

大飯発電所2号機の原子炉起動と調整運転開始について (第14回定期検査)

このことについて、関西電力株式会社から下記のとおり連絡を受けた。

記

大飯発電所2号機（加圧水型軽水炉；定格出力117.5万kW）は、平成10年8月29日から、第14回定期検査を実施していたが、平成11年7月16日に原子炉を起動し、翌17日に臨界となる予定である。

当初、平成10年8月29日より約5カ月の予定で定期検査を実施していたが、11月30日にB-余熱除去ポンプ出口配管ドレン弁取付管台溶接部からの漏えいが発生したため、予定より約1カ月間遅れて、平成11年1月25日に原子炉を起動、臨界とした後、28日に調整運転を開始した。しかし、翌29日に制御棒が引き抜き操作時に落下する事象が発生したことから、原因調査のため同日より原子炉を停止していた。

今後は諸試験を実施し、7月中旬（7月17日頃）に定期検査の最終段階である調整運転を開始し、8月中旬には通商産業省の最終検査を受けて営業運転を再開する予定である。

1. 主要工事等

- (1) 原子炉容器上部ふた取替工事（添付1参照、図1、2参照）
海外における上部ふた管台部での損傷事例等に鑑み、将来的な健全性維持を図るという予防保全の観点から、既設の原子炉容器上部ふたを、管台部の材質等を変更した新しい原子炉容器上部ふたに取り替えた。
- (2) 1次冷却材ポンプ供用期間中検査（図-3参照）
1次冷却材ポンプの供用期間中検査として、4台あるポンプのうち、Dポンプについて、主フランジボルト、締め付け部等耐圧部の健全性を確認するとともに、分解検査としてインペラ等の内部部品について点検した。
- (3) 余熱除去系、格納容器スプレイ系配管接続工事（図-4参照）
アクシデントマネジメント対策(*1)として、炉心損傷を防止するため工学的安全注入系の再循環注入モード(*2)による長期的な炉心冷却方式

の多様化を想定し、格納容器スプレイポンプを用いた再循環も可能なように、余熱除去系と格納容器スプレイ系を接続する配管を設置した。

＊ 1 ; アクシデントマネジメント対策

設計で考慮していた事故の範囲を大きく超え、炉心の損傷に至るような過酷事故（シビアアクシデント）に備え、現状の設備を有効に活用してその発生防止や発生後の影響を緩和することを考慮した対策。

＊ 2 ; 工学的安全注入系の再循環注入モード

1次冷却材喪失事故時、工学的安全注入系により燃料取替用水タンクのホウ酸水を原子炉内に注入するが、燃料取替用水ピット水位が低下した際には、格納容器再循環サンプに溜まった冷却水を余熱除去ポンプ等により原子炉に再注入すること。

- (4) 発電機負荷開閉装置設置工事 (図－ 5 参照)
所内電源の信頼性向上対策として、発電機と主変圧器の間に、発電機負荷開閉装置を設置した。

- (5) 充てん／高圧注入ポンプおよび充てんポンプ取替工事 (図－ 6 参照)
充てん／高圧注入ポンプ(2台)および充てんポンプ(1台)の全3台を保守性に優れたポンプに取り替え、充てん／高圧注入ポンプについては、主軸の剛性を高めたものとした。なお、ポンプを搬出・搬入するために、ポンプ室生体遮へい壁に仮開口部を設置し、作業後復旧した。

- (6) アイスコンデンサ氷取替工事 (図－ 7 参照)
アイスコンデンサ(*3)内の氷の補充作業の効率化および昇華抑制を図るため、氷をフレーク状からアイスブロック化し昇華抑制のフィルムを装着した。

- (7) 原子炉冷却系統設備小口径配管他取替工事 (図－ 8 参照)
海外における原子炉冷却系統設備配管部での損傷事例等に鑑み、将来的な健全性維持を図るという予防保全の観点から、原子炉冷却系統設備の小口径配管の一部について、材質等を変更した新しい配管に取替えた。

＊ 3 ; アイスコンデンサ

1次冷却材喪失事故時に格納容器内に放出される蒸気をアイスコンデンサ内に保有している氷により凝縮し、格納容器内圧上昇を抑制する機能を有する設備。(国内では大飯発電所1、2号機でのみ採用)

2. 蒸気発生器伝熱管の渦電流探傷検査結果

蒸気発生器伝熱管全数(13,528本)について、渦流探傷検査を実施した結果、異常は認められなかった。

3. 燃料集合体の検査結果

燃料集合体の外観検査を実施した結果、異常は認められなかった。

燃料集合体全数193体のうち、85体(うち72体が新燃料集合体で、新燃料は全て高燃焼度燃料集合体)を取り替えた。

4. 炉内温度計装用管台キャノピーシール部からの漏えい (図－9 参照)

定期検査開始後の8月30日、現場点検にて、原子炉容器上部ふたの炉内温度計装用管台1本下部キャノピーシール溶接部周囲にホウ酸の付着を確認され、調査の結果、9月3日、同溶接部で貫通割れ(外面約1.5mm、内面約3.5mm)が認められた。

原因は、建設当初のキャノピーシール溶接の熱影響と過去の定期検査時の補修溶接による熱影響が重なり合ったことにより、キャノピーシール内面から応力腐食割れが発生したものと推定された。

なお、今定期検査で原子炉容器上部ふたの取替え工事を実施しており、新しい上部ふたは、制御棒駆動装置等の保護筒や管台部の材料を耐力腐食割れに優れたものに変更するとともに、キャノピーシールのない構造に変更する等の改善を図っている。

[平成10年9月3日、10月2日、11月16日発表済み]

5. B-余熱除去系配管ドレン弁取付部の割れ (図－10参照)

定期検査中の11月30日、B-余熱除去ポンプ(停止中)の出口配管にあるドレン管台溶接部付近で僅かな1次冷却水漏れを確認し、調査の結果、12月1日、同溶接部で貫通割れ(外面約15.4mm、内面約27mm)が認められた。

原因は、前回定期検査に、当該ドレン管台部の改造工事を実施したことにより、余熱除去ポンプ運転に伴う流体振動と共振し、疲労割れが発生したものと推定された。

対策として、当該部および類似のA系統について、ドレン管台が余熱除去ポンプ運転に伴う流体振動と共振しないものに取り替えた。また、今後、ドレン管台等の振動の影響評価に関する解析について設計管理基準を整備することとした。

[平成10年12月1日、12月17日発表済み]

6. 調整運転中における制御棒落下 (図－11、12参照)

平成11年1月29日、調整運転開始後の出力上昇中、制御棒(全53本)のうち1本が引き抜き操作時に落下したことから、点検調査を行うために出力降下し発電を停止した。

その後、原子炉停止に向けて制御棒の挿入操作を行っていた際にも、他の制御棒1本にも動作不良があったため、原子炉を手動停止させた。

原因調査の結果、次のことが確認された。

- ・今定期検査で、上蓋の取替え工事を行ったが、上蓋を原子炉容器本体に設置した後に、余熱除去系配管の漏えい(前項に記載)が発生したことから、上蓋を一時的に格納容器仮置き場で保管した。
- ・保管期間は48日間と、通常(約1週間)よりも長期にわたった。
- ・上蓋は一度、湿潤雰囲気下に置かれたことや、この長期間の保管のために駆動装置内部構成品のはさみ板部等のすき間部で腐食が発生した。

- ・発生した腐食生成物は、制御棒の動作に伴い拡散され、駆動機構の摺動部や隙間部に入り込んだ。

以上のことから、制御棒駆動機構の可動磁極の上げ動作に対して、摺動抵抗や水の流路抵抗が増加し、制御棒引き上げ動作に遅れが生じ、動作不良に至ったものと推定された。

対策として、制御棒駆動装置の内部構成品（ラッチアセンブリ）を全数新品に取り替えるとともに、取り替えに際しては、腐食を予防するため工場であらかじめ保護皮膜を形成させたものを使用した。また、制御棒動作試験を行い、異常のないことを確認している。

