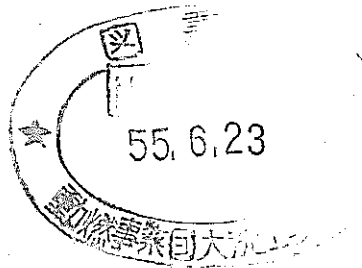


区分変更	
変更後資料番号	908
決裁年月日	平成 13 年 7 月 31 日

高速実験炉「常陽」 照射用炉心(MK-II炉心)移行基本計画



1980年5月

技術資料コード	
開示区分	レポートNo.
S	N908 80-02
<p>この資料は 図書室保存資料です 閲覧には技術資料閲覧票が必要です</p> <p>動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センター技術管理室</p>	

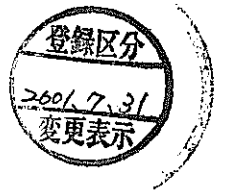
動力炉・核燃料開発事業団

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)



配 布 限 定
PNC TSN908 80-02
1980 年 5 月

高 速 実 験 炉 「 常 陽 」 照射用炉心(MK-II炉心)移行基本計画

山本 寿^{*}, 関口善之^{*}, 山下芳興^{*},
佐々木誠^{*}, 平尾和則^{*}, 朝倉文雄^{**},
福田 達^{***}, 原 忠^{****}, 野本昭二^{****}

高速実験炉「常陽」は、75 MW 定格運転サイクルを経た後、増殖炉心(MK-I炉心)から照射用炉心(MK-II炉心)への炉心移行を実施し、熱出力を100MWまで上昇する計画である。

移行上検討の対象としたのは、MK-Iの炉心燃料・ブランケット燃料・制御棒等の炉心構成要素(約300体)を取出してMK-II炉心を構成する手順及び工程であり、炉心以外のプラント設備の改造は現在予定はないので考慮していない。

また移行に際しては、炉心を十分未臨界にしてからブランケット燃料及び炉心燃料の交換を開始し、臨界までは特殊燃料は装荷しないという基本的考え方を採用する。

本資料はこれら炉心移行の基本計画をまとめ、所要期間について検討を加えたものであり、今後、これを基に更に詳細な計画を立てて行くものとする。

* 大洗工学センター, 高速実験炉部, 技術課
** 大洗工学センター, 高速実験炉部, 原子炉第1課
*** 大洗工学センター, 高速実験炉部, 原子炉第2課
**** 大洗工学センター, 高速実験炉部

目 次

1. まえがき	1
2. MK-II 炉心の概要	3
3. 基本計画	7
3.1 基本的考え方	7
3.2 移行手順	8
4. 所要日数の検討	19
5. あとがき	23
付録1 作業単位毎の所要日数	24
付録2 MK-II 炉心移行時の中性子計装系	26
付録3 使用済燃料構内輸送	29
付録4 性能試験項目	35
付録5 工認及び使用前検査について	39
付録6 部内特別対策委員会（第2部会）	41

1. ま え が き

高速実験炉「常陽」は、現在の増殖炉心（熱出力75 MW、以下MK-I炉心という）での運転を終了後、昭和56年度より、53安（原規）第289号（昭和53年9月20日付）で設置変更の許可を受けた照射用炉心（熱出力100 MW、以下MK-II炉心という）へ移行する計画である。

「常陽」の原子炉施設は、炉心を除いて100 MWを前提として設計されており、現在までに75 MWまでの運転性能および安全性が確認されてきた。

MK-II炉心への移行に際しては、

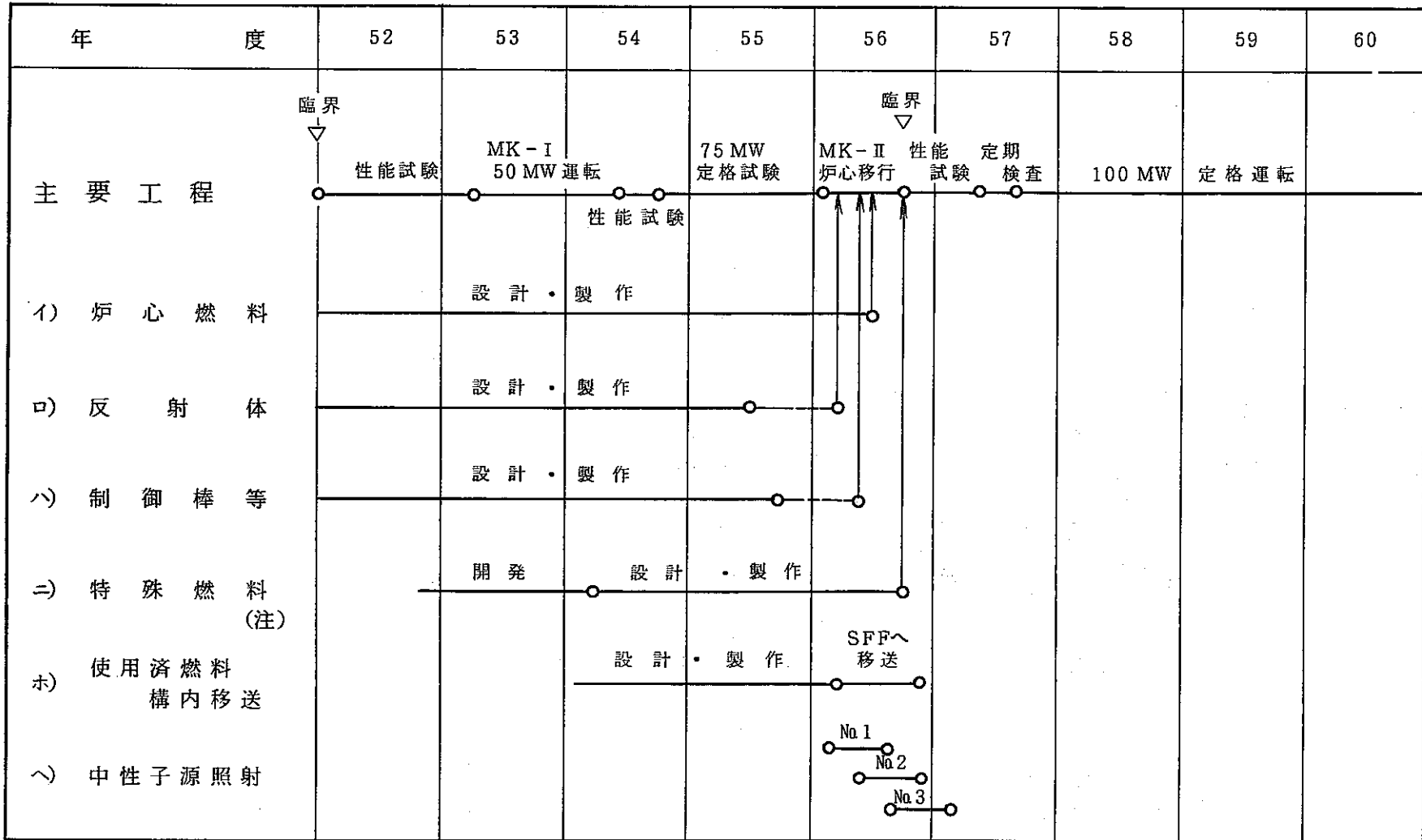
- (イ) 炉心燃料集合体および反射体
- (ロ) 制御棒および制御棒駆動機構
- (ハ) 特殊燃料集合体

等の設備の変更を行う必要があり、現在工認および製作が進行中である。上記のうち、(イ)および(ロ)については、現MK-I炉心の炉心燃料をMK-II燃料に取換える他に、ブランケット燃料約180体をMK-II炉心用の反射体に取り換え、さらに制御棒および制御棒駆動機構をMK-II用のものに取り換えまたは調整するものである。また、(ハ)の特殊燃料集合体は燃料等の照射試験のために使用されるもので、種々の照射試験目的に対応して（設置許可の範囲内で）その都度設計・製作されるものである。

移行期間については、移行開始から100 MW出力上昇試験完了まで、これまで約16ヶ月と予定されていたが、燃料取換作業、性能試験（臨界・低出力・出力上昇試験）等の実績をふまえて再検討しなければならない段階にある。そのため高速実験炉部で基本計画に関する検討案を作成し、検討を加えてきた。本資料は、高速実験炉のMK-II炉心への移行の基本的手順及び所要期間についてのこうした検討結果を基本計画としてまとめたものである。

第1-1図に昭和54年末現在の「常陽」の全体工程を示す。

第1-1図 「常陽」全体工程（昭和54年末現在）



(注) B型のみ

2. MK-II炉心の概要

MK-II炉心は照射試験のための試験体（燃料または材料）にできるだけ高い中性子場を提供することが要求される。そのためMK-II炉心では熱出力を現在の75MWから100MWに増大するとともに、MK-I炉心よりも出力密度を高くするために、燃料要素径を細くし炉心体積を小さくした。これにより出力の平坦化も図っている。また炉心周辺のブランケット燃料は反射体に置換する。

MK-II炉心は高速中性子の発生源である炉心燃料集合体と被照射試験体である数体の特殊燃料集合体で構成されるが、炉心の特性は主として、炉心燃料集合体のみで構成される炉心（通常炉心）で決定される。

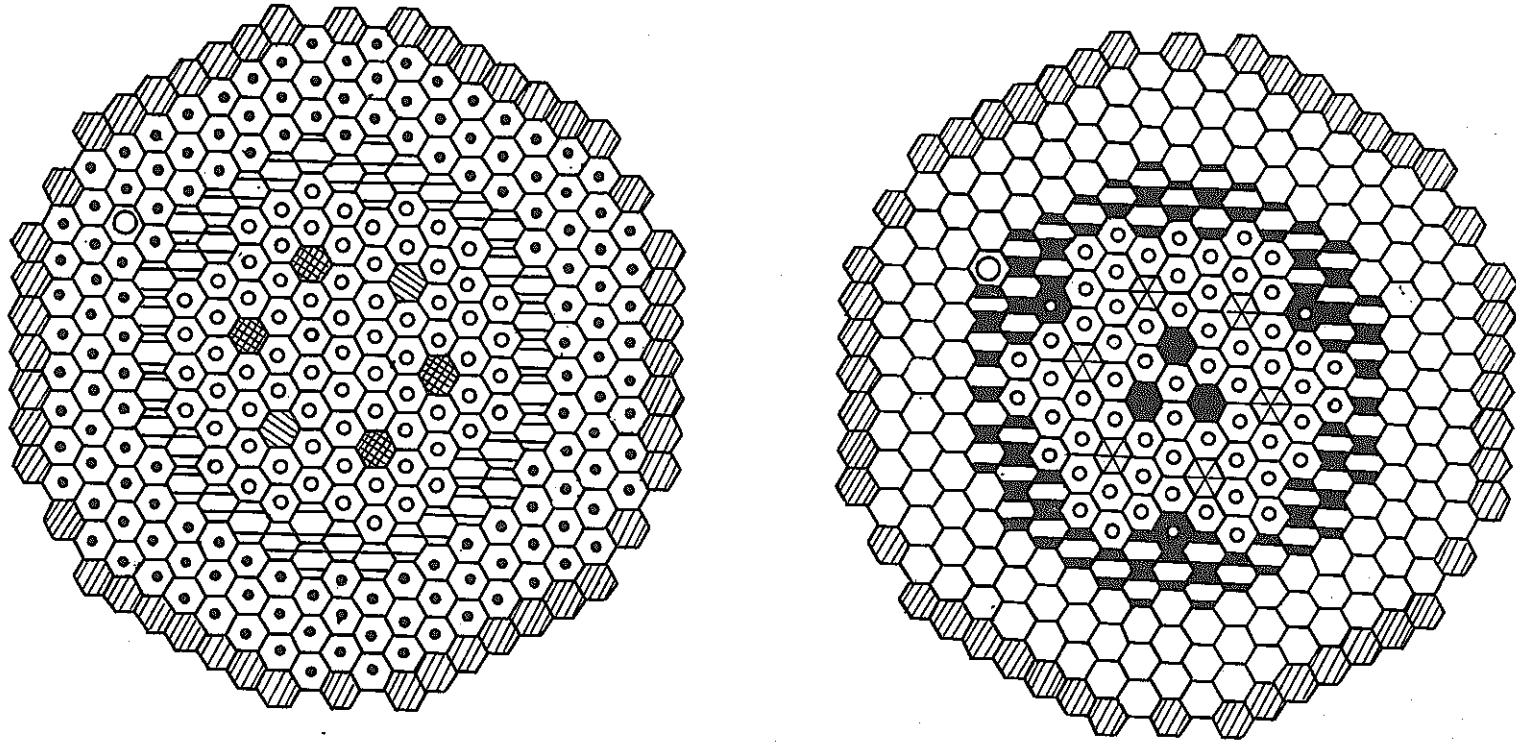
特殊燃料集合体はA型、B型、C型等の種類があり、燃料の開発研究の目的に対応して設計され、使用される。第2-1表にMK-IとMK-IIの各炉心の主要目の比較を、第2-1図に炉心構成図の比較を示した。また第2-2図に特殊燃料集合体の基本構造図を示した。

