

JAERI 5008

JAERI 5008

建築施設技術報告

JRR-3 編

1962年3月 日本原子力研究所 Japan Atomic Energy Research Institute

建築施設技術報告

JRR-3 編

要 旨

JRR-3 は熱出力 1 万キロワットの天然ウラン重水型の研究用原子炉で、日本原子力研究所に建設された第 3 番目の原子炉である。この炉は JRR-1, JRR-2 が輸入炉であるのに対し、その計画、設計、製作、建設のすべてを、わが国の技術者の手でおこない、その材料、部品の細部にいたるまでほとんど国産品を使用しているので、別名「国産 1 号炉」とも呼ばれている。

建物は昭和 34 年 1 月着工し、昭和 36 年 2 月にその竣工を見た。原子炉関係の建設も昭和 34 年 1 月に製作着手し現在なお着々進行中で昭和 37 年 5 月臨界に達する予定である。

原子炉を格納する建物はその性格上、気密性、放射線遮蔽、汚染除去性および耐震性などが特に要求されるが、本施設においてもそれらを十分考慮して設計をおこない、施工に当っては諸試験をあわせて実施して安全性の確認につとめた。

本報告書は建築、電気、給排水、空気調整、換気などの建築施設を主として、その設計の経緯、施設の内容などの詳述である。

1962 年 3 月

日本原子力研究所建設部

Report on Construction of the Housing, Building and Auxiliary Facilities for the JRR-3

SUMMARY

The JRR-3 is a natural uranium, heavy water moderated research reactor with a thermal output of 10 megawatts, and is the third research reactor to be constructed in the JAERI. It is also known as the first domestic reactor, while the other two JRR-1 and JRR-2 are imported reactors. All works involved in the design, fabrication and construction of the JRR-3 are accomplished with Japanese own technology, and most materials and equipment are produced to the minor part in this country, except for the initial fuel.

Construction of the reactor building and auxiliary facilities was started in January 1959 and completed in February 1961.

The fabrication of the reactor and its equipment was commenced simultaneously and the installation and testing works are still going on, for the proposed date of criticality in May 1962.

The reactor building, housing the reactor itself, is required by its special characteristics from safety considerations, such as leak-tightness, radiation shielding, contamination-proofing and aseismic design. These factors were fully taken into account for the design of the JRR-3 and the attainment was assured with various tests and experiments during the construction.

This report presents in detail the process of design and functions of each facility in regard to the building construction including electric, plumbing, ventilation and airconditioning equipments.

Mar. 1962

Japan Atomic Energy Research Institute

Division of Construction

序 文

日本原子力研究所が発足して5年間の建設成果に対し、その間われわれが完成した特殊施設およびこれに関連する技術報告をまとめるに当り、過去をふりかえって一言経過をのべてみたい。原子力関係施設も最近は大分常識化しつつあるが、当研究所発足当時は日本においてはもちろん未知の分野であり、外国の文献なども非公開のものが多々、設計施工には相当の困難を感じた。入手できる範囲の文献と実際に外国の施設を見学することによって得られた知識と日本における学識経験者のご意見とを合せて設計施工に当ったのである。未知の分野であったがために、今日より見るとなお不十分と思われる点も多々見受けられる。しかし、使用上まずまずその目的が達成されていることは、従事者はもちろん有効適切な御助言をいただいた外部の皆様の努力のたまものであることをつくづく感ずる。今日では事情が大分楽になってきたが、まだまだ原子力の分野は日進月歩の状況で、それにつれて建設の分野も進歩の過程にあり、研究の余地が非常に多く残されている。しかし、現実の施設ができ上って稼動するということはこれを土台として今後の進歩改良に資することは大きいと思う。

この文献がこれから施設を開発される方々の参考になれば幸である。最後にわれわれの建設の成果である、東海研究所の総合施設に対し、昭和35年5月建築学会賞を授与されたことは、われわれ従事者にとって望外の光榮であったことを報告するとともに、本技術報告編纂に当り担当各位が多忙な仕事中にもかかわらず完成された努力を多としたい。

昭和37年3月

日本原子力研究所

理事 久布白兼致

この建築施設技術報告は日本原子力研究所発足以来建設された、各種建築施設の設計施工に関する報告で、下記の諸編から構成され今後建設されるものについても続刊の予定である。(太字は既刊)

- No. 1 総 括 編
- No. 2 JRR-1 編
- No. 3 JRR-2 編
- No. 4 **JRR-3 編**
- No. 5 ⁶⁰Co 放射線照射室編
- No. 6 高放射性物質取扱研究室編
- No. 7 調査報告編

本編の執筆者はつきのとおりである。

監 修: 川上利博
建 築: 大村道夫, 能美英彦, 岩田 巍, 俣野一之, 黒田 孝
電 気 設 備: 尾池英夫, 堀内政尾, 斎藤 実
給排水, 空調設備: 尾池英夫, 林 克彦, 山上 章

建築施設技術報告

JRR-3編

目 次

1 概 説

1.1 JRR-3 の沿革.....	1	1.3 建物の概要	11
1.2 JRR-3 の概要.....	1	1.3.1 建 築	11
1.2.1 原子炉本体	3	1.3.2 電気設備	11
1.2.2 水ガス系設備	4	1.3.3 給排水、衛生設備	12
1.2.3 放射性同位元素製造設備	5	1.3.4 空気調整設備	12
1.2.4 計測制御系設備	8	1.4 特殊設備の概要	12
1.2.5 破損燃料検出装置 (FFD).....	10	1.5 工 期	12

2 建 物

2.1 建物の計画	12	(2) 上水給水設備.....	43
2.2 建 築	16	(3) 汚過水給水設備.....	43
2.2.1 詳細設計	16	(4) 雜水給水設備.....	43
(1) 炉 室.....	16	2.4.2 排水通気設備	43
(2) 付 属 室.....	17	(1) 汚染排水系統.....	43
(3) 使用済燃料室 (SF 室).....	18	(2) 污水排水系統.....	43
(4) 放射性廃液貯槽室.....	18	(3) 一般排水系統.....	44
2.2.2 構造設計	18	2.4.3 給湯設備	44
(1) 設計条件.....	19	2.4.4 ガス設備	44
(2) 各部設計.....	20	2.4.5 圧縮空気設備	44
2.2.3 調査および試験	24	2.4.6 真空設備	44
(1) 炉室構造調査.....	24	2.4.7 純水製造および精製設備	44
(2) 炉室震動実験.....	30	2.4.8 制御設備	46
(3) 炉室内音響測定.....	31	2.5 空気調整設備	46
(4) 使用済み燃料貯蔵水槽ライニング.....	33	2.5.1 空気調整装置	46
2.2.4 工 事	33	2.5.2 換気設備	47
2.3 電気設備	35	2.5.3 空気汚過設備	47
2.3.1 電源設備	35	2.5.4 自動調整設備	47
2.3.2 配線方法	40	(1) 溫湿度ならびに温度記録計設備.....	47
2.3.3 電灯設備	40	(2) 冷凍機自動制御装置.....	49
2.3.4 実験用電源設備	40	(3) 空調温湿度自動制御装置.....	49
2.3.5 弱電設備	40	(4) 炉室静圧制御装置.....	49
2.3.6 その他電気設備	40	(5) 送排風機インターロックならびに	
2.4 給排水衛生設備	40	自動ダンパー装置.....	49
2.4.1 給水設備	40	(6) 非常用ダンパーならびに非常操作.....	49
(1) 衛生器具設備.....	40	(7) 総合監視盤ならびに自動制御盤.....	50

3 特 殊 設 備

3.1 気密扉	51	3.2.3 研究準備室天井走行起重機	53
3.1.1 人員出入り用気密扉	51	3.3 遮蔽用重量コンクリート	53
3.1.2 ト ラ ッ ク出入り用気密扉	51	3.4 冷却塔	54
3.1.3 放射性同位元素搬出用気密扉	52	3.4.1 設計条件	55
3.1.4 気密試験	52	3.4.2 型式	55
3.2 各種起重機	53	3.4.3 構造ならびに規模	55
3.2.1 炉室天井旋回起重機	53	3.4.4 ポンプ室ならびに温水槽	56
3.2.2 使用済み燃料室天井走行起重機	53	3.4.5 付属機器	56

4 建築施設工事費および施工者名

4.1 工事費および施工者名	56
----------------	----

1 概 説

1.1 JRR-3 の沿革

JRR-3 は熱出力 10 MW の天然ウラン-重水型原子炉で、JRR-2 にひきつづき、昭和 37 年 5 月組立完了を目指して、東海研究所に建設中である。

この炉は、国内技術によりその設計、製作、および建設のすべてをおこなうもので、国産 1 号炉ともいわれ、原子炉技術の開発とともに放射性同位元素の生産を目的として設計されている。JRR-3 に天然ウラン-重水型が選ばれたのは、原子燃料公社で生産した燃料で自給しうること、重水冷却や 10 MW の熱出力については技術開発上の見地からである。

JRR-3 の現在までの経過および予定について概説すれば次のとおりとなる。

昭和 31 年 3 月 「原子炉設計の基礎研究委員会」(学術振興会)で昭和 29 年以来おこなってきた天然ウラン-重水炉の研究にもとづき、東大、日立、三菱電機、科研-三菱造船、電気試験所-東芝-石川島の 5 グループが、それぞれの概略設計図を作成した。

昭和 31 年 4 月～昭和 32 年 3 月 日本原子力研究所が上記の設計をひきつぎ JRR-3 の原設計を完成了。

昭和 32 年 4 月 「国産 1 号炉設計仕様書」を完成了。

昭和 32 年 4 月～昭和 32 年 12 月 下記の会社と協同設計をおこない、1 次設計を完了。

炉本体、実験設備、燃料取扱設備……日立製作所

水ガス系……三菱原子力工業

中性子計測、破損燃料検出装置……東芝電気

水ガス系計測、モニター……富士電機

放射性同位元素取扱設備……石川島重工

昭和 33 年 2 月～昭和 33 年 12 月 炉本体 2 次設計および建物設計完了。

昭和 33 年 10 月 カナダ AECL の技師 4 名が来日し検討。

昭和 34 年 1 月 JRR-3 建物着工。

昭和 34 年 3 月 協同設計をおこなった会社に、その部分の製作を発注。

昭和 35 年 1 月 原子炉本体の据え付け開始。

昭和 35 年 11 月 生体遮蔽用重量コンクリート打設完了。

昭和 36 年 2 月 建物完成。

昭和 36 年 3 月 黒鉛反射体の積み上げ。

昭和 36 年 12 月 据え付け完了。

昭和 37 年 1 月～昭和 37 年 4 月 臨界前試験。

昭和 37 年 5 月 臨界予定。

協同設計および製作担当会社

原子炉本体：日立製作所

黒鉛：昭和電工

(黒鉛素材の一部) 東海電極製造

放射性同位元素製造設備：日本原子力事業

(石川島重工業)

水ガス系統：三菱原子力工業

中性子計測設備および破損燃料検出装置：

日本原子力事業 (東京芝浦電気)

水ガス系計測制御設備および放射線モニター：

富士電機製造 (放射線モニター：神戸工業)

(建物工事関係は 4 に示す)

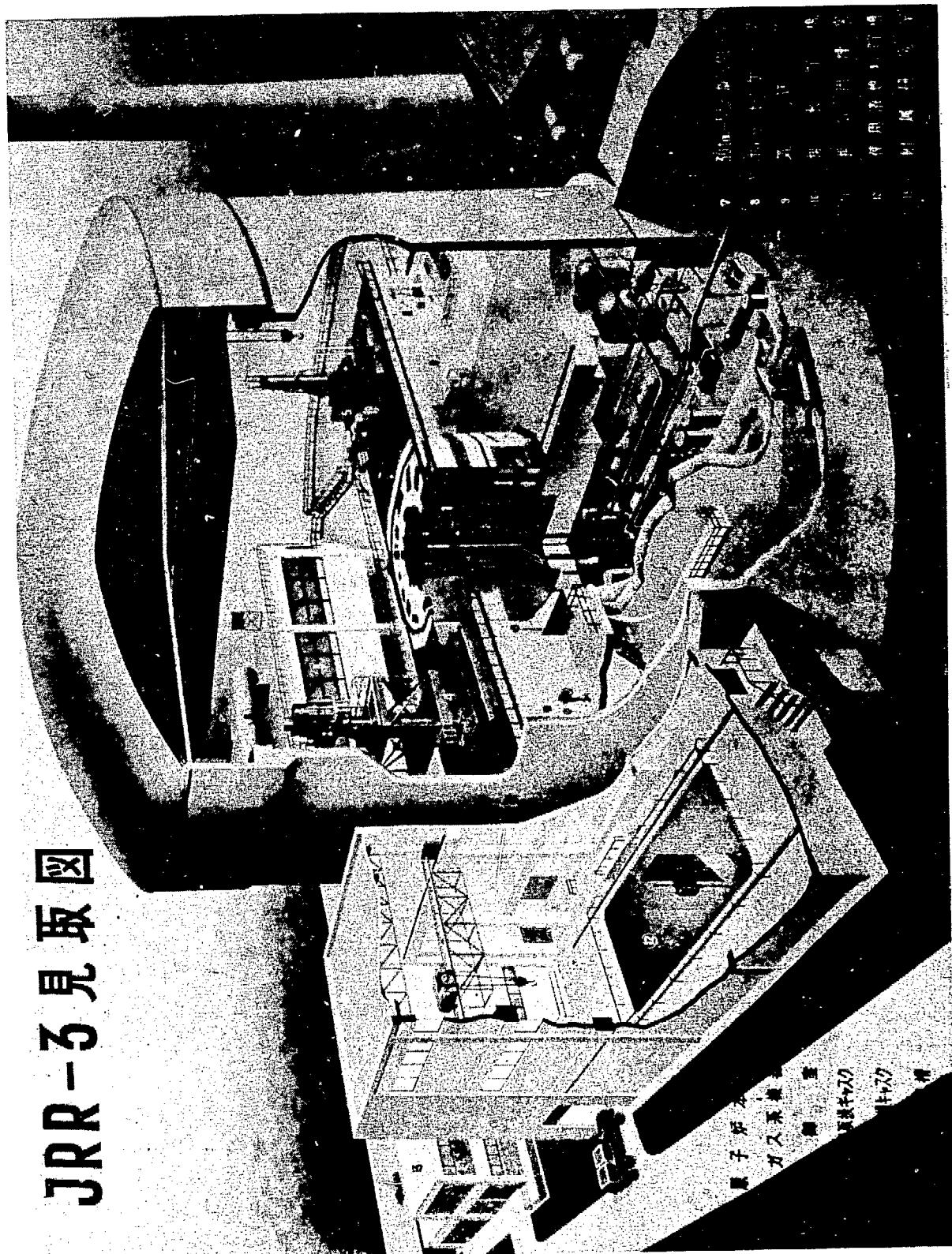
一方 JRR-3 に使用する燃料については、「燃料要素委員会」が昭和 31 年度から設けられ、当研究所内外研究の有機的関連をはかった結果、1 次装荷用の天然ウラン棒については、地金のうち 3 トンはこれを国際原子力機関から購入し、残りの約 4 トンは原子燃料公社のものを使用し、その加工および被覆はカナダの AMF 社に依頼することになり、2 次装荷からは地金、加工のすべてを国産でまかなう計画になっている。

また、この他の特殊材料として、遮蔽用ボラルの一部と重水 27 トンを輸入する以外は、すべて国産でまかなっている。

1.2 JRR-3 の概要

JRR-3 原子炉は、炉本体、水ガス系設備(冷却用)、放射性同位元素製造設備、計測制御系設備、破損燃料検出装置の五つに大別されるが、その諸特性は第 1 表のとおりである。天然ウラン重水型原子炉は炉自体の特性が、出力が大きくなろうとするとこれを低めようとする傾向をもっているので暴走を起こすような危険性はまったくないが、さらに慎重を期して異状現象に

JRR-3 見取図



第1図 見取図

第1表 原子炉の特性

出 力		10 MW
熱中性子束	ウラン棒中平均	$6 \times 10^{12} \text{ n/cm}^2 \text{ sec}$
	炉心部平均	$9 \times 10^{12} \text{ n/cm}^2 \text{ sec}$
	炉心部最高	$2 \times 10^{13} \text{ n/cm}^2 \text{ sec}$
炉心部	寸 燃 法 料	径 2.6 m 高 2.75 m 246 本を中心間隔 150 mm の正三角形格子に配列
	実験孔および照射孔	垂直: 中央実験孔 内径 200 mm 1本 垂直実験孔 " 130 mm 3本 垂直照射孔 " 60 mm 3本 水平: 気送管 " 30 mm 2本
核 特 性	制御棒用孔	微調整棒 内径 60 mm 2本 粗調整安全棒 " 60 mm 12本
	減速材および冷却材	重水 15 ton (反射体の役をなす重水を含まず)
	反 射 体 部	重 水 層 上約 100 mm 下約 250 mm 厚, 側約 200 mm 厚
遮蔽特性	黒 鉛 層	側面約 800 mm 厚, 底面最大 700 mm 厚
	臨界状態の各因子の値	$\eta = 1.319 E = 1.030 P = 0.926 f = 0.936$ $\tau = 107 \text{ cm}^2 L^2 = 192 \text{ cm}^2 k_{\infty} = 1.177$ $B^2 = 50 \pm 0.5 \text{ m}^{-2}$
	δk	温度効果 (25°C より 45°C) -0.8% 燃料消耗および核分裂生成物 (1年間運転) -2.6% 実験用放射性同位元素製造用, 制御用 -1.3%
	燃 料 転 換 率 熱中性子平均寿命	$1CR = 0.73^{235}\text{U}$ の消耗: 10% ^{239}Pu の生産量 3 kg/year $9 \times 10^{-4} \text{ sec}$
制御装置	側 面 遮 蔽	0.63 mrem/hr 以下
	上 面 遮 蔽	6 mrem/hr 以下
	炉 室 地 階	側面と同じ
	使 用 済 燃 料 関 係	3 mrem/hr 以下
冷却特性	δk	重水面変化 $1.7 \times 10^{-4} \delta k/\text{cm}$ 減速材温度変化 $-2.2 \times 10^{-4} \delta k/{^\circ}\text{C}$
	粗銅調整安全棒	外径 56 mm のカドミウム中空円筒棒 (アルミ被覆) 12 本カドミウム長を減速重水の高さとするとき内側の 6 本 (炉の中心から約 600 mm) で $\delta k = 6.7\%$ 外側の 6 本 (炉の中心から約 900 mm) で $\delta k = 3.4\%$
	微調整棒	外径 56 mm のカドミウム中空円筒棒 (アルミ被覆) 2 本 1 本当り (炉の中心から約 650 mm) で $\delta k = 0.5\%$

に対する各種の警報, スクラム (炉の運転上危険な現象に対しては炉が自動的に停止する機構), 無停電電源による非常用冷却ポンプの駆動, 緊急用ポンプによる地下室にこぼれた重水の汲み上げ, 緊急冷却装置, 25 gal 以上の地震に対する炉の自動的停止装置などの安

全装置を施してある。

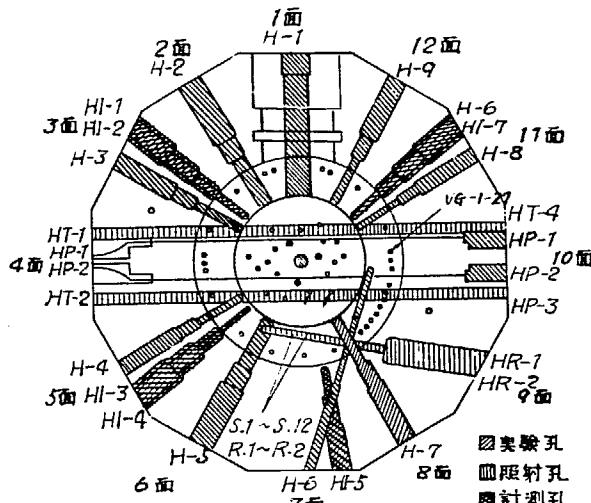
1.2.1 原子炉本体 JRR-3 原子炉本体の構造概要是第2.3図に示すとおりである。

原子炉は燃料および重水を入れるアルミニウム製の炉心タンク①, その周囲の黒鉛の反射体③, さらにそ

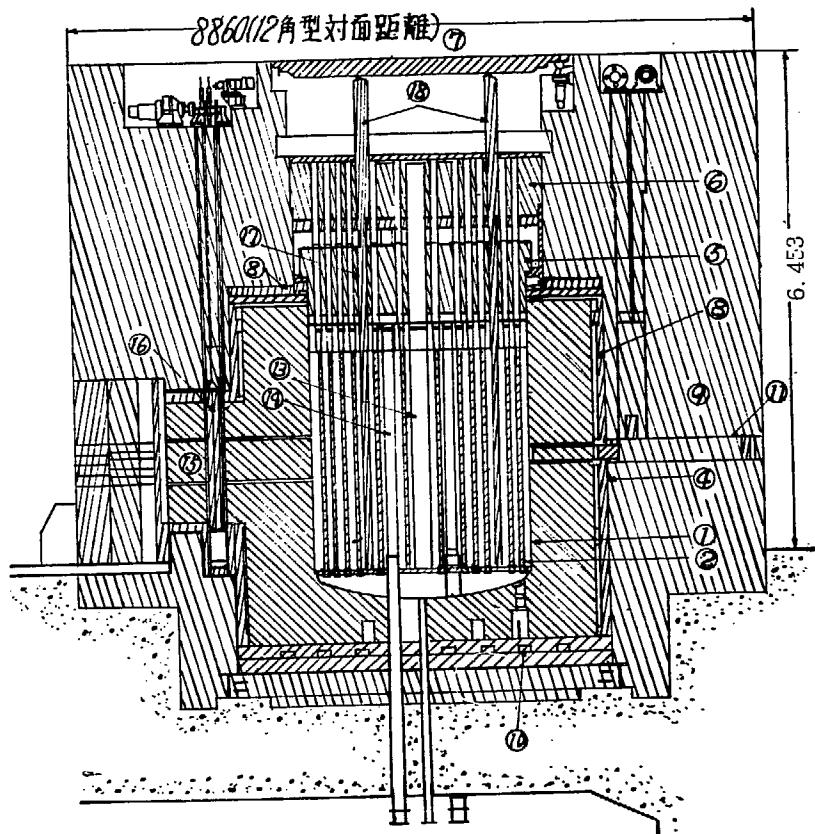
の外側をとりかこむ遮蔽部からできている。遮蔽部は水、ステンレス鋼および鉛⑧からなる熱遮蔽タンク④と重コンクリートの生体遮蔽⑨からできており、遮蔽体や反射体には多くの実験孔や照射孔、計測孔が貫通している。上部には、下段遮蔽体⑤、上段遮蔽体⑥、回転遮蔽体⑦の3つの遮蔽体が配置されており、上下両段遮蔽体には燃料棒や垂直実験孔が数多く貫通している。

なお、炉本体の重要な部品の諸元は、第2表のとおりである。

燃料棒は全部で246本ある。直径25mm、有孔長2650mmの天然ウランの棒に、厚さ2mmのアルミで被覆したもので、両端のアルミを入れるとその全長



第2図 原子炉本体平断面図



第3図 原子炉本体立断面図

は2818mmになる。このアルミで被覆したアルミ棒は、それぞれ冷却管の中につり下げられ、冷却管の上端は、遮蔽用プラグに接続されている。燃料棒の天然ウランの重量は約6トン、寿命は約1年である。

使用済み燃料棒は、炉上を走行する燃料取りかえ用キャスクで炉からとりだして、炉室片すみのショットまで運搬し、隣接する使用済み燃料貯蔵水槽に送り込まれる。

1.2.2 水ガス系設備 原子炉内では核分裂によっ

て生じたエネルギーが、炉心内の各所で熱に転換する。これらの熱は、重水系、熱遮蔽冷却系、炭酸ガス冷却系によって炉外に取り去られる。

重水系は燃料棒内で、発生する熱量を除去するもので、炉心内の発生熱量の95%以上に相当する。主重水回路、重水溢流回路、重水精製回路、重水貯蔵回路からなり、冷却器、ポンプ、貯槽および配管類がある。

黒鉛反射体内でも全体の約1%の熱が発生する。この熱は黒鉛内を流れる炭酸ガス冷却系の炭酸ガスと

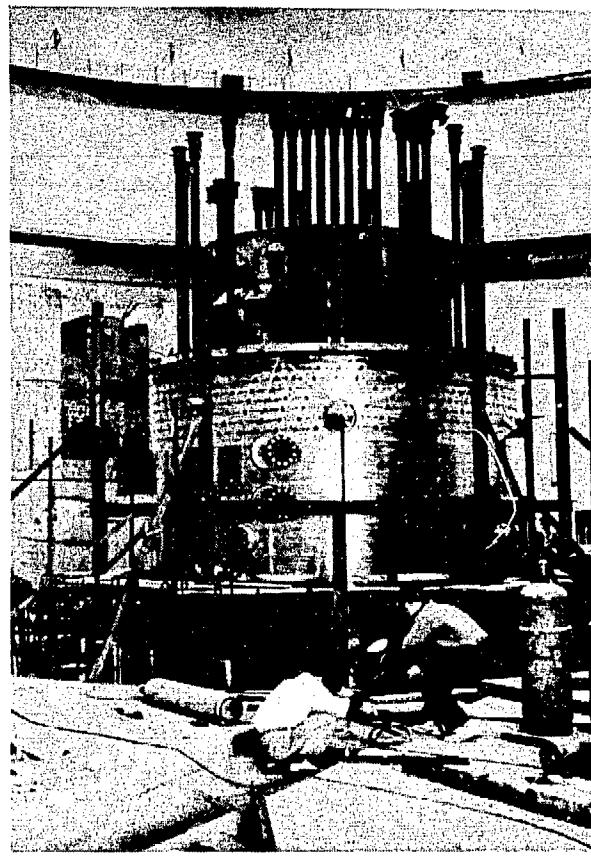
第2表 原子炉本体機器一覧

炉心タンク	内径 2,800 mm 高さ 4,200 mm 洞厚 12 mm 底板厚 20 mm 管板厚 50 mm 重水液面高さ(管板上面より) 3,050 mm 材質 2S および 52S アルミ
燃料棒	天然ウラン 外径 25 mm 有効長 2,650 mm アルミ被覆(1S アルミ) 2 mm 所要本数 246 本 天然ウラン重量(1本あたり) 24.6 kg 冷却管(2S アルミ) 内径 38 mm 外径 41 mm 遮蔽プラグ 長さ 2,335 mm 全長 5,415 mm
黒鉛反射体	側面 810mm厚 全円72等分の扇形ブロック 22段 底面 最大 700 mm 総重量 約 80 トン
熱遮蔽タンク	内径 4,500 mm 高さ 4,710 mm 洞厚内側 20 mm 外側 6 mm ジャケット 水幅 50 mm ボラル(外張り) 6.4 mm 底板 ステンレス鋼 5 mm 鋼板 153.6 mm 上蓋ボラル 6.4 mm ステンレス鋼5mm 鋼板95mm
側面および下部生体用遮蔽	側面 鉛 100 mm 重コンクリート 2,000 mm
	下部 鋳鉄板 200 mm 重コンクリート 420 mm 普通コンクリート 1,400 mm
上部生体用遮蔽	上段遮蔽体 直径 3,240 mm 高さ 890 mm 鋼板 28 mm 鉛 100 mm 鋼板 12 mm 重モルタル 720 mm 鋼板 28 mm
	下段遮蔽体 直径 3,000 mm 高さ 1,000 mm 鋼板 10 mm ボラル 6.4 mm 鉛 70 mm 鋼板 16 mm 重モルタル 870 mm 鋼板 28 mm
回転遮蔽体	直径 3,650 mm 回転速度 0.1 rpm 厚さ(鉄鋼板) 200 mm

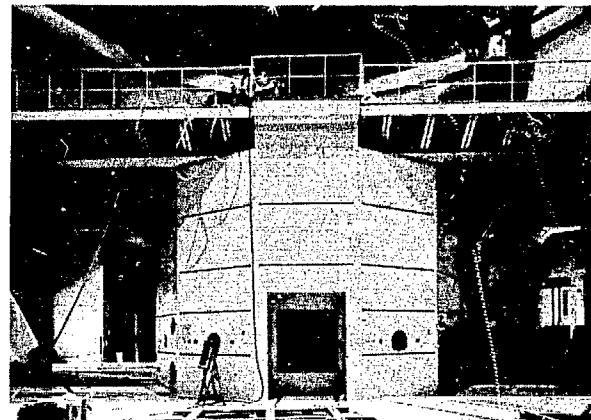
熱遮蔽タンク外周の水ジャケット内の蒸留水によって除去される。

反射体の外側には熱遮蔽(主として鉛)があり、ここでも約1%ちかくの熱が発生し、これは熱遮蔽冷却系の蒸留水で除去される。炭酸ガス冷却系はプロア、冷却器、貯槽、配管類からなり、熱遮蔽冷却系もポンプ、冷却器、貯槽、配管類からなっている。熱遮蔽冷却系は炉に入る前にヘッダーがあり、側面、下面、上面、サーマルコラム周囲などに分れて、平行に流れようになっている。

水ガス系としては、このほか重水の液面をおおうヘリウム系、緊急時に応急に炉心を冷却するための緊急冷却系、2次冷却系および炉から出るあらゆる排水を



第4図 原子炉本体熱遮蔽タンク

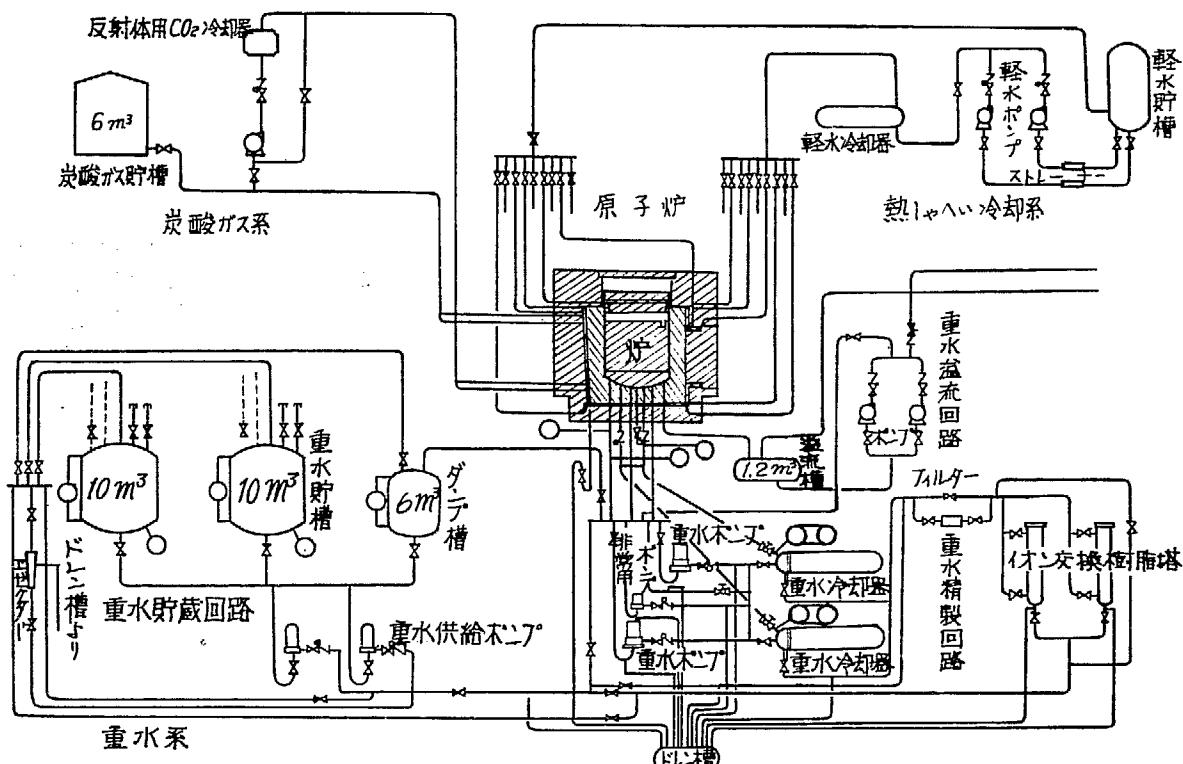


第5図 原子炉本体外景

取り扱う給排水系などがある。

水ガス系のフローシートおよび主要機器一覧は、第6図、第3表のとおりである。

1.2.3 放射性同位元素製造設備 JRR-3 の主目的の1つは、放射性同位元素の生産にあり、JRR-3 が全力運転されると、日本で必要とする放射性同位元素をほとんど全部供給することができるばかりでなく、東南アジアそのほかの需要をも十分満たすことが可能である。このため、放射性同位元素の製造に便利なように、JRR-3 には次のような諸設備が設けられている。



第6図 原子炉水ガス系フローシート

第3表 原子炉水ガス系主要機器一覧

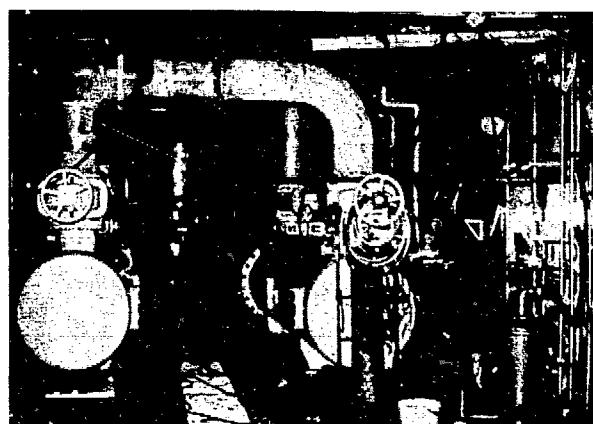
重水系	
重水冷却器	U字多套管式横型 (伝熱面積 230 m²) 2
重水貯槽	豊型円筒式 (容量 10 m³) 2
ダンプ槽	横型円筒式 (容量 6 m³) 1
ドレン槽	豊型円筒式 (容量 0.9 m³) 1
イオン交換樹脂塔	混床式非再生型 2
フィルター	ノッチワイヤー式豊型口過器 1
主重水ポンプ	豊型キャンドタイプ (容量 600 m³/hr) 2
非常用ポンプ	豊型遠心式メカニカルシールポンプ (102 m³/hr) 1
重水供給ポンプ	豊型遠心式メカニカルシールポンプ (15.6 m³/hr) 2
エゼクター	単一ノズル型 1
熱遮蔽冷却系	
軽水冷却器	U字多套管式横型 (伝熱面積 33 m²) 1
軽水貯槽	豊型円筒式 (容量 5.5 m³) 1
イオン交換樹脂塔	混床式非再生型 1
ストレーナー	金網式 2
軽水ポンプ	横型遠心ポンプ (容量 45 m³/hr) 2
炭酸ガス系	
炭酸ガス冷却器	フィンチューブ多管式 (伝熱面積 50 m²) 1
炭酸ガス貯槽	ヴィギンス式ドライシール型 (容量 6 m³) 1
炭酸ガスプロワー	2段幅流型 (容量 9,800 kg/hr) 1
緊急冷却系	
緊急用軽水貯槽	横型円筒式 (容量 10 m³) 1
緊急用ポンプ	豊型片吸込型うずまきポンプ (容量 40.2 m³/hr) 2
給排水系	

排水貯槽	横型円筒式 (容量 20 m³) 2
排水ポンプ	豊型片吸込型うずまきポンプ (容量 15 m³/hr) 3

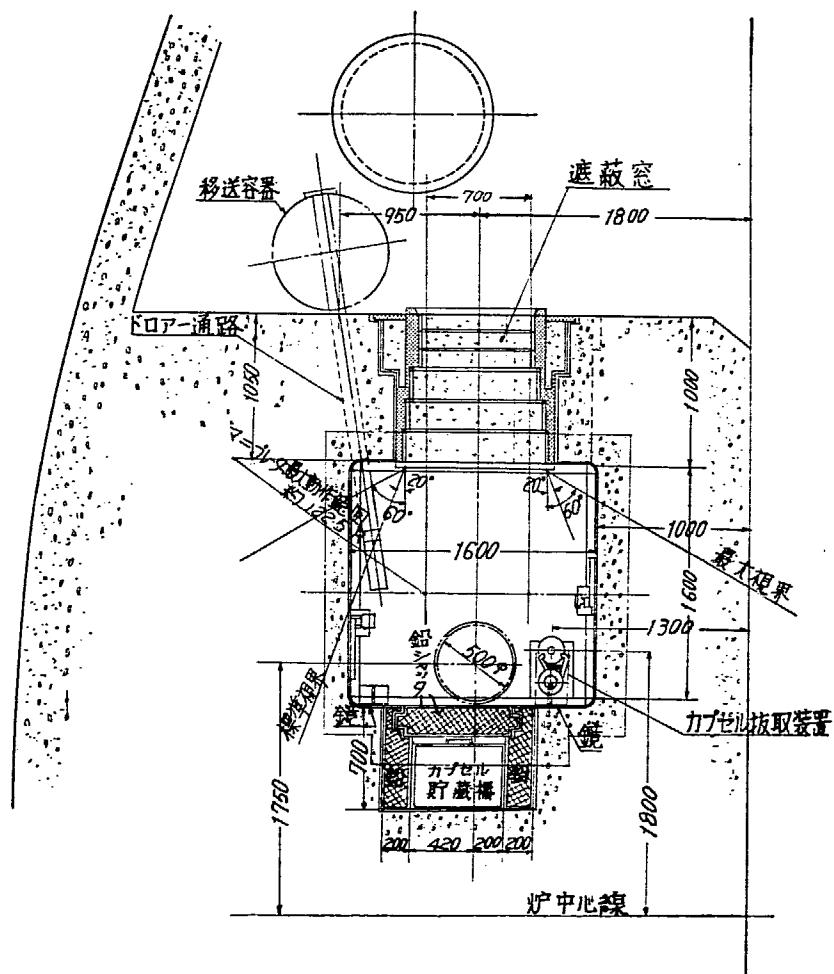
(1) 炉内照射設備

トレイロッド……この装置は、比較的半減期の長い放射性物質をつくるためのものである。その形状は、長い竹の棒の節の間に窓をあけたような形をしており、そこに照射する試料を収めるアルミの小筒（カプセル）をとりつけ、上部に遮蔽プラグをとりつけてあり、炉心タンク内の 3 本と反射体内の 27 本の垂直照射孔に挿入して使用する。

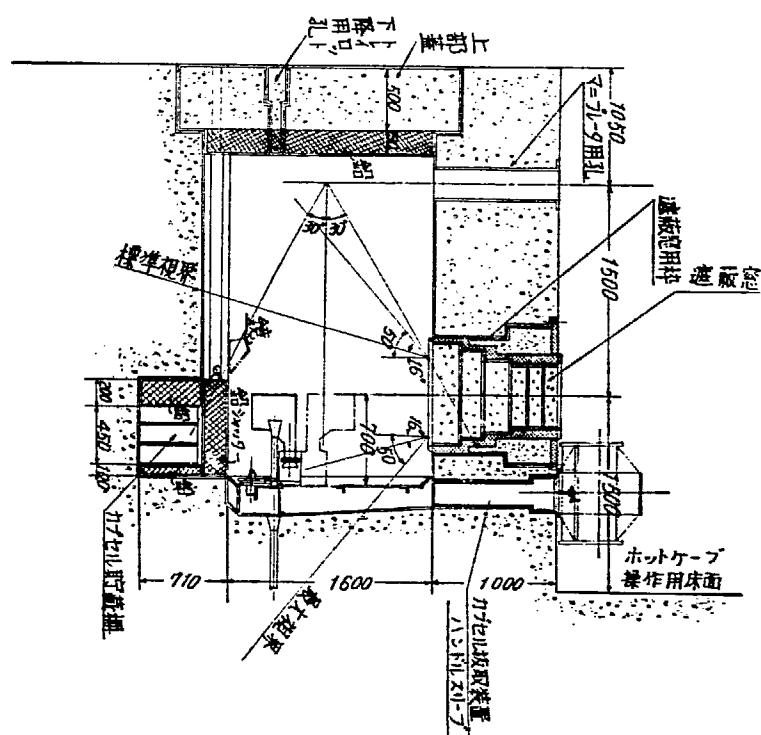
水平照射設備……この装置は、照射する試料をカプセルに入れ、さらにこれをアルミボールの中に納めた



第7図 炉室地階冷却機器室



第8図 ホットケープ平断面図



第9図 ホットケーブ立断面図

ものを水平照射孔の中にころがし込んで放射性同位元素を生産するものである。内側にスパイラルの切ってある内筒の中にアルミボールを入れ、内筒を回転することによってアルミボールを奥に入れたり外に出したりすることができるようになっている。炉の運転中にもボールを出し入れできるので、比較的短時間照射でよい、半減期の短い放射性同位元素をつくるのに用いる。

アイソトープトレイン……この装置は、炉心タンクの下を通っているアイソトープトレイン孔に挿入して、大量または大型のものを照射するためのもので、黒鉛の台車を連結したものをチェーンで押し込んだり引き出したりする。いずれも炉室1階の床のみぞの中に設けられ、2本の孔に両側から1台ずつ4台挿入することができる。

(2) 炉外放射性同位元素取扱設備

R I キャスク……垂直照射孔に挿入したトレイロッドで放射性同位元素をつくった場合、照射後相当の放射能を帯びるのでこの取り扱いには注意を要する。そこで炉の中からトレイロッドを取りだす場合にはR I キャスクを用いる。この装置は、炉上面に敷設されたレールを走行し、トレイロッドを炉からホットケーブルに運搬する。そのほかにも、制御棒や実験孔の内管など、放射能を帯びた長い垂直の部品を炉から取りだすときにも使用する。

ホットケーブル……ホットケーブルは放射化された物質を安全に取り扱うためのもので、鋼板および型鋼溶接構造で重コンクリート中に埋込まれた幅1.6m、奥行1.6mのものである。本ケーブルは最強線源としてコバルト-60換算1万キューリーを想定し、十分な遮蔽を施してあり、設備として下記のものが設置されている。

遮蔽用鉛ガラス（乾式国産）

マニプレータ（M-8型国産）

カプセル抜取装置：トレイロッドよりカプセルのとりはずしおよびカプセルのトレイロッドへの取り付けをおこなう装置で、ケーブル前面で操作する。

カプセル貯蔵棚：カプセルの一時的な貯蔵のおこなえるもので、前面には鉛シャッターを設け、カプセルを貯蔵している場合でもケーブル内に立入ることができるようになっている。

気送管取出口：気送管によって放射化されたカプセルの取り出し口で、マニプレータによってカプセルを取り出す構造になっている。

ドロアー通路：移送容器へのカプセルの移しかえをおこなうために、移送容器のドロアーを挿入取り

出しする通路を設けている。

実験設備：各種実験をおこなえるように、電源、給排水などの設備があり、スリーブが埋込まれている。

照明：(水銀灯とソジュウムランプ各2灯兼用)

給排気設備：ホットケーブルのみの給排気設備をもっている。

1.2.4 計測制御系設備 JRR-3の計測制御設備としては、中性子計測制御設備と水ガス系計測設備がある。中性子計測制御設備とは、原子炉内の中性子出力を測定して、炉を安全に制御運転するためのものであり、水ガス系計測設備とは、減速用および冷却用重水やそのほか、各系統冷却用の軽水、ヘリウム、炭酸ガス系の温度、圧力、流量および液面を測って水ガスの循環を正常にするためのものである。

そのほか、炉の運転にともなって出る放射線のレベルをつねに監視して、放射能の危険を避け、安全運転のできるように、放射線モニターが炉室の内外各所に備えられている。また、天然ウラン燃料棒のアルミ被覆に破損が起った場合、重水中に混入する核分裂生成物によってその破損燃料棒を検知して放射性物質の拡散を防ぎうる破損燃料検出装置（後述）もくふうされている。

(1) 中性子計測設備 これはペリオド系、低出力系、出力系、安全系、中性子熱電対系およびガルバノメーター系からなり、中性子出力を計測してこの出力により自動制御運転がおこなわれる。

(2) 水ガス系計測設備 各種計測器が総数約100箇あり、水ガス系の温度、圧力、流量、液面などを計測している。このうち、炉の運転にとくに重要な影響をもつものはスクラム母線につながれている。これら各種の計測信号は、すべて制御室におかれた計装盤に集中表示され、制御室からの遠隔操作指令により運転されることになっている。

(3) 放射線モニター 放射線モニターは次の4種類に大別される。

- 1) 保健物理用放射線モニター
- 2) 運転用放射線モニター
- 3) 非常用放射線モニタリング
- 4) その他のモニタリング

1) 保健物理用放射線モニター

保健物理用放射線モニターの種類および検出端は第4表のとおりである。

2) 運転用放射線モニター

運転用放射線モニターの種類および検出端は第5表

第4表 保健物理放射線モニター

分類	モニター名称	線種測定範囲	数量	検出端	検出器				制御室		
					r 線対数 電離箱		BF ₃ 管	シンチレン	GM管	ユーニットスン	
					強	弱	N _f	N _{th}		対数率計	
エリヤモニタ	炉室エリアモニター	r 10 ⁻² ~10 ¹ r/hr	1	炉室壁取付 #2	1				1		
		r 10 ⁻⁵ ~10 ⁻² "	4	" #1~#4		4			4		4
		n _f 10 ⁰ ~10 ³ n/cm ² s	4	" "			4			4	4
		n _{th} 10 ² ~10 ⁵ "	4	" "				4		4	4
冷却機器室エリアモニタ	制御室エリアモニター	r 10 ⁻⁵ ~10 ⁻² r/hr	1	制御室壁取付		1				1	1
		n _f 10 ⁰ ~10 ³ n/cm ² s	1	"			1			1	1
		n _{th} 10 ² ~10 ⁵ "	1	"				1		1	1
ループテスト室エリアモニタ	冷却機器室エリアモニタ	r 10 ⁻⁵ ~10 ⁻² r/hr	1	常用出入口横壁		1				1	1
		r 10 ⁻² ~10 ¹ "	1	レジン塔 2基の中間	1					1	1
		r 10 ⁻² ~10 ¹ "	1	重水機械向側壁	1		1			1	1
		n _f 10 ⁰ ~10 ³ n/cm ² s	1	"				1		1	1
ループテスト室エリアモニタ	冷却機器室エリアモニタ	n _{th} 10 ² ~10 ⁵ "	1	"				1		1	1
		r 10 ⁻⁵ ~10 ⁻² r/hr	1	周囲壁取付		1				1	1
		n _f 10 ⁰ ~10 ³ n/cm ² s	1	周囲壁取付			1			1	1
		n _{th} 10 ² ~10 ⁵ "	1	"				1		1	1
破損燃料検出装置室エリヤモニタ	付属機器室エリアモニタ	r 10 ⁻⁵ ~10 ⁻² r/hr	1	階段下壁取付		1				1	1
		r 10 ⁻⁵ ~10 ⁻² r/hr	1	地下電盤前柱取付		1				1	1
		r 10 ⁻² ~10 ¹ r/hr	1	壁取付	1					1	1
使用済燃料室エリアモニタ	使用済燃料室エリアモニタ	r 10 ⁻⁵ ~10 ⁻² "	1	"		1				1	1
		r 10 ⁻² ~10 ¹ r/hr	1							1	1
水モニタ	重水冷却器 2次冷却水モニター	$\beta + r 10^{-7} \sim 10^{-3} \mu\text{C}/\text{cc}$	1	水サンプラー					1		1
	CO ₂ および軽水冷却器 2次冷却水モニター	$\beta + r 10^{-6} \sim 10^{-2} \mu\text{C}/\text{cc}$	1	"					1		1
	排水貯槽水モニター	r 10 ⁻⁶ ~10 ⁻² "	2	貯槽(2基)液浸					2		2
ガスマニタ	スタックガスマニタ	$r 5 \times 10^{-7} \sim 5 \times 10^{-3} \mu\text{C}/\text{cc}$	1	スタック根元煙道ガス浸					1		1
	スタックダストモニタ	$r 10^{-2} \sim 10^{-8} \mu\text{C}/\text{cc}$	1	ダストサンプラー					1		1
	照射空気モニタ	$\beta + r 10^{-6} \sim 10^{-2} \mu\text{C}/\text{cc}$	1						1		1

第5表 運転用放射線モニター

ガスマニタ	Heガス系ガスマニタ	$\beta + r 10^{-6} \sim 10^{-2} \mu\text{C}/\text{cc}$	1	ガスマニタ					1		1
	RI照射冷却系ガスマニタ	$\beta + r 10^{-6} \sim 10^{-2} \mu\text{C}/\text{cc}$	1	"					1		1
	グラファイト冷却系ガスマニタ	$\beta + r 10^{-6} \sim 10^{-2} \mu\text{C}/\text{cc}$	1	"					1		1
水モニタ	主重水回路重水モニタ	$r 10^{-5} \sim 10^{-1} \mu\text{C}/\text{cc}$	1	水サンプラー					1		1
	主重水精製回路重水モニタ	$\beta + r 10^{-8} \sim 10^{-4} \mu\text{C}/\text{cc}$	1	"					1		1
	熱遮蔽冷却水モニタ	$\beta + r 10^{-6} \sim 10^{-2} \mu\text{C}/\text{cc}$	1	"					1		1
	使用済み燃料室貯蔵水槽水モニタ	r (未定)	1	レジン塔(2基) レジン浸					2		切替 1

のとおりである。

3) 非常用モニタリング

炉室が汚染して近付けない場合に、炉室内の汚染の程度を外部より測定、監視するためにエリアモニタリ

ング、エアーモニタリングおよび水モニタリングの設備を付属室地階機械室におく。

a) エリアモニタリング

エリアモニター指示計を1箇設置し、制御室モニタ

一盤の炉室γ線モニターの増幅器出力を並列に取り出す。

b) エアーモニタリング

炉室入口より 2 本、冷却機器室および排気筒から各 1 本を 25 mm パイプで付属室地階機械室まで配管し、バルブで切換えてダストサンプラーに接続し、ダスト付着の沪紙を研究室に持参して検出器で測定する。

c) 水モニタリング

冷却機器室排水溝および破損燃料検出装置室隅の排水溝より各 1 本 13 mm パイプを付属室地階機械室まで配管し、真空ポンプを用いた水サンプリング装置によって試料水を採取し、この試料水は研究室に持参して検出器で測定する。

4) そのほかのモニタリング

a) サンプリングエアーモニタリング

炉室人員出入口横に下記の各所より 25 mm パイプで空気をサンプリングして引き、そこに可搬性のダストガスモニターおよびトリチウムモニターを搬入接続して測定する。

(1) 炉室天井

(2) 制御室

(3) 炉室 1 階壁 3 箇所

(4) 炉上面

(5) 炉上部空間

(6) 冷却機器室

(7) ループテスト室

(8) 破損燃料検出装置室

(9) 照射空気主配管

(10) 使用済み燃料

(11) RI ケーブル主ダクト

b) 個人監視用モニター

個人監視用モニターとして次のものが用意されている。

(1) 手足モニター

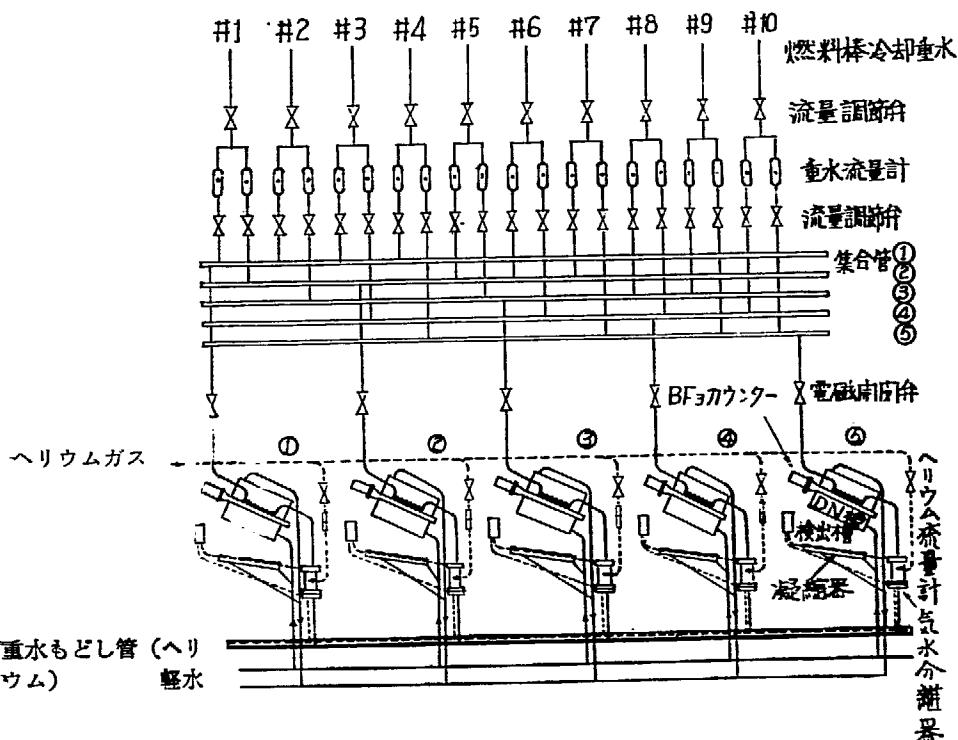
(2) サーベイメモニター

(3) ポケットチェンバー

(4) フィルムバッジ

1.2.5 破損燃料検出装置 (FFD) 第 10 図は 10 本の燃料棒の場合を例にとって破損燃料の検出方法を示している。各燃料棒の冷却重水 #1～#10 が破損燃料検出装置室に導かれ、それぞれ 2 分岐して集合管①～⑤に適当に集められる。かりに #1 の燃料棒のアルミ被覆が破れていたとすれば、燃料棒中の核分裂生成物が #1 の冷却重水中に混入する。この放射能でよぎれた試料重水は 2 分岐して集合管①と②に混じることになる。

各集合管には核分裂生成物からの遅発中性子を検出するための DN 槽と核分裂生成ガス（主としてクセノン）のベータ放射能を検出するしくみからなる検出系が備えられている。核分裂生成ガスを検出するために



第 10 図 破損燃料検出装置系統図

は、気水分離器内で試料重水にヘリウムガスを吹きつけて重水中に混ざっている核分裂生成ガスを重水から追いだし、検出槽に導き、GM カウンターにより放射能を測る。

このようにして検出系①と②に放射能が検出された場合は、燃料棒 #1 に破損が生じていることを示し、同様にして②と③に検出されれば #5 の燃料棒の異状が指示されることになる。

検出用いた試料重水およびヘリウムガスは共通の重水排水管に集められ、主重水回路にもどされるので、系外に有害な放射能を放出することはない。

以上の説明では 10 本の燃料棒を例にとったので 5 つの検出系が必要であったわけであるが、JRR-3 ではこのような検出系が 246 本の燃料棒に適用されるので、検出系は 23 系統となっている。

1.3 建物の概要

1.3.1 建築 規模および構造 第 6 表のとおりである。

1.3.2 電気設備 この建物の電気設備としては次のものがある。

(イ) 電源設備

(1) 常用電源設備

(2) 非常用電源設備

(i) 非常用電源装置 (ディーゼル機関発電機
100 kVA)

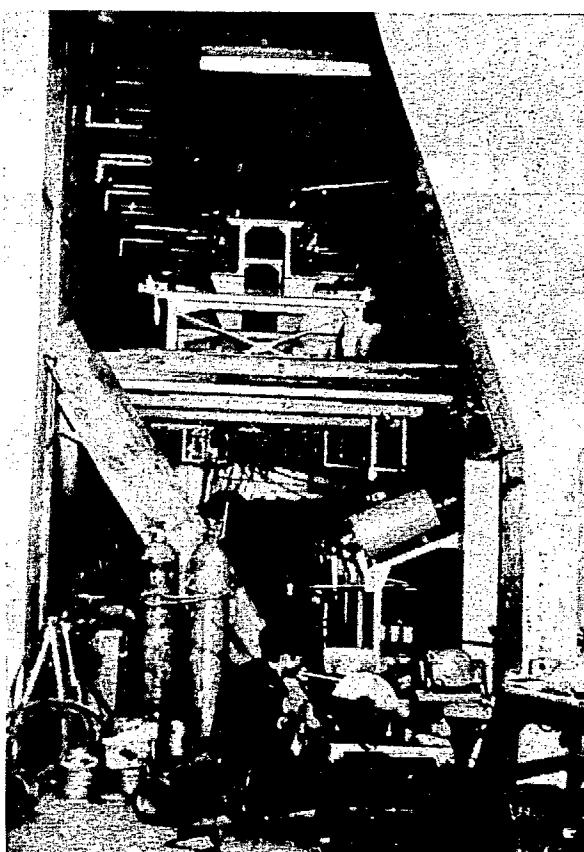
(ii) 無停電電源装置 (蓄電池 1000 Ah を含む電動発電機)

(3) 直流電源設備

(i) 電動発電機 55 kW (無停電電源装置に含まれる)

(ii) 蓄電池 1000 Ah (無停電電源装置に含まれる)

(ロ) 配線方法 主として蔭蔽配管とし、ビニール電線を使用している。



第 11 図 炉室地階破損燃料検出装置室

(ハ) 電灯設備

(1) 一般照明 主として高出力型蛍光灯および蛍光灯を使用している。

(2) 特殊照明

(i) 炉室 白熱灯および水銀蛍光灯を使用している。

(ii) 使用済み燃料室 水銀蛍光灯および高出力型蛍光灯を使用している。

(ニ) 実験用電源設備 直流 100 V, 交流 1φ 100 V, 3φ 200 V の電源を設けている。

(ホ) 弱電設備

(1) インターホン

(2) 一斉指令用インターホン

第 6 表 規模および構造

	地階	1階	(中) 2階	計(m ²)	構	造
炉室	824	834	97	1,755	軸体鉄筋コンクリート造、屋根鉄骨ドーム、鉄板張	
使用済み燃料室	84	285	—	369	"	上部軸体および屋根、鉄骨鉄筋コンクリート造
付属研究室	548	881	—	1,429	"	
放射性廃液貯槽、排風機室	—	140	—	140	鉄骨造	スレート葺
計	1,456	2,140	97	3,693		
排気筒	下部内径 3.95m 上部内径 3.50m 高さ地上 40m				鉄筋コンクリート造、基礎コンクリート杭打	

(3) 電話

(へ) その他電気設備

(1) 出力表示装置

(2) 各種表示灯

(i) 運転表示灯

(ii) 特殊作業許可表示灯

1.3.3 給排水衛生設備 この建物の給排水衛生設備は次のとおりである。

(1) 衛生器具設備

(2) 給水設備 (上水, 沔過水, 雜水)

(3) 排水設備 (放射性廃液, 汚水, 一般排水および通気設備)

