

# ゲル化顆粒燃料製造設備構成の調査

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

(調査報告)

2004年2月

三菱マテリアル株式会社

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

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松 4 番地 49  
核燃料サイクル開発機構  
技術展開部 技術協力課  
電話：029-282-1122（代表）  
ファックス：029-282-7980  
電子メール：[jserv@jnc.go.jp](mailto:jserv@jnc.go.jp)

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

© 核燃料サイクル開発機構  
(Japan Nuclear Cycle Development Institute)  
2004

2004年2月

## ゲル化顆粒燃料製造設備構成の調査

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

(調査報告)

谷本 亮二\*、菊池 俊明\*、田中 宏和\*、  
網野 真樹\*、箭内 実\*\*

### 要 旨

湿式ゲル化法による振動充填燃料製造のうち、顆粒製造に係わる主要機器構造について概念調査検討を行った。検討対象は外部ゲル化法による炉心燃料製造に係わるゲル化転換装置（滴下、洗浄、乾燥装置等）、焙焼・還元炉、焼結炉、マテリアルハンドリング設備、試薬回収設備である。

昨年度の検討結果に基づき、富化度調整液受入れから焼結球の中間貯蔵庫を含めた検討対象について、プロセスフロー、マスフローを明らかにし、処理系列、系列毎の機器数を明らかにした。また主要機器の機器構造を明確化し、必要に応じて構造を見直した。各装置の通常運転手順、故障時の運転手順について明らかにし、遠隔自動化の検討を行うとともに複数バッチにわたる機器のマテリアルハンドリングをタイムチャートによって明らかにした。

施設の廃液処理の負担を軽減するため、粒子製造工程で発生する廃液を回収するとともに残留物を廃棄物として処理可能な形態にするための試薬回収設備の概念を調査した。

品質管理上また工程管理上必要なサンプルについて検討し、検査項目、分析方法、分析装置の種類、サンプリング頻度、採取位置等について整理した。

建屋低層化を踏まえて主工程設備、試薬回収設備等の機器配置とその遠隔ハンドリング方法について検討した。

主要機器の故障について解析を行い保守・補修方法についてまとめるとともに設備の稼働率を見積もった。平成13年度に導入したRCM法に基づき機器を構成する部品の稼働率データを整理した。またユニット交換作業時間や稼働率データから年間保守作業時間等を推定した。

以上の検討結果を基に、ゲル化顆粒燃料製造に係わるプロセスについてより現実性に近い操業モデルを設定し、シミュレーションによってプラントの生産能力を評価した。また中間製品のロスを考慮した生産性、安全性を含めた技術的成立性について検討した。

対象とする機器の設備費や建屋建設費を検討するとともに、処理量、系列数等を考慮して設備の運転に必要なユーティリティ費、人件費等を含めた総合的なコストを評価した。また主工程の設備費に対する製造量の影響を考慮した。

主工程設備等から発生する廃棄物量等について明らかにした。また分析にともなう TRU 廃棄物量等について明らかにした。

機器故障時等における保守エリアでの機器の保守についてグローブボックス内における除染方法について検討した。

ゲル化顆粒製造に係わるプロセスについて今後の技術的課題を検討した。

---

本報告書は、三菱マテリアル株式会社が核燃料サイクル開発機構との契約により実施した業務成果に関するものである。

機構担当部課室：大洗工学センター システム技術開発部 燃料製造システムグループ

\*：三菱マテリアル株式会社、\*\*：三菱マテリアルテクノ株式会社

February 2004

Study for process and equipment design of wet gelation stages in vibropacking process

( Document Prepared by Other Organization, Based on the Trust Contract )

(Survey Document)

Ryoji Tnimoto\*, Toshiaki Kikuchi\*, Hirokazu Tanaka \*,  
Masaki Amino \*, Minoru Yanai\* \*

#### Abstract

Process and layout design of external wet gelation stages in vibropacking process was examined for the feasibility study of commercialized FBR cycle system. In this study, following process stages for the oxide core fuel production line were covered, that is, solidification, washing, drying, calcination, reduction, sintering stages including interim storage of sintering particles and reagent recovery stage. The main results obtained by this study are as follows:

Based on the process examination results conducted previously, process-flow, mass-balance and number of production line/equipment were clarified. The process is covered from the receive tank of feed solution to the interim storage equipment. Reagent recovery process-flow, mass-balance were also clarified. And preliminary design of the main equipment was reexamined.

Normal operation procedure and the procedure after process failure were summarized along with a remote automated operation procedure. Operation sequence of each production line was mapped out by using a time-chart.

Design outline of reagent recovery equipments, installed to recover waste liquid from the wet gelation stages in the view of environmental impact were examined. Effective techniques such as collection of solvent, residue waste treatment method were examined its applicability and selected. Schematic block diagram was presented.

Analytical items and analyzing apparatus were extracted taking into account of quality control and process management. Analytical sample taking position and frequency of sampling were also examined.

A schematic layout drawing of main manufacturing process and reagent recovery process was presented taking into account of material handling.

A feature of the operating rate at each process stage was examined by analyzing failure rate reliability of each component. Applying the reliability-centered method (RCM), the operating rate was evaluated and annual maintenance period was estimated using these data.

Based on the above results, operation capability was evaluated by using the plant operating-rate simulator, taking the throughput and buffer capacity for every process as parameters. Influence of loss of intermediate product was also examined.

Cost of the equipment and building construction were evaluated. In addition, operation cost, such as utilities cost, labor cost required for the plant operation was evaluated for the production capacity of 200ton-HM/year. Interrelation between equipment cost and production capacity was examined.

The amount of wastes from the main production line was evaluated. The amount of TRU wastes accompanied with sample analysis was also examined.

In the case of maintenance outside of the process cell, decontamination method of the apparatus was examined.

As a result of this study, technical perspectives of the process were discussed and future research issues were clarified.

---

Work performed by Mitsubishi Materials Corporation under contract with Japan Nuclear Cycle Development Institute.

JNC liaison : Fuel Fabrication System Group, System Engineering Technology

Division, O-arai Engineering Center

\* : Mitsubishi Materials Corporation, \*\* : Mitsubishi Materials Techno Corporation

## 目 次

1. はじめに	1-1
2. 設備機器の概念調査	2.1-1
2.1 ゲル化顆粒製造設備の検討	2.1-2
2.1.1 プロセスフローの検討	2.1-2
(1) 設計の前提条件	2.1-2
(2) プロセスフローダイアグラム	2.1-4
(3) 物質収支	2.1-4
(4) 系列ごとの機器数	2.1-4
2.1.2 運転手順の検討	2.1-15
(1) 通常時の運転手順	2.1-15
(2) 異常時の運転手順	2.1-23
(3) タイムチャート	2.1-28
2.1.3 遠隔自動化の検討	2.1-50
(1) 通常時の設備の制御方法及び物質移送方法の検討	2.1-50
(2) 異常時の設備の制御方法及び物質移送方法の検討	2.1-52
2.2 試薬回収設備の概念調査	2.2-1
(1) プロセスフローの検討	2.2-1
(2) 運転手順と保守の検討	2.2-6
2.3 品質管理に係わる検討	2.3-1
(1) 品質保証上必要な分析項目	2.3-1
(2) 工程管理上必要な分析項目	2.3-1
(3) 分析項目のまとめ	2.3-2
(4) 分析装置の種類と機器数	2.3-4
2.4 機器の概念設計	2.4-1
(1) 主要機器リスト	2.4-2
(2) 主要機器図	2.4-9
(3) 付帯機器リスト	2.4-36
(4) 付帯機器図	2.4-45

## 目 次

2.5	機器のセル内配置検討	2.5-1
	(1) 機器配置の基本方針	2.5-1
	(2) 機器配置	2.5-2
2.6	保守・補修に関する調査	2.6-1
	(1) 保守・補修作業の検討	2.6-2
	(2) 予防保全の検討	2.6-21
	(3) 事後保全の検討	2.6-40
3.	システム評価	3.1-1
3.1	技術的成立性の検討	3.1-1
	(1) 操業シミュレーションによるプラント総合生産性の検討	3.1-1
	(2) 中間製品のロスの考慮	3.1-2
	(3) 安全性に対する考察	3.1-5
3.2	経済性の検討	3.2-1
	(1) コスト試算	3.2-1
	(2) 製造量の影響の検討	3.2-10
	(3) コストの精度について	3.2-14
3.3	廃棄物発生量に係わる検討	3.3-1
	(1) 主工程	3.3-1
	(2) 付帯設備	3.3-2
	(3) 保守・補修	3.3-2
3.4	メンテナンス性の評価	3.4-1
	(1) メンテナンス方式	3.4-1
	(1) 除染方法の検討	3.4-1
4.	まとめ	4-1

## 目 次

表 2.1-1	新燃料1トン HM 当りの HM および FP(平衡組成燃料)……………	2.1-5
表 2.1-2	新燃料の平衡組成(HM200t:MA1.2%:歩留り 90%)……………	2.1-6
表 2.1-3	前提条件……………	2.1-7
表 2.1-4	系列ごとの機器数(小粒径粒子)……………	2.1-8
表 2.1-5	系列ごとの機器数(大粒径粒子)……………	2.1-9
表 2.1-6	滴下・熟成槽のノズル数……………	2.1-25
表 2.1-7	運転手順の説明で使用した数値の根拠……………	2.1-26
表 2.1-8	マテリアルハンドリング方法一覧……………	2.1-27
表 2.1-9	マテリアルハンドリング機器数一覧……………	2.1-27
表 2.1-10	乾燥ゲル球貯槽の 1F セル間往復移動のフローと概算時間……………	2.1-32
表 2.1-11	乾燥ゲル球貯槽の 1F～3F の往復移動のフローと概算時間……………	2.1-33
表 2.1-12	乾燥ゲル球貯槽の 3F の往復移動のフローと概算時間……………	2.1-33
表 2.1-13	中間貯蔵庫への往復移動のフローと概算時間……………	2.1-37
表 2.2-1	ゲル化燃料(内側大小、外側大小)製造時廃液発生量と組成……………	2.2-11
表 2.3-1	ゲル化プロセスにおける分析項目と分析方法……………	2.3-3
表 2.3-2(1)	必要な分析機器と機器台数……………	2.3-6
表 2.3-2(2)	必要な分析機器と機器台数……………	2.3-7
表 2.4-1	主要機器リスト(1/7)……………	2.4-2
表 2.4-1	主要機器リスト(2/7)……………	2.4-3
表 2.4-1	主要機器リスト(3/7)……………	2.4-4
表 2.4-1	主要機器リスト(4/7)……………	2.4-5
表 2.4-1	主要機器リスト(5/7)……………	2.4-6
表 2.4-1	主要機器リスト(6/7)……………	2.4-7
表 2.4-1	主要機器リスト(7/7)……………	2.4-8
表 2.4-2	付帯機器リスト(1/8)……………	2.4-37
表 2.4-2	付帯機器リスト(2/8)……………	2.4-38
表 2.4-2	付帯機器リスト(3/8)……………	2.4-39
表 2.4-2	付帯機器リスト(4/8)……………	2.4-40
表 2.4-2	付帯機器リスト(5/8)……………	2.4-41
表 2.4-2	付帯機器リスト(6/8)……………	2.4-42
表 2.4-2	付帯機器リスト(7/8)……………	2.4-43
表 2.4-2	付帯機器リスト(8/8)……………	2.4-44

## 表 目 次

表 2.5-1	各製造ラインの機器数	2.5-4
表 2.5-2	保守機器数量	2.5-5
表 2.6-1	プロセス機器保守項目一覧	2.6-5
表 2.6-2	運転への影響度	2.6-25
表 2.6-3	RCM 法による検討結果 (1/12)	2.6-27
表 2.6-3	RCM 法による検討結果 (2/12)	2.6-28
表 2.6-3	RCM 法による検討結果 (3/12)	2.6-29
表 2.6-3	RCM 法による検討結果 (4/12)	2.6-30
表 2.6-3	RCM 法による検討結果 (5/12)	2.6-31
表 2.6-3	RCM 法による検討結果 (6/12)	2.6-32
表 2.6-3	RCM 法による検討結果 (7/12)	2.6-33
表 2.6-3	RCM 法による検討結果 (8/12)	2.6-34
表 2.6-3	RCM 法による検討結果 (9/12)	2.6-35
表 2.6-3	RCM 法による検討結果 (10/12)	2.6-36
表 2.6-3	RCM 法による検討結果 (11/12)	2.6-37
表 2.6-3	RCM 法による検討結果 (12/12)	2.6-38
表 2.6-4	年間保守作業時間の累計	2.6-39
表 2.6-5	機器及び施設稼働率計算結果【まとめ】	2.6-43
表 3.1-1	予防保全を実施した場合のプラント生産能力評価	3.1-2
表 3.1-2	滴下・熟成槽の稼働率が低下した場合の生産能力評価	3.1-3
表 3.2-1	コスト試算結果	3.2-1
表 3.2-2	機器数の概略(ブランケット燃料)	3.2-2
表 3.2-3	炉心燃料製造とブランケット燃料製造の設備費の比較	3.2-2
表 3.2-4	年間操業コスト	3.2-6
表 3.2-5	電気負荷リスト	3.2-7
表 3.2-6	ユティリティーリスト	3.2-8
表 3.2-7	操業体制および人員	3.2-9
表 3.2-8	製造量と機器数の概略比較	3.2-11
表 3.2-9	焼結炉製造ライン共用の可能性	3.2-13
表 3.3-1	主工程廃棄物発生リスト(1/2)	3.3-3
表 3.3-1	主工程廃棄物発生リスト(2/2)	3.3-4
表 3.3-2	試薬回収工程廃棄物発生リスト	3.3-5

## 表 目 次

表 3.3-3	分析に伴う TRU 廃棄物発生リストと移行量(1/7)……………	3.3-6
表 3.3-3	分析に伴う TRU 廃棄物発生リストと移行量(2/7)……………	3.3-7
表 3.3-3	分析に伴う TRU 廃棄物発生リストと移行量(3/7)……………	3.3-8
表 3.3-3	分析に伴う TRU 廃棄物発生リストと移行量(4/7)……………	3.3-9
表 3.3-3	分析に伴う TRU 廃棄物発生リストと移行量(5/7)……………	3.3-10
表 3.3-3	分析に伴う TRU 廃棄物発生リストと移行量(6/7)……………	3.3-11
表 3.3-3	分析に伴う TRU 廃棄物発生リストと移行量(7/7)……………	3.3-12
表 3.3-4	保守・補修設備廃棄物発生リスト……………	3.3-13
表 4-1	ゲル化顆粒燃料製造の開発課題の整理(1/3)……………	4-3
表 4-1	ゲル化顆粒燃料製造の開発課題の整理(2/3)……………	4-4
表 4-1	ゲル化顆粒燃料製造の開発課題の整理(3/3)……………	4-5

## 目 次

図 2.1-1	プロセスフローダイヤグラム	2.1-10
図 2.1-2	ゲル化プロセス物質収支図【内側燃料】(1/2)	2.1-11
図 2.1-3	ゲル化プロセス物質収支図【内側燃料】(2/2)	2.1-12
図 2.1-4	ゲル化プロセス物質収支図【外側燃料】(1/2)	2.1-13
図 2.1-5	ゲル化プロセス物質収支図【外側燃料】(2/2)	2.1-14
図 2.1-6	ゲル化燃料大粒経粒子製造のタイムチャート	2.1-29
図 2.1-7	ゲル化燃料小粒経粒子製造のタイムチャート	2.1-30
図 2.1-8	タイムチャート初期設定状態の乾燥ゲル貯槽(内側大粒子)	2.1-34
図 2.1-9	乾燥ゲル球貯槽マテリアルハンドリングの概略図	2.1-36
図 2.1-10	乾燥ゲル球貯槽のマテリアルハンドリング時タイムチャート	2.1-37
図 2.1-11	中間貯蔵庫マテリアルハンドリングの概略図	2.1-48
図 2.2-1	廃液処理全体系統図	2.2-9
図 2.2-2	ゲル化顆粒燃料製造設備における試薬回収設備の P F D	2.2-10
図 2.2-3	(①反応廃液+②水洗浄廃液)混合液の蒸留操作物資収支	2.2-12
図 2.2-4	(①反応廃液+②水洗浄廃液)混合液の蒸留操作物資収支	2.2-13
図 2.2-5	電気透析及び電解透析プロセスの物資収支	2.2-14
図 2.4-1(1)	機器図(滴下液混合槽 A)	2.4-10
図 2.4-1(2)	機器図(滴下液供給槽 A)	2.4-11
図 2.4-1(3)	機器図(滴下・熟成槽 A)	2.4-12
図 2.4-1(4)	機器図(洗浄装置 A)	2.4-13
図 2.4-1(5)	機器図(乾燥装置 A)	2.4-14
図 2.4-1(6)	機器図(乾燥ゲル球貯槽 A)	2.4-15
図 2.4-1(7)	機器図(焙焼炉 A)	2.4-16
図 2.4-1(8)	機器図(焙焼球貯槽 A)	2.4-17
図 2.4-1(9)	機器図(還元炉 A)	2.4-18
図 2.4-1(10)	機器図(還元球貯槽 A)	2.4-19
図 2.4-2(1)	機器図(滴下液混合槽 B)	2.4-20
図 2.4-2(2)	機器図(滴下液供給槽 B)	2.4-21
図 2.4-2(3)	機器図(滴下・熟成槽 B)	2.4-22
図 2.4-2(4)	機器図(洗浄装置 B)	2.4-23
図 2.4-2(5)	機器図(乾燥装置 B)	2.4-24

## 目 次

図 2.4-2(6) 機器図 (乾燥ゲル球貯槽 B) .....	2.4-25
図 2.4-2(7) 機器図 (焙焼炉 B) .....	2.4-26
図 2.4-2(8) 機器図 (焙焼球貯槽 B) .....	2.4-27
図 2.4-2(9) 機器図 (還元炉 B) .....	2.4-28
図 2.4-2(10) 機器図 (還元球貯槽 B) .....	2.4-29
図 2.4-3 機器図 (焼結炉) .....	2.4-30
図 2.4-4 機器図 (焼結球貯蔵容器) .....	2.4-31
図 2.4-5(1) 機器図 (焼結球中間貯蔵庫 A) .....	2.4-32
図 2.4-5(2) 機器図 (焼結球中間貯蔵庫 B) .....	2.4-33
図 2.4-5(3) 機器図 (焼結球中間貯蔵庫 C) .....	2.4-34
図 2.4-5(4) 機器図 (焼結球中間貯蔵庫 D) .....	2.4-35
図 2.4-6(1) 機器図 (アンモニア蒸留装置) .....	2.4-46
図 2.4-6(2) 機器図 (IPA蒸留装置) .....	2.4-47
図 2.4-6(3) 機器図 (電気透析装置) .....	2.4-48
図 2.4-6(4) 機器図 (電解透析装置) .....	2.4-49
図 2.4-6(5) 機器図 (膜分離処理装置) .....	2.4-50
図 2.4-6(6) 機器図 (蒸発缶) .....	2.4-51
図 2.5-1(1) 顆粒燃料製造ライン全体配置図(1F 平面) .....	2.5-6
図 2.5-1(2) 顆粒燃料製造ライン全体配置図(2F 平面) .....	2.5-7
図 2.5-1(3) 顆粒燃料製造ライン全体配置図(3F 平面) .....	2.5-8
図 2.5-1(4) 顆粒燃料製造ライン全体配置図(B1F 平面) .....	2.5-9
図 2.5-1(5) 顆粒燃料製造ライン全体配置図(A-A 断面(立面)) .....	2.5-10
図 2.5-1(6) 顆粒燃料製造ライン全体配置図(E-E 断面(立面)) .....	2.5-11
図 2.5-1(7) セル内機器配置図(内側燃料大粒径粒子製造ライン平面) .....	2.5-12
図 2.5-1(8) セル内機器配置図(内側燃料小粒径粒子製造ライン平面) .....	2.5-13
図 2.6-1 プラント保守・補修の基本スキーム .....	2.6-1
図 2.6-2 駆動ユニットの交換作業手順 .....	2.6-8
図 2.6-3 滴下ノズルの交換作業手順 .....	2.6-9
図 2.6-4 弁、計量供給装置、ポンプの交換作業手順(1/2) .....	2.6-10
図 2.6-5 弁、計量供給装置、ポンプの交換作業手順(2/2) .....	2.6-11
図 2.6-6 焙焼炉、還元炉ヒータの交換作業手順(1/2) .....	2.6-12

目 次

図 2.6-7	焙焼炉、還元炉ヒータの交換作業手順(2/2) .....	2.6-13
図 2.6-8	焼結炉耐火材の交換作業手順(1/2) .....	2.6-14
図 2.6-9	焼結炉耐火材の交換作業手順(2/2) .....	2.6-15
図 2.6-10	焼結炉駆動ビームの交換作業手順(1/2) .....	2.6-16
図 2.6-11	焼結炉駆動ビームの交換作業手順(2/2) .....	2.6-17
図 2.6-12	焼結炉ヒータの交換作業手順(1/2) .....	2.6-18
図 2.6-13	焼結炉ヒータの交換作業手順(2/2) .....	2.6-19
図 2.6-14	焼結炉油圧シリンダの交換作業手順 .....	2.6-20
図 2.6-15	RCM 法におけるメンテナンス決定方式の手順 .....	2.6-22
図 2.6-16	ゲル化顆粒燃料製造プロセスのアセンブリ・部品系統図 .....	2.6-26
図 3.1-1	内側炉心燃料大粒径粒子製造ラインのシュミレーションモデル	3.1-7
図 3.1-2	内側炉心燃料小粒径粒子製造ラインのシュミレーションモデル	3.1-8

## 1. はじめに

本件名称は、「ゲル化法顆粒製造設備構成の調査」（以下「本検討」という）とする。

核燃料サイクル開発機構（以下「機構」と称す）殿では、平成 11 年 3 月 29 日に策定した「中長期事業計画」において、FBR サイクルの実用化像の構築を目的とした FBR 実用化戦略研究を実施することとなった。この調査研究では経済性、環境負荷低減、核拡散抵抗性等について、各種サイクルシステムの評価を行うこととしている。FBR 実用化戦略研究のフェーズ Ⅰでは、簡素化湿式再処理から硝酸 Pu 溶液及び硝酸 U 溶液を原料とした湿式振動充填法による FBR 燃料製造プラントを組み込んだサイクルシステムを一つの候補概念としている。

フェーズ Ⅱの第 3 年度である本年度は、湿式ゲル化法による振動充填燃料製造のうち、付帯設備の概念調査を行うとともに、再処理との一体化プラントにおける燃料製造設備の配置設計を行う。主工程の概念調査検討を昨年度に引き続き実施し、これらの設計を元に、プラント生産能力、セル内製造成立性、経済性、廃棄物発生量等の検討を行う。

