

Co-60放射線照射室の概要

資料 No. 2

1960年7月

日本原子力研究所

Japan Atomic Energy Research Institute

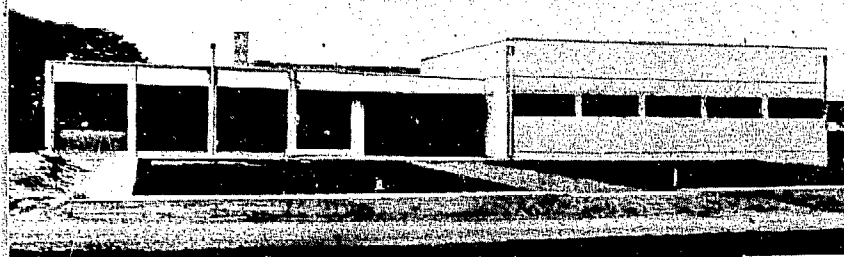


Photo. 1 照射室正面全景(北側). 向かって右の
高い部分がケーブルの納めてある建
家. 研究室の地下は実験室, 機械室
になっている.

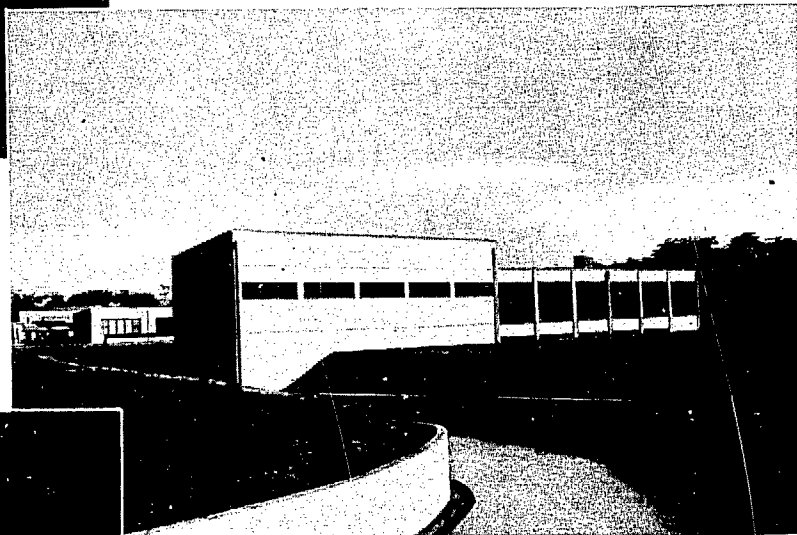


Photo. 2 照射室後面全景(南側). 手前の
傾斜道路を通してトラックが照
射実験室に乗りつけられる.

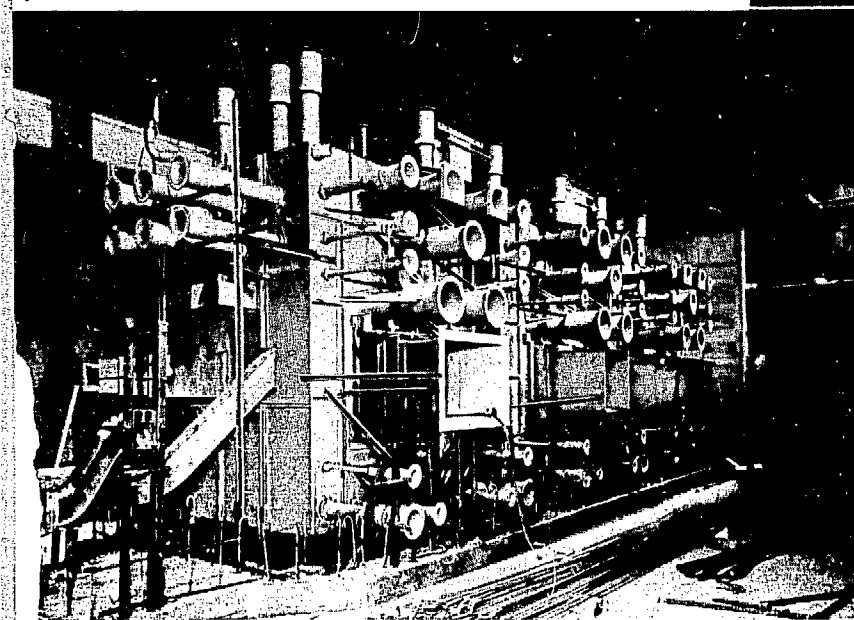


Photo. 4 ケーブの前面. 重量コンクリート打設前で, 各種
のスリーブ, シャヘイ窓およびチェン・コンベヤ
の構造がよく示されている.

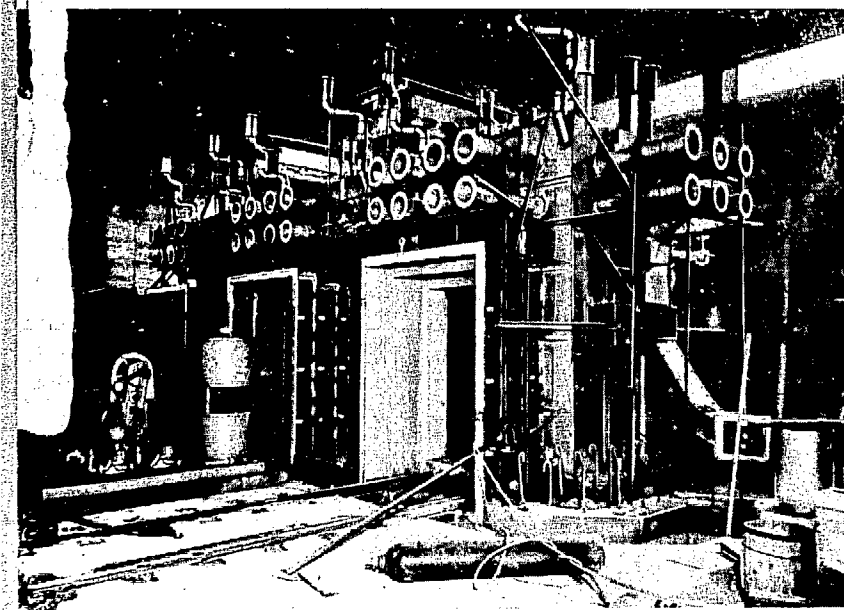
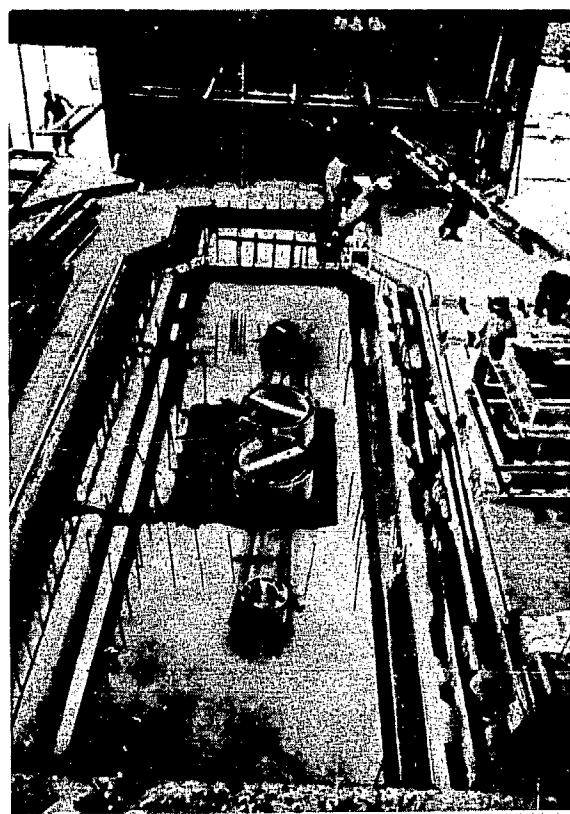


Photo. 5 ケーブの後面(重量コンクリート打設前). 開閉
トビラは, まだ取り付けられていない.

Photo. 3 ケーブの基礎(建設初期).
中央の円筒 2 個は貯蔵孔.



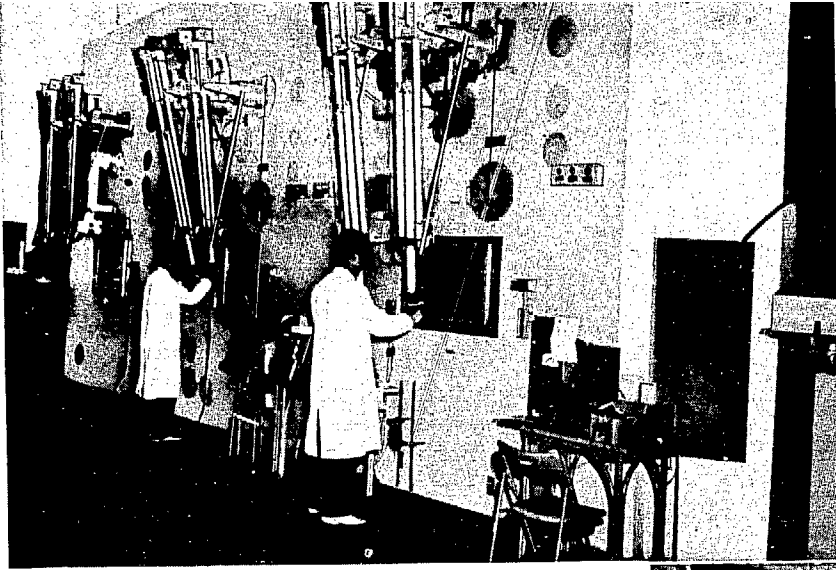


Photo. 6 ケーブの前面. マニプレータを操作中の研究員.

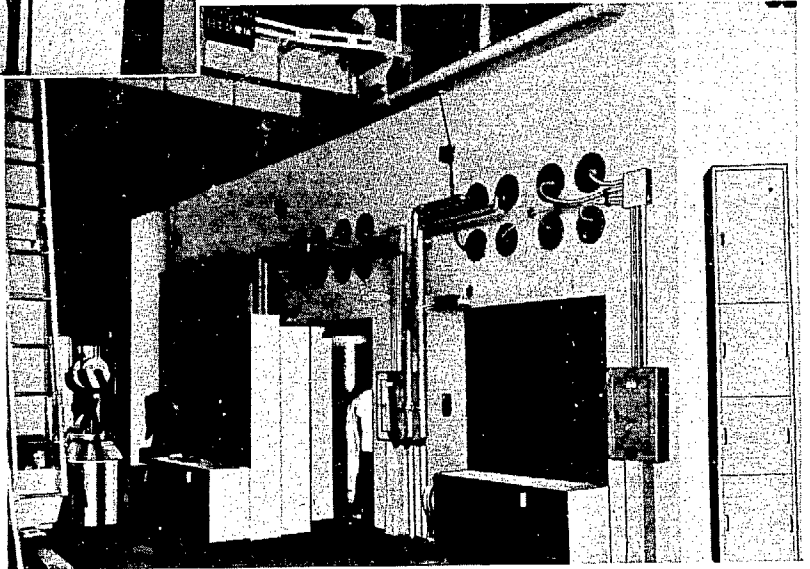


Photo. 7 ケーブの後面. このトビラの開閉には安全系統が設けられており, 毎分1mの速度で移動する.



Photo. 8 シャヘイ窓付近の細部 (重量コンクリート打設前). 矢印はシャヘイを完全にするため補強溶接した鉄ブロック.