(4) 給湯設備

(5) ガス設備

(6) 圧縮空気設備

(7) 真空設備

(8) 純水製造および精製設備

1.3.4 空気調整設備 この建物の空気調整設備は、付属室地階機械室に設置された空気調整機器により第7表記載の条件となるよう設備されている。

2 建物

2.1 建物の計画

本建物の中心部は JRR-2 の南約 200 m の所に位置し第 12, 13 図に示すように、正面道路（本施設西側道路）寄りに良質地盤があり、背面道路に行くに従って悪くなっているので、他の施設の配置にかかわらず本施設はできるだけ正面道路に近づけた。JRR-3 と JRR-2 との間の空地には将来 RI 製造工場の諸施設を設置する計画があるので、それらとの関連を考慮して本施設の配置は計画された。

正面道路に面して付属室を設け、そのすぐ東側に炉室を、炉室の南側には使用済み燃料室を配し（ここには炉室への車の出入り口がある）また、炉室の東側には放射性廃液貯槽、排風機室があり、排水は本施設の東約 70m の所にある第 2 排水路へ、排気は本建物の北西約 15m の所に設ける高さ 40m の排気筒により処理できるよう配置してある。なお、この放射性廃液貯槽室の東側には熱交換器の水を冷却するための冷却塔が設けられている。

建物の平面計画については昭和 32 年 4 月に「国産

第 7 表 外気および室内条件

季節 温湿度 系統	夏季		冬季	
	乾球温度	湿度	乾球温度	湿度
外 気	35°C (95°F)	26.7°C (80°F)	-1.1°C (30°F)	-4.4°C (24°F)
炉室および制御室	26.7°C (80°F)	50~60%	21.1°C (70°F)	40~45%
研究室および事務室	"	"	"	"
研究準備室および更衣室	換 気	換 気	"	"
使用済み燃料室	"	"	換 気	換 気

1.4 特殊設備の概要

特殊設備として次のようなものがある。

- (1) 気密扉
- (2) 各種起重機
- (3) 遮蔽用重量コンクリート
- (4) 冷却塔

1.5 工期

JRR-3 建設工事の工期は第 8 表のとおりである。

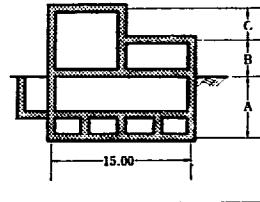
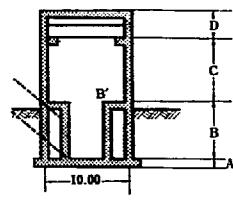
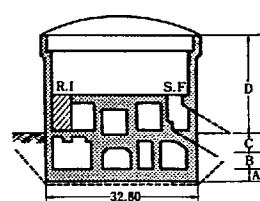
物

1号炉設計仕様」が完成し、JRR-3 建物についての具体案がいろいろ検討され、第 14 図のような成案を得た。（本案により予算作成）

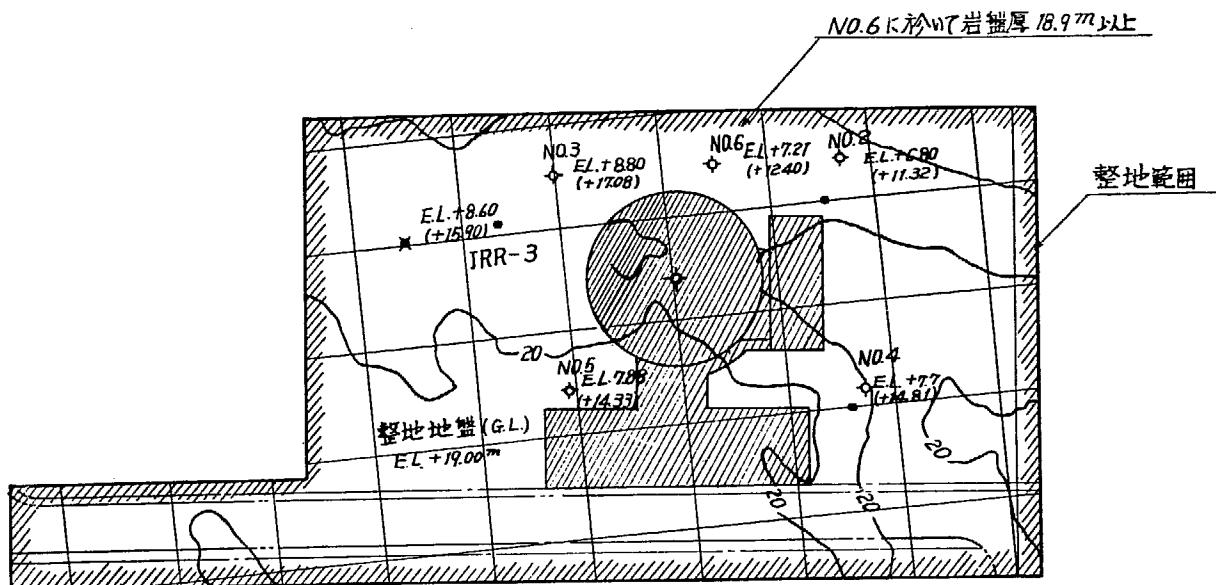
その後の検討の結果、特に炉室の形状に関しては、中央に炉本体を置き、それをはさんで対称的な位置に放射性同位元素取扱装置および使用済み燃料投入口の両ブロックを設け、その他をすべて実験用のスペースに供するという平面構成の上から、角型の炉室より丸型の方が優れていることがわかり、円型の炉室が採用された。また、事故時に関する hazard については、当所関係者と慎重審議の結果、本炉の場合その特性から安全性に対する信頼度も非常に高く、重大な事故はほとんど起らないが、たまたま不幸な条件が重って事故が起きたとしてもその被害は微小であると想像される。（JRR-3 の概要とその安全対策参照）。したがって、炉室外に漏洩する放射能はほとんどないことが明らかになった。しかし、たとえ許容量以下でも、汚染空気の漏洩、その他の理由からできるだけ気密程度を良くする考慮が払われ、炉室への出入り口もできるだけ少なくし、気密扉を設けることとした。実施設計の

第8表 建築施設工程表

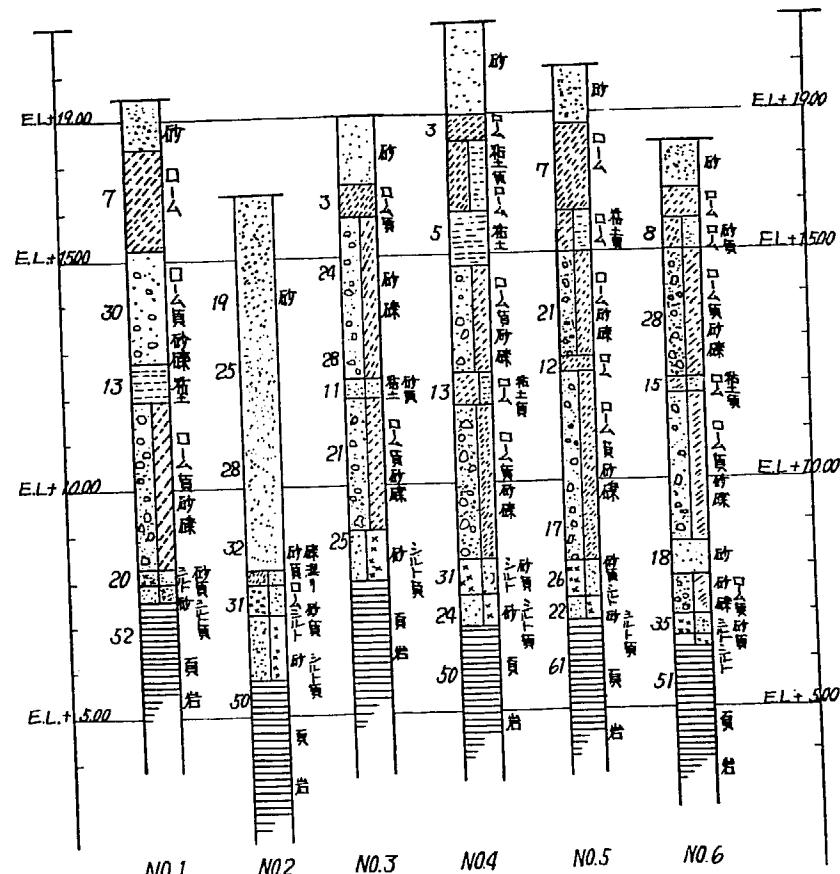
		33年度												34年度												35年度													
		12月 17日	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月										
土工事	根付													埋戻																									
コンクリート工事						ステ	A	B	C	D																													
鉄骨工事														ドーナツ																									
仕上工事						防水			耐モルタル	7				B.F.セメント																									
内装工事	契約日													カーペンキ																									
金属工事														ガイナシタ																									
重コンクリート工事																																							
土工事	根付																																						
コンクリート工事					A	B				B'		C	D																										
鉄骨工事																																							
仕上工事														左官																									
内装工事															天井モルタル																								
金属工事																ペンキ																							
煙突及排風機室																																							
空気調整設備工事																																							
給排水衛生設備工事																																							
給水精製装置工事																																							
クーリングタワー設備工事																																							
電気設備工事	契約日																																						
炉本体工事																																							
燃料取扱設備																																							
R.I.製造設備																																							
水ガス系設備																																							
計測制御設備																																							



組立完了……36.5.20
基界……36.10



第12圖 敷地地勢圖



(柱状図左側数字は標準貫入試験による打撃回数)

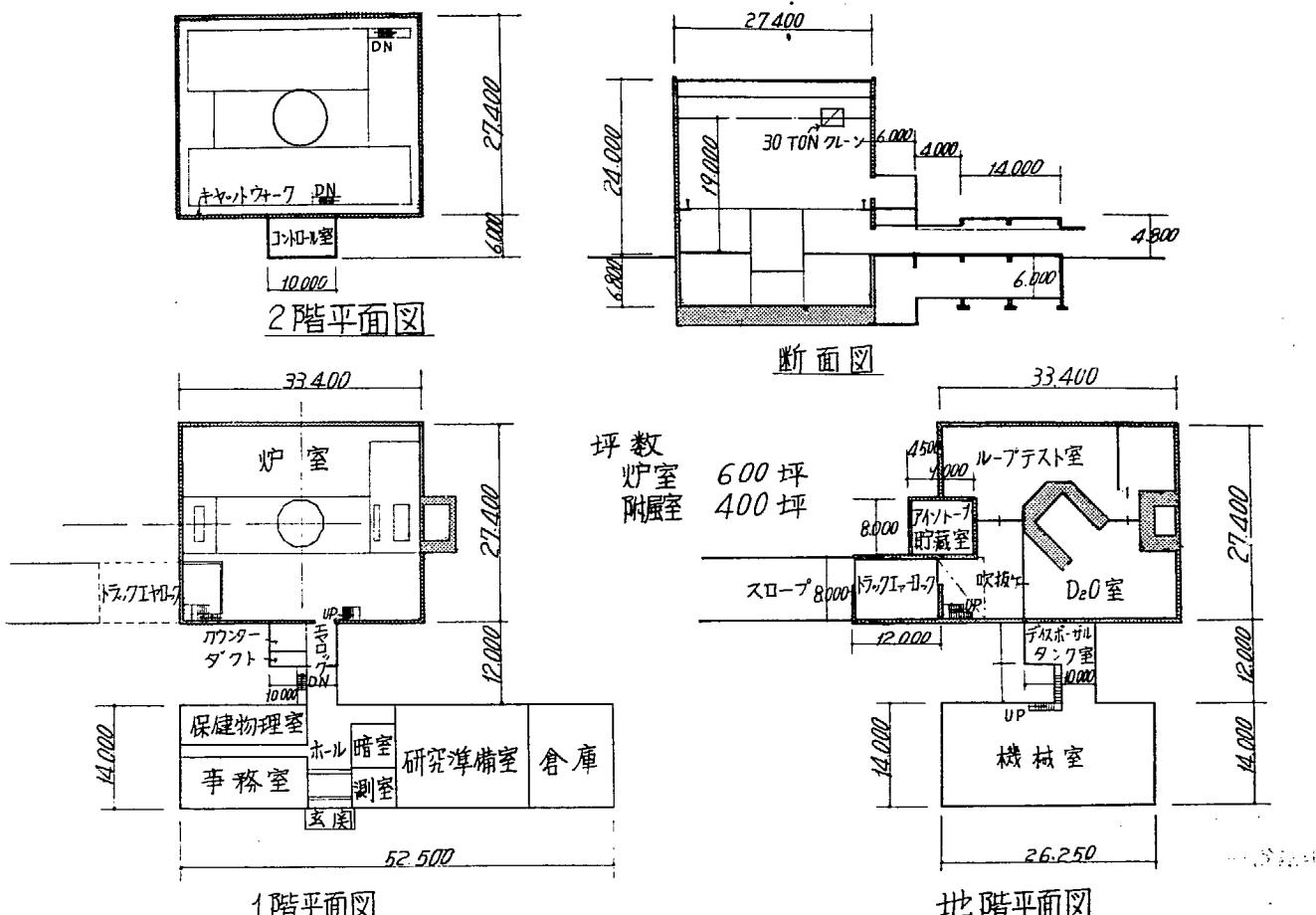
第13図 土質柱状図

平面計画に盛られたおもなものを列記すると次のとくである。

- (1) 放射線管理区域とその他の区域を完全に分けること、および炉室と付属研究室は別棟にすること。

(2) 炉室は気密方式とし、放射性の事故が起きた場合、外気と遮断するので圧力上昇を考慮し、これに耐える構造とする。また、炉室への出入り口は最小限にする。

(3) 炉室と研究室、事務室、倉庫その他の部屋は



第 14 図 建 物 原 案

相互に連絡が密なるよう配置する。

(4) 制御室は炉室入口より、なるべく近くに設ける。

(5) 炉室は中央に炉本体を置き、南側に使用済み燃料投入用シート、反対側に放射性同位元素のための諸設備を設ける。これらはその上に敷設されたレールによってつながれ、それぞれ取扱用キャスクが走行する。

(6) 同レール下面に当る炉の壁面は主として、放射性同位元素製造のためのトレイン、水平照射設備、ニューマチックチューブなどが設けられ、その他の大部分の壁面はサーマルコラム、水平実験孔を用いておこなう各種の実験用のスペースに供される。

(7) 炉室地下には重水冷却機器など水ガス系の諸設備、破損燃料検出装置、換気設備、ループテスト室などを配置する。

(8) 放射性同位元素の運搬は台車などでおこない、気密性のハッチから搬出し、隣接して建設される RI 製造工場へ移送する。

(9) 炉室 トラック出入り用気密室は設けない。大

物の出し入れは原則として炉の停止時におこなうものとする。

(10) 炉室起重機の容量は 30 ton とし、床面よりクレーンレール上面までは 19m とする。この高さは炉本体、特に炉心タンクの据付に必要な高さにより決められた。

(11) 個々の研究室は設けず、全部共同で使用できる型式とする。

(12) 付属研究室に設ける事務室関係は上記の RI 製造工場との関連により北側に設け、研究室関係を南側に設ける。

(13) 使用済み燃料室は付属室の放射線管理区域とつながり、作業員はそこから出入し、保健物理の管理を受ける。

(14) 排気筒の高さは 40m とする。

(15) JRR-3 の運転要員の想定は次のようにする。

事務関係	3~5 名
運転 (保守保健物理要員共)	24~28名 (4 シフト)
放射性同位元素利用関係	7~8 名
その他	2 名

第9表 建物仕上表

	内 部			外 部	
	床	壁	天井		
炉室	耐酸プラスティックタイル張りの上、合成樹脂塗料	コンクリート打放しの上 ビニール塗料 (RIR #3) [マンセル記号 7.5GY8/2]	吸音フレキシブルボード張りの上 ビニール塗料 (RIR #3) [マンセル記号 10YR 8/2]	地上 地階	コンクリート打放し アスファルト外防水 コンクリートブロック押え
使用済み燃料室	モルタル塗ハードナー仕上 ビニール塗料 (ラバラック #3,000) [マンセル記号 8YR 6/4]	モルタルプラスター塗りの上 ビニール塗料 (ラバラック #3,000) [マンセル記号 7.5GY8/2]	モルタルプラスター塗りの上 ビニール塗料 (ラバラック #3,000) [マンセル記号 10YR 9/2]	地上 地階	コンクリート打放し セメント防水
付属研究室	プラスティックタイル張り	モルタルプラスター塗りの上 ビニール塗料 (ビニポン) [マンセル記号 7.5GY8/2]	吸音フレキシブルボード張りの上 ビニール塗料 (ビニポン) [マンセル記号 2.5G 9/2]	地上 地下	柱、梁コンクリート打放し、壁レンガタイル張り セメント防水
廃液貯槽室	モルタル塗り	スレート	—		スレート

計

36~43名

2.2 建築

JRR-3 建物全般についての配置は、すでに“建物の計画”の項で記述したとおりであるが、本建物は放射線管理区域と非管理区域とに分けられ、放射線管理区域には炉室、使用済み燃料室、放射性廃液貯槽および排風機室（以下単に廃液貯槽室と略称する）および付属研究室があり、非管理区域には付属事務室、および同地下室がある。

これら建物の仕上概要は第9表のとおりである。

2.2.1 詳細設計

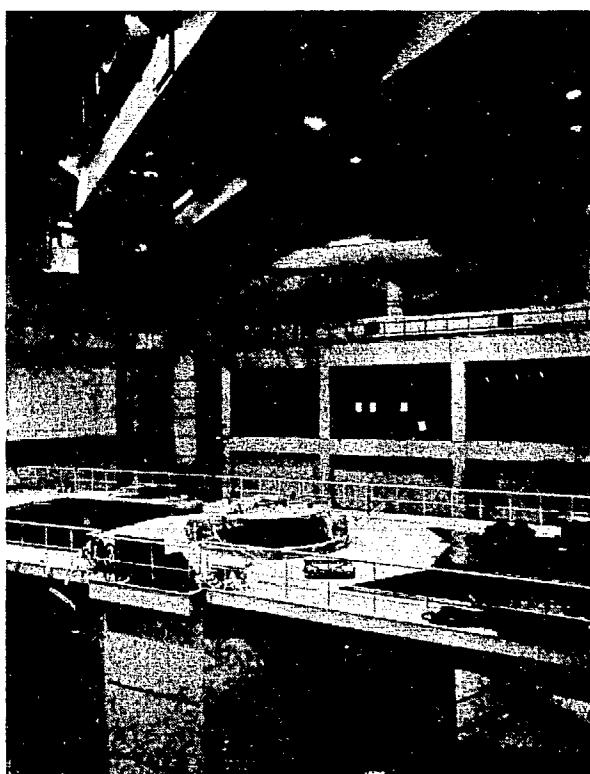
(1) 炉室 炉室は直径 32.00m (内法) の円型地上 1 階、地下 1 階の建物で、制御室が中 2 階として炉室内に突出している。

建物基礎盤は厚さ 2.3m 直径 32.8m、地下外壁は厚さ 70 cm (一部 90 cm)、階高 7.6 m、地上部外壁は GL より起重機受梁まで 40 cm、起重機受梁より上は 30 cm、床面よりの高さ 21.75 m の鉄筋コンクリート造で、地下部は特に基礎盤、地下壁とも外側にアスファルト防水層を施してある。屋根はダイヤモンドトラスによりドームを形成しており、その外側は厚さ 4.5 mm の鋼板張となっていて、炉室全体として気密の保持に留意している。

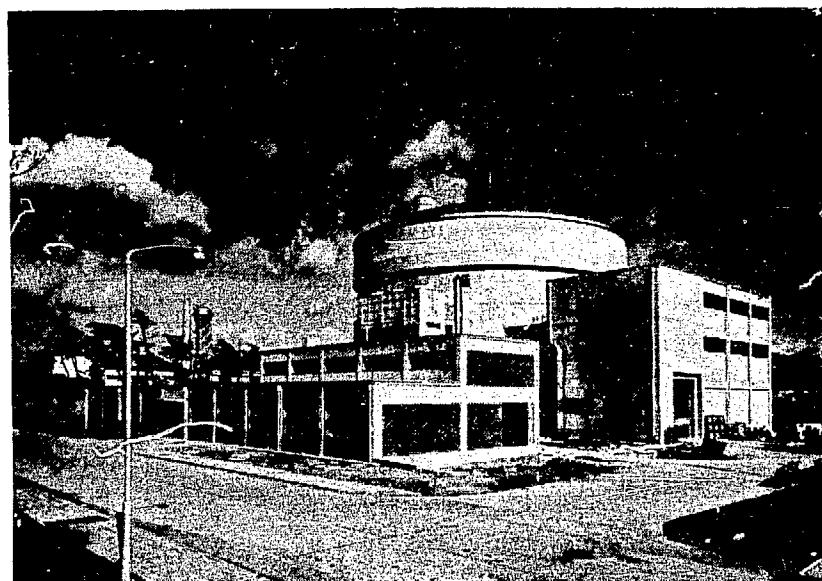
炉室 1 階： 炉室 1 階中央部に炉本体を置き、それをはさんで北側には製造した放射性同位元素を取扱う設備があり、南側には使用済みの燃料を使用済み燃料室の貯蔵水槽へ送り込むためのショットがある。これらはその上に敷設されたレールによってつながれ、放

射性同位元素および使用済み燃料取扱い用の両キャスクが走行する。また、使用済み燃料投入ロール下壁面には炉壁に面して新燃料架台が設けられている。炉室 1 階の大部分は吹抜けとなっており、天井には、主巻 30 ton、補巻 5 ton の旋回起重機が設けられており、1 階床面より起重機レールまでの高さは 18m で天井面までの高さは 21.2m である。

炉室への出入口は全部で 5箇所あり、それぞれ特別の用途に供せられている。すなわち



第 15 図 炉室内制御室および天井旋回起重機



第16図 建物全景

- Ⓐ 大型の機器の搬出入口
- Ⓑ 人の出入り口
- Ⓒ 放射性同位元素の搬出出口
- Ⓓ 非常口（地下1箇所，制御室1箇所）

がある。これらはすべて、気密扉としていて、使用頻度の少ないⒶとⒹは一重とし、頻度の多いⒷとⒸは二重扉とし、それぞれインターロックされている。（後述）

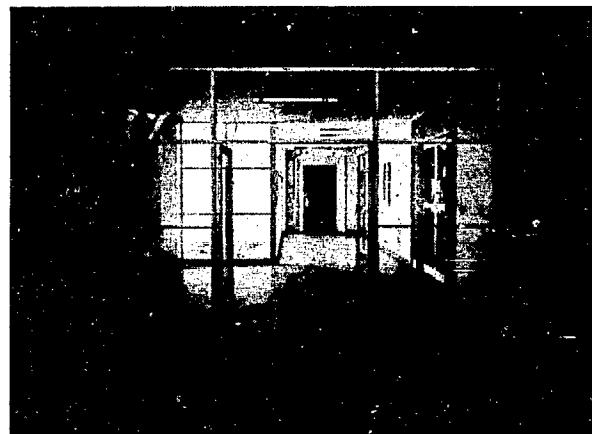
炉室の壁と天井面はともに合成樹脂ペイント塗仕上になっており、特に壁には壁面洗浄装置（スプリンクラー）を設けて、必要な時は汚染除去を容易におこなうことができる。炉室床面にはモルタル塗合成樹脂ペイントの上耐酸性のプラスティクタイルを張り、さらにその上に合成樹脂を塗布して汚染除去を容易にするように考慮されている。

炉室中2階： 炉室中2階には制御室 (97 m^2) が設けられており、1階床面と鉄製階段によって連絡する。制御室床面下部は配線配管室で、制御室への配線、配管が整然とおこないうるようになっている。また、制御室床面と同じ高さで炉室外壁にそって廻廊が設けられている。

炉室地階： 炉室地階は、ループテスト室、付属機器室、冷却機器室、破損燃料検出装置室の4室に大別され、それぞれ厚さ $2.4\sim1\text{m}$ の普通コンクリート遮蔽壁によって区分されている。ループテスト室、破損燃料検出装置室は、鉄製階段により1階と連絡しており、冷却機器室、付属機器室へはこれらの室を通じて連絡する。また、大型な機器の搬出入に対しては1階床面に設けられたハッチによりおこなわれる。

(2) 付属室 付属室は正面道路より 6.0m の位

置に道路にそって南北方向に長く、一部炉室に接し主棟は $50\text{m} \times 15\text{m}$ (柱間) の平家建、一部地下1階の鉄筋コンクリート造である。この建物の中央部に正面玄関がある。この玄関につらなる廊下により2分され、玄関から南の部分が地下1階地上1階となっている。



第17図 正面玄関ロビー



第18図 研究準備室

て、1階に研究室、研究準備室などがある。地階には本施設に必要な電源設備、給排水設備および空気調整設備などが設けられている。また、玄関から北の部分は平家建で事務室、便所、汚染検査室が設けられている。

玄関も含めて、事務室、便所および地階機械室が非管理区域を形成し、その他が全部放射線管理区域となっていて、後者への出入口は保健物理の放射線管理を受けるに便利なようになっている。そのため、玄関ホールの内側の扉は通常は施錠をなし、炉室その他の室への出入は、汚染検査室を通じ(特殊作業衣に着換え)てするよう配慮されている。なお、研究準備室はほかの部分より軒高になっており、1階床面から5.0mの所に5tonダブルレールホイストの天井走行起重機が設けられており研究準備のための重量物運搬などに使用される。

(3) 使用済み燃料室 付属室と直角に炉室の南側に接して設けられた、10.0m×24.0m(柱真間)、軒高地盤面から14.3mの平家建一部地下1階の鉄筋コンクリート造の建物である。室内の大部分は使用済み燃料の貯蔵水槽が占めており西側にトラック通路を設けてある。貯蔵水槽上端は1階床面から1m高くなっている。トラック通路は、冷却後の燃料の運び出しと、炉室トラック入り用気密扉を通じて炉室への通路も兼ねている。また、この通路下には地下室があり、貯蔵水槽に使用する水の純水精製装置が設けられている。

使用済み燃料は燃料取替用キャスクにより炉室内投入口から貯蔵水槽内にシートを通じて送り込まれ、約100日間放置される。この水槽は幅5.5m×長11m×深7mの大きさで、水圧および遮蔽に十分な鉄筋コンクリート壁内面に厚さ4.5mmの鉄板張をしている。この貯水は相当の放射能をおびるおそれがあるので漏水には特に留意し、鉄板継手の溶接部全長にわたり、ソープテストをおこない、防水の万全を期している。さらに、鉄板面には完全なライニング(後述)を施して、防錆、防水の完璧を期し、あわせて放射性汚染の除去を容易におこないうようにしてある。

なお、貯蔵水は燃料のアルミ被覆を保護するため電気導度 $10^{-6}\mu\text{cm}$ 以上の純水を使用し、イオン交換樹脂による純水精製装置に通されてその純度を保つようになっている。また、貯蔵水槽上端にそって使用済み燃料取扱装置が走行し、15tonの天井走行起重機とともに、冷却後の燃料を輸送容器に納め、燃料再処理工場への搬出に供される。

また、この建物は廻廊により付属室の汚染検査室に連絡しており、作業員はここから出入して保健物理の放射線管理を受ける。

(4) 放射性廃液貯槽室 炉室東側に接して設けられた7.0m×20.0mの鉄骨平室建で北側半分が排風機室となっている。

この建物は炉室内で生ずる放射性廃液の一時貯蔵のための貯槽(20m³容量)2基が格納できる。また、貯槽自身も取換の必要が生じた場合には容易に取り出しうるようになっている。

排風機室は、放射線管理区域内空気の排風機およびフィルターなどを格納している。これらの空気は充分渦化された上、排気筒より大気中に放出される。

2.2.2 構造設計

一般の施設においても耐震について十分注意が払われているが、特に原子炉施設においては、地震により安全機構の正常な作動が阻害されたり、配管その他に亀裂が生じて冷却が不能になったりすると、大事故に至る可能性がきわめて大きい。また、地震により建物に亀裂を生ずると万一事故の生じた場合など放射能を外部に放出する事態も起るので、特に考慮が払われねばならない。

炉室地階には地震計が設置され、上下動、水平動、いずれも25gal以上の加速度が加わるとスクラムが働き炉は自動的に停止するようになっている。

炉室の構造は、建築規準法に定められた設計震度の1.5倍の0.3をもって設計されているほか、とくに原子炉支承部については水平震度0.6 垂直震度0.3が同時に働いた時に耐えるよう設計している。

しかし、炉室建物は、構造主体である鉄筋コンクリートが構造そのもので厚みが決まるよりも、むしろ遮蔽によりその厚みが決定されるので、耐震的にも相当の安全率が見込まれることになる。

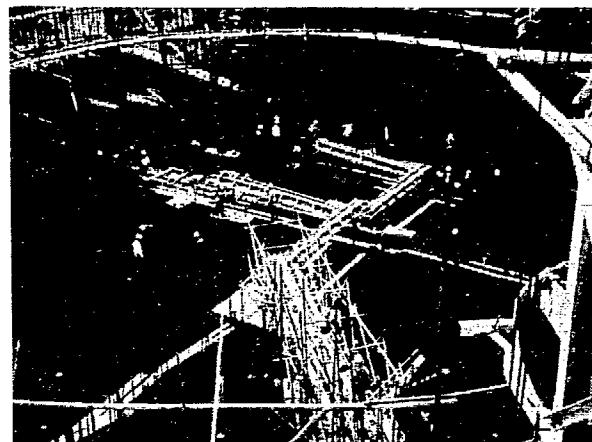
炉本体は、炉心タンク、上下両段遮蔽体が、水平震度0.6 垂直震度0.3の地震力に対しても相対的に移動しないように熱遮蔽タンクに固定されており、燃料棒の挿出入に支障を生じないようになっている。黒鉛反射体も各ブロックは内側にテーパーのついた扇形状をしており、外周は鉛充填により熱遮蔽タンクの外壁と一体となっているので、くずれる心配はない。水ガス系の配管、機器類も、震度0.6の地震力で設計されており、炉本体などとの接続部には、可撓接手などを使用して、万全を期している。

燃料取り替え用キャスクおよびR.I.用キャスクは、作用中震度0.4の地震力が加わっても、レールクラ

ンプにより移動しないようになっている。転倒に対しても 1.0 g の水平加速度が加わっても安全なよう設計されている。

JRR-3 建物は、炉室、使用済み燃料室、付属室、廃液貯槽室の 4 ブロックよりなり、廃液貯槽室を除いては、主体は一部に鉄骨を使用しているが、鉄筋コンクリート構造である。各ブロックは重量、支持地盤が異なり、構造もそれぞれかなり異なるので、地震時震動、不同沈下などを考慮して各ブロック別にエキスパンション、ジョイントを設けた。

(1) 設計条件



第 19 図 炉室基礎配筋状況

	炉室		使用済み燃料室		付属室	
起重機	旋回式 容量 30ton/5ton 最大車輪圧 39.5ton クレーンスパン 32.0m		天井走行 容量 15ton/3ton 最大車輪圧 11.6ton クレーンスパン 9.250m		研究準備室 天井走行容量 5 ton 最大車輪圧 4.1ton クレーンスパン 6.900m	
積載荷重		積載荷重		積載荷重	床版、梁、屋根版	ラーメン、基礎
	1階床版設計用 "床梁" 基礎設計用 1階床 "地階床"	(炉壁面より 4 m 以内 15ton/m ²) 10ton/m ² (" 7.5) 5 (地震時を含む) 3.5ton/m ² (") 2.0	1階床版設計用 "床梁" 基礎設計用 1階床 "地階床"	10ton/m ² 5 (地震時を含む) 3.5 (") 2.0 屋根版梁設計用 (") 0.05	kg/m ² 50 2,000 1,000 2,000 1,000 1,000	0 0 0 1,000 500 400 400 200 200 400 200 200 400 200 0 200 100 100
震度	鉄筋コンクリート建物部分 およびドーム 炉本体および同支承部	K=0.3 K=0.60 垂直 K=0.30		K=0.2	地上部分 地下部分	0.20 0.18
風圧、雪	ドーム風力係数 雪、短期荷重として 30 cm S=60 kg/m ² (地震時は 0 とみなす) 内外気圧差による屋根面圧力 長期 25 kg/m ² (0.1 psi / 3)	q = 300 kg/m ²	雪 短期荷重として 30 cm S=60 kg/m ² (地震時は 0 とみなす)		雪 短期荷重として 30 cm S=60 kg/m ² (地震時は 0 とみなす)	
地耐力度	頁岩 長期 100 ton/m ²	砂砾層 長期 30 ton/m ²			ローム層(平家部分) 長期 12 ton/m ² 砂砾層(地階 ") " 30 ton/m ²	

- 1) 炉室積載荷重は、炉壁面より、4 m 以内はキャスク、遮蔽ブロックなど、特に重量物を積載するので 15 ton/m^2 を見込み、その他はトラックの荷重、建設中の重量物の積載を考慮して 10 ton/m^2 とした。
- 2) 使用済み燃料室、1階床は、燃料の運搬の際のトラックの荷重を参考にし、炉室へのトラックの出入りをも考慮して 10 ton/m^2 とした。
- 3) 炉室内外気圧差による屋根面圧力の決定に当っては炉室空気調整のダンパーが 0.1 psi に調整してあり、内外圧差は 0.1 psi 以上は上昇しないので、長期荷重としてその 1/3 を採用することにした。
- 4) 炉本体その他炉室 1階床面の主な荷重

原子炉本体

炉本体	1289.0
各遮蔽体	66.3
炉心タンク、重水、燃料棒	43.3

鉛ブロック	104.8	計 1,660 ton
黒鉛	80.0	
底板、底部コンクリート	123.0	
その他の カプセル抜取装置およびプラグ置場 使用済み燃料投入口およびプラグ置場	52.5	
		840 ton
		700 ton

(2) 各部設計

(i) 炉室

炉室の総重量は約 20,700 ton で G.L. より下部が 70% を占め、重心位置は基礎床面より 7.0m, G.L.-3.0m にあたり水平力に対して安定している。

重量	比率	
G.L. より上部 2,700 ton	13%	G.L. より
炉関係 3,200	16	上部 29%
1階床梁 4,000	19	
地下床梁 3,600	18	G.L. より
地階基礎板 6,900	33	下部 71%
計 20,400		

地盤反力は平均 24 ton/m², 基礎底面は G.L.-10.050 m で、ローム質砂砾よりシルト質にかかるが、支持地盤を頁岩層まで下げ、基礎底面と頁岩の間には無筋の捨コンクリートを打って頁岩層に荷重を伝えるようにした。頁岩の地耐力度は長期 100 ton/m² 以上あるので、炉ケーブなど荷重の集中を考えても十分である。

今建物全体について、震度 0.3 による水平力を考え地盤反力を検討してみると、

転倒モーメント

$$M = 20,400 \text{ ton} \times 0.3 \times 7.0 \text{ m} = 43,000 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

モーメントによる反力

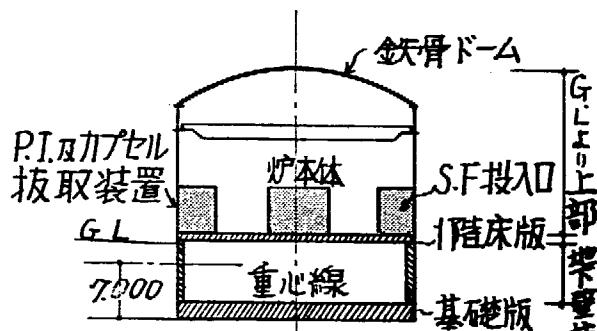
$$\sigma_e = M/Z = 43,000/3,460 = \pm 12.4 \text{ ton/m}^2$$

∴ 地盤反力

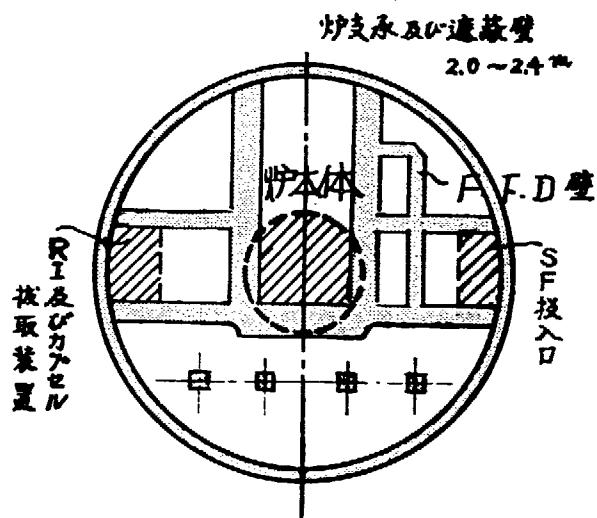
$$\sigma = 24.0 \pm 12.4 = 36.4 \text{ or } 11.6 \text{ ton/m}^2$$

基礎は上部重量物を支え、地盤反力を均一に分布させるに十分なように、また、炉室全体の安定をはかるために厚さ 2.300 m の平板式ベタ基礎とした。この板の応力は上部からの荷重条件、地下壁など支持構造の配置状況から円板とし解析するのは不適当であり、内壁剛節、周壁単純支持の板として解析した。したがって、配筋は放射状輪状ではなく、二方向直交とした。端部では剪断力応力度が支配的で、配筋はすべて付着応力により決まっている。

地下壁は円筒状外壁厚さ 0.7m~0.9m、内壁は遮蔽および炉支承部厚さ 2.0m~2.4m、ケーブ支承部厚さ 1.0m~1.2m、他に破損燃料検出装置室壁厚さ 1.0m があって炉を含めた上部水平力を負担するのに十分である。1階床面の平面的な重量分布を考えると、



第 20 図 炉室重量分布図



第 21 図 地下壁配置図

中央部に 1,660 ton の炉本体および地下にそれを支える壁があり、これと直交して両端の対称的な位置に、ほぼ等重量のカプセル抜取装置およびプラグ置場 840 ton、使用済み燃料投入口およびプラグ置場 700 ton があり、それを支える壁が炉支承用壁と井形状に緊結され、上部床板およびマット状基礎板に十分アンカーされている。そのため壁開口部などにより多少不規則なところはあるが、バランスのとれた格好になっている。

1階床板はプラグ、遮蔽ブロックなどの重量物を支えるため、積載荷重として炉壁面より 4 m 以内 15 ton/m²、4 m 以上 10 ton/m² を見込んでいる。このため地下壁、外壁を利用し、柱、梁を適当に配置して矩形板として設計、板厚は中央部で 0.55m 以上、端部でハンチを有する厚板となっている。これはトラックによる重量物の搬入にも耐える。

なお、冷却機器室上部三角形部分はスパン大である

が機器配置の都合上、柱を設けることができず、また遮蔽上から厚さ 1.0m 以上を必要とするので、近似的に周辺固定二等辺三角形床板とみなし、たがいに直角の二方向のそれぞれのモーメント

$$M = \frac{1}{32} WD^2 \quad (D \text{ は内接円の半径})^*$$

として設計する。なお、端部は正負とも、斜方向に別に補強筋を用意する。

基礎板、床板ともに建築学会「鉄筋コンクリート計算規準」によって設計したが、このようにスパンに比して板厚の著しく大きい厚板に対して薄板理論を適用することが、はたして妥当であるか疑問があるが、厚板に関しては現在定論がないので薄板理論によった。

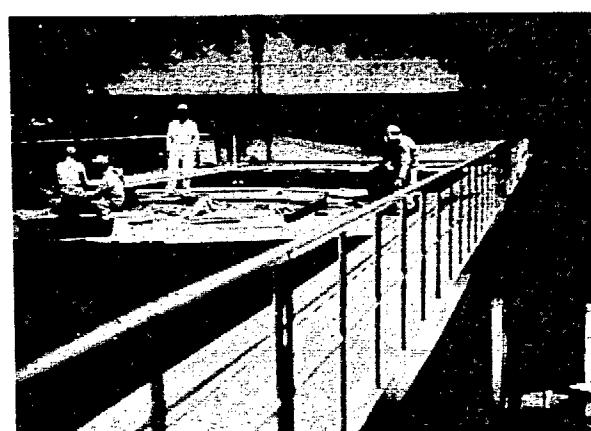
なお、応力の実際を明らかにするために、基礎板内にカールソシ型歪計グループ、鉄筋計、地盤内に沈下計、土圧計、水圧計を据付け、現在計測中で、これにより理論解析の参考に資するとともに設計の安全性を確認するものである(後述)。

地上外壁は起重機梁まで(G.L. 18,300) 厚さ 40 cm、起重機梁上部(G.L. 18,300~21,750) 厚さ 30 cm の円筒壁である。これは先の JRR-2 建設の際「JRR-2 構造調査報告一縁梁を有する円筒壁の偏心荷重時応力」模型実験結果を参考とし、起重機荷重による偏心曲げモーメントを少なくし、上部壁および鉄骨ドームによる偏心曲げモーメントを相殺するよう考慮した。

炉室内に 1 階床面より高さ 8.5 m の位置に制御室および配線配管室があり、ラーメン架構および炉室外壁によって支えられているが、全重量 300 ton 弱であり、全体のバランスには支障ない。むしろ全体としてみた場合、剛性の少ない西側の補強になる点から望ましいと考えられる。

炉支承部は、炉のロッキング(水平震度 0.6、垂直震度 0.3 が同時に働く)に耐えるよう設計された。炉直下床板は、中央部にパイプダクトによる開口部が予想されるので、すべて片持梁として設計した。

キャスク受梁は、使用済み燃料取替え用および R.I. 用の 2 台のキャスクのうち、荷重条件のやや大きい R.I. 用キャスクによって設計した。全溶接の鋼構造で I 型断面を用い、下記の条件によった。炉体に支承され、炉体の環状ダクトに制約されるため、梁丈を 800 mm とし設計条件のきわめてきびしい水平力に対しては、歩廊を上部フランジと結んで水平梁として支持させてある。なお、支承部は取りはずし可能とするため



第 22 図 炉室キャスク受梁

アンカーボルトは SHT 材で、上部フランジまで緊結した。これは同時に水平力に対する支承部の捩り剛性をも考慮したものである。また、特に地震振動時、支承部変形による応力を軽減するため、下部フランジ、アンカーボルト孔はルーズになっている。

キャスク受梁設計条件

(1) キャスク荷重

最大車輪圧 39.5 ton (車輪間隔 4.5 m)

自重 110 ton

(2) 許容応力度

省略 (使用鋼材は SS 41, SM 41, SHT 4)

(3) 震度

水平震度 0.4 (垂直震度は衝撃でみてあるので考慮しない)

車輪は蛇行現象を防止するため、片側はフリーになっているので、水平力はクランプする側のみで受持つとして設計した。

(4) 衝撃

鉛直方向 20% (水平方向の衝撃は地震時に検討する範囲に含まれるので考慮しない)。

(5) たわみ

垂直、水平とも 5 mm 以内

屋根ドームの型については次の 4 案が考えられた。

(1) 二铰節アーチ (Two hinged Arch)

(2) 立体トラス

(3) ダイヤモンドトラス (Diamond Truss)

(4) プレートシェル (Plate Shell)

(1) 案は JRR-2 において実施したが、これを改良し、輪材、斜材を働かせて重量を軽減する。この案はアーチの部材が比較的大きくなり、円型ドームとしての特性は生かされない。

(2) 案は London の Festival Hall に使用したいわゆる The Dome of Discovery 型のドームで、立体ト

* 建築学大系、16 卷、鉄筋コンクリート構造、基礎構造より

ラスとして解き、さらに、模型実験をおこなう必要があるが、JRR-3 のように直径 32 m 程度では不経済で、むしろ大スパンの構造物に適当と思われる。

(3) 案は鉄骨骨組をシェルに置き換えて解くもので、部材はかなり軽量となる。

(4) 案は屋根資材として、気密上鉄板を予定しているので、この鉄板を構造体と考え、シェルを構成する。

この案は鉄板がかなり厚くなり、また、板の挫屈に対する補強を考えると、重量が大きくなつて経済的ではない。

種々検討の結果、経済的に最もコスト安の(3)のダイヤモンドトラスが採用された。このドームの解析は裾部分で拘束された鉄骨シェル構造と考え、このシェルを構成する三角形単位を弾性板に置換し、solid なものと仮定し、通常の曲板理論を適用して応力を算定した。

しかるのち、この板応力を再びトラス部材に置換することにより、部材断面を算定する。裾の boundary の影響によるシェル部分応力は無視できるので、計算を略し、膜応力のみにて設計し、裾部材は計算値断面より大きくする。このドームはすでに約 20 以上の施工例があり、理論的計算と実験結果がよく一致することが認められているが、今回の場合、特に模型実験をおこなつてその安全性を確認した。外部は厚 4.5 mm の鉄板張りとしたが、熱膨張による変位は、鉄骨ドームとの仕口をルーズにして避けるよう考えた。

(ii) 使用済み燃料室

地下基礎は G.L.-6.700 m に達するが、使用済み燃料貯蔵水槽などの上部荷重条件および支持地盤（ローム質砂礫）より、炉室同様厚さ 0.9m～1.0m の平板式ペタ基礎を採用した。

予想地盤反力は、貯蔵水槽部分で平均約 15 ton/m² で、砂礫層が長期 30 ton/m² の支持力を有し、応力集中による部分的な割増を考えても十分と思われるが炉室側一部は堀削の高低差から法面を生ずるので、無筋コンクリート擁壁を設けて砂利層の破壊を防護した。

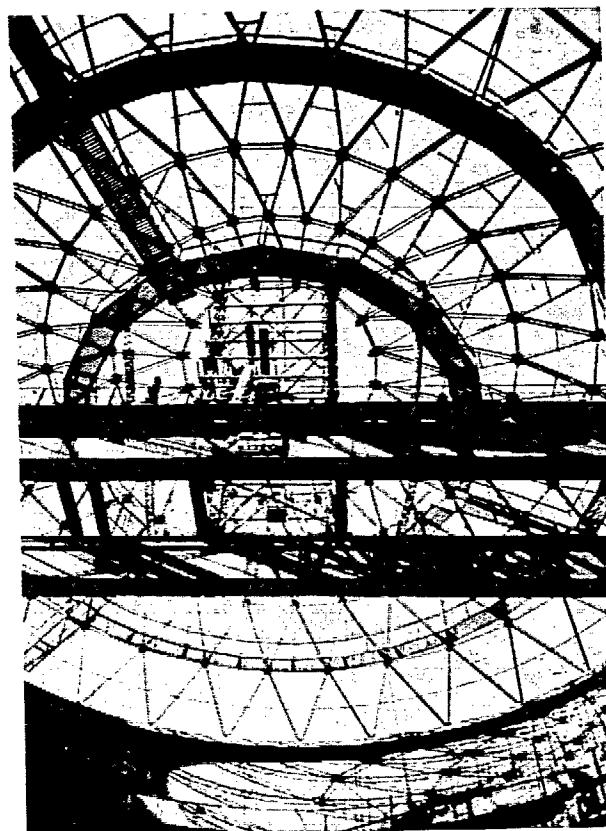
地下室は貯蔵水槽壁、外壁など 50～55 cm の厚壁を有し、水平力に対して十分安全である。

貯蔵水槽外周は遮蔽の必要上から幅 2.250m～2.750m にわたる砂をつめてあり、排土重量を考えても貯蔵水槽が空の場合に浮上する心配はない。

なお、地上部水平力は桁行方向は壁により、梁間方向は各ラーメンにより支持させてある。

(iii) 付属研究室

各室の中で、研究準備室は使用目的上、2 ton/m² の



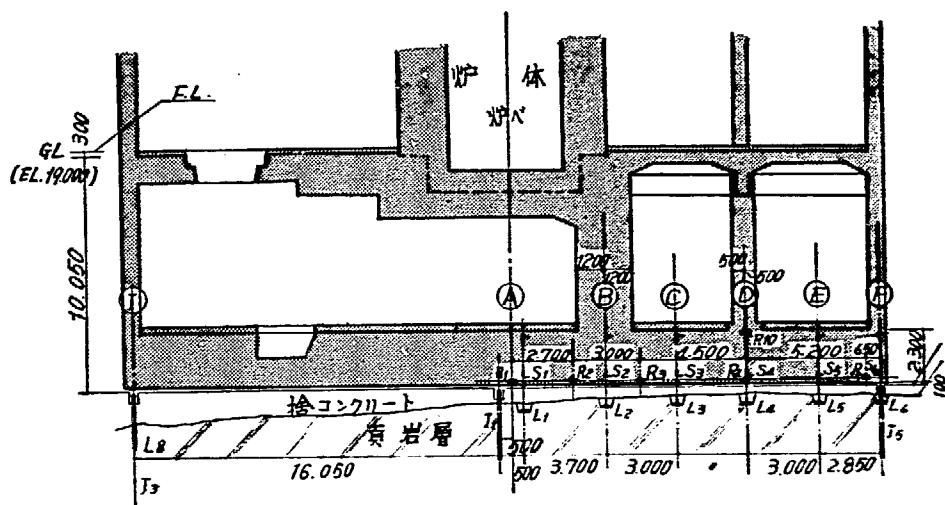
第 23 図 炉室屋根ダイヤモンドトラス造方状況



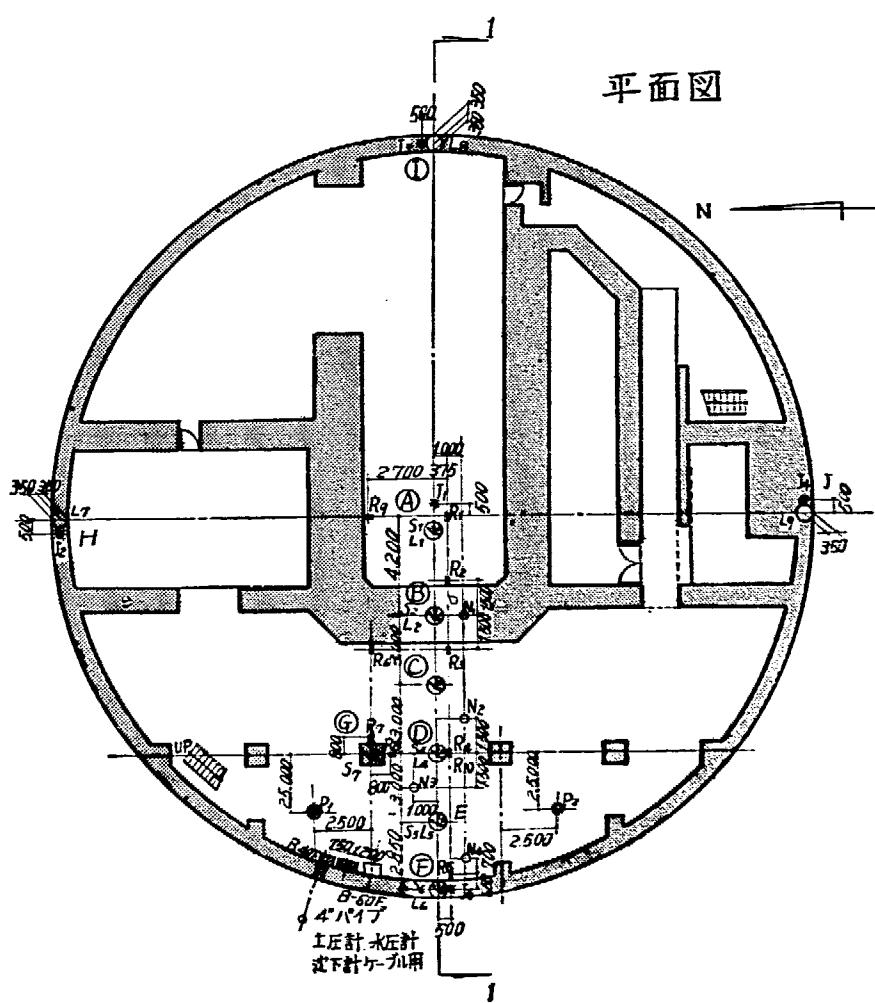
第 25 図 炉室基礎計器埋込状況

床荷重を見込んでいるが、他は特に一般建物と異なる点はない。しかし、平家部分と地下室部分は支持地盤が異なり、(平家一ローム層、地下室部分一ローム質砂

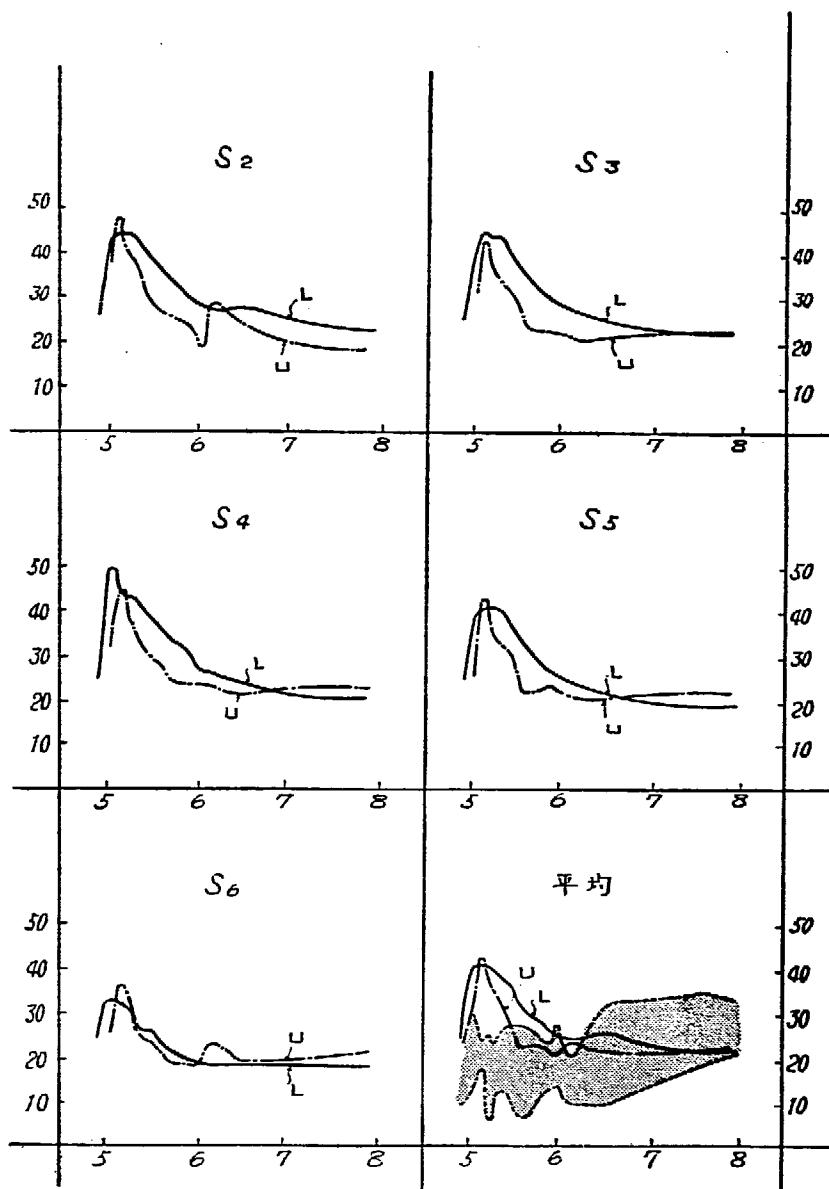
1.1 斜面圖



平面圖



第24図 計器配置図



第 26 図 基礎マスコンクリートの硬化温度変化図

礫層) 基礎不連続点となるので、接合部分は剛性の確保を考慮した。

2.2.3 調査および試験

(1) 炉室構造調査

カールソン型計器を使用する炉室構造調査は、昭和 34 年 3 月から 5 月にかけて、地盤、基礎板内に計器を据付け、連続的に計測をおこなった。昭和 34 年 3 月～昭和 35 年 12 月の間に計測した資料に基づき、その概要についてのべる。

i) 基礎マスコンクリートの硬化温度変化 (歪計グループによる)

基礎マットコンクリートの温度上昇は、打設後約 3 日目で最高に達し、30～45 日程で一定温度になった。最高 40°C 前後で、打込み温度より約 20°C ほど上昇し、ダムなどの場合と同様な傾向を示した。普通ポル

トランドセメントを使用したが、この程度のマスコンクリートはやはり、中庸熟ボルトランドセメントを使用した方がよい。

ii) コンクリートのヤング係数

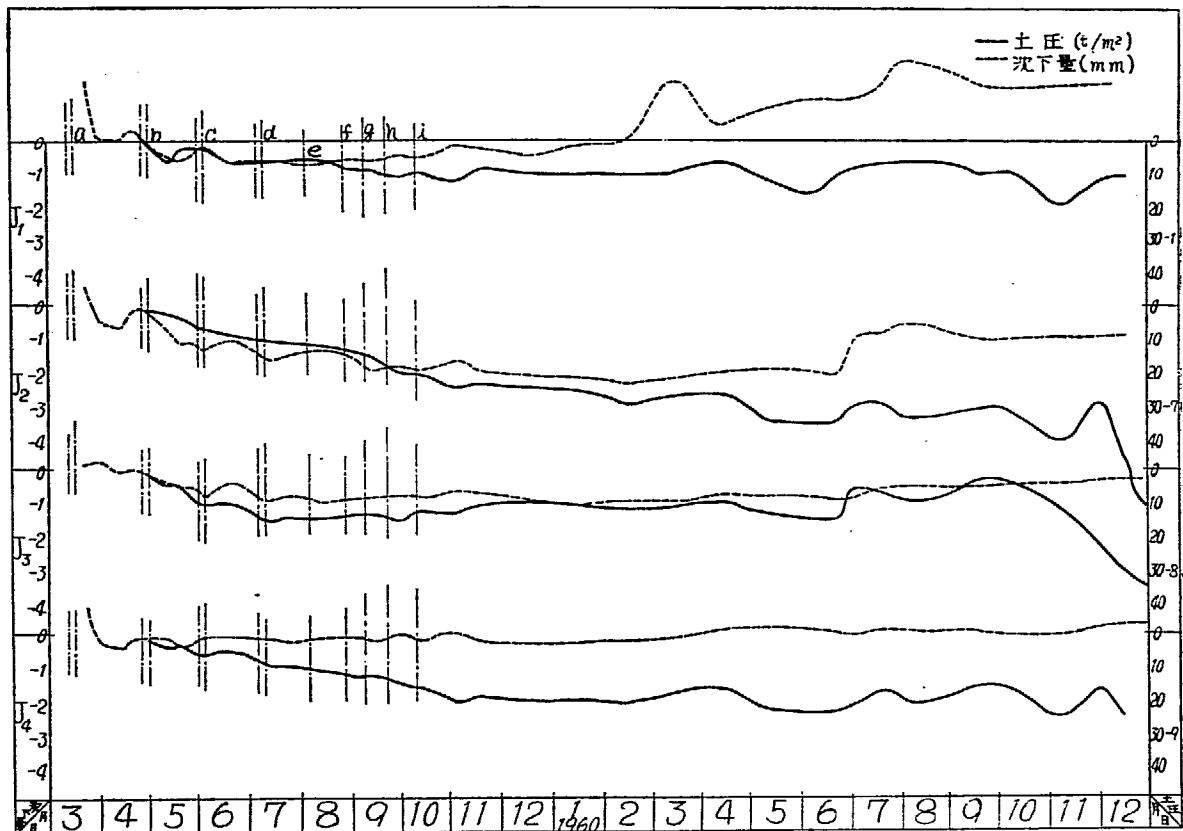
(1) 歪計およびワイヤーストレングゲージ併用

(2) マルテンス歪計およびヤング率測定器 (CT-2B)