[平成11年 1 月29日、 2 月17日、 3 月11日、 4 月16日発表済み]

7. 次回定期検査の予定

平成12年 冬頃

大飯発電所2号機原子炉容器上部ふた取替工事の概要

1. 概 要

大飯発電所2号機の原子炉容器の上部ふた取替工事は、平成10年8月29日からの定期検査開始をもって、工事を開始しました。

平成10年10月22日に旧上部ふたの搬出を行い、同日蒸気発生器保管庫へ搬入しました。10月27日に新上部ふたを原子炉格納容器内へ搬入しました。その後、平成11年1月29日に発生した制御棒落下事象により一時中断しましたが、その後対策工事を実施し、6月24日に組み立てを完了しました。

原子炉容器上部ふた取替工事としての総被ばく線量当量は約0.2人・Svであり、放射性廃棄物は旧原子炉容器上部ふたおよび制御棒駆動軸等、ドラム缶に換算して約680本発生しました。それらはA、B-蒸気発生器保管庫および既設の廃棄物庫に保管しています。

なお、制御棒落下事象の対策工事に伴う総被ばく線量は、約0.2人・Svであり、放射性廃棄物はドラム缶で約10本発生しました。それらも既設の廃棄物庫に保管しています。

2. 原子炉容器上部ふた取替工事計画経緯

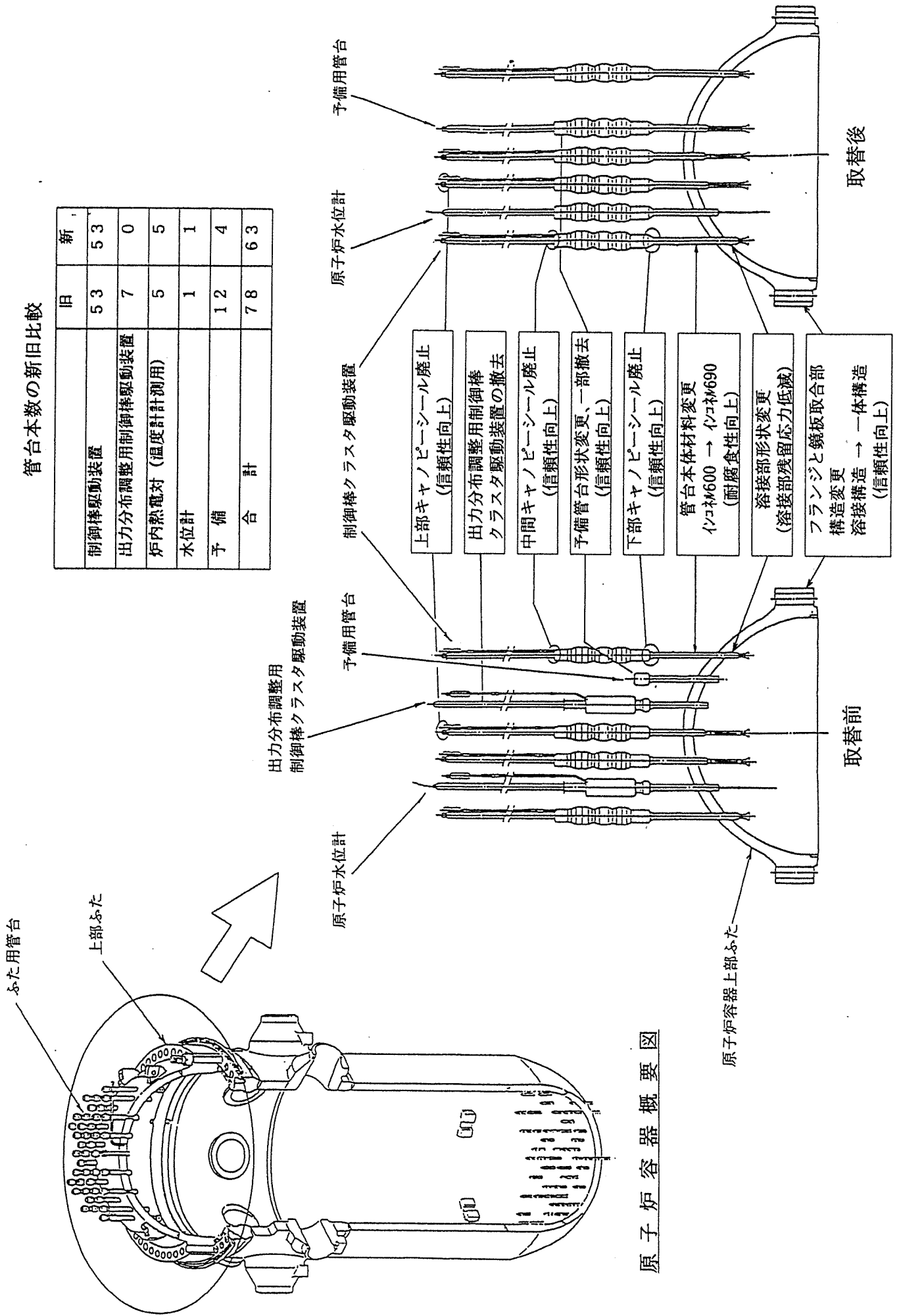
項 目	
県および大飯町に原子炉容器上部ふた取替えを申し入れ（事前了解願ひ）	H8. 5. 27
県および大飯町が原子炉設置変更許可申請を行うこと了承	H8. 7. 29
通産省に原子炉設置変更許可を申請	H8. 7. 29
通産省に原子炉設置変更許可（一部補正）を申請	H8. 10. 4
通産省が原子炉設置変更を許可	H9. 3. 18
県および大飯町が原子炉容器上部ふた取替計画を了承	H9. 4. 11
原子炉容器上部ふた取替工事開始	H10. 8. 29
原子炉容器上部ふた取替工事完了（*）	H11. 6. 24

*制御棒落下事象による、中断期間あり。

3. 原子炉容器上部ふた取替工事実施状況

新原子炉容器上部ふた海上輸送	H10. 10. 21～H10. 10. 23
旧原子炉容器上部ふた搬出	H10. 10. 22
新原子炉容器上部ふた水切り	H10. 10. 24
新原子炉容器上部ふた搬入・仮置き	H10. 10. 27～H10. 10. 30
原子炉容器組立て	H10. 6. 19～H11. 6. 24

