが、今回のものは横置き状態であり内筒をローラにのせて回転させながらコイルを支持板に巻き込んでゆく方式である。
よって、寸法測定も横置きのまま実施した。



4. 検査結果

4.1 外観検査

- (1) 反応容器（蒸発器）から取り出した直後の内部構造物を Fig 4.1.4 に示す。

見えているのはシュラウドで、外観上大きな変形は認められない。詳細には後述するシュラウドの寸法測定結果を参照のこと。

伝熱管コイルはシュラウドの中に入っているためこの状態では見えない。

上部に見えるフランジ付きの構造物は中間胴であり、注水試験時、蒸発器（反応容器）の一部を形成するものである。

内部構造物は4本の吊り金具で、この中間胴に吊り下げられている。

- (2) 上記内部構造物を上側から見たものを Fig 4.1.5, 4.1.6 に示す。この状態では、内部構造物の上部が観察できる。

写真では明らかではないが、外観検査の結果、内部構造物の吊り金具4本のうち3本が座屈していた。

座屈の状況および変形量については次項で述べる。

上記以外にはこの部分に変形や損傷はなかった。

なお、注水試験前の内部構造物の上部状況を Fig 4.1.7, 4.1.8 に示す。試験後のものと比較のこと。

- (3) 吊り金具の変形状況を Fig 4.1.1 および Fig 4.1.9 (a), (b) に示す。また変形量を測定したものを Fig 4.1.10 (a), (b) に示す。吊り金具は、全長1195mm、材質SUS304で、その中央部がM42のターンバックル構造となっている。

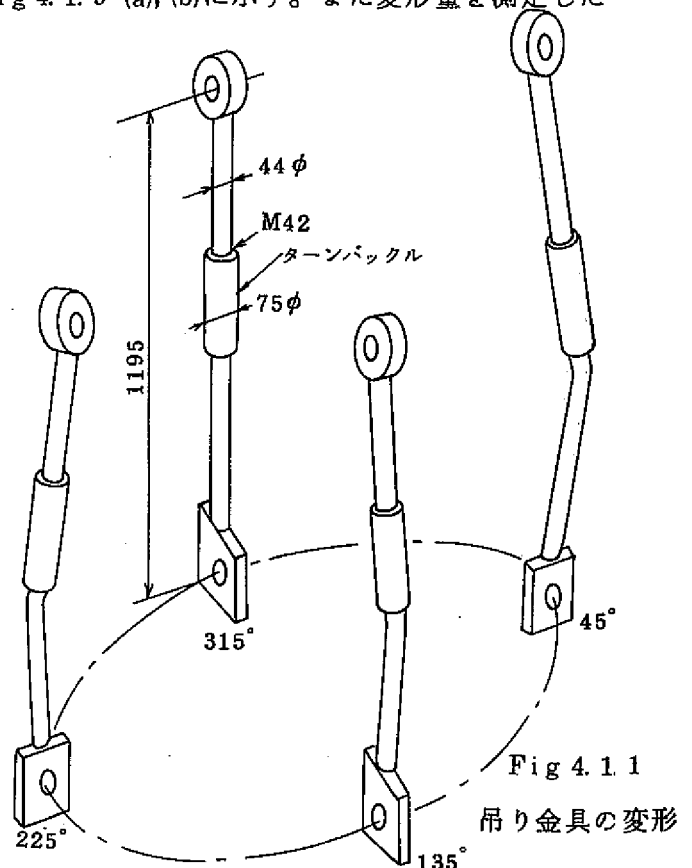
座屈はこのターンバックルのネジ部に生じている。

座屈による変形量は、45°方向のものが最も大きく、135°、225°の順である。

315°方向のものは小さい。

また座屈の方向は、半径方向には外側、また周方向については角度の進む側である。

以上のことから注水試験時、内部構造物は大きな上向力を受けて、上方に押し上げられたことが推定される。しかも座屈の発



生状況が4本の吊り金具で一様でないことから、この上向力は4本の吊り金具に分散されなかったものと思われる。

- (4) 上記の他に、内部構造物は、注水試験時注水点の反対側(270°方向)に向って水平方向に荷重を受けた形跡がある。

すなわち、Fig 4.1.2に示す下部固定腕のうち270°方向のものが蒸発器(反応容器)下部の予備実験孔の盲栓に強く当たったものと思われ、この部分に、Fig 4.1.11, 4.1.12に示すような打痕が発見された。さらに、下部固定腕は、下方向(Fig 4.1.3のM方向)に曲げられており、センタパイプとの締結ボルトの一部が伸びて先端部で約10mm下方向にたわみが生じていた。

(Fig 4.1.13 参照)

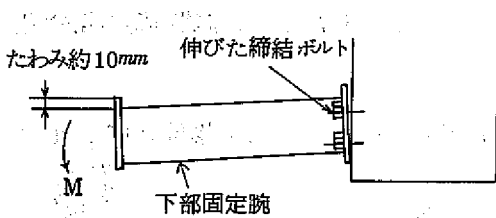


Fig 4.1.3

下部固定腕ボルト締結部の変形

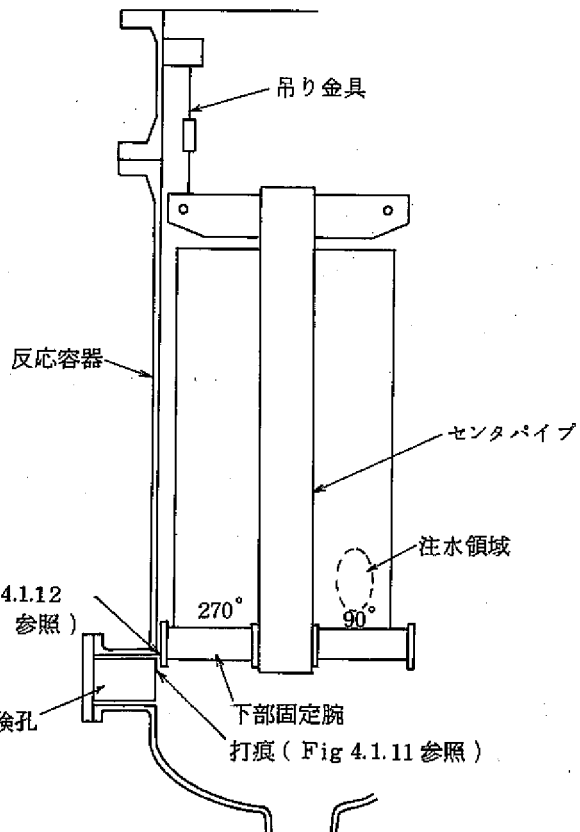


Fig 4.1.2

下部固定腕部での損傷

- (5) シュラウドを分離して、伝熱管群を取り出した所を Fig 4.1.14 に示す。

見えているのは、最外層の伝熱管コイル(6層目)であるが、外観上は、全体的な変形や損傷はない。健全性は保持されていることが推定される。

同じく、注水点近傍を Fig 4.1.15 に示す。この部分についても外観上は特に異常は認められない。

- (6) 注水孔に外接する第5層目伝熱管コイルの注水点付近および隣接伝熱管の状況を Fig 4.1.16 および 4.1.17 に示す。

機械力による変形や隣接伝熱管のウェステージ損傷などは見られない。

- (7) 注水層すなわち第4層目伝熱管コイルの注水点付近および隣接伝熱管の状況を Fig 4.1.18 および Fig 4.1.19 に示す。

機械力による変形やウエステージ損傷はない。

- (8) 注水孔に内接する第3層目伝熱管，およびその内側の第2層目伝熱管コイルの注水点付近の状況を Fig 4.1.20， 4.1.21 に示す。

これについても，変形や損傷は見られない。

- (9) シュラウドおよびセンタパイプの外観を Fig 4.1.22 および 4.1.23 に示す。外観上全体的な変形や損傷は見られない。

詳細には後述する寸法測定結果によること。

- (10) 簡易サポート部について，注水試験によるステンレスバンドの破断はなかったが，一部のものの数個にゆるみが生じていた。

4.2 伝熱管外径

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

図は，伝熱管外径の実測値を，公称値 $3.18\text{mm}\phi$ を基準にたて軸にとり，横軸にコイル No をとって整理したものである。

これらの図から判断する限り，全体的に外径減少の傾向が見られるがそれには次のようなデータの精度上の問題がある。

- (a) 今回得られたデータは，これまでに実施した検査 (Run-1~Run-4) 等に比べて，試験前後の測定値の差異および外径データのバラツキが非常に大きい。
- (b) データの差異 (外径減少) は，全体的なものであり，特に注水点近傍または注水象限 (40° , 90° , 130° 方向) に顕著なものではない。
- (c) 例えば Fig 4.2.1(f) (3 層目 $180^\circ\sim 320^\circ$ 方向) のように注水試験後のデータの方が逆に大きい場合もある。

上記外径減少が例えばウエステージ損傷等によるものだとするならば，注水点近傍または注水象限で顕著なはずであるが，上記(b)よりその可能性はない。

また，上記(c)の外径増大が，例えば高温化による伝熱管のふくらみ (プリスタ) だとするには，注水点近傍では逆に外径減となっているのであるから，説明がつかない。

注水試験後の測定ではこれまでの検査 (Run-1~Run-4) と同様に測定者をかえて各々2回ずつ測定しているが 0.05mm 程度の測定値の差異は容易に生じ，場合によっては 0.1mm ，大きい場合は 0.15mm 程度の差が生じることが判っている。

これについては，これまでと同様に，コイル成形加工時の断面変形 (外径誤差) と考えられる。但し前述(a)項のように今回の場合測定値の差異やデータのバラツキが大きいのは，コイル

径が同程度であるのに対し管径が $3.18\phi\times 3.8t$ （従来は $2.54\phi\times 3.2t$ ）と大きいので、断面変形が大きくなったためと思われる。

ただ、全体的に注水試験後の計測値が試験前より小さい傾向を示す点については、十分説明できないが、製作時伝熱管表面に付着していた異物、さび、黒皮などがナトリウム中に浸漬されることにより除去されたことなどが考えられる。

いずれにしても、測定精度の範囲内では、ウエステージによる損傷や高温化による管のふくらみ（ブリスト）など測定精度の範囲内では観察されなかった。

4.3 コイル真直度

コイル真直度の測定結果を注水試験前後で比較したものを、Fig 4.3.1(a)~(f)に示す。

これらの図は、伝熱管コイルをたて置きにした状態で、中心を通る垂直断面で切断したときの各伝熱管切り口の水平方向の不揃い（デコボコ）の状態を表わしている。

従って、注水試験により、伝熱管コイルに水平方向の変形が生ずればこの真直度にくるいが生ずることになる。

全体的に試験前後で測定値は良く一致している。

40° 、 50° 、 130° 、 140° 、 220° 、 230° 、 310° 、 320° 方向は、支持板側であるので、サポートが破損しない限りこの方向については真直度のくるいは生じ得ない筈である。しかしながら Fig 4.3.1(c)によると、 230° 方向の1、2層目および5、6層目伝熱管コイルに、若干の測定値の差異が認められる。

このうち、5、6層目伝熱管コイルに見られるようにデコボコの状態そのものは試験前後で相違ないものの、全体的に少しずれているようなものは、明らかに測定時の糸の張り方のずれや糸の傾きによるものと判断できる。1、2層目伝熱管の場合は、真直度そのものもかなり相違しているが、Fig 4.3.1(b)から明らかなように、 220° 方向では良く一致している。 220° と 230° は支持板を挟んで相隣り合う位置であり、真直度が大きく相違する筈はない。

従って、 230° 方向、1、2層目伝熱管のデータの差異は、真直度のくるいとは考えにくく、場合によっては測定ミスとも考えられるので、除外して考えるのが妥当と思われる。

これまでの経験（Run-1~Run-4試験）から判断しても、今回得られたデータは試験前後で良く一致しており、従って真直度のくるいはないと判断する。

4.4 コイルピッチ

垂直方向のコイルピッチの測定結果を注水試験前後で比較したものを Fig 4.4.1(a)~(d)に示す。

4.1.(6)、(7)、(8)項でも述べたように注水点近傍およびその他の部分についてもピッチの乱れ

は認められない。

尚、図は、コイルピッチの測定値を縦軸にとり、コイルNo.を横軸にとって整理したものである。

4.5 シュラウド真直度・内径

シュラウドの真直度を注水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た状態で、 0° - 180° 、 90° - 270° 方向の垂直断面をとった場合の切り口の真直度(うねりの状態)を表わしている。

図より明らかなように、中央部から下端に向けて 90° - 270° 方向につぶれ、 0° - 180° 方向にふくれが生じている。

変形の度合は中央部から下端に向けて次第に大きくなり、下端で最大となる。

Table 4.5.1にシュラウドの内径測定結果を示すが、同表でも上述の変形は明らかである。シュラウド下部で、 0° - 180° 方向の内径が 1145 mm であるのに対し、 90° - 270° 方向では 1120 mm であるから、公称値 1158 mm にくらべて 0° - 180° 方向に 13 mm のふくれ、 90° - 270° 方向に 28 mm のつぶれである。

注水点が 90° 方向であるので、この方向にふくれそうであるが結果はその逆となっている。これについては、むしろ4.1項(4)の事実と関連させて、注水試験時内部構造物が 270° 方向に振られたとき、この方向につぶされたと考える方が妥当であろう。

4.6 センタパイプ真直度・外径

測定結果をFig 4.6.1に示す。図では、 0° - 180° 方向で若干の測定値の差異が見られるが、センタパイプの構造寸法から考えて、このような変形は考えにくく、測定時の張り糸のずれ等によるものと思われる。

5. ま と め

SWAT-3装置、第5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とおりである。

- (1) 隣接伝熱管の二次破断はなかった。
- (2) 隣接伝熱管を含むすべての伝熱管の機械力による変形は検査の範囲内では観察されなかった。
- (3) 隣接伝熱管のウェステージ損傷は検査精度の範囲内では観察されなかった。すなわち、隣接伝熱管に、特に他の部分と相違するような特徴は観察されなかった。
- (4) 全体的にデータのバラツキが見られたが、これは測定精度が十分でないことによるものと推定された。
- (5) すべての伝熱管（加圧伝熱管）の断面変形または局所的なふくらみ（ブリスト）などは、検査の範囲内では認められなかった。
- (6) 内部構造物の吊り金具がバックリングを起こしていた。
- (7) 内部構造物の下部固定腕が蒸発器下部の盲栓に当たった形跡があり、この部分に打痕が発見された。
- (8) シュラウドが注水方向に最大28 mmつぶれていた。
- (9) その他のものに損傷は観察されなかった。

6. 謝 辞

本解体検査作業を進めるに当って、実作業は、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, 田辺 裕美, 錦見 正和, 吉岡 直樹, 堀 雅夫, 「蒸気発生器安全性総合試験装置 (SWAT-3) Run-5 試験結果 大リーク・ナトリウム-水反応試験 (第10報)」
PNC SN941 79-04 (1978.10)

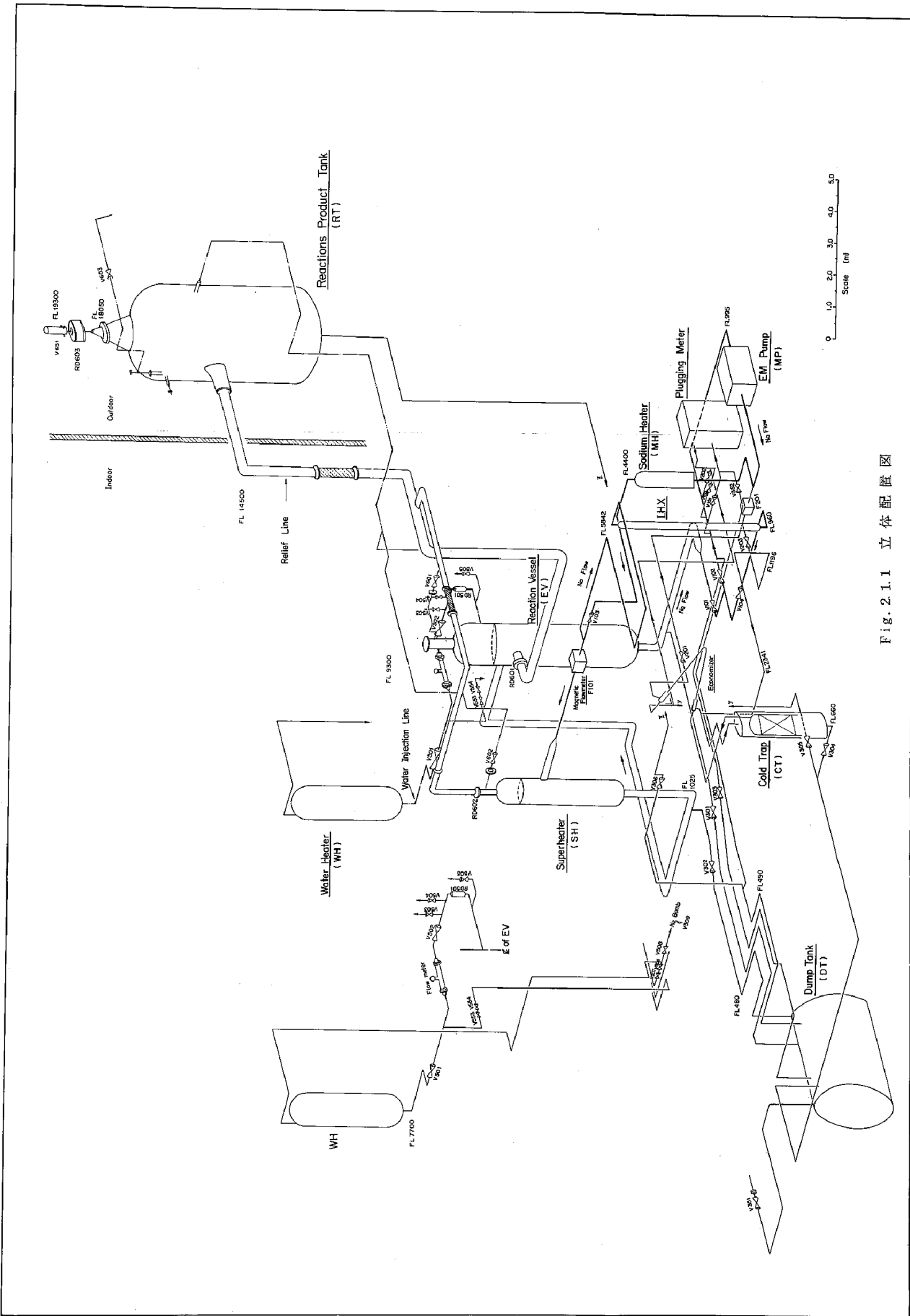
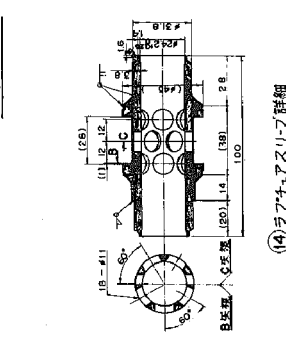
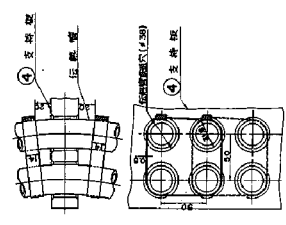
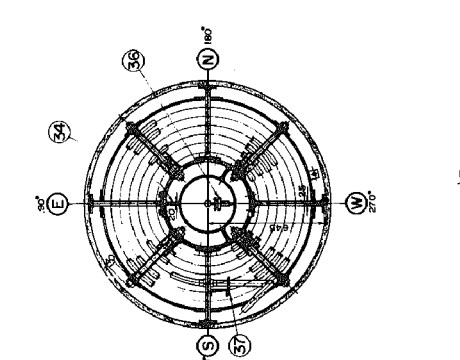
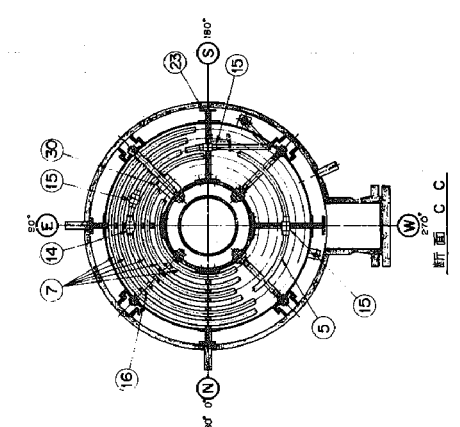
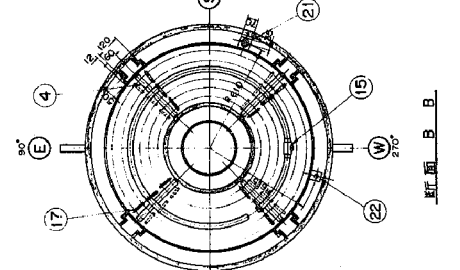
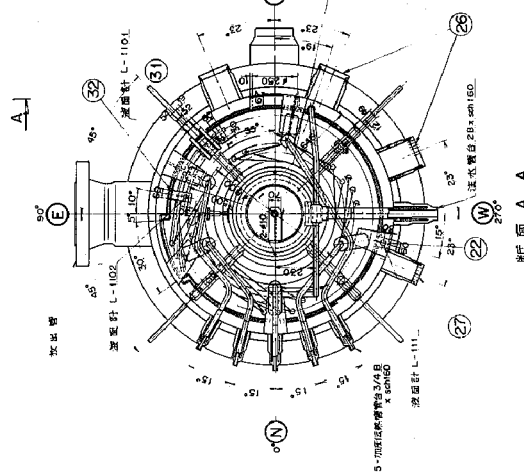
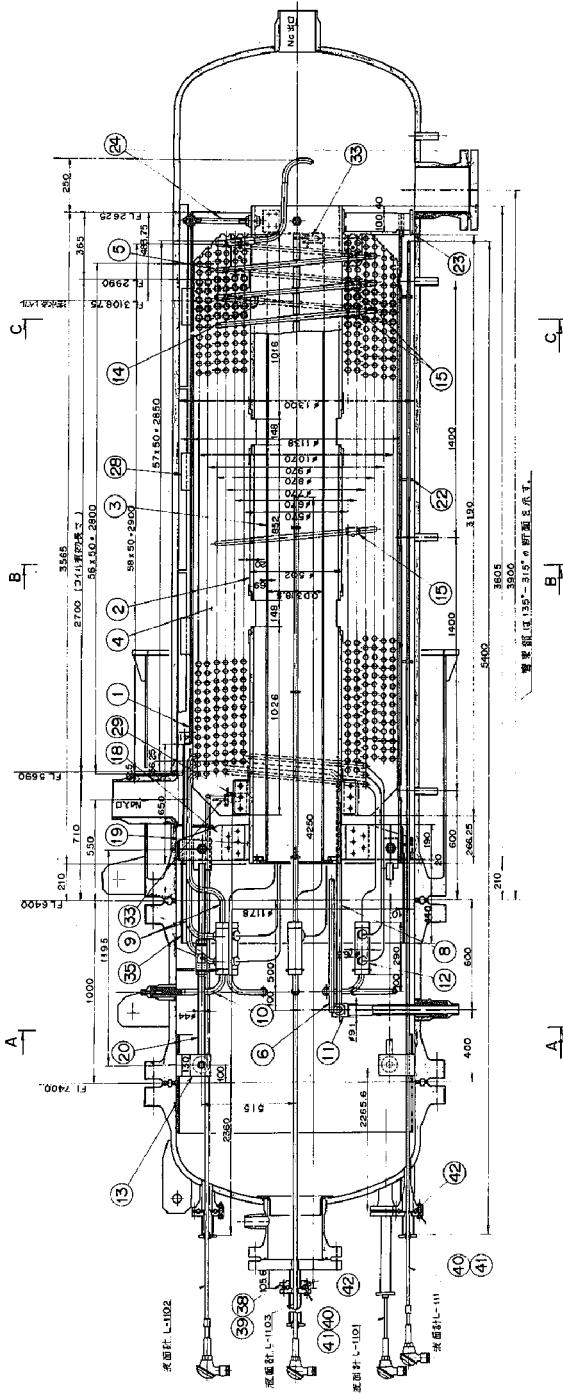