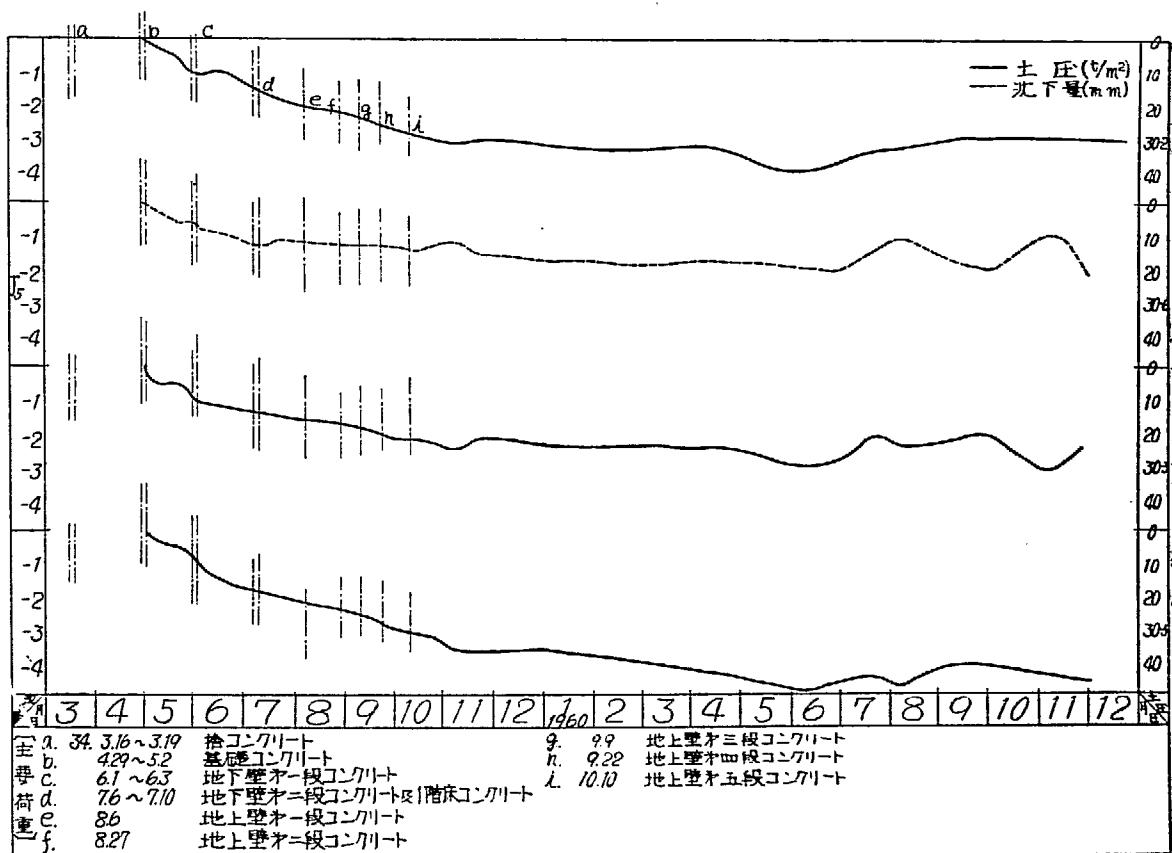
以上の 2 方法によりテストピースについてヤング係数の測定をおこない、いずれも材令にしたがい、 $1.8 \sim 2.4 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ の値を得ている。これは歪計グループによる値に適用して応力を得るための測定である。

iii) 沈下量および土圧(沈下計および土圧計による)

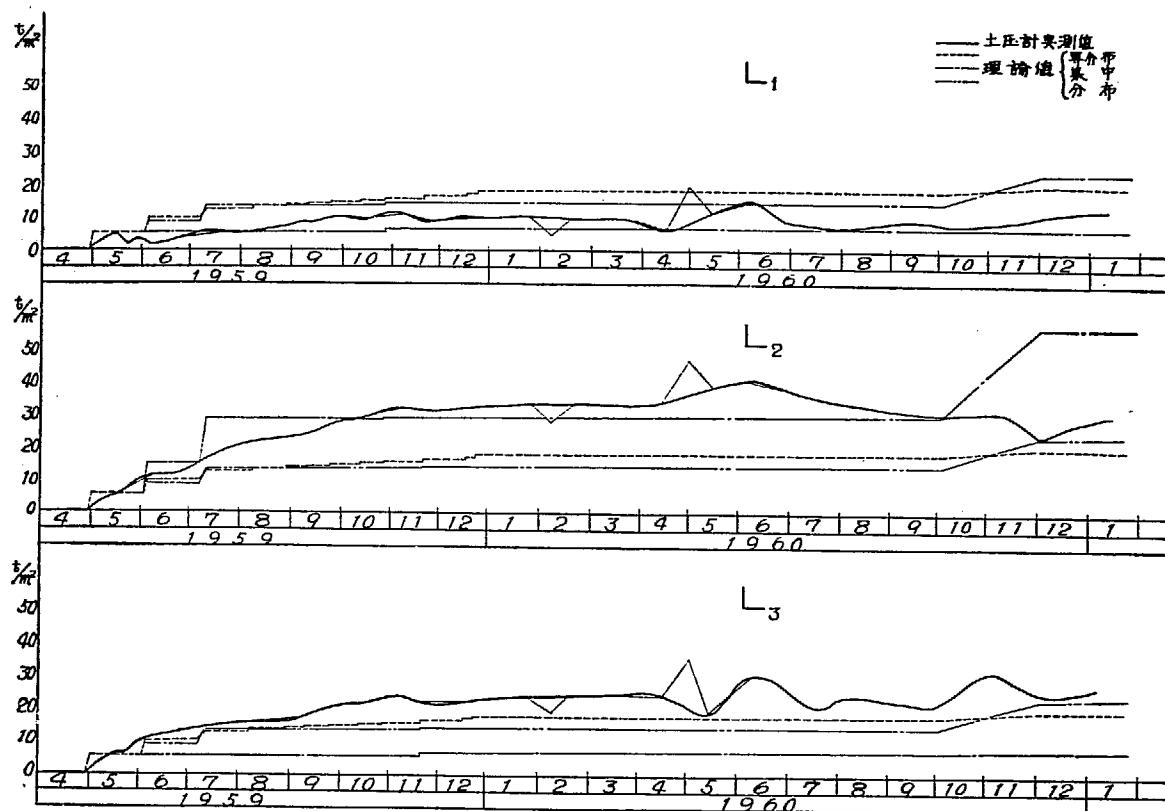
基礎打設前をゼロ点としその経過を測定している。据付の非常に難かしい土圧計については 9 箇のうち、



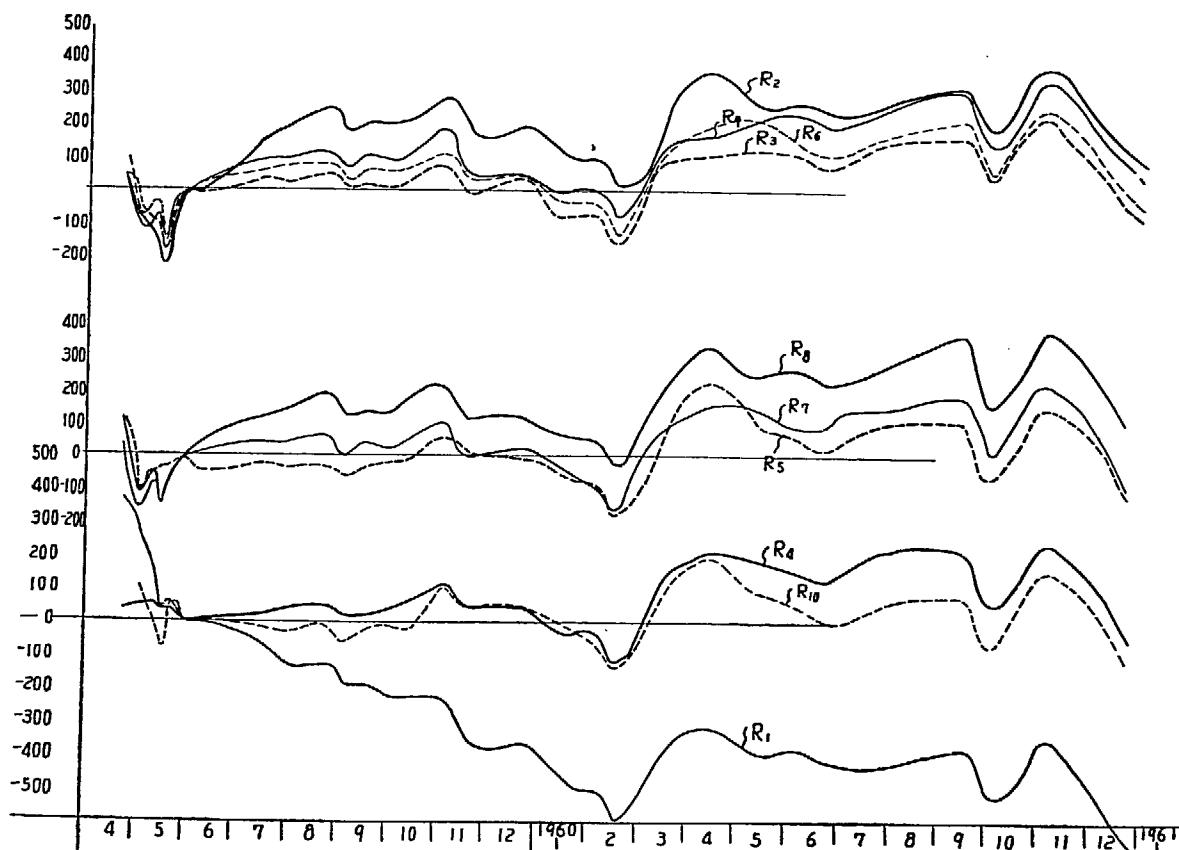
第 27 図 沈下量土圧実測値 I



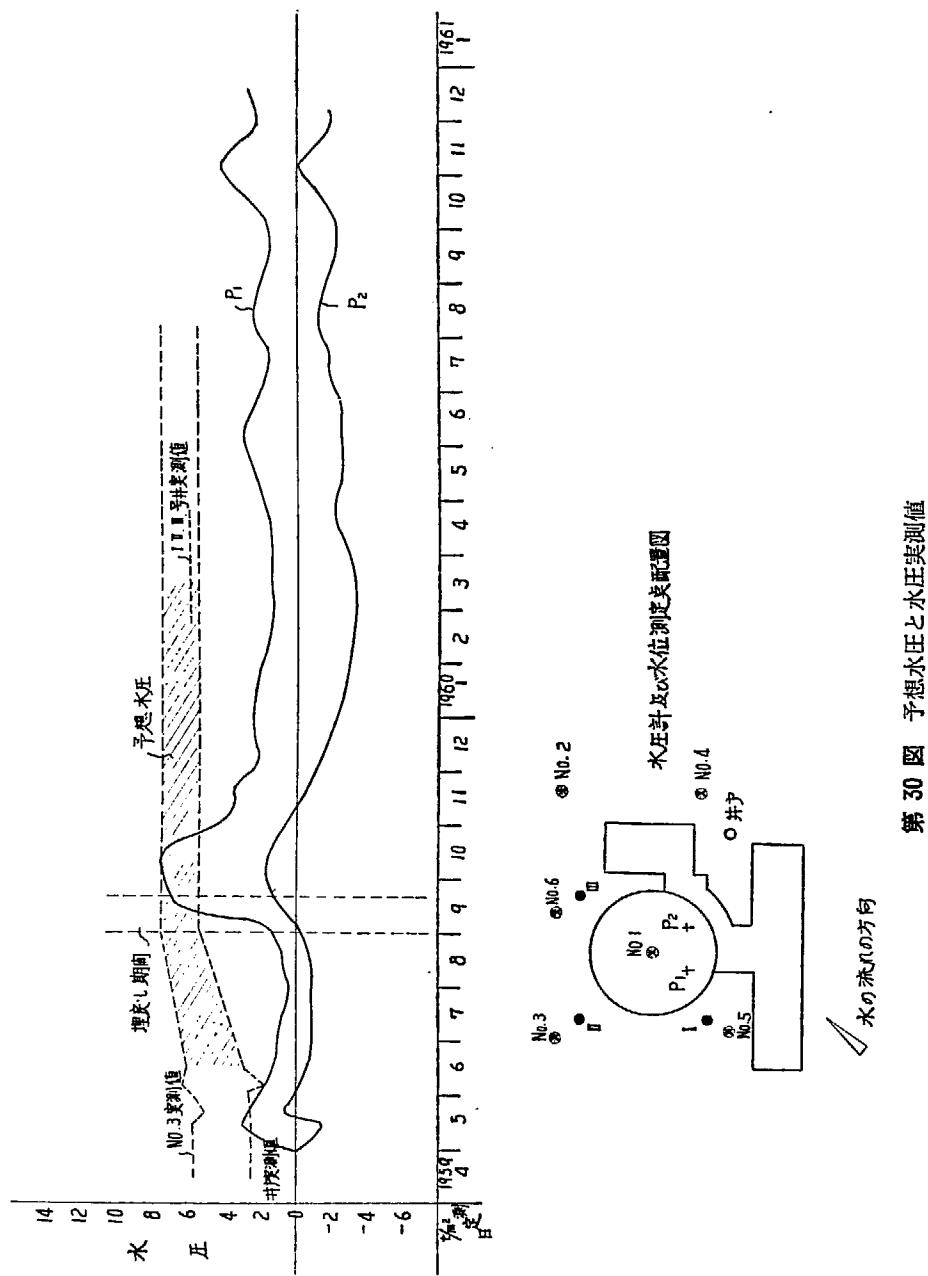
第 28 図 沈下量土圧実測値 II



第 29 図 理論上の土圧と実測値



第 31 図 鉄筋応力実測値



第30図 予想水圧と水圧実測値

現在 7 箇が作動している ($L_{4,6}$ は故障)。沈下計は 5 箇のうち 1 箇不調である (J_4)。沈下量は日時の経過に伴い、徐々にふえたが、昭和 35 年はじめ頃からほぼ一定値となり、その値も最高 2 mm 程度で、きわめて小さいので不同沈下その他問題はないと考えられる。

土圧は、10~50 ton/m² の値を示し、沈下同様漸増して上部に荷重のある部分 (L_2, L_5) はない部分 (L_1) に比べて大きい。ただし、周壁下部 ($L_{7,8,9}$) は、いずれも小さく、ほぼ同じ値を示している。

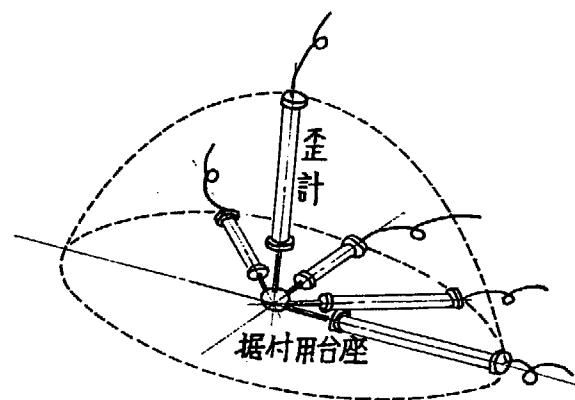
計算上の土圧との関連をみると、 L_5 を除き、基礎板内で上部荷重が分布すると考えた場合に近い。

これにより、上部荷重は当初、基礎板・地盤（砂質頁岩）とともに剛なので、直接伝達されるものと思われたが、実測により、板内で 45° 方向に分布して伝達されている。

iv) 水圧（水圧計による）

水圧計を 2 箇、地盤に据付け、基礎板にかかる揚水圧をみた。水位による予想水圧の 1/2~1/3 の値を示し、2~3 ton/m² で、地盤が、砂質頁岩のため、分布は一様でないと思われるが、比較的揚水圧は小さいとみて差支えない。

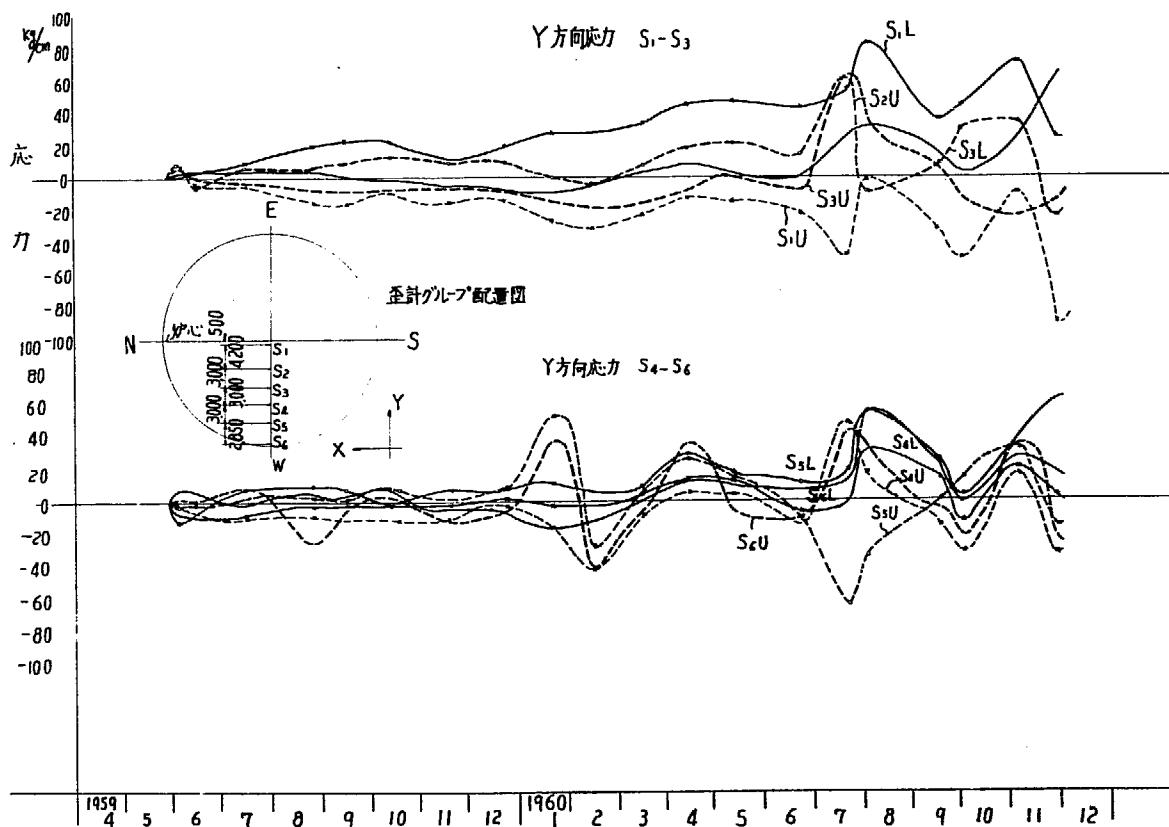
なお、基礎板設計に当っての予想水圧は 8 ton/m² である。



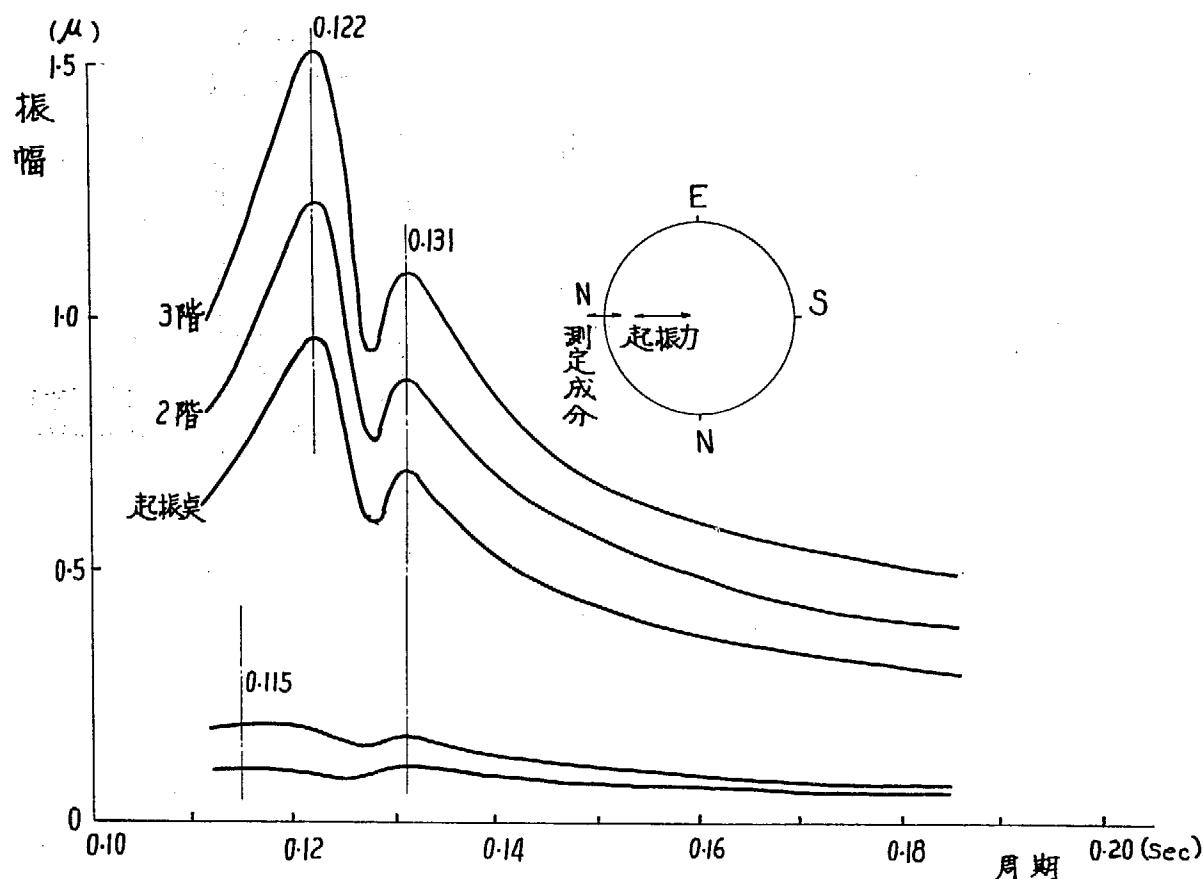
第 32 図 歪計据付図

v) 鉄筋応力（鉄筋計による）

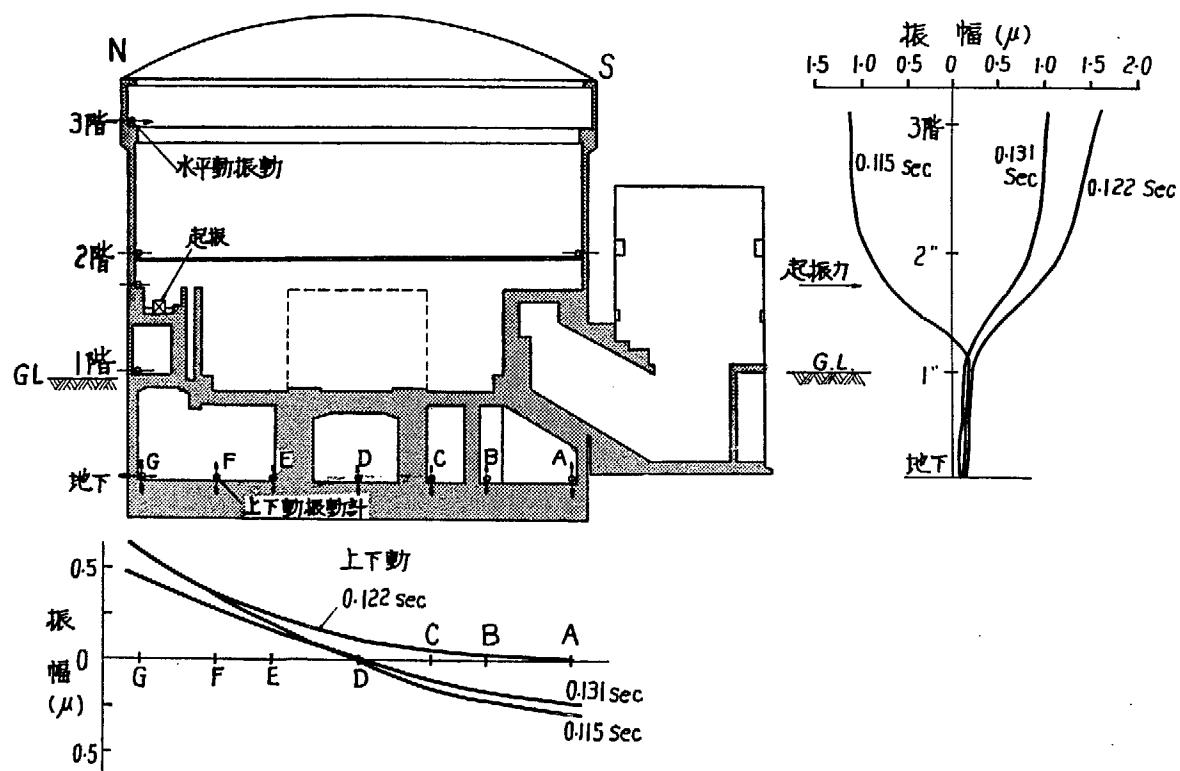
鉄筋計は基礎コンクリート内に 10 箇据付けた。応力が最も大きいと予想される炉支承壁下の計器 ($R_{2,3}$ $R_{6,9}$) は 0.1~0.5 ton/cm² 程度に、予想値 1.2~1.6 ton/cm² よりはるかに低い。また、10 箇のうち、炉心直下の R_1 のみは圧縮応力 0.4~0.6 ton/cm² を示しているが、これは当初より予想されたとおりである。なお予想値は 1.0~1.5 ton/cm² である。 R_{10} は引張を予想されたが、実測ではほぼゼロである。以上すべて応力は予想値より低いが、これは、地盤反力、水圧など計算に当っての仮定が安全側にあること、施工がよいことなどのためと考えられる。



第 33 図 歪計応力図



第 34 図 周期と振幅の関係



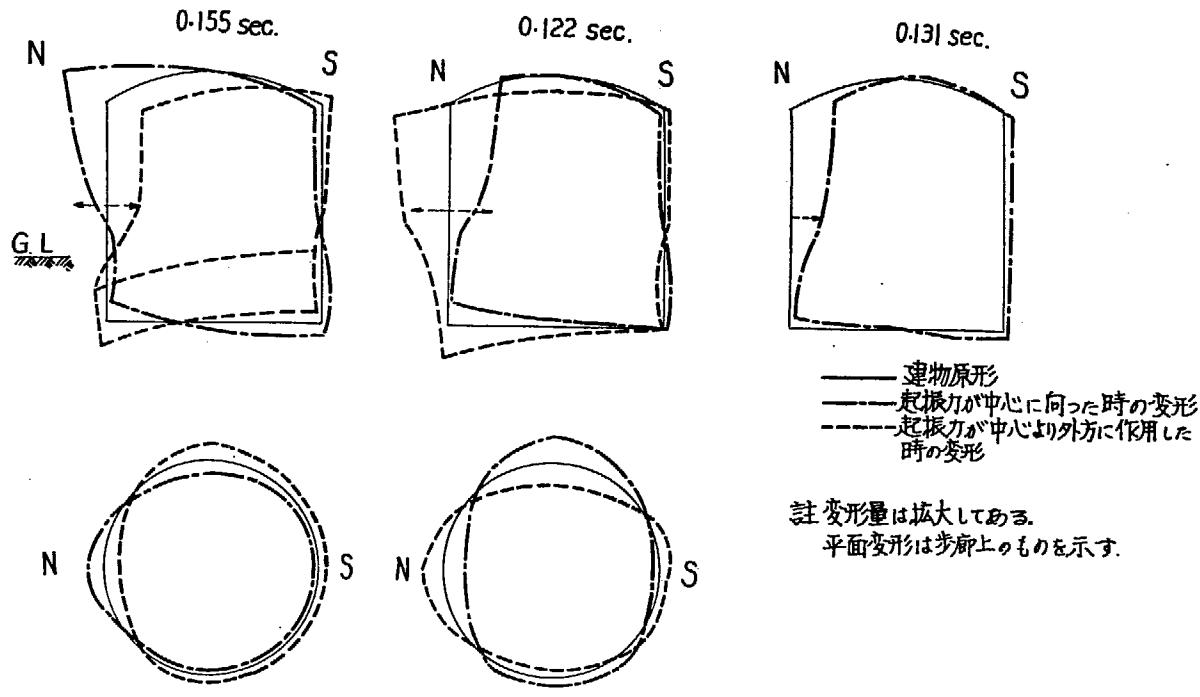
第 35 図 測定計器据付図、撓みおよび上下動

vi) 歪計グループ（歪計による）

歪計グループは 5 成分を 1 組として各測定点には上

下両端に 2 組据付けた。測定点は全部で 7 点である。

実測値は弾性補正、温度補正、ポアソン比による



第 36 図 共振周期における変形図

補正など各補正計算を経て応力による歪を求め、さらに、ヤング係数を乗じて応力を得る。計算はコンクリートの安定した昭和 34 年 6 月 1 日をゼロ点として求めたが、比較的バラツキが多く、前後の関連もつけ難い。

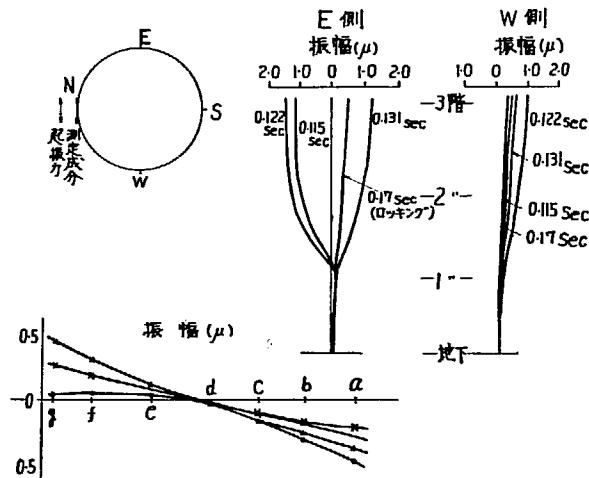
今、主なる測定面である炉心を通る東西方向断面についてみると、その値はいずれも $\pm 50 \text{ kg/cm}^2$ の範囲の中で変動しており、 $\pm 25 \text{ kg/cm}^2$ のものが大部分を占めている。これを同じ歪値に対する鉄筋応力に換算した場合、ほぼ鉄筋計実測値と一致するので、一部を除いては大体正しい値を示しているものと考えられる。ただ、測定日により前後の値が、著しく相違している場合がみられる。原因としては測定の不備、計算上の仮定の問題など種々考えられるが、いずれにしてもコンクリートの性状の難しさが、一因をなしていると思われる。

(2) 炉室振動実験

1) 実験概要

炉室建物の振動特性を知り、炉心タンクをはじめとする炉室内の各種機器、配管の振動特性との関連を検討して、地震時の共振その他の事故を防ぐため、東大地震研究所に依頼して、炉室建物の振動実験をおこなった。実験方法は、手動式起振器を RI ホットケーブル内に据え付けて建物に強制振動を与え、共鳴現象から建物の自己振動周期、たわみ、ロッキングなどを測定した。

測定計器は、電磁式振動計（上下動換振器 2 台、水



第 37 図 ロッキング周期

平動換振器 5 台）を各測定点に、それらを同時記録する電磁式オシログラフと基準振動計として Mechanical Vibrograph 水平動、上下動各 1 台を使用した。

2) 測定結果

測定は N-S 方向、E-W 方向に起振し、おのおのについて N-S、E-W 水平方向および鉛直方向、また、基礎部分の上下動をみるために、地下室床面上で鉛直方向の各成分の測定をおこなった。主な測定結果である N-S 方向起振時、測定成分 N-S 時について検討してみる。

第 34 図によると 0.122 sec, 0.131 sec に明瞭な共振周期がみられる。0.122 sec は円筒地上部分の歪み周期、0.131 sec は地上部分からの歪み周期と思われる。また、0.115 sec に地上部分のみに共振周期がみ

られるが、これは変位の方向が起振力の方向と反対になる振動によるもので、地下部分のみは、変位が起振力と同じ向きで地上部分とは別に共振しているものと思われる。

上下動は第 35 図によると 0.115 sec, 0.131 sec の時、円筒底面のほぼ中心を境にして N-S 側がたがいに反対の方向に振動しているが、0.122 sec の時は N 側だけが振動し、S 側 A 点の振幅はほとんどゼロである。

0.115 sec は地下部分の共振時、0.131 sec の時は地上地下両部分が一緒になって振動した際の上下振動である。

0.122 sec 周期では、N から S に起振動が働いた場合、S 側の変位は逆位相になっており、A 点の変位は上向になって結果的にクランプされた形となっている。そのため G 側のみ上下振動しているので、このようなタイプの振動は普通の建物にもみられるものでめずらしいものではない。

このほか、E-W 方向に起振力を働かせた場合、上記周期のほか、0.17 sec の共振周期がみられたが、これは建物全体が変形なしに振動しているものでロッキング振動と思われる。(第 37 図参照)

以上の結果を一般の同じ程度の高さと容積の建物と比較すると、一般の建物では共振周期は 0.2~0.5 sec 振幅は同じ起振力に対して 20~60 μ であり、周期 0.1~0.4 sec、振幅 1.0~2.0 μ といずれも小さく、建物の剛度の高いことを示している。特に地下室はきわめて高い剛性を示している。これらの結果から、炉心タンクそのほか各種機器はいづれも周期がもっと短かいものと思われる所以、共振現象は心配ないものと思われるが、さらに安全を期するため、炉心タンクそのほかについてまた別に振動実験をおこなう予定である。

(3) 炉室内音響測定

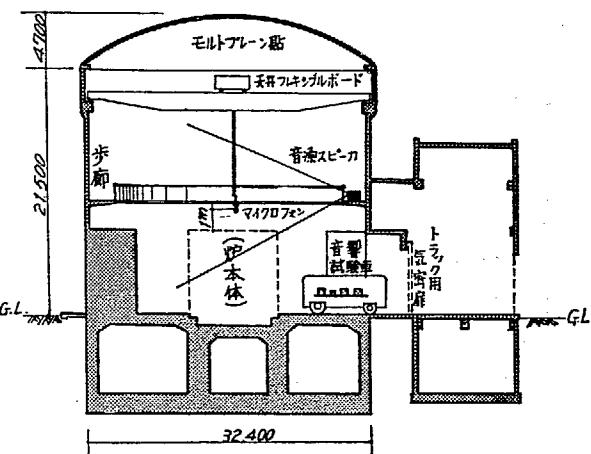
i) 調査目的

炉室は室容量が大きく仕上も硬いため残響音は長く、したがって、明瞭度が低下する恐れがあるため、吸音施工をおこなって反響を防止する必要が認められた。このため工事途上において音響測定をおこない、その結果に基づいて音響対策を講ずることを調査目的とした。

ii) 測定概要

測定日時：昭和 35 年 1 月 25 日および昭和 35 年 3 月 7 日。

測定法：音源として白色雑音 (White Noise) を



第 38 図 音響測定器位置図

オクターブフィルターを通して 30 cm(12 インチ) 複合型スピーカから出し、これをダイナミックマイクロフォンで受け、1/3 オクターブフィルターを通して直視型残響測定装置で波形の観測と時間の直読をおこなう一方、高速度レベルレコーダーで記録した。

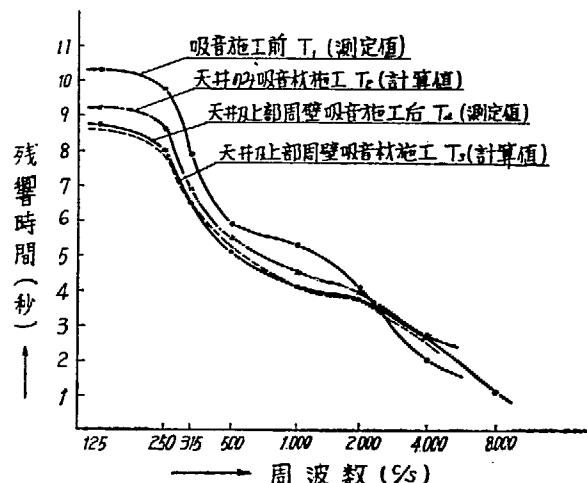
測定器位置：音源スピーカはトラック出入り用気密扉上部の歩廊上に炉心に向けて置き、マイクロフォンは炉体の中心位置直上で完成後の炉体上端から 1 m 高の所に設置した。測定器具類は音響試験車の中に設置し、車は トラック出入り用気密廊扉が設置される付近において。(第 38 図参照)

(3) 測定時の現場概要

第 1 回 (1 月 25 日) ……建物の構造外壁を終了、天井はドーム部にモルトプレーン張りを終了し、天井下地の野縫組みを終えた状況である。

第 2 回 (3 月 7 日) ……天井および上部周壁のフレキシブルボード張りを完了し、塗装も半ば終った状況である。

(4) 第 1 回測定結果と吸音施工による残響時間の



第 39 図 各残響時間周波数特性グラフ

変化に関する計算値

上記の現場の状況における残響時間周波数特性は、第 39 図のグラフにおける (T_1) のごとく低音域で長く高音になるにしたがって短かい、いわばエコールームのような特性を示している。これは周囲がコンクリートのみで囲まれた硬い仕上で覆われているためで、このままでは言語明瞭度はかなり低下する。

また、室の明瞭度に関しては音の強さによる低下率、騒音度による低下率も同時に考えなければならないが、支配的なのは残響時間による低下率であり、これが悪くなれば明瞭度 (Percentage Articulation) は落ちてくるのでできるだけ室の残響時間は短かい方が望ましい。ここで 4 mm 厚、穴径 8 mm、ピッチ 20mm のフレキシブルボードを天井のみ張った場合と、天井および上部周壁の両方に張った場合の残響時間の変化を、次式により計算値を出すとそれぞれ第 11、12 表のごとくである。

$$T = \frac{0.161V}{S[-2.3 \log_{10}(1-\bar{\alpha})]}$$

第 10 表 第 1 回残響時間測定値

c/s	125	250	315	500	1,000	2,000	4,000	備 考
残響時間測定値 (秒)	10.3	9.8	7.9	5.9	5.3	4.1	2.0	
測定時の平均吸音率	0.046	0.048	0.059	0.078	0.086	0.111	0.215	
測定時の総吸音力 A	184.0	192.0	236.0	312.0	344.0	444.0	860.0	表面積 = 4,300 m ²

第 11 表 天井のみ吸音施工した時の計算値

c/s	125	250	315	500	1,000	2,000	4,000	備 考
使用吸音材の吸音率	0.21	0.23	0.28	0.33	0.43	0.42	0.40	
天井部分の面積 (m ²)	860	860	860	860	860	860	860	
天井のみ吸音施工時の吸音力 A_c	180.60	197.80	240.80	283.80	369.80	361.20	344.00	
処理前の天井の等価吸音力 a_c	39.56	41.28	50.74	67.08	73.96	95.46	184.90	測定時の平均吸音率 × 860
$A - a_c = \bar{A}_c$	144.44	150.72	185.26	244.92	270.04	348.54	675.10	
$\bar{A}_c + A_c = [A_c]$	325.04	348.52	426.06	528.72	639.84	709.74	1019.10	
平均吸音率 $\bar{\alpha}_c$	0.076	0.081	0.099	0.123	0.149	0.165	0.237	
残響時間 T_2 (秒)	9.0	8.6	6.9	5.5	4.5	4.0	2.7	$V/S = 4.5$

第 12 表 天井および上部周壁とも吸音施工した時の計算値

c/s	125	250	315	500	1,000	2,000	4,000	備 考
使用吸音材の吸音率	0.21	0.23	0.28	0.33	0.43	0.42	0.40	
天井および上部周壁の面積				860 + 360 = 1,220 m ²				
吸音施工時の吸音力 A_{cw}	256.2	280.6	341.6	402.6	524.6	512.4	488.0	
処理前の等価吸音力 a_{cw}	56.12	58.56	71.08	95.16	104.92	135.42	262.30	平均吸音率 × 1,220
$A - a_{cw} = \bar{A}_{cw}$	127.88	133.44	164.02	216.84	239.08	308.58	597.70	
$\bar{A}_{cw} + A_{cw} = [A_{cw}]$	384.08	414.04	505.62	619.44	763.68	820.98	1085.70	
平均吸音率 $\bar{\alpha}_{cw}$	0.089	0.096	0.118	0.144	0.178	0.191	0.252	
残響時間 T_3 (秒)	8.6	7.9	6.4	5.2	4.1	3.8	2.7	$V/S = 5.0$

場合（たとえば制御室と炉体上とで）約 500 c/s における残響時間は 5.0 秒であり、言語明瞭度は 67%，言語了解度は 95% となって、ほぼ会話にはさしつかえないものと考えられる。

第 13 表 第 2 回（吸音材施工後）残響時間測定値

c/s	125	250	315	500	1,000	2,000	4,000	8,000
残響時間	8.7	8.0	6.5	5.1	4.1	3.8	2.7	1.1

（4） 使用済み燃料貯蔵水槽ライニング

使用済み燃料貯蔵水槽は漏水への配慮と純水の純度を保つため表面仕上としてライニングを施工する必要がある。また、詳細設計の（3）項でのべたように、高度の放射線被曝と放射性物質の吸着による汚染をまぬがれない。したがって、水槽の表面仕上材料には下記のような特性が要求される。

- (1) 放射線被曝による損傷の少ないこと。
- (2) 耐汚染性および汚染除去性の良好なこと。
- (3) 純水に対して、おかされないこと。
- (4) 耐衝撃性などの物理的性質の良いこと。
- (5) 施工が容易であること。
- (6) 経済的なこと。

……など。

以上のような要求に対して具体的な方法として

1) 鉄板張りに合成樹脂ライニングを施す。

2) ステンレススチール板張り。

3) アルミ板張り。

4) コンクリート面に直接コーティング

などが考えられるが、貯蔵水の漏洩やコンクリートのアルカリによる燃料棒のアルミへの腐食などを考慮す

れば 4) による方法は適切でない、また 3) については、アルミとモルタル、あるいはアルミと鉄板との接触による腐食（使用済み燃料による放射線照射も考慮して）などにより適切でない。2) 案が一番上記の要求にかない、適切な方法であるがコスト高となるので経済性の面で難点がある。1) については、鉄板面に合成樹脂（エポキシ系、ポリエステル系、ウレタン系など）のヘビーコーティング、あるいはライニングを施したサンプルを、実施と同一条件で放射線を照射（ $1 \times 10^8 \text{ r}$ ）し、照射前後の物理的性質、汚染および除染性の優劣、純水に対する影響、施工の確実性などを検討の結果、ウレタン系合成樹脂塗料のヘビーコーティングが最も優れていることがわかり、実際の施工に当っては、鉄板面にサンドblastを起こして除錆し、ウォッシュプライマー 1 回塗、サーフェーサー 2 回塗の上ウレタン系塗料 10 回塗（塗厚約 250 ミクロン）とした。色はプール内水中投光器の照度の関係から白を採用した。

2.2.4 工事 本建築工事の軸体に使用された主要設計数量は下記のとおりである。

(1) 根切 約 27,000 m³ (炉室は約 14,700 m³)

(2) コンクリート

約 11,200 m³ (" 約 7,300 m³)

(3) 型枠 約 27,200 m² (" 約 10,500 m²)

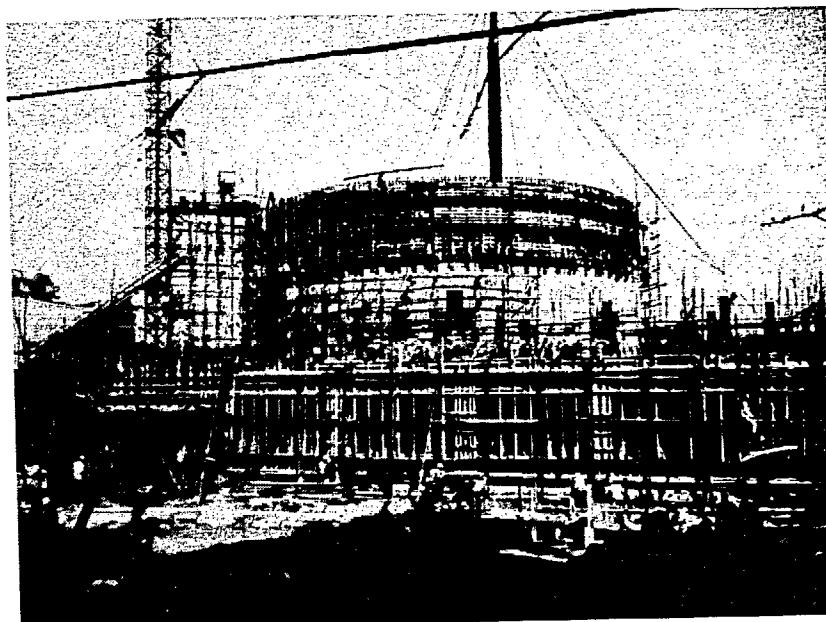
(4) 鉄筋 約 760 ton (" 約 440 ton)

(5) 鉄骨 約 240 ton (" 約 90 ton)

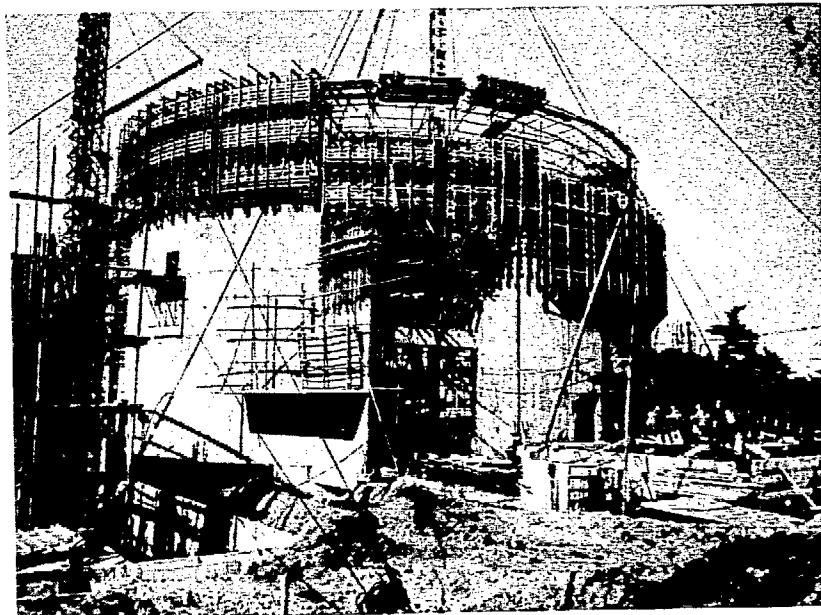
本土工事に関して、今まで当所における各種工事の経験では相当の湧水が予期され、特に本工事の場合根切底も深いので、ウェルポイントを全根切面について採用好成績をおさめた。透水係数 $5 \times 10^{-3} \text{ m/min}$ と



第 40 図 炉室根伐完了時状況



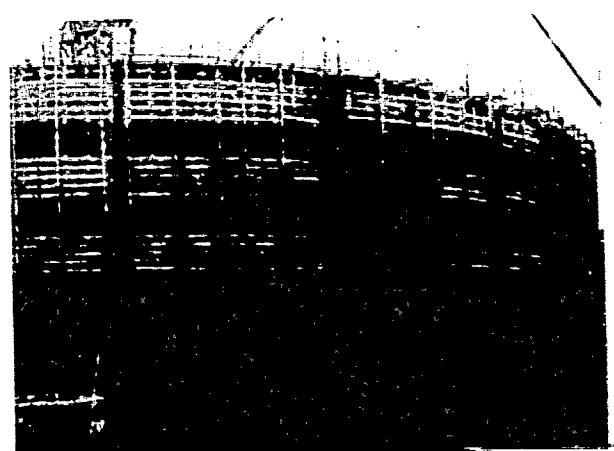
第 41 図 炉室工事状況 (I)



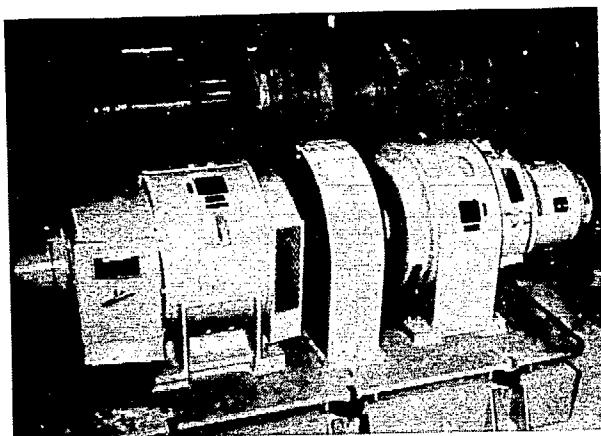
第 42 図 炉室工事状況 (II)

推定して計画し、ライザーパイプ 150 本 (1.5 m 間隔) ヘッダーパイプ $6''\phi$, ヴァキウムおよびヒューガルポンプ 2 台を設置し最高約 $1,500 l/min$ の湧水量があった。

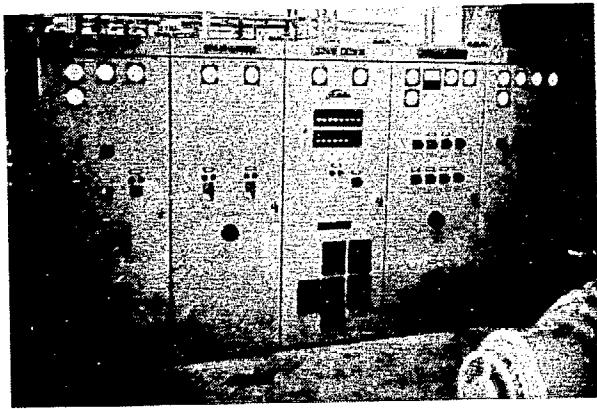
コンクリートは、21 切 2 台による全自动バッチャープラントによりきわめて均質良好なコンクリート作業をなし、所期の目的を達成した。使用骨材中砂は当敷地内の洗砂および久慈川産のものを、砂利は那珂川産のものを使用し、セメントは日立セメント普通ポルトランドセメントのバラを使用した。工程的にも炉室関係の床仕上および一部残工事を残してほとんど完了した時期に、炉体据付に着工し得たことはトラブルも少なく、きわめて良好なものといえる。また、諸機器



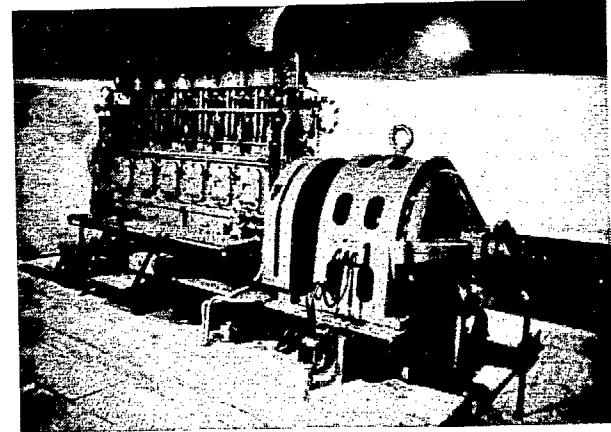
第 43 図 炉室工事状況 (III)



DCM (32 kW) SG (25 kVA) セット (手前)
DCG/M (55/17 kW) IM (75 kW) SG (20 kVA) セット
第 44 図 無停電電源装置 I



第 45 図 無停電電源装置 II 制御盤前面

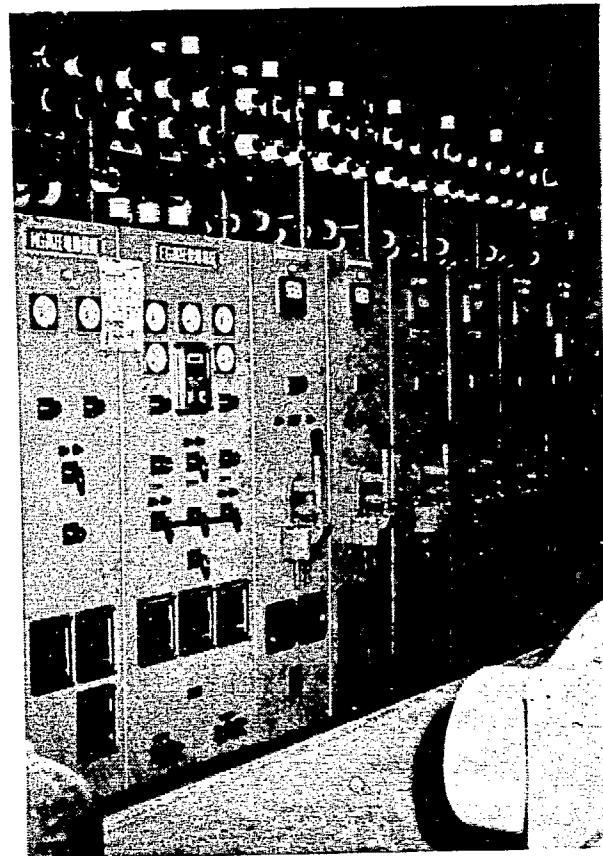


第 47 図 非常用電源装置 I

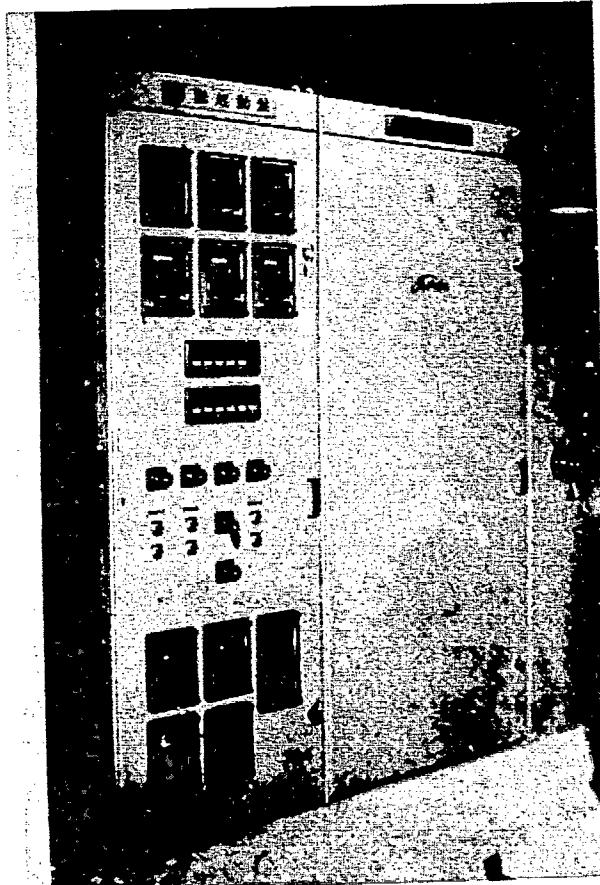
配管用のコンクリート貫通孔なども鉄製捨枠を先に取付けたことや出入口などの開孔部も同様に鉄製捨枠をコンクリート打設時に埋込んだことなどその後の工事を非常に円滑におこなえたといえる。

2.3 電気設備

2.3.1 電源設備 電力は主変電所より 3300 V にて受電し、目的に応じて 440V, 200V, 100V などに降圧して各負荷に給電している。上記のはかに停電



第 46 図 高圧配電盤



第 48 図 非常用電源装置 II

の際に原子炉を安全に停止させるため、非常用電源設備がある。非常用電源設備には非常用電源装置と無停電電源装置とがある。

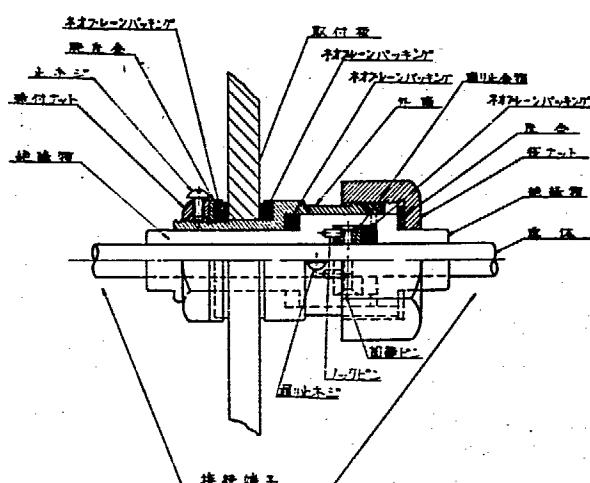
非常用電源装置はディーゼル機関と発電機によりなり、商用電源が停電すると自動的に起動し、電圧が確立したのち、油入開閉器を操作し定められた負荷に給電する。なお非常用電源装置の構成は下記のとおりである。

- | | | |
|-----|---------|---------|
| (1) | ディーゼル機関 | 130 PS |
| (2) | 同期発電機 | 100 kVA |
| (3) | コンプレッサー | 3.7 kW |
| (4) | 燃料移送ポンプ | 0.4 kW |
| (5) | 潤滑油ポンプ | 0.4 kW |

