

PNC-TJ201 83-16

開示制限

分置

二次主冷却系配管保溫構造崩壊試験

1983年5月

東京芝浦電気株式会社

この資料は、動燃事業団の開発業務を進めるため、特に限られた関係者だけに開示するものです。については供覧、複製、転載、引用等を絶対に行なわないように厳重に管理して下さい。

なお、開示制限が解除になった場合はその旨通知しますが、それ以前に関連業務が終了した場合は直ちに返却して下さい。

動力炉・核燃料開発事業団

開示制限

PNC-TJ201 83-16

1983年5月31日

二次主冷却系配管保溫構造崩壊試験

星 明男*	根井 弘道**
大島 嶽**	河村 豊*
大谷 良一**	丸山 茂樹*
武田 正行***	請地 一敏****
小俣 一平***	高浜 伸一***

要旨

本報告書は、高速増殖炉もんじゅの二次主冷却系配管Na漏洩が生じた場合を想定し、漏洩Naに対する接触防止板の必要性を検討するため、Na漏洩時の配管保溫構造の健全性及びNa漏洩挙動に対する知見を得ることを目的として、Naに換えて水を使用し実機と同寸大の試験体を用いて水噴出試験を行なった結果をまとめたものである。

試験体は、配管からの漏洩箇所と内装板フランジとの相対位置関係をパラメータとして、計7体を作成し、二次主冷却系コールドレグ配管の通常運転圧力（最大値）によって試験を行なった。

以下に、本試験の結果、明らかになった事項を示す。

-
- * 本報告書は東京芝浦電気株式会社が動力炉・核燃料開発事業団の委託により実施した研究の成果である。
 - * 東京芝浦電気株式会社 原子力事業本部 動力炉開発部
 - ** 東京芝浦電気株式会社 原子力事業本部 原子力技術研究所
 - *** 石川島播磨重工業株式会社 エネルギー事業本部 エネルギー開発室
 - **** 石川島播磨重工業株式会社 エネルギー事業本部 原子力事業部

- 1) 全てのケースについて内装板の崩壊は生じなかった。
- 2) 内装板のみの試験では、ある程度の上向きまたは水平方向のスプレーは生じたが、外装板を装着するとこれらスプレーは生じなかった。
- 3) 内装板と外装板の間の保温材設置による水漏洩形態の顕著な差は生じなかった。
- 4) 漏洩Naが建屋の天井、壁を直撃することを防止するための接触防止板については、保温構造外装板の設計を工夫することにより削除できる可能性のあることが判明した。
- 5) 接触防止板を削除するためIC、今後Naを用いて行なう必要のある試験項目をとりまとめた。

COMMERCIAL
PNC-TJ201 83-16
May 1983

Structural Integrity Test of Thermal Insulation System for
"Monju" Intermediate Heat Transport System Piping*

Akio Hoshi*, Hiromichi Nei**
Iwao Ohshima**, Yutaka Kawamura*,
Ryoichi Ohtani**, Shigeki Maruyama*,
Masayuki Takeda***, Kazutoshi Ukechi****,
Ippei Omata***, and Shinichi Takahama***

ABSTRACT

The objectives of the test were to study the rupture mechanism of the thermal insulation system under a sodium leak condition on the prototype reactor intermediate heat transport piping and to know the behavior of sodium leak through the thermal insulation system.

In the present study, water was used instead of sodium and thermal insulation models were fabricated in same size as prototype reactor's one.

Seven kinds of test models for straight pipes, elbows and tee joints were fabricated.

The relative location between the inner jacket and the leak hole of pipes was changed for each test model. The spouting pressure was same as the maximum inside pressure of the prototype intermediate heat transport system.

The conclusions were as follows :

- 1) The rupture of the inner jacket system was not occurred in all tests.
- 2) When only the inner jacket system was provided for the pipe, some upward spray occurred, while the outer shroud was added to the system, upward spray was prevented.
- 3) No significant change of water leak behavior was observed, even if the insulation was provided in the gap between the inner jacket and outer jacket.
- 4) By some contriviance of thermal insulation structure (especially the outer shroud), the protecting plates for sodium leak flow to wall and ceiling will be eliminated.

This work has been performed under contract between Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corp. and Toshiba Corporation.

* Toshiba Corporation, Advanced Reactor Engineering Dept.

** Toshiba Corporation, Nuclear Engineering Lab.

*** Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.

Energy Development Div.

**** Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.

Nuclear Power Div., No. 4 Plant Design Dept.

目 次

1. 緒 言	1
2. 試験体概要	2
2.1 "もんじゅ"二次主冷却系配管保溫構造設計条件	2
2.2 試験体選定条件	2
2.3 直管部保溫構造試験体(No.1及びNo.2試験体)	3
2.4 エルボ部保溫構造試験体(No.3及びNo.4試験体)	6
2.5 ティーズ部保溫構造試験体(No.5及びNo.6試験体)	7
2.6 保溫材取付試験体(No.7試験体)	8
3. 試験方法	10
3.1 試験装置	10
3.2 試験方法	10
4. 試験結果	12
4.1 漏洩・崩壊挙動	12
4.2 内、外装板の応力・歪挙動	14
5. 考 察	16
5.1 内装板の変形挙動	16
5.2 配管保溫構造と接触防止板設置基準について	17
5.3 試験結果の適用範囲	22
5.4 今後確認すべき事項	26
6. 結 言	27
7. 謝 辞	28
8. 付 錄	65

List of Tables

	Page
Table 2-1 Insulation materials specification	29
Table 3-1 Test apparatus specification	30
Table 3-2 Instrumentation List	31
Table 4-1 Test condition	32
Table 4-2 (1/2) Test results (1/2)	33
Table 4-2 (2/2) Test results (2/2)	34
Table 5-1 Classification of "Monju" IHTS piping	35
Table 8-1 Comparison due to Inner Shroud Specification Change	149

List of Figures

	Page
Fig. 2-1 General view of the pipe with thermal insulation	36
Fig. 2-2 Thermal insulation model for straight pipes.....	37
Fig. 2-3 Thermal insulation model for elbows	39
Fig. 2-4 Thermal insulation model for tee joints.....	41
Fig. 2-5 Thermal insulation model for elbow fabricated with thermal insulation materials.....	43
Fig. 2-6 Detail construction of preheaters and sodium leak detector tube penetration through inner shroud	45
Fig. 2-7 Location of strain gauge on straight pipe model...	46
Fig. 2-8 Location of strain gauge on elbow model	47
Fig. 2-9 Location of strain gauge on tee joint model	48
Fig. 3-1 Flow diagram	49
Fig. 3-2 Block diagram for measurement of strain, flow rate and pressure	50
Fig. 3-3 Operating sequence	51
Fig. 4-1 Test result (test No. 1)	52
Fig. 4-2 Test result (test No. 1-2)	52
Fig. 4-3 Test result (test No. 2)	53
Fig. 4-4 Test result (test No. 3)	53
Fig. 4-5 Test result (test No. 4-1)	54
Fig. 4-6 Test result (test No. 4-2)	54
Fig. 4-7 Test result (test No. 5)	55
Fig. 4-8 Test result (test No. 6-1)	55
Fig. 4-9 Test result (test No. 6-2)	56
Fig. 4-10 Test result (test No. 7-1)	56
Fig. 4-11 Test result (test No. 7-2)	57

List of Figures

	Page
Fig. 5-1	Deformation model of inner jacket (Test No.1) 58
Fig. 5-2	Deformation model of inner jacket (Test No.2 58
Fig. 5-3	Deformation model of inner jacket (Test No.7) 58
Fig. 5-4	Test results sckech of water leak flow from straight pipe 59
Fig. 5-5	Model of water leak from thermal insulation structure 59
Fig. 5-6	An example of outer jacket shpae near wall 60
Fig. 5-7	An example of outer jacket shape of fee joints.... 60
Fig. 5-8	An example of outer jacket shape near ceiling..... 61
Fig. 5-9	Sodium leak detection flow 62
Fig. 5-10	Typical example of pressure change in piping 63
Fig. 5-11	Inner pressure distribution of IHTS piping 64
Fig. 8-1	Stress on inner jacket Test No. 1-1 66
Fig. 8-2	Stress on outer jacket Test No. 1-1 67
Fig. 8-3	Stress on inner jacket Test No. 1-2 68
Fig. 8-4	Stress on innel jacket Test No. 2 69
Fig. 8-5	Stress on outer jacket Test No. 2,..... 70
Fig. 8-6	Stress on inner jacket Test No. 3..... 71
Fig. 8-7	Stress on outer jacket Test No. 3..... 72
Fig. 8-8	Stress on inner jacket Test No. 4-1..... 73
Fig. 8-9	Stress on inner jacket Test No. 4-2..... 74
Fig. 8-10	Stress on outer jacket Test No. 4-2..... 75
Fig. 8-11	Stress on inner jacket Test No. 5..... 76
Fig. 8-12	Stress on outer jacket Test No. 5..... 77
Fig. 8-13	Stress on inner jacket Test No. 6-1.,78

List of Figures

	Page
Fig. 8-14 Stress on outer jacket Test No. 6-1.....	79
Fig. 8-15 Stress on inner jacket Test No. 7-1.....	80
Fig. 8-16 Stress on outer jacket Test No. 7-1.....	81
Fig. 8-17 Stress on inner jakcet Test No. 7-2.....	82
Fig. 8-18 Water pressure & Flow rate, Test No. 1-1	83
Fig. 8-19 Pressure in inner & outer jacket Test No. 1-1...	84
Fig. 8-20 Output of strait gauge A & B on inner jacket Test No. 1-1	85
Fig. 8-21 Output of strain gauge C & D on inner jacket Test No. 1-1	86
Fig. 8-22 Output of strain gauge E on inner jacket & strain gauge A on outer jacket Test No. 1-1...	87
Fig. 8-23 Output of strain gauge B & C on outer jacket Test No. 1-1	88
Fig. 8-24 Output of strain gauge D & E on outer jacket Test No. 1-1	89
Fig. 8-25 Water pressure & flow rate, Test No. 1-2	90
Fig. 8-26 Pressure in inner jaket Test No. 1-2.....	91
Fig. 8-27 Output of strain gauge A on inner jacket Test No. 1-2	92
Fig. 8-28 Output of strain gauge E & C on inner jacket Test No. 1-2	93
Fig. 8-29 Output of strain gauge D & E on inner jacket Test No. 1-2	94
Fig. 8-30 Water pressure & flow rate, Test No. 2	95
Fig. 8-31 Pressure in inner & outer jacket Test No.2	96
Fig. 8-32 Output of strain gauge A & E on inner jacket Test No. 2	97
Fig. 8-33 Output of strain gauge C & D on inner jacket Test No. 2	98

List of Figures

	Page
Fig. 8-34 Output of strain gauge B or inner jacket & strain gauge A on outer jacket Test No. 2	99
Fig. 8-35 Output of strain gauge B & C on outer jacket Test No. 2	100
Fig. 8-36 Output of strain gauge D & E on outer jacket Test No. 2	101
Fig. 8-37 Water pressure & flow rate, Test No. 3	102
Fig. 8-38 Pressure in inner & outer jacket Test No. 3.....	103
Fig. 8-39 Output of strain gauge A & E on inner jacket Test No. 3.....	104
Fig. 8-40 Output of strain gauge B & D or inner jacket Test No. 3.....	105
Fig. 8-41 Output of strain gauge C on inner jacket & strain gauge A on outer jacket Test No. 3	106
Fig. 8-42 Output of strain gauge E & C on outer jacket Test No. 3.....	107
Fig. 8-43 Output of strain gauge D & E on outer jacket Test No. 3.....	108
Fig. 8-44 Water pressure & flow rate, Test No. 4-1	109
Fig. 8-45 Pressure in inner jacket Test No. 4-1.....	110
Fig. 8-46 Output of strain gauge A & B on inner jacket Test No. 4-1	111
Fig. 8-47 Output of strain gauge C & D on inner jacket Test No. 4-1	112
Fig. 8-48 Output of strain gauge E on inner jacket Test No. 4-1	113
Fig. 8-49 Water pressure & flow rate, Test No. 4-2	114
Fig. 8-50 Pressure in inner & outer jacket Test No. 4-2	115
Fig. 8-51 Output of strain gauge A & B on inner jacket Test No. 4-2	116
Fig. 8-52 Output of strain gauge C & D on inner jacket Test No. 4-2	117

List of Figures

	Page
Fig. 8-53 Output of strain gauge E on inner jacket & strain gauge A on outer jacket Test No.4-2	118
Fig. 8-54 Output of strain gauge B & C on outer jacket Test No. 4-2	119
Fig. 8-55 Output of strain gauge D & E on outer jacket Test No. 4-2	120
Fig. 8-56 Water pressure & flow rate, Test No. 5.....	121
Fig. 8-57 Pressure in inner & outer jacket Test No.5	122
Fig. 8-58 Output of strain gauge A & B on inner jacket Test No. 5	123
Fig. 8-59 Output of strain gauge C & D on inner jacket Test No. 5.....	124
Fig. 8-60 Output of strain gauge E on inner jacket & strain gauge A on outer jacket Test No.5	125
Fig. 8-61 Output of strain gauge B & C on outer jacket Test No. 5	126
Fig. 8-62 Output of strain gauge D & E on outer jacket Test No. 5	127
Fig. 8-63 Water pressure & flow rate, Test No. 6-1	128
Fig. 8-64 Pressure in inner & outer jacket Test No.6-1	129
Fig. 8-65 Output of strain gauge A & E on inner jacket Test No. 6-1	130
Fig. 8-66 Output of strain gauge B & D on inner jacket Test No. 6-1	131
Fig. 8-67 Output of strain Gauge C on inner jacket & strain gauge A on outer plate, Test No. 6-1	132
Fig. 8-68 Output of strain gauge B & C on outer jacket Test No. 6-1	133
Fig. 8-69 Output of strain gauge D & E on outer jacket Test No. 6-1	134
Fig. 8-70 Water pressure & flow rate, Test No. 6-2	135
Fig. 8-71 Water pressure & flow rate, Test No. 7-1	136

List of Figures

	Page
Fig. 8-72 Pressure in inner & outer jacket Test No. 7-1 ...	137
Fig. 8-73 Output of strain gauge A & B on inner jacket Test No. 7-1	138
Fig. 8-74 Output of strain gauge C & D on inner jacket Test No. 7-1	139
Fig. 8-75 Output of strain gauge & on inner jacket & strain gauge A on outer jacket Test No. 7-1 ...	140
Fig. 8-76 Output of strain gauge B & C outer jacket Test No. 7-1	141
Fig. 8-77 Output of strain gauge D & E on outer jacket Test No. 7-1	142
Fig. 8-78 Water pressure & flow rate, Test No. 7-2	143
Fig. 8-79 Pressure in inner shroud, Test No. 7-2	144
Fig. 8-80 Output of strain gauge A & B on inner jacket Test No. 7-2	145
Fig. 8-81 Output of strain gauge C & D on inner jacket Test No. 7-2	146
Fig. 8-82 Output of strain gauge E on inner jacket Test No. 7-2.....	147
Fig. 8-83 Stress on Inner jacket (Test No. 8-1)	151
Fig. 8-84 Leak from Outer jacket (Test No. 8-1)	152
Fig. 8-85 Leak from Inner jacket (Test No. 8-2)	152
Fig. 8-86 Penetrain before jacket (Test No. 8-2)	153
Fig. 8-87 Penetration after jackt (Test No. 8-2)	153
Fig. 8-88 Inner jacket View before Test (Test No. 8-2)	154
Fig. 8-89 Inner jacket View after Test (Test No. 8-2)	154

1. 緒 言

高速増殖炉もんじゅの二次主冷却系Na配管保温構造は、予熱ヒータ、Na漏洩検出系、スペーサバンド、内装板、保温材、外装板等により構成されているが、万一Na漏洩が生じた場合、これらの配管保温構造は崩壊する可能性がある。そして崩壊状況によっては引き続く漏洩Naの噴出流動様相が異なり、その後の事故状態の進展に大きな影響を及ぼす。したがってNa漏洩事故象を評価するために配管保温構造の崩壊状況と引き続くNa漏洩様相を試験的に確認する必要がある。

本研究は、Naに換えて水を使用し、高速増殖炉もんじゅの二次主冷却系配管と同寸大の試験体を用いて配管保温構造の崩壊様相の確認及び漏洩流体の挙動に対する知見を得る事を目的として実施したものである。

試験体は、二次主冷却系配管全体を模擬可能なように、直管、エルボ、ティーズの3種について、配管からの漏洩箇所と内装板フランジとの相対位置関係をパラメータとして、計7体を製作し、保温構造は実機設計と一致させるものとした。また、水噴出口は $1/4 \cdot D \cdot t$ ($\approx 1.5 \text{ cm}^2$) 相当の面積を有する円孔とした。

試験時の水噴出圧力は、二次主冷却系配管の通常運転圧力（最大値）に余裕をもって $6 \text{ kg}/\text{cm}^2 \text{ G}$ とした。

測定項目は以下の通りである。

- 1) 水噴出時の状況の記録（写真、16ミリフィルム、ビデオ）
- 2) 試験後各部の変形等の確認（写真）
- 3) 水噴出圧力、流量
- 4) 水噴出時の内装板内圧力変化
- 5) 水噴出時の内装板の歪及び応力
- 6) 水噴出時の外装板内圧力変化
- 7) 水噴出時の外装板の歪及び応力

以上の結果により、Na漏洩時における実機二次主冷却系配管保温構造の健全性の検討を行ない、あわせて“もんじゅ”接触防止板設置基準に関する考察を行なった。

2. 試験体概要

2.1 「もんじゅ」 2次主冷却系配管保溫構造設計条件

「もんじゅ」 2次主冷却系配管保溫構造は「もんじゅ」耐震設計基本方針書（MJ-201）および予熱保溫設備設計指針（MJ-312）に基づき、次の2項目を設計条件としている。

(1) 耐震性能

上記耐震設計基本方針書に基づき耐震クラスC^{*}とし、S₂地震時にも剥離又は落下などによりその機能を損なわないこと。

(2) 予熱保溫性能

上記予熱保溫設備設計指針で指定された時間内に、指定された温度に加熱し、また指定された温度範囲に保持すること。

「もんじゅ」 2次主冷却系配管保溫構造の概要図をFig 2-1に示す。次項以降に試験体の構造を述べるが、特記した以外の構造は、「もんじゅ」実機の設計通りである。

2.2 試験体選定条件

本試験においては、緒言において述べたように、もんじゅ 2次系主配管にNa漏洩が生じた場合の配管保溫構造の挙動、及びNa漏洩挙動に関する知見を得ることを目的とする。すなわち、具体的には

- Naが漏洩した時に、その噴出圧によって配管保溫構造は崩壊するか否かを確認する。
- 漏洩したNaは配管保溫構造との相関でどのような挙動をとるか確認する。

等を目的として実施したものである。

以上の目的から、試験体、及び試験条件は可能な限りもんじゅ 2次系主配管、及びそこで生ずるNa漏洩事故を模擬する必要がある。

次節以降に試験体構造の詳細を示すが、試験体の構造は、以下に示す事項を考慮、検討し、決定したものである。

- (1) 試験体の寸法は、製作性等の諸因子を考慮し、実寸大とした。また構造は可能な限り実機と同一のものとした。しかしながら、明らかにNa漏洩挙動に影響を生じないと考えられるものについては検討し、省略、簡素化も考えるものとした。

- (2) もんじゅ 2 次系主配管全体をカバーできるように、配管の主要な要素である。直管、エルボ、ティーの 3 種類を試験体として選定した。
- (3) 試験体長さに関しては、もんじゅ 2 次系主配管保温構造が事実上クランプによって分割されている事に着目し、ほぼ、もんじゅ 2 次系主配管のクランプークランプ間距離と同一とした。
- (4) もんじゅ 2 次系主配管の引き廻しにおいては、水平配管、垂直配管があるが、水平配管を用いた試験結果から、垂直配管の場合についても外挿できるものと考え、水平配管のケースのみ行なうものとした。
- (5) 配管からの水噴出口は $1/4D \cdot t$ ($= 1.5 \text{ cm}^2$) とし、配管保温構造の内装板形状を考慮し、最も特徴的で、大きな漏洩を生ずるものと考えられる 2箇所をそれぞれの配管要素について選択し、試験を実施するものとした。

2.3 直管部保温構造試験体（№1 及び №2 試験体）

直管部保温構造試験体の組立図を Fig.2-2 に示す。

(1) 概要

「もんじゅ」二次主冷却配管用 (22B) の直管部を模擬するために実寸法大の保温構造試験体を製作した全長は 3.0 m、試験部長さは 2.5 m である。両端フランジ部は実機の配管クランプを模擬したものである。保温材を取付けない事から外装板の形状保持の為に、実機には設けない外装板支持形鋼を外装板内側に設けた。

模擬ナトリウム漏洩口は試験体中央に設け、22B 配管内に設けた 3B 配管を経由して送水出来る構造とした。

実験計装として内外装板に各 5 個の歪計を貼付し、また内外装板内圧力検出用圧力計を設けた。

(2) №1 試験体と №2 試験体について

直管部試験体として 2 種類製作した。即ち №1 試験体と №2 試験体であり、その相異は №1 が上記漏洩口が上向きであるのに比べ、№2 は漏洩口が横向きとした事である。この結果、内装板長手方向フランジを横に設けたので №1 試験体では漏洩口が内装板の腹部に向き、№2 試験体ではフランジ接手部に向いている。

№1、№2 試験体の噴出方向を Fig.2-7 に示す。

(3) 試験体詳細説明

以下試験体の詳細について述べる。

① 試験体寸法

「もんじゅ」の直管部のクランプの間隔は大小ばらつきはあるが平均約3m程度である。しかしながら、クランプにはある程度の厚さがあるため、試験部長はクランプ間隔よりも若干短い2.5mとした。尚、試験体の両端フランジ部は実機の配管クランプを模擬したものである。

② 内装板

内装板は内装板内の予熱ヒータ、ナトリウムリーク検出器、検出管等の保守、補修を考慮し、分解組立可能な構造である。形状は半割れ、長手方向継手はフランジによるボルト継手であり、周方向は周継手帯板にて接続される。また実機のクランプを模擬した両端フランジ部との取り合いはフランジ構造である。

周継手帯板の接続部は長手方向の配管と、内装板との熱膨張差を考慮し、適当な間隔を設ける構造としている。

内装板からの予熱ヒータ及びナトリウムリーク検出管の引出し部はヒータ等の取付施工を考慮し、開口部が設けられ、その開口部は最終的には内装板当板により塞がれる。この内装板当板は内装板と周継手板にはさみ込まれる構造とし、予熱ヒータの熱膨張を吸収出来る。

本構造の詳細をFig.2-6に示す。

内装板の材質は実機と同じく配管と同一材質のステンレス鋼である。

③ スペーサーバンド

スペーサーバンドは予熱ヒータの支持、ナトリウムリーク検出用検出管の固定および内装板支持の為に設け、構造は半割れのボルト締構造とし、直接配管に取りつけられる。取付間隔は上記支持あるいは固定部品の耐震を考慮して400mmに決定している。

材質は「もんじゅ」では配管と同一材質のステンレス鋼で計画しているが本試験体用としては試験目的から判断して鋼板溶接製とした。

④ 予熱ヒータ、ナトリウムリーク検出器用検出管

予熱ヒータ、ナトリウムリーク検出器用検出管は配管全長に沿って上記スペーサーバンドで固定または支持されるが、本試験体は、本試験結果に有意な差違が出ない

との判断により、内外装板貫通部のみを模擬し、予熱ヒータ、ナトリウムリーク検出器用検出管は 10ϕ 鉄棒で模擬した。

⑤ 外装板

外装板はその保温材を保護、製作性および組立時の施工性を考慮し板厚を決定している。試験体には「もんじゅ」と同じ 0.4 mm を使用した。

組立はハゼ止め構造である。予熱ヒータ、ナトリウムリーク検出器用検出管の外装板貫通部は外装板当板により補強している。

⑥ 水噴出配管および噴出部口径

模擬ナトリウム漏洩口は試験体中央に設け、 22 B 配管内に設けた 3 B 配管を通して送水するものである。

漏洩口出口にオリフィスを設けそのオリフィス穴面積は「もんじゅ」で想定している 15 cm^2 とした。

⑦ 試験計装

歪計

内外装板にそれぞれ防水型歪計を貼付した。

貼付位置は漏洩口真上およびその附近とした。貼付位置の詳細をFig.2-7(c)示す。

圧力計

内装板内圧力及び外装板内圧力測定の為、試験体片端のフランジ附近に圧力計用の座を設けた。

⑧ 配管クランプ部との接続部模擬について

「もんじゅ」の内装板と配管クランプ部の接続部はクランプ部予熱用ヒータ及びナトリウム検出器検出管を通す為、内装板に貫通用の開口部を設けているが、その面積は非常に小さく、また内装板外側（配管クランプ側）には保温施工する為本試験結果に有意な差を生じないと判断でクランプ部を模擬した両端のフランジ部には開口部を設けなかった。

2.4 エルボ部保溫構造試験体（No.3 及び No.4 試験体）

エルボ部保溫構造試験体の組立図をFig.2-3に示す。

(1) 概要

試験体は、「もんじゅ」二次主冷却系配管エルボ部（22B）を模擬する実寸法大であり、「もんじゅ」二次主冷却系配管用曲管として使用箇所の多いロングエルボ（ $R = 1.5 D$ ）の両端に直管を接続した構造である。

外装板の形状保持が容易なため外装板支持形鋼を設けなかった。

模擬ナトリウム漏洩口はエルボ部に2個所上向に設け、22B配管内にそれぞれ個別に設けた3B配管径由で送水する構造である。

(2) No.3 試験体とNo.4 試験体について

エルボ部試験体も2種類製作した。即ちNo.3試験体とNo.4試験体である。その相異点は、No.3試験体の模擬漏洩口をエルボ部の中央で内装板フランジ周縫手の間に向けたのに対し、No.4試験体ではフランジ周縫手部そのものに向けた事である。No.3、No.4試験体の噴出方向をFig.2-8に示す。

(3) 試験体詳細説明

以下試験体の詳細について述べる。なお直管部と同一の箇所は省略する。

① 試験体寸法

二次主冷却配管用曲管部を代表するロングエルボ（ $R = 1.5 D$ ）の両端に1.0mと0.25mの直管部を接続した構造である。

② 内装板

直管に比較しエルボ用内装板の特徴はエルボ部内装板用縫手が全てフランジ構造である点である。

予熱ヒータ及びナトリウムリーク検出器用検出管の引出し部は直管部に設けている。

内装板長手方向フランジは直管と同様に水平管の場合横方向としているが、試験体の0.25mの直管部はフランジ部を上下方向とした。これは、「もんじゅ」2次主冷系配管では、水平面内でのエルボ使用と垂直面内でのものとがあり、それに応じて内装板の取付方法が異なるためである。

③ 試験計装

歪計貼付位置の詳細を Fig.2-8 に示す。

2.5 ティーズ保溫構造試験体（№5 及び №6 試験体）

ティーズ保溫構造試験体の組立図を Fig.2-4 に示す。

(1) 概要

「もんじゅ」二次主冷却配管ティーズ部（22B-12B）を模擬する実寸法大の保溫構造試験体である。

エルボと同様外装板支持形鋼は設けなかった。

模擬ナトリウム漏洩口はティーズ部に上向、斜め上向の2箇所とし22B配管内にそれぞれ個別に設けた3B配管径由で送水する構造とした。

(2) №5 試験体と №6 試験体について

ティーズ試験体も2種類製作した。即ち №5 及び №6 試験体である。その相異点は、 №5 試験体の模擬漏洩口をティーズの22B管の管中心線上で、かつティーズ部3つ割内装板の接合部に向けたのに対し、 №6 では22B管と12B管の交点で12B管の管中心線上に設けた事である。

№5, №6 試験体の噴出方向を Fig.2-9 に示す。

(3) 試験体詳細説明

以下試験体の詳細について述べる。

① 試験体寸法

試験体はティーズ部に直管を接続した構造であり、22B管長手方向試験部長さは1.5m, 12B管方向は22B管中心線より0.75mである。

試験部の3方向の端は他の試験体と同様に実機でのクランプを模擬したフランジとした。

② 内装板

他の試験体に比較し、ティーズ試験体用内装板の特徴はティーズ部内装板を組立、解体の為に3つ割とする必要がある事である。その結果、水平管の場合には内装板の長手フランジ部位置が上下方向となり、周縫手帶板のフランジ位置も内装板にあ

わせて上下方向となる。但し、12B管用帶1個のみフランジ部を横方向としている。

③ 試験計装

歪計

歪正貼付位置の詳細をFig.2-10に示す。

2.6 保溫材取付試験体（№7試験体）

保溫材取付試験体の組立図をFig.2-5に示す。

(1) 概要

前述の如く№1～№6の試験体は全て内装板からの漏洩状況観察の為に保溫材は取付けなかった。

本試験体は№4試験体に保溫材を取付けたものである。即ちエルボ部保溫構造試験体で模擬漏洩口がエルボ部内装板のフランジ周縫手部に向いたものである。

本試験体の選定に先立って直管、エルボ、ティーズに関して、実機での下記事項を比較・検討した。

- ① プラントでの使用長さの長いもの
- ② 配管応力レベルが高いと思えるもの
- ③ 施工の精度が得にくいもの
- ④ 内装板からの漏洩個所となりやすい内装板接続個所の多いもの
- ⑤ 運転時の管内圧の高いもの
- ⑥ 外装板構造が複雑で壊れやすいもの
- ⑦ 選んだ試験体に使用している内・外装板の形状、取付方法が他の試験体に使用しているものを包含しているもの。

その結果、総合的に最も実機プラントを代表しているものとしてエルボ部の試験体を選定した。さらにエルボ部試験体（№3と№4）内の内装板からの漏洩が起こりやすいと思える№4試験体を選定した。

(2) 保溫材施工

保溫材は3層より成り、最内層は原子力級ロックウール、中間層と最外層はロックウール保溫材である。保溫材の仕様をTable 2-1に示す。いずれも成型品であり、厚さは3層合計で175mmである。成型品は周方向2つ割れで長手方向は直管用で約

600mmである。但しエルボ部は内装板がエビ型継手の為その形状に合せて加工されており、成型保温材の隙間はロックウール綿が充填されている。

保温材と保温材の継目は周方向および長手方向共、同一方向とならない様にお互にずらせて取り付けた。

各層の保温材は層毎に針金で固定した。

予熱ヒータ、ナトリウムリード検出器検出管取出部は予熱ヒータの熱膨張を吸収する為の内装板当板の移動を容易に行える様に、その部分のみロックウール綿が充填されている。

3. 試験方法

3.1 試験装置

試験装置のフローシートを Fig.3-1 に示す。試験条件の噴出圧を発生させるためのポンプがサージタンクの出口ノズルに接続されている。ポンプ出口側はバイパス配管とバイパス流量を制御するためのバイパス弁によってサージタンクに接続されている。

サージタンクには、水を供給するための水注入ノズルと液面を計測する圧力式液面計が設置されている。

試験条件の水噴出圧力曲線を制御するために、ポンプと試験体の間に手動による流調弁と空気作動弁を 2 系統設けた。またポンプと空気作動弁間のガスを抜くためのガス抜き弁を設けた。

試験時の噴出水量を測定するためのフローメータと噴出圧力を測定するための圧力センサーを設置した。

試験装置の概略仕様を Table 3-1, Table 3-2 に示す。また計測システムの概略を Fig.3-2 に示す。

3.2 試験方法

① 予備試験

試験体による噴出試験を行なう前の予備試験として模擬ノズルを製作し、試験装置に取付けて水噴出試験を行なった。ノズルは穴の断面積、配管径、配管長さを試験体と同形状とした。予備試験によって所定の水噴出圧力曲線を達成可能なバイパス弁、流調弁開度を設定した。

② 噴出試験

試験手順を Fig.3-3 に示す。試験体を試験装置に設置後、圧力計 3 台と歪ゲージ 10 台を配線し、各々のプリッジの平衡を調整する。水噴出試験開始 10 分前にポンプを始動させ、仕切り用弁を開にする。次にガス抜き弁を開とし、空気作動弁とポンプ間のガス抜き操作を行なう。水噴出 2 分前に圧力計、歪ゲージ、流量計のデータを集録するデータレコーダ及び水噴出状況を記録するビデオレコーダをスタートさせる。水噴出 30 秒前に 16 ミリカラーカメラをスタートさせ、水噴出開始から終了までの 8 分間と水噴出終了後を記録する。

試験時の水噴出圧力、内装板内圧力、外装板内圧力と内装板の歪ゲージ5台、外装板の歪ゲージ5台、流量計などの出力をデータレコーダにより記録する。水噴出中は35ミリスチールカメラによって状況を撮影し、また試験終了後の試験体状況も記録する。

データレコーダによって記録したデータをXTペンレコーダに出力させ、データを整理する。

4. 試験結果

Table 4-1 に各試験での試験条件をまとめた。噴出圧力は全てのケースについて、試験条件である 6 kg/cm^2 以上に設定されている。また、噴出時間は試験 No. 6-2 を除き、ほぼ 8 分程度とした。

Table 4-2 に各々の試験ケースについて、試験体、水噴出方向、付録図との対応を示す。本試験のために製作した試験体は、前述したように、直管、エルボ、ティーの 3 種類、合計 7 体であるが、内装板からの水噴出様相を確認するため、適宜内装板のみの試験を追加し、合計 11 回の試験を実施した。

4.1 漏洩、崩壊挙動

各試験について、内装板及び外装板からの水漏洩状況の典型的な例を Fig.4-1 ~ Fig.4-11 にまとめた。以下にそれぞれの試験の水漏洩状況を説明する。

(1) 試験 No. 1-1 (Fig. 4-1)

水噴出口は配管上部であるが、Fig.4-1 に示すように試験時の噴出水流は、周方向の継目部より発生し、水の飛散距離は試験体から 500 mm 以内となっている。試験後の外装板継目部の下部は大きな変形がなかった。また内装板の変形はヒータ取出部の当板と帶板の移動だけであった。

(2) 試験 No. 1-2 (Fig. 4-2)

試験 No. 1-1 と同一条件で、外装板のみ外して試験した。

水噴出口は配管上部であるが、内装板の変形はなく、内装板からの噴出は、内装板の下部にあるヒータ取出口当板の隙間から生じ、一部は配管側部の内装板フランジ部より生じていた。漏洩水噴出により、ヒータ取出口当板がずれて、隙間が発生していた。結局、内装板中で最も構造的に弱いヒータ取出部が、内装板からの噴出口の役割を果していると推定できる。

(3) 試験 No. 2 (Fig. 4-3)

水噴出口は横向きで内装板フランジ部を直撃した条件であるが、試験 No. 1 と同様な結果となった。試験後、外装板に小さくぼみが発生した。これは試験中には、外装板内に満たされていた水のために円筒形が保たれていたが、水の噴出が止まつたために外装板上部にガス空間が発生し、水の重量で外装板が下方にたわんだために発生し

たものと考える。内装板の変形はみられなかった。

(4) 試験№3 (Fig.4-4)

外装板付きのエルボ部試験では、水流は外装板の継目下方からのみ発生し、飛散距離も小さいことがわかった。試験後、外装板を取りはずして、内装板を観察したが、直管試験のようなヒータ取出部当板の移動は見られなかった。これは水の流出経路となるフランジ部が、直管に比較して多いため、水の流出が容易であったことが原因であると考える。

(5) 試験№4-1 (Fig.4-5)

内装板のみのエルボ部試験で、水噴出口は周方向フランジ部を直撃しているため、水噴出試験時のフランジ部から噴霧された水柱は直下に噴出口がある部分で高くなり、2~3mまで上昇していた。高く上昇したものは小さな水滴であった。試験後の内装板は、前試験№3と同様、変形は観察されなかった。

(6) 試験№4-2 (Fig.4-6)

試験№4-1と同一条件で外装板を取付けた試験である。

内装板継目から噴出した水は外装板によってさえぎられ、外装板下部継目部よりの流れとなった。このことから、外装板によって、噴出水はスプレイ状とならないことがわかる。また、試験後の外装板、内装板はともに変形が見られない事がわかった。

(7) 試験№5 (Fig.4-7)

外装板付きのティーズの試験である。試験時の噴出水流は外装板継目部より下方にのみ発生し、外装板には変形が見られないことがわかった。試験後の内装板にも変形は見られなかった。このことは、エルボ管と同様フランジ部が多いためと思われる。

(8) 試験№6-1 (Fig.4-8)

外装板付きのティーズの試験であり、水噴出流は試験№5と同様の結果であったが、外装板の継目部の一部が水の重量ではずれ、多くの水はその部分より流出した。これは外装板継目部のボルト1個がネジ止めされていなかったためである。

(8) 試験№6-2 (Fig.4-9)

試験№6の試験体外装板の一部を残し、取り外し、内装板からの噴出状況を観察した。内装板周方向フランジ部より噴出した水は高さ6mまで上昇し、水滴径は微小であった。試験後の試験体に変形は見られなかった。

(10) 試験No.7-1 (Fig.4-10)

試験No.4-2と同じ外装板付きエルボ試験体を用い、保温材を取り付けて試験を行なった。試験No.4-2と同様に内装板継目部から噴出した水は外装板によってさえぎられ、外装板下部継目部より流出していることがわかった。外装板継目の一部が水を含んだ保温材の重さで広がり、内側の保温材の露出が見られた。試験後の保温材と内装板はともに水噴出による変形は見られなかった。

(11) 試験No.7-2 (Fig.4-11)

試験No.4-1と同じ条件で試験を行なった。内装板フランジ継目部から試験No.4-1と同様に噴霧された水柱は直下に噴出口がある部分で高くなっていることがわかった。水柱は約2mの高さまで上昇していて、水滴は小さいことがわかった。試験後の内装板は変形していないとわかった。

4.2 内、外装板の応力・歪挙動

歪計A, B, C, DおよびEの歪値を下記の算式にて応力に換算し、それぞれ σ_a , σ_b , σ_c , σ_d および σ_e とし付録Fig.8-1からFig.8-17に内外装板の応力値として示す。

縦軸に応力値 (kg/mm^2)、横軸に試験開始からの時間(分)を示す。

各試験毎に内、外装板別にまとめた。

歪値からの応力換算は次の式によった。

$$\sigma = E \times 10^{-6} \times \epsilon$$

σ : 応力値 (kg/mm^2)

ϵ : 歪 値 (μSt)

E : 弹性係数 (kg/mm^2)

上記付録Fig.8-1～Fig.8-17及びTable4-2に示した試験結果の付録図より、試験時の内、外装板の変形挙動をまとめると、内装板の場合以下のようになる。

- 水噴出口の直上部では、直管の場合、引張歪が生じた。それも試験No.1の場合とNo.2の場合では異なり、No.1の場合、ほぼ一様な引張歪値を示すのに対し、No.2では水噴出後3～4分で歪値が増加した。
- ティー部試験体においては水噴口直上部でも顕著な引張歪は生じなかった。

- 水噴出口上部より離れた位置の歪は最初圧縮側であり、3～5分後に引張側に転じていた。
- 保溫材を取りつけた試験では、一様に圧縮歪が検出され、その値は時間の増加とともになって増加した。

一方、外装板については、初期に圧縮歪、もしくは小さい引張歪が検出され、3～5分後に引張歪値が大きくなる傾向が全体的に見えるが、水噴出口との位置的関係は不明確であった。

5. 考察

5.1 内装板の変形挙動

試験時に内、外装板に貼付した歪計により検出した歪値、及びその歪値から換算した応力値により、水噴出時の内装板変形挙動について明らかな事項を“4.2 内、外装板の応力・歪挙動”にまとめた。本節ではそれらの事項の内、内装板の挙動について考察する。

今回試験に用いた水噴出圧力は 6 kg/cm^2 であるが、この圧力は内装板の水噴出口直上部にのみ作用するものであり、一般には配管と内装板との隙間で減衰する。その結果、内装板内圧はほとんど 0 となっており、この内圧のみで内装板全体にわたる変形が生ずるとは考えにくい。それゆえ、本節においては、検出された歪値は内装板の局部的な変形によるものとして、推論を行なった。また、今回の試験時に検出された歪値は内装板外表面の値となっている事も考慮して検討を進めた。

内装板の変形挙動は基本的に以下のようになっているものと推察される。

水噴出により、噴出口直上部は持ち上げられ、凸状に変形する。その結果、噴出口直上部の内装板はより曲げられる形となり、内装板表面では引張歪を生ずる。一方、噴出口直上部を離れた位置では、円筒状であった内装板が押し広げられる形となり、内装板表面では圧縮側の歪を生ずる。しかしながら、内装板には、フランジボルトの穴の遊びをはじめ、タイトになっていない部分があり、その部分で若干の変形、移動等が生じ、上記の圧縮歪は緩和されるものと考えられる。この状況を Fig.5-1 に示す。

また、この内装板の移動から、直管の試験の №1 と №2 との差異も推測できる。すなわち、試験 №2 においては水噴出口が内装板長手フランジ下部にあり、噴出水により、内装板が凸状態になるだけでなく、フランジからの漏洩も考えられる。しかしながら、長手フランジ下部には当板があり、フランジから水が漏出するためには、Fig. 5-2 に示したような変形が生ずるものと思われる。この時、内装板長手フランジ近傍には、内装板が凸形になる事に由来する歪のみでなく、長手フランジの折曲げた形状に由来する引張歪も生ずるものと推測できる。

一方、ティーズ部試験においては、№2 試験のような挙動は検出されなかつた。この理由として、以下の事項が考えられる。

ティーズ部試験の水噴出口直上部は試験 №2 と同じくフランジとなっているが、フラン

ジ下部には当て板はなく、またその形状から比較的隙間の多い構造となっており、内装板フランジを変形しなくとも、多量の漏洩が可能と思われる。また、水噴出口附近の内装板は比較的剛性も高い。これらの事項から、ティーズ部では内装板の凸状の変形等は生ぜず、No.2のような挙動は生じないものと推測できる。

保温材の有無による内装板歪挙動の変化は、水噴出口上部以外の歪値が、水噴出後3～5分で引張側に変化せず、しかもその圧縮歪が増加することである。この結果は、保温材が全て内装板に取り付けてあり、水を保温材が吸収することにより、重量が増加することにより説明できる。すなわちFig.5-3に示したように、内装板は保温材の重量増加にともない、上下方向につぶれる様相を示し、内装板の歪計貼付位置には圧縮歪が生ずるものと考えられる。

内装板は以上に述べたような変形挙動をとるものと考えられるが、試験後に永久歪等は生じないため、強度面からは充分であろうと推察される。

5.2 配管保温構造と接触防止板設置基準について

本試験結果から、高速増殖炉もんじゅの2次系主配管でNa漏洩が生じた場合を想定し、配管保温構造と接触防止板設置基準について考察した。その結果を以下に示す。

(1) 試験結果の概要

① 外装板からの水漏洩挙動

- (i) 直管、エルボ、ティーズの全試験体を通じ、外装板を装着すると上向きのスプレーは生じなかった。
- (ii) 漏洩は外装板周縫手部からが主要であり、長手方向ハゼ折り部からはほとんど生じなかった。
- (iii) 直管の場合、外装板周縫手からの漏洩は下向きで、かつ、配管長手方向であった。また漏洩水の飛距離はFig.5-4に示すように約200mmの高さ変化によつて、500mm程度であった。
- (iv) エルボの場合においても外装板周縫手からの漏洩は下向きでかつ、配管長手方向であった。しかしながら、漏洩水の飛距離は直管に比較して短くなっていた。この結果は外装板のトータルクリアランスが直管に比較し、エルボの方が多いことによると考えられる。

(V) ティーズの場合、主管一枝管の交叉部における枝管方向の周縫手下部からの漏洩の方が、主管の外装板周縫手からの漏洩よりも支配的であった。

② 内装板からの水漏洩挙動

(i) 直管の場合、内装板からの水漏洩は、配管の下部に設けたヒータ、サンプリング管貫通部からが支配的であり、一部配管長手方向フランジからの横向き漏洩も認められた。この時ヒータ、サンプリング管貫通部の重ね板構造が、内装板内圧力により変形しているのが認められた。

(ii) エルボ、ティーズの場合については、内装板に設けられた周方向フランジよりの漏洩が生じた。その結果上向き、横向きのスプレーが生じ、飛距離は2~3mに達した。内装板下部に設けたヒータ、サンプリング管貫通部は、直管に比較して、エルボ、ティーズの内装板では隙間が多く、内装板内圧力が上昇しない事から、変形を生じなかった。

③ 水漏洩挙動の考察

(i) 外装板を装着した時の水漏洩挙動のモデルをFig.5-5に示す。

内装板から外装板内へ漏洩した水は外装板と内装板との間である高さの液面を持って保持され、外装板の隙間から外部へ漏洩するものと考えられる。この時外部へ漏洩するNaの飛距離は外装板と内装板との間に生じた水の液面高さに依存するものと考えられ、当然、外装板下端より、最も多量の漏洩が予測できる。また配管の横方向、及び上部方向へ漏洩は、外装板隙間の上部位置から生ずると考えられるが、この部分では、内装板と外装板の間に液面を持って貯えられた水の液面近傍に対応するため、飛距離、漏洩量共に少なくなる。このような内装板と外装板との間の液面の高さは、配管側より漏洩してくる水の流量が一定であるとすれば、外装板の隙間に依存し、隙間の多い程低くなる。直管とエルボの試験結果を比較した場合、エルボの方が水漏洩距離は短くなっているが、これは、エルボの外装板が直管に比較して、隙間の多い事によるものと考察される。

(ii) ティーズ試験体の場合、主管一枝管の交叉部より多量の漏洩が認められたが、これは、外装板の交叉部の接続方法が単に折り返しを設けて、差し込んだだけの構造によるためと考えられる。

(iii) 内装板からの水漏洩挙動は、内装板に設けられた隙間の量に大きく依存している。エルボ、ティー等の周方向フランジの多いものは、周方向フランジより漏洩し、直管のように比較的密閉構造に近いものは、配管下部に設けられたヒータ、サンプリング管貫通部より漏洩する。すなわち、内装板からの漏洩しやすさは、周方向フランジ>ヒータ、サンプリング管貫通部>長手方向フランジとなっている。

(2) もんじゅ 2 次主配管配置パターン

本試験結果から、接触防止板設置基準を検討するにあたり、実際にもんじゅ 2 次系配管が、天井、壁、床とどのような位置関係にあるか整理、分類してみた。表 5-1 にその結果を示す。

分類は配管を水平配管、垂直配管、壁貫通部に大別し、それについて、今回試験した直管、エルボ、ティーズがどのように配置されているか、リストアップすることによって行なった。

(3) 接触防止板の設置について

“(2) もんじゅ 2 次主配管配置パターン”において分類した項目別に本試験結果から、接触防止板を除くことができるかどうか検討した。検討結果を以下に示す。

① 水平配管天井近傍

(i) 天 井

本試験結果から、直管、エルボ共外装板を装着すると上向きスプレーは生じないため、天井の接触防止板は不要である。

(ii) 壁

本試験結果によると水の外装板からの漏洩状況は配管下向、長手方向であるので、まず、配管に平行な壁の接触防止板は直撃対応としては不要である。配管に垂直な壁の接触防止板については本試験結果における外装板からの水漏洩状況を考慮して、Fig.5-6 に示すように外装板を重ね合わせる事により、直撃対応としての接触防止板は不要となる。

② 水平配管床近傍

(i) 天井

“①水平配管天井近傍”と同様な理由により接触防止板は不要である。

(ii) 壁

“①水平配管天井近傍”と同様な理由により、直管、エルボに関しては直撃対応の接触防止板は不要にできる。またティーズはこの位置にのみ水平配管はあるが、Fig.5-7に示した外装板形状にする事により直撃対応の接触防止板を不要にできる。

しかしながら、この位置では漏洩したNaが、間接的に機器、他の配管等に散乱され、壁に当たる事が考えられる。このような漏洩形態については、今後検討を要すると思われるが、直撃に比較して、壁に当るNa量は充分少ないものと推察される。

③ 垂直配管壁近傍

今回の試験においては垂直配管の試験は行なっていない。しかしながら、水平配管による試験結果から垂直配管についても同様に外装板周方向継手部より漏洩は生ずるものと考えられる。しかも水平配管に比べ、外装板周継手全体にわたる漏洩が期待でき、漏洩口が大きくなる事から、漏洩の速度は水平配管より低くなると考えられる。

(i) 天井

上記事情から、水平配管のFig.5-6に示した形状を拡張し、Fig.5-8のようにする事により、接触防止板は不要となるものと考えられる。

(ii) 壁

上に述べた事からNaは配管にそって下部へ落ちるものと考えられるので、直撃対応の接触防止板は不要となる。しかしながら、他の機器による散乱Naについての検討を要する。

④ 垂直配管、部屋中央

“③垂直配管壁近傍”と同様な理由により、接触防止板は不要と考えられる。

⑤ 壁貫通部

床貫通部、垂直壁貫通部共、貫通スリープがあるため、接触防止板は不要となる。

以上に示した結果をまとめると、高速増殖炉もんじゅの2次主冷却系配管に大規模のNa漏洩（ $1/4 D_t$ 相当）が生じたとしても、配管保温構造を基本的に設計変更する事なく、それぞれの配管要素について外装板の重ね合わせ方法を検討する事によって、天井、壁に対する漏洩Naの直撃防止が可能であると言える。すなわち、天井壁の接触防止板は廃止可能である。

(4) 外装板がない場合の接触防止板設置について

以上に述べた、配管保温構造の工夫により接触防止板を廃止する論理は、かなり外装板の存在に依存したものである。そこで、よりNa漏洩に対しての安全性を期すためにも、外装板がなく、内装板のみによって、どの程度接触防止板の廃止が可能であるか検討してみた。

① 水平配管

(i) 天 井

直管に関しては、内装のみでの漏洩方向が下もしくは横方向であるため天井接触防止板は必要ない。一方、エルボ、ティーについては内装板周方向フランジからの上向きスプレーがあるため、接触防止板の必要性がある。しかしながら周方向フランジからの上向きスプレーの高さは $2 \sim 3 m$ であるため、配管が部屋の下部にあり、天井との距離がかなりある場合には接触防止板を廃止できる可能性もある。

(ii) 壁

直管に対しては、試験結果より、配管と同じ高さまで接触防止板を設ければ良い事は明らかである。エルボ、ティーについては漏洩は周方向に生ずるため、その近傍に接触防止板の設置が必要である。

② 垂直配管

(i) 天 井

垂直配管で最も天井に近い位置には床、天井を貫通する場合以外は、エルボがある。そのエルボにおいては“①水平配管”の所に記したように、周方向フランジからのスプレー状の漏洩があるため、接触防止板の必要性がある。

(ii) 壁

エルボ、ティーについては漏洩が周方向である事から接触防止板が必要である。

しかしながら直管の場合には、漏洩は内装板フランジのある方向とヒータ、サンプリング管取出口のある方向のみであるため該当方向のみ接触防止板を取付ければ良いものと考えられる。

③ 壁貫通部

壁貫通部については、スリープがあるため、接触防止板は必要ない。

以上の結果をまとめると、内装板のみに期待した場合、接触防止板は以下のように取付ければ良い事となる。

- 配管の引きまわされている高さまで壁に接触防止板を取付ける。
- エルボ、ティーがある場合、その上部には天井まで接触防止板を取りつける。

5.3 試験結果の適用範囲

前節に示したように、本試験結果から、高速増殖炉もんじゅ2次系主配管におけるNa漏洩挙動を推察し、接触防止板設置基準を考察するのに関連し、本試験ともんじゅ2次系主配管漏洩との相異、すなわち、本試験結果の適用範囲を明確にする必要がある。

以下に試験体、試験条件のそれぞれについて、もんじゅ2次系配管のNa漏洩事象と本試験との一致点、相異点を考察する。

① 試験体

本試験に用いた試験体は、もんじゅ2次系主配管保温構造と基本的には同一である。

しかしながら、試験体とする性質から以下の相異点があるが、いずれも試験結果の信頼性を損う程のものではないと考える。

- (i) 試験体のクランプを模擬した構造。もんじゅ2次系配管の保温構造では、クランプ下部にヒータの貫通する小窓が設けられる可能性がある。
- (ii) ヒータ、サンプリング管を内、外装板貫通部のみ模擬している事。
- (iii) 配管、スペーサバンド等の材質がオーステナイト系ステンレス鋼でなく、炭素鋼を用いている事。
- (iv) 直管部試験体において外装板支持用の形鋼を用いている事。

② 試験条件

本試験条件ともんじゅ 2 次系主配管のNa漏洩（大漏洩）事象とは以下のような相異点がある。

- (i) 本試験では水を使用し、常温で行なっているのに対し、もんじゅではNaが高温で漏洩する。
- (ii) 本試験では噴出圧力をもんじゅ 2 次系主配管の最大運転圧力である 6 kg/cm^2 としているが、もんじゅ 2 次系主配管では一般に 6 kg/cm^2 未満であり、ポンプトリップによるコストダウンがある。
- (iii) 水噴出時間を本試験では 8 分としているが、もんじゅ 2 次系配管ではより長時間の漏洩が想定できる。

以上の相違点は模擬しきれなかつた事項であり、かつ比較的本質的なものであるから、本試験結果の解釈上、充分考慮すべきである。次にもんじゅ 2 次系配管でNa漏洩が生じた場合の運用条件を含めて上記(ii), (iii)について検討する。

(1) もんじゅ 2次冷却系Na漏洩時運用法^{*)}

2次冷却系で配管破損が生じた場合には、Na漏洩検出器、オーバーフロータンク液位低、蒸発器液位低及び低々等の検出により漏洩を検出する。その検出フローをFig. 5-9に示す。

配管破損が大きい場合には、蒸発器液位低及びサンプリング式Na漏洩検出器の警報がほぼ同時に発せられる。

蒸発器液位低信号に引き続き低々信号が発せられ、循環ポンプの主モータはトリップされる事により、循環ポンプの回転数低の安全保護系のインタロックにより、原子炉はトリップされる。これにより、補助冷却設備起動信号が発せられ、蒸気発生器入口止弁は閉、空気冷却器出口止弁は開となり、空気冷却器は起動し、循環ポンプはボニーモータ運転に引き継がれる。

ここで運転員は蒸発器液位低及びサンプリング式ナトリウム漏洩検出器の2種類の警報が発せられている事からナトリウム漏洩であるとの判断が可能であり、以下の操作を手動にて行なう。

- 事故ループの循環ポンプボニーモータを停止する。（これにより1次主冷却系循環ポンプボニーモータも停止、空気冷却器は停止）
- 追加漏洩を防止するため純化ポンプを停止する。
- サイフォン効果による漏洩量を低減させるため、補助冷却設備及び主冷却系のナトリウム弁を閉止し、漏洩量の低減処置を行なう。
- ドレン時のオーバーフロータンク、ダンプタンク中のカバーガスの移行をスムーズにさせるためにオーバーフローラインの弁を開とする。^{**)}
- 該当箇所のドレン弁（塩隔操作弁）と開とし、オーバーフロータンク、またはダンプタンクへNaをドレンする。

*) EP-EA157 “2次系ナトリウム漏洩時のプラント運用”による。

**) 必ずしも必要でない。2次系Naドレンのためには、本操作にクレジットをとっていない。

以上に示した運用法に伴ない、Na漏洩挙動は変化するが、その模式図をFig.5-10に示す。Fig.5-10に示した圧力値は2次冷却系配管中最も圧力を高く設定したものである。

漏洩初期においてはNa噴出圧力は 6 kg/cm^2 程度であるが、数10秒から100秒程度で蒸発器液位低々信号が発せられ、循環ポンプがボニーモータ運転に引き継がれる。

その後のNa噴出圧力はボニーモータ運転による循環ポンプ噴出圧と配管の高低差によるヘッドを加え合わせても高々 2 kg/cm^2 程度となり、Na漏洩速度も急激に低下する。

尚、Fig.5-10には本試験結果の適用範囲を明確にする目的から、運転員の操作によるものは考慮しなかった。

(2) 本試験条件の保守性について

図5-9に示したもんじゅにおけるNa漏洩挙動と本試験条件との比較を以下に示す。

① 噴出圧力

図5-9によると、圧力の高い状態が継続されるのは数10秒から100秒程度であり、本試験条件の方が噴出圧力による保温構造の崩壊という面では厳しい条件であると言える。

加えて、もんじゅ2次系配管内の圧力は、位置によって変化する。その様相を図5-11に示すが、この図によっても本試験条件の保守性が明らかである。

② 噴出時間（流量）

付録として示した内、外装板の歪値等からも明らかのように、水噴出を始めるとすみやかに定常状態に達し、試験時間中に漏洩挙動の大きな変化は生じない。この挙動からも明らかのように、本試験の水を用いた模擬試験という性質からは8分間の試験時間は充分であると考える。

尚、8分間の試験中に漏洩した水の重量は $1.6 \sim 1.7 \text{ ton}$ 程度であるが、これはたとえばもんじゅ2次系配管のポンプ出口配管に $1/4D \cdot t$ の漏洩口による漏洩が生じた場合の13分程度の漏洩量に相当する。（ポンプ出口部は最も内圧が高く、多量の漏洩が考えられる）

5.4 今後確認すべき事項

本試験は、もんじゅ2次系配管のNa漏洩について、

- 配管及び保温構造の寸法、形状
- Na漏洩時の噴出圧力

等を模擬した試験であり、その結果、配管保温構造によって天井、壁の接触防止板を廃止でき得るという見通しを得たが、以下の事項が未確認である。

① 高温の効果

今回の試験は水を用いて常温で行なっているが、もんじゅ2次系配管で漏洩を生じた場合は高温のNaが噴出する事となる。加えて、2次冷却系配管は空気雰囲気中に置かれる事から、Na火災が生じ、より高温にさらされる事となる。この時に高温の効果によってNa漏洩時に配管保温構造が健全性を保てるかどうか確認する必要がある。

② Naの化学的効果

実際にNaが配管より漏洩した時、Na及びNa酸化物等により、配管保温構造が腐食等の化学的損傷を受ける可能性がある。この効果がNaの漏洩挙動にどのような影響を与えるか確認する必要があるものと考えられる。