Fig. 2.1.1 立体配置图



(16) 佐熱管即空品詳細

(14) ラフスリップ詳細

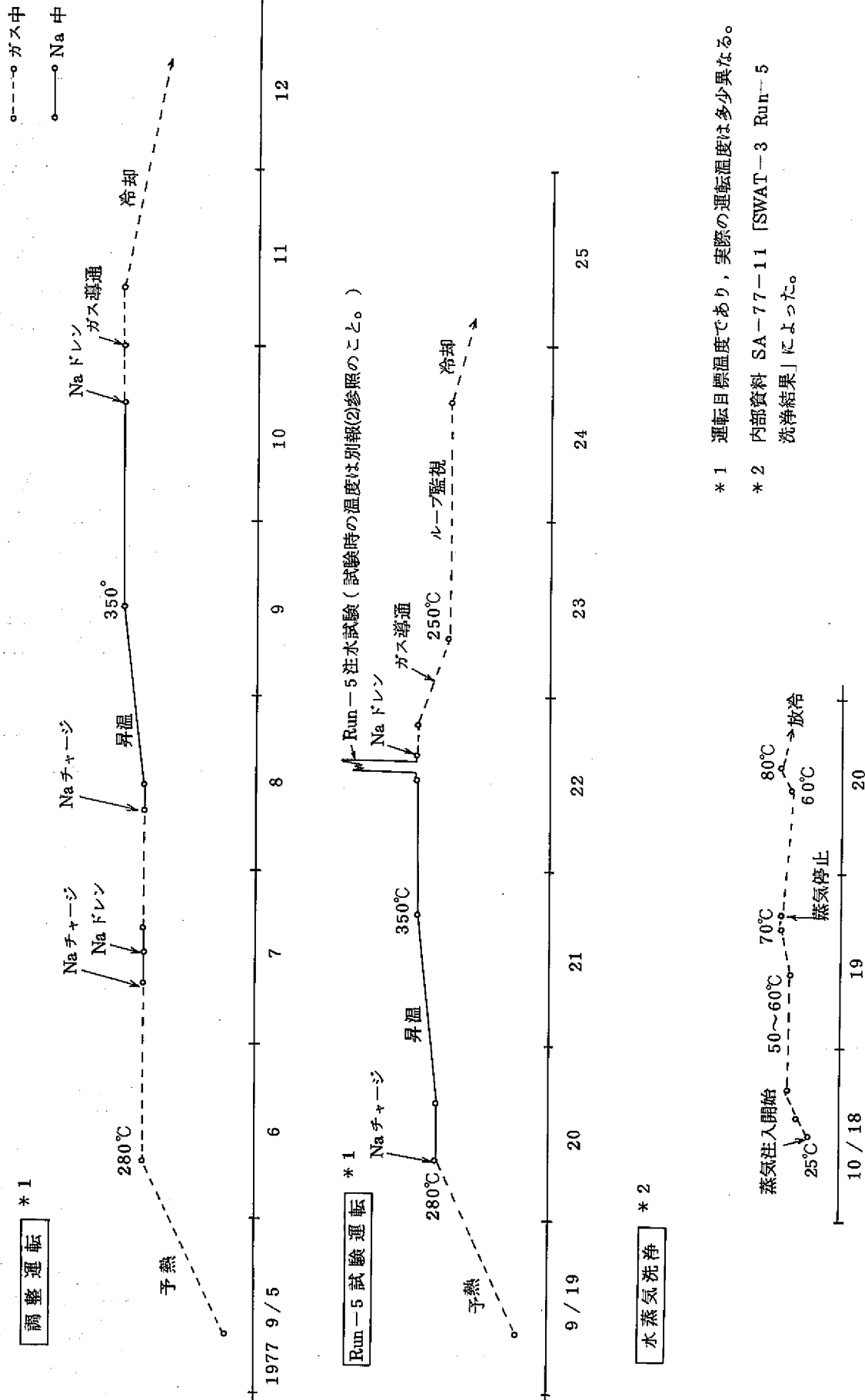
(17) 佐熱管即空品詳細

Fig. 2.1.2 蒸発器全体組立図

43	ラフスリップ	SUS304L	4
44	ラフスリップ	SUS304L	4
45	ラフスリップ	SUS304L	4
46	ラフスリップ	SUS304L	4
47	ラフスリップ	SUS304L	4
48	ラフスリップ	SUS304L	4
49	ラフスリップ	SUS304L	4
50	ラフスリップ	SUS304L	4
51	ラフスリップ	SUS304L	4
52	ラフスリップ	SUS304L	4
53	ラフスリップ	SUS304L	4
54	ラフスリップ	SUS304L	4
55	ラフスリップ	SUS304L	4
56	ラフスリップ	SUS304L	4
57	ラフスリップ	SUS304L	4
58	ラフスリップ	SUS304L	4
59	ラフスリップ	SUS304L	4
60	ラフスリップ	SUS304L	4
61	ラフスリップ	SUS304L	4
62	ラフスリップ	SUS304L	4
63	ラフスリップ	SUS304L	4
64	ラフスリップ	SUS304L	4
65	ラフスリップ	SUS304L	4
66	ラフスリップ	SUS304L	4
67	ラフスリップ	SUS304L	4
68	ラフスリップ	SUS304L	4
69	ラフスリップ	SUS304L	4
70	ラフスリップ	SUS304L	4
71	ラフスリップ	SUS304L	4
72	ラフスリップ	SUS304L	4
73	ラフスリップ	SUS304L	4
74	ラフスリップ	SUS304L	4
75	ラフスリップ	SUS304L	4
76	ラフスリップ	SUS304L	4
77	ラフスリップ	SUS304L	4
78	ラフスリップ	SUS304L	4
79	ラフスリップ	SUS304L	4
80	ラフスリップ	SUS304L	4
81	ラフスリップ	SUS304L	4
82	ラフスリップ	SUS304L	4
83	ラフスリップ	SUS304L	4
84	ラフスリップ	SUS304L	4
85	ラフスリップ	SUS304L	4
86	ラフスリップ	SUS304L	4
87	ラフスリップ	SUS304L	4
88	ラフスリップ	SUS304L	4
89	ラフスリップ	SUS304L	4
90	ラフスリップ	SUS304L	4
91	ラフスリップ	SUS304L	4
92	ラフスリップ	SUS304L	4
93	ラフスリップ	SUS304L	4
94	ラフスリップ	SUS304L	4
95	ラフスリップ	SUS304L	4
96	ラフスリップ	SUS304L	4
97	ラフスリップ	SUS304L	4
98	ラフスリップ	SUS304L	4
99	ラフスリップ	SUS304L	4
100	ラフスリップ	SUS304L	4

Table 2.2.1 試験条件のまとめ (Run-5)

項	目	単 位	Run 5
試験年月日			1977. 9. 22
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		ヘリカル・MHI
	反 応 点 位 置		ヘリカル下部 4層目 FL. 3109
注水条件	注水孔・ラプチャ板形式		円筒型・19φ×2以上
	ラプチャ板設定圧		
	RD501	kg/cm ²	100 ⁺⁰ ₋₁₀ (350°C)
	RD502	kg/cm ²	100 ⁺⁰ ₋₅₀ (500°C)
	準定常注水率	kg/sec	15(初期)~11(後期)
	全注水量	kg	150
	注水配管温度	°C	231~331
	水加熱器温度	°C	280
	“ 圧力	kg/cm ² a	154
	“ 初期給水量	kg	390
	注水弁(V502)弁開時間	sec	9.7
ナトリウム系条件	ナトリウム温度	°C	360
	ナトリウム流量	ℓ/sec	静 止
	カバ—ガス圧		
	蒸 発 器	kg/cm ² G	0.5
	過 熱 器	kg/cm ² G	0.5
	カバ—ガス使用ガス		アルゴン
放出系条件	ラプチャ板設定圧		
	RD601	kg/cm ²	3(485°C)
	RD602	kg/cm ²	3(485°C)
	RD603	kg/cm ²	1.5(150°C)
	放出系配管取出し位置		側 部
	運 転 温 度		
	放 出 系 配 管	°C	272~305
	収 納 容 器	°C	365
	カバ—ガス圧(収納容器)	kg/cm ² G	0.5
カバ—ガス使用ガス		アルゴン	



- * 1 運転目標温度であり、実際の運転温度は多少異なる。
- * 2 内部資料 SA-77-11 「SWAT-3 Run-5 洗浄結果」によった。

Fig. 2.2.1 蒸発器の運転履歴の概要

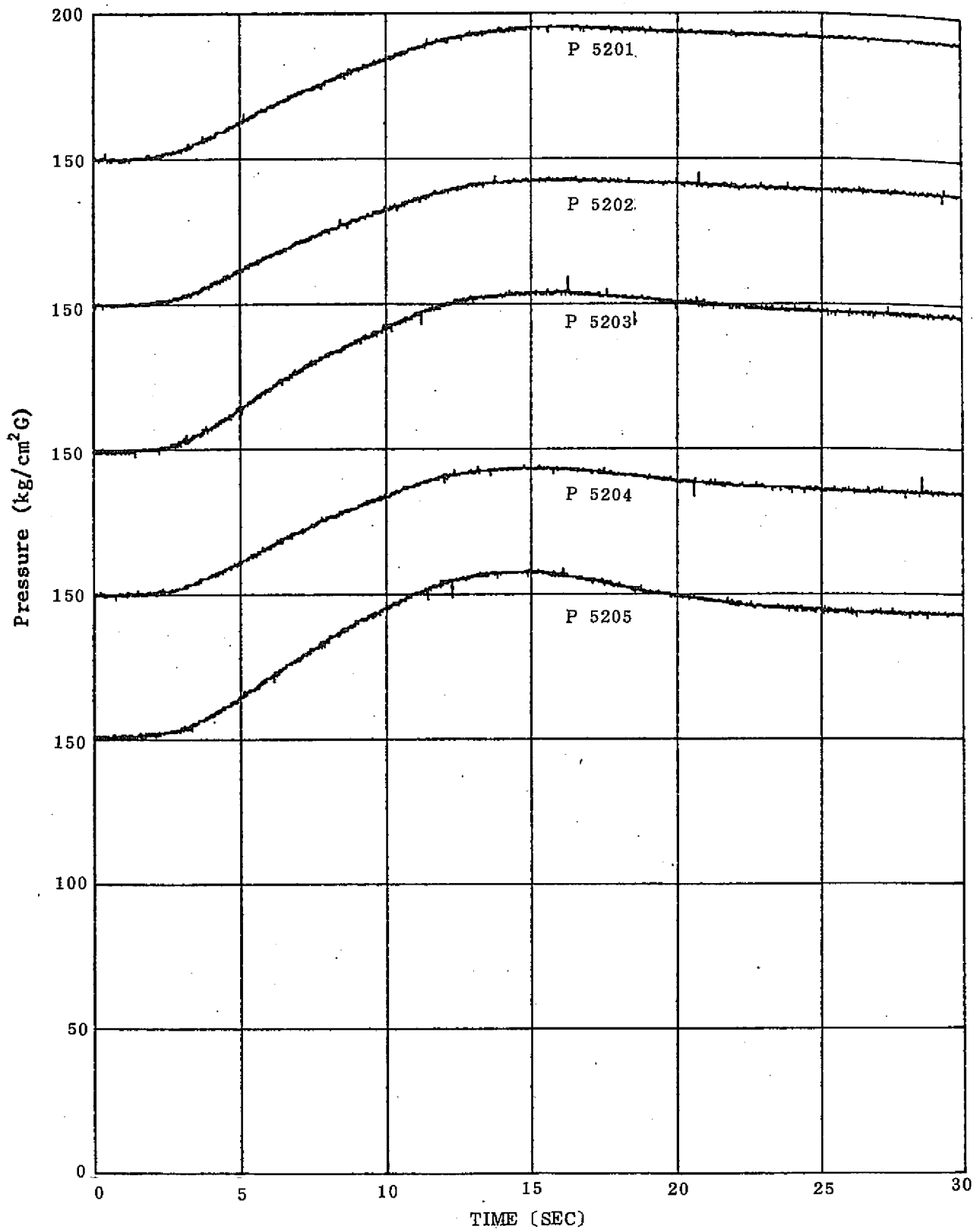


Fig. 3.1.1 加圧伝熱管圧力 (Run-5)

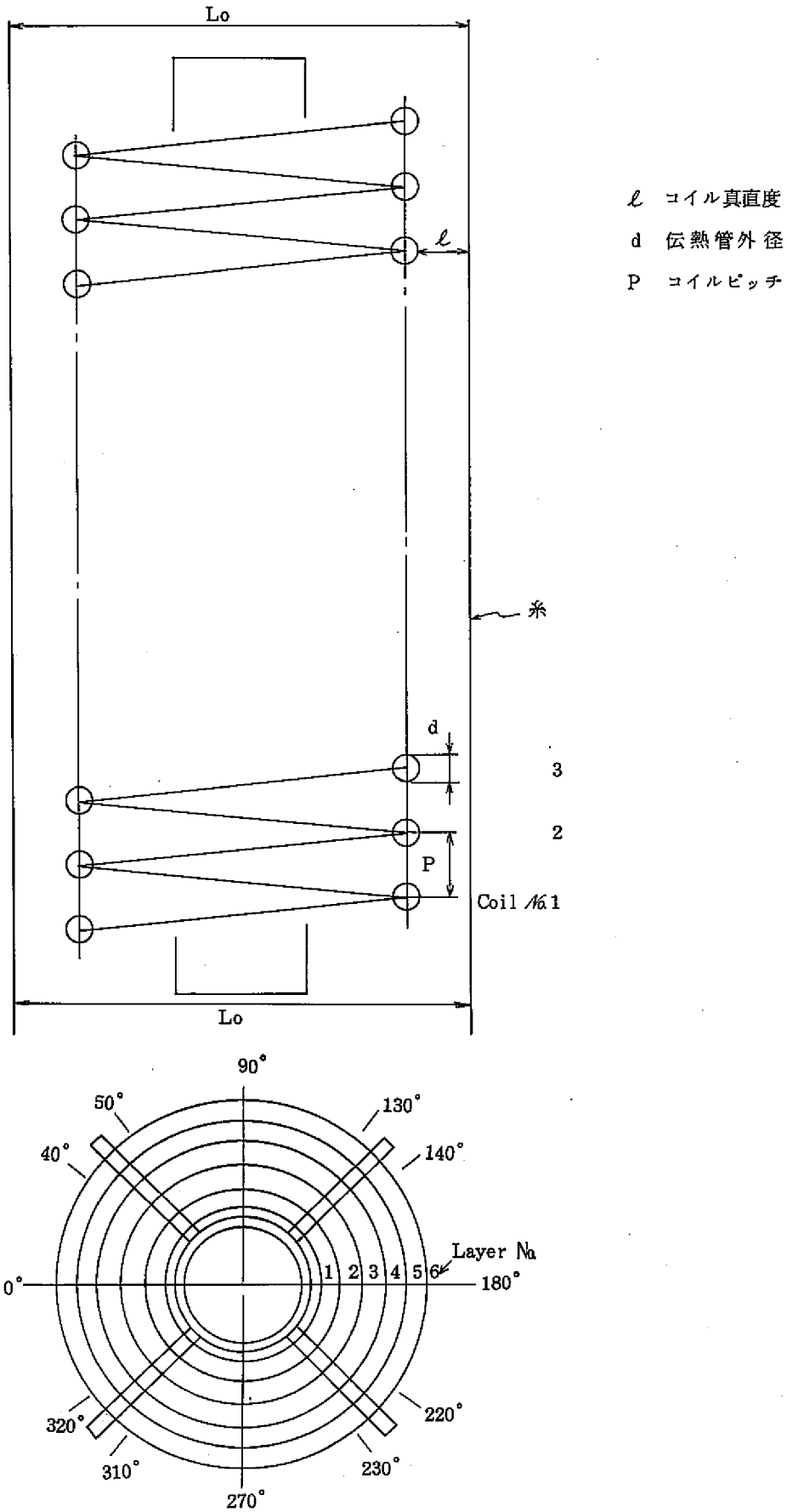


Fig. 3.2.1 コイル測定要領

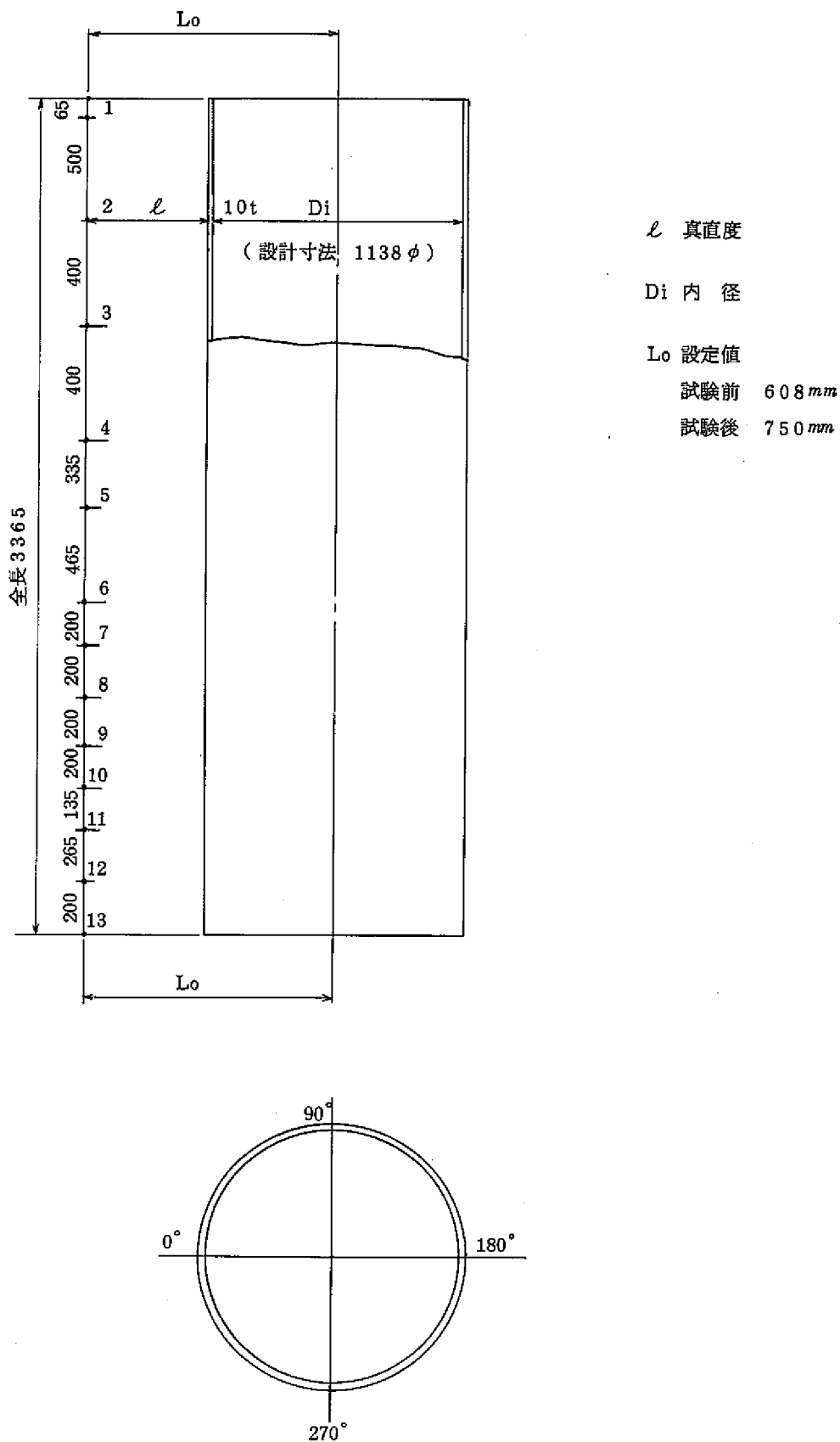


Fig. 3.2.2 シュラウド測定要領

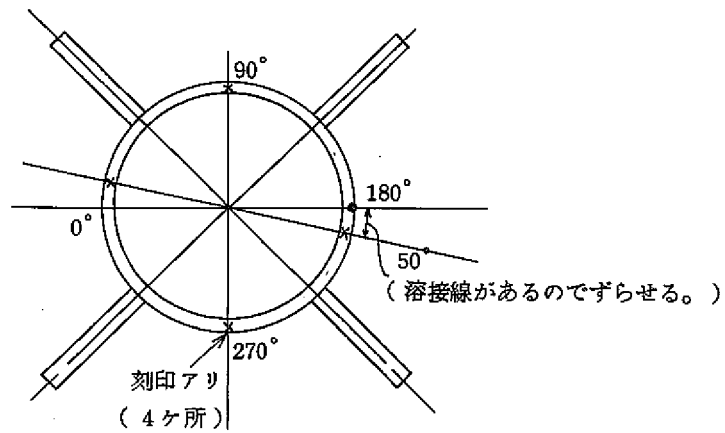
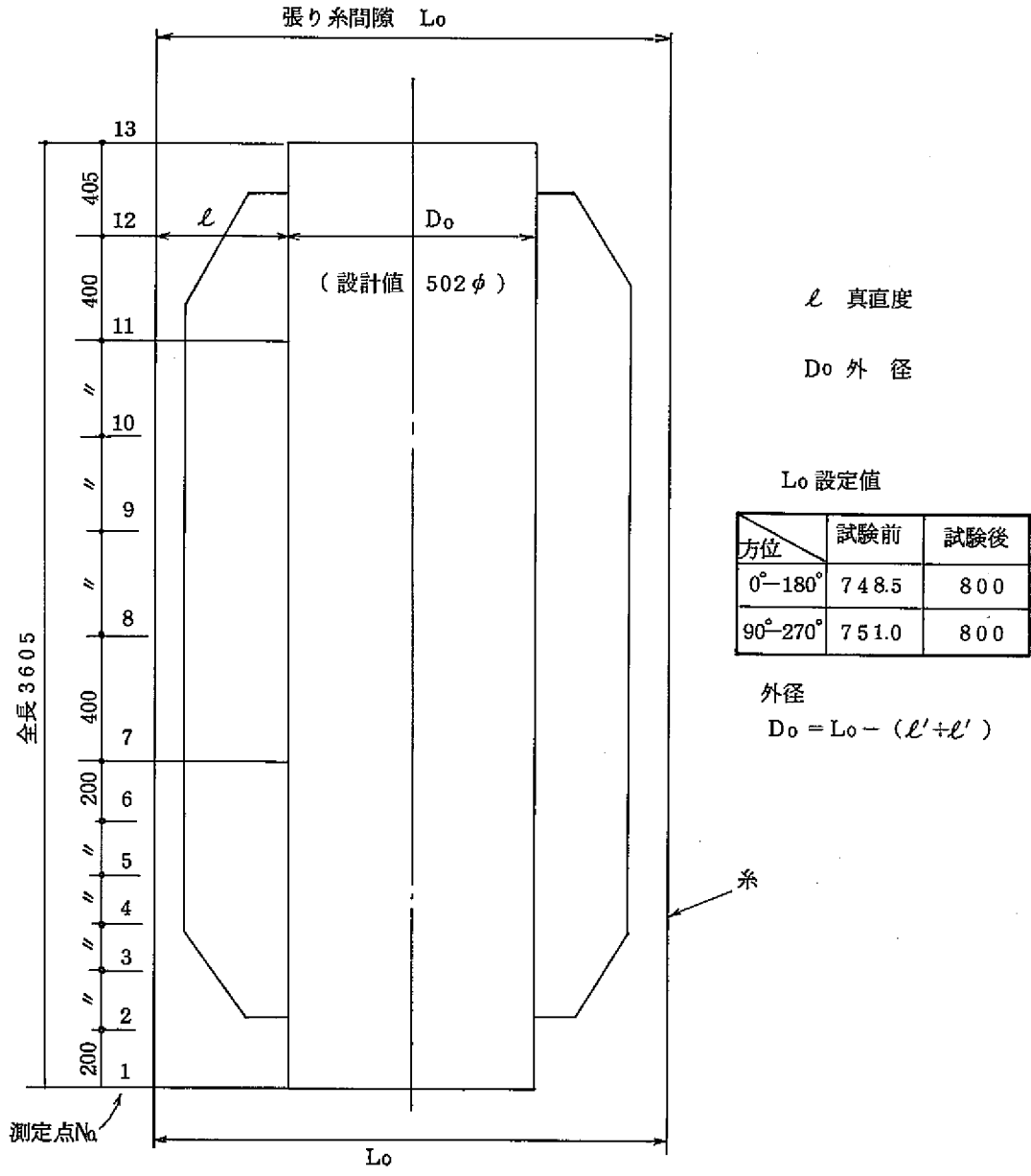


