

# 高速増殖実証炉 第2巻

プラント系統別の検討  
第5分冊 燃料取扱設備の検討

1984年7月

動力炉・核燃料開発事業団

実証炉設計技術検討Working Group

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせください。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター システム開発推進部・技術管理室

Enquires about copyright and reproduction should be addressed to: Technology Management Section O-arai Engineering Center, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 4002 Narita-cho, O-arai-machi, Higashi-Ibaraki, Ibaraki-ken, 311-13, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation)

高速増殖実証炉 第2巻  
プラント系統別の検討  
第5分冊 燃料取扱設備の検討

実証炉設計技術検討 Working Group

要 旨

実証炉設計技術検討ワーキンググループにおいて、世界各国の大型高速増殖炉について第1巻に引続き、プラント系統別に調査検討した。

第2巻は

- 第1章(第1分冊) 炉心の検討
- 第2章(第2分冊) 原子炉構造の検討
- 第3章(第3分冊) 冷却系設備の検討
- 第4章(第4分冊) 補助設備の検討
- 第5章(第5分冊) 燃料取扱設備の検討
- 第6章(第6分冊) 計測制御設備の検討
- 第7章(第7分冊) 安全設備の検討

に分類して検討を行なった。

本報告は、第5章(第5分冊)燃料取扱設備の検討について、まとめたものである。

## 目 次

まえがき .....		1
5.1 燃料取扱システム	(佐々木修一) .....	3
5.1.1 我国における燃料取扱システム .....		3
5.1.2 海外の燃料取扱システム .....		22
5.2 回転プラグ、遮蔽プラグ	(佐々木修一、片岡一、横田淑生) .....	39
5.2.1 我国の回転プラグ、遮蔽プラグ .....		39
5.2.2 海外の回転プラグ、遮蔽プラグ .....		51
5.3 燃料交換機	(佐々木修一、片岡一、横田淑生) .....	70
5.3.1 我国の燃料交換機 .....		70
5.3.2 海外の燃料交換機 .....		84
5.4 燃料出入機	(佐々木修一、片岡一、横田淑生) .....	101
5.4.1 我国の燃料出入機 .....		101
5.4.2 海外の燃料出入機 .....		113
5.5 燃料移送設備	(佐々木修一、片岡一、横田淑生) .....	153
5.5.1 我国の燃料移送設備 .....		153
5.5.2 海外の燃料移送設備 .....		172
参考文献 .....		193
あとがき .....		194

## ま え が き

世界の高速増殖炉の開発は、実験炉、原型炉の研究開発が進み、実証炉の研究開発の段階に進みつつある。

動燃においても、数年前から実証炉の設計研究が進められており、昨年（昭和57年）9月からは、“実証炉設計技術検討ワーキンググループ”が発足し、高速増殖炉開発本部並びに大洗工学センターの関連部（高速炉機器開発部、高速実験炉部、燃料材料試験部、高速炉安全工学部）から、各々の立場の専門家による実証炉開発のための検討が進められることになった。

実証炉設計技術ワーキンググループ内で第1巻として世界各国の高速増殖炉の技術調査を進めることになり、以下のような項目を調査した。

- 第1章 ループ型炉の開発状況
- 第2章 タンク型炉の開発状況
- 第3章 我国の開発状況
- 第4章 炉型式の比較
- 第5章 今後の研究開発項目

第1巻に引き続き、第2巻として、プラント系統別の調査検討を以下のような項目で実施した。

- 第1章 炉心の検討
- 第2章 原子炉構造の検討
- 第3章 冷却系設備の検討
- 第4章 補助設備の検討
- 第5章 燃料取扱設備の検討
- 第6章 計測制御設備の検討
- 第7章 安全設備の検討

本報告書は、第5章燃料取扱設備の検討についてまとめたものであるが、他の章以降も順次報告される予定である。

報告書のまとめ方は、担当（目次の氏名）を決め、担当者が調査し、調査内容を当ワーキンググループの検討会で発表し、各分野の専門家と討論し充足してまとめられた。調査内容は、できるだけ最新の情報を入手するよう努力した。

しかし常に、新しい情報が入っているので、さらに追加すべきことも多いと思われるが、一応の成果と考え、報告することにした。

高速増殖炉の開発は、国際協力を必要とする時代であり、我国も各国から色々な形で呼びかけられつつある。また、実証炉の設計研究も経済性や安全性の観点から、タンク型とループ型の比較すべき時代に、本報告書が少しでも役に立てば幸いである。

本報告書のコメントや訂正等，各方面から頂けることを期待している。

実証炉設計技術検討ワーキンググループ 事務局

## 5.1 燃料取扱システム

燃料取扱設備は、炉心燃料集合体、半径方向ブランケット燃料集合体、制御棒などの炉心構成要素を炉内で一定期間使用した後、炉外に取出し、新しいものと取りかえるための一連の作業を行なう設備である。

高速炉の燃料取扱設備は軽水炉などに比べると化学的に活性が強く、不透明であるナトリウムを冷却材としている為、複雑な機器及び操作が必要となる。

更に、高速炉の使用済み燃料は一般に高崩壊熱を持っており、冷却ポット等で冷却しつつナトリウム中とカバーガス中という異なった雰囲気で移送するため軽水炉等と比べると非常に複雑なシステムを持つ。

そのため全建設費に占める燃料取扱設備の割合も「もんじゅ」で10%程度と高く、高速炉の建設費を高くしている。

燃料取扱設備のコンパクト化とともに、アップストリウム、ダウンストリウムを含めて考慮し、適正な貯蔵容量、システムの合理化を計り、燃料取扱設備の全建設費に占める割合が5%以下となる様にする努力が必要である。

実用炉では稼働率の向上を計ることが重要である。特に、燃料交換時間は定期点検時間とともに稼働率の向上に対して、クリティカルパスとなる事も考えられるので、可能な限り短縮化を計る必要がある。

燃料取扱設備は、原子炉設備の他の部分よりも特にシステムとしての動きが重要であり、システム全体の改良を計る必要がある。そのために開発段階においては、その時点で最も望ましいと考えられる概念を含めて広い範囲にわたって検討し、選定して行く必要がある。

### 5.1.1 我国における燃料取扱システム

#### 5.1.1.1 「常陽」の燃料取扱システム

実験炉「常陽」の燃料取扱システムは実験炉の目的に従い、燃料交換を頻繁に行うのに適する機構として設計された。

炉心燃料集合体のほか、内外プランケット燃料集合体、制御棒、反射体及び中性子源等の、炉心構成要素を取扱うことができる。

これらの設備は、燃料交換機、燃料出入機、炉内燃料貯蔵ラック、トランスファロータ、新燃料貯蔵設備、使用済み燃料貯蔵設備、燃料取扱用キャスクカー等から構成される。

以下に各主要機器の概要を示す。

#### ① 燃料交換機

炉心とバレル構造体内に形成されている炉内燃料貯蔵ラック間で、燃料集合体等を交換する装置である。

#### ② 燃料出入機

炉内燃料貯蔵ラックとトランスファロータ間で、炉心燃料集合体等を移送する装置である。

③ 炉内燃料貯蔵ラック

燃料集合体等を炉内で貯蔵、冷却するほか材料の照射などを行う設備である。

④ トランスファロータ

炉心燃料集合体等を燃料受入貯蔵設備と燃料出入機間で移送する際の中継を行う設備である。

⑤ 新燃料貯蔵設備

新炉心燃料集合体等を受入れ、解梱、検査及び貯蔵する設備である。

⑥ 使用済燃料貯蔵設備

使用済炉心燃料集合体等の洗浄、缶詰貯蔵、冷却及び所外への搬出を行う設備である。

⑦ 燃料取扱用キャスクカー

使用済炉心燃料集合体等及び新炉心燃料集合体等を、トランスファロータと新燃料及び使用済燃料貯蔵設備内各点との間で移送する自走式運搬車である。

「常陽」における燃料集合体の取扱い操作は次の通りである。

① 燃料受入れから装填燃料貯蔵室に貯蔵するまでの操作

新炉心燃料集合体等は、受入後解梱され検査室で検査されたのち装填燃料貯蔵室に貯蔵または新燃料の輸送容器に収容し、使用済燃料貯蔵建物内の貯蔵室に運搬され、貯蔵される。  
この間の操作は原子炉の運転と無関係に行われる。

② 燃料交換操作

1. 燃料出入操作

原子炉容器内（炉内燃料貯蔵ラック）への燃料集合体等の出入操作は、燃料出入スケジュールに基づき、以下により行われる。

(i) 使用済燃料集合体等は、炉内燃料貯蔵ラックからトランスファロータへ燃料出入機によって移送される。

(ii) トランスファロータに収容された使用済燃料集合体等は、キャスクカーによって燃料洗浄設備へ移送される。

(iii) 新燃料集合体等は、装填燃料貯蔵設備より、キャスクカーでトランスファロータへ移送される。

(iv) トランスファロータに収容された新燃料集合体等は、燃料出入機によって炉内燃料貯蔵ラックへ移送される。

(v) 燃料洗浄設備に収容された使用済燃料集合体等は、洗浄缶詰されたのち、水冷却池に貯蔵される。

2. 燃料炉内交換操作



炉内燃料貯蔵ラックと炉心間の燃料交換操作は、燃料交換スケジュールに基づき燃料交換機によって行われる。

以上の操作は全て原子炉が停止中1本ずつ行われる。

③ 水冷却池から原子炉施設外搬出までの操作

原子炉附属建物内水冷却池に貯蔵された使用済燃料集合体等は、検査又は解体の必要が生じた場合には、水中で輸送容器に収納され、照射燃料集合体試験室に送られる。照射燃料集合体試験室では新たに缶詰缶に密封され、輸送容器にて、使用済燃料貯蔵建物内の水冷却池に運搬され、貯蔵される。

原子炉附属建物内水冷却池から使用済燃料貯蔵建物へ輸送する場合には、輸送容器に収納されて、使用済燃料貯蔵建物内の水冷却池に運搬され貯蔵される。

貯蔵された燃料は、再処理搬出用の輸送容器に納められて、トレーラ等にて再処理工場に運搬される。

この操作は、原子炉の運転と無関係に行われる。

図 1.1.1.1 及び図 1.1.1.2 に炉心構成要素の取扱い及び貯蔵施設配置図を示す。また原子炉容器と燃料交換機及び燃料出入機の全体図を示す。

図 1.1.1.4 に「常陽」の燃料取扱設備の経路図を示す。

炉心構成要素1体当りの交換所要時間（炉心→ポット→炉心）は、約1時間を要する。

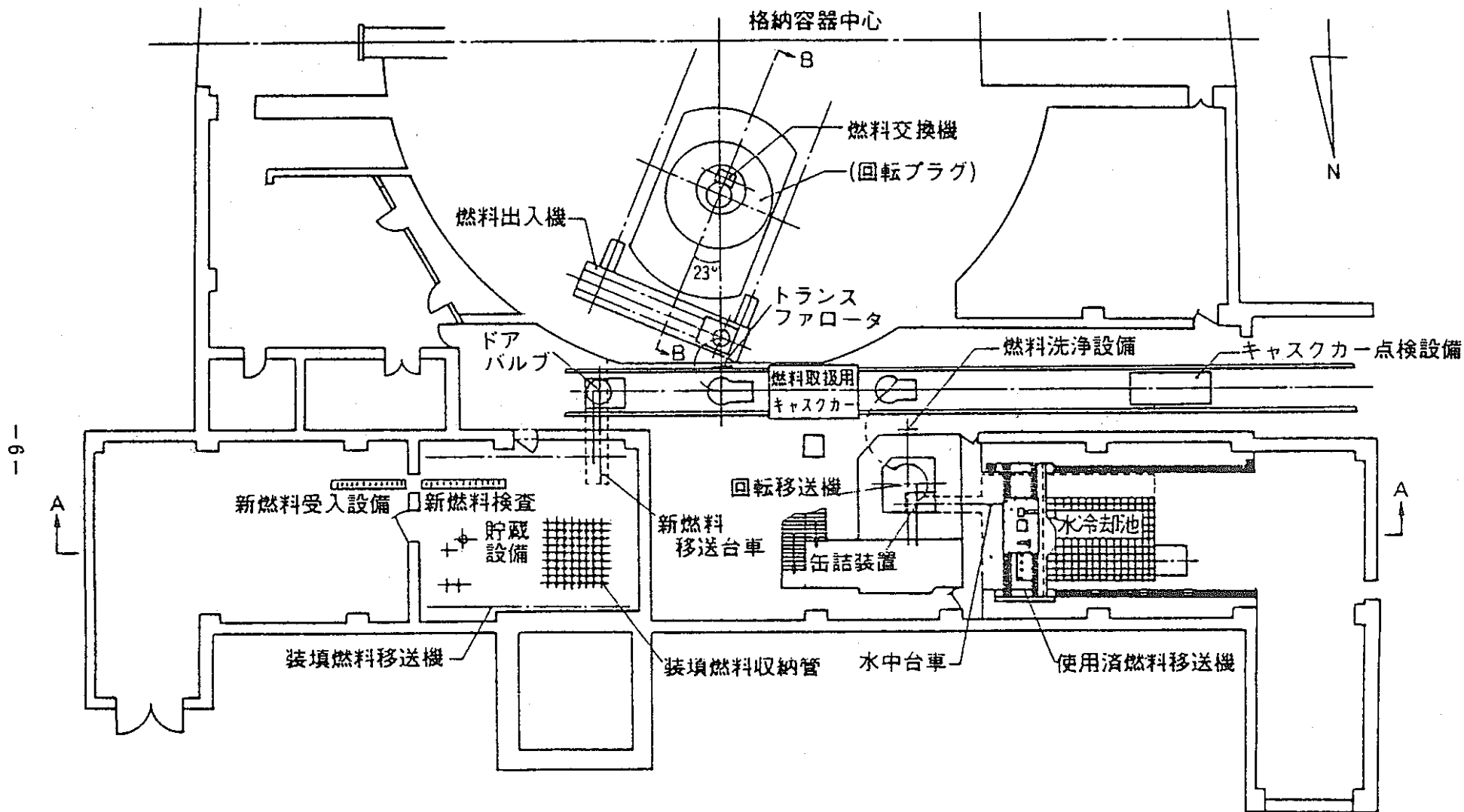
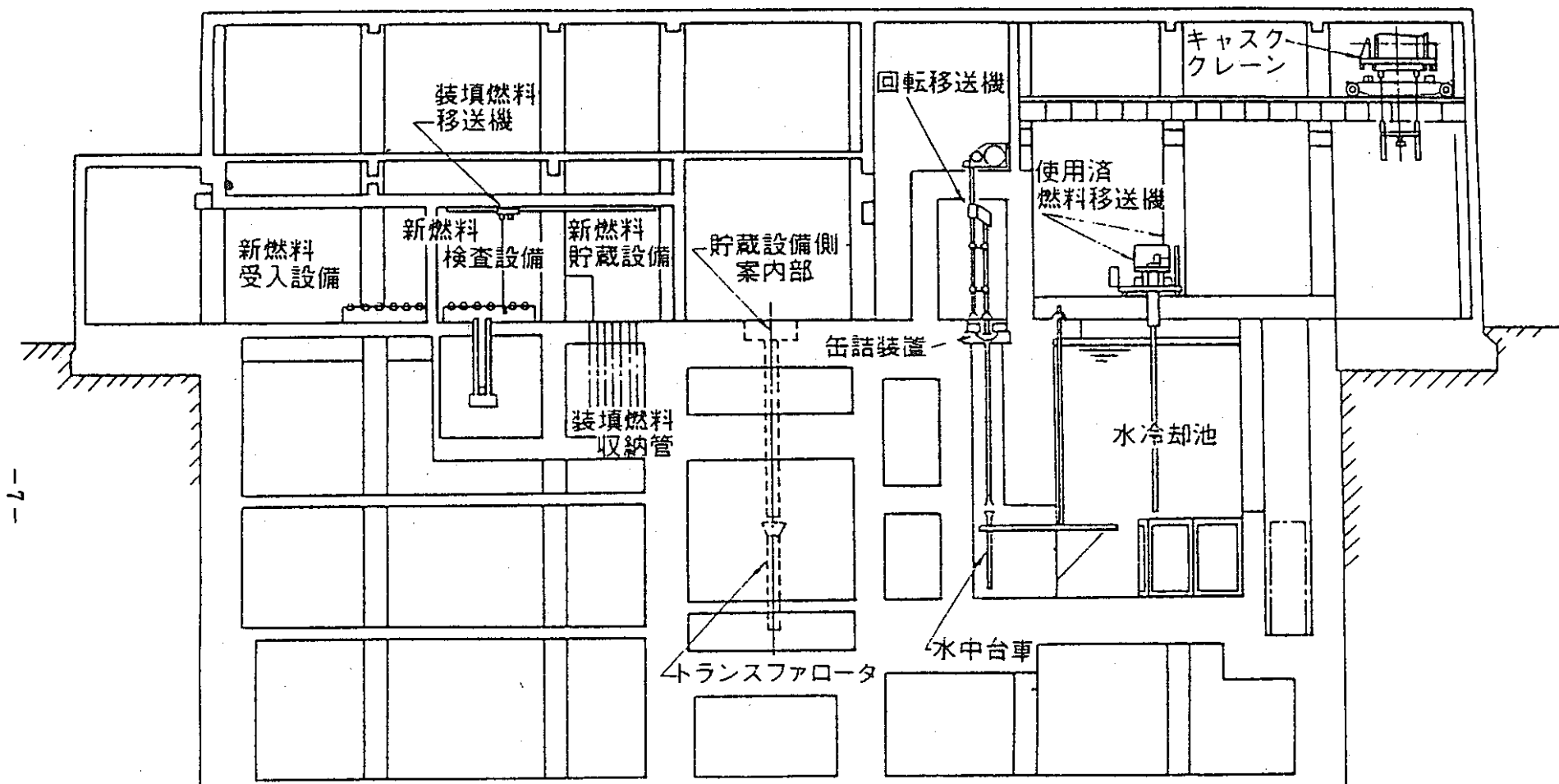


図 1.1.1.1 炉心構成要素の取扱及び貯蔵施設配置図 (平面図)



-7-

図 1.1.1.2 炉心構成要素の取扱及び貯蔵施設配置図 (A-A面図)

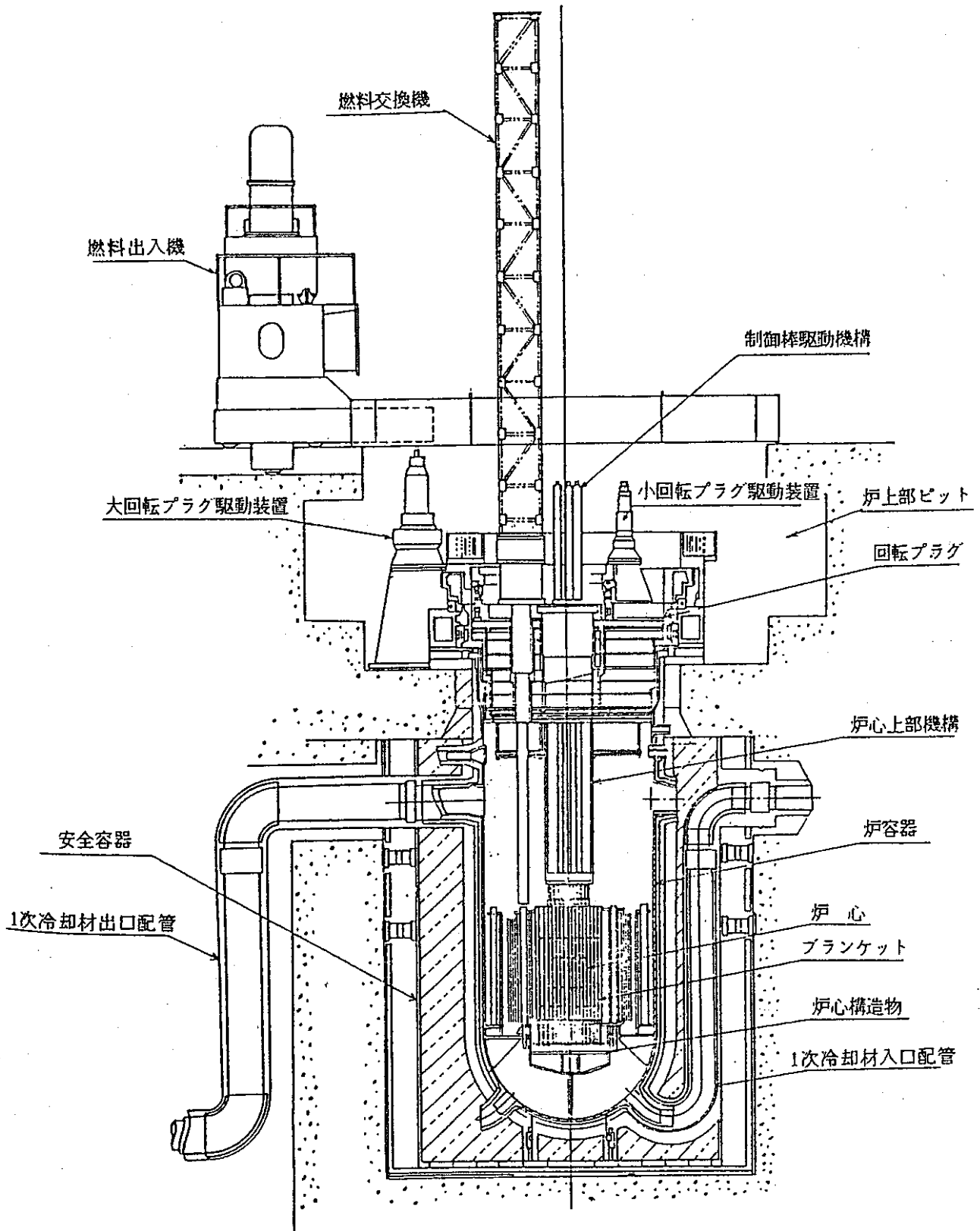


図1.1.1.3 原子炉垂直断面図

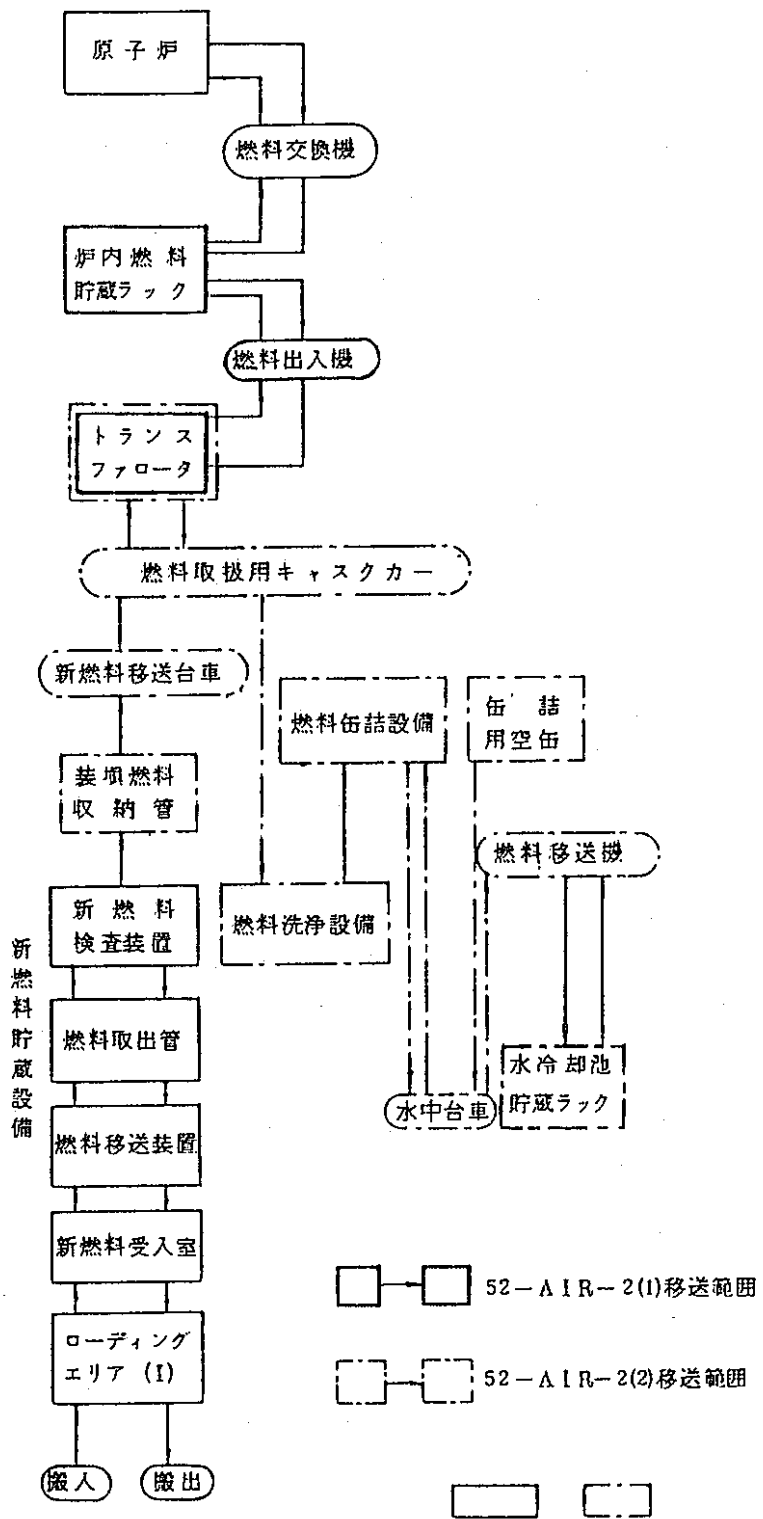


図1.1.1.4 燃料取扱経路図

#### 5.1.1.2 「もんじゅ」の燃料取扱システム

原型炉「もんじゅ」の燃料交換は約6ヶ月に1回、原子炉停止時に行い、この時に取出す燃料集合体は全炉心の1/5を予定している。

燃料取扱及び貯蔵設備の説明図を図1.1.2.1に、燃料取扱ルート説明図を図1.1.2.2に示す。

燃料取扱及び貯蔵設備は、炉心燃料集合体のほか、ブランケット燃料集合体、制御棒集合体、中性子しゃへい体等の炉心構成要素を取扱う。

発電所に搬入した新炉心構成要素は、受取検査後、新燃料貯蔵ラックに一時貯蔵し、燃料交換開始前に、燃料交換に必要な本数を炉外燃料貯蔵槽に移送する。

燃料交換は原子炉停止後に原子炉格納容器機器搬入口を開放して原子炉容器と炉外燃料貯蔵槽間で燃料交換装置、炉内中継装置及び燃料出入設備等を使用して新炉心構成要素と使用済炉心構成要素を1体ずつ交換して行う。

炉外燃料貯蔵槽へ移送された使用済炉心燃料は、ここで通常約1.5年冷却する。炉外燃料貯蔵槽から取り出された炉心構成要素は、燃料洗浄設備でナトリウムを洗浄し、裸または缶詰にして燃料池内の貯蔵ラックに貯蔵する。

使用済燃料集合体は、燃料輸送キャスクに入れて再処理施設へ搬出する。

これらの使用済炉心構成要素の移送は、原子炉容器内及び燃料池内を除き、しゃへい機能、冷却機能及び気密機能を有する燃料出入設備により行われる。

原子炉容器内での使用済炉心構成要素の移送は、全てナトリウム中で行われ、ナトリウムは冷却の役割を果たす。

燃料池内での使用済炉心構成要素の移送は、全て水中で行われ、水はしゃへい及び冷却の役割を果たす。

燃料取扱及び貯蔵設備の構成は次の通りである。

- (1) 燃料交換設備
- (2) 燃料出入設備
- (3) 炉外燃料貯蔵設備
- (4) 燃料検査設備
- (5) 燃料処理設備
- (6) 水中燃料貯蔵設備
- (7) 燃料搬出設備
- (8) 新燃料受入貯蔵設備
- (9) 燃料取扱設備操作室

燃料交換設備は燃料交換装置及び炉内中継装置から構成される。

燃料交換装置は、原子炉容器内で炉心構成要素の移送を行うもので、燃料交換装置本体とホールダウンアーム等より構成される。

炉内中継装置は、炉内にて炉心構成要素を燃料出入設備と燃料交換装置との間で中継移送する。炉内中継装置本体と、これを駆動する駆動装置等より構成される。

燃料出入設備は、使用済炉心構成要素を炉内中継装置から原子炉容器外へ取出し、炉外燃料貯蔵設備、燃料検査設備、燃料処理設備、及び水中燃料貯蔵設備へ移送する機能と、新炉心構成要素を新燃料受入貯蔵設備から炉外燃料貯蔵設備を經由して、炉内中継装置へ移送する機能を有するものであり、ナトリウムの付着した使用済炉心構成要素、あるいは新炉心構成要素を移送する燃料出入機本体(A)、ナトリウム洗浄後の使用済炉心構成要素を移送する本体(B)、移送中の発熱炉心構成要素の除熱を行なう冷却装置、これらを搭載して走行する走行台車及び燃料移送ポット等で構成されている。

炉外燃料貯蔵設備は、新炉心構成要素及び使用済炉心構成要素を一時貯蔵する設備であり、回転ラック、回転ラック駆動装置、燃料貯蔵容器、炉外燃料貯蔵槽しゃへいプラグ、外容器、案内装置、床ドアバルブ等からなる炉外燃料貯蔵槽と炉外燃料貯蔵槽冷却設備より構成される。

燃料検査設備は、原子炉外に取出された燃料集合体の破損の有無を確認することを目的とし、ガス状の核分裂生成物の漏えいを検出する設備で、検査槽、冷却設備、アルゴンガス設備、放射線検出系等で構成される。

燃料処理設備は使用済炉心構成要素の洗浄、缶詰を行うものであり、燃料洗浄設備、燃料缶詰装置、缶詰雰囲気調整装置により構成される。燃料洗浄設備及び燃料缶詰装置への燃料の出し入れは、燃料出入設備により行う。

水中燃料貯蔵設備は、搬出待ち貯蔵を要する使用済炉心構成要素を、水中にて貯蔵するもので、水中台車、燃料移送機、貯蔵ラック、燃料池水冷却浄化装置等により構成される。貯蔵対象となる使用済炉心構成要素は、燃料出入設備により水中台車に引渡され、燃料移送機にて移送され貯蔵ラックに収容される。搬出する使用済炉心構成要素は、燃料移送機により水中にて燃料輸送キャスクに引渡される。使用済炉心構成要素の崩壊熱は、燃料池水冷却浄化装置により除去される。

燃料搬出設備は、使用済炉心構成要素を所外へ搬出するための燃料輸送キャスクを取扱う設備であり、キャスククレーン等より構成される。

新燃料受入貯蔵設備は、新炉心構成要素の受入れ、開梱、受入れ検査、一時貯蔵及び移送を行うもので、燃料容器取扱装置、新燃料移送機、新燃料貯蔵ラック、地下台車等より構成される。

燃料取扱設備操作室は燃料取扱及び貯蔵設備機器の運転に必要な指示計、記録計、警報装置等の監視機器ならびに操作器等を設置している。

炉外燃料貯蔵槽及び燃料池の冷却材液位監視のため、液位低警報を設け、燃料取扱使用済燃料を貯蔵する設備の冷却系および純化系の運転状況は、燃料取扱設備操作室で監視できる

ようにする。

「もんじゅ」の炉心構成要素1体当りの交換所要時間は約90分である。



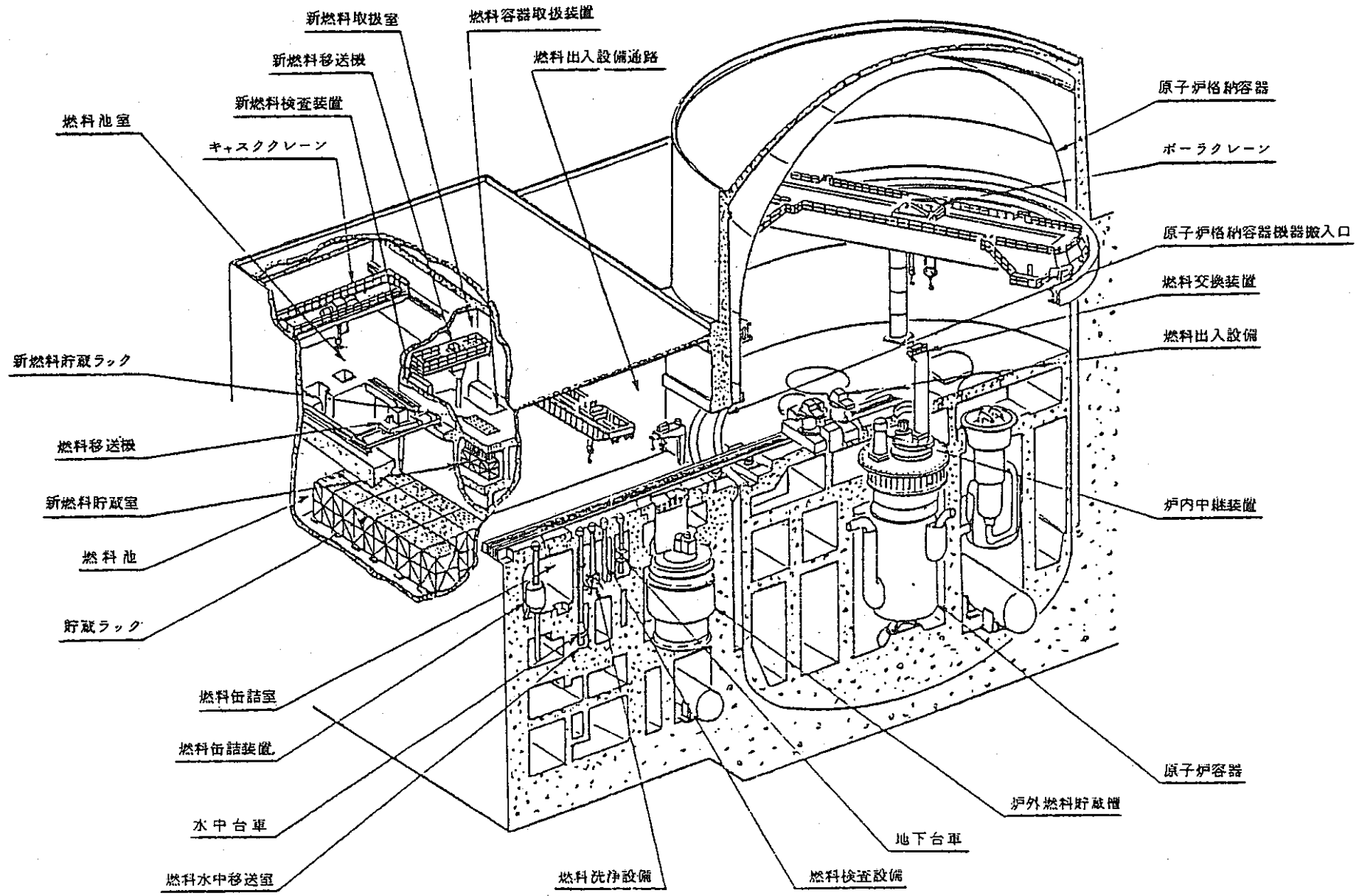


図 1.1.2.1 燃料取扱及び貯蔵設備説明図

凡 例

- 新炉心構成要素取扱ルート
- 使用済み炉心構成要素取扱ルート
- - - - 同 上 (必要に応じて取扱われるルート)
- 炉心構成要素移送機
- 設備, 機器

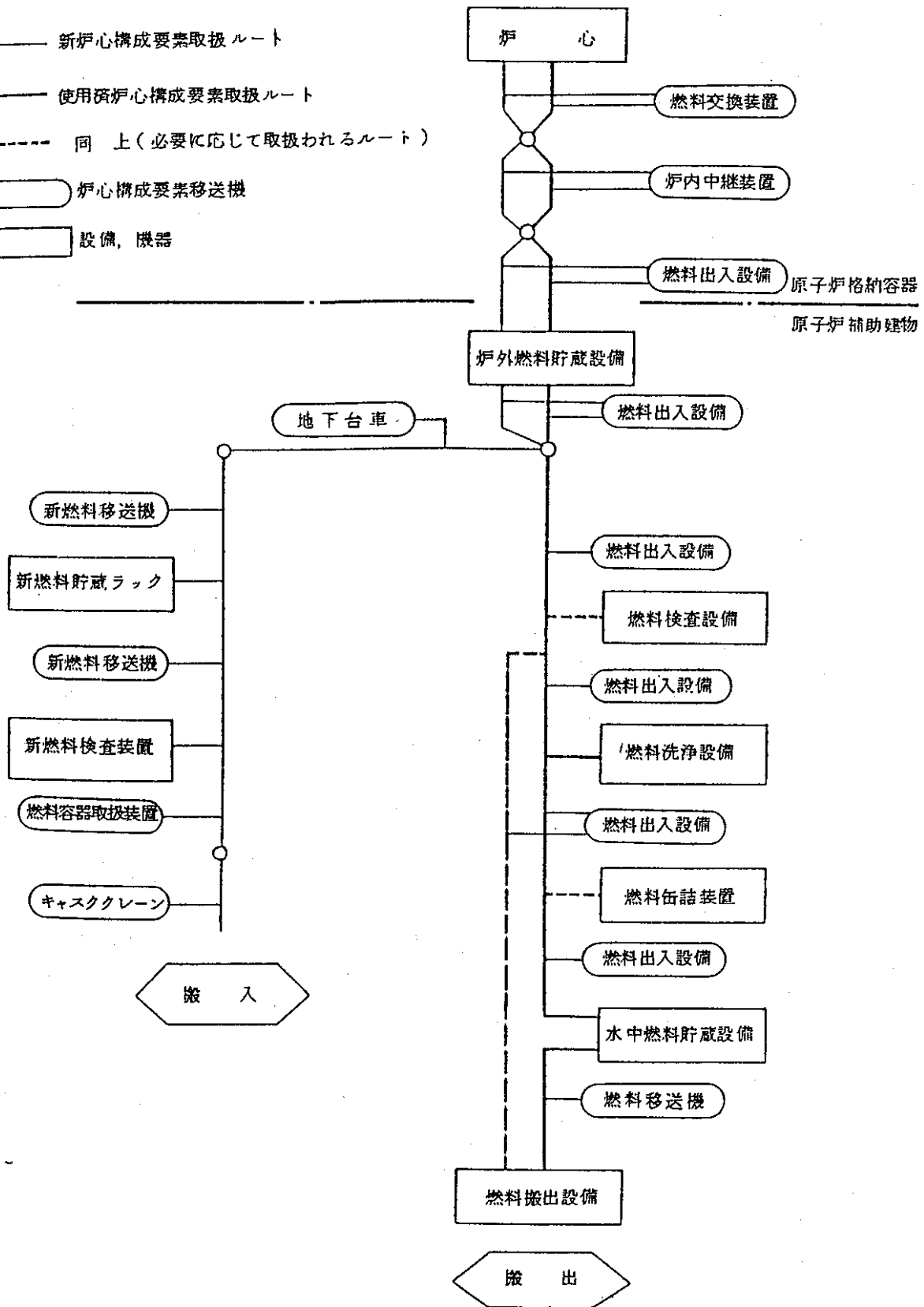


図 1.1.2.2 燃料取扱ルート説明図

### 5.1.1.3 実証炉の燃料取扱システム

実証炉は現在、動燃と電気事業者がそれぞれ設計研究を行っているが、ループ型炉の燃料取扱設備についてはほぼ同様な設計となっている。以下に動燃で実施した設計結果の概要を示す。

燃料取扱設備は、「常陽」、「もんじゅ」と同様、新炉心構成要素の所外からの受入、貯蔵および炉心装荷ならびに使用済炉心構成要素の炉心からの取出し、洗浄、検査、缶詰、貯蔵および所外搬出を安全かつ確実にを行うための設備である。その主要構成および機能は次の通りである。

#### a) 燃料交換設備

本設備は、原子炉停止中に炉内において、炉心と炉内受渡し位置との間で、2回転プラグと連動して新炉心構成要素と使用済炉心構成要素を移送し交換する機能を持つ。

#### b) 燃料出入設備

本設備は、「常陽」、「もんじゅ」と概念が異なり、シュート移送セル方式を採用しており炉内と原子炉格納容器外の炉外燃料貯蔵設備との間で、新炉心構成要素および使用済炉心構成要素を移送する機能を持つ。

#### c) 燃料受入貯蔵設備

本設備は、所内に搬入された新炉心構成要素の検査、移送および貯蔵、ならびに原子炉から取出された使用済炉心構成要素の洗浄、検査、缶詰、移送および貯蔵を行う機能を有し、次の各設備から構成される。

- i) 新燃料受入貯蔵設備
- ii) 炉外燃料貯蔵設備
- iii) 水中燃料貯蔵設備
- iv) 燃料処理搬出設備
- v) 電気計装設備
- vi) 付属設備

図 1.1.3.1 にシュート移送セル方式燃料出入機を含む原子炉容器と炉外燃料貯蔵槽の概念図を示す。また図 1.1.3.2 及び図 1.1.3.3 に燃料受入貯蔵設備の基本配置図を示す。

図 1.1.3.4 に実証炉の第 1 次概念設計での燃料取扱経路概要を示す。

実証炉の燃料出入機は当初の設計では台車方式を採用していたが、燃料交換時間を短縮出来るシュート移送セル方式に概念を変更した。

表 1.1.3.1 に台車方式とシュート移送セル方式の燃料交換時間の比較を示す。

電気事業者が代案設計として行っているタンク型炉の燃料取扱設備もループ型炉と同様に燃料交換設備、燃料出入設備及び燃料受入貯蔵設備（燃料貯蔵槽等）から構成される。燃料交換設備及び燃料受入貯蔵設備は、ループ型炉とほぼ共通の技術で設計出来るが、タ

ンク型炉の燃料出入機は、Aフレーム型燃料出入機と呼ばれるタイプを用いるのが一般的であり、ループ型炉の台車方式またはシュート移送セル方式とは若干異なっている。詳細は5.1.2のPhenixまたはSuper Phenixの図を参照。

表 1.1.3.1 燃料交換時間の比較

Comparison of Fuel Handling Time

項 目	台 車 型	シュート型 (2キャリッジ方式)	備 考
1. 一日当りの燃交作業 時間	18 H	18 H	
2. 一本交換するに必要な 機械の動作時間	65分/本	31分/本	
3. 動作の始点と終点に 人が介在する時間	<sup>*1</sup> ~4分/本	~4分/本	*1 大幅な自動化を前提とした目標 値。
4. 一日当りの交換本数	15 本	30 本	
5. 燃交作業日数	17 日	9 日	
6. 燃交中の滴下又は付 着 Na 除去日数	1 日	0.5 日	
7. 炉心上部機構と炉側 シュートとの干渉回避 の為に追加となる日数	0 日	<sup>*2</sup> ≒ 0 日	*2 追加となる時間が少ない為、燃 交作業日数の中で吸収できるので 0日とした。
8. 燃交関係作業期間	18 日	9.5 日	

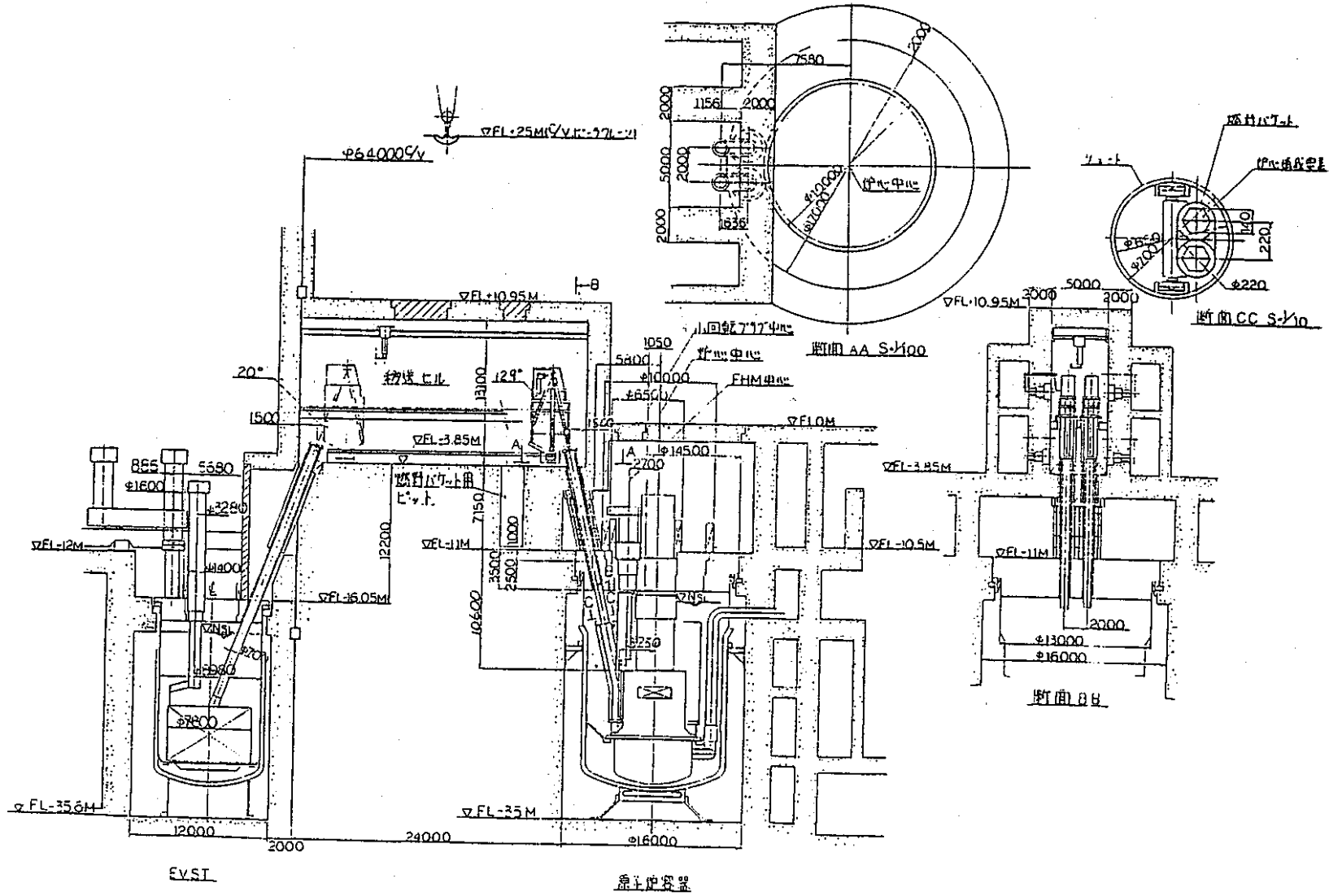


図 1.1.3.1 シュート方式出入機配置概念図

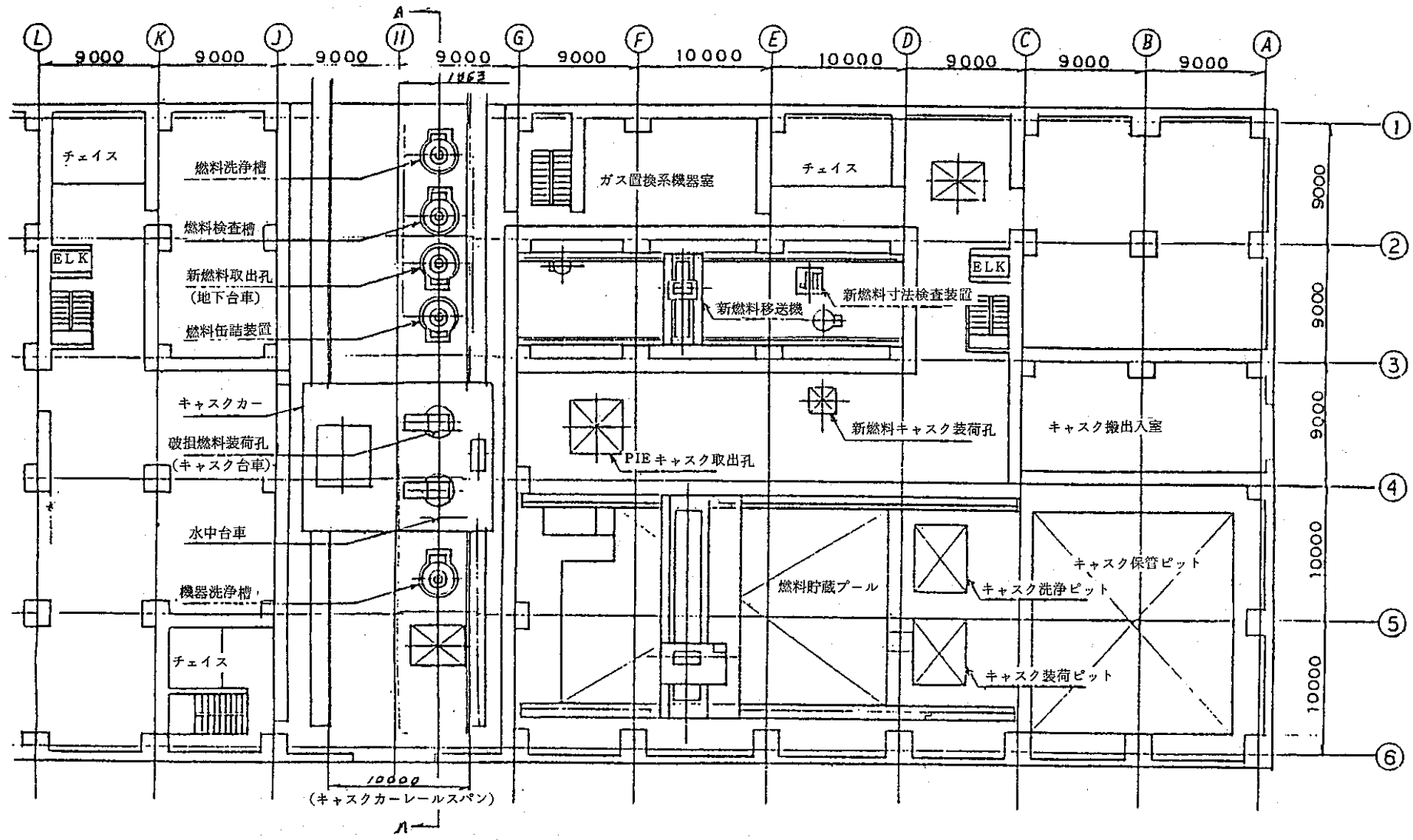


図 1.1.3.2 実証炉概念設計(II) 燃料受入貯蔵設備 基本配置計画図 (FL-12M)

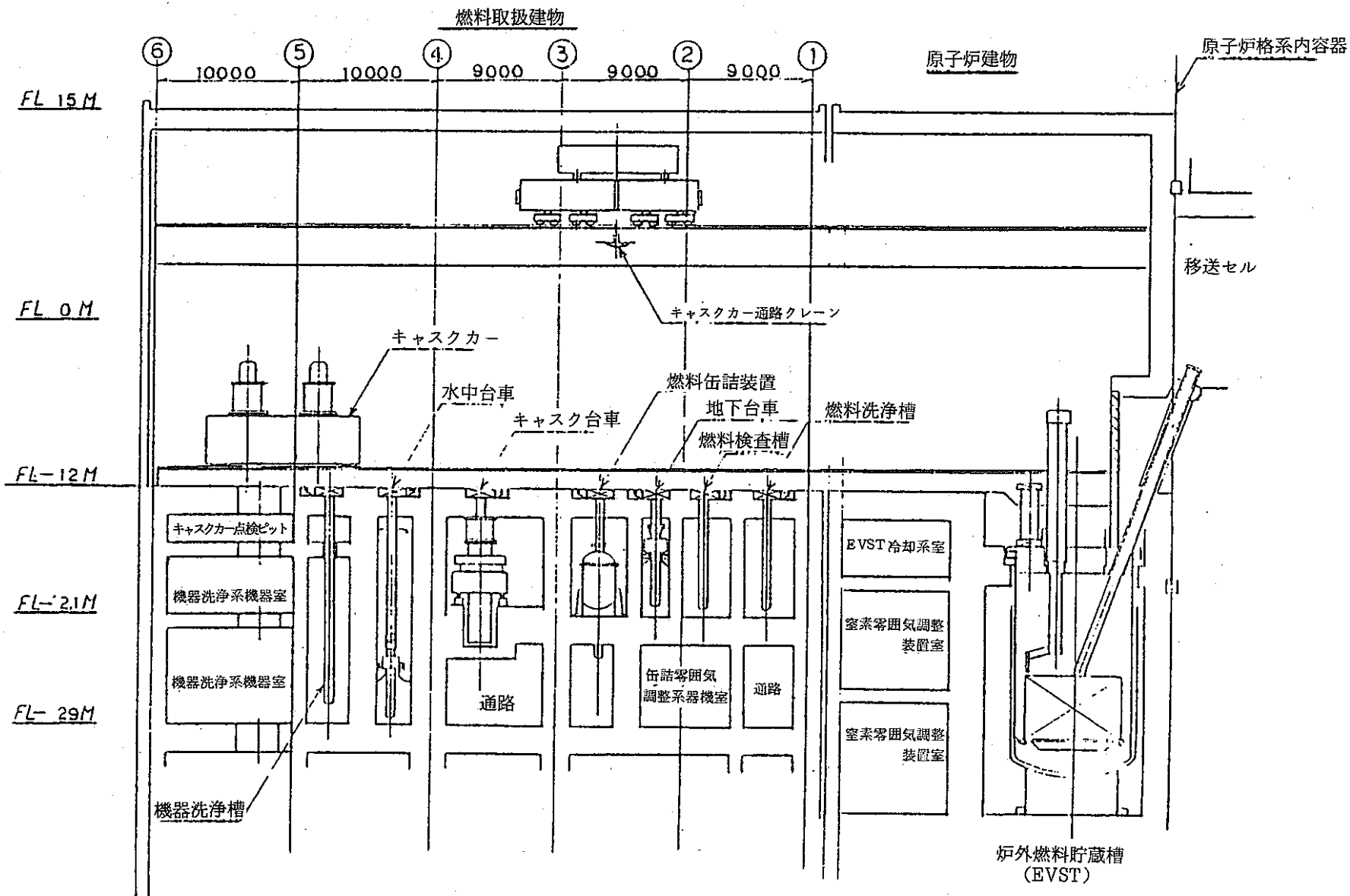


図 1.1.3.3 実証炉概念設計(Ⅲ)  
燃料受入貯蔵設備 基本配置計画図 (断面 1 A - 1 A)



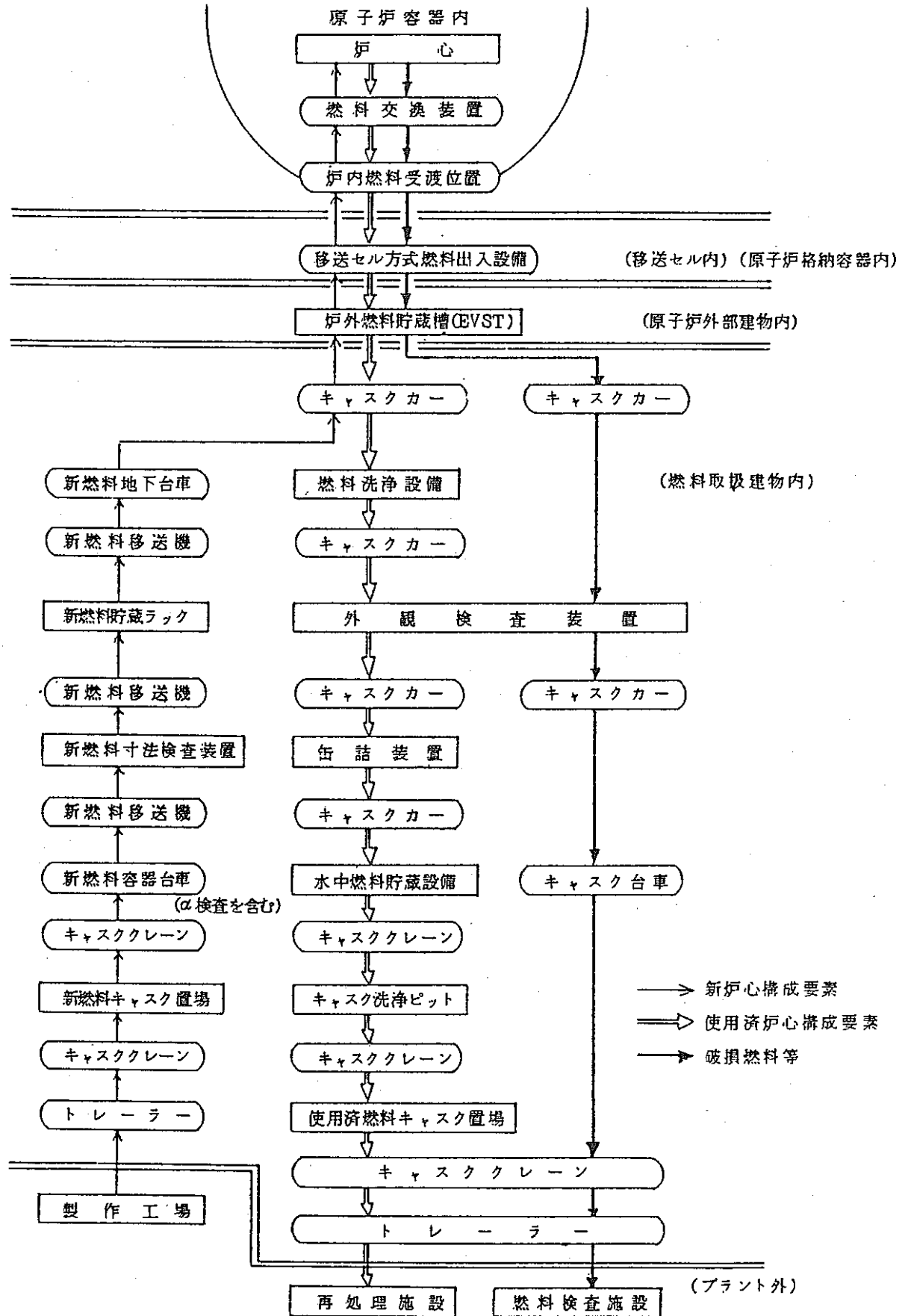


図1.1.3.4 燃料取扱経路概要

### 5.1.2 海外の燃料取扱システム

海外高速炉のループ型炉の燃料取扱システムとしてFFTF, CRBR, SNR-300及びBN-350について示す。またタンク型炉としてPFR, Phenix, Super Phenix及びSuper Phenix IIについて示す。

原型炉クラス的高速炉として、「もんじゅ」、CRBR, SNR-350, PFR, Phenix及びBN-300の燃料取扱設備の概要を表1.2.1に示す。

#### 5.1.2.1 FFTF

FFTFは炉内に57体の使用済炉心構成要素の貯蔵能力を持っており、また炉外貯蔵として112体貯蔵可能なEx-Uessel Storage Tank (EVST)が設置されている。炉内の燃料交換は3台の燃料交換機で行い、EVSTへの移送は移送キャスクを用いる。FFTFの燃料取扱設備の配管を図1.2.1.1に、燃料取扱ルートを図1.2.1.2に示す。

#### 5.1.2.2 CRBR

CRBRは一部の高崩壊熱を持つ使用済燃料を考慮し、5体分の炉内貯蔵設備を持つが、他は650体貯蔵出来るEVSTで貯蔵する。炉内の燃料交換は3重回転プラグ直動式の燃料交換機で行い、EVSTへの移送は台車方式燃料出入機を用いる。CRBRの燃料取扱設備の鳥瞰図を図1.2.2.1に、燃料取扱ルートを図1.2.2.2に示す。

#### 5.1.2.3 SNR-300

SNR-300の使用済み燃料は炉外貯蔵としている。燃料交換機は3重回転直動式であり、燃料出入機は台車方式を採用している。SNR-300の燃料取扱設備の断面流れ図を図1.2.3.1に燃料取扱ルートを図1.2.3.2に示す。

#### 5.1.2.4 BN-350

BN-350は41体の使用済み燃料炉内貯蔵設備を持っている。燃料出入機はトランスファボックス、斜シュート方式である。BN-350の燃料取扱設備を図1.2.4.1に、使用済燃料の取扱ルートを図1.2.4.2に示す。

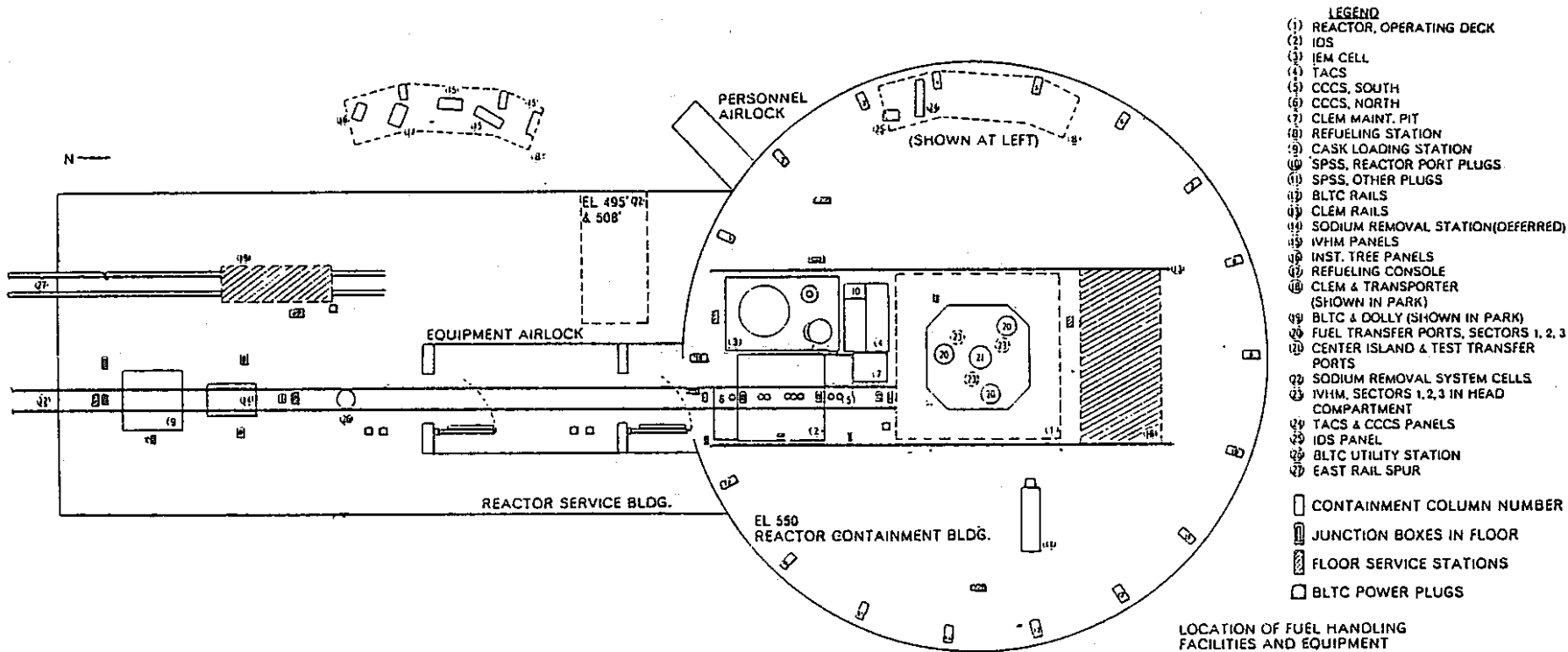
#### 5.1.2.5 PFR

PFRは20体の使用済み燃料炉内貯蔵設備と80体の炉外貯蔵設備を持つ。燃料交換機は、単回転パンタグラフ式であり、台車方式燃料出入機で移送する。PFRの燃料取扱ルートを図1.2.5.1に示す。

表 1.2.1 原型炉クラス燃料取扱設備の概要

燃 料 取 扱 設 備 (1)								
No 項 目	もんじゅ	CRBR	SNR-300	PFR	Phenix	BN-350	(参) FFTF	備 考
1. 崩 壊 熱 (炉停止後日数)	15 kw (14日)	20 kw ( )	12kw ( )	15kw ( )	—	—	10kw ( )	
2. 炉 内 貯 蔵	無 ※ (但し10本)	無 (但し5本)	無 (但し3本)	有 (20本)	有 (15本)	有 (41本)	有 (57本)	※ 燃交時, サーベ イランス等のラッ クを含む。
3. 炉外の燃料貯蔵 容 量 冷却方式 貯蔵期間	(1) EVST ; 250本 Na - Na - Air 3 系統 425日 2refueling + transit Corefuel + (198) 1 core- refueling  (2) 水プール ; 410本 1 系統 長期貯蔵	(1) EVST ; 650本 Na - NaK - Air 2 系統 バックアップ 1 系統 100日 2 refueling + Corefuel (198) + Blankel (150)	(1) EVST ; 210本 Na - Na - Air 2 系統 Na - Na - 水 1 系統 120日  (2) ガス中 ; 202本 N <sub>2</sub> - 水 (3倍の冷却能 力)	(1) EVST ; 80本 Na・有機物・水 3 系統 9月	(1) EVST ; 112本 Na・有機材 1 系統 2.5 ~ 3月	(1) EVST ; 詳細不明 NaK  (2) 水プール ; 詳細不明	(1) EVST ; 112本 Na - NaK Mobiltherm・ フロン・水 - Air 1 系統 Na - N <sub>2</sub> - Mobiltherm・ フロン・水 - Air 1 系統 1.5×Corefuel (74)  (2) Na プール ; 466本 詳細不明 長期貯蔵 5 years- refueling	
(参) 新 燃 料	50本	206本 (New Fuel Cell)	不明	不明	不明	不明	不明	

