

シビアアクシデント時の原子炉内におけるセシウム分布・性状の予測

(1) SAMPSON による原子炉内の Cs 化学吸着量の評価

Estimation of Cs distribution and characteristics in the reactor under severe accident

(1) Evaluation of amounts of chemisorbed Cs in the reactor

*唐澤 英年¹, 三輪 周平¹, 木野 千晶²¹JAEA, ²エネ総研

CsOH 蒸気濃度等が与える影響を評価可能とするために開発した化学吸着モデルを組み込んだ SA 解析コード SAMPSON により、福島第一原子力発電所事故時に圧力容器上部構造材に化学吸着した Cs 量を評価した。CsOH 蒸気の濃度は Mo の共存や温度降下によるエアロゾル生成により変化するため、本モデルに対する既往モデルの化学吸着量の割合は号機により変化した。これから、実機における化学吸着量評価には、既往モデルでは不十分であり本モデルの適用が必要であることが示された。

キーワード：シビアアクシデント(SA)、CsOH、化学吸着、構造材、ECUME、SAMPSON、実機評価

1. 緒言；

1F 廃炉に向けた圧力容器内の Cs 分布予測には、事故時の SUS への化学吸着量を正確に評価することが必要である。SA 時に燃料から放出される Cs は蒸気であり、化学形は CsOH が主とされている。CsOH 蒸気はステンレス鋼(SUS)の表面に化学吸着し、その速度に関しては、水への 1 時間の浸漬による Cs 溶解性から、water-soluble と water-insoluble の 2 種がガス温度の関数として得られている[1,2]。今回、化学吸着速度の CsOH 濃度依存性を改良した ECUME[2]の効果を確認するため、実機解析を行い吸着モデルの比較を行った。

2. 解析モデル；

SAMPSON では、燃料ペレット温度の関数である FP 放出割合を計算し、放出された FP の化学形態をガス温度の関数である熱化学平衡計算から求めた。そして、FP 量のうち、ガス温度での飽和蒸気圧以上の分をエアロゾルとし、残りを蒸気とした。CsOH 蒸気については、次式で上部プレナム、気水分離器、蒸気乾燥器等、圧力容器内への化学吸着量を下記で計算した。この後、物理形態・化学形毎にマスバランス方程式を解いた。

$$\frac{dC_g}{dt} = -v_{ins}A_l C_g, \quad \text{ECUME 式}; v_{ins}(high) = 7.027 \sqrt{\frac{C_B}{C_g}} \exp(-6552/T)$$

ここで、 C_g は解析ノード 1 中の CsOH 蒸気濃度、 A_l は構造材表面積、 v_{ins} は water-insoluble の化学吸着速度である。吸着速度には、Bowsher 式[1]と ECUME 式[2]を用いた。なお、壁への吸着・再蒸発における CsOH 蒸気の吸着速度は、water-soluble の Bowsher 式[1]を用いた。

3. 解析結果；

放出した Cs の化学形は CsOH, CsI, Cs₂MoO₄であった。ECUME 式による Cs の化学吸着量は、各号機で初期インベントリーの約 0.01, 0.5, 2%であった。表 1 に、各号機で化学形が CsOH となる割合と、ECUME 式で求めた化学吸着量に対する Bowsher 式で求めた化学吸着量の割合を示す。

表 1 CsOH 割合と化学吸着量の割合

Item	Unit 1	Unit-2	Unit-3
Ratio of CsOH (%)	33	61	74
Water-soluble (-)	9.9	0.61	0.63
Water-insoluble (-)	58	0.73	2.1

各号機での化学吸着量の違いは、ガス温度が 1000K 以上となった 1, 3 号機では CsOH 蒸気の凝縮が抑制されるため、 C_g が高くなり、Bowsher 式の方が上式で示すように C_g の平方根が多くなることで説明可能である。このように、化学吸着量は事故進展に応じた CsOH 蒸気量に大きな影響を受け、Bowsher 式は過大・過小評価していることが分かった。なお、本報には OECD/NEA ARC-F プロジェクトで解析した結果の一部を含む。

参考文献；[1] BR. Bowsher, AEEW-R 1863(1990). [2] K. Nakajima, et.al., Mech. Eng. J. 7(3) (2020) 19-00564.

*Hidetoshi Karasawa¹, Shuhei Miwa¹ and Chiaki Kino² ¹JAEA, ²IAE