## 2. 設備機器の概念調査

湿式ゲル化法による振動充填燃料製造のうち、顆粒製造に係わる主要設備機器について概念調査検討を行った。検討対象機器は炉心燃料製造に係わる以下の装置とした。

富化度調整液受入

ゲル化転換装置（外部ゲル化法とする）

- ・ 滴下・熟成、洗浄、乾燥
- ・ 焙焼～焼結

焼結球の中間貯蔵庫

上記に関わるマテリアルハンドリング設備

調査に当たっては、セル内での燃料製造の遠隔自動化を実現するための機器のほかマテリアルハンドリング機器構造を明確にし、各機器のセル内配置の検討を行った。マテリアルハンドリングを含めた各機器の定常運転手順を明らかにした。特に今年度は昨年度検討した重力流による湿潤ゲル球の搬送方法を見直し、設備機器のセル内配置の低層化を図ることとする。また施設の廃液処理の負荷を軽減するために、発生する廃液から試薬を回収する設備について検討した。機器設備の保守・補修については定常運転時の点検や故障時の保守・補修作業について検討を行った。

## 2.1 ゲル化顆粒製造設備の検討

### 2.1.1 プロセスフローの検討

昨年度の検討結果等を基に検討対象の工程について、プロセスフロー、物質収支を検討し、それぞれプロセスフローダイアグラム(PFD)、ケミカルフローシート(CFS)としてまとめた。

#### (1) 設計の前提条件

##### a. 受入原料について

###### (a) 受入原料組成

150万 KWe 級 FBR(炉心取出平均燃焼度 15 万 MWd/t, 4 年冷却)から取り出された使用済み燃料を再処理、MA 回収、富化度調整(内側 21.1%, 外側 24.9%)したものを受入原料とする。表 2.1-1 に受入原料の組成を示す。なお、硝酸規定度は内側燃料 0.7N、外側燃料 0.75N とする。

###### (b) 製造割合

炉心燃料(内側炉心燃料、外側炉心燃料)及びブランケット燃料を以下の割合で生産することとする。

$$\text{内側炉心 / 外側炉心 / 軸ブランケット} = 41.0 / 35.5 / 62.4 \text{ (tHM/y)}$$

##### b. 操業条件

###### (a) 生産規模

生産規模は、200tHM/年(内側炉心燃料 41.0tHM/年、外側炉心燃料 35.5tHM/年、軸ブランケット燃料 62.4tHM/年、径ブランケット燃料 61.1tHM/年)とする。

###### (b) 稼働日数

施設の年間スケジュールとしては、年間の定期検査、PIT 及び盆・正月の休止等による計画停止期間を 115 日、キャンペーン日数を 250 日とし、稼働率を 80%と想定して、年間の稼働日数は 200 日(1 日 24 時間運転)とする。

c. 生産量、バッチサイズ及び系列数

(a) 生産量

本検討に用いたプラントにおける生産量を表 2.1-2 に示す。製造歩留りについては、90%と設定する。従って、本プラントにおける処理量は 222tHM/年とする。

(b) バッチサイズ

本プラントにおけるバッチサイズは、機器数や臨界の観点から要求される装置の大きさを考慮して設定し、系列ごとに 1 日生産量の 1/8 の量を 1 バッチとする（1 日 8 バッチ）。

(c) 系列数

内側燃料と外側燃料では核種組成が異なるため別の系列とする。大粒径粒子と小粒径粒子も以下の理由から別の系列とする。

「滴下液混合槽」

- ・添加剤濃度が異なるため、液系では大粒子と小粒子は別系列とした方が合理的である。同一の混合槽を使用する場合は十分に洗浄する必要があり、移送配管等も共有する場合は粒子径ごとにノズルの交換も必要となる。

「滴下・熟成槽～乾燥装置」

- ・洗浄装置での洗浄時間は、大粒径粒子は 6 時間、小粒径粒子は 3 時間であるため、混合した粒子は 6 時間の洗浄時間が必要となる。従って、大粒子と小粒子を混合すると洗浄装置の機器数が多くなる。
- ・乾燥工程では、大粒子と小粒子を混合した場合でも、臨界上の寸法制限より乾燥装置が 12 基必要であるため、大粒子と小粒子を分けた方が合理的である。
- ・滴下・熟成槽では大粒子と小粒子を分けることで、人為的なミスが減少する。
- ・滴下・熟成槽では、小粒子製造用の滴下ノズルが閉塞を起こしやすいため、混合して製造している場合は大粒子の製造も停止してしまう可能性がある。

「その後の工程」

- ・実験では、非常に粒度のそろった粒子が生成されており、大粒子と小粒子を別系列で製造することで、後の分級工程が不必要になる可能性がある。ただし、R & Dが必要である。従って、本プラントにおける系列は内側燃料と外側燃料のそれぞれに大粒径粒子用と小粒径粒子用の2系列を設け、計4系列とする。

(d) 生産する粒子について

大粒径粒子と小粒径粒子の大きさは、 $800\mu\text{m}$ と $80\mu\text{m}$ とする。また、その生産量は、重量比で7:3とする。

(e) 建屋の低層化について

昨年度までの検討では、湿潤ゲル球を取扱う滴下液混合槽から乾燥装置までの工程で湿潤ゲル球の重力移送を採用した。本年度は、上記工程間の湿潤ゲル球移送をラジアルスクリュウポンプを用いることとし建屋を低層化する。

前提条件のまとめを表 2.1-3 に示す。

(2) プロセスフローダイアグラム

プロセスフローダイアグラム(PFD)を図 2.1-1 に示す。

(3) 物質収支

物質収支(CFS)を図 2.1-2 ~ 5 に示す。

(4) 系列ごとの機器数

系列ごとの機器数は次節(2.3 節)における安全に関わる検討を実施した後に決定した。4系列の内、外側燃料の大粒子と内側燃料の大粒子、外側燃料の小粒子と内側燃料の小粒子は、物量等が近いこともあり、同じ機器数となった。

系列ごとの機器数とその設定根拠を小粒子は表 2.1-4 に大粒子は表 2.1-5 に示す。

表 2.1-1 新燃料 1 トン HM 当りの HM および FP (平衡組成燃料)

	内側炉心燃料/富化度 21.10%			外側炉心燃料/富化度 24.90%			ブランケット燃料		
	重量.kg	崩壊熱W	放射能Bq	重量.kg	崩壊熱W	放射能Bq	重量.kg	崩壊熱W	放射能Bq
U234	3.34E-02	6.04E-03	7.71E+09	3.17E-02	5.73E-03	7.32E+09	4.28E-02	7.74E-03	9.89E+09
U235	1.47E+00	0.00E+00	1.17E+08	1.39E+00	0.00E+00	1.11E+08	1.88E+00	0.00E+00	1.50E+08
U236	2.36E-01	3.18E-04	5.64E+08	2.24E-01	3.02E-04	5.36E+08	3.02E-01	4.08E-04	7.24E+08
U238	7.77E+02	6.67E-03	9.67E+09	7.38E+02	6.33E-03	9.17E+09	9.97E+02	8.56E-03	1.24E+10
U合計	7.79E+02	1.30E-02	1.81E+10	7.39E+02	1.24E-02	1.71E+10	9.99E+02	1.67E-02	2.32E+10
Pu238	2.56E+00	1.45E+03	1.62E+15	3.02E+00	1.71E+03	1.91E+15	1.37E-02	7.77E+00	8.68E+12
Pu239	1.28E+02	2.45E+02	2.95E+14	1.51E+02	2.89E+02	3.48E+14	6.85E-01	1.31E+00	1.58E+12
Pu240	6.49E+01	4.61E+02	5.49E+14	7.66E+01	5.44E+02	6.48E+14	3.47E-01	2.47E+00	2.94E+12
Pu241	8.04E+00	2.57E+01	3.07E+16	9.48E+00	3.03E+01	3.62E+16	4.30E-02	1.37E-01	1.64E+14
Pu242	7.52E+00	8.49E-01	1.06E+12	8.88E+00	1.00E+00	1.25E+12	4.03E-02	4.54E-03	5.69E+09
Pu合計	2.11E+02	2.18E+03	3.31E+16	2.49E+02	2.58E+03	3.91E+16	1.13E+00	1.17E+01	1.77E+14
Np237	7.37E-01	1.68E-02	1.92E+10	8.70E-01	1.98E-02	2.27E+10	3.94E-03	8.97E-05	1.03E+08
Am241	4.84E+00	5.52E+02	6.14E+14	5.71E+00	6.51E+02	7.24E+14	2.59E-02	2.95E+00	3.28E+12
Am242m	1.98E-01	7.61E-01	7.13E+13	2.34E-01	8.97E-01	8.41E+13	1.06E-03	4.07E-03	3.81E+11
Am243	2.05E+00	1.31E+01	1.51E+13	2.42E+00	1.55E+01	1.79E+13	1.10E-02	7.04E-02	8.10E+10
Cm242	7.62E-04	1.06E+02	1.06E+14	8.98E-04	1.25E+02	1.25E+14	4.08E-06	5.66E-01	5.68E+11
Cm243	2.06E-02	3.93E+01	3.97E+13	2.43E-02	4.63E+01	4.69E+13	1.10E-04	2.10E-01	2.13E+11
Cm244	1.72E+00	4.87E+03	5.16E+15	2.03E+00	5.75E+03	6.08E+15	9.21E-03	2.61E+01	2.76E+13
Cm245	3.44E-01	1.96E+00	2.19E+12	4.06E-01	2.31E+00	2.58E+12	1.84E-03	1.05E-02	1.17E+10
MA合計	9.91E+02	5.59E+03	6.00E+15	1.17E+01	6.59E+03	7.08E+15	5.30E-02	2.99E+01	3.21E+13
HM合計	1.00E+03	7.77E+03	3.91E+16	1.00E+03	9.17E+03	4.62E+16	1.00E+03	4.16E+01	2.09E+14
H	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Li	3.81E-09	0.00E+00	0.00E+00	3.07E-09	0.00E+00	0.00E+00	7.86E-09	0.00E+00	0.00E+00
Be	1.45E-09	3.39E-11	1.04E+03	1.17E-09	2.74E-11	8.43E+02	3.00E-09	7.00E-11	2.15E+03
C	2.56E-10	3.33E-10	4.21E+04	2.06E-10	2.69E-10	3.40E+04	5.28E-10	6.87E-10	8.70E+04
Co	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ni	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cu	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zn	4.82E-13	0.00E+00	0.00E+00	3.89E-13	0.00E+00	0.00E+00	9.96E-13	0.00E+00	0.00E+00
Ga	6.01E-11	0.00E+00	0.00E+00	4.85E-11	0.00E+00	0.00E+00	1.24E-10	0.00E+00	0.00E+00
Ge	1.04E-05	0.00E+00	0.00E+00	8.38E-06	0.00E+00	0.00E+00	2.14E-05	0.00E+00	0.00E+00
As	3.11E-06	0.00E+00	0.00E+00	2.51E-06	0.00E+00	0.00E+00	6.42E-06	0.00E+00	0.00E+00
Se	3.73E-04	8.95E-07	1.33E+08	3.01E-04	7.23E-07	1.08E+08	7.71E-04	1.85E-06	2.75E+08
Br	1.16E-04	0.00E+00	0.00E+00	9.34E-05	0.00E+00	0.00E+00	2.39E-04	0.00E+00	0.00E+00
Kr	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Rb	2.02E-03	1.02E-10	4.53E+03	1.63E-03	8.26E-11	3.66E+03	4.17E-03	2.11E-10	9.35E+03
Sr	4.27E-03	3.80E-01	1.21E+13	3.45E-03	3.07E-01	9.75E+12	8.82E-03	7.84E-01	2.49E+13
Y	9.35E-01	1.82E+00	1.21E+13	1.10E+00	1.47E+00	9.79E+12	4.97E-03	3.74E+00	2.49E+13
Zr	2.49E-02	5.56E-06	4.95E+08	2.01E-02	4.49E-06	4.00E+08	5.14E-02	1.15E-05	1.02E+09
Nb	3.82E-08	9.30E-06	1.98E+08	3.08E-08	7.51E-06	1.60E+08	7.89E-08	1.92E-05	4.10E+08
Mo	3.02E-02	0.00E+00	0.00E+00	2.44E-02	0.00E+00	0.00E+00	6.25E-02	0.00E+00	0.00E+00
Tc	7.46E-03	6.34E-05	4.68E+09	6.03E-03	5.12E-05	3.78E+09	1.54E-02	1.31E-04	9.66E+09
Ru	2.79E-02	2.07E-02	1.29E+13	2.25E-02	1.67E-02	1.04E+13	5.76E-02	4.28E-02	2.66E+13
Rh	8.23E-03	3.34E+00	1.29E+13	6.65E-03	2.70E+00	1.04E+13	1.70E-02	6.90E+00	2.66E+13
Pd	2.45E-02	1.29E-07	8.09E+07	1.98E-02	1.04E-07	6.54E+07	5.06E-02	2.66E-07	1.67E+08
Ag	2.25E-03	2.65E-02	5.92E+10	1.81E-03	2.14E-02	4.78E+10	4.64E-03	5.47E-02	1.22E+11
Cd	2.09E-03	1.88E-03	4.12E+10	1.69E-03	1.52E-03	3.33E+10	4.32E-03	3.88E-03	8.52E+10
In	9.92E-05	6.40E-13	7.78E+00	8.01E-05	5.17E-13	6.28E+00	2.05E-04	1.32E-12	1.61E+01
Sn	1.77E-03	9.83E-05	2.85E+09	1.43E-03	7.94E-05	2.30E+09	3.66E-03	2.03E-04	5.89E+09
Sb	4.35E-04	2.38E-01	2.81E+12	3.51E-04	1.92E-01	2.27E+12	8.99E-04	4.91E-01	5.80E+12
Te	6.11E-03	1.56E-02	6.86E+11	4.94E-03	1.26E-02	5.54E+11	1.26E-02	3.22E-02	1.42E+12
I	3.29E-03	1.95E-07	1.56E+07	2.66E-03	1.57E-07	1.26E+07	6.79E-03	4.03E-07	3.22E+07
Xe	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs	3.50E-02	3.86E+00	4.33E+13	2.83E-02	3.12E+00	3.49E+13	7.24E-02	7.97E+00	8.94E+13
Ba	1.54E-02	3.30E+00	3.10E+13	1.24E-02	2.66E+00	2.50E+13	3.17E-02	6.81E+00	6.40E+13
La	1.11E-02	2.64E-15	1.33E-02	8.98E-03	2.13E-15	1.08E-02	2.30E-02	5.45E-15	2.75E-02
Ce	2.01E-02	8.95E-02	4.99E+12	1.62E-02	7.23E-02	4.03E+12	4.15E-02	1.85E-01	1.03E+13
Pr	1.04E-02	9.93E-01	5.05E+12	8.38E-03	8.02E-01	4.08E+12	2.14E-02	2.05E+00	1.04E+13
Nd	6.20E-02	1.21E-39	5.17E-01	5.01E-02	9.75E-40	4.17E-01	1.28E-01	2.49E-39	1.07E+00
Pm	2.08E-02	6.93E+00	7.14E+14	2.44E-02	8.12E+00	8.36E+14	1.10E-03	3.66E-01	3.77E+13
Sm	1.24E+00	4.10E-01	1.29E+14	1.46E+00	4.82E-01	1.52E+14	2.21E-02	7.28E-03	2.29E+12
Eu	2.89E-01	1.30E+02	1.24E+15	3.41E-01	1.54E+02	1.47E+15	2.21E-03	9.96E-01	9.50E+12
Gd	4.85E-01	1.31E-02	5.36E+11	5.72E-01	1.55E-02	6.32E+11	2.59E-03	7.01E-05	2.87E+09
Tb	2.83E-02	7.55E-05	3.44E+08	3.34E-02	8.91E-05	4.06E+08	1.52E-04	4.04E-07	1.84E+06
Dy	2.79E-02	0.00E+00	0.00E+00	3.30E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.50E-04	0.00E+00	0.00E+00
Ho	6.73E-04	2.13E-04	7.12E+08	7.94E-04	2.51E-04	8.40E+08	3.60E-06	1.14E-06	3.81E+06
Er	9.35E-04	0.00E+00	0.00E+00	1.10E-03	0.00E+00	0.00E+00	5.00E-06	0.00E+00	0.00E+00
Tm	5.26E-07	3.63E-07	3.55E+07	6.20E-07	4.29E-07	4.19E+07	2.81E-09	1.94E-09	1.90E+05
Yb	1.87E-07	0.00E+00	0.00E+00	2.20E-07	0.00E+00	0.00E+00	9.98E-10	0.00E+00	0.00E+00
FP合計	3.33E+00	1.52E+02	2.22E+15	3.81E+00	1.74E+02	2.57E+15	6.53E-01	3.04E+01	3.34E+14
総計	1.00E+03	7.92E+03	4.14E+16	1.00E+03	9.34E+03	4.87E+16	1.00E+03	7.20E+01	5.44E+14

表 2.1-2 新燃料の平衡組成 (HM200t : MA1.2% : 歩留り 90%)

	内側炉心燃料/富化度 21.10%			外側炉心燃料/富化度 24.90%			ブランケット燃料			重量合計 kg
	重量 kg	崩壊熱 W	放射能 Bq	重量 kg	崩壊熱 W	放射能 Bq	重量 kg	崩壊熱 W	放射能 Bq	
U234	1.52E+00	2.75E-01	3.51E+11	1.25E+00	2.26E-01	2.89E+11	5.87E+00	1.06E+00	1.36E+12	8.64E+00
U235	6.68E+01	0.00E+00	5.35E+09	5.49E+01	0.00E+00	4.39E+09	2.58E+02	0.00E+00	2.06E+10	3.80E+02
U236	1.07E+01	1.45E-02	2.57E+10	8.82E+00	1.19E-02	2.11E+10	4.14E+01	5.59E-02	9.93E+10	6.10E+01
U238	3.54E+04	3.04E-01	4.40E+11	2.91E+04	2.50E-01	3.62E+11	1.37E+05	1.17E+00	1.70E+12	2.11E+05
U合計	3.55E+04	5.94E-01	8.23E+11	2.92E+04	4.88E-01	6.76E+11	1.37E+05	2.29E+00	3.18E+12	2.02E+05
Pu238	1.17E+02	6.61E+04	7.39E+16	1.19E+02	6.76E+04	7.54E+16	1.88E+00	1.07E+03	1.19E+15	2.37E+02
Pu239	5.83E+03	1.12E+04	1.34E+16	5.96E+03	1.14E+04	1.37E+16	9.40E+01	1.80E+02	2.16E+14	1.19E+04
Pu240	2.96E+03	2.10E+04	2.50E+16	3.02E+03	2.14E+04	2.55E+16	4.77E+01	3.38E+02	4.03E+14	6.03E+03
Pu241	3.66E+02	1.17E+03	1.40E+18	3.74E+02	1.20E+03	1.43E+18	5.90E+00	1.89E+01	2.25E+16	7.46E+02
Pu242	3.43E+02	3.87E+01	4.85E+13	3.50E+02	3.95E+01	4.95E+13	5.52E+00	6.23E-01	7.81E+11	6.98E+02
Pu合計	9.61E+03	9.95E+04	1.51E+18	9.82E+03	1.02E+05	1.54E+18	1.55E+02	1.60E+03	2.43E+16	1.96E+04
Np237	3.36E+01	7.63E-01	8.77E+11	3.43E+01	7.80E-01	8.96E+11	5.41E-01	1.23E-02	1.41E+10	6.84E+01
Am241	2.20E+02	2.51E+04	2.80E+16	2.25E+02	2.57E+04	2.85E+16	3.55E+00	4.05E+02	4.51E+14	4.49E+02
Am242m	9.02E+00	3.47E+01	3.25E+15	9.21E+00	3.54E+01	3.32E+15	1.45E-01	5.59E-01	5.23E+13	1.84E+01
Am243	9.34E+01	5.99E+02	6.90E+14	9.54E+01	6.12E+02	7.04E+14	1.51E+00	9.65E+00	1.11E+13	1.90E+02
Cm242	3.47E-02	4.82E+03	4.83E+15	3.54E-02	4.92E+03	4.94E+15	5.59E-04	7.77E+01	7.79E+13	7.07E-02
Cm243	9.37E-01	1.79E+03	1.81E+15	9.57E-01	1.83E+03	1.85E+15	1.51E-02	2.88E+01	2.92E+13	1.91E+00
Cm244	7.84E+01	2.22E+05	2.35E+17	8.01E+01	2.27E+05	2.40E+17	1.26E+00	3.58E+03	3.79E+15	1.60E+02
Cm245	1.57E+01	8.93E+01	9.96E+13	1.60E+01	9.12E+01	1.02E+14	2.53E-01	1.44E+00	1.61E+12	3.19E+01
MA合計	4.51E+02	2.54E+05	2.74E+17	4.61E+02	2.60E+05	2.79E+17	7.28E+00	4.10E+03	4.41E+15	9.20E+02
HM合計	4.56E+04	3.54E+05	1.78E+18	3.94E+04	3.62E+05	1.82E+18	1.37E+05	5.71E+03	2.87E+16	2.22E+05
H	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Li	1.73E-07	0.00E+00	0.00E+00	1.21E-07	0.00E+00	0.00E+00	1.08E-06	0.00E+00	0.00E+00	1.37E-06
Be	6.61E-08	1.54E-09	4.75E+04	4.62E-08	1.08E-09	3.32E+04	4.11E-07	9.60E-09	2.96E+05	5.23E-07
C	1.16E-08	1.52E-08	1.92E+06	8.14E-09	1.06E-08	1.34E+06	7.24E-08	9.43E-08	1.19E+07	9.22E-08
Co	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ni	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cu	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zn	2.20E-11	0.00E+00	0.00E+00	1.54E-11	0.00E+00	0.00E+00	1.37E-10	0.00E+00	0.00E+00	1.74E-10
Ga	2.74E-09	0.00E+00	0.00E+00	1.91E-09	0.00E+00	0.00E+00	1.70E-08	0.00E+00	0.00E+00	2.17E-08
Ge	4.73E-04	0.00E+00	0.00E+00	3.31E-04	0.00E+00	0.00E+00	2.94E-03	0.00E+00	0.00E+00	3.74E-03
As	1.42E-04	0.00E+00	0.00E+00	9.90E-05	0.00E+00	0.00E+00	8.81E-04	0.00E+00	0.00E+00	1.12E-03
Se	1.70E-02	4.08E-05	6.07E+09	1.19E-02	2.85E-05	4.24E+09	1.06E-01	2.54E-04	3.77E+10	1.35E-01
Br	5.27E-03	0.00E+00	0.00E+00	3.68E-03	0.00E+00	0.00E+00	3.28E-02	0.00E+00	0.00E+00	4.17E-02
Kr	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Rb	9.21E-02	4.66E-09	2.06E+05	6.44E-02	3.26E-09	1.44E+05	5.73E-01	2.90E-08	1.28E+06	7.29E-01
Sr	1.95E-01	1.73E+01	5.50E+14	1.36E-01	1.21E+01	3.85E+14	1.21E+00	1.08E+02	3.42E+15	1.54E+00
Y	4.26E+01	8.27E+01	5.52E+14	4.35E+01	5.79E+01	3.86E+14	6.81E-01	5.13E+02	3.42E+15	8.67E+01
Zr	1.13E+00	2.53E-04	2.26E+10	7.92E-01	1.77E-04	1.58E+10	7.05E+00	1.58E-03	1.40E+11	8.97E+00
Nb	1.74E-06	4.24E-04	9.04E+09	1.22E-06	2.96E-04	6.32E+09	1.08E-05	2.64E-03	5.62E+10	1.38E-05
Mo	1.38E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.64E-01	0.00E+00	0.00E+00	8.57E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.09E+01
Tc	3.40E-01	2.89E-03	2.13E+11	2.38E-01	2.02E-03	1.49E+11	2.11E+00	1.80E-02	1.33E+12	2.69E+00
Ru	1.27E+00	9.44E-01	5.87E+14	8.89E-01	6.60E-01	4.10E+14	7.91E+00	5.87E+00	3.65E+15	1.01E+01
Rh	3.75E-01	1.52E+02	5.87E+14	2.62E-01	1.06E+02	4.10E+14	2.33E+00	9.46E+02	3.65E+15	2.97E+00
Pd	1.12E+00	5.88E-06	3.69E+09	7.80E-01	4.11E-06	2.58E+09	6.94E+00	3.66E-05	2.29E+10	8.84E+00
Ag	1.02E-01	1.21E+00	2.70E+12	7.15E-02	8.43E-01	1.89E+12	6.36E-01	7.50E+00	1.68E+13	8.10E-01
Cd	9.52E-02	8.55E-02	1.88E+12	6.66E-02	5.98E-02	1.31E+12	5.92E-01	5.32E-01	1.17E+13	7.54E-01
In	4.52E-03	2.92E-11	3.54E+02	3.16E-03	2.04E-11	2.48E+02	2.81E-02	1.81E-10	2.20E+03	3.58E-02
Sn	8.06E-02	4.48E-03	1.30E+11	5.64E-02	3.13E-03	9.08E+10	5.02E-01	2.79E-02	8.08E+11	6.39E-01
Sb	1.98E-02	1.08E+01	1.28E+14	1.39E-02	7.57E+00	8.94E+13	1.23E-01	6.73E+01	7.96E+14	1.57E-01
Te	2.78E-01	7.09E-01	3.12E+13	1.95E-01	4.96E-01	2.18E+13	1.73E+00	4.41E+00	1.94E+14	2.21E+00
I	1.50E-01	8.88E-06	7.11E+08	1.05E-01	6.21E-06	4.97E+08	9.32E-01	5.53E-05	4.42E+09	1.19E+00
Xe	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs	1.60E+00	1.76E+02	1.97E+15	1.12E+00	1.23E+02	1.38E+15	9.93E+00	1.09E+03	1.23E+16	1.26E+01
Ba	7.00E-01	1.50E+02	1.41E+15	4.90E-01	1.05E+02	9.88E+14	4.36E+00	9.35E+02	8.79E+15	5.55E+00
La	5.06E-01	1.20E-13	6.07E-01	3.54E-01	8.41E-14	4.25E-01	3.15E+00	7.48E-13	3.78E+00	4.01E+00
Ce	9.16E-01	4.08E+00	2.27E+14	6.40E-01	2.85E+00	1.59E+14	5.70E+00	2.54E+01	1.41E+15	7.25E+00
Pr	4.73E-01	4.52E+01	2.30E+14	3.30E-01	3.16E+01	1.61E+14	2.94E+00	2.81E+02	1.43E+15	3.74E+00
Nd	2.82E+00	5.50E-38	2.35E+01	1.97E+00	3.84E-38	1.65E+01	1.76E+01	3.42E-37	1.46E+02	2.24E+01
Pm	9.49E-01	3.16E+02	3.25E+16	9.62E-01	3.20E+02	3.30E+16	1.51E-01	5.02E+01	5.17E+15	2.06E+00
Sm	5.67E+01	1.87E+01	5.86E+15	5.78E+01	1.90E+01	5.98E+15	3.03E+00	9.99E-01	3.14E+14	1.17E+02
Eu	1.32E+01	5.94E+03	5.67E+16	1.34E+01	6.07E+03	5.78E+16	3.03E-01	1.37E+02	1.30E+15	2.69E+01
Gd	2.21E+01	5.97E-01	2.44E+13	2.25E+01	6.10E-01	2.49E+13	3.56E-01	9.63E-03	3.93E+11	4.50E+01
Tb	1.29E+00	3.44E-03	1.57E+10	1.32E+00	3.51E-03	1.60E+10	2.08E-02	5.54E-05	2.53E+08	2.63E+00
Dy	1.27E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.30E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.05E-02	0.00E+00	0.00E+00	2.59E+00
Ho	3.07E-02	9.70E-03	3.24E+10	3.13E-02	9.91E-03	3.31E+10	4.94E-04	1.56E-04	5.23E+08	6.25E-02
Er	4.26E-02	0.00E+00	0.00E+00	4.35E-02	0.00E+00	0.00E+00	6.86E-04	0.00E+00	0.00E+00	8.67E-02
Tm	2.39E-05	1.65E-05	1.62E+09	2.45E-05	1.65E-05	1.65E+09	3.86E-07	2.67E-07	2.61E+07	4.88E-05
Yb	8.50E-06	0.00E+00	0.00E+00	8.68E-06	0.00E+00	0.00E+00	1.37E-07	0.00E+00	0.00E+00	1.73E-05
FP合計	1.52E+02	6.92E+03	1.01E+17	1.50E+02	6.86E+03	1.01E+17	8.96E+01	4.18E+03	4.58E+16	3.92E+02
総計	4.57E+04	3.61E+05	1.88E+18	3.96E+04	3.68E+05	1.92E+18	1.37E+05	9.88E+03	7.46E+16	2.23E+05