燃 料 取 扱 設 備 (2)								
No 項 目	もんじゅ	CRBR	SNR-300	PFR	Phenix	BN-350	(参)FFTF	備 考
4. 燃 料 検 査	NF-外観 寸法 α Gas Blow 識別 SF-外観 寸法 識別	NF-外観 寸法 識別 Gas Blow SF-外観 寸法	NF-外観 寸法 SF-外観 bowing cross- section	NF-外観 寸法 Gas Blow SF(ピン)-外観 寸法 重量	NF- SF(ピン)- Non Des- tructive Testing Metrology	NF- SF-	NF-外観 SF-外観	NF; 新燃料 SF; 使用済燃料
5. 燃 料 洗 浄	通常・水蒸気+水 破損・未洗浄	通常・未洗浄 破損・未洗浄	通常・Moist N <sub>2</sub> 水でrinse dryhot N <sub>2</sub> ガス 破損・(再処理向) 洗浄	通常・スチーム 洗浄 破損・不明	通常・N <sub>2</sub> +水浸 清 破損・(不明)	通常・N <sub>2</sub> +水 or 鉛 破損・(不明)	通常・(再処理向) 未洗浄 (照射後試験 向) Moist Ar 水rinse 破損・未洗浄	※どちらを採用し たか不明 通常・通常燃料 破損・破損燃料
6. 燃 料 の 缶 詰 及 び 冷 却 媒 体	通常・裸 破損・He缶詰	通常・裸 破損・He缶詰	通常・缶詰(冷却 媒体不明) 破損・裸(冷却媒 体Heが望 ましい)	通常・缶詰(Ar or He) 破損・缶詰(Ar or He)	通常・缶詰(冷却 媒体不明) 破損・不明	通常・不明 破損・不明	通常・裸 破損 He缶詰	
7. 燃 料 の 解 体	解体しない	解体しない	解体しない	有	有	不明	解体しない	
8. 輸 送 キ ャ ス ク	6本(Ne冷却) 2.2φ×6.5ℓ 100トン	9本 7.5'×22' 100トン	6本, 2.1φ×5.6ℓ 800kN 破損燃料 3本, 1.5φ×6ℓ 400kN	不明	不明※	不明※	9~22本 7.5'×22' 100トン	※ピン単位



1.2.1.1 Location of Fuel Handling Facilities and Equipment



#### 5.1.2.6 Phenix

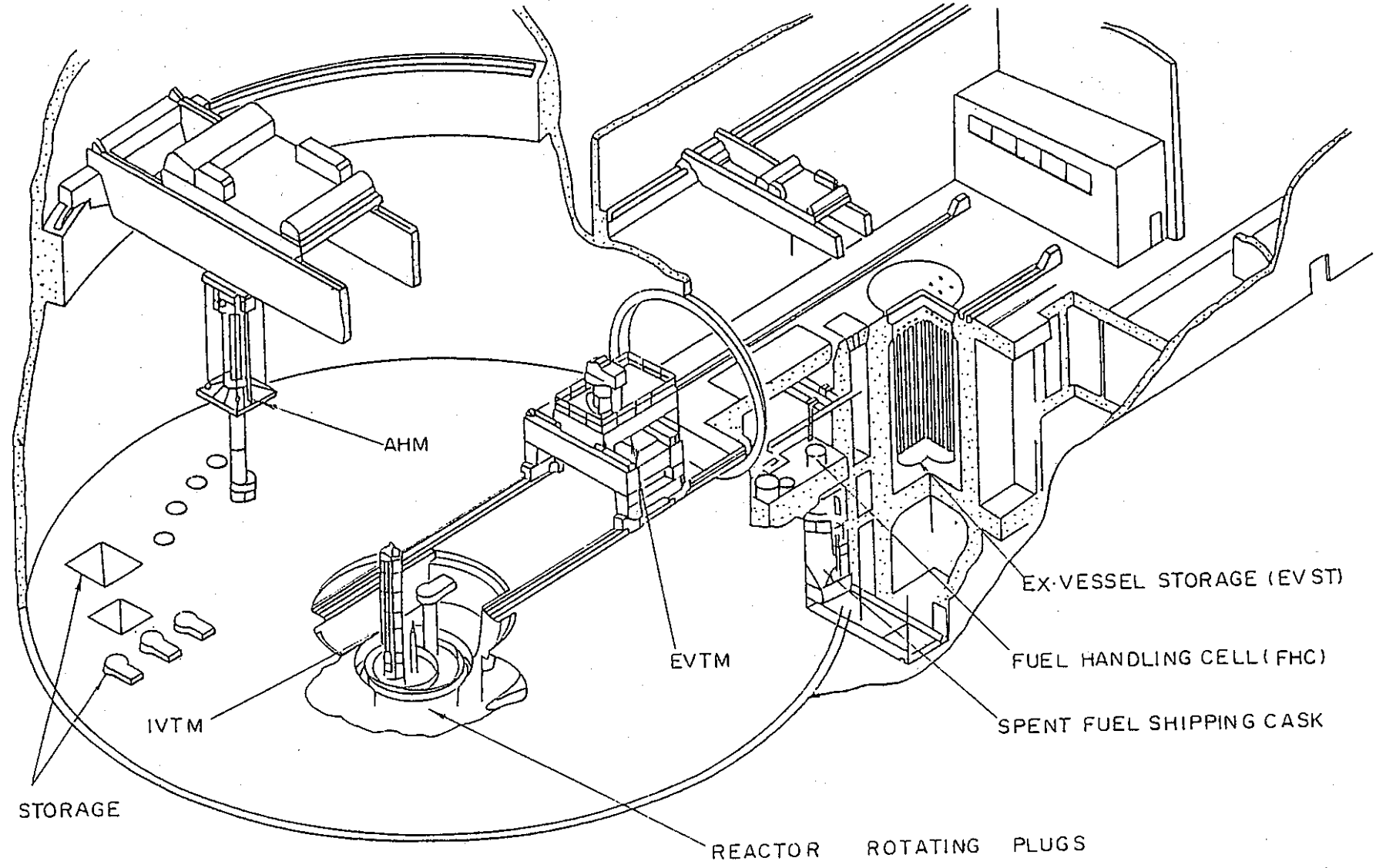
Phenix は、41 体の炉内貯蔵設備と 112 体の炉外貯蔵設備を持つ、燃料交換機は単回転プラグオフセットアーム方式であり、タンク型炉であるので A フレーム型の燃料出入機で炉内と EVST の間を移送する。Phenix の燃料取扱設備を図 1.2.6.1 に、燃料取扱ルートを図 1.2.6.2 に示す。

#### 5.1.2.7 Super Phenix

Super Phenix は 12 体の炉内貯蔵設備を持つが炉外貯蔵方式を採用している。燃料交換機は 2 重回転プラグ 2 直動式であり、燃料出入機は Phenix と同様の A フレーム方式である。Super Phenix の燃料取扱設備を図 1.2.7.1 に示す。

#### 5.1.2.8 Super Phenix II

Super Phenix II は Super Phenix と概念を変え建設コスト削減のため炉内貯蔵方式を採用する予定である。図 1.2.8.1 に Super Phenix II の燃料取扱いの流れを示す。



☒ 1.2.2.1 Layout of CRBR Reactor Refueling Facilities



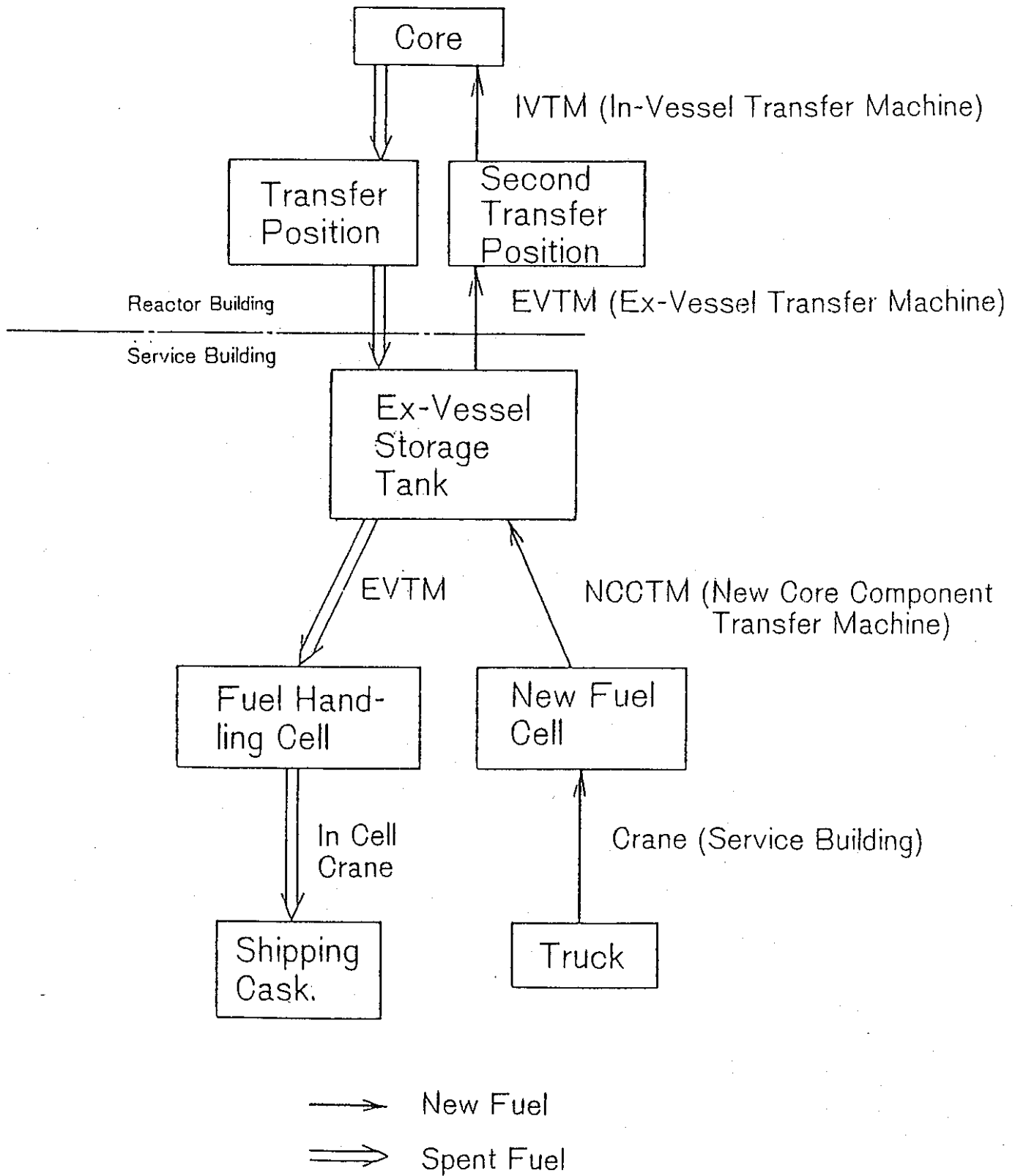
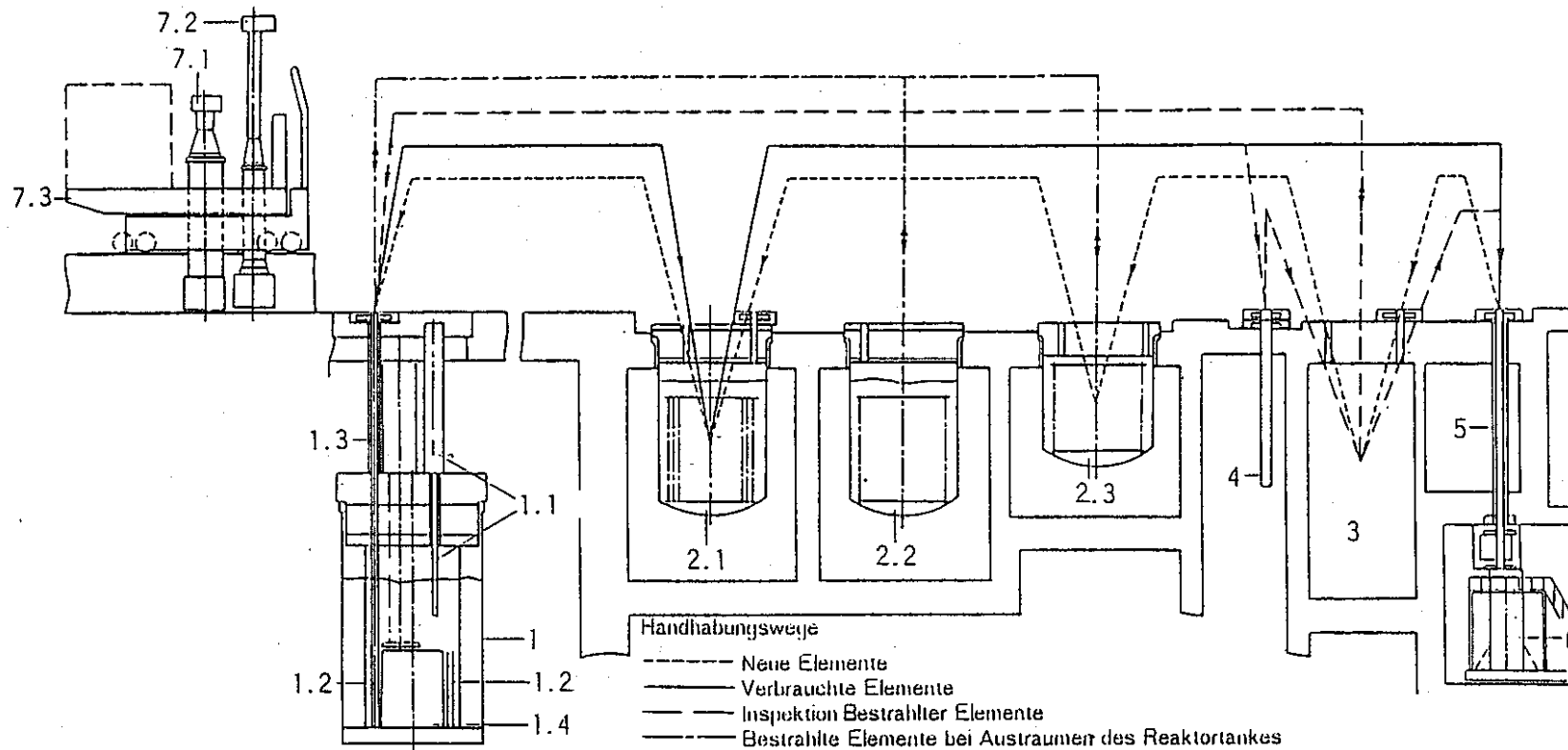


図 1.2.2.2 CRBR の燃料取扱ルート



- |                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| 1. Reactor                 | 3. Inspection             |
| 1.1 Refueling Tube         | 4. Decontamination (wash) |
| 1.2 Decay Storage          | 5. Intermediate Storage   |
| 1.4 Core                   | 6. Shipping               |
| 2. Fuel Storage            | 7. Fuel Handling          |
| 2.1 Sodium Storage         | 7.1 Reloading Mechanism   |
| 2.2 Sodium Reserve Storage | 7.2 Component Handling    |
| 2.3 Gas Storage            | 7.3 Refueling Machine     |

☒ 1.2.3.1 SNR-300 Fuel Handling System

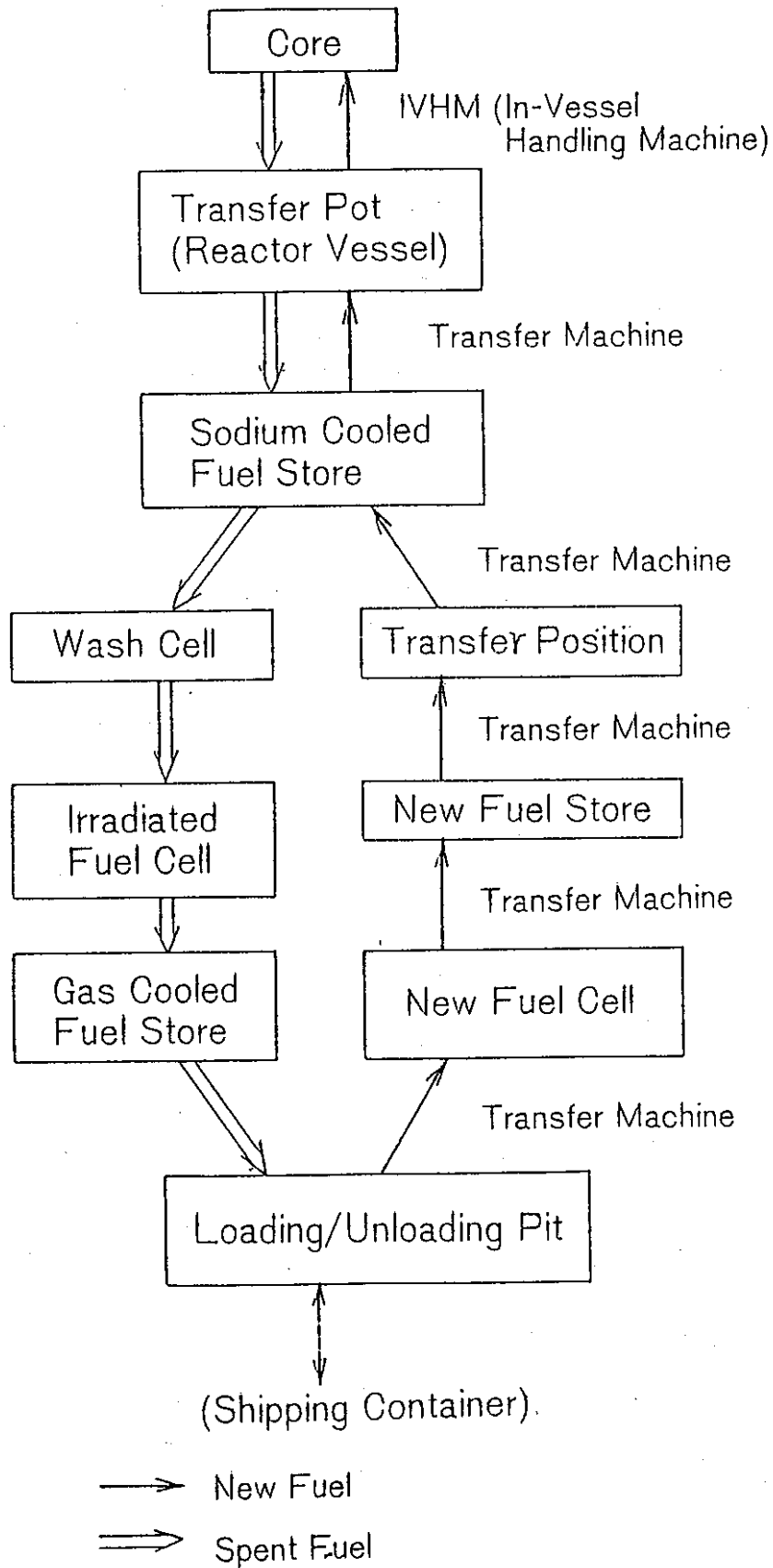
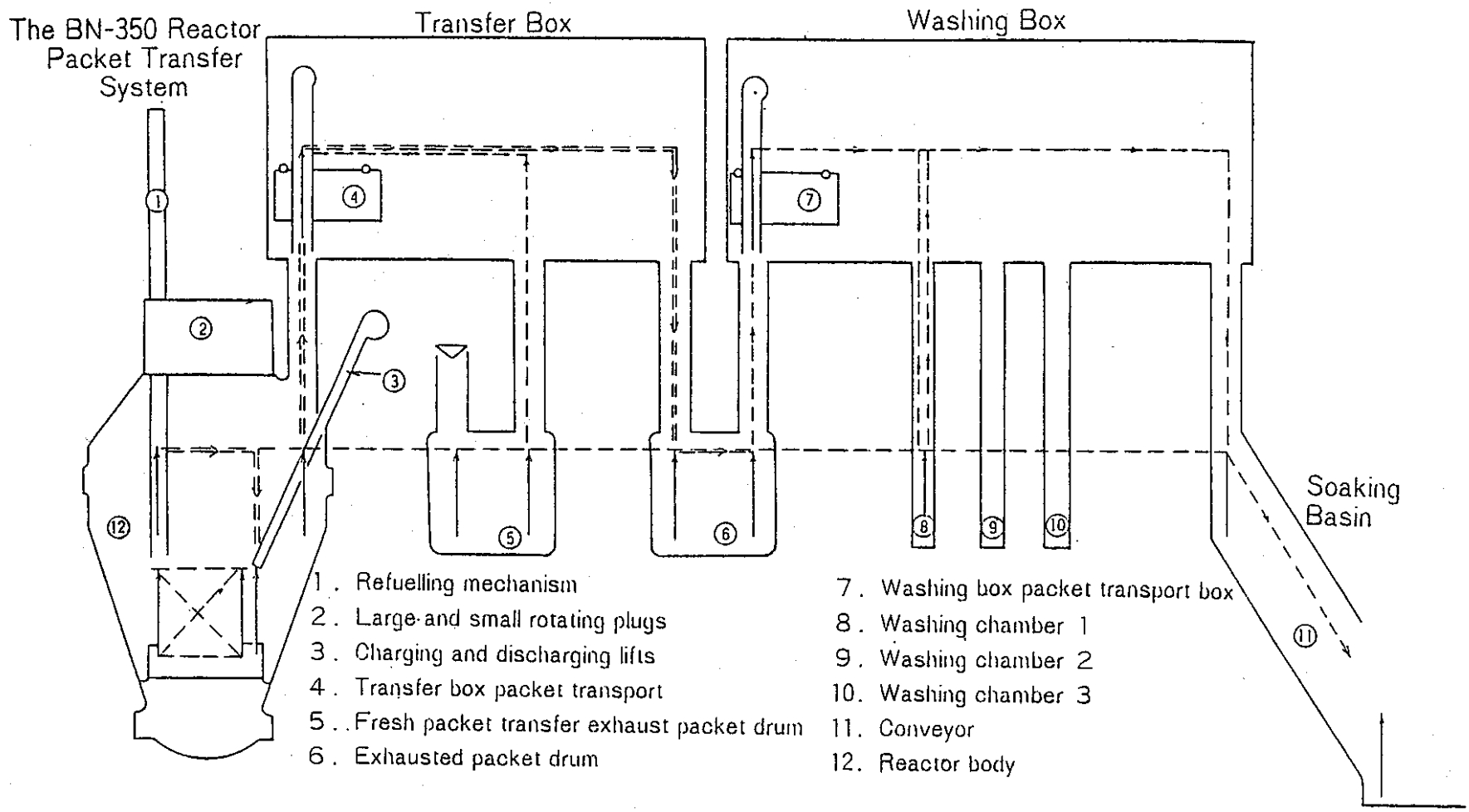


図 1.2.3.2 SNR-300 の燃料取扱ルート



- 1. Refuelling mechanism
- 2. Large and small rotating plugs
- 3. Charging and discharging lifts
- 4. Transfer box packet transport
- 5. Fresh packet transfer exhaust packet drum
- 6. Exhausted packet drum
- 7. Washing box packet transport box
- 8. Washing chamber 1
- 9. Washing chamber 2
- 10. Washing chamber 3
- 11. Conveyor
- 12. Reactor body

图 1.2.4.1 BN-350 Reactor Packet Transfer System

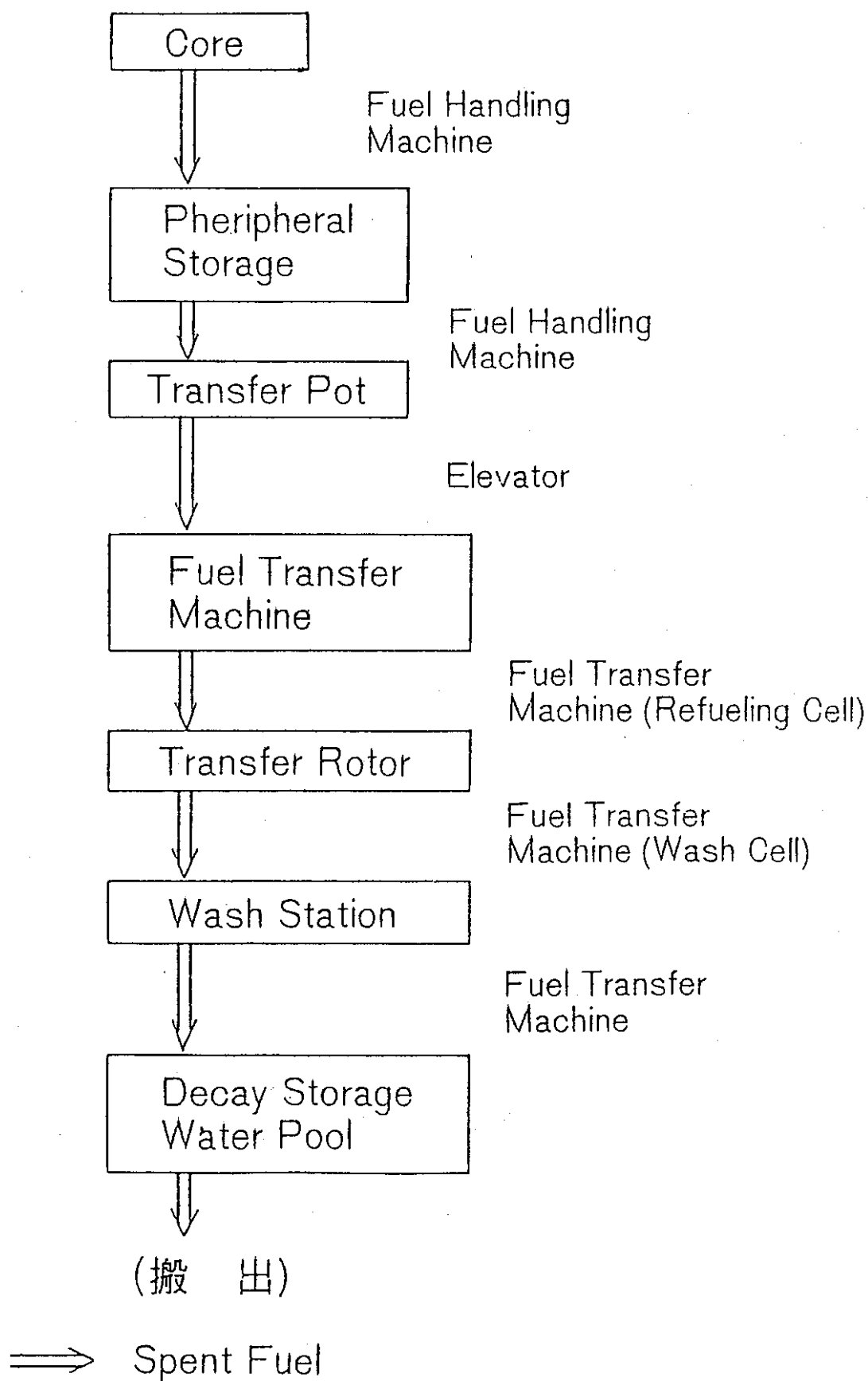


図 1.2.4.2 BN-350 の燃料取扱ルート  
(使用済燃料)

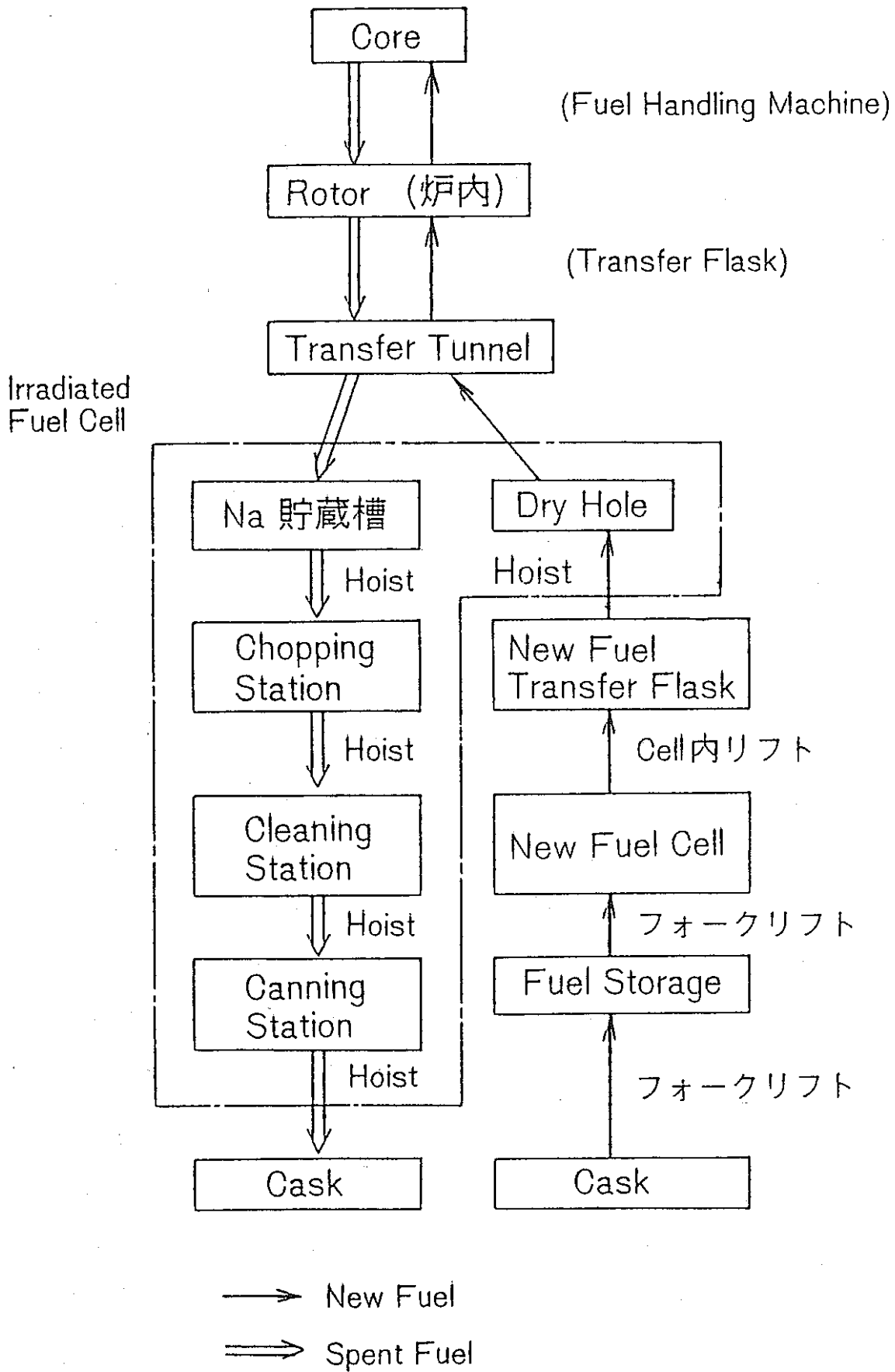


図 1.2.5.1 PFRの燃料取扱ルート

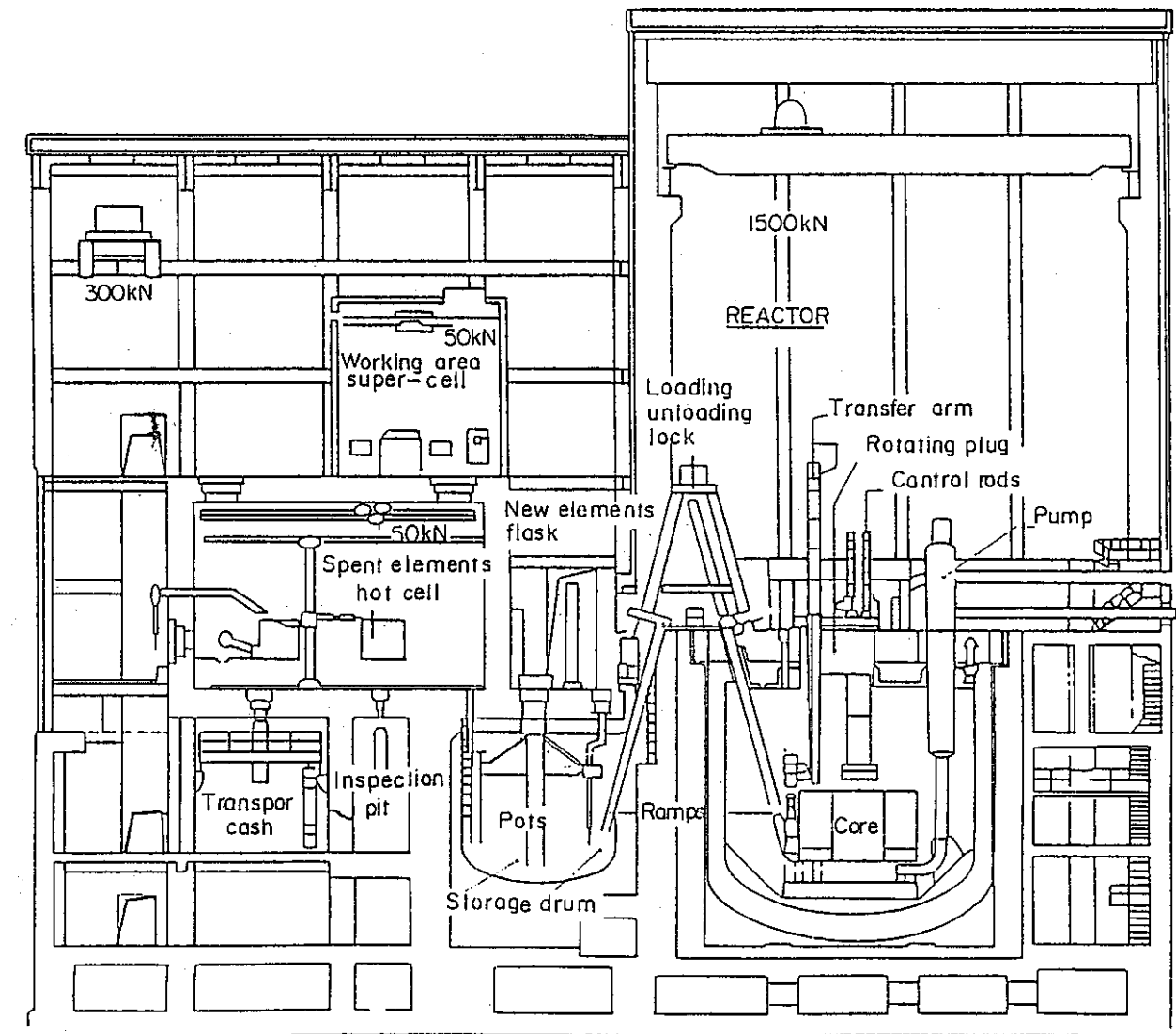


图 1.2.6.1 Phenix Spent Fuel Handling Line

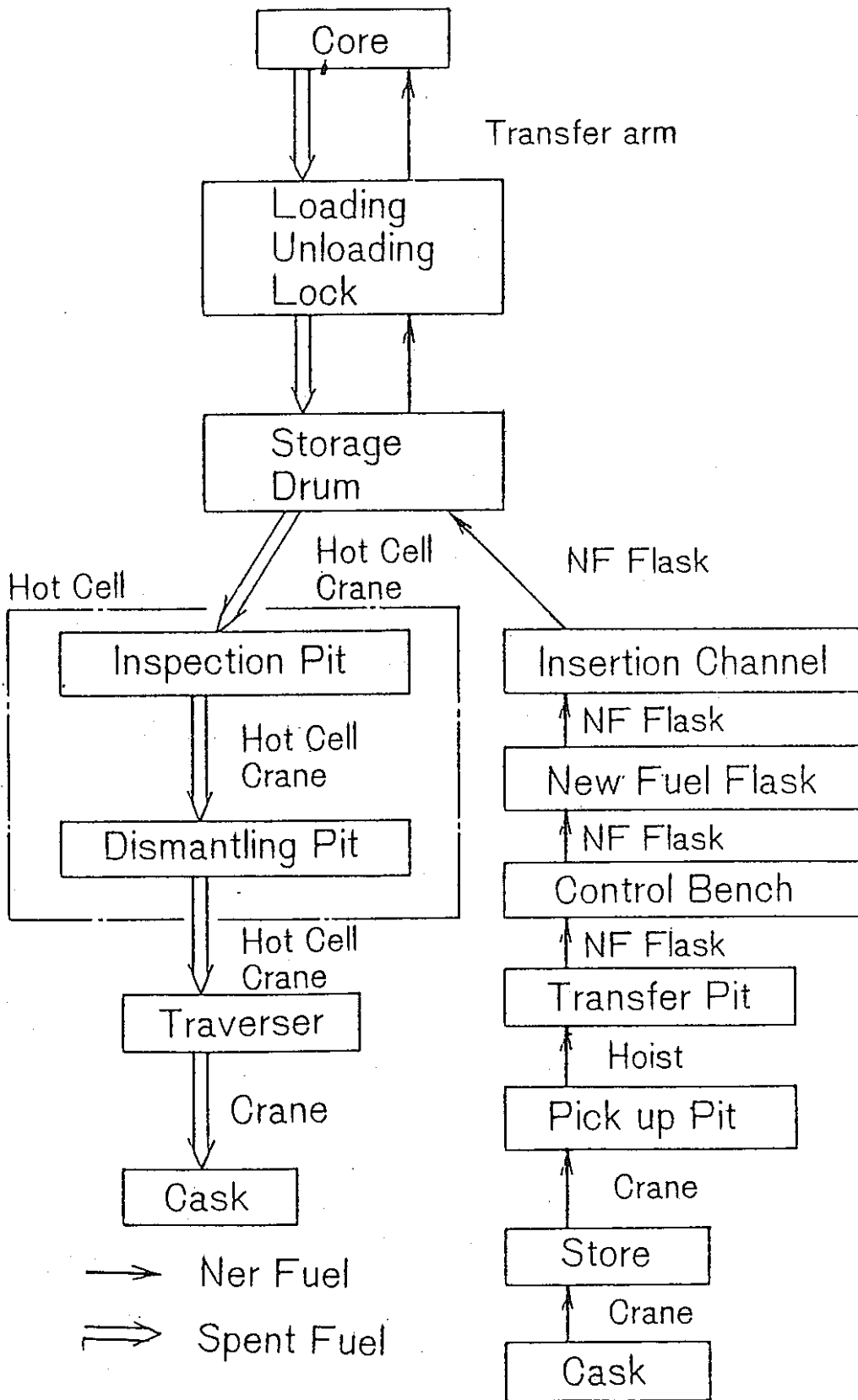


図 1.2.6.2 Phenix の燃料取扱ルート



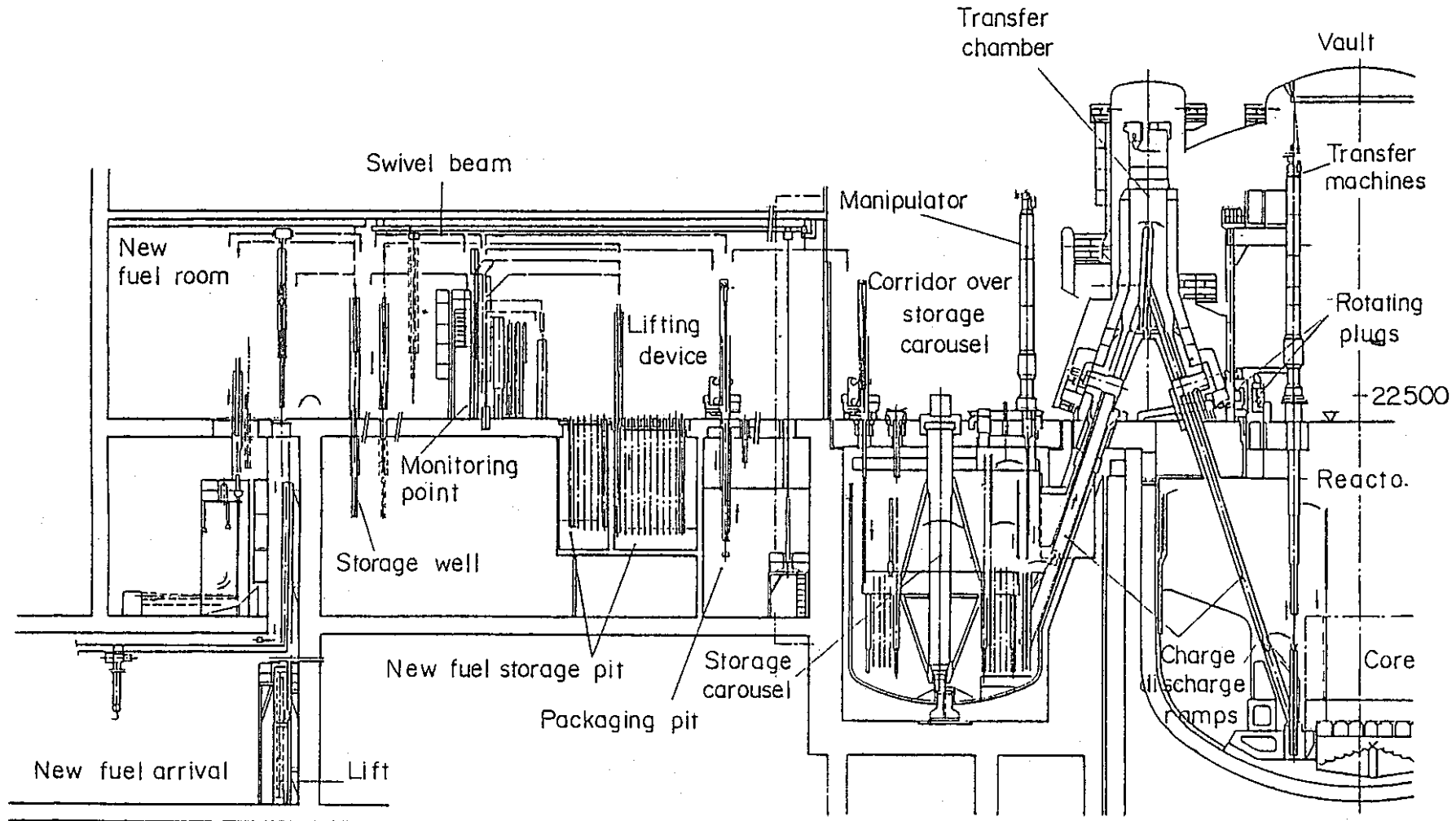
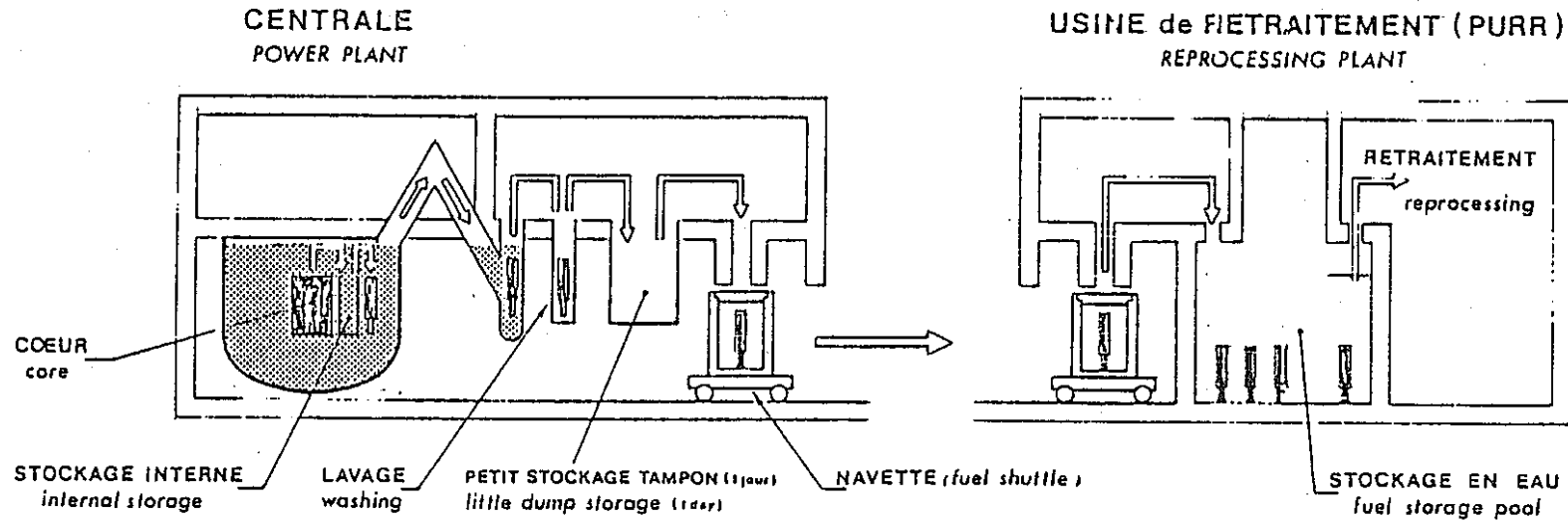


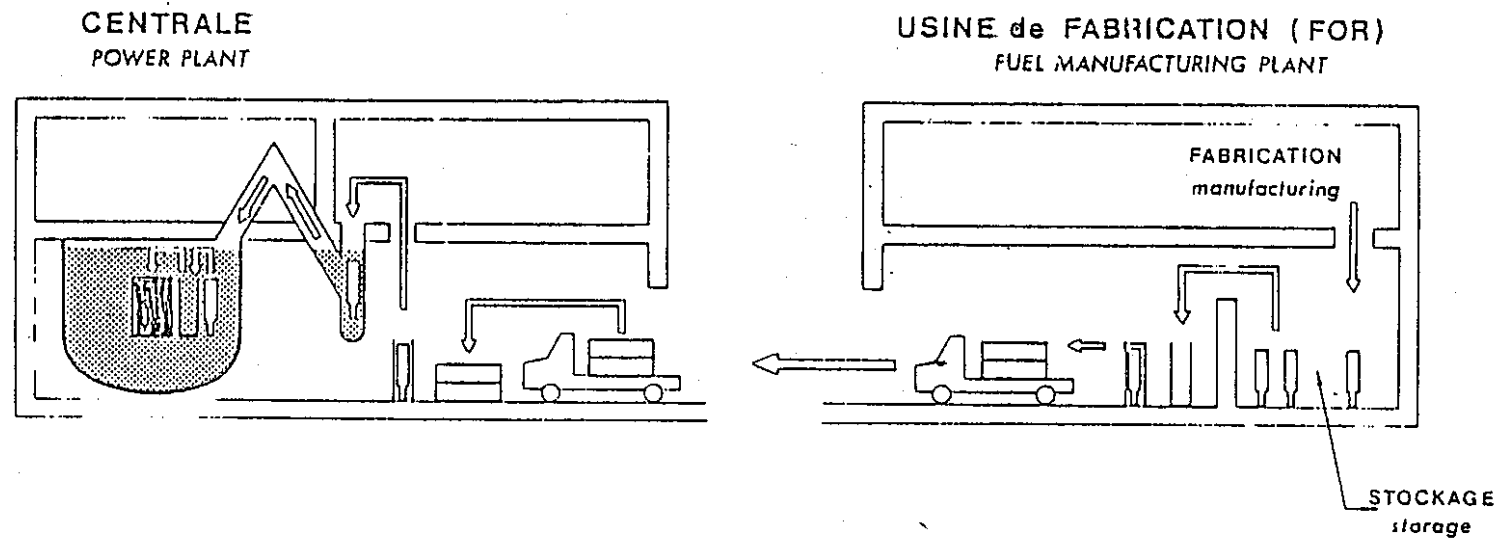
图 1.2.7.1 Super Phenix Fuel Handling Line

■ Sodium  
Eau

### ASSEMBLAGES IRRADIÉS SPENT FUEL SUB-ASSEMBLIES



### ASSEMBLAGES NEUFS FRESH FUEL SUB-ASSEMBLIES



⊠ 1.2.8.1 Super Phenix II Fuel handling diagram

## 5.2 回転プラグ，遮蔽プラグ

遮蔽プラグは原子炉容器上部に設置して，原子炉容器蓋を構成すると共に原子炉容器上方への放射線・熱遮蔽の機能，原子炉カバーガスのシール機能，原子炉容器上部機器の位置決め，支持機能とともに原子炉容器内炉心構成要素の原子炉容器内外の移送のために燃料交換系機器を所定の位置に回転位置決めする機能等を有する。

タンク型炉の場合は一般にルーフスラグと呼ばれ，ポンプ，中間熱交換器等の一次系主要機器を搭載するため，ループ型炉の遮蔽プラグよりも大型となり，構造上複雑で更に重要な機器の一つとなる。

遮蔽プラグ単体で考えた場合，回転プラグの可動部，シール部が少ない方が構造が簡単であり，有利である。しかし，ループ型炉の場合，単回転プラグとして「もんじゅ」の概念を延長すると，燃料交換機のアーム長は2,800mmとなり「もんじゅ」の約1.7倍であり，回転プラグFに取付けられたホールダウン軸の炉内構造物との干渉，耐震強度への影響が大きく，全体として考えると望ましくない，したがって2重回転プラグとしアーム長を短かくするか，更に3重回転プラグとし燃料交換機を直動式として燃料交換機の単純なものに重点を置くかのいずれかの選択となる。

ここで留意しなければならない事は，回転プラグのナトリウム固着防止対策をどうすべきかという事である。各種の方式が考えられているが，現在実証炉の設計で有効な方式として検討されているガスフラッシング方式+レッジ方式を考えると，回転プラグの可動部，シール部が少ないことが重要な要因でないかと考えられる。この点では2重回転プラグが有利であるが，更に燃料交換機概念との組合せ，炉容器への影響を含めて更に比較評価を行う必要があるのではないかと考える。

また遮蔽プラグ表面温度の設定，温度分布の検討，燃料破損率の見直しによる遮蔽厚さの検討をコスト低減の観点からも更につめる必要がある。

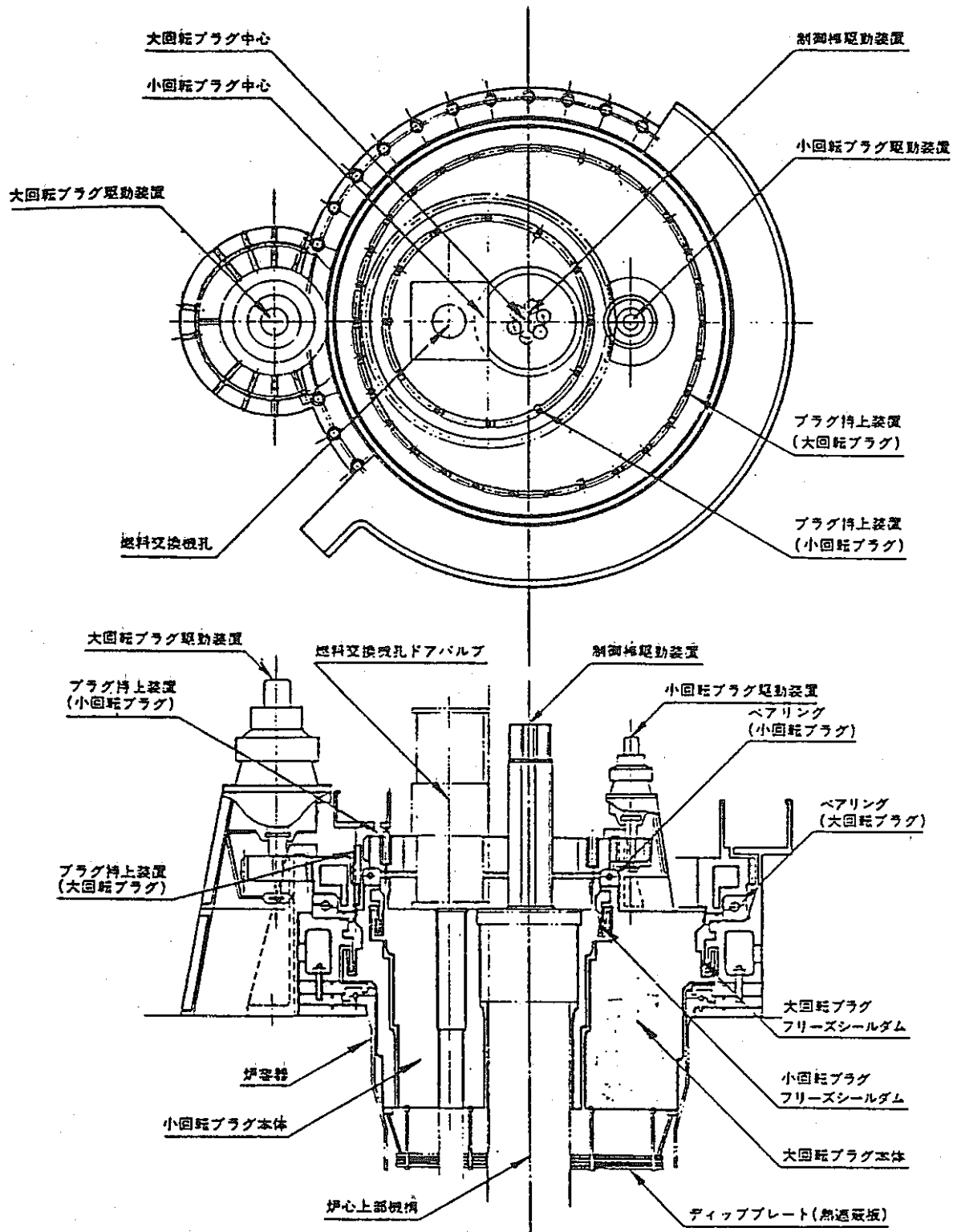
タンク型炉の場合は2重回転プラグと直動式燃料交換機との組合せが可能であると考えられるのでこの組合せでルーフスラグの設計を進めるべきであろう。

### 5.2.1 我国の回転プラグ，遮蔽プラグ開発状況

#### 5.2.1.1 「常陽」の回転プラグ，遮蔽プラグ

高速実験炉「常陽」の回転プラグは原子炉容器上部に設置され，大回転プラグとそれに偏心して組込まれる小回転プラグからなっている。(図2.1.1.1参照)回転プラグ上面には，燃料交換機孔，ドアバルブ，小回転プラグ駆動装置，炉心上部機構，その他が搭載され，更に各種ダミープラグが組込まれている。

大回転プラグの回転中心は，炉心中心軸と一致しており，小回転プラグの回転中心は，大回転プラグ中心軸より500mm偏心した所にある。燃料交換機孔，ドアバルブの中心は，小



回転プラグ構造図

図 2.1.1.1 Construction of Rotating Plug

回転プラグの中心より 500mm 離れた所に設けられ、大回転プラグおよび小回転プラグの回転角度の組合せにより炉心構成要素、炉内燃料貯蔵ラック上の任意の位置に回転位置決めできる構造となっている。

回転プラグを回転させる場合は、まずフリーズシールのメタルを溶融し、回転プラグ特上装置でプラグ本体を駆動フランジまで引上げ、プラグ荷重を大小回転プラグ各々の旋回軸受に移した後、駆動装置により駆動する。回転プラグ持上装置は、油圧駆動を用いている。

炉心上部機構は（図 2.1.1.1 参照）小回転プラグ中に同回転プラグ中心軸と偏心して組込み固定され、原子炉運転中には、炉心直上に位置され、燃料交換時には回転プラグの動作により移動する。

炉心上部機構には、10本の制御棒用スリーブ（この中4本は予備用スリーブ）の他、1本の中性子束計測孔が貫通しており、夫々ダミープラグ等により塞柱されている。

#### 5.2.1.2 「もんじゅ」の回転プラグ、遮蔽プラグ

「もんじゅ」の遮蔽プラグを図 2.1.2.1、図 2.1.2.2 に示す。

「もんじゅ」の遮蔽プラグは固定プラグと回転プラグから成る単回転プラグ方式で、原子炉容器上部に設置され、炉心からの放射線と熱の遮蔽をするとともにプラグ上搭載機器を所定の場所に正しく位置決めする機能を持ち、熱遮蔽層、放射線遮蔽体、窒素ガス冷却層および炭素鋼製の上板等から構成されている。

燃料交換時には回転プラグと燃料交換機の回転により、燃料交換グリップを炉心、炉内中継機構の位置及び炉内仮置ラックの所定の位置に位置決めする。遮蔽プラグ上に搭載する機器の主なものは次の通りである。

##### (1) 固定プラグ上

- 1) 炉内中継機構及び同機取扱用キャスク（含ダミープラグ）
- 2) 燃料出入機案内筒
- 3) マンホール及び同ダミープラグ
- 4) 炉内中性子検出装置及び同用ダミープラグ
- 5) 液面計プラグ
- 6) 水平型ナトリウム透視装置
- 7) 回転プラグ駆動機構
- 8) 回転プラグ持上げジャッキ用油圧ユニット

##### (2) 回転プラグ上

- 1) 燃料交換機及びその関連機器
- 2) 炉心上部機構

- 3) 炉内検査装置
- 4) ケーブリングラック用端子箱
- 5) 制御棒駆動機構用ガスアキュムレータ等
- 6) 冷却ガス系配管
- 7) アルゴンガスヘッダ

遮蔽プラグは上段に窒素ガス冷却層があり、中段に放射線遮蔽体、下段は熱遮蔽層となっている。その下には、通常運転時における自由液面からのガス巻込みを低減し、液面の盛上りを抑制する目的でディッププレートが吊下げられている。

窒素ガス冷却層では、原子炉運転中は遮蔽プラグ上面温度を70℃以下に抑えるために強制送風ガス冷却が行なわれる。燃料交換時は炉内のナトリウム温度を下げることから自然対流だけで遮蔽プラグ表面温度を70℃以下に保てるため、強制送風ガス冷却は行なわない。

熱遮蔽層は熱伝導及び輻射による伝熱量を少なく抑え、かつ自然対流の発生を阻止するために、ステンレス製の薄板を多数枚(約20mm間隙)積層にした構造としている。

回転プラグの回転時のジャッキアップ量は約20mmで、固定プラグと回転プラグの間隙部に対してはナトリウム固着軽減の観点から隙間限定ブレードが取り付けられる。

また回転プラグのシールはフリーズメタルシールとエラストマシール(チューブシール)で行なわれる。その他固定部のシールは原則として二重ゴムOリング、バックアップガス方式が用いられるが、メンテナンスが困難な箇所についてはメタルOリングの使用が検討されている。フリーズメタルはBi-Sn-Inの合金で炉が運転中は固化され、燃料交換時は熔融される。いずれの場合もエラストマシールは働かされ、炉内のカバーガス圧に対して若干(150~500mmAq)の背圧がかけられる。カバーガスの遮蔽プラグ全体からの許容漏洩量は1Acc/secで、フリーズ合金の寿命は3年、エラストマシールも3年(目標5年)で設計されている。

「もんじゅ」遮蔽プラグの仕様を以下に示す。

形 式	単回転プラグ	
主 要 寸 法		
固定プラグ	最大径	φ 9480
	全高さ	3700
	遮蔽胴外径	φ 7590
回転プラグ	最大径	φ 5920
	上部胴内径	φ 4850
	遮蔽胴外径	φ 4890
	全高さ	2800

回転プラグ駆動機構	
形 式	直流電動機複式駆動
電動機出力	15KW
回転数	1450rpm
台 数	2 台
減速機減速比	1/3600
駆動歯車ピッチ円径	φ 5840
ピニオンピッチ円径	φ 1460
回転プラグ回転範囲	0.1rpm
回転プラグ回転薄囲	± 175°
停止位置精度	± 0.1°
回転角読取精度	± 0.01°
回転数検出装置	回転計発電機
ベアリング形式	アンギュラコンタクト玉軸受
回転プラグシール	
形 式	フリーズシール エラストマシール
メンテナンスシール	液体シール
回転プラグ持上装置	
形 式	油圧持上式
持上ストローク	約 20mm
持上作動時間	5 分以内
使用油圧	210 kg/cm <sup>2</sup>

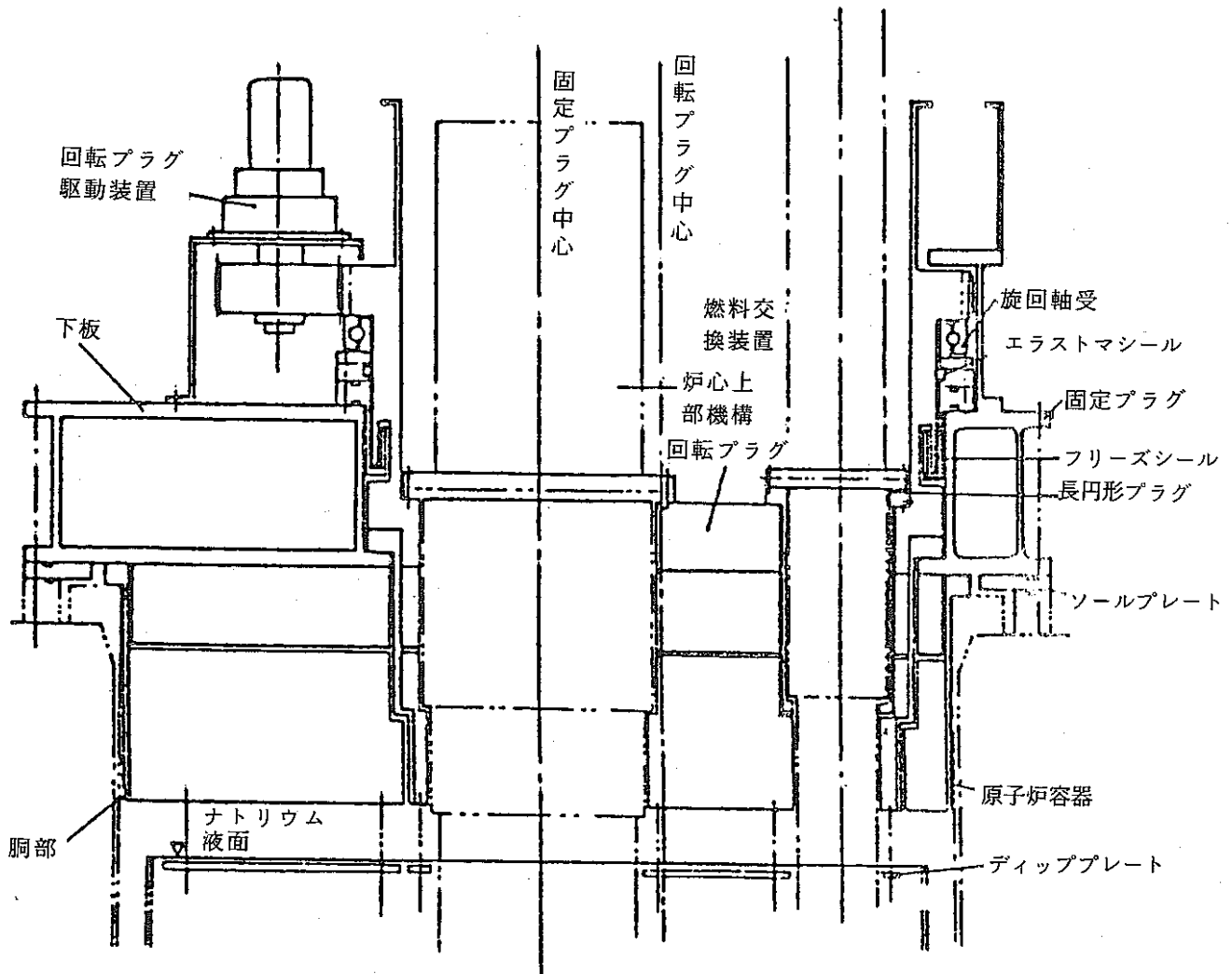


図 2.1.2.1 シャーヘイプラグ構造説明図



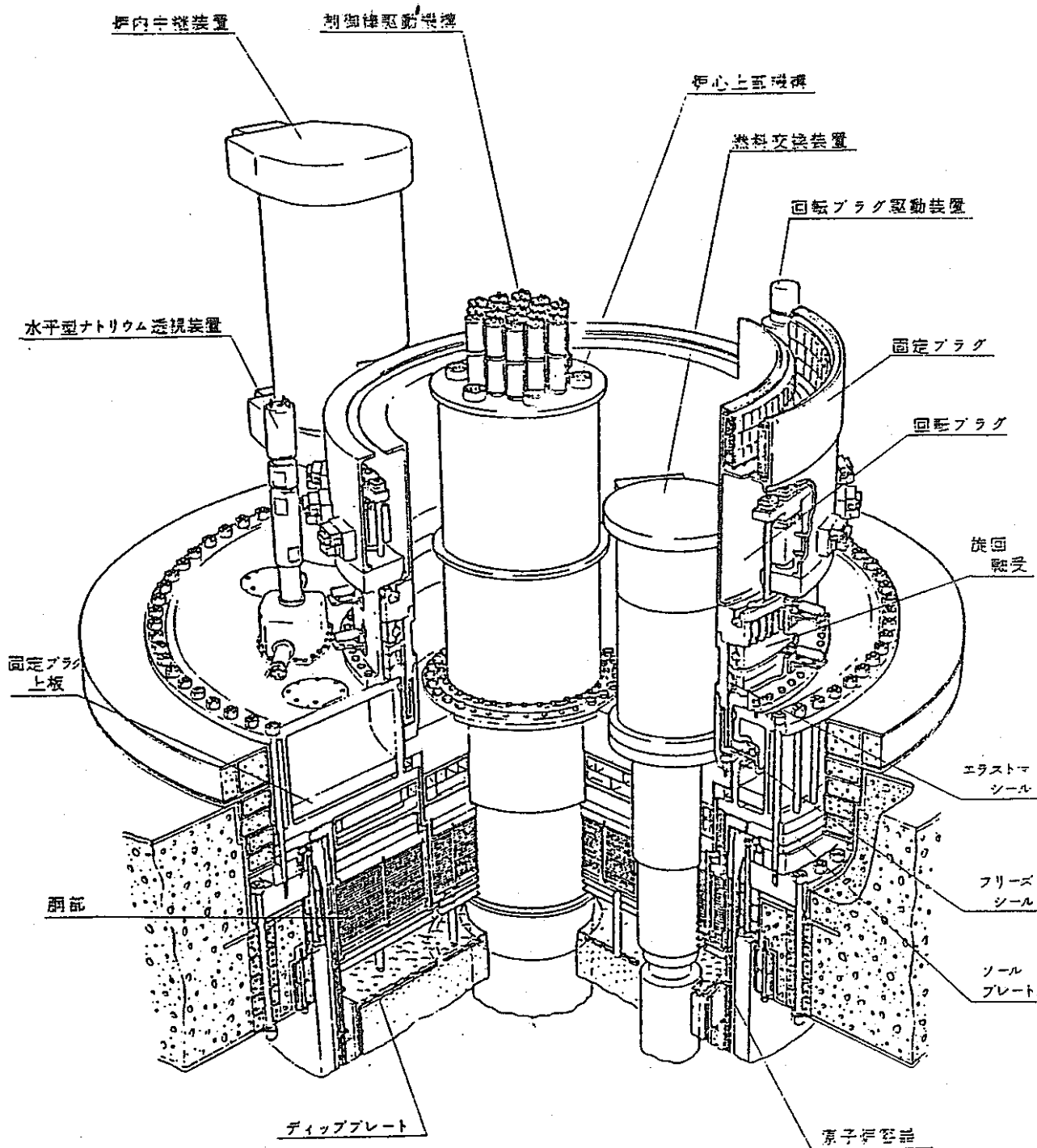


図 2.1.2.2 シャヘイプラグ鳥瞰図

### 5.2.1.3 実証炉の回転プラグ、遮蔽プラグ

遮蔽プラグの基本概念は「常陽」、「もんじゅ」と同様に回転プラグと固定プラグから構成されている。回転プラグは燃料交換機の型式との組合せにより動燃と電力と設計で概念が異なっている。動燃の第1次概念設計では基本的には「もんじゅ」概念を延長した2重回転プラグと固定アーム式燃料交換機を組合せている。電力が実施している設計では3重回転プラグと直動式燃料交換機を組合せている。またタンク型炉の場合は2重回転プラグと直動式燃料交換機を組合せたものとしている。

