

JAERI-M
83-089

電線材料促進劣化試験装置の設計と製作

1983年6月

瀬口 忠男・伊藤 洋・吉田 健三

JAERI-M レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11 茨城県那珂郡東海村）
あて、お申しこしてください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11 茨城
県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Section, Division
of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun,
Ibaraki-ken 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1983

編集兼発行 日本原子力研究所
印刷 山田軽印刷所

電線材料促進劣化試験装置の設計と製作

日本原子力研究所高崎研究所開発部

瀬口 忠男・伊藤 洋・吉田 健三

(1983年5月25日受理)

原子炉格納容器内で使用される電線・ケーブルの健全性を評価する試験方法を確立するために「電線材料促進劣化試験装置」を設計し、製作した。本装置は原子炉の通常運転時の環境における電線・ケーブルの寿命を推定し、この寿命に相当する劣化を促進させて短時間で与える条件を見出すことを目的として、電線・ケーブルを酸素加圧下でかつ加熱した状態で γ 線を照射するために使用されるものである。電線・ケーブルは600 V用で長さ6 mのものまで照射可能で、酸素圧は最大 20 kg/cm^2 、温度は最高 $200 \text{ }^\circ\text{C}$ で使用できる性能を有する装置である。

JAERI-M 83-089

Design and Construction of Accelerated Aging
Facility for Cables

Tadao SEGUCHI, Hiroshi ITO and Kenzo YOSHIDA

Department of Development,
Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment, JAERI

(Received May 25, 1983)

In order to establish the accelerated aging methodologies for testing the electrical cables used in the containment of a nuclear reactor under normal operating conditions, "Accelerated Aging Facility for Cables" was designed and constructed. In this facility cables are irradiated with Co-60 γ -rays in oxygen under pressure at elevated temperatures; maximum oxygen pressure is 20 bar (Kg/cm^2) and maximum temperature is 200°C

Keywords : Oxidation, Cable, Nuclear Reactor, Oxygen, Pressure,
Accelerated Aging Facility, γ -rays, Construction,
Irradiation

目 次

1. はじめに	1
2. 設計の概要	1
2.1 製作の目的	1
2.2 使用条件	2
2.3 装置の設置条件	2
2.4 装置の概念設計	2
2.5 安全対策	3
3. 装置の製作	4
3.1 装置の構成	4
3.2 圧力容器	4
3.3 圧力制御部	5
3.4 温度制御および記録部	5
4. 装置の性能	6
4.1 圧 力	6
4.2 温 度	6
4.3 流 量	6
4.4 安全装置	6
4.5 圧力容器内の線量率分布	7
4.6 照射時の圧力容器内の温度	7
5. まとめ	7
謝 辞	7
参考文献	9

Contents

1.	Introduction	1
2.	Design of Facility	1
2.1	Purpose of design	1
2.2	Condition of Construction	2
2.3	Setting condition	2
2.4	Principle of Design	2
2.5	Safety consideration	3
3.	Construction of Facility	4
3.1	Constitution of facility	4
3.2	Pressure vessel	4
3.3	Pressure control	5
3.4	Thermo control and record	5
4.	Stability of Facility	6
4.1	Pressure	6
4.2	Temperature	6
4.3	Flow rate	6
4.4	Safety circuit	6
4.5	Dose rate in pressure vessel	7
4.6	Temperature during irradiation	7
5.	Conclusion	7
	Acknowledgements	7
	References	9

1. はじめに

原子炉の工学的安全性研究の一環として、電線・ケーブルの健全性に関する研究が取り上げられた。この研究目的は原子炉に敷設された電線・ケーブルが原子炉の通常運転時および事故時において正常に機能することを保障するための妥当な試験法を確立することにある。

原子炉の通常運転時についての電線・ケーブルの健全性を試験する方法は、事故時の健全性の試験法とともに、提案されている^(1,2)。しかしそれらの試験法は暫定的なものであり、今後の研究の進展により逐次改定されることになっている。

原子炉格納容器内に敷設された電線・ケーブルの環境は、通常運転時において、温度が50～60℃、放射線の線量率が100 rad/h以下と想定されている。このような環境で長時間にわたり曝されたときの電線・ケーブルの劣化を推定し、これに相当する促進劣化法を見出すことが試験法の確立に必要な不可欠であると考えられる。

電線・ケーブルの絶縁被覆材は高分子材料である。高分子材料の放射線による劣化について、低線量率照射時の劣化挙動を種々の方法で検討したところ、劣化の主要因は放射線で誘起される酸化であることを見出し、この放射線酸化と線量率との関係を導いた^(3,4,5)。

高分子材料の放射線酸化を高線量率の照射においても起こさせる方法として、酸素加圧下照射法を考案し、基礎実験を行った。その結果、空気中で低線量率の長期間照射による劣化を高線量率短時間の照射で模擬できる見通しを得た⁽⁶⁾。このような基礎実験に基き、原子炉で使用される電線・ケーブルに対しても、酸素加圧下で照射し、劣化を促進させるための装置「電線材料促進劣化試験装置」を設計し製作した。

本装置の設計、製作について、また完成後の諸特性について報告する。

2. 設計の概要

2.1 製作の目的

本装置は安全性研究の一つとして、原子炉用電線・ケーブルの寿命を評価するための促進劣化試験法に関する試験研究に用いられるものである。以下に記す研究項目を実施することにより、妥当な促進劣化試験法の確立に資することを目的とする。

- (1) ケーブル絶縁材料が放射線酸化される照射条件を見出すこと。
- (2) 酸素加圧下照射により、ケーブル絶縁体の全体が酸化されたときの劣化と空気中高線量率および低線量率照射したときの劣化を比較検討すること。
- (3) 熱劣化と酸素加圧下照射劣化を組み合せ、熱と照射を逐次与える場合と、同時に与える場合の劣化を比較すること。

1. はじめに

原子炉の工学的安全性研究の一環として、電線・ケーブルの健全性に関する研究が取り上げられた。この研究目的は原子炉に敷設された電線・ケーブルが原子炉の通常運転時および事故時において正常に機能することを保障するための妥当な試験法を確立することにある。

原子炉の通常運転時についての電線・ケーブルの健全性を試験する方法は、事故時の健全性の試験法とともに、提案されている^(1,2)。しかしそれらの試験法は暫定的なものであり、今後の研究の進展により逐次改定されることになっている。

原子炉格納容器内に敷設された電線・ケーブルの環境は、通常運転時において、温度が50～60℃、放射線の線量率が100 rad/h以下と想定されている。このような環境で長時間にわたり曝されたときの電線・ケーブルの劣化を推定し、これに相当する促進劣化法を見出すことが試験法の確立に必要な不可欠であると考えられる。

電線・ケーブルの絶縁被覆材は高分子材料である。高分子材料の放射線による劣化について、低線量率照射時の劣化挙動を種々の方法で検討したところ、劣化の主要因は放射線で誘起される酸化であることを見出し、この放射線酸化と線量率との関係を導いた^(3,4,5)。

高分子材料の放射線酸化を高線量率の照射においても起こさせる方法として、酸素加圧下照射法を考案し、基礎実験を行った。その結果、空気中で低線量率の長期間照射による劣化を高線量率短時間の照射で模擬できる見通しを得た⁽⁶⁾。このような基礎実験に基き、原子炉で使用する電線・ケーブルに対しても、酸素加圧下で照射し、劣化を促進させるための装置「電線材料促進劣化試験装置」を設計し製作した。

本装置の設計、製作について、また完成後の諸特性について報告する。

2. 設計の概要

2.1 製作の目的

本装置は安全性研究の一つとして、原子炉用電線・ケーブルの寿命を評価するための促進劣化試験法に関する試験研究に用いられるものである。以下に記す研究項目を実施することにより、妥当な促進劣化試験法の確立に資することを目的とする。

- (1) ケーブル絶縁材料が放射線酸化される照射条件を見出すこと。
- (2) 酸素加圧下照射により、ケーブル絶縁体の全体が酸化されたときの劣化と空気中高線量率および低線量率照射したときの劣化を比較検討すること。
- (3) 熱劣化と酸素加圧下照射劣化を組み合わせ、熱と照射を逐次与える場合と、同時に与える場合の劣化を比較すること。