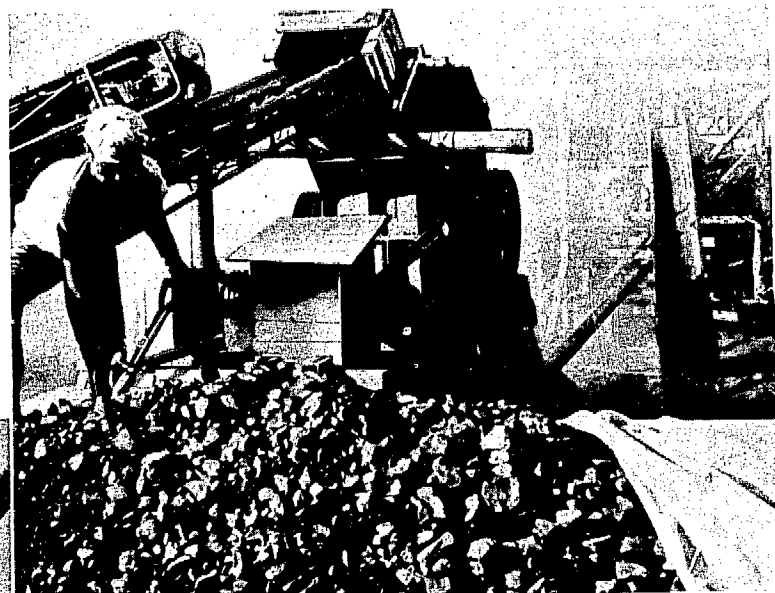


Photo. 9 磁鉄鉱の粉砕作業



Photo. 10 重量コンクリートのスランプ試験

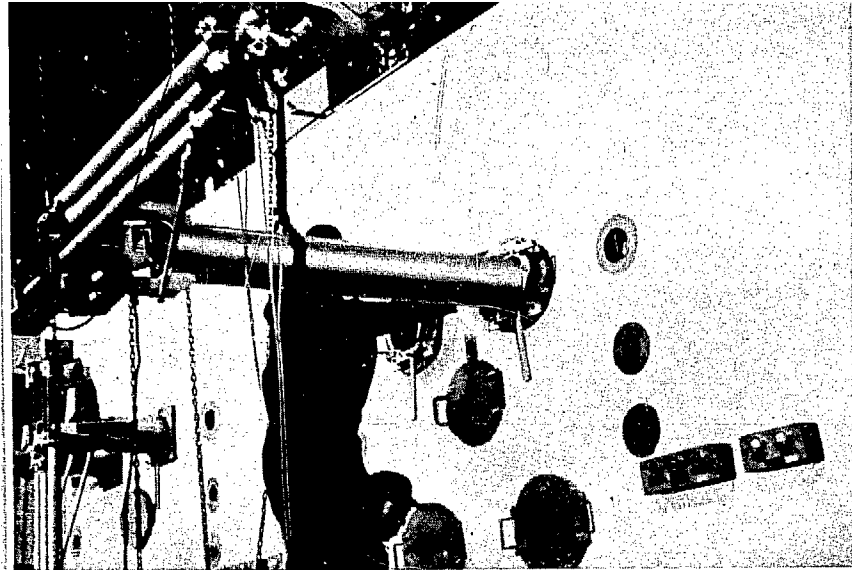


Photo. 11 マニプレータの取り付け作業。床面で操作する必要がある場合は、中央下に二つならんだプラグに差しかえる。



Photo. 12 照射セル内のホイスト。もちろん外部から操作され、線源を移動させるのに用いる。

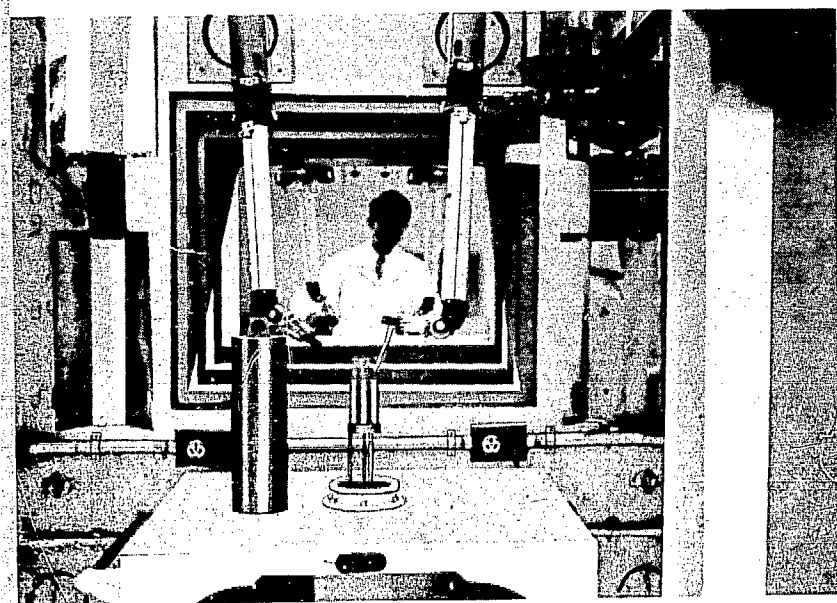


Photo. 13 照射セルの内部。シャハイ窓（ガラス取り付け前）を通して外部の操作員が見えている。

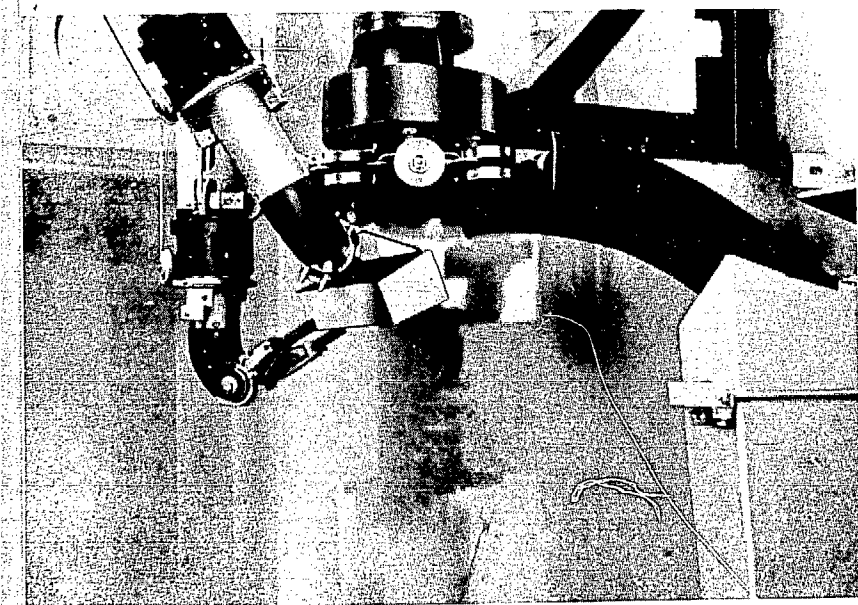


Photo. 15 照射セル内チェーン・コンベヤの入口。試料交換の操作をしているところ。

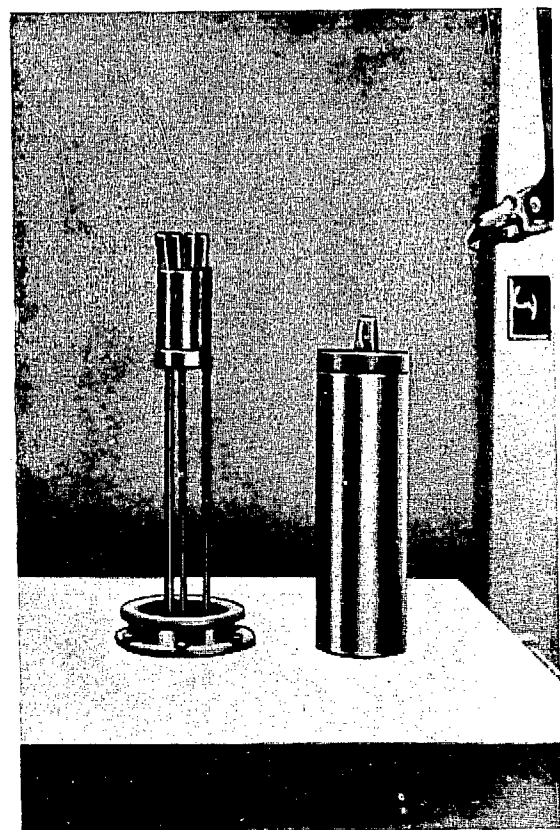


Photo. 14 試料立（左側）。試験管に試料を入れて取りつけた状態を示す。

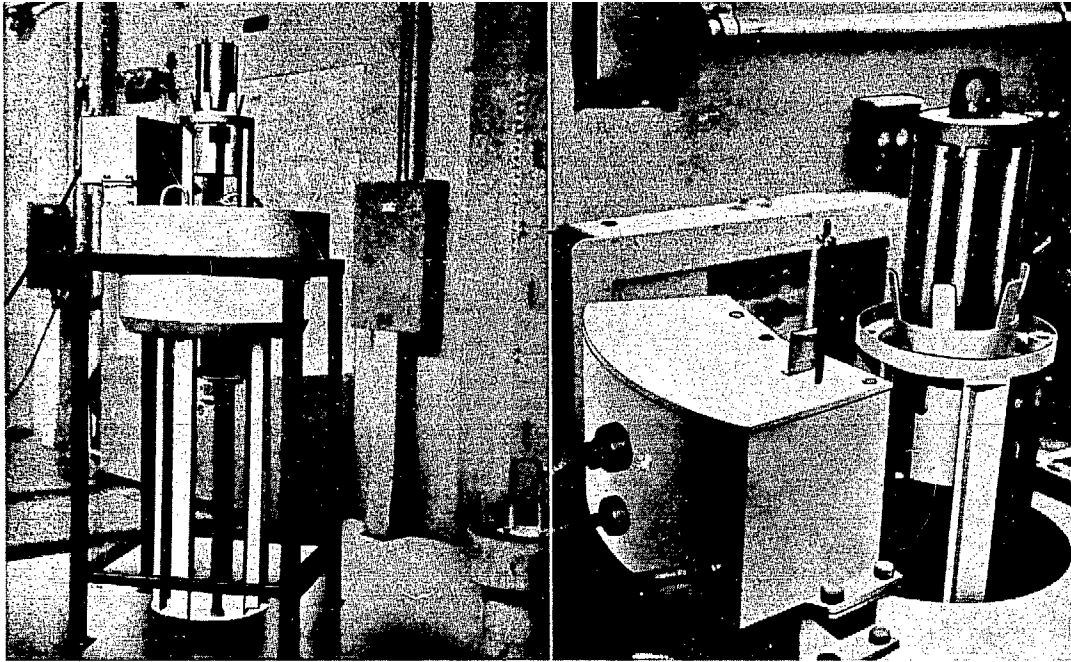


Photo. 16 (左) 貯蔵孔内のリフト。貯蔵孔の外フタに電動式リフトを取りつけたところを示す。

Photo. 17 (右) 貯蔵孔のフタをあけて線源を取り出したところ。手前の扇形の箱中にモーターがはいっている

Photo. 18 線源円筒。外筒（左方）と内筒に分けたところ。円筒周囲に並ぶペンシル内に ^{60}Co が納められている。

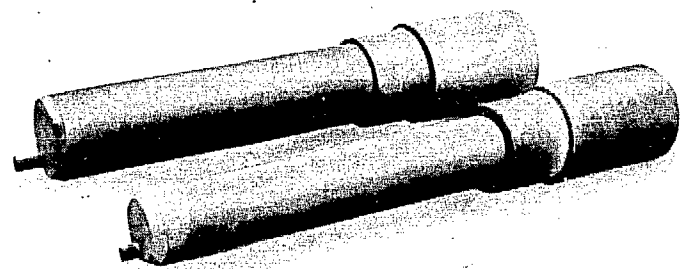
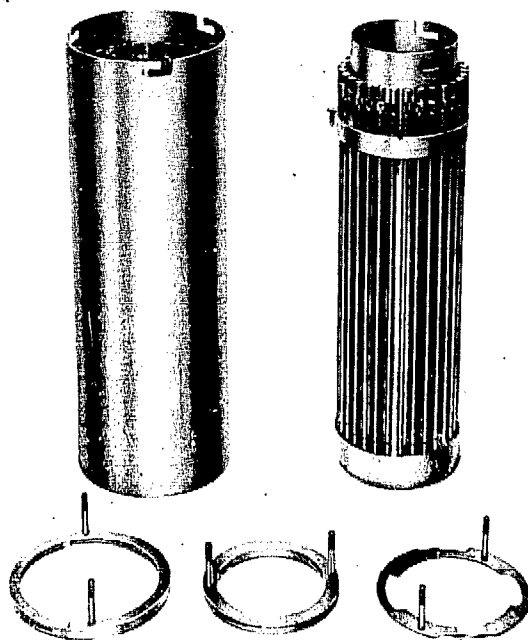
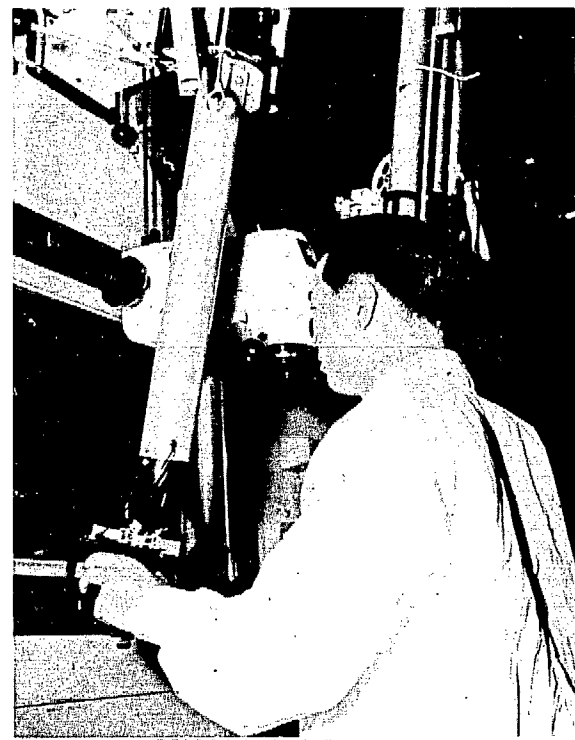
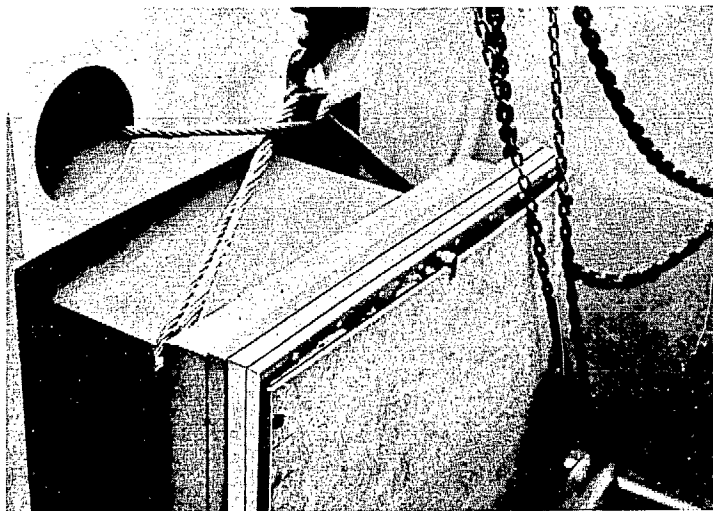