動燃で実施してきた遮蔽プラグに関する検討の概要は次のとおりである。

遮蔽プラグ型式については、概念設計(I)で燃料交換機の型式と組合せて検討した結果、原子炉容器寸法の目標、値を達成出来る組合せとして2重回転プラグと固定アーム式を選定した。遮蔽プラグ縦方向構成層は「もんじゅ」と同じ概念とし、上板、窒素ガス冷却層、放射線遮蔽体、熱遮蔽層より構成した。

概念設計(II)で燃料出入機をシュート方式としたことに伴ない特にコンパクト化を主体に検討した。

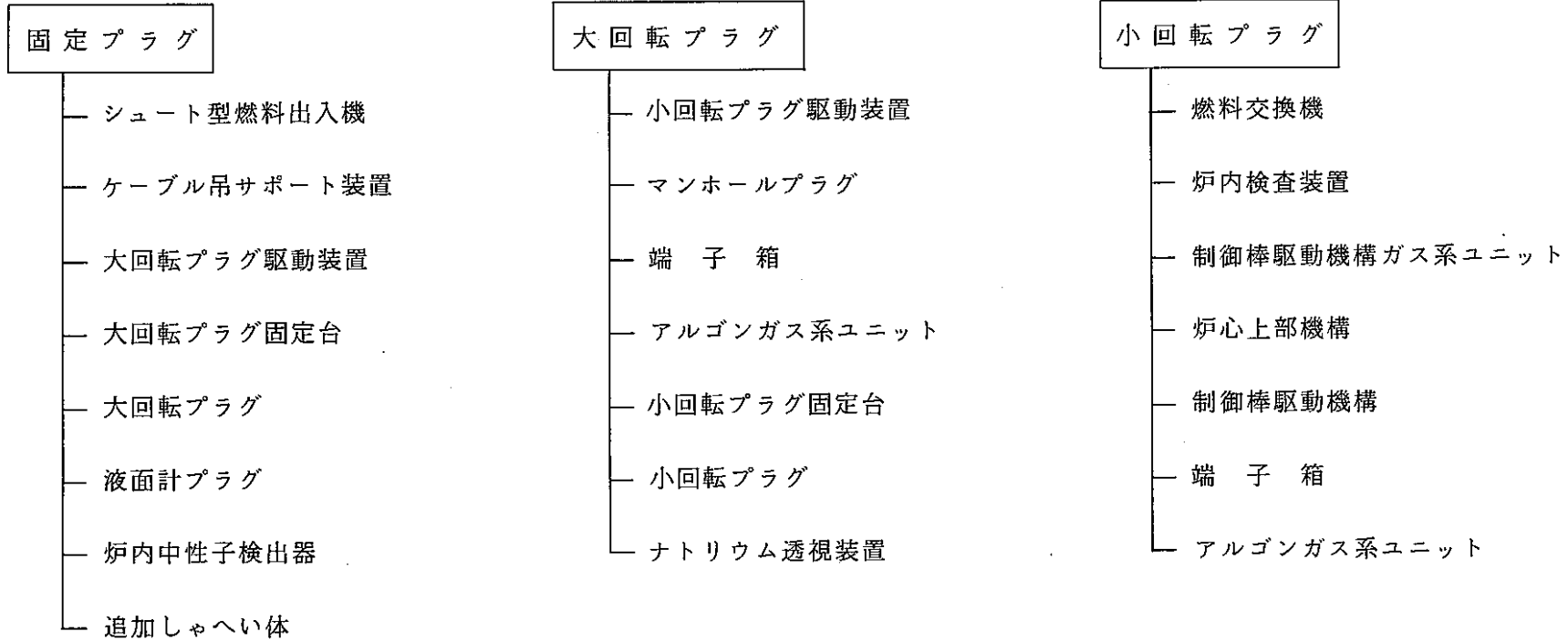
回転プラグのシール形式の選定に当っては回転プラグのメンテナンス期間の短縮化に重点を置いて検討し、保守性に優れた概念として、1次側はフリーズシール(Bi-Sn-In)とエラストマーシール方式を採用した。回転プラグのナトリウム固着対策としては、隙間限定ブレードを隙間入口に設定する方式、ナトリウムディップシールによる方式、ガスフラッシング方式等が考えられる。実用化には種々のR&Dが必要と考えられるが、優れたナトリウム固着防止効果があるがスフラッシング方式を選定した。

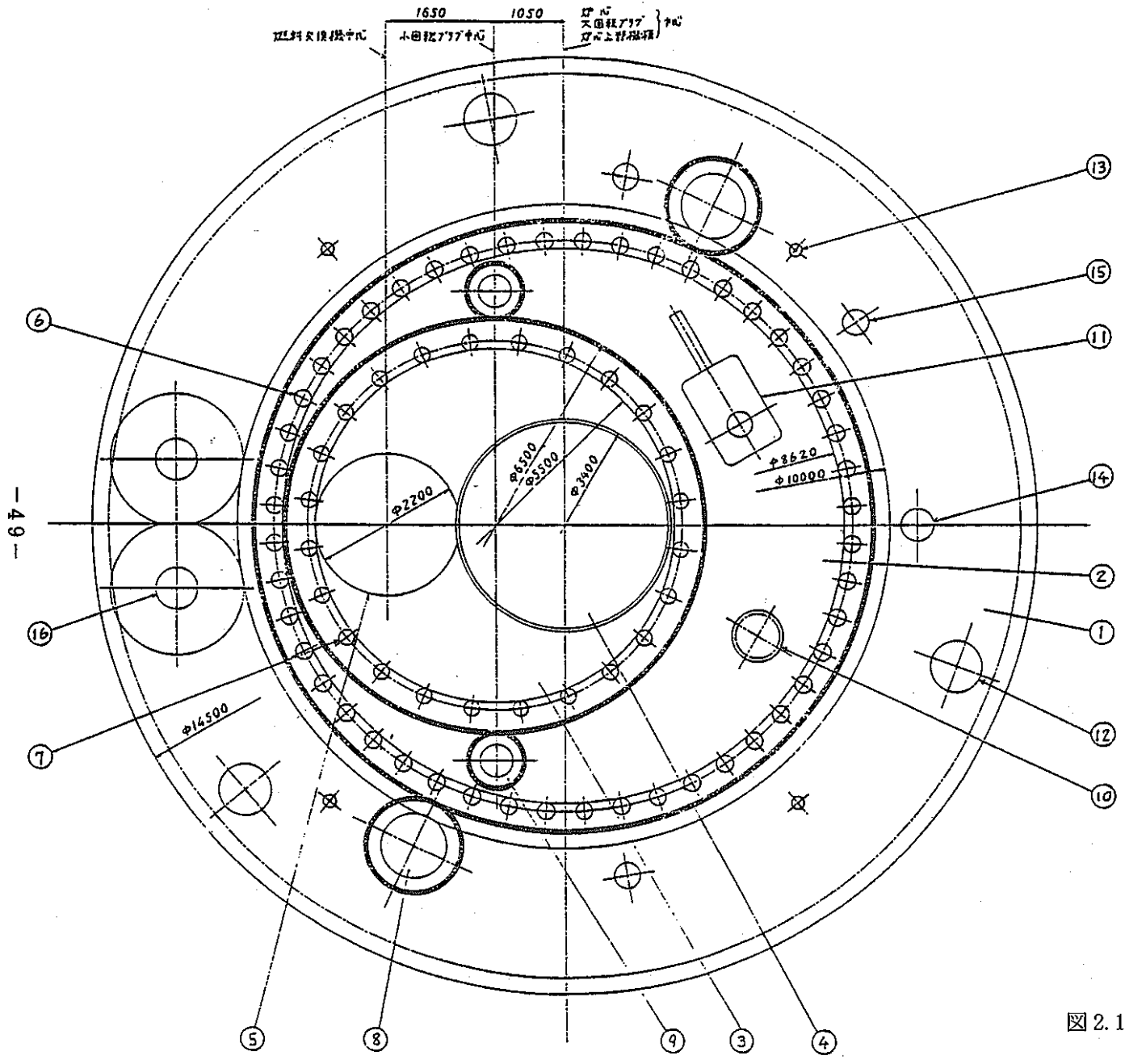
遮蔽プラグ厚さについては、放射線遮蔽、熱遮蔽及び、配管破断時の炉内カバーガス容積制限等を考慮し検討した。主要目を表2.1.3.1に示す。なお各プラグ上に搭載される主要機器を表2.1.3.2に示す。また遮蔽プラグ上面図及び断面図を図2.1.3.1、2.1.3.2に示す。

表 2.1.3.1 遮蔽プラグ主要目

<p>形 式</p> <p>主要寸法</p> <p>固定プラグ</p> <p>大回転プラグ</p> <p>小回転プラグ</p>	<p>2 重回転プラグ</p> <p>最大外径</p> <p>本体厚さ</p> <p>遮蔽胴外径</p> <p>最大外径</p> <p>(ベアリングスタンド)</p> <p>本体厚さ</p> <p>遮蔽胴外径</p> <p>最大外径</p> <p>(ベアリングスタンド)</p> <p>本体厚さ</p> <p>遮蔽胴外径</p>	<p>14,500 mm</p> <p>3,500 mm</p> <p>12,700 mm</p> <p>10,000 mm</p> <p>3,500 mm</p> <p>8,540 mm</p> <p>6,500 mm</p> <p>2,900 mm</p> <p>5,780 mm</p>
<p>回転プラグ駆動機構</p> <p>駆動電動機容量</p> <p>駆動電動機回転数</p> <p>減速機減速比</p> <p>駆動歯車ピッチ円径</p> <p>ピニオンピッチ円径</p> <p>回転プラグ回転速度</p> <p>回転プラグ持上装置</p> <p>形 式</p> <p>特上ストローク</p> <p>個 数</p> <p>油 圧</p> <p>シ ー ル 形 式</p>	<p>〔大回転プラグ〕</p> <p>37 KW × 2 基</p> <p>1,500rpm</p> <p>2,579</p> <p>9,540 mm</p> <p>1,640 mm</p> <p>0.1 rpm</p> <p>〔大回転プラグ〕</p> <p>油圧持上式</p> <p>20 mm</p> <p>48 個</p> <p>310 kg/cm<sup>2</sup></p> <p>○ 回転部シール</p> <p>フリーズメタルシール</p> <p>○ 固定部シール</p> <p>Oリング</p>	<p>〔小回転プラグ〕</p> <p>15 KW × 2 基</p> <p>1,500 rpm</p> <p>1,533</p> <p>6,460 mm</p> <p>660 mm</p> <p>0.1 rpm</p> <p>〔小回転プラグ〕</p> <p>油圧持上式</p> <p>20 mm</p> <p>24 個</p> <p>310 kg/cm<sup>2</sup></p> <p>及びエラストマシール</p>

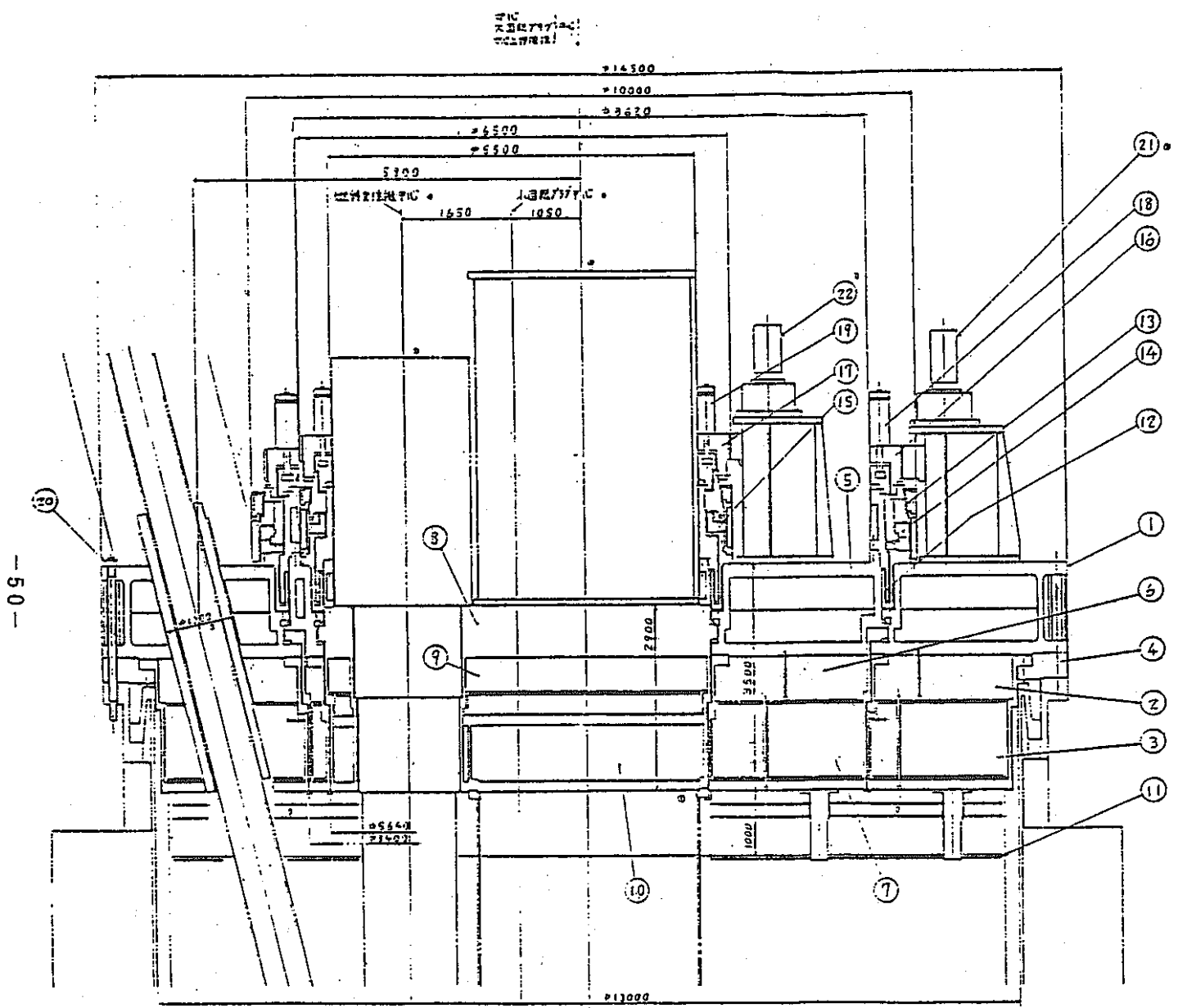
表 2.1.3.2 各プラグ上に搭載される主要機器





16	シュート		2式	
15	液面計プラグ	スラッシュ 取付用	3式	液面計2本用
14	液面計プラグ		1式	液面計3本用
13	炉内中核子検出器		4式	
12	炉内中核子検出器用ケーブル		3式	
11	ナトリウム透視装置		1式	
10	炉内出入用マンホール		1式	
9	小回転プラグ駆動機構		2式	
8	大回転プラグ駆動機構	スラッシュ 取付用	2式	
7	小回転プラグ油圧シリンダ	購入品	1式	
6	大回転プラグ油圧シリンダ	購入品	1式	
5	燃料交換機	スラッシュ 取付用	1式	
4	炉心上昇機構		1式	
3	小回転プラグ		1式	
2	大回転プラグ		1式	
1	固定プラグ	スラッシュ 取付用	1式	
Pnc 部品名 数量 備考				

図2.1.3.1 遮蔽プラグ上面図



22	小径プラグ取付ボルト	2本
21	大径プラグ取付ボルト	2本
20	固定プラグ取付ボルト	全長1140
19	小径プラグ取付ナット	1本
18	大径プラグ取付ナット	1本
17	小径プラグ取付ナット	1
16	大径プラグ取付ナット	1
15	小径プラグ取付ナット	1
14	大径プラグ取付ナット	1
13	シール(2)	寸法2本
12	シール(1)	寸法2本
11	クワプレート	寸法2本
10	小径プラグ取付ナット	寸法2本
9	小径プラグ取付ナット	寸法2本
8	小径プラグ取付ナット	寸法2本
7	大径プラグ取付ナット	寸法2本
6	大径プラグ取付ナット	寸法2本
5	大径プラグ取付ナット	寸法2本
4	クワプレート	寸法2本
3	固定プラグ取付ナット	寸法2本
2	固定プラグ取付ナット	寸法2本
1	固定プラグ取付ナット	寸法2本
Part	寸法	寸法

図2.1.3.2 遮蔽プラグ断面図

## 5.2.2 海外の回転プラグ、遮蔽プラグ

### 5.2.2.1 FFTF (REACTOR REFUELING PLUG: RRT)

FFTFの炉容器断面を図2.2.1.1に示す。

BRPは炉容器の遮蔽プラグの上に燃料交換機(I. V. H. M)と一体となって120°おきに3基のっている。

回転プラグとRRPノズルとのアニュラスギャップは最小で1/4インチである。

FFTFの燃料交換方式は、単重回転オフセット方式であり、3基によって、燃料交換ゾーンを3分割して行われる。(図2.2.1.2参照)

RRPはIVHMの位置決めと、放射線及び熱遮蔽の機能を有しており、主にジャッキアップ装置、回転駆動用装置からなっている。

RRPは、運転準備として、まずJ-upされる。図2.2.1.3にJ-upシステムを示す。

J-upシステムは、それぞれ3つのジャッキからなり、その能力は20, 45, 45 tonの計110tonである。

ジャッキにより、RRP及びIVHMは着座部から1/2インチ以上引き上げられるが、IVHMの荷重は、IVHMとRRPの間にまくらくさびをはさみ、これを介してRRPに負荷される。

この為、ジャッキには、IVHMの荷重はかからず、この様な状態の時にのみIVHMの運転が行われる。

駆動システムを図2.2.1.4に示す。

このシステムは、駆動ギヤと駆動ギヤボックスからなっている。ギヤボックスは2基の駆動モータ、2基の電磁ブレーキ、減速ギヤ、トルクセル、出力ギヤまでの運動ギヤ及びプロード装置からなっている。

#### A. RRPの構造(図2.2.1.5参照)

軸受は、ライザーフランジにより支持され、シールリングによりクランプされる。

軸受は、IVHMの回転負荷を持ちながら、運転中、IVHMを支えている。

外側の軸受レースは、上部・下部のリテーナーによりクランプされている。

RRPジャックは、これらのリテーナーに取付けられており、ベローズアセンブリーは、下部リテーナー及びヘッドノズルにボルト付されRRPを持ち上げる時のエキスパンションジョイントの役割をしている。

リングギヤは、RRPフランジ上についており、これが駆動部とかみあい回転する。

RRPからヒートロスを防ぐ為、RRP頂部のプラグヒータ及びノズルの回りに熱絶縁体がある。これにより、RRP頂部温度が安定する。

RRPには、上部表面を400°Fに保つ為、ペアで46コのヒータがある。

温度モーターは、4つの熱電対で行われるが、2つの熱電対は、スペアがある。

IVHMはダクト状の冷却システムを持ち、プラグから、多種のフランジを伝導してくる熱を除去する。

冷却は、airであり、2台のプロアにより送気される。

RRPは、RRPノズルに72コのボルトダウンスタッドにより固定されている。

2つのRRP水平面と16コの支持くさびは、上部軸受リテーナに接している。

RRPの水準器は、過性な位置にあり、RRP上にIVHMを設置する時の、レベル出しに使われる。

支持くさびは、一定レベルを保持する為、機械調整される。

一度調整されればその後の調整は必要ない。

## B. シール機構

シール機構は、炉内カバーガスの漏れと酸素の流入を防ぐ為設けられている。

(図 2.2.1.6 参照)

シール機構は、3つのタイプと四番目のシール設備からなる。

- 一次シール(主シール); これは、原子炉運転中に機能する。これはベローズアセンブリのフランジリングに座する。弾性シールである。
- ダブル(緩衝)インフレダブルシール; これは、シールリングの上であり、上部軸受リテーナとのシール行う。

原子炉運転中アルゴンガスで15Psigに加圧され、一次シールのバックアップとして機能する。

燃料交換中は、このシールが一次シールとなる。又、この間のガス圧力は8Psig(1.24 kg/cm<sup>2</sup>G)に維持される。

- バッファシール; 圧力バウンダリーの全ての貫通部及びジョイント部は、バッファシールによりシールされている。それぞれのシールは、2重のOリングからなり、その中間に圧力2.7Psigの加圧ラインがある。

この圧力(2.7Psig)は、炉容器カバーガス圧力及び大気圧よりも高い圧力である。

それ故、ガスがもれても、汚染された炉カバーガスが大気へもれることはなく、高い放射能をもった液体ナトリウムが大気中にさらされることはない。

- メンテナンスシール; このシールは、低温で融解する金属を、おけの中に入れて行なう。プライマリーシールのメンテナンス時に一時的に使用される。

メンテナンスに従い、低温熔融金属(Na)はメルトされ、おけからドレンされる。



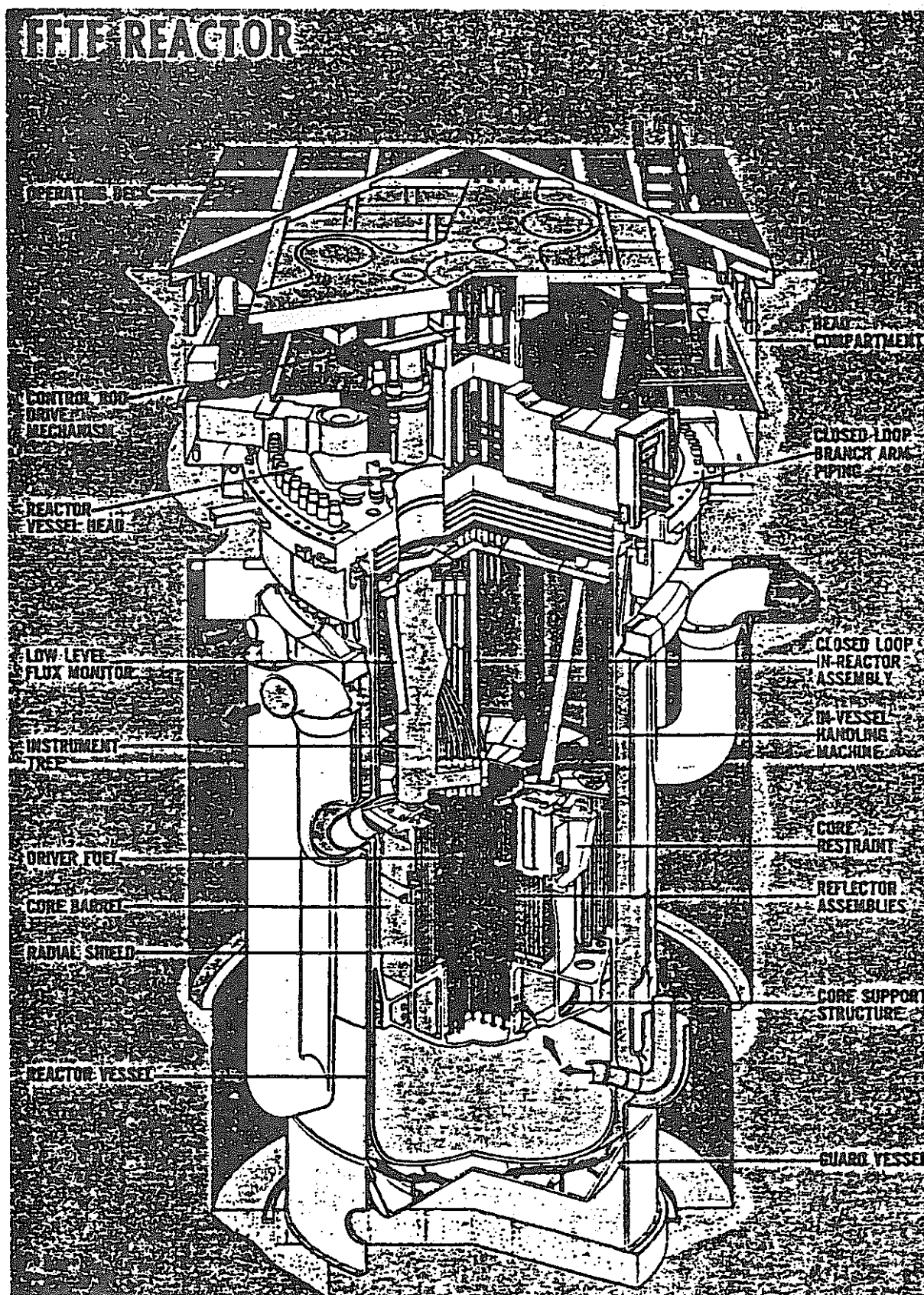
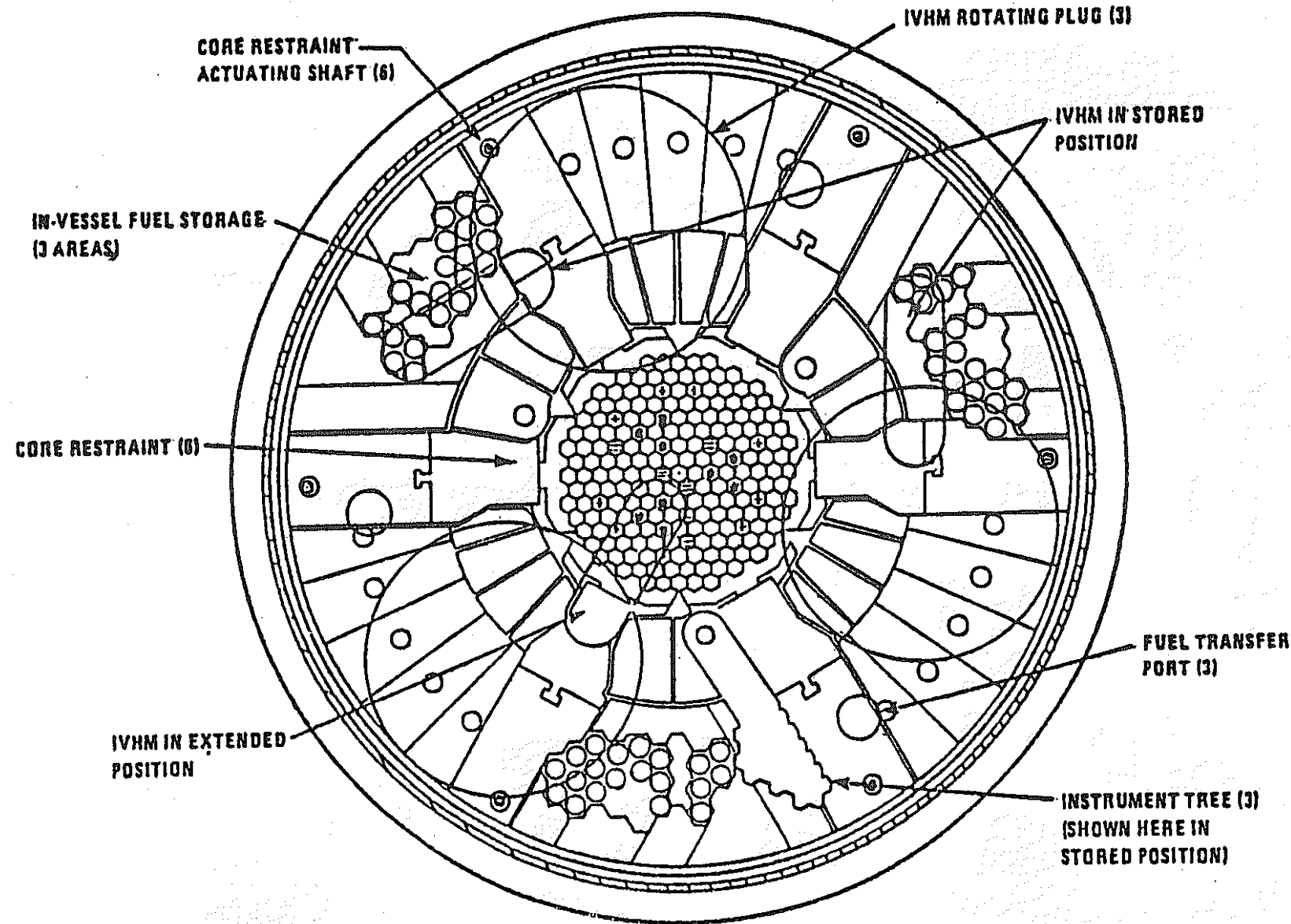


图2.2.1.1 炉溶器断面图



2.2.1.2 FFTF Reactor Plan View

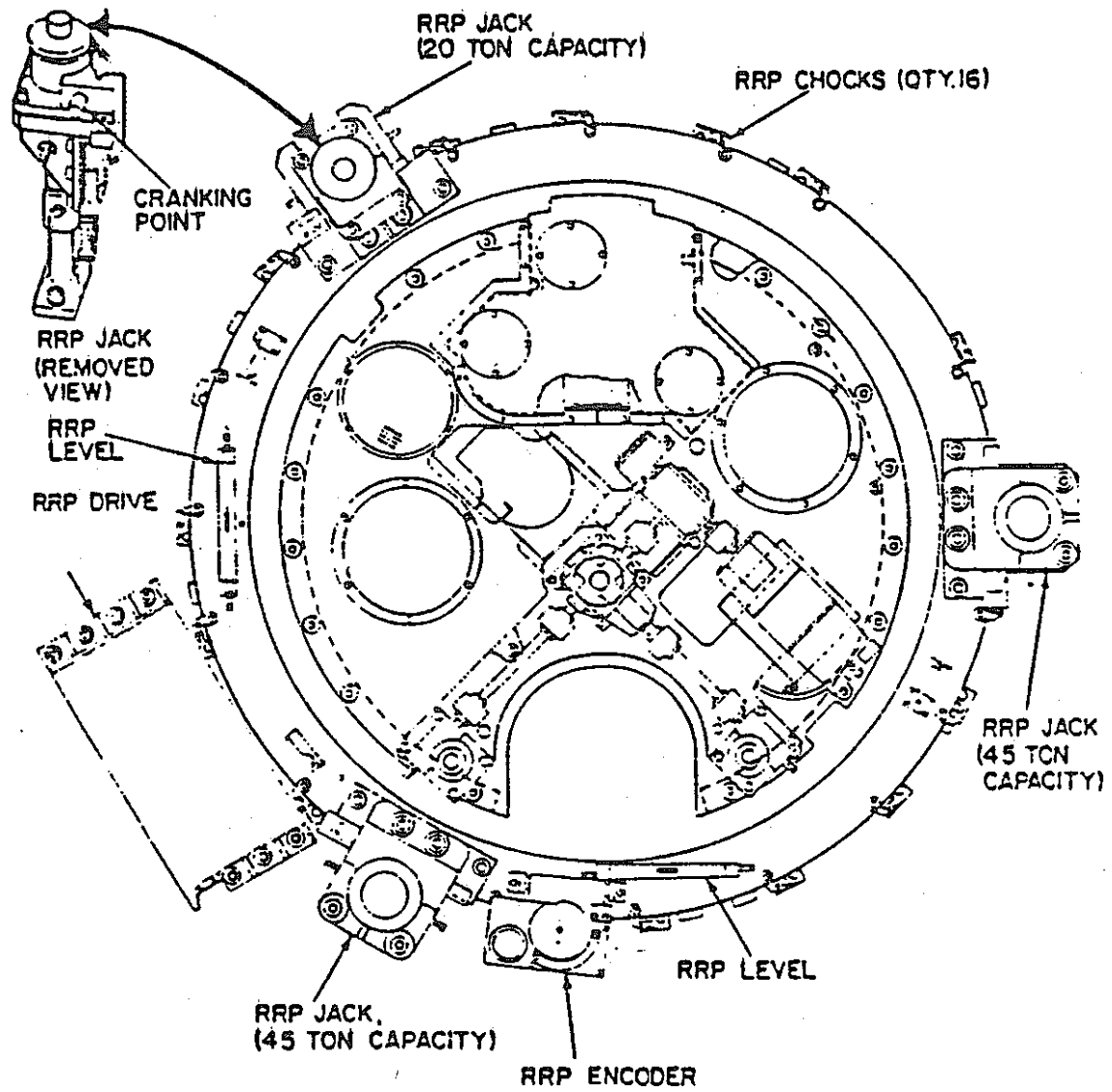
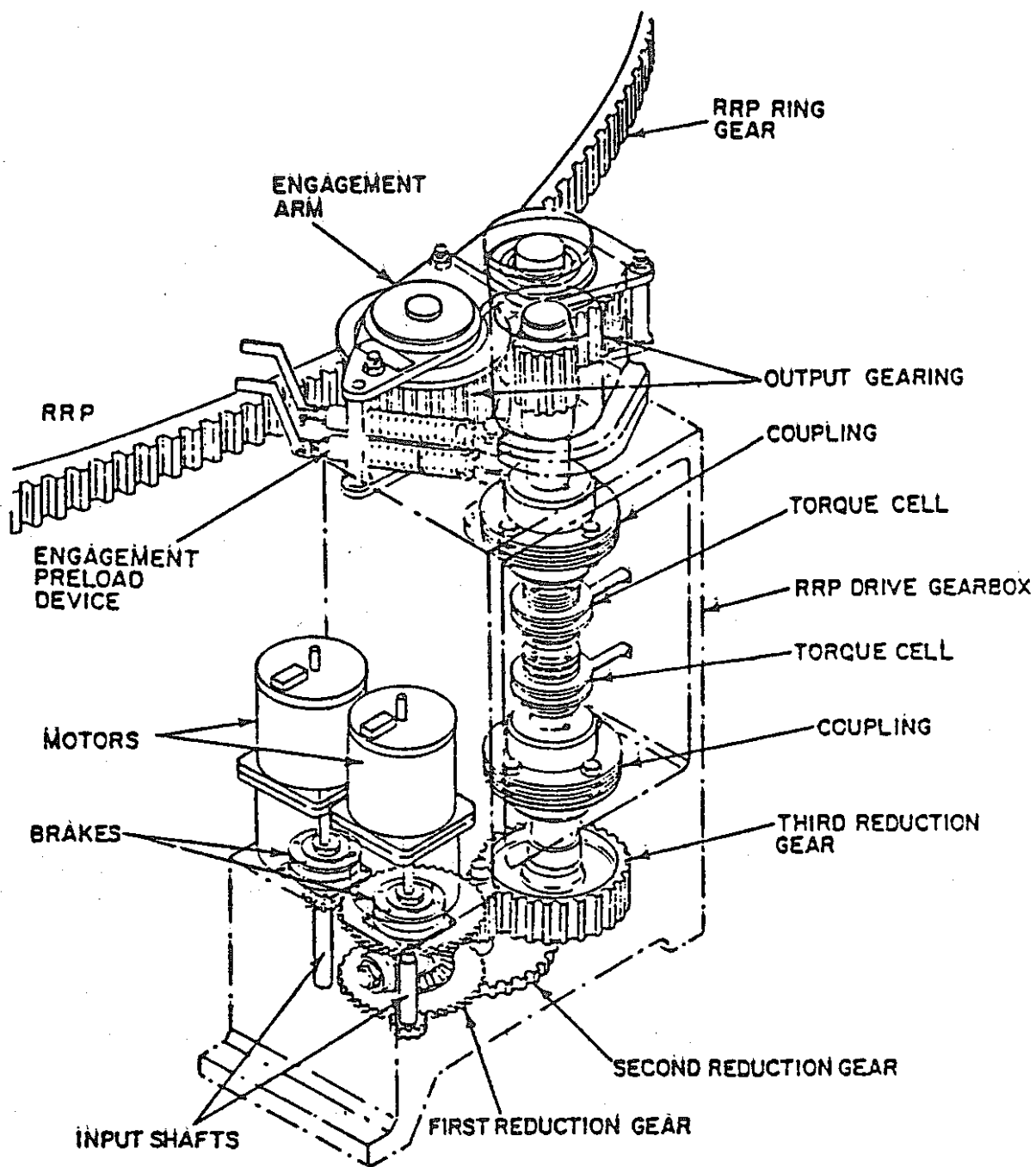


图 2.2.1.3 RRP Jacking System.



☒ 2.2.1.4 Drive Gearing Arrangement.

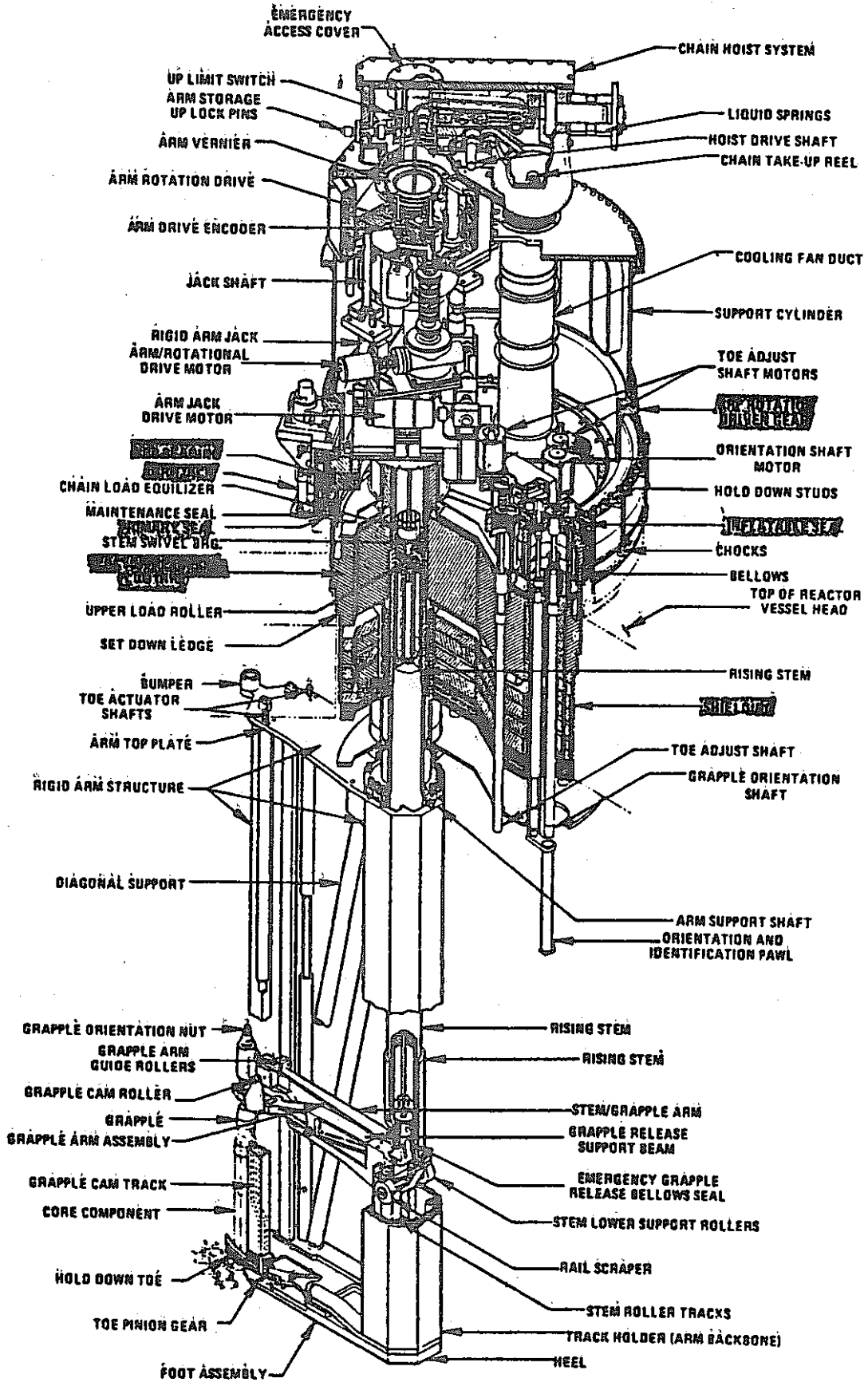


図 2.2.1.5 RRP の構造

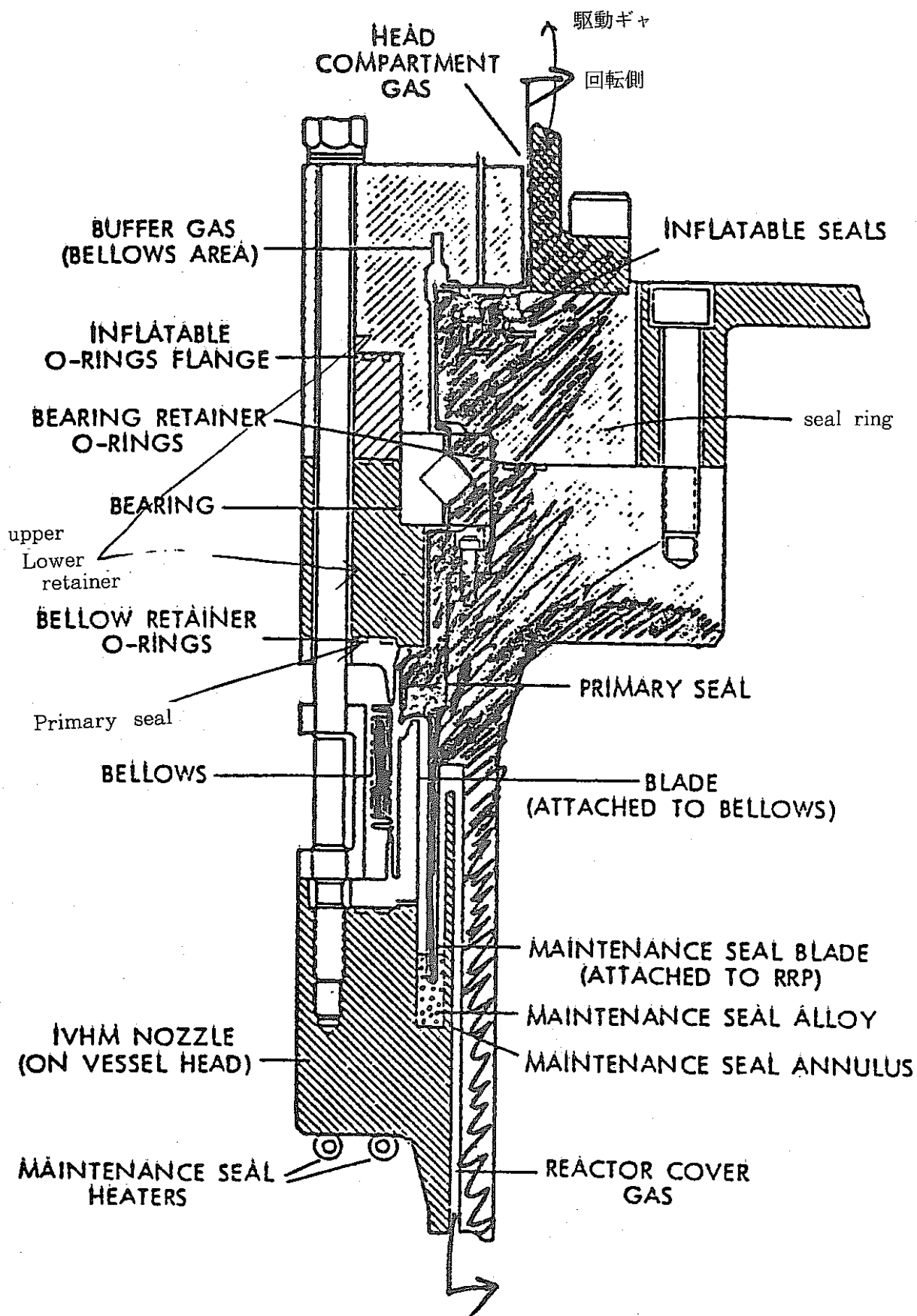


図 2.2.1.6 Sketch of seal locations in IVHM RRP

#### 5.2.2.2 CRBR (図 2.2.2.1 参照)

CRBR の燃料交換方式は、3 重回転直動式である。

CRBR では、燃料交換は、年に 1 回行われ、およそ 20 日間かけられる。設計上、燃料は最大 20KW の崩壊熱を持ったものまで取扱われることになっているが、予測値は 10～15 KW である。

燃料交換機と燃料出入機は同時に使用される。

CRBR の 3 重回転プラグは、大回転プラグは、その中心を炉心の中心に置き、中回転プラグを偏心させている。

小回転プラグと中回転プラグは、偏心して置かれている。

燃料交換気ノズルは、小回転プラグ上にその中心から偏心して置かれている。

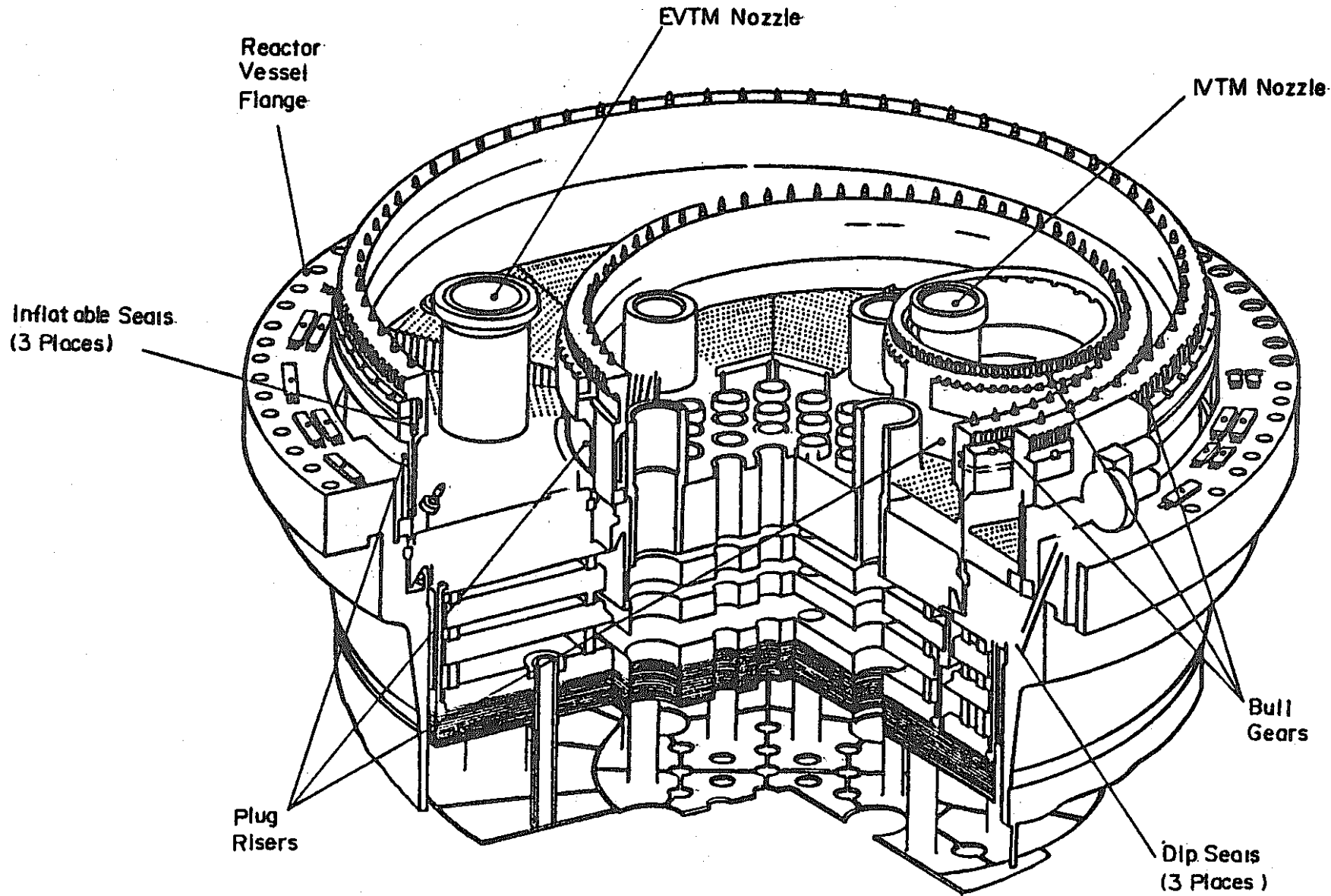
この為、狭い範囲においては、中小回転プラグの回転のみで、炉心構成要素との取合いが可能となる。

又、大回転プラグ上には、EVTM ノズルがあり、炉内のトランスファポットと EVTM がアクセスできる様になっている。

燃料交換時に、交換機と出入機が同時に使用される為、回転プラグの回転に制限がある為、交換手順（取扱範囲）が複雑になると思われる。

構造は、熱遮蔽体、放射線遮蔽体とからなっており、炉内カバーガスとのバウンダリーは、Dip seal 及びチューブシールからなっている。

回転プラグの回転は、それぞれの駆動装置とブルギヤとのかみ合いにより行われる。



- 60 -

图 2.2.2.1 CRBR Reactor Closure Head Assembly



5.2.2.3 PFR（回転シールドプラグ）図 2.2.3.1 参照

回転シールドプラグは、単重回転プラグであり、炉心と同一中心をもち、生体遮蔽ルーフの真中にある。プラグは、単列のボールベアリングの上に乗っており、リングギヤの歯車を介して5hpのモータユニットで任意の位置に回転が可能である。

構造材としては、主に軟鋼とステンレス鋼からなっており、炉心上部からの中性子と $\gamma$ 線の遮蔽のためにアラルダイトと鉄玉が入っている。

遮蔽部は直径3.7mで深さ2.5mであり、遮蔽材を加えると総重量150トンとなる。

遮蔽部分は、原子炉カバーガスと大気とをシールしている。

炉心の燃料交換は、回転プラグの回転と、オフセットタイプの交換機のアームとの動きの組合せにより、任意の炉心位置及びトランスファーポートへの位置決めが可能である。

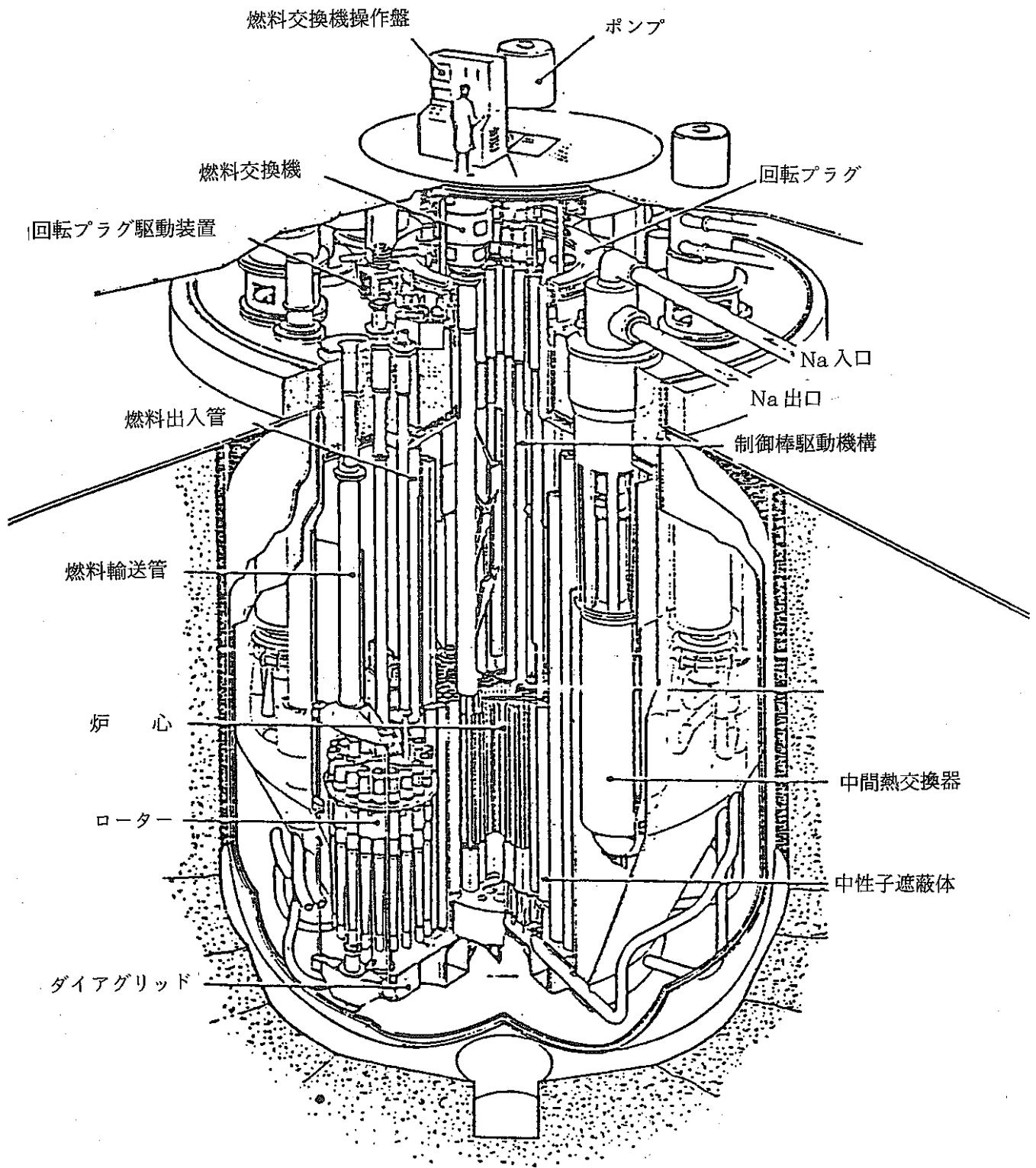


図 2.2.3.1 原子炉構造鳥瞰図 (PFR)

#### 5.2.2.4 CDFR

燃料交換方式は、2重回転・直動式をとっている。従って、大小回転プラグからなり、小回転プラグ上に燃料交換機は並んで2基据付けられている。

2基の交換機により、炉心領域での燃料交換スタイルは、使用済の引抜→新燃料の装荷、あるいは、新燃料の装荷→使用済の引抜、のどちらかの交換手順で回転プラグを大きく回転することなく連続して行われる。

又、CDFRは、炉外移送にシュート方式を採用しており、出入りは、バスケットを使用して行われる。

回転プラグは、このバスケットへのアドレッシングも可能としている。

又、炉容器とのバランダリーは、チューブシールにて行われる。

尚、CDFRは、COST低減化設計として、1次容器の直径を19.2mに減少した。

この主要因は、回転プラグを3重回転方式から2重回転方式に変更したことであり、これにより、大回転プラグ直径は11.5mから9.5mに縮小したと言われている。

しかし、本当の要因は、回転方式の変更からではなく、CDFRの場合次の要因によるものが大であると考えられる。

##### 1) 炉心上部機構の縮寸化

これは半径方向各方向各ブランケット出口に取り付けていた熱電対の代わりに音響検出器で当該S/AのNa沸騰検出を行うことにしたことで、炉心上部機構を十分に小さくできたことである。

##### 2) 炉心周囲の炉寿命中交換の削除

炉心周囲の中性子遮蔽体は炉寿命中交換する必要はないと考えられるので、この遮蔽体へのアクセスを不用とした。

#### 5.2.2.5 PHENIX (図 2.2.5.1 参照)

回転プラグは、炉上部の最終的なシールとなるものであり、環状の鋼スラグでできている。

内部は、熱遮蔽及び放射線遮蔽の両機能を有する遮蔽となっている。

カバーガスのバウンダリーとしては、フリーズシール方式をとっており、シール材として、Sn(42%)、Bi(58%)低溶融合金を使用している。

回転プラグは、単重回転方式であり、燃料交換の為のアドレッシングは、オフセットタイプの燃料交換機の動きとの組合せにより行われ、炉心と炉外移送シュートのバスケットへのアドレッシングが可能である。

又、炉内には、41体～17体の貯蔵が可能である。

#### 5.2.2.6 SUPER PHENIX

燃料交換方式は、2重回転直動式をとっている。

回転プラグの大きさは、大回転プラグが12.8mφであり、小回転プラグが7.8mφであり、これらは、コンクリートを内蔵した溶接構造である。

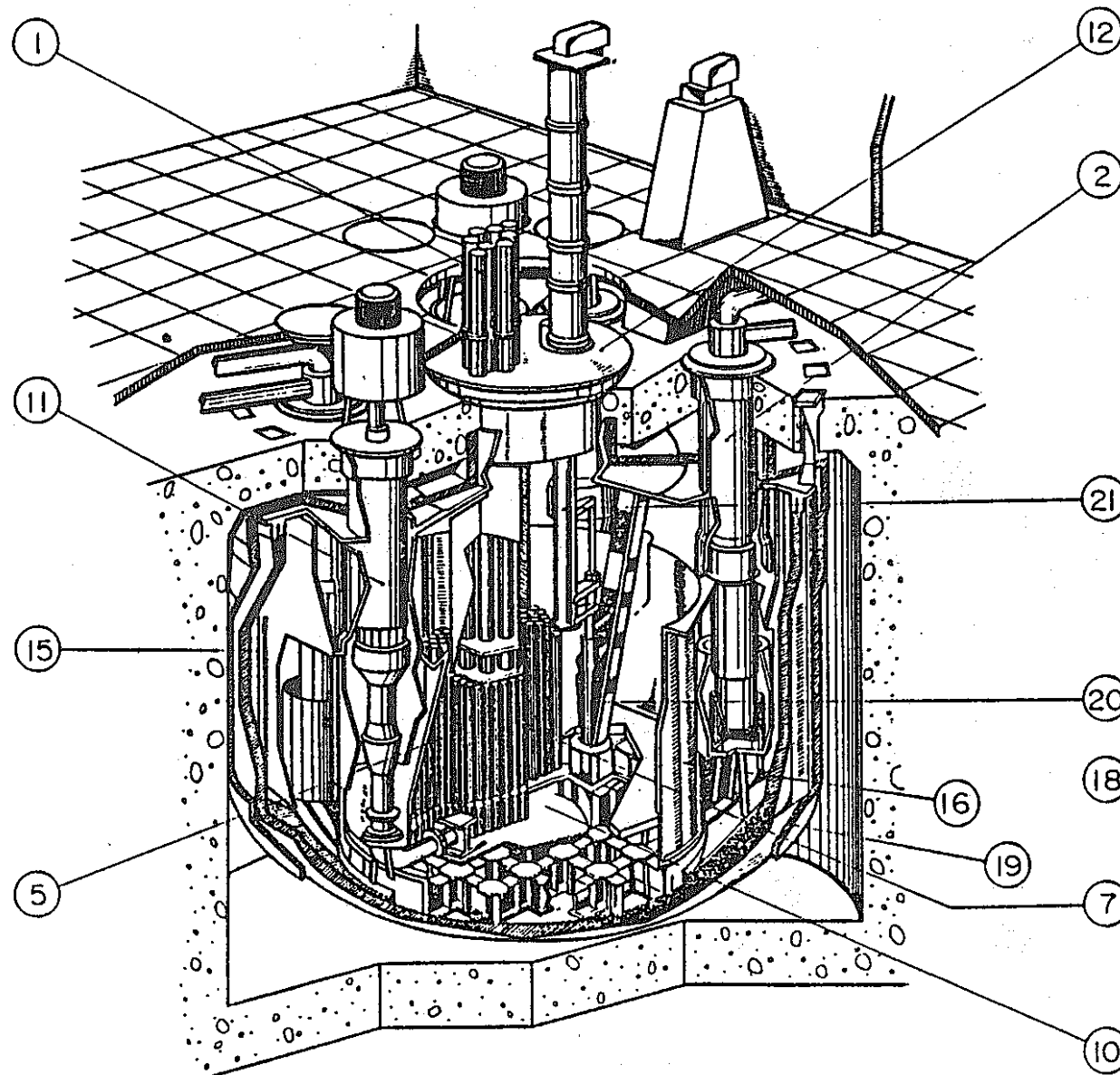
アルゴンカバーガス中には、金属熱遮蔽板を有しており、また、回転時のリーク防止の為、液体金属ガスケットを使用している。

又、主容器及び回転プラグの直径を大きくしないという観点から、炉外貯蔵方式をとっている。

更に、燃料出入は、斜めシュート方式としている。

従って、炉内冷却が行えない為、燃料装置は、約30KWの最大崩壊熱に耐える設計をする必要がある。(図2.2.6.1参照)

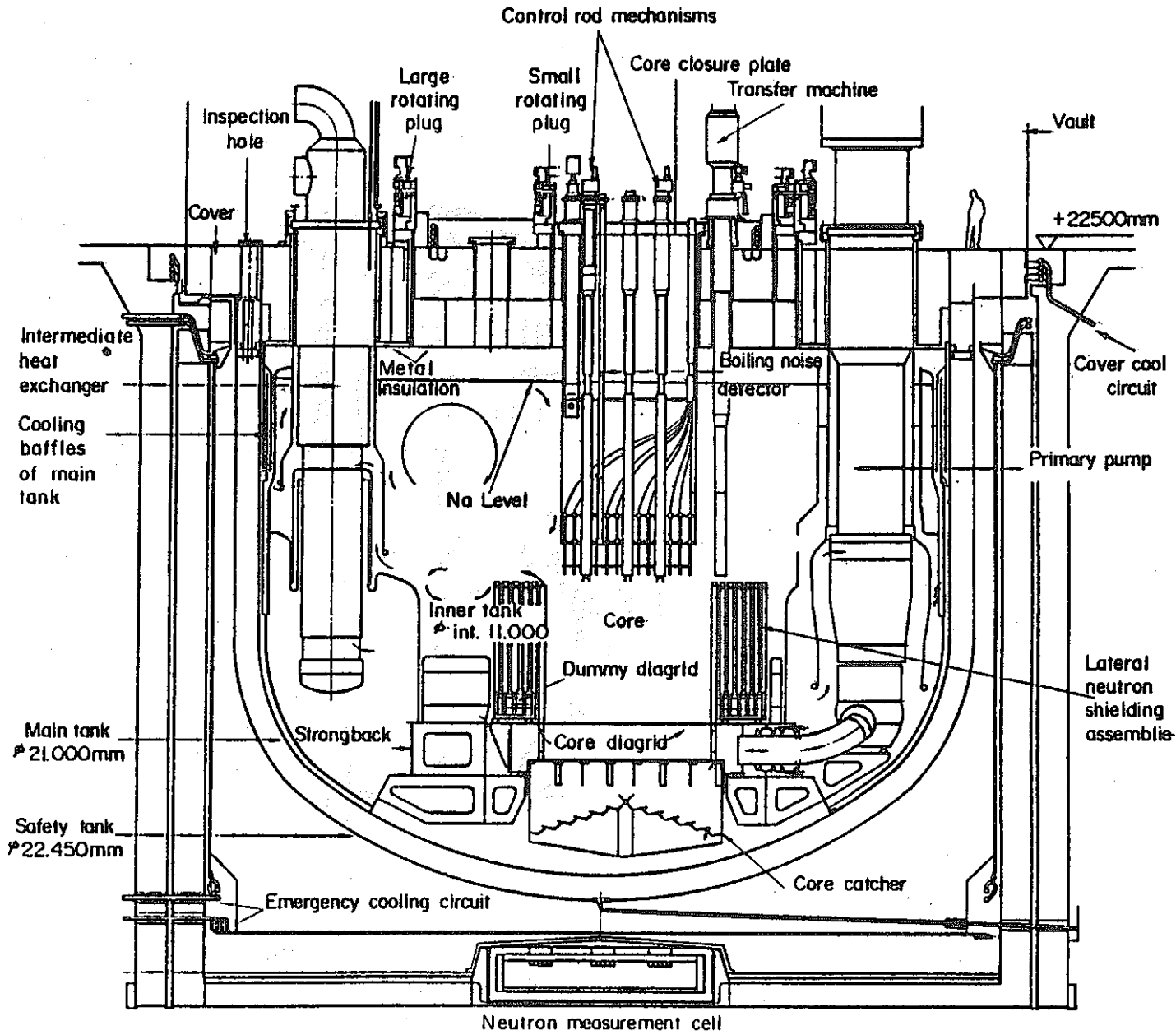
CUT-AWAY VIEW



REACTOR BLOCK

- 1 control rod drives
- 2 intermediate exchanger
- 3 leak detector
- 4 upper neutron shielding
- 5 lateral neutron shielding
- 6 blanket
- 7 core
- 8 lat. shielding support
- 9 conical support collar
- 10 fuel support slab
- 11 primary pump
- 12 rotating plug
- 13 slab
- 14 roof
- 15 main vessel
- 16 primary vessel
- 17 core cover
- 18 double envelope vessel
- 19 primary containment
- 20 transfer ramp
- 21 transfer arm

图 2.2.5.1 PHENIX



2.2.6.1 SUPER PHENIX

5.2.2.7 SNR-300 (図 2.2.7.1 参照)

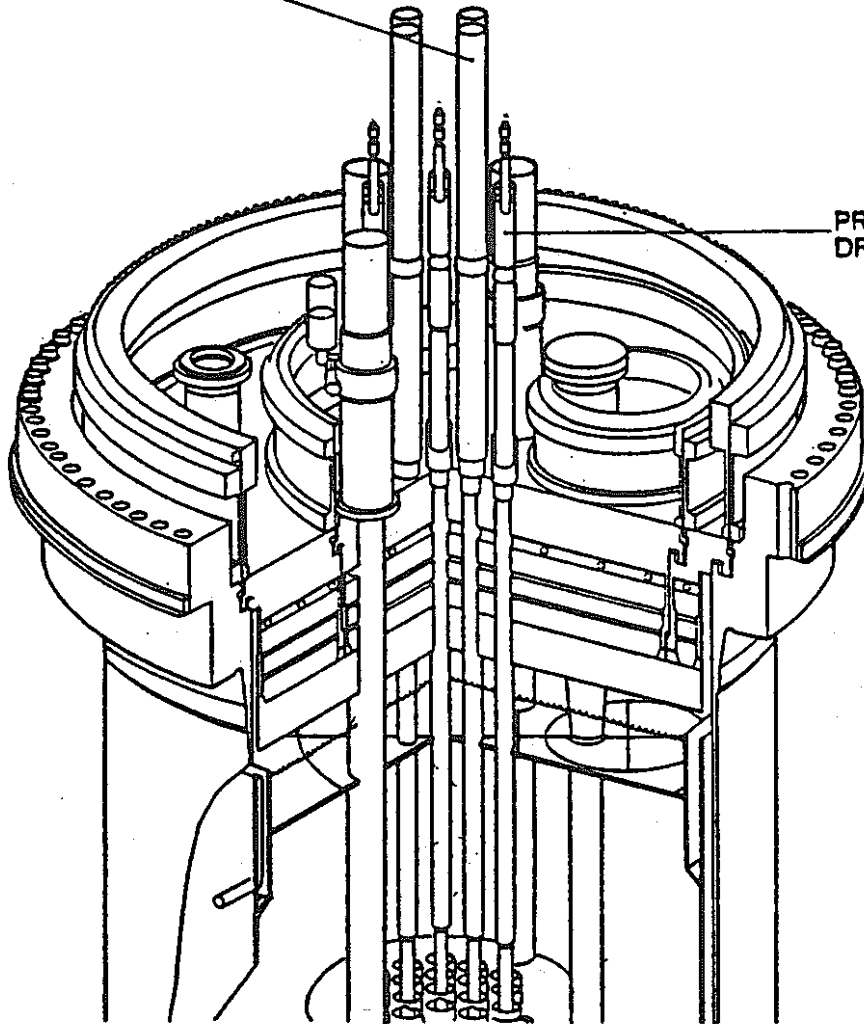
回転プラグは、炉心上部機構を炉心とアクセスする為に移動することができ、かつ、炉心及び移送ポットへの位置決めができる事が主な役割である。

回転プラグは、大、小プラグ及び中間プラグの3重回転方式をとっており、大回転プラグは、炉心と同心円状にあり、中間プラグは、CRDMが据付けられ、大回転プラグと偏心して配置される。又、小回転プラグ上には、燃料交換機及びスウィープアームが配置されており、原子炉停止後の回転プラグの最初の運転前には、炉容器に固定した機器と回転プラグが接続されていないかをチェックする。

回転プラグの自重は、ボールベアリングによって支持され、インフレタブルシールは、カバーストックの漏れを防止する。

大回転プラグの外径は7.3mで総重量は、3つのプラグで4300TONである。

SECONDARY CONTROL ROD  
DRIVE MECHANISM



PRIMARY CONTROL ROD  
DRIVE MECHANISM

In the completed reactor, the drive mechanisms will be mounted on the vessel closure head. Drivelines will extend down from them and connect them with control rods in the core.

