

申請料は2001年 7 月 9 日付けで
登録区分変更する。 [技術展開部技術協力課]

新型転換炉ふげん発電所

原子炉設置変更許可申請書

(新型転換炉原型炉施設の変更)

本 文
添 付 書 類

昭和60年3月

動力炉・核燃料開発事業団

この資料は動燃事業団の開発業務を進めるため、限られた関係者だけに配布するものです。したがってその取扱いには充分注意を払って下さい。なお、この資料の供覧、複製、転載、引用等には事業団の承認が必要です。

59動燃(新型)059

昭和60年 3月26日

内閣総理大臣

中曾根 康 弘 殿

東京都港区赤坂1丁目9番13号

動力炉・核燃料開発事業団

理事長 吉 田 登

新型転換炉ふげん発電所原子炉設置変更許可申請書
(新型転換炉原型炉施設の変更)

核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第26条1項の規定に基づき、下記のとおり原子炉施設変更の許可を申請します。

記

1. 名称及び住所並びに代表者の氏名

名 称 : 動力炉・核燃料開発事業団
住 所 : 東京都港区赤坂1丁目9番13号
代表者の氏名 : 理事長 吉 田 登

2. 変更に係る工場又は事業所の名称及び所在地

名 称 : 動力炉・核燃料開発事業団
 新型転換炉ふげん発電所
所 在 地 : 福井県敦賀市明神町3番地

3. 変更の内容

昭和45年11月30日付け45原第7659号をもって設置許可を受け、別紙1のとおり設置変更許可を受けた新型転換炉ふげん発電所の原子炉設置許可申請書の記載事項中、次の事項の記述の一部を別紙2のとおり変更する。

5. 原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備

4. 変更の理由

高性能燃料開発の一環として実施する性能確認試験に必要な燃焼度を得るため、照射用セグメント燃料集合体を装荷する。

5. 工事計画

当該変更に伴う工事の計画は、別紙3のとおりである。

別紙 1

原子炉設置変更許可の経緯

設 置 変 更 許 可 の 経 緯

許可年月日	許 可 番 号	備 考
昭和47年2月28日	47 原 第1731号	一次系ループ数の変更及びプルトニウム富化燃料の使用
昭和49年8月31日	49 原 第7136号	活性炭式希ガスホールドアップ装置の設置及びプルトニウム富化燃料の種類の変更
昭和51年8月20日	51安(原規)第 25号	燃料集合体, 新燃料貯蔵設備及び固体廃棄物貯蔵庫の変更
昭和54年9月28日	54安(原規)第 109号	使用済燃料貯蔵設備の変更
昭和55年7月7日	55安(原規)第 88号	燃料の濃縮度またはフィッサイル量の変更
昭和57年5月24日	57安(原規)第 7号	敷地境界の一部変更
昭和58年5月20日	58安(原規)第 46号	固体廃棄物貯蔵庫の増設
昭和59年3月17日	59安(原規)第 28号	照射用36本燃料集合体の装荷

別紙 2

変 更 の 内 容

5. 原子炉及びその附属施設的位置，構造及び設備

ハ、原子炉本体の構造及び設備 の (イ) 炉心 及び (ロ) 燃料体 の記述を別添 1 の
とおり変更する。

5. 原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備

ハ. 原子炉本体の構造及び設備

炉心部は燃料，圧力管，カランドリア管，重水及び制御材からなり，円筒型のカランドリアタンクに全体が収容された形状とする。

(1) 炉 心

(1) 構 造

a. 構 造

炉心は，多数の圧力管，カランドリア管，燃料集合体及び制御棒を整形円柱状に配列した構造とする。圧力管は燃料集合体を内蔵し，カランドリア管に収容する。

制御棒は，4本のカランドリア管によって囲まれた配置とする。

各圧力管が冷却材の流路を形成し，冷却材は入口管から圧力管下部延長部を経て上方向に流れ，圧力管上部延長部から上昇管を通り蒸気ドラムに入る。

b. 主要寸法

炉 心 等 価 直 径 約 4.0 m

炉 心 有 効 高 さ 約 3.7 m

c. 取替燃料

取替燃料は，初装荷燃料と同一仕様の標準燃料集合体及び特殊燃料集合体（以下「タイプA燃料集合体」という。），タイプA燃料集合体と同一の構造設計で濃縮度または核分裂物質量がタイプA燃料集合体より若干高い標準燃料集合体及び特殊燃料集合体（以下「タイプB燃料集合体」という。），照射用36本燃料集合体並びに照射用セグメント燃料集合体とする。

なお，タイプA燃料集合体で全炉心を構成する取替炉心を「取替炉心A」，タイプB燃料集合体を含む取替炉心を「取替炉心B」という。

照射用36本燃料集合体は最高燃焼度を伸長した燃料の性能を確認するためのもので，照射用セグメント燃料集合体は高性能燃料開発の一環として実施する性能確認試験に必要な燃焼度を得るためのものであり，それぞれ取替炉心Bに装荷する。

(2) 燃料体の最大そう入量

燃料集合体の個数	224 体
標準燃料集合体，照射用36本燃料集合体及び照射用 セグメント燃料集合体の合計	220 体
〔ただし，照射用36本燃料集合体は最大4体， 照射用セグメント燃料集合体は最大2体とする。〕	
特殊燃料集合体	4 体
初装荷炉心核分裂物質質量	約 0.5 t
〔 ^{235}U 約 0.4 t $^{239}\text{Pu} + ^{241}\text{Pu}$ 約 0.1 t〕	
取替炉心 A 核分裂物質質量	約 0.4 t
〔 ^{235}U 約 0.1~0.3 t $^{239}\text{Pu} + ^{241}\text{Pu}$ 約 0.1~0.3 t〕	
取替炉心 B 核分裂物質質量	約 0.5 t
〔 ^{235}U 約 0.1~0.4 t $^{239}\text{Pu} + ^{241}\text{Pu}$ 約 0.1~0.4 t〕	

(3) 主要な核的制限値

a. 最大過剰反応度

初装荷炉心	約 0.25 $\Delta k/k$
取替炉心 A	約 0.11 $\Delta k/k$
取替炉心 B	約 0.16 $\Delta k/k$

b. 炉心ボイド率 約 37% (定格出力時)

(4) 主要な熱的制限値

- a. 最小限界熱流束比 1.0 ただし，設計目標値は約 1.9 (定常時)
- b. 燃料最高温度 2,790℃ ただし，設計目標値は約 2,400℃ (定常時)

(c) 燃料体

(1) 燃料材の種類

① 標準燃料集合体

a. 濃縮ウラン燃料集合体

燃料材の種類	二酸化ウラン焼結ペレット
タイプA燃料集合体濃縮度	約 1.5 wt%
タイプB燃料集合体濃縮度	約 1.9 wt%
ペレットの初期密度	理論密度の約95%

b. ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料集合体

燃料材の種類	ウラン・プルトニウム混合酸化物焼結ペレット
--------	-----------------------

タイプA燃料集合体核分裂物質質量

外層	約 1.3 wt%
中間層及び内層	約 1.5 wt%
平均	約 1.4 wt%
各層のウラン濃縮度	天然ウラン

タイプB燃料集合体核分裂物質質量

外層	約 1.8 wt%
中間層及び内層	約 2.3 wt%
平均	約 2.0 wt%
各層のウラン濃縮度	約 0.7~1.4 wt%

プルトニウム組成比 原子炉級

ペレットの初期密度 理論密度の約95%

② 特殊燃料集合体

燃料材の種類	二酸化ウラン焼結ペレット
--------	--------------

タイプA燃料集合体濃縮度

外層	約 1.5 wt%
内層	約 2.5 wt%
平均	約 1.8 wt%

タイプB燃料集合体濃縮度

外層	約 1.9 wt%
内層	約 3.2 wt%
平均	約 2.3 wt%
ペレットの初期密度	理論密度の約95%

③ 照射用36本燃料集合体

燃料材の種類	ウラン・プルトニウム混合 酸化物焼結ペレット
燃料集合体核分裂物質質量	
外層	約 1.7 wt%
中間層及び内層	約 3.2 wt%
平均	約 2.4 wt%
各層のウラン濃縮度	約 0.7~1.4 wt%
プルトニウム組成比	原子炉級
ペレットの初期密度	理論密度の約95%

④ 照射用セグメント燃料集合体

燃料材の種類	ウラン・プルトニウム混合 酸化物焼結ペレット
燃料集合体核分裂物質質量	
外層	約 2.2 wt%
中間層及び内層	約 3.7 wt%
平均	約 3.0 wt%
各層のウラン濃縮度	約 0.7~1.4 wt%
プルトニウム組成比	原子炉級
ペレットの初期密度	理論密度の約95%

(2) 被覆材の種類

- | | |
|-----------------|-----------------------------|
| ① 標準燃料集合体 | ジルカロイ-2 |
| ② 特殊燃料集合体 | ジルカロイ-2 |
| ③ 照射用36本燃料集合体 | ジルカロイ-2 |
| ④ 照射用セグメント燃料集合体 | ジルカロイ-2及びジルコニウム・ライナ付ジルカロイ-2 |

(3) 燃料要素の構造

① 標準燃料集合体

a. 構造

燃料要素（燃料棒）は、円筒形被覆管に濃縮ウラン焼結ペレットまたはウラン・プルトニウム混合酸化物焼結ペレットをそう入し、両端を密封した構造とする。

b. 主要寸法

燃料棒外径	約 16 mm
燃料棒有効長さ	約 3.7 m
被覆材厚さ	約 0.9 mm

② 特殊燃料集合体

a. 構造

燃料棒は、円筒形被覆管に濃縮ウラン焼結ペレットをそう入し、両端を密封した構造とする。

b. 主要寸法

燃料棒外径	外層	約 15 mm
	内層	約 10 mm
燃料棒有効長さ	外層	約 3.5 m
	内層	約 3.5 m
被覆材厚さ	外層	約 0.8 mm
	内層	約 0.6 mm