2.2 使用条件

本装置を用いて試験する電線・ケーブルは600 V級の動力用ケーブル（外径15 mm前後）で、長さ約6 mである。これは、すでに設置されているLOCA模擬試験のための電線材料健全性試験装置（SEAMATE-II）にも入れられることを考慮して決められた。

この径のケーブルを放射線酸化劣化させる条件は、絶縁材の種類や、肉厚によって異なるが、ポリ塩化ビニルや塩素化ポリエチレンのシース材が十分内部まで放射線酸化される条件を選んだ。ポリ塩化ビニルはハイパロンやネオプレンあるいはエチレンプロピレンゴムや架橋ポリエチレンに比べて、酸素の透過係数が小さいために、放射線酸化させるためにはより高い酸素圧を必要とするからである。600 V級ケーブルを放射線酸化させる線量率と酸素圧の関係は計算値⁽⁷⁾や実測値⁽⁸⁾を使って推定できるが、室温において γ 線の線量率が0.5 Mrad/hの条件では、酸素圧を最大20 kg/cm²にする必要がある。

次に熱劣化のための温度であるが、これまでの予備実験の結果、促進劣化のためには最大温度200℃が必要であると決められた。

2.3 装置の設置条件

本装置の基本的条件は、電線・ケーブルに放射線を出来る限り均一に照射することである。このための照射方法として、高崎研究所のCo-60 γ 線源（径12 mm、長さ30 cmのペンシル型）を利用する場合には、ケーブルをマンドレルに巻き、 γ 線源をマンドレルの中心線に沿って集合して配置するか、あるいはマンドレルの外周に分散して配置するかの方法と、ケーブルを平面状に配置し、 γ 線源も平板状に配置する方法がある。

計算による線量評価では、マンドレルの中心に線源を配置するのが、均一性が最もよく、かつ線源の強度は最小になって最も望ましい結果となった。しかしこの方法では1つの照射室を専有することになり、他の照射利用に応じられないことから、板状線源を利用し、ケーブルを平面に配置する方法を選んだ。

利用する線源の配置は高さ30 cm、横95 cmの板状であり、空間の線量率分布は図1に示すとおりである。なお線源の全強度は70 KCi（2.6 pBq）である。

2.4 装置の概念設計

放射線源および照射場が図1に示す条件においては、長さ6 mのケーブルを均一に照射するためのケーブルの配置および照射容器の形状は限定されたものになる。 γ 線の線量の強度および分布を考慮すると、ケーブルの配置方法は図2で示される3通りの方法が考えられる。これらは、いずれも長さ6 m、径15 mmのケーブルを配置したものである。(A)は平面にとぐろ状に巻いた場合であるが、外径は約40 cm、内径は10 cmになる。(B)は円形でらせん状に巻いた場合であるが、径を30 cmとしたとき、7段巻きとなり、高さは約10 cmになる。(C)は平面状の矩形の枠内に楕円とぐろ状に巻いた場合で、枠の大きさが22 cm×55 cmのとき、5巻半となる。

この3通りの方法で、図1の照射場で均一に照射されるのは(C)の配置である。

照射容器の形状は、ケーブルを上記(C)のように配置した場合、直方体か円筒あるいは楕円筒が考えられる。この容器が同時に圧力容器として利用されることを考慮すると、直方体では容器の肉厚を厚くしなければならない。例えば、耐圧を 20 kg/cm^2 にすると、肉厚は 30 mm 以上になり、放射線の遮蔽効果が大きくなる。次に円筒の場合には製作は容易であり、容器の肉厚も 20 kg/cm^2 の耐圧で約 5 mm と薄くすることができるが、容器内の試料位置と、容器外側の γ 線源の距離が長くなり、高い線量率の照射場が利用できなくなる。また試料位置の線量率(図1のZ方向)の分布の不均一性がさらに拡大されることである。これに対して、楕円筒では肉厚は円筒より厚くなるが、線源と試料位置との距離を短かくすることができ、線量率の高い場が得られること、また試料位置での線量率を比較的均一にできること、さらに容器内の容積は少なくなり、加圧する酸素ガスの量を減らすことができる等の利点がある。

以上の検討の結果、ケーブルを図2の(C)に配置し、楕円筒の形状の照射容器を製作することにした。

概念設計において、線量率の評価は計算および実験によって行った。

2.5 安全対策

本装置で照射するケーブルは 1 m 当り 200 g 強の高分子材料を有している。放射線照射により高分子材料からは酸素中においても水素ガスが発生するため、密封した照射容器では照射線量の増大につれて水素ガスが蓄積されて、爆発する恐れがある。またケーブルを酸素加圧下で加熱および照射する場合にはケーブルの燃焼の事故を考慮しなければならない。本装置の設計では、水素ガス発生と燃焼に対する安全を中心に対策を講ずることにした。

(1) 水素ガス発生の対策

ケーブルに γ 線を照射したときに発生する水素ガスの量は、ケーブルの種類によって異なるが、原子炉用として開発された高分子被覆材料では、G値で表わすと1以下であった。したがって、 600 V 用ケーブル 6 m では、高分子材料が約 1.2 kg 使用されており、 1 Mrad の照射につき、発生する水素の量は最大 $1.2 \times 10^{-3}\text{ mol}$ (室温、 1 気圧 換算で約 30 cc)となる。密封容器ではこの水素が蓄積されて、爆発限界に達する。この水素ガスの蓄積を一定濃度以下に押えるために、容器内の加圧した酸素ガスを常時一定量放出し、その放出量に相当する酸素を供給するガス流通法を採用した。

(2) 燃焼の対策

可燃性的高分子材料は酸素加圧の条件では、火花等の着火源があれば容易に発火すること、また特別な着火源が無い場合でも、加熱により発火する⁽⁹⁾ことが知られている。一度発火すると激しく燃焼し、高分子材料あるいは酸素が無くなるまで燃焼を止めることはできない。

照射容器の加熱方法としては、容器の外壁に熱源を取り付け、容器内に着火源になるものを持たない方法を採用した。また外壁を加熱して容器内の試料(ケーブル)の温度を上げる場合でも、容器の内壁の温度は設定温度よりも局所的に高くなるので、試料が直接容器の内壁に接触すると発火の危険性がある。このために、圧力容器内に試料を保持する試料箱を設け、圧

力容器の壁面からの伝熱で加熱された酸素ガスが、この試料箱を通過して排出されるようにした。この方法により、試料の温度に分布がなくなり均一になること、試料から発生する水素ガスや分解生成ガスが効率よく排出されることが期待できる。

しかしながら何らかの原因で万一発火し燃焼した場合を想定し、これに対応できる安全弁および破裂弁を独立に設け、事故時においても、照射容器の破損を防ぎ、外部への被害を防止する対策を講ずることとした。

(3) 酸化分解物の対策

高分子材料を酸素加圧下で放射線および熱劣化させると、水や炭酸ガスなどの低分子量の酸化生成物と、油状あるいはタール状の生成物ができる⁽¹⁰⁾。低分子量の生成物は水素ガス等とともに大気中に排出されるが、油状およびタール状の生成物はガス排出用の配管を詰まらせることになる。この対策として、圧力容器のガス排出口にトラップを設けることとした。

(4) 異常時の対策

試料の燃焼や配管の目詰まり等の異常時および、温度、圧力、酸素ガス流量等が設定値から大きくずれた時には、安全側に作動するための自動停止機能を持たせることとした。

3. 装置の製作

3.1 装置の構成

本装置は照射用圧力容器、圧力制御部、温度制御および記録部、酸素ポンベ集合部から成る。各部の配置と配線・配管の接続を図3に示す。

圧力容器は照射室内に設置され、板状に配置されたCo-60 γ 線の線源により、圧力容器の外側から照射される。酸素ガスは酸素ポンベ集合施設から供給される。圧力制御部ではポンベからの高圧酸素ガスを減圧し、調圧器により一定圧の酸素ガスを圧力容器に供給する。また圧力容器内を循環してきた酸素ガスはリークバルブにより流量を調整したのち排出する。装置の異常時には、酸素ガスの供給を停止し、圧力容器の酸素ガスを放出させるための電磁弁が付置されている。温度制御部および記録部では圧力容器の温度を制御するとともに、容器内と容器壁の温度、容器内の圧力、リークバルブから排出されるガスの流量を検知し、異常状態になると安全装置を作動させる。また圧力容器の温度と圧力を記録する。