図2.2.7.1 回転プラグ



#### 5.2.2.8 BN-350

BN-350の燃料交換方式は、2重回転・直動式をとっている。

炉内の燃料交換の為のアドレッシングは、大小回転プラグの回転によって行われる。

交換機により炉心から引抜かれた燃料は、一たん、炉心の外側の炉内貯蔵位置へ装荷され、冷却される。

この炉内貯蔵本数は41本である。

冷却された燃料は、再び交換機により、トランスファーポット位置まで移送される。

又、新燃料は、トランスファーポットから、直接あるいは炉内貯蔵位置へ装荷される。

#### 5.2.2.9 BN-600

燃料交換方式は、2重回転・直動式をとっている。

大小回転プラグの回転により燃料交換機の炉心及びトランスファーポットへのアドレッシングを可能にする。

### 5.3 燃料交換機

燃料交換機は炉心と燃料出入機の間で新燃料、使用済燃料等の炉心構成要素を交換するものである。

「常陽」は2重回転プラグと直動式燃料交換機を組合せた型式であり、「もんじゅ」は各種の概念を検討した結果、単回転プラグと固定アーム方式の組合せが選定された。

実証炉クラスの大型炉においては、ループ型炉の場合5.2の遮蔽プラグでも述べた様に2重回転プラグと固定アーム方式燃料交換機の組合せ、または3重回転プラグと直動式燃料交換機の組合せのいずれかの選択とあろう。燃料交換機単体としては構造が単純で引抜き力が大きく取れる直動一式が望ましいと考えられる。しかし遮蔽プラグを含めて更に広い観点から比較評価すべきである。

#### 5.3.1 我国の燃料交換機

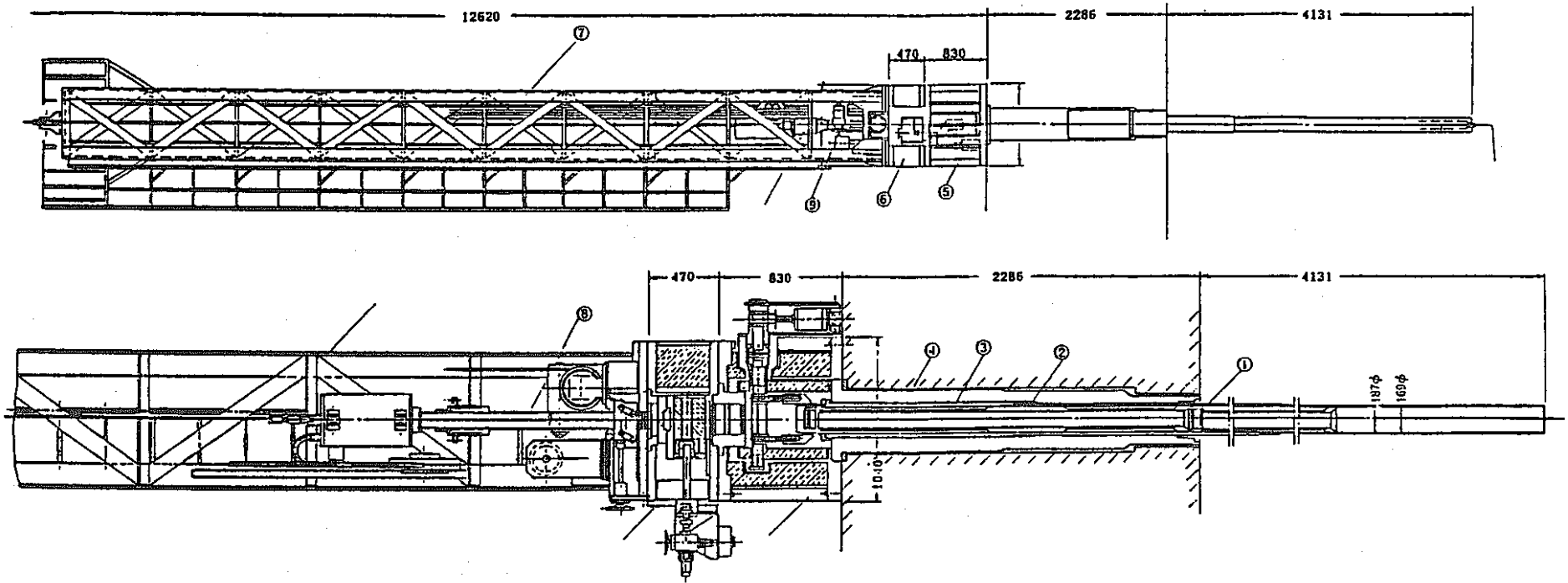
##### 5.3.1.1 「常陽」の燃料交換機

燃料交換機は、炉心と炉容器内にある炉内燃料貯蔵ラックとの間で燃料を交換、移送するための装置であり、回転プラグ上の燃料交換機孔ドアバルブ上に据付けられる高さ約11.3 m、1 m角、全重量約4.2トンの鉄骨構造物の架台の中にグリッパ駆動装置、グリッパなどが組込まれた上部機構と、回転プラグを貫通して炉容器の内に挿入された長さ約7.3 mのホールダウン軸およびホールダウン軸駆動装置などから構成されている。

原子炉運転時には、燃料交換機のホールダウン軸、およびその内部にあるグリッパは上方に引上げられた後、ドアバルブより上の部分は取りはずされる。ドアバルブは回転プラグ上に残され、炉容器の圧力バウンダリとなる。燃料交換時には、燃料交換機はクレーンでドアバルブ上にセットされる。炉心より燃料を引抜くときは、大小回転プラグの回転動作により、所定の位置に燃料交換機の軸を合わせたのちホールダウン軸をおろし、完全に下りきったことが確認されたのち、グリッパを下げて燃料をつかむ。グリッパの駆動速度は2.8 m/minと0.28 m/minの2段切換が出来る。つかんだ後はグリッパ及びホールダウン軸を順次引上げ、回転プラグを回転させて炉内燃料貯蔵ラックの所定の位置に燃料を装荷する。燃料を炉心に装荷する時は、炉内燃料貯蔵ラックより新燃料をとり、引抜時と逆の操作によって行う。

図3.1.1.1に概略図を示す。

1	交換孔案内スリーブ(閉)	6	交換孔ドアバルブ
2	(出)	7	架          台
3	ホールドダウン軸	8	グリッパ案内軸
4	子熱スリーブ	9	軸          封          部
5	ホールドダウン軸駆動箱	10	交換孔ドアバルブ



燃料交換機概略図

図3.1.1.1 Outline of the In-Core-Charging Machine

### 5.3.1.2 「もんじゅ」の燃料交換機

「もんじゅ」の燃料交換方式は予備設計において、プラグ下操作方式として固定プラグ3パンタグラフ方式、単回転プラグパンタグラフ型固定アーム方式、及びホットセル方式としてプラグ取外し方式の3方式が設計された。概念の選定にあたり原型炉クラスの燃料交換方式として要求される項目として実用炉への外挿性、プラント利用率、信頼性、運転保守性、安全性の面から、まずプラグ下操作方式とホットセル方式とを比較検討した。両方式とも決定的な優劣はなく、研究開発の面からは実験炉「常陽」の経験を活かせ、比較的小規模の研究開発ですむと考えられる点を重視して、プラグ下操作方式が選定された。

プラグ下操作方式として2重回転プラグ直動方式、単回転プラグ固定アーム方式、単回転プラグ可変アーム方式、固定プラグ3パンタグラフ方式の4方式を比較検討した結果、固定プラグ3パンタグラフ方式は炉上部機構等で技術的問題が多いこと、2重回転プラグ方式は実用炉では製作が困難となることが予想されることから除外した。これに対し、単回転プラグ方式は実用炉においても比較的小型の回転プラグですみ、プラグ下操作方式の利点を有している。この結果「もんじゅ」の燃料交換方式は単回転プラグとパンタグラフ型固定アーム方式の組合せが選定された。

原子炉容器内での炉心構成要素の取扱いは、燃料交換期間中に燃料交換機、及び炉内中継装置により行なわれる。これらの機器の原子炉容器内主要機構部は、燃料交換時にのみ設置され使用に供される。このため、燃料交換期間中には、これらの機器の原子炉容器への据付け・調整を行なう燃料交換準備作業と実際の燃料交換作業及び機器の取外しを行なう燃料交換後始末作業が実施される。

燃料交換機及び炉内中継装置を図3.1.2.1、3.1.2.2に示し、それぞれの仕様を表3.1.2.1に示す。

燃料交換機は、燃料交換本体、ホールドダウン機構及び昇降駆動装置により構成され、回転プラグ部に設置されて、回転プラグと連動して原子炉容器内で炉心構成要素の移送を行なう。

燃料交換機本体は、グリッパ、パンタグラフ機構、グリッパ及びパンタグラフ駆動装置により構成される。グリッパは原子炉容器内で炉心構成要素を直接取扱うもので、炉心構成をつかむための爪と炉心構成要素への到達を感知するセンシング機構を有している。パンタグラフ機構は、グリッパを燃料交換機据付中心から偏心して支持するもので、そのためのアームを有している。燃料交換機本体は、燃料交換時以外は原子炉容器から取外されるため、取外し時にはこのパンタグラフ機構を折りたたむことにより、グリッパを本体内に収納することができる。また、グリッパ及びパンタグラフ駆動装置は、これらの機構の駆動及び検知を行なうものである。

ホールドダウン機構は、ホールドダウンアーム、ホールドダウン駆動装置及び燃料交換孔

ドアバルブにより構成される。ホールドダウンアームは原子炉容器内に設置され、燃料交換機本体の原子炉容器内でのガイドとグリップで炉心構成要素を引抜く際の周囲の炉心構成要素の浮き上りを防止するもので、ホールドダウン駆動装置により駆動される。なお、ホールドダウンアームは原子炉出力運転時にも、原子炉容器内に設置されたままである。ホールドダウン駆動装置は回転プラグ上に設置され、ホールドダウンアームの回転と昇降の駆動を行なうものである。また、燃料交換孔ドアバルブは、燃料交換機取外し時に原子炉容器貫通孔の閉塞を行なうものである。

昇降駆動装置は、燃料交換機本体の昇降を行なうためのもので、燃料交換孔ドアバルブ上に設置される。昇降動作は、燃料交換機本体を吊り下げているチェーンを駆動することにより行なわれる。

炉内中継装置は、燃料交換機と燃料出入機との間で炉心構成要素を中継移送するもので、固定プラグ部に設置され、炉内中継装置本体、駆動装置及び燃料出入孔ドアバルブにより構成される。

炉内中継装置本体は、燃料交換時に原子炉容器内に据付けられ、格納管、案内管、駆動軸及び回転ラックにより構成されている。格納管と案内管はともに円筒構造物で、格納管は案内管、駆動軸及び回転ラックを指示し、案内管は原子炉容器内で炉心構成要素を収納した燃料移送ポット昇降時の案内をするものである。また、回転ラックは円板構造で、ここに設けられた2個の穴により、2体の燃料移送ポットを支持することができ、その回転運動により燃料移送ポット内に収納された炉心構成要素を、燃料交換機と燃料出入機のそれぞれの受け渡し位置に中継移送する。

駆動装置は、固定プラグ上に設置され、原子炉容器内の回転ラックを駆動軸を介して回転駆動するものである。

また、燃料出入孔ドアバルブは駆動装置上に設置され、原子炉容器貫通孔の閉塞を行なうためのものである。

燃料交換機及び炉内中継装置の炉心構成要素取扱い時の動作項目及び手順を図 3.1.2.3, 3.1.2.4 に示す。

表 3.1.2.1 「もんじゅ」燃料交換機, 炉内中継装置仕様

燃料交換機	
形 式	単回転プラグ固定アーム(パンタグラフ)式
基 数	1 基
主要材料	ステンレス鋼
取扱容量	炉心構成要素 1 体
アーム長	約 1,670 mm
燃料昇降ストローク	4,350 mm
ホールドダウンストローク	50 mm
ホールドダウン荷重	1.5 ton
全体概略寸法	φ 320 (胴径) × 15,000 mm
炉内中継装置	
形 式	回転ラック式
基 数	1 基
主要材料	ステンレス鋼
取扱容量	燃料移送ポット 2 体
回転直径	約 450 mm
全体概略寸法	φ 460 (胴径) × 16,300 mm

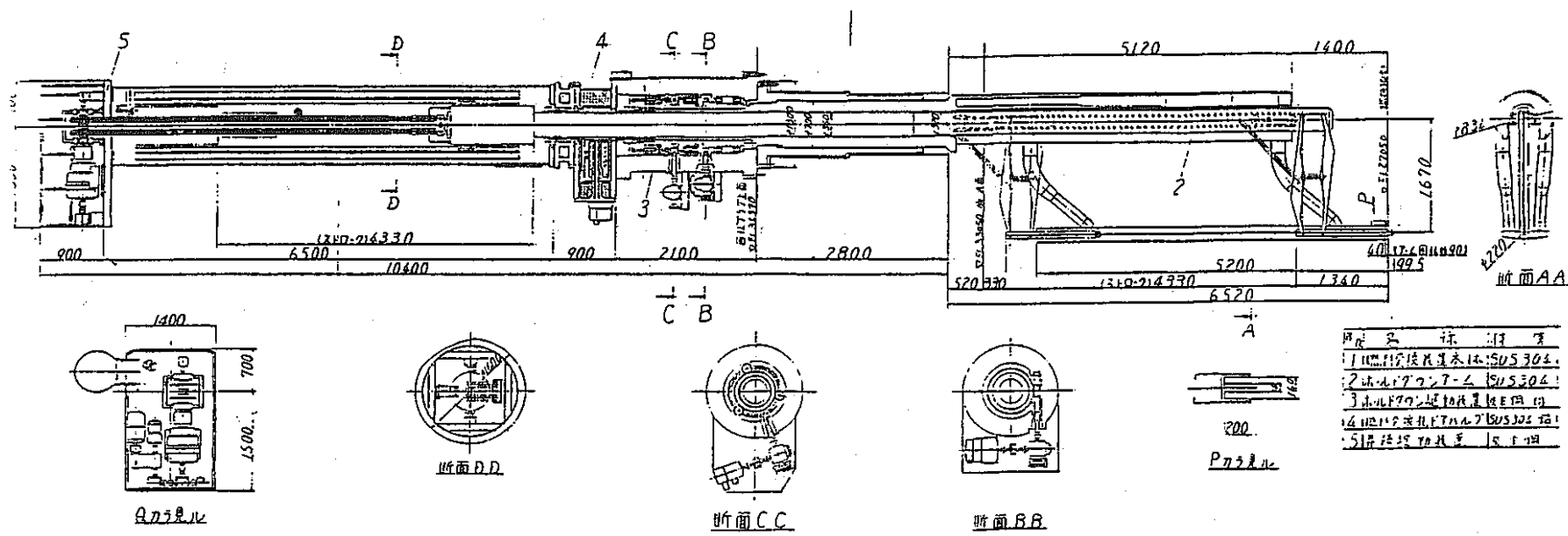


図 3.1.2.1 「もんじゅ」燃料交換機

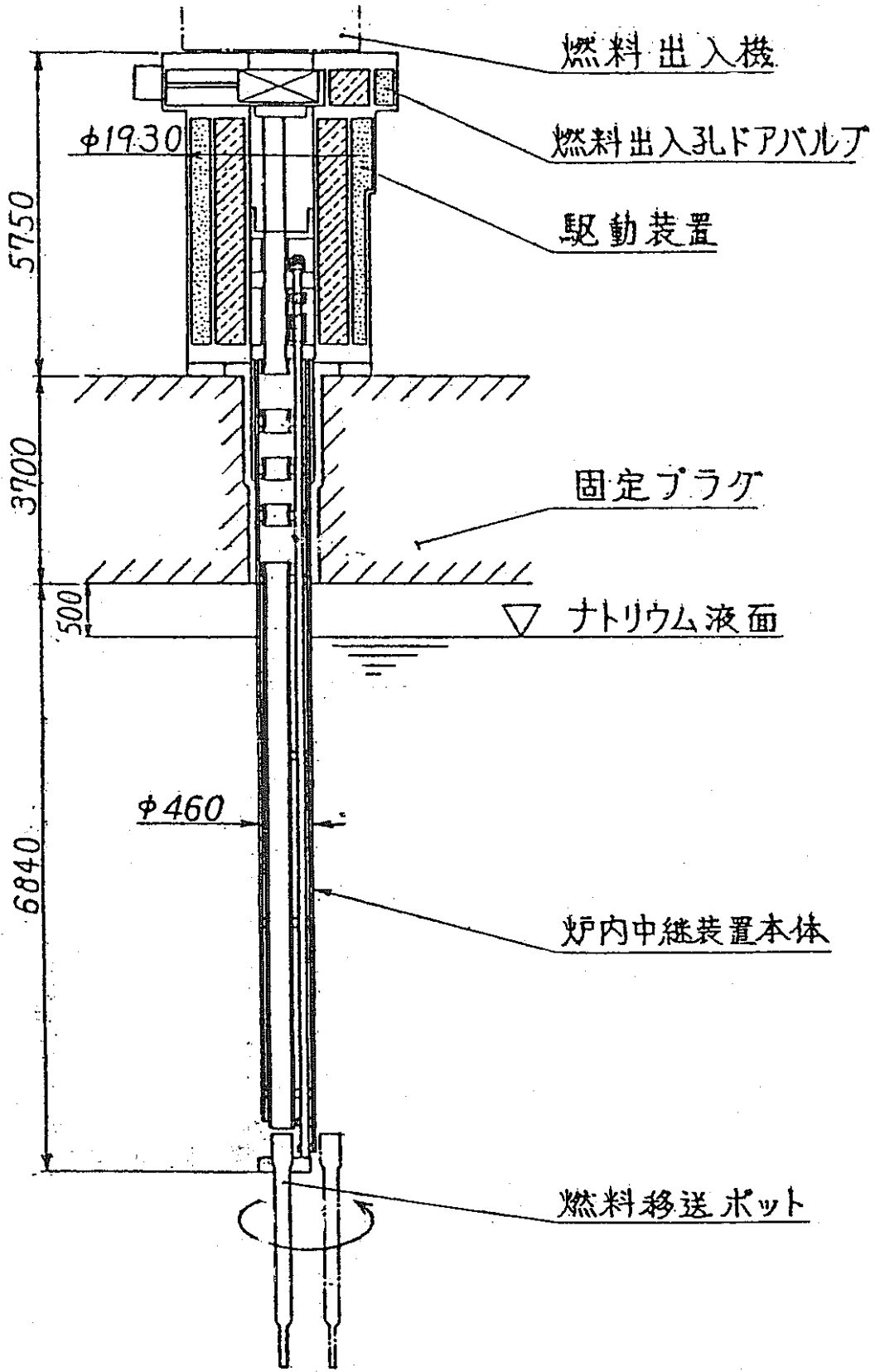


図3.1.2.2 炉内中継装置

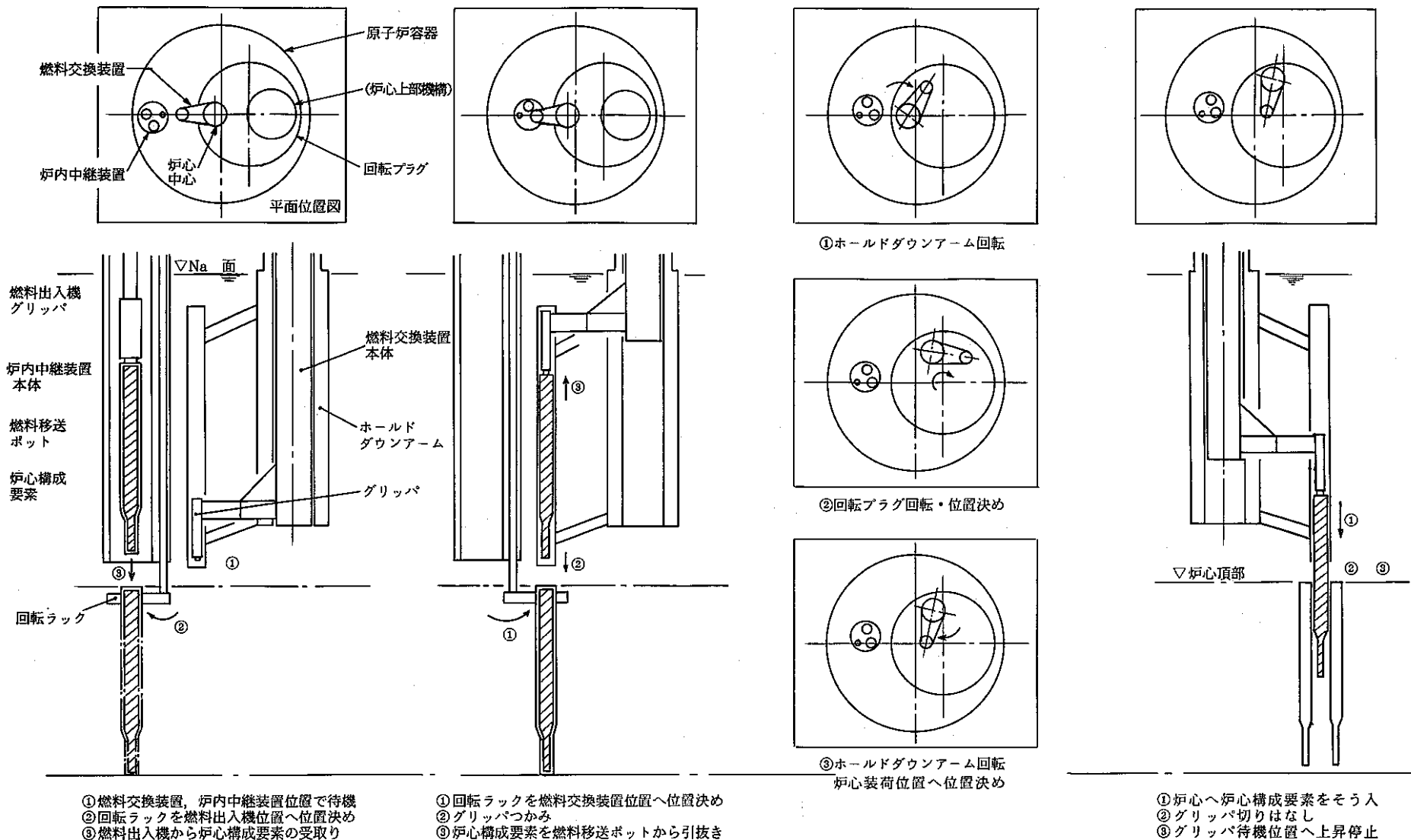


1. 炉心構成要素の受取り

2. 燃料交換装置へ受渡し

3. 炉心装荷位置へ移送

4. 炉心へ装荷



- ① 燃料交換装置、炉内中継装置位置で待機
- ② 回転ラックを燃料出入機位置へ位置決め
- ③ 燃料出入機から炉心構成要素の受取り

- ① 回転ラックを燃料交換装置位置へ位置決め
- ② グリッパつかみ
- ③ 炉心構成要素を燃料移送ポットから引抜き

- ① 炉心へ炉心構成要素をそう入
- ② グリッパ切りはなし
- ③ グリッパ待機位置へ上昇停止

注) 本図は新炉心構成要素の搬入手順を示す。  
使用済炉心構成要素の搬出は本図の逆手順である。

Fig 5.3.1.2.3 燃料交換装置動作手順説明図

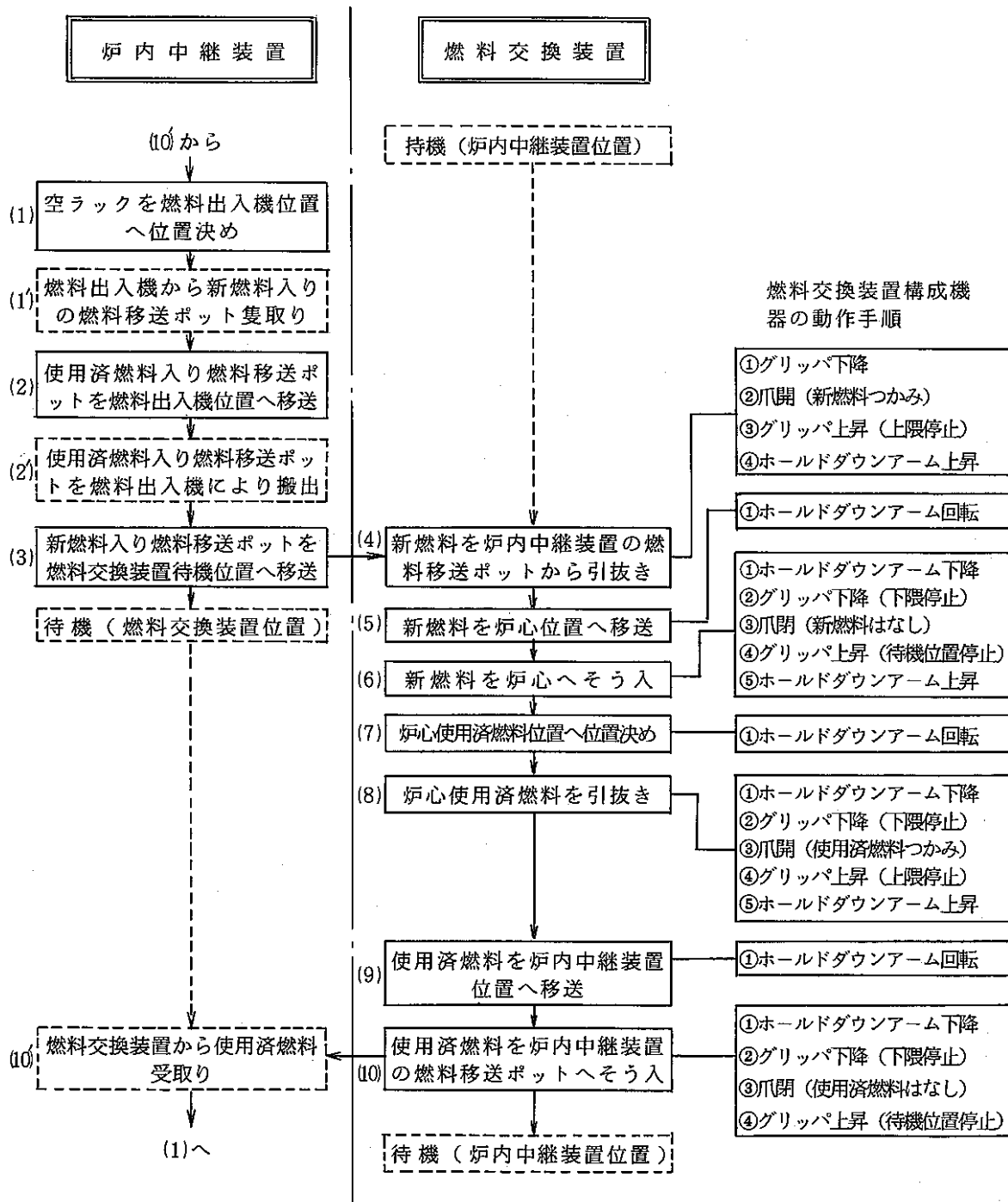


Fig 5.3.1.2.4. 燃料交換装置動作手順図

### 5.3.1.3 実証炉の燃料交換機

実証炉の燃料交換機は「常陽」「もんじゅ」の概念を外挿し、プラグ下操作方式とし回転プラグの型式選定により動燃と電力で概念が異なっている。動燃が実施している第1次概念設計では基本的には「もんじゅ」概念を延長して2重回転プラグを固定アーム式燃料交換機を組合せている。電力が実施している設計では3重回転プラグと直動式燃料交換機を組合せている。またタンク型炉の場合は2重回転プラグと直動式燃料交換機を組合せたものとしている。

直動式燃料交換機は引抜き力が大きく取れまた構造的に単純であるが、ループ型実証炉クラスでは3重回転プラグと組合せる必要があり、2重回転固定アーム式よりも炉容器径が大きくなる。

以下に動燃で実施して来た検討結果の概要を示す。

予備設計(その4)では「もんじゅ」の概念をそのまま大型炉へ外挿した検討を行った。

すなわち、単回転プラグ固定アームパンタグラフ方式とし、単回転プラグと燃料交換機ホールドダウン機構により、炉心構成要素を原子炉容器内炉内中継ラックと炉心の任意の位置の間を移送出来る様にした。

又、原子炉運転中は燃料交換機本体を回転プラグから取外し、保管する事とした。

「もんじゅ」の概念を延長した本方式の場合、アーム長は2,800mmとなり、「もんじゅ」の約1.7倍の長さとなる。このためアーム先端に荷重(燃料集合体及びグリッパ重量)を受け、回転プラグの下に吊り下げられた構造のホールドダウン軸にとっては、炉内構造物との干渉及び耐震強度が重要な問題であり、更に検討が必要であることが明らかとなった。

そのため概念設計(I)では原子炉容器径を縮小化する事を目的としている3重回転プラグ直動式と2重回転プラグ固定アーム式について検討した。

3重回転プラグの場合は炉容器上部径が10,400mm $\phi$ 下部径が9,350mm $\phi$ となり、2重回転プラグの場合は上部、下部とも9,500mm $\phi$ となる。炉容器径を小さくする観点からは、2重回転プラグ固定アーム式が優れているが、構造、機械的にはグリッパ回転機構の追加等が必要であり、より複雑になることが明らかになった。

更に固定アーム式燃料交換装置としてパンタグラフ式、2重回転オフセット式、1体オフセット式について評価した。各方式の構造にはそれぞれ得失があるが、「もんじゅ」の経験を生かせる事、パンタグラフの開閉により原子炉運転中は炉外に取出し、保守保守を行なうことが可能なこと、寸法的な設定条件である回転プラグ上最大外径が2,400mm $\phi$ におさまることから固定アームパンタグラフ式燃料交換機が優れていると判断し、本案とした。

概念設計(II)ではオフセット固定アーム式燃料交換装置の構造概念として2重回転オフセット式と1体オフセット式の2型式について検討した。

概念設計(III)では概念設計(II)で実施した2種類のオフセット式燃料交換機の検討の結果と、おりたたみ機構がなく燃料交換機が原子炉運転時に容易に炉外に取出しが出来るという観点

表 3.1.3.1 固定アーム式燃料交換装置の比較

Comparison of Fixed Arm Type In-vessel Fuel Handling Machine

	バンタグラフ式FHM	2重回転オフセット式FHM	一体オフセット式FHM
<b>I. 機能</b>			
1. H/D 及び回転装置			
1) 位置決め	◦ H/D 軸回転	◦ 格納管回転	◦ H/D 軸回転
2) ホールドダウン	◦ H/D 軸昇降—注1 参照	◦ FHM 本体	◦ H/D アーム昇降 (H/D 軸昇降しない)
2. 本体			
1) オフセット	◦ バンタグラフ開閉	◦ 固定アーム	◦ 同 左
2) 燃料つかみ, 切離し	◦ グリップ爪開閉	◦ 同 左	◦ 同 左
3) 燃料昇降	◦ FHM 本体上下	◦ グリップ上下	◦ FHM 本体上下
4) 燃料オリエンテーション	◦ グリップ回転 (燃料完全引抜状態にて)	◦ 同 左	◦ 同 左
<b>II. 炉外への取出し</b>			
1. 本体	◦ 燃料交換毎にバンタグラフアームを折りたたみ, グリップを本体内に収納し取出し可能。 (輸送ケーシング必要)	◦ 燃料交換毎に本体を180° 回転させ, FHMプラグと一体で取出し可能。 (輸送ケーシングがバンタグラフ式より大型化する)	◦ 本体のみの炉外への取出しは不可能。但し H/D 軸と一体での取出し可能。
2. H/D 軸 (格納管)	◦ 駆動系ケーシングを取出し, H/D プラグ取扱機を用いて, H/D プラグ毎引抜可能。但し燃料交換毎は困難。	◦ 同 左	◦ 同 左
<b>III. 信頼性</b>			
1. 構造	◦ FHM 本体はバンタグラフ機構を持つため, 他形式に比べて複雑になる。但し, もんじゅの成果を最大限反映出来る。	◦ FHM 本体の回転機構が必要なため, 回転プラグ上の駆動機構が複雑となる。但し, 炉内部ではバンタグラフがないので, バンタグラフ式より簡素化出来る。	◦ FHM 本体はバンタグラフ機構および回転機構がないために他形式より簡素化出来る。
2. 保 修	◦ 燃料交換毎に本体の炉外への取出しが可能であり, 可動部のメンテナンスが容易に出来る。	◦ 同 左	◦ FHM 本体が通常炉内にあるため, 可動部分の信頼性に対する要求が他形式より厳しいものとなる。
<b>IV. 耐震性</b>			
1. H/D 軸で耐震強度を受持つ。H/D プラグの下端部で支持する。	1. H/D 軸で耐震強度を受持つ。H/D プラグの下端部で支持する。	1. 格納管で耐震強度を受持つ。	1. H/D 軸で耐震強度を受持つ。
3. 炉内部の H/D 軸外径をφ1300 mm とすることが可能。(但し, 偏心のため H/D 回転時の外接円はφ1600 mm)	3. 炉内部の H/D 軸外径をφ1300 mm とすることが可能。(但し, 偏心のため H/D 回転時の外接円はφ1600 mm)	2. H/D プラグ下端部で FHM 本体プラグごと支持する。	2. H/D プラグの下端部で支持する。
		3. H/D プラグ内に FHM 本体プラグが必要なため多重構造 (回転プラグ内) となり, ガタの影響の検討が必要。	3. 炉内部の H/D 軸外径をφ1300 mm とすることが可能。(但し, 偏心のため H/D 回転時の外接円はφ1600 mm)
		4. 炉内部の H/D 軸外径をφ1275 mm とすることが可能。(但し, 偏心のため H/D 回転時の外接円はφ1600 mm)	

表 3.1.3.1 固定アーム式燃料交換装置の比較(続き)

Comparison of Fixed Arm Type In-vessel Fuel Handling Machine

	パンタグラフ式 FHM	2重回転オフセット式 FHM	一体オフセット式 FHM
V. 回転プラグ上の必要スペース	1. FHM 本体 外径 = $\phi 400$ mm 2. H/D 軸 最小外径 = $\phi 900$ mm (1. をもとにもんじゅより外挿) 3. 軸受, 軸封厚さ = 200 mm 4. ケーシング部厚さ = 250 mm 5. フ ラ ン ジ 巾 = 200 mm これより ○ 回転プラグ上最小径 = $\phi 2200$ mm	1. 格納管最小内径 = $\phi 850$ mm 2. H/D 軸 最小外径 = $\phi 1200$ mm 3. 軸受, 軸封厚さ = 200 mm 4. ケーシング部厚さ } 5. フ ラ ン ジ 巾 } = 300 mm これより ○ 回転プラグ上最小径 = $\phi 2200$ mm	1. FHM 本体 外径 = $\phi 400$ mm 2. H/D 軸 最小外径 = $\phi 900$ mm (1. をもとにもんじゅより外挿) 3. 軸受, 軸封厚さ = 200 mm 4. ケーシング部厚さ = 250 mm 5. フ ラ ン ジ 巾 = 200 mm これより ○ 回転プラグ上最小径 = $\phi 2200$ mm
注 記	1. ホールドダウンは, 一体オフセット式 FHM と同様に H/D アームのみ昇降させることが可能。		

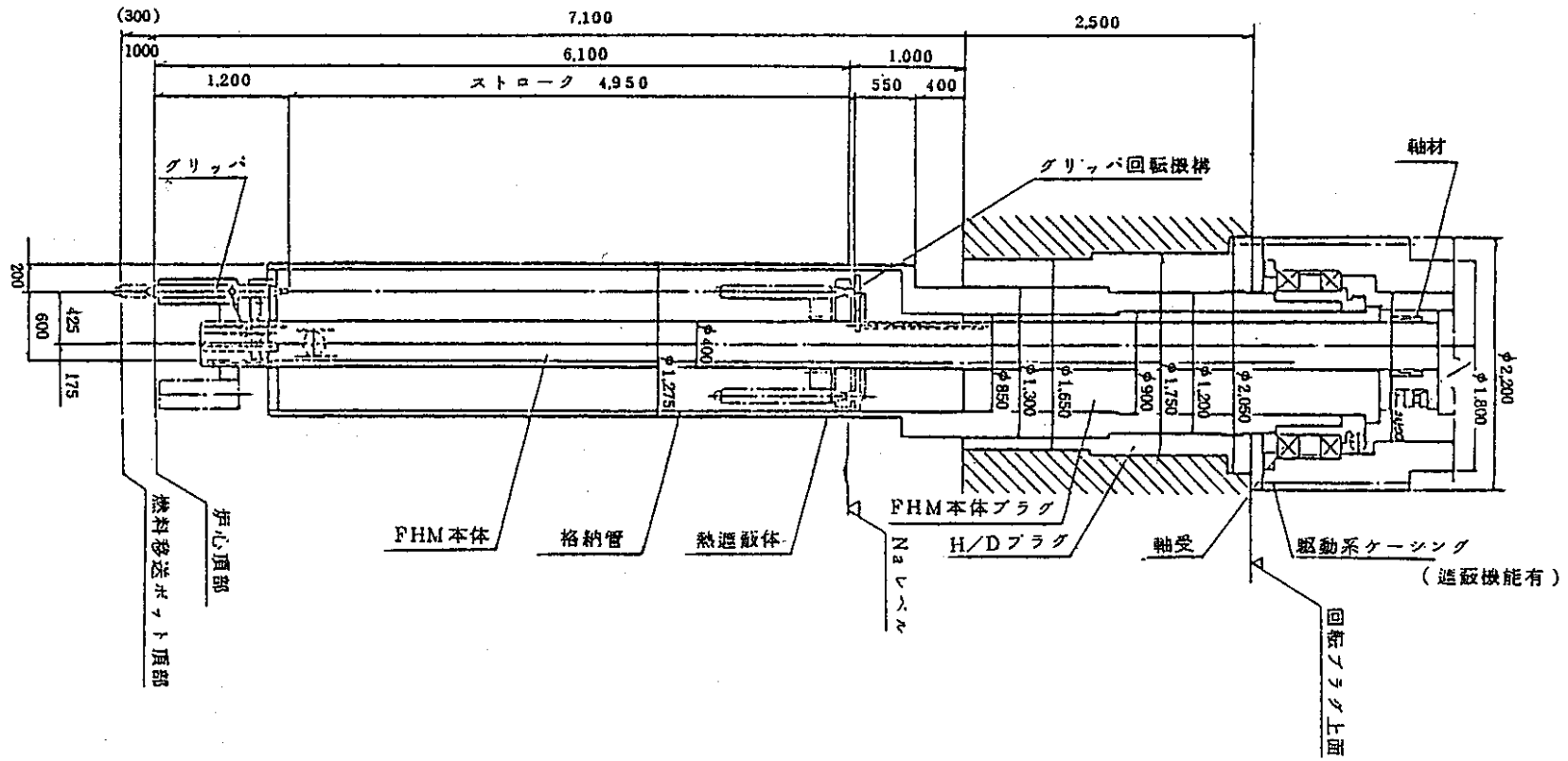


図 3.1.3.1 2重回転プラグオフセット式燃料交換機  
 Double Rotating Plug Offset Arm Type In-vessel Fuel  
 Handling Machine

から2重回転オフセットアーム式を選定し、概念の詳細化、保守、補修方法等についての検討を行なった。

表 3.1.3.1 に固定アーム式燃料交換装置の比較結果を示す。また図 3.1.3.1 に2重回転プラグオフセットアーム式燃料交換機概念図を示す。

## 5.3.2 海外の燃料交換機

海外高速炉の燃料交換方式について、その比較を表 3.2 に示す。

表 3.2 海外高速炉の燃料交換方式

燃 料 交 換 方 式											
No.	項 目	「常陽」	もんじゅ	CRBR	SNR-300	PFR	Phenix	Super Phenix	BN-350	(参) FFTF	備 考
1.	燃料交換方式	2重回転プラグ 直動式 燃料交換機	単回転プラグ 固定アーム式 燃料交換機	3重回転プラグ 直動式 燃料交換機	3重回転プラグ 直動式 燃料交換機	単回転プラグ パンダグラフ式 燃料交換機	単回転プラグ 固定アーム式 燃料交換機	2重回転プラグ 直動式 燃料交換機(2台)	2重回転プラグ 直動式 燃料交換機	3台の 固定アーム式 燃料交換機	
2.	炉内貯蔵	有(28本)	無	無	無	有(20本)	有(15本)	有(12本) <sup>※</sup>	有(41本)	有(57本)	※破損燃料
3.	炉内外への 燃料移送方式	燃料出入機 (Naポット)	燃料出入機 (Naポット)	同 左 (Naポット)	同 左 (Naポット)	燃料出入機	斜道	斜道	斜道	燃料出入機 (Naポット)	
4.	燃料交換本数 Core/Blan- Ket/1 交換	約12本/ <sup>※</sup>	約50本/約35本	100本以下/ 50本以下	68本/15本	10本	90本/ 48~66本/年	炉心の $\frac{1}{4}$ /7月 炉心の $\frac{1}{2}$ /14月	—	—	※ Mk-II炉心
5.	燃料交換日数 (正味)	15日	20日 <sup>※</sup>	20日	—	3~4日	—	—	—	—	※準備, 後始末 作業含まず
6.	燃料 交換サイクル	45日	6月	12月	月	50日	2月	2月	2月	—	
7.	炉 構 造	ループ型	ループ型	ループ型	ループ型	プール型	プール型	プール型	ループ型	ループ型	
8.	出力電 (Kwe) 気/熱	0/10	30/71.4	38/97.5	31.2/73.6	27/60	25.1/56.8	124/300	15(電気) 残(脱塩)/100	-/40	



#### 5.3.2.1. FFTF

FFTFの燃料交換機 (IVHM : In-Vessel Handling Machine)を図 3.2.1.1に示し、原子炉容器の横断面を図 3.2.1.2 に示す。

FFTFの炉内での燃料交換は3台の単回転プラグとそれに組合わせた3台の固定アーム式燃料交換機によって行われるのが大きな特徴である。原子炉の運転サイクルは130日であり、内訳は出力運転が100日、燃料交換が30日である。

燃料交換機は燃料集合体番号の確認機能、燃料回転機能、ホールドダウン機能等を有しており、炉心、燃料移送孔、および炉内貯蔵モジュール (IVSM : In-Vessel Storage Module) で燃料の挿入、引抜きを行なうが、その際挿入、引抜き力を制限することができる。また燃料交換機は計算機によって遠隔制御される。

なお、使用済燃料はその崩壊熱除去のため、1運転サイクル期間炉内貯蔵モジュールに保持される。

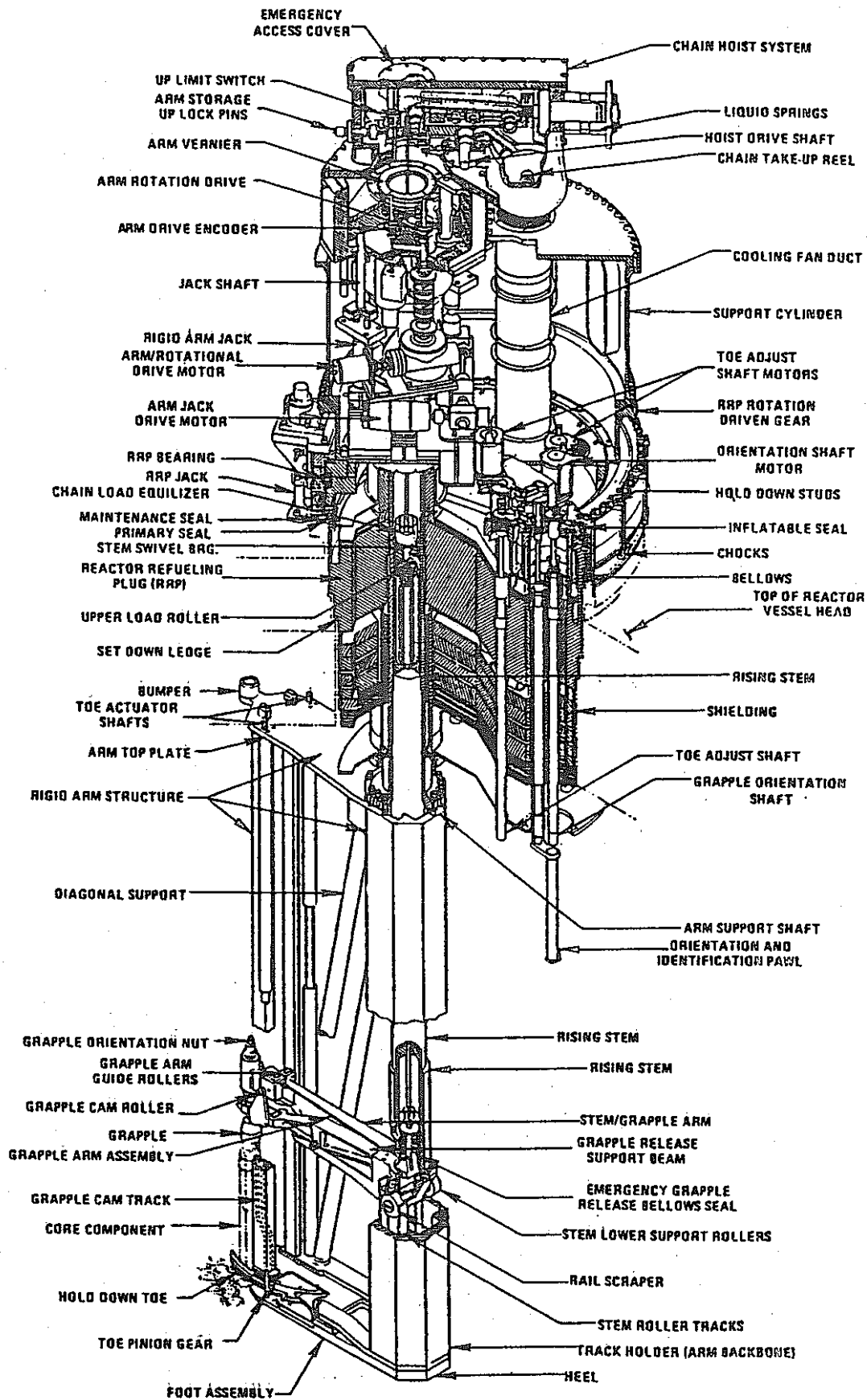
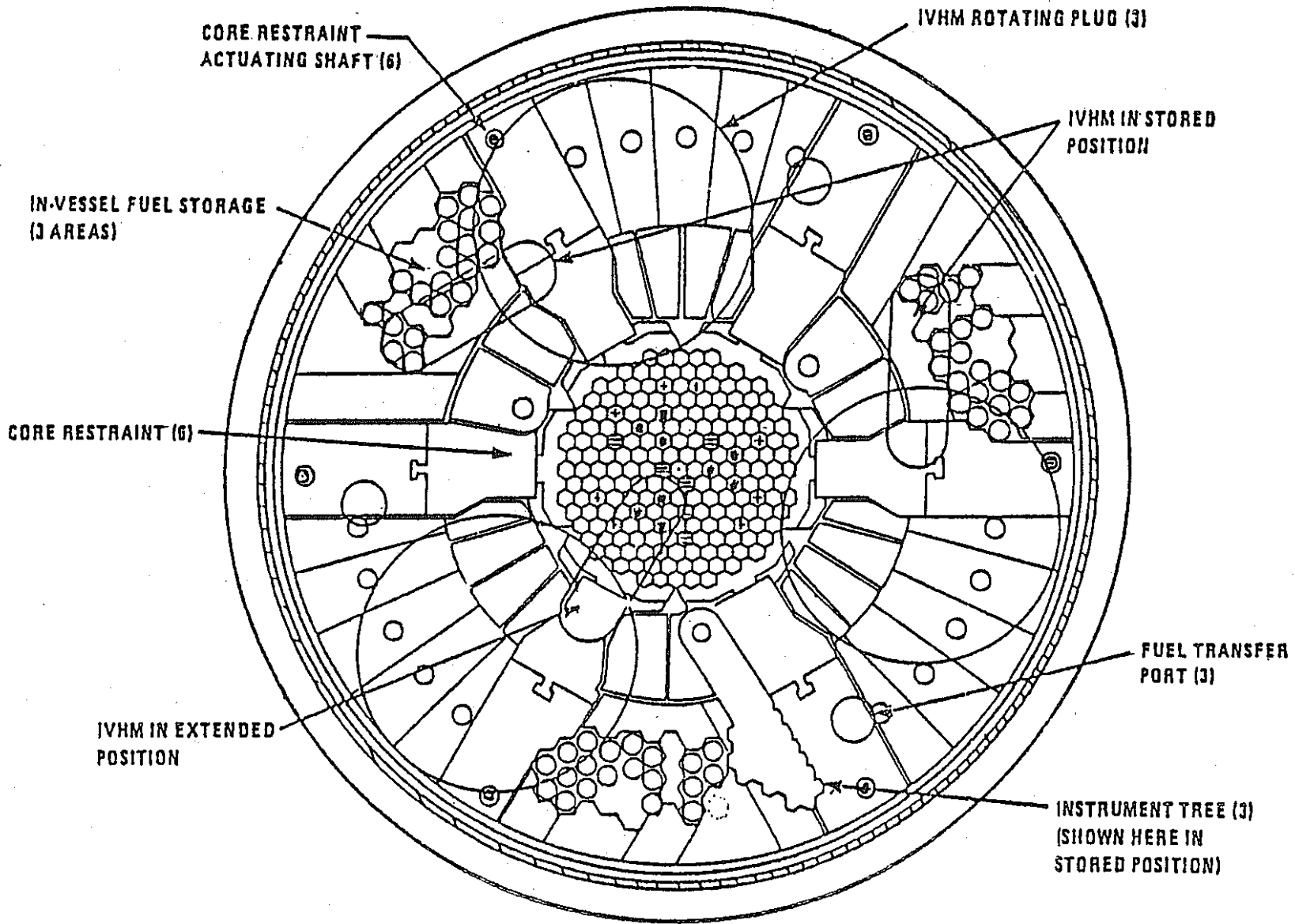


图 3.2.1.1 燃料交换机 (FTTF)



☒ 3.2.1.2 FFTF Reactor Plan View

#### 5.3.2.2. CRBR

CRBR の燃料交換機を図 3.2.2.1 に示す。

CRBR での炉内の燃料交換は 3 重回転プラグ直動式燃料交換機で行なわれ、原子炉の運転サイクルは 1 サイクルが約 12 ヶ月で燃料交換作業は約 20 日間である。

燃料交換機は、原子炉停止後格納容器機器ハッチを開き、3 重回転プラグの最小プラグ上に据付けられる。炉内では炉心部と燃料取出し位置間で、炉心燃料、ブランケット燃料、制御棒等が移送される。

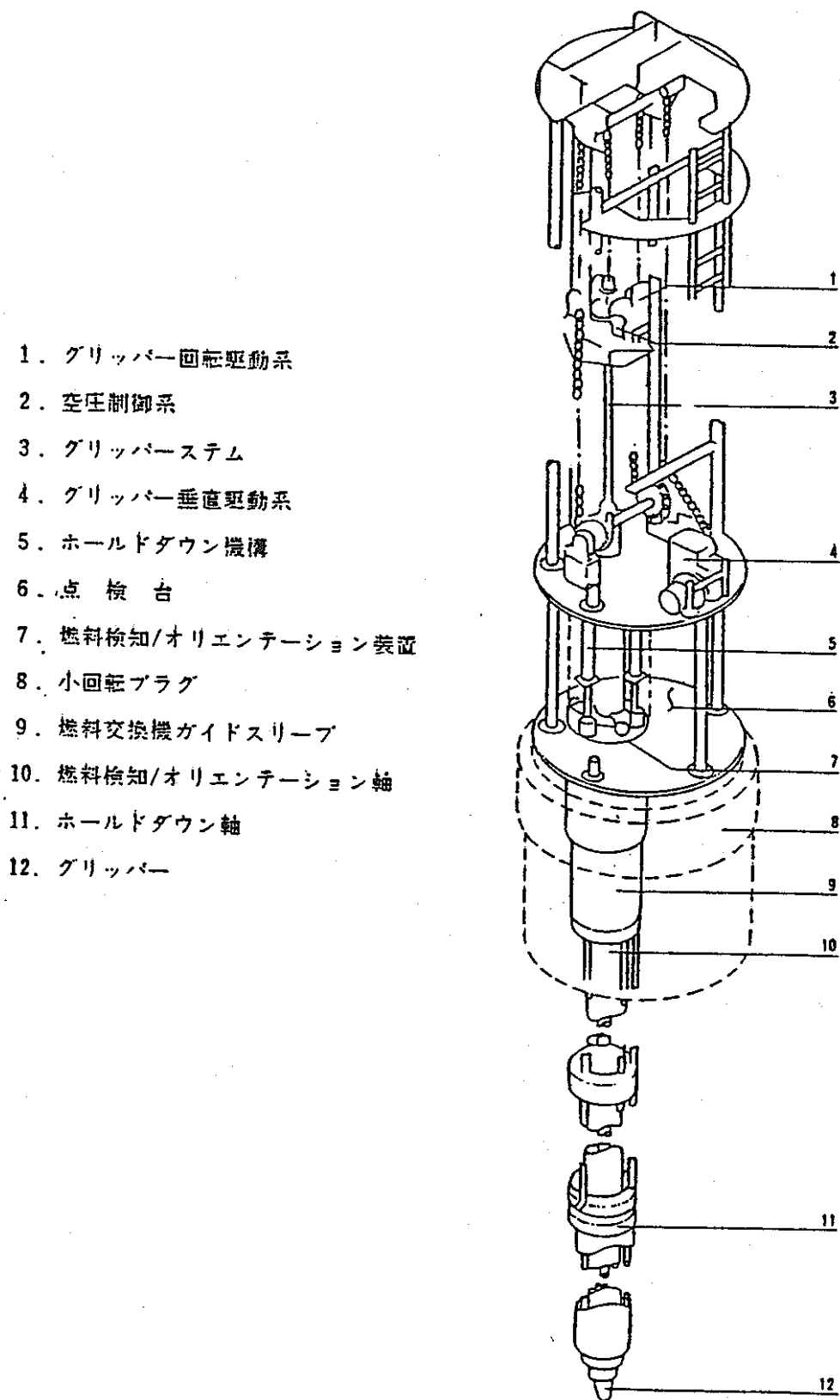


図3.2.2.1 燃料交換機 (CRBRP)

### 5.3.2.3 SNR - 300

SNR - 300の燃料交換機を図 3.2.3.1 に示す。

SNR - 300の炉内燃料交換は、大・小プラグ、及び中間プラグから成る3重回転プラグと直動方式の燃料交換機の組合わせで行なわれ、燃料交換機は、①燃料集合体の挿入力及び回転力の決定、燃料集合体のオリエンテーション方位の決定、②燃料集合体引抜き力の測定、③中性子吸収体と他の集合体との識別、④誤装荷の検出、等の付加機能を有している。

燃料交換作業における最初の回転プラグ運転前には、小回転プラグ上に据付けたスウィープアームで、炉容器に固定した機器と回転プラグが接続されていないことを確認した後、燃料交換機が回転プラグ上に据付けられる。燃料交換作業時の炉内の条件は、ナトリウム温度230℃、流量10%である。炉心から引抜かれた燃料集合体は炉心の外側にある炉外移送ポット内に移されて、このポット入りの燃料集合体は燃料出入機によって炉外へ取出される。また新燃料集合体の炉心装荷にあたっては、予め燃料交換機によってセルフオリエンテーションのための角度が決定される。SNR - 300では、燃料交換機と燃料出入機は平行して作業が行なえるため燃料交換作業の所要時間が短縮できる。

燃料交換機のハウジングは、ガスシール機能と放射線遮蔽機能を有し、ガイドチューブは燃料集合体の引抜き前に下降して周囲の6体の集合体の浮上りを防止する。さらにガイドチューブに備えられたコイルシステムは、燃料頂部につけられたフェライトマークにより引抜かれた燃料集合体の角度を検出する。また燃料交換機は、駆動軸を取除くことにより燃料破損検出装置を備えることができる。燃料交換機は炉停止時のみ回転プラグ上に据付けられるが、これらの燃料交換機関係の機器の据付け、撤去は燃料出入機と建屋クレーンで行なわれる。燃料交換作業は燃料取扱制御室から遠隔で行なわれ、通常の燃料交換にかかわる運転は自動で行なわれる。

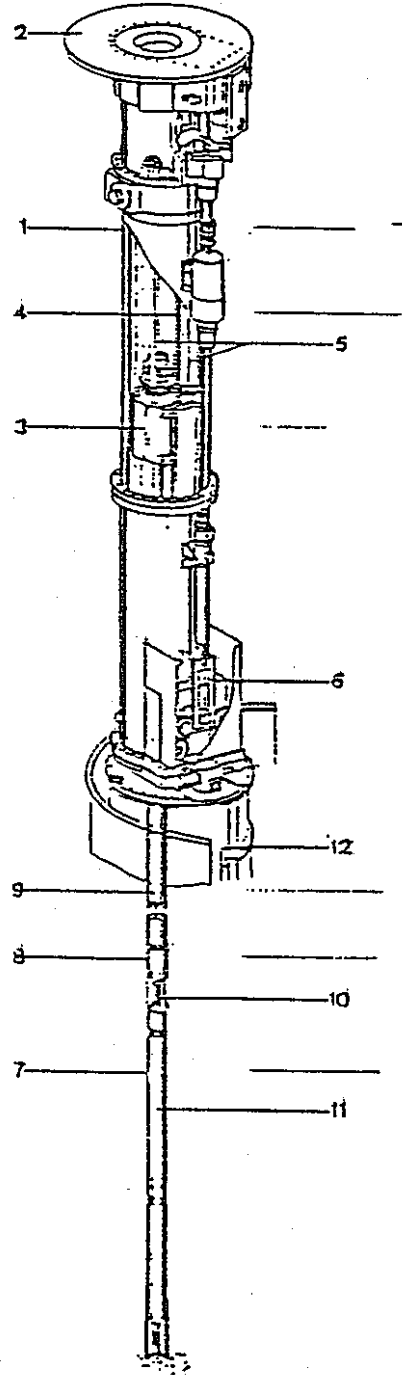


图 3.2.3.1 In-Vessel fuel handling machine. (SNR-300)

#### 5.3.2.4 BU-350

BU-350の燃料交換機とエレベータを図3.2.4.1に示す。

BU-350の炉内燃料交換方式は2重回転プラグ直動方式であり、燃料交換機は、リフト機能、回転機能、ホールドダウン機能も有している。燃料交換作業は、1ヶ月半ないし2ヶ月毎の再起動にむけての炉停止期間に行なわれ、予定の燃焼度に達した燃料集合体は半径方向ブランケット燃料の外周囲に位置する貯蔵ピットに移送される。なお使用済燃料の炉外取出しはナトリウム入りの燃料移送ポットに入れて、斜傾斜のエレベータ(17°傾斜、2基有)を介して行なわれるが、下流側の燃料交換セル及び洗浄セル内にも専用の燃料取扱機が設置されている。またこれらの燃料取扱系の機器の操作は、制御盤からの指令により自動で行なわれる。



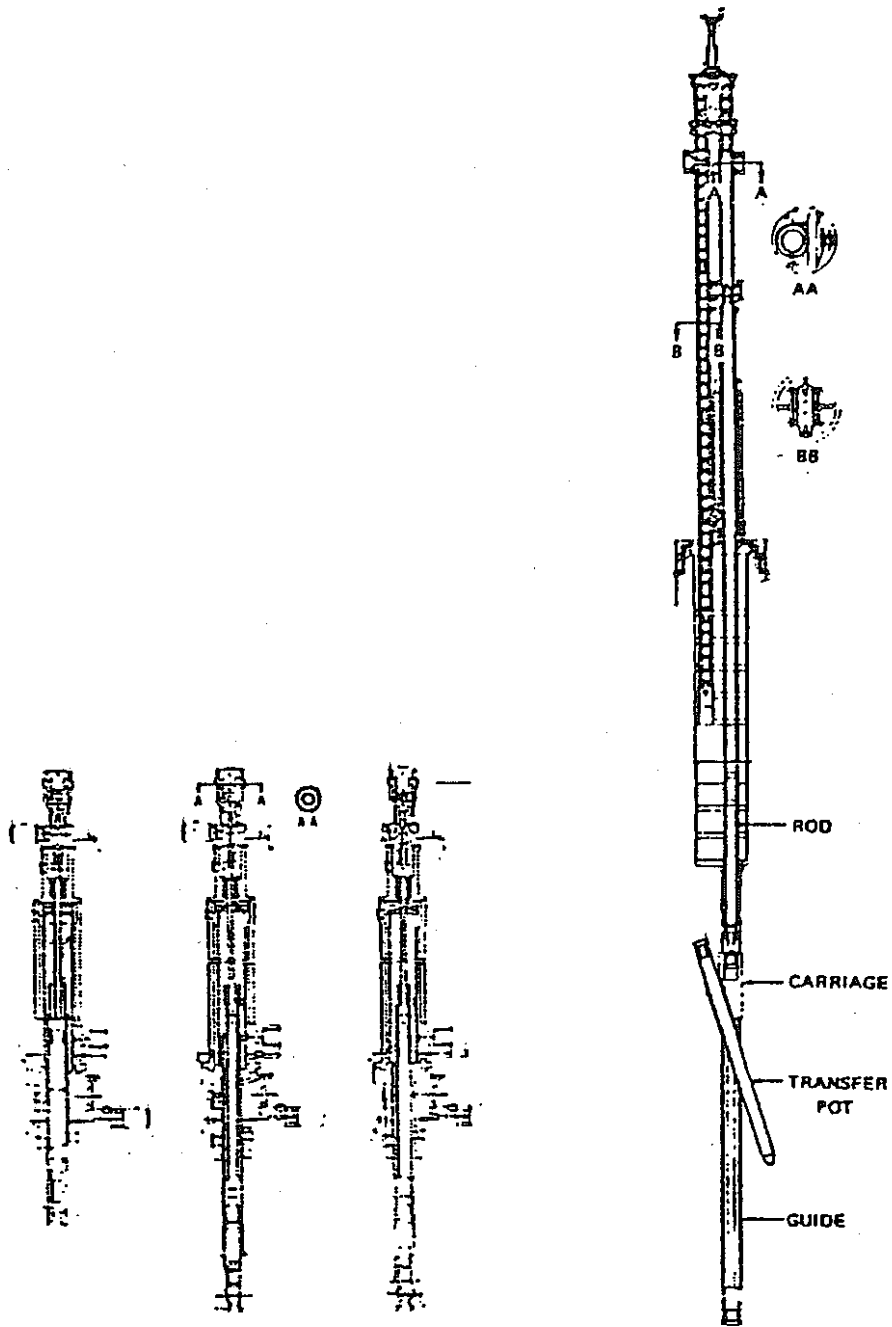


图 3.2.4.1 BN-350 In-Vessel Fuel Handling and Refueling Elevator (Ref. 3)

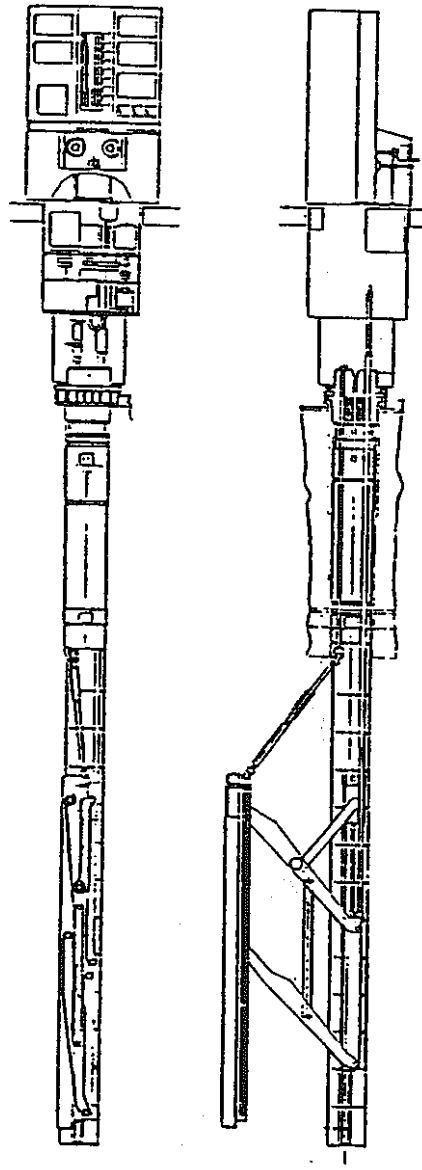
#### 5.3.2.5 PFR

PFRの燃料交換機を図3.2.5.1に示し、原子炉内の鳥瞰図を図3.2.5.2に示す。

PFRの炉内での燃料交換は単回転プラグパンタグラフ式燃料交換機で行なわれ、原子炉の運転サイクルは出力運転が約50日、燃料交換が3～4日である。燃料交換時の原子炉内のナトリウム温度は320～350℃である。