③ 照射用36本燃料集合体

a. 構造

燃料棒は、円筒形被覆管にウラン・プルトニウム混合酸化物焼結ペレットをそう入し、両端を密封した構造とする。

b. 主要寸法

燃料棒外径	約 14.5 mm
燃料棒有効長さ	約 3.6 m
被覆材厚さ	約 0.9 mm

④ 照射用セグメント燃料集合体

a. 構造

燃料棒は、照射用36本燃料集合体の燃料棒と同一長さの燃料棒（以下「長尺燃料棒」という。）と、6本の独立したセグメント（以下「短尺燃料棒」という。）を軸方向に連結し、長尺燃料棒と同一長さにしたセグメント燃料棒の2種類とする。それぞれの燃料棒は、円筒形被覆管にウラン・プルトニウム混合酸化物焼結ペレットをそう入し、両端を密封した構造とする。

b. 主要寸法

燃料棒外径	約 14.5 mm
燃料棒有効長さ	約 3.6 m
被覆材厚さ	約 0.9 mm

(4) 燃料集合体の構造

① 標準燃料集合体

a. 構造

標準燃料集合体は、燃料棒28本をクラスタ状にまとめ、これを上下端のタイプレート及び軸方向に配置した12個の析出硬化型ニッケル基合金（インコネル 718）製スペーサによって支持した構造とする。標準燃料集合体は、それぞれの圧力管にそう入し支持する。

燃料集合体形式	三層同心円状のクラスタ形
燃料集合体当たりの燃料棒の本数	28 本

b. 主要寸法

外 径	約 112 mm
全 長	約 4.4 m

② 特殊燃料集合体

a. 構 造

特殊燃料集合体は、燃料棒36本をクラスタ状にまとめ、これを上下端のタイププレート及び軸方向に配置した12個の析出硬化型ニッケル基合金（インコネル 718）製スペーサによって支持した構造とする。特殊燃料集合体は、それぞれの圧力管にそう入し支持する。

特殊燃料集合体の中心部には案内管を設け、その中に圧力管の監視試験片を組み込んだキャプセルをそう入する。

燃料集合体形式	二層同心円状のクラスタ形
燃料集合体当たりの燃料棒の本数	36 本

b. 主要寸法

外 径	約 112 mm
全 長	約 4.4 m

③ 照射用36本燃料集合体

a. 構 造

照射用36本燃料集合体は、燃料棒36本をクラスタ状にまとめ、これを上下端のタイププレート及び軸方向に配置した12個の析出硬化型ニッケル基合金（インコネル 718）製スペーサによって支持した構造とする。照射用36本燃料集合体は、それぞれの圧力管にそう入し支持する。

燃料集合体形式	三層同心円状のクラスタ形
燃料集合体当たりの燃料棒の本数	36 本

b. 主要寸法

外 径	約 112 mm
全 長	約 4.4 m

④ 照射用セグメント燃料集合体

a. 構造

照射用セグメント燃料集合体は、照射用36本燃料集合体とほぼ同一構造とする。照射用セグメント燃料集合体は、長尺燃料棒30本及びセグメント燃料棒6本の合計36本をクラスタ状にまとめ、これを上下端のタイププレート及び軸方向に配置した12個の析出硬化型ニッケル基合金（インコネル 718）製スペーサによって支持した構造とする。照射用セグメント燃料集合体は、それぞれの圧力管にそう入し支持する。

燃料集合体形式 三層同心円状のクラスタ形

燃料集合体当たりの燃料棒の本数 36本

b. 主要寸法

外径 約 112 mm

全長 約 4.4 m

(5) 最高燃焼度

① 標準燃料集合体

a. 濃縮ウラン燃料集合体

タイプA燃料集合体 約 30,000 MWd/t

タイプB燃料集合体 約 30,000 MWd/t

b. ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料集合体

タイプA燃料集合体 約 20,000 MWd/t

タイプB燃料集合体 約 20,000 MWd/t

② 特殊燃料集合体

タイプA燃料集合体 約 30,000 MWd/t

タイプB燃料集合体 約 30,000 MWd/t

③ 照射用36本燃料集合体 約 35,000 MWd/t

④ 照射用セグメント燃料集合体 約 30,000 MWd/t

別紙 3

工 事 計 画

工 事 計 画

項目	昭和(年)												60												61												62												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
燃料製造工程																																																	
ペレット製造																																																	
燃料部材製造																																																	
燃料集合体組立																																																	
輸送																																																	
装荷																																																	
備考																																																	
運転計画																																																	
照射																																																	