図-2 原子炉容器上部ふたの技術改善点



原子炉容器概要図

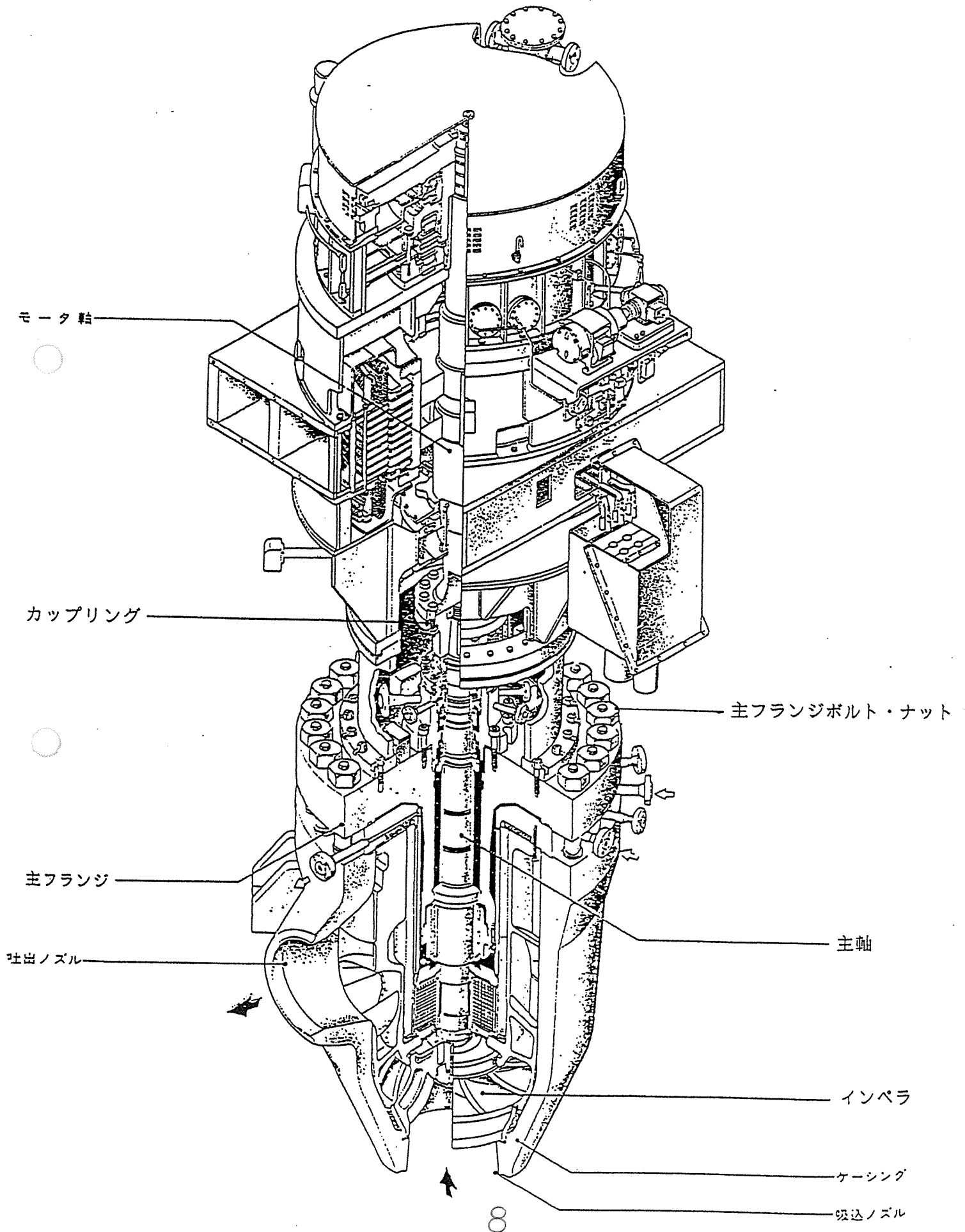
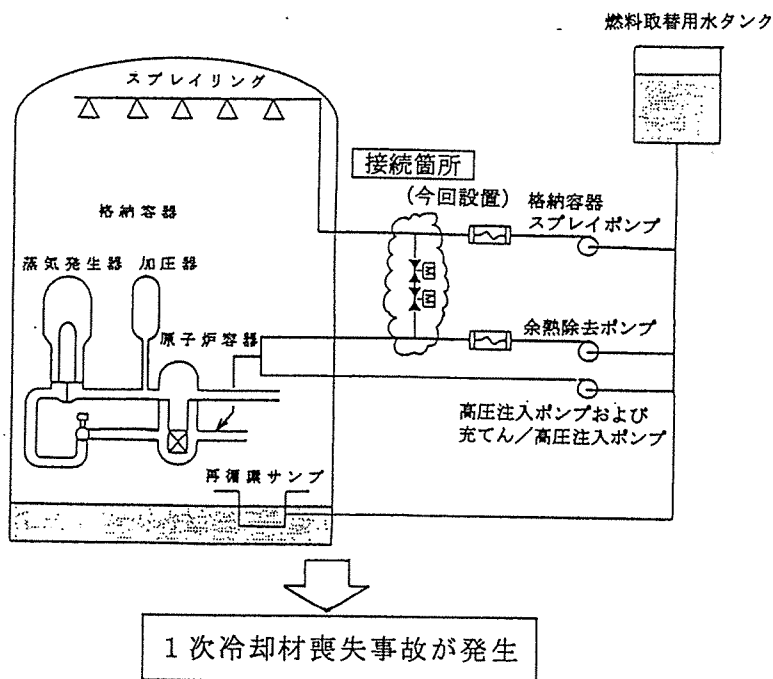
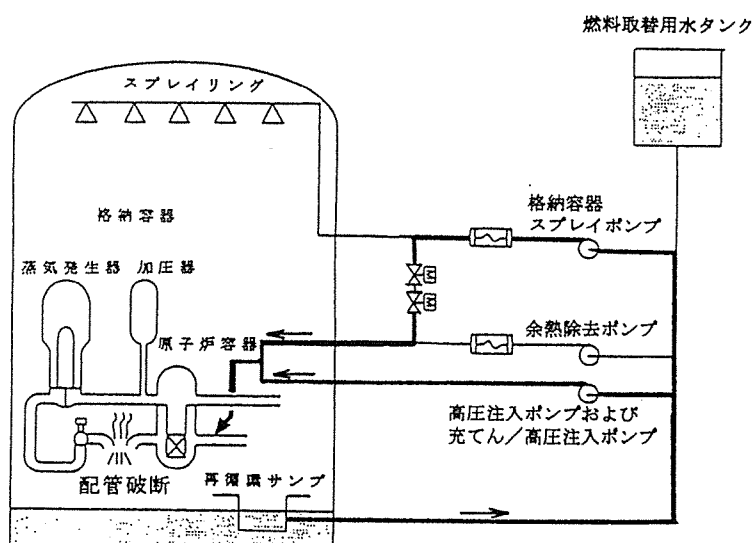
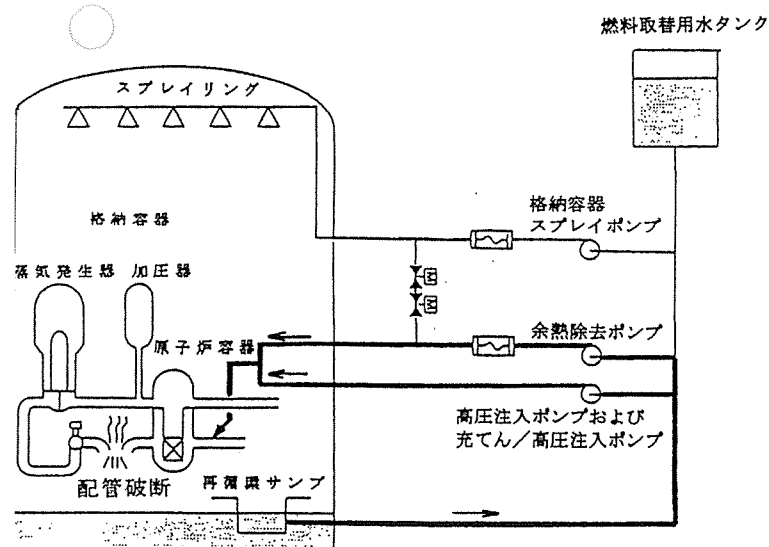


