

## もんじゅ燃料体取出し作業報告書

－ 2020年度の「燃料体の取出し」作業－

Fuel Unloading Operations -2020- in the Decommissioning of  
the Prototype Fast Breeder Reactor “Monju”

塩田 祐揮 有吉 秀夫 塩濱 保貴 磯部 祐太  
竹内 遼太郎 工藤 淳貴 花木 祥太郎 浜野 知治  
高木 剛彦

Yuki SHIOTA, Hideo ARIYOSHI, Yasutaka SHIOHAMA, Yuta ISOBE  
Ryotaro TAKEUCHI, Junki KUDO, Shotaro HANAKI, Tomoharu HAMANO  
and Tsuyohiko TAKAGI

敦賀廃止措置実証部門  
高速増殖原型炉もんじゅ  
廃止措置部

Decommissioning Project Department  
Prototype Fast Breeder Reactor Monju  
Sector of Tsuruga Decommissioning Demonstration

September 2022

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。本レポートはクリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際 ライセンスの下に提供されています。本レポートの成果（データを含む）に著作権が発生しない場合でも、同ライセンスと同様の条件で利用してください。（<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>）  
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ウェブサイト（<https://www.jaea.go.jp>）より発信されています。本レポートに関しては下記までお問合せください。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 JAEA イノベーションハブ 研究成果利活用課  
〒 319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方 2 番地 4  
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).

Even if the results of this report (including data) are not copyrighted, they must be used under the same terms and conditions as CC-BY.

For inquiries regarding this report, please contact Institutional Repository and Utilization Section, JAEA Innovation Hub, Japan Atomic Energy Agency.

2-4 Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan

Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

もんじゅ燃料体取出し作業報告書  
—2020年度の「燃料体の取出し」作業—

日本原子力研究開発機構 敦賀廃止措置実証部門 高速増殖原型炉もんじゅ  
廃止措置部

塩田 祐揮、有吉 秀夫、塩濱 保貴、磯部 祐太  
竹内 遼太郎、工藤 淳貴、花木 祥太郎、浜野 知治、高木 剛彦

(2022年6月10日受理)

もんじゅ廃止措置計画の第1段階では「燃料体取出し作業」を行う。燃料体取出し作業では、炉外燃料貯蔵槽に貯蔵中の燃料体を洗浄・缶詰し燃料池に貯蔵する「燃料体の処理」、炉心にある燃料体を模擬燃料体（以下「模擬体」という。）等と交換し炉外燃料貯蔵槽に貯蔵する「燃料体の取出し」を交互に行い、4つのキャンペーンに分けて炉心にある370体と炉外燃料貯蔵槽にある160体の燃料体を全て燃料池に貯蔵する。

本作業報告書は、全4キャンペーンのうち、第3キャンペーンの「燃料体の取出し」作業について纏めたものである。

第3キャンペーンにおける「燃料体の取出し」作業では、炉心に装荷されていた72体の炉心燃料集合体と74体のブランケット燃料集合体（合計146体）を炉心から取出し、炉外燃料貯蔵槽へと貯蔵した。また、炉外燃料貯蔵槽にあった模擬体（145体）及び固定吸収体（1体）（合計146体）を炉心へ装荷した。その間、13種類、36件の警報・不具合等が発生したが、何れも燃料体や設備の安全に直ちに影響しない想定内事象であった。よって、燃料体落下等の重大な事象及び移送機器の機構部分のスティック等の長期停止する可能性がある事象は発生していない。また、機器の動作・性能に係る不具合に対しては直接要因を除去し、安全を確保した上で作業を継続することができた。

もんじゅの燃料取扱設備はナトリウム冷却高速炉固有の機能を持つものであり、実燃料体を対象とした連続・継続的な運転は途に就いたばかりであるため、標準化が進んだ軽水炉の燃料取扱設備のように多くの経験は無い。そのため、様々な事象を想定し、それを基に事象が発生する頻度をできる限り抑える対策、工程影響を最小化する復旧策を施した。

## **Fuel Unloading Operations -2020- in the Decommissioning of the Prototype Fast Breeder Reactor “Monju”**

Yuki SHIOTA, Hideo ARIYOSHI, Yasutaka SHIOHAMA, Yuta ISOBE,  
Ryotaro TAKEUCHI, Junki KUDO, Shotaro HANAOKI,  
Tomoharu HAMANO and Tsuyohiko TAKAGI

Decommissioning Project Department, Prototype Fast Breeder Reactor Monju  
Sector of Tsuruga Decommissioning Demonstration,  
Japan Atomic Energy Agency  
Tsuruga-shi, Fukui-ken

(Received June 10, 2022)

In the first stage of “Monju” decommissioning project, “Fuel Unloading Operations” have been carrying out. The operations consists of two processes. The first process is “Fuel Treatment and Storage” is that the fuel assemblies unloaded from the Ex-Vessel fuel Storage Tank (EVST) are canned after sodium cleaning, and then transferred to the storage pool. The second process is “Fuel Unloading” that the fuel assemblies in the reactor core are replaced with dummy fuel assemblies and stored in the EVST. “Fuel Treatment and Storage” and “Fuel Unloading” are performed alternately until 370 fuel assemblies in the core and 160 fuel assemblies in the EVST are all transferred to the storage pool.

This is a summary of “Fuel Unloading” in the third quarter of “Fuel Unloading Operation”. In fiscal 2020, as “Fuel Unloading”, 72 fuel assemblies and 74 blanket fuel assemblies were unloaded from the core, and stored in the EVST. From the EVST, 145 dummy fuel assemblies and 1 fixed absorber were loaded in the core instead. During these operations, a total of 36 cases alarming or equipment malfunctions classified into 4 types occurred. However, these events were estimated in advance, there were no significant events that menaces to safety of fuel assemblies and equipment. Therefore, there were no serious problem like fall of fuel assemblies and events that may affect schedule of the project like stick of gripper of ex-vessel fuel transfer machine. When equipment’s work or performance fail, the operation continued with safety by elimination of causes of problem.

Fuel handling system of Monju has function that is endemic to sodium cooling fast breeding reactor. Because continuous operations of fuel handling system with actual fuel assemblies start recently, we don’t have as much experience as PWR and BWR. With estimation of various troubles, reduction of frequency of trouble occurrence and minimization of impacts on schedule performed.

Keywords: Monju, Sodium Fast Reactor, Decommissioning, Fuel Unloading

目 次

1. 序論	1
1.1 経緯	1
1.2 もんじゅの特徴	1
1.3 第1段階における「燃料体の取出し」作業について	1
2. 「もんじゅ」燃料体の取出しに係る設備の特徴	2
2.1 燃料移送、貯蔵設備の機能・構造	2
2.1.1 しゃへいプラグ	2
2.1.2 燃料交換装置	3
2.1.3 炉内中継装置	6
2.1.4 燃料出入設備	7
2.1.5 炉外燃料貯蔵設備	9
2.1.6 燃取系監視制御システム	10
2.2 燃料体の取出しの運転	11
2.2.1 自動化運転	11
2.2.2 燃料体の取出しの自動化運転内容	12
2.2.3 警報・不具合等発生時の判断	12
3. 「燃料体の取出し」作業の実施	13
3.1 実施体制	13
3.1.1 実施責任者の役割	13
3.1.2 操作チームの実施体制	13
3.1.3 設備チームの実施体制	14
3.2 「燃料体の取出し」作業工程	14
3.2.1 「燃料体の取出し」作業速度	14
3.2.2 ドリップパン交換頻度について	14
3.3 リスク分析	15
3.4 設備改善	15
4. 「燃料体の取出し」作業実績	15
4.1 「燃料体の取出し」作業に伴う運転実績	15
4.2 「燃料体の取出し」作業における警報・不具合等の対処実績	16
4.2.1 しゃへいプラグ	17
4.2.2 燃料交換設備	17
4.2.3 燃料出入設備	19
4.2.4 炉外燃料貯蔵設備	19
4.2.5 燃取系計算機／燃料交換自動化盤等	20
5. 結言	23
謝辞	25
参考文献	25

Contents

1. Introduction .....	1
1.1 Background .....	1
1.2 Features of Monju .....	1
1.3 Fiscal year 2018–2020 Performance in “Fuel unloading operation” .....	1
2. “Monju” fuel handling system .....	2
2.1 Function and structure of fuel handling and storage system .....	2
2.1.1 Shield plug .....	2
2.1.2 Fuel handling machine (FHM) .....	3
2.1.3 Internal Vessel Transfer Machine (IVTM) .....	6
2.1.4 Ex-vessel fuel transfer machine .....	7
2.1.5 Ex-Vessel fuel Storage Tank (EVST) .....	9
2.1.6 New fuel receiving and storage system .....	10
2.2 Operation in “Fuel Unloading” .....	11
2.2.1 Automatic operation .....	11
2.2.2 Automatic operation on “Fuel Unloading” .....	12
2.2.3 Structure of automatic operating system .....	12
3. Fiscal year 2020 – “Fuel Unloading” operation implementation .....	13
3.1 Operational structure of staff .....	13
3.1.1 Role of fuel handling supervisor .....	13
3.1.2 Structure of operating team .....	13
3.1.3 Structure of maintenance team .....	14
3.2 “Fuel unloading” operating process .....	14
3.2.1 “Fuel Unloading” operating speed .....	14
3.2.2 Changing frequency of drip pan .....	14
3.3 Risk analysis .....	15
3.4 Machinery Improvement .....	15
4. Fiscal year 2020 – Actual results of “Fuel Unloading” .....	15
4.1 Actual operation of fuel handling system .....	15
4.2 Alarming / troubles and countermeasures in fiscal year 2020 .....	16
4.2.1 Shield plug .....	17
4.2.2 Fuel handling machine (FHM) .....	17
4.2.3 Ex-vessel fuel transfer machine .....	19
4.2.4 Ex-Vessel fuel Storage Tank (EVST) .....	19
4.2.5 Fuel handling computer / Fuel unloading automation system .....	20
5. Conclusion .....	23
Acknowledgements .....	25
References .....	25

表リスト

表 3.1	第 3 キャンペーンにおける「燃料体の取出し」作業による課長指示書の内容	26
表 4.1	もんじゅ取扱設備の実績	27
表 4.2	警報・不具合等の発生・判断・対処実績	44

図リスト

図 1.1	(a) 廃止措置期間の段階	53
	(b) 廃止措置の全体工程	54
図 1.2	(a) 「燃料体の処理」作業の流れ	55
	(b) 「燃料体の取出し」作業の流れ	56
図 1.3	第 1 段階における「燃料体の取出し」作業工程	57
図 2.1	燃料交換設備の概要	58
図 2.2	しゃへいプラグの概要	59
図 2.3	燃料交換装置の構造	60
図 2.4	燃料交換装置本体駆動原理	61
図 2.5	燃料交換装置のグリッパの構造	62
図 2.6	燃料把持動作状態説明図	63
図 2.7	炉内中継装置の構造	64
図 2.8	燃料出入設備の鳥瞰図	65
図 2.9	セルフロック機構の例	66
図 2.10	二重 O リングとシールガスによるシール確保の概念	67
図 2.11	グリッパ及びアダプタの構造	68
図 2.12	グリッパのつかみ昇降動作原理	69
図 2.13	燃料出入機本体 A における燃料体の落下防止機構	70
図 2.14	ドリップパンの構造	71
図 2.15	炉外燃料貯蔵設備の構造	72
図 2.16	6 連式床ドアバルブの構造	73
図 2.17	(a) 燃取系監視制御システム（自動化運転選択パネル）	74
	(b) 燃取系監視制御システム（自動化運転進行パネル）	75
図 2.18	操作盤体系図	76
図 2.19	(a) 「空ポット移送」作業の運転進行フロー	77
	(b) 「燃料体の取出し」作業の運転進行フロー	78
	(c) 「空ポット返還」作業の運転進行フロー	79
図 3.1	「燃料体の取出し」作業時の実施体制	80
図 3.2	燃料出入機本体 A グリッパ昇降トルク：爪つかみ時トルク	81
図 3.3	燃料出入機本体 A グリッパ昇降トルク：爪はなし時トルク	82

図 3.4	燃料出入機本体 A グリッパ昇降トルク：上爪つかみ・はなし時トルク-----	83
図 3.5	回転プラグ回転トルク-----	84
図 3.6	ホールドダウンアーム回転トルク -----	85
図 3.7	IVTM 回転トルク-----	86
図 3.8	FHM 本体グリッパ爪開閉トルク-----	87
図 3.9	FHM 本体昇降荷重（吊り・不吊り判定点）-----	88
図 3.10	感知ロッド概要及び発生事象-----	89
図 3.11	FHM 本体グリッパ爪開閉動作ロジック改善-----	90
図 4.1	「燃料体の取出し」作業実績-----	91
図 4.2	燃料出入孔 DV 閉ガス置換の概要-----	92
図 4.3	炉心アドレスとケースの概要-----	93
図 4.4	セルフオリエンテーション機構の概要-----	94
図 4.5	弁座シール部の概要-----	95

## 1. 序論

### 1.1 経緯

2016年12月、原子力関係閣僚会議は、「もんじゅ」の取扱いに関する政府方針で「我が国の高速炉研究開発を進めることが必要である。(中略)「もんじゅ」については様々な不確実性の伴う原子炉としての運転再開はせず、今後、廃止措置に移行する」とした。この決定により「もんじゅ」は2017年12月に原子力規制委員会へ廃止措置計画の認可申請を行い、2018年3月にその認可を受けた。「もんじゅ」廃止措置計画では、廃止措置期間を4段階に区分した。廃止措置期間の各段階と廃止措置の全体工程を図1.1に示す。第1段階では、廃止措置における残留リスクの早期低減を図るため、「燃料体取出し作業」を最優先に実施することとした。

廃止措置計画の認可申請の段階で、「もんじゅ」の炉心には370体、炉外燃料貯蔵槽には160体の燃料体が貯蔵されていた。第1段階では2022年末までにこれらの燃料体を全て燃料池に貯蔵し、炉心には燃料体の形状、重量等を模擬した模擬体、又は固定吸収体(以下「模擬体等」という。)を装荷する計画である。この作業は炉外燃料貯蔵槽に貯蔵中の燃料体を洗浄・缶詰し燃料池に貯蔵する「燃料体の処理」作業と炉心にある燃料体を模擬体等と交換し炉外燃料貯蔵槽に貯蔵する「燃料体の取出し」作業を交互に行うものであり、加えて「燃料体の処理」作業では、「燃料体の取出し」作業に向け、並行して模擬体を炉外燃料貯蔵槽の空いたスペースに貯蔵する。「燃料体の処理」作業及び「燃料体の取出し」作業の流れを図1.2に示す。

### 1.2 もんじゅの特徴

「もんじゅ」は、大量かつ高温のナトリウムを冷却材に用いたナトリウム冷却高速炉である。アルカリ金属であるナトリウムは空気中の酸素や水分との反応性が高く、ナトリウムが存在する機器内は不活性ガスであるアルゴンガスの雰囲気中で管理されている。このため、燃料体をナトリウム中から別の設備へ移送する際は、空気雰囲気中で機器を開放せず機器同士の接合部のシール確保と不活性ガス管理によって行う。そのため、機器の構造、動作、動作検知、警報設定に様々な工夫を取り入れており、原子炉容器を開放して燃料体を取り出す軽水炉の燃料取扱設備と比較して、特殊かつ複雑であることから、燃料取扱設備の構造や動作を理解するには相当の経験を要する。また、ナトリウムが不透明であること、燃焼度の高い燃料体を対象にした設計であること、シールされた密閉空間内で燃料体等をハンドリングすることから、「もんじゅ」の燃料取扱設備の運転は、荷重やストローク等の機器動作パラメータから燃料体等の取扱対象物や設備の状態を把握し、遠隔で行う。

### 1.3 第1段階における「燃料体の取出し」作業について

「もんじゅ」における廃止措置第1段階は、2018年8月から約5.5年の期間をかけて実施する計画であり、「燃料体取出し作業」を最優先に実施する。また、第1段階における「燃料体取出し作業」については、4回のキャンペーンに分けて実施する。第1段階における「燃料体取出し作業」工程を図1.3に示す。また、2021年7月末時点での各キャンペーンの実績と予定

を示す。

(1) 第1キャンペーン (2018年8月～2019年1月)

- ・「燃料体の処理」作業

100体の燃料体の処理を計画し、実績として86体の処理作業を実施した。

(2) 第2キャンペーン (2019年9月～2020年6月)

- ・「燃料体の取出し」作業

100体の燃料体の取出しを計画し、計画どおり100体の取出し作業を実施した。

- ・「燃料体の処理」作業

174体の燃料体の処理を計画し、計画どおり174体の取出し作業を実施した。

(3) 第3キャンペーン (2021年1月～2021年7月)

- ・「燃料体の取出し」作業

146体の燃料体の取出しを計画し、計画どおり146体の取出し作業を実施した。

- ・「燃料体の処理」作業

174体の燃料体の処理を計画し、計画どおり174体の取出し作業を実施した。

(4) 第4キャンペーン (2022年実施予定)

- ・「燃料体の取出し」作業

124体の燃料体の取出しを計画し、炉心から全ての燃料体を炉外燃料貯蔵槽への取出しを終える予定。

- ・「燃料体の処理」作業

124体の燃料体の処理を計画し、炉外燃料貯蔵槽から全ての燃料体を燃料池へ貯蔵し終える予定。(「燃料体取出し作業」の完了予定)

## 2. 「もんじゅ」燃料体の取出しに係る設備の特徴

### 2.1 燃料移送、貯蔵設備の機能・構造

原子炉容器内で燃料体等を取扱う「燃料体の取出し」作業では、炉上部上に燃料交換装置及び炉内中継装置等を設置する。炉上部への燃料交換設備の概要を図 2.1 に示す。

#### 2.1.1 シャへいプラグ

シャへいプラグは、原子炉容器上部に設置され、炉心からの放射線と熱をシャへいし、原子炉カバーガス等のバウンダリを形成するとともに、シャへいプラグに搭載する機器を所定の位置に位置決め・支持することを目的とする。

シャへいプラグ本体は、固定プラグと回転プラグから成り、固定プラグには炉内中継装置、回転プラグには燃料交換装置、制御棒駆動機構、炉心上部機構がそれぞれ搭載される。「燃料体の取出し」作業時には燃料交換装置を搭載した回転プラグを回転することにより、燃料交換装置と相まって模擬体・シャへい体と使用済炉心構成要素を交換する機能を果たす。シャへいプラグの概要図を図 2.2 に示す。

## 2.1.2 燃料交換装置

燃料交換装置（FHM）は、「燃料体の取出し」作業時に炉心と燃料出入設備との間で炉心構成要素を移送する燃料交換設備の構成機器の一つであり、使用済炉心構成要素を炉心もしくは、炉内ラック内から引抜き、回転プラグの回転動作と連動し、炉内中継装置の回転ラックに保持される空の燃料移送ポットに収納するまでの炉内移送を行う。さらに炉内中継装置の回転ラックに保持される燃料移送ポットから新炉心構成要素（廃止措置段階においては模擬体）を取出し、回転プラグの回転動作と連動し、炉心もしくは、炉内ラック内に装荷するまでの炉内移送を行う。燃料交換装置の構造図を図 2.3 に、また、燃料交換装置本体駆動原理を図 2.4 に示す。燃料交換装置の各構成機器の構造・機能等は、次のとおりである。

### 【燃料交換装置本体】

燃料交換装置本体は、「燃料体の取出し」作業時のみ炉内に挿入され、直接炉心構成要素の取扱いを行うものである。

下部にはグリッパを炉外に取り出す際に折りたたむパンタグラフがあり、この先端に炉心構成要素のつかみはなしを行うグリッパが設けられている。パンタグラフはグリッパの 2 カ所を支持し、「燃料体の取出し」作業後にグリッパを燃料交換装置本体内に収納するためのパンタグラフアーム 4 本、グリッパ爪開閉のための爪開閉アーム 2 本及び炉心構成要素ハンドリングヘッド位置検出機構の感知ロッド軸アーム 1 本からなる合計 7 本のアームで構成され、それぞれパンタグラフ軸、爪開閉軸、感知ロッド軸に接続され、さらに燃料交換装置本体の上部に設けた駆動装置に接続されている。

また、燃料交換装置本体は、昇降駆動装置により吊り下げられ、昇降駆動装置及びホールドダウンアームのガイドレールに案内されて上下動する。さらに、燃料交換装置本体はホールドダウンアームと共に回転するが、その回転が容易なように駆動部ハウジング下部に玉軸受を設けている。

### パンタグラフ機構

燃料交換装置本体は、「燃料体の取出し」作業開始前にパンタグラフを開いて、グリッパをホールドダウンアームのグリッパ案内筒に設置し、また、「燃料体の取出し」作業終了後にパンタグラフを閉じて、グリッパを収納するためのリンク機構を有する。このリンク機構は、前記 7 本（パンタグラフアーム 4 本、爪開閉アーム 2 本、感知ロッド軸アーム 1 本）のアームの他に折りたたみリンク及び、上部アームと下部アームを接続するリンクで構成されており、折りたたみリンクの一端は燃料交換装置本体内を上下動させることにより、円弧を描いて開閉する。この際、ガイドローラは、本体内に設置したレールに沿って上下動する。上記のリンク機構を介するパンタグラフ開閉操作は、ガイドローラに接続されているパンタグラフ軸の上端に設けたボールスクリュウ機構により、モータ、減速用歯車を介して行い、パンタグラフ開閉操作ストローク位置を連続位置検出器により指示すると共に荷重検出器を設けている。

### グリッパ機構

グリッパは、円筒菅で、パンタグラフアームで支持されているが、下部アームとの連結部は長穴となっており、グリッパと炉心構成要素の中心が多少偏心しても首振りの原理でハンド

リングヘッド内に入るようになっている。また、グリッパの先端部についているテーパが、炉心構成要素ハンドリングヘッドにグリッパを挿入する時の案内をしており、偏心があっても炉心構成要素を掴めるようにしている。内部には、爪開閉機構及び燃料位置感知機構が収納されている。爪開閉機構は、2本の爪の間で爪開閉ロッドを上下動することにより、爪の閉（炉心構成要素を離す）及び開（炉心構成要素をつかむ）動作を行う。爪開閉ロッドの上部は、爪開閉アームに接続し、アーム他端に接続された爪開閉軸を燃料交換装置本体の上部に設けられている爪開閉駆動装置で上下動させることにより爪の開閉を行う。燃料交換装置のグリッパ構造を図 2.5 に示す。

#### 燃料位置感知機構

燃料位置感知機構は、炉心構成要素をつかむ際、グリッパ下端より押し出されている感知ロッドが炉心構成要素ハンドリングヘッド頂部に接すると、この感知ロッドが押し上げられる動きを利用したものである。感知ロッドの動きは感知ロッド軸を介して、燃料交換装置本体駆動装置ハウジング内の感知機構に伝え、その動作を二重のリミットスイッチで検出する。また、この感知機構の動作と連動して爪ロック機構が外れ、爪を開くことができるようになる。炉心構成要素を吊り下げている状態では、スプリング力によるロック機構が働き、炉心構成要素を離す位置で再び感知ロッドを押し上げない限りは爪が絶対に開かない構造としている。これによりグリッパ爪先端には、炉心構成要素のハンドリングヘッドと係合するかえり部を設けない設計とし、炉心構成要素を炉心に装荷する際のセルフオリエンテーション機構を向上させる設計としている。

燃料把持動作状態説明図を図 2.6 に示す。

#### **【ホールドダウンアーム】**

ホールドダウンは燃料交換装置本体の炉内でのガイドと炉心構成要素を引抜く際、周囲の炉心構成要素の浮上りを一定値以下に制御するものである。その構造は、中空の馬蹄型断面積をもつホールドダウン軸、これと偏心した位置に設けられたグリッパ案内筒、及びこれらをつなぐアームを備え、上部は回転及び上下動するためのホールドダウン駆動装置に接続している。ホールドダウン軸には、炉内熱渡条件を緩和するために、ナトリウム中の部分及び液面近傍のカバーガス中の部分に熱しゃへい板が設置されている。

#### **【ホールドダウン駆動装置】**

ホールドダウン駆動装置は、ホールドダウンアームの回転及び上下動を行うもので、駆動装置と原子炉カバーガス等のバウンダリを形成して放射性しゃへい、熱しゃへい機能を有するケーシングから構成され、常時、回転プラグ上に設置される。

#### 回転機構

ホールドダウンアームの回転運動は、回転プラグ上のホールドダウン駆動装置のケーシングに軸受で支持された歯車にかみ合うピニオンをケーシングの外部から、減速機、トルクメータを介してモータ等で構成される駆動装置で回転動作させ、ホールドダウンアームに伝達される。「燃料体の取出し」作業時の目標炉心番号に対する回転位置決め精度を向上させる為、駆動系には AC サーボモータによる可変速制御を用い、低速にてホールドダウンアームの回転を停止させる。

### 上下動機構

ホールドダウンアームの上下動作は、ケーシングの外部から駆動モータにより、車輪が設置してある回転板を回転させ、この車輪と接するホールドダウンアームに斜面の受台を設けておくことにより、回転運動を上下動に変換する構造としている。

上下動ストロークの制御はリミットスイッチにより上下限を検出し、また、下降位置については炉心構成要素頂部より上で停止させ、炉心構成要素の照射による伸び等を考慮しても、炉心にホールドダウンアームの自重が加わることを防止している。

#### 【燃料交換孔ドアバルブ】

燃料交換孔ドアバルブは、ホールドダウン駆動装置の上に取り付けられ、炉内カバーガスのシールを行うとともに、放射線をしゃへいする機能を有している。構造はゲートバルブ方式で、開閉は電動駆動によって行う。開閉位置の制御は、開位置ではリミットスイッチによる位置切りにより行い、閉位置ではトルクスイッチによる荷重切りにより行う。

#### 【昇降駆動装置】

昇降駆動装置は、「燃料体の取出し」作業時に燃料交換装置本体を所要ストローク分昇降させるための設備で、2本のワイヤロープを介して本体の昇降駆動を行う巻上装置と駆動荷重を小さくし、炉心構成要素に過大な荷重がかかることを避け、駆動容量を小さくするためのカウンターウェイトを内蔵したケーシングから構成される。

巻上装置には、取扱いが容易で小型化可能な EC ブレーキ付き EC モータを用い、低速、高速の 2 速の昇降速度が得られるようにしている。昇降ストロークの検出は連続位置検出器で行う。バックアップとして、所定のストローク位置にリミットスイッチを用いている。燃料交換装置本体と巻上装置の接続は、燃料交換装置本体頂部のつかみはなしを行う爪開閉用パワーシリンダと電源供給用コネクタを連結する 2 台のパワーシリンダを内蔵した昇降駆動装置用グリッパで行い、昇降駆動装置用グリッパを吊り下げているワイヤロープには荷重検出器が設置されており、挿入、引抜力の検出、過負荷防止及びゆるみの検出等を行っている。

#### 【軸封装置】

軸封装置は、昇降駆動装置下部の燃料交換孔ドアバルブ上フランジに設置され、上下各 3 段の J パッキンで燃料交換装置本体との間のカバーガスをシールするものである。

#### 【燃料体等のつかみ・はなし・落下防止】

##### 燃料体等のつかみ

グリッパ機構は炉心構成要素をつかむ時、グリッパと炉心構成要素の中心が多少偏心していても首振りの原理でハンドリングヘッド内に入るようになっている。また、グリッパの先端部にはテーパ（下向きの台形の形）がついており、炉心構成要素ハンドリングヘッドにグリッパを挿入する際、案内をする役割を持つ。そのため、20 mm 偏心があっても炉心構成要素をつかめるようになっている。

##### 燃料体等のはなし

炉心構成要素を吊り下げている状態では、スプリング力により爪ロック機構が働き、炉心構成要素を離す位置で再び感知ロッドを押し上げない限りは爪が開かない構造となっている。

### 燃料体等の落下防止

- a) 機械的、電氣的インターロックの設置により、グリッパの未着地状態（感知ロッドが押し上げられていない）での切離し操作を防止する。
- b) 昇降駆動装置において、無励磁作動型ブレーキを使用し、電源喪失時にもグリッパの滑落を防止する。
- c) 昇降駆動装置のワイヤロープを2系統化し、また、グリッパ爪が1本破損しても炉心構成要素の保持機能を維持できる構造とし、吊り具の単一破損による落下を防止する。

### 2.1.3 炉内中継装置

炉内中継装置（IVTM）は、「燃料体の取出し」作業時に炉心と燃料出入設備との間で炉心構成要素を移送する燃料交換設備の構成機器の1つであり、燃料出入機から新炉心構成要素入り燃料移送ポットを受入れ、回転ラックで保持し、燃料交換装置への受渡し位置まで回転移送して新炉心構成要素を燃料交換装置へ引渡す。さらに、使用済炉心構成要素を空の燃料移送ポット内に受入れ、回転ラックで保持し、燃料出入機への受渡し位置まで回転移送して使用済炉心構成要素入り燃料移送ポットを燃料出入機へ引渡す。

また、出力運転時には、原子炉カバーガス等のバウンダリを形成する。

炉内中継装置の構造を図2.7に示す。

#### 回転ラック駆動装置

炉内中継装置本体の回転ラックを回転させるための駆動装置であり、上部案内筒には、上記回転ラック駆動装置が設置され、しゃへいプラグ固定プラグ上に据付けられ、原子炉カバーガス等バウンダリを形成する。

#### 燃料出入孔ドアバルブ

上部案内筒の頂部に取付けられ出力運転時に上部案内筒と相まって原子炉カバーガス等バウンダリを形成する。

下部ガイドは、常時炉内構造物上部支持板上面に据付けられ、「燃料体の取出し」作業時に炉内中継装置本体の下部耐震サポートの役目をなす。

#### 燃料出入孔スリーブ

燃料出入孔に炉内中継装置本体挿入時の案内ガイドをなすとともに、燃料出入機で炉内中継装置から使用済燃料集合体入り燃料移送ポットを吊り上げる途中で燃料移送ポットが停止した場合に、使用済燃料集合体を冷却し、また燃料出入孔プラグを引抜く際、加熱できる様に内部にガス流路を設けているもので、しゃへいプラグ上の燃料出入孔に設置する。

#### 挿入しゃへい体

「燃料体の取出し」作業時に上部案内筒内に挿入され、燃料移送ポットの通路を形成するとともに追加しゃへい体の役割をなし、出力運転中は格納容器内の挿入しゃへい体位置に保管される。

#### 燃料出入用接続筒

燃料出入機の可動ブロック取合うために「燃料体の取出し」作業時のみ燃料出入孔ドアバルブ上面に取付けられる。

## 燃料出入孔プラグ

出力運転時に燃料出入孔に挿入され、炉心からの放射線や熱をしゃへいするものであり、「燃料体の取出し」作業中は格納容器内の燃料出入孔プラグ置場に保管される。

### 2.1.4 燃料出入設備

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の取り出し並びに炉外燃料貯蔵設備、燃料検査設備、燃料処理設備および水中燃料貯蔵設備の各設備間の移送機能と模擬体・しゃへい体を炉外燃料貯蔵設備から炉内中継装置へ移送する機能を有する。燃料出入設備の鳥瞰図を図 2.8 に示す。

燃料出入設備は、燃料体等を収納する燃料出入機本体、その本体と走行台車からなる燃料出入機、移送中の燃料体を冷却する燃料出入機冷却装置で構成されている。

燃料出入機本体は、取扱対象物をナトリウム、又はナトリウムベーパー雰囲気を取り扱う燃料出入機本体 A と、非ナトリウムベーパー雰囲気を取り扱う燃料出入機本体 B で構成されている。燃料出入機本体 A の取扱対象物は、炉心構成要素（単体）、燃料移送ポット（空又は炉心構成要素収納）、燃料出入機本体 A のドリップパン（DP）であり、燃料出入機本体 B の取扱対象物は炉心構成要素（単体）、缶詰缶（空又は炉心構成要素収納）及び燃料出入機本体 B のドリップパンである。

走行台車は、燃料出入機本体と燃料出入機冷却装置を搭載してレールガータ上を走行し、炉心構成要素の受渡しのために燃料出入機本体 A 及び B をそれぞれ所定の設備に接続するための位置決めを行う自走式の台車である。

燃料出入機冷却装置は、燃料出入機本体に冷却ガスを供給し、燃料出入機本体内に収納された使用済炉心燃料集合体及び使用済ブランケット燃料集合体等を冷却すること、及び燃料出入機本体内に必要な雰囲気ガスを供給することを目的としている。

燃料移送ポットは、炉心構成要素を炉内中継装置と炉外燃料貯蔵槽及び破損燃料検査設備間で液体ナトリウムに浸して移送するために、液体ナトリウム及び炉心構成要素の収納・保持を行うものである。

#### **【機器内・接合部のシール確保と不活性ガス管理】**

燃料出入機本体 A が接続する炉外燃料貯蔵槽には燃料体の冷却のためナトリウムがあり、空気の混入を防止する必要がある。また、燃料出入機本体 A 内に僅かに水分が残っていた場合、炉外燃料貯蔵槽から取出した燃料体やグリッパの内外構造表面に残存するナトリウムが化合物を形成する可能性がある。このため、機器内・接合部のシール確保と不活性ガス管理が重要となる。

