

JAERI-M

5962

TLG-1-50インパイルガスループの撤去

1975年1月

北原 種道・横尾 宏・海江田 圭右

豊島 升・福島 征夫・熊谷 勝昭

山田 忠則・小菅 征夫・尾又 徹

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問合せは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

J A E R I - M 5 9 6 2

T L G - 1 - 5 0 インパイルガスループの撤去

日本原子力研究所東海研究所研究炉管理部

北原種道⁺, 横尾 宏, 海江田圭右

豊島 昇, 福島征夫, 熊谷勝昭

山田忠則, 小曾征夫, 尾又 徹

(1 9 7 4 年 1 2 月 2 5 日受理)

J R R - 2 に設置されていた T L G - 1 - 5 0 インパイルガスループは、その所期の目的を達成し、昭和 4 9 年 1 月～3 月に撤去された。本報告は、作業の事前検討、所内外の安全審査、撤去物品に関する諸手続き、解体撤去作業、放射線被曝線量の評価および撤去終了後の官庁立会検査について述べたものである。なお、照射プラグの誘導放射能、照射プラグ出入装置の遮蔽計算を付録とした。

⁺現在：動力炉・核燃料開発事業団（大洗）

JAERI-M 5962

Removal of the In-pile Gas Loop TLG-1-50

Tanemichi KITAHARA⁺, Hiroshi YOKOO, Keisuke KAIEDA, Noboru TOYOSHIMA
Masao FUKUSHIMA, Katsuaki KUMAGAI, Tadanori YAMADA, Ikuo KOSUGE and
Tooru OHATA

Division of Research Reactor Operation, Tokai, JAERI

(Received December 25, 1974)

The in-pile helium loop TLG-1-50 was removed from a horizontal hole of the JRR-2 reactor in the period of January to March 1974 with completion of the experiments. The loop had been utilized for development of the irradiation techniques and study on fission-product behaviors. The following are described in detail: safety examination, procedure of the dismantling, disposal of the components dismantled, evaluation of the radiation exposure, and post-removal reactor check. In the Appendix are also given calculation of the induced activities in the in-pile tube and of the shielding effect of its container.

+ Present Address : Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation,
Oarai-machi, Ibaraki-ken

目 次

1. T L G - 1 の概要	1
2. 撤去に至るまでの経過と撤去理由	5
2.1 経過	5
2.2 撤去理由	5
3. 撤去に至るまでの日程と諸手続	6
4. 撤去作業	9
4.1 撤去作業の概要	9
4.2 廉外装置の撤去	9
4.2.1 解体撤去方法の基本事項	9
4.2.2 解体前処理	12
4.2.3 廉室一階での撤去	12
4.2.4 廉室地階での撤去	16
4.3 廉内装置の撤去	16
4.3.1 照射プラグ出入装置	16
4.3.2 照射プラグ出入装置の遮蔽効果	19
4.3.3 照射プラグの引抜きおよび廃棄	19
4.3.4 遮蔽プラグの引抜きおよび廃棄	24
4.3.5 実験孔の復元作業	24
4.4 放射線被曝線量	24
4.5 T L G - 1 撤去に係る使用前検査	26
5. あとがき	27
6. 謝 辞	28
付録 1 照射プラグの誘導放射能の推定	32
付録 2 照射プラグ出入装置の遮蔽	32

1 TLG-1 の概要

本装置は炉工学的安全性の研究を目的として、JRR-2 の水平実験孔 HT-2 に設置されたガスループで、冷却材にヘリウムを使用し、最高温度 550 °C、最高圧力 15 kg/cm²G、最大流量 70 g/sまでの任意の条件で自動制御運転をすることができる。本装置は、照射プラグ、主冷却ガス系、照射プラグ冷却水系、中間冷却水系、ガス精製系、水精製系、二次冷却水系、緊急冷却系、FP沈着系、排気系、計測制御および安全系、真空制御装置、二次圧、各種遮蔽、試料出入装置、および試料ホルダ軸で構成される。詳細なフローシートを図1に示す。ガス精製系、水精製系、計測制御盤などは炉室地階に、それ以外は同一階に設置されている。

照射プラグはステンレス鋼(SUS-43)製の4重管で、外側から外管、保温層外管、圧力管、案内管がある。案内管の外側は主冷却ガスの往路、内側が復路になっている。圧力管と保温層外管の間は、断熱材およびヘリウムが入った保温層になっている。保温層外管と外管の間には、照射プラグ冷却水が流れる。

照射試料は、試料ホルダ軸の先端にとりつけ、試料出入装置によって照射プラグ内の案内管に挿入され、主冷却ガス系によって冷却されながら照射される。照射後は、試料出入装置によって取出されホットラボへ搬出される。

主冷却ガス系は、試料および照射プラグにおいて発生した熱を除去するための循環回路で、ガスプロワを出した主冷却ガスは再生熱交換器二次側、ヒータを通じて照射プラグを冷却したのち、再生熱交換器一次側、主冷却器、フィルタを経て再びガスプロワに戻る。これらの主要機器および配管は、万一破断事故が生じても炉室内に核分裂生成物(以下FPという)を含んだヘリウムガスが拡散しないように二次圧(幅 1,750 mm, 奥行 3,400 mm, 高さ 2,900 mm)に収納されている。主冷却ガスの約 1%は、ガスプロワ出口からバイパスされ、主冷却ガス中に放出された FP および不純物ガスを除去するために設けられたガス精製系に導かれる。ガス精製系は第1段吸着器(活性炭吸着器、室温)、第2段吸着器(活性炭吸着器、液体窒素冷却)、ガス純化装置(酸化銅ベッド、チタンスポンジ、モレキュラーシーブ)および附属機器から成る。また、FPの沈着挙動を調べるために、主冷却ガス系に並列に設けた FP 沈着系がある。

照射プラグ冷却水は JRR-2 実験孔が高温になるのを防止するために、照射プラグの最外層を冷却する循環回路で、ポンプを出した冷却水は、照射プラグの外管と保温層外管の間を先端まで往復し、¹⁶Nを減衰させるための水系減衰タンク、熱交換器を経て再びポンプに戻る。照射プラグ冷却水中に溶けこんだ腐蝕生成物を除去し、冷却水を精製するために、照射プラグ冷却水系に並列に水精製系が設けられている。水精製系はイオン交換樹脂筒(混床式)、フィルタおよび附属機器配管から成る。

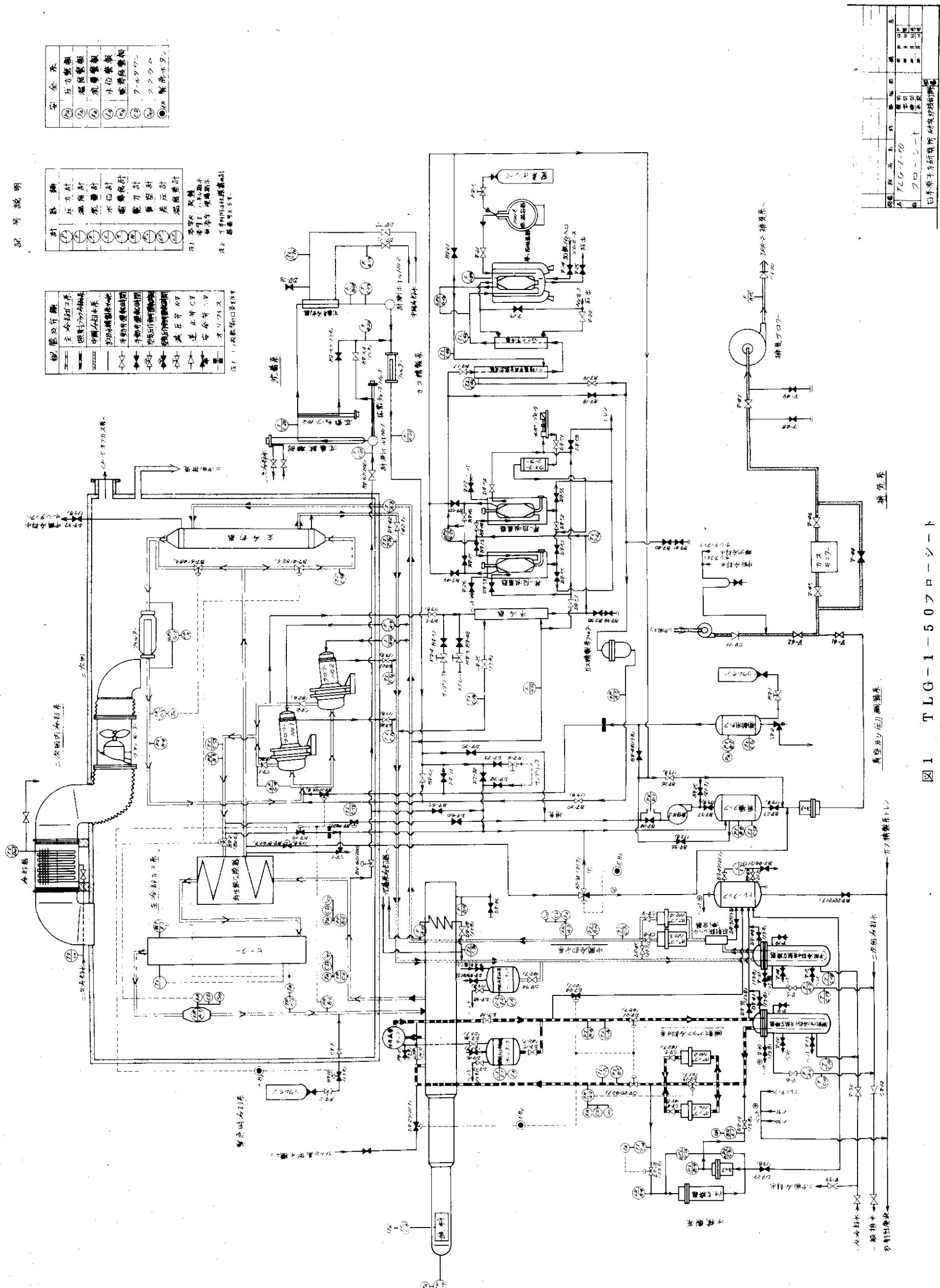
中間冷却水系は、主冷却器二次側、ガスプロワのケーシング、ガス精製系予冷器、照射プラグ後部および沈着系冷却二次側を冷却する循環回路で、ポンプを出した冷却水は各機器を並列に流れたり合流して熱交換器を通り、再びポンプに戻る。照射プラグ冷却水系および中間冷却水系の熱交換器から放出される熱を除去するために、二次冷却水系があり、JRR-2 高架水槽の戻過水を使用している。

緊急時における冷却として次の2つの系統がある。すなわち、主冷却ガス系緊急冷却系および照射プラグ冷却水系緊急冷却系である。前者は、主冷却ガス系の照射プラグ入口配管に緊急冷却用配管が接続されていて、緊急時にポンベからヘリウムガスが送り込まれる。後者は、照射プラグ冷却水系の照射プラグ入口配管に緊急冷却用配管が接続されていて、緊急時にJRR-2高架水槽から戸過水が送り込まれる。

排気系は、崩壊タンク、真空ポンプ、活性炭フィルタ、排風機から成り、主冷却ガスおよび主冷却ガス系の機器、配管を収容している二次圏の中の空気は、この排気系を経て、JRR-2排気ダクトから放出される。

計測制御および安全系は、各冷却系のプロセス計測制御、各機器の電源の計測制御および放射線モニタで構成される。これらのうち安全上重要な計測項目には安全系が設けられ、異常状態の程度に応じてアラーム、クールダウン、スクラムの各信号を発生する。

その他、真空制御キャップセルを照射するとき使用する真空制御装置、照射試料の出し入れに使用する試料取扱装置、各種遮蔽（遮蔽プラグおよび照射プラグ代用遮蔽栓、後方遮蔽体、二次圏遮蔽体、活性炭吸着器遮蔽体）がある。