以上の2項目を確認するためには、まず空气中で高温Naと、保温構造に用いられる保温材、薄いステンレス板等とを長時間接触させておくような試験が必要であり、配管、及び、配管保温構造を用いたNa漏洩試験が行なわれるべきではないかと考える。

6. 結 言

前章までに示したように、本試験によって以下の事項が明らかとなった。

- $1/4 D \cdot t$ ($\approx 15 \text{ cm}^2$) の漏洩口からの二次主冷却系配管最大圧 ($\approx 6 \text{ kg/cm}^2$) の水噴出に対して、配管保温構造の崩壊は生じない。
- 内装板のみ装着した状態では、上向きもしくは横向きのスプレーは生ずるが、外装板まで装着すると漏洩方向は全て下向きとなる。
- 今回内装板に設けたヒータ貫通部構造はNa漏洩に対しても有効である。
- 保温材を装着した場合としなかった場合について、水漏洩挙動に大きな差はなかった。
- 配管保温構造により、Na漏洩時のNa漏洩方向をある程度制御できうるという知見を得、また、保温構造を多少工夫する事により、接触防止板をかなりの部分で削除できる見通しを得た。
- 配管漏洩時の内装板変形挙動について、ある程度の知見が得られた。

7. 謝　　辞

本研究を遂行する上で、御指導、御援助下さいました動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センター原工室、佐藤稔室長、姫野嘉昭副主任研究員、広井博副主任研究員、奥村泰伸氏、高速増殖炉開発本部宮原信哉氏に深く御礼申し上げます。

Table 2 - 1 Insulation materials specification

使 用 個 所	品 名	密 度 [kg/m ³]	比 熱 [Kcal/kg・℃]	熱 伝 導 率 [Kcal/m・h・℃]
最 内 層	原子力用 ロック・ファイン・カバー	2 0 0	0.2 4	0.032 + 0.00012 θ
中 間 層	ロック・ファイン・カバー	1 5 0	0.2 4	0.027 + 0.00014 θ
最 外 層	ロック・ファイン・カバー	1 5 0	0.2 4	0.027 + 0.00014 θ
充 填 材	ロック・ファイン・ファイバー	—	0.2 4	—

注) 使用保溫材：朝日石綿株式会社製

Table 3 - 1 Test apparatus specification

1. 一 般

1) 配管系設計圧力	$1.0 \text{ kg/cm}^2 \cdot G$
2) 主循環系	
配 管 径	1 6 B
流 調 弁	手動式バタフライ弁
3) 噴 出 系	
配 管 径	3 B
閉 鎖 弁	空氣作動式バタフライ弁
流 調 弁	手動式
ガス抜き弁	"

2. タンク

容 量	2.0 m^3
高 さ	$6,000 \text{ mm}$
内 径	$2,300 \text{ mm}$
液 位 計	圧力式

3. ポンプ

型 式	ウズ巻ポンプ
最高圧力	$8.1 \text{ kg/cm}^2 \cdot G$
最大流量	$1.5 \text{ m}^3/\text{min}$

Table 3 - 2 Instrumentation list

1. 流量計

型式	タービン式流量計
管径	4 B
最高圧力	10 kg/cm ² ・G

2. 圧力計センサー

1) 配管、内・外装板内(フランジ取付)圧力変換器

型式	歪ゲージ式小型圧力変換器
最高圧力	10 kg/cm ² ・G
出力電圧感度	1.0 mV/V
入出力抵抗	120 Ω

2) 内・外装板内(なげ込み式)圧力センサー

型式	箔歪ゲージ式圧力センサー
最高圧力	10 kg/cm ² ・G
出力電圧感度	1.0 mV/V ± 20%
入出力抵抗	120 Ω ± 10%

3. 歪ゲージ

型式	防水型単軸ゲージ
抵抗値	120 Ω
ゲージ率	2.1

Table 4 - 1 Test condition

試験番号	試験體	噴出圧力 (kg/cm ²)	噴出時間	噴出流量 (m ³ /min)	水温 (°C)
1 - 1	直管(上向き噴出, 板面)	6.41	7分53秒	2.11	—
1 - 2	" , 内装板のみ	6.57	8分	2.08	—
2	直管(横向き噴出, 継目)	6.58	8分	2.08	26
3	エルボ管(上向き噴出, 板面)	7.03	8分	2.12	23
4 - 1	" (" , 継目), 内装板のみ	7.15	8分	2.07	18
4 - 2	エルボ管(上向き噴出, 継目)	6.55	8分	2.03	18
5	ティース管(上向き噴出, 板目)	7.53	8分	2.10	16
6	ティース管(上向き噴出, 継目)	7.93	8分	2.04	20
6 - 2	" , 内装板のみ	6.53	2分	2.06	20
7	エルボ管(上向き噴出, 継目), 保溫材取付け	6.68	8分	2.04	21
7 - 2	" , 内装板のみ	6.61	8分	2.05	20

Table 4 - 2 (1/2) Test results (1/2)

試験 No	試験体	水噴出位置	試験結果		
			項目	Fig. No	ページ
1-1	直管	◦配管上方 ◦内装板板面	水噴出圧力・流量	8-18	79
			内装板内圧・ 外装板内圧	8-19	80
			歪ゲージ出力(内・外装板)	8-20~ 8-24	81~85
1-2	直管 (外装板 なし)	◦同上	水噴出圧力・流量	8-25	86
			内装板内圧	8-26	87
			歪ゲージ出力(内装板)	8-27~ 8-29	88~90
2	直管	◦配管横方向 ◦内装板フランジ部	水噴出圧力・流量	8-30	91
			内装板内圧・ 外装板内圧	8-31	92
			歪ゲージ出力(内・外装板)	8-32~ 8-36	93~97
3	エルボ	◦配管上方	水噴出圧力・流量	8-37	98
			内装板内圧・ 外装板内圧	8-38	99
			歪ゲージ出力(内・外装板)	8-39~ 8-43	100~104
4-1	エルボ (外装板 なし)	◦配管上方 ◦内装板フランジ部 (周方向継手)	水噴出圧力・流量	8-44	105
			内装板内圧	8-45	106
			歪ゲージ出力(内装板)	8-46 48	107~109
4-2	エルボ	◦同上	水噴出圧力・流量	8-49	110
			内装板内圧・ 外装板内圧	8-50	111
			歪ゲージ出力(内・外装板)	8-51 55	112~116
5	ティ	◦配管上方 ◦内装板フランジ部 (22B側)	水噴出圧力・流量	8-56	117
			内装板内圧・ 外装板内圧	8-57	118
			歪ゲージ出力(内・外装板)	8-58 62	119~123

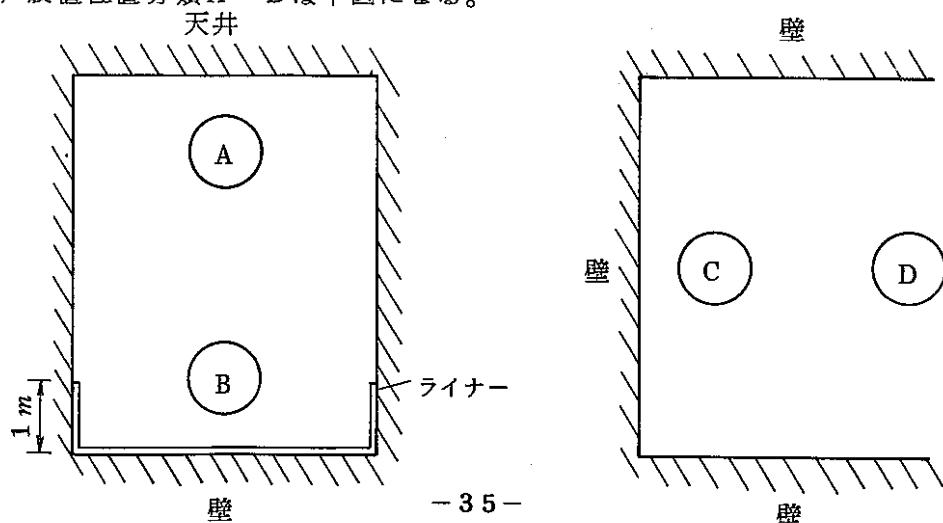
Table 4 - 2 (2/2) Test results (2/2)

試験 No.	試験体	水噴出位置	試験結果		
			項目	Fig. No	ページ
6-1	ティ	○配管上方 ○内装板フランジ部 (12B 配管付根)	水噴出圧力・流量	8-63	124
			内装板内圧・ 外装板内圧	8-64	125
			歪ゲージ出力(内外装板)	8-65 69	126~130
6-2	ティ (外装板なし)	○同上	水噴出圧力・流量	8-70	131
7-1	エルボ (保温材 装着)	○№4-1, 4-2 と同様	水噴出圧力・流量	8-71	132
			内装板内圧・ 外装板内圧	8-72	133
			歪ゲージ出力(内外装板)	8-73 77	134~138
7-2	エルボ (内装板 のみ)	○同上	水噴出圧力・流量	8-78	139
			内装板内圧	8-79	140
			歪ゲージ出力(内装板)	8-80 82	141~143

Table 5 - 1 Classification of "Monju" IHTS piping

配管種類	設置位置分類*	もんじゅ対応部位
水平配管	直 管	天井近傍 (A) 2次主冷配管室内, ホットレグ コールドレグ配管ベント部
		床 近 傍 (B) 蒸気発生器室内, ホットレグ, ミドルレグコールドレグ (床から2~3m)
	エルボ	天井近傍 (A) 直管に同じ
		床 近 傍 (B) 直管に同じ
	ティーズ	床 近 傍 (B) 直管床近傍に同じ(2次主冷却 系分岐部)
垂直配管	直 管	壁 近 傍 (C) 蒸気発生器室内ホットレグ立上 り配管, ミドルレグ立上り配管
		部屋中央 (D) 蒸気発生器室内, ミドルレグ立下り配管 コールドレグ立下り配管, ポンプ出入口配管
	エルボ	壁 近 傍 (C) 直管に同じ
		部屋中央 (D) 直管に同じ
	ティーズ	壁 近 傍 (C) 直管, 壁近傍に同じ
貫通部		床 貫 通 部 蒸気発生器室他
		垂直壁貫通部 同 上

*) 設置位置分類A~Dは下図による。



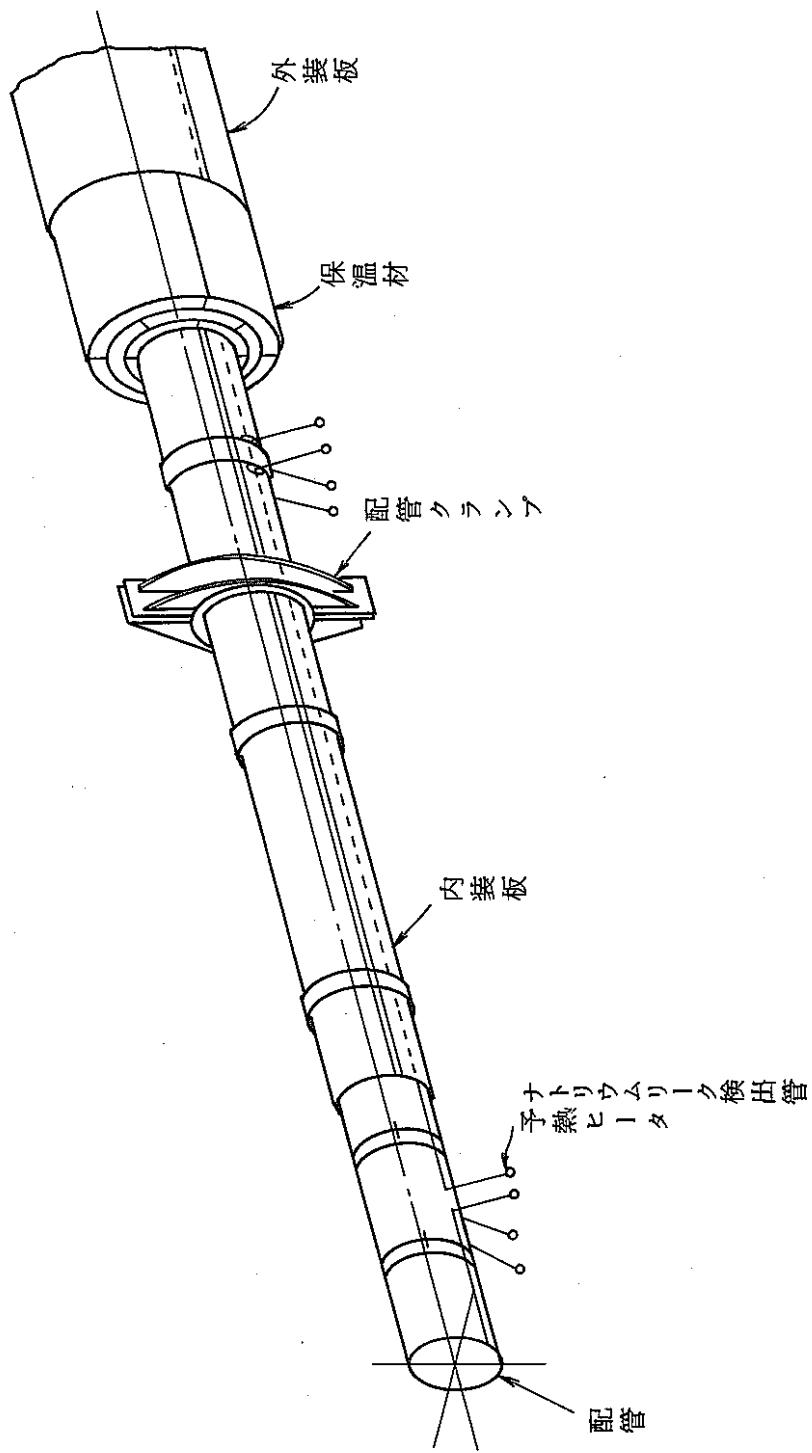


Fig. 2 - 1 保温構造概要図(直管部)

General view of the pipe with thermal insulation

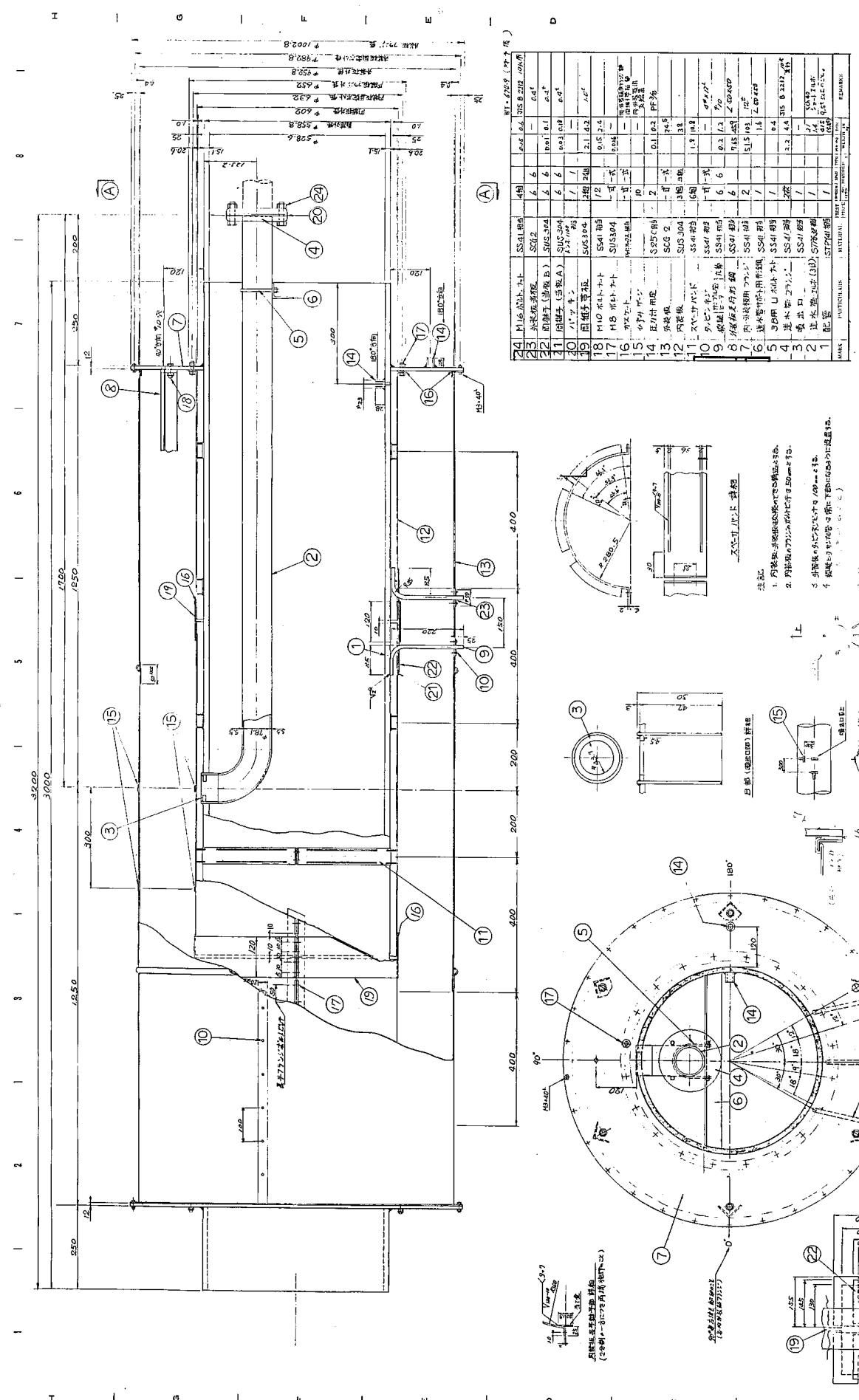


FIG. 2-2
直管部試験体組立図
THERMAL INSULATION MODEL
FOR STRAIGHT PIPES

N
GIVEN

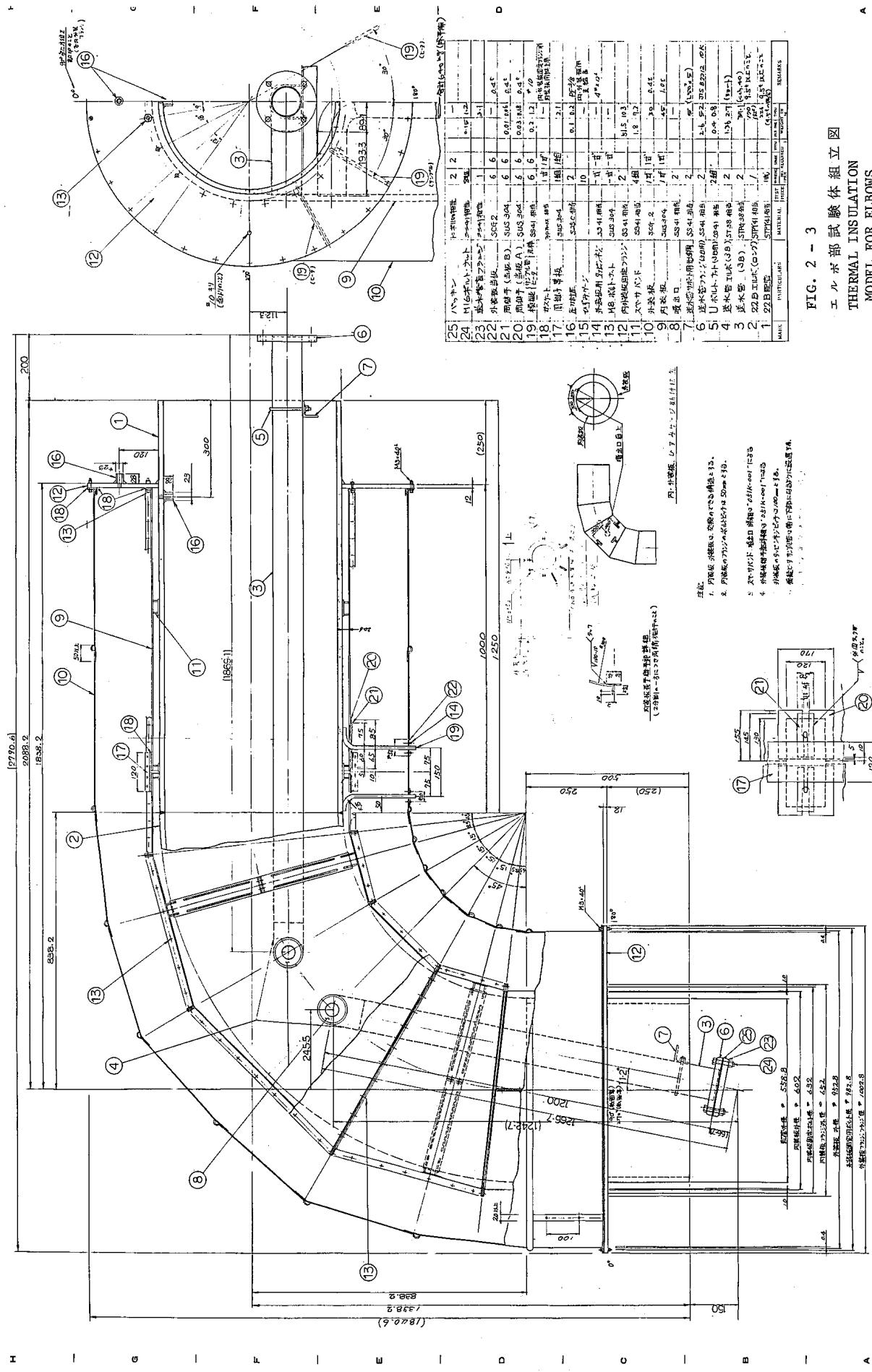


FIG. 2 - 3
エルボ部試験体組立図
THERMAL INSULATION
MODEL FOR ELBOWS

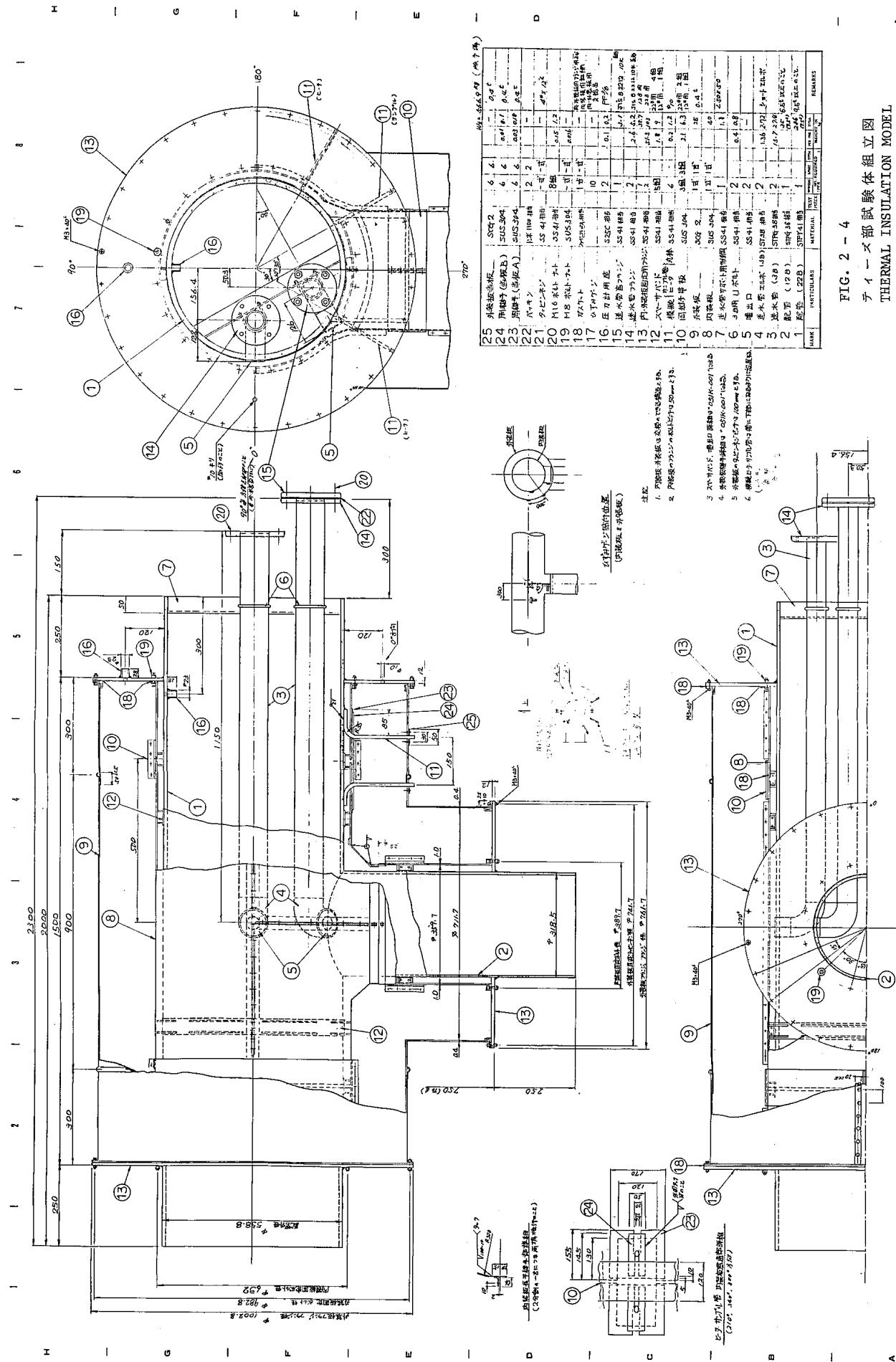


FIG. 2 - 4
テイーズ部試験体組立図
THERMAL INSULATION MODEL
FOR THE JOINTS

N

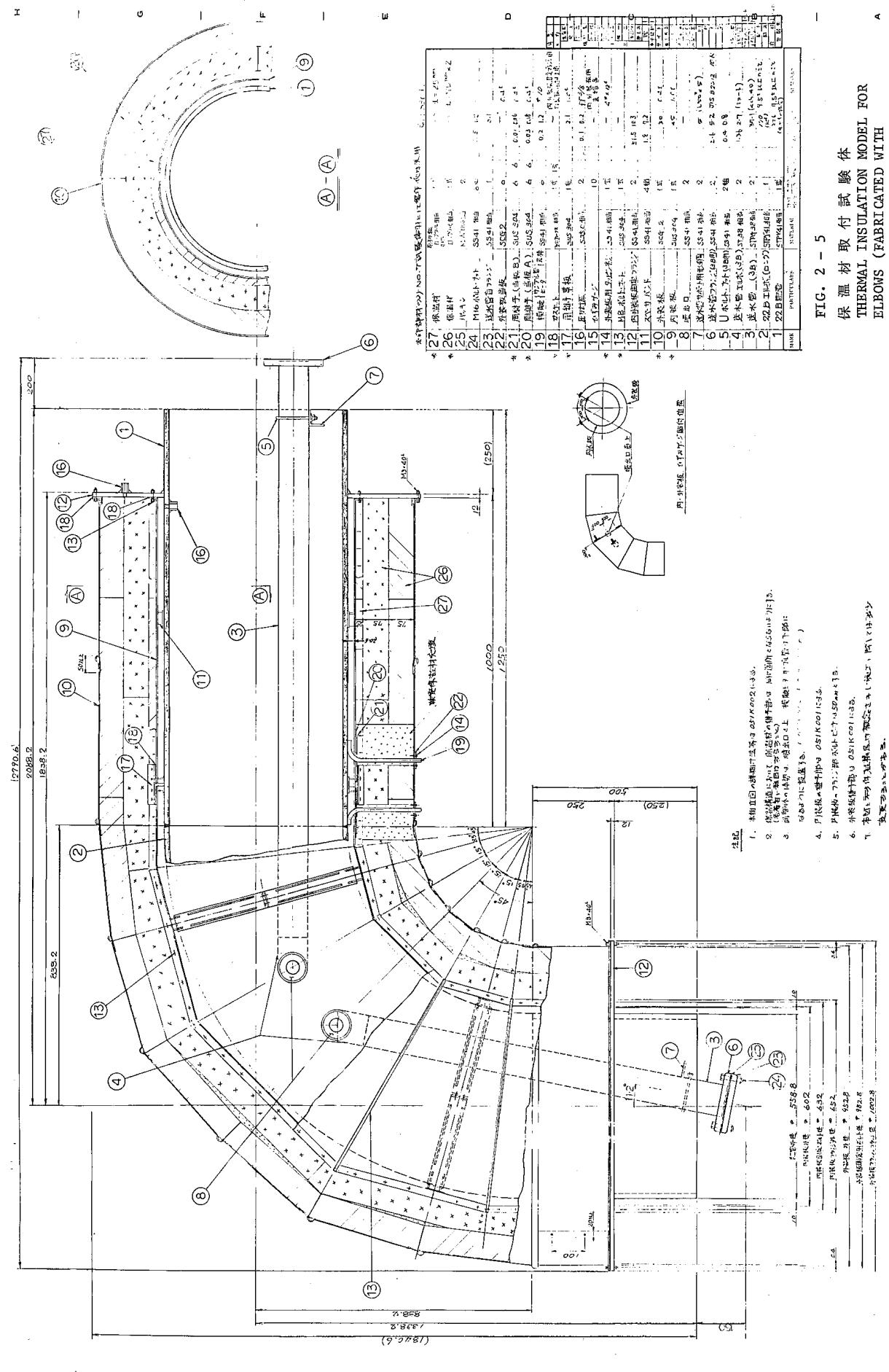
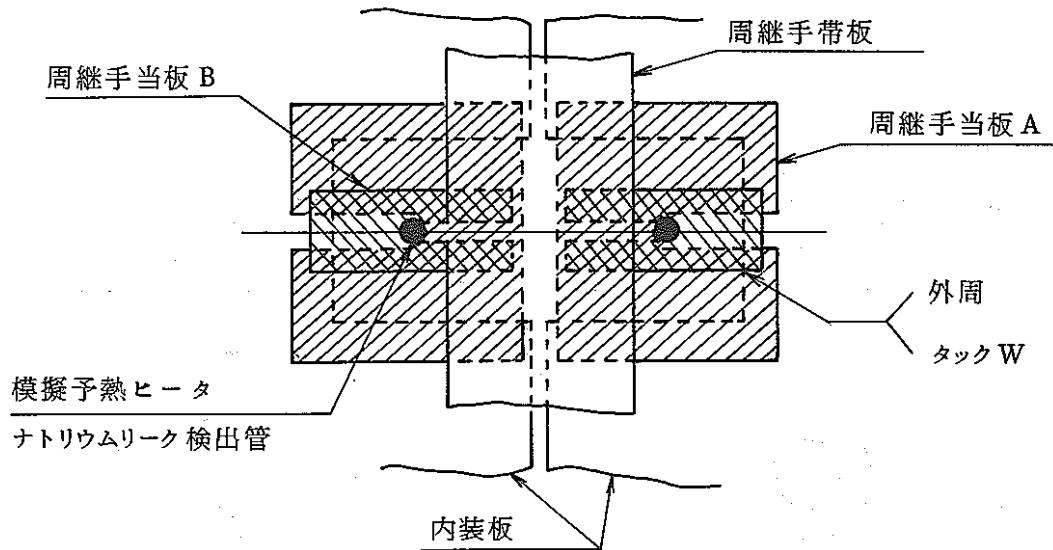


FIG. 2-5
保溫材取付試驗體
THERMAL INSULATION MODEL FOR
ELBOWS (FABRICATED WITH
INSULATION MATERIALS)

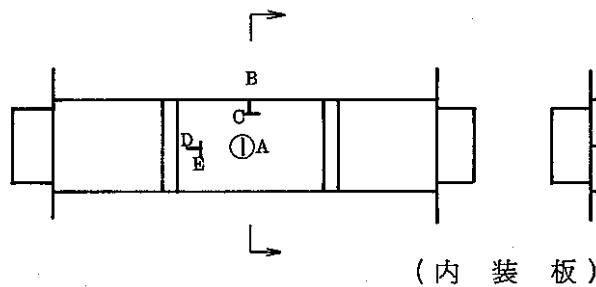


予熱ヒータ、ナトリウムリーク検出管

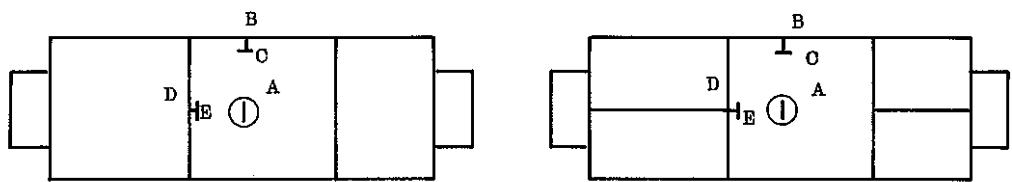
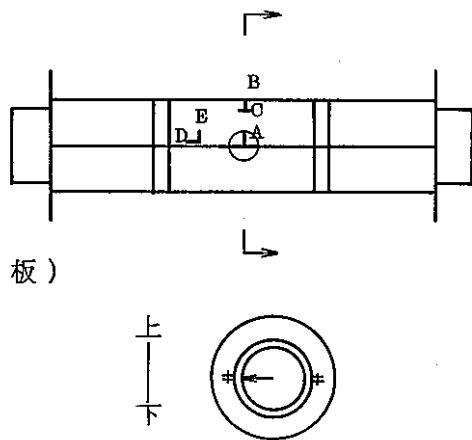
Fig. 2 - 6 内装板貫通部詳細図（内装板外側より見る）

Detail construction of preheater and sodium leak detector tube penetration through inner plate

試験体 No. 1
(噴出口：上方)



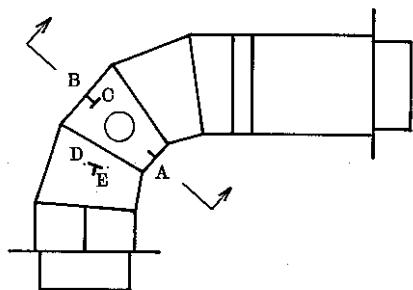
試験体 No. 2
(噴出口：横方)



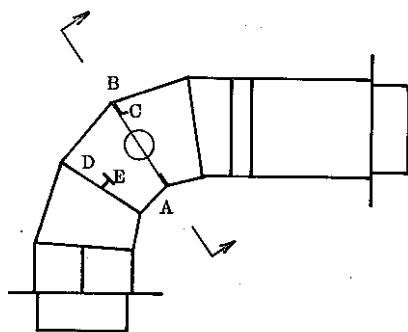
(外装板)

Fig. 2 - 7 Location of strain gauge on straight model

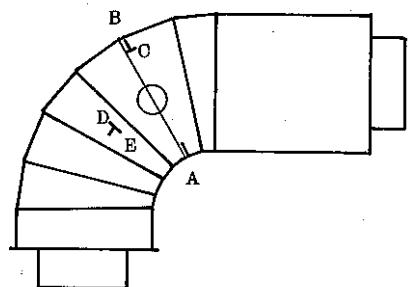
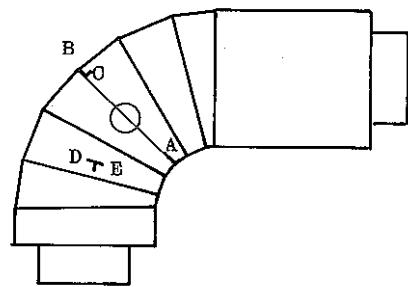
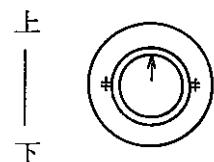
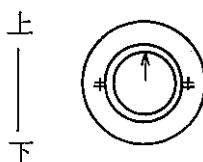
試験体 No. 3
(噴出口：上方)



試験体 No. 4
(噴出口：上方)



(内 装 板)



(外 装 板)

Fig. 2 - 8 Location of strain gauge on elbow model

試験体 No. 5
(噴出口：上方)

試験体 No. 6
(噴出口：上方)

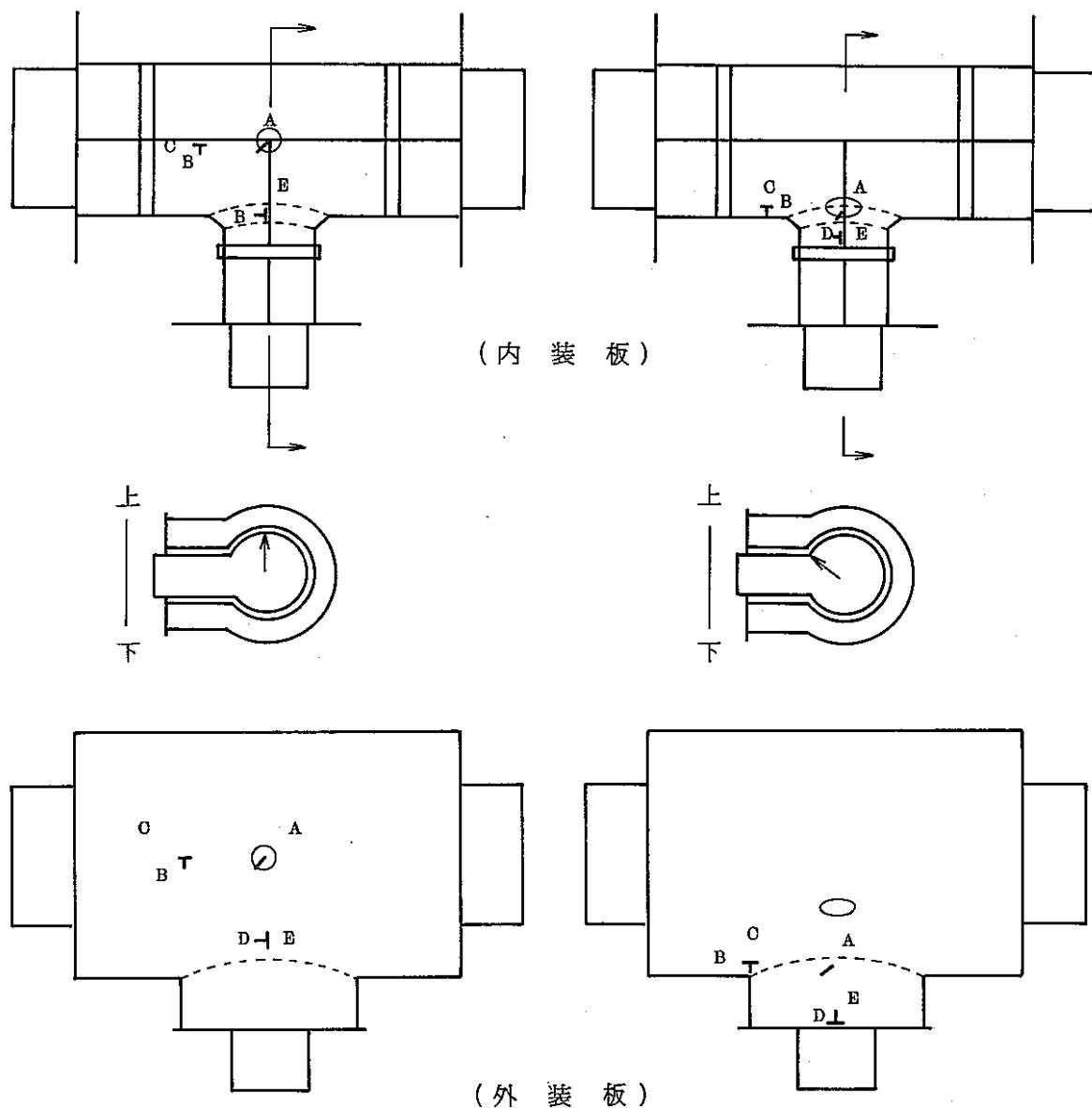


Fig. 2 ~ 9 Location of strain gauge on tee joints model

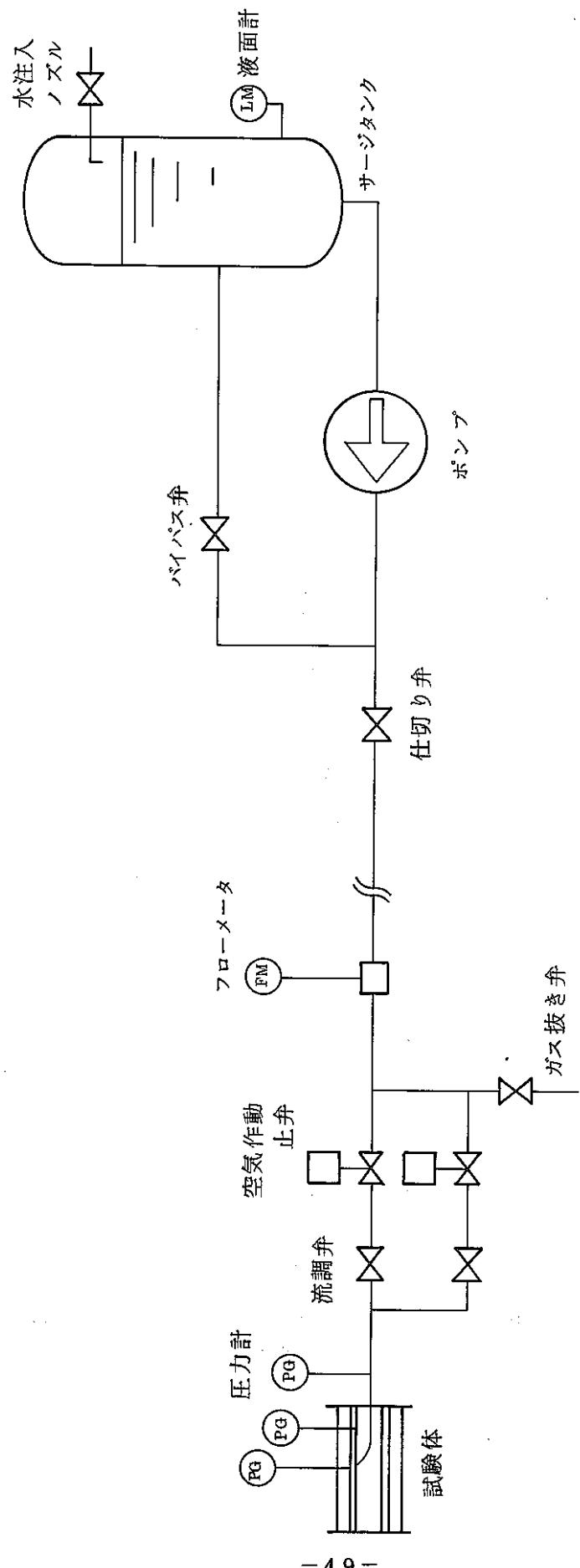


Fig. 3 - 1 Flow diagram

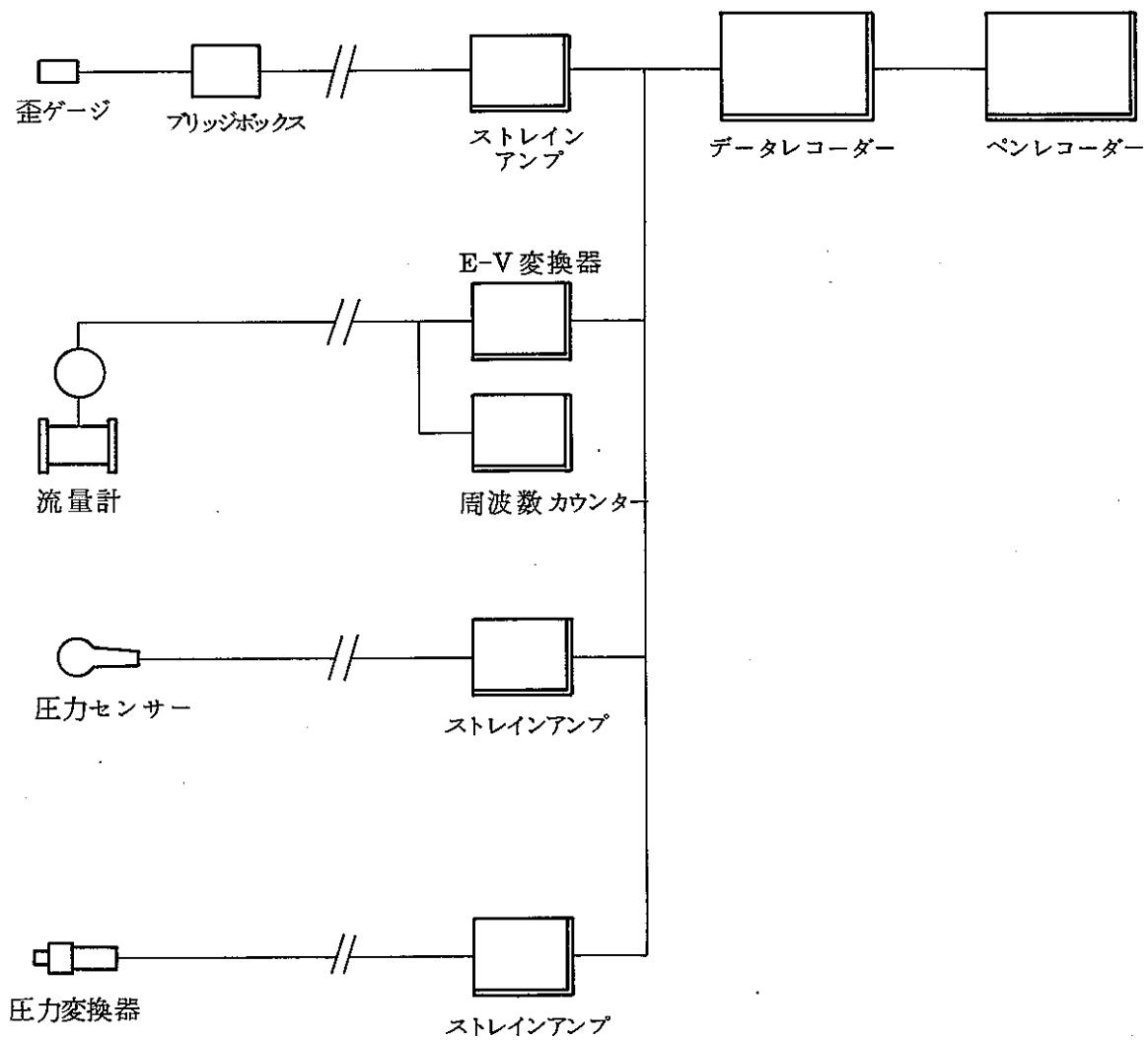


Fig. 3 - 2 Block diagram for measurement of strain,
flow rate & pressure

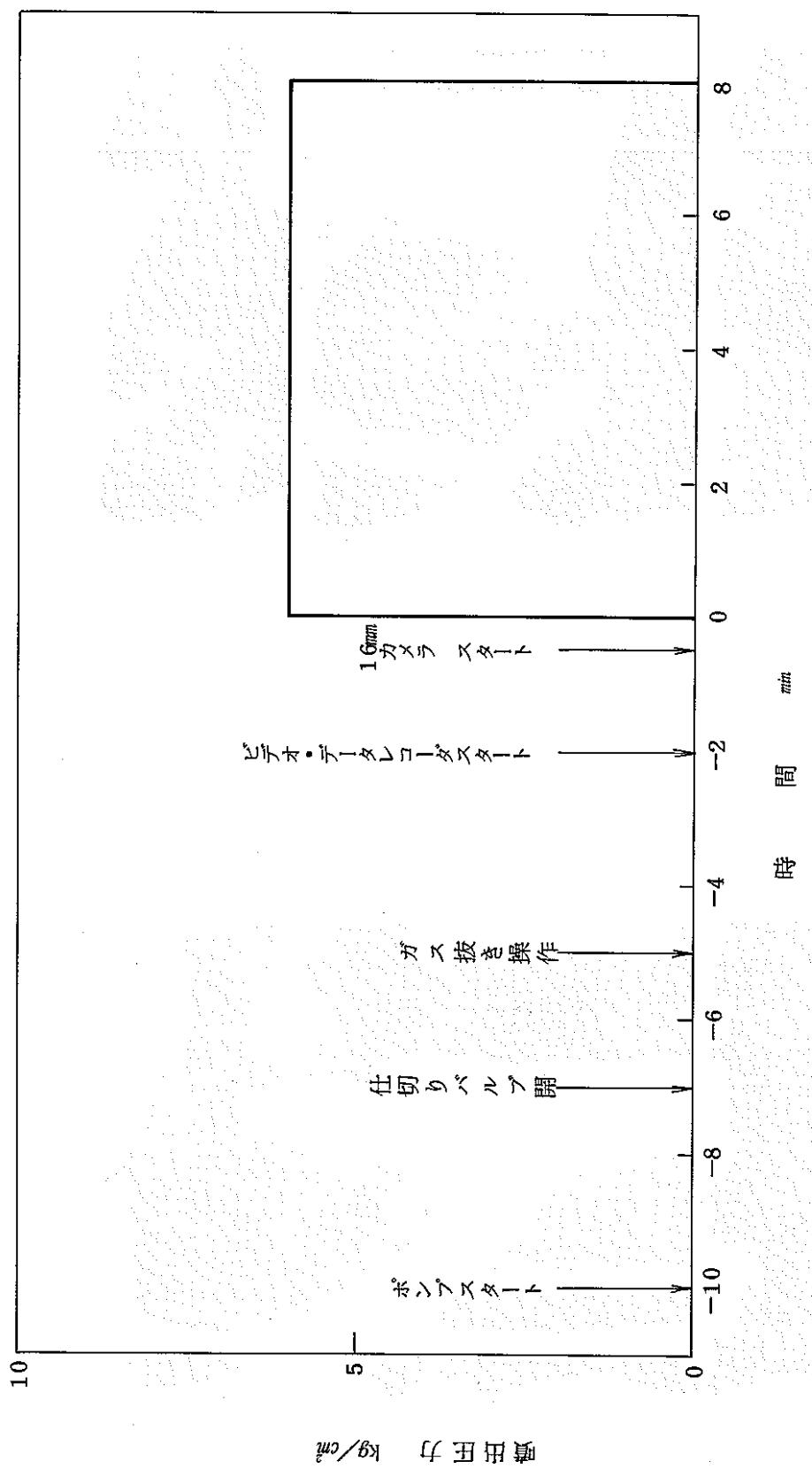


Fig. 3-3 Operating sequence

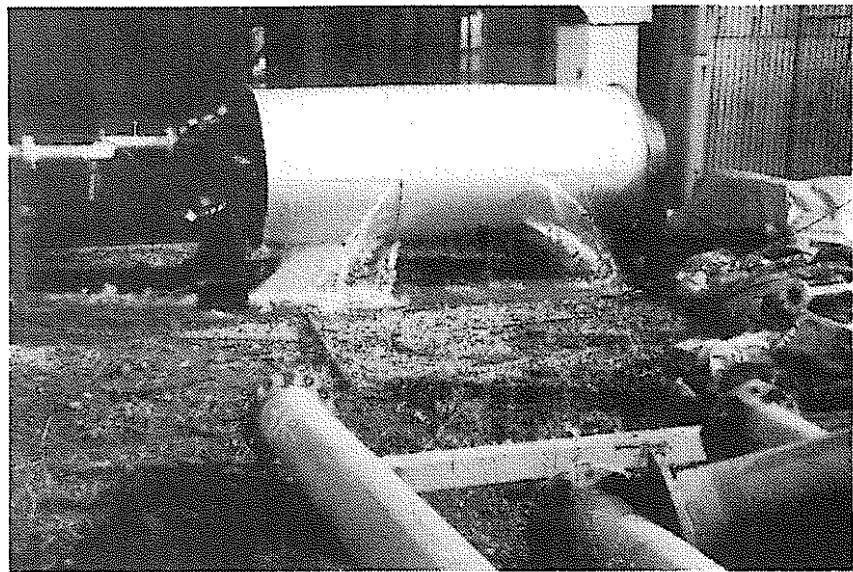


Fig. 4 - 1 Test result (Test No. 1-1)

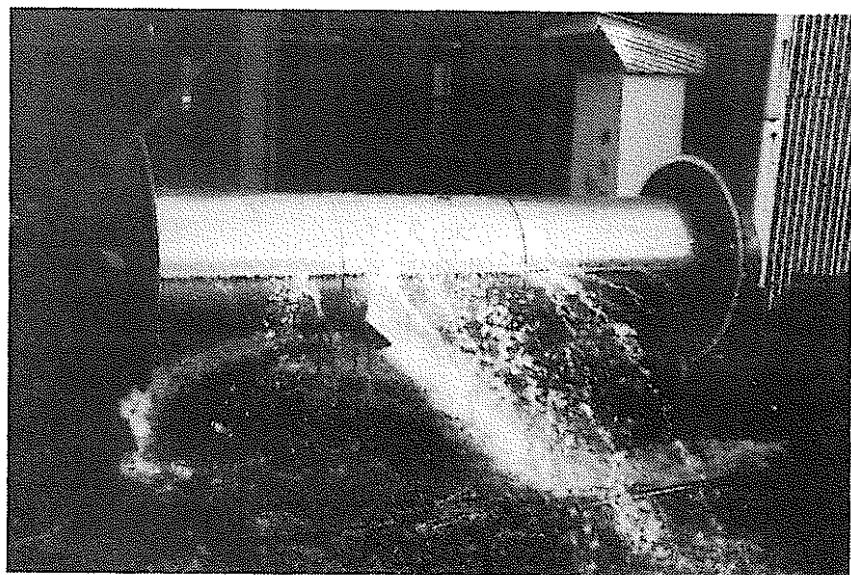


Fig. 4 - 2 Test result (Test No. 1-2)

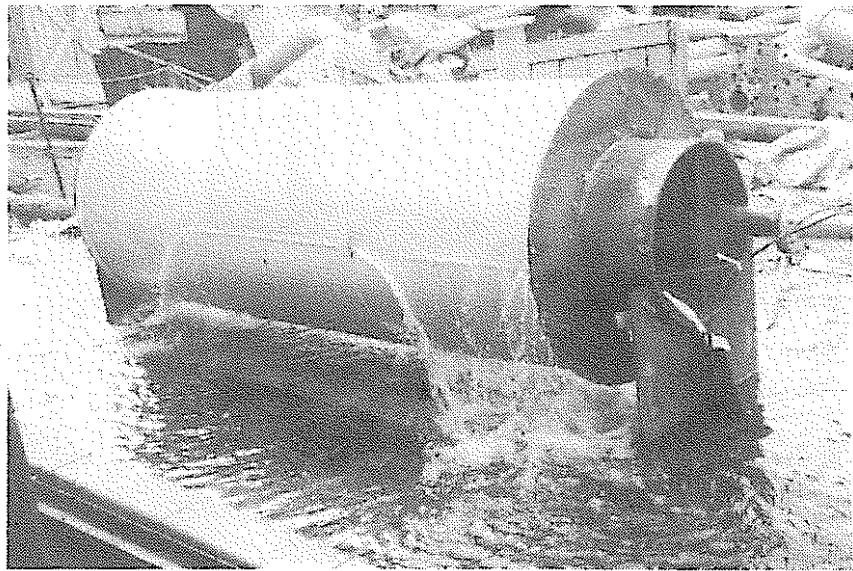


Fig. 4 - 3 Test result (Test No. 2)

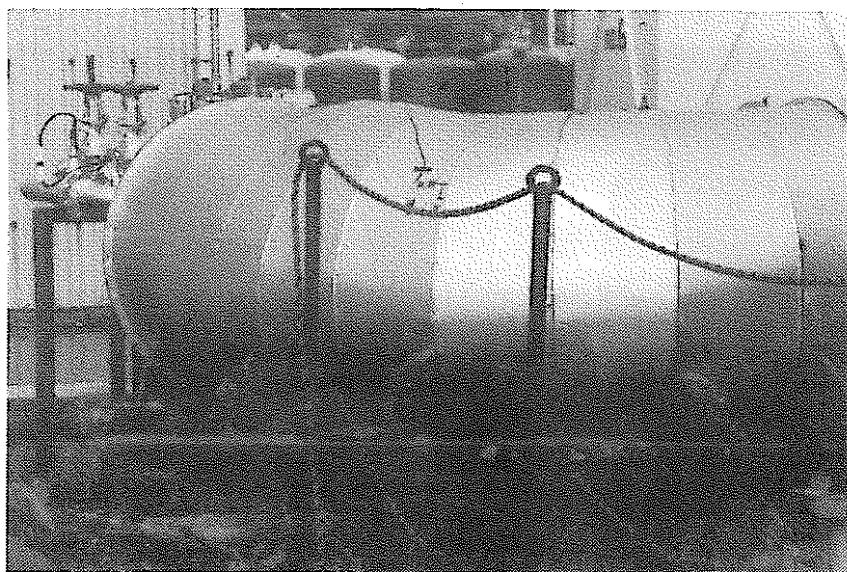


Fig. 4 - 4 Test result (Test No. 3)

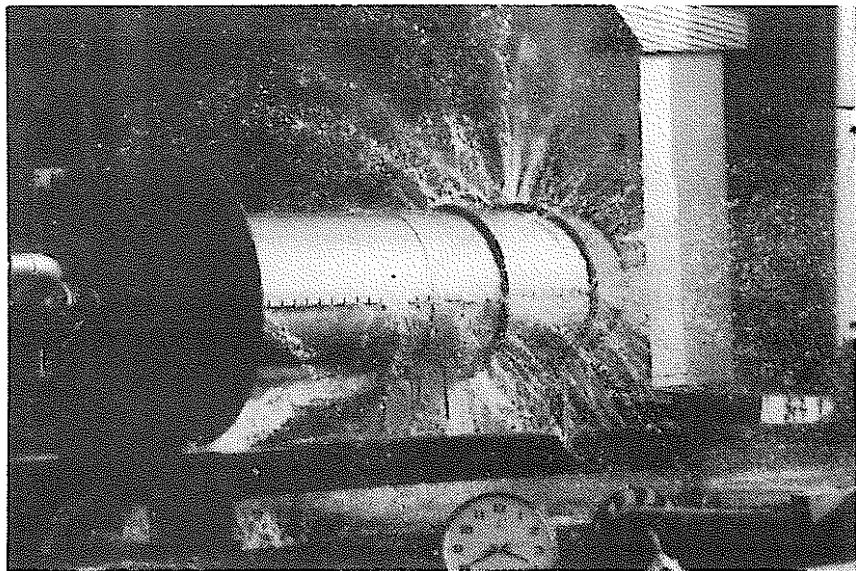


Fig. 4 - 5 Test result (Test No. 4-1)