Fig. 3.2.3 センタパイプ測定要領

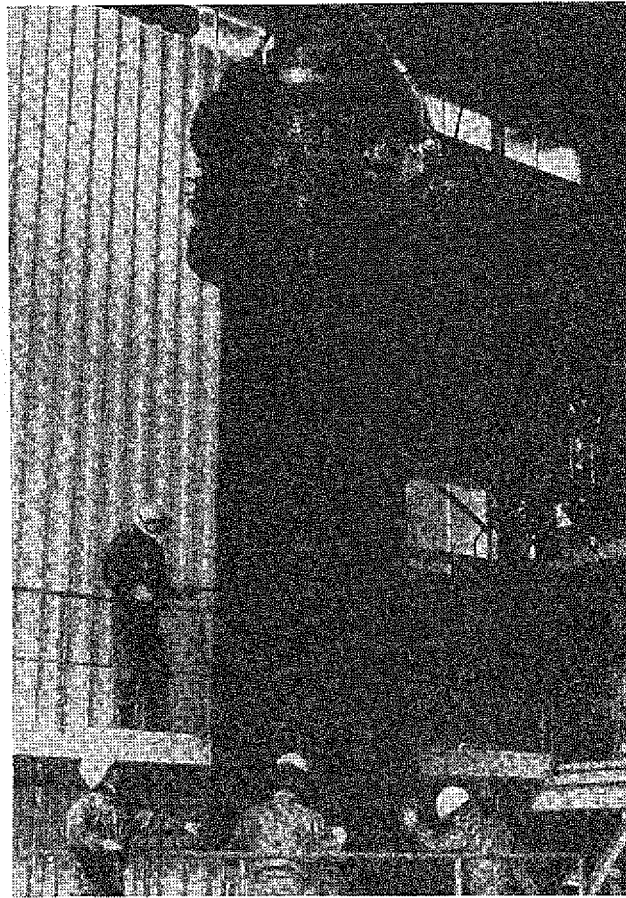


Fig 4. 1. 4 内部構造物全体外観

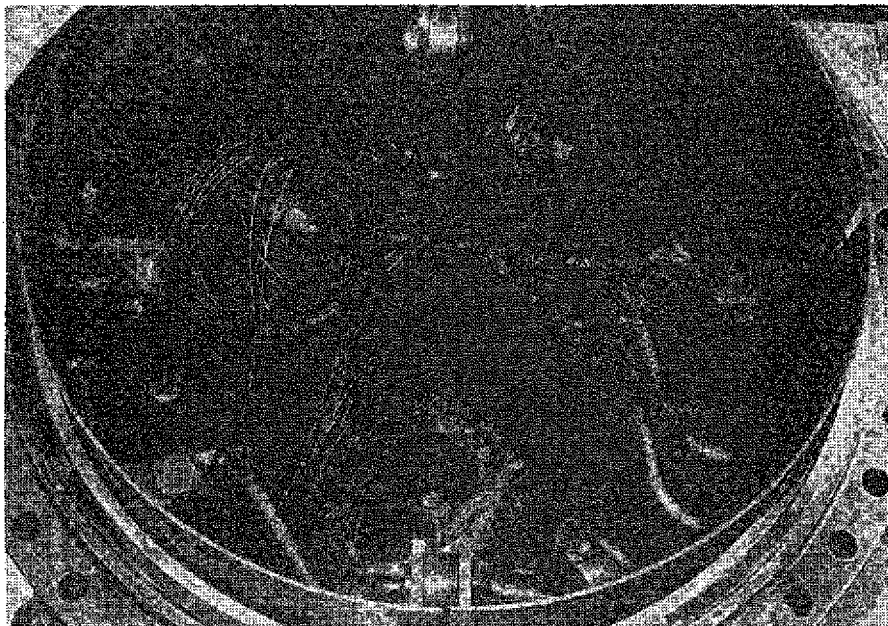


Fig 4. 1. 5 内部構造物上部状況

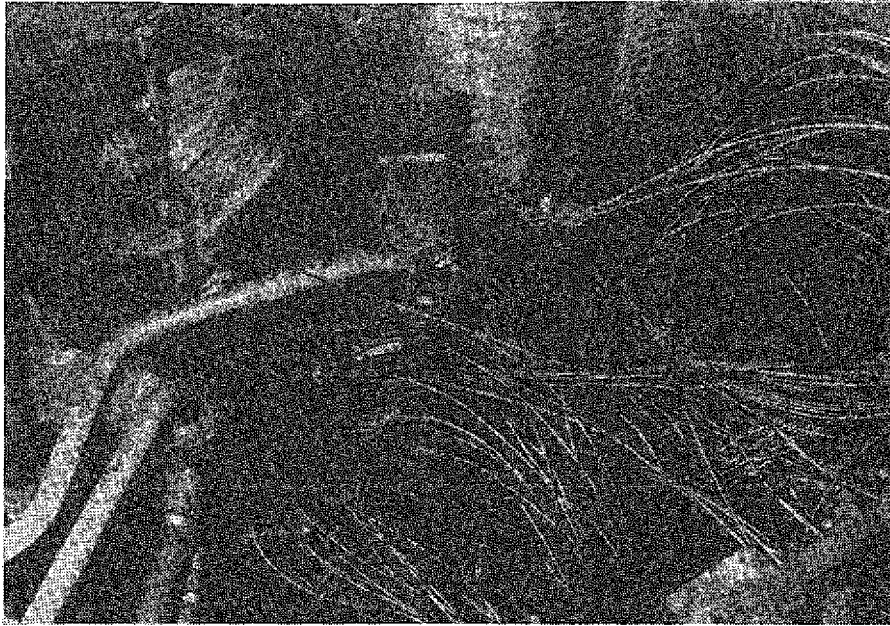


Fig 4.1.6 内部構造物上部状況

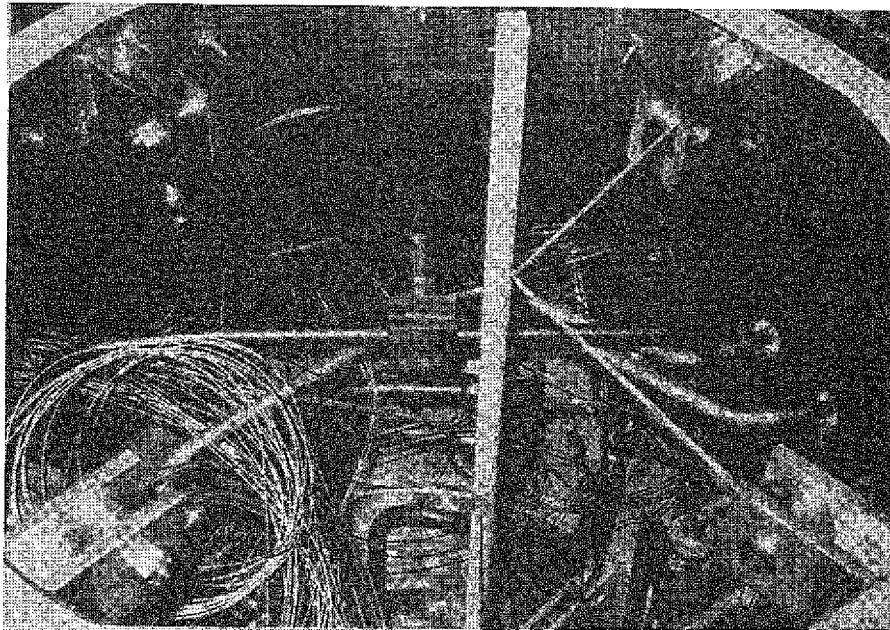


Fig 4.1.7 注水試験前の内部構造物上部

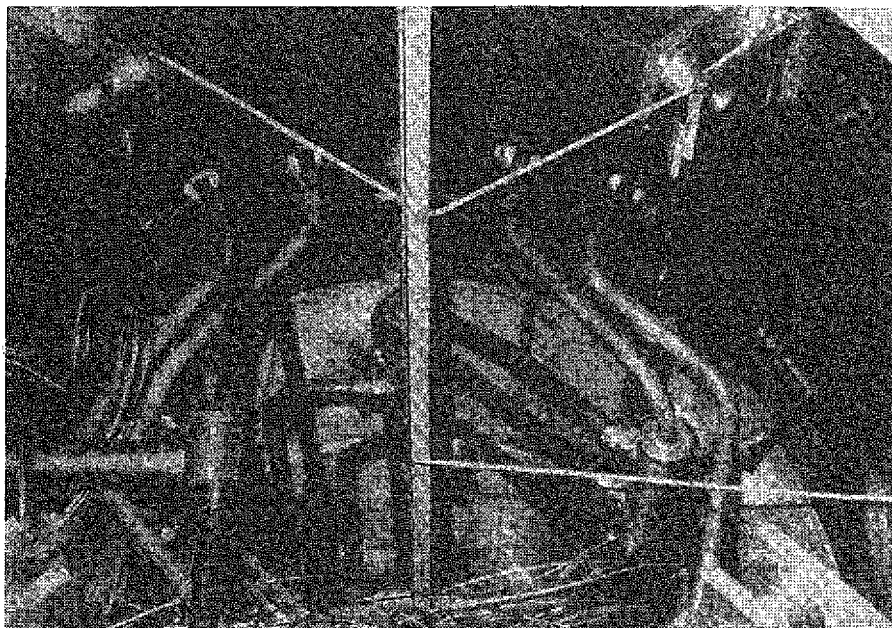


Fig 4. 1. 8 注水試験前の内部構造物の上部

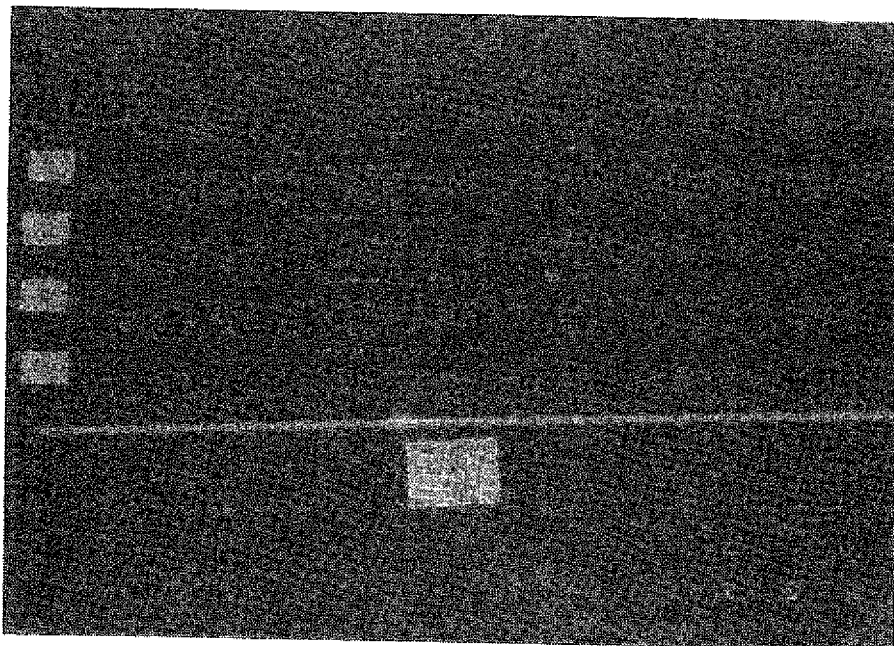


Fig 4. 1. 9(a) 吊り金具の変形状況

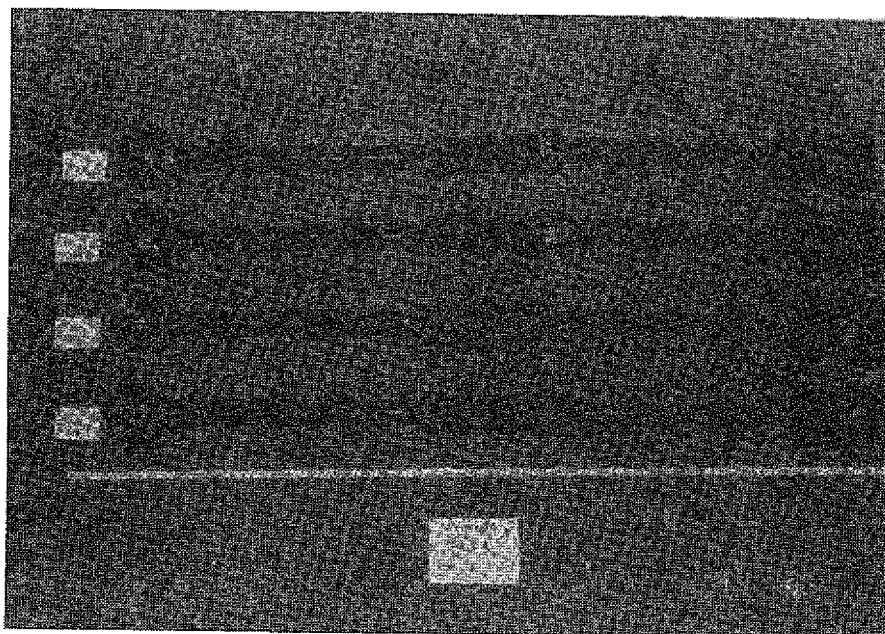


Fig 4. 1. 9(b) 吊り金具の変形状況

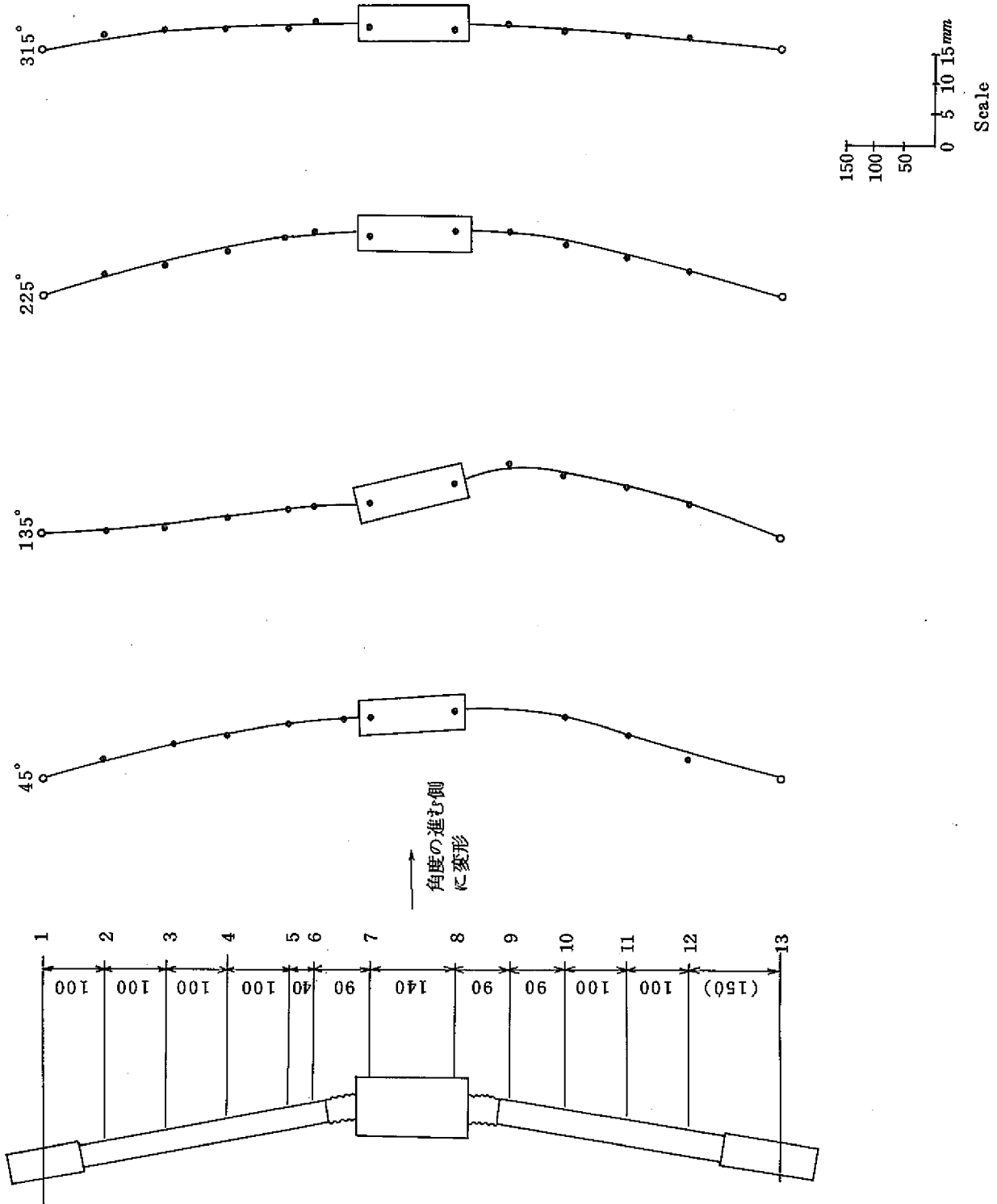


Fig. 4.1.10 (a) 吊り金具の変形量 (周方向)

