

HTTR（高温工学試験研究炉）の新規制基準に係る適合性審査について

(4)多量の放射性物質等を放出するおそれのある事故による黒鉛酸化の影響

Effort to Pass Review for Checking Conformity to New Regulatory Requirements

for High Temperature engineering Test Reactor

(4) Effects of Graphite Oxidation during the Accidents that may Release

Large Amounts of Radioactive Materials

*島崎 洋祐¹, 濱本 真平¹, 長住 達¹, 枋尾 大輔¹, 飯垣 和彦¹, 石塚 悦男¹

¹ 日本原子力研究開発機構

新規制基準への適合性審査の項目のひとつである多量の放射性物質等を放出するおそれのある事故が発生した際の原子炉内の黒鉛構造物の酸化現象に着目し、炉内黒鉛構造物の健全性及び発生する可燃性ガス（一酸化炭素）の影響について、評価方法および結果を報告する。

キーワード：高温ガス炉、高温工学試験研究炉、黒鉛酸化、BDBA

1. 緒言

新規制基準の施行に伴い、HTTR（高温工学試験研究炉）では原子炉及び使用済燃料貯蔵設備に対して多量の放射性物質等を放出するおそれのある事故（BDBA）の想定と対策が要求された。そこで、HTTRの原子炉に関するBDBAに対して、炉内黒鉛構造物の酸化の影響評価を実施した。

2. 黒鉛酸化の影響評価

HTTRの炉心は黒鉛で構成されており、安全評価において黒鉛酸化の影響を評価している。例えば、燃料棒を構成する黒鉛スリーブについて、設計基準事故（DBA）時における底板の残存等価厚さを評価し、燃料コンパクトを保持できる厚さを有することをもって、炉心が大きな損傷に至らないこと等を判断している。

2-1. HTTRの原子炉に関するBDBA

HTTRでは、原子炉冷却材圧力バウンダリが破損しない限り、多量の放射性物質の放出、空気侵入等による黒鉛酸化、可燃性ガスによる爆発のおそれはない。この特徴を考慮して、原子炉冷却材圧力バウンダリの破損による破断口が最も大きいことなどの理由から、1次冷却設備二重管破断に対して、原子炉停止機能、炉心冷却機能、放射性物質の閉じ込め機能喪失を重畳させた3事象をBDBAとして選定した。

2-2. 評価方法

今回の評価ではDBAの評価に使用したGRACEではなく、解析結果の出力を柔軟に設定できるTHYTAN⁽¹⁾を使用した。また、DBAでは黒鉛と酸素の反応により一酸化炭素のみが生成するとしていたのに対して、BDBAでは二酸化炭素の生成も考慮するなど、一部DBAと異なる条件を採用して評価を実施した。

2-3. 評価結果

評価結果を表1に示す。BDBAが発生した場合でも、燃料コンパクトが燃料体内にとどまること、炉心を支持するサポートポストが炉心を支持するのに必要な強度を有していることを確認した。また、原子炉格納容器内の空気が全て黒鉛酸化に消費されたと仮定しても、一酸化炭素による爆発は生じないことを確認した。

表1 黒鉛酸化の影響評価結果

事象	1次冷却設備二重管破断		
	+停止機能喪失	+冷却機能喪失	+閉じ込め機能喪失
黒鉛スリーブ底板の残存等価厚さ（5mm以上）	○（約9mm）	○（約9mm）	○（約6mm）
サポートポストの残存等価直径（80mm以上）	○（約150mm）	○（約150mm）	○（約150mm）
可燃性ガスの濃度（一酸化炭素濃度が燃焼範囲外）	○（1%未満、範囲外）	○（1%未満、範囲外）	○（1%未満、範囲外）

3. 結論

HTTRのBDBAを選定し、THYTANを使用して黒鉛酸化の影響評価を行った。この結果、多量の放射性物質等の放出、著しい黒鉛の酸化、可燃性ガスによる爆発は生じないことを確認した。本評価の妥当性は、新規制基準への適合性審査で確認され、HTTRは令和2年6月3日に原子炉設置変更許可を取得した。

参考文献

[1] 島崎 他, “高温ガス炉の黒鉛酸化挙動評価に関するTHYTANコードの検証”, JAEA-Technology 2014-038 (2014).

^{*}Yosuke Shimazaki¹, Shimpei Hamamoto¹, Satoru Nagasumi¹, Daisuke Tochio¹, Kazuhiko Iigaki¹, Etsuo Ishitsuka¹

¹JAEA,