

女川原子力発電所 1 号炉審査資料	
資料番号	01-DP-014(改0)
提出年月日	令和元年 12 月 24 日

女川原子力発電所 1 号発電用原子炉

1 号炉使用済燃料移送後の 3 号炉使用済燃料プール水全喪失時の 評価について

令和元年 12 月
東北電力株式会社

目 次

1. 評価条件	1
2. 評価結果	1

1. 評価条件

使用済燃料プールの保有水が全喪失した場合であっても、崩壊熱量が小さいときには、露出した燃料が、空気の自然対流により冷却維持が可能と考えられる。

ここでは、1号炉使用済燃料プールの使用済燃料全てを3号炉使用済燃料プールに貯蔵されている状態で、使用済燃料プール水が全て喪失した場合の評価を示す。

評価条件として、使用済燃料プール水が全て喪失していると仮定し、使用済燃料の発熱は、原子炉建屋内空気及び原子炉建屋の天井を通して外気に放熱されることにより除熱されるものとする。

評価は1号炉と同様の手法を用い、使用済燃料プール水が全て喪失し、使用済燃料の発熱による原子炉建屋内の室内温度が定常状態となる場合において、外気温度を境界条件として、原子炉建屋内空気の最高温度を求める。次に、原子炉建屋内空気が最も発熱量が大きい燃料の下部から流入した際の燃料出口での空気温度を崩壊熱より評価し、その空気温度とするために必要となる燃料被覆管温度を、熱伝達を考慮することにより評価を行う（図1）。

なお、本評価モデルでは、ヒートシンクは原子炉建屋の天井のみとしており、建屋からの放熱の観点からは保守的な設定としている。また、原子炉建屋の換気は考慮せず、密閉状態を想定している。燃料への空気の流路は、チャンネルボックスの断面を実効的な流路と考え、チャンネルボックスと使用済燃料貯蔵ラック間の領域は無視する保守的な設定としている。評価条件を表1に示す。

2. 評価結果

燃料被覆管温度評価結果を表2に示す。燃料は室内空気の自然対流により冷却され、3号炉での燃料被覆管温度は最高でも約326℃以下に保たれる。これらの燃料被覆管温度では、ジルコニウム合金である燃料被覆管の酸化反応速度は小さく、燃料被覆管の酸化反応による表面温度への影響はほとんどない^[1]。

また、燃料被覆管温度を326℃とした条件において、原子炉運転中の酸化減肉及び使用済燃料プール水が全て喪失した後の空気中での酸化減肉を考慮したクリープ歪の評価を行った。この結果、燃料被覆管のクリープ歪は1年後においても約0.1%であり、燃料被覆管の健全性を確認するためのクリープ歪の制限値1%^[2]を十分下回っていることから、使用済燃料プール水が喪失してから1年後においてもクリープ変形による破断は発生せず、燃料健全性は維持される。

以上のことから、使用済燃料プールの保有水が全て喪失しても、燃料被覆管温度は約326℃以下に保たれ、酸化反応が促進されることはなく、燃料被覆管温度の上昇が燃料の健全性に影響を与えることはないと考えられる。

表 1 評価条件

計算手順	入力パラメータ	値	根拠
原子炉建屋からの放熱計算 (建屋内空気温度計算)	使用済燃料の総発熱量	399kW	・ S F P に貯蔵されている使用済燃料 2087 体の平成 29 年 4 月 1 日時点での評価 ・ O R I G E N 2 にて崩壊熱を計算
	天井面積		伝熱面積として建屋の全天井面積を設定
	内表面熱伝達係数	$9W/(m^2 \cdot K)$	建築分野で標準的に用いられる値を設定[3]
	天井コンクリートの厚さ		建物図面より設定
	コンクリートの熱伝導率	$2.6W/(m \cdot K)$	コンクリートの一般的な物性値を設定[4]
	外表面熱伝達係数	$23W/(m^2 \cdot K)$	建築分野で標準的に用いられる値を設定[3]
	外気温度	60℃	太陽の輻射効果を考慮して設定[5]
自然対流熱伝達の計算(燃料集合体出口空気温度計算)	燃料集合体 1 体の発熱量	0.374kW	・ S F P に貯蔵されている使用済燃料 2087 体のうち崩壊熱が最大となる燃料集合体 1 体の平成 29 年 4 月 1 日時点での評価 ・ O R I G E N 2 にて崩壊熱を計算
	流路面積		ラックセル内のチャンネルボックスの正方形断面内の流路を実効的な流路と設定
	流れの等価直径		流路面積と摩擦損失計算用濡れぶち長さより算出
	局所圧力損失係数		燃料集合体内の局所圧力損失係数として、下部タイププレート、スパーサ(7 個)及び上部タイププレートの局所圧力損失係数の合計値に余裕を見て、計算流路全体の係数として設定
燃料被覆管表面温度計算	熱の等価直径		流路面積と伝熱計算用濡れぶち長さより算出
	発熱長さ		燃料棒有効長を設定
	ピーキングファクタ	2.6	直近の運転サイクル中の最大値(実績値)を設定