申請書添付参考図面

下記のとおり申請書添付参考図面を変更及び追加する。

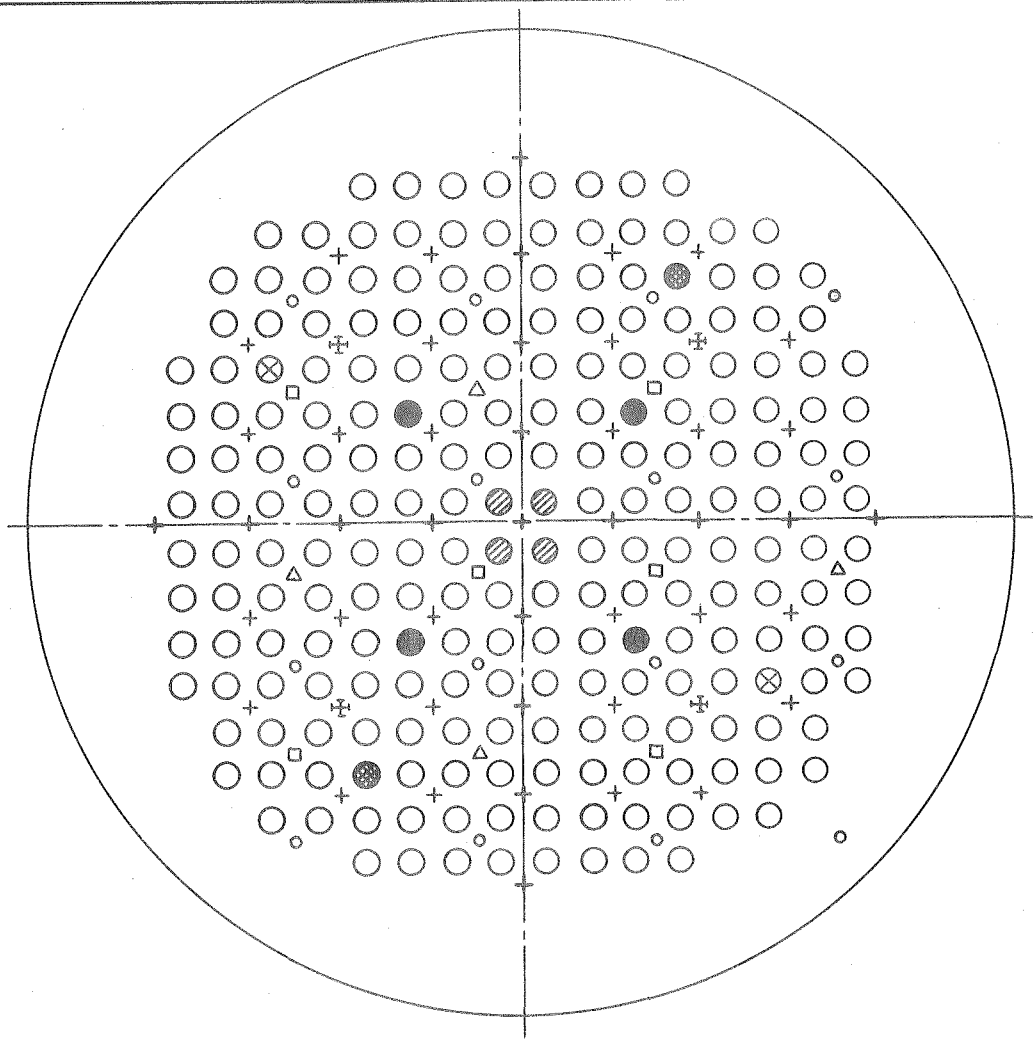
参考図面一覧表 を添付1のとおり変更する。

第9図 炉心配置図 を添付2のとおり変更する。

第10-3図 照射用36本燃料集合体構造図 の次に、添付3のとおり 第10-4図
照射用セグメント燃料集合体構造図 を追加する。

参考図面一覧表

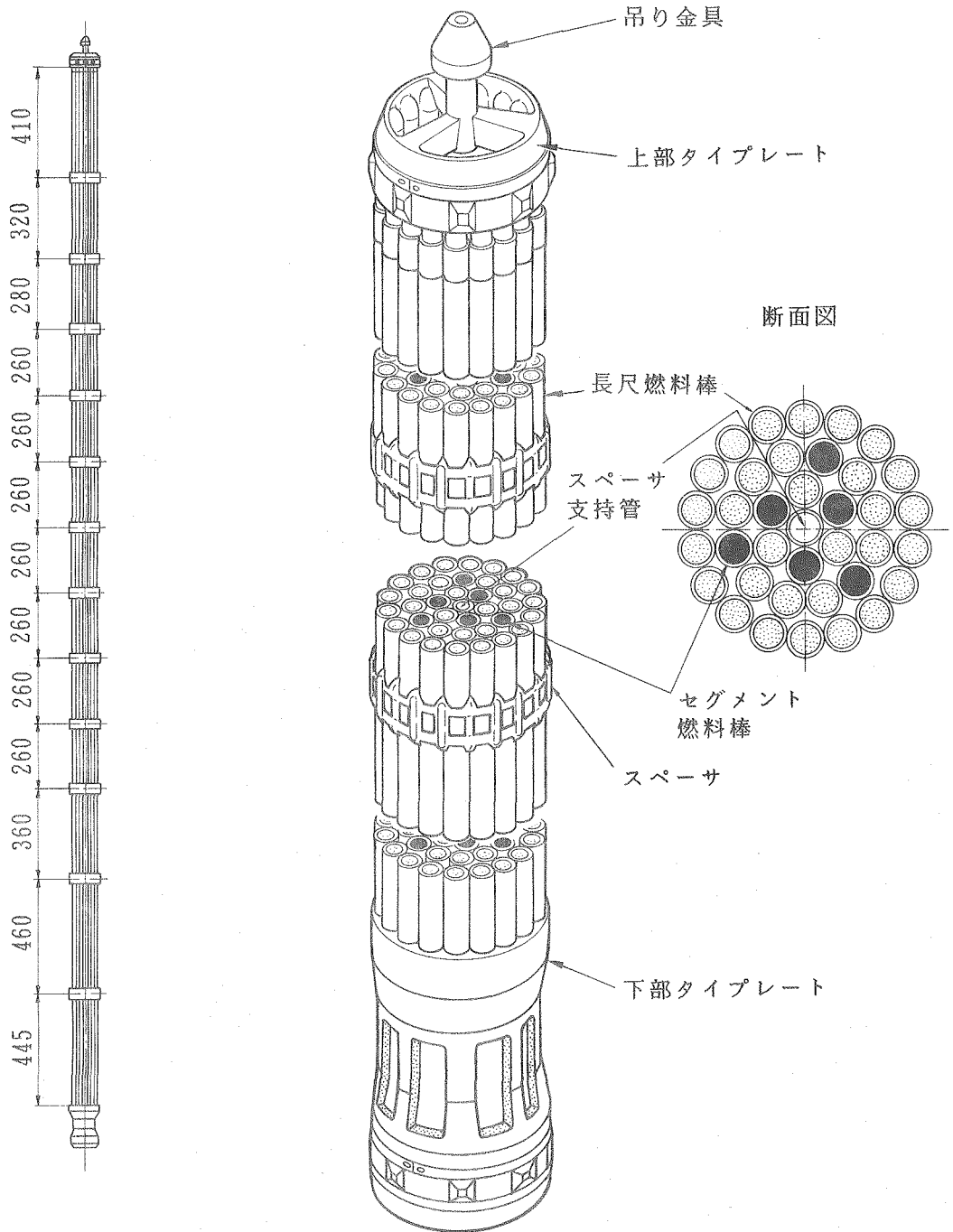
第 1 図	敷地付近の地図
第 2 図	全体配置図
第 3 図	主要建屋平面図（地下 2 階）
第 4 図	主要建屋平面図（地上 1 階）
第 5 図	主要建屋断面図（その 1）
第 6 図	主要建屋断面図（その 2）
第 7 図	原子炉本体構造図
第 8 図	圧力管構造図
第 9 図	炉心配置図
第 10 - 1 図	標準燃料集合体構造図
第 10 - 2 図	特殊燃料集合体構造図
第 10 - 3 図	照射用 36 本燃料集合体構造図
第 10 - 4 図	照射用セグメント燃料集合体構造図
第 11 図	主要冷却系統図
第 12 図	原子炉制御系統図
第 13 図	安全保護回路の概要図
第 14 図	制御棒構造図
第 15 図	制御棒駆動装置構造図
第 16 図	気体廃棄物処理系統図
第 17 図	液体廃棄物処理系統図
第 18 図	格納容器空気再循環系およびアニュラス排気系統図
第 19 図	非常用炉心冷却系統図



記号	名称	員数	記号	名称	員数
○	標準燃料集合体	214	⊕	出力調整用制御棒	4
●	特殊燃料集合体	4	○	出力系検出器	16×4
⊘	照射用36本燃料集合体	4	□	中間出力系検出器	6
⊗又は⊗	照射用セグメント 燃料集合体	注) 2	△	起動系検出器	4
+	制御棒	45			

注) 照射が終了して取出した後には標準燃料集合体を装荷する。

第 9 図
炉 心 配 置 図



燃料集合体

単位 mm

第 10 - 4 図

照射用セグメント燃料集合体構造図

添 付 書 類

今回の変更に係る新型転換炉ふげん発電所原子炉設置変更許可申請書（新型転換炉原型炉施設の変更）の添付書類は、以下のとおりである。

添付書類 1 変更後における原子炉の使用の目的に関する説明書

昭和59年3月17日付け59安（原規）第28号をもって設置変更許可を受けた新型転換炉ふげん発電所原子炉設置変更許可申請書（新型転換炉原型炉施設の変更）の添付書類1の記載内容と同じ。

添付書類 2 変更後における原子炉の熱出力に関する説明書

昭和59年3月17日付け59安（原規）第28号をもって設置変更許可を受けた新型転換炉ふげん発電所原子炉設置変更許可申請書（新型転換炉原型炉施設の変更）の添付書類2の記載内容と同じ。

添付書類 3 変更の工事に要する資金の額及び調達計画を記載した書類

別添1に示すとおり。

添付書類 4 変更に係る原子炉の運転に要する核燃料物質の取得計画を記載した書類

昭和59年3月17日付け59安（原規）第28号をもって設置変更許可を受けた新型転換炉ふげん発電所原子炉設置変更許可申請書（新型転換炉原型炉施設の変更）の添付書類4の記載内容と同じ。

添付書類 5 変更に係る原子炉施設の設置及び運転に関する技術的能力に関する説明書

別添2に示すとおり。

添付書類 6 変更に係る原子炉施設の場所に関する気象，地盤，水理，地震，社会環境等の状況に関する説明書

昭和59年3月17日付け59安（原規）第28号をもって設置変更許可を受けた新型転換炉ふげん発電所原子炉設置変更許可申請書（新型転換炉原型炉施設の変更）の添付書類6の記載内容と同じ。

添付書類7 変更に係る原子炉又はその主要な附属施設の設置の地点から二十キロメートル以内の地域を含む縮尺二十万分の一の地図及び五キロメートル以内の地域を含む縮尺五万分の一の地図

別添3に示すとおり。

添付書類8 変更後における原子炉施設の安全設計に関する説明書

別添4に示す以外は、昭和59年3月17日付け59安（原規）第28号をもって設置変更許可を受けた新型転換炉ふげん発電所原子炉設置変更許可申請書（新型転換炉原型炉施設の変更）の添付書類8の記載内容と同じ。

添付書類9 変更後における核燃料物質及び核燃料物質によって汚染された物による放射線の被曝管理並びに放射性廃棄物の廃棄に関する説明書

昭和59年3月17日付け59安（原規）第28号をもって設置変更許可を受けた新型転換炉ふげん発電所原子炉設置変更許可申請書（新型転換炉原型炉施設の変更）の添付書類9の記載内容と同じ。

添付書類10 変更後における原子炉の操作上の過失、機械又は装置の故障、地震、火災等があった場合に発生すると想定される原子炉の事故の種類、程度、影響等に関する説明書

昭和59年3月17日付け59安（原規）第28号をもって設置変更許可を受けた新型転換炉ふげん発電所原子炉設置変更許可申請書（新型転換炉原型炉施設の変更）の添付書類10の記載内容と同じ。

別添 1

添 付 書 類 3

変更の工事に要する資金の額及び調達計画を記載した書類

今回申請の変更の工事に要する資金の額及び調達計画は、次のとおりである。

1. 変更の工事に要する資金の額

約 170百万円

2. 変更の工事に要する資金の調達計画

本工事に要する資金は、動力炉・核燃料開発事業団法に基づく政府出資金により調達する計画である。

別添 2

添 付 書 類 5

変更に係る原子炉施設の設置及び運転に関する
技術的能力に関する説明書

1. 概 要

新型転換炉ふげん発電所（電気出力 165 M W）は、昭和45年11月30日に原子炉設置許可を受け、昭和54年3月20日より本格運転を開始し、今日まで順調な運転を続けてきた。

本変更は、高性能燃料の開発の一環として実施する性能確認試験に必要な燃焼度を得るため、照射用セグメント燃料集合体を装荷するものであるが、その設計、製造及び運転管理に当たって、当事業団は、新型転換炉ふげん発電所における初装荷燃料及び取替燃料の使用実績並びに照射用36本燃料集合体の製造実績を有しており、十分な技術的能力を有している。

2. 組 織

本変更に係る当事業団の関係組織系統図を第5-1図に示す。

本変更に係る照射用セグメント燃料集合体の構造設計、安全設計及び炉心設計のとりまとめについては新型転換炉開発本部が、製造については核燃料部及び東海事業所プルトニウム燃料部が、運転管理については新型転換炉ふげん発電所が担当する。