2 撤去に至るまでの経過と撤去理由

2.1 経 過

T LG-1は40年3月に設置許可、40年5月に工事認可を得て、41年1月に炉内設置を終り同年6月から核燃料の照射試験が開始された。それ以来48年8月まで7年間に延べ11,700時間（原子炉10MW運転時換算）の照射を行ない、模擬破損燃料からのFP放出実験、UO₂燃料の熱伝導率測定、ストレングージの照射試験などを通じてインパイルループにおける照射技術の開発を行なった。また46年以後、多目的高温ガス炉開発プロジェクトの一環としてFP沈着挙動の研究を行なった。これらの結果は学会誌、学会口頭発表、JAERI-memoに報告されている。なお、この間に実験目的に応じて一部改造工事の認可申請を3回行なった。

2.2 撤去の理由

T LG-1は41年度に完成して以来、前項に述べた各種多様な照射試験を通じて、大型インパイルループにおける照射技術の開発に寄与してきたが、45年度でほぼ所期の目的を達成し、照射技術の開発に関するテーマを終了した。46年度以降FPの沈着挙動に関する研究に使われてきたが、48年度をもって終了することになった。

一方、ループの運転時間は22,100時間に達し、照射プラグの高速中性子照射量が $10^{21} n_f \cdot vt$ に近くなつたこと、装置各部の老朽化が目立ち、とくにガスプロワの電源周波数変換器の故障が出始めたことなど、これ以上装置を使用することは好ましくない。

以上の理由から49年1月から撤去することになった。

3 撤去作業に至るまでの日程と諸手続

T LG-1 撤去作業計画は、48年当初から始めた。初めに、JRR-2 管理課、研究炉業務課との打合せを経て、主に、所内外の手続き、撤去時期について検討した。T LG-1 の撤去時期として49年1月から始まるJRR-2 改修工事期間のうち1月～3月を選んだ。この撤去時期をもとに、48年2月より計画の詳細検討を行ない、撤去作業の安全性、技術的検討および事務部門を含めた関連各課室との打合せ、所外の安全審査の手続きなどを行なった。表1に撤去作業に至るまでの日程を示し、以下にその経過を簡単に述べる。

まず、T LG-1 撤去の方法について、技術的問題点およびその方法の安全性を長期間を費して検討した。特に、重量物の撤去(二次回遮板)、高レベルに放射化した機器(照射プラグおよび遮蔽プラグ)の取扱い、放射性汚染機器の撤去に関しては、関連課室と十分な打合せを行なった。なかでも、照射プラグは、その先端の放射能が9000 Ciにもおよぶことから、その撤去方法については、細部にわたって検討を行ない、その方法のチェックとリハーサルを兼ねて照射プラグ出入装置の作動試験を行なった。以上のような検討を重ねた後に、T LG-1 撤去の安全審査を受けることを目標に、「T LG-1-50の撤去作業(作業の安全性の検討)」の提出資料作成にとりかかった。書類作成にあたって、「TLW-1 水ループの撤去作業(作業の安全性の検討)」、「HWL-1 の撤去作業(作業の安全性の検討)」、「FGR-1 の撤去作業(作業の安全性の検討)」を参考にした。また、研究炉管理部内技術検討グループに提出資料の検討を依頼した。

昭和48年6月開催の第80回原子炉運転委員会において、T LG-1 撤去の安全性が詳細に審議された。その結果、作業の安全性は充分に確保されると認められた。引き続いて、原子力局へのT LG-1 撤去に関する諸手続について研究炉業務課と、撤去作業の計画についてJRR-2 管理課および施設2課と、照射プラグ代用遮蔽栓および実験孔遮蔽栓の引抜き、挿入について研究炉利用課と、放射性汚染機器の廃棄について放射性汚染処理課と、放射線作業について放射線管理課と、物品の廃棄および更生に関する手続について管財課と具体的に、詳細な打合せを何回か行なった。

また、これと平行して、T LG-1 撤去工事の発注仕様書の準備を進め、撤去工事に必要なコフィン、補助遮蔽体、部品および治具の設計を行ない48年8月に発注した。引合先業者(太平電業株式会社)と7回におよぶ打合せの後12月に契約が成立した。

T LG-1 撤去に関する原子力委員会による安全審査(原子炉施設の変更許可)を受けるための準備として、原子力局規制課と原研側(研究炉業務課、JRR-2 原子炉主任技術者、研究炉技術課)との予備説明がもたれ、48年7月7日に原子炉施設の変更許可申請を行なった。同年11月14日に原子炉施設の変更が許可された。原子炉施設の変更に係る設計および工事の方法の認可申請を12月25日に行ない、49年1月29日に認可が下りた。また、1月17日に核燃料物質の使用の変更許可申請を行ない、2月14日にその許可が下りた。これにより、T LG-1 撤去に必要な対外的手続きが全て完了した。

T LG-1 撤去の所長および理事長の承認を得るとともに物品更生の手続きを行ない、物品の有効利用に努力した。

T L G - 1 撤去作業開始 3 週間前から撤去作業の詳細なマニアルと作業日程表の最終的な検討を行ない、撤去工事業者と充分な打合せを行なった。また、関連課室に対して T L G - 1 撤去工事の説明会を開いた。

表 1 撤去作業にいたるまでの日程

年 月 日	経	過
1973年		
2月 23日	T L G - 1 撤去に関する検討会（係内）	
3月 2日	T L G - 1 撤去の方法について検討会（係内）	
5月 7日	照射プラグ出入装置作動試験	
5月 11日		
5月 29日	「T L G - 1 - 50 の撤去作業（作業の安全性の検討）」資料作成完了	
6月 8日	「 同 上 」 廉管理部内技術検討グループによる検討会	
6月 12日	第 80 回原子炉運転委員会において T L G - 1 撤去作業の安全審査、合格	
6月 13日	「T L G - 1 - 50 の撤去作業（作業の安全性の検討）」J R R - 2 管理課、研究炉業務課、研究炉利用課、放射線管理課、放射性汚染処理課、管財課および施設 2 課に配布 放射性汚染処理課へ T L G - 1 撤去工事の説明	
6月 15日	原子炉施設の変更許可申請に関して原子力局規制課と打合せ	
7月 7日	原子炉施設の変更許可申請（48原研05第9号）	
7月 27日	T L G - 1 撤去工事発注仕様書の検討	
8月 20日	T L G - 1 撤去工事依頼伝票起票	
8月 28日	T L G - 1 撤去工事日程について J R R - 2 管理課、施設 2 課と打合せ	
10月 4日	代用遮蔽栓、実験孔遮蔽栓の引抜、挿入について研究炉利用課と打合せ	
10月 27日	原子炉施設の変更許可申請の一部訂正（48原研05第18号）	
11月 14日	原子炉施設の変更許可（48原第10541号）	
11月 26日	原子炉施設の変更に係る設計および工事の方法の認可申請に関して原子力局規制課と打合せ	
12月 7日	物品更生申請書提出	
12月 14日	T L G - 1 撤去工事の契約（太平電業KK）	
12月 19日	T L G - 1 撤去の所長承認（48管財第118号）	
12月 21日	核燃料物質使用変更許可申請に関して原子力局核燃料課と打合せ	
12月 25日	原子炉施設の変更に係る設計および工事の方法の認可申請（48原研19第51号）	
	撤去工事業者と打合せ（撤去の手順について）	
1974年		
1月 16日	廃棄物の処理に関して放射性汚染処理課と打合せ T L G - 1 撤去工事の説明会（J R R - 2 管理課、研究炉利用課、	

年 月 日	経 過
	放射線管理課)
1月17日	核燃料物質の使用の変更許可申請(49原研11第12号)
1月18日	撤去工事業者と打合せ(日程の詳細な検討)
1月19日	T LG-1 撤去の理事長承認(49財務第4号)
1月21日	廃棄物の処理に関する放射性汚染処理課と打合せ
1月28日	T LG-1 撤去工事開始
1月29日	原子炉施設の変更に係る設計および工事の方法の認可(48原第12252号)
2月14日	核燃料物質の使用の変更許可(49原第266号)
3月 4日	T LG-1 撤去工事終了

4 撤去作業

4.1 撤去作業の概要

撤去作業を49年1月28日から開始した。図2に作業の日程表を示す。作業は、放射線管理課による放射線管理と研究炉技術課の立合のもとに、太平電業によって実施された。しかし、高放射線下での作業は原研側が行なった。すなわち照射プラグの引抜きは研究炉技術課、遮蔽プラグの引抜きおよび実験孔遮蔽プラグの挿入は研究炉利用課が担当した。作業者は、フィルムバッジ、フィルムリングおよび直読式ポケット線量計などの個人被曝線量測定器を着用したほか、特殊作業衣、ゴム手袋、マスクなどの放射線防護用具を着用した。

作業は、炉室一階と地階に分け平行して行なった。炉室一階では、二次圏周辺機器、二次圏遮蔽体と二次圏を撤去し、照射プラグ出入装置により照射プラグを引抜き、専用の廃棄孔に保管廃棄した。その後、照射プラグ代用栓を挿入した状態で遮蔽プラグを引抜きコフインに納めて保管廃棄した。実験孔にはHT-2孔専用遮蔽プラグを挿入した。なお、二次圏遮蔽体撤去の前に、この遮蔽体のすぐ上を通っている原子炉頂に通じるブリッジを一旦撤去した。

遮蔽体、計測制御系、中間冷却水系など、放射性汚染の考えられない装置は、表面汚染検査ののち、研究炉技術課で使用できるものを除き管財課へ返却した。放射性汚染の認められるもののうち大型機器は、盲キャップまたは、盲フランジにより切断面を密封し、表面汚染のないことを確認して廃棄物処理場のL型保管廃棄施設に廃棄した。一方、汚染した配管、弁類など寸法の小さいものは、黄色ドラムかんまたは二次圏の中に入れて処理場へ保管廃棄した。表2に主要な解体部品の一覧表を示す。

炉内および炉外装置撤去後、ブリッジを復旧し、非常用冷却水配管、二次冷却水系配管、排気系配管など、JRR-2建屋の諸設備と直結した部分について盲フランジを取り付け、最後に壁および床の修復を行ない、3月4日に全作業を完了した。

4.2 炉外装置の撤去

4.2.1 解体撤去方法の基本事項

撤去作業は、汚染していると考えられる部分と汚染していないと考えられる部分の二つに分けられる。汚染していると考えられる部分の解体作業は、作業による周囲への汚染および内部被曝を防止することを考慮して、配管の切断は、粉塵が出ず、そのあとの取扱いも容易な油圧式の押切りカッタを原則として使用する。しかし、押切りカッタが入らない部分、その他理由で使用できない部分はパイプカッタまたは、金鋸で切断し、切断口にはキャップをかぶせ全周溶接する。また、押切りカッタで切断した部分でも活性炭など充填物の入っている部分の両端は、切断口をマスキングテープおよびアラルダイト接着剤で封じる。フランジ構造のものは盲フランジで密閉する。解体した配管および各機器は、二次圏または黄色ドラムかんに収納し、これらの中に入らない大きな機器は単体で処理場に保管廃棄する。

二次圏内の機器、配管および弁類の内部はかなり汚染しているため、それらの機器、配管類を解体すると周囲への汚染を拡大する恐れがある。したがって、二次圏内の機器、配管類は解体せず、二次圏の周囲に付属している機器類を撤去したのち、二次圏ごと処理場のD型ピット

図2 TLG-1-50解体撤去作業の日程

	1月					2月					3月																											
	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	1	2	3	4	5	6
二次 囲 周 機 器 解 体 撤 去																																						
J R R - 2 プ リ ッ ジ 撤 去 復 旧																																						
二 次 囲 周 遮 蔽 撤 去																																						
二 次 通 開 撤 去																																						
二 次 射 プ ラ ラ ブ 体 撤 去																																						
照 射 万 蔽 撤 去																																						
照 射 空 実 驗 孔 撤 去																																						
中 間 冷 却 水 系 解 体 撤 去																																						
照 射 プ ラ グ 冷 却 水 系 解 体 撤 去																																						
ガ ス 精 製 系 解 体 撤 去																																						
給 排 気 系 解 体 撤 去																																						
計 測 制 御 系 電 源 機 器 撤 去																																						
空 気 源 装 置 撤 去																																						
試 料 取 扱 装 置 梢 旧																																						
床 壁 面 復 旧																																						