#### 燃料出入機本体 A と床設備の気密性確保

燃料出入機本体 A を床設備のアクセス孔位置まで移動したあと、燃料出入機本体 A の可動ブロックを下ろし、その重さによって燃料出入機本体 A と床設備の接続面を密着させる。

#### 燃料出入機本体 A 内及び床設備アクセス孔の気密性確保

燃料出入機本体 A 可動ブロック及び床設備のアクセス孔にはドアバルブ（弁体の動作による開閉機構）を設けている。燃料出入機本体 A と床設備が切り離された状態では（ドアバルブ

ブ閉)、ドアバルブ弁体の動作によってセルフロック座がシールフランジを開口部に圧着する構造としている。セルフロック機構の例を図 2.9 に示す。

#### 気密性の方式

接続面はシールフランジと二重 O リングの組合せとなっている。二重 O リングの 2 つのリングの間には外圧よりも高い圧力のアルゴンガスを供給している（シールガス）。これにより、二重 O リングの内側が破損した場合はシールガスが接続間隙から設備内へ、外側が破損した場合はシールガスが接続間隙から外へ、両方とも破損した場合はシールガスが接続間隙から設備内と外へ流出するのみであり、接合間隙への外気の混入または、機器内のガスが外へ漏れいすることは無い。二重 O リングとシールガスによるシール確保の概念を図 2.10 に示す。

#### 不活性ガス管理

燃料出入機本体 A 内部と炉外燃料貯蔵槽カバーガスの供用中は、常にアルゴンガス雰囲気としている。燃料出入機本体 A と炉外燃料貯蔵槽及び燃料洗浄槽等の床設備の接続に際しては、その間隙の空気をアルゴンガスに置換した後にドアバルブを開く。アルゴンガス置換は、ドアバルブの接合間の内部雰囲気を真空ポンプによって真空引きした後にアルゴンガスを供給することによって行い、この一連の動作を 5 回行う。なお、排気は気体放射性廃棄物処理設備へ送る。

#### **【燃料体等のつかみ・はなし、吊り上げ・吊り下ろし】**

燃料出入機本体 A は、上記①のシール確保と不活性ガス管理が完了したのち燃料出入機本体 A 及び床設備のドアバルブを開け、床設備に収納されている燃料体等を本体内へ吊り上げ、若しくは本体内に収納されている燃料体等を床設備へ吊り下ろす。燃料体は高燃焼度の MOX 燃料であり、確実につかみ落下させないことが求められる。また、燃料出入機本体 A が炉外燃料貯蔵槽にアクセスした後、吊り上げた燃料体等や浸漬した機器の内外表面にナトリウムが付着する。

#### **【グリッパ】**

燃料出入機本体には燃料体等のつかみ・はなしを行う装置（グリッパ）が設けられている。燃料体等の上部には内側に返しのある孔（ハンドリングヘッド）があり、その孔にグリッパを挿入し、外側に返しのある爪を広げグリッパが燃料体等をつかむ。「燃料体の処理」作業で燃料出入機本体 A は裸の燃料体等を取扱う「燃料用アダプタ」を、「燃料体の取出し」作業で燃料出入機本体 A は燃料体等を収納した燃料移送ポットを取扱う「ポット用アダプタ」をグリッパ本体に装着する。その他、後述するドリップパンの取扱いのため、燃料出入機本体 A グリッパには「ドリップパンアダプタ」が用意されている。グリッパ及びアダプタの構造を図 2.11 に示す。

#### グリッパのつかみ・はなし、昇降動作

燃料出入機本体 A のグリッパは、燃料体等のつかみ・はなしを行うほか、グリッパそのものを昇降し燃料体等の吊り上げ・吊り下ろしを行う。グリッパ本体内には 2 個のドラムがあり、各ドラムはステンレスのテープ 2 本で吊られている。このテープ（合計 4 本）は燃料出入機本体 A の上部に設けられたグリッパ駆動装置で巻き上げ・巻き下ろしできる。グリッパ

のつかみ昇降動作原理を図 2.12 に示す。

ドラムにはアクチュエータロッドが接続されている。テープの一方を巻き上げ、他方を巻き下ろせばドラムは回転しアクチュエータロッドが上下する。アクチュエータロッドを上下させることで、爪を開閉（つかみ・はなし）させる。また、4本のテープを巻き上げ若しくは巻き下げることによってグリッパを昇降させることができる。つかみ・はなし動作（ドラムの回転）とグリッパ昇降は、グリッパ駆動装置のクラッチ切替を用いて行う。なお、燃料出入機本体 A はグリッパ本体にアダプタを装着して使用するため、燃料体等を取扱う下爪と、アダプタを取扱う上爪の動作機構を有する。

#### 燃料体等の落下防止

燃料出入機本体には、燃料体等を確実につかみ、落下させないことが求められる。確実につかむ機能については、燃料体等の上部孔の内側への返しとグリッパ爪の外側への返しの組合せにより、吊り上げ・吊り下ろし状態で爪が外れない機構となっている。また、爪は周方向に 120°間隔で 3 つ設けられており、仮に 1 本爪が折損したとしても残る 2 本の爪が燃料体等を幾何学的に離さない構造になっている。仮にテープ 1 本が破断したとしても、残る 2 本（1 対）のテープで燃料体等の荷重に耐えられるよう設計されている。

昇降駆動装置のクラッチは電磁スイッチ方式を採用している。仮に動力源を喪失した場合、爪開閉クラッチはオフ（爪開（つかみ）固定）、昇降ブレーキクラッチはオフ（ブレーキ開放）、昇降動作クラッチはオン（駆動モータ接続）となる。燃料体等の荷重は、駆動機構の歯車及び駆動モータのブレーキで保持し、落下しないよう設計されている。ブレーキを開放する理由は、手動による燃料体等の吊り下ろしを可能とするためである。燃料出入機本体 A における燃料体の落下防止機構を図 2.13 に示す。

#### ドリップパン

燃料出入機本体 A ドリップパン（DP）は、燃料出入機本体 A ドアバルブの弁体部に装備し炉心構成要素および燃料移送ポットからの滴下ナトリウムを受ける。

なお、ドリップパン交換（ドアバルブからの取外し、新ドリップパンの取付等）も遠隔で行う。ドリップパンの内部底面と外底面は逆 U 字の孔で繋がれており、燃料出入機本体 A ドリップパンを炉外燃料貯蔵槽に浸漬・吊り上げてサイフォン効果によって内部のナトリウム等を抜き取る構造としている。

ドリップパンの構造を図 2.14 に示す。

### 2.1.5 炉外燃料貯蔵設備

炉外燃料貯蔵設備の機能は、使用済燃料体の冷却・貯蔵及び「燃料体の取出し」作業に用いる模擬体の貯蔵である。「燃料体の取出し」作業では、燃料出入機本体 A を用い、炉外燃料貯蔵槽に貯蔵中の模擬体の取出しと炉心からの使用済燃料体を炉外燃料貯蔵槽の空ポットに貯蔵を行う。炉外燃料貯蔵設備の構造を図 2.15 に示す。

#### 燃料体等へのアクセス

炉外燃料貯蔵槽内には 6 列の同心円の円周上に移送ポットを配列したラックが設置され、移送ポット内に燃料体等を貯蔵する。燃料出入機の走行は直線的であるため、6 列の同心円

が一直線と重なる位置にアクセス孔を 6 つ設けている。アクセス孔と移送ポットの一致は、炉外燃料貯蔵槽の回転ラックを回転させて行う。

#### 6 連式床ドアバルブ

当初、炉外燃料貯蔵槽では、アクセス孔を変更するたびに 1 つのドアバルブを移動させていたが、作業効率向上のため 6 つのドアバルブを固定設置し可動アダプタフランジ（シールフランジ）の移動のみでアクセス孔を切り替える「6 連式床ドアバルブ」に改造した。6 連式床ドアバルブの構造を図 2.16 に示す。6 連式床ドアバルブの構造は、一体型のケーシングに 6 個の独立した回転式の弁体を有するドアバルブ本体と可動アダプタフランジから構成されており、炉外燃料貯蔵槽内のカバーガス（アルゴンガス）の保持、及び他設備（燃料出入機本体 A、プラグ取扱機（保守点検時使用））と接続する。

ドアバルブ本体は、放射線しゃへい体を周囲に設けたケーシング、弁体、上フランジ、下フランジ及び弁体駆動装置等から構成される。炉心構成要素の出入通路を形成する場合は、駆動装置の動力を弁体に設けたカサ歯車を介して伝達し、弁体を回転させて回転中心より偏心した位置に設けた通過口を案内装置案内筒と一致させる。出入運転終了後は、弁体を上記の出入通路を形成する場所と逆に回転させ、弁体の通過口とは対称位置に設けたシールフランジを案内装置案内筒位置でセルフロック座により押し上げ、ドアバルブ内のバウンダリを形成する。

可動アダプタフランジは、他設備と取り合うアダプタフランジ及びこれを水平移動して位置決めするアダプタフランジ駆動装置等から構成されている。駆動装置の動力は、歯付ベルトを介してアダプタフランジに伝達され、ドアバルブ本体側に設けたレール上を水平に移動する。アダプタフランジ下面は、ドアバルブ本体と取り合うための出っ張りがあるため、水平移動は制御用圧縮空気の供給によりレールと共に浮かせた状態とし、他設備と取り合う場合は、同じく制御用圧縮空気の供給によりレールと共に下降させる。

### 2.1.6 燃取系監視制御システム

燃料取扱及び貯蔵設備の監視制御システムは、燃取系主制御監視盤を中核として集中監視制御を行うと共に、周辺に配置された計装盤、補助盤等及び各現場に配置された操作盤とリンクして、燃料取扱及び貯蔵設備全体の円滑な運用を図るシステム構成としている。燃取系監視制御システムを図 2.17 に示す。

#### 燃取系計算機システム

自動化運転の開始操作前に計画データを燃取系計算機に入力する。このデータをもとに 1 日分の自動化運転進行のための運転スケジュールを自動作成する。運転員が主盤上のスイッチ操作を実施すると運転スケジュールに従い燃取系計算機が、下位の自動制御盤・燃料交換自動化盤に対する制御方式としてキックアクション方式（KIC：燃取系計算機が主体となって燃料交換自動化盤・出入機自動制御盤に指令（キック）を出力し機器を動かしていく（アクション）方式）を採用して自動化運転の進行管理を行う機能を有する。燃取系計算機システムは、燃取系計算機とバックアップ計算機の 2 台の計算機を有し、燃取系計算機がシステムダウン等により停止した場合でもバックアップ計算機にて自動化運転を継続する機能を有

する。

#### 自動制御盤、燃料交換自動化盤

自動制御盤は、燃料出入機・燃料移送設備・燃料缶詰設備、燃料洗浄設備の4設備に用意され、計算機からBP（ブレイクポイント）、SBP（サブブレイクポイント）単位の運転指令を受け、SBP内の機器制御を行う。燃料交換自動化盤は、燃料交換機、炉内中継装置、回転プラグについて、計算機からのBP、SBP単位の運転進行許可信号を受け、燃料交換スケジュールに基づき、SBP内の機器制御を行う。それぞれの運転結果については、運転進行状況の形で計算機に通知する。

#### 補助盤

補助盤は、自動化システムダウン時のバックアップ運転、もしくは現場作業時の補機単独操作の為に設けられている。

#### 継電器盤

継電器盤は、機器保護上、必要最小限のインターロックを組み込んだ盤で補機一台毎に制御出力する。

## 2.2 燃料体の取出しの運転

### 2.2.1 自動化運転

自動化運転機能は、燃料取扱い及び貯蔵設備のうち、頻度が高くかつ繰り返しの運転操作となる燃料移送処理（燃料搬入、交換、貯蔵、洗浄、缶詰、搬出）に係る系統設備について、燃取系主制御監視盤（以下「主盤」という。）からの操作により、自動制御盤・燃料交換自動制御盤と協調し、運転スケジュールに従った自動運転を進行させることにより、運転員の負担軽減、運転操作の信用性向上を図る。運転スケジュール（移動指示データ）は、燃取系計算機が別に有する燃料所在管理機能により計画データとして保有する。計画データは、燃料体を管理している安全管理課で作成し燃料等の取扱対象物一体毎の具体的な移送、処理の順序、取扱日、取扱いルート（FROM、TO）が規定されているものである。燃取系計算機は、関連設備の動きを実際の運転手順に即した一連の操作フローにした運転パターンを保有する。運転パターンは11種類あり、「燃料体の取出し」作業に使用するのは燃料交換モードの燃料交換となる。運転員が作業目的に合わせて選択できるように、必要な操作スイッチが主盤の自動化運転選択パネル上に分類、配置されている。各運転パターンは、主盤の自動化運転進行パネルに設備毎にBP、及びSBPの一連の操作単位に分割している。BPは、運転操作単位に分割したものである。SBPは、運転操作単位をさらに一連の制御単位に分割したものである。

燃取系の自動運転は、設備毎にBP単位の操作による“自動運転”、またはSBP単位の操作による“半自動運転”の2通りの運転が可能となっている。「燃料体の取出し」作業では、操作員による確実な監視、記録の採取等を図る観点から、運転単位が小さくなるSBP単位での半自動運転により実施することとしている。操作盤体系図を図2.18に示す。

## 2.2.2 燃料体の取出しの自動化運転内容

「燃料体の取出し」作業に係る運転内容は下記に示す。

燃料交換（運転進行フローを図 2.19 に示す。）

- ① 炉外燃料貯蔵槽の空ポットを取り出し、炉内中継装置へ装荷する。
- ②-1 炉心の使用済炉心構成要素を取り出し、炉外燃料貯蔵槽へ装荷する。
- ②-2 炉外燃料貯蔵槽の模擬体・しゃへい体を取り出し、炉心へ装荷する。
- ③ 炉内中継装置の空ポットを取り出し、炉外燃料貯蔵槽へ装荷する。
  - ①,②では炉外燃料貯蔵槽の貯蔵ラック（A～F列）の列選択を都度行う。
  - ②-1,②-2は、同時進行で行い、連続して実施が可能である。

## 2.2.3 警報・不具合等発生時の判断

「もんじゅ」の燃料取扱設備の運転では、警報が発報すると自動化運転が除外し自動化除外となる。その警報の発報の直接要因は、機器や系統状態の一時的な変化が設計上の不確かさを超えるような場合から機器が故障し安全に影響を及ぼしている場合までと幅広い。直接要因の除去と再発防止を旨とする不適合管理の仕組み（保修票）はあるものの、初動調査の段階で直接要因の発生メカニズムが明確かつ取扱対象物や設備の安全性を損なうことのない警報・不具合等についても、機器故障とその修理・復旧と同一の手続きを行うことは円滑な「燃料体の取出し」作業にとって望ましくない。

このため、警報・不具合等に対する機能回復の基本的な対応を業務計画書に定め、それに従って「燃料体の取出し」作業を進めることとした。具体的には、現場での機器の確認、監視及び機能回復のための暫定的な処置を行う包括的な作業票を予め準備しておき、その作業票の管理のもと初動の調査や確認・調整のための連動操作又は単独操作を行う。その結果を踏まえ以下の中から対処を判断する。

- 1) 保修票を発行し実機の保修を行う事象
  - ① 機器の故障
  - ② 機器の状態による動作不良
- 2) 保修票を発行し作業計画のもと監視を行う事象
  - ① 設備の状態確認でも原因を特定できず一時的な事象と判断する事象
- 3) 保修票等を発行せずパラメータの確認、設備の状態の確認により設備の安全性を損なうことなく自動化運転が可能と判断できる事象
  - ① 系統の通常運転における状態の変化により、一時的に発生する警報であって、自動化運転の除外を伴わず、即時リセット可能な警報
  - ② 警報発報を伴わず、正常な状態であることが確認できる事象
  - ③ 取扱対象物に影響がない状態で瞬時的に発生する警報であって即時リセット可能な警報
  - ④ 機器の故障に起因しない連動運転渋滞警報
  - ⑤ 機器の故障に起因しないものであって系統状態や機器の調整により復旧できる事象
  - ⑥ 設備上発生しうるものであって、操作により対応できる事象
  - ⑦ その他

また、判断結果を全てリスト化し、保守票や不適合報告書を発行しない案件についても記録に残し、更なる改善のための設備改造、操作手順書の最適化、保守点検へのフィードバック等、次の「燃料体の取出し」作業につなげる知見とする。

### 3. 「燃料体の取出し」作業の実施

#### 3.1 実施体制

「燃料体の取出し」作業は、燃料取扱設備の操作業務と燃料取扱及び貯蔵設備の保守管理業務を行う燃料環境課が主体となり実施した。

「燃料体の取出し」作業は、限られた期間内に数多くの使用済燃料集合体等の取扱いを行うことから、作業にあたっては、安全確保を最優先とし、確実な作業を実施することを目的に特別な実施体制を構築して作業にあたった。

「燃料体の取出し」作業に係る実施体制は、「燃料体の取出し」作業にて発生する警報や機器動作不良などのトラブルに対し、対応方針の策定、発生事象に対する調査、対応方針の策定及び運転の復旧等の対応を迅速に進めるため、燃料環境課の管理職又は管理職相当の者から選任された「実施責任者」を配置し、その下に燃料取扱設備の操作を担当する「操作チーム」及び運転を設備面から支援する「設備チーム」で構成した。「燃料体の取出し」作業時の実施体制を図 3.1 に示す。

また、「燃料体の取出し」作業は 24 時間勤務で実施することから、実施責任者を含む操作チームは 5 班編成（4 班は交代勤務、1 班は交代勤務支援として日勤勤務）とし、設備チームについては 4 班編成（日勤対応）とした。これらの実施体制は、「燃料体の取出し」作業及び「燃料体の処理」作業ともに同様である。

本実施体制は第 2 キャンペーンの「燃料体の取出し」作業より本格的な運用を行い、その結果として良好な結果を得たことから、今回の第 3 キャンペーンにおいても同様の実施体制で実施した。

##### 3.1.1 実施責任者の役割

実施責任者は、「燃料体の取出し」作業のスケジュール管理、操作チームに対する指導及び支援、トラブル発生時の操作チーム及び設備チームへの指示を行う。トラブル発生時には、プラント運転直と連携し、事象の収束のために必要な措置を講じる者であり、これらを確実に実施する。

##### 3.1.2 操作チームの実施体制

操作チーム 1 班あたりの実施体制は、操作責任者：1 名、操作員：2 名、記録員：2 名で構成する。

操作責任者は、設備全体の状態の把握、手順書に従った操作員への指示及び運転の進行判断を行う。

操作員は、操作責任者の指示による操作、操作担当設備の状態の監視・把握、運転進行状況の報告を行う。

記録員は、運転状態を確認するとともに、所要のパラメータ等を採取し記録する。

### 3.1.3 設備チームの実施体制

「設備チーム」は、「燃料体の取出し」作業中に発生した機器動作不良等の不具合事象発生時において、早期の復旧を図るために、初期調査や必要によりメーカー設計部門等と連携した初動対応を迅速に実施することを目的とする。

設備チームの実施体制については、第2キャンペーンでの実績も踏まえて4班構成とし、1班あたりの人員構成は以下のとおりである。なお、勤務時間は22時頃までとし、以降発生した不具合対応は緊急時を除き、翌日対応とする体制とした。

また、燃料交換設備設計施工メーカー及び燃料出入設備設計施工メーカーは、2班構成（主に日勤9:00～17:00、夜勤17:00～0:00）とし、1班あたりの人員構成は次のとおりである。機構による燃料体の取出し作業等実施時の設備機器の運転状態確認において異常が発生した場合、状況の確認を行うとともに、機器状態監視フォーマットを用いて、機器の代表的なパラメータを記録し、燃料取出し回数の増加に伴うパラメータの増加・減少傾向の有無を監視した。機器の代表的なトルク値をグラフ化したものを図3.2～3.9に示す。

- ・機構職員（燃料環境課）：1名（保守業務担当）（基本日勤対応）
- ・燃料交換設備設計施工メーカー：2名（日勤1班：2名・夜勤2班：2名）
- ・燃料出入設備設計施工メーカー：2名（日勤1班：2名・夜勤2班：2名）

## 3.2 「燃料体の取出し」作業工程

第3キャンペーンにおける「燃料体の取出し」作業では、146体の使用済燃料集合体を炉心から炉外燃料貯蔵槽へ移送・貯蔵を行うとともに、146体の模擬体等を炉外燃料貯蔵槽から炉心へ装荷する。本作業に係る作業工程については、次に示す燃料体の取出し速度、ドリップパンの交換頻度を基に作業工程を定めた。

### 3.2.1 「燃料体の取出し」作業速度

「燃料体の取出し」作業は、燃取系計算機システムによる自動化運転「燃料交換」により実施する。

燃料交換は、設計仕様上は1日（16時間）で10体の交換速度であるが、燃料体の取出し作業においては、操作班の引継ぎ時間、操作員の休憩等の時間確保、トラブル発生時の対応余裕を考慮するとともに、第2キャンペーンでの実績を踏まえて、6体/1日の交換速度を基本とした。

### 3.2.2 ドリップパン交換頻度について

燃料出入機本体Aはナトリウムが付着した燃料体等を取り扱うため、取扱い中に付着ナトリウムが燃料出入機本体Aドアバルブ弁体上に滴下する。この滴下ナトリウムを受け貯留するために燃料出入機本体Aドアバルブ弁体上にドリップパンが組み込まれている。また、ドリップパンは貯留するナトリウムが一定量を超える前に新たなドリップパンに交換する必要がある。

ドリップパンの交換頻度については、第2キャンペーンの「燃料体の取出し」作業時に実施したドリップパン内のナトリウム滴下量確認の結果から、燃料交換運転27回毎（ドリップパンの定格容量3600 mLに対して、燃料交換1回当たりの実績滴下量約100 mLに余裕を

加味) に設定した。

### 3.3 リスク分析

第3キャンペーンにおける「燃料体の取出し」作業が、施設の保安や燃料取出し工程の進捗に影響を与え得るリスクについて、事前の特定・評価及びその対応について検討した。今回の第3キャンペーンにおける「燃料体の取出し」作業においては、第2キャンペーンでの同作業で発生した不具合事象全36件について分析を行い、事前の設備対応、手順書への反映、教育・訓練等を実施した。また、偶発的な既知事象への対応処置方法として、課内マニュアルに規定された課長指示書を事前に用意することで、迅速な対応を可能とした。今回の作業で発行した課長指示書の内容を表3.1に示す。

### 3.4 設備改善

第2キャンペーンでの同作業にて発生したSBP3601「新燃料つかみ」工程のグリッパIVTM頂部位置にて、しゃへい体の「つかみ」を行うグリッパ爪「開」動作中に、「燃料交換設備 条件不具合 AD-090 511 FHM 本体グリッパ爪開リミットスイッチ」が発生し、30秒後「シーケンス渋滞」で自動化運転除外となった。この時のグリッパ爪の状態表示は、「開」「閉」とも消灯していた。燃取計算機アラームタイプを確認したところ、グリッパ爪開動作中に、グリッパ爪開閉用モータ動作条件であるグリッパ爪開閉準備位置リミットスイッチ-A/Bが両方とも「OFF」となっていた事象が発生した。感知ロッド概要及び発生事象を図3.10に示す。このことから、第3キャンペーンにおける「燃料体の取出し」作業を実施する前に調査及び設備改善を実施した。

調査の結果、燃料移送ポット内での燃料体の傾斜と、FHMグリッパの芯ズレが複合した場合に、グリッパ爪開動作を行った際にハンドリングヘッドに感知ロッド下面の一部しか接触せず、その後、炉心構成要素の傾きが矯正され、偶発的に感知ロッドの爪開閉準備位置リミットスイッチがOFFになったことが原因と推定した。このことから、設備改善として、グリッパの昇降ストロークに変化がなければグリッパ爪の開閉動作に影響がないことから、爪開閉の連れ動き等の影響を受けないように、「新燃料つかみ」時の爪開閉準備位置リミットスイッチのHOLD回路を追加設置した。FHM本体グリッパ爪開閉動作ロジック改善の内容を図3.11に示す。

## 4. 「燃料体の取出し」作業実績

### 4.1 「燃料体の取出し」作業に伴う運転実績

第3キャンペーンにおける「燃料体の取出し」作業時及び同作業前に実施した模擬訓練での燃料取扱設備運転の実績を表4.1及び図4.1に示す。

警報・不具合等の発生により自動化除外となる事象があったが、調査・復旧対応を行い当日中に対応し、自動化運転を復帰させた。

警報・不具合等の発生・判断・対処実績を表4.2に示す。

なお、前項の「3.4 設備改善」により、第3キャンペーンでは、当該事象が再発しなかつ

たことから、設備改善が有効であったと評価できる。

上記の結果、第3キャンペーンにおける「燃料体の取出し」作業（作業期間 2021 年 1 月 23 日～2021 年 2 月 18 日）では、炉心に装荷されていた 72 体の炉心燃料集合体と、74 体のブランケット燃料集合体（合計 146 体）を炉心から取出し、炉外燃料貯蔵槽へ移送し貯蔵した。また、炉心からの燃料体の取出しに伴い、炉外燃料貯蔵槽から模擬体（145 体）と固定吸収体（1 体）（合計 146 体）を炉心へ移送し装荷した。

#### 4.2 「燃料体の取出し」作業における警報・不具合等の対処実績

警報・不具合等には、「燃料体の取出し」作業中に発生したもののほか、付随する空ポット移送及び返還、模擬訓練時等の警報・不具合等もリストに含めた。表 4.2 中の「判断」の番号は、「2.2.3 警報・不具合等発生時の判断」に示したものと対応している。

作業中に発生した警報・不具合等の総数は 13 種類、36 件であった。設備別にみると、燃料交換設備に係るものが最も多く 17 件であった。次いで燃取系計算機に係るものが 10 件、燃料出入設備に係るものが 4 件、しゃへいプラグに係るものが 4 件、炉外燃料貯蔵設備に係るものが 1 件であった。

今回の「燃料体の取出し」作業では、保修票発行に至る故障事象は発生しなかった。なお、模擬訓練での警報発報や燃取系計算機の基準位置の誤認識といった、前回の「燃料体の取出し」作業にて発生した警報・不具合が再発した事象もあったが、想定内事象であったため、作業に対し大きな影響はなかった。また、今回の作業で初めて発生した警報・不具合についても警報処置対応として課長指示書の発行や対応操作を行い、作業を完遂することができた。以下に今回の「燃料体の取出し」作業における各設備の発生事象を示す。発生事象については次の考えで区分した。

- ①機器の状態に係る事象
  - 故障...破損・変形等の物理的な機器の故障
  - 状態...機器の状態による動作不調
- ②機器の動きに係る事象
  - 動作...他の阻害要因による機器動作の不調
  - 系統...状態構成時の弁等の動作不良
- ③機器の制御に係る事象
  - 制御...制御命令、検出器の異常
  - 信号...制御信号授受の不調
- ④安全へ影響がなく対処方法が明確な既知の事象
  - 設定...設備の仕様上、発報が不可避の事象
  - その他

#### 4.2.1 シャーヘイプラグ

##### ①機器の状態に係る事象

なし。

##### ②機器の動きに係る事象

なし。

##### ③機器の制御に係る事象

- ・ フリーズシール部温度 1 入力異常の印字 【表 4.2 No.5、6、11、15 : 4 件】

1/23 18:19 に「フリーズシール部温度 1 入力異常 発生」が燃取計算機アラームタイプに印字された。当該温度の値を確認したところ、フリーズシールヒータ (026-TE1) 温度が通常制御温度  $150\pm 15^{\circ}\text{C}$  に対して約  $200^{\circ}\text{C}$  (O/S : オーバースケール) となっていた。

現場の調査において、構成機器にアクセスした際に当該フリーズシールヒータ温度指示値が復帰し、また、制御も正常状態に復帰した。復帰状況から当該温度検出器に余剰分の電荷 (静電気) が影響し、温度指示が不良となったことで警報が発報したものと判断した。

また、当該の熱電対の導通、起電力を確認し正常値であったことから、検出器は正常であると判断し、2 体目の燃料交換を再開した。なお、以降も同様な事象が確認されたことから、余剰電荷の放電措置を実施することで対応した。

##### ④安全へ影響がなく対処方法が明確な既知の事象

なし。

#### 4.2.2 燃料交換設備

##### ①機器の状態に係る事象

なし。

##### ②機器の動きに係る事象

なし。

##### ③機器の制御に係る事象

- ・ SBP3601 「新燃料つかみ」時における手動での自動化運転「除外」

【表 4.2 No.3、9、13、16、17、18、20、22、23、34、35 : 11 件】

SBP3601 「新燃料つかみ」において、スケジュール「FHM グリッパつかみ」終了時に、主制御監視盤に「燃料交換設備 条件不具合」「グリッパ爪開閉準備位置 LS-B」「グリッパ爪開閉準備位置 LS-A」が表示され、次工程の「グリッパ上昇」が開始されない事象が発生した (警報なし、自動化運転「除外」なし)。

事象発生時、LS-A/LS-B の両信号が共に ON となっていたことから、「グリッパ上昇」の運転条件が不成立となり運転が開始しなかった。「グリッパ上昇」の運転開始条件とし

て、グリッパ爪開閉準備位置 LS 信号（B 接点である LS-A/LS-B の少なくとも一方が OFF であること）が組み込まれている。

対応として、本事象の警報処置方法を定めた課長指示書を発行した。課長指示書に基づき、手動にて LS-A 信号または LS-B 信号の条件無視操作を行うことで「グリッパ上昇」操作を再開させた。「グリッパ上昇」操作終了後、条件無視させた信号を復帰させた。

- ・自動化運転待機中「燃料交換設備 条件不具合」「パンタグラフ開状態異常」

【表 4.2 No.14、21、24 : 3 件】

自動化運転状態において、主制御監視盤に「運転条件不具合、パンタグラフ開状態異常」のエラーメッセージが表示され自動化が除外となった。エラーメッセージは約 10 秒後に復帰した。調査の結果、FHM 計装盤のコンパレータユニットにエラーログが確認されたことから、基板間での伝送エラーにより自動化運転の条件が不成立となり、自動化運転が「除外」となったものと考えられる。機器に故障が無いこと、伝送エラーが復帰し信号が正常に発信されていること、その他自動化運転に影響する事象が認められないことから、一過性の伝送エラーと判断し、自動化運転を復旧した。FHM 計装盤に保守ツールを接続し、エラーログを記録するなど監視を強化する措置を行った。

- ・SBP3703「燃料出入孔 DV 閉ガス置換」における燃料交換設備自動化運転

「除外」【表 4.2 No.33 : 1 件】

「空ポット返還」運転において SBP3703「燃料出入孔 DV 閉ガス置換」時に燃料交換設備条件不具合により、自動化運転除外となった。燃料出入孔 DV 閉ガス置換の概要を図 4.2 に示す。No.32 の自動化除外事象発生時に IVTM ブローダウンガスバイパス電磁弁 514PSV53 が閉となったため、復旧操作として FHM 補助盤から手動で開操作を実施していた。その際に燃交自動化盤上では 514PSV53 が開状態であると認識できなかったため、514PSV53 が自動閉にならず、条件不成立により自動化除外となった。

その他、自動化運転に支障を及ぼす故障や運転パラメータの異常等が認められないことから、手動で 514PSV53 の開操作を行ったのち、自動化運転「除外」を復旧、SBP3703「燃料出入孔 DV 閉ガス置換」を終了させた。

④安全へ影響がなく対処方法が明確な既知の事象

- ・SBP3603「新燃料はなし」時における「新燃料挿入異常」警報発報による自動化運転「除外」【表 4.2 No.8、10 : 2 件】

燃料交換 SBP3603「新燃料はなし」（表 4.2 No.7「炉心アクセスケース②、炉心アドレス 06A02」、表 4.2 No.9「炉心アクセスケース①、炉心アドレス 06D05」）において、炉心へ模擬体を挿入中に、「新燃料挿入異常」警報が発報して自動化運転が「除外」となった。炉心アドレスとケースの概要を図 4.3 に示す。

警報処置手順書に基づき、FHM 補助盤からの手動操作で再装荷を 3 回実施したが、正常に装荷できなかった。

炉心構成要素を挿入する際、セルフオリエンテーション機構により炉心構成要素の角度を自動的に修正するが、角度の偏差が大きく正常に機能しなかったため正常に挿入されなかったと判断した。セルフオリエンテーション機構の概要を図 4.4 に示す。

警報処置手順書に基づき、同一のアドレスに別ケースでアクセスして再装荷を実施したところ、正常に装荷することができたことから、その後に自動化運転に復旧した。

#### 4.2.3 燃料出入設備

##### ①機器の状態に係る事象

なし。

##### ②機器の動きに係る事象

なし。

##### ③機器の制御に係る事象

なし。

##### ④安全へ影響がなく対処方法が明確な既知の事象

・SBP1605「ガス置換 DV 切離」、SBP1704「DV 接続ガス置換」時における「燃料出入設備連動運転渋滞」ANN 発生、自動化運転除外 【表 4.2 No.27、29、30、31：4件】