3.2 圧力容器

容器本体の図面を図4に示す。形状は楕円筒であり、この容器の外側に電気加熱式ヒーターを取り付け温度を調節する。容器内には照射用試料を挿入するための直方形の試料箱を設置する。さらに試料を固定するために金網製の板状の試料保持具を試料箱内に設置する。

(1) 圧力容器本体

大きさ 長径 300 mm, 短径 150 mm, 長さ 730 mm

力容器の壁面からの伝熱で加熱された酸素ガスが、この試料箱を通過して排出されるようにした。この方法により、試料の温度に分布がなくなり均一になること、試料から発生する水素ガスや分解生成ガスが効率よく排出されることが期待できる。

しかしながら何らかの原因で万一発火し燃焼した場合を想定し、これに対応できる安全弁および破裂弁を独立に設け、事故時においても、照射容器の破損を防ぎ、外部への被害を防止する対策を講ずることとした。

(3) 酸化分解物の対策

高分子材料を酸素加圧下で放射線および熱劣化させると、水や炭酸ガスなどの低分子量の酸化生成物と、油状あるいはタール状の生成物ができる⁽¹⁰⁾。低分子量の生成物は水素ガス等とともに大気中に排出されるが、油状およびタール状の生成物はガス排出用の配管を詰まらせることになる。この対策として、圧力容器のガス排出口にトラップを設けることとした。

(4) 異常時の対策

試料の燃焼や配管の目詰まり等の異常時および、温度、圧力、酸素ガス流量等が設定値から大きくずれた時には、安全側に作動するための自動停止機能を持たせることとした。

3. 装置の製作

3.1 装置の構成

本装置は照射用圧力容器、圧力制御部、温度制御および記録部、酸素ポンベ集合部から成る。各部の配置と配線・配管の接続を図3に示す。

圧力容器は照射室内に設置され、板状に配置されたCo-60 γ 線の線源により、圧力容器の外側から照射される。酸素ガスは酸素ポンベ集合施設から供給される。圧力制御部ではポンベからの高圧酸素ガスを減圧し、調圧器により一定圧の酸素ガスを圧力容器に供給する。また圧力容器内を循環してきた酸素ガスはリークバルブにより流量を調整したのち排出する。装置の異常時には、酸素ガスの供給を停止し、圧力容器の酸素ガスを放出させるための電磁弁が付置されている。温度制御部および記録部では圧力容器の温度を制御するとともに、容器内と容器壁の温度、容器内の圧力、リークバルブから排出されるガスの流量を検知し、異常状態になると安全装置を作動させる。また圧力容器の温度と圧力を記録する。

3.2 圧力容器

容器本体の図面を図4に示す。形状は楕円筒であり、この容器の外側に電気加熱式ヒーターを取り付け温度を調節する。容器内には照射用試料を挿入するための直方形の試料箱を設置する。さらに試料を固定するために金網製の板状の試料保持具を試料箱内に設置する。

(1) 圧力容器本体

大きさ 長径 300 mm, 短径 150 mm, 長さ 730 mm

	容積	$26 \times 10^3 \text{ cm}^3$
設計	圧力	22 kg/cm^2
設計	温度	$220 \text{ }^\circ\text{C}$
材	質	SUS 316 L
計測	ノズル	温度検出用 6点 圧力検出用 1点
ヒーター		$800 \text{ W} \times 6$
付属品		安全弁 (20 kg/cm^2 で作動) 破裂板 (22 kg/cm^2 で破裂) ドレイントラップ

(2) 試料箱

大きさ	長さ 600 mm, 高さ 250 mm, 幅 50 mm
材 質	SUS 304 (肉厚 0.6 mm)

(3) 試料保持具

枠の大きさ	長さ 580 mm, 高さ 240 mm
金 網	SUS 304, 網目は 6 メッシュ (約 4 mm)

圧力容器完成後の写真を図 5 に示す。

3.3 圧力制御部

酸素ポンプ集合施設から導いた高圧酸素ガスを減圧弁で $30 \sim 50 \text{ kg/cm}^2$ に減圧後、調圧器に送り $0 \sim 20 \text{ kg/cm}^2$ の範囲で調圧する。調圧器は 2 個設置し、 $0 \sim 5 \text{ kg/cm}^2$ と $5 \sim 20 \text{ kg/cm}^2$ の 2 つの系統に分けた。圧力容器内を循環した酸素ガスはリークバルブで流量を調整し排出される。図 6 に配管の系統図を示す。容器内の酸素圧が高い場合はリークバルブの手前で減圧弁により減圧してから流量を調整する。2 個の電磁弁は異常時に作動する。

3.4 温度制御および記録部

圧力容器の温度は外壁で 3 点、容器内の試料箱の壁温を 3 点で検知しているが、温度の制御は試料箱の中央の壁温に合わせて行っている。容器の壁温が内部の温度より 20°C を越えないように制御されている。また容器内の圧力、リークバルブを通して排出される流量を検出し表示される。検出している温度 (6 点)、圧力、流量が設定値から、ある指定した値以上ずれると、安全系の回路が作動し、装置の運転が自動的に停止されるとともに、異常の原因となった場所が表示される。

圧力容器の温度 (6 点) と圧力が記録される。完成後のこの部分の写真を図 7 に示す。

4. 装置の性能

本装置を製作・設置後、諸性能をしらべた。それぞれの性能について述べる。

4.1 圧 力

圧力容器内の圧力が設定圧に達する時間は設定圧によって異なるが、設定圧 20 kg/cm^2 のときで約 2 分、 10 kg/cm^2 のときには 1 分余である。設定圧の精度は $\pm 0.1 \text{ kg/cm}^2$ であり、長時間 (7 day) の圧力変動は $5 \sim 10 \text{ kg/cm}^2$ の設定圧のときで $\pm 0.3 \text{ kg/cm}^2$ 、 $0 \sim 5 \text{ kg/cm}^2$ のときで $\pm 0.1 \text{ kg/cm}^2$ であった。

4.2 温 度

圧力容器の温度は、ヒーターに入力してから設定値に達するまでの過渡状態では、図 8 に示すように変化する。はじめに容器の外壁温度が上昇し、 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 前後の遅れをもって容器内の温度が上昇してくる。図 8 は $200 \text{ }^\circ\text{C}$ に設定した場合であるが、容器内の温度は約 3 時間後に $200 \text{ }^\circ\text{C}$ 近辺に達する。その後、 $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 程度の脈動をくり返えすが、10 時間後では $\pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ 程度の均一さで制御される。設定温度が低くなるにつれて、その設定温度に達する時間は短縮し、 $150 \text{ }^\circ\text{C}$ の設定温度のときには約 2 時間で達する

4.3 流 量

圧力容器から排出される酸素ガスの流量は $0.1 \sim 1.0 \text{ } \ell/\text{min}$ の範囲で制御できる。流量の安定性は設定値 $\pm 0.05 \text{ } \ell/\text{min}$ である。

4.4 安全装置

圧力容器に付置してある安全弁および破裂板は、いずれも試験成績書の添付された製品である。

酸素ガス導入系の電磁弁の作動および圧力容器ヒーターへの入力停止の作動条件は実験条件に合わせて設定できる。しかし一般的な作動条件は次のようにしてある。

- (1) 酸素圧が設定圧より 2 kg/cm^2 を越えたとき。
- (2) 圧力容器内温度が設定温度より $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 以上のとき。
- (3) 圧力容器壁温が設定壁温より $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 以上のとき。
- (4) 酸素ガスの排出流量が停止 ($0.01 \text{ } \ell/\text{min}$ 以下) したとき。

上記の各条件で安全系の回路は適確に作動することを確認した。また停電の場合には、電磁

弁は作動せず、酸素ガスの供給は継続される。ヒーターによる加熱は停止される。但し、その後再通電に対しては、ヒーターは自動復帰しない。瞬時停電（1秒以内）では、ヒーターも自動復帰する。

4.5 圧力容器内の線量率分布

圧力容器を照射室に設置したとき、試料位置（試料保持具の位置）での線量率分布を測定した。この照射室の空間線量率分布は図1のようになっている。圧力容器は図9のように配置した。Co-60の板状線源の中心位置（上下と左右）とこの試料保持具の中心位置は面対称の関係にある。 γ 線源の放射能が、70KCi（2.6pBq）のとき、試料保持具上の線量をコバルトガラス線量計で測定し、線量率を求めた。その値を図9に示す。

