

「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の
部分試作検討 その2
報告書

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

1999年3月

原子燃料工業株式会社

この資料は、サイクル機構の開発業務を推進するため、特に限られた関係者だけに開示するものです。ついては複製、転載、引用等を行わないよう、また第三者への開示又は内容漏洩がないよう管理して下さい。また今回の開示目的以外のことには使用しないよう特に注意して下さい。

本資料についての問合せは下記に願います。

〒319-1194 茨城県那珂郡東海村大字村松 4-33
核燃料サイクル開発機構
東海事業所
運営管理部・技術情報室

1999年 3月

「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討 その2

本田真樹*, 羽角孝*, 出牛幸三郎*,
加藤茂*, 中村亘*

要 旨

高速増殖原型炉「もんじゅ」は、将来の実証炉の実現に備えて、炉心を高度化するべく検討が進められている。

「もんじゅ」高度化炉心に関する種々の検討のうち、炉心燃料集合体構造については、平成8年度に経済性、製作性を考慮した代替構造の検討を実施し候補を選定し、平成9年にはこれらの候補の中から、ラップ管、下部端栓の接合方法を対象として、製作性、強度の確認をするべく試作及び引張試験を実施した。

今年度は、ラップ管とエントランスノズルが異種金属製である為に懸念される炉内使用中の熱影響の確認を目的として熱サイクル試験及び強度試験並びに断面金相確認試験を実施した。

これにより得られた知見は以下の通りである。

- (1) ねじ止めによるラップ管接合構造は、設計時想定条件において十分弾性範囲内にあることを確認できた。
- (2) 熱サイクル処理に起因する変形は無く、強度の変化も認められなかった。

これらのことから、高度化燃料集合体構造としてねじ止めによるラップ管接合を採用する場合、異種金属である事に起因する炉内使用中の熱影響は無く、強度にも問題がないことを確認した。

本報告書は、原子燃料工業株式会社が核燃料サイクル開発機構の委託により実施した研究の成果である。

契約番号：10C0024

機構担当部課室および担当者：プルトニウム燃料センター 製造加工部 技術開発室

チームリーダー 栗田 一郎

*：原子燃料工業株式会社 新型炉燃料部

目次

1. 概要	1
2. 試作・試験内容	5
2. 1 高度化炉心燃料構造の概要及び開発の経緯	5
2. 2 試作対象箇所	5
2. 2. 1 ラップ管とエントランスノズルの接合部の説明	5
2. 3 試験内容	7
2. 3. 1 試験試料	9
2. 3. 2 熱サイクル試験	14
2. 3. 3 強度評価試験	16
2. 3. 4 断面金相確認試験	17
3. 試験試料	28
3. 1 試験試料の製作	28
3. 2 試験試料組立後確認結果	28
3. 3 試験試料のまとめ	29
4. 熱サイクル試験	38
4. 1 熱サイクル試験	38
4. 2 熱サイクル試験後比較試験検査結果	38
4. 3 熱サイクル試験のまとめ	38
5. 接合部強度評価試験	54
5. 1 引張強度試験	54
5. 1. 1 引張強度試験結果	54
5. 1. 2 引張強度試験結果の考察とまとめ	56
5. 2 曲げ強度試験	105
5. 2. 1 曲げ強度試験結果	105
5. 2. 2 曲げ強度試験結果の考察とまとめ	109
5. 3 強度試験のまとめ	163
6. 今後の課題	164

7: 謝辞	165
8. 参考文献	166
—添付資料集—	167
添付資料1 試験検査要領書	添付1~19
添付資料2 検査成績書	添付20~70
添付資料3 試験試料図面集	添付71~74

— 図・表・写真 目次 —

表 1. 1	「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の構造変更箇所	2
表 1. 2	前回試験結果概要	3
表 2. 1	各種ラッパ管の比較	9
表 2. 2	熱サイクル試験条件	14
表 2. 3	引張試験歪みゲージ貼付位置根拠	18
表 2. 4	曲げ試験歪みゲージ貼付位置根拠	19
表 3. 1	試験試料組み合わせ表	28
表 4. 1	熱サイクル処理後寸法測定結果	39
表 4. 2	ラッパ管隙間同一測定点での輸送前後の変化	40
表 5. 1. 1	各荷重における変位（引張試験）	61
表 5. 1. 2	No. 1 引張試験歪み	62
表 5. 1. 3	No. 3 引張試験歪み	63
表 5. 1. 4	引張試験歪みが大きい箇所	55
表 5. 1. 5	引張強度試験後寸法測定結果	64
表 5. 1. 6	引張試験合成応力（No. 1）	65
表 5. 1. 7	引張試験合成応力（No. 3）	66
表 5. 2. 1	各荷重における変位（曲げ試験）	112
表 5. 2. 2	No. 2 曲げ試験歪み	113
表 5. 2. 3	No. 4 曲げ試験歪み	114
表 5. 2. 4	曲げ試験歪みが大きい箇所	106
表 5. 2. 5	曲げ強度試験後寸法測定結果	115
表 5. 2. 6	曲げ試験試料各箇所における高さ	116
表 5. 2. 7	曲げ試験合成応力（No. 2）	117
表 5. 2. 8	曲げ試験合成応力（No. 4）	118
図 1. 1	「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体構造	4
図 2. 1	ねじによるラッパ管の接合構造	6
図 2. 2	試験概略フロー図	8
図 2. 3	ラッパ管接合部引張試験片	12
図 2. 4	各種ラッパ管の比較	13

図 2. 5	引張試験イメージ	20
図 2. 6	引張試験における歪みゲージ貼付位置	21
図 2. 7	曲げ試験イメージ	22
図 2. 8	曲げ試験における歪みゲージ貼付位置	23
図 2. 9	製品 No. 1 (熱サイクル処理品, 引張試験試料)	24
図 2. 10	製品 No. 3 (非熱サイクル処理品, 引張試験試料)	25
図 2. 11	製品 No. 2 (熱サイクル処理品, 曲げ試験試料)	26
図 2. 12	製品 No. 4 (非熱サイクル処理品, 曲げ試験試料)	27
図 4. 1	熱処理チャート例	41
図 4. 2	寸法変化のイメージ	42
図 5. 1. 1	No. 1 引張試験 荷重-変位	67
図 5. 1. 2	No. 3 引張試験 荷重-変位	68
図 5. 1. 3	No. 1 引張試験: X 方向	69
図 5. 1. 4	No. 3 引張試験: X 方向	70
図 5. 1. 5	No. 1 引張試験: Y 方向	71
図 5. 1. 6	No. 3 引張試験: Y 方向	72
図 5. 1. 7	ねじ変形のイメージ	73
図 5. 1. 8	製品 No. 1 (熱サイクル処理品, 引張試験試料)	74
図 5. 1. 9	製品 No. 3 (非熱サイクル処理品, 引張試験試料)	75
図 5. 2. 1	No. 2 曲げ試験 荷重-変位	119
図 5. 2. 2	No. 4 曲げ試験 荷重-変位	120
図 5. 2. 3	曲げ試験における荷重-変位曲線 (No. 2-No. 4 の比較)	121
図 5. 2. 4	No. 2 曲げ試験: X 方向	122
図 5. 2. 5	No. 4 曲げ試験: X 方向	123
図 5. 2. 6	No. 2 曲げ試験: Y 方向	124
図 5. 2. 7	No. 4 曲げ試験: Y 方向	125
図 5. 2. 8	No. 2 曲げ試験試料変形状況 (ネジ部を基準にプロットした)	126
図 5. 2. 9	No. 4 曲げ試験試料変形状況 (ネジ部を基準にプロットした)	127
図 5. 2. 10	製品 No. 2 (熱サイクル処理品, 曲げ試験試料)	128
図 5. 2. 11	製品 No. 4 (非熱サイクル処理品, 曲げ試験試料)	129
図 5. 2. 12	製品 No. 2 曲げ試験 モーメント-応力図	130
図 5. 2. 13	製品 No. 4 曲げ試験 モーメント-応力図	131

写真2. 1	熱処理設備外観	15
写真3. 1	ラッパ管外観	30
写真3. 2	エントランスノズル上部外観	31
写真3. 3	固定ネジ外観	32
写真3. 4	試験試料組立品外観	33
写真3. 5	試験試料ネジ部拡大 (No. 1)	34
写真3. 6	試験試料ネジ部拡大 (No. 2)	35
写真3. 7	試験試料ネジ部拡大 (No. 3)	36
写真3. 8	試験試料ネジ部拡大 (No. 4)	37
写真4. 1	試料装荷状況(1)	43
写真4. 2	試料装荷状況(2)	44
写真4. 3	熱電対取り付け状況	45
写真4. 4	試料装荷取り出し状況	46
写真4. 5	熱サイクル処理後試料外観 (No. 1 全体-1)	47
写真4. 6	熱サイクル処理後試料外観 (No. 1 全体-2)	48
写真4. 7	熱サイクル処理後試料外観 (No. 2 全体-1)	49
写真4. 8	熱サイクル処理後試料外観 (No. 2 全体-2)	50
写真4. 9	熱サイクル処理後試料外観 (No. 1 拡大)	51
写真4. 10	熱サイクル処理後試料外観 (No. 2 拡大)	52
写真4. 11	熱サイクル処理試料と非熱サイクル処理試料の比較	53
写真5. 1. 1	試験機外観	76
写真5. 1. 2	引張試験状況	77
写真5. 1. 3	No. 1 引張試験(1)	78
写真5. 1. 4	No. 1 引張試験(2)	79
写真5. 1. 5	No. 1 引張試験(3)	80
写真5. 1. 6	No. 1 引張試験(4)	81
写真5. 1. 7	No. 1 引張試験(5)	82
写真5. 1. 8	No. 1 引張試験(6)	83
写真5. 1. 9	No. 1 引張試験(7)	84
写真5. 1. 10	No. 1 引張試験(8)	85
写真5. 1. 11	No. 3 引張試験(1)	86
写真5. 1. 12	No. 3 引張試験(2)	87

写真 5. 1. 13	No. 3 引張試験(3)	88
写真 5. 1. 14	No. 3 引張試験(4)	89
写真 5. 1. 15	No. 3 引張試験(5)	90
写真 5. 1. 16	No. 3 引張試験(6)	91
写真 5. 1. 17	No. 3 引張試験(7)	92
写真 5. 1. 18	No. 3 引張試験(8)	93
写真 5. 1. 19	No. 1 引張試験(一部)	94
写真 5. 1. 20	No. 3 引張試験(一部)	95
写真 5. 1. 21	引張試験後外観(全体)-1	96
写真 5. 1. 22	引張試験後外観(全体)-2	97
写真 5. 1. 23	引張試験後外観(No. 1 拡大)	98
写真 5. 1. 24	引張試験後外観(No. 3 拡大)	99
写真 5. 1. 25	ねじ部変形状況(No. 1)	100
写真 5. 1. 26	断面金相試験(熱サイクル処理品, 引張試験試料)	101
写真 5. 1. 27	断面金相試験(熱サイクル処理品, 引張試験試料)	102
写真 5. 1. 28	断面金相試験(非熱サイクル処理品, 引張試験試料)	103
写真 5. 1. 29	断面金相試験(非熱サイクル処理品, 引張試験試料)	104
写真 5. 2. 1	曲げ試験状況	132
写真 5. 2. 2	No. 2 曲げ試験(1)	133
写真 5. 2. 3	No. 2 曲げ試験(2)	134
写真 5. 2. 4	No. 2 曲げ試験(3)	135
写真 5. 2. 5	No. 2 曲げ試験(4)	136
写真 5. 2. 6	No. 2 曲げ試験(5)	137
写真 5. 2. 7	No. 2 曲げ試験(6)	138
写真 5. 2. 8	No. 2 曲げ試験(7)	139
写真 5. 2. 9	No. 4 曲げ試験(1)	140
写真 5. 2. 10	No. 4 曲げ試験(2)	141
写真 5. 2. 11	No. 4 曲げ試験(3)	142
写真 5. 2. 12	No. 4 曲げ試験(4)	143
写真 5. 2. 13	No. 4 曲げ試験(5)	144
写真 5. 2. 14	No. 4 曲げ試験(6)	145
写真 5. 2. 15	No. 4 曲げ試験(7)	146
写真 5. 2. 16	No. 4 曲げ試験(8)	147

写真 5. 2. 17	No. 2 曲げ試験 (一部)	148
写真 5. 2. 18	No. 4 曲げ試験 (一部)	149
写真 5. 2. 19	曲げ試験後外観 (全体) -1	150
写真 5. 2. 20	曲げ試験後外観 (全体) -2	151
写真 5. 2. 21	曲げ試験後外観 (No. 2 拡大)	152
写真 5. 2. 22	曲げ試験後外観 (No. 4 拡大)	153
写真 5. 2. 23	ねじ部変形状況 (No. 4)	154
写真 5. 2. 24	No. 2 曲げ試験試料曲がり状況	155
写真 5. 2. 25	No. 4 曲げ試験試料曲がり状況	156
写真 5. 2. 26	断面金相試験 (熱サイクル処理品, 曲げ試験試料)	157
写真 5. 2. 27	断面金相試験 (熱サイクル処理品, 曲げ試験試料)	158
写真 5. 2. 28	断面金相試験 (熱サイクル処理品, 曲げ試験試料)	159
写真 5. 2. 29	断面金相試験 (非熱サイクル処理品, 曲げ試験試料)	160
写真 5. 2. 30	断面金相試験 (非熱サイクル処理品, 曲げ試験試料)	161
写真 5. 2. 31	断面金相試験 (非熱サイクル処理品, 曲げ試験試料)	162

1. 概要

核燃料サイクル開発機構殿(以下、サイクル機構殿と称す。)の高速増殖原型炉「もんじゅ」を対象に、将来の実証炉の実現に資するべく、高い照射性能を有し、かつ、運転コスト低減等の経済性に配慮した高度化炉心の検討が進められている。

「もんじゅ」高度化炉心に用いる燃料集合体の構造は、経済性や現行燃料設計後に得られた技術的知見等を考慮して設定していく必要がある。

このような背景のもと、平成8年度には経済性、製作性等を考慮した代替構造の検討を実施し、高度化炉心燃料集合体構造の候補を選定した。構造変更候補を表1.1に、燃料集合体構造を図1.1にそれぞれ示す。(*1)

この際、溶接性に課題があるフェライト鋼をラップ管に採用する可能性を考慮して、ラップ管とエントランスノズル(ハンドリングヘッド)との接合において、ネジ等による接合方法についても検討した。

また、平成9年度には現行構造から変更している代替構造のうち、ラップ管とエントランスノズル(またはハンドリングヘッド)との接合部及び、燃料要素下部端栓とノックバーの接合部について部分試作を行い、ラップ管材質変更に対応したラップ管接合部および合理化を目的としたノックバー部の構造候補の部分試作、並びに当該部分の強度試験を実施し、製作性及び組立性、並びに構造成立性を見通しを得た。表1.2に試験結果の概要を示す。(*2)

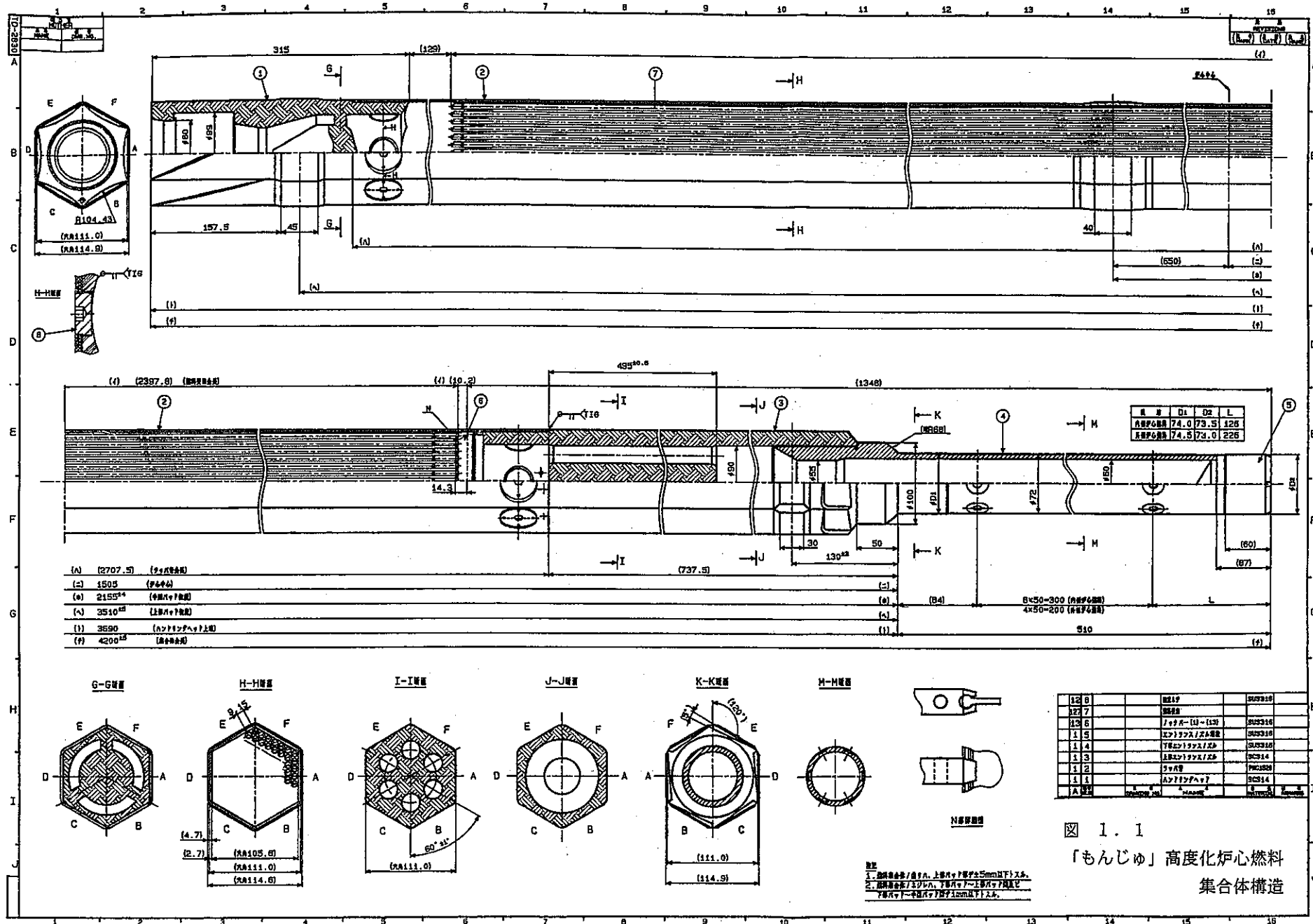
今年度は、ラップ管とエントランスノズルが異種金属であるために懸念される炉内使用中に発生する熱による影響を確認する事を目的として、熱サイクル試験及び各種強度試験並びに金相試験を実施する。

表1. 1 「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の構造変更箇所

	構造変更対象箇所		現行構造	高度化構造（候補）
	部品（箇所）名	対象		
1	抑え板付プレナムスリーブ	製造方法	複数回の伸管加工が必要	プレナムスリーブ製法変更
2		材質	SUS316	SUS304とする
3	下部端栓	角孔	矩形の孔	角孔形状の変更
4		刻字面	平面	平面部を省略
5		ノックバー接合部	円孔	馬乗り型ノックバーに合わせたスリット構造
6	プレナムスプリング	端面	クローズドエンド(研削)	クローズドエンド(無研削)
7	ハンドリングヘッドとラッパ管の接合部	接合方法	溶接接合	ねじ接合
8				かしめ接合（六角形ブロックを使用）
9	エントランスノズルとラッパ管の接合部	接合方法	溶接接合	ねじ接合
10				かしめ接合（エントランスノズルに直接）
11	ノックバー	肩部	テーパー形状	肩のR化(形状変更)
12		下部端栓支持部	フック型	馬乗り型ノックバー
13		下端	一部面取無し	面取範囲の全長化
14	上部遮蔽体	固定方法	ピン3本支持	鋳物による一体化1
15	下部遮蔽体	固定方法	ピン2本支持	鋳物による一体化2
16	エントランスノズル	製造方法	一体物として削り出し	分割化

表 1.2 前回試験結果概要

構造設計案	試験結果概要
<p>エントランスノズル（ハンドリングヘッド）とラップ管との接合部</p>	<p>二種類のネジ接合構造を試作し引張試験を実施したところ、現行の溶接構造と比較して強度が低下するものの、設計用最大荷重に対して10倍程度の強度を有していることがわかった。</p>
	<p>最大引張強度に関してはネジ接合1（Bタイプ）が優れる。弾性範囲内（20[kN]以下）では、固定ネジのつば部が厚いネジ接合2（タイプC）の方の変形が少なかった。</p>
	<p>ネジ接合2にて六角形状の試作を行ったところ、製作性は良好であった。組立性については、ラップ管とエントランスノズルの接合が良好であったため、部品段階での製作公差を吸収する目的でラップ管に設けた長円形ネジ孔の効果は確認できなかったが、問題無く組み立つことが確認できた。</p>
	<p>上述の結果より、高度化燃料集合体として、ネジ止めによるラップ管接合を採用する場合、構造強度及び製造上の問題が無いことを確認した。</p>
<p>ノックバーと下部端栓の接合部</p>	<p>下部端栓とノックバーの接合構造として二種類の馬乗型下部端栓、ノックバーを試作し、引張試験を行ったところ、馬乗型下部端栓構造は現行のノックバー構造と比較して強度が低下するものの、設計用最大荷重に対して10倍以上の強度を有していることがわかった。</p>
	<p>二種類の馬乗型構造では、馬乗型2（Cタイプ）が最大引張強度に優れることがわかった。</p>
	<p>馬乗型2にて、ノックバー3枚とこれに対応する燃料要素模擬品30本の試作を行ったところ、製作性は良好であった。さらにエントランスノズルのスリット部を用いて確認した組立性についても良好であった。</p>
	<p>上述の結果により、高度化燃料集合体として、馬乗型下部端栓接合構造を採用する場合、構造強度及び製造上の問題が無いことを確認した。</p>



品名	D1	D2	L
燃料心線	74.0	73.5	128
燃料心線	74.5	73.0	226

品名	規格	材質
燃料心線	74.0 (1) - (130)	SUS316
燃料心線	74.5 (1) - (226)	SUS316
燃料心線	74.5 (1) - (226)	SUS316
燃料心線	74.5 (1) - (226)	SUS316
燃料心線	74.5 (1) - (226)	SUS316
燃料心線	74.5 (1) - (226)	SUS316
燃料心線	74.5 (1) - (226)	SUS316
燃料心線	74.5 (1) - (226)	SUS316
燃料心線	74.5 (1) - (226)	SUS316

図 1.1
「もんじゅ」高度化炉心燃料
集合体構造

注
1. 燃料心線/燃料心線、上部ワイヤ径が2.5mm以下は、
2. 燃料心線/燃料心線、下部ワイヤ径が2.5mm以下は、
3. 燃料心線/燃料心線、下部ワイヤ径が2.5mm以下は、

2. 試作・試験内容

今回の検討では、「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体のラップ管接合構造の部分試作を実施し、熱サイクル試験及び強度試験を行い、構造健全性の見通しを検討する。以下にその内容を示す。

2. 1 高度化炉心燃料構造の概要及び開発の経緯

「もんじゅ」高度化炉心燃料は、燃料要素 127 本バンドルで取出燃焼度約 10 万 [MWd/t]、最大線出力約 460 [W/cm]、運転サイクル長さ 6 ヶ月という炉心基本仕様を達成するべく、中空ペレットと改良オーステナイト系ステンレス鋼被覆管及びフェライト系又は改良オーステナイト系ステンレス鋼製のラップ管を用いた燃料集合体となり(*1)、燃料集合体は、外郭形状が現行の炉心燃料と同じであるならば、炉心仕様に関わらない範囲での集合体構造の変更が可能である。

2. 2 試作対象箇所

ラップ管とエントランスノズル接合部は、昨年の検討において実施した、六角構造の一面を切り出して行った強度試験の結果より構造成立性が確認された。今回も同接合部を対象とするが、炉心内で使用された際の熱変形による影響について検討する為、六角構造全体を模擬する事とした。

2. 2. 1 ラップ管とエントランスノズルの接合部の説明

図 2.1 にネジ接合構造の概要を示す。

現行のラップ管(材質：SUS316 相当鋼)とエントランスノズル(材質：SUS316)は、溶接による接合を行っている。

高度化燃料では、耐スエリング性能などの観点から、ラップ管の材質が現行の SUS316 相当鋼(JNC316)から改良オーステナイト系、またはフェライト系ステンレス鋼へ変更となる。これらのラップ管材料は、SUS316 との溶接性において問題が生じる可能性があるため、溶接による接合は課題が多い。

このため、溶接によらない機械的な接合方法として、「ネジ止め接合」が考案された。この構造は、

- ①ラップ管とエントランスノズルをネジ止めする
- ②ただし、ネジがラップ管の外面から突き出すことのないようにする

という前提条件を満たすために、以下のような特徴を有している。

- a. ラップ管には貫通孔を、エントランスノズルにはネジ孔を設ける。
- b. ラップ管にはさらに座ぐりを設ける。組立時には、この座ぐりにネジのつばが収まり、ラップ管外面からの突き出しを防止する。
- c. ラップ管の六角形断面形状と、エントランスノズル嵌合部の六角形断面形状との公差範囲内の微少なずれに対応するため、ラップ管ネジ孔及び座ぐりに、周方向の余裕を設けた。すなわち、ネジ孔と座ぐりを周方向に長い長円とした。なお、現行燃料集合体では、溶接不良を防止するためにラップ管とエントランスノズル等を現物合わせとしているが、ネジ接合を採用する場合にはこの仕様が緩和されることが予想される。

その他の特徴としては以下のような事項が挙げられる。

- d. 現行の溶接構造に比べ、ネジ接合は接合強度が劣ると考えられる。そこで十分な強度の確保のため、各面に 1 個ずつ、計 6 個のネジによりラップ管を固定する。
- e. ネジの回転防止のために、つばの付け根に穴を設ける。組立時には、この穴の底部をスポット溶接する。尚、スポット溶接は固定ネジとエントランスノズルを対象とする。

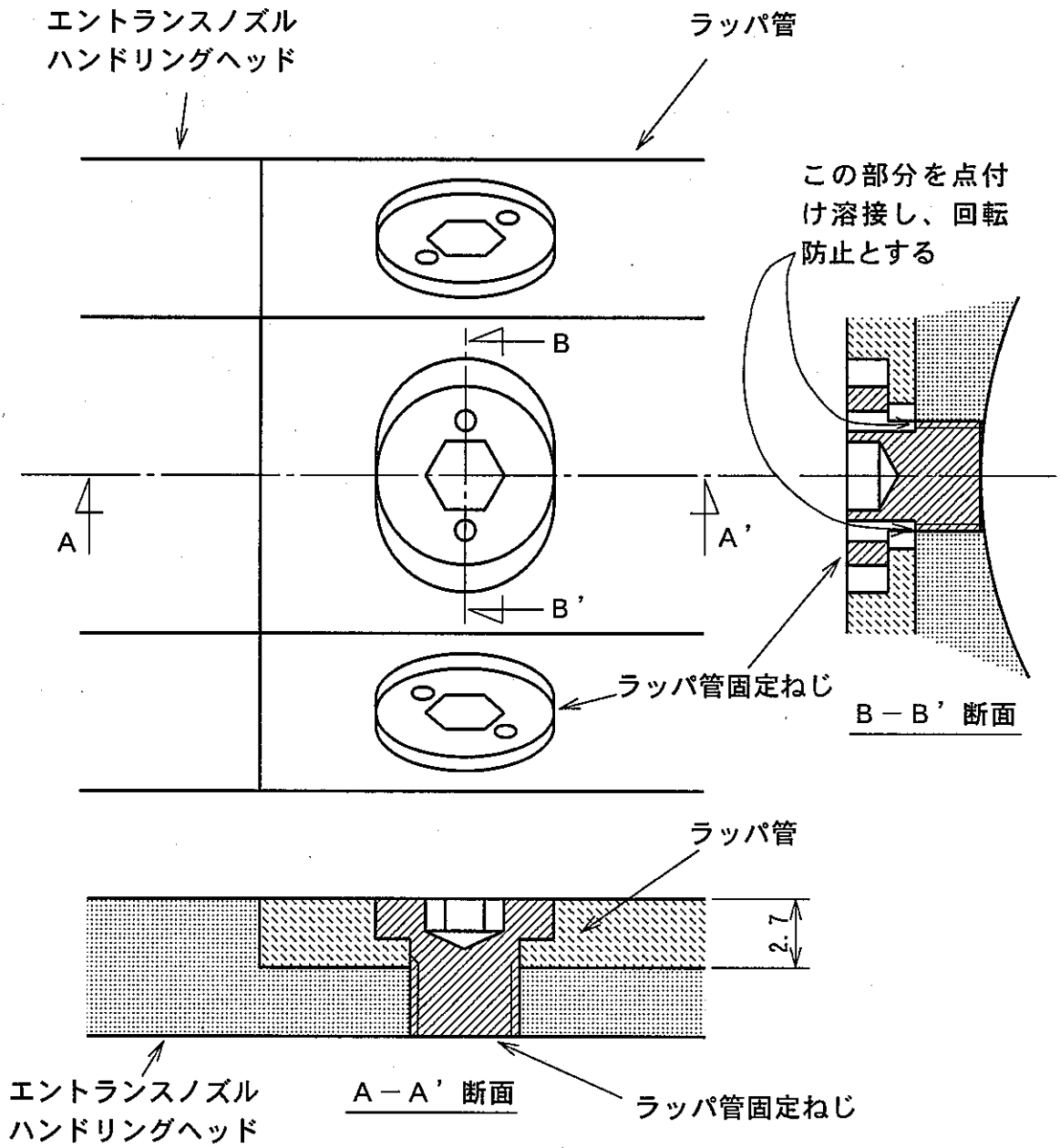


図2.1 ねじによるラッパ管の接合構造

2. 3 試験内容

高度化炉心燃料集合体のラッパ管とエントランスノズル接合部構造の健全性をより正確に確認することを目的として、原寸、同構造の接合部模擬試料を作成して各種強度試験及び断面金相確認試験を実施し、設計上必要な強度を満足しているか否か確認する。

又、炉内で使用した状況を再現する為に熱サイクル試験を一部の試験試料に施し、実機炉心において照射した後も設計上必要な強度を確保出来るかの確認も行う。更に、試験試料各部の挙動を確認すると共に今後の設計作業に資する事を目的として、強度試験時に試験試料へ歪みゲージを貼り付け歪みデータを採取する。

図 2.2 に試験概略のフロー図を示す。

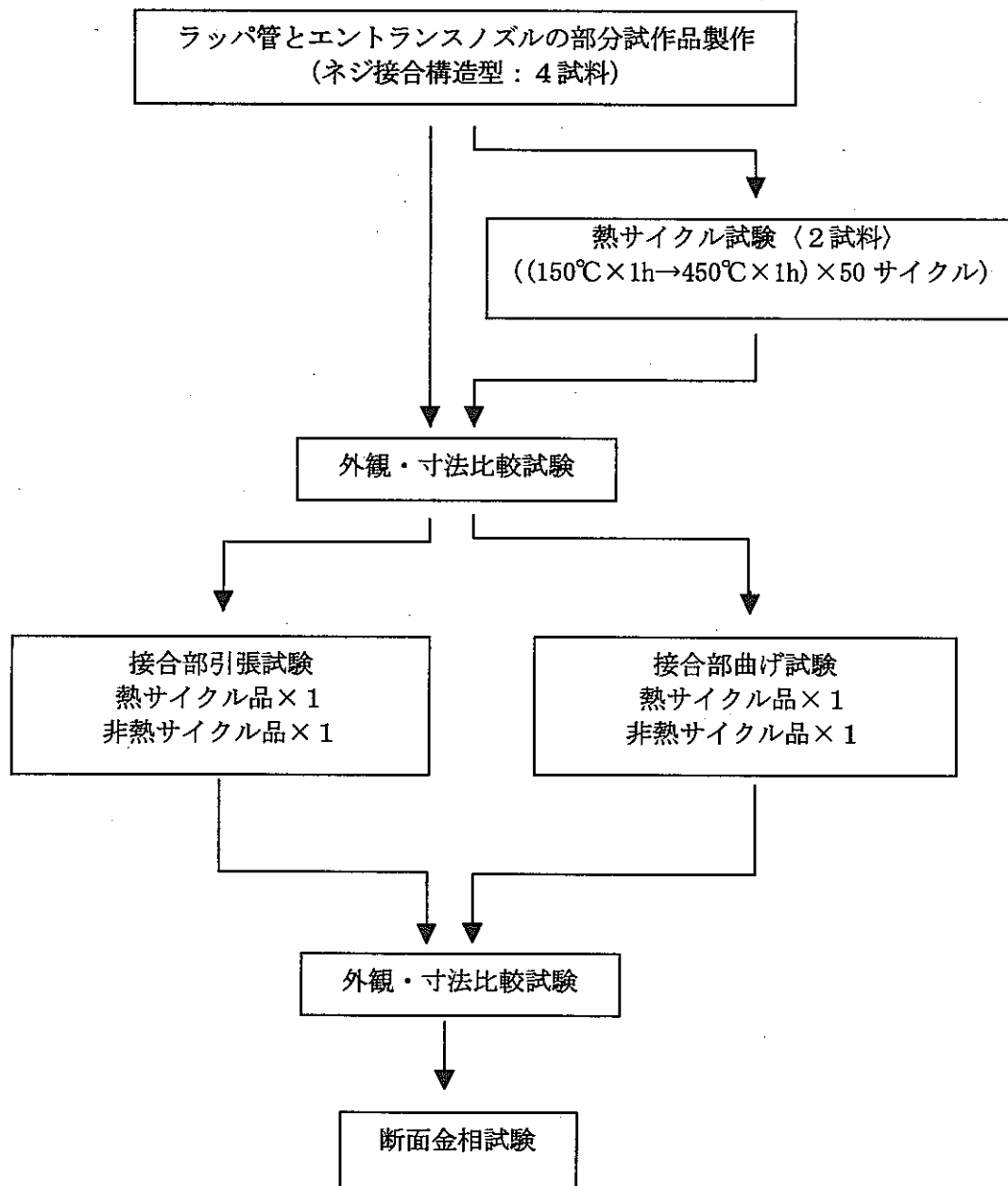


図 2.2 試験概略フロー図

2. 3. 1 試験試料

各種試験に供する試験試料を設計製作する。

(1) 試験試料の説明

今回製作する試験試料は、以下の2種類である。

- 試験試料
- 温度測定用試料

試験試料は、熱サイクル試験、各種強度試験及び金相試験に供する試料で、エントランス上部、ラップ管、固定ネジから成るネジ接合部分を模擬した六角形状の試料を製作する。尚、本来当該部分に存在する、下部遮蔽体、及びノックバーは模擬しない。エントランスノズル上部、固定ネジの材質はSUS316とし、ラップ管はフェライト系ステンレス鋼(JNC-FMS 鋼)製とする。

温度測定用試料は、熱サイクル試験時の試験試料の温度を確認する為、熱電対を挿入できる構造とする。材質はSUS316とし、試験試料の体積を模擬する。

(2) 試験試料の設計

(a) ラップ管(図番: TB-5495)

材質は、JNC-FMS 鋼を用いた。設計根拠は以下の通りである。

①肉厚: 2.7[mm]

肉厚は高度化用ラップ管と同じである2.7[mm]を採用した。この寸法は、昨年度使用した引張試験試料(図2.3を参照)とも同じである。

尚、今回ラップ管として使用するラップ管寸法は現行構造と同じであるので、高度化炉心用と比較して内径が小さい。このため、肉厚を2.7[mm]としても厳密には高度化用ラップ管を完全には模擬できないが、表2.1及び図2.4の各種ラップ管の比較によれば、現行構造のラップ管をそのまま使用する場合に比べ、肉厚を模擬する事で断面積はより高度化燃料用ラップ管に近くなる事がわかる為、問題ない。

表 2.1 各種ラップ管の比較

種類	寸法	断面積(mm ²) ^{注)}	断面積比
現行用寸法(今回御支給品)	六角外径 110.6×T3.0(×内径 104.6)	1104.1	110.5%
高度化用寸法	六角外径 111.0×T2.7(×内径 105.6)	998.8	100%
今回の設計寸法	六角外径 110.0×T2.7(×内径 104.6)	1000.6	100.2%

注)断面積算出にあたっては、R部はすべて同じ(外径R8 内径R4.5)とした。

②内径: 104.6[mm]

ラップ管内面の加工は技術的に困難な為、現行構造と同じとした。

③座ぐり関連寸法

座ぐりの深さ: 1.7[mm]

昨年度の引張強度試験結果が良好であった固定ネジCのつば厚さ1.7[mm]に合わせた。

ネジ締め付け部厚さ: 1.0[mm]

肉厚2.7[mm]から固定ネジのつば厚さ1.7[mm]を差し引いた値。

(b) エントランスノズル上部(図番: TB-5512)

今回の試験では、組立性の評価は実施しない為、ノックバー関連機構は省略した。

又、各種強度試験時に使用する為、下端部内面にM95×4のネジを設けた。材質は、SU

S316とした。

①外径：110[mm]，嵌合部径：104.6[mm]

ラッパ管外対面距離及び内径に合わせた。

②M38ネジ孔位置：ラッパ管接合部端面から39.1[mm]

ラッパ管に合わせた。

③ラッパ管嵌合部長さ：63+39.1[mm]

曲げ試験時に嵌合部長さが影響する可能性がある為、高度化燃料の値(63[mm])に合わせた。

④固定ネジ用ネジ孔：M38×1.5[mm]

固定ネジに合わせた。

⑤内径：φ90[mm]

高度化用エントランスノズルに合わせた。

⑥HEX110[mm]部長さ：100[mm]

強度試験時に治具を取り付ける事や、曲げ試験時にエントランスノズル部を固定する必要がある事を考慮し設計した。

⑦強度試験治具取り付けネジ：M95×4[mm]

本ネジは、引張試験時には引張治具を取り付け、曲げ試験時にはエントランスノズルの変形防止治具を取り付ける為に新設した。尚、加工を簡略化する為、ネジの山径をエントランスノズル内径に近いM95とした。

(c)固定ネジ(図番：TA-6453)

昨年度の引張強度試験の結果が良好であった固定ネジCの設計をそのまま継承した。材質はSUS316とした。

(d)温度測定用試料(図番：TB-5516)

本試料は、試験試料と熱容量的に同等とするため同体積とした。又、より正確な温度を測定する為、六角平面部及び角部にそれぞれ熱電対挿入孔を設けた。材質は、試験試料用エントランスノズル上部と同じとし、SUS316を使用した。

①六角部対面間寸法：110.6[mm]

現状のエントランスノズル寸法に準じた。

②内径：φ90[mm]

高度化用エントランスノズルに合わせた。

③熱電対挿入孔：φ6×L125[mm]

挿入孔径は、熱電対を被覆しているガイシの外径がφ5[mm]である事から決定した。又、挿入孔深さは、設計終了後の長さを約250[mm]程度と予想し、その中央付近を測定する事を考慮し、125[mm]とした。

④長さ：243[mm]

六角部対面間寸法及び内径を決定した後、試験試料の体積を確保する様に決定した。

(試験試料の体積計算)

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{試験試料の外対面間寸法：110[mm] (一面の長さ } b=63.9[\text{mm}]) \\ // \quad \text{全長：3.31[mm]} \\ // \quad \text{エントランスノズル上部部分長さ：202.1[mm]} \\ \quad \quad \quad \text{(内 102.1[mm] は、ラップ管との嵌合部)} \\ // \quad \text{エントランスノズル上部内径：}\phi 90[\text{mm}] \\ // \quad \text{ラップ管部長さ：147.9[mm]} \\ // \quad \text{ラップ管内対面間寸法：104.6[mm] (一面の長さ } b=60.4[\text{mm}]) \end{array} \right\}$$

六角の断面積は以下で表される。

$$\frac{3\sqrt{3}}{2}b^2 = 2.598b^2$$

(b:六角形状の一面の長さ)

これを用いて、試験試料の体積 s を算出する。

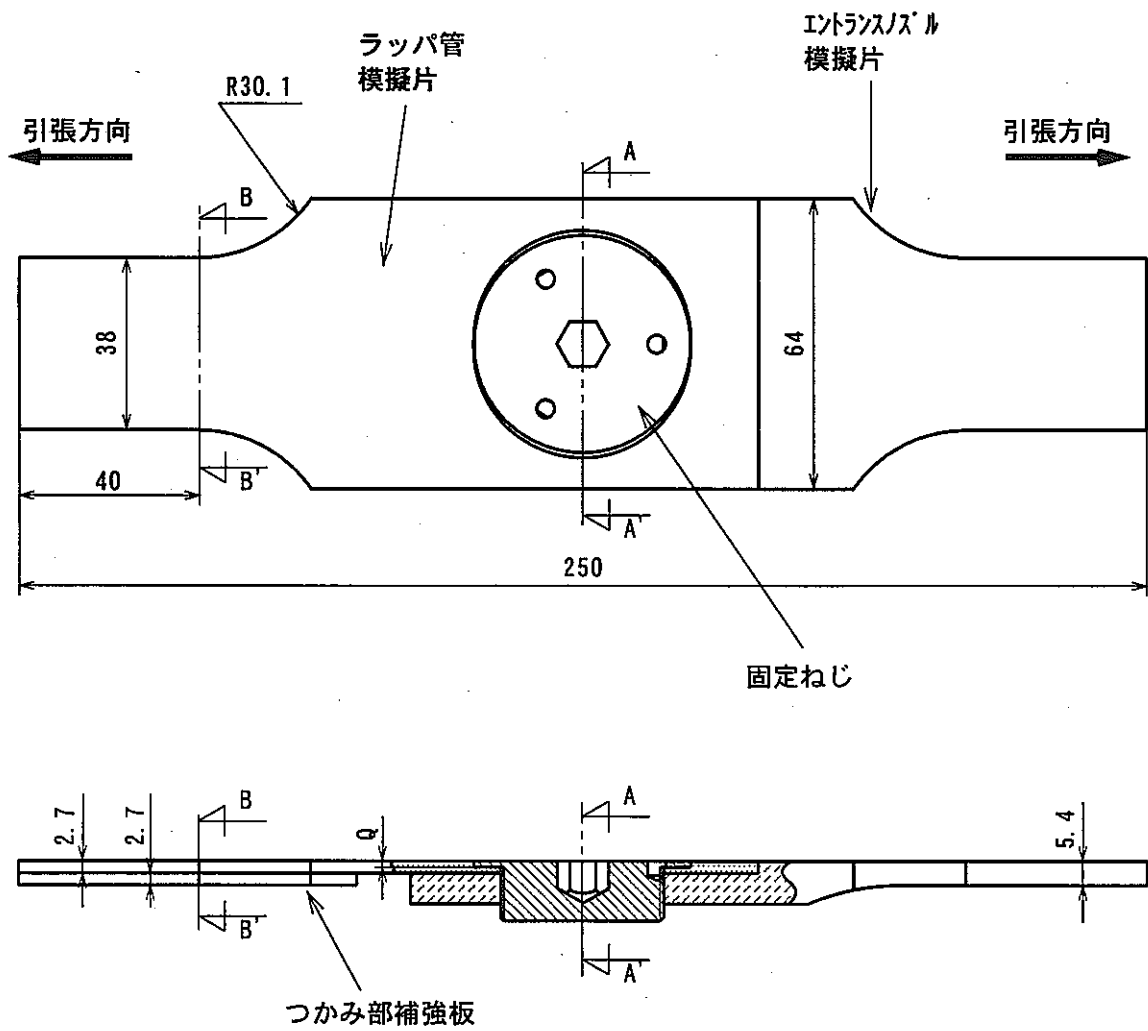
$$\begin{aligned} s &= 2.598 \times 63.9^2 \times 350 - (2.598 \times 60.4^2 \times 147.9 + 45^2 \pi \times 202.1) \\ &= 3.71 \times 10^6 - (1.4 \times 10^6 + 1.286 \times 10^6) \\ &= 1.024 \times 10^6 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

又、熱電対挿入孔の体積 t_c を算出する。

$$t_c = 3^2 \pi \times 125 = 3.53 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

今回、温度測定用試料の対面間寸法(110.6[mm] 一面の長さ $b=63.9[\text{mm}]$)及び内径($\phi 90[\text{mm}]$)は固定で貫通孔とし、熱電対挿入孔は平面部及び角部に各1箇所(計2カ所)を設ける構造として、全長 L のみを変化させて試験体の体積に合わせる方法を取った。

$$\begin{aligned} 1.024 \times 10^6 &= (2.598 \times 63.9^2 - 45^2 \times \pi) \times L - 3.534 \times 10^3 \times 2 \\ L &= \frac{1.024 \times 10^6 + 7.068 \times 10^3}{4.246 \times 10^3} \\ &= 242.83[\text{mm}] \end{aligned}$$



	Q
ラッパ管接合部引張試験片B	1.3
ラッパ管接合部引張試験片C	1.7

図2.3 ラッパ管接合部引張試験片

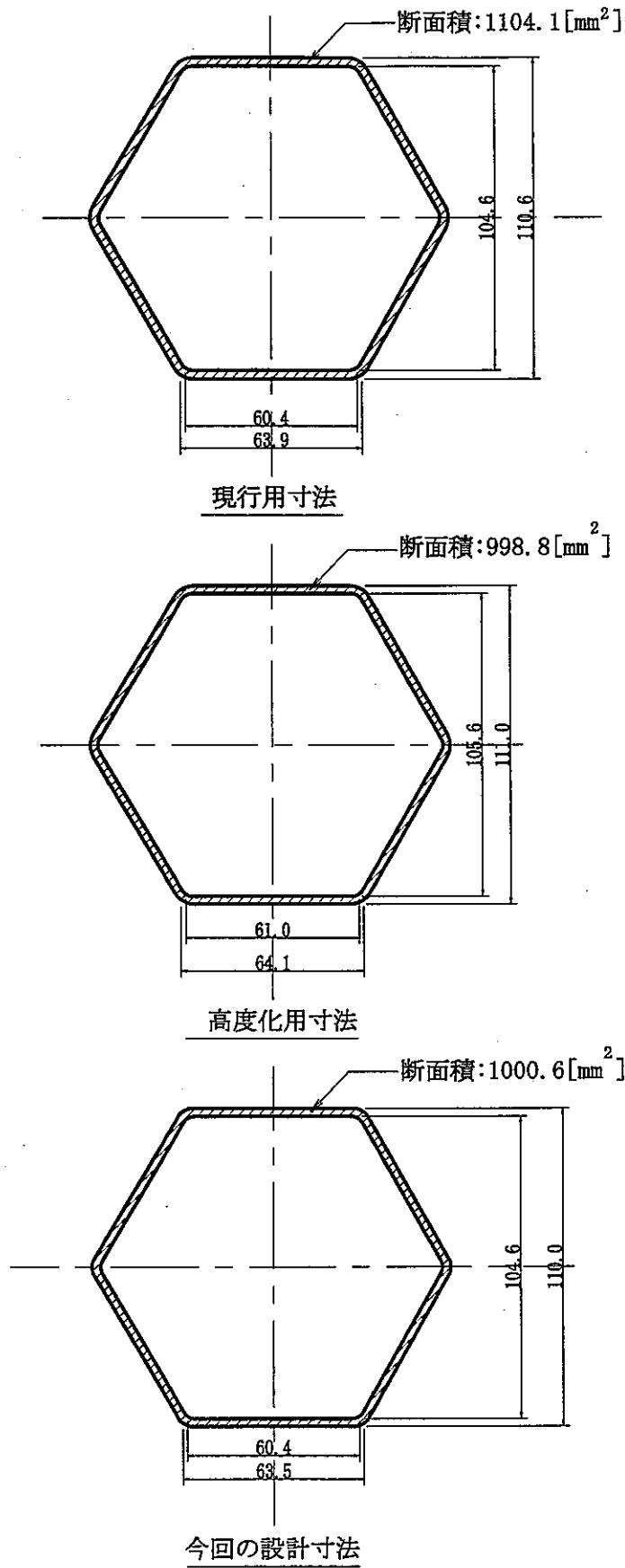


図2.4 各種ラップ管の比較

2. 3. 2 熱サイクル試験

高度化炉心の寿命末期の状態を模擬する為、熱サイクル試験を実施し、処理前後での外観及び寸法の変化を確認する。

①熱サイクル試験試料

エントランス上部、ラッパ管、固定ネジから成る試験試料を2体及び試験試料の実体温度を測定する為に温度測定用試料1体を使用する。

②熱サイクル試験条件

熱サイクル試験条件を、表2.2に示す。

表2.2 熱サイクル試験条件

項目	条件	備考
熱処理温度及び保持時間 (低温側)	温度 150℃ 保持時間 1 時間	(熱処理炉設定条件) 150℃+10℃, -0℃ 保持時間 1 時間以上
熱処理温度及び保持時間 (高温側)	温度 450℃ 保持時間 1 時間	(熱処理炉設定条件) 450℃+20℃, -0℃ 保持時間 1 時間以上
サイクル数	50 回	
熱処理雰囲気	N ₂	
熱電対	2 カ所	温度測定用試料の平面部及び角部に各 1 箇所配置

サイクル数は、高度化炉心の寿命中における起動-停止及び過渡変化の回数を考慮して決定した。

表中の低温側の 150℃は、「もんじゅ」における温態待機状態での炉内温度よりさらに安全側にした際の温度であり、高温側の 450℃は炉内入口温度 350℃に対して、より保守側にした温度である。尚、熱処理炉設定条件において低温側と高温側の温度公差に差があるのは、熱サイクル試験時の基準温度差 300[℃] (炉内入口温度を基準とした場合は、200℃程度である。)を確保する為である。

加熱時及び冷却時共に雰囲気組成は N₂ を使用する。

試験試料の温度確認用として使用する熱電対は、温度測定試料の平面部及び角部それぞれの計 2 カ所へ配置した。

今回使用する熱処理炉の概要を以下に示す。又、設備外観を写真 2.1 に示す。

- 設備名及び設備番号：真空パージ雰囲気戻し炉 S-02
- 製造メーカー及び型式名：石川島播磨重工製 NVCW-450T
- 操業温度：150℃～700℃
- 挿入重量：Max450kg
- 有効域寸法：610×910×460 (mm)
- 到達圧力：7MPa より高真空

③熱サイクル試験後外観比較試験

熱サイクル試験の影響を調査する事を目的として、熱サイクル試験を実施した試験試料2体と熱サイクル試験を実施しなかった試料2体の外観及び寸法を比較試験する。試験内容を添付資料1「試験検査要領書」に示す。



写真2.1 熱処理設備外観

2. 3. 3 強度評価試験

熱サイクル試験を施した試験試料と非熱サイクル試験試料のそれぞれについて強度評価試験を行い、荷重－変位曲線を作成し、熱サイクル試験試料及び非熱サイクル試験試料が共に設計時想定荷重に対して十分な強度を有する事を確認する。又、歪みゲージにより荷重－歪み線図を作成し変形挙動を観察する。

(1) 引張強度試験

① 引張試験供試体

試験供試体は、エントランスノズル上部、ラップ管、固定ネジから成る試験試料の内、熱サイクル試験を経た試料（以下、熱サイクル試験試料と称する。）及び熱サイクル試験を経なかった試料（以下、非熱サイクル試験試料と称する。）の各1体（計2体）を使用する。

② 引張試験準備

図 2.5 に引張試験イメージ図を示す。試験試料は、試験機テーブル上で直立する様に設置され、ラップ管外面を6方向からおさえる方式で保持する。これは、引張荷重を負荷した場合に各面へかかる荷重を均一化する事を目的とする。

尚、歪みゲージ貼り付け箇所は12カ所とし、引張荷重が六面へ均等に荷重が負荷されるものとし、代表してA面の各部分を詳細に測定する。又、六面へ均等に荷重が負荷される事を確認する為、6面全ての面で同じ部位を測定する。図 2.6 にひずみゲージ測定位置を示し、表 2.3 に歪みゲージ貼り付け根拠を示す。尚、使用する歪みゲージは、X-Y 2方向測定型でゲージ範囲φ3[mm]のKFG-3-120-D16-16L3M2S（株）共和電業製）を使用する。

③ 引張試験条件

試験速度は0.5mm/minとし、試験荷重は試験機最大荷重(100KN)とする。

(2) 曲げ強度試験

① 曲げ試験供試体

試験供試体は、エントランスノズル上部、ラップ管、固定ネジから成る試験試料の内、熱サイクル試験を経た試料及び熱サイクルを経なかった試料で、引張強度試験に使用しなかった試料の各1体（計2体）を使用する。

② 曲げ試験準備

図 2.7 に曲げ試験イメージ図を示す。試験試料は、片持ち梁状に試験治具へ固定され、試験機のクロスヘッドに装着された曲げ荷重付加治具でラップ管のA平面に荷重を負荷する。又、ラップ管の荷重負荷位置及びエントランスノズル上部は、変形を防止する為にそれぞれ形状保持治具を挿入する。

歪みゲージ貼り付け箇所は19カ所で、曲げ荷重負荷正面であるA面とその裏面のD面の固定ネジ部を重点的に測定し、他の面は、A及びD面との関連を確認する程度とした。図 2.8 にひずみゲージ測定位置を示し、表 2.4 に歪みゲージ貼り付け根拠を示す。尚、使用する歪みゲージは、X-Y 2方向測定型でゲージ範囲φ3[mm]のKFG-3-120-D16-16L3M2S（株）共和電業製）を使用する。

③ 曲げ試験条件

試験速度は1mm/minとし、試験荷重は試験機最大荷重(100KN)とする。

(3) 強度試験後確認試験

強度試験後の各試料の外観及び寸法を検査し、試験前と比較して各強度試験の影響を明らかにする。添付資料1「試験検査要領書」に試験内容の詳細を示す。

2. 3. 4 断面金相確認試験

熱サイクル試験や荷重の負荷が固定ネジの回転止め溶接部に及ぼす影響を確認する為、試験試料の全てを対象にして断面金相を製作し観察する。図 2.9～2.12 に金相試料採取位置を示す。

表 2.3 引張試験歪みゲージ貼付位置根拠

ゲージ No.	根 拠
①	前年度の引張試験の際、最も変形が大きかった箇所で、ラップ管で最も弱いと推定される箇所の為。
②	同 上
③	ネジ部で弱いと推定される箇所の為。
④	同 上
⑤	ネジ部で弱いと推定される箇所で、前年度試験の際、大きく変形した箇所の為。
⑥	ラップ管側で最初にネジつば部と接触し荷重を受けると考えられる箇所の為。
⑦	⑥との比較用で、六面が均等に荷重を受けているか否かの確認をする為。
⑧	同 上
⑨	同 上
⑩	同 上
⑪	同 上
⑫	⑤との比較用で、六面が均等に荷重を受けているか否かの確認をする為。

表 2.4 曲げ試験歪みゲージ貼付位置根拠

ゲージ No.	根 拠
①	曲げ荷重を负荷した際の支点となると推定される為。
②	ネジ部で弱いと推定される箇所の為。
③	ネジ部で弱いと推定される箇所で、最も大きく変形すると推定させる為。
④	①～③の延長線上のラップ管の歪みを得る為で、最初にネジつば部と接触する箇所の為。
⑤	ラップ管で最も弱いと推定される為。
⑥	同 上
⑦	同 上
⑧	同 上
⑨	ラップ管で最も弱いと推定される為。
⑩	ネジ部で弱いと推定される箇所で、最も大きく変形すると推定させる為。
⑪	最初にネジつば部と接触する箇所の為。
⑫	同 上
⑬	同 上
⑭	ネジ部で弱いと推定される箇所で、最も大きく変形すると推定させる為。
⑮	ネジ部で弱いと推定される箇所で、最も大きく変形すると推定させる為。
⑯	ラップ管で最も弱いと推定される為。
⑰	同 上
⑱	同 上
⑲	同 上

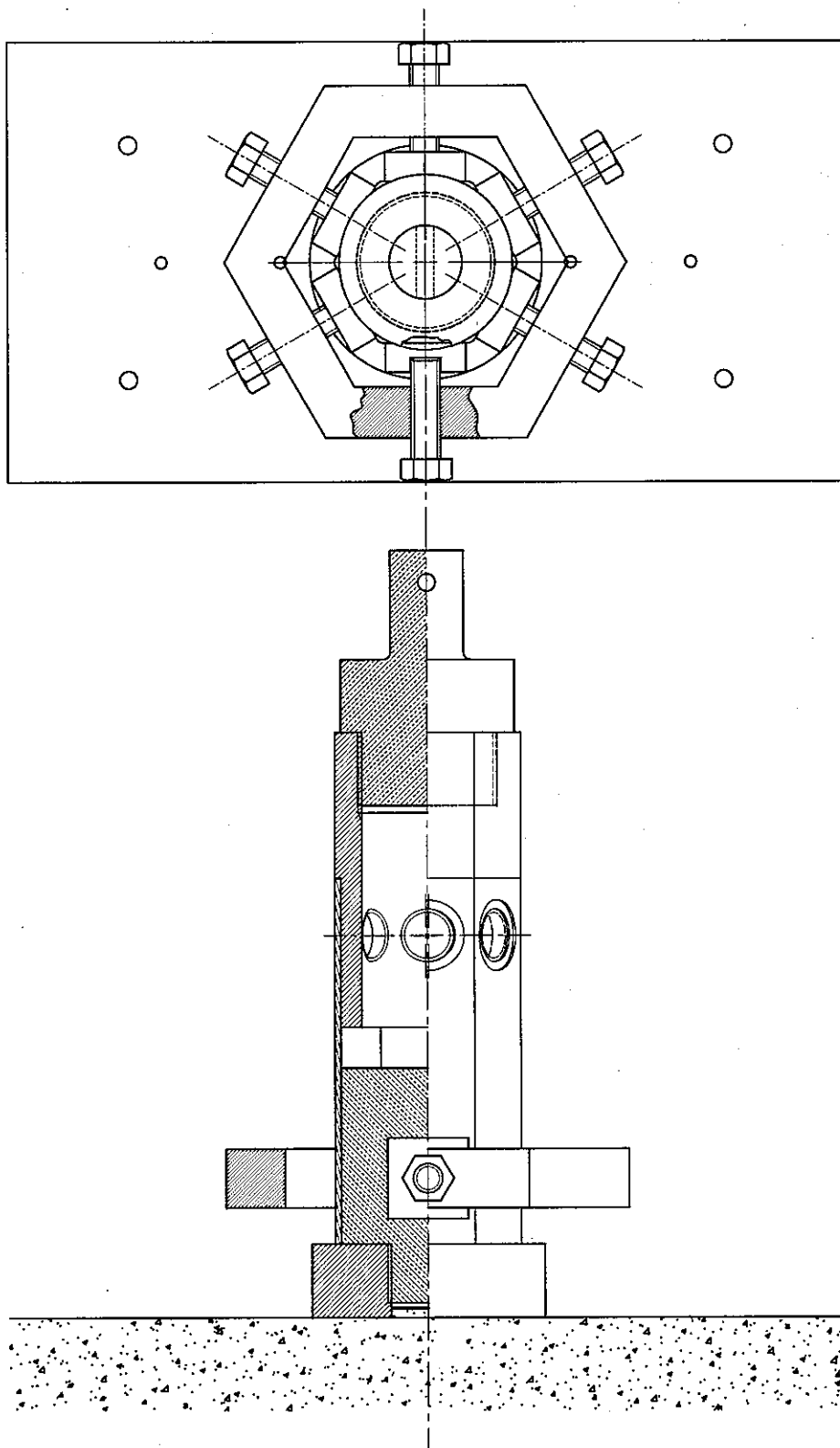


図2.5 引張試験イメージ

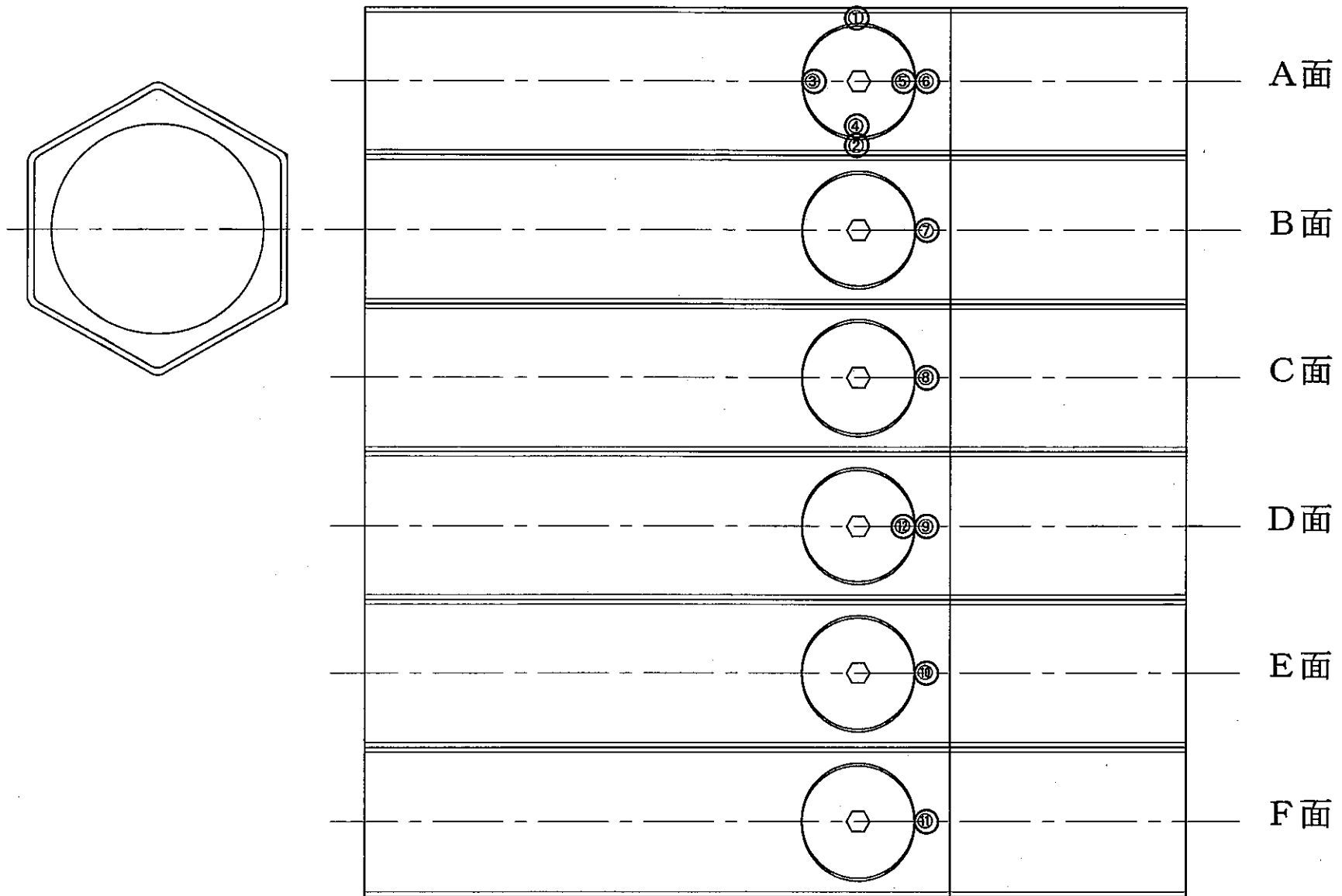


図2.6 引張試験における歪みゲージ貼付位置

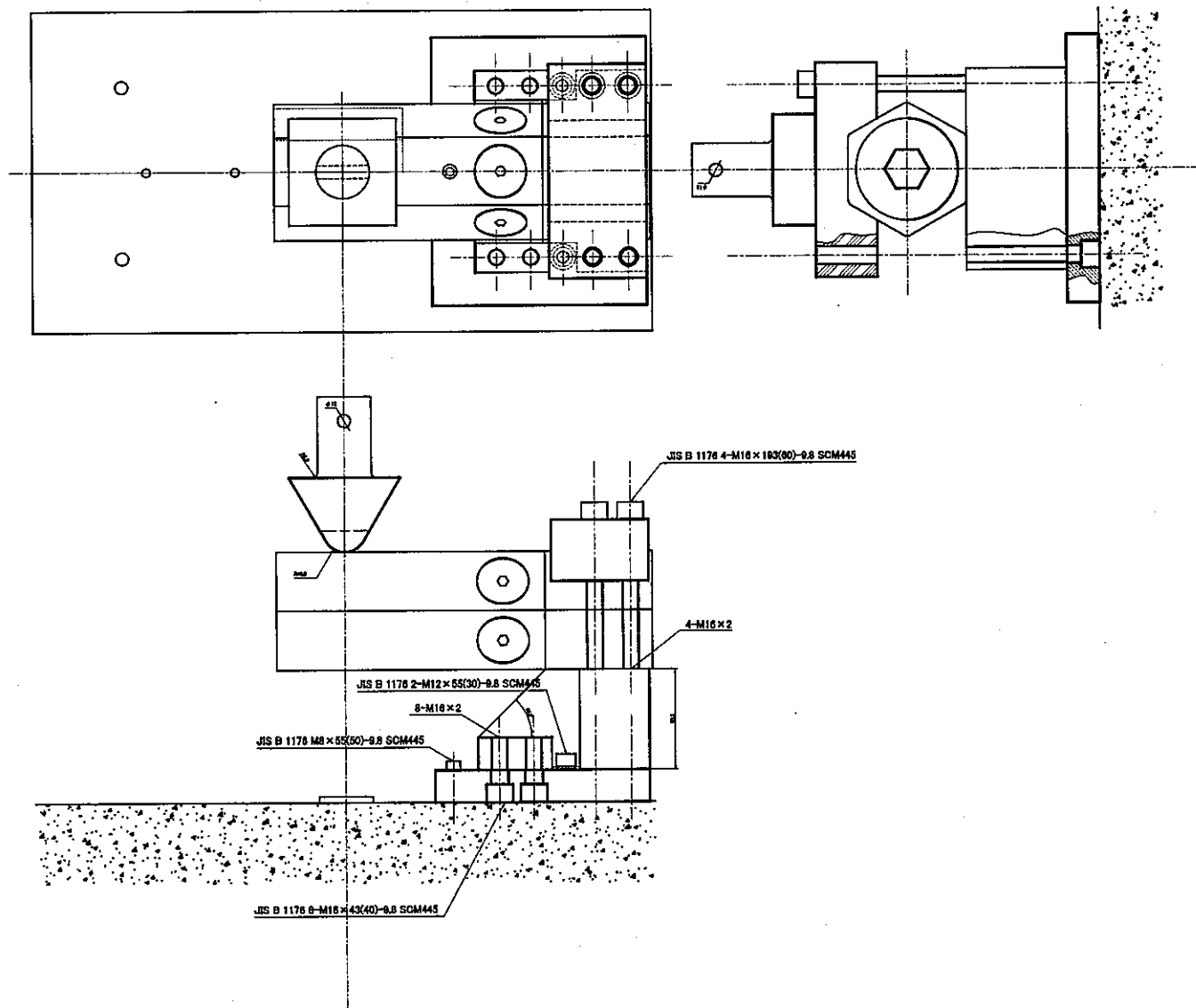


図2.7 曲げ試験イメージ

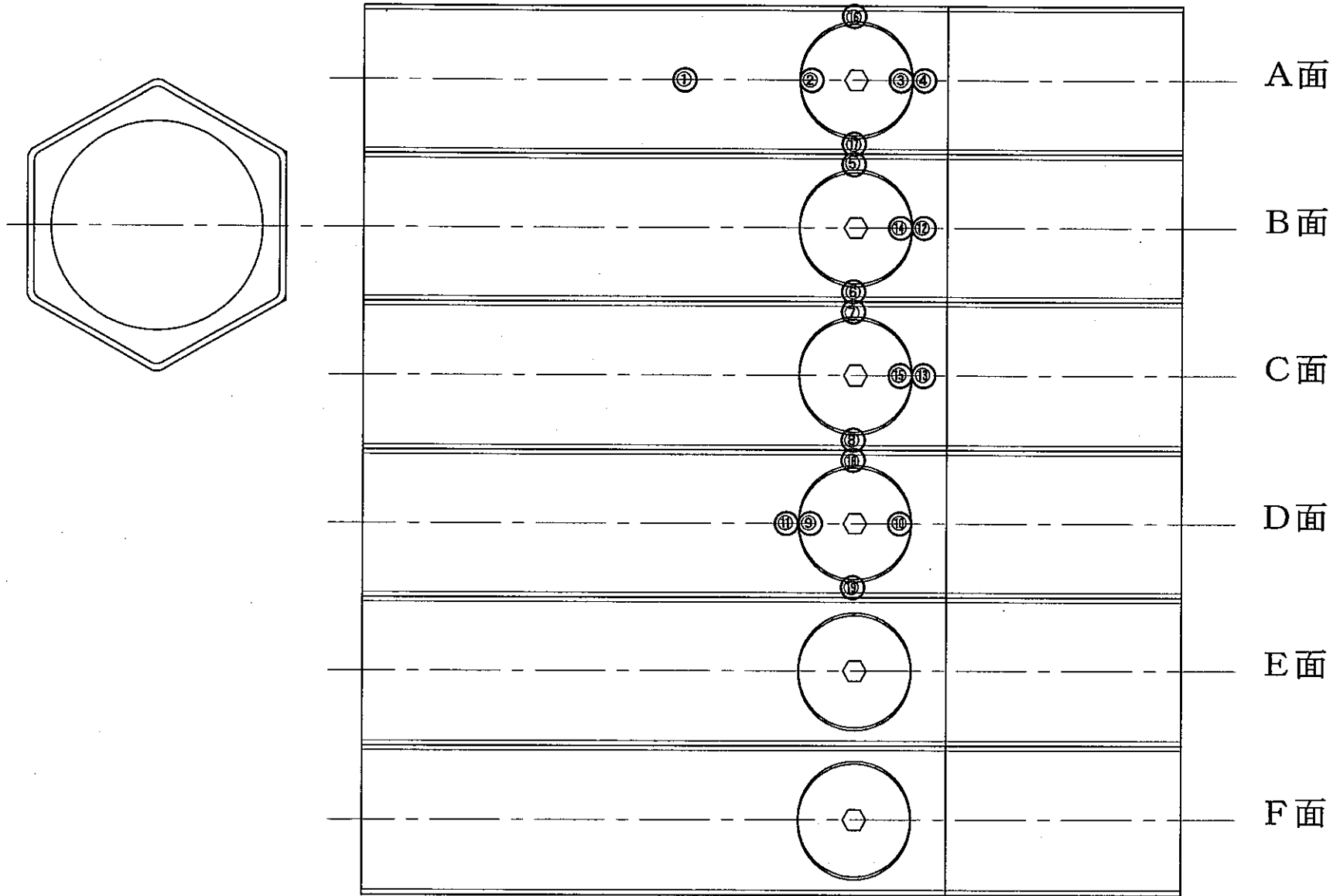


図2.8 曲げ試験における歪みゲージ貼付位置

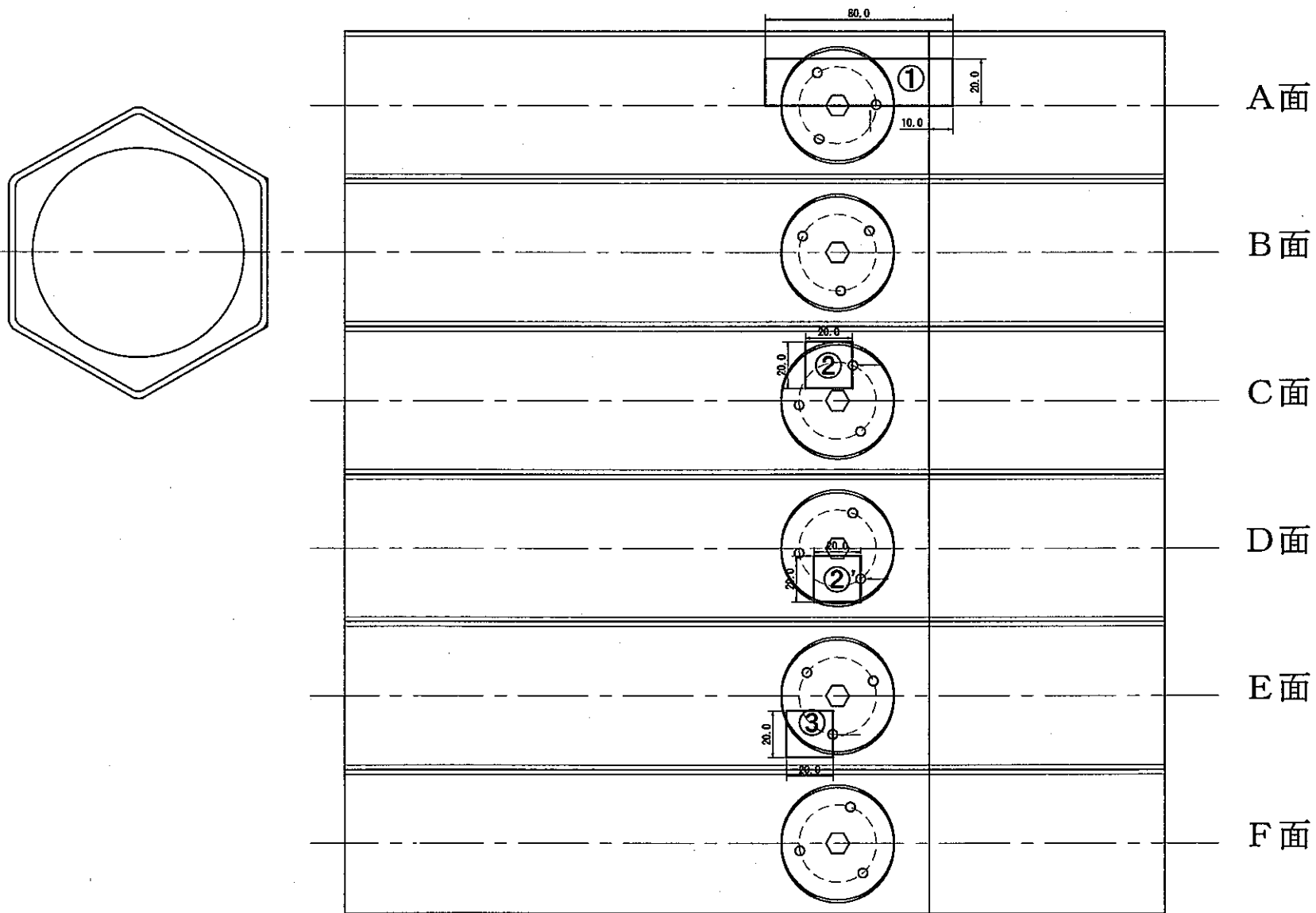


図2.9 製品No.1(熱サイクル処理品,引張試験試料)

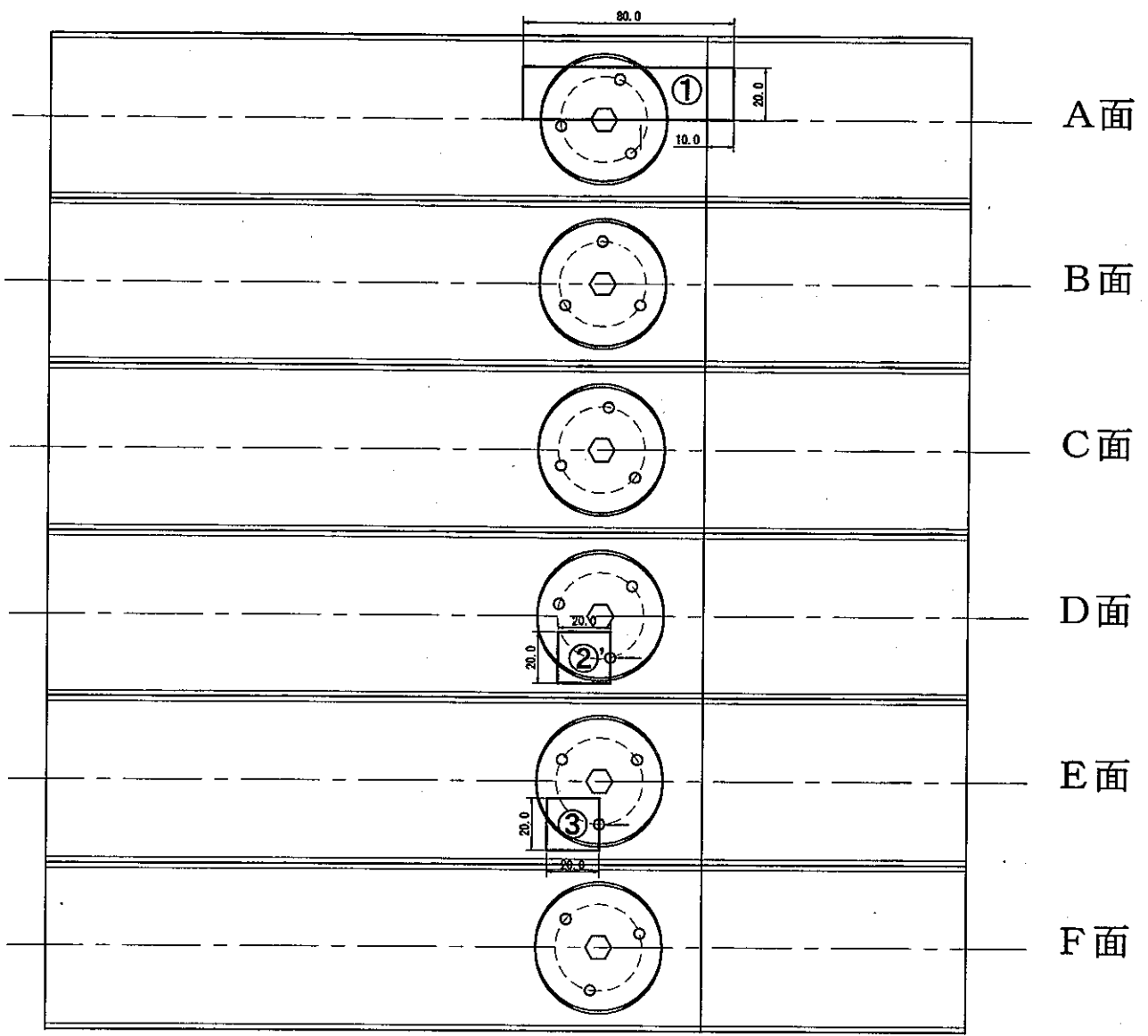
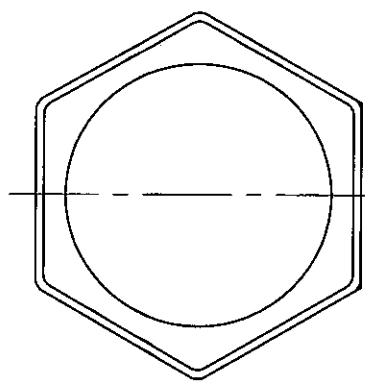


図2.10 製品No.3(非熱サイクル処理品,引張試験試料)

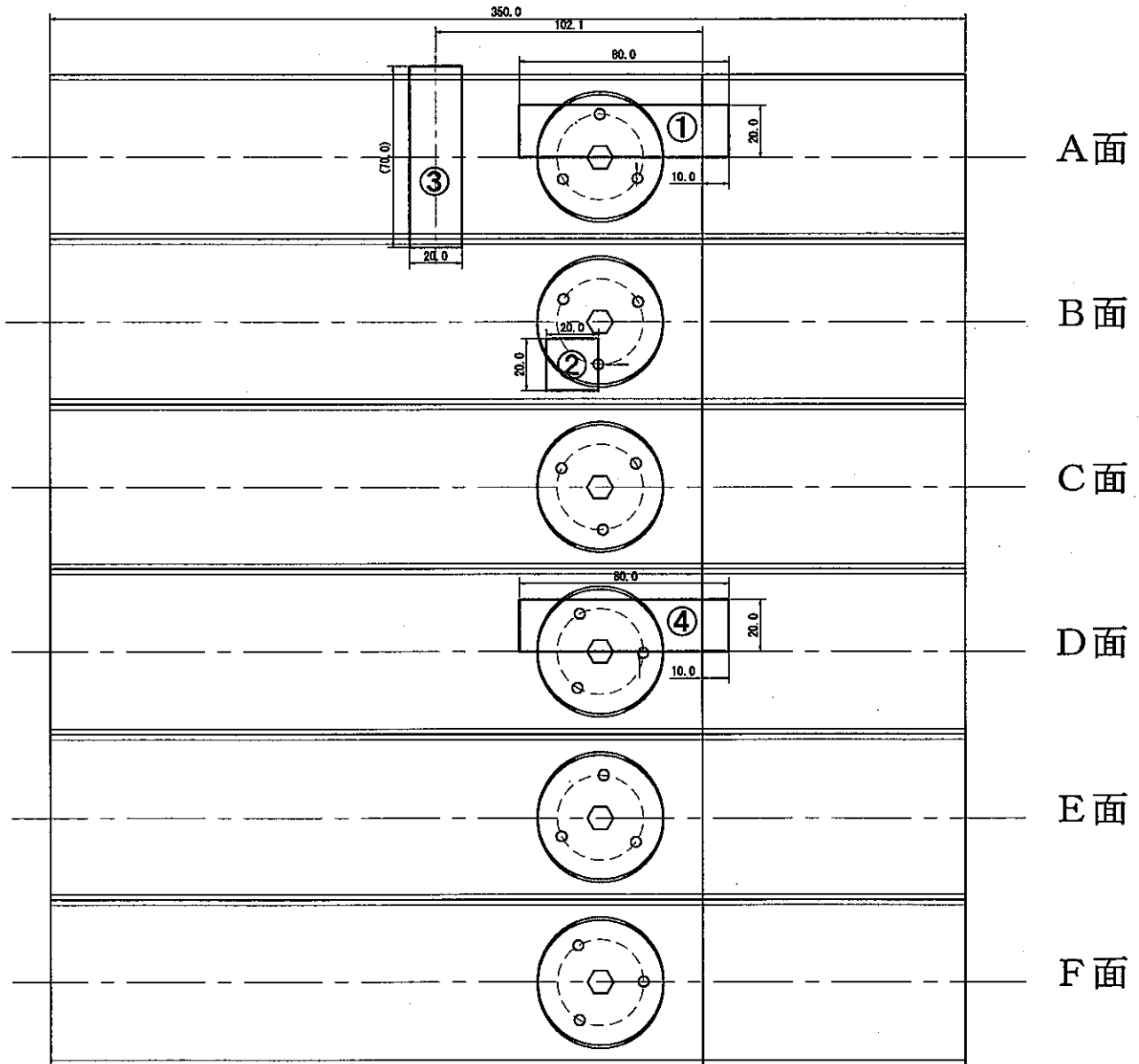
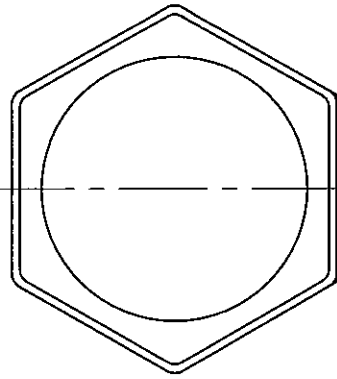


図2.11 製品No.2(熱サイクル処理品,曲げ試験試料)

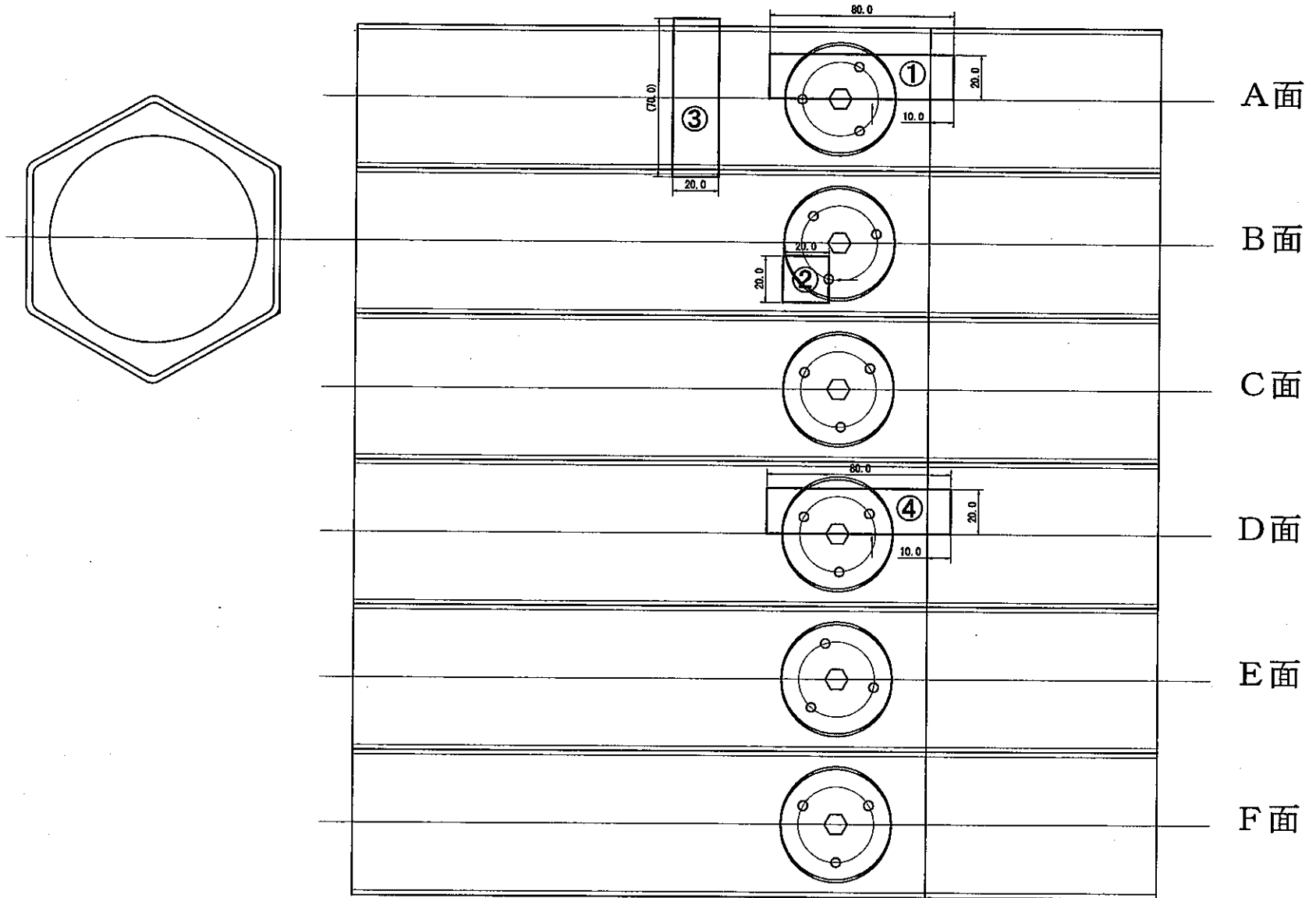


図2.12 製品No.4(非熱サイクル処理品,曲げ試験試料)

3. 試験試料

3. 1 試験試料の製作

2. 3. 1項で設計を行った試験試料を製作した。以下に製作手法及び留意点等を示す。尚、試験試料組立品及び各種部材検査記録等は添付資料2に示す。

(a) ラップ管

ラップ管外観を写真3.1に示す。

素材となるラップ管を必要長さに定尺した後、外対面加工及び座ぐり部を加工した。尚、外面部に特異な不連続面を残さぬ為、加工面積の大きいツール(バーチカルリング)を用いて肉厚のフライス加工を行った。

(b) エントランスノズル上部

エントランスノズル上部外観を写真3.2に示す。

調達材料を定尺した後、外対面加工及び嵌合部加工を行った。

嵌合部にガタがあると、異種材料間の熱膨張差をこのガタが吸収してしまい、熱サイクル試験の効果が出にくくなり、強度試験結果が変化する可能性がある事から、エントランスノズル上部とラップ管個々を対応させ、更にその取り付け方向も対応させた。この加工を行う為に、ラップ管の各内対面寸法を測定して得られた寸法でエントランスノズル上部の嵌合部外対面を機械加工した後、嵌合具合を確認しながら六角コーナー部や外対面を研磨する工法を取った。

(c) 固定ネジ

固定ネジ外観を写真3.3に示す。

調達材料を定尺した後、機械加工を行った。尚、中央のネジ穴(六角レンチ用)の加工は、下穴を開けた上、放電加工にて六角形状に成型した。昨年度製作時は、下穴無しで六角穴加工を行ったが、今年度の加工方法により加工時間の短縮及び電極の損耗を少なくする事が出来た。

(d) 試験試料組立

組立時の部品番号対応表を表3.1に示す。

加工した各部材を検査及び洗浄し、仮組を行った上で、固定ネジつば部孔を廻り止め溶接した。

表 3.1 試験試料組み合わせ表

	エントランスノズル上部	ラップ管	固定ネジ
刻 字 No.	1	1	1A,1B,1C,1D,1E,1F
	2	2	2A,2B,2C,2D,2E,2F
	3	3	3A,3B,3C,3D,3E,3F
	4	4	4A,4B,4C,4D,4E,4F

