

1. 経緯

配管破断による原子炉冷却材喪失事故(LOCA)¹ではないが、海外で非常用炉心冷却系統(ECCS)スレーナ²が目詰まりを起こす事例が発生

- パーセベック発電所(スウェーデン) 格納容器内の安全弁の誤開放に伴い吹き出した蒸気により安全弁周りの繊維質保温材が破損してサブプレッションプール(S/P)に流入し、格納容器スプレイポンプのスレーナが目詰まり(1992年)
- 米国においても類似の事例が発生(1992~1995年)

このような事象そのものは、当社では発生しないと考えられる

- 逃し安全弁からの蒸気は格納容器内でなくS/Pの水中に吹き出す構造
- S/P内の異物発生防止のため、格納容器内の管理(物品持込・持出管理、清掃、点検等)を実施

但し、LOCA発生時に破断した配管から吹き出した蒸気等で破損しS/Pに落下した保温材が、スレーナが目詰まりする要因となり、ECCSポンプによる炉心への注水に影響を与える可能性があるため、LOCA時にスレーナが目詰まりする可能性を評価



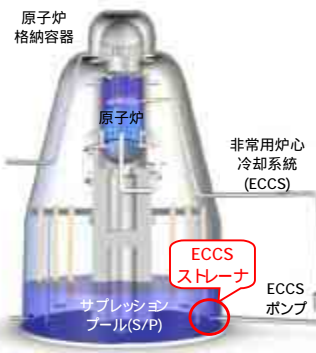
格納容器内の配管と保温材(例)

1) 原子炉冷却材喪失事故(LOCA)

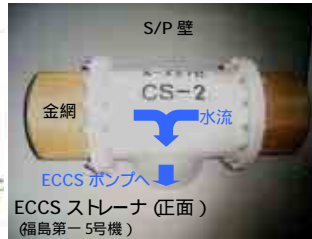
原子炉につながっている配管の破断等により原子炉内の冷却材(炉水)が流出する事象。仮に発生した場合には、ECCSポンプで原子炉へ注水することにより炉心を冷却し、燃料の過熱による破損を防止する。

2) 非常用炉心冷却系統(ECCS)スレーナ

LOCA時に原子炉に注水するため、非常用炉心冷却系統(ECCS)ポンプが設置されているが、水源であるサブプレッションプール(S/P)に異物があつた場合にポンプに吸い込まれてポンプ等に悪影響を与えるのを防止するため、S/P内の配管入口に設置されている金網



ECCS スレーナ(側面)
(福島第二1号機)



ECCS スレーナ(正面)
(福島第一5号機)

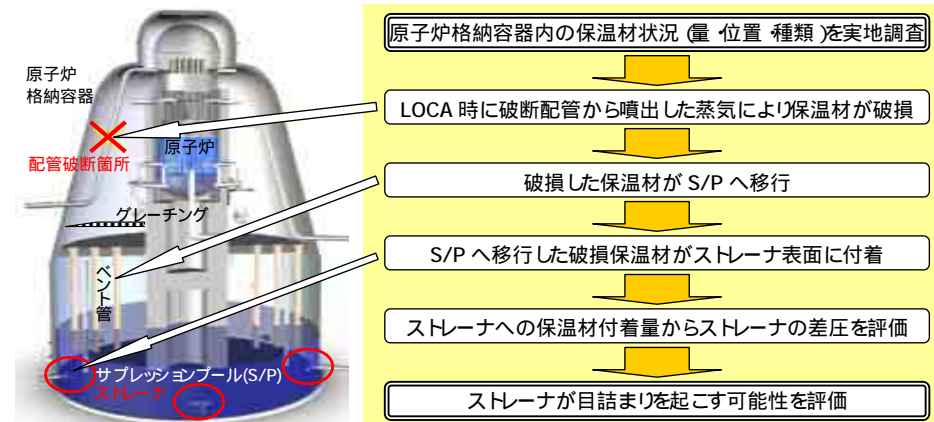
2. 原子力安全 保安院からの指示

- 当社 S/P 異物問題に関連して、ECCS スレーナに関し国内 BWR 電力に以下を指示(H16.6.25)
- 保温材等の実態調査(スレーナ評価に必要な、原子炉格納容器内保温材の種類・量等の詳細)
 - ECCS スレーナの評価(米国規制指針(Regulatory Guide (RG) 1.82)による評価結果)
 - 運用管理面の対策立案(スレーナが目詰まり防止 緩和に有効な対策の内容と実施時期)
- ⇒ 保温材の調査は停止中しか行えず、また長期間を要することから、平成16年6月以降定期検査に入ったプラントから、保温材の種類・量等の調査、及びスレーナの評価を行うこととしている
- 今般、柏崎刈羽 4号機・6号機の調査 評価結果等がまとまったため、報告を実施**