図-4 余熱除去系、格納容器スプレイ系配管接続工事概要図

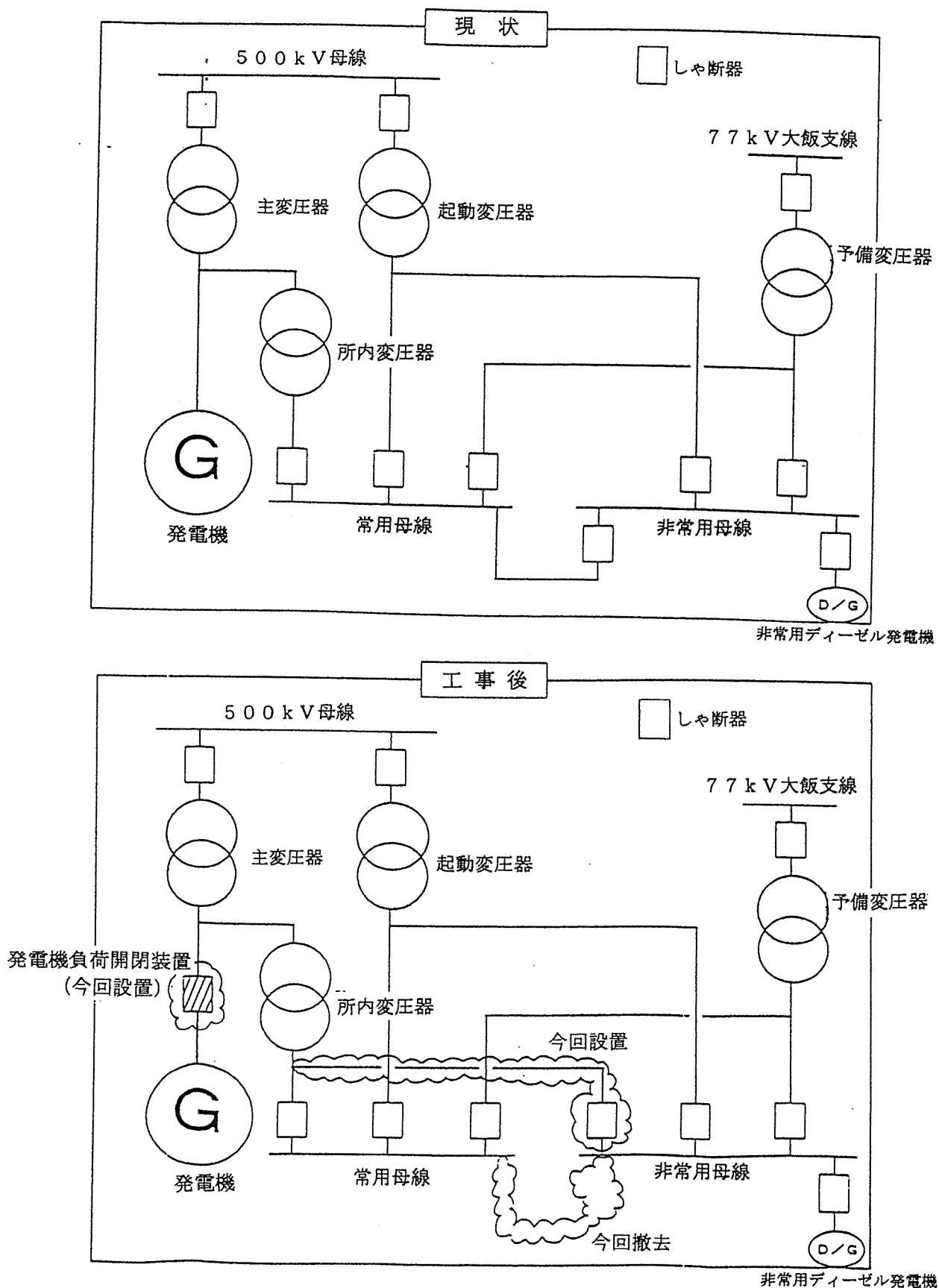


非常用炉心冷却装置の正常作動時の炉心への冷却水の注水状態(長期冷却時)

アクシデントマネジメント時の炉心への冷却水の注水状態(長期冷却時)