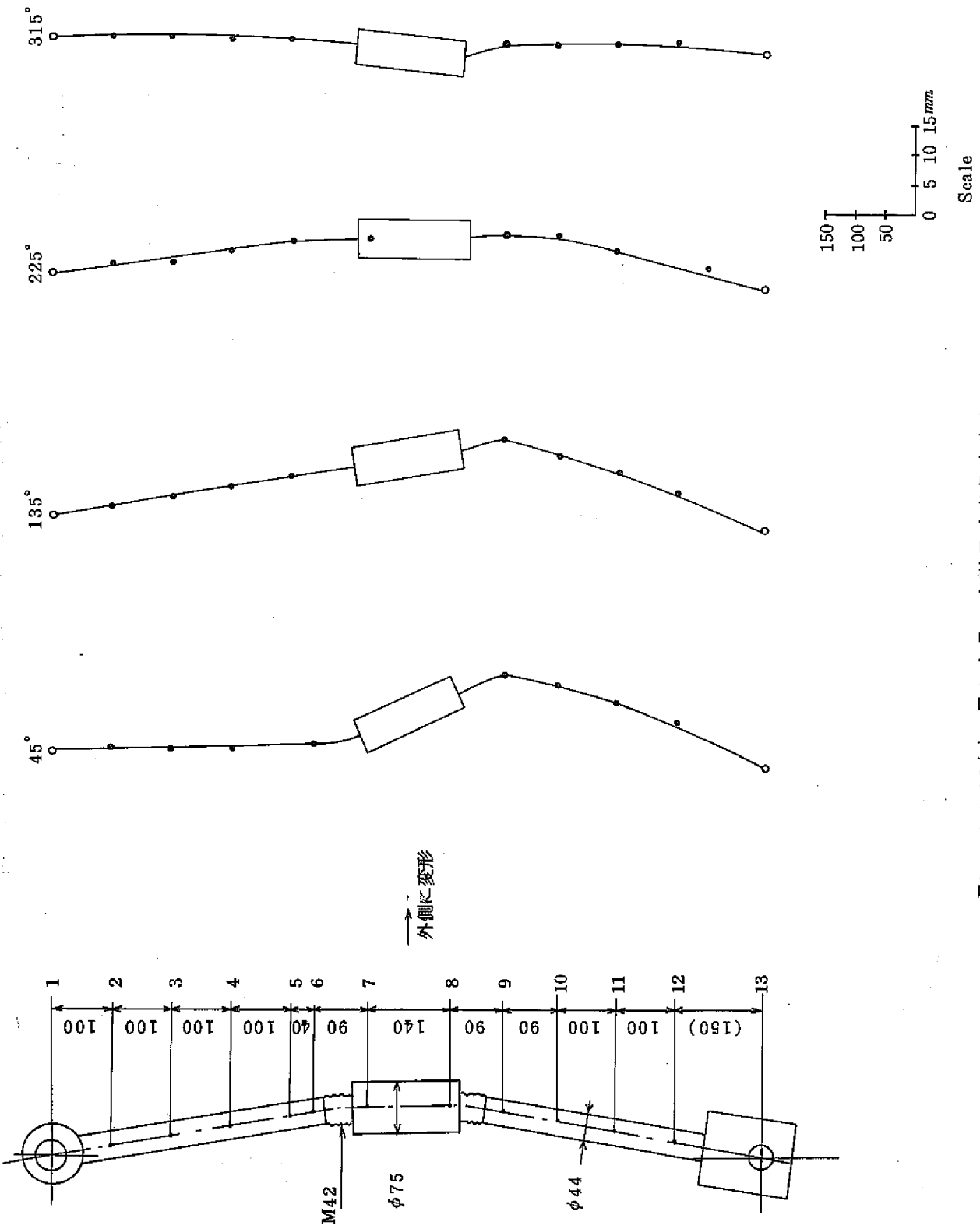


Fig. 4.1.10(b) 吊り金具の変形量（半径方向）



Fig 4. 1.11 蒸発器下部の盲栓の打痕

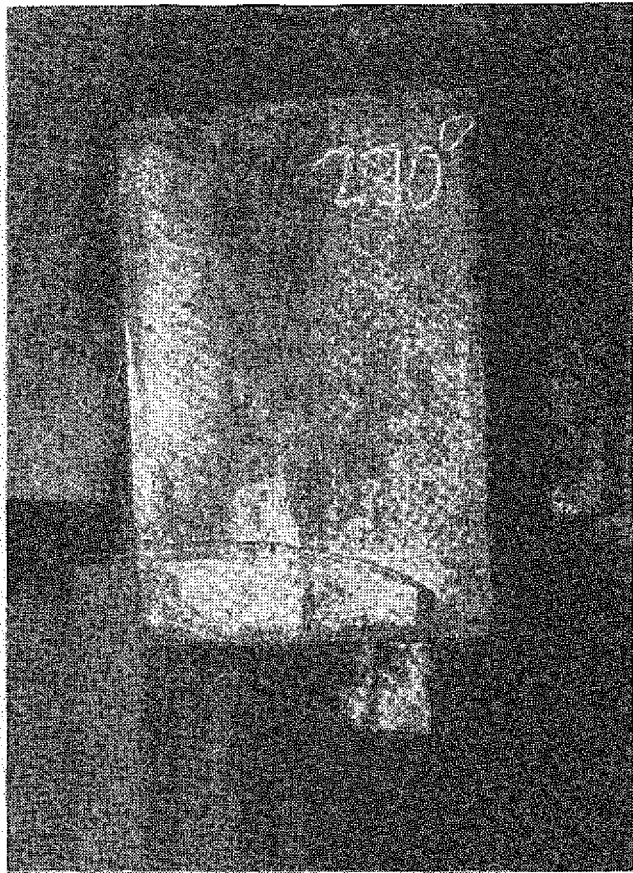


Fig 4. 1.12 下部固定腕の打痕

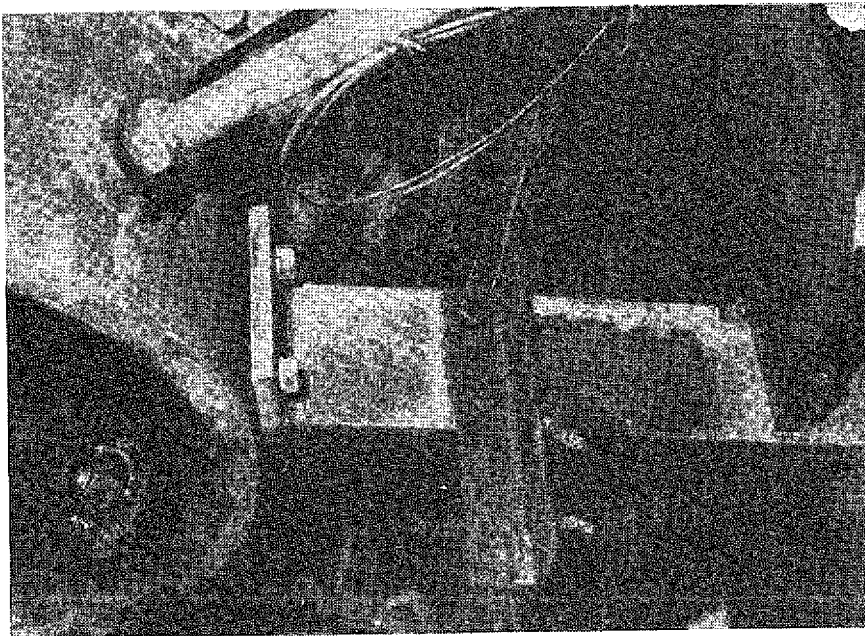


Fig 4. 1.13 下部固定腕・ボルト締結部の変形

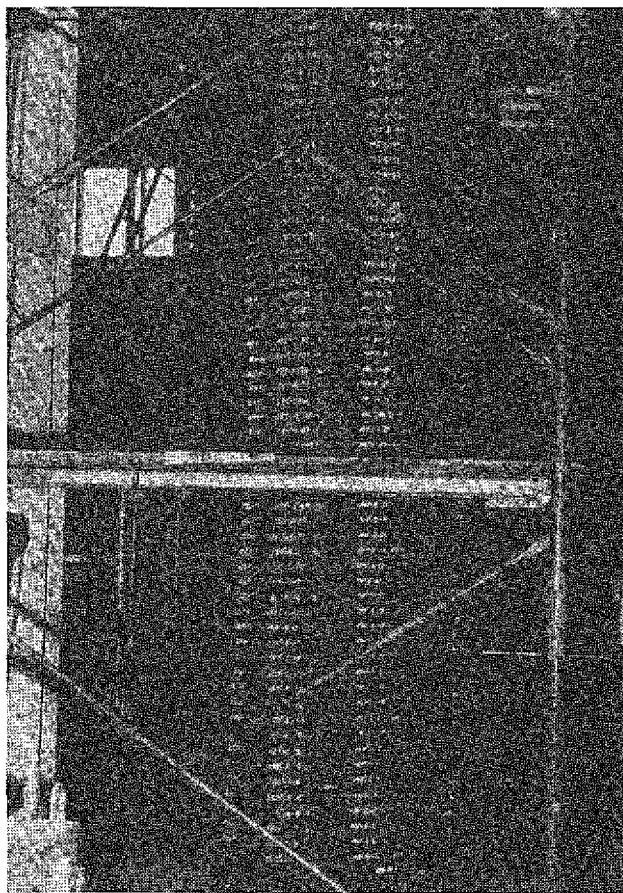


Fig 4. 1. 14 伝熱管コイル（6層目）全体

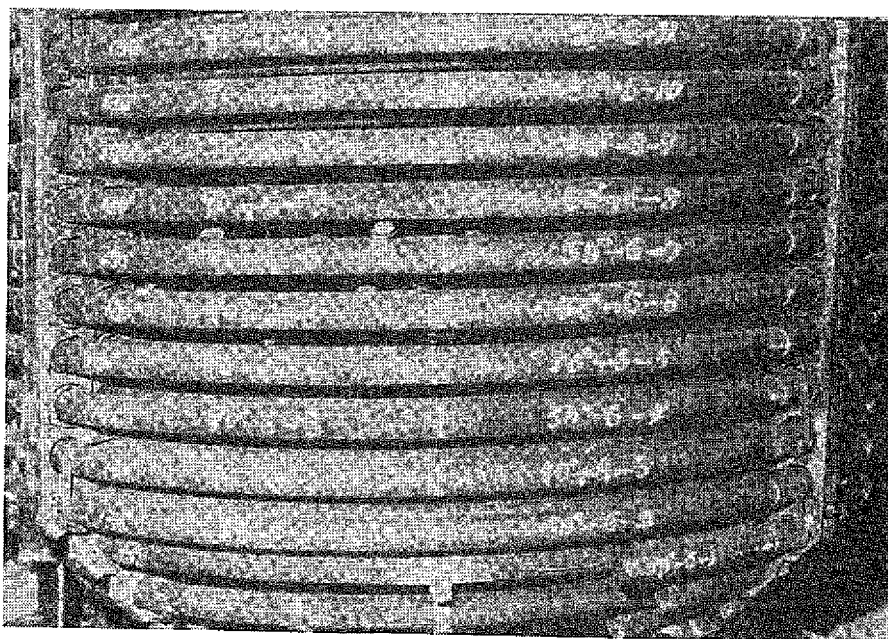


Fig 4. 1. 15 伝熱管コイル（6層目）注水点付近

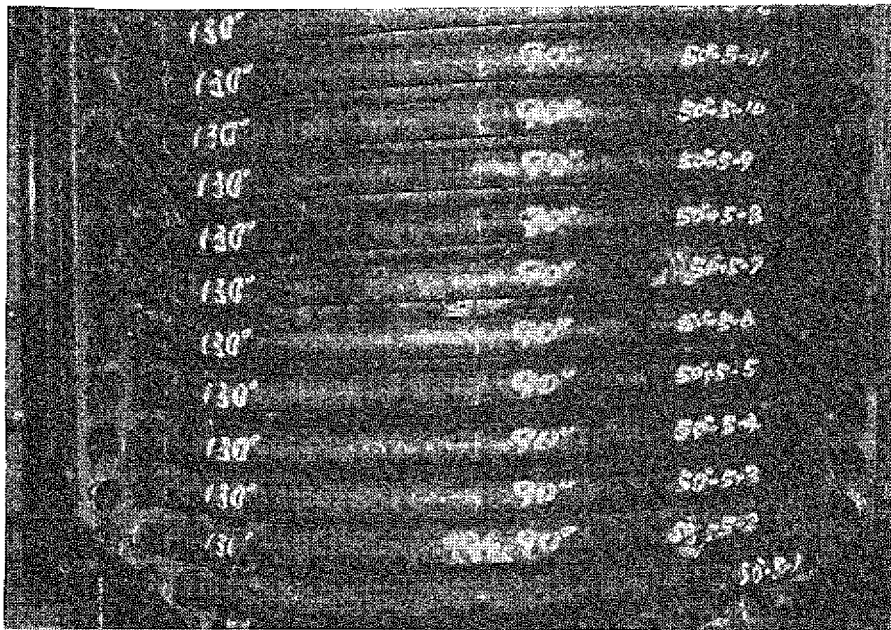


Fig 4. 1. 16 伝熱管コイル（5層目）注水点付近

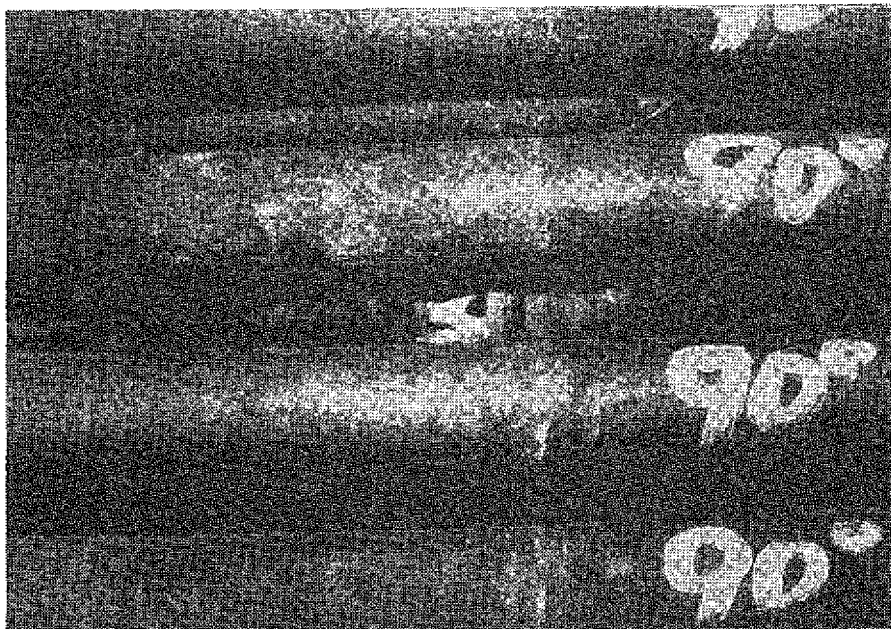


Fig 4. 1. 17 伝熱管コイル（5層目）隣接伝熱管

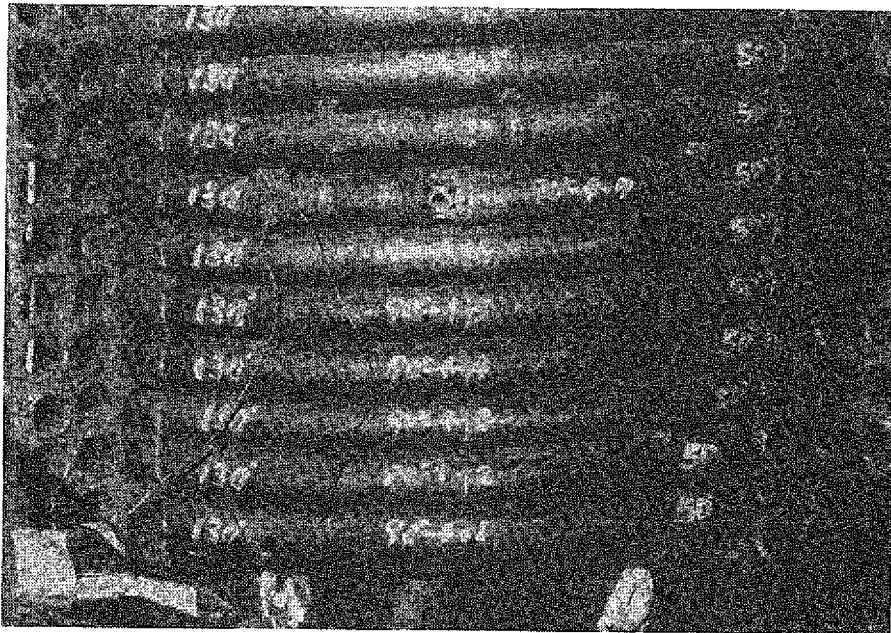


Fig 4. 1. 18 伝熱管コイル（4層目）注水点付近

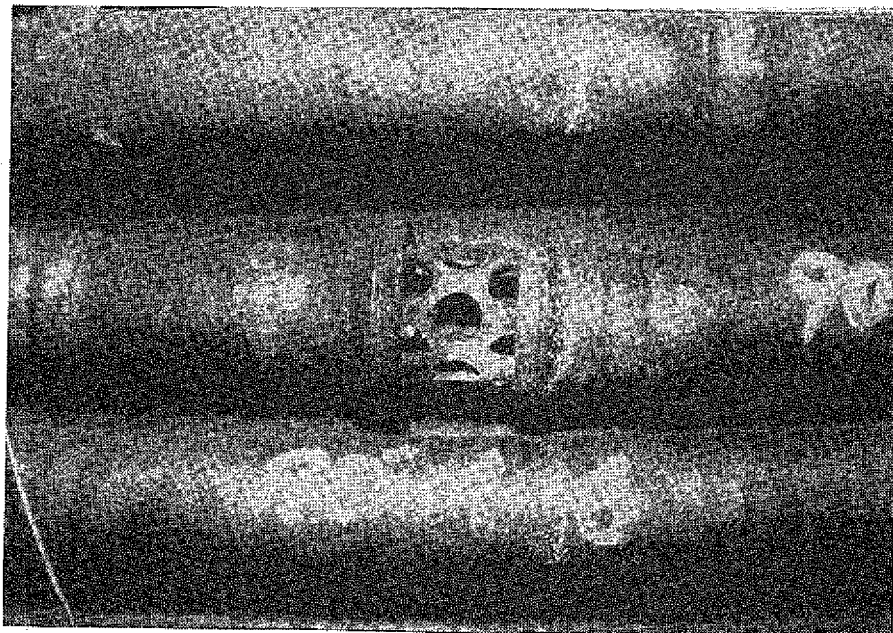


Fig 4. 1. 19 伝熱管コイル（4層目）注水孔

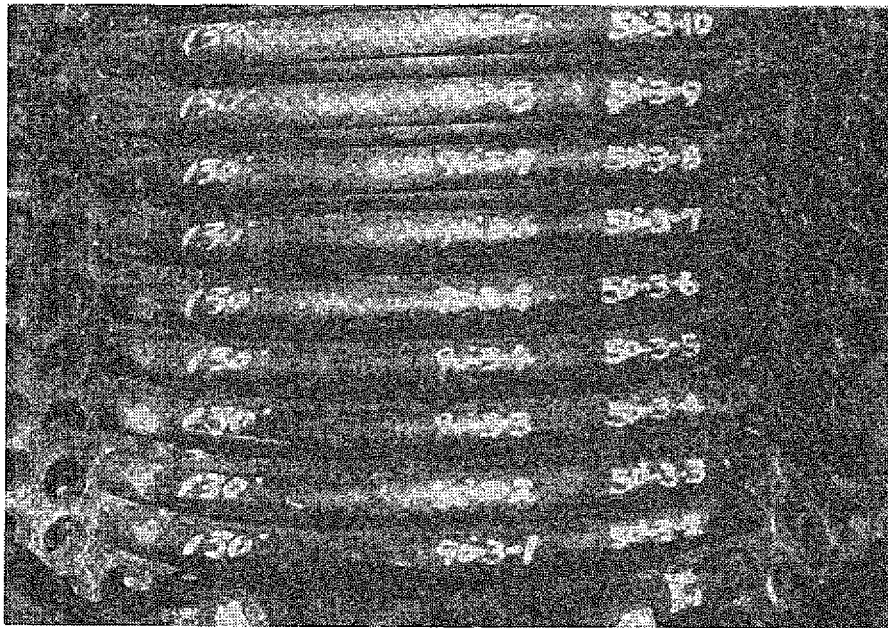


Fig 4. 1. 20 伝熱管コイル (3 層目) 注水点付近

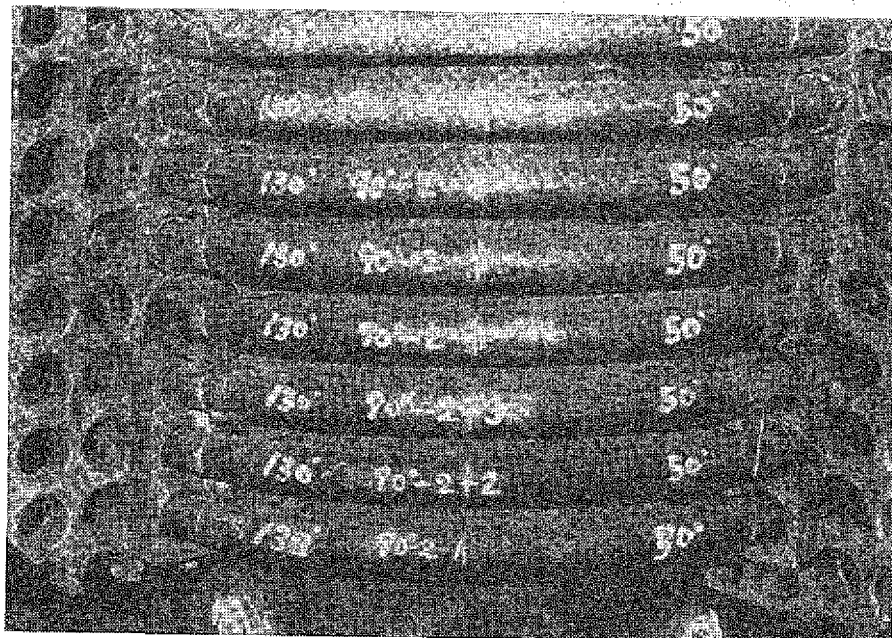


Fig 4. 1. 21 伝熱管コイル (2 層目) 注水点付近

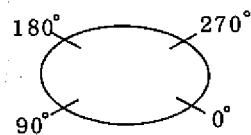
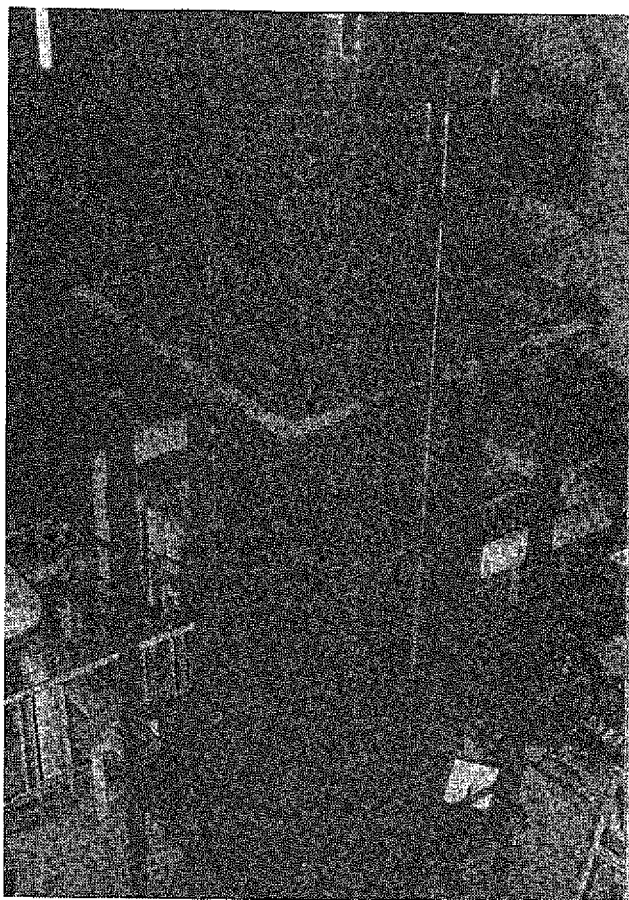