線量率の高い条件では試料保持具の周辺で線量率が低下し、中心部に比べて約15%小さくなっている。しかし上下方向（Z方向）で中心から±5cm、左右方向（Y方向）で中心から±12.5cmの範囲では、ほぼ均一な線量率が得られる。線量率が低い条件（線源から80cm）では線量率の分布はより均一になり、全体で±5%以内に入ってくる。

4.6 照射時の圧力容器内の温度

γ 線照射中の圧力容器は、 γ 線を吸収して温度が上昇する。室温の場合には（ヒーターを入れない場合）、容器内の線量率が 2.7×10^5 rad/hの条件で約30℃上昇する。例えば、室温が30℃のときには容器内の温度は60℃、室温が10℃のときには45℃になっている。したがって本装置では、これらの温度以下に試料の温度を制御することはできない。

5. ま と め

電線・ケーブルを促進劣化するための装置「電線材料促進劣化試験装置」を設計し製作した。これはケーブルを酸素加圧下で γ 線を照射し、かつ加熱可能な照射容器である。設計にあたって、線量率の均一性、圧力、温度の制御性を考慮したが、最も重点を置いたのが安全性である。酸素、可燃物、熱と燃焼および爆発の3要素を含んでいるため、着火の直接的原因を除去するとともに、万一着火した場合でも事故が最小限になるように各種の安全装置を付設してある。

完成後の装置の特性は、設計通りであり、予定の性能を発揮することが確認された。

謝 辞

本装置は東レ・エンジニアリング株式会社滋賀製作所で製作した。担当の西川弘史氏に御支援をいただいた。設計の過程では開発部次長田村直幸氏、元技術開発課長町末男氏に御指導い

弁は作動せず、酸素ガスの供給は継続される。ヒーターによる加熱は停止される。但し、その後再通電に対しては、ヒーターは自動復帰しない。瞬時停電（1秒以内）では、ヒーターも自動復帰する。

4.5 圧力容器内の線量率分布

圧力容器を照射室に設置したとき、試料位置（試料保持具の位置）での線量率分布を測定した。この照射室の空間線量率分布は図1のようになっている。圧力容器は図9のように配置した。Co-60の板状線源の中心位置（上下と左右）とこの試料保持具の中心位置は面对称の関係にある。 γ 線源の放射能が、70KCi（2.6pBq）のとき、試料保持具上の線量をコバルトガラス線量計で測定し、線量率を求めた。その値を図9に示す。

線量率の高い条件では試料保持具の周辺で線量率が低下し、中心部に比べて約15%小さくなっている。しかし上下方向（Z方向）で中心から±5cm、左右方向（Y方向）で中心から±12.5cmの範囲では、ほぼ均一な線量率が得られる。線量率が低い条件（線源から80cm）では線量率の分布はより均一になり、全体で±5%以内に入ってくる。

4.6 照射時の圧力容器内の温度

γ 線照射中の圧力容器は、 γ 線を吸収して温度が上昇する。室温の場合には（ヒーターを入れない場合）、容器内の線量率が 2.7×10^5 rad/hの条件で約30℃上昇する。例えば、室温が30℃のときには容器内の温度は60℃、室温が10℃のときには45℃になっている。したがって本装置では、これらの温度以下に試料の温度を制御することはできない。

5. ま と め

電線・ケーブルを促進劣化するための装置「電線材料促進劣化試験装置」を設計し製作した。これはケーブルを酸素加圧下で γ 線を照射し、かつ加熱可能な照射容器である。設計にあたって、線量率の均一性、圧力、温度の制御性を考慮したが、最も重点を置いたのが安全性である。酸素、可燃物、熱と燃焼および爆発の3要素を含んでいるため、着火の直接的原因を除去するとともに、万一着火した場合でも事故が最小限になるように各種の安全装置を付設してある。

完成後の装置の特性は、設計通りであり、予定の性能を発揮することが確認された。

謝 辞

本装置は東レ・エンジニアリング株式会社滋賀製作所で製作した。担当の西川弘史氏に御支援をいただいた。設計の過程では開発部次長田村直幸氏、元技術開発課長町末男氏に御指導い

弁は作動せず、酸素ガスの供給は継続される。ヒーターによる加熱は停止される。但し、その後再通電に対しては、ヒーターは自動復帰しない。瞬時停電（1秒以内）では、ヒーターも自動復帰する。

4.5 圧力容器内の線量率分布

圧力容器を照射室に設置したとき、試料位置（試料保持具の位置）での線量率分布を測定した。この照射室の空間線量率分布は図1のようになっている。圧力容器は図9のように配置した。Co-60の板状線源の中心位置（上下と左右）とこの試料保持具の中心位置は面対称の関係にある。 γ 線源の放射能が、70KCi（2.6pBq）のとき、試料保持具上の線量をコバルトガラス線量計で測定し、線量率を求めた。その値を図9に示す。

線量率の高い条件では試料保持具の周辺で線量率が低下し、中心部に比べて約15%小さくなっている。しかし上下方向（Z方向）で中心から±5cm、左右方向（Y方向）で中心から±12.5cmの範囲では、ほぼ均一な線量率が得られる。線量率が低い条件（線源から80cm）では線量率の分布はより均一になり、全体で±5%以内に入ってくる。

4.6 照射時の圧力容器内の温度

γ 線照射中の圧力容器は、 γ 線を吸収して温度が上昇する。室温の場合には（ヒーターを入れない場合）、容器内の線量率が 2.7×10^5 rad/hの条件で約30℃上昇する。例えば、室温が30℃のときには容器内の温度は60℃、室温が10℃のときには45℃になっている。したがって本装置では、これらの温度以下に試料の温度を制御することはできない。

5. ま と め

電線・ケーブルを促進劣化するための装置「電線材料促進劣化試験装置」を設計し製作した。これはケーブルを酸素加圧下で γ 線を照射し、かつ加熱可能な照射容器である。設計にあたって、線量率の均一性、圧力、温度の制御性を考慮したが、最も重点を置いたのが安全性である。酸素、可燃物、熱と燃焼および爆発の3要素を含んでいるため、着火の直接的原因を除去するとともに、万一着火した場合でも事故が最小限になるように各種の安全装置を付設してある。

完成後の装置の特性は、設計通りであり、予定の性能を発揮することが確認された。

謝 辞

本装置は東レ・エンジニアリング株式会社滋賀製作所で製作した。担当の西川弘史氏に御支援をいただいた。設計の過程では開発部次長田村直幸氏、元技術開発課長町末男氏に御指導い

ただいた。技術開発課荒川和夫，森下憲雄両氏には装置の試運転や線量測定で協力を，また線量計算および装置据付けでは照射施設課中村義輝，田中進，橘宏行，三友昭市の各氏に協力していただいた。本装置の安全に関しては，管理部安全管理課綿貫孝司氏，研究部長武久正昭氏をはじめ多くの関係者に御支援をいただいた。ここに上記の諸氏に深く感謝する。

参 考 文 献

- (1) IEEE Standard 323-1974, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, 1974
- (2) 電気学会技術報告、II部第139号、57年11月(1982)
- (3) T.Seguchi, S.Hashimoto, K.Arakawa, N.Hayakawa, W.Kawakami, and I.Kuriyama, Radiat.Phys.Chem., Vol.17, 195 (1981)
- (4) T.Seguchi, K.Arakawa, N.Hayakawa, and S.Machi, Radiat.Phys.Chem., Vol.18, 671 (1981)
- (5) K.Arakawa, T.Seguchi, Y.Watanabe, N.Hayakawa, I.Kuriyama, and S.Machi, J.Polym.Sci., Polym.Letter, Vol.19, 2123 (1981)
- (6) T.Seguchi, K.Arakawa, M.Ito, N.Hayakawa, and S.Machi, Radiat.Phys.Chem., Vol.21, 495 (1983)
- (7) 瀬口忠男、橋本昭司、川上和一郎、栗山将
JAERI-M 7315 (1977)
- (8) 瀬口忠男、荒川和夫、 JAERI-M 9671 (1981)
- (9) 駒宮功額、高圧ガス , Vol.16, No.3, 13 (1979)
- (10) K.Arakawa, T.Seguchi, Y.Watanabe, and N.Hayakawa, J.Polym.Sci., Polym.Chem.Ed., Vol.20, 2168 (1982)