3. 2 試験試料組立後確認結果

(1) 外観

① 試料全体

組立品外観を写真3.4に示す。特に変形等は見られなかった。

② 固定ネジ付近

組立直後の固定ネジ状況を写真3.5~3.8に示す。各ネジそれぞれに差は見られなかった。

(2) 寸法

① 構成部品の検査結果

各種構成部品の検査結果を添付資料 2 に示す。4 試料分の構成部品それぞれに差は認められなかった。

②組立品の検査結果

試験試料組立品の検査結果を添付資料 2 に示す。4 試料分の構成部品それぞれに差は認められなかった。

3. 3 試験試料のまとめ

試験試料 4 試料のそれぞれに差は見られなかった。以後、この結果を基準に熱サイクル試験や各種強度試験後の寸法変化を確認して行く。

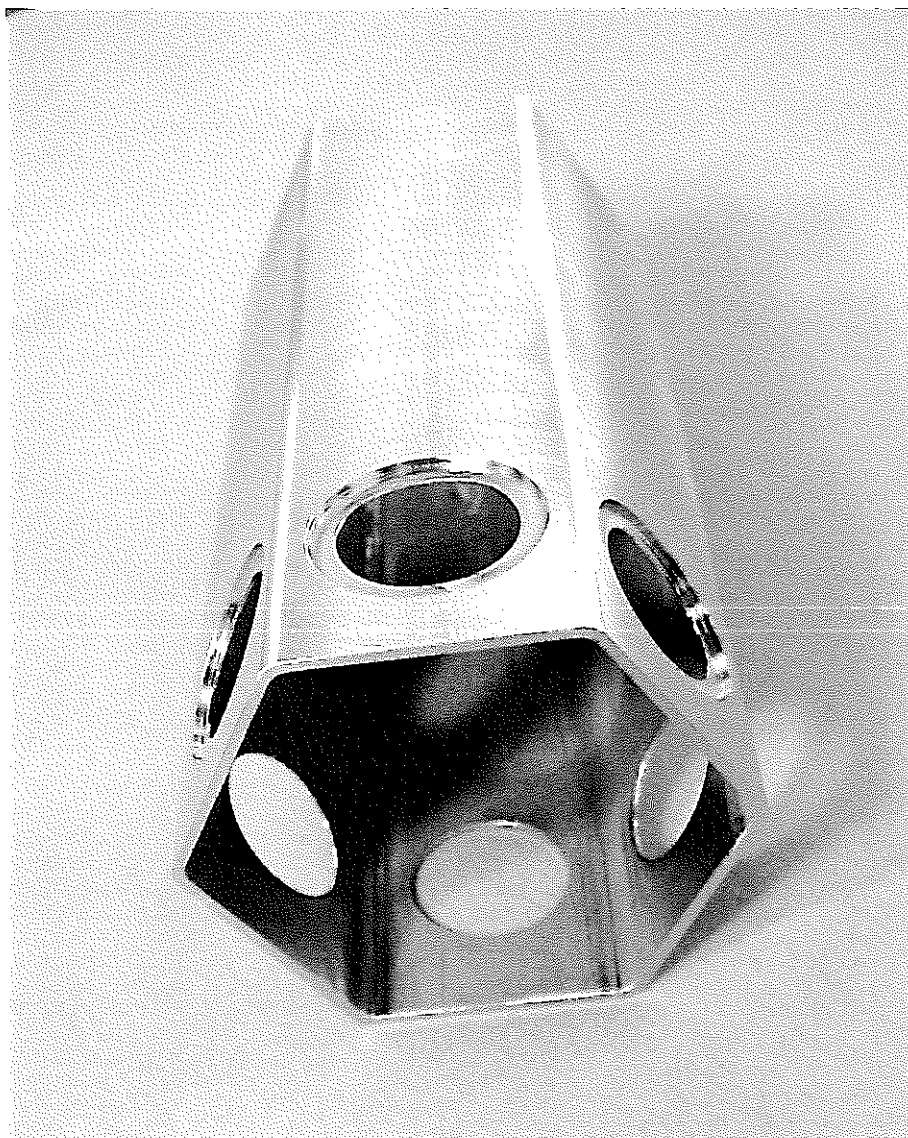


写真3.1 ラッパ管外観

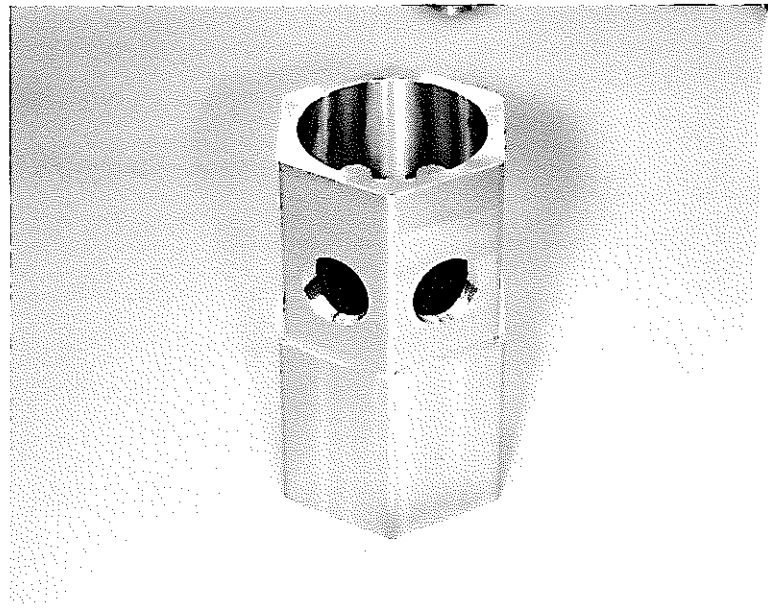
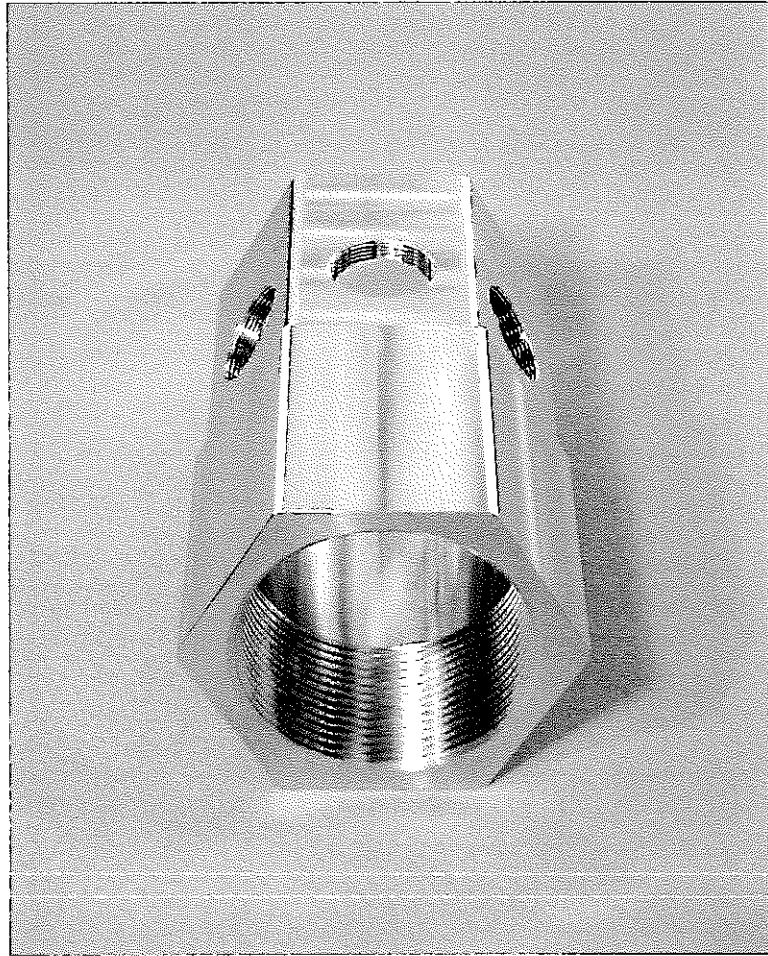


写真3.2 エントランスノズル上部外観

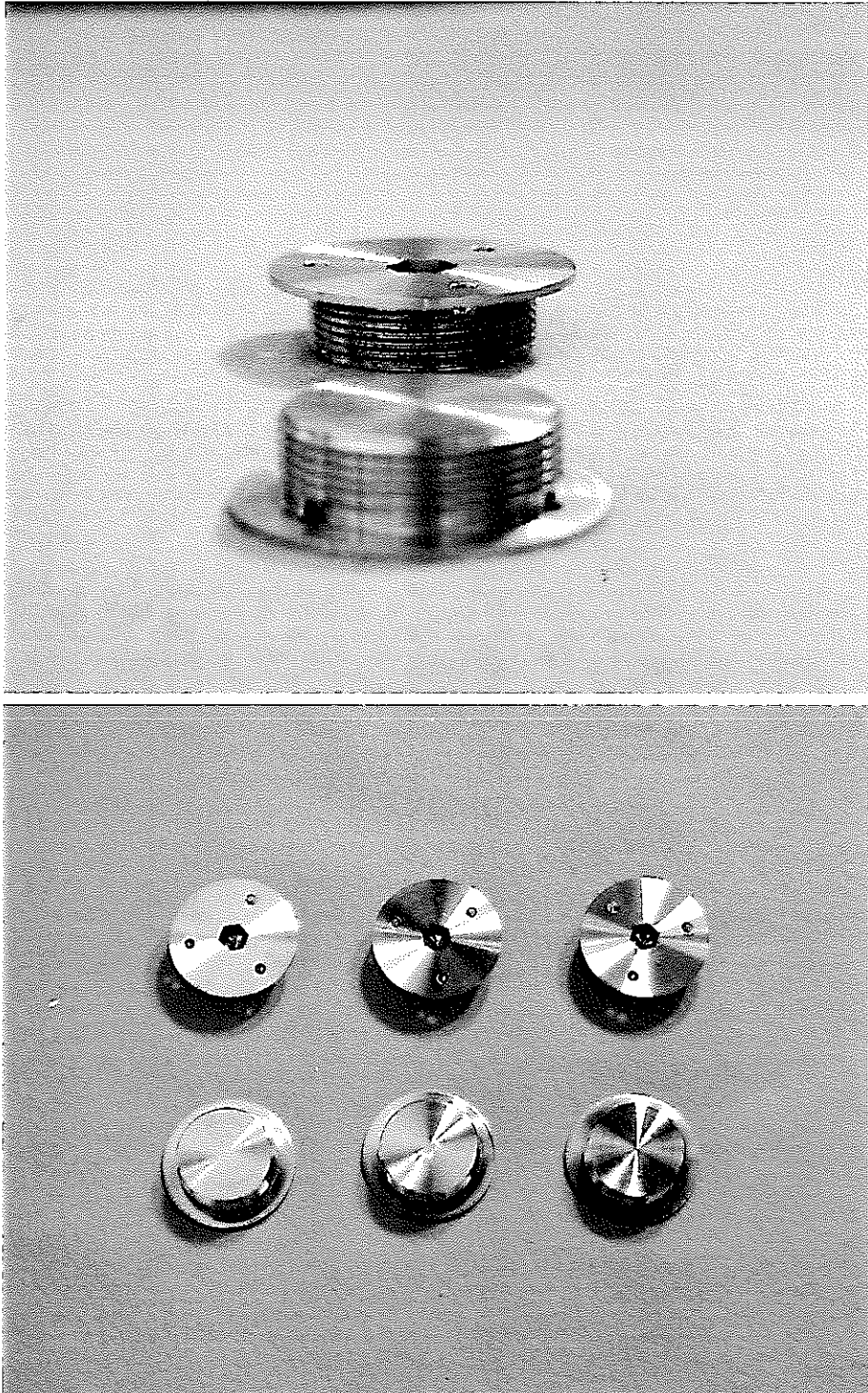


写真3.3 固定ネジ外観

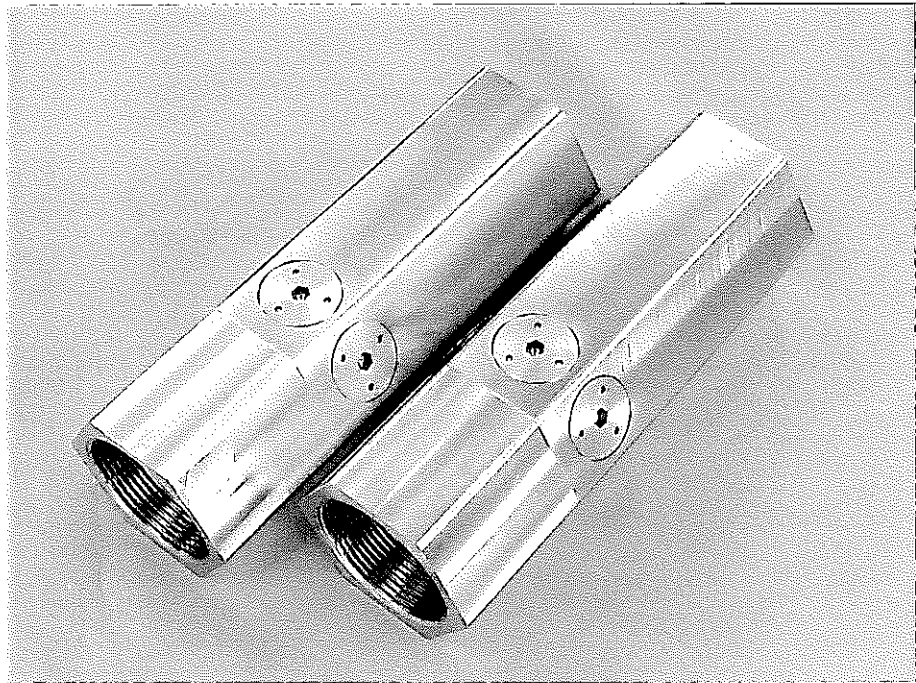
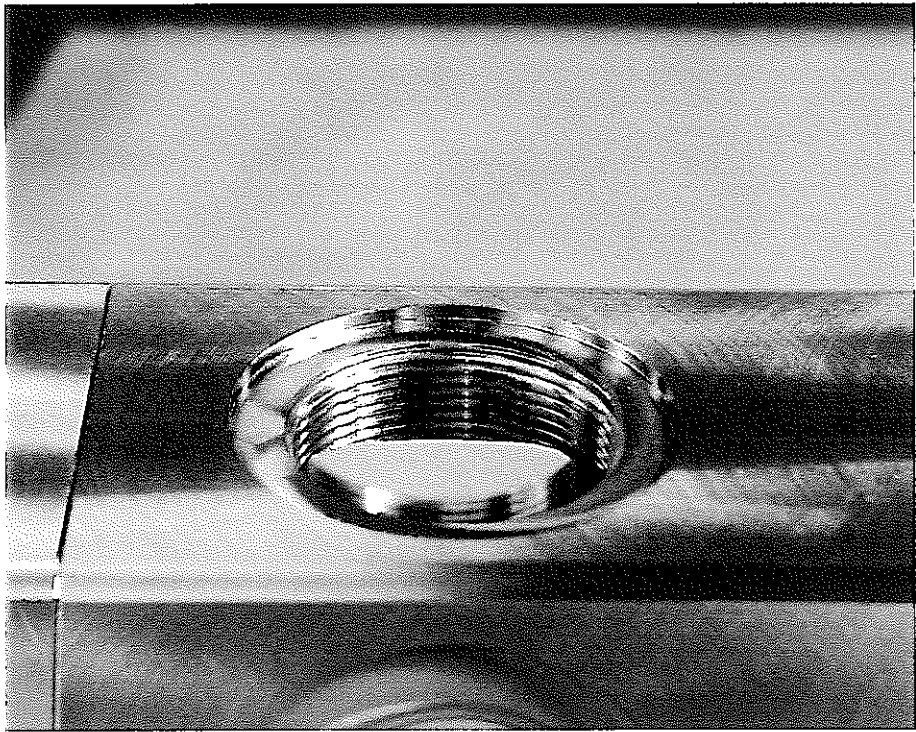


写真3.4 試験試料組立品外観

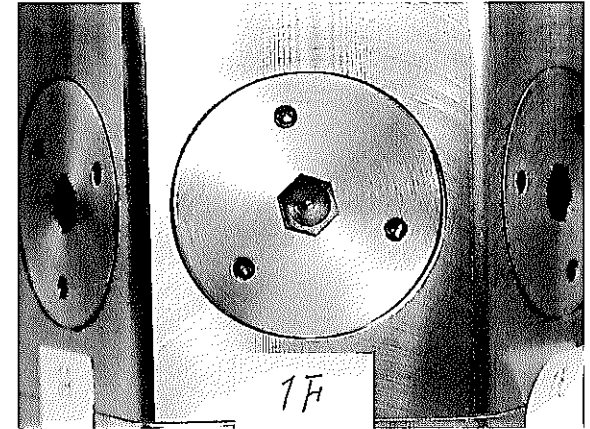
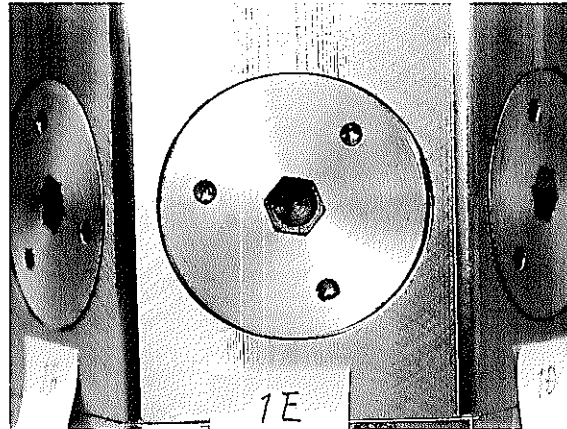
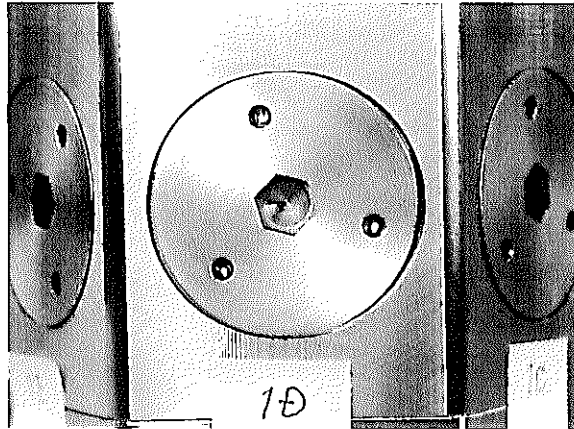
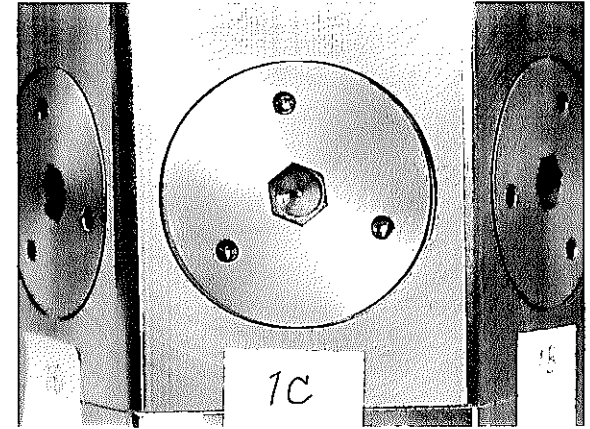
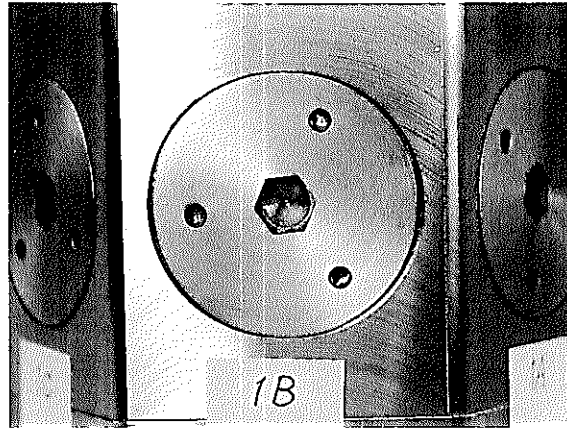
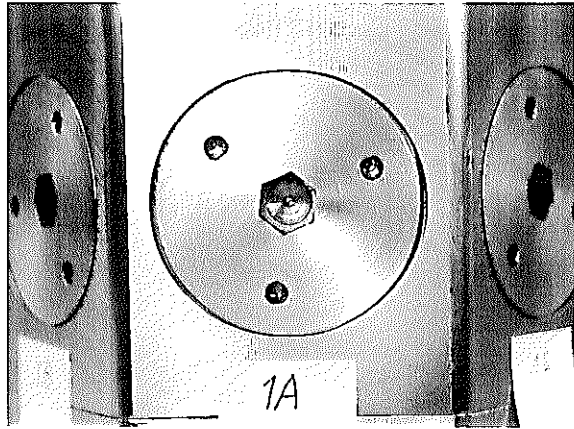


写真3.5 試験試料ネジ部拡大 (No.1)

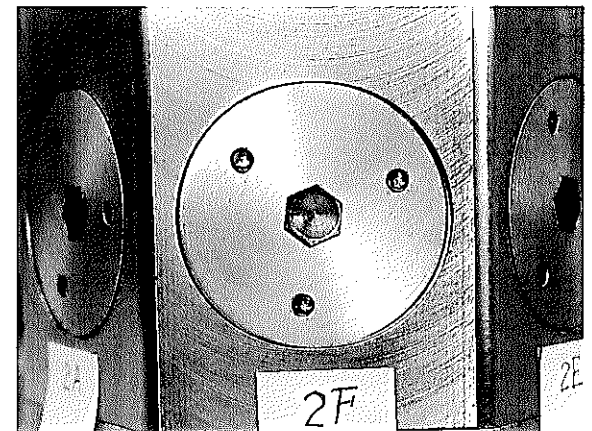
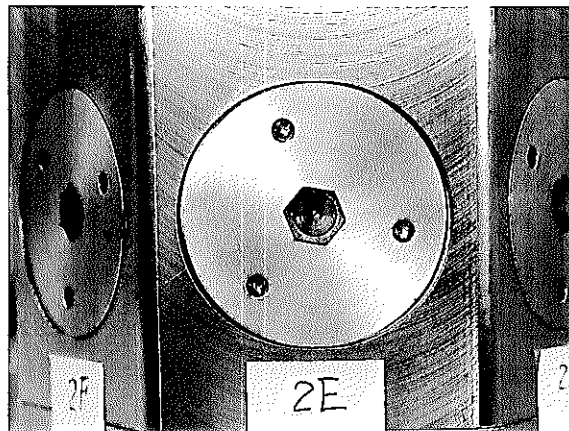
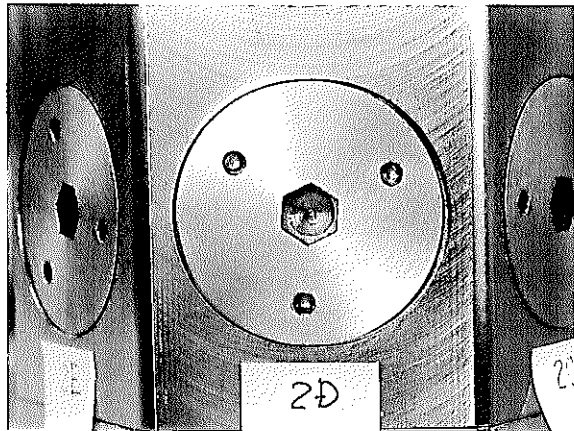
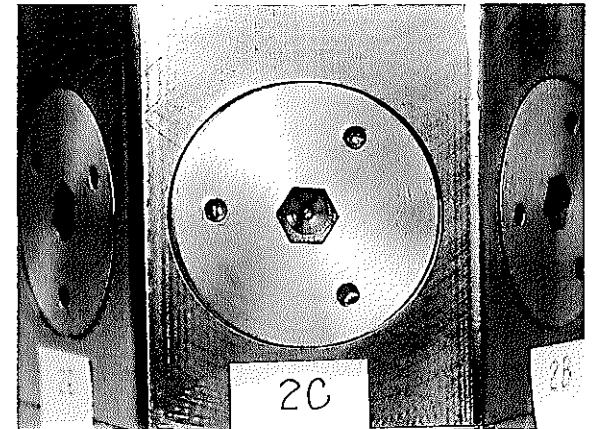
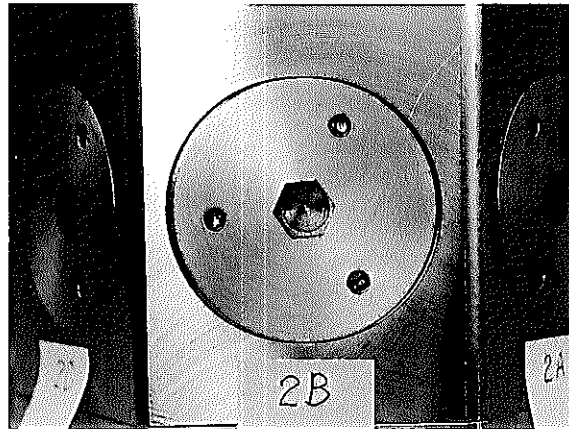
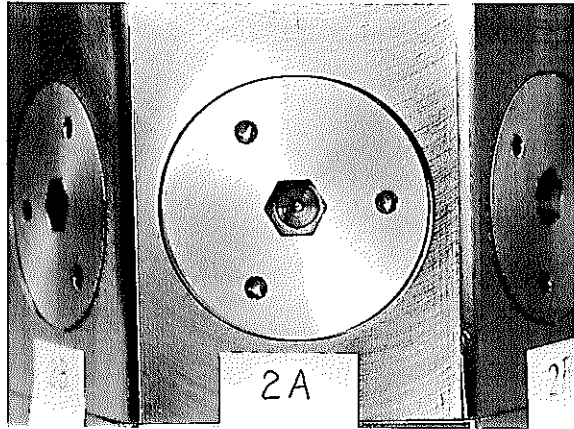


写真3.6 試験試料ネジ部拡大 (No. 2)

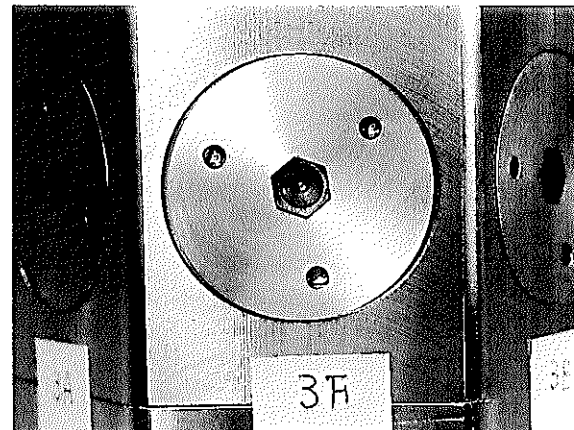
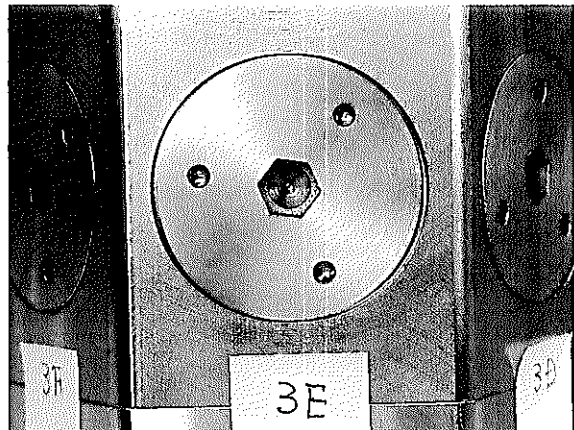
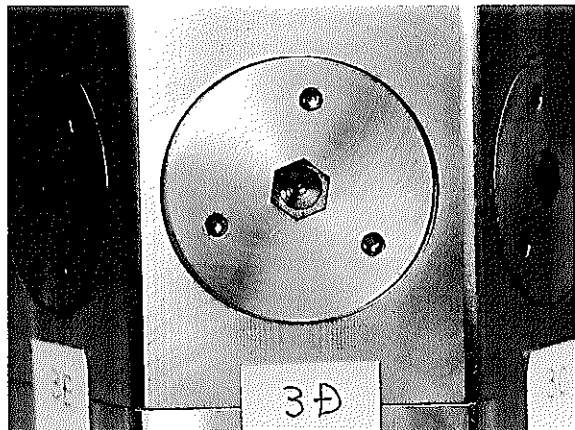
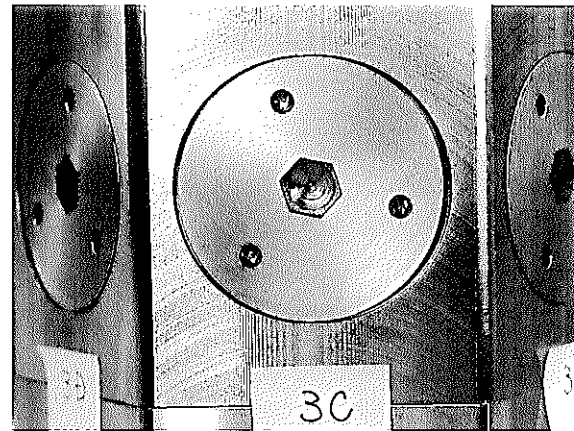
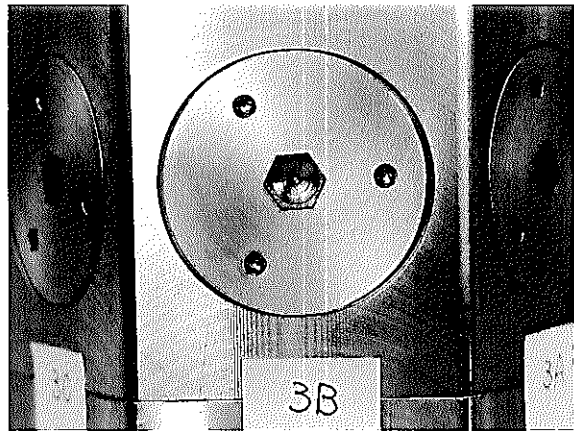
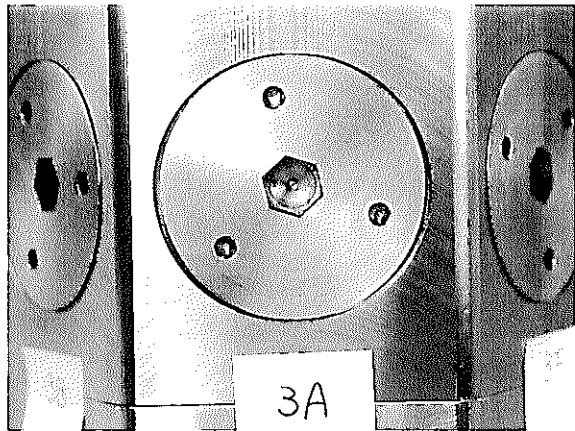


写真3.7 試験試料ネジ部拡大 (No. 3)

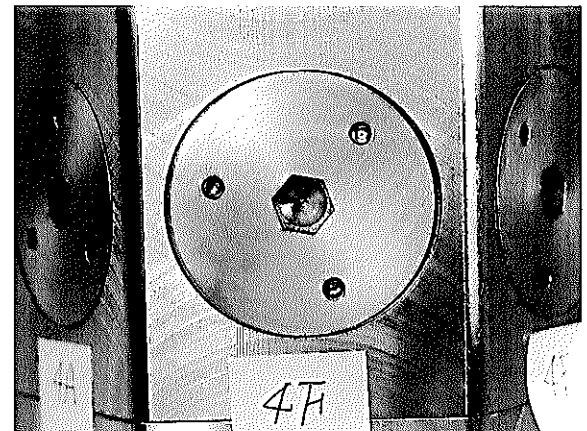
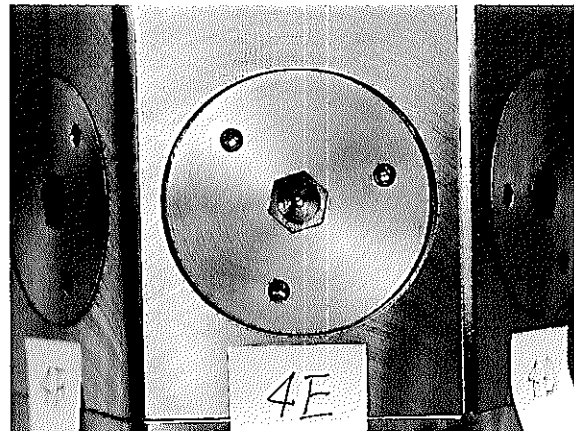
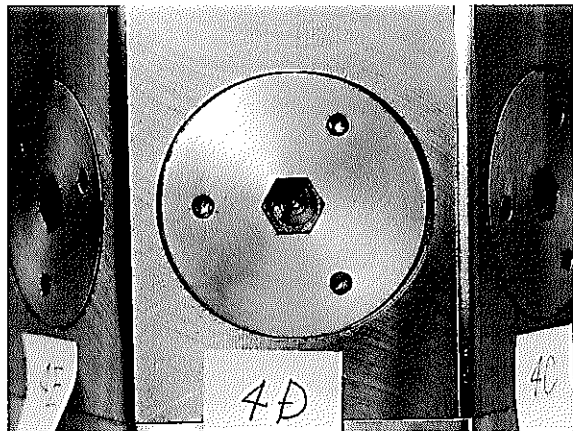
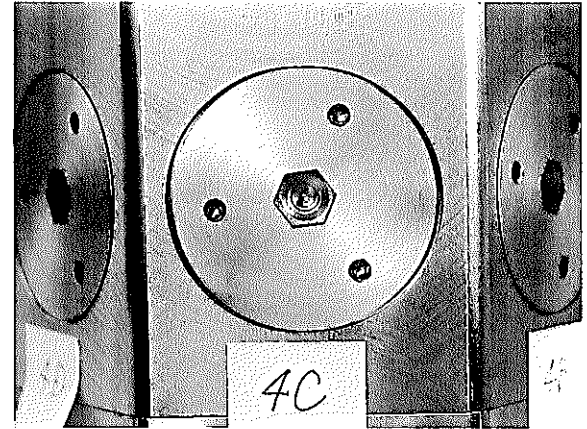
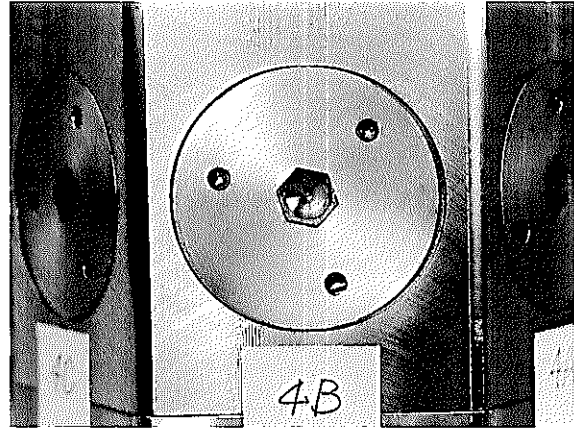
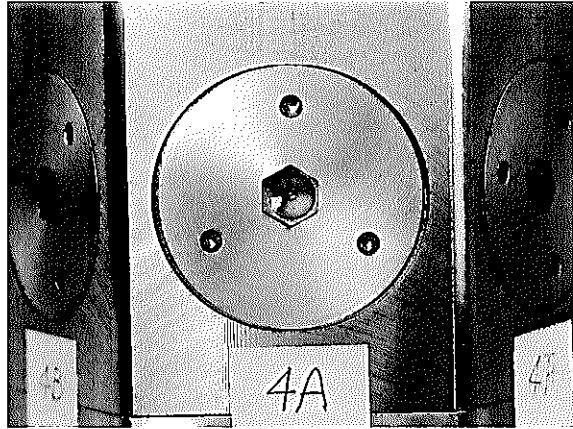


写真3.8 試験試料ネジ部拡大 (No. 4)

4. 熱サイクル試験

4. 1 熱サイクル試験

2.1 に従い、1999年1月19日から同年1月28日にかけて熱サイクル試験を実施した。写真4.1及び4.2に1999年1月19日に確認した熱処理炉への装荷状況を示す。試験試料の配置は、炉内奥側にNo.1を配置し、中央に温度測定用サンプル、手前側にNo.2を配置した。又、温度測定用試料への熱電対の配置は写真4.3に示すように、熱電対1(TC1)は平面部に、熱電対2(TC2)は角部に設けられた挿入孔にそれぞれ取り付けた。

図4.1に熱サイクル状態を示したアナログチャートの例を示す。今回の熱サイクル試験では途中で5回中断があったが、すぐに熱サイクル試験を再開する事が出来たので熱サイクル試験は問題無く終了したと言える。尚、熱サイクル試験チャートからは熱電対位置の違いに起因すると考えられる有意な差は見られなかった。

写真4.4に熱処理炉よりの取り出し状況を示す。

試験試料は、1999年2月2日に問題無く取り出された。尚、ラップ管内面を除く全体が褐色に変色した事が確認された。

4. 2 熱サイクル試験後比較試験検査結果

試験試料組立後と熱サイクル試験後の検査結果の比較一覧表を表4.1に示す。比較の結果、変化している項目を以下に示す。

- ①試験試料全長変化
- ②嵌合部隙間の変化
- ③固定ネジつば部とラップ管座ぐり部の隙間変化

図4.2は上記の寸法変化のイメージを示した図である。図に示す様に、これらの寸法変化は、ラップ管がエントランスノズル上部より離れる方向に移動した事を示している。これらの寸法変化は試験試料輸送時にも発生する可能性がある事から、表4.2に示す様に輸送前後での嵌合部隙間の変化を確認した。この結果、単に輸送したのみでは嵌合部隙間はほとんど変化していない事がわかる。

熱サイクル試験による試験試料全体の曲り変形を確認する為、A面とF面での試験試料長さを測定したが、各面での測定値に有意な差は認められなかった。

熱サイクル試験後の外観写真を写真4.5から4.11に示す。熱サイクル試験の結果、外面が褐色に変色した。外面は、機械加工面であり、引き抜き加工面であるラップ管内面は試験の前後では変化していない。これは、機械加工と引抜き加工で形成された不動態皮膜作用の差が原因と考えられる。(*3)尚、今回の熱サイクル試験はN₂中で行ったが、実際はNa中で使用されるため、問題は無い。

又、固定ネジは回転止め溶接を実施しているが、溶接直後の酸化した状態によく似た、溶接直近は比較的褐色が薄く、その薄い部分を縁取る様に濃い褐色となった。(写真4.9, 4.10参照。)これは、熱影響部周辺の結晶粒界での鋭敏化の影響と考えられる。尚、廻り止め機構については今回実施したTig溶接法以外にも、入熱量の少ないLASER溶接ならびにネジ部の一部を変形させる等の廻り止め機構が考えられる。

4. 3 熱サイクル試験のまとめ

表4.1に示した寸法測定結果の内、ラップ管と固定ネジの高さの差⑦が変化していない事より、嵌合部付近で曲がりなどの変化が無かった事が確認された。尚、ラップ管と固定ネジの隙間及び嵌合部隙間が変化した事より、ラップ管とエントランスノズル上部と離れる方向へ変化した事が確認されたが、この変化は元々固定ネジつば部とラップ管ザグリ部に存在していた隙間が若干変化したものであると考えられる。

この変化が、熱サイクル試験中のラップ管とエントランスノズル上部それぞれの熱膨張率差に起因するか否かは直接確認出来なかったが、輸送による変化は小さい事が確認出来た為、組立中に生じた歪みが熱サイクル試験により解放されたものと考えられる。

表4.1 熱サイクル処理後寸法測定結果

検査項目		No.1			No.2		
		組立品	熱サイクル試験	差	組立品	熱サイクル試験	差
試験試料全長	① A	350.09	350.13	0.04	350.38	350.45	0.07
	F		350.14			350.43	
EN長さ	② A	99.95	100.04	0.09	100.31	100.32	0.01
嵌合部-固定ネジ下長さ	③ A	63.13	63.12	-0.01	63.13	63.14	0.01
	B	63.05	63.07	0.02	63.12	63.15	0.03
	C	63.21	63.2	-0.01	63.04	63.04	0.00
	D	63.28	63.27	-0.01	63.13	63.15	0.02
	E	63.21	63.21	0.00	63.06	63.05	-0.01
	F	63.11	63.11	0.00	63.2	63.1	-0.10
嵌合部-固定ネジ上長さ	④ A	15.17	15.18	0.01	15.18	15.18	0.00
	B	15.19	15.17	-0.02	15.23	15.25	0.02
	C	15.34	15.34	0.00	15.1	15.12	0.02
	D	15.29	15.28	-0.01	15.18	15.21	0.03
	E	15.3	15.31	0.01	15.14	15.12	-0.02
	F	15.23	15.22	-0.01	15.22	15.21	-0.01
嵌合部隙間	⑤ A	0.05	0.08	0.03	0.03	0.11	0.08
	B	0.04	0.05	0.01	0.14	0.25	0.11
	C	0.09	0.1	0.01	0.11	0.24	0.13
	D	0.05	0.09	0.04	0.14	0.26	0.12
	E	0.06	0.12	0.06	0.05	0.12	0.07
	F	0.06	0.1	0.04	0.12	0.24	0.12
固定ネジ-ラッパ管隙間	⑥ A-1	0.18	0.17	-0.01	0.24	0.16	-0.08
	A-2	0.18	0.17	-0.01	0.06	0.14	0.08
	B-1	0.15	0.13	-0.02	0.18	0.08	-0.10
	B-2	0.18	0.2	0.02	0.15	0.24	0.09
	C-1	0.28	0.24	-0.04	0.09	0	-0.09
	C-2	0.05	0.09	0.04	0.22	0.3	0.08
	D-1	0.27	0.23	-0.04	0.18	0.09	-0.09
	D-2	0.05	0.11	0.06	0.12	0.23	0.11
	E-1	0.25	0.2	-0.05	0.16	0.09	-0.07
	E-2	0.05	0.12	0.07	0.15	0.2	0.05
	F-1	0.2	0.15	-0.05	0.19	0.14	-0.05
	F-2	0.13	0.18	0.05	0.1	0.17	0.07
ラッパ管-固定ネジ差	⑦ A	0.1822	0.169	-0.01	0.1138	0.114	0.00
	B	0.141	0.1349	-0.01	0.1256	0.1258	0.00
	C	0.0828	0.0771	-0.01	0.0974	0.0886	-0.01
	D	0.1594	0.1626	0.00	0.1538	0.1495	-0.00
	E	0.1162	0.1222	0.01	0.1554	0.1582	0.00
	F	0.1391	0.1392	0.00	0.2182	0.2155	-0.00
固定ネジ対面寸法	⑧ A-D	109.92	109.92	0.00	110.05	110.03	-0.02
	反嵌合部側	109.9	109.89	-0.01	109.97	109.96	-0.01
	B-E	110.11	110.1	-0.01	110	109.98	-0.02
	反嵌合部側	110.06	110.05	-0.01	109.93	109.91	-0.02
	C-F	109.82	109.82	0.00	109.73	109.73	0.00
	反嵌合部側	109.8	109.79	-0.01	109.71	109.7	-0.01

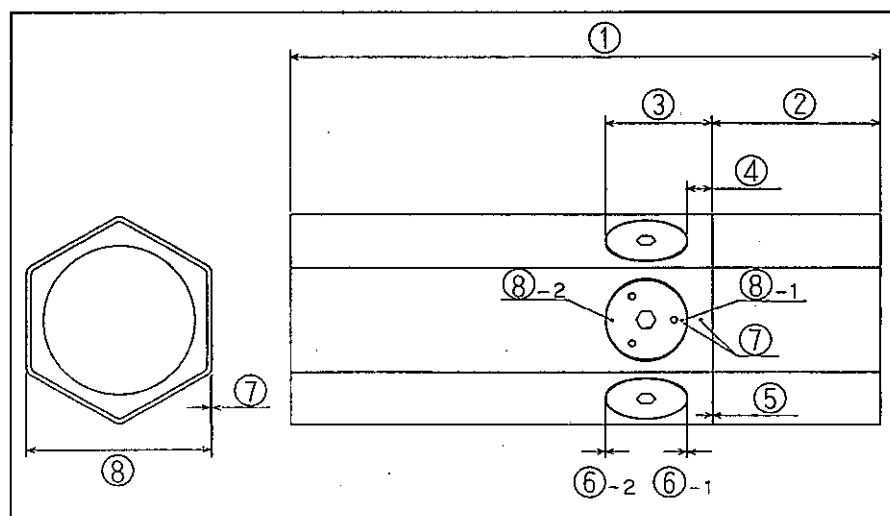
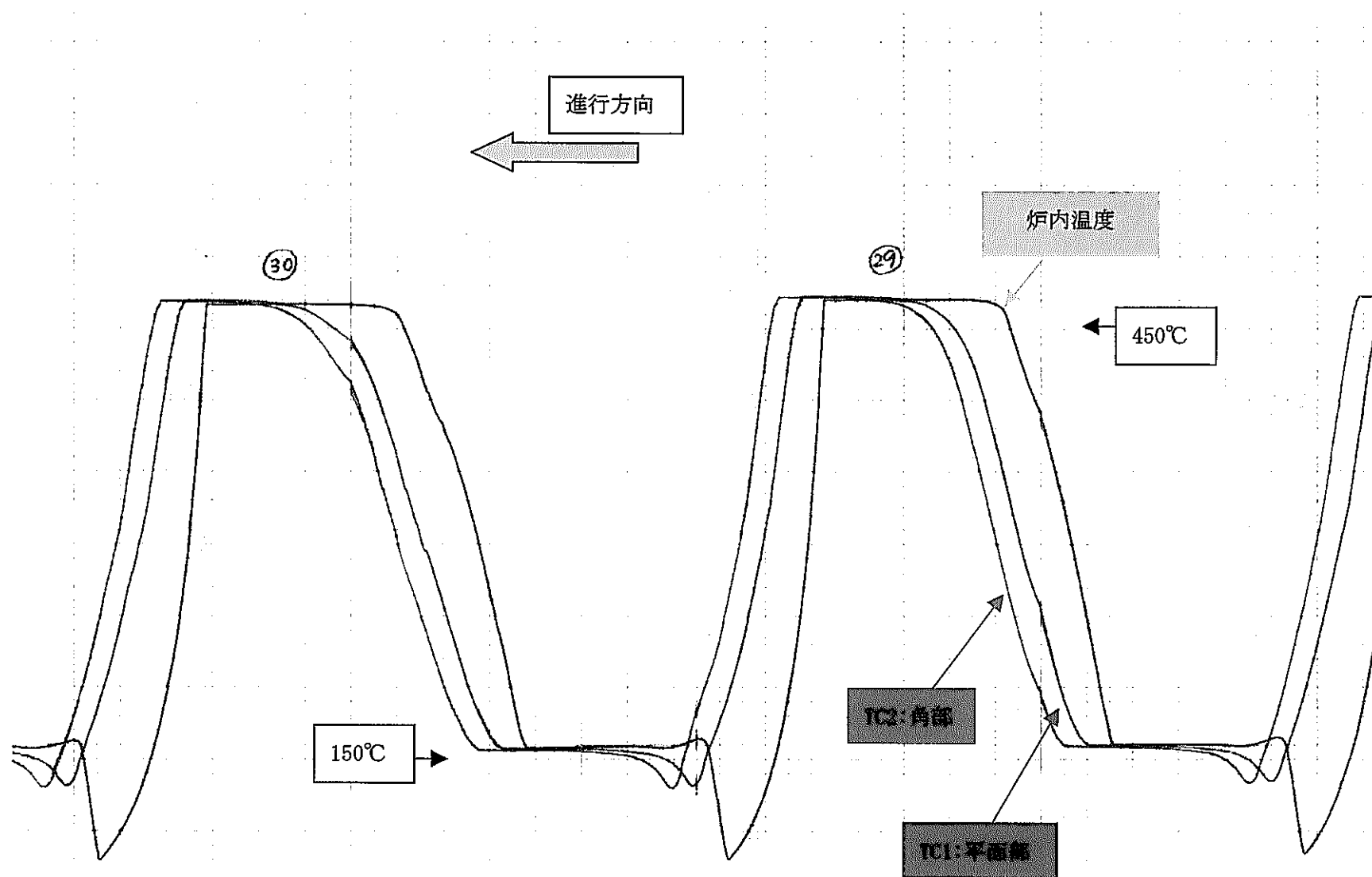


表4.2 ラツパ管隙間同一測定点での輸送前後の変化

ラツパ管面	No.1			No.3		
	熱サイクル後	輸送後	変化	組立後	輸送後	変化
A-R	0.08	0.08	0.00	0.05	0.08	0.03
A-L				0.05	0.05	0.00
B-R	0.05	0.05	0.00	0.08	0.1	0.02
B-L	0.05	0.05	0.00			0.00
C-R	0.1	0.1	0.00	0.05	0.05	0.00
C-L	0.1	0.1	0.00			0.00
D-R	0.09	0.11	0.02			0.00
D-L	0.09	0.12	0.03	0.08	0.08	0.00
E-R	0.12	0.12	0.00	0.04	0.06	0.02
E-L						
F-R	0.1	0.11	0.01			
F-L				0.05	0.08	0.03



注記: 炉内温度-TC1-TC2間のずれは5mm(半マス分)に設定されている。

図 4.1 熱処理チャート例

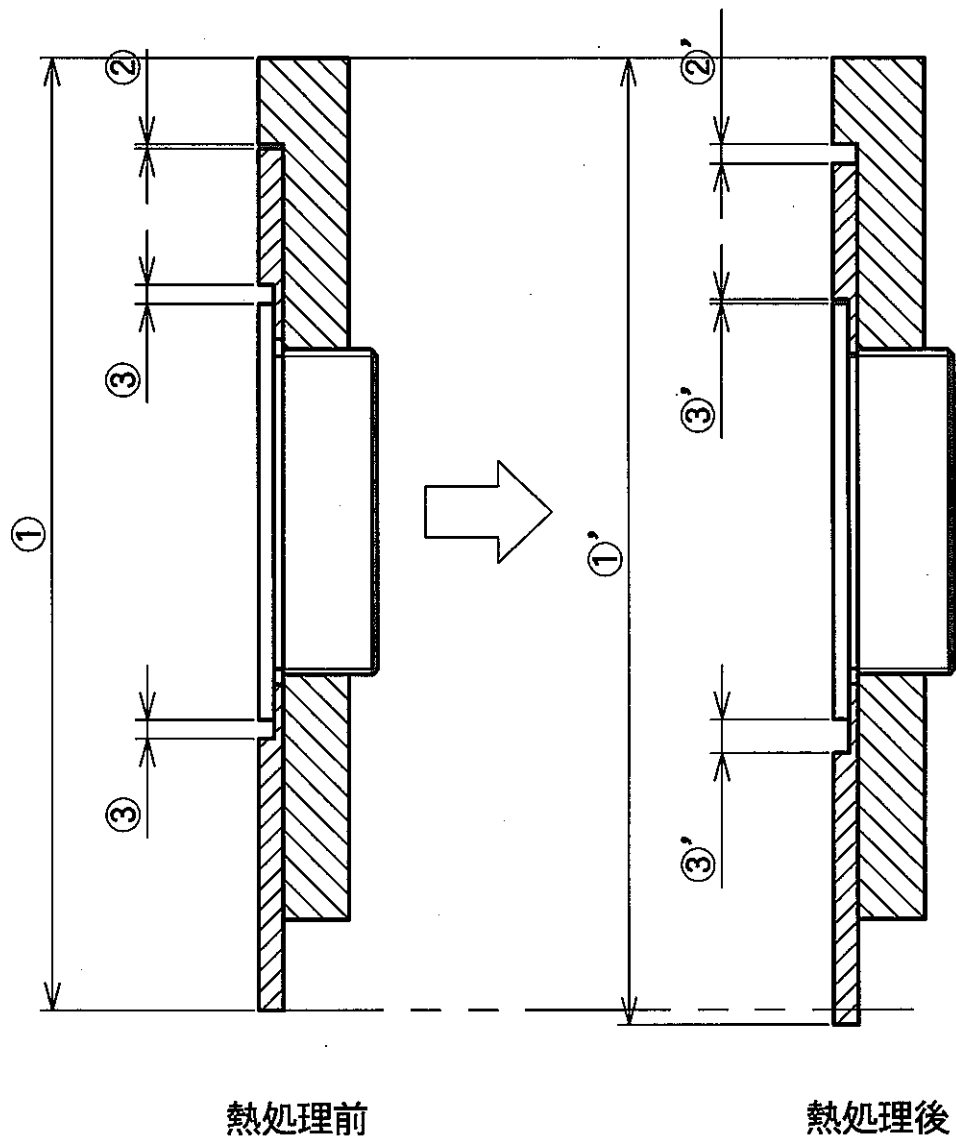


図4.2 寸法変化のイメージ

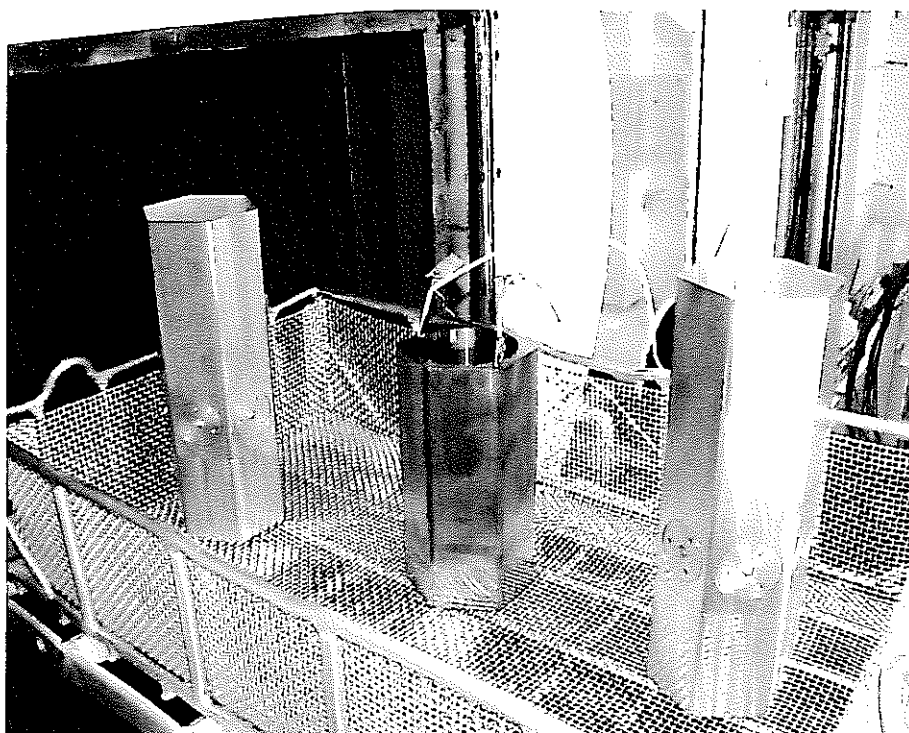
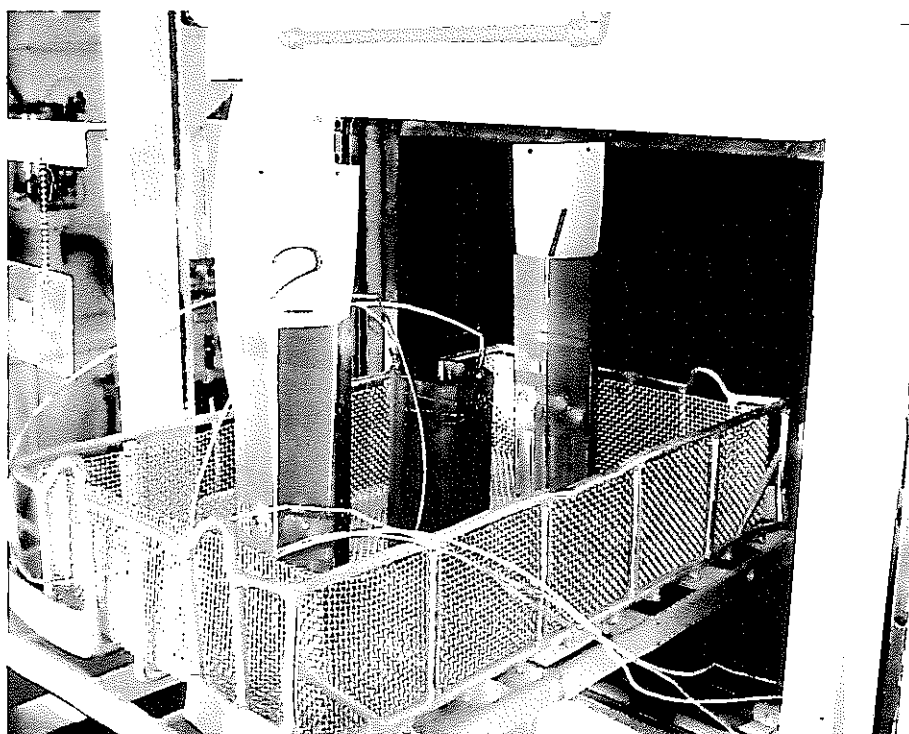


写真4.1 試料装荷状況(1)

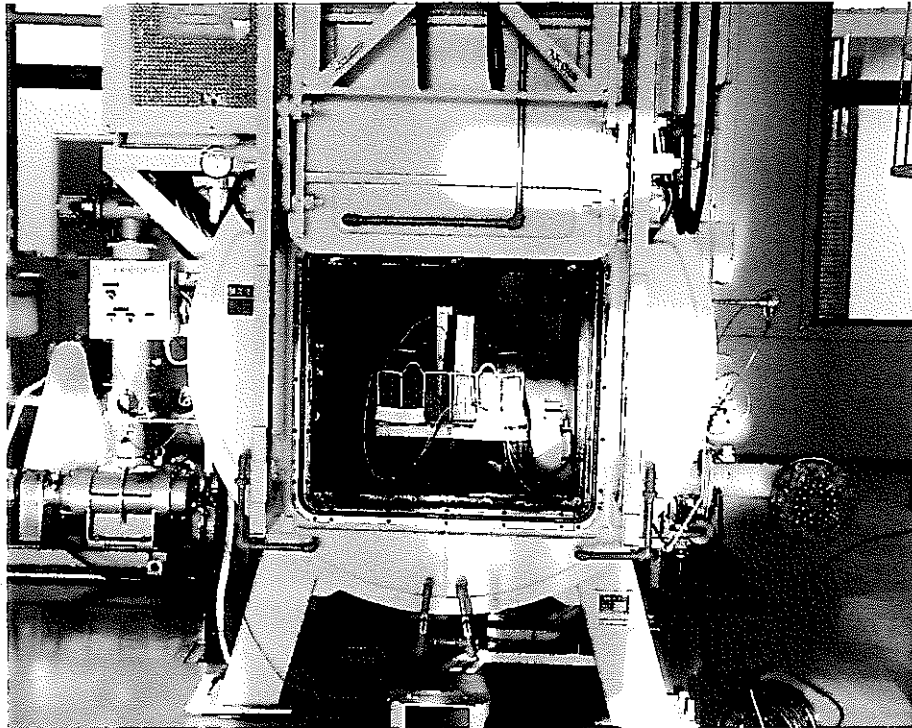
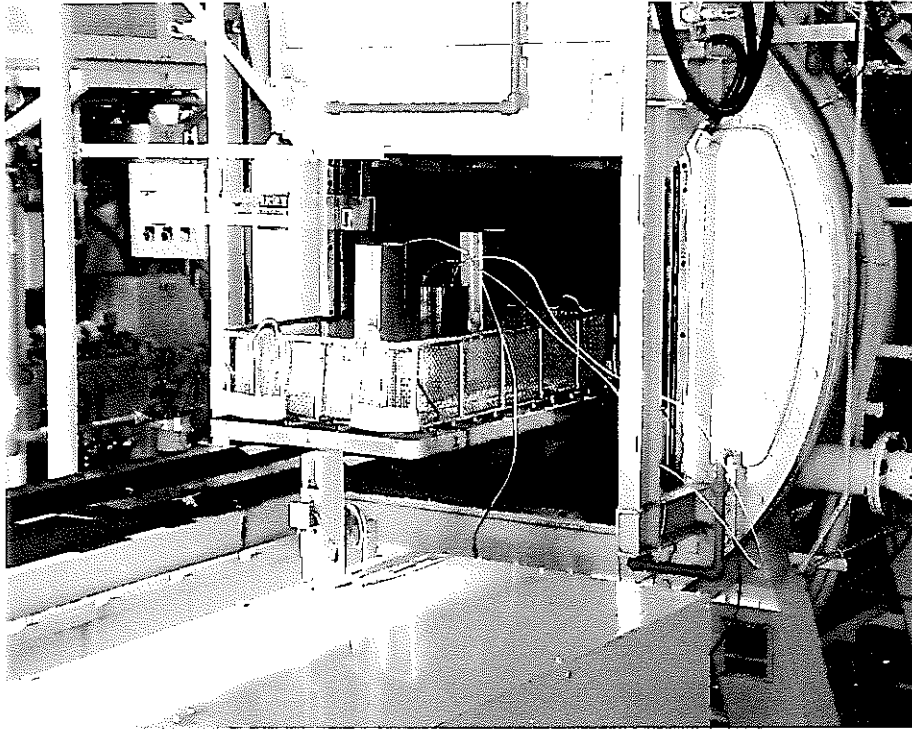


写真4.2 試料装荷状況(2)

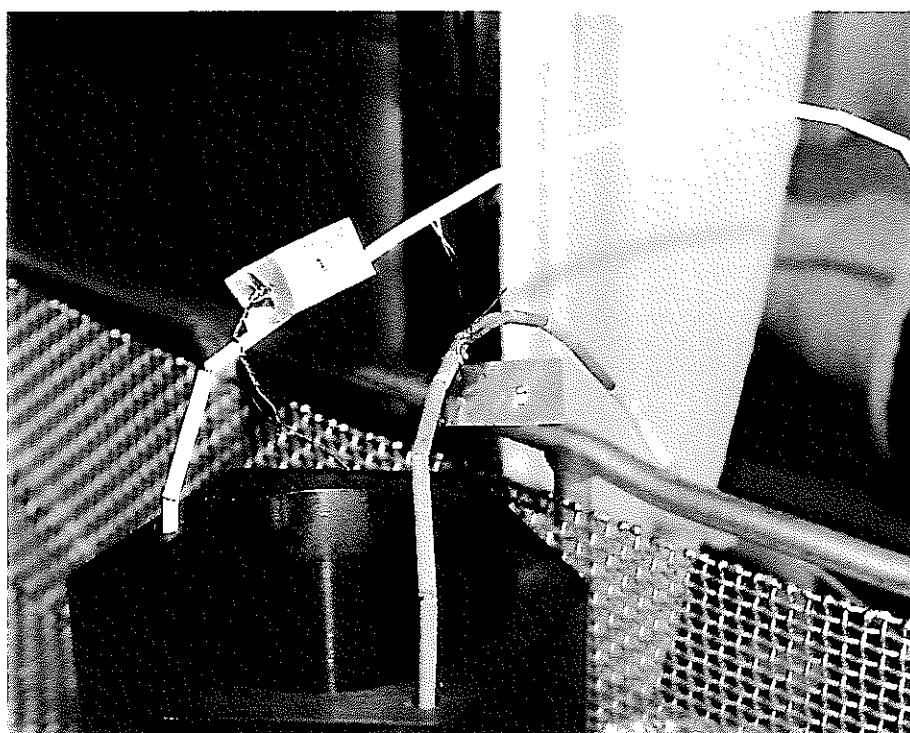


写真4.3 熱電対取り付け状況

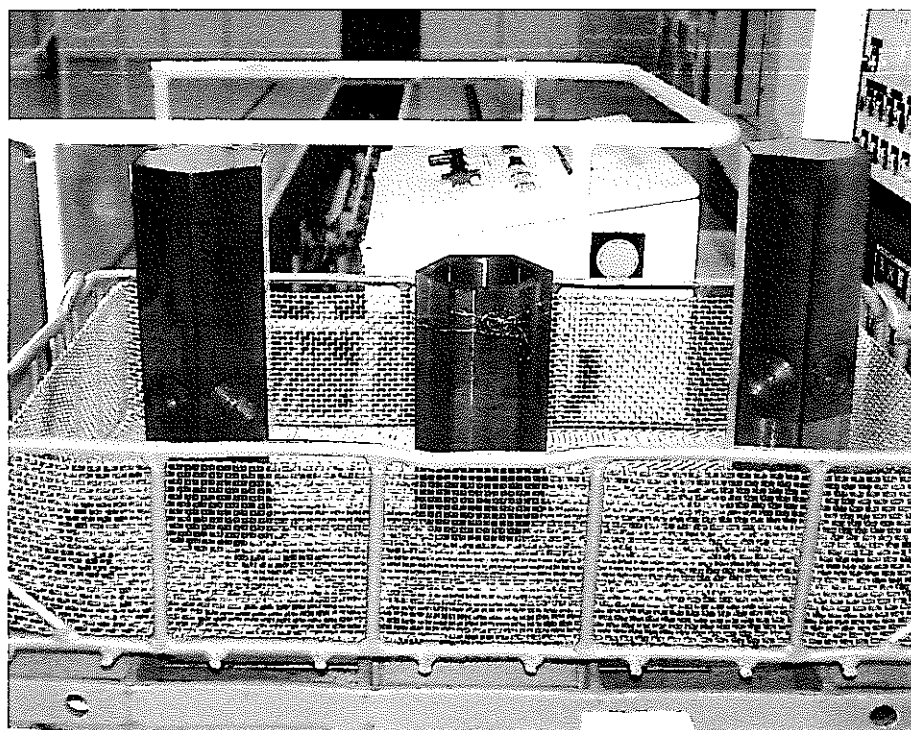
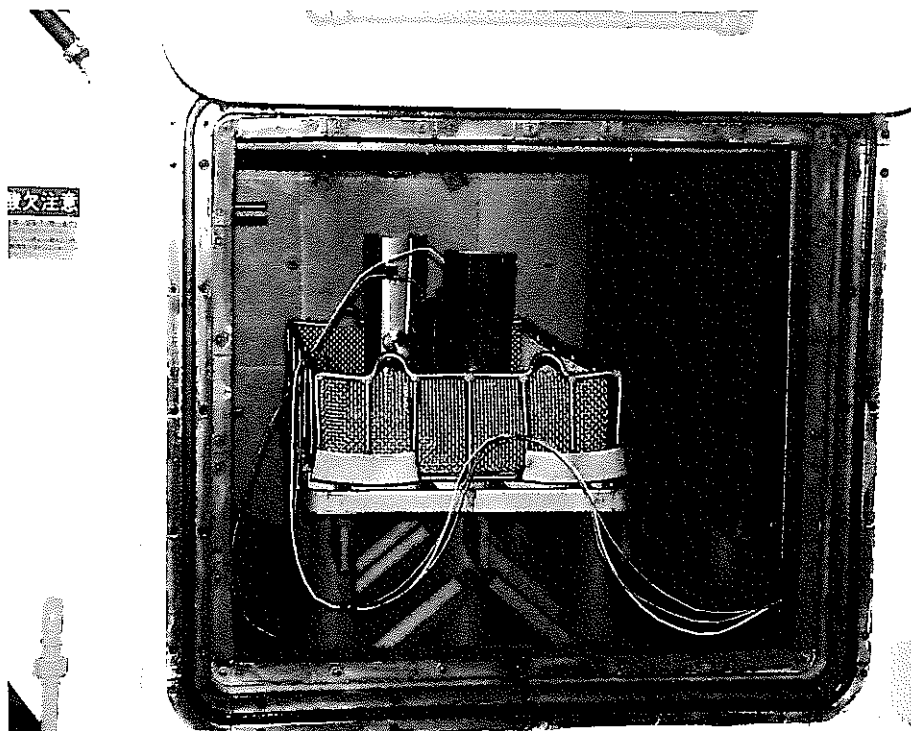


写真4.4 試料装荷取り出し状況

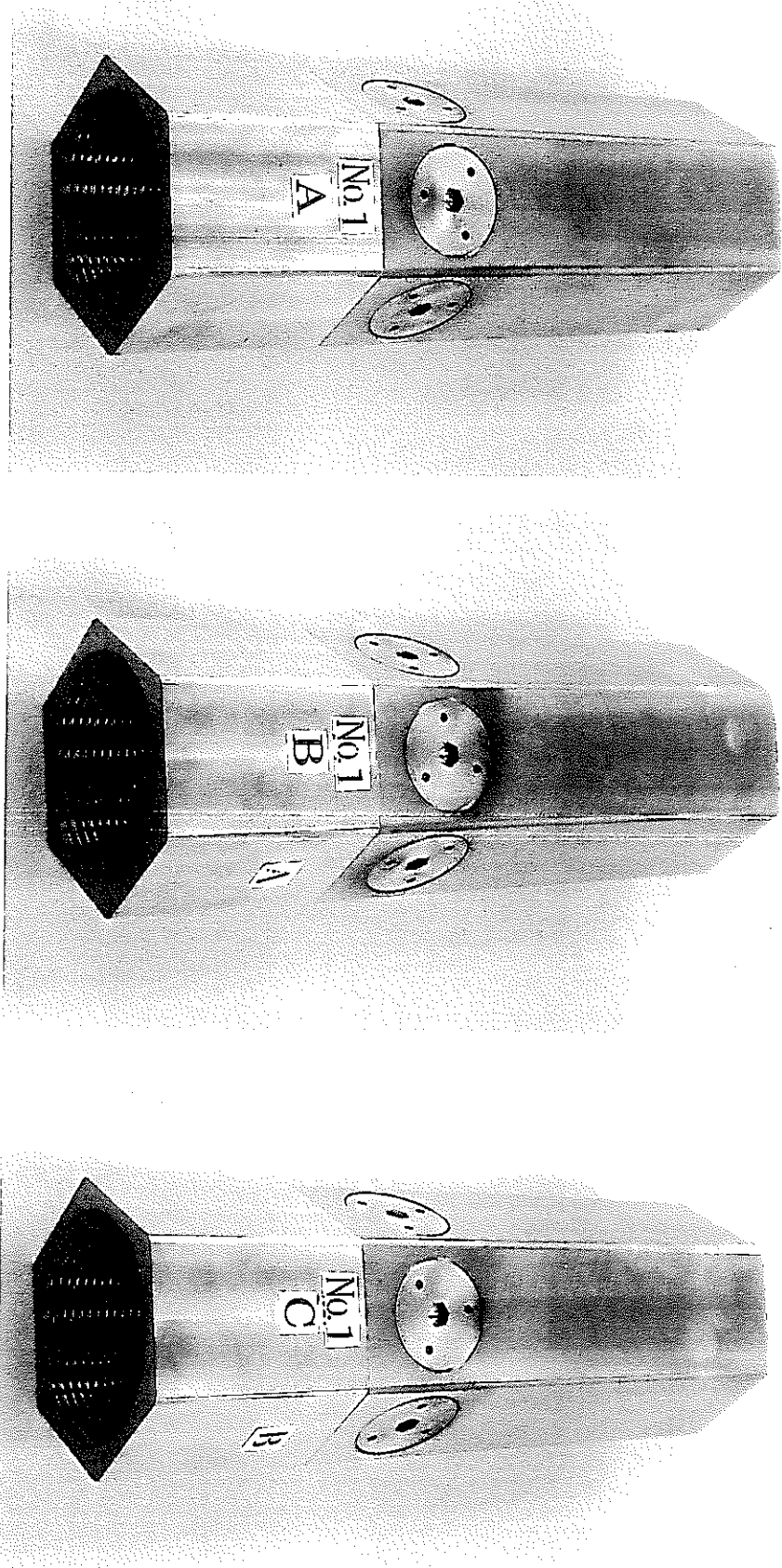


写真4.5 熱サイクル処理後試料外観(No.1 全体-1)

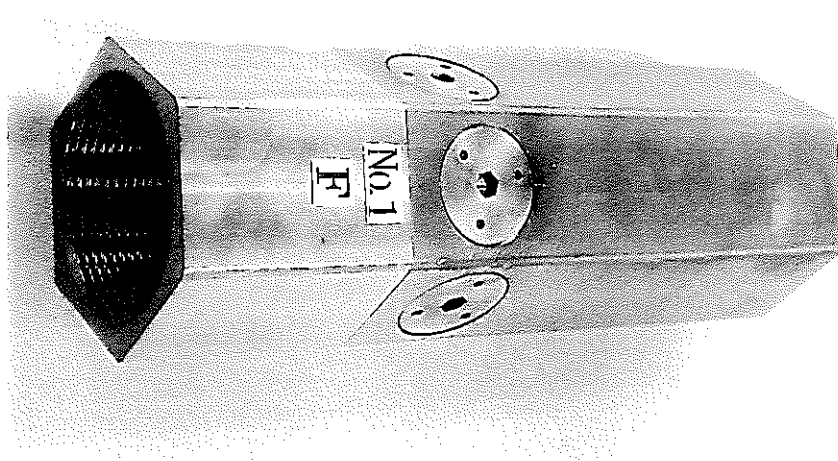
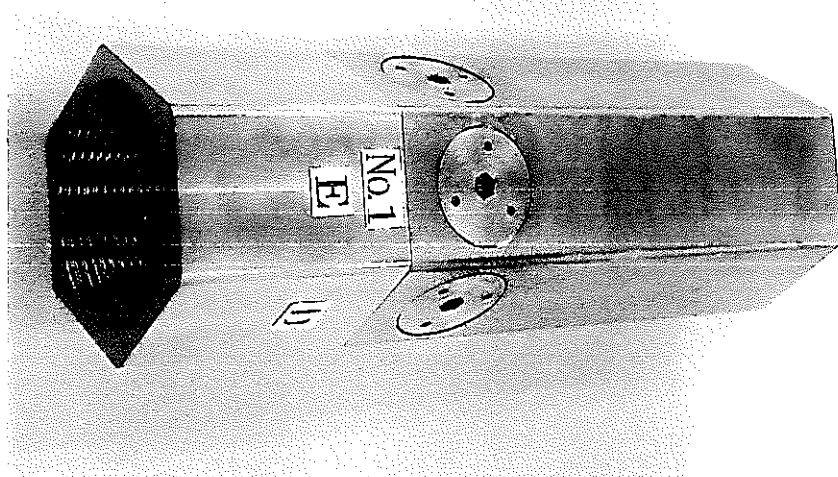
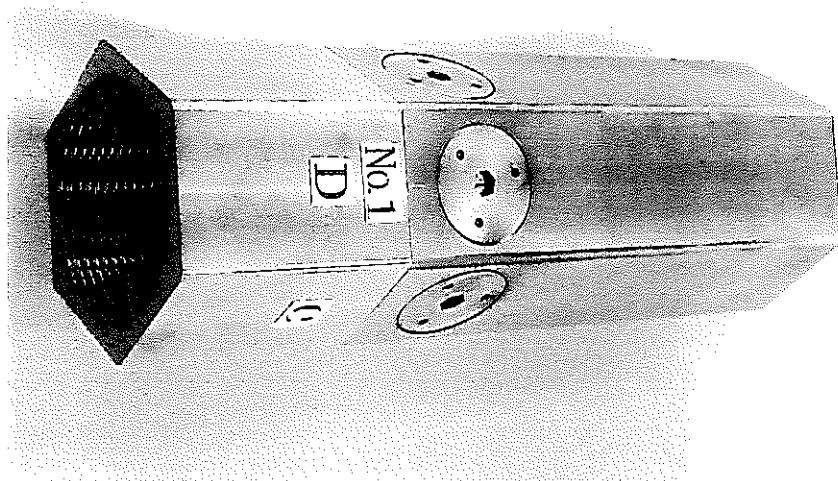


写真4.6 熱サイクル処理後試料外観 (No.1 全体-2)

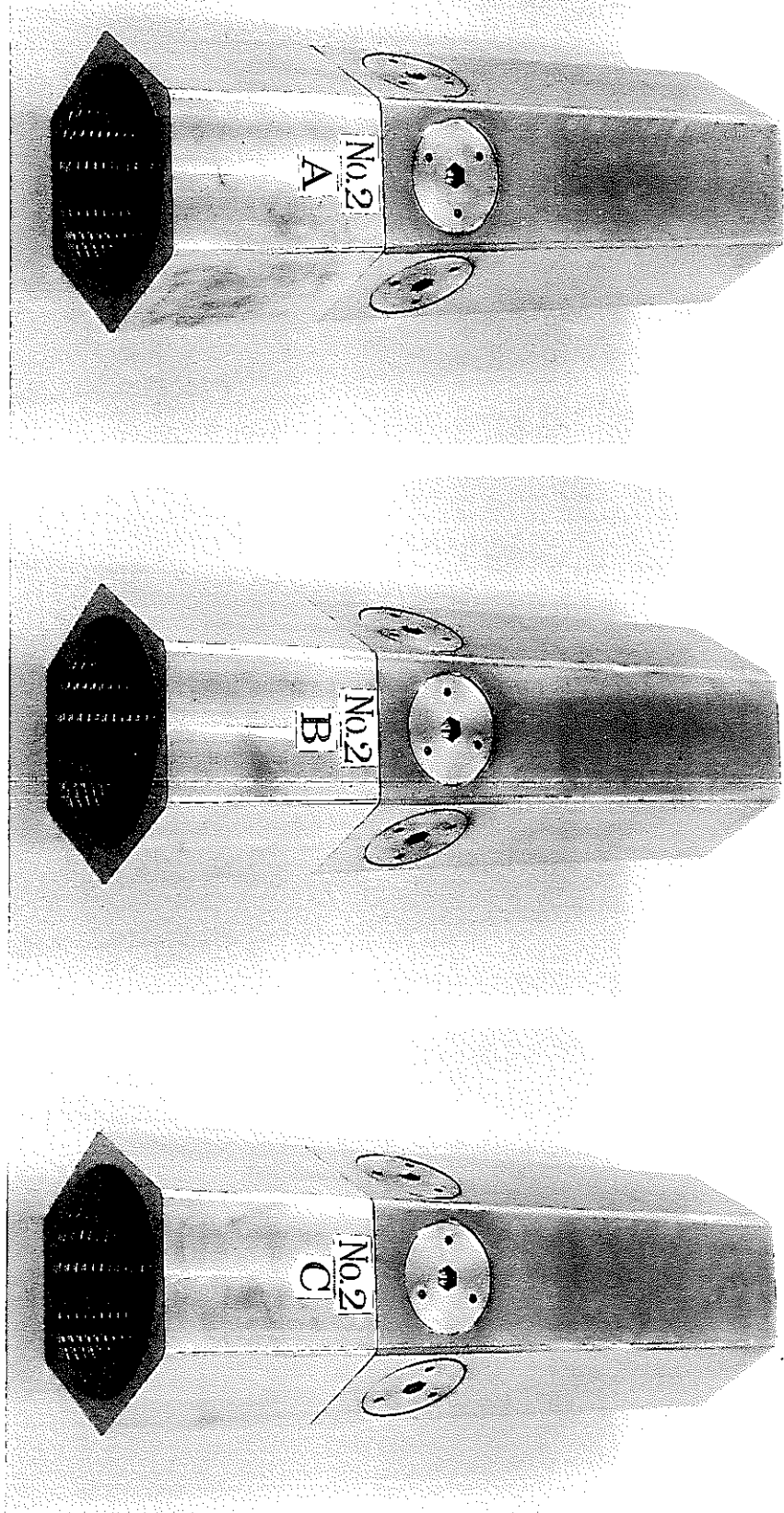


写真4.7 熱サイクル処理後試料外観(No. 2 全体-1)

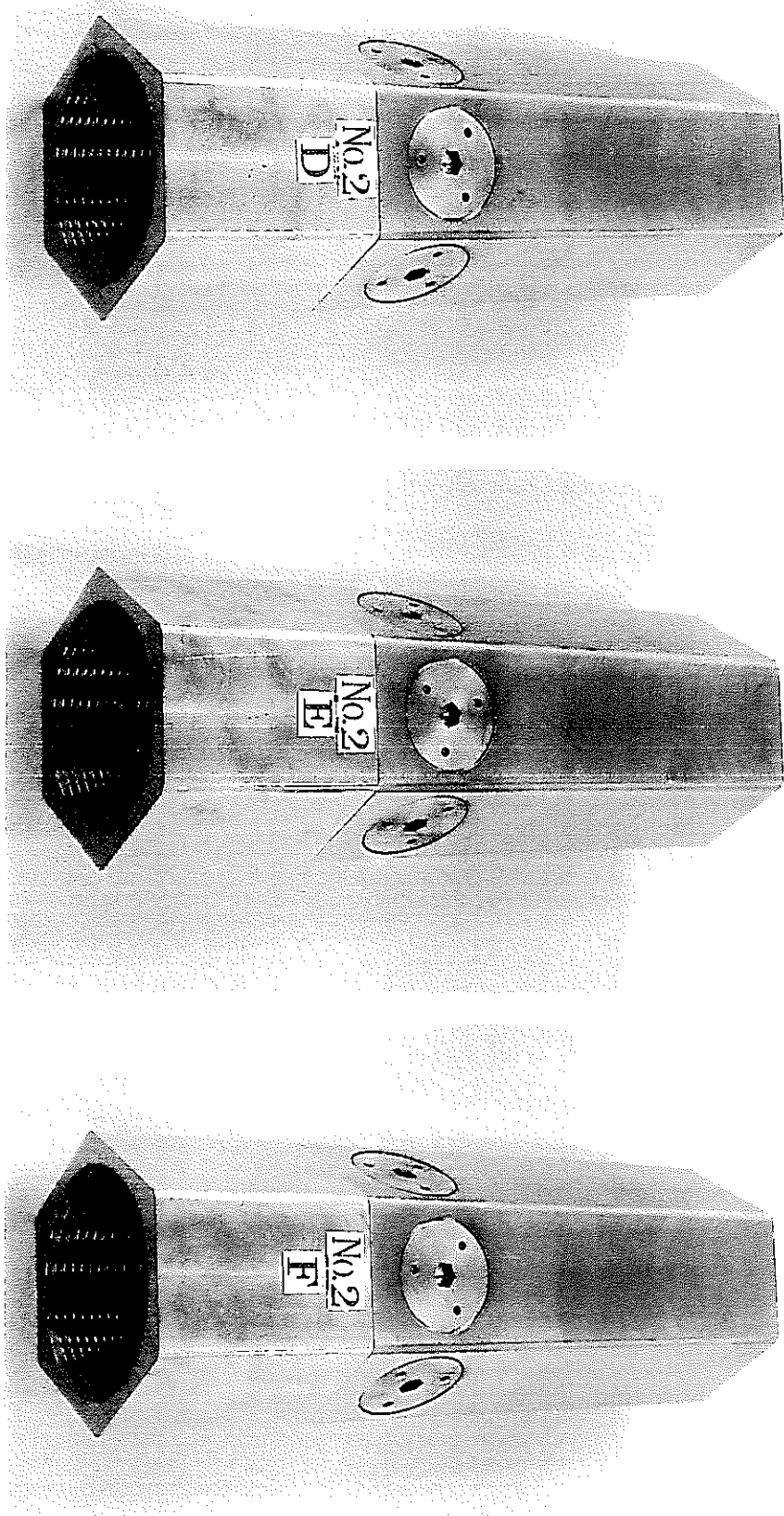


写真4.8 熱サイクル処理後試料外観(No. 2 全体-2)

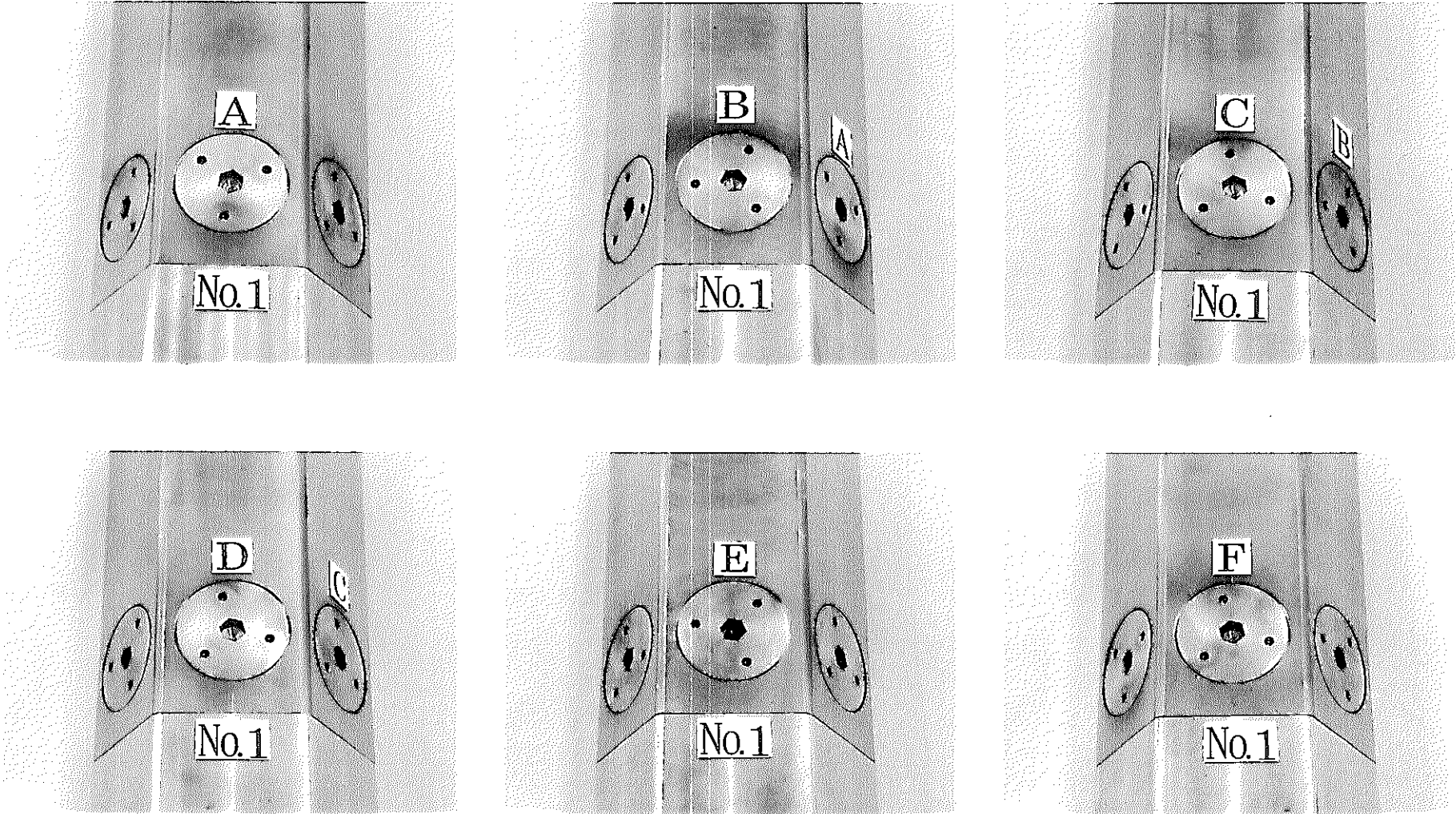


写真4.9 熱サイクル処理後試料外観 (No. 1 拡大)

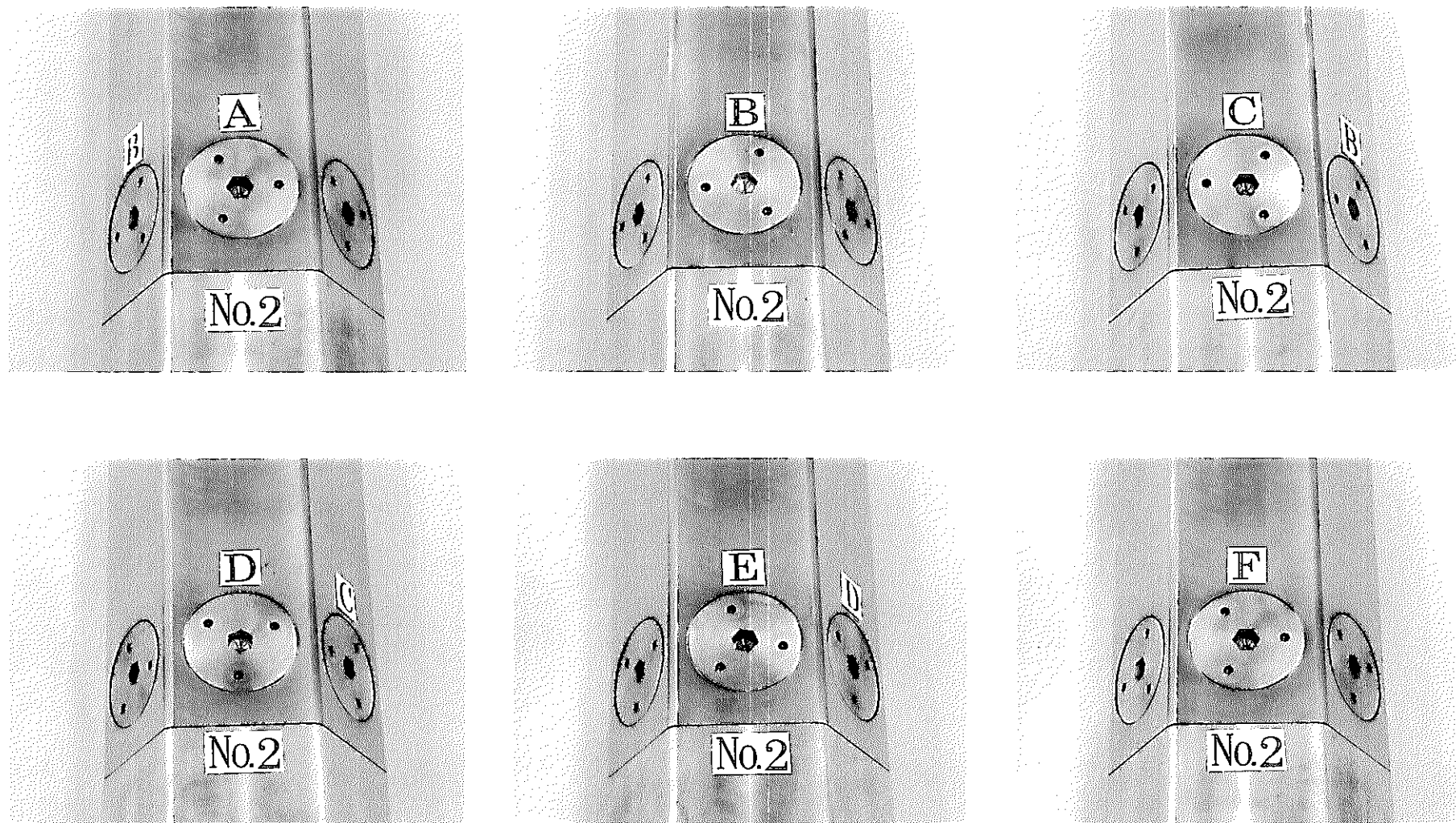


写真4.10 熱サイクル処理後試料外観 (No. 2 拡大)



