

PWR 制御棒駆動機構のサーマルスリーブ破損について(更新)

令和 4 年 1 月 20 日

技術基盤課

1. はじめに

2017 年 12 月に確認された仏国 PWR における制御棒駆動機構 (CRDM) のサーマルスリーブ摩耗破損について、二次スクリーニング調査を続けている。調査対象の一つである米国事象について、ウェチングハウス社 (WH 社) から技術レター[1]が発行されたので、以下に報告する。

2. カラー部でのサーマルスリーブ破断

1 基の WH 社 PWR において、2019 年計画停止中に CRDM のサーマルスリーブが破断し、上部ガイドチューブ上にずれ落ちていることが確認された。この損傷メカニズムは、仏国で見つかったサーマルスリーブの摩耗とは異なり、破断箇所はカラー部の真下であった(図 1)。当該サーマルスリーブは WH 社が供給したものの一つであり、このプラントでは原子炉容器上蓋交換は行われておらず、CRDM サーマルスリーブは建設時から使用されている。



図 1 サーマルスリーブ破断箇所

この発電事業者は、当該プラントと同サイトの 2 号機(同設計のサーマルスリーブを使用)のサーマルスリーブの内面状態を目視調査した。その結果、1 号機から 12 本、2 号機から 1 本のサーマルスリーブに亀裂状の指示(図 2)が確認されたが、他には問題が見つからなかった。指示があったサーマルスリーブは、上蓋全体にちらばり、中央部に向かって密度が高い。亀裂状の指示の長さ、フランジ摩耗の程度との間に相関はない。また、当該発電事業者では、運転中の制御棒動作に支障があったことはない。

取り出したサーマルスリーブの冶金学的分析から、破断原因は亀裂の疲労進展と推定された。カラー部とスリーブ筒部とのつなぎ部における応力集中も寄与したと考えられる。複数の亀裂起点は見つかったが、発生メカニズムは解明されていない。また、流体連成振動(FIV)の点から、T コールドプラント(上蓋へのバイパス流が多い)は T ホットより感受性が高いと推定された。

従前の検討で、破断によって残されたフランジ部が CRDM 筐体内で傾き、制御棒駆動軸のくさびとなり、制御棒動作を妨げることが懸念された(図 3)。この懸念に対して、掛かる応力や形状を考慮した追加評価が行われ、その懸念は考えにくいと結論付けられた。

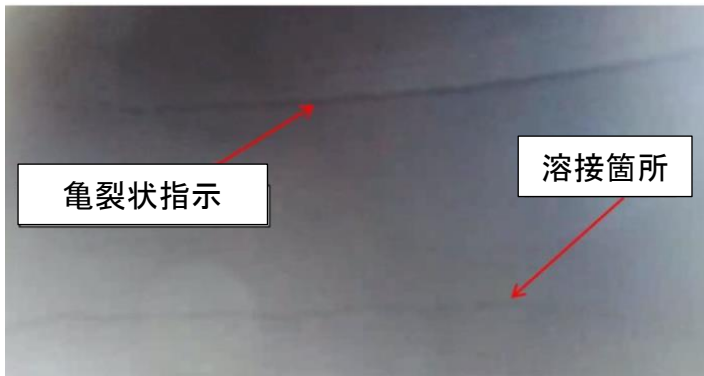


図 2 亀裂状の指示

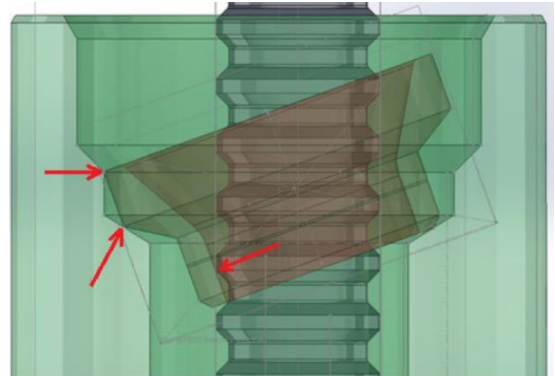


図 3 フランジ部がくさびとなる可能性

以上の評価から、カラー部でのサーマルスリーブ破断は、制御棒動作を妨げないと結論付けられた。また、この破断が原子炉冷却系のルースパーツになるおそれもない。本件の安全影響度は最小であり、安全ハザードとはならない。サーマルスリーブのカラー部破断は、品質マネジメントとして取り扱うことが推奨される。対象は、フランジ直下にカラー部があるサーマルスリーブを用いているプラントで、T コールド運転している以下のプラントである。

Asco 2, Braidwood 1/2, Byron 1/2, Callaway, Catawba 1/2, Comanche Peak 1/2, Doel 4, Hanbit 1/2, Kori 3/4, Maanshan 1/2, Seabrook, Sizewell B, Tihange 3, Vogtle 1/2, Wolf Creek

3. おわりに

カラー部でのサーマルスリーブ破断による安全影響度は低く、安全ハザードとはならないことが報告され、また、対象プラントのリストに国内 PWR が含まれていないことから、本件は 2 次スクリーニング「サーマルスリーブのフランジ摩耗による制御棒固着」の調査分析対象から外すことを提案する。なお、サーマルスリーブ・フランジ部の摩耗、分離については、引き続き、2 次スクリーニング調査分析を行う。

4. 参考文献

- [1] Westinghouse, LTR-NRC-20-12, NSAL-20-1 Revision 0, "Reactor Vessel Head Control Rod Drive Mechanism Penetration Thermal Sleeve Cross-Sectional Failure," <https://www.nrc.gov/docs/ML2128/ML21287A184.pdf>