燃料出入機本体 A が床設備（「燃料体の取出し」作業の場合は、炉外燃料貯蔵槽または燃料出入孔）のドアバルブと接続・切離しを行う際は、燃料出入機本体 A ドアバルブと床ドアバルブの間の空間について、真空引きと清浄アルゴンガス供給を繰り返してガス置換を行う。ガス置換時の真空引きは、真空ポンプを使用して 140 秒以内に $-92.3 \text{ kPaG}$ 以下となるよう行い、これを 5 回繰り返す。圧力計はブルドン管式であり、大気圧との圧力差で圧力を検出する原理であることから、指示値は大気圧の影響を受ける。

当該事象は、低気圧の通過に伴って大気圧が低下したことにより、ドアバルブの接続又は切離し時のガス置換時の真空引きに時間を要したため、タイムオーバーによって「燃料出入設備連動運転渋滞」警報が発生し、自動化運転が除外となったものである。機器の運転状態に異常がなかったことから、補助盤「単独」運転でドアバルブ間ガス置換及び可動ブロック上昇を終了させ、自動化運転を復旧した。

#### 4.2.4 炉外燃料貯蔵設備

##### ①機器の状態に係る事象

なし。

##### ②機器の動きに係る事象

なし。

## ③機器の制御に係る事象

- ・SBP1504「空ポットつかみ」運転中における「Ar ガスシール部加圧系シール漏れ」警報発報による自動化運転「除外」【表 4.2 No.4 : 1 件】

炉外燃料貯蔵槽 D 列からの空ポット移送において、SBP1504「空ポットつかみ」運転中に、炉外燃料貯蔵槽の 6 連式床ドアバルブ (D 列) が「開」となった後に「Ar ガスシール部加圧系シール漏れ」警報が発報し、自動化運転が「除外」となった。弁座シール部の概要を図 4.5 に示す。床ドアバルブ「開」時は弁座シール部が解放されるため弁座加圧弁を「閉」として弁座シール部へのシールガス供給を停止する構造となっている。調査の結果、弁座加圧弁が閉状態にもかかわらずシールガスの供給流量が確認されたことから、警報発報の原因は弁座加圧弁のシート漏れによるものであると判断した。また、当該弁座加圧弁のシート面はゴム系の材質であり、第 2 キャンペーン「燃料体の処理」以来に開閉動作を行ったものであることから、弁シート部の接触状態の変化によりシート漏れが生じたものと推察する。

当該弁座加圧弁の開閉動作を繰り返すことにより、弁シート部の接触状態を改善させる処置を行ったところ、シート漏れがなくなったことから警報が復旧した。

その他、機器の故障が無いこと、運転状態に異常が無いこと、調整運転によって警報がクリアしたことから運転継続可能と判断し、自動化運転を再開した。また、D 列以外の列の弁座加圧弁についても同様な事象が発生していないことを別途確認した。

## ④安全へ影響がなく対処方法が明確な既知の事象

なし。

## 4.2.5 燃取系計算機／燃料交換自動化盤等

## ①機器の状態に係る事象

なし。

## ②機器の動きに係る事象

なし。

## ③機器の制御に係る事象

- ・SBP3201「旋回 (1)」、SBP3203「旋回 (2)」時における「FHM 旋回位置変換データ不一致」発生、自動化運転除外 【表 4.2 No.2、7、12、25、36 : 5 件】

燃料交換装置ホールドダウンアーム旋回角度は 2 個の角度検出器が設置されており、1 つは燃料交換自動化盤での旋回位置監視制御に、もう 1 つは燃取系計算機による旋回位置監視に用いている。また、燃取系計算機は 2 つの検出器の偏差も監視しており、偏差が所定の範囲 ( $\pm 13^\circ$ ) を超えた場合は異常と判断して警報発報とともに旋回動作を停止させる。本事象は、燃取系計算機側が基準位置とは異なる角度を認識したため「FHM 旋回位置変換データ不一致」警報が発報し、自動化運転が除外となったものである。1/21

の模擬訓練時を例にすると、しゃへい体取出し 1 体目の SBP3201「旋回 (1)」において、ホールドダウンアームが「基準位置」( $0\pm 0.1^\circ$ )へ旋回が完了し、回転プラグが目標位置まで旋回を完了したところ、ホールドダウンアーム旋回位置表示が、FHM 補助盤(燃料交換自動化盤出力)では「 $0.01^\circ$ 」であったが、燃取系計算機側の旋回位置が「 $67.2^\circ$ 」と異なる角度表示となっていた。燃取系計算機側の角度信号の一過性の入力不良又は誤読取りにより、燃料交換自動化盤との偏差が所定の範囲( $\pm 13^\circ$ )を超えたことが原因と推察する。機器の状態に異常がないことを確認し、FHM 補助盤からの手動操作でホールドダウンアームを旋回させ、偏差が $\pm 13^\circ$ 以内となった段階で燃取系計算機の表示値が正常値(燃料交換自動化盤と同等の角度表示)に復帰したことを確認後、自動化運転を再開した。このような角度信号の一過性の入力不良又は誤読取りは第 3 キャンペーン内で複数発生しており、また、第 2 キャンペーンにおいても同様な事象が発生している。これらは伝送系に関わる一過性の事象と判断し運転を継続した。

- ・ SBP3203「旋回 (2)」時における「回転プラグ旋回位置変換データ不一致」発生、自動化運転除外【表 4.2 No.26 : 1 件】

本事象は、SBP3203「旋回 (2)」において、前述した旋回 (1) 時の「FHM 旋回位置変換データ不一致」と同様に、「FHM 旋回位置変換データ不一致」警報が発報し、自動化運転が除外となったものである。ホールドダウンアームが「基準位置」へ旋回が完了した際、回転プラグ旋回位置の表示が、回転プラグ補助盤(燃交自動化盤出力)では「 $-169.80^\circ$ 」であったが、燃取系計算機側の旋回位置が「 $-61.8^\circ$ 」となっていた。燃取系計算機側が燃料交換自動化盤側とは異なる角度を認識したため、「回転プラグ旋回位置変換データ不一致」警報が発報し、自動化運転が除外した。

前項と同様に、燃取系計算機側の角度信号の一過性の入力不良又は誤読取りにより、燃料交換自動化盤との偏差が所定の範囲( $\pm 13^\circ$ )を超えたことが原因と推察する。機器の状態に異常がないことを確認し、回転プラグ補助盤からの手動操作で回転プラグを旋回させ、偏差が $\pm 13^\circ$ 以内となった段階で燃取系計算機の表示値が正常値(燃料交換自動化盤と同等の角度表示)に復帰したことを確認後、SBP3203「旋回 (2)」から自動化運転を再開し、本事象が再発しないことを確認した。

- ・ SBP3301「IVTM 新燃料受入」時における燃取系計算機での進行不具合【表 4.2 No.28 : 1 件】

SBP3301「IVTM 新燃料受入」を開始したが、燃取系計算機側の主制御監視盤 CRT 上でのスケジュール進行がないまま当該 SBP の実運転が完了した。このため、手動で自動化運転を「除外」とし、実行スケジュールを確認したところ、前の運転工程である SBP3203「旋回 (2)」が完了後、燃取系計算機が、一旦 SBP3301 の開始信号を発信して以降、燃料交換自動化盤からのアンサーバック信号を正常に受信できていない状態であることを確認した。

SBP3301 の実機運転は異常なく運転が完了していること、その他運転パラメータ等に

異常が認められないことから、燃取系計算機と燃料交換自動化盤との間での一過性の伝送エラーと判断し、燃取系計算機の実行スケジュールを修正（SBP3301の実行スケジュールを「済」）した後、自動化運転を再開した。

・BP3500「IVTM 新燃料反転」時における「燃料交換設備 条件不具合 43C1」

発生による自動化運転除外 【表 4.2 No.32 : 1 件】

燃料交換 BP3500「IVTM 新燃料反転」において、当該 BP 開始 32 秒後に「燃料交換設備条件不具合（マスターインタロック用 43C1 投入失敗）」となり、自動化運転が除外となった（43C1 は継電器を指す）。燃取系計算機及び燃料交換自動化盤のログを確認したところ、燃料交換自動化盤側のログで「燃取系計算機伝送異常」を一旦検出後瞬時に復帰していた。燃料交換自動化盤から送信された BP3500 開始のアンサーバック信号を、燃取系計算機が正常に受信しなかったことから、燃料交換自動化盤側が再送信を規定回数繰り返したのちに、「燃取系計算機伝送異常」がログに記録され、伝送異常により 43C1 が OFF となったことから、「燃取系計算機伝送異常」が復帰後「燃料交換設備 条件不具合 CD093 511 43C1」となったものと考えられる。その他、自動化運転に支障を及ぼす故障、運転パラメータ等が見受けられないため、一過性の伝送異常と判断し、自動化運転を再開した。

・SBP3603「新燃料はなし」時における「燃料交換設備 条件不具合 43C1」発生

による自動化運転「除外」 【表 4.2 No.19 : 1 件】

燃料交換 SBP3603「新燃料はなし」開始時において、主制御監視盤で「燃料交換設備条件不具合 CD093 511 43C1」が表示され、自動化運転が「除外」となった。

確認の結果、燃料交換自動化盤からの SBP3603 開始信号を前項と同様に燃取系計算機が受け取れずリトライを繰り返している段階で、燃交自動化盤側が伝送異常となり、瞬間的に燃交自動化盤側が燃交中であることが認識できない状態（燃交が終了したと誤認）となったことから 514PSV53 が「全閉」となり、「燃取系計算機伝送異常」が復帰後に「燃料交換設備 条件不具合 CD093 511 43C1」（SBP の起動条件が合っていない）となったものと判断した。514PSV53 を FHM 補助盤で手動操作により開閉し動作に異常が無いこと、その他自動化運転に支障を及ぼす故障、運転パラメータ等が見受けられないため、一過性の伝送異常と判断し、自動化運転を再開した。

④安全へ影響がなく対処方法が明確な既知の事象

・自動運転スケジュール不整合による手動での自動化運転「除外」

【表 4.2 No.1 : 1 件】

模擬訓練において、2 体目の自動化運転開始後 BP3200「使用済燃料 R/V 内移送」運転を開始したところ、SBP3201「旋回（1）」選択 PB がフリッカせず点灯（運転終了状態）となり、次工程である SBP3202「使用済燃料つかみ」PB がフリッカ状態（準備完了状態）となった。実行スケジュールを確認したところ、SBP3201 は「未」となってい

た。本模擬訓練では、炉内の機器がすでに目標炉心アドレスに存在することから、SBP3201では実動作が行われない。動作のないSBPはスキップされると認識し、そのままの状態ではSBP3202「使用済燃料つかみ」を実施した。動作後に実行スケジュールを確認したところ、PBが点灯状態になったSBP3201と、実際に動作が行われたSBP3202のいずれについても実行スケジュールが「未」であったため、手動で自動化運転を除外とした。

模擬訓練では、炉心と炉外燃料貯蔵槽との間で、同じアドレスに装荷されているしゃへい体の入れ替えを繰り返して実施している。1体目運転終了後と2体目開始時では回転プラグ及びFHMの停止位置が同じで旋回動作がなく、通常の燃料交換運転にはない状態となっていたことから、燃取系計算機の状態認識に異常が発生し、SBP3201「旋回(1)」選択PBがフリッカしなかった。自動化運転の状態、機器の運転状態等に異常がなかったことから、使用済燃料つかみの模擬移送（計算機につかみ時間入力）を実施後SBP3201「旋回(1)」及びSBP3202「使用済燃料つかみ」の実行スケジュールを「済」とし、自動化運転を再開した。

本件は模擬訓練時の状態に限定された既知の発生事象であり、第2キャンペーン模擬訓練時も同様の事象が発生している。

## 5. 結言

高速増殖原型炉「もんじゅ」は、1994年4月の初臨界、1995年8月の初併入ののち同年12月の2次ナトリウム漏えい事故以降、2010年に性能試験再開したものの、定格出力に達することなく2018年3月の廃止措置計画の認可まで長期間停止していた。それまでの間、プラントの設備・機器の保守は継続してきたものの、設計仕様どおりの運転には至っていない。燃料取扱設備についても同様であり、設備・機器の運転情報は限られた条件下での試験結果のみであった。

その様な条件下でも廃止措置計画を遂行すべく、燃料取出し作業の開始までに設備・機器の点検、動作確認やリスク評価を行い、総合機能試験、模擬訓練を経て、第1キャンペーンとして2018年8月30日に最初の「燃料体の処理」作業を開始し、86体の燃料体を洗浄・缶詰を行い燃料池に貯蔵した。それにあわせて「燃料体の取出し」作業に向けて76体の模擬体を炉外燃料貯蔵槽の空いたスペースに貯蔵した<sup>1)</sup>。

また、第2キャンペーンから「燃料体の取出し」作業を開始し、総合機能試験、模擬訓練を経て2019年9月17日に最初の「燃料体の取出し」作業を開始し、廃止措置計画に従い、2019年度に炉心にあった60体の炉心燃料集合体と40体のブランケット燃料集合体（合計100体）を炉心から取出し、炉外燃料貯蔵槽に貯蔵し、炉外燃料貯蔵槽にあった模擬体を炉心へ装荷した。第2キャンペーンの「燃料体の取出し」作業で発生した24種類、38件の警報・不具合等については、設備改善等の必要な対処を実施し、または発生頻度を出来る限り抑える対策を実施し、第3キャンペーンの「燃料体の取出し」作業に備えた<sup>2)</sup>。

今回実施した第3キャンペーンでの「燃料体の取出し」作業では、72体の炉心燃料集合体と74体のブランケット燃料集合体（合計146体）を炉心から取出し、炉外燃料貯蔵槽へ貯蔵するとと

もに、炉外燃料貯蔵槽から模擬体（145体）と固定吸収体（1体）（合計146体）を炉心へ装荷することができた。その間、13種類、36件の警報・不具合が発生したが、燃料体落下等の安全上重要な事象及び移送機器の機構部分のスティック等の長期停止する可能性のある事象は発生していない。

次回の第4キャンペーンは、第1段階の最後のキャンペーンであり、炉心から全ての燃料体の取出しが完了となる。また、次回の「燃料体の取出し」作業は、部分装荷となるため炉心から124体の燃料体の取出しを行うが模擬体の装荷は行わない。よって、今回の「燃料体の取出し」作業で発生した警報・不具合事象のうち、部分装荷に係る事象については必要な対策を図り、第4キャンペーンに備えることとする。

謝辞

第3キャンペーンの「燃料体の取出し」作業において、富士電機株式会社及び東芝エネルギーシステムズ株式会社には、設備班及び工場サポートとして作業時の設備状態監視のみならず警報・不具合時の調査・要因分析、対策の立案・実施に多大なる協力を頂いた。この場をお借りし、富士電機株式会社及び東芝エネルギーシステムズ株式会社に感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 塩田祐揮ほか, もんじゅ燃料体取出し作業報告書; 2018 年度及び 2019 年度の「燃料体の処理」作業, JAEA-Technology 2022-001, 2022, pp. 17-18.
- 2) 矢部孝則ほか, もんじゅ燃料体取出し作業報告書 2019 年度の「燃料体の取出し」作業, JAEA-Technology 2022-002, 2022, pp. 17-18.

表 3.1 第3 キャンペーンにおける「燃料体の取出し」作業による課長指示書の内容

課長指示書番号	件名	発効日	概要
20-056R2	炉心構成要素等取替作業における運用について	2021年 1月21日	設備に警報・異常が見られた際の対応追加
20-056R3	炉心構成要素等取替作業における運用について	2021年 2月2日	新燃料挿入異常が発生した際の本体A ドアバルブ操作対応追加
20-056R4	炉心構成要素等取替作業における運用について	2021年 2月9日	本体A ドアバルブ電流値の調整手順についての追加
20-064	CR リストに伴う対応について	2021年 1月22日	模擬訓練時に発生した自動化運転除外事象における操作対応追加
20-064R1	CR リストに伴う対応について	2021年 1月23日	自動化運転除外事象に対し自動化運転を除外し、操作手順書に基づき手動操作でグリッパを上限上昇させる操作対応追加 「新燃料つかみ」、「旋回 (1)」時の警報発生時の操作対応追加
20-064R2	CR リストに伴う対応について	2021年 2月8日	「パンタグラフ開状態異常」発生時の対応操作の追加
20-064R3	CR リストに伴う対応について	2021年 2月15日	「回転プラグ旋回」、「旋回 (2)」、「ガス置換排気」時の警報・不具合発生時の操作対応追加
20-064R4	CR リストに伴う対応について	2021年 2月18日	「燃料出入孔 DV 閉ガス置換」における自動化除外時の操作対応記載追加

CR : コンデンションレポート

表 4.1 もんじゅ取扱設備の実績 (1/17)

No.	取出体数	年月日	作業	取出対象	警報・不具合等	1体取出し時間[h:mm]	備考
1	/	2021年1月19日	模擬訓練	中性子しゃへい体	1:自動運転スケジュール不整合による手動での自動化運転「除外」	—	
2	/	2021年1月19日	模擬訓練	試験用しゃへい体		—	
3	/	2021年1月20日	模擬訓練	中性子しゃへい体		—	
4	/	2021年1月20日	模擬訓練	試験用しゃへい体		—	
5	/	2021年1月21日	模擬訓練	中性子しゃへい体	2:SBP3201「旋回(1)」時における「FHM旋回位置変換データ不一致」発生、自動化運転「除外」	—	
6	/	2021年1月21日	模擬訓練	試験用しゃへい体	3:SBP3601「新燃料つかみ」時における手動での自動化運転「除外」	—	
7	/	2021年1月22日	模擬訓練	中性子しゃへい体		—	
8	/	2021年1月22日	模擬訓練	試験用しゃへい体		—	

表 4.1 もんじゅ取扱設備の実績 (2/17)

No.	取出体数	年月日	作業	取出対象	警報・不具合等	1体取出し時間[h:mm]	備考
9	1	2021年1月23日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)	4: SBP1504「空ポットつかみ」運転中における「Ar ガスシール部加圧系シール漏れ」警報発報による自動化運転「除外」	2:30	
10	2	2021年1月23日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)	5: フリーズシール部温度1入力異常の印字	4:42	
11	3	2021年1月23日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		1:27	
12	4	2021年1月23日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		1:28	
13	5	2021年1月23日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		1:27	
14	6	2021年1月24日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		2:36	
15	7	2021年1月24日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		1:33	
16	8	2021年1月24日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		2:14	
17	9	2021年1月24日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		1:32	
18	10	2021年1月24日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		1:32	
19	11	2021年1月24日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		2:13	

表 4.1 もんじゅ取扱設備の実績 (3/17)

No.	取出体数	年月日	作業	取出対象	警報・不具合等	1体取出し時間[h:mm]	備考
20	12	2021年1月24日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		1:52	
21	13	2021年1月25日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)	6: フリーゼシールド部温度1入力異常の印字	1:33	
22	14	2021年1月25日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)	7: SBP3201「旋回(1)」時における「FHM旋回位置変換データ不一致」発生、自動化運転「除外」	2:12	
23	15	2021年1月25日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		1:35	DP 交換
24	16	2021年1月26日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		1:36	
25	17	2021年1月26日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		1:36	
26	18	2021年1月26日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		1:30	
27	19	2021年1月26日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)	8: SBP3603「新燃料はなし」時における「新燃料挿入異常」警報発報による自動化運転「除外」	3:30	
28	20	2021年1月26日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		2:19	
29	21	2021年1月26日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		1:39	

表 4.1 もんじゅ取扱設備の実績 (4/17)

No.	取出体数	年月日	作業	取出対象	警報・不具合等	1体取出し時間[h:mm]	備考
30	22	2021年1月27日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		1:30	
31	23	2021年1月27日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)	9: SBP3601「新燃料つかみ」時における「燃料交換設備 条件不具合」 「グリップパ爪開閉準備位置 LS-B」 「グリップパ爪開閉準備位置 LS-A」	1:31	
32	24	2021年1月27日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		1:26	
33	25	2021年1月27日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		1:27	
34	26	2021年1月27日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		1:28	
35	27	2021年1月27日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		1:40	
36	28	2021年1月28日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		1:35	
37	29	2021年1月28日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)	10: SBP3603「新燃料はなし」時における「新燃料挿入異常」警報発報による自動化運転「除外」	3:48	
38	30	2021年1月28日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)	11: フリーズシールド部温度 1 入力異常の印字	1:31	
39	31	2021年1月28日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		2:19	

表 4.1 もんじゅ取扱設備の実績 (5/17)

No.	取出体数	年月日	作業	取出対象	警報・不具合等	1体取出し時間[h:mm]	備考
40	32	2021年1月28日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)	12: SBP3201「旋回(1)」時における「FHM旋回位置変換データ不一致」発生、自動化運転除外	1:53	空ポット移送
41	33	2021年1月28日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		1:36	
42	34	2021年1月29日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		1:32	
43	35	2021年1月29日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		1:25	
44	36	2021年1月29日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (内側炉心)		1:25	
45	37	2021年1月29日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:29	
46	38	2021年1月29日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)	13: SBP3601「新燃料つかみ」時における「燃料交換設備 条件不具合」「グリッパ爪開閉準備位置 LS-B」「グリッパ爪開閉準備位置 LS-A」	1:43	
47	39	2021年1月29日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:43	空ポット返還
48	40	2021年1月30日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)	14: 自動化運転待機中「燃料交換設備 条件不具合」「パンタグラフ開状態異常」	1:39	

表 4.1 もんじゅ取扱設備の実績 (6/17)

No.	取身体数	年月日	作業	取対象	警報・不具合等	1体取出し時間[h:mm]	備考
49	41	2021年1月30日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:57	
50	42	2021年1月30日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:31	DP 交換
51	43	2021年1月31日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:35	
52	44	2021年1月31日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:30	
53	45	2021年1月31日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)	15: フリーズシール部 温度 1 入力異常の印字	1:29	
54	46	2021年1月31日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)	16: SBP3601「新燃料 つかみ」時における 「燃料交換設備 条件 不具合」「グリッパ爪 開閉準備位置 LS-B」 「グリッパ爪開閉準備 位置 LS-A」	1:36	
55	47	2021年1月31日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:28	
56	48	2021年1月31日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:32	
57	49	2021年2月1日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:32	

表 4.1 もんじゅ取扱設備の実績 (7/17)

No.	取出体数	年月日	作業	取出対象	警報・不具合等	1体取出し時間[h:mm]	備考
58	50	2021年2月1日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)	17: SBP3601「新燃料つかみ」時における「燃料交換設備条件不具合」 「グリッパ」開閉準備位置 LS-B」 「グリッパ」開閉準備位置 LS-A)	1:35	
59	51	2021年2月1日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:28	
60	52	2021年2月1日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:28	
61	53	2021年2月1日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:26	
62	54	2021年2月1日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)	18: SBP3601「新燃料つかみ」時における「燃料交換設備条件不具合」 「グリッパ」開閉準備位置 LS-B」 「グリッパ」開閉準備位置 LS-A)	1:35	
63	55	2021年2月2日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:35	
64	56	2021年2月2日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:26	
65	57	2021年2月2日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:28	

表 4.1 もんじゅ取扱設備の実績 (8/17)

No.	取出体数	年月日	作業	取出対象	警報・不具合等	1体取出し時間[h:mm]	備考
66	58	2021年2月2日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)	19: SBP3603「新燃料 はなし」時における 「燃料交換設備 条件 不具合 43C1」発生によ る自動化運転「除外」	2:39	
67	59	2021年2月2日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:29	
68	60	2021年2月2日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:34	
69	61	2021年2月3日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		2:34	
70	62	2021年2月3日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:29	
71	63	2021年2月3日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:29	
72	64	2021年2月3日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)	20: SBP3601「新燃料 つかみ」時における 「燃料交換設備 条件 不具合」 「グリッパ爪 開閉準備位置 LS-B」 「グリッパ爪開閉準備 位置 LS-A」	1:34	
73	65	2021年2月3日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:30	
74	66	2021年2月3日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:37	
75	67	2021年2月4日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:32	

表 4.1 もんじゅ取扱設備の実績 (9/17)

No.	取出体数	年月日	作業	取出対象	警報・不具合等	1体取出し時間[h:mm]	備考
76	68	2021年2月4日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:27	
77	69	2021年2月4日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:42	DP 交換
78	70	2021年2月5日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:29	
79	71	2021年2月5日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:25	
80	72	2021年2月5日	燃料取出作業	炉心燃料集合体 (外側炉心)		1:31	
81	73	2021年2月5日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:32	
82	74	2021年2月5日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体	21: 自動化運転中の SBP3301 IVTM 新燃料 受入完了後「燃料交換 設備 条件不具合」 「パンタグラフ開状態 異常」	2:00	空ポット返還 空ポット移送
83	75	2021年2月5日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:33	
84	76	2021年2月6日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:28	
85	77	2021年2月6日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:26	

表 4.1 もんじゅ取扱設備の実績 (10/17)

No.	取出体数	年月日	作業	取出対象	警報・不具合等	1体取出し 時間[h:mm]	備考
86	78	2021年2月6日	燃料取出作業	ブランケット燃料 集合体	22: SBP3601「新燃料 つかみ」時における 「燃料交換設備 条件 不具合」 「グリッパ爪 開閉準備位置 LS-B」 「グリッパ爪開閉準備 位置 LS-A」	1:29	
87	79	2021年2月6日	燃料取出作業	ブランケット燃料 集合体		1:25	
88	80	2021年2月6日	燃料取出作業	ブランケット燃料 集合体		1:39	
89	81	2021年2月6日	燃料取出作業	ブランケット燃料 集合体		1:43	
90	82	2021年2月7日	燃料取出作業	ブランケット燃料 集合体		1:35	
91	83	2021年2月7日	燃料取出作業	ブランケット燃料 集合体		1:33	
92	84	2021年2月7日	燃料取出作業	ブランケット燃料 集合体		1:35	
93	85	2021年2月7日	燃料取出作業	ブランケット燃料 集合体		1:38	
94	86	2021年2月7日	燃料取出作業	ブランケット燃料 集合体		1:33	

表 4.1 もんじゅ取扱設備の実績 (11/17)

No.	取出体数	年月日	作業	取出対象	警報・不具合等	1体取出し 時間[h:mm]	備考
95	87	2021年2月7日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:39	
96	88	2021年2月8日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:34	
97	89	2021年2月8日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:30	
98	90	2021年2月8日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:34	
99	91	2021年2月8日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:31	
100	92	2021年2月8日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:41	
101	93	2021年2月8日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:50	空ポット返還 空ポット移送
102	94	2021年2月9日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:38	
103	95	2021年2月9日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:32	
104	96	2021年2月9日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:30	DP 交換
105	97	2021年2月10日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体	23: SBP3601「新燃料 つかみ」時における 「燃料交換設備 条件 不具合」「グリッパ爪 開閉準備位置 LS-B」 「グリッパ爪開閉準備 位置 LS-A」	1:35	

表 4.1 もんじゅ取扱設備の実績 (12/17)

No.	取身体数	年月日	作業	取出対象	警報・不具合等	1体取出し 時間[h:mm]	備考
106	98	2021年2月10日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:28	
107	99	2021年2月10日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:38	
108	100	2021年2月10日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:28	
109	101	2021年2月10日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:27	
110	102	2021年2月10日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:30	
111	103	2021年2月11日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:30	
112	104	2021年2月11日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:31	
113	105	2021年2月11日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:26	
114	106	2021年2月11日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:29	
115	107	2021年2月11日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:25	
116	108	2021年2月11日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:21	
117	109	2021年2月12日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:28	
118	110	2021年2月12日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:26	

表 4.1 もんじゅ取扱設備の実績 (13/17)

No.	取出体数	年月日	作業	取出対象	警報・不具合等	1体取出し時間[h:mm]	備考
119	111	2021年2月12日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体		1:25	
120	112	2021年2月12日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体		1:24	
121	113	2021年2月12日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体		1:32	
122	114	2021年2月12日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体	24:アラームタイパ「パンタグラフ開」信号OFF及び自動復帰	1:43	空ポット返還 空ポット移送
123	115	2021年2月13日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体		2:13	
124	116	2021年2月13日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体	25: SBP3201「旋回(1)」時における「FHM旋回位置変換データ不一致」発生、自動化運転除外	1:59	
125	117	2021年2月13日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体	26: SBP3203「旋回(2)」時における「回転プラグ旋回位置変換データ不一致」発生、自動化運転除外	2:06	
126	118	2021年2月13日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体		1:27	
127	119	2021年2月13日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体		2:22	
128	120	2021年2月13日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体		1:42	

表 4.1 もんじゅ取扱設備の実績 (14/17)

No.	取身体数	年月日	作業	取対象	警報・不具合等	1体取出し時間[h:mm]	備考
129	121	2021年2月14日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:25	
130	122	2021年2月14日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:23	
131	123	2021年2月14日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		1:39	DP 交換
132	124	2021年2月15日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体	27: SBP1605「ガス置換 DV 切離」時における「燃料出入設備連動運転渋滞」ANN 発生、自動化運転除外 28: SBP3301「IVTM 新燃料受入」時における燃取系計算機での進行不具合 29: SBP1704「DV 接続ガス置換」時における「燃料出入設備連動運転渋滞」ANN 発生、自動化運転除外 30: SBP1605「ガス置換 DV 切離」時における「燃料出入設備連動運転渋滞」ANN 発生、自動化運転除外 31: SBP1704「DV 接続ガス置換」時における「燃料出入設備連動運転渋滞」ANN 発生、自動化運転除外	3:13	
133	125	2021年2月15日	燃料取出作業	ブランクセット燃料 集合体		2:22	

表 4.1 もんじゅ取扱設備の実績 (15/17)

No.	取出体数	年月日	作業	取出対象	警報・不具合等	1体取出し時間[h:mm]	備考
134	126	2021年2月15日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体		1:28	
135	127	2021年2月15日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体	32: BP3500 「IVTM 新燃料反転」時における「燃料交換設備」条件不具合43C1発生による自動化運転除外	1:57	
136	128	2021年2月15日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体		1:28	
137	129	2021年2月15日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体	33: SBP3703 「燃料出入孔 DV 閉ガス置換」における燃料交換設備自動化除外	1:34	空ポット返還
138	130	2021年2月16日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体	34: SBP3601 「新燃料つかみ」時における「燃料交換設備」条件不具合「グリッパ爪開閉準備位置 LS-B」「グリッパ爪開閉準備位置 LS-A」	1:39	
139	131	2021年2月16日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体	35: SBP3601 「新燃料つかみ」時における「燃料交換設備」条件不具合「グリッパ爪開閉準備位置 LS-B」「グリッパ爪開閉準備位置 LS-A」	1:34	
140	132	2021年2月16日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体		1:30	

表 4.1 もんじゅ取扱設備の実績 (16/17)

No.	取出体数	年月日	作業	取出対象	警報・不具合等	1体取出し時間[h:mm]	備考
141	133	2021年2月16日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体		1:30	
142	134	2021年2月16日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体		1:36	
143	135	2021年2月16日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体		1:30	空ポット移送
144	136	2021年2月17日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体		1:32	
145	137	2021年2月17日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体		1:27	
146	138	2021年2月17日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体		1:28	
147	139	2021年2月17日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体		1:27	
148	140	2021年2月17日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体		1:27	
149	141	2021年2月17日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体		1:31	
150	142	2021年2月18日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体	36: SBP3203「巡回(2)」時における「FHM巡回位置変換データ不一致」発生、自動化運転除外	1:45	
151	143	2021年2月18日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体		1:25	
152	144	2021年2月18日	燃料取出作業	ブランケット燃料集合体		1:26	

表 4.1 もんじゅ取扱設備の実績 (17/17)

No.	取身体数	年月日	作業	取対象	警報・不具合等	1体取出し時間[h:mm]	備考
153	145	2021年2月18日	燃料取出作業	ブランケット燃料 集合体		1:24	
154	146	2021年2月18日	燃料取出作業	ブランケット燃料 集合体		1:31	空ポット返還

表 4.2 警報・不具合等の発生・判断・対応実績(1/9)