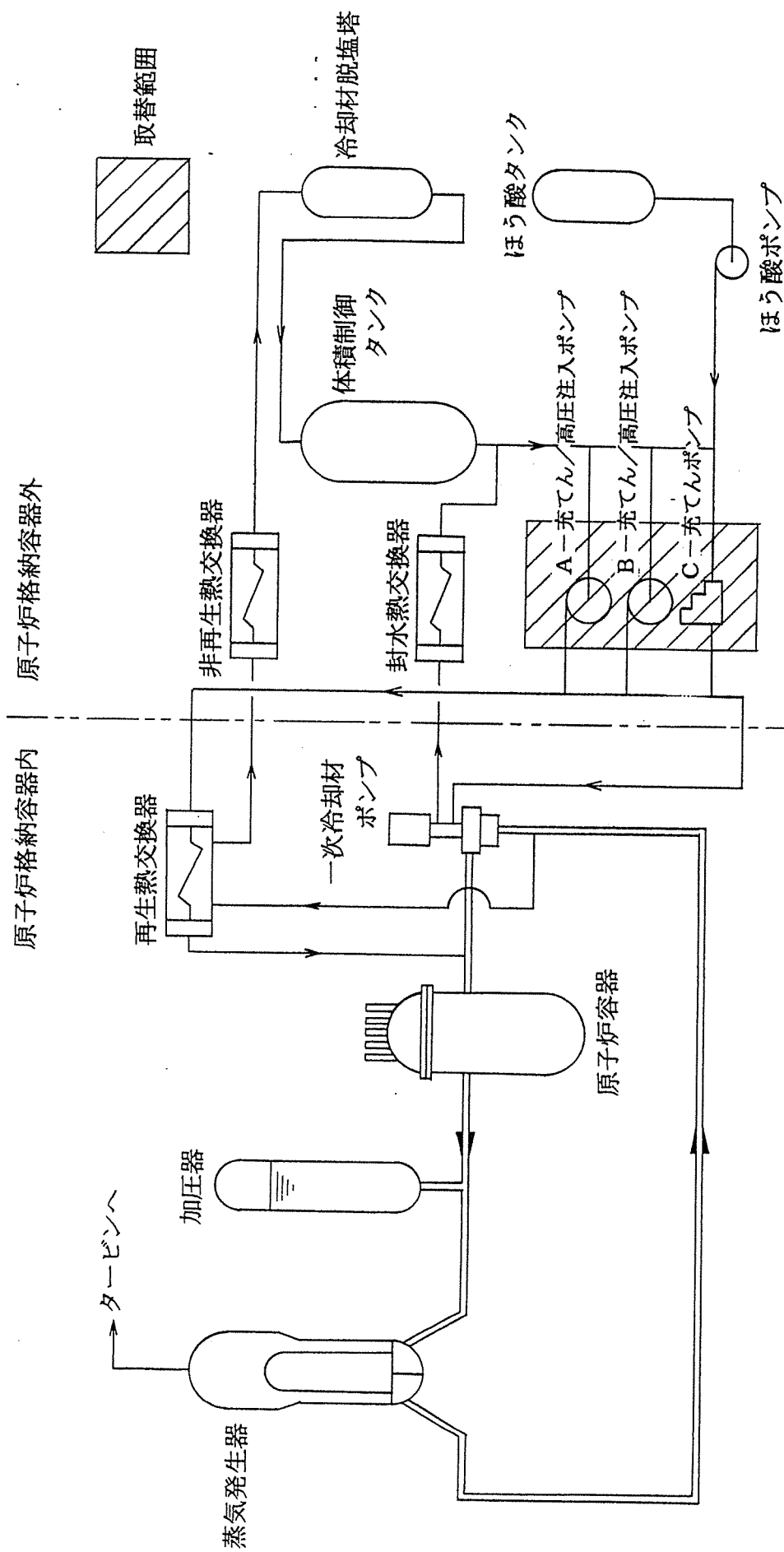


図－５ 発電機負荷開閉装置設置工事図

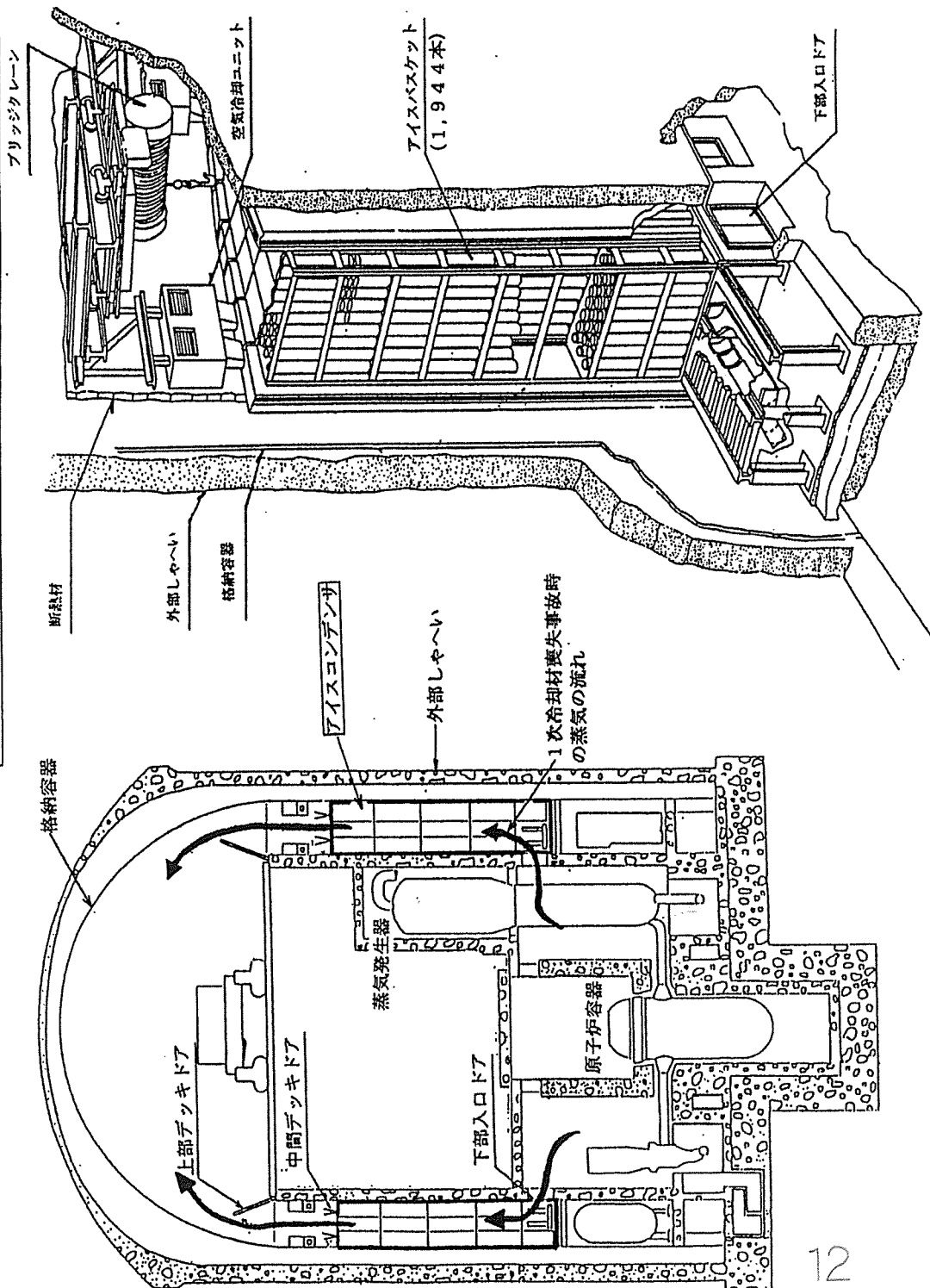


※発電機停止中においては、起動変圧器等から所内電源を受電していたが、発電機負荷開閉装置を設置し主変圧器からの電気を所内変圧器を通じて受電可能とすることにより、所内電源確保の信頼性向上を図ります。

図-6 充てん／高圧注入ポンプおよび充てんポンプ取替工事概要図



図一七 ノイスクонденサ氷取替工事概要図



アイスクонденサ設備概要

アイスクонденサ
1次冷却材喪失事故時に格納容器内に放出される蒸気をアイスクонденサ内に保有して、格納容器内圧の上昇を抑制する機能を有する設備。

アイスクонденサ仕様

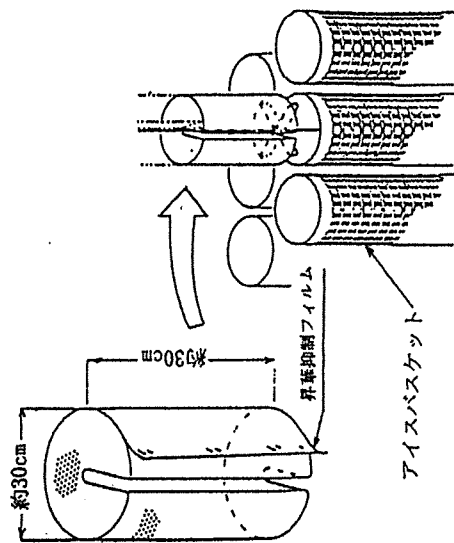
- ・アイスクонденサ：直径約30cm 高さ約30cm 重さ約13kg
- ・アイスバスケット高さ：約14m(ブリッジ48個)
- ・本数：1,944本(9列×9列×24区画)
- ・全アイスバスケット：約94,000個 約1,250トン

ブロックアイス化

従来
フレーク (薄片) 状の水をアイスバスケット内に全長にわたり充てん。

変更後
・フレーク状の水をブロック化し、多段に積み上げる。
・水の昇華を抑制するためフィルムを装着。
・水のほう素濃度変更
約1,800ppm→約2,800ppm
(今後の燃料仕様 (濃縮度等) の変更を考慮)