Fig 4.1.22 シュラウド

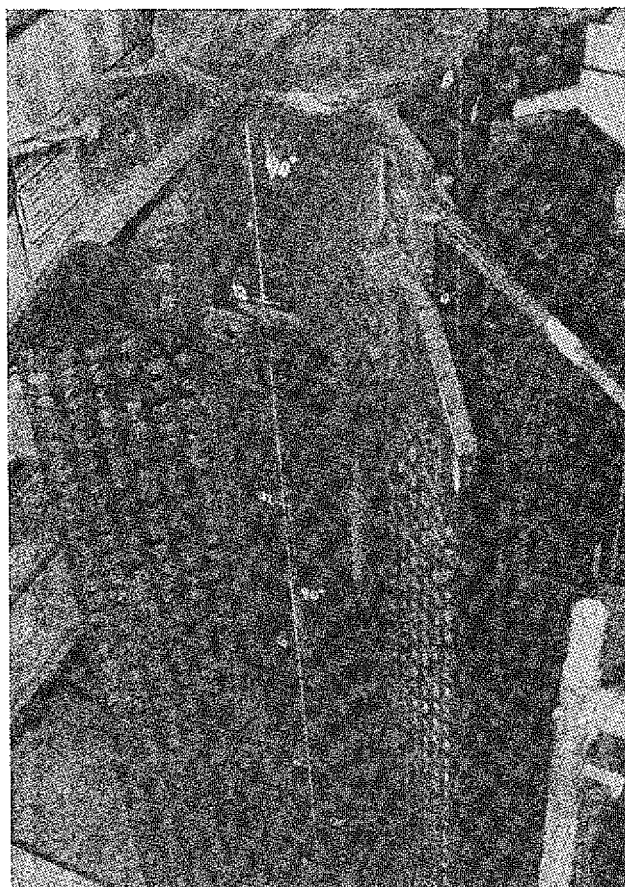


Fig 4.1.23 センタパイプ

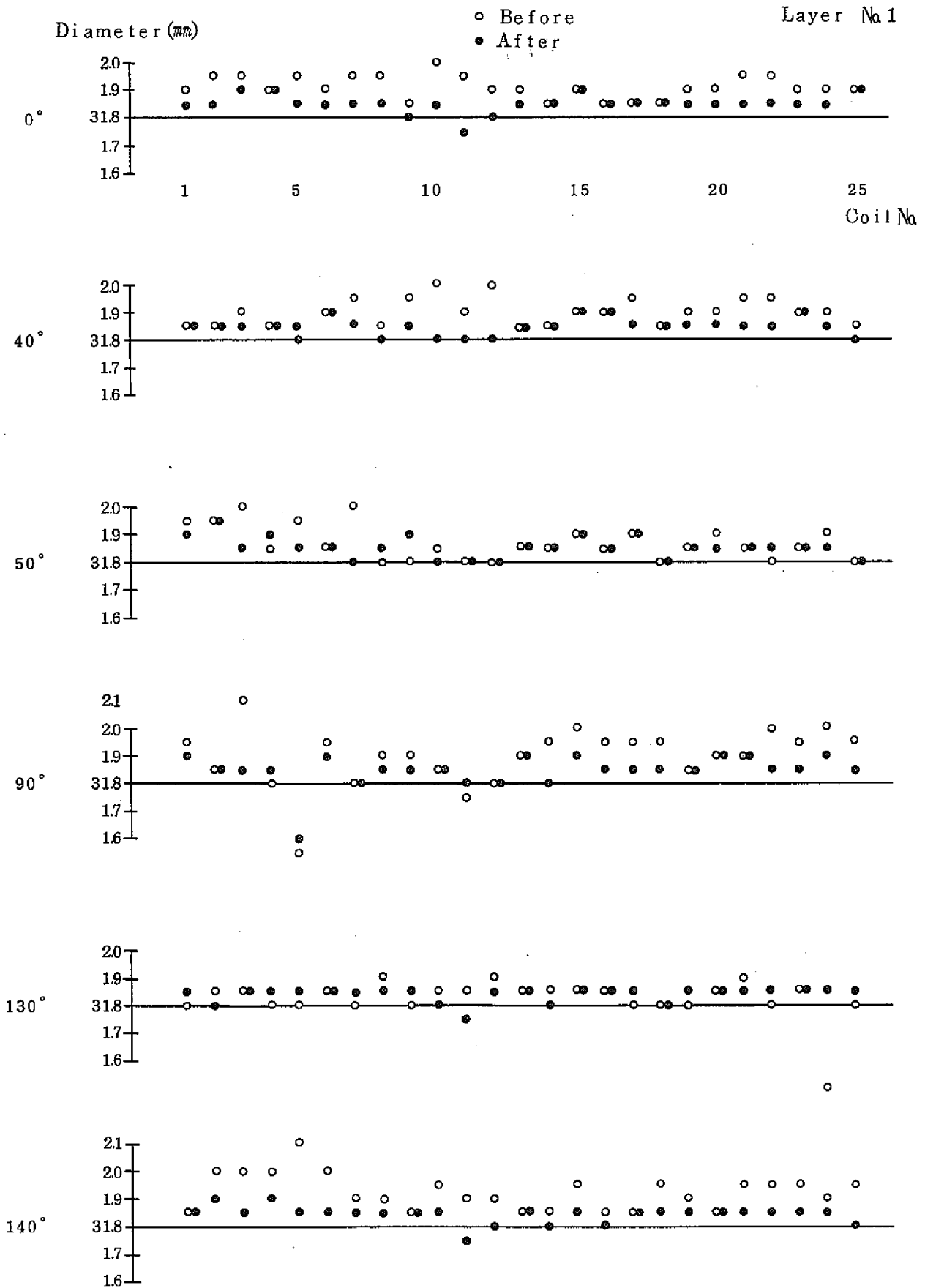


Fig. 4. 2. 1 (a) 伝熱管外径

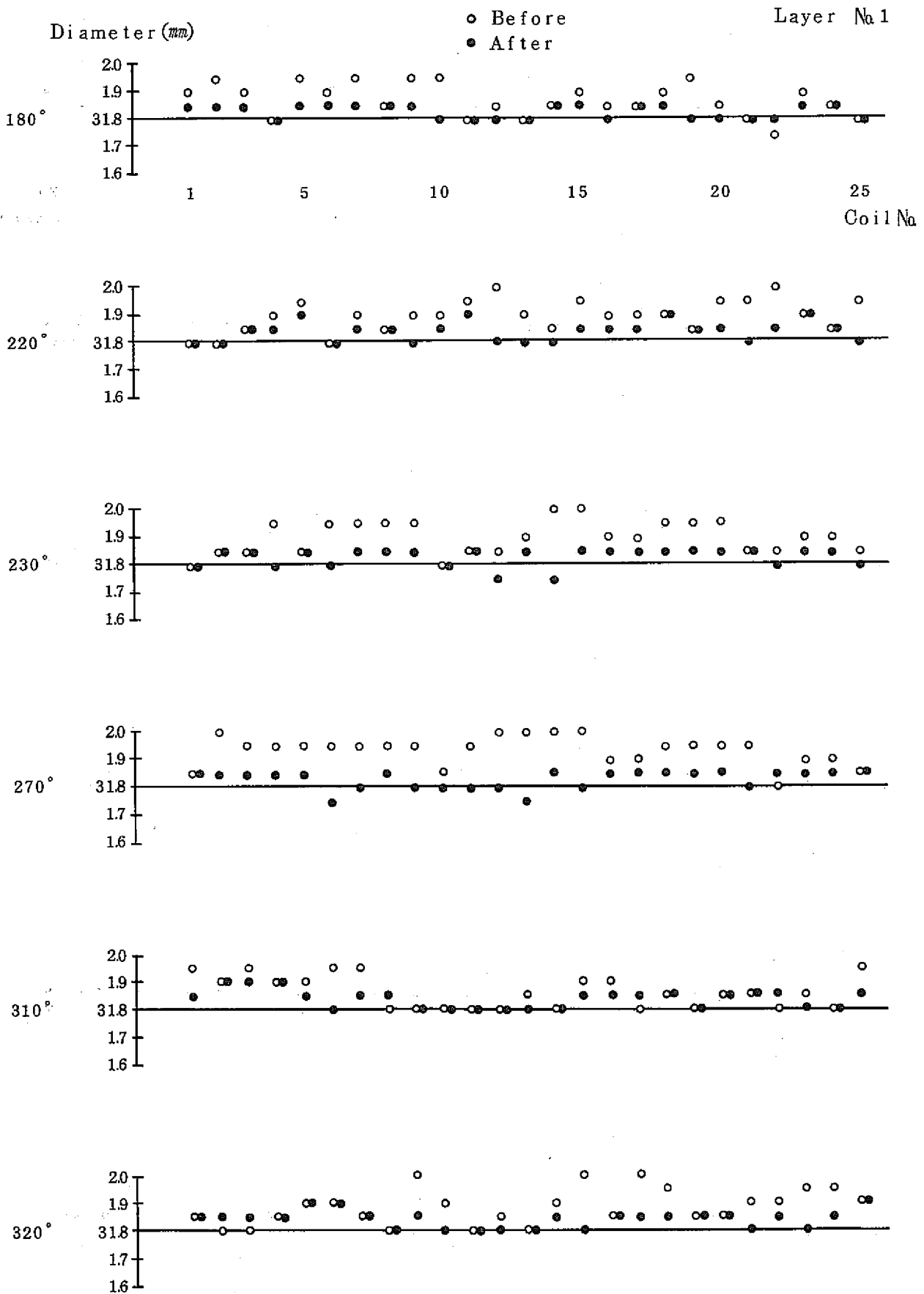


Fig. 4.2.1 (b) 伝熱管外径

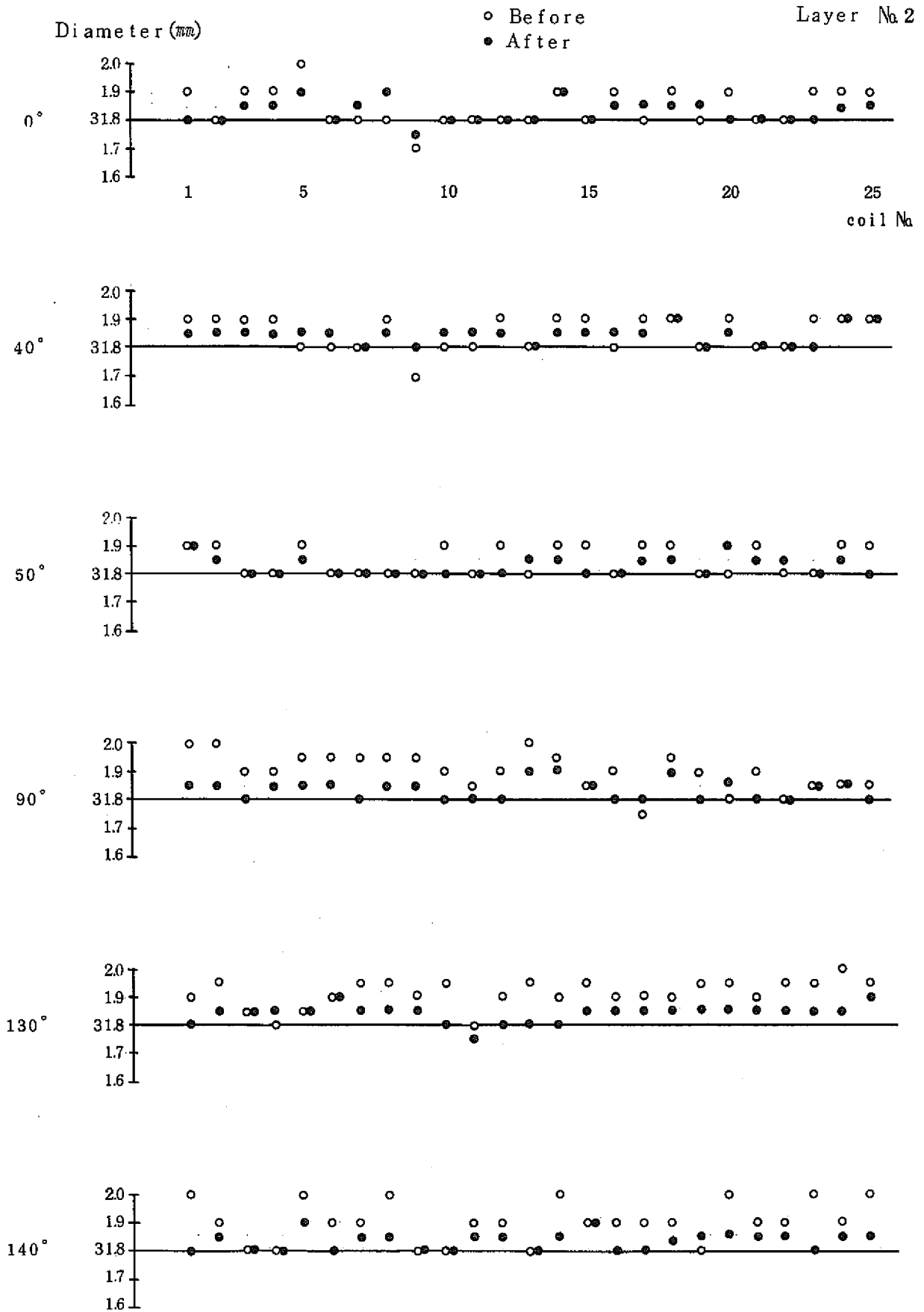


Fig. 4.2.1(c) 伝熱管外径

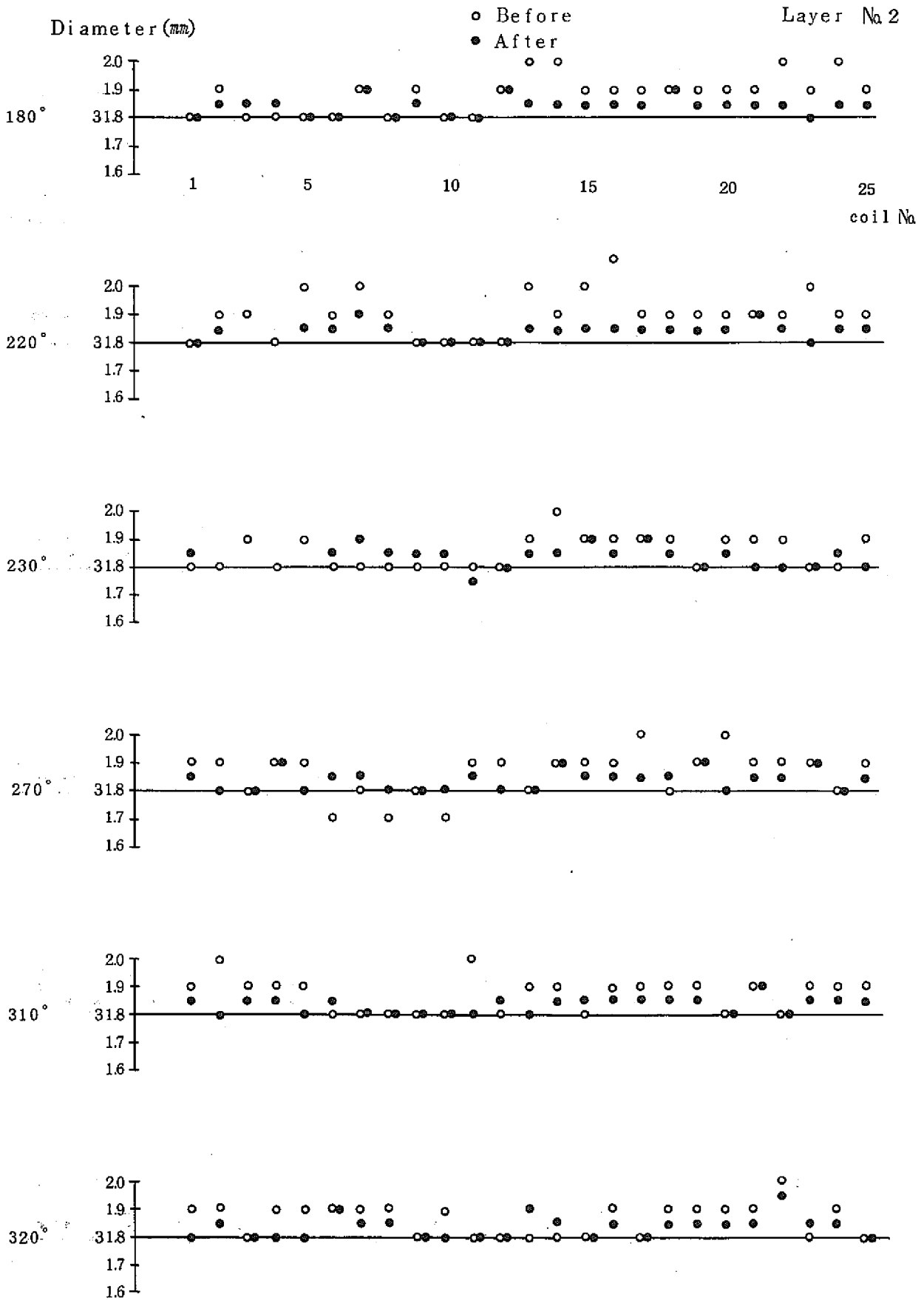


Fig. 4.2.1(d) 伝熱管外径

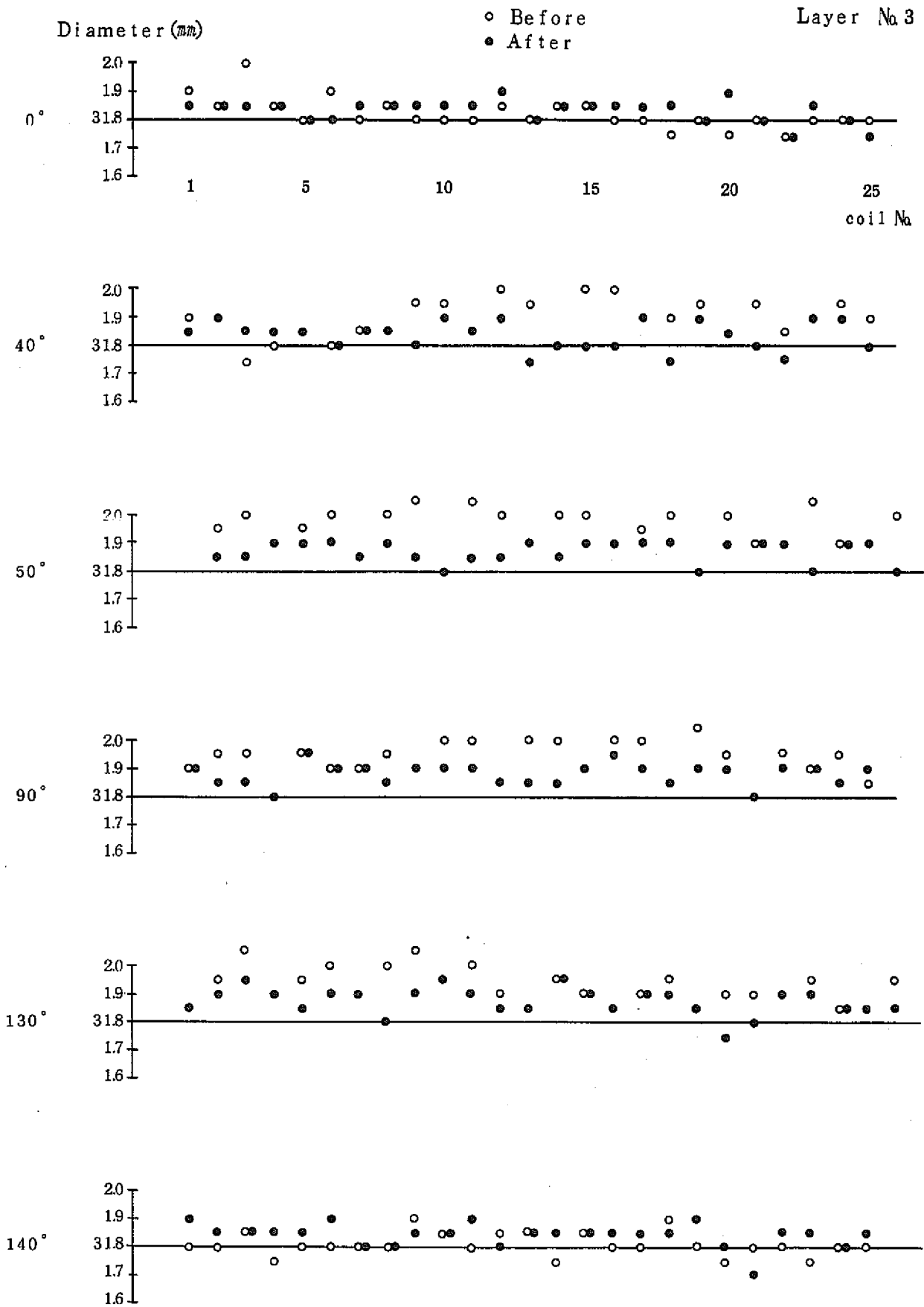


Fig. 4.2.1(e) 伝熱管外径

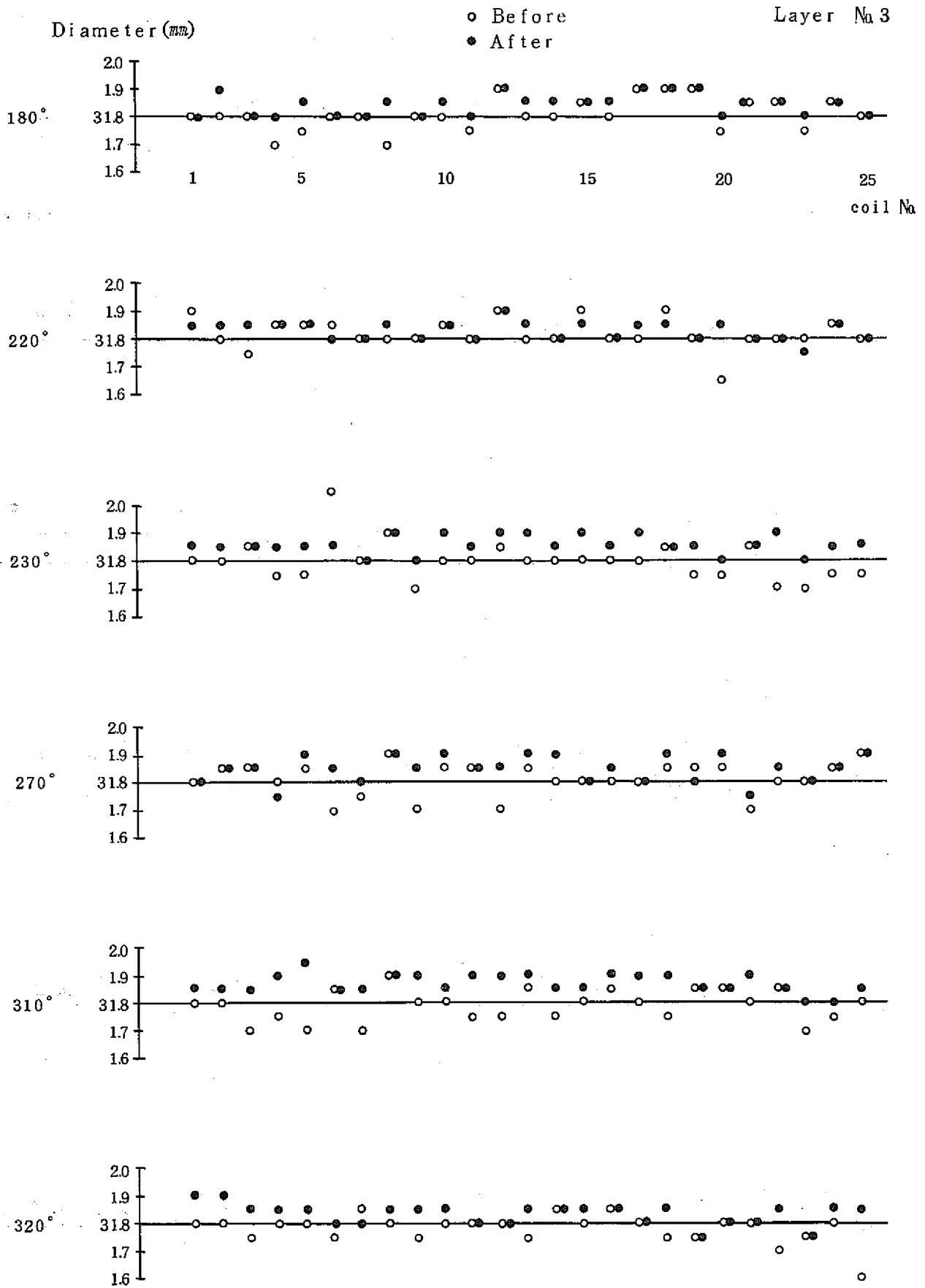


Fig. 4.2.1(f) 伝熱管 外径

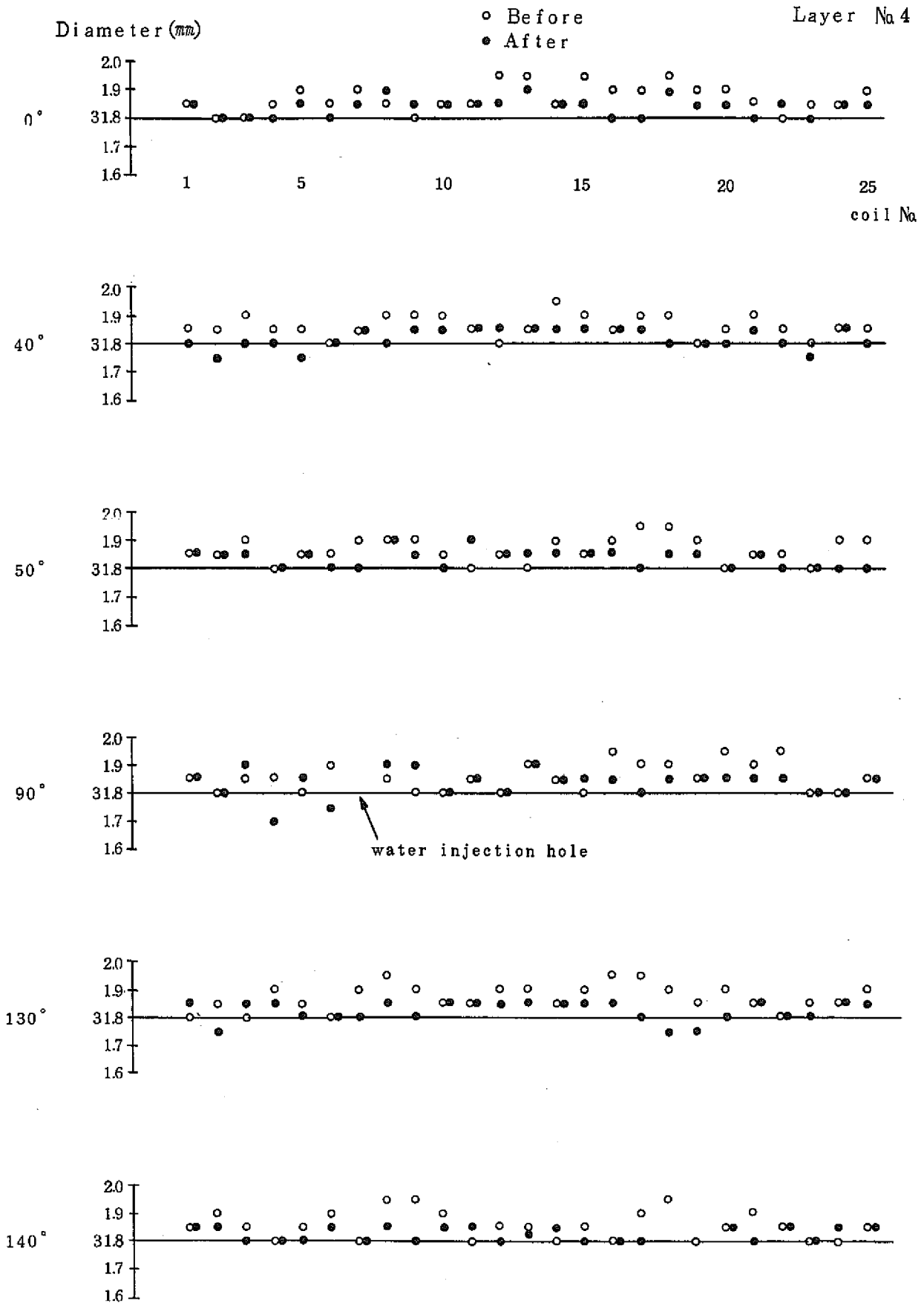


Fig. 4.2.1(g) 伝熱管外径

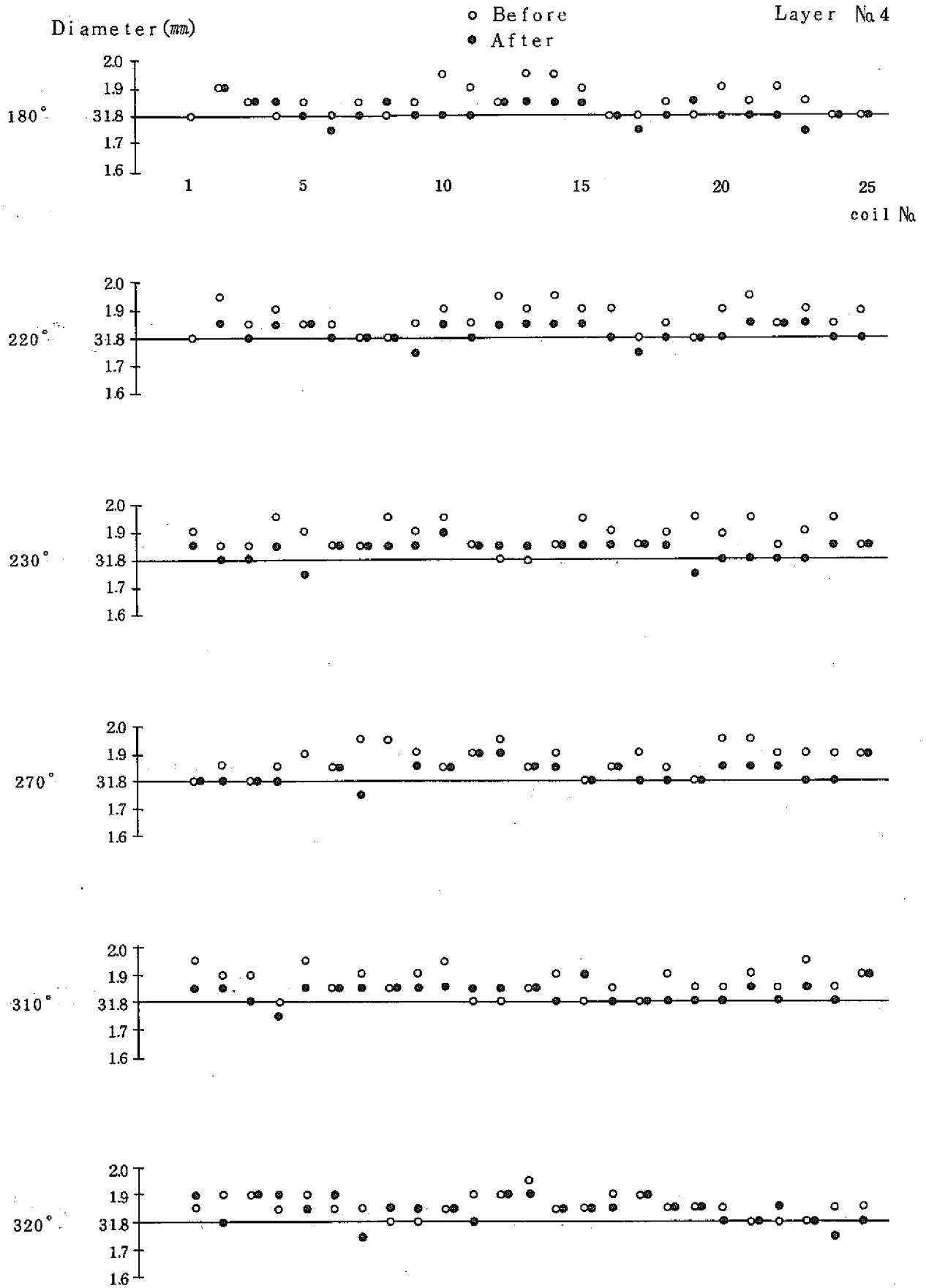


Fig. 4.2.1(h) 伝熱管外径

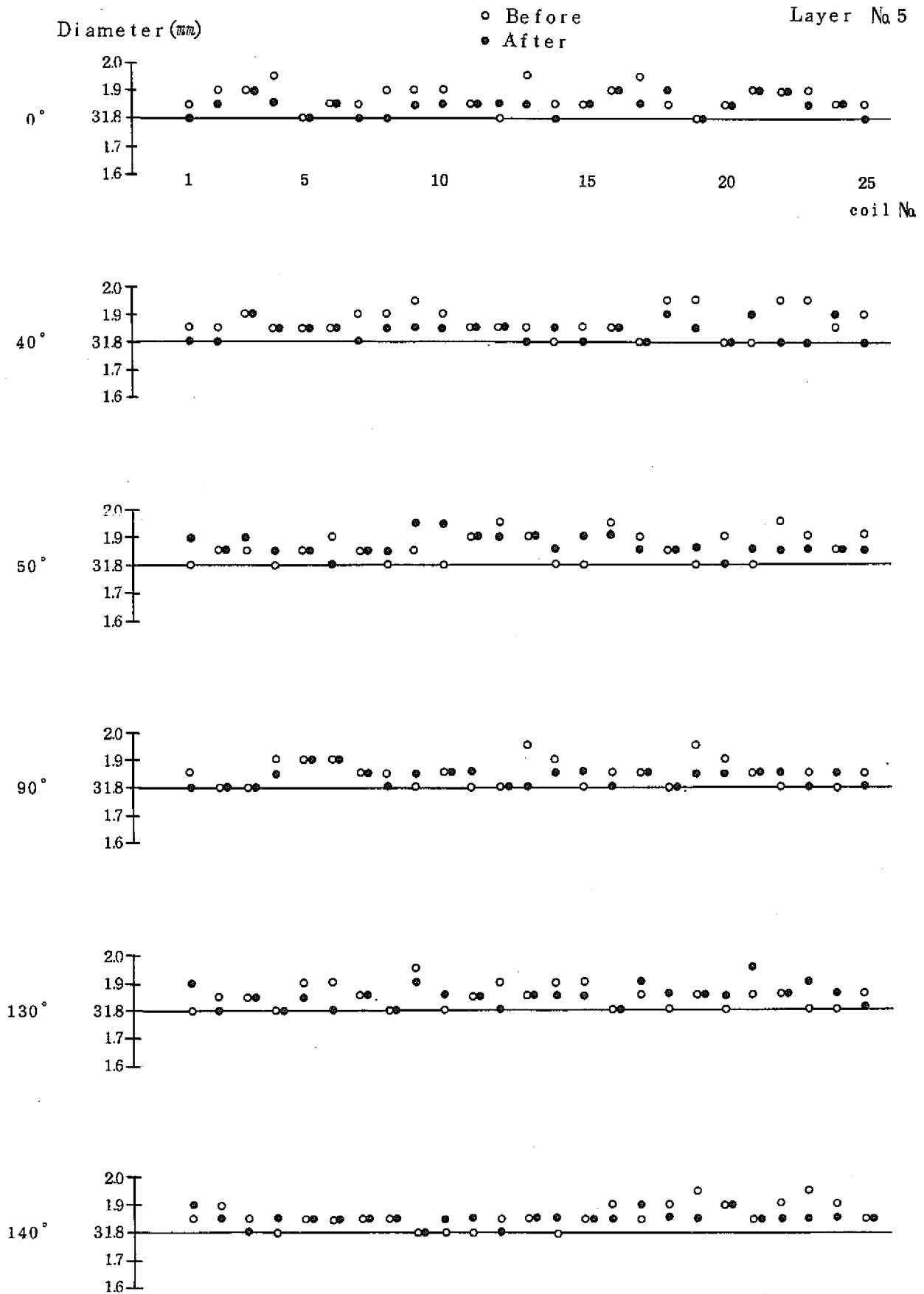


Fig. 4.2.1(i) 伝熱管外径

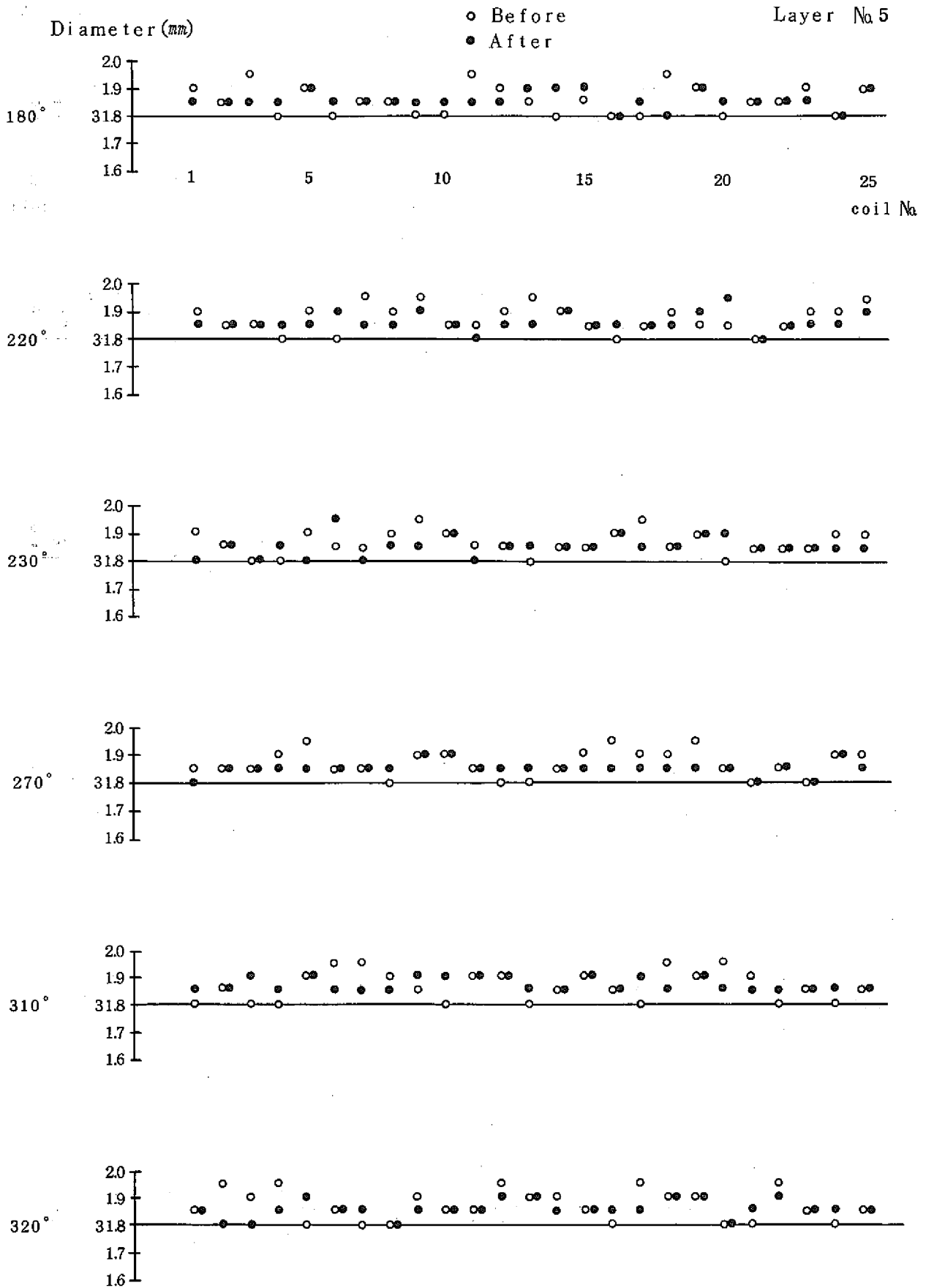


