

研究用原子炉 JRR-3 における状態監視法に基づく保全活動

Maintenance Activities Based on Condition Monitoring at Research Reactor 'JRR-3'

日本原子力研究開発機構 仁尾 大資 Daisuke Nio
太田 和則 Kazunori Ohta
石崎 勝彦 Katsuhiko Ishizaki

The construction of the research reactor 'JRR-3' started for the purpose of development of nuclear technology and first critical was achieved in 1961. A large scale modification was done to meet more demand from researchers in 1990. So far about operation of JRR-3, there have been no big troubles and JRR-3 has been under stable operation for more than 15 years from the modification. But it is necessary to investigate a maintenance methods considering high aging. On the contrary, it is difficult to keep present maintenance because of the reduction of the budget and staff. In such situation, we should find an effective maintenance method which does not spoil safety and reliability. In this presentation, our investigation of the effective maintenance and actual maintenance activities on JRR-3 are shown.

Keywords: research reactor, condition monitoring, maintenance activities, JRR-3

1. 緒言

JRR-3 はわが国の原子力技術の開発と向上を目的として昭和 34 年に建設が開始され、昭和 38 年に臨界を迎えた。その後、利用要望への対応等により大規模な改造を経て、平成 2 年に改造後の臨界を迎えた。JRR-3 は改造後の運転開始後、15 年以上が経過しているが、大きなトラブルがなく安全安定に原子炉を稼動しており、これは適切な保安活動及び保全が行われてきたためと考えている。しかし、改造後 15 年以上経過した現在、高経年化を念頭に置いた保守を検討しなければならない時期にある一方で、予算及び人員が削減されており現状の保守をそのまま継続していくことは厳しい状況にある。このようなことから、保全すべき機器に対して効率的であり、かつ安全性及び信頼性を損なうことがない保全方法を検討する必要がある。本発表では JRR-3 における効率的な保全活動の検討と実際の保全活動について発表する。

2. 保全活動方法の検討

JRR-3 においてこれまで行われてきた保全活動を大別すると、①時間計画保全、②状態監視保全、③事後保全の三つがある。それぞれの特徴を纏めると。①時間計画保全は分解点検等の計画立案が容易であるが、機器寿命を最大限に活かすことが出来ない。②状態監視保全は機器寿命を最大限活かすことがで

きるが、交換する状態の基準を知る或いは設定しなければならない。

③事後保全については、使用期間中は点検費用がかからないが、設備が機能不全になるため、再設置にかかる費用がかさみ修理までに長期間を要する点である。

JRR-3 においてはこれまで、時間計画保全と事後保全を軸に保全活動を行ってきた。しかし、平成 17 年度から主として事後保全によって管理していた設備機器のトラブルが目立ち始めた。このような状況と、予算及び人員の削減もあり、より効率的な保全活動方法を検討する必要がある。そこで、JRR-3 においては状態監視保全を適用していなかった機器について、それを適用できる機器を検討するとともに、時間計画保全されている機器について過剰な保全になっていないかの検討と、状態監視保全に移行できるかどうかの検討を行った。

3. 状態監視保全可能な機器の検討

状態監視保全が可能な機器は大まかにいって、

- ①機器の状態がその劣化具合に応じて変化すること
- ②故障に至るまでの変化が観測（目視、計測等）できること
- ③交換する基準が存在すること

を満たさなければならないと考える。これらの条件を満たす物と、満たさない物の例を考えてみると、満たす物の例としては電池が挙げられる。電池は能

力の低下に従い、電圧の低下という状態の変化がある、またその電圧の低下は電球の輝度の低下やあるいは、直接測定することにより容易に認識することができる。また交換基準も輝度や電圧で設定することができる。満たさない物の例としては、半導体部品である IC に含まれた極微量の放射性物質が放出した α 線が素子を破壊する事例がある。この場合、ICの状態は正常から故障に瞬時に移行しており、故障にいたるまでの変化が観測出来ない例である。

これまでの運転の中での状態監視については、ポンプを代表とする回転機器の振動診断及び潤滑油の汚染監視については JRR-3 においても行ってきた。ただし、ポンプは推奨保守間隔内での時間計画保全も重複して行われている箇所も多い。