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表2 3号炉 燃料被覆管温度・クリープ歪

項目	3号炉	備考
燃料被覆管温度 (°C)	約 326	・平成 29 年 4 月 1 日時点 ^{※1} での評価
クリープ歪 (%)	約 0.1	・平成 29 年 4 月 1 日時点 ^{※1} での評価

※1 全燃料は使用済燃料プールに貯蔵された状態

(参考文献)

- [1] “Air Oxidation Kinetics for Zr-Based Alloys”, Argonne National Laboratory, NUREG/CR-6846 ANL-03/32
- [2] 「日本原子力学会標準 使用済燃料中間貯蔵施設用金属キャスクの安全設計及び検査基準：2010」2010年7月, 社団法人 日本原子力学会
- [3] 「最新建築環境工学」田中俊六 他共著, 井上書院
- [4] 「コンクリート標準示方書」土木学会
- [5] 「空気調和・衛生工学便覧第13版 3 空気調和設備設計篇」空気調和・衛生工学会編

(3号炉)

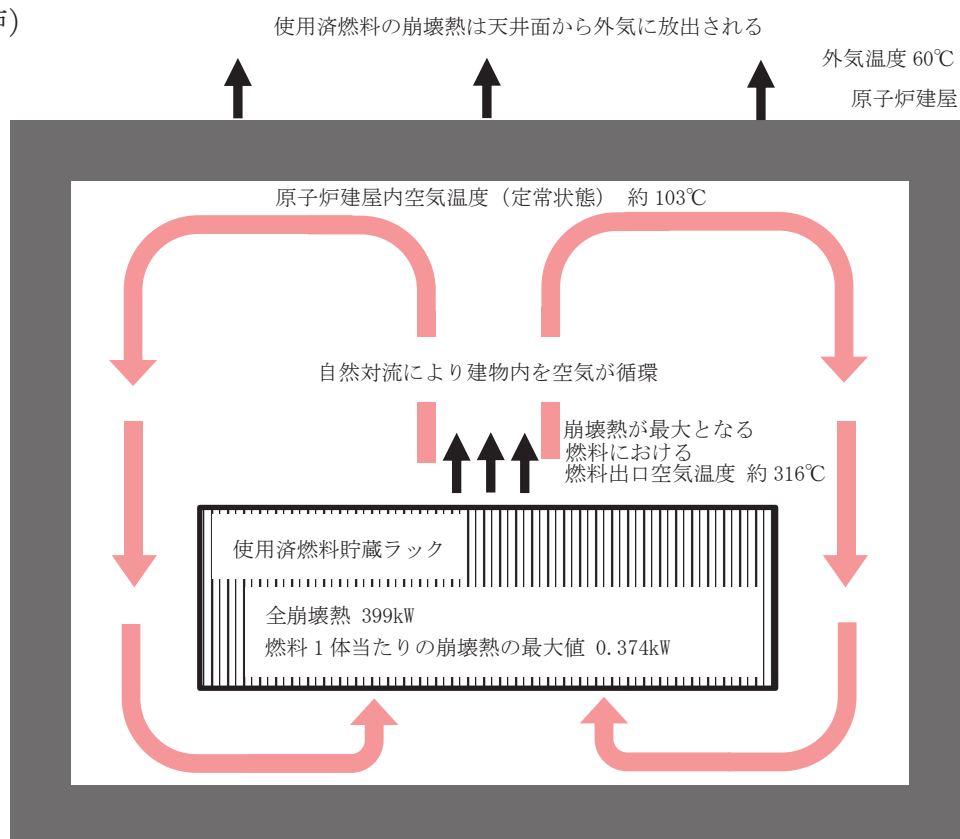


図 1 評価モデル