Photo. 19 取り出されたプラグ。鉄のパイプで、内部に重量コンクリートがつめてある。

Photo. 21 ペリスコープ。内部を見ながら、マニプレータを操作する。

Photo. 20 シャヘイ窓の取り付け作業。セルの中より押し込むところ。



Co-60 放射線照射室の概要

要 旨

1 万キュリー Co-60 放射線照射室は昭和 33 年 8 月に日本原子力研究所（茨城県那珂郡東海村）に設置され、32 年完成した第 1 号原子炉 (JRR-1) に次いで、第二の共同研究の施設として、 γ 線源による照射実験を開始した。このようなコバルト照射室はわが国には数百年ないし数千キュリーのものが各所に建設されている。照射室の構造も、取り扱う Co-60 の量と実験目的によってそれぞれ異なった形式をとっている。

日本原子力研究所の Co-60 放射線照射室は原子炉材料の試験と放射線化学の研究のために造られたもので、1 万キュリーという大量の Co-60 を完全に使用することができる。またホットケープの構造は 3 個のセル（間口 210 cm × 奥行 180 cm）が一行に並んでいるのが特長である。 γ 線源は円筒型で、最大線量率は円筒の中心で約 2×10^6 r/hr である。このケープは放射線漏洩試験の結果、ケープ外壁における漏洩線量は設計値の 30 mr/week 以下で、安全であることが確認された。

放射線照射室は昭和 33 年 9 月より実験を開始し、線源の γ 線強度分布などの測定をおこなった。昭和 34 年 1 月から、所外の研究者に対しても共同利用の施設として公開されている。

昭和 35 年 6 月

日本原子力研究所

放射線利用研究室

THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF A 10,000 CURIE COBALT-60 GAMMA IRRADIATION FACILITY

INTRODUCTION

An irradiation cave with a 10 kilocurie cobalt-60 source for testing non-metallic materials used for reactors and for studying radiation chemistry has been built at the Japan Atomic Energy Research Institute. The cave was designed to satisfy the following requirements:

- (1) The dose rate greater than 10^6 r/hr is required for studying radiation effects on graphite and organic moderator.
- (2) The irradiation cave and the source must be suitable for irradiation of materials under a variety of conditions.
- (3) The experimental conditions must be controlled with the same accuracy as is usual with in unshielded laboratory work.
- (4) The radiation intensity in the operating area must be less than 30 mr per 48 hrs of a week.

The irradiation cave was constructed with high density concrete. The cave consists of three cells in line; the center one for storing the source and two others for irradiation experiments. The adjacent cells are separated from each other by a steel-door which can be raised. This arrangement has an advantage to increase the utility of the source; each of the two irradiation cells may be used for preparing and irradiating alternatively.

IRRADIATION CAVE

The irradiation laboratory located in a two-storied building, has an irradiation room and laboratories inside. As shown in Fig. 2, the irradiation cave having three cells is constructed in the center of the irradiation room. In front of the cave, the operating area for assembling experimental apparatus and for operating manipulators is provided. The service area, at the rear side, is for loading large samples and experimental apparatus into the cell. The hoist and gantry crane around the cave serve for the above purposes and also for the replacement of experimental plugs and manipulators.

The cave consists of one storage cell and two irradiation cells in line, as shown in Fig. 3~4. The internal dimensions of each cell are 180 cm in depth, 210 cm in width and 335 cm in height. Each cell is shielded with walls of 100 cm in thickness made of high density concrete containing magnetite ore and having a density of 3.8. The roof is 85 cm in thickness and is also of high density concrete. Two cells are separated from each other by a steel-door of 43 cm in thickness. The door is raised when the radiation source is transferred from one cell to the other by a hoist. A shielding window is in the front wall of each cell, and a pair of manipulators is attached to the wall. At the rear side of each cell, a step-door made of high density concrete is installed. The dimensions of the door are 100

cm in thickness, 120 cm in width and 180 cm in height.

The storage cell has two wells for the source and each irradiation cell has one well for emergency. A chain conveyer running through a labyrinth for carrying small samples into the cell is mounted on the side wall of the irradiation cell. The electric power, gas and liquid are supplied to the cell through a pipe in plugs which are inserted in the wall from the outside of the cave. In the cells, a hoist runs under the ceiling and is used for removing the plugs of storage wells and for carrying the source. Wall surfaces inside cells are coated with a steel-lining of 4.5 mm in thickness.

Lighting is provided by both overhead fluorescent tubes ($3 \times 1,200$ lumens) and sodium vapor lamps ($6 \times 10,000$ lumens) mounted around the shielding window. Ventilation air is supplied from the irradiation room into cells and exhausted outdoors through filters located at the foot of the wall. The ventilation rate is 3×200 cubic meters per hour.

SOURCE CYLINDER

A 10 kilocurie source obtained from the MTR at the USAEC National Reactor Testing Station, Idaho, consists of 110 rods of cobalt-60. The rods are assembled in a cylindrical cage type. A radiation intensity of about 2×10^6 r/hr is available at the center of the source.

The dimensions of the source cylinder are 40.5 cm in height and 13.4 cm in outer diameter and 8.6 cm in inner diameter. It can be separated into two cylinders; the inner one contains 30 pencils arranged at the same interval and the outer one includes 25 pencils. Thus three different field strengths can be utilized when the inner and the outer cylinder are separately used.

The dose rate at the center of the axis of the source cylinder is $(2.2 \pm 0.1) \times 10^6$ r/hr. When the inner and the outer cylinder are used separately, the dose rates at the centers are about 1.4×10^6 r/hr and 0.8×10^6 r/hr, respectively.

SAFETY SYSTEMS

In the design of the cave and its facilities, automatic protection devices have been incorporated wherever possible. For entering the cell to place large samples or experimental apparatus, special attention has been given. The following conditions are necessary when the step-door of a cell is opened, (1) a monitor set in the cell indicates less than 20 mr/hr, (2) the storage well and the safety bar is at the normal position, i.e., the source is completely enclosed in the well, and (3) the steel-door is closed completely.

When such conditions are all satisfied, the step-door can be opened from the outside of the cell. On the other hand, one can open the door from the inside of the cell in the case of emergency to get out of the cell. Fig. 9 shows a circuit diagram of the relay system provided for automatic operation.

June. 1960

Department of Radioisotope Applications
Japan Atomic Energy Research Institute

目 次

第1章	沿 革	1
第2章	建 設	4
§ 2-1	概 要	4
§ 2-2	シャヘイ用重量コンクリート	8
§ 2-3	型 わ く	9
第3章	照射装置およびケーブル付帯施設	11
§ 3-1	マニプレータ	11
§ 3-2	照射用セル	11
§ 3-3	貯蔵用セル	12
§ 3-4	線源円筒	12
§ 3-5	スリーブとプラグ	13
§ 3-6	シャヘイ窓	14
§ 3-7	ペリスコープ	14
§ 3-8	安全系統	16
§ 3-9	照射実験装置	17
第4章	付属実験装置	20
§ 4-1	質量分析装置	20
§ 4-2	ガスクロマトグラフ装置	20
§ 4-3	核磁気共鳴装置	20
§ 4-4	常磁性共鳴装置	21
§ 4-5	マイクロ波分光分析装置	21
§ 4-6	卓上型インストロン材料強度試験機	21
第5章	放射線漏洩試験と線源円筒内外の γ 線強度分布	23
§ 5-1	放射線漏洩試験	23
§ 5-2	線源円筒を中心とした γ 線強度分布	23
第6章	共同利用	27

第1章 沿革

原子力の開発に伴い、放射線を利用する研究は、日本の国情に照らして最も手近な、しかも急を要する問題となっている。日本原子力研究所では原子炉の開発と並行して、原子力の平和利用の研究も行なうことになり、国内における放射線応用の共同研究の施設として、また原子炉材料の試験と放射線化学の研究のために Co-60, 1 万キュリー用の γ 線照射室を建設した。

これは、放射線利用の研究のために昭和 31 年度から昭和 33 年度にわたって、政府から出資された 3 億円の子算をもって造られた施設の一部である。この実施にあたり、放射線源の種類と照射室設計に関する委員会を設け、いろいろ調査検討を行なった結果、Co-60, 1 万キュリーの γ 線源と、20 MeV の直線型電子加速器 (LINAC) を設置し、これらの照射室を建設することになった。Co-60 照射室は 32 年 3 月に着工し、33 年 7 月に完成した。また 20 MeV LINAC 関係の施設は、昭和 35 年度に完成する。

Co-60 照射室は日本独自の技術によって設計されたもので、大量の Co-60 を完全に取り扱うことができ、しかも種々の実験が容易にできるように造られている。照射実験は厚さ 1 m の重量コンクリート (密度約 3.8) の壁で囲まれた照射ケープの中で行なう。その内部には 3 個のセルが一行に並んでおり、各セルは厚さ 43 cm の鉄トビラで仕切られている。中央のセルには Co-60 線源が貯蔵されており、左右の 2 つのセルで交互に照射実験を行なうことができる。

ケープの前面には、実験に便利なように、セルごとにシャヘイ窓とマニプレータが取り付けられている。また裏面には、実験装置や大きな試料をセルの中に入れるために、厚さ 1 m の重量コンクリートトビラがある。ケープの周囲には、コンクリート壁中に多数のスリーブが埋め込まれており、これにそれぞれプラグが挿入されている。これらのプラグは実験用に使われるもののほか、セルの内部に供給する電源、照明などの電気配線、給排水用の配管を通すのにも使われる。

γ 線源は、原子炉材料の放射線損傷の研究のため、また外国における γ 線利用の状況をみても、あるいは国内における関連産業、すなわち高分子関係、合成化学関係、食品工業関係の要望からも高線量率の線源が要求された。一方、照射する試料の大きさが大きくなるほど Co-60 放射能は増加する。Fig. 1 はこの関係を示すもので、高さ H cm, 直径 D cm ($H=2D$) の円筒状の線源円筒を作ったとき、円筒の軸の中心における線量率と Co-60 の全キュリー数の関係を示すものである。そこで、上記の要求を満たすために、線源の線量率

を 2×10^6 r/hr 以上必要とするので、1 万キュリーの Co-60 を使用することになった。

線源は USAEC の National Reactor Testing Station の MTR で照射した 110 本の Co-60 棒から構成され、これらの棒が2つの同心円筒状に配置されている。線源円筒の中心における線量率は約 2×10^6 r/hr である。またこの円筒は内筒と外筒に分けることによ

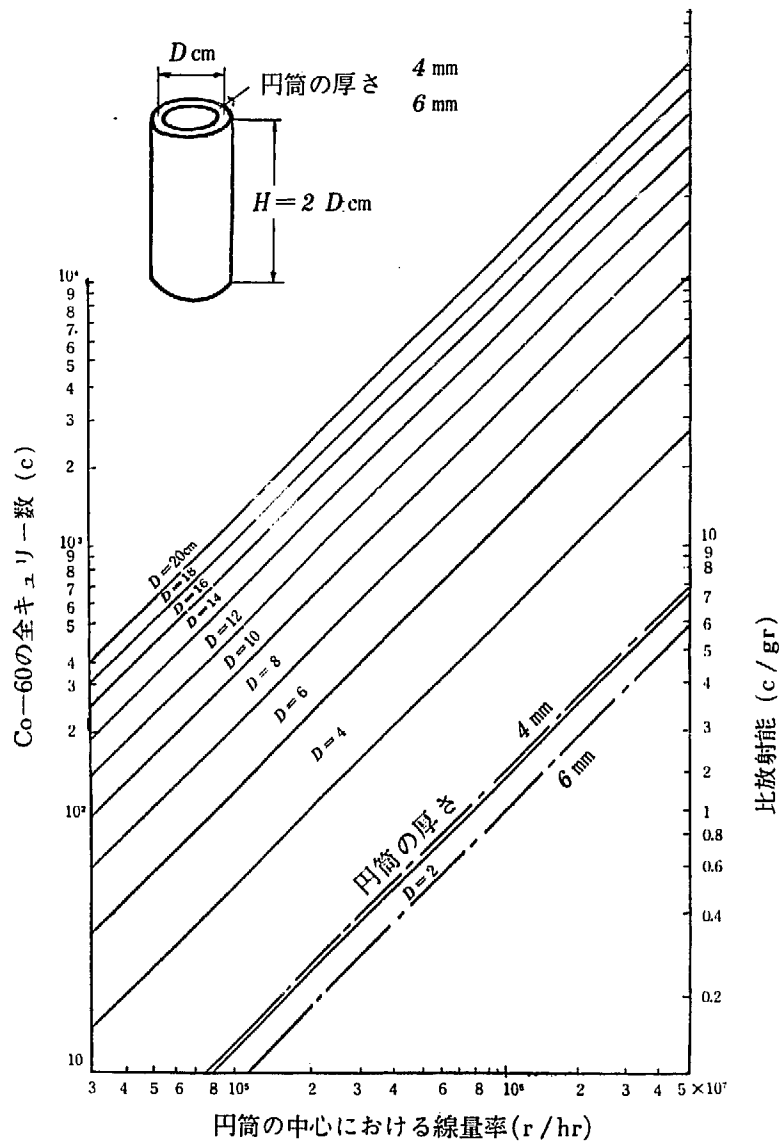


Fig. 1 円筒状線源の中心における線量率と全キュリー数および比放射能の関係

って、3種類の線源として使い分けることができる。

最後に、この建設にあたり、とくに苦心した箇所は、重量コンクリートの打ち込み作業である。ケープのセルの床下や、シャヘイ窓埋め込みわくの下面は、重量コンクリートのまわ