3. 運転管理及び養成

当該燃料を装荷した原子炉の運転管理は、本原子炉の運転管理の経験者及び十分な教育訓練を受けた者が行う。

また、原子炉の運転を行う者に対しては、本原子炉の運転等の実務、BWR運転訓練センター及び日本原子力研究所等の外部研修等による教育訓練を行う。

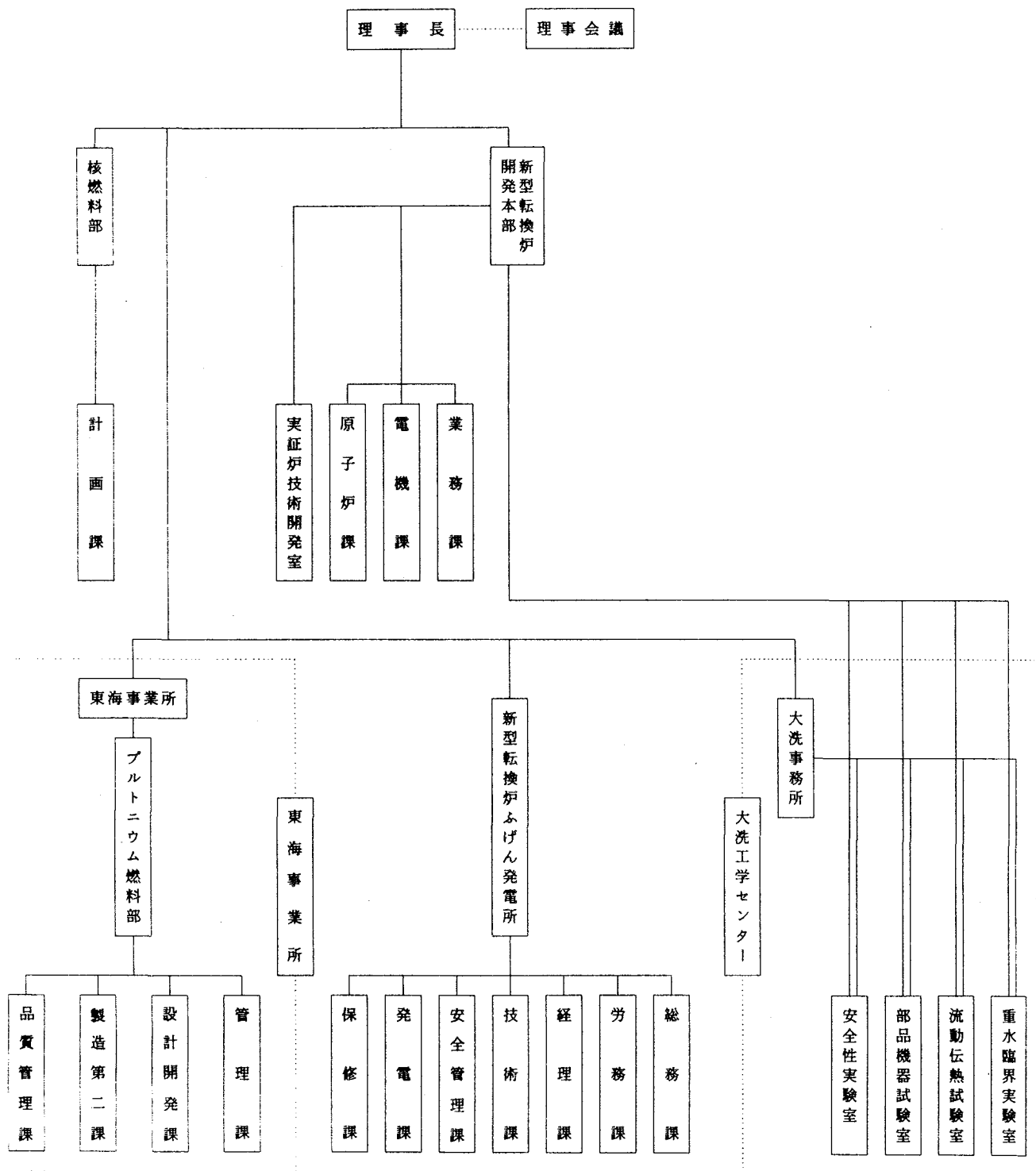
4. 技術者の現状

本変更に係る当事業団における資格取得者は、昭和60年3月1日現在において次のとおりである。

原子炉主任技術者	20名
核燃料取扱主任者	22名
第1種放射線取扱主任者	43名

第5-1図 本変更に係る当事業団の関係組織系統図

(昭和60年3月1日現在)



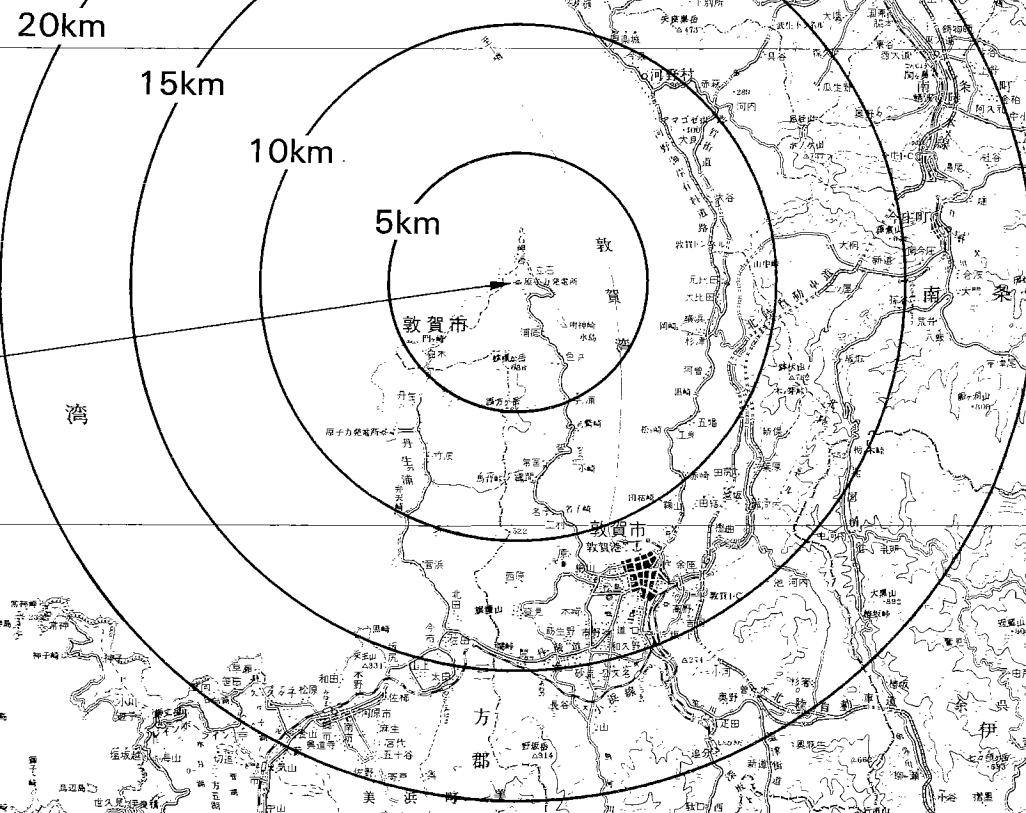
添 付 書 類 7

変更に係る原子炉又はその主要な附属施設の設置の地点から二十キロメートル以内の地域を含む縮尺二十万分の一の地図及び五キロメートル以内の地域を含む縮尺五万分の一の地図

「この地図は、建設省国土地理院長の承認を得て、
同院発行の20万分の1地勢図を複製したものである。
(承認番号)昭60北複、第76号」

新型転換炉ふげん発電所

若狭湾

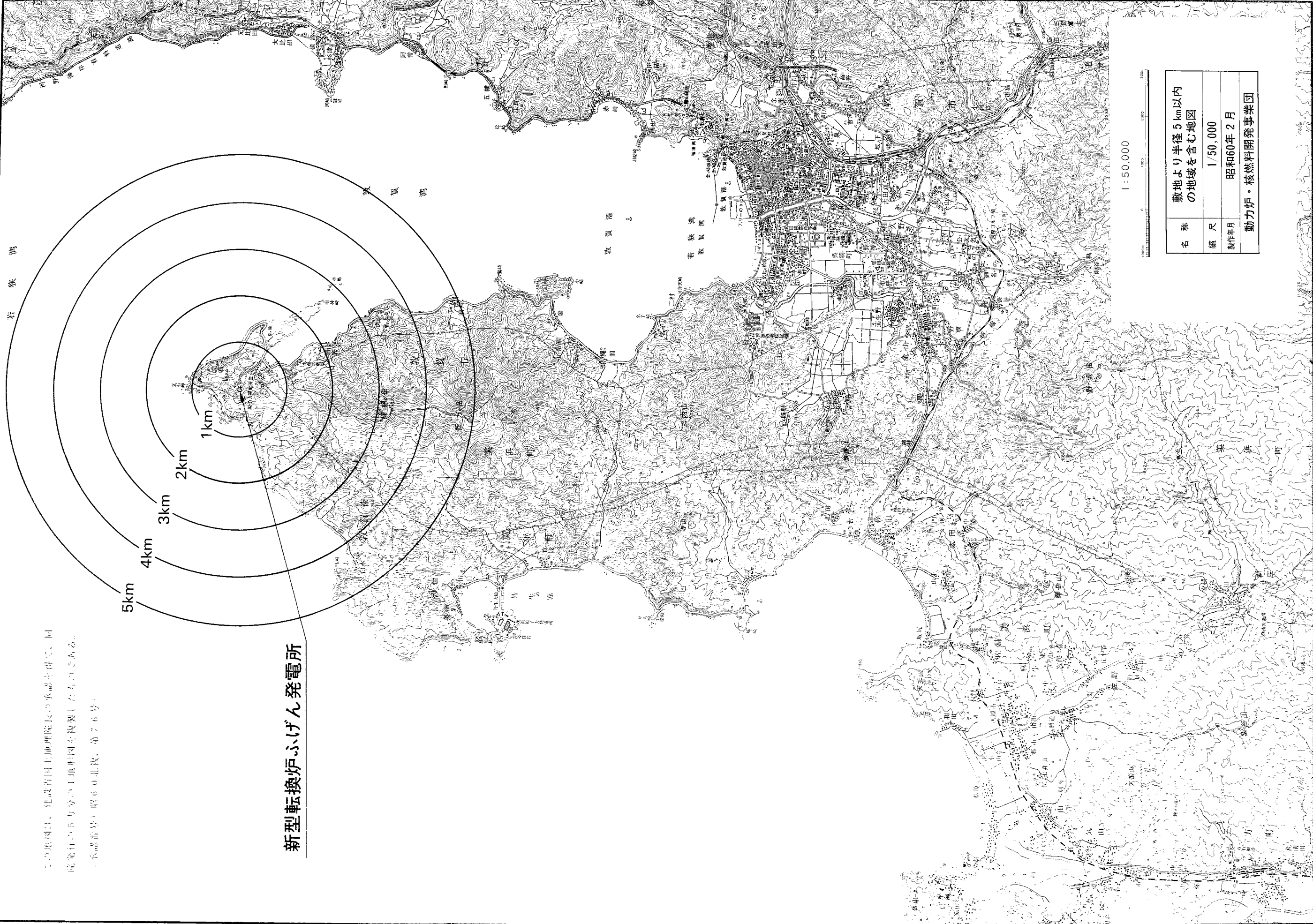


1:200,000

名称	敦地より半径20km以内の地域を含む地図
縮尺	1:200,000
製作年月	昭和60年2月
動力炉・核燃料開発事業団	

この地図は、建設省国土地理院長の承認を得て、同
院発行の5万分の1地形図を複製したものである。
承認番号：昭60北設、第76号。

新型転換炉ふげん発電所



1 : 50,000

名称	敷地より半径 5 km以内 の地域を含む地図		
縮尺	1/50,000		
製作年月	昭和60年 2月		
	動力炉・核燃料開発事業団		

添 付 書 類 8

変更後における原子炉施設の安全設計に関する説明書

別添 4

昭和59年3月17日付け59安(原規)第28号をもって設置変更許可を受けた新型転換炉ふげん発電所原子炉設置変更許可申請書(新型転換炉原型炉施設の変更)の添付書類8の記述の変更箇所は、次のとおりである。

1. 「3. 原子炉及び炉心」の「3.1 概要」, 「3.2 炉心」及び「3.3 燃料」の記述を添付1のとおり変更する。
2. 「15. 核熱設計及び動特性」の「15.4 特殊燃料集合体装荷炉心における健全性」の次に、添付2のとおり「15.5 照射用セグメント燃料集合体の装荷炉心」を追加する。
3. 第3.2-1図 を添付3のとおり変更する。
4. 第3.3-4図 の次に、添付4のとおり 第3.3-5図 を追加する。