写真4.11 熱サイクル処理試料と非熱サイクル処理試料の比較

5. 接合部強度評価試験

5. 1 引張強度試験

以下に今回使用した試験条件等の概要を示す。尚、設備外観を写真 5.1.1 に示す。

- 製造メーカ及び型式名：島津製作所 島津オートグラフ AG-100kNG
- 負荷容量：100kN
- 試験速度：0.5mm/s
- 試験試料：No.1（熱サイクル試験試料）、No.3（非熱サイクル試験試料）

2.3.3 に従い 1999 年 2 月 24 日に引張試験を実施した。写真 5.1.2 に試験状況を示す。試験は、No.1 → No.3 の順で実施した。

5. 1. 1 引張強度試験結果

(1) 試験結果概要

試験開始後、まず、ラップ管は設置した治具(ラップ管を置いている治具)から上昇する。その際、荷重はほとんど上昇せずに変位が進む。

その後、固定ネジつば部とラップ管ザグリ部との間にあった隙間が狭まって行き、固定ネジがラップ管に密着した後は、固定ネジつばがラップ管ザグリの形状に沿って変形して行き、荷重が上昇してゆく。尚、固定ネジとラップ管の密着時荷重については確認出来なかった。嵌合部隙間は、固定ネジとラップ管が密着して行くに従って逆に大きくなって行く。

以下に各観点から強度試験結果を述べる。

(2) 外観

写真 5.1.3～5.1.10 に No.1 引張試験時の、写真 5.1.11～5.1.18 に No.3 引張試験時の嵌合部付近及び拡大写真を示す。尚、写真は 5kN 毎に歪み測定と同時に撮影した。又、写真 5.1.19 及び 5.1.20 に No.1 及び No.3 それぞれの試験開始前-荷重 100[kN] 時-荷重解放時の写真を示す。

写真 5.1.3～5.1.20 に示した嵌合部付近の拡大写真によれば、⑤測定点の歪みゲージ表面に塗布したエポキシ樹脂が荷重の負荷と共に剥離してゆくののがわかり、さらに、ラップ管と固定ネジつば部の隙間が小さくなってゆく反面、固定ネジ嵌合部隙間が大きくなってゆく様子がわかる。

写真 5.1.21～5.1.24 に引張試験後の各種外観写真を示す。尚、写真 5.1.21 及び写真 5.1.22 では、上部に配置されている No.1（熱サイクル試験試料）が No.3（非熱サイクル試験試料）に比べ小さく見えるが、これは、斜め上方より撮影した事による為であり、実際には後述する様に、0.1mm 程度(表 5.1.5 に示す。)しか差がない。

写真 5.1.23 の No.1 と写真 5.1.24 の No.3 を比較すれば、No.1 の嵌合部隙間が大きくなっている事がわかる。これは、引張試験が終了した No.3 の外観を確認する為に作業台にエントランスノズルを下にして置いたところ隙間が狭まった事による。

写真 5.1.25 に固定ネジつば表面部が変形している様子を示す。写真は、No.1 の A 面と B 面であるが、他の面も変形の大小はあるものの変形している事が確認された。

ラップ管のザグリは加工時のばらつきを吸収するために 2 つの円を 2[mm] のストレートでつないだ形になっており、そのストレート部に固定ネジつば部が接触し、各方向のつば部の一点に圧縮荷重を受けた為変形していると考えられる。

試験終了時(100[kN])における明らかな変形箇所は以下の通りである。

- ①固定ネジつば下側端面にシワ状の変形が見られる。尚、固定ネジつばがラップ管上面より突き出すことは無かった。
- ②嵌合部の隙間が大きくなる。
- ③固定ネジのエントランスノズル側とラップ管ザグリの隙間が小さくなる。
- ④固定ネジのラップ管側とラップ管ザグリの隙間が大きくなる。

(3) 荷重-変位

試験試料No.1及びNo.3の引張強度試験時の「荷重-変位線図」を図5.1.1及び図5.1.2に、表5.1.1に「各荷重における変位量」を示す。

図及び表より、No.1試料は最大荷重100[kN]において、2.73[mm]変位しており、No.3も同様に2.83[mm]変位した。変位の過程を観察すると、No.1、3共に、約2[kN]までに0.3~0.4[mm]変位しており比較的変位が大きい。これは試験治具の滑りと考えられる。さらに10[kN]までに0.6~0.7[mm]程度変位している。これは、100[kN]負荷時の変位量の約24[%]に相当する為、比較的変位が大きいと言える。この変位は固定ネジつば部とラップ管の隙間が小さくなって行く反面、嵌合部の隙間が大きくなって行く為であると考えられる。尚、ネジ接合構造の場合、ラップ管ザグリと固定ネジつば部が接触するまでは、単に固定ネジの締め付け圧力によってラップ管は固定されている為、比較的小さな荷重で隙間が変化したものと考えられる。

以後、10[kN]以上の領域では、ほぼ直線に変位している。よって、No.1及びNo.3共に、試験試料全体としては、100[kN]でも十分弾性範囲内であると言える。尚、グラフがノコギリ状に変位しているのは、5[kN]毎に試験を一時停止した影響である。

尚、変位量からは、熱サイクル試験試料であるNo.1と非熱サイクル試験試料であるNo.3の差は確認されなかった。

(4) 荷重-歪み

図5.1.3,5.1.4にNo.1及びNo.3におけるX方向(縦歪み)を、図5.1.5,5.1.6に各試料のY方向(横歪み)「荷重-歪み線図」を示し、表5.1.2,5.1.3に、それぞれの荷重における歪みと変位量を示す。尚、歪みの測定は、5[kN]毎に測定し100[kN]を負荷した後、荷重を開放した状態でも測定した。

表5.1.4にNo.1及びNo.3のX,Y方向それぞれにおいて引張試験歪みが大きい箇所を示す。

表 5.1.4 引張試験歪みが大きい箇所

	X方向		Y方向	
	No.1	No.3	No.1	No.3
1) A面エントランスノズル側固定ネジつば部:⑤	→	→	→	→
2) D面エントランスノズル側固定ネジつば部:⑫	→	→	→	→

表5.1.4に示した様に、No.1及びNo.3のX,Y方向それぞれの傾向は同じである。

図5.1.3~5.1.6より、No.1, No.3の固定ネジのつば部である⑤や⑫測定点に大きな歪みが発生しており、荷重解放状態でも残留歪みがみられた。又、昨年度試験時にラップ管側で最も変形量が大きかった①および②測定点や、その他固定ネジに直接接触する⑥~⑪測定点では、直線的に歪みが増加してゆくものの荷重解放時に残留歪みはみられなかった。

尚、⑤と⑫測定点の間では有意な差は見られず、各面の差を確認するために貼り付けた⑥~⑪にも有意な差は見られなかった事から、⑤測定点のA面や⑫測定点のD面以外の各面でも同様な歪みが発生したものと考えられる。

X方向とY方向を比較すると、歪み量に差はあるものの⑤及び⑫測定点での歪みが目立つ事などは一致している。

熱サイクル試験を実施したNo.1と実施していないNo.3の歪み量などを比較すると、No.1の⑤及び⑫測定点が、No.3の同一箇所の歪みに比べX方向Y方向共に若干大きくなっている事が分かった。

(5) 寸法

No.3は前述の通り、試験終了後短くなる方向に変化している事が確認されており、No.1

の測定結果とのズレがある事が分かっている為、No.3の寸法測定結果を補正する必要がある。

以下のその補正方法を示し、その結果及びその他の寸法測定結果を表5.1.5に示す。

(No.3寸法測定結果の補正)

固定ネジつば部とラップ管ザグリ部間の隙間⑥のエントランスノズル側を示すA-1, B-1…F-1は試験終了時に隙間は本来0[mm]であった。

よって、⑥の各-1を0[mm]とし、その減少分を嵌合部隙間⑤、⑥の各-2(固定ネジつば部とラップ管ザグリ部の隙間のラップ管側A-2, B-2…F-2)に加算し、試験試料全長①へはA-1～F-1までの平均を加算した。

表5.1.5より、固定ネジの対面寸法⑧No.1と補正後No.3の引張試験後の変化はほぼ同じ傾向を示している。

試験試料全長①は、No.1:0.63[mm]、No.3:0.55[mm]と変化している。これは、嵌合部隙間⑤が大きくなった事、エントランスノズル長さ②が大きくなった事を反映している。更に、嵌合部隙間⑤には、固定ネジつば部とラップ管ザグリとの隙間⑥の変化が反映されている。

ラップ管と固定ネジの高さの差⑦は、No.1、No.3共に若干差が小さくなる方向に変化している事が分かり、⑧の嵌合部側はNo.1、No.3共に大きくなっている。尚、⑦測定時の固定ネジ高さ測定点と⑧固定ネジ対面寸法の嵌合部側は、ほぼ同じ箇所を測定している事から同じ現象を表していると考えられる。

固定ネジつば部は前述の写真5.1.25で示す様に圧縮荷重により座屈しているので、この変形がネジ高さ及び対面寸法に現れている。固定ネジの嵌合部側対面間距離⑧は上記の様に大きくなっている。これは、圧縮荷重により固定ネジつば部が変形する際に若干ラップ管方向に後傾したものと考えられる。図5.1.7にこのイメージを示す。

寸法測定の結果、熱サイクル試験試料No.1と非熱サイクル試験試料No.3で、各項目で若干の差は見られたもののばらつきの範囲内であり、熱サイクルの有無に起因する違いはみられなかった。

(6) 断面金相確認結果

試験後、図5.1.8, 5.1.9に示した箇所の断面金相サンプルを作成し、写真5.1.27～5.1.28に示した写真を得た。

各写真によれば、回転止め溶接部箇所のネジ部からクラックが発生している事がわかるが、クラックは回転止め溶接ビードの表面までは達していない為、100[kN]の荷重が負荷された後でも健全であると言える。

また、固定ネジの変形状況を断面から観察した試料①の内、写真5.1.28に示したNo.3-①-Bの視野に固定ネジつば部の変形の様子が見える。

断面金相を確認した結果、熱サイクル試験試料No.1と非熱サイクル試験試料No.3で熱サイクルの有無に起因する違いは見られなかった。

5.1.2 引張強度試験結果の考察とまとめ

(1) 設計基準値と引張強度の比較

設計上、この部位にかかる引張荷重は15[kN](※2:燃料交換時のトルクリミット)である。そこで、No.1及びNo.3の15[kN]における変位を確認する。

図5.1.1, 5.1.2「荷重-変位線図」及び、表5.1.1「各荷重における変位量」から、15[kN]における変位は、No.1:0.793[mm]、No.3:0.837[mm]である事が分かる。しかしながら、この変位量には、試験治具の滑りが含まれていると考えられる。そこで、真の変位量を推定する。

治具滑り量 j は真の変位量 H_0 に含まないものとするれば以下の関係となる。

(真の変位量) $H_o = (\text{総(みかけの)変位量}) H_m - (\text{治具滑り量}) j$

尚、治具滑り量 j は、歪みが検出されるまでに変位した量とする。

表 5.1.2 及び 5.1.3 に示した「各荷重における歪みと変位の量」より、No.1 の無歪み荷重は 0~5[kN] であるのでその際の変位量は 0.517[mm] であり、No.3 の無歪み荷重は 0[kN] のみであるのでその際の変位量は 0[mm] になってしまうが、図 5.1.2 より、2[kN] 程度の荷重では、比較的荷重上昇に比べ変位量が大きい為、この変位(0.396[mm])を「治具滑り量 j 」とする。

以上より、15[kN]における変位量を算出する。

(No.1)

(総(みかけの)変位量) $H_m : 0.793[\text{mm}]$

(治具滑り量) $j : 0.517[\text{mm}]$

(真の変位量) $H_o = 0.793 - 0.517$
 $= 0.276$

(No.3)

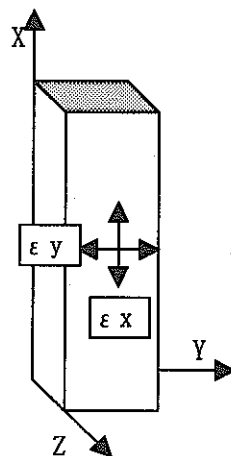
(総(みかけの)変位量) $H_m : 0.873[\text{mm}]$

(治具滑り量) $j : 0.396[\text{mm}]$

(真の変位量) $H_o = 0.873 - 0.396$
 $= 0.477$

上記から、15[kN]の荷重が負荷された場合の変位は、No.1 : 0.276[mm], No.3 : 0.477[mm] である事が分かった。この状態で荷重が開放された場合、どの程度の変形が残るかは確認出来なかったが、100[kN]の荷重を負荷しそれを開放しても試験試料全長が、No.1 : 0.63[mm]、No.3 : 0.55[mm]程度変形するにとどまる事からも本接合構造は十分な強度を持つと言える。

15[kN]時の歪みから応力を算出する。



歪みゲージは、左図の様に貼り付けられている。ここで、 ϵ_x は軸方向歪みを表し、 ϵ_y は周方向歪みを表す。

ここで、各方向の歪みは以下で表される。

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{1}{E} \{ \sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z) \} \\ \varepsilon_y &= \frac{1}{E} \{ \sigma_y - \nu(\sigma_z + \sigma_x) \} \\ \varepsilon_z &= \frac{1}{E} \{ \sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y) \} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

今回は、試験試料の各平面について測定しているのので、 $\varepsilon_z=0$ とすると、上記の式は以下の様になる。

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{1}{E} (\sigma_x - \nu\sigma_y) \\ \varepsilon_y &= \frac{1}{E} (\sigma_y - \nu\sigma_x) \\ \varepsilon_z &= -\frac{\nu}{E} (\sigma_x + \sigma_y) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

今、歪み ε_x 及び ε_y から応力 σ_x 及び σ_y を導く式を求めると、上式を変形し以下を得る。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= \frac{E}{1-\nu^2} (\varepsilon_x + \nu\varepsilon_y) \\ \sigma_y &= \frac{E}{1-\nu^2} (\varepsilon_y + \nu\varepsilon_x) \\ \sigma_z &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

ここで、
 $\left\{ \begin{array}{l} E : \text{SUS316 の } 25^\circ\text{C における縦弾性係数 (185.4 [kN/mm}^2\text{)] (*3)} \\ \nu : \text{SUS316 の } 25^\circ\text{C におけるポアソン比 (0.279) (*3)} \end{array} \right.$
 である。以下、表 5.1.2 及び 5.1.3 より読みとった、15[kN] における No.1 及び No.3 それぞれの固定ネジつば部の歪み ε を用いて応力 σ を算出する。

(No.1)

15[kN] におけるゲージ No.⑩ (D面固定ネジつば部) の歪み ε は以下の通り。

軸方向歪み ε_x : -28×10^{-6}

周方向歪み ε_y : 14×10^{-6}

これらを用いて (3) 式によりそれぞれの応力 $\sigma_{x,y}$ を算出する。

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \frac{185.4}{1-0.279^2} \{ (-28 \times 10^{-6}) + 0.279 \times (14 \times 10^{-6}) \} \\ &= -0.0048 [\text{kN/mm}^2] \\ &= -0.0048 [\text{MPa}] \\ \sigma_y &= \frac{185.4}{1-0.279^2} \{ (14 \times 10^{-6}) + 0.279 \times (-28 \times 10^{-6}) \} \\ &= 0.0012 [\text{kN/mm}^2] \\ &= 0.0012 [\text{MPa}] \\ \sigma_z &= 0 \end{aligned}$$

これらを下式に代入して合成応力 σ を得る。

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\frac{1}{2} \{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2\}} \\ &= \sqrt{\frac{1}{2} \{(-0.0048 - 0.0012)^2 + (0.0012)^2 + (0.0048)^2\}} \\ &= 0.00550[\text{MPa}]\end{aligned}$$

この値は、SUS316 ステンレス鋼の降伏点 $S_y: 0.207 [\text{KN/mm}^2]$ ($=0.207 [\text{MPa}]$ 室温 : * 4) の約 2.7% に過ぎない。

(No. 3)

15[kN]におけるゲージNo.⑤(A面固定ネジエントランスノズル側つば部)の歪み ε は以下の通り。

軸方向歪み $\varepsilon_x: -23 \times 10^{-6}$

周方向歪み $\varepsilon_y: 11 \times 10^{-6}$

これらを用いて(3)式によりそれぞれの応力 σ_x, σ_y を算出する。

$$\begin{aligned}\sigma_x &= \frac{185.4}{1 - 0.279^2} \{(-23 \times 10^{-6}) + 0.279 \times (11 \times 10^{-6})\} \\ &= -0.0040[\text{MPa}] \\ \sigma_y &= \frac{185.4}{1 - 0.279^2} \{(11 \times 10^{-6}) + 0.279 \times (-23 \times 10^{-6})\} \\ &= 0.0009[\text{MPa}] \\ \sigma_z &= 0\end{aligned}$$

これらを下式に代入して合成応力 σ を得る。

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\frac{1}{2} \{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2\}} \\ &= \sqrt{\frac{1}{2} \{(-0.0040 - 0.0009)^2 + (0.0009)^2 + (0.0040)^2\}} \\ &= 0.0045[\text{MPa}]\end{aligned}$$

この値は、SUS316 ステンレス鋼の降伏点 $S_y: 0.207 [\text{KN/mm}^2]$ ($=0.207 [\text{MPa}]$ 室温 : * 4) の約 2.2% に過ぎない。

尚、上記の方法に従い今回の試験で得られた各歪みからそれぞれの応力を算出した。表 5.1.6 及び 5.1.7 に示す。これらの表より、上記で評価したネジ部以外のラップ管部も十分な強度を持っていると言える。

(2) 昨年度実施した強度試験との比較

今回、試験試料に 100[kN] の荷重を負荷した場合でも試験試料全体として弾性範囲内で

ある事が確認された。この結果は、昨年度得られた、20[kN]までの範囲であれば試験片全体では弾性範囲内である事と一致する。尚、今回実施した強度試験の一面あたりの負荷荷重は16.6[kN]程度である。

外観上の変化についても昨年度の結果と一致している。

(3) 熱サイクル試験の影響について

各試験の結果、熱サイクル試験試料No.1と非熱サイクル試験試料No.3は、それぞれの測定項目及び観察項目において若干の差はあるがばらつきの範囲内であり、熱サイクル試験の影響は無いと考える。

表5.1.1 各荷重における変位（引張試験）

荷重 (kN)	No. 1			No. 3		
	(mm)	(個別%)	(積算%)	(mm)	(個別%)	(積算%)
0.5	0.187	6.847	6.847	0.198	6.994	6.994
1	0.254	2.453	9.301	0.300	3.603	10.597
2	0.320	2.417	11.717	0.395	3.356	13.953
3	0.360	1.465	13.182	0.447	1.837	15.789
4	0.392	1.172	14.354	0.484	1.307	17.096
5	0.422	1.098	15.452	0.517	1.166	18.262
6	0.457	1.282	16.734	0.549	1.130	19.392
7	0.498	1.501	18.235	0.579	1.060	20.452
8	0.552	1.977	20.212	0.609	1.060	21.512
9	0.605	1.941	22.153	0.640	1.095	22.607
10	0.655	1.831	23.984	0.672	1.130	23.737
11	0.681	0.952	24.936	0.706	1.201	24.938
12	0.710	1.062	25.998	0.733	0.954	25.892
13	0.739	1.062	27.060	0.765	1.130	27.022
14	0.766	0.989	28.048	0.795	1.060	28.082
15	0.803	1.355	29.403	0.825	1.060	29.142
16	0.824	0.769	30.172	0.858	1.166	30.307
17	0.847	0.842	31.014	0.881	0.812	31.120
18	0.870	0.842	31.856	0.905	0.848	31.968
19	0.894	0.879	32.735	0.930	0.883	32.851
20	0.918	4.211	33.614	0.955	0.883	33.734
25	1.047	4.724	38.338	1.077	4.309	38.043
30	1.156	3.991	42.329	1.196	4.203	42.247
35	1.275	4.357	46.686	1.325	4.557	46.803
40	1.396	4.431	51.117	1.428	3.638	50.442
45	1.514	4.321	55.438	1.559	4.627	55.069
50	1.633	4.357	59.795	1.665	3.744	58.813
55	1.748	4.211	64.006	1.786	4.274	63.087
60	1.873	4.577	68.583	1.905	4.203	67.291
65	1.972	3.625	72.208	2.041	4.804	72.095
70	2.095	4.504	76.712	2.159	4.168	76.263
75	2.207	4.101	80.813	2.261	3.603	79.866
80	2.306	3.625	84.438	2.395	4.733	84.599
85	2.429	4.504	88.942	2.495	3.532	88.131
90	2.539	4.028	92.970	2.625	4.592	92.723
95	2.648	3.991	96.961	2.739	4.027	96.750
100	2.731	3.039	100.000	2.831	3.250	100.000

表5.1.2 No. 1引張試験歪み

No.1 : 熱サイクル処理品引張試験 X方向

ゲージNo	N0	N5	N10	N15	N20	N25	N30	N35	N40	N45	N50	N55	N60	N65	N70	N75	N80	N85	N90	N95	N100	開放
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	10	11	11	12	13	14	14	16	17	18	4
2	0	0	1	2	2	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	1
3	0	0	-1	-2	-3	-5	-9	-13	-18	-24	-29	-32	-34	-36	-37	-39	-40	-41	-42	-43	-44	-33
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	-8	-13	-17	-22	-32	-50	-84	-120	-165	-223	-282	-343	-400	-453	-496	-532	-554	-573	-588	-568
6	0	0	-5	-10	-14	-18	-23	-26	-30	-32	-34	-37	-40	-42	-43	-44	-46	-46	-47	-48	-49	-14
7	0	0	9	5	5	2	0	-2	-4	-6	-9	-12	-14	-15	-17	-18	-19	-21	-22	-23	-24	2
8	0	0	-3	-4	-7	-10	-14	-17	-19	-21	-23	-25	-28	-30	-32	-33	-35	-36	-37	-39	-40	-5
9	0	0	-9	-17	-23	-27	-33	-36	-39	-42	-44	-46	-48	-49	-50	-52	-53	-54	-55	-56	-57	-8
10	0	0	-2	-7	-11	-16	-20	-24	-29	-33	-37	-41	-43	-45	-46	-48	-49	-50	-51	-52	-52	-8
11	0	0	0	-3	-10	-16	-23	-30	-36	-40	-43	-46	-50	-53	-55	-58	-60	-61	-63	-64	-65	-26
12	0	0	-14	-28	-43	-71	-110	-154	-227	-310	-407	-497	-555	-595	-628	-659	-678	-690	-699	-708	-714	-673
-	0.000	0.422	0.655	0.803	0.918	1.047	1.156	1.275	1.396	1.514	1.633	1.748	1.873	1.972	2.095	2.207	2.305	2.429	2.539	2.648	2.731	

No.1 : 熱サイクル処理品引張試験 Y方向

ゲージNo	N0	N5	N10	N15	N20	N25	N30	N35	N40	N45	N50	N55	N60	N65	N70	N75	N80	N85	N90	N95	N100	開放
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
1	0	0	-2	-3	-3	-4	-5	-6	-6	-7	-7	-8	-8	-9	-9	-10	-11	-12	-12	-13	-14	-4
2	0	0	0	0	-1	-2	-2	-3	-3	-4	-4	-5	-5	-6	-6	-7	-7	-8	-8	-9	-9	-1
3	0	-1	0	0	0	-1	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-6	-7	-7	-7	-8	-8	-8	-9	-9	-6
4	0	0	0	1	2	4	5	6	6	7	9	10	11	12	13	14	14	15	16	16	17	3
5	0	1	3	7	9	13	18	28	46	64	87	113	141	170	199	225	248	268	280	291	299	294
6	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	2
7	0	0	-1	0	0	0	1	2	3	4	4	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	0
8	0	0	1	1	2	3	4	4	5	5	5	6	7	8	8	8	9	9	9	10	10	2
9	0	0	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	1
10	0	0	1	2	3	3	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	5
11	0	0	1	0	1	2	3	4	5	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	6
12	0	0	8	14	19	24	31	41	57	79	103	131	153	171	187	202	213	222	228	233	237	232
-	0.000	0.422	0.655	0.803	0.918	1.047	1.156	1.275	1.396	1.514	1.633	1.748	1.873	1.972	2.095	2.207	2.306	2.429	2.539	2.648	2.731	

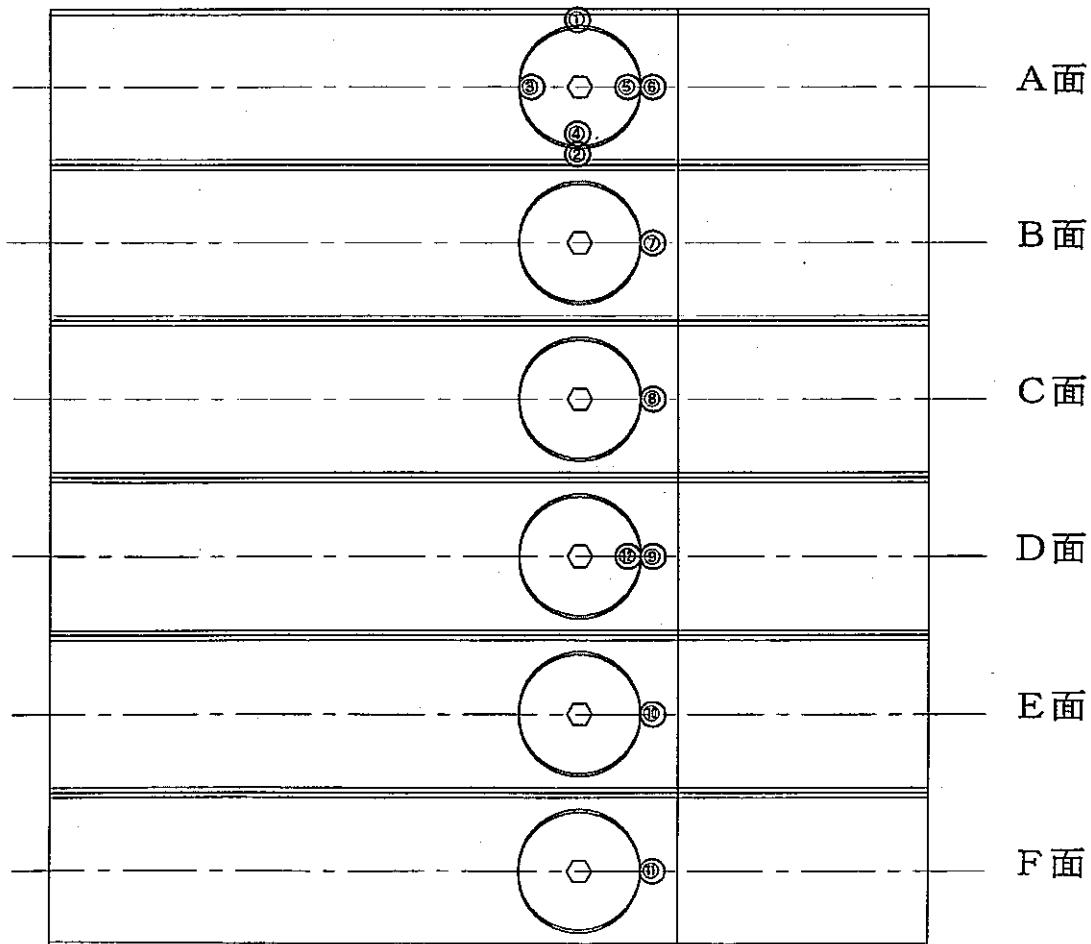


表5.1.3 No. 3引張試験歪み

No.3:熱サイクル処理品引張試験 X方向

ゲージNo	N0	N5	N10	N15	N20	N25	N30	N35	N40	N45	N50	N55	N60	N65	N70	N75	N80	N85	N90	N95	N100	開放
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
1	0	0	1	2	2	2	3	3	4	5	6	6	7	8	8	9	10	10	11	12	12	0
2	0	1	2	3	4	5	5	7	8	9	9	10	11	11	12	12	14	16	17	19	20	0
3	0	0	0	-1	-2	-2	0															-5
4	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0
5	0	-10	-13	-23	-31	-40	-53	-67	-88	-111	-152	-184	-219	-245	-262	-275	-283	-290	-295	-299	-302	-239
6	0	-5	-8	-12	-15	-18	-22	-25	-29	-32	-36	-41	-46	-50	-54	-57	-59	-60	-62	-63	-64	-3
7	0	-5	-6	-9	-13	-16	-19	-22	-25	-29	-34	-39	-45	-50	-55	-59	-62	-64	-67	-68	-69	
8	0	0	-3	-4	-5	-7	-9	-12	-15	-18	-20	-23	-25	-27	-30	-32	-34	-36	-37	-38	-40	-1
9	0	0	-2	-5	-8	-11	-14	-18	-21	-25	-28	-32	-36	-38	-41	-44	-47	-50	-52	-54	-55	-1
10	0	-2	-6	-12	-20	-26	-32	-37	-42	-46	-49	-53	-56	-59	-61	-63	-65	-66	-67	-68	-68	-3
11	0	-2	-3	-6	-11	-16	-22	-27	-31	-34	-36	-40	-43	-44	-46	-47	-48	-48	-49	-50	-50	-2
12	0	0	-1	-8	-15	-23	-31	-39	-51	-65	-84	-123	-164	-212	-264	-324	-371	-409	-428	-422	-499	-386
-	0.000	0.517	0.672	0.825	0.955	1.077	1.196	1.325	1.428	1.559	1.665	1.786	1.905	2.041	2.159	2.261	2.395	2.495	2.625	2.739	2.831	

No.3:熱サイクル処理品引張試験 Y方向

ゲージNo	N0	N5	N10	N15	N20	N25	N30	N35	N40	N45	N50	N55	N60	N65	N70	N75	N80	N85	N90	N95	N100	開放
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
1	0	-1	-1	-2	-2	-3	-4	-4	-5	-6	-6	-7	-8	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-1
2	0	-2	-3	-2	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-9	-10	-12	-13	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1
4	0	0	0	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0
5	0	1	5	11	15	19	25	32	43	57	84	105	129	151	167	180	190	196	201	203	204	188
6	0	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-1	0	0	0	0	1	1	2	3	3	3
7	0	0	-2	-4	-5	-6	-7	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-2	-1	0	0
8	0	0	1	0	0	0	0	1	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	0
9	0	-7	-7	-8	-8	-8	-7	-7	-7	-6	-6	-5	-5	-5	-5	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-9
10	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	-2
11	0	0	-1	-2	-2	-1	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
12	0	0	1	5	8	12	15	20	25	32	46	61	83	111	142	180	216	252	278	302	321	299
-	0.000	0.517	0.672	0.825	0.955	1.077	1.196	1.325	1.428	1.559	1.665	1.786	1.905	2.041	2.159	2.261	2.395	2.495	2.625	2.739	2.831	

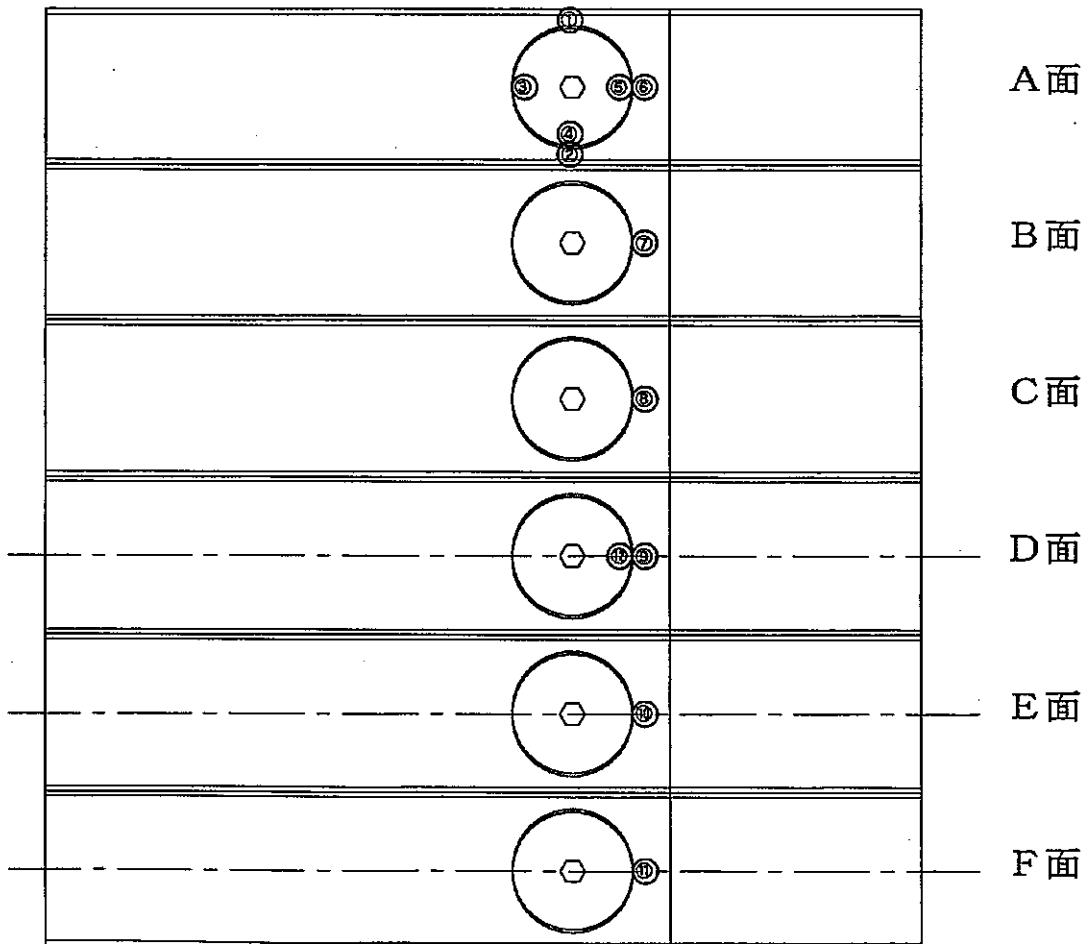
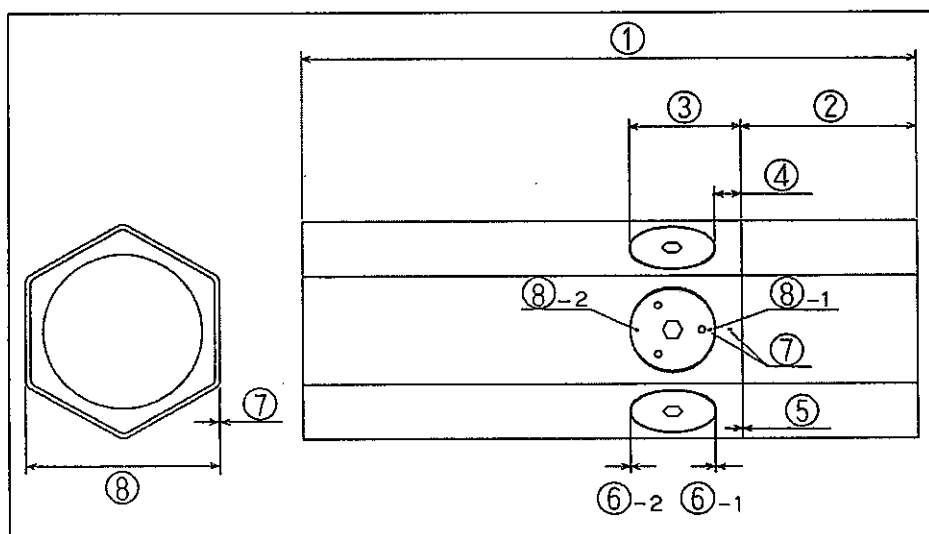


表5.1.5 引張強度試験後寸法測定結果

検査項目		No.1						No.3(補正前)			No.3(補正後)	
		組立品	熱サイクル試験	差	強度試験	差	強度試験後組立品	組立品	強度試験	差	強度試験	差
試験試料全長	① A	350.09	350.13	0.04	350.72	0.59	0.63	350.27	350.57	0.30	350.82	0.55
	F		350.14		350.72	0.58			350.53		350.81	
FN長さ	② A	99.95	100.04	0.09	100	-0.04	0.05	100.16	100.21	0.05	100.21	0.05
嵌合部-固定ネジ下長さ	③ A	63.13	63.12	-0.01	63.21	0.09	0.08	63.09	63.16	0.07	63.16	0.07
	B	63.05	63.07	0.02	63.22	0.15	0.17	63.16	63.11	-0.05	63.11	-0.05
	C	63.21	63.2	-0.01	63.25	0.05	0.04	63.1	63.13	0.03	63.13	0.03
	D	63.28	63.27	-0.01	63.23	-0.04	-0.05	63.21	63.22	0.01	63.22	0.01
	E	63.21	63.21	0.00	63.2	-0.01	-0.01	63.02	63.09	0.07	63.09	0.07
	F	63.11	63.11	0.00	63.16	0.05	0.05	63.12	63.21	0.09	63.21	0.09
嵌合部-固定ネジ上長さ	④ A	15.17	15.18	0.01	15.54	0.36	0.37	15.21	15.49	0.28	15.49	0.28
	B	15.19	15.17	-0.02	15.63	0.46	0.44	15.22	15.46	0.24	15.46	0.24
	C	15.34	15.34	0.00	15.58	0.24	0.24	15.21	15.51	0.30	15.51	0.30
	D	15.29	15.28	-0.01	15.56	0.28	0.27	15.41	15.51	0.10	15.51	0.10
	E	15.3	15.31	0.01	15.57	0.26	0.27	15.14	15.51	0.37	15.51	0.37
	F	15.23	15.22	-0.01	15.53	0.31	0.30	15.23	15.57	0.34	15.57	0.34
嵌合部隙間	⑤ A	0.05	0.08	0.03	0.6	0.52	0.55	0.05	0.32	0.27	0.57	0.52
	B	0.04	0.05	0.01	0.6	0.55	0.56	0.08	0.3	0.22	0.54	0.46
	C	0.09	0.1	0.01	0.65	0.55	0.56	0.05	0.3	0.25	0.5	0.45
	D	0.05	0.09	0.04	0.63	0.54	0.58	0.08	0.34	0.26	0.64	0.56
	E	0.06	0.12	0.06	0.65	0.53	0.59	0.04	0.3	0.26	0.55	0.51
	F	0.06	0.1	0.04	0.63	0.53	0.57	0.05	0.3	0.25	0.55	0.50
固定ネジ-ラッパ管隙間	⑥ A-1	0.18	0.17	-0.01	0	-0.17	-0.18	0.2	0.25	0.05	0	-0.20
	A-2	0.18	0.17	-0.01	0.67	0.50	0.49	0.08	0.3	0.22	0.55	0.47
	B-1	0.15	0.13	-0.02	0	-0.13	-0.15	0.2	0.24	0.04	0	-0.20
	B-2	0.18	0.2	0.02	0.6	0.40	0.42	0.12	0.29	0.17	0.53	0.41
	C-1	0.28	0.24	-0.04	0	-0.24	-0.28	0.2	0.2	0.00	0	-0.20
	C-2	0.05	0.09	0.04	0.55	0.46	0.50	0.07	0.29	0.22	0.49	0.42
	D-1	0.27	0.23	-0.04	0	-0.23	-0.27	0.26	0.3	0.04	0	-0.26
	D-2	0.05	0.11	0.06	0.6	0.49	0.55	0	0.2	0.20	0.5	0.50
	E-1	0.25	0.2	-0.05	0	-0.20	-0.25	0.16	0.25	0.09	0	-0.16
	E-2	0.05	0.12	0.07	0.6	0.48	0.55	0.15	0.3	0.15	0.55	0.40
	F-1	0.2	0.15	-0.05	0	-0.15	-0.20	0.2	0.25	0.05	0	-0.20
	F-2	0.13	0.18	0.05	0.6	0.42	0.47	0.1	0.3	0.20	0.55	0.45
ラッパ管-固定ネジ差	⑦ A	0.1822	0.169	-0.01	0.2053	0.04	0.02	0.1365	0.0464	-0.09	0.0464	-0.09
	B	0.141	0.1349	-0.01	0.1162	-0.02	-0.02	0.0952	0.0203	-0.07	0.0203	-0.07
	C	0.0828	0.0771	-0.01	0.0496	-0.03	-0.03	0.1013	0.0096	-0.09	0.0096	-0.09
	D	0.1594	0.1626	0.00	0.0182	-0.14	-0.14	0.1626	0.04	-0.12	0.04	-0.12
	E	0.1162	0.1222	0.01	0.0209	-0.10	-0.10	0.1562	0.1262	-0.03	0.1262	-0.03
	F	0.1391	0.1392	0.00	0.1325	-0.01	-0.01	0.1756	0.1356	-0.04	0.1356	-0.04
固定ネジ対面寸法	⑧ A-D	109.92	109.92	0.00	110.22	0.30	0.30	109.88	110.39	0.51	110.39	0.51
	反嵌合部側	109.9	109.89	-0.01	109.92	0.03	0.02	109.88	109.85	-0.01	109.85	-0.01
	B-E	110.11	110.1	-0.01	110.35	0.25	0.24	109.81	110.17	0.36	110.17	0.36
	反嵌合部側	110.06	110.05	-0.01	110.01	-0.04	-0.05	109.83	109.81	-0.02	109.81	-0.02
	C-F	109.82	109.82	0.00	110.05	0.23	0.23	110.08	110.44	0.36	110.44	0.36
	反嵌合部側	109.8	109.79	-0.01	109.81	0.02	0.01	109.98	109.97	-0.01	109.97	-0.01



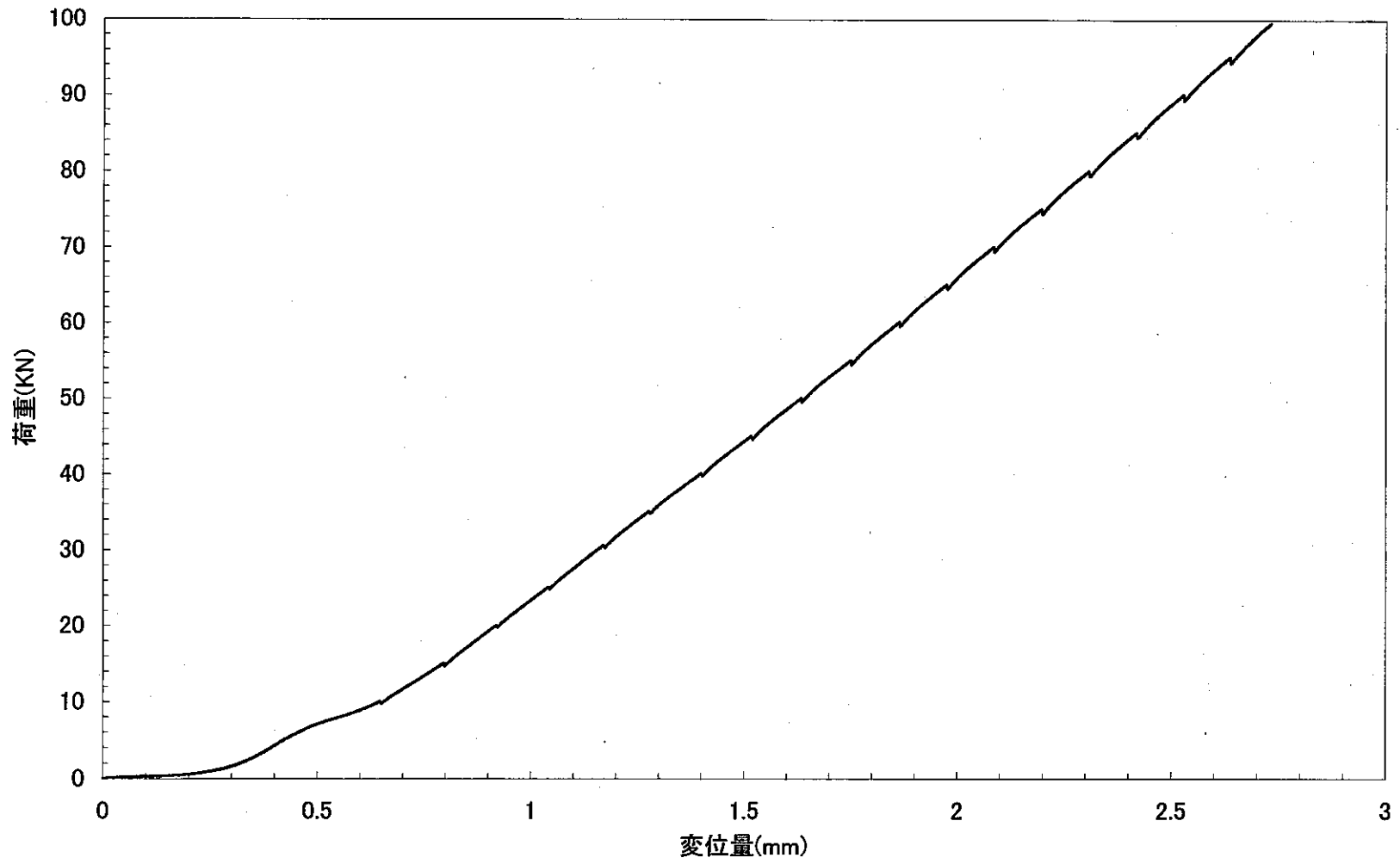


図5.1.1 No.1 引張試験 荷重-変位

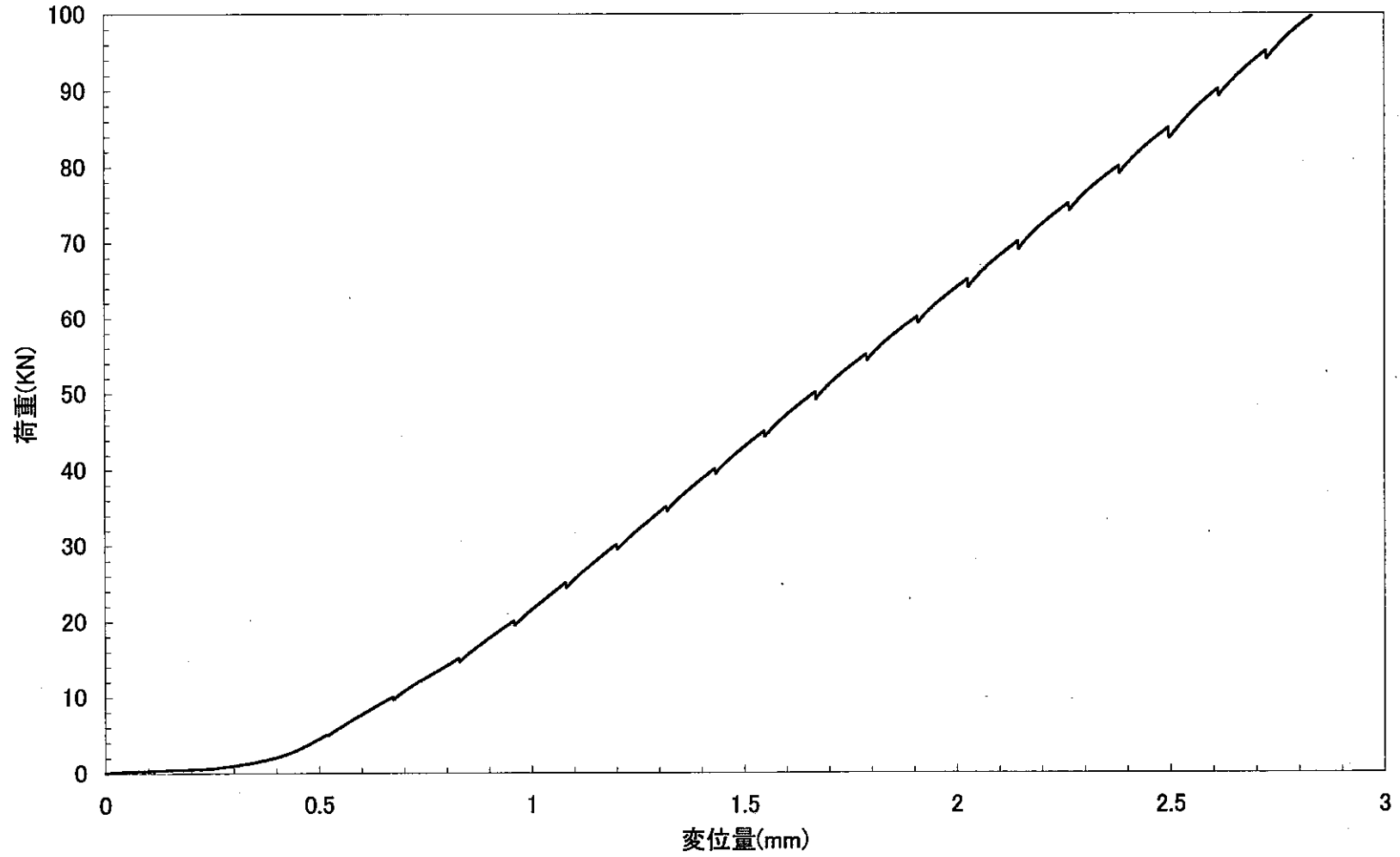


図5.1.2 No.3 引張試験 荷重-変位

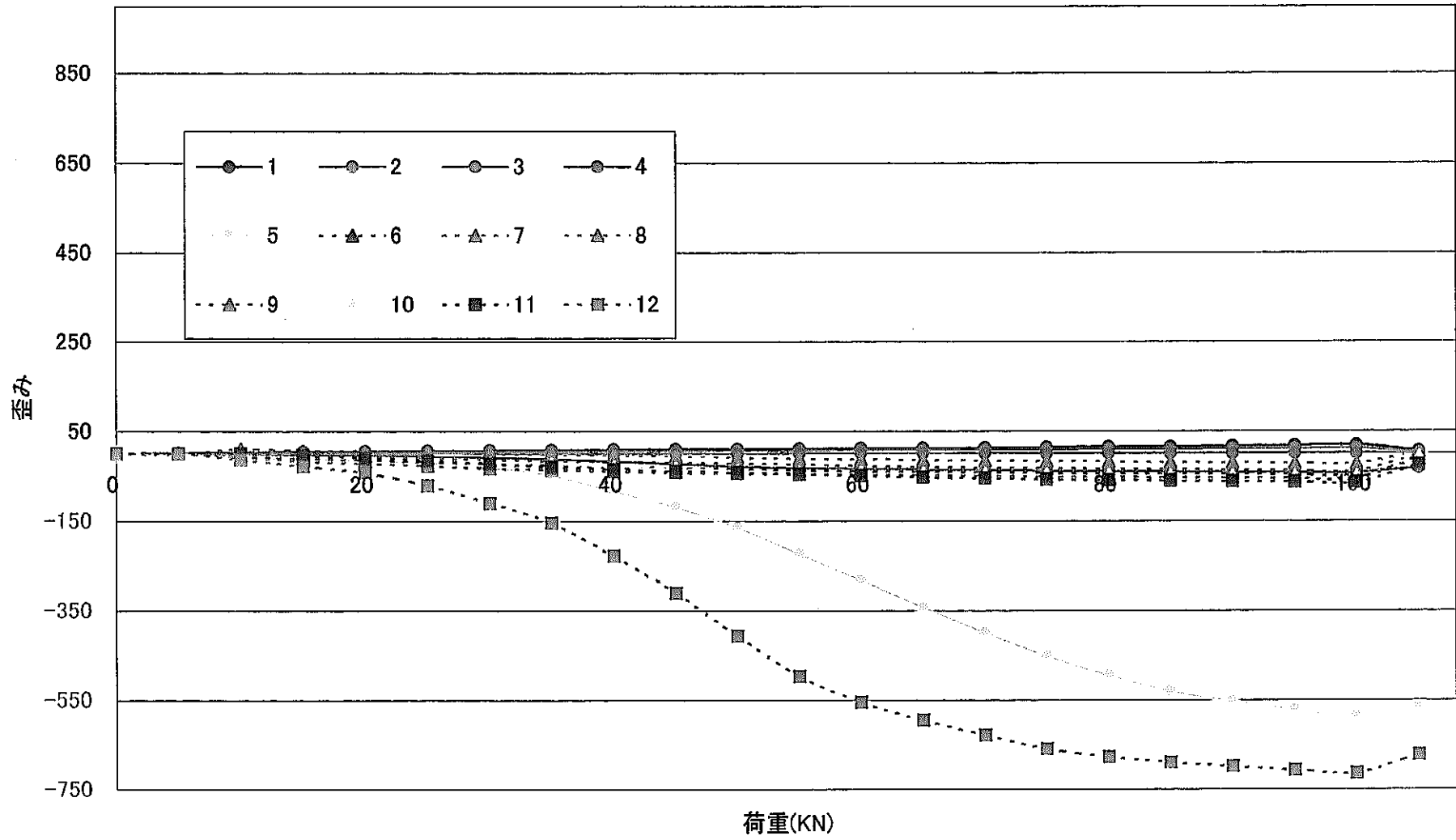


図5.1.3 No.1 引張試験:X方向

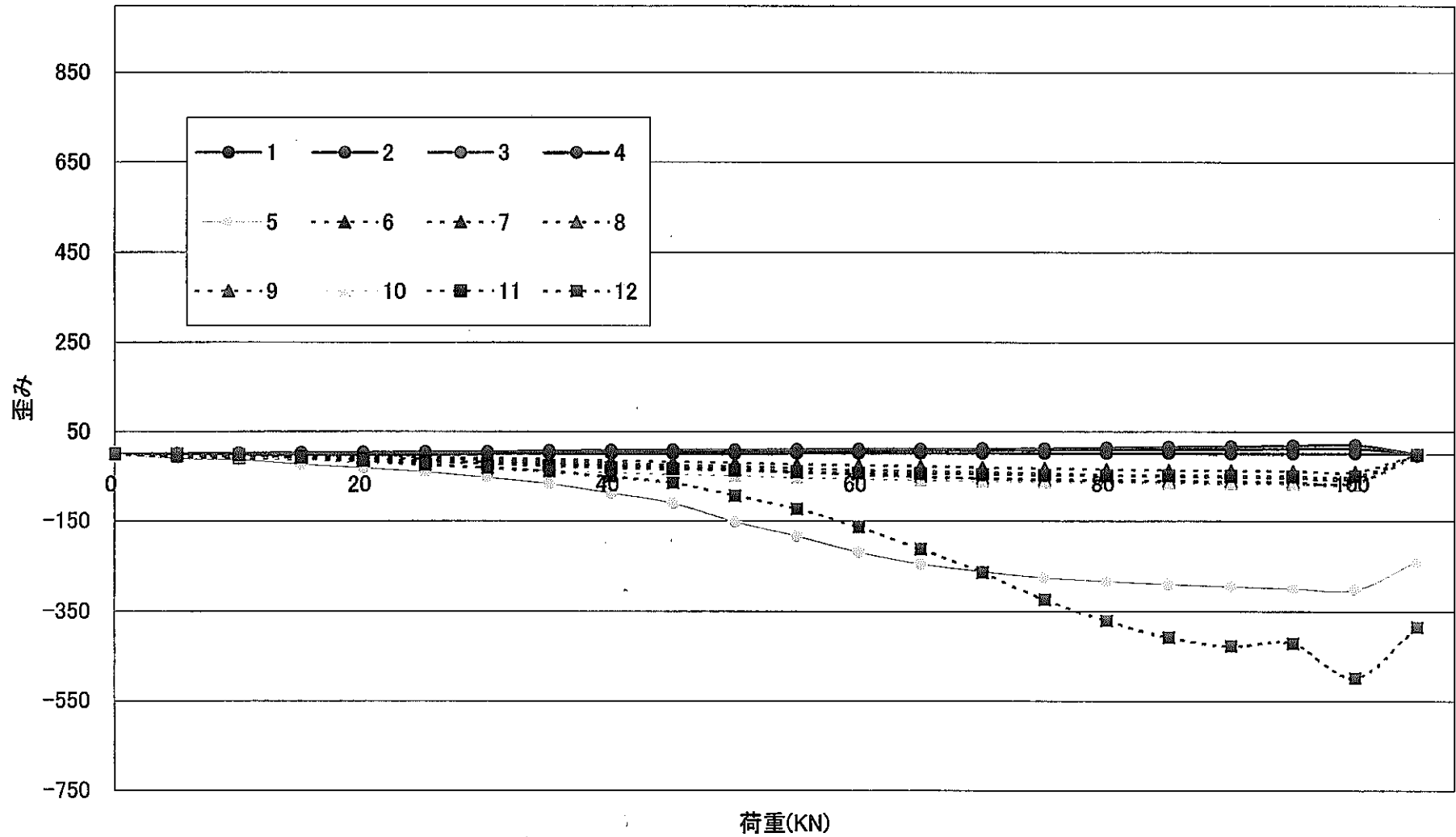


図5.1.4 No.3 引張試験:X方向

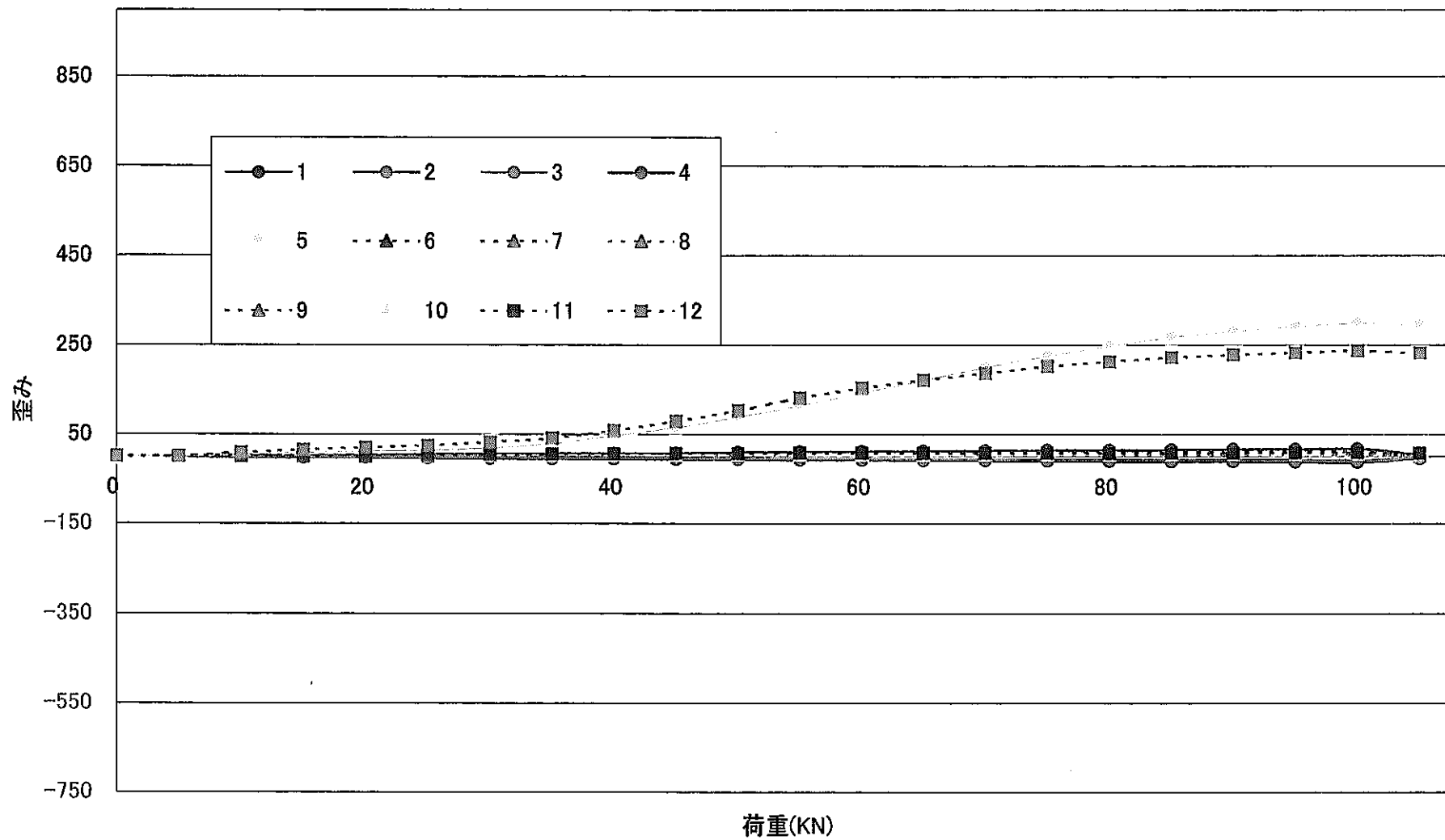


図5.1.5 No.1 引張試験:Y方向

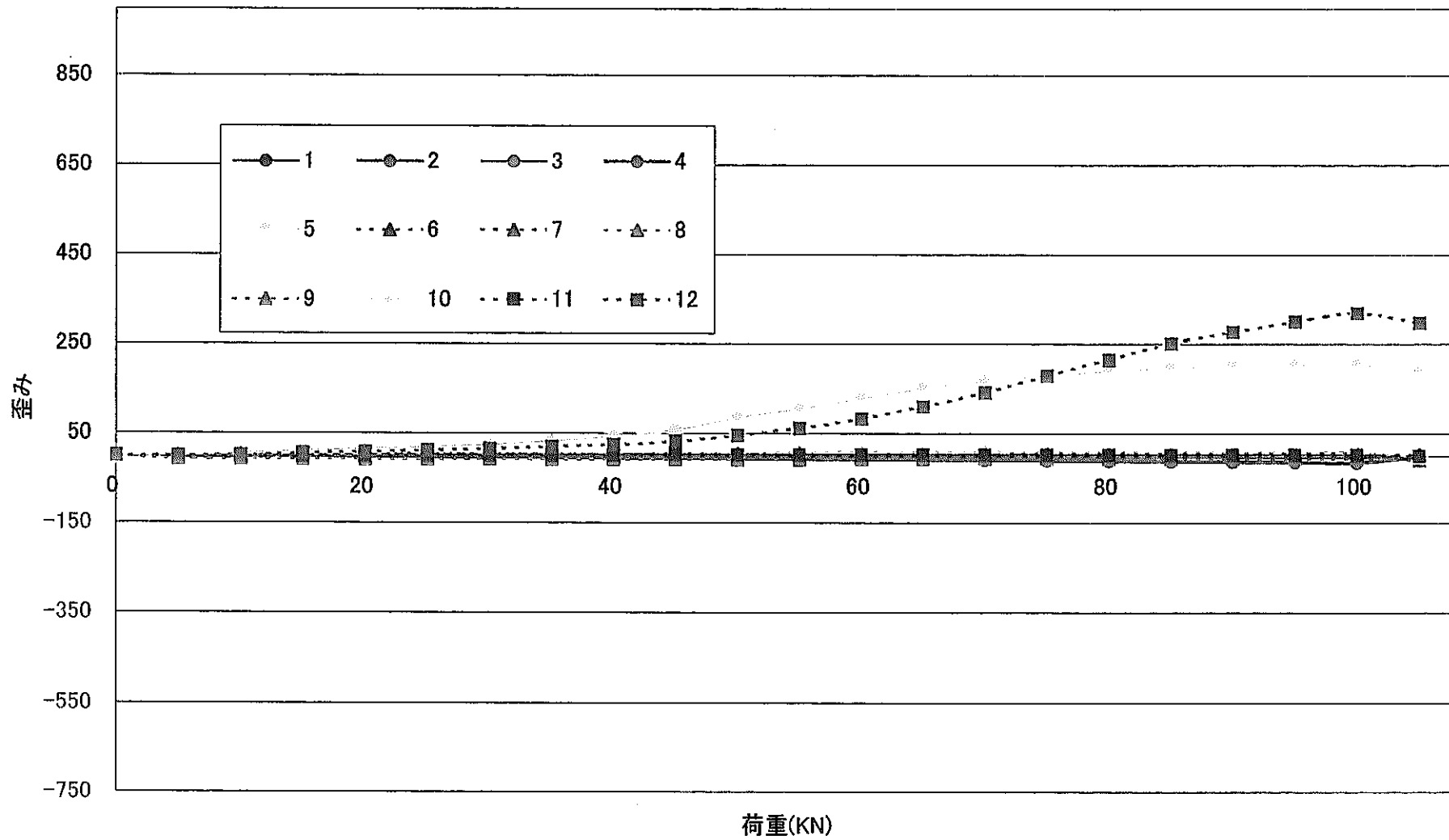
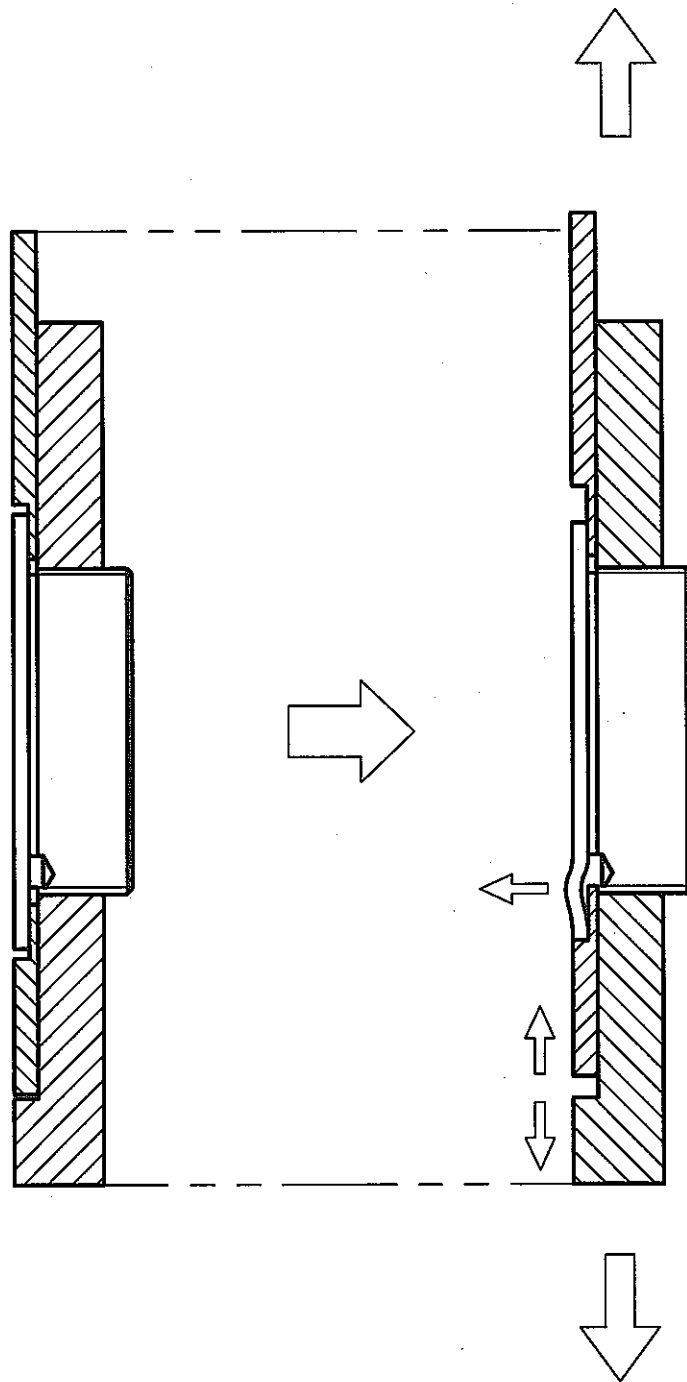


図5.1.6 No.3 引張試験:Y方向



無負荷状態

引張状態

図5.1.7 ねじ変形のイメージ

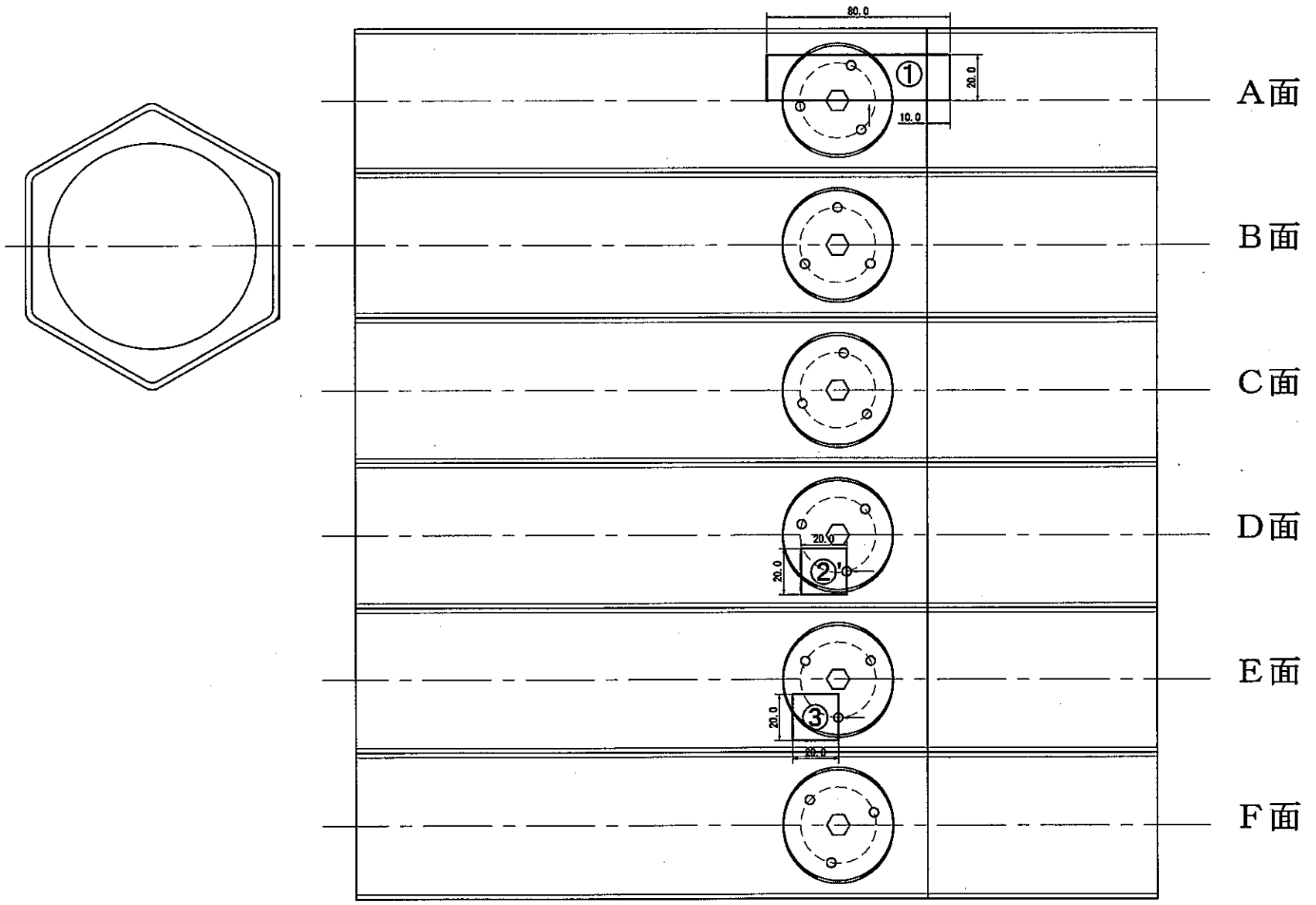


図5.1.9 製品No.3(非熱サイクル処理品,引張試験試料)

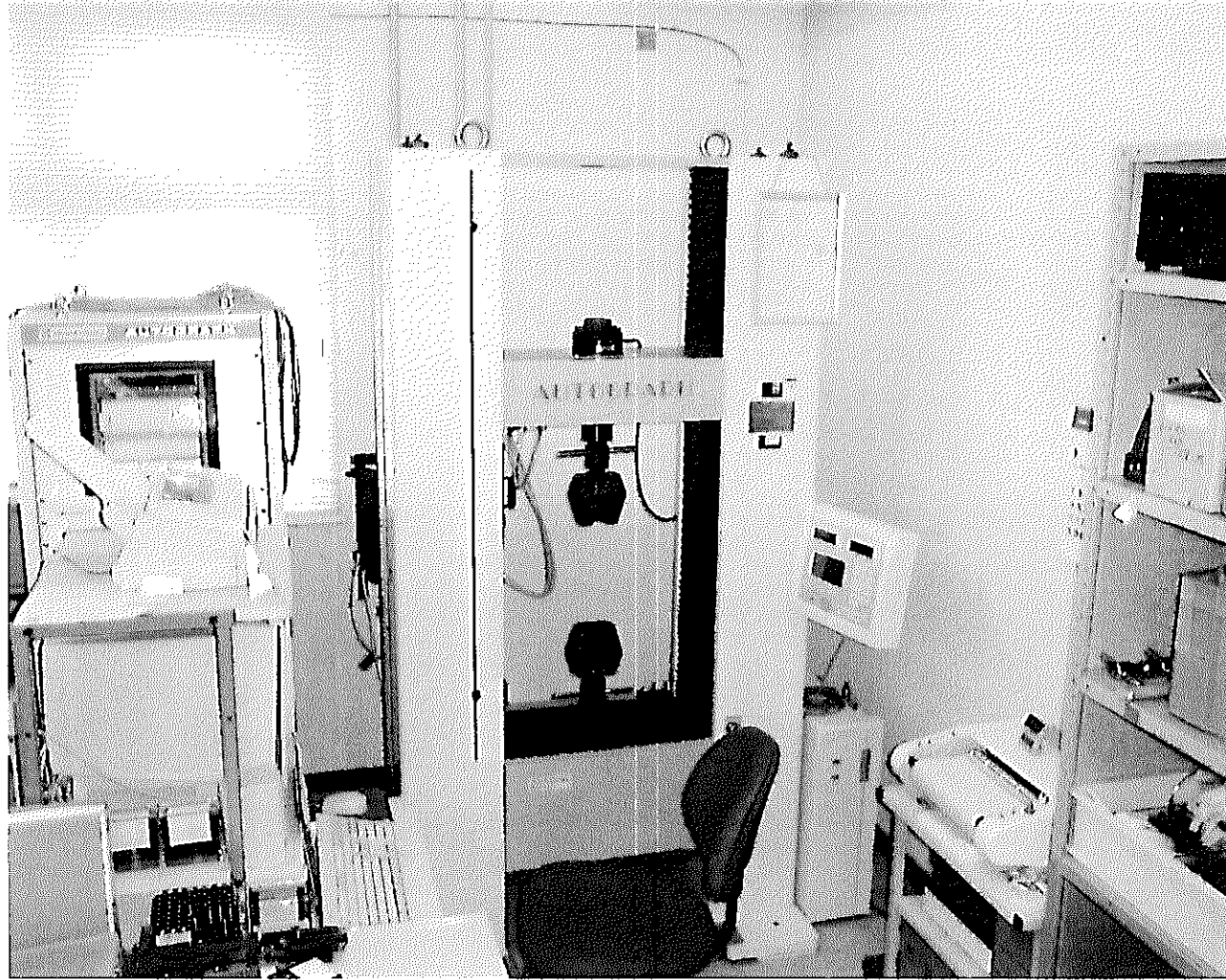


写真5.1.1 試験機外観

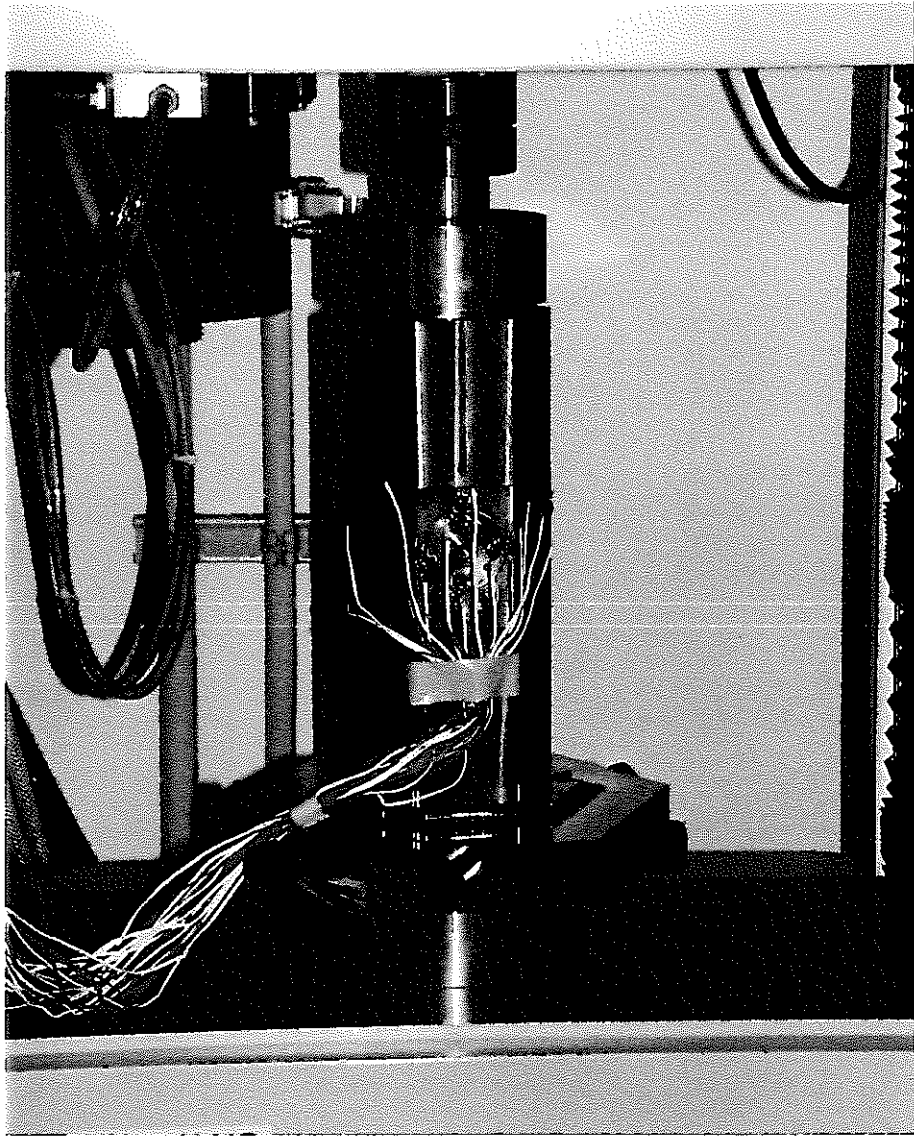
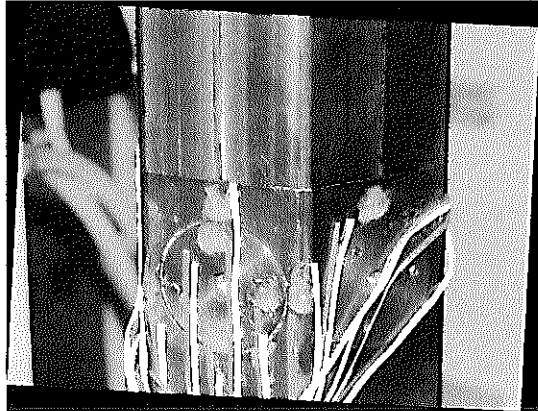
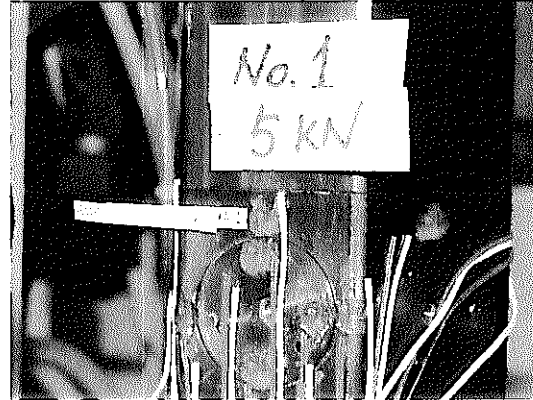


写真5.1.2 引張試験状況

嵌合部



0 kN



5 kN



10 kN

拡大

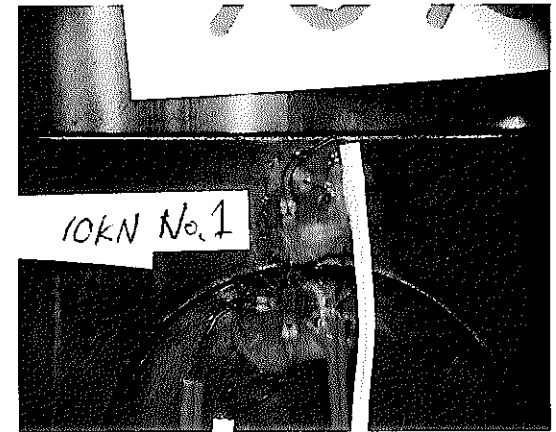
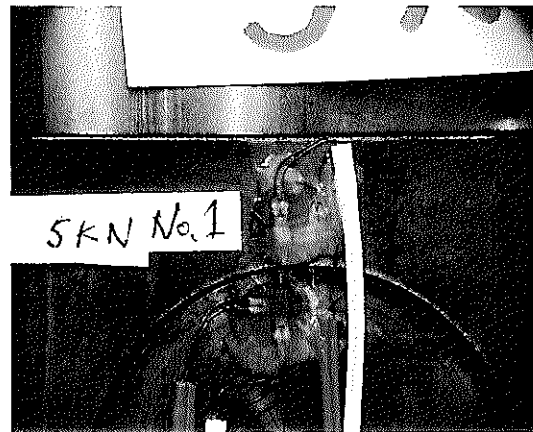
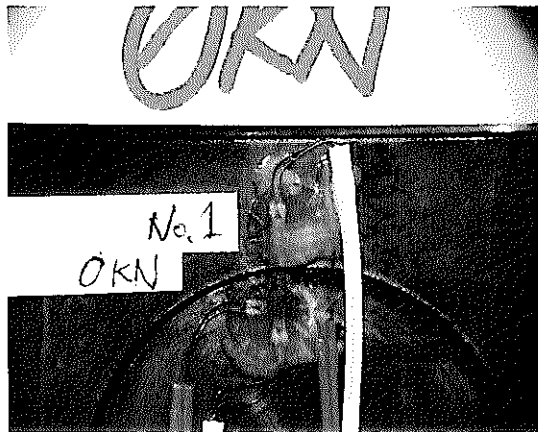


写真5.1.3 No. 1 引張試験(1)

嵌合部



15 kN



20 kN



25 kN

拡大

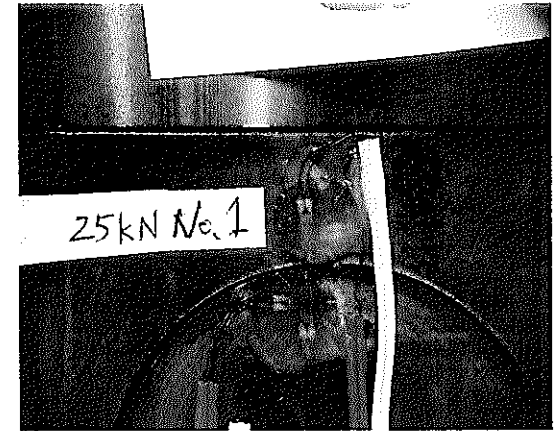
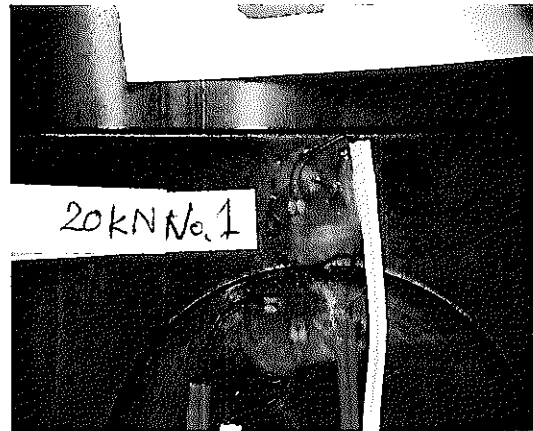
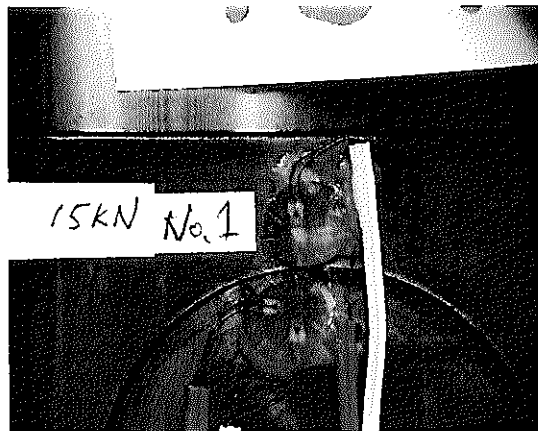
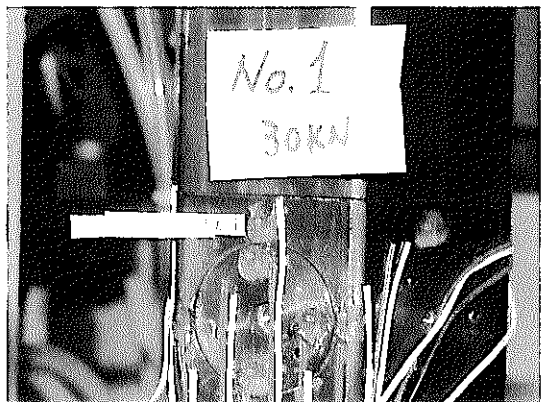
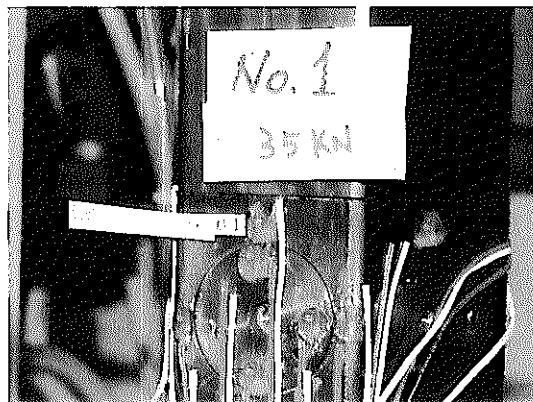


写真5.1.4 No. 1 引張試験(2)

嵌合部



30 kN



35 kN



40 kN

拡大

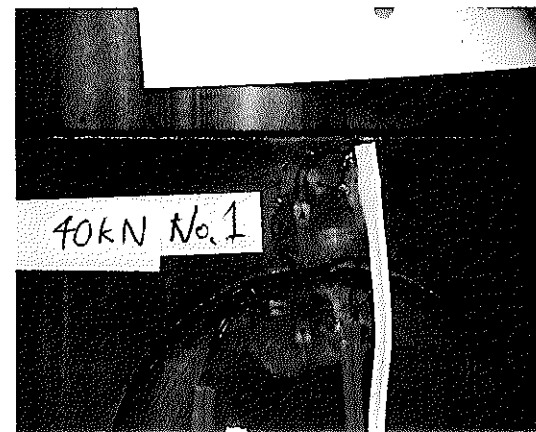
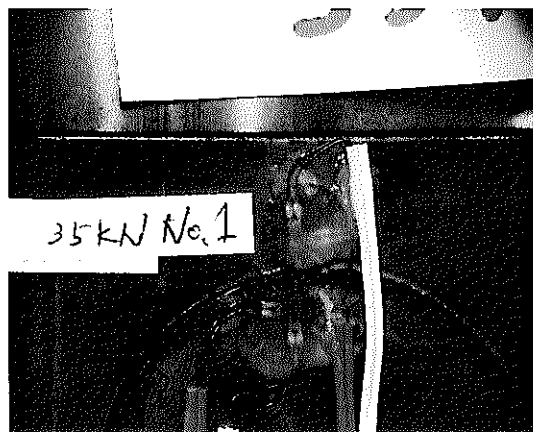
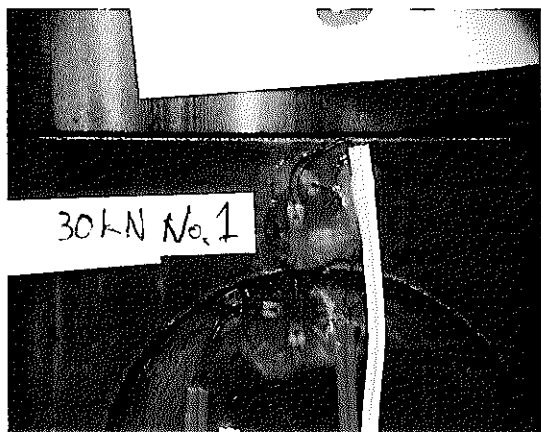


写真5.1.5 No. 1 引張試験(3)