表 2.1-3 前提条件

	検討内容	備考
生産量	200tHM/y	-
年間操業日数	200 日	-
内側燃料、 外側燃料、 軸ブランケット燃料、 径ブランケット燃料 の生産量	41.0/35.5/62.4/61.1 ( tHM/y )	-
Pu 富化度 ( 内側/外側 )	21.1%/24.9%	Pu/(U+Pu+MA)
硝酸規定度 ( 内側/外側 )	0.7N/0.75N	-
大粒径と小粒径の 粒子径	800 μ m/80 μ m	-
大粒径粒子と小粒径粒 子の生産量 ( 重量比 )	7 : 3	-
系列数の考え方*1)	外部燃料、内側燃料で各 2 系列 大粒径、小粒径は別の系列で製 造する。 ( 計 4 系列 )	-

\*1)

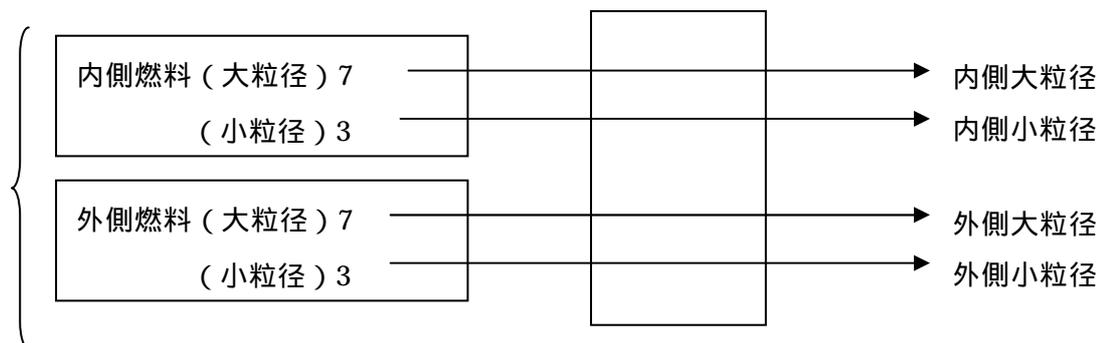


表 2.1-4 系列ごとの機器数（小粒径粒子）

機器	運転形態	移送方法	機器数設定経緯		備考
			臨界 <sup>(1)</sup>	採用 <sup>(2)</sup>	
滴下液混合槽	バッチ(3hr)	ポンプ送液 (バツァなし)	1	1	・処理能力及び臨界上の寸法制限（混合槽円環厚み）工学的判断に基づく機器長から1基とした。
滴下・熟成槽			1	2	・小粒子は滴下速度が遅く、滴下ノズルの数が非常に多くなるため、2系列とした。
洗浄装置	バッチ(3hr)		2	2	・臨界上の寸法制限（洗浄槽直径）と工学的判断に基づく機器長を考慮して2系列とした。
乾燥装置	バッチ(3hr)		2	2	・臨界上の寸法制限（乾燥装置直径）と工学的判断に基づく機器長を考慮して2系列とした。
乾燥ゲル球貯槽	-	-	1 (約1.3バッチ分貯留可)	8	・貯留、排出操作を行い、焙焼炉を連続運転とするために焙焼炉の機器数の2倍以上必要となる。 ・貯留量を24時間分（8バッチ）として機器数を決定した。
焙焼炉	連続	前工程に粉体貯留タンク（バツァあり）	1	1	・処理能力及び臨界上の寸法制限（焙焼炉直径）工学的判断に基づく機器長から1基とした。
焙焼球貯槽 (UO <sub>3</sub> /PuO <sub>2</sub> )	-	-	1 (約4バッチ分貯留可)	2	・貯留、排出操作を行い、還元炉を連続運転とするために還元炉の機器数の2倍以上必要。 ・貯留量を24時間分（8バッチ）として機器数を決定した。
還元炉	連続	前工程に粉体貯留タンク（バツァあり）	1	1	・処理能力及び臨界上の寸法制限（還元炉直径）工学的判断に基づく機器長から1基とした。
還元球貯槽 (UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )	-	-	1 (約4バッチ分貯留可)	2	・貯留、排出操作を行い、焼結炉を連続運転とするために焼結炉の機器数の2倍以上必要。 ・貯留量を24時間分（8バッチ）として機器数を決定した。
焼結炉	連続	前工程に粉体貯留タンク（バツァあり）	1	1	・処理能力及び臨界上の寸法制限（焼結炉平板長）工学的判断に基づく機器長から1基とした。

(1)臨界：臨界上の寸法制限（円筒径、円環厚み）及び工学的判断に基づく機器長から算出される機器数（括弧内は臨界上の寸法で機器を系列数製造した場合の貯留可能量）

(2)採用：実際に採用した機器数

表 2.1-5 系列ごとの機器数（大粒径粒子）

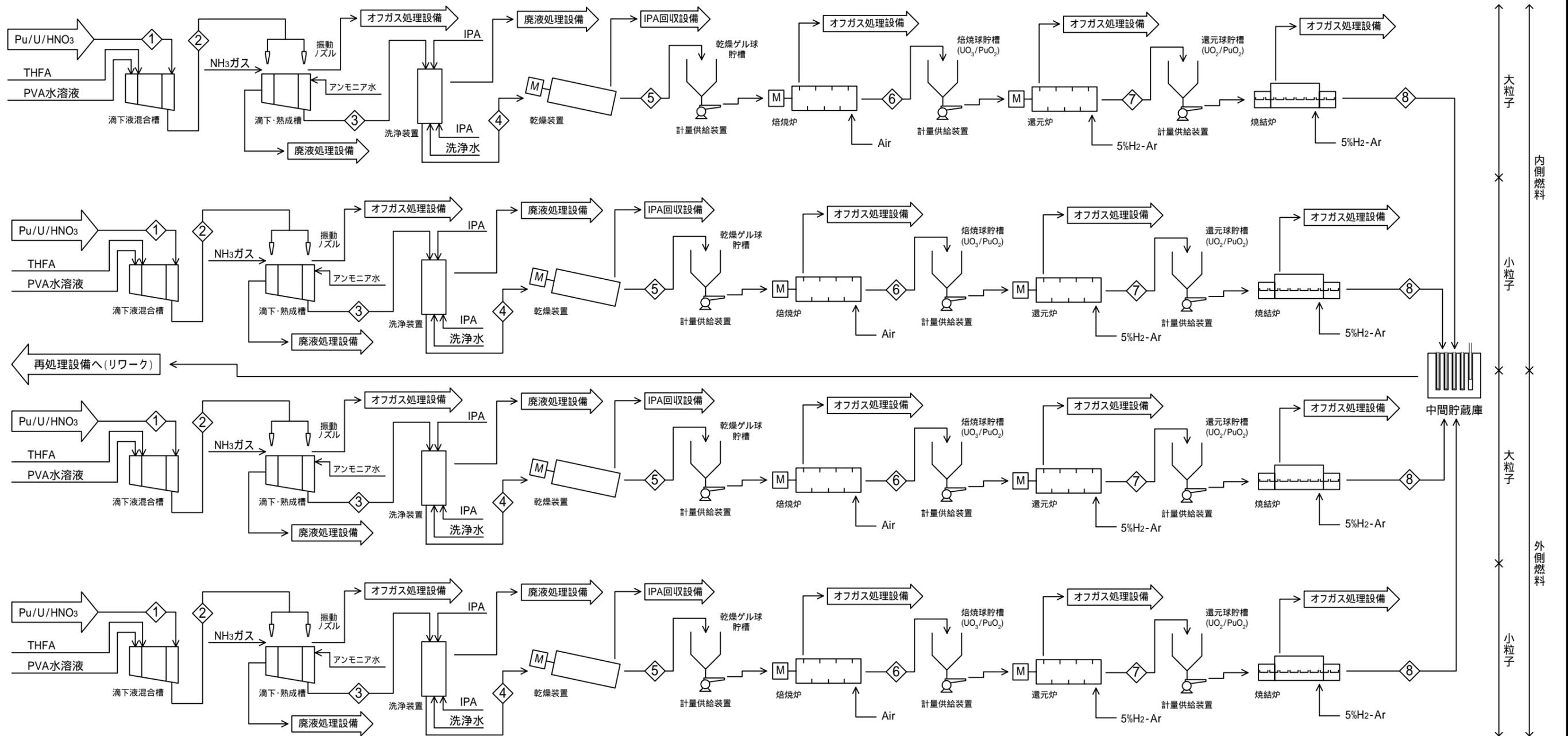
機器	運転形態	移送方法	機器数設定経緯		機器数設定経緯
			臨界 <sup>(1)</sup>	採用 <sup>(2)</sup>	
滴下液混合槽	バッチ(3hr)	ポンプ送液 (バッチなし)	1	1	・処理能力及び臨界上の寸法制限（混合槽円環厚み）工学的判断に基づく機器長から1基とした。
滴下・熟成槽			1	3	・ゲル球の粒子の移送を単純化するために、洗浄装置の機器数の半分とした。残りの半数の洗浄装置は洗浄中のため、洗浄装置の半数の機器数で切り分けせずに移送することが可能となる。
洗浄装置			3	6 <sup>(3)</sup>	・切り分けを行うことで、次工程の半分の機器数を候補とした。ただし、洗浄時間が2バッチ分の時間（6時間）かかるため、洗浄時間が3時間の時に必要な機器数の2倍必要となり、6基とした。
乾燥装置			6	6	・臨界上の寸法制限（乾燥装置直径）と工学的判断に基づく機器長を考慮して6基とした。
乾燥ゲル球貯槽	-	-	2 (約1.3バッチ分貯留可)	18	・貯留、排出操作を行い、焙焼炉を連続運転とするために焙焼炉の機器数の2倍以上必要となる。 ・貯留量を24時間分（8バッチ）として機器数を決定した。
焙焼炉	連続	前工程に粉体貯留タンク (バッチあり)	3	3	・処理能力及び臨界上の寸法制限（焙焼炉直径）工学的判断に基づく機器長から3基とした。
焙焼球貯槽 (UO <sub>3</sub> /PuO <sub>2</sub> )	-	-	1 (約4バッチ分貯留可)	2	・貯留、排出操作を行い、還元炉を連続運転とするために還元炉の機器数の2倍以上必要。 ・貯留量を24時間分（8バッチ）として機器数を決定した。
還元炉	連続	前工程に粉体貯留タンク (バッチあり)	1	1	・処理能力及び臨界上の寸法制限（還元炉直径）工学的判断に基づく機器長から1基とした。
還元球貯槽 (UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )	-	-	1 (約4バッチ分貯留可)	2	・貯留、排出操作を行い、焼結炉を連続運転とするために焼結炉の機器数の2倍以上必要。 ・貯留量を24時間分（8バッチ）として機器数を決定した。
焼結炉	連続	前工程に粉体貯留タンク (バッチあり)	1	1	・処理能力及び臨界上の寸法制限（焼結炉平板長）工学的判断に基づく機器長から1基とした。

(1)臨界：臨界上の寸法制限（円筒径、円環厚み）及び工学的判断に基づく機器長から算出される機器数（括弧内は臨界上の寸法で機器を系列数製造した場合の貯留可能量）

(2)採用：実際に採用した機器数。(3)大粒径粒子の洗浄時間は、2バッチ分（6時間）である。

< 炉心燃料製造ライン >

番号 No.	名称 DESCRIPTION	材質 MATERIAL	個数 QTY	記事 REMARKS
-----------	-------------------	----------------	-----------	---------------

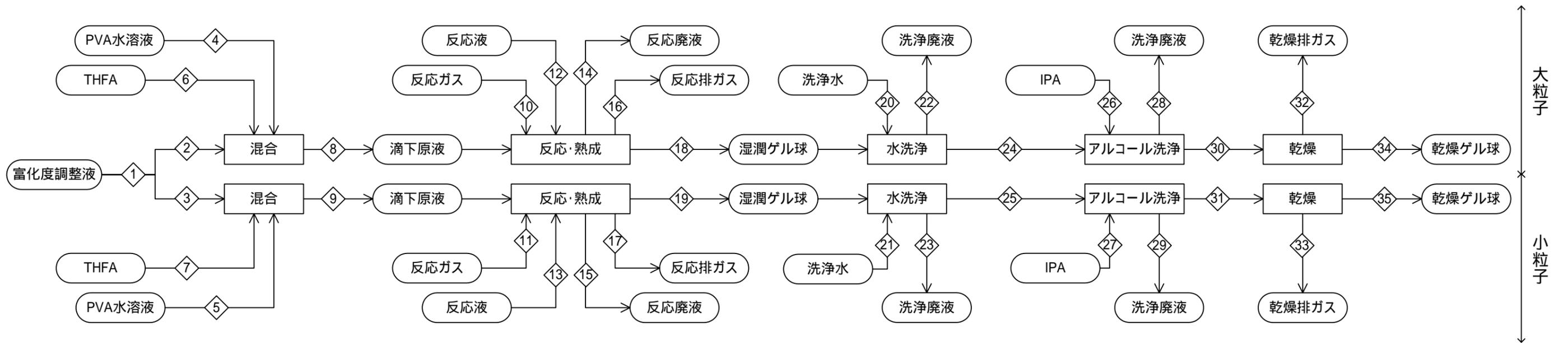


滴下液混合 | 滴下・熟成 | 洗浄 | 乾燥 | 焙焼 | 還元 | 焼結 | 中間貯蔵

< 主要物流一覧表 >

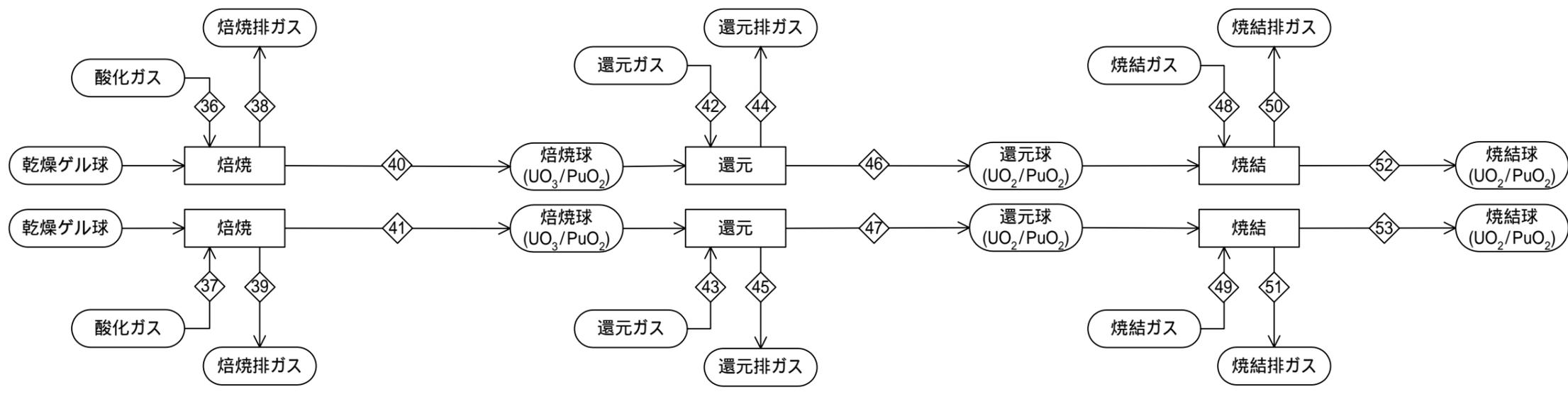
物流番号		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
物流名称		UNH/PuNH	滴下原液	湿潤ゲル球	洗浄済みゲル球	乾燥ゲル球	焙焼球 (UO <sub>3</sub> /PuO <sub>2</sub> )	還元球 (UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )	焼結球 (UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )
流量(kg/d)	内側大粒径	734.7	1,460.0	2,017.6	2,178.1	736.9	189.8	181.4	181.4
	内側小粒径	314.9	562.2	880.0	832.1	286.2	81.3	77.7	77.7
	外側大粒径	647.4	1,288.7	1,789.1	1,917.7	647.9	164.0	157.1	157.1
	外側小粒径	277.5	496.3	777.5	732.4	251.5	70.3	67.3	67.3

設計区分 FACILITIES	取扱レベル PROPRIETARY CLASS	図面サイズ ORIGINAL SIZE A3	尺度 SCALE NON	客先図書番号 CUSTOMER DWG No.	改訂 Rev.	客先名 ジョブ名 CUSTOMER JOB  核燃料サイクル開発機構 殿 ゲル化プロセス機器構造の調査
				MMC図書番号 DRAWING No.	改訂 Rev.	
				ベンダ図書番号 VENDOR DWG No.	改訂 Rev.	
新規作成 INITIAL ISSUE						図2.1-1 プロセスフローダイアグラム
作成 DRAFTED	検討 CHECKED	承認 APPROVED				
日付 DATE	改訂 Rev					