3. 原子炉及び炉心

3.1 概 要

3.1.1 主要構造

原子炉は、第3.1-1図及び第3.1-2図に示すように、カランドリア（カランドリアタンク、カランドリア管及び制御棒等の案内管より構成する。）及びその内部に配置した燃料集合体を含む圧力管集合体、制御棒装置、鉄水しゃへい体、付属配管等により構成する。

炉心部は、224本の燃料集合体、燃料集合体を内蔵する224本の圧力管、圧力管を収容する224本のカランドリア管及び制御棒等の案内管を、これらを取囲む炉心タンク内に豎形円柱状に配列した構造とする。炉心タンク内の空隙部分は、減速材及び反射材として重水を充たす。

カランドリアタンクは、炉心部を収容する炉心タンクと、ダンプ時重水を収容するダンプスペース及び炉心タンクの重水をオーバーフローさせるオーバーフロースペースとを持つ同心円筒状二重構造容器で、炉心タンク部にカランドリア管を一様な間隙で配置する。制御棒案内管は4本のカランドリア管によって囲まれた配置とする。

圧力管集合体は、圧力管、下部水封用シールプラグ等からなり、各カランドリア管内に収容する。圧力管とカランドリア管との間の環状空間部は、熱絶縁のための炭酸ガス流路とする。

燃料集合体は、ジルカロイ-2製またはジルコニウム・ライナ付ジルカロイ-2製被覆管に、二酸化ウラン焼結ペレットまたはウラン・プルトニウム混合酸化物焼結ペレットをそう入し、両端を密封した構造の燃料棒をクラスタ状にまとめ、これを上下端のタイプレート及びスペーサで支持したものである。

制御棒は、起動時、停止時及び運転時の原子炉反応度の調整並びに出力分布調整のためのもので、炉心上部に設けた駆動装置によりワイヤードラム電動方式で駆動し、案内管を通して炉心内に出し入れする。

主要なしゃへい体は、カランドリアタンクの上下及び側部鉄水しゃへい体並びにコンクリートしゃへい体よりなる。鉄水しゃへい体は、放射線による発熱を除去するために水冷却を行う構造とする。

カランドリア及び圧力管集合体並びにこれらに収容される重水、燃料集合体等の重量は、下部鉄水しゃへい体を介して原子炉基礎で支える。

冷却材（軽水）は、下部ヘッドから入口管を通して圧力管に供給され、炉心領域内で燃料棒の周囲を上昇しながら燃料棒より発生する熱エネルギーを吸収し、気水混合流となり、上昇管を通過して蒸気ドラムに至る。

蒸気ドラムに送られた気水混合流は、気水分離器により蒸気と水に分離され、さらにドライヤに入って最終的に蒸気中の湿分が取り除かれた後、各蒸気ドラムの蒸気出口ノズルより蒸気管へ流れる。分離された水は給水と混合し、下降管を経て再循環ポンプにより下部ヘッドへと再循環する。

冷却材に直接接触する部分である圧力管の材料は、炉心領域にはZr-2.5 wt % Nb合金を使用し、その他の部分にはステンレス鋼を使用する。

重水減速材は、重水循環ポンプ及び重水冷却器を通して、下記の経路によりカランドリアタンクに供給される。

(1) 制御棒案内管上部への重水配管を通る経路

この経路により、制御棒の冷却を行う。

(2) カランドリア上部管板への重水配管を通る経路

この経路により、カランドリア上部管板、炉心タンク側胴板及びカランドリア管の冷却を行う。

炉心タンク内重水水位は、その上部及びダンプスペース内のヘリウムガス圧力差と炉心タンクのオーバフローにより制御する。炉心タンク部からのオーバフロー分は、重水冷却系へ送る。

燃料交換操作は、燃料交換機を圧力管下部へ水封を保ちつつ連結し、圧力管下部のシールプラグを取り外して旧燃料集合体を取り出し、新燃料集合体の装荷をした後シールプラグを取り付けることによって行う。

なお、炉心部には、地震時の圧力管集合体の振動を防止するための防振板を取り付ける。

3.1.2 主要仕様

原子炉及び炉心の主要仕様は、次のとおりである。

原子炉熱出力	約 557 MWt
冷却材再循環流量	約 7,600 t/h
冷却材原子炉入口温度（圧力管入口）	277 ℃
冷却材原子炉出口条件（蒸気ドラム）	
温度	284 ℃
圧力	68 kg/cm ² g
蒸気流量	約 910 t/h
再循環ループ数	独立 2 ループ
原子炉本体	
炉心等価直径	約 4,050 mm
炉心有効高さ	約 3,700 mm
圧力管本数	224 本
燃料集合体	
標準燃料集合体	
有効長さ	約 3,700 mm
燃料棒本数	28 本
特殊燃料集合体	
有効長さ	約 3,540 mm
燃料棒本数	36 本
照射用36本燃料集合体	
有効長さ	約 3,647 mm
燃料棒本数	36 本
照射用セグメント燃料集合体	
有効長さ	約 3,647 mm
燃料棒本数	36 本

燃料集合体の最大そう入量

燃料集合体の個数	224 体
標準燃料集合体，照射用36本燃料集合体及び照射用セグメント燃料集合体の合計	220 体
〔ただし，照射用36本燃料集合体は最大4体，照射用セグメント燃料集合体は最大2体とする。〕	
特殊燃料集合体	4 体
初装荷炉心核分裂物質質量	約 0.5 t
^{235}U	約 0.4 t
$^{239}\text{Pu} + ^{241}\text{Pu}$	約 0.1 t
取替炉心 A 核分裂物質質量	約 0.4 t
^{235}U	約 0.1~ 0.3 t
$^{239}\text{Pu} + ^{241}\text{Pu}$	約 0.1~ 0.3 t
取替炉心 B 核分裂物質質量	約 0.5 t
^{235}U	約 0.1~ 0.4 t
$^{239}\text{Pu} + ^{241}\text{Pu}$	約 0.1~ 0.4 t

3.2 炉 心

本原子炉の炉心形状は有効高さ約 3.7 m，等価直径約 4 m の直円筒型で，その構成は第 3.2 - 1 図に示すとおりである。

炉心設計の基本的な考え方は，次のとおりである。

- (1) 圧力管は，炉心の外部がなるべく円に近くなるように配置する。
- (2) 制御棒は，圧力管の 2 ピッチおきに設ける。
- (3) 炉内中性子検出器の配置は制御棒配置との関連において定める。このうち出力検出器は沸騰水型動力炉の例に準じて定め，起動用検出器は周辺寄りの位置とする。
- (4) 特殊燃料集合体，照射用 36 本燃料集合体及び照射用セグメント燃料集合体は，第 3.2 - 1 図に示す位置に装荷する。

反射体は減速材の重水がその役目を兼ね，半径方向に約 40 cm，高さ方向に上下それぞれ約 40 cm の厚さをもって炉心を包む。

3.3 燃 料

3.3.1 概 要

燃料集合体は、第3.3-1表に示すように標準燃料集合体、特殊燃料集合体、照射用36本燃料集合体及び照射用セグメント燃料集合体とに大別される。

標準燃料集合体及び特殊燃料集合体は、濃縮度または核分裂物質量の違いにより、タイプA燃料集合体とタイプB燃料集合体に区分する。タイプA燃料集合体は、初装荷燃料及び取替燃料として使用する。タイプB燃料集合体はタイプA燃料集合体と同一の構造設計であるが、濃縮度または核分裂物質量が若干高い燃料集合体で、取替燃料として使用する。なお、タイプA燃料集合体で全炉心を構成する取替炉心を「取替炉心A」、タイプB燃料集合体を含む取替炉心を「取替炉心B」という。

標準燃料集合体は、タイプA燃料集合体及びタイプB燃料集合体とも、濃縮ウラン燃料集合体（以下「 UO_2 燃料集合体」という。）及びウラン・プルトニウム混合酸化物燃料集合体（以下「 MOX 燃料集合体」という。）からなる。取替炉心での UO_2 燃料集合体と MOX 燃料集合体の装荷割合は、 MOX 燃料集合体の製造量に応じて弾力的に運用する。

照射用36本燃料集合体は、最高燃焼度を伸長した燃料の性能を確認するためのものであり、取替炉心Bに装荷する。

照射用セグメント燃料集合体は、高性能燃料開発の一環として実施する性能確認試験に必要な燃焼度を得るためのものであり、取替炉心Bに装荷する。

MOX タイプA燃料集合体に使用するウランは天然ウランであるが、 MOX タイプB燃料集合体、照射用36本燃料集合体及び照射用セグメント燃料集合体に使用するウランは、燃料の有効利用を図るため天然ウランの他に減損ウラン及び濃縮ウランを使用できるように、約0.7wt%から約1.4wt%の濃縮度にする。

標準燃料集合体については、 UO_2 燃料集合体と MOX 燃料集合体に炉心配置上の互換性を持たせるため、 MOX 燃料集合体の出力分布を UO_2 燃料集合体と同等になるように、 MOX 燃料集合体の内層及び中間層の各燃料棒の核分裂物質量を外層燃料棒より高くする。特殊燃料集合体については、タイプA特殊燃料集合体と同等の試験片照射加速係数が得られるように、タイプB特殊燃

燃料集合体の濃縮度を選定する。照射用36本燃料集合体及び照射用セグメント燃料集合体については、照射目的に合わせて核分裂物質量を標準燃料集合体より高くする。

これらの燃料集合体の燃料棒は、過出力の運転状態においても、ペレットの中心溶融及び被覆管の焼損を起こさないよう設計する。また、被覆管内外圧力差、地震力等の機械的荷重及び腐食等に対して、破損等健全性が損われることのないよう設計する。

本節の記述については、さらに追補1「特殊燃料の燃料要素の曲り検討」の追補がある。

第3.3-1表 燃料集合体の区分

燃料集合体		①②③④ ⑤⑥⑦⑧		
標準燃料集合体 ①② ④⑤		特殊燃料集合体 ③ ⑥	⑦照射用36本燃料集合体	⑧照射用セグメント燃料集合体
UO ₂ 燃料集合体 ① ④	MOX燃料集合体 ② ⑤			
タイプA標準燃料集合体 ① ②		③ タイプA特殊燃料集合体	ウラン・プルトニウム混合酸化物焼結ペレット	ウラン・プルトニウム混合酸化物焼結ペレット
①UO ₂ タイプA燃料集合体 二酸化ウラン焼結ペレット 濃縮度約1.5wt%	②MOXタイプA燃料集合体 ウラン・プルトニウム混合酸化物焼結ペレット 核分裂物質質量 約 1.4wt% 〔うち、ウランにあっては濃縮度 約 0.7wt% ~ 1.4wt%〕			
タイプB標準燃料集合体 ④ ⑤		⑥ タイプB特殊燃料集合体	ウラン・プルトニウム混合酸化物焼結ペレット	ウラン・プルトニウム混合酸化物焼結ペレット
④UO ₂ タイプB燃料集合体 二酸化ウラン焼結ペレット 濃縮度 約1.9wt%	⑤ MOXタイプB燃料集合体 ウラン・プルトニウム混合酸化物焼結ペレット 核分裂物質質量 約 2.0wt% 〔うち、ウランにあっては濃縮度 約 0.7wt% ~ 1.4wt%〕			