No.	発生日月	件名	作業	SBP 等	警報等	設備	直接要因	要因分析	判断	運転時対応	リスク評価 想定外事象	対応
1	2021年 1月19日	自動運転スケジュー ル不整合による手動 での自動化運転「除 外」	模擬 訓練	SBP3201 「旋回 (1)」	SBP3201「旋回 (1)」フリッカセ ず	燃取系計算機	模擬訓練では、同じ炉心及び炉外燃 料貯蔵槽アドレシに装着されている しゃべい体を入れ替えて実施してい るため、1体目運転終了後2体目開始 時は機器の旋回動作がなく通常の燃 料交換運転ではない動きとなってい ることから、燃取系計算機の状態認 識にずれが発生したものである	設定	3) ⑥	自動化運転の状態、機器の運転状 態等に異常がなかったことから、 使用済燃料つかみの機械移送(計 算機につかみ時間入力)を実施後 SBP3201「旋回(1)」及び SBP3202「使用済燃料つかみ」の 実行スケジュールを「済」とし、 15:20に自動化運転「除外」を解 除、15:24に次工程 SBP3203「旋 回(2)」から自動化運転を再開し た。	-	-
2	2021年 1月21日	SBP3201「旋回 (1)」時における 「FHM 旋回位置変換 データ不一致」発 生、自動化運転除 外	模擬 訓練	SBP3201 「旋回 (1)」	「FHM 旋回位置変 換データ不一致」 発生、自動化運 転除外	燃取系計算機	燃取系計算機の入出力値では、1秒間 期でデータのスキッピングを実施し ており、ホールドダウンアームの旋 回位置が前回旋回位置と比較し13°以 上の偏差があった場合(異常な信号 入力を防止するため)データの入力 をロックする機能をもっており、実 際にホールドダウンアーム旋回位置 を「65.8°」の13°以内である 「55.0°」まで旋回させたところ燃取 系計算機の表示は「55.01°」となっ たことからこれが作動したものと判断 した。	信号	3) ⑥	13°以上の偏差が入力されたことに ついては、実際の機器の動きでは 無いため、伝送系の誤信号等と考 える。その後、自動化運転を立ち 上げ再度 SBP3201 を運転し再現 しないことから、一過性の信号伝 送系の異常と判断した。	-	-
3	2021年 1月21日	SBP3601「新燃料つ かみ」時における手 動での自動化運 転「除外」	模擬 訓練	SBP3601 「新燃料つ かみ」	「燃料交換設備 条件不具合」「グ リッパ爪開閉準備 位置 LS-B」「グリ ッパ爪開閉準備位 置 LS-A」	燃料交換設備	「グリッパ爪開閉準備位置 LS 信号が組み 込まれており、15:05に両 LS が ON 後 15:23 に A 脚が off となったことか ら自動的に「グリッパ爪開閉準備位 置 LS-A」が再開 された。	信号	3) ⑥	手動で自動化運転を「除外」とし た。 その後、補助設備でグリッパ爪 開閉及び昇降動作に異常がないこ とを確認し 18:40 に自動化運転を 再開した。	-	-

表 4.2 警報・不具合等の発生・判断・対応実績(2/9)

No.	発生日	件名	作業	SBP等	警報等	設備	直接要因	要因分析	判断	運転時対応	リスク評価 想定外事象	対応
4	2021年 1月23日	SBP1504「空ポット つかみ」運転中にお ける「Arガスシール 部加圧系シール漏 れ」警報発報による 自動化運転「除外」	燃料取 出作業	SBP1504 「空ポット つかみ」	「Arガスシール部 加圧系シール漏 れ」	炉外燃料貯蔵 設備	シール漏れの原因調査の結果、弁座 シールは加圧弁を閉めた状態で緩や かに流量が上がリ、緩やかに下がっ ていくこと、開閉を繰り返したこ とによりシール漏れが無くならな こと、シート面にゴム系のシール材を 使用していること、D列の運転が前 回から時間が経過していること等か ら、当初シート面からシートリーク していたが、繰り返し動作によりシ ート面の圧りが良くなりシール漏れ が停止したものと判断した。	状態	3) ⑤	シール漏れの調査・調整を行い、 原因を確認、対応した。 その他、機器の故障が無いこと、調整 運転によって警報がクリアしたこ とから運転可能と判断し、14:31 に自動化運転を再開した。	—	—
5	2021年 1月23日	フリーズシール部温 度1入力異常の印字	燃料取 出作業	—	「フリーズシール 部温度1 入力異 常」	しゃへいプラ グ本体	当日21:20から現場調査を行い、放 電措置を実施したところ、指示値が 復旧し正常に制御されることを確認 できたことから、温度検出器に余剰 分の電荷(静電気が影響し、高い温度 が検出されたもの)と判断した。	制御	3) ③	当該電対の導通、起電力を確認 し正常値であったことから、検出 器は正常と判断し、22:18に2体 目の燃料交換を再開した。	—	—
6	2021年 1月25日	フリーズシール部温 度1入力異常の印字	燃料取 出作業	—	「フリーズシール 部温度1 入力異 常」	しゃへいプラ グ本体	No.3の事象と 同様	制御	3) ③	当該電対の導通、起電力を確認 し正常値であったことから、検出 器は正常と判断し、22:18に2体 目の燃料交換を再開した。	—	—
7	2021年 1月25日	SBP3201「旋回 (1)」時における 「FHM 旋回位置変 換データ不一致」発生 自動化運転「除外」	燃料取 出作業	SBP3201 「旋回 (1)」	「FHM 旋回位置変 換データ不一致」	燃取系計算機	No.2の事象と 同様	信号	3) ⑥	本事象は既知であるため、課長指 示書に基づき復旧し、22:41に自 動化運転を復旧した。	—	—

表 4.2 警報・不具合等の発生・判断・対応実績(3/9)

No.	発生日	件名	作業	SBP等	警報等	設備	直接要因	要因分析	判断	運転時対応	リスク評価 想定外事象	対応
8	2021年 1月26日	SBP3603「新燃料はなし」時における「新燃料挿入異常」警報発報による自動化運転「除外」	燃料取出作業	SBP3603 「新燃料はなし」	「新燃料挿入異常」	燃料交換設備	燃料が正常に挿入できなかったため (想定事象)	状態	3) ⑥	警報処置手順書に基づき、FHM補助盤からの操作で再装荷を行った。同アドレスで再装荷を3回実施したが装荷できず。対応として、逆アドレス(ケース①)で再装荷を実施し1回目で装荷完了した。 19:21、自動化運転に復旧した。	—	—
9	2021年 1月27日	SBP3601「新燃料つかみ」時における「燃料交換設備 条件不具合」(グリッパ爪開閉準備位置LS-B)、「グリッパ爪開閉準備位置LS-A」	燃料取出作業	SBP3601 「新燃料つかみ」	「燃料交換設備 条件不具合」(グリッパ爪開閉準備位置LS-B)、「グリッパ爪開閉準備位置LS-A」	燃料交換設備	No.3の事象と同様	信号	3) ⑥	本事象が発生した場合の対応処置方法を定めた課長指示書に基づき操作を実施し、SBP3601「新燃料つかみ」の運転を進行した。	—	—
10	2021年 1月28日	SBP3603「新燃料はなし」時における「新燃料挿入異常」警報発報による自動化運転「除外」	燃料取出作業	SBP3603 「新燃料はなし」	「新燃料挿入異常」	燃料交換設備	燃料が正常に挿入できなかったため (想定事象)	状態	3) ⑥	警報処置手順書に基づき、FHM補助盤からの操作で再装荷を行った。同アドレスで再装荷を3回実施したが装荷できず。対応として、逆アドレス(ケース①)で再装荷を実施し1回目で装荷完了した。 16:20、自動化運転に復旧した。	—	—
11	2021年 1月28日	フリーズシールド部温度1入力異常の印字	燃料取出作業	—	「フリーズシールド部温度1入力異常」	しゃへいブラグ本体	No.5の事象と同様	制御	3) ③	放電措置を実施し正常値に復帰し正常に制御されていることから、検出器は正常と判断し、18:28に当日3体目の燃料交換を開始した。	—	—
12	2021年 1月28日	SBP3201「巡回(1)」時における「FHM巡回位置変換データ不一致」発生、自動化運転除外	燃料取出作業	SBP3201 「巡回(1)」	「FHM巡回位置変換データ不一致」	燃取系計算機	No.2の事象と同様	信号	3) ⑥	課長指示書に基づき復旧し、23:23に自動化運転を復旧した。	—	—





表 4.2 警報・不具合等の発生・判断・対応実績(6/9)

No.	発生日	件名	作業	SBP 等	警報等	設備	直接要因	要因分析	判断	運転時対応	リスク評価 想定外事象	対応
20	2021年 2月3日	SBP3601「新燃料つかみ」時における「燃料交換設備 条件不具合」(グリッパ)開閉準備位置 LS-B)「グリッパ」開閉準備位置 LS-A)	燃料取出作業	SBP3601 「新燃料つかみ」	「燃料交換設備 条件不具合」(グリッパ)開閉準備位置 LS-B)「グリッパ」開閉準備位置 LS-A)	燃料交換設備	No.3の事象と同様	信号	3) ⑥	本事象が発生した場合の対応処置方法を定めた課長指示書に基づき操作を実施し、SBP3601「新燃料つかみ」の運転を進行した。	—	—
21	2021年 2月5日	自動化運転中の SBP3301「IVTM 新燃料受入完了」後「燃料交換設備 条件不具合」(バンタグラフ開状態異常)	燃料取出作業	SBP3301 「IVTM 新燃料受入完了」	「燃料交換設備 条件不具合」(バンタグラフ開状態異常)	燃料交換設備	No.14の事象と同様	信号	3) ⑥	機器に故障が無いこと、伝送エラーが復帰し信号が正常に発信されていること、その他自動化運転に影響する事象が無いことから、一過性の伝送エラーと判断し、23:06に自動化運転を復旧した。	—	—
22	2021年 2月6日	SBP3601「新燃料つかみ」時における「燃料交換設備 条件不具合」(グリッパ)開閉準備位置 LS-B)「グリッパ」開閉準備位置 LS-A)	燃料取出作業	SBP3601 「新燃料つかみ」	「燃料交換設備 条件不具合」(グリッパ)開閉準備位置 LS-B)「グリッパ」開閉準備位置 LS-A)	燃料交換設備	No.3の事象と同様	信号	3) ⑥	本事象が発生した場合の対応処置方法を定めた課長指示書に基づき操作を実施し、SBP3601「新燃料つかみ」の運転を進行した。	—	—
23	2021年 2月10日	SBP3601「新燃料つかみ」時における「燃料交換設備 条件不具合」(グリッパ)開閉準備位置 LS-B)「グリッパ」開閉準備位置 LS-A)	燃料取出作業	SBP3601 「新燃料つかみ」	「燃料交換設備 条件不具合」(グリッパ)開閉準備位置 LS-B)「グリッパ」開閉準備位置 LS-A)	燃料交換設備	No.3の事象と同様	信号	3) ⑥	本事象が発生した場合の対応処置方法を定めた課長指示書に基づき操作を実施し、SBP3601「新燃料つかみ」の運転を進行した。	—	—

表 4.2 警報・不具合等の発生・判断・対処実績(7/9)

No.	発生日月	件名	作業	SBP等	警報等	設備	直接要因	要因分析	判断	運転時対処	リスク評価 想定外事象	対応
24	2021年 2月12日	アラームタイムバ ンタグラフ開」信号 OFF及び自動復帰	燃料取 出作業	-	アラームタイムバ ンタグラフ 開」信号OFF	燃取系計算機	No.14の事象と 同様	信号	3) ⑥	6:47、燃料交換自動化運転停止 中、アラームタイムバに「バンタ グラフ開」信号がOFFとなり、約 12秒後自動復帰していた。(ハー ド警報なし)	-	-
25	2021年 2月13日	SBP3201「旋回 (1)」時における 「FHM旋回位置変換 データ不一致」発 生、自動化運転除外	燃料取 出作業	SBP3201 「旋回 (1)」	「FHM旋回位置変 換データ不一致」	燃取系計算機	No.2の事象と 同様	信号	3) ⑥	本事象は既知であったことから、 課長指示書に基づき復旧し、13:20 に自動化運転を復旧した。	-	-
26	2021年 2月13日	SBP3203「旋回 (2)」時における 「回転プラグ旋回位 置変換データ不一 致」発生、自動化運 転除外	燃料取 出作業	SBP3203 「旋回 (2)」	「回転プラグ旋回 位置変換データ不 一致」	燃取系計算機	SBP3203「旋回(2)」開始で燃取系 計算機 側の信号がリセットするか否か確認 するため同SBPを進行させたがりセ ットせずホルドダウンアームが 「基準位置」へ旋回が完了した後に 警報発生、自動化運転除外となっ た。	信号	3) ⑥	補助駆動で回転プラグを旋回さ せ、回転プラグ補助表示値と燃 取系計算機表示値の偏差を13°以 内としたところ、燃取系計算機表 示値は復旧した。 その後、16:02に自動化運転を復 旧後再度SBP3203「旋回(2)」 を運転し再発しないことを確認し た上で運転を継続した。	-	-
27	2021年 2月15日	SBP1605「ガス置換 DV切離」時における 「燃料出入設備運動 運転渋滞」ANN発 生、自動化運転除外	燃料取 出作業	SBP1605 「ガス置換 DV切離」	「燃料出入設備運 動運転渋滞」	燃料出入設備	低気圧によって気圧が低下(約 988hPaで低下中)しており、これが 原因と判断した(第1キャンベ ン、第2キャンベーンでも同様事象 の経験あり)	設定	3) ④	その他、機器の運転状態に異常が なかったことから、補助駆「単 独」運転でDV間ガス置換及び可 動ブロック上昇を終了させ、10: 51に自動化運転を復旧した。	-	-
28	2021年 2月15日	SBP3301「IVTM新 燃料受入」時におけ る燃取系計算機での 進行不具合	燃料取 出作業	SBP3301 「IVTM新 燃料受入」	燃取系計算機進行 不具合	燃取系計算機	実行スケジュールを確認したこ ろ、前のSBPであるSBP3203「旋 回(2)」が完了後、燃料交換自動化 盤からの信号を受けきれず、 一旦SBP3301の燃取系計算機が開始 信号を発信後燃料交換自動化盤から のアンサーバック信号も受信しきれ ていない状態であることを確認し た。	信号	3) ⑥	その他、自動化運転に支障を及ぼ す故障、運転パラメータ等が見受 けられないため、一過性の伝送異 常と判断し、23:24に自動化運転 「除外」を復旧、BP3500「IVTM 新燃料反転」を再開した。	-	-

表 4.2 警報・不具合等の発生・判断・対応実績(8/9)

No.	発生年月日	件名	作業	SBP等	警報等	設備	直接要因	要因分析	判断	運転時対応	リスク評価 想定外事象	対応
29	2021年 2月15日	SBP1704 「DV 接続 ガス置換」時における 「燃料出入設備連 動運転渋滞」ANN 発 生、自動化運転除外	燃料取 出作業	SBP1704 「DV 接続 ガス置換」	「燃料出入設備連 動運転渋滞」	燃料出入設備	No.27 の事象と 同様	設定	3) ④	その他、機器の運転状態に異常が なかったことから、補助盤「単 独」運転で DV 間ガス置換を終了 させ、12:38 に自動化運転を復旧 した。	—	—
30	2021年 2月15日	SBP1605 「ガス置換 DV 切離」時における 「燃料出入設備連動 運転渋滞」ANN 発 生、自動化運転除外	燃料取 出作業	SBP1605 「ガス置換 DV 切離」	「燃料出入設備連 動運転渋滞」	燃料出入設備	No.27 の事象と 同様	設定	3) ④	その他、機器の運転状態に異常が なかったことから、補助盤「単 独」運転で DV 間ガス置換及び可 動ブロック上昇を終了させ、15: 26 に自動化運転を復旧した。	—	—
31	2021年 2月15日	SBP1704 「DV 接続 ガス置換」時における 「燃料出入設備連 動運転渋滞」ANN 発 生、自動化運転除外	燃料取 出作業	SBP1704 「DV 接続 ガス置換」	「燃料出入設備連 動運転渋滞」	燃料出入設備	No.27 の事象と 同様	設定	3) ④	その他、機器の運転状態に異常が なかったことから、補助盤「単 独」運転で DV 間ガス置換及び可 動ブロック上昇を終了させ、16: 50 に自動化運転を復旧した。	—	—
32	2021年 2月15日	BP3500 「IVTM 新燃 料反転」時における 「燃料交換設備 条 件不具合 43C1」発生 による自動化運転除外	燃料取 出作業	BP3500 「IVTM 新 燃料反転」	「燃料交換設備 条件不具合 43C1」	燃料系計算機	燃料系計算機及び燃交自動化盤のロ グを確認したところ、燃交自動化盤 側のログで「燃料系計算機伝送異 常」を一旦検出後瞬時に復帰してい た。 このことから、燃交自動化盤から BP3500 開始のアナライザバック信号を タイミングで燃交系計算機が受け取 れずリトライを繰り返している段階 で、燃交自動化盤側が伝送異常とな り、43C1 が OFF となったことから 「燃料系計算機伝送異常」が復帰後 「燃料交換設備 条件不具合 CD08851143C1」となったものと判 断した。	信号	3) ⑥	その他自動化運転に支障を及ぼす 故障、運転パラメータ等が見受け られないため、一過性の伝送異常 と判断し、23:24 に自動化運転 「除外」を復旧、BP3500 「IVTM 新燃料反転」を再開した。	—	—

表 4.2 警報・不具合等の発生・判断・対応実績(9/9)

No.	発生日	件名	作業	SBP 等	警報等	設備	直接要因	要因分析	判断	運転時対応	リスク評価 想定外事象	対応
33	2021年 2月16日	SBP3703「燃料出入孔 DV 閉ガスを置換」における燃料交換設備自動除外	燃料取出作業	SBP3703 「燃料出入孔 DV 閉ガスを置換」	「燃料交換設備条件不具合」	燃料交換設備	No.32に記載の自動化除外発生時に IVTM ガス置換バイパス電磁弁 514PSV53 を手動開としたため同弁が自動閉とならなかった（自動閉の状態からでない自動閉とならない）。	信号	3) ⑥	FHM 補助盤から同弁を手動で閉とし、その他自動化運転に支障を及ぼす故障。運転パラメータ等が見受けられないため、4:40 に自動化運転「除外」を復旧、SBP3703「燃料出入孔 DV 閉ガスを置換」を終了させた。	-	-
34	2021年 2月16日	SBP3601「新燃料つかみ」時における「燃料交換設備条件不具合」「グリッパ爪閉閉準備位置 LS-B」「グリッパ爪閉閉準備位置 LS-A」	燃料取出作業	SBP3601 「新燃料つかみ」	「燃料交換設備条件不具合」「グリッパ爪閉閉準備位置 LS-B」「グリッパ爪閉閉準備位置 LS-A」	燃料交換設備	No.3の事象と同様	信号	3) ⑥	本事象が発生した場合の対応処置方法を定めた課長指示書に基づき操作を実施し、SBP3601「新燃料つかみ」の運転を進行した。	-	-
35	2021年 2月16日	SBP3601「新燃料つかみ」時における「燃料交換設備条件不具合」「グリッパ爪閉閉準備位置 LS-B」「グリッパ爪閉閉準備位置 LS-A」	燃料取出作業	SBP3601 「新燃料つかみ」	「燃料交換設備条件不具合」「グリッパ爪閉閉準備位置 LS-B」「グリッパ爪閉閉準備位置 LS-A」	燃料交換設備	No.3の事象と同様	信号	3) ⑥	本事象が発生した場合の対応処置方法を定めた課長指示書に基づき操作を実施し、SBP3601「新燃料つかみ」の運転を進行した。	-	-
36	2021年 2月18日	SBP3203「旋回(2)」時における「FHM 旋回位置変換データ不一致」発生、自動化運転除外	燃料取出作業	SBP3203 「旋回(2)」	「FHM 旋回位置変換データ不一致」	燃取系計算機	No.2の事象と同様	信号	3) ⑥	機器等の状態から No.2 と同様の事象と判断し、FHM 補助盤からホールダウンアームを旋回させ、偏差が 13°以内となった段階で燃取系計算機の表示値が正常値に戻ったことを確認後、9:49 に自動化運転を再開した。	-	-

「設備」は直接要因発生箇所

「要因」は以下のとおり

- ①機器の状態に係る事象  
故障 破損・変形等の物理的な機器の故障  
状態 機器の状態による動作不調
- ②機器の動きに係る事象  
動作 他の阻害要因による機器動作の不調  
系統 状態構成時の弁等の動作不良
- ③機器の制御に係る事象（単体機器の動作は正常）  
制御 制御命令、検出器の異常  
信号 制御信号受容の不調
- ④安全へ影響がなく対処方法が明確な既知の事象  
設定 設備の仕様上、発報が不可避の事象  
その他

「判断」は以下のとおり

- 1) 保修票を発行し実機の保修を行う事象  
①機器の故障  
②機器の状態による動作不調
- 2) 保修票を発行し作業計画のもと監視を行う事象  
①設備の状態の確認でも原因を特定できず一時的な事象と判断する事象
- 3) 保修票等を発行せずパラメータの確認、設備の状態の確認により設備の安全性を損なうことなく自動化運転が可能と判断できる事象  
① 系統の通常運転における状態の変化により、一時的に発生する警報であって、自動化運転の停止を伴わず、即時リセット可能な警報  
② 警報対象物を伴わず、正常な状態であることが確認できる事象  
③ 取扱対象物に影響がない状態で瞬時的に発生する警報であって即時リセット可能な警報

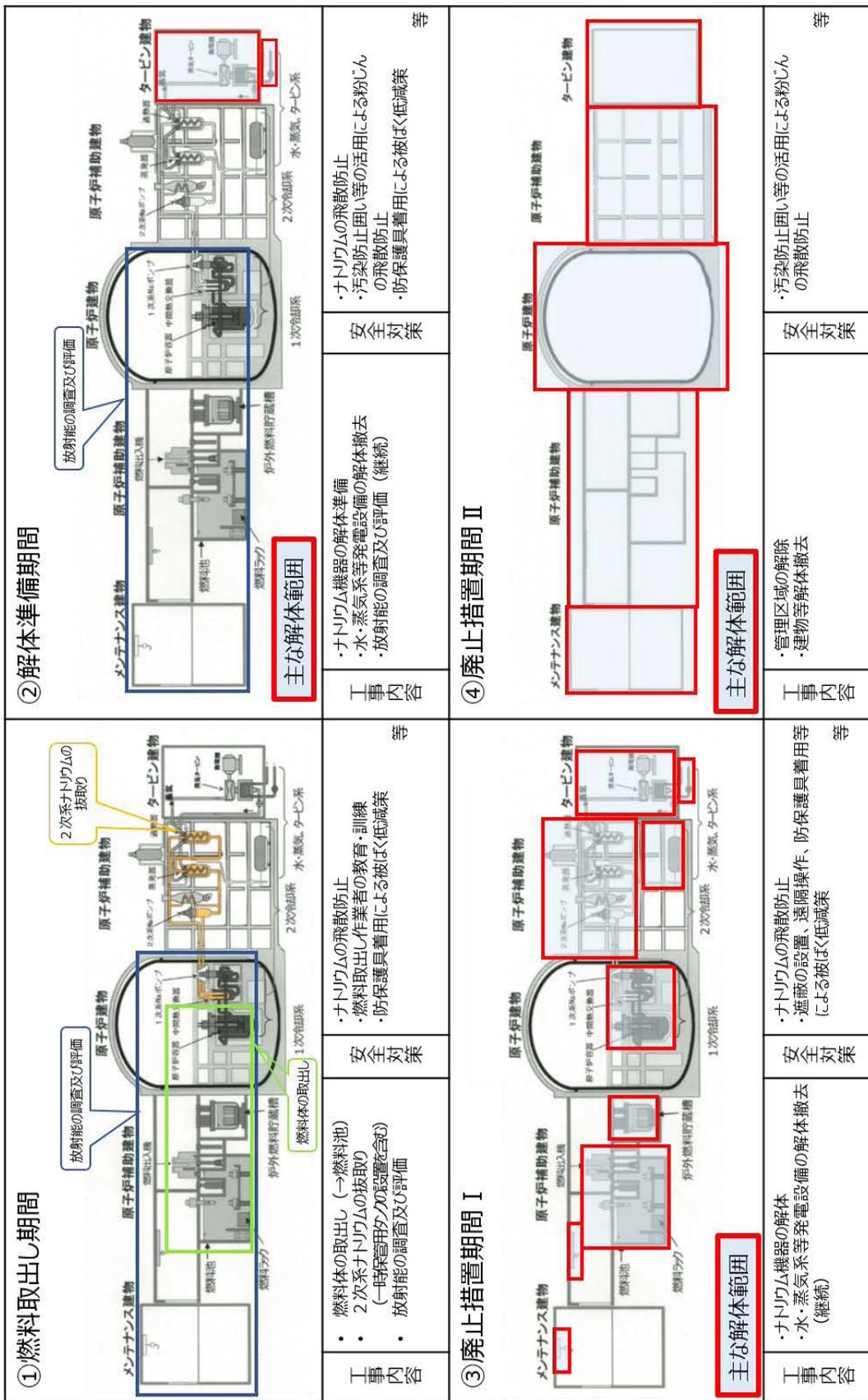


図 1.1 (a) 廃止措置期間の段階

区分	第1段階 燃料体取出し期間	第2段階 解体準備期間	第3段階 廃止措置期間 I	第4段階 廃止措置期間 II
年度	2018 ~ 2022	2023 ~	2047	
主な実施事項	燃料体取出し作業			
		ナトリウム機器の解体準備	ナトリウム機器の解体撤去	
	汚染の分布に関する評価			
			水・蒸気系等発電設備の解体撤去	
				建物等解体撤去
			放射性固体廃棄物の処理・処分	

図 1.1 (b) 廃止措置の全体工程

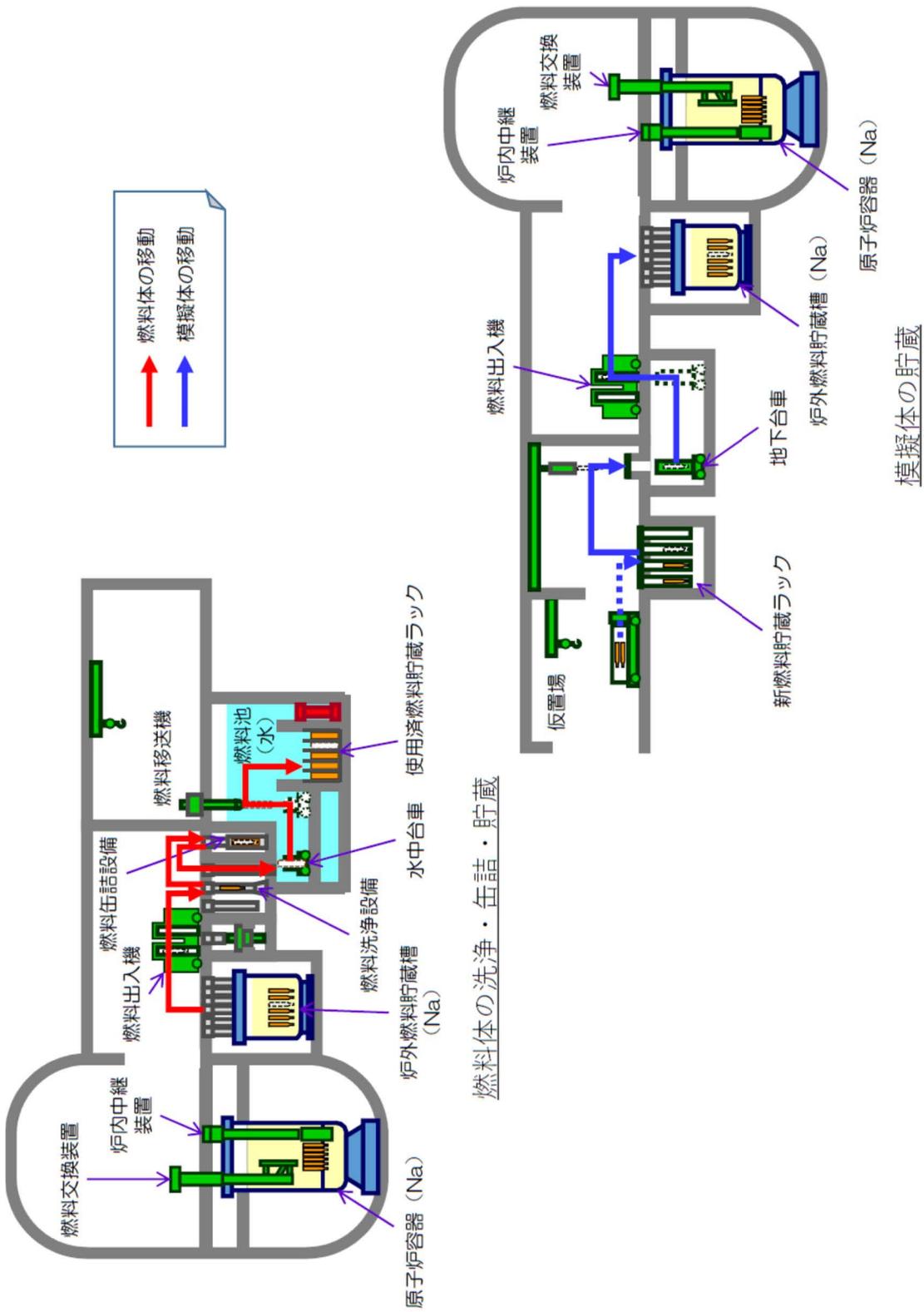


図 1.2 (a) 「燃料体の処理」作業の流れ

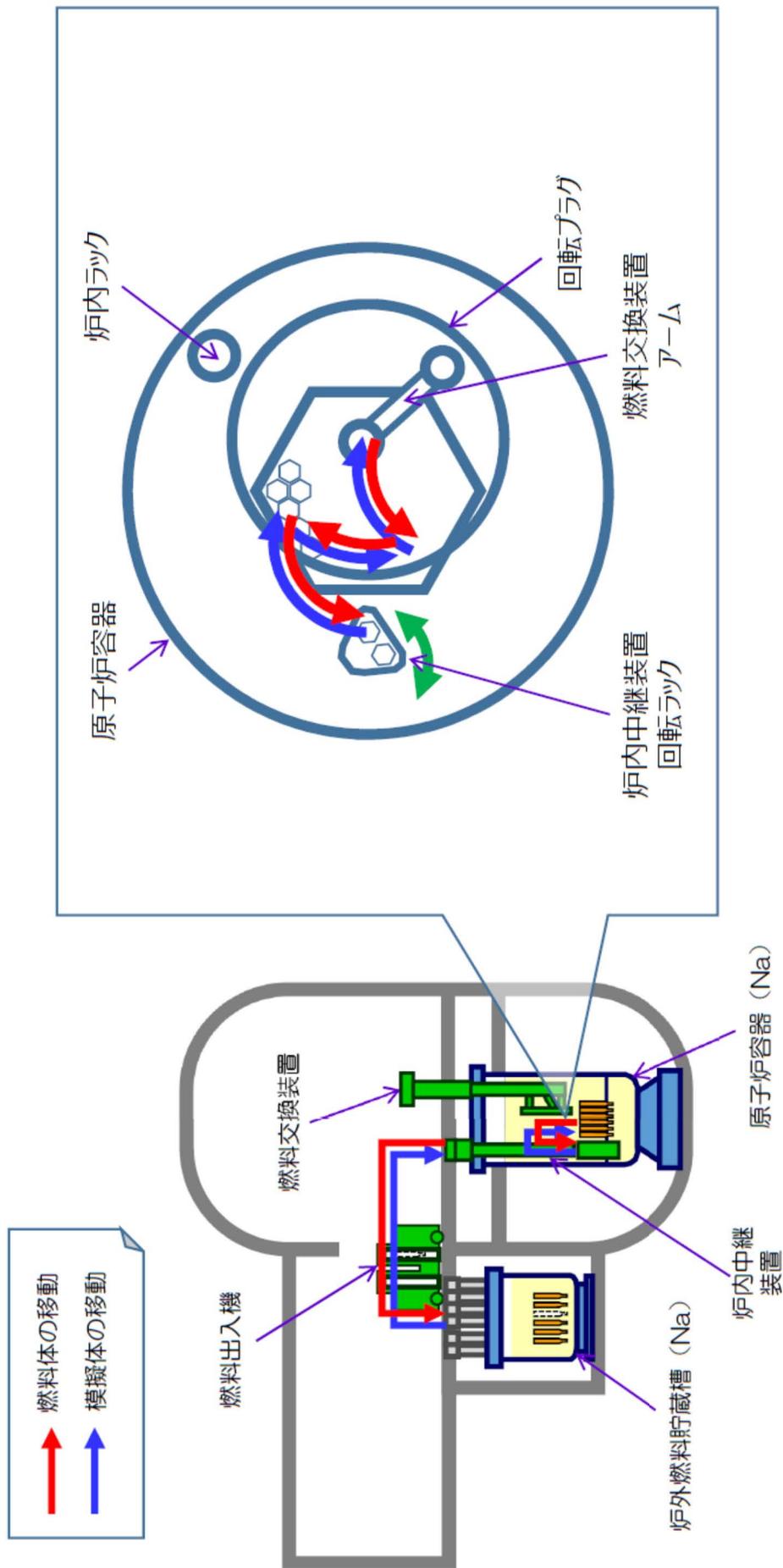
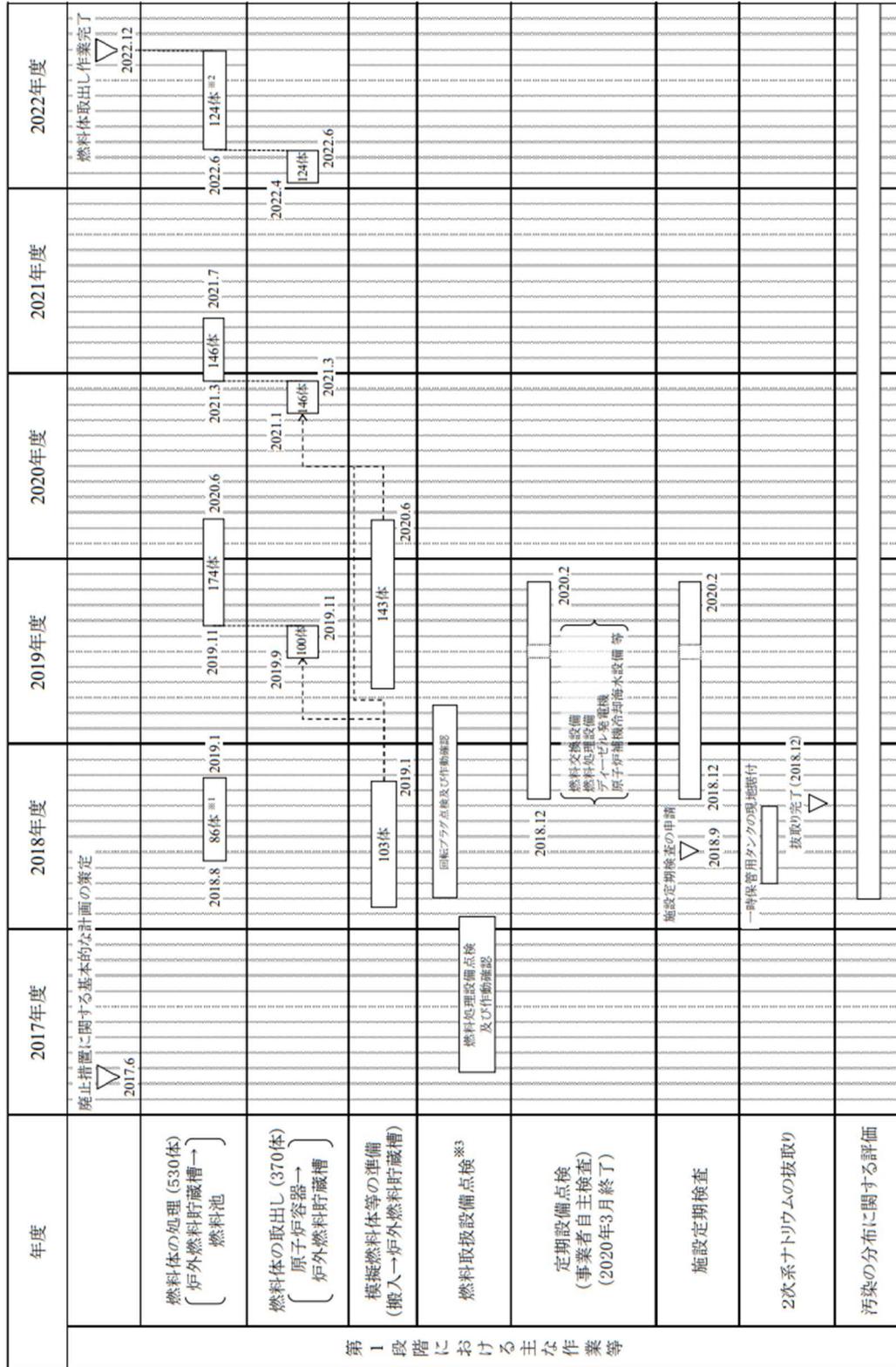