利点
・定期検査時の氷補充作業の効率化。
・水の補充量の低減



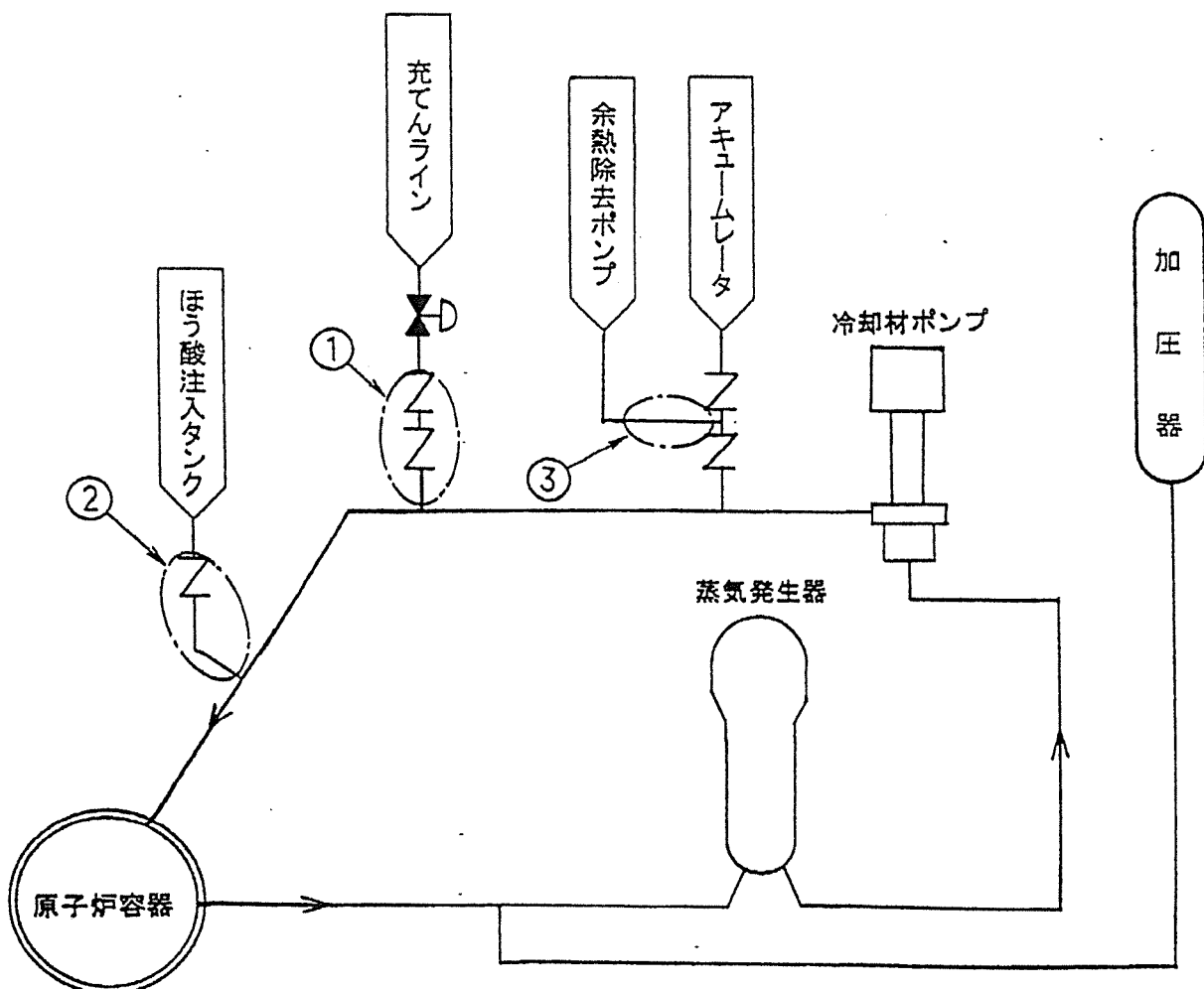
1つのアイスバスケットに48個のブロックアイス化した氷を充てん。

図－ 8 原子炉冷却系統設備小口径配管他取替工事概要図

〔内容〕

海外事例の予防保全対策として、酸素型応力腐食割れの感受性が高いと考えられる部位について、耐食性の高い材料の配管に取り替えた。

系 統	対 象 箇 所	箇所数	変 更 点
①化学体積制御系統	充てんライン	1	材料をSUS304相当から耐食性に優れたSUS316に変更した。
②安全注入系統	高圧注入ライン	4	
③安全注入系統	低圧注入ライン	4	



キャノピーシール部からの漏

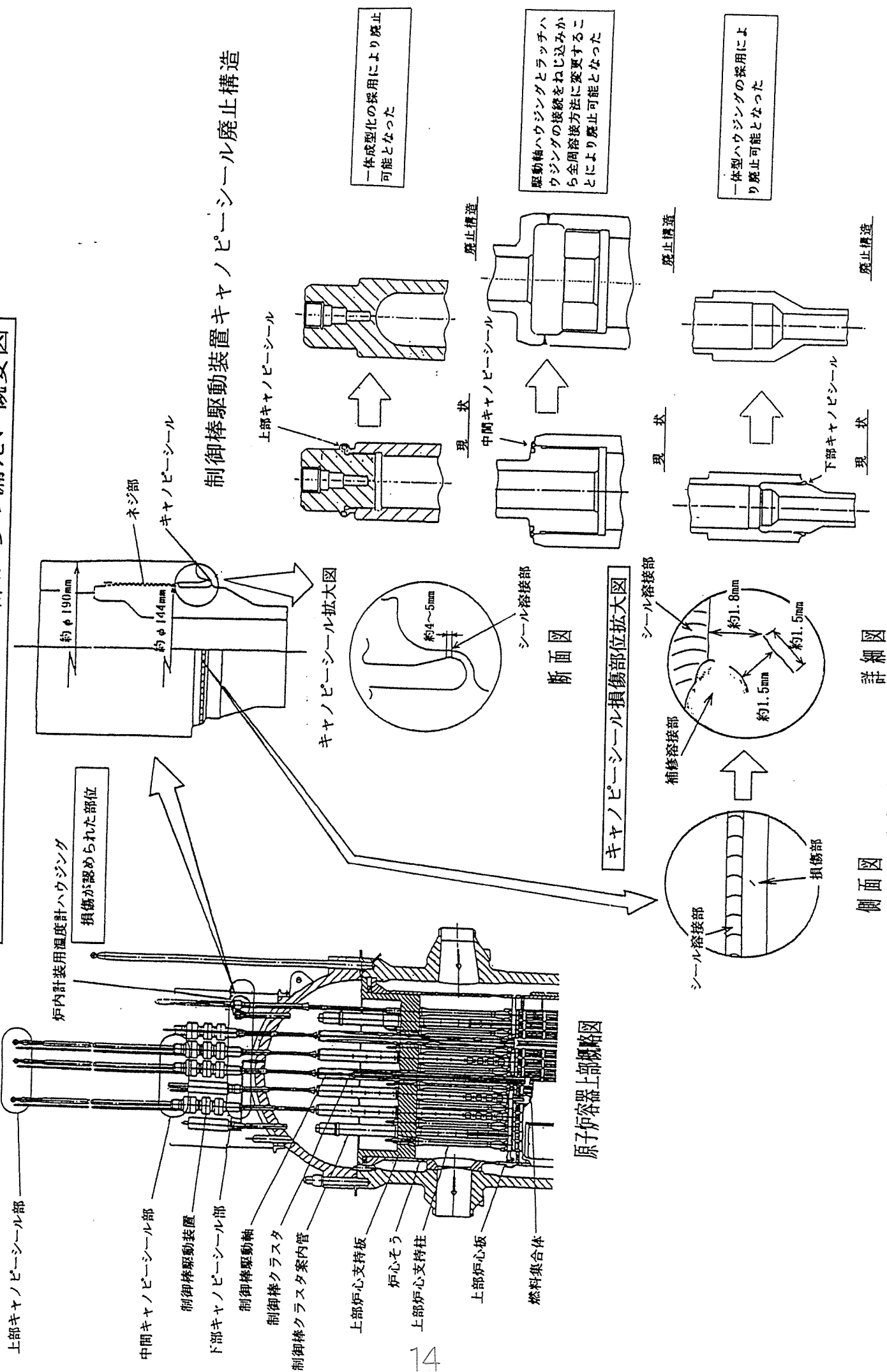
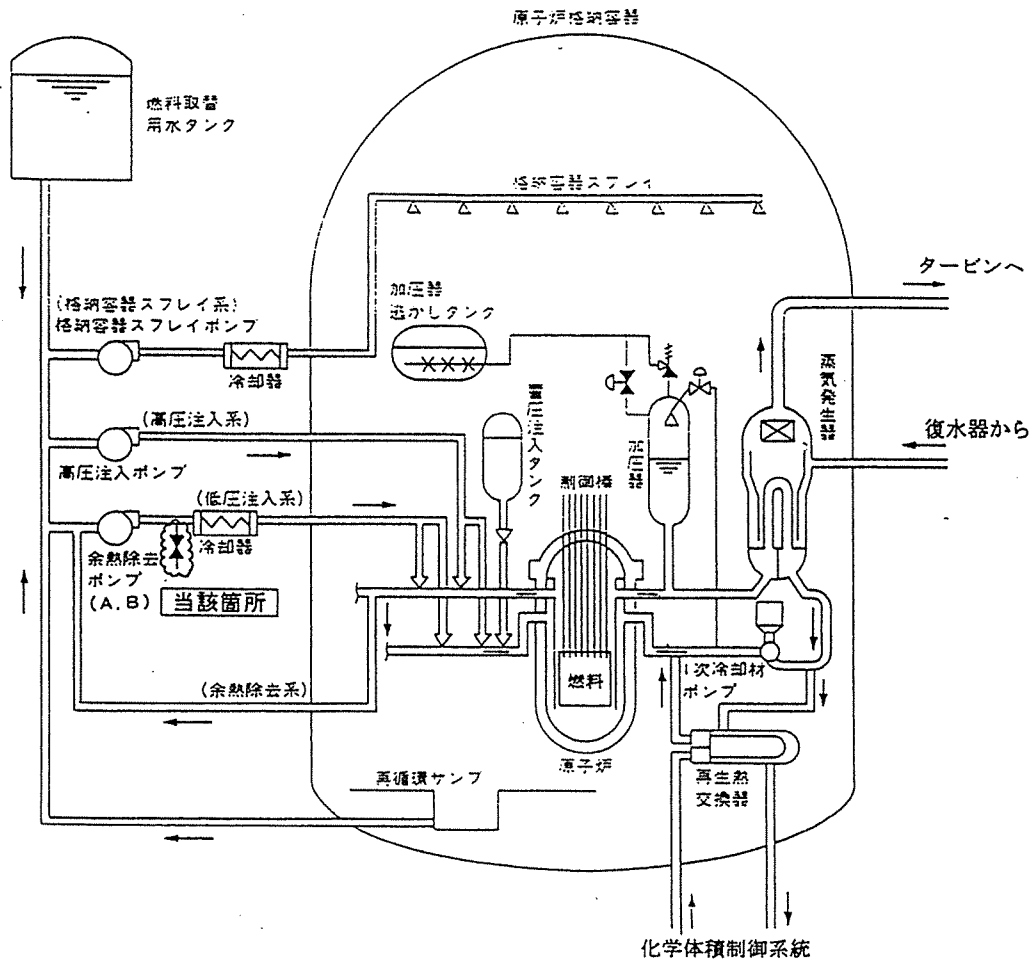


