

新型転換炉ふげん発電所の原子炉手動停止について (ヘリウム循環系配管からのトリチウム漏えいの原因と対策)

このことについて、核燃料サイクル開発機構から下記のとおり連絡を受けた。

記

新型転換炉ふげん発電所（新型転換炉；定格出力16.5万kW）は、平成13年1月19日から本格運転中であつたが、1月下旬以降主排気筒トリチウム濃度の分析値が通常値より高い傾向を示していたことから、4月中旬からトリチウム放出源の調査を行った。この結果、アニュラス内のヘリウム循環系配管からの漏えいと判断し、5月24日に原子炉を停止した。

漏えいが認められたヘリウム循環系戻り配管を切断し調査を行った結果、8箇所で貫通割れが、また配管の溶接部近傍や曲げ部の内面に多数の割れが確認された。割れは内面を起点とした粒内応力腐食割れで、内面から粒内応力腐食割れの原因となる塩素が検出されたことから、アニュラス部以外の配管についても超音波探傷検査を実施し、詳細原因調査を行うこととした。

[平成13年5月23日、5月28日、8月24日記者発表済]

1. 調査結果

[超音波探傷検査の結果]

ヘリウム循環系配管のうちヘリウム冷却器出口からカランドリアタンク入口近傍（ヘリウム連通弁）までの配管について超音波探傷検査を実施した。また、再結合器、ヘリウム冷却器、重水ダンプタンクからヘリウム冷却器入口までの配管については、溶接部近傍について検査を実施した。

- ・ 原子炉格納容器内にあるヘリウム循環系配管では、格納容器貫通部からカランドリアタンクに向かう4インチ配管部で、ほとんどの溶接部近傍に指示が認められた。
- ・ 原子炉補助建屋内については、流量計オリフィス部より下流側では、ほぼ全ての配管溶接部近傍で指示が確認されたが、オリフィス部より上流側のヘリウム冷却器までの配管では指示が数カ所であった。
- ・ 再結合器（2基）の入口配管溶接部近傍で指示が確認された。
- ・ 検査で認められた指示は、全て配管溶接部近傍内面での割れ指示であった。

[配管内面の調査結果]

超音波探傷検査で割れが認められた代表的な部位計10箇所を切断し詳細調査を行った。

- ・ オリフィス部下流側の８インチ配管内面には、水が溜まっていた跡のような変色を確認されるとともに、原子炉格納容器内までの配管内面に斑点状の変色が見られた。
- ・ 割れは内面を起点とした粒内応力腐食割れで、オリフィス部下流側での割れの深さは、配管厚さ（６mm）の１／２程度まで進展したものも見られた。
- ・ 一方、オリフィス部の上流側やヘリウム冷却器出口部では、変色も少なく、割れもあまり進展していなかった。
- ・ 再結合器Ａの入口配管溶接部近傍では粒内応力腐食割れが認められ、内面に再結合器触媒の付着物が見られたが、再結合器Ｂ入口配管溶接部では割れは認められなかった。

〔配管内面の付着物〕

ヘリウム循環系配管内面の全ての箇所では塩素が検出されるとともに、重水中に含まれる ${}^6\text{O}$ も微量検出された。

検出された塩素濃度は、割れや変色が多く見られるオリフィス部下流側で高い傾向が見られた。配管内面に付着した塩素について、これまでの重水中の塩素濃度と ${}^6\text{O}$ の半減期（約５年）をもとに推測したところ、運転開始当初の重水に含まれていた塩素が付着したものと推測された。

〔運転開始当初のヘリウム循環系について〕

ふげんの運転開始当初におけるヘリウム循環系の運転状況調査を行った。

- ・ 試運転当初ヘリウム流量の変動が大きく、当時調査を実施した結果、オリフィス部下流側の８インチ配管内に重水が溜まっていたためと判明した。重水が溜まった原因は、８インチ配管に取り付けられているドレン弁を開としていたことから、ヘリウム冷却器側から重水が逆流したものと判明し、弁を閉運用に変更した結果、ヘリウム流量は安定した。しかし、配管内に溜まった重水はそのままとしていた。
- ・ 試運転当初、重水中の塩素濃度が非常に高かった。このため、塩素濃度の低減を図るため、重水浄化系イオン交換樹脂への通水方法を改善し、低塩素樹脂の採用を行った。