タイプA燃料集合体は①から③，タイプB燃料集合体は④から⑥の総称である。

3.3.2 燃料棒

3.3.2.1 主要構造

(1) 標準燃料集合体，特殊燃料集合体及び照射用36本燃料集合体

燃料材には，二酸化ウラン焼結ペレット及びウラン・プルトニウム混合酸化物焼結ペレットを使用する。二酸化ウラン焼結ペレットは，動力炉用燃料材として多くの実績を有しており，高燃焼度に対する寸法の安定性及び高温水に対する化学的安定性に優れ，さらに加工及び取扱いにおいて従来のセラミック技術を応用できる等の利点を有する。

被覆管には，ジルカロイ-2製の継目無管を使用する。ジルカロイ-2は，沸騰水型動力炉の使用条件に適していることが経験であきらかにされており，通常の原子炉使用温度における耐食性及び機械的強度に優れ，また中性子吸収断面積が小さいので，多くの動力炉用燃料に使用されている。

燃料棒は被覆管内にペレットをそう入し，上・下部プレナム部に熱しゃへい板を介して“つる巻きばね”をそう入し，両端部を端栓で密封溶接した構造とする。下部プレナム部には，使用初期（特に，運転中新燃料装荷の際）にペレットが被覆管にスティックした場合，そのスティック部より下部のペレットの軸方向熱膨張分を逃すため，上部“つる巻きばね”よりも強く短いものを入れる。この構造は高出力部に溶接部がさらされることのないため，燃料棒としての健全性に優れている。

MOX燃料集合体の燃料棒は UO_2 燃料集合体の燃料棒に比較してそのペレット最高温度が低く，最高燃焼度も低いので，燃料棒中での核分裂生成ガスの放出量が少ない。したがって，MOX燃料集合体の燃料棒は UO_2 燃料集合体の燃料棒と同一構造，同一寸法を採用すれば設計上問題がない。

照射用36本燃料集合体の燃料棒は標準燃料集合体の燃料棒と比較して集合体当たりの燃料棒本数，燃料棒外径等が異なるが，最大線出力密度は低くなるようにする。また，標準燃料集合体の燃料棒と比較して最高燃焼度は高く，核分裂生成ガスの放出量も大きくなるため，プレナム部を大きくするとともに，ペレットと被覆管の間隙に封入するヘリウムガスの圧力を高くし，核分裂生成物等の影響が小さくなるように配慮する。

(2) 照射用セグメント燃料集合体

燃料材には、中実（円柱状）または中空のウラン・プルトニウム混合酸化物焼結ペレットを使用する。中空ペレットは、ペレットの中心に直径数mmの貫通孔を設けるものである。

被覆管には、ジルカロイ-2製またはジルコニウム・ライナ付ジルカロイ-2製の継目無管を使用する。ジルコニウム・ライナ付ジルカロイ-2製被覆管は、ジルカロイ-2製被覆管の内面に数10 μ mのジルコニウム・ライナ層を設けるものである。

燃料棒は、長尺燃料棒とセグメント燃料棒の2種類とする。長尺燃料棒は、照射用36本燃料集合体の燃料棒と同一構造とする。セグメント燃料棒は、出力急昇試験用中間短尺燃料棒4本と上部短尺燃料棒及び下部短尺燃料棒とを連結して長尺燃料棒と同一長さとする。また、下部短尺燃料棒のペレット下端から上部短尺燃料棒のペレット上端までの長さは、長尺燃料棒の有効長さと等しくする。

長尺燃料棒及び短尺燃料棒は、照射用36本燃料集合体の燃料棒と同様、プレナム部を大きくするとともに、封入するヘリウムガスの圧力を高くする。なお、上部及び中間短尺燃料棒は、ペレット充填部長さが短く、ステイックした場合でも問題がないため、下部プレナムは設けない。さらに、短尺燃料棒のペレット充填部の端部（上部短尺燃料棒の上端及び下部短尺燃料棒の下端を除く。）には、セグメント燃料棒の連結部の端栓溶接部の温度上昇を抑えるために断熱材をそう入する。

燃料棒は照射用36本燃料集合体の燃料棒と外径、有効長さ等が同一であるが、炉心の外周部へ装荷して最大線出力密度を照射用36本燃料集合体の燃料棒のそれより低くなるようにする。

3.3.2.2 機械設計等

燃料棒の機械設計及びその健全性については、次のとおりである。

(1) 標準燃料集合体，特殊燃料集合体及び照射用36本燃料集合体

① ペレットの最高温度

燃料棒は，炉内滞在期間中燃料溶融を起こすことのないよう設計し，燃焼初期において発生する過出力時（定格出力の120%）の最大線出力密度においても，ペレット最高温度は溶融温度約2,790℃を超えることはない。

② 限界熱流束

燃料棒は，過出力時においても，被覆管の熱流束が限界熱流束に対して50%の余裕を有する設計とする。したがって，定常状態では限界熱流束が生じることはない。

③ 被覆管に生じる歪

ペレットの最大線出力密度時の温度分布による熱膨張及び最高燃焼度におけるスエリングを考慮しても，被覆管に過大な歪が生じないように，被覆管とペレットの間隙及びペレットのディッシュを設計する。

④ 被覆管の外圧による座屈

燃料棒は，設計外圧 $82\text{kg}/\text{cm}^2\text{g}$ に対して，内圧を無視しても炉内滞在期間中被覆管が座屈することがないように被覆管の肉厚を設計する。

⑤ 核分裂生成ガス等による内圧

燃料棒は，最高燃焼燃料ペレットから放出される核分裂生成ガス，蒸発性不純物及び製作時に封入されたヘリウムガスによる内圧に対して，外圧を無視しても炉内滞在期間中被覆管に過度の応力が生じることはないよう設計する。

⑥ 被覆管の腐食

燃料棒は，原子炉の冷却水飽和温度が約284℃であるので，沸騰水型原子炉の被覆管の腐食データに基づいて腐食量を $0.01\text{mm}/\text{year}$ と安全側に評価しても，炉内滞在期間中問題のないよう設計する。

⑦ 被覆管の水素吸収

被覆管は、水素吸収により発生する水素化物の析出方位が円周方向の多いものを用いること及び炉内滞在期間中の水素吸収量が沸騰水型動力炉と同程度であることから、被覆管の水素吸収による脆化は問題ない。

⑧ 燃料棒の総合的な機械強度

燃料棒は、炉内での諸現象（内外圧力差、温度勾配、水力振動、製作時の寸法公差、地震等）に伴って被覆管に生ずる応力を米国機械学会ボイラ及び圧力容器規格セクションⅢに示されている解析手法に準じて解析し、十分な健全性が保たれるよう設計する。

⑨ クリープ

被覆管は、内外圧力差によるクリープに対して、炉内滞在期間中を通して健全性が保たれるよう設計する。

⑩ 疲労

被覆管は、原子炉の出力変化、原子炉の起動停止等によって生ずる応力変動に対して、炉内滞在期間中を通して健全性が保たれるよう設計する。

(2) 照射用セグメント燃料集合体

① ペレットの最高温度

燃料棒（長尺燃料棒及び短尺燃料棒）は、炉内滞在期間中燃料溶解を起こすことのないよう設計し、燃焼初期において発生する過出力時（定格出力時の120%）の最大線出力密度においても、ペレット最高温度が溶解温度約2,790℃を超えることはない。

なお、中空ペレットはペレット中心温度を下げる効果があり、そのペレット最高温度が溶解温度を超えることはない。

② 限界熱流束

燃料棒は、過出力時においても、被覆管の熱流束が限界熱流束に対して50%の余裕を有する設計とする。したがって、定常状態では限界熱流束が生じることはない。

③ 被覆管に生じる歪

ジルコニウム・ライナ付ジルカロイ-2製被覆管を使用する燃料棒を含めて、ペレットの最大線出力密度時の温度分布による熱膨張及び最高燃焼度におけるスエリングを考慮しても、被覆管に過大な歪が生じないよう、被覆管とペレットの間隙及びペレットのディッシュまたは貫通孔を設計する。

④ 被覆管の外圧による座屈

燃料棒は、設計外圧 $82\text{kg/cm}^2\text{g}$ に対して、内圧を無視しても炉内滞在期間中被覆管が座屈することがないように被覆管の肉厚を設計する。

⑤ 核分裂生成ガス等による内圧

燃料棒は、最高燃焼燃料ペレットから放出される核分裂生成ガス、蒸発性不純物及び製作時に封入されたヘリウムガスによる内圧に対して、外圧を無視しても炉内滞在期間中被覆管に過度の応力が生ずることのないよう設計する。

⑥ 被覆管の腐食

燃料棒は、原子炉の冷却水飽和温度が約 284°C であるので、沸騰水型原子炉の被覆管の腐食データに基づいて腐食量を 0.01mm/year と安全側に評価しても、炉内滞在期間中問題のないよう設計する。

⑦ 被覆管の水素吸収

被覆管は、水素吸収により発生する水素化物の析出方位が円周方向の多いものを用いること及び炉内滞在期間中の水素吸収量が沸騰水型動力炉と同程度であることから、被覆管の水素吸収による脆化は問題ない。

⑧ 燃料棒の総合的な機械強度

燃料棒は、炉内での諸現象（内外圧力差、温度勾配、水力振動、製作時の寸法公差、地震等）に伴って被覆管及びセグメント燃料棒の短尺燃料棒連結部に生ずる応力を米国機械学会ボイラ及び圧力容器規格セクションⅢに示されている解析手法に準じて解析し、十分な健全性が保たれるよう設計する。