嵌合部



45 kN



50 kN



55 kN

拡大

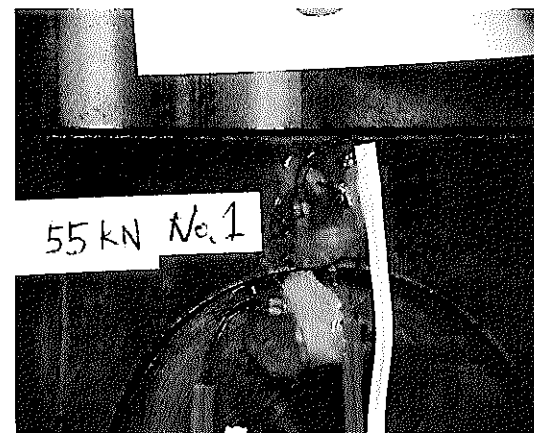
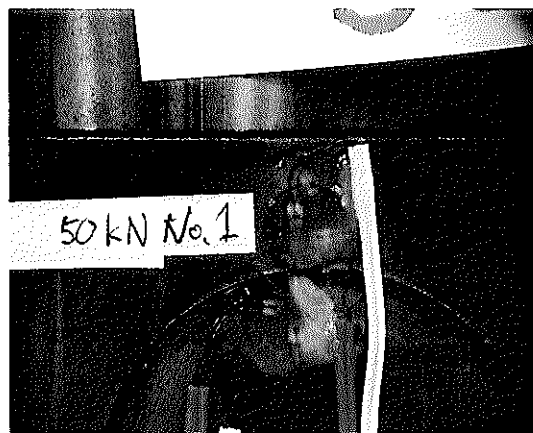
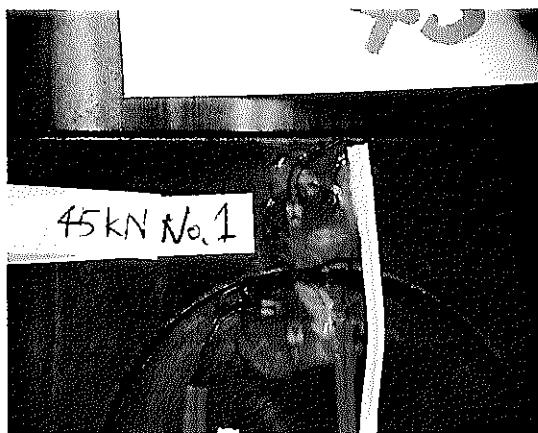
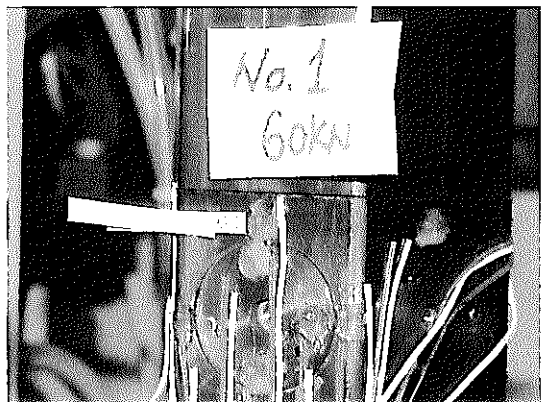


写真5.1.6 No. 1 引張試験(4)

嵌合部



60 kN



65 kN



70 kN

拡大

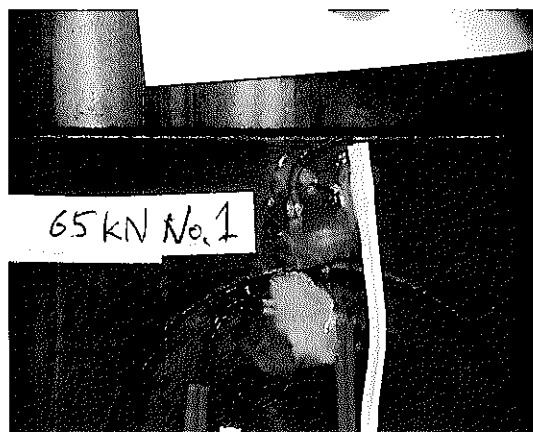


写真5.1.7 No. 1 引張試験(5)

嵌合部



75 kN



80 kN



85 kN

拡大

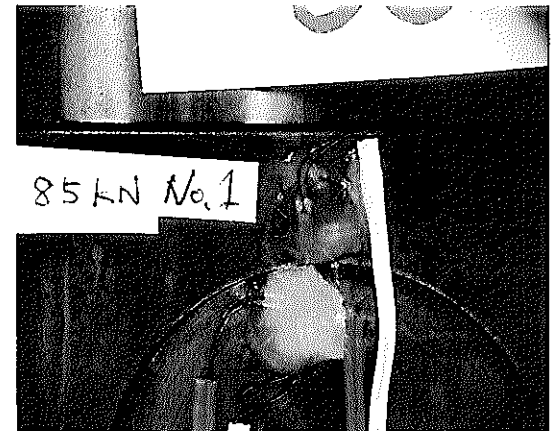


写真5.1.8 No. 1 引張試験(6)

嵌合部



90 kN



95 kN



100 kN

拡大

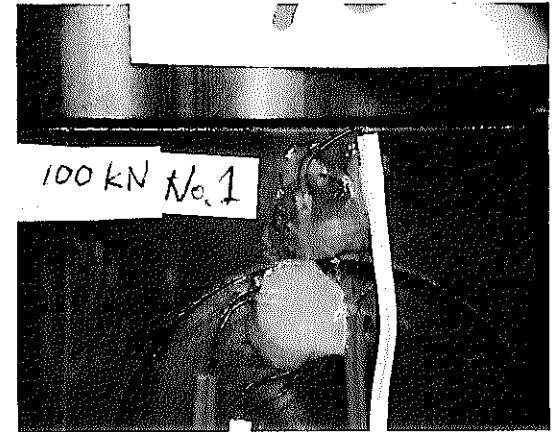
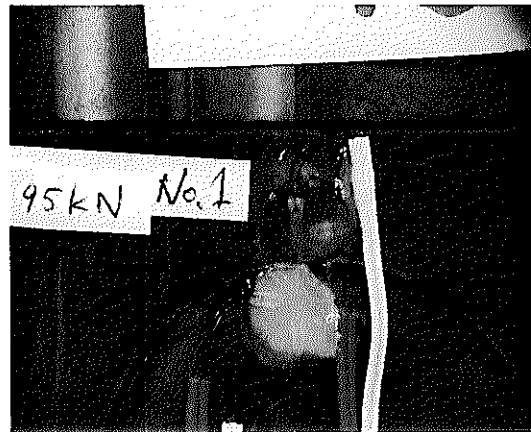
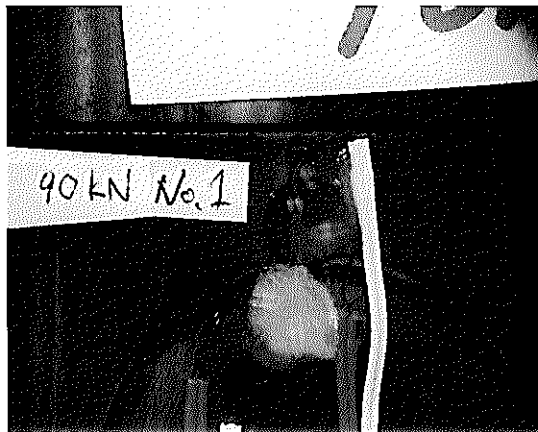


写真5.1.9 No. 1 引張試験(7)

嵌合部



開放時

拡大

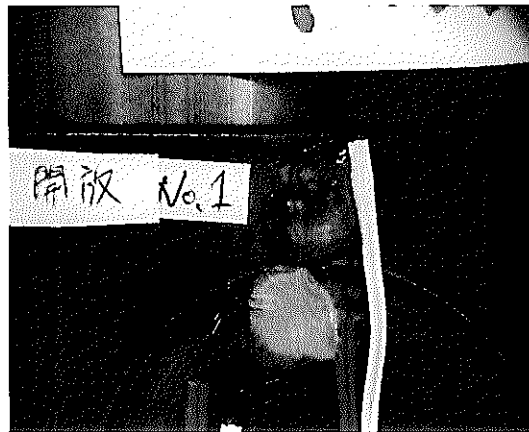
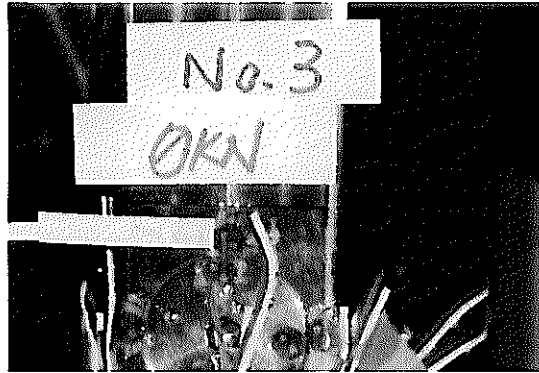


写真5.1.10 No. 1引張試験(8)

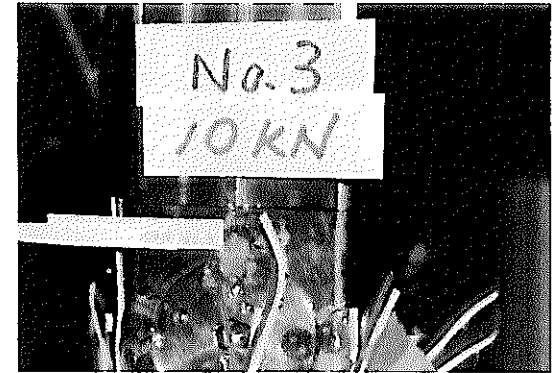
嵌合部



0 kN



5 kN



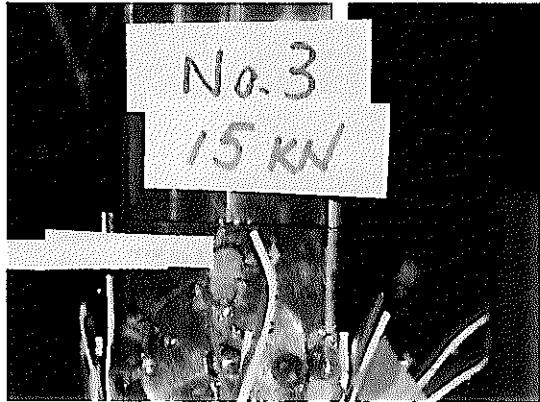
10 kN

拡大

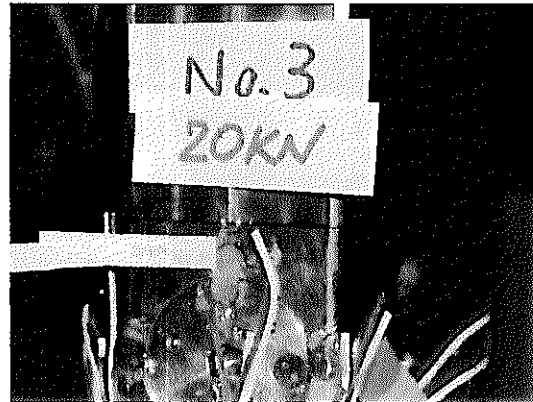


写真5.1.11 No. 3引張試験(1)

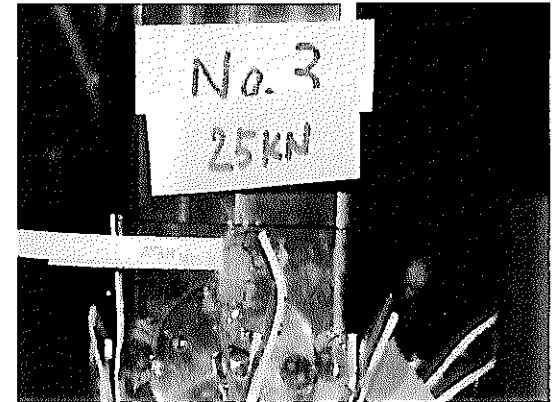
嵌合部



15 kN



20 kN



25 kN

拡大

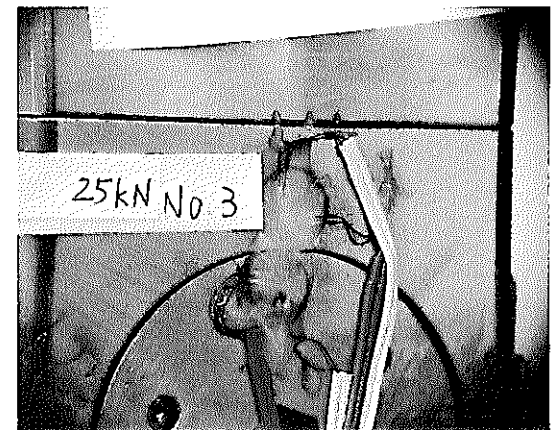
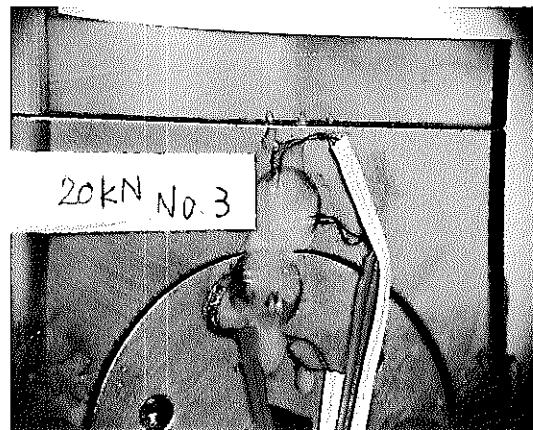
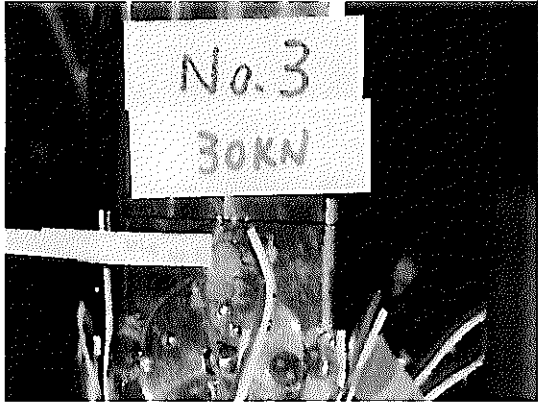
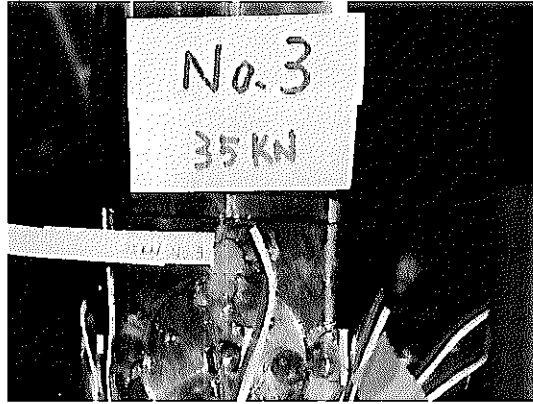


写真5.1.12 No. 3 引張試験(2)

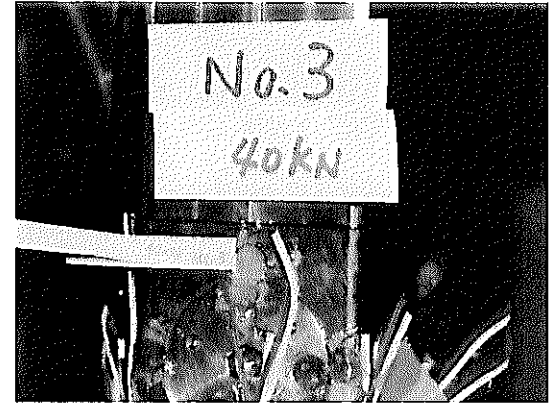
嵌合部



30 kN



35 kN



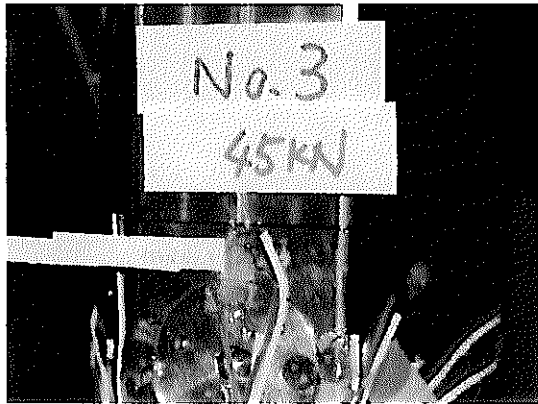
40 kN

拡大

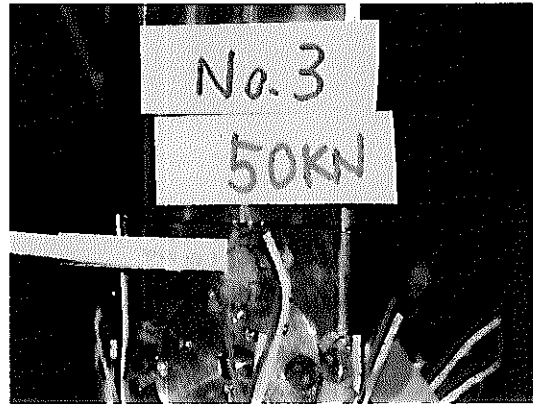


写真5.1.13 No. 3引張試験(3)

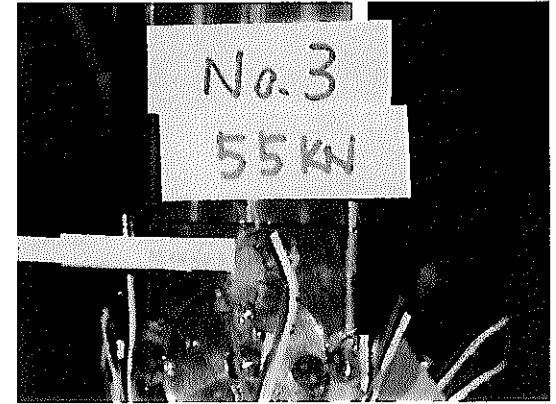
嵌合部



45 kN



50 kN



55 kN

拡大

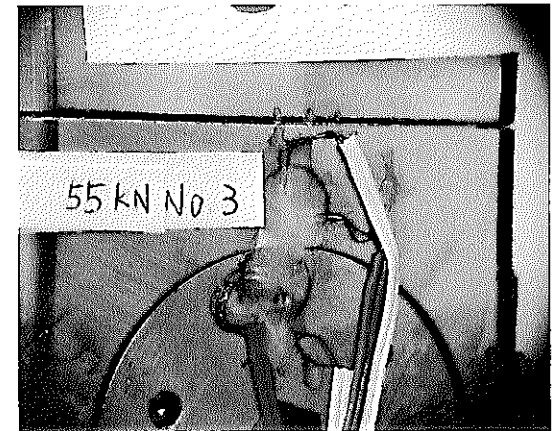
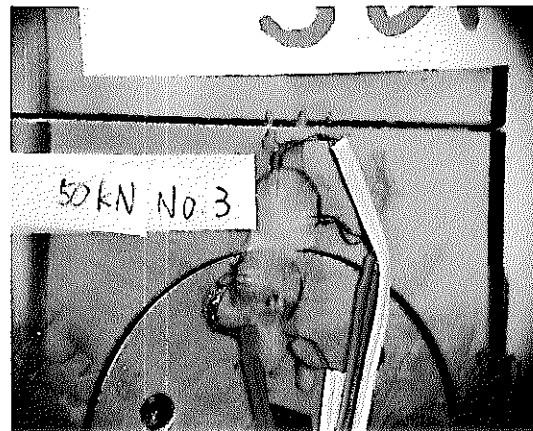
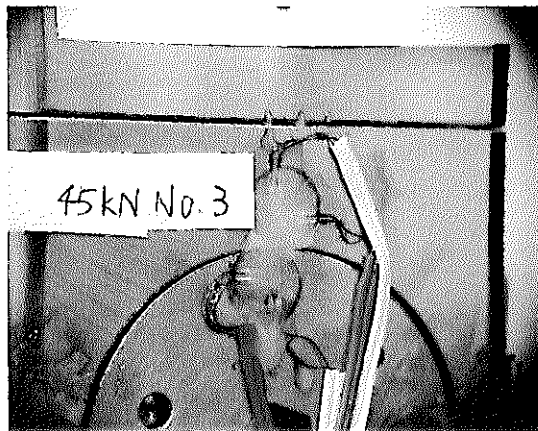
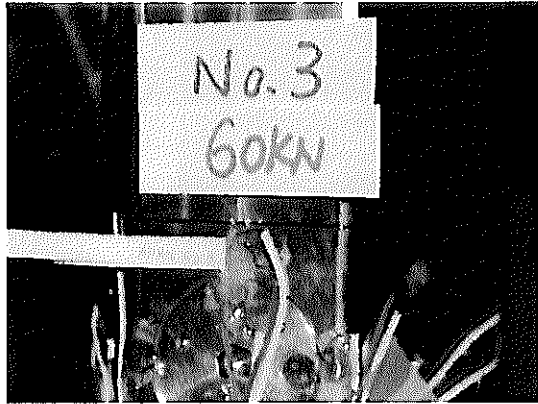
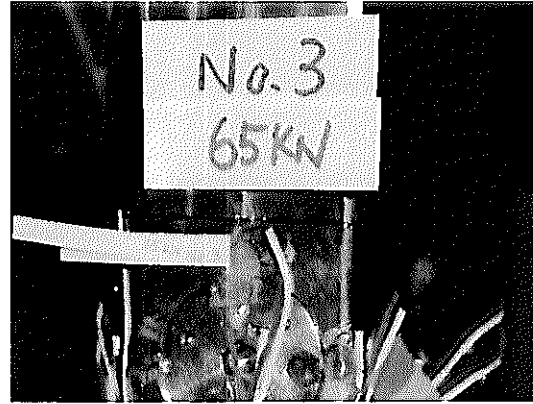


写真5.1.14 No. 3 引張試験(4)

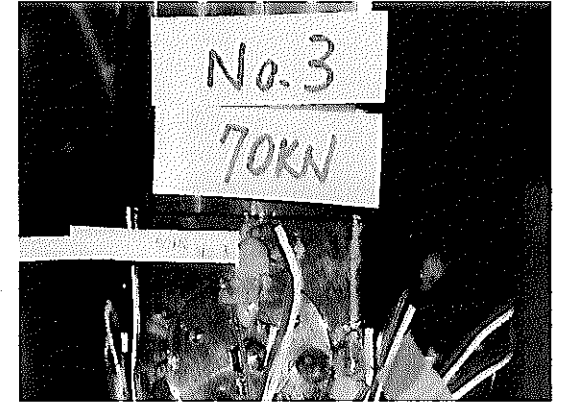
嵌合部



60 kN



65 kN



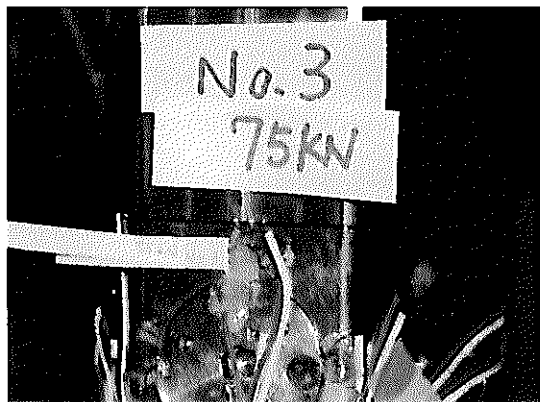
70 kN

拡大

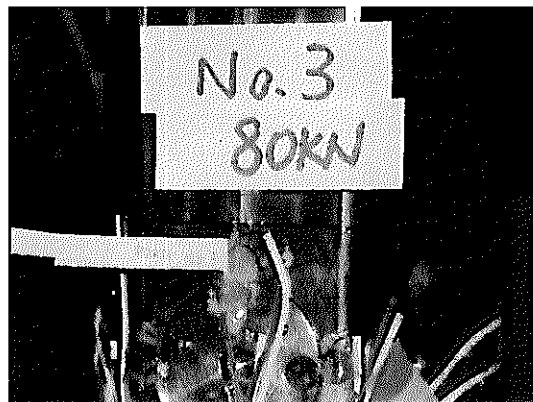


写真5. 1. 15 No. 3引張試験(5)

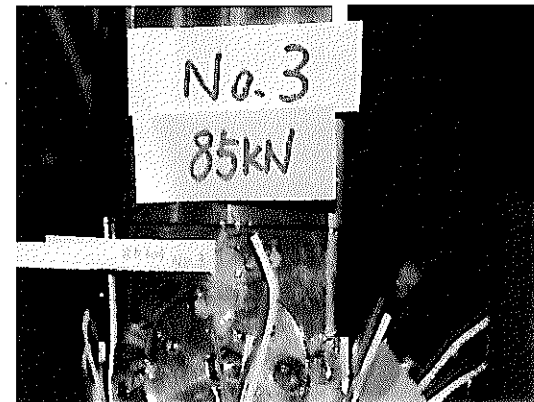
嵌合部



75 kN



80 kN



85 kN

拡大

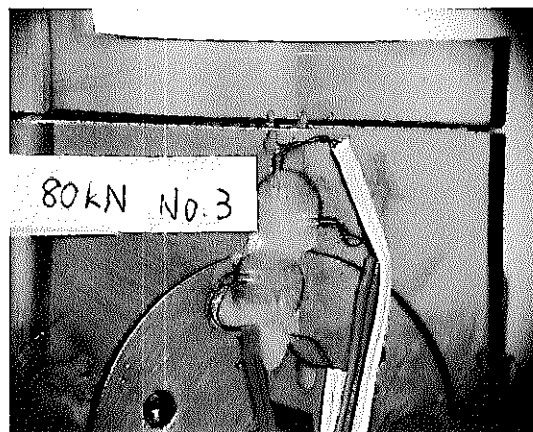
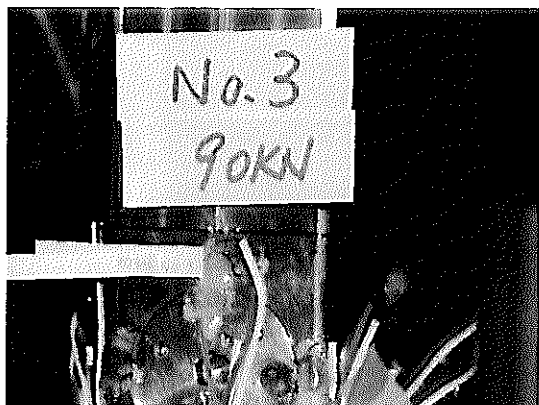
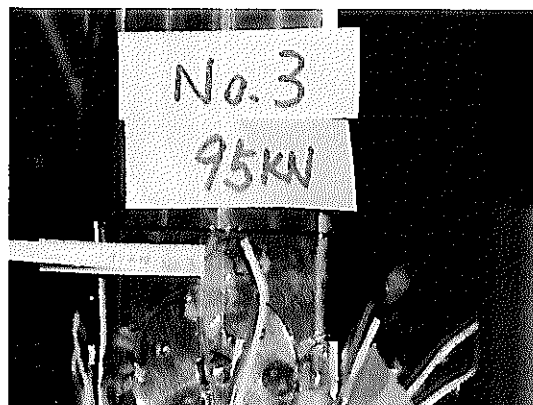


写真5.1.16 No. 3引張試験(6)

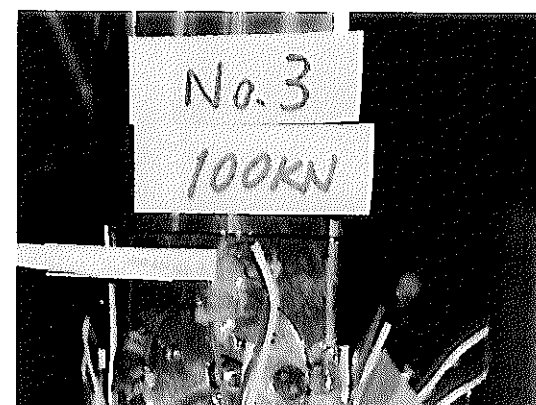
嵌合部



90 kN



95 kN



100 kN

拡大

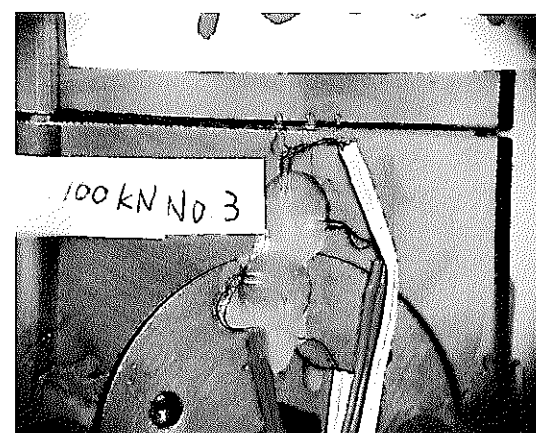
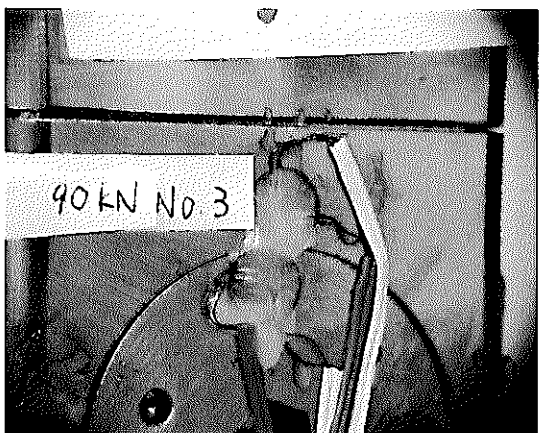
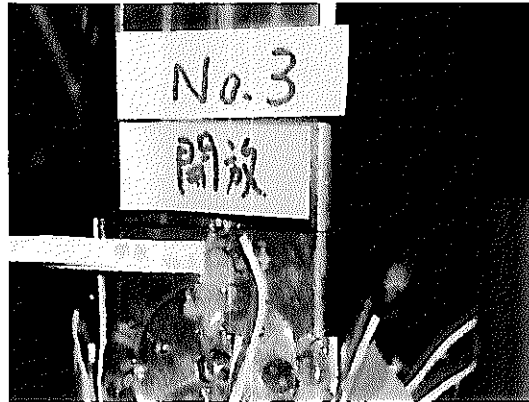


写真5.1.17 No. 3 引張試験(7)

嵌合部



開放時

拡大

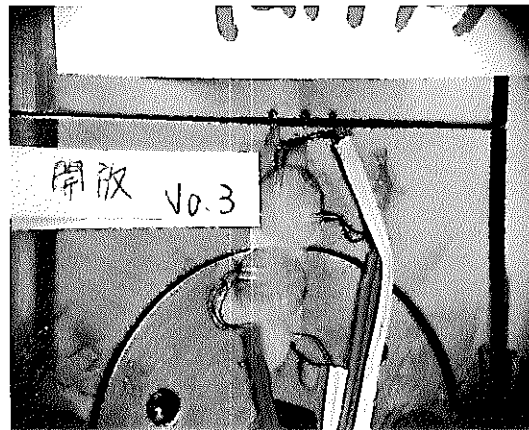
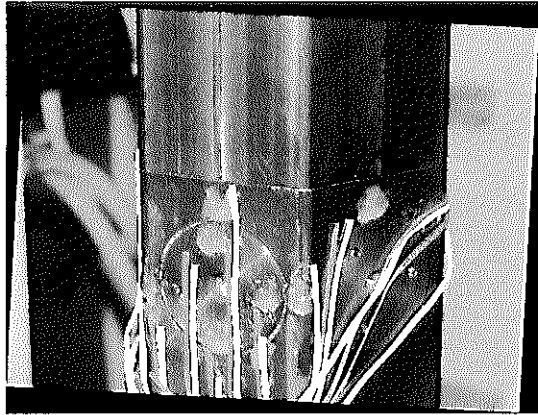


写真5.1.18 No. 3引張試験(8)

嵌合部



0 kN



100 kN



開放時

拡大

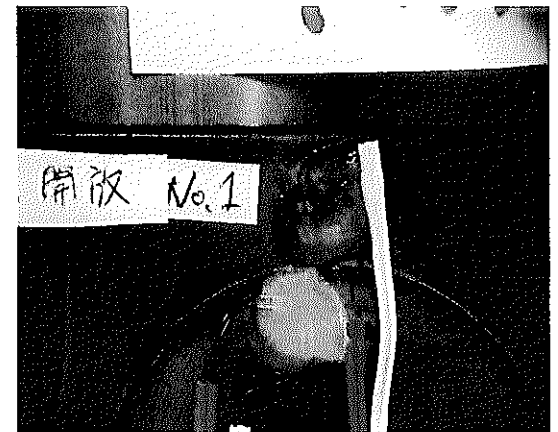
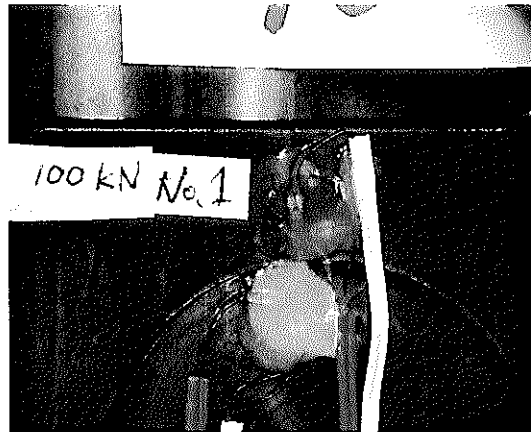
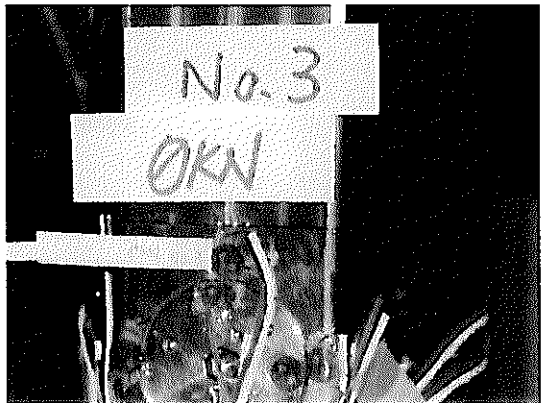
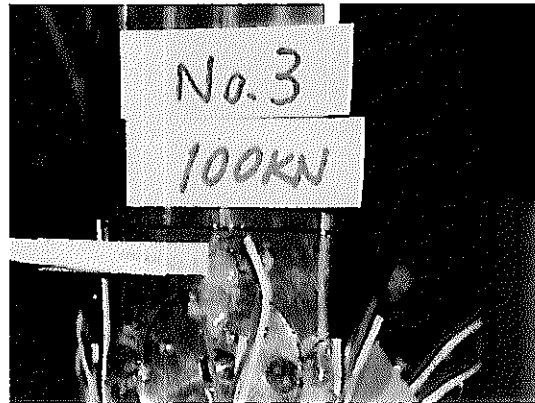


写真5.1.19 No. 1引張試験 (一部)

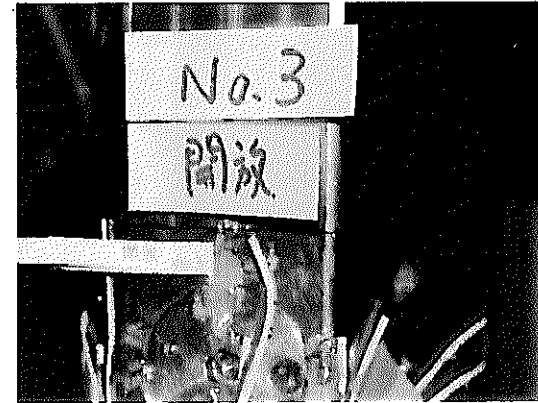
嵌合部



0 kN



100 kN



開放時

拡大

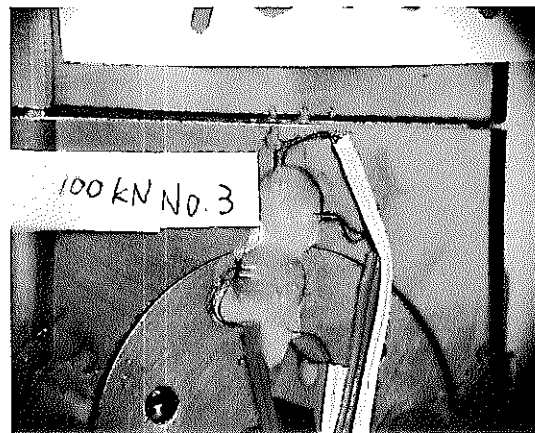


写真5.1.20 No. 3引張試験 (一部)

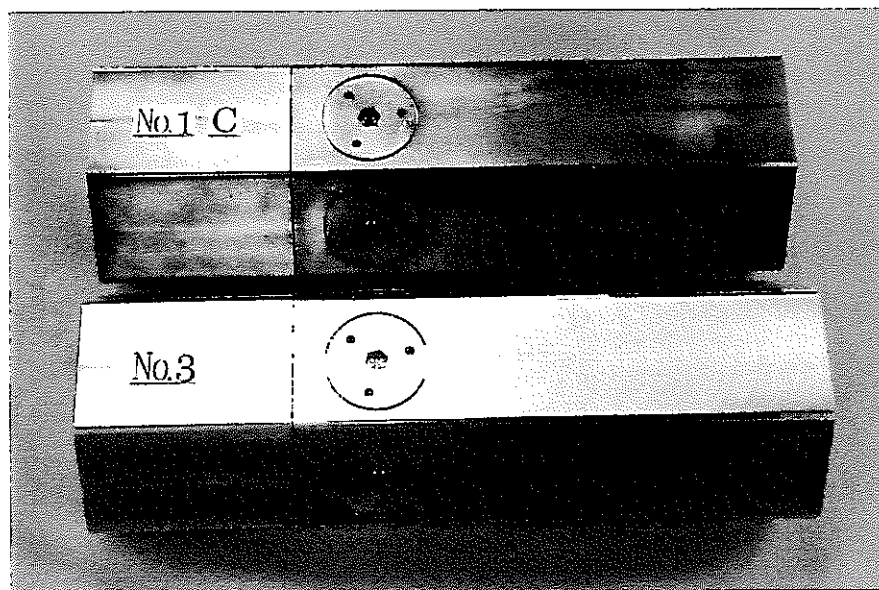
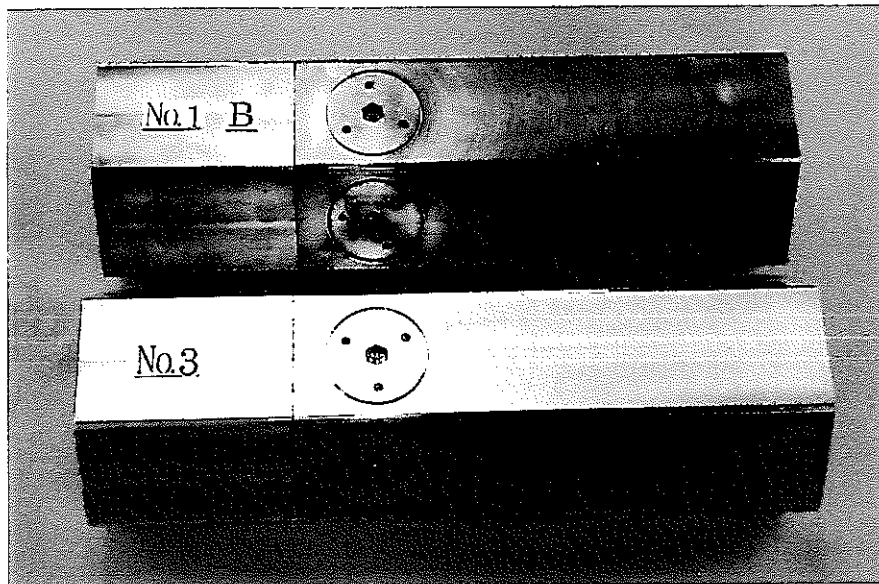
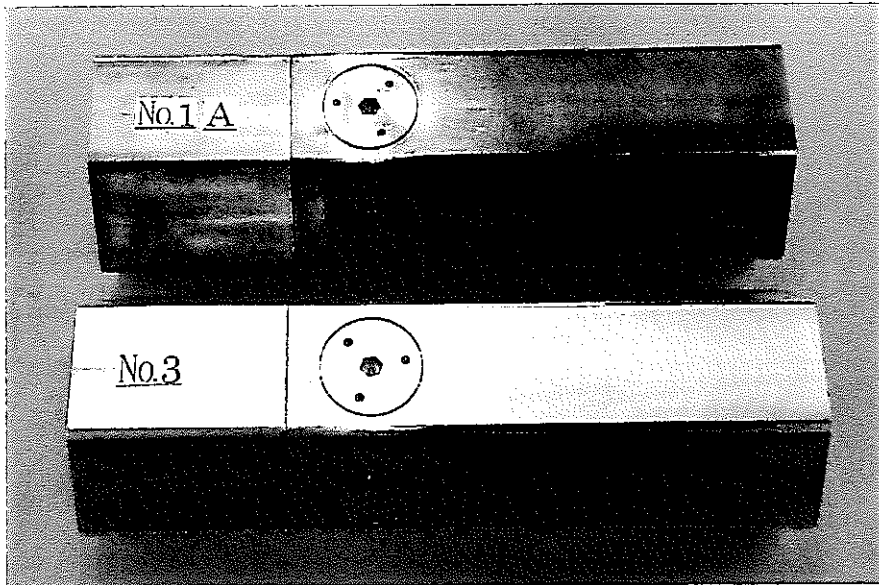


写真5. 1. 21 引張試験後外観（全体）-1

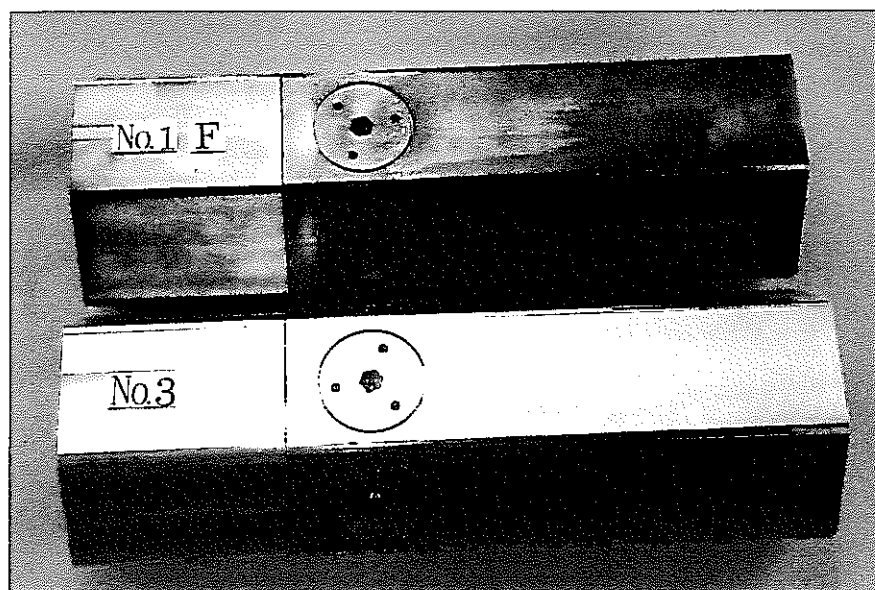
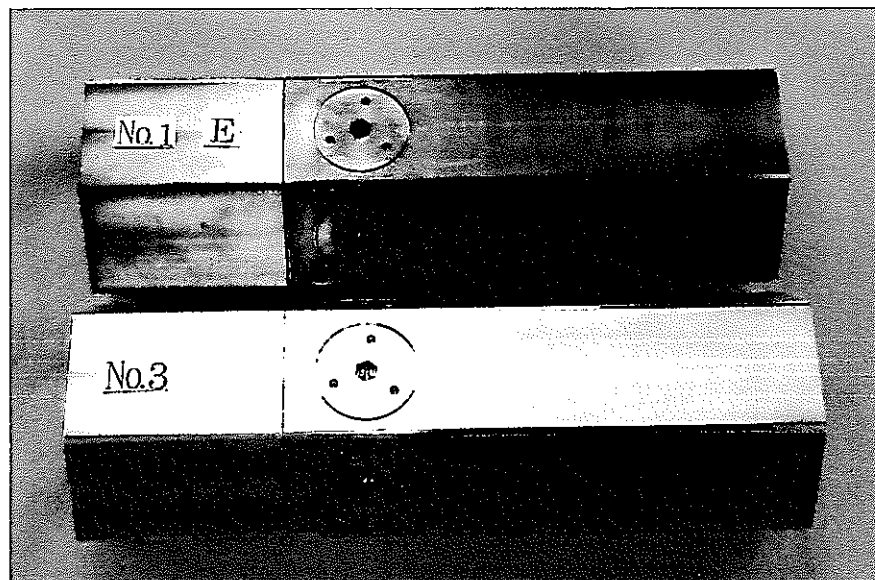
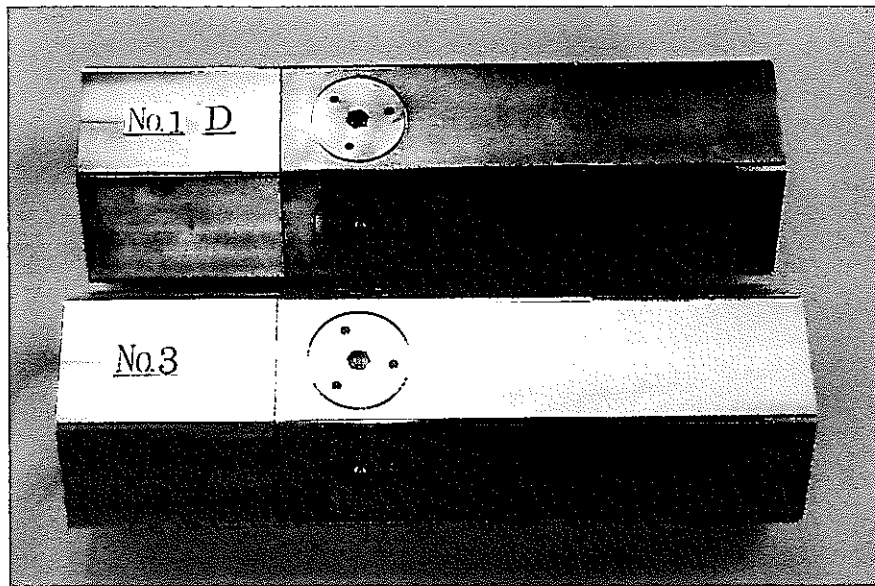


写真5. 1. 22 引張試験後外観（全体）-2

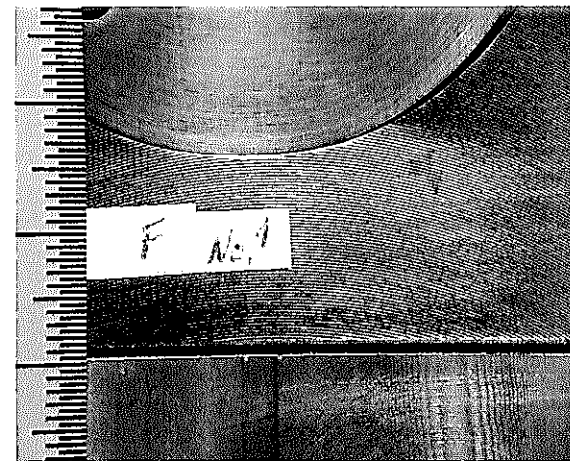
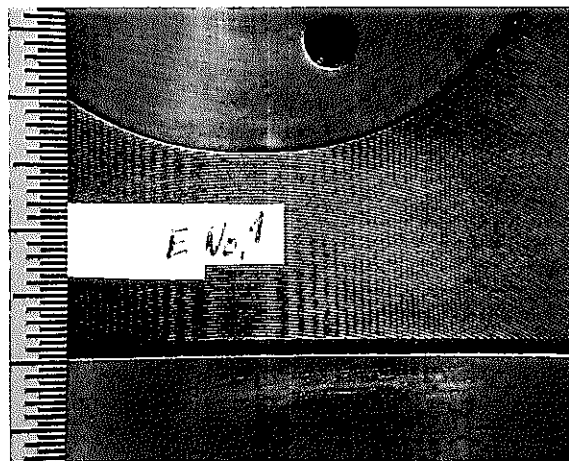
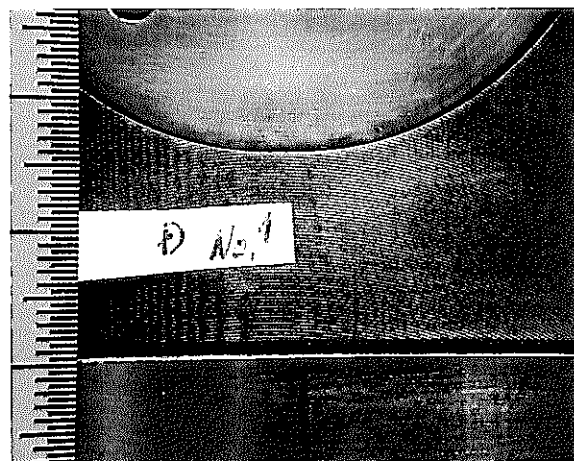
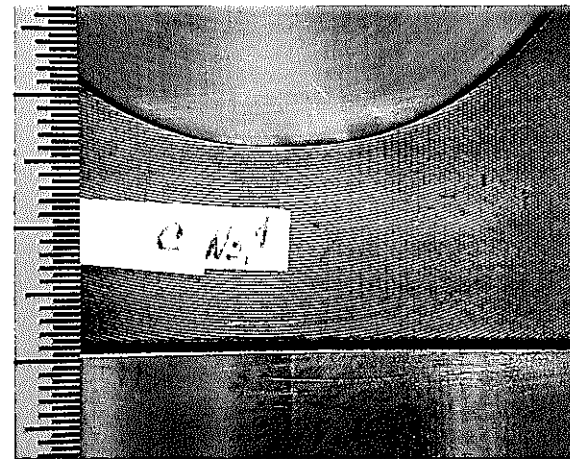
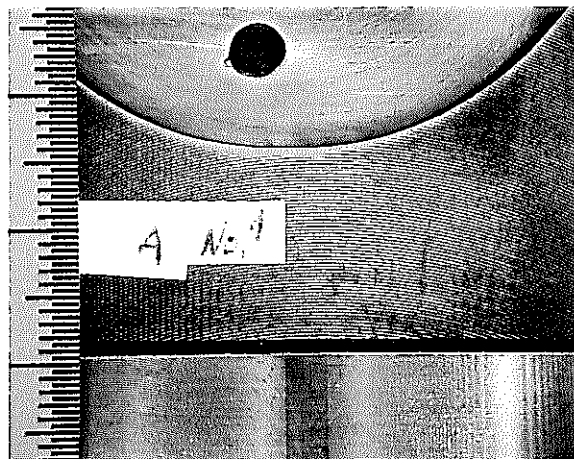


写真5.1.23 引張試験後外観 (No. 1 拡大)

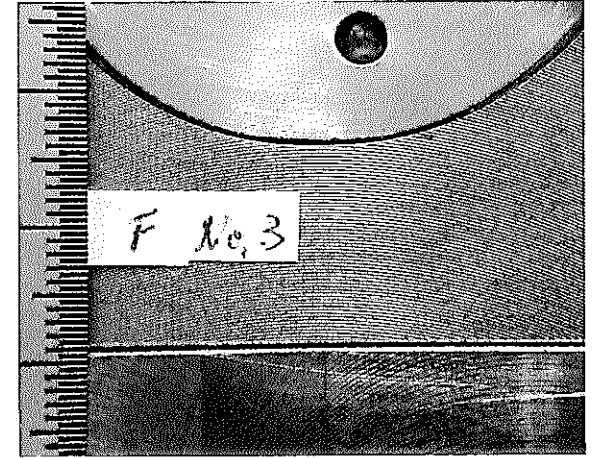
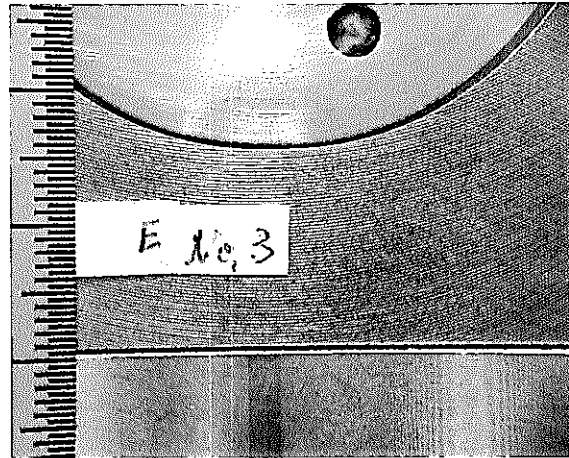
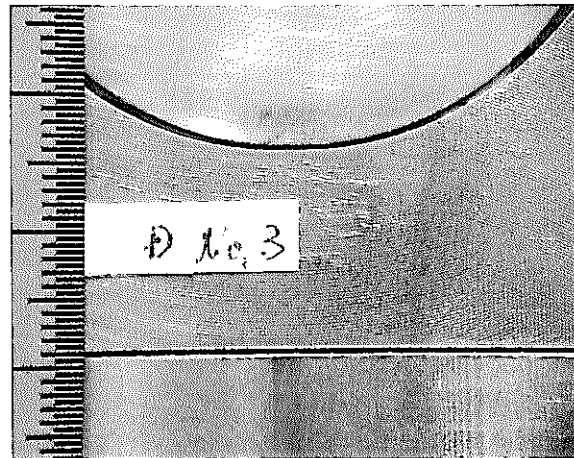
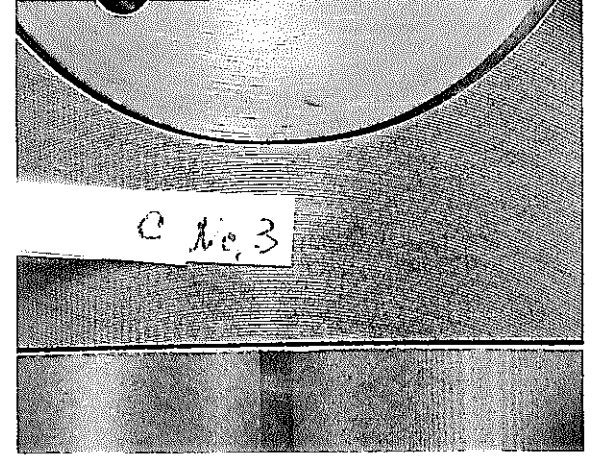
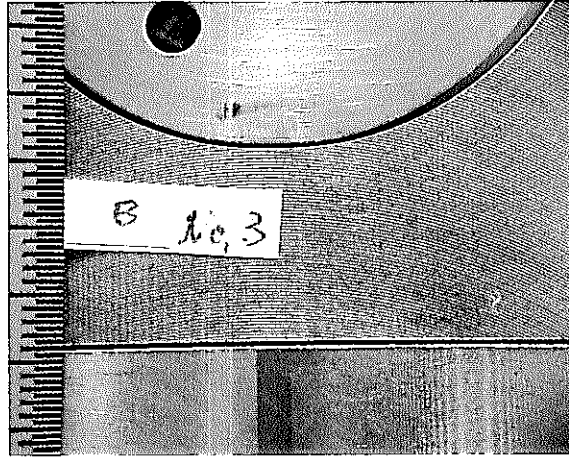
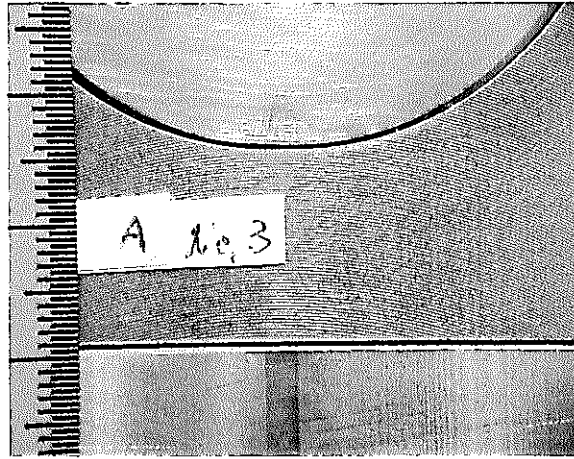
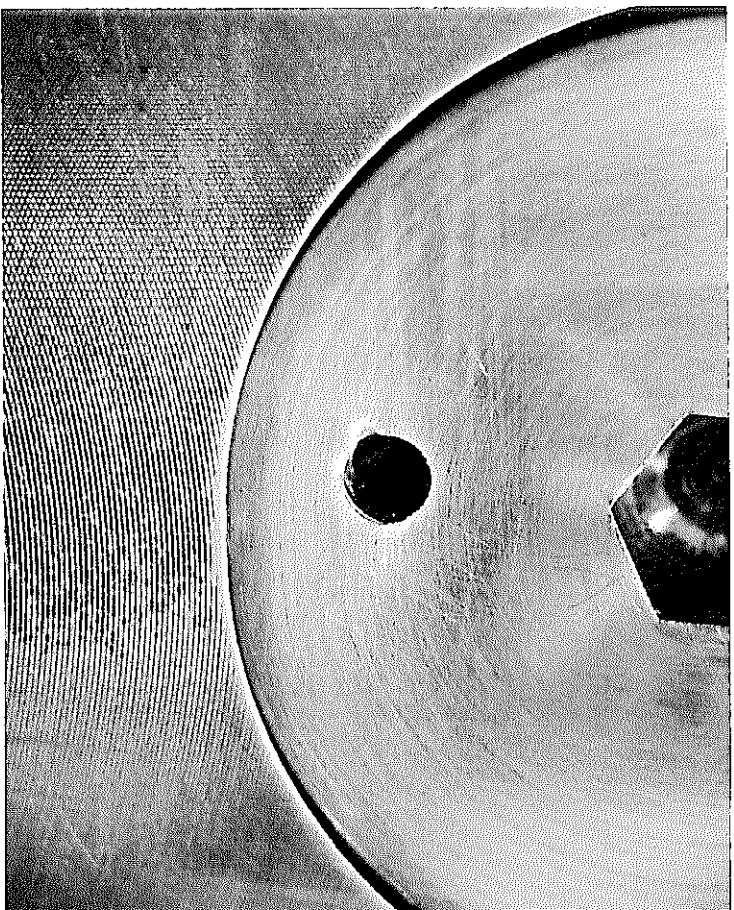
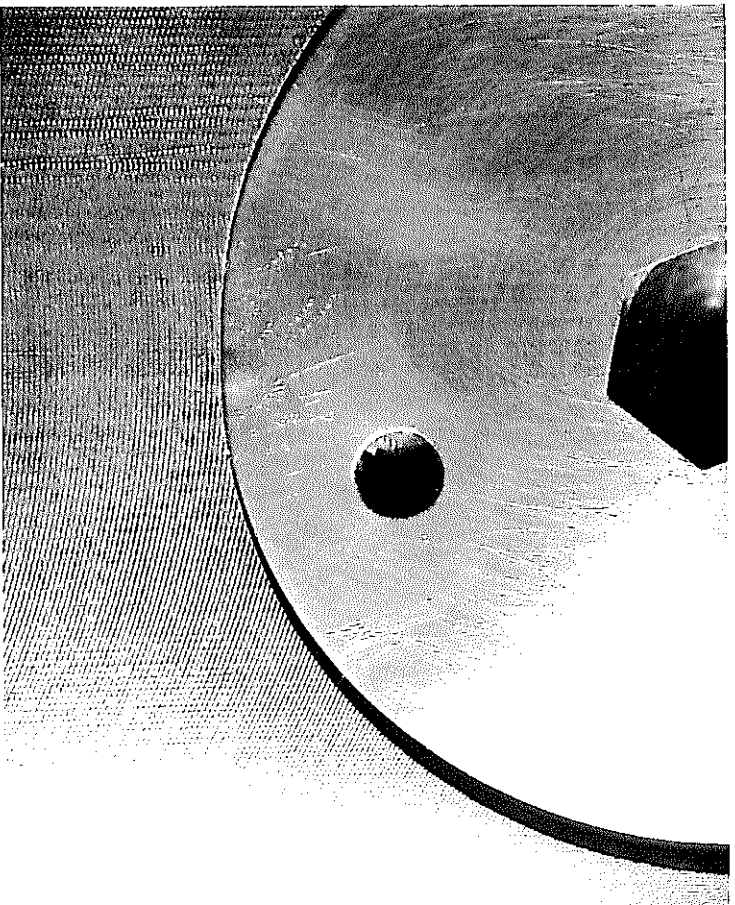


写真5.1.24 引張試験後外観 (No. 3 拡大)



(A面)



(B面)

写真5.1.25 ねじ部変形状況 (No.1)

断面金相試験 (熱サイクル処理品, 引張試験試料)				契約名		「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2				
試料 No.	No. 1	判定	合格	検査者	日付	'99.3.11	承認者	日付	'99.3.11	
試料No. 1-①										
試料No. 1-①-A				試料No. 1-①-B				試料No. 1-①-C		
倍率 ×5				倍率 ×5				倍率 ×5		

写真 5.1.26 断面金相試験(熱サイクル処理品,引張試験試料)

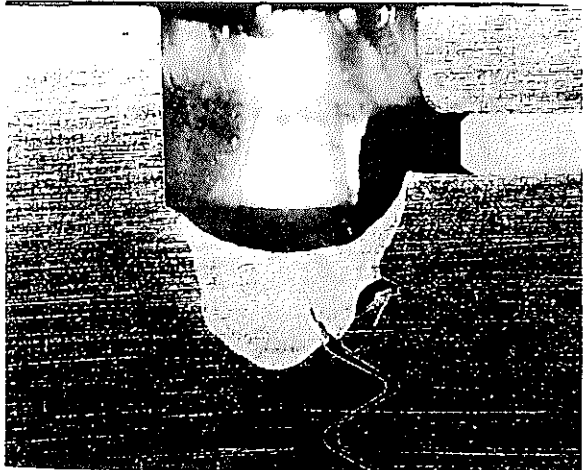
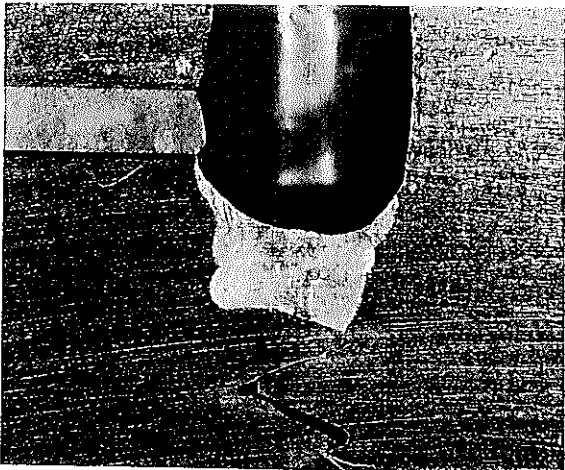
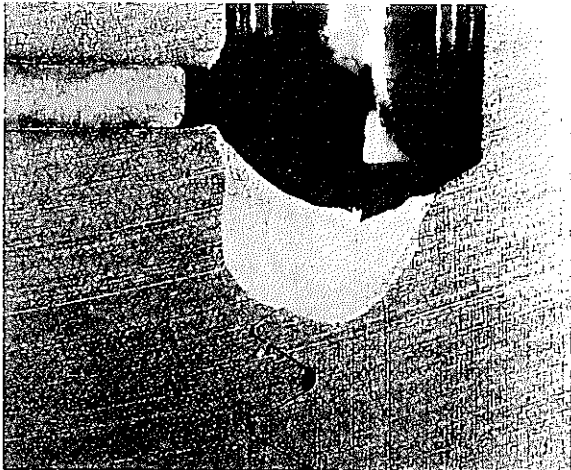
断面金相試験 (熱サイクル処理品, 引張試験試料)				契約名		「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2				
試料 No.	No. 1	判定	合格	検査者	日付	'99. 3. 11	承認者	日付	'99. 3. 11	
試料No. 1-②		倍率×10		試料No. 1-②'		倍率×10		試料No. 1-③		倍率×10
										

写真 5.1.27 断面金相試験(熱サイクル処理品,引張試験試料)

断面金相試験 (非熱サイクル処理品, 引張試験試料)				契約名		「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2					
試料 No.	No. 3	判定	合格	検査者	(印)	日付	'99.3.11	承認者	(印)	日付	'99.3.11
試料No. 3 - ①											
試料No. 3 - ① - A				試料No. 3 - ① - B				試料No. 3 - ① - C			
倍率 x 5				倍率 x 5				倍率 x 5			

写真 5.1.28 断面金相試験(非熱サイクル処理品, 引張試験試料)

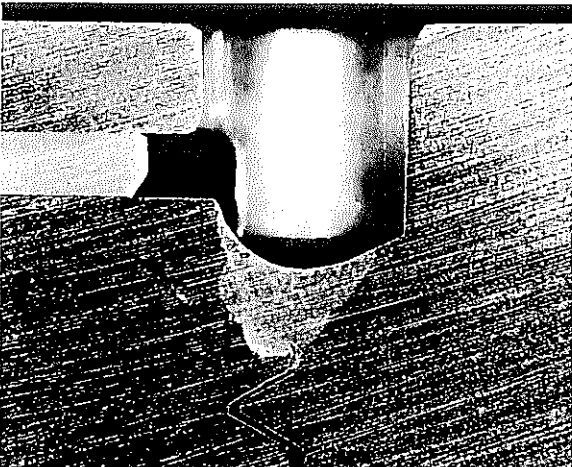
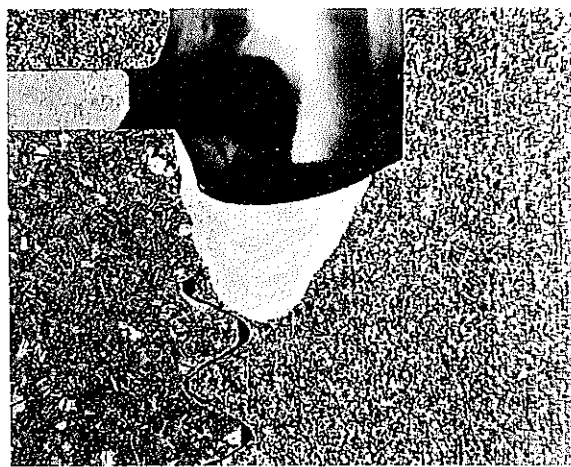
断面金相試験 (非熱サイクル処理品, 引張試験試料)				契約名		「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2							
部品 No.	No. 3	判定	合格	検査者	相 木	日付	'99.3.11	承認者	相 木	日付	'99.3.11		
試料No. 3-①			試料No. 3-②			倍率×10			試料No. 3-③			倍率×10	
													

写真 5.1.29 断面金相試験(非熱サイクル処理品,引張試験試料)

5. 2 曲げ強度試験

以下に今回使用した試験条件等の概要を示す。

- 製造メーカー及び型式名：島津製作所 島津オートグラフ AG-100kNG
- 負荷容量：100kN
- 試験速度：1mm/s
- 荷重負荷面：A面
- 試験試料：No.2（熱サイクル試験試料）、No.4（非熱サイクル試験試料）

2.3.3に従い1999年2月24日に曲げ試験を実施した。写真5.2.1に試験状況を示す。試験は、No.2→No.4の順で実施した。

5. 2. 1 曲げ強度試験結果

(1) 試験結果概要

試験開始後、曲げ荷重を負荷する治具によりラップ管がラップ管形状を保持する治具に接触するまでつぶれて行くが、この間も試料全体は曲がっている。(曲げ変位の中にラップ管のつぶれも含まれる。)

曲げは、D面の嵌合部を支点にして曲げが進行していく。曲げはA面固定ネジに引張試験時と同じ様な変化を与えながら進行して行く。すなわち、固定ネジつば部とラップ管ザグリ部との間にあった隙間が狭まって行き、固定ネジがラップ管に密着した後は、固定ネジつばがラップ管ザグリの形状に沿って変形して行く。尚、固定ネジとラップ管の密着時荷重については正確には確認出来なかった。嵌合部隙間は、固定ネジとラップ管が密着して行くに従って逆に大きくなって行く。

以下に各観点から強度試験結果を述べる。

(2) 外観

写真5.2.2～5.2.8にNo.2曲げ試験時の、写真5.2.9～5.2.16にNo.4曲げ試験時の試料全体及びA面拡大写真を示す。尚、写真は5kN毎に歪み測定と同時に撮影した。又、写真5.2.17及び5.2.18にNo.2及びNo.4それぞれの試験開始前-荷重100[kN]時-荷重解放時の写真を示す。

写真5.2.2～5.2.16に示したA面拡大写真によれば、ラップ管と固定ネジつば部の隙間が小さくなってゆく反面、固定ネジ嵌合部隙間が大きくなってゆく様子がわかる。

写真5.2.19～5.2.20に引張試験後の各種外観写真を示す。尚、写真5.2.19及び写真5.2.20では、上部に配置されているNo.2（熱サイクル試験試料）がNo.4（非熱サイクル試験試料）に比べ小さく見えるが、これは、斜め上方より撮影した事による為であり、実際には後述する様に、0.1mm程度(表5.2.5に示す。)しか差がない。

写真5.2.21No.2 A面と写真5.2.22No.4 A面を比較すれば、No.4 A面の嵌合部隙間が若干大きくなっている事がわかる。

写真5.2.23に固定ネジつば表面部が変形している様子を示す。写真は、No.4のA面とB面である。つば部の変形状況は各面で異なり、D面ネジの上部(ラップ管側)にもA面とほぼ同じ変形が予想されたが、実際にはA面及びB面ほど大きな変形は見られなかった。尚、変形した理由は、先述の通り、つば部の一点に圧縮荷重を受けた為変形していると考えられる。

写真5.2.24及び5.2.25に各試験試料の曲がり状況を示した。

写真より、No.2及びNo.4共通してA面は試験試料両端を支点にして弓なりになっており、D面はネジ部付近を頂点として弓形に変形している。

試験終了時(100[kN])における明らかな変形箇所は以下の通りである。

- ① A面を頂点として試験試料全体が弓なりに変形した。

- ② A面及びB面固定ネジつば下側端面にコブ状の変形が見られる。
- ③ D面を除いた嵌合部の隙間が大きくなる。
- ④ A面固定ネジのエントランスノズル側とラップ管ザグリの隙間が小さくなる。
- ⑤ A面固定ネジのラップ管側とラップ管ザグリの隙間が大きくなる。

(3) 荷重-変位

試験試料No.2及びNo.4の曲げ強度試験時の「荷重-変位線図」を図5.2.1及び図5.2.2に、表5.2.1に「各荷重における変位量」を示す。又、図5.2.3にNo.2とNo.4の変位を比較したグラフを示す。

表より、No.2試料は最大荷重100[kN]において、7.975[mm]変位しており、No.4は8.539[mm]変位した事が分かる。

変位の過程を観察すると、No.2は5[kN]までに8[%]程度変位した以降はほぼ直線的に100[kN]まで変位している。又、No.4も5[kN]で5.8[%]程度変位し、その後、5[kN]毎の変が4.5[%]程度で安定した後、No.2は75[kN]、No.4は60[kN]から、変位率が5[%]台に若干上昇した。

よって、No.2及びNo.4共に試験試料は、60~75[kN]で塑性変形を開始したと考えられる。言い換えれば、55~70[kN]が本試験試料の弾性限界であると言える。この結果は、外観で試験後の変形が確認された事と一致する。

尚、グラフがノコギリ状に変位しているのは、5[kN]毎に試験を一時停止した影響である。

尚、図5.2.3によれば、No.2とNo.4では傾きが違う事が分かるが、この差が、熱サイクルの影響なのか、試験試料の個体差なのかは確認出来なかった。

(4) 荷重-歪み

図5.2.4及び、図5.2.5にNo.2及び4におけるX方向(縦歪み)「荷重-歪み線図」を、又、図5.2.6及び、図5.2.7に同試料のY方向(横歪み)を示し、表5.2.2及び、表5.2.3に、それぞれの荷重における歪みと変位量を示す。歪みの測定は、5[kN]毎に測定し100[kN]を荷重した後、荷重を開放した状態でも測定した。尚、No.2、No.4いずれの場合も、曲げ試験時に、②測定点(A面ラップ管側ネジつば部)に貼り付けた歪みゲージが断線等により、歪みが得られなかったり、明らかに異常なデータを示した為、表及び図中に示していない。

表5.2.4にNo.2及びNo.4のX、Y方向それぞれにおいて曲げ試験歪みが大きい箇所を示す。

表5.2.4 曲げ試験歪みが大きい箇所

X方向		Y方向	
No.2	No.4	No.2	No.4
1) A面固定ネジのエントランスノズル側つば部:③	→	→	→
2) D面のラップ管側固定ネジつば部:⑨	→	→	→
3) B面固定ネジのエントランスノズル側つば部:⑭	→	→	→
4) D面のラップ管最小断面積部:⑱,⑲	→	⑱のみ	→
5) C面固定ネジのエントランスノズル側:⑮	—	ラップ管C面-D面コーナー:⑧	—

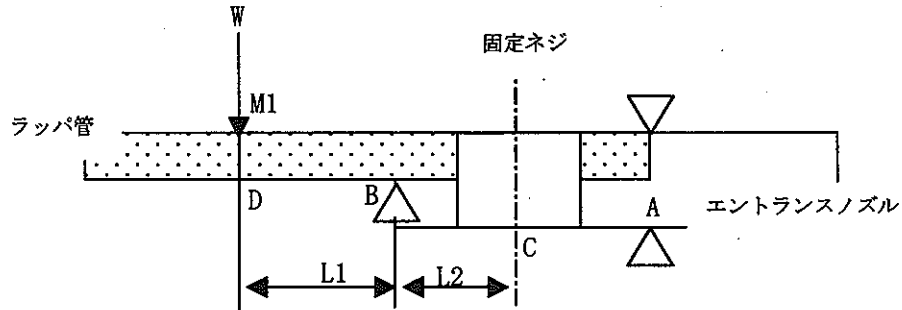
表よりNo.2及びNo.4は、ほぼ同じ傾向になっている事が分かる。本結果では、引張試験時とは異なり、ラップ管部分に残留歪みが見られた事が特徴的で、荷重作用面A面の反対側であるB面ラップ管コーナー部(最小断面積になる部分)に歪みが出ている事が分かる。

これは、引張試験では嵌合部へ直接荷重が負荷されるのみであるが、曲げ試験は「片持ち梁」状になっている事から、引張試験と同じ負荷荷重においてより強い歪みや変位が見られる為と考えられる。

実際に発生したと考えられる最大曲げモーメントM1を算出する。今回の試験では、嵌

合部より約 185[mm]の位置に荷重を荷重した。そのラップ管の内部には嵌合部より 102.1 [mm]の所までエントランスノズルの嵌合部が存在している事を考慮し、以下算出する。

曲げ強度試験状況を以下の様に仮定して各モーメント M を算出する。



(No. 2)

エントランスノズル先端(B)から荷重作用点(D)までの距離 $L1 : 184.6 - 102.1 = 82.5$ [mm]

エントランスノズル先端(B)から固定ネジ中心(C)までの距離 $L2 : 63$ [mm]

負荷荷重 $W : 100$ [kN]

最大モーメント $M1$ は、以下で表される。

$$M1 = WL1 = 100 \times 82.5 = 8250 [\text{kNmm}]$$

(No. 4)

エントランスノズル先端(B)から荷重作用点(D)までの距離 $L1 : 185.5 - 102.1 = 83.4$ [mm]

エントランスノズル先端(B)から固定ネジ中心(C)までの距離 $L2 : 63$ [mm]

負荷荷重 $W : 100$ [kN]

最大モーメント $M1$ は、以下で表される。

$$M1 = WL1 = 100 \times 83.4 = 8340 [\text{kNmm}]$$

よって、今回の曲げ強度試験では、100[kN]荷重負荷時に試料全体に 8250～8340 [kNmm]のモーメントが負荷されたことになる。これは、後述する S2 地震時に発生するモーメント 3310 [kNmm]の約 2.5 倍である。又、引張試験は、100[kN]の荷重を負荷した場合の最大モーメントも 100 [kNmm]であるので、強度試験時のネジ接合部への影響力では曲げ強度試験の方がより大きい事が分かる。

(5) 寸法

表 5.2.5 に寸法測定結果を示す。

表より、試験試料全長①はA面側とF面側でいずれも試験前に比べ大きくなっているが、本来同じ長さであった両者の長さが約 0.3 [mm]変化している事が分かる。

嵌合部から固定ネジまでの長さ③及び④は、曲げ荷重により圧縮荷重が負荷された面であるD面とE面が小さくなり、C面も曲げ荷重により引っ張り荷重が負荷された面であるA面、B面、F面より変化が小さくなっている。

嵌合部隙間⑤はD面を除いて大きくなった。これは、D面の嵌合部を支点にして曲げが進行した事を示している。

固定ネジつば部とラップ管ザグリ部の隙間⑥は、エントランスノズル側を示す A-1, B-1 … F-1 がそれぞれ小さくなり、ラップ管側は大きくなっている。本来は、前述の様に嵌合

部から固定ネジまでの長さ③及び④などの測定結果が示す様に、D-2は0かそれに近い値になっているはずであるのになっていない原因としては、荷重歪み線図(図5.2.4~5.2.7)が示す様に荷重解放時にスプリングバックした為であると考えられる。

表5.2.6に試験後試験試料を定盤上に置きその際の高さの変化について示し、このデータを元に作成した変形量を図5.2.8及び5.2.9に示した。尚、図は、ネジ部(150[mm])を基準にプロットした。

以下に各測定点の説明を以下に示す。

- ①0~100[mm] : エントランスノズル
- ②100[mm] : 嵌合部
- ③150[mm] : 固定ネジ部
- ④200[mm] : ラップ管内のエントランスノズル先端付近
- ⑤300[mm] : 荷重負荷点の約15[mm]後方

表5.2.6より、曲げ試験試料中の最大変形面は、No.2及びNo.4ともにD面であり、共に約1.2[mm]程度変形している。この変形量は、曲げ試験前は、試験試料表面は平面であったと仮定した場合の変形量であり、各面の最大変形量と最小変形量の差をその面の最大変形量としている。よって、100[kN]の荷重を負荷し、No.2が7.975[mm]、No.4が8.532[mm]変位した後に開放した場合、約1.2[mm]の変形が残る事を示す。又、今回測定した変形量は、嵌合部より約185[mm]の位置に100[kN]の荷重を負荷した場合であり、実機使用時にはラップ管パッド部に荷重が負荷される可能性が高い為、仮にラップ管パッド部へ100[kN]の荷重が負荷された場合、ラップ管のたわみ等でかなりの荷重が吸収され結果的に本結果ほどは変形しないものと考えられる。

図5.2.8及び5.2.9より、No.2、No.4共にB、F面及びC、E面はほぼ同じ変形をしている。これに対してA面及びD面は特に大きく変形している事が分かる。

固定ネジ付近(150[mm])で凹凸がみられる。これは、試験試料全体は曲げにより自然と弓なりに変形しようとするが、固定ネジがラップ管を抑える方向に拘束している効果が現れている。

200[mm]の地点以降で傾きに変化している傾向が見られるが、0~200[mm]付近までは、エントランスノズル先端がラップ管内部に入っている事及び、固定ネジで外径を拘束されている為変形しづらく、200[mm]以上になると、これらの効果が無くなってくる為比較的急に変形しているものと考えられる。

尚、寸法測定結果上は、熱サイクル試験試料No.2と非熱サイクル試験試料No.4で、各項目で大きさに若干の差は見られたものの誤差範囲内であり、熱サイクルの有無に起因する変化は認められなかった。

(6) 断面金相確認結果

試験後、図5.2.10、5.2.11に示した箇所の断面金相サンプルを作成し、写真5.2.26~5.2.31に示した写真を得た。

写真5.2.27のNo.2-②の回転止め溶接部箇所のネジ部にクラックが発生している事がわかるが、クラックは回転止め溶接ビードの表面までは達していない為、100[kN]の荷重が負荷された後でも健全であると言える。

また、写真5.2.27、28、29、31にそれぞれ示した固定ネジの変形状況を断面から観察した試料①及び④によれば、No.2及びNo.4共に試料①(A面側)の嵌合部に隙間がある反面、試料④(D面側)の嵌合部が密着している様子が観察された。

また、写真5.2.26のNo.2-①-B及びCで、嵌合部側のラップ管がエントランスノズル嵌合面より若干離れている。又、固定ネジつば部も若干変形している(固定ネジつばとラップ管の間にバリがある為隙間が見えにくい)。又、程度は小さいものの、写真5.2.29のNo.4-①-C視野のラップ管とエントランスノズル嵌合面にも若干の隙間があると考えられる。(隙間がバリで埋まっている。)

写真 5. 2. 28 の No. 2 -④-A 視野では、ラップ管側の固定ネジつば部が若干変形して様子が観察された。

写真 5. 2. 27 の No. 2 -③及び写真 5. 2. 30 の No. 4 -③は、ラップ管内面(嵌合部より 102.1[m]付近)の様子である。本箇所は、曲げ荷重負荷時にエントランスノズル嵌合部上部がラップ管接触した箇所である。

No. 2 及び No. 4 共にエントランスノズル嵌合部(先端)上部が押しつけられた跡が確認された。

尚、断面金相上は、熱サイクル試験試料 No. 2 と非熱サイクル試験試料 No. 4 で変形の見え方に差があったが、金相位置を厳密にそろえる事は難しい為、この差に熱サイクル試験の影響が出ているか否かは確認出来なかった。

5. 2. 2 曲げ強度試験結果の考察とまとめ

(1) 設計基準値と曲げ強度の比較

設計上、この部位にかかる曲げ荷重は、S2 地震時に発生するモーメント 3.31×10^6 [Nmm] (*4) である。先に算出した No. 2 及び No. 4 の最大モーメント M1 は $8.25 \times 10^6 \sim 8.34 \times 10^6$ [Nmm] である。よって、S2 地震時に発生するモーメント : 3.31×10^6 [Nmm] は以下で表す事が出来る。

尚、M1 は安全側をみて No. 2 の最大荷重 M1 : 8.25×10^6 [Nmm] を採用する。試験荷重 W は、100 [kN] とする。

$$\begin{aligned} \text{相当試験荷重[kN]} &= \frac{S2}{M1} \times W \\ &= \frac{3.31 \times 10^6}{8.25 \times 10^6} \times 100 \\ &= 40.12 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

よって、S2 地震時に発生するモーメント : 3.31×10^6 [Nmm] は、本曲げ試験における 40.12 [kN] 時と同等であるとする。前述した通り、本試験の結果、弾性限界荷重は、55~70 [kN] であるので、設計上の条件を十分満たしている事が確認された。

尚、今回実施した曲げ試験における歪みの測定は、5 [kN] 毎に測定をしているので、安全をみて 45 [kN] 時の変位及び、歪みを確認する。

45 [kN] 時の変位量は、No. 2 : 3.633 [mm]、No. 4 は 3.493 [mm] であった。

45 [kN] 時の歪みから応力を算出する。

歪み ε_x 及び ε_y から応力 σ_x 及び σ_y を導く式は以下の通りである。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= \frac{E}{1-\nu^2} (\varepsilon_x + \nu \varepsilon_y) \\ \sigma_y &= \frac{E}{1-\nu^2} (\varepsilon_y + \nu \varepsilon_x) \\ \sigma_z &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

ここで、

$$\left\{ \begin{aligned} E : & \text{ SUS316 の } 25^\circ\text{C における縦弾性係数 (185.4 [kN/mm}^2\text{)] (*3)} \\ \nu : & \text{ SUS316 の } 25^\circ\text{C におけるポアソン比 (0.279) (*3)} \end{aligned} \right.$$

である。以下、表 5. 2. 2 及び 5. 2. 3 より読みとった、45 [kN] における No. 2 及び No. 4 それ

それぞれの固定ネジつば部の歪み ε を用いて応力 σ を算出する。

(No.2)

45[kN]におけるゲージNo.⑨(D面固定ネジラップ管側つば部)の歪み ε は以下の通り。

軸方向歪み $\varepsilon_x: -107 \times 10^{-6}$

周方向歪み $\varepsilon_y: 18 \times 10^{-6}$

これらを用いて(3)式によりそれぞれの応力 σ_x, σ_y を算出する。

$$\sigma_x = \frac{185.4}{1 - 0.279^2} \left((-107 \times 10^{-6}) + 0.279 \times (18 \times 10^{-6}) \right)$$

$$= -0.0205 [\text{MPa}]$$

$$\sigma_y = \frac{185.4}{1 - 0.279^2} \left((18 \times 10^{-6}) + 0.279 \times (-107 \times 10^{-6}) \right)$$

$$= 0.0024 [\text{MPa}]$$

$$\sigma_z = 0$$

これらを下式に代入して合成応力 σ を得る。

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{2} \left\{ (\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 \right\}}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2} \left\{ (-0.0205 - 0.0024)^2 + (0.0024)^2 + (0.0205)^2 \right\}}$$

$$= 0.0218 [\text{MPa}]$$

この値は、SUS316 ステンレス鋼の降伏点 $S_y: 0.207 [\text{kN/mm}^2]$ (室温: *4) の 10.5% である。

(No.4)

45[kN]におけるゲージNo.③(A面固定ネジエントランスノズル側つば部)の歪み ε は以下の通り。

軸方向歪み $\varepsilon_x: -278 \times 10^{-6}$

周方向歪み $\varepsilon_y: 76 \times 10^{-6}$

これらを用いて(3)式によりそれぞれの応力 σ_x, σ_y を算出する。

$$\sigma_x = \frac{185.4}{1 - 0.279^2} \left((-278 \times 10^{-6}) + 0.279 \times (76 \times 10^{-6}) \right)$$

$$= -0.0516 [\text{MPa}]$$

$$\sigma_y = \frac{185.4}{1 - 0.279^2} \left((76 \times 10^{-6}) + 0.279 \times (-278 \times 10^{-6}) \right)$$

$$= -0.0003 [\text{MPa}]$$

$$\sigma_z = 0$$

これらを下式に代入して合成応力 σ を得る。

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\frac{1}{2} \{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2\}} \\ &= \sqrt{\frac{1}{2} \{(-0.0516 + 0.0003)^2 + (-0.0003)^2 + (0.0516)^2\}} \\ &= 0.0515[\text{MPa}]\end{aligned}$$

この値は、SUS316 ステンレス鋼の降伏点 $S_y: 0.207 [\text{kN/mm}^2]$ (室温: *4) の 25[%] である。

また、上記に従い、曲げ試験時に得られた歪みから各荷重における各測定個所の応力を表 5.2.7 及び表 5.2.8 に示し、それを元に作成したモーメントと応力の関係を図 5.2.12 及び 5.2.13 に示したこれらより、上記にて算出した固定ネジ部以外の歪み測定個所も十分な強度を持つ事が確認された。

(2) 熱サイクル試験の影響について

各試験の結果、熱サイクル試験試料 No.2 と非熱サイクル試験試料 No.4 は、それぞれの測定項目及び観察項目において若干の差が見られるが誤差範囲であり、熱サイクルの有無に起因する差はみられなかった。

表5.2.1 各荷重における変位 (曲げ試験)

荷重 (kN)	No. 2			No. 4		
	(mm)	(個別%)	(積算%)	(mm)	(個別%)	(積算%)
0.5	0.121	1.517	1.517	0.063	0.738	0.738
1	0.181	0.752	2.270	0.123	0.703	1.442
2	0.316	1.693	3.962	0.220	1.137	2.579
3	0.450	1.680	5.643	0.313	1.090	3.669
4	0.557	1.342	6.984	0.404	1.067	4.735
5	0.661	1.304	8.288	0.497	1.090	5.825
6	0.759	1.229	9.517	0.591	1.102	6.927
7	0.850	1.141	10.658	0.678	1.020	7.947
8	0.933	1.041	11.699	0.766	1.031	8.978
9	1.013	1.003	12.702	0.851	0.996	9.974
10	1.095	1.028	13.730	0.931	0.938	10.912
11	1.182	1.091	14.821	1.012	0.949	11.861
12	1.268	1.078	15.900	1.090	0.914	12.775
13	1.352	1.053	16.953	1.164	0.867	13.643
14	1.432	1.003	17.956	1.238	0.867	14.510
15	1.509	0.966	18.922	1.310	0.844	15.354
16	1.591	1.028	19.950	1.382	0.844	16.198
17	1.666	0.940	20.890	1.453	0.832	17.030
18	1.743	0.966	21.856	1.523	0.820	17.850
19	1.820	0.966	22.821	1.594	0.832	18.683
20	1.895	4.840	23.762	1.664	0.820	19.503
25	2.278	4.803	28.564	2.048	4.501	24.004
30	2.629	4.401	32.966	2.405	4.184	28.188
35	2.964	4.201	37.166	2.758	4.137	32.325
40	3.287	4.050	41.216	3.120	4.243	36.568
45	3.633	4.339	45.555	3.493	4.372	40.940
50	3.960	4.100	49.655	3.879	4.524	45.464
55	4.287	4.100	53.755	4.228	4.090	49.555
60	4.586	3.749	57.505	4.630	4.712	54.266
65	4.969	4.803	62.307	5.104	5.556	59.822
70	5.284	3.950	66.257	5.489	4.512	64.334
75	5.654	4.639	70.897	6.019	6.212	70.546
80	6.045	4.903	75.799	6.490	5.520	76.067
85	6.559	6.445	82.245	6.895	4.747	80.813
90	6.939	4.765	87.009	7.406	5.989	86.803
95	7.453	6.445	93.455	8.073	7.818	94.620
100	7.975	6.545	100.000	8.532	5.380	100.000