炉心構成要素の一つである制御棒については反応度抑制能力についての本質的変更はないが、制御要素の内圧の上昇を防ぎ寿命を延長するためにベント機構をもたせたベント型制御棒を採用し、また制御棒のすべて（6本）にスクラム機能をもたせるよう制御棒駆動機構の一部を改造する。（付録5参照）

炉心以外の原子炉施設、特に冷却系設備については、出力上昇に伴い、原子炉出口冷却材温度が現在の470℃から500℃に上昇する（冷却材流量は出力によらず一定）等の運転条件の一部変更の他は設備的な変更はない。

第2-1表 「常陽」炉心比較表

		MK - I	MK - II
原子炉熱出力	MWt	75	100
1次冷却材流量	t/h	約 2,200	約 2,200
原子炉入口温度	°C	370	370
原子炉出口温度	°C	約 470	約 500
炉心高さ	cm	60	55
炉心体積 (最大)	ℓ	約 304	約 250
燃料単位長出力 (定格最大)	W/cm	約 320	約 400
燃料要素外径	mm	6.3	5.5
燃料要素本数	本	91	127
軸方向ブランケット高さ	cm	上部 40 下部 40	—
軸方向反射体高さ	cm	—	30
プルトニウム富化度	W/O	約 18	約 30
ウラン ²³⁵ 濃縮度	W/O	約 23	約 12
ブランケット燃料集合体位置		5 ~ 9列目	—
反射体位置		10列目	内側 5~6列目 外側(A) 7~9列目 外側(B) 10列目
全中性子束 (最大)	n/cm ² ・sec	3.2×10^{15}	5.1×10^{15}
高速中性子束 (≥ 0.1 MeV, 最大)	n/cm ² ・sec	2.0×10^{15}	3.7×10^{15}
最大余剰反応度	% Δ K/K	4.5以下(100°C)	5.5以下
制御棒本数	本	安全棒 4 調整棒 2	制御棒 6
要素型式		密封型	ベント型
制御棒反応度	% Δ K/K	安全棒 5.6以上 (4本) 調整棒 2.8以上 (2本)	9.0以上 (6本)
最高燃焼度 (要素平均)	MWD/t	約 42,000	約 50,000
運転サイクル		45日運転 15日停止	45日運転(予定) 15日停止



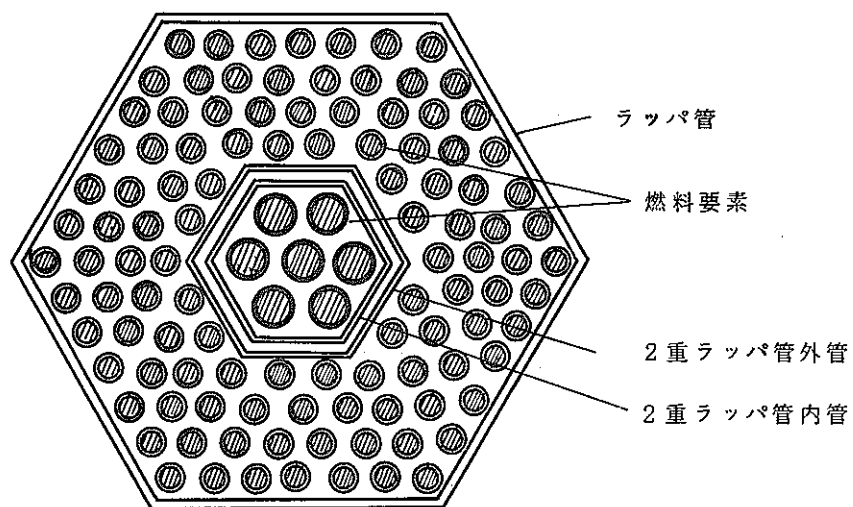
- | | | | |
|--|---------------|--|---------|
| | 安全棒 | | 炉心燃料集合体 |
| | 調整棒 | | 反射体 |
| | 内側ブランケット燃料集合体 | | 中性子源 |
| | 外側ブランケット燃料集合体 | | |

(MK-I)

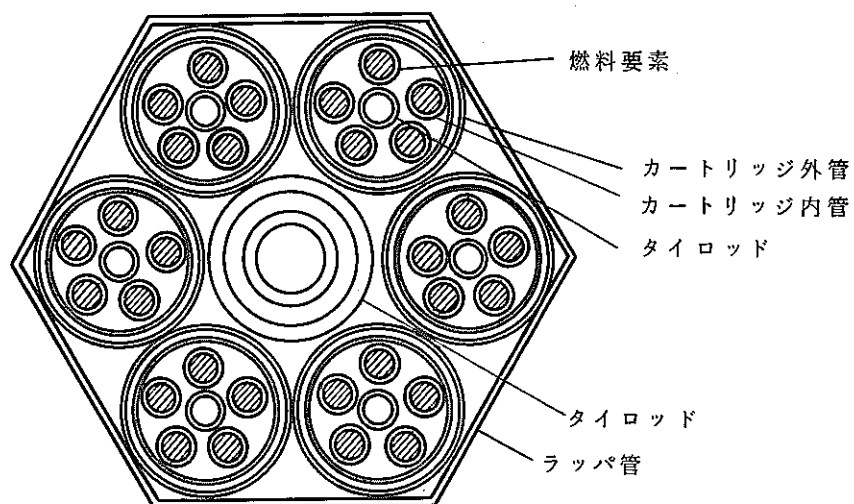
- | | | | |
|--|----------|--|----------|
| | 材料照射用集合体 | | 内側反射体 |
| | 特殊燃料集合体 | | 外側反射体(A) |
| | 制御棒 | | 外側反射体(B) |
| | 炉心燃料集合体 | | 中性子源 |

(MK-II)

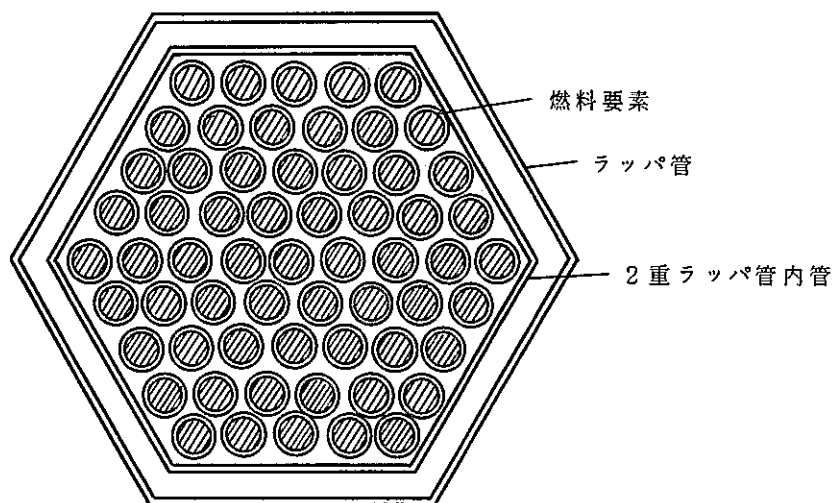
第2-1図 炉心比較図



(1) 特殊燃料集合体 A 型



(2) 特殊燃料集合体 B 型



(3) 特殊燃料集合体 C 型

第 2 - 2 図 特殊燃料集合体

3. 基本計画

3.1 基本的考え方

移行作業を実施する上での基本的考え方としては、

- (1) 移行に際しては先ず炉心を十分未臨界になるまで、MK-I燃料をMK-II反射体に置換する。(十分未臨界な状態とは、制御棒が全数取り除かれた状態でも3% $\Delta K/K$ 以上の未臨界度とする。)
- (2) ブランケット燃料とMK-II反射体の交換作業は炉心を十分未臨界にした状態で実施する。
- (3) 十分未臨界な体系においては、MK-I炉心燃料はMK-II炉心燃料と直接交換を行い、ダミー燃料の使用はできるだけ少なくする。
- (4) 臨界を達成するまでは特殊燃料は使用しない。
- (5) 臨界後の性能試験において、通常炉心及び特殊燃料装荷炉心について炉心特性を測定する。を採用する。

以上の考えに基づいたMK-I炉心からMK-II炉心への基本的移行手順は以下の通りである。

I. MK-II炉心移行作業

1. 炉心のMK-I燃料をMK-II反射体(一部ダミー燃料を含む。)と置換し、十分未臨界な体系とする。
2. MK-Iブランケット燃料を順次MK-II反射体と置換する。
3. MK-I制御棒及び駆動機構(以下制御棒等という)をMK-II制御棒等と置換する。
4. MK-I燃料の残り分をMK-II燃料と置換する。
5. 臨界試験

通常の臨界近接手順により、順次ダミー燃料(必要ならMK-II反射体も)をMK-II炉心燃料と置換して、MK-II炉心の臨界を達成する。

II. 100MW性能試験

1. 低出力試験
 - (1) 通常炉心で炉心の基本特性を測定する。
 - (2) 特殊燃料集合体を装荷し、通常炉心との比較からその特性を求める。
2. 出力上昇試験
 - (1) 通常炉心で出力上昇し、炉心の核的・熱的基本特性を測定する。
 - (2) 特殊燃料集合体を装荷した炉心で出力上昇し、通常炉心との比較からその特性を求める。

以上の手順により、特殊燃料集合体を含む初期炉心(100MW第1サイクル運転用炉心)