図 1.2 (b) 「燃料体の取出し」作業の流れ



第1段階における主な作業等

※1：86体の燃料体については、炉外燃料貯蔵槽から取り出した後、缶詰缶装置により缶詰缶に収納し、燃料池に貯蔵する。  
 ※2：必要に応じ、本期間中に燃料取扱設備の手入れ等を実施する。  
 ※3：2010年以降使用していないことを踏まえ、炉心等から燃料体を取り出す前に、施設の復旧を目的として実施する点検及び作動確認であり、定期設備点検とは異なる。

図 1.3 第1段階における「燃料体の取出し」作業工程

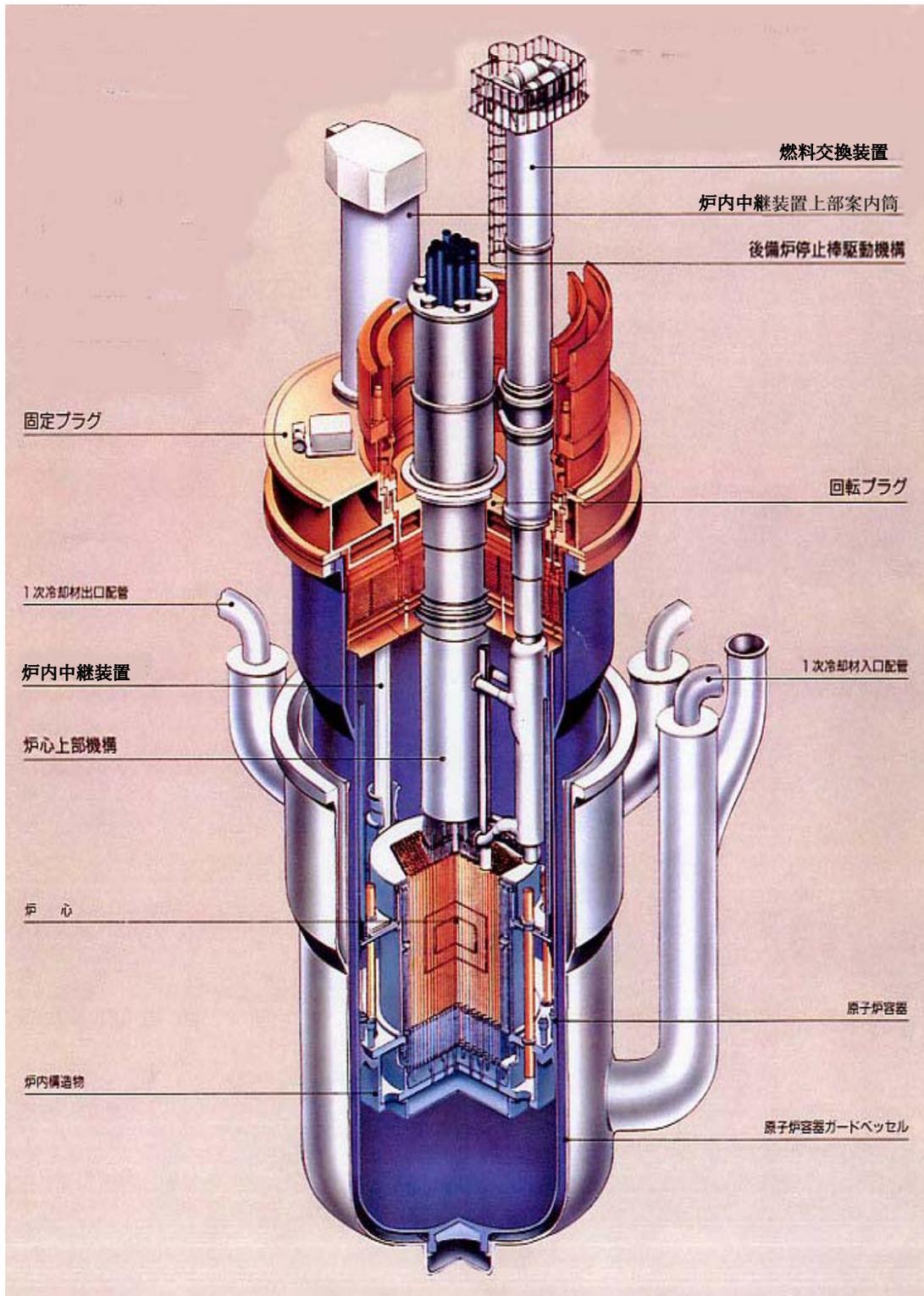


図 2.1 燃料交換設備の概要

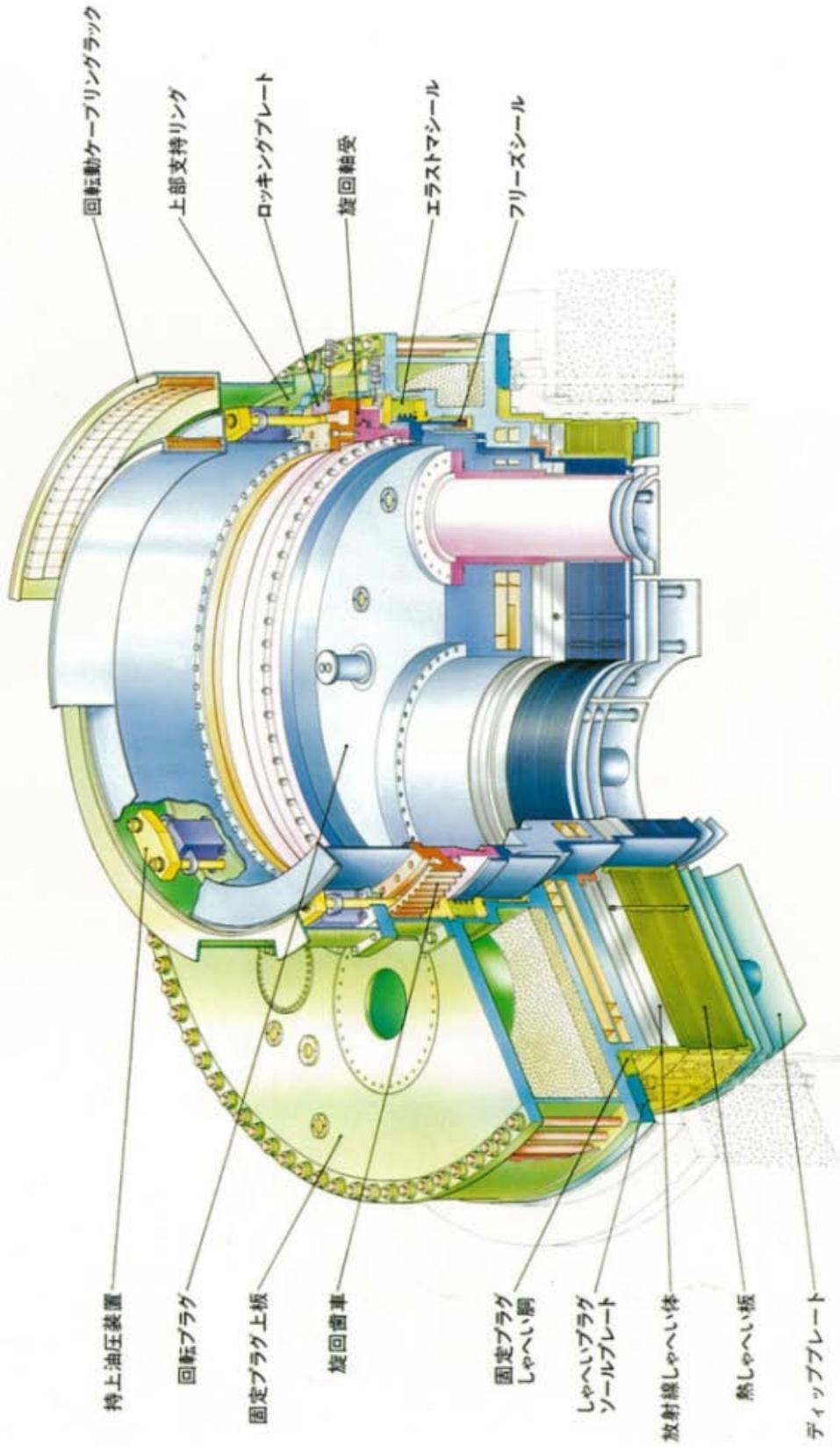


図 2.2 シャヘいブラグの概要

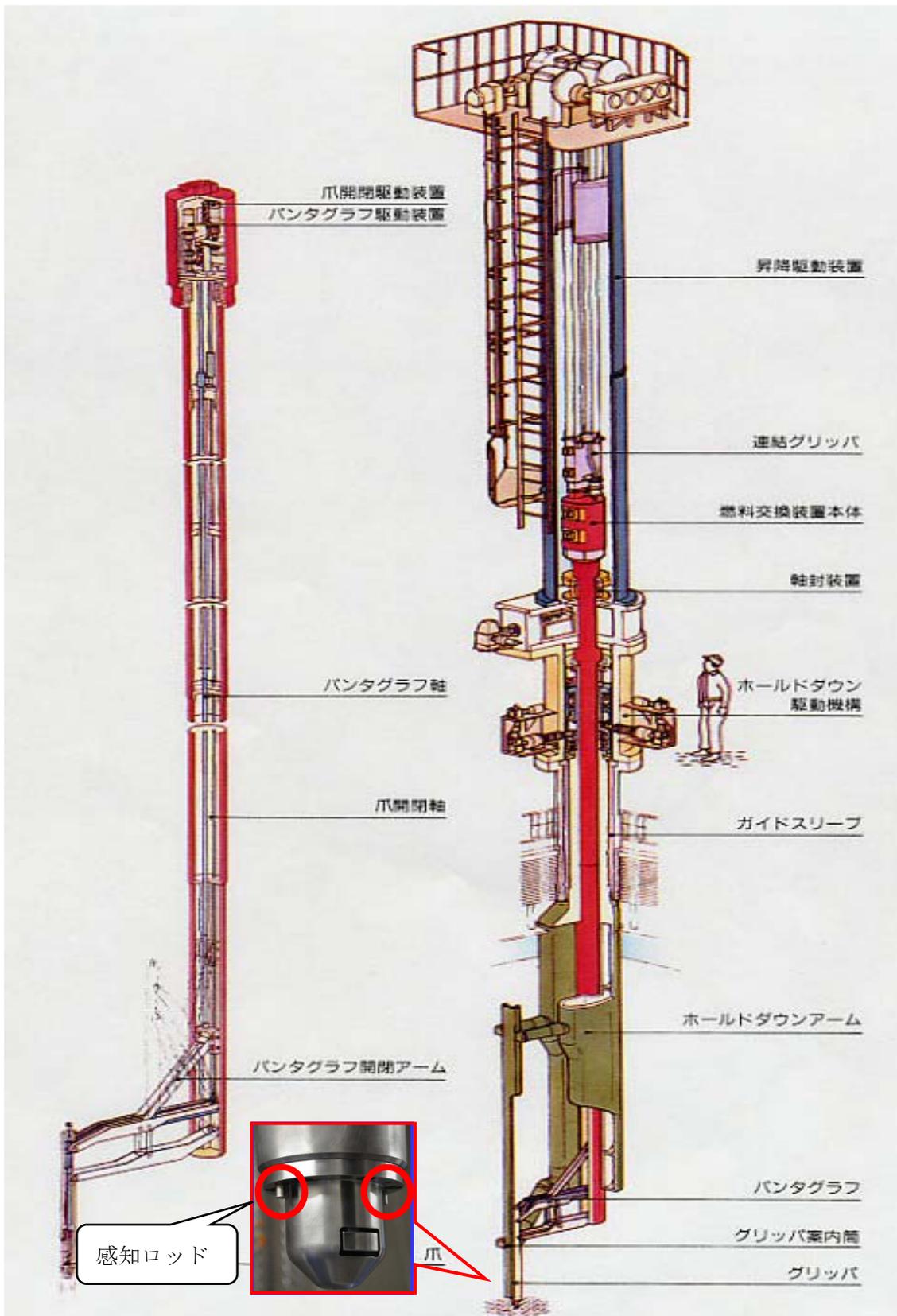


図 2.3 燃料交換装置の構造

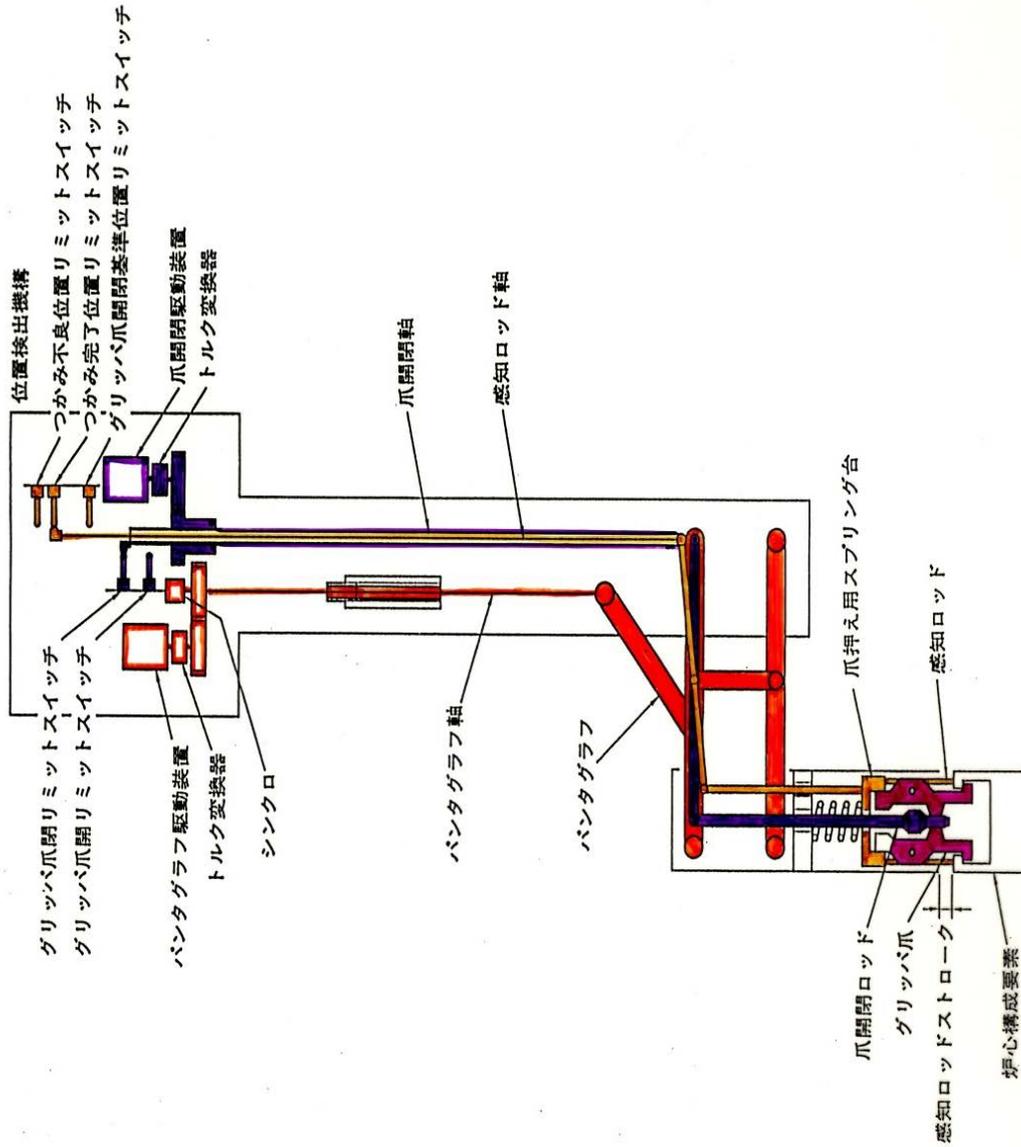


図 2.4 燃料交換装置本体駆動原理

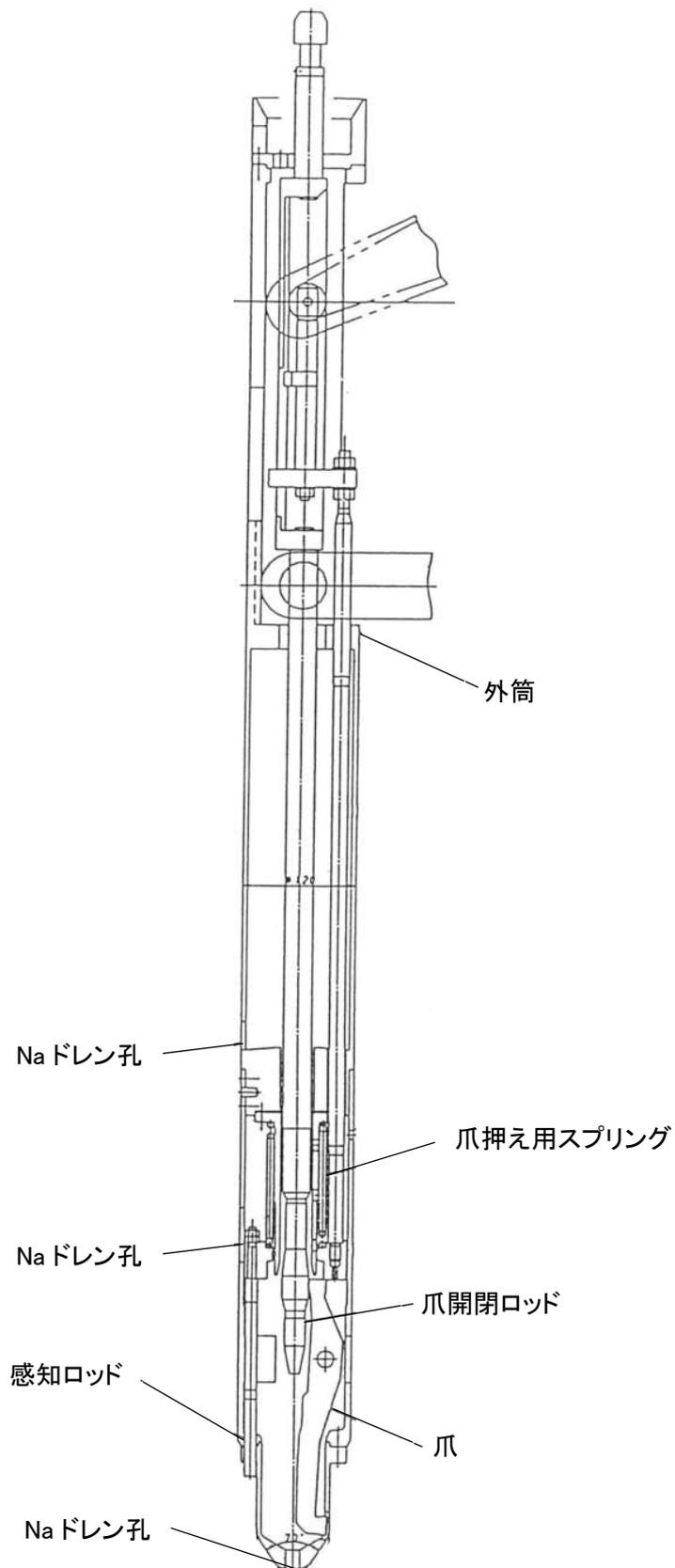


図 2.5 燃料交換装置のグリッパの構造



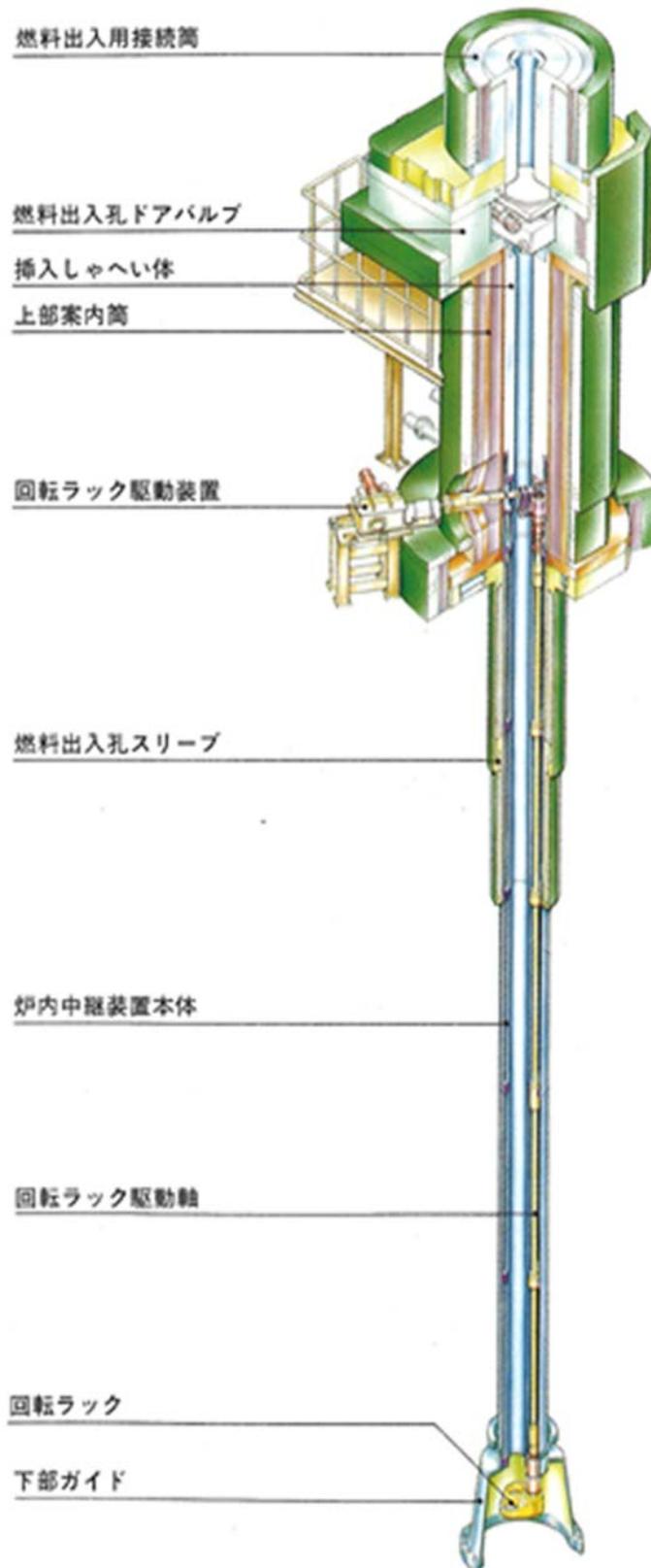


図 2.7 炉内中継装置の構造

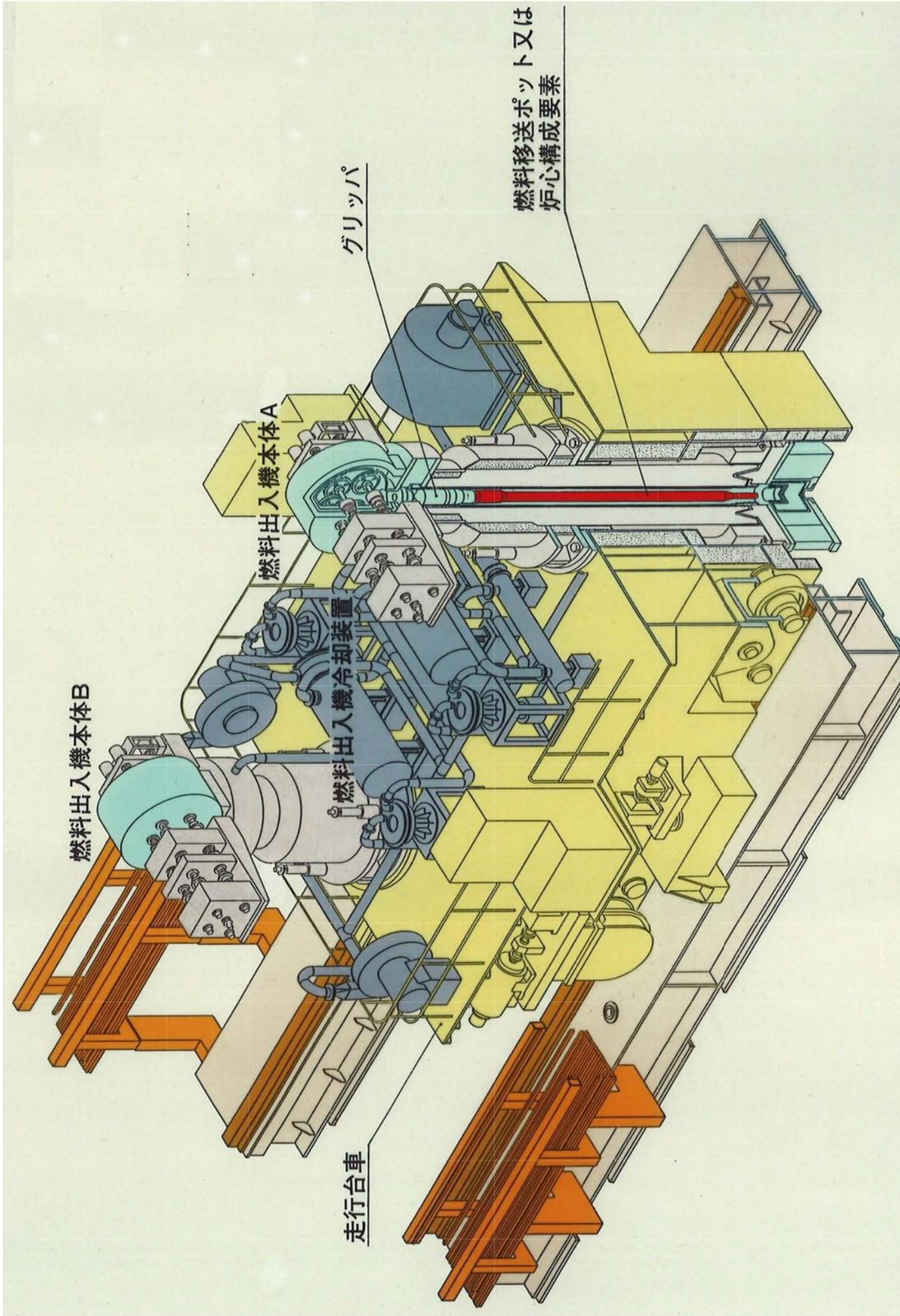
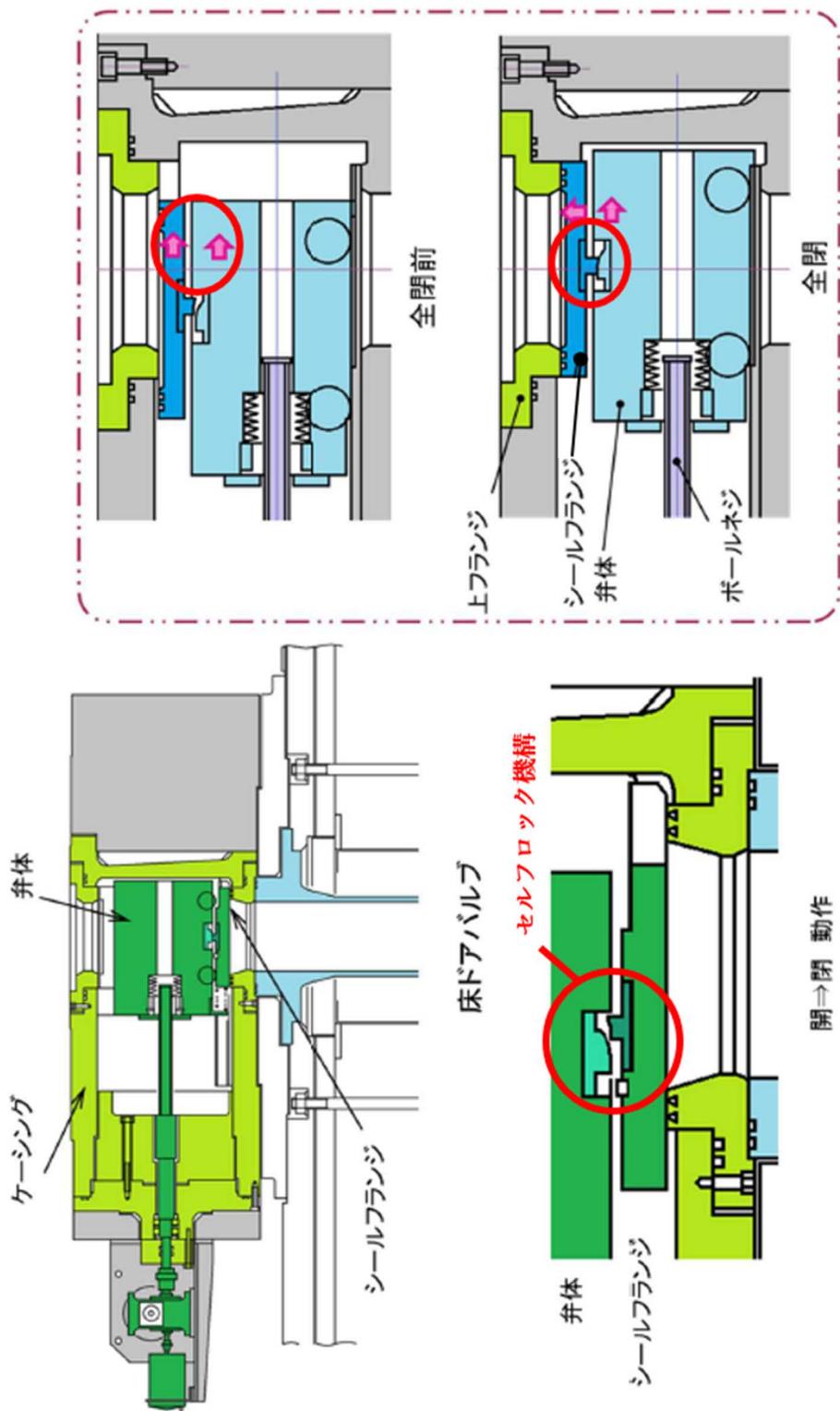