Fig. 4.2.1(j) 伝熱管外径

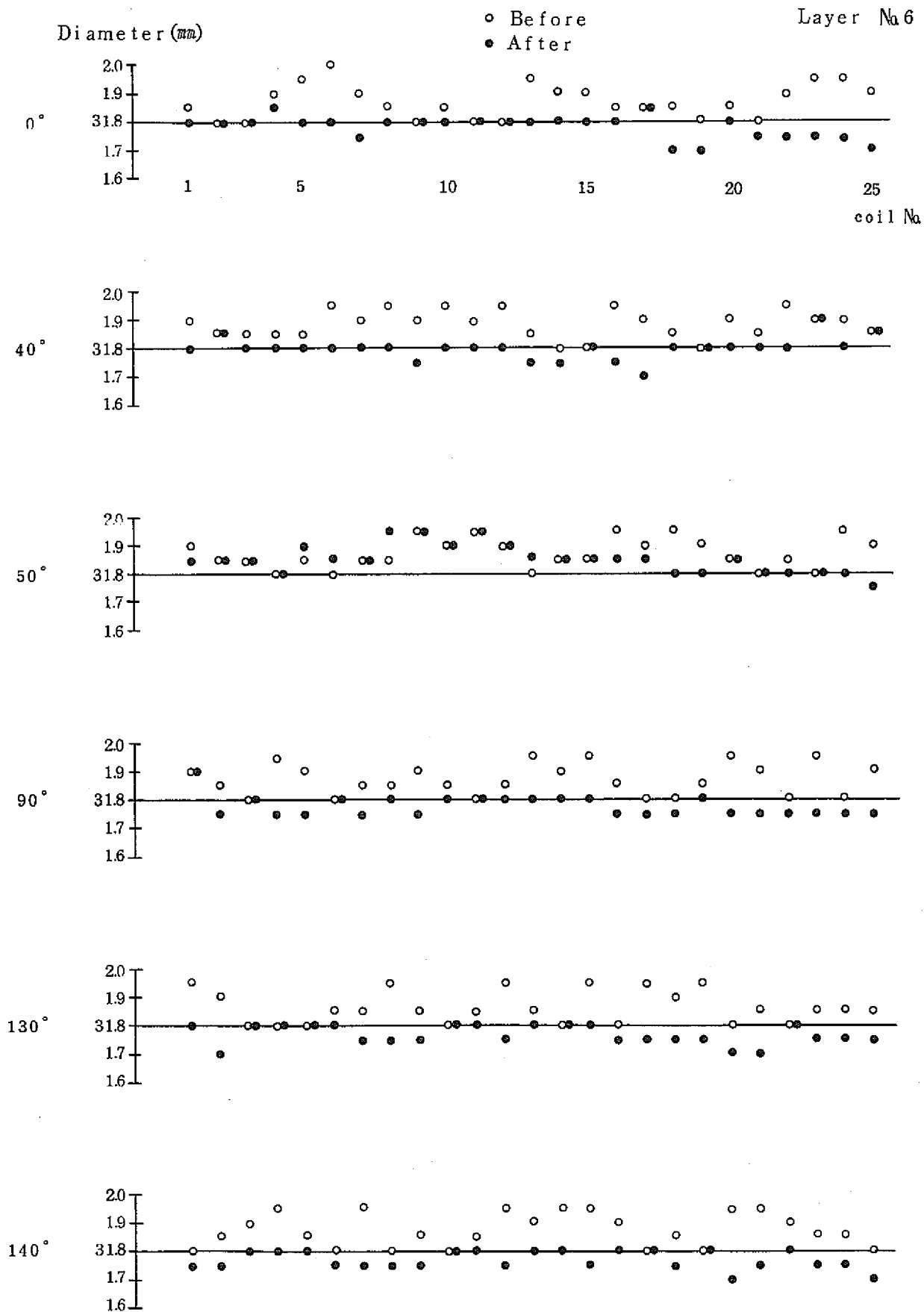


Fig. 4.2.1(k) 伝熱管外径

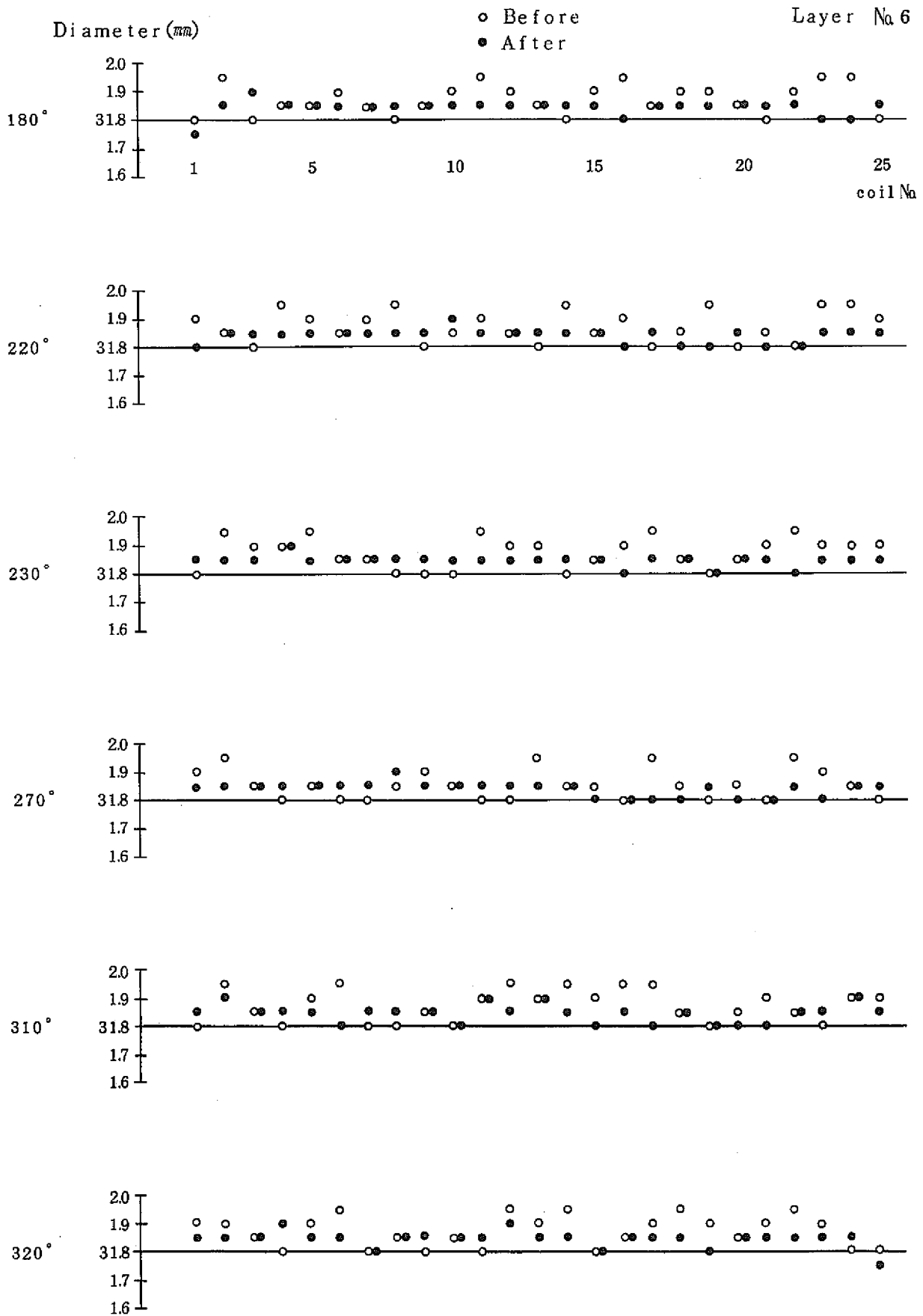


Fig. 4.2.1(e) 伝熱管外径

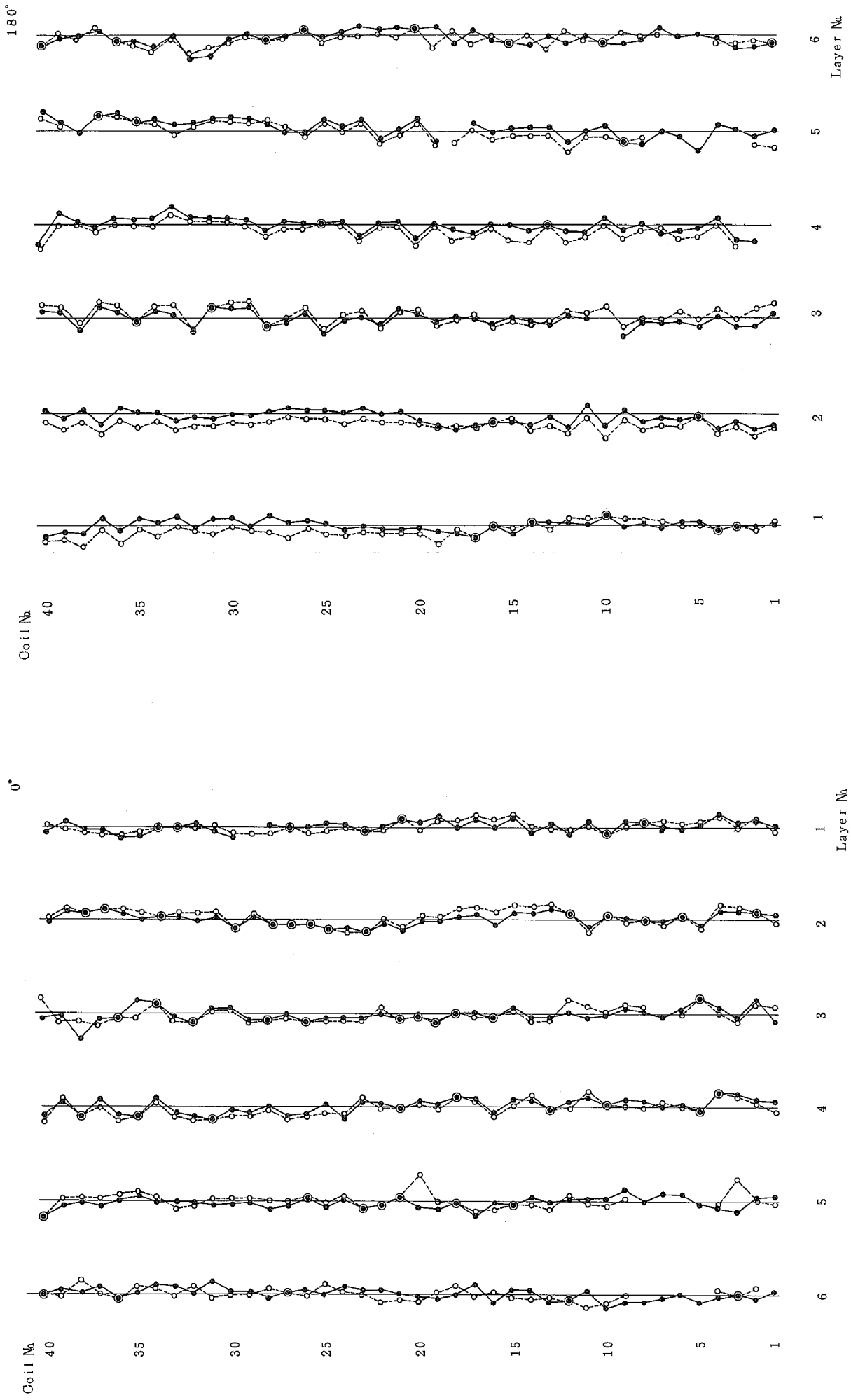


Fig 4.3.1(a) コイル真直度

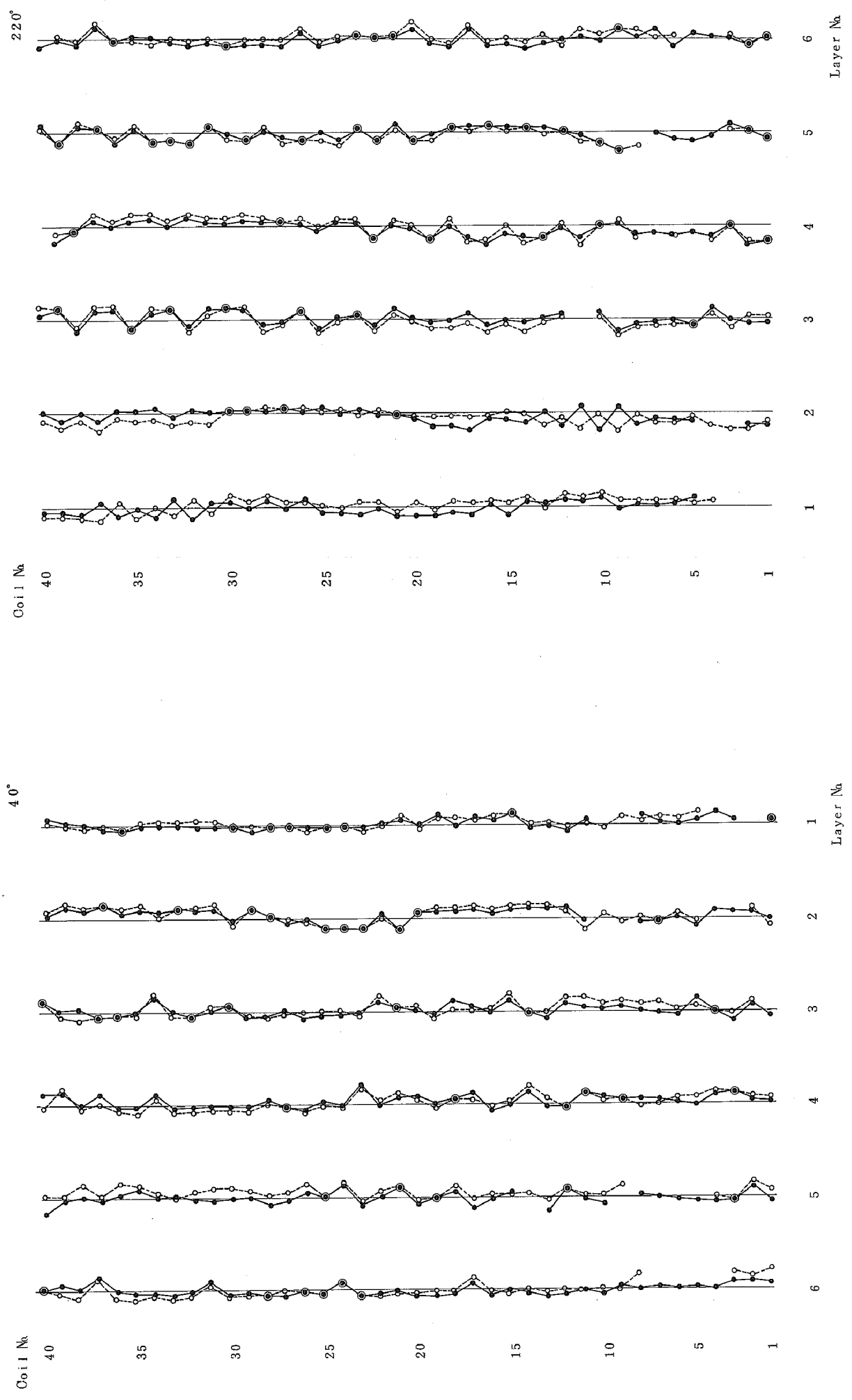


Fig 4.3.1(b) コイル真直度

Coil No

40 35 30 25 20 15 10 5 1

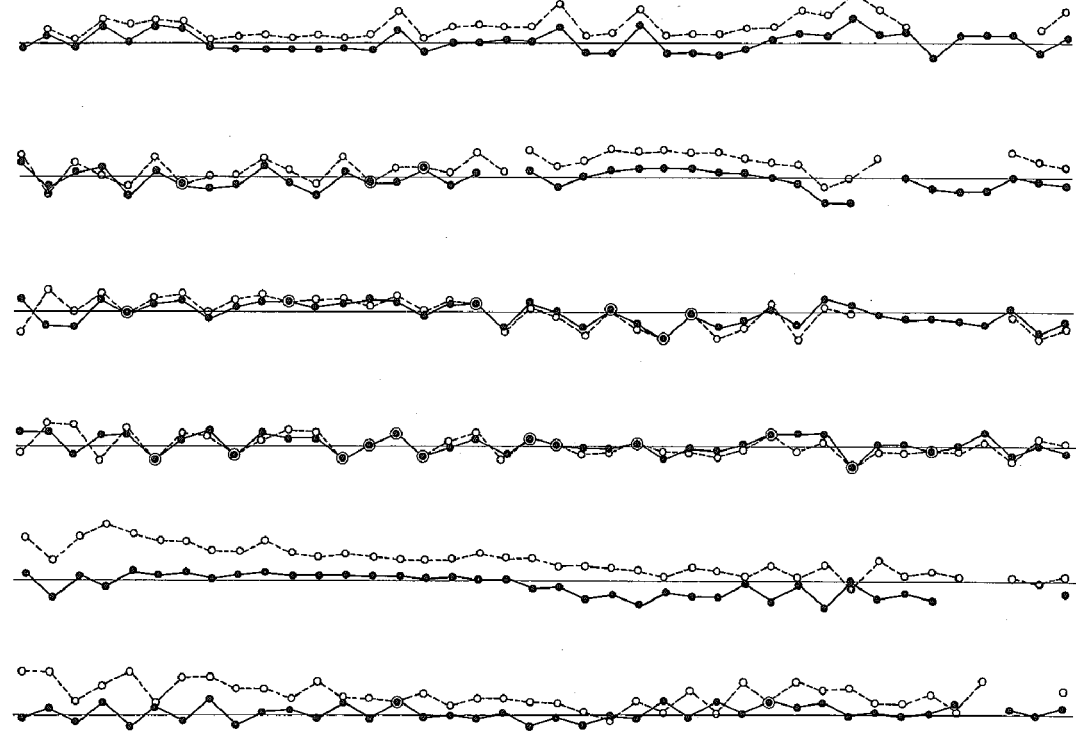
50°

40 35 30 25 20 15 10 5 1

Coil No

40 35 30 25 20 15 10 5 1

230°



Layer No

1

2

3

4

5

6

Layer No

Fig 4.3.1(c) コイル真直度

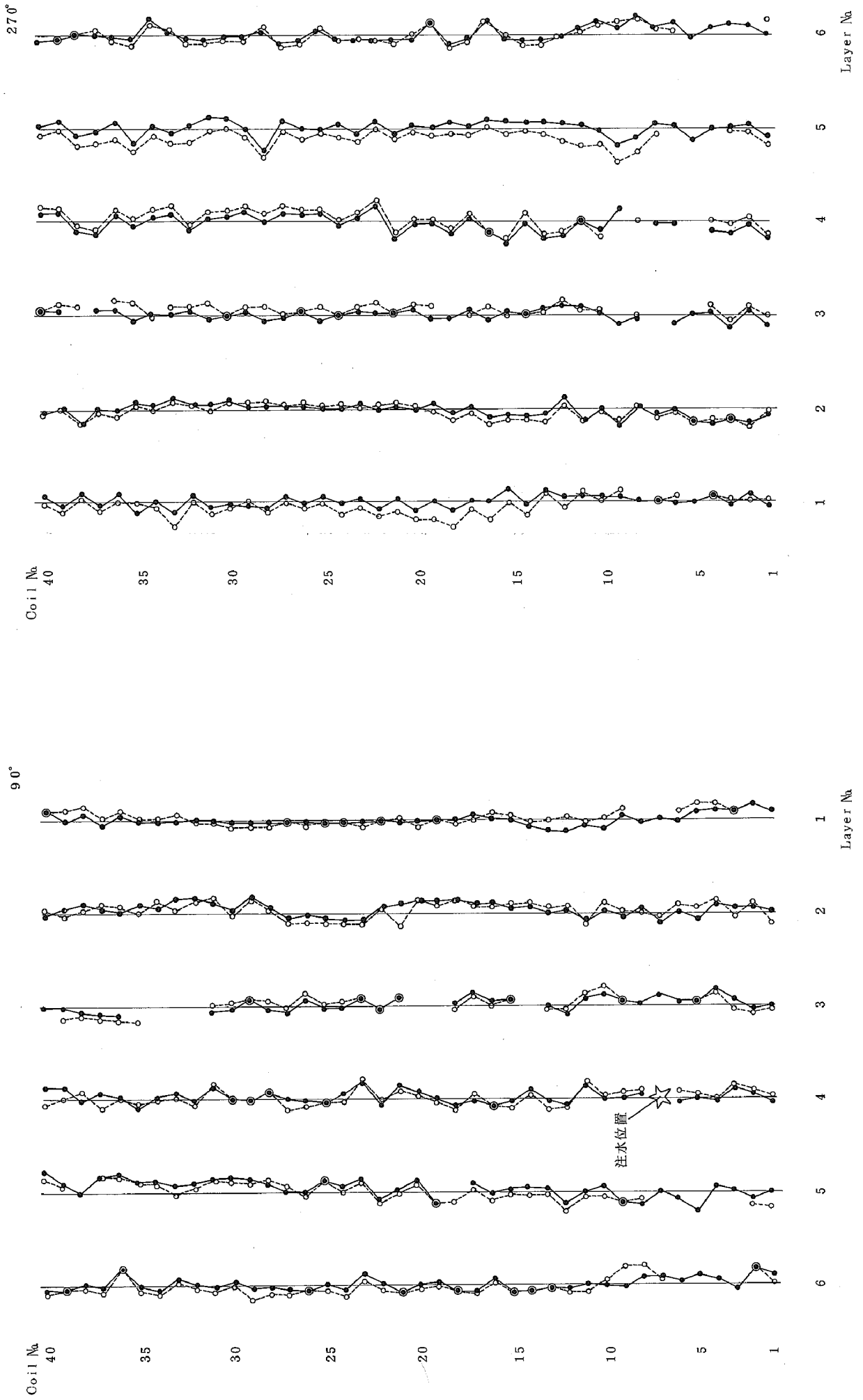


Fig 4.3.1(d) コイル真直度

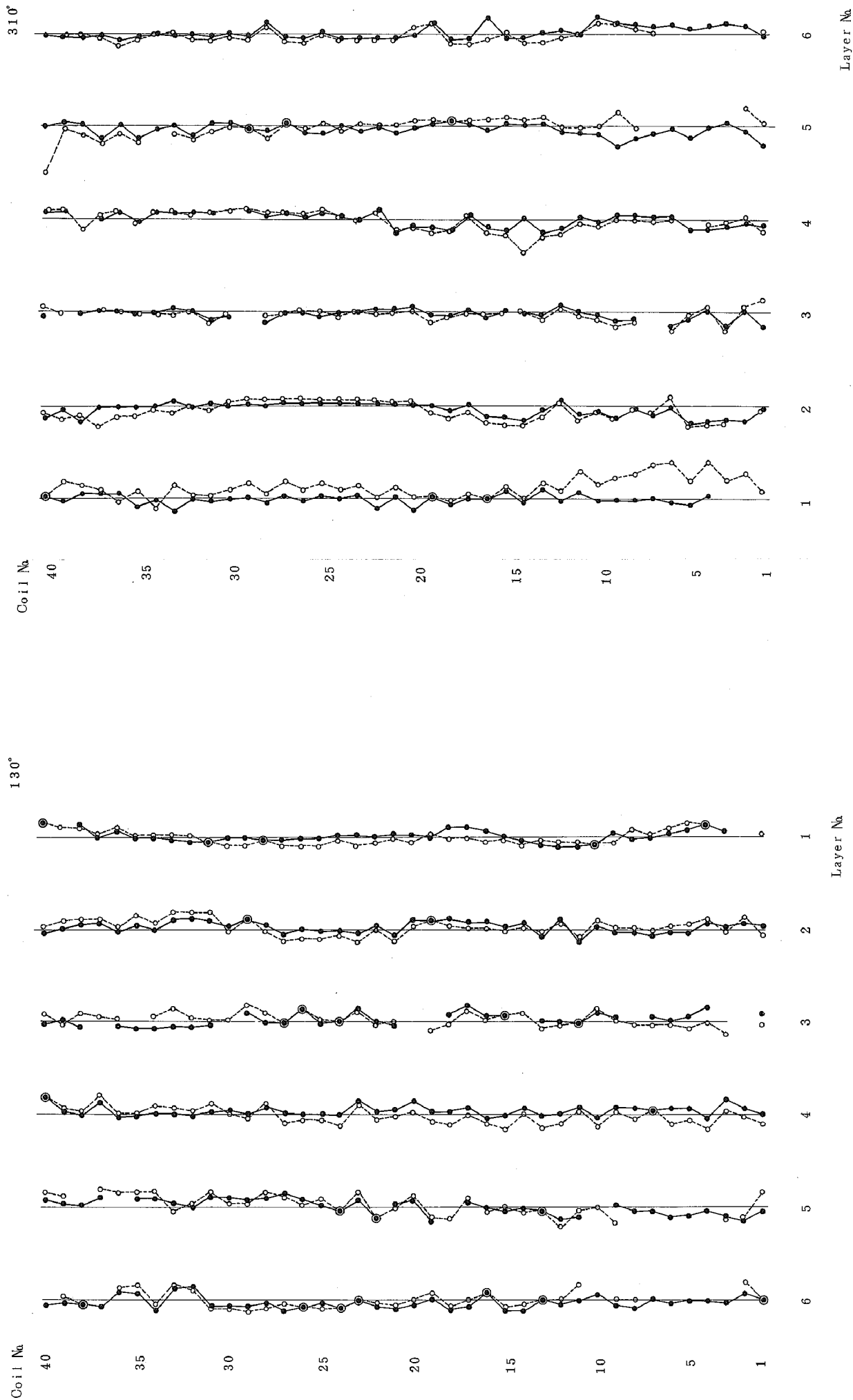


Fig 4.3.1(e) コイル真直度

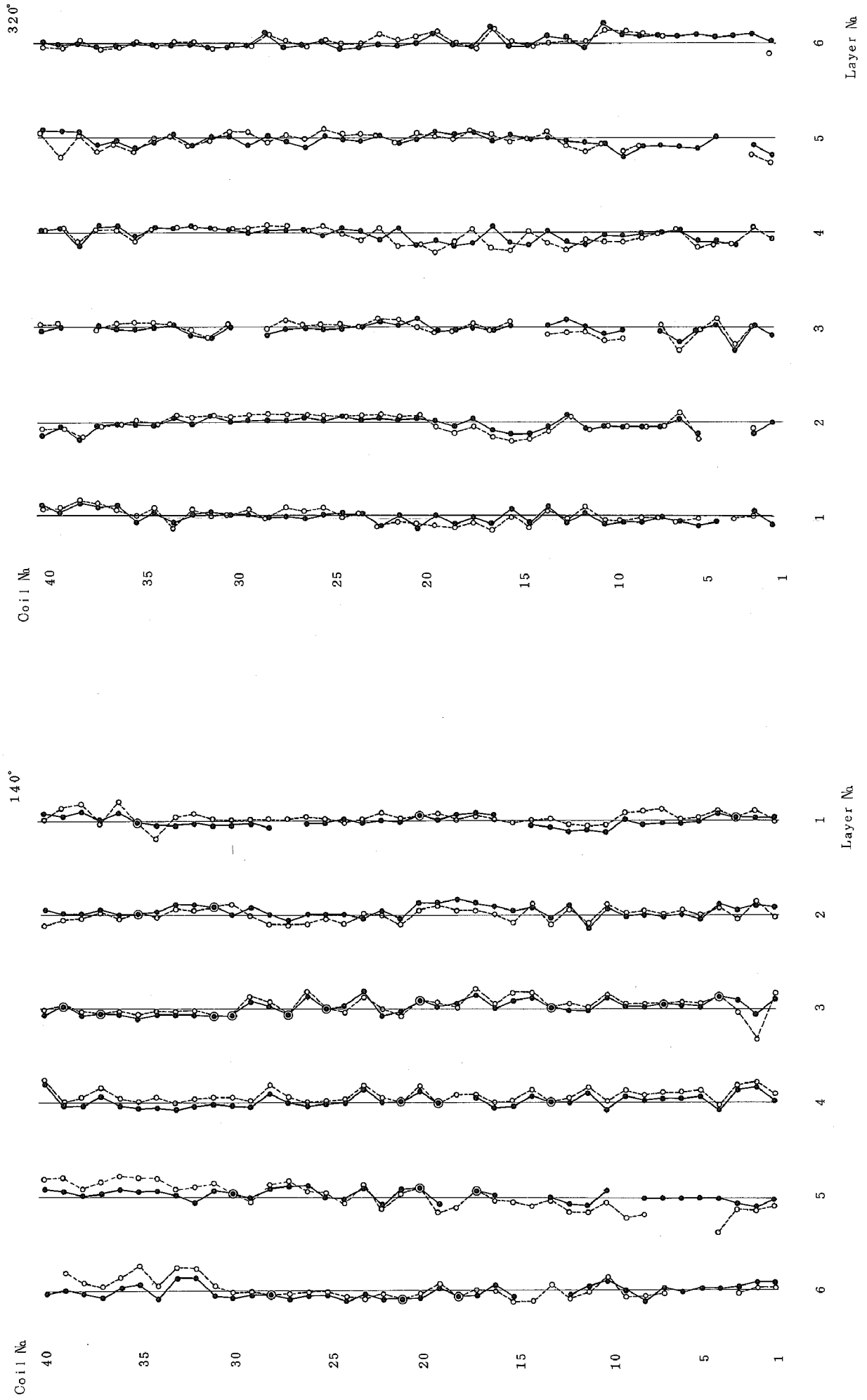


Fig 4.3.1(f) = イル真直度

(1層目伝熱管)