を構成する。

MK-Ⅱ炉心への移行作業期間については下記の基本的条件のもとに算出する。

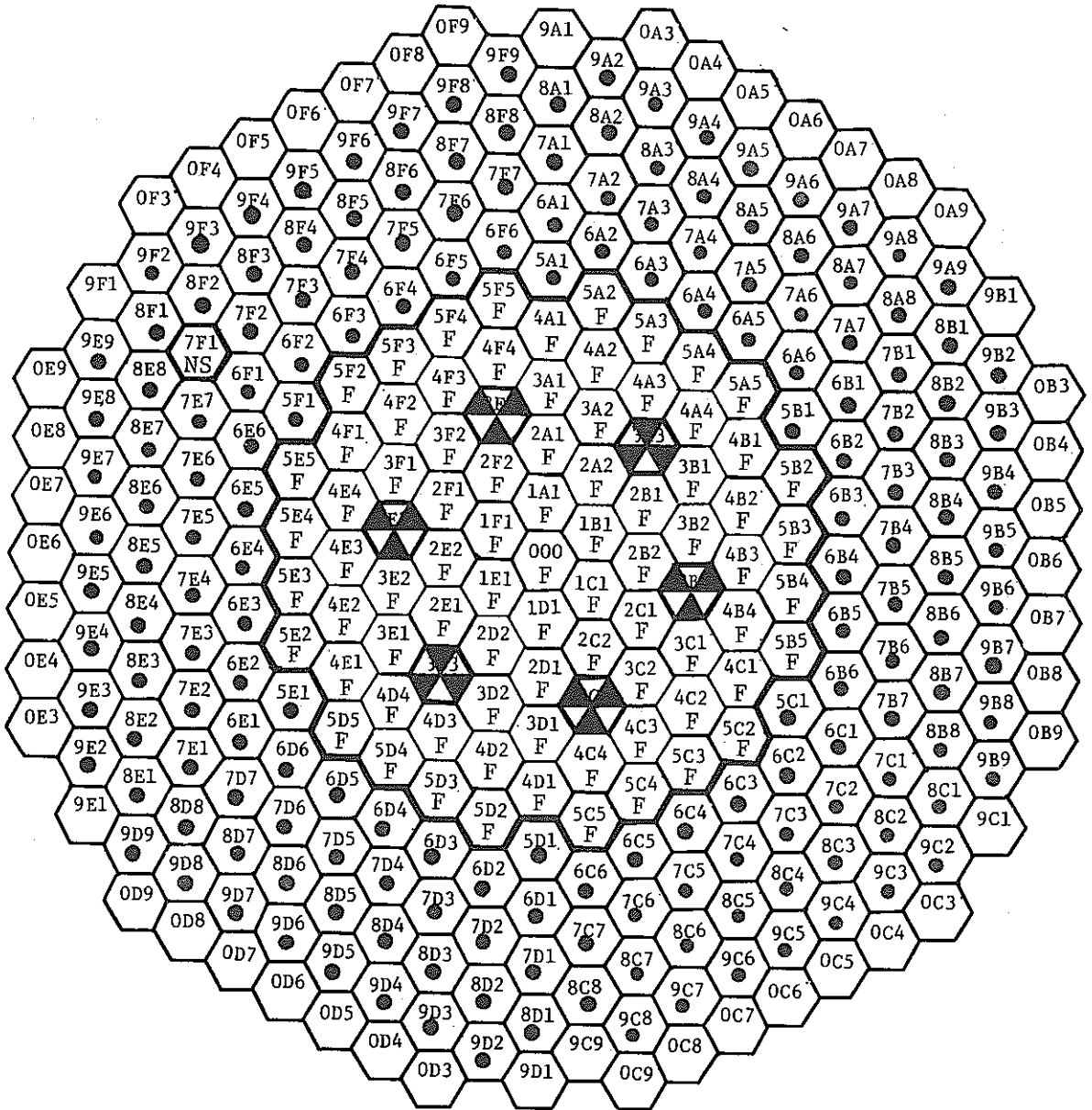
- (1) 実績に基づいて作業分析を行った作業単位毎の所要日数を使用する。(第3-1表参照)
- (2) 作業は通常勤務時間内とし、休日出勤及び超過勤務は原則として行わない。
- (3) 同一作業を3ヶ月以上継続することは可能な限り避ける。(機器の点検等のため)







移行の基本工程を第3-7図に示す。

3.2 移行手順

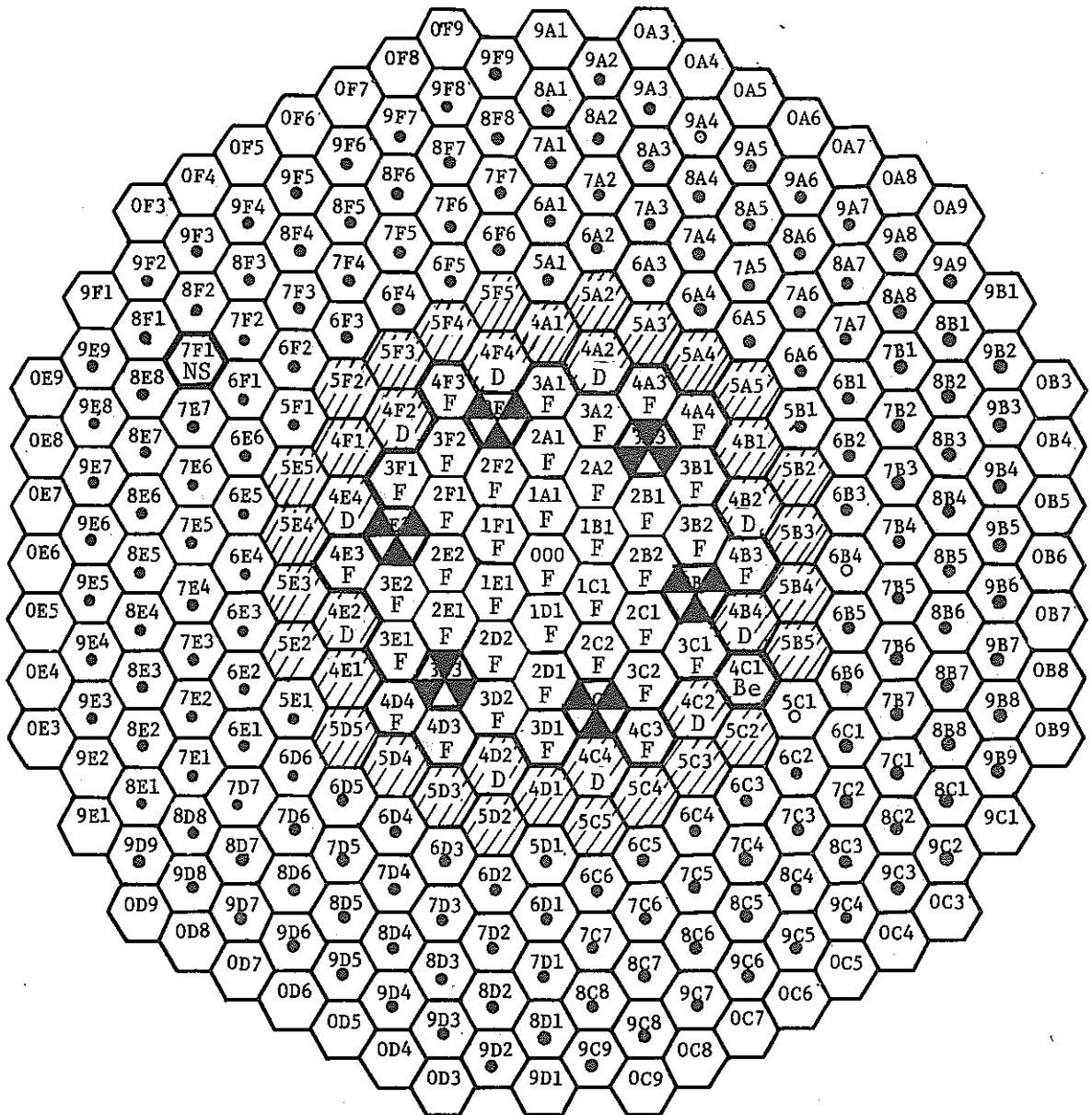
ステップ	手 順	備 考
I.	MK-Ⅱ炉心移行作業	
1-(1)	移行準備 炉心移行に先立ち、ラック内の使用済燃料等を移動する。	第3-1図
1-(2)	MK-Ⅰ反射体の交換 MK-Ⅰ反射体28体を外側反射体(B)28体(うち3体はスリット付)に、又サーベイランス集合体2体を新サーベイランス集合体に交換する。	第3-2図
2	MK-Ⅰ炉心を十分未臨界にする。 MK-Ⅰ炉心燃料(周辺)40体を、内側反射体29体、ダミー燃料10体、中性子源集合体(Be部)1体と交換して、炉心を十分未臨界にする。	第3-3図
3-(1)	制御棒駆動機構の撤去	
3-(2)	制御棒の上部案内管の交換 制御棒上部案内管3体を交換する。	
3-(3)	ブランケット燃料を反射体に交換(I) MK-Ⅰブランケット燃料60体をMK-Ⅱ内側反射体36体と外側反射体(A)24体に交換する。同時に安全棒4体をMK-Ⅱのものと交換する。	
3-(4)	中性子検出器3体の引抜き	付録2参照
3-(5)	ブランケット燃料を反射体に交換(II) MK-Ⅰブランケット燃料60体をMK-Ⅱ外側反射体(A)60体に交換する。	

3 - (6)	サーベイランスリグの交換 材料ラック内のサーベイランスリグ1体を交換する。	
3 - (7)	ブランケット燃料を反射体に交換 (Ⅲ) MK-I ブランケット燃料59体を MK-II 外側反射体 (A) 59本に交換する。	第3-4図
4 - (1)	調整棒の下部案内管の交換 調整棒下部案内管2体を交換すると同時に、MK-I 炉心燃料12体及び調整棒2体を各々 MK-II に交換する。	第3-5図
4 - (2)	制御棒駆動機構の据付・調整	
5 - (1)	中性子源の交換 旧 γ 線源部を取り出し、新 γ 線源部を中性子源集合体に挿入する。又旧中性子源集合体を外側反射体(A)と交換する。	
5 - (2)	炉心燃料の交換 MK-I 炉心燃料の残り27体を MK-II 炉心燃料と交換する。	第3-6図
6	臨界試験	
6 - (1)	未臨界の確認 制御棒を全数引抜いて、未臨界を確認する。	
6 - (2)	臨界近接 39本炉心から、ダミー燃料と MK-II 炉心燃料を置換して、逆増倍曲線を作成しながら臨界を達成する。	
Ⅱ.	100MW性能試験	
1	低出力試験	付録4参照
2	自主点検	
3	出力上昇試験	付録4参照



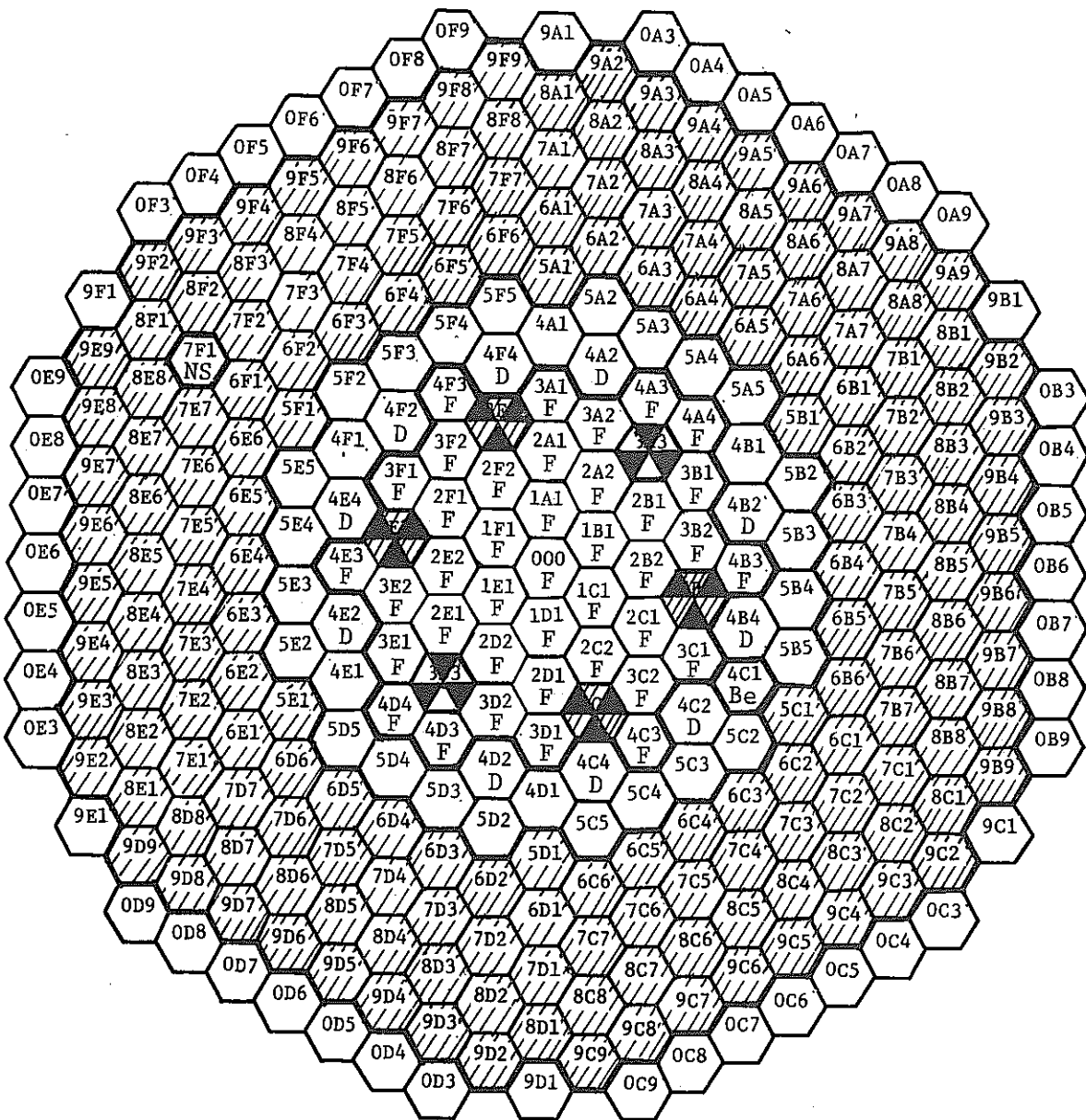
- | | |
|--|---|
|  炉心燃料 (79体) |  ブランケット燃料 (179体) |
|  調整棒 (2体) |  反射体 (48体) |
|  安全棒 (4体) |  中性子源 (1体) |


