

試験研究用原子炉施設の二次冷却系配管の健全性の確保に関する設置者の取り組み状況の概要について

	二次冷却系配管の設計等の方針	自主検査	予防保全対策	過去の事故の教訓の反映及び今後の方針	二次冷却系配管の肉厚測定
<p>日 本 原 子 力 研 究 所</p>	<p>1. HTTR 加圧水冷却設備（原子炉運転時に通常使用する冷却設備）及び補助冷却設備（原子炉緊急停止時に使用する補助的な冷却設備）補助冷却水系の二つの系統は、最高使用圧力 4.7MPa、最高使用温度約 262 という条件で、「黒鉛減速ヘリウムガス冷却型原子炉施設に関する構造等の技術基準」（平成 2 年科学技術庁原子力安全局）に基づく強度計算を行い、必要厚さに対して 1.5 倍程度の裕度をもった厚さの配管を採用している。また、配管設計にあたっては、流速が急変しないようなルート・形状としている。</p> <p>さらに、冷却材中の水質管理（電気伝導度、水素イオン濃度（pH）及び溶存酸素）を行っている。</p> <p>2. JRR - 3、JRR - 4及びJMTR これら施設の二次冷却系系統は、約 0.8MPa（約 8 気圧）以下、約 60 以下の低温・低圧の設計条件又は使用条件であり、「試験研究用原子炉施設に関する構造等の技術基準」（平成 2 年科学技術庁原子力安全局）又は「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（昭和 55 年通商産業省告示第 501 号）等に基づく強度計算を行い、必要厚さに対して、1.5 倍～ 2.5 倍程度の裕度をもった厚さの配管を採用している。</p> <p>いずれの施設においても、防錆防食対策として、二次冷却系配管の水質管理を行っている。</p>	<p>1. HTTR 施設定期自主検査として、加圧水冷却設備では、加圧器を窒素により運転圧力以上まで加圧し、漏えい確認及び外観検査を実施している。また、補助冷却設備では、補助冷却材循環ポンプを運転し、運転圧力及び運転流量における漏えい確認及び外観検査を実施している。</p> <p>2. JRR - 3、JRR - 4及びJMTR これら施設については、施設定期検査の際に、施設定期自主検査として、二次冷却系配管の外観検査を実施している</p> <p>なお、JRR - 3の二次冷却系配管のうち、原子炉建屋内の二次冷却系配管については、防露材が設置されており、配管表面の外観検査が困難であるため、漏えい検査を実施している。</p>	<p>1. HTTR 加圧水冷却設備については、出力上昇試験開始後の平成 11 年から、主配管から分岐した流速が急変する小口径配管の 2 箇所に、毎年、肉厚測定を実施しており、これまでの結果、減肉は認められない。</p> <p>また、加圧水冷却設備及び補助冷却設備補助冷却水系については、配管の腐食を防止する観点から、水質管理（電気伝導度、水素イオン濃度（pH）、溶存酸素）を実施している。</p> <p>2. JRR - 3、JRR - 4及びJMTR これら施設の二次冷却系配管については、適宜、配管の腐蝕状況の点検等を実施している。</p> <p>JRR - 3 平成 11 年及び平成 12 年に、一次冷却材熱交換器を、平成 13 年に重水熱交換器の開放点検を実施している。</p> <p>その際、二次冷却材に注入している防錆防食材によって生成される膜が配管内部に構築されていることを確認するため、熱交換器の出入口近傍及び熱交換器の上流部・下流部に設置されている弁の近傍を対象に目視できる範囲（約 1 m）について点検を実施した。</p> <p>その結果、一部の弁の直後に錆が発生している箇所があったため、予防保全の観点から、平成 14 年に一部配管を炭素鋼からステンレス鋼に変更している。