

大飯発電所2号機の燃料集合体漏えいに係る調査結果について (原因と対策)

このことについて、関西電力株式会社から下記のとおり連絡を受けた。

記

大飯発電所2号機は、定格熱出力一定運転中の平成21年8月31日に、1次冷却材中のヨウ素（I-131）と放射性希ガスの濃度が、前回の測定値を若干上回っていたことから、1次冷却材中の放射能濃度^{*1}の監視を強化して運転していたが、10月6日頃から希ガス濃度が増加傾向にあることから、漏えいの疑いがある燃料集合体（以下、燃料という。）を特定するため、10月21日に原子炉を停止した。

停止後、1次冷却材中の希ガス濃度が低減した後、12月7日から燃料のシッピング検査^{*2}を行い、2体の燃料で漏えいが確認された。当該燃料について、超音波^{*3}により漏えい燃料棒の特定を行った結果、1体の燃料（KCHC81）で漏えい燃料棒3本が、もう1体の燃料（KCHC88）で漏えい燃料棒1本が確認された。

これらの燃料棒4本について、ファイバースコープによる詳細目視点検を実施したところ、燃料（KCHC81）の3本については、燃料棒を支持している最下段の第9支持格子^{*4}において、燃料棒と支持板またはばね板との間に隙間があることが認められた。また、うち1本で、第1支持格子の下で二次的な水素化^{*5}によるものと思われる燃料棒の膨らみが認められた。燃料（KCHC88）の1本については、明らかな隙間等は認められなかった。

漏えいが確認された燃料2体は、いずれも同一メーカーで、同一時期に製造された燃料であった。

- *1：燃料ペレットを収納している燃料被覆管に、ごく小さな孔等が発生すると、燃料被覆管内に蓄積されていた核分裂生成物（希ガス；キセノン-133、ヨウ素-131など）が1次冷却材中に放出される。このため、1次冷却材中の放射能濃度を測定し、その変化から漏えいの有無を判断している。
- *2：燃料集合体を専用容器に収納し、その中の水やガスに核分裂生成物が検出されるかを確認して判断する。
- *3：漏えいした燃料棒の内部には水の浸入があるかどうかを、超音波の減衰を用いて特定している。
- *4：燃料棒を保持するための部品。支持格子は燃料棒1本ごとに保持するための支持板とばね板で構成される。
- *5：何らかの原因により燃料に一次破損が生じると、1次冷却水が燃料棒内に侵入して水素が発生する。水素は被覆管に吸収され、一次破損箇所から離れた場所で膨らみが発生する。

[平成21年9月1日、10月19、21日、12月7、8、18日 記者発表済]

1 調査結果

(1) ファイバースコープによる調査

漏えいが認められた燃料2体の燃料棒について、ファイバースコープを用いて第9支持格子内の調査を行った。

- ・燃料（KCHC81）で、漏えいが認められた3本以外の燃料棒（261本）については、各燃料棒は支持板及びばね板と接触しており、漏えい燃料で認められた隙間は見られなかった。
- ・燃料（KCHC88）では、燃料（KCHC81）で漏えいが認められた3本の位置（支持格子コーナー部）に相当する燃料棒（16本：漏えい燃料棒を含む）を調査したが、各燃料棒は支持板及びばね板と接触していた。
- ・漏えい燃料と同時期に製造された燃料のうち最も高い燃焼度の燃料1体の支持格子コーナー部の燃料棒（16本）でも、各燃料棒は支持板及びばね板と接触していた。

(2) 運転履歴等の調査

- ・発電所における使用、取扱実績等の運転履歴について調査を実施したが、燃焼度や装荷サイクル数等の履歴は異なるものの、特に問題点や共通性は認められなかった。

(3) 燃料の第9支持格子内の流れの解析

- ・燃料第9支持格子部内での流れを解析したところ、今回漏えいが発生した燃料棒付近の支持格子コーナー部では、燃料中央部に比べ、燃料棒周囲を流れる一次冷却材の流速が一樣でないことから、燃料棒を振動させる力が強くなる傾向が認められた。

(4) 燃料製造時期による調査

- ・漏えい燃料と同時期に製造された燃料36体（今回の2体を含む）について、使用している材料やペレットの成形加工、集合体製造に至るまでのデータについて調査を行った結果、燃料ペレットや被覆管、支持格子の製造データ、燃料集合体の組み立て工程で、品質管理上の問題は認められなかった。
- ・今回漏えいした燃料2体と、昨年高浜1号で漏えいが認められた燃料2体の製造時期が比較的近いことから、製造データの詳細な調査を行ったところ、製造時の品質管理値は満足しているが、ペレット成型時の上下端面の傾きが、他の製造時期のものに比べ少々大きい特徴が認められた。
- ・漏えい燃料より後に製造された燃料では、今回漏えいした燃料より高い燃焼度まで使用しており、これまでに漏えいは発生しておらず、念のため、これらの燃料のうち6体の第9支持格子コーナー部の燃料棒（16本）をファイバースコープで確認したところ、各燃料棒は支持板及びばね板と接触していた。