無停電電源装置は、主として原子炉の計測用に使用される。構成および作動方式は下記のとおりである。

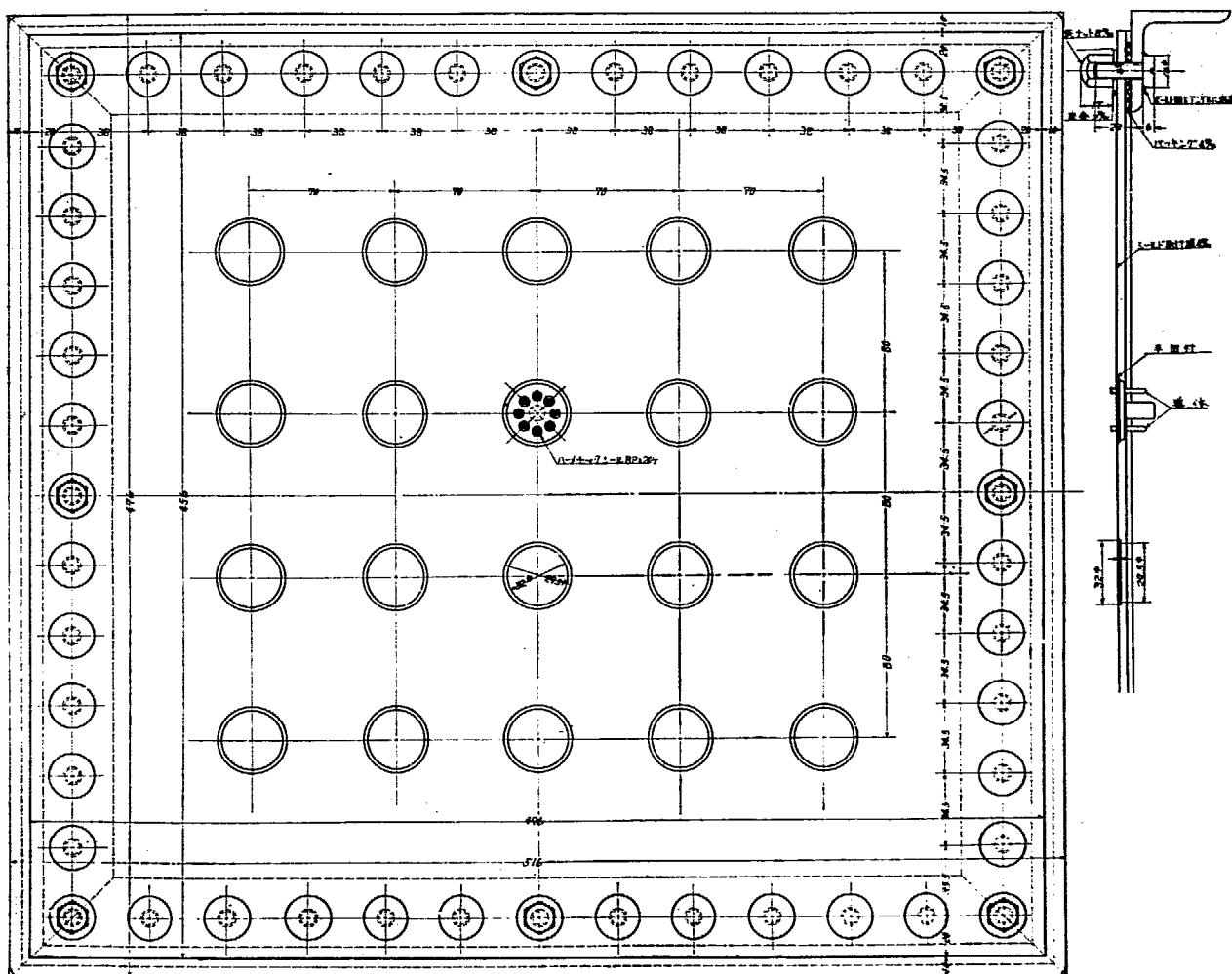
構成

- | | |
|-----------|----------|
| (1) 誘導電動機 | 75 kW |
| 同期発電機 | 20 kVA |
| 直流発電動機 | 55/17 kW |

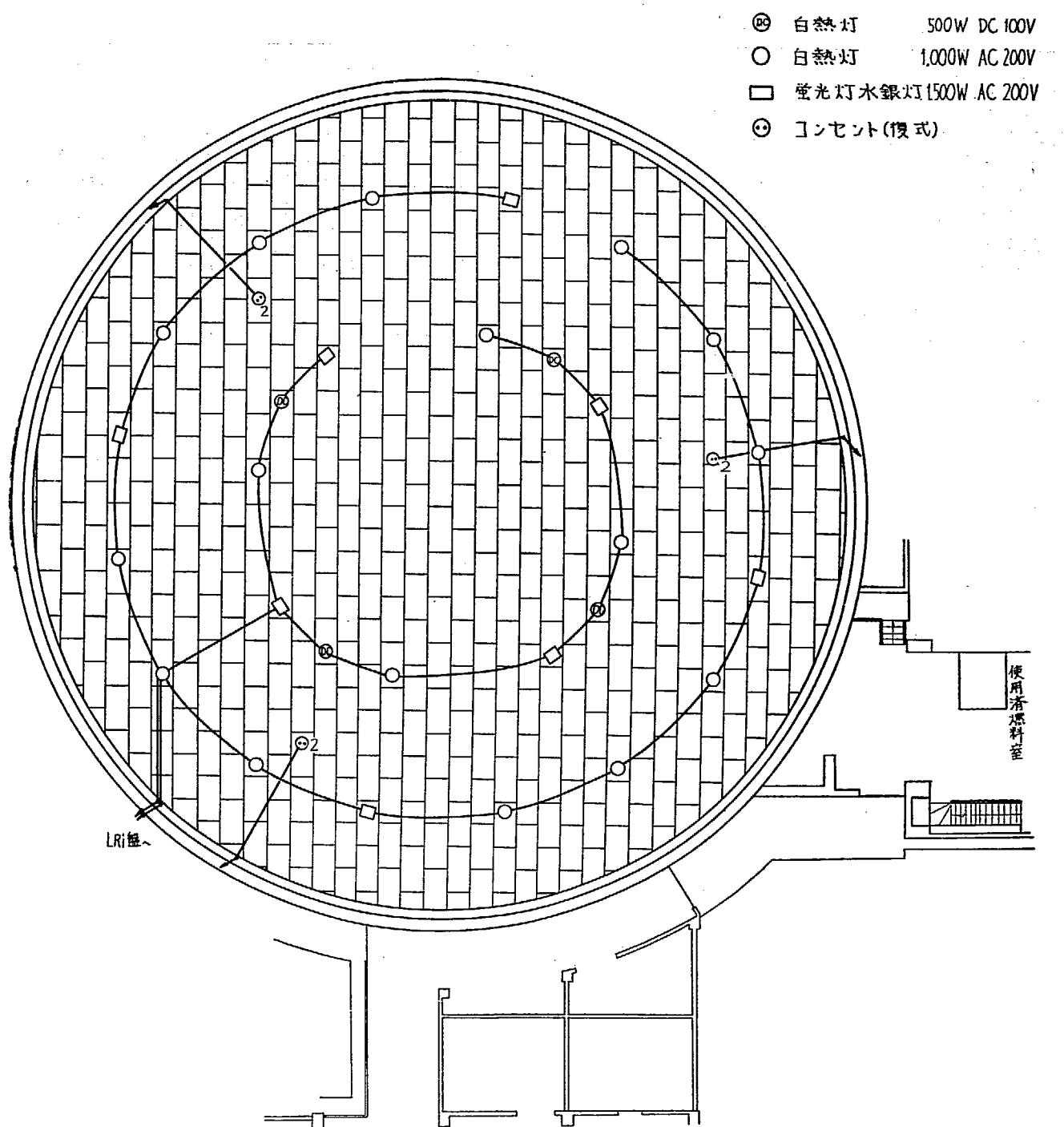


番号	品名	数量	材質	番号	品名	数量	材質
1	導体	1	銅棒	9	腕座金	1	銅棒
2	取付板	1	鐵板	10	座金	1	"
3	廻り止金物	1	黄銅棒一 黄ベク"	11	バックリング	4	ネオブン レ銅棒
4	絶縁物	1	"	12	加締ビン	1	銅
5	絶縁物	1	"	13	ノックビン	2	黄銅棒
6	外筒	1	銅棒	14	廻り止ネジ	2	"
7	袋ナット	1	"	15	止ネジ	1	銅棒
8	締付ナット	1	"				

第49図 ネオプレンパッキングシール



第50図 コバルシール図



第 51 図 炉室照明器具配置図

(2)	直流電動機	32 kW
	同期発電機	25 kVA
(3)	誘導電動機	0.55 kW
	交流発電機	210 VA
(4)	蓄電池	1000 Ah
	誘導電動機 (75 kW)	は直流発電機 (55/17 kW) と、同期発電機 (20 kVA) とを直結し常時は誘導電動機を商用電源で運転し直流発電機 (55 kW) により蓄電池をフロート充電すると同時に第 33 図 (巻末図)

面) のごとき負荷に給電している。また、同期発電機 (20 kVA) は非常用ポンプと緊急用ポンプなどに給電している。

商用電源が停電すると直流発電機 (55 kW) が直流電動機 (17 kW) となり直流電動機 (32 kW) と共に蓄電池より給電され、各発電機を運転して原子炉を安全に停止させるための最小限の電源を確保する。

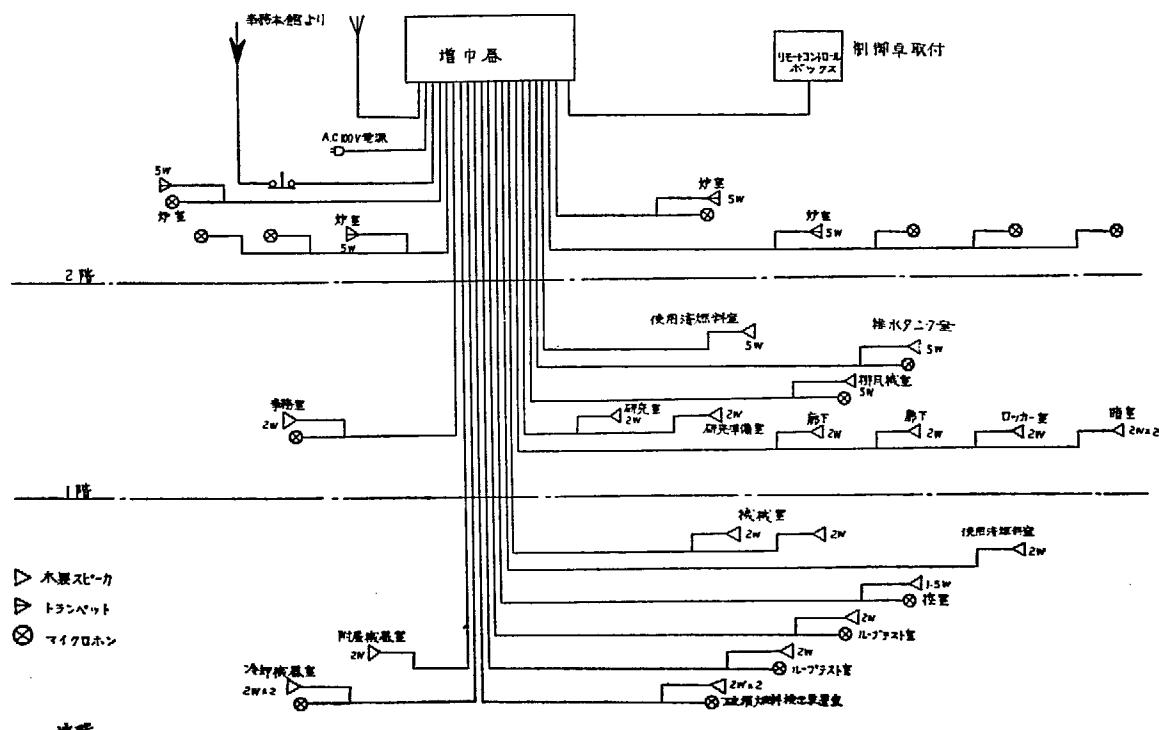
電圧の種別としては、電灯用 1ϕ 100/200 V、実験用 1ϕ 100 V、 3ϕ 200 V、動力用 3ϕ 200/3 V・50/3

第 14 表 変電機器容量計算表

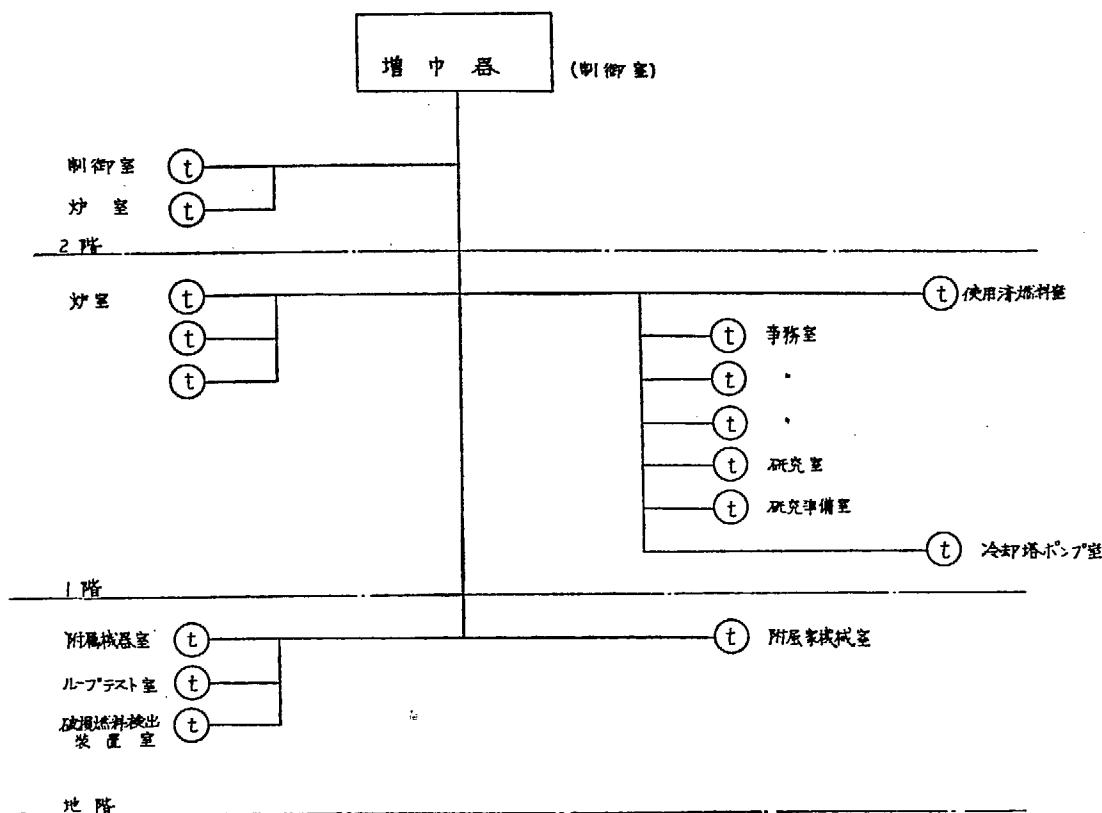
電源種別	用途	負荷設備容量	需要率	所要容量	増設見込容量	最終見込容量	変圧器容量×台数
A.C 1φ 100/200V	電灯用	70 kW	0.9	63 kW	10 kW	73 kW	150 kVA×2
A.C 1φ 100V	実験用	300 kVA	0.5	150 kVA	40 kVA	190 kVA	150 kVA×3
A.C 3φ 200V	"	700 kVA	0.5	350 kVA	50 kVA	400 kVA	100 kVA×3
A.C 3φ 200V	動力用	200 kW	0.9	180 kW	50 kW	230 kW	100 kVA×3
A.C 3φ 200V(A)	"	280 kW	0.7	196 kW	50 kW	246 kW	100 kVA×3
A.C 3φ 200V(B)	"	225 kW	0.9	203 kW	100 kW	303 kW	150 kVA×3

第 15 表 照度表

場所	平均照度	備考
研究室	240ルックス以上	高出力型螢光灯使用
研究準備室	240 "	"
事務室	150 "	螢光灯使用
廊下	50 "	"
更衣室	100 "	"
機械室	70 "	配電盤前螢光灯使用他白熱灯使用
炉室	240 "	水銀螢光灯, 白熱灯, 螢光灯使用
ループテスト室	240ルックス以上	螢光灯使用
破損燃料検出装置室	240 "	1部高出力型螢光灯使用, 他は螢光灯使用
冷却機械室	70 "	白熱灯使用
附属機器室	70 "	"
制御室	400 "	高出力型螢光灯使用
使用済み燃料室	240 "	"
使用済み燃料貯蔵水槽	150 "	水中投光器使用, 水槽は水深7mで投光器を水中4mまで投入し投光器直下3mの点での照度である
排風機室	70ルックス以上	白熱灯使用
廃液貯槽室	70 "	"



第 52 図 一斉指令用インターホン系統図



第 53 図 ページング式インターホン系統図



第 54 図 (a) デジタルボルトメーター



第 54 図 (b) リレーボックス

cps, 3φ 100 V ST, 3φ 200 V, 3φ 200 V(A), 3φ 200 V(B), 3φ 200 V(D), 3φ 440 V, および 3φ 3300V, がある。3φ 200/3 V・50/3 cps は中性子計装盤粗調整安全棒駆動用, 3φ 100 V ST は中性子計装盤微調整制御棒駆動用, 破損燃料検出, 燃料棒温度検出などに

使用されている。3φ 200 V は一般動力用で原子炉関係動力 (3φ 200 V(A) および 3φ 200 V(B)) と区別している。3φ 200 V(A) に接続されている負荷は停電の際非常用電源装置より電源供給を受けないもの、3φ 200 V(B) は非常用電源の供給を受けるものである。

る。

3φ 200 V(D)は無停電電源装置より電源供給を受けるものである。つぎに、電源の容量については需要率を仮定して算出した値に対し、増設分を見込み決定した。その結果は第 14 表のとおりである。

2.3.2 配線方法

幹線は付属室、炉室および使用済み燃料室に分けている。付属室においては幹線のみダクトを使用しほかは陰蔽配管とし炉室においては配線の融通性を考慮し廻廊下炉室壁にそってダクトを一周させてある。特に炉室は気密を保つため付属室から炉室への配線はネオプレンによるパッキングシール (5.5/m 以上のもの) およびコバルシール (5.5/m 未満のもの) を施工した。燃料棒温度測定用、回転遮蔽体動力用などの配線は原子炉生体遮蔽上面にトレンチを一周させて配線をおこなった。

使用済み燃料室はすべて陰蔽配管とした。

2.3.3 電灯設備

付属の研究室、研究準備室は高出力型蛍光灯を使用しそのほかは蛍光灯および白熱灯を使用している。使用済み燃料室は水銀蛍光灯と高出力型蛍光灯を使用し常時は高出力型蛍光灯のみ、作業時には水銀蛍光灯も使用する。使用済み燃料貯蔵水槽の照明器具は水中に直接沈めるため完全防水型として汚染および腐食を考慮して平滑に表面仕上げをした軽合金を使用している。なお、光源は水銀蛍光灯 400 W 8 基を使用している。炉室の照明は演色性の改善のため水銀蛍光灯 1500W 8 基のはか白熱灯 1000W 16 基を使用し起重機には白熱灯 500W 4 基、キャスクのガーダーには蛍光灯 40W 2 灯用 8 基を取付けている。

各室の照度は第 15 表のとおりである。

次に停電灯は研究室と事務室には 1 単位 (1 スパン) ごとに、廊下そのほかは 2 灯ないし 3 灯に 1 灯の割合で 60 W を、炉室は 500 W 4 基、使用済み燃料室は 60 W 5 基を設置している。停電灯は常用電源が停電すると自動的に直流電源に切換えられて点灯する。

2.3.4 実験用電源設備

付属の研究室は 1 単位 (1 スパン) ごとに 1 面の分電盤を設けている。炉室は炉室壁に分電盤を設け炉壁までの配線は各分電盤から原子炉に向う放射状のトレンチを利用するようになっている。使用済み燃料室は 2 面の分電盤を設けている。

2.3.5 弱電設備

原子炉を運転する上に重要な連絡機器として、電話、ページング式インターホンおよび一斉指令用インター

ホンの 3 種類を設けている。

一斉指令用インターホンは別々に取付けたマイクとスピーカが 1 組で通話できるようになっていて原子炉を運転するために特に重要な所と制御室との連絡を密にすることを主目的とする。なお一斉指令用インターホンは事務本館より一斉指令放送があった場合には優先的に継電器によって切換えられるが JRR-3 において緊急指令がある時は制御室で押しボタンにより事務本館からの放送を切りはなし、JRR-3 建家に指令放送することができる。

ページング式インターホンは電話器のダイヤル部分がスピーカになっていて制御室との連絡、一般呼出しおよび通話用として使用される。

そのほか火災報知機がある。

2.3.6 その他電気設備

(1) 出力表示装置

炉室にいる作業員および実験者に原子炉の出力を表示することを目的とし、炉の出力をデジタルボルトメータにより数字にて表示するものである。

(2) 各種表示灯

表示灯には運転表示灯と特殊作業許可表示灯がある。

(i) 運転表示灯

運転表示灯は原子炉の運転中であることを示すもので赤色ガラスに運転中の文字を浮き出させ点滅するものである。なお、これは原子炉運転開始の押ボタンと連動されている。

(ii) 特殊作業許可表示灯

燃料取換作業、放射性同位元素取出し作業、垂直実験孔から軽水を出す作業などでは正の反応度が加わるので、あらかじめ外側の粗調整安全棒を中間まで引出して必要な場合にはスクラムできるように監視しながら徐々に作業を進める。この際外側の粗調整安全棒が全部中間まで引出され、ほかの計測器からの信号がすべて正常である時点灯する。

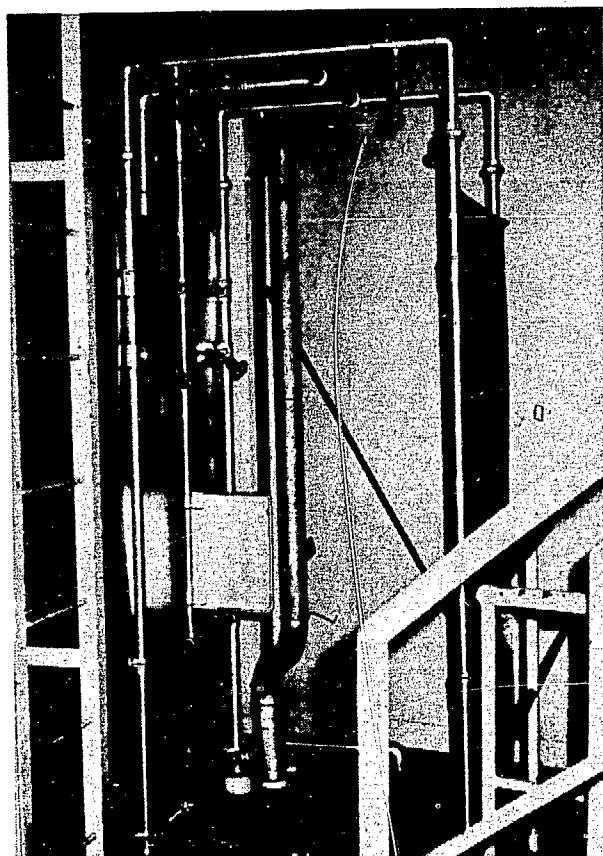
2.4 給排水衛生設備

2.4.1 給水設備

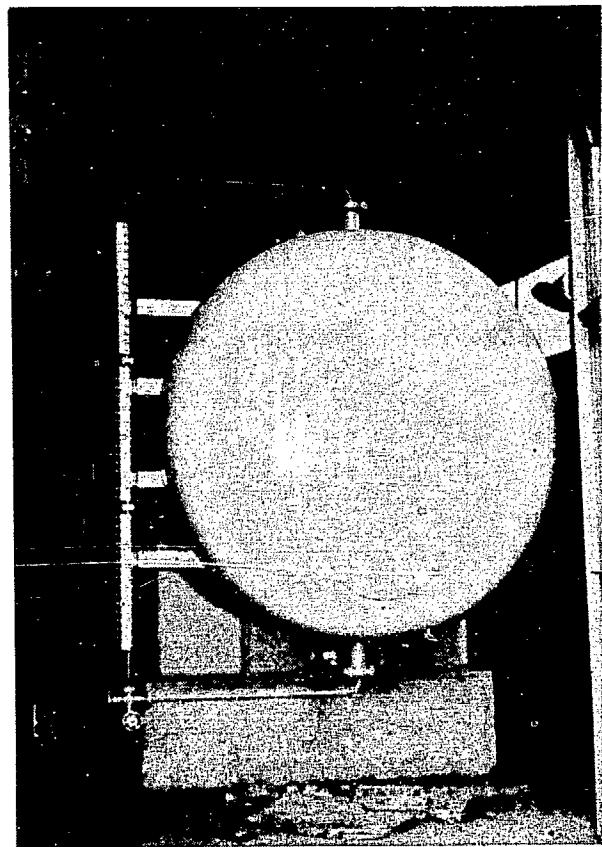
給水は上下、汎過水、雑水の 3 系統に分類され、衛生器具については下記のようなものを使用する。

(1) 衛生器具設備

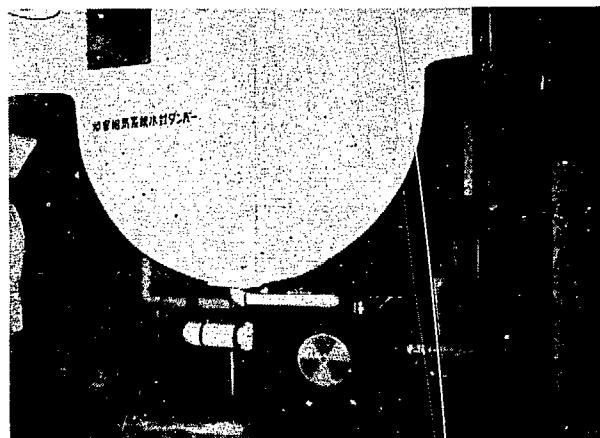
付属室は一般衛生器具を使用しているが、炉室内では緊急用シャワーおよび足踏式手洗器があり汚染事故における身体洗浄、手洗を目的としている。そのほか実験用としてステンレス流しを炉室、研究室および使



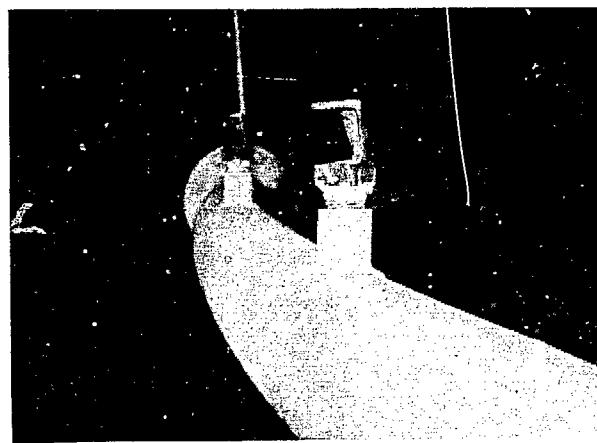
第 55 図 緊急用シャワー



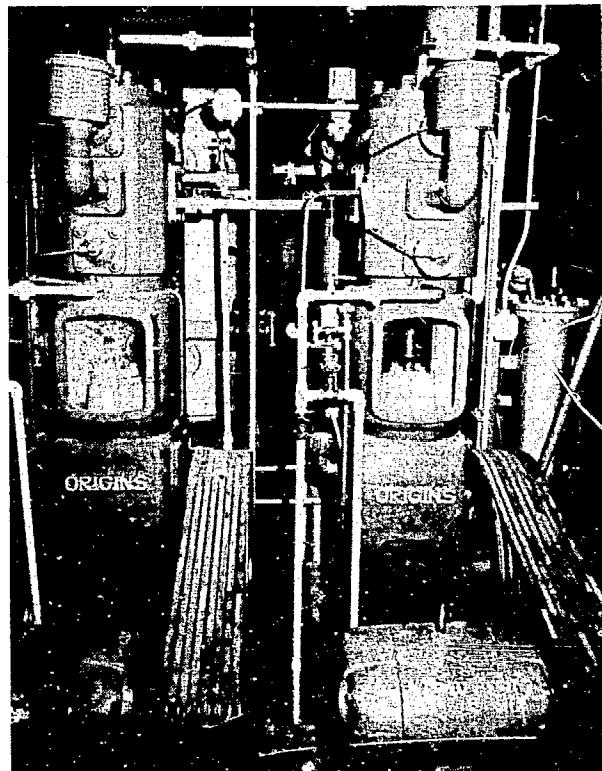
第 59 図 放射性廃液貯槽



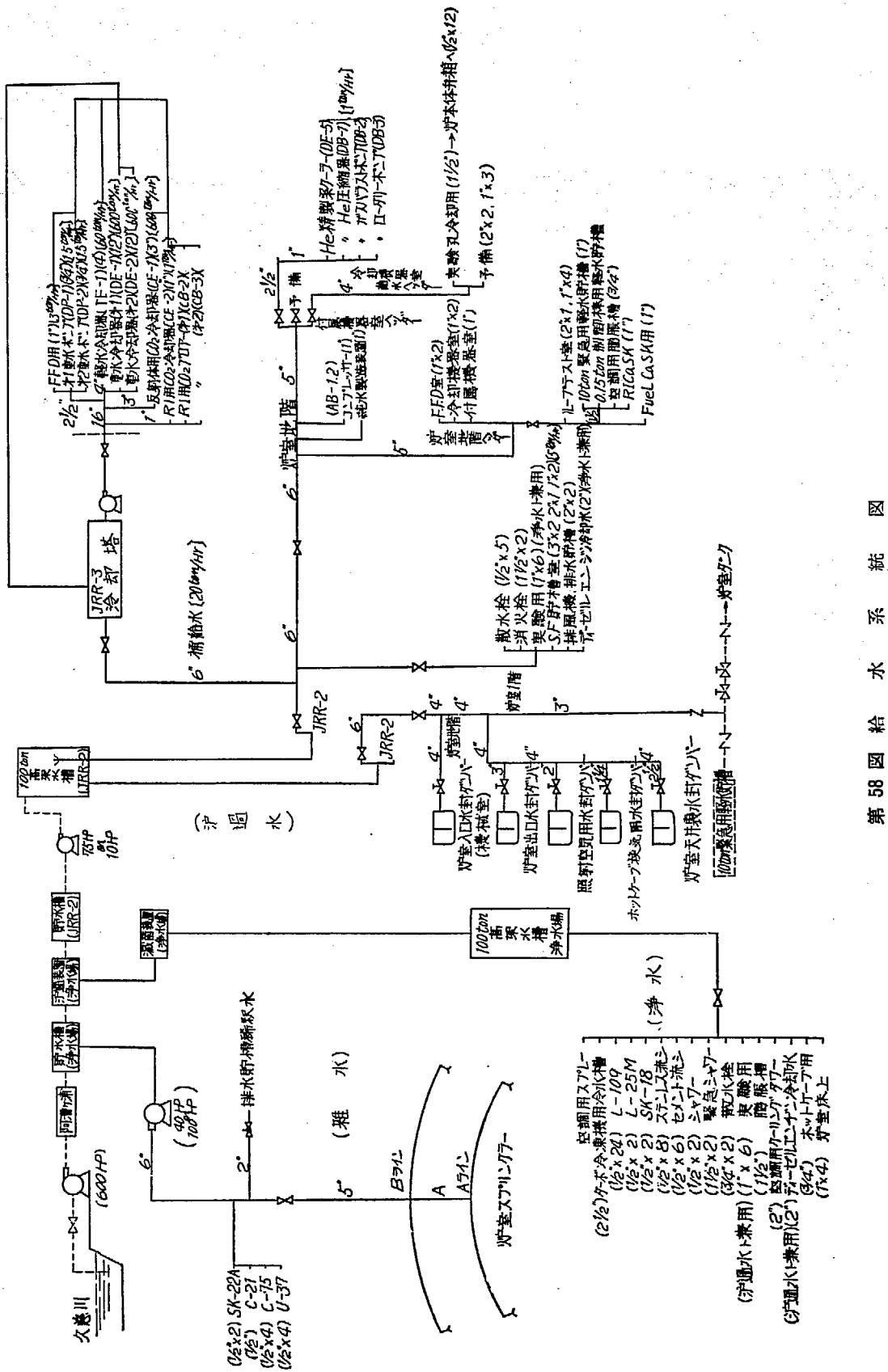
第 56 図 水封ダンパー



第 57 図 壁面洗浄装置散水部



第 60 図 空気圧縮機



第 16 表 衛生器具

名 称	記 号	数 量	備 考
洗面器	L-109	24	事務室 4, 研究室 4, 研究準備室 3, 排風機室 2, 男子用便所 2, 女子用便所 2, 男子用更衣室 2, 女子用更衣室 1, 使用済み燃料機械室 1, 更衣室入口 1, 機械室 1, 制御室 1
手洗器	L-25M	2	使用済み燃料室 1, 炉室 1 階 1
流水し	SK-18	2	放射線管理室 1, 蓄電池室 1
流水し	SK-22A	2	男子用更衣室 1, 男子用便所 1
大便器	C-21	1	男子用便所 1
"	C-75	4	男子用更衣室 1, 男子用便所 1, 女子用更衣室 1, 女子用便所 1
小便器	U-37	4	" 2, " 2
シャワー		2	男子用更衣室 1, 女子用更衣室 1
緊急用シャワー		2	炉室 1, 使用済み燃料室 1
ステンレス流し		8	炉室 1 階地階各 2, 研究室 2, 研究準備室 1, 使用済み燃料室 1
人造磨出し造り付流し		3	暗室 2, 湯沸室 1
散水栓	浄水用	2	炉室 2
"	汎用	5	玄関入口 2, 使用済み燃料室 1, 使用済み燃料室入口 1, 研究準備室入口 1
消火栓		2	研究準備室 1, 事務室廊下 1

第 17 表 排水機器

系 統	型 式	容 量	電動機	台 数
放射性廃液貯槽	横置円筒型	20ton(2,000mm × 6,500mm)	—	2
機械室, 橫型ポンプ	130-VWW I M	1.7m³/m × 12m	7.5kW (10HP)	2
淨化槽	50-VWW I M	0.12m³/m × 6m	0.74kW (1HP)	2
使用済み燃料貯蔵水槽タービンポンプ	50MS III M	0.25m³/m × 25m	2.2kW (3HP)	2
排水貯槽用排水ポンプ	NCH-M	0.57m³/m × 9m	2.2kW (3HP)	2
" 室用排水ポンプ	"	0.12m³/m × 9m	0.74kW (1HP)	1

第 18 表 給湯機器

名 称	型 式	仕 様	電動機	台 数
ストレージタンク	横置円筒型	910φ × 3,100L	—	1
温水循環ポンプ	HCH-M	0.075m³/m × 1.2m	0.4kW (1/2HP)	1

用済み燃料室に備えている。

(2) 上水給水設備

上水は空気調整用, 各種補給水, そのほか洗面器, 流し, および実験用など各必要箇所に給水される。

(3) 汎用給水設備

汎用は JRR-2, 3 専用の高架水槽(JRR-2 参照)から炉室内付属機器室へ 150 mm (6 in) 管で付属室地階機械室へは 125 mm (5 in) 管で入り, 炉室内では炉面実験用, 破損燃料検出装置室給水用, 純水製造装置給水用, 空気圧縮機冷却用, そのほか実験用として供給する。付属室地階機械室から入った汎用は研究室の実験用給水, 消火用給水, 使用済み燃料貯蔵水として給水される。また, 別に非常用配管を設け, 制御室上にある原子炉緊急冷却用軽水貯槽ならびに炉室内空調ダクト各系統の水封ダンパーに給水される。

(4) 雜水給水設備

雑水は炉室壁が大規模に汚染された場合洗浄できる

よう壁面洗浄装置が設けられている。なお, この装置の使用に当っては誤操作のないよう炉室北側埋設弁には鍵がかけられる。そのほか屋外放射性廃液貯槽の希釈水, 付属室便所の衛生器具洗浄用として給水される。

2.4.2 排水通気設備

(1) 汚染排水系統

炉室, 研究室, そのほか放射性物質を取扱う各実験用流し, そのほか汚染排水は, 炉室冷却機器室および破損燃料検出装置室横の集水ピット ($2,500 \times 2,500 \times 1,500$, $(3,000+2,100) \times 1,000 \times 1,000$) にいったん集められ, そこからポンプで屋外廃液貯槽室内放射性廃液貯槽 20 ton 2 基に送られ, 放射性レベルを測定した上一般排水または廃液運搬車にて廃棄物処理場へ送られる。

(2) 汚水排水系統

し尿処理槽 (200 人槽) で処理し, 一般下水に放流する。

(3) 一般排水系統

一般排水は直接屋外排水路に放流され、機械室、暗室などの排水は付属室地階機械室集水ピット $5,000 \times 3,500 \times 1,000$ に集められ、ポンプで屋外排水路に放流される。

2.4.3 給湯設備 付属室地階機械室に蒸気加熱用給湯タンク $910\phi \times 3,100$ (2,000l) 1基を設置し、一般用は各洗面器へ送られ、実験用としては炉室、使用済み燃料室、研究室の各実験用流し、シャワーなどにそれぞれ送湯される。

2.4.4 ガス設備 付属室地階機械室にガスマーター (200 灯用) 1基を設置し湯沸室および実験用として炉室、研究室の各必要箇所に供給する。

第 19 表 ガス機器

名 称	仕 様
ガスマーター	200 灯用 1週 142.8l

2.4.5 圧縮空気設備 炉室地階付属機器室に 2 台、付属室地階機械室に 2 台の空気圧縮機を置き、炉室および研究室の実験用として供給する。なお付属機器室

第 20 表 空 気 圧 縮 機

据付位置	型 式	吸 入 量	压 力	馬 力	台 数
付 属 機 器 室	DNL 56	1200 l/m	7 kg/cm ²	11 kW (15HP)	2
機 械 室	C ₂ VS ₂	660 l/m	7 kg/cm ²	5.5 kW (7.5HP)	2
エアータイト機械室	C-170	170 l/m	7 kg/cm ²	0.75 kW (1 HP)	2

の 1 台には脱湿装置を設け、炉室内計測用として使用される。

2.4.6 真空設備 炉室地階冷却機器室に真空ポンプおよび真空槽を設け重水貯槽、軽水貯槽、炭酸ガス貯槽、炉内の照射口および反射体の垂直照射口にそれぞれ接続され、照射空気用ダクトを経てスタックへ放出される。

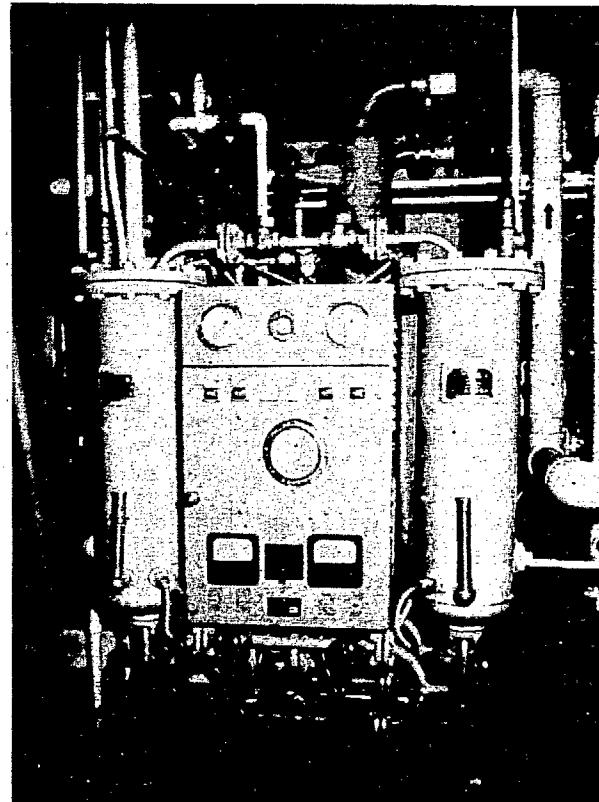
第 21 表 真空ポンプ

据付位置	型 式	吸 入 量	真 空 度	馬 力	台 数
冷却機器室	PKS-014型	$1.4 \text{m}^3/\text{m}$	90~95%	1.5kW (2 HP)	2

2.4.7 純水製造および精製設備 使用済み燃料貯蔵水槽用純水およびその浄化、熱遮蔽冷却用水、新燃料流量調整装置用純水を下記装置により供給する。

(1) 装置概要

- a 原 水 久慈川活水
- b 純水および処理水量 5 ton/hr 1 基
11 ton/hr 1 基
5 ton/day 1 基



第 61 図 圧縮空気脱湿装置

c 再生時間 各装置とも 4 時間
d 電気伝導度 $10^{-6} \mu/\text{cm}$ 以下

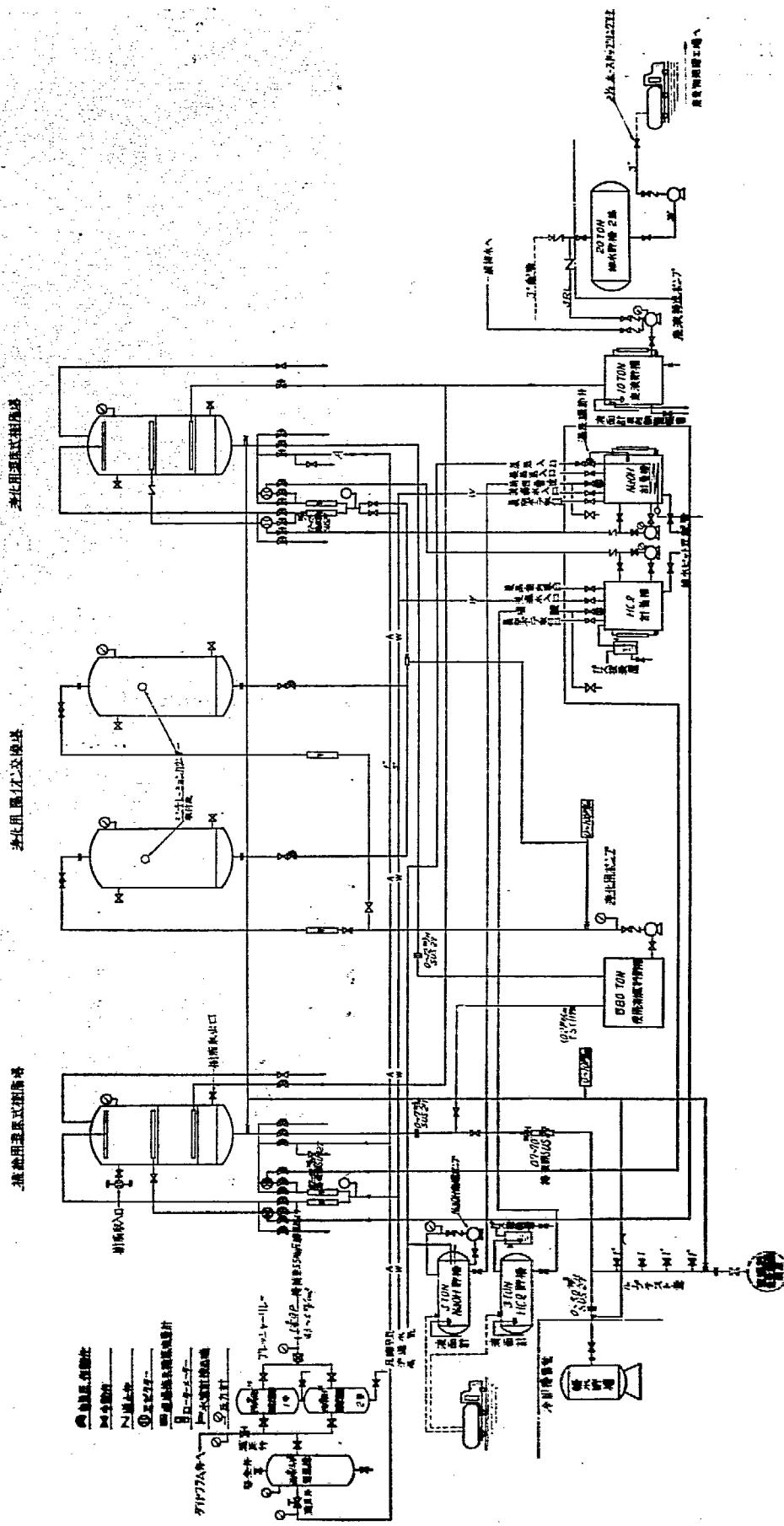
(2) 補給水用混床式樹脂塔 (5 ton/hr) (5 ton/day)
使用済み燃料貯蔵水槽、熱遮蔽冷却用軽水貯槽、新燃料流量調整用貯槽への供給水を JRR-2 高架水槽よりの沪過水を補給水混床式樹脂塔を通して製造補給する。

(3) 清化用混床式樹脂塔 (11 ton/hr)

使用済み燃料貯蔵用水を一定の純度に保つため、放射性物質の除去装置として清化用イオン交換塔および清化用混床式樹脂塔を通して貯槽内の水を循環清製する。

(4) 再生設備

補給用、清化用樹脂塔の再生には塩酸およびカセイソーダを使用し、計量槽への薬品注入は屋外に設けた薬品貯槽から自然落下によりおこなう。陽イオン交換塔は再生せず放射性物質が吸着された場合、制御室に警報され樹脂の交換をおこなう。また、廃棄物処理場



第62回 純水精製裝置圖解

へ移動できるよう搬出装置が設備されている。

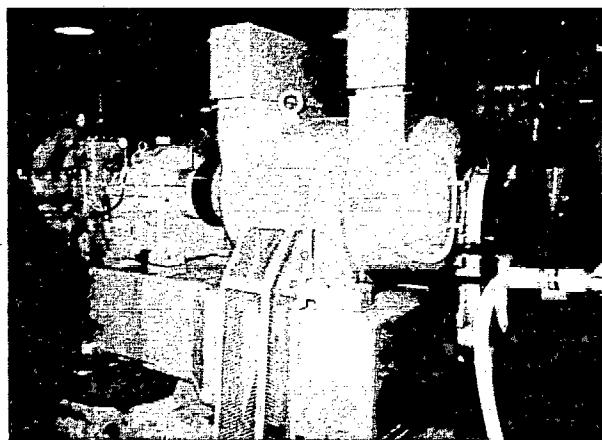
第 22 表 純水精製装置機器

名 称	仕 様	数量
補給用混床式純水装置樹脂塔	5 ton/hr	1
"	5 ton/day	1
塩酸計量槽	775mm × 1,219mm	1
カセイソーダ計量槽	"	1
浄化用陽イオン交換塔	400 l/hr	2
浄化用混床式純水装置樹脂塔	11 ton/hr	1
塩酸貯槽	3 ton	1
カセイソーダ貯槽	"	1
塩酸計量槽ポンプ	50mm × 0.1m³/m × 15m × 1.5kW	
カセイソーダ計量槽ポンプ	50mm × 0.15m³/m × 15m × 1.5kW	
カセイソーダ貯槽ポンプ	50mm × 0.16m³/m × 17.5m × 1.5kW	1
再生廃液受槽	10 ton	1
貯槽循環用ポンプ	50mm × 11m³/hr × 50m × 3.7kW	1
再生廃液移送ポンプ	50mm × 250 l/m × 25m × 2.2kW	1
樹脂	ダイヤイオン SK #1 " SA #100	1.435 l 1.270 l
流量指示計	直読式浮子型ローターメータ	5
水質指示記録計	6点ストリップチャード型	2
流量指示積算計	オーバル式	3

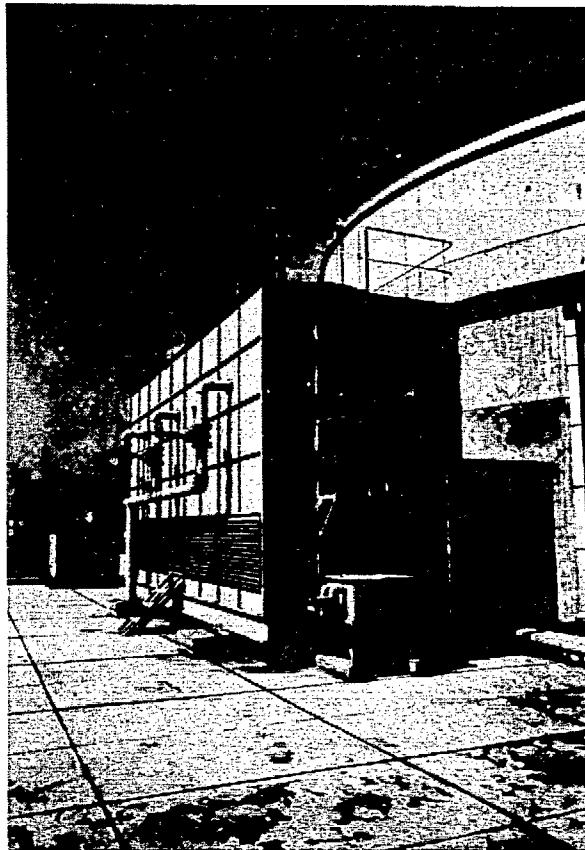
2.4.8 制御設備 上記給排水その他機器は、機械室制御盤室に総合制御盤が置かれ各機器に対する電流計、故障表示および警報（排水ポンプの高水位、空気圧縮機の高低圧、真空ポンプの高圧警報）ができるよう配線され、また、炉室内の真空ポンプ、圧縮空気は制御室でも監視できるように設備されている。

2.5 空気調整設備

2.5.1 空気調整装置 空気調整は付属室地階機械室に冷凍機、空気調和器、冷水槽（15,000×5,000



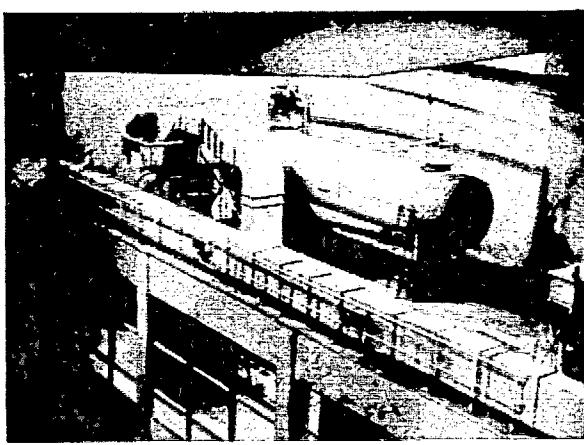
第 63 図 290HP ターボ冷凍機 (220kW)



第 64 図 冷却塔 (冷房用)



第 65 図 機械室内配管



第 66 図 炉室内部ダクト一部

×1,000), そのほか主要機器を設け, 夏季は外気取入口から入った外気は塵埃および潮風による空気中の塩分を除去するため, 沖過したのち空気洗浄器で洗浄される。洗浄された空気は空気調和器に入り冷却減湿され, もし室内温度が低い場合には室内に設けたルームサーモスタットにより加熱器の自動弁が加熱作動をおこない送風機により各室に送られる。また, 冷却水の冷水入口には自動三方弁を設け, 室内ヒュミディスターおよびサーモスタットにより冷却器に入る冷水の量を調節する。

冬季も同様外気を沖過, 洗浄し, 空気調和器で給湿加熱され送風機により各室に送られる。また炉室系統は防火ダンパー, モーターダンパー, 水封ダンパーを通り炉室に沿って一周しているダクトから室内に吹出される。空気調整機器は第 23 表のごとくである。

2.5.2 換気設備 炉室関係排気装置は屋外排風機室に設け, 炉室, 研究室, 研究準備室および使用済み燃料室の全空気を排風機室内に取付けた AEC 空気沖過器で沖過し, 放射性の塵埃や蒸気を取り除いて地上

第 23 表 空気調整機器一覧 (1)

1 冷凍機

名 称	型 式	冷凍容量 kcal/hr	電動機 kW
ターボン冷凍機	FW250TRGM	750,000	220 (290HP)

2 冷凍用ポンプ

名 称	型 式	水 量 m³/m	揚程 m	電動機 kW
凝縮水ポンプ	180×160LFM	2.84	18.3	19 (25HP)
冷水ポンプ	180LFM	3.26	12.5	15 (20HP)

3 冷却塔

型 式	冷却水量 m³/m	冷却水温度 °C	冷却塔本体 m/m
向流式吸込型	2.84	32.2~37.8	2,740×7,920×3,950

4 冷却塔送風機

型 式	風量 m³/hr	静圧 m/m	電動機 kW
軸流型	39,800×3	12×3	3.7(5HP)×3

8 空気調和機器

系 統	No	風量 m³/hr	静圧 mm	モーター kW	冷却コイル	加熱コイル
a 炉室および制御室	6½	37,700	60	15	No.88×2,440×14T×4	No.83×2,440×14T
b 制 御 室	2½	9,500	45	3.7	No.88×2,140×17T	No.82×2,140×17T
c 研 究 室	3½	17,200	56.5	7.5	No.88×2,060×30T	No.83×2,060×30T
d 研究準備室	2½	10,750	38.1	3.7	—	No.83×2,060×19T
e 事 務 室	2½	7,750	56.5	3.7	No.88×1,475×19T	No.83×1,475×19T
f 更 衣 室	2	5,720	38.1	2.2	—	No.83×1,100×19T

40m の排気筒から放出する。なお, 放射性の特に強い重水, ヘリウム, 炭酸ガス, 放射性同位元素冷却, 熱遮蔽冷却装置などから出る照射された空気および RI ケーブルの排気は炉室内地下で AEC 空気沖過器により沖過したのち, 排風機室内の排風機で放出される。また, 炉室内気圧は汚染空気の漏洩を防ぐためつねに大気圧より低くなるよう静圧制御器を設け, 自動的に排気量の調整をおこなってその目的を達している。空気調整機器(排気系統)は第 24 表のごとくである。

2.5.3 空気沖過設備 上記換気系統に使用される沖過器および数量は第 25 表のごとくである。

2.5.4 自動調整設備

(1) 温湿度ならびに温度記録計設備

a 温湿度発振器を下記位置に設置し, 自動調節ならびに記録をおこなう。

炉室 (1FL および BFL)	2点
制御室	1点
研究室	1点

5 空気加熱コイル用ポンプ

名 称	型 式	水 量 m³/m	揚程 m	電動機 kW
炉室	80 SEM	0.455	6.7	1.5 (2HP)
制御室	40 SEM	0.058	8.2	0.4 (1/2HP)
研究室	70 SEM	0.37	6.7	0.75 (1HP)

6 空気冷却コイル用ポンプ

名 称	型 式	水 量 m³/m	揚程 m	電動機 kW
炉室	160 SEM	19.8	6.7	5.5 (7.5HP)
研究室	130 SEM	1.27	9.15	3.7 (5HP)
制御室	40MSⅢM	0.143	24.4	1.5 (2HP)

7 噴霧水ポンプ

名 称	型 式	水 量 m³/m	揚程 m	電動機 (kW)
炉室	100 SGM	0.995	16.7	5.5 (7.5HP)
研究室	70 SGM	0.425	15.2	2.2 (3HP)
研究準備室	70 SGM	0.285	15.2	2.2 (3HP)
事務室	50 SGM	0.185	15.2	1.5 (2HP)
更衣室	40MSⅡM	0.143	15.2	1.5 (2HP)

第 24 表 空気調整機器一覧 (2)

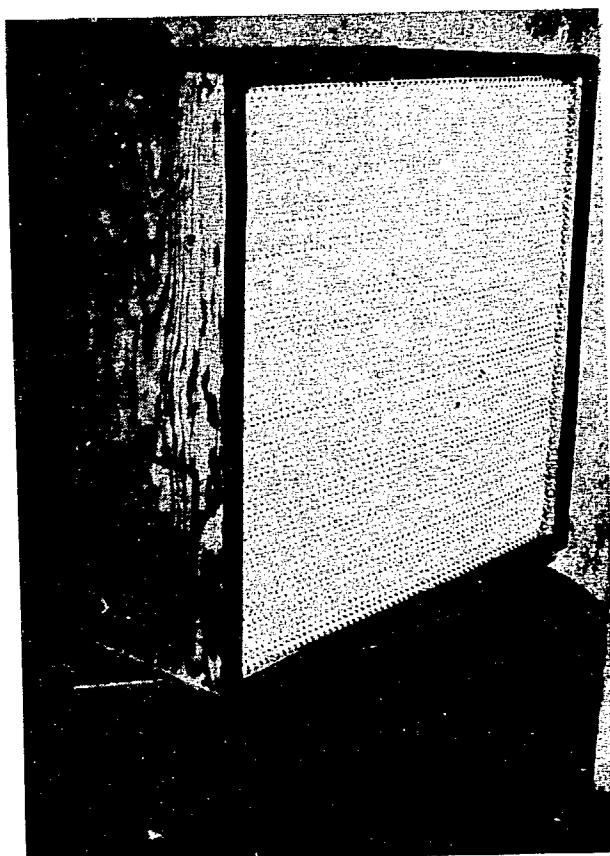
系 統	No	風 量 m ³ /hr	静 壓 mm	モーター kW
a 炉室および制御室	6	34,800	70 ^a	15 (20HP)
b 研究室	5 ^{1/2}	33,800	80	15 (20HP)
c 照射空気排気	2 ^{1/2}	4,760	70	2.2 (3HP)
d RIケーブル排気	1 ^{3/4}	2,040	70	1.5 (2HP)
e 使用済み燃料室給気	6	28,900	32	5.5 (7.5HP)
f 使用済み燃料室排気	5 ^{1/2}	28,900	75	11 (15HP)
g 事務室便所排気	1 ^{1/2}	850	13	0.2 (1/2HP)
h 事務室湯沸室排気	1	340	13	0.2 (1/2HP)
i 蓄電池室排気	1 ^{1/2}	1,105	15	0.2 (1/2HP)
j 機械室給気	4	11,200	20	2.2 (3HP)
k 機械室排気	4	10,100	15 ^a	1.5 (2HP)

第 25 表 空気調整機器一覧 (3)

系 統	AEC フィルター	グラススワール フィルター	カッパーウ ルフィルター
	610×610×290 24"×24"×11 ^{1/2} "	610×610×50 24"×24"×2"	510×510×50 20"×20"×2"
a 炉室および 制御室用	21枚	21枚	—
b RIケーブ ル用	2	2	—
c 照射空気用	3	3	—
d 研究室排氣 用	20	20	—
e 使用済み燃 料室排氣用	16	16	—
f 使用済み燃 料室給氣用	—	—	24
g オイルダン パー用	1	1	—