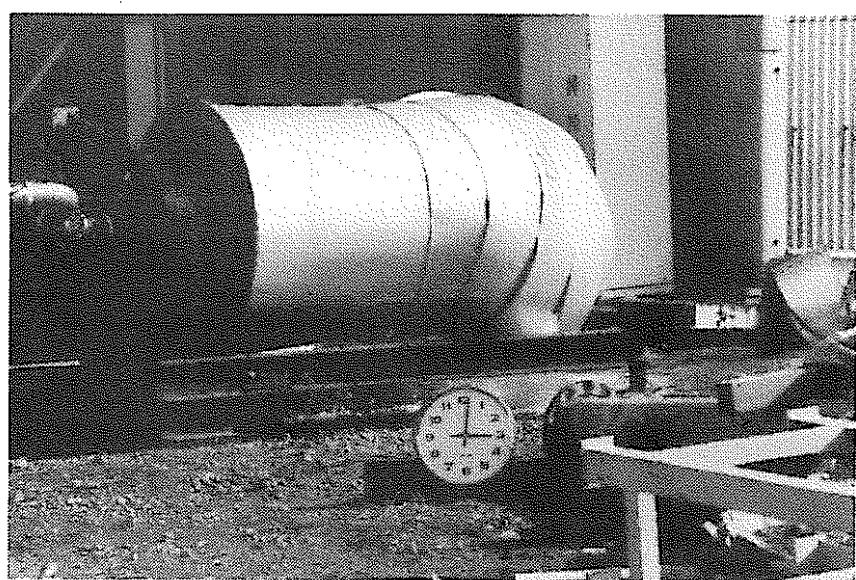


Fig. 4 - 6 Test result (Test No. 4-2)

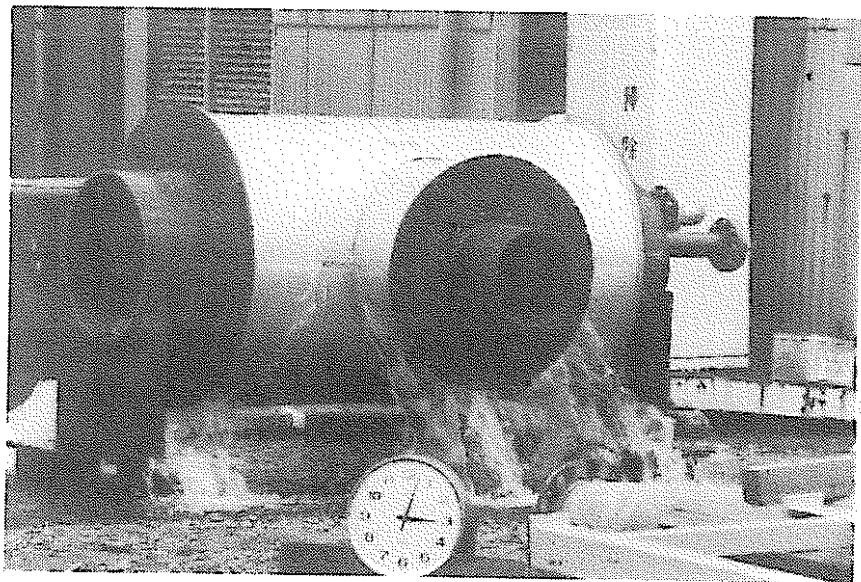


Fig. 4 - 7 Test result (Test No. 5)

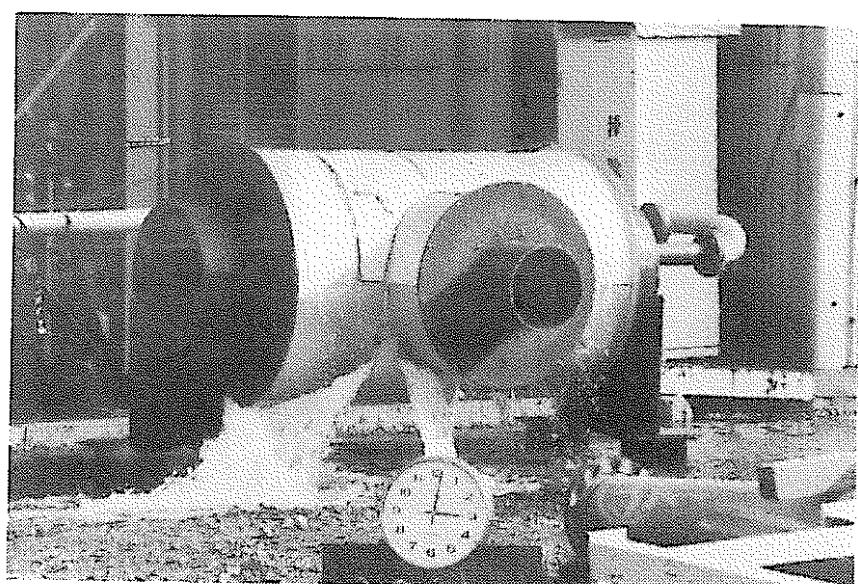


Fig. 4 - 8 Test result (Test No. 6-1)

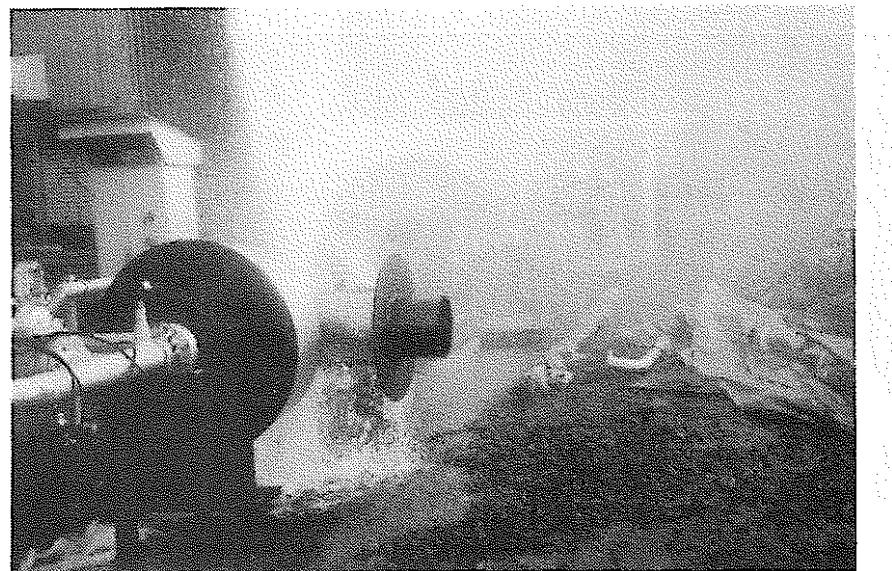


Fig. 4 - 9 Test result (Test No. 6-2)

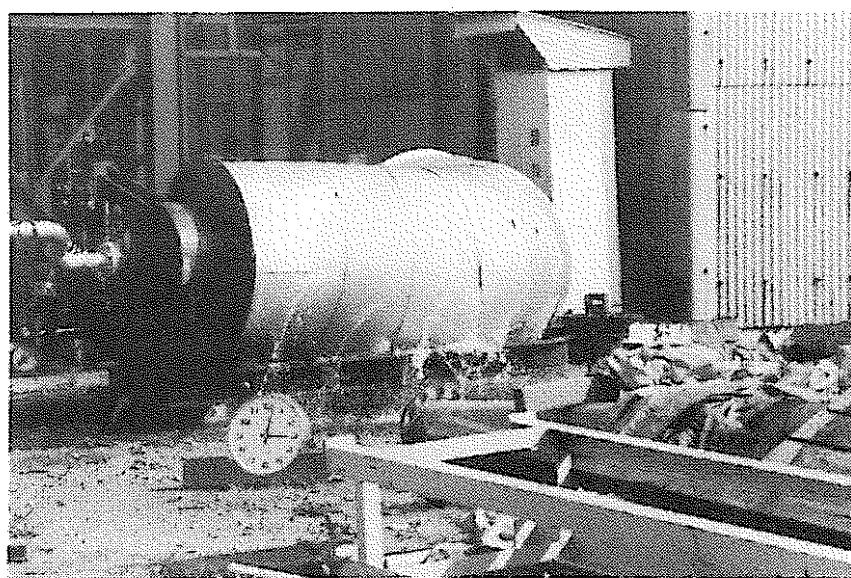


Fig. 4 - 10 Test result (Test No. 7-1)

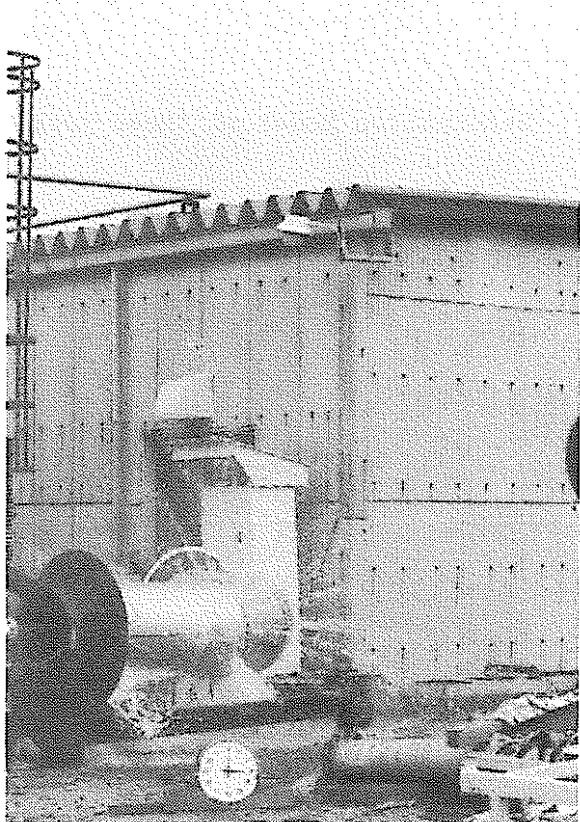


Fig. 4 - 11 Test result (Test No. 7-2)

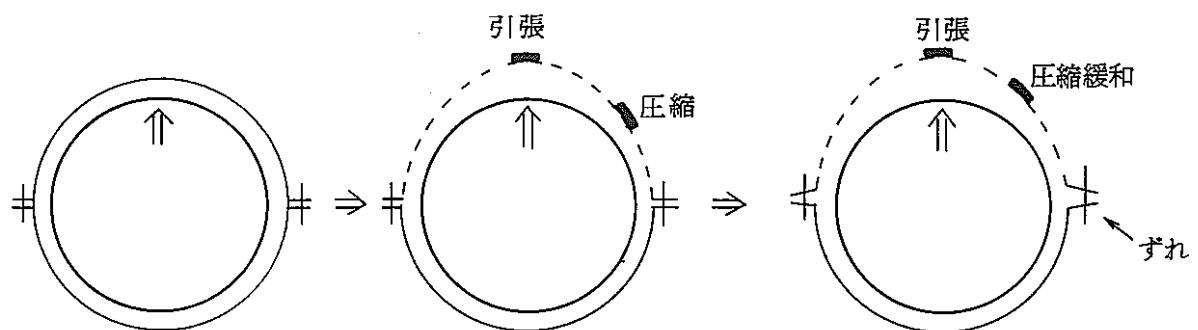


Fig. 5 - 1 Deformation Model of Inner jacket (Test No. 1)

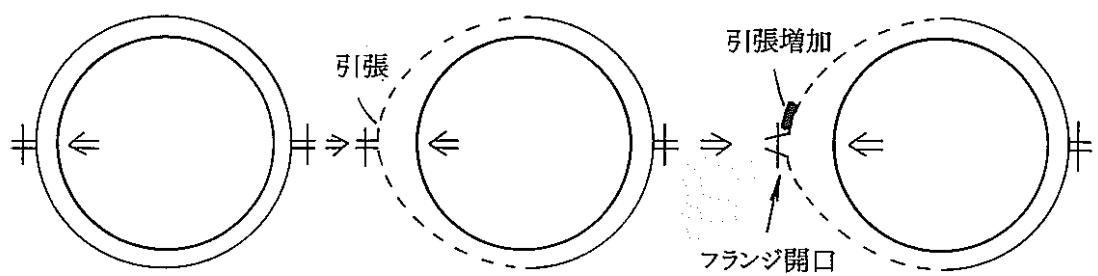


Fig. 5 - 2 Deformation Model of Inner jacket (Test No. 2)

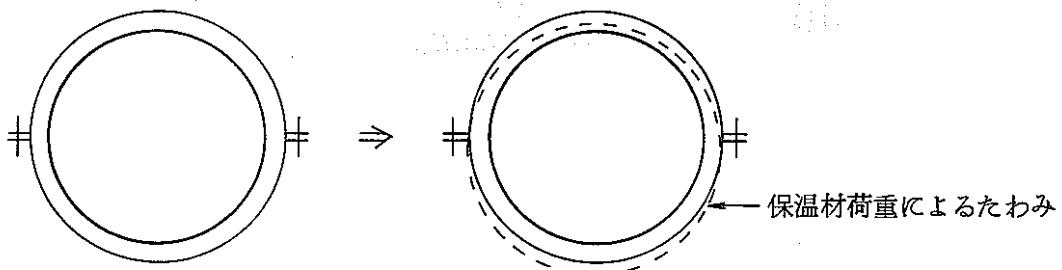


Fig. 5 - 3 Deformation Model of Inner jacket (Test No. 7)

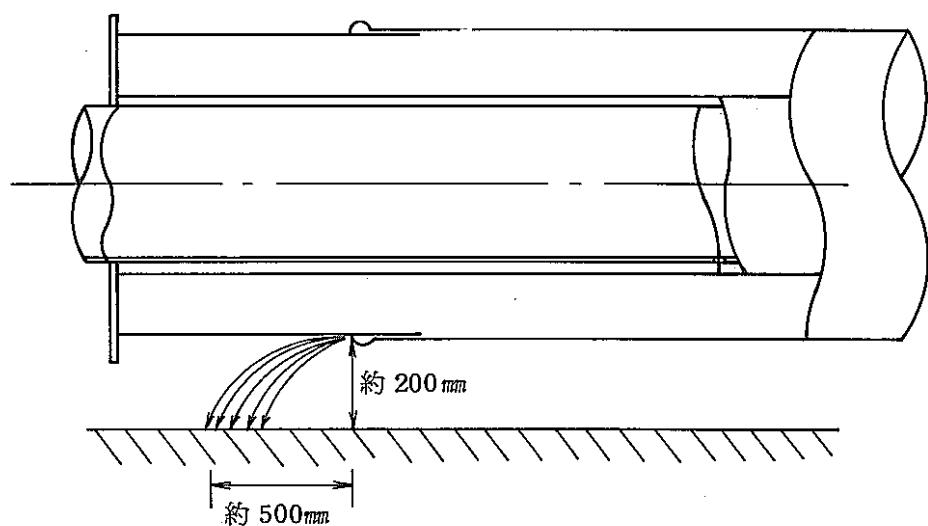


Fig. 5 - 4 Test result sketch of water leak flow from straight pipe

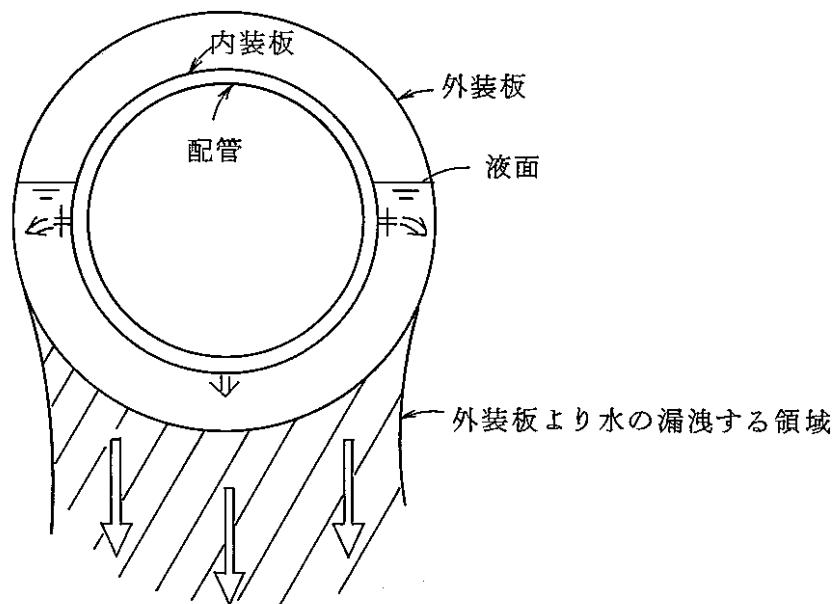


Fig. 5 - 5 Model of water leak from thermal insulation structure

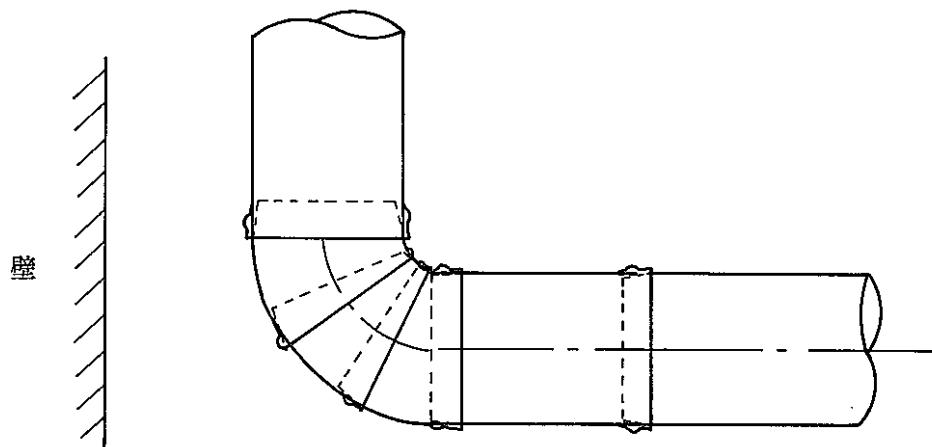


Fig. 5 - 6 An example of outer jacket shape near wall

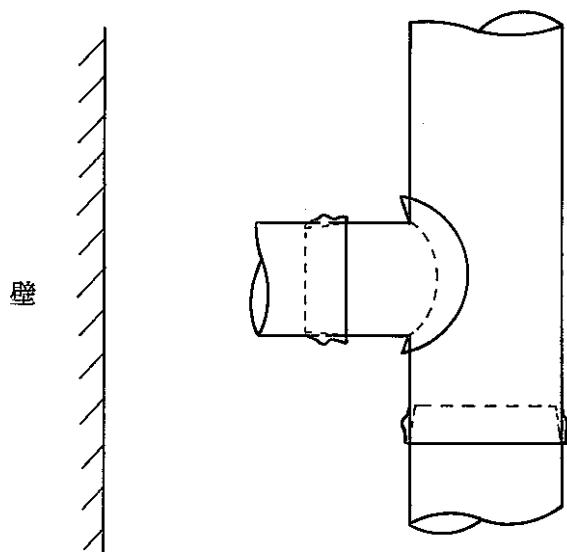


Fig. 5 - 7 An example of outer jacket shape of tee joint

天井

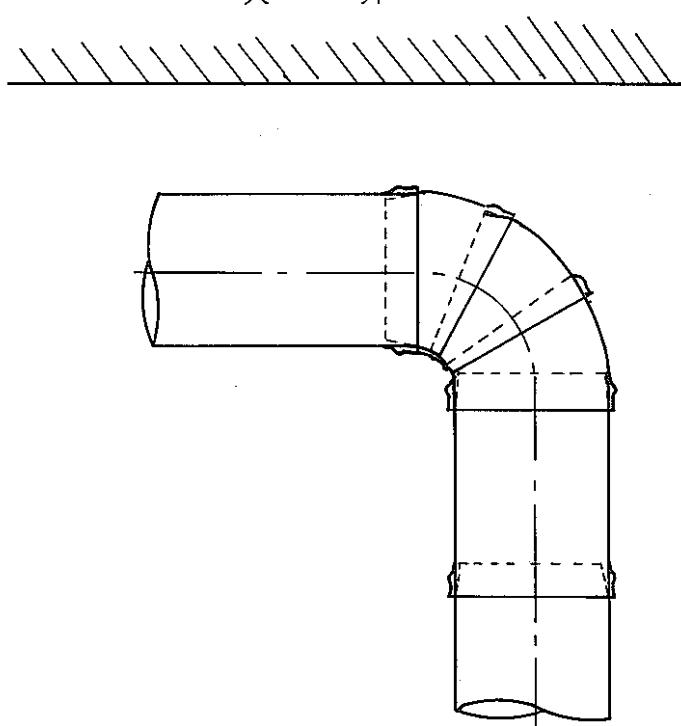


Fig. 5 - 8 An example of outer jacket shape near ceiling

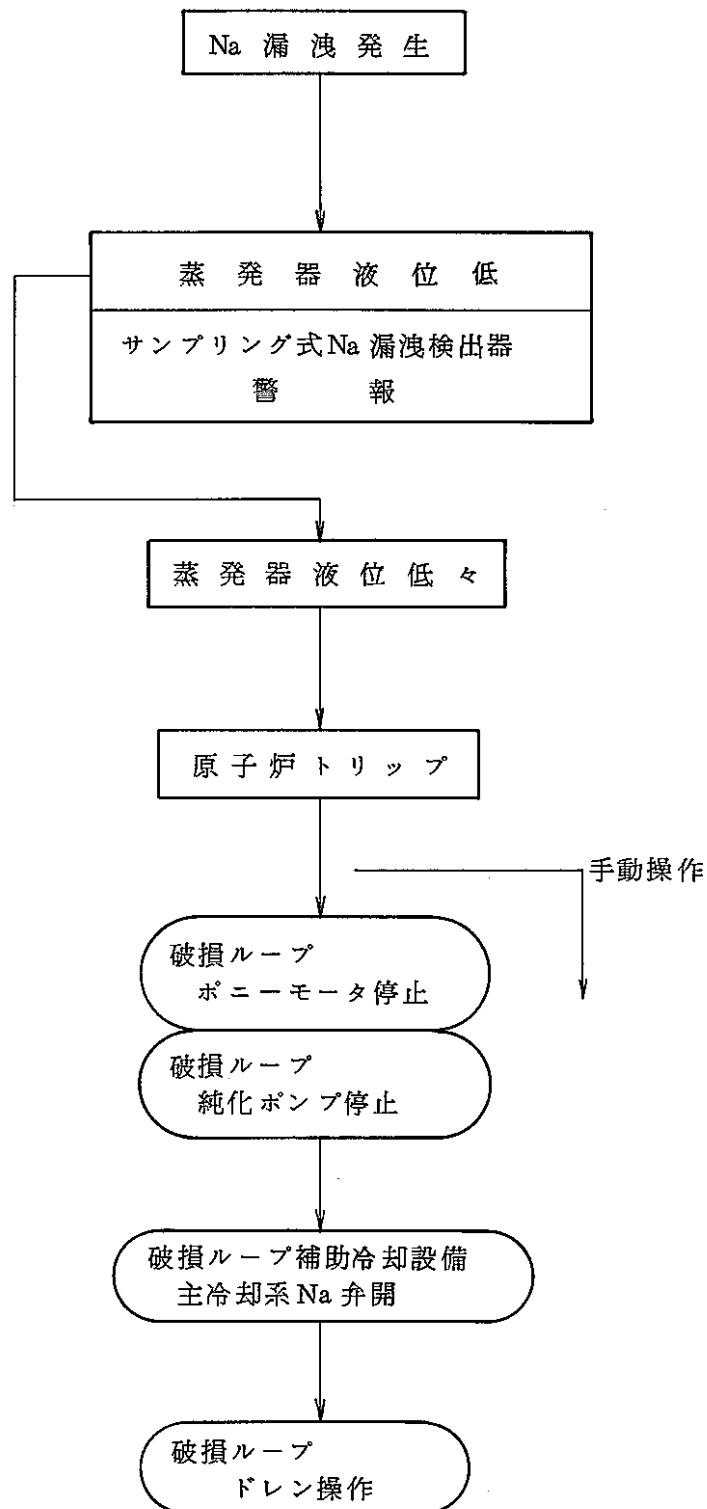


Fig. 5 - 9 Sodium leak detection flow diagram

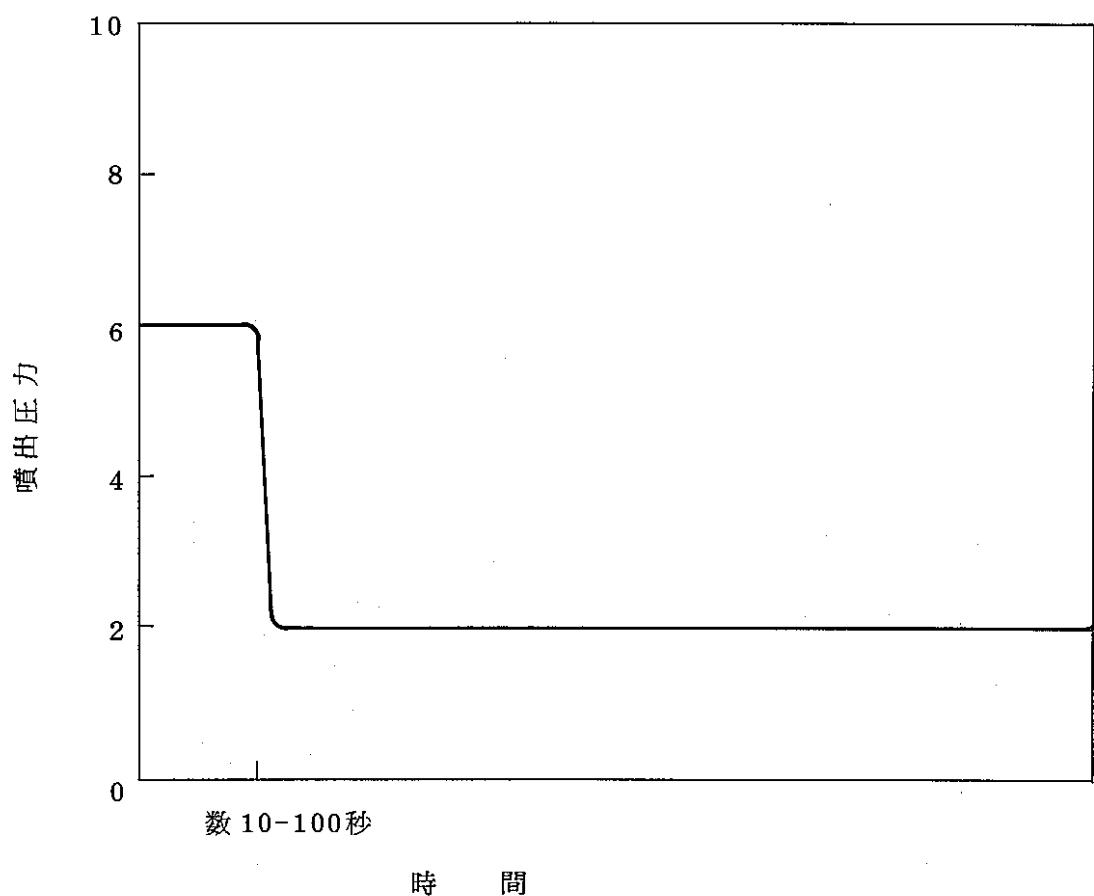
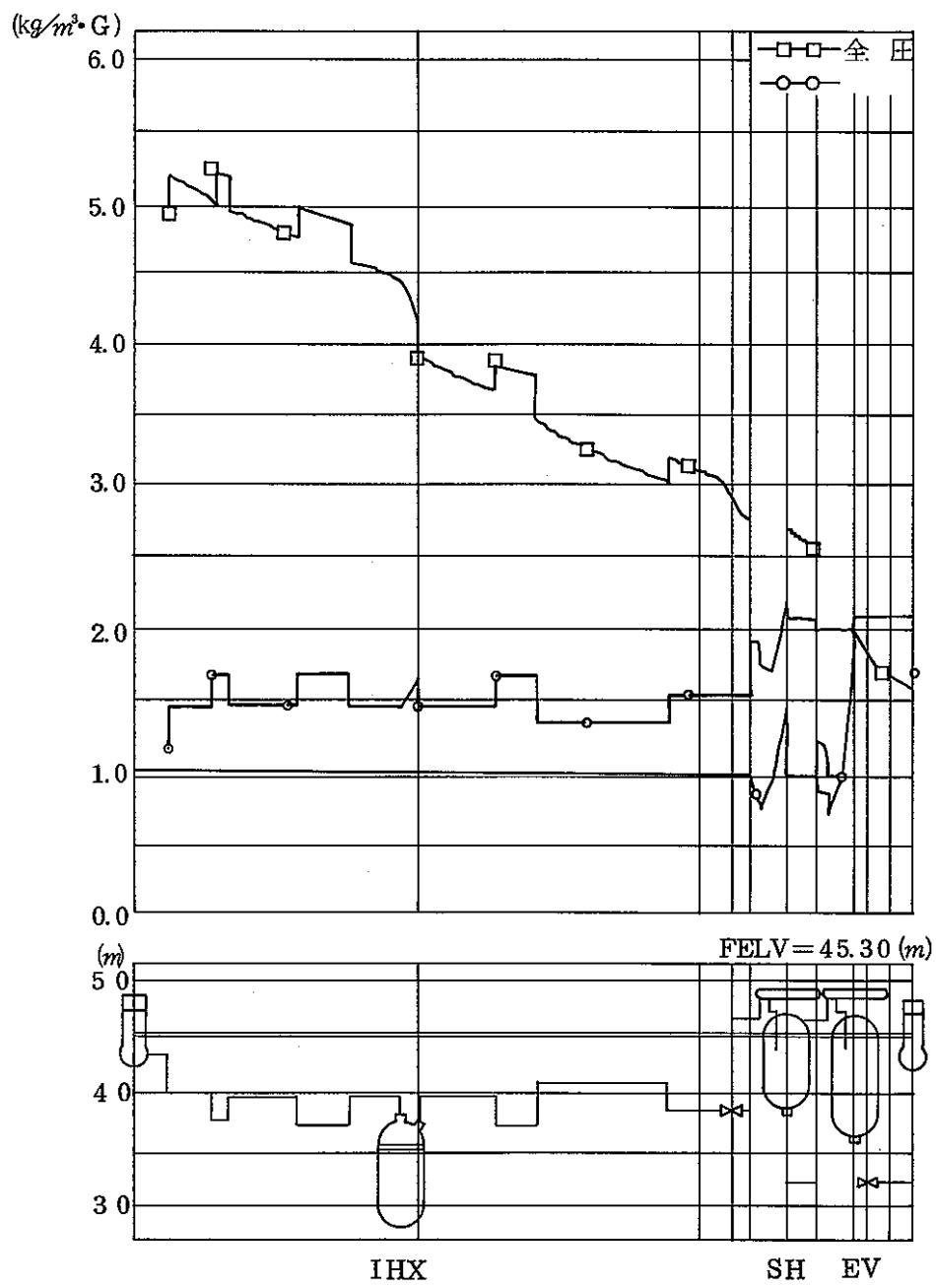


Fig. 5 - 10 Typical example of pressure down in piping



第5図 全圧分布(100.0%出力運転時)
FN-10-190

Fig. 5 - 11 Inner pressure distribution of IHTS piping

8. 付 錄

試験時の記録チャートを付録図面集としてとりまとめた。

項目は、

- 内装板応力の時間変化
- 外装板応力の時間変化
- 水噴出圧力、流量の時間変化
- 内装板内圧力、外装板内圧力の時間変化
- 内装板歪値の時間変化
- 外装板歪値の時間変化