燃料交換機の下半分は管状のチャージシュートでできており回転と半径方向の移動の両方が可能である。またシュート内部には燃料集合体の頂部とかみ合うグリッパがあり、シュート半径方向の動きはリンク機構の平行な動きによって行なう。ここでパンタグラフアームの開閉のためボールスクリュー機構がナトリウム中で使用されている。さらにステンレス鋼製のシュートはメンテナンスのために原子炉内から引抜くことができるように燃料交換機ボディに収納することが可能である。グリッパとシュートの動きを制御する駆動部は回転シールドプラグ上面に位置する燃料交換機の上半分に全て納められている。その機械を制御するコンソールはその近くにある。

燃料交換時、炉心から吊上げられた燃料は回転プラグの回転により中性子遮蔽体を貫通し、原子炉容器内外周の低温部にある燃料ロータ内に移される。燃料はそこで最低でも30日間冷却され、取出しは遮蔽フラスコに入れてクレーンで吊上げることによって行なわれる。なお、炉内での燃料移送は原子炉運転中でも行なうことができる。



☒ 3.2.5.1 Charge machine with chute fully retracted and at maximum radius ( PFR )

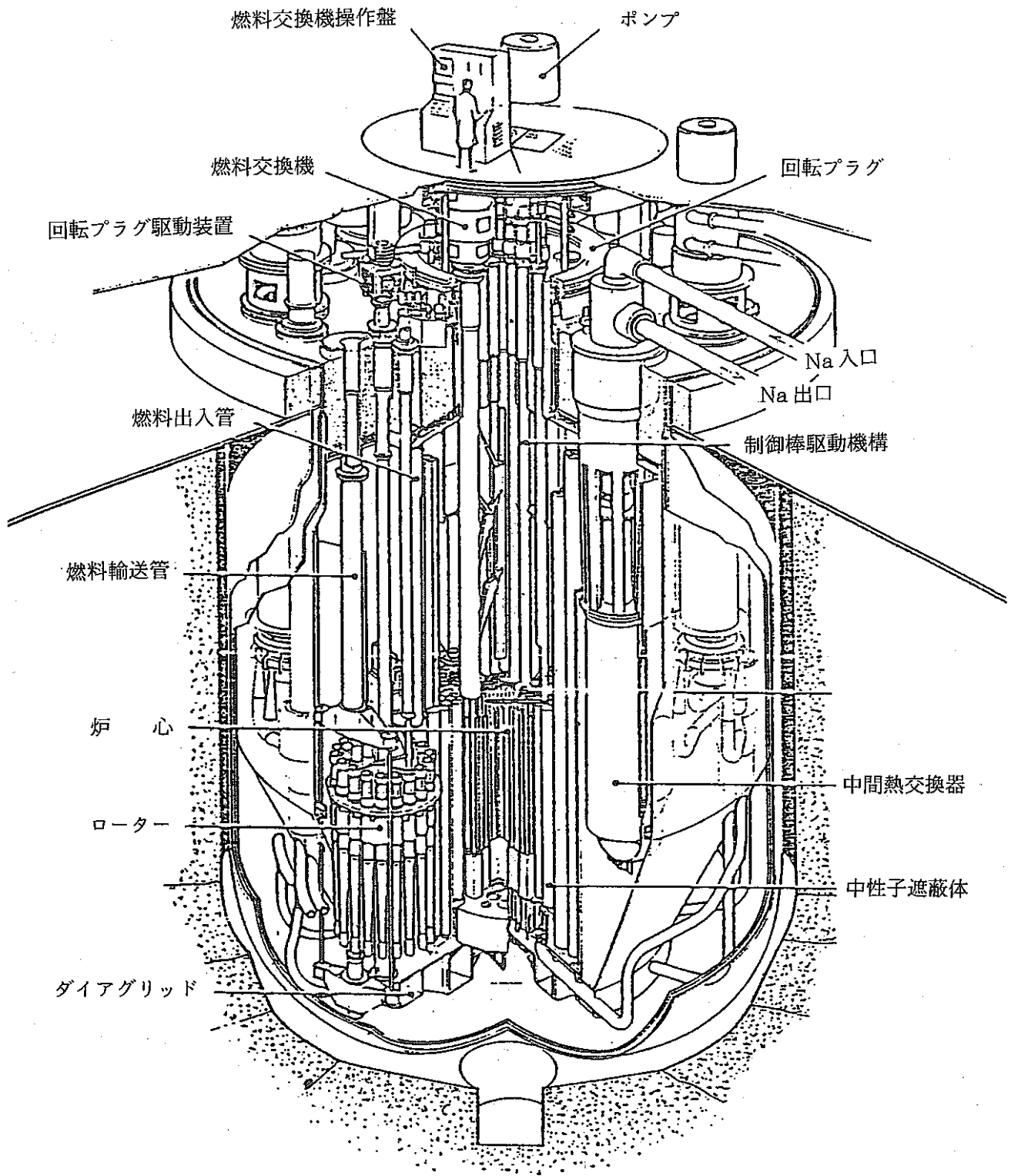


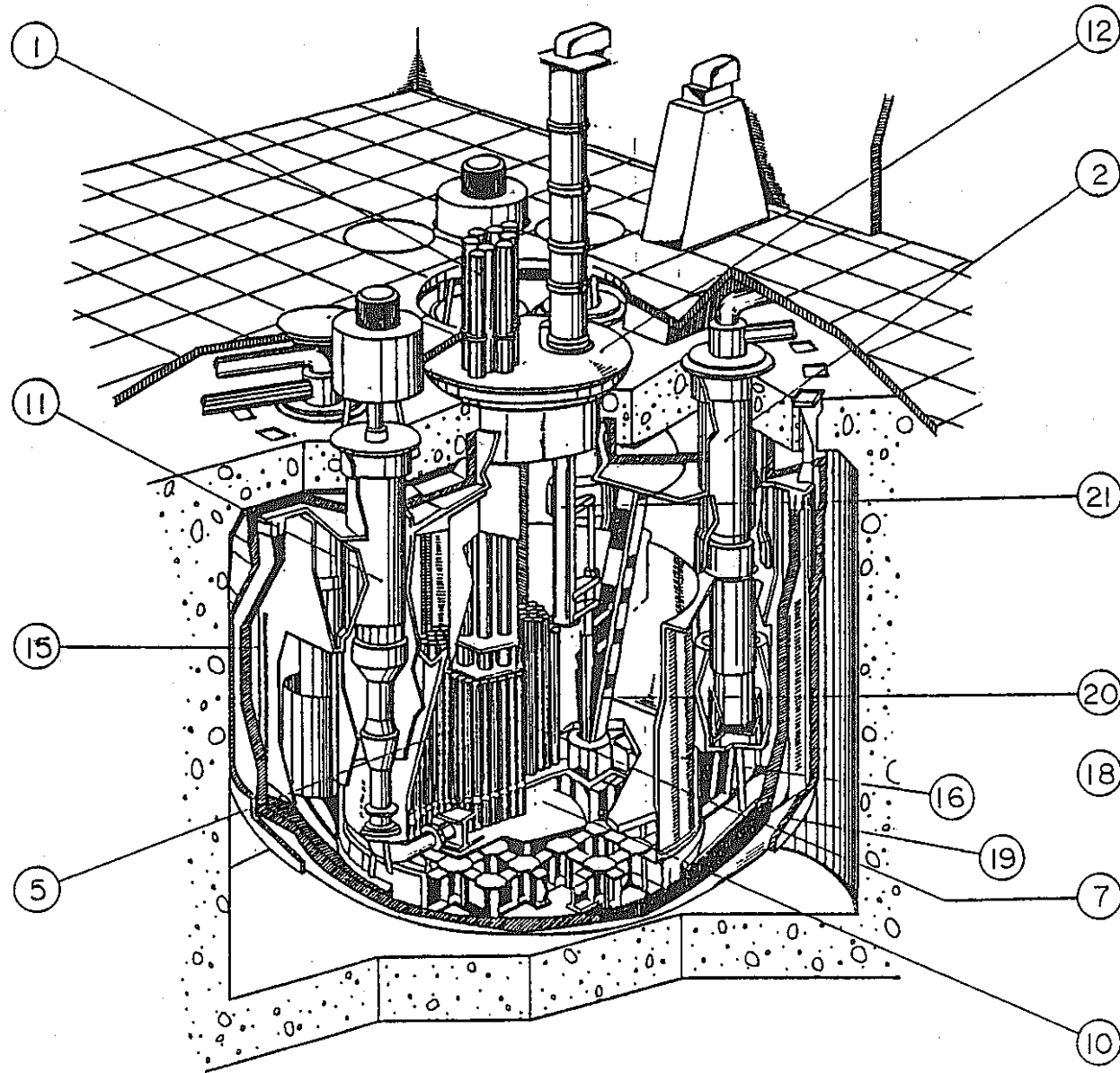
図 3.2.5.2 原子炉構造鳥瞰図 (PFR)

#### 5.3.2.6 Phenix

Phenix の原子炉鳥瞰図を図 3.2.6.1 に示す。

Phenix の炉内での燃料交換は単回転プラグ固定アーム式燃料交換機によって行なわれる。燃料交換は 2 ヶ月毎に行なわれ、使用済燃料は炉内で 2 ヶ月間冷却された後、燃料出入機の取出し位置まで運ばれる。

CUT-AWAY VIEW



REACTOR BLOCK

- 1 control rod drives
- 2 intermediate exchanger
- 3 leak detector
- 4 upper neutron shielding
- 5 lateral neutron shielding
- 6 blanket
- 7 core
- 8 lat. shielding support
- 9 conical support collar
- 10 fuel support slab
- 11 primary pump
- 12 rotating plug
- 13 slab
- 14 roof
- 15 main vessel
- 16 primary vessel
- 17 core cover
- 18 double envelope vessel
- 19 primary containment
- 20 transfer ramp
- 21 transfer arm

PNC TN941 84-101 (5)

图3.2.6.1 Phenix 原子炉断面

### 5.3.2.7 Super Phenix

Super Phenix の原子炉鳥瞰図を図 3.2.7.1 に示す。

Super Phenix における炉内での燃料交換は 2 重回転プラグと小回転プラグ上におかれた 2 台の直動式燃料交換機で行なわれる。燃料交換は 2 ヶ月毎に炉を停止して行なわれ、その時の炉内のナトリウム温度は 180°C (炉停止後 12 時間要) である。炉内の反射体領域には破損燃料貯蔵用の 12 ケのハウジングがあり、回転プラグの運転前には VISUS と呼ばれる超音波透視器で燃料頂部のギャップが確認される。燃料交換時、燃料交換機は作業エリアにある現場盤で運転される。また原子炉運転時には 2 台の燃料交換機のうち 1 台は取外して、もう 1 台は回転プラグ上に引き上げてそこに残すように現時点では考えられている。

燃料交換機は炉内部 (in-Pile part) と炉外部 (out-of-pile part) に分けられ、炉内部にはナトリウム中まで入っているテレスコピックチューブを持っている。テレスコピックチューブの下端は“handling”時には燃料頂部上 100 mm の位置におかれる。チューブはローラーベアリングによって動くプラグの上に据付けられる。このテレスコピックチューブは炉が運転中は取外される。プラグのローラーベアリングの上には放熱器がおかれ、テレスコピックチューブを登ってくる熱を除去し、2 つの回転リング間の温度差を抑制する。案内管の中には小さな車輪をもったトローリーがあり、それは上下駆動装置に接続されてプラグやスクレーパーを貫通しているリフティングチューブによって動かされる。案内管はトローリーの下まで伸びていてグリッパがその中を通る。グリッパの操作軸はトローリーを駆動するリフティングチューブの内側を通っている。

燃料交換機の炉外部には炉内部の機構を制御するため次のようなものがある。

- リフティングチューブの上に取り付けたグリッパ操作機構
- グリッパが上限位置にある時やグリッパ操作機構が動作する時にリフティングチューブを受けとめるシャフト
- リフティングチューブを受けとめるシャフトの上におかれて、ケーブルでグリッパ操作機構を吊っている巻上げ機
- グリッパ操作機構の高さ的な干渉を避けるため放熱器と前出のシャフト間におかれたグロブボックス
- 回転ギヤの近くにおかれた旋回機構
- 雰囲気調節やシール対策のためのアルゴンガス循環系炉内部の主要寸法は高さ約 14 m、直径約 1.1 m (案内管は約 0.5 m) であり、炉外部はプラグ上約 15 m である。

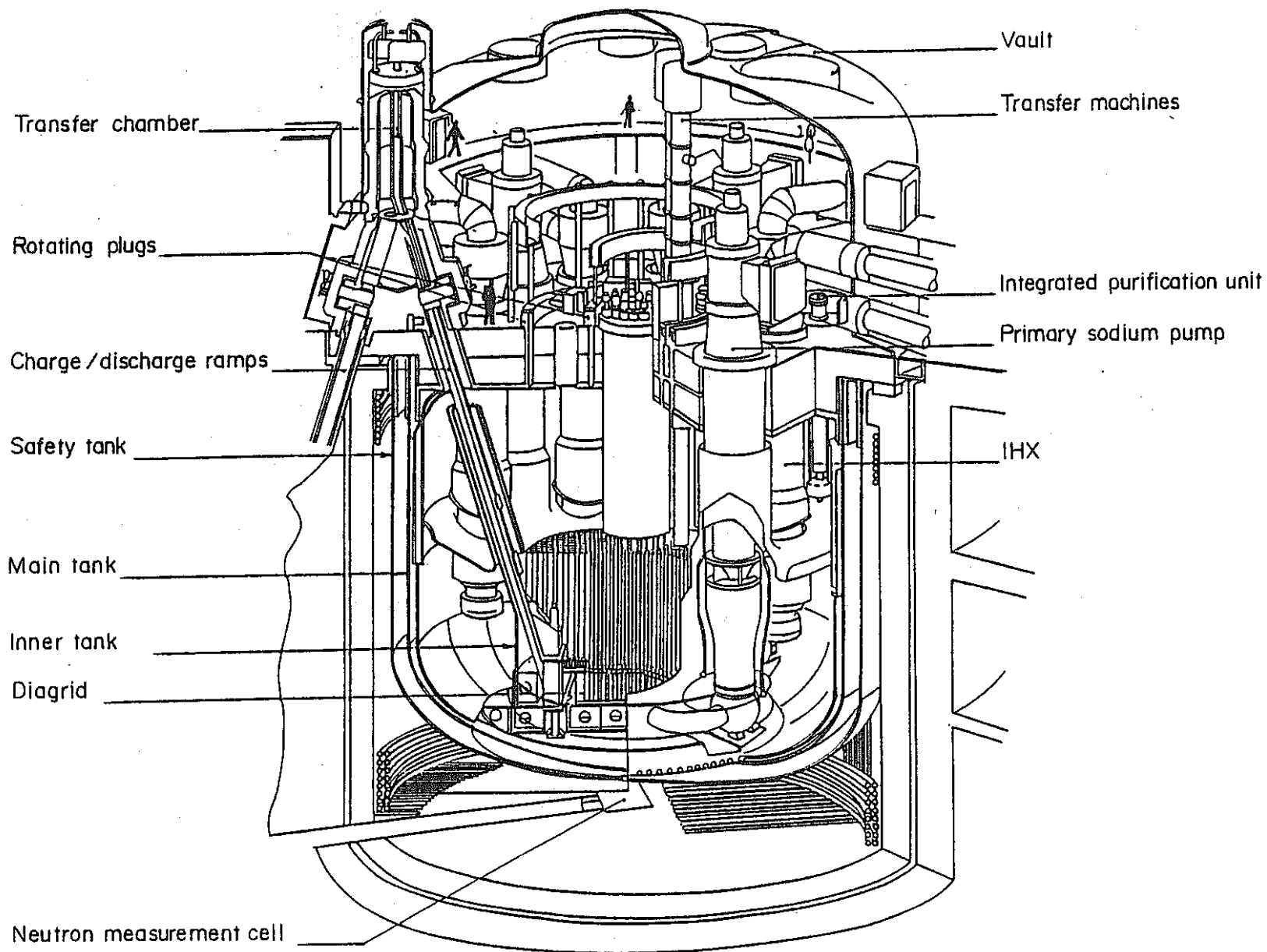


图 3.2.7.1 原子炉鳥瞰図 (Super Phenix)



## 5.4 燃料出入機

燃料出入機は炉内と炉外の間で炉心構成要素の取扱いをするものであり、「常陽」の場合は炉内燃料貯蔵ラックとトランスファロータの間を「もんじゅ」及び実証炉の場合は炉内中継装置と炉外燃料貯蔵設備の間を移送する。

燃料出入機には大きく分けて「常陽」、「もんじゅ」で採用されている台車方式と、主にタンク型炉で採用されているシュート方式がある。実証炉では現在、燃料交換時間の短縮化のポテンシャルが高いシュート方式をループ型炉に適応させシュート移送セル方式として採用している。タンク型炉の場合はAフレーム型と呼ばれるシュート方式が一般に採用されている。

実証炉、更に実用炉を見通し大型炉として望ましい燃料出入機の内容は炉型式及び導入時期により変わるものと考えられる。現在の技術レベルでは台車方式の方が着実に対応出来ると思われるが、タンク型炉への採用を含めた将来への展望を考えるとループ型炉でもシュート移送セル方式について十分検討しておき、採用出来る様にしておくべきであろう。

また台車方式、シュート方式のいずれの概念でも「常陽」、「もんじゅ」の設計と運転実績を考慮し、遮蔽等の設計基準の見直しを含めて更に簡素化のための検討を進めておく必要がある。

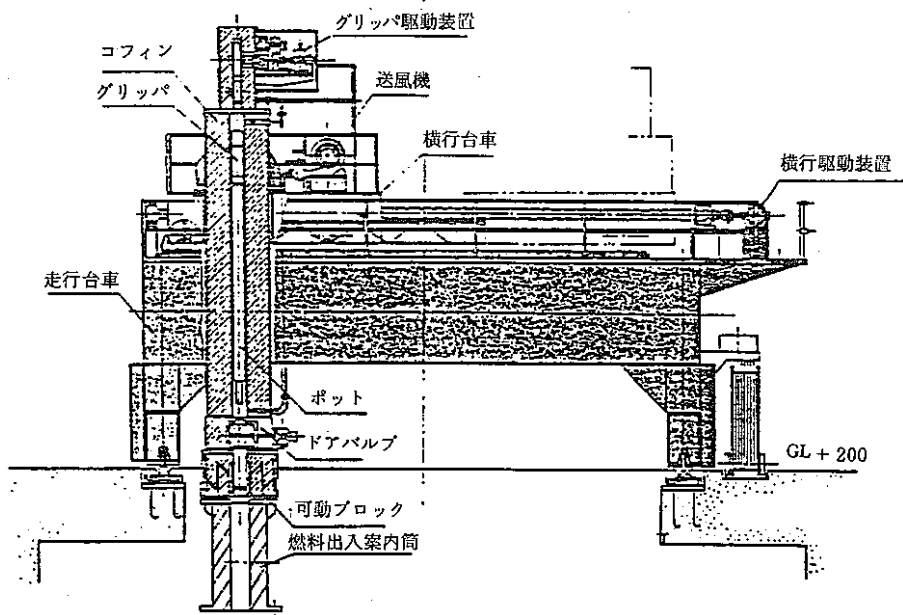
### 5.4.1 我国の燃料出入機

#### 5.4.1.1 「常陽」の燃料出入機

燃料出入機は、炉内燃料貯蔵ラックとトランスファロータ間での燃料移送のための装置であり、使用済燃料からの放射線を遮蔽するための重量約30トンのコフィンを主体として、このコフィンの移送のための装置およびコフィン内に燃料入りポットを吊込むためのグリッパ駆動装置、回転プラグ上の燃料交換機孔ドアバルブと一対をなして炉容器内のアルゴン雰囲気を保つ出入機側ドアバルブとこれらドアバルブをつなぐ出入機案内筒から成る。これらの総重量は約100トンに達する。

燃料出入機は図4.1.1.1の様な形状を有し、炉上部ピット室上部の格納容器一階開口部の縁に敷設されたレール上を走行し、走行台車上の横行台車の横行動作によって、炉内燃料貯蔵ラック上の所定の位置にコフィンを位置決め出来るようになっている。

炉内燃料貯蔵ラックでは、燃料はポットに入れられており、燃料出入機はポットのまま回転プラグの燃料交換孔を通じて燃料を移送する。ポット内にはナトリウムが満されており、使用済燃料の崩壊熱はナトリウムを通して、コフィンの外に放出される。



燃料出入機断面図

表 4.1.1.1 Exvessel Transfer Machine

#### 5.4.1.2 「もんじゅ」の燃料出入機

燃料出入機は、使用済炉心構成要素を炉内中継装置<sup>\*</sup>から炉外へ取出し、炉外燃料貯蔵設備<sup>\*</sup>、燃料検査設備<sup>\*</sup>、燃料処理設備<sup>\*</sup>、水中燃料貯蔵設備<sup>\*</sup>及び燃料搬出設備へ移送する機能と、新炉心構成要素を新燃料受入れ貯蔵設備<sup>\*</sup>から炉外燃料貯蔵設備を経由して炉内中継装置へ移送する機能を有するものであり、燃料出入機本体及び燃料移送ポット等から構成される。

(<sup>\*</sup>注：燃料出入機が炉心構成要素を受取り、受渡す設備を以下床側設備と総称する)

燃料出入機を図 4.1.2.1 に示し、仕様を表 4.1.2.1 に示す。

燃料出入機はナトリウムの付着した使用済炉心構成要素あるいは新炉心構成要素を移送する燃料出入機本体(A)、ナトリウム洗浄後の使用済炉心構成要素を移送する燃料出入機(B)、移送中の発熱炉心構成要素の除熱を行なう冷却装置、これらを搭載して走行する走行台車で構成されている。

また、燃料出入機本体(A)と(B)はその基本構造が同様であり、それぞれグリッパ、グリッパ駆動装置、コフィン、可動ブロック、ドアバルブから構成されている。

##### (a) グリッパ

グリッパは、グリッパ駆動装置から吊下げられたテープにより駆動されて、コフィン内から床側設備内に下降し、炉心構成要素、燃料移送ポット、缶詰缶等とその頂部でつかみ、切離しするもので、ドラム、アクチュエータ、爪等で構成されている。

テープは2本が1対となり、グリッパの昇降及び爪開閉による炉心構成要素等のつかみ、切離しを行ない、その原理は次のとおりである。

(i) グリッパの昇降

テープを同時に巻取り又は巻戻しすることにより、グリッパを昇降する。

(ii) 炉心構成要素のつかみ、切離し

1対のテープを同時に各々巻取りと巻戻しすることにより、アクチュエータが上下して爪を開閉し、炉心構成要素等をつかみ、切離しする。

(d) グリッパ駆動装置

グリッパ駆動装置はコフィン上部に設けられ、テープを介してグリッパを駆動するもので、巻取りドラムを内蔵したドラムボックス、歯車箱、駆動モータ、荷重検出器等で構成されている。

巻取りドラムはグリッパの昇降および炉心構成要素等のつかみ、切離しを行なうために、歯車、クラッチ、ブレーキを介して駆動モータで回転され、テープの巻取り及び巻戻しを行なう。

ドラムボックスは系統雰囲気流体の気密を保つ容器であり、外側にはしゃへい体が設けられている。

(c) コフィン

コフィンはグリッパにより吊上げられた炉心構成要素を収容するためのもので、しゃへい体と気密容器等で構成されている。

燃料出入機本体(A)の気密容器の上部と下部には、直接冷却装置のノズルが設けられており、外側には間接冷却のための冷却ガス流路と炉心構成要素及び燃料移送ポットを保温するための予熱装置が設けられている。

燃料出入機本体(B)の気密容器の外側には、間接冷却のための冷却ガス流路が設けられている。

(d) 可動ブロック

可動ブロックはコフィンの下部に設けられ、炉心構成要素をコフィンと床側設備との間で受渡しする際に、床側設備に連結して炉心構成要素の通路を形成するもので、コフィンの外側に設けられている駆動装置により、しゃへい付きの気密通路とドアバルブを昇降する構造となっている。

(e) ドアバルブ

ドアバルブは可動ブロックの下部に設けられており、炉心構成要素をコフィンと床側設備との間で昇降する時、炉心構成要素の通路を形成し、走行台車の走行時には通路のしゃ断を行なうもので、通路を開閉する弁体、系統雰囲気流体の気密を保つしゃへい付ケーシング、ケーシングの外側から弁体を駆動する駆動装置で構成されている。

(f) 冷却装置

冷却装置は床側設備から吊り上げた発熱炉心構成要素の除熱を行なうために、コフィン

を強制冷却する間接冷却装置とコフィン内の発熱炉心構成要素に直接アルゴンガスを送風して強制冷却する直接冷却装置で構成されている。

間接冷却装置は燃料出入機本体(A)および(B)のコフィンに、空内の空気を送風して室内に放熱する開回路冷却装置で、ブローア、配管、弁、計測機器で構成されている。

(g) 走行台車

走行台車は燃料出入機本体(A)、(B)と冷却装置を搭載するための走行台車フレーム、走行レール上を走行するための走行装置、給電装置等で構成されている。

走行台車フレームは箱型の溶接構造物であり、地震時の転倒防止機構が設けられている。走行装置は車輪駆動方式となっており、遠隔で駆動・制御できる構造となっている。

給電装置は走行台車上の電気機器に給電するもので、走行レールに平行に設けられているケーブリングラック上で、走行台車の走行に追従してケーブルを引廻す構造となっている。

燃料移送ポットは炉内中継装置と炉外燃料貯蔵設備との間等で、炉心構成要素を移送する場合に、冷却のためのナトリウムとともに炉心構成要素1体を収容する上部開放容器で、頂部には燃料出入機のグリッパでつかみ、切離しできるハンドリングヘッドが設けられている。

燃料出入機本体(A)により床側設備間で炉心構成要素を移送する場合の動作項目と手順を図4.1.2.2、4.1.2.3に示す。

なお、燃料出入機本体(B)の動作項目と手順は燃料出入機本体(A)と同様である。

表 4.1.2.1 「もんじゅ」燃料出入機仕様

形 式	キャスク搭載型台車自走式
基 数	1 基
取扱対象物	
① 本 体(A)	① 燃料移送ポット ② 炉心構成要素（洗浄前）
② 本 体(B)	① 炉心構成要素（洗浄後） ② 缶詰缶
取扱本数	1 体 / 1 回
取扱方式	テープ駆動グリッパ
吊上げ重量	最大 400 kg
吊上げ速度	高速 6 m / min , 低速 0.6 m / min
昇降ストローク	約 24 m
概略寸法	約 9200 × 8500 × 8200 <sup>H</sup> min
重 量	約 440 ton

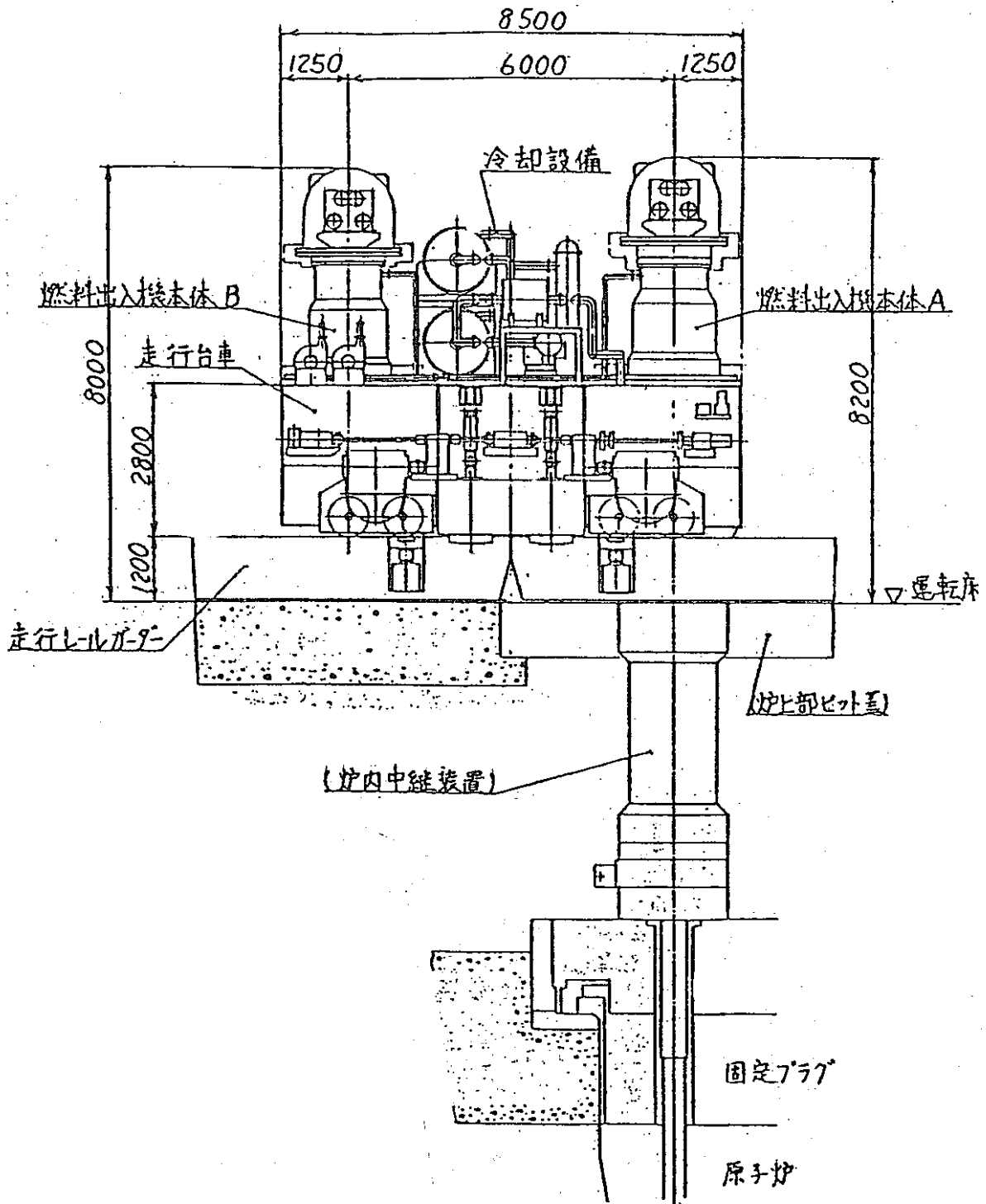


図4.1.2.1 燃料出力機全体図

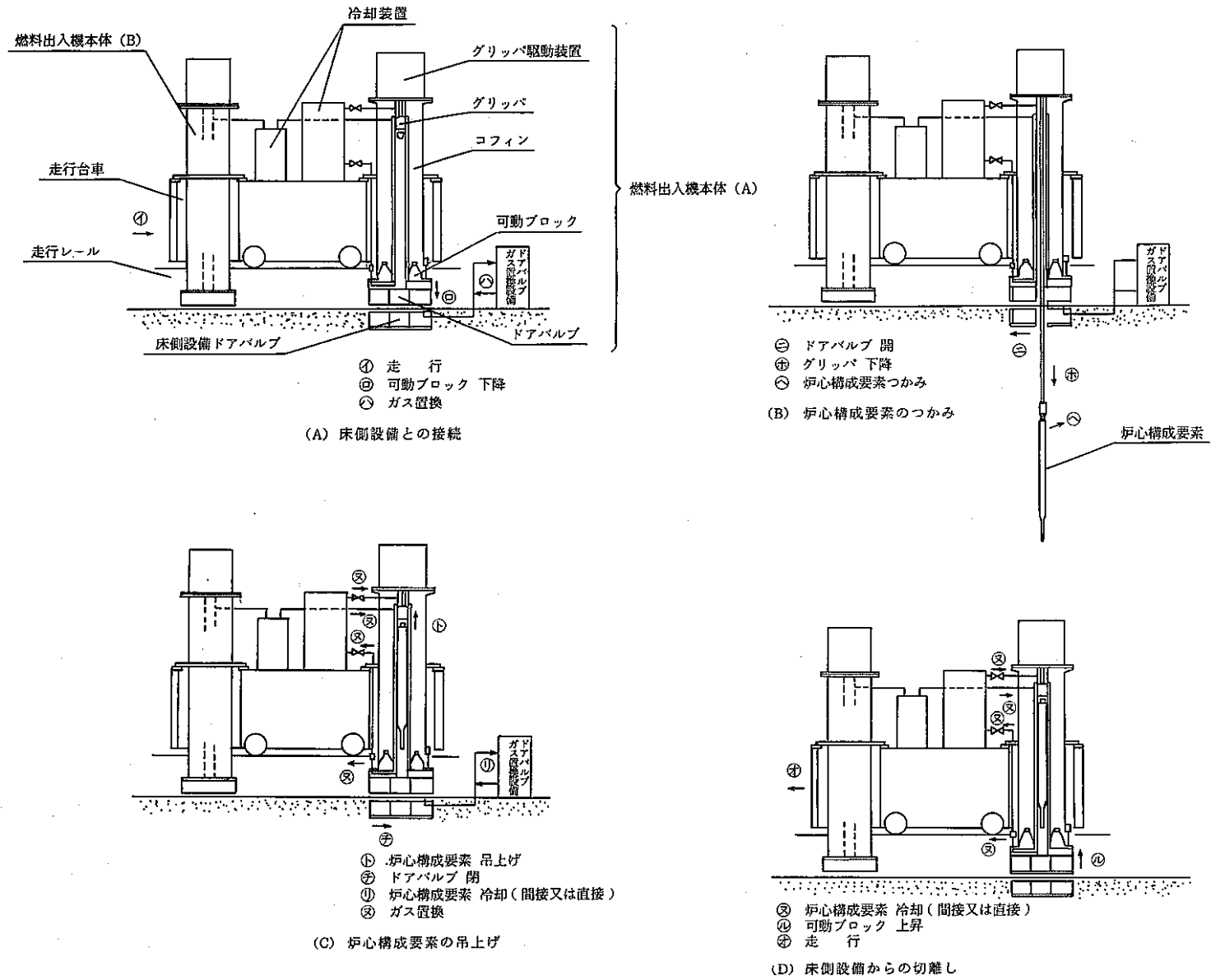
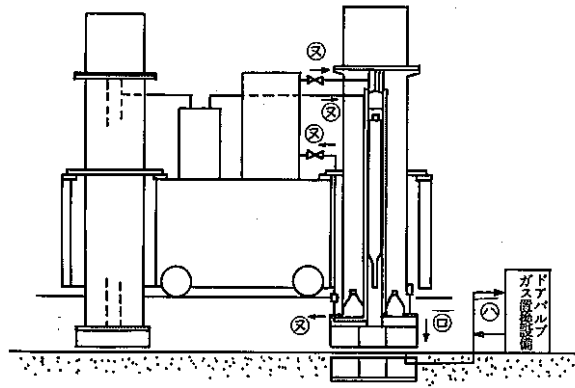
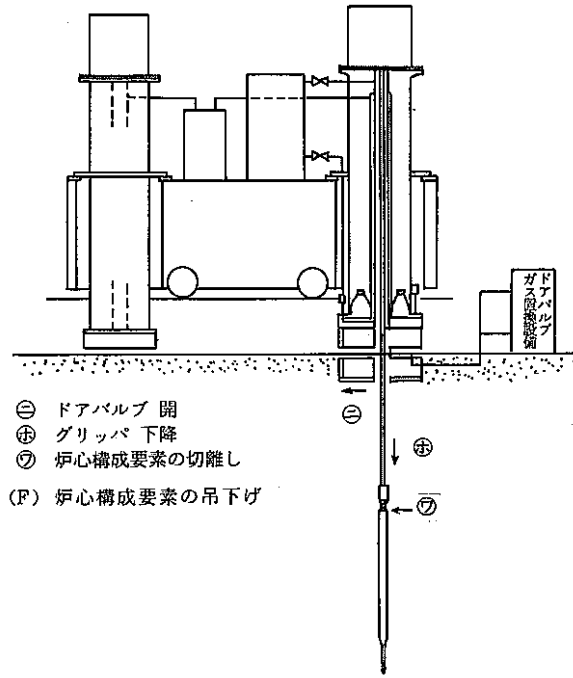


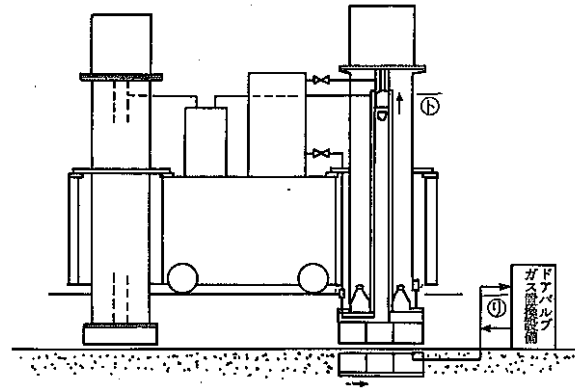
図 4.1.2.2 燃料出入機の炉心構成要素移送動作手順 (1/2)



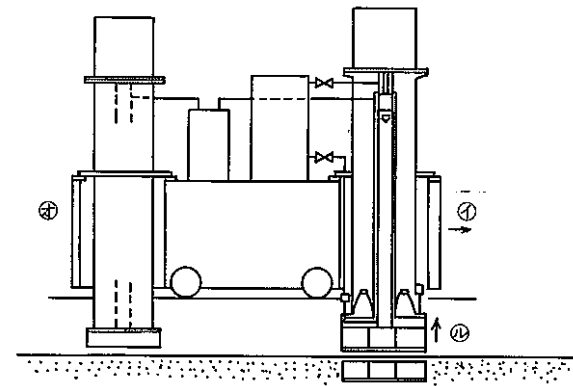
- ⊗ 炉心構成要素 冷却（間接又は直接）
- Ⓞ 可動ブロック 下降
- Ⓢ ガス置換
- (E) 床側設備との接続



- ⊖ ドアバルブ 閉
- Ⓢ グリッパ 下降
- Ⓢ 炉心構成要素の切離し
- (F) 炉心構成要素の吊下げ



- Ⓢ グリッパ 上昇
- ⊖ ドアバルブ 閉
- Ⓢ ガス置換
- (G) 炉心構成要素の切離し



- Ⓢ 可動ブロック 上昇
- Ⓢ 走行
- (H) 床側設備からの切離し

図 4.1.2.3 燃料出入機の炉心構成要素移送動作手順（2/2）



#### 5.4.1.3 実証炉の燃料出入機

燃料出入機のご概念は当初は「常陽」,「もんじゅ」と同様の台車方式を採用していたが,実証炉という位置付けから稼働率の向上を計るため燃料交換時間が短縮出来るシュート・移送セル方式に変更している。現在は動燃,電力とも同様の設計となっている。

タンク型炉については海外炉の例にもある様に主容器と炉外燃料貯蔵槽の間をAフレームと呼ばれるシュート型燃料出入機となっている。

台車方式とシュート移送セル方式について比較すると物量面では台車方式の方が,燃料取扱系としても,また原子炉容器入口ノズルを下部設置するために少なくなる。燃料交換時間はシュート移送セル方式の場合,台車方式で必要なドアバルブのガス置換が不要であることなどから1体当りについて約1/2の時間で済む。図4.1.3.1に比較を示す。

以下に動燃で実施してきた検討結果の概要を示す。

予備設計(その4)及び概念設計(I)では,

「もんじゅ」と同様の走行台車方式が検討された。その結果,燃料出入機の重量は「もんじゅ」と比較してそれ程大きく増加しないが,床荷重,特に炉上部床面への影響が大きいので,建屋及び関連機器との整合及び格納容器貫通部の整合を,更に検討する必要があることが明らかになった。図4.1.3.1に台車方式燃料出入機のご概念図を示す。

概念設計(II)では,

台車方式とシュート移送セル方式を比較した。台車方式は「常陽」,「もんじゅ」の実績を生かす事が出来,開発要素が少ない点で有利である。燃料交換時間はシュート移送セル方式が台車方式の1/2以下と優れているが,設計上まだ不確実な点が多く,両者の優劣をつける事は困難であった。

概念設計(III)では,

シュート移送セル方式のご概念を具体化と故障時を含む関連設備が検討された。

図4.1.3.2にシュート移送セル方式燃料出入機のご概念図を示す。

タンク型炉の場合,前述の様にAフレーム型燃料出入機が一般的である。

Aフレーム型燃料出入機には荷重をルーフスラブに搭載するSuper Phenix方式と建屋側へ搭載する方式がある。ルーフスラブ全搭載型とするとルーフスラブの耐震設計上困難であるため電力の設計では建屋搭載型を基本構造としている。

燃料移送室の型式としてはSuper Phenixと同じ回転方式とPhenix等と同じスイング方式がある。保守の容易性からは回転方式が優れているが,スイング方式にはシュート角度の自由度,耐震性及び2台のシュートが接近して設置出来るなどのメリットもある。

表 4.1.3.1 燃料出入方式の比較

Comparison of Ex-vessel Fuel Charge-Discharge Machine

項目	台車方式	斜シュート方式
構造概念	2重回転バンド式 FHM 大回転プラグ内径：9,320 mm 小回転プラグ内径：5,850 mm FHM アーム：550 mm (図Ⅱ-3.6-1)	2重回転プラグオフセット式 FHM 大回転プラグ内径：8,600 mm 小回転プラグ内径：5,500 mm FHM アーム：600 mm (図Ⅱ-3.3-9, 10)
物量および原子炉容器概略径	R/V 径： $\phi$ 9.5m	R/V 径 $\phi$ 13m / $\phi$ 12m
燃料交換時間	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1 キャリッジ 1 ポジション方式に相当する。</li> <li>○ 中継機の作動時間+グリッパ作動時間(約2分)も必要。</li> <li>○ ドアバルブガス置換時間も必要。</li> <li>○ 約69分/本</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2 キャリッジ 2 ポジション方式を採用することにより最も短時間でできる。</li> <li>○ 約30分/本</li> </ul>
耐震性, その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 常陽, もんじゅの経験が多く生かせ, 開発要素が少ない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ホットセル方式の移送システムであり, 大型機器レベルの開発が必要である。</li> </ul>
評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 移送セル方式に比べ燃交時間が長い(稼働率が悪い)。</li> <li>○ しかし, 原子炉容器等, 物量は小さくなり, 常陽・もんじゅの実績・経験が生かせ, 開発要素が少ない点は有利である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 台車方式に比べ燃交時間が短くなる点は有利である。</li> <li>○ 原子炉容器径が大きく, 物量も大きい。</li> <li>○ また, Aフレーム以外あまり実績が無いので, 今後の設計検討, R/D が多く必要である。</li> <li>○ 移動セル方式の中では他に比べ最も問題が少ない。</li> </ul>
他機器へのインパクト	格納容器貫通部の機器ハッチ径は $\phi$ 12.5 m必要。	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 原子炉容器内に斜シュートレールの設備が必要である。</li> <li>○ 燃料バケットはキャリッジ本体に接続されたままなので, その取付け構造は比較的簡単である。</li> </ul>
メンテナンス, 信頼性	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 燃交時の故障を想定した場合, 保守は比較的容易。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 燃交時の故障を想定した場合, 保守は台車方式に比べむづかしい。</li> </ul>

(注) 回転プラグ内径は, 「回転プラグ上面におけるベアリング内径」とした。

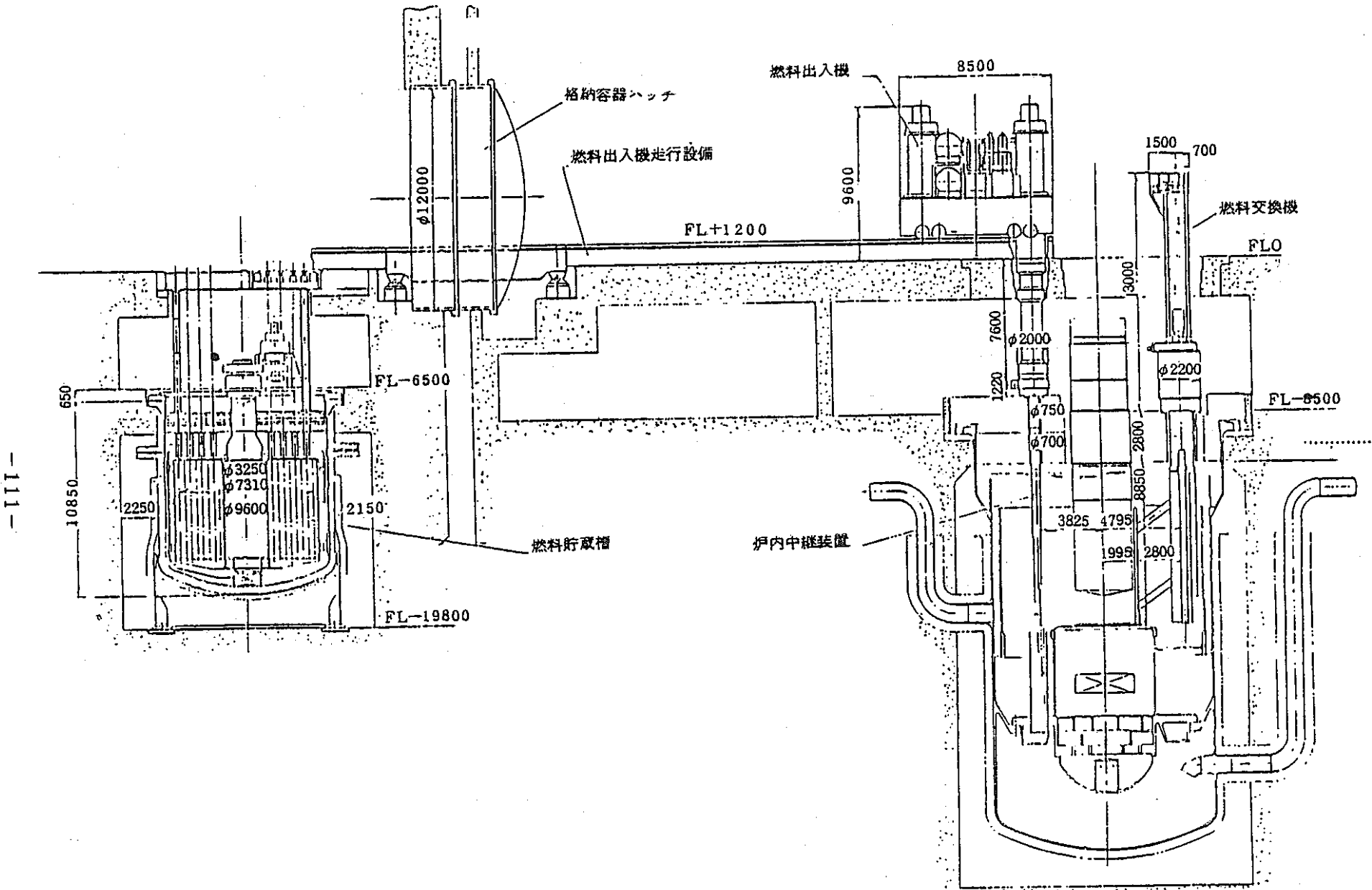


図4.1.3.1 燃料取扱設備

図4.1.3.1 Fuel Handling System

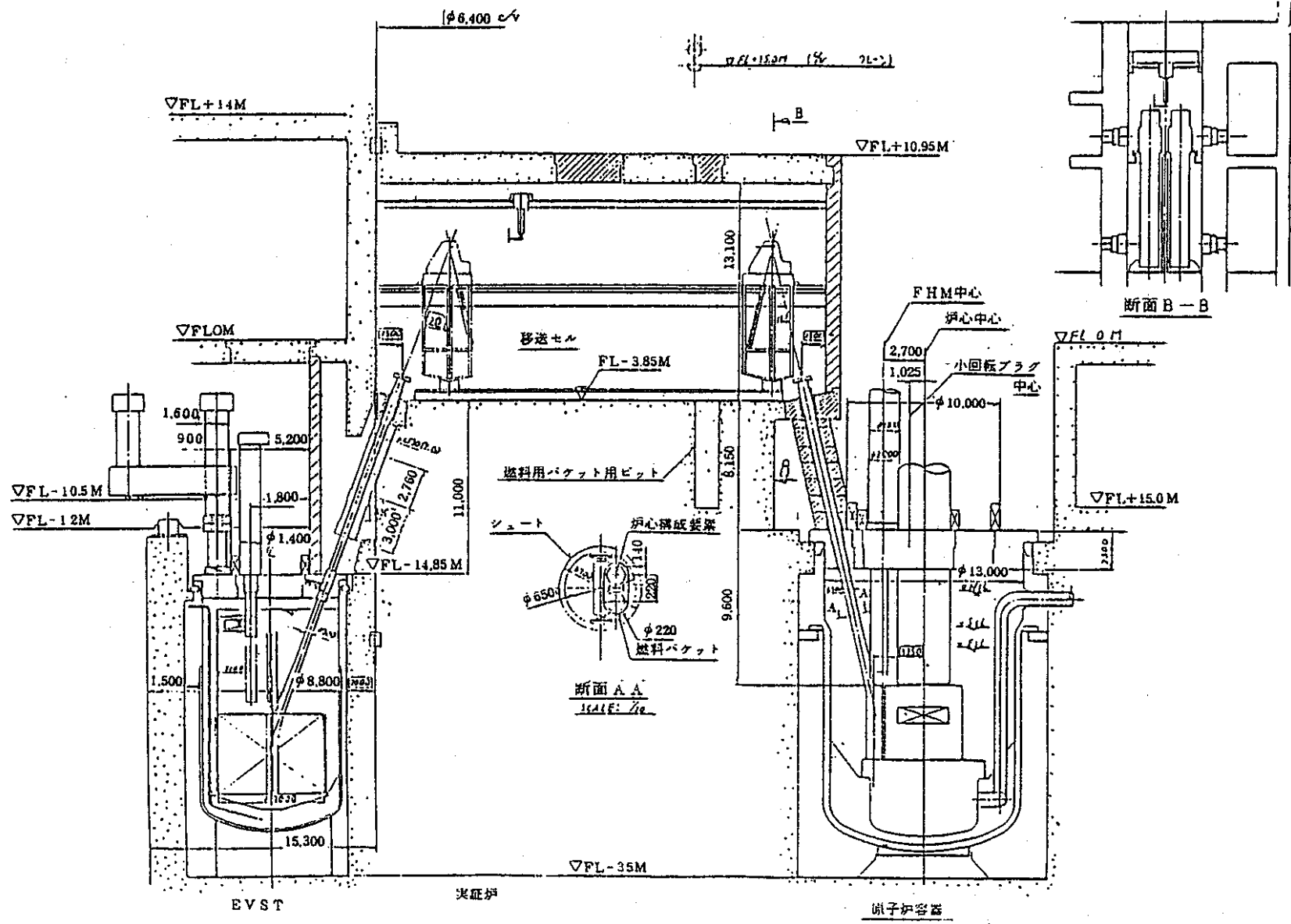


図 4.1.3.2 シュート方式燃料出入機  
Chute Type Ex-vessel Fuel Charge Discharge Machine

## 5.4.2 海外の燃料出入機

### 5.4.2.1 FFTF

CLEM (Closed Loop Ex-Vessel Machine: CIEM) は、RCB (Reactor Containing Building) の中の、

- イ. 炉容器
- ロ. I. D. S (Interim Decay Storage)
- ハ. CCCS-South (Core Component Conditioning Station)
- ニ. CCCS Transfer Cell
- ホ. TACS (Test Assembly Conditioning Station)
- ヘ. IEM CELL (Interim Examination and Maintenance Cell)

の間を移動する。図 4.2.1.1 及び 4.2.1.2 参照、CLEM で取扱中の構成要素はポットの中に入れられた状態で取扱われる。

機能としては、

- a) 冷却機能として 16 KWt の崩壊熱除去が可能である。空気強制循環装置がある。又、このバックアップとして、機能喪失時に、自然循環による冷却が考えられている。
- b) 予熱された集合体の温度を維持する為、ヒーターが設けられている。
- c) 操作は、遠隔で行われ、移動先は、オペレータにより指示される。ハンドリング及び移動は、コンピュータによりモニターされ、専用のシーケンスによりインターロックされている。

があるが、設計条件及び構造について詳細を以下に示す。

設計条件としては以下の条件が満たされている。

- 1) 10KWt の崩壊熱除去が可能であること。
- 2) 冷却は、原子炉格納容器内の空気で行われる。
- 3) 漏洩率は、20cc/min (CLEM 内容積の 1%/day に当る。at 0.36 psig : 0.576kg/cm<sup>2</sup>g)

このガス漏洩は、格納容器内の CLEM による取扱作業全てにおいて、B. G 放射線量率への 1%未満の影響しかない。

- 4) 内部のガスパージが行えること。
- 5) 内部の放射化されていない不純物のレベルは、炉カバーガスと同等である。
- 6) 28 日の燃交期間で最大 95 体の新・使用済構成要素の取扱いを行う。

次に CLEM は、以下の 5 つの構造体からなりそれぞれに以下の様な機能を有している。

- 1) Cold Wall Assembly (図 4.2.1.3 ~ 5 参照)
  - イ) ガスバウンダリー
  - ロ) 取扱構成要素の加熱及び冷却の伝熱面

- ハ) 崩壊熱除去能力として、被覆管温度を 800°F (426.7°C) 以上に保つ
  - ニ) ヒータ容量は、30～45 分間で大気中温度から 450°F (232.2°C) まで上昇させる。
  - ホ) 又、Cold Wall 温度を 450°F に保持できる。
  - ヘ) 電源そう失時には、10KWt の崩壊熱をもった要素に対して 1500°F 以下に保持する。
- 2) グリッパ駆動システム (図 4.2.1.6～8 参照)
- イ) 構成要素の吊り上げ吊り降し
  - ロ) グリッパ速度は、0～16feet/min の間で運転が可能である。
  - ハ) 挿入力：950lb (約 500kg)、引抜き力：5000lb (約 2500kg) (最大)
  - ニ) 荷重及びストロークは、上下動時ともモニターされ、荷重超過によりストップされる。
  - ホ) 構成要素のつかみ・離し
  - ヘ) グリッパは IEM セル内で交換が可能である。
- 3) Cask Body
- イ) 主要支持構造物
  - ロ) 表面線量率を 5 mrem/hr (γ線) 以下にする遮蔽機能を有する。
  - ハ) 接続フランジは、ストリーミング対策がとられている。
  - ニ) 中性子遮蔽が必要なところには、それが施してある。
- 4) VieW Port
- このVieW Port の本体は 8 角形をしており、TV カメラ及び潜望鏡がとり付けられる様になっている。
- 遮蔽装置は、機械で挿入され、表面線量率を 5.0 mr/hr におさえられる。又、観察の為の照明器具を有している。
- この装置により、
- イ) Na の入ったポットの底を見て、リークの有無をチェックする。
  - ロ) ドリップパンの中を見て、蓄積した Na のレベルを見る。
  - ハ) ポットのナンバーを読み取る。
  - ニ) グリッパの付着ナトリウム及び単体の動きを観察する。
- の事が可能となる。
- 5) Drip Pan Assembly (図 4.2.1.9 参照)
- イ) ドリップパンの容量は、1062in<sup>3</sup> (16.6l) である。この容量は、燃交 1 サイクルの間に発生するドリップ Na に基づいて設計された。
  - ロ) ドリップパンの交換は、CLEM のグリッパによって行われる。
  - ハ) ドリップパンは、CLEM が扱う最大径のものである。

ニ) ドリップパンアセンブリーのヒータは、蓄積 Na を溶融し、ポットへのドリップを可能にする。

このドリップパンは、モータ駆動のロータの中にある。このロータは、ドリップパンポット及び通過ポートからなり、構成要素取扱時及び滴下 Na の受け時とロータを回転させて使用する。

#### (B) 本体各部の特徴

① グリッパおよびグリッパ駆動部グリッパはポットつかみ用と特殊試験集合体用の 2 種類ありその長さは前者が 9300 mm, 後者が約 1650 mm である。

爪開閉用のストロークは 4.5 インチであるがバックラッシュに備え 1.5 インチの遊びがある。

爪は常時 200 ポンドで「開」の状態になっており、「閉あるいはポット離し」にするために 400 ポンドの力を要する。

押し込み荷重を確保するために劣化ウランをグリッパ内に収めてある。

チェーンは、爪開閉用は 2 連、グリッパ昇降用には 3 連のものが使用されているが、強度の都合で 3 連のものだけ特注品となっている。なお原則として強度設計には設計値に対して安全率 5 をとっている。

爪開閉用のチェーンは 4200 ポンドにもつが、必要な力は、600 ポンド (バネ 400, チェーン重量 60, 軸重量 120, 摩擦力 20) である。

「ポット離し」の条件は、荷重 0 と 3/4 インチのストロークである。

② ドリップパン構造体

ドリップパンは、CLEM 本体下部に円環状に 3 つ並べられている。これらは直径 41 インチのディスクに 8 インチの偏心で配列されており、全体がアンギュラスマトベアリング上を回転する。遮蔽は鉛 14.5 インチ相当が施されている。

ドリップパン自身の大きさは直径 9.5 インチ高さ 14.88 インチの内容容量を持ち、その使用は 60 % 容量で上限とする。

ドリップパンの上にはヒータが設けられており、液面を滑らかにすることができる。

ナトリウム液面の高さは、View Port Assembly により目視確認できる。

③ 可動ブロック付きドアバルブ (Movable Closure Valve)

上部が動き、下部に回転式のドアバルブが内蔵されている。

可動部分はウォームギアとスクリュージャッキによる。

シールは 2 重のインフレタブルシール構造となっている。回転に際しては先に小さいインフレタブルシールを開放し、調圧後外周のインフレタブルシールを開放する。

④ コフィン

遮蔽は、鉛とボロン入りコンクリートにより行われている。

冷却は、格納容器内大気を利用して行う。

予熱は、冷却ダンパを閉にし、壁温 450° F で制御する。

⑤ アルゴンガス系統

アルゴンガスの供給については、高圧は搭載ポンペ、低圧は格納容器内供給系より、クイックコネクタを接続することにより得られる。

低圧ガスは、コフィンパーズに使用される。高圧ガスは、グリッパ荷重制御、インフレタブルシール、リーク検出などに使用される。

系統は全て独立に 50inch<sup>3</sup> のアキュムレータを持ち、それぞれ仕切弁、電磁弁を備えている。

⑥ 計装設備

CRT により、グリッパ荷重高さ、速度、コフィン壁温度、冷却部空気温度、ドアバルブの開閉、時間などである。

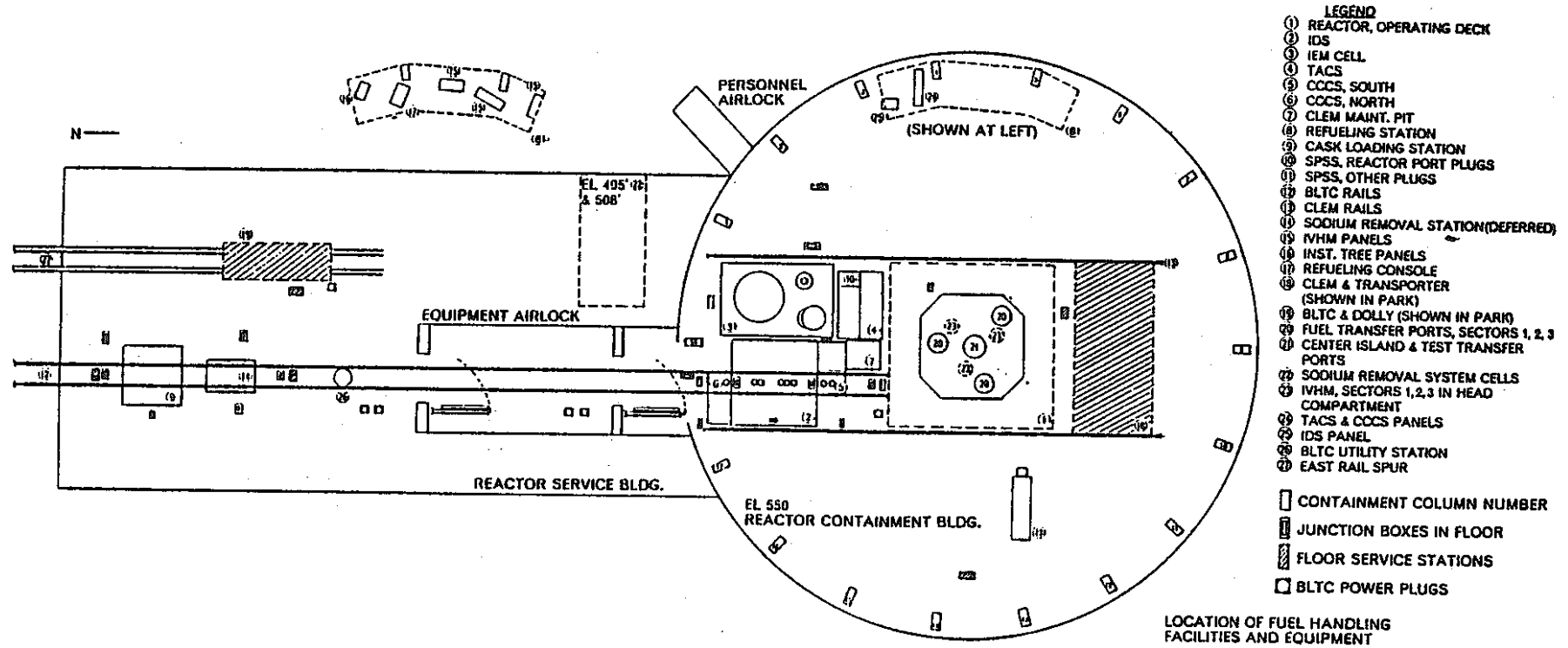
⑦ グリッパ荷重緩衝器

出入機グリッパの頂部には、油圧の緩衝機構 (Hydraset) が設けられている。

通常運転時には、急停止を和らげる。即ち、上昇中は上端位置に自然にセットされるが、頂部到着寸前に、減速下降し下端位置にくる。下降時は、先ず下降に先立ち、グリッパを停止させた状態でセットを上端にまで動かす。その後下降を開始すると下端到着寸前に再び減速下降して、最後にグリッパ下端、Hydraset 下端になる。

Hydraset は通常運転に加え、緊急時にも使用される。上昇時に何らかの理由で取扱対象がひっかかり荷重が増加すると Hydraset により圧力が逃がされ、逆に、下降時にひっかかると、Hydraset でその衝撃荷重が支えられる。