</p> <p>JRR - 4 平成 12 年 7 月に、二次冷却系配管の健全性を確認するため、約 10 m のファイバーケーブル付きカメラを使用し、冷却塔近傍の露出管約 7 m 及び埋設配管部約 3 m を調査した。その結果、露出管については、配管素地の腐食は比較的少なく、また、樹脂で配管内面をライニングしている埋設配管部については、ライニングに亀裂などは確認されなかった。さらに、弁出口垂直配管部 2 箇所、エルボ部 1 箇所について肉厚測定を実施し、必要厚さを上回る厚さが確保されていることを確認している。</p> <p>JMTR 昭和 50 年 7 月及び昭和 63 年 9 月、主配管の管内ライニングの点検を実施</p>	<p>【過去の事故の教訓の反映】</p> <p>1. HTTR 昭和 63 年に設計及び工事の方法の認可申請に向けて実施した建設準備設計において、加圧水冷却設備の配管については、米国サリー原子力発電所における配管破断事故を踏まえ、腐食による配管破断防止対策として、水質管理（電気伝導度、水素イオン濃度（pH）、溶存酸素）及び肉厚測定を実施することとした。</p> <p>2. JRR - 3、JRR - 4及びJMTR これら施設については、</p> <p>水質管理 腐食反応は、酸化還元反応傾向の強さである電位と水素イオン濃度に依存することから、冷却水の電気伝導度と pH を管理している。</p> <p>配管内面の樹脂ライニング ・ JRR - 4 については、二次冷却系配管の一部が埋設配管となっており、点検等が困難なため、当該部分の内面を予防保全の観点から、エポキシ樹脂でライニングしている。</p> <p>・ JMTR については、二次冷却系配管は、製作当初より、炭素鋼であることから、腐食を考慮して配管内面にエポキシ樹脂でライニングしている。</p> <p>腐食状況の点検・検査 予防保全等による配管の一部更新</p> <p>等の二次冷却系配管の健全性を確保するための対策を講じている。</p> <p>【今後の方針】 今回の美浜発電所 3 号機における事故を踏まえて実施した主要施設の二次冷却系配管の肉厚測定の結果、基本的には、従来の保守管理を続けていくことで、二次冷却系配管の健全性の確保は可能であると考えている。</p> <p>また、今後、検査方法などについては、今回の美浜 3 号機における事故の原因究明及び再発防対策を踏まえて、同研究所の施設の特徴を勘案し、実施していく。</p>	<p>今回の美浜発電所 3 号機の事故を踏まえ、本年 8 月 11 日～ 8 月 12 日にかけて、念のため、主要施設の二次冷却系配管の代表的な場所について、肉厚測定を実施した。その結果、いずれの場所も必要厚さが確保されていることを確認した。</p> <p>なお、今回の測定箇所は、以下のような考え方により選定した。</p> <p>HTTR ・加圧水冷却設備 出力上昇試験開始後の平成 11 年から、主配管から分岐した流速が急変する小口径配管（呼び径 40A、厚さ 7.1mm、流速 2.3m/s）の 2 箇所に、毎年肉厚測定を実施してきた。</p> <p>今回の肉厚測定にあたっては、主配管のうち、最も冷却材流量が大きいオリフィス部 1 箇所、エルボ部 2 箇所を選定した。</p> <p>・補助冷却水設備 補助冷却設備は、流速も 0.9m/s 程度と遅いが、その状況の中でも、流速が急変するオリフィス部 1 箇所及びエルボ部 1 箇所を選定した。</p> <p>JRR - 3 今回の美浜発電所 3 号機の事故は、オリフィス下流領域で流速が急激に変化する箇所であったことから、JRR - 3 において流れが急激に変化する箇所として、二次冷却系ポンプのエルボ部及び弁下流を選定した。</p> <p>JRR - 4 平成 12 年に、JRR - 4 において流速が急激に変化する箇所（ポンプ出口側垂直配管部 2 箇所、エルボ部 1 箇所）を対象に実施した二次冷却系配管の肉厚測定と同じ箇所のうち、ポンプ出口側垂直配管部を選定した。</p> <p>なお、これ以外のエルボ部及びオリフィス部の代表箇所については、現在、実施中の施設定期検査中に測定を実施する予定。</p> <p>JMTR JMTR は、温度が約 50、圧力約 5 気圧の開放型冷却系であるため局所的な減肉は考えにくい。冷却材の流れの様子に着目して、直管、エルボ、オリフィス出口及び弁出口等 105 箇所を選定した。</p> <p style="text-align: right;">（資料 1 参照）</p>