表5.2.2 No. 2 曲げ試験歪み
No.2 熱サイクル処理品曲げ強度試験 X方向

ゲージNo.	N0	N5	N10	N15	N20	N25	N30	N35	N40	N45	N50	N55	N60	N65	N70	N75	N80	N85	N90	N95	N100	開放
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
1	0	2	4	5	7	7	8	9	10	10	11	12	12	13	14	15	15	16	17	18	19	1
3	0	-2	-7	-13	-20	-29	-42	-58	-81	-106	-134	-159	-184	-210	-232	-254	-277	-293	-310	-328	-340	-322
4	0	-1	-6	-9	-13	-17	-21	-24	-27	-30	-32	-35	-37	-39	-41	-42	-43	-46	-49	-51	-54	-3
5	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1
6	0	1	1	2	2	3	4	6	7	9	11	13	15	18	20	23	25	27	29	31	33	10
7	0	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-2	1
8	0	-2	0	3	17	25	23	20	17	15	12	9	6	3	0	-2	-6	-13	-23	-40	-56	-25
9	0	-4	-15	-26	-40	-51	-62	-74	-91	-107	-125	-143	-162	-182	-204	-231	-265	-303	-376	-471	-567	-495
10	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-6	-14	-20	-25	0	
11	0	0	-6	-13	-19	-22	-23	-25	-27	-28	-30	-31	-32	-33	-35	-35	-33	-37	-40	-43	-46	-3
12	0	2	1	0	0	-2	-5	-8	-12	-15	-19	-23	-27	-32	-36	-40	-43	-46	-49	-49	-51	-17
13	0	8	7	7	7	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	4
14	0	4	5	5	4	2	0	-2	-6	-9	-13	-17	-21	-25	-31	-40	-64	-82	-112	-146	-176	-164
15	0	20	21	23	24	26	27	28	28	29	30	31	31	32	33	34	35	35	37	38	39	36
16	0	3	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	18	18	18	20	21	21	-1
17	0	1	3	3	4	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	12	13	14	14	2
18	0	0	0	-1	-1	-3	-7	-12	-18	-24	-29	-35	-41	-47	-53	-62	-75	-92	-119	-158	-198	-125
19	0	-1	-4	-8	-12	-15	-18	-21	-24	-28	-32	-37	-42	-46	-51	-58	-68	-83	-108	-144	-181	-115
-	0.000	0.121	1.095	1.509	1.895	2.278	2.629	2.964	3.287	3.633	3.960	4.287	4.596	4.969	5.284	5.654	6.045	6.559	6.939	7.453	7.975	

No.2 熱サイクル処理品曲げ強度試験 Y方向

ゲージNo.	N0	N5	N10	N15	N20	N25	N30	N35	N40	N45	N50	N55	N60	N65	N70	N75	N80 No.2	N85	N90	N95	N100	開放
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
1	0	0	2	4	5	7	8	9	11	12	13	14	15	15	16	17	18	19	19	20	21	6
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	3	8	12	17	22	29	38	49	62	77	92	109	127	144	164	187	203	220	237	249	238
4	0	-4	-8	-10	-11	-12	-13	-13	-14	-14	-14	-14	-14	-14	-14	-14	-13	-13	-13	-12	-12	-10
5	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-2	-3	-4	-4	-5	-6	-6	-6	-7	-7	-8	-2
6	0	-2	-3	-4	-4	-5	-6	-6	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
7	0	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8
8	0	41	60	68	72	72	80	87	93	98	104	109	115	120	126	132	138	147	158	171	184	97
9	0	0	1	4	6	8	10	12	15	18	21	23	26	29	33	37	43	50	64	83	106	98
10	0	-1	-3	-3	-4	-4	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-6	-6	-6	-6	-7	-7	-5	-2	5
11	0	-2	-4	-5	-6	-7	-8	-8	-7	-7	-6	-5	-4	-3	-2	0	0	2	5	7	9	2
12	0	1	2	3	4	4	5	5	6	6	6	7	7	8	8	8	8	8	9	9	9	5
13	0	2	5	7	9	11	12	12	13	13	14	14	15	15	15	16	17	17	18	18	18	20
14	0	-1	0	0	0	0	1	2	4	5	7	8	10	12	14	15	22	28	37	49	59	55
15	0	0	-1	-2	-2	-3	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-4	-4
16	0	0	-1	-2	-2	-2	-3	-3	-4	-4	-4	-5	-5	-6	-6	-7	-7	-8	-8	-9	-9	4
17	0	0	0	-2	-3	-4	-5	-6	-6	-6	-7	-7	-7	-8	-8	-8	-9	-9	-9	-9	-9	-3
18	0	1	2	3	3	5	6	8	11	13	15	18	20	22	25	29	37	48	67	95	123	87
19																						
-	0.000	0.121	1.095	1.509	1.895	2.278	2.629	2.964	3.287	3.633	3.960	4.287	4.596	4.969	5.284	5.654	6.045	6.559	6.939	7.453	7.975	

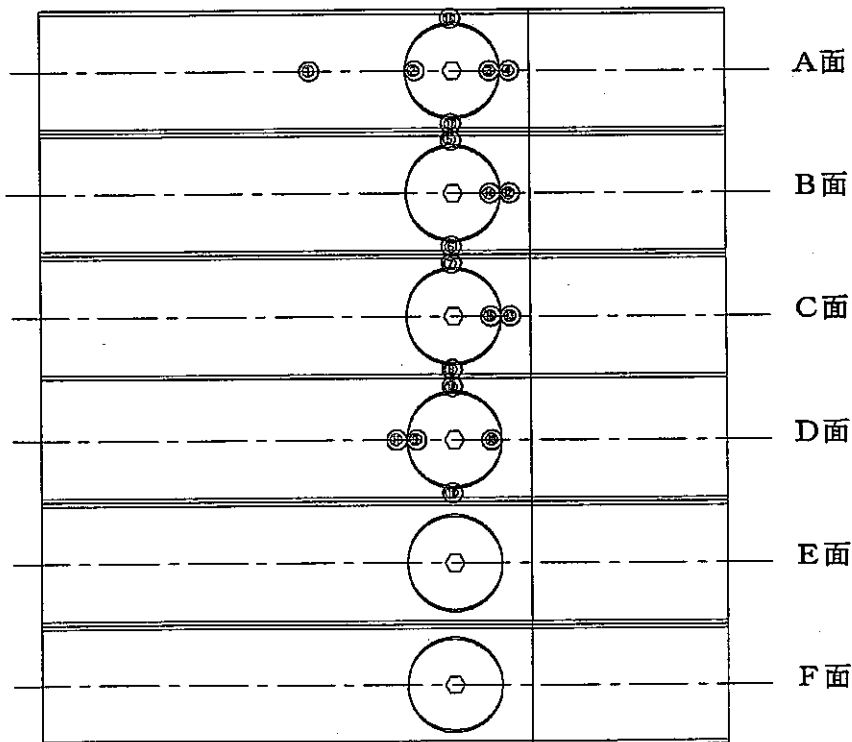


表5.2.3 No.4 曲げ試験歪み

No.4 非熱サイクル処理品 曲げ試験 X方向

—ジ#	N0	N5	N10	N15	N20	N25	N30	N35	N40	N45	N50	N55	N60	N65	N70	N75	N80	N85	N90	N95	N100	解放	
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	
1	0	2	3	4	5	6	6	7	7	8	9	9	10	11	11	12	12	13	13	14	15	-1	
2																							
3	0	-5	-15	-25	-33	-36	-39	-43	-207	-278	-332	-378	-416	-446	-473	-492	-508	-525	-542	-559	-572	-533	
4	0	-4	-11	-21	-26	-30	-35	-38	-41	-42	-44	-46	-48	-47	-47	-48	-49	-50	-51	-52	-54	5	
5	0	0	0	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	5	5	6	6	9	11	13	14	16	1
6	0	0	0	1	2	3	4	5	6	8	9	11	13	15	17	19	21	23	25	28	31	7	
7	0	-1	-2	-3	-3	-4	-4	-5	-5	-5	-5	-6	-6	-6	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-4	0	
8	0	-3	-6	-9	-12	-14	-17	-20	-22	-24	-25	-27	-28	-30	-31	-34	-37	-43	-54	-73	-97	-53	
9	0	0	-3	-11	-16	-22	-30	-37	-44	-50	-57	-65	-73	-83	-94	-108	-128	-153	-191	-246	-315	-246	
10	0	0	0	0	0	0	-1	-2	-2	-3	-5	-6	-7	-10	-15	-20	-26	-34	-45	-64	-94	-55	
11	0	0	0	-2	-3	-4	-7	-8	-10	-12	-14	-16	-18	-20	-22	-25	-28	-31	-34	-37	-40	-1	
12	0	0	0	-2	-4	-6	-9	-12	-15	-18	-21	-24	-26	-28	-30	-31	-32	-33	-34	-35	-36	1	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-3	-3	-3	-4	-4	-4	
14	0	0	0	-6	-11	-21	-32	-46	-64	-90	-117	-154	-198	-242	-292	-317	-352	-386	-417	-441	-459	-420	
15	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	3	2	-8	
16	0	2	5	8	10	13	15	17	19	21	23	26	28	31	34	38	42	47	53	60	68	22	
17	0	2	4	6	7	8	10	11	12	13	14	16	17	19	22	24	27	30	33	38	43	10	
18	0	-3	-8	-13	-16	-20	-25	-30	-35	-39	-44	-50	-55	-63	-72	-83	-98	-118	-146	-183	-221	-141	
19	0	0	-3	-7	-11	-15	-19	-23	-28	-32	-37	-42	-48	-52	-59	-69	-82	-99	-124	-159	-198	-120	
-	0.000	0.467	0.931	1.310	1.664	2.048	2.465	2.758	3.120	3.493	3.879	4.228	4.630	5.104	5.489	6.019	6.490	6.895	7.406	8.073	8.532		

No.4 非熱サイクル処理品 曲げ試験：Y方向

—ジ#	N0	N5	N10	N15	N20	N25	N30	N35	N40	N45	N50	N55	N60	N65	N70	N75	N80	N85	N90	N95	N100	解放	
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	
1	0	0	0	2	3	4	5	7	8	9	10	12	13	14	16	17	18	19	20	21	22	23	6
2	0	-1	-1	-2	-2	-3	-4	-4	-4	-5	-5	-5	-5	-5	-6	-6	-7	-7	-8	-9	-10	-4	
3	0	1	4	8	11	18	28	43	60	76	86	91	91	89	86	82	80	79	80	82	84	89	
4	0	0	-2	-3	-3	-3	-3	-4	-4	-4	-6	-7	-10	-11	-13	-14	-14	-13	-11	-9	-7	-5	
5	0	0	0	-1	-2	-3	-3	-4	-4	-5	-5	-5	-5	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-11	1	
6	0	1	1	0	-1	-2	-3	-5	-7	-8	-10	-13	-16	-18	-21	-23	-24	-25	-26	-27	-28	19	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-3	1	
8	0	7																					
9	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	1	2	4	8	9	13	19	27	41	64	92	83	
10	0	0	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-1	0	0	0	0	0	-4	
11	0	-1	-1	-2	-2	-3	-3	-3	-2	-2	-1	0	0	0	1	3	4	5	7	9	10	3	
12	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	6	-3	
13	0	1	2	3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	15	16	16	16	9		
14	0	0	1	5	8	12	17	22	28	35	46	63	88	115	140	161	179	195	207	216	222	205	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-2	-1	0	3	
16	0	-1	-1	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-15	-16	-18	-19	-21	-23	-26	-5	
17																							
18	0	1	3	6	8	10	12	15	17	19	21	23	26	30	35	43	54	69	90	118	146	104	
19																							
-	0.000	0.467	0.931	1.310	1.664	2.048	2.465	2.758	3.120	3.493	3.879	4.228	4.630	5.104	5.489	6.019	6.490	6.895	7.406	8.073	8.532		

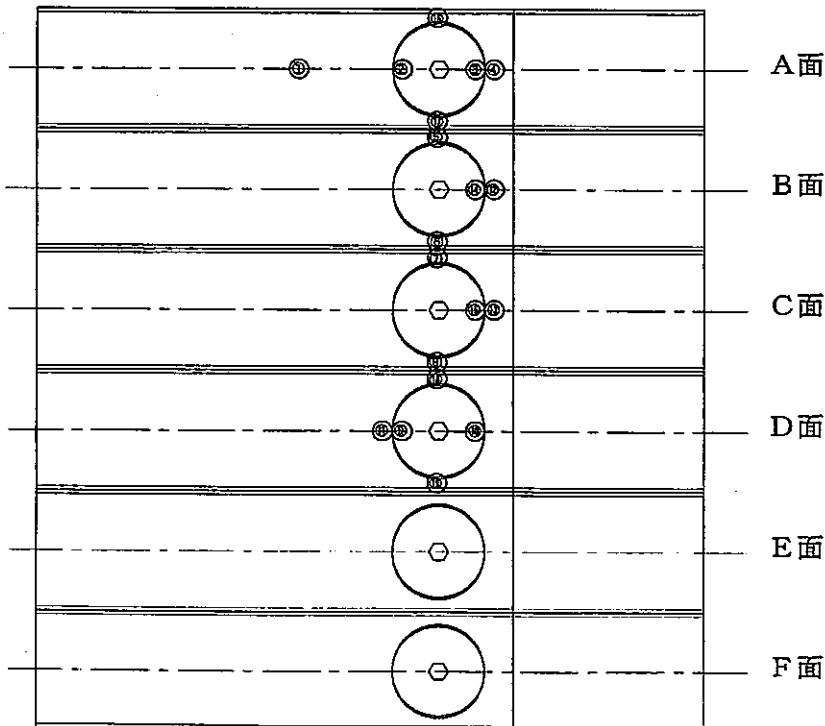


表5.2.5 曲げ強度試験後寸法測定結果

検査項目		No.2						No.4		
		組立品	熱サイクル試験	差	強度試験	差	強度試験後-組立品	組立品	強度試験	差
試験試料全長	① A	350.38	350.45	0.07	351.31	0.86	0.93	350.02	351.2	1.18
	F		350.43		350.99	0.56				
EN長さ	② A	100.31	100.32	0.01	100.47	0.15	0.16	99.77	99.91	0.14
嵌合部-固定ネジ下長さ	③ A	63.13	63.14	0.01	63.4	0.26	0.27	63.22	63.59	0.37
	B	63.12	63.15	0.03	63.27	0.12	0.15	63.08	63.28	0.20
	C	63.04	63.04	0.00	63.06	0.02	0.02	63.03	63.09	0.06
	D	63.13	63.15	0.02	62.86	-0.29	-0.27	63.14	62.75	-0.39
	E	63.06	63.05	-0.01	63.02	-0.03	-0.04	63.11	63.03	-0.08
	F	63.2	63.1	-0.10	63.34	0.24	0.14	63.05	63.38	0.33
嵌合部-固定ネジ上長さ	④ A	15.18	15.18	0.00	15.67	0.49	0.49	15.38	16.1	0.72
	B	15.23	15.25	0.02	15.39	0.14	0.16	15.19	15.72	0.53
	C	15.1	15.12	0.02	15.07	-0.05	-0.03	15.21	15.24	0.03
	D	15.18	15.21	0.03	15.04	-0.17	-0.14	15.14	15.06	-0.08
	E	15.14	15.12	-0.02	15.05	-0.07	-0.09	15.14	15.14	0.00
	F	15.22	15.21	-0.01	15.53	0.32	0.31	15.18	15.78	0.60
嵌合部隙間	⑤ A	0.03	0.11	0.08	0.8	0.69	0.77	0.18	1.25	1.07
	B	0.14	0.25	0.11	0.83	0.58	0.69	0.03	1.02	0.99
	C	0.11	0.24	0.13	0.3	0.06	0.19	0.1	0.45	0.35
	D	0.14	0.26	0.12	0	-0.26	-0.14	0.09	0	-0.09
	E	0.05	0.12	0.07	0.3	0.18	0.25	0.04	0.48	0.44
	F	0.12	0.24	0.12	0.85	0.61	0.73	0.13	1.09	0.96
固定ネジ-ラップ管隙間	⑥ A-1	0.24	0.16	-0.08	0	-0.16	-0.24	0.2	0.08	-0.12
	A-2	0.06	0.14	0.08	0.5	0.36	0.44	0.06	0.8	0.74
	B-1	0.18	0.08	-0.10	0	-0.08	-0.18	0.2	0	-0.20
	B-2	0.15	0.24	0.09	0.45	0.21	0.30	0.08	0.66	0.58
	C-1	0.09	0	-0.09	0.05	0.05	-0.04	0.15	0	-0.15
	C-2	0.22	0.3	0.08	0.25	-0.05	0.03	0.13	0.25	0.12
	D-1	0.18	0.09	-0.09	0	-0.09	-0.18	0.14	0.06	-0.08
	D-2	0.12	0.23	0.11	0.25	0.02	0.13	0.14	0.25	0.11
	E-1	0.16	0.09	-0.07	0.04	-0.05	-0.12	0.14	0	-0.14
	E-2	0.15	0.2	0.05	0.2	0.00	0.05	0.14	0.3	0.16
	F-1	0.19	0.14	-0.05	0	-0.14	-0.19	0.19	0	-0.19
	F-2	0.1	0.17	0.07	0.45	0.28	0.35	0.12	0.7	0.58
ラップ管-固定ネジ差	⑦ A	0.1138	0.114	0.00	0.0975	-0.02	-0.02	0.1488	0.2349	0.09
	B	0.1256	0.1258	0.00	0.0889	-0.04	-0.04	0.1573	0.1767	0.02
	C	0.0974	0.0886	-0.01	0.0704	-0.02	-0.03	0.1742	0.1283	-0.05
	D	0.1538	0.1495	-0.00	0.1388	-0.01	-0.02	0.1565	0.0737	-0.08
	E	0.1554	0.1582	0.00	0.1348	-0.02	-0.02	0.1757	0.1129	-0.06
	F	0.2182	0.2155	-0.00	0.1561	-0.06	-0.06	0.201	0.2114	0.01
固定ネジ対面寸法	⑧ A-D	110.05	110.03	-0.02	110.17	0.14	0.12	109.85	110.04	0.19
	反嵌合部側	109.97	109.96	-0.01	109.98	0.02	0.01	109.81	109.78	-0.03
	B-E	110	109.98	-0.02	110.1	0.12	0.10	110.01	110.27	0.26
	反嵌合部側	109.93	109.91	-0.02	109.98	0.07	0.05	109.95	110.44	0.49
	C-F	109.73	109.73	0.00	109.82	0.09	0.09	109.84	110.03	0.19
	反嵌合部側	109.71	109.7	-0.01	109.8	0.10	0.09	109.81	109.92	0.11

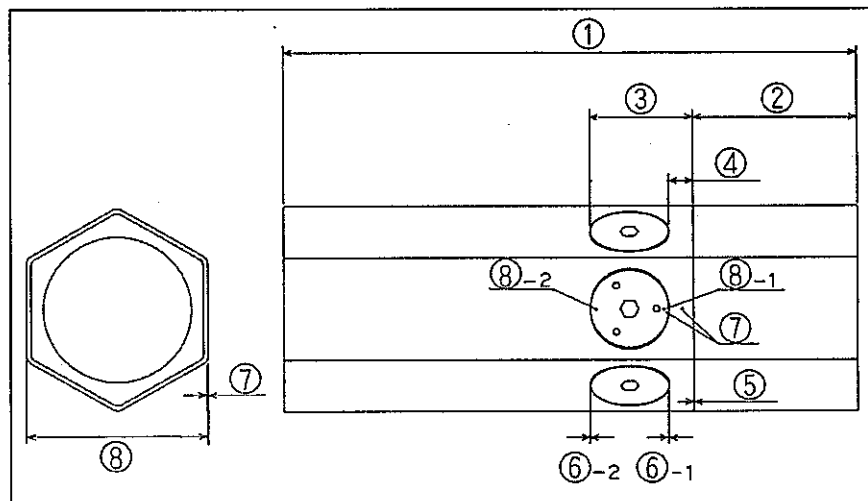


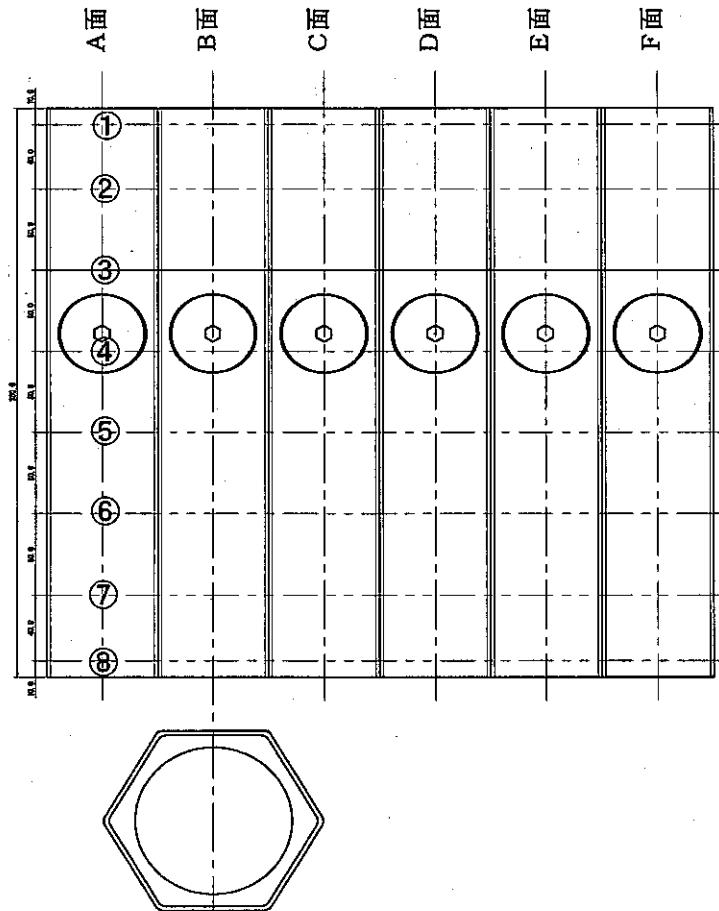
表5.2.6 曲げ試験試料各箇所における高さ(mm)

No.2

	測定箇所	測定間隔	EN先端よりの距離	A面	B面	C面	D面	E面	F面
①	EN先端	10	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
②	EN中央	40	50	0.21	0.16	-0.10	-0.35	-0.09	0.14
③	嵌合部	50	100	0.48	0.32	-0.21	-0.93	-0.19	0.30
④	ネジ部	50	150	0.35	0.25	-0.42	-1.16	-0.45	0.14
⑤	ラップ管1	50	200	0.46	0.50	-0.13	-1.02	-0.14	0.48
⑥	ラップ管2	50	250	0.20	0.35	0.02	-1.06	0.00	0.33
⑦	ラップ管3	50	300	0.02	0.31	0.17	-1.05	0.15	0.27
⑧	ラップ管4	40	340	-0.11	0.28	0.27	-1.04	0.27	0.20
変形量(最大値-最小値)				0.59	0.50	0.69	1.16	0.72	0.48

No.4

	測定箇所	測定間隔	EN先端よりの距離	A面	B面	C面	D面	E面	F面
①	EN先端	10	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
②	EN中央	40	50	0.25	0.17	-0.16	-0.49	-0.11	0.21
③	嵌合部	50	100	0.57	0.33	-0.31	-1.05	-0.20	0.42
④	ネジ部	50	150	0.45	0.21	-0.66	-1.27	-0.54	0.29
⑤	ラップ管1	50	200	0.69	0.51	-0.35	-1.08	-0.28	0.61
⑥	ラップ管2	50	250	0.28	0.33	-0.19	-1.02	-0.13	0.36
⑦	ラップ管3	50	300	0.03	0.26	-0.05	-0.96	0.01	0.25
⑧	ラップ管4	40	340	-0.12	0.19	0.07	-0.90	0.12	0.16
変形量(最大値-最小値)				0.81	0.51	0.73	1.27	0.66	0.61



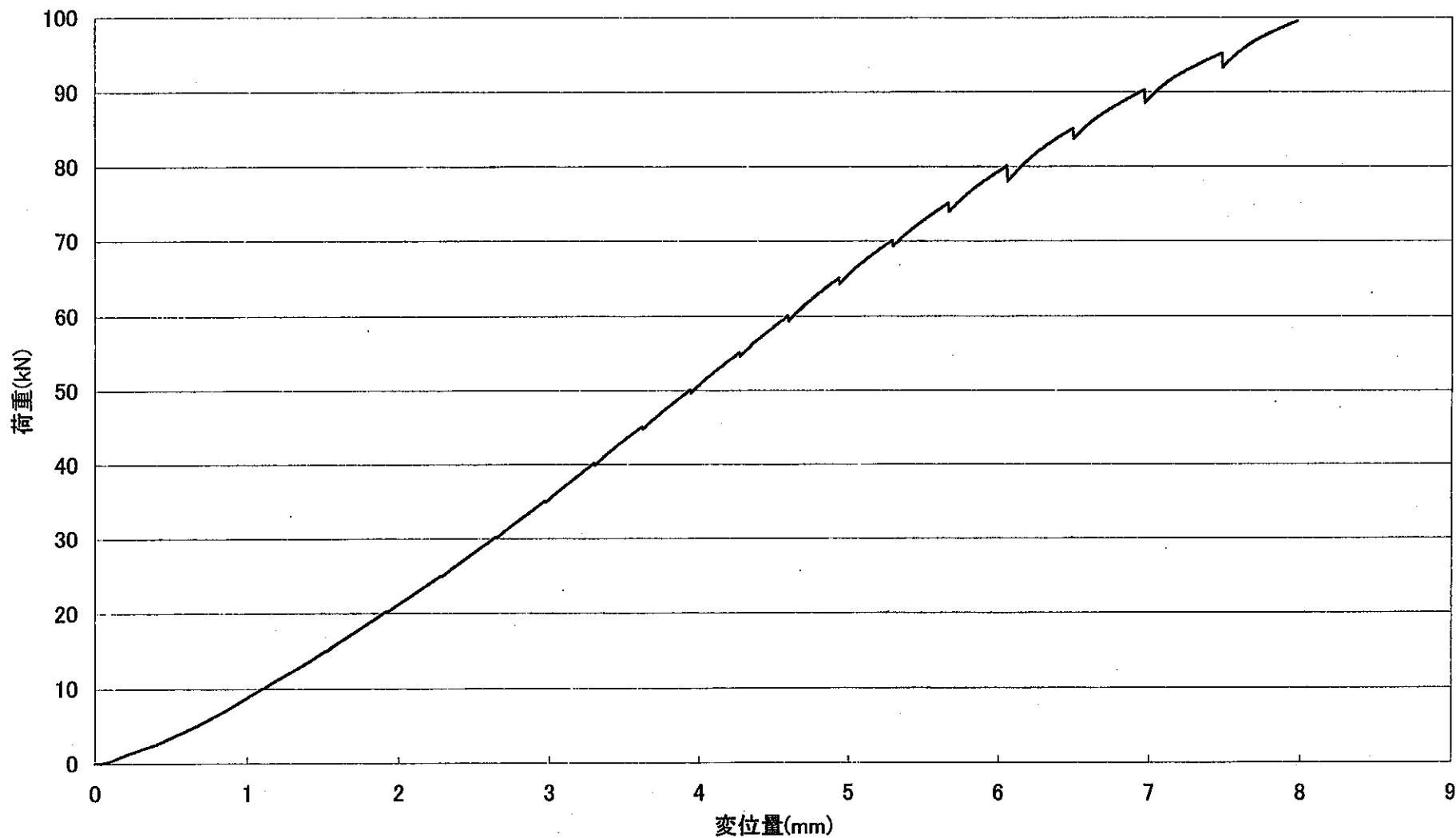


図5.2.1 No.2 曲げ試験 荷重-変位

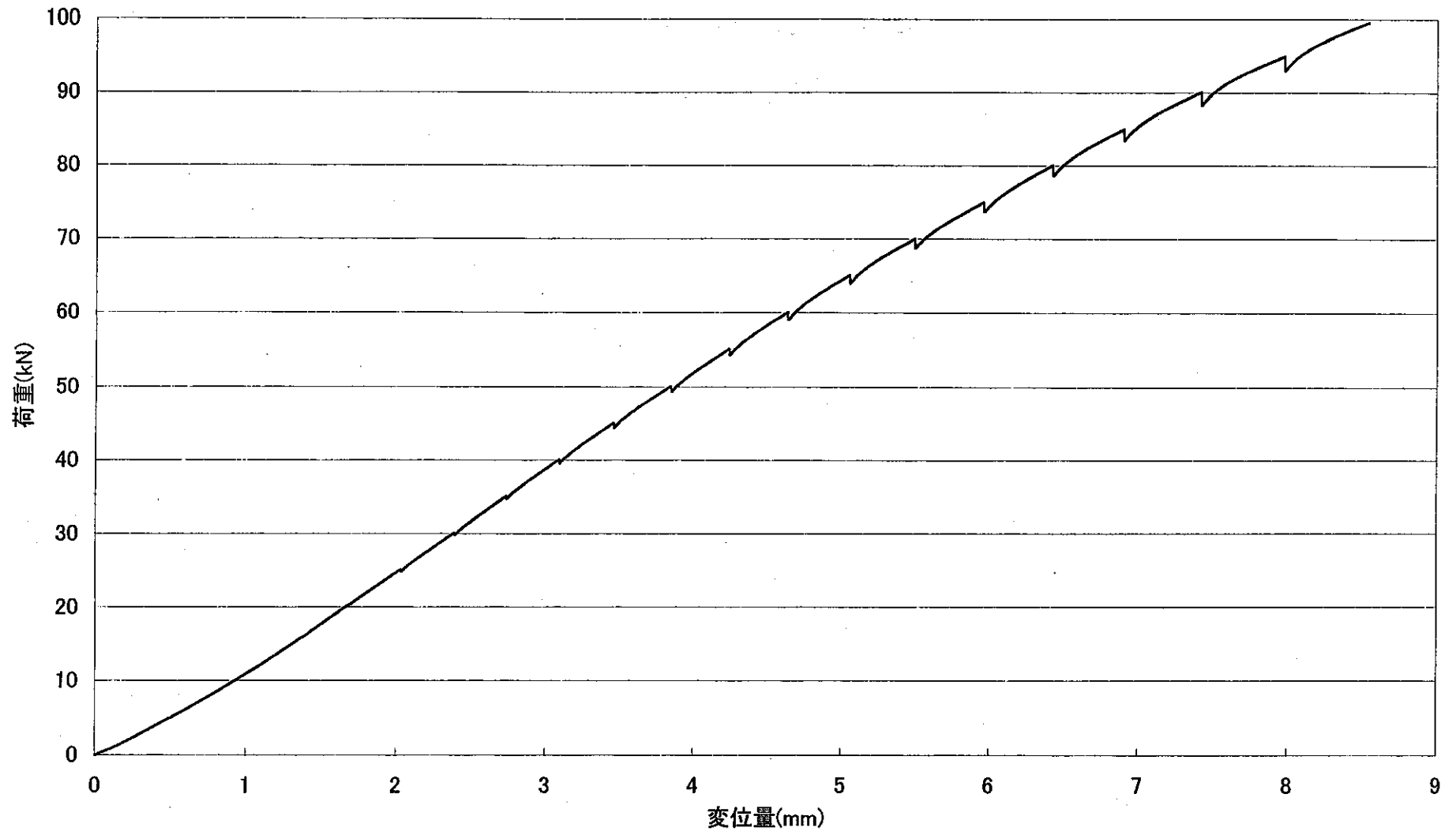


図5.2.2 No.4 曲げ試験 荷重-変位

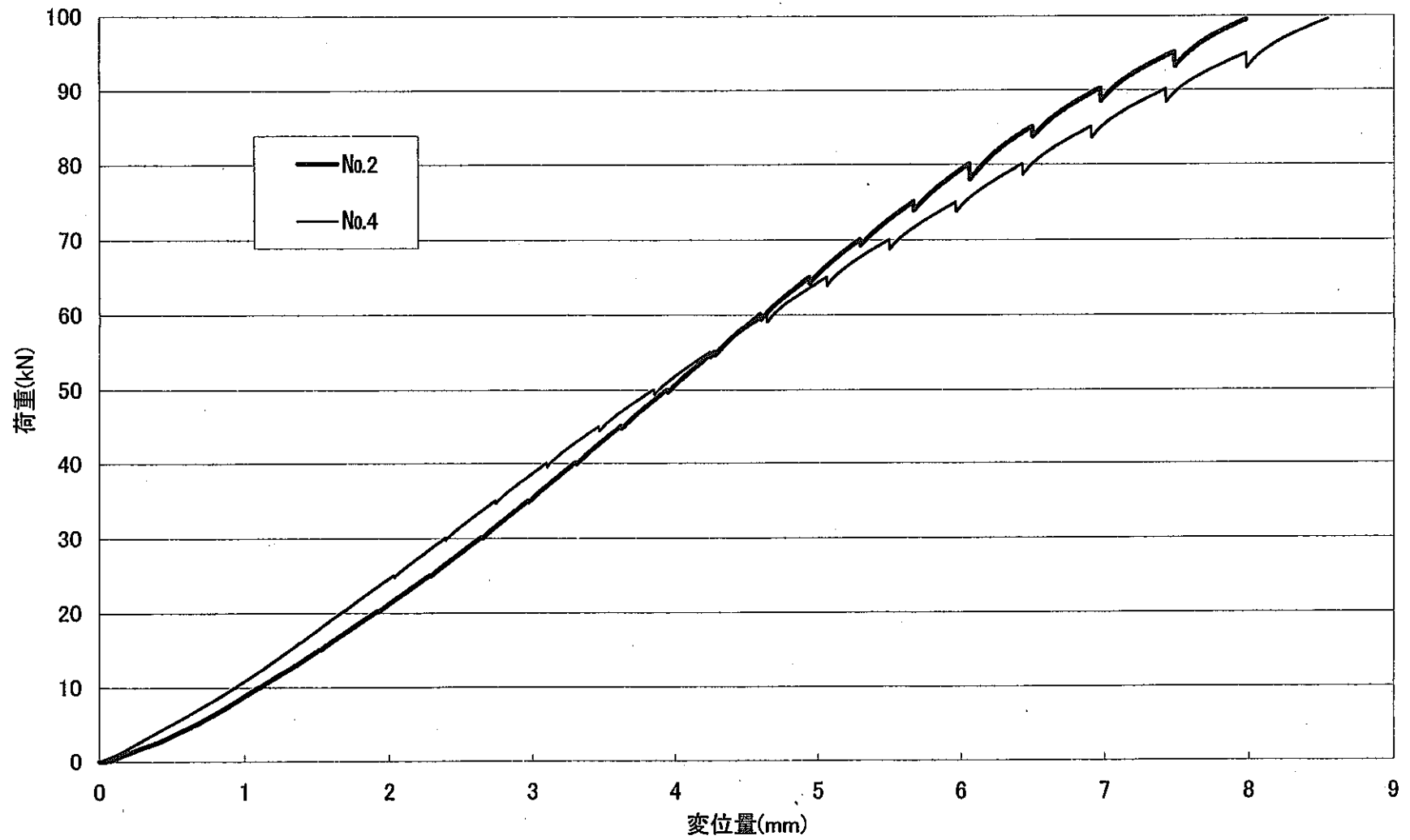


図5.2.3 曲げ試験における荷重-変位曲線(No.2-No.4の比較)

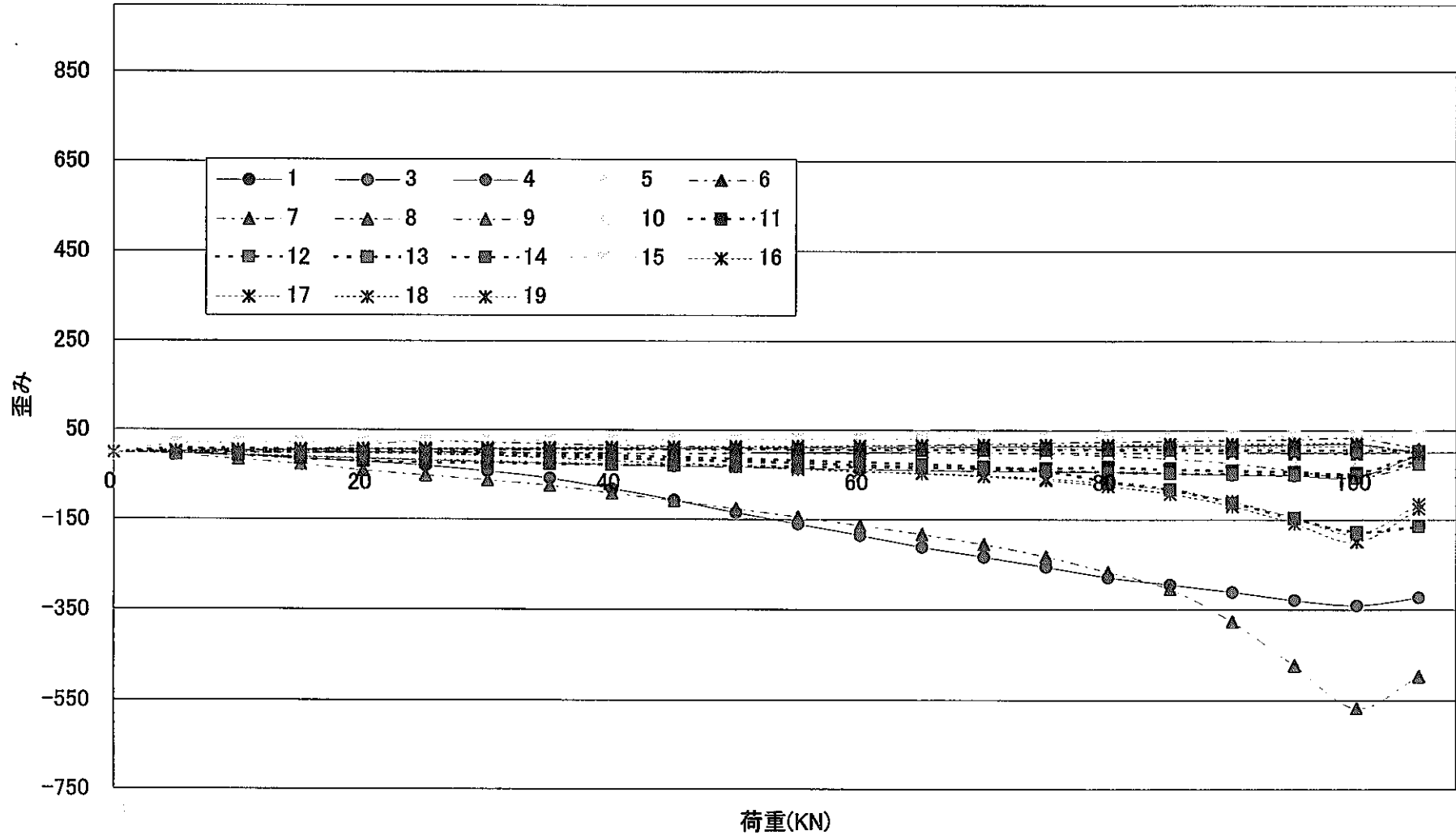


図5.2.4 No.2 曲げ試験:X方向

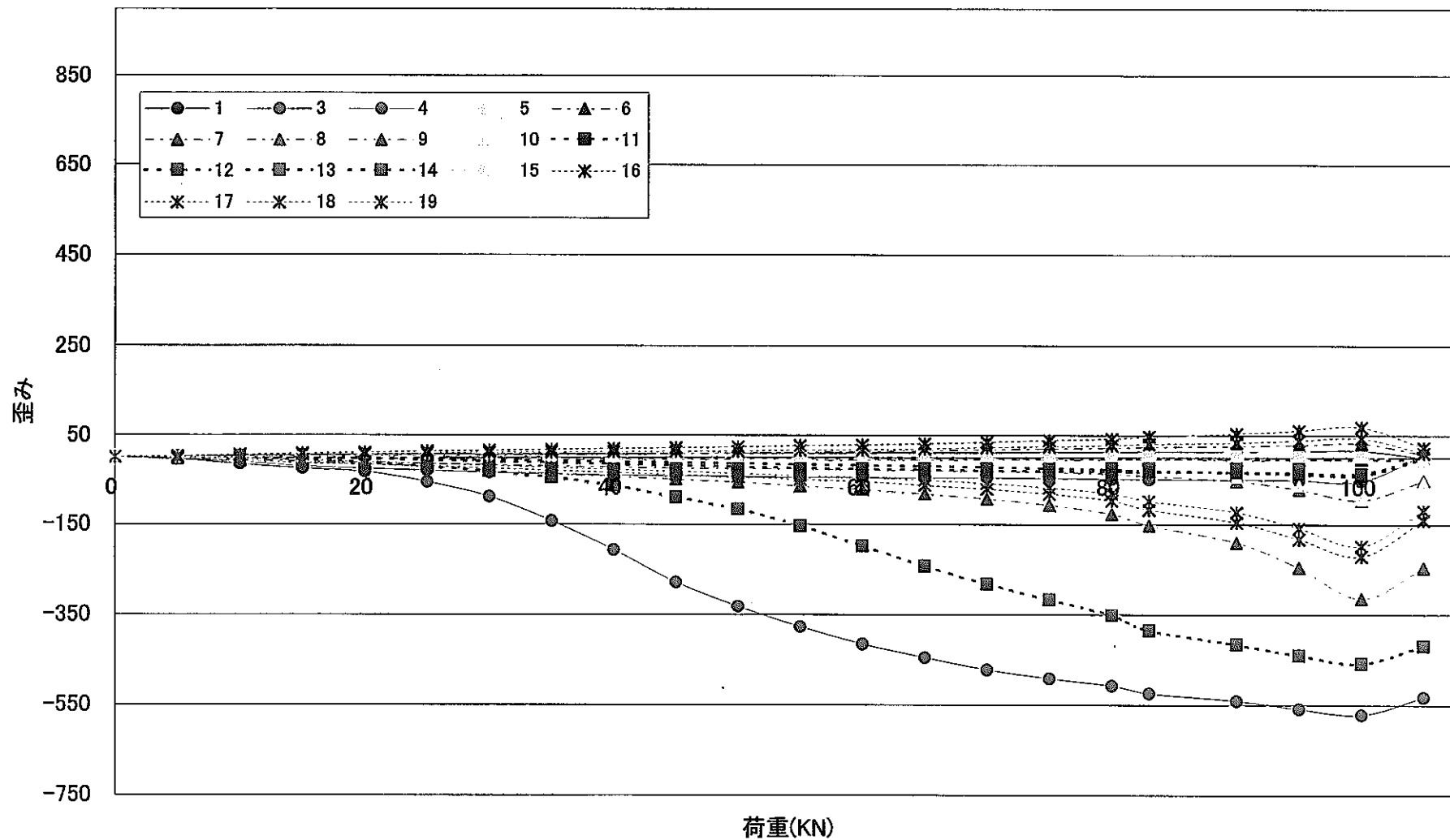


図5.2.5 No.4 曲げ試験:X方向

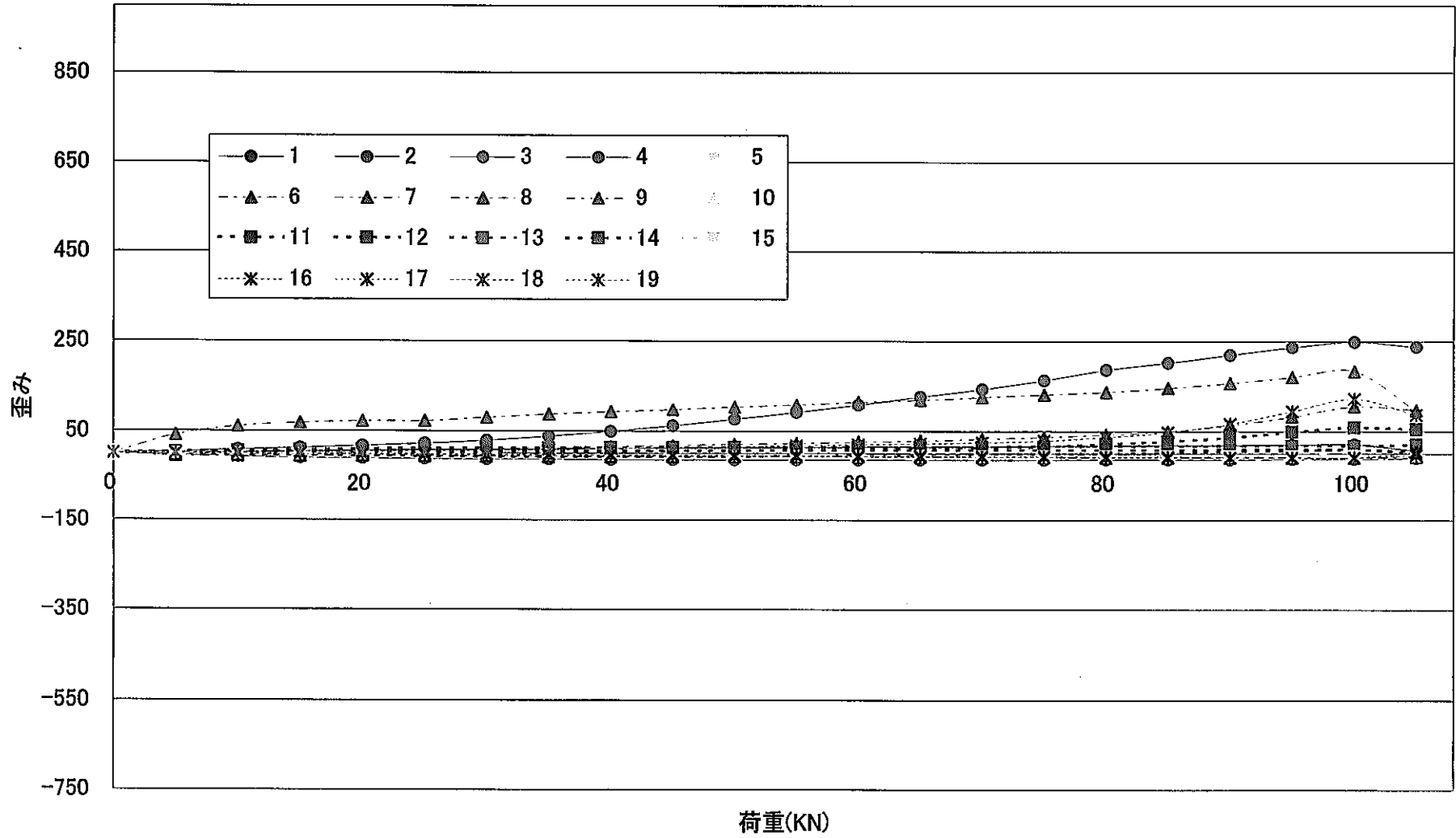


図5.2.6 No.2 曲げ試験:Y方向

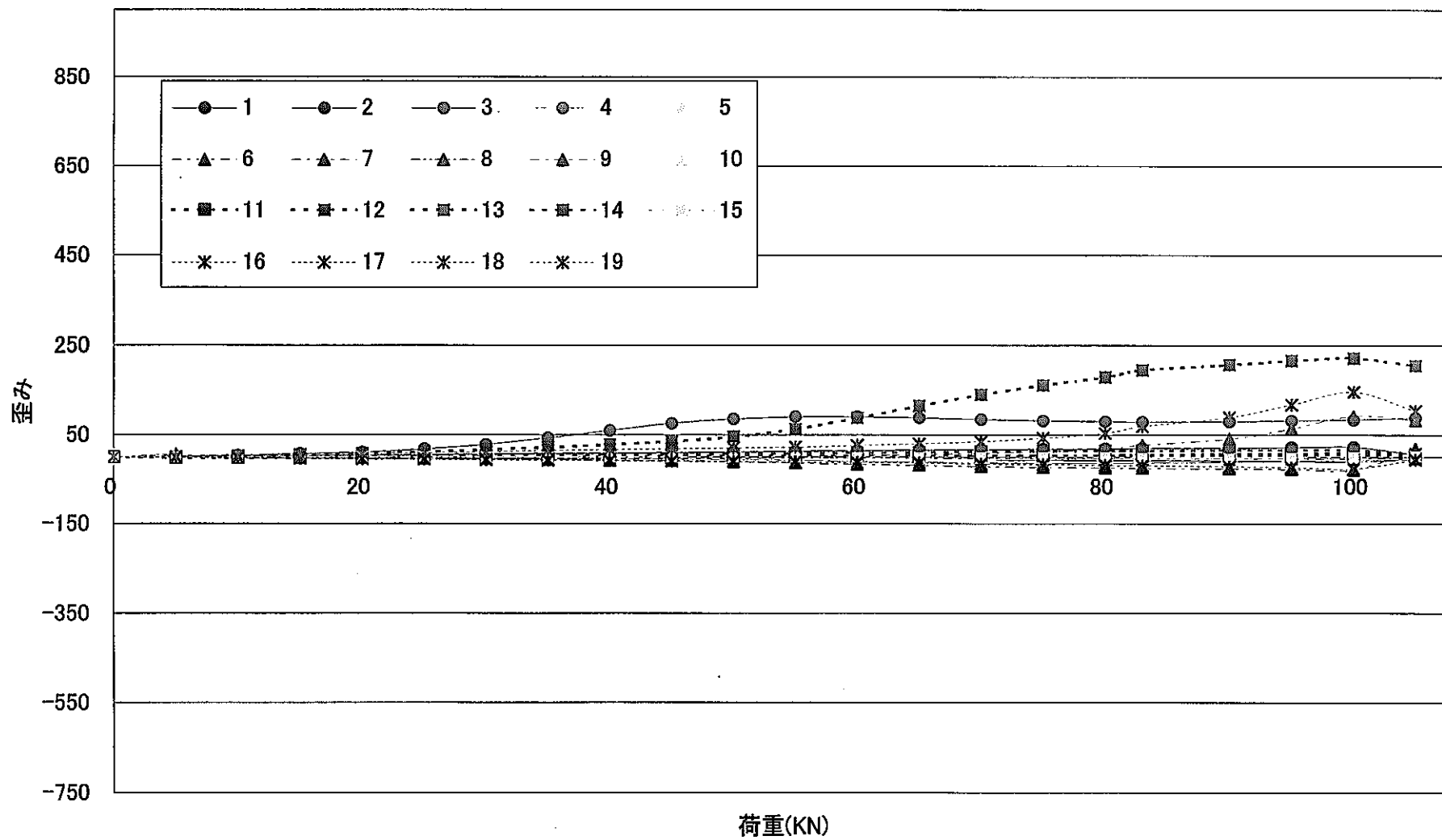


図5.2.7 No.4 曲げ試験:Y方向

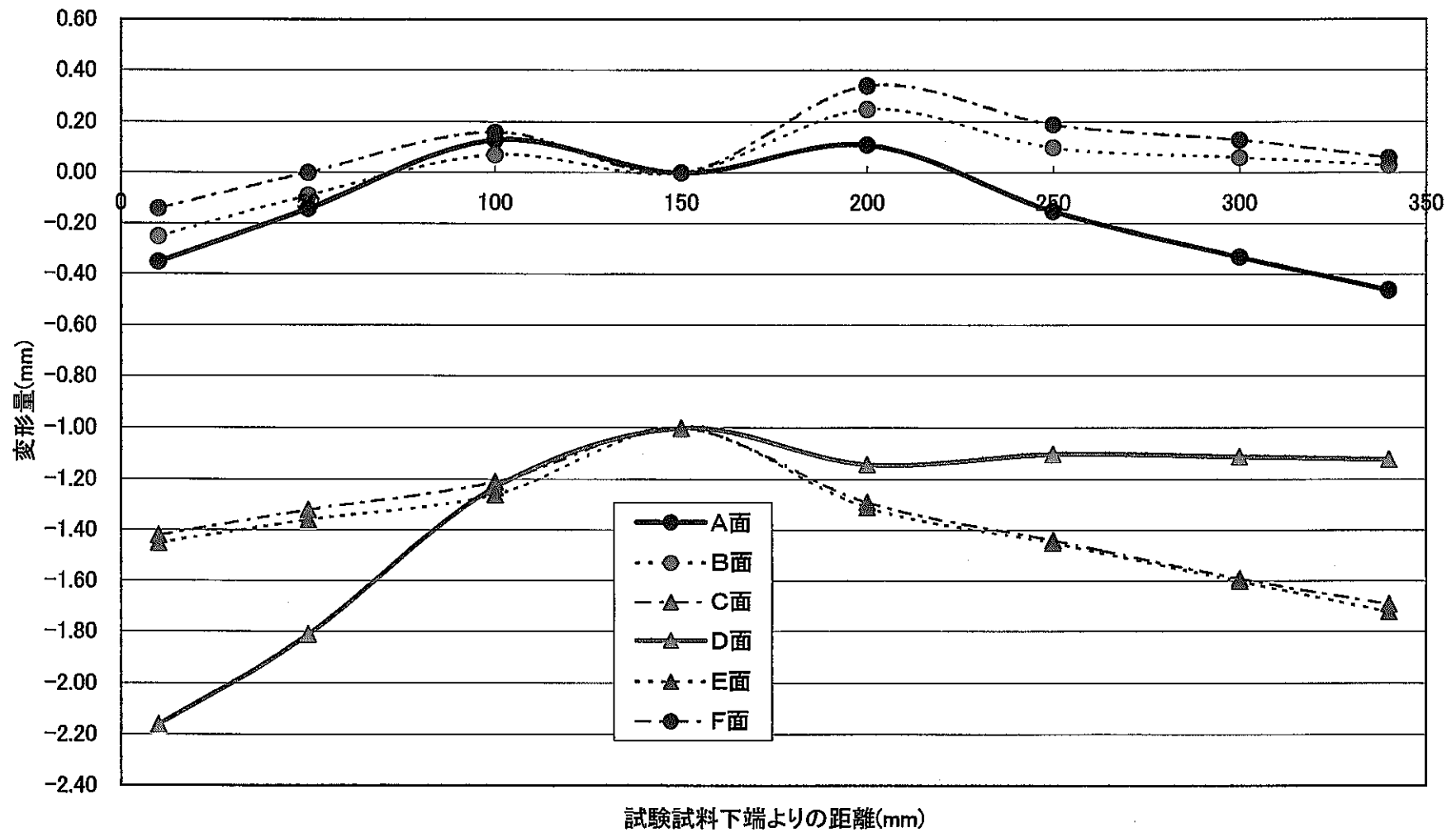


図5.2.8 No.2 曲げ試験試料変形状況(ネジ部を基準にプロットした)

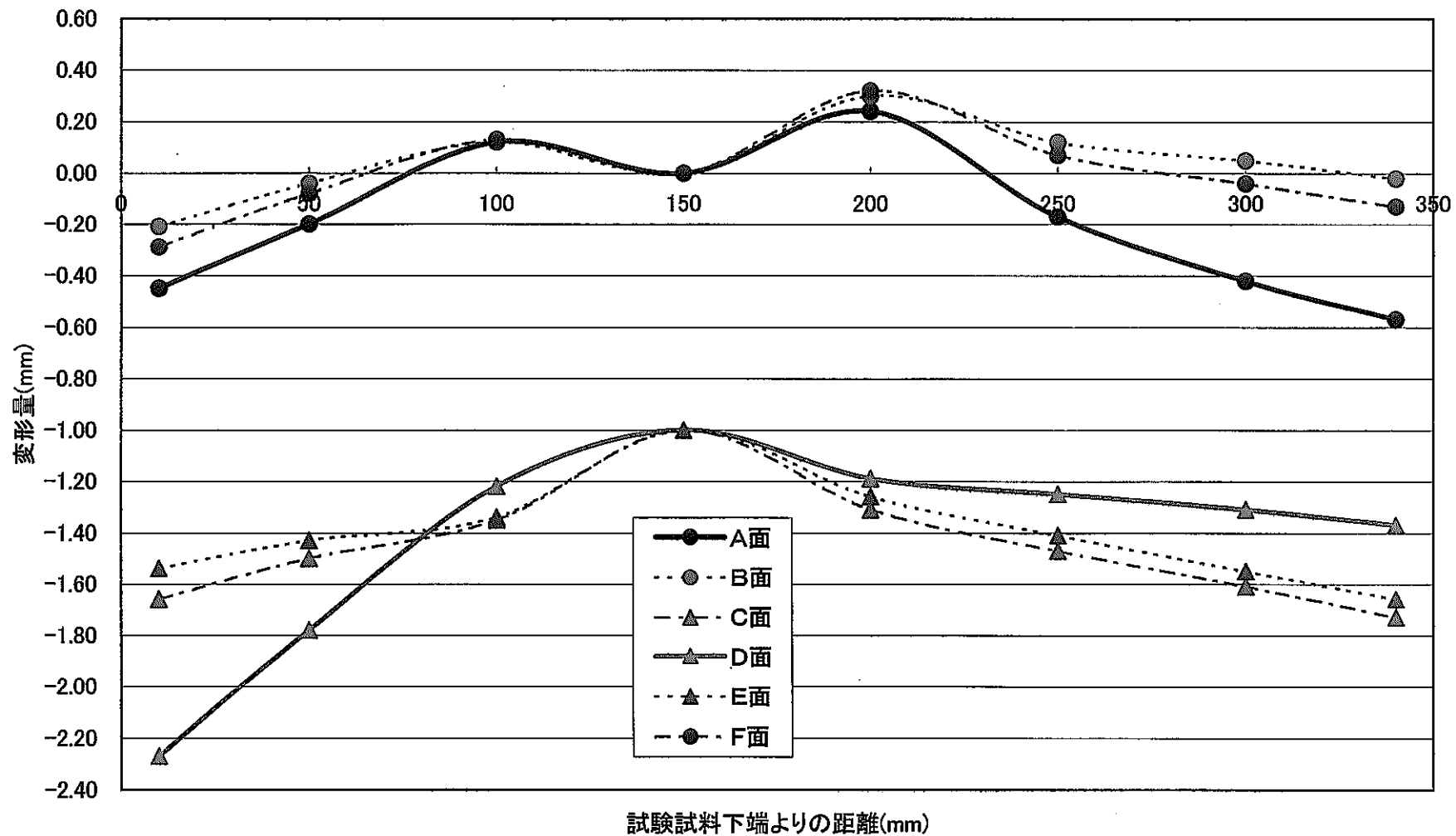


図5.2.9 No.4 曲げ試験試料変形状況(ネジ部を基準にプロットした)

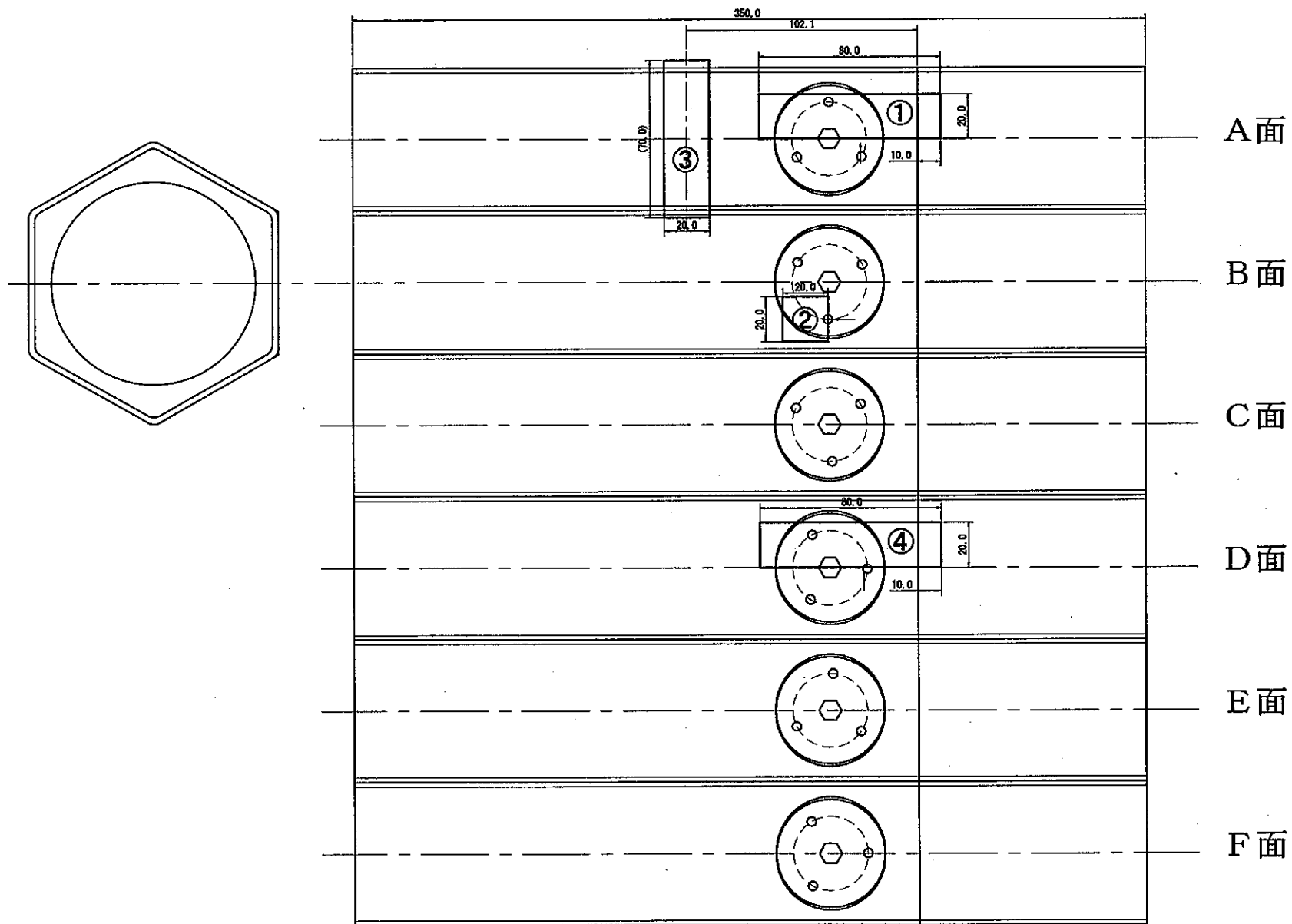


図5.2.10 製品No.2(熱サイクル処理品,曲げ試験試料)

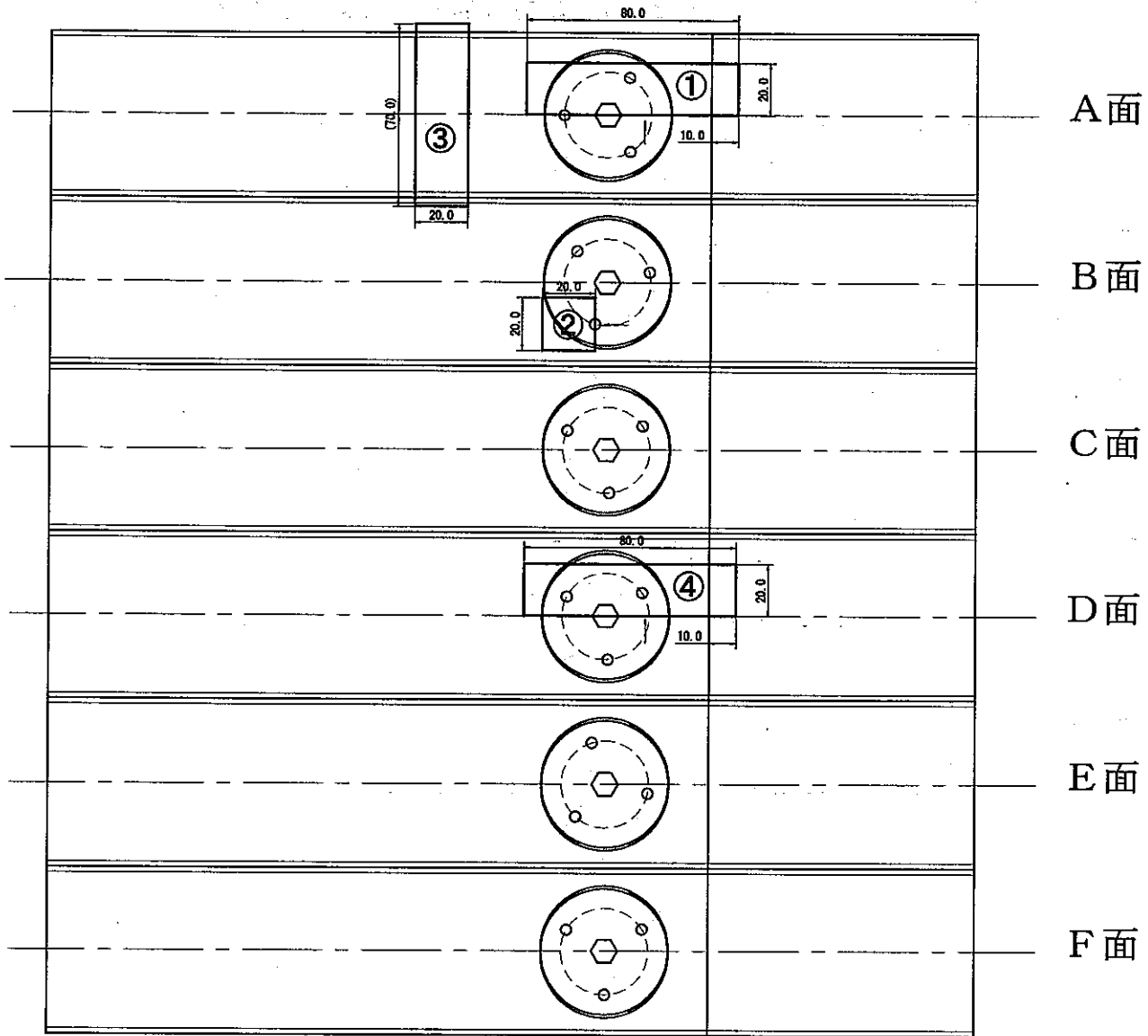


図5.2.11 製品No.4(非熱サイクル処理品,曲げ試験試料)

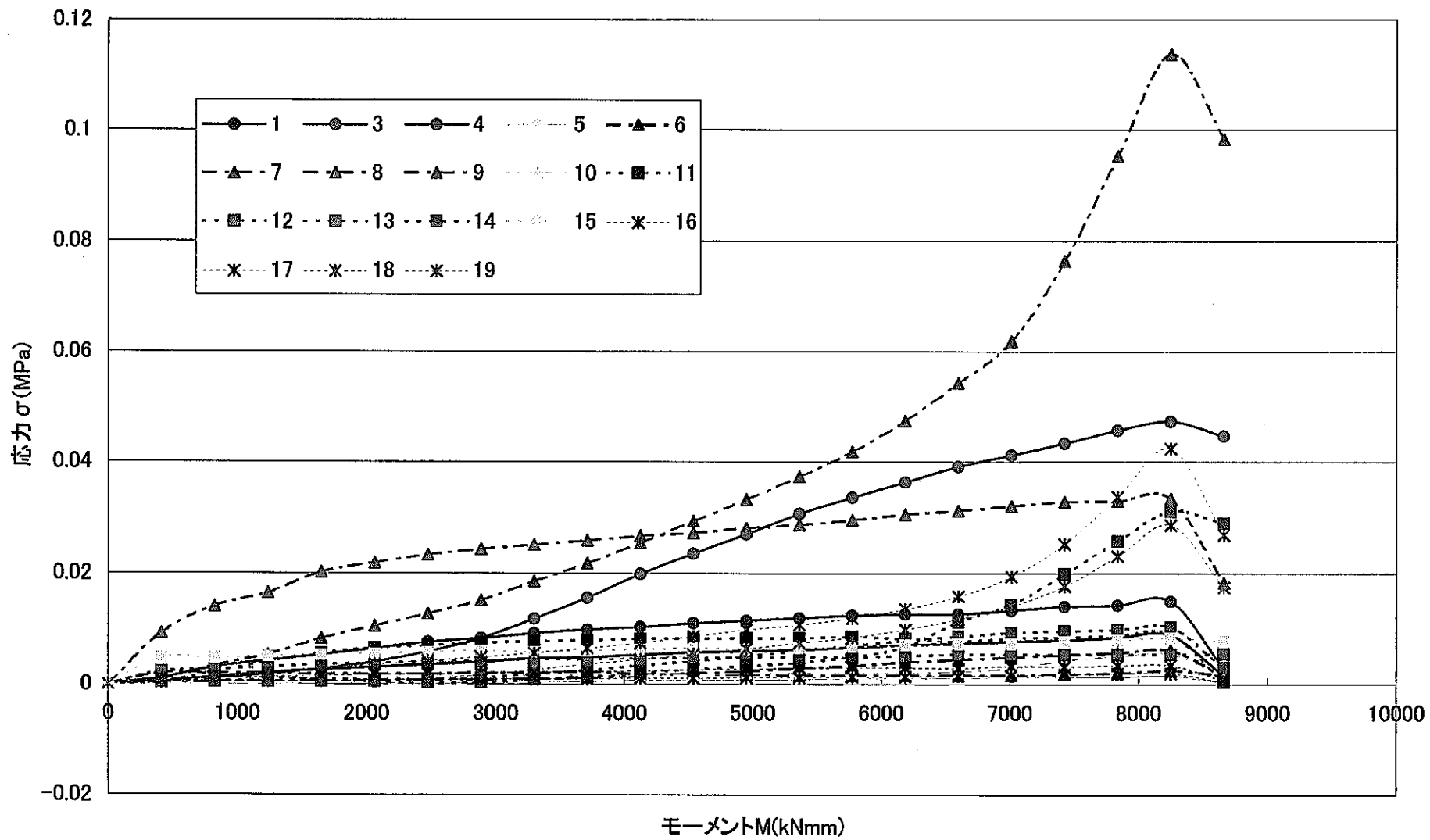


図5.2.12 No.2 曲げ試験モーメント-応力図

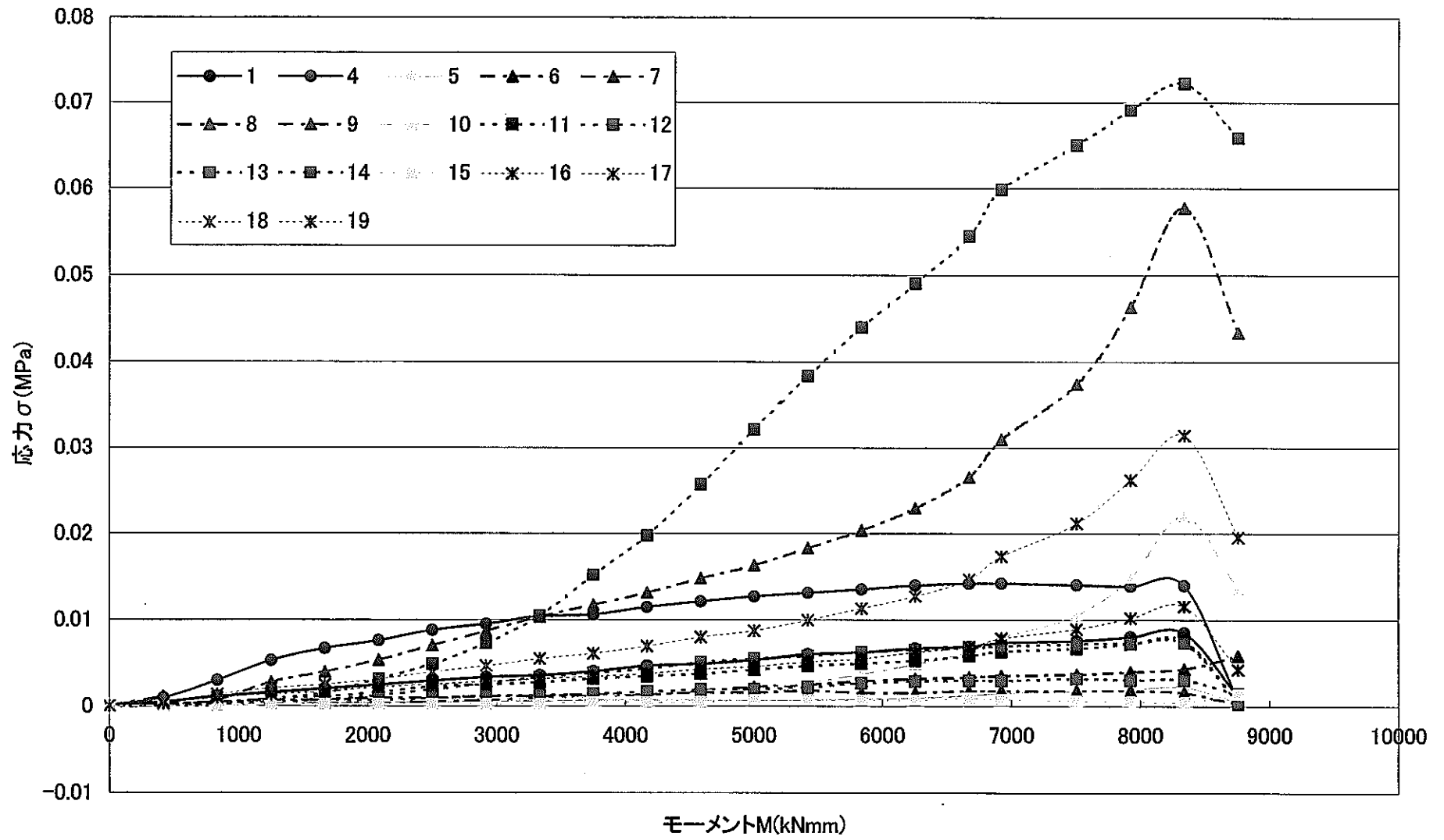


図5.2.13 No.4 曲げ試験モーメント-応力図

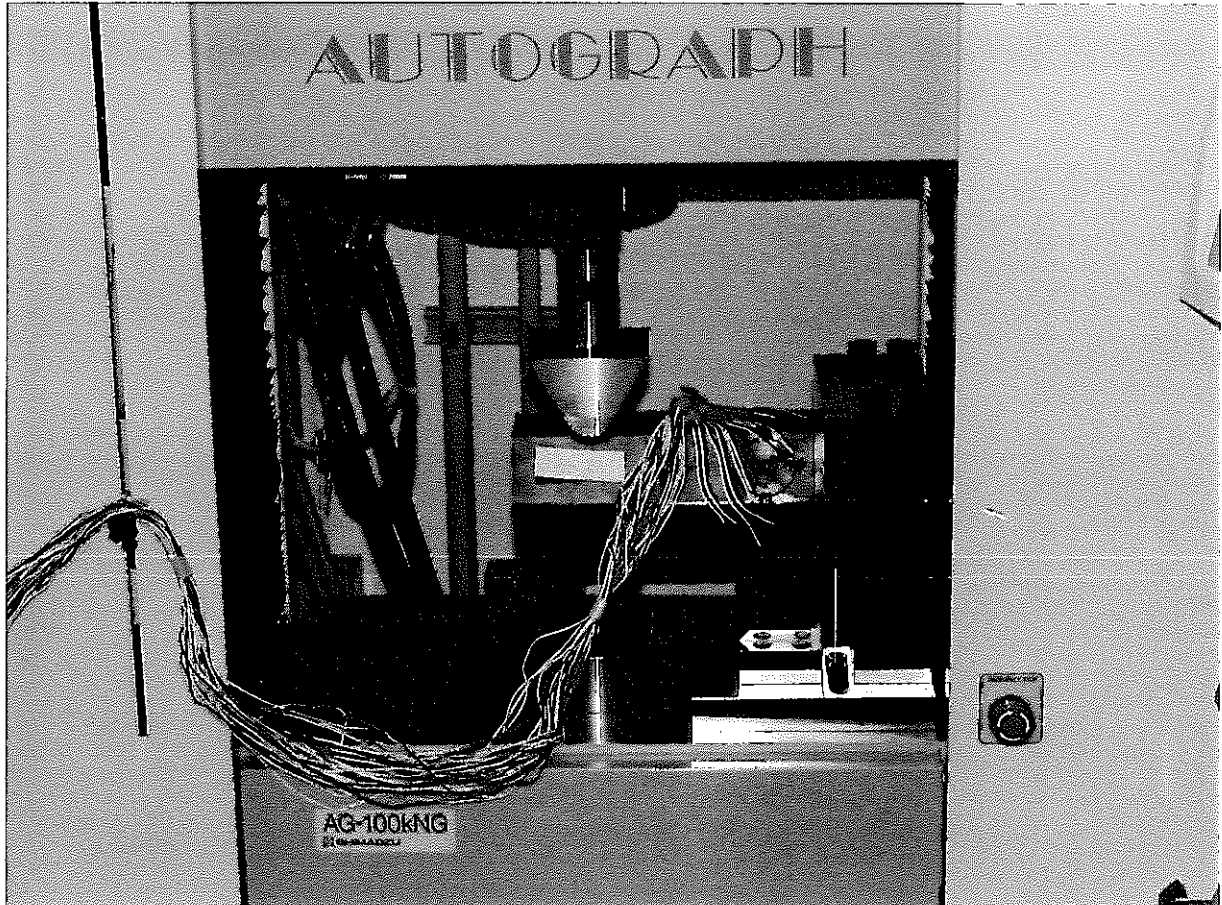
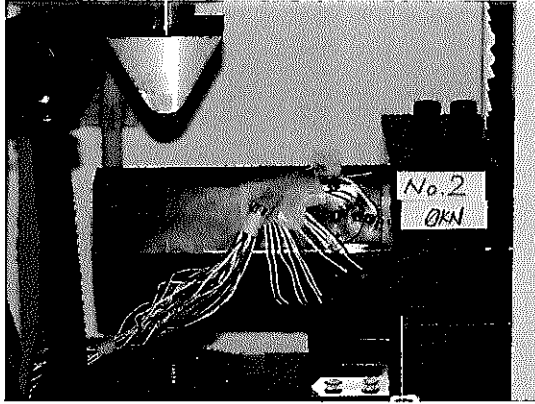
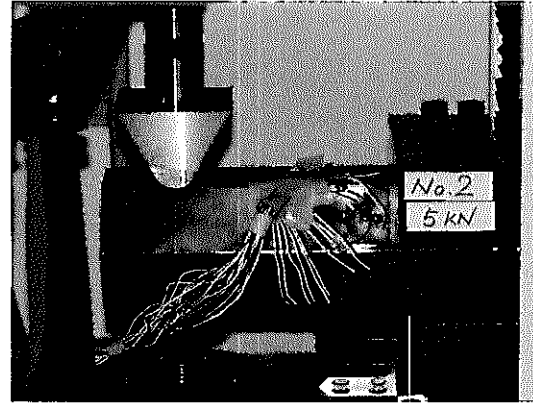


写真5.2.1 曲げ試験状況

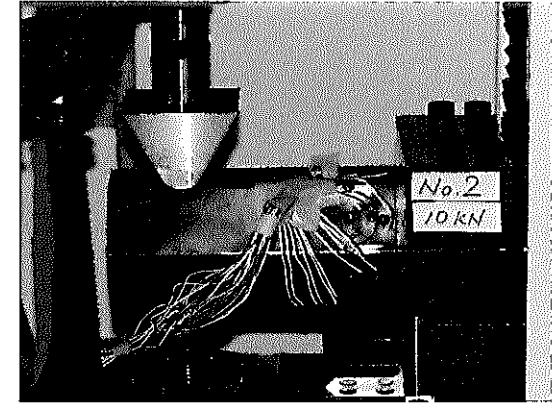
全体



0 kN



5 kN



10 kN

拡大

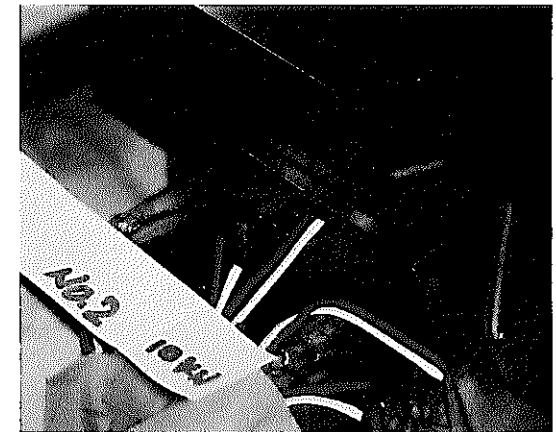
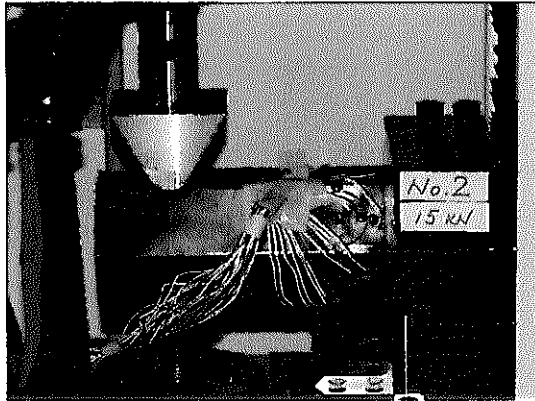
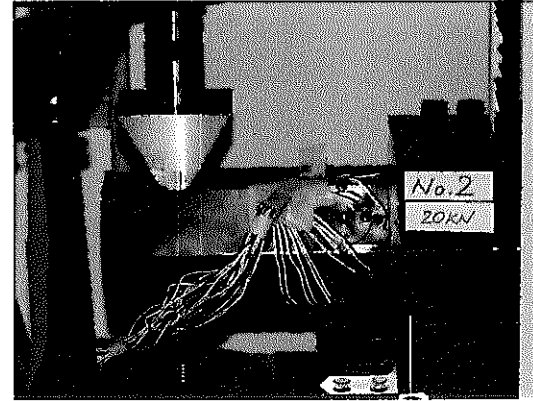


写真5.2.2 No. 2曲げ試験(1)

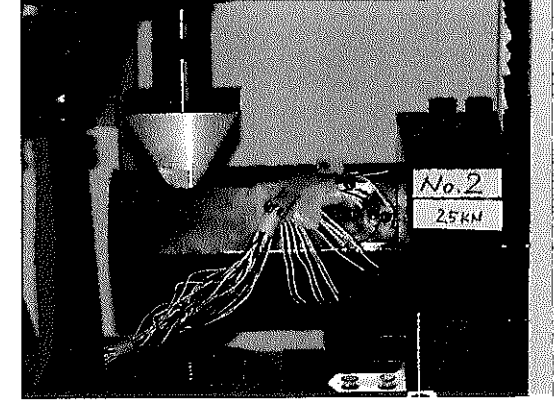
全体



15 kN



20 kN



25 kN

拡大

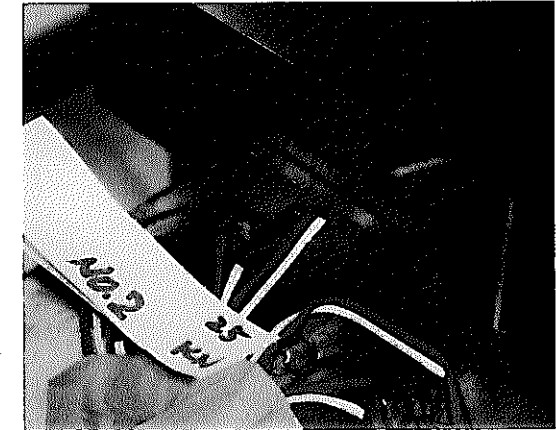
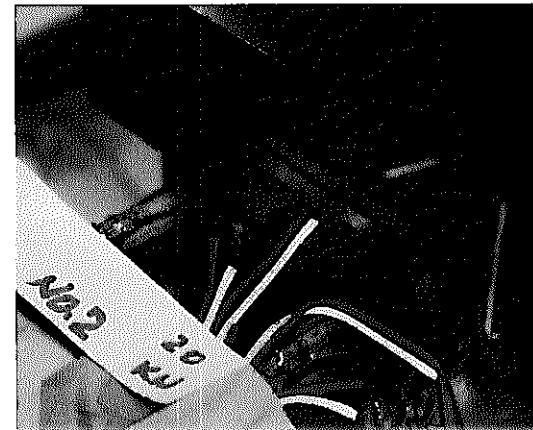
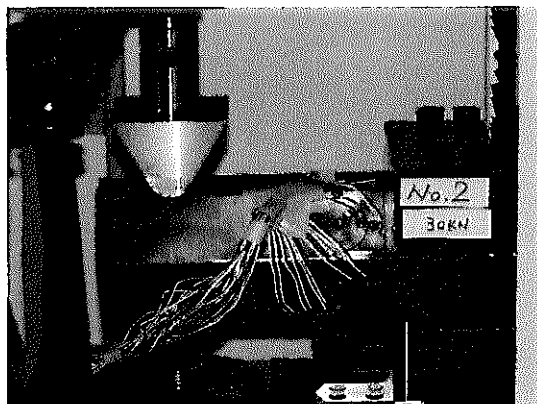
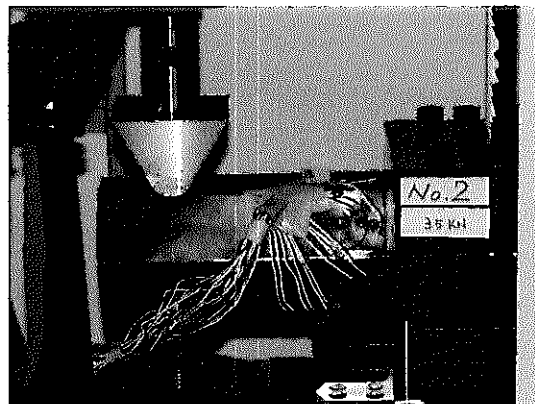


写真5.2.3 No. 2 曲げ試験(2)

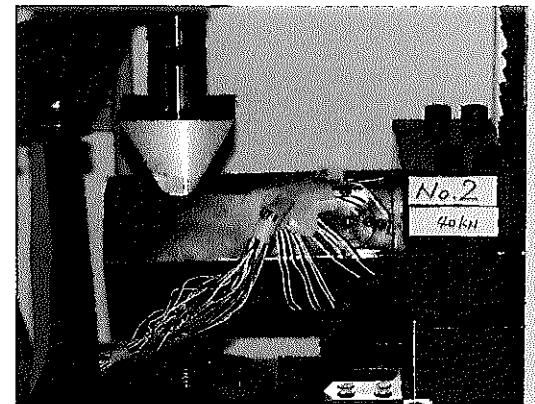
全体



30 kN



35 kN



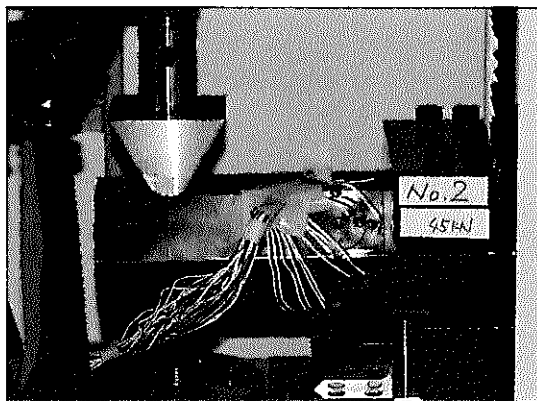
40 kN

拡大

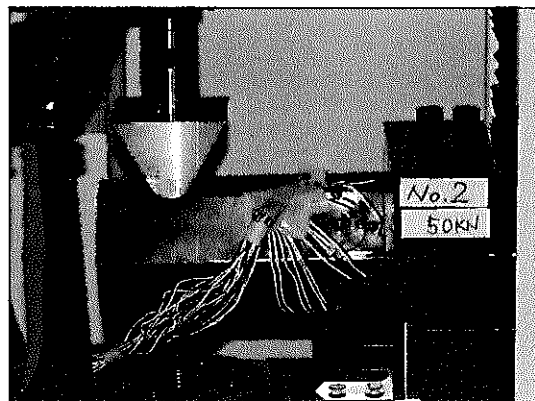


写真5. 2. 4 No. 2 曲げ試験 (3)

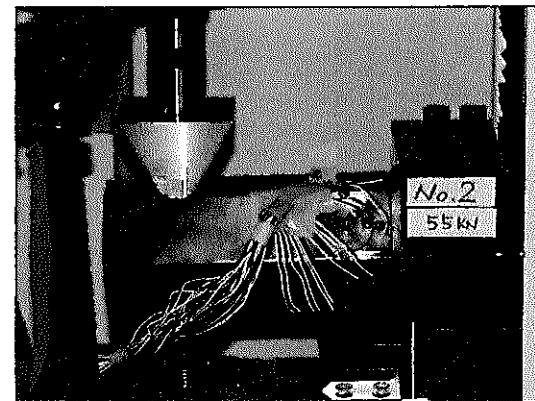
全体



45 kN



50 kN



55 kN

拡大

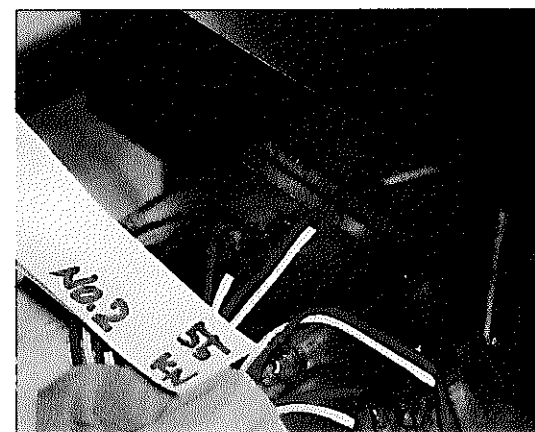
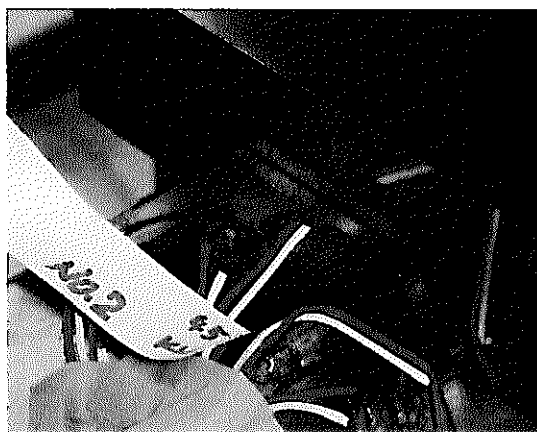
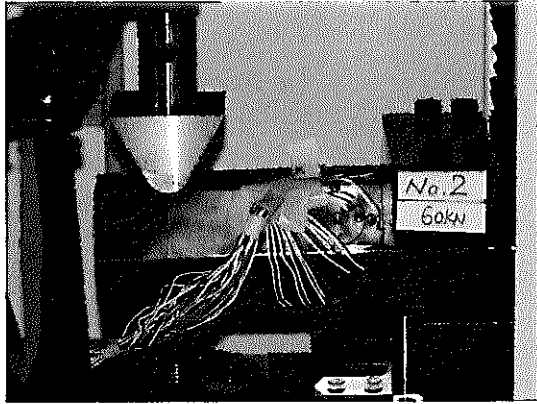
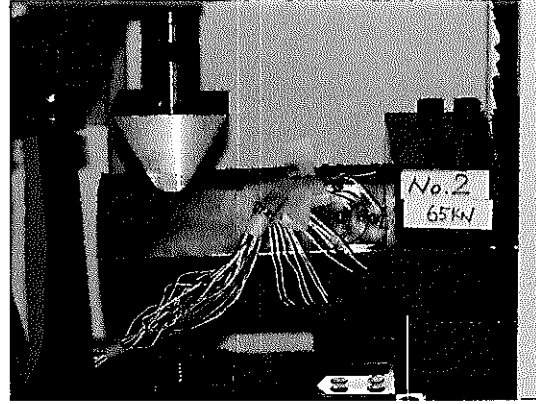