JRR-3 において上記以外の機器で状態監視保全可能な機器を検討した結果、代表的な例として以下の機器に関して状態監視保全を行うことができ、またこれまでもその経時変化を取得し管理してきた。

- ① 中性子計装設備低圧電源
- ② ベリリウム反射体

①に関しては出力電圧に含まれるリップル値がある一定値を超えると交換という一つの基準を設定でき、リップル値は測定可能である。②はその変形量で交換時期を設定でき、変形量も測定可能である。これらの機器の劣化進行を定性的に考えてみれば、①に関しては、低圧電源に含まれるアルミ電解コンデンサーが劣化し、出力電圧のリップル電圧が大きくなると考えられる。②については、高速中性子によるスエリングによって変形し、隣接する構造体と接触する恐れが考えられる。

4. 状態監視保全活動の実際

一般的に広く行われている、振動、潤滑油診断に関して最初に述べる。振動診断が行われている主要な機器としては1次冷却材主ポンプ、補助ポンプ、2次冷却材主ポンプがある。これらの振動については制御室での遠隔監視が常時行う事ができ、1次冷却材主ポンプについては振動が $50 \mu\text{mp-p}$ を超える恐れのある場合は停止するという形で状態監視保全を行っている。潤滑油診断が行われている主要な機器としては線量が高く運転中に立ち入れない区画にある1次冷却系のポンプを除き広く行われている。診

断に於いては色だけでなく、そのレベルも同時に監視している。これまでの運転の中で潤滑油の色の異常が認められたことはなかったが、線量の高い区画に設置してある機器のオイルレベルが低下したために、臨時で監視カメラを設置して状態を監視、オイルレベルに応じて補給を行い運転した経験がある。

中性子計装設備低圧電源(電圧は $5, \pm 15, 24\text{V}$ の4種類)のリップル値測定は毎年の定期点検の中で測定されており、その値は毎年 $2 \sim 4\text{mVp-p}$ である。メーカー公称のリップル値は 2mVp-p であるが、リップル及び経時ドリフトによる総合の電圧変動は $\pm 2\%$ 以内である。これを元に一つの基準を設定すると、 100mVp-p のリップル値が許容できる最大レベルであると思われ、毎年測定されているリップル値は許容範囲内に十分に収まっている。この機器に関してもポンプと同様に時間基準保全も平行して行っており、メーカー公称の MTBF (84000 時間:約9年半)内で交換

を行っている。

次にベリリウム反射体の寸法管理に関して紹介する。図1に JRR-3 の炉心概要図を示す。四角内に「燃」と記されている

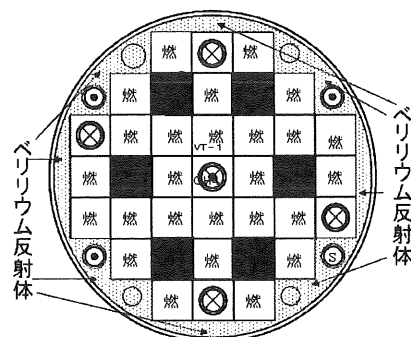


図1 JRR-3 炉心概要

部分は全て燃料要素であり、黒塗りの部分は制御棒である。そして、ベリリウム反射体はこれらを取り囲むように炉心に詰められている。図2に年度ごとのベリリウム反射体の最大変形量を示す。最大変形量は隣接する燃料との間隙寸法である 1.6mm を下回るように保全を行ってきており、管理値に近づいた平成14年にベリリウム反射体を全数交換した。

ベリリウム反射体曲がり測定(年度毎の変化)

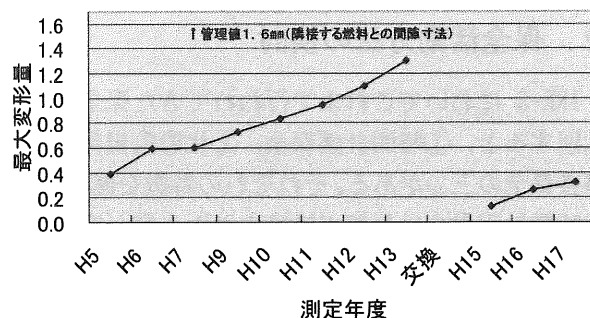


図2 年度ごとのベリリウム反射体の最大変形量

5. 時間計画保全の見直し

時間計画保全の見直しにおいては、2次冷却材ポンプの分解点検と、熱交換器洗浄作業の2例を紹介する。2次冷却材ポンプはメーカーの推奨保守間隔を参考に1年に1回の分解点検を行っている。点検時には主に部品の損傷及び腐食状態の確認、浸透探傷試験等を行いポンプの状態性能の健全性を確認している。2次冷却材ポンプの部品（ケーシング、ベアリング、シャフトキー等）の損傷状態については、シャフトキー溝付近に数点の傷が平成12年度以降同様の場所に確認されているが、傷長さ、個数に大きな変化は認められていないので現時点では1年間の推奨保守期間内での点検は妥当と考えている。