以上のことから、オリフィス部下流側の８インチ配管内には、塩素濃度の高い重水が溜まった状態が運転開始当初から継続されることとなった。

２．推定原因

オリフィス部下流側の８インチ配管内に塩素濃度の高い重水が溜まった状態が試運転開始当初から継続していた。重水が溜まった配管内をヘリウムが高速で流れることにより、重水の飛沫が下流側配管内に運ばれ、配管内面で付着・乾燥し、塩素が濃縮する現象が継続的に生じており、残留応力の高い溶接部近傍等で内面から塩素による粒内応力腐食割れが発生したものと推定された。特に、アニュラス入口部に設置した配管ヒータや保温材が、重水飛沫の乾燥・濃縮を促進させ貫通割れに至ったものと推定された。

ヘリウム冷却器は、重水のシャワーの中をヘリウムが流れる構造となっているが、特に試運転時は、重水のシャワーが断続的であったことから、塩素濃度の高い重水の飛沫が冷却器出口配管内面に付着・乾燥し、塩素が濃縮され、残留応力の高い溶接部近傍で割れが発生したものと推定された。

再結合器Aの入口配管溶接部に認められた割れの原因は、建設時のヘリウム循環系機能試験時、再結合器Aだけを使用した運転を行っており、この時にヘリウム中の湿分が再結合器内で凝縮し、塩素を含んだ触媒の一部が水滴となり再結合器入口配管部に垂れ落ち、割れが生じたものと推定された。