3. ECCS スレーナの評価

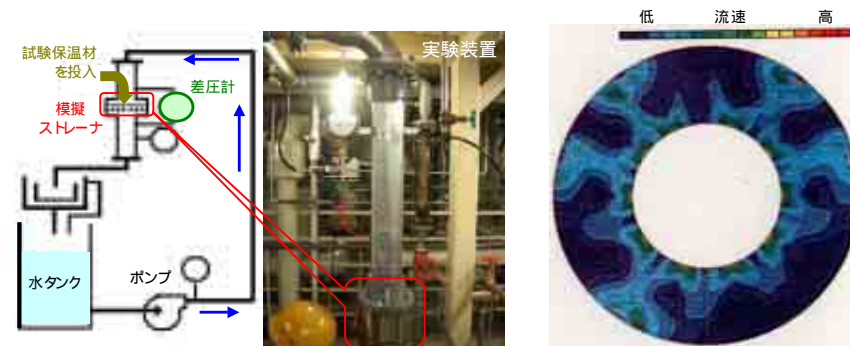
(1) 評価の考え方

以下の考え方でスレーナが目詰まりを起こす可能性を評価



ECCS スレーナの評価を行うための方法の検討

- 米国電力が採用している評価方法(スレーナへの保温材付着量の評価)の国内プラントに対する適用性を調査・検討
- 国内保温材を用いた圧損試験により、米国原子力規制委員会(NRC)による圧損評価式の国内への適用性を確認
 - ・圧損評価式: スレーナ表面に付着した保温材の量から圧損(スレーナ差圧)を評価
 - ・保温材の量・種類等による圧損特性データを採取(下図 a 参照)
- より詳細な評価を行うための解析・評価を実施
 - ・保温材の破損範囲をより詳細に評価(配管破断に伴い配管が振れ回る量を評価)
 - ・保温材がS/P底部に沈む効果を考慮し、スレーナに付着する保温材の割合を評価(S/P内の水流及び保温材の動きを三次元流動解析によりシミュレーション)(下図 b 参照) 等



国内保温材を用いた圧損試験(a)
(保温材の量・種類による圧損特性を測定)

三次元流動解析によるS/P内の
流速分布評価(柏崎刈羽6号機の例)(b)

(2) 評価結果

米国規制指針 RG1.82 に基づく評価結果

【柏崎刈羽 4号機】米国電力が採用している評価方法でも、ストレーナの目詰まりは発生しない。

(目詰まりを起こしやすい繊維質保温材の割合 :0%)

【柏崎刈羽 6号機】米国電力が採用している評価方法によれば、ストレーナの目詰まりが発生する可能性を必ずしも否定できない。しかし、プラントの構造や最新の知見を考慮したより詳細な評価方法によれば、ストレーナの目詰まりは発生しない。

(目詰まりを起こしやすい繊維質保温材の割合 約 2%)

(米国規制指針 RG1.82 に基づく評価方法には、評価する際の諸条件に応じて幅があり、柏崎刈羽 6号機については詳細評価を実施)

柏崎刈羽 4号機、6号機以外のプラントについても、定期検査において順次調査・評価を実施していく

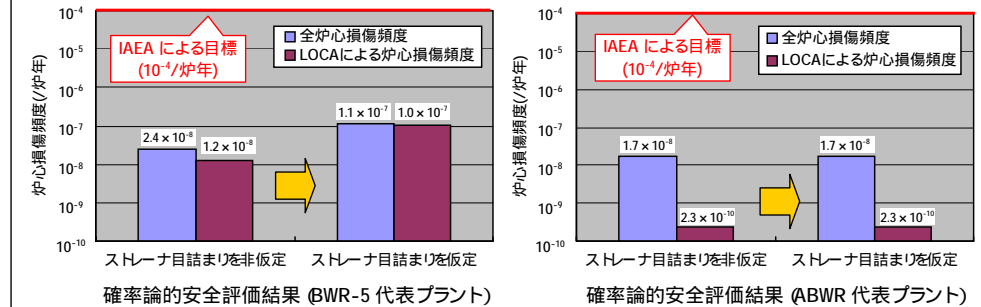


5. 確率的な安全評価

ストレーナが目詰まりを起こすことを仮定して、炉心が損傷するような事故が発生する確率を評価
ストレーナが目詰まりを仮に考えても、運用管理面の対策を考慮すれば、炉心が損傷するような事故が発生する確率は 1000 万年 ~ 1 億年に一度 ($10^{-7} \sim 10^{-8}$ /炉年) 程度