4.2.1.1 LOCATION OF FUEL HANDLING FACILITIES AND EQUIPMENT

# CLOSED LOOP EX-VESSEL MACHINE (CLEM)

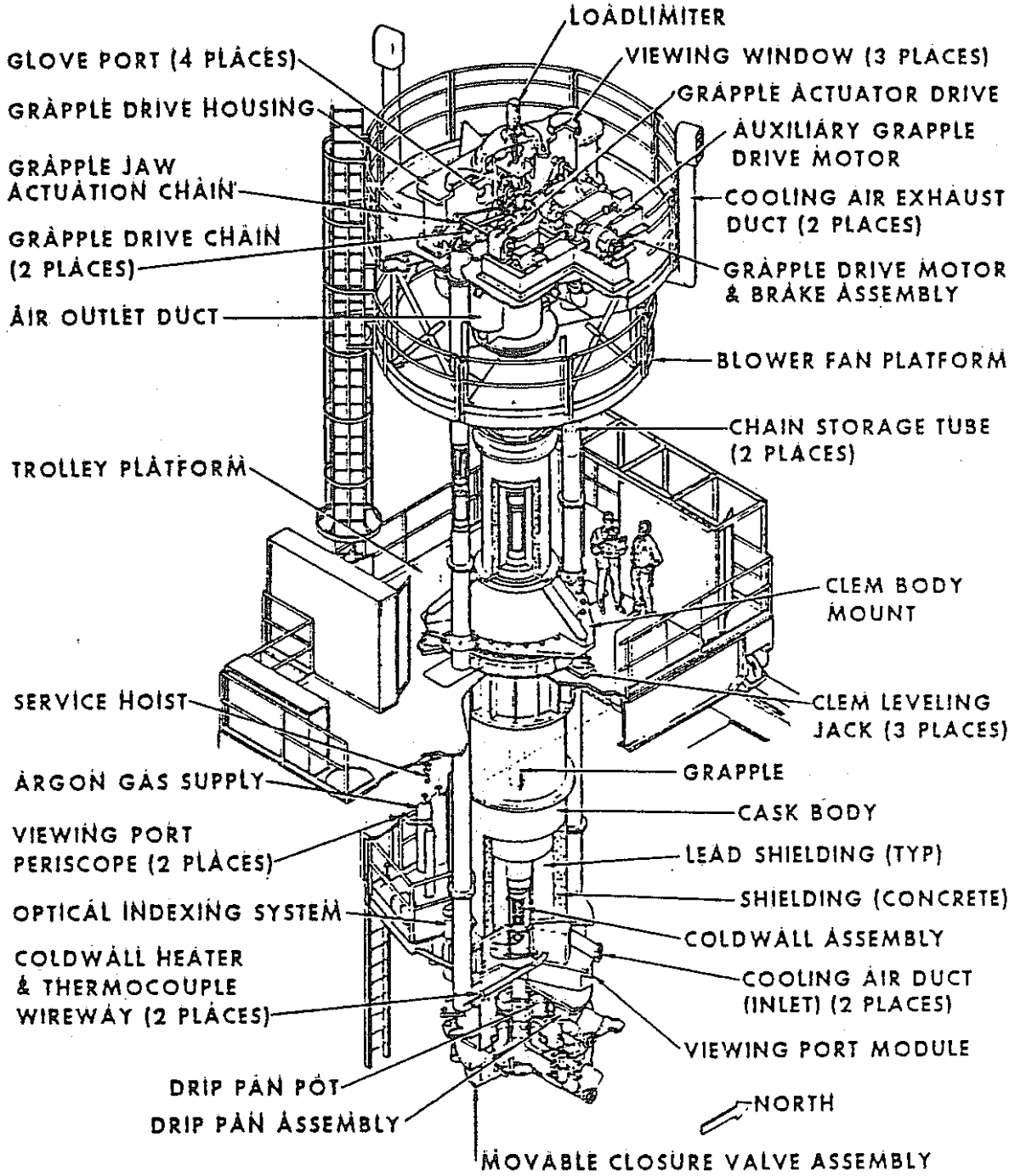
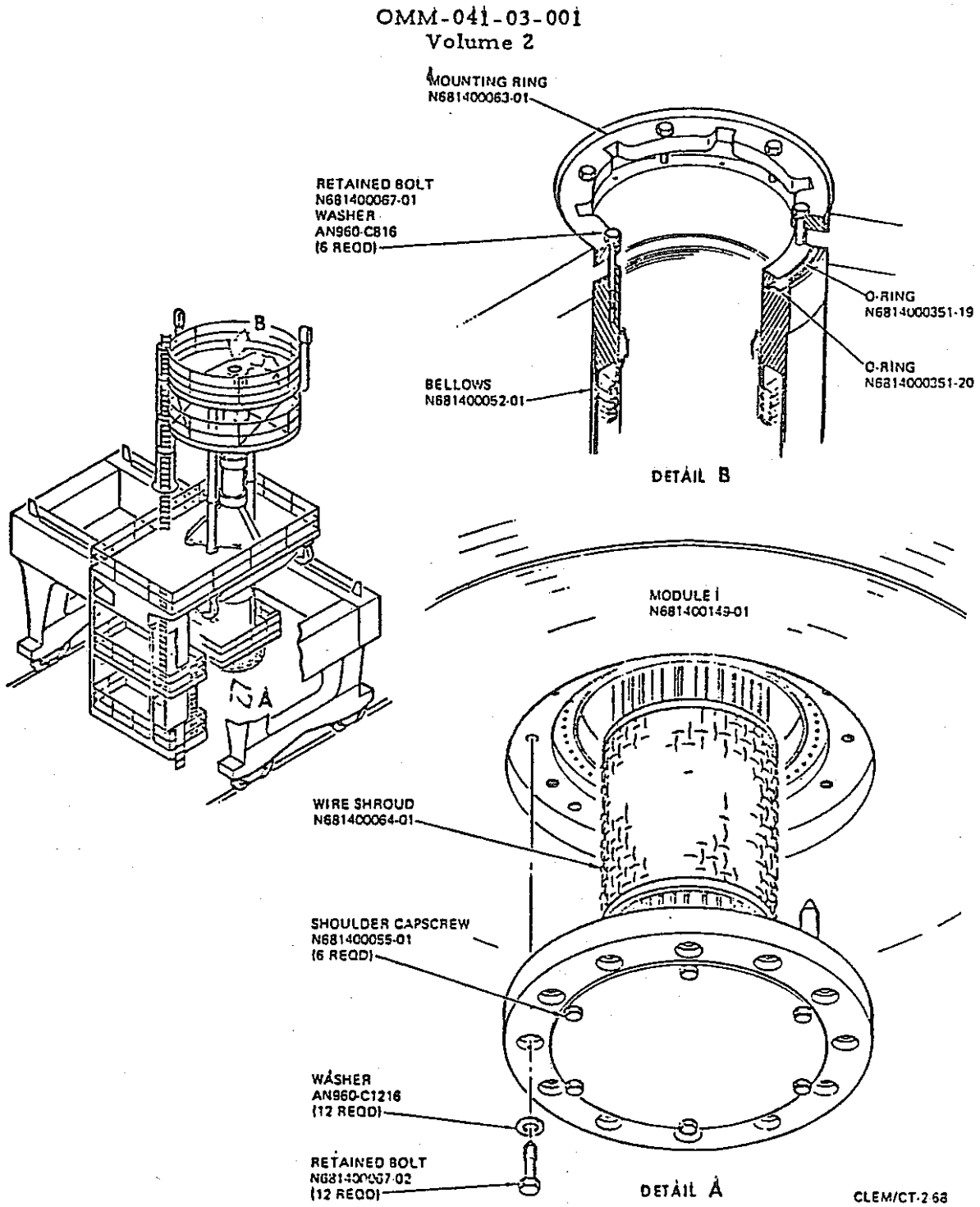
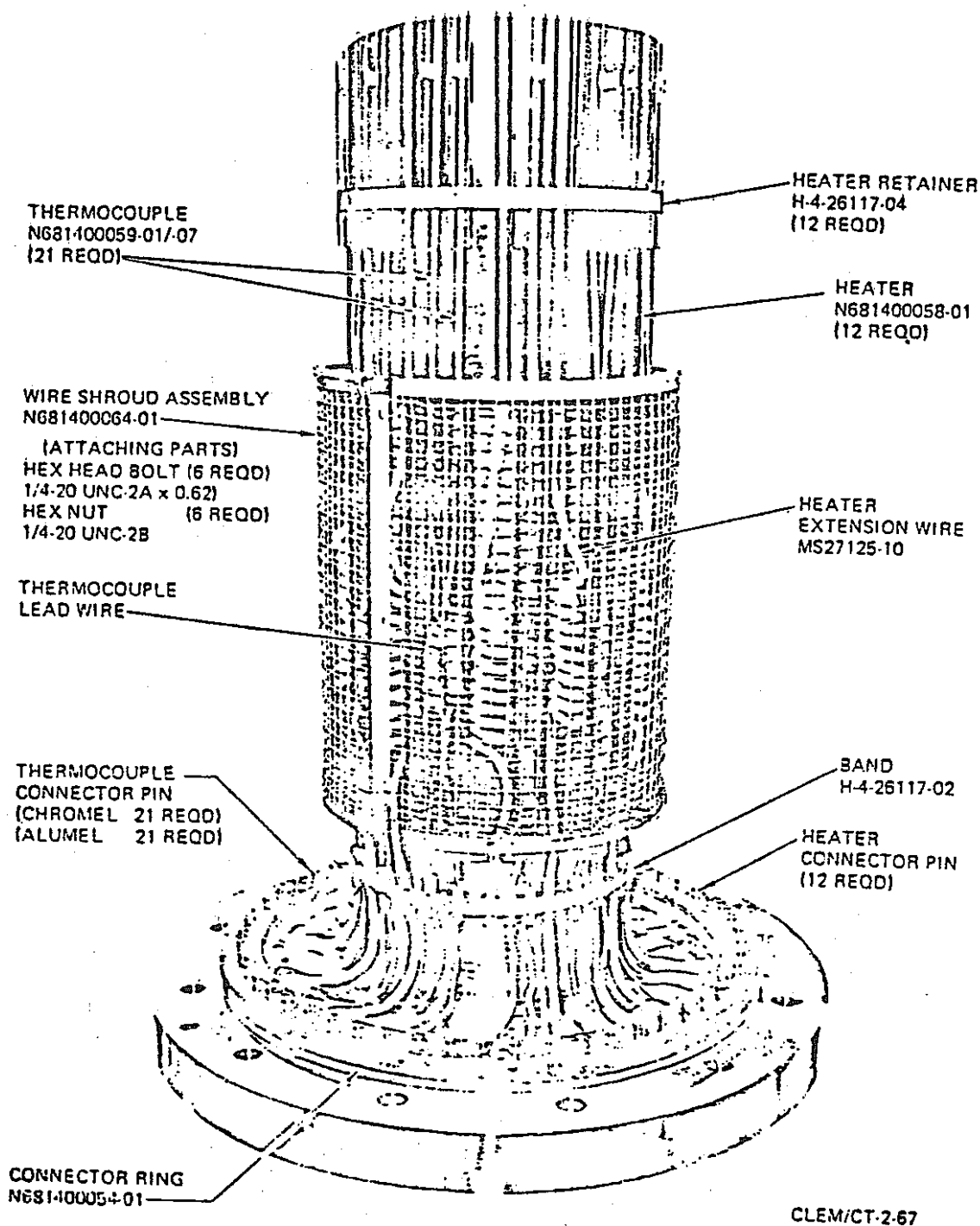


图4.2.1.2 燃料出入機外觀图

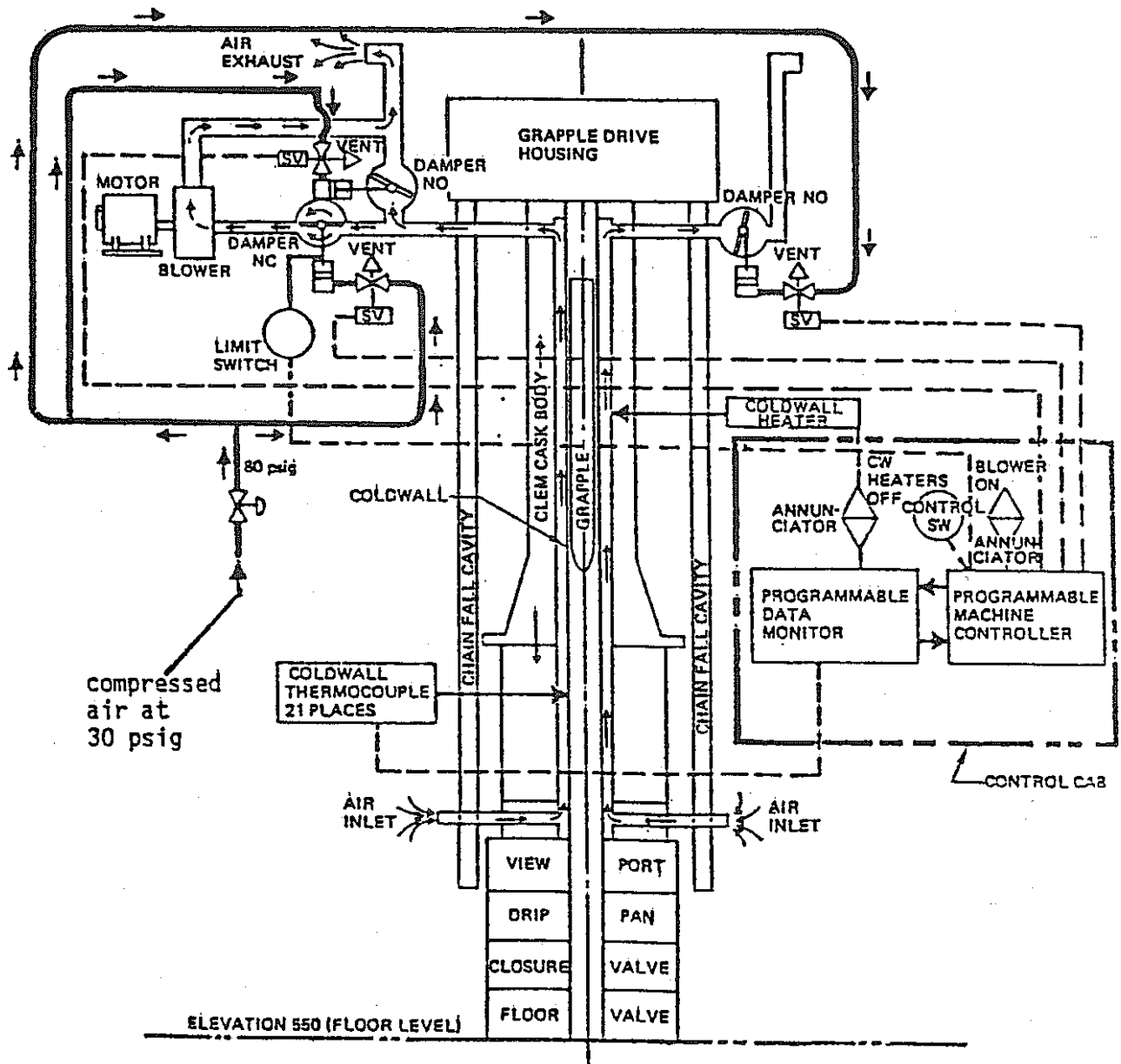


☒ 4.2.1.3 Coldwall Assembly (Exploded View)

OMM-041-03-001  
Volume 2

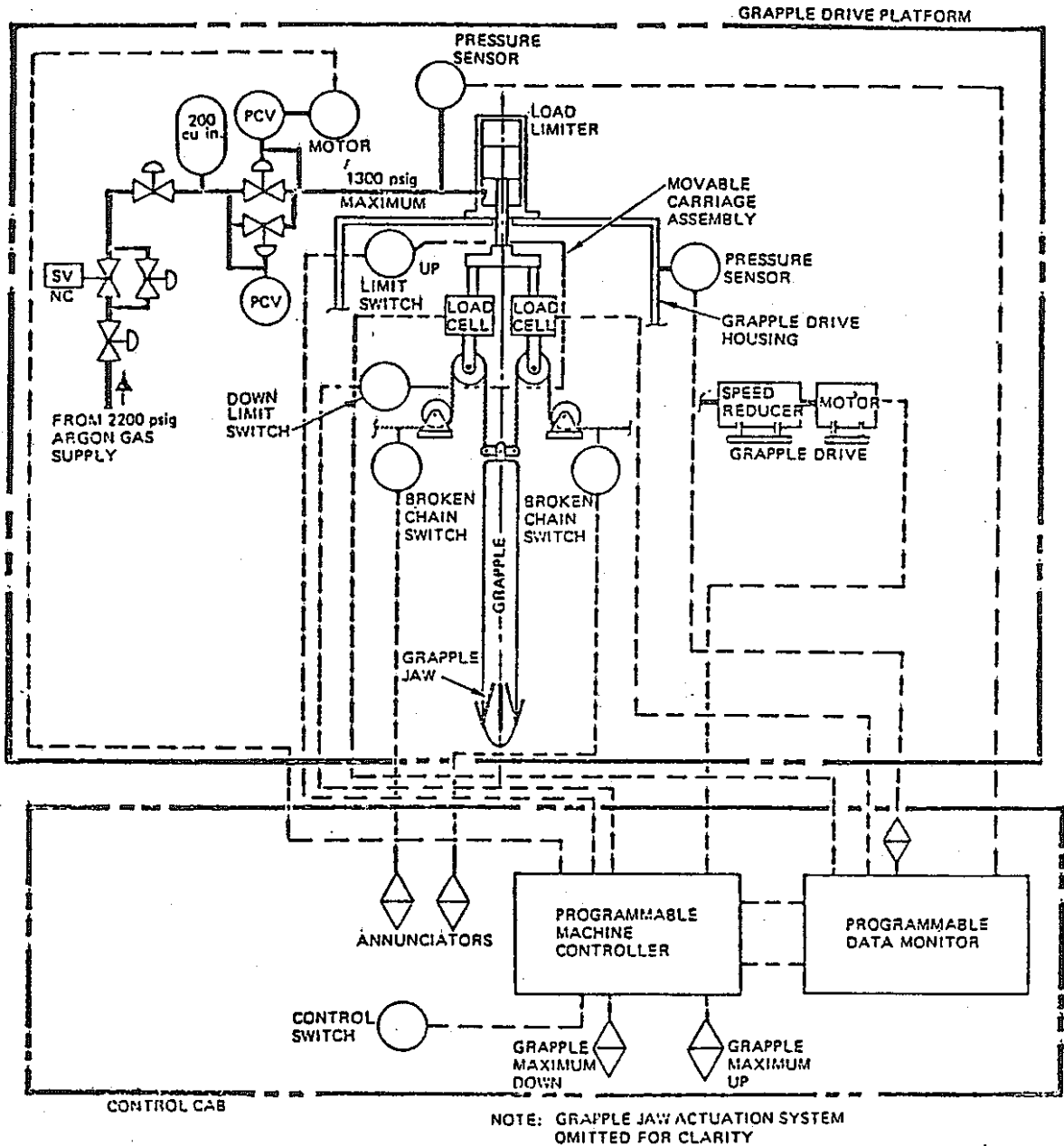


4.2.1.4 Coldwall Heater and Thermocouple Details

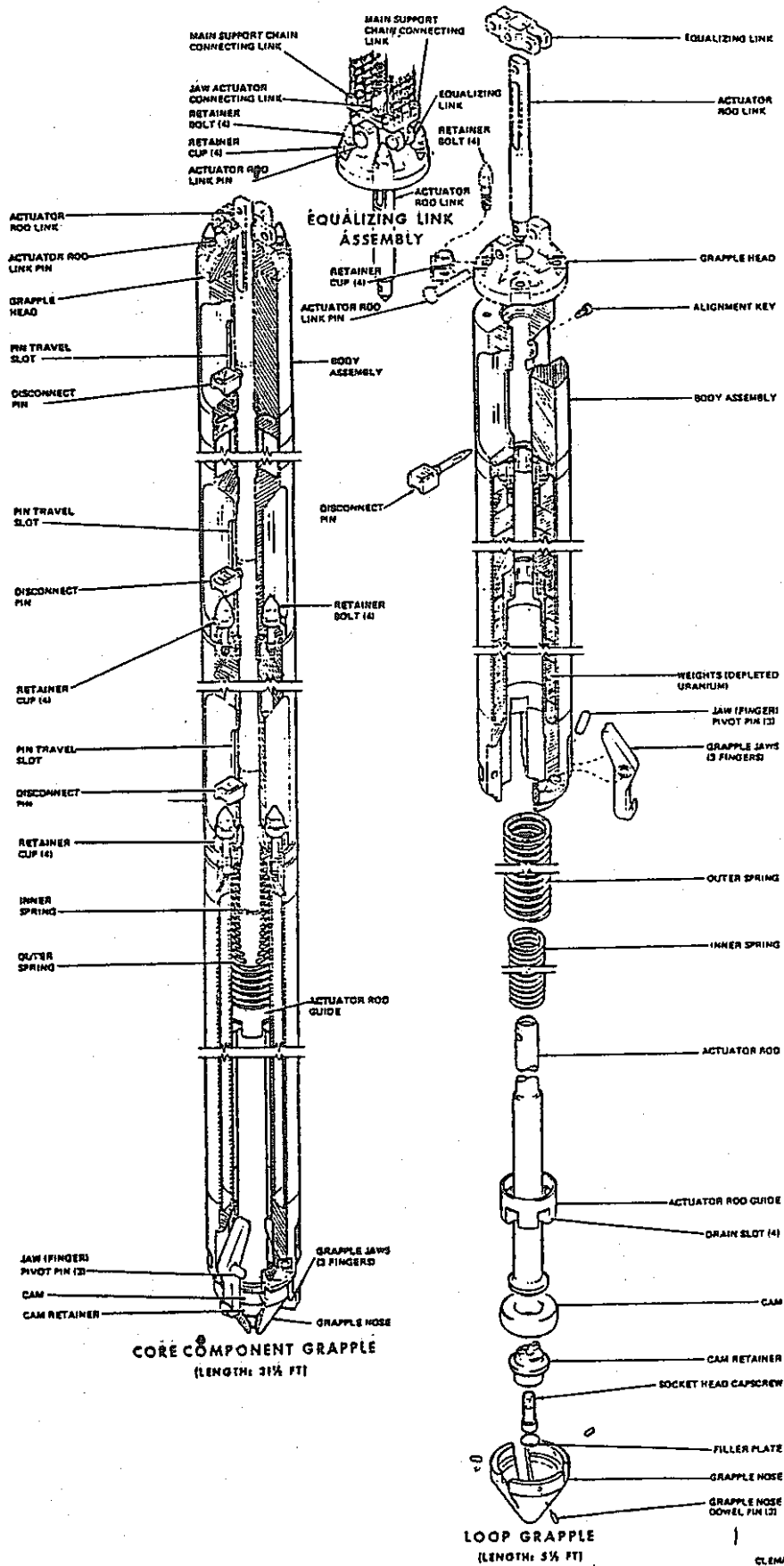


4.2.1.5 CLEM Coldwall Cooling System Schematic.

OMM-041-03-001  
Volume 1



4.2.1.6 CLEM Grapple Drive System Schematic



OLEMGT-37

4.2.1.7 Grapple Assemblies (Exploded View)

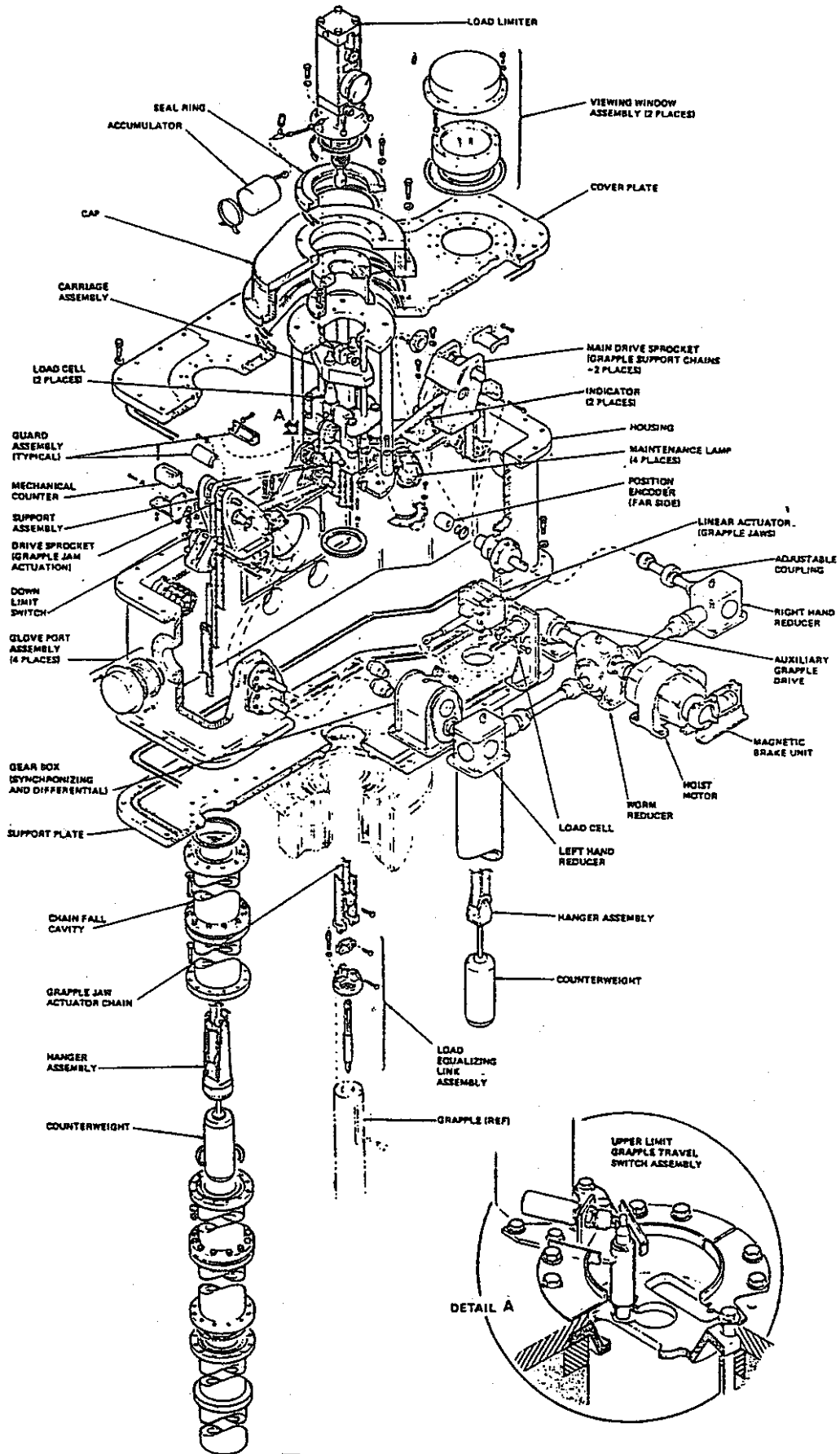
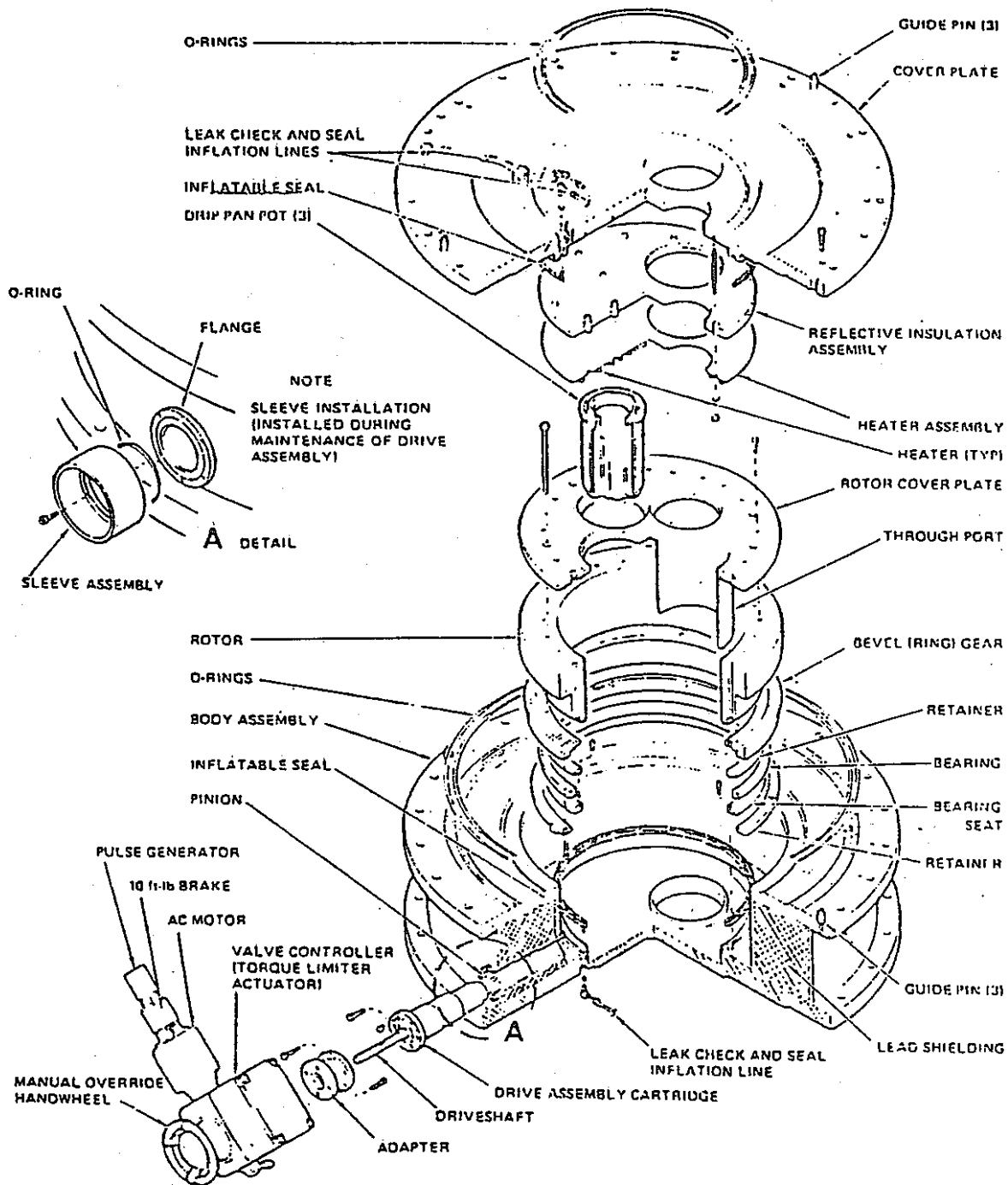


图 4.2.1.8 Grapple Drive Assembly  
(Exploded View)





☒ 4.2.1.9 Drip Pan Assembly.

Original

表 4.2.1.1 Requirements for Handling Core Components and Test Assemblies

DESCRIPTION	PRODUCT Dwg. NO.	EDIR Dwg. NO.	OVERALL LENGTH, IN	WEIGHT LBS.	CG LOCATION	ASS'Y MAX BOM, IN.	MAX. ALLOWED ②		MAX. ALLOWED ②		MAX. ALLOWED ②		MAX. ALLOWED SHOCK LOAD, g			
							AXIAL LOAD, LBS		TEMP RATES °F/MIN		STEADY STATE TEMP.		PRE-IRRADIATION		POST-IRRADIATION	
							PUSH	PULL	HEATING	COOLING	NORMAL	EMERG.	AXIAL	RADIAL	AXIAL	RADIAL
CONTROL ROD ASSEMBLY	H4-21712	NOT ASSIGNED	144	316	80 IN. FROM TOP	0.5	3000	4000	50	50	1000	1200	6	2	4	1
CONTROL ROD, FIXED SHIM ASS'Y	H4-21811	NOT ASSIGNED	144	350	75 IN. FROM TOP	0.5	3000	4000	50	50	1000	1200	6	2	4	1
IN-CORE SHIM ASSEMBLY	H4-22400	NOT ASSIGNED	144	459	76 IN. FROM TOP	0.9	3000	4000	50	50	1000	1500	6	2	4	1
DRIVER FUEL ASSEMBLY	H4-21500	NOT ASSIGNED	144	381	76 IN. FROM TOP	0.9	3000	4000	50	50	1000 ⑤	1500	6	2	4	1 ⑬
MATERIAL SURVEILLANCE ASS'Y	H4-23694	NOT ASSIGNED	144	261	78 IN. FROM TOP	0.3	3000	4000	50	50	1000 ⑤	1500	6	2	4	1
REFLECTOR, INNER (ROW 7)	H4-21422, GR-1		144	592	67 IN. FROM TOP	0.5	4000	50	50	1000	1500	6	1	4	1	
(ROW 8a)	H4-21840, GR-1		144	620	67 IN. FROM TOP	0.5	VARIABLE SEE NOTE 11	4000	50	50	1000	1500	6	1	4	1
	H4-21655, GR-1															
REFLECTOR, OUTER, NORMAL (8b)	H4-22949, GR-1		131.85	584	64 IN. FROM TOP	0.5	VARIABLE SEE NOTE 12	4000	50	50	1000	1500	6	1	4	1
SURVEILLANCE (9)	H4-21655, GR-2		131.85	HOLD	64 IN. FROM TOP	0.5		50	50	1000 ⑤	1500	6	1	4	1	
	H4-22949, GR-2															
STATIC PIN ASS'Y FOR CRM	H4-23168	NOT ASSIGNED	59.61	180	25 IN. FROM TOP	N/A	3000	4000	50	50	1000	1500	6	2	4	2
SIMULATED CORE ASSEMBLIES:																
TYPE I, CONTROL ROD LOCATIONS	H4-22109	NOT ASSIGNED	144	205	69 IN. FROM BOT.	0.01	N/A	N/A	50	50	800	1500	⑩ ⑥	2	N/A	N/A
TYPE II, DRIVER LOCATIONS	H4-22109	NOT ASSIGNED	144	205	69 IN. FROM BOT.	0.01	N/A	N/A	50	50	800	1500	⑩ ⑥	2	N/A	N/A
TYPE IV, HYDRAULIC SHIMMING	H4-22109	NOT ASSIGNED	144	150	78 IN. FROM BOT.	0.01	N/A	N/A	50	50	800	1500	⑩ ⑥	2	N/A	N/A
CLIRA:																
SEVERED INSTR. STALK SECTION	H4-20733	H4-18201	295.04	209	140 IN. FROM TOP	0.8	350	5000	50	50	1000 ④	1500	12	2	8	1
SEVERED FUELED SECTION	H4-20733	H4-18201	142.65 140.9	67	54 IN. FROM BOT.	0.5	350	5000	50	50	1000 ⑤	1500	6	1	4	1
COMPLETE TEST TRAIN ONLY	H4-20733	H4-18201	435.94	276	220 IN. FROM TOP	1.0	350	5000	50	50	1000 ⑤	1500	6	1	4	1
PRESSURE & FLOW TUBE ONLY	H4-21873 H4-21857	H4-18201	416.56	1330 ①	220 IN. FROM TOP	1.2	3000	5000	50	50	1000	1500	6	1	4	1
TOTAL ASSEMBLY	H4-2-733	H4-18201	475.56	1606 ①	228 IN. FROM TOP	1.2	3000	5000	50	50	1000 ④ ⑤	1500	6	1	4	1
CLOSED LOOP JUMPER ASS'Y	H4-23727 H4-23522	NOT ASSIGNED	331.16 ③	928	103 IN. FROM TOP	0.8	3000	5000	50	50	1100 ④ 1000 ⑤	1145	6	2	6	2
POTA	H4-22958	H4-18300	336.38	1100	175.5	0.5	3000	5000	50	50	1265 ④	1265	6	2	6	2
POTA, FULL ASS'Y, PRE-RAD.	T80	H4-18300	483.5	1580	T80	0.8	3000	5000	50	50	1265 ④ ⑤	1265	6	2	6	2
STALK ONLY, POST-RAD	T80	H4-18300	339.5	1220	T80	0.5	3000	5000	50	50	1265	1265	6	2	6	2
FUEL ASS'Y, POST-RAD	T80	H4-18300	144.0	360	76 IN. FROM TOP	0.8	3000	5000	50	50	1265 ⑤	1265	6	2	6	2
N/A. (NOT DEFINED)			42 FT. WITH ADAPTOR													

NOTE:

- ① ASSEMBLY CENTERLINE LIES IN A PLANE. MEASUREMENT SHOWN IS THE MAXIMUM DEVIATION OF THAT CENTERLINE FROM A STRAIGHT LINE CONNECTING THE CENTERLINE END POINTS OF THE ASSEMBLY. MAXIMUM RADIAL BOW IS EXPECTED TO BE NEAR THE AXIAL CENTER OF THE FUEL CONTAINING SECTION. ENVELOPE CONSIDERATIONS SHOULD INCLUDE RADIAL SWELLING DUE TO IRRADIATION WHICH IS NOMINALLY 4% OF CROSS-SECTION DIAMETER AND AN EXPECTED MAXIMUM AXIAL GROWTH OF 1 INCH.
- ② VALID FOR PRE- AND POST-IRRADIATION. ASSEMBLY WEIGHT IS NOT INCLUDED IN THIS VALUE.
- ③ WEIGHT AND C.G. INCLUDE EFFECT OF 100 LBS OF SODIUM.
- ④ TEMPERATURE SHOWN APPLIES TO IN-REACTOR SECTION ONLY. SECTION REMAINING ABOVE HEAD AT INSTALLATION CONTAINS SEALS WITH LIMITS AS FOLLOWS:  
ELASTOMER O-RINGS, 400°F  
METALLIC RINGS, 500-1000°F  
DEPENDING ON LOCATION
- ⑤ WHEN REQUIRED BY THE EXPERIMENTER FOR TEST OR SURVEILLANCE ASSEMBLIES TO PRESERVE MATERIAL PROPERTY DATA THE NORMAL VALUES ALLOWED WILL BE REDUCED TO 800°F OR IN NO CASE GREATER THAN 50°F ABOVE THE TEST TEMPERATURE. THIS REDUCED VALUE APPLIES TO LONG TERM STORAGE AND TRANSFERS. NOMINALLY GREATER THAN ONE HOUR. STORAGE AND TRANSFERS LESS THAN ONE HOUR WILL RETAIN THE 1000°F LIMIT.
- ⑥ WEIGHT SHOWN IS THE ASSEMBLY SUSPENDED IN AIR.
- ⑦ PRE-IRRADIATION LENGTH.
- ⑧ ASSEMBLED, BUT NOT INSTALLED.
- ⑨ PRESSURE BOUNDARY, 1000°F.
- ⑩ AXIAL VALUE APPLIES TO THE BOTTOM END ONLY.

LENGTH ABOVE CORE INCHES	MAXIMUM ALLOWED LOAD, LBS
100	400
60	800
50	1800
40	2800
<40	3000

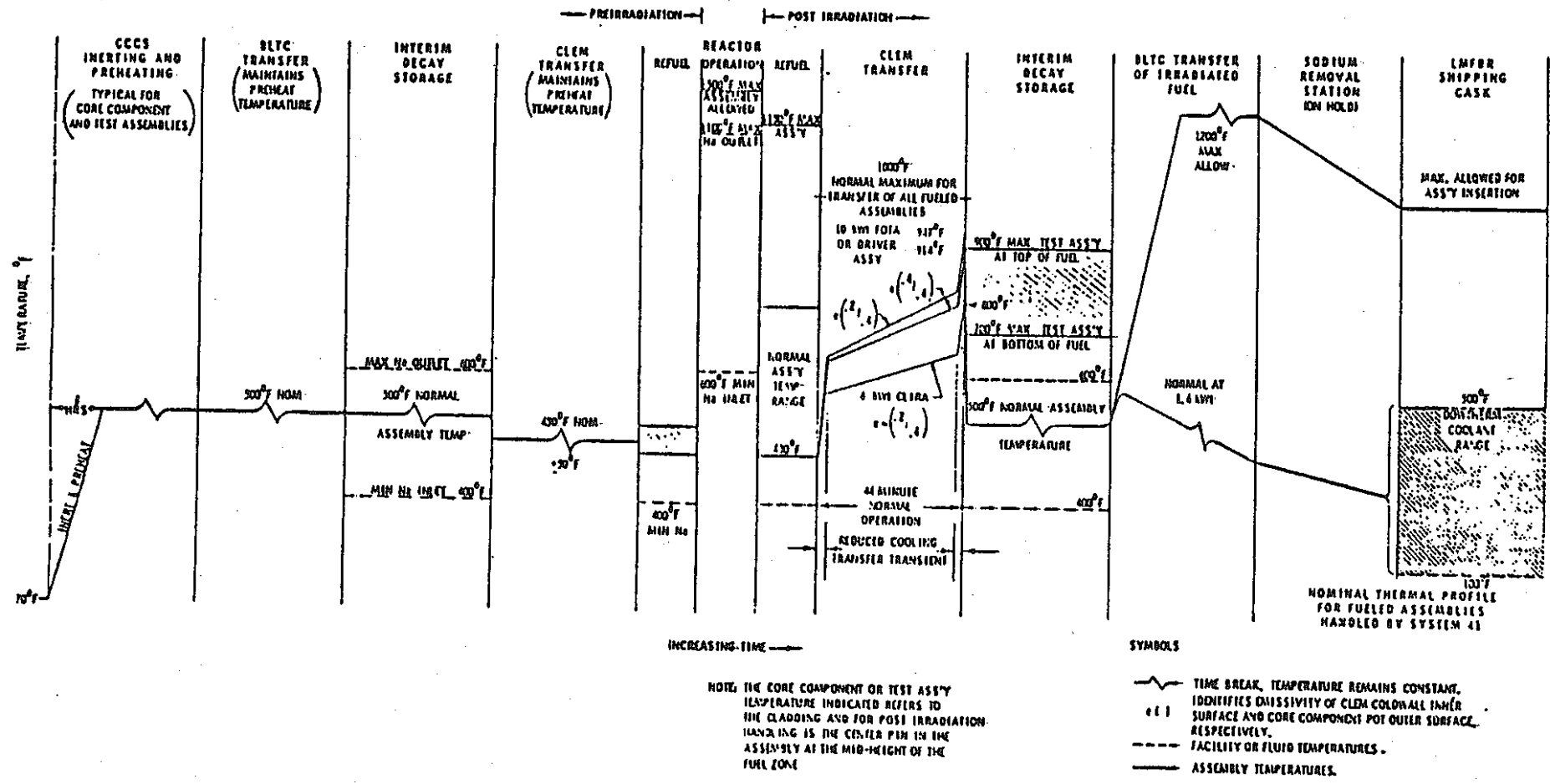
  

⑬ 100	1800
90	2500
<80	3000

⑬ ASSEMBLY IS MECHANICALLY SAFE AT 2g.







4.2.1.12 Decay Heat Curve for Fuel Handling

#### 5.4.2.2 CRBR

EVTMは、図4.2.7.1～3に示す様に、炉内とEVST間の使用済及び新燃料の移動と使用燃料のEVSTから燃料取扱セルへの移動を行う。

使用済燃料の移送時は、炉内からEVST間においては、ポットに入れられた状態で行われ、EVSTからセル間は、燃料が直接ハンドリングされる。

従ってグリッパは、炉心構成要素間と移送ポット用の2種類を使いわけると。

グリッパの駆動方法は、ドラム等が大きくなりすぎるという理由からチェーン方式が採用された。

チェーンは、5年ごとのメンテナンス時に交換される。又、地震時の走行部のクランプは、wheel clamp方式をやめtaper部を両側からしめつける方式とした。

炉心構成要素用ポットは、Siphon Pipeが埋めこまれており、EVTM内のナトリウムドロップの量の低減化を計っている。

使用済炉心構成要素は、移送中、ポット内のNaの自然循環により、冷却される。

出入機の位置決めは、台車の走行・横行の動きでなされる。

移動先のドアバルブにはターゲットがあり、それにより、位置決めがなされる。

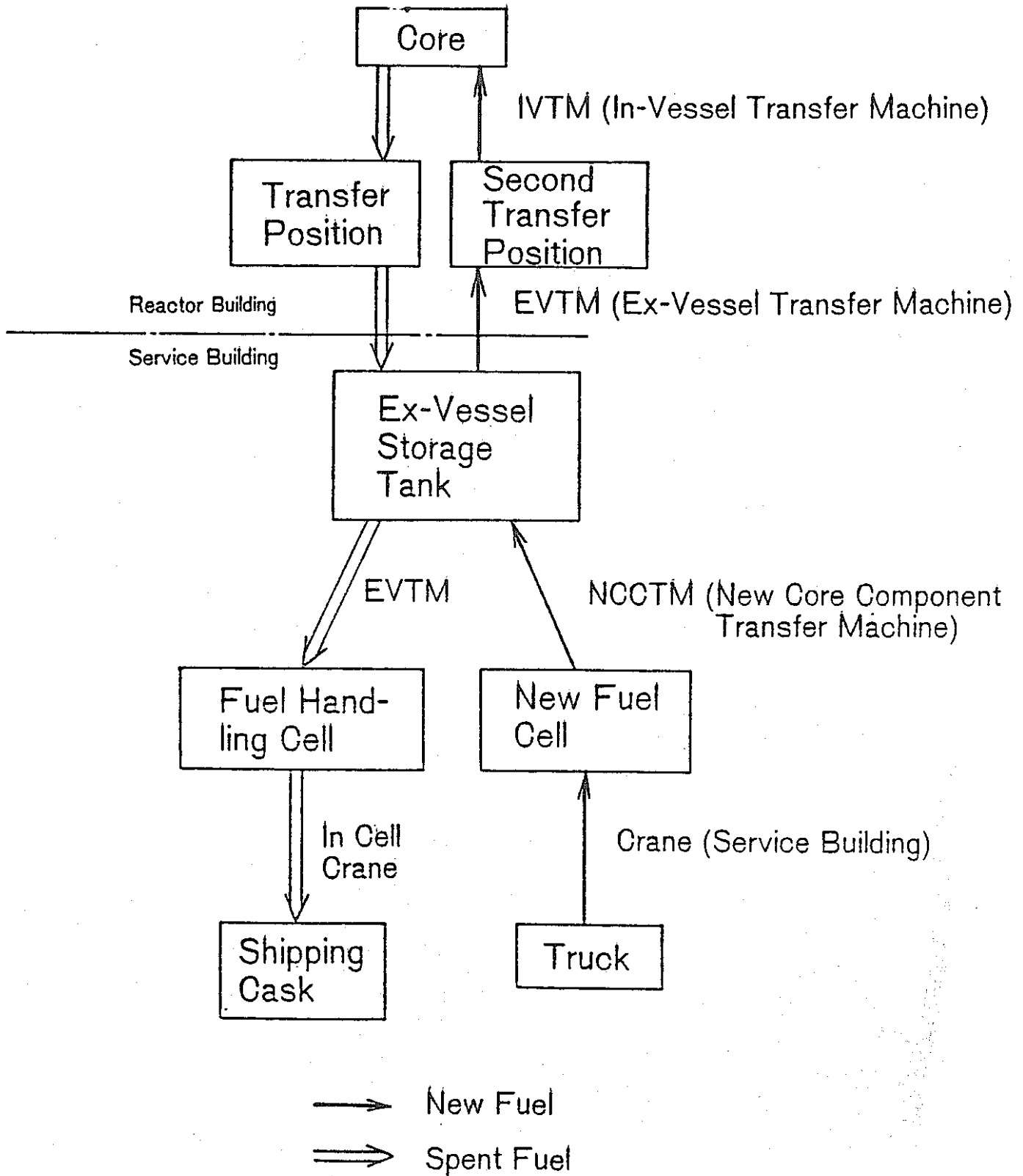


図 4.2.2.1 CRBR の燃料取扱ルート

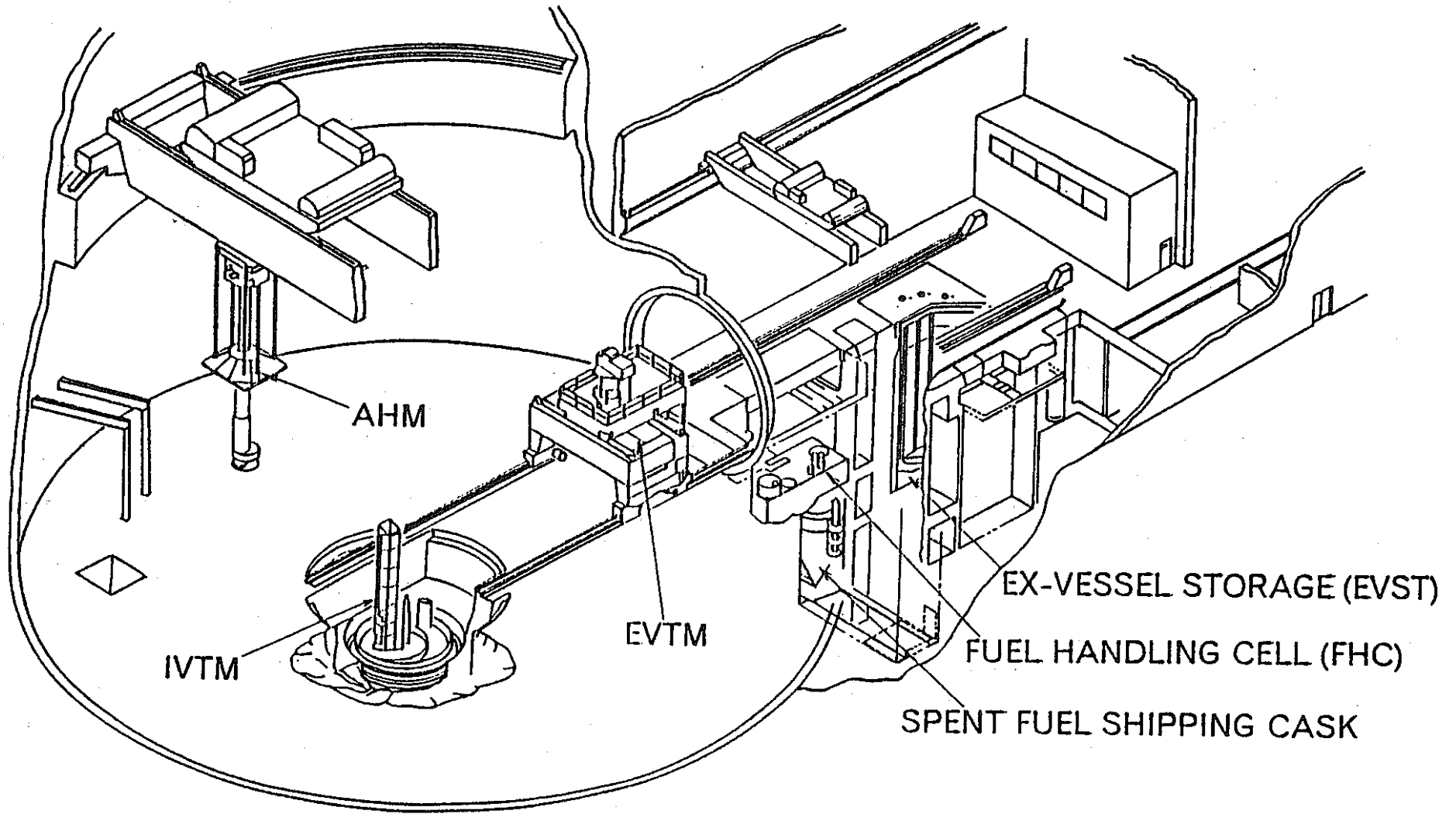


图 4.2.2.2 Arrangement of CRBR



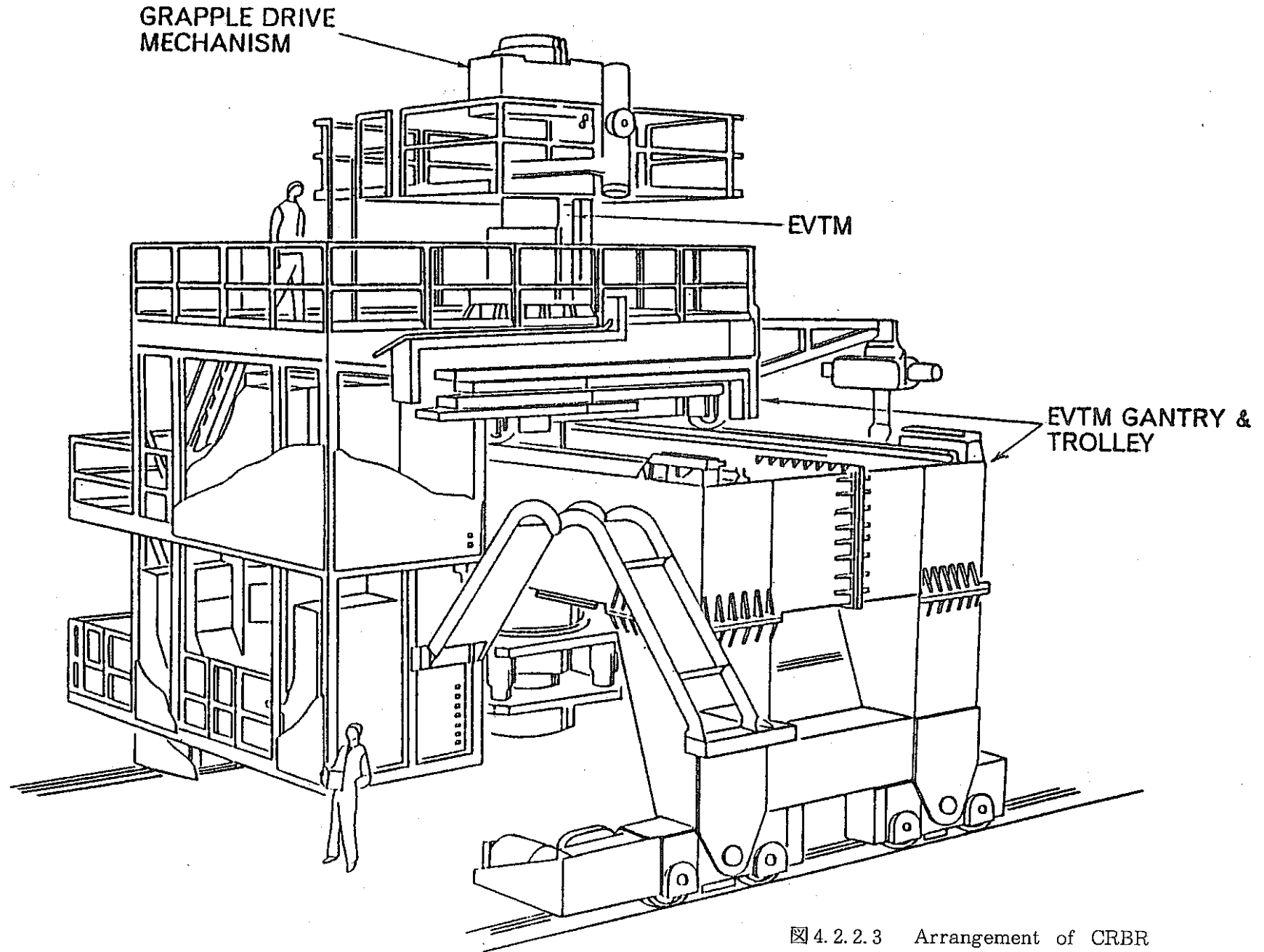


图 4.2.2.3 Arrangement of CRBR

#### 5.4.2.3 FR（燃料移送フラスコ）

トランスファロータにより、原子炉ポート側に移動された使用済炉心構成要素は、このフラスコにより、ケイブポートに移送される。

フラスコには、グリップ機構とNaで満たされたバスケットに入れられた燃料集合体を昇降するウインチユニットが組合わされている。

このトランスファロータには、20体分の貯蔵ラックがあり、ここで炉心から取り出された構成要素は、30日間冷却される。

この貯蔵ラックは、二次ナトリウム中にある。

一次ナトリウム（炉心内）と二次ナトリウムの仕切は、排出ポートバルブ（Discharge Port Valve）により行われ、炉心とトランスファロータとの間の構成要素の移動時に開とされ移送ルートを形成する。

このバルブは、ステンレス円筒でフラップバルブが付いており、閉じた時は、一次系と二次系を完全にシールする。

フラスコとトランスファロータとの取合は、シールドルーフ上のドアバルブによって行われる。（図 4.2.3.1 参照）

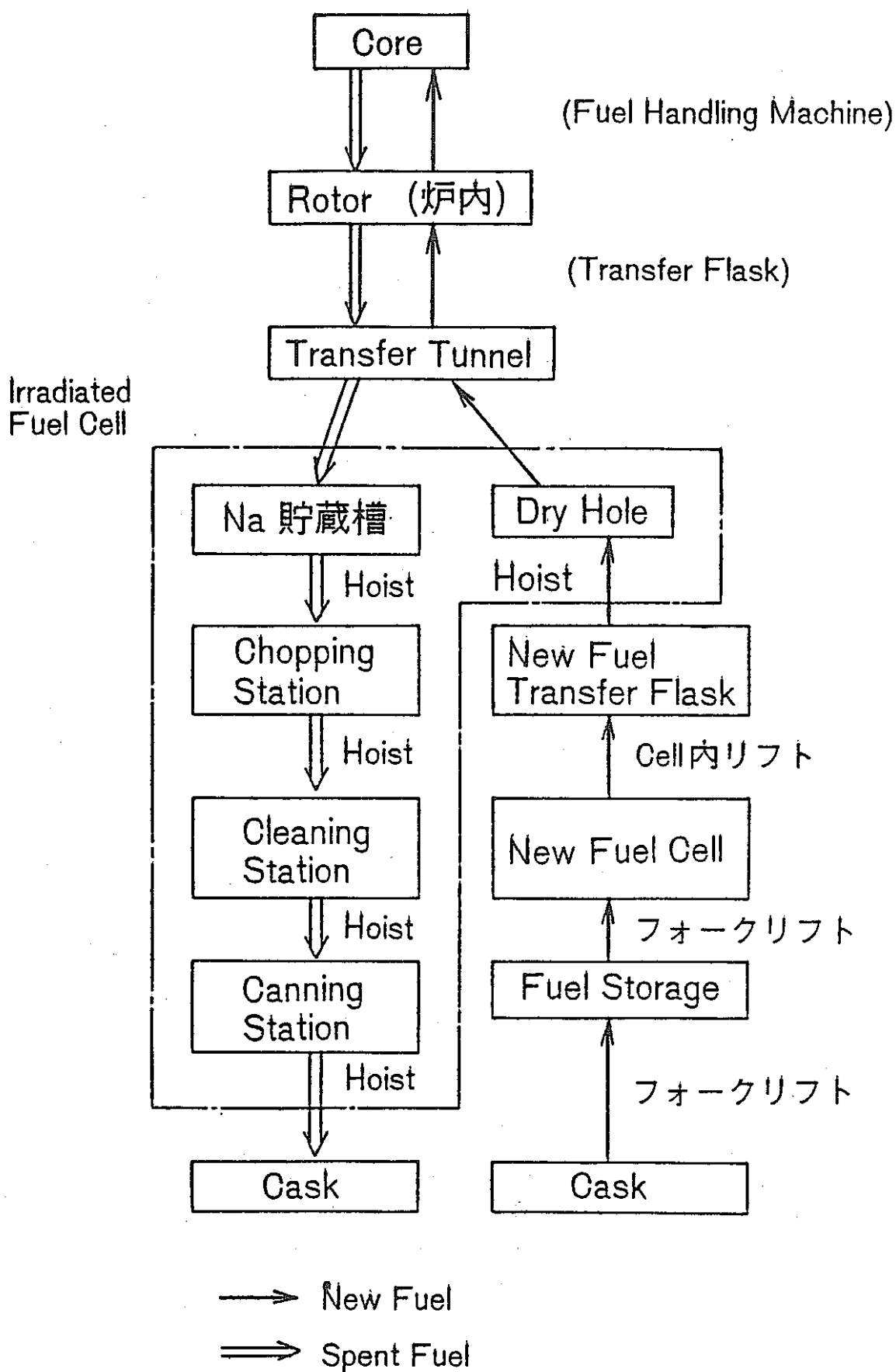


図4.2.3.1 PFRの燃料取扱ルート

#### 5.4.2.4 C. D. F. R

CDFR は、炉外移送にシュート方式を採用している。(原子炉及び EVST 側の両方に傾斜したランプ方式が採用された。)

各ランプの上端は、コンパクトな燃料トランスフェセルに接続され、セル内には、燃料を原子炉から EVST にあるいは、その逆に移送する為のロータが設置される。

燃料は、バスケットに入れられ、シュート内を斜めに上下動するが、これは、2 基のウインチにより行なわれる。

バスケットは、燃料挿入と取出しの為に垂直位置に移動されるが、この為、固定カムが各ランプの下端にある。

尚、このバスケット付ウインチは、検査と保守の為に容易に取り出しと交換が可能である。又、2 基のウインチで燃料は同時に両方向に移送できる。

原子炉から EVST までの通常移送期間中に燃料の冷却は、以下の様になっている。

ランプ管外表面は、ガス冷却システムにより冷却され、バスケットの表面から熱放射によりランプ管に伝わる熱を除熱する。

バスケットの設計熱容量(ナトリウムを含むかは不明)は原子炉から EVST までの通常移送期間中に燃料被覆管温度が原子炉運転中における温度以下になる様配慮されている。

崩壊熱除去系の除熱能力は、定常時約 30KW である。

#### 5.4.2.5 PHENIX

図 4.2.5.1～4 に示す様に、燃料出入は、シュート方式を採用している。

原子炉及び EVST 側の両方に傾斜したランプ方式をとっている。

炉内へ移送される集合体及び炉外へ移送される集合体は、炉内及び EVST の両側にあるバスケットにいったん入れられる。ランプの下端には、アーム機構があり、バスケットの傾斜及び垂直にする操作が行われる。

図だけからでは、よく分からないが、燃料は、バスケットごと又は、燃料だけ、ランプ上端のセル内へ引き上げられ、そのまま炉内又は EVST 側へスライドする様である。この為、N/F, S/F 一対の同時取扱いは、行えないと思われる。

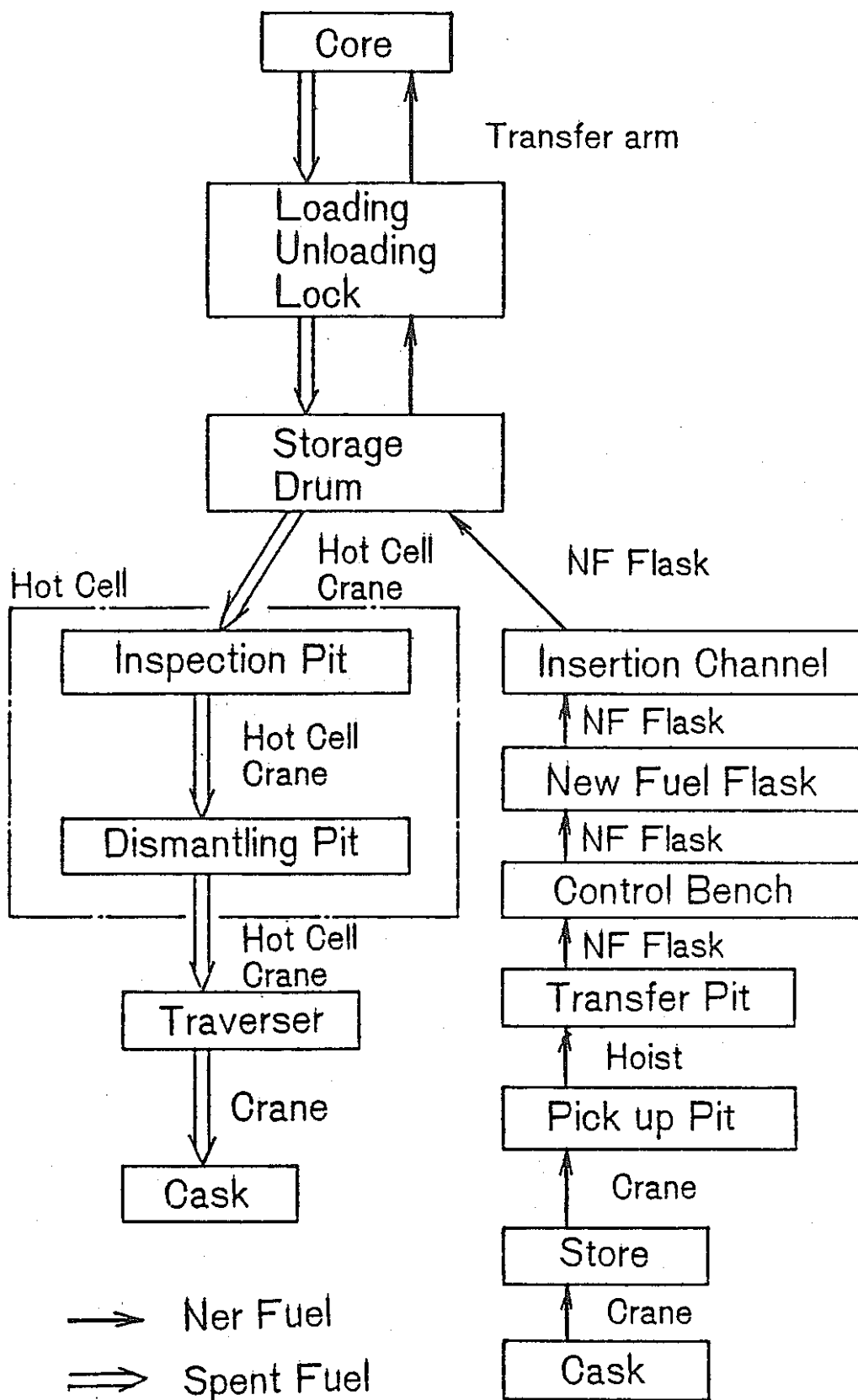
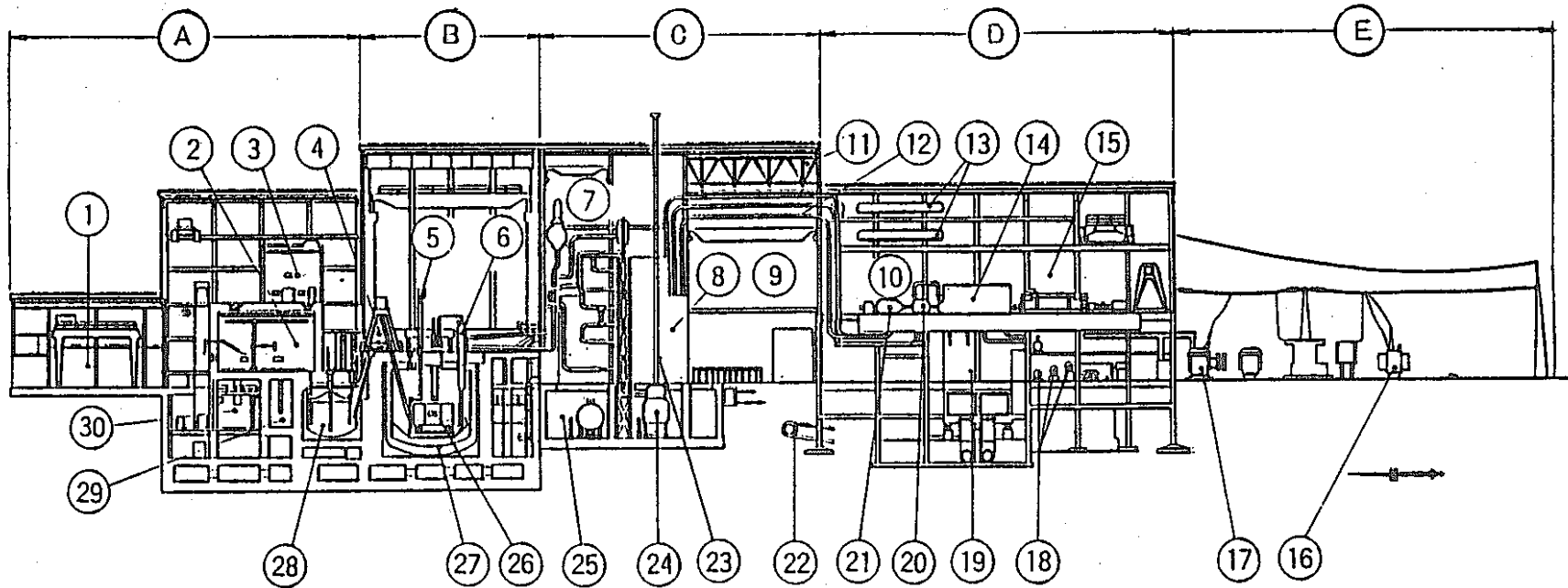