写真5.2.5 No. 2 曲げ試験(4)

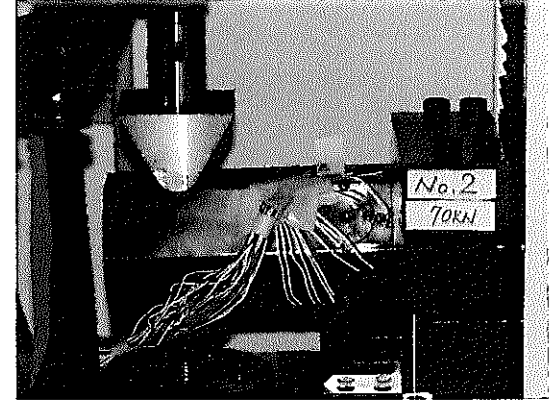
全体



60 kN



65 kN



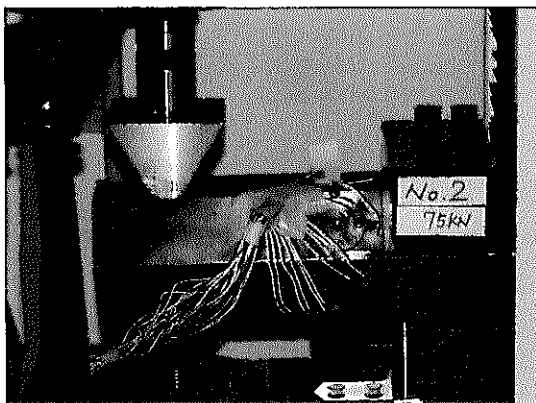
70 kN

拡大

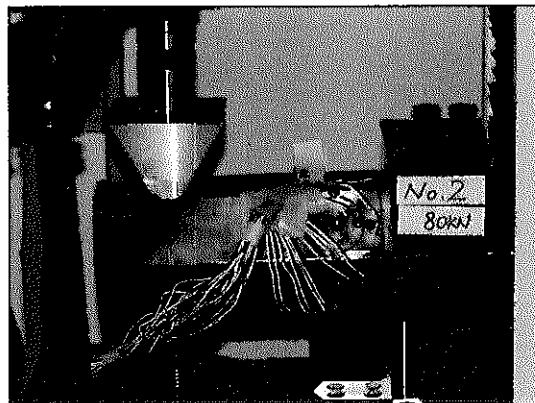


写真5.2.6 No. 2 曲げ試験(5)

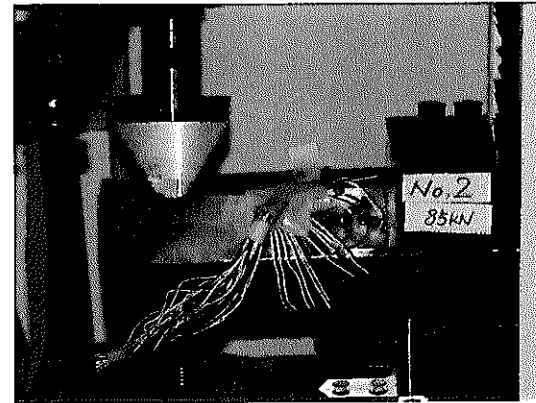
全体



75 kN



80 kN



85 kN

拡大

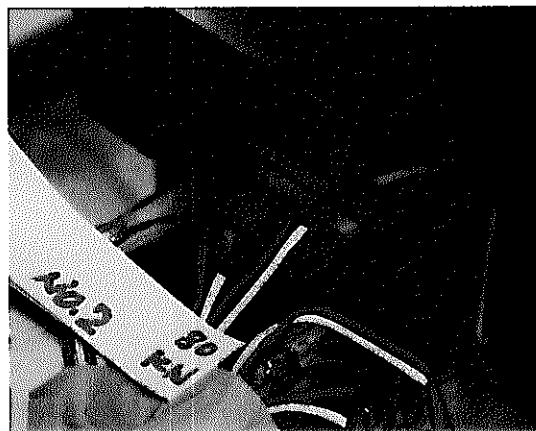
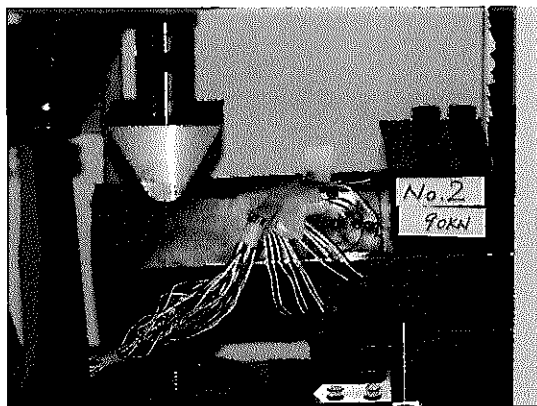
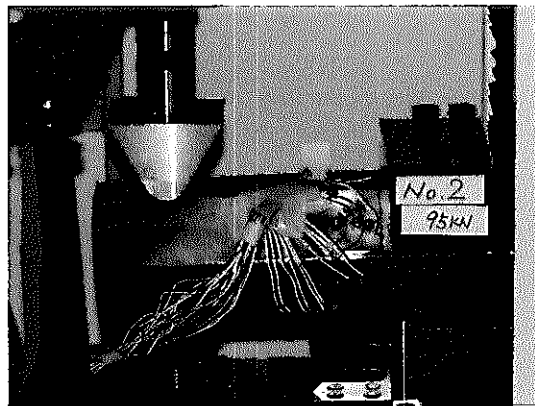


写真5.2.7 No. 2 曲げ試験(6)

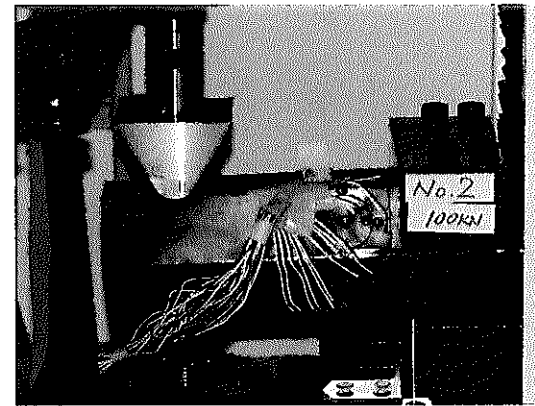
全体



90 kN



95 kN



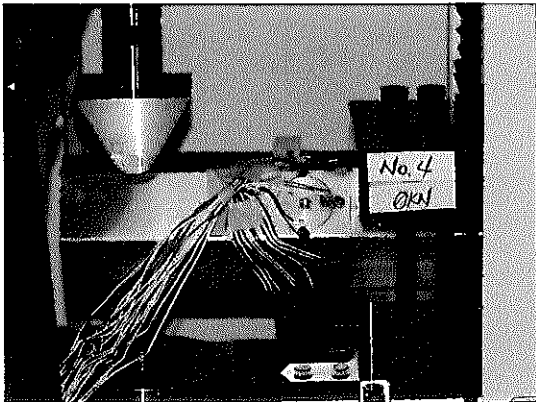
100 kN

拡大

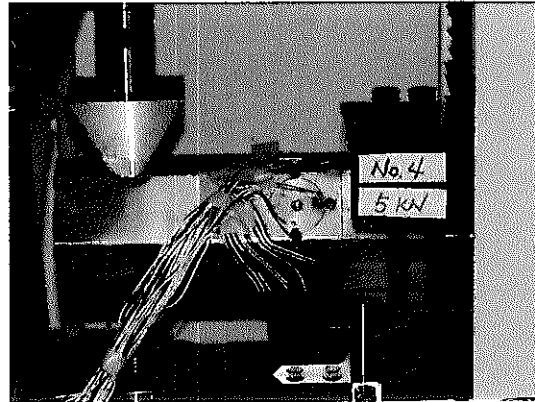


写真5.2.8 No. 2 曲げ試験(7)

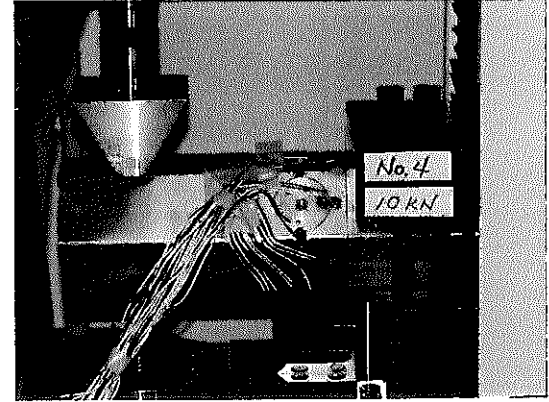
全体



0 kN



5 kN



10 kN

拡大

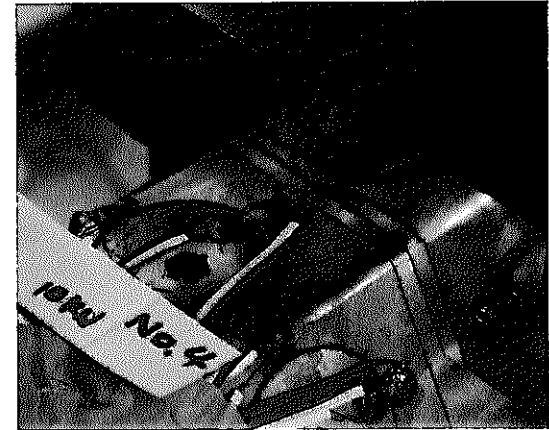
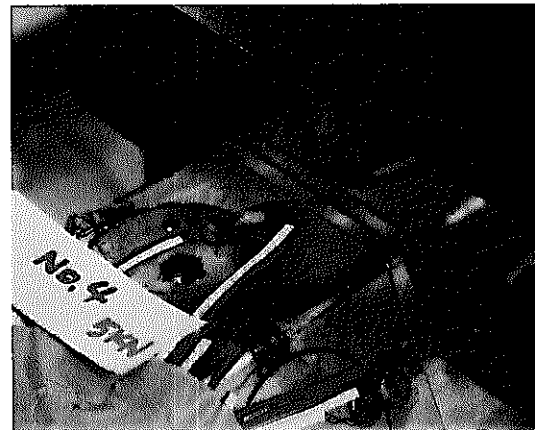
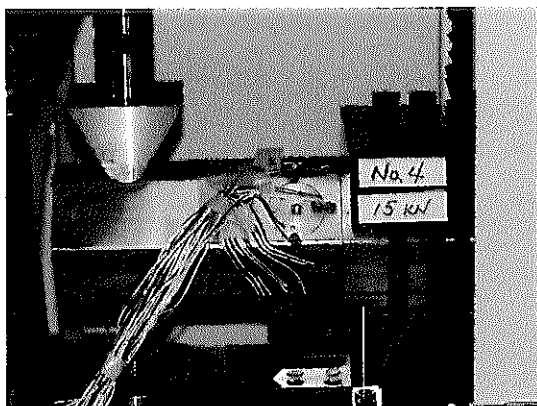
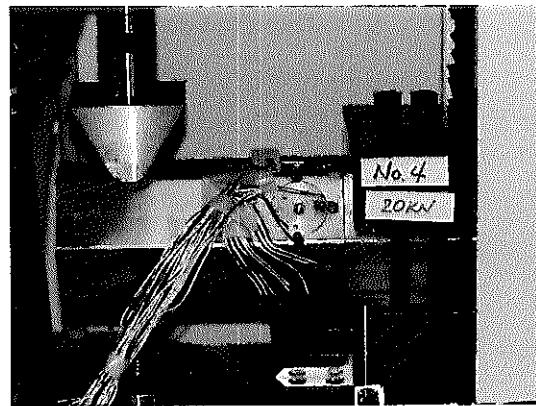


写真5.2.9 No. 4 曲げ試験(1)

全体



15 kN



20 kN



25 kN

— 141 —

拡大

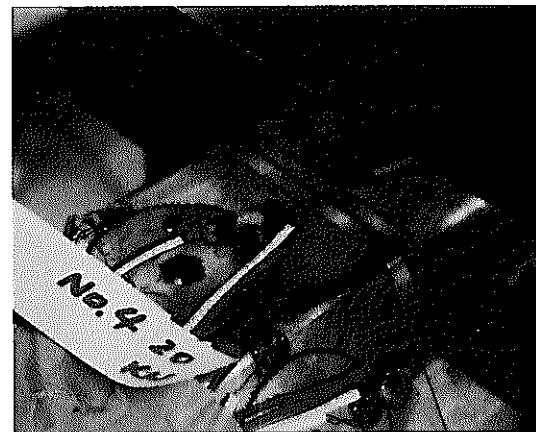
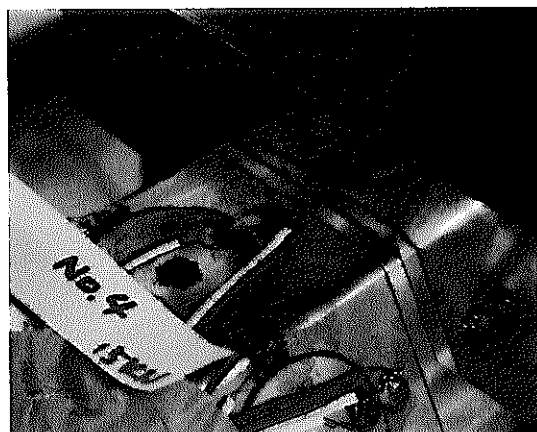
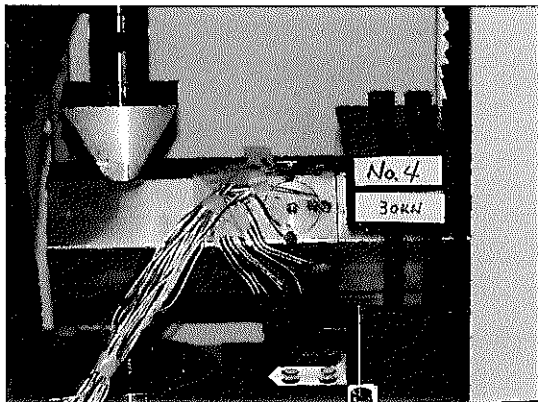
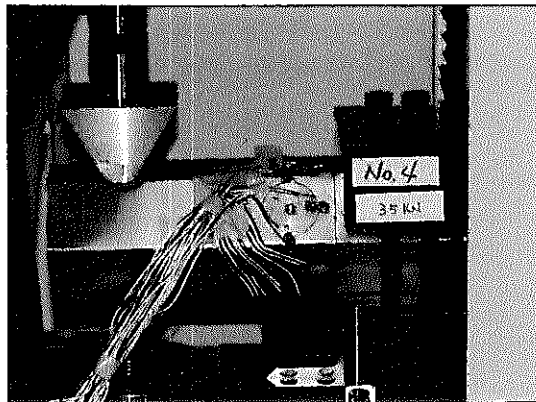


写真5.2.10 No. 4曲げ試験(2)

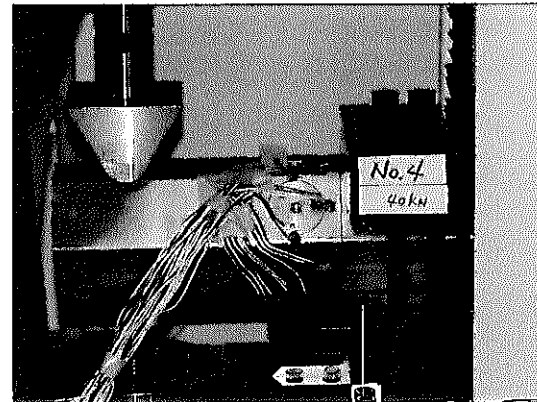
全体



30 kN



35 kN



40 kN

拡大

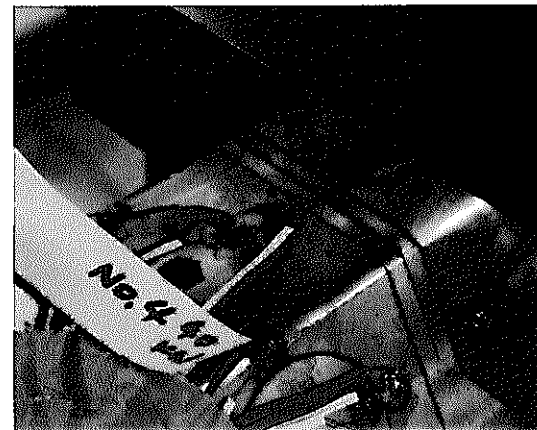
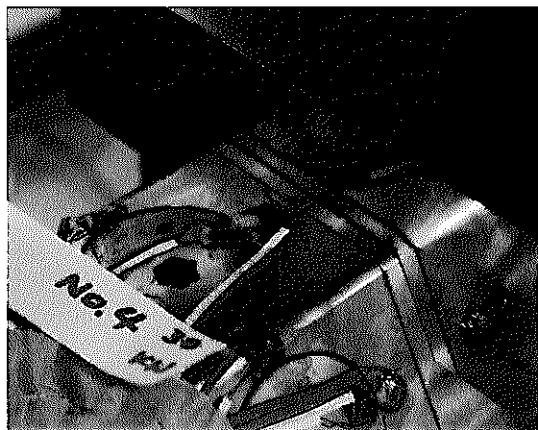
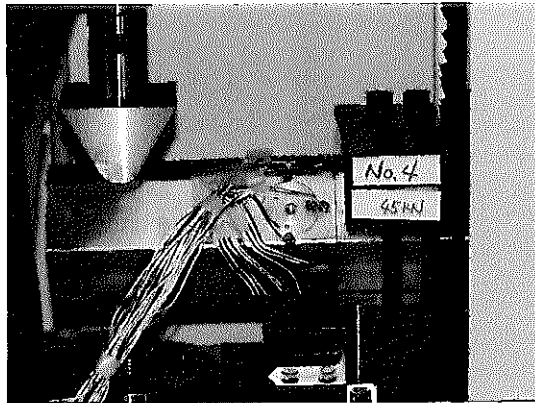
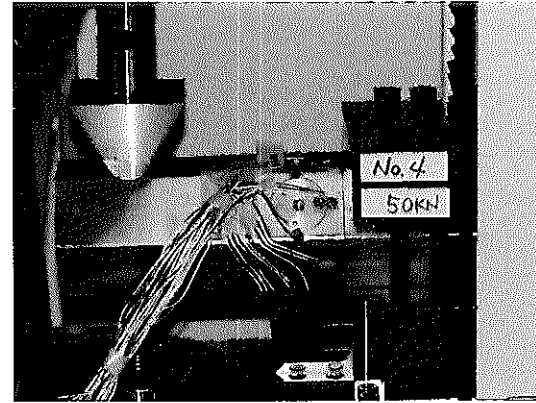


写真5.2.11 No. 4 曲げ試験 (3)

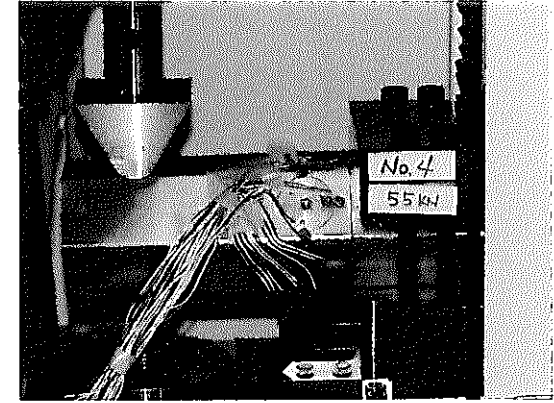
全体



45 kN



50 kN



55 kN

— 143 —

拡大

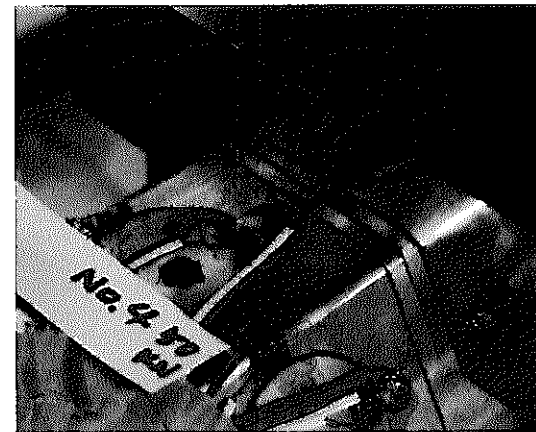
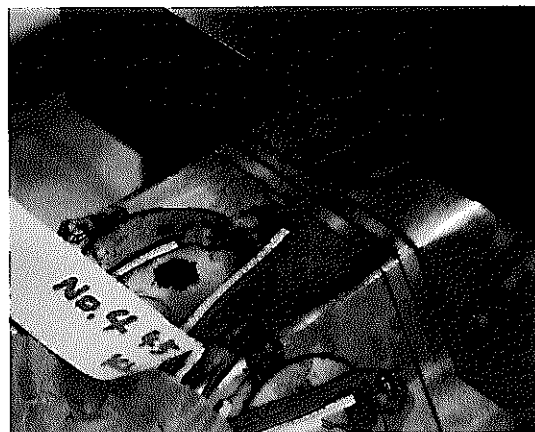
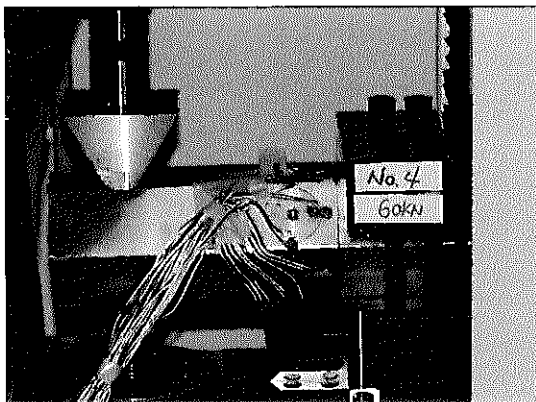


写真5.2.12 No. 4 曲げ試験(4)

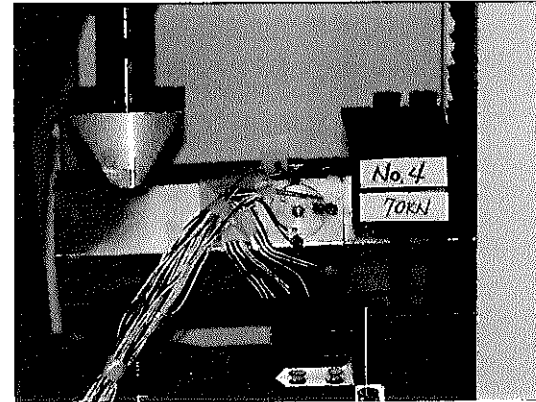
全体



60 kN



65 kN



70 kN

拡大

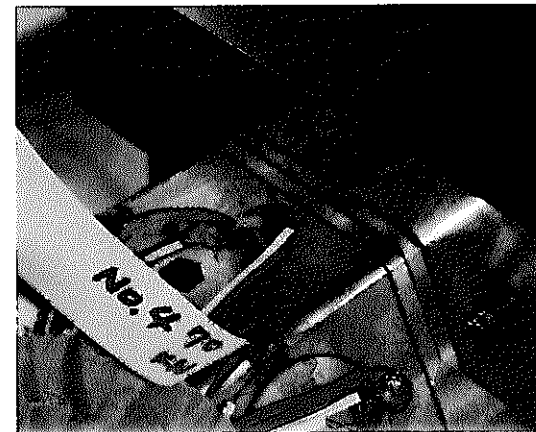
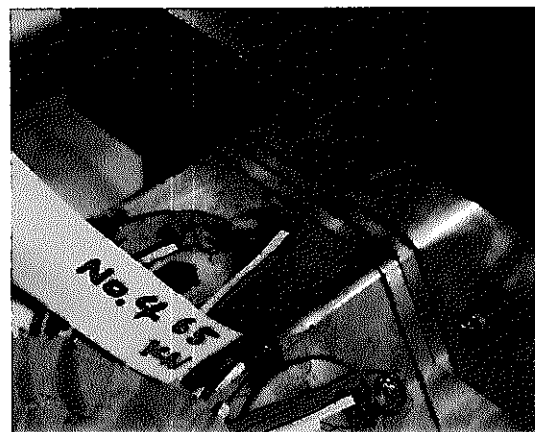
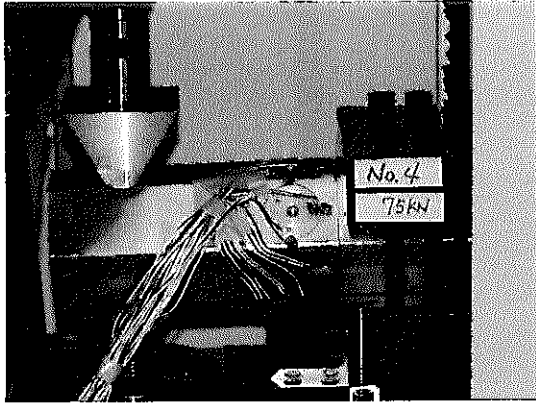
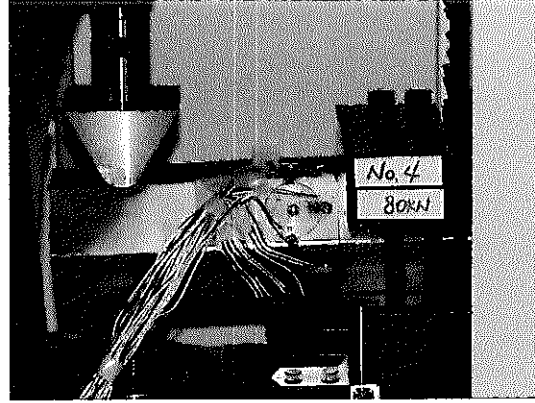


写真5.2.13 No. 4 曲げ試験 (5)

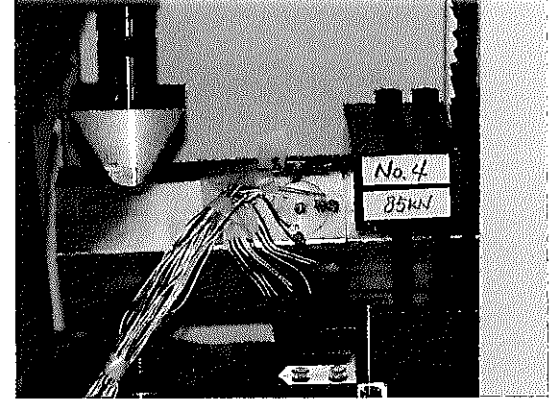
全体



75 kN



80 kN



85 kN

拡大

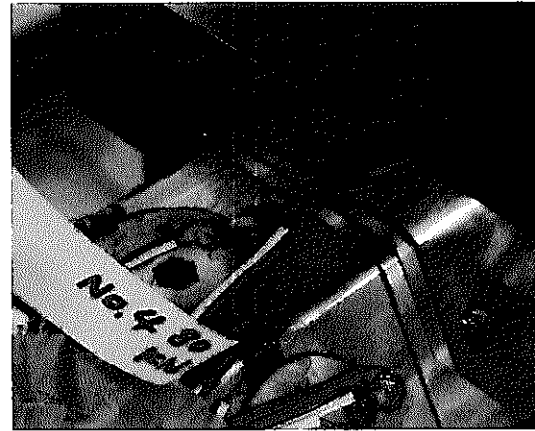
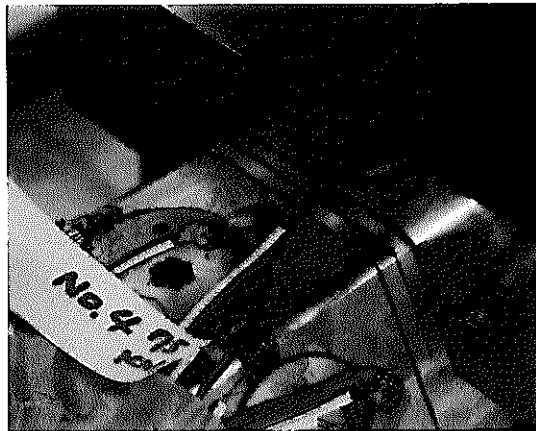
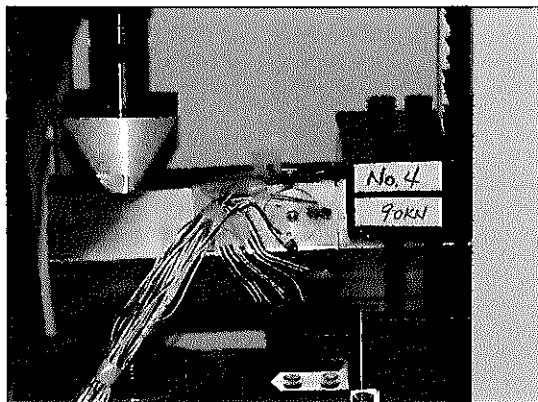
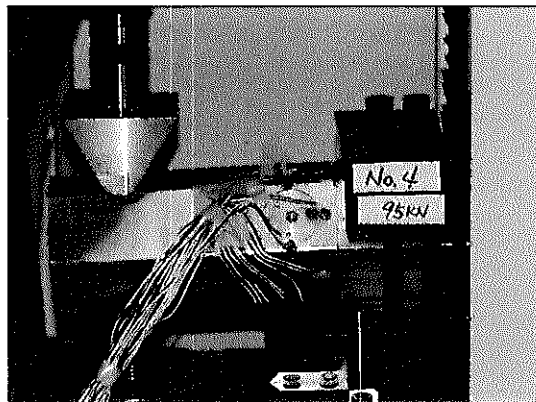


写真5.2.14 No. 4 曲げ試験 (6)

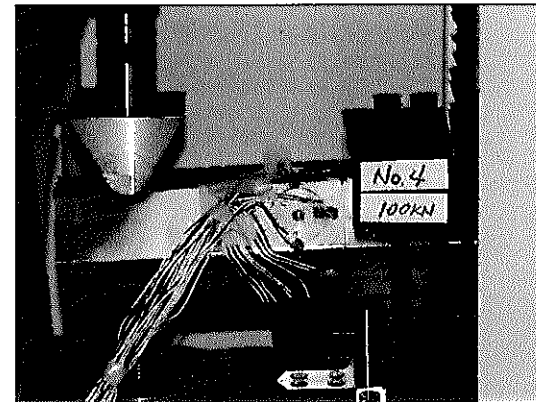
全体



90 kN



95 kN



100 kN

拡大

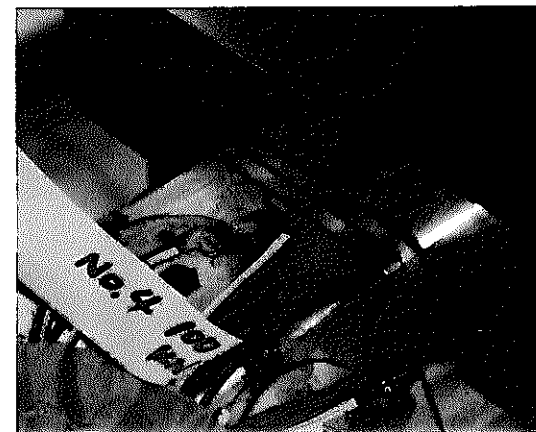
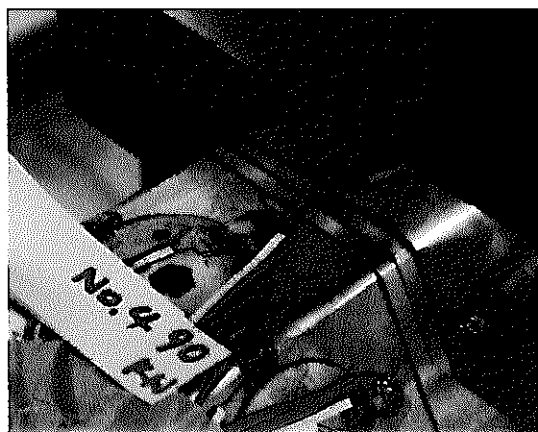
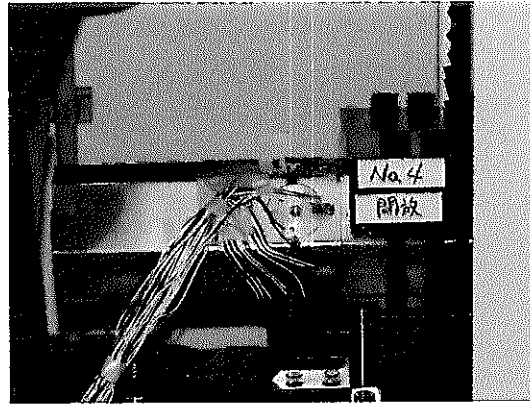


写真5.2.15 No. 4 曲げ試験 (7)

全 体



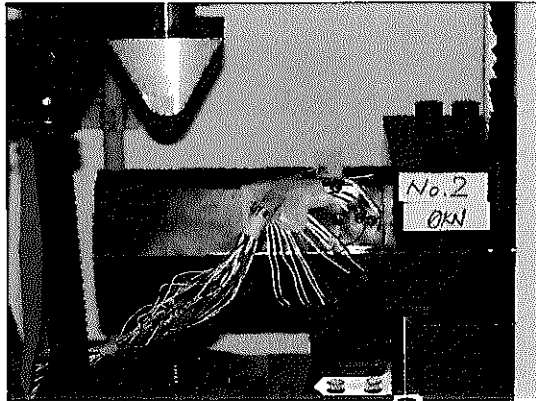
開放時

拡 大

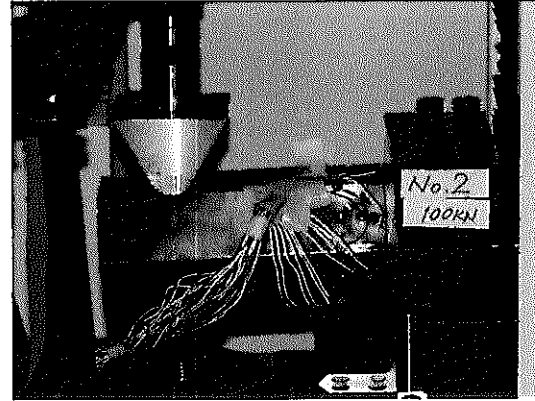


写真5.2.16 No. 4 曲げ試験(8)

全 体



0 kN



100 kN

開放時

拡 大

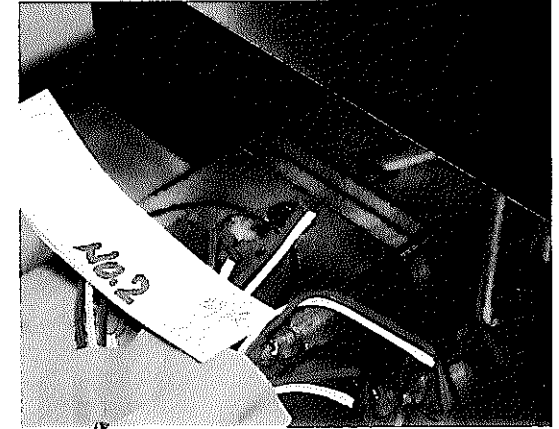
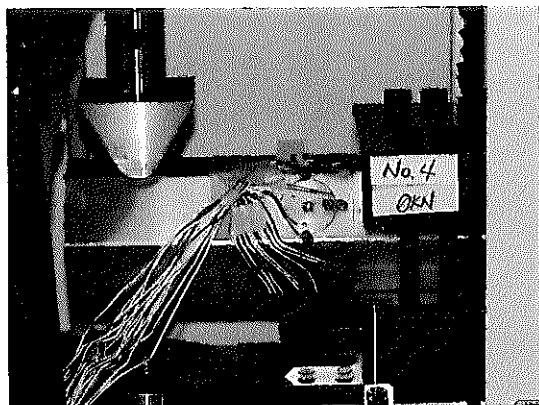
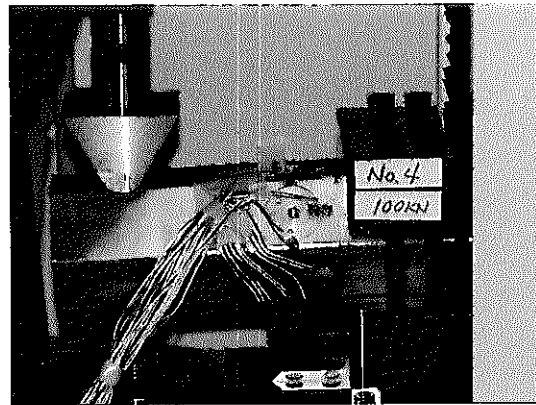


写真5.2.17 No. 2 曲げ試験 (一部)

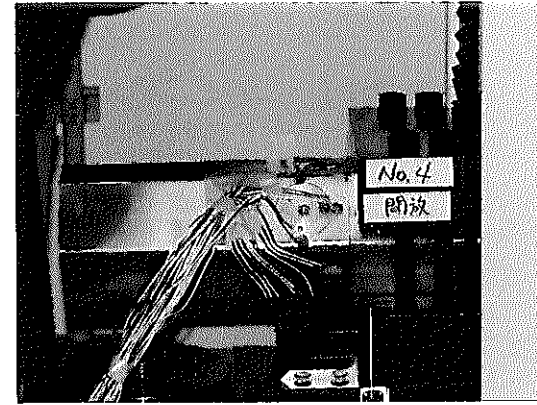
全 体



0 k N



1 0 0 k N



開 放 時

拡 大

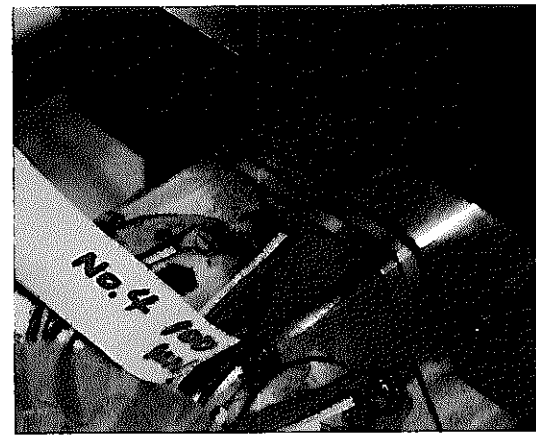


写真5.2.18 No. 4 曲げ試験 (一部)

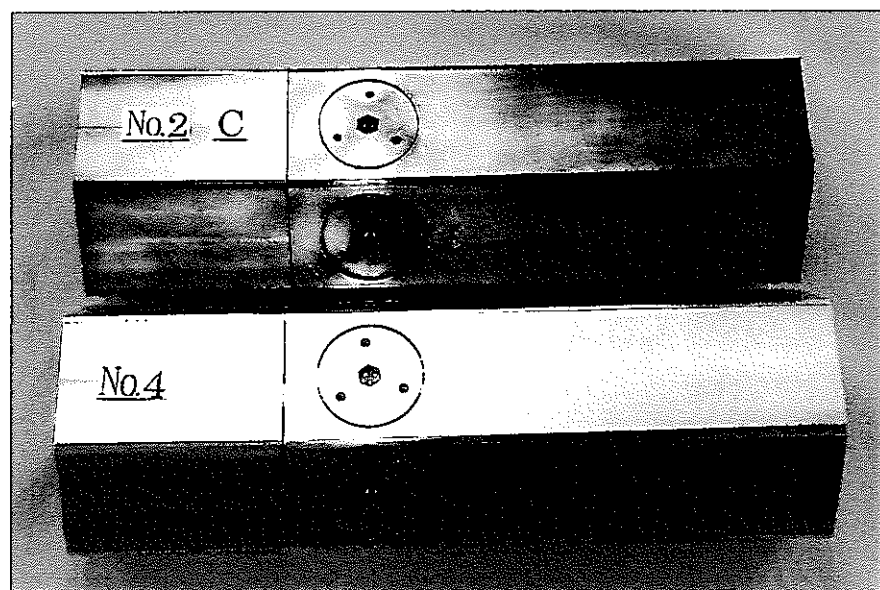
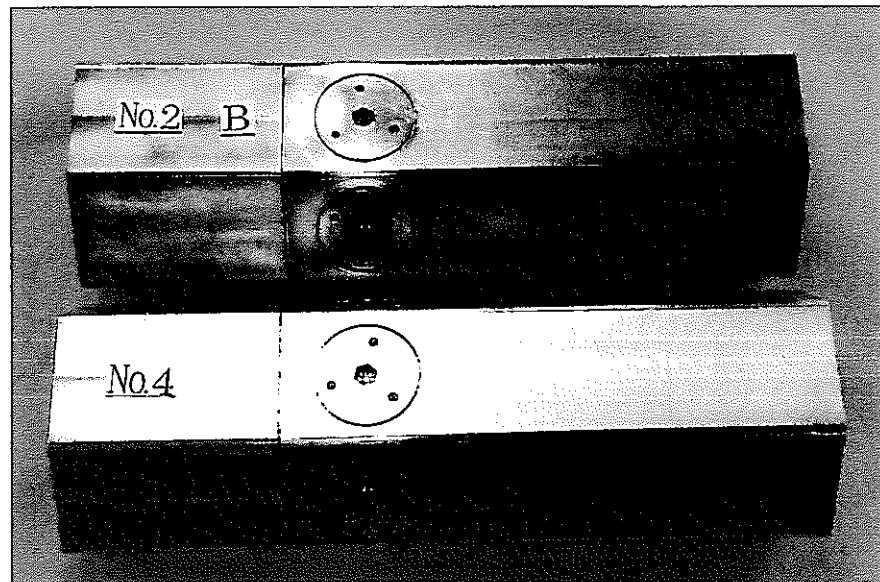
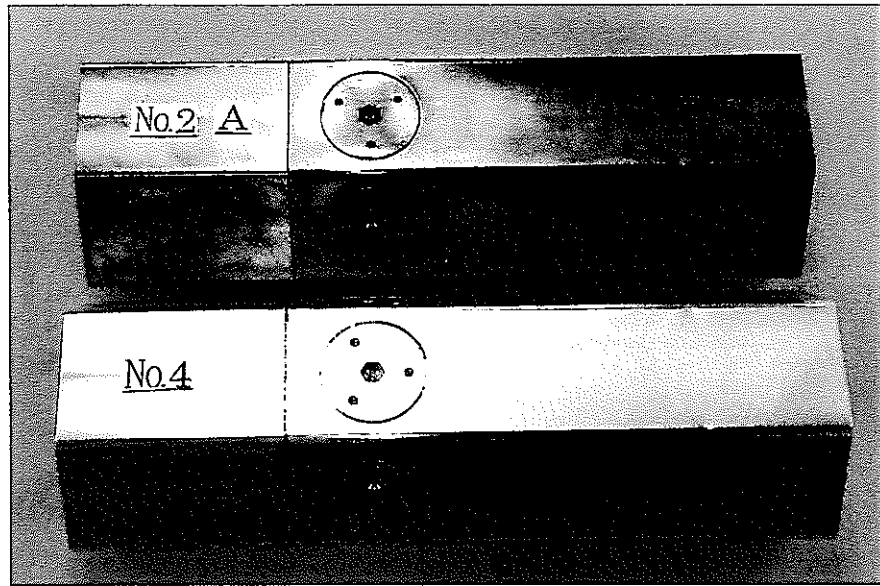


写真5.2.19 曲げ試験後外観（全体）-1

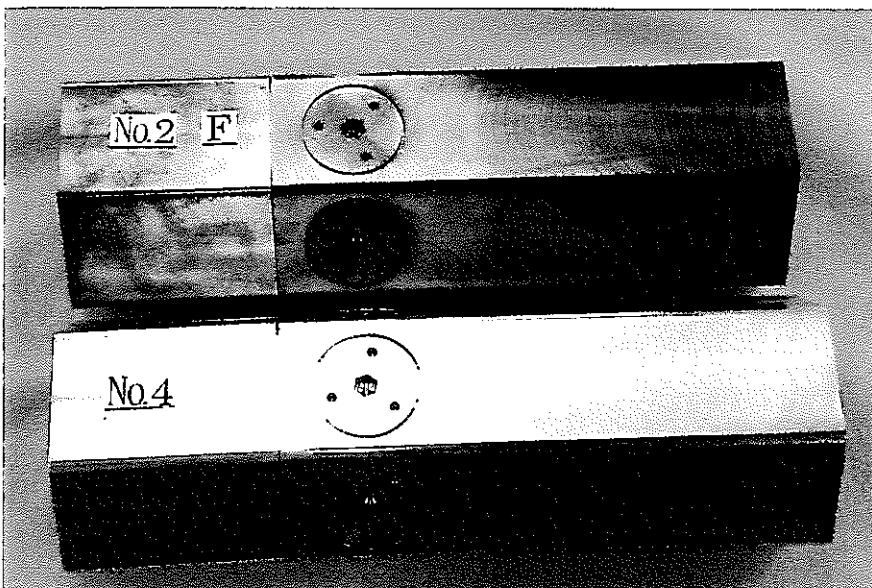
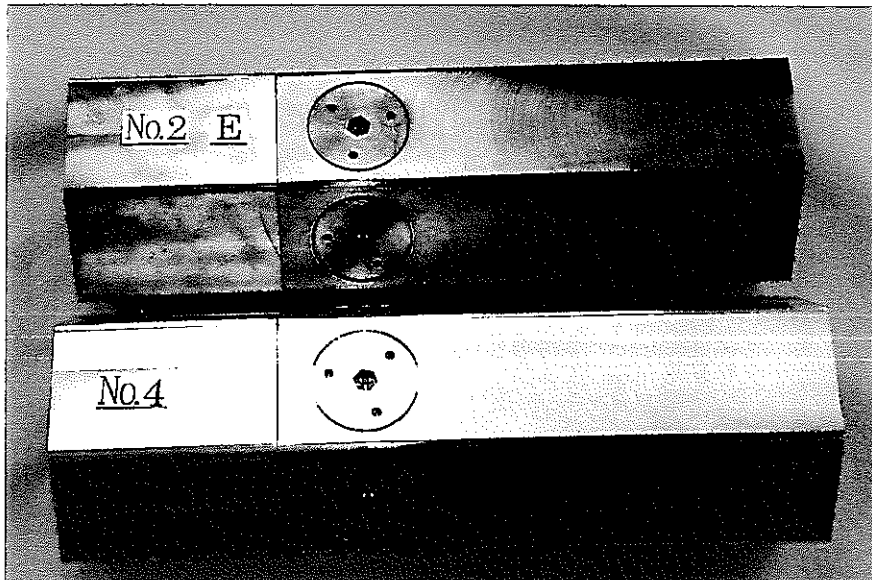
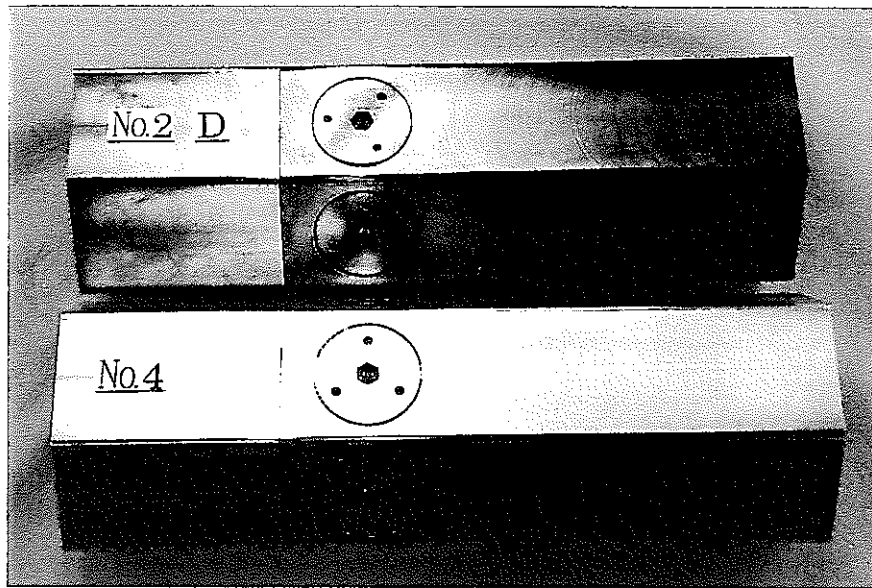


写真5. 2. 20 曲げ試験後外観（全体）-2

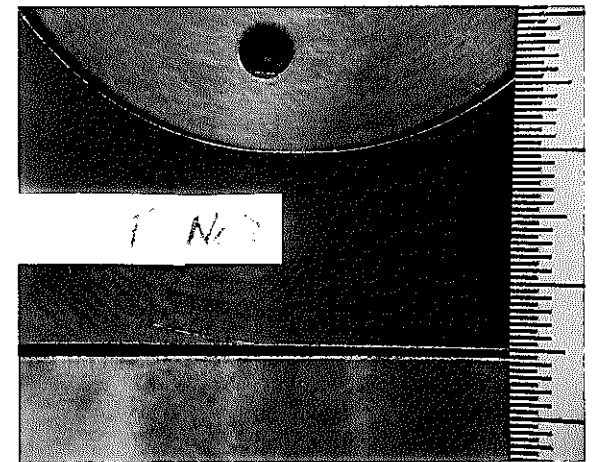
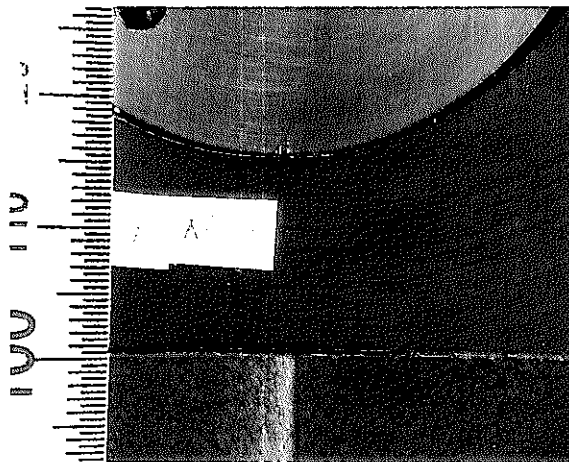
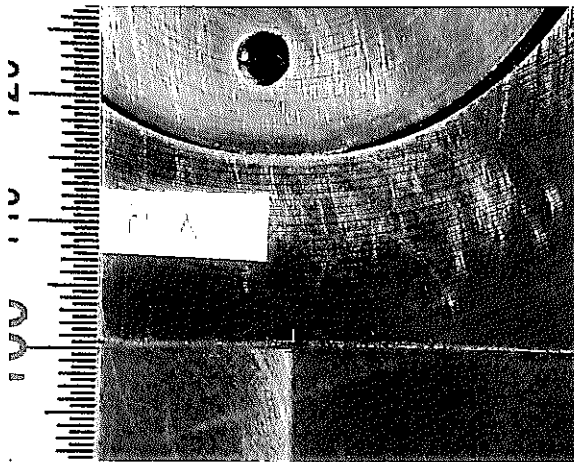
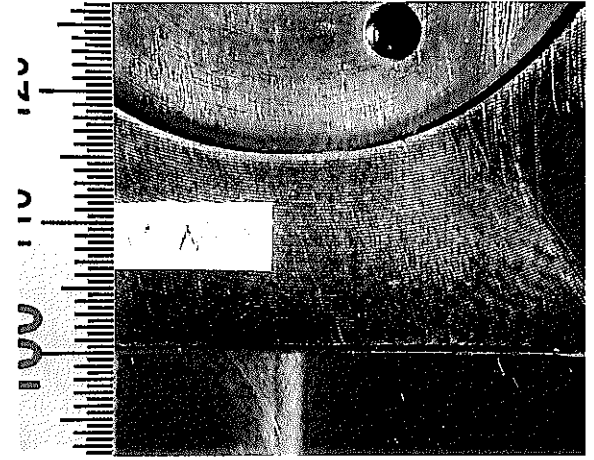
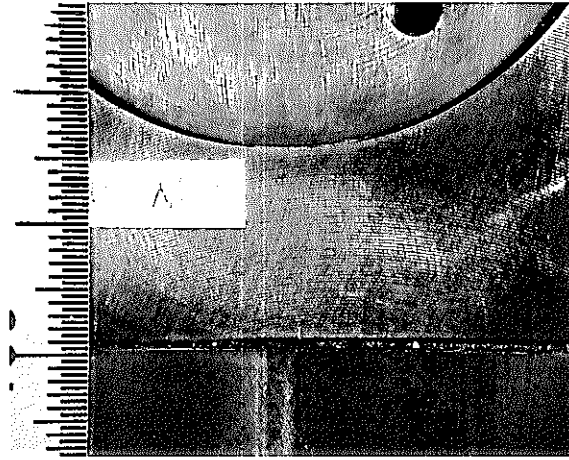
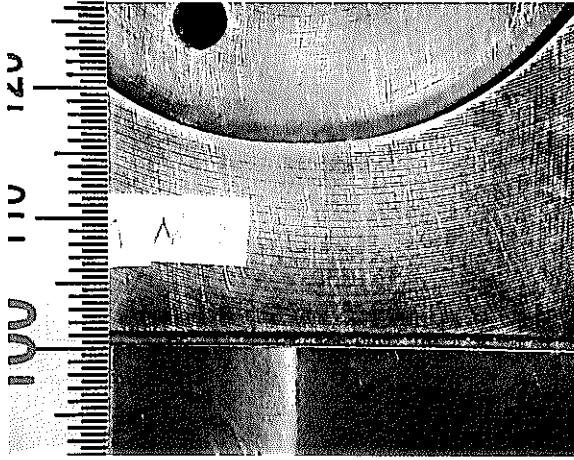


写真5. 2. 21 曲げ試験後外観 (No. 2 拡大)

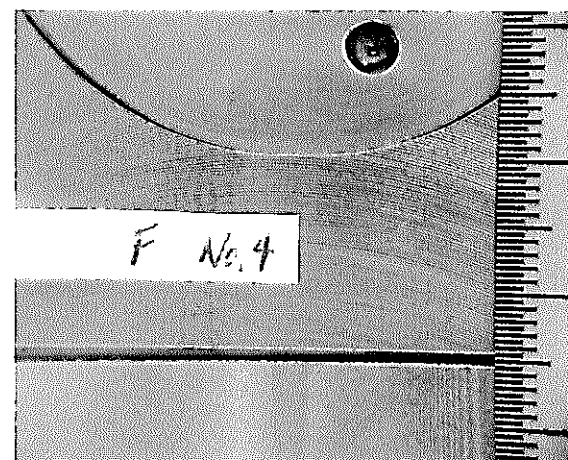
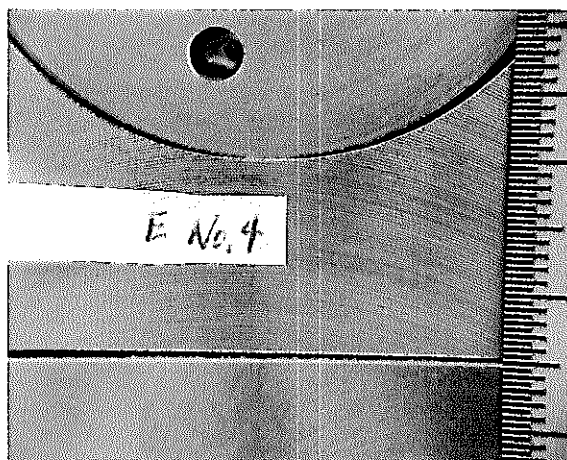
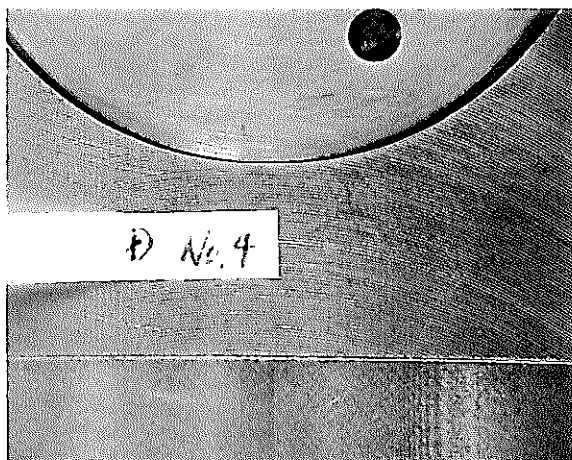
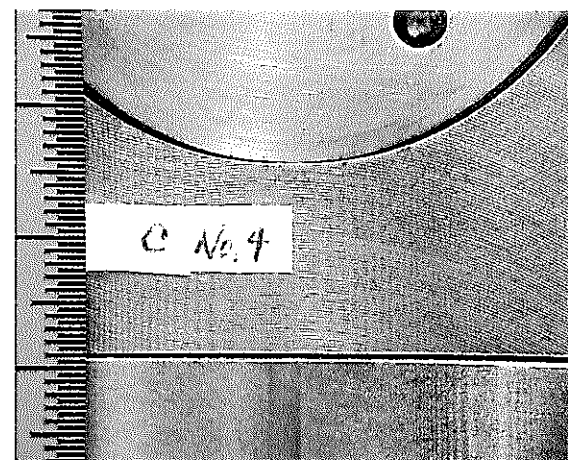
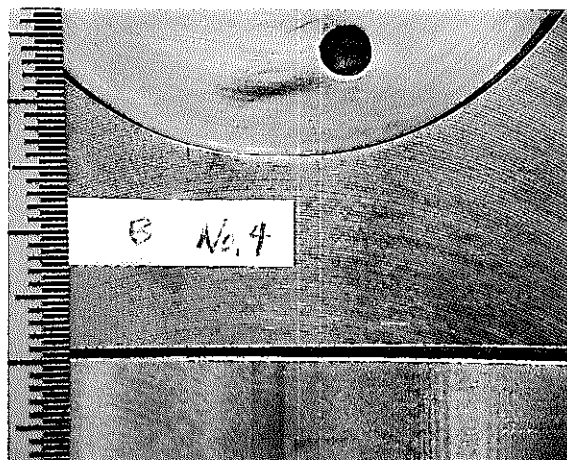
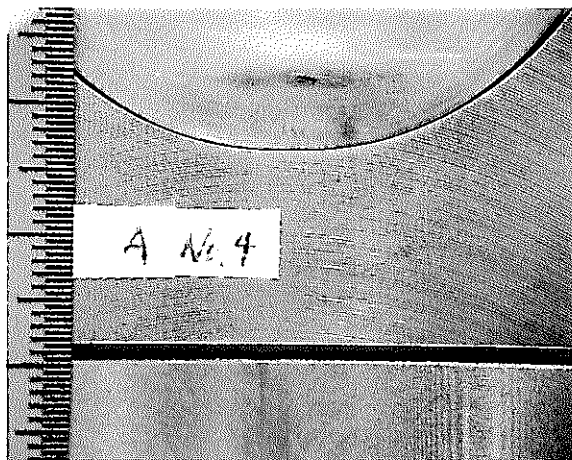
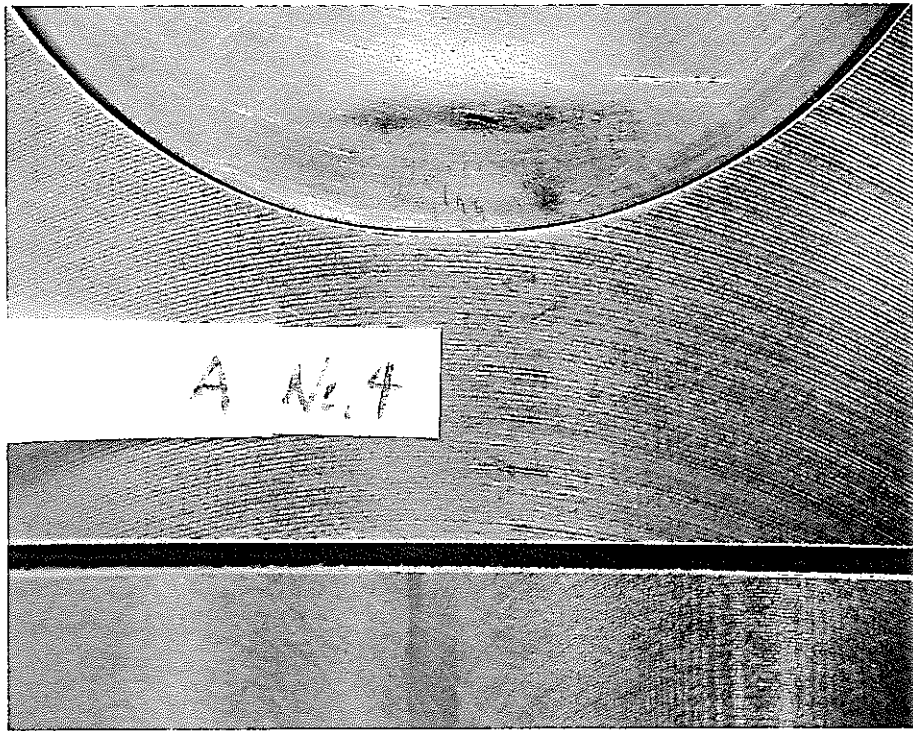
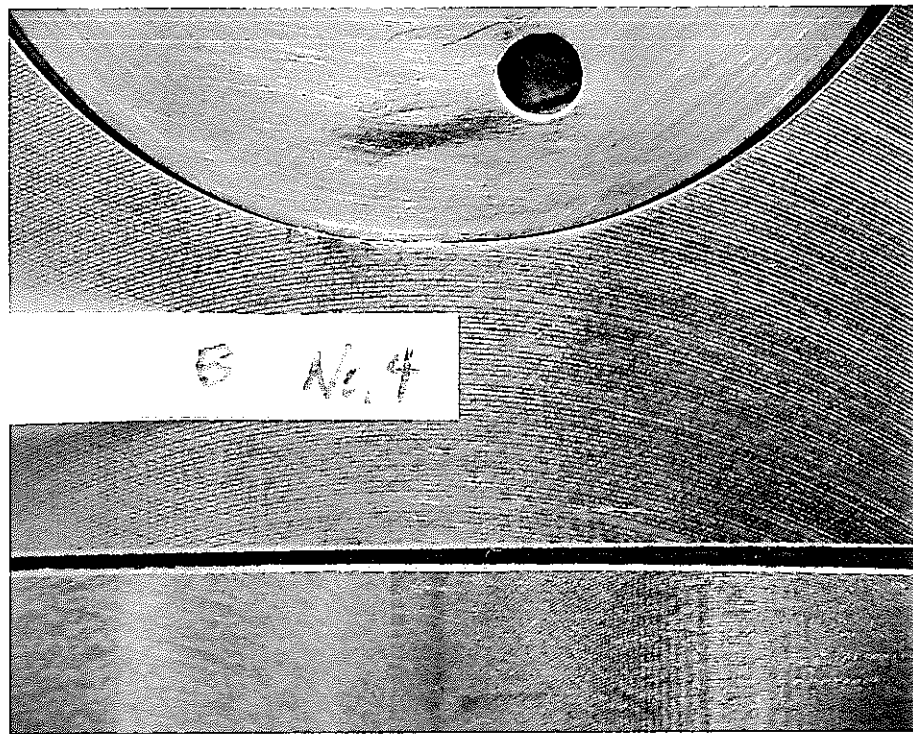


写真5. 2. 22 曲げ試験後外観 (No. 4 拡大)



(A面)



(B面)

写真5. 2. 23 ねじ部変形状況 (No. 4)

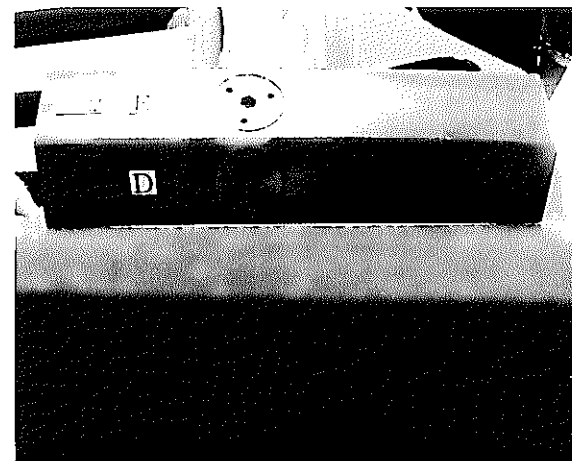
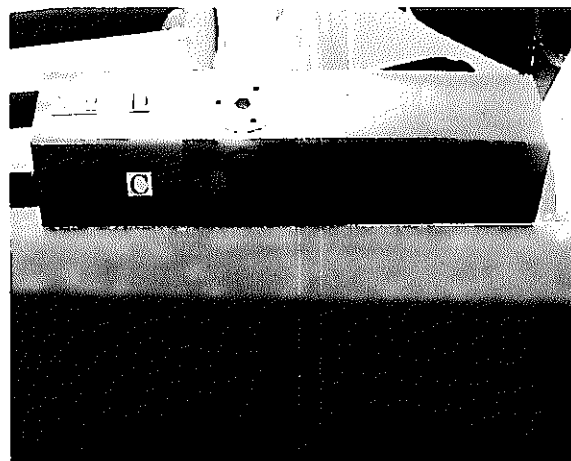
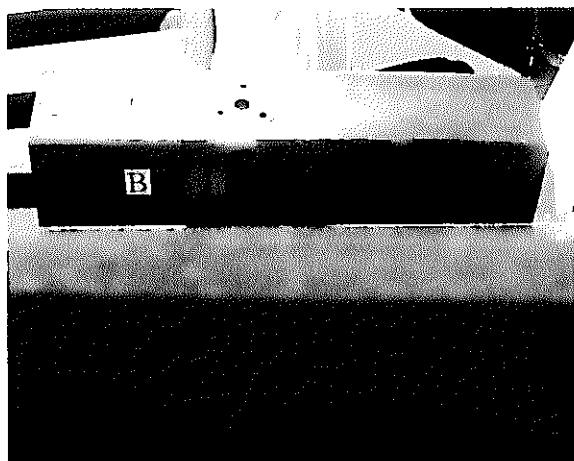
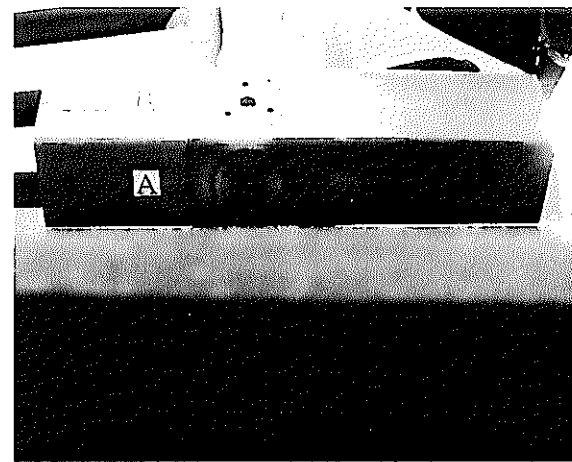


写真5.2.24 No. 2 曲げ試験試料曲がり状況

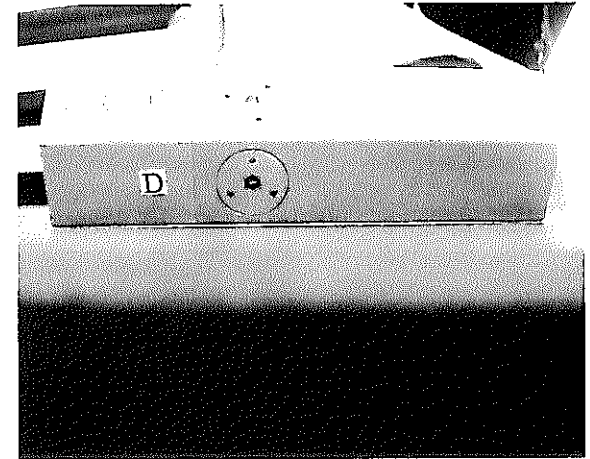
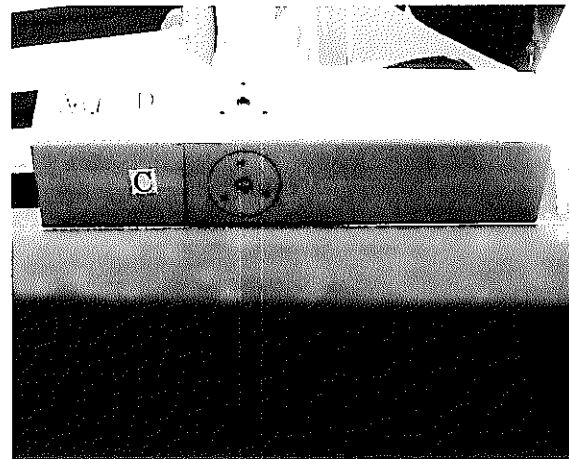
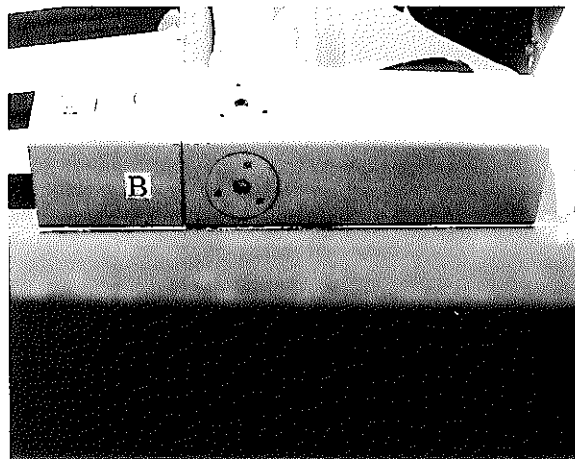
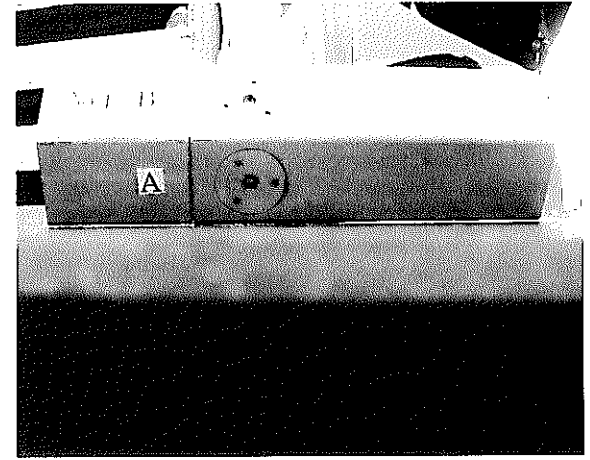
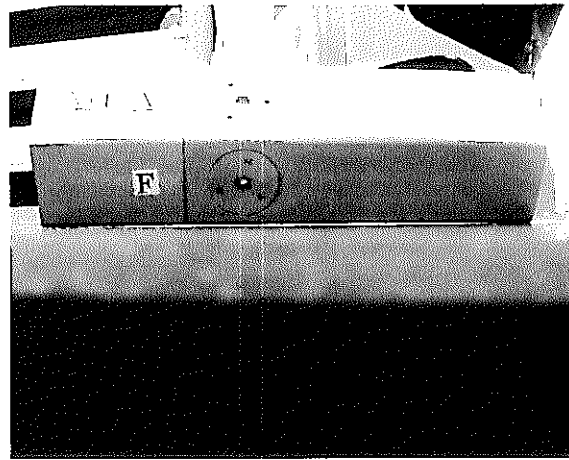
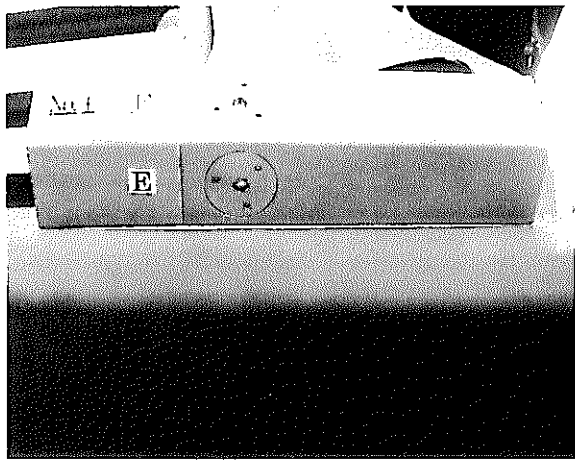


写真5. 2. 25 No. 4 曲げ試験試料曲がり状況



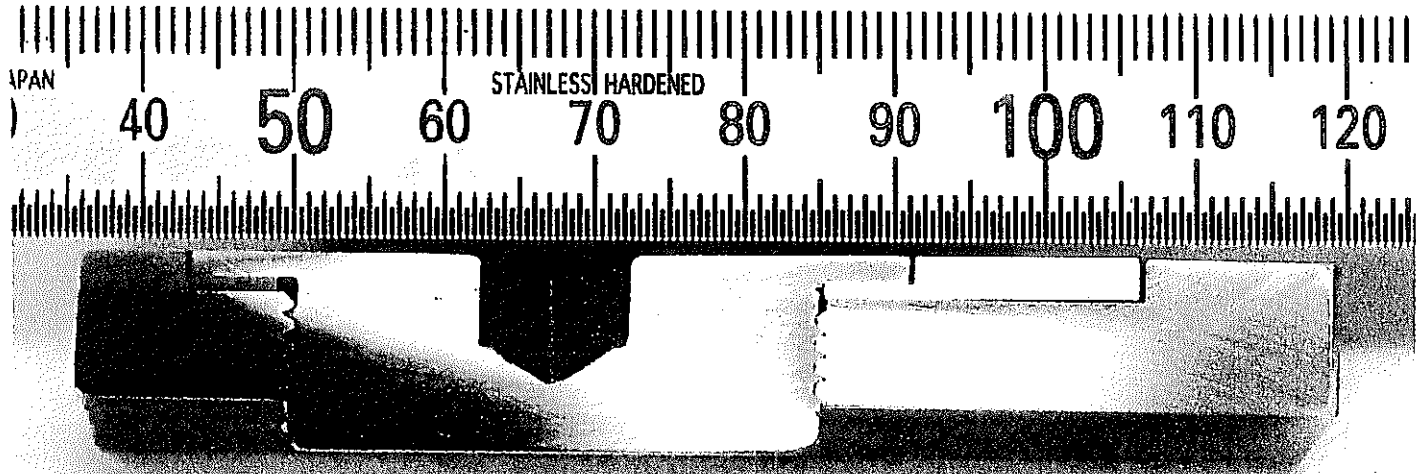
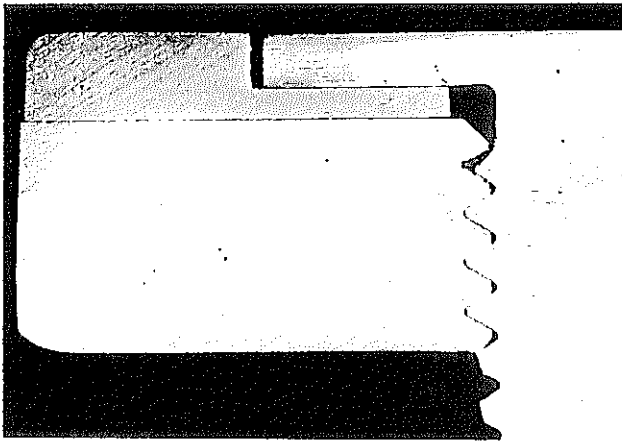
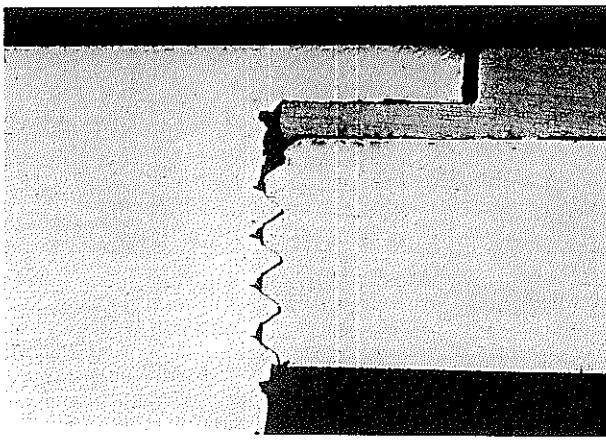
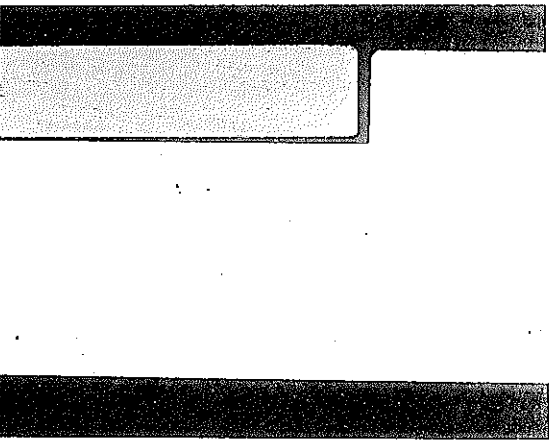
断面金相試験 (熱サイクル処理品, 曲げ試験試料)				契約名		「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2							
試料 No.	No. 2	判定	合格	検査者		日付	'99.3.11	承認者		日付	'99.3.11		
試料No.2-①													
													
試料No.2-①-A			倍率×5			試料No.2-①-B			試料No.2-①-C			倍率×5	
													

写真 5.2.26 断面金相試験(熱サイクル処理品,曲げ試験試料)

断面金相試験 (熱サイクル処理品, 曲げ試験試料)				契約名		「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2					
試料 No.	No. 2	判定	合格	検査者		日付	'99.3.11	承認者		日付	'99.3.11
試料No. 2 - ③											
試料No. 2 - ②						倍率×10					

写真 5.2.27 断面金相試験(熱サイクル処理品,曲げ試験試料)

断面金相試験 (熱サイクル処理品, 曲げ試験試料)				契約名		「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2					
試料 No.	No. 2	判定	合格	検査者	日付	'99.3.11	承認者	日付	'99.3.11		
試料No. 2 - (4)											
試料No. 2 - (4) - A				試料No. 2 - (4) - B				試料No. 2 - (4) - C			
倍率 x5				倍率 x5				倍率 x5			

写真 5.2.28 断面金相試験(熱サイクル処理品,曲げ試験試料)

断面金相試験 (非熱サイクル処理品, 曲げ試験試料)				契約名		「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2					
試料 No.	No. 4	判定	合格	検査者	福永	日付	'99.3.11	承認者	福永	日付	'99.3.11
試料No. 4 - ①											
試料No. 4 - ① - A				試料No. 4 - ① - B				試料No. 4 - ① - C			
倍率x5				倍率x5				倍率x5			

写真 5.2.29 断面金相試験(非熱サイクル処理品,曲げ試験試料)

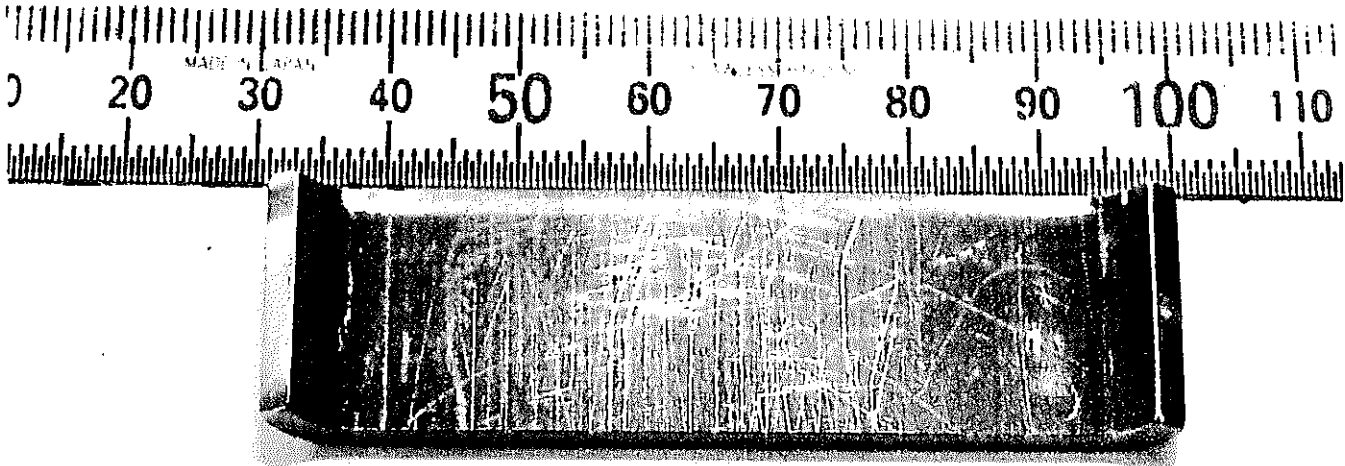
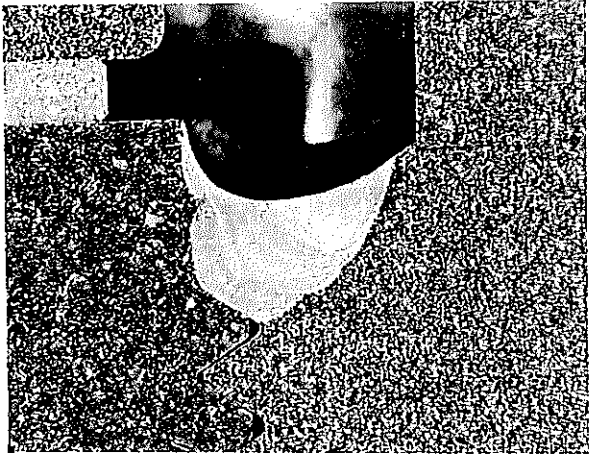
断面金相試験 (非熱サイクル処理品, 曲げ試験試料)			契約名		「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2						
試料 No.	No. 4	判定	合格	検査者	(植)	日付	'99.3.11	承認者	(植)	日付	'99.3.11
試料No. 4-③											
											
試料No. 4-②						倍率 × 10					
											

写真 5.2.30 断面金相試験(非熱サイクル処理品,曲げ試験試料)

断面金相試験 (非熱サイクル処理品, 曲げ試験試料)				契約名		「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2					
試料 No.	No. 4	判定	合格	検査者	(植木)	日付	'99.3.11	承認者	(植木)	日付	'99.3.11
試料No. 4-④											
試料No. 4-④-A				試料No. 4-④-B				試料No. 4-④-C			
倍率 × 5				倍率 × 5				倍率 × 5			

写真 5.2.31 断面金相試験(非熱サイクル処理品, 曲げ試験試料)

5. 3 強度試験のまとめ

強度試験の結果を以下まとめる。

(1) 設計基準との比較

引張方向の設計強度は、燃料交換時のトルクリミットである 15[kN]であるが、その荷重では十分弾性範囲内であることが確認された。尚、15[kN]の際の変位量は、No.1 : 0.276 [mm]、No.3 : 0.477 [mm]であり、又、歪みより算出した応力も SUS316 の降伏点(0.207[kN/mm²])に対して 3[%]程度である事が確認された。

曲げ方向の設計強度は、S2 地震時に発生するモーメントである 3.31×10^6 [Nmm]であるが、その荷重(4.0×10^6 [Nmm]→安全側として 45[kN]で評価した。)において十分に弾性範囲内である事が確認された。尚、その際の変位量は、No.2 : 3.633 [mm]、No.4 : 3.493 [mm]あり、歪みより算出した応力も SUS316 の降伏点(0.207[kN/mm²])に対して 10~25 [%]である事が確認された。

(2) 熱サイクル試験の影響について

熱サイクル試験試料No.1 及び 2 と非熱サイクル試験試料No.3 及び 4 との間には、引張強度試験、曲げ強度試験、金相確認試験の結果、それぞれの測定項目及び観察項目において若干の差が見られるが誤差範囲であり、熱サイクルに起因する変形等の問題は観察されなかった。

6. 今後の課題

- (1) ネジ接合構造における冷却材の漏れが問題となる可能性がある為、今後確認する必要がある。
- (2) FBR は、ATR などとは異なり、隣接する集合体の影響を受けやすい為、今回得られた結果を参照して確認する必要がある。
- (3) 今回得られた歪みや発生応力を用い、寸法、公差の設定に反映させなくてはならない。
- (4) 高度化燃料構造において、さらに現行構造から変更する可能性のある箇所は、今回と同様試作試験を実施していく必要がある。
- (5) 今後、ネジ接合構造を前提とした自動組立手法について検討する必要がある。

7. 謝辞

本検討を遂行するにあたり、多大な御助言、御協力を頂いた核燃料サイクル開発機構 東海事業所 プルトニウム燃料センター 製造加工部 技術開発室 室長 山口俊弘氏、室長代理 安部智之氏、チームリーダー 栗田一郎氏、研究員 菊池圭一氏、寺門信一氏、長山政博氏、及び、東海事業所 プルトニウム燃料センター 環境保全部 環境管理課 研究員 館野久夫氏をはじめ、関係諸氏の方々に深く感謝の意を表します。

8. 参考文献

- * 1 : 原子燃料工業㈱, 「もんじゅ」高度化炉心燃料の構造検討 報告書(PNC ZJ8005 97-002)
- * 2 : 原子燃料工業㈱, 「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討 報告書(PNC ZJ8005 98-001)
- * 3 : ステンレス協会編 ステンレス鋼便覧 第3版, 日刊工業新聞社
- * 4 : 核燃料サイクル開発機構, 高速増殖原型炉もんじゅ(第2回取替炉心燃料集合体)燃料体設計認可申請書(JNC ZN1720 95-004)

—添付資料集—

(添付資料 1) 試験検査要領書 添付 1～19




(添付資料 2) 検査成績書 添付 20～70

(添付資料 3) 試験試料図面集 添付 71～74

「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2

試験検査要領書

平成10年10月

作成	審査	承認
		

原子燃料工業株式会社

目 次

	頁
1. まえがき	1
2. 部品	
2.1 固定ねじ	2
2.2 エントランスノズル上部	4
2.3 ラッパ管	6
3. 組立品	
3.1 組立品	8
4. 試験	
4.1 熱サイクル試験	11
4.2 接合部強度試験	14
4.3 断面金相確認試験	17

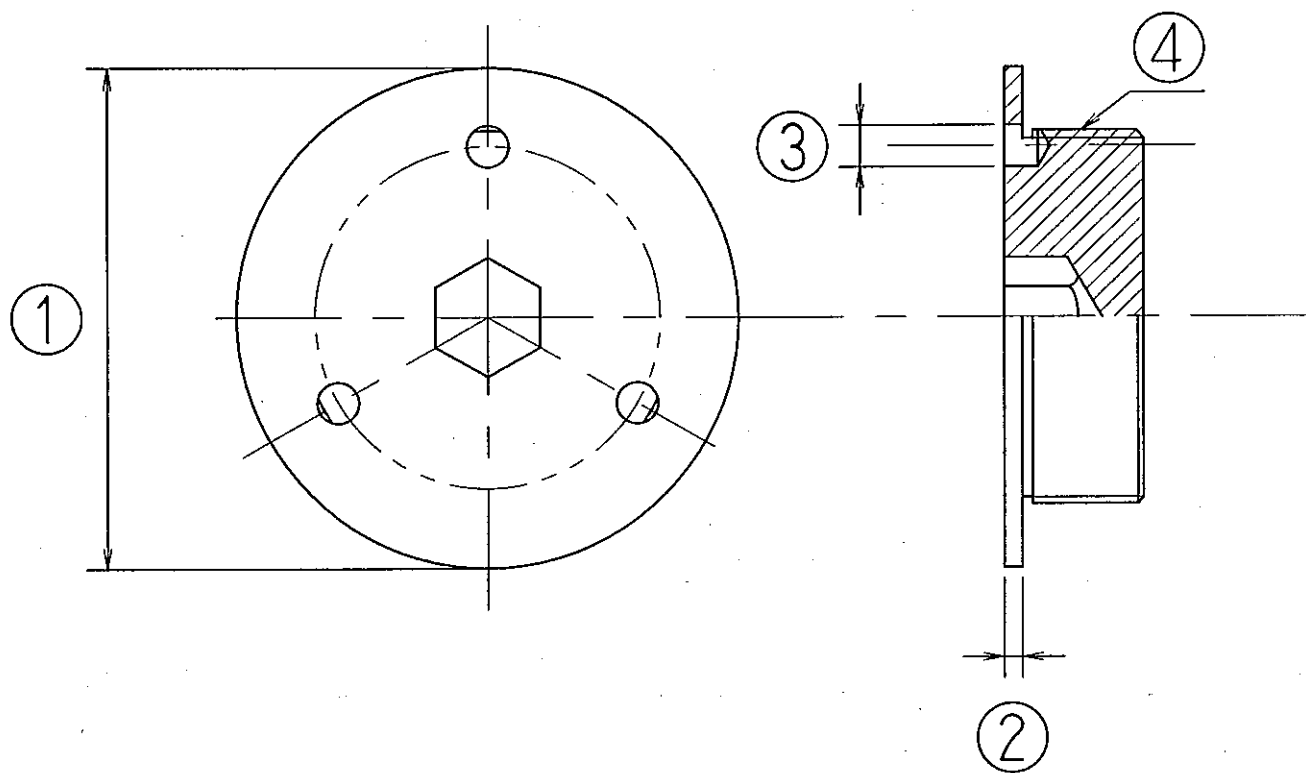
1. ま え が き

本要領書は、契約名『「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2』において、原子燃料工業株式会社が実施する試験・検査の要領と、核燃料サイクル開発機構殿が実施する立会検査の要領について記したものである。