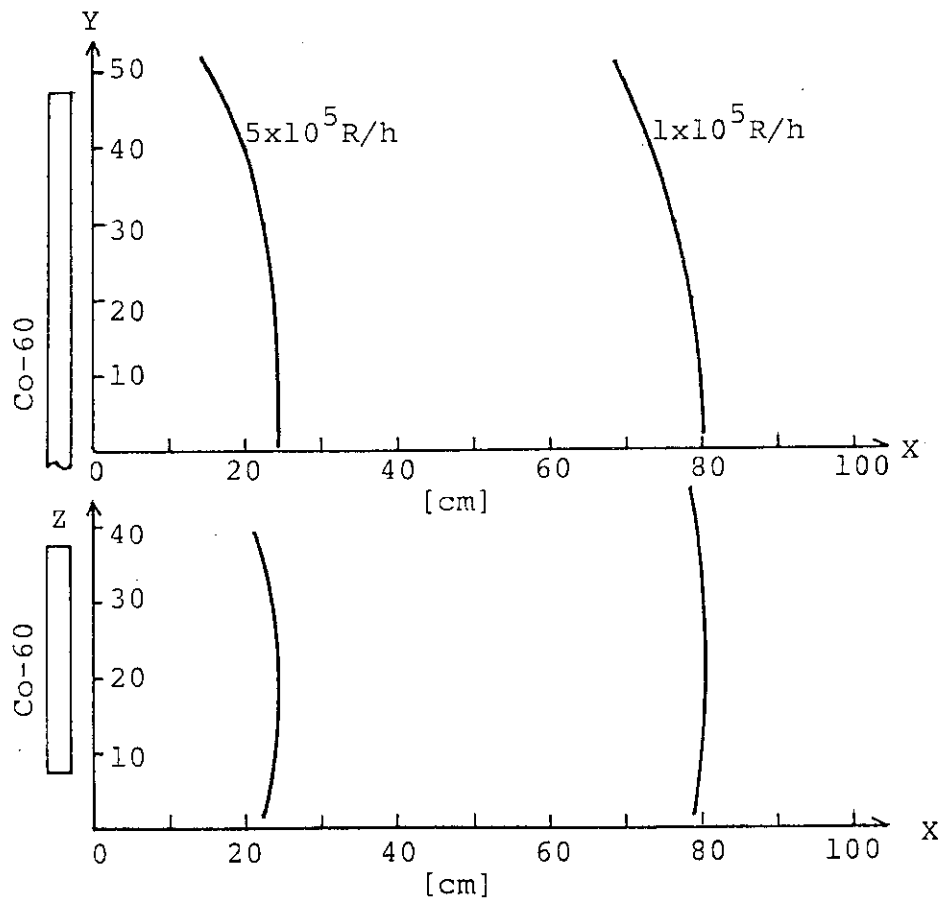
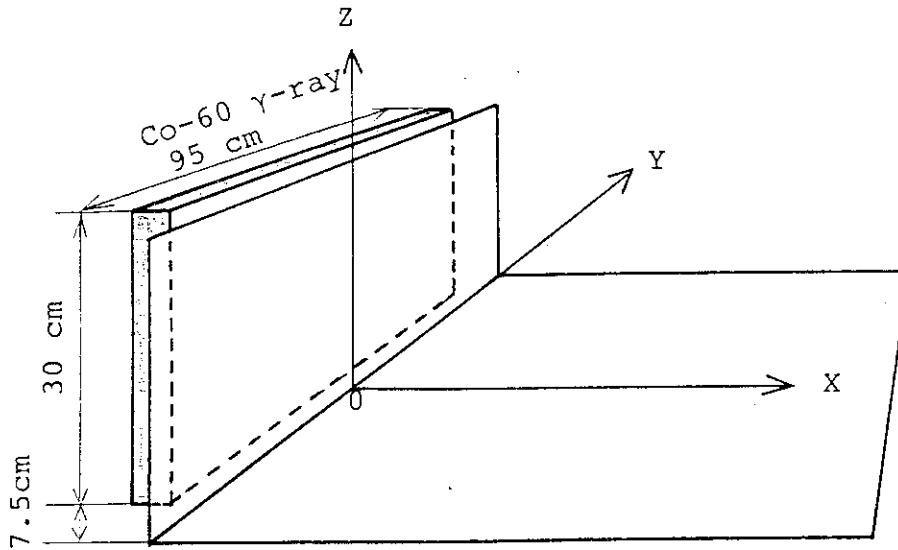
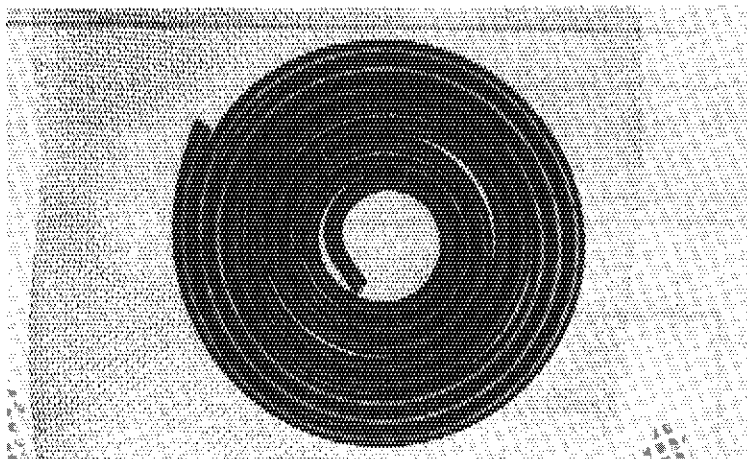


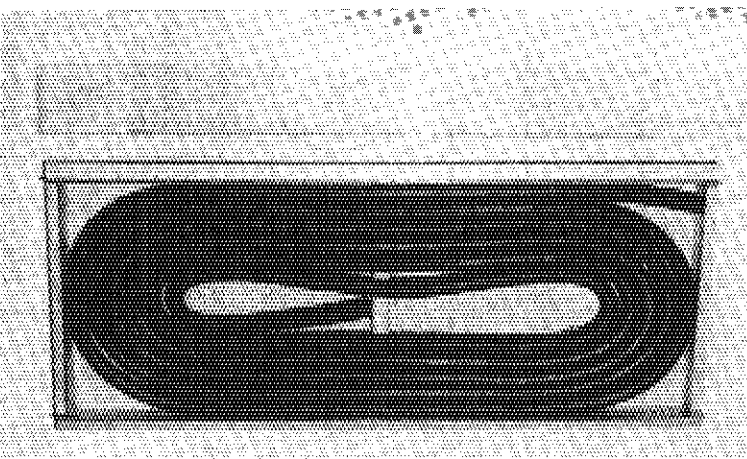
Fig.1 Arrangements of Co-60 γ -ray source and dose rate distribution on the radiation field.
 Co-60 γ -ray: 70 KCi (2.6pBq)
 The mapping of dose rate in radiation field was prepared by Irradiation Service Division of Takasaki Institute.



(A)



(B)



(C)

Fig.2 Setting of cable for irradiation. Cable length 6 m, diameter 15 mm.

(A) Circular coiling on flat plate; diameter 40 cm(outer) and 10 cm(inner).

(B) Spiral along cylinder(7 turn); diameter 30 cm, height 10.5 cm.

(C) Rectangular coiling(6 turn); size 55 x 22 cm².