第3-1図 MK-I 運転終了時の炉心




- | | |
|---|--|
|  炉心燃料 (39体) |  調整棒 (2体) |
|  ダミー燃料 (10体) |  安全棒 (4体) |
|  ブランケット燃料 (179体) |  中性子源 (1体) |
|  反射体 (77体) |  MK-II 中性子源 (1体)
(Be部のみ) |
- (斜線部は交換した部分を示す)


第3-3図 39本炉心体系 (2ステップ)





 炉心燃料 (39体)


 MK-II 中性子源 (1体)
(Be 部のみ)

 ダミー燃料 (10体)

 調整棒 (2体)

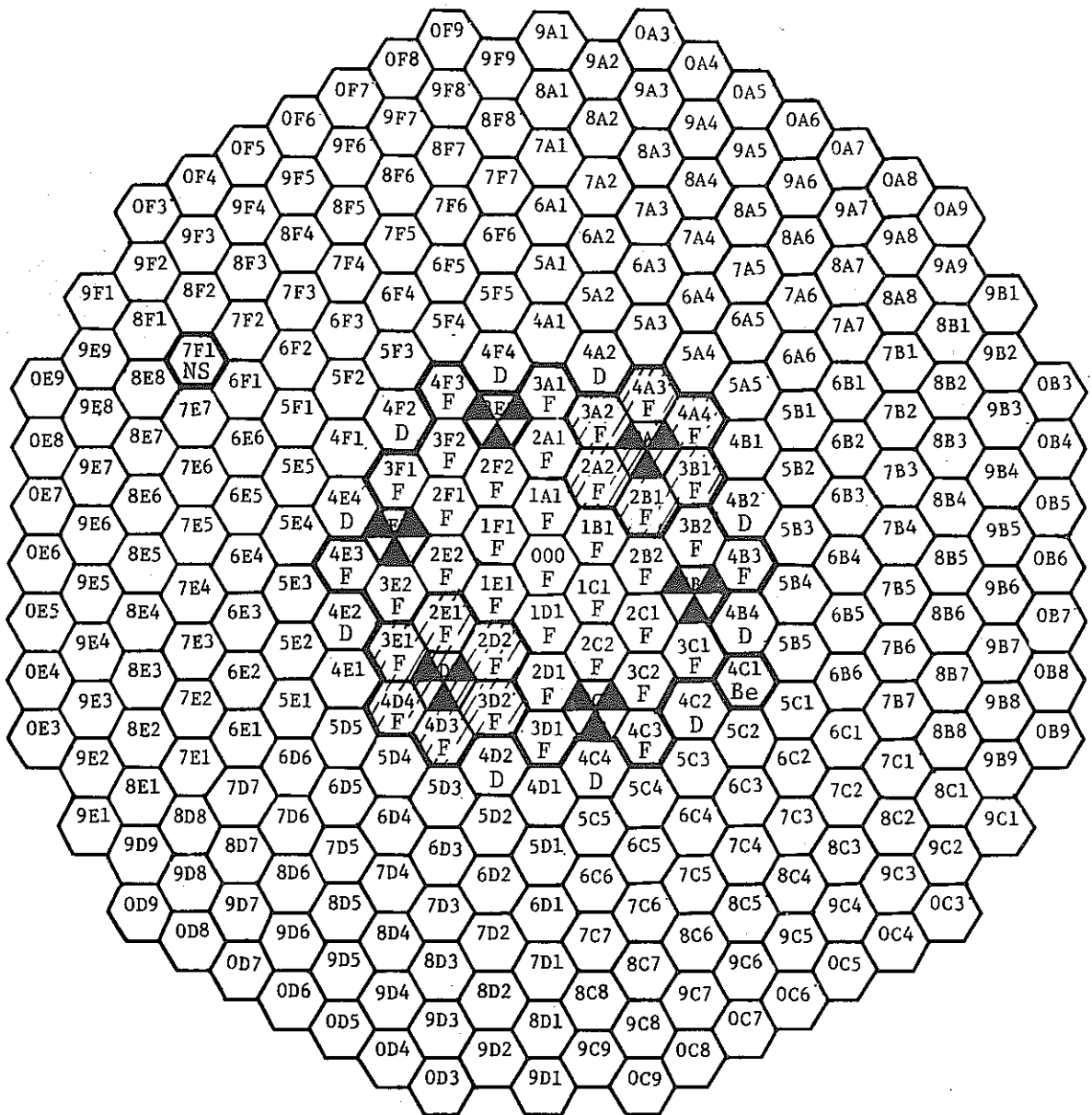
 反射体 (256体)

 安全棒 (4体)

 中性子源 (1体)

(斜線部は交換した部分を示す)

第 3-4 図 MK-II 燃料装荷前基準炉心 (3 ステップ)



⬡ F 炉心燃料 (39体)
(このうち12体がMK-II)

⬡ D ダミー燃料 (10体)

⬡ 制御棒 (6体)

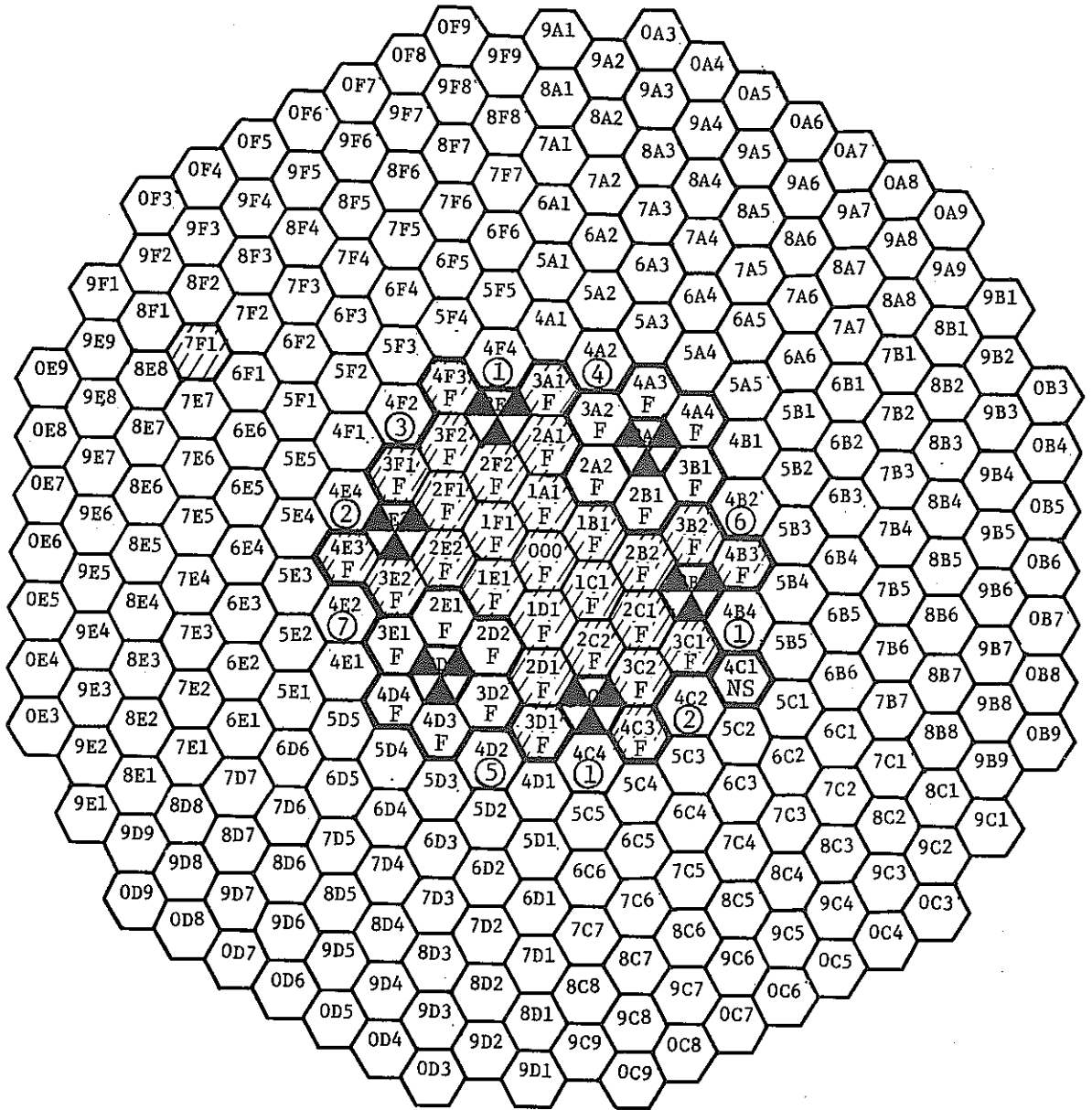
⬡ 反射体 (256体)

⬡ NS 中性子源 (1体)

⬡ Be MK-II 中性子源 (1体)
(Be部のみ)

(斜線部は交換した部分を示す)

第3-5図 制御棒交換後の炉心 (4ステップ)