2.1 固定ねじ

1 / 2

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	抜取数	試料No.	報告	データ収集		立会検査要領		備考
							表示 単位	表示 桁数	実施内容	頻度	
1. 材料検査	1.1 材質	固定ねじ SUS316	ミルシートを確認する。	—	—	ミルシート 提出	—	—	記録確認	全数	
2. 製品検査	2.1 外観	(1)表面は清浄で、油脂、酸化物などの有害な付着物のないこと。 (2)表面に有害な傷、カエリなどのないこと。 (3)表面粗さ及び形状は承認図面通りであること。	目視により合否判定する。	全数	品名毎 No.	合 否	—	—	記録確認	全数	
	2.2 寸法	①外径 +0 φ48-0.1 mm	ノギスを用いて測定する。	全数	品名毎 No.	測定値	0.1 mm	3	記録確認	全数	
		②厚さ +0 1.7-0.05 mm	マイクロメータを用いて測定する。	全数	品名毎 No.	測定値	0.01 mm	3	記録確認	全数	
		③内径（3ヶ所） φ4 ±0.1 mm	ピンゲージ（通り；φ3.9mm、止り；φ4.1mm）を用いて合否判定する。	全数	品名毎 No.	合 否	—	—	記録確認	全数	
④ねじ M36 ×1.5-6g		エントランスノズル上部と現合し、正常に組み立つ事を確認する。	全数	品名毎 No.	合 否	—	—	記録確認	全数		

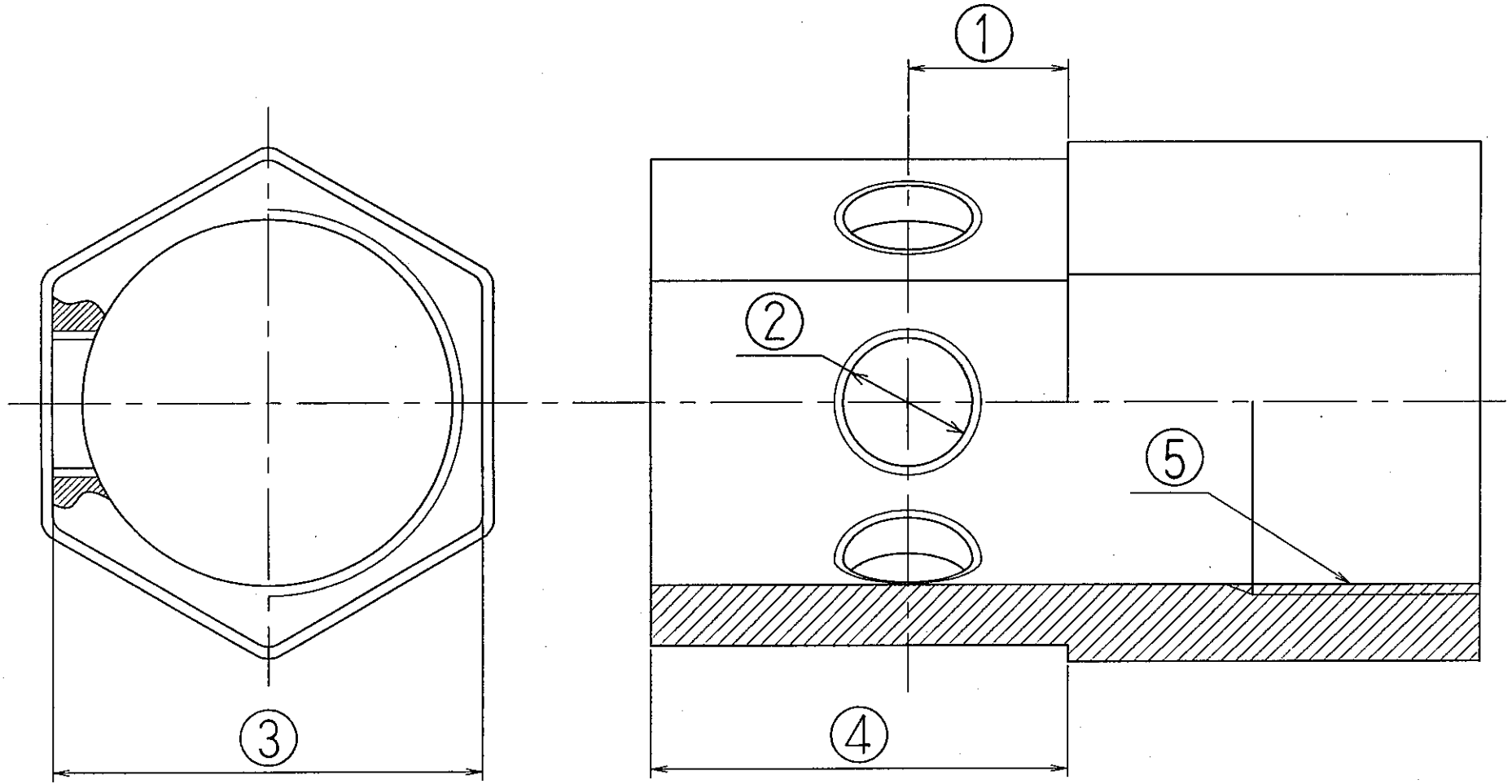


添付 5

固定ねじ

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	抜取数	試料No.	報告	データ収集		立会検査要領		備考
							表示 単位	表示 桁数	実施内容	頻度	
1. 材料検査	1.1 材質	エントランスノズル 上部 SUS316	ミルシートを確認する。	—	—	ミルシート 提出	—	—	記録確認	全数	
2. 製品検査	2.1 外観	(1)表面は清浄で、油脂、酸化物などの有害な付着物のないこと。 (2)表面に有害な傷、カエリなどのないこと。 (3)表面粗さ及び形状は承認図面通りであること。	目視により合否判定する。	全数	品名毎 No.	合 否	—	—	記録確認	全数	
	2.2 寸法	(1)長さ(6面) +0.1 39.1-0 mm	ラッパ管及び固定ねじと現合し、正常に組み立つ事を確認する。	全数	品名毎 No.	合 否	—	—	記録確認	全数	
		(2)ねじ(6面) M36 × 1.5-6H	固定ねじと現合し、正常に組み立つ事を確認する。	全数	品名毎 No.	合 否	—	—	記録確認	全数	
		(3)外径 104.6 mm (現合)	ラッパ管と現合し、著しいガタツキの無いことを確認する。	全数	品名毎 No.	合 否	—	—	記録確認	全数	
		(4)嵌合長さ(6面) (102.1) mm	ノギスを用いて中央部を測定する。	全数	品名毎 No.	測定値	0.1 mm	4	記録確認	全数	
		(4)ねじ M95 × 4	治具と現合し、正常に組み立つ事を確認する。	全数	品名毎 No.	合 否	—	—	記録確認	全数	

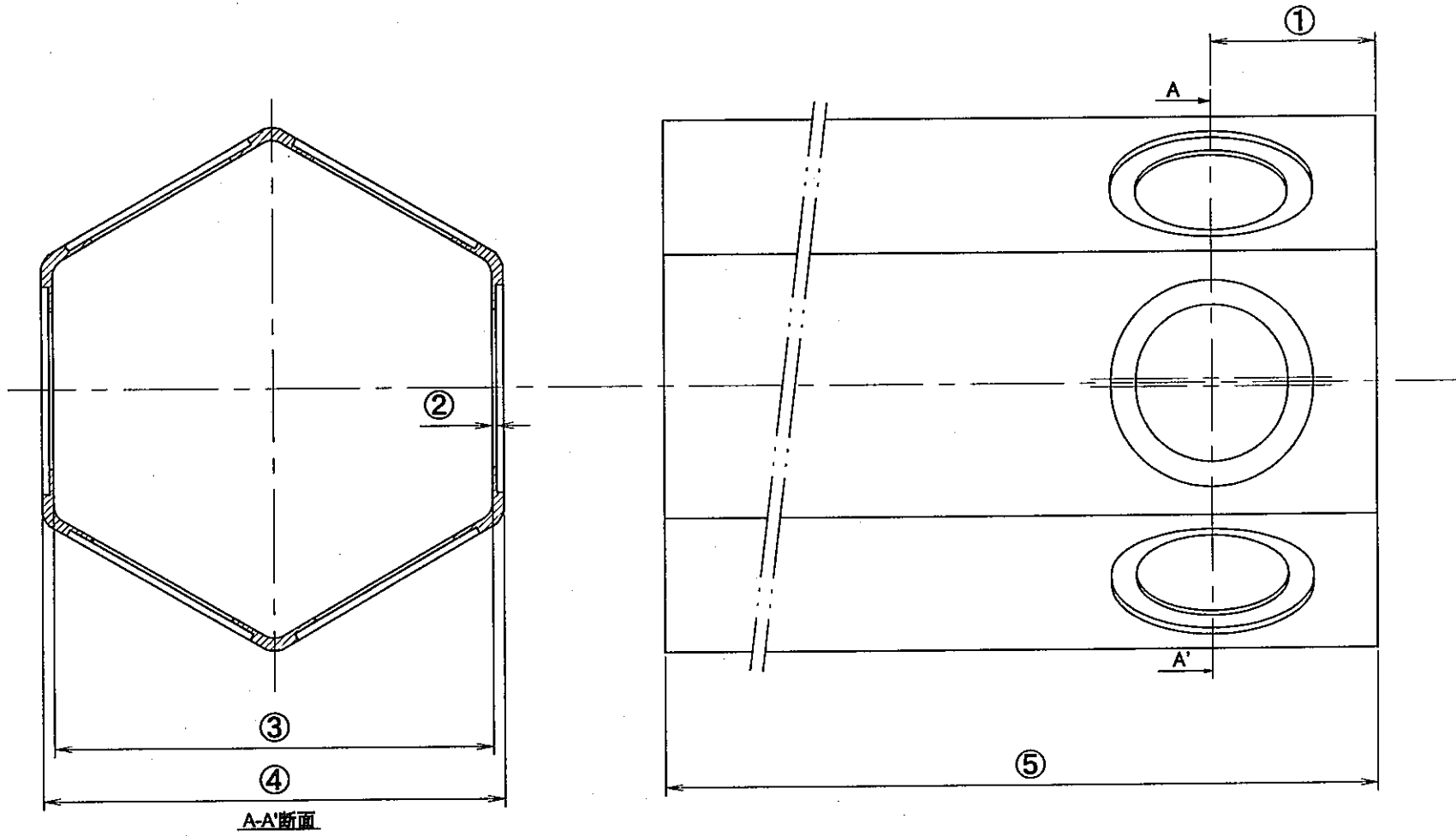
添付 7



エントランスノズル上部

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	抜取数	試料No.	報告	データ収集		立会検査要領		備考
							表示 単位	表示 桁数	実施内容	頻度	
1. 材料検査	1.1 材質	ラubber管 御支給材	ミルシートを確認する。	—	—	ミルシート 提出	—	—	記録確認	全数	
2. 製品検査	2.1 外観	(1)表面は清浄で、油脂、酸化物などの有害な付着物のないこと。 (2)表面に有害な傷、カエリなどのないこと。 (3)表面粗さ及び形状は承認図面通りであること。	目視により合否判定する。	全数	品名毎 No.	合 否	—	—	記録確認	全数	
	2.2 寸法	①長さ (6面) +0 39.1-0.1 mm	エンタランスル 上部及び固定ねじと現合し、正常に組み立つことを確認する。	全数	品名毎 No.	合 否	—	—	記録確認	全数	
		②深さ (6面) +0 1-0.1	マイクロメータ等を用いて測定する。	全数	品名毎 No.	測定値	0.01 mm	3	記録確認	全数	
		③内径 104.6±0.4 mm	エンタランスル 上部と現合し、著しいガタツキの無いことを確認する。	全数	品名毎 No.	合 否	—	—	記録確認	全数	
		④外径 (3方向) (110) mm	マイクロメータを用いて嵌合側管端中央部を測定する。	全数	品名毎 No.	測定値	0.01 mm	5	記録確認	全数	
		⑤全長 (6面) 250 ± 1 mm	ハイトゲージを用いて中央部を測定する。	全数	品名毎 No.	測定値	0.01 mm	5	記録確認	全数	

添付 9



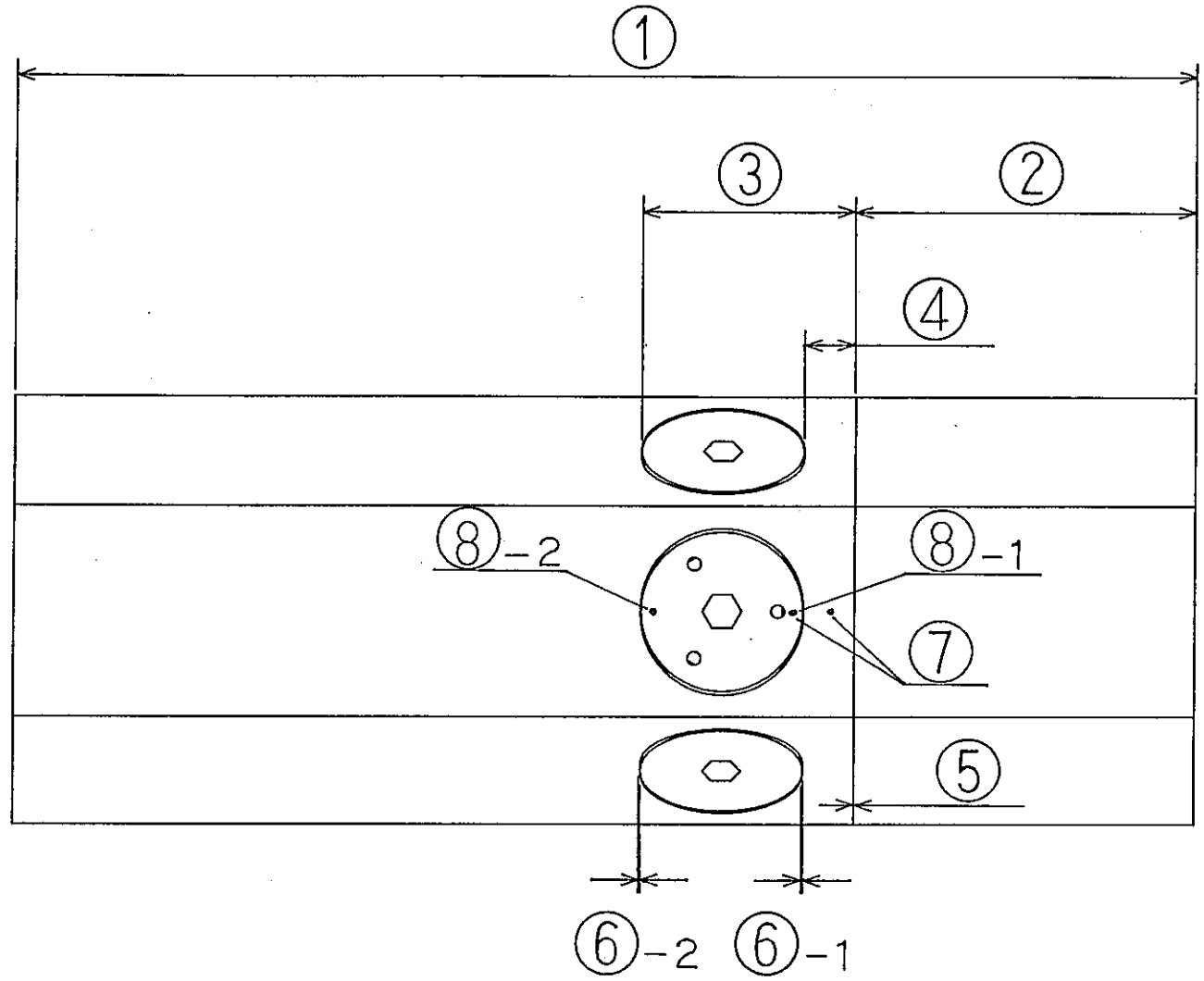
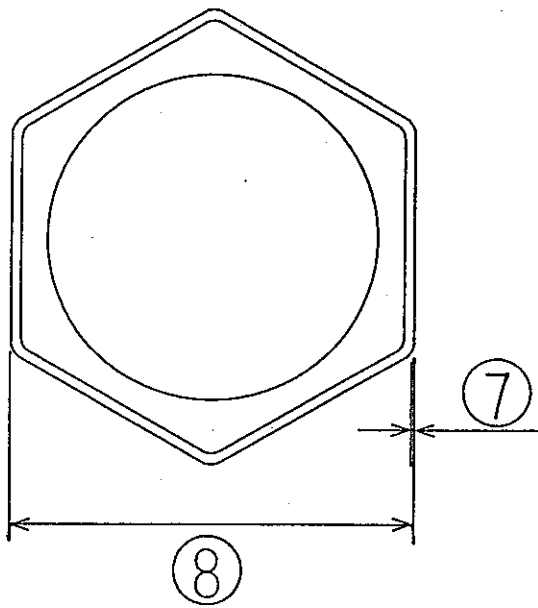
ラップ管

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	抜取数	試料No.	報告	データ収集		立会検査要領		備考
							表示単位	表示桁数	実施内容	頻度	
製品検査	1. 外観	(1)表面は清浄で、油脂、酸化物などの有害な付着物のないこと。 (2)表面に有害な傷、カエリなどのないこと。 (3)φ4孔にスポット溶接がされていること。 (4)溶接部分に割れなどの有害な欠陥のないこと。 (5)形状は承認図面通りであること。	目視により合否判定する。又、所見のある場合は記録する。 (必要に応じて拡大鏡等を使用する。)	全数	品名毎No.	合否 (記録)	—	—	記録確認 現品確認	全数 全数	
	2. 寸法	①全長 (350) mm	ハイトゲージを用いてA面中央部を測定する。	全数	品名毎No.	測定値	0.01 mm	5	記録確認	全数	
		②長さ (100) mm	ハイトゲージ等を用いてA面中央部を測定する。	全数	品名毎No.	測定値	0.01 mm	4-5	記録確認	全数	
		③ねじ位置(6面) (63.1) mm	ハイトゲージ等を用いて中央部を測定する。	全数	品名毎No.	測定値	0.01 mm	4	記録確認	全数	
		④ねじ位置(6面) (15.1) mm	ハイトゲージ等を用いて中央部を測定する。	全数	品名毎No.	測定値	0.01 mm	4	記録確認	全数	
		⑤嵌合部隙間(6面) 規定値なし	シックネスゲージを用いて最大隙間を測定するとともに、位置を記録する	全数	品名毎No.	測定値 位置指 示図	0.01 mm —	3 —	記録確認	全数	

3.1 組立品

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	採取数	試料No.	報告	データ収集		立会検査要領		備考
							表示 単位	表示 桁数	実施内容	頻度	
製品検査	2. 寸法 (続き)	6. ねじ部隙間 (6面各2ヶ所) 規定値なし	シックネスゲージを用いて測定する。	全数	品名毎 No.	測定値	0.01 mm	3	記録確認	全数	
		7. 段差(6面) 規定値なし	デプスゲージ又はコント レーサを用いて嵌合部側 のねじとラッパ管の段差 を測定する。	全数	品名毎 No.	測定値	0.01 mm	3	記録確認	全数	
		8. ねじ部対面距離 (3方向各2ヶ所) (110) mm	マイクロメータを用いて 嵌合部側および反嵌合部 側を測定する。	全数	品名毎 No.	測定値	0.01 mm	5	記録確認	全数	

添付12



組立品

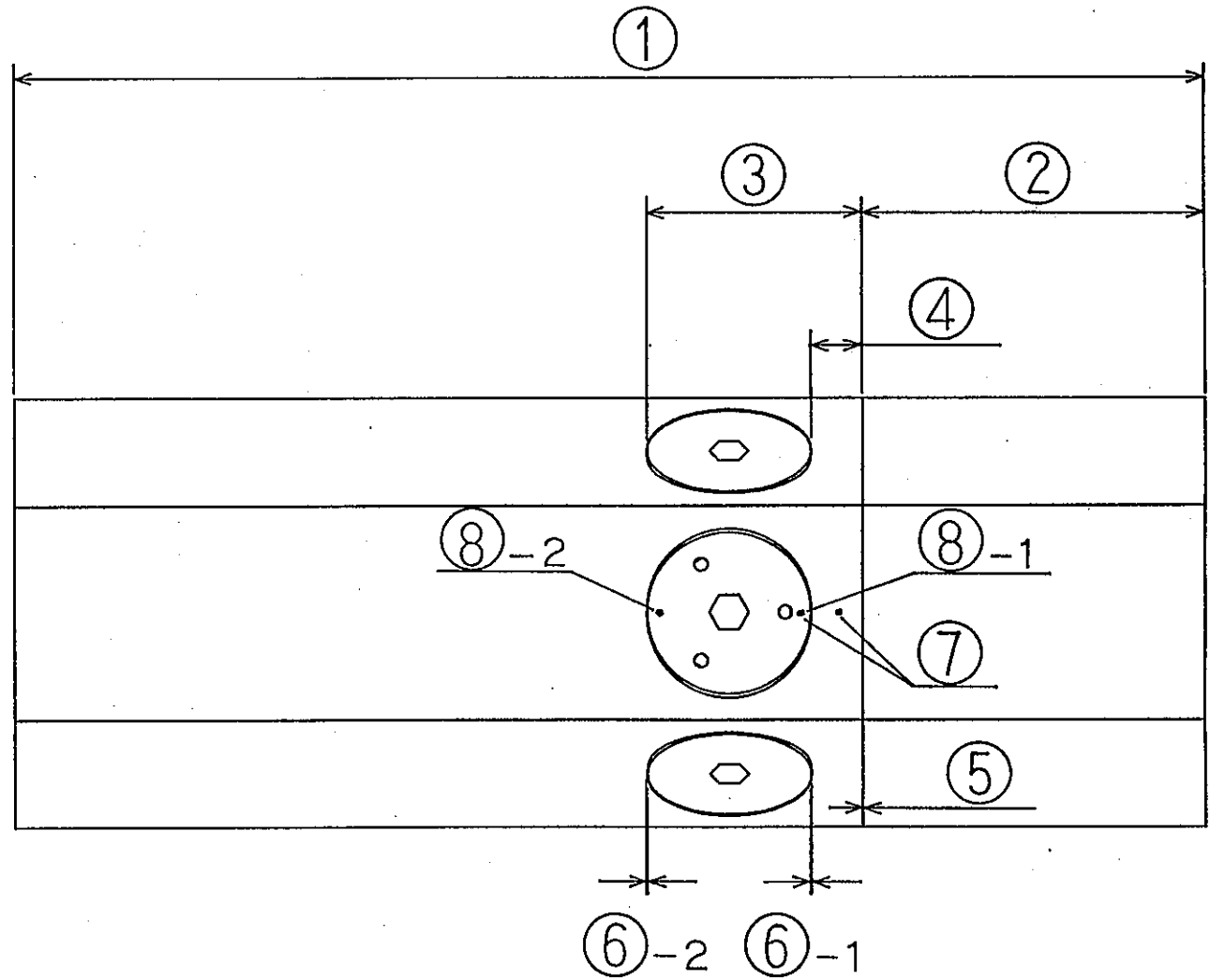
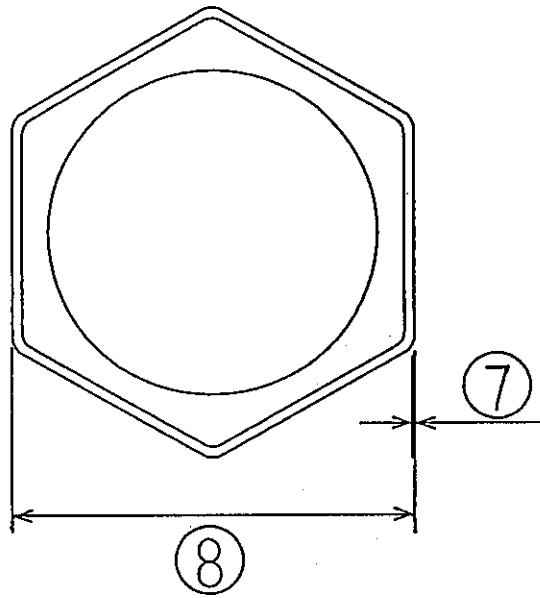
4.1 熱サイクル試験

1 / 3

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	抜取数	試料No.	報告	データ収集		立会検査要領		備考
							表示単位	表示桁数	実施内容	頻度	
4.1 熱サイ クル試 験	4.1.1 装荷	2 試料とも傷などをつけること無く正しく装荷されること。	目視により確認する。	全数	試料No.	合 否	—	—	記録確認 作業確認	全 数 全 数	
	4.1.2 熱サ イクル処理	規定通りの熱処理がされていること。 試験条件 ・熱処理条件 150℃×1hr ↓ ↑ 450℃×1hr ・サイクル数 50サイクル	始めの1サイクルは立会で確認し、2サイクル目以降は熱処理チャートを確認する。	全数	試料No.	合 否 ファクト	—	—	記録確認 作業確認	全 数 1サイクル	
	4.1.3 取り 出し	2 試料とも傷などをつけること無く取り出されること。	目視により確認する。	全数	試料No.	合 否	—	—	記録確認 作業確認	全 数 全 数	
	4.1.4 外観	規定なし	目視により確認し、所見のある場合は記録する。 (必要に応じて拡大鏡等を使用する。)	全数	試料No.	記 録	—	—	記録確認	全 数	
	4.1.5 寸法	①全長 (350) mm	ハイトゲージ等を用いてA面及びF面中央部を測定する。	全数	試料No.	測定値	0.01 mm	5	記録確認	全 数	

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	抜取数	試料No.	報告	データ収集		立会検査要領		備考
							表示 単位	表示 桁数	実施内容	頻度	
4.1 熱サイ クル試 験	4.1.5 寸法 (続き)	②長さ (100) mm	ハイトゲージ等を用いて A面中央部を測定する。	全数	試料No.	測定値	0.01 mm	4-5	記録確認	全数	
		③ねじ位置 (6面) (63.1) mm	ハイトゲージ等を用いて 中央部を測定する。	全数	試料No.	測定値	0.01 mm	4	記録確認	全数	
		④ねじ位置 (6面) (15.1) mm	ハイトゲージ等を用いて 中央部を測定する。	全数	試料No.	測定値	0.01 mm	4	記録確認	全数	
		⑤嵌合部隙間 (6面) 規定値なし	シクネスゲージ等を用 いて最大隙間を測定する とともに、位置を記録す る	全数	試料No.	測定値 位置指 示図	0.01 mm —	3 —	記録確認	全数	
		⑥ねじ部隙間 (6面各2ヶ所) 規定値なし	シクネスゲージ等を用 いて測定する。	全数	試料No.	測定値	0.01 mm	3	記録確認	全数	
		⑦段差 (6面) 規定値なし	デプスゲージ又はコント レーサを用いて嵌合部側 のねじとラップ管の段差 を測定する。	全数	試料No.	測定値	0.01 mm	3	記録確認	全数	
		⑧ねじ部対面距離 (3方向各2ヶ所) (110) mm	マイクロメータを用いて 嵌合部側および反嵌合部 側を測定する。	全数	試料No.	測定値	0.01 mm	5	記録確認	全数	

添付15



試験後試料

4.2 嵌合部強度試験

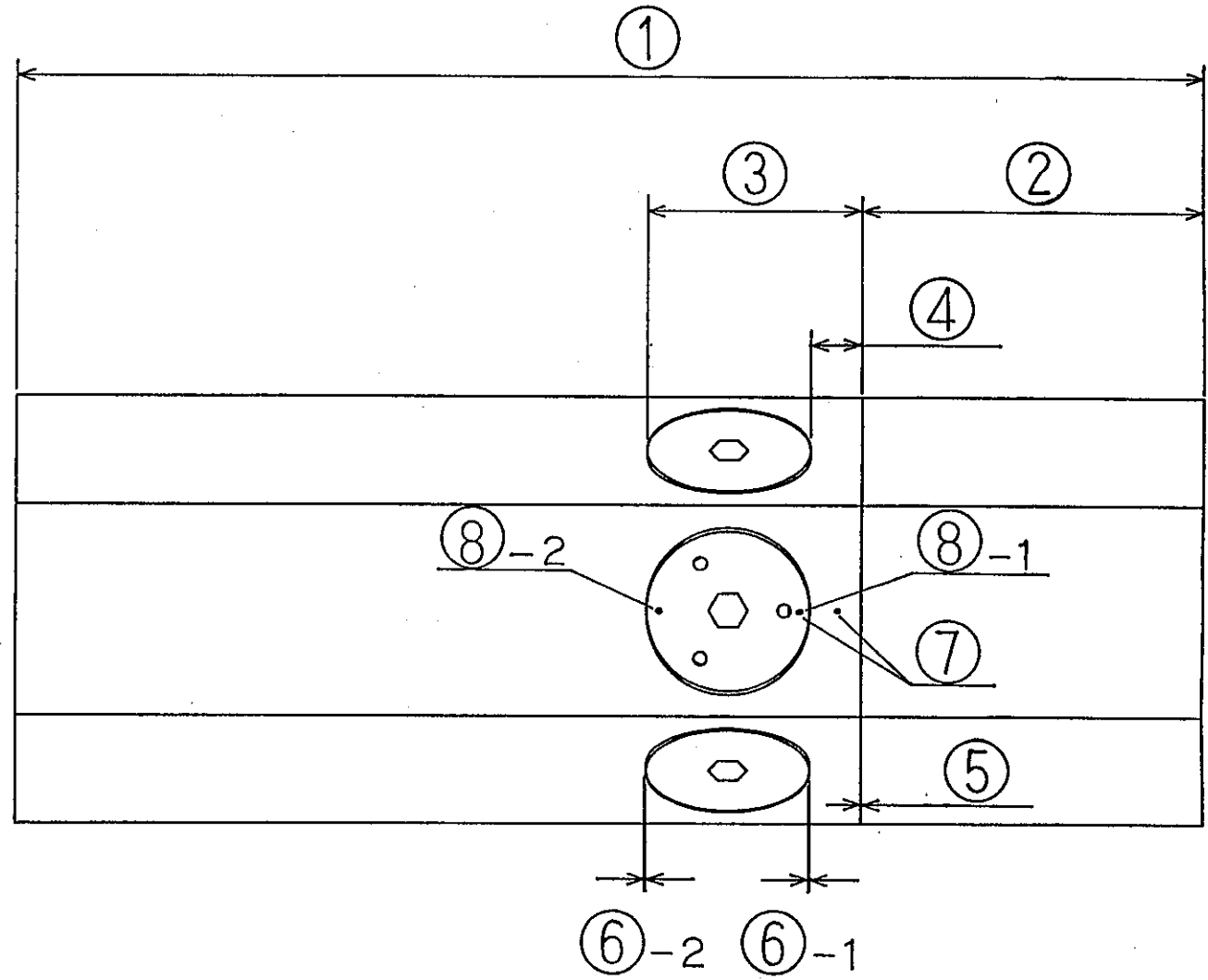
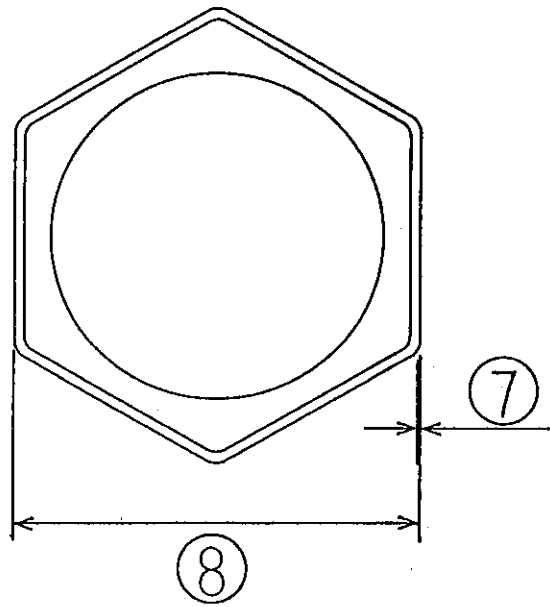
1 / 3

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	抜取数	試料No.	報告	データ収集		立会検査要領		備考
							表示 単位	表示 桁数	実施内容	頻度	
4.2 嵌合部 強度試験	4.2.1 引張 試験	試験荷重：規定値なし 伸び：規定値なし *1)	引張圧縮試験機により著しく変形するまで、又は試験機の最大荷重まで荷重を加える。 引張速度 1 mm/min	全数	試料No.	測定値 チャート	1 N 1 %	5 1-2	記録確認 試験中確認 試験後試料確認	全数 全数 全数	*1) 伸びの測定方法については別途協議とする。
	4.2.2 曲げ 試験	試験荷重：規定値なし 伸び：規定値なし *2)	引張圧縮試験機により著しく変形するまで、又は試験機の最大荷重まで荷重を加える。 引張速度 1 mm/min	全数	試料No.	測定値 チャート	1 N 1 %	5 1-2	記録確認 試験中確認 試験後試料確認	全数 全数 全数	*2) 伸びの測定方法については別途協議とする。
	4.2.3 寸法	①全長 (350) mm	ハイトゲージを用いてA面及びF面中央部を測定する。	全数	試料No.	測定値	0.01 mm	5	記録確認	全数	
		②長さ (100) mm	ハイトゲージ等を用いてA面中央部を測定する。	全数	試料No.	測定値	0.01 mm	4-5	記録確認	全数	
		③ねじ位置(6面) (63.1) mm	ハイトゲージ等を用いて中央部を測定する。	全数	試料No.	測定値	0.01 mm	4	記録確認	全数	
		④ねじ位置(6面) (15.1) mm	ハイトゲージ等を用いて中央部を測定する。	全数	試料No.	測定値	0.01 mm	4	記録確認	全数	
		⑤嵌合部隙間(6面) 規定値なし	シクネスゲージ等を用いて最大隙間を測定するとともに位置を記録する	全数	試料No.	測定値 位置指示図	0.01 mm —	3 —	記録確認	全数	
		⑥ねじ部隙間 (6面各2ヶ所) 規定値なし	シクネスゲージ等を用いて測定する。	全数	試料No.	測定値	0.01 mm	3	記録確認	全数	

4.2 嵌合部強度試験

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	抜取数	試料No.	報告	データ収集		立会検査要領		備考
							表示単位	表示桁数	実施内容	頻度	
4.2 嵌合部 強度試験	4.2.3 寸法	⑦段差(6面) 規定値なし	デプスゲージ又はコン トレーサを用いて嵌合部側 のねじとラップ管の段差 を測定する。	全数	試料No.	測定値	0.01mm	3	記録確認	全数	
		⑧ねじ部対面距離 (3方向各2ヶ所) (110) mm	マイクロメータを用いて 嵌合部側および反嵌合部 側を測定する。	全数	試料No.	測定値	0.01mm	5	記録確認	全数	

添付18






試験後試料

4.3 断面金相確認試験

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	採取数	試料No.	報告	データ収集		立会検査要領		備考
							表示 単位	表示 桁数	実施内容	頻度	
4.3 断面金 相確認 試験	断面金相確 認試験	接合部強度試験後に 断面金相試料を作成 し観察する。 *1)	目視により確認し、所見 のある場合は記録する。 (必要に応じて拡大鏡 等を使用する。)	全数	試料No.	記 録	—	—	記録確認 試験後試料 確認	全 数 全 数	*1) 視野について は別途協議とする

試 験 検 査 成 績 書

作 成		審 査		承 認		契約番号	10C0024
							資料番号

契 約 名 称	<p>「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体 の部分試作検討その2</p>
------------------	--

納 入 先	核燃料サイクル開発機構 殿
-------	---------------

摘 要	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%; text-align: center;">品 名</th> <th style="width: 40%; text-align: center;">数 量</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 10px;">組立品 (ねじ接合構造型)</td> <td style="text-align: center; padding: 10px;">----- 4試料</td> </tr> </tbody> </table>	品 名	数 量	組立品 (ねじ接合構造型)	----- 4試料
品 名	数 量				
組立品 (ねじ接合構造型)	----- 4試料				
<p>平成11年 1月14日</p> <p>原子燃料工業株式会社</p>					

「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体 の部分試作検討その2

製品（部品）内訳表

製品名（部品名）	員数	製品No.	材料No.（溶解No.）
組立品（ねじ接合構造型）	4 試料	1 ~ 4	—————
固定ねじ	24 個	1A ~ 1F 2A ~ 2F 3A ~ 3F 4A ~ 4F	(N940D)
エントランスノズル上部	4 個	1 ~ 4	200151
ラッパ管	4 個	1 ~ 4	御支給品

部品名	組立品 (1/2)		図面番号		検査者	日付	契約名	「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2
			抜取数	全数				
ロットNo	ロットの大きさ	4 試料		ロット判定	合格	承認者	日付	顧客名
							199.1.12	株式会社
							199.1.12	核燃料サイクル開発機構
測定箇所	規格	報告	測定具	検査方法	1	2	3	4
① (A面)	(350) mm	測定値	ハイトゲージ	全数	3.50.009	3.50.018	3.50.027	3.50.02
② (A面)	(100) mm	測定値	ハイトゲージ	全数	99.085	100.021	100.016	99.077
③ (B面)	(63.1) mm	測定値	ハイトゲージ	全数	63.013	63.013	63.009	63.022
B	"	"	"	"	63.005	63.012	63.016	63.008
C	"	"	"	"	63.021	63.004	63.010	63.003
D	"	"	"	"	63.029	63.013	63.021	63.014
E	"	"	"	"	63.021	63.006	63.002	63.011
F	"	"	"	"	63.011	63.020	63.012	63.005
④ (B面)	(15.1) mm	測定値	ハイトゲージ	全数	15.017	15.018	15.021	15.038
B	"	"	"	"	15.019	15.023	15.022	15.019
C	"	"	"	"	15.034	15.010	15.021	15.021
D	"	"	"	"	15.029	15.018	15.041	15.014
E	"	"	"	"	15.030	15.014	15.014	15.014
F	"	"	"	"	15.023	15.022	15.023	15.018
⑤ (B面)	規定値なし	測定値	シクネスゲージ	全数	0.005	0.003	0.005	0.018
B	"	"	"	"	0.004	0.014	0.008	0.003
C	"	"	"	"	0.009	0.011	0.005	0.010
D	"	"	"	"	0.005	0.014	0.008	0.009
E	"	"	"	"	0.006	0.005	0.004	0.004
F	"	"	"	"	0.006	0.012	0.005	0.013
⑥ (B面)	規定値なし	測定値	シクネスゲージ	全数	0.018	0.024	0.020	0.020
-2	"	"	"	"	0.018	0.006	0.009	0.006
B-1	"	"	"	"	0.015	0.018	0.020	0.020
-2	"	"	"	"	0.018	0.015	0.012	0.008
C-1	"	"	"	"	0.028	0.009	0.020	0.015
-2	"	"	"	"	0.005	0.022	0.007	0.013
D-1	"	"	"	"	0.027	0.018	0.026	0.014
-2	"	"	"	"	0.005	0.012	0.000	0.014
E-1	"	"	"	"	0.025	0.016	0.016	0.014

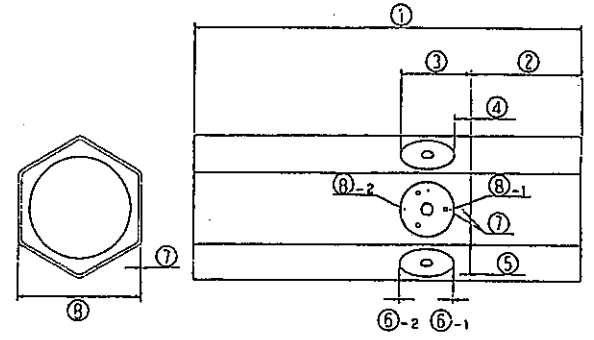
大森 永井

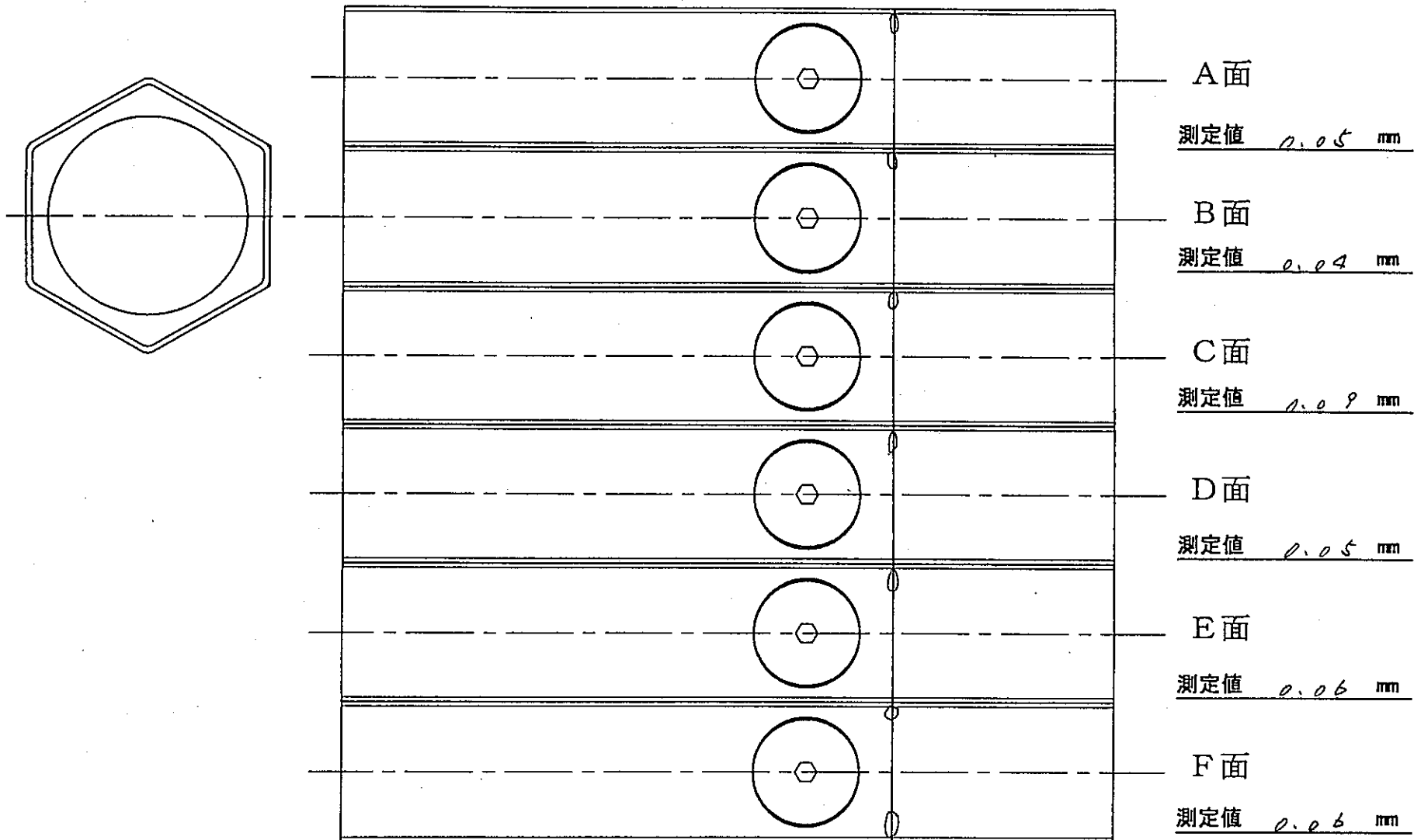
添付22

添付23

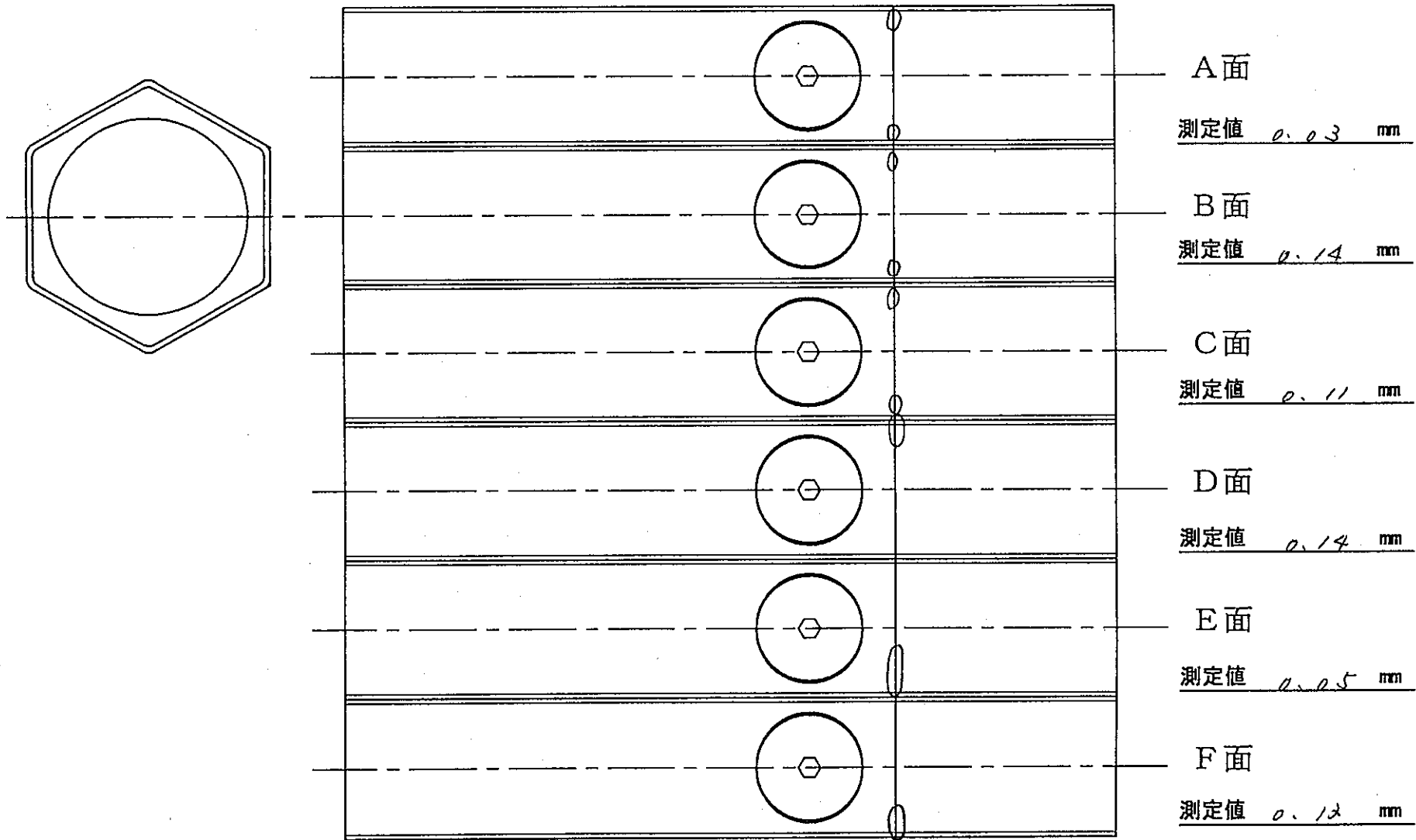
部品名	組立品 (2/2)		図面番号		検査者	日付	'99.1.12	契約名	「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2	
			抜取数	全数						
ロットNo	ロットの大きさ	4 試料		ロット判定	合格	承認者	日付	'99.1.12	顧客名	核燃料サイクル開発機構 廣
測定箇所	規格	報告	測定具	検査方法	1	2	3	4		
⑥ (100) E-2	規定値なし	測定値	シックネスゲージ	全数	0.105	0.115	0.115	0.114		
F-1	"	"	"	"	0.120	0.119	0.120	0.119		
-2	"	"	"	"	0.113	0.110	0.110	0.112		
⑦ (6面) A	規定値なし	測定値	デプスゲージ又はコントレサ	全数	0.118	0.111	0.114	0.115		
B	"	"	"	"	0.114	0.113	0.110	0.116		
C	"	"	"	"	0.108	0.110	0.110	0.117		
D	"	"	"	"	0.116	0.115	0.116	0.116		
E	"	"	"	"	0.112	0.116	0.116	0.118		
F	"	"	"	"	0.114	0.122	0.118	0.120		
* ⑧ A-D 嵌合部側	(110) mm	測定値	マイクロメータ	全数	109.912	110.005	109.988	109.985		
反嵌合部側	"	"	"	"	109.980	109.997	109.986	109.981		
B-E 嵌合部側	"	"	"	"	110.111	110.100	109.981	110.001		
反嵌合部側	"	"	"	"	110.006	109.993	109.983	109.995		
C-F 嵌合部側	"	"	"	"	109.982	109.973	110.008	109.984		
反嵌合部側	"	"	"	"	109.980	109.971	109.998	109.981		
外観	要領通り	合否	目視	全数	合格	合格	合格	合格		
判定					合格	合格	合格	合格		

* ⑧ (3方向各2ヶ所)

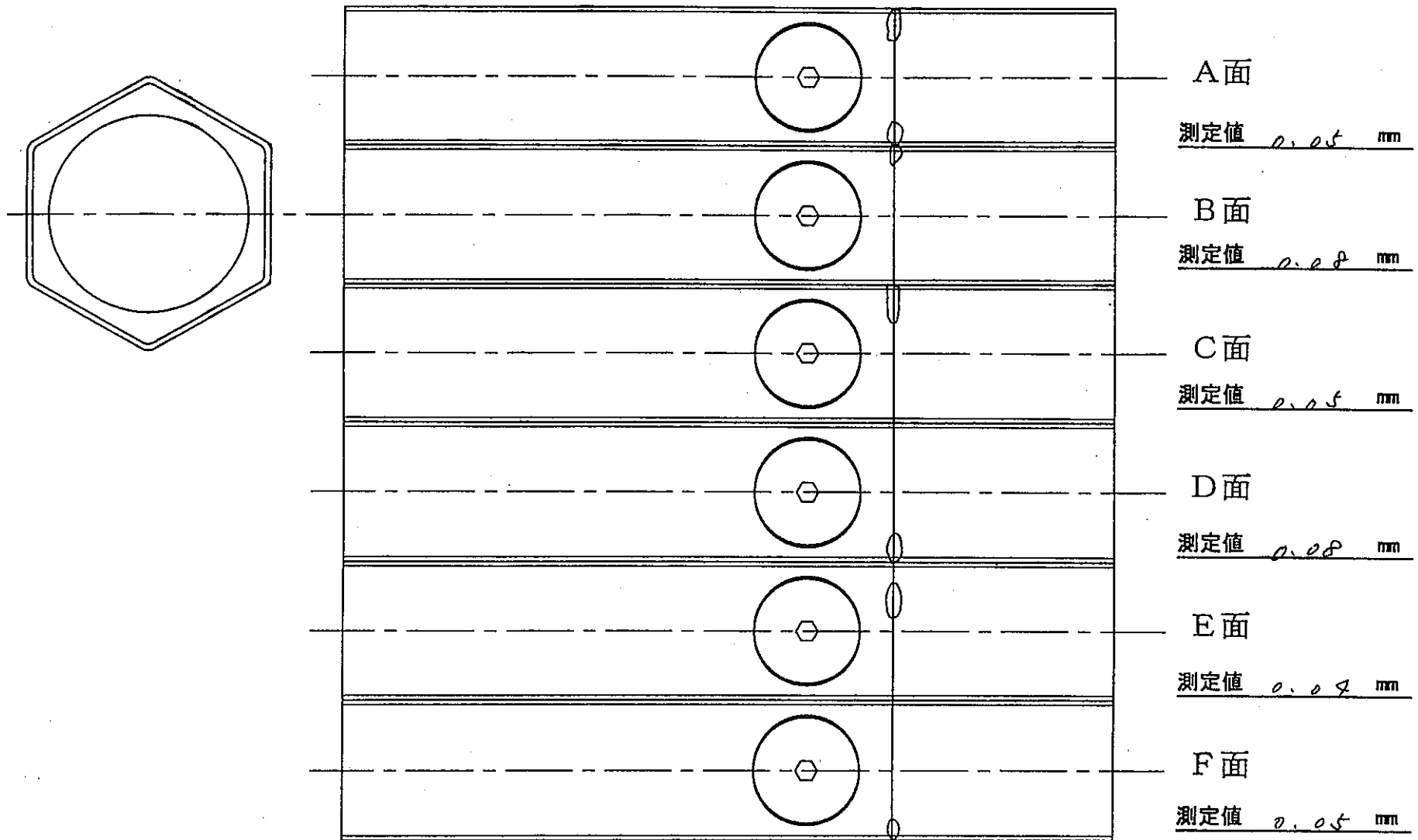




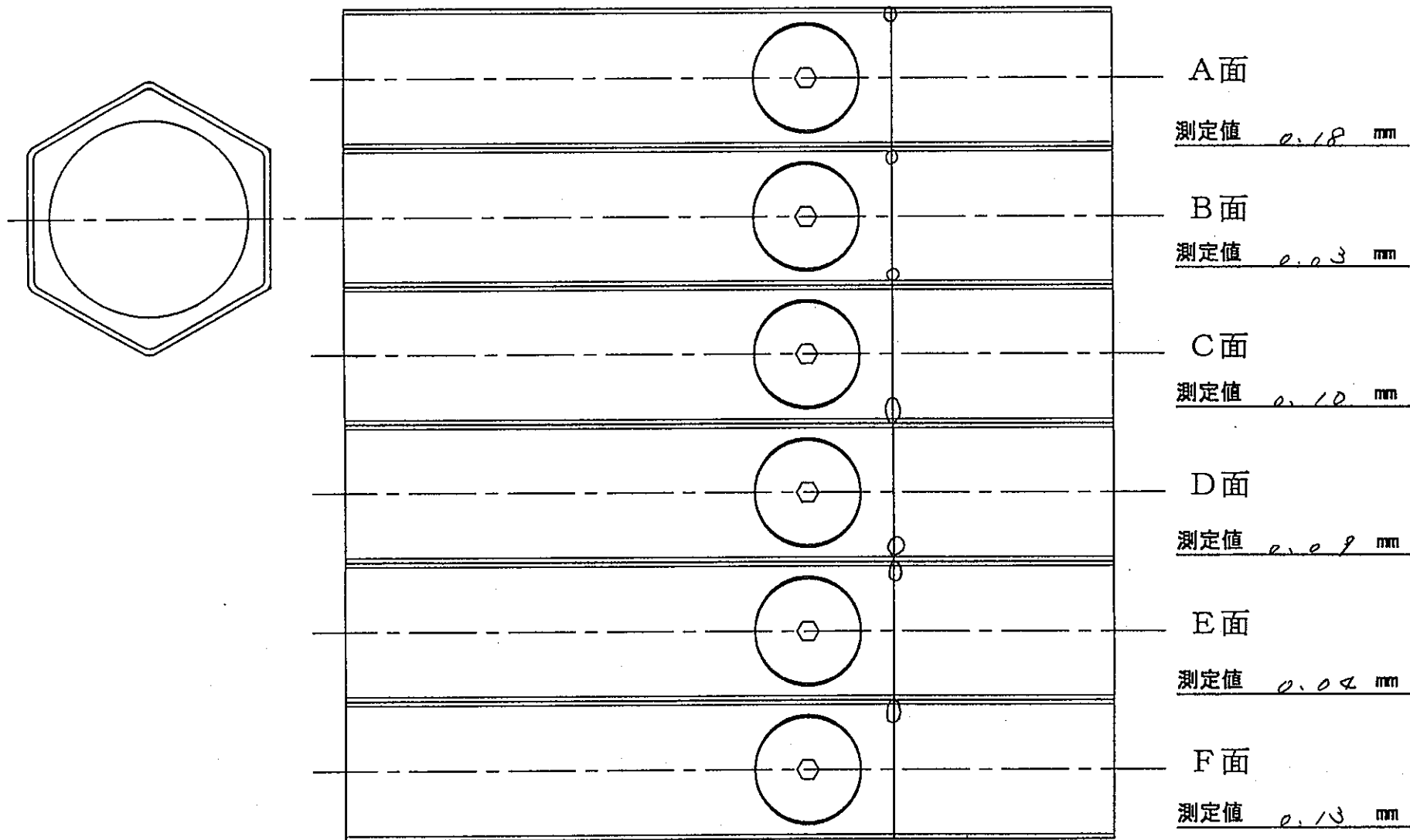
製品No. _____



製品No. 2

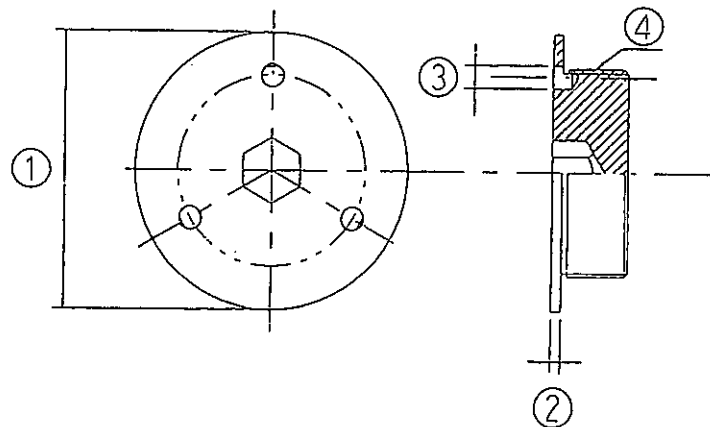


製品No. 3

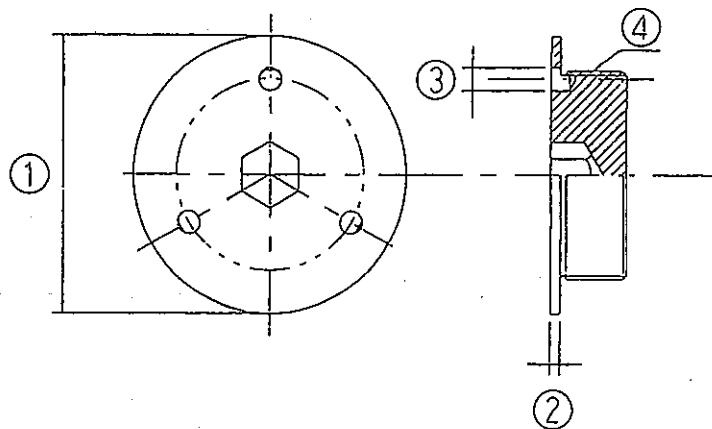


製品No. 4

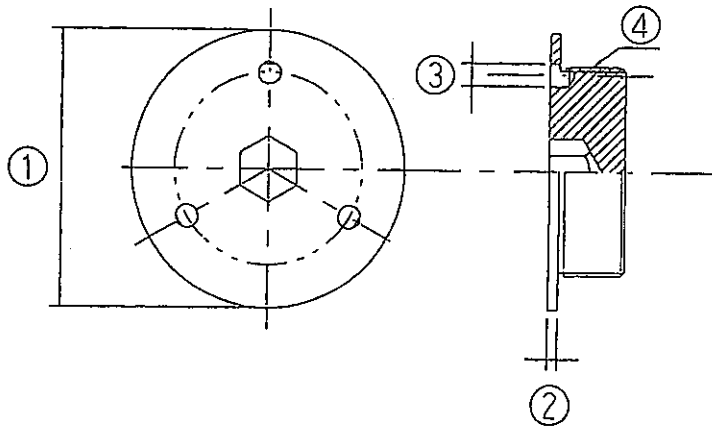
部品名	固定ねじ		図面番号		検査者	日付	契約名	「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2						
			抜取数	全数										
ロット	ロットの大きさ	報告	ロット判定	合格	承認者	日付	顧客名	核燃料サイクル開発機構 殿						
測定箇所	規格	報告	測定具	検査 7/7	1A	1B	1C							1D
①	$\phi 48 \pm 0.1 \text{ mm}$	測定値	ノギス	全数	48.0	47.9	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	47.9	48.0	48.0
②	$1.7 \pm 0.05 \text{ mm}$	測定値	マイクロメータ	全数	1.67	1.69	1.69	1.68	1.68	1.67	1.67	1.69	1.68	1.69
③ (1ヶ所)	$\phi 4 \pm 0.1 \text{ mm}$	合否	ピンゲージ	全数	合	合	合	合	合	合	合	合	合	合
④	M36×1.5 -6g	合否	キントランスノズル 上側と現合	全数	合	合	合	合	合	合	合	合	合	合
外観	要領書通り	合否	目視	全数	合	合	合	合	合	合	合	合	合	合
判定					合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格



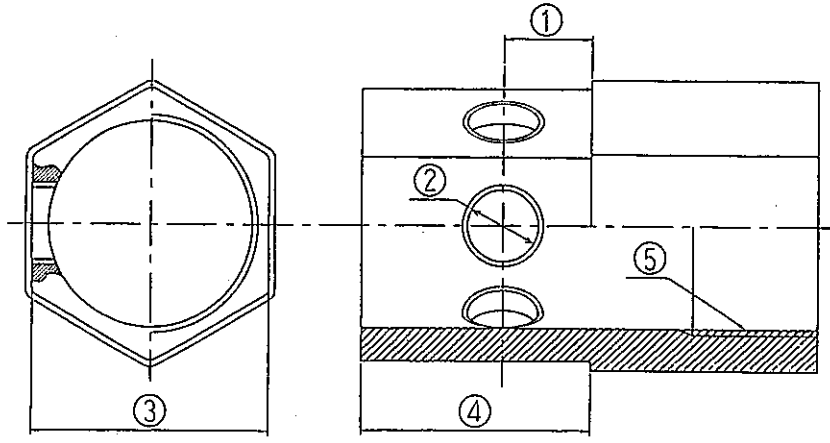
部品名	固定ねじ			図面番号	検査者				日付	契約名	「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2			
	ロット	ロットの大きさ	24個	採取数	全数	承認者			日付	顧客名	核燃料サイクル開発機構 殿			
測定箇所	規格	報告	測定具	検査方法	2E	2F	3A	3B	3C	3D	3E	3F	4A	4B
①	$\phi 48 \begin{smallmatrix} +0 \\ -0.1 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	測定値	ノギス	全数	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00
②	$1.7 \begin{smallmatrix} +0 \\ -0.05 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	測定値	マイクロメータ	全数	1.68	1.69	1.67	1.67	1.67	1.68	1.68	1.68	1.68	1.67
③ (1ヶ所)	$\phi 4 \pm 0.1 \text{ mm}$	合否	ピンゲージ	全数	合	合	合	合	合	合	合	合	合	合
④	M36×1.5 -6g	合否	キントランスノズル 上部と適合	全数	合	合	合	合	合	合	合	合	合	合
外観	要領書通り	合否	目視	全数	合	合	合	合	合	合	合	合	合	合
判定					合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格

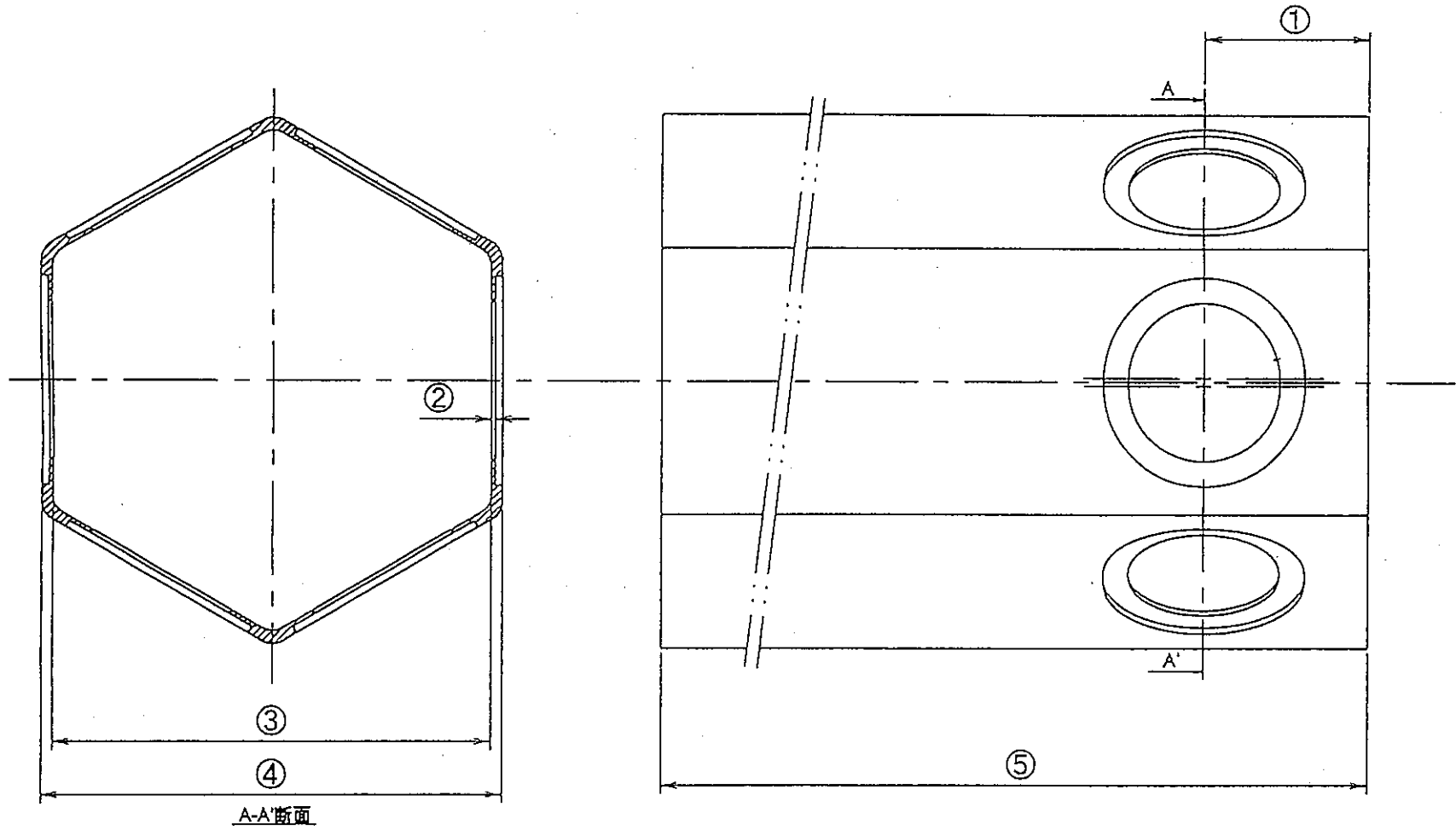


部品名	固定ねじ			図面番号	検査者				日付	契約名	「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検査その2
	ロット	ロットの大きさ	24個	採取数	全数	検査者	検査者	検査者			
測定箇所	規格	報告	測定具	検査	4C	4D	4E	4F	日付	顧客名	核燃料サイクル開発機構 殿
①	$\phi 48 \begin{smallmatrix} +0 \\ -0.1 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	測定値	ノギス	全数	48.0	48.0	48.0	47.9			
②	$1.7 \begin{smallmatrix} +0 \\ -0.05 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	測定値	マイクロメータ	全数	1.66	1.66	1.67	1.66			
③ (3ヶ所)	$\phi 4 \pm 0.1 \text{ mm}$	合否	ピンゲージ	全数	合	合	合	合			
④	M36×1.5 -6g	合否	王座トランスノズル	全数	合	合	合	合			
外観	要領書通り	合否	目視	全数	合	合	合	合			
判定					合格	合格	合格	合格			



部品名	エントランスノズル上部			図面番号					検査者	日付	契約名	「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2
				抜取数	全数							
ロットNo	ロットの大きさ	4個		ロット判定	合格				承認者	日付	顧客名	核燃料サイクル開発機構 殿
測定箇所	規格	報告	測定具	検査方法	1	2	3	4				
① (6面)	38.1 $\begin{smallmatrix} +0.1 \\ -0 \end{smallmatrix}$ mm	合 否	ラッパ管及び固定ねじと現合	全数	合	合	合	合				
② (6面)	M38 × 1.5-6H	合 否	固定ねじと現合	全数	合	合	合	合				
③	104.6 mm	合 否	ラッパ管と現合	全数	合	合	合	合				
④ (6面)	(102.1) mm	測定値	ノギス	全数	102.0	102.0	102.0	102.0				
A	"	"	"	"	102.0	102.0	102.0	102.0				
B	"	"	"	"	102.0	102.0	102.0	102.0				
C	"	"	"	"	102.0	102.0	102.0	102.0				
D	"	"	"	"	102.0	102.0	102.0	102.0				
E	"	"	"	"	102.1	102.0	102.0	102.0				
F	"	"	"	"	102.0	102.0	102.0	102.0				
⑤	M35 × 4	合 否	治具と現合	全数	合	合	合	合				
外 観	要領書通り	合 否	目視	全数	合	合	合	合				
判 定					合 格	合 格	合 格	合 格				





ラップ管

部品名	ラ ッ パ 管		図面番号	検査者		日付	契約名	「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2				
	ロットNo	ロットの大きさ	4 個	採取数	全数							承認者
測定箇所	規 格	報 告	測定具	検査 方法	1	2	3	4				
① (6面)	89.1 \pm 0.1 mm	合 否	モンテランスノズル 及び筒径比と適合	全数	合	合	合	合				
② (6面)	1 \pm 0.1 mm	測定値	マイクロメータ	全数	1.00	0.99	0.98	1.00				
A	"	"	"	"	0.97	0.98	1.00	0.99				
B	"	"	"	"	0.99	0.98	0.99	0.99				
C	"	"	"	"	0.99	1.00	0.99	0.99				
D	"	"	"	"	0.99	0.98	0.98	0.99				
E	"	"	"	"	0.98	0.98	1.00	0.99				
F	"	"	"	"	0.98	0.98	1.00	0.99				
③	104.6 \pm 0.4 mm	合 否	モンテランスノズル 上座と適合	全数	合	合	合	合				
④ A-D	(110) mm	測定値	マイクロメータ	全数	110.25	110.11	110.30	110.21				
B-E	"	"	"	"	110.12	110.26	110.47	110.06				
C-F	"	"	"	"	110.37	110.45	110.12	110.44				
⑤ (6面)	250 \pm 1 mm	測定値	ハイトゲージ	全数	250.05	250.05	250.02	250.05				
A	"	"	"	"	250.03	250.06	250.02	250.05				
B	"	"	"	"	250.04	250.06	250.01	250.05				
C	"	"	"	"	250.06	250.07	250.02	250.04				
D	"	"	"	"	250.08	250.06	250.02	250.03				
E	"	"	"	"	250.07	250.06	250.01	250.03				
F	"	"	"	"	250.07	250.06	250.01	250.03				
外 観	要領書通り	合 否	目 視	全数	合	合	合	合				
判 定					合 格	合 格	合 格	合 格				
備 考												

材 料 ミ ル シ ー ト

平成11年1月14日

原子燃料工業株式会社

CB7N0176 07

INSPECTION CERTIFICATE 検査証明書

Contractor 契約先	JANPAI 株式会社 ジェンパル	Purchaser 買主	キヨウセイ (09Q703)
-------------------	-------------------	-----------------	----------------

Chemical Composition 化学成分													
Elements 成分	C	Si	Mn	P	S	Ca	Ni	Cr	Mo				
	%x100	%x100	%x100	%x1000	%x1000	%	%x100	%x100	%x100	%	%	%	%
Specification 規格	MAX 8	MAX 100	MAX 200	MAX 45	MAX 30		1000 -1400	1600 -1800	200 -300				
Results 成績	5	26	136	30	29		1000	1711	203				

Mechanical Properties 機械的性質										Remarks 記事 キカイテキ セイツノセイケ ()ナイロキウ JIS タンク 部品名 固定ネジ		
Items 項目	Tension Test 引張試験					Impact Test 衝撃試験		Bending Test 曲げ試験			Heat Treatment 熱処理	
	Type of Specimen 試験片	Yield Strength 引張強さ N/MM ²	Yield Point 降伏点 %	Tensile Strength 引張強さ N/MM ²	Elongation 伸び %	Reduction of Area 断面収縮率 %	Hardness かたさ HB	Type of Specimen 試験片			BODY	
Specification 規格		N/MM ² MIN 205		N/MM ² MIN 520	% MIN 40	% MIN 60	HB MAX 187				1050°C X 5MIN WR (キウウシテマシ)	
Results 成績	JIS10	287 (29)		586 (60)	59	76	156					
Items 項目	Grain Size 結晶粒径	Decarburization 脱炭量	Sreak Flow 線欠		Body Hardness 製品かたさ		Non Metallic Inclusion 非金属夹杂物					
Results 成績												
Items 項目	Hardenability 熱処理かたさ											
Results 成績												

Hardenability (End Quenching Method) 焼入性 (一線焼入法)													
Results 成績													

Date 発行日	Certificate No. 証明書番号	Type of Steel 鋼種名	Size & Shape 寸法・形状	Condition 納入状態	Heat No. 焼解番号
98-01-26	1A8Q19X1 (NBG148)	JISG4303-91-SUS316	50 D	ST, PM	N9400

Quality Assurance Section
Kawasaki Plant
★ Daido Steel Co. Ltd.
大同特殊鋼株式会社
川崎工場 品質保証室
<N44>266-3751

It is hereby certified that the above results are true and correct in every detail.
上記の成績は要求事項を満足していることを証明します。
ST:キョウセイ, PM:ジェンパル-ターナーカウ(ス4-スパ)

添付35

INSPECTION CERTIFICATE

検査証明書

△1994.6.6 訂正(小倉) 検査(小倉) 検査(小倉)

Owner or Plant Name 注文主又はプラント名 原子燃料工業(株)殿 Spec. & Grade 規格・材質 Na 91B-010 I Rev.0 JIS G 4303 (旧JIS SUS 316) Δ1988 Date 発行日 H3. 7. 12

Customer 客先 原子燃料工業(株)殿 Condition & Finish 状態・仕様 ピーリング Certificate No. 成績表番号 BIT-91-DNCS-1001-02

Trading Firm 扱商社 _____ P. Q. No. 客先注文番号 _____

材 料 No	
2 2 0 0 1 5 1	
審査印	194/6/13
部品名	エントランスノズル
N F I	
審 査	(小倉)
日付	94/6/13

Chemical Composition in % 化学成分		C×1000	Si×100	Mn×100	P×1000	S×1000	Cr	Ni	Mo	Co	Ta	Fe
Specified Range 規格範囲		Max	Max	Max	Max	Max	16.00-18.00	10.00-14.00	2.00-3.00	-	-	-
Heat No. 溶解番号	F124160	50	55	136	28	26	17.01	10.15	2.06	0.14	0.001	残
		51	53	135	25	22	17.02	10.27	2.10	0.14	0.001	残
		51	54	135	26	23	17.05	10.20	2.08	0.14	0.001	残

とりべ分析
製品分析
製品分析

N	F	I
審	(小倉)	
査		
日付	94/6/13	

Size or Part Name 寸法又は品名	Heat No. 溶解番号	検査番号 及び 棒番号	Quantity 納入数量		Mechanical Properties 機械的性質				Hardness Test 硬さ試験 HB	破断 位置	試験片 No	Visual Examination 外観(目視)検査: Good Dimensional Examination 寸法検査: Good Liquid Penetrant Examination 浸透探傷試験: Good 粒界腐食試験: Good Ultrasonic Examination 超音波探傷試験: Good Magnetic Particle Examination 磁粉探傷試験: Heat Treatment 熱処理 Solution Heat Treatment 固溶化熱処理: 1065°Cx1.2min/mm W.Q 粒界腐食 787-1 787-2
			Piece 本数	Weight 重量 kg	Yield Strength 0.2% offset 耐力 kgf/mm ²	Tensile Strength 引張強さ kg/mm ²	Elonga- tion 伸び %	Reduction of Area 絞り %				
					Min	Min	Min	Min				
φ136.0x1080	F124160	11HZ045 (B/W41~40)	40	5000	24.4	57.3	62.4	69.6	149 149 149 149	A	引張 112 113	
		11HZ205 (B/W41~80)	40	5000	24.6	57.0	63.0	69.2	149 149 149 149	A	硬さ 粒界腐食 787-1 787-2	
		11HZ257 (B/W81~120)	40	5000					152			
試験片 JIS Z 2241 10号 径=12.5mm 標点距離=50.0mm												

We hereby certify that the above results are true and correct in every details.
上記の通り検査の結果指定の規格に合格している事を証明致します。

NIPPON STAINLESS STEEL CO., LTD. KOKURA WORKS.
日本ステンレス株式会社小倉製作所

小山一豊 H3. 7. 12
Q. A. Sect. Mgr. 品質保証担当主任

添付36

試験成績表

ラッパ管材 (A)
110.6^{OD} × 10.4^{ID} × 3.0^{WT} × 3020^{LN}

神戸製鋼所
長府北工場
品質保証室

1787 E O.A 110
JIS 5021
検査印

検査コード
検査年月日
検査者
検査場所
検査機

試験条件
試験方法
試験結果

化学成分表 (wt%)
C, Si, Mn, P, S, Ni, Cr, Nb, Co, W, N, Nb, Al, Fe, Ti, Zr, O

引張試験 (縦方向断面) (H × 0.5)
A系, B系, C系, D系

引張試験 (横方向断面) (H × 0.5)
A系, B系, C系, D系

引張試験 (縦方向断面) (H × 0.5)
A系, B系, C系, D系

引張試験 (横方向断面) (H × 0.5)
A系, B系, C系, D系

引張試験 (縦方向断面) (H × 0.5)
A系, B系, C系, D系

引張試験 (縦方向断面) (H × 0.5)
A系, B系, C系, D系

引張試験 (横方向断面) (H × 0.5)
A系, B系, C系, D系




引張試験 (縦方向断面) (H × 0.5)
A系, B系, C系, D系

引張試験 (横方向断面) (H × 0.5)
A系, B系, C系, D系

部品名 ラッパ管
NFI
審査
日付 20.2.18

添付37

試 験 検 査 成 績 書

作 成		審 査		承 認		契約番号	10C0024
						資料番号	TIR-4228-F708

契 約 名 称	<p>「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体 の部分試作検討その2</p>
------------------	--

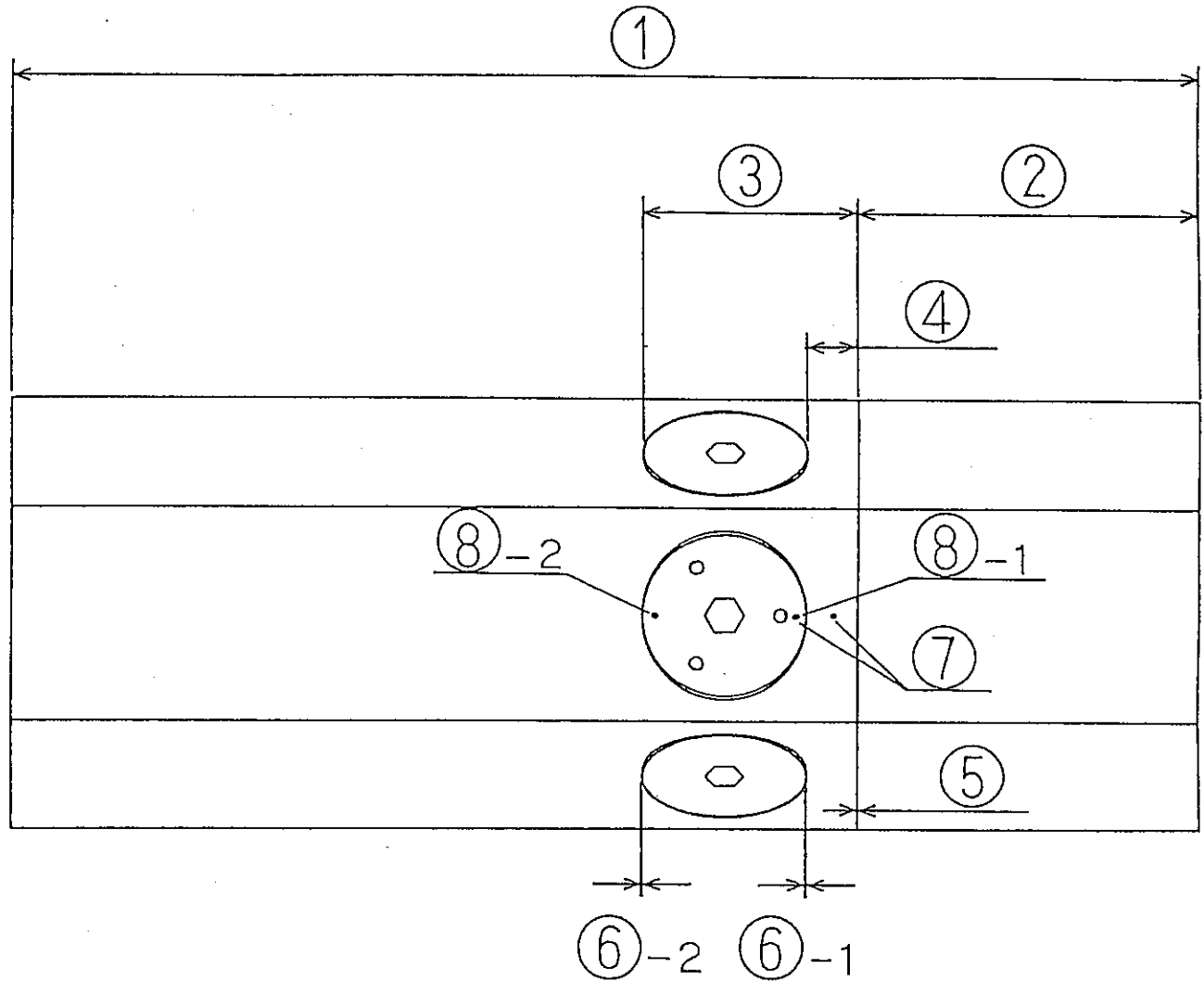
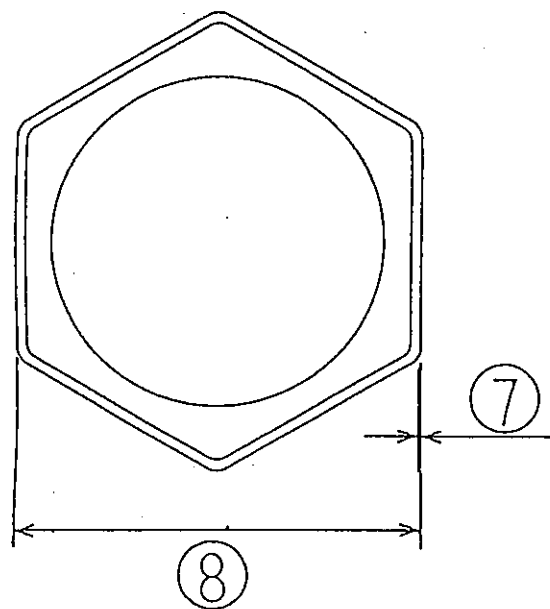
納 入 先	核燃料サイクル開発機構 殿
-------	---------------

<p>摘 要</p> <hr style="width: 100%;"/>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 70%; text-align: center;">品 名</th> <th style="width: 30%; text-align: center;">数 量</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding-left: 20px;">【熱サイクル試験後】</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">組立品 (ねじ接合構造型) -----</td> <td style="text-align: center;">2 試料</td> </tr> </tbody> </table>	品 名	数 量	【熱サイクル試験後】		組立品 (ねじ接合構造型) -----	2 試料
品 名	数 量						
【熱サイクル試験後】							
組立品 (ねじ接合構造型) -----	2 試料						
<p>平成11年 2月24日</p> <p>原 子 燃 料 工 業 株 式 会 社</p>							

「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体 の部分試作検討その2

熱サイクル試験対象品内訳表

対象品名	員数	試料No.	備考
組立品（ねじ接合構造型）	2試料	1, 2	H11.1.14 立会時御指定品



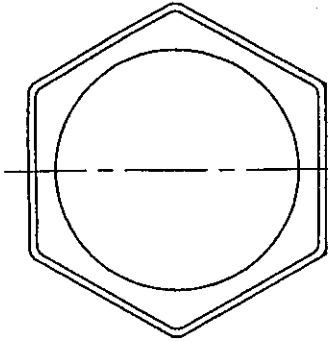
試験後試料

部品名	熱サイクル試験 (1/2)		図面番号		検査者	日付	契約名	「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2
			抜取数	全数				
ロットNo	ロットの大きさ	ロット判定	合格	承認者	日付	顧客名	核燃料サイクル開発機構 殿	
測定箇所	規格	報告	測定具	検査	1	2		
装荷	要領書通り	合否	目視	全数	合格	合格		
熱サイクル試験	要領書通り	合否	チャート確認	全数	合格	合格	別添実施	
取り出し	要領書通り	合否	目視	全数	合格	合格	併確認済	
① A面	(350) mm	測定値	ハイトゲージ	全数	350.13	350.45		
F面	"	"	"	"	350.14	350.43		
② A面	(100) mm	測定値	ハイトゲージ	全数	100.04	100.32		
③ (6面) A	(63.1) mm	測定値	ハイトゲージ	全数	63.12	63.14		
B	"	"	"	"	63.07	63.15		
C	"	"	"	"	63.20	63.04		
D	"	"	"	"	63.27	63.15		
E	"	"	"	"	63.21	63.05		
F	"	"	"	"	63.11	63.20		
④ (6面) A	(15.1) mm	測定値	ハイトゲージ	全数	15.18	15.18		
B	"	"	"	"	15.17	15.25		
C	"	"	"	"	15.34	15.12		
D	"	"	"	"	15.28	15.21		
E	"	"	"	"	15.31	15.12		
F	"	"	"	"	15.22	15.21		
⑤ (6面) A	規定値なし	測定値	シックネスゲージ	全数	0.08	0.11	*位置指示	
B	"	"	"	"	0.05	0.25	別添参照	
C	"	"	"	"	0.10	0.24		
D	"	"	"	"	0.09	0.26		
E	"	"	"	"	0.12	0.12		
F	"	"	"	"	0.10	0.24		
⑥ (6面) A-1	規定値なし	測定値	シックネスゲージ	全数	0.17	0.16		
-2	"	"	"	"	0.17	0.14		
B-1	"	"	"	"	0.13	0.08		
-2	"	"	"	"	0.20	0.24		
C-1	"	"	"	"	0.24	0.00		

添付41

部品名	熱サイクル試験 (2/2)			図面番号	検査者		日付	契約名
	ロット No	ロットの大きさ	2 試料	抜取数	全数	承認者	日付	顧客名
測定箇所	規格	報告	測定具	検査 方向	1	2	日付	顧客名
④ (両方向) C-2	規定値なし	測定値	シクネスゲージ	全数	0.09	0.30	199.2.8	「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検時その2
D-1	"	"	"	"	0.23	0.09		
-2	"	"	"	"	0.11	0.23		
B-1	"	"	"	"	0.20	0.09		
-2	"	"	"	"	0.12	0.20		
F-1	"	"	"	"	0.15	0.14		
-2	"	"	"	"	0.18	0.17		
⑤ (両方向) A	規定値なし	測定値	デプスゲージ又は コントレーサ	全数	0.17	0.11		
B	"	"	"	"	0.13	0.13		
C	"	"	"	"	0.08	0.09		
D	"	"	"	"	0.16	0.15		
E	"	"	"	"	0.12	0.16		
F	"	"	"	"	0.14	0.22		
⑥ A-D 反側合部側	(110) mm	測定値	マイクロメータ	全数	109.92	110.03		
B-D 反側合部側	"	"	"	"	109.89	109.96		
C-P 反側合部側	"	"	"	"	110.10	109.98		
C-P 反側合部側	"	"	"	"	110.05	109.91		
C-P 反側合部側	"	"	"	"	109.82	109.73		
C-P 反側合部側	"	"	"	"	109.79	109.70		
外観	規定なし	記録	目視	全数	合	合		
判定					合格	合格		
備考								
* ④ (3方向各2ヶ所)								