物流番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
成分	Pu富化度調整液	Pu富化度調整液	Pu富化度調整液	PVA水溶液	PVA水溶液	THFA	THFA	滴下原液	滴下原液	反応ガス	反応ガス	反応液	反応液	反応排液	反応排液	反応排ガス	反応排ガス	湿潤ゲル球	湿潤ゲル球	洗浄水	洗浄水	洗浄廃液	洗浄廃液	水洗浄済ゲル球	水洗浄済ゲル球	IPA	IPA	洗浄廃液	洗浄廃液	洗浄済みゲル球	洗浄済みゲル球	乾燥排ガス	乾燥排ガス	乾燥ゲル球	乾燥ゲル球		
U (メタル)	kg/d	177.5	124.2	53.2														124.2	53.2					124.2	53.2					124.2	53.2			124.2	53.2		
Pu (メタル)	kg/d	48.1	33.6	14.4														33.6	14.4					33.6	14.4					33.6	14.4			33.6	14.4		
MA (メタル)	kg/d	2.3	1.6	0.7														1.6	0.7					1.6	0.7					1.6	0.7			1.6	0.7		
UO <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	kg/d	201.3	140.9	60.4														140.9	60.4					140.9	60.4					140.9	60.4			140.9	60.4		
ADU	kg/d																																				
UO <sub>2</sub>	kg/d																																				
Pu <sup>4+</sup>	kg/d	48.1	33.6	14.4														33.6	14.4					33.6	14.4					33.6	14.4			33.6	14.4		
Pu(OH) <sub>4</sub>	kg/d																																				
PuO <sub>2</sub>	kg/d																																				
M <sup>n+</sup>	kg/d	2.3	1.6	0.7														1.6	0.7					1.6	0.7					1.6	0.7			1.6	0.7		
M(OH) <sub>n</sub>	kg/d																																				
MO <sub>n</sub>	kg/d																																				
FP	kg/d	0.8	0.5	0.2																																	
PVA	kg/d				21.9	5.6																															
THFA	kg/d						506.4	191.2																													
NH <sub>3</sub> (g)	kg/d												439.1	188.2	286.4	105.4																					
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (内部)	kg/d																																				
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (外部)	kg/d																																				
IPA(l)	kg/d																																				
HNO <sub>3</sub>	kg/d	32.0	22.4	9.6																																	
NO <sub>2</sub>	kg/d	144.6	101.2	43.4																																	
H <sub>2</sub> O(l)(内部)	kg/d	620.5	434.4	186.2	197.1	50.6																															
H <sub>2</sub> O(l)(外部)	kg/d																																				
IPA(g)	Nm <sup>3</sup> /d																																				
H <sub>2</sub> (g)	Nm <sup>3</sup> /d																																				
Ar(g)	Nm <sup>3</sup> /d																																				
CO <sub>2</sub> (g)	Nm <sup>3</sup> /d																																				
O <sub>2</sub> (g)	Nm <sup>3</sup> /d																																				
N <sub>2</sub> (g)	Nm <sup>3</sup> /d																																				
NH <sub>3</sub> (g)	Nm <sup>3</sup> /d																																				
H <sub>2</sub> O(g)	Nm <sup>3</sup> /d																																				
Air	Nm <sup>3</sup> /d																																				
5% H <sub>2</sub> -Ar	Nm <sup>3</sup> /d																																				
合計	kg/d	1,049.5	734.7	314.9	219.0	56.2	506.4	191.2	1,460.0	562.2			1,756.6	752.8	1,199.0	434.2																					
	Nm <sup>3</sup> /d																																				
液体	l/d	725.4	507.8	217.6	214.6	55.1	481.6	181.8	1,204.0	454.5			1,926.8	825.8	1,315.2	476.3																					
ガス	Nm <sup>3</sup> /d																																				
固体	kg/d																																				
備考			大粒径粒子製造ライン	小粒径粒子製造ライン																																	
U濃度	g/l	244.6	244.6	244.6																																	
Pu濃度	g/l	66.3	66.3	66.3																																	
HNO <sub>3</sub> 濃度	N	0.70	0.70	0.70																																	

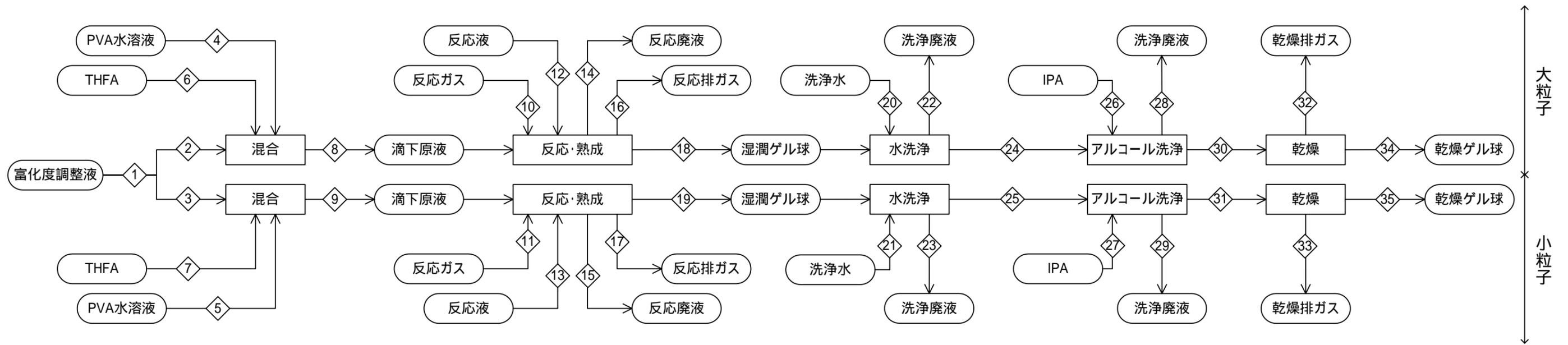
図2.1-2 ゲル化プロセス物質収支図【内側燃料】(1/2)



大粒子  
×  
小粒子

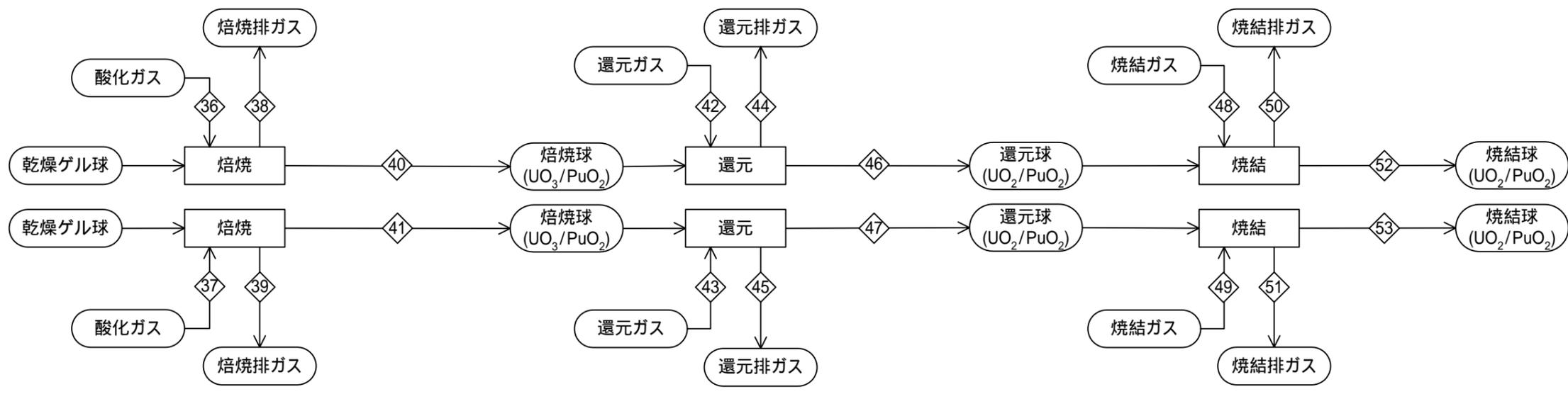
物流番号	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	
物流名称	乾燥ゲル球	乾燥ゲル球	酸化ガス	酸化ガス	焙焼排ガス	焙焼排ガス	焙焼球 (UO <sub>3</sub> /PuO <sub>2</sub> )	焙焼球 (UO <sub>3</sub> /PuO <sub>2</sub> )	還元ガス	還元ガス	還元排ガス	還元排ガス	還元球 (UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )	還元球 (UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )	焼結ガス	焼結ガス	焼結排ガス	焼結排ガス	焼結球 (UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )	焼結球 (UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )	
成分	単位																				
U(メタル)	kg/d	124.2	53.2				124.2	53.2					124.2	53.2					124.2	53.2	
Pu(メタル)	kg/d	33.6	14.4				33.6	14.4					33.6	14.4					33.6	14.4	
MA(メタル)	kg/d	1.6	0.7				1.6	0.7					1.6	0.7					1.6	0.7	
UO <sub>2</sub> <sup>+</sup>	kg/d												140.9	60.4					140.9	60.4	
ADU	kg/d	162.8	69.8																		
UO <sub>3</sub>	kg/d						149.3	64.0													
UO <sub>2</sub>	kg/d												38.1	16.3					38.1	16.3	
Pu <sup>4+</sup>	kg/d																				
Pu(OH) <sub>4</sub>	kg/d	43.2	18.5																		
PuO <sub>2</sub>	kg/d												38.1	16.3					38.1	16.3	
M <sup>III</sup>	kg/d																				
M(OH) <sub>n</sub>	kg/d	2.0	0.9																		
MO <sub>n</sub>	kg/d						1.8	0.8					1.8	0.8					1.8	0.8	
FP	kg/d	0.5	0.2				0.5	0.2					0.5	0.2					0.5	0.2	
PVA	kg/d	21.9	5.6																		
THFA	kg/d	506.4	191.2																		
NH <sub>3</sub> aq	kg/d																				
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (内部)	kg/d																				
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (外部)	kg/d																				
IPA(l)	kg/d																				
HNO <sub>3</sub>	kg/d																				
NO <sub>x</sub>	kg/d																				
H <sub>2</sub> O(l)(内部)	kg/d																				
H <sub>2</sub> O(l)(外部)	kg/d																				
IPA(g)	Nm <sup>3</sup> /d																				
H <sub>2</sub> (g)	Nm <sup>3</sup> /d								23.4	10.0	11.7	5.0			23.4	10.0	23.4	10.0			
Ar(g)	Nm <sup>3</sup> /d								444.3	190.4	444.3	190.4			444.3	190.4	444.3	190.4			
CO <sub>2</sub> (g)	Nm <sup>3</sup> /d					577.8	215.4														
O <sub>2</sub> (g)	Nm <sup>3</sup> /d			1,949.9	727.4	1,200.0	447.7														
N <sub>2</sub> (g)	Nm <sup>3</sup> /d			7,335.4	2,736.2	7,335.4	2,736.2														
NH <sub>3</sub> (g)	Nm <sup>3</sup> /d					23.4	10.0														
H <sub>2</sub> O(g)	Nm <sup>3</sup> /d					595.7	223.1					11.7	5.0								
Air	Nm <sup>3</sup> /d			9,285.3	3,463.6																
5%H <sub>2</sub> -Ar	Nm <sup>3</sup> /d								467.6	200.4					467.6	200.4	467.6	200.4			
合計	kg/d	736.9	286.2				189.8	81.3					181.4	77.7					181.4	77.7	
	Nm <sup>3</sup> /d			9,285.3	3,463.6	9,732.3	3,632.4		467.6	200.4	467.6	200.4			467.6	200.4	467.6	200.4			
液体	l/d																				
ガス	Nm <sup>3</sup> /d																				
固体	kg/d	736.9	286.2				189.8	81.3					181.4	77.7					181.4	77.7	
備考		大粒径粒子製造ライン	小粒径粒子製造ライン	大粒径粒子製造ライン	小粒径粒子製造ライン	大粒径粒子製造ライン	小粒径粒子製造ライン	大粒径粒子製造ライン	小粒径粒子製造ライン	大粒径粒子製造ライン	小粒径粒子製造ライン	大粒径粒子製造ライン	小粒径粒子製造ライン	大粒径粒子製造ライン	小粒径粒子製造ライン	大粒径粒子製造ライン	小粒径粒子製造ライン	大粒径粒子製造ライン	小粒径粒子製造ライン	大粒径粒子製造ライン	小粒径粒子製造ライン
U濃度	g/l	ADU	ADU				UO <sub>3</sub>	UO <sub>3</sub>					UO <sub>2</sub>	UO <sub>2</sub>					UO <sub>2</sub>	UO <sub>2</sub>	
Pu濃度	g/l	Pu(OH) <sub>4</sub>	Pu(OH) <sub>4</sub>				PuO <sub>2</sub>	PuO <sub>2</sub>					PuO <sub>2</sub>	PuO <sub>2</sub>					PuO <sub>2</sub>	PuO <sub>2</sub>	
HNO <sub>3</sub> 濃度	N																				

図2.1-3 ゲル化プロセス物質収支図【内側燃料】(2/2)



物流番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
物流名称	Pu富化度調整液	Pu富化度調整液	Pu富化度調整液	PVA水溶液	PVA水溶液	THFA	THFA	滴下原液	滴下原液	反応ガス	反応ガス	反応液	反応液	反応排液	反応排液	反応排ガス	反応排ガス	湿潤ゲル球	湿潤ゲル球	洗浄水	洗浄水	洗浄廃液	洗浄廃液	水洗浄済みゲル球	水洗浄済みゲル球	IPA	IPA	洗浄廃液	洗浄廃液	洗浄済みゲル球	洗浄済みゲル球	乾燥排ガス	乾燥排ガス	乾燥ゲル球	乾燥ゲル球		
成分	単位																																				
U(メタル)	kg/d	145.8	102.1	43.7																																	
Pu(メタル)	kg/d	49.1	34.4	14.7				102.1	43.7																												
MA(メタル)	kg/d	2.3	1.6	0.7				34.4	14.7																												
UO <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	kg/d	165.4	115.8	49.6				115.8	49.6																												
ADU	kg/d																																				
UO <sub>2</sub>	kg/d																																				
Pu <sup>4+</sup>	kg/d	49.1	34.4	14.7				34.4	14.7																												
Pu(OH) <sub>4</sub>	kg/d																																				
PuO <sub>2</sub>	kg/d																																				
M <sup>n+</sup>	kg/d	2.3	1.6	0.7				1.6	0.7																												
M(OH) <sub>n</sub>	kg/d																																				
MO <sub>n</sub>	kg/d																																				
FP	kg/d	0.8	0.5	0.2				0.5	0.2																												
PVA	kg/d				19.3	5.0		19.3	5.0																												
THFA	kg/d						448.0	169.2	448.0	169.2																											
NH <sub>3</sub> aq	kg/d											389.3	166.9	252.3	93.4																						
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (内部)	kg/d																																				
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (外部)	kg/d																																				
IPA(l)	kg/d																																				
HNO <sub>3</sub>	kg/d	30.4	21.2	9.1				21.2	9.1																												
NO <sub>x</sub>	kg/d	129.2	90.4	38.8				90.4	38.8																												
H <sub>2</sub> O(l)(内部)	kg/d	547.7	383.4	164.3	174.0	44.7		557.4	209.0																												
H <sub>2</sub> O(l)(外部)	kg/d											1,168.0	500.6	786.2	285.3																						
IPA(g)	Nm <sup>3</sup> /d																																				
H <sub>2</sub> (g)	Nm <sup>3</sup> /d																																				
Ar(g)	Nm <sup>3</sup> /d																																				
CO <sub>2</sub> (g)	Nm <sup>3</sup> /d																																				
O <sub>2</sub> (g)	Nm <sup>3</sup> /d																																				
N <sub>2</sub> (g)	Nm <sup>3</sup> /d																																				
NH <sub>3</sub> (g)	Nm <sup>3</sup> /d																																				
H <sub>2</sub> O(g)	Nm <sup>3</sup> /d																																				
Air	Nm <sup>3</sup> /d																																				
5%H <sub>2</sub> -Ar	Nm <sup>3</sup> /d																																				
合計	kg/d	924.9	647.4	277.5	193.3	49.6	448.0	169.2	1,288.7	496.3			1,557.3	667.4	1,056.9	385.2																					
	Nm <sup>3</sup> /d																																				
液体	l/d	642.4	449.7	192.7	189.4	48.6	426.1	160.9	1,065.2	402.3			1,708.2	732.1	1,159.3	422.5																					
ガス	Nm <sup>3</sup> /d																																				
固体	kg/d																																				
備考			大粒径粒子製造ライン	小粒径粒子製造ライン																																	
U濃度	g/l	227.0	227.0	227.0																																	
Pu濃度	g/l	76.4	76.4	76.4						95.8	108.7																										
HNO <sub>3</sub> 濃度	N	0.75	0.75	0.75						0.3	0.4																										

図2.1-4 ゲル化プロセス物質収支図【外側燃料】(1/2)



大粒子  
×  
小粒子

物流番号	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
物流名称	乾燥ゲル球	乾燥ゲル球	酸化ガス	酸化ガス	焙焼排ガス	焙焼排ガス	焙焼球 (UO <sub>3</sub> /PuO <sub>2</sub> )	焙焼球 (UO <sub>3</sub> /PuO <sub>2</sub> )	還元ガス	還元ガス	還元排ガス	還元排ガス	還元球 (UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )	還元球 (UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )	焼結ガス	焼結ガス	焼結排ガス	焼結排ガス	焼結球 (UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )	焼結球 (UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )
成分	単位	102.1	43.7				102.1	43.7					102.1	43.7					102.1	43.7
U(メタル)	kg/d	102.1	43.7				102.1	43.7					102.1	43.7					102.1	43.7
Pu(メタル)	kg/d	34.4	14.7				34.4	14.7					34.4	14.7					34.4	14.7
MA(メタル)	kg/d	1.6	0.7				1.6	0.7					1.6	0.7					1.6	0.7
UO <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	kg/d												115.8	49.6					115.8	49.6
ADU	kg/d	133.8	57.3																	
UO <sub>3</sub>	kg/d						122.7	52.6												
UO <sub>2</sub>	kg/d																			
Pu <sup>4+</sup>	kg/d																			
Pu(OH) <sub>4</sub>	kg/d	44.1	18.9																	
PuO <sub>2</sub>	kg/d						39.0	16.7					39.0	16.7					39.0	16.7
M <sup>III</sup>	kg/d																			
M(OH) <sub>n</sub>	kg/d	2.1	0.9																	
MO <sub>n</sub>	kg/d						1.8	0.8					1.8	0.8					1.8	0.8
FP	kg/d	0.5	0.2																	
PVA	kg/d	19.3	5.0				0.5	0.2					0.5	0.2					0.5	0.2
THFA	kg/d	448.0	169.2																	
NH <sub>3</sub> aq	kg/d																			
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (内部)	kg/d																			
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (外部)	kg/d																			
IPA(l)	kg/d																			
HNO <sub>3</sub>	kg/d																			
NO <sub>2</sub>	kg/d																			
H <sub>2</sub> O(l)(内部)	kg/d																			
H <sub>2</sub> O(l)(外部)	kg/d																			
IPA(g)	Nm <sup>3</sup> /d																			
H <sub>2</sub> (g)	Nm <sup>3</sup> /d								19.2	8.2	9.6	4.1			19.2	8.2	19.2	8.2		
Ar(g)	Nm <sup>3</sup> /d								365.1	156.5	365.1	156.5			365.1	156.5	365.1	156.5		
CO <sub>2</sub> (g)	Nm <sup>3</sup> /d					511.1	190.6													
O <sub>2</sub> (g)	Nm <sup>3</sup> /d			1,725.0	643.6	1,061.6	395.5													
N <sub>2</sub> (g)	Nm <sup>3</sup> /d			6,489.2	2,421.5	6,489.2	2,421.5													
NH <sub>3</sub> (g)	Nm <sup>3</sup> /d					19.2	8.2													
H <sub>2</sub> O(g)	Nm <sup>3</sup> /d					527.1	197.5				9.6	4.1								
Air	Nm <sup>3</sup> /d			8,214.2	3,065.1															
5%H <sub>2</sub> -Ar	Nm <sup>3</sup> /d								384.3	164.7					384.3	164.7	384.3	164.7		
合計	kg/d	647.9	251.5				164.0	70.3					157.1	67.3					157.1	67.3
	Nm <sup>3</sup> /d			8,214.2	3,065.1	8,608.2	3,213.3		384.3	164.7	384.3	164.7			384.3	164.7	384.3	164.7		
液体	l/d																			
ガス	Nm <sup>3</sup> /d																			
固体	kg/d	647.9	251.5				164.0	70.3					157.1	67.3					157.1	67.3
備考		大粒径粒子製造ライン	小粒径粒子製造ライン	大粒径粒子製造ライン	小粒径粒子製造ライン	大粒径粒子製造ライン	小粒径粒子製造ライン	大粒径粒子製造ライン	小粒径粒子製造ライン	大粒径粒子製造ライン	小粒径粒子製造ライン	大粒径粒子製造ライン	小粒径粒子製造ライン	大粒径粒子製造ライン	小粒径粒子製造ライン	大粒径粒子製造ライン	小粒径粒子製造ライン	大粒径粒子製造ライン	小粒径粒子製造ライン	大粒径粒子製造ライン
U濃度	g/l	ADU	ADU				UO <sub>3</sub>	UO <sub>3</sub>					UO <sub>2</sub>	UO <sub>2</sub>					UO <sub>2</sub>	UO <sub>2</sub>
Pu濃度	g/l	Pu(OH) <sub>4</sub>	Pu(OH) <sub>4</sub>				PuO <sub>2</sub>	PuO <sub>2</sub>					PuO <sub>2</sub>	PuO <sub>2</sub>					PuO <sub>2</sub>	PuO <sub>2</sub>
HNO <sub>3</sub> 濃度	N																			

図2.1-5 ゲル化プロセス物質収支図【外側燃料】(2/2)

## 2.1.2 運転手順の検討

## (1) 通常時の運転手順

通常運転時の運転手順を設備ごとに示す。

## a. 滴下液混合設備

## (a) 目的

本設備では、内側燃料、外側燃料ごとに富化度調整された U/Pu 混合溶液を受け入れ、10wt%PVA 水溶液（ポリビニルアルコール水溶液）及び THFA（テトラヒドロフルフリルアルコール）を混合する。その後、混合した滴下原液を滴下・熟成設備へ払い出す。

## (b) 設備の概要

内側燃料、外側燃料ごとに富化度調整された U/Pu 混合溶液を、それぞれ大粒径用と小粒径用に 7:3 の比率で分け、円環型の滴下液混合槽（計 4 系列）で受け入れる。次に各滴下液混合槽中で、下記の割合になるように 10wt%PVA 水溶液及び THFA を混合し、滴下液を調整する。混合済みの滴下液は、ポンプを用いて滴下・熟成槽へ払い出す。

滴下液を混合する際、濃度の高い PVA 水溶液に THFA を混合すると溶液が分離してしまうため、U/Pu 混合溶液に PVA 水溶液を混合し、その後 THFA を加える手順とする。混合方法はポンプ循環を用いる。

滴下液混合槽は、発熱を抑えるための水冷ジャケットを装備する。

	PVA	THFA
大粒径粒子用	1.5wt%	41wt%
小粒径粒子用	1.0wt%	41wt%

## b. 滴下・熟成設備

## (a) 目的

本設備では、滴下液混合設備より受け入れた滴下原液をアンモニア水の満たされた滴下・熟成槽に滴下し湿潤ゲル球を製造する。製造した湿潤ゲル球は滴下・熟成槽中で熟成を行う。熟成工程では湿潤ゲル球中の硝酸ウラニル(Uranyl Nitrate)及び硝酸プルトリウムがアンモニア水と反応し、重ウラン酸アンモニウム(ADU)及び水酸化プルトリウムとなる。その後、湿潤ゲル球を洗浄設備へ払い出す。

## (b) 設備の概要

滴下・熟成設備では、1バッチ分ずつ受け入れた滴下原液を振動ノズルからアンモニア水中に滴下する。尚、滴下ノズルは大粒径粒子用と小粒径粒子用で異なる径のものを用いる。滴下ノズルの数、及び設定根拠を表 2.1.6 に示す。所定の粒子径のゲル球を製造するため、試験結果に基づき最適なノズル径、最適流量が設定される。また、実機においては配管形状等が試験と異なるため溶液粘度に応じ送液圧力等を調整して製造が実施される。