表2 T L G - 1 - 5 0 の撤去に伴う主な解体部品一覧表

番号	解体部品名	数量	解体搬出方法	表面汚染密度	表面線量率 (mR/h)	搬出先	
						注1)	注2)
1	照射プラグ	1本	照射プラグ出入装置で搬出輸送	B. G.	1.0	処理場	I
2	遮蔽プラグ	1 "	廻収用コフィンに入れる	B. G.	3.0	"	D
3	一次系機器、二次圏	1式	二次圏(鉄板容器)のまま				
4	第1段吸着器	2基	密封して二次圏へ入れる	B. G.	1	"	"
5	第2段吸着器	1 "	"				
6	ガス精製系配管	1式	黄色ドラム缶へ入れる	B. G.	1	"	L
7	沈着系機器配管	1 "	"	B. G.	1	炉技術	G
8	照射プラグ冷却水系ポンプ	2基	"	B. G.	1	処理場	L
9	同上系熱交換器	1 "	盲溶接後、そのまま	B. G.	1	"	L
10	同上系減衰タンク	1 "	黄色ドラム缶へ入れる	B. G.	1	"	L
11	同上系ドレンタンク	1 "	盲溶接後、そのまま	B. G.	1	"	"
12	同上系サーボタンク	1 "	盲フランジ付 そのまま	B. G.	1	"	"
13	同上系配管	1式	黄色ドラム缶へ入れる	B. G.	1	"	L
14	イオン交換樹脂筒	1基	盲フランジ鉛遮蔽付	B. G.	5	"	L
15	中間冷却水系ポンプ	2 "	そのまま	B. G.	B.G.	炉技術	G
16	同上系熱交換器	1 "	"	B. G.	B.G.	管財	C
17	同上系サーボタンク	1 "	"	B. G.	B.G.	"	"
18	同上系配管	1式	"	B. G.	B.G.	"	"
19	緊急系二次系配管系	1 "	"	B. G.	B.G.	"	"
20	排気系減衰タンク	1基	盲溶接後そのまま	B. G.	B.G.	処理場	L
21	同上系排風機	1 "	そのまま	B. G.	B.G.	管財	C
22	真空ポンプ	1 "	黄色ドラム缶へ入れる	B. G.	1	処理場	L
23	試料出入装置	1 "	密封溶接後そのまま	B. G.	B.G.	処理場	
24	試料切断装置	1 "	黄色ドラム缶へ入れる	B. G.	4	処理場	L
25	輸送容器	1 "	密封溶接後そのまま	B. G.	2.0	処理場	D
26	照射プラグ出入装置	1 "	分解除染	B. G.	B.G.	JRR-2G	
27	台車	1 "	そのまま	B. G.	B.G.	管財	C
28	二次圏遮蔽	1式	"	B. G.	B.G.	JRR-2G	
29	後方遮蔽体	1 "	"	B. G.	B.G.	"	"
30	ガス精製系遮蔽	1 "	"	B. G.	B.G.	"	"
31	主制御盤	1 "	"	B. G.	B.G.	管財	C
32	プロワ制御盤	2基	"	B. G.	B.G.	管財	C
33	周波数変換機	2 "	"	B. G.	B.G.	"	"
34	モニタ計器盤	1式	"	B. G.	B.G.	管財	C
35	空気源装置	1 "	"	B. G.	B.G.	技術炉	C
36	二次圏冷却器	1 "	"	B. G.	B.G.	管財	C
37	補給タンク	1基	"	B. G.	B.G.	"	C
38	真空制御装置 真空系	1式	黄色ドラム缶へ入れる	B. G.	B.G.	処理場	L
39	同上計測制御系	1 "	そのまま	B. G.	B.G.	管財	C
40	使用済ホルダー輪	1組	黄色ドラム缶へ入れる	B. G.	B.G.	処理場	L

4 1	軸移送用ドラム缶	1基	密封容器後そのまま	B. G.	1	処理場 L
4 2	照射プラグ冷却水系フィルタ	1 "	盲フランジ鉛遮蔽付	B. G.	1	" "
4 3	切断装置鉛遮蔽	1式	そのまま	B. G.	B. G.	JRR-2 G
4 4	ヒーター制御リアクトル	1 "	"	B. G.	B. G.	管財 C
4 5	D C 電源	1 "	"	B. G.	B. G.	" "

注 1) 表面汚染密度(スミヤ法)及び表面線量率の測定は、JRR-2放射線管理課が実施したもので、JRR-2炉室から搬出される状態での値である。B.G.はバックグラウンドレベル(GMサーベイメータで約50 cpm)を意味する。容器(ドラム缶、コフィンなど)に入れて搬出するものは容器表面の値である。

注 2) 処理場のあとの記号は、ピットの種類を表わす。コールド物品のうち一般廃棄はC、更生、移管はGであらわす。

に保管廃棄する。

中間冷却水系、二次冷却水系、緊急冷却系、計測制御安全系、遮蔽体など汚染が考えられない部分については、汚染していない(スミヤ法 200 dpm/100 cm²、サーペイで 2000 dpm/100 cm²以下)ことを確認して、管財課に返納するか研究炉技術課で保管する。

4.2.2 解体前処理

主冷却ガス系および照射プラグ冷却水系の配管、弁および機器類の内部はかなり汚染しているが、解体作業による周囲への汚染の拡がりを最少限にとどめるために次のような前処理を行なつた。

主冷却ガス系は、模擬破損燃料からのFP放出実験、FP沈着実験により多量のFPを放出したため、固体状FPで汚染していると予想された。また、照射燃料キャップセルに使用された熱電対、断熱材などが放射化され、これらの放射性生成物により汚染されていると考えられた。したがって、解体作業の中で配管を切断する時にこれらのFPおよび放射性生成物が飛散しないように、あらかじめ、ヘリウムガスを排気し、十分に真空中に引き新らしくヘリウムガスを入れ、この操作を数回繰返した後、最後に新しいヘリウムガスをわずか負圧になるように入れた。

照射プラグ冷却水系については、照射プラグ構造材の腐食生成物の放射化による汚染が考えられた。冷却水を循環させたのち、ドレンタンクに排水し、モニタした後JRR-2排水ピットへ流した。その後、冷却水の注入、循環、排水を数回繰返し、照射プラグ冷却水系の洗浄を行つた。

4.2.3 炉室一階での撤去

4.2.1で述べたように二次圏ごと撤去するためにまず二次圏周辺の計測制御機器、配管などの付属物の撤去にとりかかった。図3に二次圏周辺機器の配置の様子を示す。二次圏排気系のブロワー、配管および排気系活性炭フィルタ、計測用空気配管および配線、二次圏内冷却のためのアライトロン冷却器、二次圏上部の手すりなど放射性汚染のない部分について撤去した後、サージタンク、主冷却系圧力計、照射プラグおよび中間冷却水系配管の一部など放射性汚染のある部分について撤去した。また、二次圏側面に設けられているFP沈着系の配管および機器を撤去した。この作業と平行して原子炉頂に通じるブリッジの撤去作業を行つた。このブリッジの真下に重量 2000 kg の鉛遮蔽体があり、ブリッジと遮蔽体の隙間は、わずか数mmである。

この遮蔽体を撤去する場合、このわずかな隙間を利用して、クレーンを操作して重量物を撤去することは、技術的にまた安全上極めて難かしい。そこで、面倒ではあるが、安全性の面から、ブリッジを撤去することになった。

二次圏開辺機器およびブリッジの撤去後、二次圏遮蔽体およびその支持枠を撤去した。照射プラグの主冷却ガスおよび照射プラグ冷却水出入口の配管の切断は、次の様に行つた。ガス配管については、二次圏内の部分で切断することとし、先ず保温材を外し、周囲にビニールシートを張り、さらに切断部分をビニールシートで包みこんだ。作業者は、重松DM-25型ガスマスクをつけ、手だけを、包んであるビニールシートの中にいれて、油を十分つけながら金鋸で切断した。切断中は、ビニールシート内を負圧に保ち、ガスダストモニタで監視した。切断後、両切口をビニールシートで仮封じをし、二次圏を撤去した後で、二次圏側の切口はキャップをつけて溶接することにした。

照射プラグ冷却水系の配管は、二次圏撤去に支障がなく、切断し易い部分を選んで、パイプカッタで切断した。

図3に示すように、二次圏は、6つの二次圏脚に支えられており、そのうち、4つは二次圏遮蔽用架台を兼ね二次開はこれに溶接されている。先ず重量7,000kgの二次圏にワイヤをかけ、クレーンでワイヤを少し張った状態にして、溶接部分4ヶ所を切断した。さらに残り2ヶ所の二次圏脚のボルトを外し、クレーンで吊り上げて撤去した。この様子を図4に示す。その後、二次圏の中に放射性汚染のある廃棄物を投入した後、穴のあいている部分を鉄板で溶接封じを行ない、トレーラで廃棄物処理場に運び、D-19ビットに保管廃棄した。炉内装置の撤去(後述)後、ブリッジの復旧、床の修復、塗装を行なって一層の作業を完了した。