	二次冷却系配管の設計等の方針	自主検査	予防保全対策	過去の事故の教訓の反映及び今後の方針	二次冷却系配管の肉厚測定
京 都 大 学	<p>KURの場合、二次冷却系の条件は、冷却材温度約50℃、圧力0.35MPa(約3.5気圧)であり、特に厳しいものではなく、二次冷却系配管の設計において、腐食・減肉に対して特に考慮している事項はない。腐食・減肉に対する配慮としては、定期的に配管の開放目視検査、肉厚測定を行い、健全性を確認することとしている。</p>	<p>施設定期検査を受けるに当たって、施設定期自主検査において、二次冷却系の外観検査、系統作動検査及び漏えい検査を実施し、健全性の確認を行う。</p>	<p>施設定期自主検査として実施する外観検査、系統作動検査及び漏えい検査のほか、ほぼ10年毎に、二次冷却系配管の開放目視検査、肉厚測定を実施する。</p>	<p>【過去の事故の教訓の反映】 米国のサリー原子力発電所で発生した事故は、高温高压の水・蒸気にさらされる炭素鋼管において起こったものであり、KURの二次冷却系配管の条件とは大きく異なるが、一般に配管の供用期間中には、腐食・減肉に対する配慮が必要であるので、定期的に開放目視検査、肉厚測定を実施する予定である。</p> <p>【今後の方針】 これまで自主検査として実施してきた開放目視検査、肉厚測定については、本年2月に改正された試験炉規則第14条の2に基づき、現在作成中のKURの施設定期評価実施計画の中に、二次冷却系の供用期間中検査に関する事項として盛り込む予定である。</p> <p>なお、KURは、平成18年3月から、燃料低濃縮化実施のため、約1年間の運転停止を計画しており、この間に、二次冷却系配管についての詳細な健全性調査を実施する予定である。</p>	<p>KURの二次冷却系配管の健全性については、昭和63年(埋設部については平成元年)に、エロージョン(侵食)の起こりやすい曲がり部を重点的に約300点に関し肉厚測定を実施している。(資料2参照)</p> <p>さらに、平成10年には、昭和63年と平成元年に実施した結果を参考に、二次冷却系ポンプ出口のエルボ3箇所とオリフィス上流と下流の合計5箇所について開放目視検査を行っている。また、オリフィス部の配管については、約20点に関し肉厚測定を実施している。これらの結果、肉厚減少の兆候は見られなかった。</p> <p>なお、本年8月13日、二次冷却水ポンプ出口の逆止弁交換に当たり、逆止弁前後の配管の健全性を確認するため、昭和63年に実施した箇所と同じ箇所について肉厚測定を実施した。その結果を昭和63年の結果と比較したが、特に減肉の兆候は見られなかった。</p>
核 燃 料 サ イ ク ル 開 発 機 構	<p>ナトリウムを冷却材に用いる「常陽」では、軽水炉における水中の酸化被膜形成やその剥離の繰り返しによる減肉の進行は発生しがたく、系内の温度分布による質量移行が主要な腐食進行因子となる。この質量移行は、ナトリウム中の溶存酸素濃度により加速される。</p> <p>「常陽」では、これを抑制するため酸素濃度を十分に低い約3ppm程度(保安規定20ppm以下)に維持している。</p> <p>また、ナトリウムによるエロージョンに関しては、「常陽」のナトリウム環境下では、常に還元雰囲気であることから、材料表面に酸化被膜は形成されず、酸化被膜の剥離による減肉も生じない。