りが悪いので注意して施工してある。またコンクリートトビラや、プラグの間隙から放射線がもれやすいので、段を 2 段にし、かつ慎重にすえつけを行なった。一方、線源の組立にあたっては均一な γ 線の強度分布が得られ、かつ線量率が可変になるような二、三の形式を考えた。結局、ケーブル内の取り扱いが便利で、故障の少ない形式のものとして二重円筒式を採用した。なお、付帯設備の中には、今回初めて国産化したものがある。たとえば、シャヘイ窓、ナトリウムランプ、振動容量式 γ 線モニターなどである。

第 2 章 建 設

§ 2-1 概 要

照射室は Photo. 1 および Photo. 2 に示すように、鉄筋コンクリート構造で、広いスパンのケーブ室は鉄骨トラスにコンクリート・スラブ構造の建物で、長期地耐力 15t/m² の

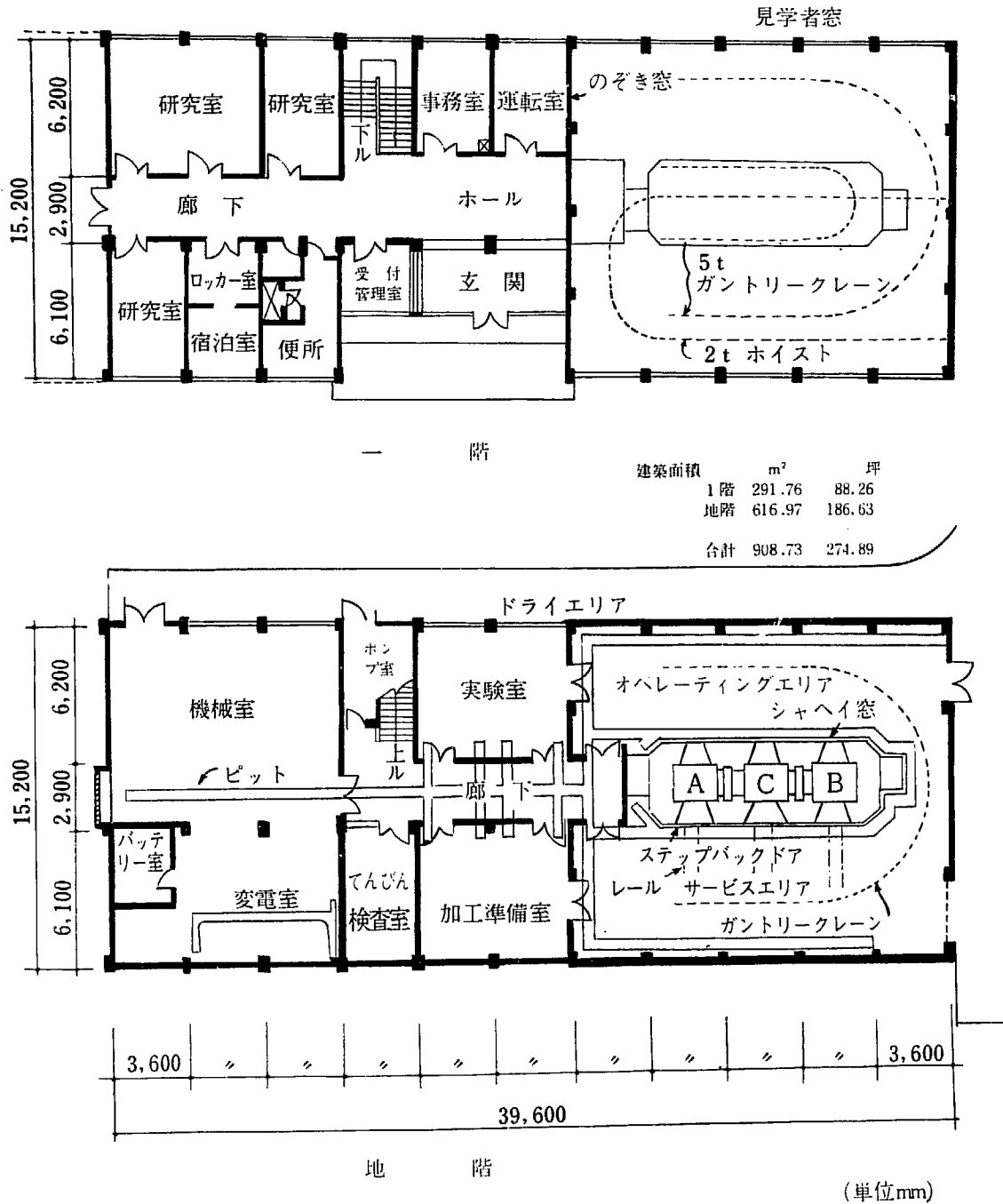


Fig. 2 放射線照射室平面図

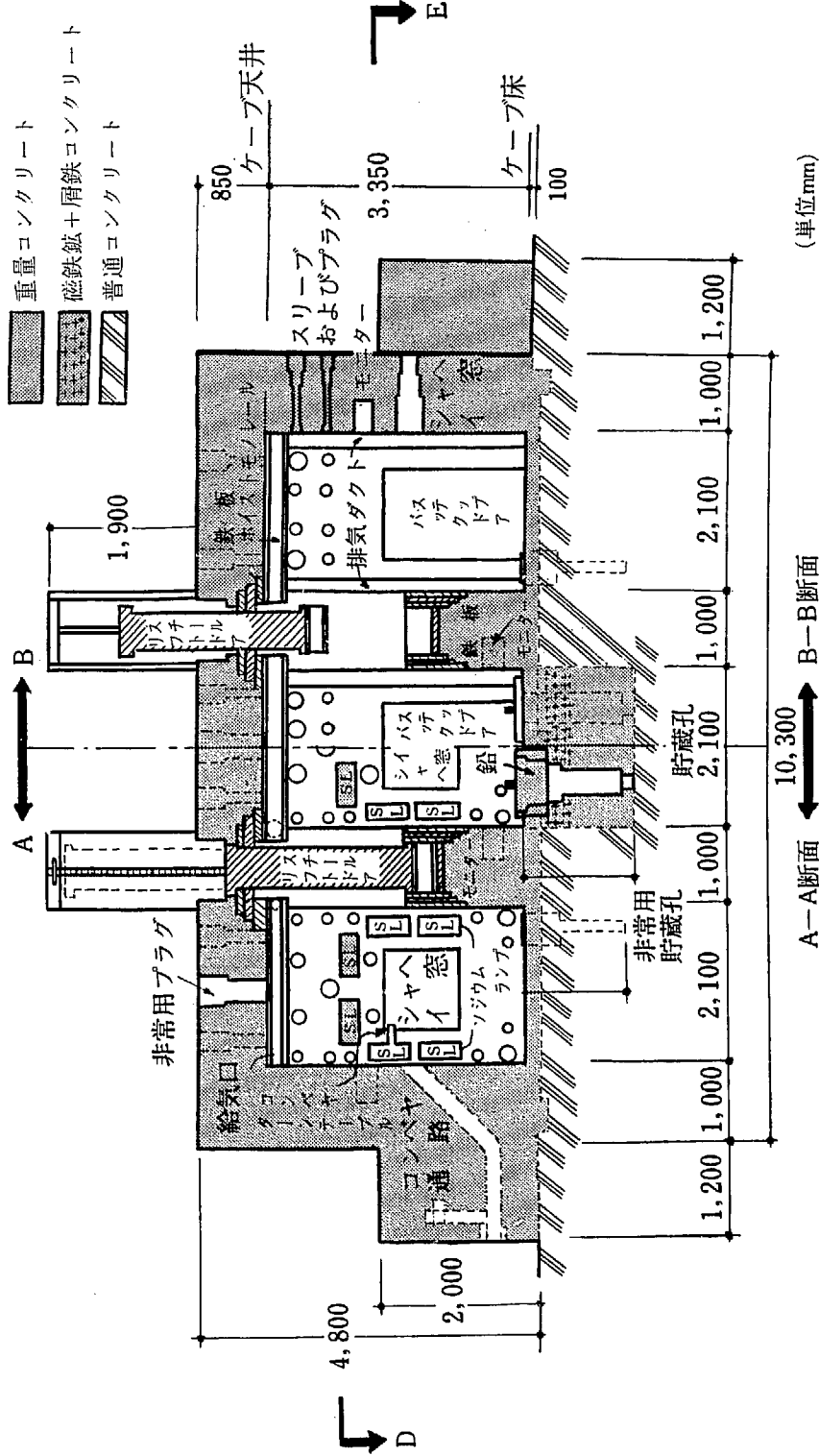


Fig. 4 (I) ケーブル立断面図

緻密な関東ローム層の上に建てられていて、とくにケーブはその重量が大きいので、さらに深く地耐力 30 t/m^2 のジャリ層に達している。Photo. 3 はケーブの基礎を示すものである。内部の平面図は Fig. 2 に示すとおりで、室内の仕上げはモルタル塗りの上に放射線防御用塗料を塗り、床はプラスチック・タイル張りである。

ケーブの構造をさらに詳細に示したものが Fig. 3, Fig. 4 である。すなわちケーブは左右に照射用 A, B セル、中央に線源貯蔵用 C セルを並列に配してある。ケーブ内部は厚さ 4.5 mm の鉄板でライニングし、表面には放射線防御用塗料が塗ってある。このライニング

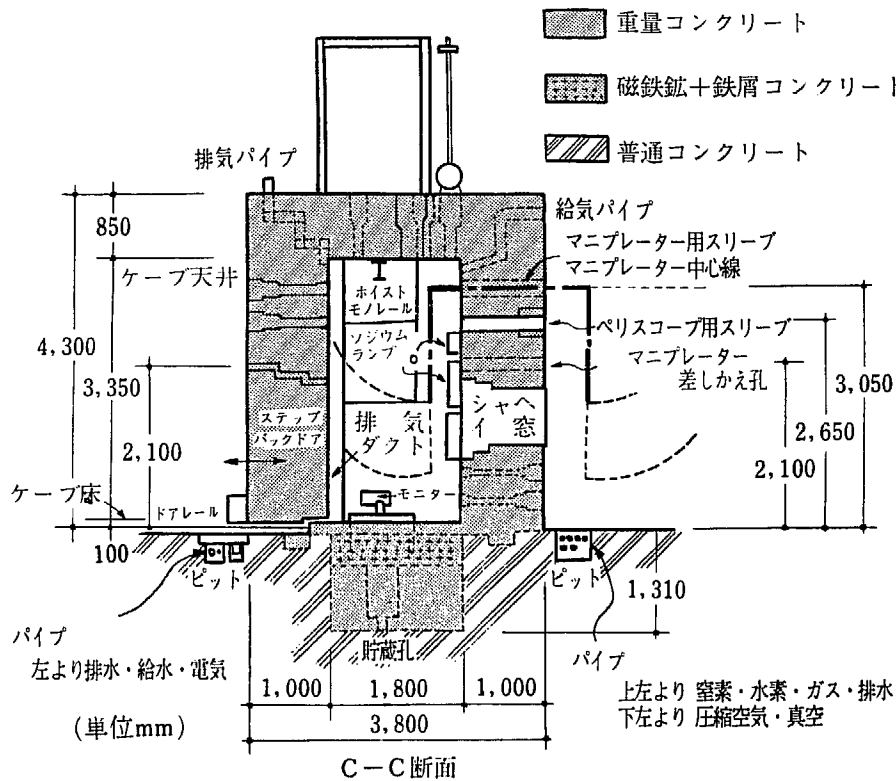


Fig. 4 (II) ケーブ立断面図

にスリーブをはじめ諸付帯施設が溶接取り付けされ、重量コンクリート打設の際は内型わくとして直接使用された。ケーブの外部は厚さ $3/4 \text{ inch}$ の耐水ベニヤを用いて重量コンクリート打設のうえ放射線防御用塗料を塗ってある。Photo. 4, Photo. 5 は重量コンクリート打設前、Photo 6, Photo. 7 は仕上げ後のケーブである。スリーブ類窓わく等埋め込み物のこみいつている部分はコンクリート打設が困難であるから Photo. 8 中に矢印で示すように鉄のブロックを溶接してシャヘイの完璧を期した。壁の厚さは 1 m で、外壁際でも 1 週 48 時間作業をして 30 mr/week の被バク量をこえないように造られている。

セルとセルの間には鋼鉄製リフトトビラが、セル後面には重量コンクリート充てんのステップ・バック・ドアが設けられ、いずれも電動・手動両用で操作される。実験用の配線・配

管などは床に設けられたトレンチを通り壁外面まで供給され、プラグを通してケーブル内に供給されている。ケーブル内の換気は建物とは別系統に設けられ、換気速度は毎時 15 回で、排気は Cambridge filter を経て建物外部に排出される。

§ 2-2 シャヘイ用重量コンクリート

ケーブルのシャヘイに用いた重量コンクリートは、中庸熟ポルトランド・セメントに、骨材として岡山県川上郡平川村金平鉱山産の磁鉄鉱を使用した。磁鉄鉱の分析結果は Fe 67.6%, S 0.56%, SiO₂ 30.7%, その他 1.11% であった。10~15 cm の粒大の原鉱石をインペラ・ブレーカー (15~30 t/hr, 20 HP) で粉碎し、篩機 (6 t/hr) で粗, 中, 細の 3 種類にふるい分けた。粉碎は最初周速 10 m/sec で行ない、途中適当な時期に周速 21 m/sec に切りかえ、最後に粗, 中のものを再粉碎して細のものを得た。Photo. 9 は粉碎作業中のものである。

TABLE 1 は磁鉄鉱の性質、TABLE 2 は破碎磁鉄鉱の粒度表である。こうして得られた骨材

TABLE 1 磁鉄鉱の性質

粒大 (mm)	見かけの比重		吸水率 (o/wt)	単位達量 (kg/l)		含水率 (o/wt)	実績率 (o/vl)
	表	乾		表	乾		
40~5	4.71	4.70	0.24	3.037* 2.982**	3.030* 2.975**	0.23	64.5* 63.3**
20~5	4.71	4.70	0.24	2.874	2.867	0.23	61.2
5 以下	4.67	4.65	0.50	3.148	3.145	0.10	63.1

*) 40~20 mm, 50 o/wt, **) 40~20 mm, 41 o/wt.