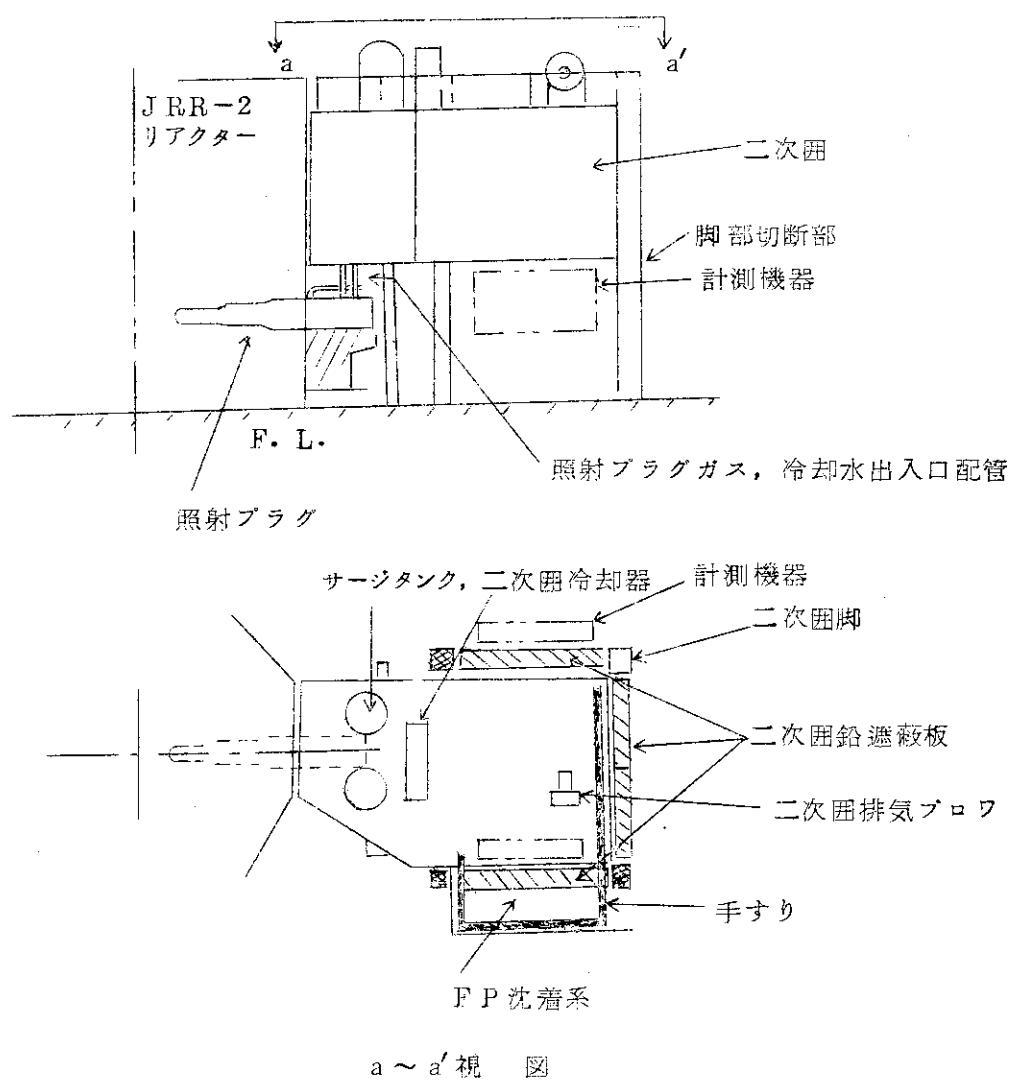


図 3 二次圏付近機器配置

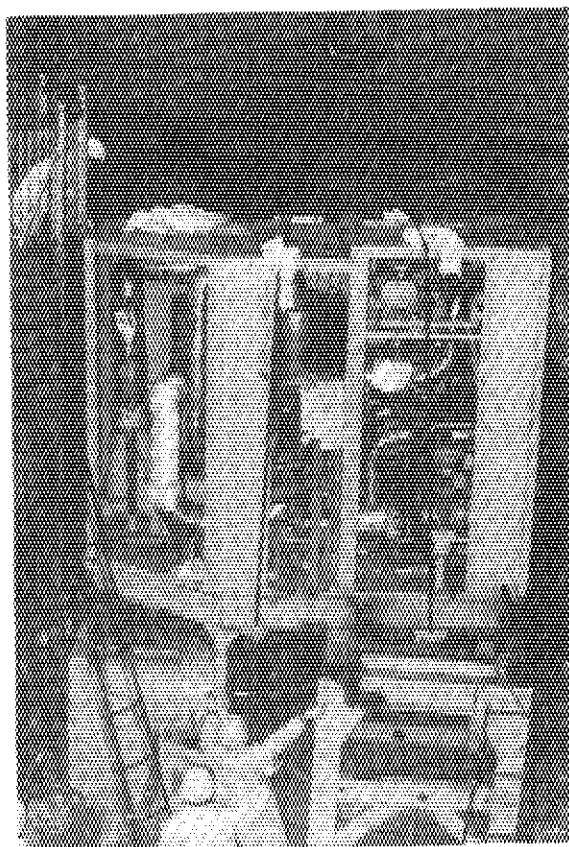


図4 二次圧撤去作業

4.2.4 炉室地階での撤去

炉室一階での撤去作業と平行して炉室地階での撤去を行った。汚染していない部分から撤去をはじめた。中間冷却水系、二次冷却水系、計測制御系配線、空気配管などは、汚染していないと考えられ、適当に切断し、汚染検査後処理した。JRR-2高架水槽から取っている二次冷却水の取出し口、もどり口の部分は盲フランジ、止栓プラグで処理した。また空気配管については、原子炉建家貫通部分のところで止栓プラグをつけた。

汚染している部分については、作業条件が悪く、切断箇所が非常に多いため4.2.1で述べたような方法で、周囲への汚染が生じないように、作業の検討を十分に行ない、作業者への指導と監視を厳しくし、綿密な放射線管理を行った。特に、一階床貫通部から地階天井に沿い、集水ピット室に至る配管は、原子炉付属施設の配管やダクトと入り混じっており、床面から2~3mの高さにあり、配管の切断作業が難かしいため、汚染防止に気を配った。

照射プラグ冷却水系、ガス精製系、ガス排気系の順に撤去を進め、汚染している部分の撤去が終了した後、計測制御系の計測器、制御盤、プロワー制御盤、周波数変換機、放射線測定器の撤去、搬出を行った。床および壁の修復、塗装を行なって、地階の撤去作業を完了した。

以上のほかに、JRR-2の15トンクレーン室にある試料取扱装置用の台座の撤去、75kVA非常用電源室にあるコンプレッサの撤去を行なつた。

4.3 炉内装置の撤去

4.3.1 照射プラグ出入装置

照射プラグは図5に示すように水平実験孔HT-2に挿入されている。実験孔内に装備する時および撤去する時のため、専用の照射プラグ出入装置がある。これは、TLG-1が製作される時に同時に作られており、照射プラグの実験孔への挿入に使用された。図6に照射プラグ出入装置の概要を示す。照射プラグ出入装置は、基床部遮蔽体(長さ3535mm、鉛厚み40~200mm)の上に前部遮蔽胴(長さ1630mm、鉛厚み100~250mm)と中間部遮蔽胴(長さ1905mm、鉛厚み40~100mm)がのせてある。さらに中間部遮蔽胴後端に後部遮蔽胴(長さ1900mm、鉛厚み8mm)が付けられ、装置は全長5mあまりとなる。前部遮蔽胴の前部に鉛シャッタ(厚み250mm)があり、手動により左右に移動する。基床部遮蔽体には、照射プラグの連結用移動駒のレール、照射プラグ移動台車のレールその他を組込んだ内枠があり、この内枠の前端と後部遮蔽胴の後端との間に内枠内面片方に沿ってエンドレスのローラーチェンがはりめぐらされている。このチェンは、駆動用駒が固定されており、この駒にプラグを引抜くための把手が付属していて、後部遮蔽胴の前部上方に固定した0.75kWのサイクロ減速機モータからチェンベルトを介して駆動用チェンホイールで移動される。照射プラグの引抜きに先立って遮蔽胴内枠の内面底部のレール上のプラグ移動台車は、最先端に送つておき、この位置で台車移動止ストップを手動ハンドルで操作し固定しておく。照射プラグが徐々に引抜かれ、照射プラグの重心が実験孔を離れて、プラグ移動台車の上に移った時点でストップを外し、以後はプラグ移動台車は照射プラグの移動とともに遮蔽胴内枠にくみ込まれた台車レール上を動くことになる。

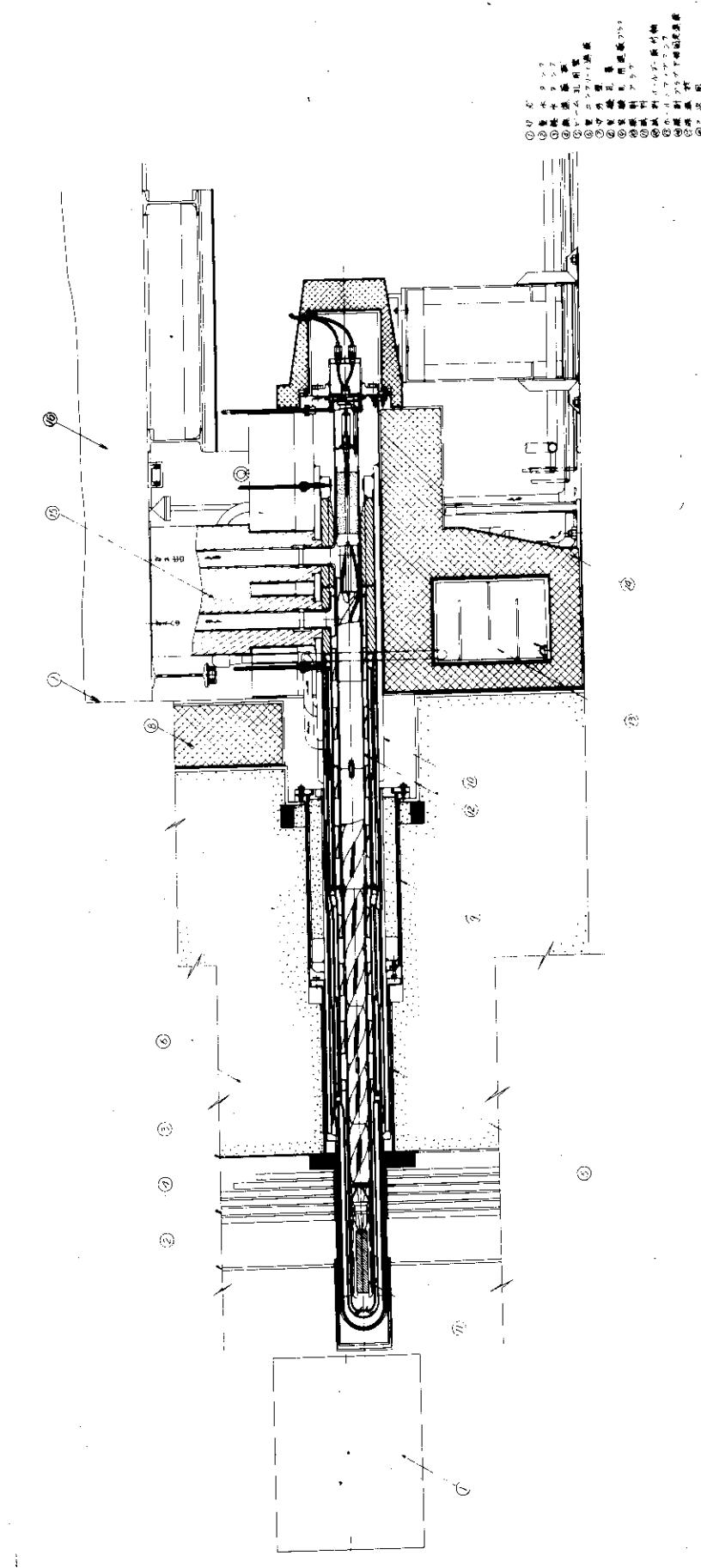


図 5 T L G - 1 インパルガスループ
J R R - 2 7½ 長実験孔内

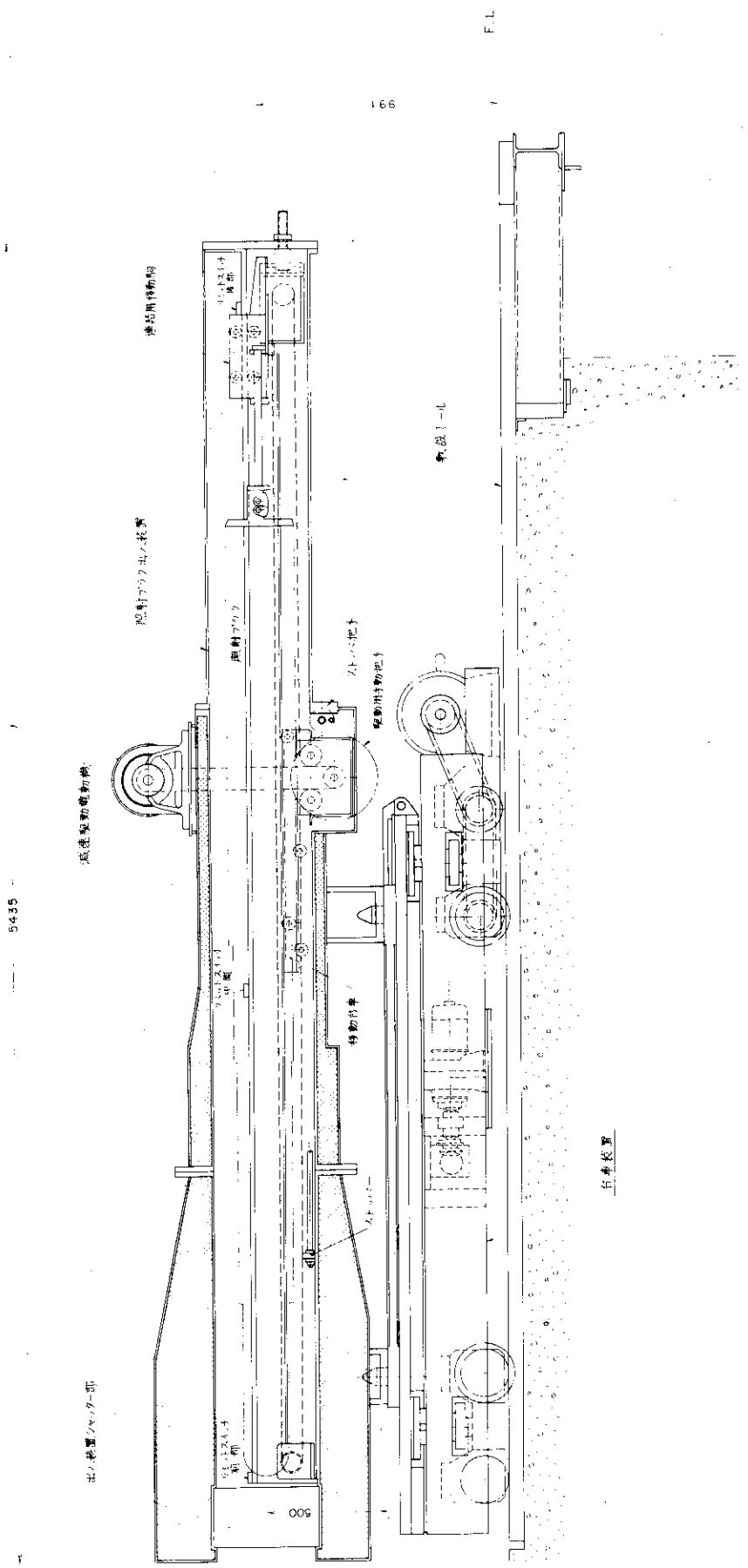


図 6 照射プローラ出入口装置

4.3.2 照射プラグ出入装置の遮蔽効果

照射プラグ出入装置の遮蔽効果についての設計の段階で計算がなされているが、その後一部装置に変更があり、さらに実際の照射履歴も計算と異なっているため改めて誘導放射能および遮蔽の計算を行なつた。