滴下ノズルから滴下・熟成槽までの空間は、アンモニアガスを流通しアンモニア雰囲気とする。滴下中の原液はアンモニアガスと反応し、液滴の周囲に薄い ADU の殻を形成する。その殻の存在により、液滴がアンモニア水に落下した際の衝撃でゲル球が変形することを防止する。なお、アンモニア水の液量は反応必要量の3倍とする。

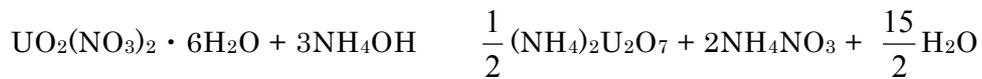
また、滴下中の空間のアンモニア雰囲気ガスと滴下原液との反応量は非常に少ないと考えられていることから、アンモニアガスの流量は滴下原液の反応必要量の1/5とする。

アンモニア水は、オーバーフローによって滴下原液が増加した分のみを排液し、滴下ノズルとアンモニア水の液面との距離を一定に保つようにする。滴下距離が短すぎると液滴周囲の殻の形成が十分に行われず、湿潤ゲル球粒子の形状が球形にならない。逆に滴下距離が長すぎると、液滴と液面との衝突によって液滴周囲の殻が破壊され、湿潤ゲル球粒子の形状が球形にならない。

滴下後の湿潤ゲル球は滴下・熟成槽中で短時間の熟成を行う。熟成後の湿潤ゲル

球 1 バッチ分をアンモニア水ごと、重力落下により全量洗浄設備に払い出す。

滴下・熟成工程での反応は以下のとおりである。



### c. 洗浄設備

#### (a) 目的

本設備では、滴下・熟成槽より受け入れた湿潤ゲル球を水及びイソプロピルアルコール（IPA）を用いて洗浄する。洗浄によって、湿潤ゲル球中に存在及び周囲に付着している反応副生成物（硝酸アンモニウム）とアンモニア水を取り除く。その後、洗浄済みの湿潤ゲル球を乾燥設備へ払い出す。

#### (b) 設備の概要

洗浄設備では、滴下・熟成槽より 1 バッチ分の湿潤ゲル球をアンモニア水ごと受け入れる。その際、反応に伴う副生成物として硝酸アンモニウムとアンモニア水が、湿潤ゲル球中に存在及びその周囲に付着しているため、水を用いて洗浄する。また、アンモニア水がゲル球中に残存していた場合、次の乾燥工程でゲル球粒子にクラックが入る。洗浄は、槽の下部から水を投入し、上部よりオーバーフローで排液する。洗浄終了は洗浄廃液の pH で管理する。滴下原液容積の 5 倍の水で洗浄する。大粒径粒子の洗浄時間は約 6 時間、小粒径粒子の洗浄時間は約 3 時間とする。

水洗浄後、後の乾燥工程を容易にするためにイソプロピルアルコール（IPA）で水を置換する。IPA の純度は 95% 以上とする。置換方法は水の場合と同様で、使用する IPA の容積は洗浄水の半分の量（滴下原液容量の 2.5 倍）とする。置換後は、IPA に浸った状態でポンプにより乾燥設備に払い出す。その後、洗浄槽内部に残留した湿潤ゲル球粒子を槽上部より供給する IPA で洗い流し、乾燥設備に払い出す。乾燥設備に払い出される IPA の総量は湿潤ゲル球粒子を含めてゲル粒子のかさ体積の 1.5 倍とする。

d. 乾燥設備

(a) 目的

本設備では、洗浄装置より受け入れた湿潤ゲル球を減圧下で加熱し、イソプロピルアルコール（IPA）及び湿潤ゲル球中の水分を蒸発させる。その後、乾燥ゲル球を焙焼設備へ払い出す。

(b) 設備の概要

洗浄設備より受け入れた1バッチ分の湿潤ゲル球は、円筒形のロータリーキルンを用いて乾燥させる。ロータリーキルン内は減圧し、加熱しながらIPA及び水を蒸発させる。蒸発させたIPAは凝縮、回収し洗浄工程で再利用する。乾燥は0.04MPa（300mmHg）の減圧下、約60の条件で実施し、乾燥時間は約2時間とする。乾燥後のゲル球はホッパー（乾燥ゲル球貯槽）へ払い出す。

## e. 焙焼設備

## (a) 目的

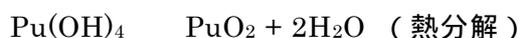
本設備では、乾燥機より受け入れた乾燥ゲル球を空气中で焙焼して、重ウラン酸アンモニウム (ADU) を三酸化ウラン ( $\text{UO}_3$ ) に、水酸化プルトニウム ( $\text{Pu}(\text{OH})_4$ ) を二酸化プルトニウム ( $\text{PuO}_2$ ) に熱分解する。その後、焙焼球 ( $\text{UO}_3/\text{PuO}_2$ ) を還元設備へ払い出す。

## (b) 設備の概要

乾燥設備から受け入れた 1 バッチ分の乾燥ゲル球 ( $\text{ADU}/\text{Pu}(\text{OH})_4$ ) を乾燥ゲル球貯槽に受け入れる。なお、乾燥ゲル球貯槽は円筒型とし、設備の故障停止時等を考慮し、8 バッチ分の容量を持つ。

受け入れた乾燥ゲル球 ( $\text{ADU}/\text{Pu}(\text{OH})_4$ ) は、内壁にらせん状の羽根がついたロータリーキルン型焙焼炉に所定量を連続的に供給する。焙焼炉では空気雰囲気中で焙焼し、ADU を  $\text{UO}_3$  に、 $\text{Pu}(\text{OH})_4$  を  $\text{PuO}_2$  にする。焙焼後の焙焼球 ( $\text{UO}_3/\text{PuO}_2$ ) は焙焼球貯槽 ( $\text{UO}_3/\text{PuO}_2$ ) に払い出す。なお、焙焼温度は 400 とし、焙焼温度での保持時間は 2 時間( 炉内の滞留時間は 3 時間とする )とする。昇温速度は約 13 /min とする。空気は、反応必要量の 2 倍を供給することを基本とする。但し、乾燥ゲル球に含まれる THFA が分解せずに焙焼原料ガス中に存在すると仮定すると、その濃度は THFA の爆発限界(1.5 ~ 9.7vol%)に入る。以上より、焙焼炉に供給する空気量を反応必要量の 2 倍基準より 1.3 倍多くする。

焙焼反応は、以下の通りである。



## f. 還元設備

## (a) 目的

本設備では、焙焼炉より受け入れた焙焼球 ( $\text{UO}_3/\text{PuO}_2$ ) を 5% $\text{H}_2$ -Ar ガス中で還元し、三酸化ウラン ( $\text{UO}_3$ ) を二酸化ウラン ( $\text{UO}_2$ ) に還元する。その後、還元球 ( $\text{UO}_2/\text{PuO}_2$ ) を焼結設備へ払い出す。

## (b) 設備の概要

焙焼炉からの焙焼球 ( $\text{UO}_3/\text{PuO}_2$ ) を焙焼球貯槽 ( $\text{UO}_3/\text{PuO}_2$ ) に受け入れる。なお、焙焼球貯槽 ( $\text{UO}_3/\text{PuO}_2$ ) は、円筒型で 8 バッチ分の容量を持つ。

受け入れた焙焼球 ( $\text{UO}_3/\text{PuO}_2$ ) は、内壁にらせん状の羽根がついたロータリーキルン型還元炉に所定量を連続的に供給する。還元炉では 5% $\text{H}_2$ -Ar 雰囲気中で還元し、 $\text{UO}_3$  を  $\text{UO}_2$  にする。還元後の還元球 ( $\text{UO}_2/\text{PuO}_2$ ) は不活性ガスによる雰囲気管理された還元球貯槽 ( $\text{UO}_2/\text{PuO}_2$ ) に払い出す。なお、還元温度は 600 とし、還元温度での保持時間は 2 時間 (炉内の滞留時間は 3 時間とする) とする。昇温速度は約 20 /min とする。5% $\text{H}_2$ -Ar は、反応必要量の 2 倍を供給する。

還元反応は、以下の通りである。



g. 焼結設備

(a) 目的

本設備では、還元設備より受け入れた還元球 ( $\text{UO}_2/\text{PuO}_2$ ) を  $5\%\text{H}_2\text{-Ar}$  ガス中で焼結し、中間貯蔵庫へ払い出す。

(b) 設備の概要

還元設備からの還元球 ( $\text{UO}_2/\text{PuO}_2$ ) を還元球貯槽 ( $\text{UO}_2/\text{PuO}_2$ ) に受け入れる。なお、還元球貯槽 ( $\text{UO}_2/\text{PuO}_2$ ) は、円筒型で一日分の容量を持つ。受け入れた還元球 ( $\text{UO}_2/\text{PuO}_2$ ) は、 $350\text{mm}^{\text{W}} \times 350\text{mm}^{\text{D}} \times 30\text{mm}^{\text{H}}$  のトレーに平均  $10\text{mm}$  以下の高さに敷き詰め、ウォーキングビーム方式の焼結炉に連続的に供給する。焼結炉は、予熱部、焼結部、冷却部からなりそれぞれ予熱 2 時間、焼結 5 時間、冷却 5 時間とする。なお、焼結温度は  $1700$  とし、炉内の雰囲気は、 $5\%\text{H}_2\text{-Ar}$  雰囲気とする。

焼結炉の長さについては、焼結炉が連続式であり、焼結部の温度が  $1700$  と高温であることから、冷却部の長さが短いと焼結炉の出口で再酸化を防止できる温度の  $80$  以下にならない可能性がある。そこで、既存のウラン燃料 (ペレット) の焼結炉の長さを参考に焼結炉の長さを設定した。但し、冷却を強化する方式等の採用によれば炉の長さを縮小できる可能性はある。焼結後の焼結球 ( $\text{UO}_2/\text{PuO}_2$ ) は、トレーからホッパーに気流輸送し、中間貯蔵容器に充填する。

## h..中間貯蔵庫

### (a) 目的

本設備では、焼結設備より受け入れた焼結球( $UO_2/PuO_2$ )を貯蔵容器中で貯蔵し、官庁検査を受けた後、充填工程へ払い出す。なお、官庁検査は1週間ごととし、中間貯蔵庫は2週間分の容量を持つ。

### (b) 設備の概要

臨界安全の観点および移載機器等を考慮した最大貯蔵庫幅から、中間貯蔵庫における各粒子燃料の配置は、以下の通りとした。

- ・内側大粒径：10本×27本(4400mm×11200mm)
- ・内側小粒径：10本×12本(4400mm×5200mm)
- ・外側大粒径：10本×21本(4400mm×8800mm)
- ・外側小粒径：10本×10本(4400mm×4400mm)

焼結後の粒子燃料：焼結球( $UO_2/PuO_2$ )を中間貯蔵容器(内寸50mm×1200mm<sup>H</sup>：充填高さ1000mm)に充填した後、無人移載機(AGV)により、工程セルから貯蔵セルへ移載する。なお、中間貯蔵容器に充填する際に、各トレーから必要量をサンプリングし、官庁検査等を行うために、分析設備に移載することとなる。

AGVにより貯蔵セルに移載された容器は、セル内の貯蔵容器移載ローダにより、自然対流が可能な隙間を有した貯蔵ラックに移載され貯蔵される。官庁検査済みの燃料の搬出は、搬入時と同様にAGVにより行う。

なお運転手順の説明で使用した数値の根拠を表2.1.7にまとめた。

(2) 異常時の運転手順

各機器の故障時の運転手順を以下に示す。基本的に故障の検知とその対処動作（インターロック）は計装機器を介して自動的に実施される。

a. 滴下液混合槽

稼動部はポンプ、バルブである。給液は各種計装機器により制御された状況下で実施される。稼動部の故障時は、混合の操作の継続が不可能となり、全ての運転操作（崩壊熱除去用の運転を除く）を停止し、故障箇所の復旧を実施する。

b. 滴下・熟成槽

(a) 滴下液の供給機構が故障の場合

全体の供給に関連する場合は運転を停止し、故障箇所の復旧を実施する。ノズルの供給系統は細分化されるので（複数個のノズルを単位数ごとにまとめる）、そのうち1つが故障した場合は不良の供給系統を停止し（バルブを閉める）、他の供給系列で運転を継続する。

(b) ゲル球が球として生成しない場合

滴下液供給部で液滴が球状とならずにアンモニア水中に落下する等の原因により湿潤ゲル球が生成しない場合は、ITVにより遠隔操作中の運転員に検知される。この場合、球状とならない原因が明確で振動機の微調整等で即時の対応が可能な場合は給液継続のまま又は一旦給液を止めて運転を再開する。上記の場合以外は滴下液の供給を止める。(a)と同様に他のノズル供給系列で運転を継続し、1バッチ処理の後、故障箇所の復旧を実施する。

同一系列内（例：外側炉心燃料の大粒子処理系列）に複数個存在する他の滴下・熟成槽については、故障の原因が全体機器に及ぶ場合を除き稼動を継続する。

なお、球状とならずに槽中に存在するゲル状の反応生成物については、球状の湿潤ゲル球と同様の操作で槽から抜き出し、以降の反応操作を継続する。これは反応生成物が堅固でないことによるためと、球状とならないことがITVにより早期に検知されるため物量が小さいことによる。焼結操作後の検査工程にて規格外品として回収される。

c. 洗淨装置

稼働部はポンプ、バルブである。給液は各種計装機器により制御された状況下で実施される。稼働部の故障時は、洗淨の操作の継続が不可能となり、全ての運転操作（崩壊熱除去用の運転を除く）を停止し、故障箇所の復旧を実施する。同一系列内（例：外側炉心燃料の大粒子処理系列）に複数個存在する他の洗淨装置については、故障の原因が全体機器に及ぶ場合を除き稼働を継続する。

d. 乾燥機

ヒータの故障、回転モータの故障、供給配管の故障、真空系等の故障がありいずれも乾燥運転が継続できないため、運転操作を停止し、故障箇所の復旧を実施する。同一系列内（例：外側炉心燃料の大粒子処理系列）に複数個存在する他の乾燥装置については、故障の原因が全体機器に及ぶ場合を除き稼働を継続する。

e. 焙焼炉

ヒータの故障、回転モータの故障、供給配管の故障、雰囲気ガス（空気）供給系等の故障が考えられる。いずれも焙焼炉の運転が継続できないため、運転操作を停止し、故障箇所の復旧を実施する。

回転系、抜き出し配管が健全である場合は、装置内の固体の全量抜き出しを行う。

固体が配管等で閉塞した場合には圧縮空気による解除作業等が実施される。この措置で解除できない場合については当該箇所の分解による保守作業を実施する。

f. 還元炉

焙焼炉と同様の措置となる。

g. 焼結炉

ヒータの故障、トレー稼働部の故障、雰囲気ガス供給系統の故障等が考えられる。いずれも焼結炉の運転が継続できないため、運転操作を停止し、故障箇所の復旧を実施する。

## h. 中間貯蔵庫

異常時については、AGV の故障のみが考えられ、この場合は AGV の運転操作を停止し、故障箇所の復旧を実施する。

## i. その他

溶液取扱系の装置における装置からの溶液の溢れ出しについては、遠隔操作の一環としてインターロック機構が各種操作に備わり、且つ、仮に溢れ出しても臨界形状の廃液回収槽に導かれるため問題はない。

表 2.1.6 滴下・熟成槽のノズル数

	滴下 ノズル数	滴下速度*3	計算式
内側大粒径	16	1/25 L/min.	(ノズル数) = (処理対象物量*1) / (滴下速度) × (滴下時間、120 分*2)  ただし、滴下ノズルを 4 ブロックに分けて管理するため、ノズル数を 4 の倍数とした。
内側小粒径	88	1/300 L /min.	
外側大粒径	12	1/25 L /min.	
外側小粒径	80	1/300 L /min.	

\*1：1 基の滴下・熟成槽における、1 バッチあたりの処理量

\*2：1 バッチ（3 時間）中の滴下時間

\*3：実験値

表 2.1.7 運転手順の説明で使用した数値の根拠

	対象	値	根拠
a. 滴下液混合設備	PVA 及び TFHA の添加量	大粒径粒子 1.5wt% / 41wt%	*1
		小粒径粒子 1.0wt% / 41wt%	*2
b. 滴下・熟成設備	滴下・熟成槽中のアンモニア水の液量	反応必要量の 3 倍	実験データ*4
	滴下空間中のアンモニア雰囲気ガスの容量	滴下液が全て反応するために必要量の 1/5	実験データ*4
	滴下・熟成で生成する湿潤ゲル球のかさ密度	1.0 g/cm <sup>3</sup>	実験データ*4
c. 洗浄設備	洗浄に必要な水の量	滴下原液容積の 5 倍の水	実験データ*4
	乾燥設備に払い出される IPA の量	湿潤ゲル球粒子を含めたゲル粒子のかさ体積の 1.5 倍	実験データ*4
	洗浄時間	大粒径粒子 6 時間	*1
		小粒径粒子 3 時間	*2
d. 乾燥設備	乾燥圧力	0.04MPa(300mmHg)	実験データ*4
	乾燥温度	60	実験データ*4
	IPA 純度	95%以上	実験データ*4
e. 焙焼設備	焙焼温度	400	*1
	焙焼温度での保持時間	2 時間	*1
	供給する空気	反応必要量の 2 倍	実験データ*4
	THFA の爆発限界	1.5 ~ 9.7vol%	*3
f. 還元設備	還元温度	600	*1
	還元温度での保持時間	2 時間	*1
	供給する 5%H <sub>2</sub> -Ar	反応必要量の 2 倍	実験データ*4
g. 焼結設備	焼結温度	1700	*1
	焼結温度での保持時間	5 時間	*1
	供給する 5%H <sub>2</sub> -Ar	焼結設備と等量	実験データ*4

\*1 大粒径ノズルの設計・製作のための試作試験 (2001 年 10 月)

\*2 JNC TJ8400 2001-040

\*3 国際化学物質安全性カード

\*4 実験データに基づく設定値

上記の運転手順及び工程セル内での主なマテリアルハンドリング方法を表 2.1-8、マテリアルハンドリング機器数を表 2.1-9 に示す。

表 2.1-8 マテリアルハンドリング方法一覧

機器名称	マテハン方法	補足説明
滴下混合槽		
滴下液供給槽	ポンプによる送液	工程セル 内配管での送液
滴下熟成槽	ポンプによる送液	工程セル 内配管での送液
洗浄装置	ポンプによる送液	工程セル 内配管での送液
乾燥装置	ポンプによる送液	工程セル 内配管での送液
乾燥ゲル球貯槽	ポンプによる送液	工程セル 内配管での送液
焙焼炉	AGV 移載 移載ローダ クレーン吊上げ 移載ローダ	工程セル 工程セル の貯槽移載 AGV 貯槽置場 1F 貯槽置場 1F 貯槽置場 3F 貯槽置場 3F 焙焼炉
	重力移送	工程セル 内配管での重力落下
焙焼球貯槽	重力移送	工程セル 内配管での重力落下
還元炉	重力移送	工程セル 内配管での重力落下
還元球貯槽	重力移送	工程セル 内配管での重力落下
焼結炉	重力移送	工程セル 内配管での重力落下
貯蔵容器	気流移送	工程セル 内配管での気流移送
中間貯蔵庫	AGV 移載ローダ	工程セル 貯蔵庫セルへの移載 AGV 貯蔵

表 2.1-9 マテリアルハンドリング機器数一覧

機器名称	内 大	内 小	外 大	外 小	合 計	備考
乾燥ゲル球貯槽移載 AGV	2	1	2	1	6	
乾燥ゲル球貯槽移載ローダ	2	2	2	2	8	
乾燥ゲル球貯槽吊上クレーン	1	1	1	1	4	
貯蔵容器移載 AGV	1	1	1	1	4	搬入用 AGV のみの数量
貯蔵容器移載ローダ	1	1	1	1	4	

### (3) タイムチャート

#### a. 主工程反応操作のタイムチャート

各工程設備の運転手順、1 バッチ当たりの運転時間等を考慮して、表 2.4-3 のマテリアルハンドリング方法をタイムチャート化した。図 2.1-6 には大粒経粒子燃料製造のタイムチャートを、図 2.1-7 には小粒経粒子燃料製造のタイムチャートを示した。縦軸は製造ラインの装置・機器類を上流側から、横軸には各装置・機器類の処理の滞留時間を示し、物流の移送状況をわかりやすく示した。工程セル内の滴下液混合槽から乾燥装置迄がバッチ処理で、工程セル 焙焼炉以降は連続処理となる。

#### (a) 大粒子の場合のタイムチャート

洗浄装置での洗浄時間が 6 時間 (2 バッチ) で、上流側の滴下・熟成槽が 3 時間 (1 バッチ) で湿潤ゲル球を払い出すことから、熟成槽 1 機について 2 系列の洗浄装置が必要となる。図 2.1-6 で滴下・熟成槽 3 系列を例に考えると、滴下・熟成槽の後工程には各々洗浄装置 2 機が並列に接続されており、6 時間おきに洗浄装置の 1 / 2 の容量の湿潤ゲル球が各乾燥機に供給され、1 バッチ分が並列に処理される。2 機の乾燥装置はこの洗浄装置両方に接続されていて、1 バッチ分を 3 時間で処理する。滴下・熟成槽から乾燥装置までの時間は約 9 時間である。乾燥装置は 4 バッチ (12 時間) で乾燥ゲル貯槽に乾燥ゲル球を払い出す。その後乾燥ゲル球貯槽での移送を経て、連続工程に入る。

#### (b) 小粒子の場合のタイムチャート

小粒子の場合は洗浄時間が 3 時間 (1 バッチ) であることから、滴下・熟成槽 1 機について、洗浄装置、乾燥装置への流れは 1 系列で十分対応できる。滴下・熟成槽から乾燥装置の払い出しまでの移送は直列に進む。その後、乾燥ゲル球貯槽での移送を経て、連続工程に入る。