TABLE 2 破碎磁鉄鉱の粒度表

項目	粒大 (mm)	FM	通過重量 (%)										
			ふるい目の大きさ (mm)										
			40	30	25	20	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15
粗	40~20	8.92	100	69	35	4							
中	20~5	6.19				100	70	11					
細	5以下	3.01						100	76	50	35	24	14
極細	1.2以下	1.54								100	70	48	48

TABLE 3 実施調査表

練上コンクリート 1 m ³ あ たりの材料			w/c (%)	スラ ンプ	
セメント	磁鉄鉱 (kg)				水
(kg)	細	中	粗	(kg)	
340	1,385	985	985	170	50%
					5cm

は傾胴式 21 切ミキサーを使用し、1 回の練上量を 0.29 m³ として混合した。そのときの実施調査表を TABLE 3 に示した。Photo 10 はそのスランプ試験をしているところで、試験結果は TABLE 4 のようであった。スランプ 5 cm 以下、圧縮強度 70 kg/cm²、生コンクリート比重 3,800 t/m³ 以上、計量誤差はセメントおよび、水±1%、骨材±2%以下で作業を行なった。

TABLE 4 重量コンクリート試験結果表

月 日	テスト ピース No.1	スランプ (cm)	採取時 比 重	試 験 時 比 重		強 度 (kg/m ²)	
				1 週	4 週	1 週	4 週
12月6日	5 の 1	0.6	3.940	3.920	3.900	226	435
	5 の 2	"	"	3.832	3.890	217	438
	5 の 3	"	"	3.892	3.872	235	406
	6 の 1	0.4	3.980	3.974	3.860	201	395
	6 の 2	"	"	3.870	3.880	210	405
	6 の 3	"	"	3.846	3.890	205	410
9日	11 の 1	0.6	3.904	3.855	3.870	199	333
	11 の 2	"	"	3.874	3.861	195	359
	11 の 8	"	"	3.874	3.860	210	345
12日	15 の 1	0.3	4.010	3.996	3.964	184	330
	15 の 2	"	"	3.983	3.936	178	373
	15 の 3	"	"	3.983	3.992	184	305
15日	19 の 1	0.4	3.944	3.940	3.861	175	406
	19 の 2	"	"	3.940	3.898	181	419
	19 の 3	"	"	3.941	3.917	178	384
平 均	0.55	3.986	3.915	3.891	199	383	

重量コンクリートはスランプが小さくて比重が大であるうえに、骨材が碎石であるためウオーカビリティが良好でなく、さらに各種スリーブ、窓わく等埋め込みが非常に多く打設が困難である。したがって、シャヘイの目的を十分に果たすように、埋め込みの下に間隙のできないように、また均質に打設するように、作業員は型わく内のコンクリート打設面で作業し、1層約 10 cm ごとに十分にバイブレーターをかけた。コンクリートの打設量は1回の打込み高を約 1 m とし、全体を 1/4 に分け、型わくの組立は1回打設分ごとに区分して打設作業を便利にした。打継面は凸型の段をつけ浮水、不均質な部分、レイタンスなどは完全に除去し、打継面にはセメントペーストを塗布した。

重量コンクリートの打設はきわめて良好であったが、窓わく下のように水平面積の広い埋め込みの下面には、コンクリートの収縮によって間隙ができた。この部分にはあとで重量モルタルのグラウトを行なったが、間隙のできるおそれのあるところは型状を変えるか、間隙ができて影響のないように鋼塊を埋め込んでおくべきである。

§ 2-3 型 わ く

型わくの計算はコンクリートの側圧 6 t/m^2 、型わくの最大撓 1.5 mm として計算した。型わくの組立にあつては、ケーブ表面は打ちっぱなしになりモルタル塗りなどが困難で、セパ

レータやホームタイを放射線の外部への直進方向に埋め込むのを避けねばならぬので、綿密に計画した。打設の都合上、型わくを4回に分けたが、型わくの継ぎ目で壁面が腰折れにならないように、堅バタは3.3寸×6.6寸の部材を40~60cm間隔に配し、上部まで1本で通して完全に締めつけて、ベニヤパネルと横バタは4回に分けてクサビで締めつけるようにした。セパレータはスリーブ窓わく内などを利用し、ホームタイはスリーブ窓わく内などを通して、あとで取りはずせるところのみを利用し、あとは建物の壁面からパイプ・サポートでささえた。バタ類は型わくの精度を保つために2面カンナ仕上げとした。

第 3 章 照射装置およびケーブル付帯施設

§ 3-1 マニプレータ

大量の Co-60 を取り扱うために、とくに放射線のもれの少ない Argonne Type Model-8 (Central Research Lab. 社製) のものを用いた。これは壁の中を通るパイプが 1 本でかつパイプ内に鉛のシャヘイがしてあり、組み立てた状態で輸送されてきた。マニプレータを取り付けるにはスリーブにあらかじめローラーマウントを取り付けておく。Photo. 11 はこの取り付け作業を示すもので、ホット側の腕のほうをまっすぐに伸ばし（これを伸ばすにはモータードライブによる）、マニプレータ用スリーブに差し込んでいるところである。

マニプレータは Photo. 6 に示すように常時床面より高さ 305 cm の所にあるスリーブに取り付けて使用する。この位置はちょうどセルの内部に実験台を入れた状態で実験するものに適している。しかしセルの床に落とした物を拾う場合には、マニプレータの先が届かないので、下の予備のスリーブ（床面より高さ 210 cm）に差しかえられるように、Photo. 6 に示すようにスリーブが用意してある。操作の前後には、前後・左右・上下および握りのクランプを必ず脱着する必要がある。

マニプレータは全部で 3 組あり、そのうち 2 組は Nodel-8 のモーター、ドライブつきである。残りの組は同じく Model-8 の改良型で、ラテラル、モーションつきである。この改良型ではスリーブをマスターに対して左右に 20° 回転させることができるので、セルの隅の操作に都合がよい。

§ 3-2 照射用セル

セルの大きさは、いずれも幅 210 cm、奥行 180 cm、高さ 335 cm である。ケーブルの壁は厚さ 1 m の重量コンクリート壁でできている。セルの裏面には高さ 1.8 m、幅 1.2 m のコンクリートトビラがある。大きな試料や実験装置は、このトビラをあけてセルの中に入れる。Photo. 13 は照射用セルの内部を示すもので、写真のような照射台の中央に線源を固定し、線源円筒の内外に試料を置いて実験する。また照射中に小さい試料を交換できるように、ケーブルの側壁に迷路を通ったチェンコンベヤーが走っている。Photo. 15 はこのコンベヤーの入口を示すもので、放射線のもれを防ぐため鉛のシャヘイ板が取り付けられている。

内部の照射は、シャヘイ窓の周囲に取り付けた 6 本のナトリウムランプ（1 本 10,000 ルーメン）と天井に取り付けた 3 本の蛍光灯（1 本 1,200 ルーメン）を用いる。

セルの天井には Photo. 12 に示すようなホイストが走っている。これは線源を移動する

のに使用する。ホイストのモノレールは鉄トビラを上引き上げた時、トビラの下端で隣のセルと連絡する。

§ 3-3 貯蔵用セル

中央のセルは線源を貯蔵する所で、この床に Fig. 5 に示すような貯蔵孔が2つある。貯蔵孔のフタは内、外2つのフタよりなり、常時は内フタをホイストであける。このフタは

厚さ 40 cm の鉛でできている。また貯蔵孔の周囲の床に厚さ 10 cm の鉛レンガが張ってあるので、貯蔵孔の中に 1 万キュリーの Co-60 線源を格納した状態でも、研究者はこのセルにはいることができる。

貯蔵孔の中には、Photo. 16 に示すような電動式線源リフトが組み込まれている。内フタを取ると、ケーブルの外側から押しボタンの操作でリフトを自由に昇降できる。Photo. 17 は線源をリフトで上昇させた状態を示すもので、線源は床面より高さ 10 cm まで出る。これをマニプレータを用いて、ケーブル内にある Photo. 12 のホイストにつるし、左右の照射セルに移動することができる。

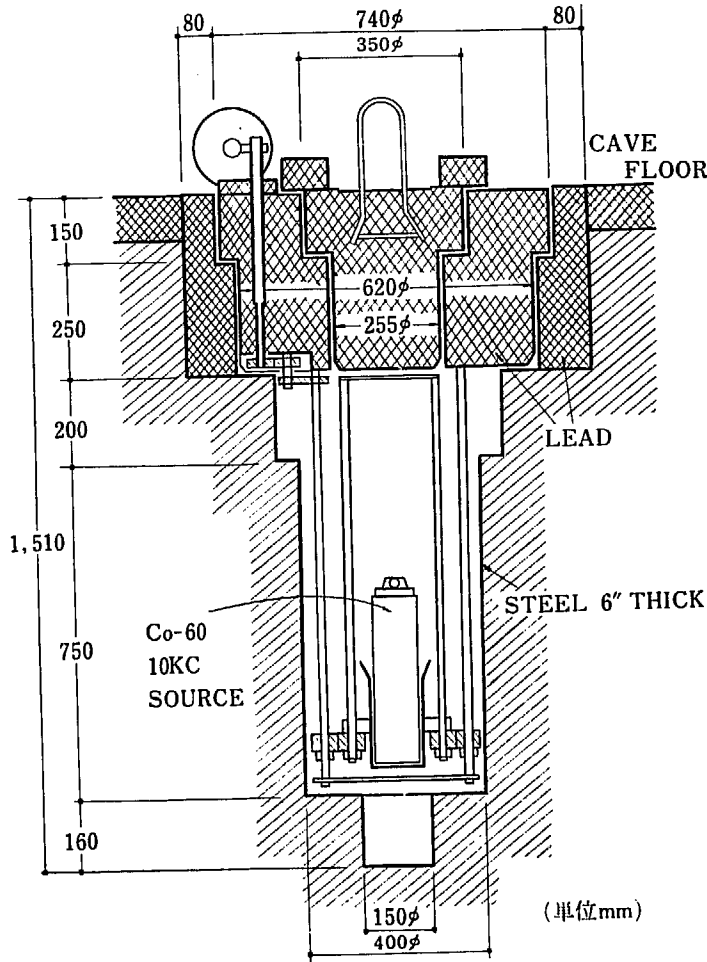


Fig. 5 貯蔵孔詳細図

§ 3-4 線源円筒

1 万キュリーの Co-60 は直径 3 mm、長さ 12.5 cm の Co-60 の棒 110 本からなり、その比放射能は約 10 キュリー/g である。各棒はステンレスで包み汚染しないようにしてある。これらの棒は Fig. 6 に示すように 55 本のステンレス製のペンシルに各 2 本ずつ縦に入れられ、直径 10 cm と 11.8 cm の 2 個の同心円上の円筒に配列されている。内筒には等間隔に 30 本のペンシルが配列され、外筒には 25 本のペンシルが 5 本に 1 本の割合で空

孔を残して配列されている。線源円筒の軸の中心における線量率は約 $2 \times 10^6 \text{r/hr}$ である。内筒と外筒を別々に用いれば、中心の線量率はおおの $1.2 \times 10^6 \text{r/hr}$, $0.8 \times 10^6 \text{r/hr}$ である。Photo. 18 は線源円筒を内筒と外筒に分けた状態を示したもので、このように別々に

分けて使用するときは、空の外筒あるいは内筒と組み合わせて使用する。円筒外部で 1 万キュリーで照射する場合の線量率は、中心から 20cm のところで約 $0.6 \times 10^6 \text{r/hr}$, 中心より 40 cm のところで約 $0.1 \times 10^6 \text{r/hr}$ である。