照射プラグの誘導放射能の計算を付録1に示す。照射プラグは不鏽鋼(SUS-43)製の4重管で構成されているが、その断面形状は長手方向に一様でなく、その挿入位置における熱中性子束も長手方向に分布がある。そのため、誘導放射能の計算は、長手方向の不鏽鋼重量分布、熱中性子束分布を考慮した。実際の照射は断続的に行なわれているが、計算を簡単にするため、延べ照射時間955日を連続的に照射されたものと考え、冷却時間は60日とした。加工時におけるクズを放射化分析法により分析した結果、コバルト含有率が0.27w/oであったことから、誘導放射能の計算にはコバルト含有率として0.3w/oを用いた。計算の結果、推定全生成量は約8800Ciで、遮蔽上問題となるエネルギーの高い⁶⁰Co、¹⁸²Taおよび⁵⁹Feはそれぞれ約3700、約550、約400Ciでこれらの合計は約4300Ciであった。

ついで照射プラグ出入装置の遮蔽計算を付録2に示す。前部遮蔽胴の上部(A点)、中間部遮蔽胴の先端上部(B点)、鉛シャッタ(C点)での表面線量率は、計算の結果それぞれ1.26, 9.79, 16.3mR/hが得られ、いずれの点においても規制値200mR/h以下になっている。しかし後部遮蔽胴の後部においては、照射プラグ先端からのわずかなストリーミングがあるので、照射プラグの先端に厚み10mm、長さ660mm、直径216mmの軟鋼製の補助遮蔽体キャップを付けることにした。このキャップを付けると、照射プラグ先端から後部遮蔽胴へのストリーミングは、実効的に約400mmの軟鋼に遮蔽されることになり、表面線量率は 2×10^{-2} mR/hとなる。炉内装置の撤去作業の手順の概略図を図7に示し、次項に順を追って述べる。

4.3.3 照射プラグの引抜きおよび廃棄

二次回撤去後、後方遮蔽体と照射プラグの連結金具を取り外し、取り出用金具を取り付け、後方遮蔽体の上部を外した。炉壁の鉛シャッタ部の空間に詰めた中性子遮蔽用のメソナイト板を取り出した。この間に、試料出入装置用台車を持込み、照射プラグ出入装置を組立てた(図7-(a)の状態)。次に照射プラグ出入装置を台車上にセットし、照射プラグにつけた取り出金具と把手を連結し、約0.7m引抜き、主冷却ガスおよび冷却水出入口の配管を照射プラグ出入装置に入るように切断し、切断口をキャップし溶接した(図7-(b)の状態)。先に外した後方遮蔽体を元に戻し、主冷却ガス配管および照射プラグ冷却水配管の貫通用孔にあらかじめ製作しておいた補助遮蔽体を取付けた(図7-(c))。この様子を図8に示す。この状態で照射プラグを除々に引抜き出入装置に格納し、実験孔、出入装置の鉛シャッタをそれぞれ閉じた。この状態での出入装置の表面最大線量率は、前部および中間部遮蔽胴では2mR/h、後部遮蔽胴では50mR/hであった。前項で述べたように、照射プラグ先端からのストリーミングによる後部遮蔽胴の線量率は50mR/hと低かった。そのため補助遮蔽体キャップを付ける必要があるかどうか検討したが、廃棄物処理場の廃棄孔に挿入した場合に、孔の形状によってはストリーミングの遮蔽効果があるだろうという理由により、補助遮蔽体キャップを取付けた。なお、照射プラグ引抜き時に、プラグ先端の線量率をテレテクタ(西ドイツ、トータル社製)により測定した結果、約30cm離れて1000R/hであった。

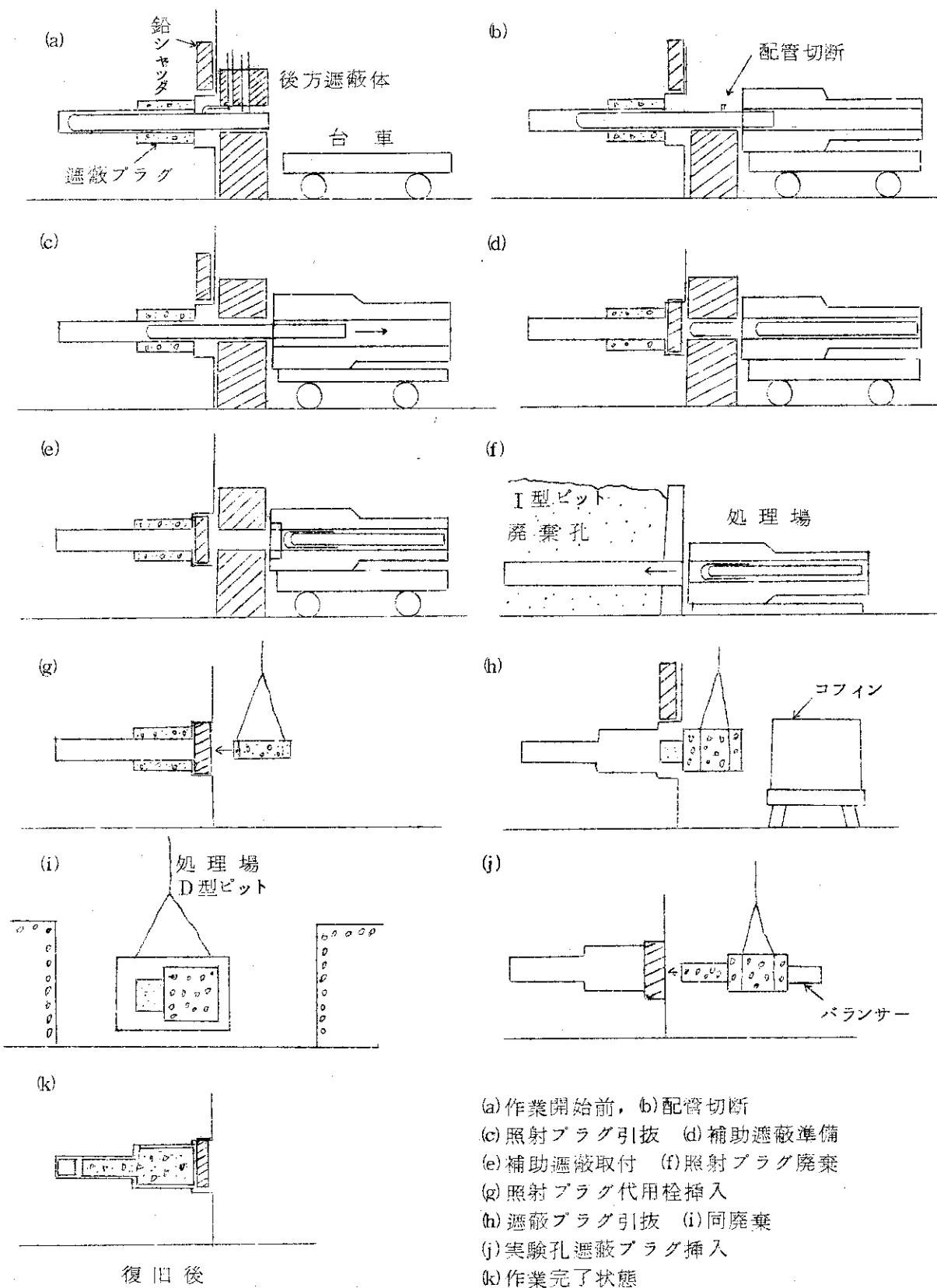


図 7 照射プラグ等の引抜きと実験孔の復元作業の手順

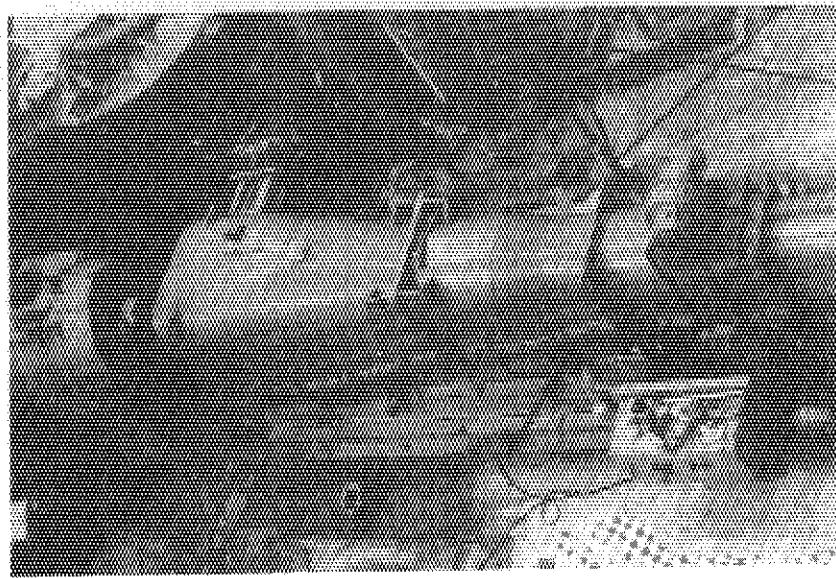


図8 照射プラグの引抜

後方遮蔽体内に位置決め用のスペーサを入れ、次に補助遮蔽体キャップをセットし(図7-(d))照射プラグ出入装置の鉛シャッタを開けて照射プラグを後方遮蔽体内に再挿入した。補助遮蔽体先端には、電極板が取付けてあり、照射プラグ先端がこれに接すると、電極板と大地間が導通状態になり、照射プラグに補助遮蔽体キャップが完全に組合さつことになる。また、このキャップの上部にボルトがあり、後方遮蔽体の貫通孔補助遮蔽に工作してある穴から治具によりこのボルトを回転させ、照射プラグとキャップを固定するようになっている。このような補助遮蔽体キャップを取付けて再度出入装置に格納した(図7-(e))。この状態での空間線量率を図9に示す。これらの線量率はいずれも 200mR/h 以下であり、前項で述べた計算値に近い値であった。