熱サイクル試験後 嵌合部隙間 項目⑤

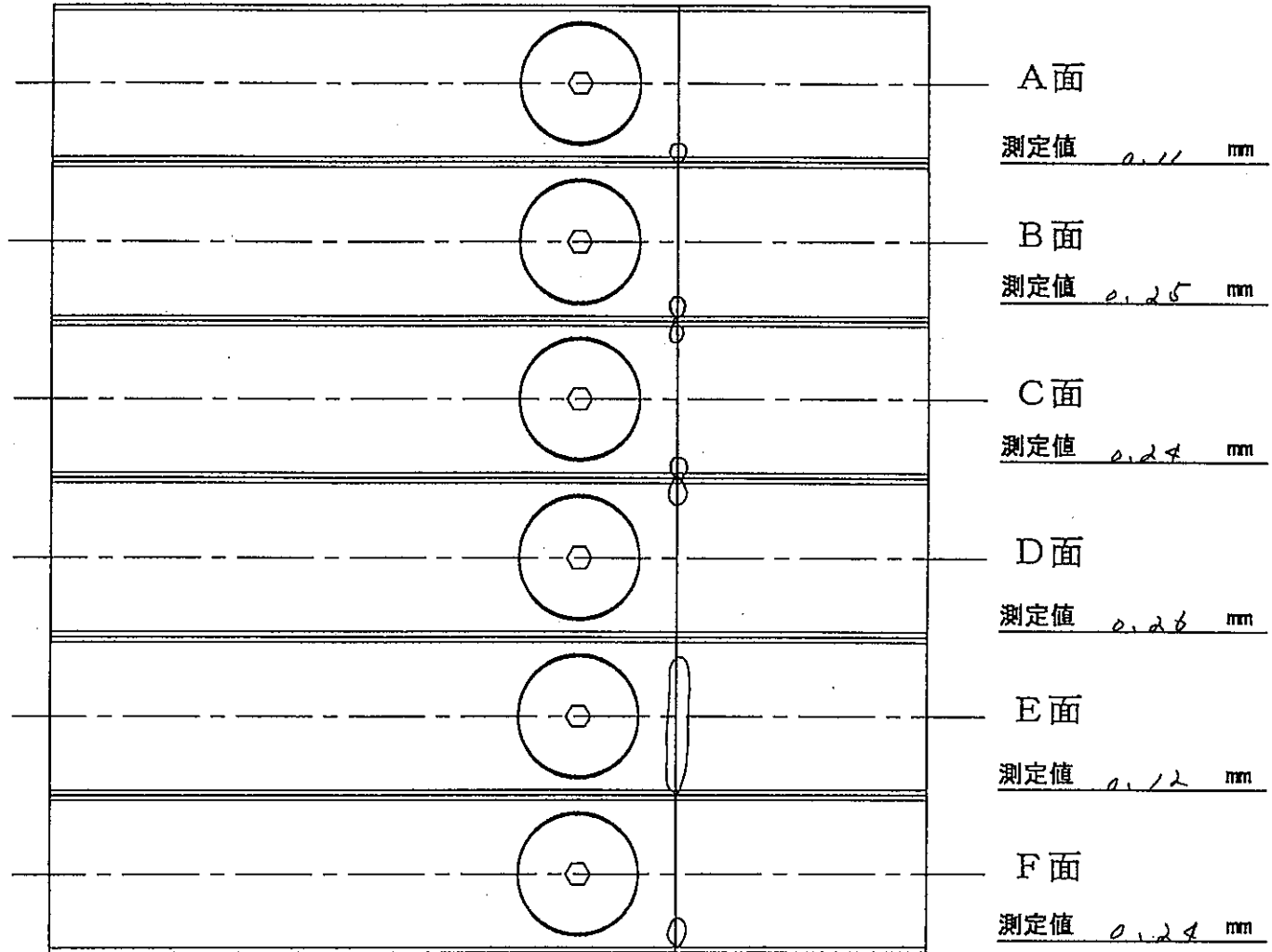
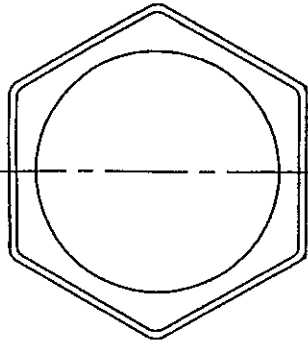


	A 面	測定値 <u>0.08</u> mm
	B 面	測定値 <u>0.05</u> mm
	C 面	測定値 <u>0.10</u> mm
	D 面	測定値 <u>0.09</u> mm
	E 面	測定値 <u>0.12</u> mm
	F 面	測定値 <u>0.10</u> mm

添付43

製品No. 1

熱サイクル試験後 嵌合部隙間 項目⑤






添付44

製品No. 2

熱サイクル試験処置報告(手動操作含む)

発生日時	サイクル数	発生した内容	処置内容	結果、その他
1/19 09:13	1		自動運転スタート(排気開始)	JNC殿,NFI立会
09:56	1		加熱スタート(昇温開始)	JNC殿,NFI立会
11:42	1		第1サイクル150°C1時間保持の手動操作完了	保持時間63分確認 JNC殿,NFI立会
16:30	1	第1サイクル冷却終了温度130°C予定が95°Cと低いため、手動にて150°C1時間保持	第2サイクル150°C1時間保持手動操作 冷却勾配6.6→7.4°C/分変更	保持時間65分確認 第2サイクル冷却完了時温度110°C確認(予定より低め)
20:30	3	第3サイクルの冷却時間見直し	冷却勾配7.4→7.8°C/分変更	第3サイクル以降冷却完了温度120~130°Cと良好
1/21 8:50	11	冷却終了温度140°C(第11サイクル)	冷却勾配7.8→7.3°C/分変更	第12サイクル以降130°Cで安定。冷却水温度による変化と判明(水温20~25°C維持)
1/23 8:25	21,22		1/23 09:14 循環ファンリセット	循環ファン異常解消
9:27	22	循環ファン異常による停止発見 再スタート処理	排気再スタート	
10:09	22		第22サイクルワーク温度150°C確認65分スタート(スタート第1サイクルの手動操作)	
1/24 08:40	27	循環ファン異常による停止発見 再スタート処理	循環ファンリセット	プロコンはホールド状態だったため継続運転
09:08	27		第27サイクルワーク温度150°C確認65分スタート(スタート第1サイクルの手動操作)	
1/25 09:58	32,33	循環ファン異常による停止	循環ファンリセット	停止直後リセットのため再スタート処置不要
20:07	34,35	循環ファン異常による停止 発見再スタート処理	循環ファンリセット	プロコンはホールド状態だったため継続運転
20:35	35		第35サイクルワーク温度150°C確認65分スタート(スタート第1サイクルの手動操作)	
23:07	46-47	循環ファン異常による停止発見 再スタート処理	循環ファンリセット	プロコンはホールド状態だったため継続運転
23:29			第47サイクルワーク温度150°C確認65分スタート(スタート第1サイクルの手動操作)	
15:19	50		第50サイクル470°C1時間処理終了	
16:48	50		自動運転完了柙停止 冷却終了温度60°C以下確認	

試 験 検 査 成 績 書

作 成		審 査		承 認		契約番号	10C0024
							資料番号

契
約
名
称

「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体
の部分試作検討その2

納 入 先

核燃料サイクル開発機構 殿

摘 要

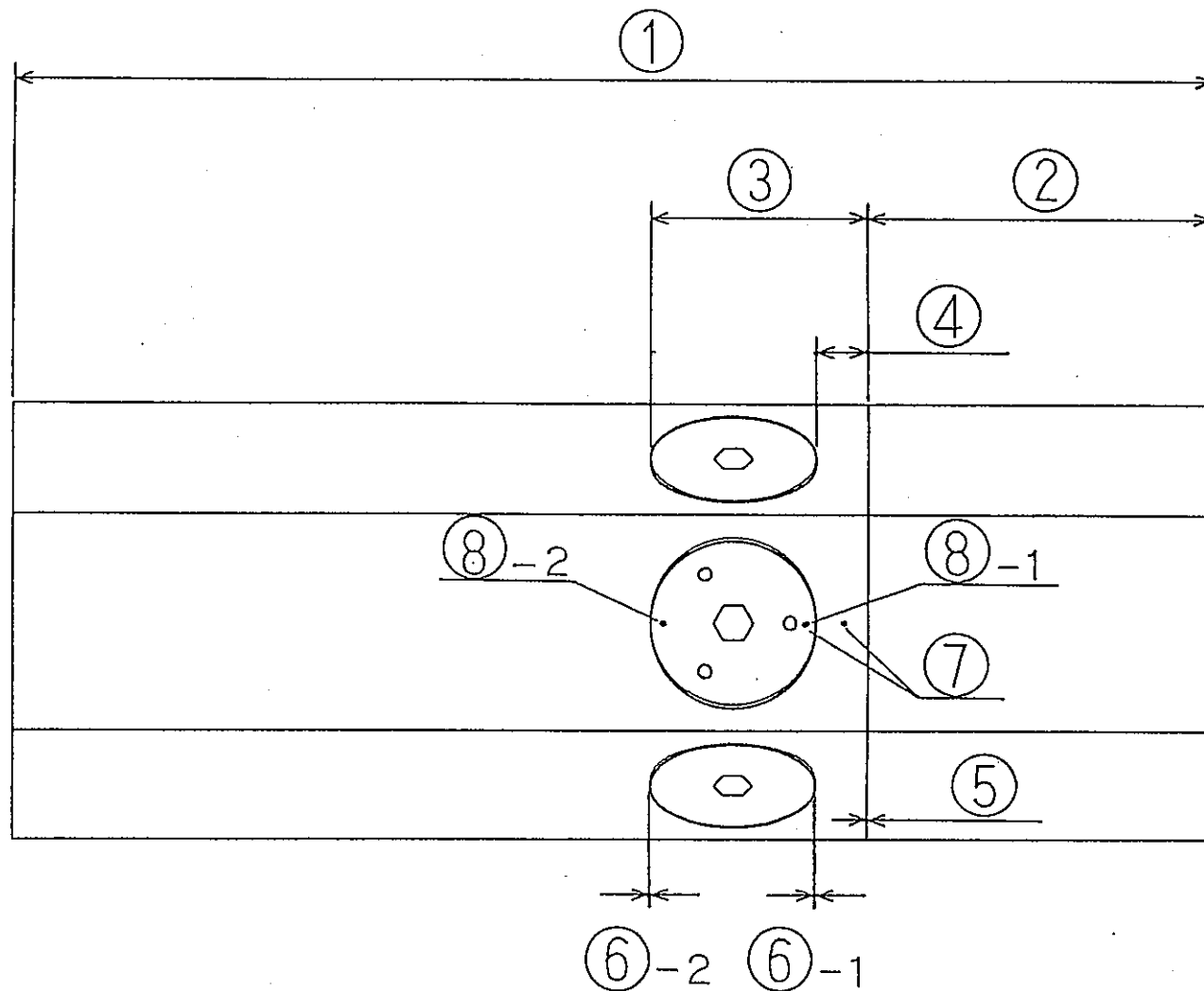
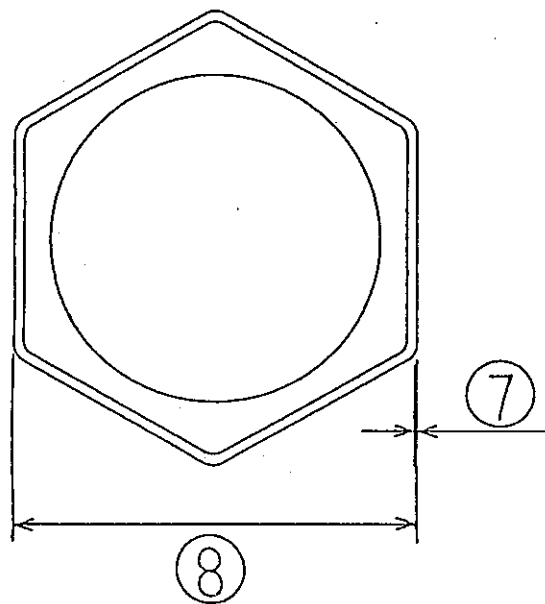
品 名	数 量
【嵌合部強度試験後】	
引張試験 -----	2試料
曲げ試験 -----	2試料

平成11年 3月 4日
原 子 燃 料 工 業 株 式 会 社

「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体 の部分試作検討その2

嵌合部強度試験内訳表

対象品名	員数	試料No.	備考
引張試験	2試料	1, 3	
曲げ試験	2試料	2, 4	



試験後試料

部品名	鉄合部強度試験 (1/2)			図面番号	検査者				日付	契約名	「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検時その2
	ロットの大きさ	報告	測定具	検査方法	1	2	3	4	日付	顧客名	
U1 丸		4 試料			全 数	合格			199.3.3		核燃料サイクル開発機構 殿
測定箇所	規 格	報 告	測定具	検査方法	1	2	3	4			
引張試験	試験荷重：規定値なし	測定値 (チャート)	引張圧縮試験機	全 数		別途実施	御確認済				
	伸び：規定値なし	"	"	"							
曲げ試験	試験荷重：規定値なし	測定値 (チャート)	引張圧縮試験機	全 数		別途実施	御確認済				
	伸び：規定値なし	"	"	"							
① A 面	(350) mm	測定値	ハイトゲージ	全 数	350.72	351.31	350.57	351.20			
F 面	"	"	"	"	350.72	350.99	350.53	350.94			
② A 面	(100) mm	測定値	ハイトゲージ	全 数	100.00	100.47	100.21	99.91			
③ (6面) A	(63.1) mm	測定値	ハイトゲージ	全 数	63.21	63.40	63.16	63.59			
B	"	"	"	"	63.22	63.27	63.11	63.28			
C	"	"	"	"	63.25	63.06	63.13	63.09			
D	"	"	"	"	63.23	62.86	63.22	62.75			
B	"	"	"	"	63.20	63.02	63.09	63.03			
F	"	"	"	"	63.16	63.34	63.21	63.38			
④ (6面) A	(15.1) mm	測定値	ハイトゲージ	全 数	15.54	15.67	15.49	16.10			
B	"	"	"	"	15.63	15.39	15.46	15.72			
C	"	"	"	"	15.58	15.07	15.51	15.24			
D	"	"	"	"	15.56	15.04	15.51	15.06			
B	"	"	"	"	15.57	15.05	15.51	15.14			
F	"	"	"	"	15.53	15.53	15.57	15.78			
⑤ (6面) A	規定値なし	測定値	シクネスゲージ	全 数	0.60	0.80	0.32	1.25	※位置指示図		
B	"	"	"	"	0.60	0.83	0.30	1.02	別紙参照		
C	"	"	"	"	0.65	0.30	0.30	0.45			
D	"	"	"	"	0.63	0	0.34	0			
B	"	"	"	"	0.65	0.30	0.30	0.48			
F	"	"	"	"	0.63	0.85	0.30	1.09			
⑥ (6面) A-1	規定値なし	測定値	シクネスゲージ	全 数	0	0	0.25	0.08			
-2	"	"	"	"	0.67	0.50	0.30	0.80			
B-1	"	"	"	"	0	0	0.24	0			
-2	"	"	"	"	0.60	0.45	0.29	0.66			

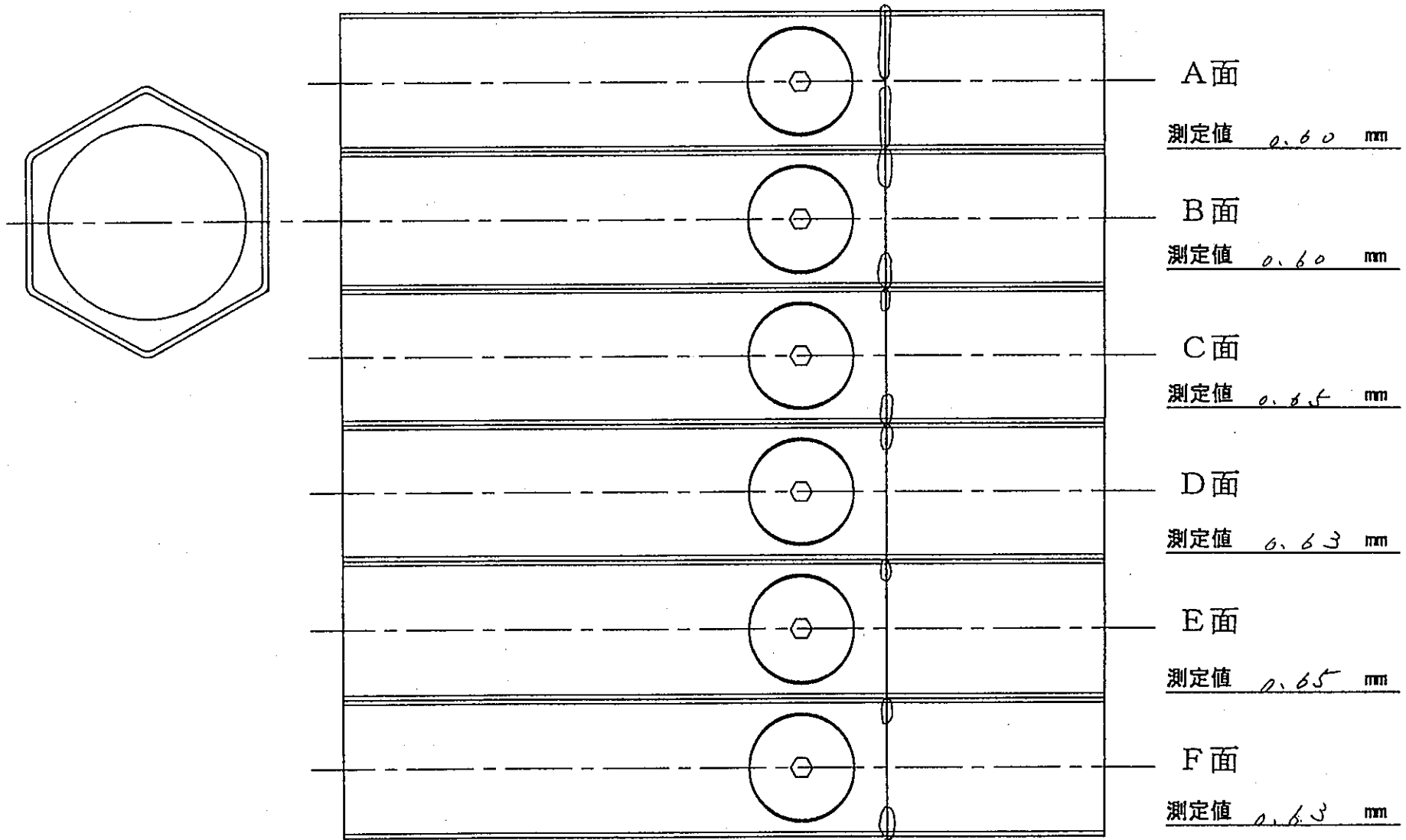
添付50

部品名	嵌合部強度試験 (2/2)			図面番号	検査者				日付	契約名	「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その3
	ロット No.	ロットの大きさ	4 試料	抜取数	全数	承認者	承認者	承認者	日付		
測定箇所	規格	報告	測定具	検査方法	1	2	3	4			
① (嵌合部) C-1	規定値なし	測定値	シクネスゲージ	全数	0	0.05	0.20	0			
-2	"	"	"	"	0.55	0.25	0.29	0.25			
D-1	"	"	"	"	0	0	0.30	0.06			
-2	"	"	"	"	0.60	0.25	0.20	0.25			
B-1	"	"	"	"	0	0.04	0.25	0			
-2	"	"	"	"	0.60	0.20	0.30	0.30			
F-1	"	"	"	"	0	0	0.25	0			
2	"	"	"	"	0.60	0.45	0.30	0.70			
① (8面) A	規定値なし	測定値	デプスゲージ又はコントローラ	全数	0.21	0.10	0.05	0.23			
B	"	"	"	"	0.12	0.09	0.02	0.18			
C	"	"	"	"	0.05	0.07	0.01	0.13			
D	"	"	"	"	0.02	0.14	0.04	0.07			
E	"	"	"	"	0.02	0.13	0.13	0.11			
F	"	"	"	"	0.13	0.16	0.14	0.21			
* A-D 嵌合部	(110) mm	測定値	マイクロメータ	全数	110.22	110.17	110.39	110.04			
反嵌合部	"	"	"	"	109.92	109.98	109.85	109.78			
B-E 嵌合部	"	"	"	"	110.35	110.10	110.17	110.27			
反嵌合部	"	"	"	"	110.01	109.98	109.81	110.44			
C-F 嵌合部	"	"	"	"	110.05	109.82	110.44	110.03			
反嵌合部	"	"	"	"	109.81	109.80	109.97	109.92			
				判定	合格	合格	合格	合格			

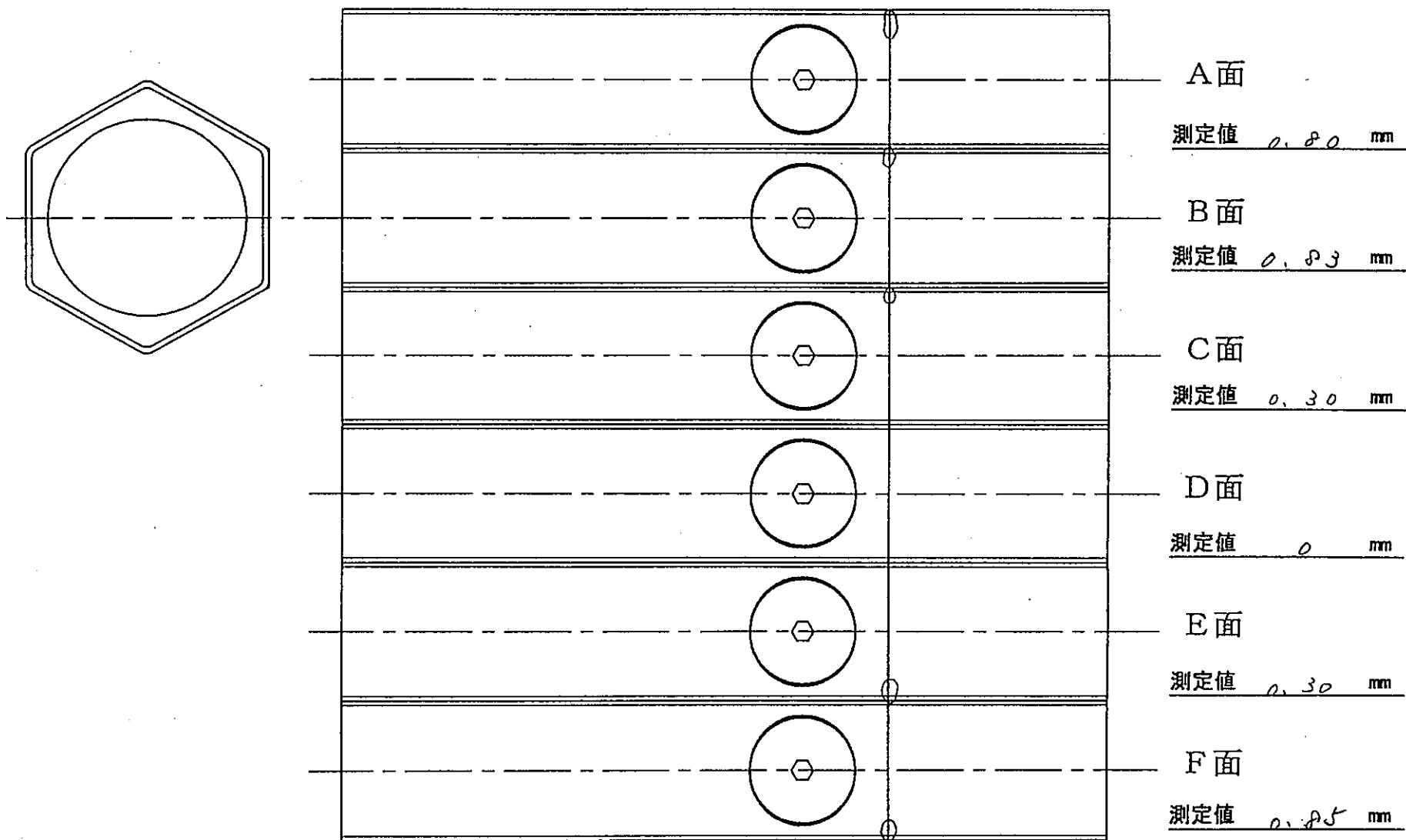
備考

* ① (8方向各2ヶ所)

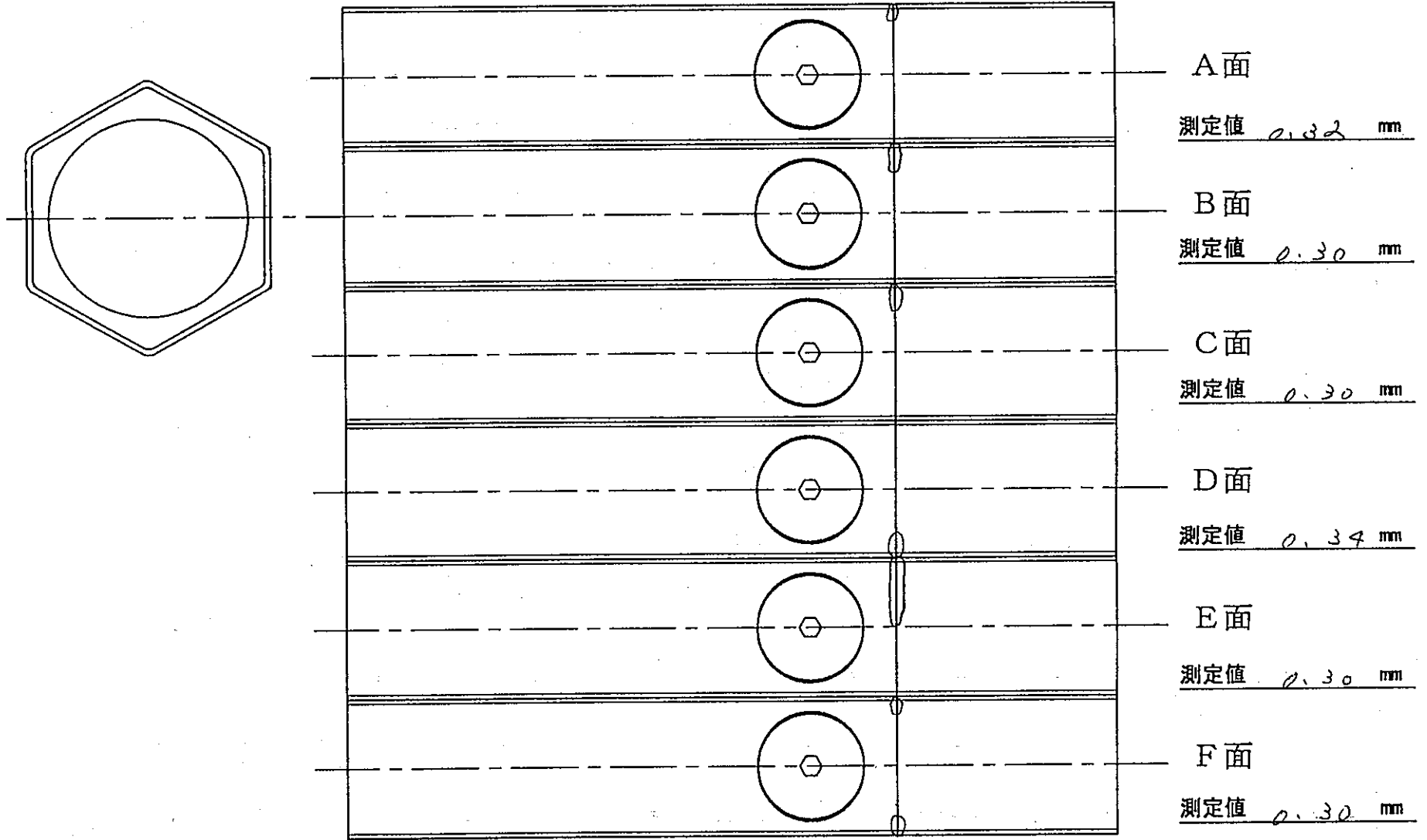
添付51



製品No. / _____

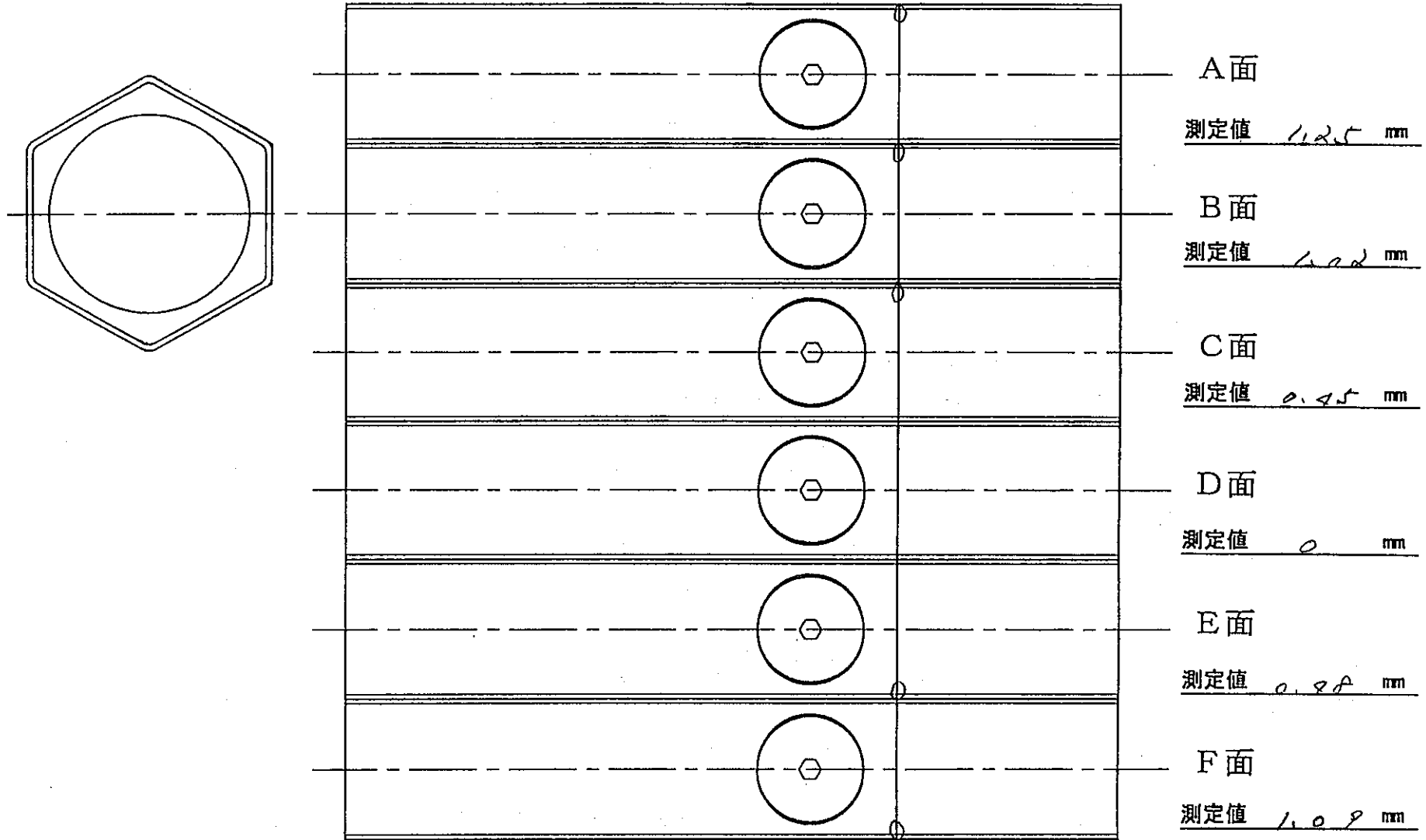


製品No. 2






製品No.

3



製品No. 4

試 験 検 査 成 績 書

作 成		審 査		承 認		契約番号	10C0024
							資料番号

契
約
名
称

「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体
の部分試作検討その2

納 入 先

核燃料サイクル開発機構 殿

摘 要

品 名	数 量
断面金相確認試験	4試料 (14試験片)

平成11年 3月12日
原 子 燃 料 工 業 株 式 会 社

「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体 の部分試作検討その2

断面金相試験内訳表

対象品名	製品No.	試料No.	備考
熱サイクル処理品 引張試験試料	1	1-①	採取位置指示図参照（図1）
		1-②	” ”
		1-②'	” ”
		1-③	” ”
熱サイクル処理品 曲げ試験試料	2	2-①	採取位置指示図参照（図3）
		2-②	” ”
		2-③	” ” （未研磨）ラッパ内面観察試料
		2-④	採取位置指示図参照（図3）
非熱サイクル処理品 引張試験試料	3	3-①	採取位置指示図参照（図2）
		3-②'	” ”
		3-③	” ”
非熱サイクル処理品 曲げ試験試料	4	4-①	採取位置指示図参照（図4）
		4-②	” ”
		4-③	” ” （未研磨）ラッパ内面観察試料
		4-④	採取位置指示図参照（図4）

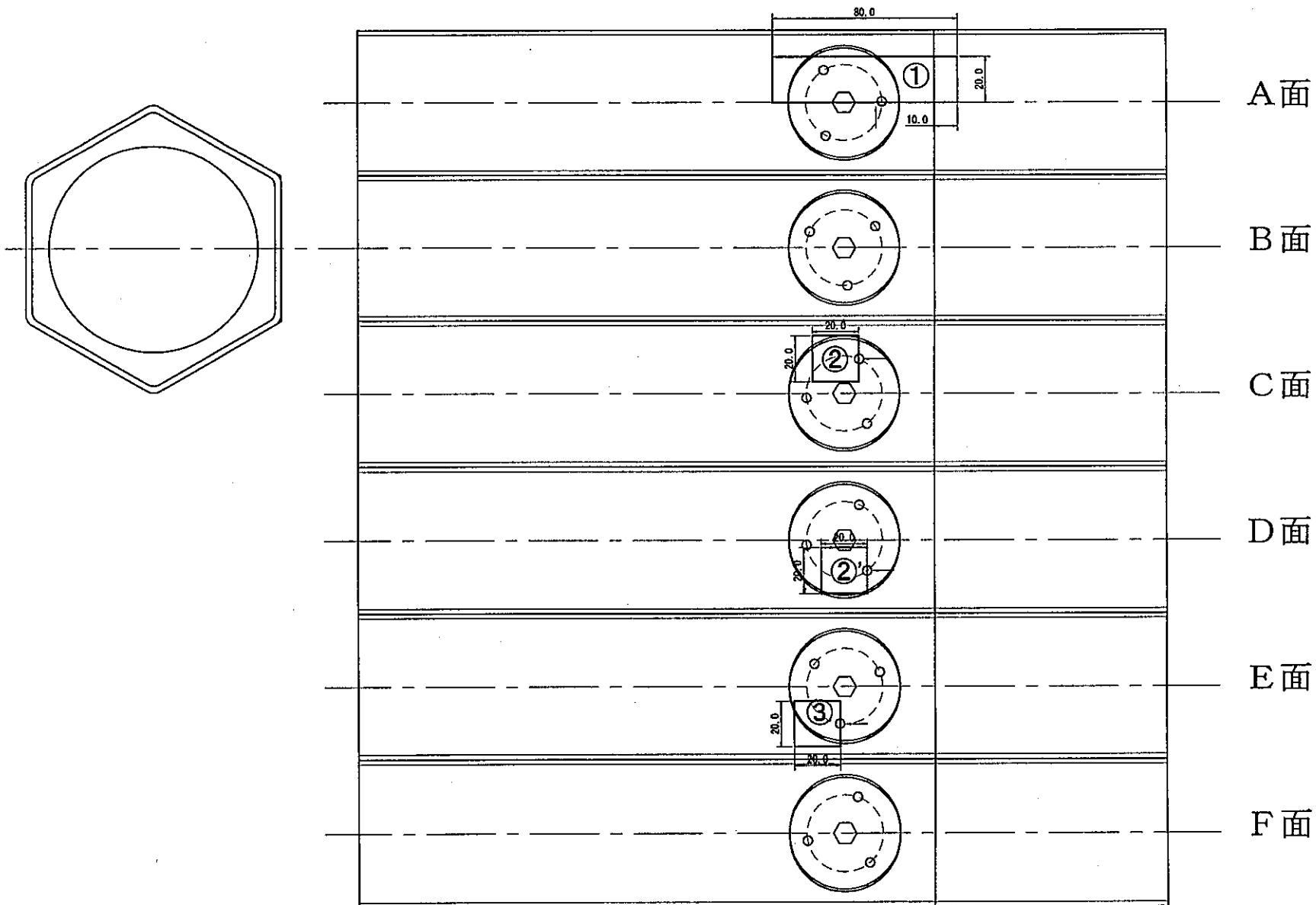
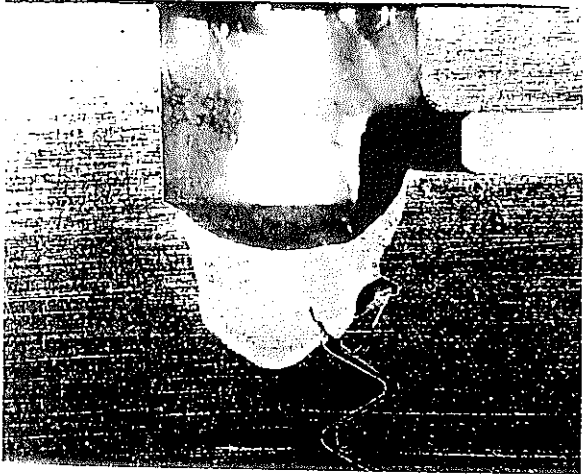
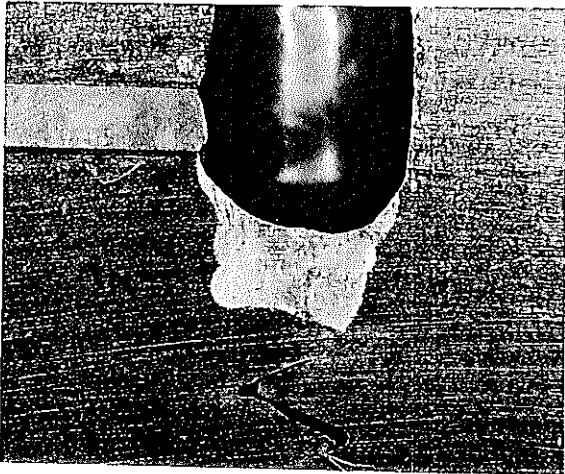
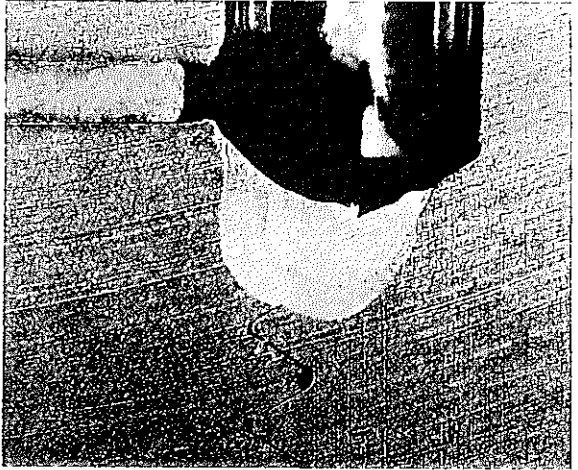


図1 製品No.1(熱サイクル処理品,引張試験試料)

断面金相試験 (熱サイクル処理品, 引張試験試料)				契約名		「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2					
試料 No.	No. 1	判定	合格	検査者	植	日付	'99.3.11	承認者	植	日付	'99.3.11
試料No. 1-①											
試料No. 1-①-A				試料No. 1-①-B				試料No. 1-①-C			
倍率 ×5				倍率 ×5				倍率 ×5			

添付58

断面金相試験 (熱サイクル処理品, 引張試験試料)				契約名		「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2					
試料 No.	No. 1	判定	合格	検査者	(植)	日付	'99.3.11	承認者	(永)	日付	'99.3.11
試料No.1-②		倍率x10		試料No.1-②'		倍率x10		試料No.1-③		倍率x10	
											

添付59

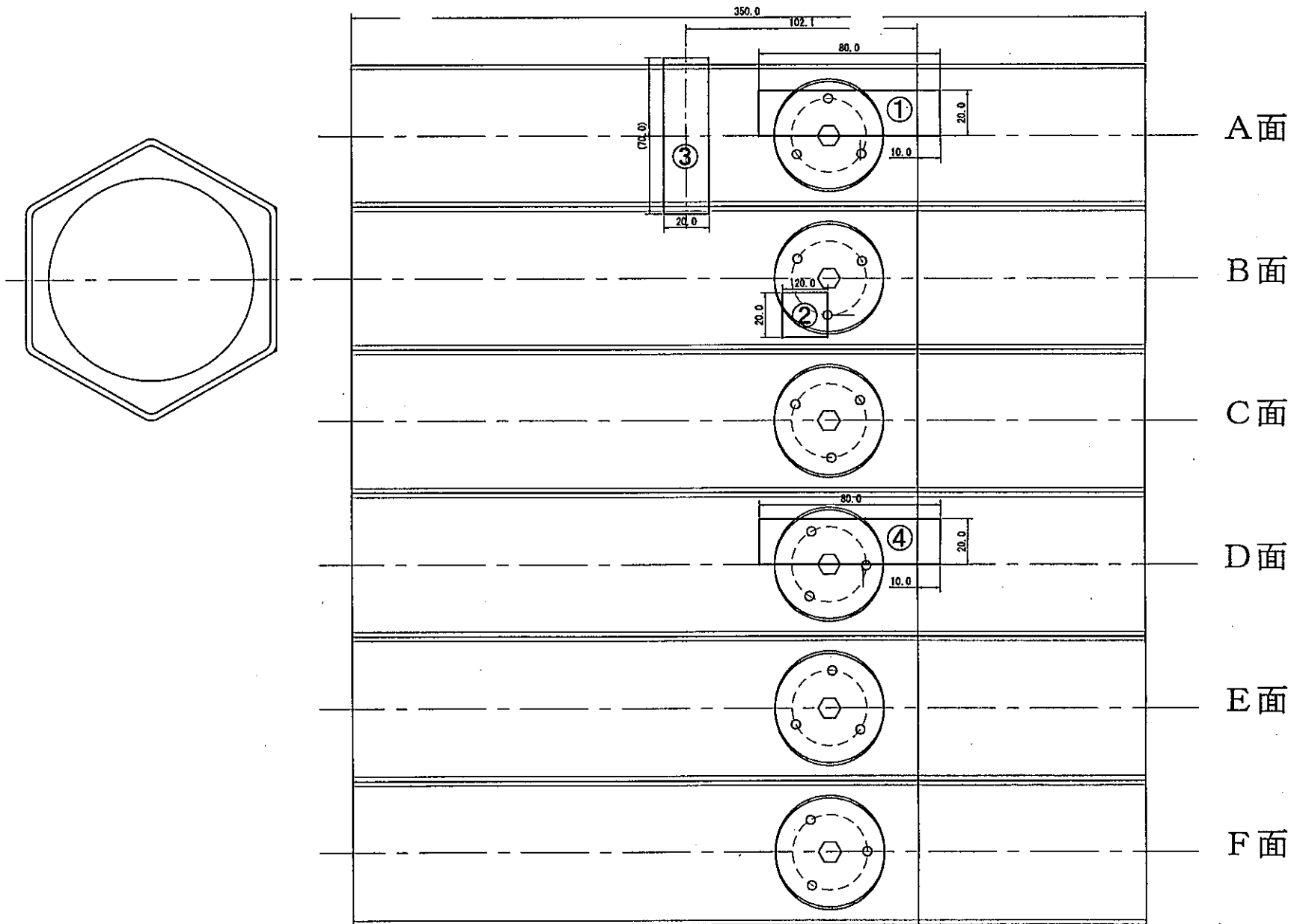


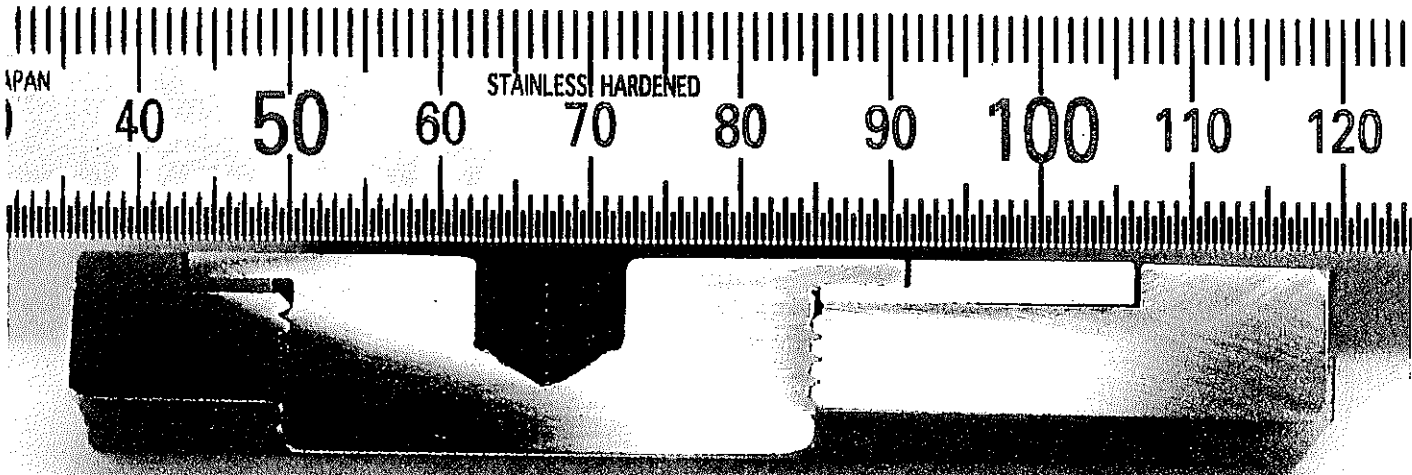
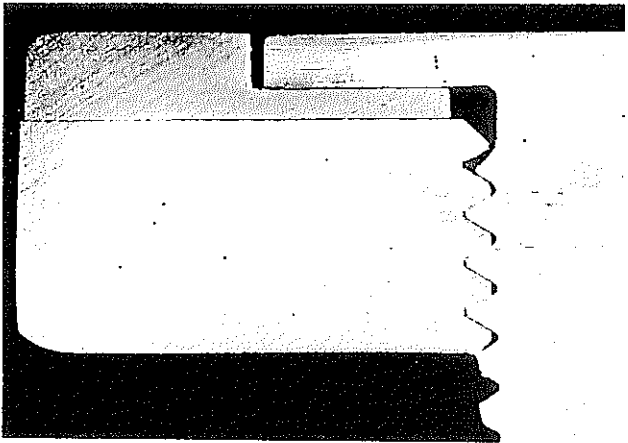
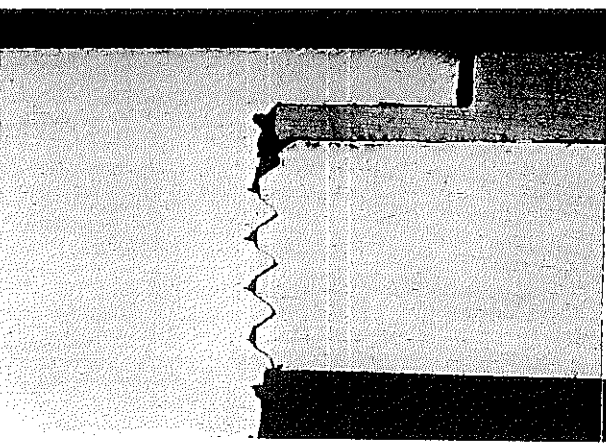
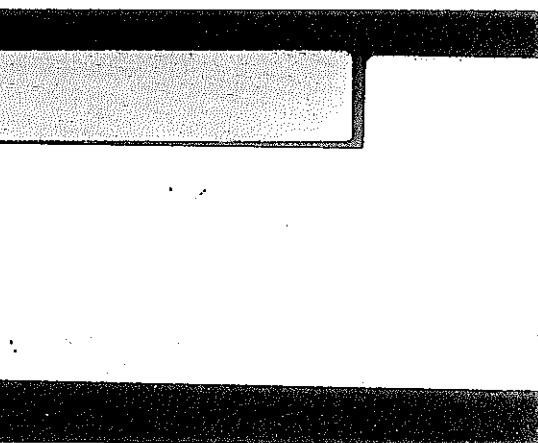
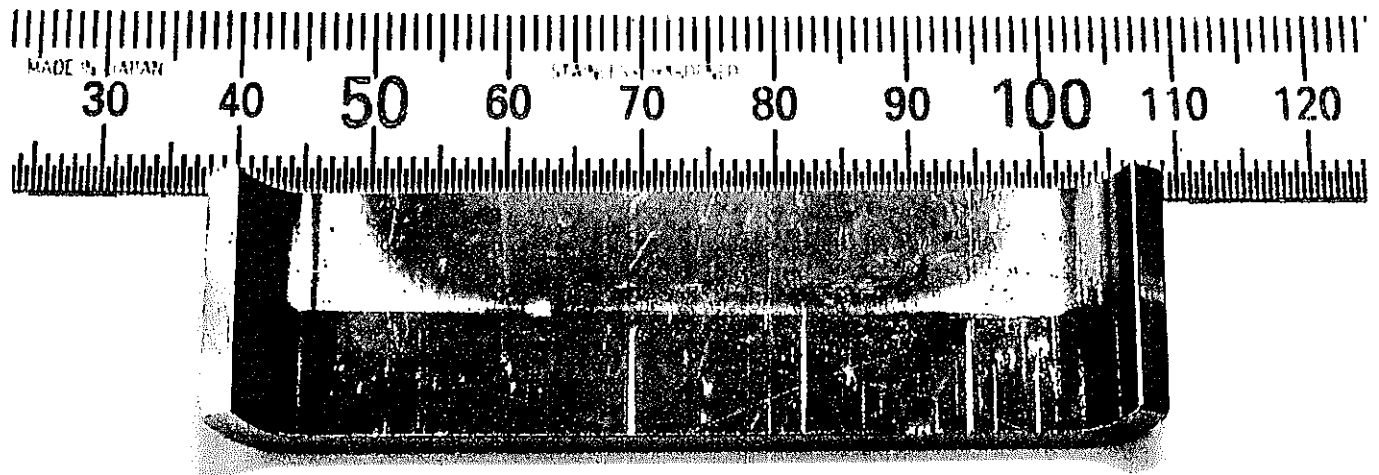
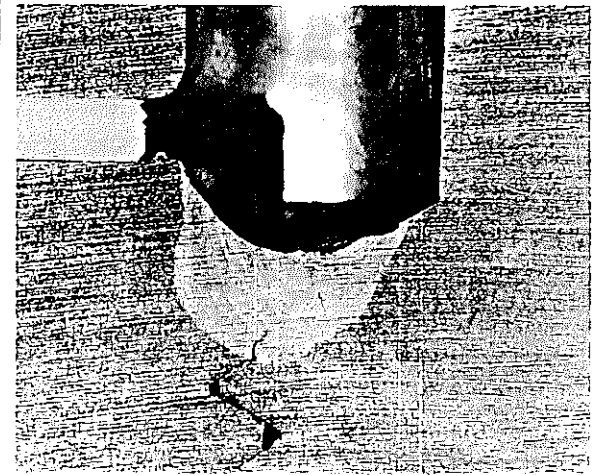


図3 製品No.2(熱サイクル処理品,曲げ試験試料)

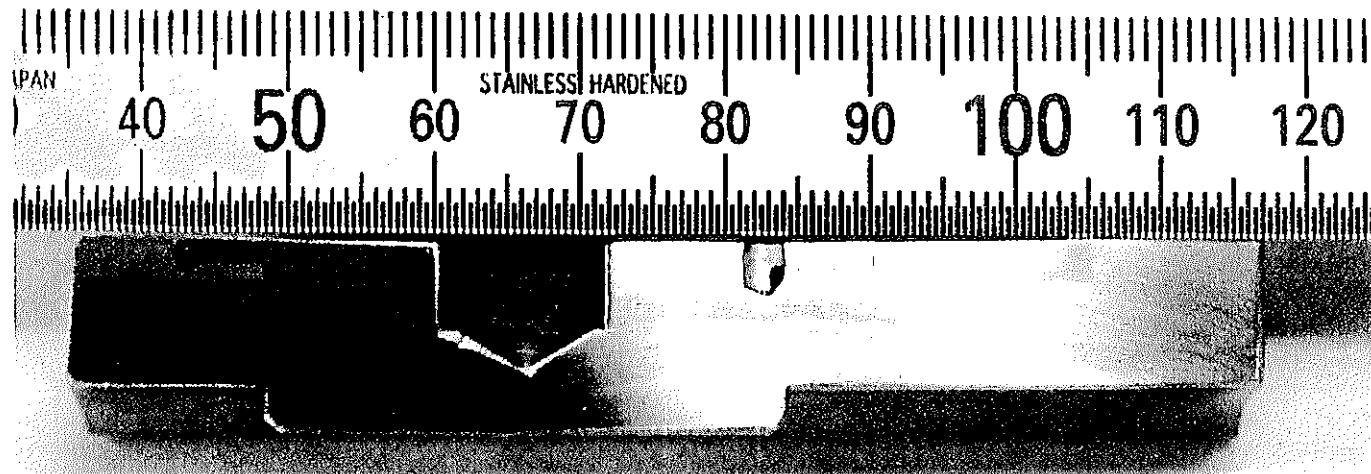
断面金相試験 (熱サイクル処理品, 曲げ試験試料)				契約名		「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2							
試料 No.	No. 2	判定	合格	検査者		日付	'99.3.11	承認者		日付	'99.3.11		
試料No. 2-①													
													
試料No. 2-①-A			倍率×5			試料No. 2-①-B			試料No. 2-①-C			倍率×5	
													

断面金相試験 (熱サイクル処理品, 曲げ試験試料)				契約名		「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2					
試料 No.	No. 2	判定	合格	検査者	(印)	日付	'99.3.11	承認者	(印)	日付	'99.3.11
試料No. 2-③											
											
試料No. 2-②					倍率×10						
											

添付62

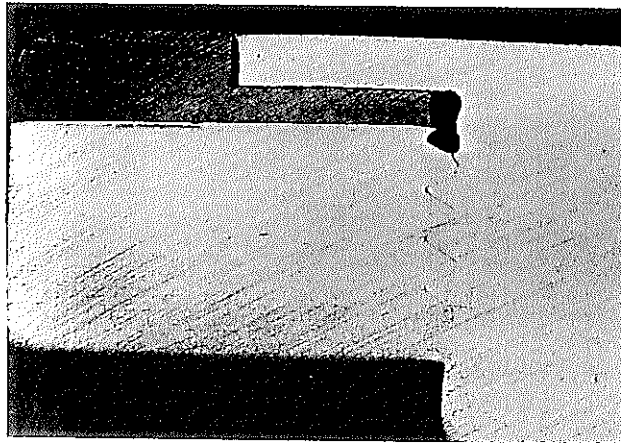
断面金相試験 (熱サイクル処理品, 曲げ試験試料)				契約名		「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2				
試料 No.	No. 2	判定	合格	検査者	日付	'99.3.11	承認者	日付	'99.3.11	

試料No. 2-④

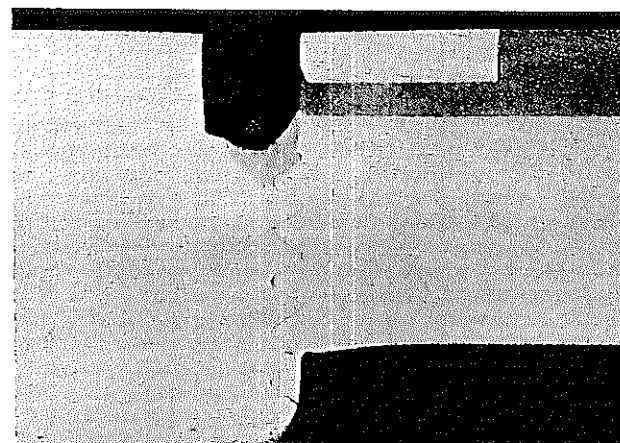


試料No. 2-④-A

倍率 ×5

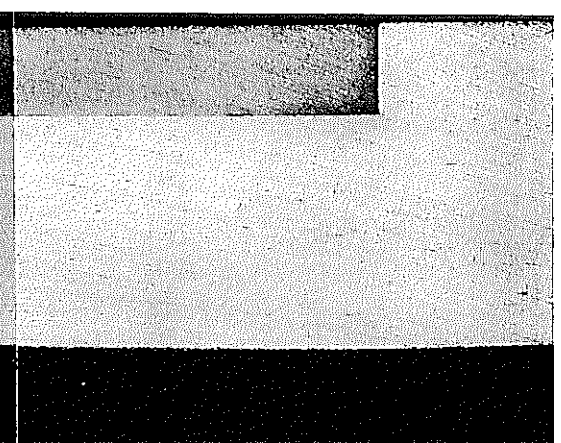


試料No. 2-④-B



試料No. 2-④-C

倍率 ×5



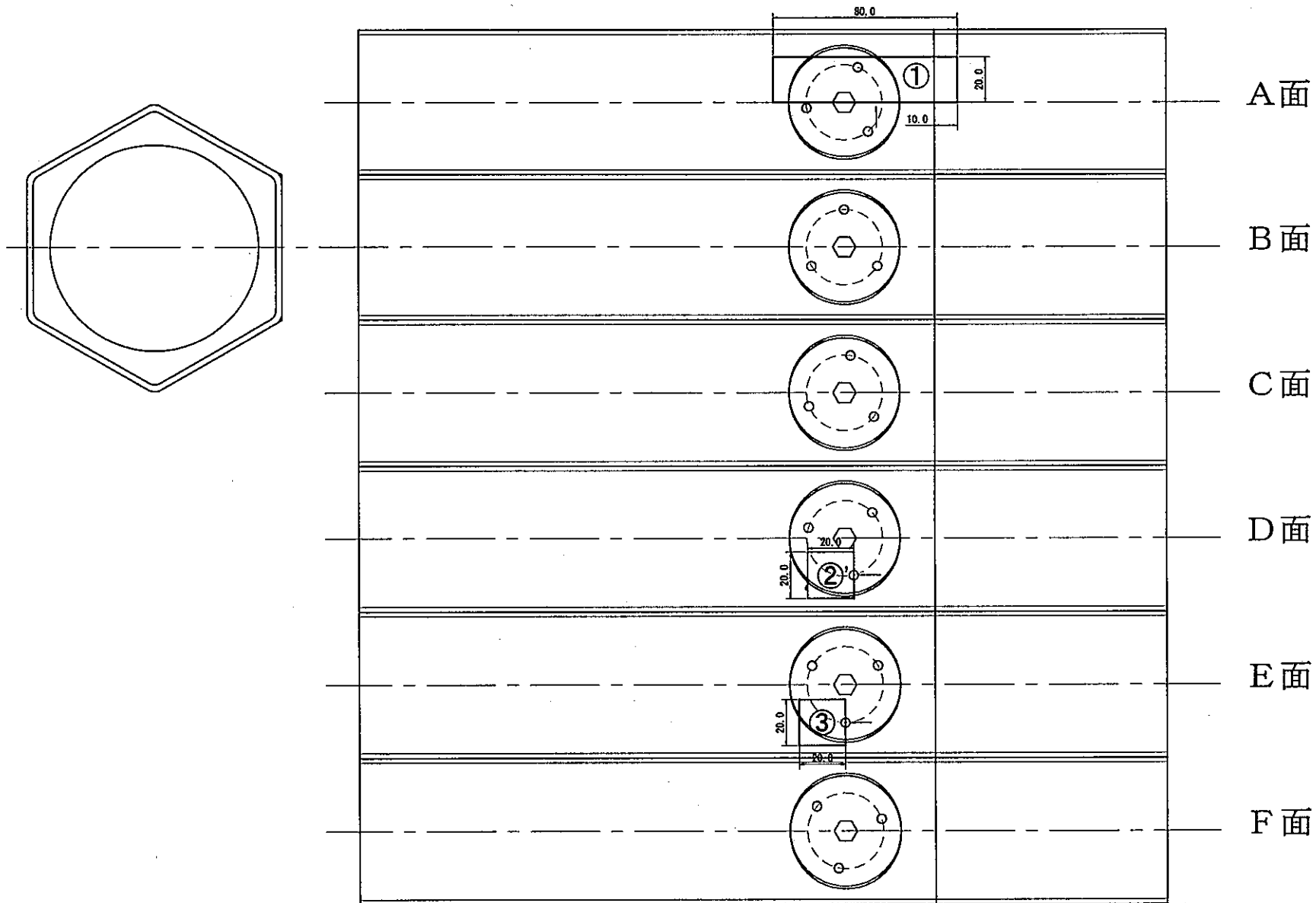
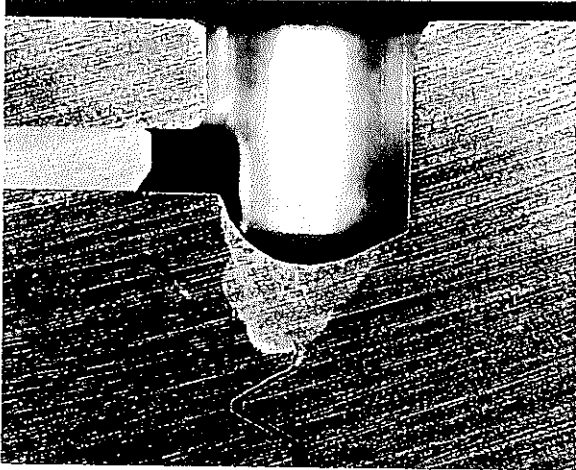



図2 製品No.3(非熱サイクル処理品,引張試験試料)

断面金相試験 (非熱サイクル処理品, 引張試験試料)				契約名		「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2									
試料 No.	No. 3	判定	合格	検査者	植木	日付	'99.3.11	承認者	永井	日付	'99.3.11				
試料No.3-①															
試料No.3-①-A				倍率×5				試料No.3-①-B				倍率×5			

断面金相試験 (非熱サイクル処理品, 引張試験試料)			契約名		「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2							
部品 No	No. 3	判定	合格	検査者	(植木)	日付	'99.3.11	承認者	(永井)	日付	'99.3.11	
試料No.3-②			試料No.3-②'			倍率×10			試料No.3-③			倍率×10
												

添付66

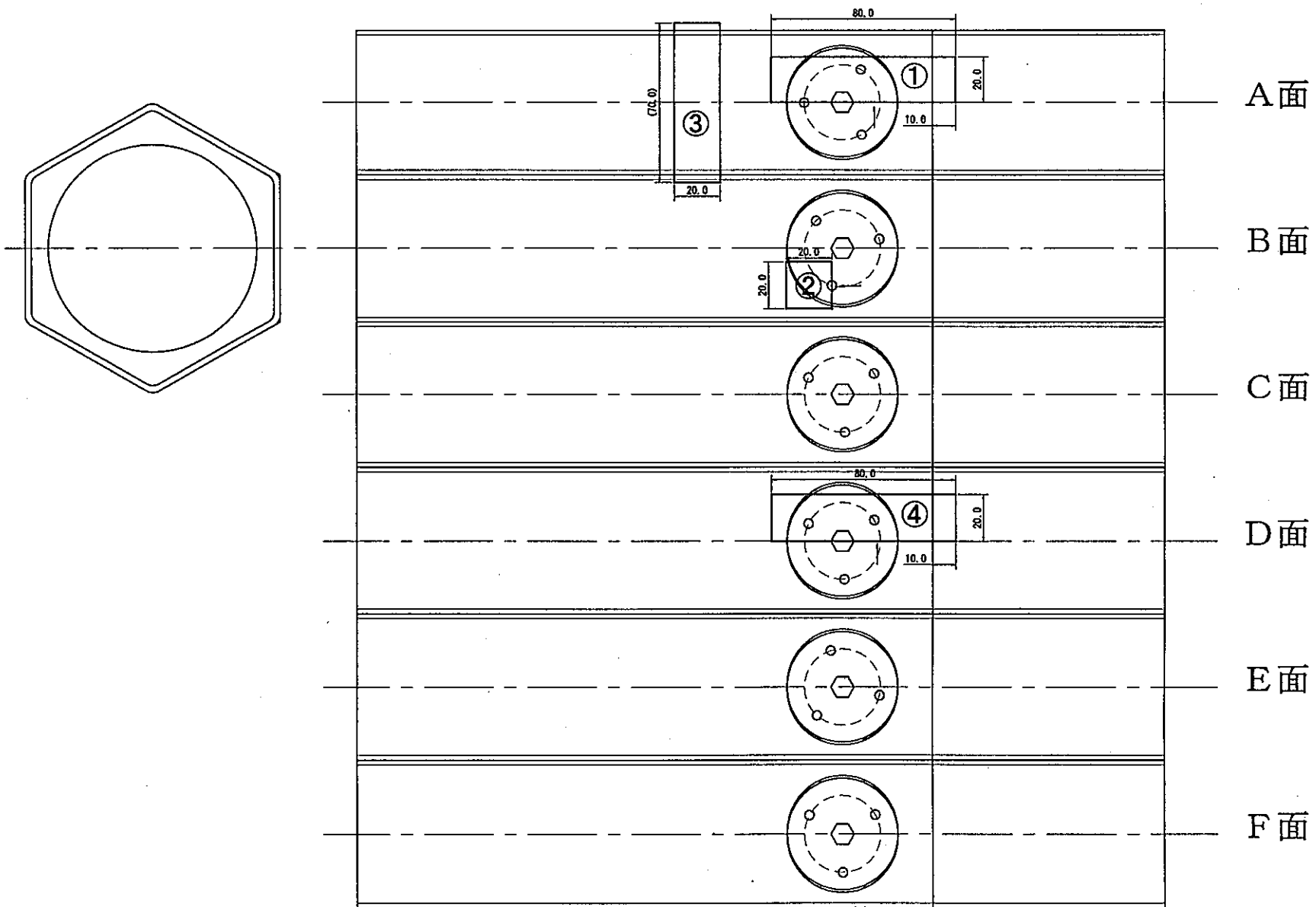


図4 製品No.4(非熱サイクル処理品,曲げ試験試料)

断面金相試験 (非熱サイクル処理品, 曲げ試験試料)				契約名		「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2					
試料 No.	No. 4	判定	合格	検査者	植大	日付	'99.3.11	承認者	森井	日付	'99.3.11
試料No. 4 - ①											
試料No. 4 - ① - A				試料No. 4 - ① - B				試料No. 4 - ① - C			
倍率x5				倍率x5				倍率x5			

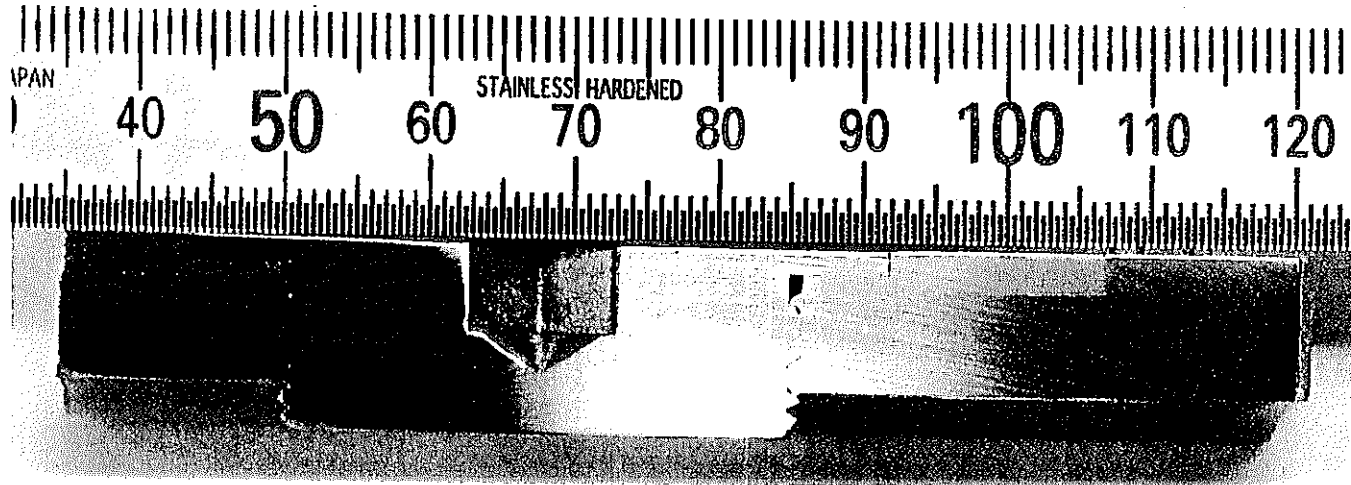
添付68

断面金相試験 (非熱サイクル処理品, 曲げ試験試料)				契約名		「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2					
試料 No.	No. 4	判定	合格	検査者	(相)	日付	'99.3.11	承認者	(相)	日付	'99.3.11
試料No.4-③											
試料No.4-②					倍率 × 10						

添付69

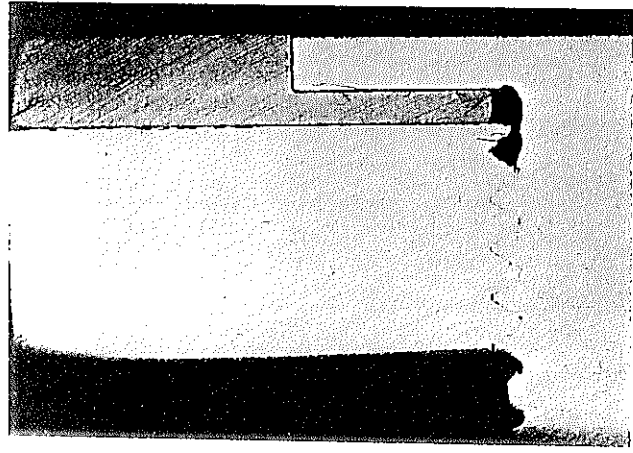
断面金相試験 (非熱サイクル処理品, 曲げ試験試料)				契約名		「もんじゅ」高度化炉心燃料集合体の部分試作検討その2					
試料 No.	No. 4	判定	合格	検査者	植木	日付	'99.3.11	承認者	植木	日付	'99.3.11

試料No. 4 - ④



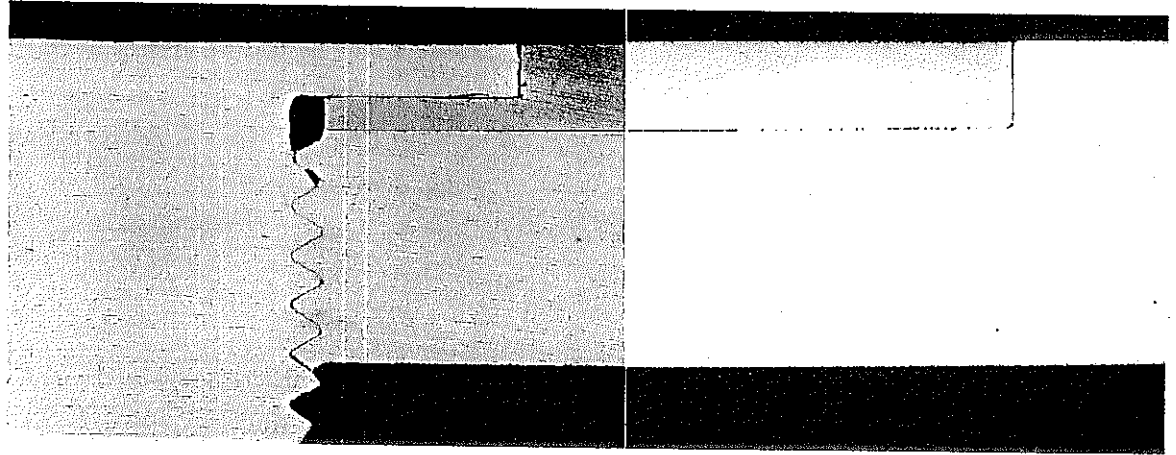
試料No. 4 - ④ - A

倍率 x 5



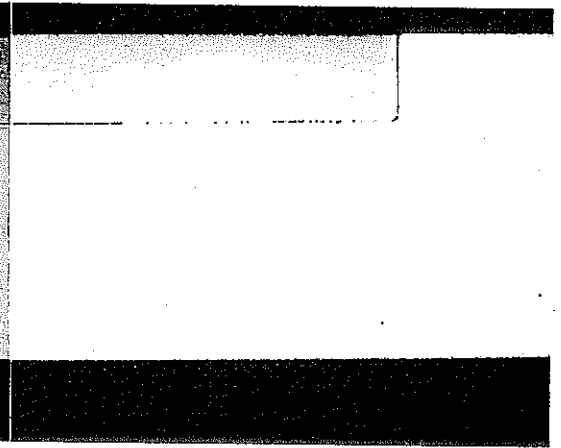
試料No. 4 - ④ - B

倍率 x 5



試料No. 4 - ④ - C

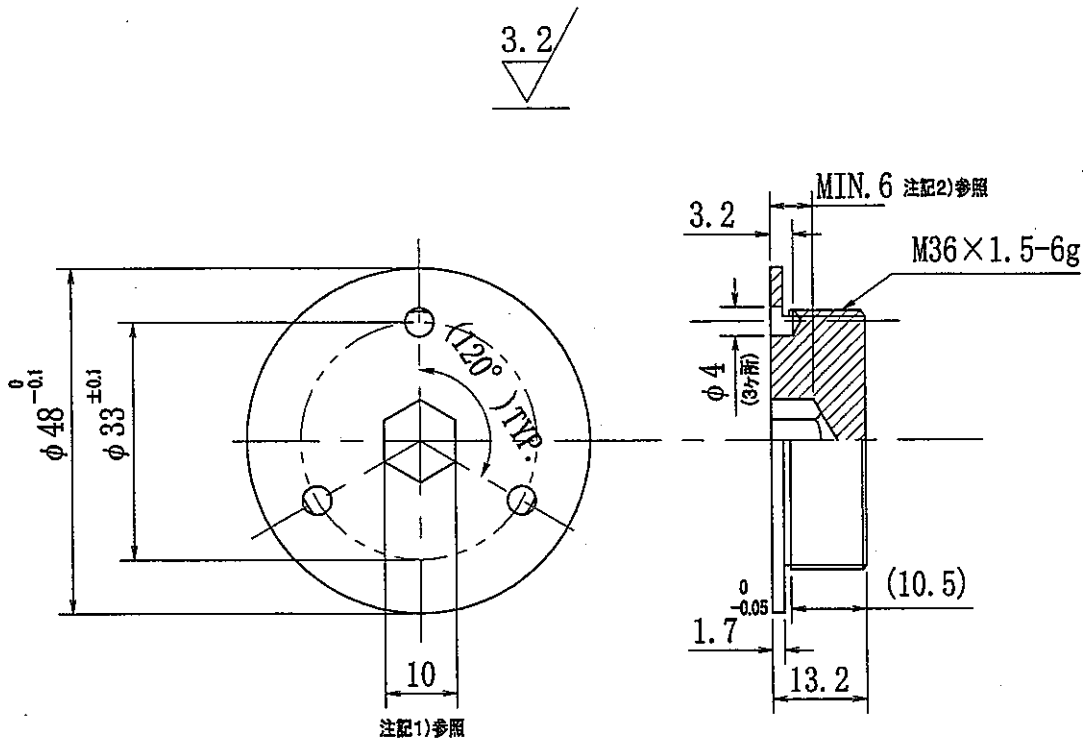
倍率 x 5



添付70

関係図 MOTHER	
品名 NAME	図番 DWG. NO.

来歴 REVISIONS		
記号 MARK	日付 DATE	氏名 NAME



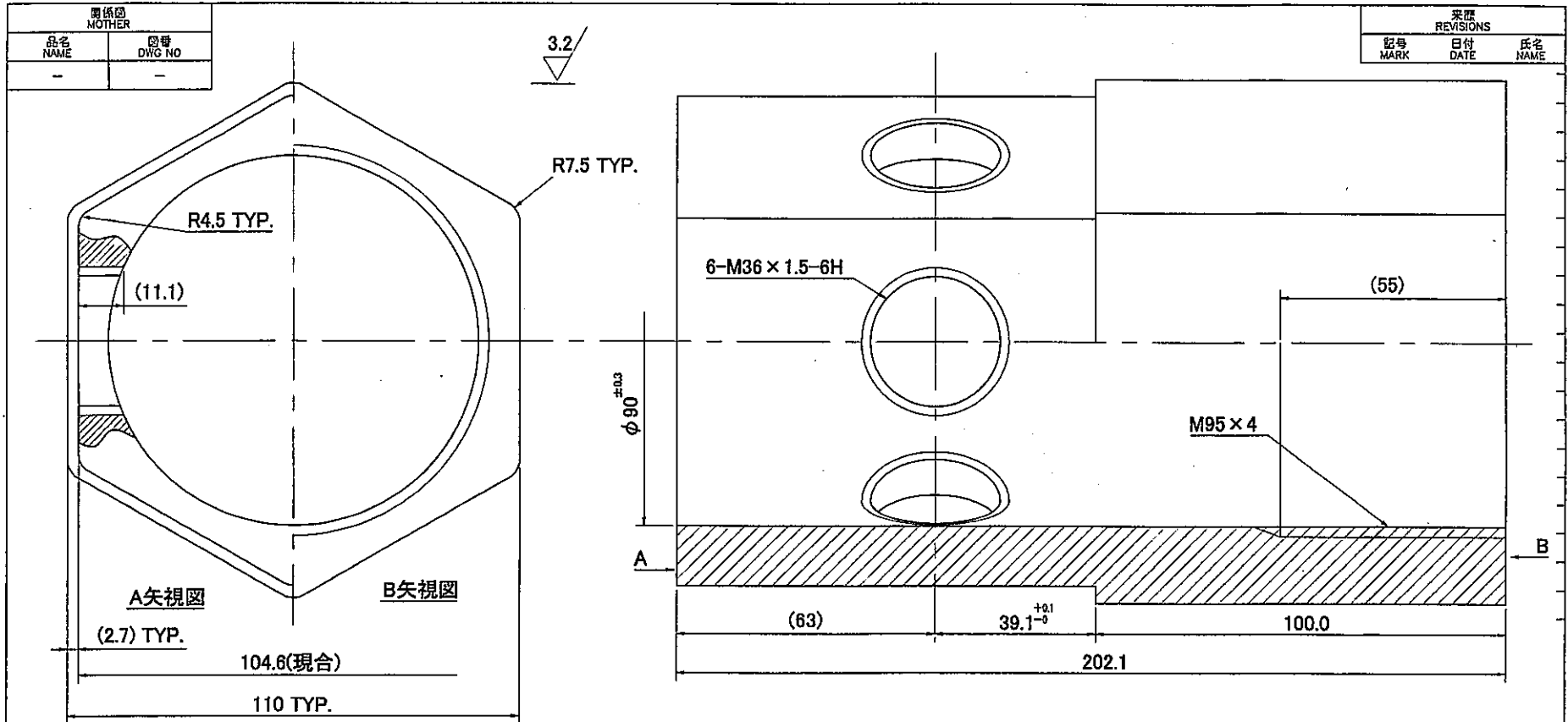
注記)

- 1) 六角穴ノ寸法ハ, JIS B 1176 M12用穴ニ準ズル。
- 2) φ4穴, HEX10六角穴ノ底部形状ハ任意トスル。
但シ六角穴ハ突き抜ケ不可トスル。
- 3) 指示無キ角部ハ糸面取りトスル。

前り加工寸法の普通許容差
JIS B 0405-1991

寸法の区分	単位(mm)		
	精級	中級	粗級
0.5以下	±0.05	±0.1	±0.2
0.5以上1以下	±0.05	±0.1	±0.3
1以上2以下	±0.1	±0.2	±0.5
2以上5以下	±0.15	±0.3	±0.8
5以上10以下	±0.2	±0.5	±1.2
10以上20以下	±0.3	±0.8	±1.5
20以上50以下	±0.5	±1.2	±2.0

番号 PTNO		図番 DRAWING NO			品名 NAME		固定ネジ		SUS316		備考 REMARKS	
設計 DESIGN		氏名 NAME		日付 DATE		尺度 SCALE		分類 DIVISION		FBR		
製図 DRAWING		氏名 NAME		日付 DATE		尺度 SCALE						
審査 CHECK		氏名 NAME		日付 DATE		投影法 ANGLE		図番 DRAWING NO		TA-6453		
審査 CHECK		氏名 NAME		日付 DATE		投影法 ANGLE						
審査 QA		氏名 NAME		日付 DATE		3RD		名称 TITLE		ネジ接合構造型		
承認 APPROVAL		氏名 NAME		日付 DATE		3RD						
仕様 SPECIFICATION		名称 TITLE		固定ネジ		原子燃料工業株式会社		NUCLEAR FUEL INDUSTRIES, LTD.				
作業 JOB		名称 TITLE		固定ネジ		原子燃料工業株式会社		NUCLEAR FUEL INDUSTRIES, LTD.				



削り加工寸法の普通許容差
JIS B 0405-1991

寸法の区分	単位 (mm)		
	精級	中級	粗級
0.5以上3以下			±0.2
3を超え5以下	±0.05	±0.1	
			±0.3
0を超え30以下	±0.1	±0.2	±0.5
30を超え120以下	±0.15	±0.3	±0.8
120を超え400以下	±0.2	±0.5	±1.2
400を超え1000以下	±0.3	±0.8	±2
1000を超え2000以下	±0.5	±1.2	±3

注記

- 1) 指示無キ角部ハ糸面取りトスル。
- 2) 著シイバリ及ピカエリガナイコト。

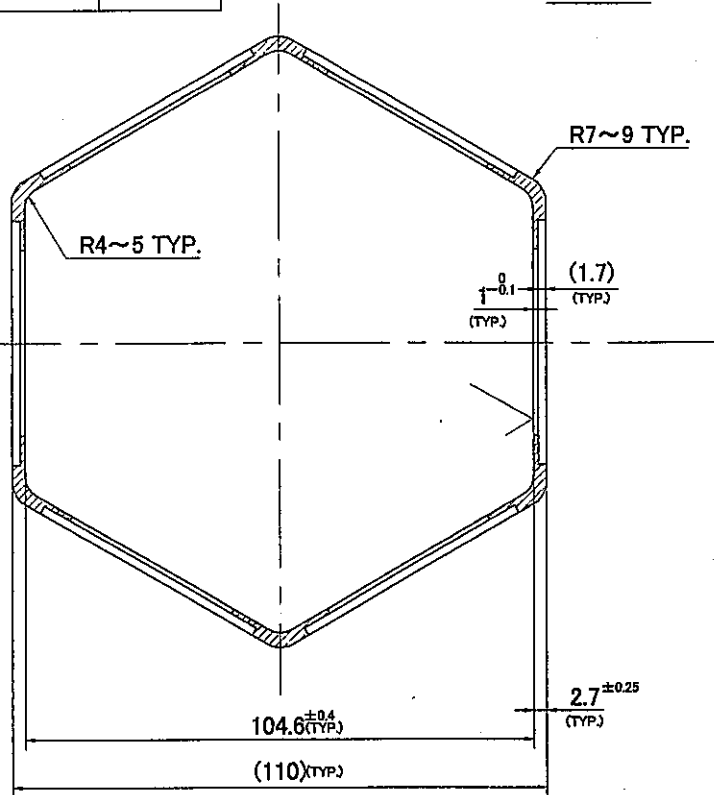
1	エントランスノズル上部			SUS316	
番号 P/NO	図番 DRAWING NO	品名 NAME		材質 MATERIAL	備考 REMARKS
		氏名 NAME	日付 DATE	尺度 SCALE	
		設計 DESIGN		1/1	分類 DIVISION FBR
		製図 DRAWING			
		審査 CHECK		3rd	図番 DRAWING NO TB-5512
		審査 CHECK			
		審査 QA			
		承認 APPROVAL			
		名称 TITLE (ねじ挿合構造型) 挿合部強度試験用 エントランスノズル上部			
		原子燃料工業株式会社 NUCLEAR FUEL INDUSTRIES, LTD.			

添付73

母図 MOTHER	
品名 NAME	図番 DWG NO
-	-

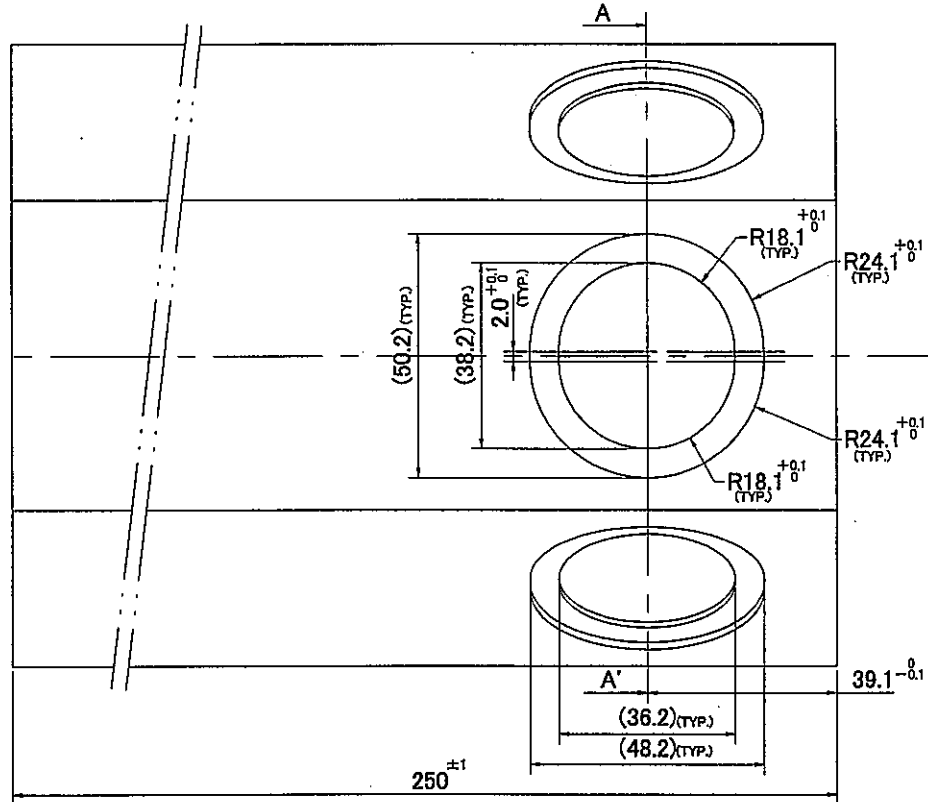
3.2 / (✓)

履歴 REVISIONS		
記号 MARK	日付 DATE	氏名 NAME
-	-	-



A-A'断面

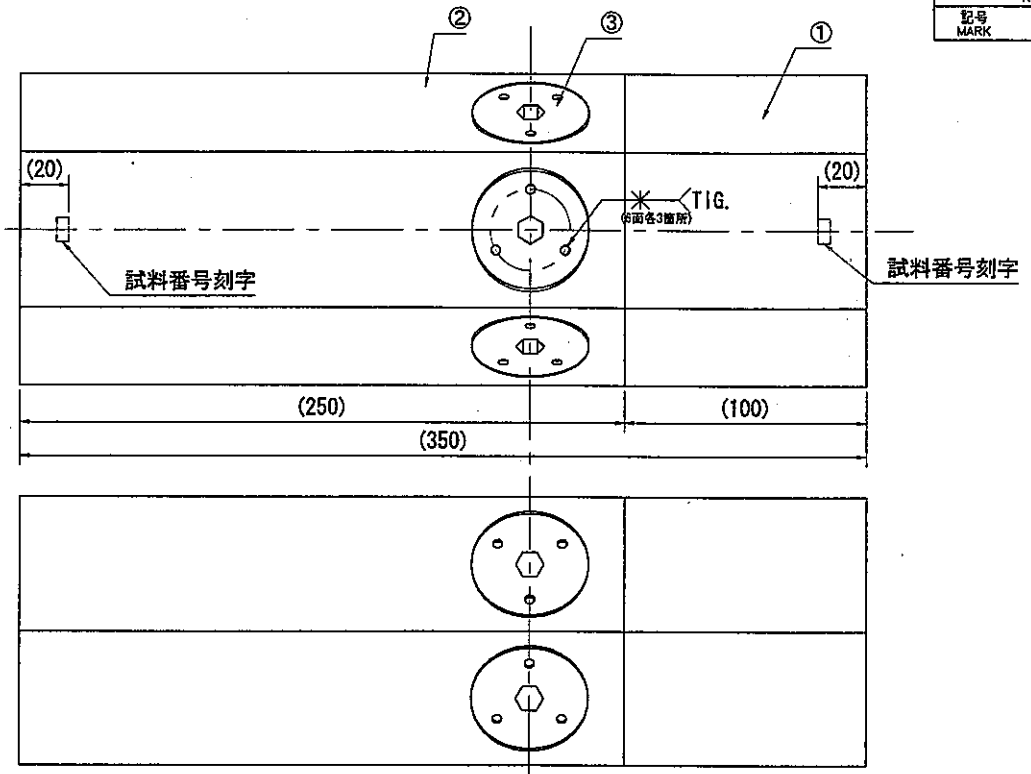
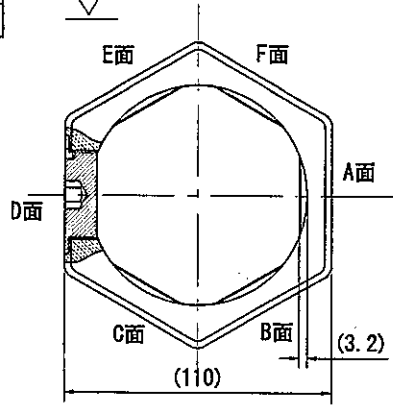
- 注記
 1) 著シイ、バリ及びピカエリガ無イコト。
 2) ラツパ管外径ハ3.0mmヨリ2.7mmへ減肉加工エヲ行ウコト。



1	(ねじ接合構造型)ラツパ管			JNC-FMS鋼	
番号 FTNO	図番 DRAWING NO	品名 NAME		材質 MATERIAL	備考 REMARKS
		氏名 NAME	日付 DATE	尺度 SCALE	分類 DIVISION FBR
		設計 DESIGN		1/1	
		製図 DRAWING		投影法 ANGLE	図番 DRAWING NO TB-5495
		審査 CHECK		3rd	
		承認 APPROVAL			
仕様 SPECIFICATION	名称 TITLE 接合部強度試験用 (ねじ接合構造型)ラツパ管				
作業者 JOB	原子燃料工業株式会社 NUCLEAR FUEL INDUSTRIES, LTD.				

関係図 MOTHER	
品名 NAME	図番 DWG NO
-	-

来歴 REVISIONS		
記号 MARK	日付 DATE	氏名 NAME



3	固定ネジ	SUS316			
2	ラップ管	JNC-FMS鋼			
1	エントランスノズル上部	SUS316			
番号 PNO	図番 DRAWING NO	品名 NAME	寸度 SCALE	分類 DIVISION	備考 REMARKS
		氏名 NAME	日付 DATE	FBR	図番 DRAWING NO TB-5517
		設計 DESIGN			
		製図 DRAWING	2/1		
		審査 CHECK	投影法 ANGLE		
		審査 CHECK	3rd		
		承認 APPROVAL			
		名称 TITLE	試料組立図		
		原子燃料工業株式会社 NUCLEAR FUEL INDUSTRIES, LTD.			

添付74