図2.1-6 ゲル化大粒経粒子燃料製造のタイムチャート

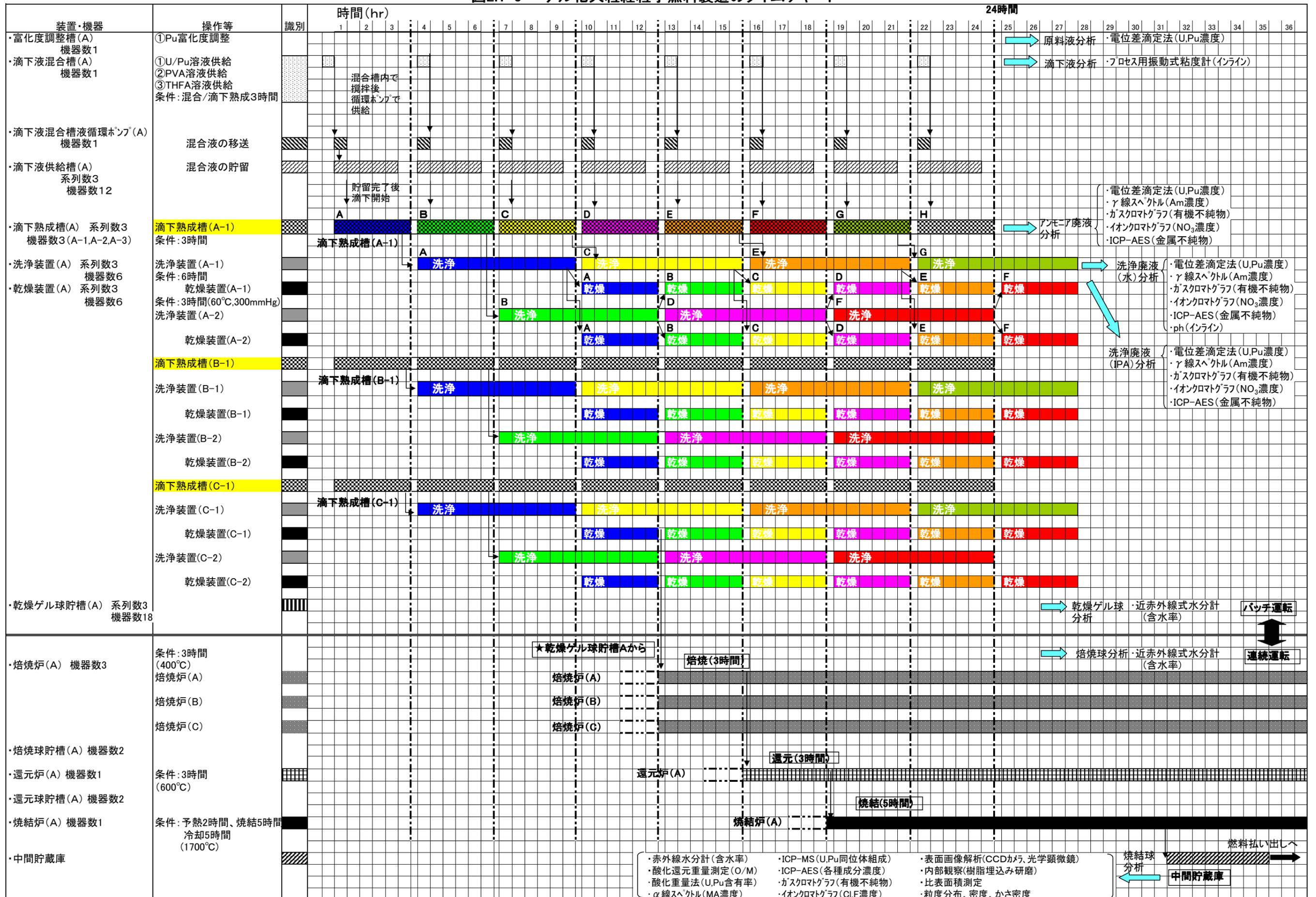
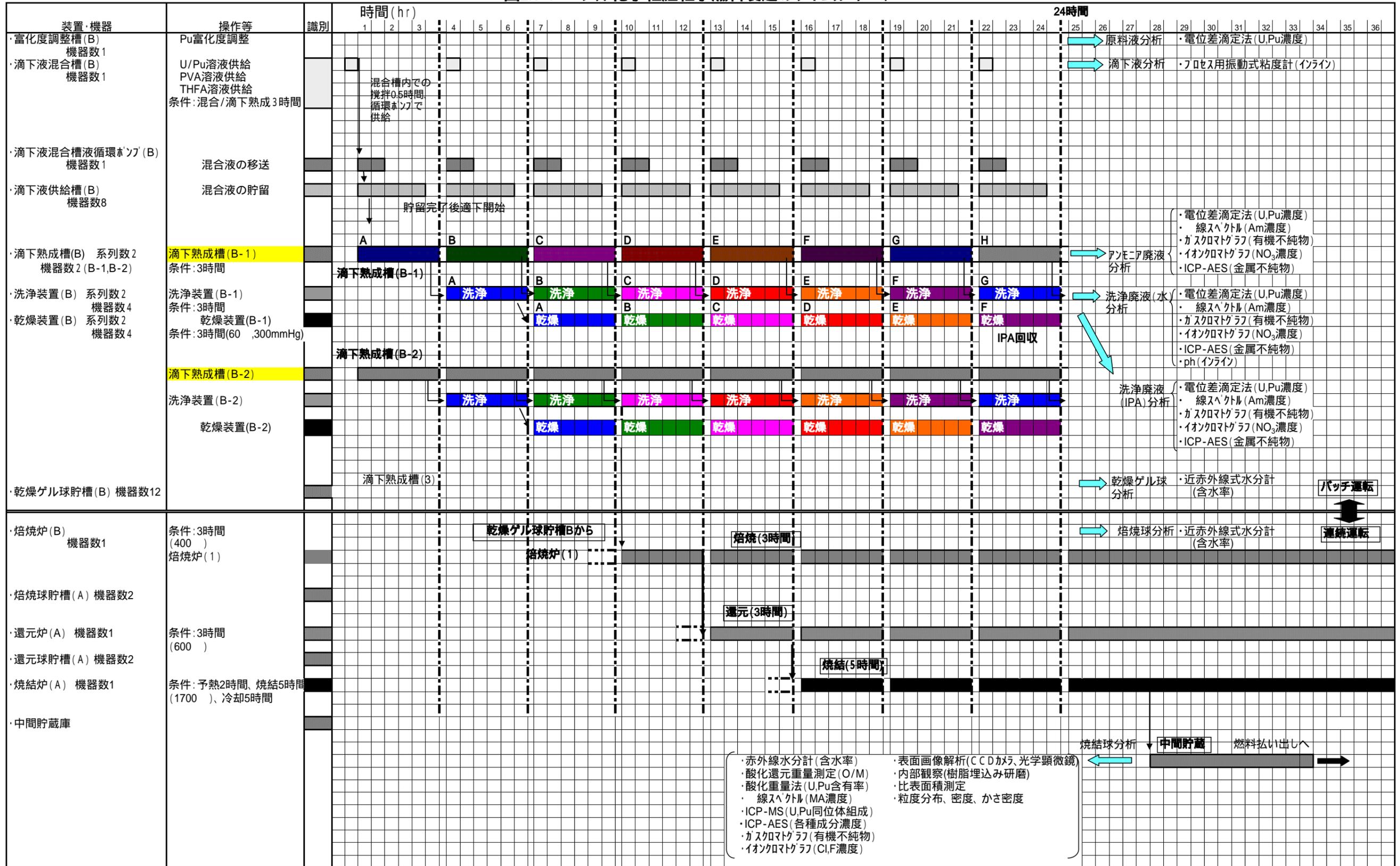


図2.1-7 ゲル化小粒経粒子燃料製造のタイムチャート



b. 乾燥ゲル球貯槽のマテリアルハンドリングのタイムチャート

本年度、乾燥ゲル球貯槽のマテリアルハンドリングを検討した結果、余裕がある移載方法のために、大粒子の場合は 1 系列について乾燥ゲル球貯槽 18 機（昨年度は 12 機）が必要であることがわかった。また小粒子については昨年度検討した 1 系列について乾燥ゲル球貯槽 6 機で十分である。内側大粒子を製造する系列を代表として、時系列順にマテリアルハンドリングを検討した。

なお、移動に関わる前提条件としては移動のフローや概算時間、移動に用いる機器である AGV 台数、乾燥器と乾燥ゲル球貯蔵の容量などが関係してくる。主な移動手段は AGV、移送ローダ、クレーンであり、以下のような工程で使用する。

(a) 乾燥ゲル球貯槽に関わるマテリアルハンドリング工程

工程セル間の乾燥ゲル球貯槽移載（AGV）

AGV 乾燥ゲル球貯槽置場 1F（移載ローダ）

乾燥ゲル球貯槽置場 1F 乾燥ゲル球貯槽置場 3F（クレーン）

乾燥ゲル球貯槽置場 3F 焙焼炉（移載ローダ）

これらの移動と作業にかかる概算時間とのマテリアルハンドリング内容を以下の表 2.1.10～表 2.1-13 に示す。

表 2.1-10 乾燥ゲル球貯槽の 1F セル間往復移動のフローと概算時間

装置	作業内容	場所	移動距離 (cm)	速さ (cm/sec)	時間(分)
乾燥装置 AGV	(1)乾燥ゲル球貯槽と配管の分離	1F 乾燥装置	—	—	20min
AGV	(2)乾燥ゲル球貯槽(充填済み)受取	1F 乾燥装置	—	—	3min
AGV	(3)乾燥ゲル球貯槽貯蔵場所へ移動	1F 工程セル	約 2000	20~30	6min
AGV 移載ローダ	(4)乾燥ゲル球貯槽(充填済み)受渡し	1F 貯蔵場所	—	—	3min
移載ローダ AGV	(5)乾燥ゲル球貯槽(空容器)受取	1F 貯蔵場所	—	—	3min
AGV	(6)乾燥装置へ移動	1F 工程セル	約 2000	20~30	6min
AGV	(7)乾燥ゲル球貯槽(空容器)受渡し	1F 乾燥装置	—	—	3min
AGV 乾燥装置	(8)乾燥ゲル球貯槽の配管取り付け	1F 乾燥装置	—	—	20min

【注 1】AGV、移載ローダ、クレーン速度はすべて 30cm/sec とする。約 1.5~2min で 1セル分を移動可能とした。

【注 2】AGV が乾燥装置に戻ってくるまでの時間は約 25 分である。

【注 3】但し(3)(6)の工程セル間の移動時間について補足を以下のように見積もっている。

工程セル 扉へ移動：2min →工程セル 扉開：2min →工程セル 貯蔵場所へ移動：2min 合計 6min

表 2.1-11 乾燥ゲル球貯槽の 1F～3F の往復移動のフローと概算時間

装置	作業内容	場所	移動距離 (cm)	速さ (cm/sec)	時間(分)
貯蔵場所 クレーン	(1)乾燥ゲル球貯槽の吊具取り付け	1F 貯蔵場所	—	—	3min
クレーン	(2)乾燥ゲル球貯槽 1F～3F 移動	1F～3F	約 2350	20～30	3min
クレーン	(3)吊具取り外しと中間貯蔵場所設置	3F 工程セル	—	—	3min
クレーン	(4)空容器 受取 吊具取り付け	3F 工程セル	—	—	3min
クレーン	(5)乾燥ゲル球貯槽 1F～3F 移動	1F～3F	約 2350	20～30	3min
クレーン 貯蔵場所	(6)乾燥ゲル球貯槽の吊具取り付け	1F 貯蔵場所	—	—	3min

表 2.1-12 乾燥ゲル球貯槽の 3F の往復移動のフローと概算時間

装置	作業内容	場所	移動距離 (cm)	速さ (cm/sec)	時間(分)
移載ローダ	(1)乾燥ゲル球貯槽 3F 移動	3F 工程セル	約 2000	20～30	2min
移載ローダ 焙焼炉	(2)乾燥ゲル球貯槽の配管取り付け	3F 焙焼炉	—	—	20min
焙焼炉 移載ローダ	(3)乾燥ゲル球貯槽の配管取り外し	3F 焙焼炉	—	—	20min
移載ローダ	(4)乾燥ゲル球貯槽 3F 移動	3F 工程セル	約 2000	20～30	2min

大粒子マテリアルハンドリングのタイムチャートでは乾燥ゲル球貯槽の容量は乾燥装置 1 バッチ ( 3 時間 ) 乾燥容量分の 4 バッチ分としたので、乾燥装置が 12 時間分で乾燥ゲル球貯槽が満杯になる。乾燥ゲル球貯槽が滞留なく移載された場合、1F 貯蔵場所までが約 12 分、さらにこれをクレーンで 3F に上げ、焙焼炉に取り付けるまでが約 15 分と片道移動に約 30 分を要すると考えられる ( 但し乾燥装置における乾燥ゲル球貯槽のフランジの取付け、取り外しと周辺作業には約 20 分かかることとした )。AGV 2 台は余裕を見て 2 台を想定し、充填された乾燥ゲル球貯槽はすぐに 1F 貯蔵場所に移送することとした。1F,3F 貯蔵場所では充填容器と空容器の授受がある。3F 貯蔵場所の充填容器は移載ローダーで焙焼炉に運搬される。一方空になった乾燥ゲル球貯槽は 1F 貯蔵場所を経て乾燥装置に戻される。

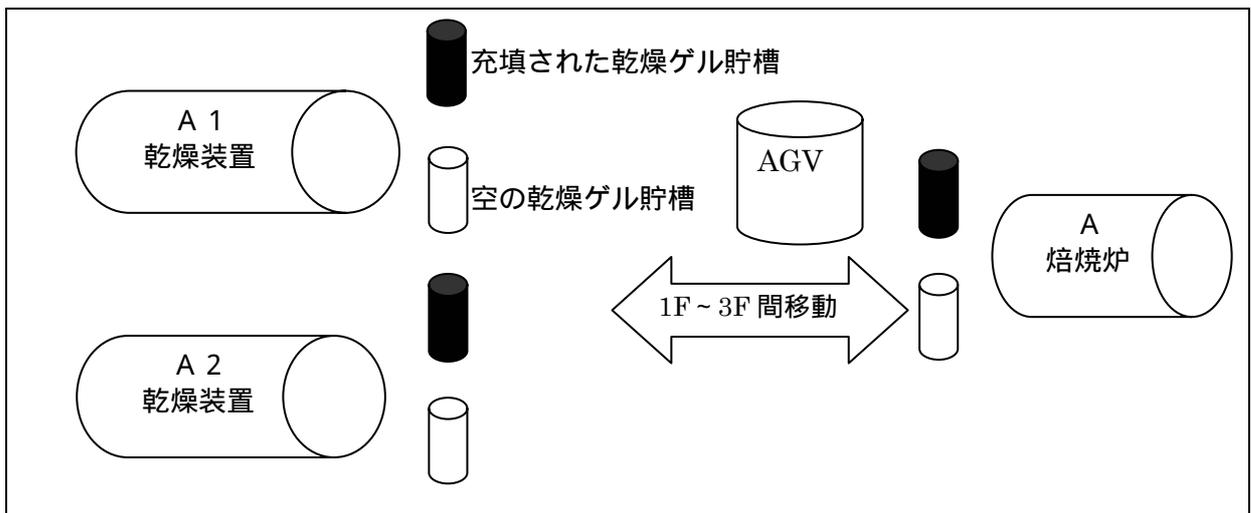


図 2.1-8 タイムチャート初期設定状態の乾燥ゲル貯槽 (内側大粒子)

(b)大粒子について時系列を追ってのマテリアルハンドリング

大粒子の場合、内側炉心燃料大粒子の 1 系列を例にして検討する。昨年度の検討で乾燥ゲル球貯槽の必要数を 12 機と見積もっていたが、受入れ側の焙焼炉には必ず充填された乾燥ゲル球貯槽が最低 1 機は接続されていること、及び供給側の乾燥装置には必ず空の乾燥ゲル球貯槽容器が最低 1 機は接続されていることが必要と考え、スタート時における初期状態を図 2.1-8 のように、1 系列について考えた場合、供給側の乾燥装置 ( A-1,A-2 ) 各々に充填された乾燥ゲル球貯槽 1 機、空の乾燥ゲル球貯槽 1 機の合計 2 機が接続され、受け入れ側の焙焼炉 ( A ) 1 機に充填された乾燥ゲ

乾燥ゲル球貯槽 1 機、空の乾燥ゲル球貯槽 1 機の合計 2 機が接続されているものと仮定する。乾燥ゲル球貯槽マテリアルハンドリングの概観図を図 2.1-9 に、タイムチャートを図 2.1-10 に示す。タイムチャート解析では初期状態を基準として約 20 分おきの乾燥ゲル球貯槽の稼働状況を、8 バッチ処理分 (24 時間) 表している。充填された乾燥ゲル球貯槽は右側へ移動し、空の乾燥ゲル球貯槽は左に移動するものとした。

乾燥ゲル球貯槽は 4 バッチ処理 (12 時間) で満杯となり、乾燥装置から払い出される。同時に接続された空容器 (斜線) への充填が開始される。充填容器はフランジ取り外しに 20 分かかりその後、1F での AGV による移載、1 F 貯蔵場所での貯蔵、クレーンによる吊り上げ、3F 貯蔵場所での貯蔵を経て焙焼炉に取り付けられる。焙焼炉では充填された乾燥ゲル球貯槽 1 機が空になるまで 6 時間滞留する。従って、図 2.1-10 では充填された乾燥ゲル球貯槽が焙焼炉に接続された状態では 1 時間分の供給量を 1 目盛り分とし 6 目盛りで表した。図 2.1-10 では時系列に従って充填を表す目盛りが漸減していく様子を示している。焙焼炉に接続された乾燥ゲル球貯槽が空になると空の乾燥ゲル球貯槽は 1 F の乾燥装置に戻す必要がある。クレーンは 1 台なので 1 F から上がってくる乾燥ゲル球貯槽があるときは貯蔵場所で待機することとした。

図 2.1-10 の乾燥ゲル球貯槽タイムチャートの解析によって以下の知見が得られた。

- ・ 乾燥ゲル球貯槽は 4 バッチ処理 (12 時間) サイクルで初期状態と同じになる。
- ・ 予測したとおり、乾燥ゲル球の受け入れと払い出しに過不足のない乾燥ゲル球貯槽は最も処理量が大きい内側大粒子燃料の場合、18 機である。
- ・ 貯蔵場所と乾燥装置の間の移載用 AGV は作業効率を考慮すると 2 機必要である。

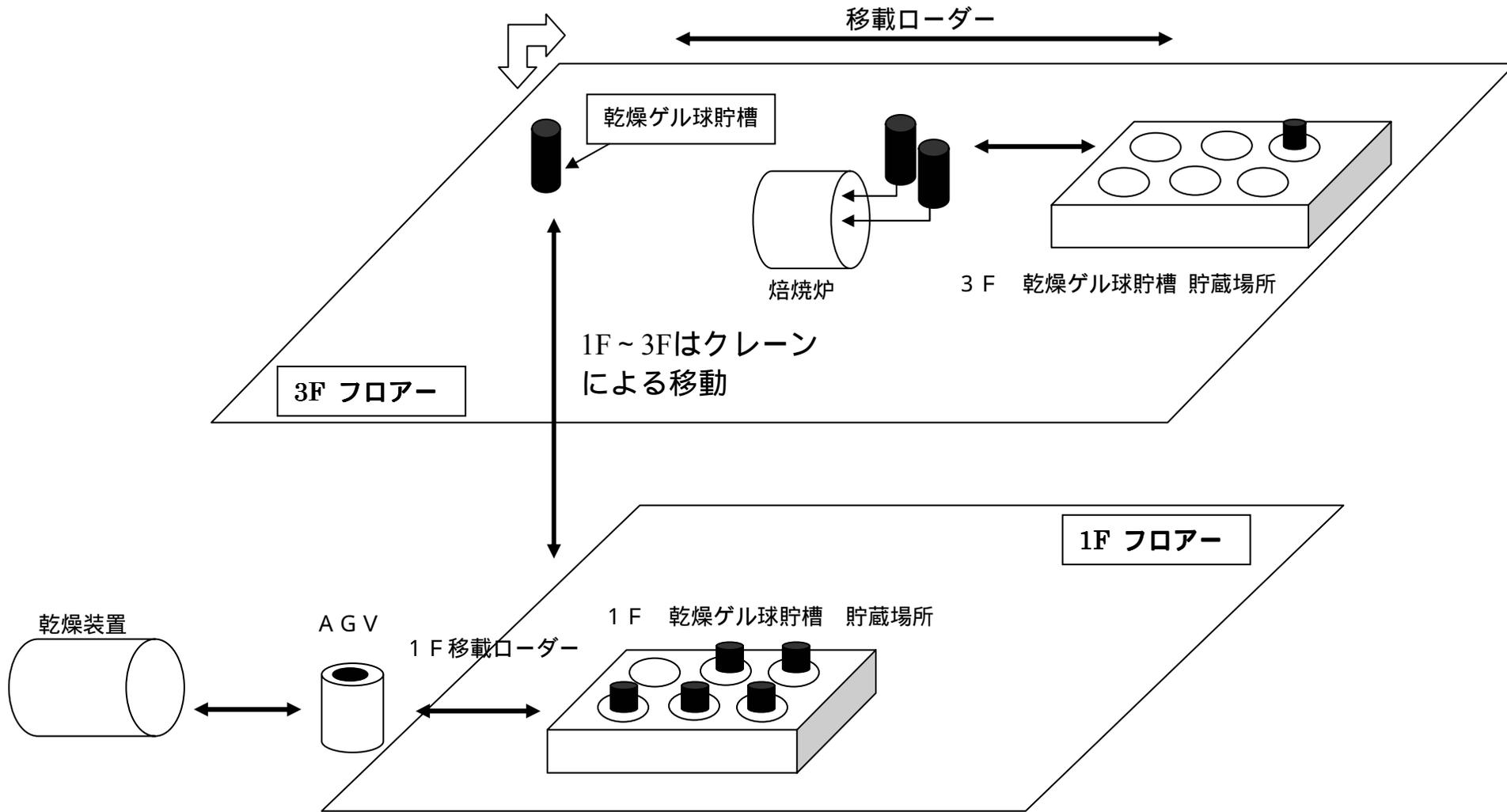


図 2.1-9 乾燥ゲル球貯槽マテリアルハンドリングの概略図

表2.1-10 乾燥ゲル球貯槽のマテリアルハンドリング時タイムチャート（内側大粒子）

時間		0min										No1		
乾燥装置		乾燥機	1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容	
		0	20min 20min	9min	9min	3min 3min	15min 15min	20min 20min	360min					
A-1	(1)			★1:AGV			▲1:CRANE		6hr分				A	初期設定 内側大粒子 乾燥ゲル球貯槽18機 ★AGV2機 ▲CRANE1機
A-1	(2)													
A-2	(3)												A	
A-2	(4)													
B-1	(5)			★2:AGV									B	
B-1	(6)													
B-2	(7)												B	
B-2	(8)													
C-1	(9)												C	
C-1	(10)													
C-2	(11)												C	
C-2	(12)													

時間		20min										No2		
乾燥装置		乾燥機	1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容	
			20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360					
A-1	待機中								6hr分				A	1 乾燥ゲル球貯槽のフランジを外す
A-1	(2)													
A-2	(3)												A	2 空の容器のフランジを外す
A-2	(4)													
B-1	(5)			★2									B	
B-1	(6)													
B-2	(7)												B	
B-2	(8)													
C-1	(9)												C	
C-1	(10)													
C-2	(11)												C	
C-2	(12)													

時間		35min										No3		
乾燥装置		乾燥機	1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容	
			20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360					
A-1	待機中								6hr分				A	AGV★1.2で乾燥ゲル球貯槽の1F移動貯蔵場所に貯蔵する
A-1	(2)													
A-2	(3)												A	空の容器を貯蔵場所に貯蔵する
A-2	(4)													
B-1	(5)			★2									B	
B-1	(6)													
B-2	(7)												B	
B-2	(8)													
C-1	(9)												C	
C-1	(10)													
C-2	(11)												C	
C-2	(12)													

