

資料3 - 1

平成17年3月
四国電力株式会社

伊方発電所における高燃焼度燃料（ステップ2）導入状況について

伊方発電所のステップ2燃料採用計画については、平成15年8月13日原子炉等規制法に基づく国の原子炉設置変更許可後、平成15年9月4日伊方原子力発電所環境安全管理委員会における審議を踏まえて同年9月12日に安全協定に基づく事前了解を頂いておりますが、引き続き詳細設計、施工、運転の各段階で安全確保に万全を期して進めております。ステップ2燃料の伊方発電所における導入状況は、以下のとおりです。

1. 詳細設計段階

安全協定に基づき採用計画の事前了解を頂いた後、ステップ2燃料の詳細設計を行い、電気事業法（以下、「法」という。）及び通商産業省令に定められる以下の許認可を取得した。

（1）工事計画認可

ステップ2燃料の詳細設計が、原子炉施設に係る技術基準に適合したものであることについて、法第47条に基づき国の認可を得た。

ユニット	工事計画認可申請日	工事計画認可日
伊方1号機	平成15年12月26日	平成16年4月1日
伊方2号機	平成15年12月26日	平成16年4月1日
伊方3号機	平成15年12月26日	平成16年4月16日

（2）特殊加工認可

燃料被覆材に用いる改良ジルコニウム合金について、燃料に係る技術基準に基づき、国の認可を得た。

燃料メーカー	ユニット	特殊加工認可申請日	特殊加工認可日
三菱重工業(株)	伊方1/2/3号機	平成15年10月14日	平成15年12月16日
原子燃料工業(株)	伊方1/2/3号機	平成15年10月20日	平成15年12月16日

（3）燃料体設計認可

加工段階での燃料の詳細設計が、燃料に係る技術基準に適合したものであることについて、法第51条に基づき、国の認可を得た。

燃料メーカー	ユニット	燃料体設計認可申請日	燃料体設計認可日
三菱重工業(株)	伊方1/2/3号機	平成15年10月14日	平成16年1月27日
原子燃料工業(株)	伊方1/2/3号機	平成15年10月20日	平成16年2月27日

2. 施工段階

1, 3号機については平成16年度に燃料加工、発電所への燃料輸送、炉心への燃料装荷を実施した。2号機については、平成17年より燃料加工を開始している。

(1) 燃料加工

燃料加工にあたっては、伊方発電所へ多数の納入実績を有する燃料メーカーである、三菱重工業株式会社（燃料加工は三菱原子燃料株式会社が実施）及び原子燃料工業株式会社において燃料加工を行った。

燃料メーカー等に対して品質管理を徹底させ万全を期すこととし、工程の各段階において当社立会で品質管理状況を確認した。また、法第51条に基づき、国の立会による燃料体検査を受検し、合格した。

燃料メーカー	加工開始（燃料体設計認可日）	加工終了（燃料体検査合格日）	加工体数
三菱重工業株	平成16年 1月27日	平成16年 6月18日	1号：22体 3号：26体
原子燃料工業株	平成16年 2月27日	平成16年 7月23日	1号：18体 3号：26体

(2) 燃料輸送

輸送にあたっては、作業安全等について万全を期すよう、「新燃料搬入安全対策書」を定めた上で、1, 3号機用新燃料輸送を確実に行った。

また、新燃料水切り、構内輸送等の安全管理、被ばく管理について、発電所搬入前の輸送作業関係者全体会議の場において発電所長より周知、徹底した。

燃料メーカー	輸送開始（工場発送日）	輸送終了（発電所搬入日）
三菱重工業株	平成16年 7月27日	平成16年 8月 4日
原子燃料工業株	平成16年 8月 5日	平成16年 8月 6日

(3) 燃料装荷

燃料装荷作業安全の徹底を図るため、作業前に作業要領書を定めるとともに、発電所長から訓話をを行い、万全を期して燃料装荷作業を実施した。装荷終了後は定期事業者検査（法第55条）を行うとともに、国による定期検査（法第54条）及び使用前検査（法第49条）を受検し、定められた位置に確実に燃料が装荷されていることを確認した。

ユニット	燃料装荷開始日	燃料装荷終了日	ステップ2燃料装荷体数
伊方1号機	平成17年 1月14日	平成17年 1月17日	36体
伊方3号機	平成17年 3月 7日	平成17年 3月11日	48体