図-10 B-余熱除去ポンプ出口配管ドレン弁取付部の割れ概要図

系 統 概 要 図



B-余熱除去ポンプ出口配管ドレン弁取付部の割れ概要図

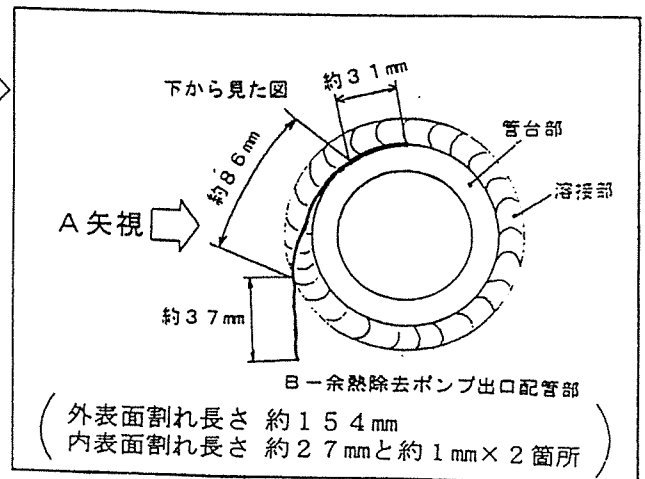
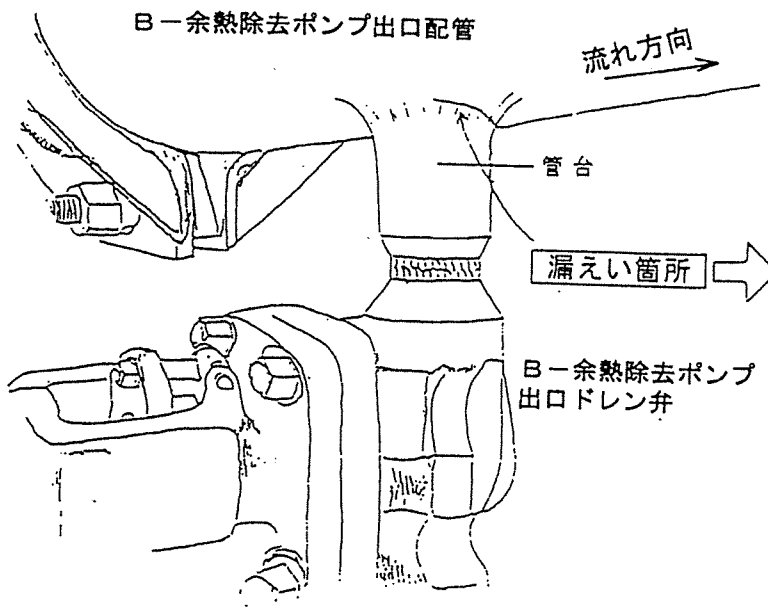