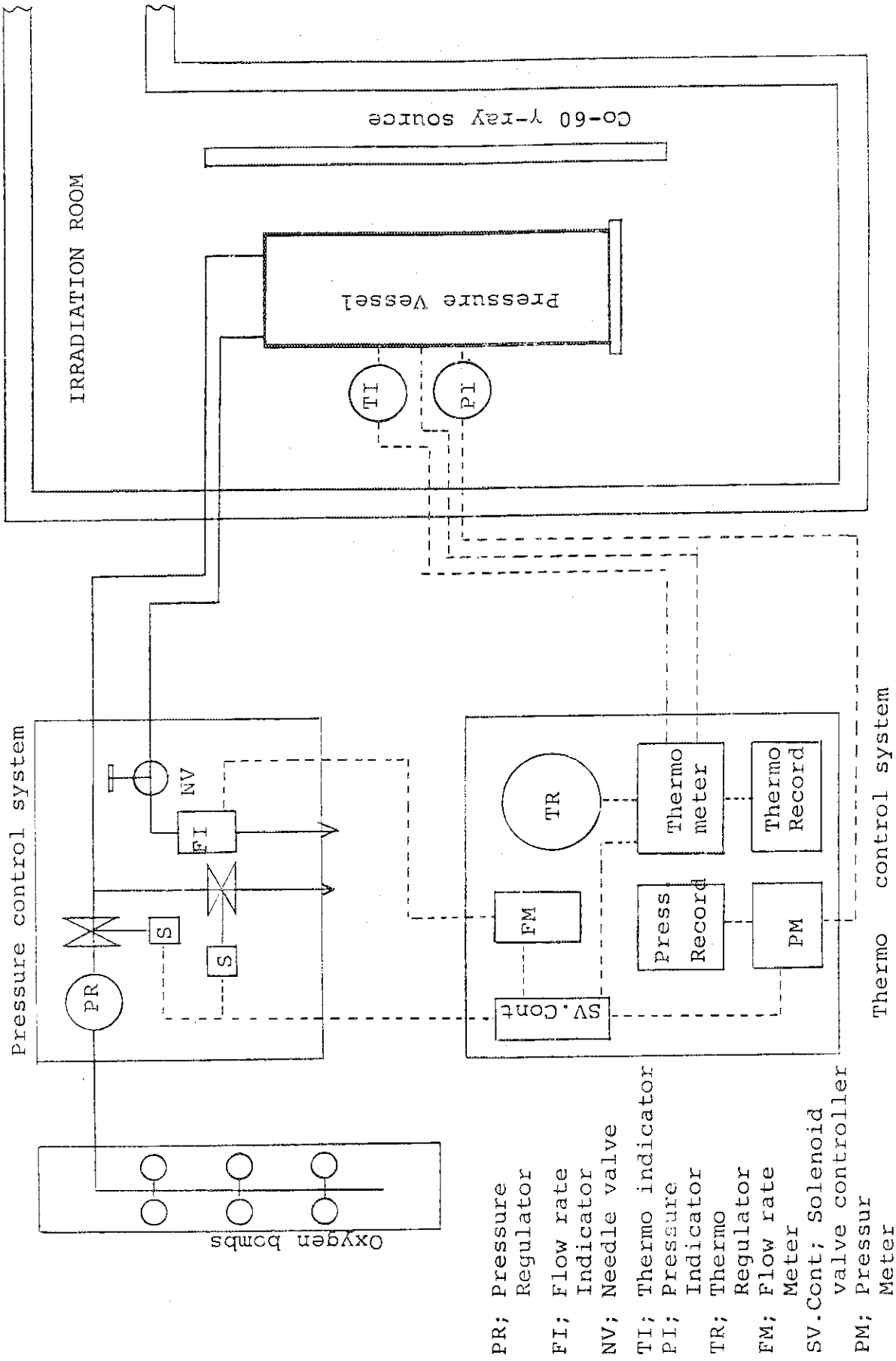


Fig.3 Diagram of system of facility for accelerated aging of cable.

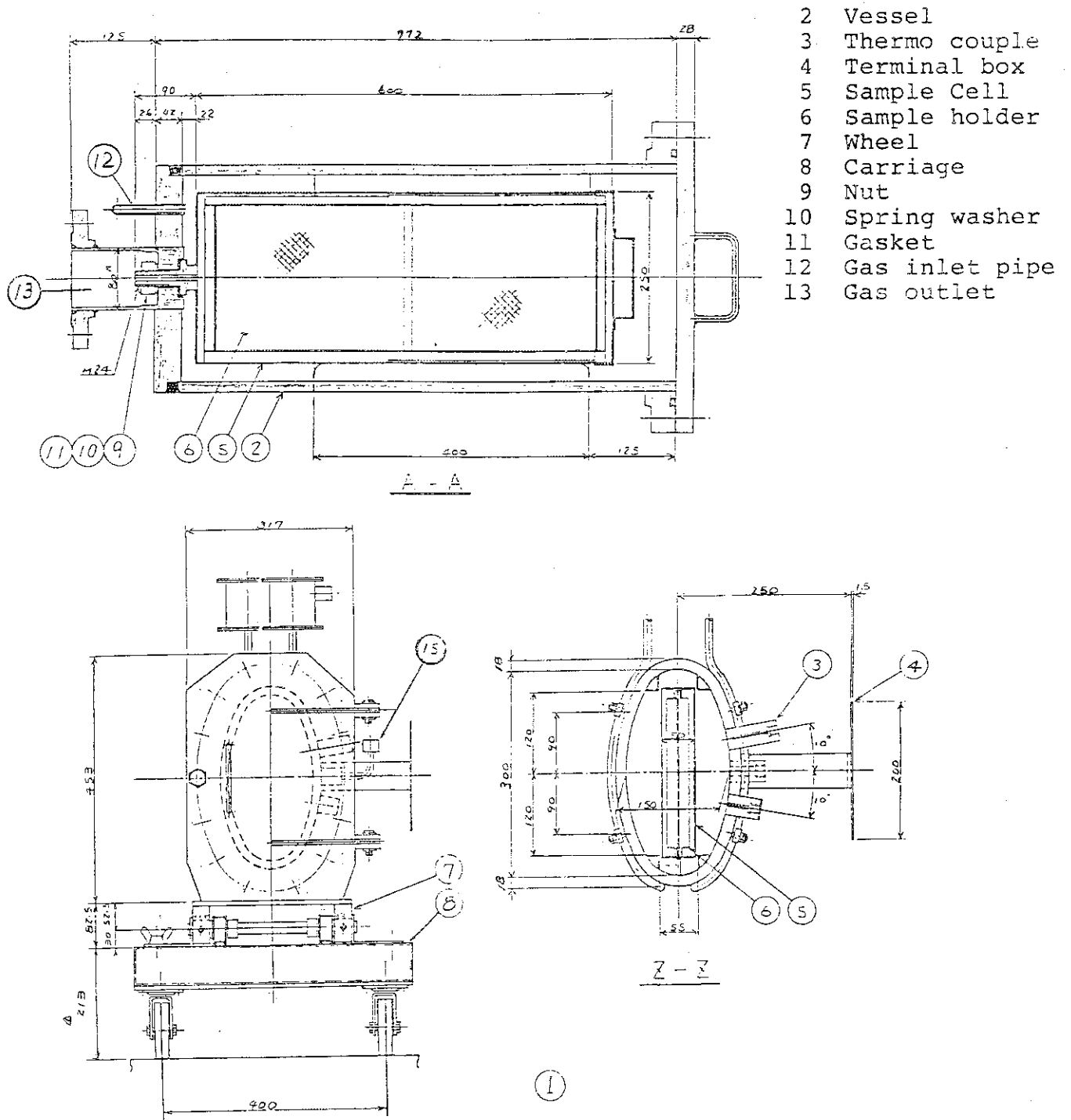


Fig.4 Diagram of irradiation vessel.