図 2.8 燃料出入設備の鳥瞰図



燃料缶詰装置床ドアバルブ(上シール)

燃料洗浄槽床ドアバルブ(下シール)

図 2.9 セルフロック機構の例

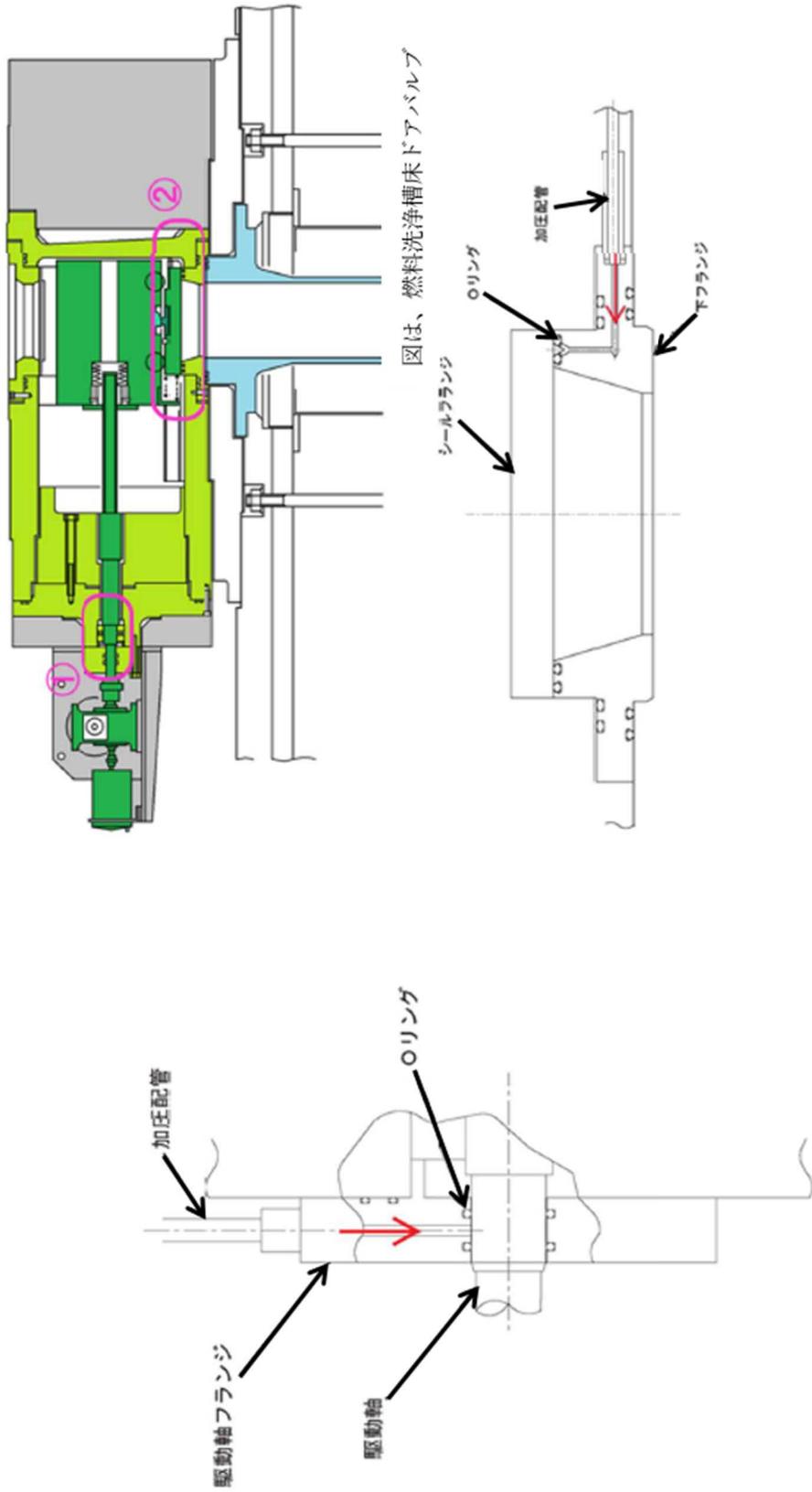
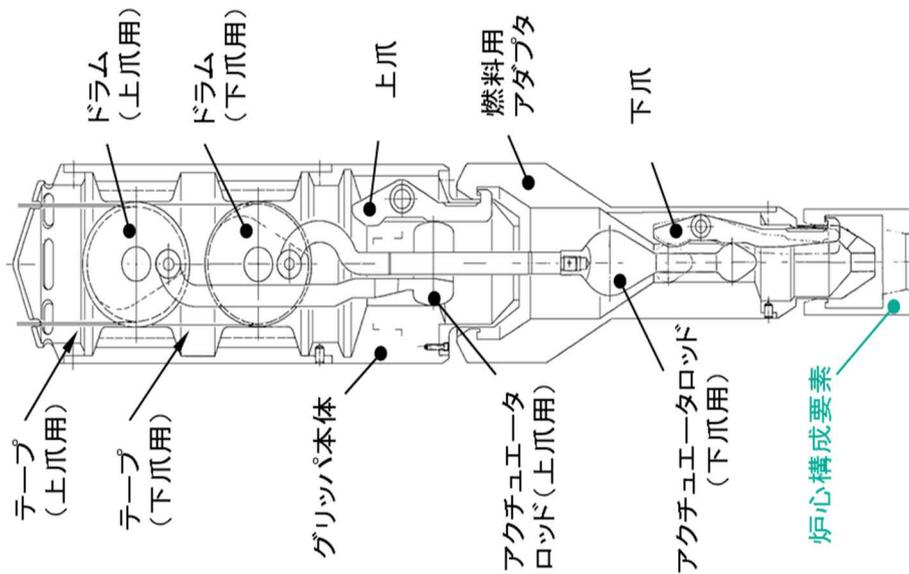
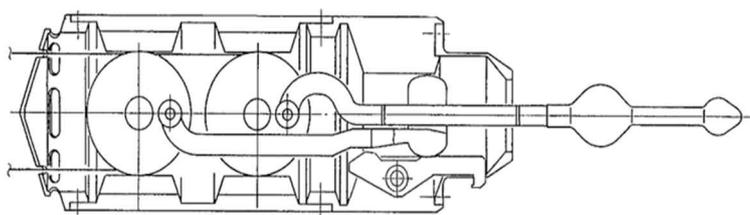


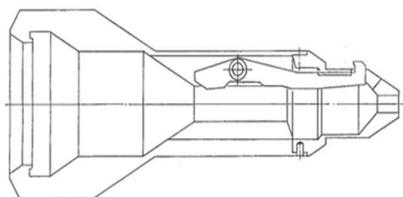
図 2.10 二重 O リングとシールガスによるシール確保の概念



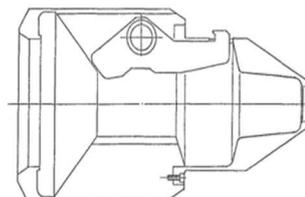
本体Aグリッパ



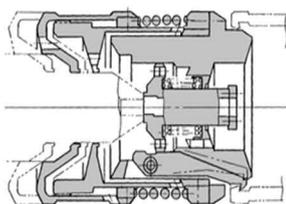
本体Aグリッパ本体



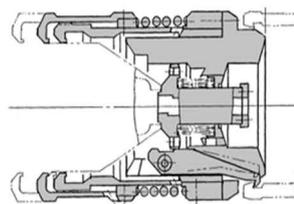
燃料用アダプタ



ポット用アダプタ



F用ドリップパンアダプタ



P用ドリップパンアダプタ

図 2.11 グリッパ及びアダプタの構造

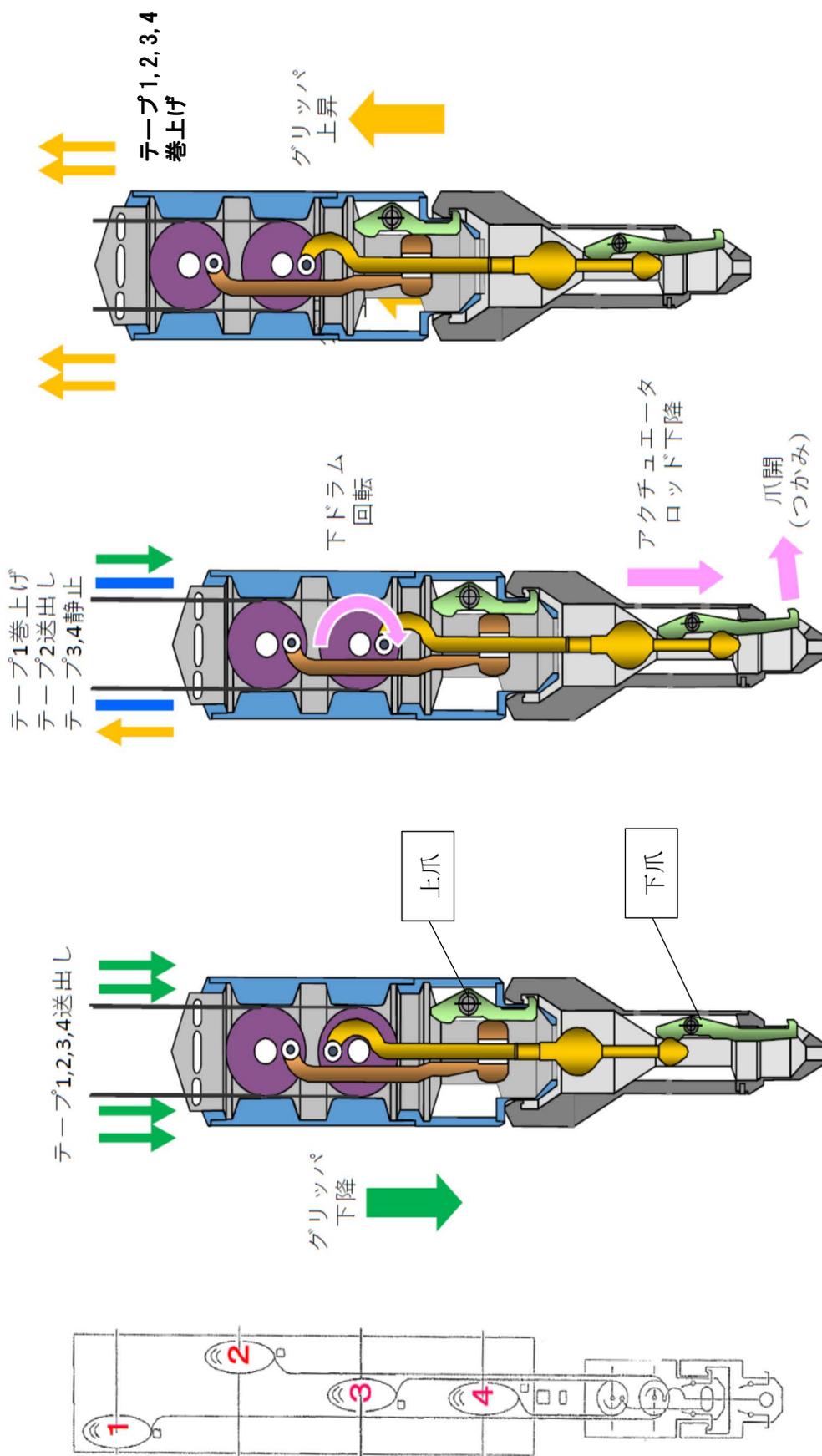


図 2.12 グリッパのつかみ昇降動作原理



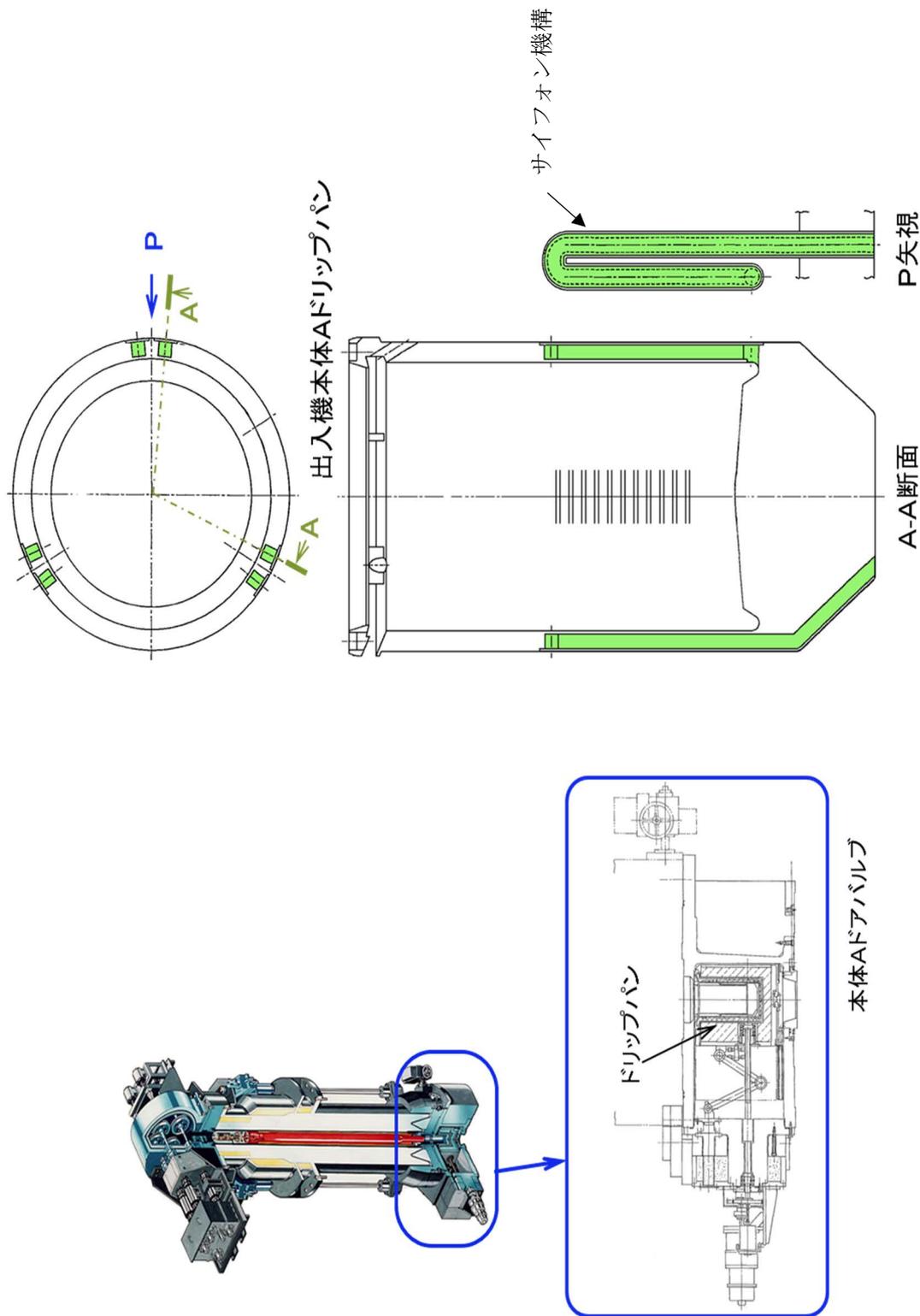


図 2.14 ドリップパンの構造

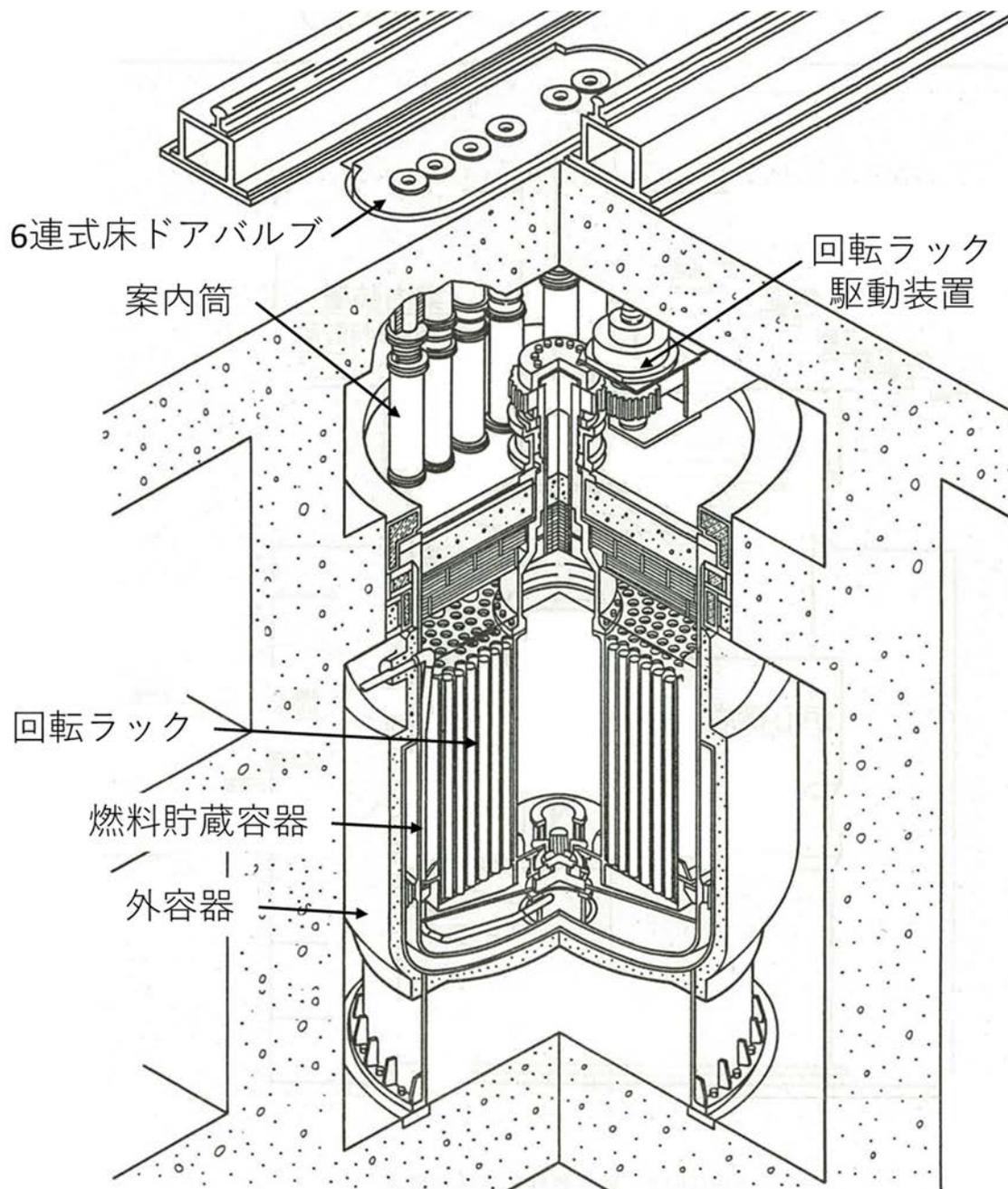


図 2.15 炉外燃料貯蔵設備の構造

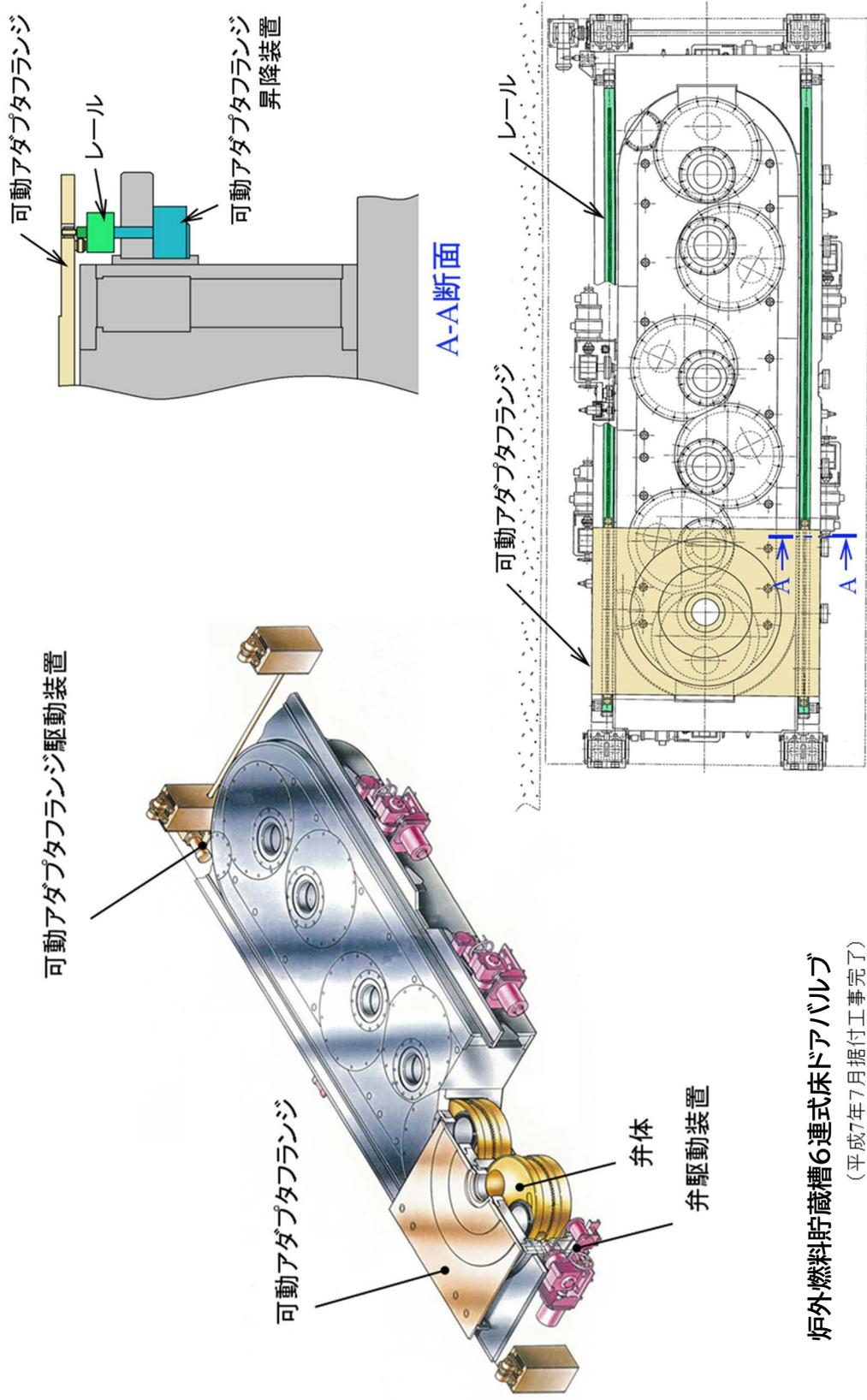


図 2.16 6 連式床ドアバルブの構造

炉外燃料貯蔵槽6連式床ドアバルブ  
 (平成7年7月据付工事完了)

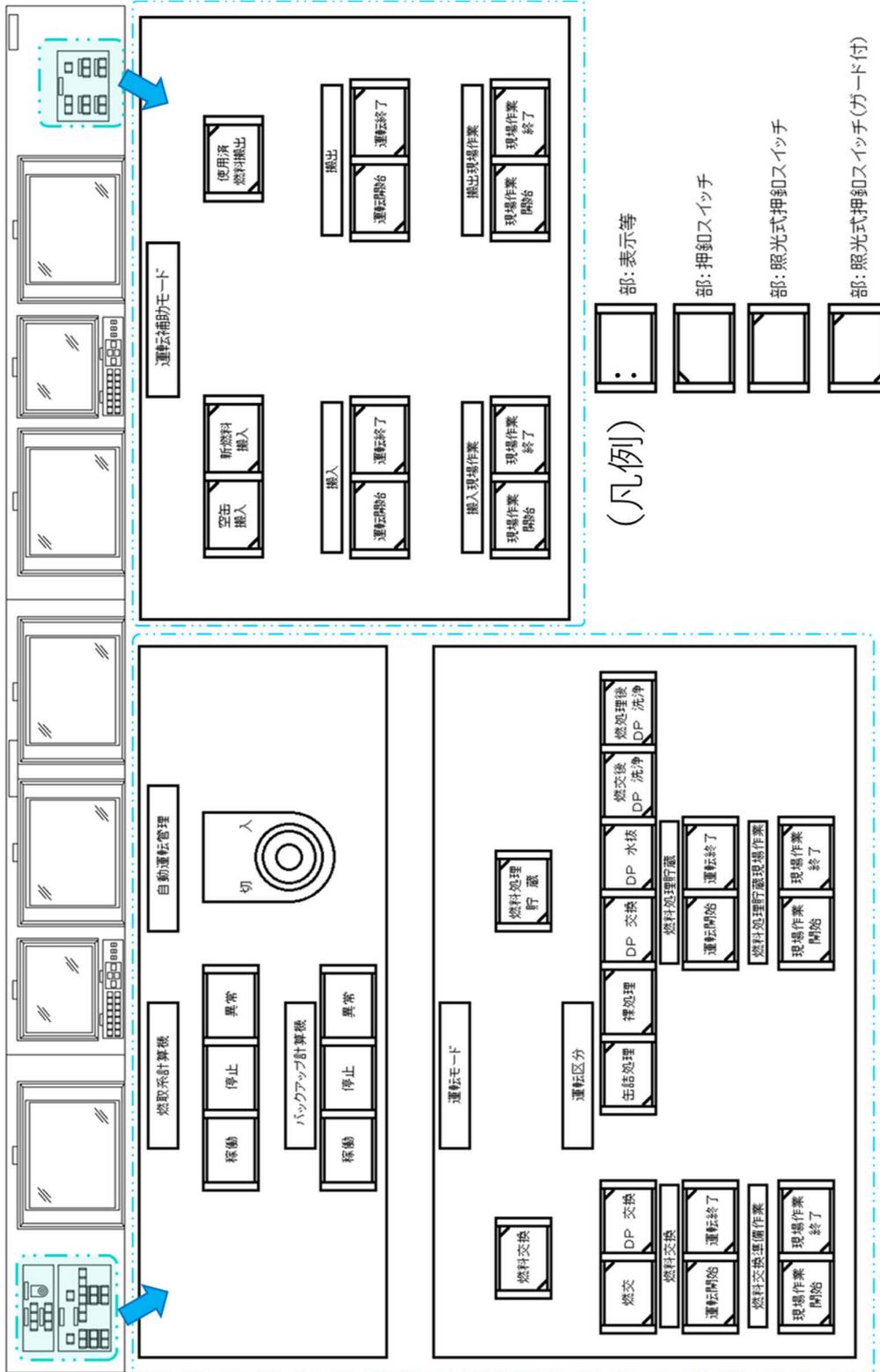


図 2.17(a) 燃取系監視制御システム (自動化運転選択パネル)