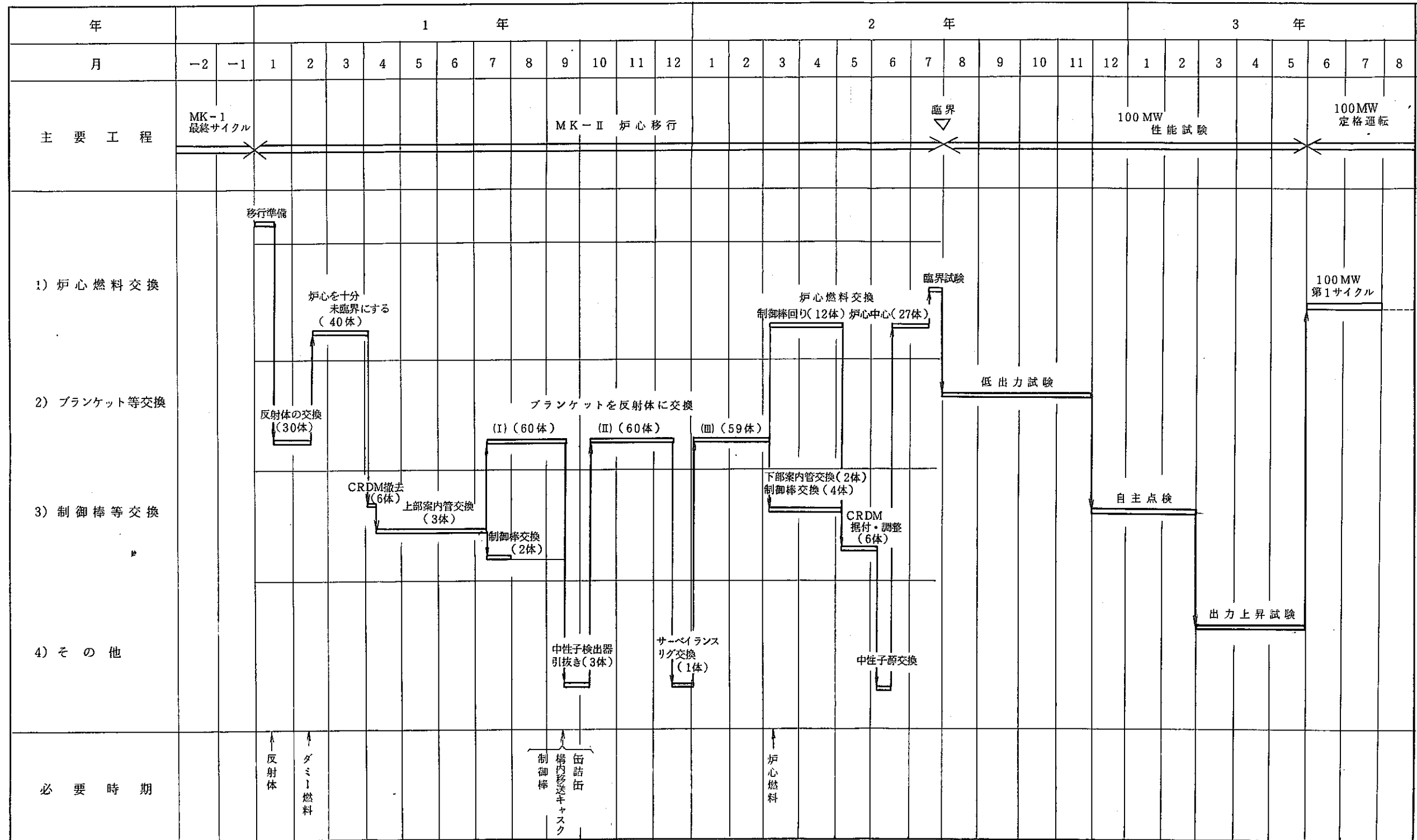
-  炉心燃料 (39体)
 -  } ダミー燃料 (番号は臨界近接時
燃料交換ステップ番号)
(10体)
 -  }
 -  中性子源 (1体)
 -  制御棒 (6体)
 -  反射体 (256体)
- (斜線部は交換した部分を示す)

図3-6図 臨界近接前炉心 (5ステップ)

第3-1表 移行作業項目と所要日数

作 業 項 目	所要日数
I. MK-II 炉心移行作業	
1-(1) 移行準備	16 日
(2) MK-II 反射体の交換	34 日
2 MK-I 炉心を十分未臨界にする	46 日
3-(1) CRDM 撤去	7 日
(2) 上部案内管の交換	93 日
(3) ブランケット燃料を反射体に交換(I)	68 日
(4) 中性子検出器の引抜き	19 日
(5) ブランケット燃料を反射体に交換(II)	68 日
(6) サーベイランスリグの交換	15 日
(7) ブランケット燃料を反射体に交換(III)	68 日
4-(1) 下部案内管の交換	52 日
(2) CRDM 据付・調整	32 日
5-(1) 中性子源の交換	9 日
(2) 炉心燃料の交換	31 日
6 臨界試験	10 日
	(小計568日)
II. 100MW性能試験	
1 低出力試験	4ヶ月
2 自主点検	3ヶ月
3 出力上昇試験	3ヶ月

第3-7図 MK-II 移行基本工程



4. 所要日数の検討

移行に要する日数の算出にあたって、前述した（3.1 基本的考え方）様に、作業は通常勤務時間内とするので年間の休日は以下の通りである。

日	曜	52日		} 計110日
土	曜	26日	(隔週休み)	
		13日	(半日出勤)	
年	末	8日	年	
祭	日	11日	(除 元日)	

従って、実働日数から所要日数を求める際には係数として、 $365 / (365 - 110) = 1.43$ を掛けるものとする。各作業単位毎の所要日数の算出結果を第3-1表及び付録1に示す。この前提では移行に576日（約19ヶ月）を要する。

検討その1.

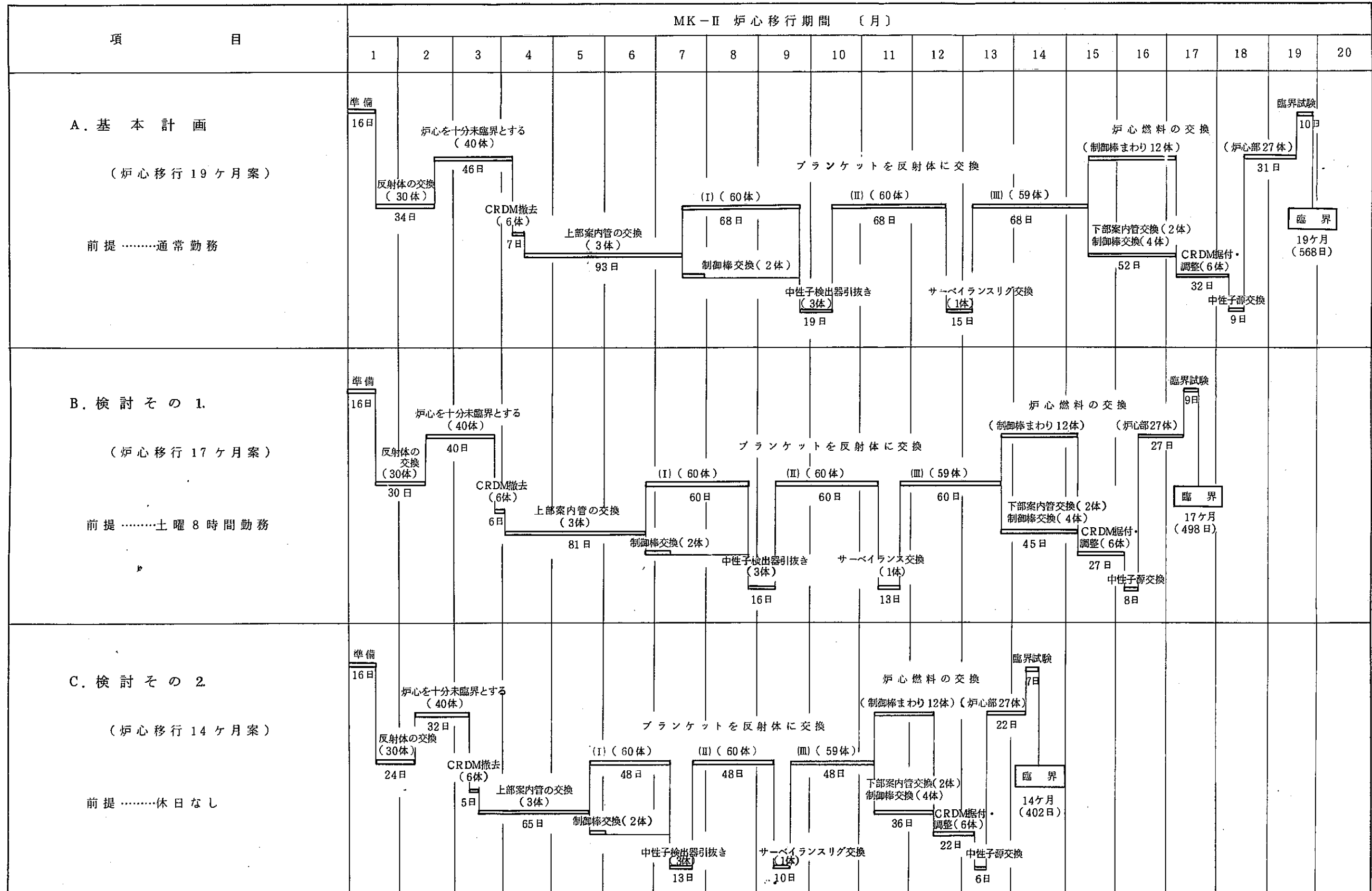
日曜・祭日・年末年始のみ休みとして、土曜は8時間勤務とした場合の所要日数を算出してみると、休日の合計は110日 $-(26日+13日) = 71日$ なので、係数として $365 / (365 - 71) = 1.24$ を掛ける。この前提では移行に498日（約17ヶ月）を要する。

検討その2.

休日なしで勤務した場合の所要日数を算出すると、所要日数=実働日数（係数=1）となり、この前提では移行に402日（約14ヶ月）を要する。

基本計画と検討2案の比較を第4-1図に示す。

第4-1図 所要日数の検討



5. あとがき

高速実験炉「常陽」は75 MW出力で昭和56年中頃まで運転を予定しており、それ以後MK-II炉心（熱出力100 MW）に移行する計画である。本資料は移行の基本計画をまとめたもので、これに基づいて今後詳細に計画をつめて行くことになる。

MK-I からMK-II への移行に関しては幾つかの問題がある。その主要なものは

- (1) 約300体の集合体の交換が必要であり、燃料交換作業の作業員の確保を含む実施体制
- (2) 炉内から取り出された使用済集合体の現プールから新プール（SFF）への構内輸送作業の実施体制
- (3) 炉心移行期間中の定検実施方法

である。この他に反射体（約二百数十体）及び使用済燃料缶詰缶（約300体）の保管場所の確保の問題もある。今後本基本計画に基づいて詳細計画をつめると共に上記問題の解決を図らねばならない。

付録1. 作業単位毎の所要日数

作業単位		実働日数	所要日数	備考
燃料交換	燃料交換機 { 炉内取扱 3日 } 燃料出入機 { 炉外移送 9日 }	12日	17日	1 cycle : 15体
上部案内管交換	ビット蓋 { 搬入 2日 } 上部案内管 { 引抜 15日 装荷 6日 洗浄 6日 No1 (21日) } { 引抜 14日 装荷 6日 洗浄 6日 No2 (20日) } { 引抜 14日 装荷 6日 洗浄 6日 SR-4 (20日) } { 搬出 2日 }	65日	93日	
中性子検出器引抜	引抜 3日 貯蔵 2日 ch.2	13日	19日	
サーベイランス・リグ	据付 1日 引抜 4日 挿入 4日 撤去 1日	10日	15日	
下部案内管交換 (含炉心燃料12体)	炉心燃料 { 炉心→Bポット 6体*) 炉心→Aポット 6体*) Bポット→Aポット 6体 Aポット→炉心 6体*) 炉内←炉外 12体 } 下部案内管 { 引抜 3日 挿入 3日 洗浄 3日 No1 } { 引抜 3日 挿入 3日 洗浄 3日 No2 } { 2日 } { 2日 } { 2日 } { 2日 } { 12日 }	36日	52日	*) 制御棒自体の取換えも行う。

作業単位		実働日数	所要日数	備考
CRDM 撤去 据付・調整 (6体)		撤去 5日 据付・調整 22日	撤去 7日 据付・調整 32日	*) 撤去と据付・調整は分割して実施する。
中性子源交換		6日	9日	
臨界近接		7日	10日	

付録 2. MK-II 炉心移行時の中性子計装系

MK-II 移行時の MK-II 燃料装荷の時点より、本設中性子チャンネル（起動系）よりさらに感度のよい特設チャンネルを 3 チャンネル用意する。本チャンネルは引続いて低出力試験でも使用する。

(1) 中性子検出器孔

中性子源・炉心及び検出器の位置関係を MK-I 臨界近接時と同様に考えると、下記の案が推薦される。

- 中性子源位置 : 4C1
- 特設予備チャンネル
 - chA : 第 9 ch 孔-炉心高さ
 - chB : 第 2 ch 孔-炉心高さ
 - chC : 同 上-2 m 上部
- 本設起動系
 - ch 1 : そのまま
 - ch 2 : ch 5 の検出器をそのまま使用
- 中間出力系
 - ch 3 : そのまま
 - ch 4 : ”
 - ch 5 : なし
- 線型出力系
 - ch 6~8 : そのまま