である。

尚、補足として「内装板仕様の合理化」の検討を添付した。

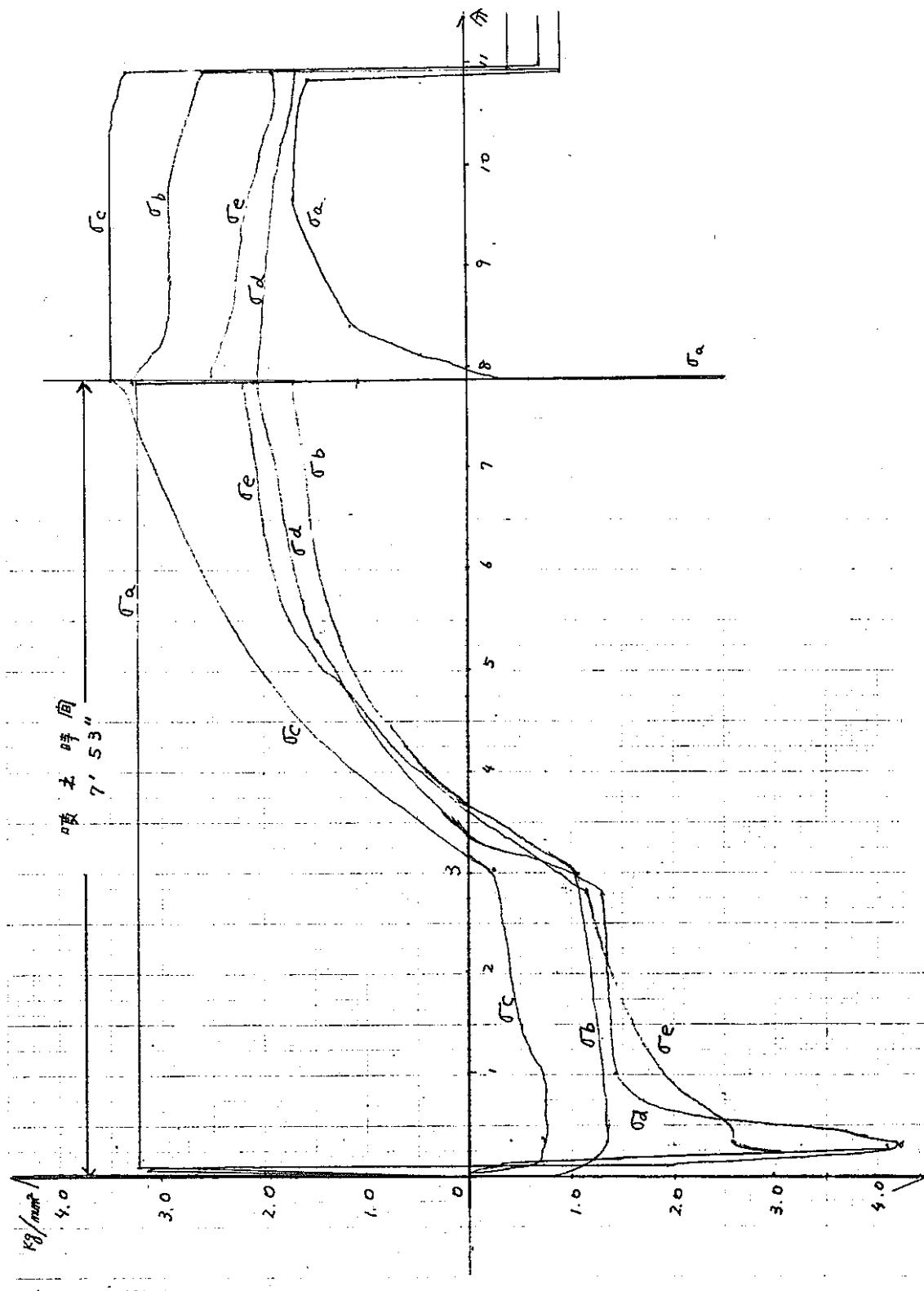


Fig. 8 - 1 Stress on inner jacket, Test No. 1 - 1

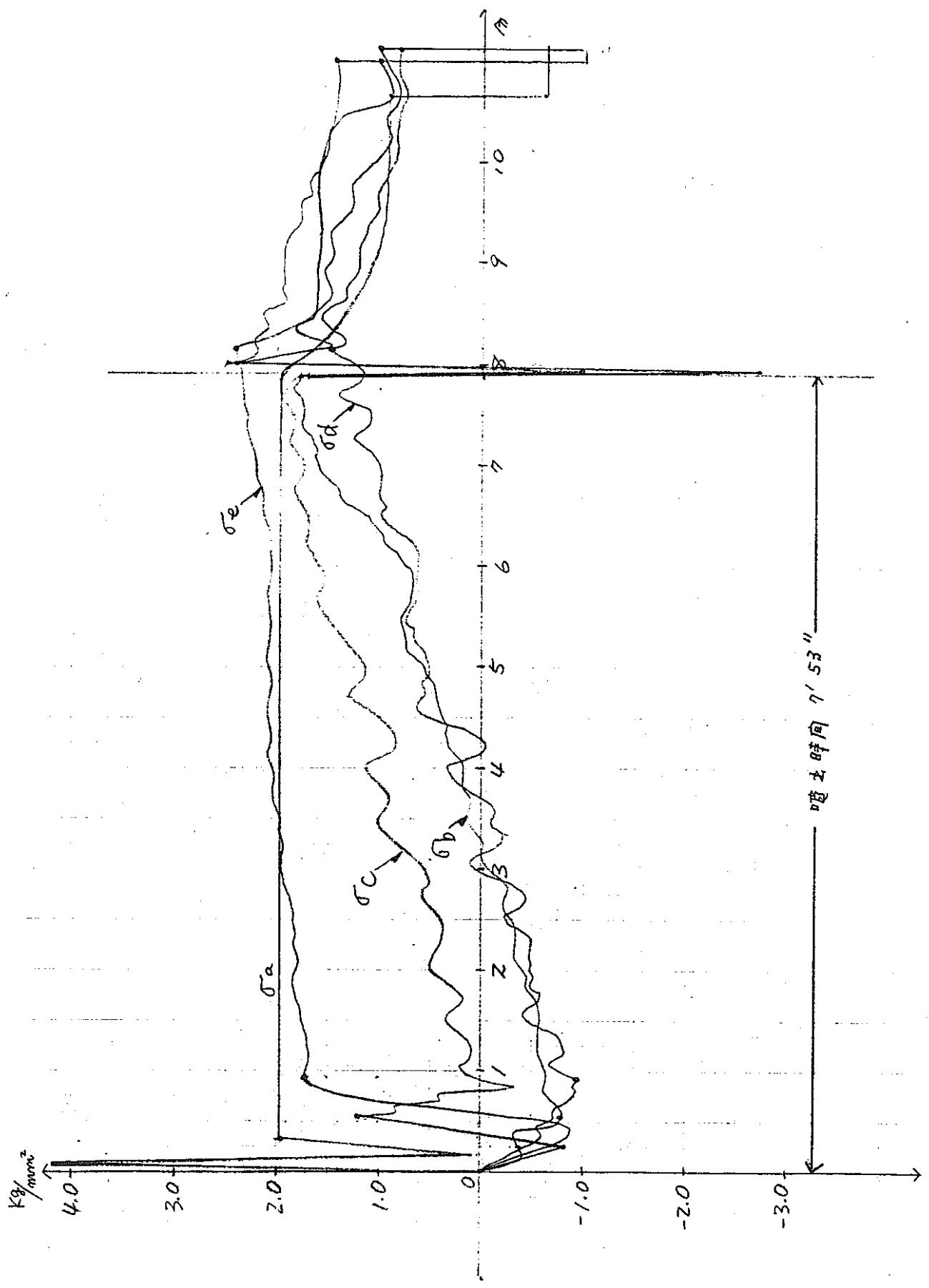


Fig. 8 - 2 Stress on outer jacket, Test No. 1 - 1

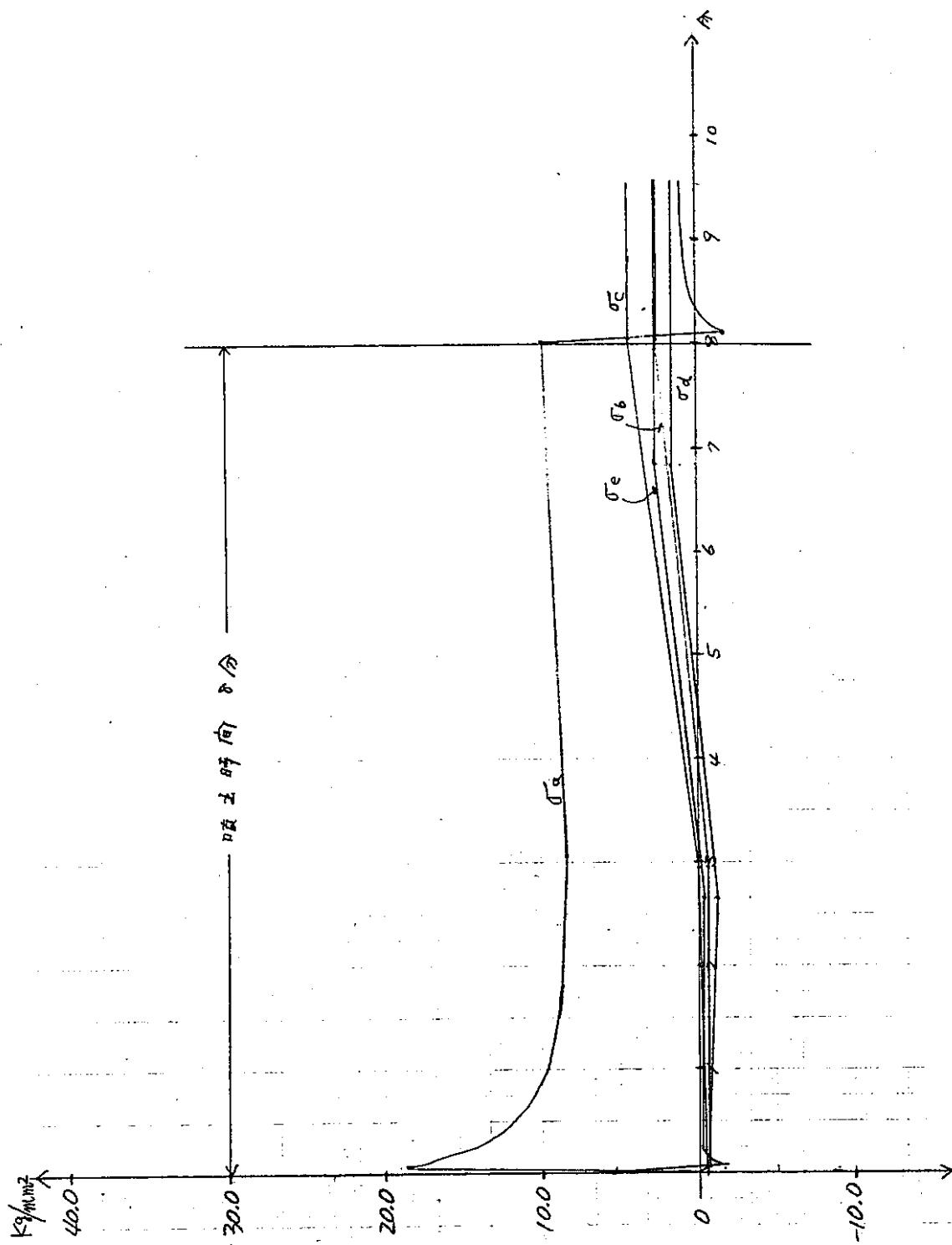


Fig. 8 - 3 Stress on inner jacket, Test No. 1 - 2

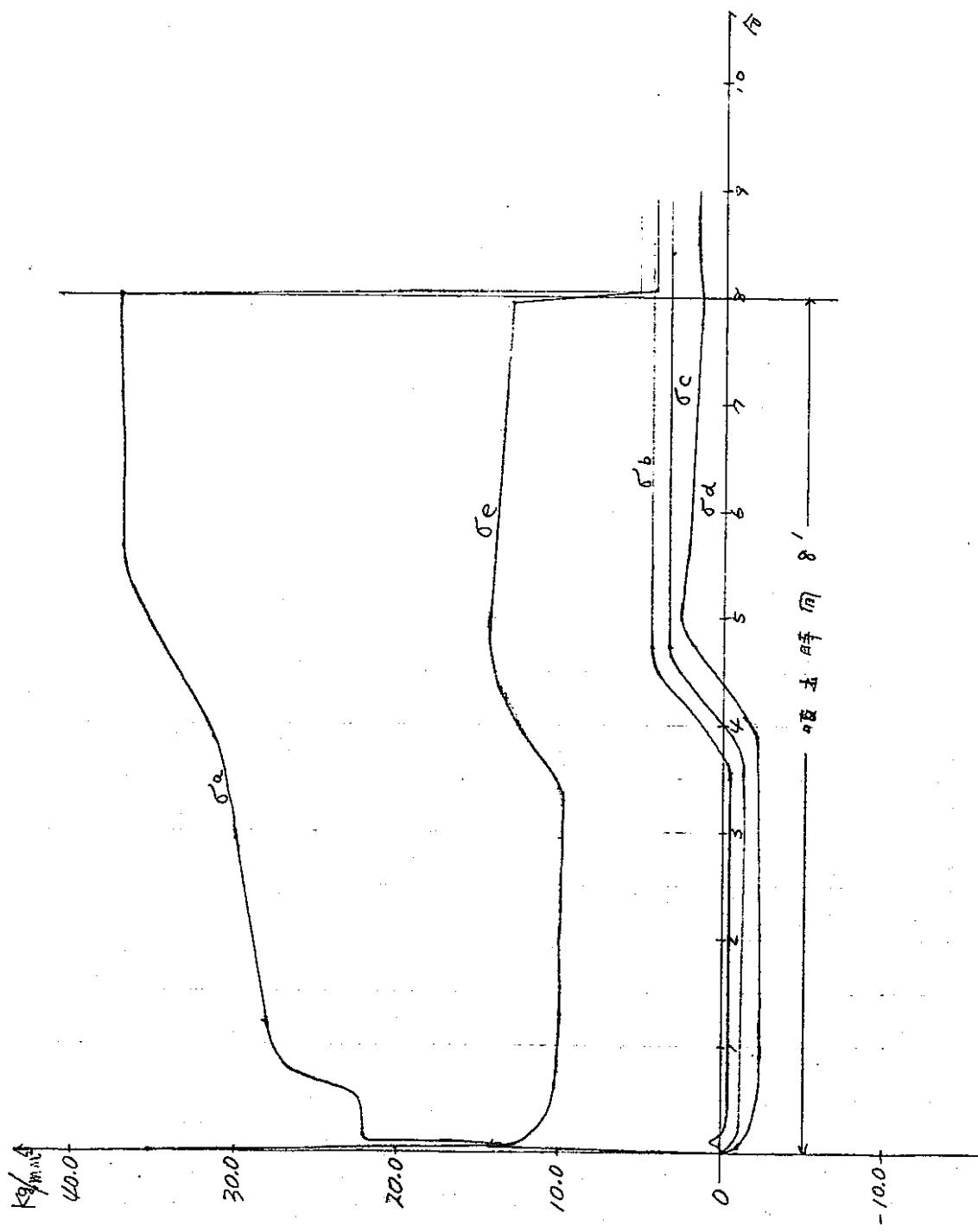


Fig. 8 - 4 Stress on inner jacket, Test No. 2

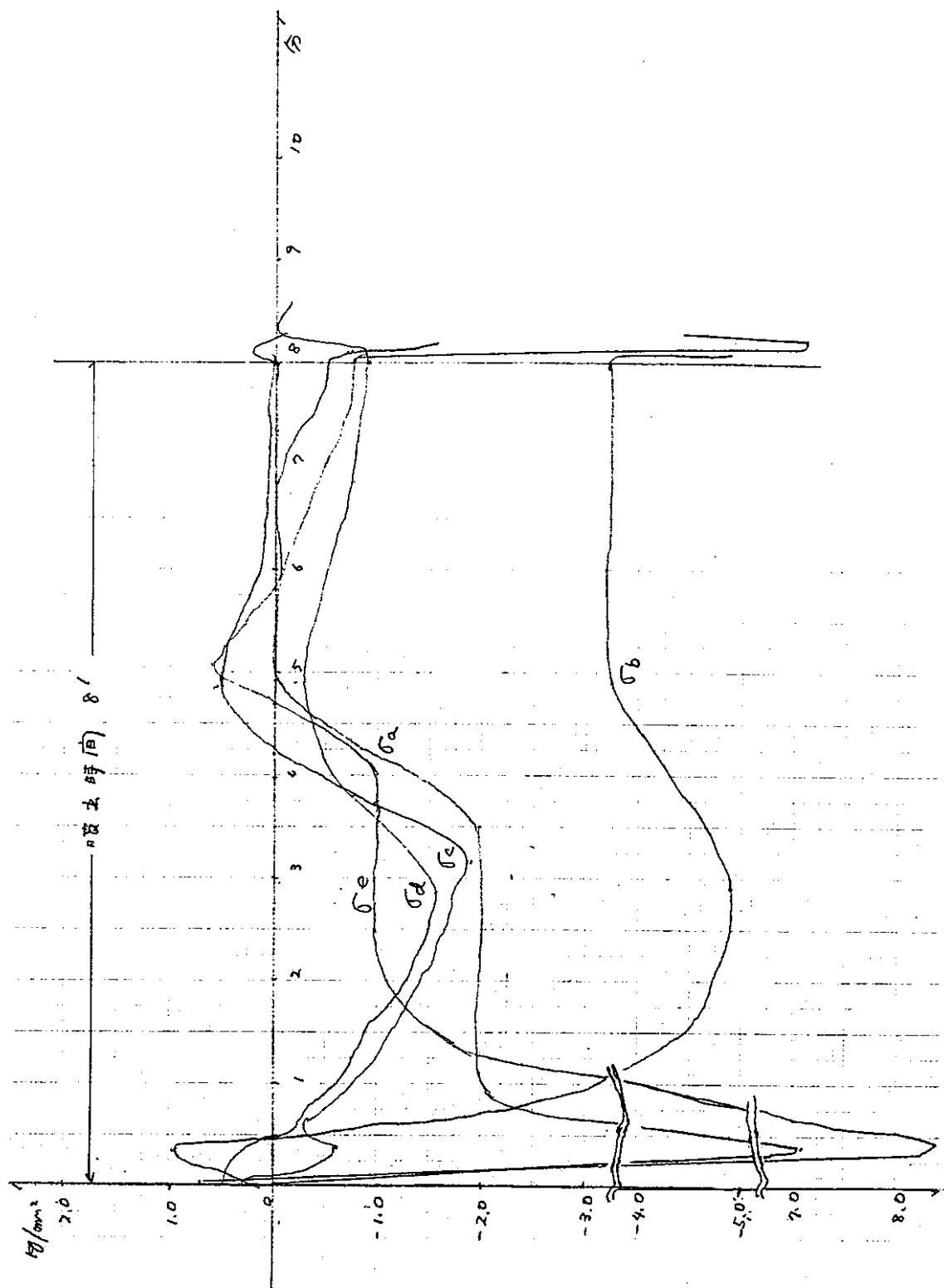


Fig. 8 - 5 Stress on outer jacket, Test No. 2

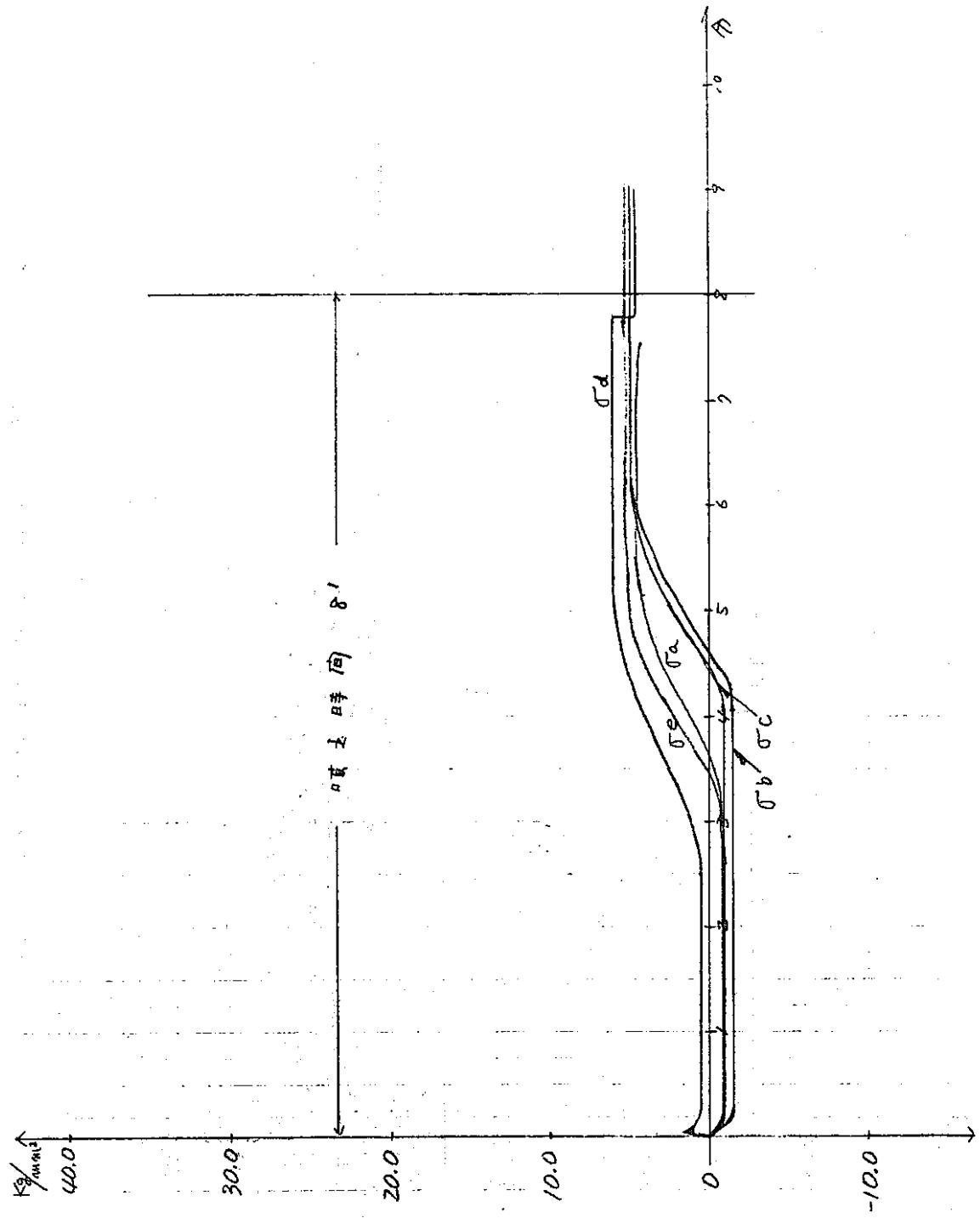


Fig. 8 - 6 Stress on inner jacket, Test No. 3

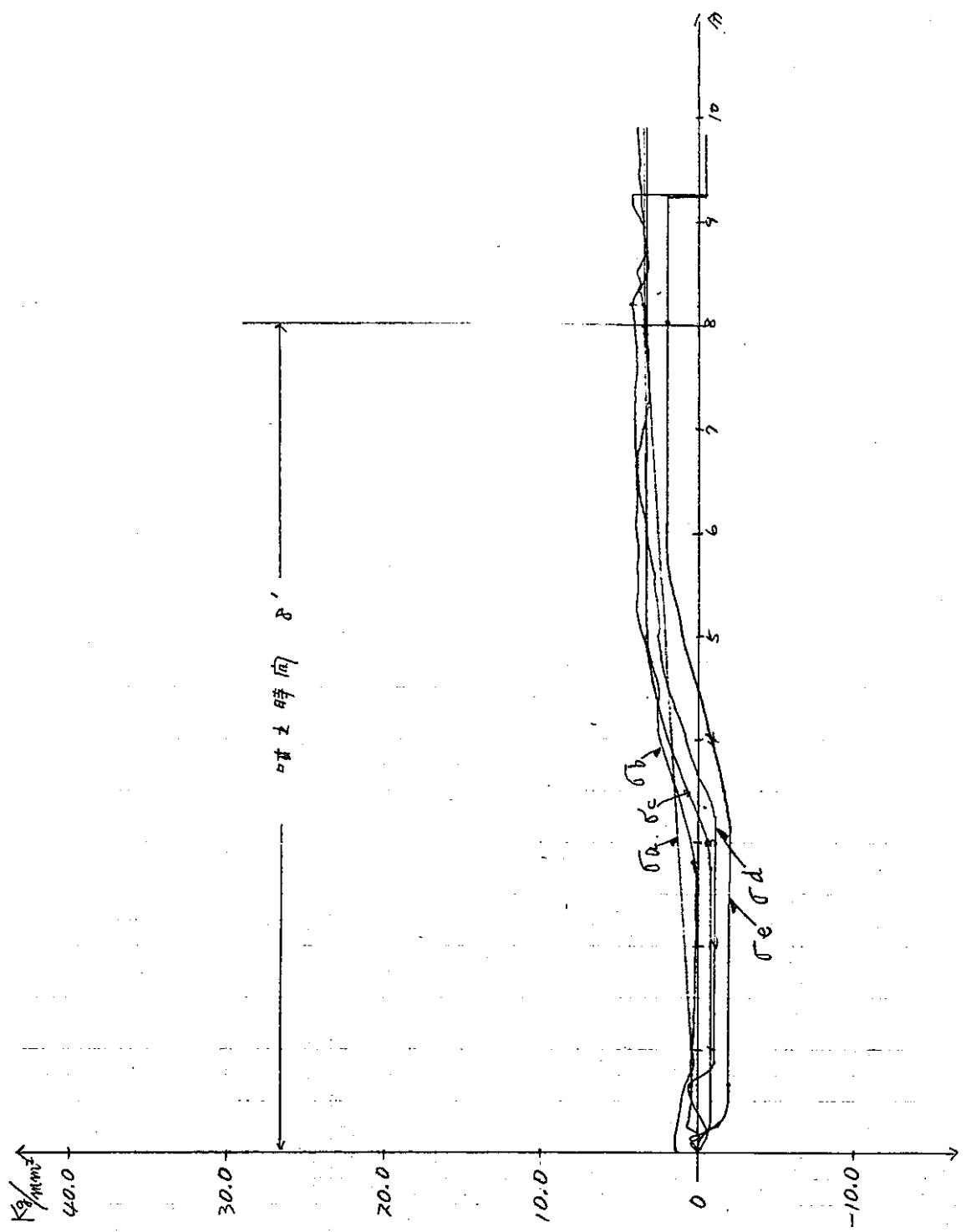


Fig. 8 - 7 Stress on outer jacket, Test No. 3

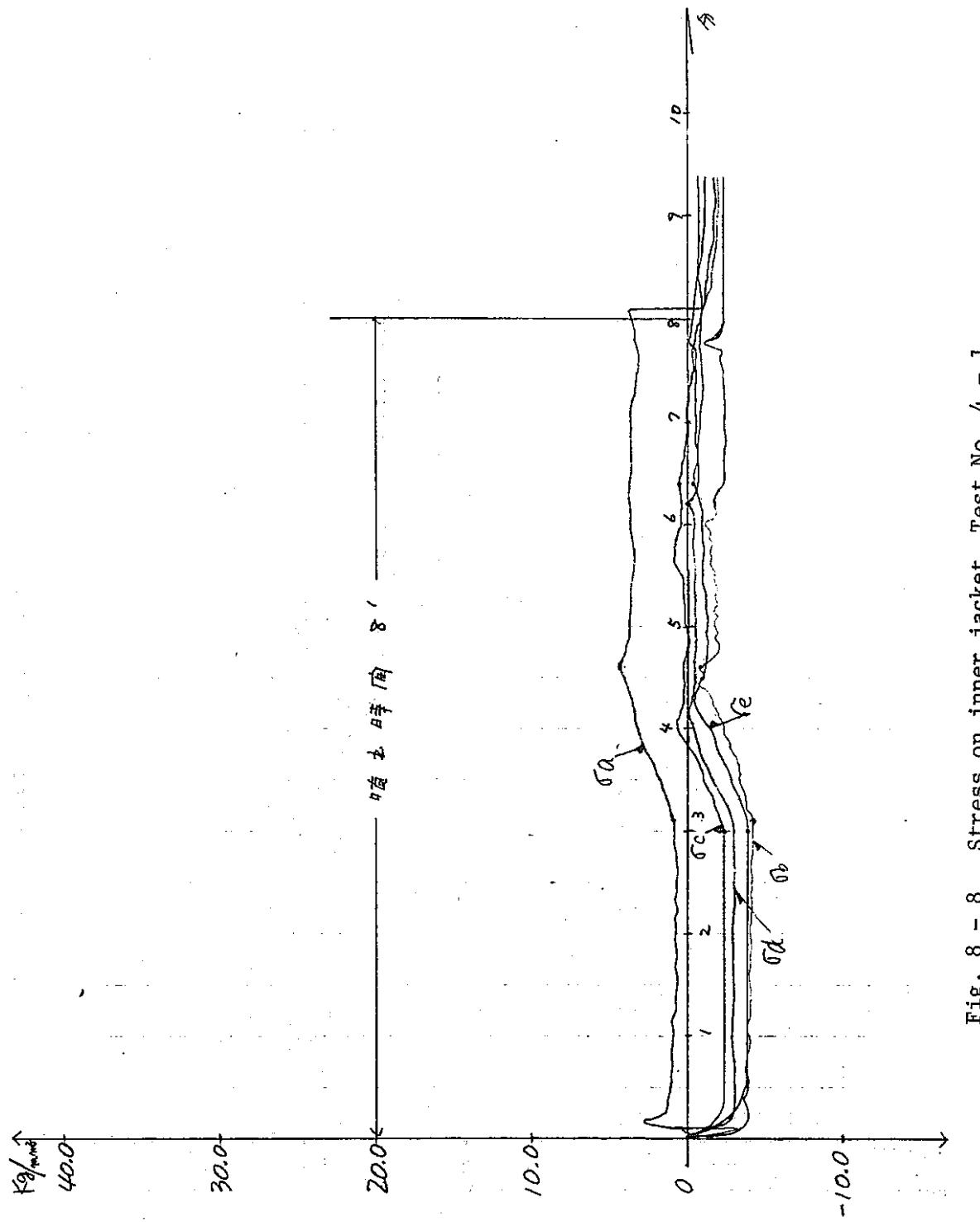


Fig. 8 - 8 Stress on inner jacket, Test No. 4 - 1

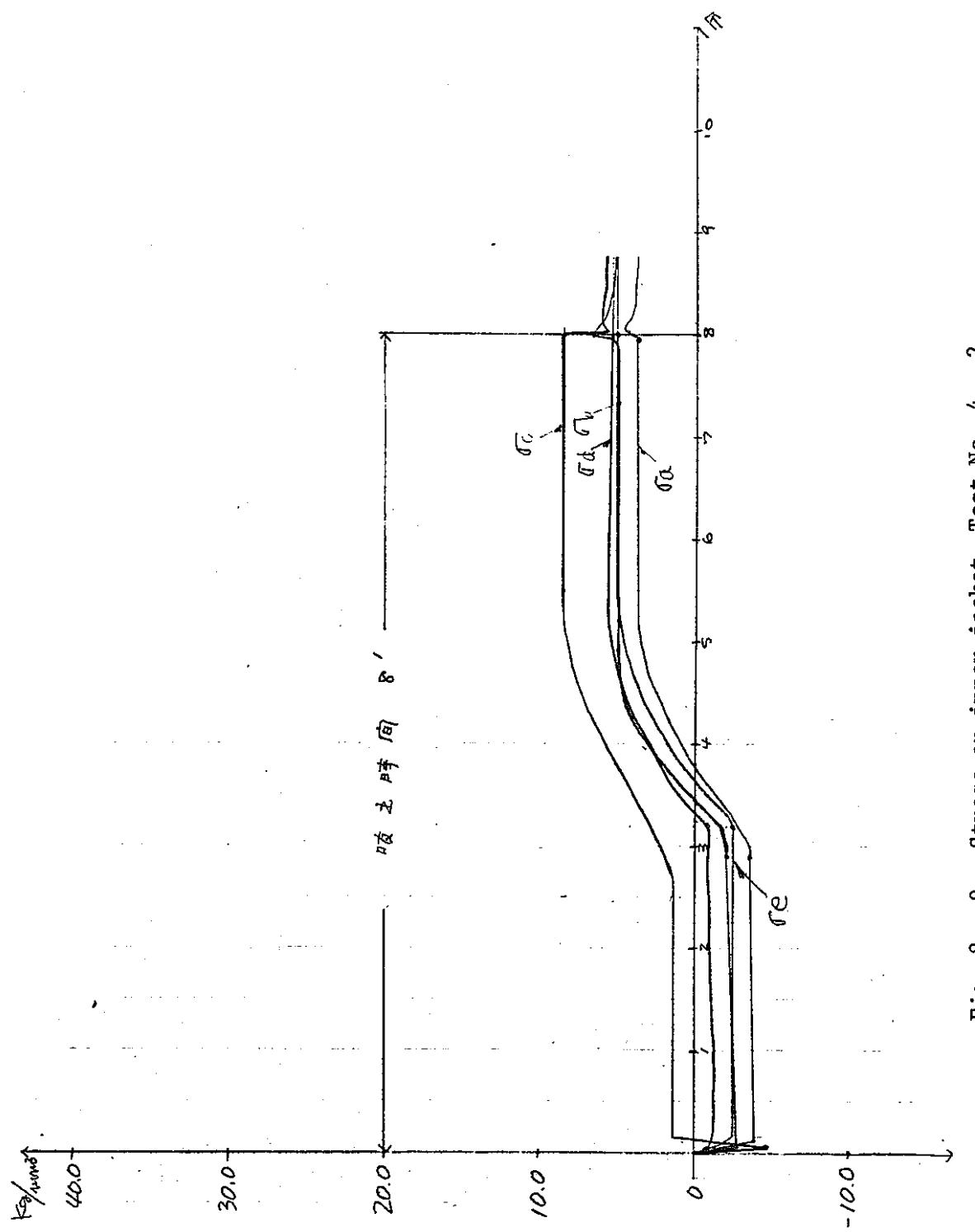


Fig. 8 - 9 Stress on inner jacket, Test No. 4 - 2

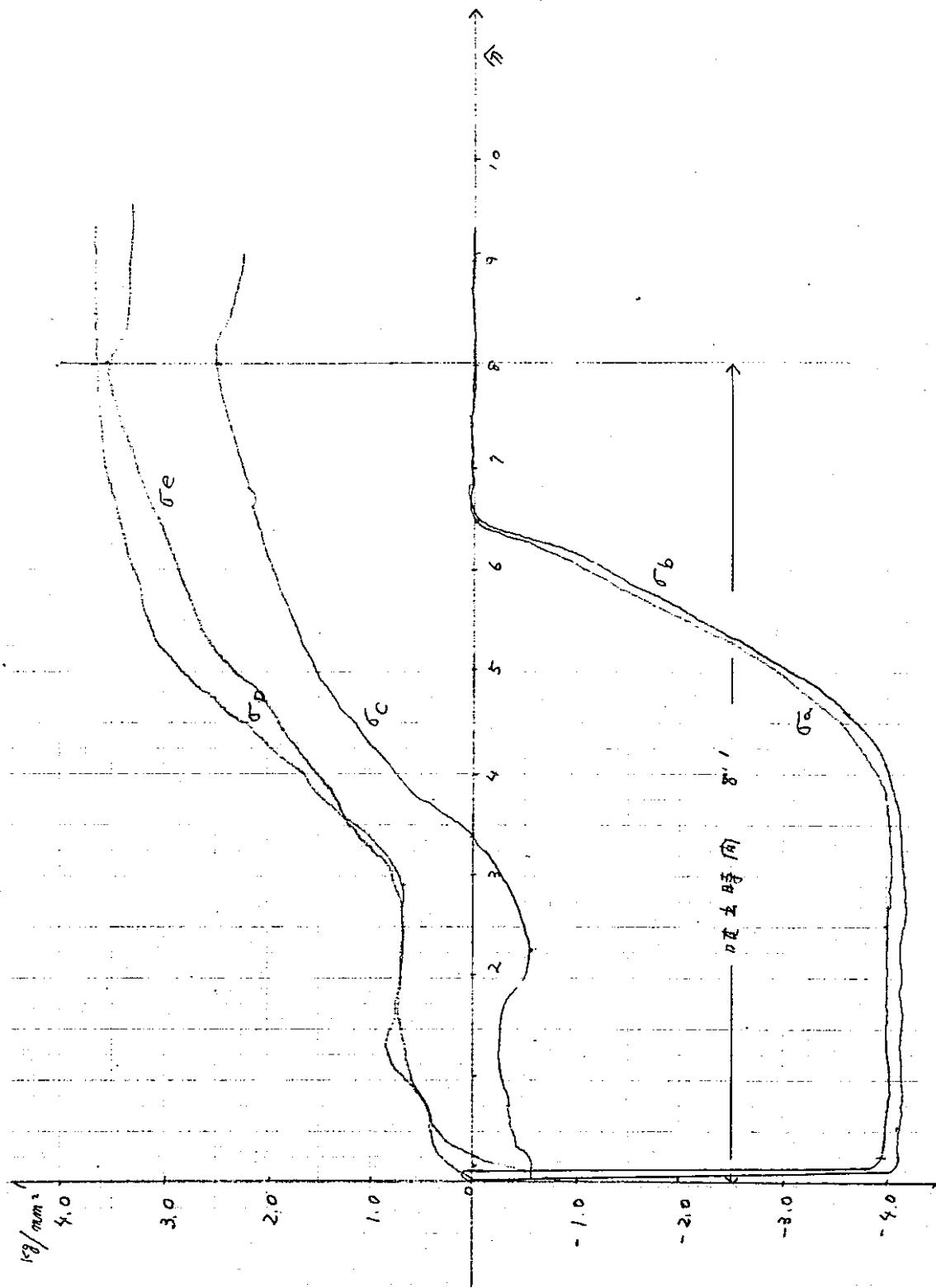


Fig. 8 - 10 Stress on outer jacket, Test No. 4 - 2

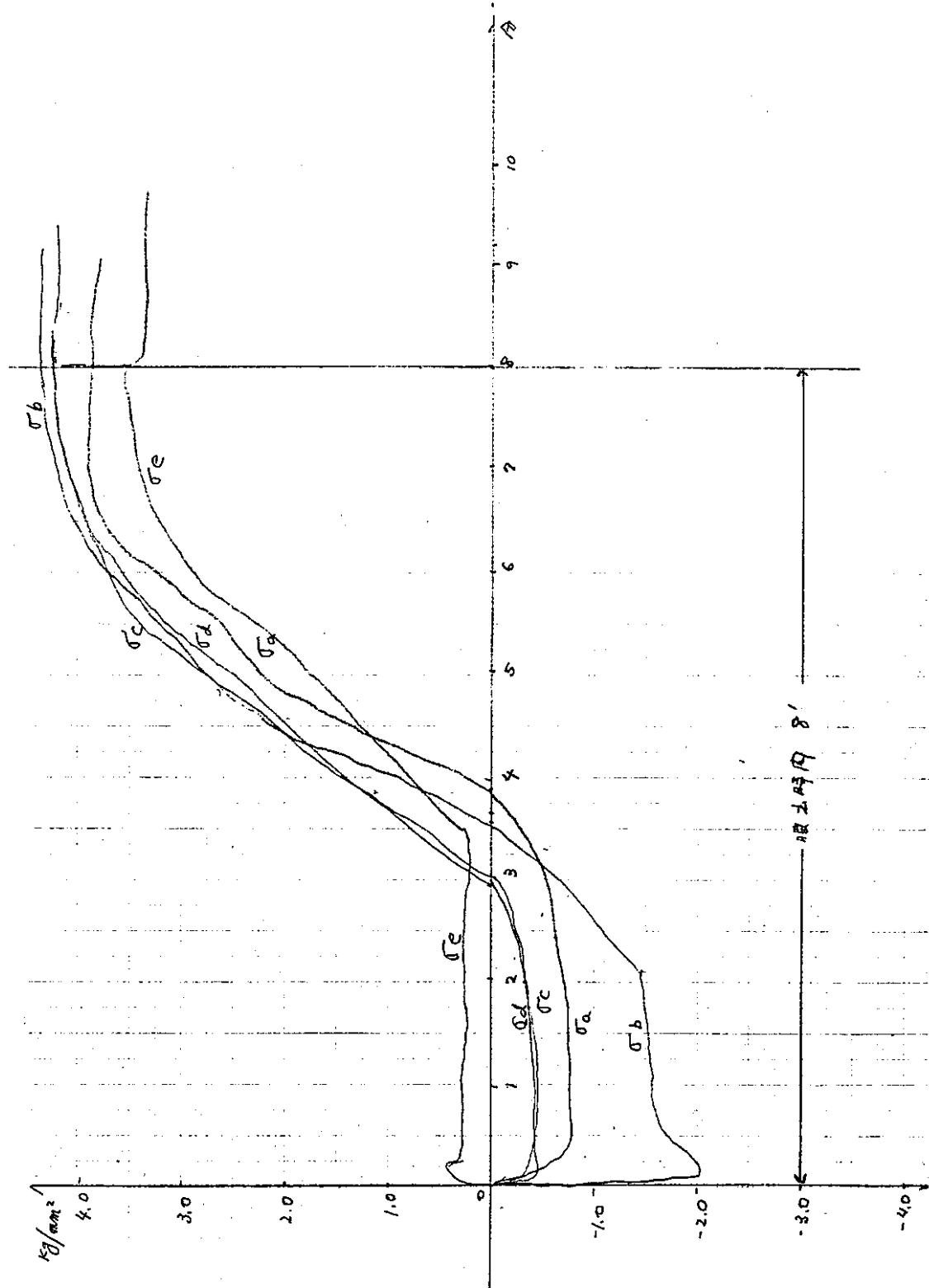


Fig. 8 - 11 Stress on inner jacket, Test No. 5

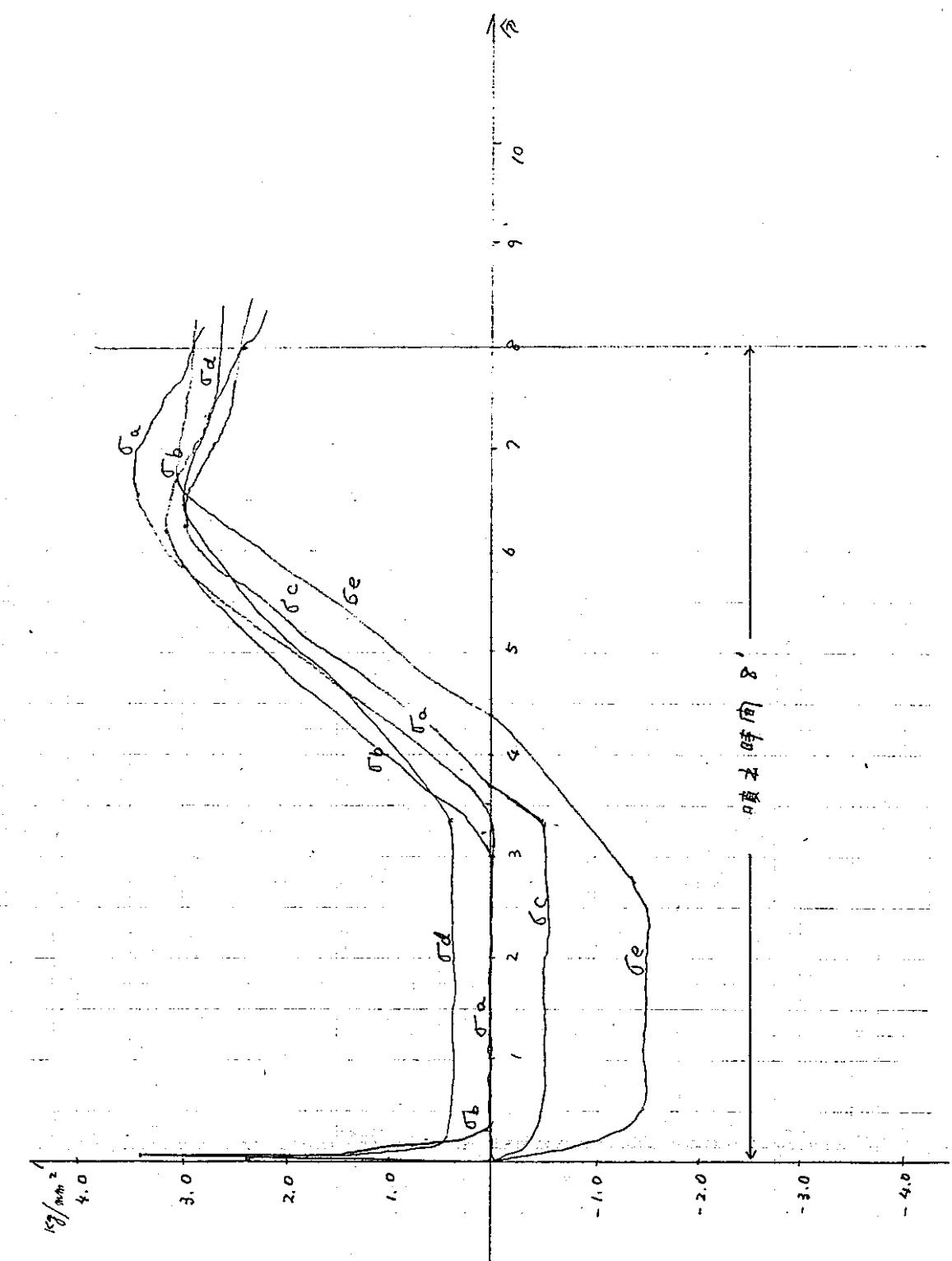


Fig. 8 - 12 Stress on outer jacket, Test No. 5

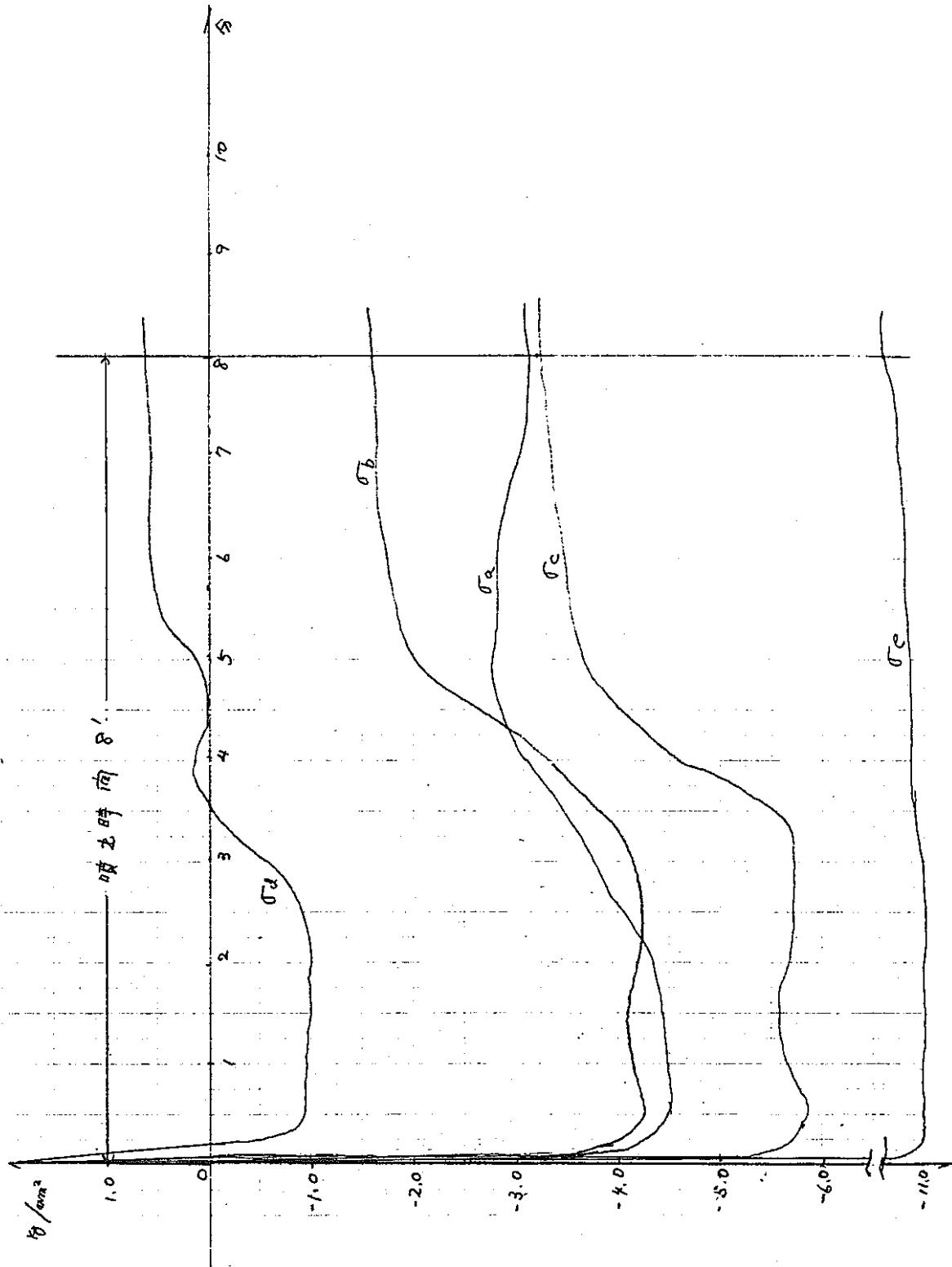


Fig. 8 - 13 Stress on inner jacket, Test No. 6 - 1

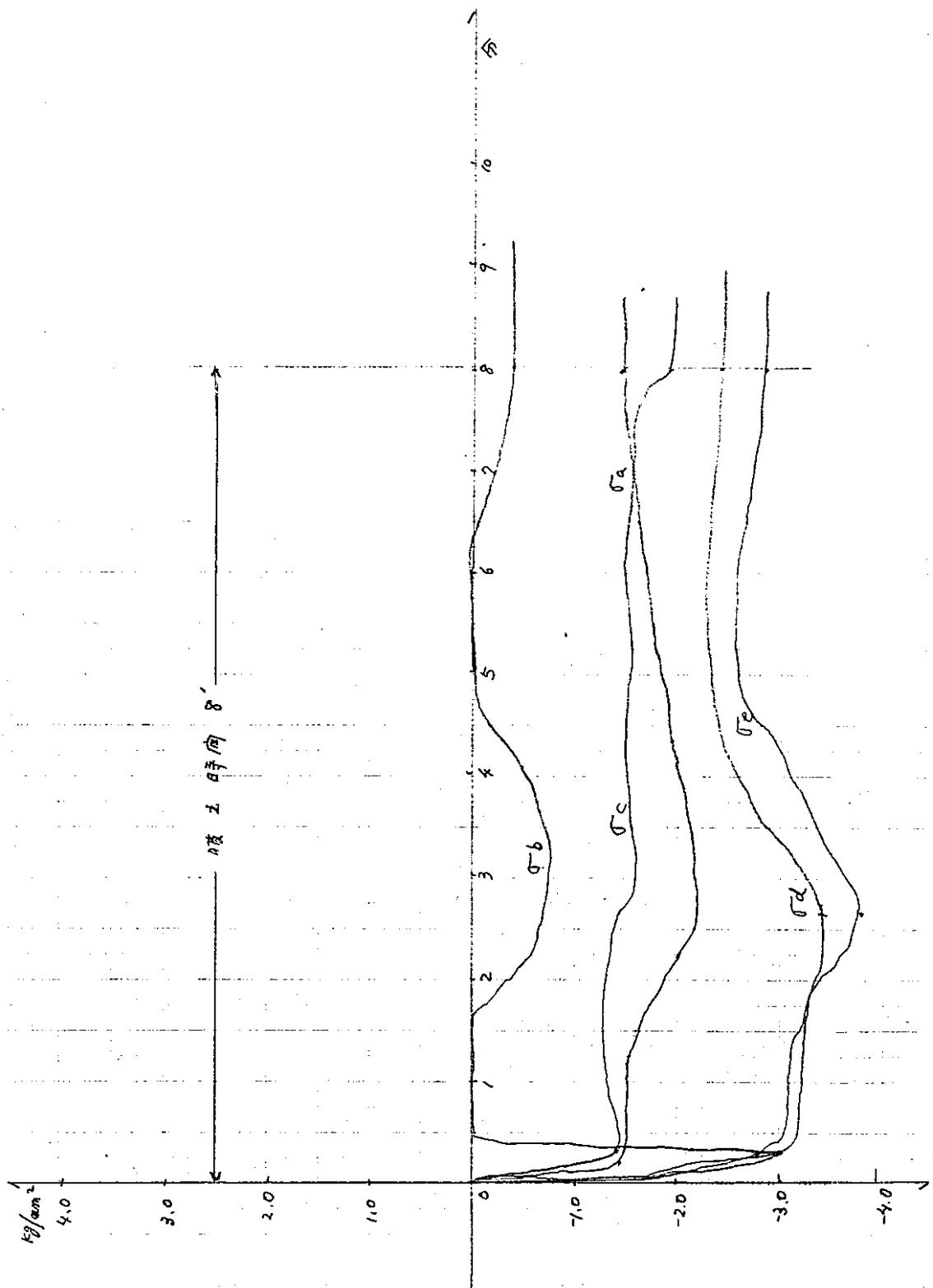


Fig. 8 - 14 Stress on outer jacket, Test No. 6 - 1

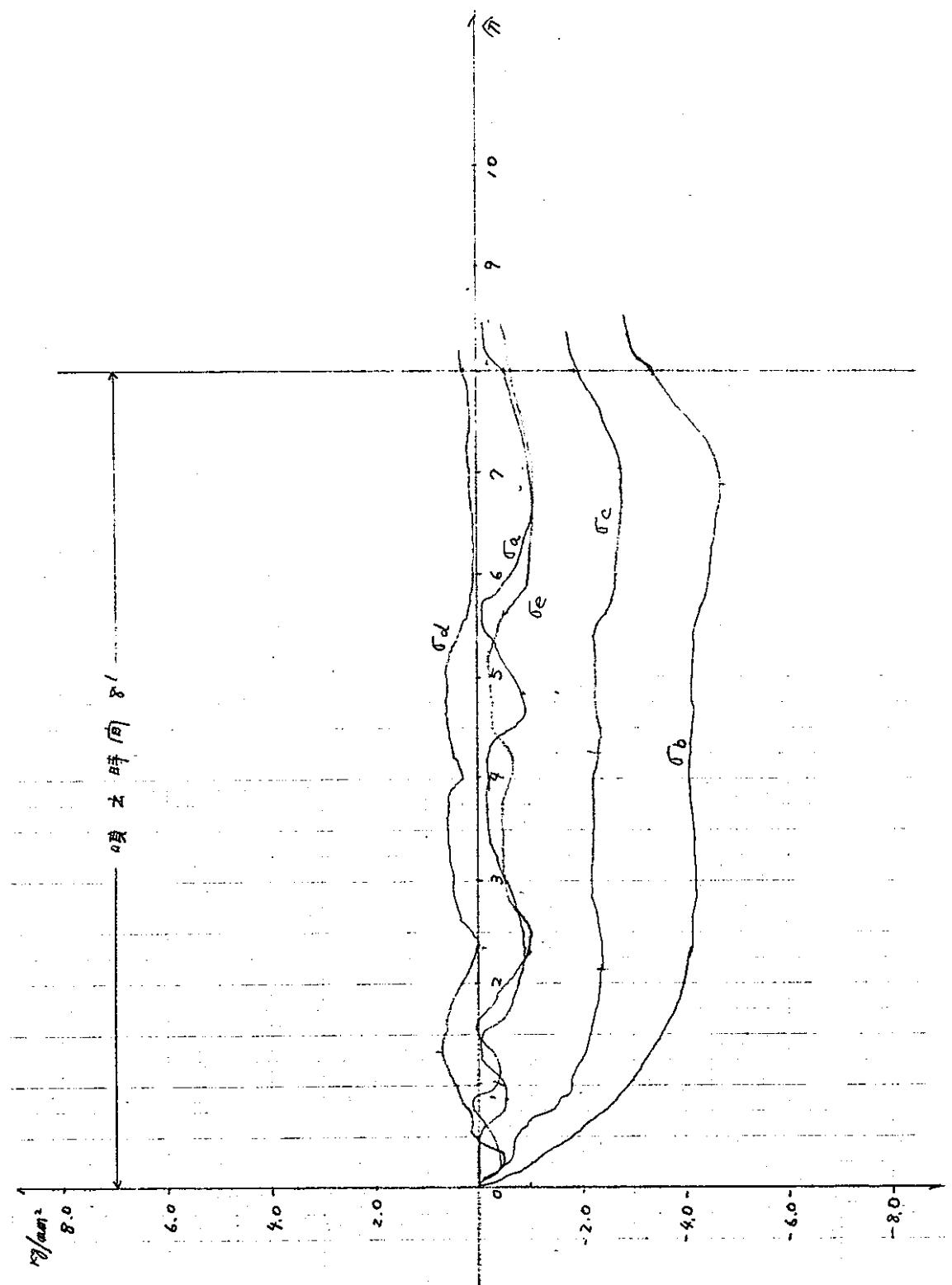


Fig. 8 - 15 Stress on inner jacket, Test No. 7 - 1

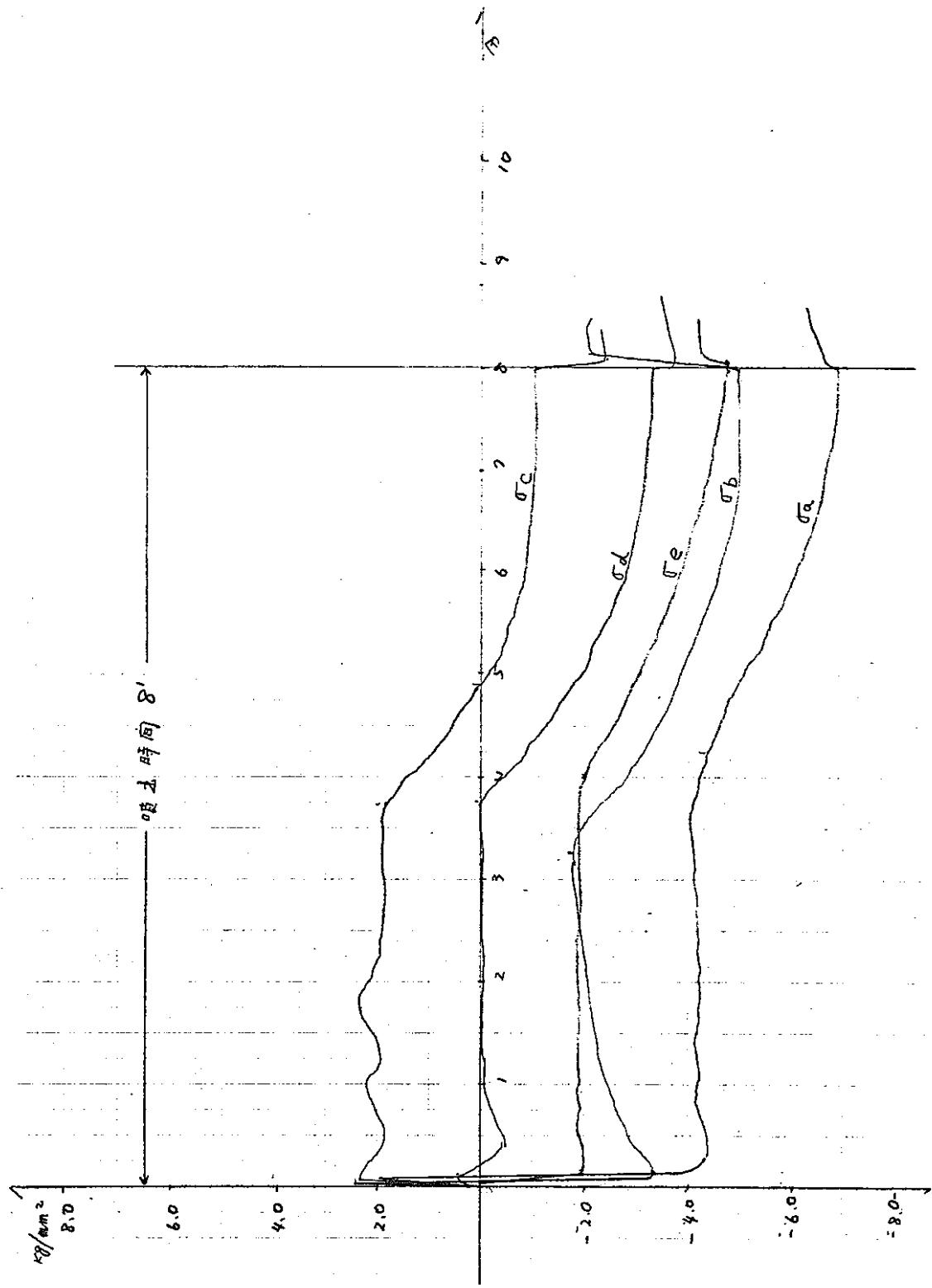


Fig. 8 - 16 Stress on outer jacket, Test No. 7 - 1

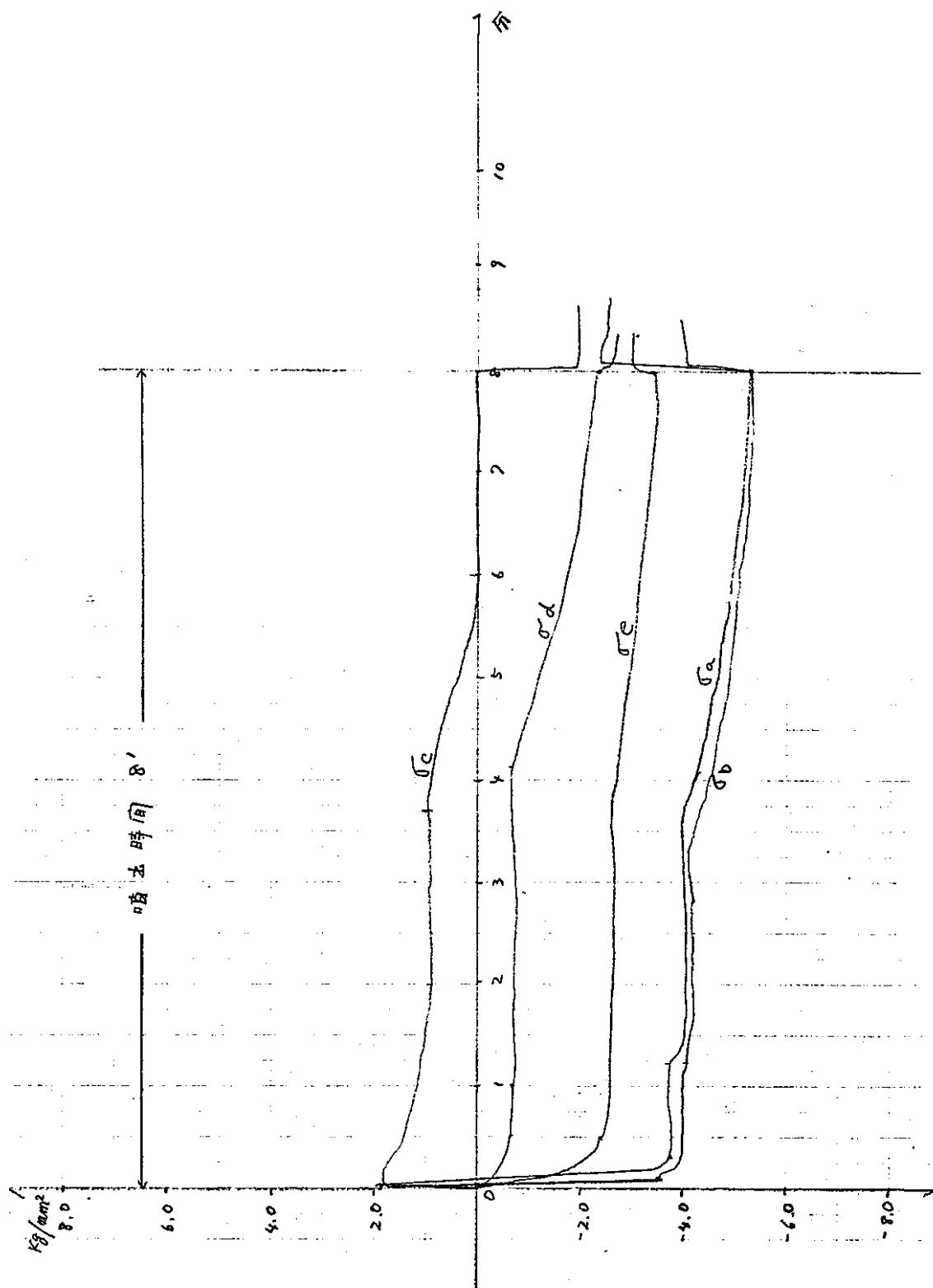
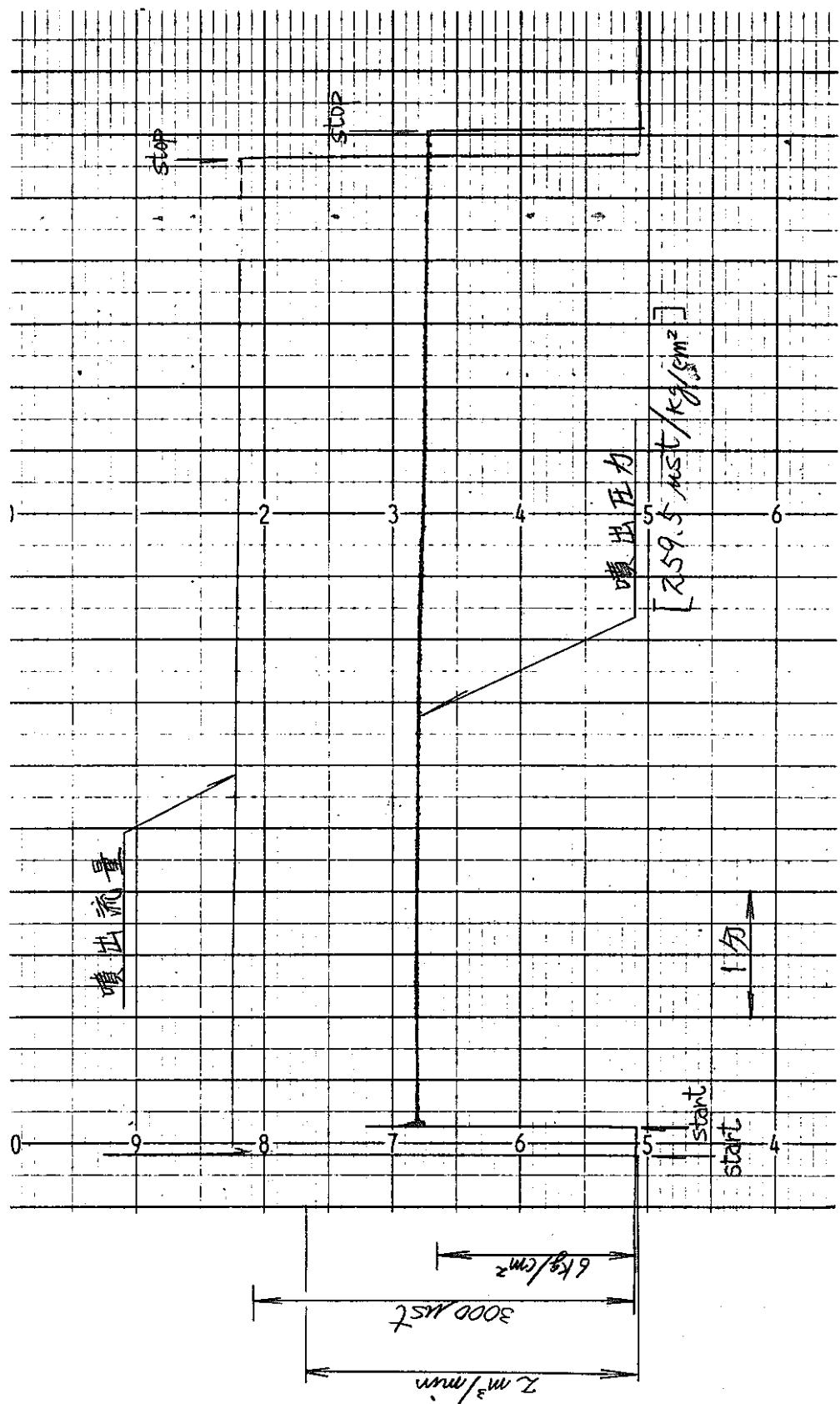


Fig. 8 - 17 Stress on inner jacket, Test No. 7 - 2



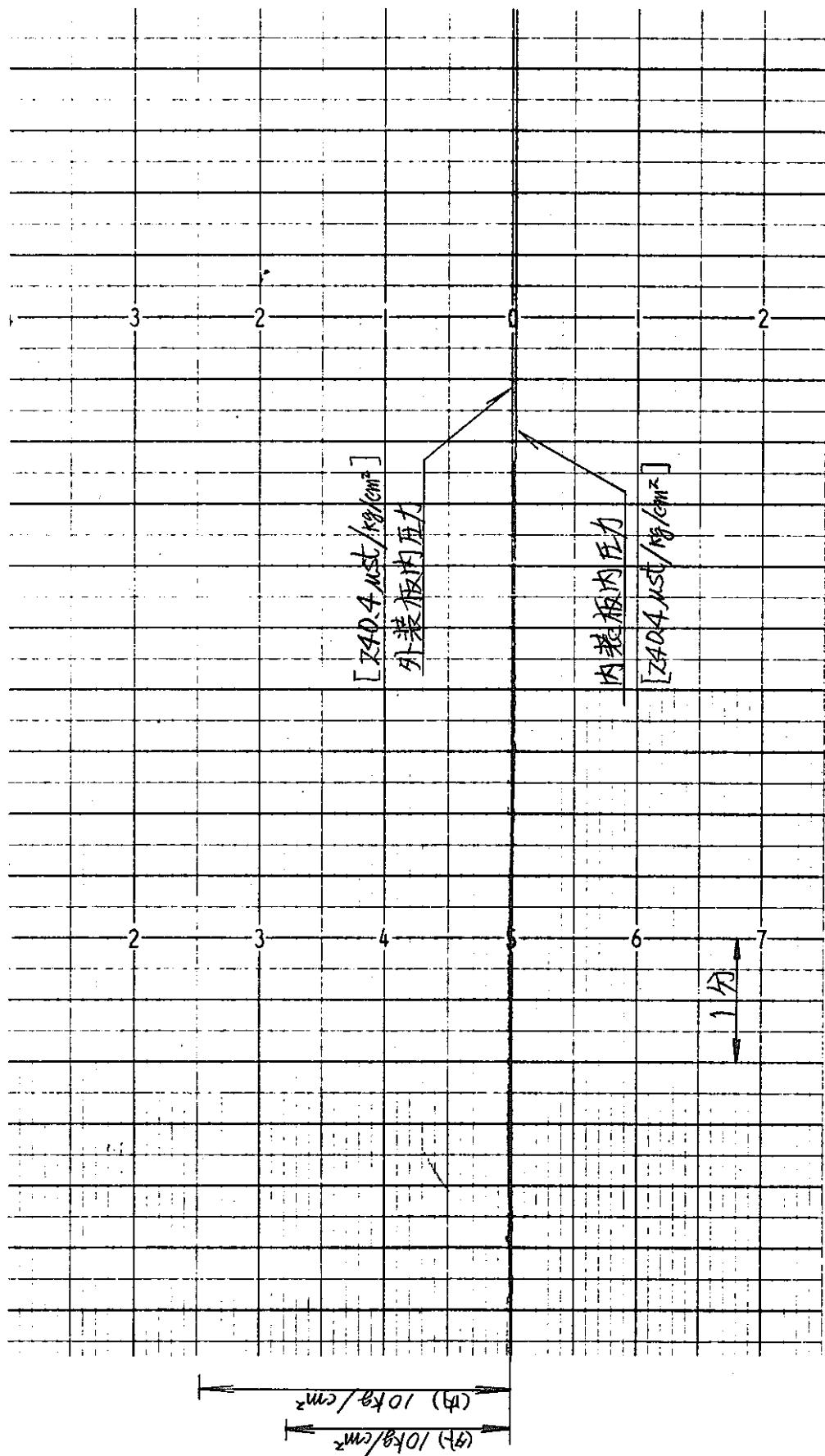
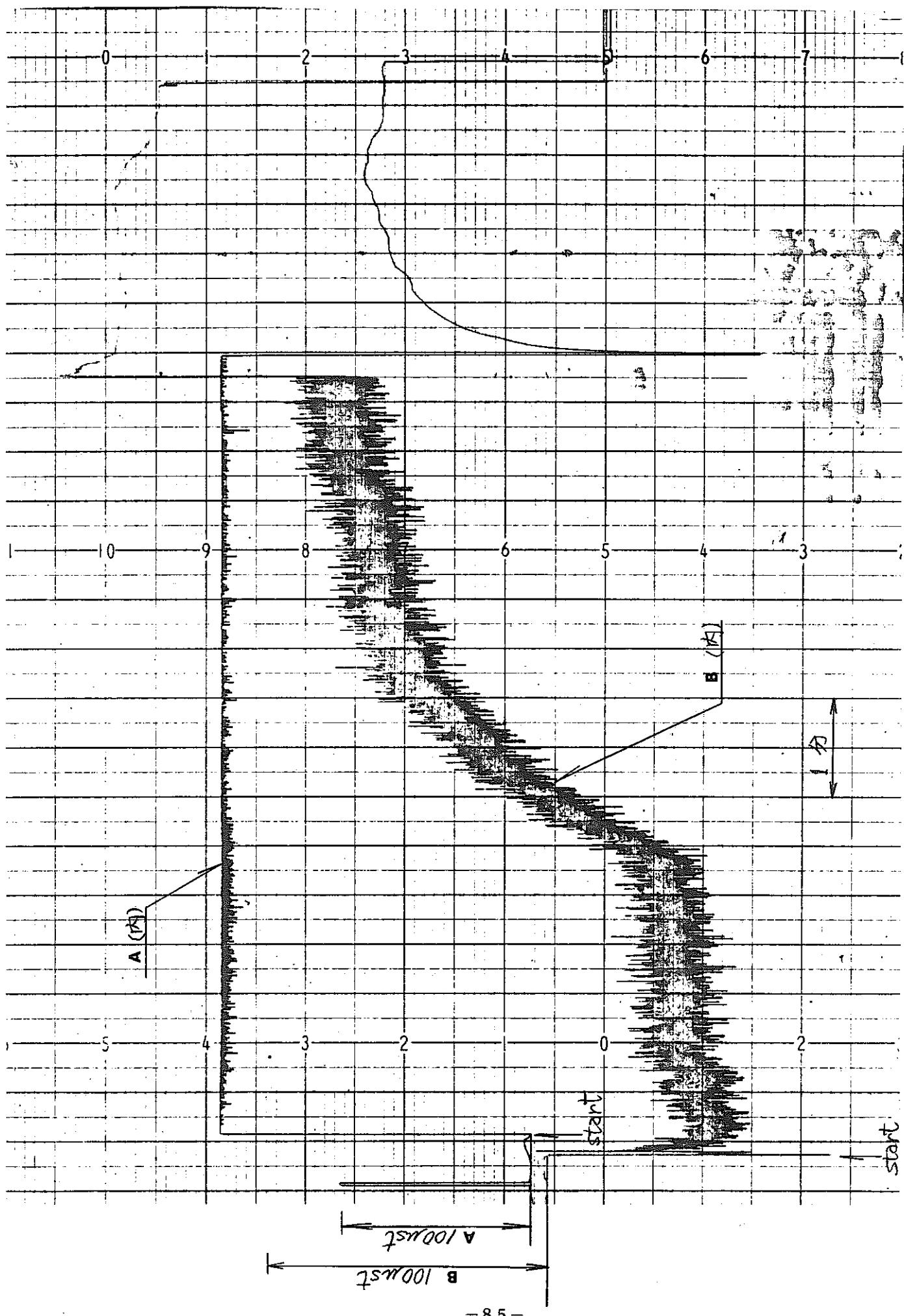


Fig. 8 - 19 Pressure in inner & outer jacket, Test No. 1 - 1

Fig. 8 - 20 Output of strain gauge A & B on inner jacket, Test No. 1 - 1



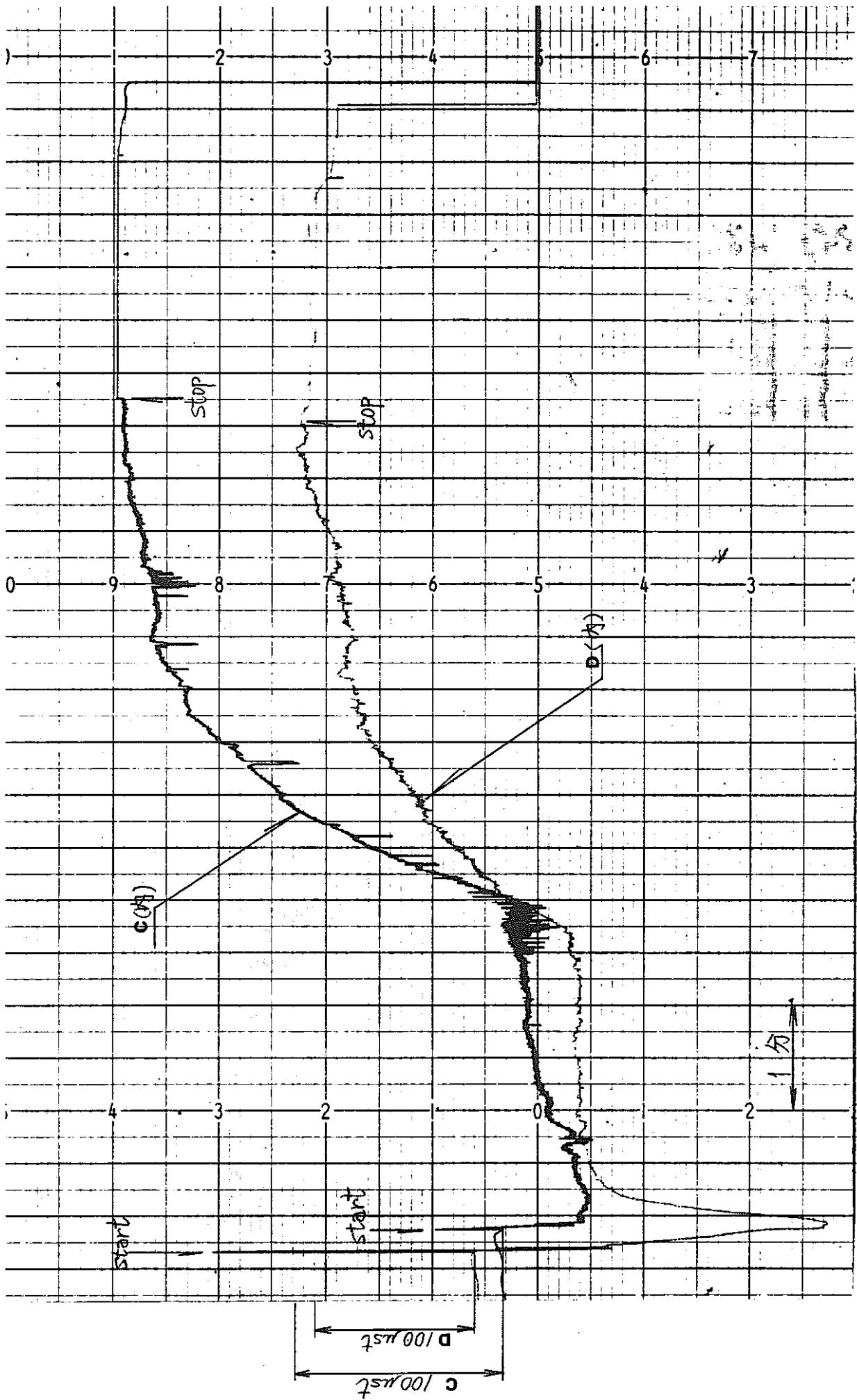


Fig. 8 - 21 Output of strain gauge C & D on inner jacket, Test No. 1 - 1

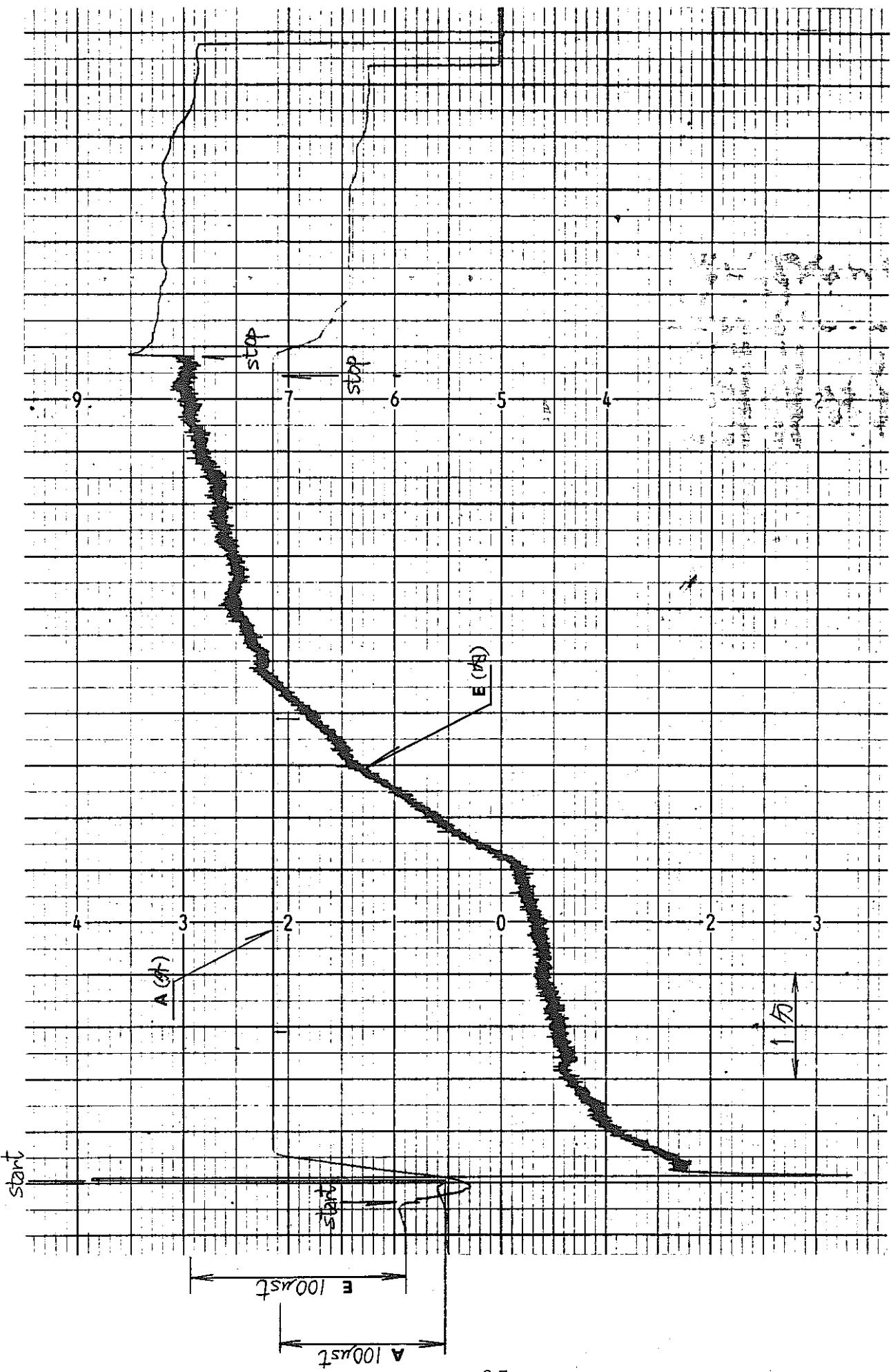
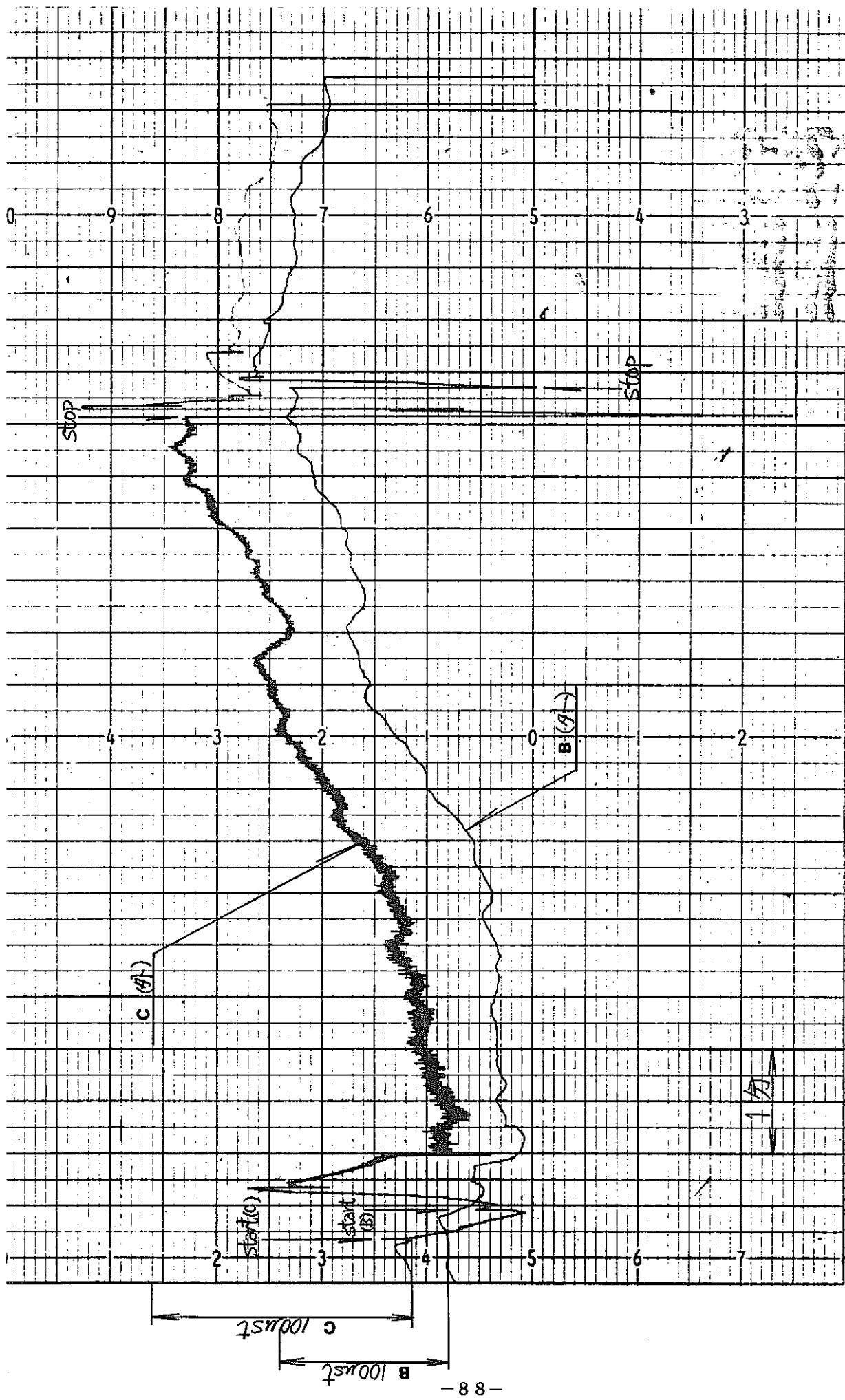