図4.2.5.1 Phenixの燃料取扱ルート



**PLANT  
LONGITUDINAL  
SECTION**

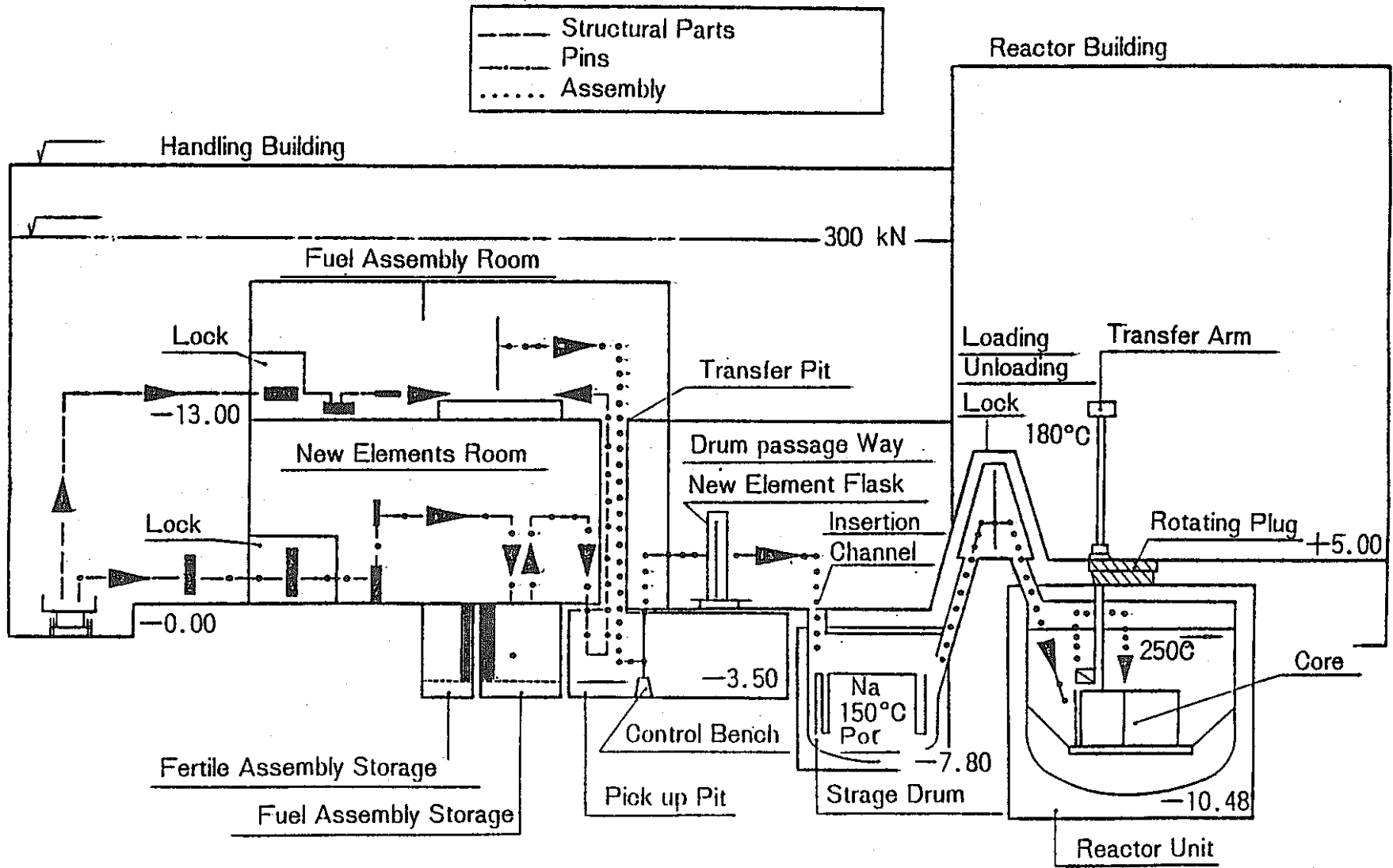
- A Fuel handling building
- B Reactor building
- C Steam generator building
- D Turbine hall
- E Switch-yard
- 1 Stores
- 2 Spent element cell
- 3 Upper cell
- 4 Loading/unloading lock

- 5 Transfer arm
- 6 Primary sodium pump
- 7 Secondary sodium pump
- 8 Steam generator
- 9 Dismantling area for steam generator modules
- 10 Turbine
- 11 Buffer tanks
- 12 Steam collectors
- 13 H.P. reheaters
- 14 L.P.
- 15 Alternator

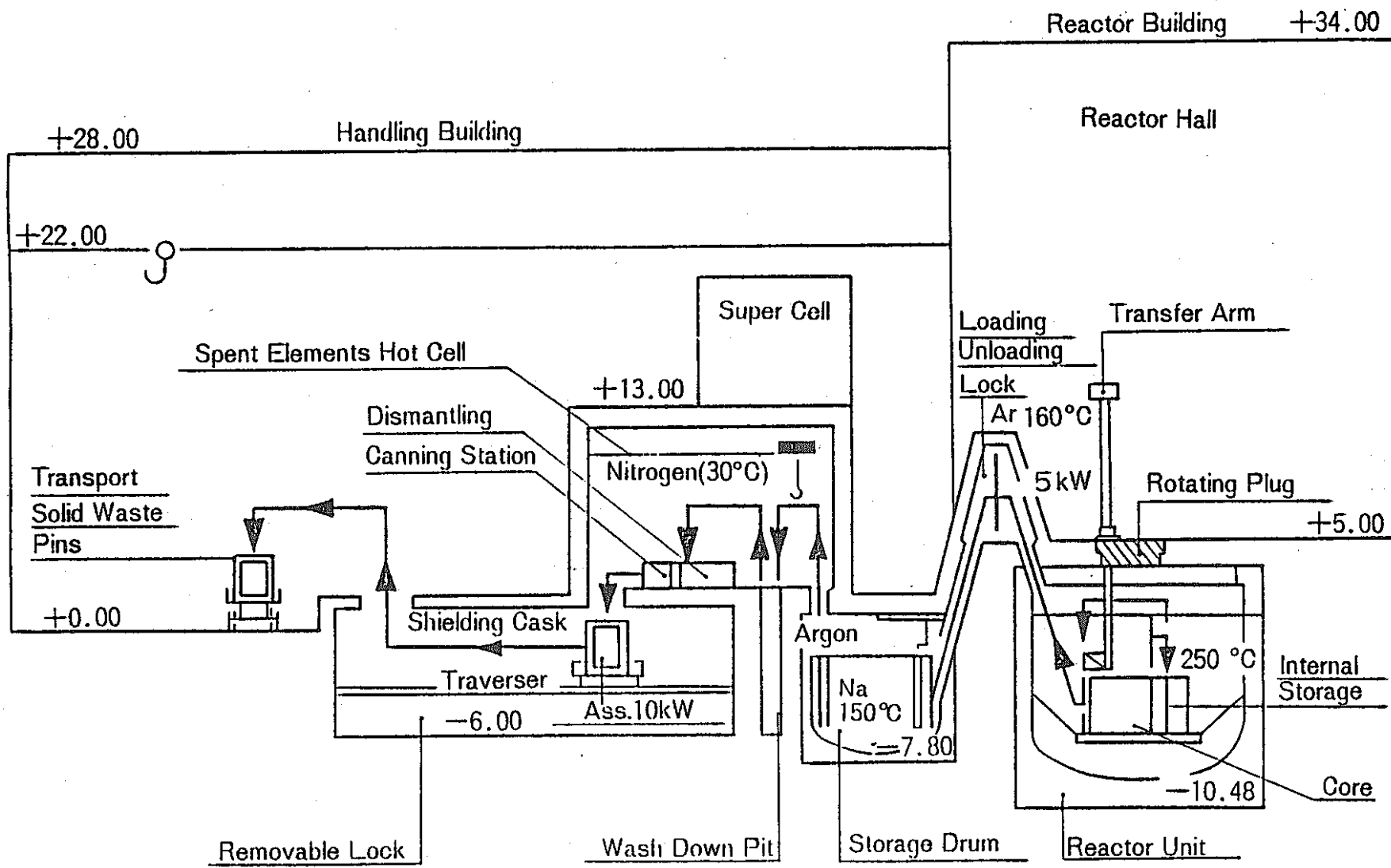
- 16 Local power supply transformer
- 17 Grid supply transformer
- 18 L.P. reheaters
- 19 Condenser
- 20 M.P.
- 21 H.P.
- 22 Condenser cooling water
- 23 Discharge stack
- 24 H/Na separator
- 25 Secondary sodium storage tank
- 26 Core

- 27 Reactor block
- 28 Storage drum
- 29 Spent element cleaning area
- 30 Cask exit

☒ 4.2.5.2 Arrangement of the PHENIX



4.2.5.3 Phenix Flow of New Fuel Assemblies



☒ 4.2.5.4. Phenix Flow of Spent Fuel Assemblies



#### 5.4.2.6 SUPER PHENIX

スーパーフェニックスは、炉外移送にシュート方式を採用している。(原子炉及びEVST側の両方に傾斜したランプ方式がとられている。)

各ランプの上端は、トランスファーチェンバーに接続され、チェンバー内には、燃料を原子炉からEVSTあるいは、その逆に移送する為の回転トランスファーが設置されている。

燃料はシュート内を斜めに上下動し、上端に引き上げられた状態で、炉内あるいは、EVST側へ、一対の集合体が回転される。(図 4.2.6.1 参照)

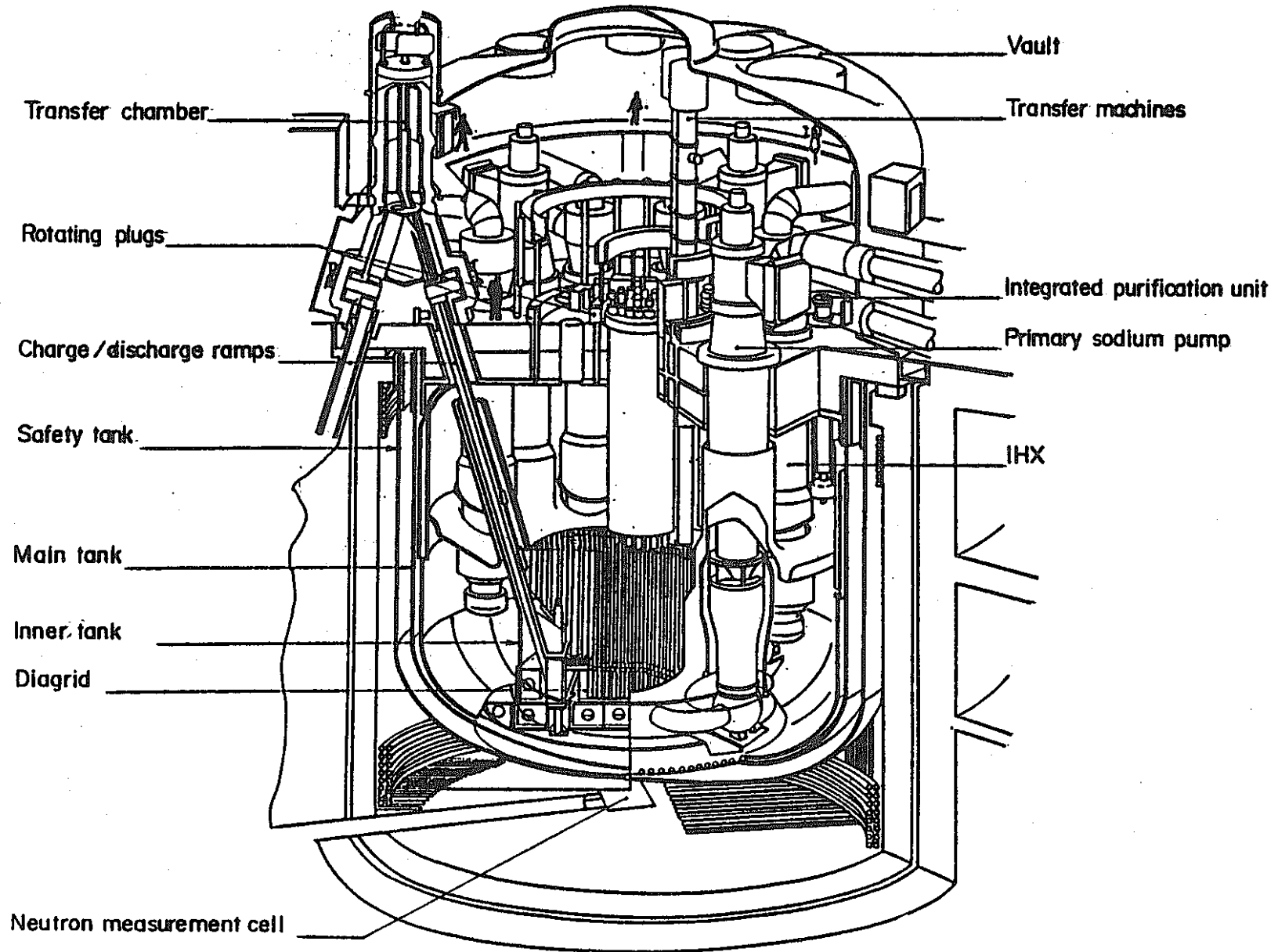


图 5.2.6.1 SUPER PHENIX

#### 5.4.2.7 SNR - 300

燃料出入機は、フラスコ WF、フラスコ WV、ホイスト HZ、冷却システム及び輸送装置からなる。

ガスシールと遮蔽能力をもつ WF は、ポットに入った状態ならば崩壊熱は 12KW、裸の状態ならば 2KW までの取扱いが可能である。

フラスコ WV は、洗浄された燃料及び缶詰された燃料を、特別な冷却装置なしで、崩壊熱 2KW まで取扱える。

又、このフラスコは、回転プラグ上及びハンドリングステーション上に据付けられる機器の様々な機器を取扱う。

ホイスト HZ は、新しい S/A を、プラントの受取りからトランスファポジション(ショッピングコンテナ)までの移送を行う。

Ar ガス強制循環冷却システムは、フラスコ WF に接続され、燃料移送の遅れた場合及び、照射燃料セル内で検査が行われている間の冷却を行う。

この T/M の総重量は、3800KW である。

図 4.2.7.1 及び図 4.2.7.2 参照。

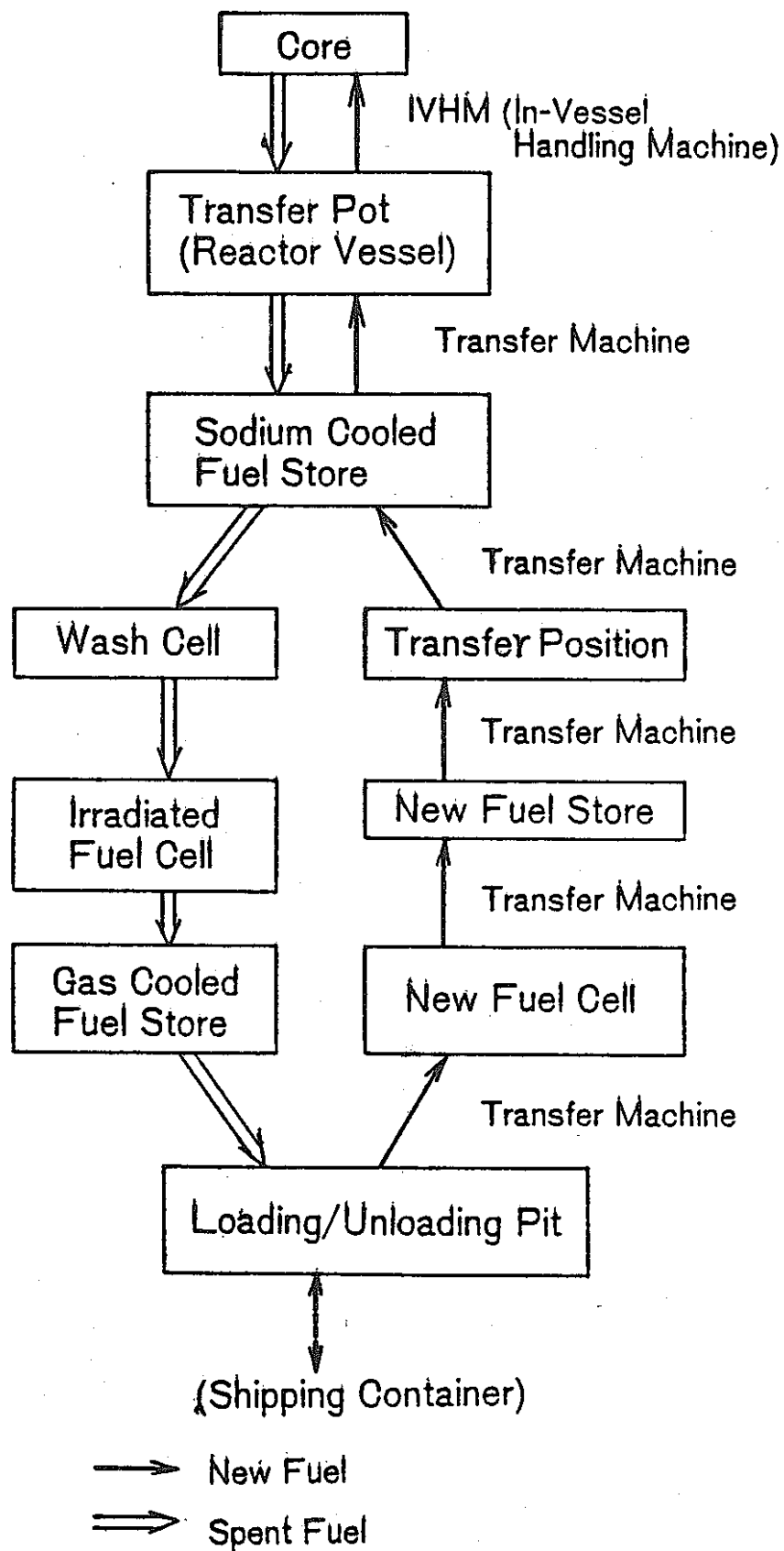
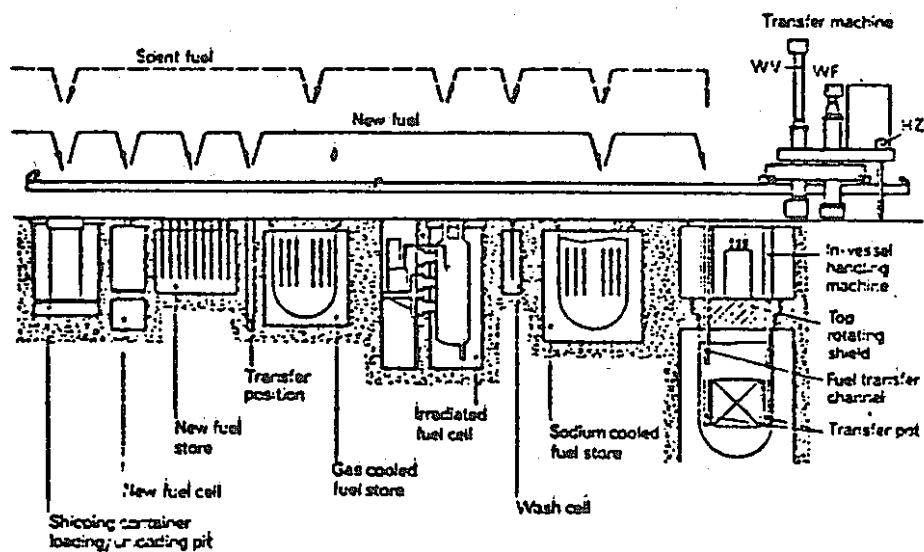


図 4.2.7.1 SNR-300 の燃料取扱ルート



☒ 4.2.7.2 Principal arrangement of reactor and fuel handling scheme.

#### 5.4.2.8 BN-350

燃料出入設備は、図 4.2.8.1 に示す様に、燃料出入リフト及びトランスポーターからなる。

リフトによりポーターとの取合点まで引き上げられた使用済燃料は、ポーターに収容され、Exhaust ドラムまで移送される。

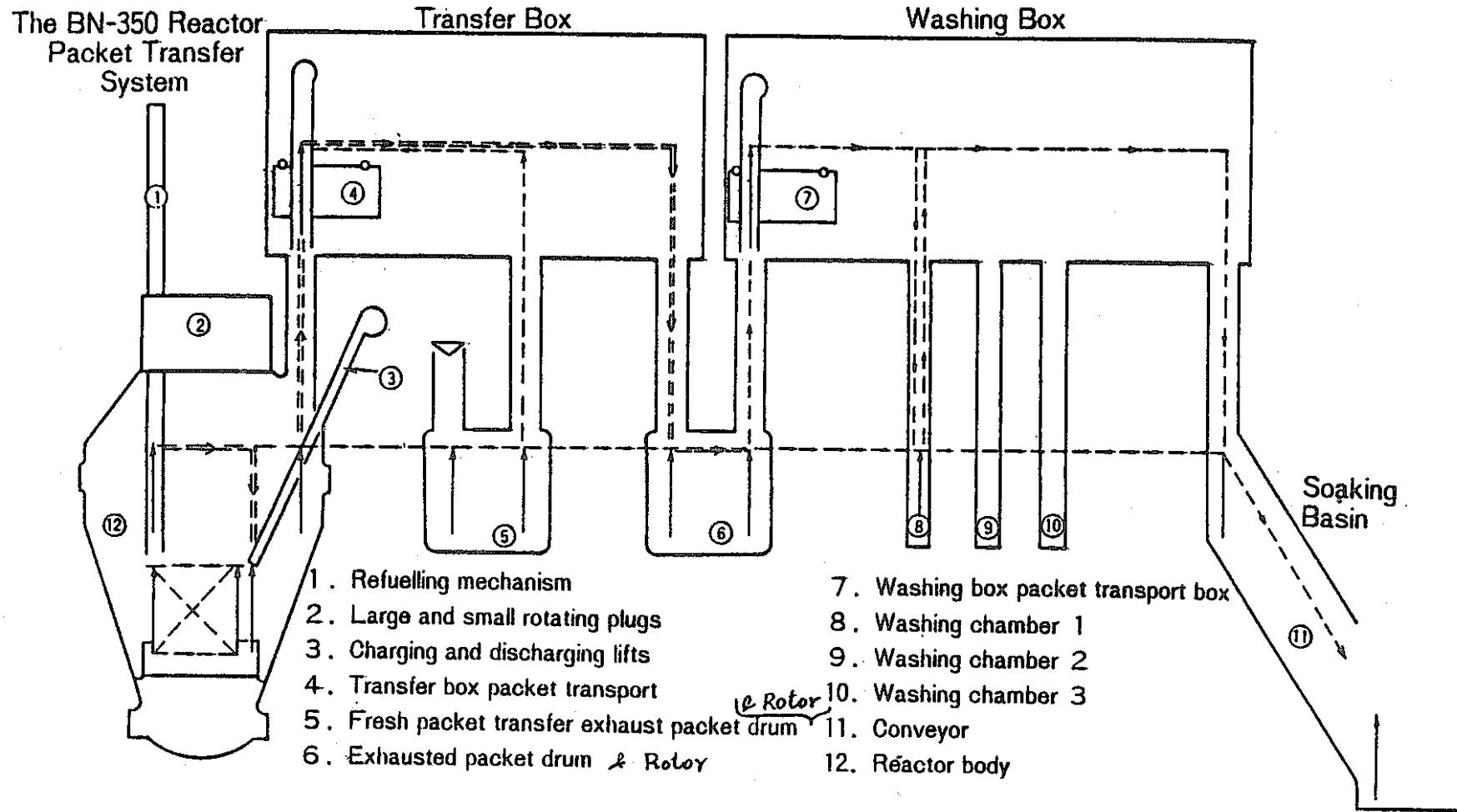
一方、新燃料は、新燃料移送ドラムから、同じポーターによりリフトまで移送される。

#### 5.4.2.9 BN-600

燃料出入設備は、図 4.2.9.1 に示す様に、燃料出入リフト及びトランスファーセル内のトランスファーロータからなる。

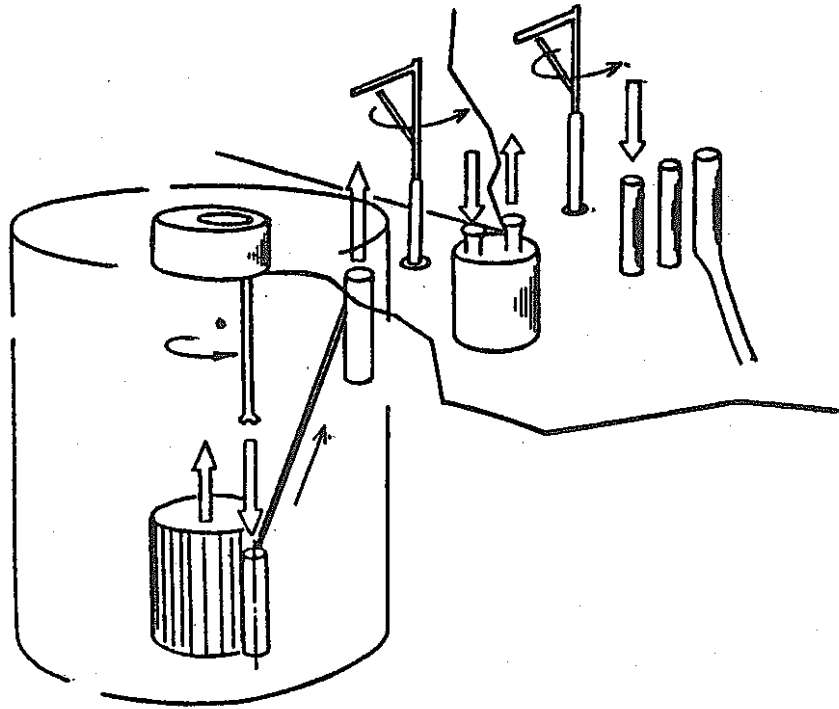
トランスファーロータは、それ自身ハンドリング機能を持ち、リフトとの取合点において、使用済燃料を吊り上げ、その後、ロータを回転させることにより新燃料を原子炉側に移動させ、リフトまで新燃料を吊り降ろす。

使用済燃料は、Storage & トランスファーロータ側へ回転させられ、ロータ内へ吊り降ろされる。

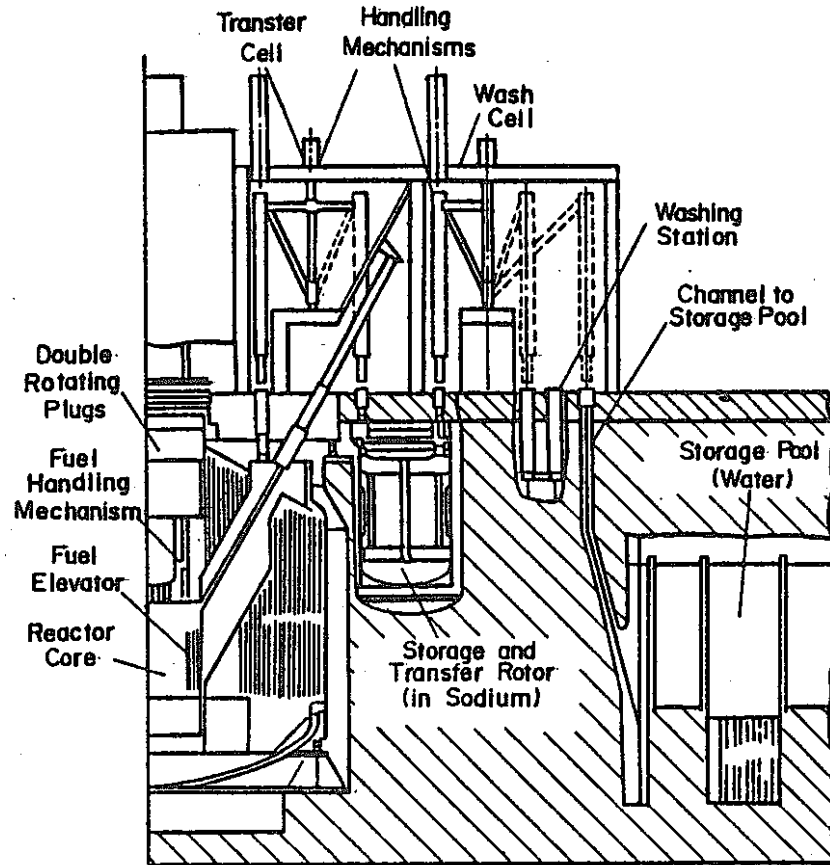


- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| 1. Refuelling mechanism                      | 7. Washing box packet transport box |
| 2. Large and small rotating plugs            | 8. Washing chamber 1                |
| 3. Charging and discharging lifts            | 9. Washing chamber 2                |
| 4. Transfer box packet transport             | 10. Washing chamber 3               |
| 5. Fresh packet transfer exhaust packet drum | 11. Conveyor                        |
| 6. Exhausted packet drum & Rotor             | 12. Reactor body                    |

图 4.2.8.1 BN-350 Reactor Packet Transfer System



BN-600 refueling system.



BN-600 refueling system .

☒ 4.2.9.1 BN-600 Refueling System



## 5.5 燃料移送設備

燃料受入貯蔵設備は、燃料製作工場等から送られて来た新燃料等の炉心構成要素を受入れた後、炉心へ挿入する準備のため検査、貯蔵しておく設備、及び使用済燃料等を炉心から取出した後、崩壊熱除去のための貯蔵、洗浄、検査及び再処理施設へ送り出す為の貯蔵又は破損燃料等の燃料検査施設へ送り出すための一連の設備である。

使用済燃料等取扱いに関する主要設備としては一般に炉外燃料貯蔵設備、燃料洗浄設備外観検査装置、水中燃料貯蔵設備及びその間の移送設備から構成されている。

炉外燃料貯蔵設備は炉心から取出した使用済燃料の崩壊熱除去等の為の貯蔵、及び炉心へ挿入するために新燃料等の中継を行うものである。炉外燃料貯蔵槽（EVST）は第2の炉心と称される事がある様に冷却系、補助系を持つ大規模な設備となりやすいので建設コスト低減を計るためにも適正な貯蔵量とし小型化を計る必要がある。なお炉外燃料貯蔵方式に対する概念として炉内燃料貯蔵方式がある。Super Phenix IIではSuper PhenixのEVSTの大型化に伴ないコスト削減の観点から炉内燃料貯蔵方式を採用する動きがある。炉内燃料貯蔵槽（IVST）には炉内流動の複雑化、炉容器遮蔽問題、炉容器の大型化等も考えられ、炉型式を含めて十分比較検討し選択すべきと考える。

燃料受入れ貯蔵設備として今後更に検討を加える必要がある項目の一つとして、使用済燃料の貯蔵方式がある。貯蔵方式は使用済燃料の健全性が確保され、更に経済性を高めるためコスト削減を考慮して決定されなければならない。実験炉「常陽」では水封入ボルト締による簡易缶詰方式、原型炉「もんじゅ」ではHeガス封入による密封缶詰方式を採用している。実証炉では経済性に重点を置き、水中裸貯蔵が望ましいが、フェライト化した被覆管の水中での腐食、応力腐食割れ等のデータが現在不足している。今後R&Dでつめる必要がある。

海外高速炉の使用済燃料の貯蔵方式にはガス封入方式が多いが、また確立したものでなく、水中貯蔵方式のR&Dが各国で実施されている様である。

我国においても当面は水中裸貯蔵方式及び水封入ボルト締缶詰方式に関する技術的見通しを得る為の検討を進めるべきであると考ええる。

なお将来の高速炉の実用化時代を考慮し、ナトリウム移送キャスクの採用により、再処理施設で一括して洗浄、処理をする様にし、また原子炉サイトではEVSTのみとして水プールを削除し、コスト低減を計ることも考える必要がある。

### 5.5.1 我国の燃料移送設備

#### 5.5.1.1 「常陽」の燃料受入貯蔵設備

##### (1) トランスファロータ設備

トランスファロータは格納容器の境界にあって、格納容器内の燃料移送と格納容器外の燃料移送の中継基地となっている。また格納容器内での燃料移送はナトリウム中で行われ

るのに対して、格納容器外での燃料移送はアルゴンガス中で行われ、トランスファロータがナトリウムの境界としての役割をも有している。格納容器にとりつけられた円筒形のケーシング中にポットを置くためのラックをもつ回転機構があり、格納容器内外にそれぞれドアバルブがとりつけられている。燃料出入機によって運ばれたポットは、格納容器内側のドアバルブを通してラックに置かれる。ラックを回転させて格納容器外側のドアバルブの位置に合わせ、キャスクカーのグリッパによってポット内の燃料をキャスクカー内に引上げる。トランスファロータ内部の雰囲気はアルゴンガスであり、ラックにはナトリウムの凍結を防止する予熱装置が設けられている。図 5.1.1.1 に概略図を示す。

## (2) キャスクカー設備

燃用取扱用キャスクカーは、使用済炉心構成要素をトランスファロータから燃料洗浄設備あるいは燃料検査施設 (FMF) へ移送し、新炉心構成要素を新燃料検査貯蔵室よりトランスファロータへ移送する。(図 5.1.1.2 に示す。)

キャスクカー内はアルゴンガス雰囲気、使用済燃料の崩壊熱除去および新燃料の予熱を行う。

キャスクカーへの清浄アルゴンガス供給および廃ガスの廃ガスタンクへの排出は、キャスクカーが各設備との接続位置に停止した際に夫々建屋側の配管接続部と結合して行われる。

使用済炉心構成要素をトランスファロータからキャスク内に収納した際にドアバルブに滴下したナトリウムはドアバルブ弁体上面のドリップパン上に貯められる。キャスクカーと各設備の双方のドアバルブの間は接続・切離の度にガスバージが行われる。

トランスファロータ、燃料洗浄設備および FMF との間では、夫々キャスクカーとの間で循環ガス系統が構成できる。燃料洗浄設備との循環系には、洗浄設備内に水分が残存しているため、それを除去するモレキュラーシープ式ベーパートラップがある。キャスクカー内には、炉心構成要素からのナトリウム飛沫を除去するベーパートラップが設けられている。

キャスクやドアバルブには使用済炉心構成要素の放射線を遮蔽するため鉛が鑄込まれ、また最外周部には、ポリエチレン遮蔽体が装備されている。

また、グリッパの洗浄のためには専用の点検設備がキャスクカー走行エリア下部に設けられている。

## (3) 新燃料貯蔵設備 (付属建家)

新燃料貯蔵設備は以下の機器により構成されている。

- a) 新燃料キャスク (輸送キャスク: 常陽外) よりスライドして取出されるキャスク内容を新燃料受入室から新燃料検査貯蔵室へ移送する燃料移送装置
- b) 新燃料検査貯蔵室にて燃料集合体を検査する新燃料検査装置

- c) 新炉心構成要素を取扱う際の天井クレーン形式の装填燃料移送機
  - d) 新燃料検査貯蔵室床部に設置され、検査後の新炉心構成要素を貯蔵保管し、かつ、雰囲気条件及び未臨界条件等の設計がなされた構造となっている装填燃料収納管
  - e) 地下の装填燃料移送室にあって、装填燃料移送機により装荷した新炉心構成要素を燃料取扱用キャスクカー移動領域まで移送する為の新燃料移送台車及び移送機側・キャスクカー側ドアバルブ(図 5.1.1.3 参照)
  - f) 新燃料移送時、燃料をトランスファロータナトリウム中ポットへ装荷する際、ポット内のナトリウム固化をはじめ熱衝撃による燃料の損傷を避ける為新燃料移送台車収納管内で加熱アルゴンガスを循環し予熱する新燃料予熱装置
- (4) 使用済燃料貯蔵設備(付属建家)

使用済燃料貯蔵設備には常陽がナトリウム冷却炉であること、プルトニウム燃料を使用することなどの理由から、特に次のような設備が設けられている。

a) 燃料洗浄設備

「常陽」の使用済燃料は、トランスファロータからキャスクカーへ移る際、ナトリウム雰囲気から不活性ガス雰囲気へ変るが、キャスクカーに移された燃料には、かなりのナトリウムが付着しており、このままではナトリウムと水との反応生成物である苛性ソーダによる腐食などの好ましくない現象が起こることが予想される。

「常陽」ではトランスファロータから使用済燃料を取り出したのち、ただちにナトリウムを洗浄する方式を採用している。洗浄方法は冷却材として流しているアルゴンガス中に徐々に乾燥水蒸気を混ぜて、ナトリウムと反応させ、反応が終了したところで反応生成物を水で洗い落とす方式をとっている。

b) 燃料缶詰設備

原子炉から取出された使用済燃料集合体は、約 1.5KW の崩壊熱約 60 万キュリーの放射能を持つ。軽水炉などでは、明らかに破損しているものを除いて燃料はそのまま水中に貯蔵されるが、「常陽」の場合プルトニウム含有率が高いこと、および洗浄の際残留した苛性ソーダによる腐食などを考慮して、燃料はすべて缶詰にして貯蔵する方式であり缶はステンレス鋼でつくられ、缶内には水を入れて除熱の際媒体となるように設計されている。缶詰にされた使用済燃料は、燃料缶詰設備に隣接した水プール中に使用済燃料移送機で貯蔵冷却される。貯蔵量は約 200 本である。(図 5.1.1.4 に同設備の概略図を示す。

(5) SFF(新燃料及び使用済燃料貯蔵設備)

a) 新燃料貯蔵設備

新燃料貯蔵設備は、新燃料用構内輸送キャスクにて、付属建家新燃料受入室から運ば

れた新炉心構成要素を貯蔵する設備である。貯蔵室に運ばれた新炉心構成要素個々には、それぞれ新燃料グリッパがつけられ、天井クレーンにてこのグリッパを吊り上げ、新燃料収納管に収納される。

収納された新炉心構成要素は、グリッパで吊られた状態で収納管に保管される。

尚、本設備には、収納管内をアルゴンガス雰囲気置換し、新炉心構成要素の発錆を防止する為のアルゴンガス設備がある。又、収納管およびグリッパは64体ある。

b) 使用済燃料貯蔵設備

使用済燃料貯蔵設備は、燃料移送機及び貯蔵ラックから構成される。

燃料移送機は、燃料移送機本体、燃料移送機台車、軌道より構成され、キャスクピットの底に置かれた輸送キャスクより使用済燃料集合体等を収容した缶詰缶を吊り上げ水冷却池水中に設置されている貯蔵ラック上の任意の位置まで走行・横行して貯蔵ラックに装荷する作業及びこの逆を水中にて行い、グリッパ及び案内管を除き水面上大気中に設置される。

貯蔵ラックは、水冷却池水中に設置され使用済燃料集合体等を収容した缶詰缶600体を貯蔵するものである。

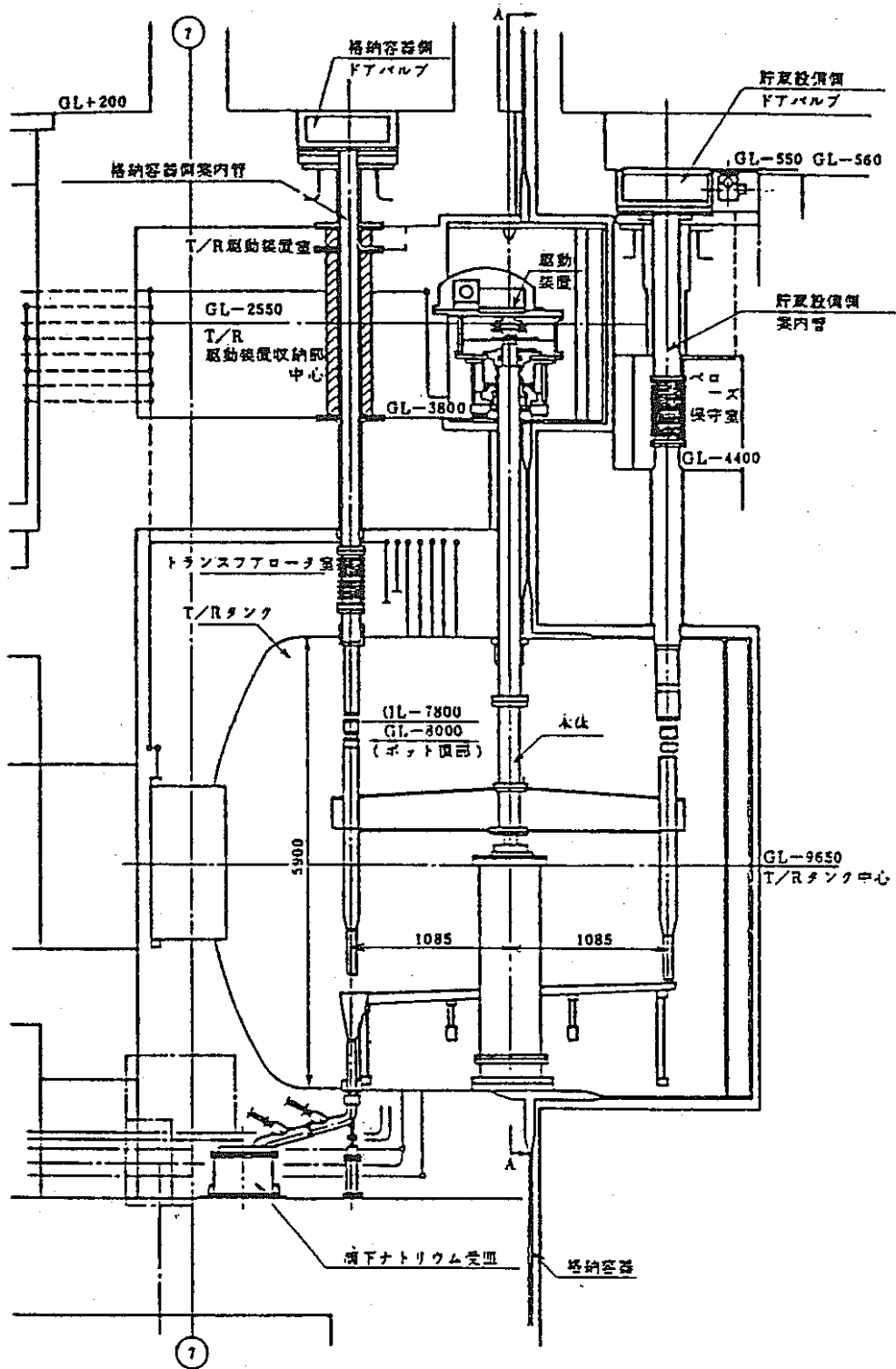


図 5.1.1.1 トランスファロータ概略図  
Transfer Rotor

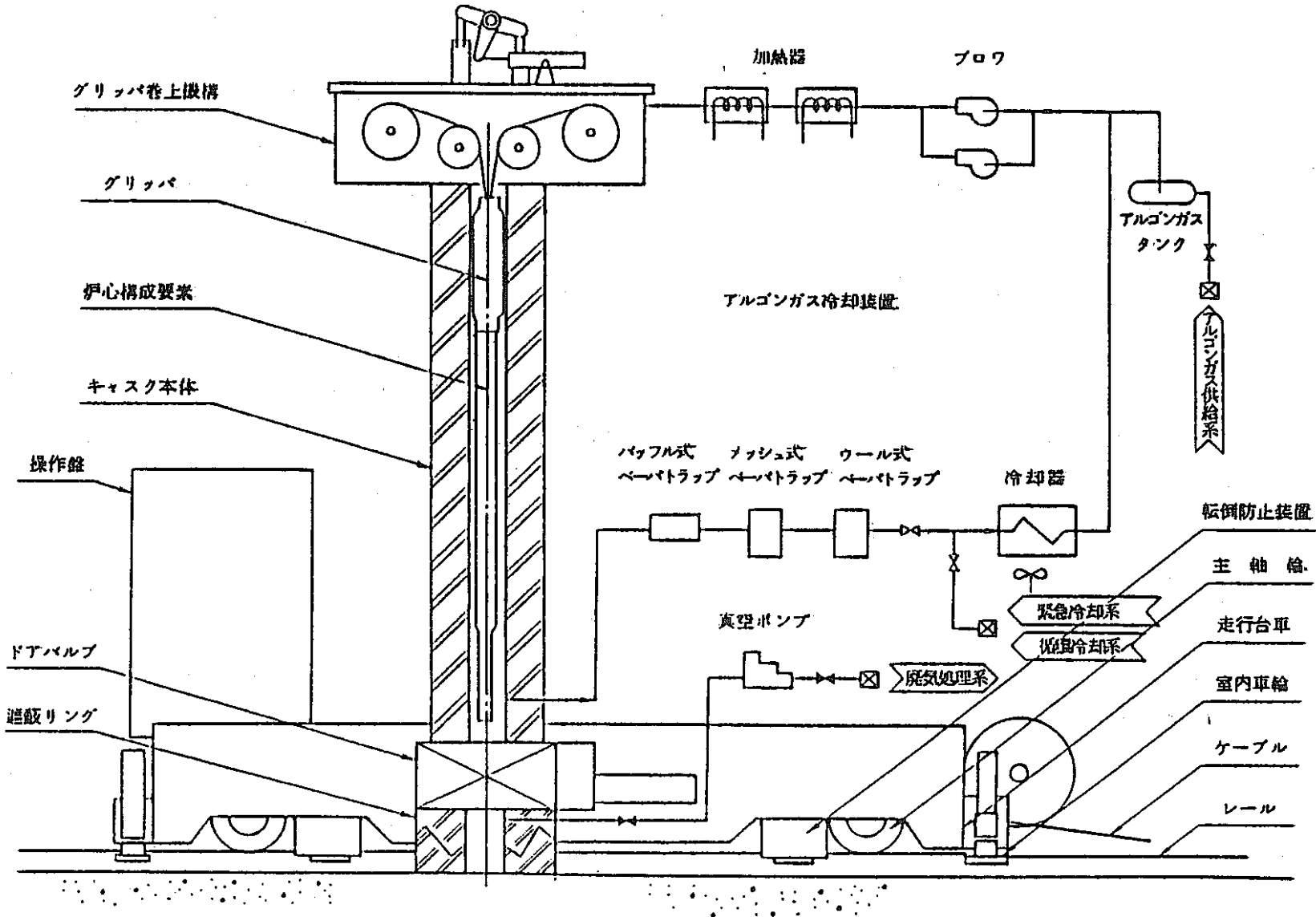


図 5.1.1.2 燃料取扱用カスクカー概略系統図  
Outline of The Cask Car

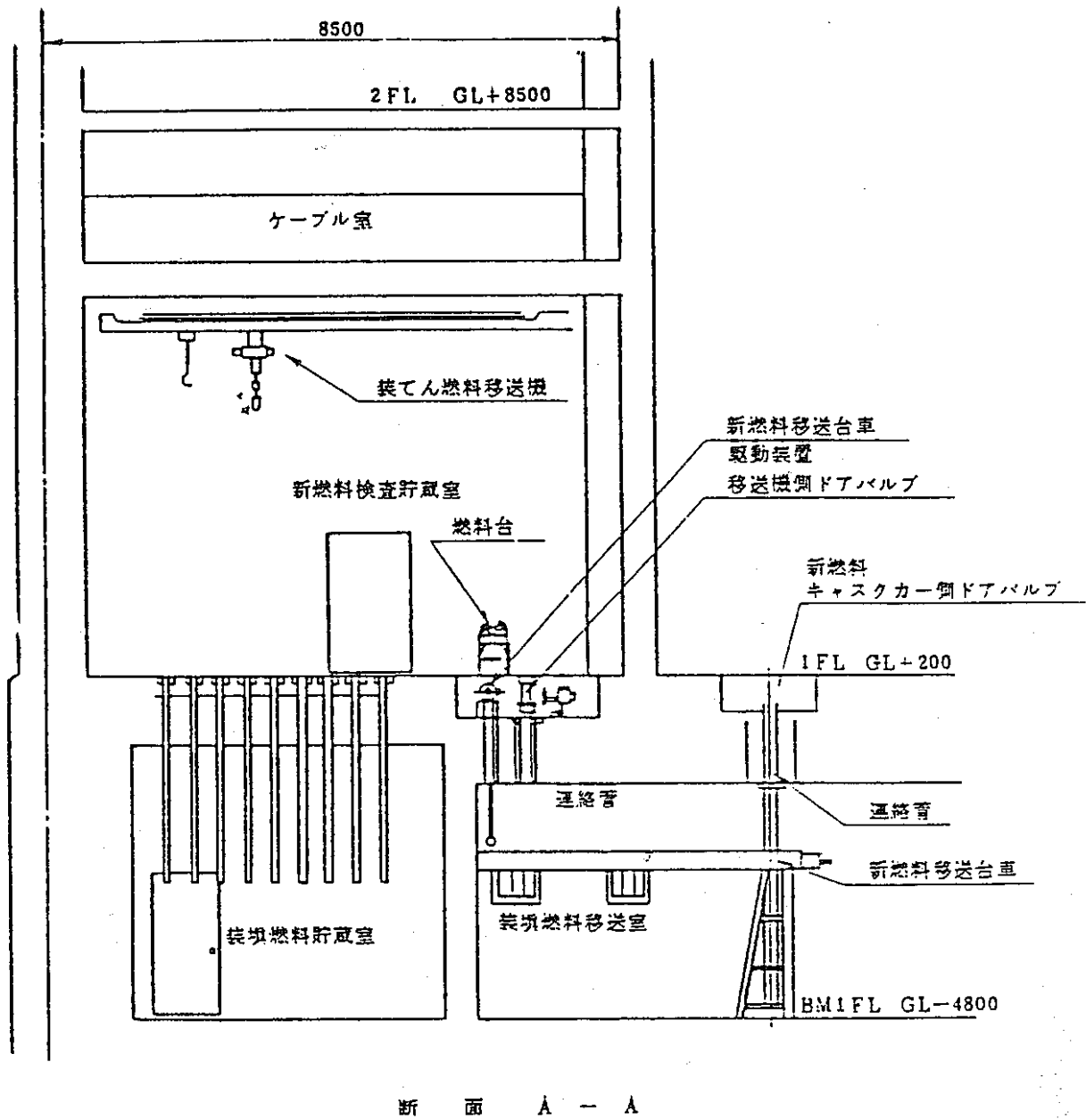


図 5.1.1.3 新燃料貯蔵設備配置図 (縦断面図)

Vertical Sectical Section of The New Fuel Storage Facility

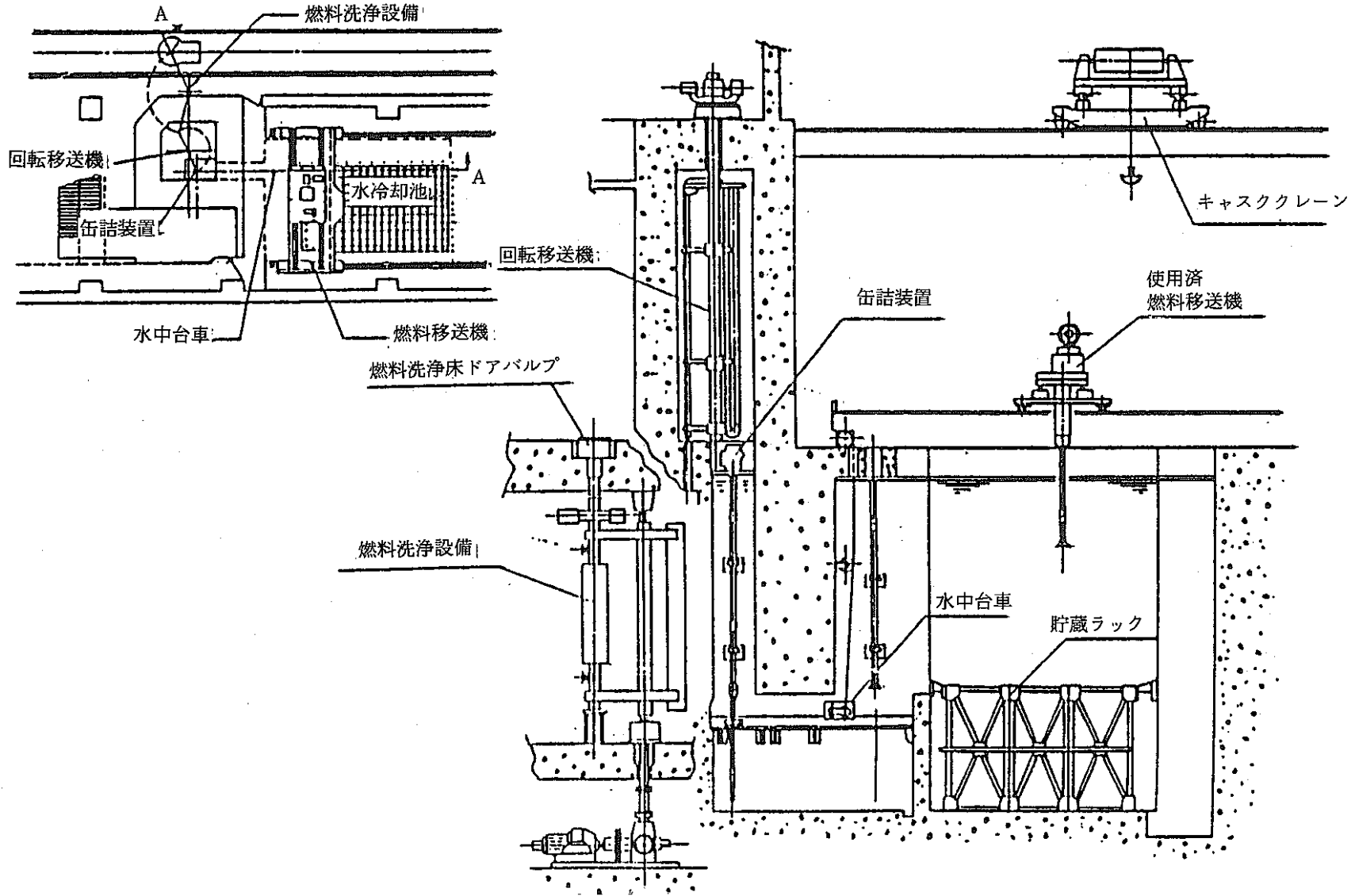
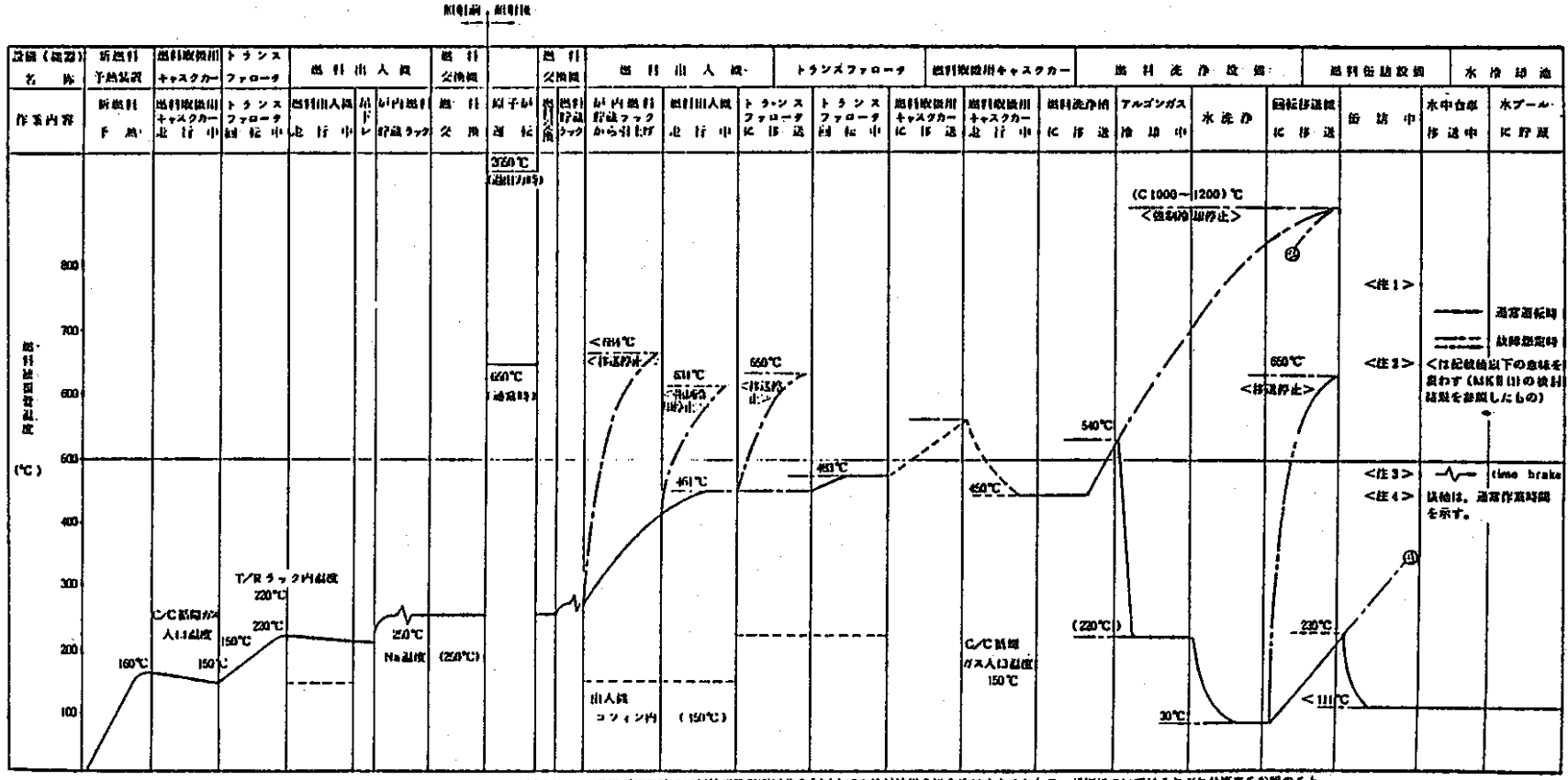


図 5.1.1.4 使用済燃料貯蔵設備概要図 (断面A-A)

IDS Cooling Arrangements





本図は、MK-II燃料取扱時の燃料被覆管温度変化を右図までの燃料取扱結果を総合的にまとめたもの、詳細についてはそれぞれ計算書参照のこと。  
 燃料取扱用キャスク北行中 (燃料取扱用キャスク北行中) MK-II燃料取扱時の燃料被覆管温度変化

図 5.1.1.5 MK-II燃料取扱時の被覆管温度図

### 5.5.1.2 「もんじゅ」の燃料受入貯蔵設備

「もんじゅ」の燃料受入貯蔵設備には、炉外燃料貯蔵設備の他、新燃料受入設備、及び使用済燃料の搬出系設備として燃料検査設備、燃料処理設備、水中燃料貯蔵設備、燃料搬出設備などがある。

#### (a) 炉外燃料貯蔵設備

炉外燃料貯蔵設備は、約250体の新炉心構成要素及び使用済炉心構成要素をナトリウム中に一時貯蔵するための設備であり、貯蔵された炉心構成要素の発熱0～1MWを除去できる冷却系を有する。

炉外燃料貯蔵設備の仕様を表5.1.2.1に示し、炉外燃料貯蔵槽の概略を図5.1.2.1に示す。

炉外燃料貯蔵槽は、回転ラック、回転ラック駆動装置、燃料貯蔵容器、外容器、燃料出入孔、床ドアバルブ等から構成される。

回転ラックは、新炉心構成要素及び使用済炉心構成要素を一時貯蔵する機能を有し、6列同心円周上に貯蔵ラックを配置した円筒形構造物である。

外容器は、燃料貯蔵容器からのナトリウムの漏れを想定した場合、燃料貯蔵容器内最低必要ナトリウムレベルが確保できるように、漏洩ナトリウムを貯蔵する機能及び地震時に燃料貯蔵容器を支持する機能を有した縦形円筒形構造物である。

燃料出入孔は、燃料出入機から炉外燃料貯蔵槽への炉心構成要素の装荷及び取出しに際して、炉心構成要素の案内機能及びしゃへい機能を有した円筒形構造物である。

床ドアバルブは、燃料出入孔上部の燃料出入通路床面に位置し、炉外燃料貯蔵槽内雰囲気の密封機能及びしゃへい機能を有している。床ドアバルブの開閉機構及び燃料出入孔は回転ラックの各列毎に1台、合計6台が燃料出入機走行方向に直線上に配置されている。

炉外燃料貯蔵槽への炉心構成要素の貯蔵と取出し作業のために必要となる炉外燃料貯蔵槽の操作項目は、表5.1.2.2に示すように、回転ラックの回転位置決め操作と、床ドアバルブの開閉操作により構成される。

冷却系は3系統から成り、通常時は2系統運転を行なうが、特別な条件の上では1系統運転も可能である。熱負荷は0から約1MWの範囲にあり、炉外燃料貯蔵槽ナトリウム温度を、2系統運転時には約180～250℃、1系統運転時には約180～300℃の範囲に維持するように運転する。1系統運転から2系統運転への移行及び2系統運転から1系統運転への移行は、燃料取扱設備制御室より遠隔手動操作によって行ない、冷却系の温度維持運転は自動制御により行なう。また安全対策上必要な監視及び操作は中央制御室にても可能であり、弁の操作は現場でもできるようになっている。

#### (b) 新燃料受入貯蔵設備

新燃料受入貯蔵設備の構成機器と主要機能を表5.1.2.3に示す。

(c) 燃料検査設備

燃料検査設備の構成機器と主要機能表 5.1.2.4 に示す。

(d) 燃料処理設備

燃料処理設備の構成機器と主要機能を表 5.1.2.5 に示す。

(e) 水中燃料貯蔵設備

水中燃料貯蔵設備の構成機器と主要機能を表 5.1.2.6 に示す。

(f) 燃料搬出設備

燃料搬出設備の構成機器と主要機能表 5.1.2.7 に示す。

表 5.1.2.1 炉外燃料貯蔵設備仕様

炉外燃料貯蔵槽	
形 式	縦型円筒容器回転ラック内蔵式
基 数	1 基
貯 蔵 容 量	約 250 体 (それぞれ燃料移送ポットに収容)
駆 動 方 式	回転駆動方式
主 要 材 料	ステンレス鋼
概 略 寸 法	
炉外燃料貯蔵槽冷却設備	
冷 却 方 式	ナトリウム/ナトリウム/空気
冷 却 系 統 数	3 系 統
冷 却 容 量	IMW (各系統)
冷 却 系 1 次 ナトリウム	
循 環 方 式	電磁ポンプ方式
循 環 流 量	約 50 t/h (各系統)
冷 却 系 2 次 ナトリウム	
循 環 方 式	電磁ポンプ方式
循 環 流 量	約 50 t/h (各系統)
冷 却 系 空 気 流 量	約 38 t/h 以下

表 5.1.2.2 炉外燃料貯蔵槽の操作項目

炉外燃料貯蔵槽への炉心構成要素貯蔵及び 取出し作業項目	炉外燃料貯蔵槽の操作項目	燃料出入機の操作項目
<u>炉心構成要素貯蔵位置指定</u>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 5px auto;">回転ラックの回転位置決め</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 5px auto;">炉心構成要素貯蔵位置に対応する床ドアバルブに位置決め</div>
<u>炉心構成要素貯蔵</u>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 5px auto;">床ドアバルブ開</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 5px auto;">床ドアバルブに接続し接合部のガス置換</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 5px auto;">燃料出入機ドアバルブ開</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 5px auto;">炉心構成要素装荷</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 5px auto;">燃料出入機グリッパ上昇</div>
<u>炉心構成要素取出し位置指定</u>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 5px auto;">回転ラックの回転位置決め</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 5px auto;">燃料出入機グリッパ下降し炉心構成要素取出し</div>
<u>炉心構成要素取出し</u>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 5px auto;">床ドアバルブ閉</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 5px auto;">燃料出入機ドアバルブ閉</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 5px auto;">床ドアバルブ接合部をガス置換し分離</div>

表 5.1.2.3 新燃料受入貯蔵設備

系統番号 (小分類)	系統名称	主 要 機 能
281	新燃料クレーン	(1) 新燃料輸送容器の移送。
282	燃料容器取扱装置 <注1>	(1) 受入点から新燃料移送機稼動位置までの新燃料キャスクの中継(支持および走行移送) (2) 新燃料エリアと新燃料取扱室との室内雰囲気の仕切および新構成要素通路の形成。
283	新燃料アルファ 検査装置	(1) 新燃料のアルファ検査。
284	新燃料寸法 検査装置	(1) 新炉心構成要素の外観検査, 寸法検査および閉塞検査。
285	新燃料移送機 <注1>	(1) 燃料容器取扱装置, 新燃料貯蔵ラック, および地下台車間の新炉心構成要素の移送(つかみ, 吊上げ, 保持, 吊降しおよびはなし)
286	新燃料貯蔵ラック <注1>	(1) 新炉心構成要素の支持。
287	地下台車 (床ドアバルブを 含む) <注1>	(1) 新燃料移送機と燃料出入機との間で新炉心構成要素を中継(収容および走行移送)。 (2) 収容する新炉心構成要素の雰囲気ガスを空気からアルゴンガスに置換する。 (3) 新燃料移送室と新燃料取扱室, 又は燃料出入機通路との室内雰囲気の仕切および新炉心構成要素通路の形成。 (4) 新炉心構成要素の予熱。

<注1> これらの系統設備はまた, 新炉心構成要素に準じ, 空の缶詰缶を取扱う。

表 5.1.2.4. 燃料検査設備

系統番号 (小分類)	系統名称	主 要 機 能
251	検査槽 <注1>	(1) 照射済炉心燃料集合体等（燃料移送ポットに収容）の保持，温度保持および冷却。 (2) 燃料出入機との間の炉心構成要素（燃料移送ポットに収容）受渡し通路の形成。 (3) 系統雰囲気流体の保持。
252	冷却設備 <注1>	(1) 検査槽の温度保持，および冷却（検査槽から補機冷却水系への熱輸送）。
253	アルゴンガス設備 <注1>	(1) 破損燃料検査設備系統雰囲気流体の供給および排気。 (2) 同上系統流体の放射線検査系の導入。
254	放射線検出系 <注1>	(1) アルゴンガス設備により導入された系統流体の放射能の測定。
264	照射燃料寸法 検査装置	ヘリウム雰囲気ホットセルを利用し， (1) 照射済炉心燃料集合体等の外観検査。 (2) 照射済炉心燃料集合体等の外形寸法検査。

<注1> 系統番号（小分類）251～254を総括して破損燃料検査設備という。

表 5.1.2.5. 燃料処理設備

系統番号 (小分類)	系統名称	主 要 機 能
263	燃料洗浄設備	(1) 使用済炉心構成要素のナトリウム洗浄。〈注1〉 (2) 洗浄中の使用済炉心構成要素の冷却（使用済炉心構成要素等から補機冷却水系への熱輸送）。 (3) 燃料出入機との炉心構成要素受渡し通路の形成。 (4) 系統流体の保持および置換。〈注1〉
265	燃料缶詰装置	ヘリウム雰囲気ホットセルを利用し、缶詰缶を用いて、 (1) 使用済炉心構成要素をヘリウム缶詰する。 (2) 缶詰缶シール部の気密試験
267	缶詰室雰囲気調整装置	(1) 燃料検査缶詰室のホットセル内ガス（ヘリウムガス）の温度および圧力の調整（熱は補機冷却水系に輸送される）。
268	缶 詰 缶	(1) 使用済炉心構成要素を収容し、系統雰囲気流体を保持する。

〈注1〉 燃料洗浄設備では、アルゴンガスを循環させて冷却しながら徐々に水蒸気を注入してナトリウムと反応させる洗浄を行い、反応が終了した後、水を注入して仕上げ洗浄を行う。その後、ヘリウムガスを注入循環させて炉心構成要素等の冷却および乾燥並びに主要部系統雰囲気ガスの置換を行う。



表 5.1.2.6 水中燃料貯蔵設備

系統番号 (小分類)	系統名称	主 要 機 能
271	水 中 台 車	(1) 燃料池水中における燃料出入機稼動位置と燃料移送機稼動位置との間の使用済炉心構成要素（裸又は缶詰）の中継（支持および走行移送）。
272	燃 料 移 送 機	(1) 燃料池水中における水中台車と貯蔵ラックとの間で使用済炉心構成要素（裸又は缶詰）の移送（つかみ、吊上げ、保持、走行、横行、吊降しおよびはなし）。
273	貯 蔵 ラ ッ ク	(1) 燃料池水中における使用済炉心構成要素（裸又は缶詰）の支持。
274	燃 料 池 水 冷 却 浄 化 装 置	(1) 燃料池水の純化、および冷却（燃料冷却池から補機冷却水系への熱輸送）。 (2) 燃料冷却池水の供給および排出。