研究準備室 1点

事務室 1点



第 67 図 AEC 空気汎過器

b 温度記録計設置箇所

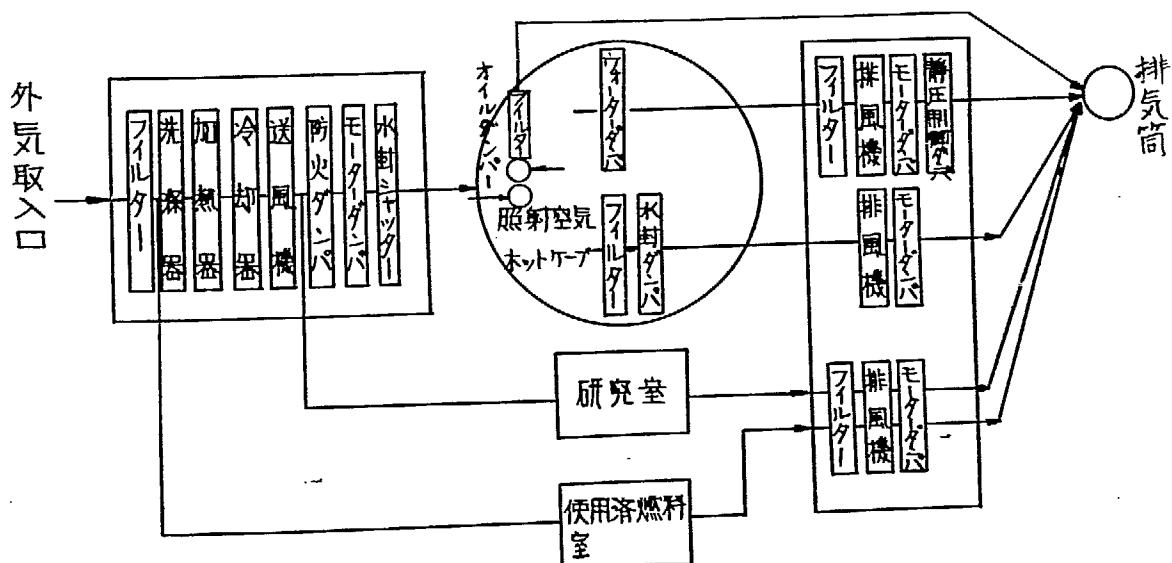
冷凍機、冷水、凝縮水、出入口温度 4 点

空気冷却コイル用ポンプ 3 台、冷水温度 4 点

空気加熱コイル用ポンプ 3 台、出入口温度 6 点

噴霧水用ポンプ出口温度 5 台 5 点

研究室 機械室 炉室 排風機室



第 68 図 給 排 気 系 統 図

空気調和器出口温度 5 台	5 点
室内温度（機械室、電気室、廊下）	3 点
外気温度	1 点

(2) 冷凍機自動制御装置

a 冷凍機の操作は総合制御監視盤ならびに高圧配電盤の双方いずれでも押ボタン操作でおこなう。

b 自動ペーンコントロールは冷水出口温度調節器によりおこなうが手動操作もできる。

c 油冷却および軸受冷却用給水は電磁弁を設け OCB 投入と同時に弁を開く。

d 冷凍機、冷水循環ポンプ、凝縮水循環ポンプにはインターロックを設ける。

e 冷凍機には下記の保安装置および故障表示灯がつく。

- イ) 冷媒過高圧
- ロ) 電動機過負荷
- ハ) 冷水凍結防止
- ニ) 油圧低下
- ホ) 凝縮水の断水
- ヘ) 冷水の断水

(3) 空気調整温湿度自動制御装置（冬期 T_1, H_1 , 夏期 T_2, H_2 ）

空気調整する室内に冬夏期用サーモスタット T_1, T_2 , 夏期用ヒュミディスタット H_1, H_2 を置き、冬夏期とも自動制御がおこなわれる。

冬期は H_1 により空気洗浄器の噴霧水配管中に設けた温水加熱器用の電動蒸気弁を作動し、湿度の調整をおこない、 T_1 により加熱コイル用の電動三方弁を作動し温度の調整をおこなう。

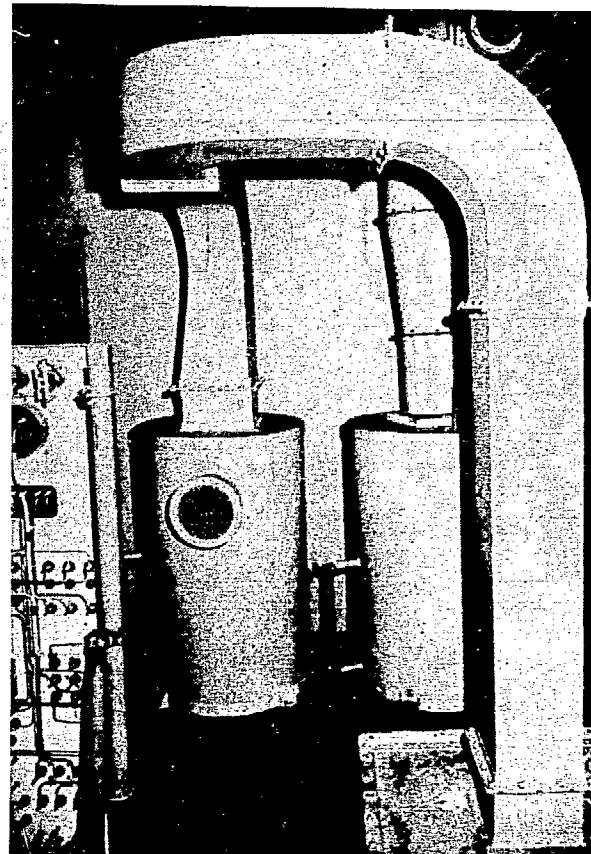
夏期には T_2 および H_2 により冷却コイル用の電動三方弁を作動し、 T_1 により再熱の必要あるときは加熱コイル用電動三方弁を作動して温湿度を調整する。なお、これらは、炉室および制御室、研究室、研究準備室、事務室、に適用される。制御室系統の冬期給湿は空気洗浄器を使用せず直接蒸気により給湿される。

(4) 炉室静圧制御装置

炉室静圧制御の目的は炉室の静圧をつねに外気圧より負圧（水柱 0~2") に保ち、炉室空気が室外に漏洩するのを防止するため、炉室主排風機の出口には電動ダンパーを付け排風機の運転と同時に開き始め、運転中は炉室内静圧を外気よりも負圧に保つようたえず電動ダンパーを作動させる。

(5) 送排風機インターロックならびに自動ダーパー装置

下記三系統の給排風機はそれぞれインターロック



第 69 図 オイルダンパー外観

し、各系統の排風機が運転を始めなければ送風機が運転できぬようインターロックする。

a 炉室系統排気および給気

b 研究室、研究準備室、更衣室排気および給気

c 使用済み燃料室排気および給気

なお上記送排風機には、それぞれ自動ダンパーを付し、送排風機の起動停止に応じ電動ダンパーをそれぞれ開閉させる。ただし、炉室系統排風機 3 台（主排風機、RI ケーブ、照射空気用排風機）および同系統給氣機 1 台の電動ダンパーは自動操作とともに手動操作もおこなうことができる。

その代表指示器を総合操作監視盤に置く。

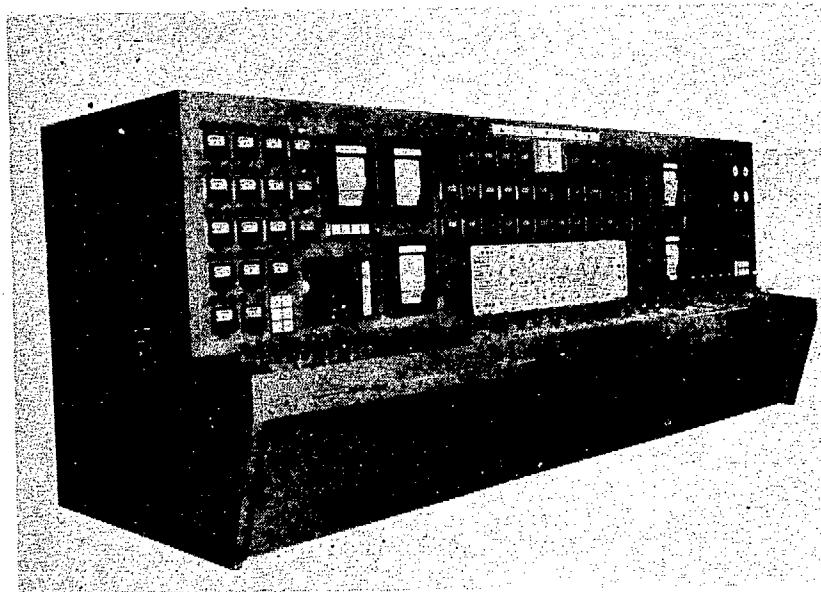
(6) 非常用ダンパーならびに非常操作

非常ダンパー装置は炉が非常の状態になったとき炉室に通ずる空気調整ダクトを短時間に外部と遮断し、安全をはかるもので壁面貫通箇所には水封装置、静圧制御用空気管にはソレノイドバルブを取付ける。

なお、非常の際は炉室内の静圧を 0.2 psi ~ -0.1 psi 以内に保つため炉室内にオイルダンパーを設け、自動的に制御する。

非常時態が生じた場合の操作方法

a 制御室および機械室にある監視盤の非常用押ボタンを操作する。



第 70 図 空気調整用総合制御盤

- b 空気調整用全系統は非常用操作回路を残し切断される。
- c 電動ダンパーはスプリングの作動により全閉。
- d 水封ダンパー用モーターバルブは全開し排水用ソレノイドバルブは全閉する（水封時間約 3 分）。
- e 静圧制御器ならびに静圧指示計、マノメーター用ソレノイドバルブは閉塞する。

非常時における炉室内の圧力調整は前述のとおり炉室内に高圧、低圧用 2 箇のオイルダンパーを設け、室内外差圧を 0.2~0.1 psi に保つため 0.2 psi 以上になった時高圧用ダンパーは沪過器をとおし排気筒に放出し、-0.1 psi 以下になった時低圧用ダンパーを通じ外気を室内に導入する。

非常解除の場合の操作方法

- a 制御室および機械室にある監視盤の非常復帰ボタンを操作する。
- b 水封ダンパー用のモーターバルブは全閉し排水用ソレノイドバルブは全開する。
- c 静圧制御器マノメーター用ソレノイドバルブは全開する。
- d モーターダンパーは手動開閉器で徐々にダンパーを開き、排風機、送風機の順に起動運転させる。

(7) 総合操作監視盤および自動制御盤

総合操作監視盤はベンチボード型で下記のものを備える。

- a 冷凍機、送排風機、ポンプの遠方操作装置
 - b 湿湿度記録計装置
 - c 温度記録計装置
 - d 冷凍機自動制御装置
 - e 空気調整温湿度自動制御装置
 - f 送排風機インターロックならびに自動ダンパー装置
 - g 非常用ダンパーならびに非常操作装置
 - h 炉室内外差圧指示計装置
 - i 静圧制御用ダンパー開度計装置
- 排風機室自動制御盤は自立キュビクル型で下記のものを備える。
- a 排風機の自動ならびに手動操作装置
 - b 炉室静圧制御装置
 - c 排風機インターロックならびに自動ダンパー装置
- 制御室自動制御盤はキュビクル型で下記のものを備える。
- a 空気調和機の自動操作装置
 - b 非常用押ボタン装置
 - c 炉室給排気の運転表示装置
 - d 炉室内外差圧指示計
 - e 静圧制御用ダンパー開度計装置
- 冷却塔自動制御盤は自立キュビクル型にして送排風機の自動操作装置を備える。

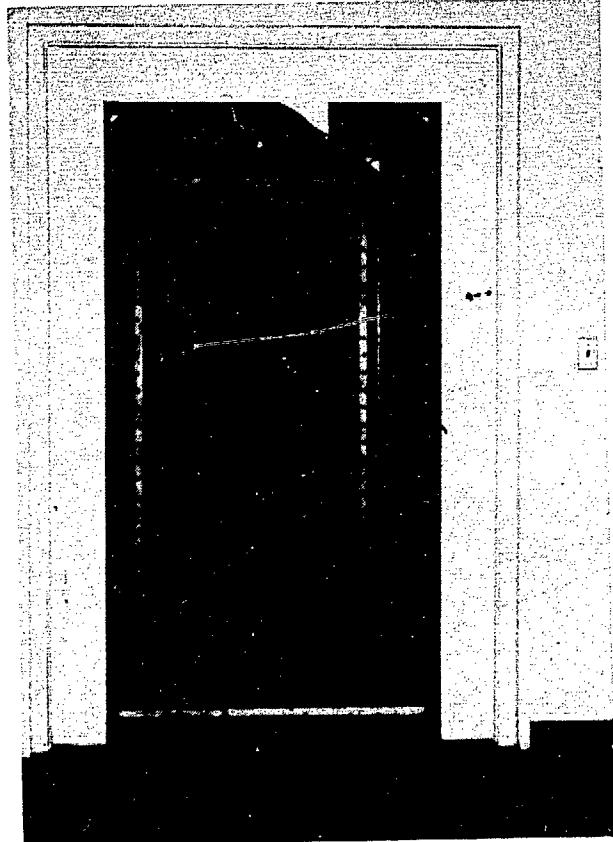
3 特 殊 設 備

3.1 気密扉

3.1.1 人員出入り用気密扉 炉室は常時排風機により、外気圧より水柱 2~3 cm 位負圧となっていて炉室内空気が直接、本扉などから放出されないようになっているが、使用頻度の多い本扉は、開閉時空気の流通などを防ぐため、厚さ 30 cm の鉄筋コンクリート造りの気密室を設けて二重扉としている。その主な機構は下記のとおりである。

(1) 各扉は、同一形式および機構のものでハンガーフラッシュ扉で、エヤシリンダーおよび歯車機構により水平にスライドさせて開閉し、気密保持は圧縮空気による全自動式である。

(2) 気密保持状態における空気漏洩の許容量は扉の内外気圧差水柱 15 cm において $10 \text{ m}^3/\text{day}$ 以内である。気密の保持は第 71 図に示すように各扉枠の周囲に設けられた厚 2 mm のエンドレスのゴムチューブに空気を送って膨張させ、扉と扉枠に密着させることによりおこなう。この時チューブ内の空気圧は約 1.5



第 71 図 人員出入り用気密扉（1）

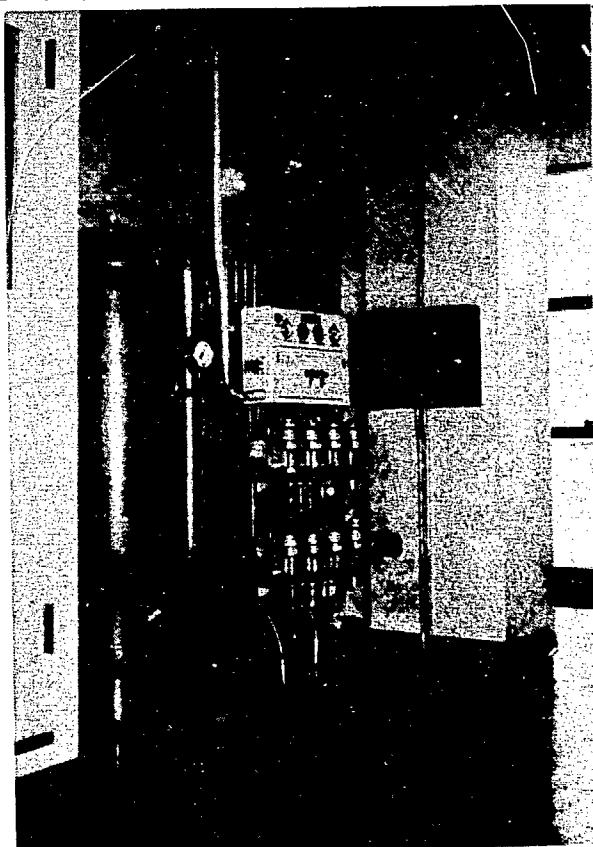
kg/cm^2 である。

(3) 各扉の開閉作用は押ボタンスイッチ一回の操作により、気密解除、開扉、約 5 秒停止、閉扉、気密保持と自動的に連動する。この所要時間は約 30 秒である。なお、非常の際は手動で開けられるよう考慮されている。

(4) 片方の扉が開いている時は他方が開かぬよう、電気的にインターロックされており、必要に応じて解除できるようになっている。

(5) 圧縮空気装置は 1 HP コンプレッサー 2 基および 700 L の空気溜、そのほかからなり、空気溜はコンプレッサーが稼動しなくなつてから約 3 時間は扉の気密保持ができる大きさである。

3.1.2 トランク出入り用気密扉 使用頻度が少なく、使用時は炉の停止した時を原則としているので、扉が大きいにもかかわらず一重である。しかし、外気との間には使用済み燃料室があるので、使用済み燃料室を準気密室と見なし得る。その主な機構は、



第 72 図 人員出入り用気密扉（2）
圧縮空気溜など付属機器

(1) リフト式のフラッシュ扉で開閉、気密保持ともモーター駆動である。

(2) 気密保持状態における空気漏洩の許容量は扉の内外気圧差水柱 15 cm において $20 \text{ m}^3/\text{day}$ 以内である。気密保持は扉枠周囲に取付けられたネオプレンに扉を押付け密着させることによりおこなう。

(3) 扉の開閉機構と気密締付機構は連動しており、扉の開または閉の所要時間は気密操作も含めて、約 60 秒である。

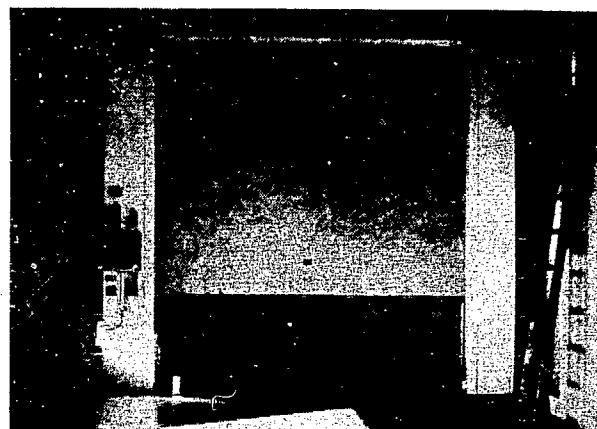
(4) 扉の安全装置は開放時扉のロック、扉バランスウェイトの切れた場合の落下を防止するための装置および閉鎖時、人または物がはさまれた場合の停止装置の 3 種が用意されている。

3.1.3 放射性同位元素搬出用気密扉 本扉は直接外部に接しているので、二重式となっている。開口部は気密室、および外壁の二箇所である。外部より台車などを入れ、輸送容器に納められた放射性同位元素を天井開口部より炉室内天井起重機を使って車に積載し、外部に搬出する。主な機構は

(1) 内外扉とも電動式で、内扉は 90 度以上に開くハッチ式で気密は枠周につけられたネオプレンを押しつける方式である。外扉は、スライド式で気密方式はトラック出入り用気密扉と同じ方式である。

(2) 両扉ともインテロックされている。

以上のはかに、炉室内の制御室から外部への非常口、炉室地階から、付属室地階への非常口があるが、とも



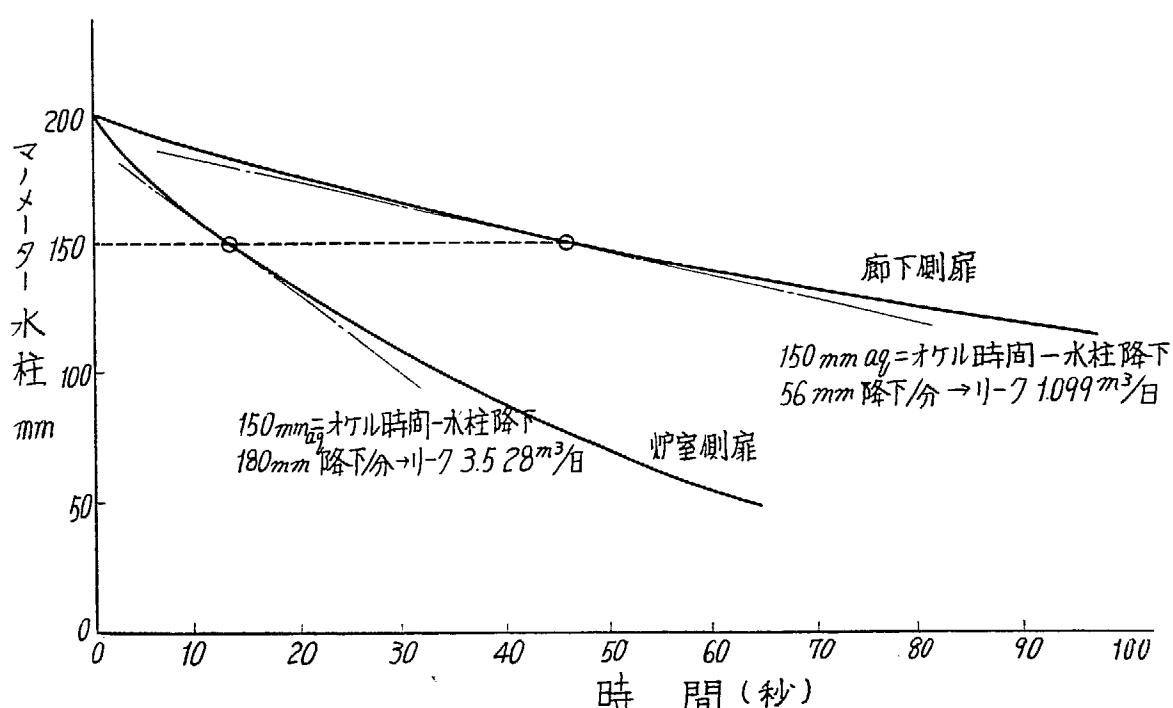
第 73 図 トラック出入り用気密扉

に枠に取り付けられたネオプレンの手動締付方式である。これらの気密扉はすべて制御室に開閉の状態を示す標示灯が設けられている。

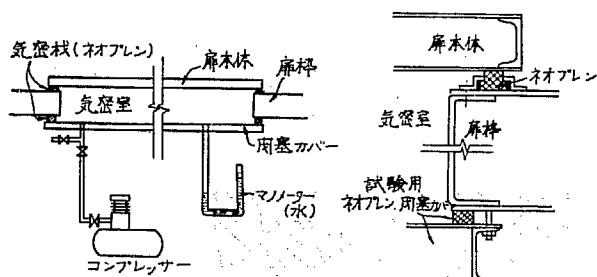
3.1.4 気密試験 試験方法は、扉枠および試験のための閉塞カバーにより気密室を構成し、圧縮空気を送り込み、時間と圧力降下を測定し、水柱 150 mm における漏洩量を算出した。この場合、試験の目的である扉の気密材以外からの漏洩量（閉塞カバー廻り）も含まれるので求める漏洩量は第 26 表の測定値以下

第 26 表 気密扉試験結果

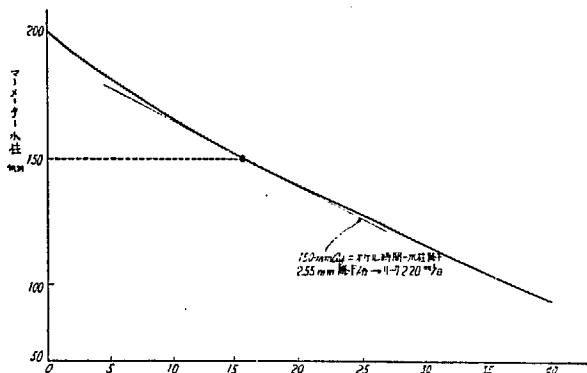
	許容漏洩量	試験結果
人員出入り用 気密扉	10 m^3/day	炉室側 3.53 m^3/day 廊下側 1.10 m^3/day
トラック出入り用気密扉	20 m^3/day	2.20 m^3/day



第 74 図 人員出入り用気密扉気密試験グラフ



第 75 図 トラック出入り口用気密扉気密試験装置
(人員出入り用気密扉もこれに準ずる)



第 76 図 トラック出入り用気密扉気密試験グラフ
となる。

3.2 各種起重機

3.2.1 炉室天井旋回起重機

- (1) 主巻上荷重 30 ton 補巻上荷重 5 ton
- (2) 揚程 (主補共) 26 m
- (3) 径間 32 m
- (4) 運転速度 主巻上 2 m/min
補巻上 4 m/min
横行 10 m/min
旋回 20 m/min
- (5) 電源 AC 3φ 200 V 50㎐
- (6) 操作方法 運転台付 (非常の場合は炉室任意の所から引紐操作運転ができる。)

3.2.2 使用済み燃料室天井走行起重機

- (1) 主巻上荷重 15 ton 補巻上荷重 3 ton
- (2) 揚程 (主補共) 16 m
- (3) 径間 9.4 m
- (4) 運転速度 主巻上 1.8 m/min
補巻上 6.5 m/min
横行 10 m/min
走行 20 m/min
- (5) 電源 AC 3φ 200 V 50㎐
- (6) 操作方法 押ボタン操作

3.2.3 研究準備室天井走行起重機

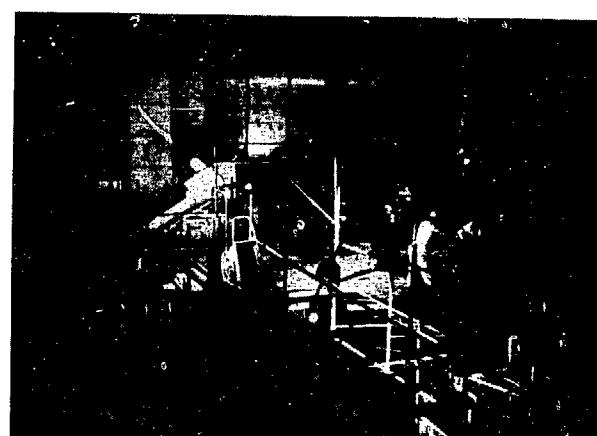
- (1) 卷上荷重 5 ton
- (2) 揚程 5 m
- (3) 径間 6.9 m
- (4) 運転速度 卷上 4 m/min
横行 12.5 m/min
走行 20 m/min
- (5) 電源 A.C 3φ 200 V 50㎐
- (6) 操作方法 引紐操作

3.3 遮蔽用重量コンクリート

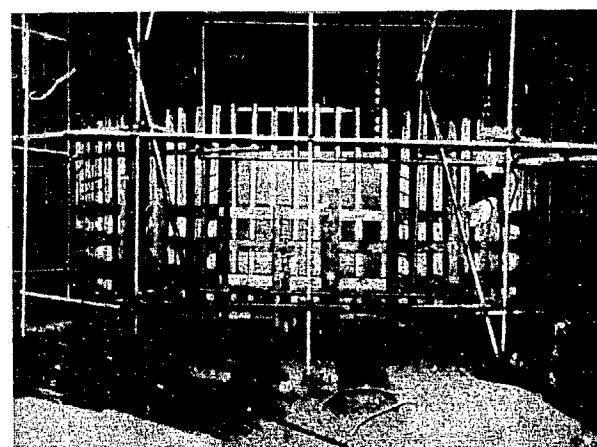
使用箇所としては

- (1) 原子炉本体周囲
- (2) 放射性同位元素取扱用ケーブル周囲
- (3) 使用済み燃料投入口付近の一部

であるが、全数量約 400 m³ のうち、大部分は炉本体周囲の生体遮蔽用重量コンクリートに使用される。骨材としては JRR-1、放射線照射室、ホットラボなどと同じ同和鉱業の金平鉱山産のものを約 1,500 ton 使用した。骨材 破碎、調合そのほかの仕様はつぎのとおりである。



第 77 図 重量コンクリート打設状況



第 78 図 原子炉炉体配筋状況

第 27 表 骨材粒度分布

筋いの寸法	通過量 % (重量比)		
	粗骨材	中骨材	細骨材
76.2mm	100		
38.1	95~100	100	
19.1	0~10	90~100	
9.52	0~3	25~50	100
4.76		0~10	90~100
2.38		0~3	70~90
1.19			45~75
0.59			25~50
0.297			10~25
0.149			2~10
0.074			0~5

骨材 岡山県金平鉱山産磁鐵鉱

Fe 含有量 64% 以上, 比重 $\delta = 4.6$ 以上

破碎 インペラブルーカー (周速 10~14 m/sec) にて破碎し、粗骨材、中骨材、細骨材の三種類に分類する。粒度分布仕様は次のとくである。

標準調合その他 (1 m³ 当り)

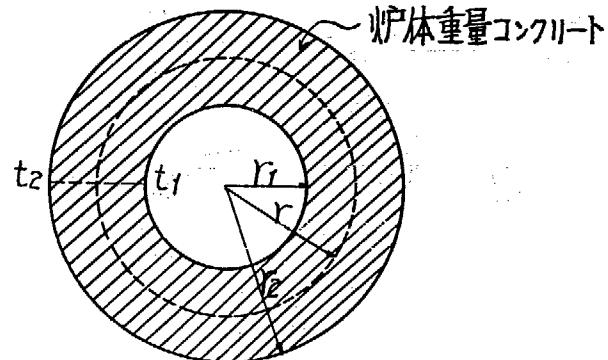
		重量 (kg)	% (重量)	
セメント		340	8.7	
水		170	4.3	
鉄 鉱 石	粗	1,019	26.0	$W/C=50\%$
	中	1,019	26.0	
	細	1,372	35.0	
計		3,920	100.0	
スランプ	5 cm 以下			
比 重	打設時 3.8 以上 テスト時 3.7 以上			
強 度	3 日強度 70 kg/cm ² 以上			

なお、原子炉本体の生体遮蔽重量コンクリート内の 10 MW 定常運転における中性子、 γ 線遮蔽による熱応力は、検討の結果かなり大きいので、特に耐震的な考慮とは別に十分な鉄筋でこれと耐えるよう、補強した。

まず、計算に当って、炉体重量コンクリート部分を無限円筒と考え、温度分布、応力は円筒軸に関して対称で、軸に沿って一定と考えて求めた。また、近似的に生体遮蔽内で発生した熱は、全部内面から流れ込むとし、外力は一切働かないものとして応力を求めた。

いま、 σ_θ : 円周応力、 σ_r : 半径方向応力 σ_z : 軸方向応力 とする

$$\sigma_\theta = \frac{\alpha E t_1}{2(1-\nu) \log r_2/r_1} [1 - \log r_2/r]$$



第 79 図 原子炉炉体平断面図

$$-\frac{r_1^2}{(r_2^2 - r_1^2)} \left(1 + \frac{r_2^2}{r^2} \right) \log \frac{r_2}{r_1}]$$

$$\sigma_r = \frac{\alpha E t_1}{2(1-\nu) \log r_2/r_1} \left[-\log \frac{r_2}{r} - \frac{r_1^2}{(r_2^2 - r_1^2)} \left(1 - \frac{r_2^2}{r^2} \right) \log \frac{r_2}{r_1} \right]$$

$$\sigma_z = \frac{\alpha E t_1}{2(1-\nu) \log r_2/r_1} \left[1 - 2 \log \frac{r_2}{r} - \frac{2r_1^2}{(r_2^2 - r_1^2)} \log \frac{r_2}{r_1} \right]$$

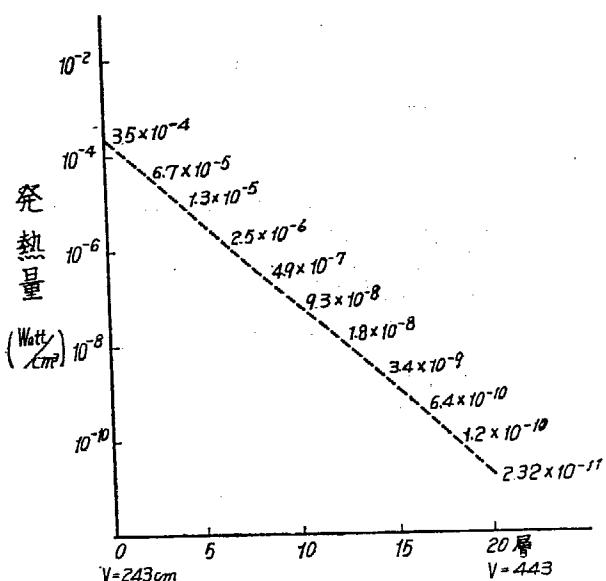
(ただし σ_z は軸力が働くかないものとする) α : 重量コンクリート線膨張係数, t_1 : 内面温度 E : " ヤング係数, t_2 : 外面温度 ν : " ポアソン比, $t_1 = t_2 - t_1$ r_2 : 外径, r_1 : 内径

以上により得た温度分布、応力は第 81, 82 図に示すとおりである。応力は重量コンクリートの引張耐力はゼロとして検討した。まず、半径方向はすべて圧縮なので問題なく、軸方向応力も耐震設計の際、十分考慮されてあって同様考慮の余地ないが、円周方向について改めて検討の上、補強した。なお、炉体内はスリーブ、配管などのため、混み入っているので、鉄筋は異径を使用し、ジョイントのフックをとりやめて、施工を容易にするよう考慮した。

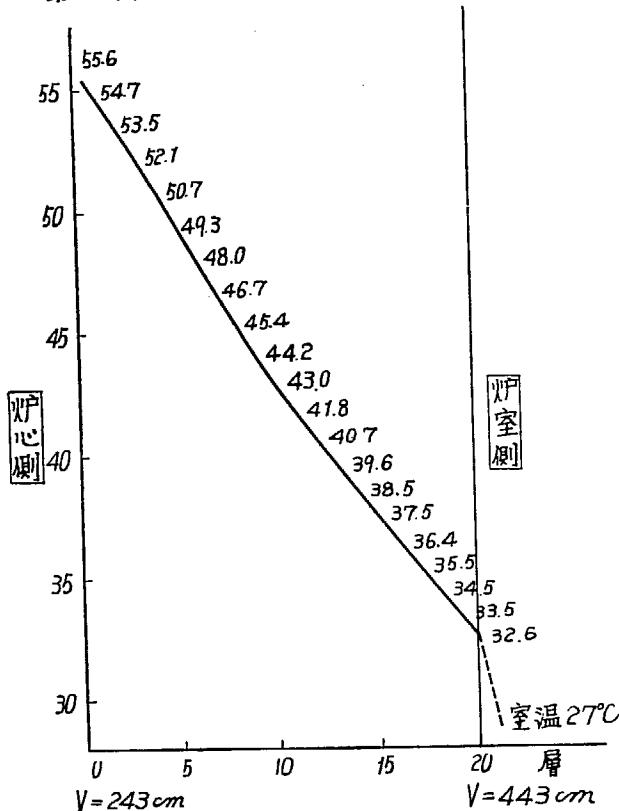
なお、実際の温度分布、応力を計測するため、重量コンクリート中に熱電対およびカールソン型鉄筋計を据付している。温度分布、応力の計算に用いた重量コンクリートの熱関係そのほかの常数（比熱、熱伝導率、ポアソン比、ヤング率など）を確認のため、実際に打設中の重量コンクリートからテストピースを採取して実験した。

3.4 冷却塔

JRR-3 の二次冷却水は、水温 30°C の場合 1,200 ton/hr (将来出力が 40 MW に増大した場合には



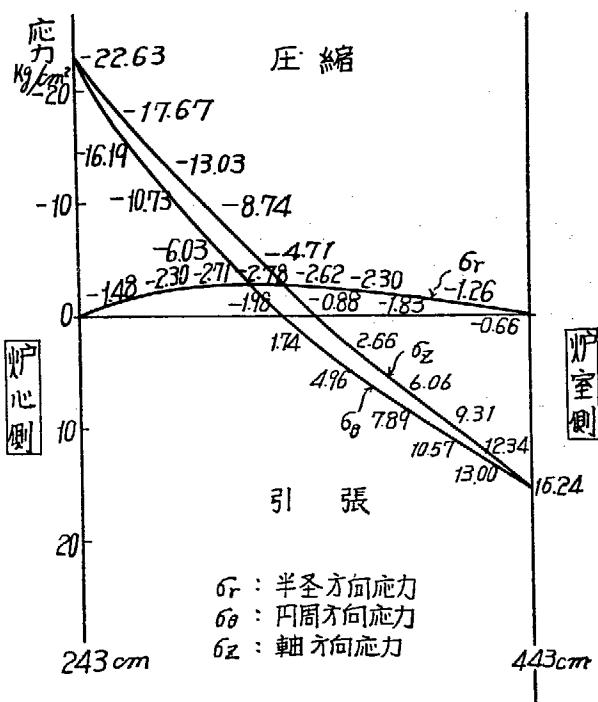
第 80 図 原子炉炉体重量コンクリート中の発熱量



第 81 図 原子炉炉体重量コンクリートの温度分布

2,400 ton/hr) 必要である。その供給方法としては海水を二次冷却水として利用するのと、冷却塔を設置して二次冷却水を冷却して循環再使用する案とが考えられる。海水冷却では炉の熱交換器の材質的な点で根本的な設計変更となるので JRR-2 の冷却塔の試験結果が良好であったのにかんがみ、冷却塔を採用することにした。次にその詳細について述べる。

3.4.1 設計条件 冷却水量: 1,200 m³/hr (将来 1,200 m³/hr 分を増設)



第 82 図 原子炉炉体重量コンクリート中の温度応力

入口水温: 35°C (将来 40°C に増大)

出口水温: 30°C

外気湿球温度: 25.6°C

なお、上にものべているように現在は炉出力を 10 MW として計画しており、水量 1,200 m³/hr, 入口水温 35°C であるが、将来炉出力を 40 MW にあげた場合には現在計画していると同じ規模の冷却塔をもう一基増設し、水量は 2,400 m³/hr, 入口水温は 40°C という条件で運転することになる。その場合には現在建設中の冷却塔は内部充填物を現在の 27 段から 40 段に増加することにより所要の冷却能力を得ることができる。

3.4.2 型式 強制通風吸出型冷却塔として塔体下部空気取入口から取り入れられた外気を、被冷却水と逆流させながら木製充填物内を通過させ散水装置ならびにエリミネーター(除水板)を経て塔上部に設置した軸流送風機により排気する。被冷却水は塔上部に設けた散水装置により均等分布させたのち充填物内を次第に降下しながら冷却され下部水槽内に落下する。

3.4.3 構造ならびに規模

1) 塔体ならびに付属下部水槽 概略寸法

塔体: 縦 12.4 m × 横 12.33 m 高さ 9.9 m

(ただし地上より)

付属下部水槽:

縦 12.4 m × 横 12.33 m 深さ 1.5 m

(ただし地上より)

貯水量: 300 m³

2) 構造

塔体ならびに付属下部水槽は鉄筋コンクリート造で塔体は2区画に分割され(将来4区画に増設)毎時600 m³の冷却塔2基の並列運転とし、塔内部の点検補修に際し冷却塔の運転を停止させることなく交互にしかも容易に作業できる構造となっている。

3.4.4 ポンプ室ならびに温水槽 冷却塔横に下記寸法の鉄筋コンクリート造貯水槽を設け炉二次冷却用廻水を一時貯水する。これは将来の冷却水の増加に対してもそのまま使用する。

概略寸法: 縦 12.4m × 横 10.0m × 深さ 3.0m
(ただし地上より)

貯水量: 350 m³

同水槽上部に鉄筋コンクリート造: 縦 9m × 横 10m × 軒高 3.0m のポンプ室を建て、1次計画 1,200 m³

の水量に対する冷却塔付属ポンプならびに操作盤を設置する。

3.4.5 付属機器

(a) 軸流送風機	4台
每分 3,600 m ³ × 15mm S.P × 300 rpm × 25kW	
(b) 同上用電動機	4台
全閉外扇屋型特殊籠型	
200 V × 50Hz × 6P × 25 kW	
(c) 冷却水循環ポンプ	
電動機直結渦巻ポンプ	
400mm × 20m ³ /min × 11m × 875 rpm × 55kW	1台
400mm × 20m ³ /min × 20m × 965 rpm × 100kW	1台
130mm × 2m ³ /min × 11m × 1,450 rpm × 7.5 kW	1台
(d) 冷却塔用送水ポンプ	
300mm × 10m ³ /min × 14m × 1,450 rpm × 37 kW	2台
160mm × 2m ³ /min × 14m × 1,450 rpm × 11 kW	1台

4 建築施設工事費および施工者

4.1 工事費および施工者名

第 28 表 建築施設工事費および施工者名

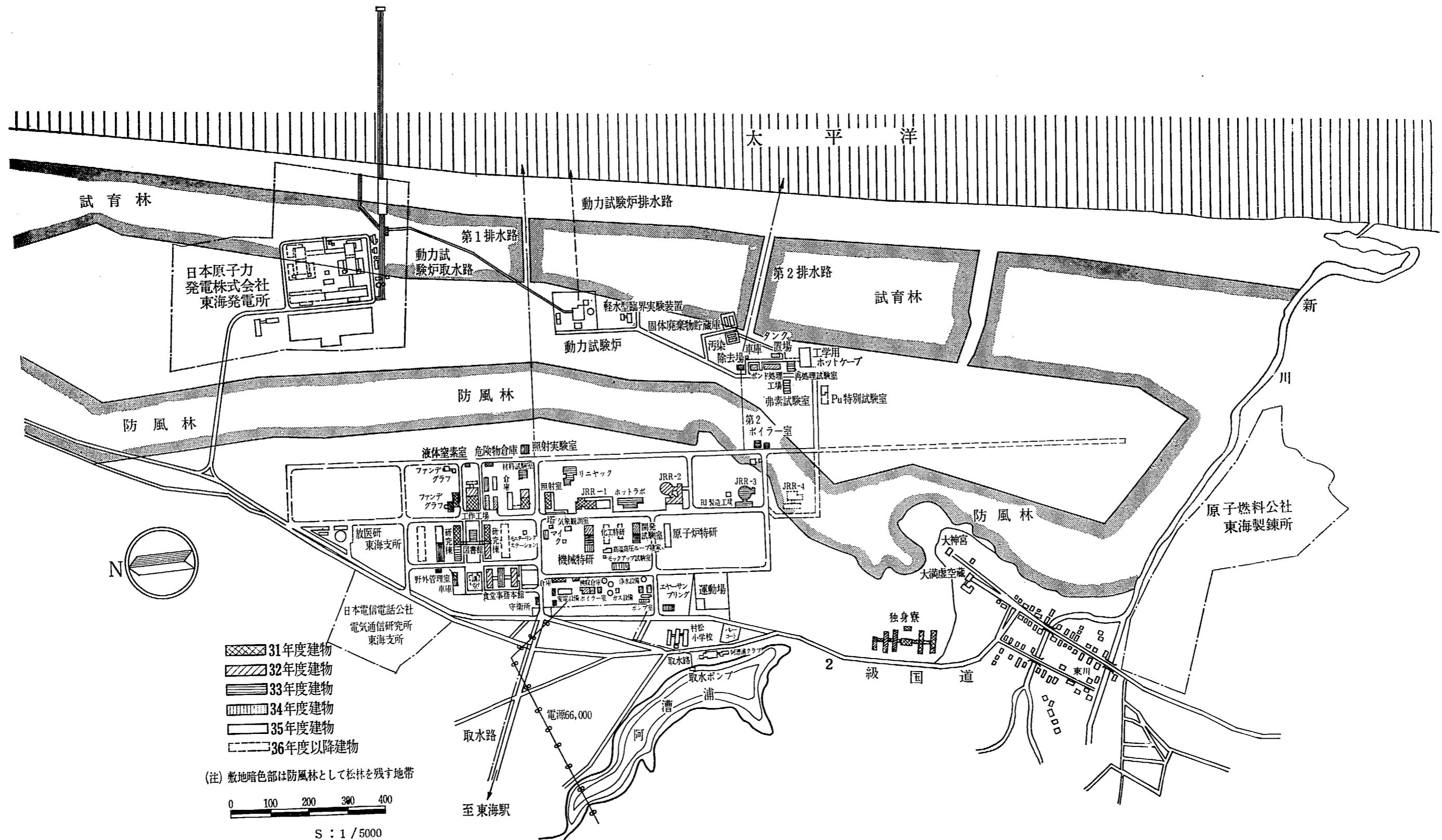
建築施設の工事費および施工者は第 28 表のとおりである。

				工事費(千円)	施工者
建物建設費	建 物	建 築	建 築	237,200 (Cask girder および使用) (済み燃料貯蔵水槽を含む)	竹中工務店
		排気筒およびダクト		10,370	竹中工務店
		気密扉(人員用)		3,700	日本エヤブレーキ
		〃(トラック用)		4,800	不二製作所
	電 気	小 計		256,070	関東電気工事KK
		電 灯		7,429	"
		動 力		5,244	"
		実 驗		5,704	"
		幹 線		3,885	"
		弱 電		3,147	"
		そ の 他		2,446	"(出力表示装置) (江藤電気KK)
		変 電		8,571	"
	給 排 水 衛 生	小 計		36,426	暁建設工業KK
		衛 生 器 具		1,302	"
		給 水		4,084	"
		排 水		6,022	"
		給 湯		1,574	"
		給 ス		348	"
		圧 縮 空 気		4,410	"
		真 空 装 置		1,078	"
		純 水 装 置		719	"

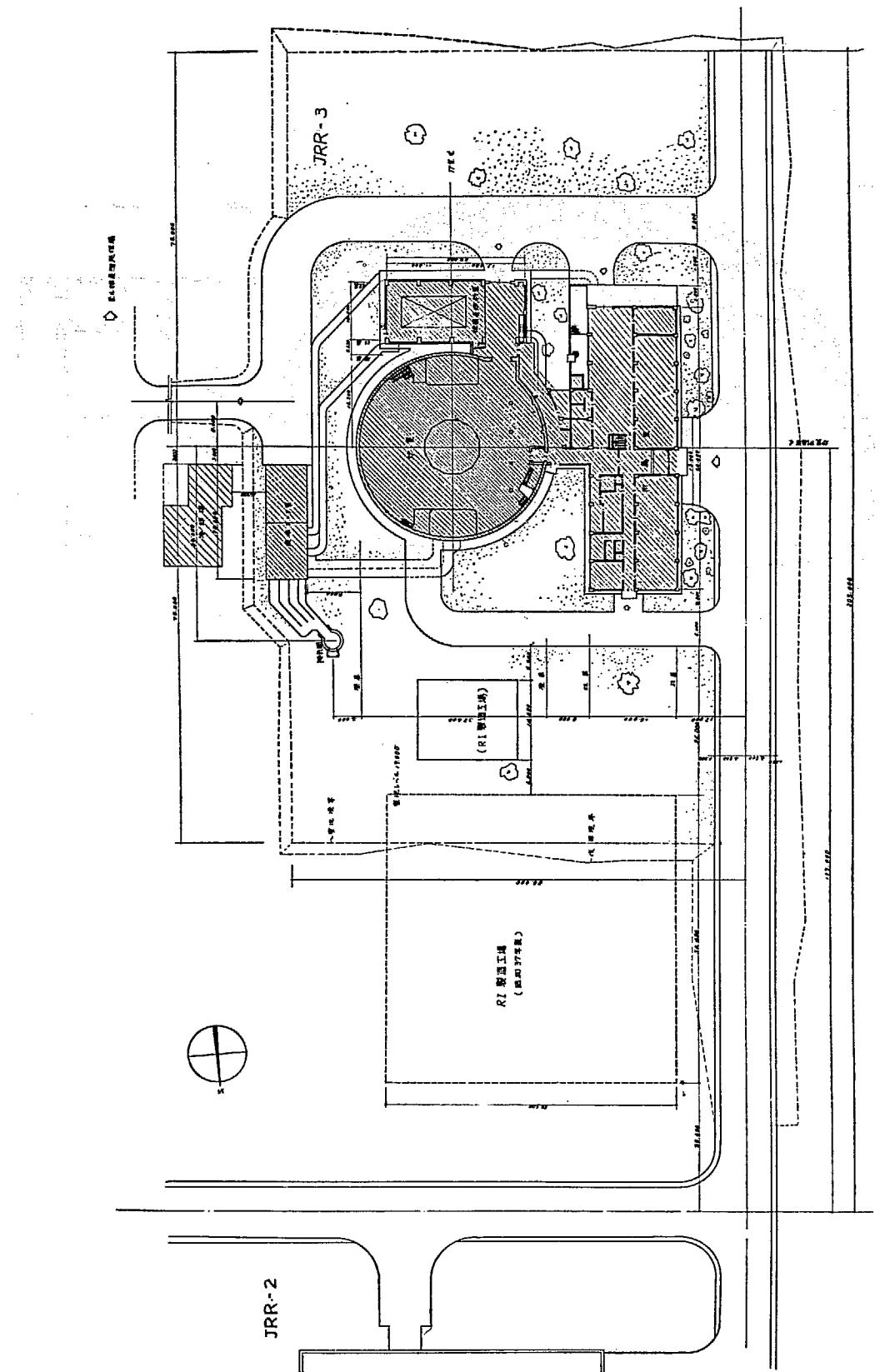
				工事費(千円)	施工者
換気および空調	電 気 設 備	側	1,576	"	
	そ の 他		4,289	"	
	小 計		25,405		
	空 調 機 器		30,648	高砂熱学工業KK	
	風 導 管	管	9,368	"	
	配 電 管	管	4,775	"	
	保 気 温	温	10,686	"	
	自 動 調 整	整	3,548	"	
	そ の 他		5,662	"	
	小 計		9,750	"	
原子炉建設費	冷 却 塔		44,600	高砂熱学工業KK	
	起 重 機 30ton/5ton		10,600	日本起重機KK	
	" 15ton/3ton		4,900	日立製作所	
	" 5 ton		2,800	"	
	重 コンクリート		14,460	竹中工務店	
	マ グ ネ タ イ ト		14,300	同和鉱業KK	
	鉛 ガ ラ ス		6,300	日本光学KK	
	使 用済み燃料純水精製装置		16,000	荏原インフィルコ	
	原 子 炉 お よ び 付 属 機 器		930,000		
	黒 鉛 お よ び ボ ラ ル		63,100		
測定試験および組立材料費			29,500		
燃 料 要 素			155,000		
重 水 お よ び ヘ リ ュ ム			630,500		

第29表 建物別建設費(単位 千円)

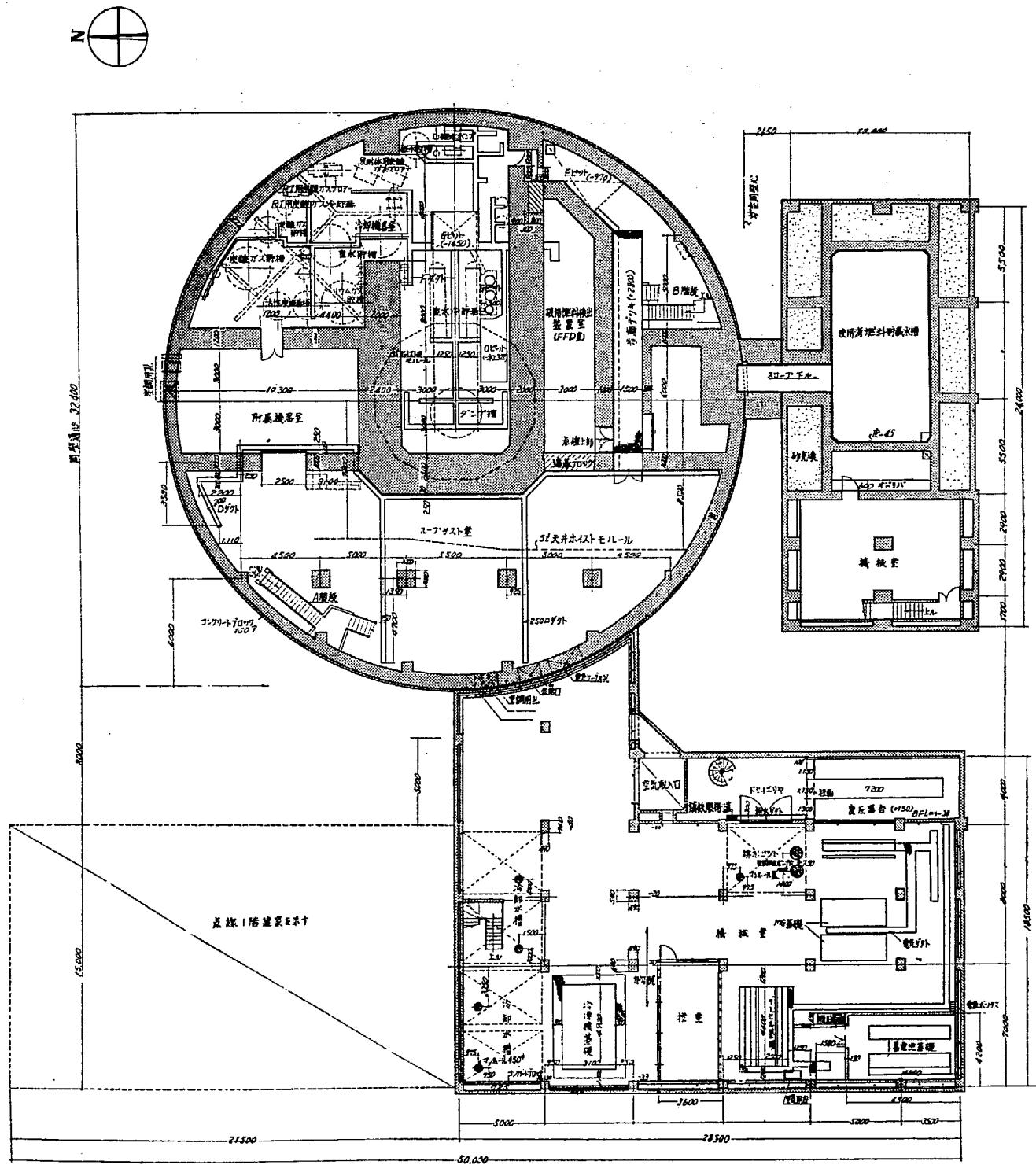
	炉 室	使用済み燃料室	付 属 室	廃液貯槽室	排気筒および 排気ダクト	計
建 築	161,500 (531.0坪 @303)	37,200 (112.0坪 @332)	43,000 (433.0坪 @99)	4,000 (42.4坪 @94)	10,370	256,070
電 気	18,050 (@ 34)	3,480 (@ 31)	13,545 (@ 31)	1,351 (@ 31)		36,426
給 排 水 衛 生	14,400 (@ 27)	1,000 (@ 9)	屋外 (4,000) (@ 11.5)	5,000 (@ 24)	1,005 (@ 24)	25,405
空 気 調 整	56,300 (@ 106)	1,137 (@ 10)	17,000 (@ 39)			74,437