○ 試験前の計測値
● 試験後の計測値

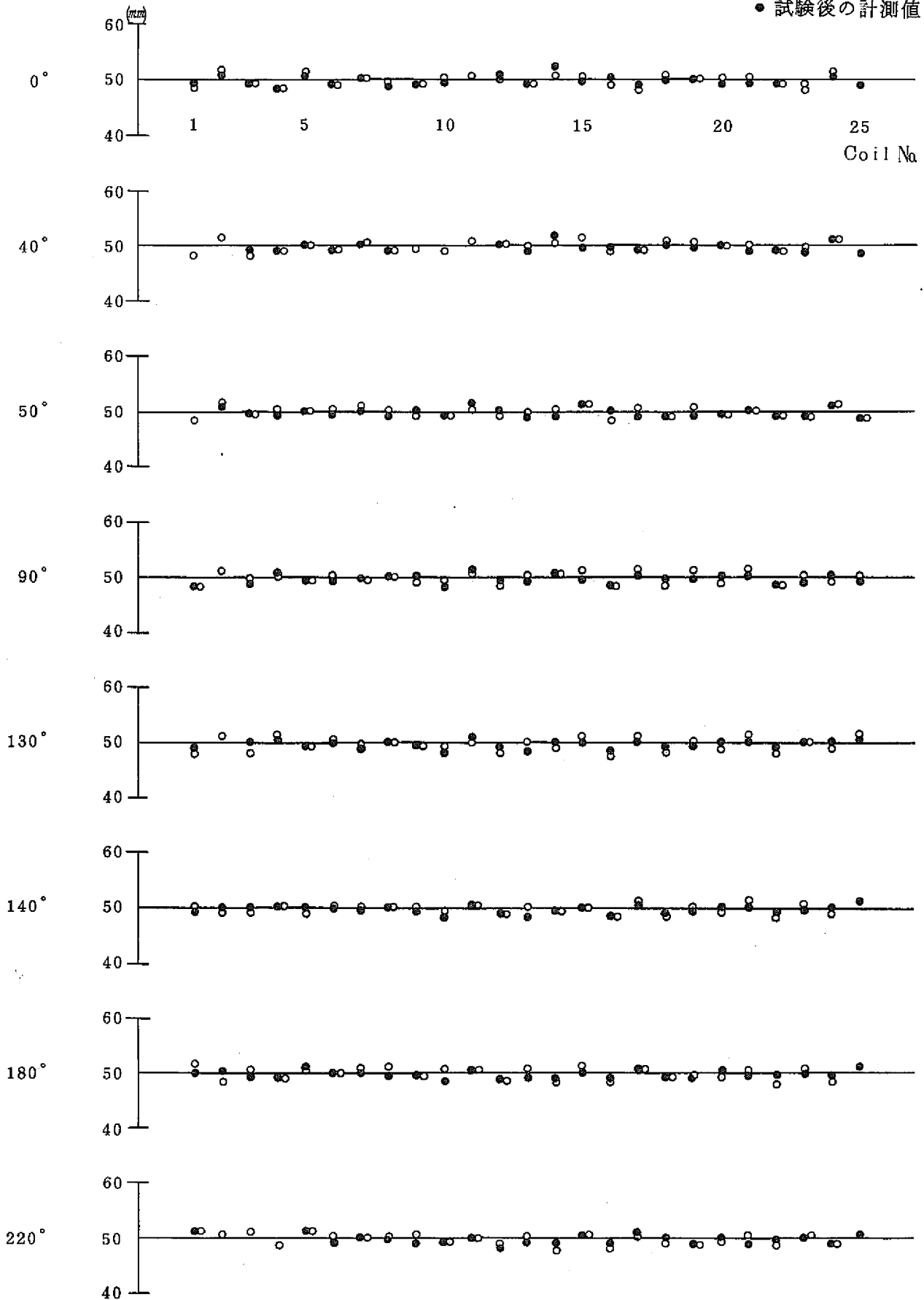


Fig. 4.4.1(a) コイルピッチ

(1層目伝熱管)

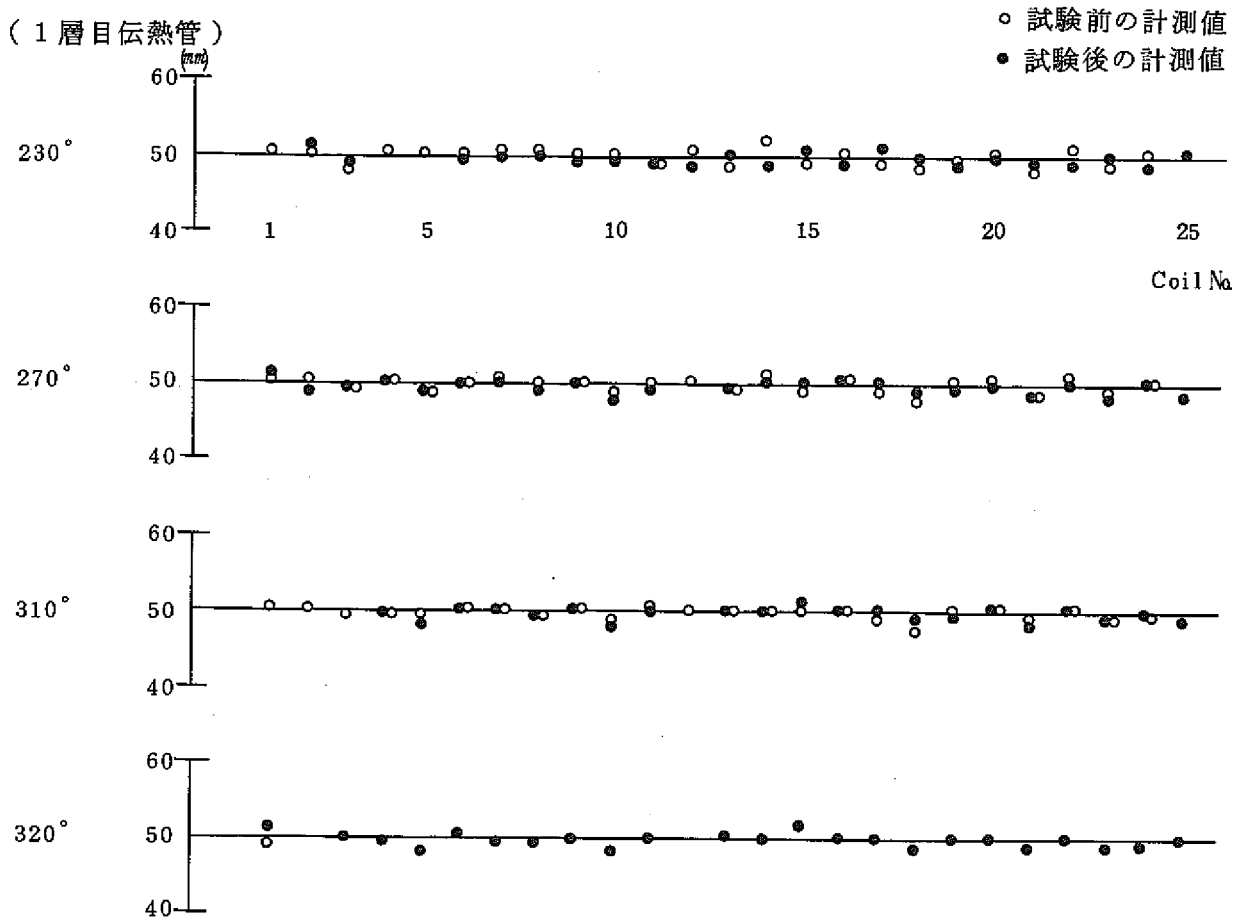


Fig. 4.4.1 (b) コイルピッチ

(2層目伝熱管)

○ 試験前の計測値
● 試験後の計測値

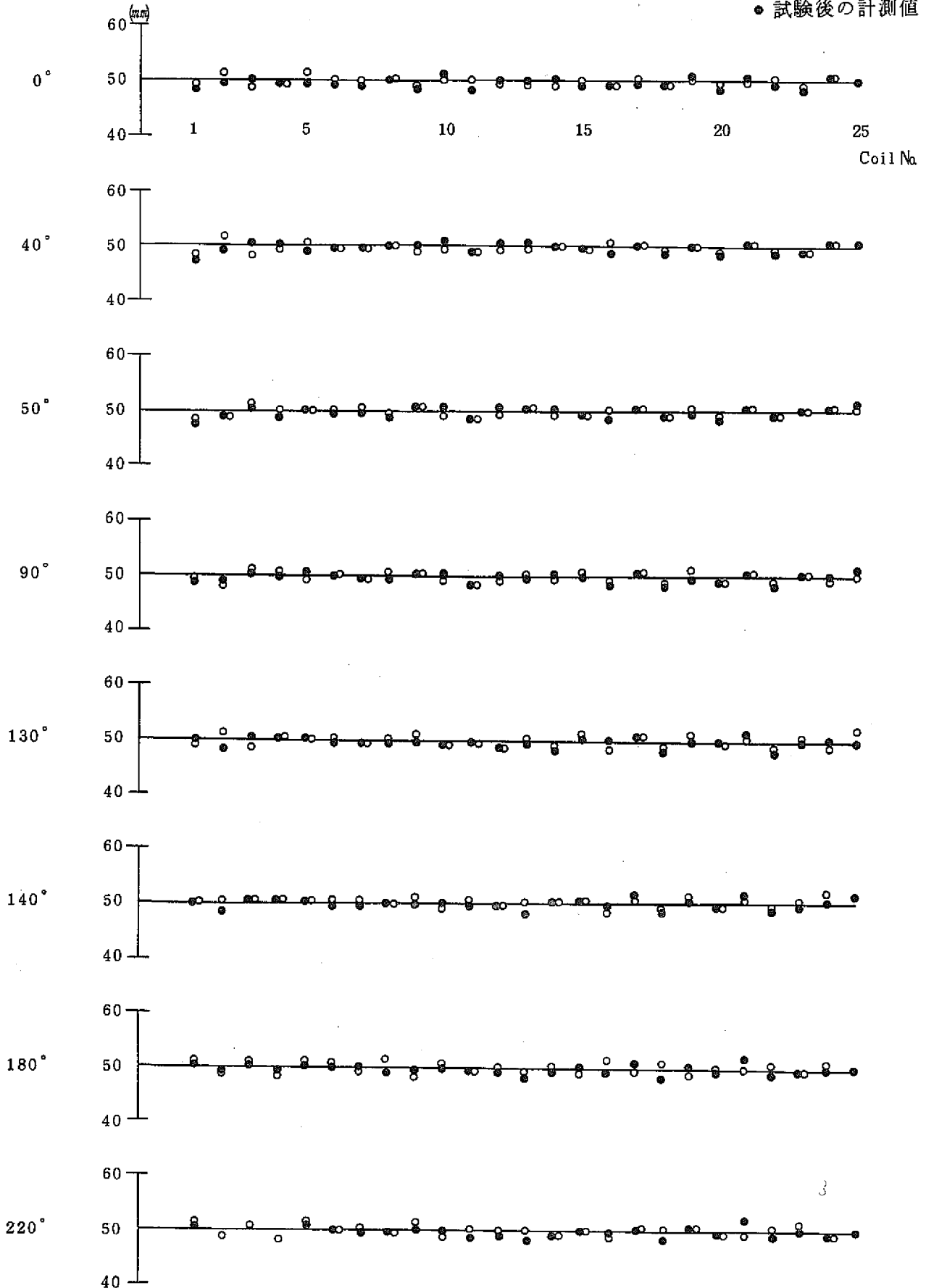


Fig. 4.4.1(c) コイルピッチ

(2層目伝熱管)

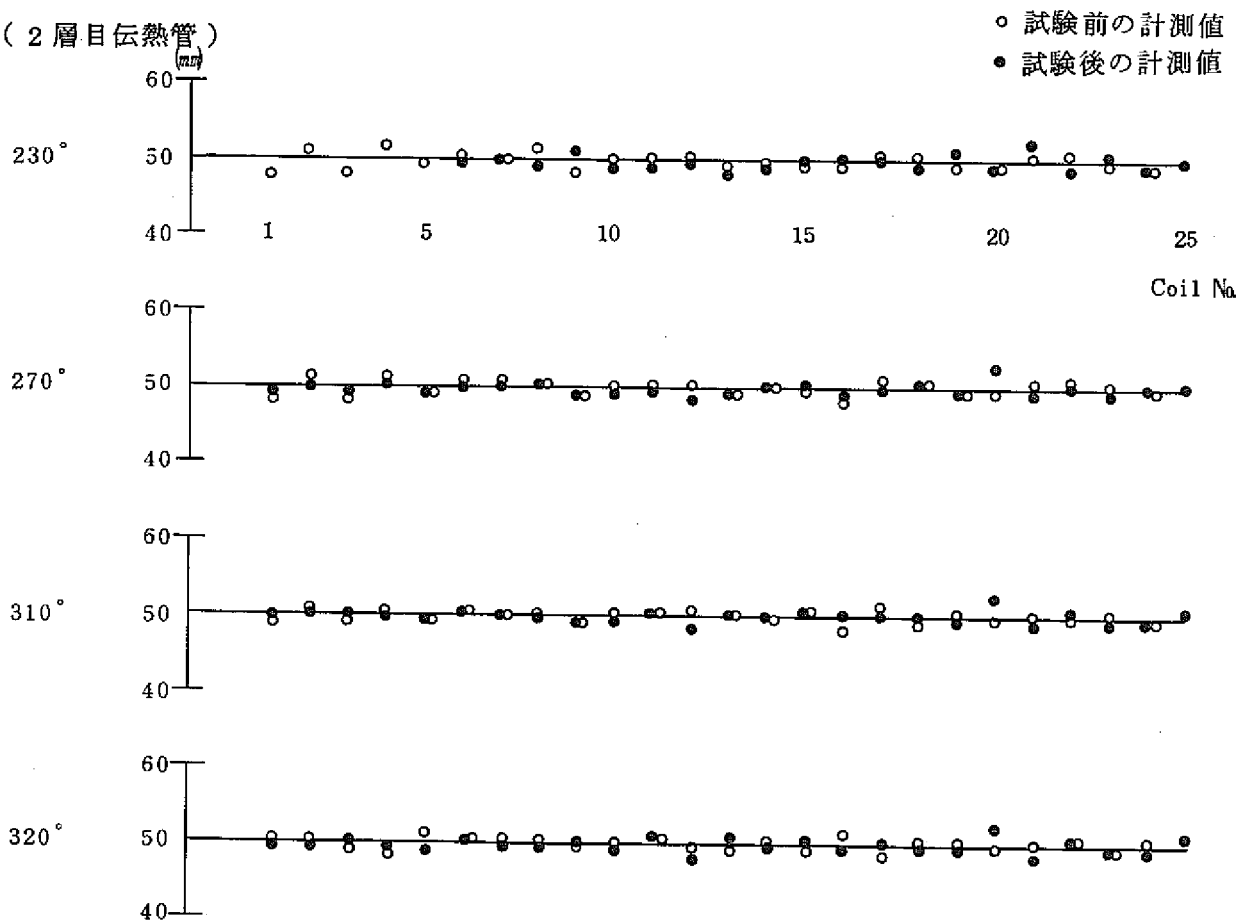


Fig. 4.4.1 (d) コイルピッチ

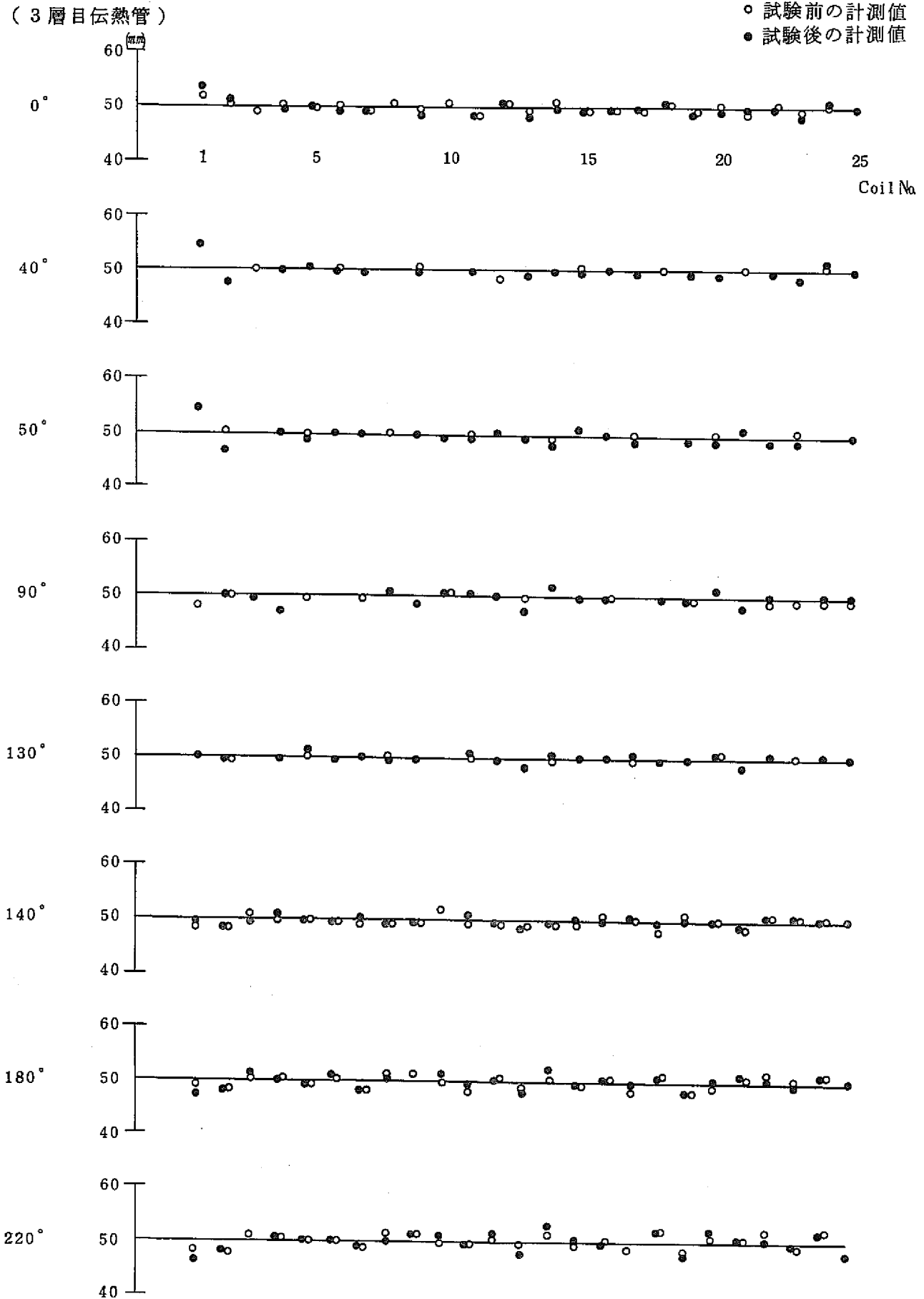


Fig. 4.4.1(e) コイルピッチ

(3層目伝熱管)

○ 試験前の計測値
● 試験後の計測値

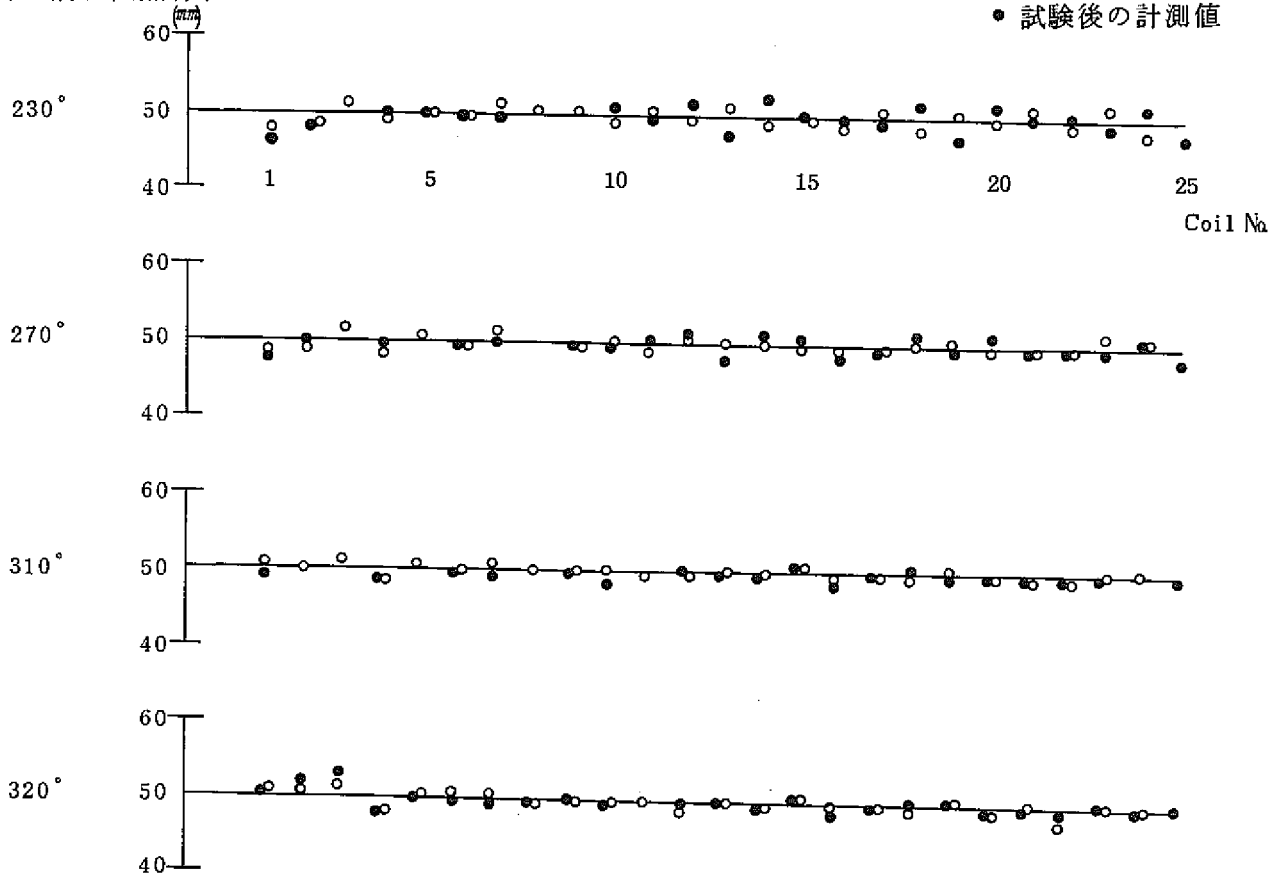


Fig. 4.4.1(f) コイルピッチ

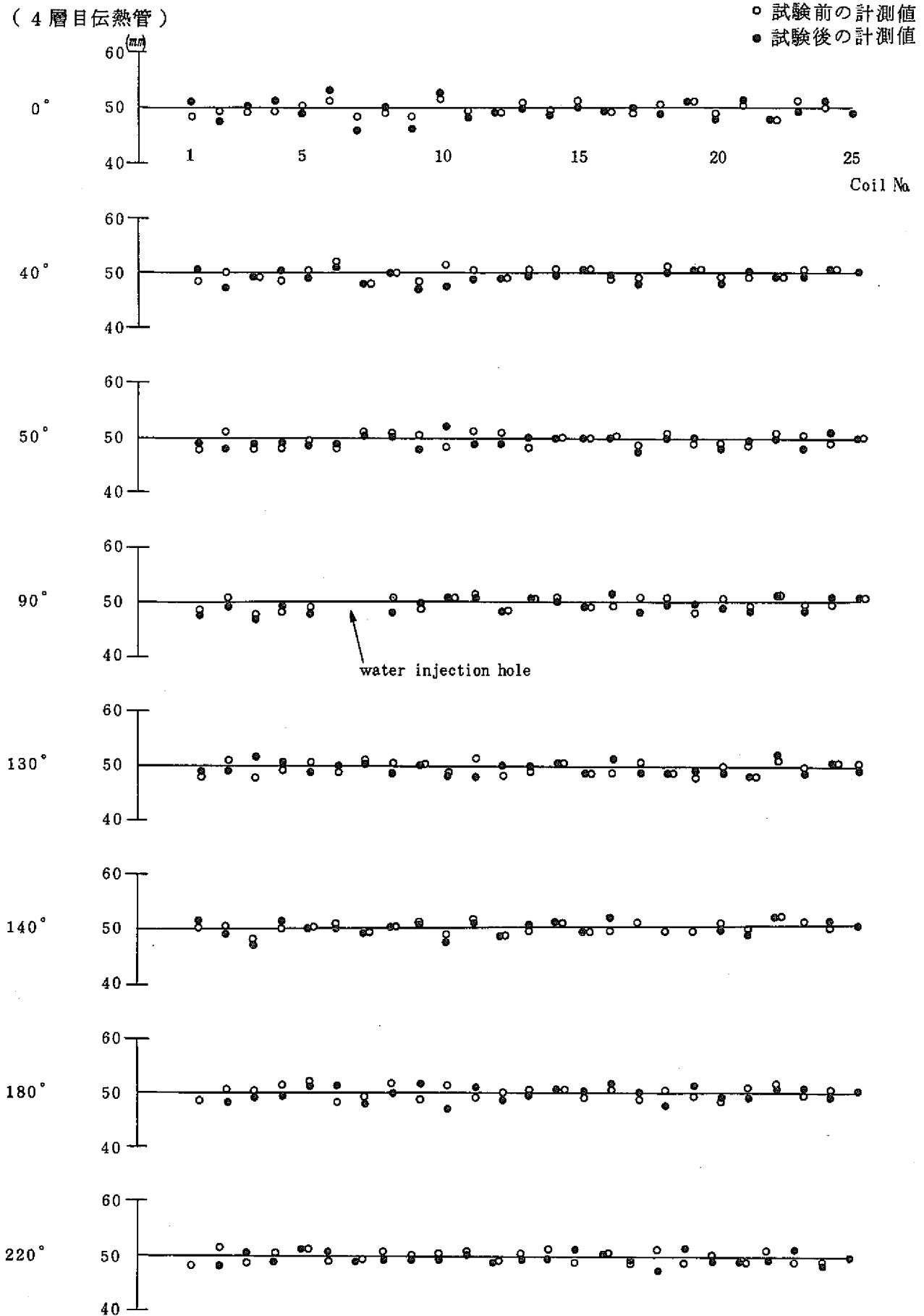


Fig. 4.4.1(g) コイルピッチ

(4層目伝熱管)