引抜いた照射プラグを照射プラグ出入装置ごとトレーラで廃棄物処理場に運搬し、専用台車にこれをセットし、I型ピット#6.7に廃棄した(図7-(f))。このI型ピット#6.7は、T L G-1照射プラグ専用の廃棄孔であり、このために設計、製作されたものである。しかし、照射プラグ後端の直径が 275mm であるのに対して廃棄孔の内径は 480mm もあり、その隙間を通して照射プラグ先端からのストリーミングが大きく、廃棄孔表面で約 1.5R/h の線量率であった。この遮蔽として、鉛を隙間に詰め、さらにコンクリートで固め、線量率を 5mR/h 以下に抑えた。

4.3.4 遮蔽プラグの引抜きおよび廃棄

照射プラグ引抜き終了後、移動台車、後部遮蔽体、水系減衰タンクを撤去し遮蔽プラグの引

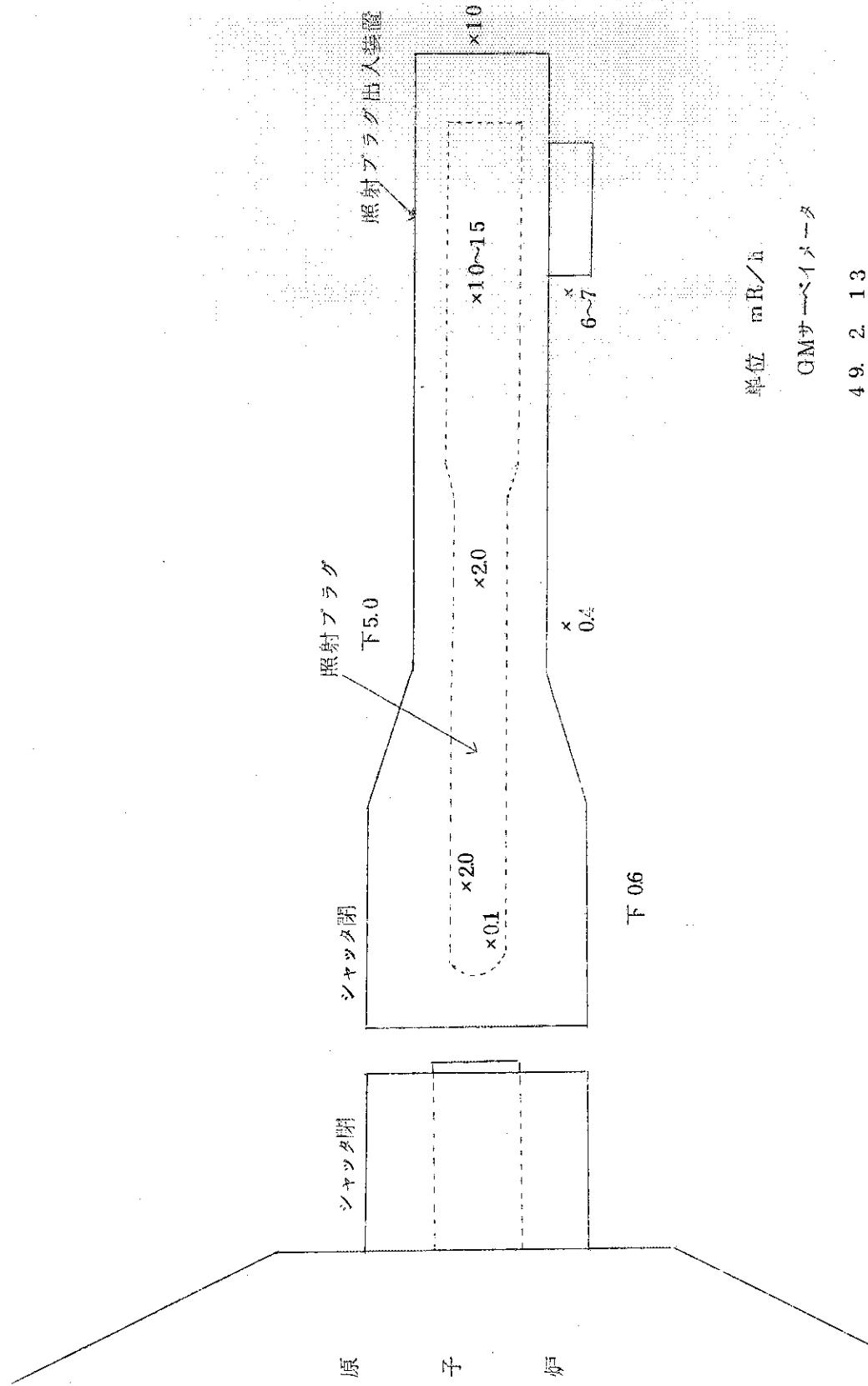


図9 緩衝遮蔽体キャップ取付け時の空間線量率

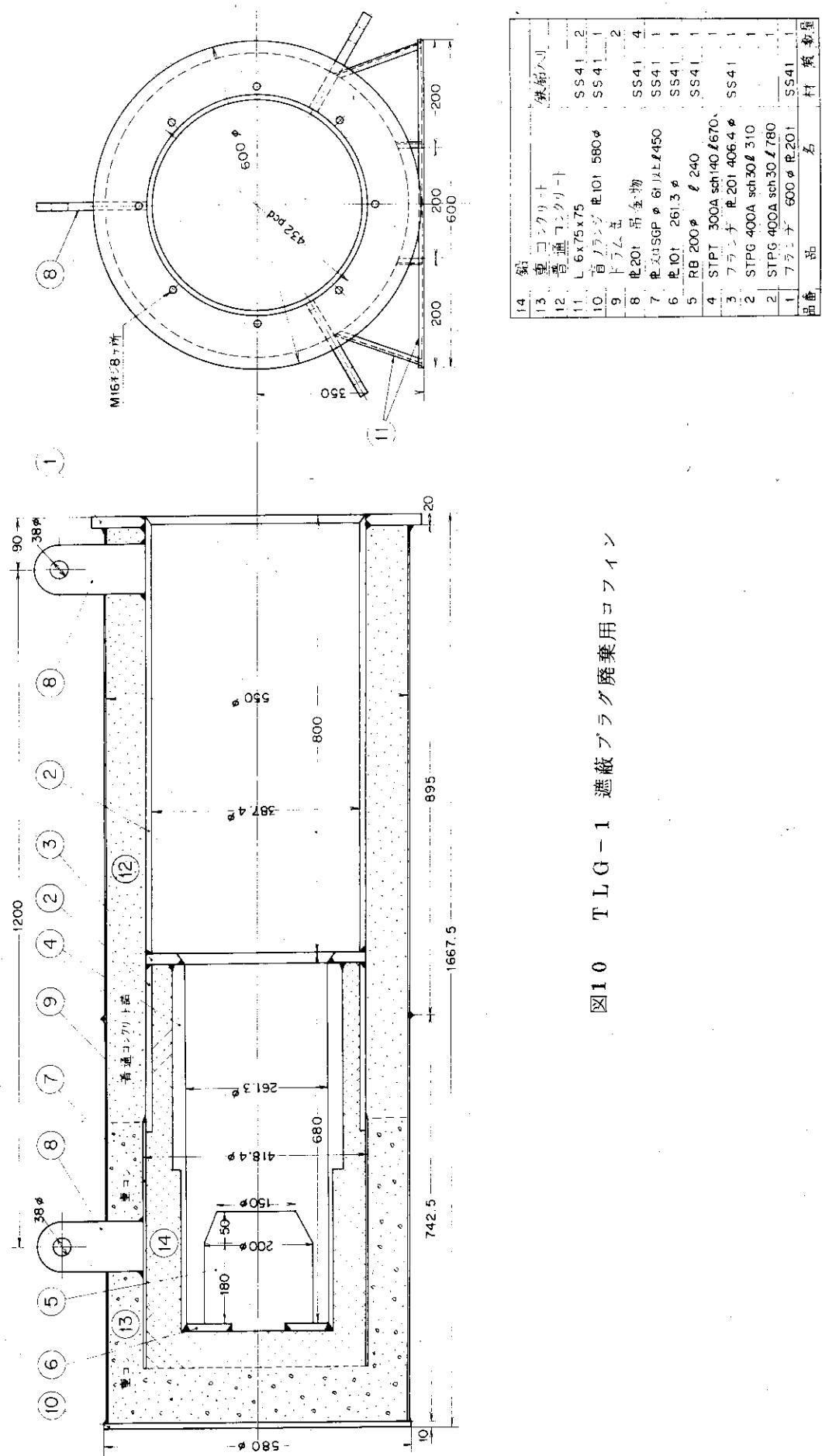


図10 TLG-1 遮蔽プラグ廃棄用コフィン

抜き作業に移った。遮蔽プラグは、不銹鋼(SUS-4S)と重コンクリートで構成され、図5に示すように、照射プラグの外側にはめ込まれ、その先端は照射プラグの先端から81cm後方に位置している。この遮蔽プラグを引抜く作業時に中央の孔からの放射線被曝を防ぐためと、取出しつかみが必要であることから、その中心には照射プラグの代りの照射プラグ代用栓がはめ込まれる。この照射プラグ代用栓の挿入には、JRR-2の水平プラグハンドラを使用することにしていたが、一部調整不良があり使用不能であること、原子炉の燃料および制御棒が炉心にないために炉心からγ線が少ないとことから、ワイヤロープとクレーンを使用した(図7-(g))。挿入後、照射プラグ代用栓と遮蔽プラグをボルトにより固定し、実験孔と遮蔽プラグとの固定リングを外した。遮蔽プラグの引抜きも水平プラグハンドラを使用する予定であったが同様の理由により、ワイヤロープとクレーン操作により引抜き(図7-(h))、図10に示すようなコフィンの中に入れて処理場へ運搬し、D-19ピットに保管廃棄した(図7-(i))。

4.3.5 実験孔の復元作業

遮蔽プラグ引抜き後は、実験孔(HT-2)遮蔽プラグを挿入した。この実験孔遮蔽プラグは、実験孔の遮蔽プラグとして、各実験孔用に作られたものであり、TLG-1照射プラグ挿入の際に引抜き、それ以来JRR-2で保管してあったものである。この実験孔遮蔽プラグの挿入は、ロープとクレーン操作により行なうため、遮蔽プラグの後端に長さ約2400mm、幅170mm、厚み40mmの板(以下バランサと云う)を付けた。このバランサは、クレーンで実験孔に挿込む際に、クレーンの吊る位置をプラグ後端に移すためのものである(図7-(j))。実験孔遮蔽プラグ挿入後、バランサを外し、実験孔鉛シャッタを閉じてこの作業を完了した(図7-(k))。

4.4 放射線被曝線量

本撤去作業には、4.3で述べたような高放射線の炉内装置の撤去作業があり、照射プラグ出入装置の遮蔽効果の計算、照射プラグおよび遮蔽プラグの引抜き方法の検討、コフィンの設計を綿密にかつ慎重に行なうとともに、作業中の被曝線量について充分余裕を持った見積りを行なった。特に、当初予定していたJRR-2の水平プラグハンドラが老朽化により使用不能になつたため、遮蔽プラグ引抜きに関しては、その方法についての検討を関連課室と行ない、実作業に当つては、前もって十分な連絡をとつた。幸いにして、原子炉燃料および制御棒が炉心になかつたため、炉心からのγ線が少なく、作業はそれだけやり易くなつた。

本撤去作業には、研究炉技術課員8名と業者16名が携わつた。その他、遮蔽プラグ引抜き、同コフィン収納、実験孔遮蔽プラグ挿入の作業には研究炉利用課員5名が携わつた。また、全作業を通じてJRR-2放射線管理課員5名が立合つた。これらの作業者の被曝線量を表3に示す。この表には、直読式ポケット線量計、フィルムパッヂ、フィルムリングの値を載せてある。フィルムパッヂおよびフィルムリングによる個人の被曝線量は、栓出感度(20mrem)以下であり、計画被曝線量(.50mrem)内で全作業を終了することができた。直読式ポケット線量計は、フィルムパッヂの補助計測として使用したもので参考値にすぎないが、この線量計による積算被曝線量、個人平均被曝線量、個人最大被曝線量は、それぞれ372mam·mrem, 11mrem, 43mremであつた。