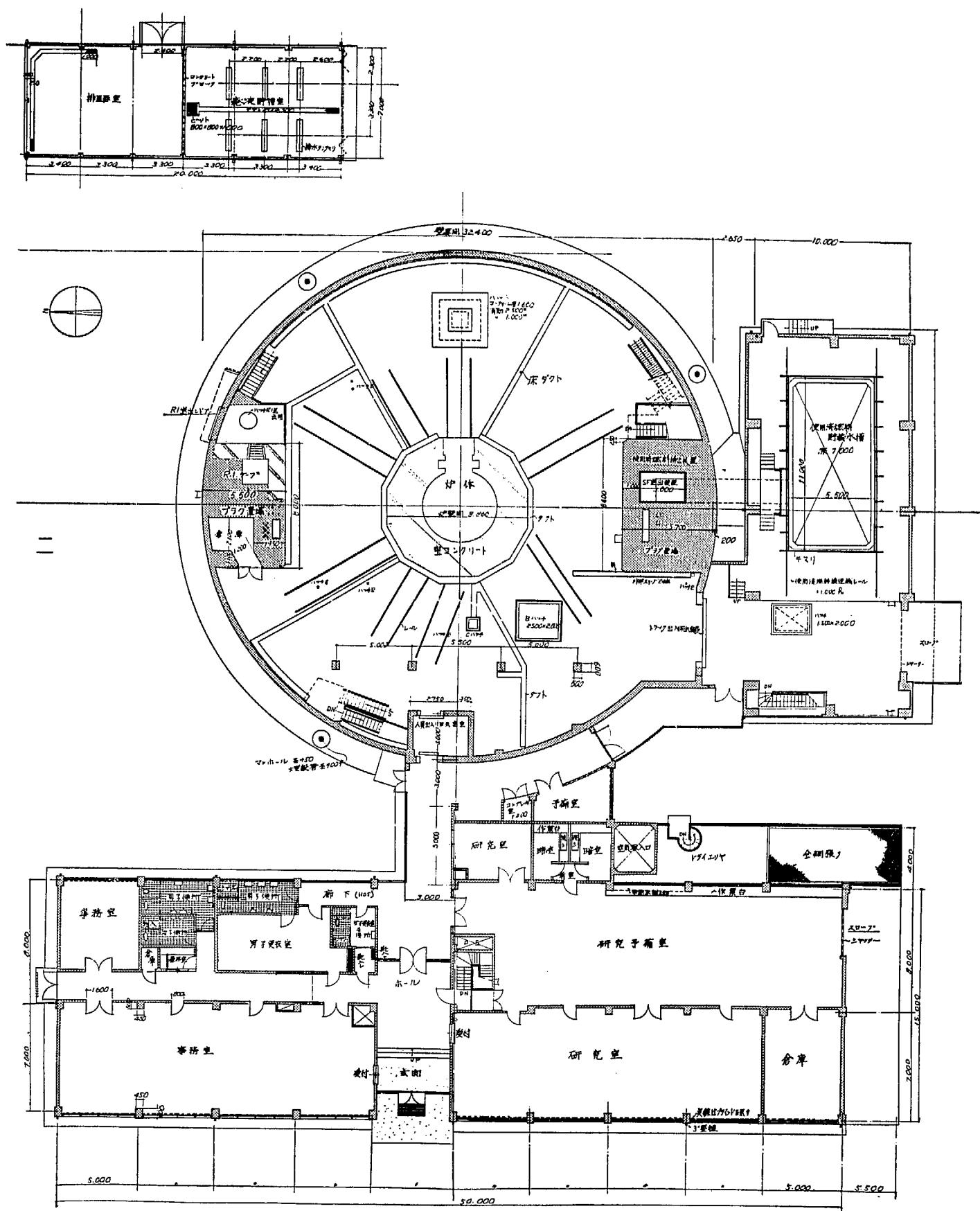
第1図 日本原子力研究所配置図



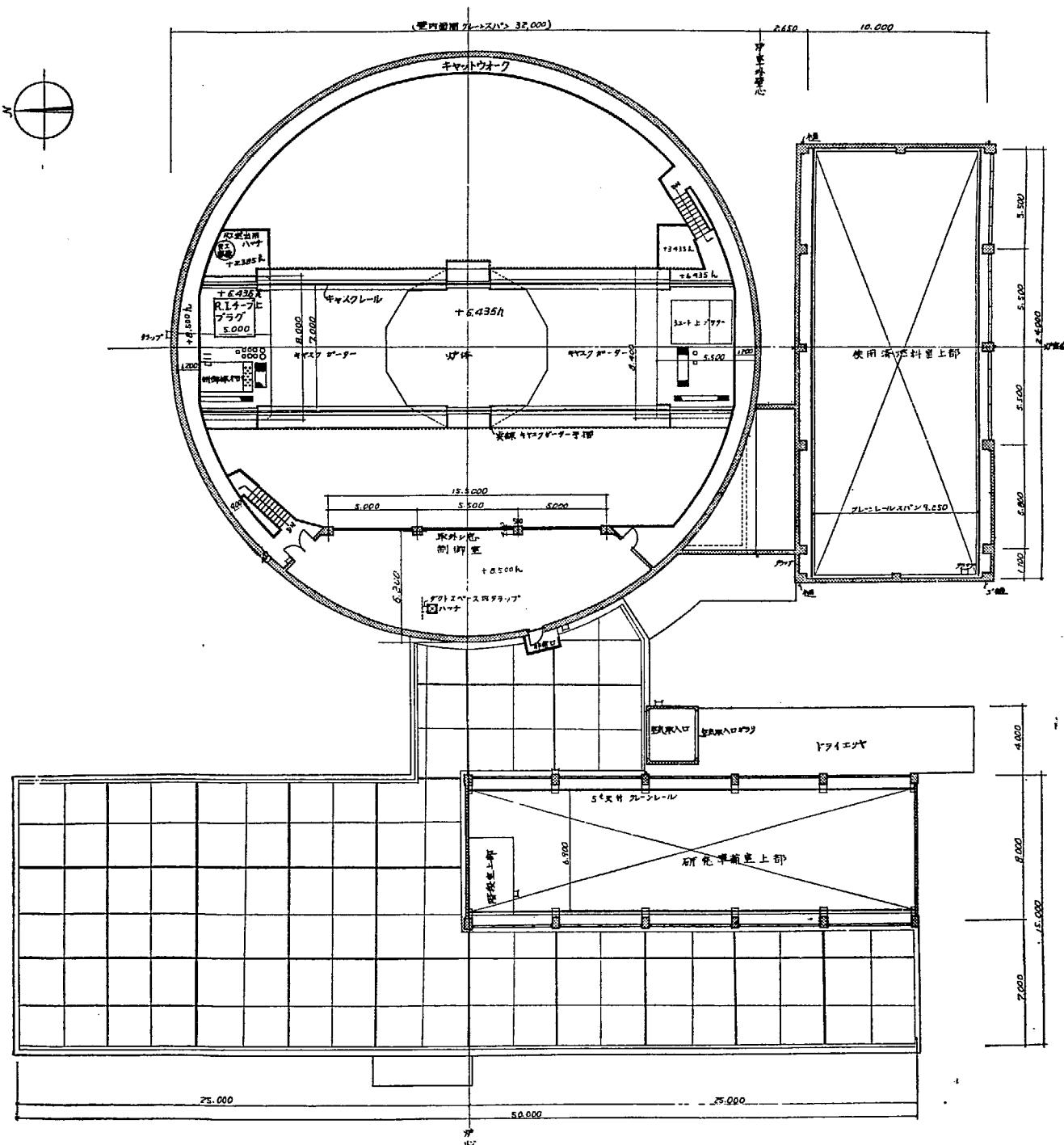
第2図 JRR-3配置図



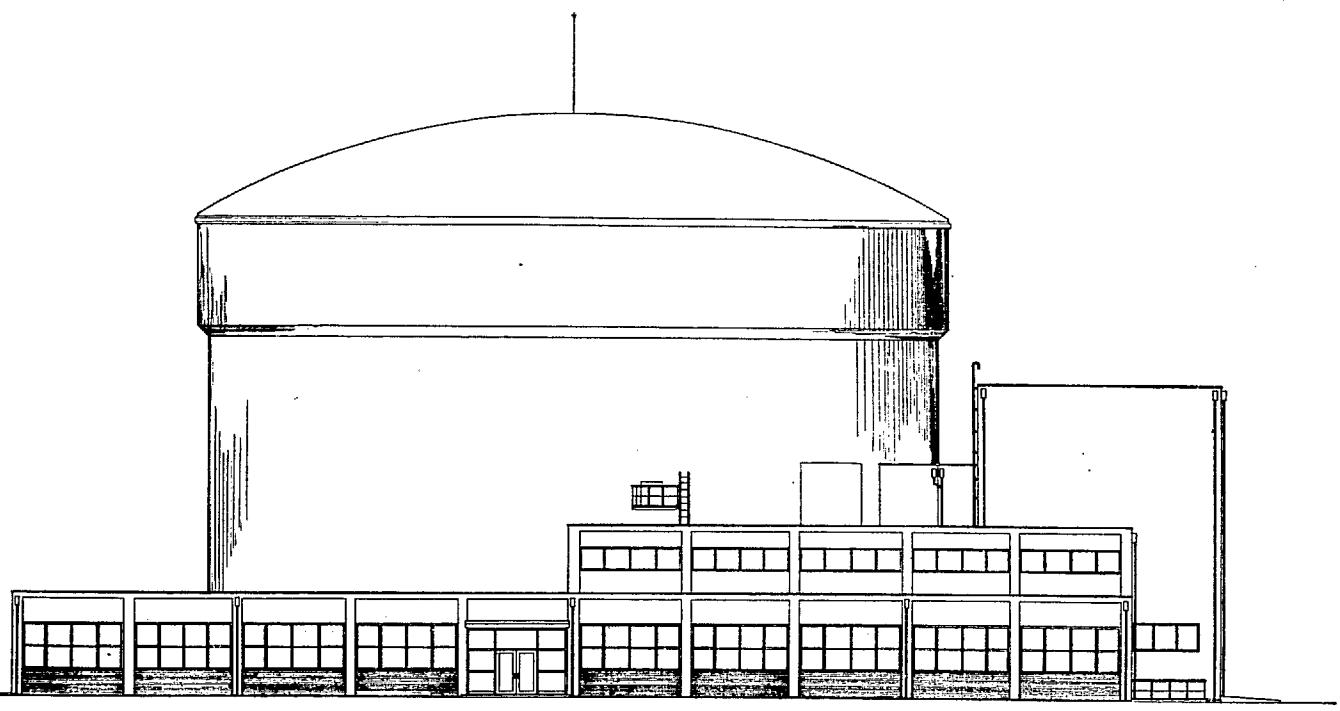
第3図 地盤平面図



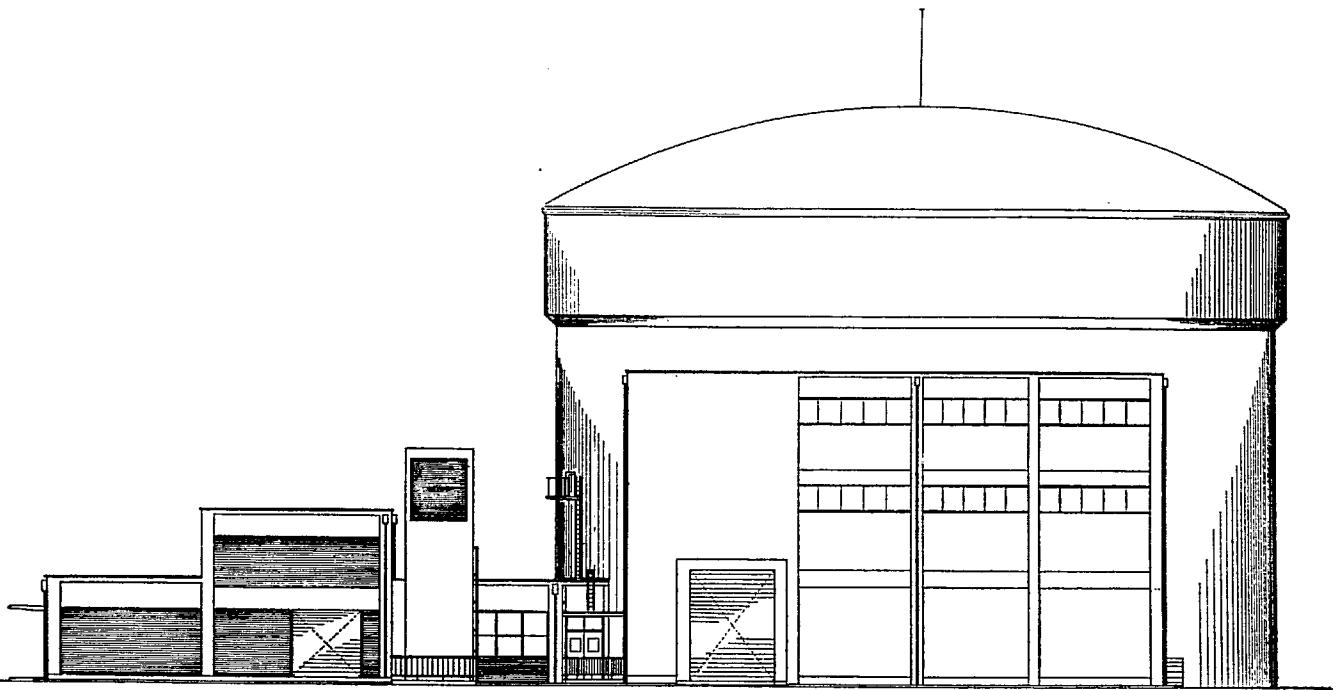
第4図 1階平面図



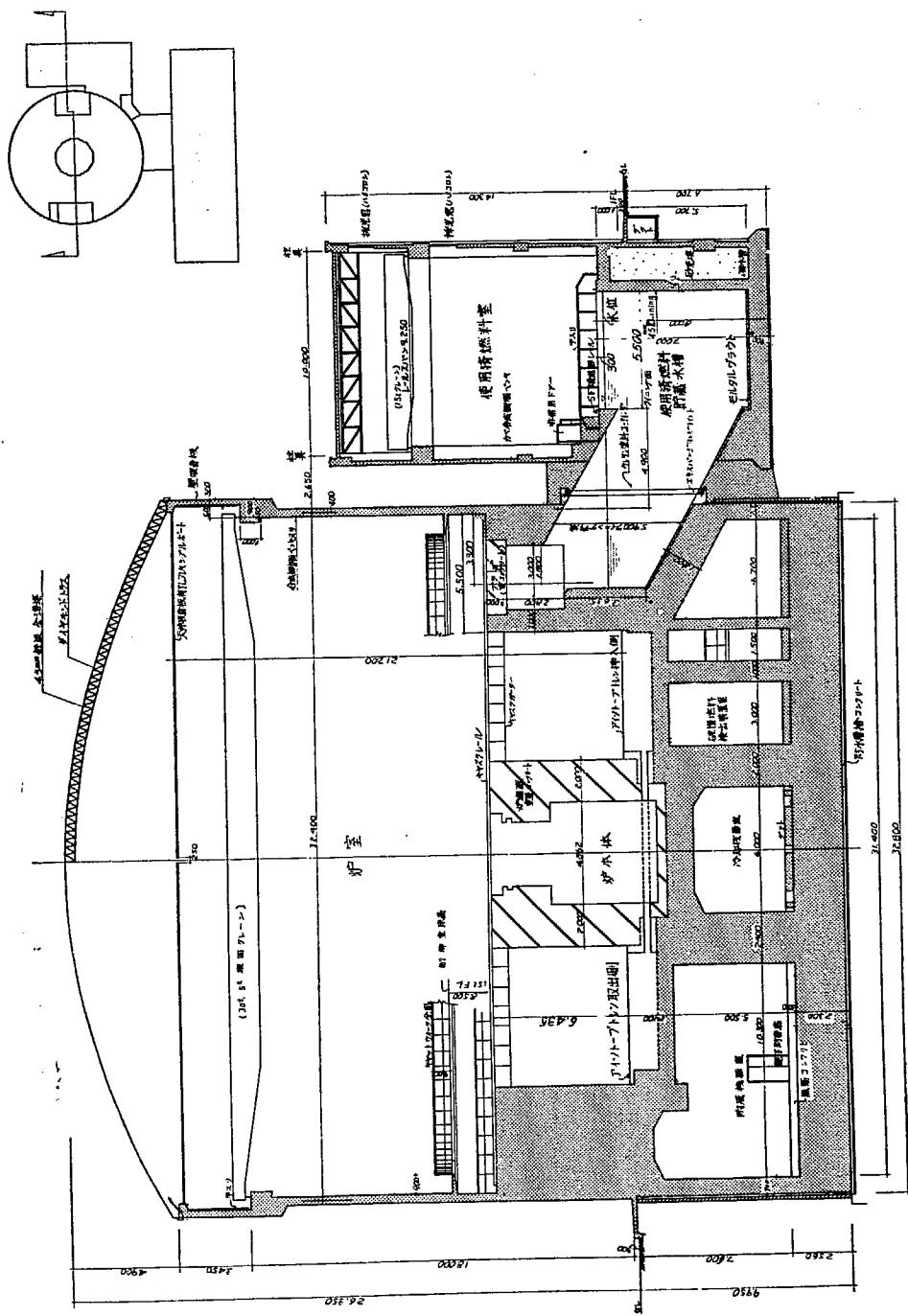
第5図 2階平面図



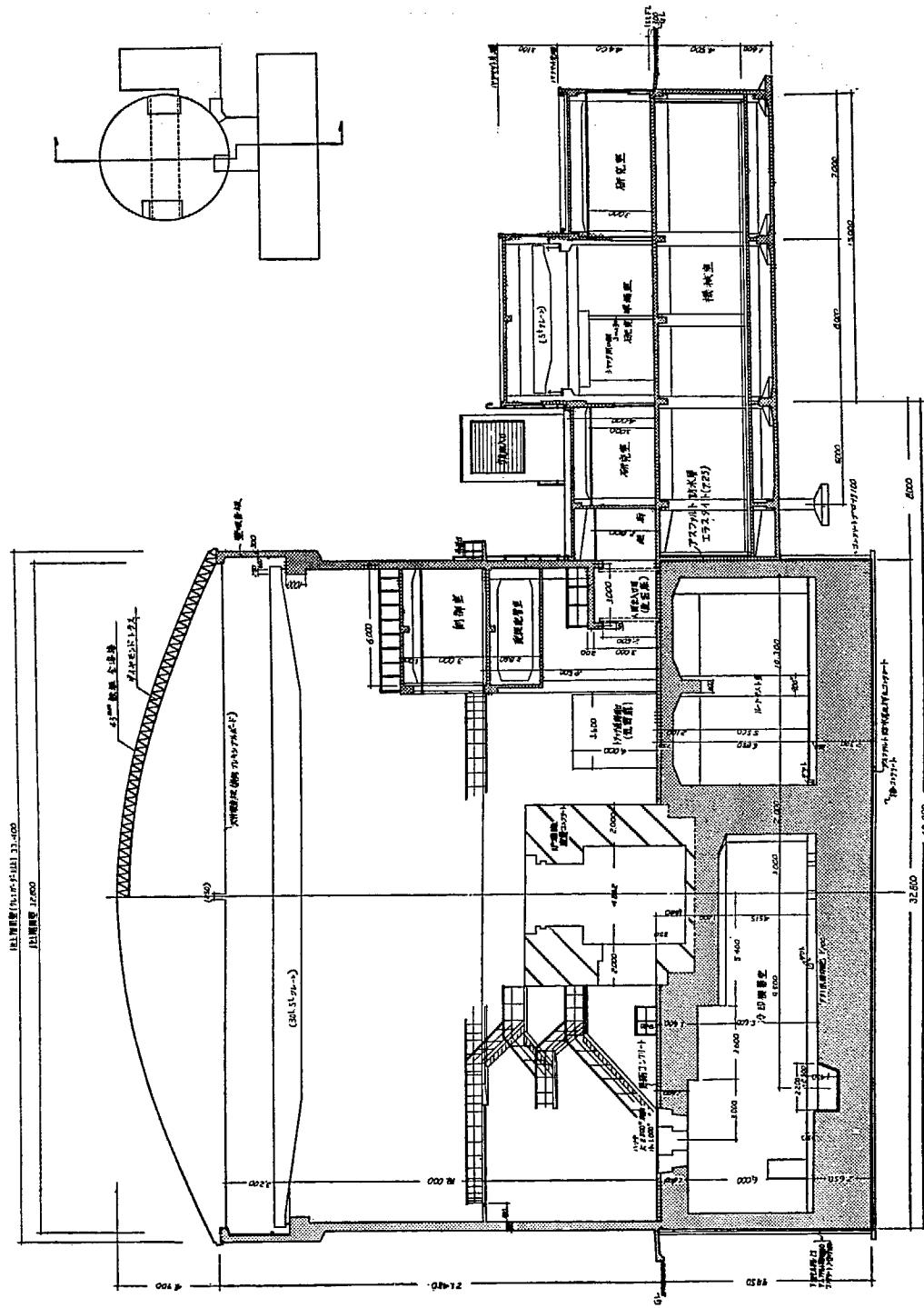
第6図 西側立面図



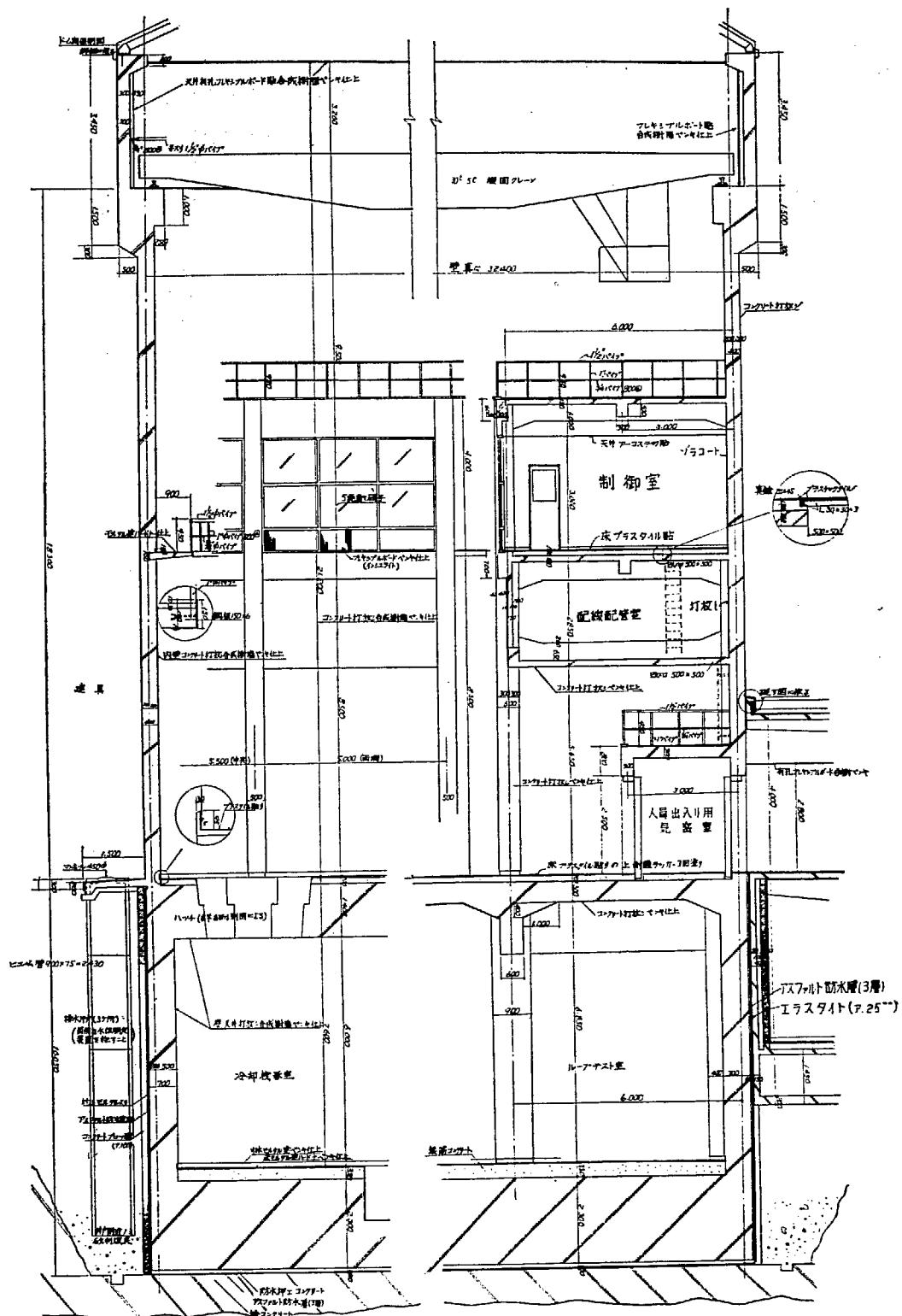
第7図 南側立面図



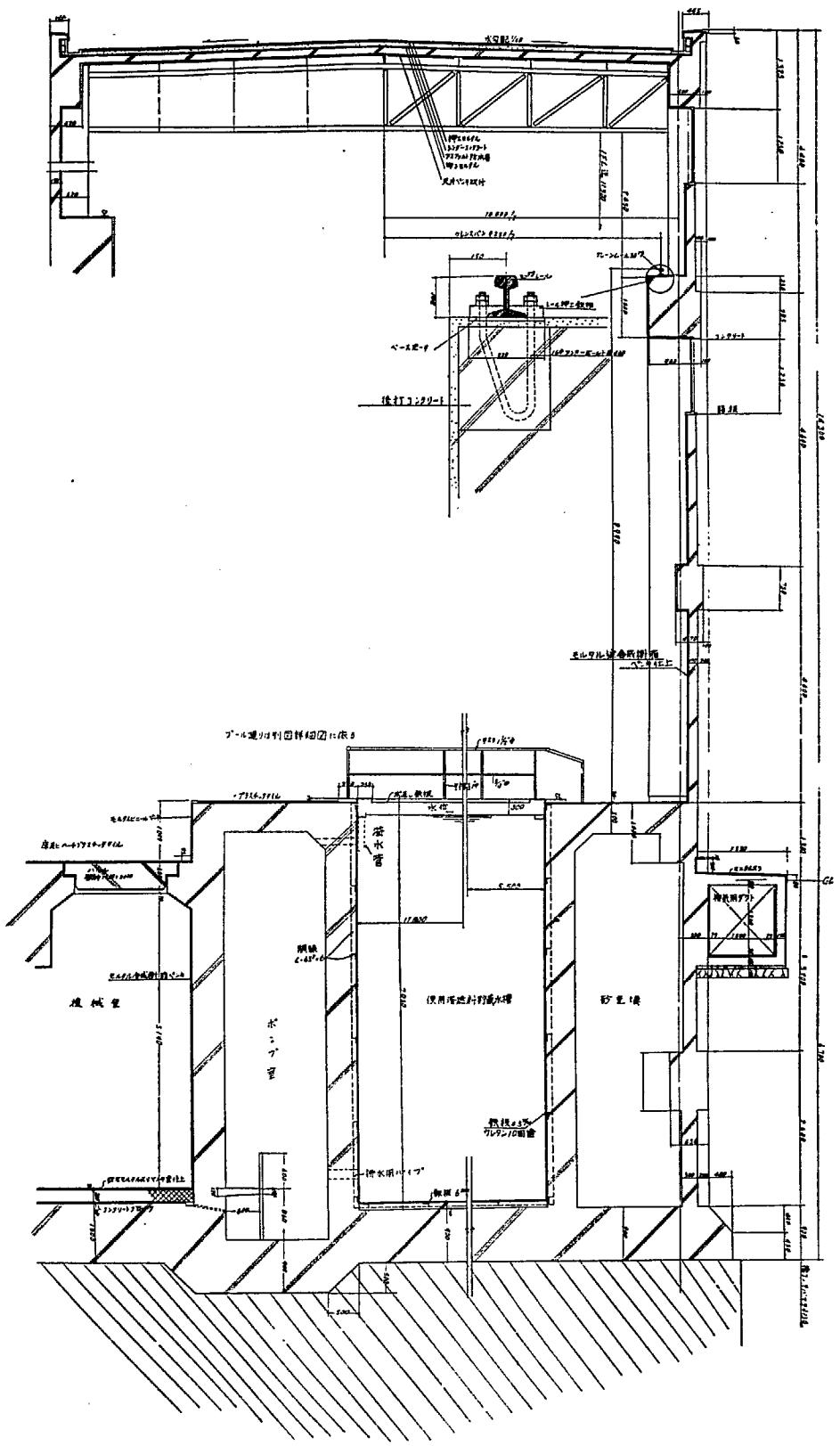
第8圖 断面図(I)



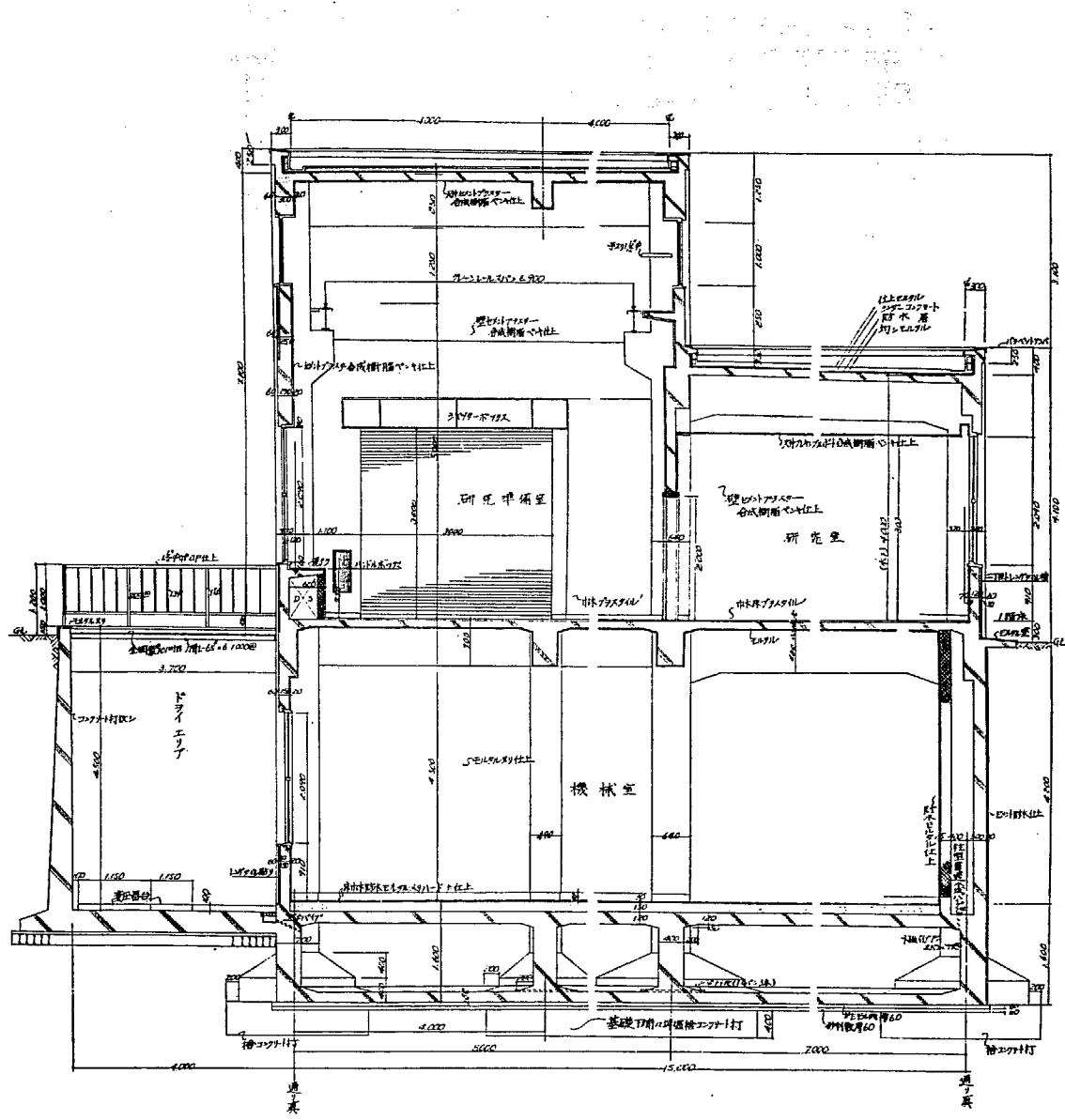
第9圖 斷面圖(II)



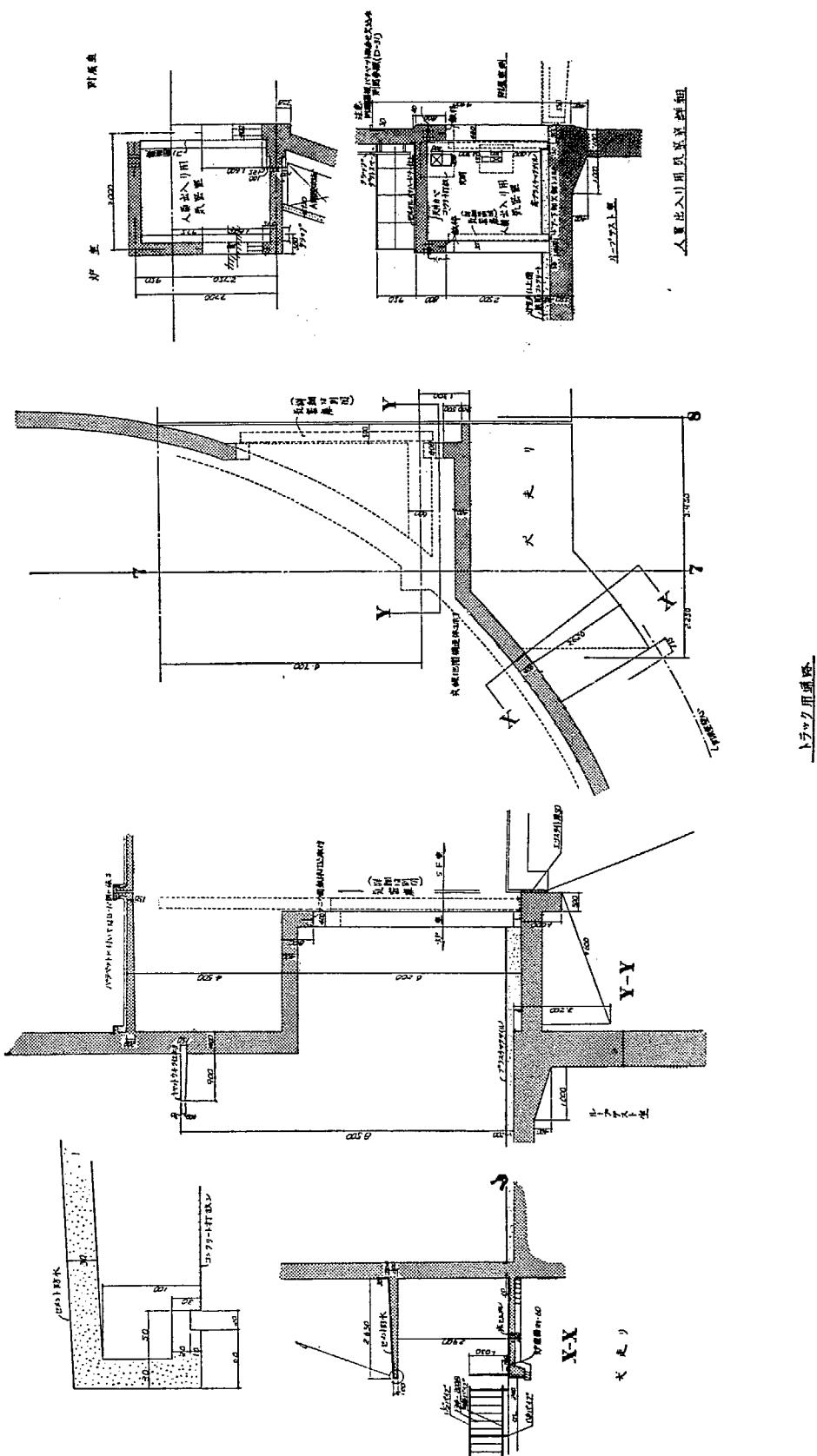
第10図 炉室矩計詳細図



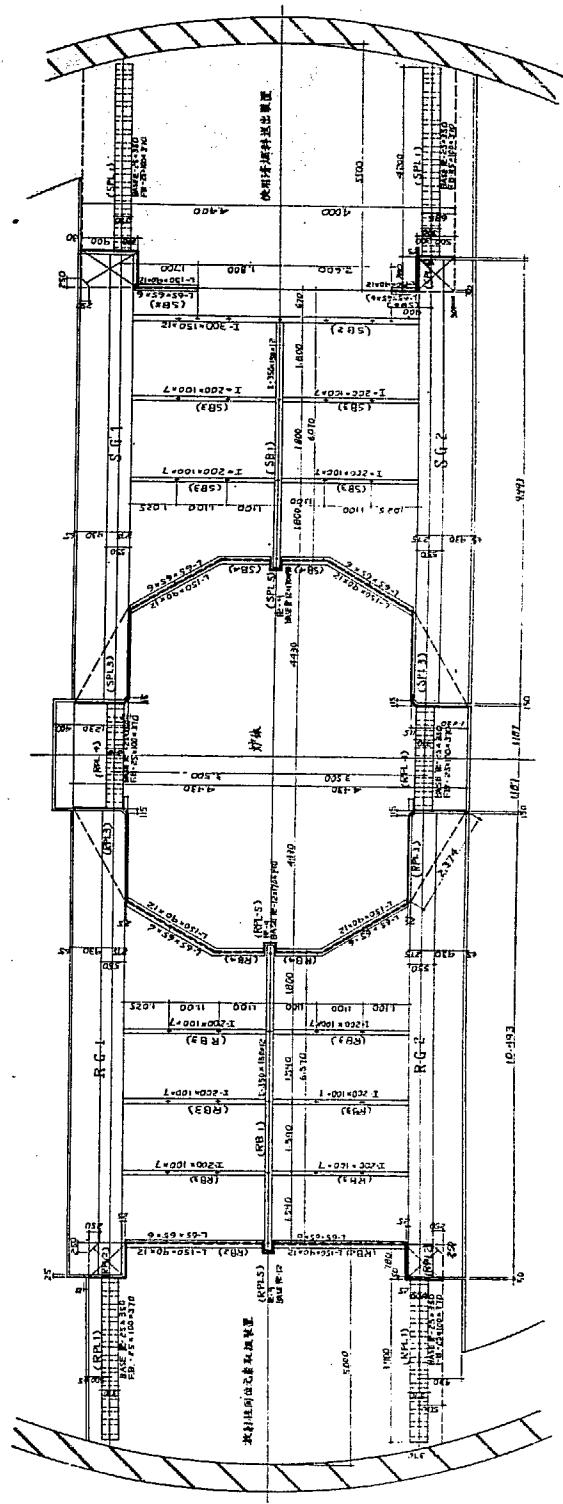
第 11 図 使用済み燃料室矩計詳細図



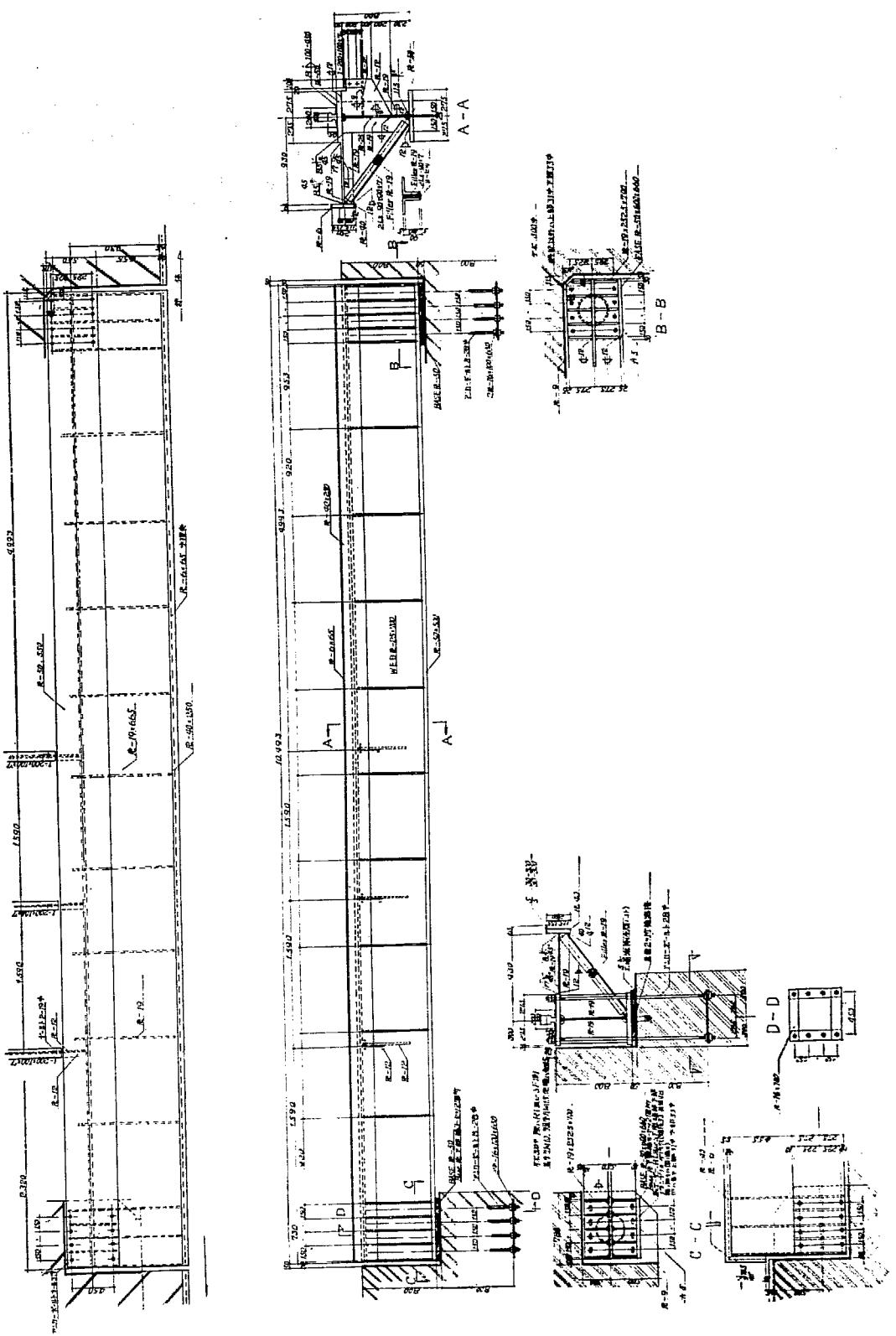
第 12 図 付 屬 室 矩 計 図

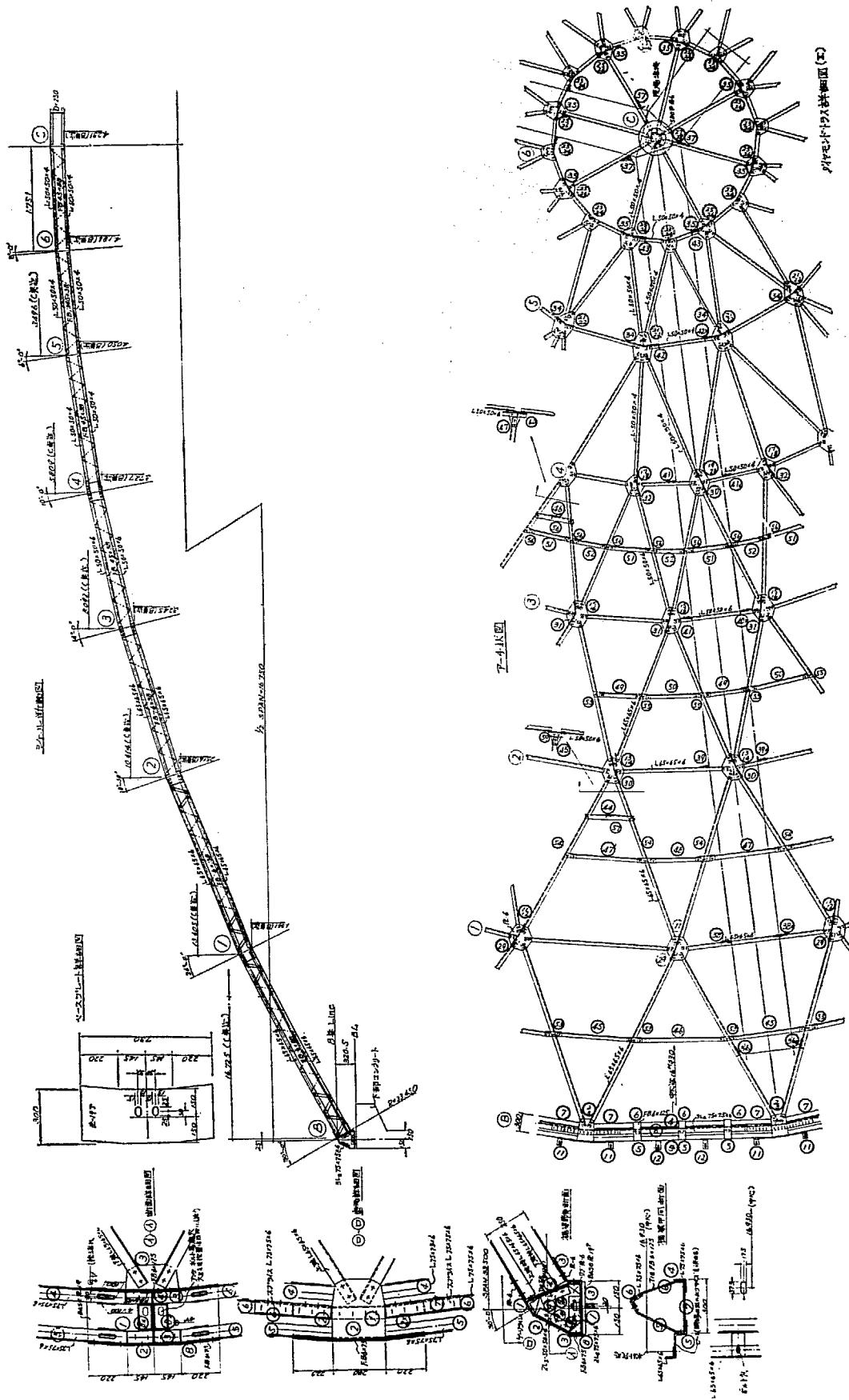


第 13 図 人員出入用氣密室およびトラック出入口群細図

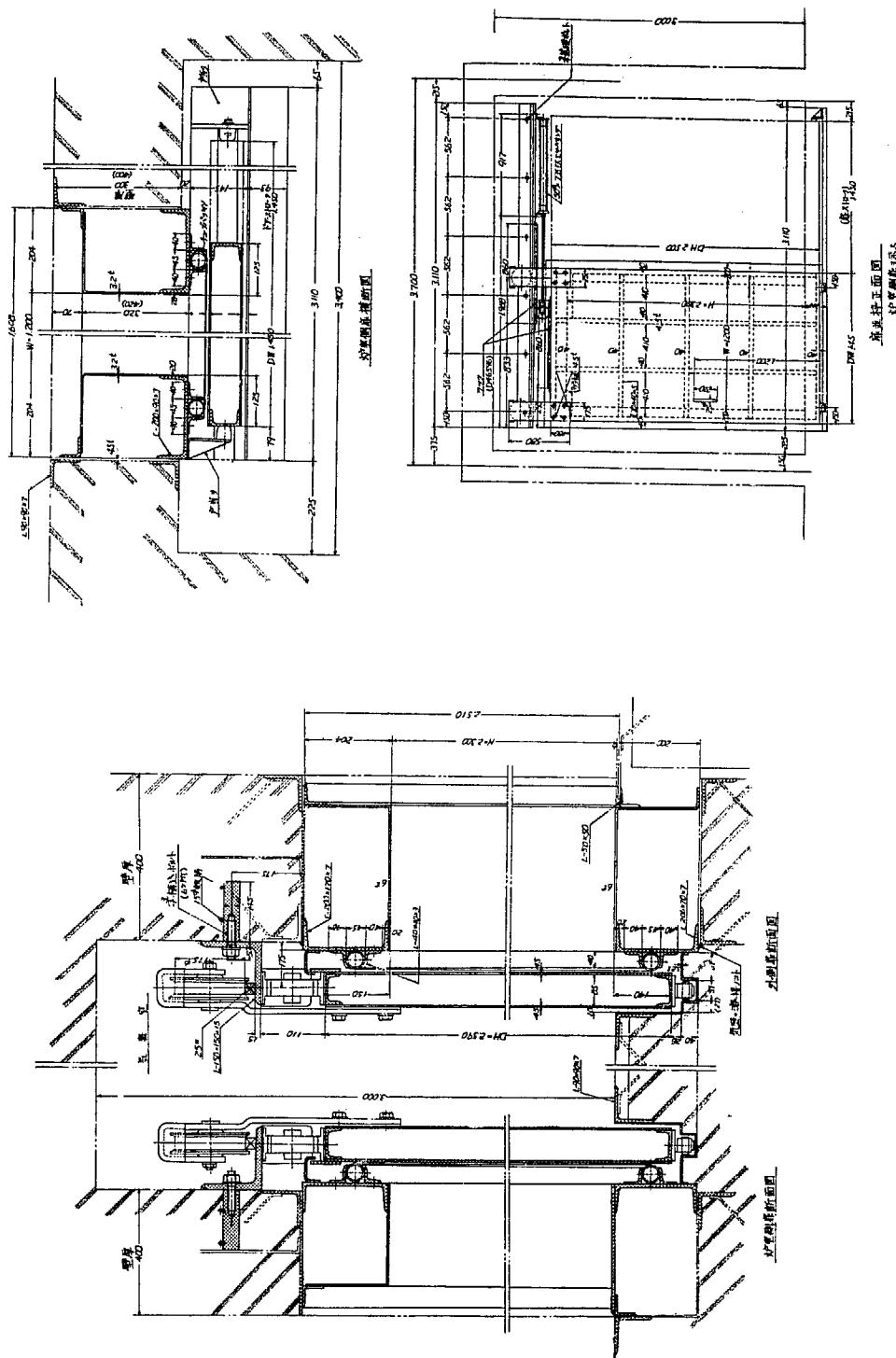


第14回 千十スクガーダ一平面図

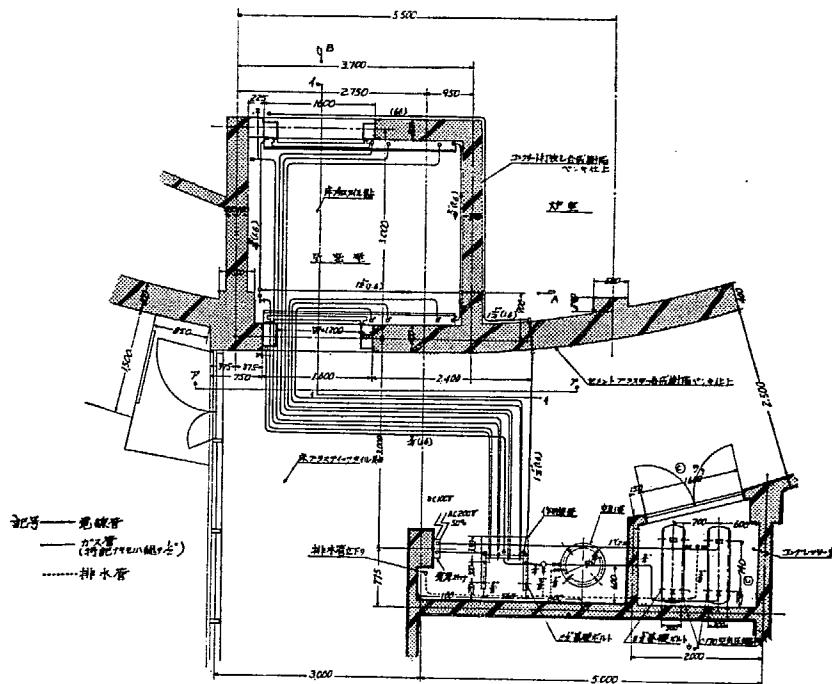




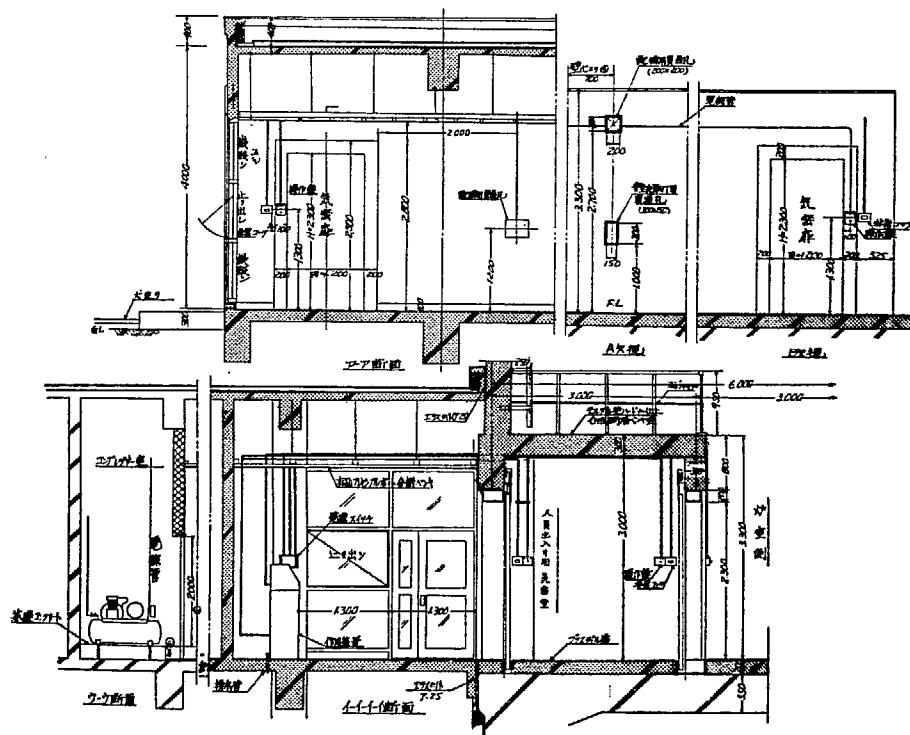
第 16 図 炉 室 根 ト ラ ス 詳 細 図



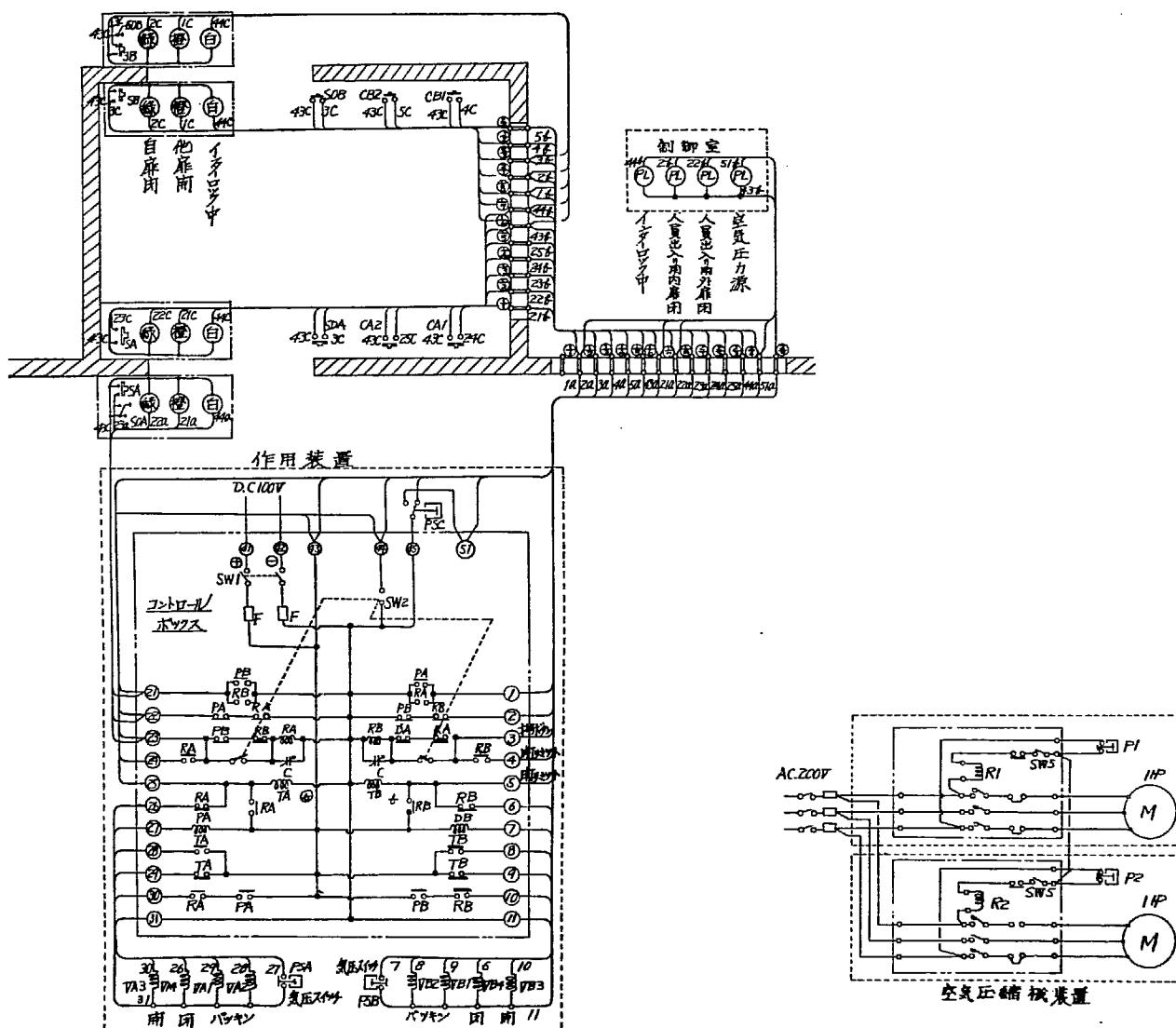
工扉密氣用入出員図17第



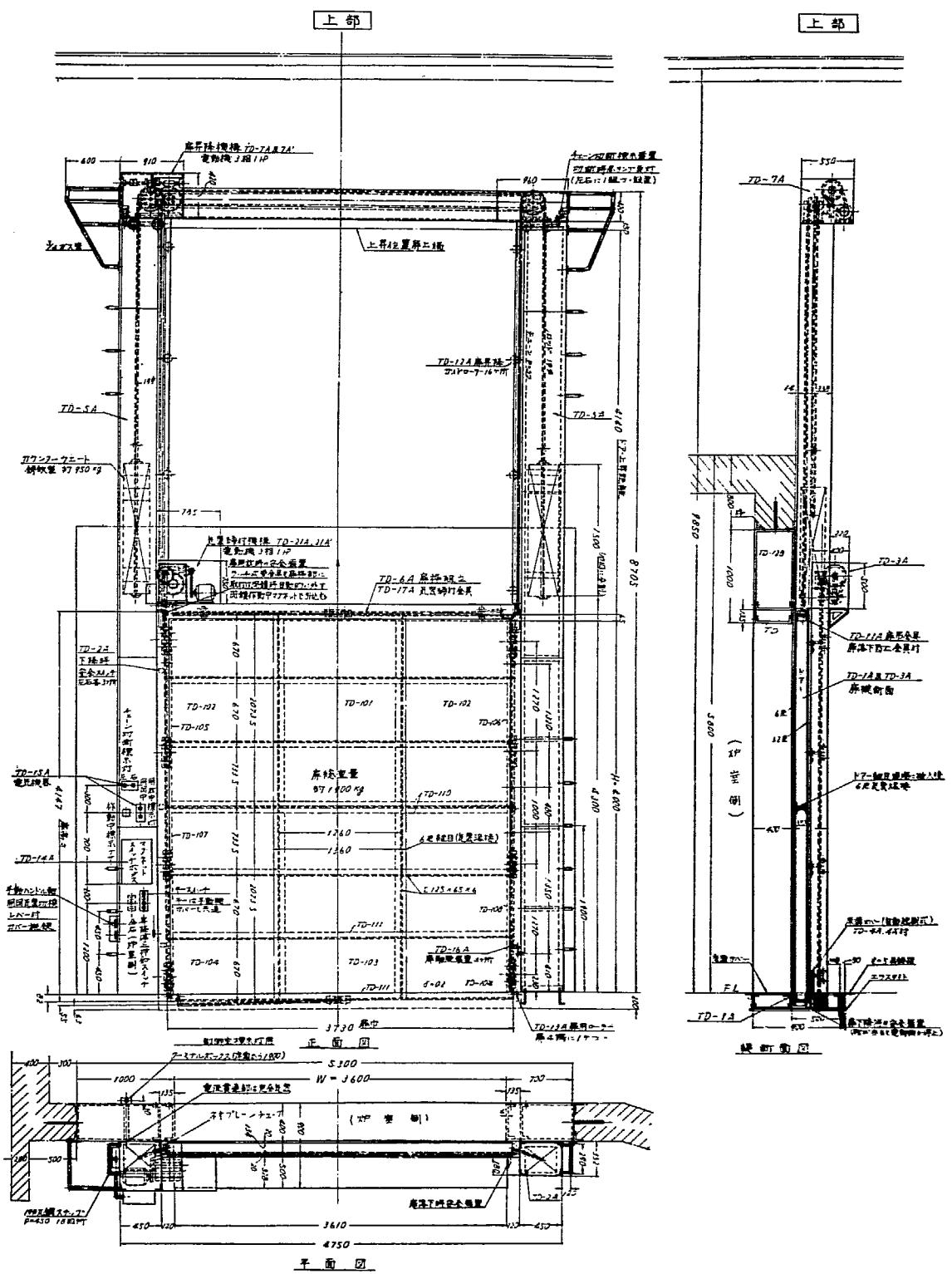
第 18 図 人員出入用気密扉 II (機器配置図)