熱交換器洗浄作業の見直しについて述べる前に、JRR-3の熱交換器及び洗浄作業について述べる。JRR-3の熱交換器は胴側を1次冷却水、細管側を2次冷却水が流れている。この細管にスケールが付着し徐熱性能が低下する。このため、洗浄保守を実施し、徐熱性能の回復を行っている。この作業はスポンジボールを細管に流し、スケール等の付着物を剥離させる方法であり、年に2~3回時間計画保全として行ってきた。図3に平成11年から14年にかけての、図4に平成14年から18年にかけての熱交換器洗浄作業と熱貫流率の値を示す。平成11年から14年にかけては、熱貫流率が洗浄の必要有りの管理値である約1900 W/m²Kを下回ることも多く、夏の暑い日には熱出力を下げる場合もあった。このような背景の下で洗浄用スポンジボールの大きさや洗浄時間を再検討した

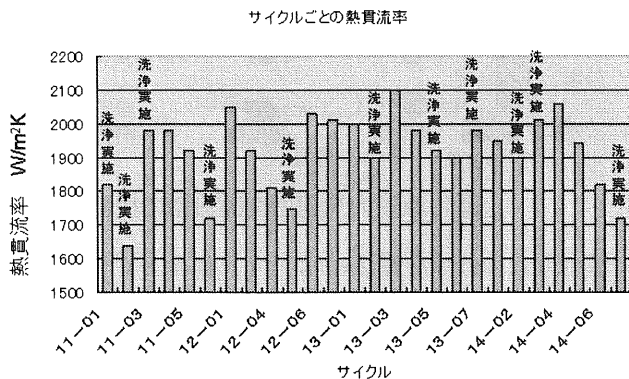


図3 熱貫流率データ (平成11年~14年)

平成15年度から平成18年度に関しては、これまでの経験が活かされ、熱貫流率が基準値を下回ることは少なくなったが、平成15年度から16年度にかけては熱貫流率が良いにも関わらず、洗浄作業を実施したと思われ、洗浄作業を行っても熱貫流率の上昇が見られない。このことから、近年行ってきた年2~3回の洗浄作業は過剰保全の可能性が高いと評価した。よって、今後は汚れ有りの管理値である、約1900 W/m²Kを下回った場合に熱交換器洗浄作業を行う方針への転換が望ましいと思われる。

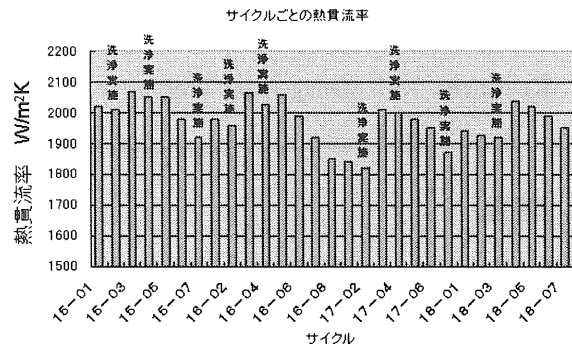


図4 熱貫流率データ (平成15年~18年)

6. まとめ

JRR-3においてこれまでの保全活動を纏めてみると、状態監視保全と時間基準保全が平行して行われてきた機器がポンプ類を始め多く、それらの機器における時間基準保全計画における保守間隔は劣化の進行具合や機器の重要度を考えると、現時点では妥当であり変更は考えていない。一方で熱交換器洗浄の様に過剰と思われる時間基準保全が適用されている場合もあり、これらについては保守間隔の見直し、管理値の設定などを行い状態監視保全へと移行させ、作業間隔の適正化や維持費の低減による保全の効率化に繋げていければと考えている。