(2) インタロック・アラームスクラム関係

起動インタロックは改設前と同じである。又起動系も同等なものが 2 チャンネルであり、同じと考えてよい。

中間出力系は 3 チャンネルのうち 2 チャンネルとなる。上限スクラムは 2 out of 3 を除いて単チャンネル・スクラムとすれば安全側となり、且つ実働上問題もない。

(3) 中性子検出器

炉容器周辺に置かれた中性子計装系の感度は、MK-I と MK-II 炉心で、大差ないと考え、MK-II 臨界近接時に必要な中性子検出器感度は約 1 cps/nv_{th} でよいと考えられる。

(中性子源強度は MK-I と同じものが得られるとする)

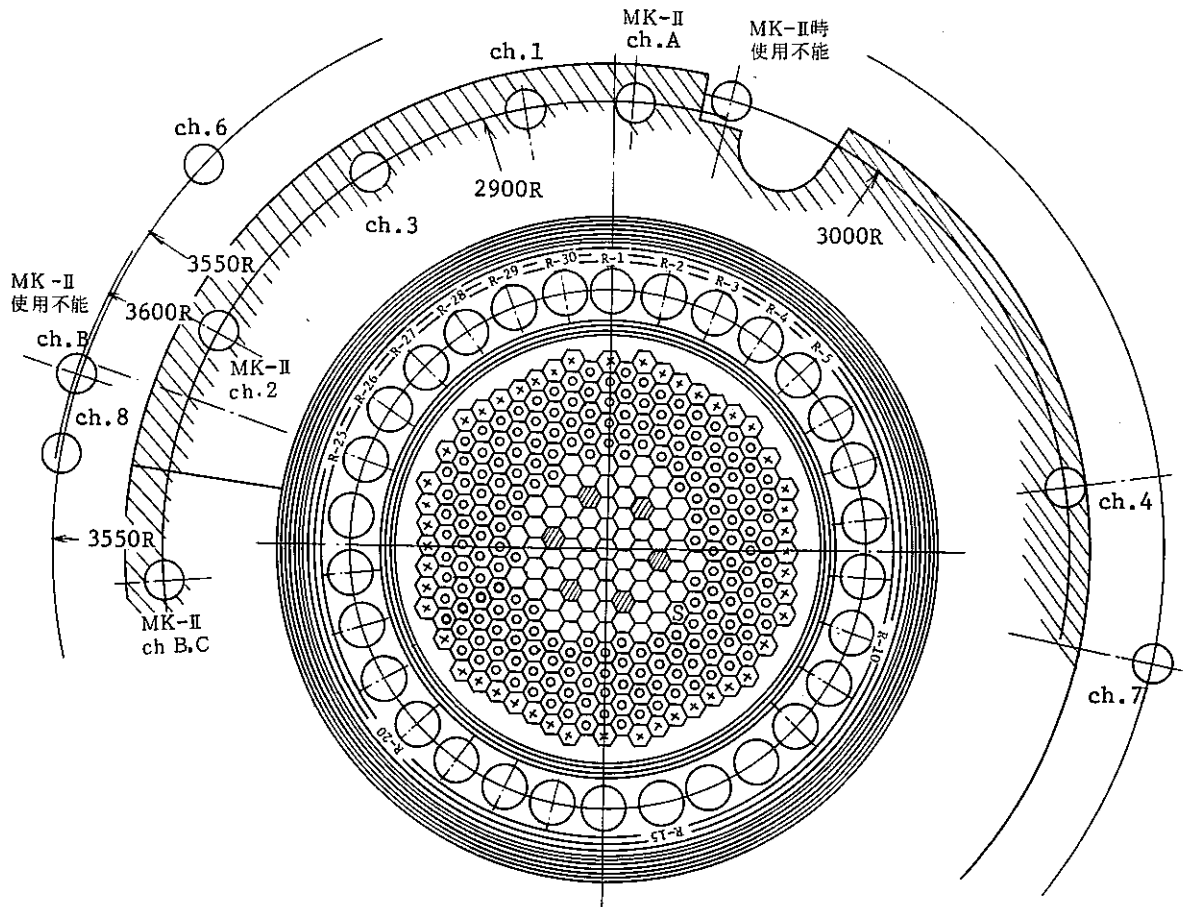
中性子源がさらに崩壊したとしても約 50 cps/nv 程度の感度の検出器があれば、約 1 年間は中性子感度が保てる。従って、検出器は MK-I の時と同程度のものを用意すればよい。下記の準備が推薦される。

- | | | | |
|------------|-----|----|-----------|
| ① B-10 検出器 | 5 本 | 感度 | 1 cps/nv |
| ② He-3 検出器 | 5 本 | 感度 | 50 cps/nv |

(4) エレクトロニクス・データ処理系

アンプ、デスクリ、スケーラ等の核計装系は技術課の現有のもので大半が間に合うので、多少不足分を用意すればよい。

データ処理系はMK-I時と同様にH-350オンライン処理が可能であるが、小さなマイコンを準備した方が取り扱いが容易かもしれない。



- ⬡ CORE FUEL S/A
- ⊙ BLANKET S/A
- ⊗ REFLECTOR
- ▨ CONTROL ROD
- ⊕ NEUTRON SOURCE
- IN-VESSEL STORAGE RACK
- ▨ GRAPHITE REGION

ch. A~ch. C He ₃ , B-10	TEMPORARY NEUTRON CHANNELS
ch. 1~ch. 2 F.C	SOURCE RANGE CHANNELS
ch. 3~ch. 5 F.C	INTERMEDIATE RANGE MONITORS
ch. 6~ch. 8 CIC	POWER RANGE MONITORS

付图 2 - 1 中性子検出器配置图

付録 3. 使用済燃料構内輸送

MK-II 炉心への移行において、MK-I 炉心の炉心構成要素のほとんど全部（反射体の一部が例外）が交換される。

MK-I 炉心の炉心構成要素は付表 3-1 に示すだけ製作されており、ブランケット燃料の一部を除いて大部分が炉心に装荷されて使用される予定である。

一方、炉心の装荷された使用済燃料等を貯蔵する貯蔵設備の貯蔵能力は、付表 3-2 に示すように、付属建屋内のプールにおいては 200 体であり、製作総本数との差の 200 体強は別建屋の SFF へ構内輸送して貯蔵せねばならない。

ここでは、この使用済燃料等の構内輸送に関して、構内輸送を必要とする時期、輸送の対象とする集合体の種類、輸送に必要な輸送キャスク、輸送に係る作業量及び費用の推定等を行う。

(1) 構内輸送を必要とする時期

付表 3-2 に示すように、炉心構成要素の炉心内貯蔵本数は 313 体であるから製作総本数 417 体との差 104 体は MK-II 移行作業（炉心内燃料等の交換、取出し）開始前にすでに付属建屋内プールに貯蔵されている。従って、付属建屋内プールの残りの貯蔵能力は約 100 体分（炉内貯蔵ラックでの貯蔵や、未使用ブランケット等の存在を考慮すると実際にはもう少し多いと思われる）であり、3.2 移行手順のステップ I. 2-(2) の中ごろには付属建屋内プールはいっぱいになり、構内輸送を行わないと MK-II 移行作業を継続できないことになる。

すなわち、構内輸送開始必要時期は

移行開始約 6 ヶ月後

現工程では 昭和 57 年 3 月

と推定される。

ただし、上記はぎりぎりのタイムリミットであり、実際の移行作業は 2 ヶ月程度前倒して行うことが望ましい。

→ CRDM 撤去、上部案内管交換作業の時期に並行作業として行う。

(2) 構内輸送対象集合体

核物質の防護および保障措置上の見地、照射後試験等 FMF との取合上の便利さ、使用済燃料の燃焼度測定の実施、缶詰缶のふたの交換や缶内水サンプリングの実施の可能性等を考慮して、MK-II 移行時には炉心燃料は原則として、付属プールに残し、ブランケット、反射体、制御棒等を構内輸送して SFF に貯蔵する。

(3) 構内輸送キャスク

使用済燃料の構内輸送用キャスクは、工認の認可を得るまでを本社実験炉計画 Gr が担当し、

製造以後を大洗実験炉で担当する分担で現在設計中である。当初の予定では、今年度中に工認の認可を得、55年度から製造開始の計画であるが工認の全体的な進捗状況及び本工認の特殊性から、スケジュールのおくれが予想される。

現在設計中の構内輸送用キャスクの主要目を以下に示す。

- ① 総重量 約50トン
- ② 収納本数 炉心燃料 8体
ブランケット燃料 11体 (しゃへい, 除熱の問題から)
- ③ 必要冷却期間 (原子炉停止後)
炉心燃料 1年
ブランケット燃料 2ヶ月
- ④ 作業性

SFF 内のキャスク置場から付属プールに搬入し、缶詰缶に入った燃料11体を収納して、SFF に構内輸送し、収納した燃料を取り出して、SFF プールの所定位置に装荷、キャスクを引き上げて、SFF 内のキャスク置場におく作業を1日(8:30~17:00)で終了できることを目標とする。

⑤ キャスク性能

しゃへい能力は法律の要件を完全に満足させる。除熱特性は、缶詰缶の設計条件を越えない事としている。2mの落下に耐えること。ただし、キャスクのふたを下方にむけた逆向き落下はないものとする。耐火性も特に要求しない。

→ 構内用として、一般公道用からの条件緩和を全面的に行っている。

⑥ キャスク外観及びキャスク内バスケットの外観を付図3-1, 3-2に示す。

なお、本キャスクは(1)の事情から、MK-II 移行開始後3ヶ月以内、昭和56年12月ごろには完成し、リハーサル等終了している必要がある。

(4) 輸送ルート

構内輸送の輸送ルートを付図3-3に示す。

輸送に係る問題点として次の2つがある。

① 現在、50トントレーラーの見通しが無い。

FMF のキャスクを輸送しているトレーラーは能力としては~60トンまで可能なので、道路管理者である、大洗工学センターとして承認すれば使用可能(一般公道用としては~24トンまで)。又は、別に50トンのライセンスがあつて、寸法的に付属プールのトラックヤードに入るトレーラーをさがすか、特注する必要がある。