Fig. 8 - 22 Output of strain gauge E on inner jacket & strain gauge A on outer jacket, Test No. 1 - 1

Fig. 8 - 23 Output of strain gauge B & C on outer jacket, Test No. 1 - 1



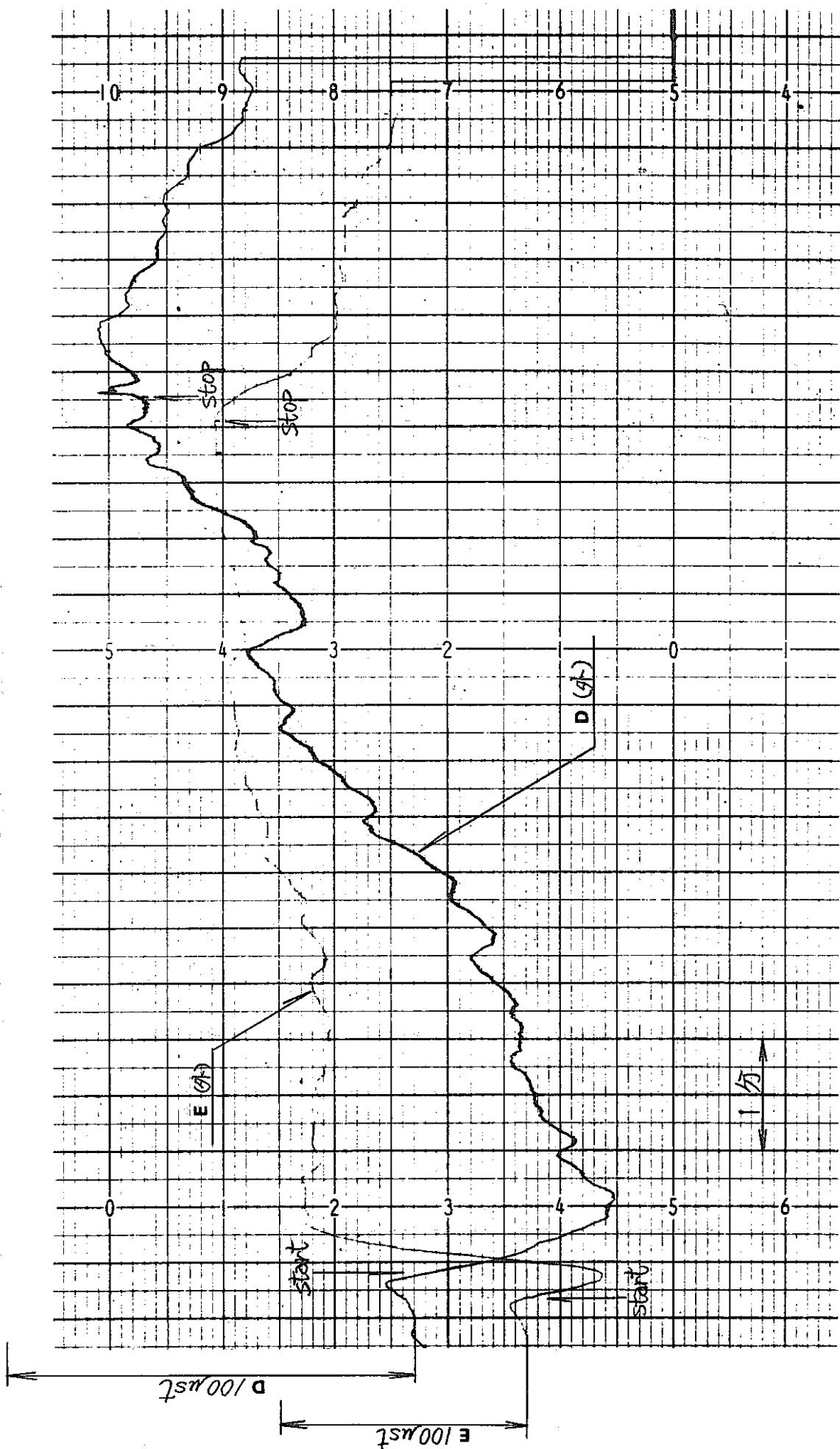
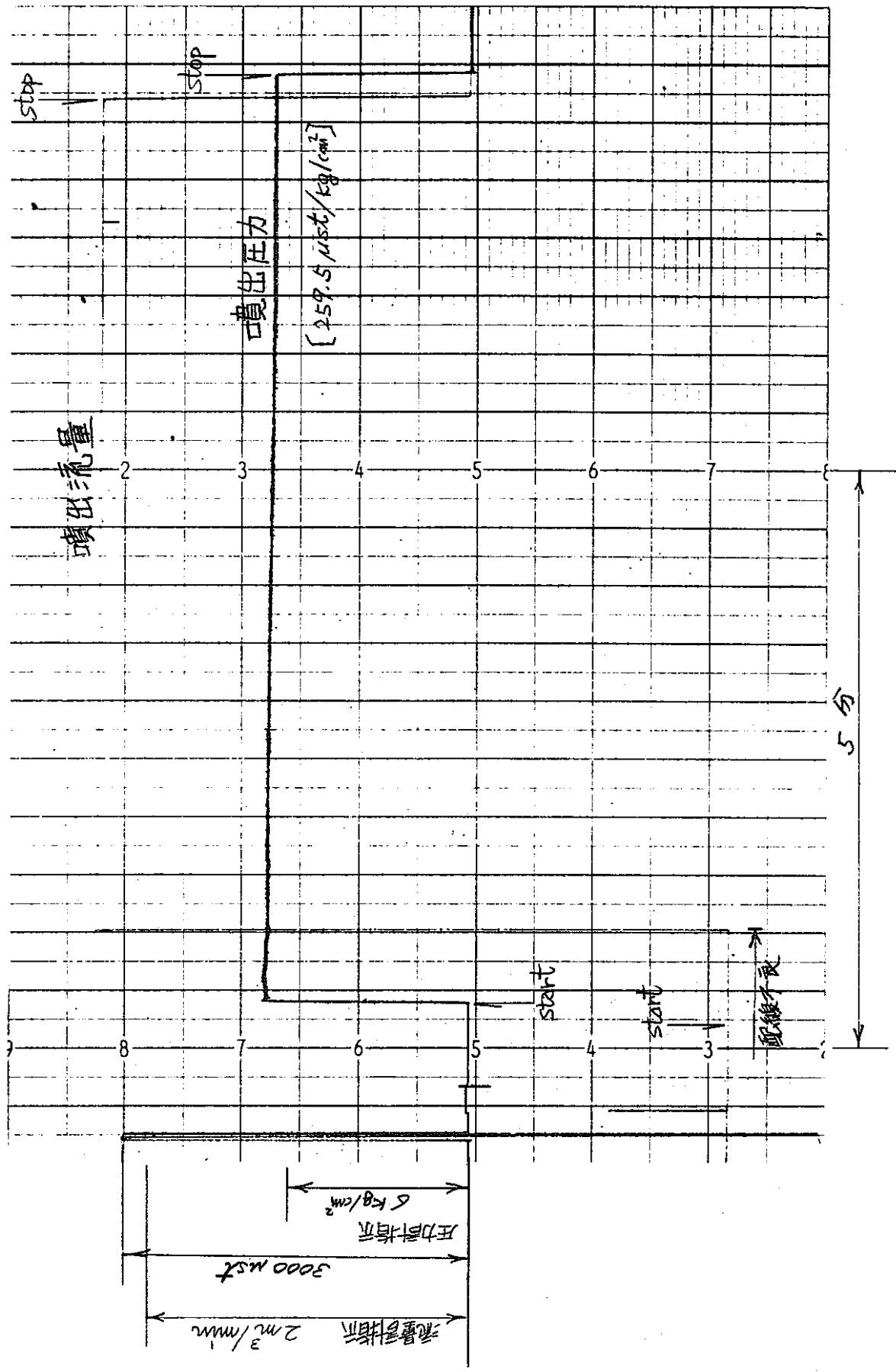


Fig. 8 - 24 Output of strain gauge D & E on outer jacket, Test No. 1 - 1



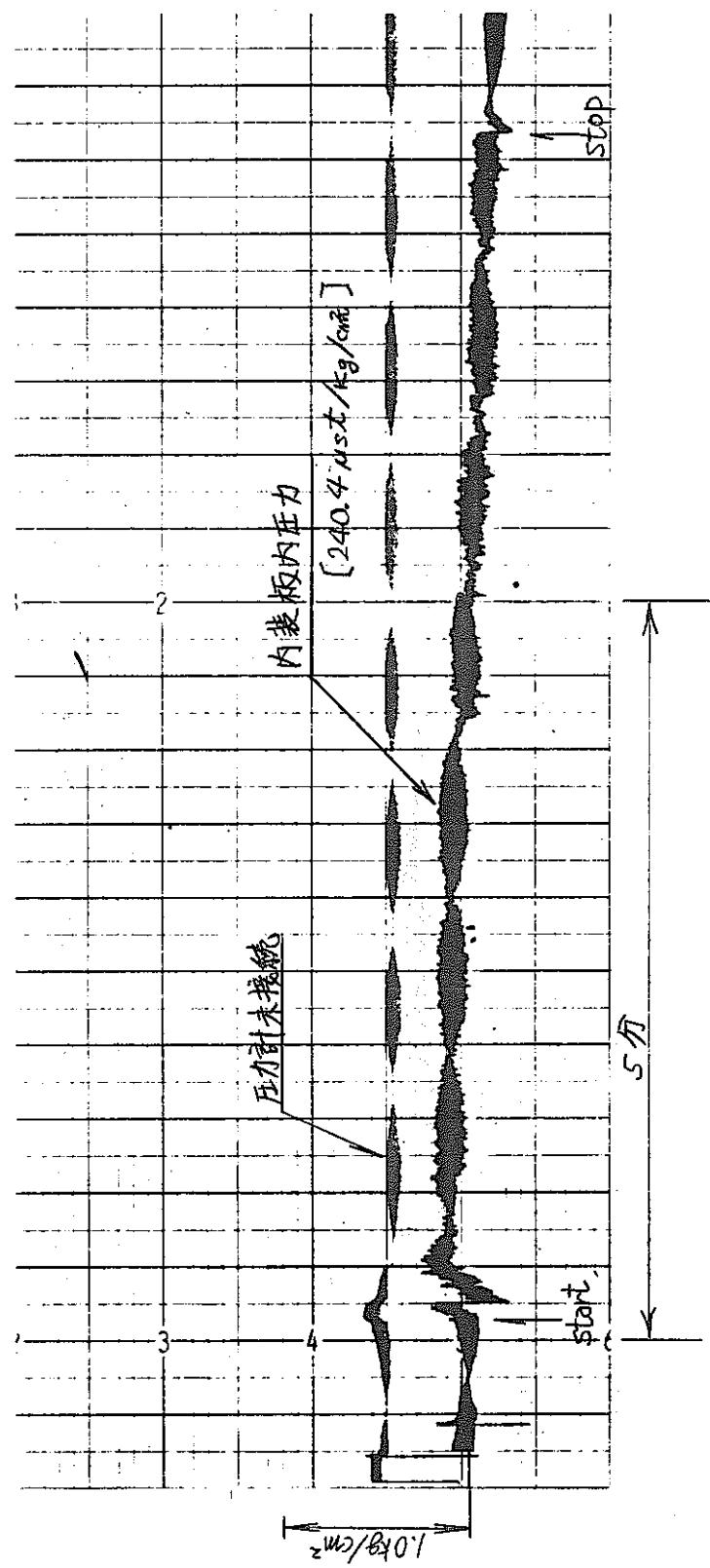


Fig. 8 - 26 Pressure in inner jacket, Test No. 1 - 2

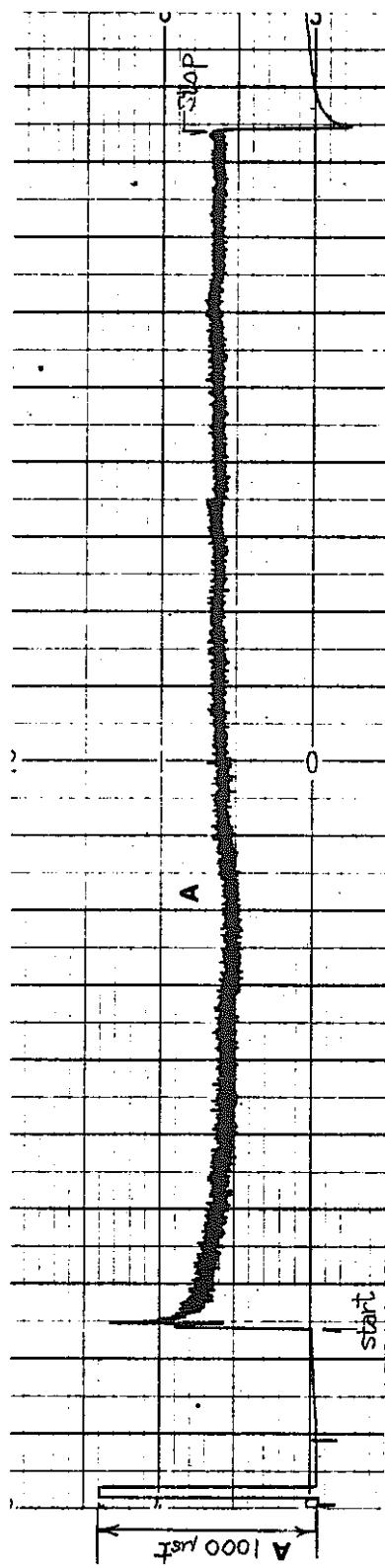


Fig. 8 - 27 Output of strain gauge A on inner jacket, Test No. 1 - 2

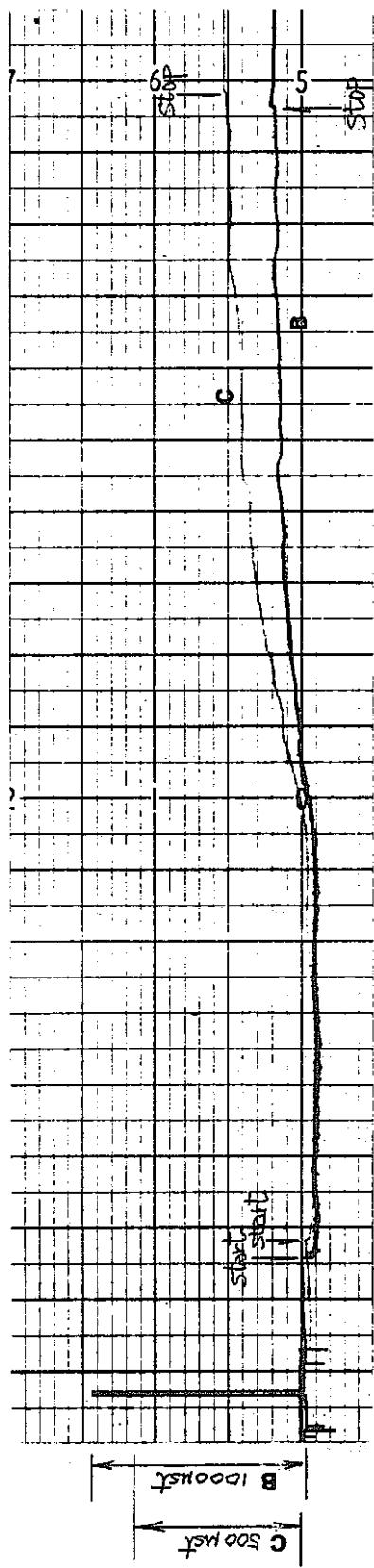


Fig. 8 - 28 Output of strain gauge B & C on inner jacket, Test No. 1 - 2

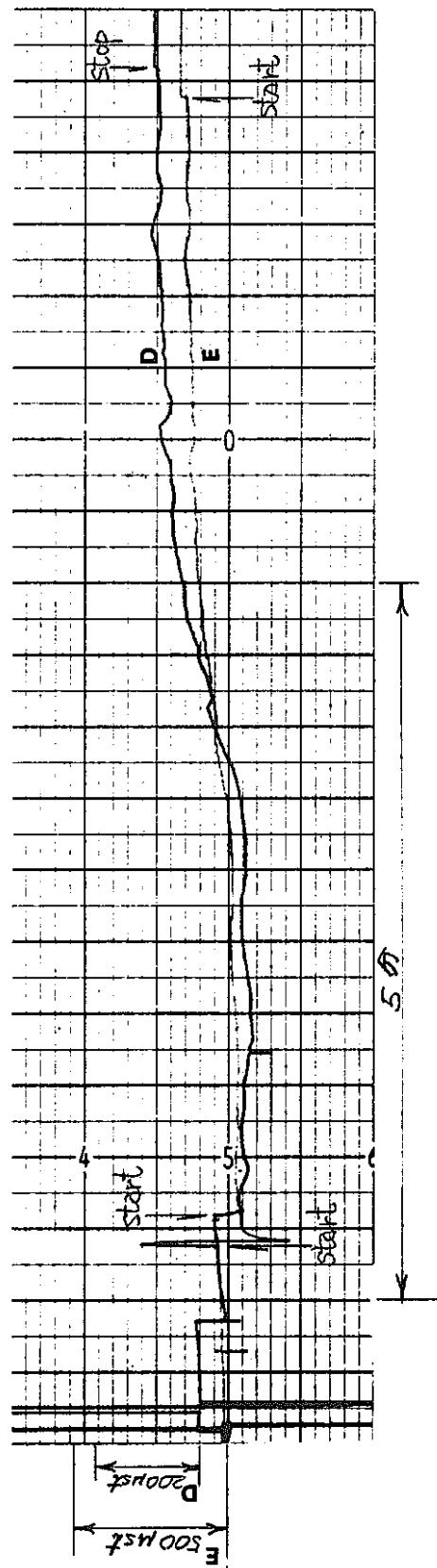
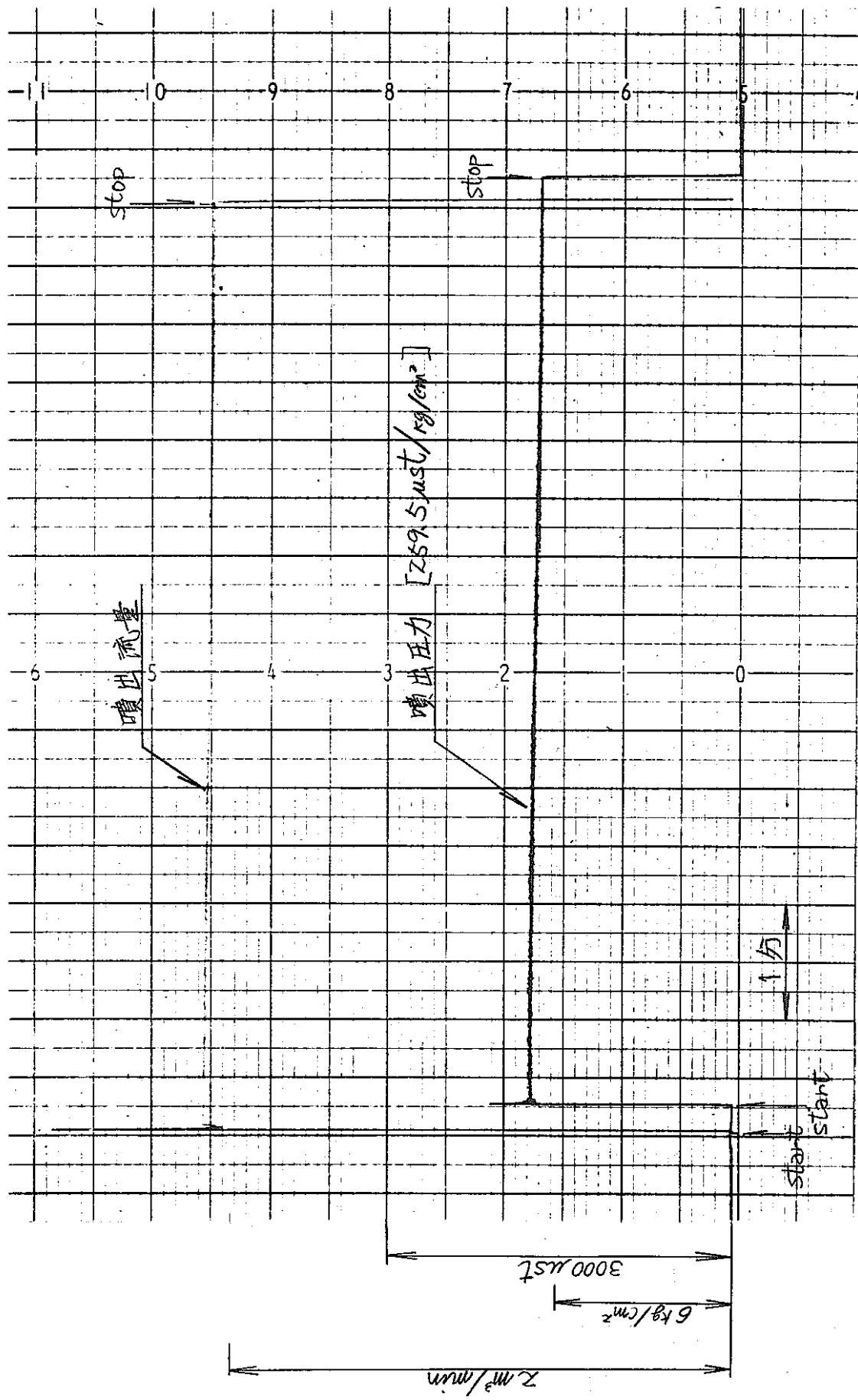


Fig. 8 - 29 Output of strain gauge D & E on inner jacket, Test No. 1 - 2



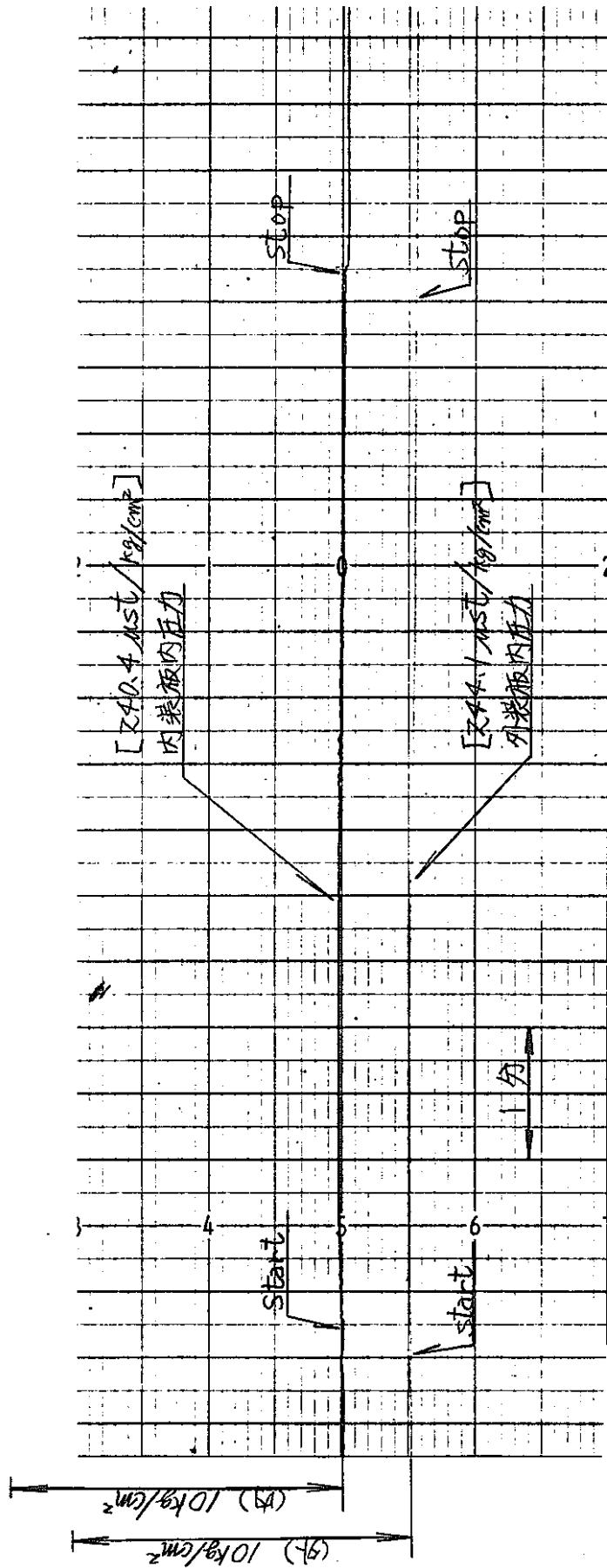


Fig. 8 - 31 Pressure in inner & outer jacket, Test No. 2

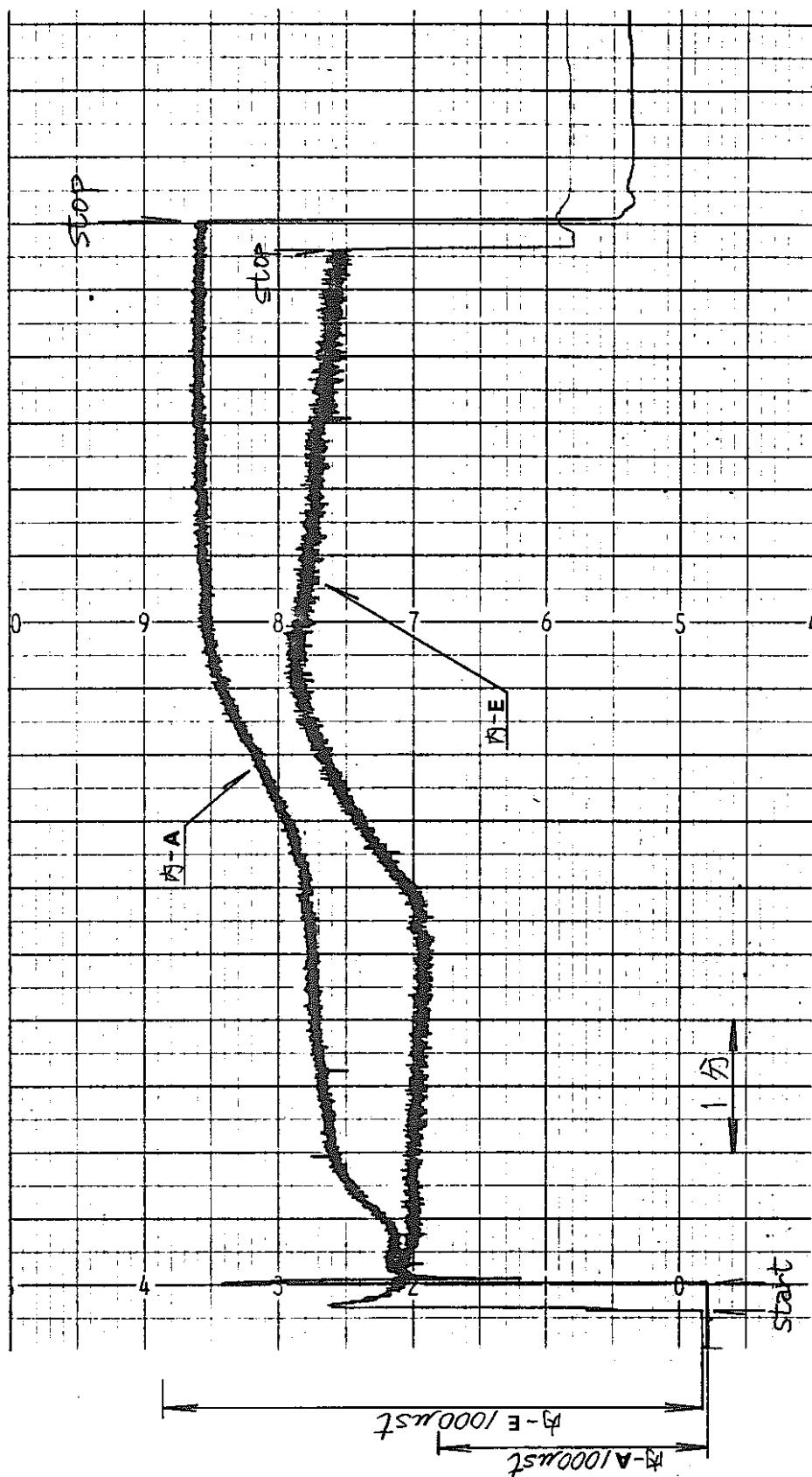


Fig. 8 - 32 Output of strain gauge A & E on inner jacket, Test No. 2

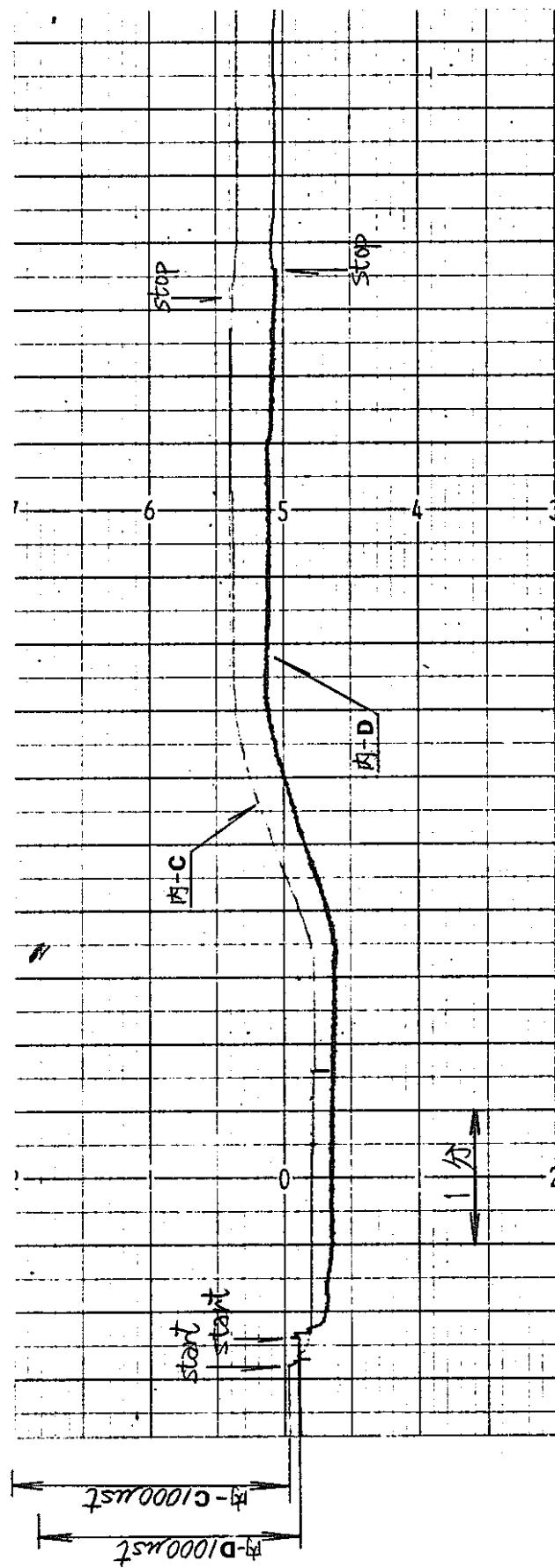


Fig. 8 - 33 Output of strain gauge C & D on inner jacket, Test No. 2

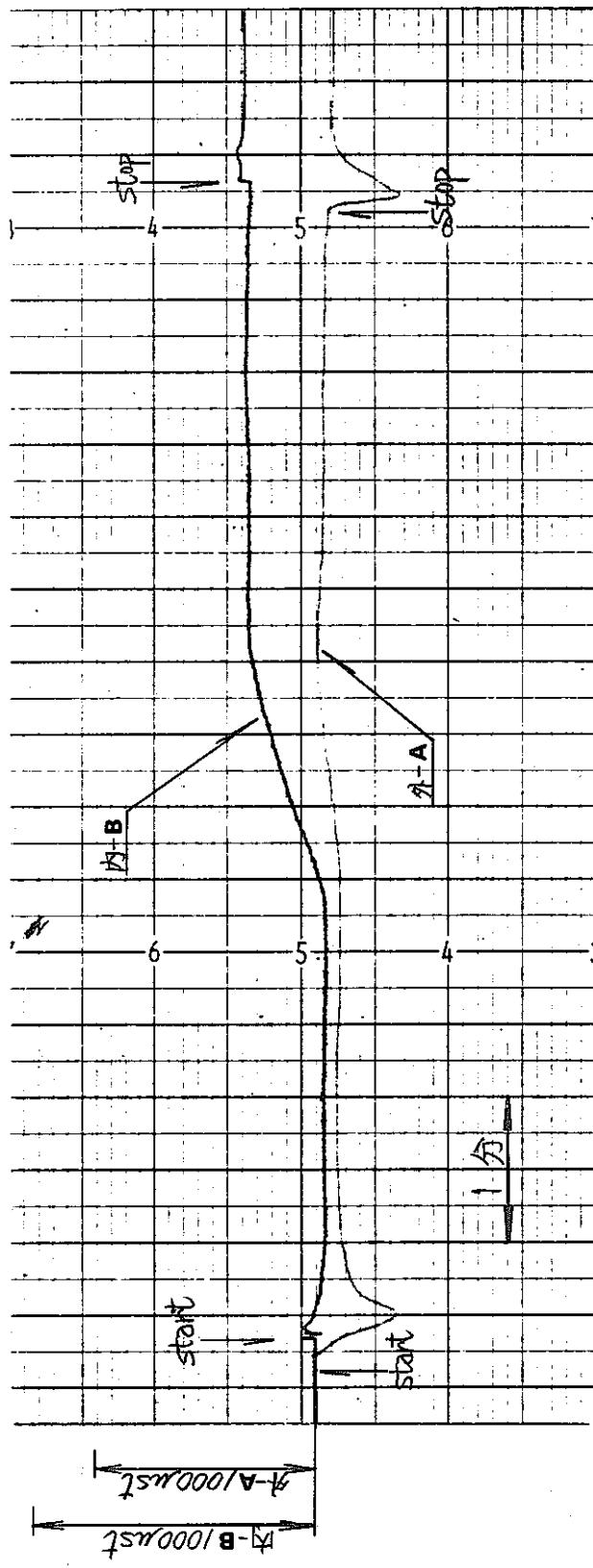


Fig. 8 - 34 Output of strain gauge B on inner jacket
& strain gauge A on outer jacket, Test No. 2

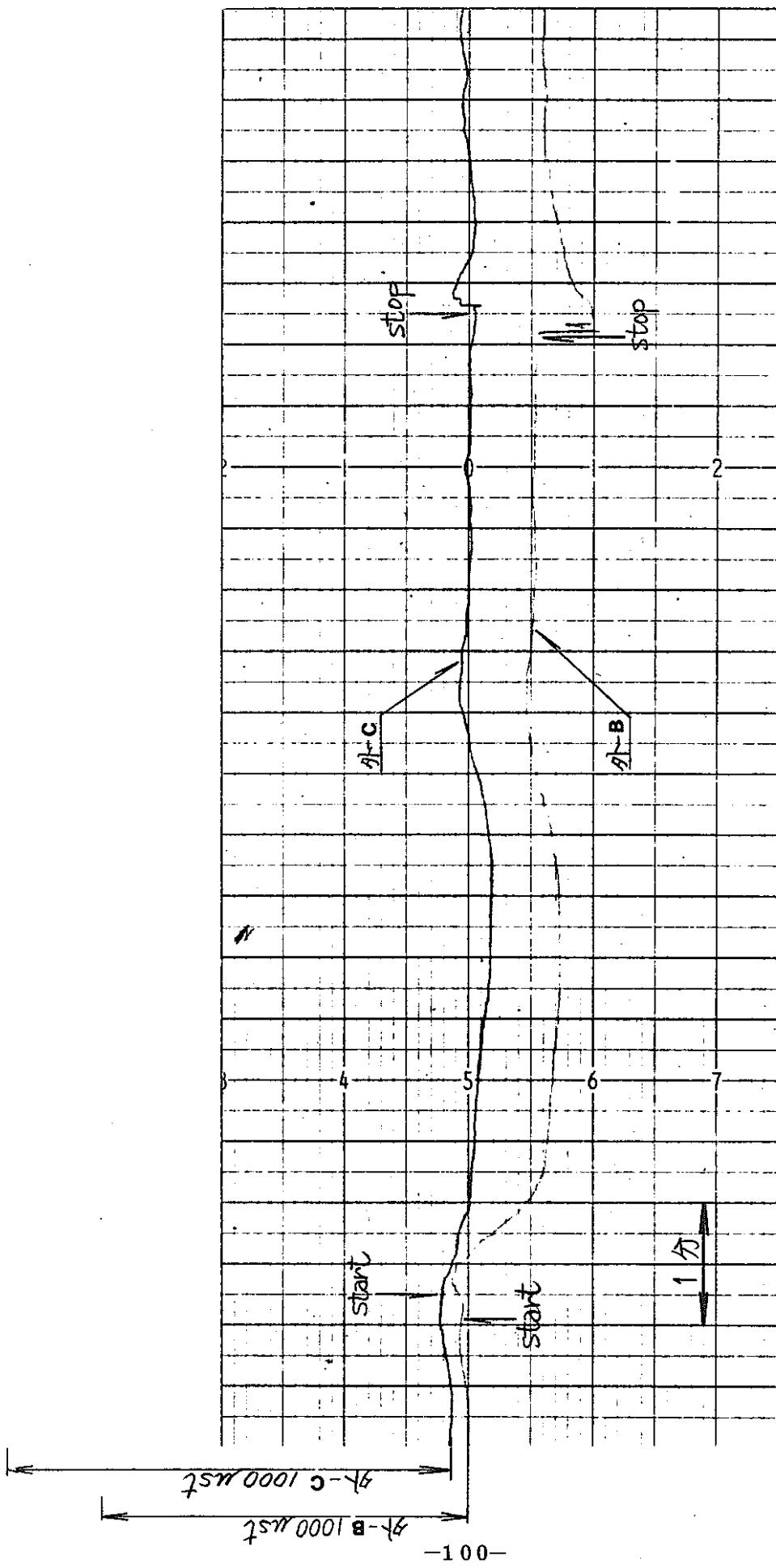


Fig. 8 -35 Output of strain gauge B & C on outer jacket, Test No. 2

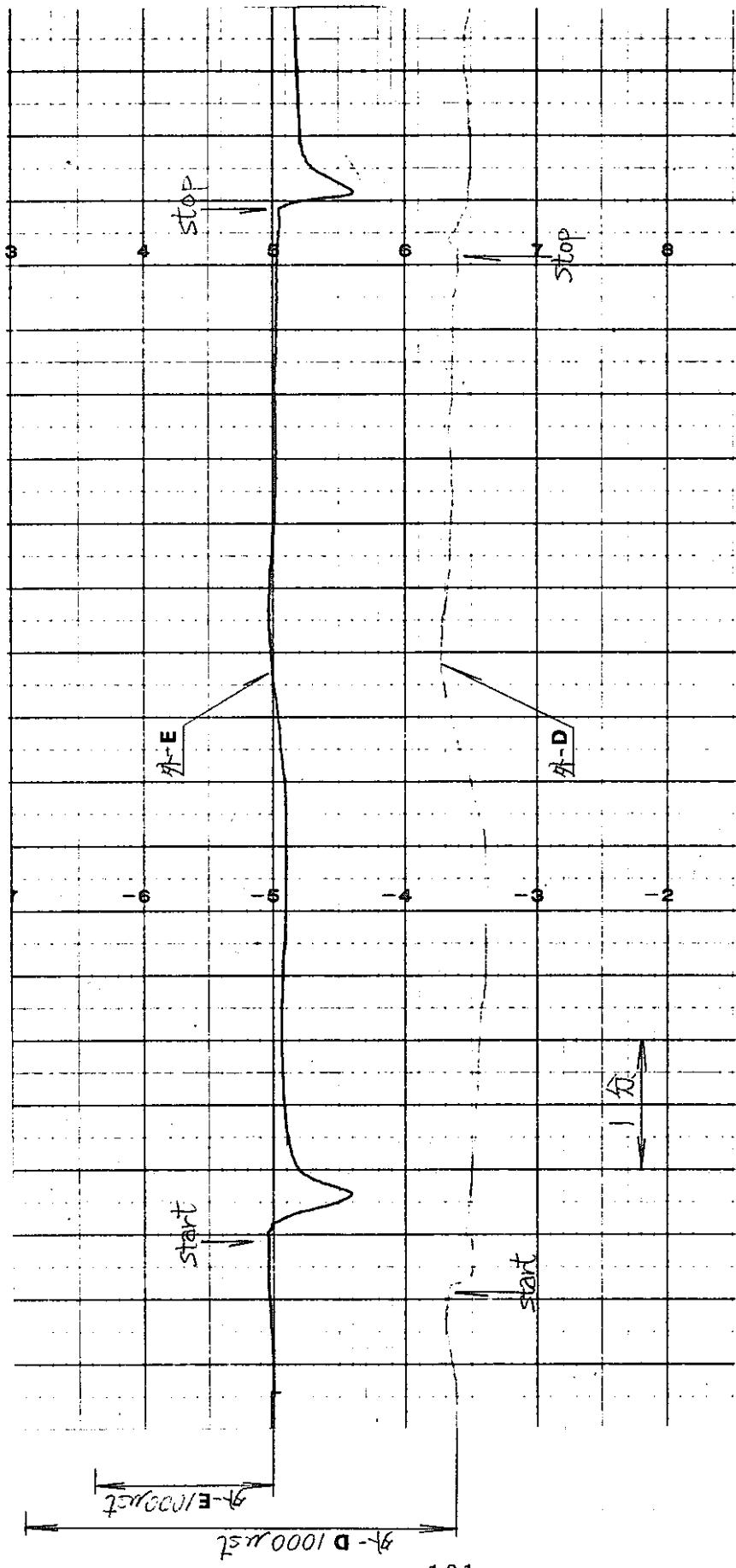


Fig. 8-36 Output of strain gauge D & E on outer jacket, Test No. 2

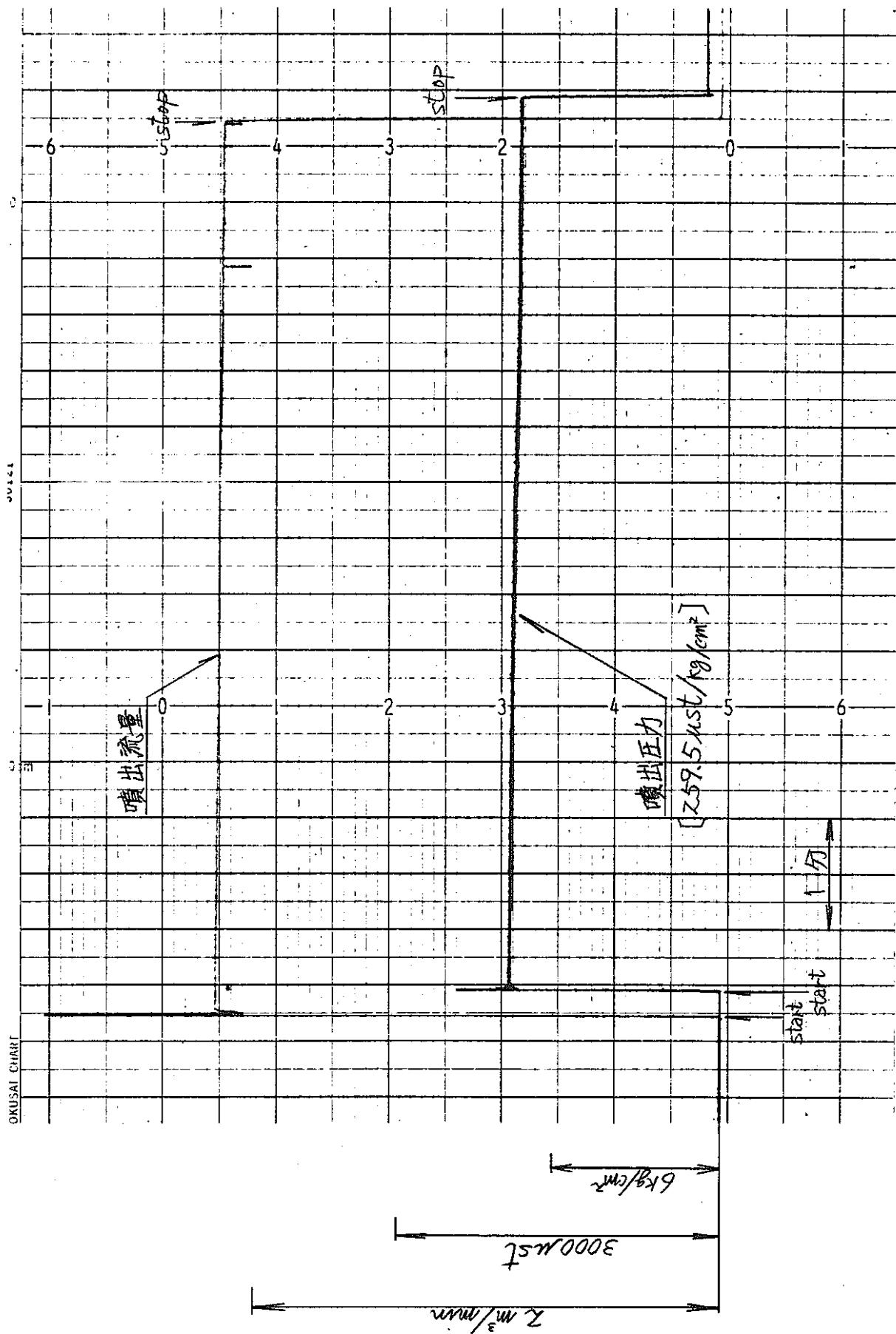


Fig. 8 - 37 Water pressure & flow rate, Test No. 3

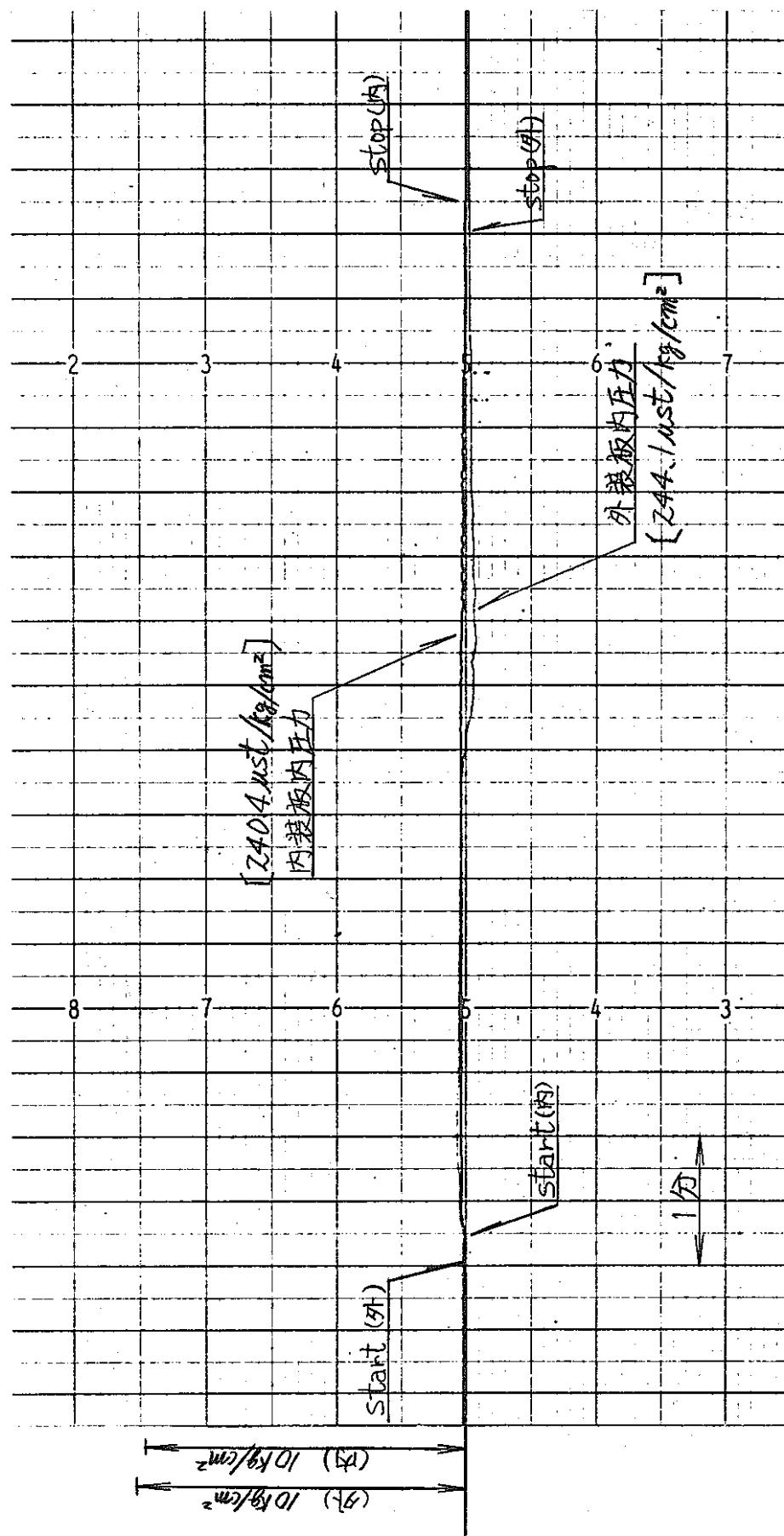


Fig. 8 - 38 Pressure in inner & outer jacket, Test No. 3

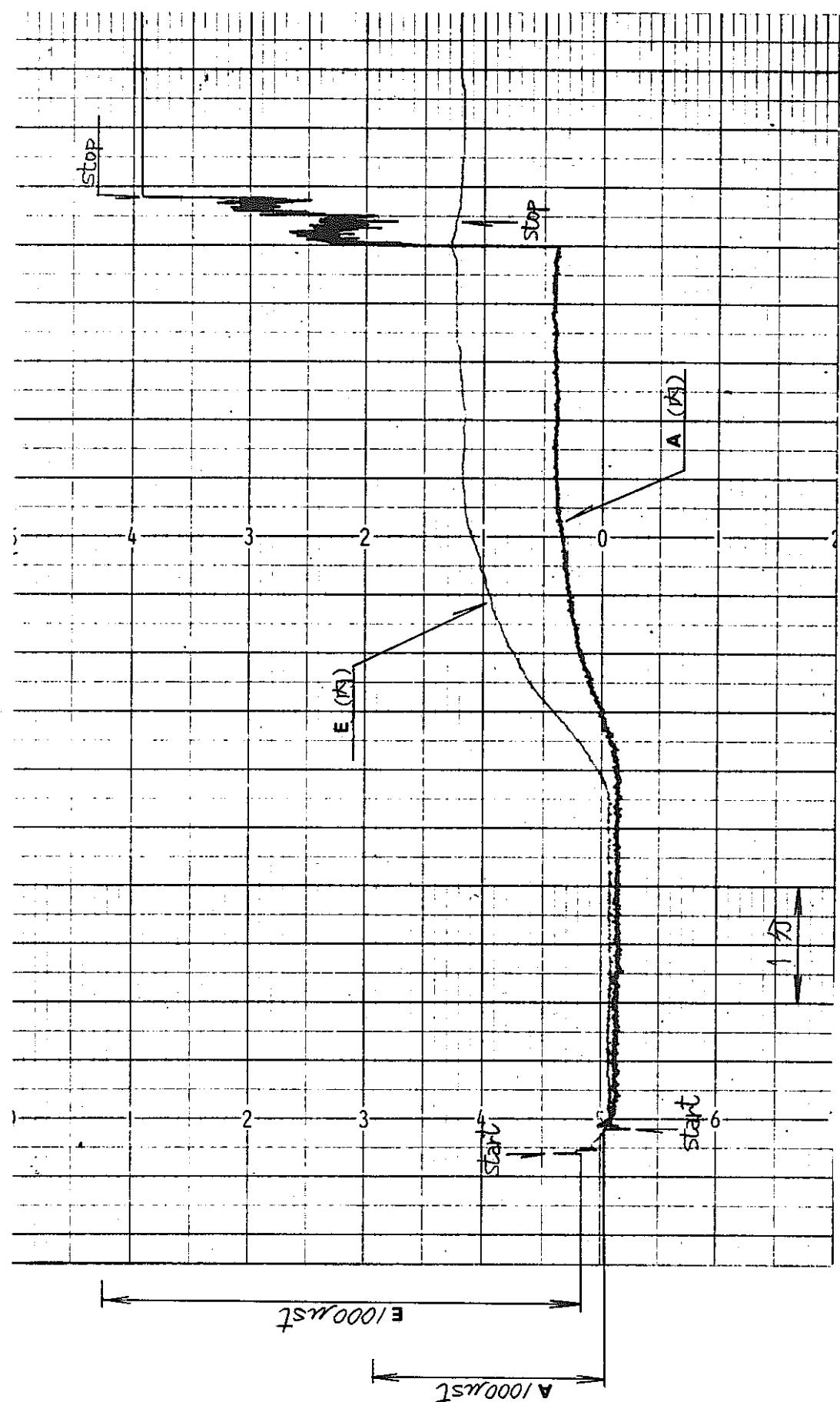


Fig. 8 - 39 Output of strain gauge A & E on inner jacket, Test No. 3

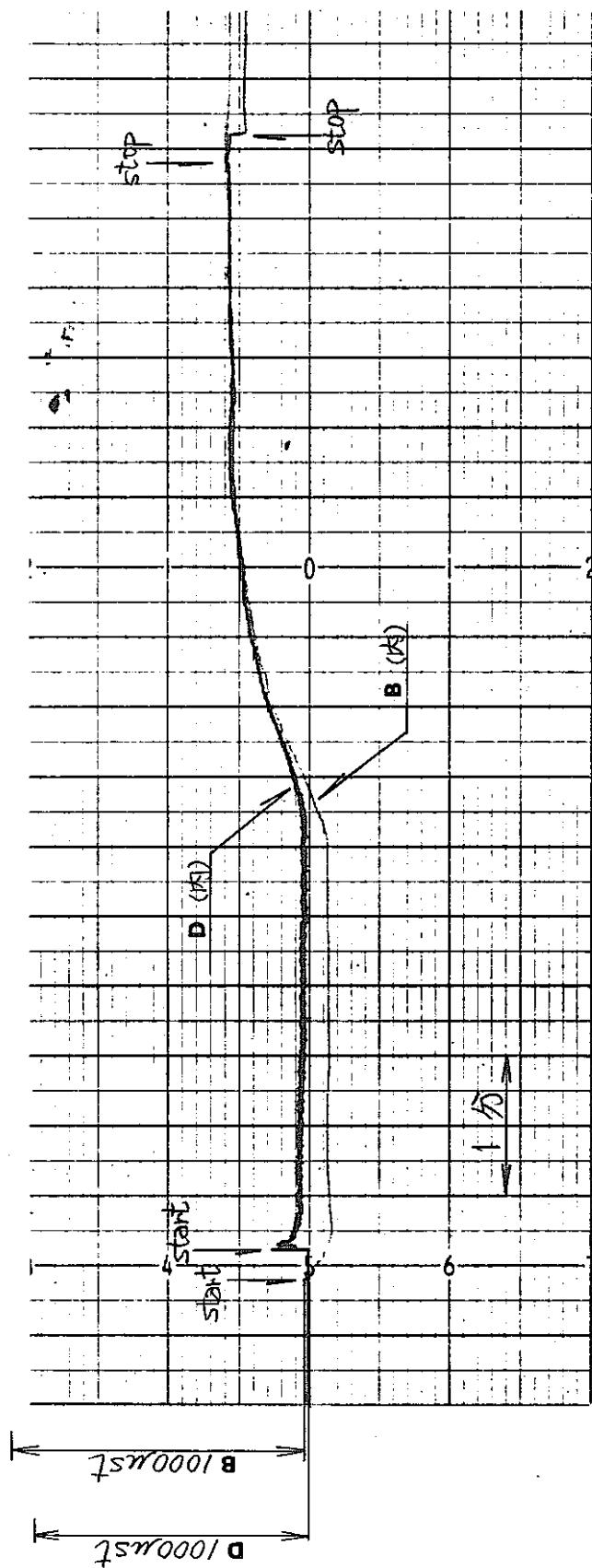


Fig. 8 - 40 Output of strain gauge B & D on inner jacket, Test No. 3

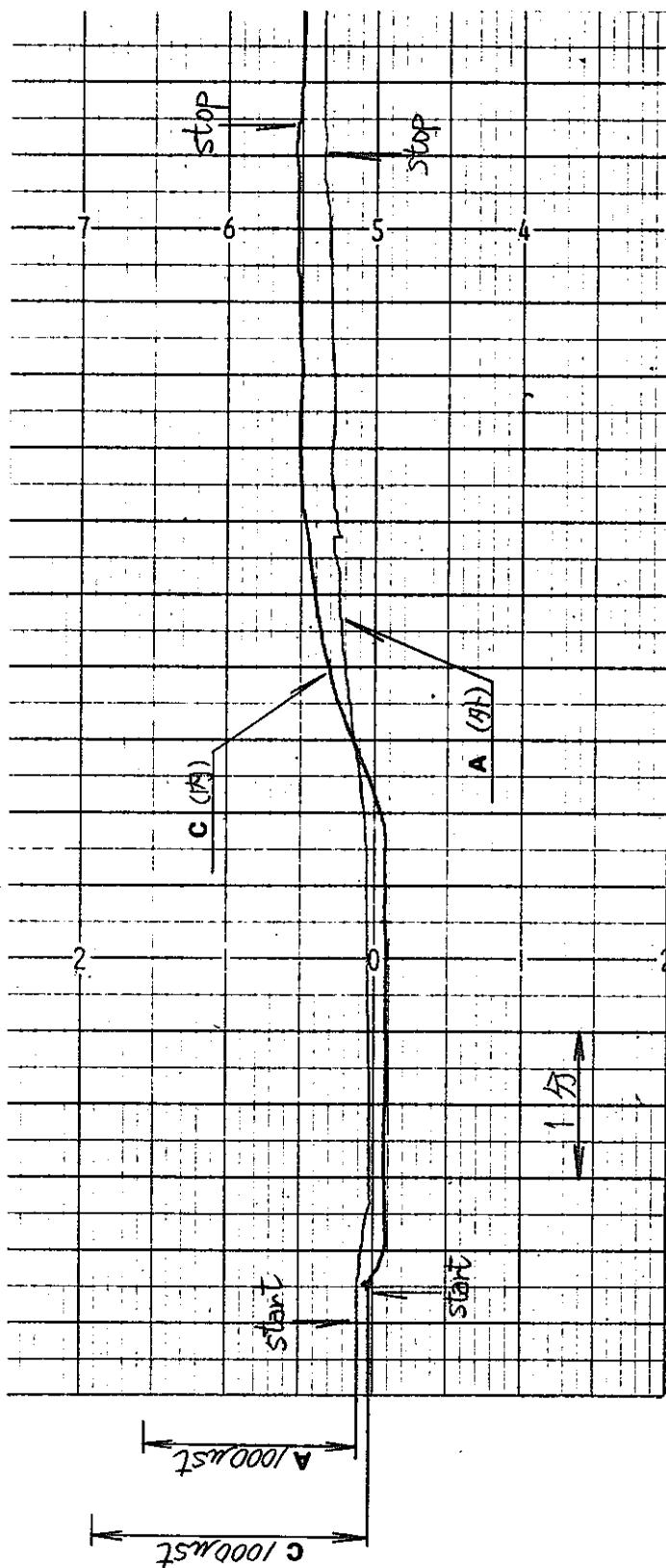


Fig. 8 - 41 Output of strain gauge C on inner jacket & strain gauge A on outer jacket, Test No. 3