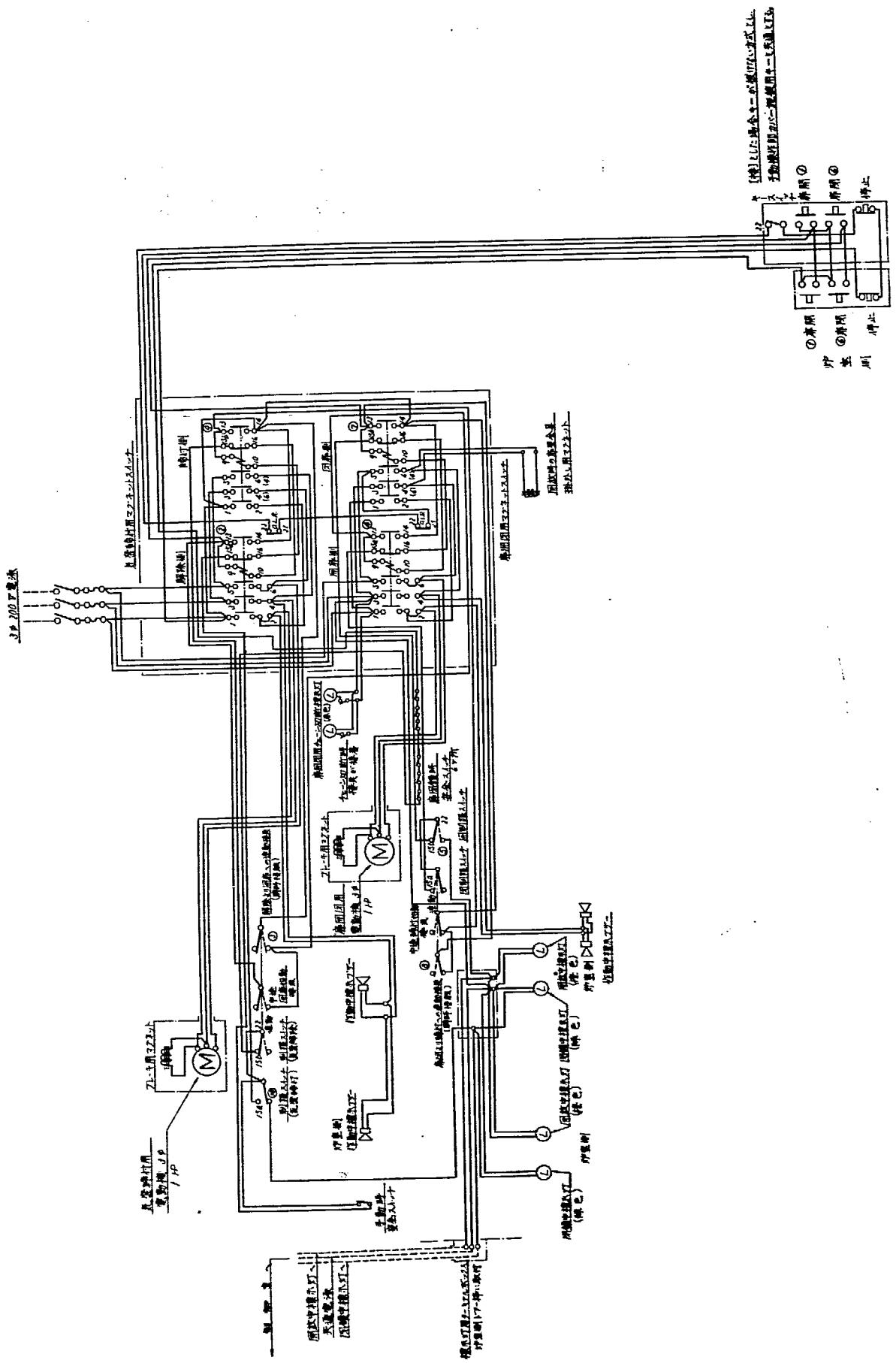
第 19 図 人員出入用気密扉 III (機器配置および配管図)



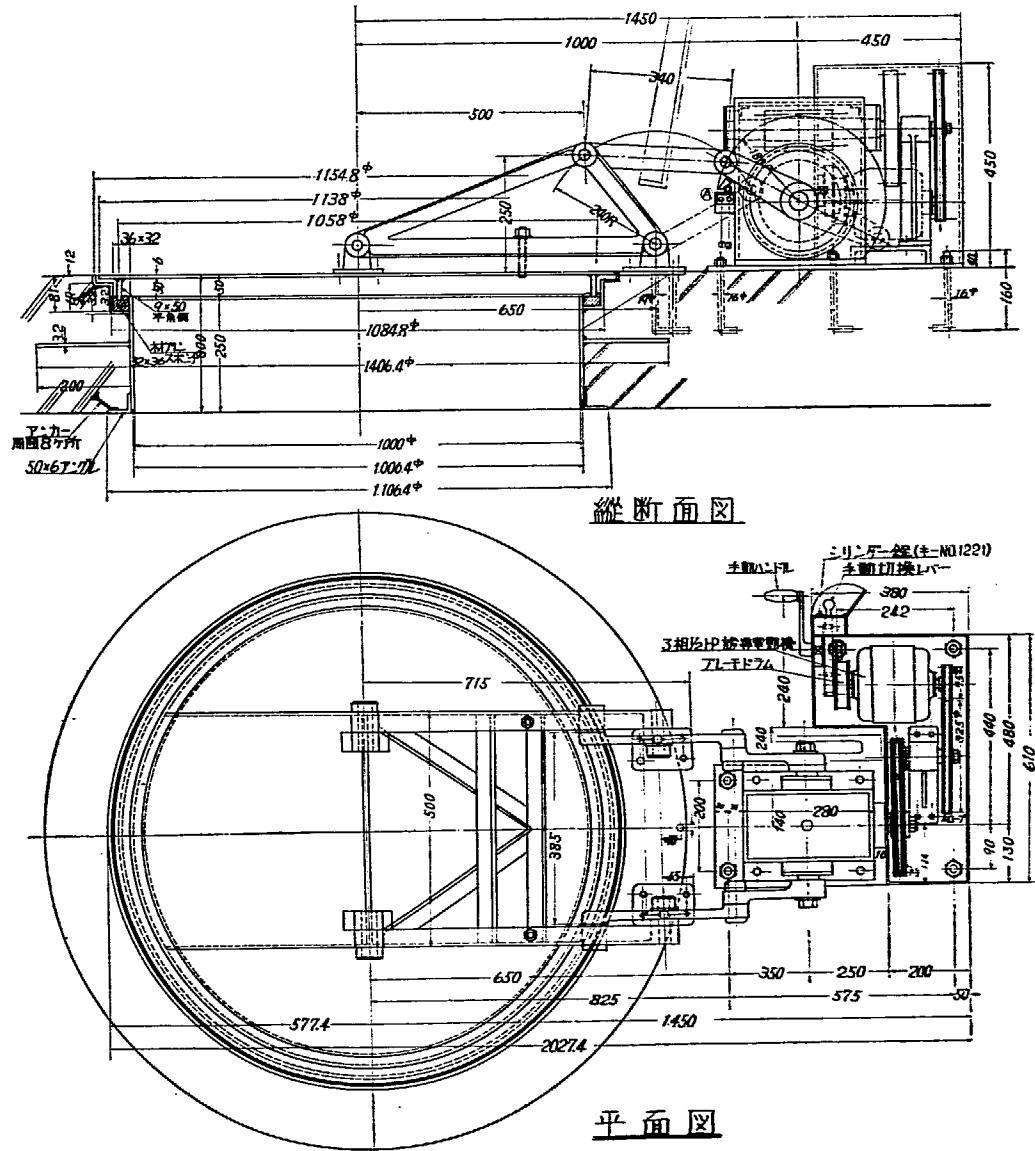
第 20 圖 人員出入用氣密扉 IV (結線圖)



第 21 圖 トラック出入用気密扉 I



第22圖 ラック出入用氣密扉II(結線図)



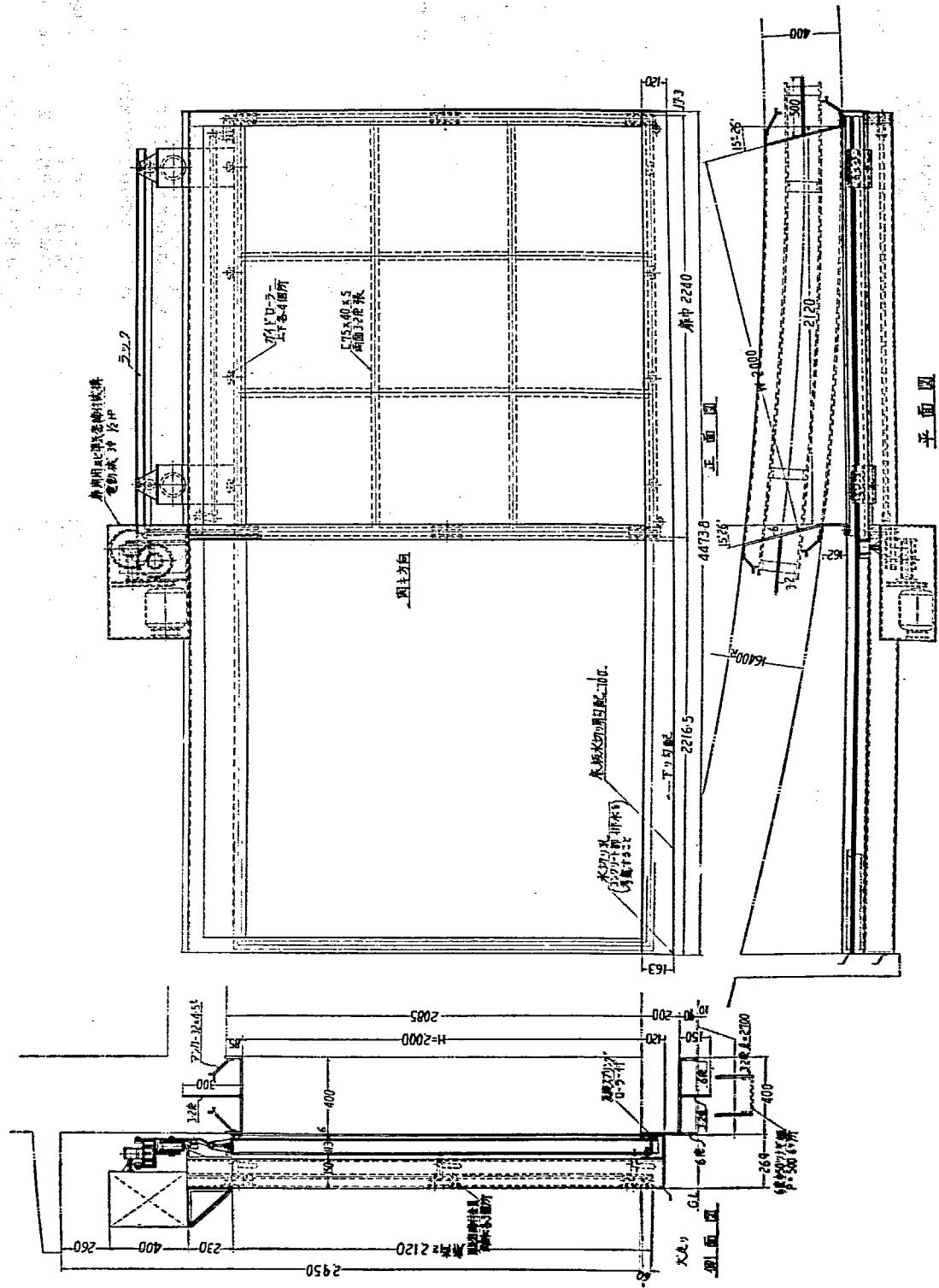
第 23 図 放射性同位元素搬出用気密扉 I

作動要領

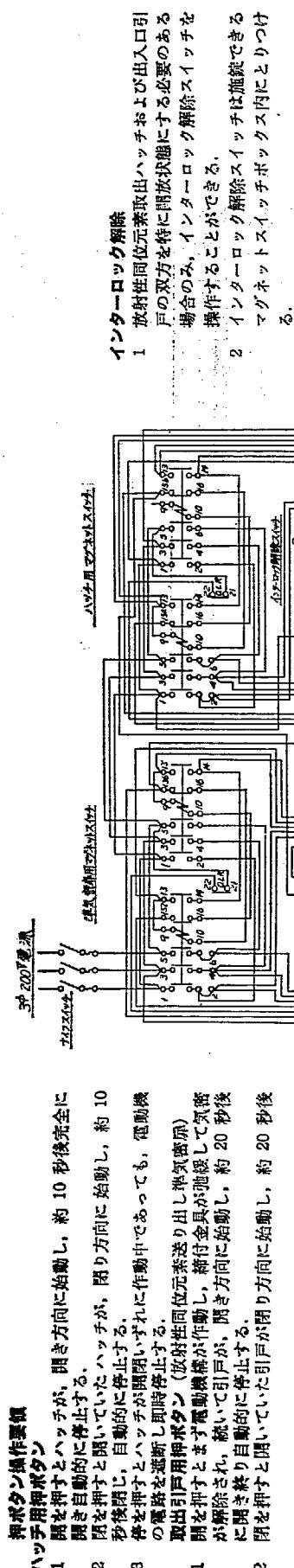
蓋は天井上面に蝶番をもってとりつけられ、電動機構のクランクアームにより上方に開く。開閉所要時間はそれぞれ約 10 秒。

この蓋が開いている場合は出入口の引戸は押ボタンを押しても開かないように電気的にインターロックする。

停電等の場合必要に応じてハンドルを使用し、手動で開閉をおこなうことができる。

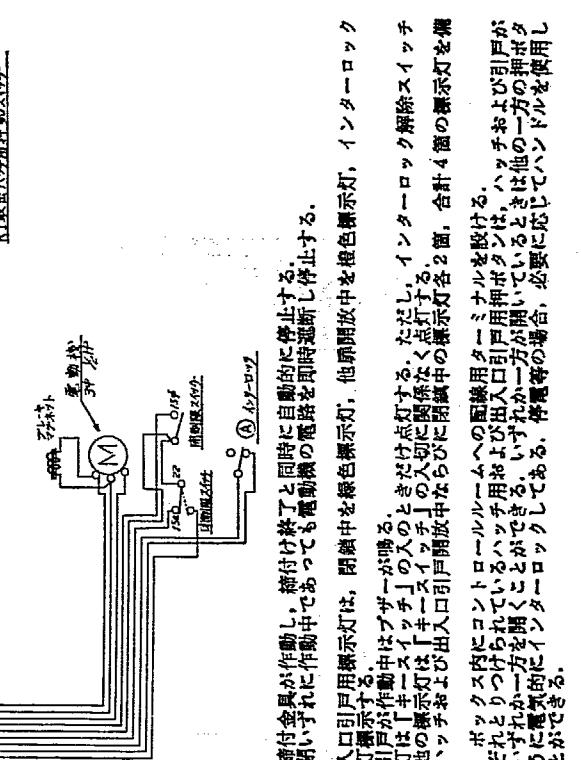
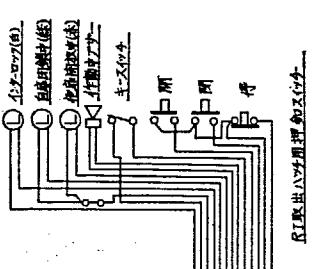


第 24 図 放射性同位元素搬出用気密庫 II

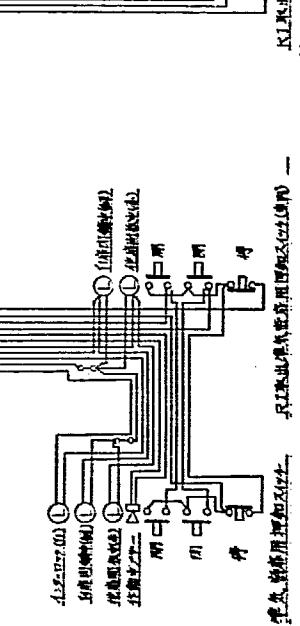
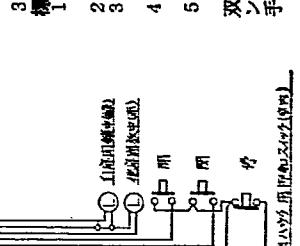


- 1 放射性同位元素取出ハッチおよび出入戸引戸の双方を特に開放状態にする必要のある場合のみ、インターロック解除スイッチを操作することができます。
- 2 インターロック解除スイッチは施錠できるマグネットスイッチボックス内にとりつける。

注意：要確認引戸開閉装置は二重化されており、各部の動作が正常であることを確認する。

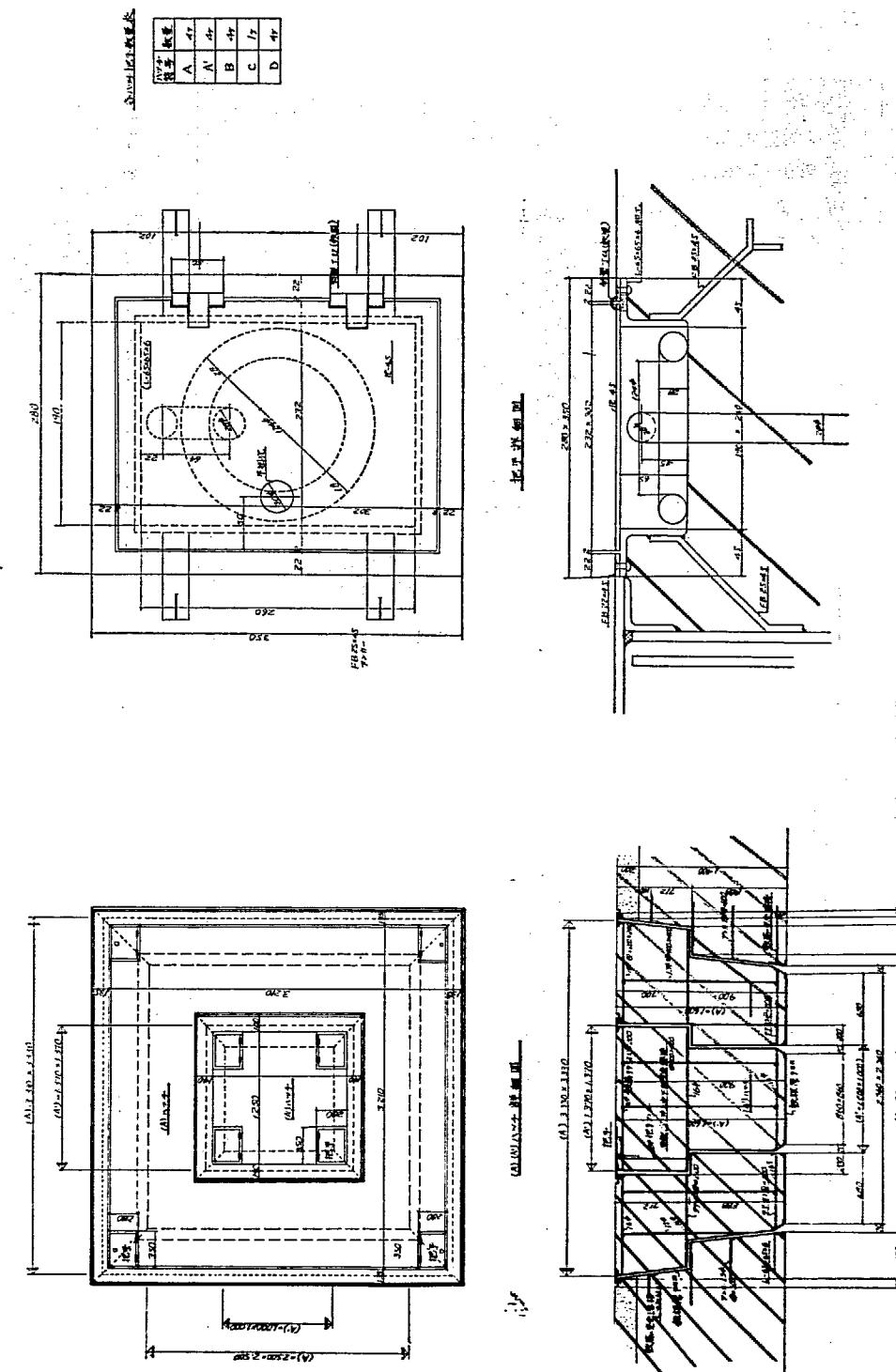


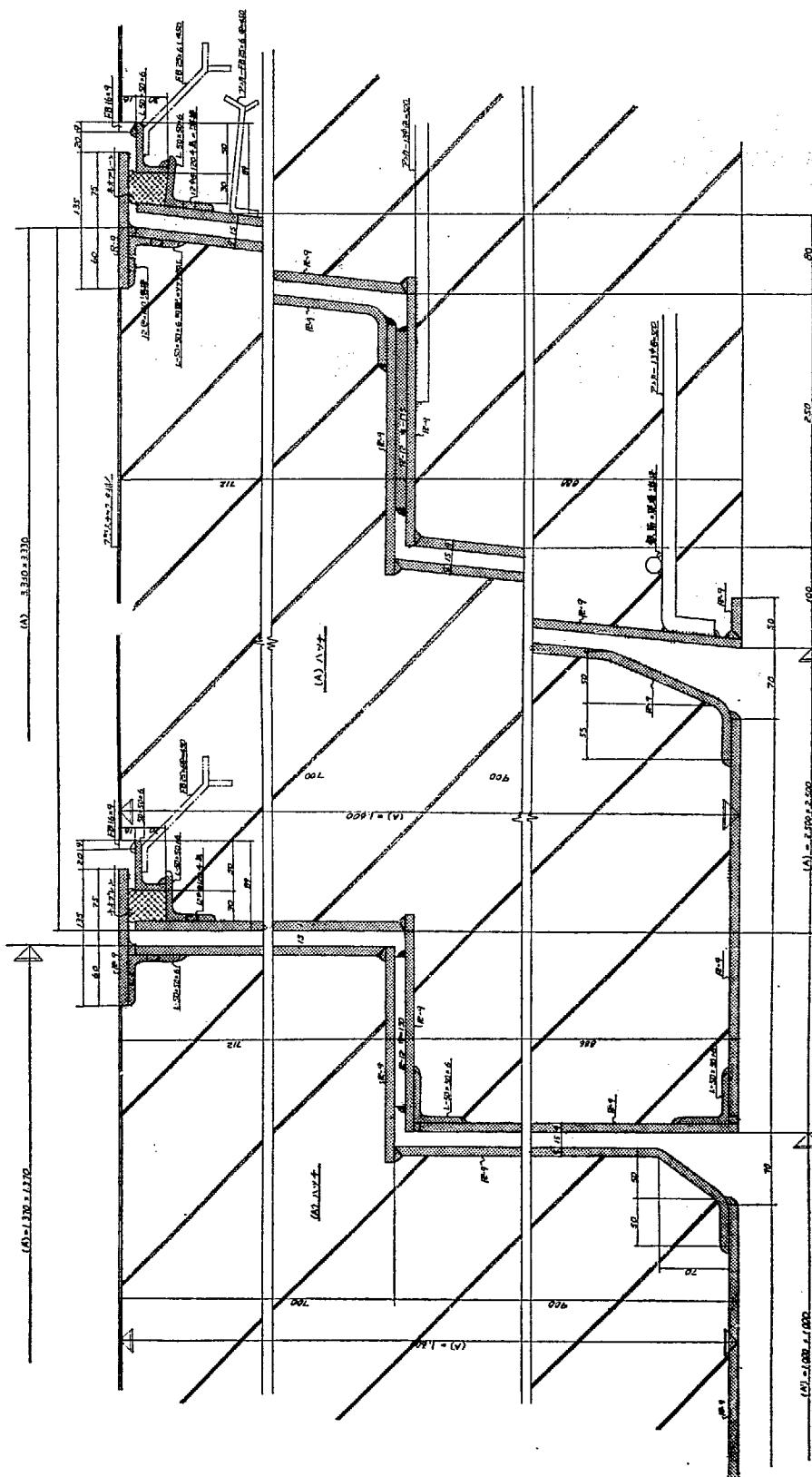
- 1 放射性同位元素取出ハッチおよび出入戸引戸の双方を特に開放状態にする必要のある場合のみ、インターロック解除スイッチを操作することができます。
- 2 ハッチ用標示灯は、閉鎖中を緑色標示灯、インターロック解除時または引戸が開閉すれば黄色標示灯とする。
- 3 係を押すと引戸が閉鎖されると同時に自動的に停止する。



第 25 図 放射性同位元素取出用空氣搬出装置 (構成図)

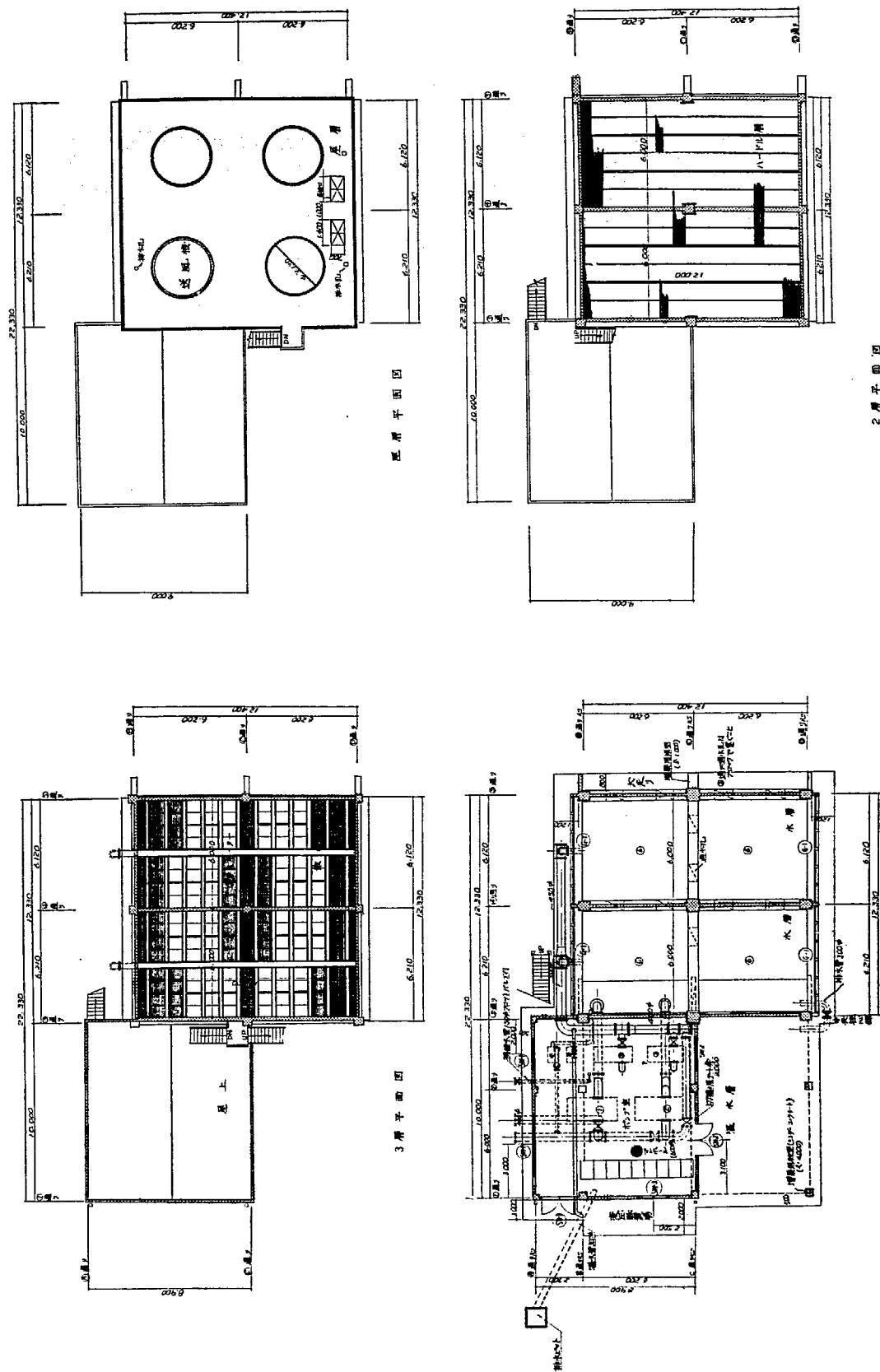
第 26 圖 八 ツ チ 群 細 図

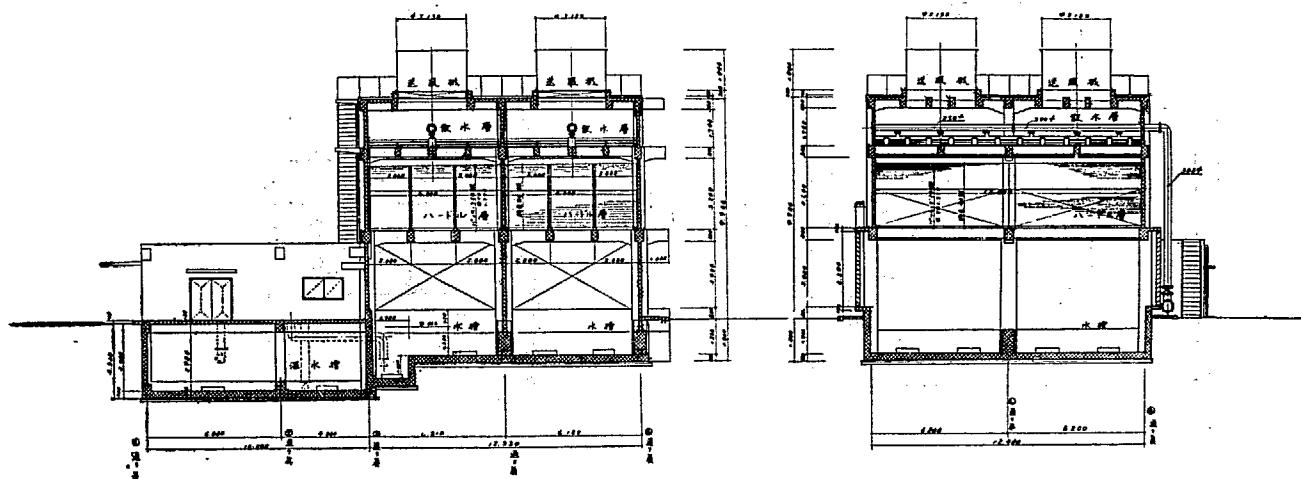




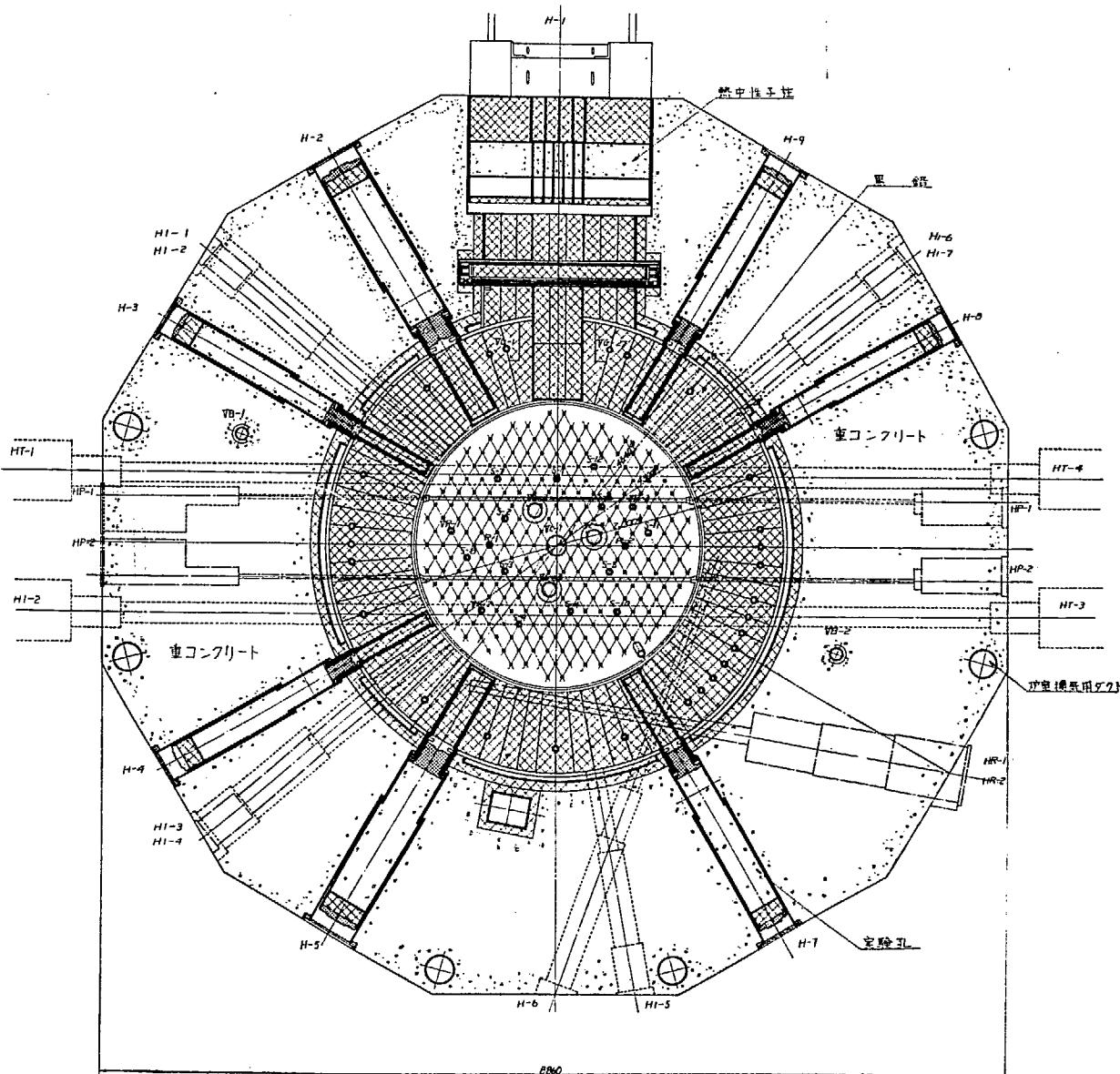
第 27 圖 ハツチ群細圖 II

第 28 圖 冷 却 塔 平 面 圖

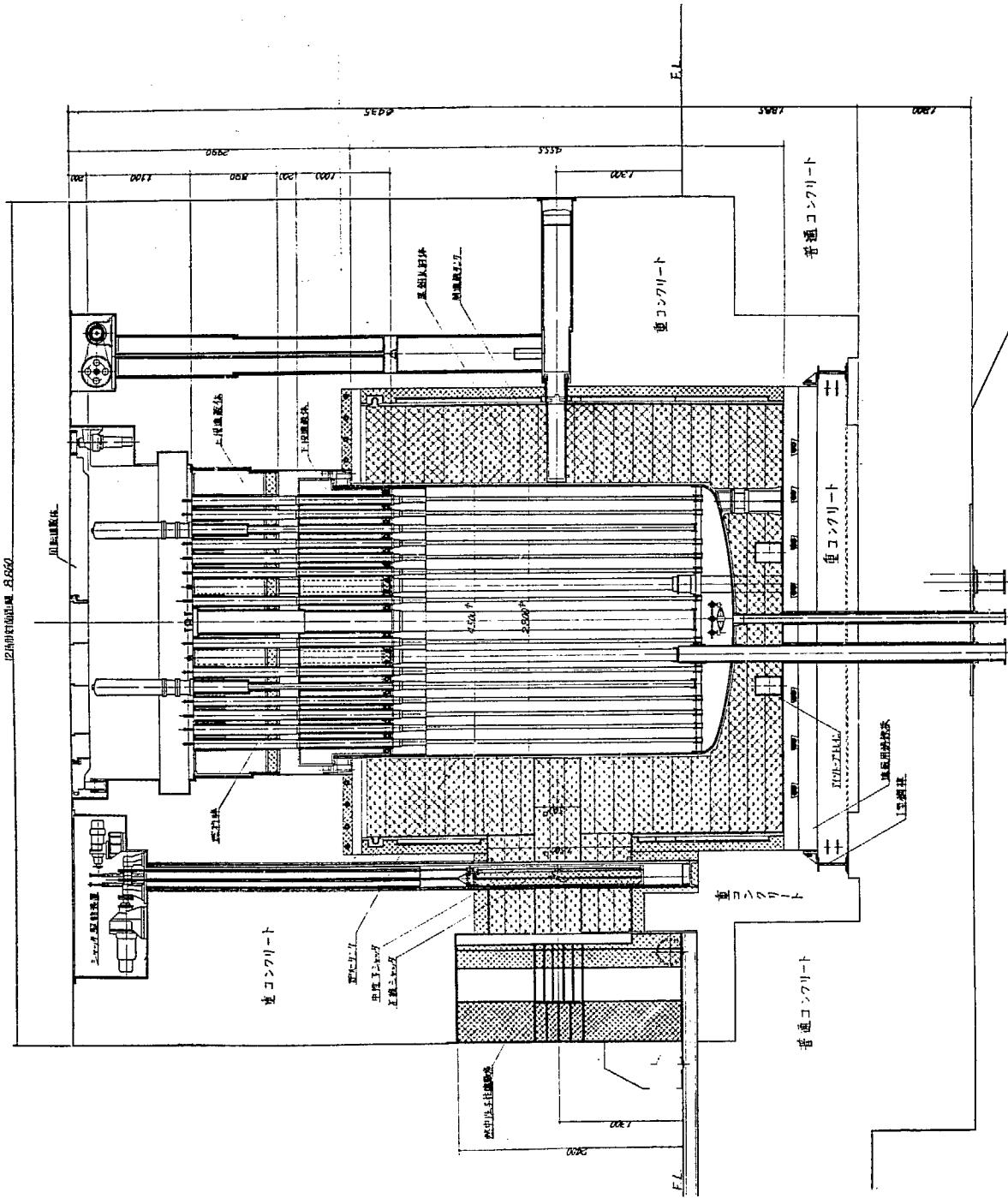




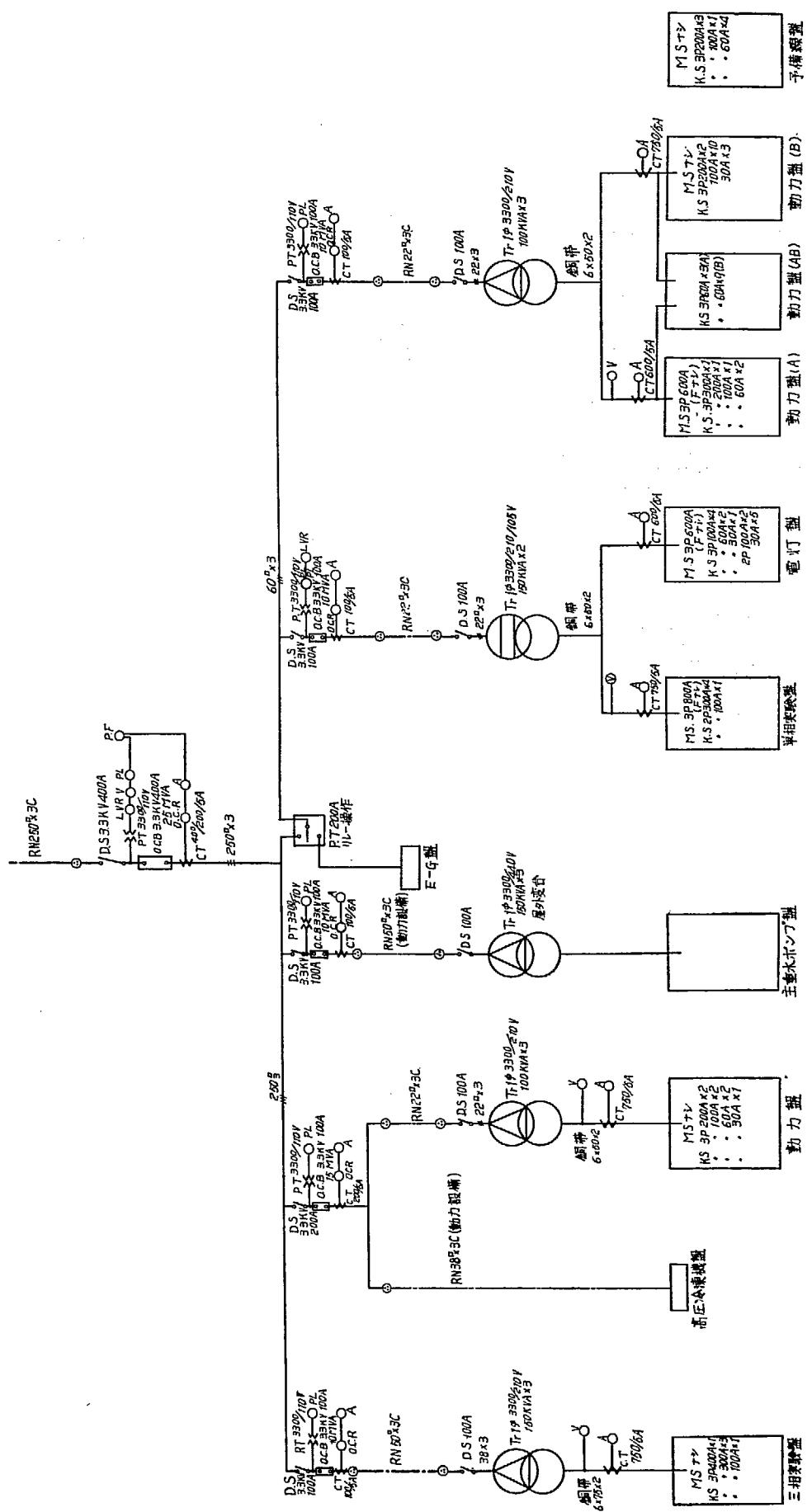
第 29 図 冷却塔断面図



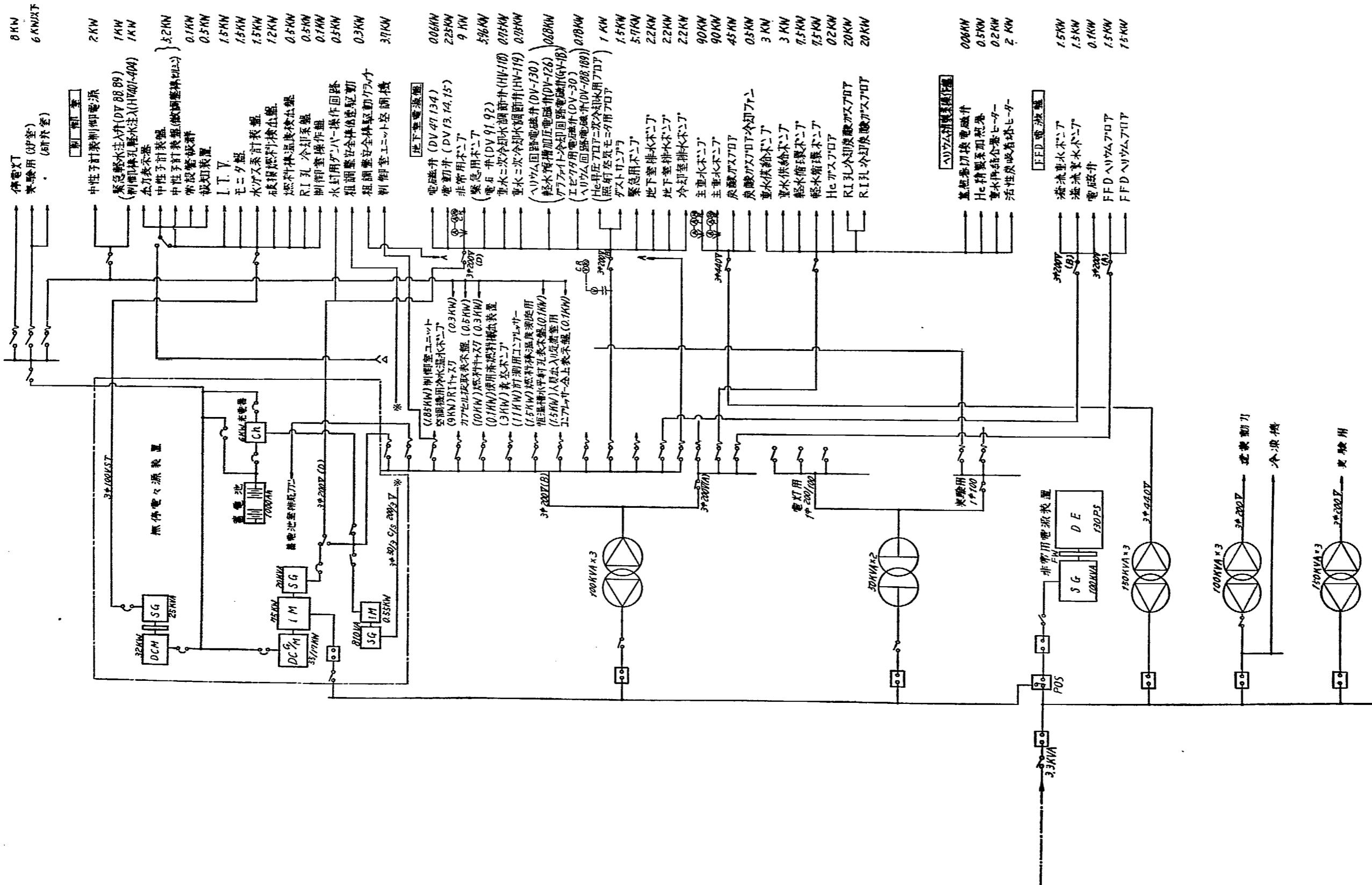
第 30 図 原子炉本体平断面詳細図

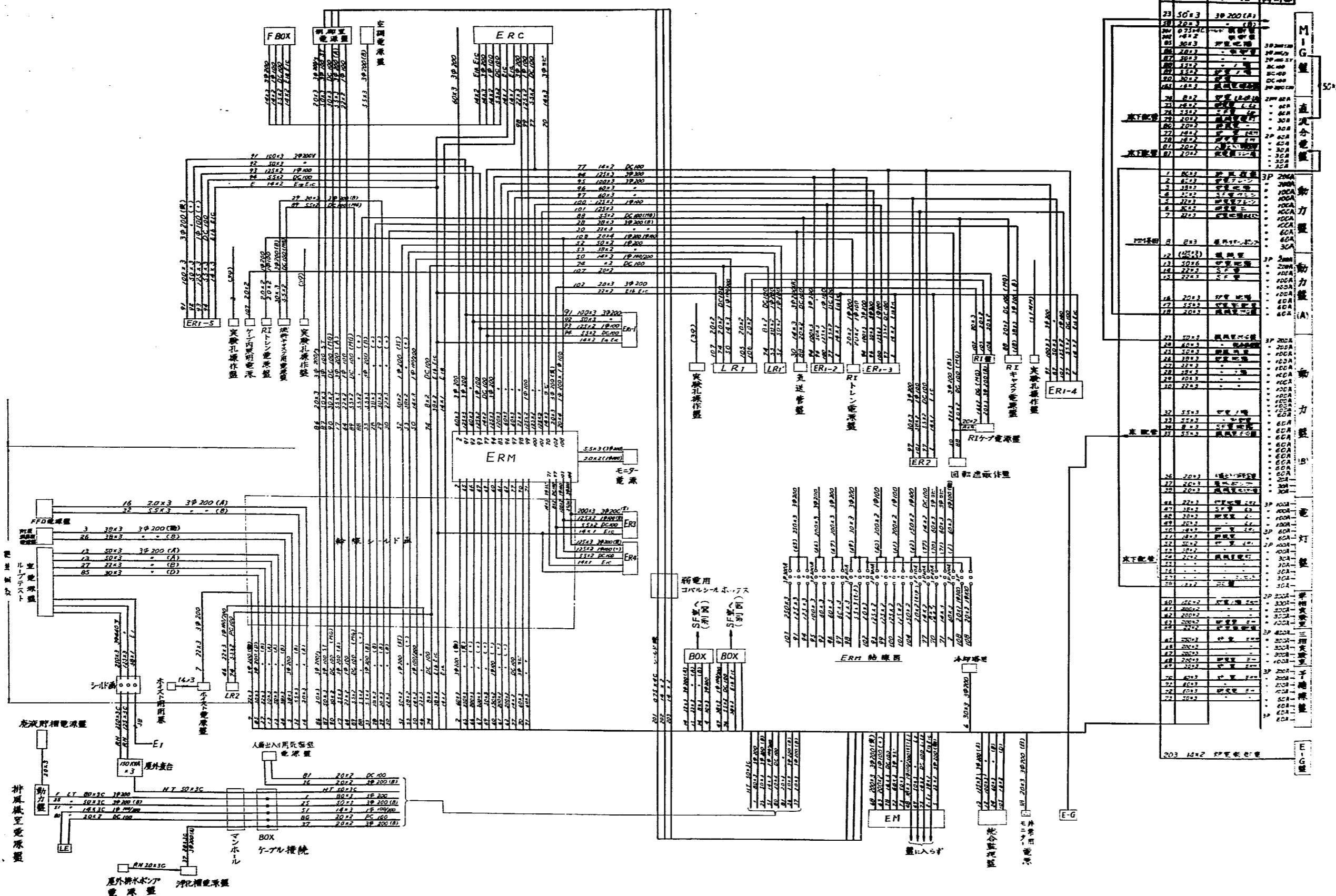


國細面斷立體本爐子原第31頁

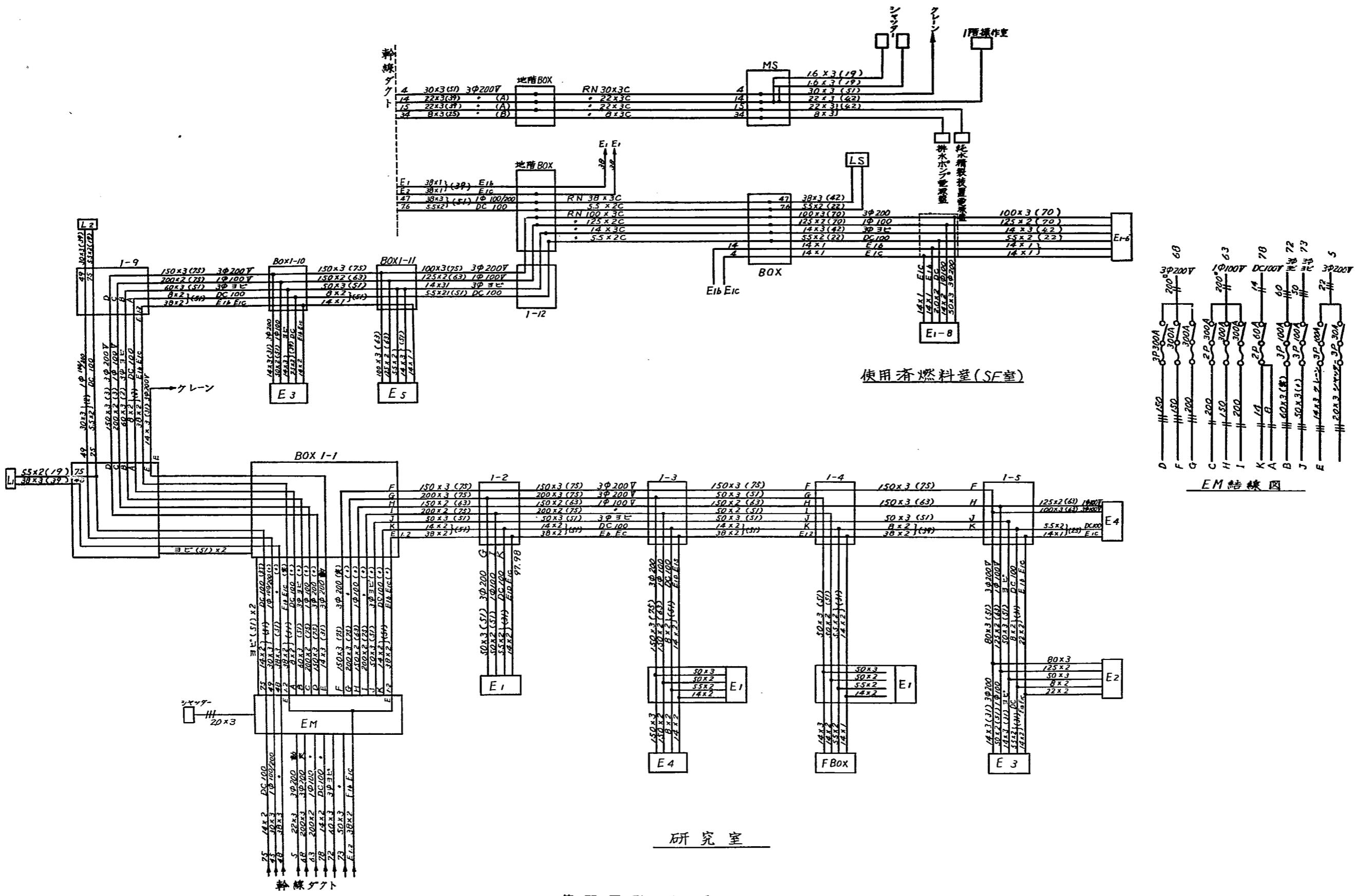


圖統接線電國第32

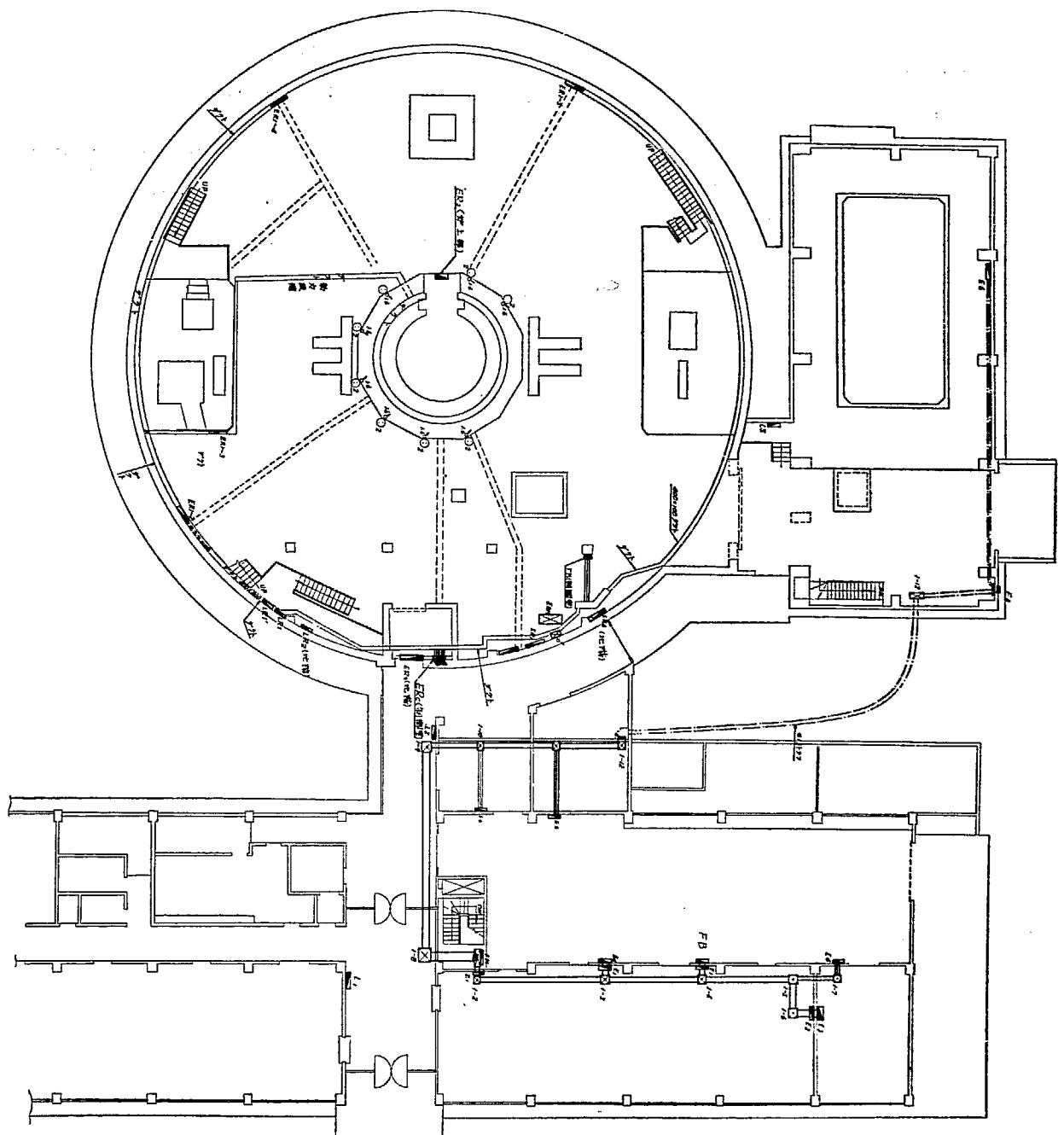




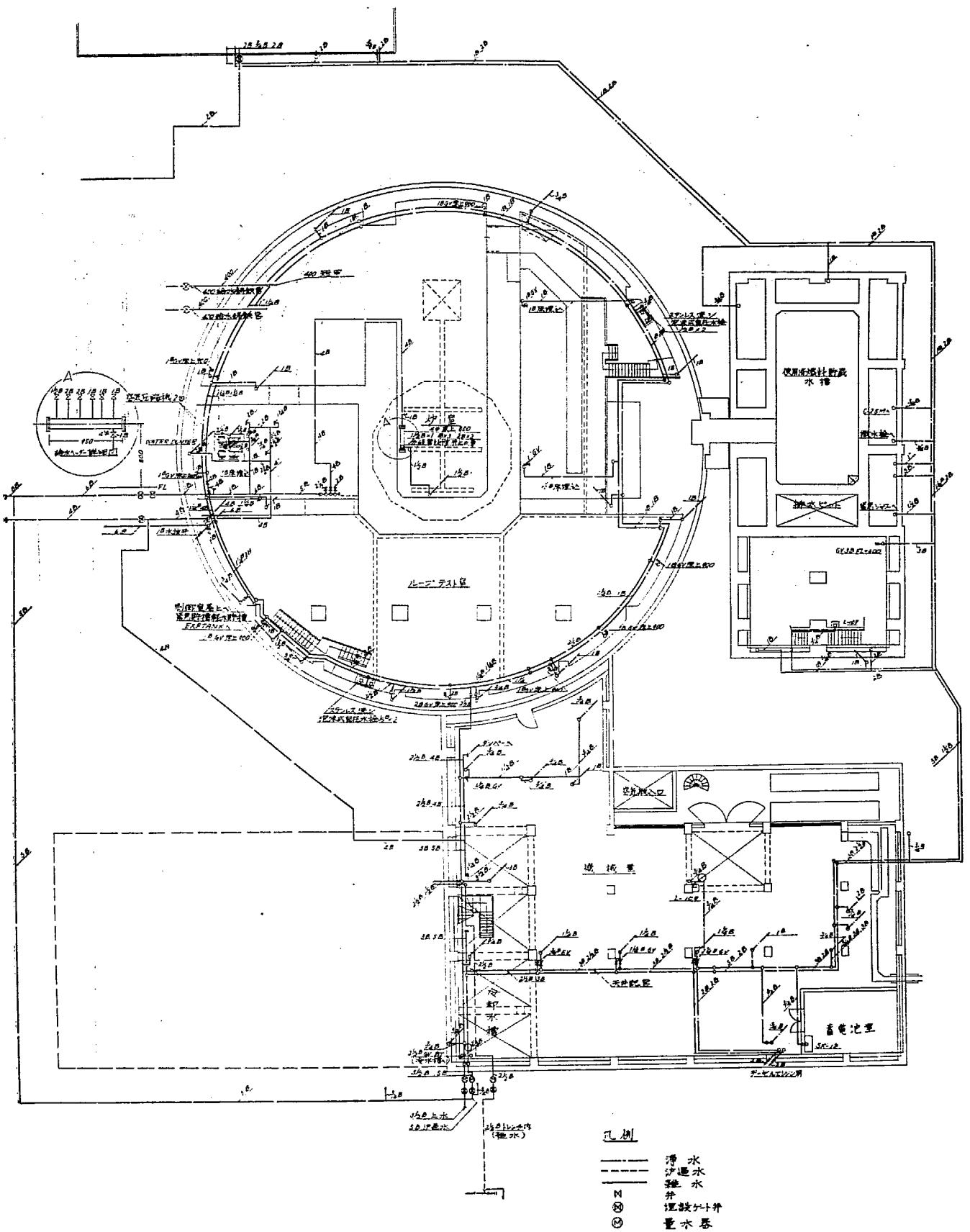
第34圖配線系統圖(I)