○ 試験前の計測値
● 試験後の計測値

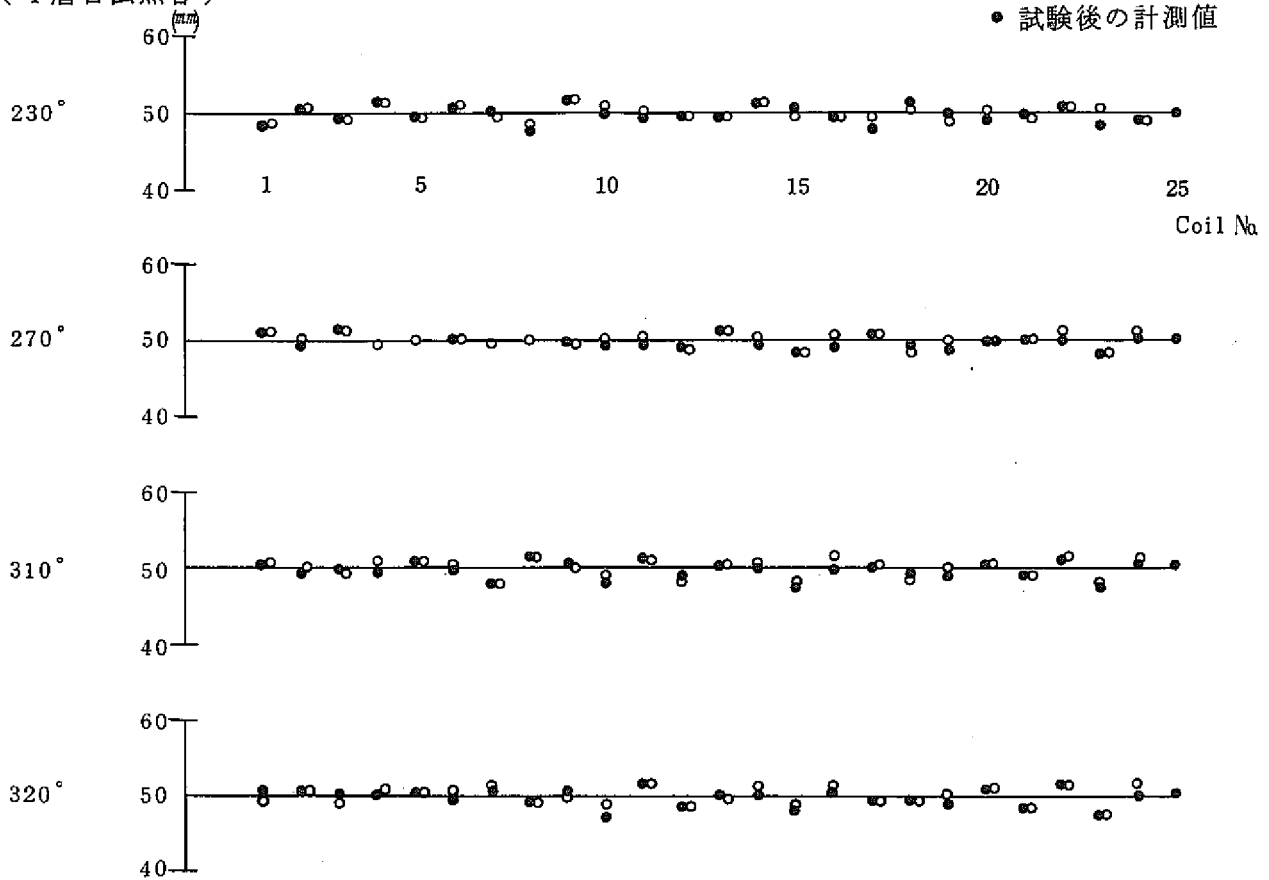


Fig. 4.4.1(h) コイルピッチ

(5層目伝熱管)

○ 試験前の計測値
● 試験後の計測値

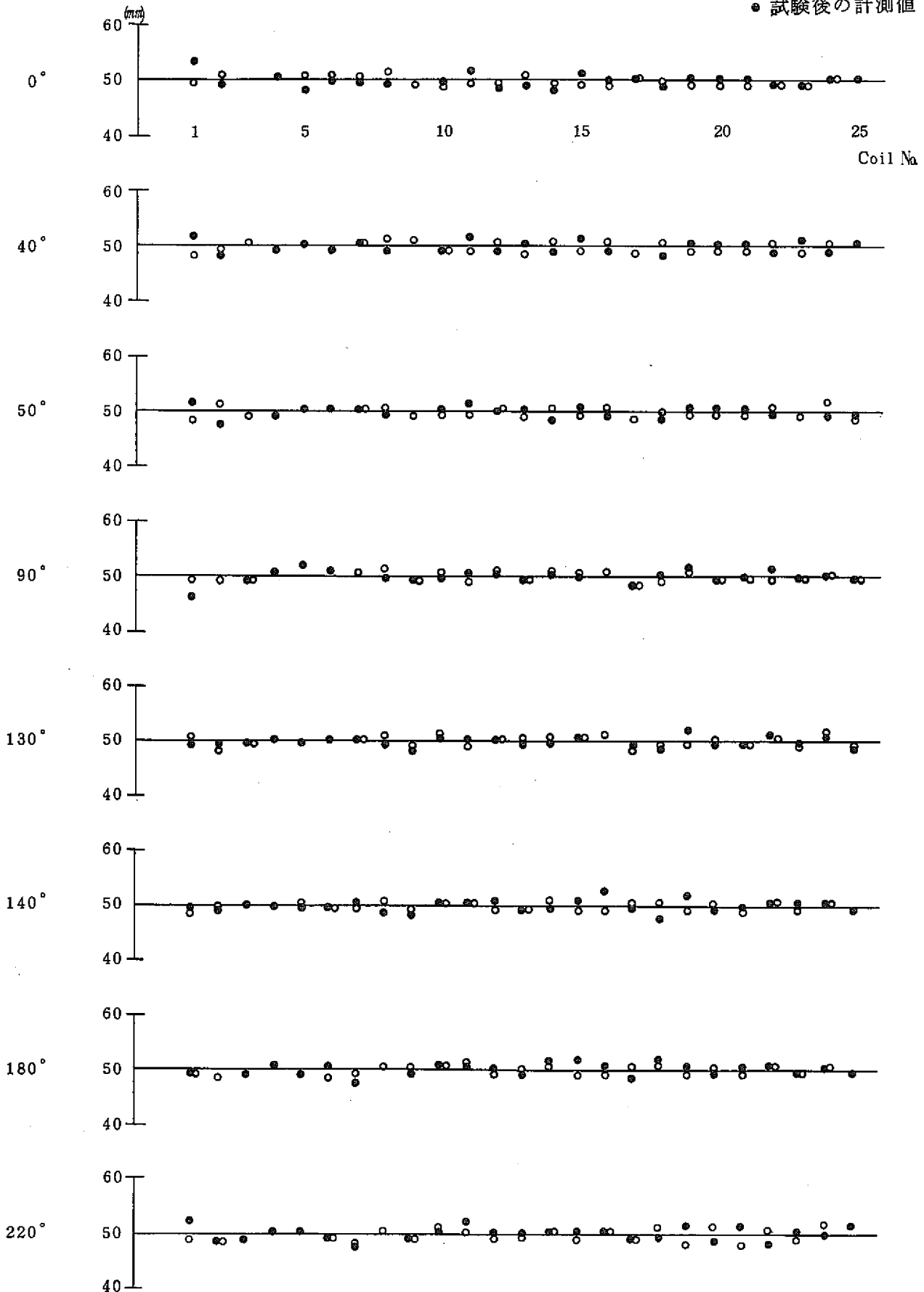


Fig. 4.4.1(i) コイルピッチ

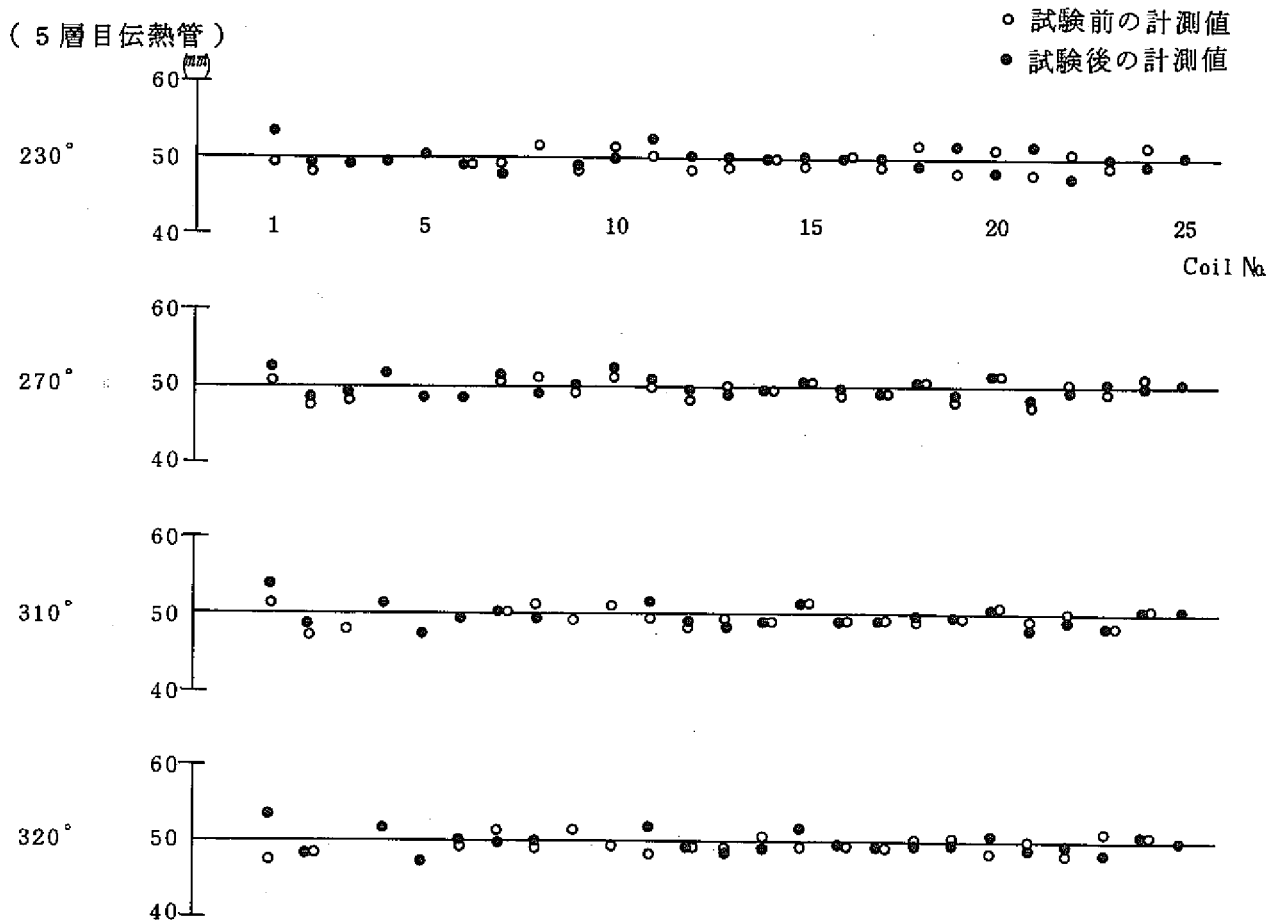


Fig. 4.4.1(j) コイルピッチ

(6層目伝熱管)

○ 試験前の計測値
● 試験後の計測値

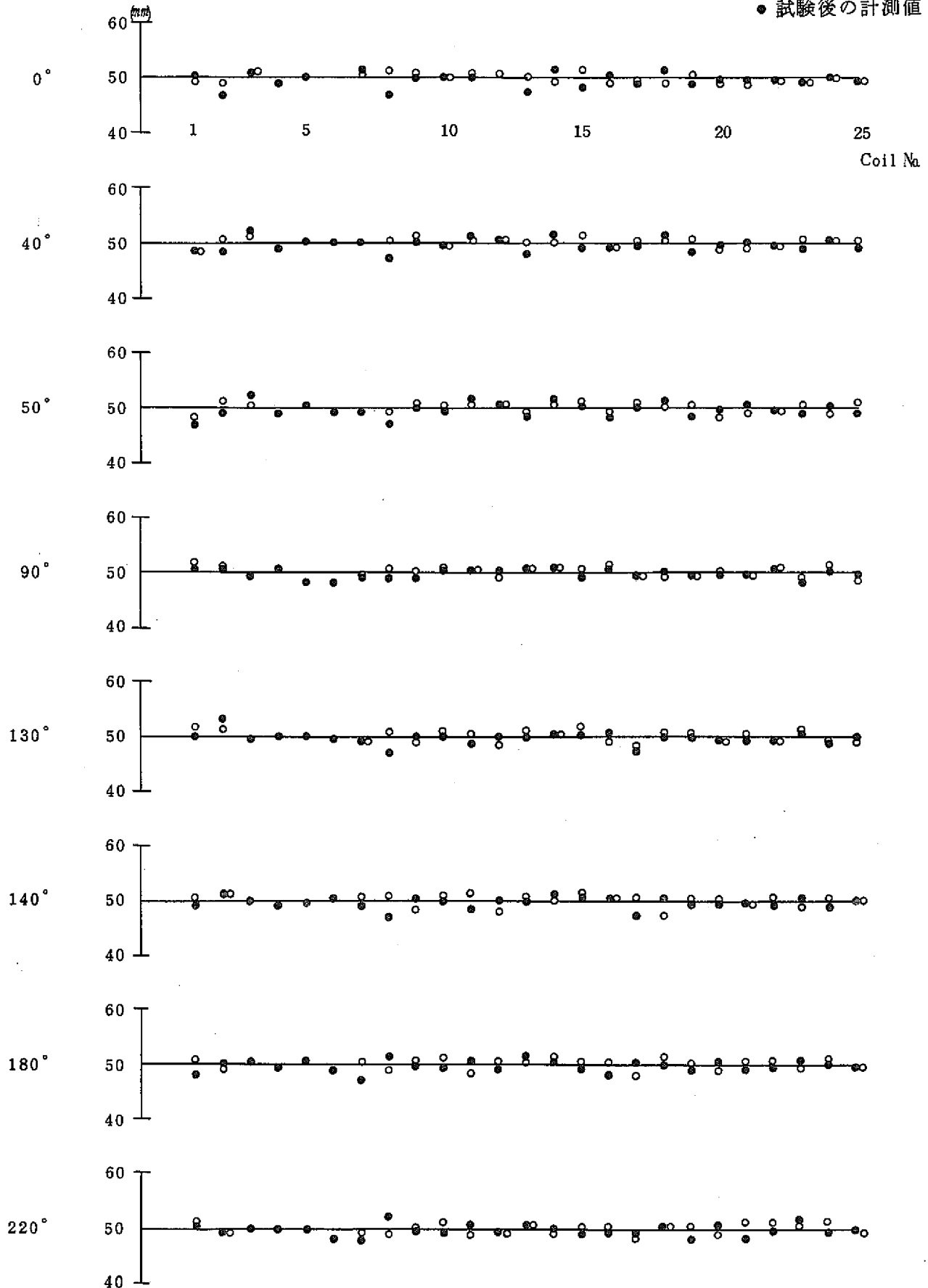


Fig. 4.4.1(k) コイルピッチ

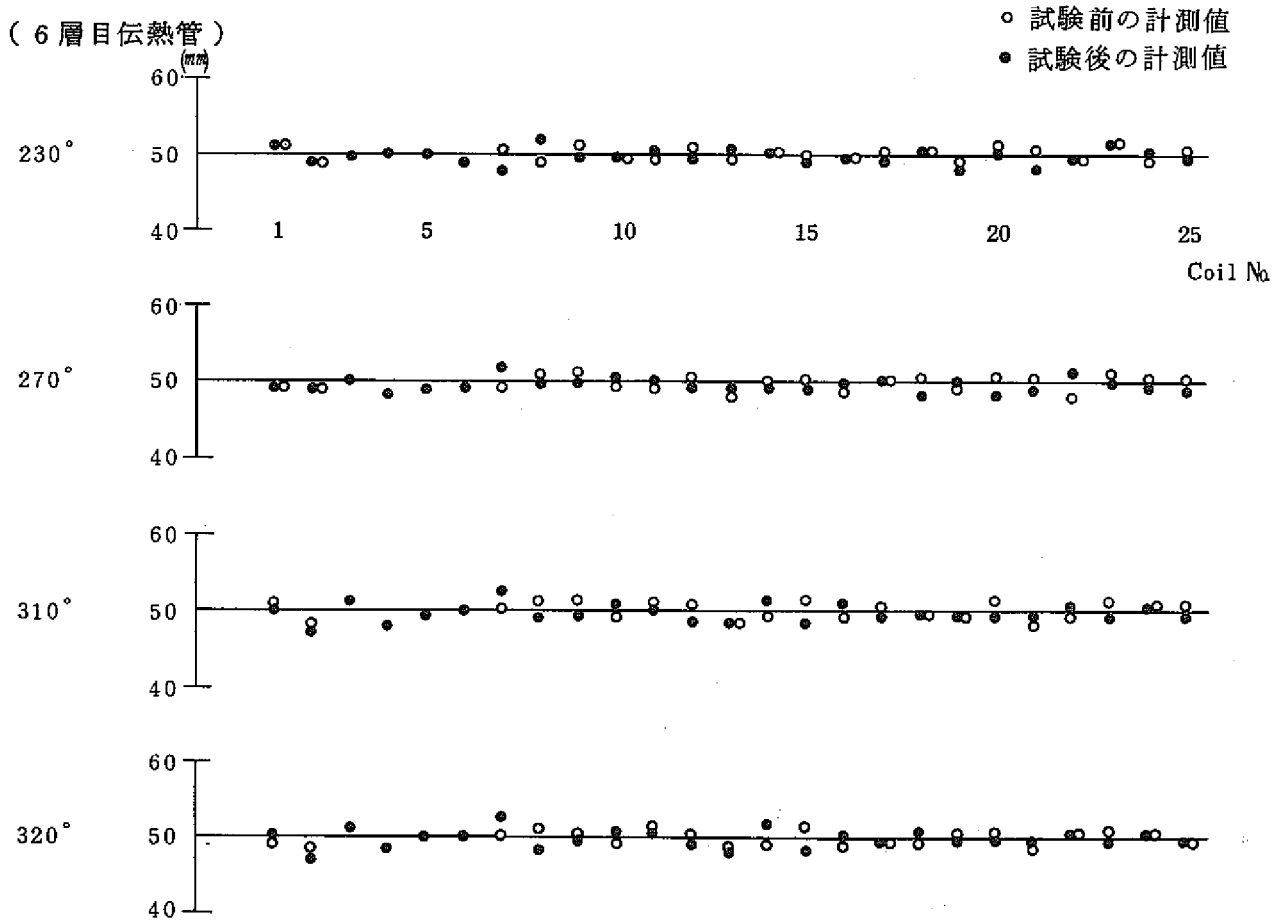


Fig. 4.4.1 (e) コイルピッチ

○ 試験前
● 試験後

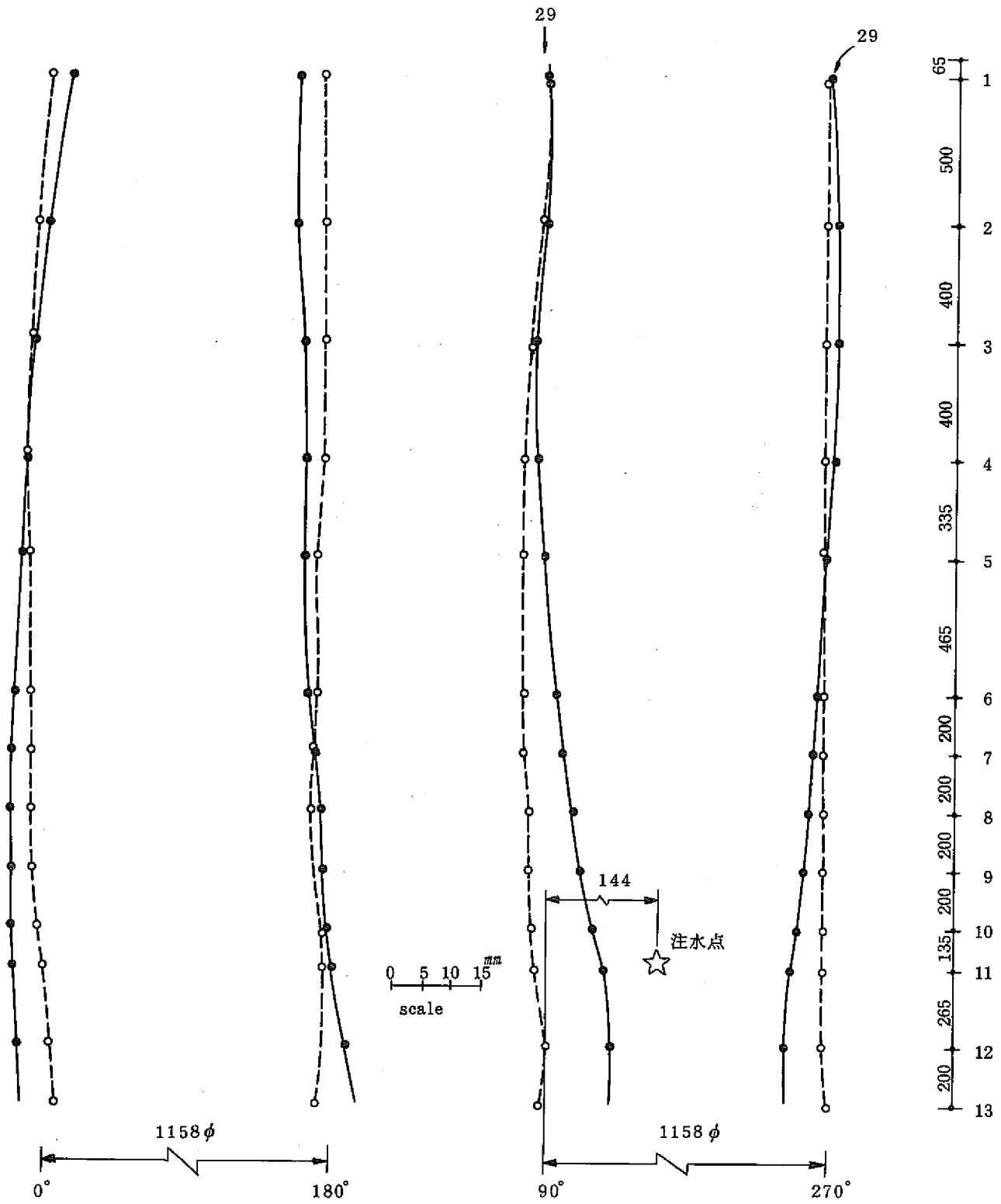


Fig. 4. 5. 1 シュラウド真直度

Table 4.5.1 シュラウド内径測定結果 (Run-5)

単位：mm

測定時期	測定位置No. 方向	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		試験前	0°-180°	11560	11580	11590	11600	11585	11585	11570	11570	11540	11580	11570
試験後	90°-270°	11570	11580	11600	11610	11610	11610	11610	11600	11600	11595	11590	11570	11590
	0°-180°	112901	113233	113505	113692	113703	114002	114105	114222	114334	114425	114361	114480	-
	90°-270°	113908	114015	114138	114029	113766	113452	113246	113012	112791	112522	112080	111890	-

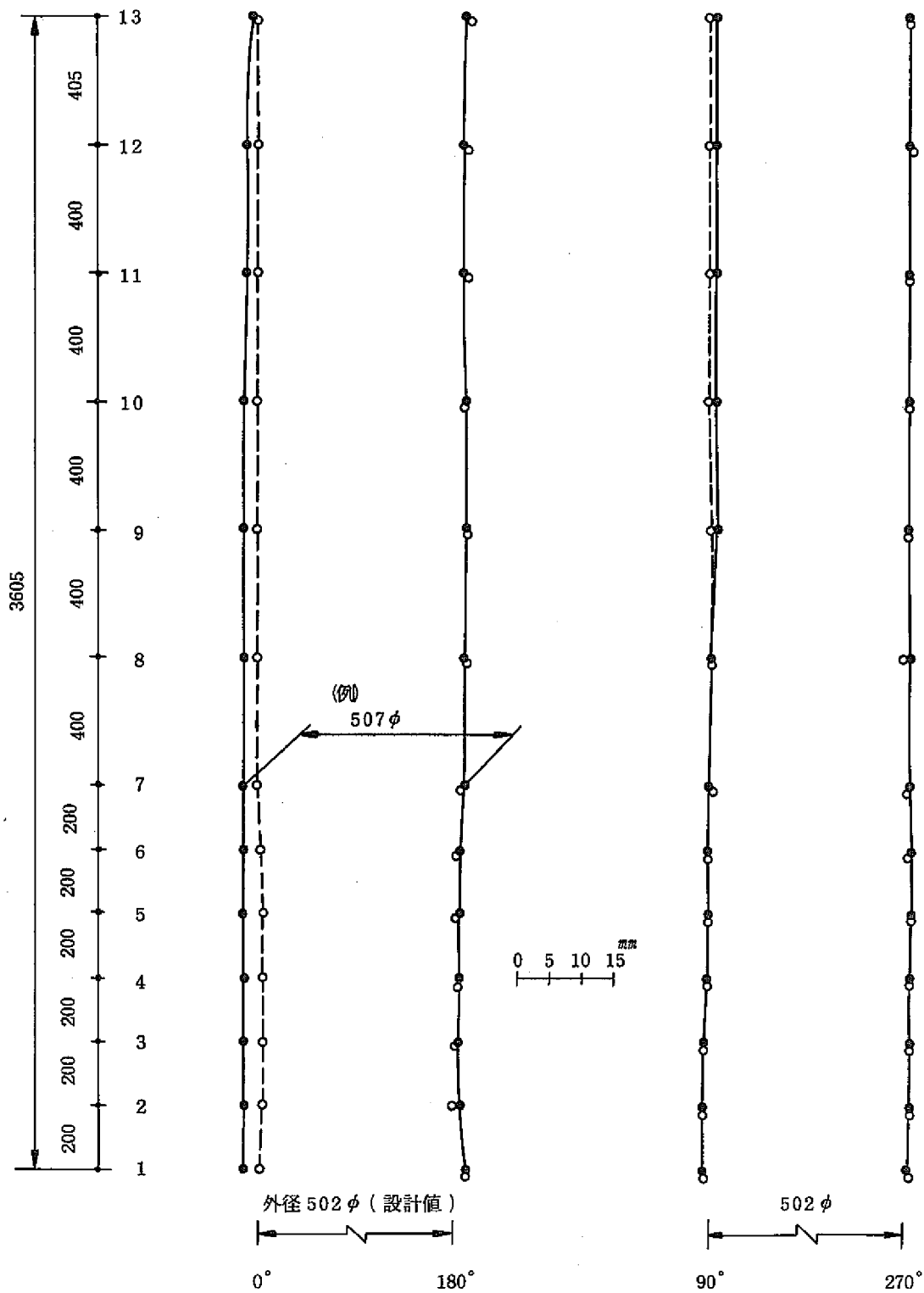


Fig 4.6.1 センタパイプ真直度・外径