(IAEA の示す目標 (10^{-4} /炉年) を大きく下回る (約 $1/1000 \sim 1/10000$))

ストレーナが目詰まりを仮定しても、炉心が損傷するような事故が発生する確率は極めて小さい!



6. 安全性と今後の予定

運用管理面の対策により ECCS の機能確保が可能のため、仮にストレーナの目詰まりが発生しても、プラントの安全性は確保されると考えられる。

安全設計や運用管理面のさらなる向上のため、設備上の対策として

- ストレーナの機能に影響を与える繊維質保温材については、至近の定期検査において順次交換し、今後とも可能な限り低減。(～平成 17 年度末を予定)
 - さらに、今後計画的にストレーナの大型化を実施。(～平成 19 年度中を予定)
- (米国においても、運用管理面の対策を実施するとともに、計画的にストレーナの大型化を実施。)

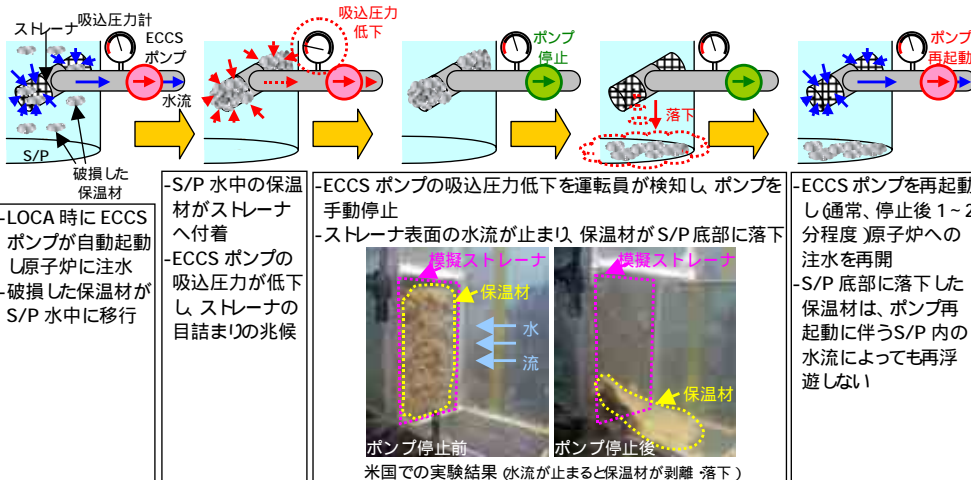
4. 運用管理面の対策

運用管理面から以下の対策を全プラントで実施 (定期検査中プラントの (d) は起動前に実施)

- 運転員への海外事例周知 (事例検討会の実施)
- ストレーナの目詰まりに対応する操作手順の確立、手順書の整備 (ECCS ポンプの一時的な停止・再起動、水源切替等を追加)
- 運転員へのシミュレータ等による訓練
- 中央制御室への ECCS ポンプ吸込圧力監視設備設置 (ストレーナの目詰まりの早期検知)

これらの対策により、仮に一時的にストレーナの目詰まりが生じても ECCS の機能確保が可能

ECCS ポンプの一時的な停止・再起動 (ストレーナに付着した保温材を剥離・落下させ目詰まりを解消する)



- LOCA 時に ECCS ポンプが自動起動し原子炉に注水
- 破損した保温材が S/P 水中に移行

- S/P 水中の保温材がストレーナへ付着
- ECCS ポンプの吸込圧力が低下し、ストレーナの目詰まりの兆候

- ECCS ポンプの吸込圧力低下を運転員が検知し、ポンプを手动停止
- ストレーナ表面の水流が止まり、保温材が S/P 底部に落下

- ECCS ポンプを再起動し (通常、停止後 1~2 分程度) 原子炉への注水を再開
- S/P 底部に落下した保温材は、ポンプ再起動に伴う S/P 内の水流によっても再浮遊しない