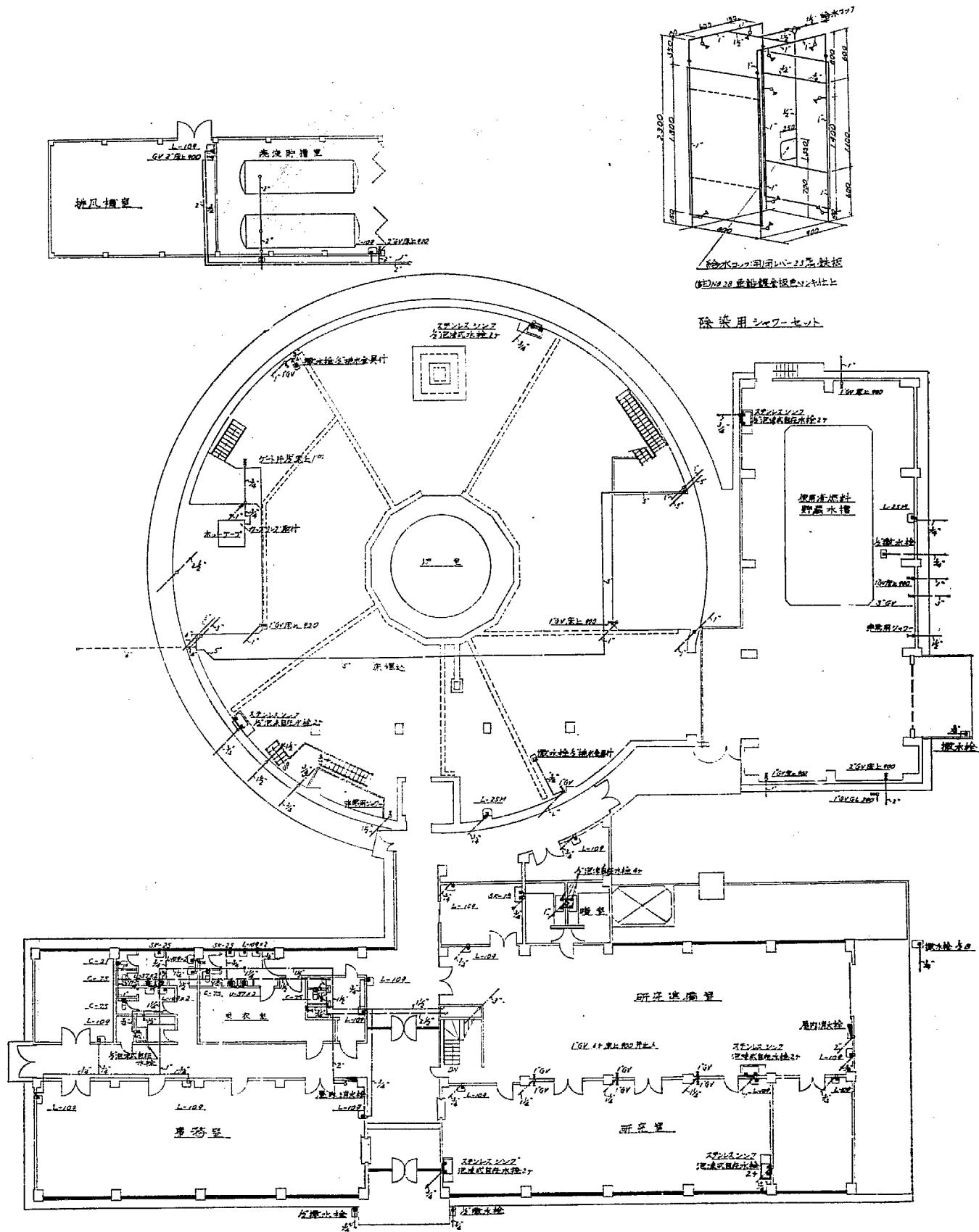
第 35 圖 配 線 系 統 圖 (II)



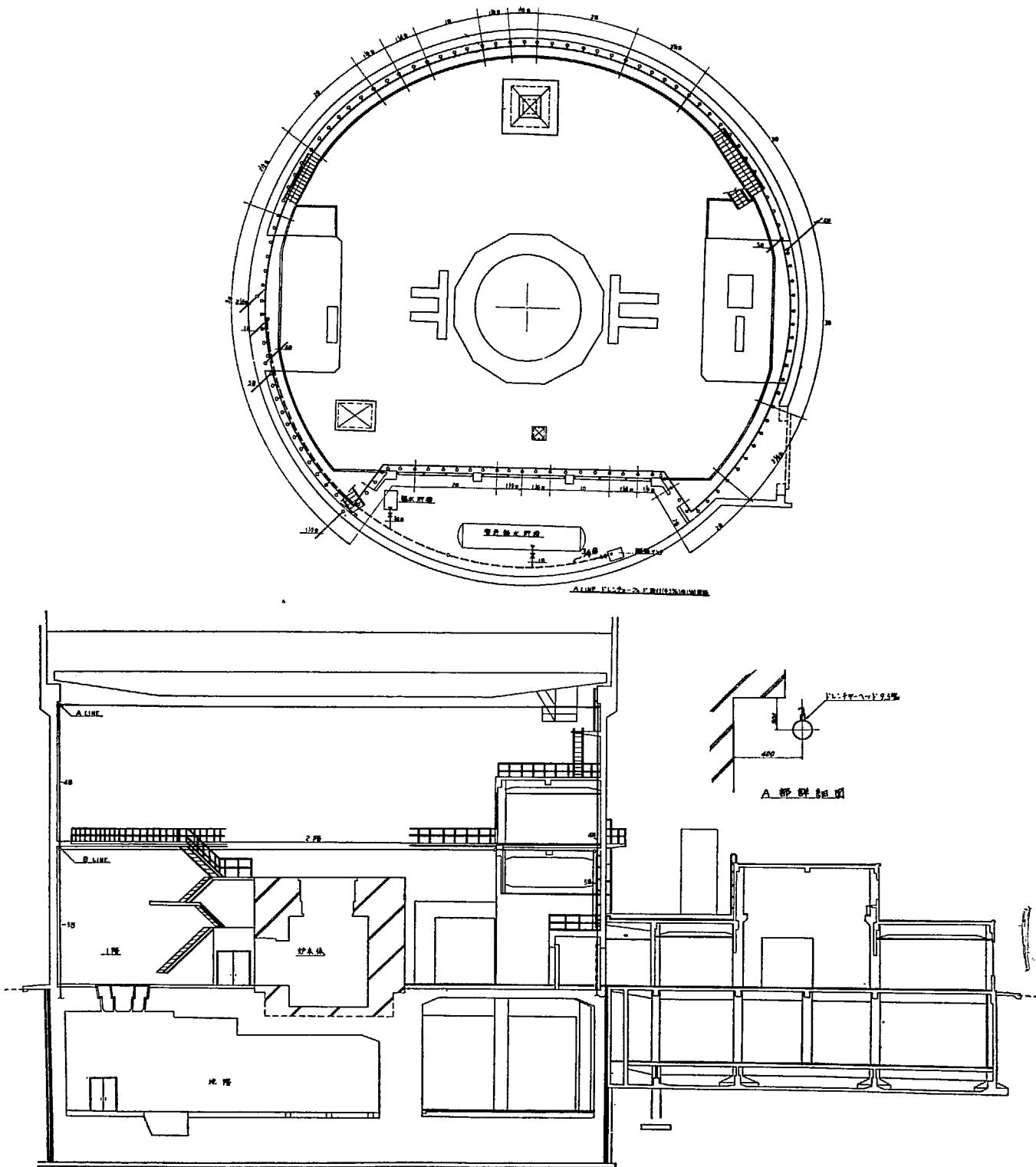
第 36 図 分 電 盤 配 置 図



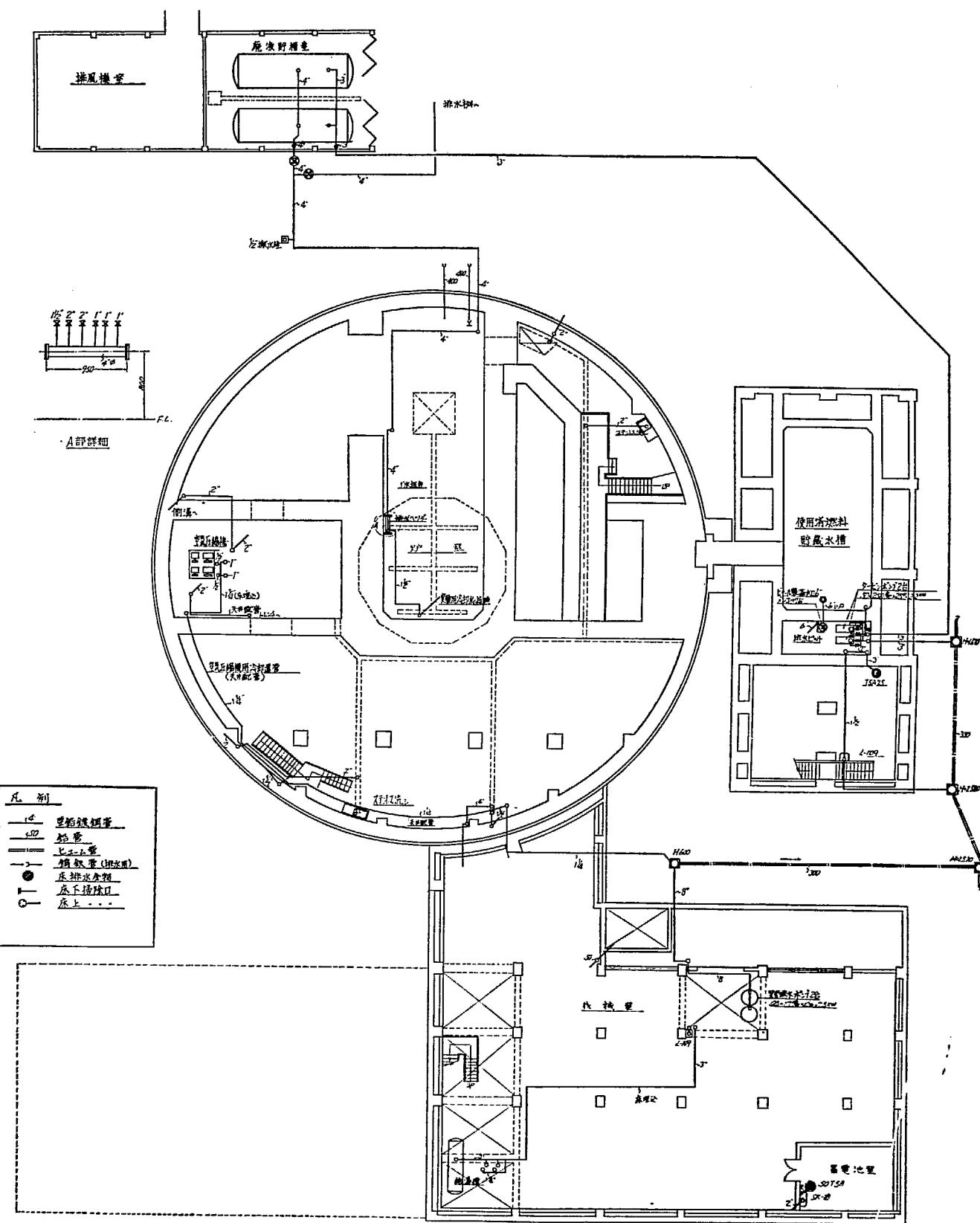
第37図 給水設備平面図(地階)



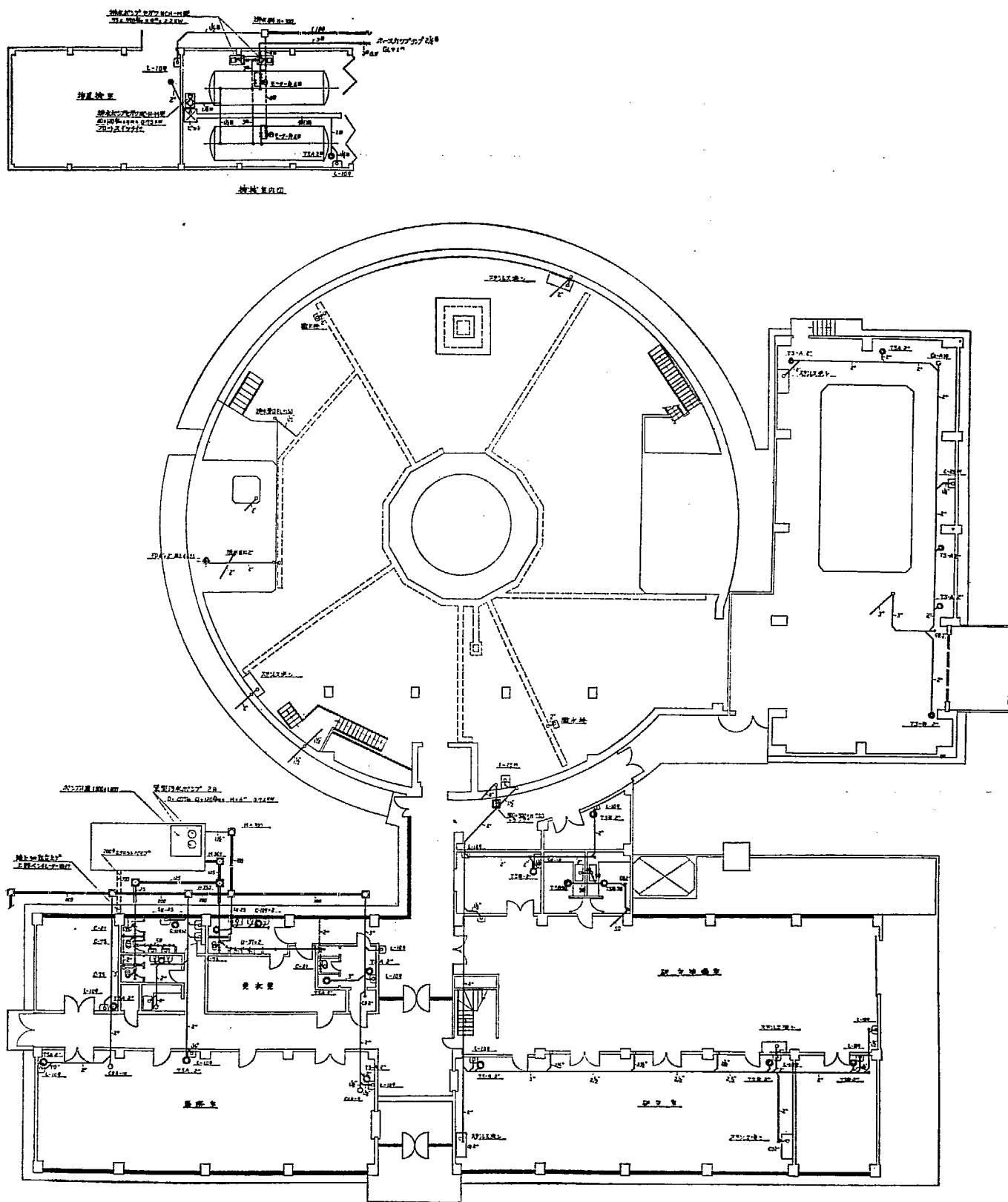
第 38 圖 細 水 設 備 平 面 圖 (1 階)



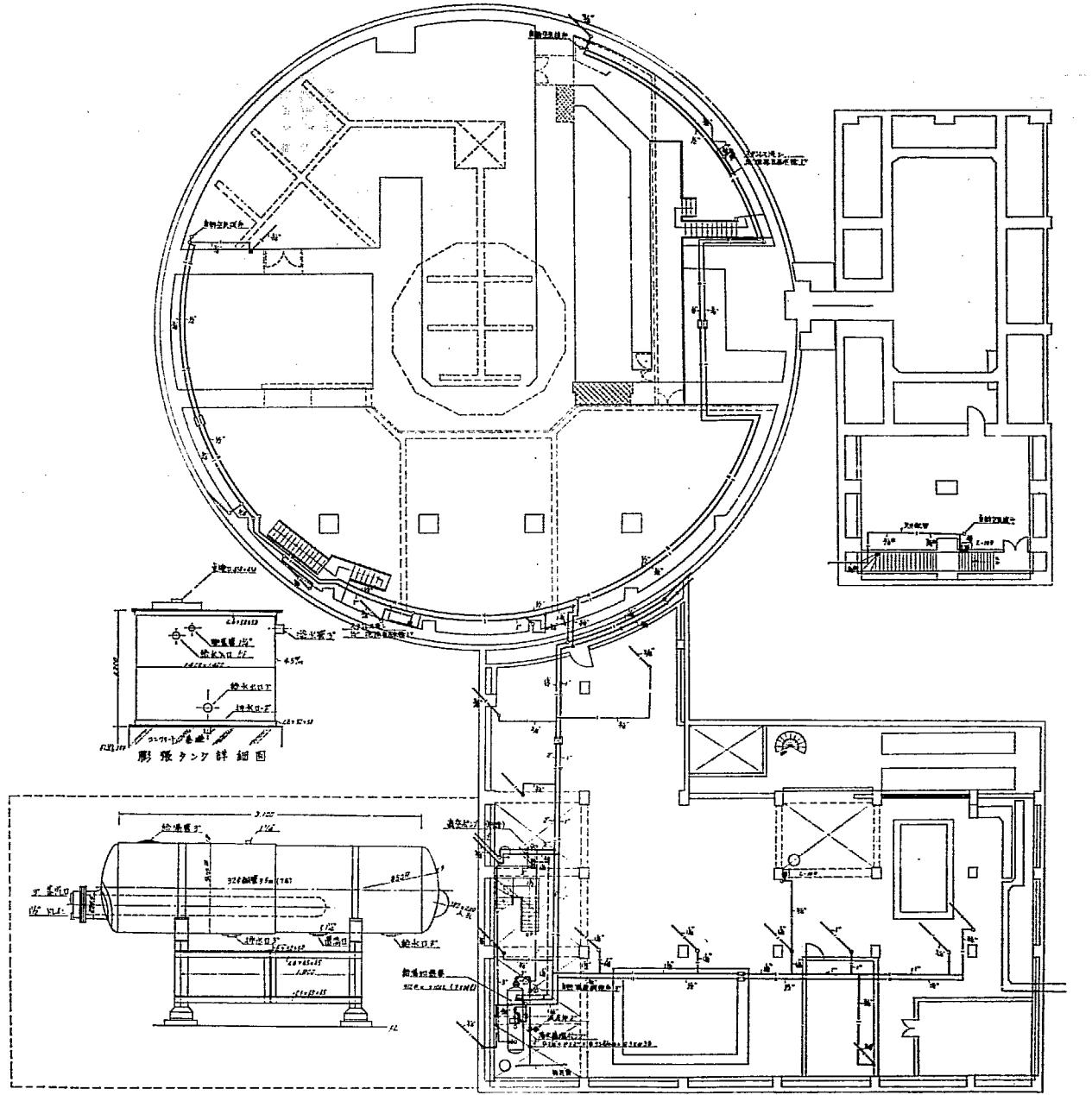
第39図 壁面洗浄設備平面および断面図



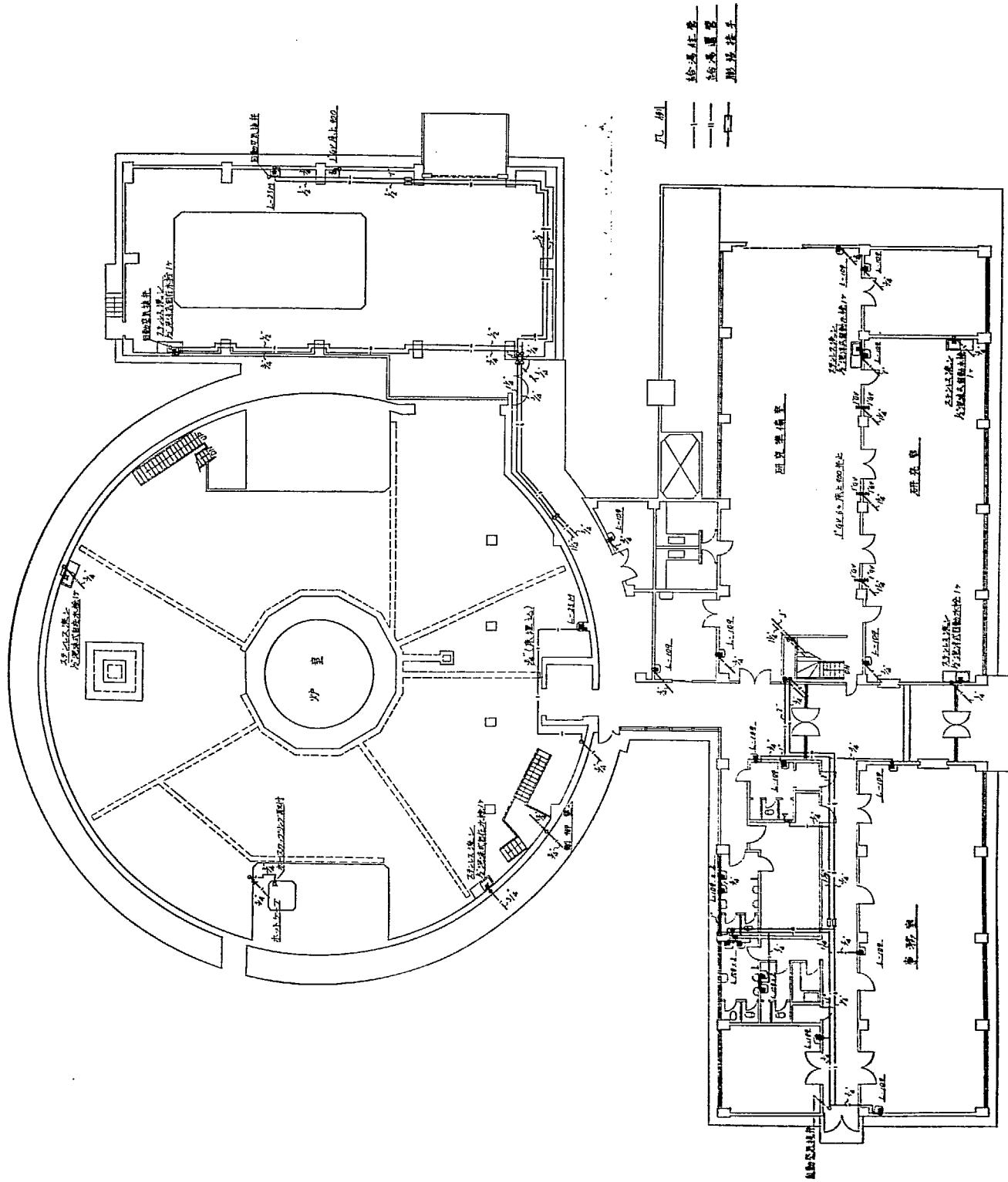
第 40 図 排 水 設 備 平 面 図 (地 階)



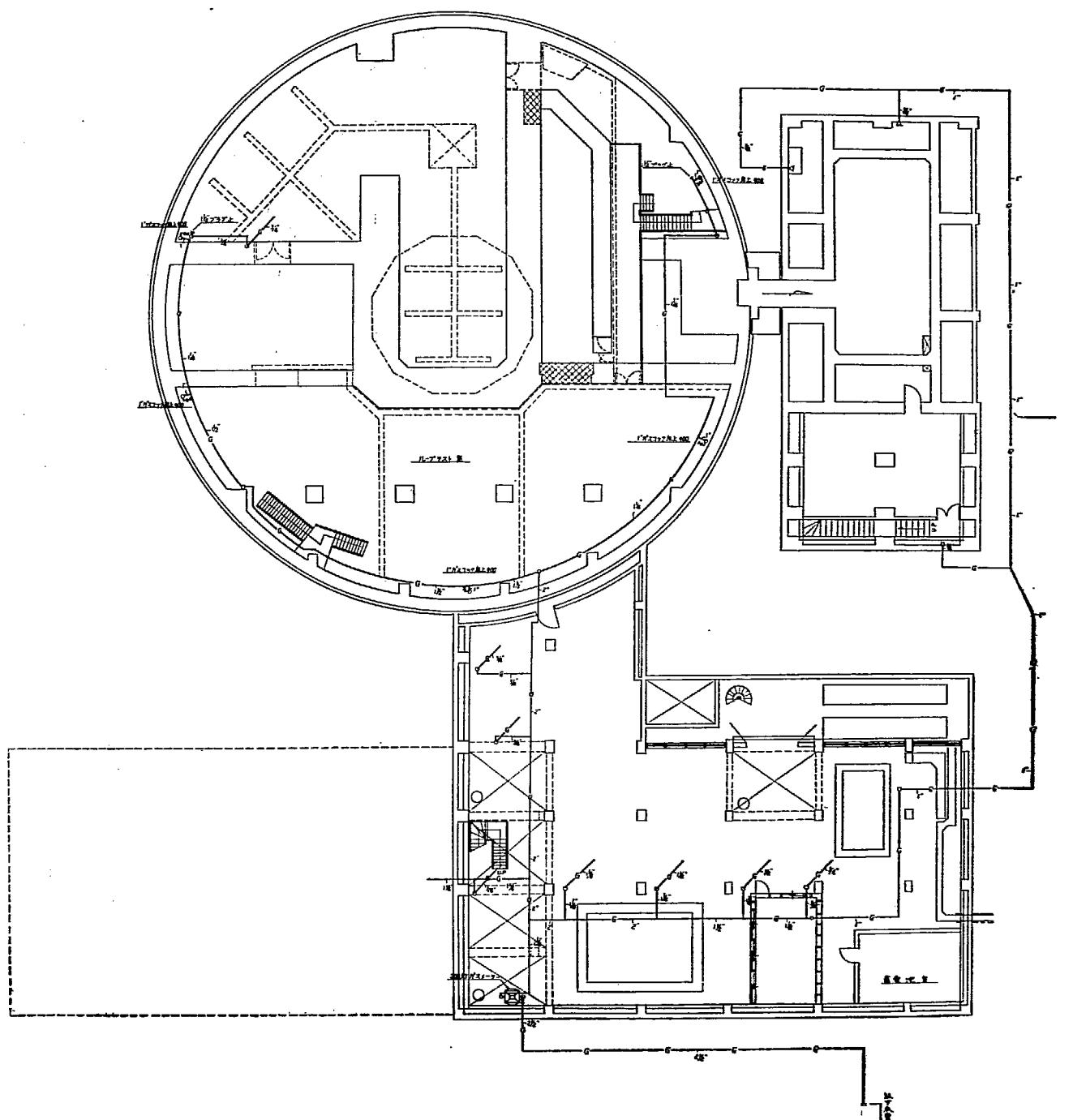
第 41 図 排水設備平面図 (1階)



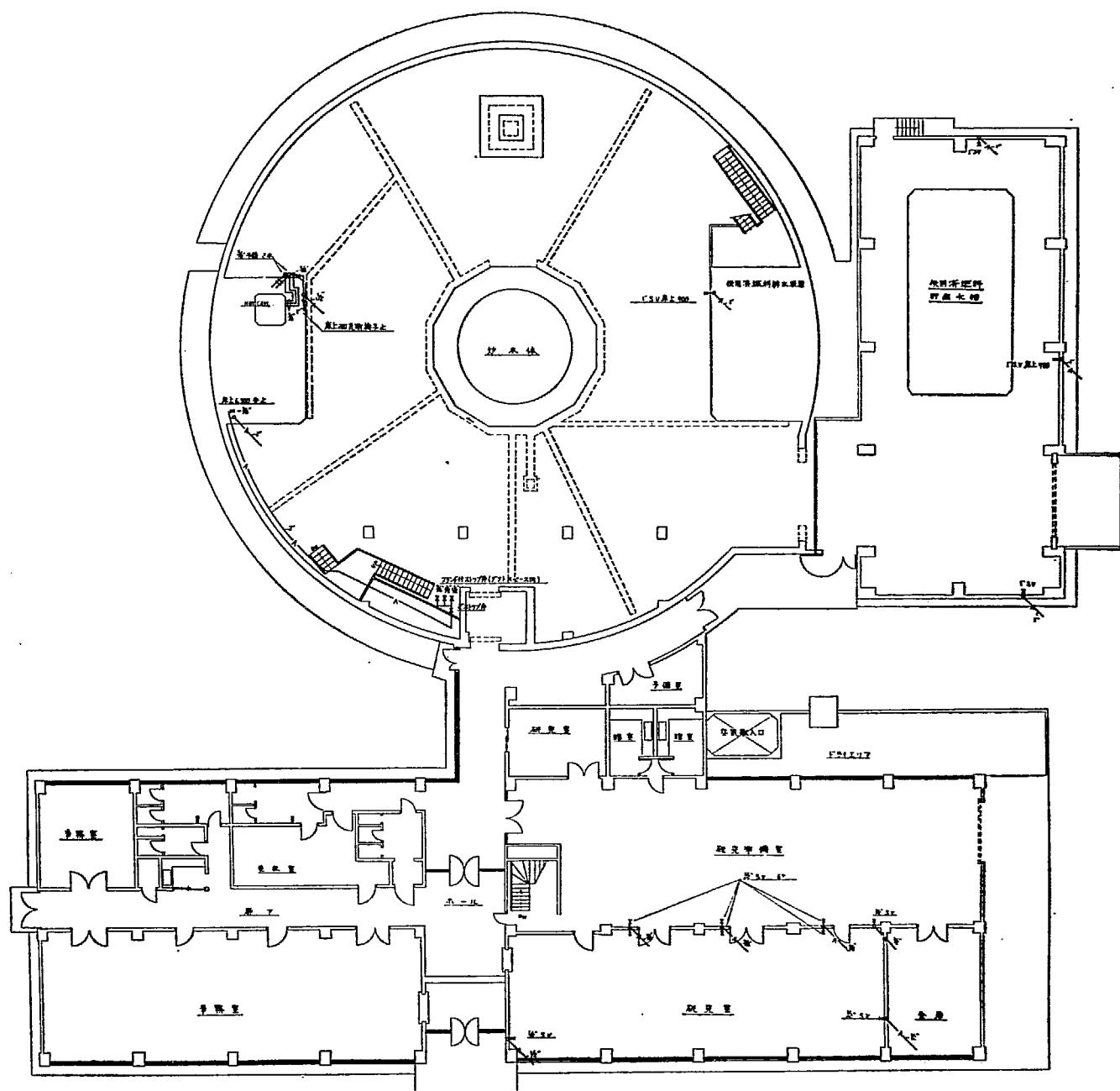
第 42 図 給湯設備平面図(地階)



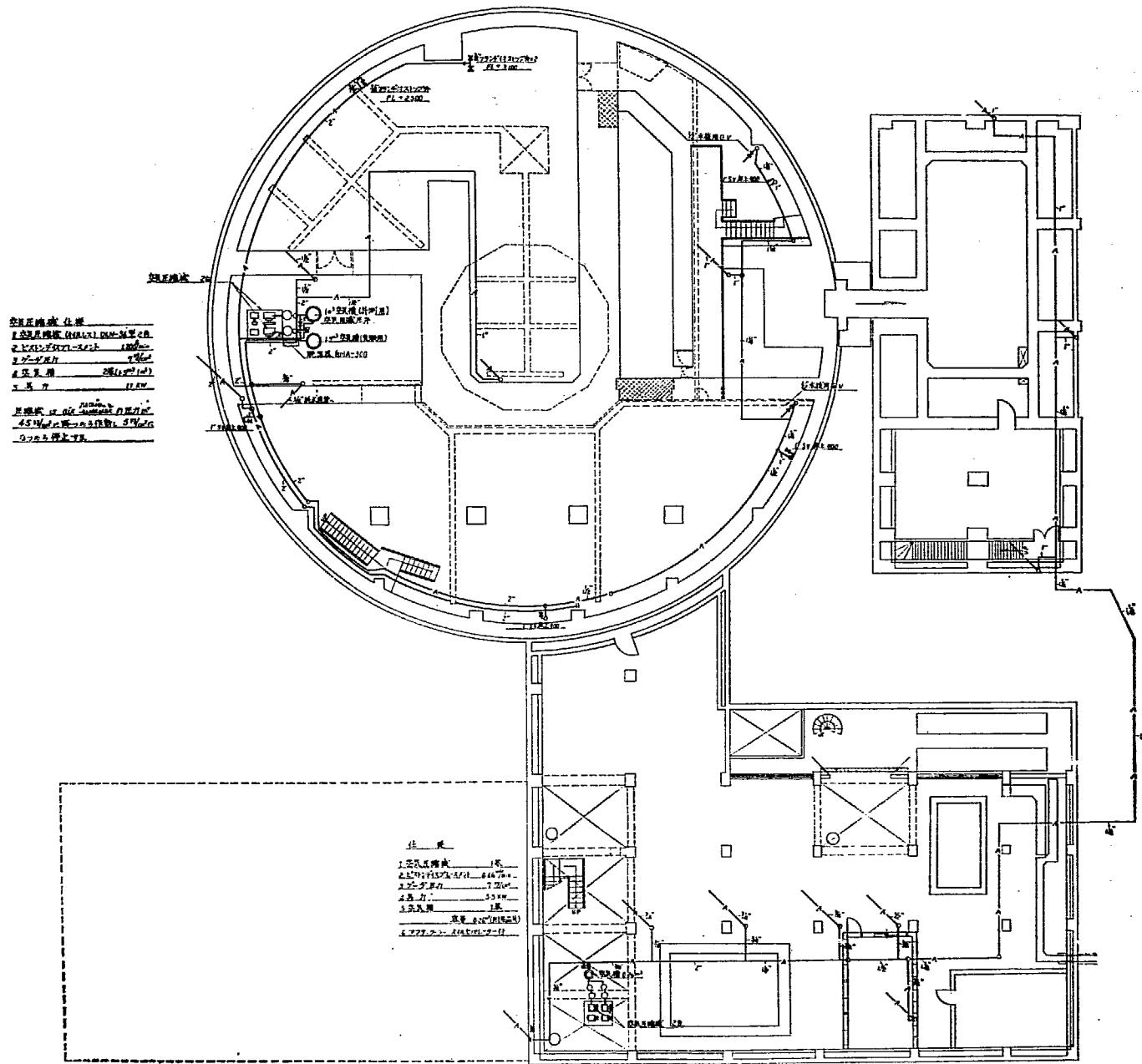
第43圖 治湯設備備平面圖(1階)



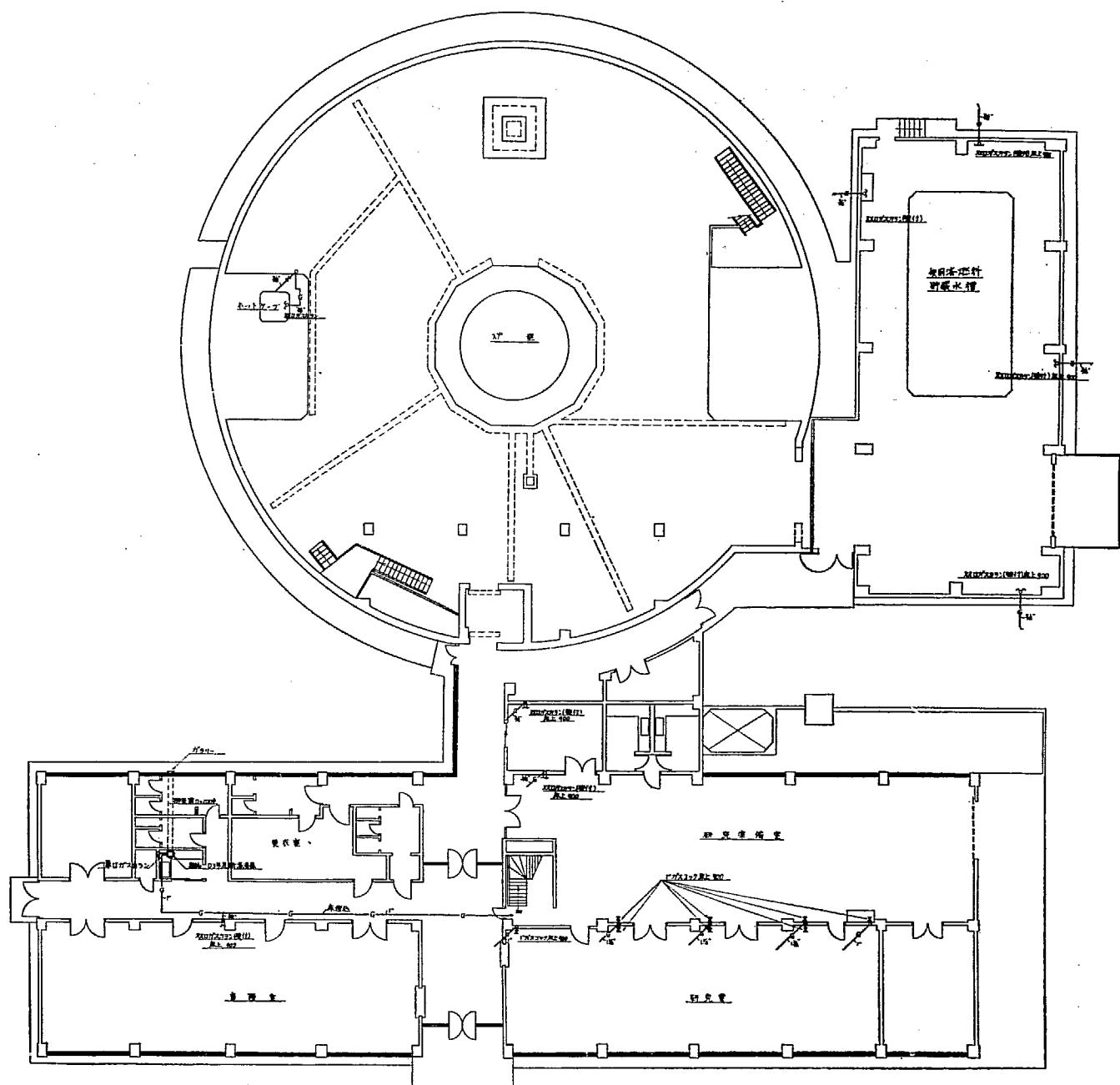
第 44 図 ガス 設 備 平 面 図 (地階)



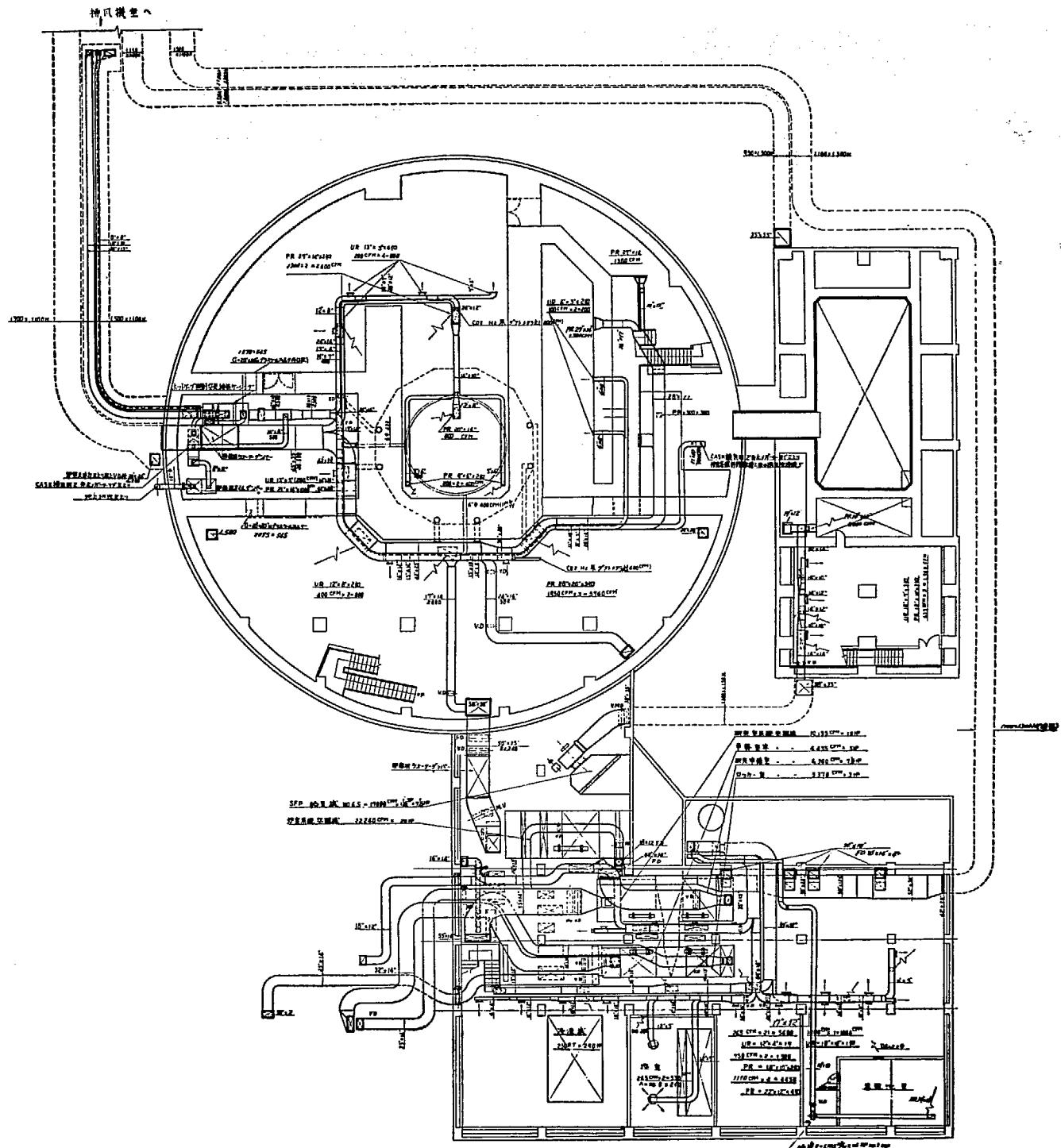
第 45 図 ガス設備平面図(1階)



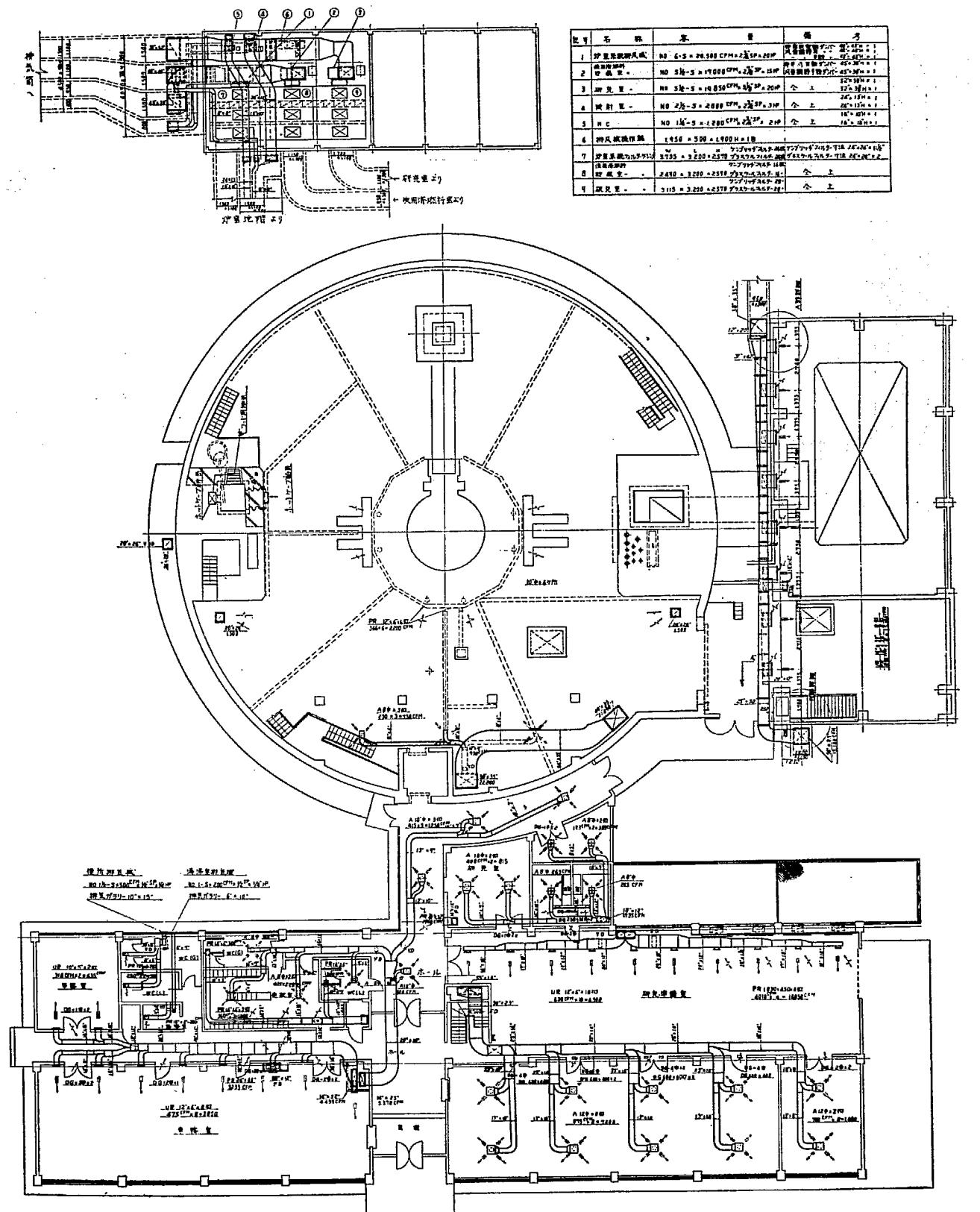
第 46 圖 圧 縮 空 氣 設 備 平 面 圖 (地 階)



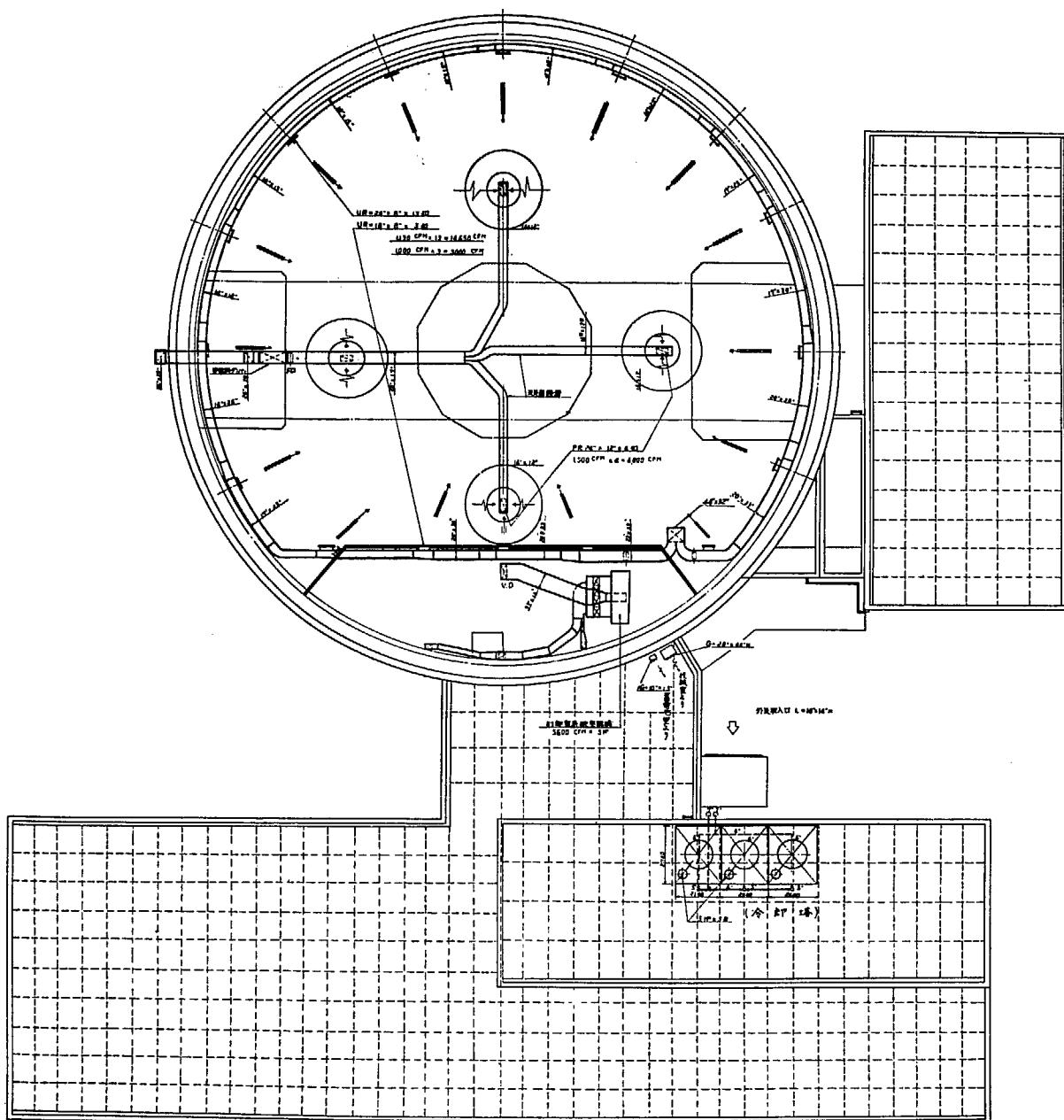
第 47 図 圧縮空気設備平面図(1階)



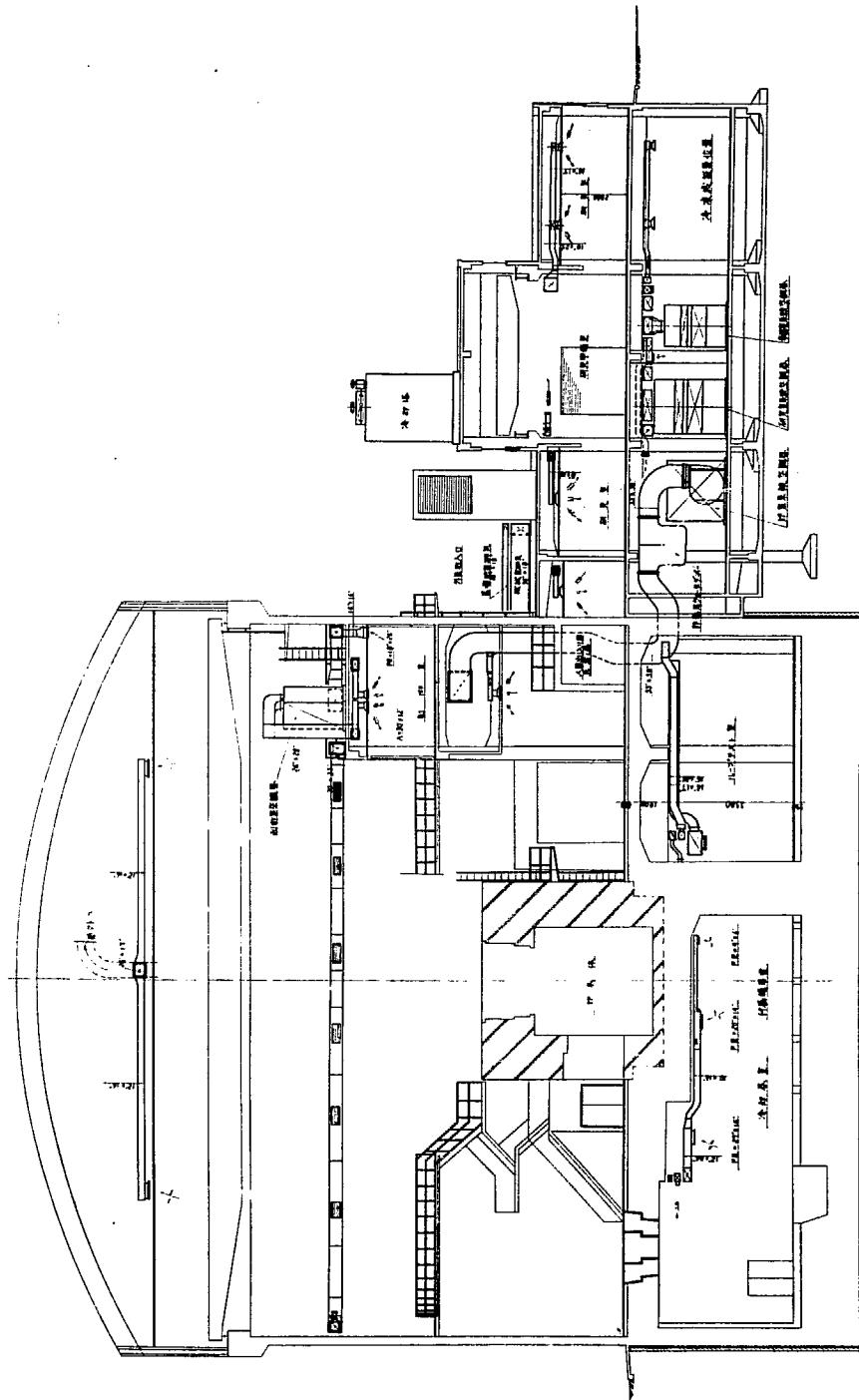
第 48 図 空気調整ならびに換気設備平面図(地階)



第 49 圖 空気調整ならびに換気設備平面図(1階)



第 50 図 空気調整ならびに換気設備平面図(炉室上部)



第51圖 空氣調整ならびに換氣設備面図

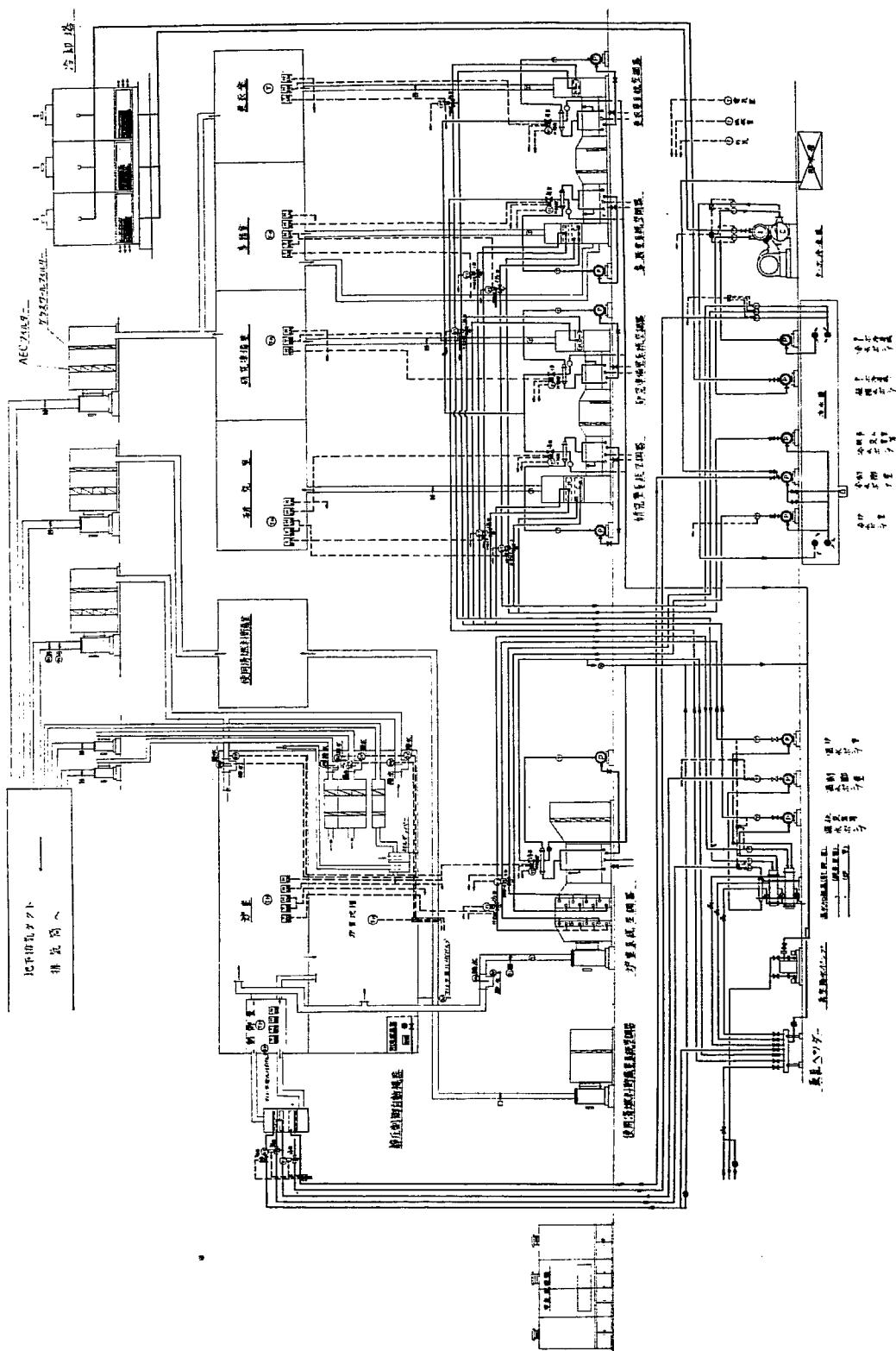


圖 52 空氣調配系統圖

(JAERI 5008)

建築施設技術報告

JRR-3 篇

正誤表

頁	行	誤	正
英文 SUMM- ARY	12	aseimatic	aseismic
目 次	4	建築施設工事費および施工者名	建築施設工事費および施工者番号なし
36	第 49 図	番号 1, 2……14, 15	商用電源
40	左下から 11	常用電源	上水
40	右下から 8	上下	緊急用シャワー
43	第 16 表	緊急用シャワー	(2.500×2.500)
43	右下から 9	(2.500×2.500)	1.000×1.000÷2
43	右下から 8	1.000×1.000	補給水混床式
44	右上から 6	補給水混床式	ターボ冷凍機
47	第 23 表	ターボ冷凍機	冷却用ポンプ
47	"	冷却用ポンプ	7,550
47	"	風量の行で 7,750	24 枚
48	第 25 表	AEC フィルターとグラスウールフィルターの 21 枚	自動ダンパー装置
49	左下から 3	自動ダーバー装置	
38	第 14 表	需要率と所要容量間の区切り線のないものもある	
96	第 45 図	ガス設備平面図 (1 階)	圧縮空気設備平面図 (1 階)
98	第 47 図	圧縮空気設備平面図 (1 階)	ガス設備平面図 (1 階)