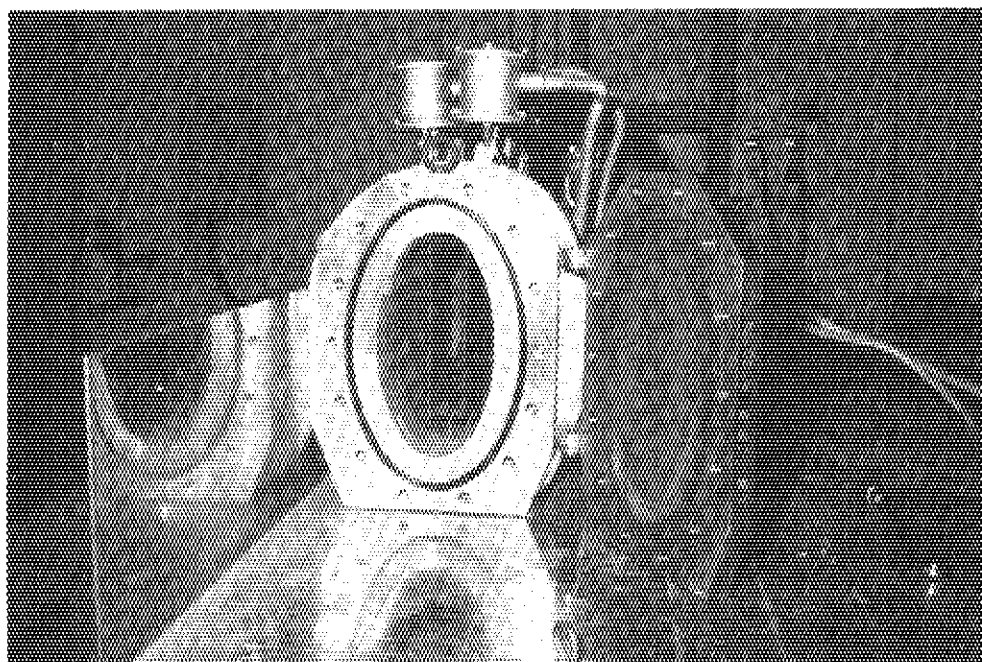
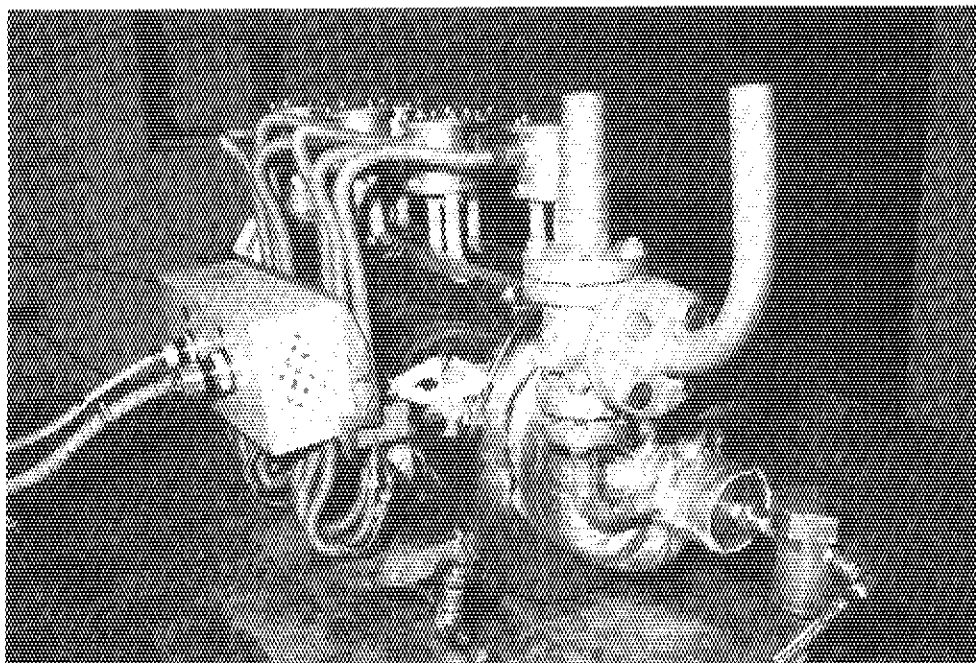


Fig.5 Photograph of irradiation vessel.

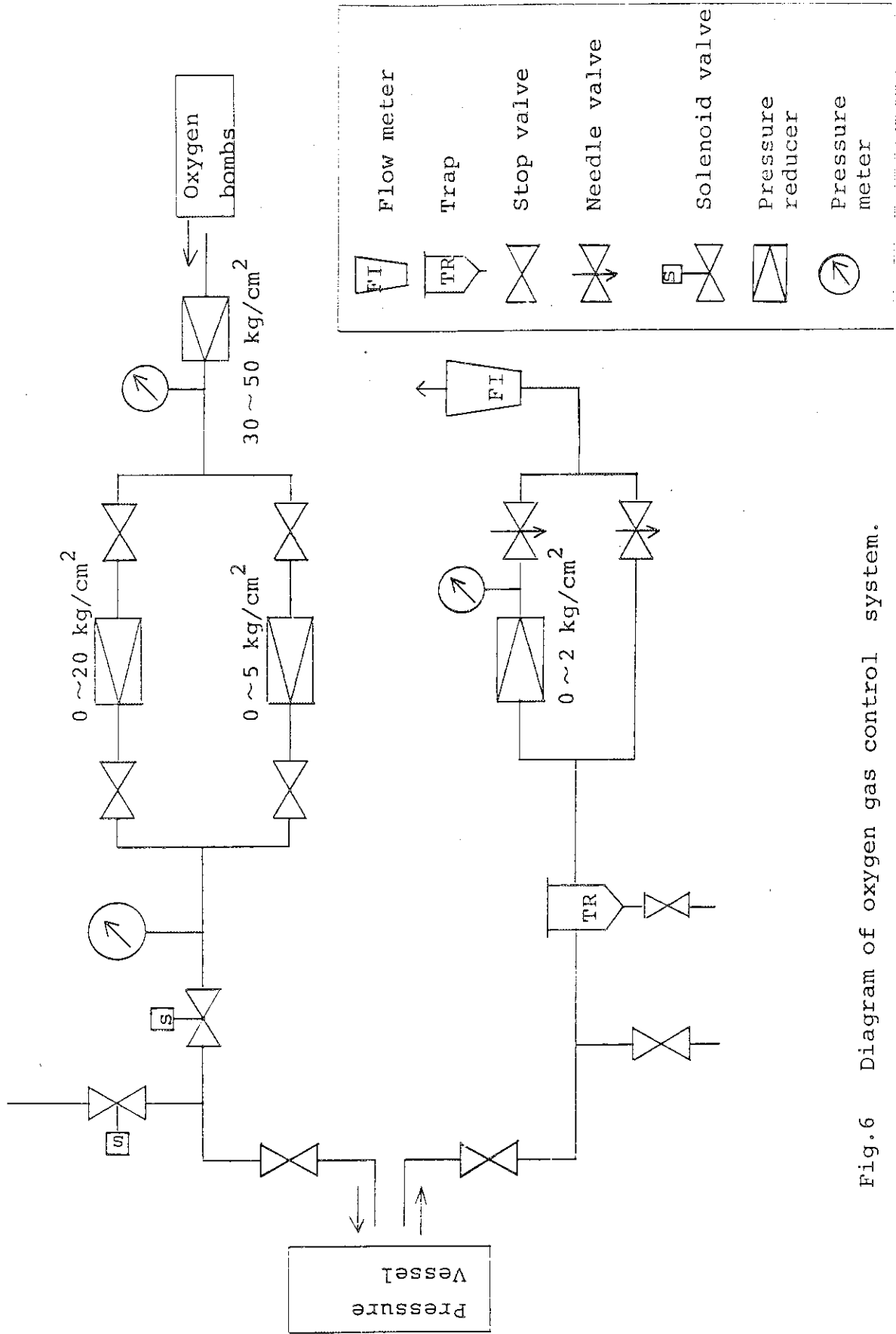


Fig.6 Diagram of oxygen gas control system.

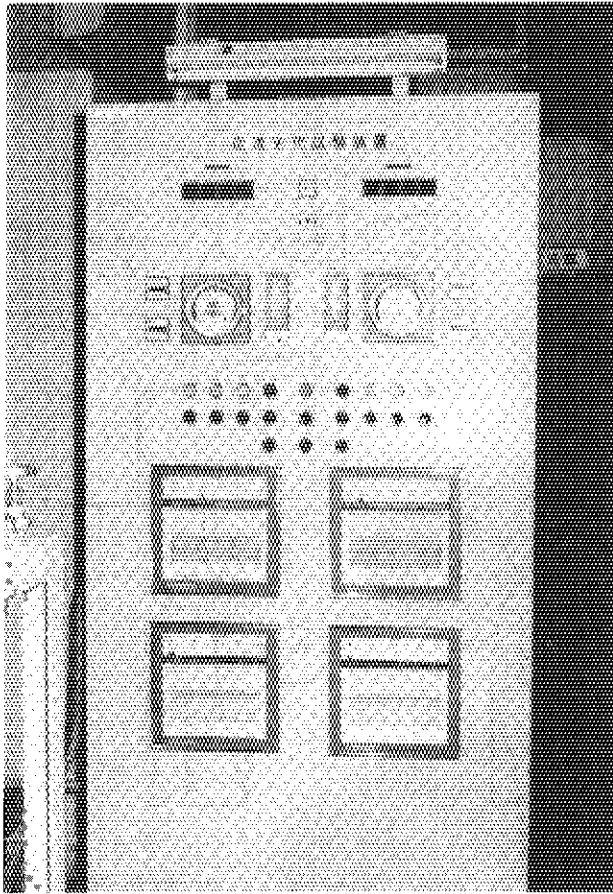


Fig.7 Photograph of panel for temperature control and recorders.