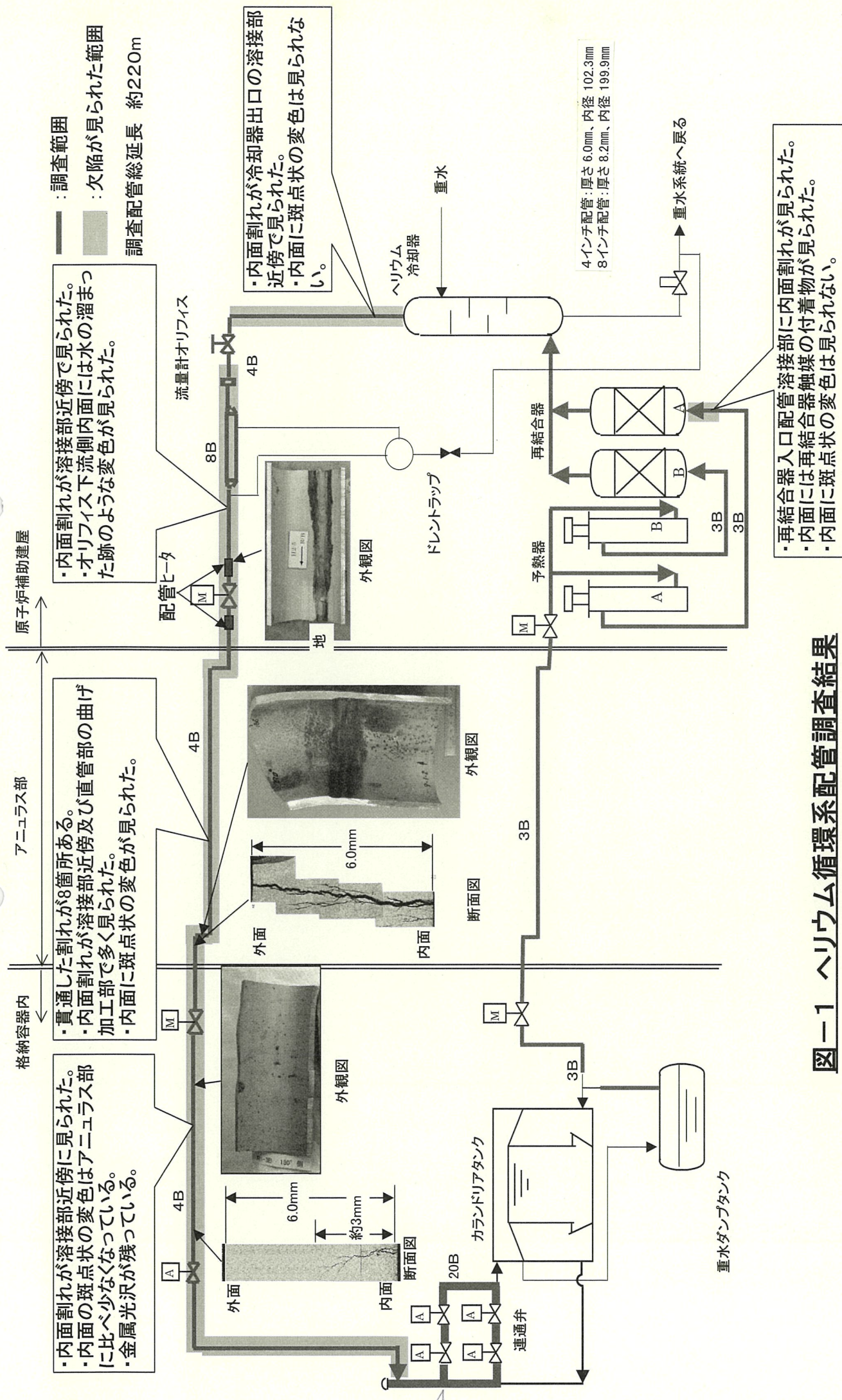
3. 対策

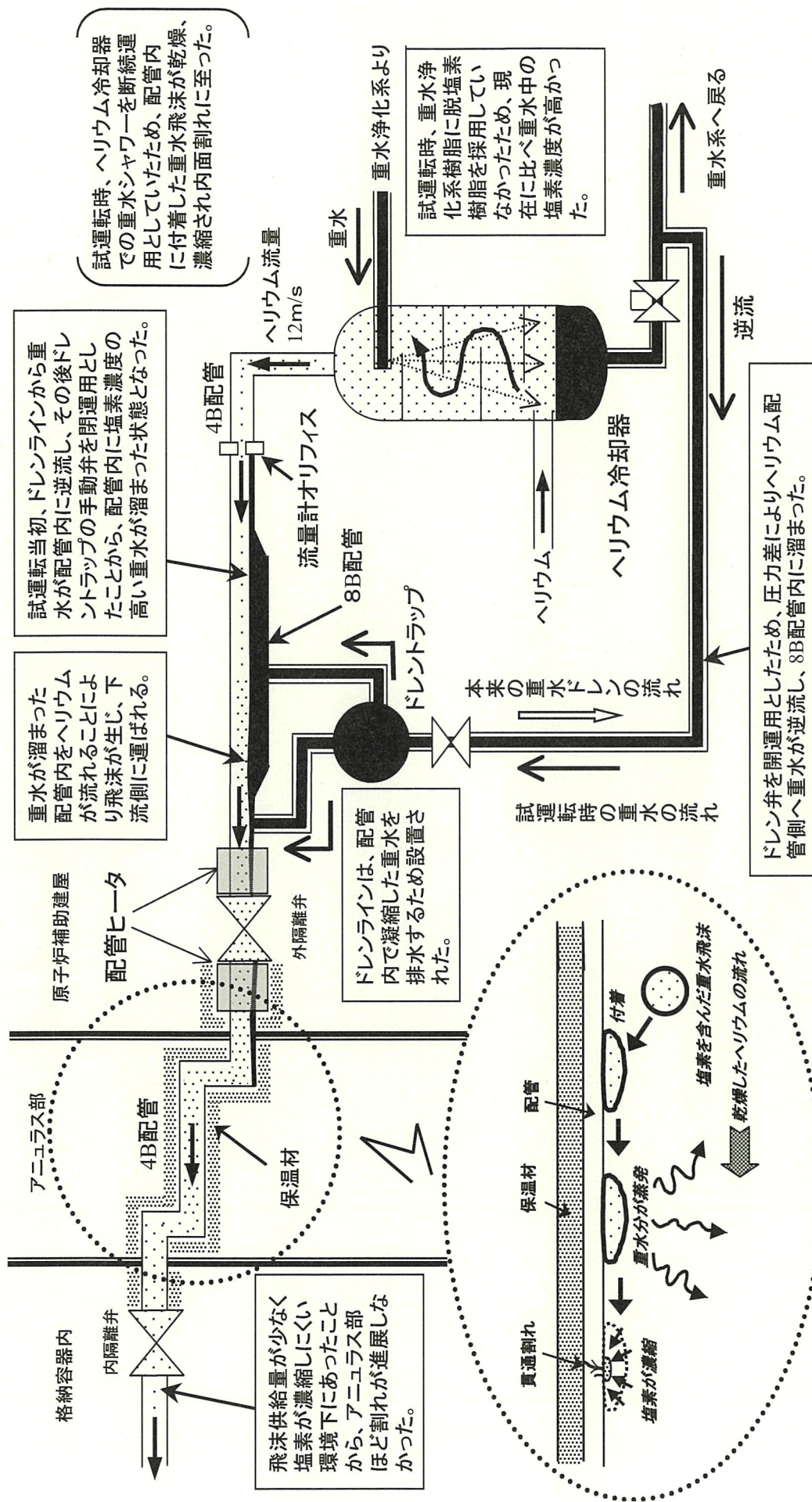
- (1) 超音波探傷検査で割れが確認されたヘリウム冷却器出口部から原子炉格納容器内の4インチ配管部と予熱器出口部から再結合器までの配管全てを耐力腐食割れに優れたSUS316L製の配管に取替える。
- (2) アニュラス内のヘリウム循環系配管に取り付けられていた保温材と配管ヒータについては撤去する。また、オリフィス部下流側に溜まる凝縮水を連続的に排出させるための排水ラインを新設する。
- (3) なお、今回取替える範囲の配管の一部について、念のため次回計画停止時に超音波探傷検査により健全性を確認する。