図-11 制御棒駆動装置概念図

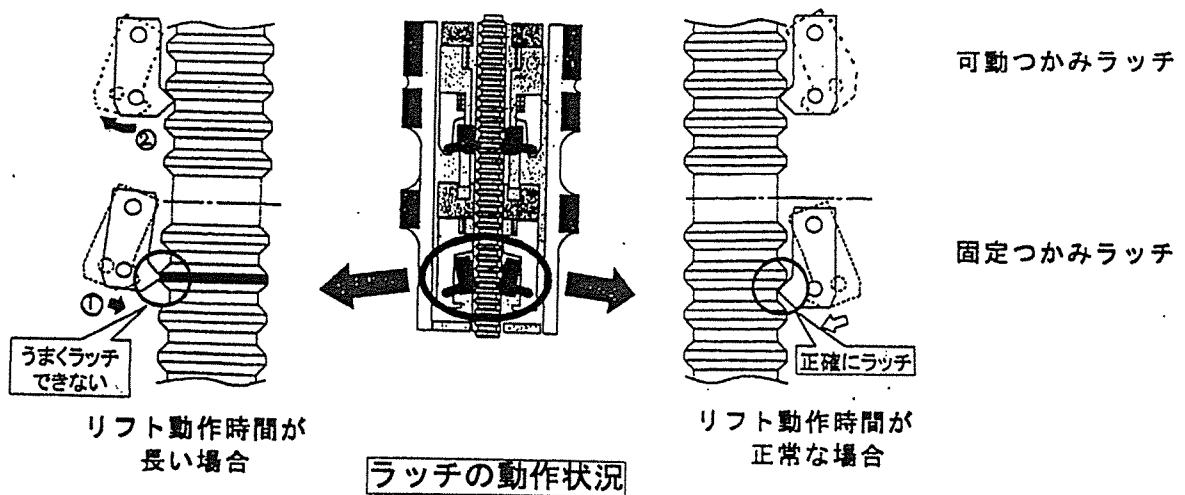
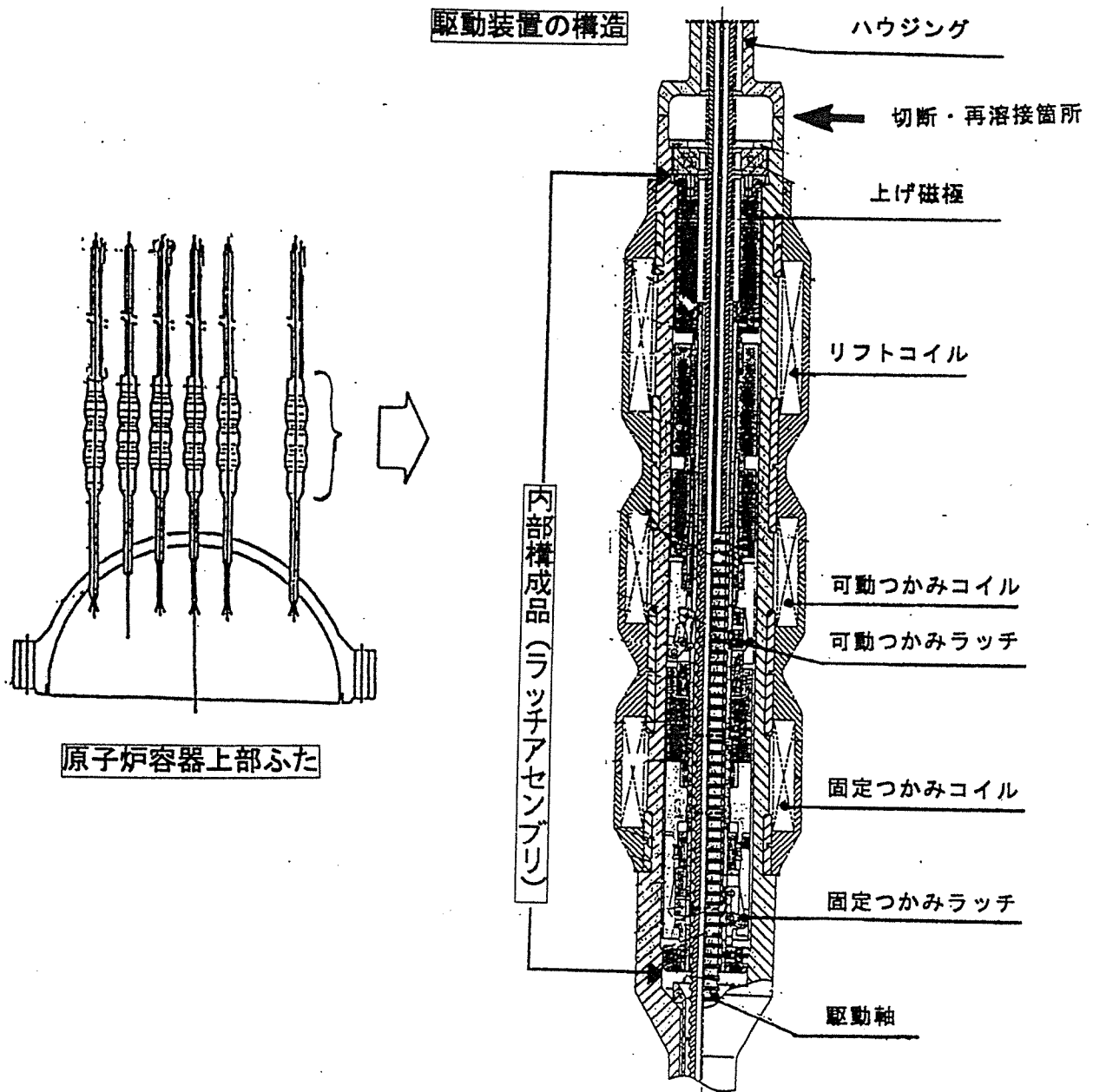
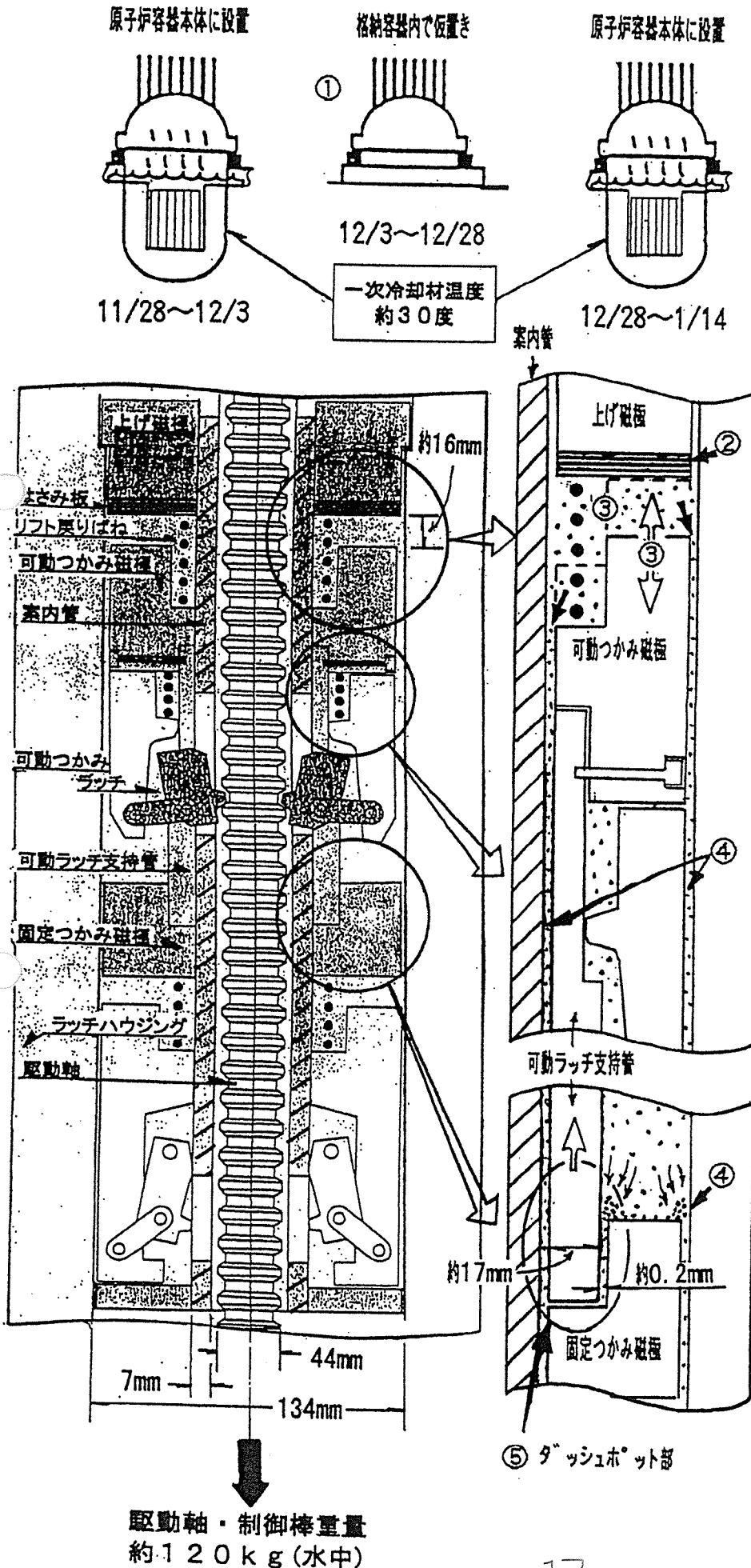


図-1 2 制御棒駆動装置動作不良の推定メカニズム



①余熱除去ポンプ出口ドレン配管からの漏えい対策工事のため保管。

②制御棒駆動装置内が湿潤状態で保管されていたため、はさみ板等で腐食が発生。

③原子炉起動準備(1/15から)の制御棒動作試験で、上昇動作させると可動つかみ磁極が上がり、はさみ板に当たって腐食生成物が拡散。

④腐食生成物が制御棒駆動機構の摺動部(案内管と可動つかみ磁極や可動ラッチ支持管および固定つかみ磁極の隙間)に入り込む。

⑤制御棒が動作する時には可動ラッチ支持管の下端が固定つかみ磁極のダッシュポット部から引き抜かれるとともに、ダッシュポット部へ水の流入が必要となる。腐食生成物は高温状態で磁性体となり、固定つかみ磁極の周辺にも集まったためダッシュポット部の流路がより狭くなり水の流入が阻げられた。

④による案内管と可動ラッチ支持管の摺動抵抗の増加、および⑤による流路抵抗の増加から、可動つかみ磁極の上げ動作に遅れが生じ、制御棒の動作不良が発生したと推定