</p> <p>*質量移行 ナトリウムに接している材料表面から炭素等の成分が、高温部から溶け出し、低温部の材料表面に侵入していく現象。これにより材料の延性や強度が低下する。</p>	<p>「常陽」については、施設定期検査毎に、施設定期自主検査の一つとして、原子炉冷却系統のうち、ナトリウムに接液する機器配管、温度計ウェル、ナトリウム液面計据付部、小口径配管分岐部について、ナトリウムの滞留、液滴等のナトリウム漏えい痕跡のないことを確認している。</p> <p>また、ナトリウム漏えい対策として設置しているライナー、ナトリウム受桶等については、据付状態に異常のないことを目視により確認している。</p>	<p>「常陽」については、昭和50年6月に、軽水炉の基準である「日本電気協会電気技術基準調査委員会電気技術規程(JAEC)」等を参考に、ナトリウムの常時漏えい監視と外観検査を基本とし、さらに、二次冷却系配管内にあらかじめ設置した試験片を取り出して強度等を測定するサーベイランス試験を行うことなどを内容とする供用期間中検査計画書を定めている。</p>	<p>【過去の事故の教訓の反映】 平成7年12月に発生した「もんじゅ」の二次系ナトリウム漏えい事故を踏まえ、「常陽」においては、安全確保に万全を期するため、温度計ウェルの健全性、二次冷却系緊急ドレン操作の際のダンプタンク・配管等の構造健全性等の再評価</p> <p>ナトリウム漏えい検知システム、火災報知システムをはじめとした設備対応及び異常時運転マニュアル類及び教育訓練の見直しを行っている。</p> <p>【今後の方針】 原子炉冷却系統のうち、ナトリウムに接液する機器配管については、現状における検査を継続することで、その健全性を確保することができると考えている。</p> <p>なお、新型となった主冷却器については、MK-1における伝熱管の板厚測定の実績を踏まえ、伝熱管の一部にフィン未装着部を設けており、交換後初めての施設定期検査となる第14回施設定期検査(本年11月から実施予定)から、自主検査として板厚測定を実施し、伝熱管の健全性を定期的に継続して、確認していく予定である。</p> <p>また、本年2月に開始された試験炉規則第14条の2に基づく原子炉施設の定期的な評価において、二次冷却系配管の健全性の確認を実施していく予定である。</p>	<p>「常陽」については、熱出力を100MW(MK-1)から140MW(MK-2)に変更するための改造工事を平成12年～平成15年にかけて実施している。</p> <p>その際、原子炉運転時間約61,000時間を経過した二次冷却系配管を切り出し、24箇所について各々4点(合計96点)の板厚測定を実施している。その結果、いずれもJISにおける配管製作許容差の最小板厚を上回っていることを確認している。</p> <p>また、エルボ部についても、主熱交換器出入口の4箇所について各々20点(合計80点)について板厚測定を実施し、いずれもJISにおけるエルボ製作許容差の最小板厚を十分満足していることを確認している。(資料3参照)</p> <p>このほか、主冷却器伝熱管は、大量の冷却用空気にさらされている唯一の部位であることから、外面の減肉量を評価するため、昭和59年より過去6回にわたり、自主検査として、超音波及びX線による板厚測定(約80箇所)を実施しており、その結果は、いずれも伝熱管製作仕様の最小板厚を全ての測定箇所を上回っていた。なお、主冷却器は、MK-1冷却系改造工事で交換したが、その際撤去した旧主冷却器伝熱管の一部を切り出した減肉量の測定と引張試験を実施した。その結果、最も外気による減肉が大きい空気流動部にあるフィン付き伝熱管の板厚は、最小板厚を上回っていることを確認した。また、引張試験の結果、材料強度基準を満足していることを確認している。</p>