ふげん発電所は、今年度の運転計画として来年1月から第17回定期検査（約3ヶ月間）を計画しており、上記の対策工事が完了する時期はこの定期検査期間内になる予定である。

（経済産業省によるINESの暫定評価尺度）

基準1	基準2	基準3	評価レベル
—	—	0—	0—





ヒータで加温されたヘリウムにさらされるため、乾燥が促進され、溶接部近傍や曲げ加工部の残留応力がある箇所において、貫通割れが発生した。

図-2 重水中の塩素により割れが生じた原因

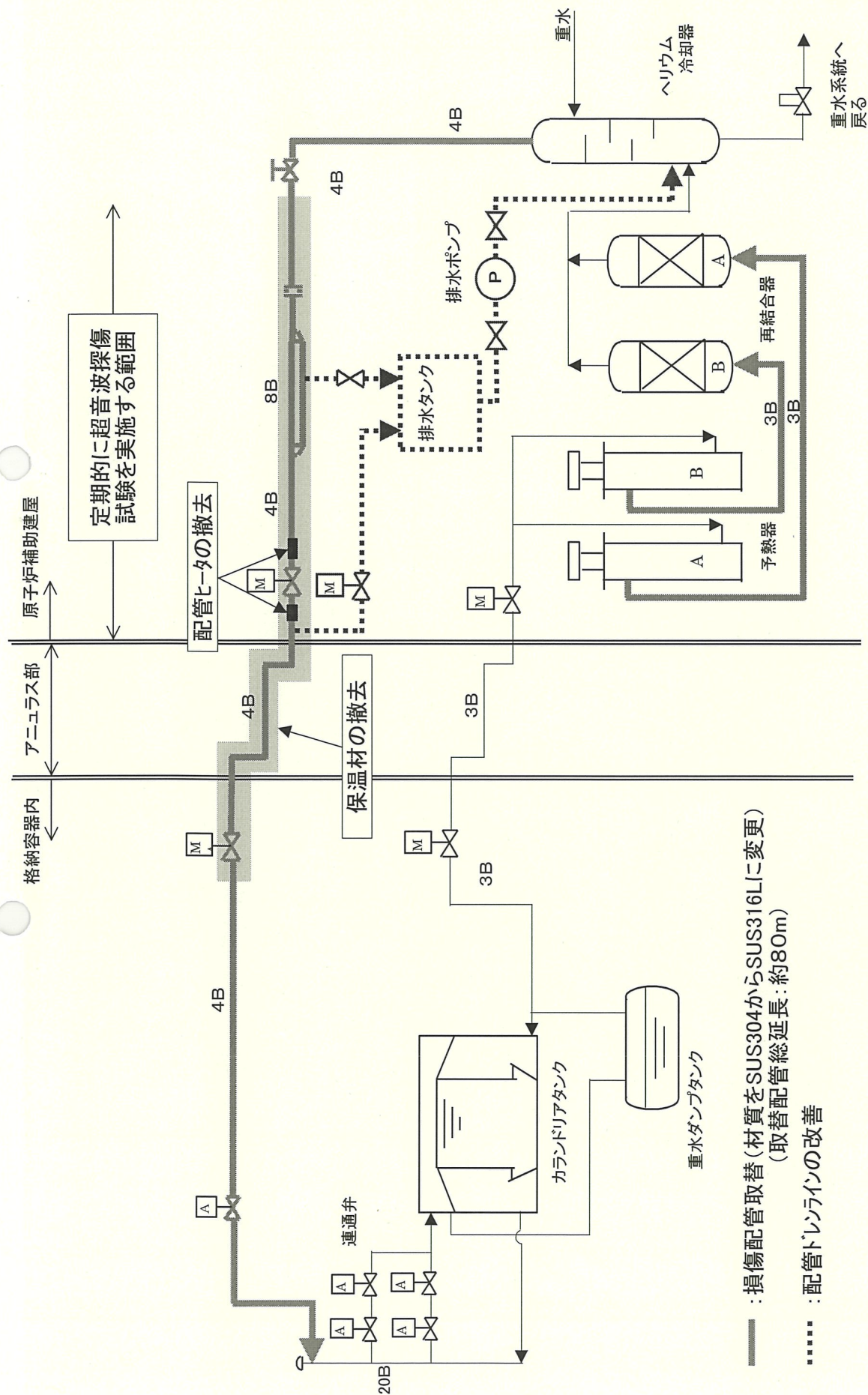


図-3 ヘリウム循環系配管取替範囲及び対策概要