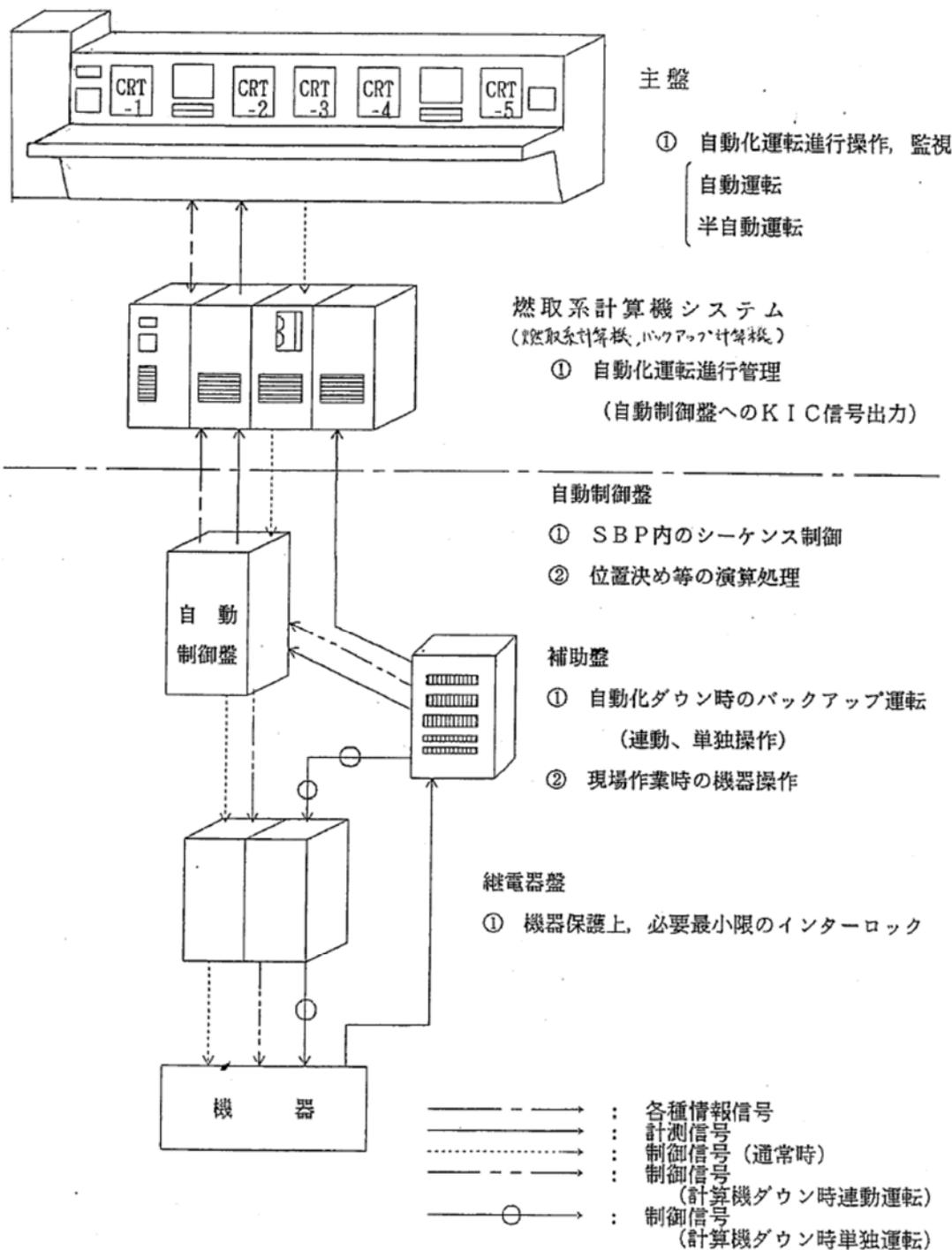


図 2.18 操作盤体系図

## 空ポット移送

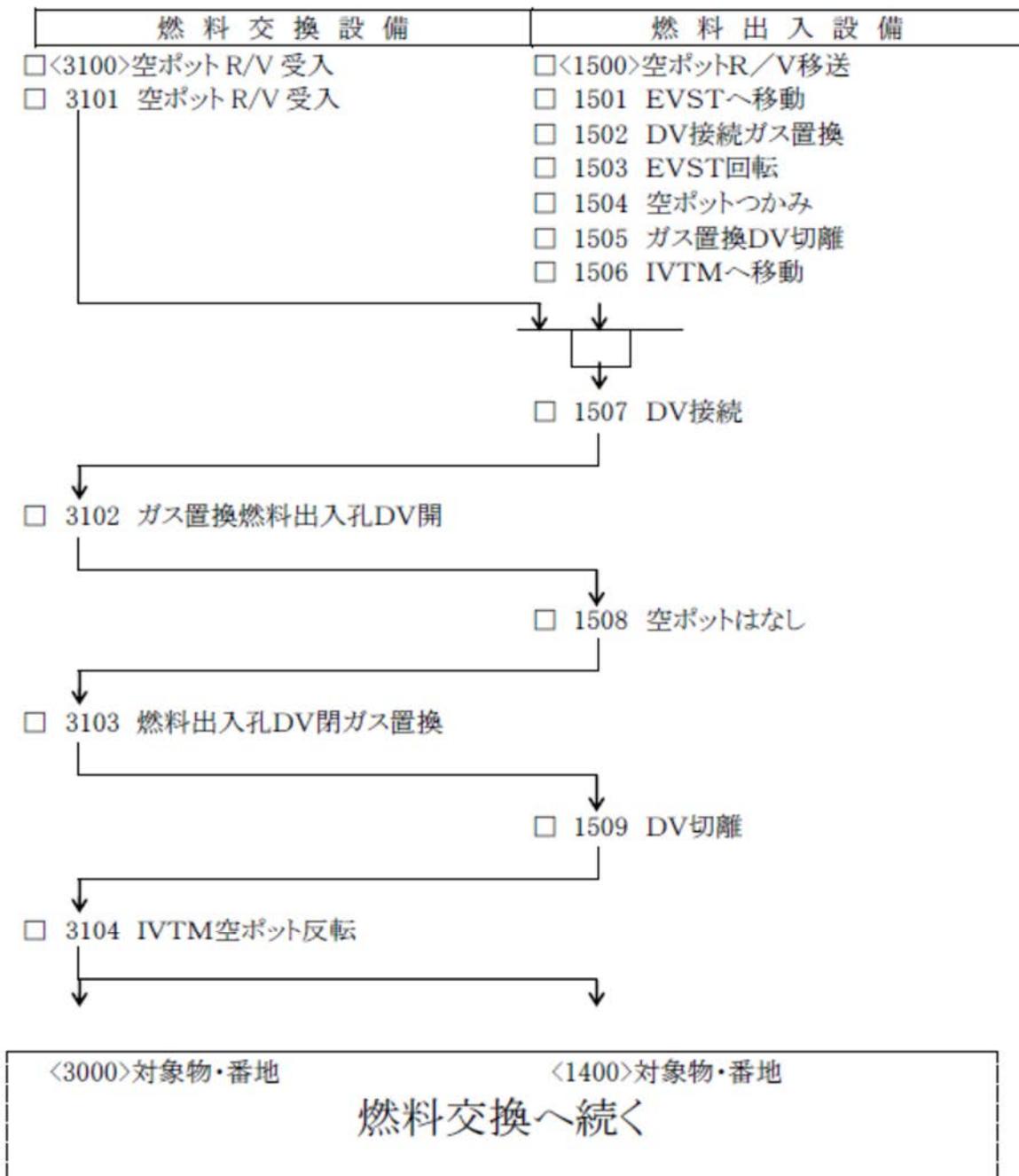
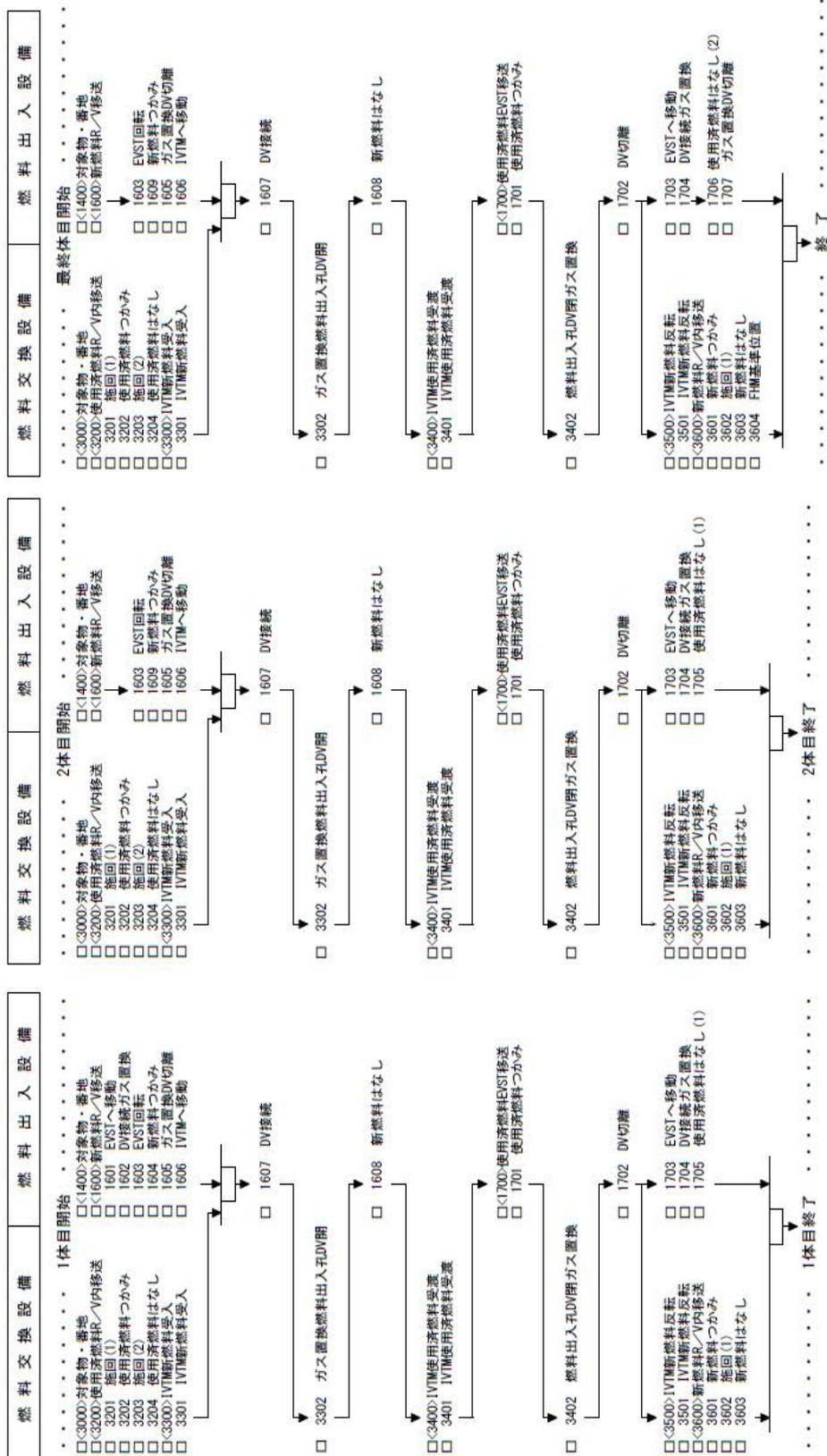