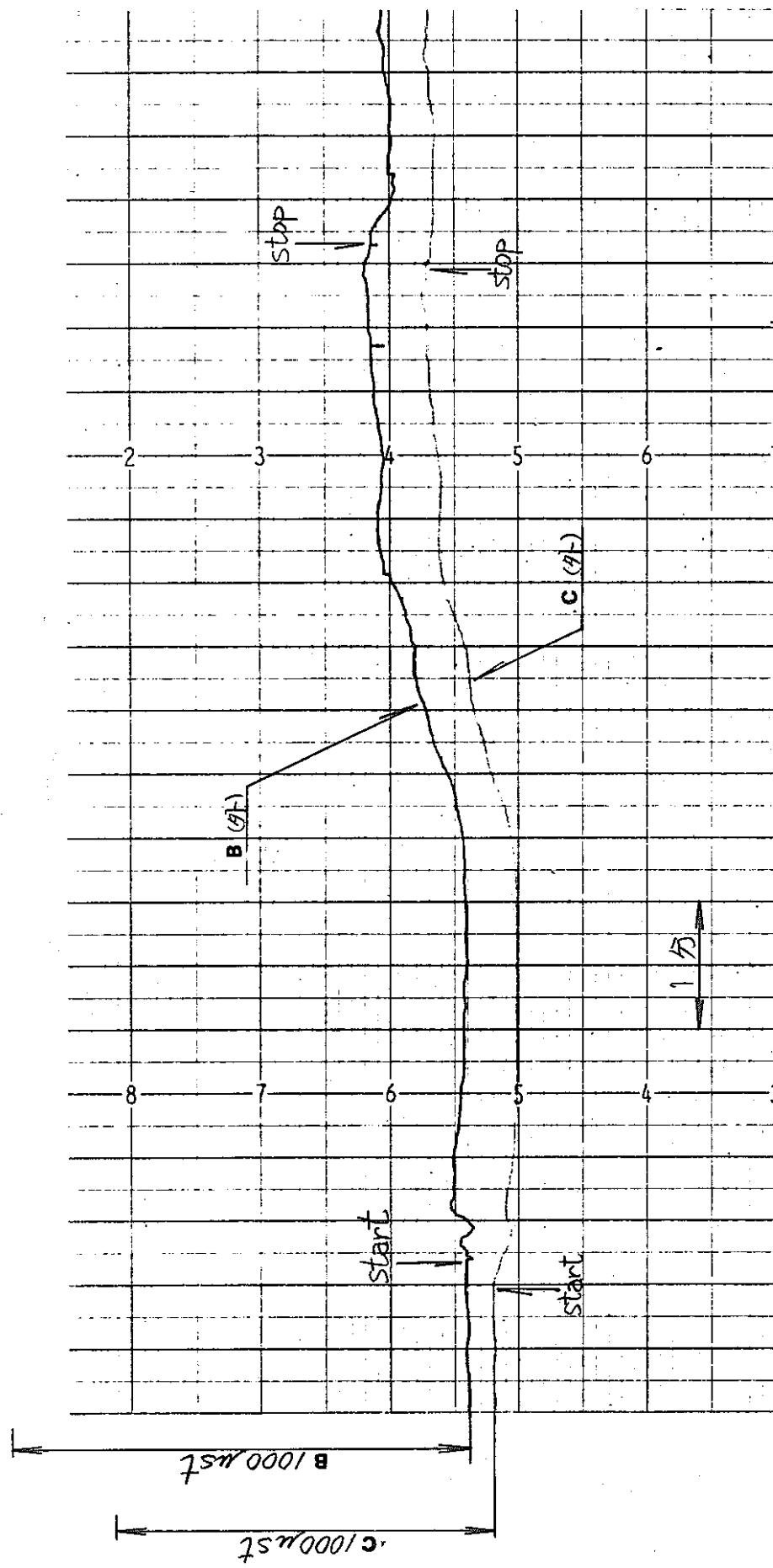


Fig. 8 - 42 Output of strain gauge B & C on outer jacket, Test No. 3

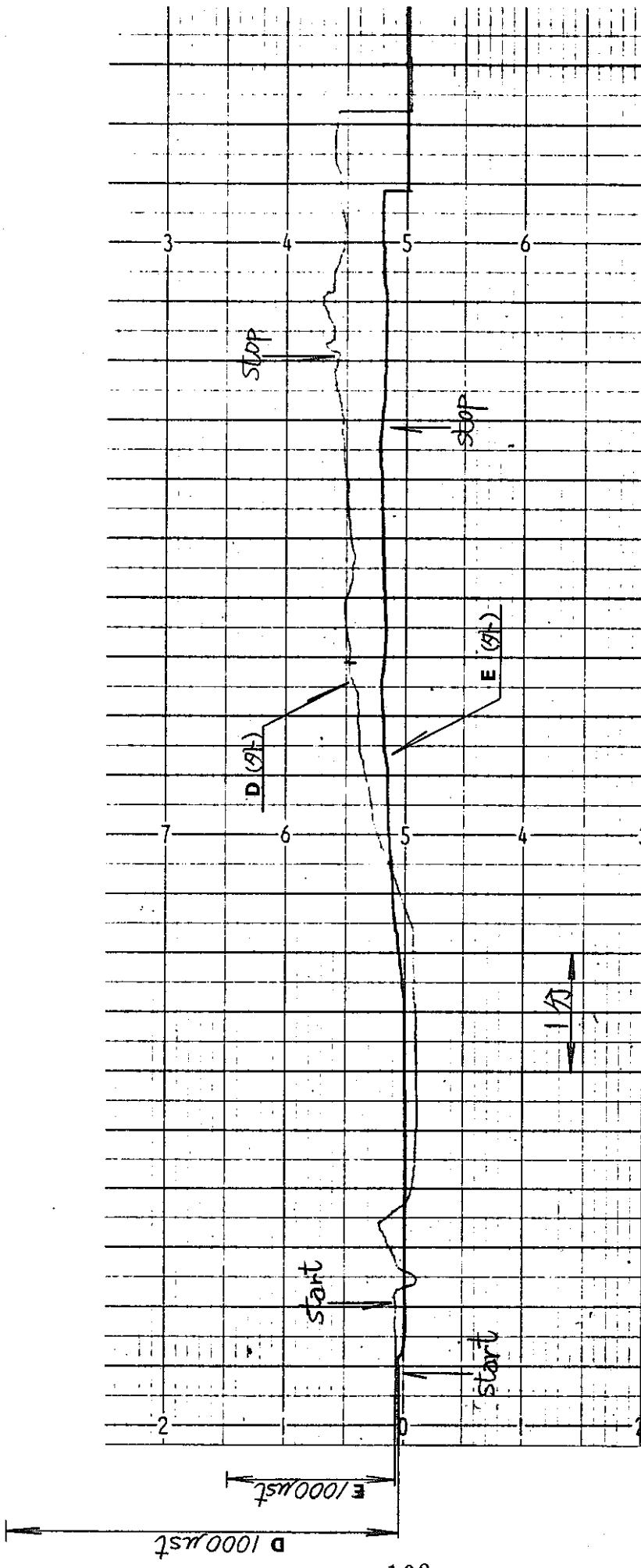
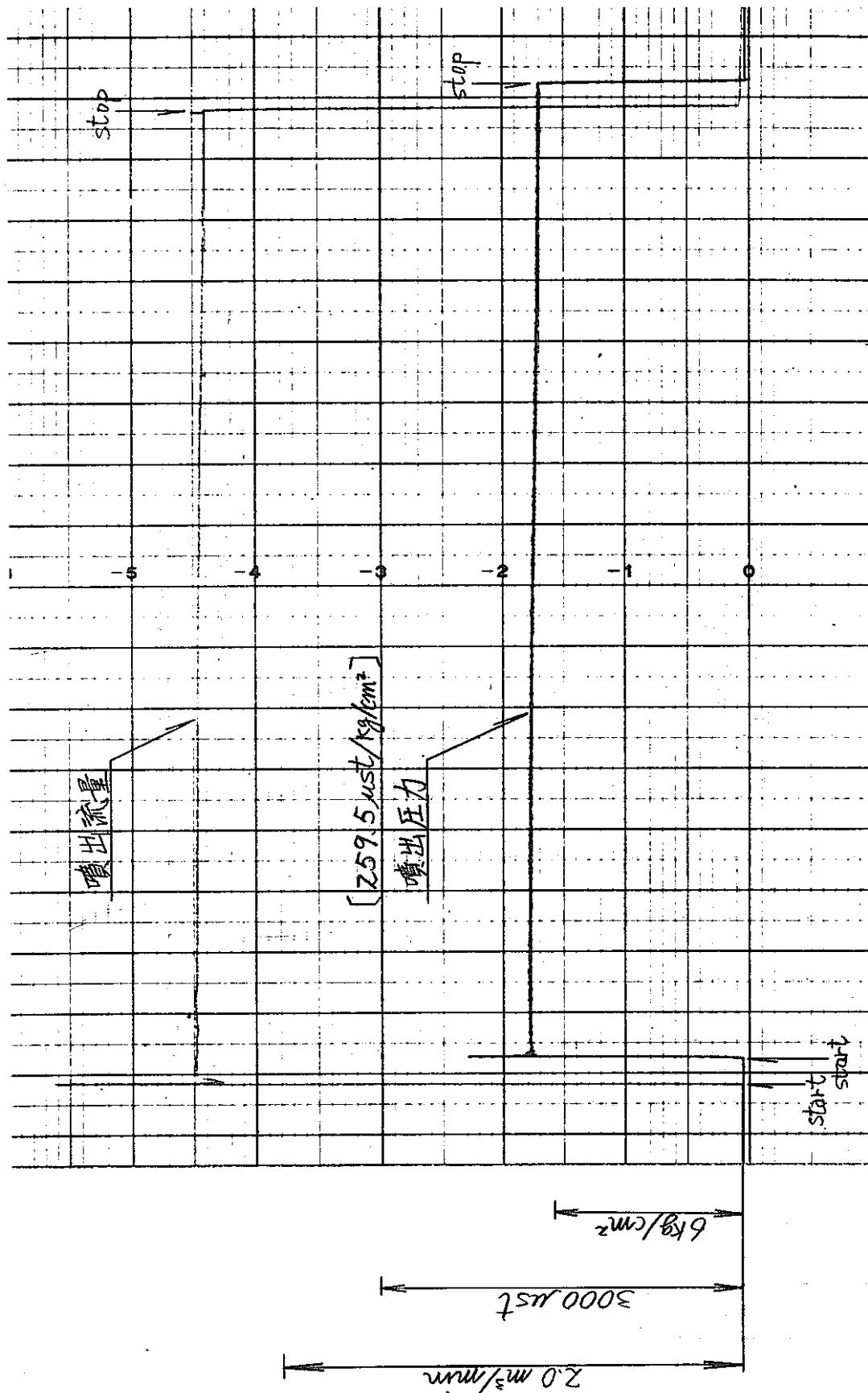
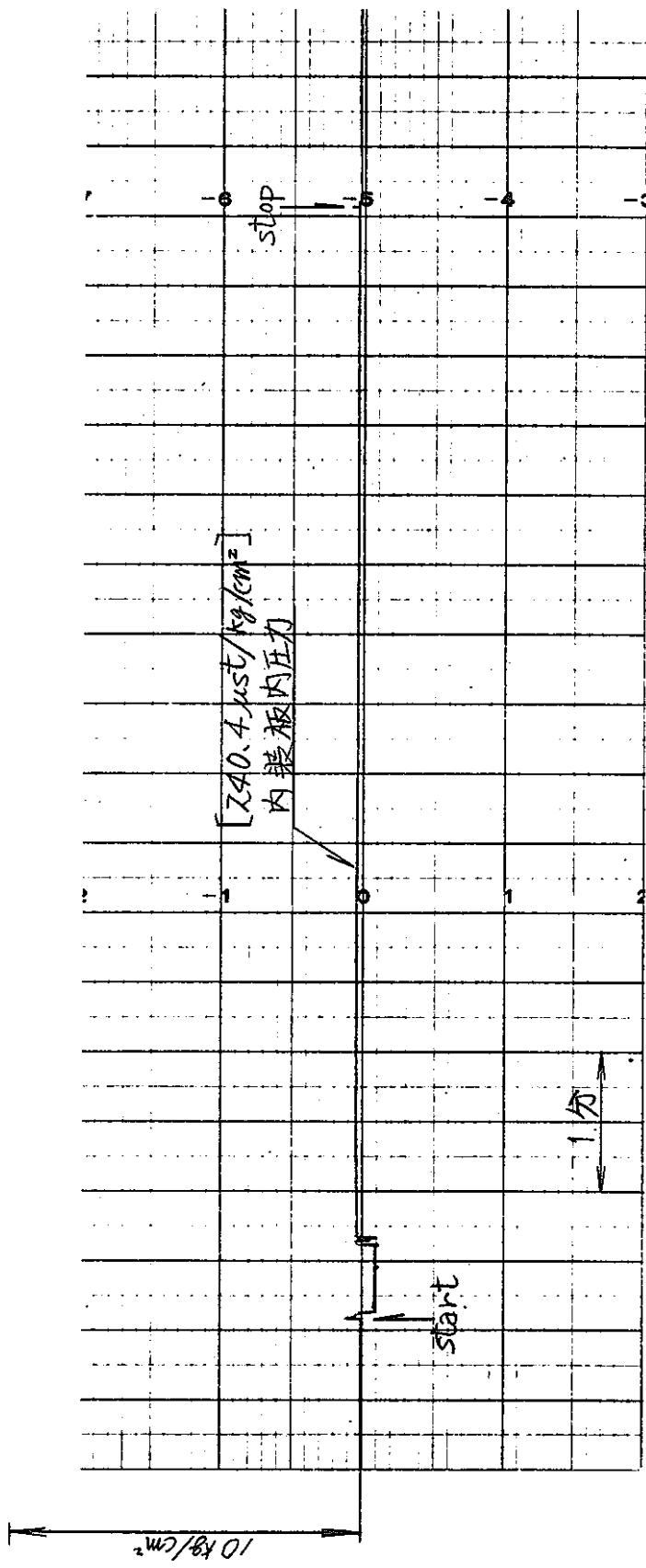


Fig. 8 - 43 Output of strain gauge D & E on outer jacket, Test No. 3





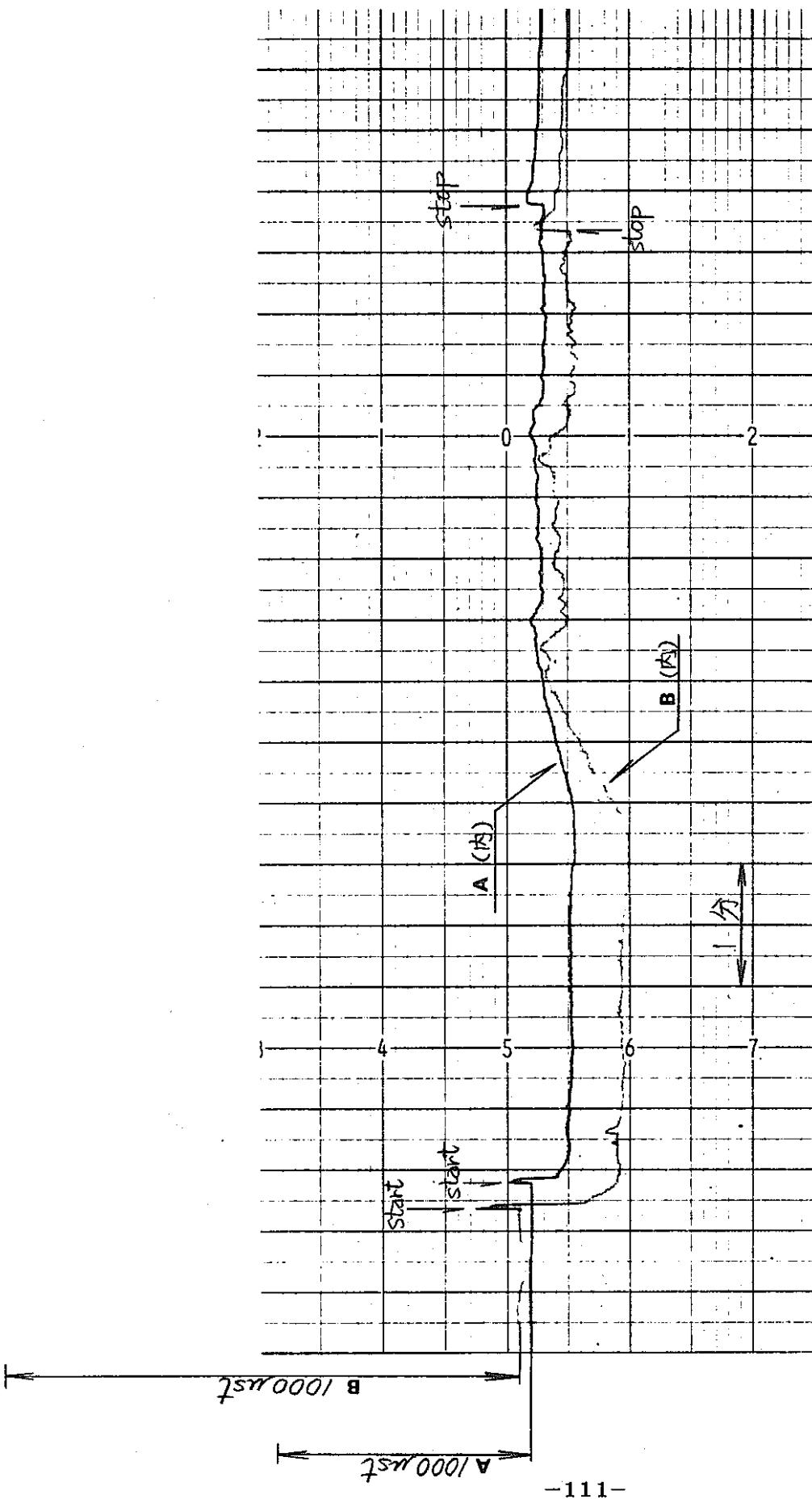


Fig. 8 - 46 Output of strain gauge A & B on inner jacket, Test No. 4-1

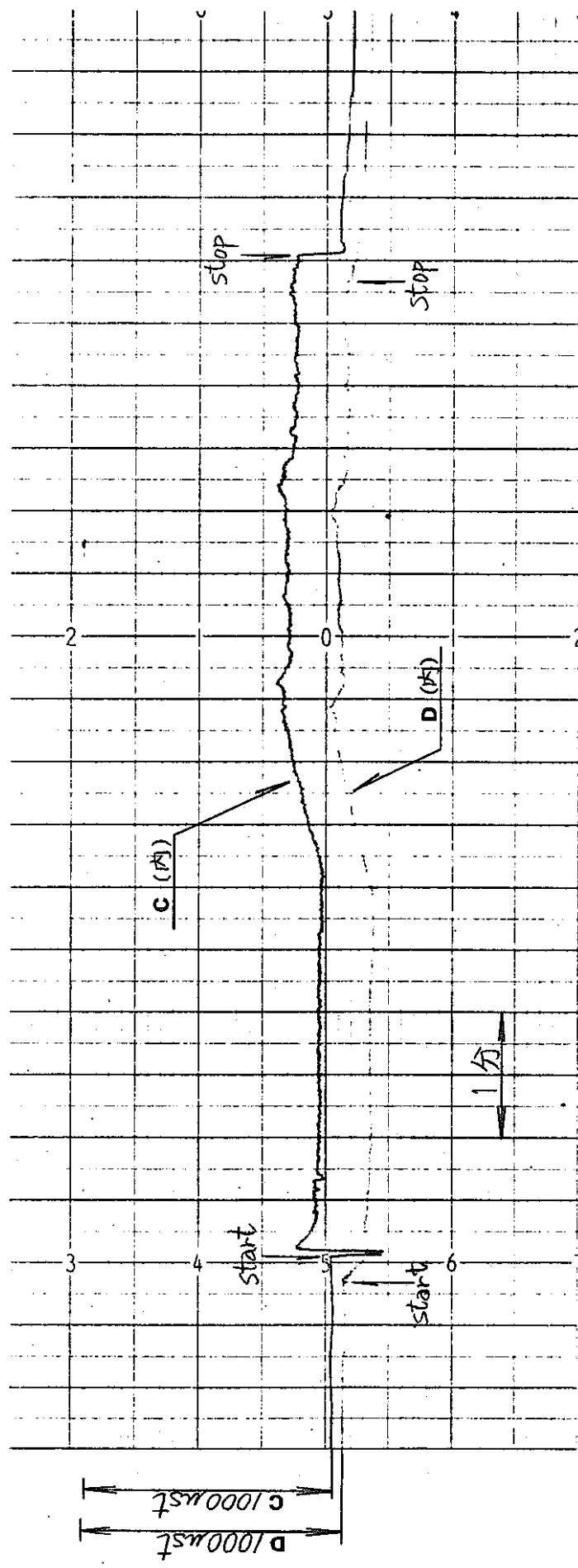


Fig. 8 - 47 Output of strain gauge C & D on inner jacket, Test No. 4-1

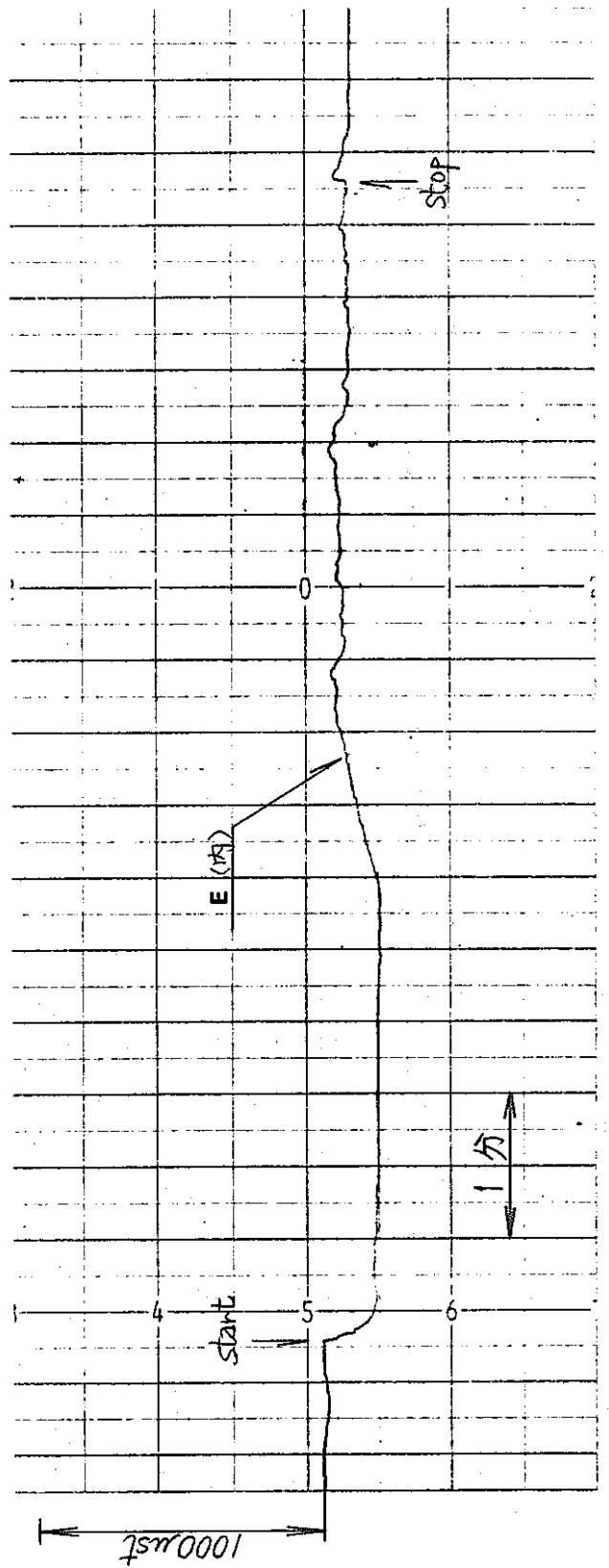


Fig. 8 - 48 Output of strain gauge E on inner jacket, Test No. 4 - 1

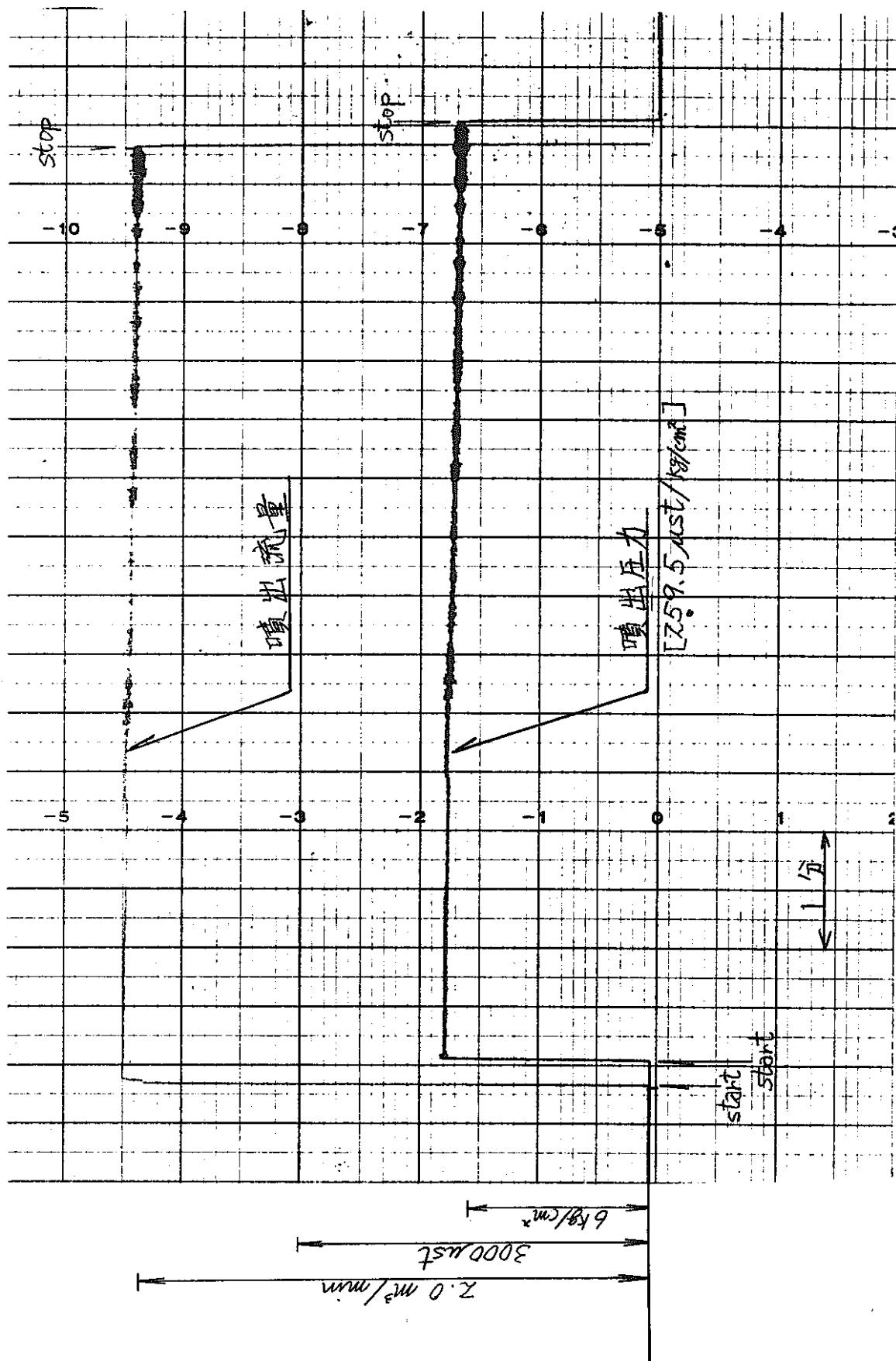
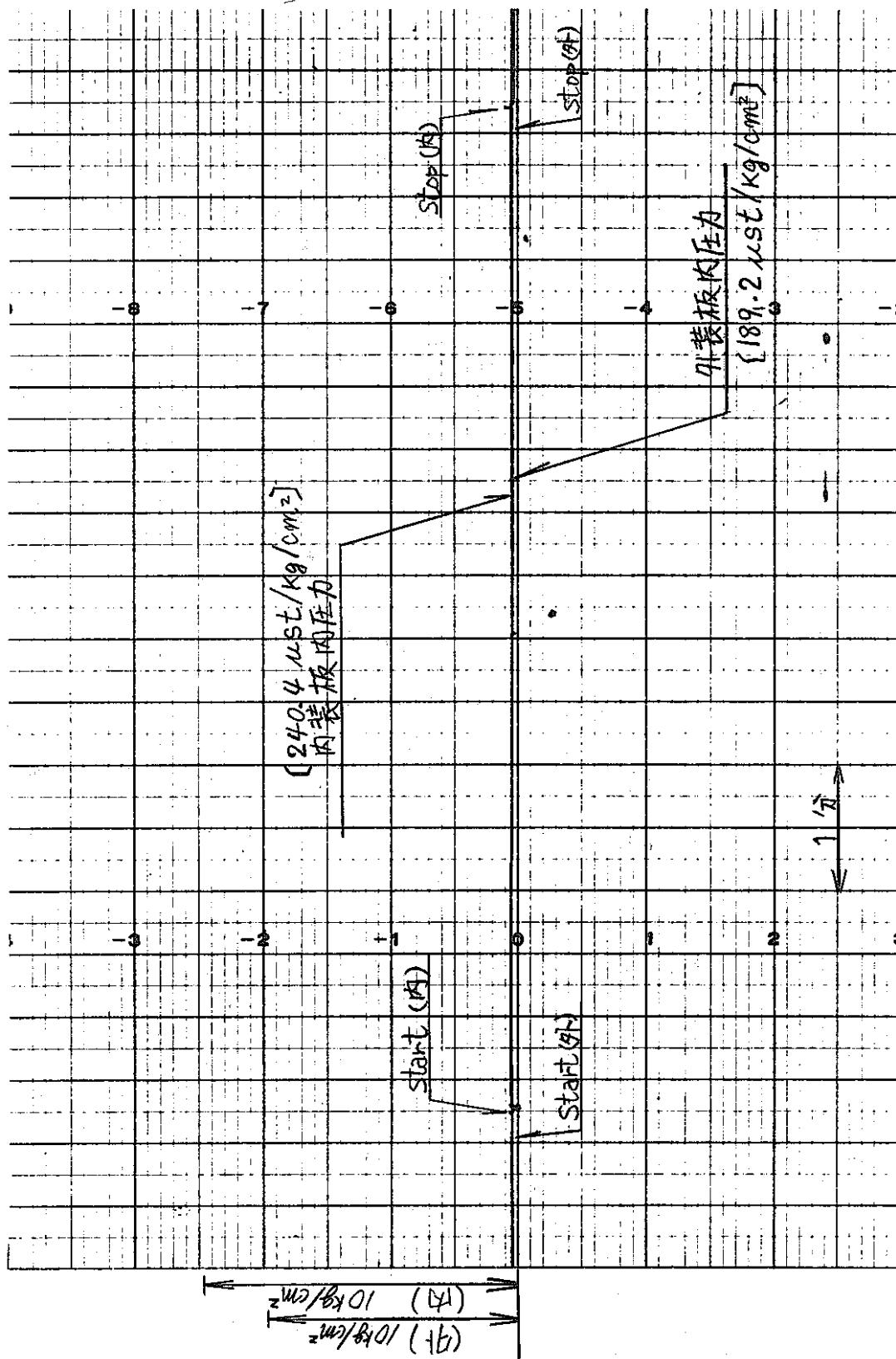


Fig. 8 - 49 Water pressure & flow rate, Test No. 4 - 2



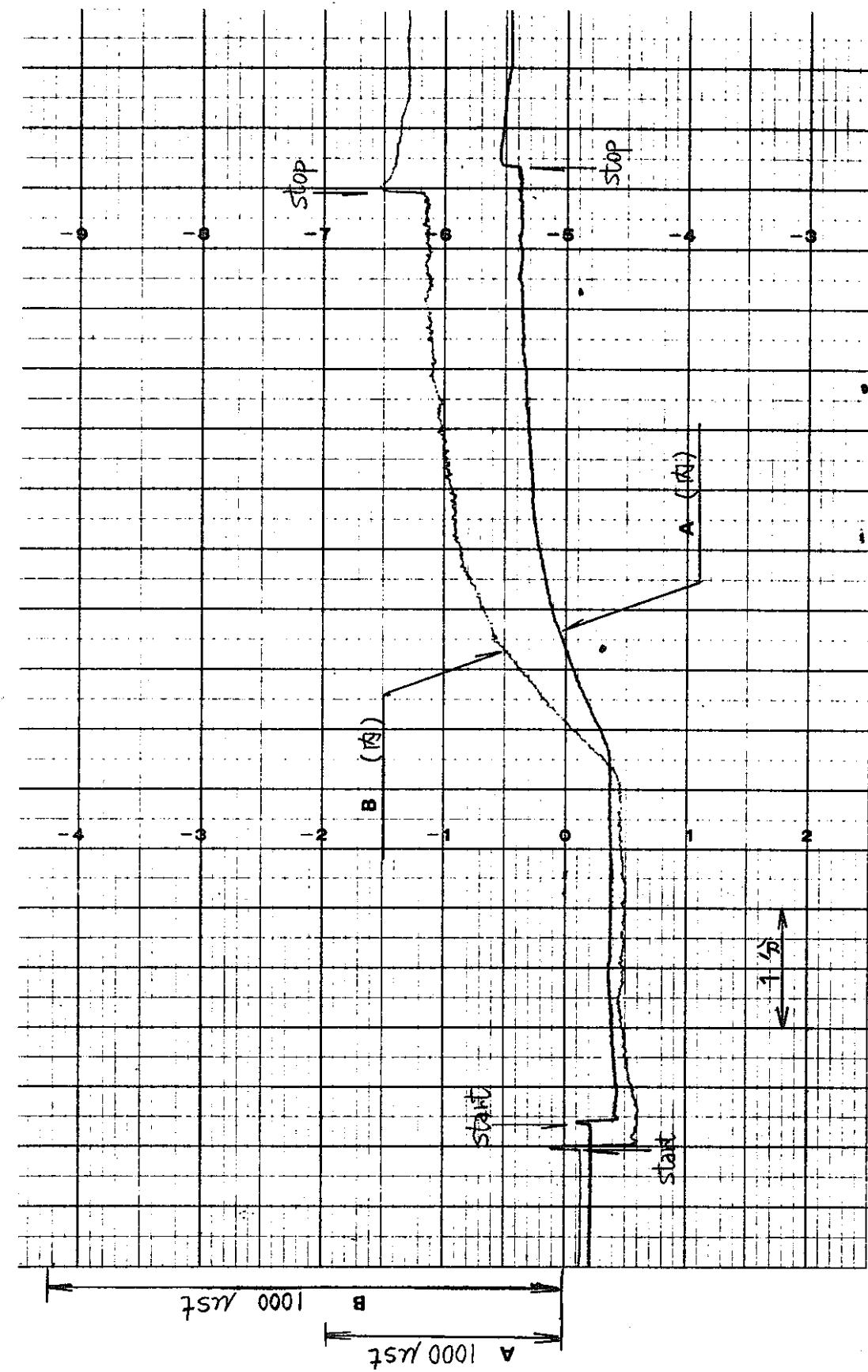


Fig. 8 - 51 Output of strain gauge A & B on inner jacket, Test No. 4 - 2

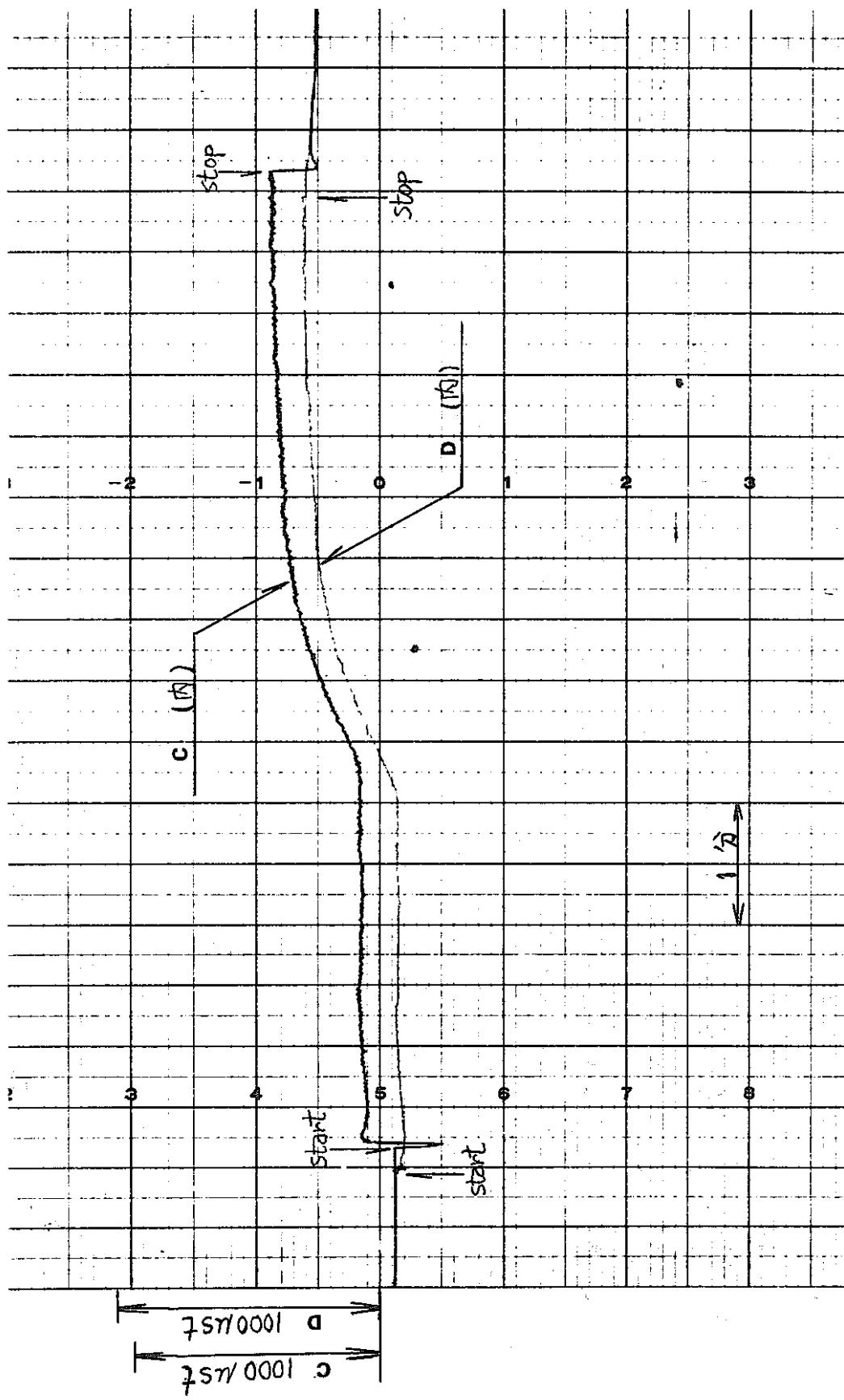


Fig. 8 - 52 Output of strain gauge C & D inner jacket, Test No. 4 - 2

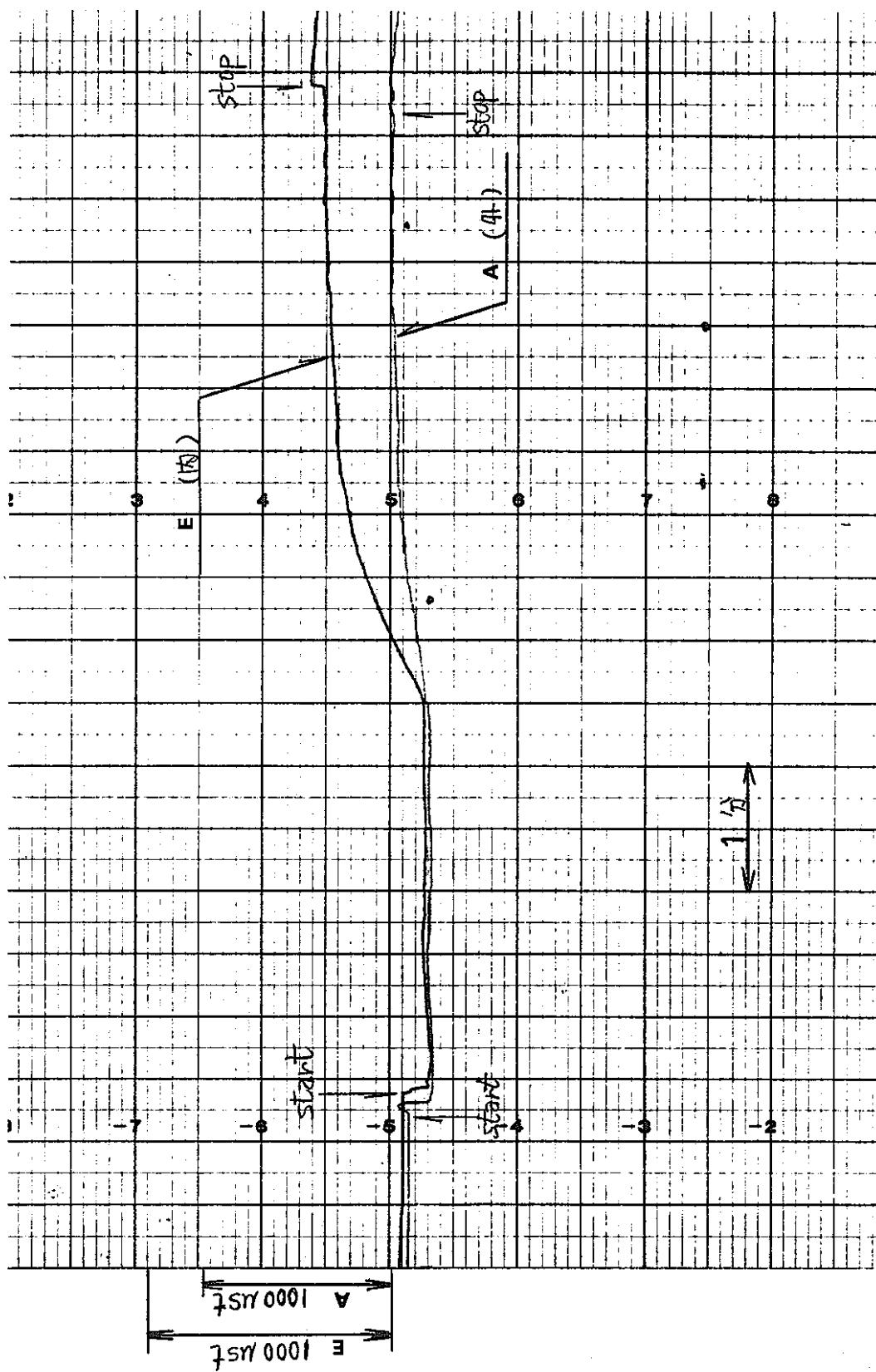


Fig. 8 - 53 Output of strain gauge E on inner jacket & strain gauge A on outer jacket, Test No. 4 - 2

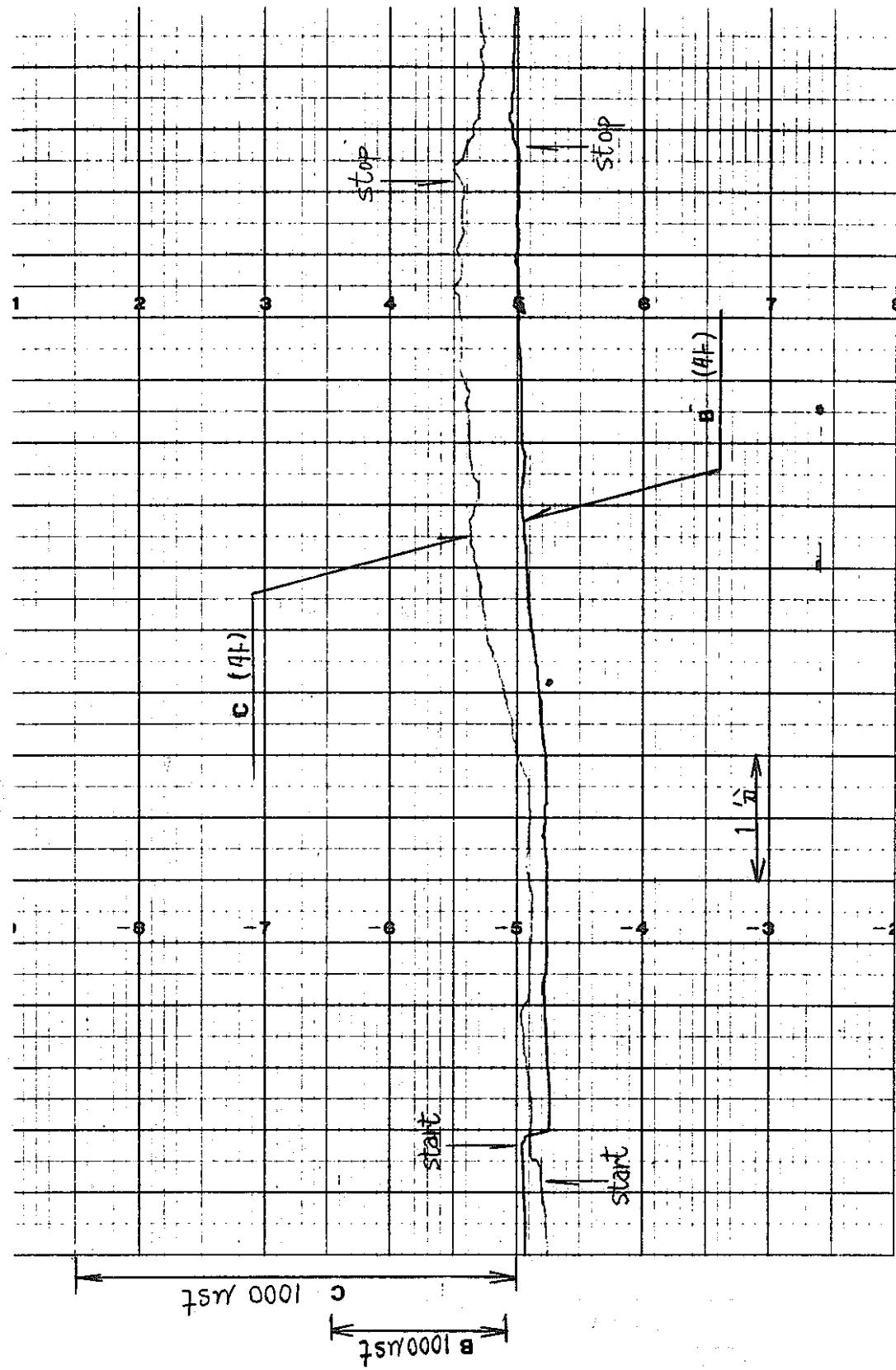


Fig. 8 - 54 Output of strain gauge B & C on outer jacket, Test No. 4 - 2

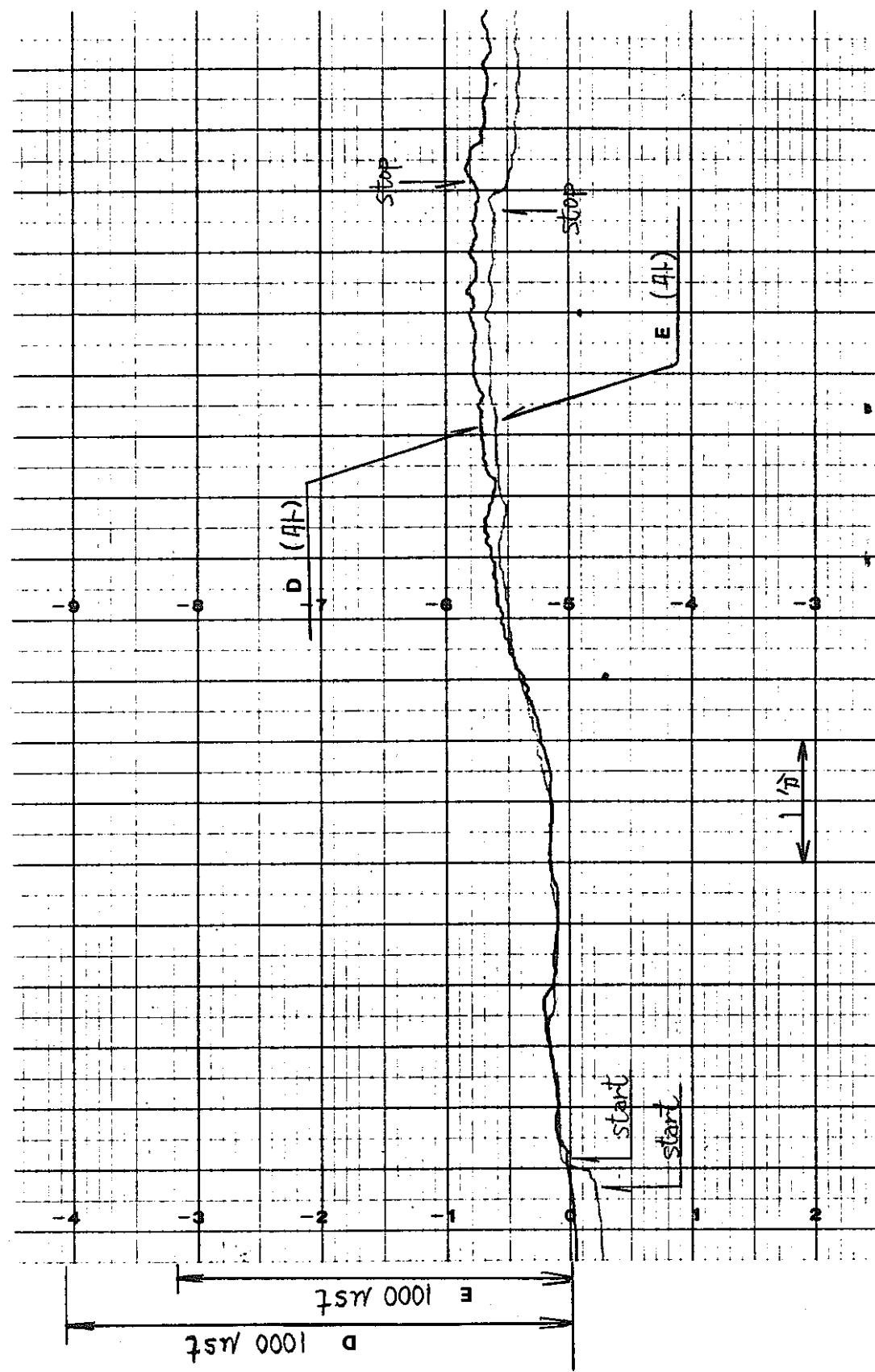
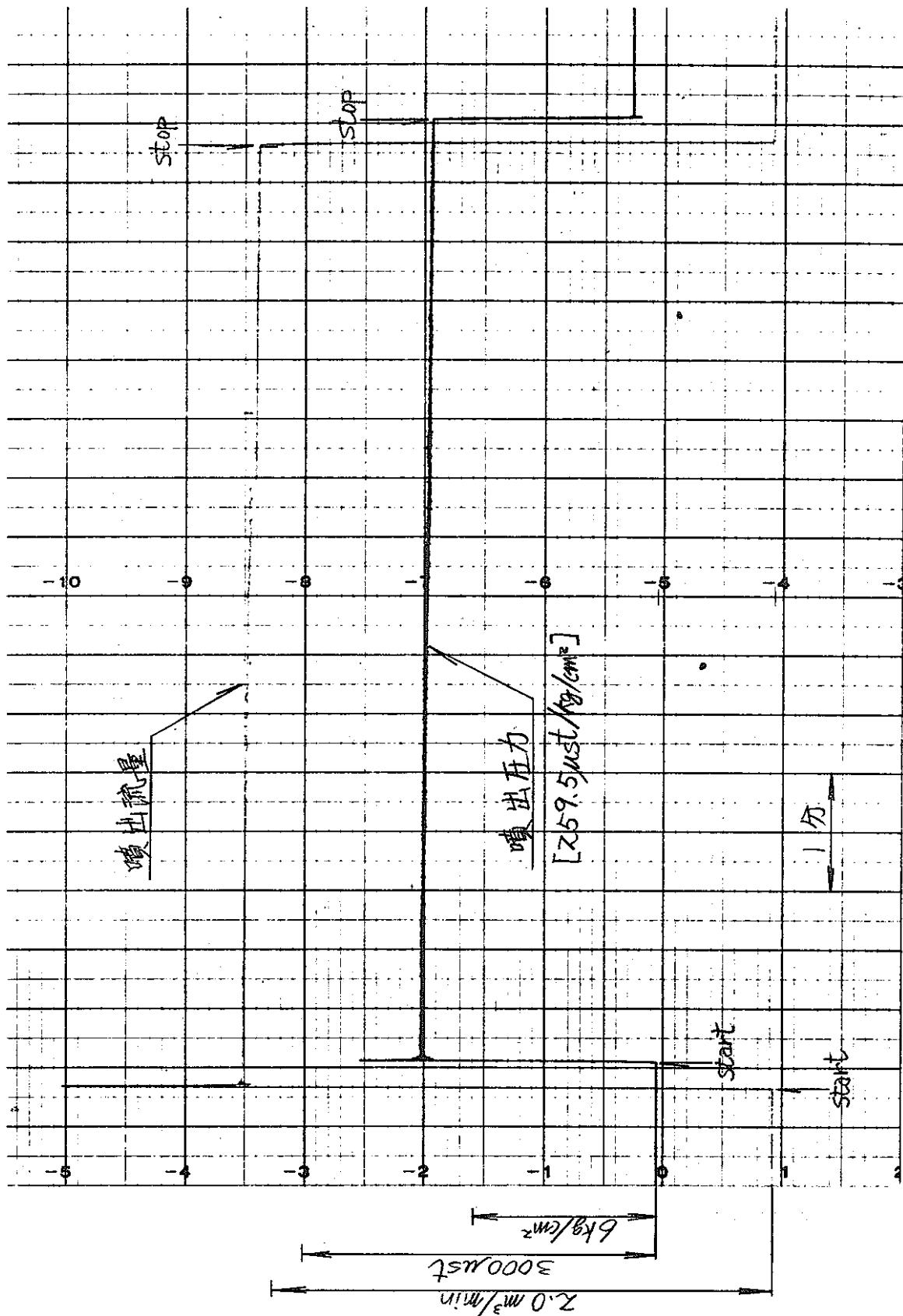