時間		55min										No4		
乾燥装置		乾燥機	1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容	
			20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360					
A-1	待機中								6hr分				A	
A-1	(2)													
A-2	(3)												A	AGV★1.2で乾燥ゲル球貯槽の1F移動貯蔵場所に貯蔵する
A-2	(4)													
B-1	(5)												B	
B-1	(6)													
B-2	(7)												B	空の容器を貯蔵場所に貯蔵する
B-2	(8)													
C-1	(9)			★2									C	
C-1	(10)													
C-2	(11)												C	
C-2	(12)													

表2.1-10 乾燥ゲル球貯槽のマテリアルハンドリング時タイムチャート（内側大粒子）

(2/9)

時間		75min											No5	
乾燥装置		1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容		
	待機中	20	9	9	3	15	20	360						
A-1	②							6hr分 ① ⑬				A	AGV★12で乾燥ゲル球貯槽の1F移動貯蔵場所に貯蔵する	
A-2	③ ④				③							A		
B-1	⑥				⑤							B	乾燥ゲル球貯槽を3Fに上げる	
B-2	⑦ ⑧				⑦ ⑧							B	空の容器を貯蔵場所に貯蔵する	
C-1	⑩				⑨							C		
C-2	⑪				⑩							C		

時間		95min											No6	
乾燥装置		1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容		
	待機中	20	9	9	3	15	20	360						
A-1	②							6hr分 ① ⑬				A	AGV★12で乾燥ゲル球貯槽の1F移動貯蔵場所に貯蔵する	
A-2	③ ④				③							A		
B-1	⑥						⑤					B		
B-2	⑦ ⑧				⑦							B		
C-1	⑩				⑨							C		
C-2	⑪				⑩							C	空の容器を貯蔵場所に貯蔵する	

時間		105min											No7	
乾燥装置		1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容		
	待機中	20	9	9	3	15	20	360						
A-1	②							6hr分 ① ⑬				A	AGV★12で乾燥ゲル球貯槽の1F移動貯蔵場所に貯蔵する	
A-2	③ ④				③							A		
B-1	⑥						⑤					B		
B-2	⑦ ⑧				⑦							B	乾燥ゲル球貯槽を3Fに上げる	
C-1	⑩				⑨							C		
C-2	⑪				⑩							C	空の容器を貯蔵場所に貯蔵する	

時間		125min											No8	
乾燥装置		1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容		
	待機中	20	9	9	3	15	20	360						
A-1	②							6hr分 ① ⑬				A	AGV★12で乾燥ゲル球貯槽の1F移動貯蔵場所に貯蔵する	
A-2	③ ④				③							A		
B-1	⑥						⑤					B		
B-2	⑦ ⑧				⑦							B	乾燥ゲル球貯槽を3Fに上げる	
C-1	⑩						⑨					C		
C-2	⑪				⑩							C	空の容器を貯蔵場所に貯蔵する	

表2.1-10 乾燥ゲル球貯槽のマテリアルハンドリング時タイムチャート（内側大粒子）

時間	145min											No9
乾燥装置		1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容
	待機中	20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360				
A-1	②							6hr分 ① ⑬				A AGV★12で乾燥ゲル球貯槽の1F移動貯蔵場所に貯蔵する
A-2	③ ④					▲1	③					A 乾燥ゲル球貯槽を3Fに上げる
B-1	⑥							⑤ ⑮				B
B-2	⑤ ⑧		★1									B
C-1	⑩							⑨ ⑰				C
C-2	⑩ ⑫		★2		⑩							C 空の容器を貯蔵場所に貯蔵する

時間	165min											No10
乾燥装置		1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容
	待機中	20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360				
A-1	②							6hr分 ① ⑬				A AGV★12で乾燥ゲル球貯槽の1F移動貯蔵場所に貯蔵する
A-2	③ ④							③				A
B-1	⑥							⑤ ⑮				B
B-2	⑤ ⑧		★1			▲1	⑦					B 乾燥ゲル球貯槽を3Fに上げる
C-1	⑩							⑨ ⑰				C
C-2	⑩ ⑫		★2		⑩							C

時間	185min											No11
乾燥装置		1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容
	待機中	20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360				
A-1	②							6hr分 ① ⑬				A
A-2	③ ④							③				A
B-1	⑥							⑤ ⑮				B
B-2	⑤ ⑧		★1					⑦				B
C-1	⑩							⑨ ⑰				C
C-2	⑩ ⑫		★2			▲1	⑩					C 乾燥ゲル球貯槽を3Fに上げる

時間	205min											No12
乾燥装置		1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容
	待機中	20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360				
A-1	②							6hr分 ① ⑬				A
A-2	③ ④							③				A
B-1	⑥							⑤ ⑮				B
B-2	⑤ ⑧		★1					⑦				B
C-1	⑩							⑨ ⑰				C
C-2	⑩ ⑫		★2			▲1	⑩					C

表2.1-10 乾燥ゲル球貯槽のマテリアルハンドリング時タイムチャート（内側大粒子）

(4/9)

時間		325min								No13			
乾燥装置		1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容	
	待機中	20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360					
A-1								6hr分 ①				A	
	②		★1					③				A	
A-2								④				A	
	⑤							⑥				A	
B-1								⑦				B	
	⑧		★2					⑨				B	
B-2								⑩				B	
	⑪							⑫				B	
C-1								⑬				C	
	⑭							⑮				C	
C-2						▲1		⑯				C	
	⑰							⑱				C	

時間		360min=6hr								No14			
乾燥装置		1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容	
	待機中	20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360					
A-1						▲1	⑬	6hr分 ①				A	
	②							③				A	
A-2			★1					④				A	
	⑤							⑥				A	
B-1							⑩	⑦				B	
	⑧		★2					⑨				B	
B-2								⑪				B	
	⑫							⑬				B	
C-1							⑭	⑧				C	
	⑮							⑯				C	
C-2								⑰				C	
	⑱							⑲				C	

時間		420min								No15			
乾燥装置		1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容	
	待機中	20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360					
A-1						▲1		6hr分 ①				A	
	②							③				A	
A-2			★1					④				A	
	⑤							⑥				A	
B-1								⑦				B	
	⑧		★2					⑨				B	
B-2								⑩				B	
	⑪							⑫				B	
C-1								⑬				C	
	⑭							⑮				C	
C-2								⑯				C	
	⑰							⑱				C	

時間		720min=12hr								No16			
乾燥装置		1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容	
	待機中	20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360					
A-1						▲1		6hr分 ①				A	
	②	→						③				A	
A-2			★1					④				A	
	⑤	→						⑥				A	
B-1								⑦				B	
	⑧	→	★2					⑨				B	
B-2								⑩				B	
	⑪	→						⑫				B	
C-1								⑬				C	
	⑭	→						⑮				C	
C-2								⑯				C	
	⑰	→						⑱				C	

※12時間で初期状態と同じになる。

表2.1-10 乾燥ゲル球貯槽のマテリアルハンドリング時タイムチャート（内側大粒子）

(5/9)

時間	740min	1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容	No17
乾燥装置	待機中	20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360					
A-1	⑬	②	★1		③	▲1	④	6hr分				A	
A-2	⑭	④						③				A	
B-1	⑮	⑥	★2				⑤					B	
B-2	⑯	⑧						⑦				B	
C-1	⑰	⑩					⑨					C	
C-2	⑱	⑫						⑪				C	

時間	755min	1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容	No18
乾燥装置	待機中	20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360					
A-1	⑬			★1	②	▲1		6hr分				A	▲1が戻って貯蔵場所の②を3Fに上げ、フランジを装着
A-2	⑭	④						③				A	
B-1	⑮			★2	⑥		⑤					B	
B-2	⑯	⑧						⑦				B	
C-1	⑰	⑩					⑨					C	
C-2	⑱	⑫						⑪				C	

時間	780min	1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容	No19
乾燥装置	待機中	20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360					
A-1	⑬				③		②					A	
A-2	⑭			★1	④			③				A	
B-1	⑮				⑤	▲1						B	▲1が戻って貯蔵場所の⑥を3Fに上げ、フランジを装着
B-2	⑯	⑧			⑥			⑦				B	
C-1	⑰			★2	⑩		⑨					C	
C-2	⑱	⑫						⑪				C	

時間	800min	1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容	No20
乾燥装置	待機中	20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360					
A-1	⑬				③			6hr分	②			A	
A-2	⑭				④			③				A	
B-1	⑮				⑤		▲1		⑥			B	
B-2	⑯			★1	⑥			⑦				B	
C-1	⑰				⑩		⑨					C	
C-2	⑱			★2	⑫			⑪				C	

表2.1-10 乾燥ゲル球貯槽のマテリアルハンドリング時タイムチャート（内側大粒子）

時間	800min											No21
乾燥装置	1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容	
	20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360					
	待機中											6hr分
A-1	⑬			③			②				A	
A-2	⑭			④			③				A	
B-1	⑮			⑤			⑥				B	
B-2	⑯		★1	⑥			⑦				B	
C-1	⑰			⑨			⑩				C	
C-2	⑱		★2	⑩			⑪				C	

▲1が戻って貯蔵場所の⑩を3Fに上げ、フランジを装着

時間	820min											No22
乾燥装置	1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容	
	20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360					
	待機中											6hr分
A-1	⑬	★1					②				A	
A-2	⑭			④			③				A	
B-1	⑮		★2	⑤			⑥				B	
B-2	⑯			⑥			⑦				B	
C-1	⑰			⑨			⑩				C	
C-2	⑱			⑩			⑪				C	

▲1が戻って貯蔵場所の⑩を3Fに上げ、フランジを装着

時間	840min											No23
乾燥装置	1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容	
	20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360					
	待機中											6hr分
A-1	⑬						②				A	
A-2	⑭			④			③				A	
B-1	⑮		★1	⑤			⑥				B	
B-2	⑯			⑥			⑦				B	
C-1	⑰		★2	⑨			⑩				C	
C-2	⑱			⑩		▲1	⑪				C	

▲1

時間	860min											No24
乾燥装置	1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容	
	20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360					
	待機中											6hr分
A-1	⑬						②				A	
A-2	⑭			④			③				A	
B-1	⑮	★1		⑤			⑥				B	
B-2	⑯			⑥			⑦				B	
C-1	⑰		★2	⑨			⑩				C	
C-2	⑱			⑩		▲1	⑪				C	

▲1

表2.1-10 乾燥ゲル球貯槽のマテリアルハンドリング時タイムチャート（内側大粒子）

(7/9)

時間	880min										No25
乾燥装置	1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容
	20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360				
	待機中						6hr分				
A-1	① ⑬						②				A
A-2	④						③				A
B-1	⑤ ⑮	★1					④				B
B-2	⑮					▲1	⑥				B
C-1	⑨ ⑰	★2					⑦				C
C-2	⑩						⑧				C
							⑩				
							⑪				
							⑫				

時間	900min										No26
乾燥装置	1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容
	20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360				
	待機中						6hr分				
A-1	① ⑬						②				A
A-2	④						③				A
B-1	⑤ ⑮	★1					④				B
B-2	⑮					▲1	⑥				B
C-1	⑨ ⑰	★2					⑦				C
C-2	⑩						⑧				C
							⑩				
							⑪				
							⑫				

時間	1080min										No27
乾燥装置	1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容
	20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360				
	待機中						6hr分				
A-1	① ⑬						②				A
A-2	④	★1				▲1 ←	③				A
B-1	⑤ ⑮						④				B
B-2	⑮	★2				←	⑥				B
C-1	⑨ ⑰						⑦				C
C-2	⑩					←	⑧				C
							⑩				
							⑪				
							⑫				

時間	1100min										No28
乾燥装置	1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容
	20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360				
	待機中						6hr分				
A-1	① ⑬						②				A
A-2	④	★1			▲1	③	④				A
B-1	⑤ ⑮						⑥				B
B-2	⑮	★2				⑦	⑧				B
C-1	⑨ ⑰						⑩				C
C-2	⑩					⑪	⑫				C
							⑩				
							⑪				
							⑫				

表2.1-10 乾燥ゲル球貯槽のマテリアルハンドリング時タイムチャート（内側大粒子）

(8/9)

時間		1120min											No29
乾燥装置		1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容	
		20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360					
待機中													
A-1	① ⑬							6hr分				A	
A-2	③ ⑭		★1 ←	→	③			②				A	
B-1	⑤ ⑮							④				A	
B-2	⑦ ⑯		★2			▲1	⑦	⑥				B	
C-1	⑨ ⑰							⑧				B	
C-2	⑪ ⑱						⑩	⑩				C	
							⑫	⑫				C	

時間		1140min											No30
乾燥装置		1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容	
		20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360					
待機中													
A-1	① ⑬							6hr分				A	
A-2	③ ⑭	③	★1					②				A	
B-1	⑤ ⑮							④				A	
B-2	⑦ ⑯		★2 ←	→	⑦	▲1	⑦	⑥				B	
C-1	⑨ ⑰							⑧				B	
C-2	⑪ ⑱						⑩	⑩				C	
							⑫	⑫				C	

時間		1160min											No31
乾燥装置		1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容	
		20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360					
待機中													
A-1	① ⑬							6hr分				A	
A-2	③ ⑭		★1					②				A	
B-1	⑤ ⑮							④				A	
B-2	⑦ ⑯	⑦	★2			▲1	⑦	⑥				B	
C-1	⑨ ⑰							⑧				B	
C-2	⑪ ⑱						⑩	⑩				C	
							⑫	⑫				C	

時間		1180min											No32
乾燥装置		1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容	
		20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360					
待機中													
A-1	① ⑬							6hr分				A	
A-2	③ ⑭		★1					②				A	
B-1	⑤ ⑮							④				A	
B-2	⑦ ⑯		★2					⑥				B	
C-1	⑨ ⑰							⑧				B	
C-2	⑪ ⑱						⑩	⑩				C	
							⑫	⑫				C	

表2.1-10 乾燥ゲル球貯槽のマテリアルハンドリング時タイムチャート（内側大粒子）

(9/9)

時間	1200min	1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容	No33
乾燥装置		20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360					
	待機中							6hr分					
A-1	① ②							②				A	
A-2	③ ④		★1					④				A	
B-1	⑤ ⑥							⑥				B	
B-2	⑦ ⑧		★2					⑧				B	
C-1	⑨ ⑩							⑩				C	
C-2	⑪ ⑫					▲1		⑫				C	

時間	1440min=24hr	1F フランジ	AGV→乾燥機	乾燥機→AGV	1F貯蔵場所	クレーン	3F フランジ	焙焼炉	A	B	C	作業内容	No34
乾燥装置		20 20	9	9	3 3	15 15	20 20	360					
	待機中							6hr分					
A-1	① ②	→ ③	★1			▲1	② ←					A	
A-2	③ ④	→ ④						④				A	
B-1	⑤ ⑥	→ ⑤	★2				⑥ ←					B	
B-2	⑦ ⑧	→ ⑧						⑧				B	
C-1	⑨ ⑩	→ ⑩					⑩ ←					C	
C-2	⑪ ⑫	→ ⑫						⑫				C	

※24時間後に再び初期状態に戻る

c. 中間貯蔵庫のマテリアルハンドリング

焼結後の焼結球 ( $UO_2/PuO_2$ ) は、トレーからホッパーに気流輸送し、中間貯蔵容器に充填する。この中間貯蔵容器を AGV および移載ローダで中間貯蔵庫に運び、貯蔵容器庫で一定期間貯蔵し、官庁検査を受けた後、充填工程へ払い出す。なお、官庁検査は 1 週間ごととし、中間貯蔵庫は 2 週間分の容量を持っている。

(a) 中間貯蔵庫に関わるマテリアルハンドリング工程

工程セル間の貯蔵容器移載 (AGV)

AGV 中間貯蔵庫の貯蔵容器移載 (移載ローダ)

中間貯蔵庫 AGV の空容器移載 (移載ローダ)

これらの移動と作業に要する概算時間とマテリアルハンドリングを表 2.1-13 に示す。

表 2.1-13 中間貯蔵庫への往復移動のフローと概算時間

装置	作業内容	場所	移動距離 (cm)	速さ (cm/sec)	時間(分)
気流ホッパ	焼結球検査工程	焼結炉	—	—	1min
気流ホッパ	焼結球(充填済み容器)取外し	焼結炉	—	—	5min
気流ホッパ	分析サンプリング	焼結炉	—	—	1min
AGV	焼結球(充填済み容器)受取	焼結炉 気送ホッパ	—	—	2min
AGV	中間貯蔵場所へ移動	工程セル 中間貯蔵庫	約 1800	20~30	6min
AGV 移載ローダー	焼結球(充填済み容器)受渡	中間貯蔵庫	—	—	3min
移載ローダー	焼結球(充填済み容器)移動	中間貯蔵庫	約 1200	20~30	2min
移載ローダー	焼結球(充填済み容器)設置	中間貯蔵庫	—	—	2min
貯蔵容器	焼結球のサンプリング	中間貯蔵庫	—	—	2min
移載ローダー	貯蔵容器(空)まで移動	中間貯蔵庫	約 1200	20~30	2min
移載ローダー	貯蔵容器(空) 受取	中間貯蔵庫	—	—	2min
移載ローダー AGV	貯蔵容器(空) 受渡	中間貯蔵庫	—	—	2min
AGV	貯蔵容器(空) 焼結炉へ移動	中間貯蔵庫 工程セル	約 1800	20~30	6min
AGV	貯蔵容器(空) 受渡し	焼結炉 気送ホッパ	—	—	3min
気流ホッパ	貯蔵容器(空) 取付け	焼結炉	—	—	5min
概算時間			43min		

【注 1】 但し容器の取り付け、取り外しを 5 分とし、工程セル間の移動時間については乾燥ゲル球貯槽の場合と同じとした。

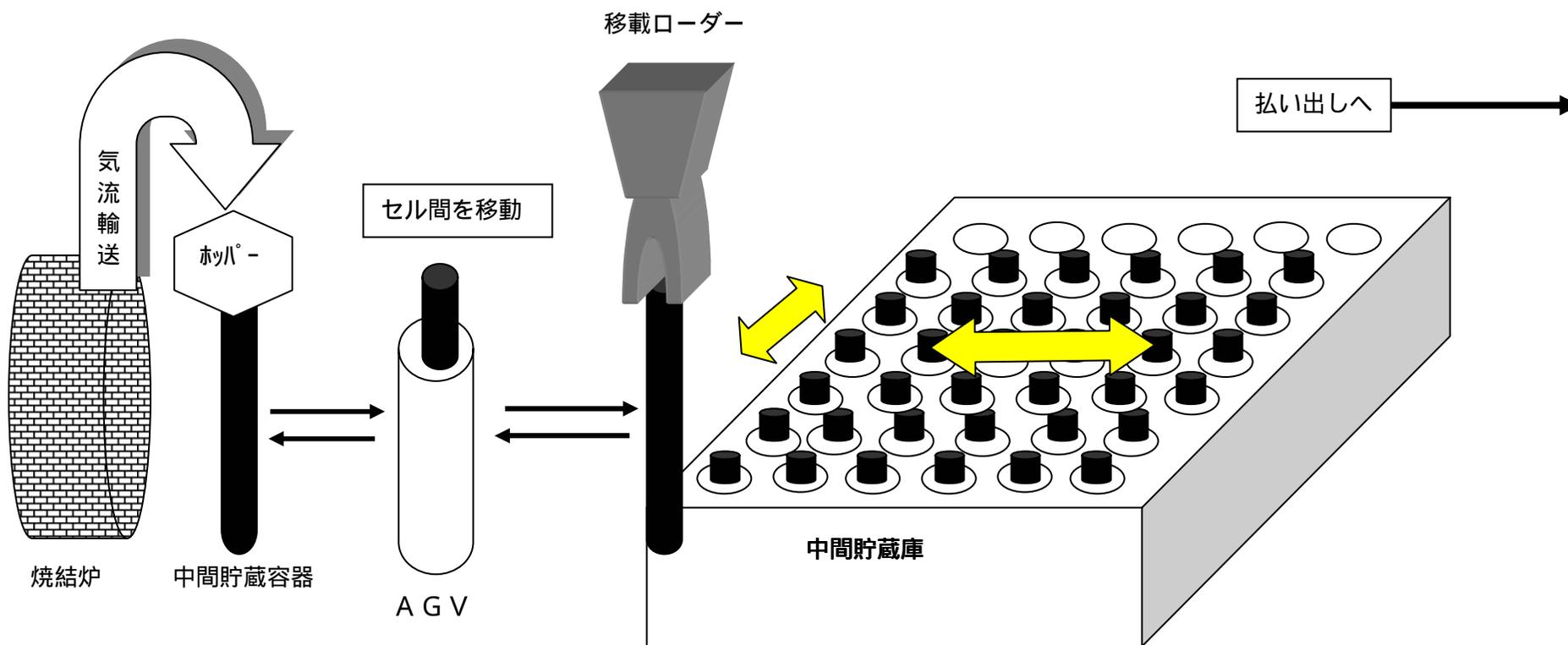


図 2.1-11 中間貯蔵庫マテリアルハンドリングの概略図

ここで大粒径の粒子(800 μ m)の気流輸送に要する時間について検討した。前提条件を以下のように設定した場合、貯蔵容器充填可能重量から充填時間は約 45 分と見積もられた。

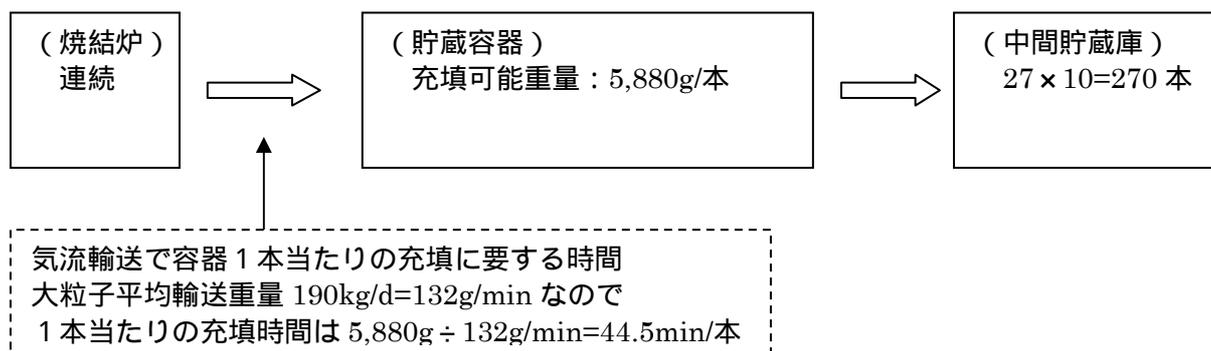
内側大粒子の輸送量について前提条件として以下の条件を設定した。

対象：内側炉心燃料の大粒子

処理速度：190 kg/day

粒径：800 μ m

貯蔵容器体積：1.96L 貯蔵容器充填密度：5g/cm<sup>3</sup>



従って気流輸送で 1 本の貯蔵容器の充填時間は約 45 分と見積もった。したがってこの時間内に中間貯蔵庫への設置が完了して AGV が焼結炉側セルへ戻れば移載に遅れは生じないことになる。