§ 3-5 スリーブとプラグ

この照射ケーブルの特色は Photo. 6 に見るように多数のプラグが用いられ、セル内に供給する電源・照明などの配線、給排水用の配管などはすべてプラグを通してなされ、直接コンクリート壁

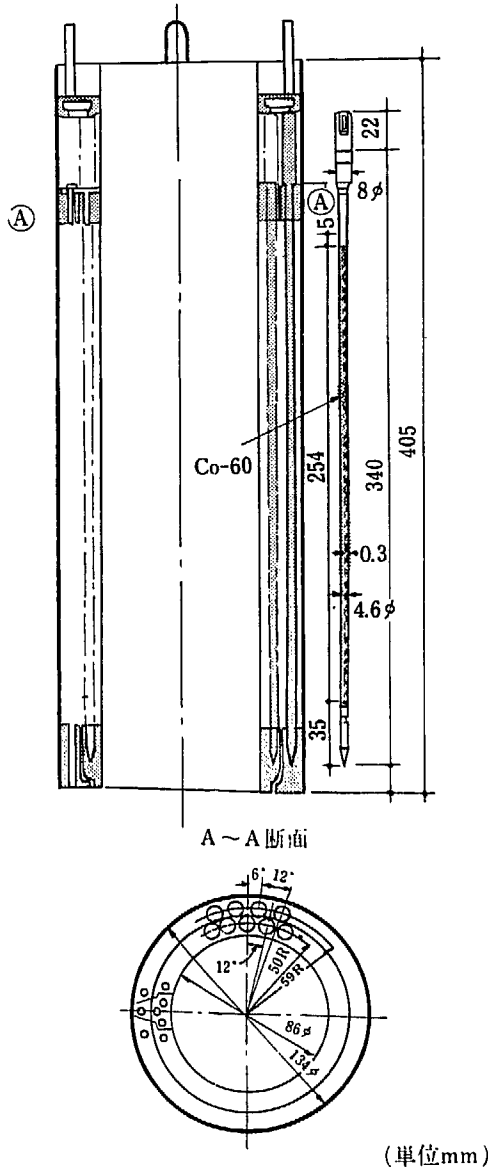


Fig. 6 線源円筒とペンシル

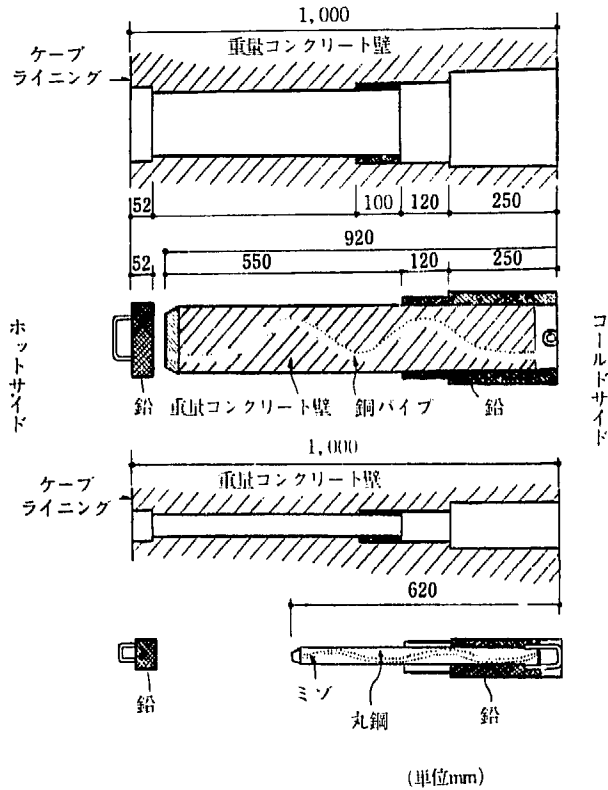


Fig. 7 スリーブとプラグ

に埋め込むことをさけてあることである。ケーブルの前面にあるスリーブは実験用プラグを、裏面にあるスリーブは配線配管用プラグを、天井にあるスリーブは照明やモニターの配線用プラグを挿入するのに使用されている。

Fig. 7 にスリーブとプラグの構造を示してある(Photo. 19 参照)。直径 $4\frac{1}{2}$ inch 以上

のプラグは鉄管を継ぎ合わせ、中に銅管をラセン状に2回巻いたものを入れ、その周囲に重量コンクリートをつめてある。また直径3 inch以下のものは鉄棒を用い、その表面に溝をラセン状に2回ほってある。いずれもシャヘイのために段を2段つけ、段の間に鉛をつめてある。この他にマニプレータ用予備とペリスコープを入れるスリーブとプラグがあり、TABLE

TABLE 5 プラグ用途一覧表

セル 直径	A	B	C	用 途
	個 数			
8 $\frac{1}{2}$ "	2	2	0	マニプレータ (常用)
8 $\frac{1}{2}$ "	2	2	4	マニプレータ (差しかえ)
8"	1	1	1	ペリスコープ
6"	7	7	4	電気, 給排水
4 $\frac{1}{2}$ "	9	9	6	ガス, 液体, 電気等 (実験用)
3"	2	2	2	電気 (実験用)
1 $\frac{1}{2}$ "	8	8	8	電気 (実験用)
6"	6	6	6	モニター, 照明
1 $\frac{1}{2}$ "	2	2	4	ホイスト

5 にこれらのプラグの用途を示した。

§ 3.6 シャヘイ窓

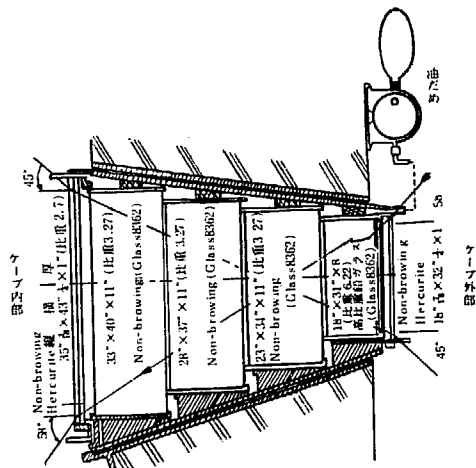
シャヘイ窓は放射線を完全にシャヘイし、しかも放射線によって変色しない特殊なガラスから構成されている。ケーブルの壁は厚さ1m, 密度約4の重量コンクリートで造られているので、窓は構成ガラスの厚さ l_i , 密度 ρ_i の積の和が400になるように選んだ。照射用セルには大きな窓を入れ、1個はCorning社製(Oil Type), 1個は日本光学社製(一部旭ガラス担当, Dry Air Type)を用いている。貯蔵用セルにはこれよりやや小型の窓を入れ、Penberthy社製(Dry Air Type)を用いた。

Fig. 8に示すように各会社によって l_i, ρ_i の選び方に特長があるが、両面に厚さ1 inchの強化ガラス(ホット側はNon-browning glass)をつけ、つぎにNon-browningの鉛ガラス(密度3.2~4.0)を数枚入れてある。これではシャヘイ能力が不足するので、鉛を70%以上入れた密度約6.2のガラスをコールド側に入れてある。

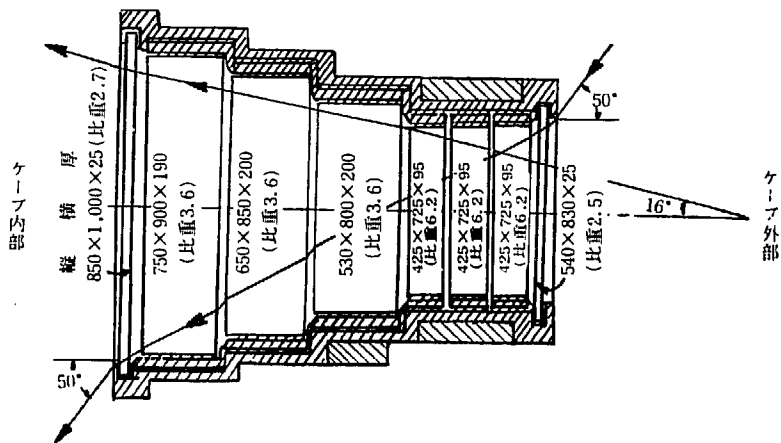
このシャヘイ窓をケーブルに取り付けるには、あらかじめ窓取り付けわくをコンクリート壁に埋め込んでおく。Photo. 20はPenberthy社製の窓の取り付け作業を示すもので、セル天井にあるフックで窓をつりあげ、後方から押し込んでいるところである。取り付けわくと窓の間隙にはLead woolやpaperをつめた。

§ 3-7 ペリスコープ

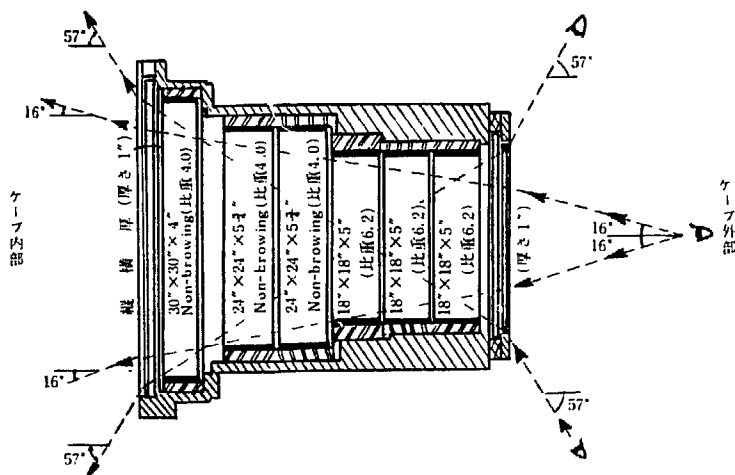
各セルの前面にはペリスコープを挿入するプラグが1個ずつ用意してある。Photo. 21に示すペリスコープは日本光学社製のもので、倍率は2倍と10倍である。上下、左右の走査はケーブル外よりハンドルで自由に行なうことができる。このペリスコープには写真撮影装置がつき、照射中の状況を写真にとることができる。近くホットケーブル用顕微鏡をペリスコープに接続し、顕微鏡写真も撮影できるようになる。



(a) Aセル用 (Corning社製)



(b) Bセル用 (日本光学社製)



(c) Cセル用 (Penberthy社製)

Fig. 8 シャーヘイ窓詳細図

§ 3-8 安全系統

実験装置や大きな試料を設置するために、研究者がセル内にはいる必要が生じた場合、

- ① セル内に設置してあるモニターの指示が 20 mr/hr 以下
- ② 貯蔵孔のプラグが閉じていて安全棒が定位置にある、すなわち線源が完全に貯蔵孔中に格納されている
- ③ 鉄トビラが完全に閉じている

などの条件が満足されているときだけ、コンクリートトビラが開くようにできている。すなわち Fig. 9 はセル背面の C トビラの開閉回路であって、このような安全な場合だけ押しボタンを押すとトビラがあく。万一、セル内に閉じ込められたときは、いかなる条件の下でも、セル内の押しボタンをおせばトビラがあくようになっていて、トビラがしまるときは、ブザーが鳴り、30 sec後に 1 m/min の速度でトビラがしまり始める。

モニターの故障から生ずる危険を防ぐために、各セルに 2 個のモニターが設置されている。このモニターは電離箱型で、セルのコンクリート内壁に設置され、モニター電流の増幅は振動容量法によっている。モニター指示はモニター記録装置に自記され、各セル内に線源が存

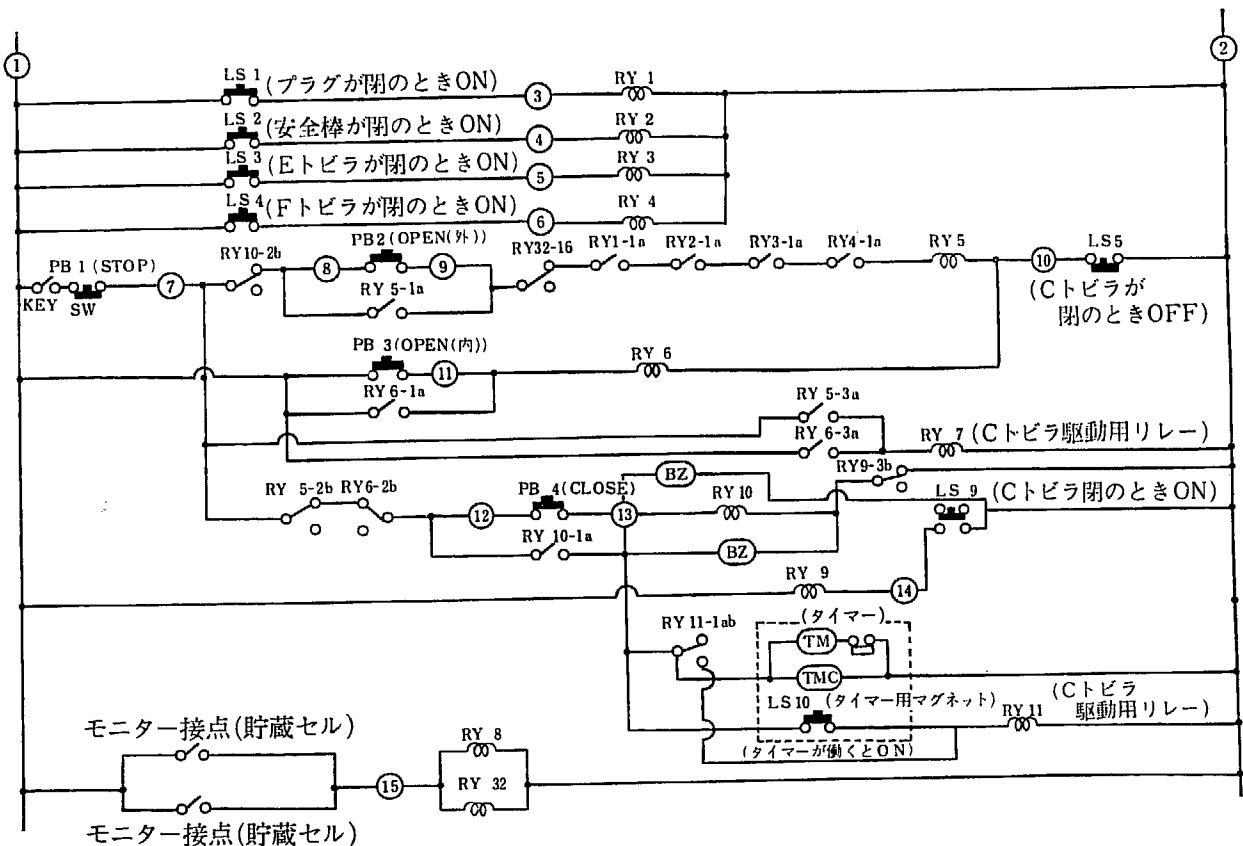


Fig. 9 ケーブ安全系統 (C トビラの開閉回路)