② 方向変換を含めた具体的な輸送ルートの確認

(5) 輸送回数

輸送対象集合体の数は付表3-1の炉心燃料以外の合計として約300体と推定される。1回

の輸送本数は11体であるから輸送回数は27回となるが余裕をみて30回とする。

ただし、付属プールに200体ぎりぎりまで貯蔵する計画の最低必要輸送回数は約20回である。

(6) 輸送に係る作業の必要人員，費用等

輸送作業の実施にあたってはPNC 職員6～7名（原子炉主任技術者，核燃料取扱主任者，RI 主任者等の有資格者1名が必ず必要）及び業者7名程度が必要である。

外注費は，現在FMF 作業が40万円/回であるのでそれから推定して1200万円～2000万円である。

作業分担，担当等の内訳を付表3-3に示す。

付表3-1 MK-I 炉心構成要素製作本数

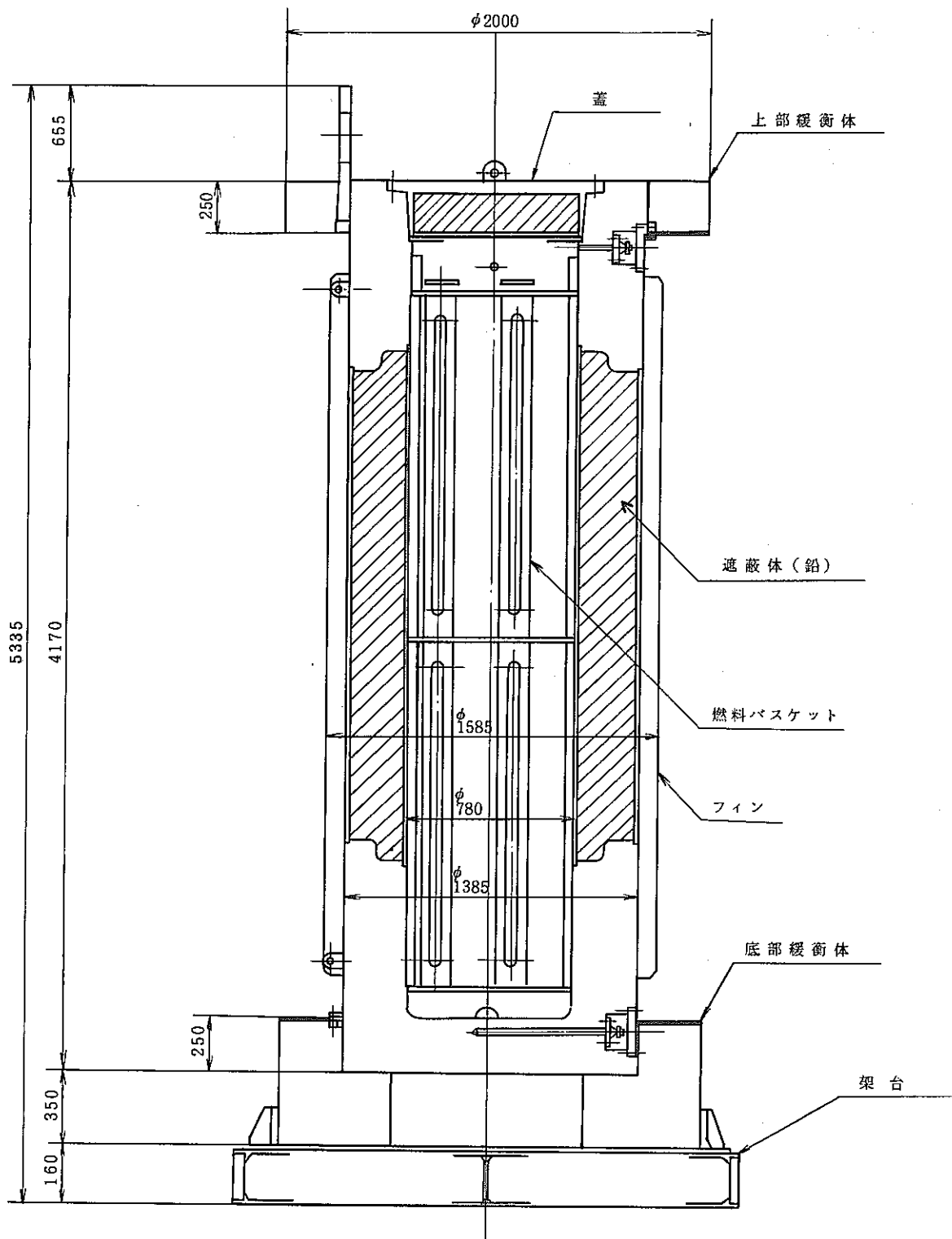
炉心燃料	119体	} 417体
ブランケット燃料	227体	
制御棒	18体	
反射体等（炉心装荷分のみ）	48体	
中性子源（ γ 線源部，受入集合体を別扱いとする）	～5体	

付表3-2 炉心構成要素貯蔵能力

炉心（炉内貯蔵ラックは除く）	313体
付属プール	200体
SFF	600体

付表3-3 輸送作業の分担，担当

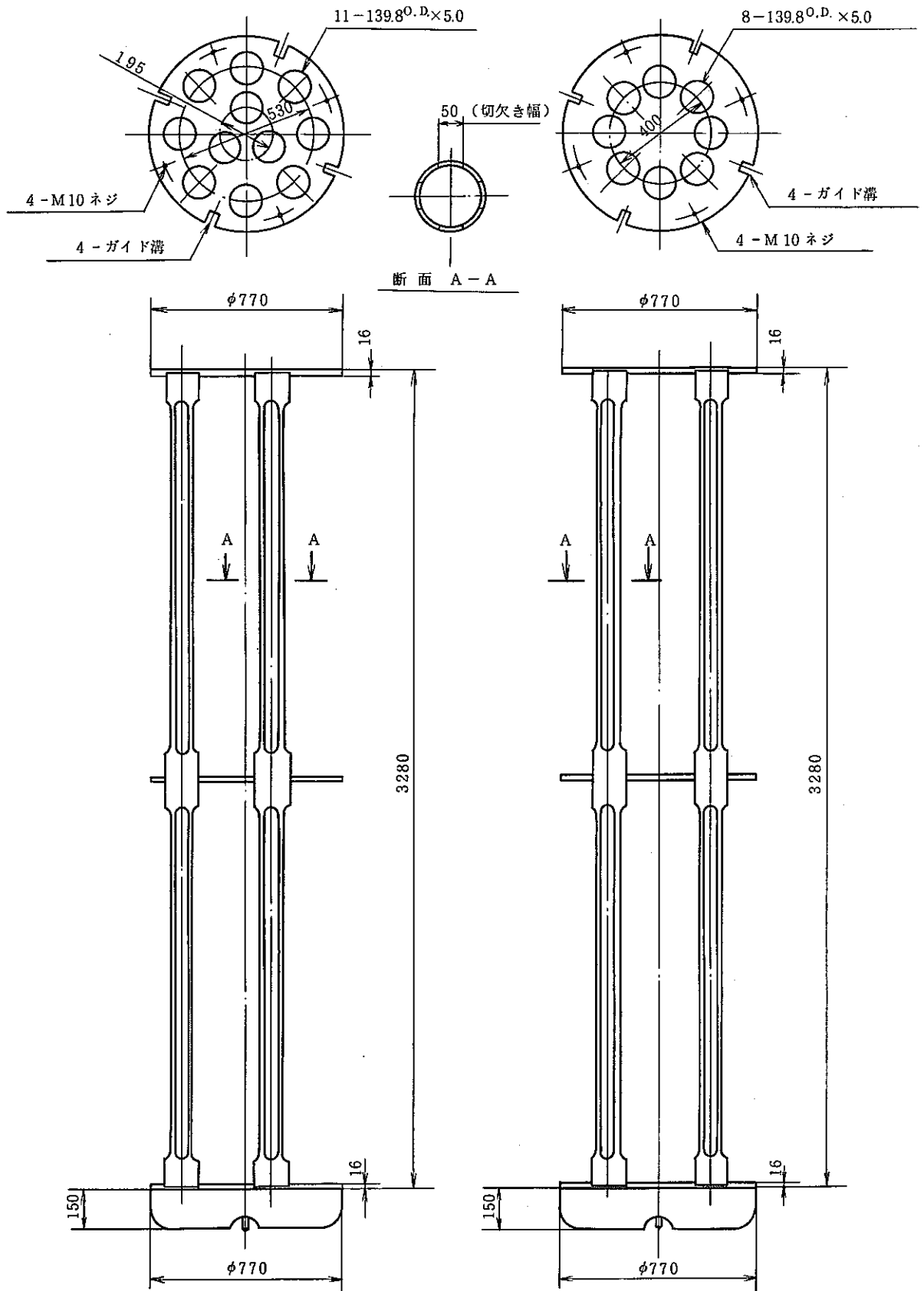
監督者（核燃料取扱主任者等）	1名	} PNC 職員
燃料移送機操作（SFF，付属兼務）	2名	
監督者補助	1～2名	
放管担当者	1～2名	
クレーン操作（SFF，付属兼務）	1名	} 外注
玉掛責任者（ " ）	1名	
トレーラー運転者	1名	
業者（業者責任者を含む）	4～5名	



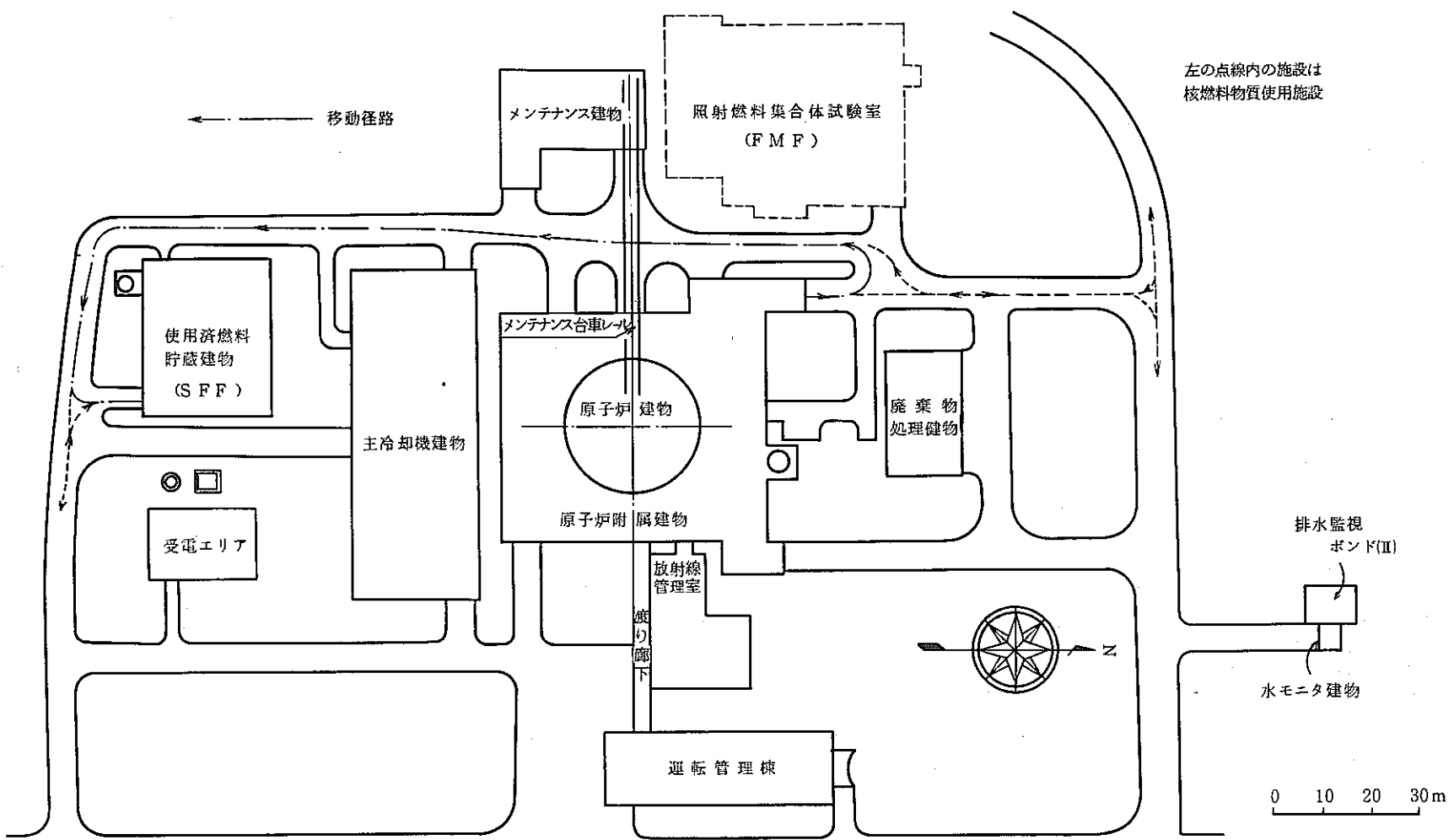
付図 3-1 使用済燃料輸送容器 全体図

(a) 半径方向ブランケット燃料用(11体)

(b) 炉心燃料用(8体)