3. 運転段階

1号機については平成17年2月3日に並入し、運転を開始した。

(1) 原子炉施設保安規定の改正

ステップ2燃料導入に伴い、ほう酸タンクのほう酸水量の増加、燃料取替用水タンク等のほ

う素濃度の上昇、出力分布制限値変更等、運転上の制限および管理項目が変更となるので、原子炉等規制法第37条に基づき、「伊方発電所原子炉施設保安規定」の関連項目の改正を行い、平成16年8月10日に国の認可を得た。

(2) 運転状態

1号機第22回定期検査は、平成17年2月1日に臨界を達成し、零出力において当社による定期事業者検査を行うとともに、国の定期検査及び使用前検査を受検することによって、炉心設計の妥当性について確認した。

その後、2月3日に送電を開始し、出力上昇した後、平成17年2月8日に定格熱出力一定運転を達成した。3月2日には国の使用前検査及び総合負荷検査を受検し、燃料が設計通り均一に燃焼していること等について確認した。その後、通常運転に入り、現在順調に安全・安定運転を続けている。

3号機についても同様の内容の検査を受検していく計画である。

工程	検査名称	検査内容
二項*1	燃料装荷検査	所定の位置に燃料集合体が装荷されていること及び内挿物との組み合わせを確認。
	臨界ほう素濃度測定検査	高温零出力状態で臨界ほう素濃度の設計計算の妥当性を確認。
	原子炉停止余裕検査	原子炉停止余裕が原子炉設置許可に記載の値以上あることを確認。
	減速材温度係数測定検査	減速材温度係数が負であることを確認。 (負のフィードバック特性を有すること)
一項*2	炉心性能確認検査	定格出力時の炉心出力分布及び臨界ほう素濃度が制限値以内であること及び設計計算の妥当性を確認。

*1：原子炉の臨界反応操作を開始することができる状態になった時に実施する検査

*2：工事の計画に係るすべての工事が完了した時に実施する検査

4.まとめ

以上のとおり、ステップ2燃料導入にあたっては、設計から運転までの各段階にわたって安全かつ確実に実施し、1号機は順調に安全・安定運転中である。引き続き、3号機、2号機においても着実に導入を行う計画である。

今後、ステップ2燃料に順次置き換えていくことにより、使用済燃料の年間発生量はこれまでの約100体から約80体に低減する見込みである。

以上

品質管理の徹底について

ステップ2燃料の加工に先立ち、当社トップが燃料加工工場を視察して品質管理に万全を期すよう要請するなど、当社組織を挙げて品質管理の徹底に取り組んでいる。

燃料加工にあたっては、以下に示すとおり加工開始前にメーカー監査を実施するとともに、加工の各段階において立会を実施し、品質管理状況の確認を行っている。

(1) 燃料メーカー監査

燃料加工開始に先立ち燃料成型加工メーカー及び被覆管メーカーに対して、また1号機の炉心設計にあたって取替炉心設計メーカーに対して品質監査を実施し、書類審査、現場確認により、各社の品質保証システムの確立状況とステップ2燃料への対応状況について、良好に実施されていることを確認した。

燃料メーカー	監査実施日	主要監査対象
三菱重工業(株)	平成16年 1月30日	燃料設計
	平成16年 9月29日	取替炉心設計
三菱原子燃料(株)	平成16年 1月21, 22日	燃料加工
三菱マテリアル(株)桶川製作所	平成15年12月 9, 10日	改良被覆管
原子燃料工業(株)熊取事業所	平成16年 2月25, 26日	燃料設計、燃料加工
(株)ジルコプロダクツ長府製造所	平成15年10月15, 16日	改良被覆管

(2) 燃料加工立会

当社の品質要求を燃料加工メーカーに遵守させるとともに、製品の品質状況について立会により確認している。特に、今回のステップ2燃料の燃料加工においては、改良被覆管、高密度ペレットの採用など、従来型ステップ1燃料から設計仕様変更を行った部材について、通常の試験検査項目、内容等に加え、記録確認項目の追加や、抜取検査頻度の増加等、試験検査の強化を行った。

	仕様変更箇所	検査強化(主要内容)
被覆管	材質	<ul style="list-style-type: none"> ・新規項目追加(素管受入検査記録) ・頻度増
ペレット	濃縮度、初期密度等	<ul style="list-style-type: none"> ・新規項目追加(工程確認) ・頻度増
燃料棒	全長、He加圧量	<ul style="list-style-type: none"> ・新規項目追加(溶接施工試験記録確認) ・頻度増
燃料集合体	下部ギャップ等	<ul style="list-style-type: none"> ・新規項目追加(17×17型燃料工程確認)

その結果、すべての試験・検査項目について判定基準を満足しており、従来のステップ1燃料と同等、十分な品質レベルが確保されており、品質管理の徹底がなされていることを確認した。