表3 撤去作業時の個人被曝線量記録

氏 名	所 属	ポケット線量計 (mr em)	フイルムバッヂ (mr em) ^a		氏 名	所 属	ポケット線量計 (mr em)	フイルムバッヂ (mr em) ^a	
			フイルムリソグ (mr em)	フイルムリソグ (mr em)				フイルムリソグ (mr em)	フイルムリソグ (mr em)
1	太平電業	3 3	< 2 0		1 8	炉 技 術	1 3	< 2 0	< 2 0
2	"	2	"		1 9	"	1 1	"	"
3	"	4	"		2 0	"	3	"	"
4	"	1 4	"		2 1	"	1	"	"
5	"	4 3	"		2 2	"	0	"	"
6	"	2 5	"		2 3	"	0	"	"
7	"	0	"		2 4	"	0	"	"
8	"	3 2	"		2 5	"	1 4	4 0 b	
9	"	1 9	"		2 6	"	1 8	"	b
10	"	3 6	"		2 7	"	1 7	< 2 0 b	
11	"	2 2	"		2 8	"	5	"	b
12	"	0	"		2 9	"	3	"	b
13	"	0	"		3 0	放 管	1 6	"	b
14	"	0	"		3 1	"	2 0	3 0 b	
15	"	3	"		3 2	"	3	< 2 0 b	
16	"	3	"		3 3	"	3	"	b
17	炉 技 術	3	"	< 2 0	3 4	"	1 5	"	b

a) <20 mr emは最少検出限界以下であることを示す

b) 1月～3月の3ヶ月間の被曝線量を示す

撤去作業の方法、手順について事前に充分準備し、また照射プラグ出入装置およびコフインの遮蔽に関する充分な検討を行なったことにより、被曝線量を計画量より低くおさえることができた。また、ループ配管内に多量のFPが沈着しており、作業の際にFPによる汚染が予想されたが、冷却期間が約5ヶ月あったために放射性ヨウ素が減衰していたこと、また他のFPが非常に脱離しにくかったことのために周囲への汚染がほとんどなく、内部被曝事故も起こさず全作業を終了することができた。

4.5 T L G - 1 撤去に係る使用前検査

3月4日にT L G - 1 の撤去作業が完了し、5月30日原子力局規制官立会いのもとにT L G - 1 撤去に係る使用前検査が行われた。検査内容は、①解体撤去作業の確認、②主な撤去部品の保管状態の確認、③解体撤去作業に伴なう作業員の被曝線量、④撤去後におけるHT - 2 近辺の状態の確認である。①については、T L G - 1 撤去作業マニアルおよび作業記録写真により撤去作業の概要を説明した。②については、主な撤去部品について搬出先、部品の表面汚染密度、表面線量率を書類で説明し、さらに搬出先現場において保管状態（照射プラグ、二次閘、遮蔽プラグ、試料輸送容器について）を確認した。③については、作業期間中の計画被曝線量および作業中の放射線管理の概要を説明し、次いで実際の作業において作業員が被曝した積算被曝線量、平均被曝線量、最大被曝線量を書類により確認した。④については、HT - 2 実験孔およびHT - 2 近辺の状態がT L G - 1 装着以前の状態に完全に復旧していることを現場で確認した。しかし原子炉10MW定常運転時のHT - 2 近辺の空間線量率については、原子炉改修工事のため検査できないので、工事終了後の特性試験の際に検査することになった。この空間線量率の検査を除いた全ての検査項目について合格となり、T L G 撤去が完了した。

5 あとがき

T LG-1 ガスループの撤去作業は昭和49年1月28日から3月4日までの間に行われ、無事完了することができた。本報告は、撤去作業にいたるまでの計画、諸手続きおよび実際の作業について述べたものである。

T LG-1 の照射プラグの取出装置は、ガスループ製作時に同時に設計製作し、また、その廃棄施設もその時に作ったものであり、今回の撤去工事での負担は非常に少なかった。今後、ループを設計、製作する場合にはループの撤去の事を考慮することが大切であることを特に強調しておきたい。

本報告が今後の同種作業計画の一助になれば筆者らの幸せとするところである。

6 謝 辞

T LG-1 撤去にあたり、作業にご協力いただいた研究炉管理部 J R R - 2 管理課の宮坂靖彦氏、森田守人氏、同部研究炉利用課の一色正彦氏、小池忠雄氏、鈴木富男氏、加藤六郎氏、飛田敏雄氏、保健物理安全管理部放射線管理課の山本峯澄氏、中村清宣氏、岩本克己氏、宮本俊寛氏、菊池時則氏、安全審査などの諸手続きでお世話になった研究炉管理部研究炉業務課の大串勲氏、安全管理室および管理部核燃料課の課室員、所内事務手続きでお世話になった管理部管財課員、また、ご支援いただいた研究炉管理部長日高丘平氏、同次長深沢邦武氏および同研究炉技術課長代理浅見哲夫氏に感謝いたします。

5 あとがき

T LG-1 ガスループの撤去作業は昭和49年1月28日から3月4日までの間に行われ、無事完了することができた。本報告は、撤去作業にいたるまでの計画、諸手続きおよび実際の作業について述べたものである。

T LG-1 の照射プラグの取出装置は、ガスループ製作時に同時に設計製作し、また、その廃棄施設もその時に作ったものであり、今回の撤去工事での負担は非常に少なかった。今後、ループを設計、製作する場合にはループの撤去の事を考慮することが大切であることを特に強調しておきたい。

本報告が今後の同種作業計画の一助になれば筆者らの幸せとするところである。

6 謝 辞

T LG-1 撤去にあたり、作業にご協力いただいた研究炉管理部 J R R - 2 管理課の宮坂靖彦氏、森田守人氏、同部研究炉利用課の一色正彦氏、小池忠雄氏、鈴木富男氏、加藤六郎氏、飛田敏雄氏、保健物理安全管理部放射線管理課の山本峯澄氏、中村清宣氏、岩本克巳氏、宮本俊寛氏、菊池時則氏、安全審査などの諸手続きでお世話になった研究炉管理部研究炉業務課の大串勲氏、安全管理室および管理部核燃料課の課室員、所内事務手続きでお世話になった管理部管財課員、また、ご支援いただいた研究炉管理部長日高丘平氏、同次長深沢邦武氏および同研究炉技術課長代理浅見哲夫氏に感謝いたします。

付録1 照射プラグの誘導放射能の推定

1. まえがき

T L G - 1 の照射プラグは、不鏽鋼 (S U S - 4 3) 製の 4 重管で構成されている。その断面形状は長手方向に一様でなく、その挿入位置における(熱)中性子束も長手方向に分布がある。したがって長手方向 x における誘導放射能 $A_j(x)$ は次式により計算される。

$$A_j(x) = N \sigma_e (1 - e^{-\lambda T_1}) e^{-\lambda T_2} G(x) \phi(x)$$

ここに

$A(x)$: 単位長さ当たりの誘導放射能 (d. p. s/cm)

$G(x)$: 不鏽鋼重量 (g / cm)

$\phi(x)$: x における中性子束 (n / cm² s)

N : 不鏽鋼 1 g 中の標的核の数 (n / g)

σ_e : (n, γ), (n, p) 反応の実効断面積 (cm²)

λ : 生成核種の崩壊定数 (day⁻¹)

T_1 : 照射時間 (day)

T_2 : 冷却時間 (day)

2. 照射時間および冷却時間

照射プラグは、昭和 40 年 8 月実験孔へ挿入された。最終の照射昭和 48 年 12 月までに延べの照射時間は、955 日に達する。実際の照射は断続的に行なわれているが、安全側に見積り計算を簡単にするため、最終運転 (R 2 - 48 - 10 サイクル) までに連続的に 955 日間照射されたものと考える。冷却時間は 60 日とする。

3. 照射中性子束 $\phi(x)$

照射プラグ 4 重管の最外層における中性子束は測定されてないが、計算によれば内部での値のほぼ 2 倍である。従って付図 1 に示すように内部での測定値の 2 倍の値を 4 重管全部に適用する。

4. 照射プラグの重量分布 $G(x)$

重量分布を付図 1 に示す。計算では次の値を使う。

$$G(x) = \begin{cases} 330 \text{ g/cm} & (0 < x < 5 \text{ cm}) \\ 550 \text{ g/cm} & (5 < x < 81 \text{ cm}) \\ 1,650 \text{ g/cm} & (81 < x \text{ cm}) \end{cases}$$

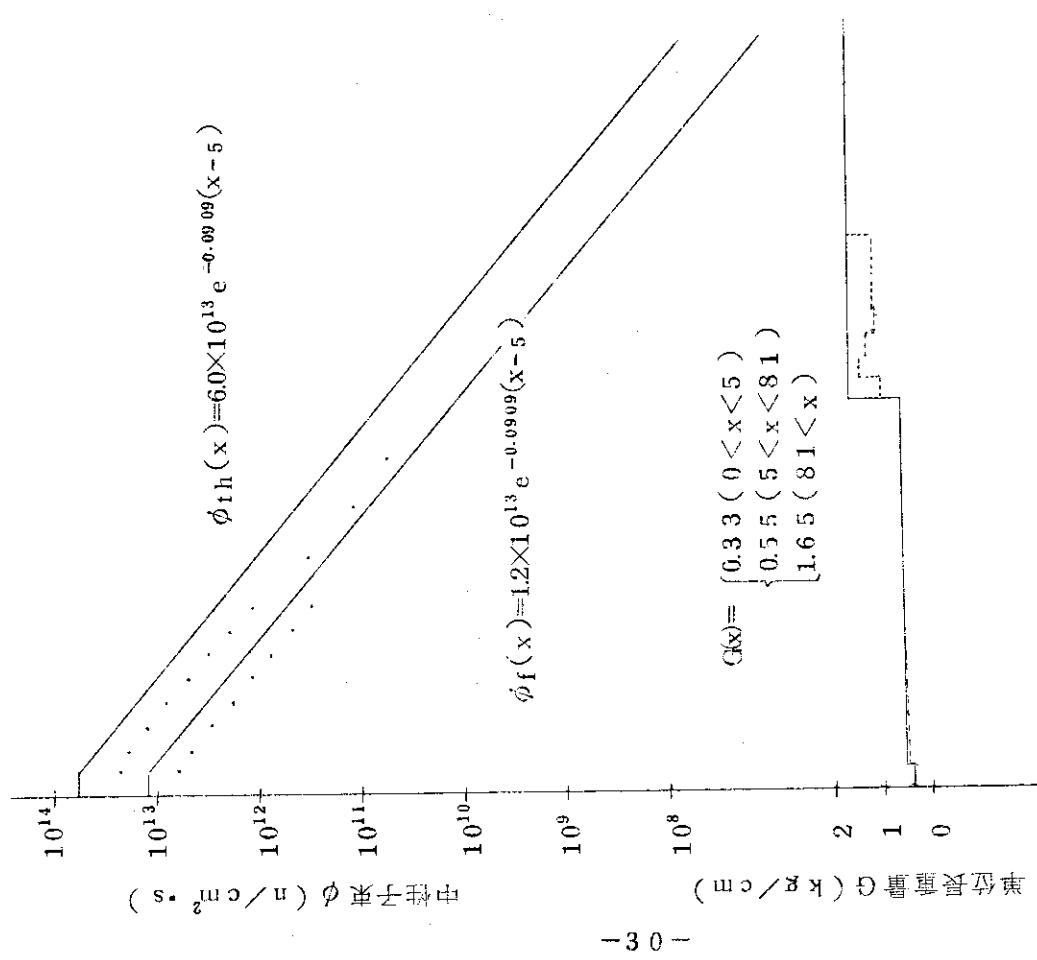
5. 放射化計算の定数

冷却時間が 60 日であることから $^{58}\text{Fe}(n, \gamma)^{59}\text{Fe}$, $^{59}\text{Co}(n, \gamma)^{60}\text{Co}$, $^{181}\text{Ta}(n, \gamma)^{182}\text{Ta}$, $^{50}\text{Cr}(n, \gamma)^{51}\text{Cr}$, $^{58}\text{Na}(n, p)^{58}\text{Co}$ および $^{54}\text{Fe}(n, p)^{54}\text{Mn}$ のみを考慮すればよい。付表 1 に S U S - 4 3 の放射化計算に使用した定数を示す。化学組成はそれぞれ J I S 規格の最大値を採用した。Co については J I S 規格に定められていないので加工時におけるクズの放射化分析から 0.3 w/o を採用した。