2 推定原因

過去、経験している燃料漏えいの事例^{*6}を調査したところ、支持格子部に隙間が認められた場合の漏えい原因については、一次冷却材の流れによる微小な振動により、燃料棒と支持板またはばね板がこすれることによって燃料棒が摩耗し漏えいするフレッティング摩耗があった。

このことと、今回認められた燃料1体（KCHC81）の燃料棒のファイバースコープによる観察結果および運転中の放射能濃度推移から以下のように推定された。

- ・第9支持格子内で、流れや当該燃料の特異性等の影響により、燃料棒が支持板またはばね板と接触する面で、微小な振動により燃料棒が摩耗し、漏えいしたものと推定される。
- ・燃料（KCHC88）については、隙間等の異常は見つからなかったことから、現時点で、原因は特定できなかつた。

*6：過去のフレッティング摩耗は、原子炉容器内バップル板のコーナー部かつ上部支持格子部で発生しており、既に支持格子の設計改良が施され、その後同様な事象が発生していないことから、今回の事象との関連性はないと考えられる。

3 対策

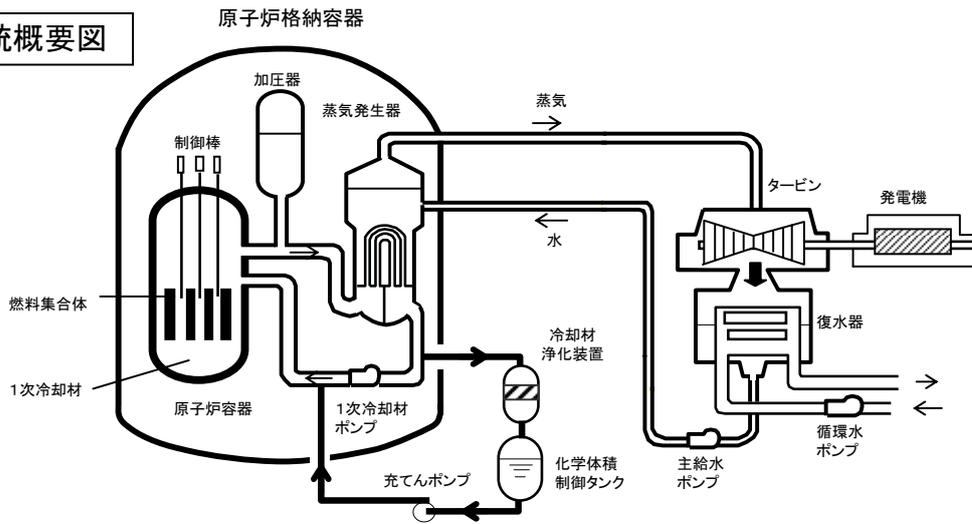
- ・漏えいが確認された燃料2体については取り出し、今後使用しない。
- ・漏えいに至った詳細な原因調査のため、当該燃料2体は、冷却後、試験研究施設へ搬出する予定である。
- ・今回漏えいした2体の燃料と同時期に製造された燃料については、上記の詳細な調査・原因が判明するまで再使用しないこととする。

なお、大飯発電所2号機は、今後、燃料装荷等必要な作業を行い、1月下旬頃に原子炉を起動する予定である。

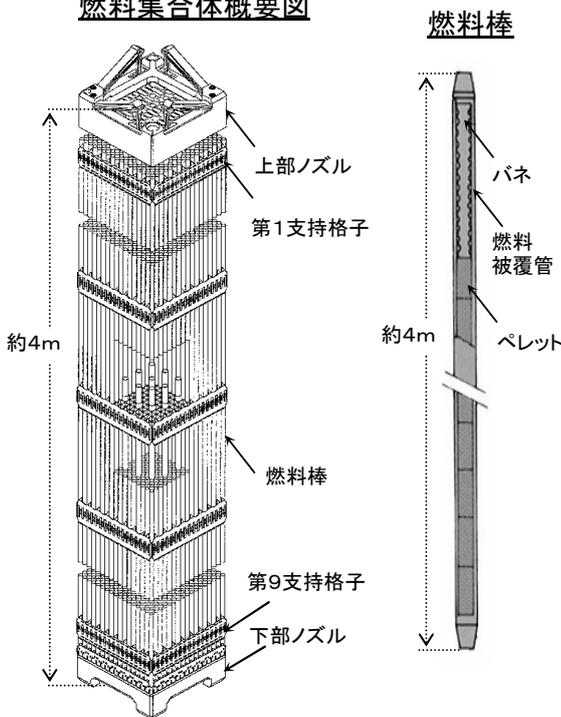
問い合わせ先(担当：久保田) 内線2352・直通0776(20)0314

大飯発電所2号機の燃料集合体漏えいに係る調査結果について(原因と対策)