⑨ クリープ

被覆管は、内外圧力差によるクリープに対して、炉内滞在期間中を通して健全性が保たれるよう設計する。

⑩ 疲 勞

被覆管は、原子炉の出力変化、原子炉の起動停止等によって生ずる応力変動に対して、炉内滞在期間中を通して健全性が保たれるよう設計する。

3.3.3 燃料集合体

(1) 標準燃料集合体

標準燃料集合体は、第3.3-1図にその構造を示すように、燃料棒28本をクラスタ状にまとめ、これを上下端のタイププレート及びスペーサで支持する。燃料棒は、第3.3-2図に示すように、三層の同心円周上に内層4本、中間層8本、外層16本を配列し、外層及び中間層の燃料棒は、三角形と四角形とが交互に並ぶ配列とする。

標準燃料集合体の上下端にステンレス鋼製のタイププレートを取り付ける。燃料棒28本のうち中間層の8本をタイロッドとして固定し、他の20本はコイルばねにより下方に抑える以外、上下端とも自由とする。

上・下部タイププレートの円周上に案内ばねを取り付ける。この案内ばねは、標準燃料集合体を圧力管内で所定の位置に保ち、かつ、標準燃料集合体の圧力管内での振動を減衰させる。また、この案内ばねは、標準燃料集合体を圧力管内に装荷する時に、圧力管内面と接触しながら、その装荷を円滑にする。

標準燃料集合体の軸方向に12個の析出硬化型ニッケル基合金（インコネル 718）製のスペーサを設け、これらを4本のジルカロイ-2製の支持管により固定する。

標準燃料集合体は、圧力管内でしゃへいプラグにより支持し、その下端にはしゃへいプラグと結合するための金具を設け、また上部には運搬用の吊り金具を設ける。

標準燃料集合体を構成する上部タイププレート、下部タイププレート、被覆管及びスペーサは、輸送及び取扱い中に受ける通常の荷重に十分耐える設計とする。

(2) 特殊燃料集合体

特殊燃料集合体は、第3.3-3図にその構造を示すように、燃料棒36本をクラスタ状にまとめ、これを上下端のタイプレート及びスペーサで支持する。

特殊燃料集合体は、仕様の異なる2種類の燃料棒を二層の同心円周上に内層18本、外層18本を配列する。特殊燃料集合体の中心部にキャプセル案内管を設け、その中に圧力管の監視試験片などを組込んだキャプセルを9個そう入する。キャプセルは、監視試験片が圧力管の使用履歴と同等になるように、また γ 発熱を除去するために冷却材が通る構造とする。

特殊燃料集合体の上下端にステンレス鋼製のタイプレートを取り付ける。燃料棒36本のうち外層の6本をタイロッドとして固定し、他の30本はコイルばねにより下方に抑える以外、上下端とも自由とする。

吊り金具及び下部タイプレートの円周上に案内ばねを取り付ける。この案内ばねは、特殊燃料集合体を圧力管内で所定の位置に保ち、かつ、特殊燃料集合体の圧力管内での振動を減衰させる。また、この案内ばねは、特殊燃料集合体を圧力管内に装荷する時に、圧力管内面と接触しながら、その装荷を円滑にする。

特殊燃料集合体の軸方向に12個の析出硬化型ニッケル基合金（インコネル718）製のスペーサを設け、これらを中央部のキャプセル案内管により固定する。

特殊燃料集合体は、圧力管内でしゃへいプラグにより支持し、その下端にはしゃへいプラグと結合するための金具を設け、また上部には運搬用の吊り金具を設ける。

特殊燃料集合体を構成する上部タイプレート、下部タイプレート、被覆管及びスペーサは、輸送及び取扱い中に受ける通常の荷重に十分耐える設計とする。

(3) 照射用36本燃料集合体

照射用36本燃料集合体は、第3.3-4図にその構造を示すように、燃料棒36本をクラスタ状にまとめ、これを上下端のタイプレート及びスペーサで支持する。燃料棒は、第3.3-4図に示すように、三層の同心円周上に内層6本、中間層12本、外層18本を配列する。

照射用36本燃料集合体の上下端にステンレス鋼製のタイプレートを取り付ける。燃料棒36本のうち中間層の6本をタイロッドとして固定し、他の30本はコイルばねにより下方に抑える以外、上下端とも自由とする。

上・下部タイプレートの円周上に案内ばねを取り付ける。この案内ばねは、照射用36本燃料集合体を圧力管内で所定の位置に保ち、かつ、照射用36本燃料集合体の圧力管内での振動を減衰させる。また、この案内ばねは、照射用36本燃料集合体を圧力管内に装荷する時に、圧力管内面と接触しながら、その装荷を円滑にする。

照射用36本燃料集合体の軸方向に12個の析出硬化型ニッケル基合金（インコネル 718）製のスペーサを設け、これらを1本のジルカロイ-2製の支持管により固定する。

照射用36本燃料集合体は、圧力管内でしゃへいプラグにより支持し、その下端にはしゃへいプラグと結合するための金具を設け、また上部には運搬用の吊り金具を設ける。

照射用36本燃料集合体を構成する上部タイプレート、下部タイプレート、被覆管及びスペーサは、輸送及び取扱い中に受ける通常の荷重に十分耐える設計とする。

(4) 照射用セグメント燃料集合体

照射用セグメント燃料集合体は、第3.3-5図にその構造を示すように、長尺燃料棒30本及びセグメント燃料棒6本の合計36本をクラスタ状にまとめ、これを上下端のタイプレート及びスペーサで支持する。燃料棒は、第3.3-5図に示すように、三層の同心円周上に内層6本、中間層12本、外層18本を配列する。内層6本のうち3本、中間層12本のう

ち3本はセグメント燃料棒とし、三角状に配列する。照射用セグメント燃料集合体の上下端にステンレス鋼製のタイププレートを取り付ける。燃料棒36本のうち中間層の6本をタイロッドとして固定し、他の30本は、コイルばねにより下方に抑える以外、上下端とも自由とする。

上・下部タイププレートの円周上に案内ばねを取り付ける。この案内ばねは、照射用セグメント燃料集合体を圧力管内で所定の位置に保ち、かつ、照射用セグメント燃料集合体の圧力管内での振動を減衰させる。また、この案内ばねは、照射用セグメント燃料集合体を圧力管内に装荷する時に、圧力管内面と接触しながら、その装荷を円滑にする。

照射用セグメント燃料集合体の軸方向に12個の析出硬化型ニッケル基合金（インコネル 718）製のスペーサを設け、これらを1本のジルカロイ-2製の支持管により固定する。

照射用セグメント燃料集合体は、圧力管内でしゃへいプラグにより支持し、その下端にはしゃへいプラグと結合するための金具を設け、また上部には運搬用の吊り金具を設ける。

照射用セグメント燃料集合体を構成する上部タイププレート、下部タイププレート、被覆管及びスペーサは、輸送及び取扱い中に受ける通常の荷重に十分耐える設計とする。

3.3.4 初装荷燃料及び取替燃料の主要仕様

本燃料の主要仕様は、次のとおりである。

(1) 標準燃料集合体

① ペレット

材 質

UO₂ 燃料集合体 二酸化ウラン焼結ペレット

MOX 燃料集合体 ウラン・プルトニウム混合
酸化物焼結ペレット

濃縮度または核分裂物質質量

UO₂ 燃料集合体

タイプA 燃料集合体 約 1.5 wt%

タイプB 燃料集合体 約 1.9 wt%

MOX 燃料集合体

タイプA 燃料集合体

外 層 約 1.3 wt%

中間層及び内層 約 1.5 wt%

平 均 約 1.4 wt%

各層のウラン濃縮度 天然ウラン

タイプB 燃料集合体

外 層 約 1.8 wt%

中間層及び内層 約 2.3 wt%

平 均 約 2.0 wt%

各層のウラン濃縮度 約 0.7~1.4 wt%

ペレットの初期密度

理論密度の約95%

外 径

約 14.4 mm

高 さ

約 18 mm

形 状

両端球面ディッシュ・チャンファ付

② 被 覆 管		
材 質		ジルカロイ - 2
内 径		約 14.7 mm
肉 厚		約 0.86 mm
③ 燃 料 棒		
外 径		約 16.5 mm
有 効 長 さ		約 3,700 mm
ペレット - 被覆管間隙 (直径)		約 0.3 mm
プレナム長さ (上部)		約 250 mm
プレナム長さ (下部)		約 23 mm
全 長		約 4,100 mm
数 量		28 本
④ 燃 料 集 合 体		
外 径 (外層燃料棒外接円直径)		約 111.6 mm
全 長		約 4,388 mm
燃料棒間ギャップ		約 2.1 mm
⑤ 最大線出力密度		
定 格 時		574 W / cm (17.5 kW/ft)
過 出 力 時		689 W / cm (21.0 kW/ft)
⑥ 燃 焼 度		
UO ₂ 燃料集合体		
タイプ A 燃料集合体		
集 合 体 平 均		約 20,000 MWd/t
集 合 体 最 高		約 30,000 MWd/t
ペレット 最 高		約 40,000 MWd/t
タイプ B 燃料集合体		
集 合 体 平 均		約 20,000 MWd/t
集 合 体 最 高		約 30,000 MWd/t
ペレット 最 高		約 40,000 MWd/t

M O X 燃料集合体

タイプ A 燃料集合体

集 合 体 最 高

約 20,000 MWd/t

タイプ B 燃料集合体

集 合 体 最 高

約 20,000 MWd/t

(2) 特殊燃料集合体

① ペ レ ッ ト

材 質

二酸化ウラン焼結ペレット

濃 縮 度

タイプ A 燃料集合体

外 層

約 1.5 wt%

内 層

約 2.5 wt%

平 均

約 1.8 wt%

タイプ B 燃料集合体

外 層

約 1.9 wt%

内 層

約 3.2 wt%

平 均

約 2.3 wt%

ペレットの初期密度

理論密度の約95%

外 径

外 層

約 12.8 mm

内 層

約 8.3 mm

高 さ

外 層

約 13 mm

内 層

約 9 mm

形 状

両端球面ディッシュ・チャンファ付

② 被 覆 管

材 質

ジルカロイ-2

内 径

外 層

約 13.0 mm

内層	約 8.5 mm
肉厚	
外層	約 0.84 mm
内層	約 0.62 mm
③ 燃料棒	
外径	
外層	約 14.7 mm
内層	約 9.7 mm
有効長さ	
外層	約 3,540 mm
内層	約 3,540 mm
ペレット-被覆管間隙 (直径)	
外層	約 0.3 mm
内層	約 0.2 mm
プレナム長さ (上部)	
外層	約 290 mm
内層	約 290 mm
プレナム長さ (下部)	
外層	約 90 mm
内層	約 90 mm
全長	約 4,100 mm
数量	36 本
④ キャプセル案内管	
材質	ジルカロイ-2
外径	約 54 mm
肉厚	約 1 mm
キャプセルそう入量	9 個