Fig. 8 - 55 Output of strain gauge D & E on outer jacket, Test No. 4 - 2

Fig. 8 - 56 Water pressure & flow rate, Test No. 5



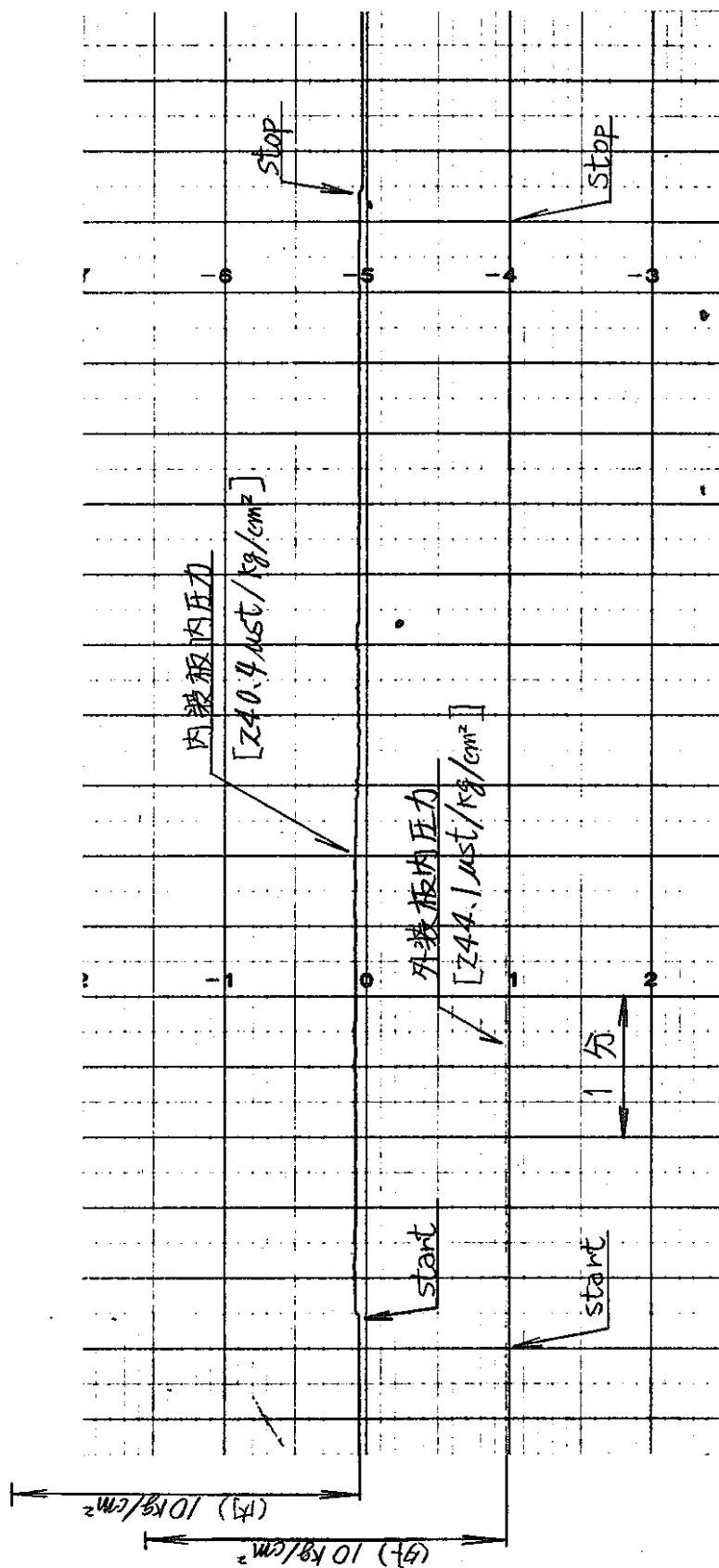


Fig. 8 - 57 Pressure in inner & outer jacket, Test No. 5

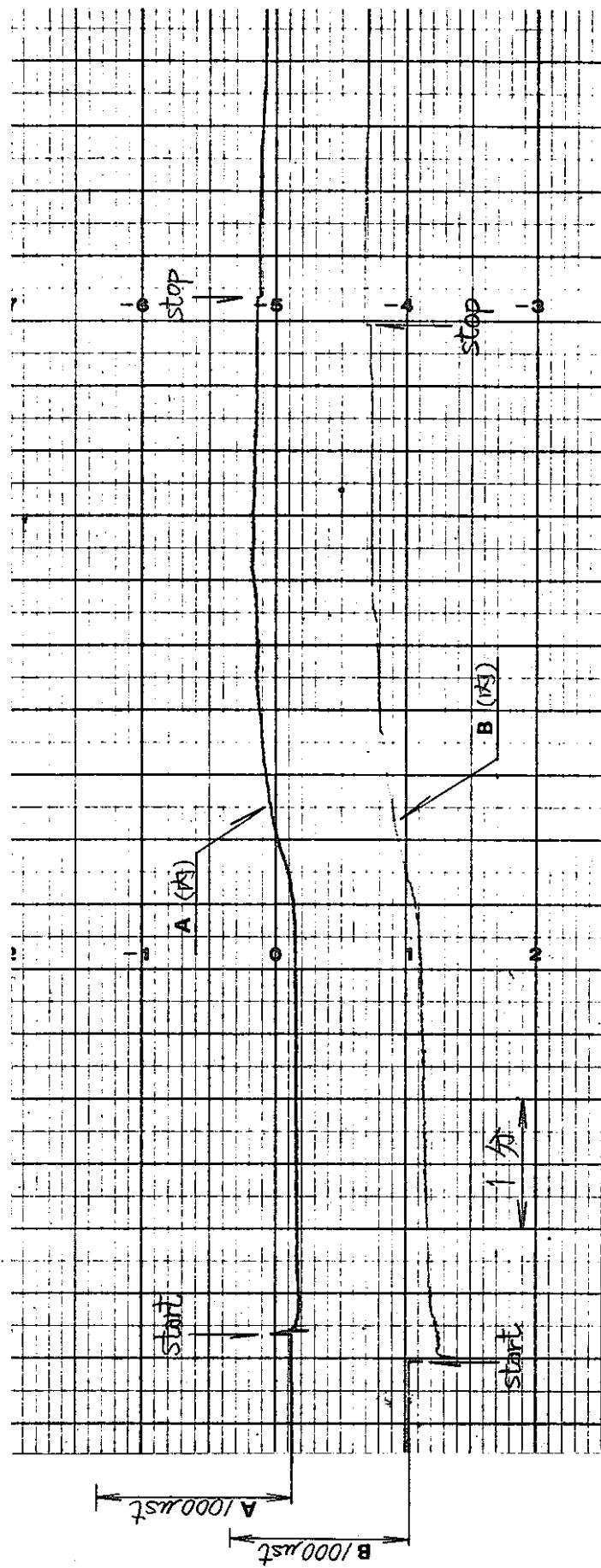


Fig. 8 - 58 Output of strain gauge A & B on inner jacket, Test No. 5

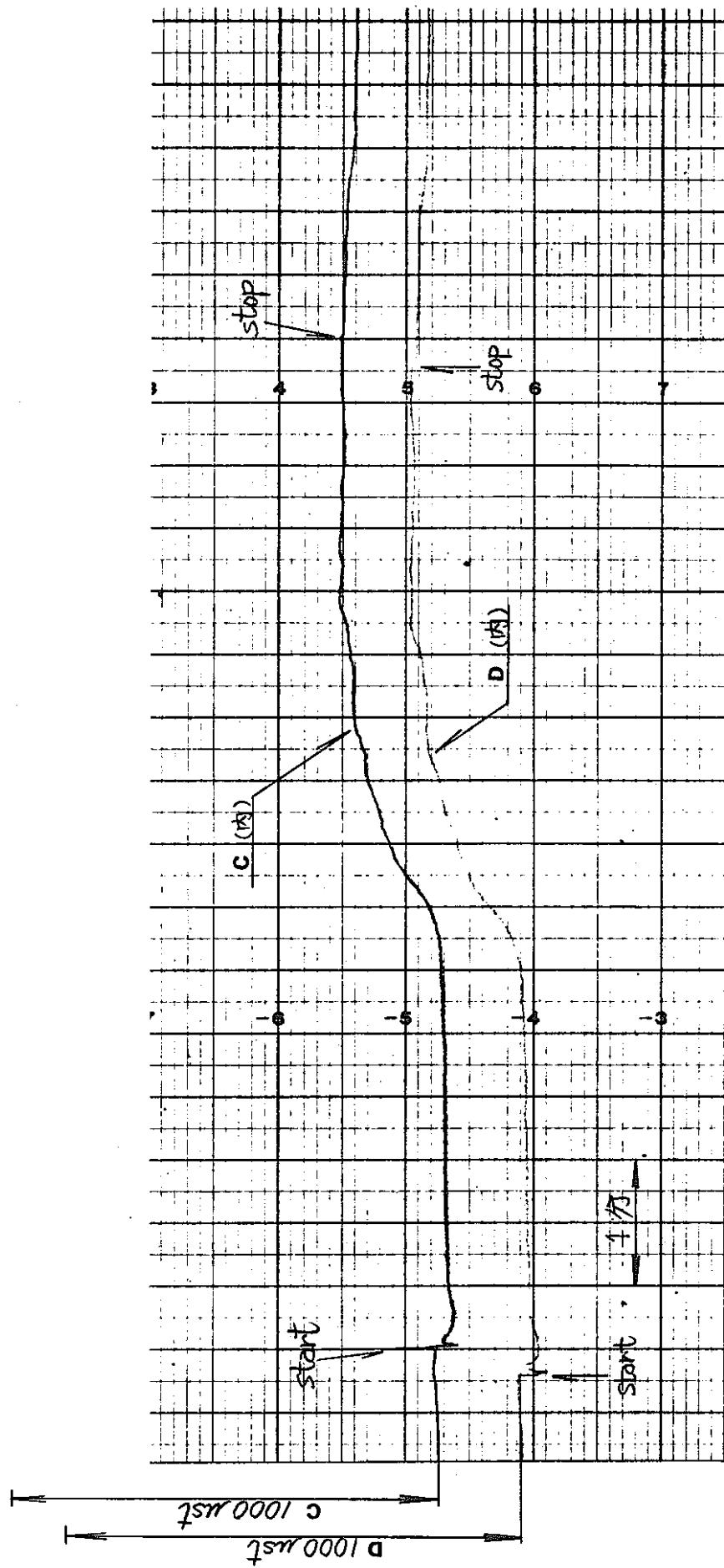


Fig. 8 - 59 Output of strain gauge C & D on inner jacket, Test No. 5

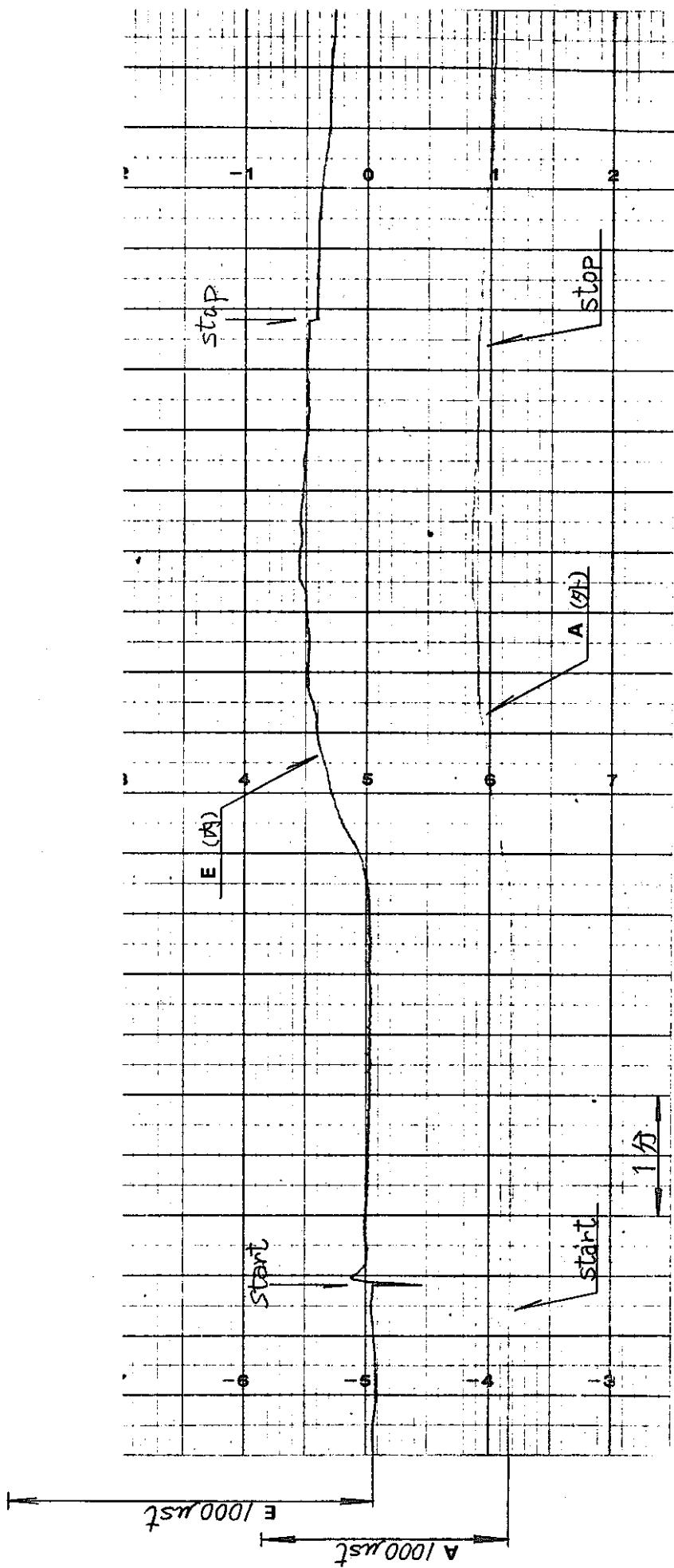


Fig. 8 - 60 Output of strain gauge E on inner jacket
& strain gauge A on outer jacket, Test No. 5

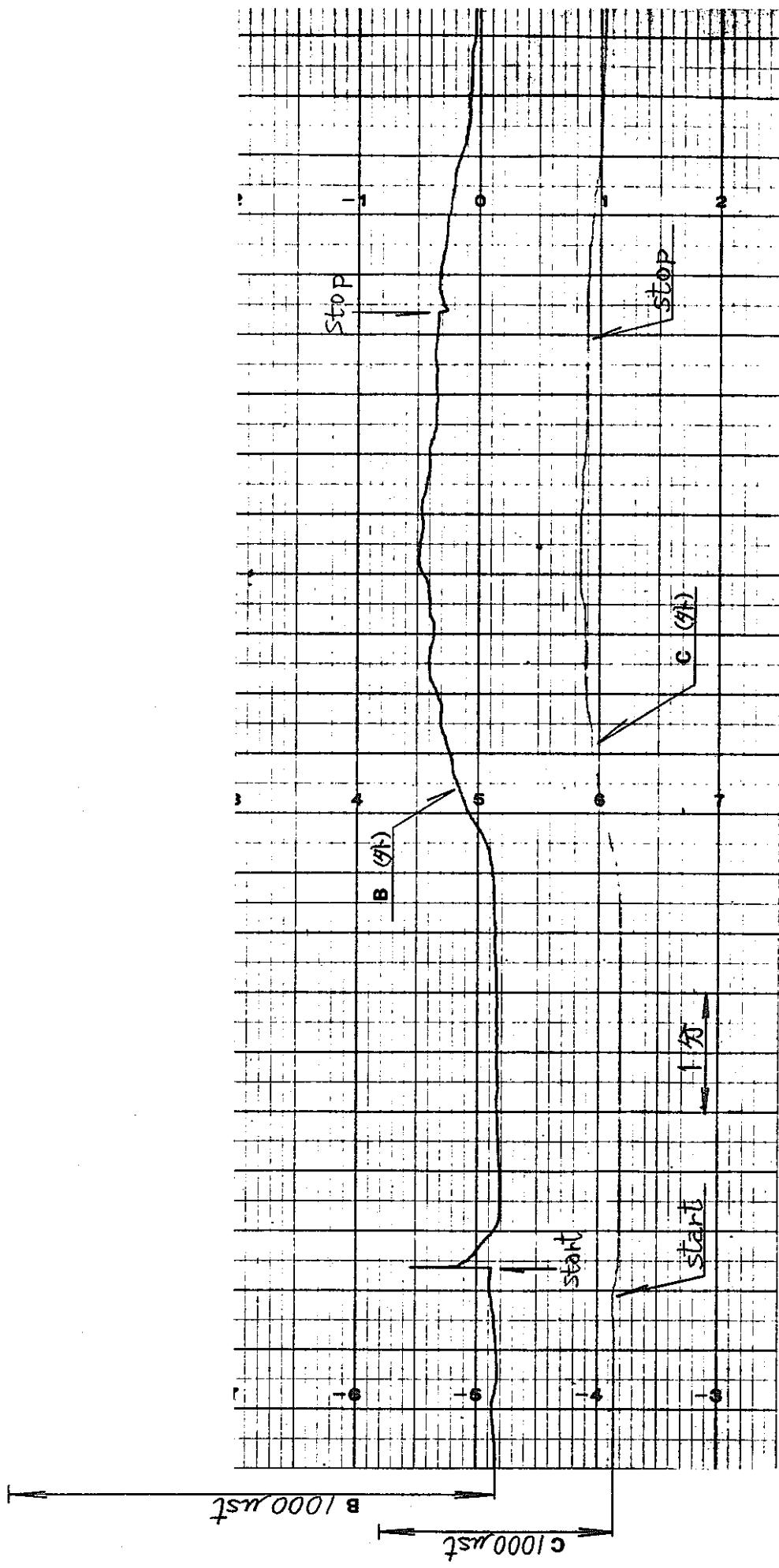


Fig. 8 - 61 Output of strain gauge B & C on outer jacket, Test No. 5

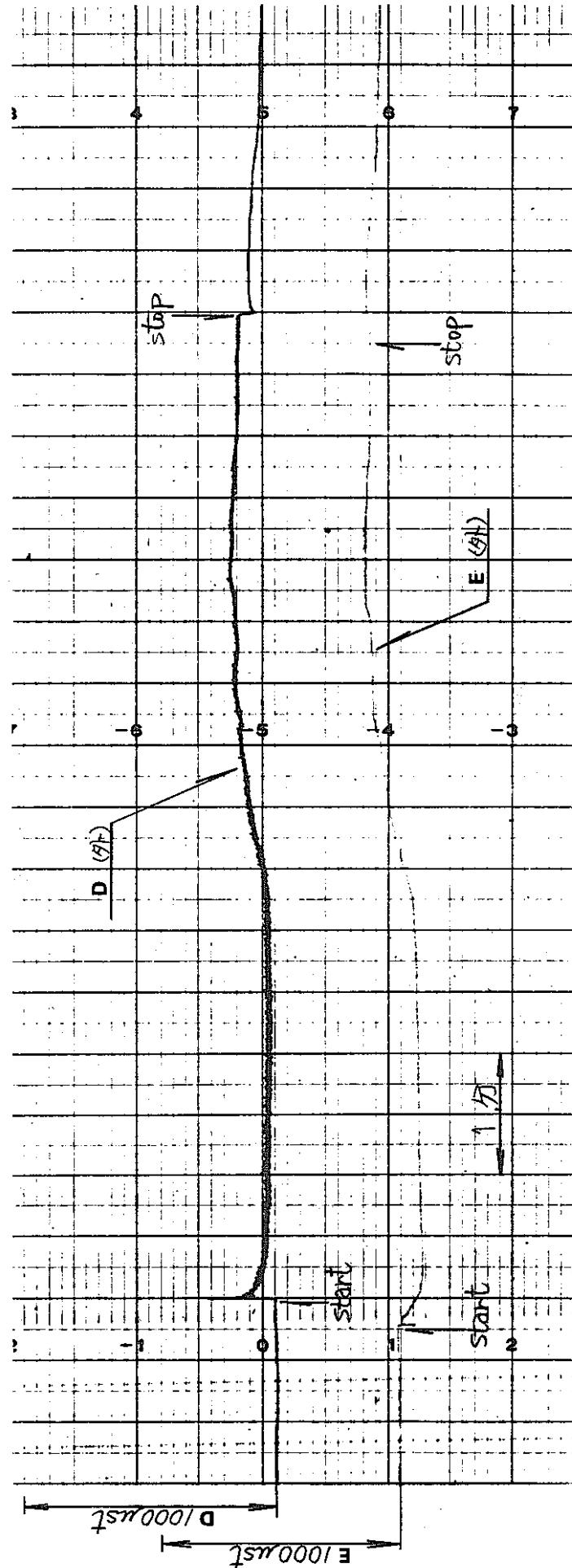
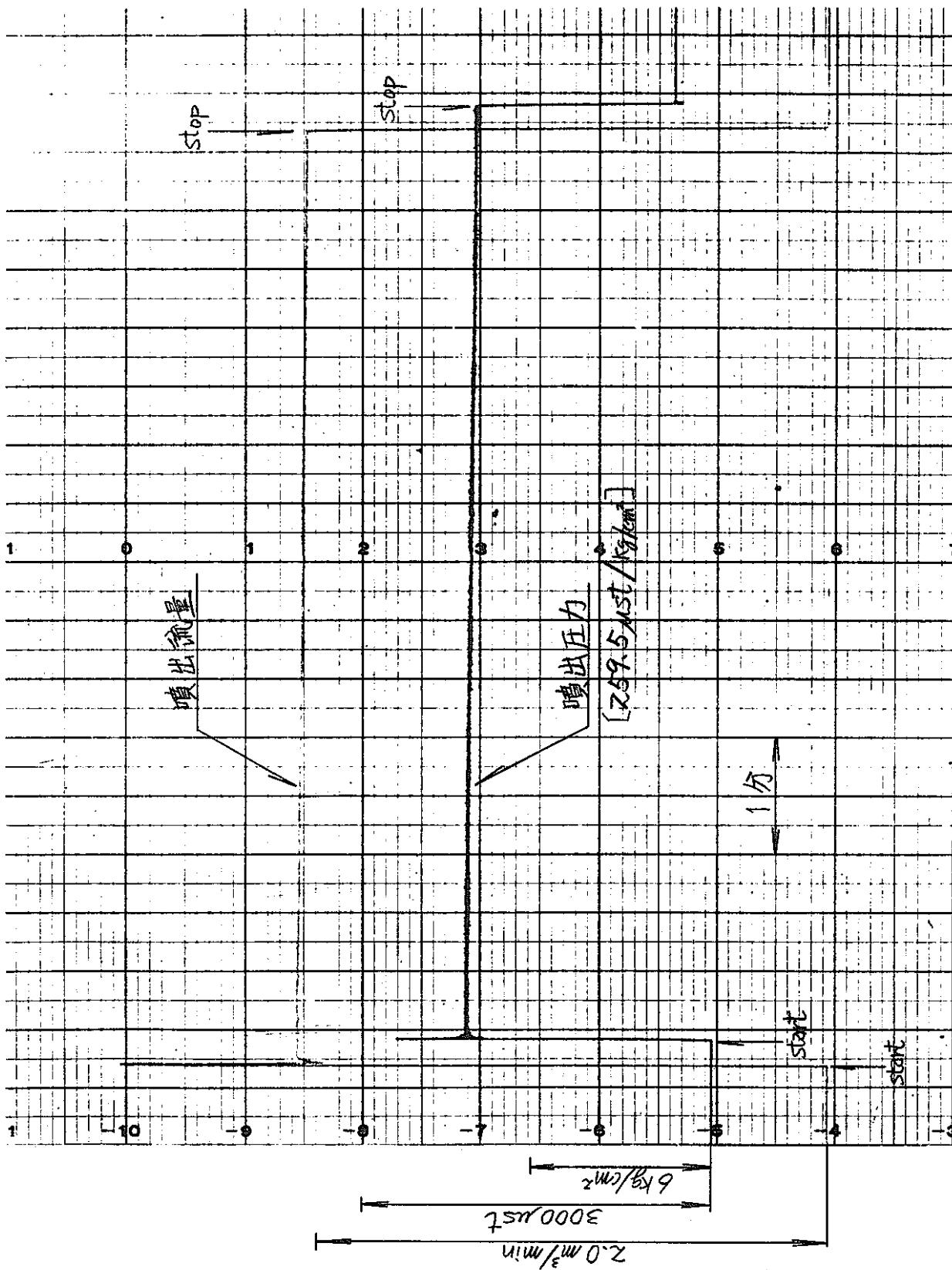
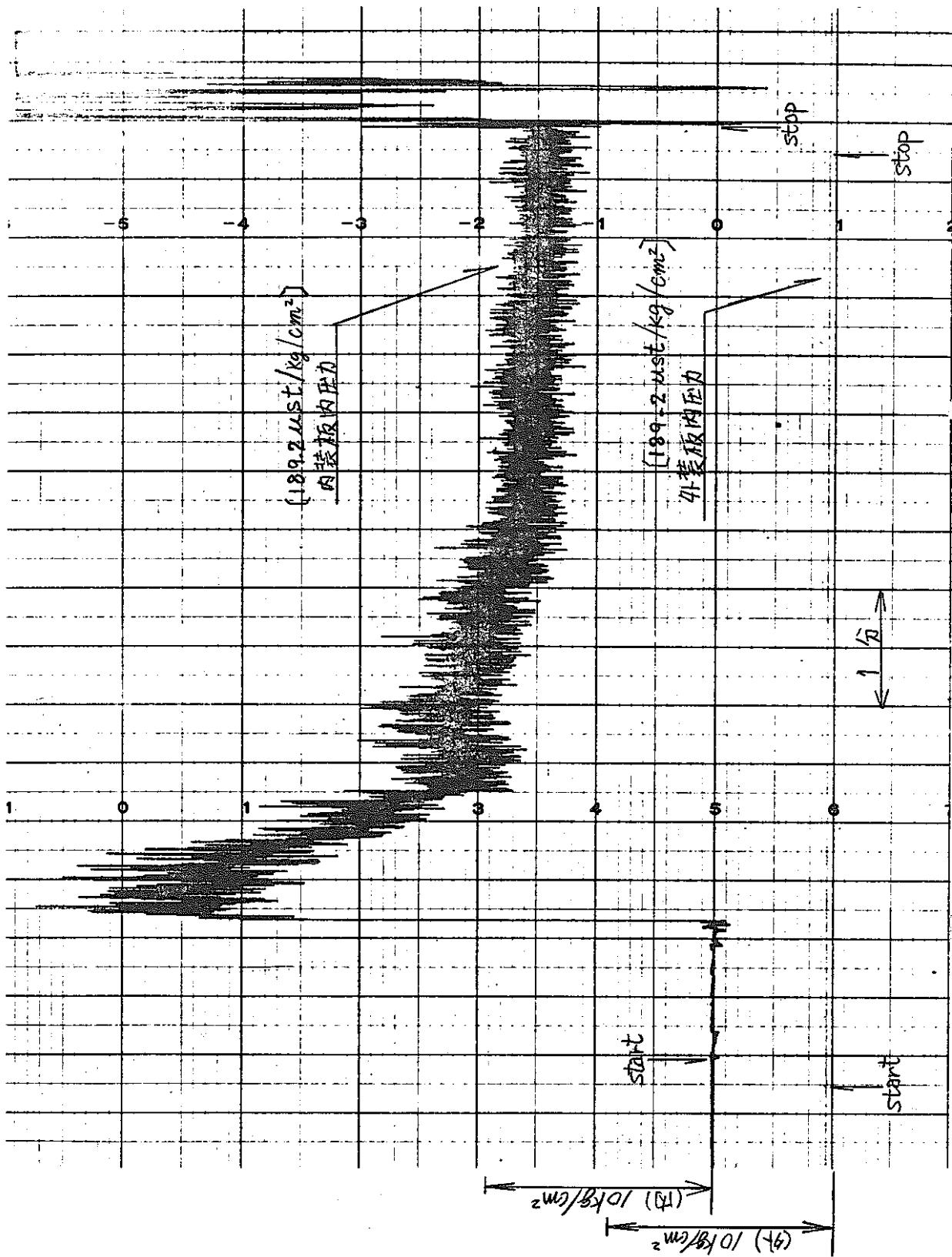


Fig. 8 - 62 Output of strain gauge D & E on outer jacket, Test No. 5





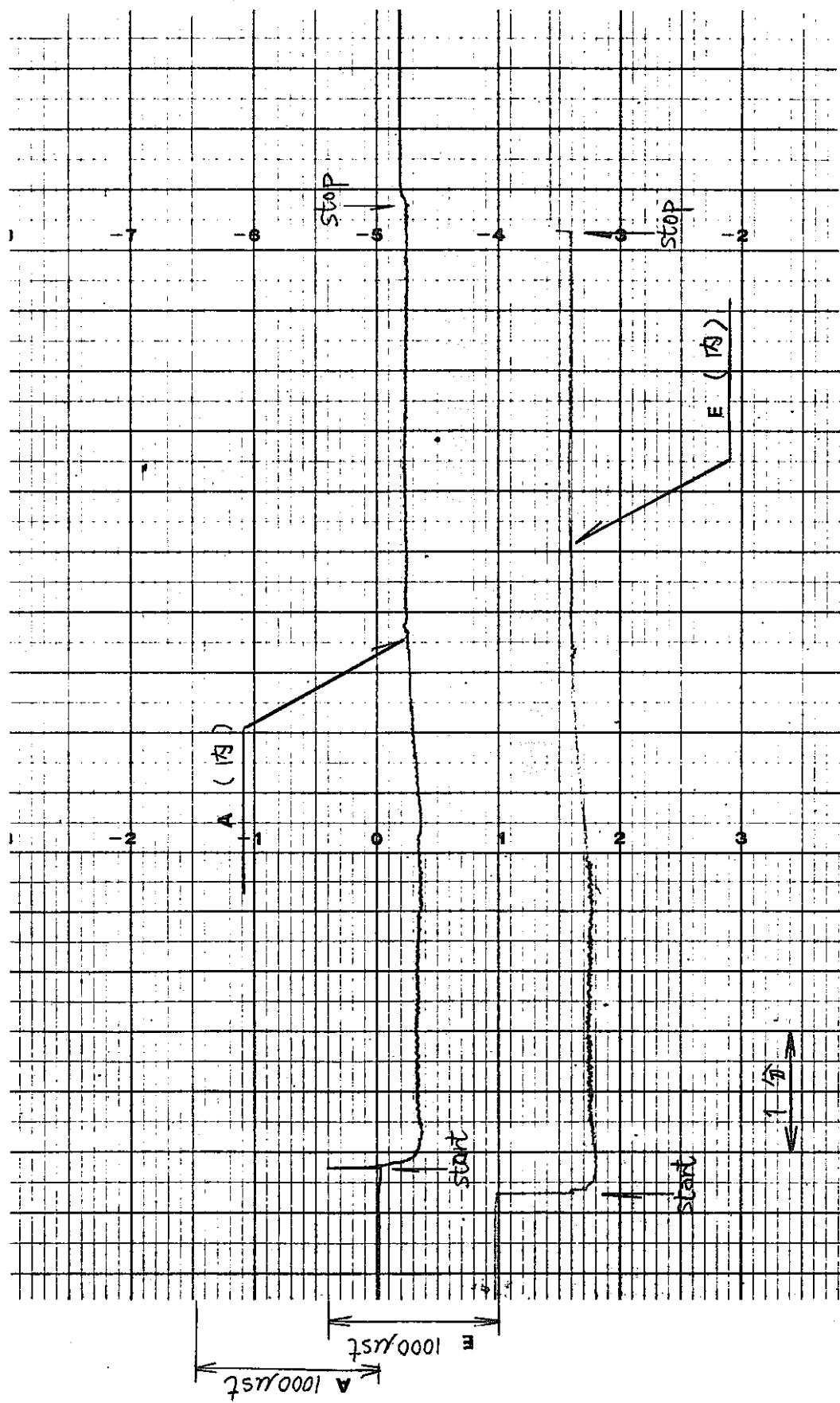


Fig. 8 - 65 Output of strain gauge A & E on inner jacket, Test No. 6 - 1

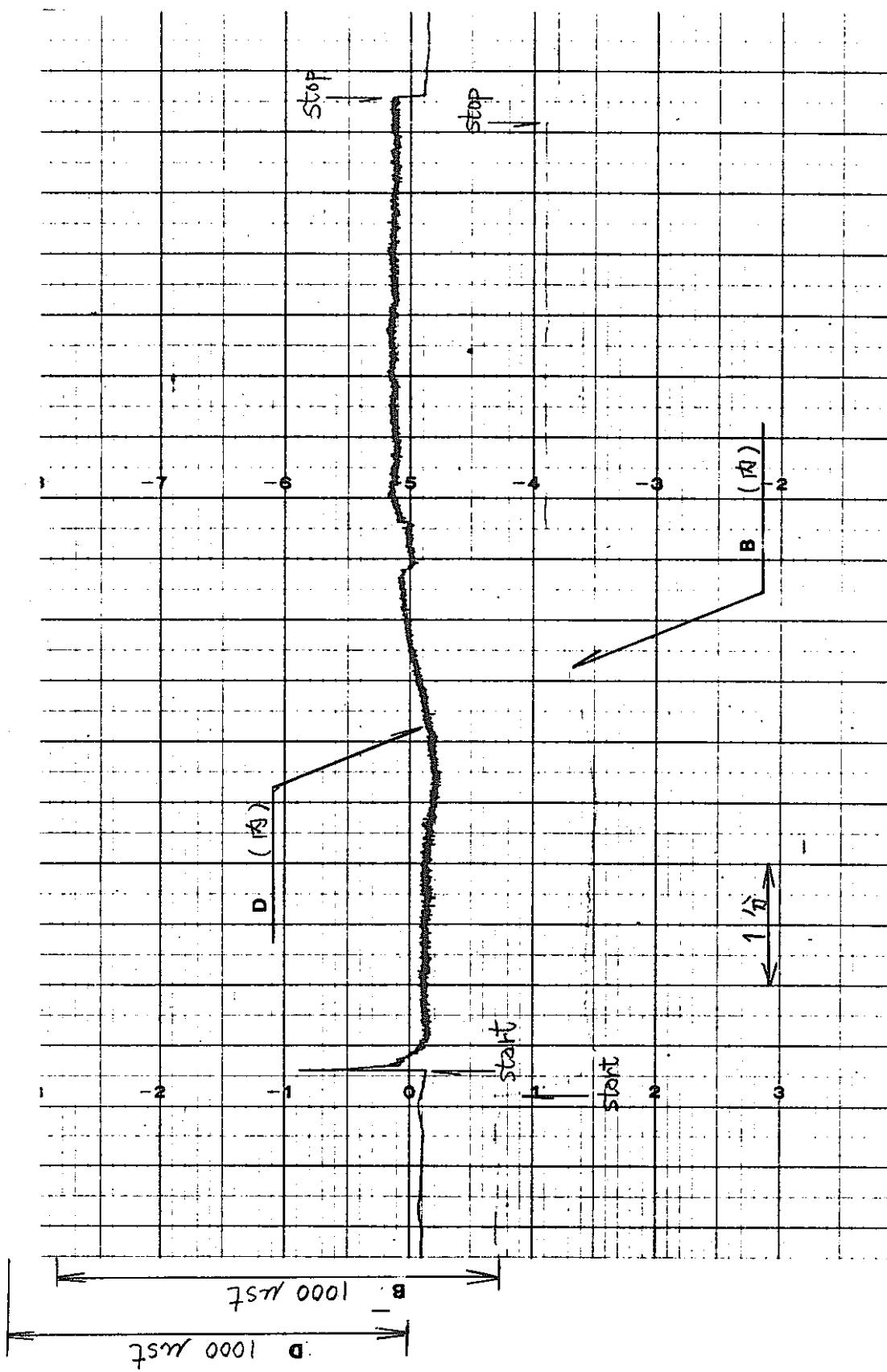


Fig. 8 - 66 Output of strain gauge B & D on inner jacket, Test No. 6 - 1

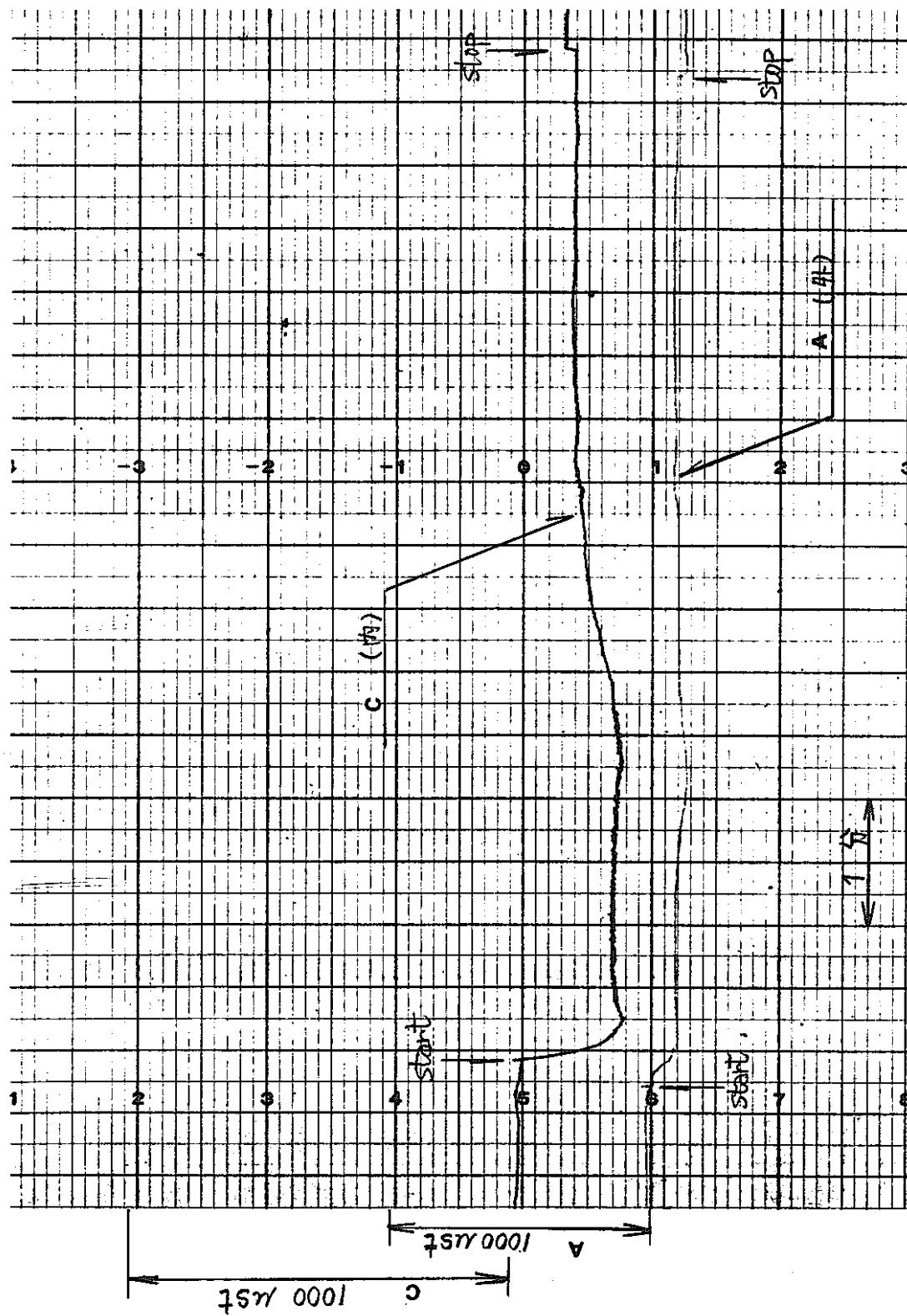


Fig. 8 - 67 Output of strain gauge C on inner jacket & strain gauge A on outer jacket, Test No. 6 - 1

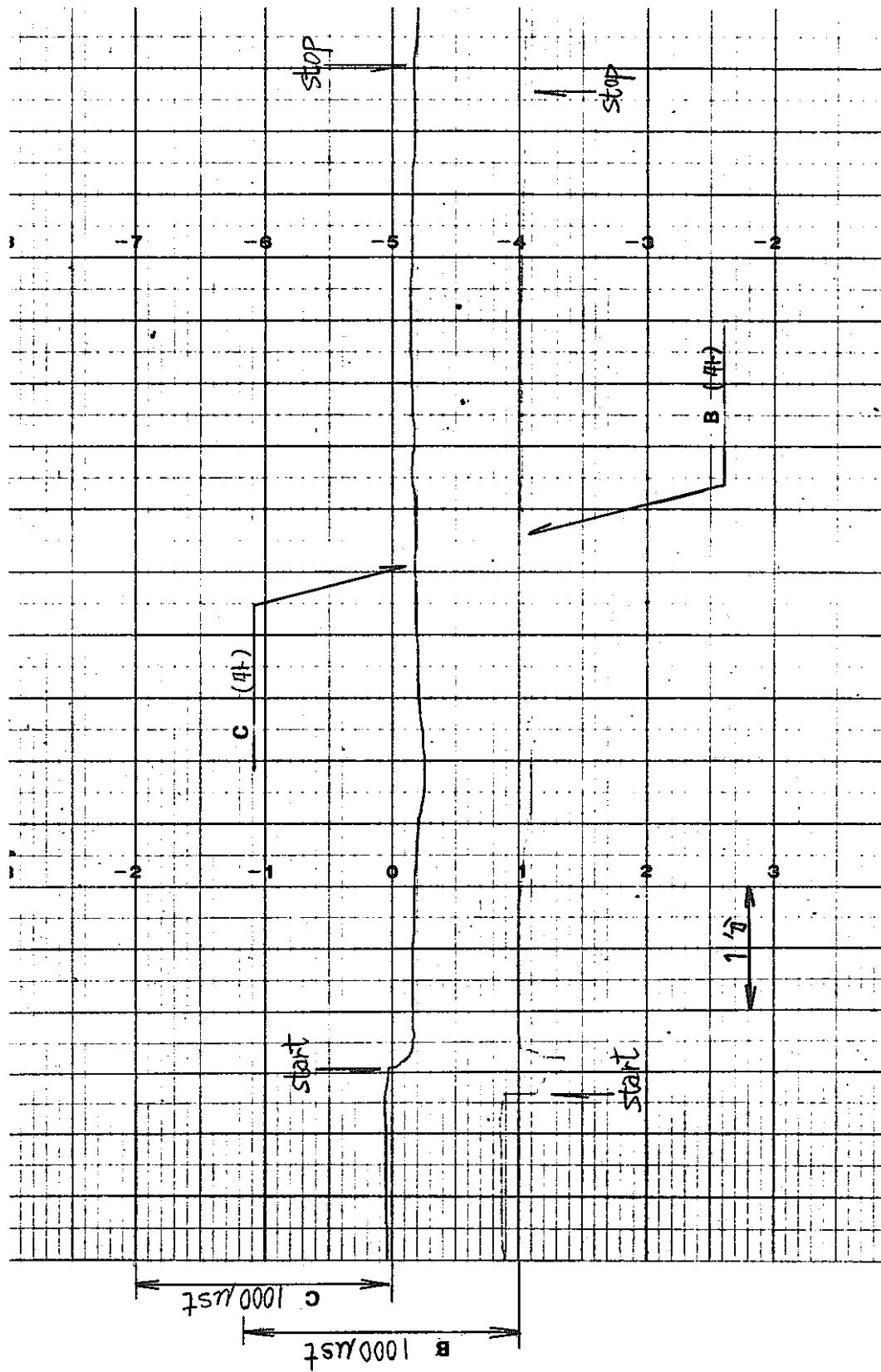


Fig. 8 - 68 Output of strain gauge B & C on outer jacket, Test No. 6 - 1

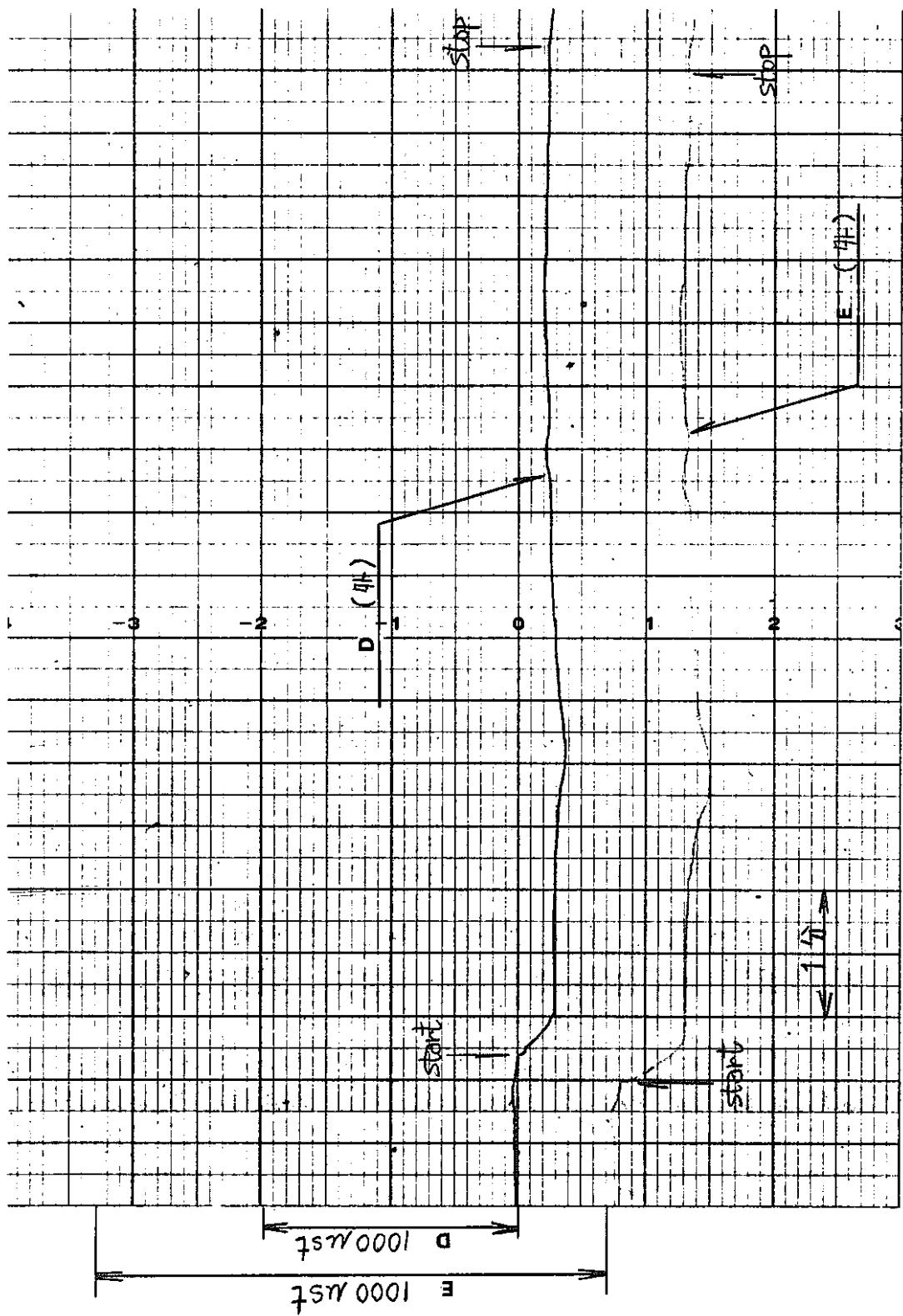
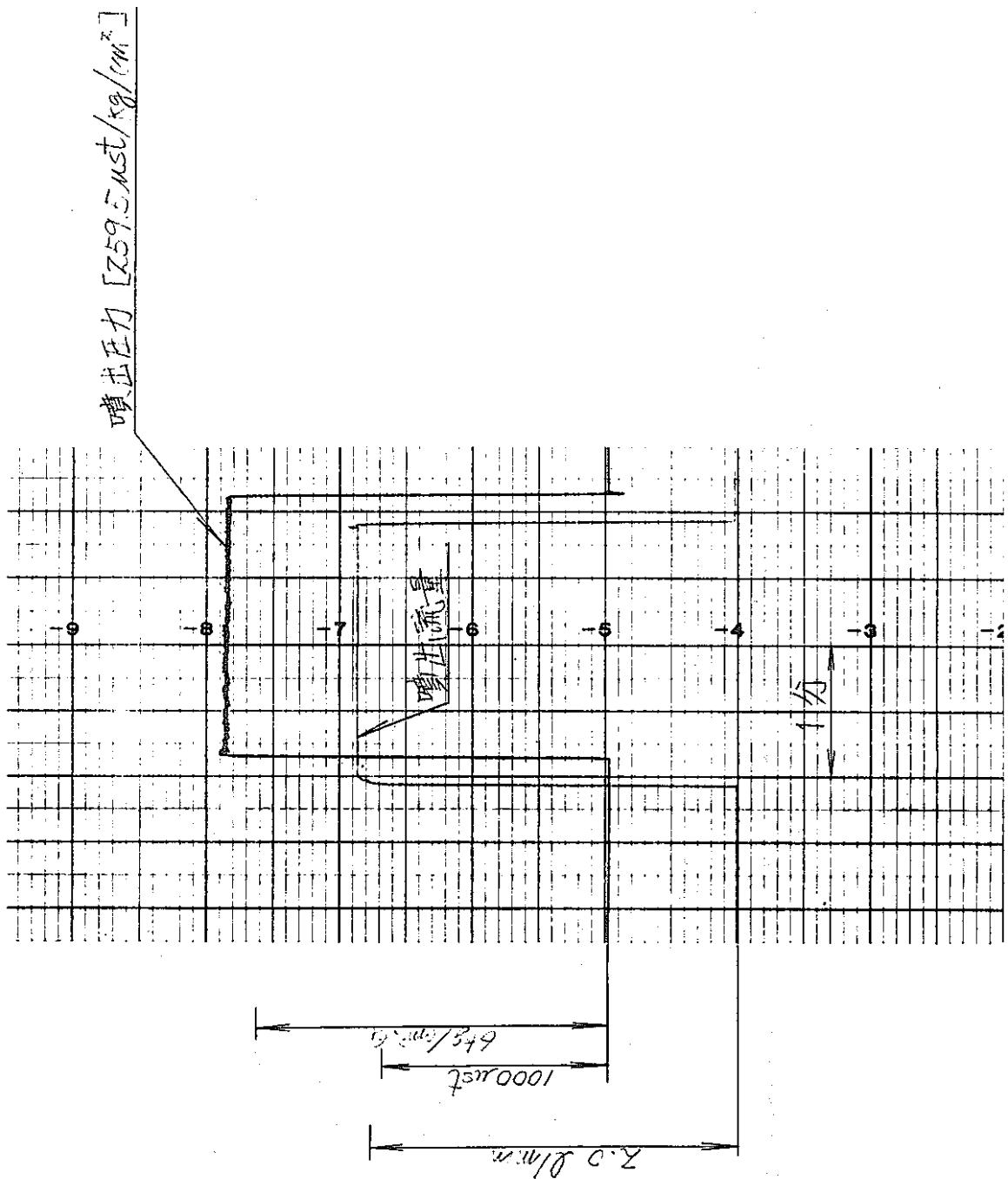