表 5.1.2.7 燃料搬出設備

系統番号 (小分類)	系統名称	主 要 機 能
291	キャスク装荷装置	(1) 燃料出入機と燃料輸送キャスクとの間の使用済炉心構成要素通路の形成（部分的なしゃへいおよび系統雰囲気流体の保持を兼ねる）。 (2) 燃料検査缶詰部と燃料出入機通路又はキャスク装荷室との室内雰囲気の仕切り。
292	キャスク台車	(1) 使用済炉心構成要素装荷位置と共通保修設備メンテナンスクレーン稼動位置との間で燃料輸送キャスクの中継（支持および走行移送）。 (2) 燃料移送キャスクの回転
293	ガス置換装置	(1) キャスク装荷装置内雰囲気ガスの置換（空気からヘリウム又は系統ガスからヘリウムへ） (2) 燃料輸送キャスク内雰囲気ガスの置換（空気からヘリウムへ） (3) 燃料輸送キャスクプラグのシールチェック

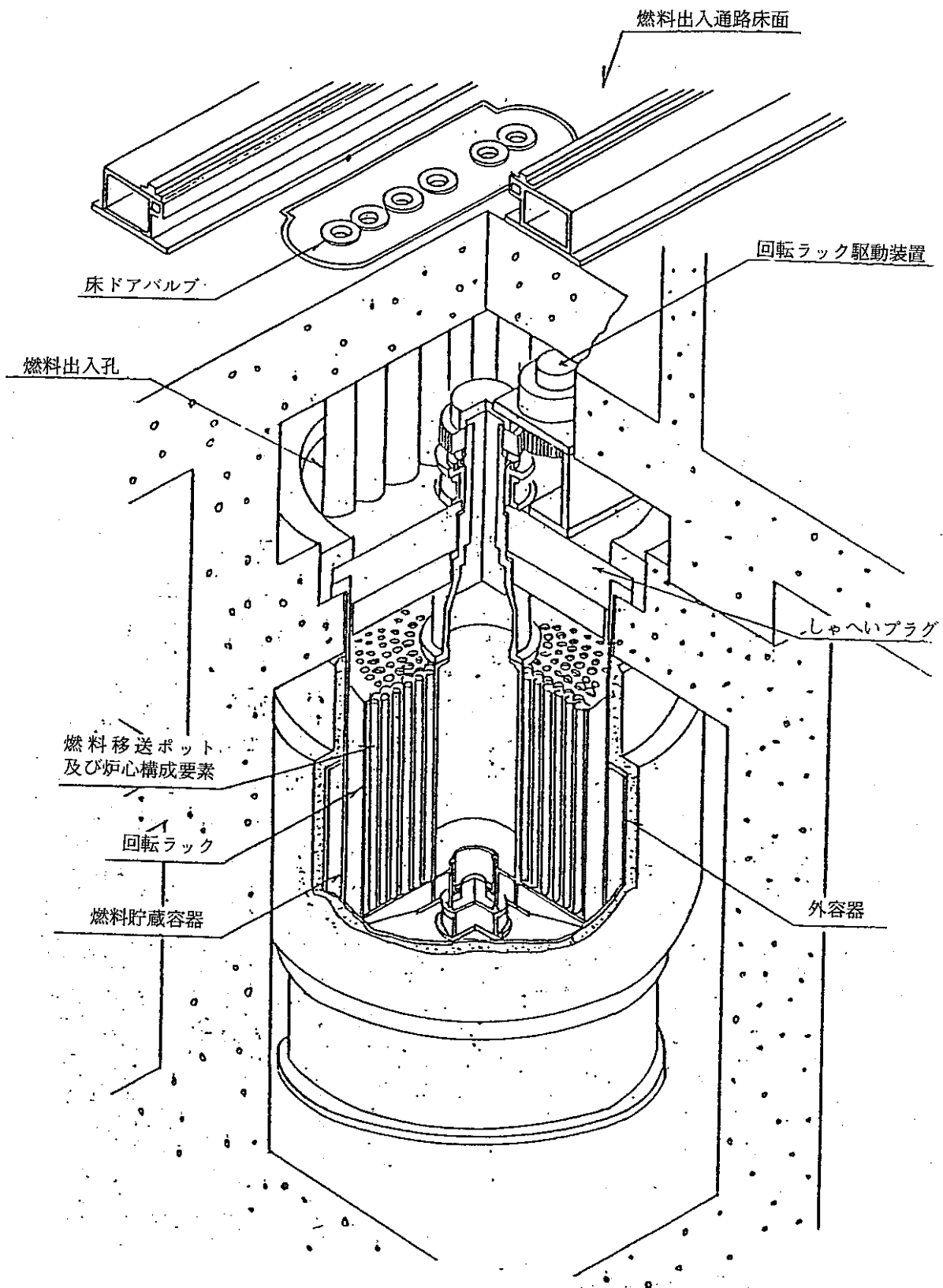


図5.1.2.1 炉外燃料貯蔵槽

### 5.5.1.3 実証炉の燃料受入貯蔵設備

燃料受入貯蔵設備としては、炉外燃料貯蔵槽、燃料洗浄設備、缶詰設備、新燃料受入貯蔵設備、使用済み燃料貯蔵設備等がある。

炉外燃料貯蔵槽は使用済み燃料の崩壊熱を減衰させるために貯蔵冷却するものである。貯蔵容量は「もんじゅ」と同様の考え方に基づいて441体と設定し、貯蔵槽形式も1段積み回転ラック方式とした。

概念設計(I)までは台車方式燃料出入機に適合する回転ラック式炉外燃料槽 (EVST Ex-Vessel Strage Tank) の駆動方式を検討した。この方式には中心軸駆動方式と外周駆動方式が考えられるが、次の点で有利な中心軸駆動方式を採用した。

- 軸シール径が小さく、かつ軸シール構造が簡単で保守作業性に優れる。
- 「もんじゅ」の技術を継承できる。

概念設計(II)では、燃料出入機の概念の変更に伴ない、炉外燃料貯蔵設備も回転ラック方式から固定ラック・タンク冷却型に変更された。

燃料洗浄設備は1回に1体ずつ(アルゴンガス+水蒸気)によって洗浄する方式とした。

缶詰設備では、使用済み炉心構成要素を、放射性物質が外部に漏れない様にするためヘリウムガスを充填した缶に封入する事とし、封入前に使用済み炉心構成要素の外観検査も行なう様に考慮した。

新燃料受入貯蔵設備では1バッチ分146体の炉心構成要素を空気雰囲気中で保管する。

使用済み燃料貯蔵プールでは、使用済み炉心構成要素を所外に搬出するまでの間、一時貯蔵するものである。「もんじゅ」と同様の考え方に基づき、使用済み燃料7サイクル分、炉心廃棄物4サイクル分、合計1,100本の貯蔵が出来る設備とした。内訳は、炉心燃料670体、ブランケット燃料270体、炉心廃棄物120体である。

タンク型炉の燃料受入貯蔵設備はループ型炉とほぼ同様である。ただし炉外燃料貯蔵槽の型式が、その配置上シュート部がループ型炉のプラグ抜き方式に対して胴抜き方式である点が異なっている。

## 5.5.2 海外の燃料移送設備

### 5.5.2.1 FFTF (Interim Decay Storage)

このシステムは、以下のものからなる。

- 1) Primary Vessel (図 5.2.1.1 参照)
- 2) Guard Tank ( " )
- 3) Storage Basket ( " )
- 4) Drive Train
- 5) Support Structure and Shielding (図 5.2.1.2 参照)

6) Control Panel C-625

IDS システムは、CLEM のルールと FFTF の  $C/V$  の間に位置する。四角形のスティールライナ付コンクリートセル内にある。それは、また、オペレーティングフロアと同一平面で格納容器床の真下に位置する。

この建物は、ステンレス製タンクの中に、収容されている Na の中につかっている回転可能な貯蔵バスケットからなっている。

バスケットの間の貯蔵位置は、物理的に臨界にならない様に配置されている。

Primary vessel は、2 次カードタンクにより囲まれ、リークが生じても Na レベルが貯蔵されている構成要素の頂部以下にならない様な容量及び構成となっている。

Primary vessel の外側雰囲気はコンクリートセルの間以外では、窒素雰囲気であり、セル温度をコントロールする為の熱伝達媒体となっている。

試験集合体を貯蔵する為、バスケットの中央近くに  $43\frac{1}{4}$  feet の貯蔵チューブがある。この為、Primary vessel の中心部が深くなっている。

122 体の構成要素貯蔵チューブは、5 列の同心円状に配置され、144 インチ径のボール軸受の上部レースにより吊られているバスケットの中にある。

下部レースは、支持構造物により、吊られている軸受支持機構にのっている。

上部レース及びバスケット  $1/600$  に減速され 1.5 馬力、1750 rpm の誘導電動機により回転される。

バスケットは 0.1 rpm で回転され  $1/4$  インチの精度で位置決めされる。

位置決めは、2 つのバスケットにより決定され、それは、エンコーターによりモニターされる。

又、運転員は、高い信頼性があり、かつ使い易い visual method により正確な位置決めができる。(図 5.2.1.3 参照)

Primary vessel は、容器支持構造物によりトップフランジから吊られている。

ガードタンクは、527 feet 2 inch のレベルではりの上に乗っているスカートにより支えられている。

スカートは、ガードタンクの上部シリンダの延長である。

Na 液面より上には圧力 6 inch Aq のカバーガスがある。

容器は、ガス圧力を 3 Psig に昇圧させタンクより Na をドレンできる様にしている。

支持構造物は、また IDS のカバーも行っており、セルの壁のたなの上に乗っている。

Primary vessel 及び貯蔵バスケット軸受を支持するのに加えてこの機構は、インパクトアブゾーバー、中性子遮蔽の為のトップシール及び BLTC が IDS を横切る時の BLTC トラックとなる。

IDS と BLTC の取合は、アクセスポートで行われ、これらは BLTC トラックの間における

IDSのセンターライン上にある。又、バスケットの回転と indexing により、どの位置でもアクセスがとれる。

ダブルバッファシールにて、IDSのシールは行われ、容器のカバーガスと FFTFの格納容器の雰囲気とがシールされている。バッファガスは、Ar ガスであり、10cfmの割合で供給される。

カバーガス圧力高の保護の為、出入口 Ar ガス配管には、ラプチャーディスクがあり、それは、IDSセルへベントされる。

生体遮蔽は、運転エリアを 0.2mrem/hr 以下にする。

一次γ線遮蔽は、16インチ厚さの鋼板トップシールドと4インチの鋼板ストライカーからなる。中性子の減衰は、impact アブゾーバーの下の4インチのポリエチレンにより行われる。

崩壊熱除去は、3つの独立した冷却システムを有している。(図 5.2.1.4 参照)

通常時は、崩壊熱は、Primary sodium system あるいは、バックアップ Na ガス冷却システムにより除熱される。

Primary sodium system は、一次容器の頂部近辺から、底部近辺の NaK 冷却されたナトリウム間を、流量 30 gpm で循環する。

ブラギング温度分析の為、15 gpm の流量が分岐している。

バックアップあるいは、スタンバイ N<sub>2</sub> ガスは、アニュラスの底部から出て、N<sub>2</sub> ガスムービルサーム熱交換機により冷却される。

緊急対流式冷却システムは、電源喪失時の IDS ナトリウム温度の制限を行う。

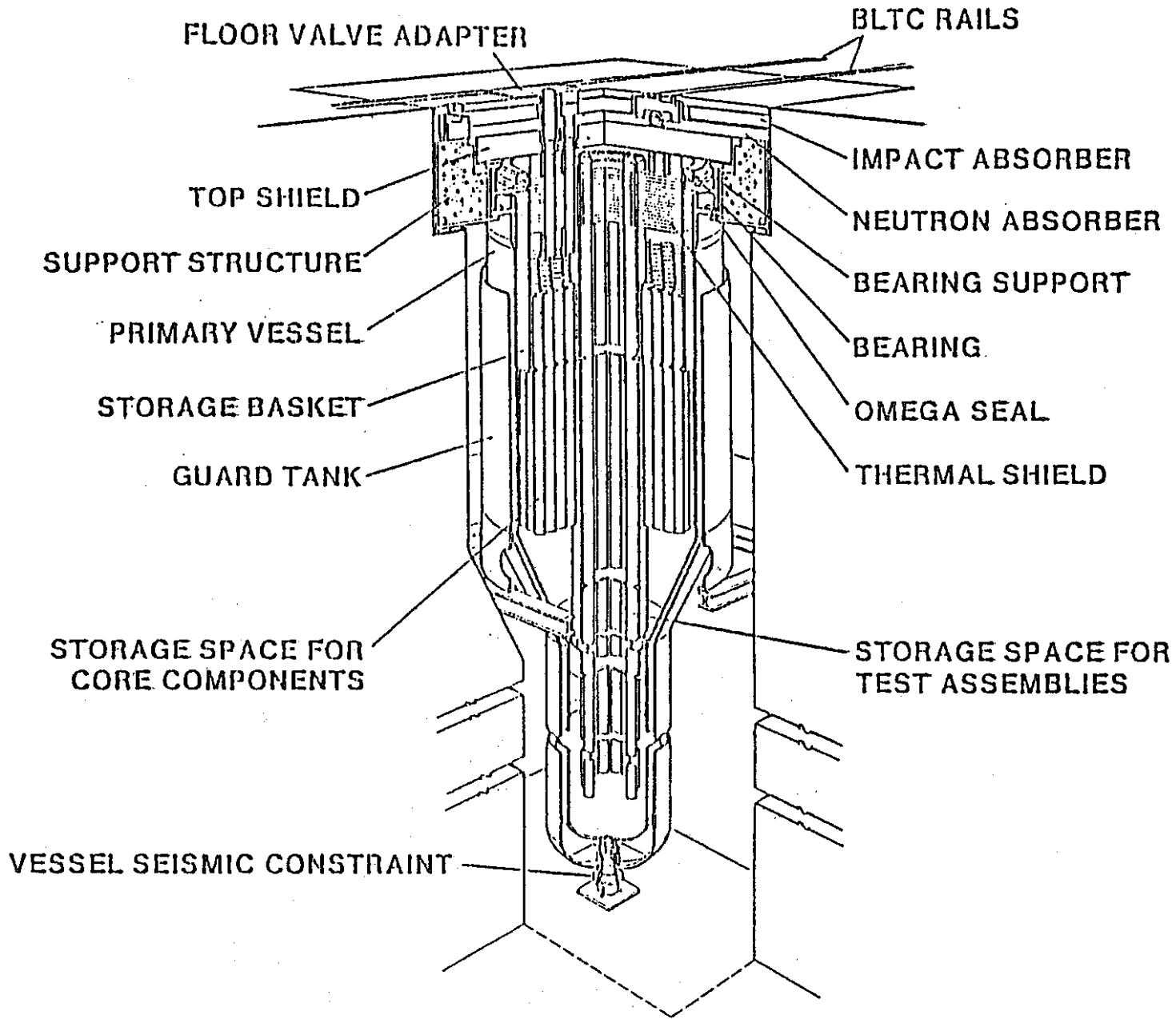
このシステムによりバックアップ N<sub>2</sub> 冷却システムにより同じ冷却アニュラス内の空気の循環が行われる。

コンテナと冷却アニュラスの間において、出入口配管の接続は、ガスタイトバタフライ弁によりブロックされている。これらのバルブは、電源喪失に対して、フェイルセーフに設計されており、バックアップの為並列に2個のバルブがある。

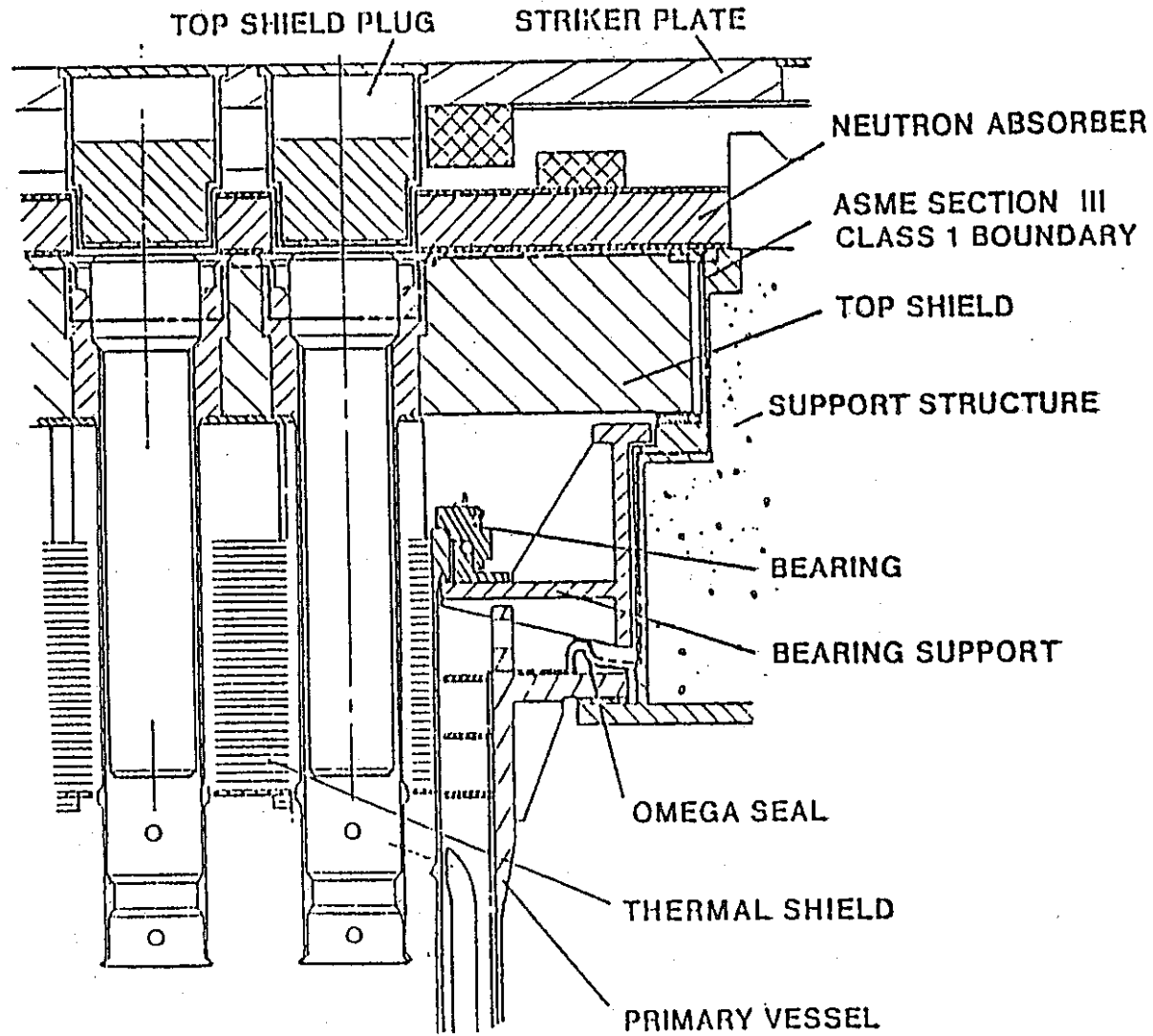
この配置は、圧さく空気がバルブオペレータとして有効である間、動作の遅れは容認できる。

IDSセル冷却は、冷却された N<sub>2</sub> ガスが Primary 容器の隔離されていない部分から熱が除去される支持構造物の真下の IDS の頂部に導かれることにより行われる。

あたたかい N<sub>2</sub> ガスは、セルの底部から、冷却機器へ移動される。

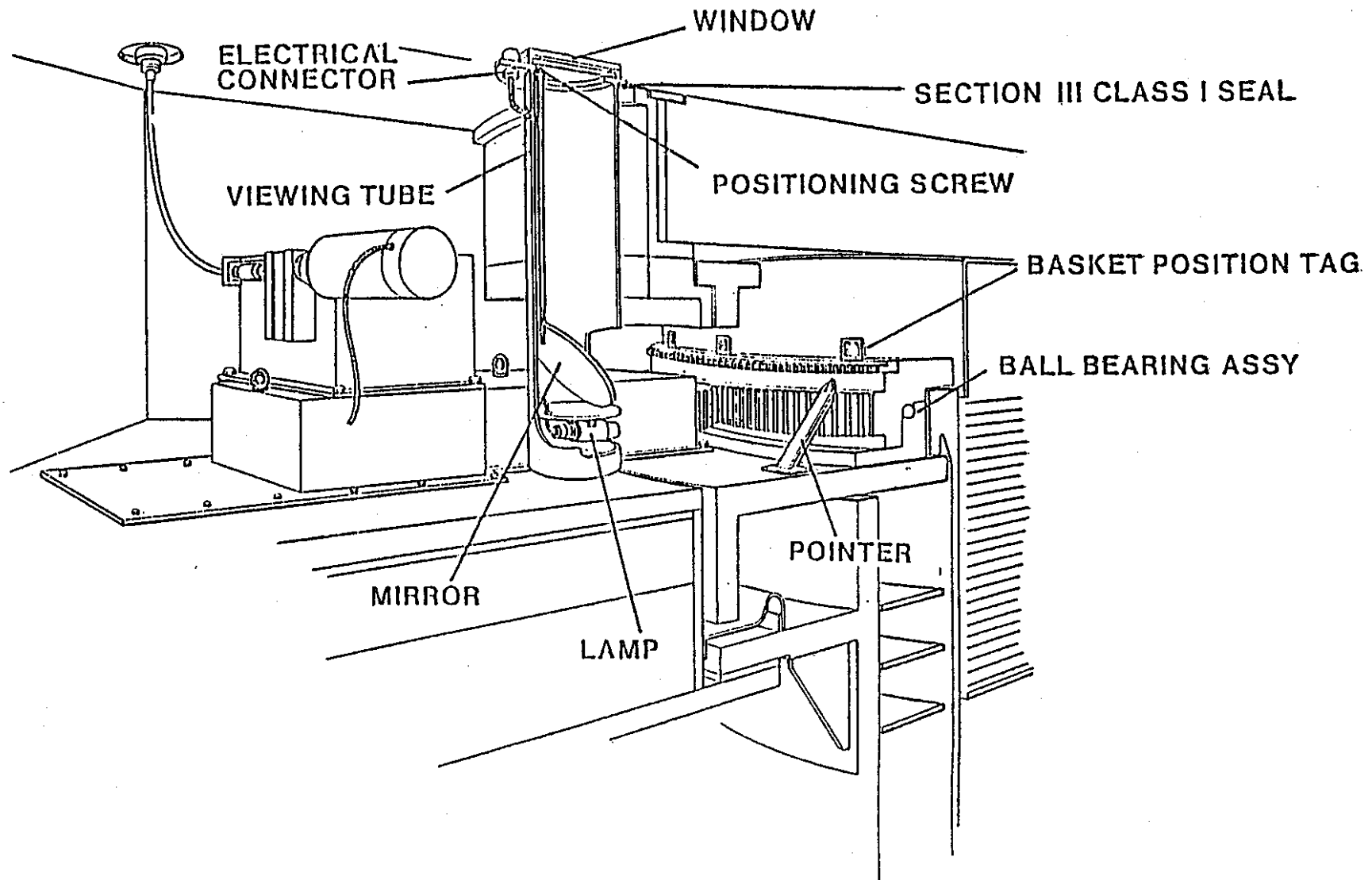


☒ 5.2.1.1 Interim Decay Storage



☒ 5.2.1.2 IDS Support Structure





☒ 5.2.1.3 Visual Indexer

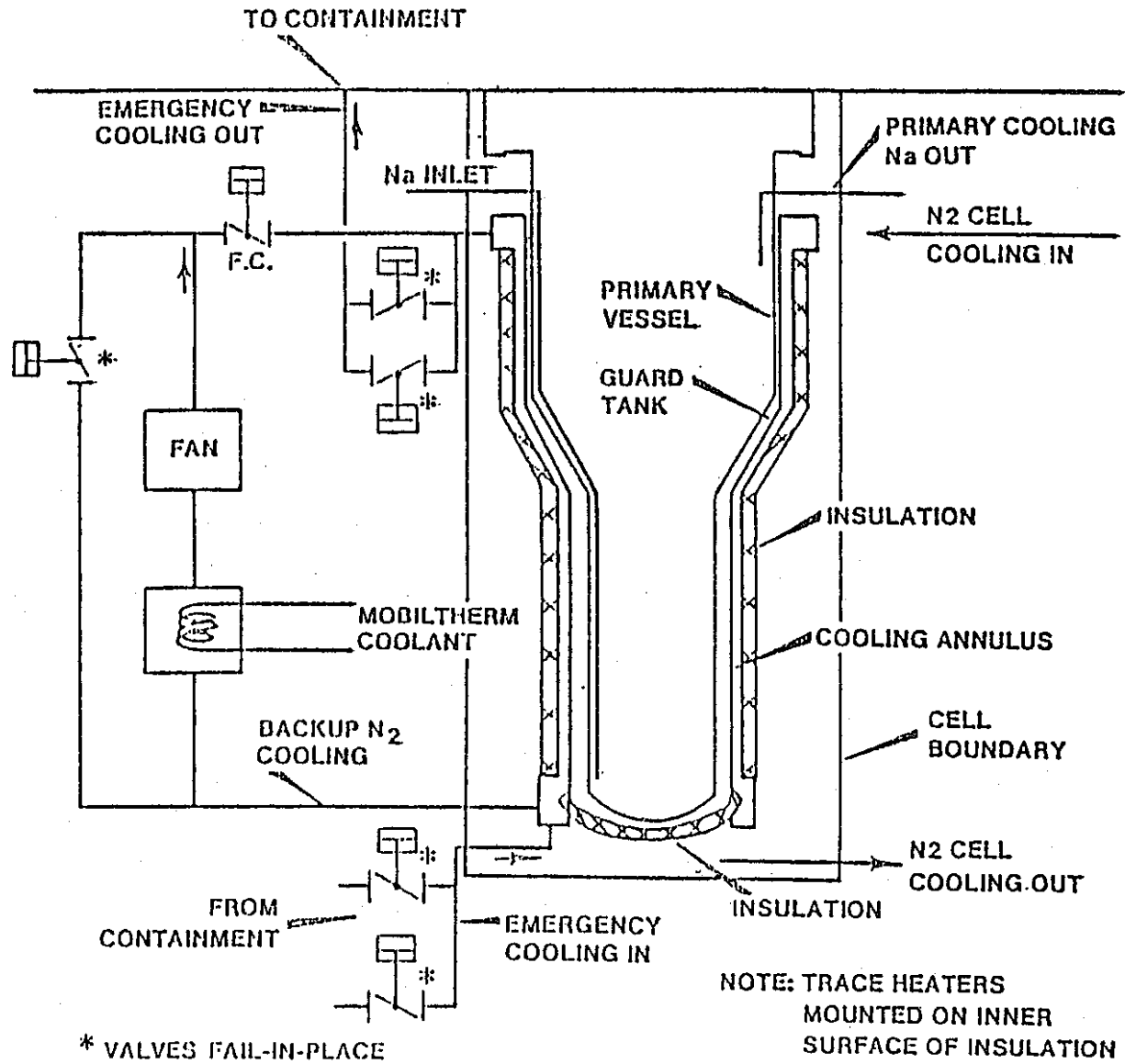


图 5.2.1.4 IDS Cooling Arrangement

### 5.5.2.2 CRBR

EVSTは、燃料交換2回分の燃料と炉容器の中の炉心部全体を一度に収容する容量を持つ。

これは、650本の炉心構成要素本数に匹敵する。

最大除熱量は、1800KWであり、この時の被覆管の許容最大温度が1500°Fである。

貯蔵してある構成要素との取合は、ターンテーブル方式をとっている。

ターンテーブルのギヤ部、駆動エンコーダのメンテナンス、ISIの実施などの為に、EVSTにはDip Sealが設置されている。Seal液は、シリコン油が利用されている。

EVST上部には、メンテナンスポートがあり、回転胴壁等の蒸着ナトリウム検査孔、ナトリウム温度測定孔、Encoder点検孔及び外壁側の溶接部のISIを行う為の検査孔が4ヶ所設置されている。

EVSTの周りにはガードベッセルがあり、その間は8.5インチである。

蒸着ナトリウムの除去は、2年に1回の頻度で行われ、27 inchの真空で真空洗浄を行う。

EVSTの予熱は、redundant systemにより行われ、予熱容量は100KWである。

新燃料の予熱は、EVSTで行われる。予熱は、燃料貯蔵位置に頂部がナトリウム液面より高い位置にくる空ポットを用意し、炉心構成要素は、その中に直接挿入される。

空ポットは、10ヶ所位である。(以上図5.2.2.1参照)

CRBRでは、燃料は、洗浄されず裸貯蔵され、キャスクにてそのまま再処理に運ばれる。

図5.2.2.2に使用済燃料取扱設備の概要を示す。

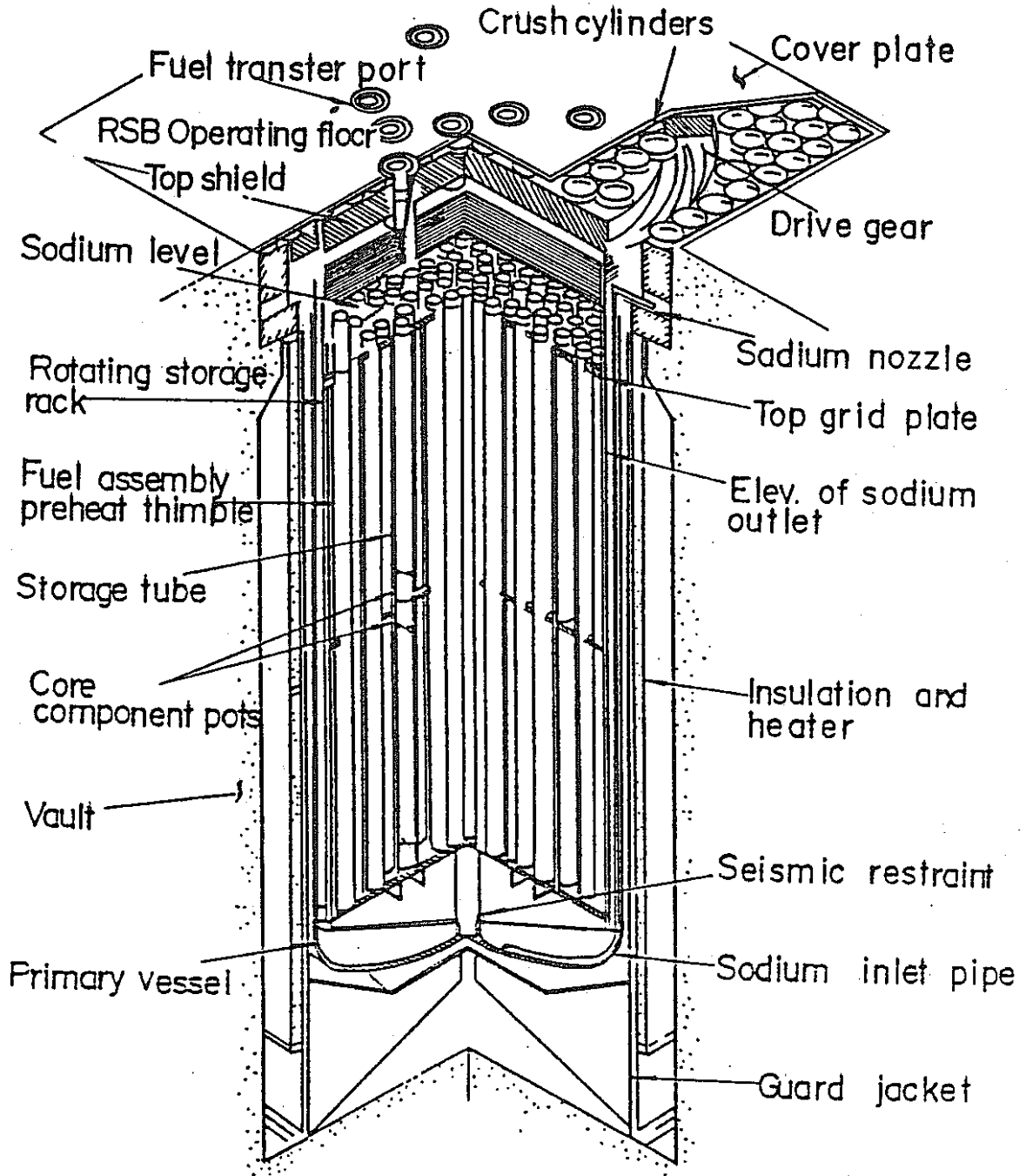


图 5.2.2.1 CRBR Ex-Vessel Storage Tank

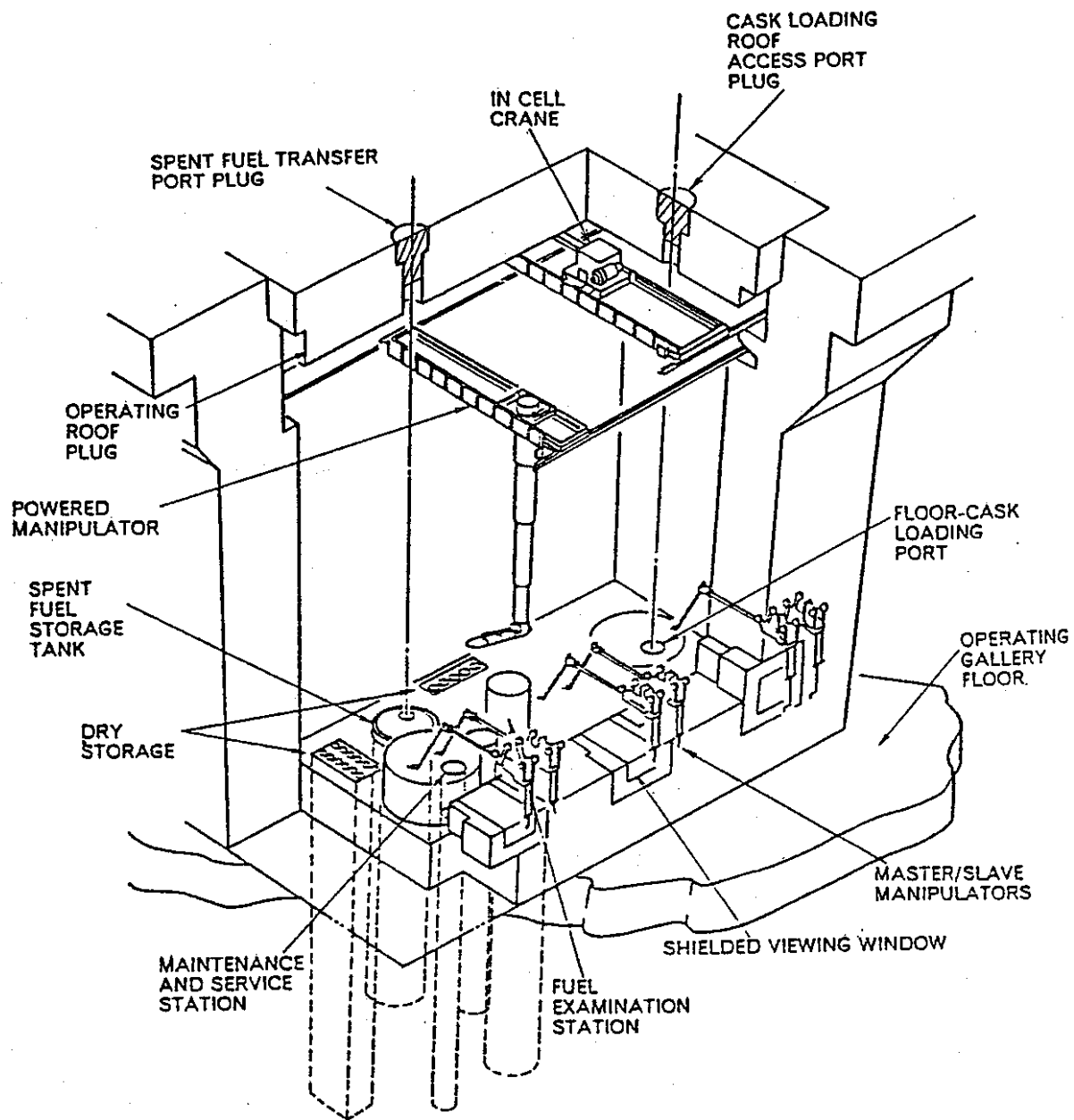


図 5.2.2.2 使用済燃料取扱設備

CRBR Ex-vessel Storage Tank

### 5.5.2.3 PFR

ケーブルポットに移送された使用済構成要素(S/F)は、EVSTにホイストにより移送され、9ヶ月間冷却される。

冷却されたS/Fは、図5.2.3.1のルートに従って、洗浄、缶詰されて、移送キャスクに送られる。

又、新燃料(構成要素)は図5.2.3.1のルートにて、ケーブルポットのドライホールに移送される。

従って、他の原子炉のEVSTとは異なり、使用済及び新燃料が同居することはない。

EVSTの容量は、80体であり、冷却は、Na・有機物・水の熱交換によって行われる。

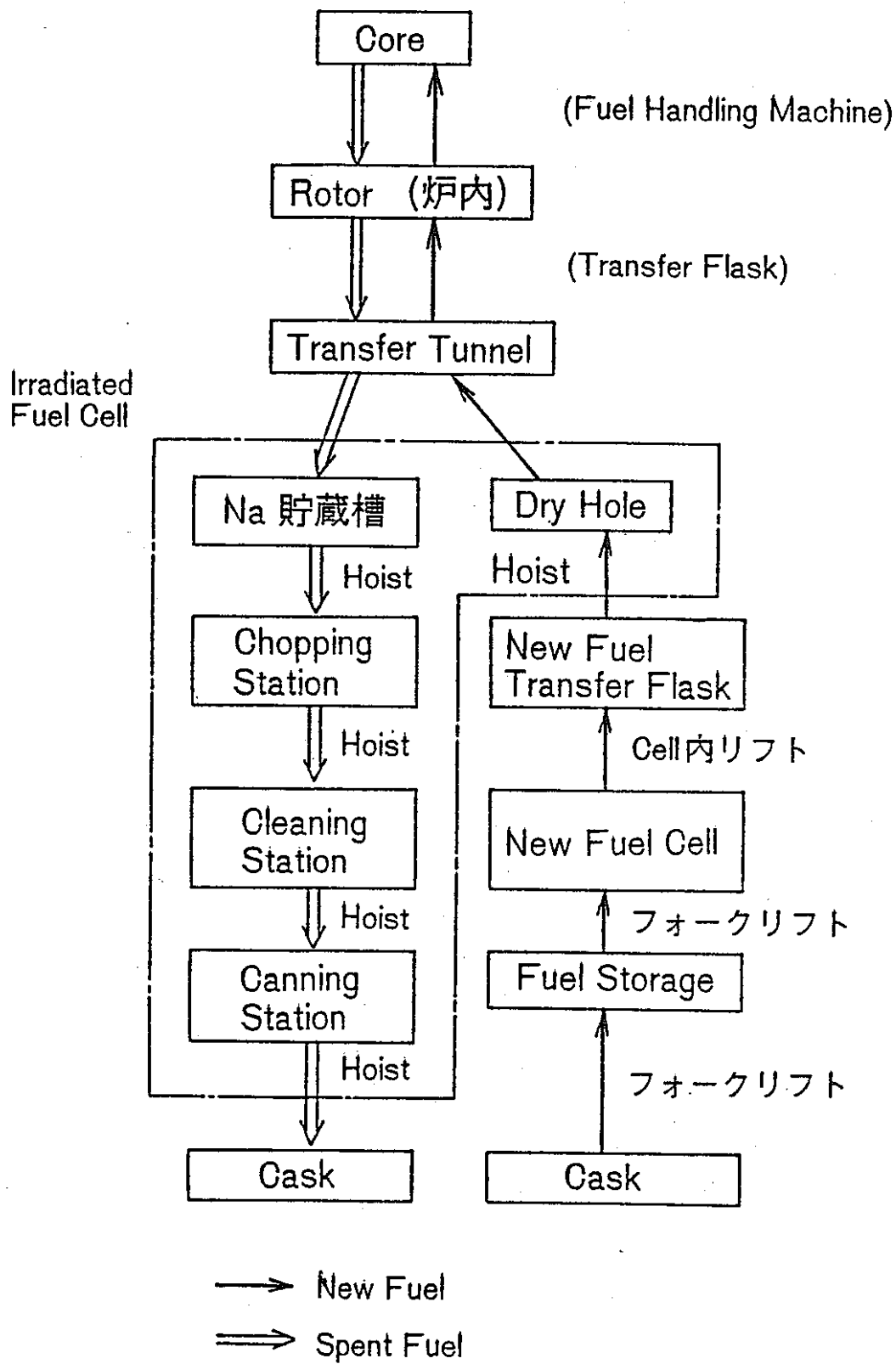


図 5.2.3.1 PFRの燃料取扱ルート

#### 5.5.2.4 CDFR

EVSTは、新燃料と使用済燃料の貯蔵に使用し、リークジャケット付きである。

EVSTとリークジャケットはともにデッキから吊り下げられる。

EVST内のナトリウム温度は200～250℃の範囲に保たれる。

貯蔵容量は、未定であるが、炉心の全ドライバー348体、全ブランケット234体から推定すると、最大582体となる。又、燃交1サイクルの交換本数からすると、通常の交換がドライバーだけだとすると、 $(234/3 = 78 \text{体}) \times 2 = 156 \text{体}$ 、又、全体の $1/3$ だとすると $(582/3 = 194 \text{体}) \times 2 = 388 \text{体}$ となる。

又、燃料交換は、6ヶ月に一度行われ、従って冷却期間は、約180日程度と推定される。

デッキの中心のベアリングから吊るされた回転木馬状貯蔵ラックが提案されている。

貯蔵ラックのすぐ回りに熱交換器が並び燃料からの熱を自然循環により除熱する様になっている。

除熱系は冗長化、多様化が図られている。又、使用済燃料がない場合に備えてEVSTへの熱入力系も考えられている。

2基のオフセット・アーム式燃料交換機がEVST内での燃料移送に用いられる。

EVSTとケーブル施設間をフラスコで移送する。ケーブルは完全分離された2系統からなり、1つはサイトへの新燃料受入れ用、他の1つは、使用済燃料を再処理プラントに移送する為のものである。

各フラスコには、3本のS/Aが収納される。

現設計では、燃料は、ナトリウム充てんキャニスタにより運ばれることになっている。

#### 5.5.2.5 PHENIX

使用済燃料は、燃料取扱い後、再処理施設に輸送されるか、固体廃棄物として貯蔵される。燃料の装荷及び取出しは、年6回行われ、その期間15～17体の燃料集合体、8～11体のブランケット集合体が取出される。

使用済燃料は、炉内にて2ヶ月間冷却される。

EVSTは、約100体の集合体を貯蔵することが可能である。

炉内のNa温度は、150℃に保たれる。冷却系は、Na・有機材の熱交換による一系統からなる。

使用済の集合体は、傾斜ランプから、EVST内に入る。アーム機構により、垂直に立てられた集合体は、EVST内の貯蔵位置に取扱材により移動される。

EVSTの貯蔵ラックは、回転木馬状であり、ロータを回転することにより、取扱機との取合いが可能となる。

十分冷却された集合体は、ホイストにより洗浄され分解された後、ピンは窒素ガス



封入の缶詰にされ、遮蔽体容器と収容される。

新燃料は、フラスコにより、EVSTに運ばれ、使用済と逆のルートで炉内に移送される。

(図 5.2.5.1 参照)

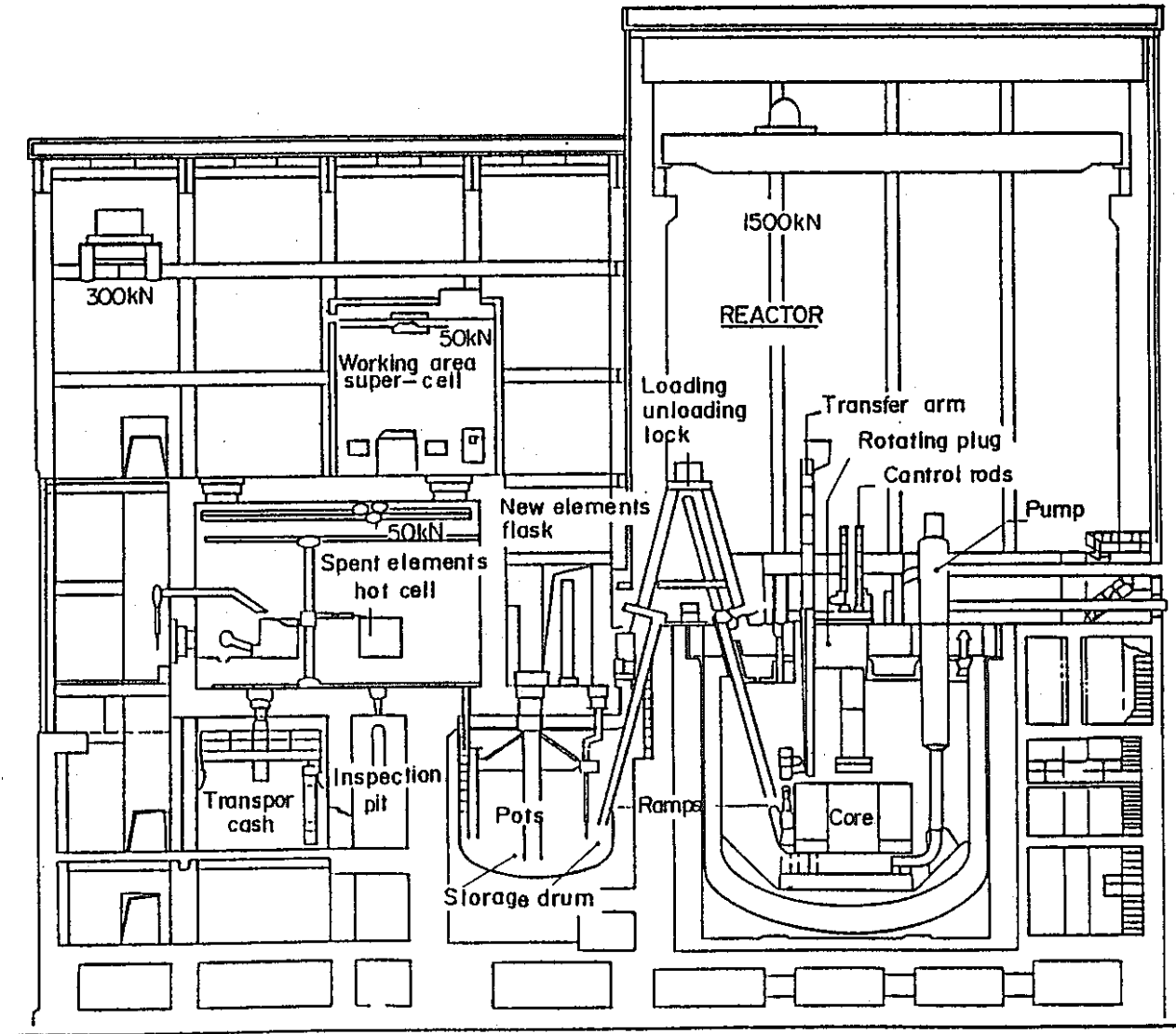


图 5.2.5.1 Phenix Spent Fuel Handling Line

#### 5.5.2.6 SUPER PHENIX (E. V. S. T)

EVSTは回転ラック方式をとっており、最大260体の使用済燃料の貯蔵が可能である。

タンクの直径は9m、高さ10mで、約700m<sup>3</sup>のNaが充填される。又、回転ラックの直径は約3mである。

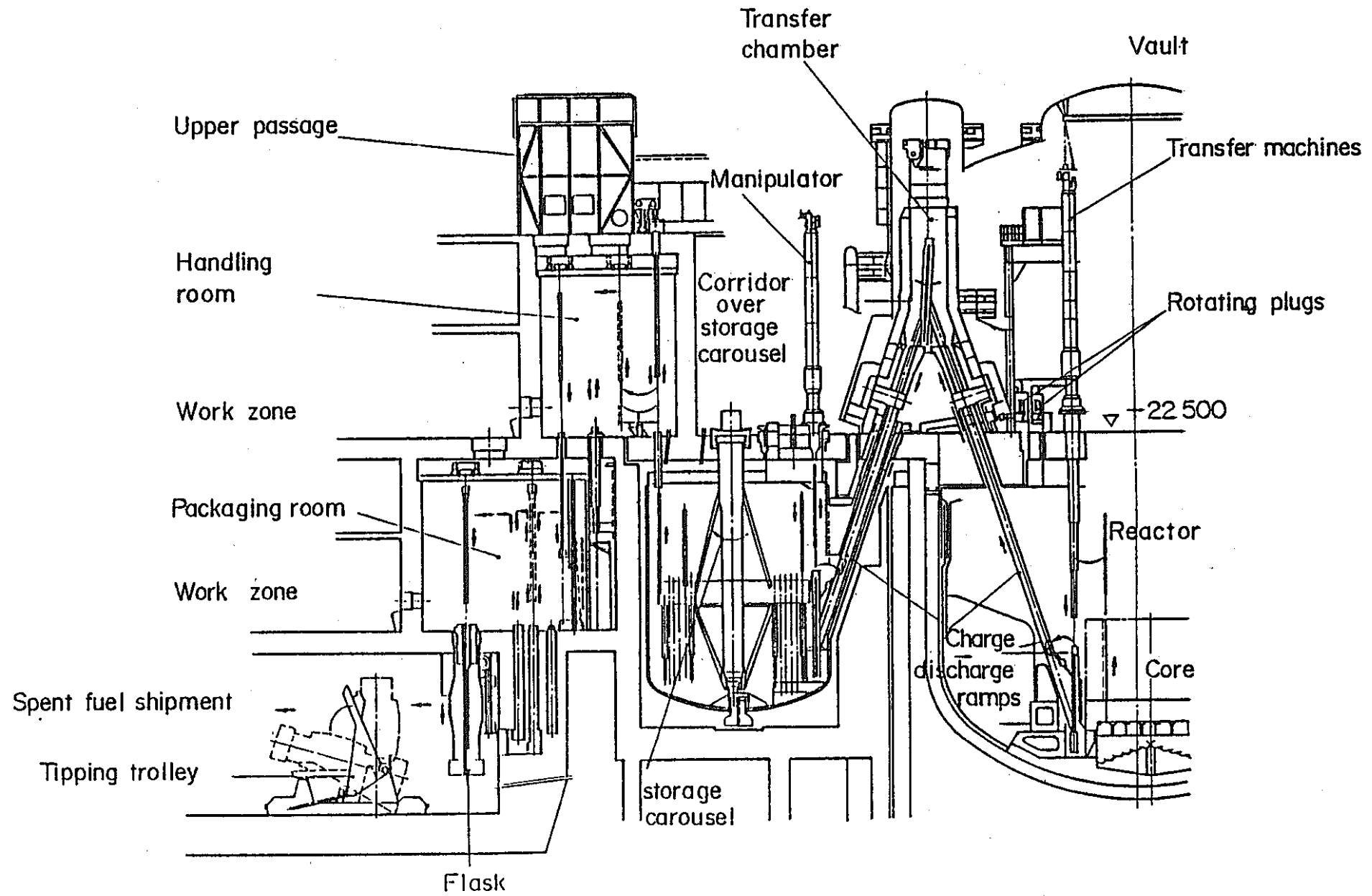
EVSTは最大約3.3MWの崩壊熱除去を行う必要があり、この為、2つのNa冷却系が設けられている。

これにより、Naを200℃以下に保つように設計されている。

燃料出入機ランプとEVSTストレージラックとの間の移動には、ストレージドラムトランスファラムが使用される。

EVSTからの使用済燃料の取出しは、ハンドリングルームの巻上げ機により、行われる。取出された燃料は、パッケージルームにて、缶詰にされた後キャスクに詰められ輸送される。

(図5.2.6.1 参照)



5.2.6.1 SPENT Fuel Refueling Route

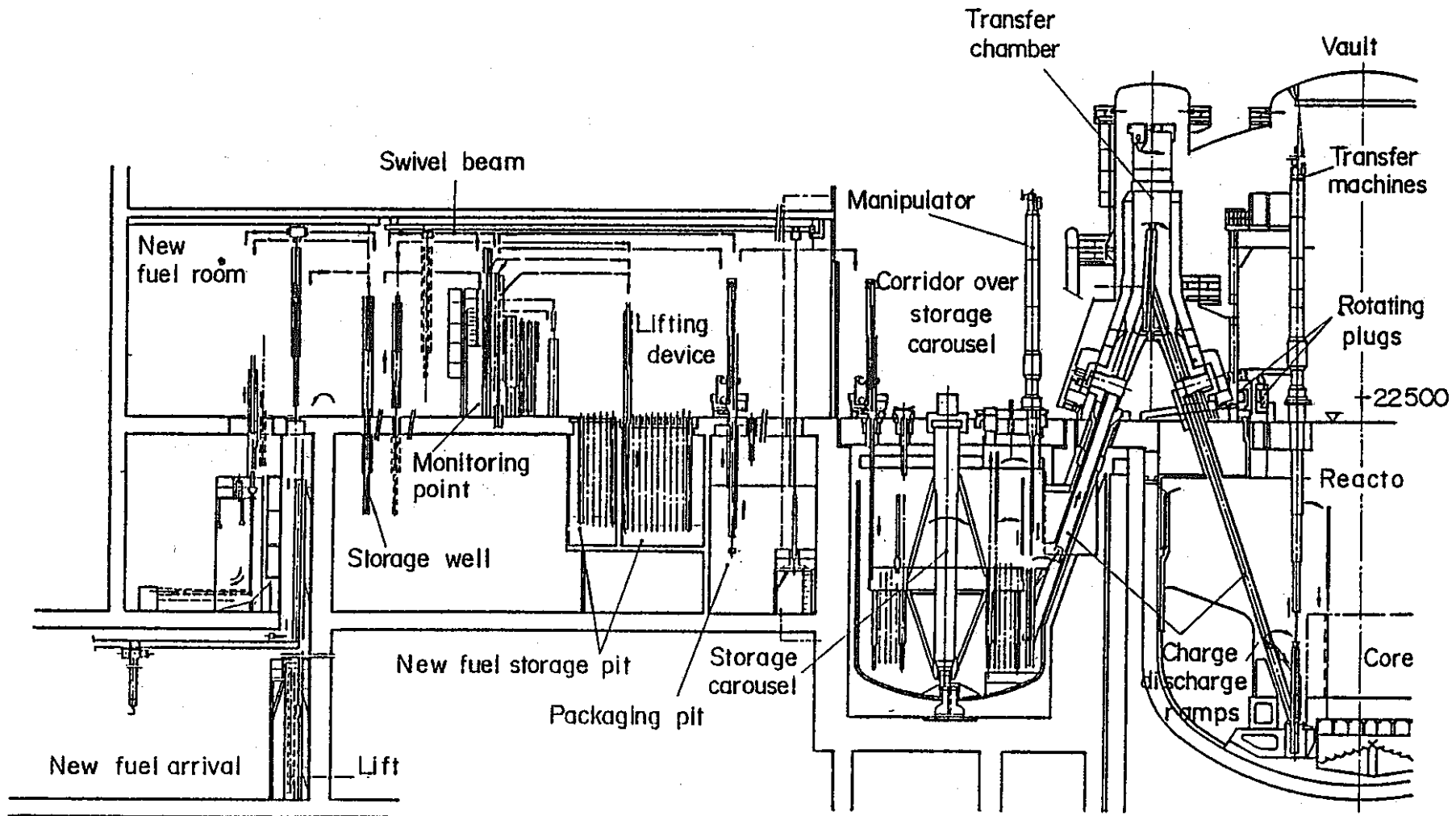


图 5.2.6.2 New Fuel Refueling Route

#### 5.5.2.7 SNR - 300

##### Na 冷却燃料貯蔵庫 (Sodium Cooled Fuel Store = EVST)

貯蔵庫は、210体の収容能力を持ち、炉心に装荷されている全ての燃料集合体を貯蔵する能力を有している。

貯蔵は、6列の燃料ラックからなりガードベッセルで囲まれている。

本設備の回転プラグは、炉容器と同じ支持方法及び、リークタイト方法をとっている。

独立した3つのNa強制循環冷却ループは、それぞれ、冷却に必要な1150KWの除熱能力を有している。

3ループのうち、1ループは、水冷却であり、残る2ループは空気冷却である。ガードベッセルのガイドレール及びインターベッセルのギャップへのアクセスチャンネルは遠隔で、検査器具を運転できるのを可能にしている。(図5.2.7.1参照)

その他付帯設備を以下に示す。

##### (1) 燃料洗浄設備 (Wash Cell)

洗浄セルは、最高2KWの崩壊熱を持った集合体まで取扱える。

洗浄方法は、湿りN<sub>2</sub>ガス及び水で洗浄した後、高温N<sub>2</sub>ガスで乾燥させる。

##### (2) 照射燃料セル (Irradiated Fuel Cell)

Naのついた、かつ崩壊熱発生率が8KWまでの燃料集合体について、曲り及び外観検査を行う。

缶詰もこのセル内で行われる。

##### (3) ガス冷却貯蔵庫 (Gas Cooled Store)

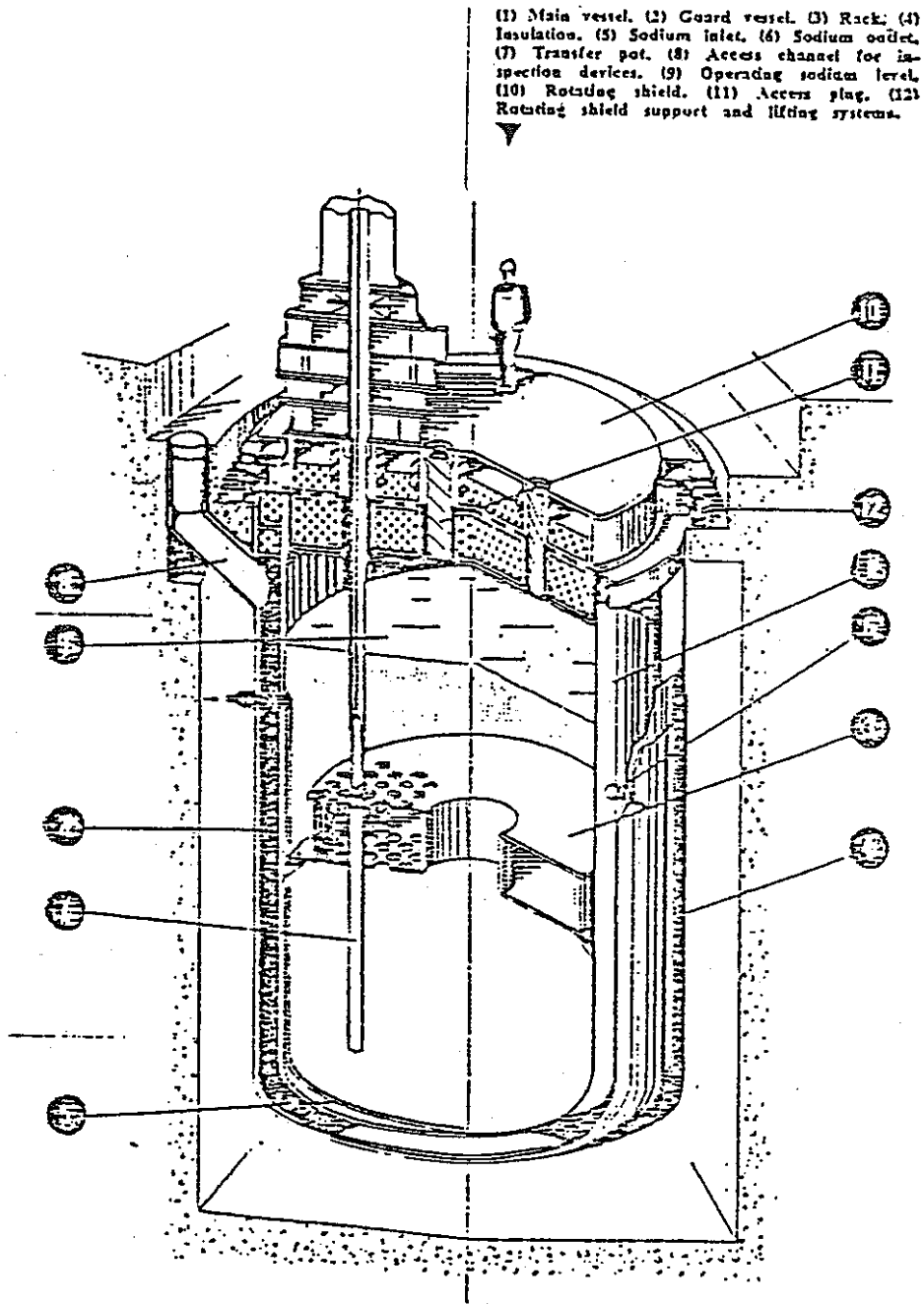
この貯蔵庫は、同心円状に配列されたキャニスターに202体のS/Aの収納ができる。

崩壊熱除去は、N<sub>2</sub>ガス強制循環により行われる。3ループからなるこの冷却システムは、N<sub>2</sub>ガスと水の熱交換器で熱除去を行い、要求される150KWの除熱能力をそれぞれで有している。

原子炉格納施設空気換気系は、緊急時のヒートシンクの役割をもつ。

##### (4) 新燃料セル (New Fuel Cell) 及び貯蔵施設

このセルは、中性子遮蔽対策をしてあり、空気雰囲気の新燃料を検査する為の施設である。貯蔵室は、空気雰囲気であり、筒の中に、燃料が保管されている。



⊗ 5.2.7.1 Sodium cooled fuel store

#### 5.5.2.8 BN-350

BN-350には、EVSTは、なく Exhaust ドラムからトランスファロータにより、洗浄BOX側へ移動した使用済燃料は、洗浄BOXのトランスポーターにより洗浄セルまで運ばれ洗浄された後、水プールまで移送され貯蔵される。

缶詰設備がないことから、裸貯蔵が行われていると考えられる。

#### 5.5.2.9 BN-600

BN-600のEVSTは、Storage & Transfer Roterと呼ばれているが、これは、小型のE. V. S. Tと考えられる。

ロータ内の貯蔵ラックは、トランスファーセルと洗浄セルのトランスファロータとの取合を可能とする為、一列の同心円の貯蔵ラックからなり、回転駆動部より、回転される。

冷却された使用済燃料は、洗浄セルのトランスファロータのハンドリング設備により吊り上げられ洗浄設備へ移送される。洗浄後、同じハンドリング設備より、取り出された燃料は水プールへのチャンネル内へ装荷される。

缶詰設備がないことから、裸貯蔵が行われていると考えられる。

- 疑問点
1. BN-350, BN-600とも洗浄槽が複数あること。
  2. 炉内に入る前に、新燃料は、Na中で予熱されるか？
  3. 裸貯蔵が行われていると思われるが、その貯蔵期間。



## 参 考 文 献

1. PNC SN 960 80-11  
海外出張報告：FFTF 燃料取扱設備の据付及び試験  
向坊隆一
2. PNC ZN 960 80-04  
海外出張報告 FFTF 派遣報告  
佐藤勲雄 (1980.4)
3. PNC SN 241 83-08(2)  
高速増殖実証炉 第1巻 (1983.4)
4. FBCR-11  
海外高速増殖原型炉及び大型炉の概要  
PNC FBR 開発本部 (1975.10)
5. 高速増殖炉 (CRBRP) における安全評価の調査について  
原子力安全局原子炉規制課 (S. 53.12)
6. 資料第3-3-2号 Super Phenix 用機器の研究開発  
PNC FBR 開発本部 (S. 56.8)
7. PNC H 251 82-02  
仏における高速炉の研究開発 (1982.9)
8. 世界各国の FBR 燃取設備の概要  
佐藤勲雄
9. PNC N 941 83-27  
高速実験炉「常陽」照射用炉心移行作業報告書
10. 原子炉設置変更許可申請書 (高速実験炉設置変更)  
昭和44年6月30日
11. 高速増殖炉もんじゅ発電所原子炉設置許可申請書  
昭和55年12月
12. PNC ZJ 278 82-13  
高速増殖実証炉概念設計(Ⅲ) (S. 57.5)

## あ と が き

昭和57年8月に実証炉設計技術検討ワーキンググループが発足し、約2ヶ年の間に、各メンバーは、日常業務とは別の勤務時間外等により調査したので、内容が、充分でないと思われるが、少しでも早く、多くの人々の検討資料として、役に立てて頂ければと思い、報告することにした。

本報告書をまとめるまでに、高速増殖炉開発本部、開発調整室、奈良実証炉ブロック（現、大洗工学センター高速炉機器開発部）や室員の多くの方々に、御指導頂いた。また、企画部、石上調査役等には、数多くの資料を提出して頂いた。ここに深く感謝する次第である。

本実証炉設計技術検討ワーキンググループの発足や会議の運営にあたり、望月理事、野本副本部長、堀開発調整室長、各ブロックリーダー、大洗工学センター関連部長（厚母、井滝、松野、三本各部長）等、数多くの御協力を得ましたことを感謝します。

当ワーキンググループの発足以来、約2ヶ年が経過し、発足当初計画したPhase-1：世界各国の技術調査を一応終了し、今後は、Phase-2に移行すべき段階にきている。

動燃内においては、昭和59年3月16日および4月1日に大巾な人事異動が行われ、大洗工学センター内にFBR大型炉グループが発足し、新しい局面を転回しつつある。

そこで当ワーキンググループも、メンバー等の見直しを行なうことになり、Phase-2からは、FBR大型炉グループの土屋毎雄氏が主査となり、活躍されることになった。今後共、一層の御支援を期待する。

メ ン バ ー 一 覧

(本社)	佐々木	修 一	(実証炉 Gr)
	大 谷	暢 夫	(炉物理 Gr)
	坂 本	寛 己	(システム設計 Gr)
	服 部	直 三	(高速炉工学 Gr)
(大洗) 主査	亀 井	満	(機器開発室)
	中 本	香一郎	( " )
	林 道	寛	( " )
	片 岡	一	( " )
	軍 司	稔	( " )
	今 井	颯	(システム設計開発室)
	中 西	征 二	(構造物強度試験室)
	平 野	正 敦	(ナトリウム材料開発室)
	高 橋	克 郎	(炉心安全工学室)
	宮 口	公 秀	(プラント安全工学室)
	黒 羽	光 男	( " )
	布留川	修	(高速炉工学室)
	池 上	哲 雄	(原子炉技術課)
	小 山	真 弘	(照射課)
	鹿 倉	栄	(技術解析室)
	松 島	英 哉	(照射燃料集合体試験室)
	横 田	淑 生	(現・科学技術庁)
	神 戸	満	(高速炉機器開発部)
(事務局)	山 田	栄 吉	(高速炉機器開発部)