⑤ キャプセル

材 質

圧力管試験片キャプセルのホルダー部 Zr - 2.5 wt% Nb

圧力管延長部試験片キャプセルのホルダー部 S U S 304

外 径

圧力管試験片キャプセルのホルダー部 約 50 mm

圧力管延長部試験片キャプセルのホルダー部 約 50 mm

⑥ 燃料集合体

外 径 (外層燃料棒外接円直径) 約 111.6 mm

全 長 約 4,388 mm

燃料棒間ギャップ 約 2.1 mm

⑦ 最大線出力密度

定 格 時 492 W / cm (15 kW/ft)

⑧ 燃 焼 度

タイプ A 燃料集合体

集 合 体 最 高 約 30,000 MWd/t

ペ レ ッ ト 最 高 約 40,000 MWd/t

タイプ B 燃料集合体

集 合 体 最 高 約 30,000 MWd/t

ペ レ ッ ト 最 高 約 40,000 MWd/t

(3) 照射用36本燃料集合体

① ペ レ ッ ト

材 質

ウラン・プルトニウム混合
酸化物焼結ペレット

核分裂物質質量

外 層 約 1.7 wt%

中間層及び内層 約 3.2 wt%

平 均 約 2.4 wt%

各層のウラン濃縮度 約 0.7~1.4 wt%

ペレットの初期密度 理論密度の約95%

外	径	約 12.4 mm
高	さ	約 13 mm
形	状	両端球面ディッシュ・チャンファ付
②	被 覆 管	
材	質	ジルカロイ - 2
内	径	約 12.7 mm
肉	厚	約 0.90 mm
③	燃 料 棒	
外	径	約 14.5 mm
有 効 長 さ		約 3,647 mm
ペレット - 被覆管間隔		約 0.3 mm
プレナム長さ (上部)		約 355 mm
プレナム長さ (下部)		約 30 mm
ヘリウム封入圧		約 3 kg/cm ² a
全	長	約 4,070 mm
数	量	36 本
④	燃 料 集 合 体	
外	径 (外層燃料棒外接円直径)	約 111.6 mm
全	長	約 4,388 mm
燃料棒間ギャップ		約 2.04 mm
⑤	最大線出力密度	
定 格 時		492 W / cm ² (15 kW/ft)
⑥	燃 焼 度	
集 合 体 最 高		約 35,000 MWd/t
ペ レ ッ ト 最 高		約 50,000 MWd/t

セグメント燃料棒

上部短尺燃料棒（上部）	約 355 mm
中間短尺燃料棒（下部）	約 92 mm
下部短尺燃料棒（上部）	約 92 mm
下部短尺燃料棒（下部）	約 30 mm
ヘリウム封入圧	約 3 kg/cm ² a
全 長	約 4,070 mm
数 量	36 本

④ 燃料集合体

外 径（外層燃料棒外接円直径）	約 111.6 mm
全 長	約 4,398 mm
燃料棒間ギャップ	約 2.04 mm

⑤ 最大線出力密度

定 格 時	394 W / cm (12 kW/ft)
-------	-----------------------

⑥ 燃 焼 度

集 合 体 最 高	約 30,000 MWd/t
ペ レ ッ ト 最 高	約 43,000 MWd/t

15. 核熱設計及び動特性

15.5 照射用セグメント燃料集合体の装荷炉心

15.5.1 概 要

照射用セグメント燃料集合体を最大 2 体装荷した場合の核特性及び熱水力特性は、以下に示すように、照射用セグメント燃料集合体の核熱水力特性が標準燃料集合体のそれとほぼ等しいこと、照射用セグメント燃料集合体の装荷体数が少ないことにより、炉心特性に影響を与えない。また、従来の事故解析結果は変わらない。

15.5.2 核特性

(1) 無限増倍率等

照射用セグメント燃料集合体の一部に中空ペレットを用いるが、その燃料集合体平均核分裂物質量を標準燃料集合体のそれより若干高くするとともに、燃料集合体外層の核分裂物質量を内層及び中間層のそれよりも低くするため、照射用セグメント燃料集合体の無限増倍率は、標準燃料集合体のそれとほぼ等しい。また、照射用セグメント燃料集合体の装荷体数が最大 2 体と少ないため、炉心の過剰反応度及び停止余裕に影響を与えない。

(2) 出力分布

照射用セグメント燃料集合体の燃料棒 36 本のうち、セグメント燃料棒 6 本の各短尺燃料棒の連結部で出力低下が生じるが、セグメント燃料棒を内層及び中間層にそれぞれ 3 本配列することになっているため、照射用セグメント燃料集合体の局所ピーキング係数は標準燃料集合体のそれとほぼ等しく、また、他の燃料集合体の出力分布への影響は小さい。さらに、照射用セグメント燃料集合体の装荷体数が最大 2 体と少ないため、炉心の出力分布に影響を与えない。

(3) 反応度係数

照射用セグメント燃料集合体の燃料集合体平均核分裂物質量をやや高くす

るため、照射用セグメント燃料集合体のボイド係数はより負となる。また、照射用セグメント燃料集合体のドップラー係数は、一部中空ペレット及びセグメント燃料棒の使用により、減速材対燃料比が僅かに変化するため、その絶対値が減少する傾向にあるが、その変化量は僅かである。

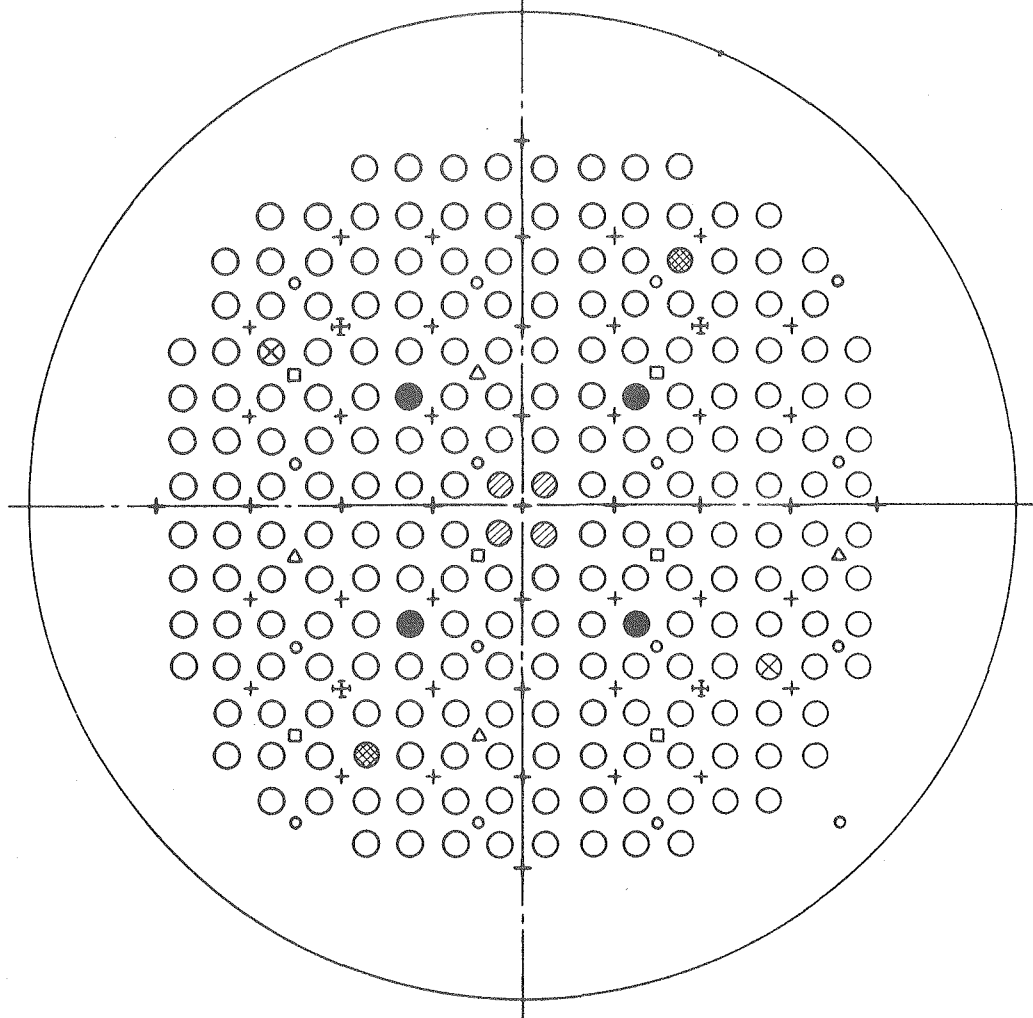
さらに、照射用セグメント燃料集合体の装荷体数が2体と少ないため、炉心のボイド係数及びドップラー係数に影響を与えない。

15.5.3 熱水力特性

照射用セグメント燃料集合体は、その圧力損失が標準燃料集合体のそれに比べ僅かに大きくなるが、流量配分を決定する全圧力損失に対して無視できる程度であり、照射用セグメント燃料集合体の流量が標準燃料集合体のそれとほとんど変わらないため、熱水力特性に影響を与えない。

15.5.4 運転特性

照射用セグメント燃料集合体は、その核熱水力特性が標準燃料集合体のそれとほぼ等しいため、炉心の運転特性に影響を与えない。



記号	名称	員数	記号	名称	員数
○	標準燃料集合体	214	⊕	出力調整用制御棒	4
●	特殊燃料集合体	4	○	出力系検出器	16×4
◐	照射用36本燃料集合体	4	□	中間出力系検出器	6
⊗又は⊗	照射用セグメント 燃料集合体	注) 2	△	起動系検出器	4
+	制御棒	45			

注) 照射が終了して取出した後は標準燃料集合体を装荷する。

第 3. 2 - 1 図
炉 心 配 置 図