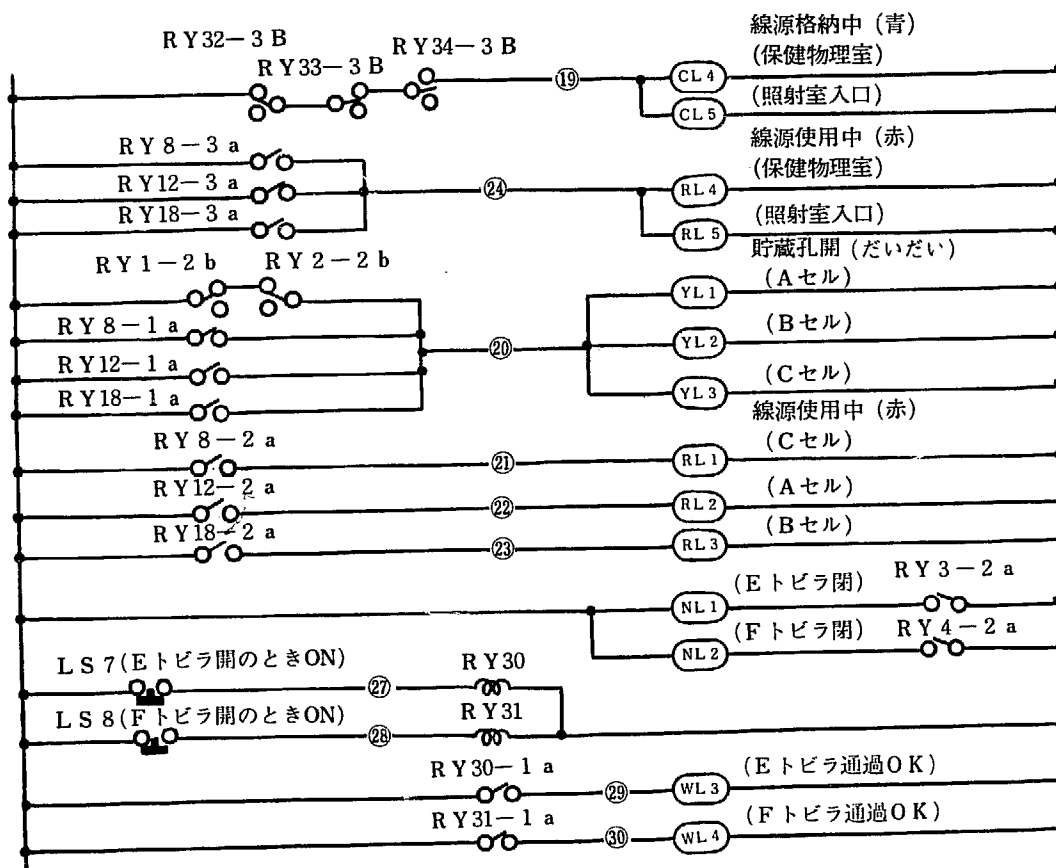


Fig. 10 ケーブ安全系統 (標示灯)

在した時間が記録される。

実験の安全をはかり、危険を防止するために線源の使用状態をいろいろの標示灯で表示してある。Fig. 10 にこれらの標示灯の回路を示してある。1階の玄関と地階の照射室入口に緑と赤のランプで、線源の使用状態を示すようになっている。ケーブルの前面と後面にもセルごとに赤・黄・緑の標示灯がある。なお鉄トビラの開閉を示す標示灯があり、トビラの白灯がつけば、セルの内部にあるホイストのモノレールが完全に連絡されたことを表示する。

§ 3-9 照射実験装置

照射用セルの中で使う実験台は、照射実験の目的に応じていろいろの形式のものがある。たとえば多数の試料を照射するものに自転式照射台、固定式照射台がある。この他に高温照射装置、低温照射装置、気体系照射装置などがある。

Fig. 11 に示すものは、共同利用に使用される固定式照射台である。線源円筒は実験台の中央に固定され、試料は円筒内外で照射される。線源円筒の内部で照射するときは、試料は図Bのようなカゴに入れて照射する。線源円筒の外部で照射するときは、試料は図Aのよ

うな位置で照射される。この位置に Fig. 12 のような大きさのアルミ製試料立を立てることができる。とくに均一な照射を必要とするときは、自転式試料立を用いることができる。

高温照射装置は、室温から 300°C までの範囲を恒温に保つことができる。低温照射装置は室温から -80°C までの範囲を恒温に保つことができる。恒温槽の有効体積はいずれも $50\text{ cm} \times 50\text{ cm} \times 50\text{ cm}$ 以上で、恒温槽の中に線源円筒を入れて、その周囲に試料を置いて照射できる。これらの装置はいずれもセルの中に入れ、温度などの制御回路はケーブルの外部に置いて使用する。

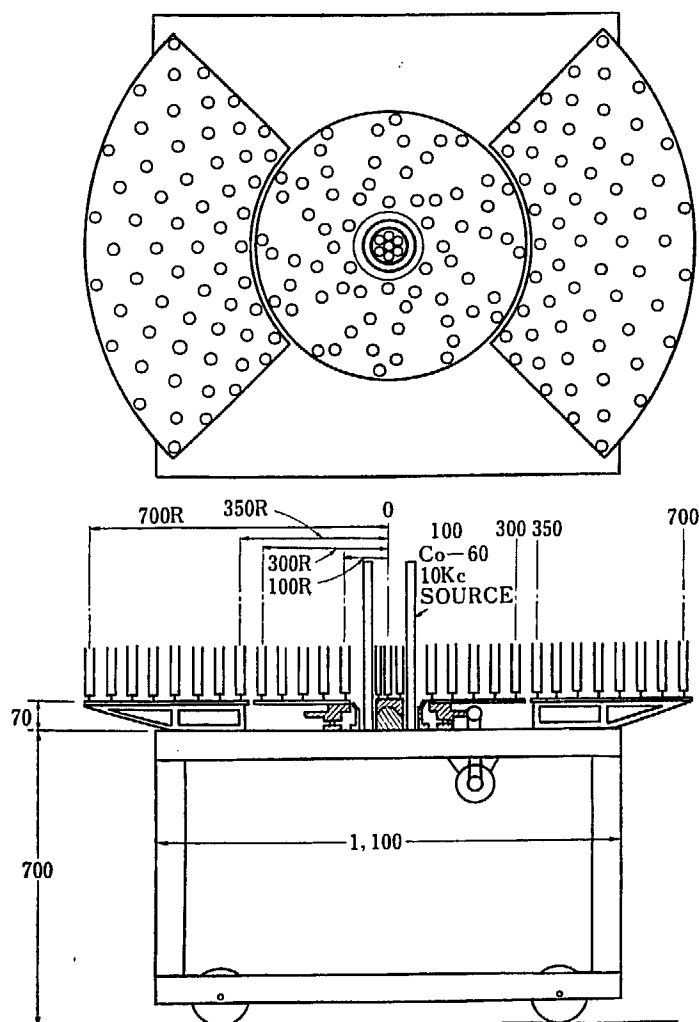


Fig. 11-A 固定式照射台 (外部照射)

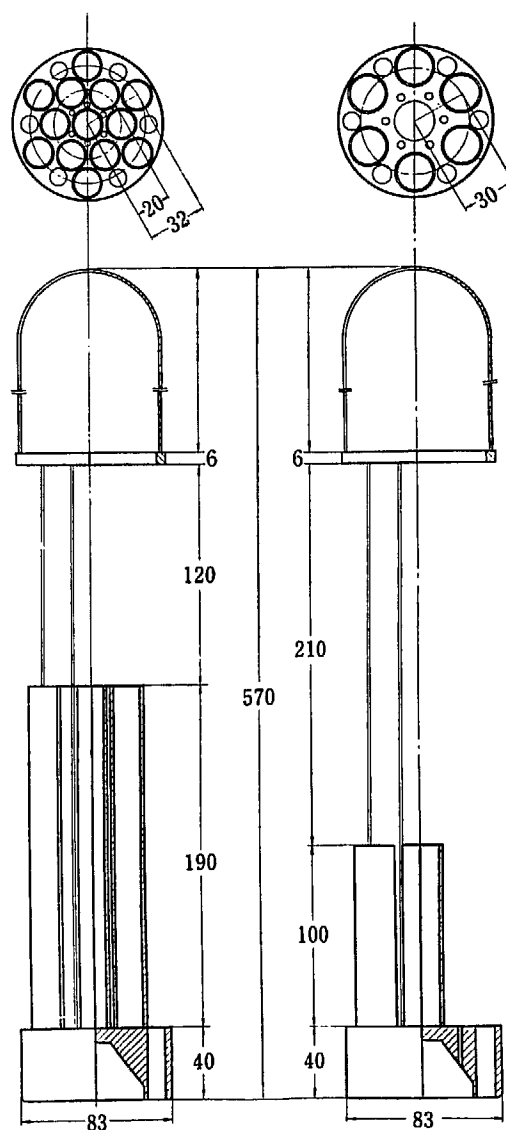


Fig. 11-B 固定式照射台 (内部照射)

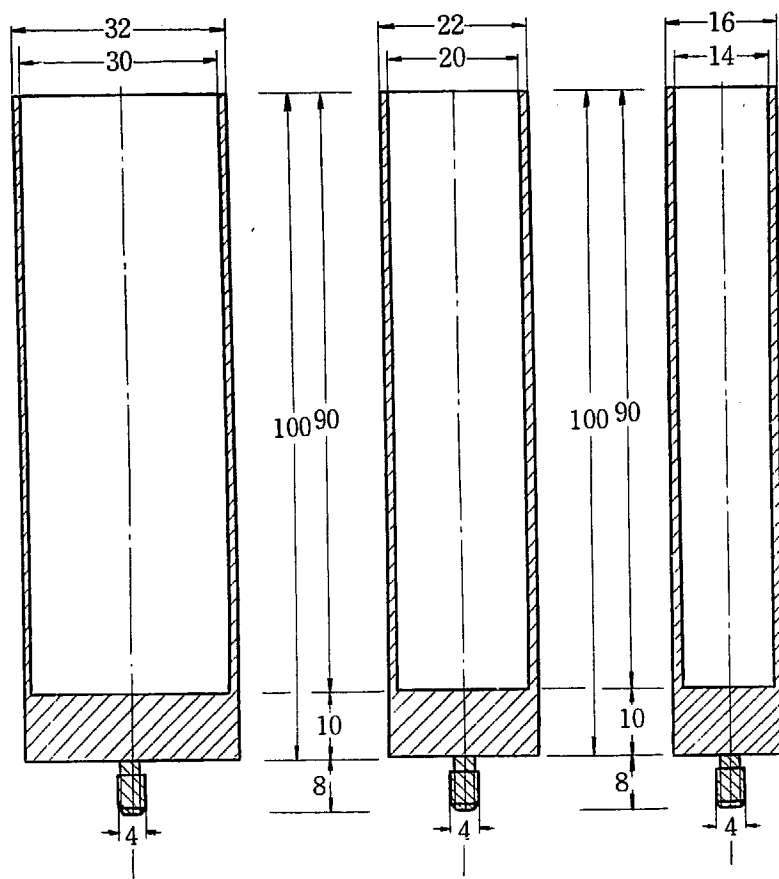


Fig. 12・C アルミ製試料立

特殊な実験のためには、目的に適した装置を設計しなければならない。これらの装置の制御回路は実験プラグを通して、ケーブル外に置くことができる。

第 4 章 付属実験装置

照射室で照射された試料中のわずかな変化をも検出するように、次の諸測定装置が研究棟に用意されている。この他に光散乱測定装置、超遠心機、各波長領域に対する分光光度計が用意または計画されている。