系統概要図



燃料集合体概要図



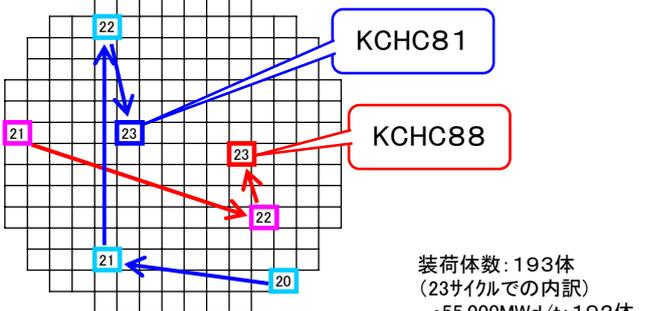
【燃料集合体の仕様】

燃料タイプ: 17×17型
 全長: 約4m
 全幅: 約20cm
 支持格子数: 9個
 燃料被覆管材質: ジルカロイ-4^{※1}または
 ジルコニウム基合金^{※2}
 燃料被覆管外径: 約10mm
 燃料被覆管肉厚: 約0.6mm
 燃料棒の本数: 264本

※1: 最高燃焼度48,000MWd/tの燃料
 ※2: 最高燃焼度55,000MWd/tの燃料

漏えい燃料集合体の装荷位置

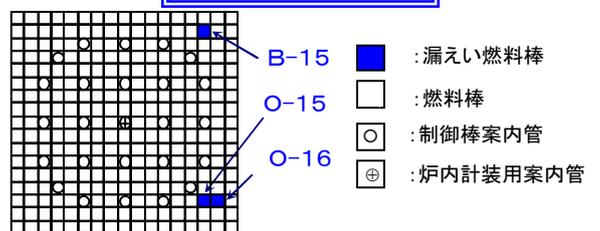
原子炉内で漏えい燃料集合体が装荷されていた位置



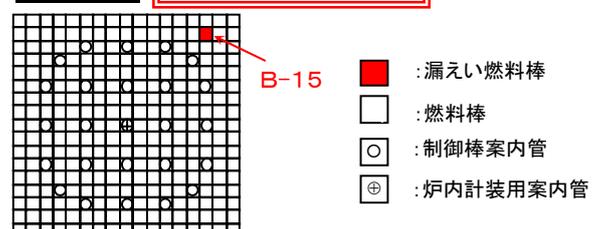
装荷体数: 193体
 (23サイクルでの内訳)
 ・55,000MWd/t: 192体
 ・48,000MWd/t: 1体

超音波による調査結果

KCHC81 漏えい燃料棒3本を確認



KCHC88 漏えい燃料棒1本を確認



漏えい燃料棒のファイバースコープによる調査結果

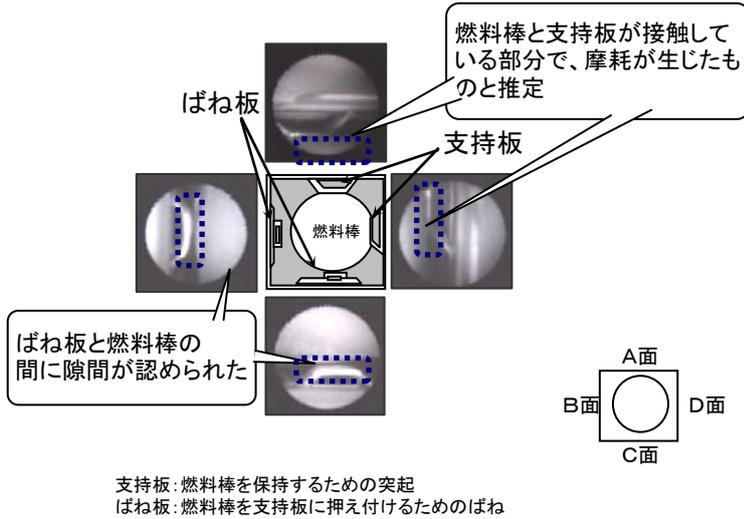
KCHC81の調査結果

3本の燃料棒には、燃料棒と支持板またはばね板との間に隙間が見られた。

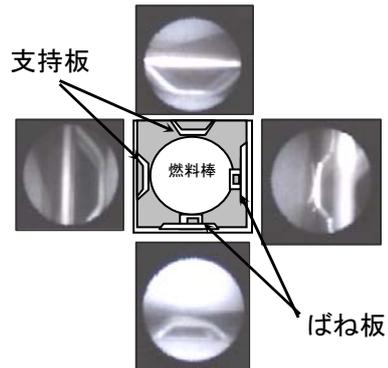
KCHC88の調査結果

明らかな隙間等は認められなかった。

燃料棒第9支持格子部の写真(0-15の例)



燃料棒第9支持格子部の写真



微小な振動による摩耗の推定メカニズム