図 2.19(a) 「空ポット移送」作業の運転進行フロー

# 燃料交換



(注) 本図は、サブブレイクポイント (SBP) 操作フローを示す。

図 2.19 (b) 「燃料体の取出し」作業の運転進行フロー

2体目終了後、2体目終了を繰り返す

## 空ポット返還

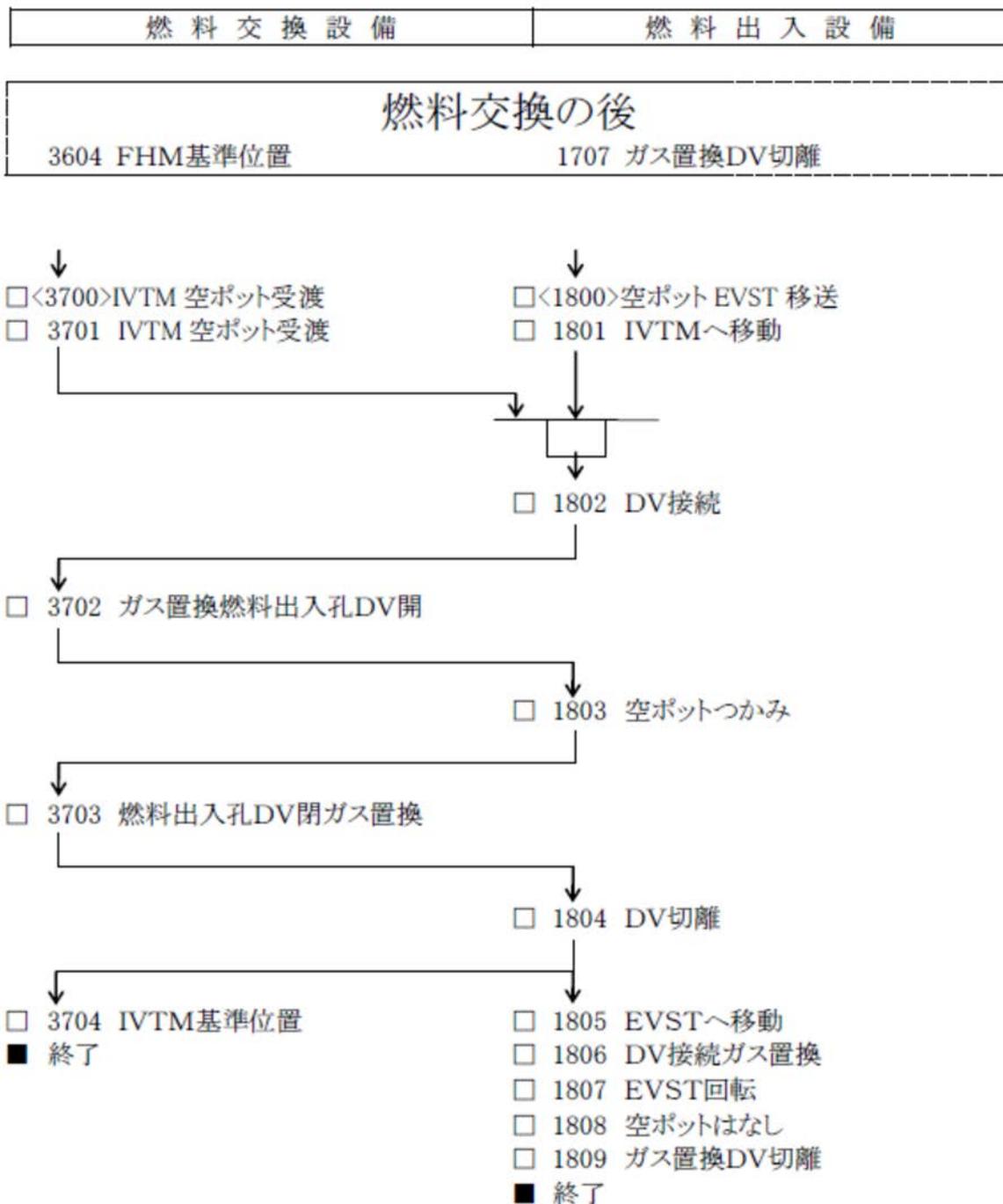


図 2.19(c) 「空ポット返還」作業の運転進行フロー

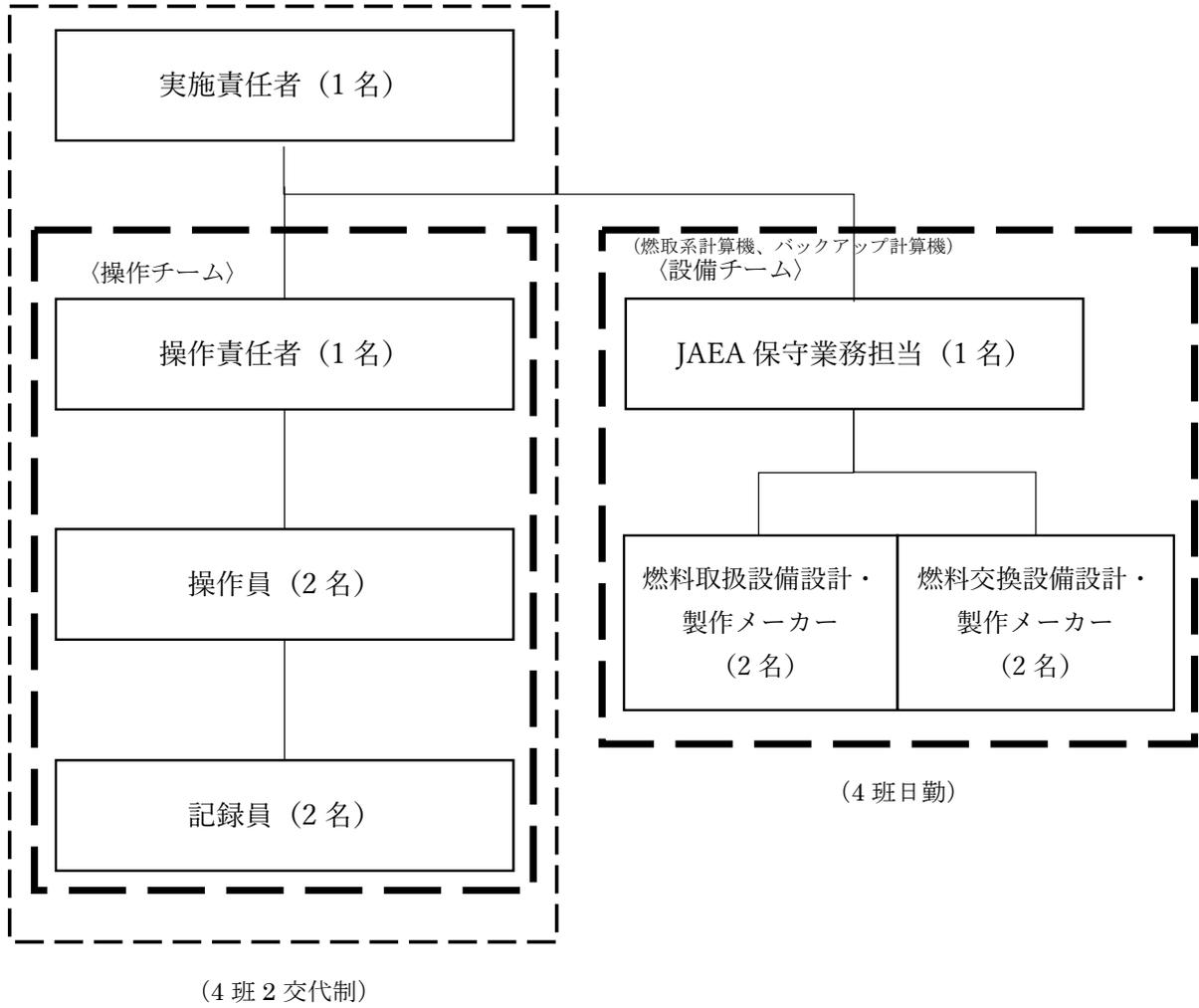


図 3.1 「燃料体の取出し」作業時の実施体制

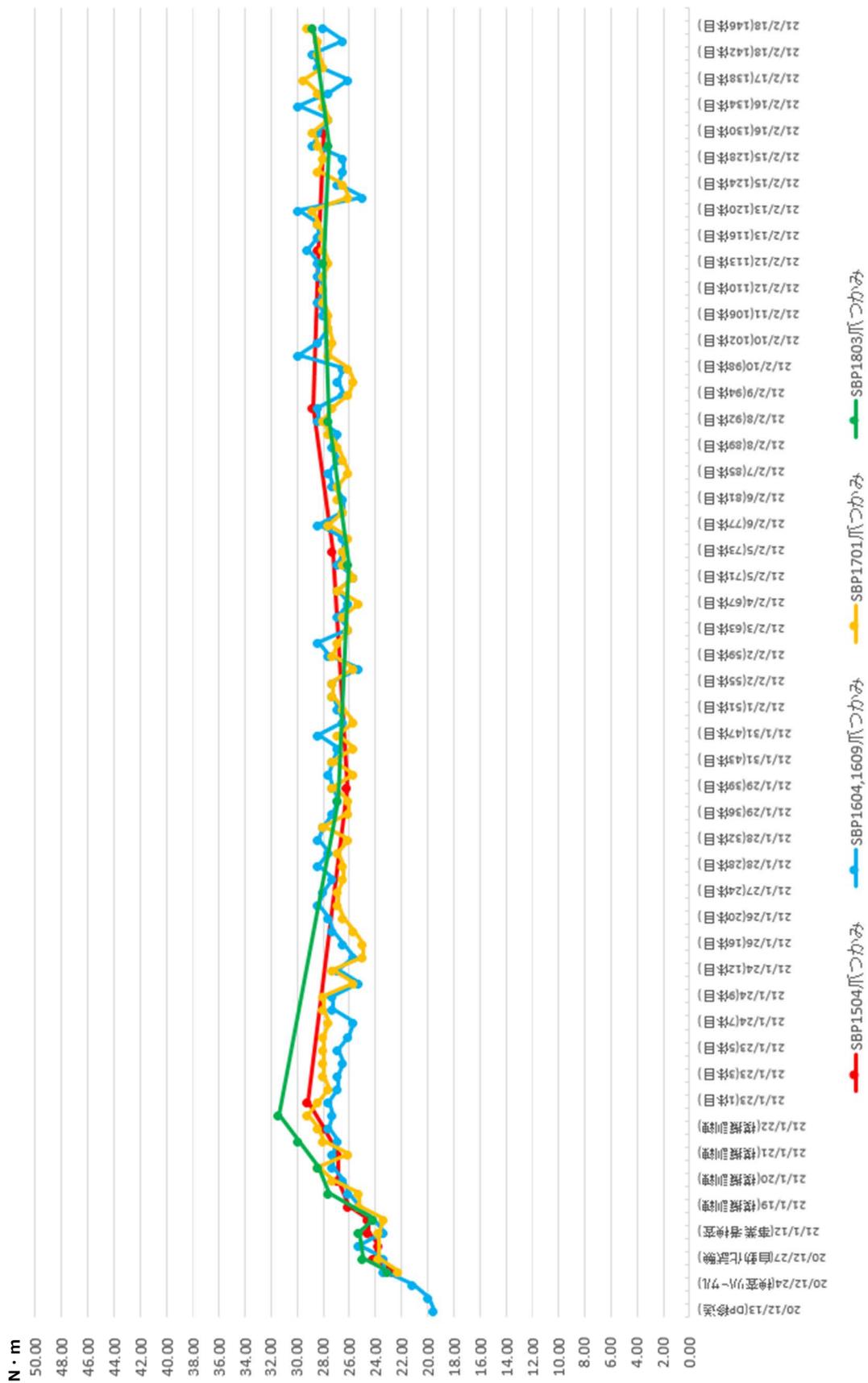


図 3.2 燃料出入機本体 A グリッパ昇降トルク：爪つかみ時トルク

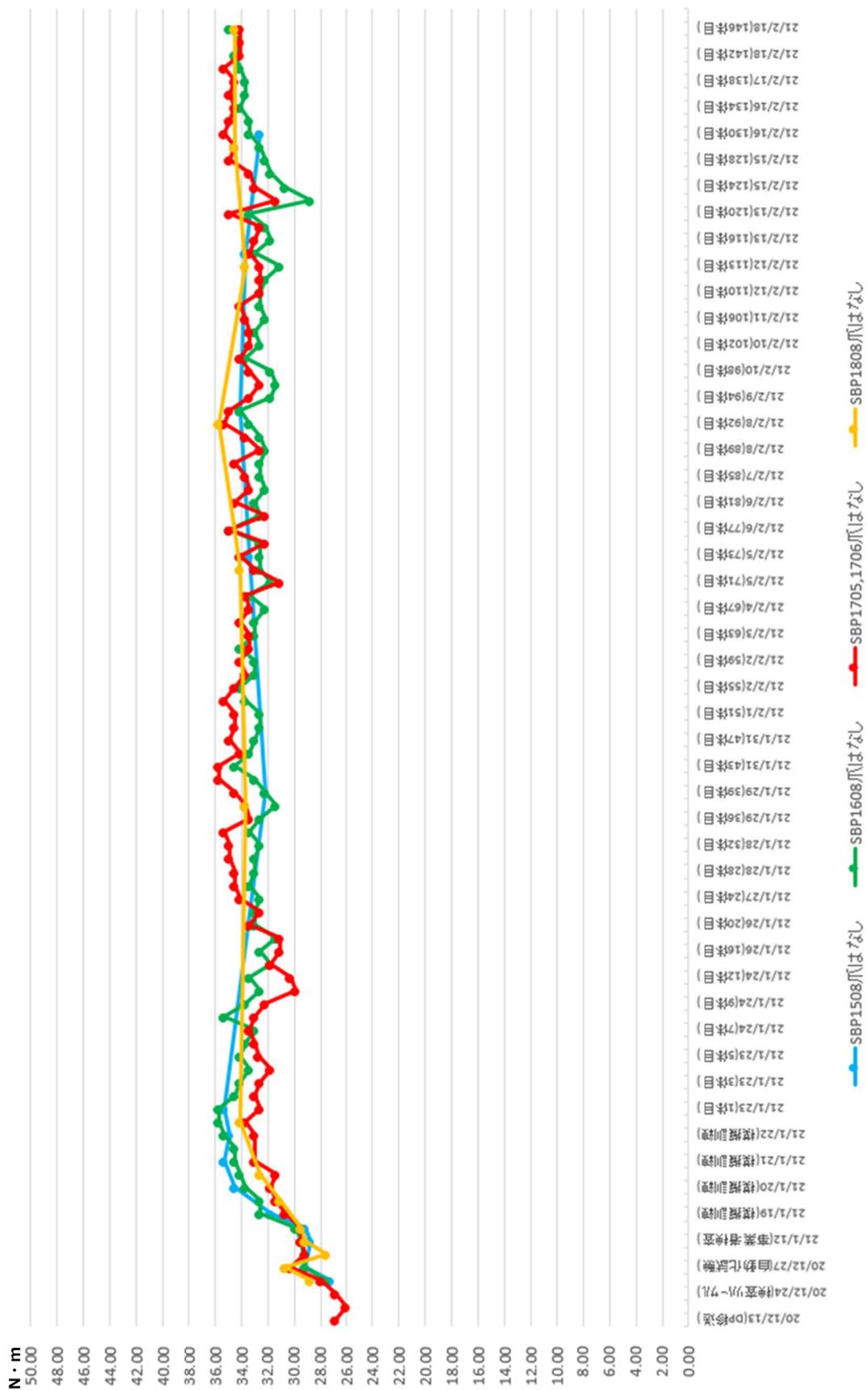


図 3.3 燃料出入機本体 A グリッパ昇降トルク：爪はなし時トルク

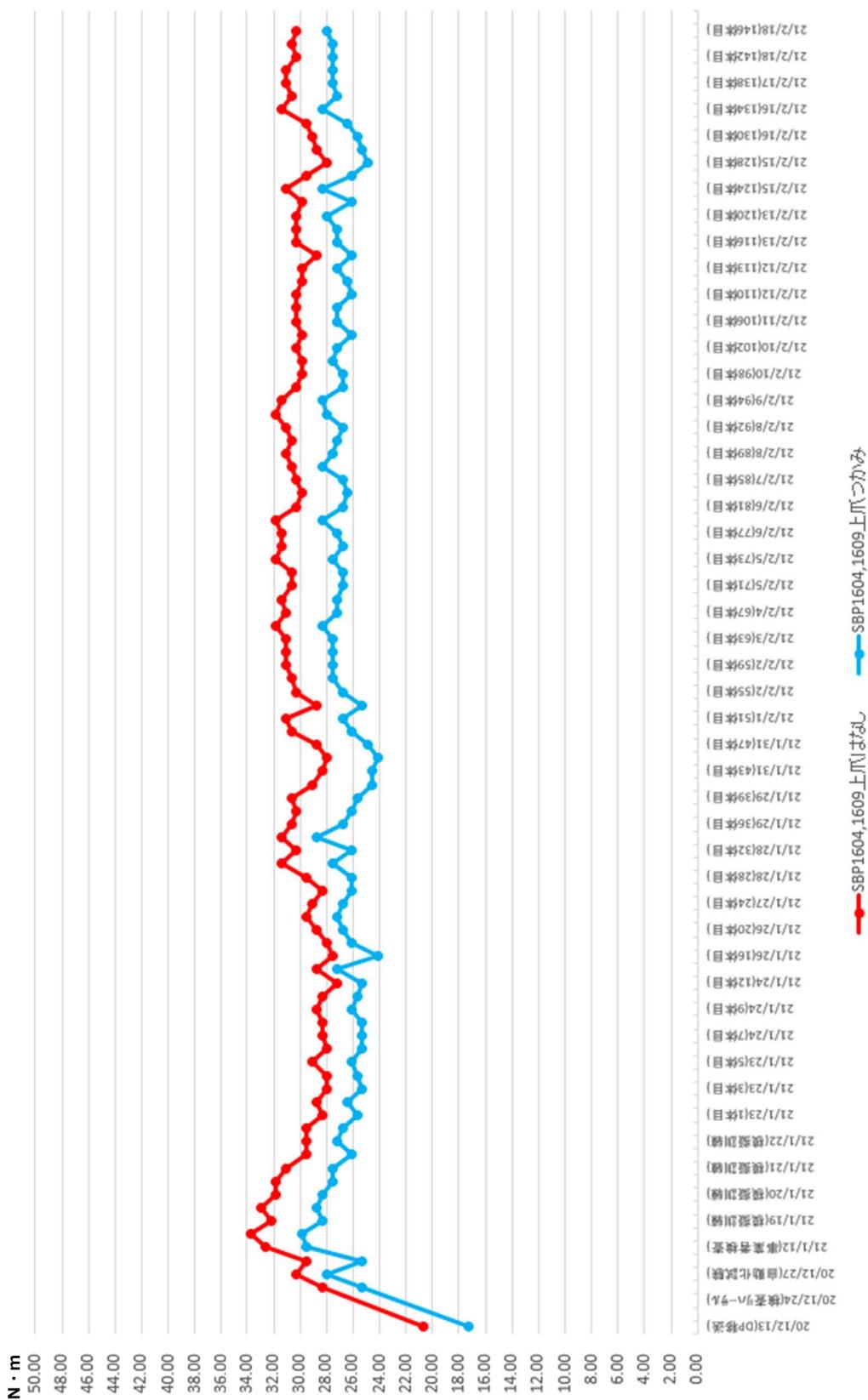


図 3.4 燃料出入機本体 A グリッパ昇降トルク：上爪つかみ・はなし時トルク

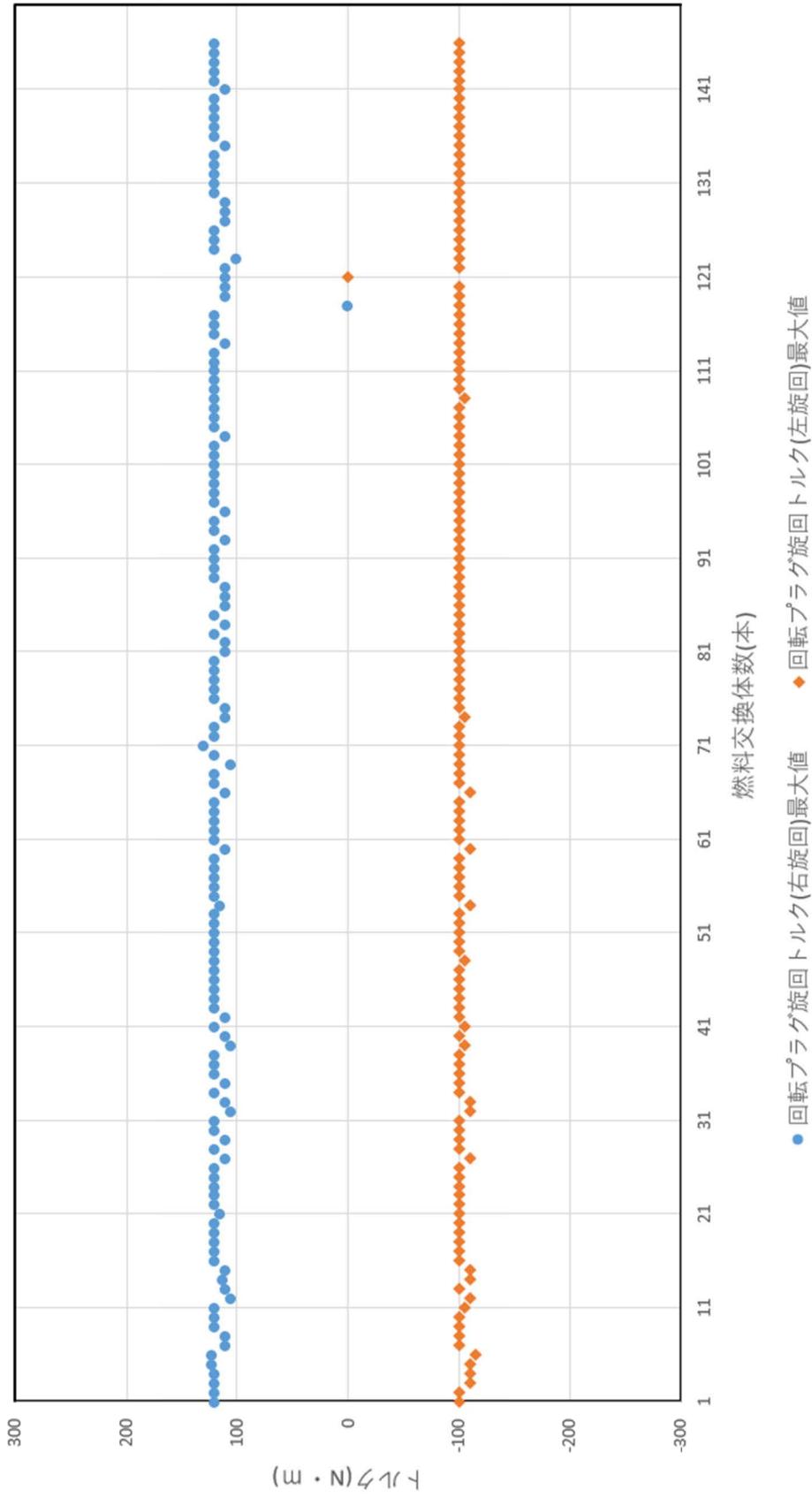


図 3.5 回転プラグ旋回トルク

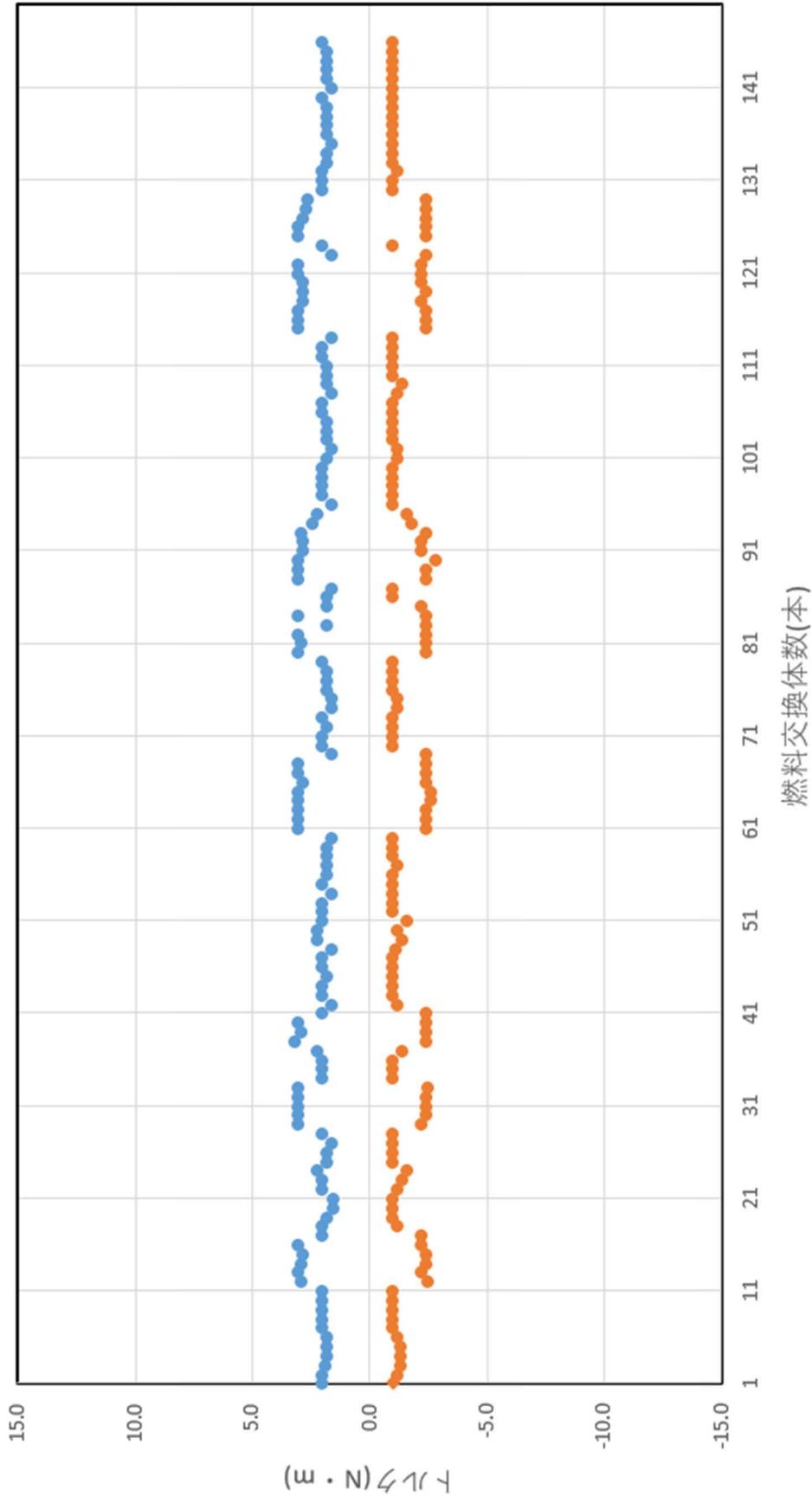


図 3.6 ホールドダウンアーム旋回トルク

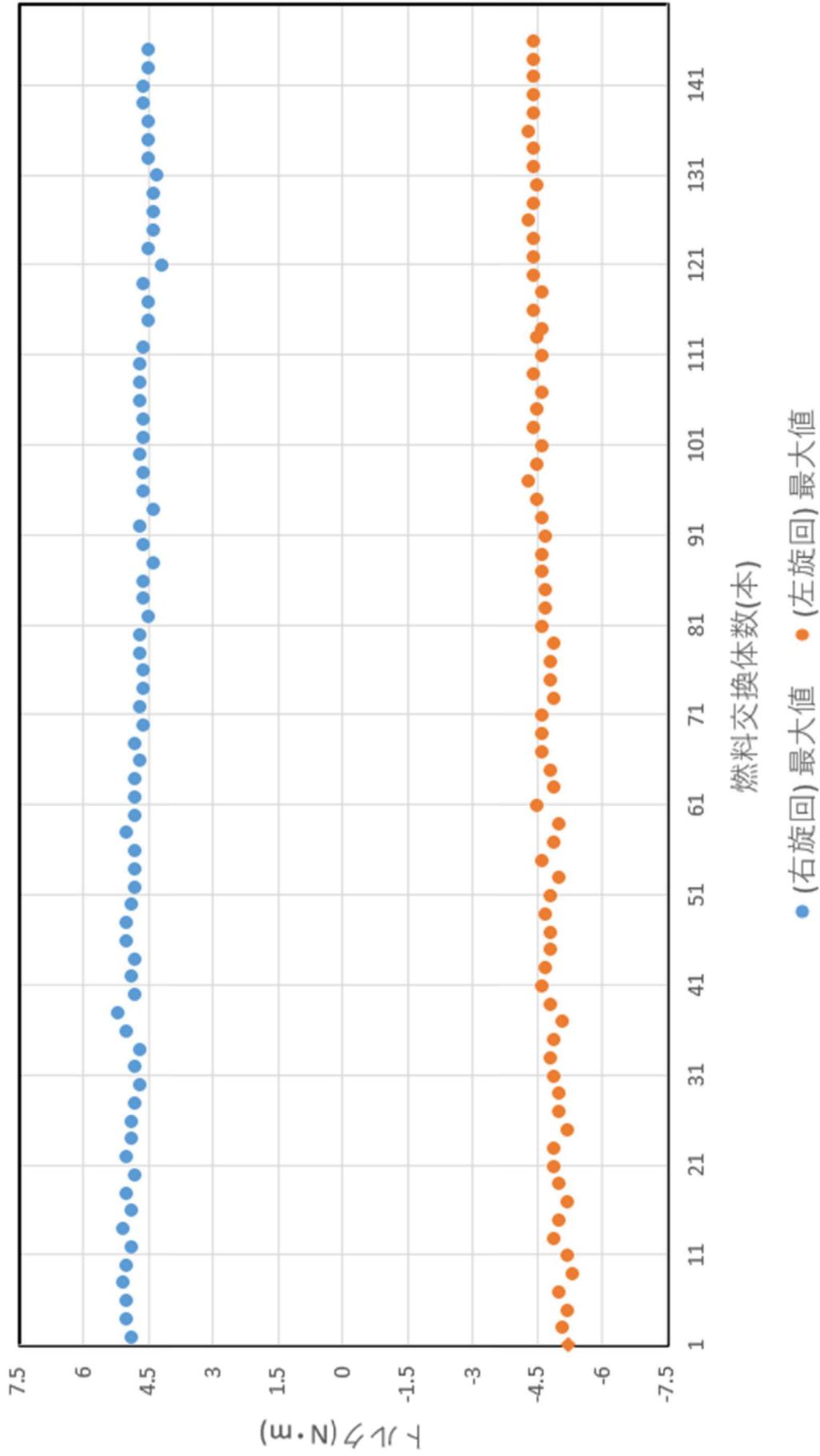


図 3.7 IVTM 旋回トルク

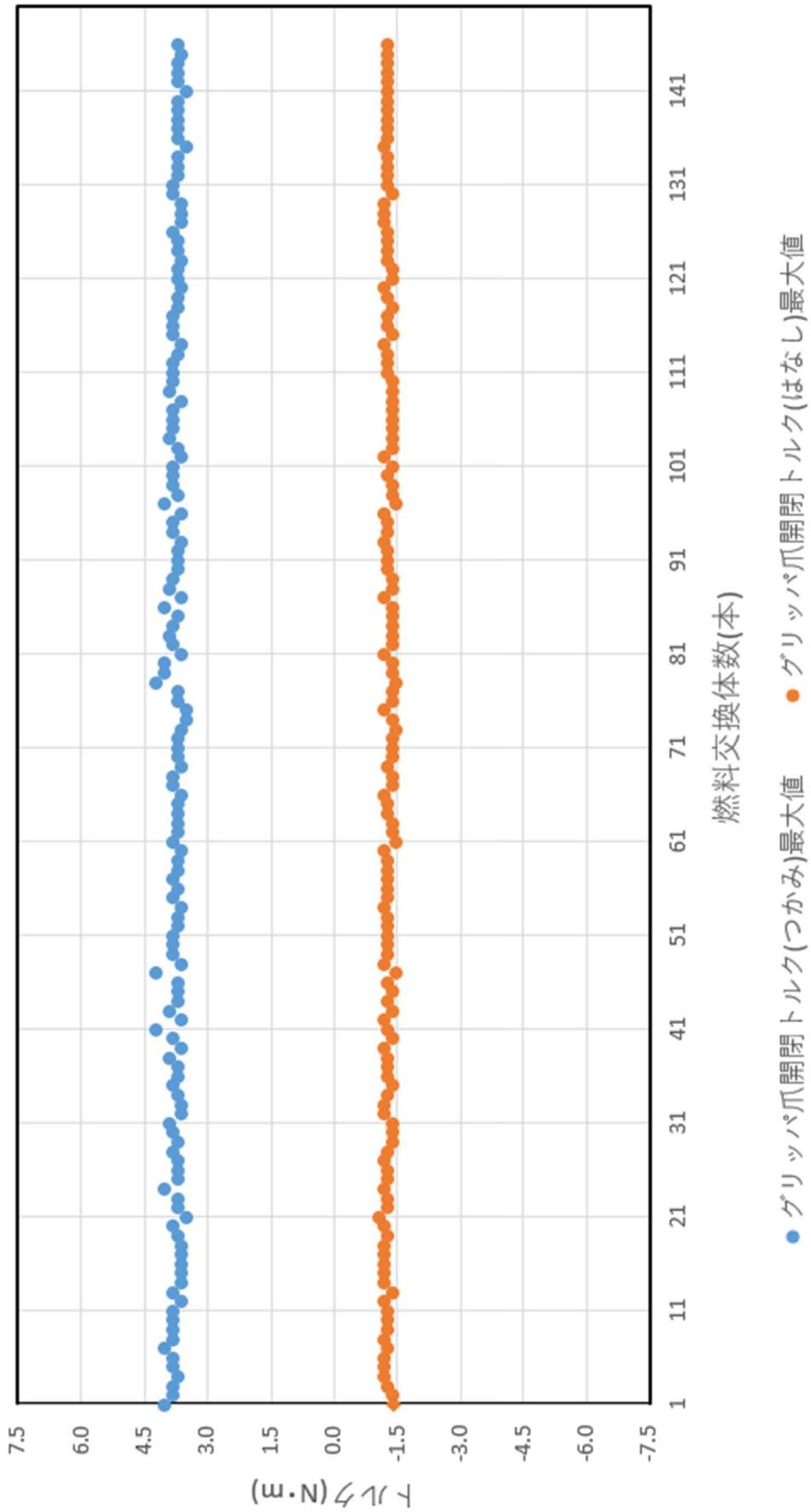


図 3.8 FHM 本体グリッパ爪開閉トルク

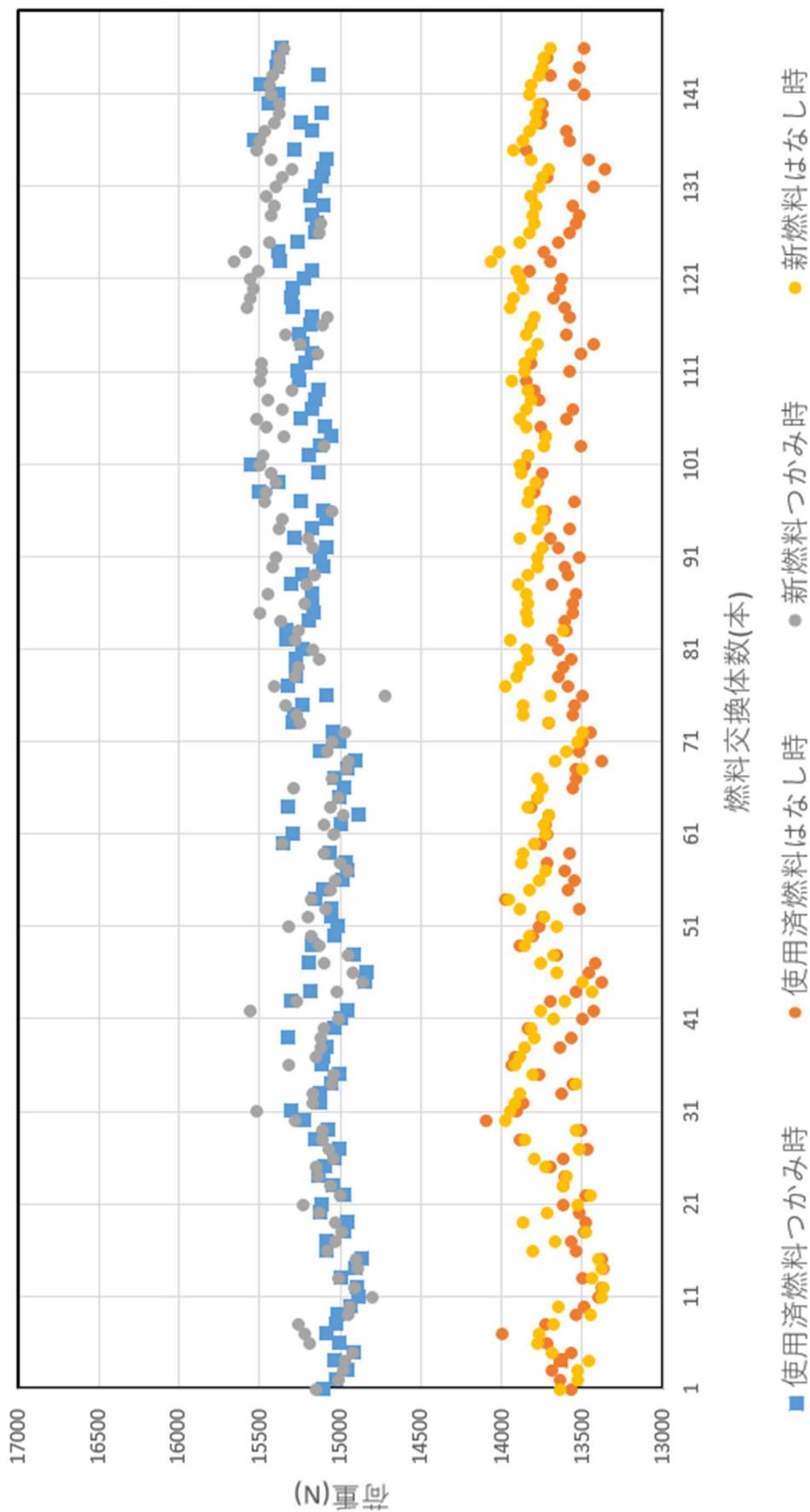


図 3.9 FHM 本体昇降荷重 (吊り・不吊り判定点)



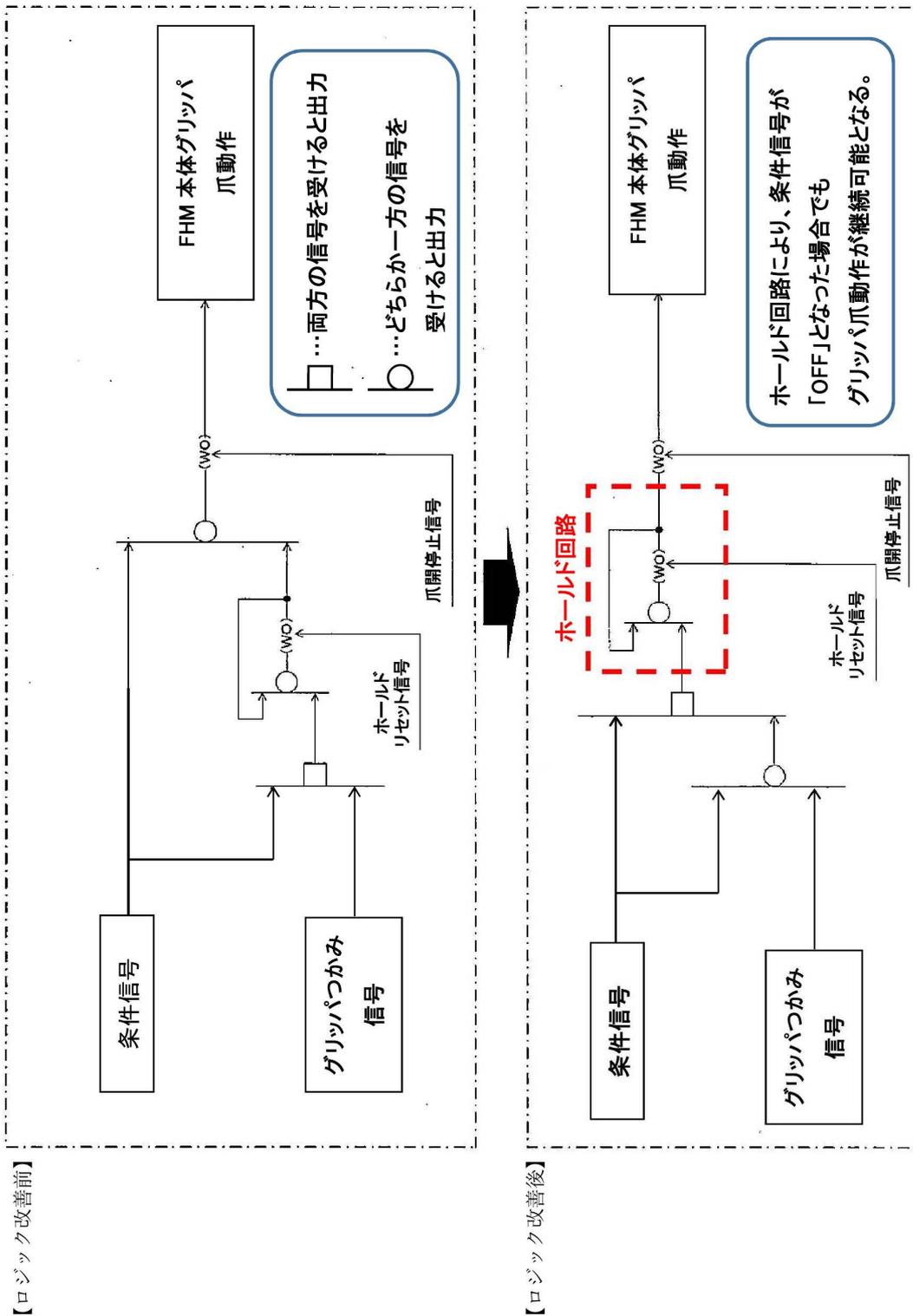


図 3.11 FHM 本体グリッパ爪開閉動作ロジック改善

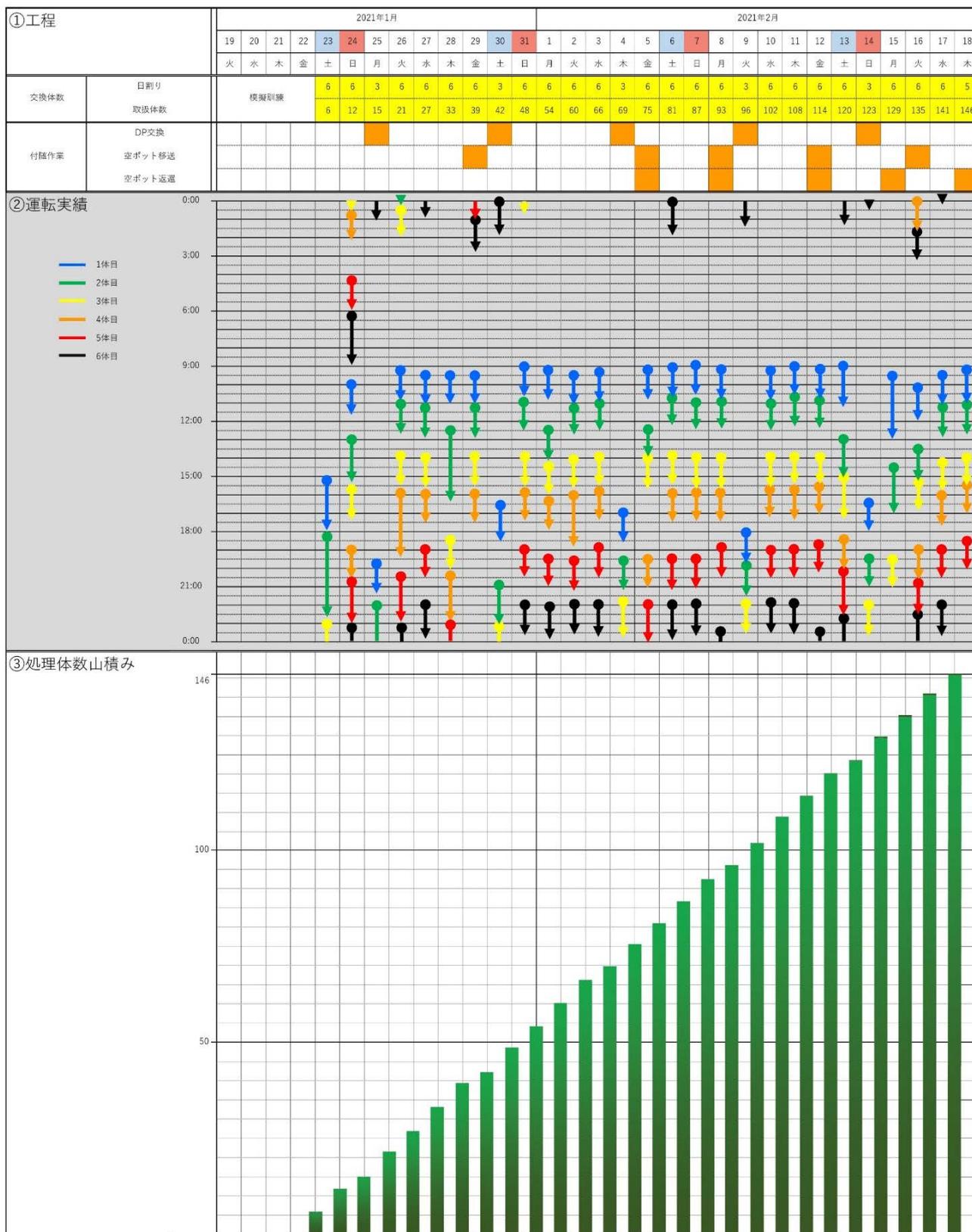


図 4.1 「燃料体の取出し」作業実績

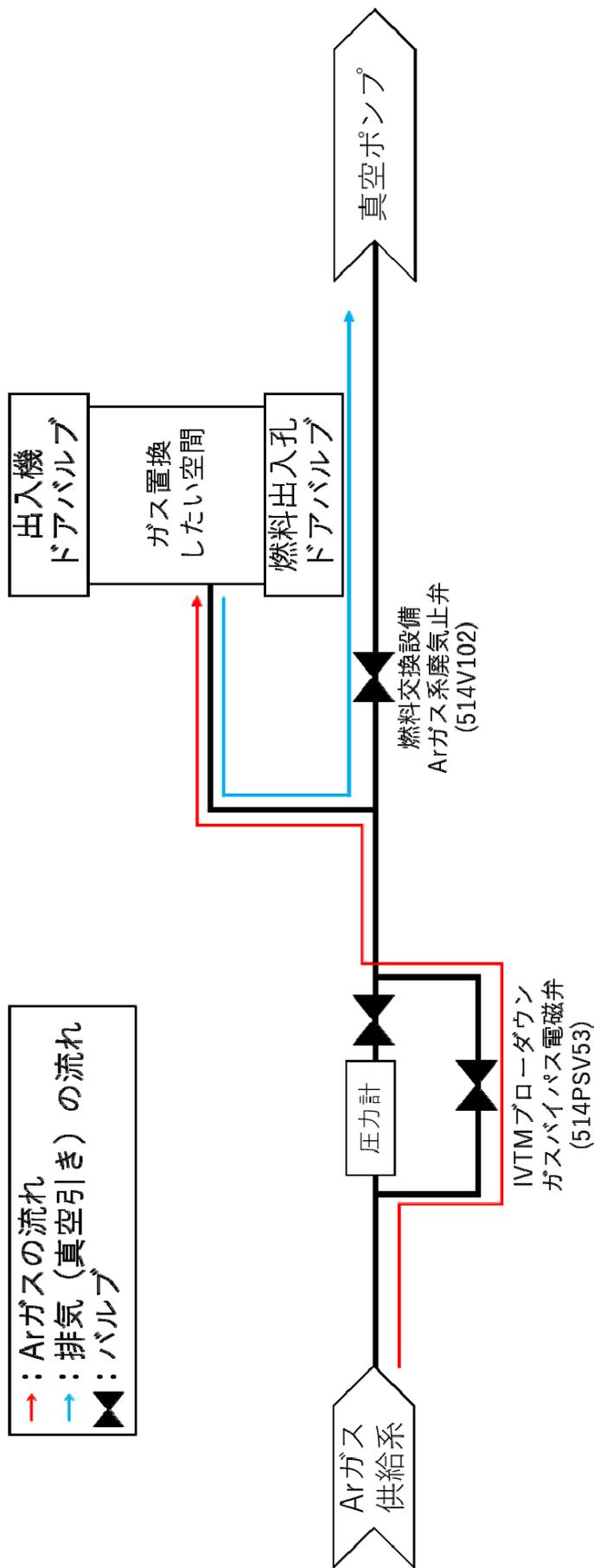
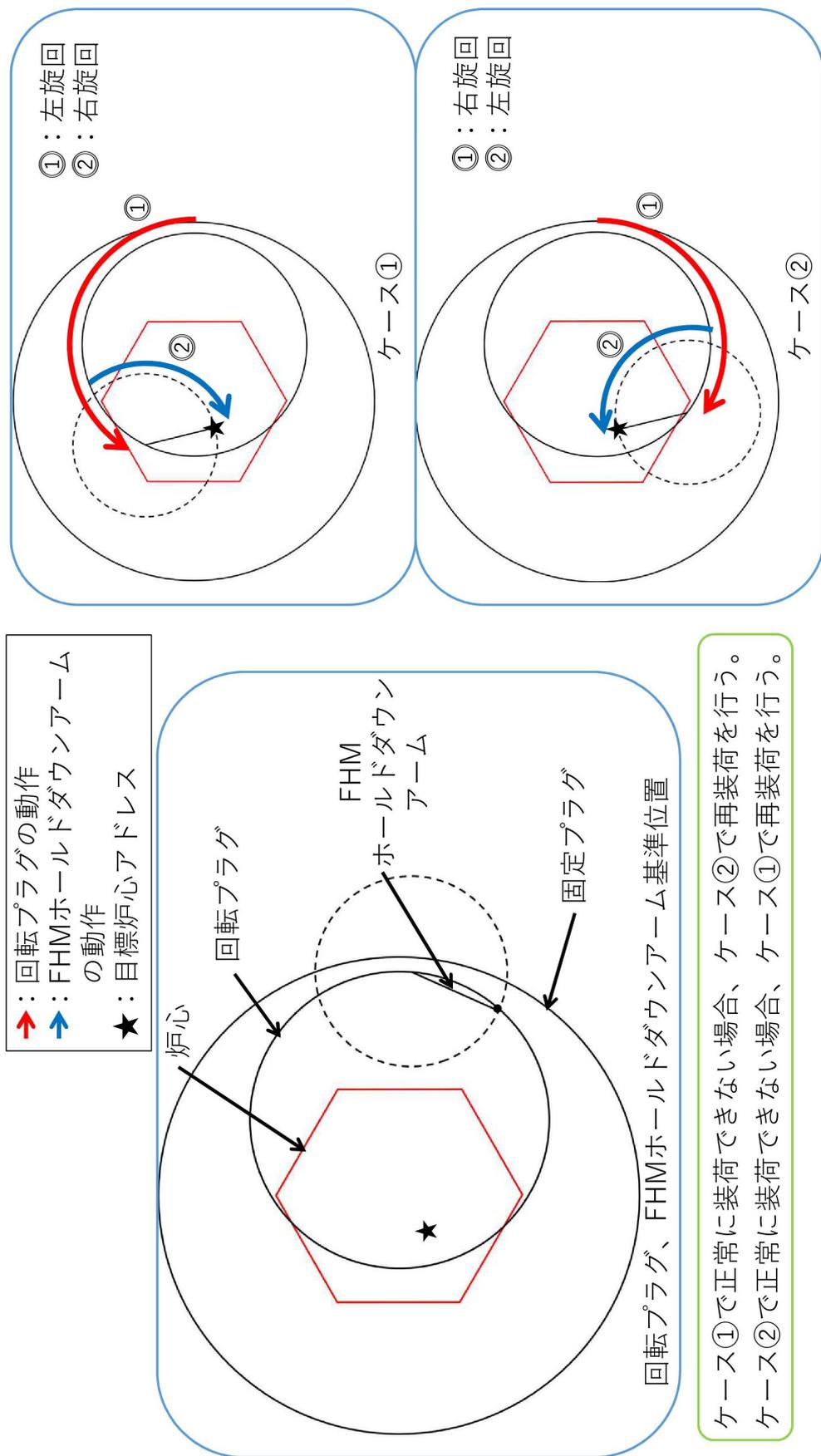
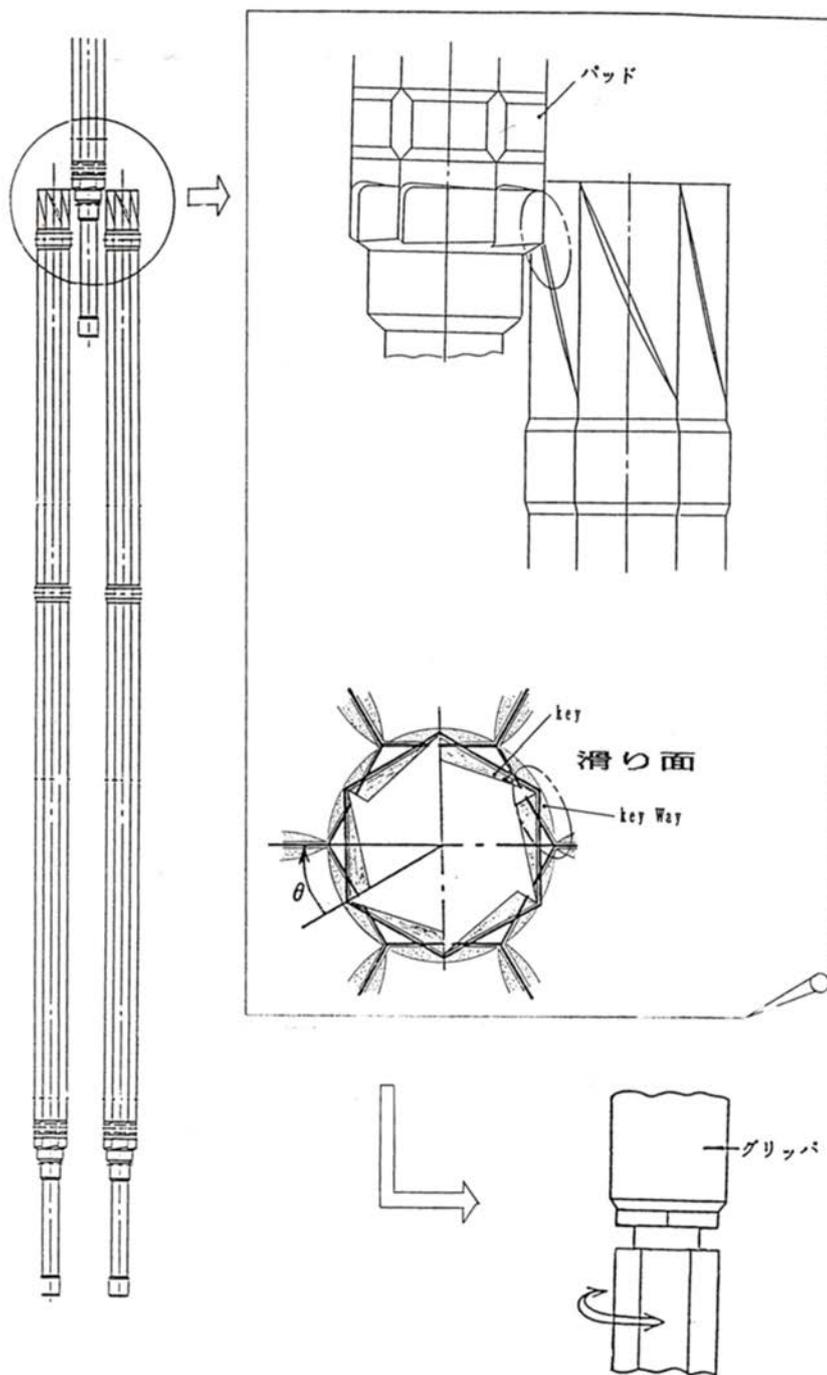


図 4.2 燃料出入孔 DV 閉ガス置換の概要



ケース①で正常に装荷できない場合、ケース②で再装荷を行う。  
 ケース②で正常に装荷できない場合、ケース①で再装荷を行う。

図 4.3 炉心アドレスとケースの概要



セルフオリエンテーション機能

図 4.4 セルフオリエンテーション機構の概要

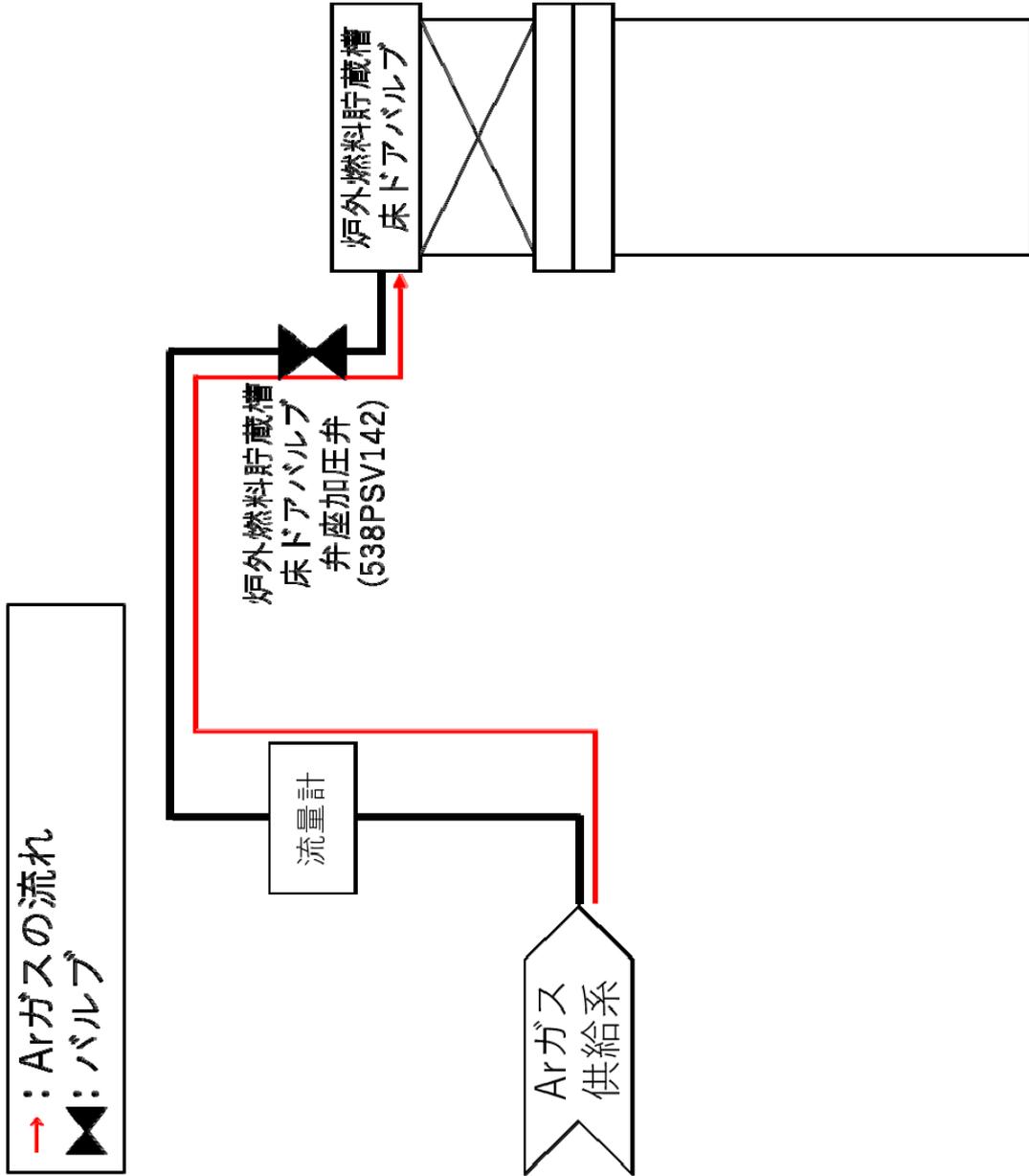


図 4.5 弁座シール部の概要

This is a blank page.