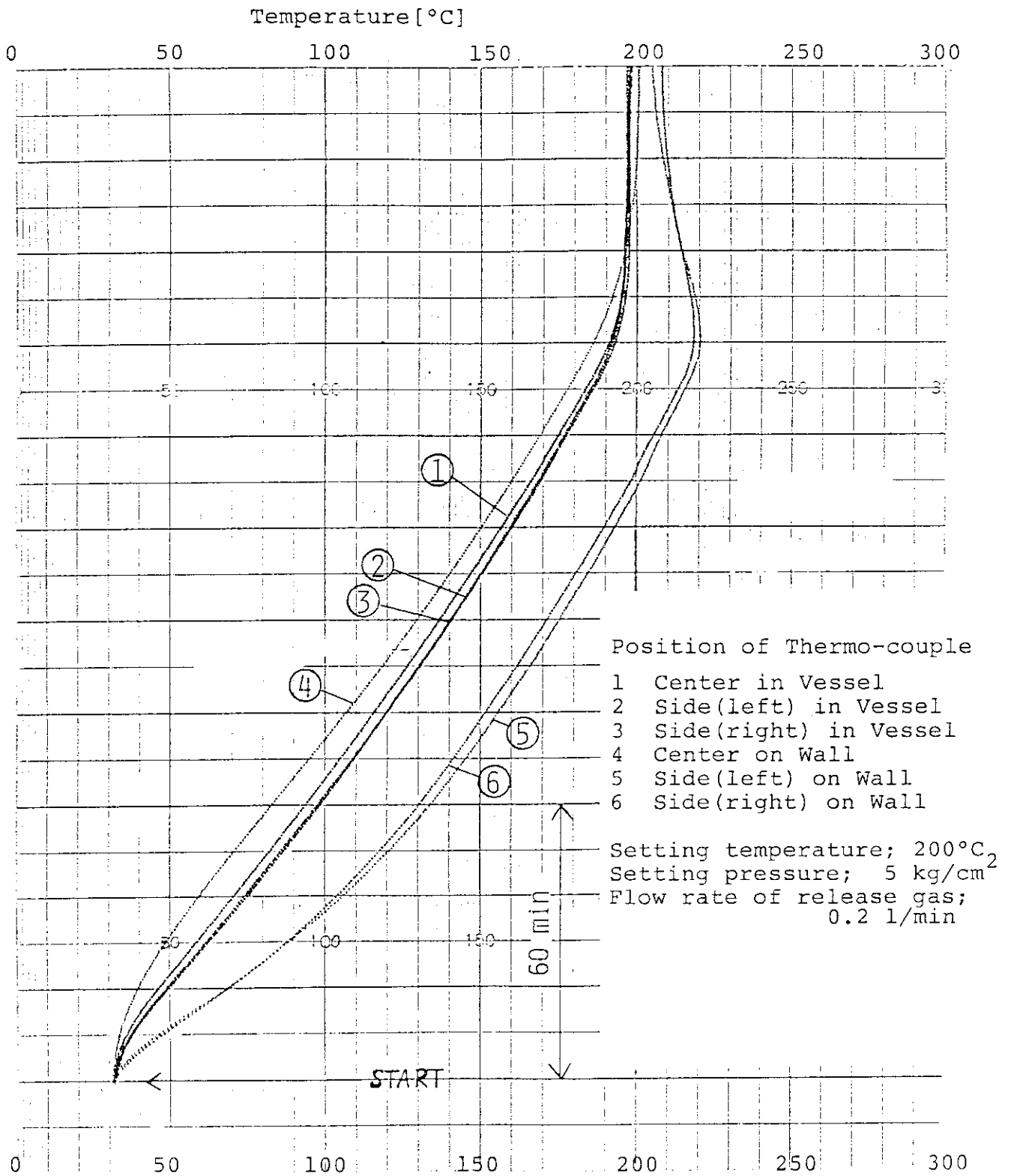


Fig.8 Temperature variation on vessel wall and in vessel after heater on.

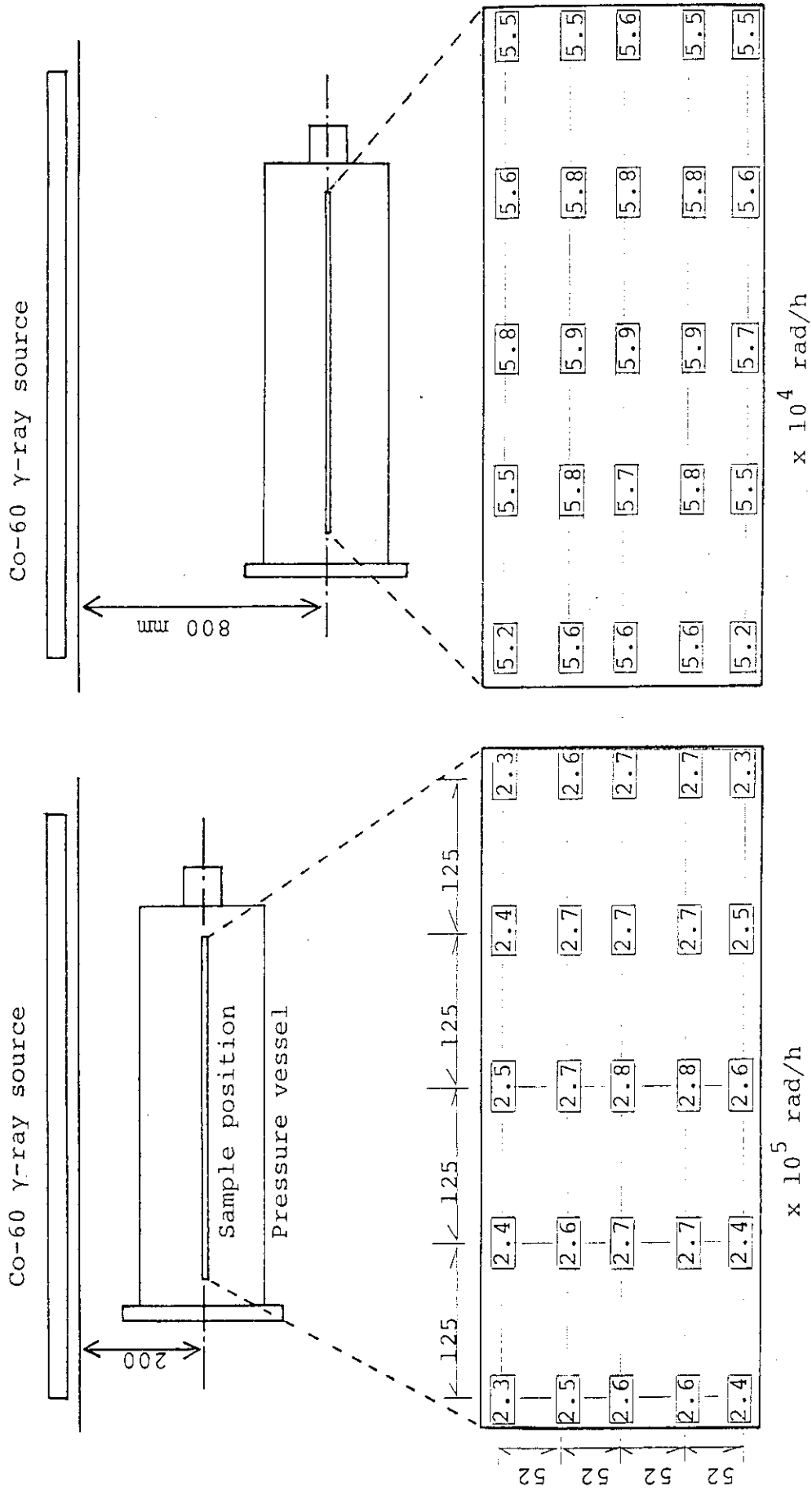


Fig.9 Dose rate distribution in irradiation vessel at the sample position.