Fig. 8 - 69 Output of strain gauge D & E on outer jacket, Test No. 6 - 1

Fig. 8 - 70 Water pressure & flow rate, Test No. 6 - 2



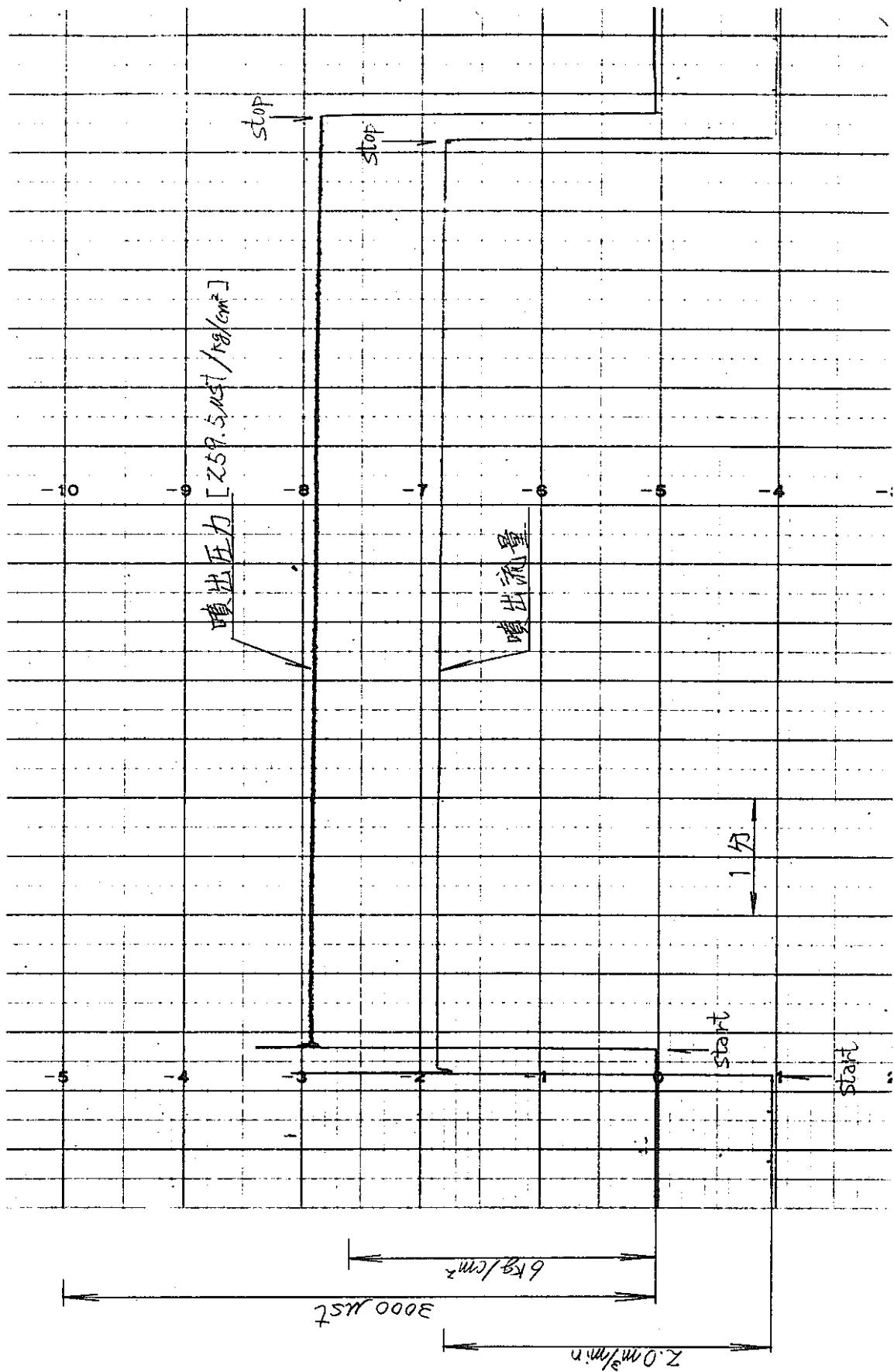


Fig. 8 - 71 Water pressure & flow rate, Test No. 7 - 1

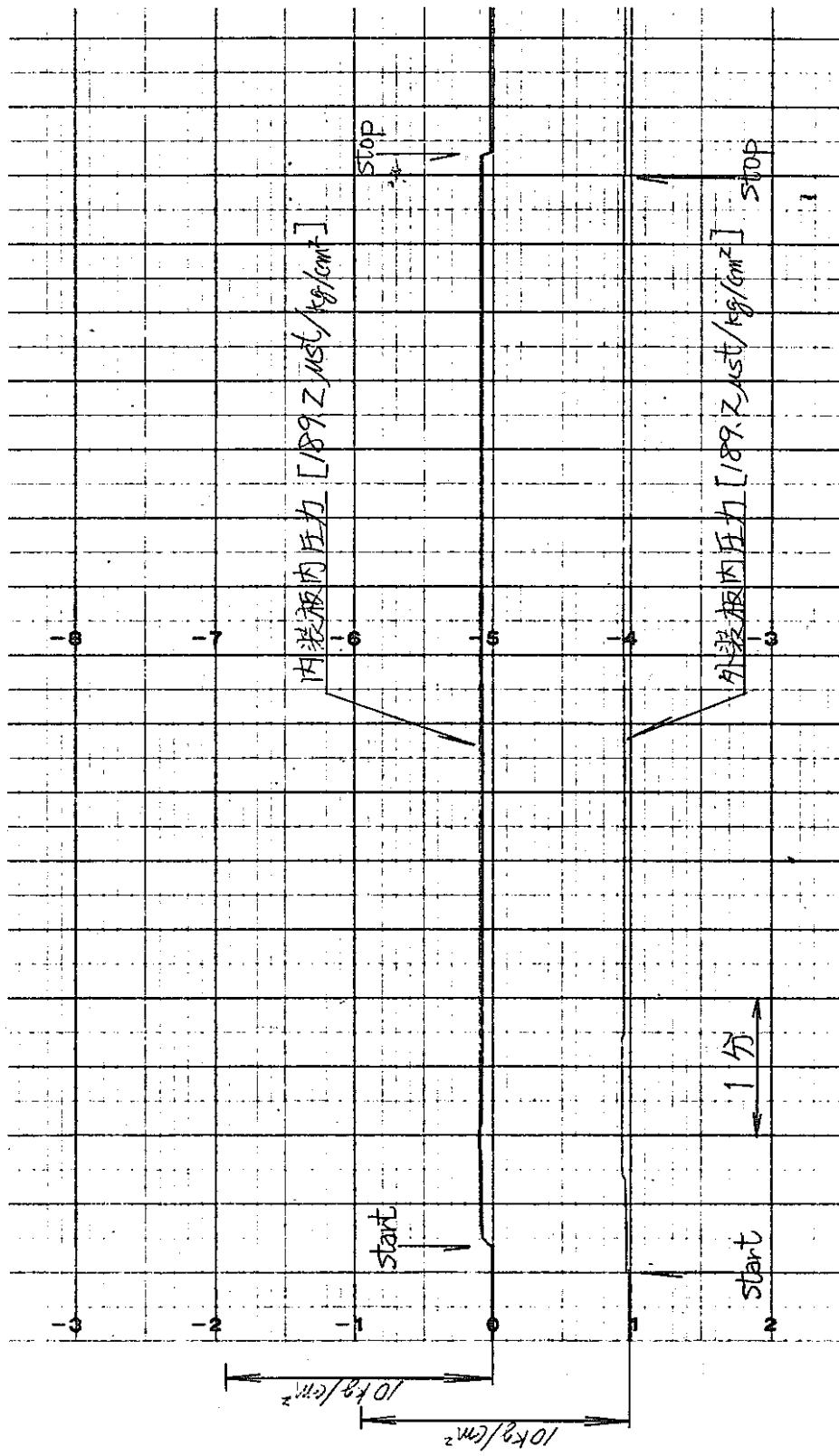
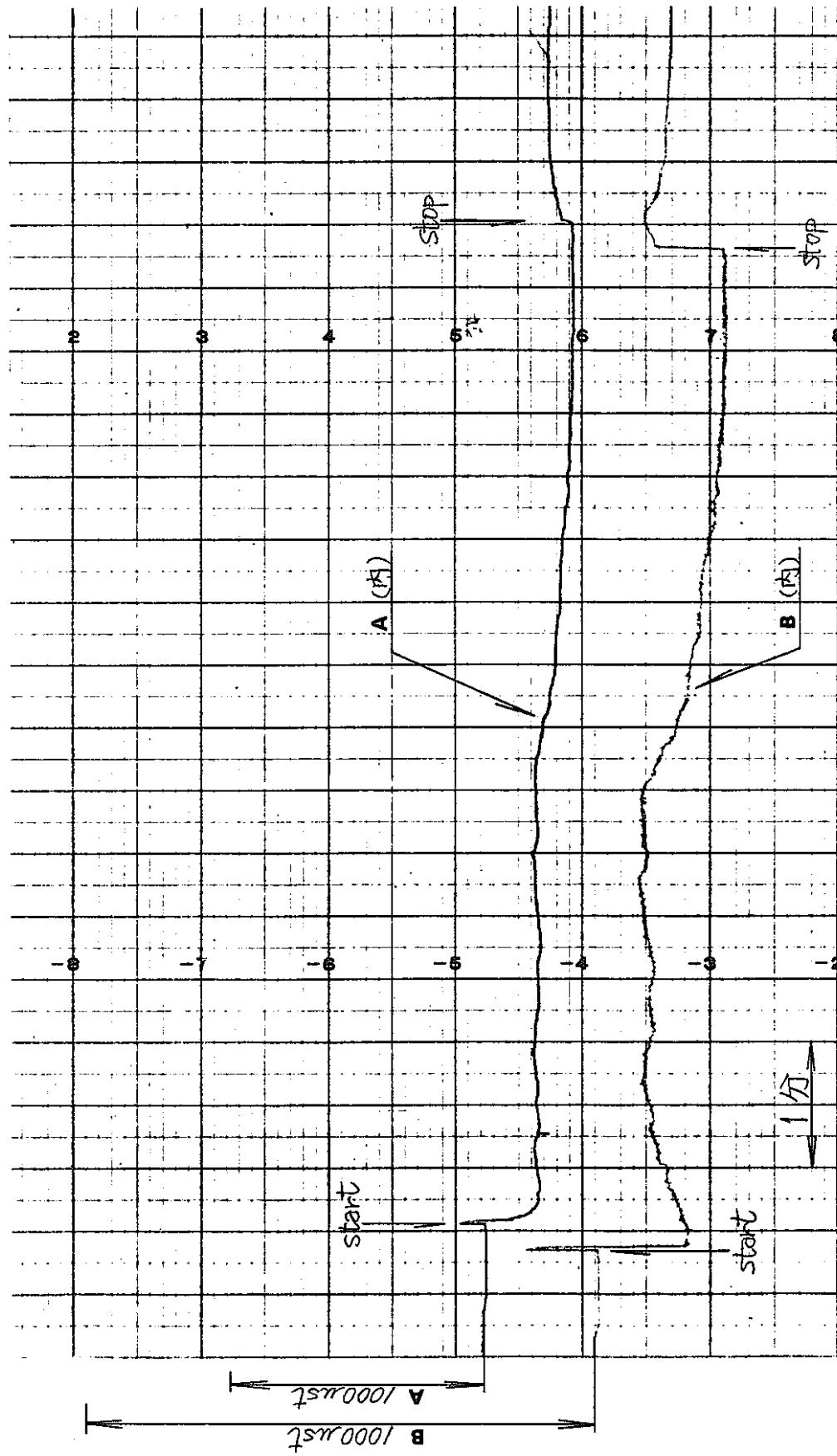


Fig. 8 - 72 Pressure in inner & outer jacket, Test No. 7 - 1

Fig. 8 - 73 Output of strain gauge A & E on inner jacket, Test No. 7 - 1



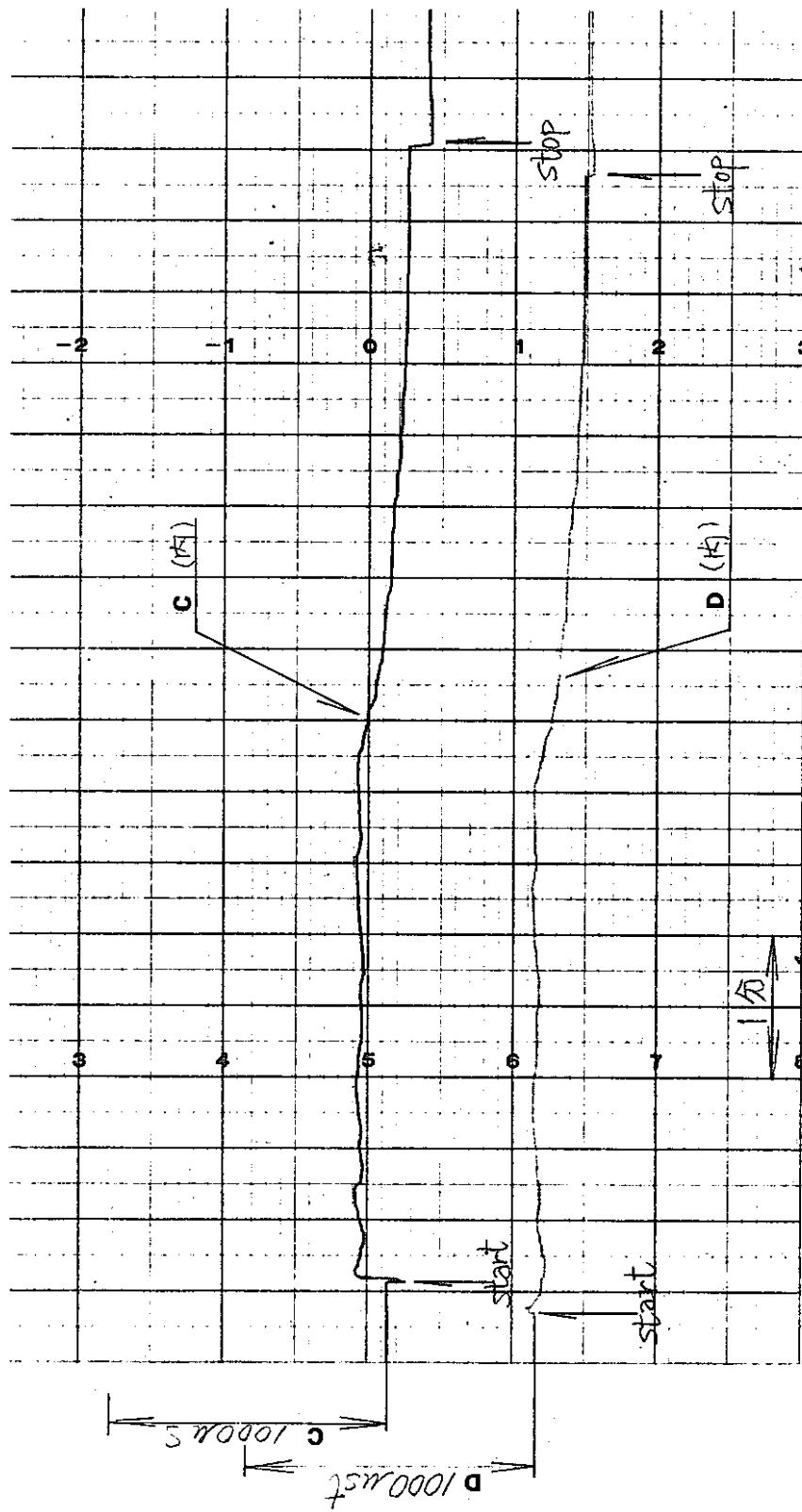


Fig. 8 - 74 Output of strain gauge C & D on inner jacket, Test No. 7 - 1

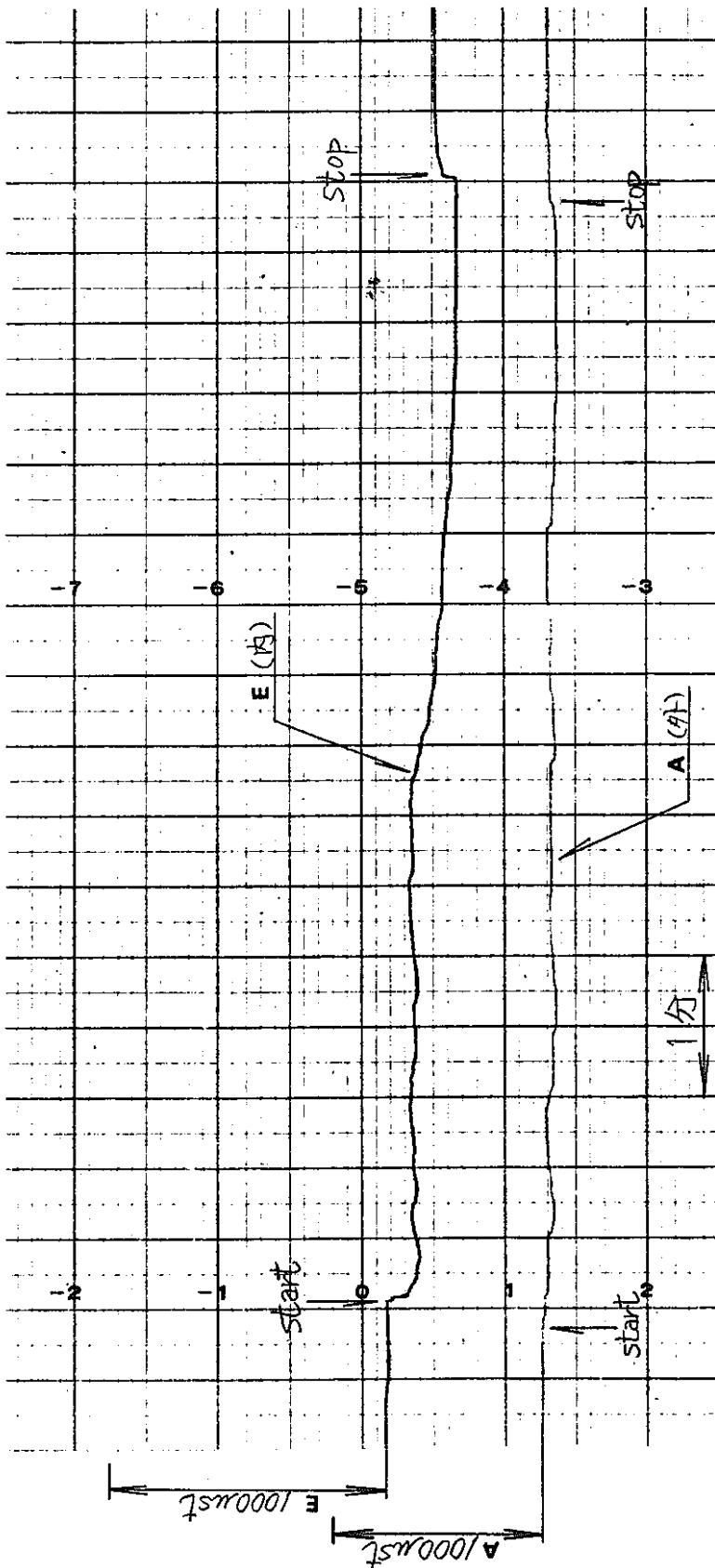


Fig. 8 - 75 Output of strain gauge E on inner jacket
& strain gauge A on outer jacket, Test No. 7 - 1

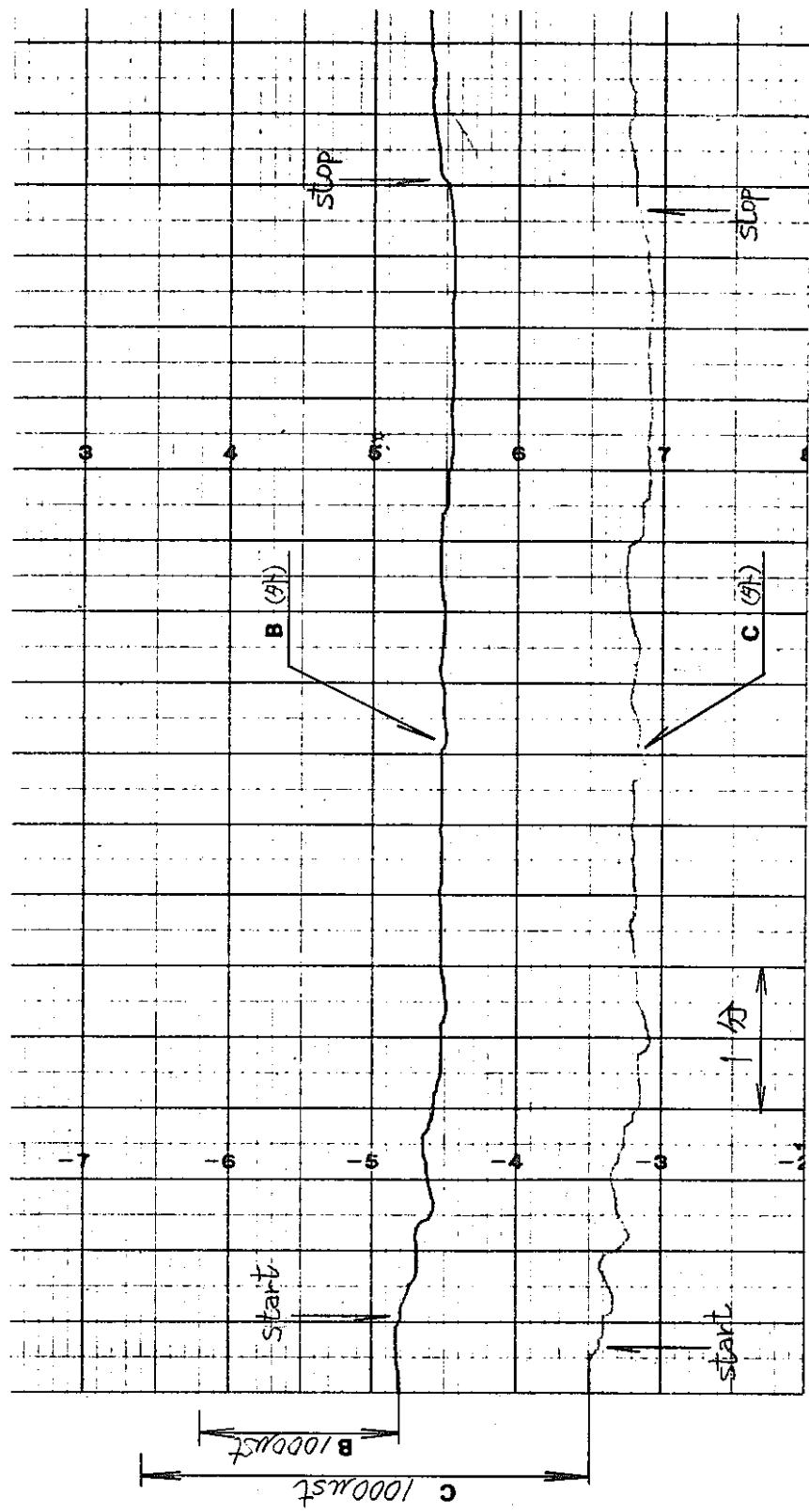
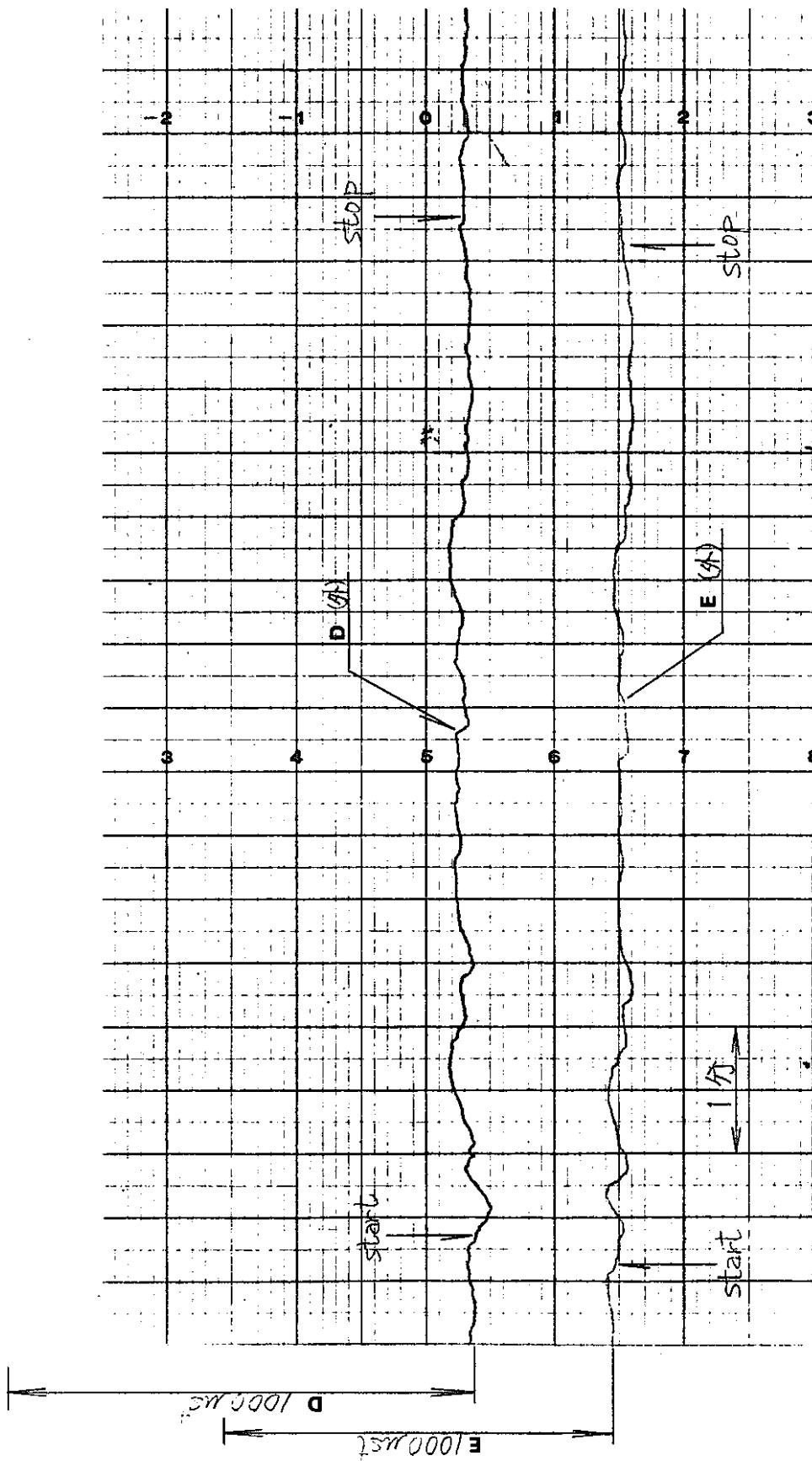


Fig. 8 - 76 Output of strain gauge B & C on outer jacket, Test No. 7 - 1

Fig. 8 - 77 Output of strain gauge D & E on outer jacket, Test No. 7 - 1



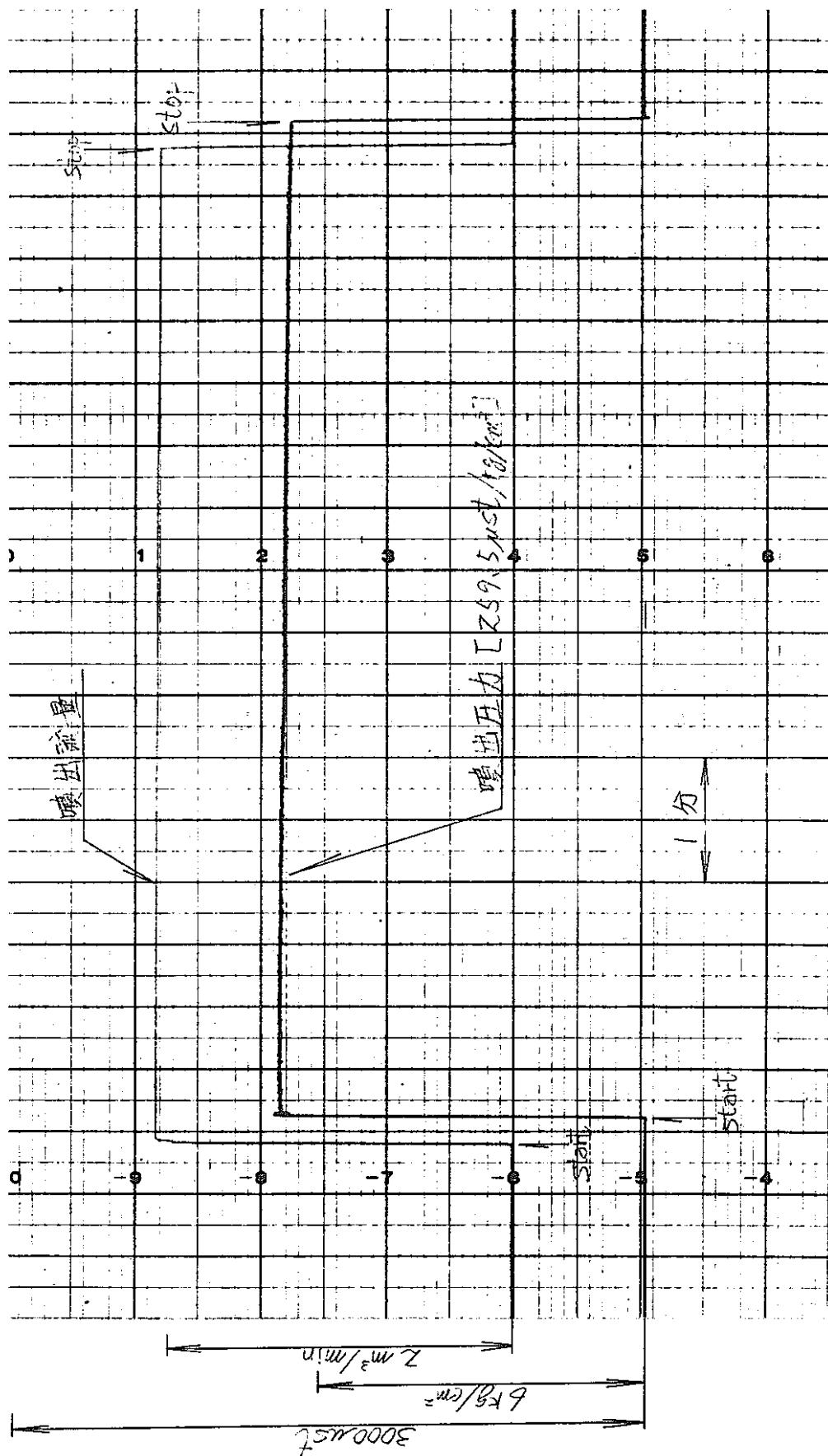


Fig. 8 - 78 Water pressure & flow rate, Test No. 7 - 2

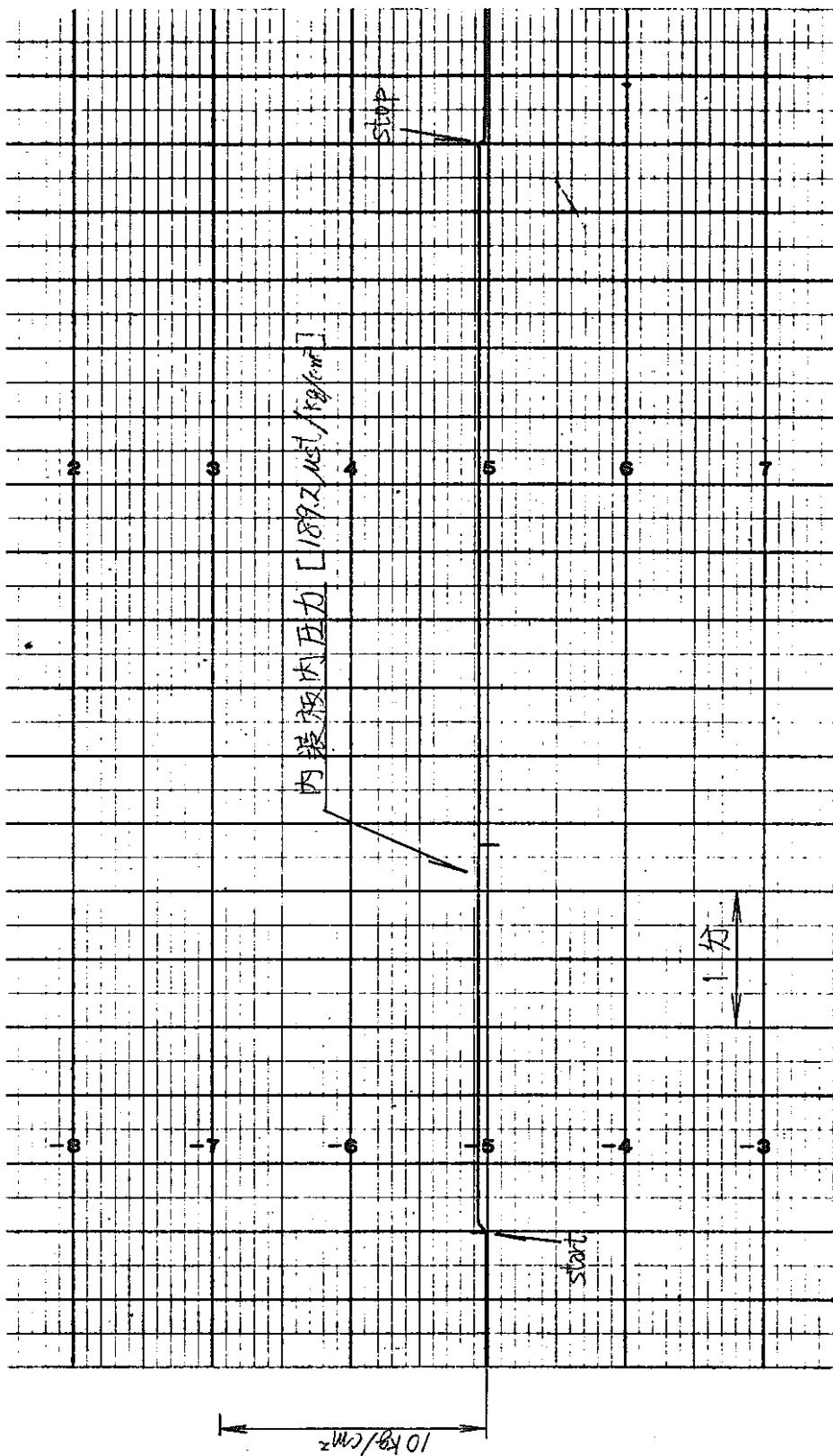


Fig. 8 - 79 Pressure in inner jacket, Test No. 7 - 2

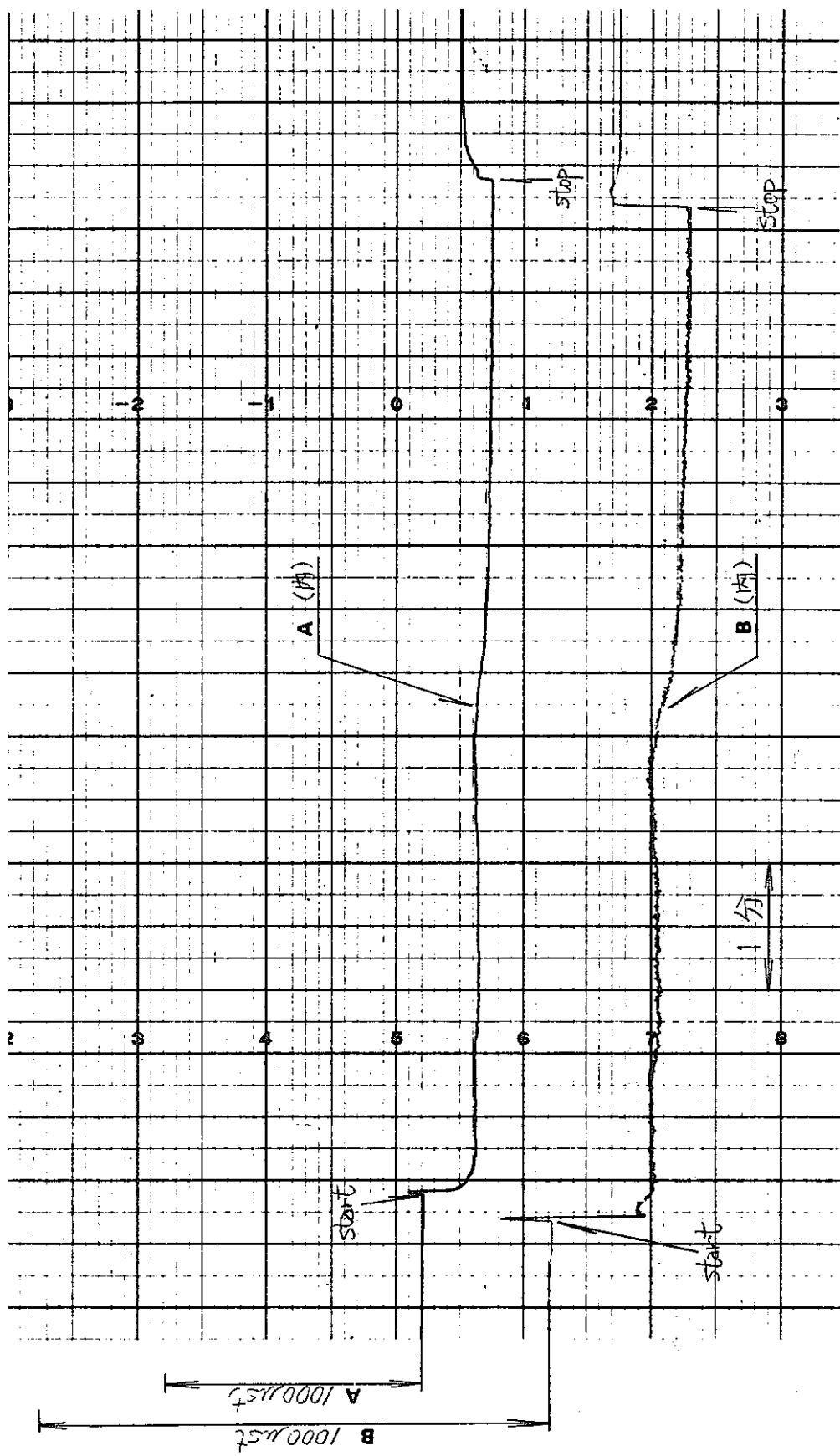


Fig. 8 - 80 Output of strain gauge A & B on inner jacket, Test No. 7 - 2

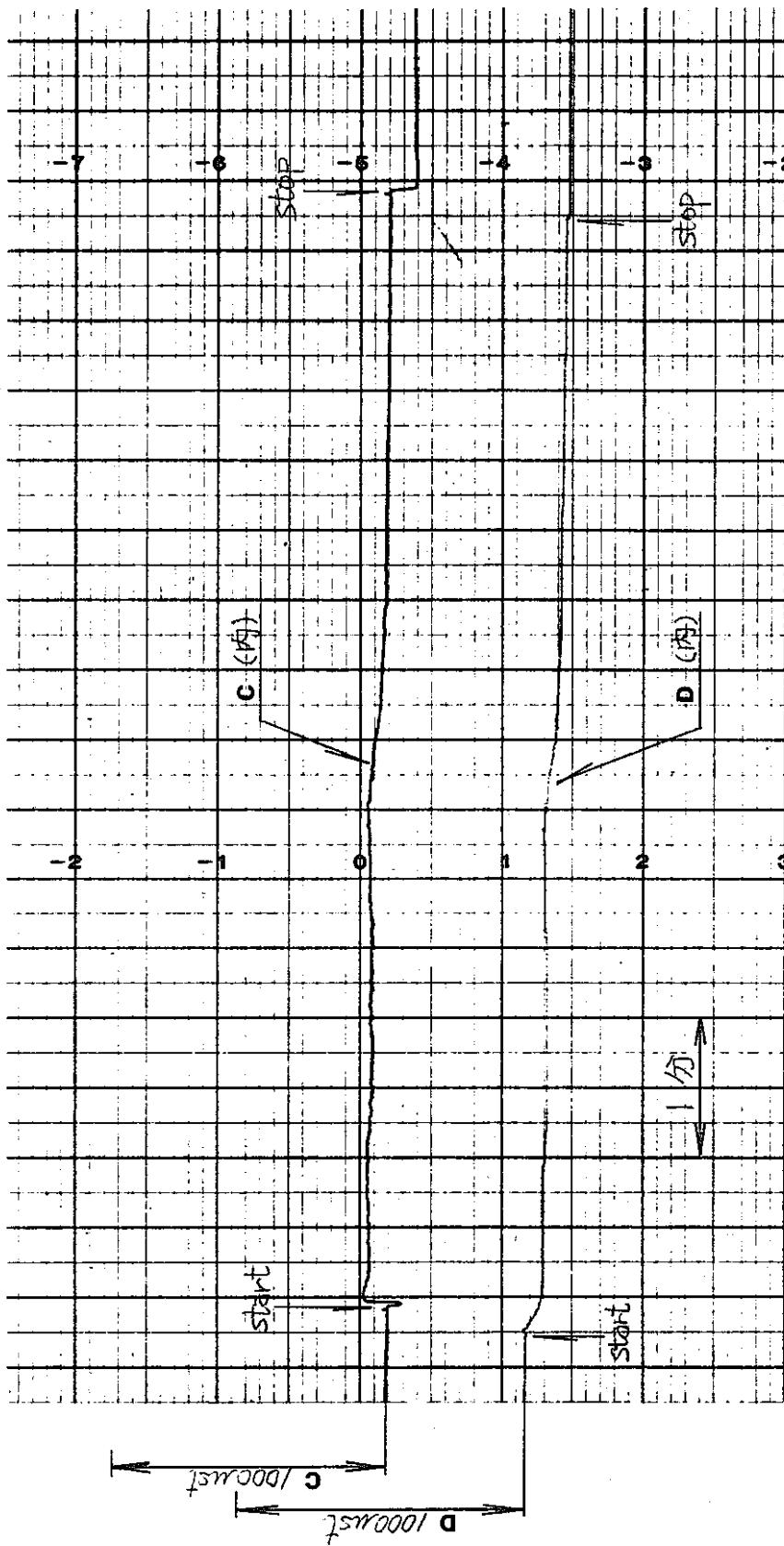


Fig. 8 - 81 Output of strain gauge C & D on inner jacket, Test No. 7 - 2

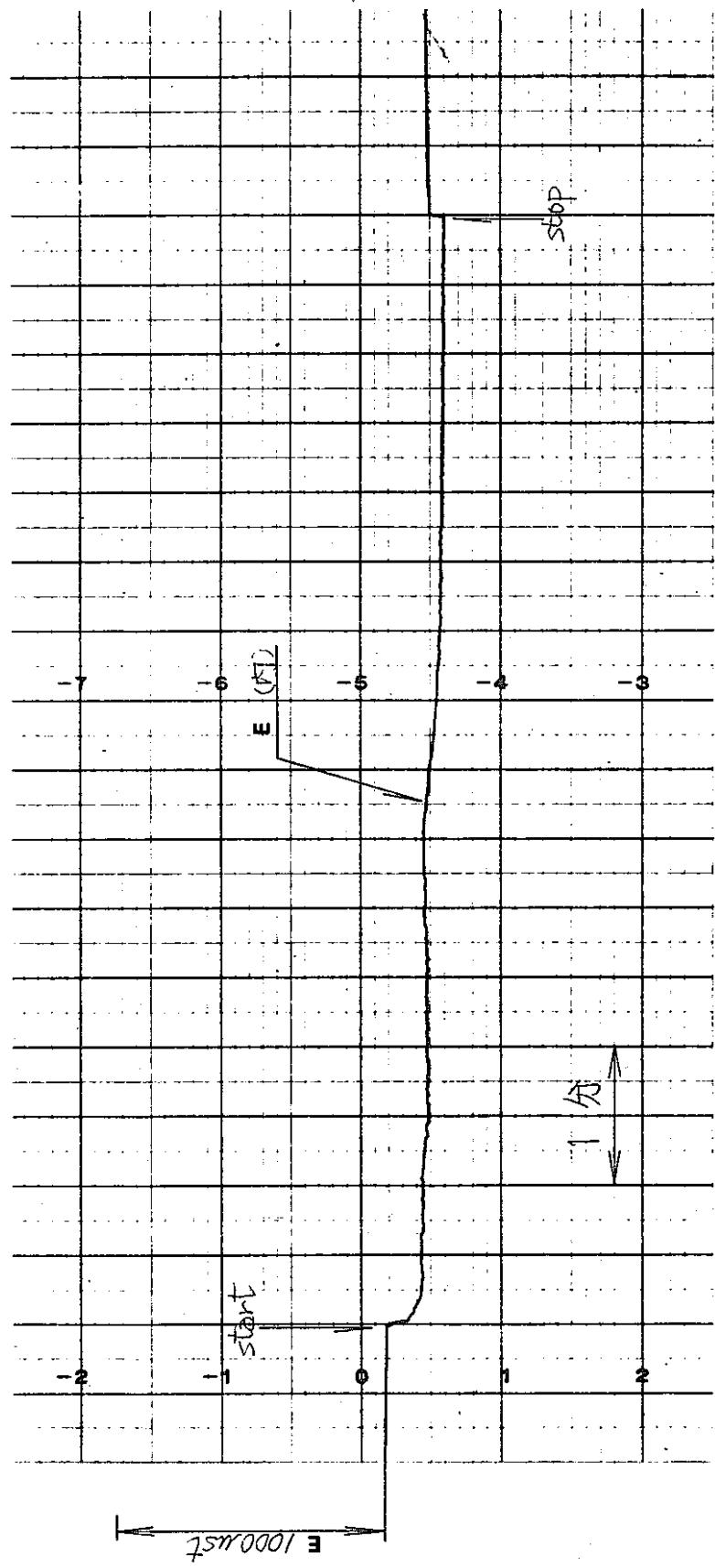


Fig. 8 - 82 Output of strain gauge E on inner jacket, Test No. 7 - 2

[補足：内装板仕様の合理化]

本項ではもんじゅ内装板仕様の合理化が、本報告書の結論に及ぼす影響を、補足試験の結果から検討した。

内装板は、試験結果の反映と、物量の削減を目的として、以下に示す設計仕様の見直しを行なった。

項目	合理化前	合理化後
内装板 板厚	1. 保温性能を保持することを前提に加工性、溶接施工を条件とした。 2. 強度上の目安としては、予想される最大の荷重条件として「ナトリウムリード時に内装板に作用する管内圧力」を配慮した。	1. 0.8mmで溶接施工が可能であることを確認した。 2. 試験の結果、噴出時の圧力は非常に小さい事が判明したので考慮する必要がなく、構造物としての製作性等を考慮して設定した。
	板厚：1.0mm	板厚：0.8mm
フランジボルト ピッチ	1. 板厚と同様に内圧が作用した場合も配慮して、ボルトの強度、必要本数からピッチを設定した。	1. 内圧は非常に小さい事が判明したので考慮する必要がなく、構造物としての製作性等を考慮して設定した。
	ピッチ：50mm	ピッチ：100mm

内装板仕様の合理化内容、試験結果、考察及び結言を合理化の前後で比較整理した表をTable 8-1に示す。本表で明らかな様に、内装板仕様を合理化しても、報告書の結論には影響の無い事が確認された。

Table 8 - 1 Comparison due to Inner Jacket Specification Change

No.	項目	合理化前	合理化後	備考
1.	仕様			
	1) 内装板板厚	1.0 mm	0.8 mm	
	2) フランジボルトピッチ	50 mm	100 mm	
	3) 試験No.			
	○エルボ部 (保温材及び外装板付)	No. 7 - 1	No. 8 - 1	
	○エルボ部 (内装板のみ)	No. 7 - 2	No. 8 - 2	
2.	試験結果			
	1) 漏洩崩壊挙動 (保温材有)	1) スプレーは外装板下部継目より流出する。 2) 試験後の保温材、内装板は変形無。	1) 同左 2) 同左	Fig 8-84
	(保温材無)	1) スプレーは噴出口直上が最高である。(約2m) 2) スプレーの水滴は小さい。 3) 試験後の内装板は変形無。	1) 同左 2) 同左 3) 同左	(約2~3m) Fig 8-85 Fig 8-85
	2) 応力歪挙動 (内装板、保温材有)	1) 歪は時間と共に圧縮歪側に進む。	1) 同左	Fig 8-15 Fig 8-83

No.	項目	合理化前	合理化後	備考
3.	考 察 1) 内装板の変形挙動	<p>1) 保温材が水を吸収するので重くなり、上面の歪は圧縮側に進行する。</p> <p>2) 強度は十分である。</p>	<p>1) 同 左</p> <p>2) 同 左</p>	<p>Fig 8-15</p> <p>Fig 8-83</p> <p>Fig 8-15</p> <p>Fig 8-83</p>
	2) 接触防止板設置基準	下記理由により同一の基準		
		<p>1) 漏洩は周縫手が主である。</p> <p>2) 飛散距離は直管より短かい。</p> <p>3) T/C 等の貫通部は直管ほど変形しない。</p>	<p>1) 同 左</p> <p>2) 同 左</p> <p>3) 同 左</p>	<p>Fig 8-84</p> <p>Fig 8-86</p> <p>Fig 8-87</p>
4.	結 言	<p>1) 内装板の崩壊は無。</p> <p>2) 内装板のみでは上向きスプレー若しくは下向きスプレーが生じるが、外装板まで装着すると、漏洩方向は全て下向きである。</p>	<p>1) 同 左</p> <p>2) 同 左</p>	<p>Fig 8-86</p> <p>Fig 8-87</p> <p>Fig 8-88</p> <p>Fig 8-89</p> <p>Fig 8-87</p> <p>Fig 8-85</p>

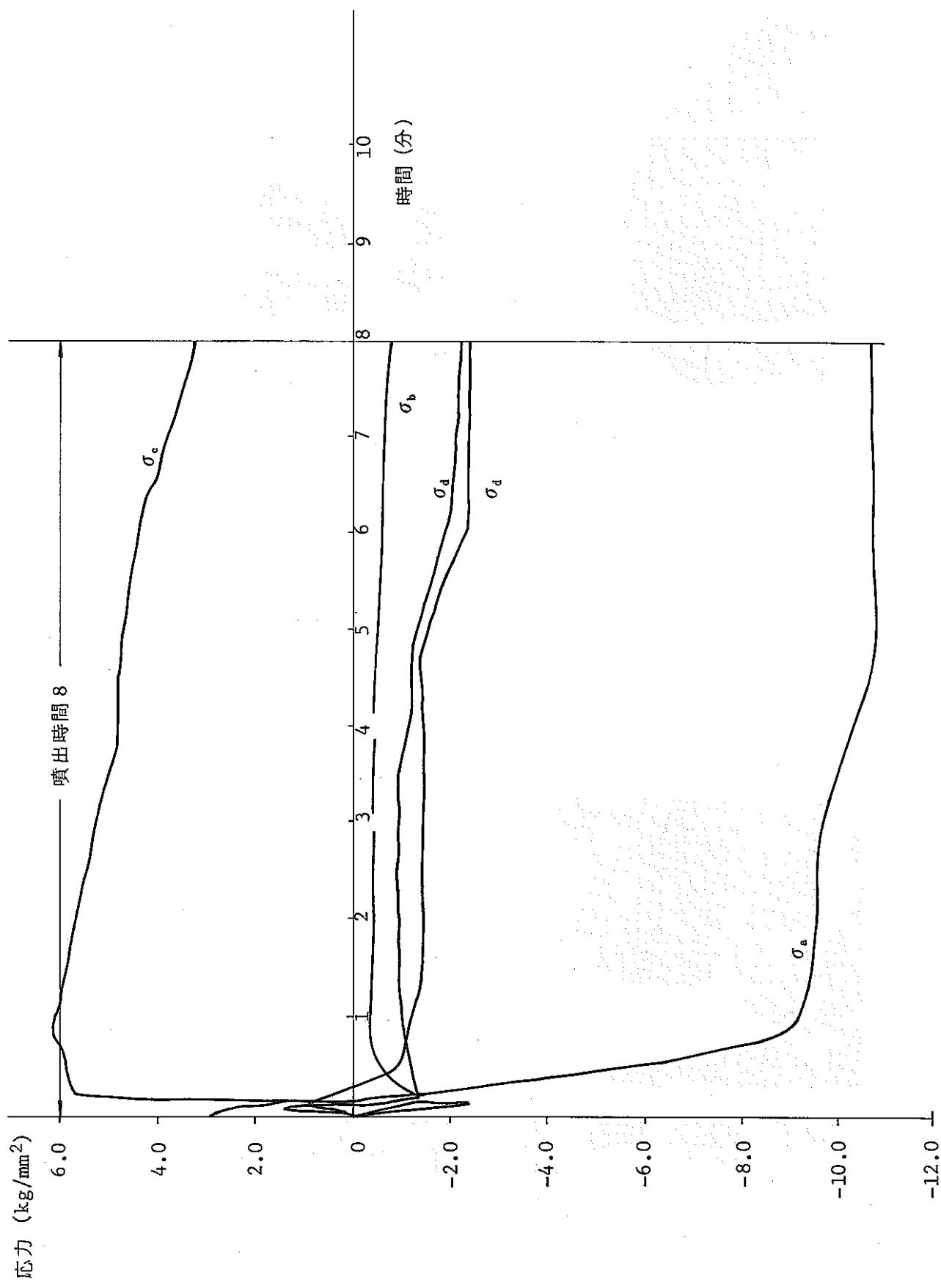


Fig. 8 - 83 Test No. 8 - 1 Stress on Inner shroud

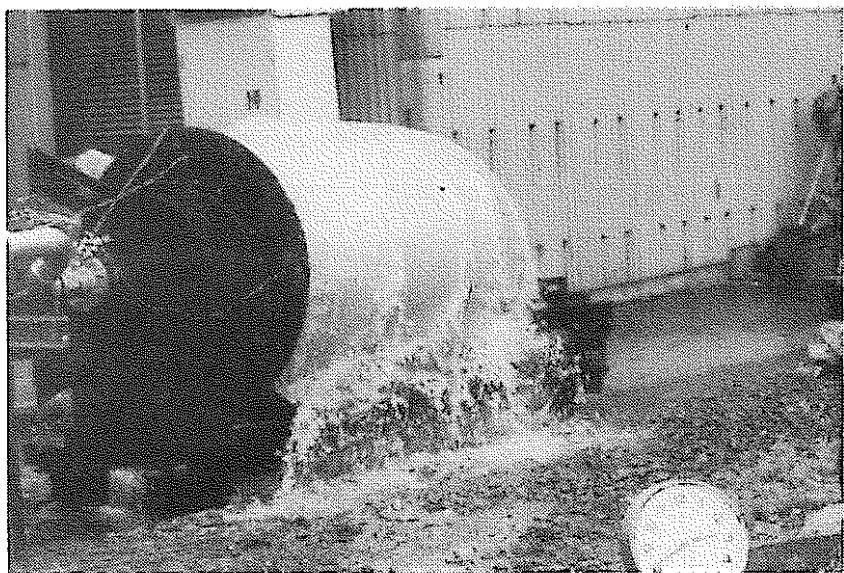


Fig. 8 - 84 Leak from Outer Jacket (Test No. 8 - 1)

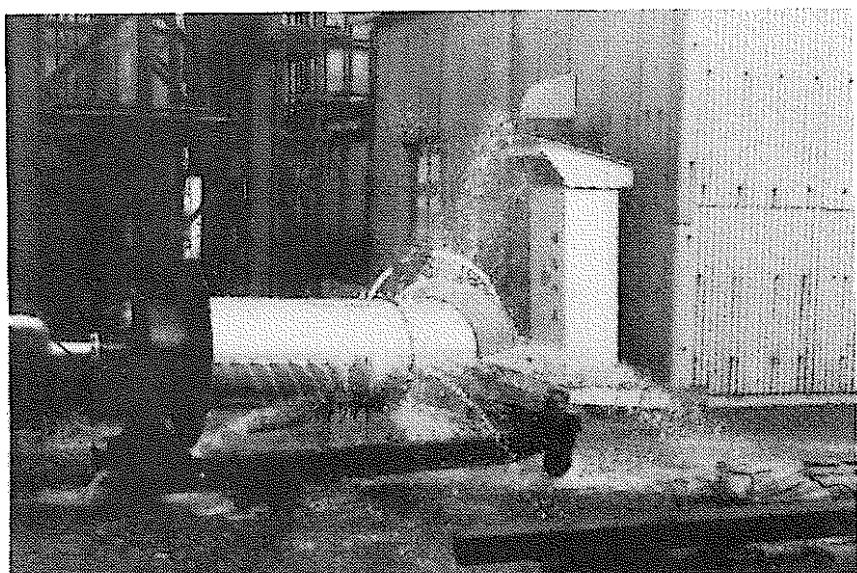


Fig. 8 - 85 Leak from Inner Jacket (Test No. 8 - 2)

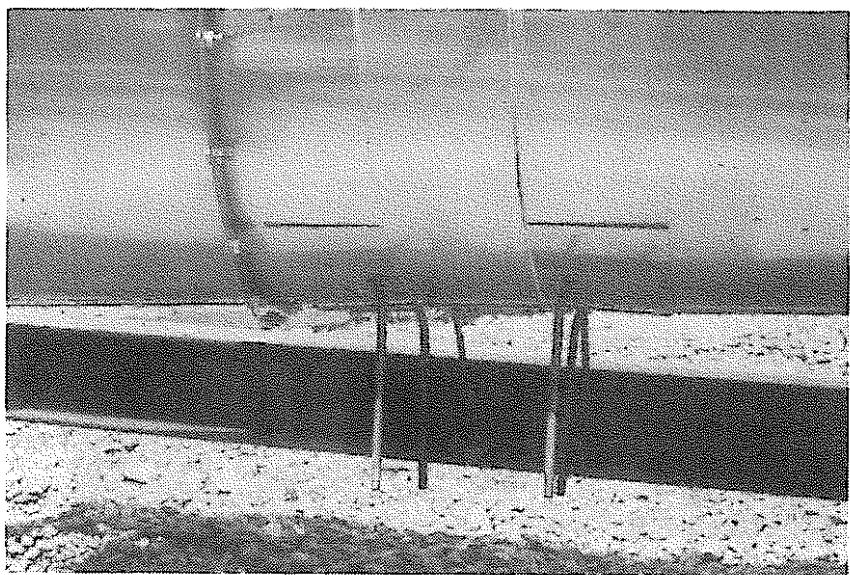


Fig. 8-86 Penetration before Test (Test No. 8-2)

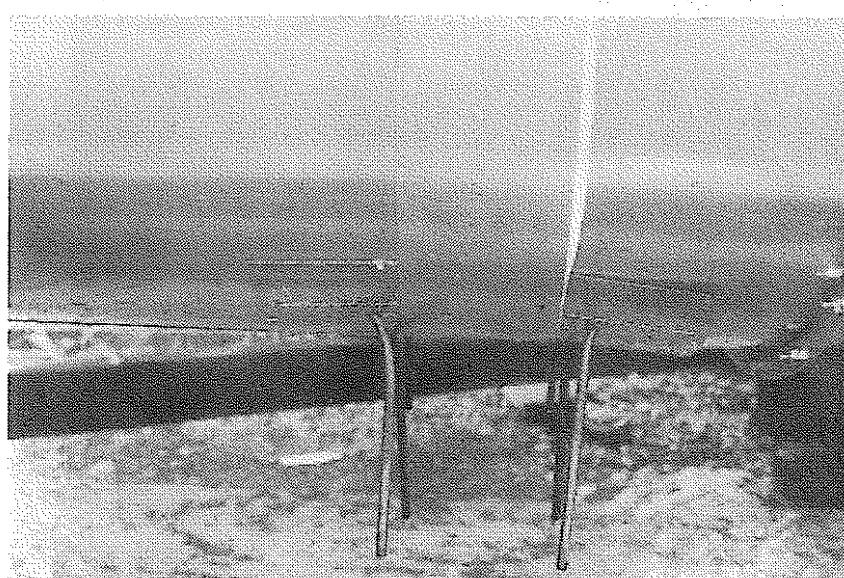


Fig. 8-87 Penetration after Test (Test No. 8-2)

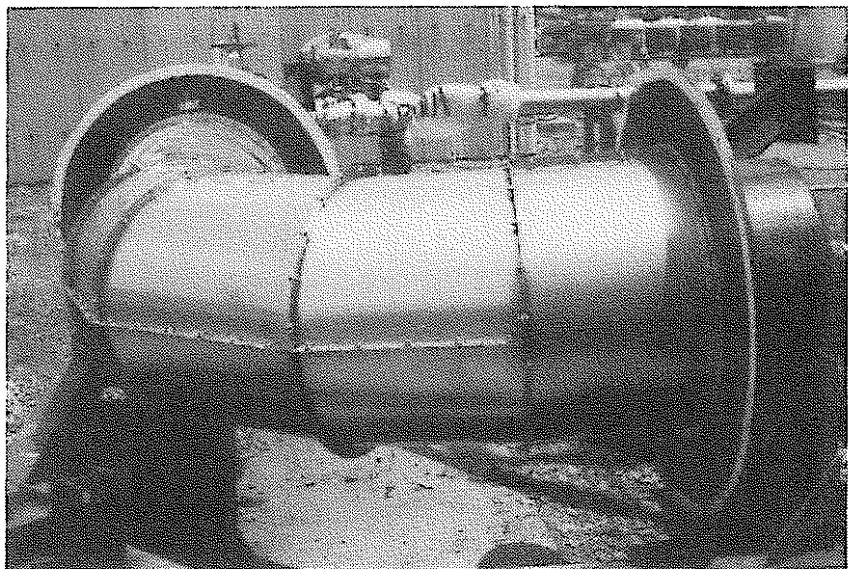


Fig. 8 - 88 Inner Jacket View before Test (Test No. 8 - 2)

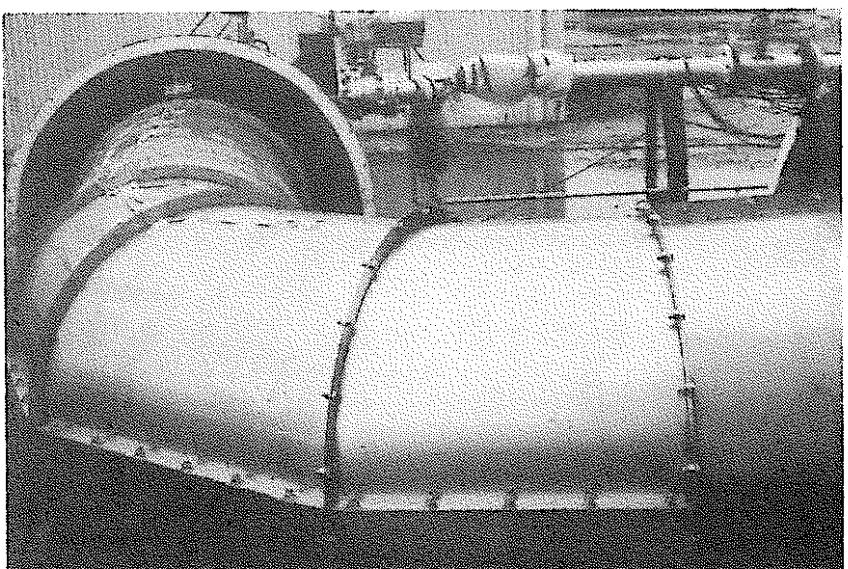


Fig. 8 - 89 Inner Jacket View after Test (Test No. 8 - 2)