§ 4-1 質量分析装置

気体・液体の一般分析用の CEC 21-103 D 型質量分析計 (180° 電磁石, 電場掃引) であって、同位元素比の測定, 照射生成物の分析, 電子衝撃によるイオン化電位の測定など, 放射線化学の基礎的資料を与えるもので, 多目的と高感度を特徴とする。おもな性能は,

質量数範囲: 2~700

分解能: 600

試料: 120°C で蒸気圧 3×10^{-2} mmH 以上あるもの 0.5 cc (標準状態換算)

精度:

成分の含量	主成分	1 %	0.01%
相対誤差(±%)	1	5	50

イオン化電位の測定精度は±1%である。

§ 4-2 ガスクロマトグラフ装置

微量の液体および気体を分析する Chromacon 9475-3 V 型ガスクロマトグラフ装置であって、ガスの有機溶媒への溶解度の差または吸着剤への吸着平衡の差を利用して各成分に分離し、それを電気伝導度の差で検出するものである。これを用いて分析できるものは 350°C 以下の沸点をもつ液体 (脂肪酸, エステル, 炭化水素, アミン, アルコールなど), またはガス (N_2 , C_2 , H_2 , CO , CO_2) などである。

§ 4-3 核磁気共鳴装置

米国 Varian 社製 V-4300 C 型高分解能核磁気共鳴装置であって、主として液体における核共鳴のシフトおよび分裂を測定し、試料を破壊せずに微量定性定量分析を行なうとともに、分子構造の決定, 同位元素交換反応の研究に用いられる。おもな性能は,

周波数: 56.445 Mc, 15.085 Mc, 8.1339 Mc

(主として 1H , ^{10}F , ^{13}C , ^{17}O , 3H の核共鳴の測定)

感度： ^1H の核の数で $10^{19}/\text{cc}$

分解能： 10^{-8}

最小限所要試料：約 0.3 cc

磁場：0~15,000 gauss

磁場均一度： $10^{-3}/0.01 \text{ cm}^3$ 以下

§ 4-4 常磁性共鳴装置

物質内における不対電子スピンの起因する常磁性共鳴現象を測定するための高分解能のマイクロ波磁気共鳴装置で、電磁石・マイクロ波発振器・空洞共振器・検出器などからなり、常磁性物質の構造研究と分析、放射線によって生じた遊離基の検出定量に用いられる。おもな性能は、

基準周波数：9.5 kMc (波長 3.2 cm)

基準磁場：3,500 gauss

分解能： 10^{-5} (0.04 gauss, 100 kc)

検出方式：反射型，ボロメーター検波

センチ波出力：30 mW

検出感度：DPPH 0.1 μg 検出可能

§ 4-5 マイクロ波分光分析装置

気体試料のマイクロ波吸収スペクトル観測のための、シュタルク変調方式の高感度分光装置で、微量定性分析、原子核四極子能率と結合定数、分子双極子能率、同位元素原子量と存在比等の測定、同位元素効果、励起状態分子の研究などに用いられる。おもな性能は、

周波数：18~40 kMc (波長 1.7~0.7 cm)

吸収槽体積：長さ 3 m, 断面 $2.5 \times 1.2 \text{ cm}$

感度： $1 \times 10^{-8} \text{ cm}^{-1}$ の吸収係数まで検出可能

試料：200°C で蒸気圧 0.01 mmHg 以上の有極性物質

§ 4-6 卓上型インストロン材料強度試験機

材料の荷重と変形を自動的に測定記録する装置で、ロードセルの交換によって試験に適した荷重が与えられ、普通の伸長圧縮のほかにクリープ、応力緩和、ヒステレシス・繰返し疲労、引き裂きなどの複雑な粘弾性的測定が簡単かつ正確に測定できる。装置は材料に荷重を与える駆動部、荷重変形曲線の記録部、実験条件調節部および積分装置からできている。

荷重の測定はホイストブリッジとしてロードセル内に組み込んだ抵抗線ひずみ計によってなされ、それを増幅記録する。荷重範囲は 2 g~100 kg であり、荷重速度・記録紙速度はギアの交換によってともに 0.5~100 cm/min の範囲で変えられる。この装置はたとえば、原子炉材料中の合成ゴム、プラスチックなどの放射線照射による力学的性質の変化の測定に用いられる。

第5章 放射線漏洩試験と線源円筒内外の γ 線強度分布

§ 5-1 放射線漏洩試験

ケーブル付帯施設の取り付けが終わると、まず500キュリー、次いで1万キュリー線源で計5回のケーブル放射線漏洩試験を行ない、シャヘイが十分でない箇所を逐次補強した。次に指摘する箇所を除いてほとんどもれのないことを確認した。

予備試験は壁面の弱点を発見することを主眼としたが、最終試験は線源の移動に応じて校正された各種サーベメータを用いて、あらかじめ規定した全壁面、および必要空間内の点の γ 線強度 (mr/hr 単位) を測定した。実測値からバック・グラウンド(0.02 mr/hr) を差し引いて強度分布を求めた。その結果AセルとCセルのシャヘイ窓わく、Bセルの左下のプラグ、コンクリートトビラの下辺、リフトトビラの間隙、マニプレータ・ホールおよび貯蔵孔付近床面以外は、ほとんどもれを認めなかった。これらの箇所はそれぞれ補強したので、このケーブルの各点の漏洩線量は設計値 (0.625 mr/hr) 以下で、安全であることが確認された。Fig. 13 は1万キュリー線源が各セルの中央で照射実験台上にある時、照射室の床面上1mの高さにおける漏洩線量分布を mr/hr 単位で示したものである。図の鎖線は測定の境界を示す。

Fig. 14 は1万キュリー線源がBセルの中央で照射実験台上にある時、Bセルの壁面の中央を通る垂直面上における漏洩線量分布を mr/hr 単位で示したものである。ケーブル前面のいちばん上の*印の値はマニプレータ・ホール軸上のもれで、左右ホールのもれの平均値を示している。このようにホールから相当もれているが、その線束はきわめて鋭く、少し離れると、図に示すようにまったく危険はない。

§ 5-2 線源円筒を中心とした γ 線強度分布

線源は § 3-4 で述べたように、110本のCo-60の棒を円筒状に配列したもので、組立に先立って各棒の相対的な放射能強度が測定され、それによって周囲の γ 線強度分布が一様になるように各棒の配置が決定された。組立後、化学線量計で分布を測定したところ、中心より10cmのところでは $\pm 4.3\%$ 、15cmのところでは $\pm 0.5\%$ のばらつきが位置によりあり、15cm以遠では一様な γ 線強度分布が得られている。

線源内外の γ 線強度の立体分布の計算値と測定値をCo-60棒の下端よりの高さを中心よりの水平距離の関数として求めると、Fig. 15 のようになる。計算値は高さ26cm、直径

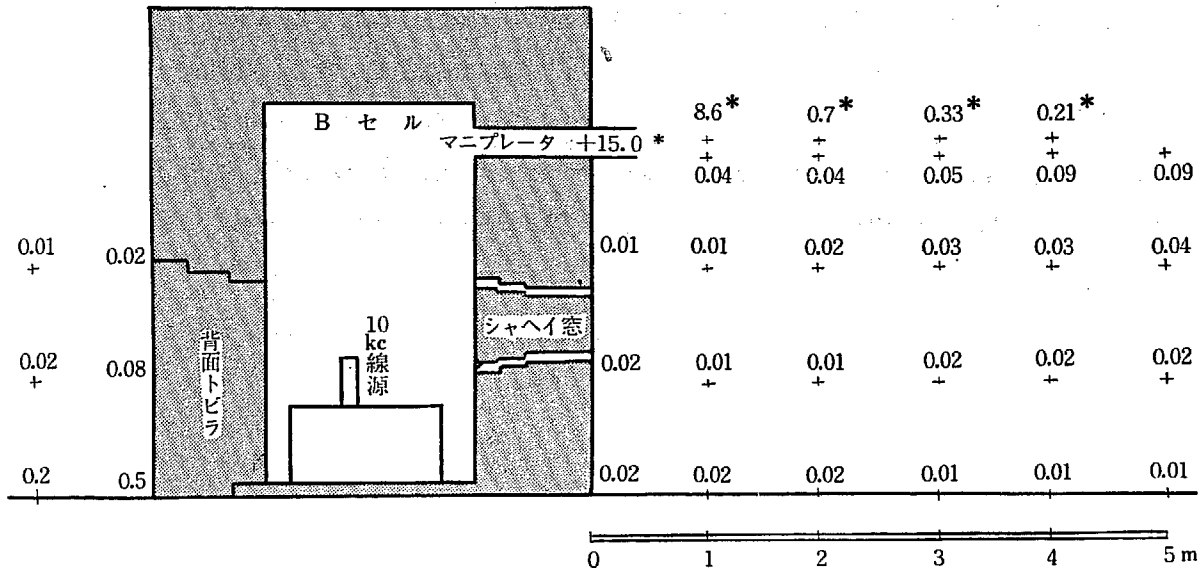


Fig. 14 10 kc 線源がBセル中央の実験台上にある時の、Bセル中央を前後に通る垂直面上における漏洩放射線強度 (mr/hr 単位). ただし*印の値は左右マニプレータ・ホール直進線上の値の平均値.

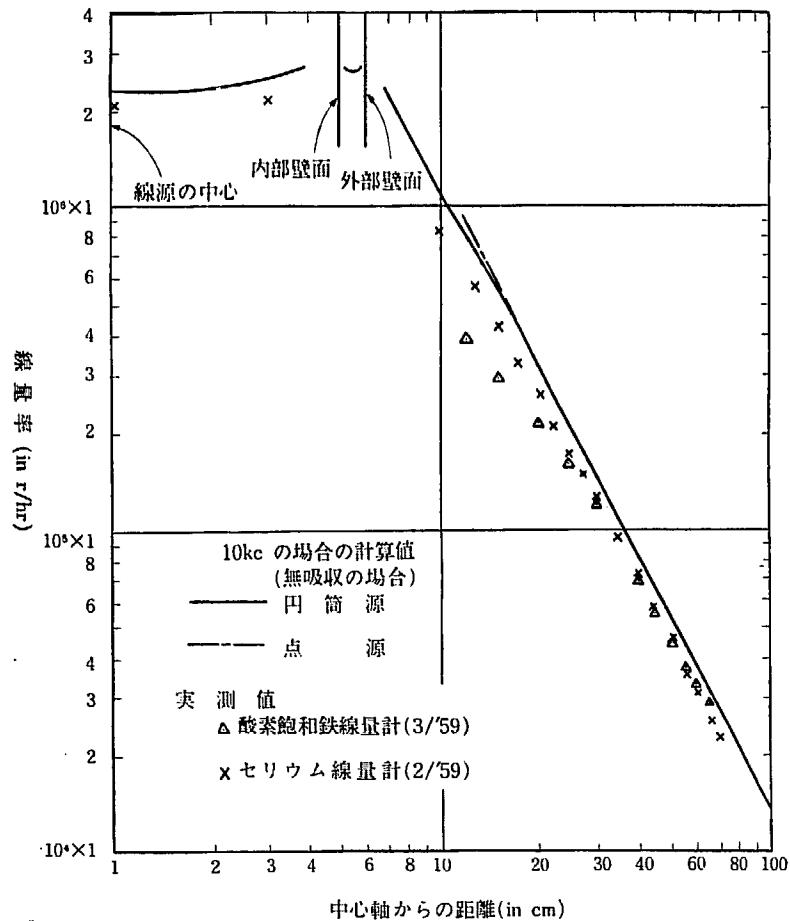


Fig. 15 照射実験台上の線量率分布

各 5 cm, 6 cm の内外円筒面上に 10 kc の Co-60 が一様に分布しているものとして求めた値である。測定値は各種方法による実測値に適当な関数を乗じて、計算値の傾向と比較しやすいように換算した値である。図より明らかなように、 γ 線強度は Co-60 棒のある高さでは、ごく端を除きだいたい一様（高さ約 20 cm）である。Co-60 棒のある高さよりはずれると急に γ 線強度が計算値より弱くなるのは、斜めの径路に対して円筒わくのシャヘイ効果が急増するためと思われる。

線源円筒内では換気が悪いので、吸収した γ 線エネルギーのため試料温度は上昇する。試験管中に蒸留水を入れて照射すると、中心で換気の悪い状態では、蒸留水の温度は室温より約 40°C 上昇する。

第 6 章 共 同 利 用

この Co-60 放射線照射室は 3 ヶ月の試用期間ののち、昭和 34 年 1 月 16 日より共同利用の施設として活用されている。利用に関するこまかい規定や料金は「共同利用説明書 JAERI-8002」を無料配布している。説明書と申込用紙の申込みや利用事務等のサービスは、当所事務部業務課（茨城県那珂郡東海村）が担当している。その運営は Co-60 放射線運営管理委員会によって検討されている。現在の委員は次の方々である。

委員長	木村健二郎（原研）		
委員	雨宮 綾夫（東大）	岩 永 巖（東洋レイヨン）	杉山 徳三（三菱化成）
	永井 芳男（東大）	盛永俊太郎（農技研）	
	杉本 朝雄（原研）	西堀栄三郎（原研）	青本 敏男（原研）
	団野 皓文（原研）		