以上

ステップ 2 燃料採用に併せて変更する発電所設備

設備	概 要	工事終了時期		
		1号機	2号機	3号機
制御棒	制御能力を確保するため、1、2号機については、制御棒予備設備を活用し停止用制御棒4体をそれぞれ取り付ける。	第22回定検 (平成17年3月)	第18回定検 (平成18年2月) 予定	-
原子炉容器 内部構造物	ステップ2燃料採用に伴う制御棒予備設備の活用対応として、案内管の数を4体増やし、予防保全の観点から最新技術を導入している3号機と同型式の原子炉容器内部構造物に取替える。	第22回定検 (平成17年3月)	第18回定検 (平成18年2月) 予定	-
ほう酸水	制御能力を確保するため、事故時に必要な燃料取替用水タンク等のほう酸水の濃度を1、2号機は3,000ppm以上、3号機は3,400ppm以上に予め高めておく。	第22回定検 (平成17年3月)	第18回定検 (平成18年2月) 予定	第8回定検 (平成17年4月) 予定
ほう酸濃縮 液タンクの 設置	定期検査時には、1次冷却水中のほう酸水の濃度を燃料取替用水タンクのほう酸水と同じ濃度まで高めたうえで燃料取替作業を行っており、追加製造したほう酸水は、燃料取替後には余剰となっている。 ステップ2燃料の採用に伴い、燃料取替用水タンクのほう酸水の濃度を高めることから、追加製造するほう酸水の量が増え、また、余剰となるほう酸水が増える。 このほう酸水を貯蔵し効率的に運用するため、ほう酸濃縮液タンクを1、2号機共用で1基、3号機で1基追加する。	第22回定検 (平成17年3月)	第18回定検 (平成18年2月) 予定 (配管工事)	第8回定検 (平成17年4月) 予定

高燃焼度燃料（ステップ2）の概要について

1. 採用理由

高燃焼度燃料は、燃料中の燃えるウラン（U235）の割合である濃縮度を高めて、原子炉内でより長く使用（燃焼）できるようにした燃料である。

我が国の原子力発電所では、使用済燃料発生量の低減等を目的として、段階的にその開発を進め採用してきている。

（1）開発の経緯

加圧水型原子炉（PWR）では、燃料の高燃焼度化の第1ステップとして、ウラン濃縮度を3.4wt%から4.1wt%に高め48,000MWd/tの燃焼度まで使用できるようにした燃料（ステップ1燃料）を伊方発電所を含めすべての発電所で採用しており、これまで良好な実績をあげている。

第2ステップとして、ウラン濃縮度を4.8wt%とし55,000MWd/tの燃焼度まで長く使用できる燃料（ステップ2燃料）の開発を昭和60年度からPWR共同で進めてきた結果、現在実用段階となったものである。なお、燃焼度制限48,000MWd/tを超える高燃焼度燃料については、既に欧米やアジアの海外PWRで多数の使用実績を有している。

（2）伊方発電所の採用効果

ステップ1燃料は平均約3年間原子炉内で使用していたのに対し、ステップ2燃料を採用すれば約4年間使用できることになり、燃料の使用数が減って、使用済燃料発生量を約2割低減できることになる。この結果、発電所の使用済燃料の平均的な年間発生量（1,2,3号機合計）は、現在の約100体から約80体に低減される見通しである。

2. ステップ2燃料の仕様変更内容

		ステップ1燃料	ステップ2燃料
ペレット	ウランペレット ウラン濃縮度 ウラン密度	約4.1wt% 約95%理論密度	約4.8wt%以下 約97%理論密度
	ガドリニア入りウランペレット ウラン濃縮度 ウラン密度 ガドリニア濃度	約2.6wt% 約95%理論密度 約6wt%	約3.2wt%以下 約96%理論密度 約10wt%以下
被覆管	材料	ジルコニウム合金	改良ジルコニウム合金
燃料集合体	支持格子 (1,2号) (3号)	インコネル インコネル	同左 インコネル及びジルコニウム合金
	燃料棒数 (1,2号)	[通常] ウラン燃料棒 : 179本 [ガドリニア入り] ウラン燃料棒 : 167本 ガドリニア燃料棒 : 12本	同左 163又は167本 16又は12本
	(3号)	[通常] ウラン燃料棒 : 264本 [ガドリニア入り] ウラン燃料棒 : 248本 ガドリニア燃料棒 : 16本	同左 240又は248本 24又は16本
	燃焼度制限値	48,000MWd/t	55,000MWd/t