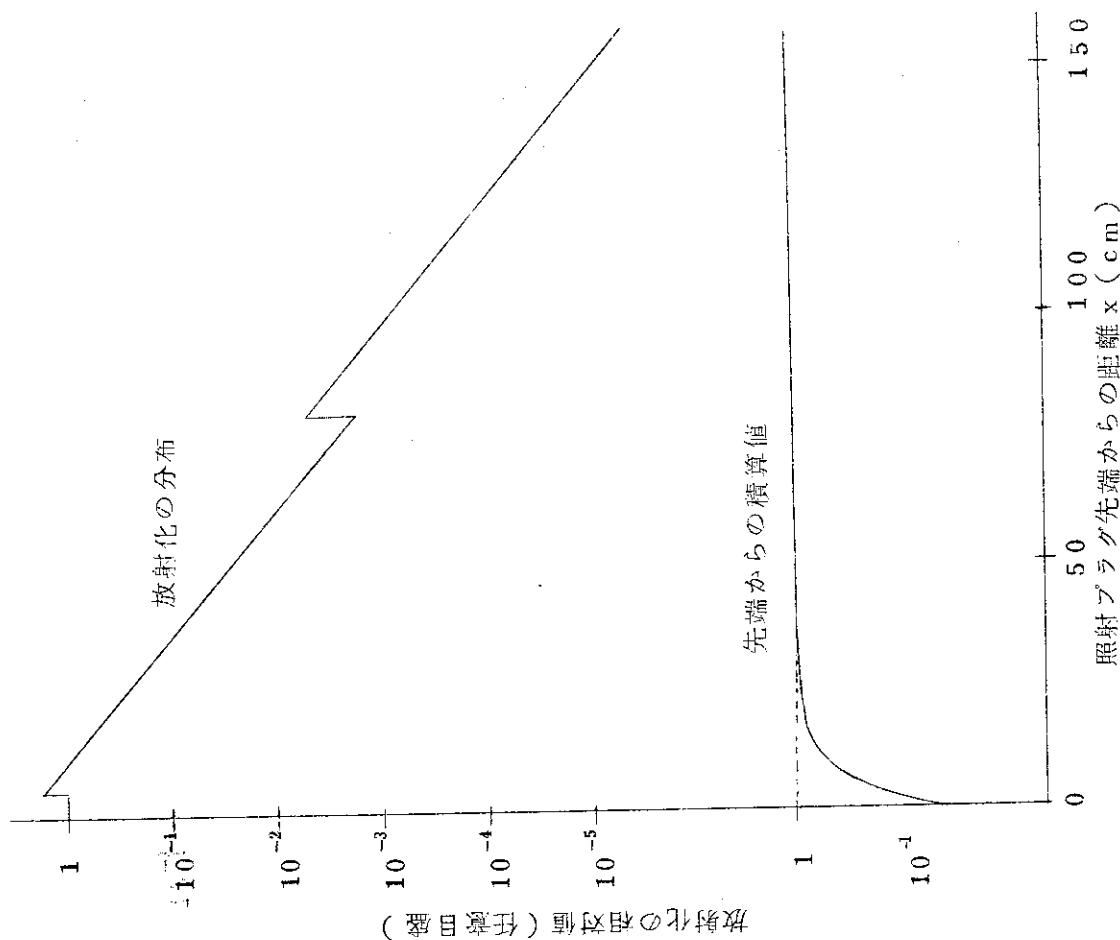
6. 誘導放射能

計算結果を付表 1 に示す。また付図 2 に放射化の相対分布を示す。放射能の合計は約 8800

Ci であるが、遮蔽上問題になるのは γ 線エネルギーの高い ^{60}Co , ^{182}Ta および ^{59}Fe の約4300 Ci である。



付図 1 中性子束分布および照射プラグ重量分布



付図 2 照射プラグ放射化の相対分布

付表1 照射プラグの誘導放射能(計算値)

標的核種(w/o)	⁵⁸ Fe	⁵⁹ Co	¹⁸¹ Ta	⁵⁰ Cr	⁵⁸ Ni	⁵⁴ Fe
化学組成(w/o)	72.0	0.3	0.1	2.0.0	1.3.0.	72.0
天然存在比(a/o)	0.31	1.00	1.00	4.31	6.7.7.6.	5.8.4
夷効断面積(b)	1.0*1	3.3*1	1.9*1	1.5*1	0.105*2	0.048*2
生成核種	⁵⁹ Fe	⁶⁰ Co	¹⁸² Ta	⁵¹ Cr	⁵⁸ Co	⁵⁴ Mn
半減期	4.5.1d	5.2y	1.1.5d	2.7.8.d	7.1d	3.00d
放射能(Ci)	1.20	3.720	5.50	4.220	1.34	4.2
光子エネルギー(MeV)	1.2	1.3	1.2	0.32	0.82	0.84
光子放出率(%)	1.00	2.00	1.00	1.0	1.00	1.00
強度(photon/s)	1.62×10 ¹⁴		1.56×10 ¹³	6.51×10 ¹²		

照射日数 955日

冷却日数 60日

全放射能 8800Ci

*1 Lederer C. M. et al. "Table of Isotopes, 6th edition" John Wiley & Sons, Inc. (1968)

*2 原子力工業 1.1. No. 12 (1965)

付録2 照射プラグ出入装置の遮蔽

1. 表面線量率の計算法

付図3に照射プラグを格納した時の遮蔽部分を示してあるが、A, B, Cの3点について計算する。線源は付表1のように1.2 MeVの光子が約9割を占める。エネルギーの高い方が線量率への寄与も大きいことから1.2 MeV以上の光子についてのみ考えれば十分である。

(a) A点

照射プラグの誘導放射能は、付図2から分るように先端から約20cmまでに集中している。したがって全量がこの20cmの区間に分布している線状線源と考えてA点における線量率を求めよう。計算は次式による。

$$D = \frac{C B S_L}{2 \pi a} F(\theta, b)$$

ここで D : 線量率 (mR/h)

C : photon/cm²s → mR/hへの変換係数 2.4×10^{-3}

B : ビルドアップ係数

S_L : 線源強さ (photon/s・cm)

a : 線源からAまでの距離 (cm)

F(θ, b) : θ, bによる関数

θ : 線源を見る角度

b : μtの総和 (μ は遮蔽体の吸収係数 (cm⁻¹), tは遮蔽体の厚さ (cm))

(b) B点

B点は照射プラグ先端から127cmの位置に相当し、単位長さ当たりの線源強度は付図2から(a)での値(先端近辺の値)の約1/1000と推定される。ここでは、この2倍の強度をもつ無限長さの線状線源として取扱う。計算式は(a)と同じ。

(c) C点

誘導放射能の全量が照射プラグ先端から10cmの面に集中しているものと考える。すなわち直径18.6cmの円板状線源と考える。計算は次式による。

$$D = \frac{C B S_A}{2} \{ E_1(b) - E_1(b \sec \theta) \}$$

ここで D : 線量率 (mR/h)

C : photon/cm²s → mR/hへの変換係数 2.4×10^{-3}

B : ビルドアップ係数

S_A : 線源強さ (photon/s・cm²)

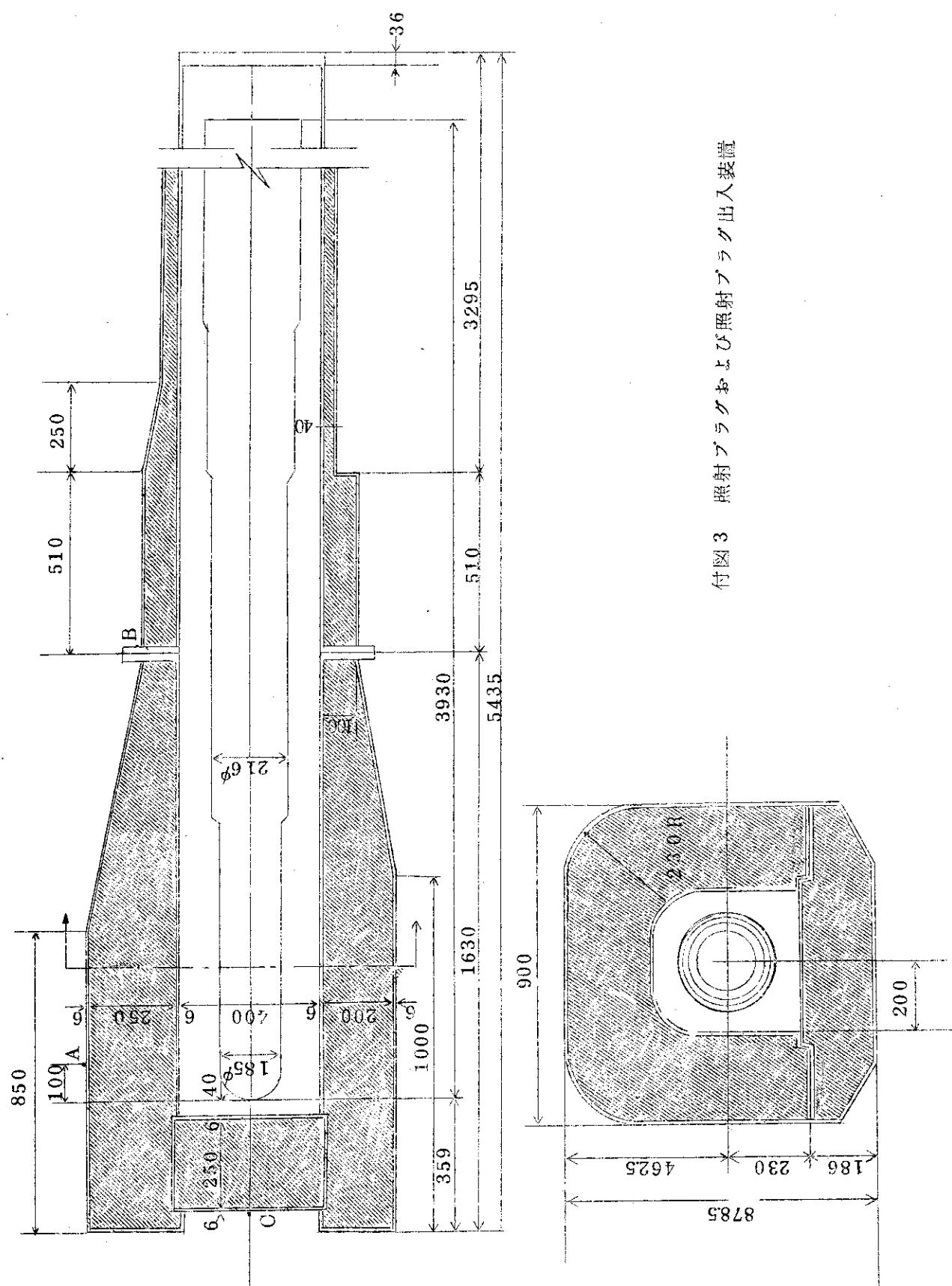
E₁ : bによる関数

θ : 線源を見る角度

b : μtの総和 (μ は遮蔽体の吸収係数 (cm⁻¹), tは遮蔽体の厚さ (cm))

2. 表面線量率の結果

前部遮蔽胴の上部(A 点), 中間部遮蔽胴の先端上部(B 点), 鉛シャッター(C 点)での表面線量率は, 上記の計算結果それぞれ 1.2 6 , 9.7 9 , 1 6.3 mR/h が得られ, いずれの点においても規制値 200 mR/h 以下になっている。



付図3 照射プラグおよび照射プラグ出入装置