付図 3-2 使用済燃料輸送容器 燃料バスケット図



付図 3-3 使用済燃料集集体移動経路

付録 4. 性能試験項目

MK-Ⅱ 炉心移行に伴う性能試験は基本的には MK-Ⅰ 炉心時の考え方を継承する。

MK-Ⅰ (50 MW および 75 MW) および MK-Ⅱ の性能試験の対照表を付表 4-1 に示す。

MK-Ⅱ で新たに追加する必要がある試験内容は特殊燃料集合体を含む炉心の

- ① 燃料等価反応度
- ② 流量分布
- ③ 燃料集合体出口温度分布

である。特に③については通常炉心で出力上昇を行って一度炉を停止し、再度出力上昇を行う必要がある。

現在、特殊燃料集合体としては B 型を予定しており、本特殊燃料集合体を装荷した炉心を 100 MW 定格運転時の初期炉心とする。

付表 4 - 1 性能試験項目対照表

I 炉心特性

試験番号	試験項目	増殖炉心 (熱出力 50 MW)						増殖炉心 (熱出力 75 MW)				照射用炉心 (熱出力 100 MW)						備 考		
		臨界	低出力	出力上昇 (MW)					臨界	低出力	出力上昇 (MW)	臨界	低出力	出力上昇 (MW)						
				7.5	15	25	40	50						50 (100 h)	65	75	25		50	75
1. 臨界試験																				
NT-11	臨界近接	●											○							
NT-12	臨界試験	●											○							
NT-13	初期炉心構成	●							●				○							
2. 制御棒特性																				
NT-21	制御棒校正		●							●				○						
NT-22	炉停止余裕		●							●				○						
NT-23	スクラム反応度		●											○						
3. 反応度効果																				
NT-31	燃料等価反応度		●											○						特殊燃料集合体を対象とする。
NT-32	ナトリウムボイド効果		●																	増殖炉心で Na ボイド効果が負であることが確認され計算値とも合うので照射用炉心では省略
NT-33	等温係数		●											○						
NT-34	出力係数			●	●	●	●	●				●	●		○	○	○	○	○	○
NT-35	燃焼係数								●			●								○
4. 出力校正・出力分布																				
NT-41	核出力校正		●											○						
NT-42	出力分布		●											○						
5. 温度・流量特性																				
NT-51	炉心内流量分布		●											○						
NT-52	燃料集合体出口温度分布			●	●	●	●	●				●	●		○	○	○	○	○	○

● 使用前検査完了

○ 使用前検査申請予定

試験番号	試験項目	増殖炉心(熱出力 50 MW)						増殖炉心(熱出力 75 MW)			照射用炉心(熱出力 100 MW)						備考					
		臨界	低出力	出力上昇(MW)					臨界	低出力	出力上昇(MW)		臨界	低出力	出力上昇(MW)							
				7.5	15	25	40	50			50 (100h)	65			75	25		50	75	90	100	
6	炉心動特性																					
NT-61	バイロンレータ試験					●		●														測定項目、伝達関数、動特性パラメタに関する情報は既に十分得られたので照射用炉心では省略
NT-62	炉雑音測定		●	●	●	●	●	●			●	●		○	○	○	○	○	○	○	○	

II. プラント特性

試験番号	試験項目	増殖炉心(熱出力 50 MW)						増殖炉心(熱出力 75 MW)			照射用炉心(熱出力 100 MW)						備考					
		臨界	低出力	出力上昇(MW)					臨界	低出力	出力上昇(MW)		臨界	低出力	出力上昇(MW)							
				7.5	15	25	40	50			50 (100h)	65			75	25		50	75	90	100	
1	熱・流力特性																					
PT-11	熱出力校正			●	●	●	●	●		●	●				○	○	○	○	○	◎		
PT-12	定常伝熱特性					●		●		●	●				○		○		○			
2	安定性試験																					
PT-21	調整棒小引抜応答試験					●		◎		●	◎				○		○		○			照射用炉心では制御棒小引抜応答試験となる
PT-22	主冷却出口温度変化応答試験			●		●		●		●	●				○		○		○			
3	異常時過渡応答試験																					
PT-31	調整棒一斉挿入					●		●			●				○		○		○			照射用炉心では制御棒一斉挿入となる。
PT-32	手動スクラム					●		◎			◎				○		○		○			
PT-33	1次主循環ポンプトリップ					●		◎														トリップ試験データは既に十分取れているので照射用炉心では試験を省略する。
PT-34	2次主循環ポンプトリップ					●																"
PT-35	主送風機トリップ					●																"
PT-36	外部電源喪失			◎		●					◎						○		◎			

◎ 使用前検査完了

◎ 使用前検査申請予定

試験番号	試験項目	増殖炉心(熱出力 50 MW)						増殖炉心(熱出力 75 MW)			照射用炉心(熱出力 100 MW)					備考				
		臨界	低出力	出力上昇(MW)					臨界	低出力	出力上昇(MW)		臨界	低出力	出力上昇(MW)					
				7.5	15	25	40	50			50 (100h)	65			75		25	50	75	90
4. 崩壊熱除去能力試験																				
PT-41	主冷却系による熱除去																	◎		
PT-42	補助冷却系による熱除去			●															熱除去試験であるので炉心形状、出力依存性が少なく、1度行えば十分である。	
PT-43	床下メンテナンス時除熱能力			●														〃		
5. 通常運転時性能確認試験																				
PT-51	運転温度圧力確認			●	●	◎	●	●	◎			●	◎			○	○	○	○	◎
PT-52	ナトリウム・カバークラスアルゴン分析試験			●	●	●	●	●				●	●			○	○	○	○	○
PT-53	廃ガス濃度測定試験			●	●	●	●	●	◎			●	◎			○	○	○	○	◎

III 遮蔽特性

ST-11	空間線量率分布	●	●	●	●	●	●	◎				●	◎		○	○	○	○	○	◎
ST-21	炉体まわり遮蔽特性		●	●											○					

IV 運転監視

MT-11	放射線管理	●	◎	●	●	◎	●	◎	●			●	◎		○	◎	○	○	○	○	◎
MT-21	燃料破損検出系	●	●	●	●	●	●	◎				●	◎		○	○	○	○	○	◎	
MT-31	音響法炉内異常監視	●	●	●	●	●	●	◎				●	◎		○	○	○	○	○	◎	

◎ 使用前検査完了

◎ 使用前検査申請予定

付録 5. 工認及び使用前検査について

53安(原規)第289号(昭和53年9月20日付)で、設置変更の許可を受けたMK-II炉心において新たに設備変更を要するものは以下の通りである。

- 1) 原子炉本体
 - (1) 炉心燃料集合体および反射体
 - (2) 特殊燃料集合体(含材料照射用反射体)
- 2) 計測制御系統施設
 - (1) 制御棒
 - (2) 制御棒駆動機構

その他の原子炉施設については、設備上の変更はないが原子炉冷却系統施設については、冷却材の運転温度を変更するとして設置変更が許可されている。

1) 工認申請

工認の申請に際しては、工程上の都合により以下のように分割申請する。

- (1) 炉心燃料集合体および反射体(54安(原規)第42号で認可済)
- (2) 特殊燃料集合体
- (3) 制御棒および制御棒駆動機構

原子炉本体のうち炉心燃料集合体および反射体の通常の炉心構成要素と特殊燃料集合体を分割申請する理由は、使用時期が異なることによる工程の都合の他に、特殊燃料集合体は今後とも燃料材料の開発計画に応じて設計(設置許可の範囲内で)されるものであり、現時点でそのすべてについて詳細設計をして、炉心燃料集合体と同時に工認申請をすることは不可能なことによる。

上記以外の原子炉施設については75MW性能試験結果にもとづいて出力の変更に係る設計条件の見直しに行っており、100MW運転に性能上および安全上問題ないことを確認しているが、今後の75MW定格出力運転を通じて、必要があれば、設計の再評価、または設備の変更の工認申請を行う。

2) 使用前検査申請

MK-II炉心への移行に伴う使用前検査としては

- (1) 炉心燃料集合体および反射体
- (2) 特殊燃料集合体
- (3) 制御棒および駆動機構

(4) 性能試験

がある。使用前検査申請は上記のすべてを含んで「照射用炉心への改造」として一括申請し、詳細検査項目については各工認が認可された段階で変更届をする。

なお、特殊燃料集合体については、MK-Ⅱ炉心の性能試験完了以前に製作検査が完了するもののみを対象とし、それ以後に製作されるものについては、使用前検査は分離して申請する。

また、75 MW 出力運転期間に設備の改造等に伴う工認変更を行なうものについては、原則として分離申請をする。ただし、100 MW への出力上昇に不可欠な設備変更で工認申請した場合は上記「照射用炉心への改造」の申請に追加変更届をする。

付録 6. 部内特別対策委員会 (第 2 部会)

1. 委員会メンバー

MK-Ⅱ 炉心移行の実施にあたっては、基本計画の作成・検討を速やかに行うため、昭和54年12月13日に部内特別対策委員会第2部会が設置された。本委員会は下記のメンバーから成り、事務局は技術課運転計画Gr. が担当した。

委員長	高速実験炉部長	野 本 昭 二
委 員	高速実験炉部次長	渡 辺 昌 介
	高速実験炉部付	原 忠
	原子炉第1課長	朝 倉 文 雄
	原子炉第2課長	福 田 達
	技 術 課 長	山 本 寿
	管 理 課 長	渡 辺 昌 介 (兼務)
第2部会専門委員	原子炉第1課 研究員	坂 井 茂
	研究員	向 坊 隆 一
	原子炉第2課 研究員	小 沢 健 二
	技 術 課 課長代理	大 竹 俊 英
	課長代理	関 口 善 之
	主査・副主研	山 下 芳 興
	研究員	佐々木 誠
	研究員	飯 田 正 明

2. 検討経緯

本委員会は昭和54年12月設置以来、3回開催された。付表6-1に経緯を示す。

付表6-1 部内特別対策委員会第2部会の検討経緯

回	年月日	開催場所	議 題	検 討 結 果 の 概 要																									
1	54.12.19	実験炉「常陽」 第2会議室	<ul style="list-style-type: none"> MK-II 移行試験基本計画 	<ul style="list-style-type: none"> 「高速実験炉『常陽』照射炉心(MK-II) 移行試験基本計画」に基づき、MK-II 移行計画について山本委員より説明がなされた。(日勤のみで約19ヶ月要する。) 直体制でのMK-II 移行を今後検討する。 																									
2	55. 1. 18	実験炉「常陽」 第4会議室	<ul style="list-style-type: none"> MK-II 移行時の直体制での燃取工程 	<ul style="list-style-type: none"> 向坊委員より、直体制での燃取作業の体制・所要日数・経費についての検討結果が報告された。 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th></th> <th>① 案</th> <th>② 案</th> <th>③ 案</th> <th>④ 案</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>体 制</td> <td>日 勤 (日・祭休み)</td> <td>日 勤 (日・祭出勤)</td> <td>2交代 (8:30~21:30)</td> <td>3交代</td> </tr> <tr> <td>所要日数</td> <td>330日</td> <td>250日</td> <td>180日</td> <td>120日</td> </tr> <tr> <td>必要人員</td> <td>18名</td> <td>24名</td> <td>42名</td> <td>54名</td> </tr> <tr> <td>経 費</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0.8億円</td> <td>1.5~2.5億円</td> </tr> </tbody> </table> <p>(④案は人員的に不適 ③案は労務上の問題点がある。)</p>		① 案	② 案	③ 案	④ 案	体 制	日 勤 (日・祭休み)	日 勤 (日・祭出勤)	2交代 (8:30~21:30)	3交代	所要日数	330日	250日	180日	120日	必要人員	18名	24名	42名	54名	経 費	—	—	0.8億円	1.5~2.5億円
	① 案	② 案	③ 案	④ 案																									
体 制	日 勤 (日・祭休み)	日 勤 (日・祭出勤)	2交代 (8:30~21:30)	3交代																									
所要日数	330日	250日	180日	120日																									
必要人員	18名	24名	42名	54名																									
経 費	—	—	0.8億円	1.5~2.5億円																									
3	55. 2. 7	実験炉「常陽」 第4会議室	<ul style="list-style-type: none"> MK-II 移行時の原2課作業工程について 	<ul style="list-style-type: none"> 小沢委員から、原2課工程の検討結果が報告された。所要日数は計169日。原案から以下の2点が変更になった。 <ul style="list-style-type: none"> ① 中性子検出器引扱は共同研究のch9を加えて3体とする。 ② 上部案内管交換はSR-4を加えて3本とする。 山下委員から計画全体の問題点が指摘された。(使用済燃料構内移送キャスク, γ線源輸送キャスク) <p>以上3回の検討結果をもとに基本計画の改訂作業を技術課ですすめた。</p>																									