次工程の AGV 及び移載ローダーによる輸送についての移載概算時間は約 40 分であることから、貯蔵容器が満杯に充填されるのとほぼ同じタイミングで空容器が返送されると推測される。したがって、充填容器の後工程払い出しや、空容器の後工程からの返却等に要する時間等を考慮しない場合、時間的余裕を見て AGV は 2 台あったほうがよいと考えられる。

### 2.1.3 遠隔自動化の検討

運転時に遠隔操作を実現できる機器構造とするための装置・部品の単純化の検討及び原材料の自動供給手順を検討した。また、スムーズな物流が可能となるマテリアルハンドリング設計とし、主要機器の運転手順を通常時と異常時について検討した。溶液取扱いに関しては、運転中断時の回収方法の検討を行った。

#### (1)通常時の設備の制御方法及び物質移送方法の検討

本プラントの設備は遠隔操作を基本とし、中央制御室からの監視、制御とする。

本プラントの系列は内側燃料大粒径、内側燃料小粒径、外側燃料大粒径、外側燃料小粒径の合計 4 系列となる。これら 4 つの系列は、寸法、処理量等の違いはあるが設備構成及びマテリアルハンドリングの概念は同一である。

内側燃料大粒径を製造する系列を代表として、各設備の制御方法及び物質移送方法の検討結果を以下に示す。

##### 1) 滴下液混合槽 ( 1 基 / 1 系列 )

滴下液混合槽において、原料となる溶液の混合、攪拌を行う。原料溶液の混合攪拌はポンプによる液循環を用いる。混合終了後、混合溶液は 12 基の滴下液供給槽へポンプにより移送する。

なお、滴下液供給槽への移送に使用するポンプは、攪拌用の循環ポンプを共用する。

##### 2) 滴下液供給槽 ( 12 基 / 1 系列 )

原料溶液は、滴下液供給槽 1 基分を滴下装置の 1 ブロックへ圧空により移送する。

なお、滴下装置は、滴下・熟成槽 1 基当り 4 ブロックで構成される。従って、滴下液供給槽 4 基分が滴下、熟成槽 1 基分となる。

##### 3) 滴下・熟成槽 ( 3 基 / 1 系列 )

原料溶液の滴下は振動装置の振動数により制御する。ノズルはそれぞれの槽で 4 ブロックに分けて配置される。滴下状況については、中央制御室において ITV により常時監視できるものとする。

滴下・熟成槽で製造されたゲル球は、熟成槽 1 基分を 1 基の洗浄装置へ溶液ごとラジアルスクリーンプンプにより移送する。

なお、滴下・熟成工程以降、乾燥ゲル球貯蔵設備までの原料溶液はラジアルスクリュウポンプ移送とし、バルブの開閉で制御する。

4) 洗浄装置 (6 基 / 1 系列)

本装置において、ゲル球の洗浄を行う。洗浄水及び IPA の供給はバルブの開閉により制御する。洗浄に使用された溶液はオーバーフローにより回収する。

洗浄終了後、ゲル球は槽内の洗浄液と共に洗浄装置 1 基分を 2 基の乾燥装置へラジアルスクリュウポンプにより移送する。

なお、本洗浄装置の設備数量は 6 基 / 系列であるが、洗浄工程は他工程よりも 1 バッチ当りの処理時間が長いため 1 バッチ当り 3 基ずつ交互に使用する。

5) 乾燥装置 (6 基 / 1 系列)

本装置において、洗浄されたゲル球を真空乾燥により乾燥する。乾燥工程中のゲル球の圧潰を防ぐため、乾燥装置本体はモータにより回転させる。

乾燥終了後の乾燥ゲル球は、乾燥装置 1 基分を 1 基の乾燥ゲル球貯槽へラジアルスクリュウポンプにより移送する。

6) 乾燥ゲル球貯槽 (18 基 / 1 系列)

乾燥ゲル球の投入終了後、乾燥ゲル球貯槽を遠隔自動制御のクレーン型ハンドリング設備により上層階の焙焼・還元工程へ搬送する。

なお、乾燥ゲル球貯槽は 18 基あるが、うち 6 基はバッファであり、必要に応じて一時貯蔵する。

7) 焙焼炉 (3 基 / 1 系列)

クレーン型ハンドリング設備により搬送された乾燥ゲル球貯槽をロータ型の計量供給装置に接続し、乾燥ゲル球貯槽 2 基分のゲル球を 1 基の焙焼炉に供給する。

乾燥ゲル球は、ロータリーキルン型の焙焼炉により焙焼される。ロータリーキルンの回転及び熱源はモータ及び電気ヒーターで、中央制御室より制御する。

焙焼球 ( $UO_3/PuO_2$ ) は、焙焼炉 3 基分を 2 基の焙焼球 ( $UO_3/PuO_2$ ) 貯槽に分配し、重力により移送する。

8) 焙焼球 ( $UO_3/PuO_2$ ) 貯槽 (2 基 / 1 系列)

焙焼球 ( $UO_3/PuO_2$ ) は、一時的に焙焼球 ( $UO_3/PuO_2$ ) 貯槽に蓄えられた後、ロータ型の計量供給装置を経て 1 基の還元炉に重力により移送する。

9) 還元炉 (1基 / 1系列)

焙焼球は、ロータリーキルン型の還元炉により還元される。ロータリーキルンの回転及び熱源はモータ及び電気ヒーターで、中央制御室より制御する。還元で使用される還元ガスの供給はバルブの開閉により制御する。

還元された還元球 ( $\text{UO}_2/\text{PuO}_2$ ) は、2基の還元球 ( $\text{UO}_2/\text{PuO}_2$ ) 貯槽に分配し、重力により移送する。

10) 焼結炉 (1基 / 1系列)

還元球は、ウォーキングビーム方式の焼結炉に連続的に供給されより焼結される。熱源は電気ヒーターで、中央制御室より制御する。焼結後の焼結球 ( $\text{UO}_2/\text{PuO}_2$ ) は、直ちに気流でホッパーに輸送される。

11) 中間貯蔵庫 (1系列)

焼結球はホッパーから中間貯蔵容器に充填され AGV ならびに搬送ローダーによって専用の中間貯蔵庫 (10本 × 27本) に貯蔵される。

(2) 異常時の設備の制御方法及び物質移送方法の検討

前項(1)で記載したように、滴下工程は ITV により異常がないか常時監視できる設備とする。この監視において、滴下液供給部での液滴が球状とならずにアンモニア溶液中に落下する等、湿潤ゲル球の製造に異常が確認された場合、振動装置の運転条件調整により回復を試みる。この操作により、湿潤ゲル球の異常状態が回復した場合、以降の工程も含め通常処理を継続し、形状異常の製品は、今回の検討範囲外であるが、還元球 ( $\text{UO}_2/\text{PuO}_2$ ) の分級工程により規格外品として回収、処理する。

振動装置の調整等により湿潤ゲル球の異常が回復できない場合、滴下工程を中断し、球状とならずに槽中に存在するゲル状の反応生成物を球状の湿潤ゲル球と同様の操作で槽から抜き出す。その後、通常通りの洗浄、乾燥、焙焼、還元工程まで実施し、分級工程において不良品として回収、処理する。

## 2.2 試薬回収設備の概念調査

### (1) プロセスフローの検討

施設の廃液処理の負担を軽減するため、粒子製造工程で発生する硝酸アンモニウム等を含有するアンモニア水及びイソプロピルアルコール水溶液からアンモニア及びイソプロピルアルコールをそれぞれ回収するとともに残留物を廃棄物として処理可能な形態にするための試薬回収設備の概念を調査した。

なお、試薬回収設備は、試験データなどに基づく主工程とは異なり、文献調査を中心とした実現性が高いと考えられるプロセスを選定・検討したものである。

#### a. 設計の前提条件

##### (a) 廃液中のウラン、プルトニウムについて

試薬回収工程に払い出される溶液の臨界安全性について以下のとおりとする。

ゲル化顆粒燃料製造工程のメイン工程から払出される溶液について、バッファとなるベッセルにおける分析を行い、無限体系の臨界条件が適用できることを確認する。(核燃料物質中の核分裂性物質の濃縮度または濃度がある値以下であれば、その核燃料物質を無限に集積しても臨界にならない。この値を無限体系の臨界条件と呼ぶ(臨界安全ハンドブック)。臨界安全ハンドブックによれば、 $\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$ 水溶液(239Pu100%の条件)の推定臨界下限濃度は以下のとおりである。

$\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$ 水溶液の推定臨界下限濃度(239Pu100%) : 7.0 (g239Pu/リットル)

放射能濃度に換算すると、約  $1.6 \times 10^{10}$  (Bq/リットル)である。

なお、ゲル化工程におけるアンモニア廃液へのウラン、プルトニウムの「漏れ」については信頼性の高いデータはないが、上記数値に比較するとかなり小さいものと推定される。設備の設置場所としては、遮蔽セル内とする。

なお、臨界安全に関して、以下の2つの課題がある。

- ・ 試薬回収工程のプロセスで溶液が濃縮されることを見越しても上記 7.0gPu/リットルに余裕があるかどうか
- ・ 電解透析膜などへのスケールリングがどの程度であるか(と関連させて検討が必要であり、定期的かな部品交換、クリーニングなどが必要となる可能性がある)

(b) 主工程から発生する廃液の分類

処理フローの全体系統図（ブロックフロー）を図 2.2-1 に示す。また内側燃料、外側燃料のそれぞれの大粒径と小粒径毎に発生する廃液について分類し、1日当たりの発生量とその組成を表 2.2-1 に示す。各々の処理フローを検討する上で

反応廃液（滴下・熟成槽）

水洗浄廃液（洗浄装置）

アルコール洗浄廃液（洗浄装置）

乾燥排ガス回収廃液（乾燥装置とそれに続く乾燥排ガス凝縮器）

と呼称する（括弧内は発生装置）。但し ~ への PVA と THFA の移行率は 1 日当たりの廃液量約 25t の約 0.02%と想定した。

b. プロセスの選定

(a) プロセスの概要

1) アンモニア系廃液の処理プロセスの基本

工程の概要を以下に示す。

廃液中に存在するアンモニアを回収するために蒸留を行う。回収したアンモニアは回収アンモニア水として「ゲル化顆粒燃料製造設備」の試薬として利用する。残液に対し、電気透析（硝酸アンモニウム成分の濃縮）と電解透析（硝酸アンモニウム成分分離）を組み合わせ、アンモニア、硝酸、水に分離する。

のアンモニアについては、回収アンモニア水として「ゲル化顆粒燃料製造設備」の試薬として利用する。電気透析、電解透析の脱塩水は廃液処理へ送られる（PVA, THFA を含む）。

の硝酸、水については回収酸と回収水として回収する。

2) アルコール系廃液の処理プロセスの基本

イソプロピルアルコール（IPA）については、IPA-水系の気液平衡では「共沸点」を持つため、通常の蒸留操作では効率の良い分離が実施できない。工程の概要を以下に示す。

蒸留により IPA 濃度を 85%程度まで濃縮する。

次に、パーペレーション法を採用して IPA をリサイクル可能となるまで濃縮処理を行う。回収したアルコールは「ゲル化顆粒燃料製造設備」の試薬として利用する。残液については回収水として回収する。

釜残液については硝酸アンモニウムが含有されるため、a.アンモニア系廃液にある電気透析、電解透析プロセスにてアンモニア、硝酸、水に分離する。

#### (b) アンモニア水の回収

アンモニア水を蒸留回収する技術としては、蒸留操作により数%濃度のものを 20 数%程度まで濃縮させ凝縮回収し、これに更に液化アンモニアをガス化した純アンモニアガスを冷却しながら吸収させ、アンモニア水(conc.26%vol)を製造する技術が一般的に採用されている。

反応廃液から単独でアンモニア水を分離回収しようとする場合には、既にアンモニア濃度が約 24%と高いので、蒸留操作を行ったとしても濃縮効果は薄いこと、硝酸アンモニウム分を分離するために、釜残側から 3 割程度のアンモニアを含有する数百%程度の水を抜き出す必要が発生してくることから、反応廃液を単独で蒸留することは好ましくない。

の水洗浄廃液はアンモニアの濃度は 2%程度と低い但其の発生量は 反応廃液の 6 倍近い量が発生することから、反応廃液用と 水洗浄廃液用に蒸留塔をそれぞれ 1 基ずつ設置するよりも、両液を混合して 1 基で処理する方が経済的と判断される。

図 2.2-2 に混合廃液を蒸留処理した際の物質収支を示す。アンモニアはほぼ全量、蒸留側へ移行し、硝酸アンモニウム及び蒸発温度が 178 と高い THFA、高分子アルコールである PVA は全量、釜残側に移行する。蒸留蒸気は凝縮器にて回収された後、純アンモニアガスを吸収させ濃度調整を行った後に、反応プロセス用として再利用される。釜残側の硝酸アンモニウム溶液濃度は、0.3M 程度と比較的高い為、アンモニウムと硝酸を回収する必要があり、次の処理プロセスへ送液される。

#### (c) IPA の回収

アルコールである IPA を濃縮回収する方法としては、蒸留操作により回収する方法が一般的な回収方法であるが、IPA と水の気液平衡関係では約 90% ( 88 ) に共

沸点があるため、効率的な蒸留分離が実施できない。蒸留操作を用いて95%以上を目標として回収するためには、第三成分をいれて共沸蒸留操作を行う方式などについての検討が必要であるが、その場合には複数の蒸留塔と分離器を設置する必要があり、通常の蒸留操作に比べて組成変動の影響を受けやすく操作が難しくなるものと推測される。一方、膜分離技術としてパーペレーション技術が開発されている。これはゼオライト膜を利用して水を選択的にろ過して高純度のアルコールを回収する技術である。<sup>1)</sup>

処理対象となる廃液は アルコール洗浄廃液と 乾燥排ガス回収廃液であるが、アルコール洗浄廃液は比較的IPA濃度が高いため処理設備上の負荷は小さくてすむが、アンモニアやTHFAやPVAのアルコール類が混入している。ゼオライト膜を用いた分離回収を行う場合、これらは膜の性能劣化因子となることが考えられる。特にアンモニアはゼオライトに対して強い吸着特性を有していることが知られており、膜分離操作前に除去しておくことが不可欠である。

一方、乾燥排ガス回収廃液は、IPAと水のみ組成であるがIPA純度が低く、ゼオライト膜分離実施上は（水を選択的に抜き出すので）、高濃度で回収するために多段の処理を必要とすることになる。

以上の問題点を解決する方策としては、アルコール洗浄廃液と乾燥排ガス回収廃液を混合した後、硝酸を添加してフリーのアンモニア成分を無くした状態で蒸留操作を行い揮発性のIPAは蒸留・凝集回収し、硝酸アンモニウムとアルコール類を釜残側へまず分離する。その後、ゼオライト膜により更に濃縮回収操作を行うことが、効率的な分離が達成でき設備設置の上でもコンパクトな設備になる。図2.2-3に中和、蒸留、膜分離操作による物質収支を示す。

アルコール洗浄廃液と乾燥排ガス回収廃液を混合し、硝酸を添加してフリーなアンモニア成分濃度を抑えて蒸発を抑える。この混合・中和操作によりIPA濃度は75%程度となる。次いで、このIPA廃液を蒸留操作することによりIPA濃度が85%程度の蒸留・凝集回収液と釜残液とに分離する。IPA蒸留回収液は、ゼオライト膜を用いたパーペライゼーション法により水と分離回収を行い濃度99%程度のIPAとして回収される。ゼオライト膜により透析された水分は、不純物をほとんど含まない水であることから顆粒燃料製造時のゲル洗浄水としての再利用が可能である。

## (d) 硝酸アンモニウムからアンモニア水と硝酸の回収

硝酸アンモニウムは水質汚濁防止法の全窒素濃度制限の関係から、排水処理する前に規定濃度以下まで低減する必要がある。処理する方法としては再度、蒸留操作を行い、高濃度硝酸アンモニウム液として肥料（硝安）などの原料とする方法や、微生物より硝化、窒素化処理する方法等が考えられるが、原子力分野での実用化には適さない。現在、電気透析と電解透析プロセスによりアンモニア水と硝酸として回収するプロセスが実用化されており<sup>2)</sup>、回収したものは試薬として、再利用できるメリットを有している。なお、電気透析の代わりに単蒸留操作を前段に組み入れて硝酸アンモニウム濃度を高めてから電解透析を行う方法や、電解透析を行ってからアンモニア水側を蒸留回収する方法も考えられるが、電解透析プロセスでは電解液中の残アルコール類は透析膜を通過しないことから、原理的には循環される液中で濃縮されることが考えられる。濃縮による電解能力の低下や、電解透析膜へのスケーリングなどの悪影響を防止する為に循環液から常に除去しておく必要がある。親水性のアルコールについては、イオン交換法や活性炭ろ過法では分離除去しにくく、分子サイズの違いからUF膜等による膜ろ過法による分離方法が一般的な処理方法であるが適当でない。（PVAはアルコール類と凝集性を示すことから、フィルタによる分離効果も期待できるが、濃度依存性や経時変化の影響が考えられるので、本検討では、凝集しないものと仮定する。）これに対し電気透析法も一種の膜分離法であり、アルコール類は膜を透過せず脱塩水側に移行することから、電気透析法を電解透析法の前に配置することで、硝酸アンモニウム濃度を高める効果とアルコール類を取り除く2つの効果が期待される。

硝酸アンモニウムを含有する廃液は、反応廃液 + 水洗浄廃液の混合液を蒸留操作した際の釜残液（釜残液と呼称）と、アルコール洗浄廃液 + 乾燥排ガス回収廃液のIPA回収前段で行う蒸留操作の際に発生する釜残液（IPA釜残液と呼称）の2種類が発生する。釜残液は、0.37M程度の濃度であり、IPA釜残液は0.27M程度の濃度であるが、組成的に同じで側の発生量がの1/10程度であることから混合して処理することが良いと判断される。図 2.2-4 に電析・電解透析プロセスによる物質収支を示す。初期濃度 0.34M の硝酸アンモニウム液を総窒素量を 0.4mM 以下とする為には、脱塩としては3段の処理が必要と判断される。残アルコールは全量、脱塩水側に移行する。

濃縮された硝酸アンモニウム液は、電解透析により 6M 濃度の硝酸と 8M 濃度のアンモニア水として回収され、回収された硝酸とアンモニウム水はそれぞれ試薬調整系へ戻されて再び燃料製造工程の試薬として再利用される。

(e) 脱塩廃液他の処理方法

電気・電解透析処理により発生する廃液としては、アルコール類を含む脱塩廃液（電気透析より）とアンモニアを回収する際に発生する少量の硫酸ソーダを含む廃液（電解透析より）が発生する。これらについては、以下の処理が考えられる。

(ア) 燃料製造設備内での処理

(イ) 隣接する再処理施設に送液して処理

後者については、「中放射性廃液」としての以下の溶液量が再処理施設での負荷となる。

中放射性廃液量：約 15,200 kg/d

なお、試薬回収工程に供給される U, Pu, MA は、試薬回収工程処理原液から全量がこの廃液へ移行する。滴下・熟成、洗浄工程などの操作でのリーク（漏れ）についてはデータがないことから 1%と仮定すると、それぞれの 1 日当りの排出量は以下のとおりである。

- ・ U： 約 3kg/d
- ・ Pu： 約 1kg/d
- ・ MA： 約 0.05kg/d

c. プロセスフローダイアグラム

試薬回収設備のプロセスフローダイアグラム（PFD）を図 2.2.2 に示す。

d. 物質収支

以上の処理フローの物質収支図は表 2.2-1, 図 2.2-3, 図 2.2-4, 図 2.2-5 に示したとおりである。

(2) 運転手順と保守の検討

廃液処理プロセスとしては、大きく分けると蒸留（蒸留塔又は蒸発管）操作とゼオライト膜分離操作、及び電気・電解透析膜分離操作の3つが主な運転操作である。装置操作毎に、運転操作及びトラブル対応方法について記載する。

a. 蒸留操作

蒸留操作については、一般産業においてかなりの稼働実績を有しており、本プロセスで検討した蒸留は単蒸留操作であることから複雑な制御は必要とせず、運転としては蒸留塔或いは蒸発缶への廃液の供給量と蒸気供給量を、炉体の温度を制御監視するという基本的な操作である。操業時間については熱効率上から、断続運転よりも24時間の自動運転により処理するものとする。蒸留塔自体は、駆動部分がなく炉本体の腐食などの経年劣化を定期的に測定しておくことで、トラブルを防止することができる。トラブルが発生しやすいと考えられるのは、釜残側排出口でのスケーリングの蓄積、底部蒸気管部分の腐食等であるがいずれも定期的な検査を行ってゆくことによりトラブルは未然に防ぐことが可能である。

b. ゼオライト膜分離操作<sup>1)</sup>

ゼオライト膜分離操作では、ゼオライト膜の一方（透過液側）を真空ポンプにより負圧状態にして供給液側の水を選択的に膜透過させ透過蒸気として透過液側に蒸発させ、供給液側にIPAを濃縮しこれを分離回収する方法である。圧力制御と廃液の供給量を制御することにより自動運転が可能であり負圧維持して操業する観点から断続運転より24時間の連続運転が好ましいと判断される。

膜分離操作におけるトラブルとしては、膜の経年劣化破損や膜表面へのスケーリング蓄積などにより透過能力が低下する現象が考えられる。前者の事象よりも後者の事象の方が発生しやすく、透過圧力などを測定しておくことにより膜の交換時期を予測することは可能であるが、スケーリングの蓄積現象はある時点で急に進展することが多く、上流の顆粒燃料製造工程への影響を減らす為には、圧力損失などが問題ない段階でも、交換時期が来た段階で定期的に保守交換することが重要と考えられる。当然、予備品のモジュールを常時備えておくとともに、交換作業が容易な構造、治工具等を検討しておくことも重要である。真空ポンプは装置本体部やベアリング等の駆動部分の摩耗等が原因で性能が低下しやすいため、定期的な保守点検が必要である。

c . 電気・電解透析操作<sup>2)</sup>

電気・透析操作では、透析膜への供給流量と電圧を制御することにより自動運転が可能であり、電解装置では供給流量と電流を制御することにより自動運転が可能である。運転操業については、電解装置が回分式(液を循環させながら濃縮分離操作を行う)為、バッチ処理となるので、20 時間程度の連続運転となるが、基本的には自動運転で処理することが可能である。尚、本装置の上流までは連続処理であるが、工程でバッチ処理となるため、電析前の原液貯槽は2基設置する必要がある。

電気・電解透析操作についても、膜分離操作であることから、膜の経年劣化損傷とスケーリング蓄積による透過能力の低下がトラブルとして考えられる。これらについても、所定の期間毎に交換することが、不意のトラブルによる運転停止を防止する上で重要である。付随する放散器、吸収塔は、駆動部分がないことから蒸留塔と同様に定期的な保守点検で、トラブルを防止することが可能である。

(参考文献)

- 1) 新潟大学ホームページ,<http://ito01.gs.niigata-u.ac.jp/> (膜による水とアルコールの分離,伊東助教授)
- 2) 環境研究 No.127 Page 21-26. 2002 「電気化学プロセスによる窒素含有核燃料廃液処理技術の開発」 沢他

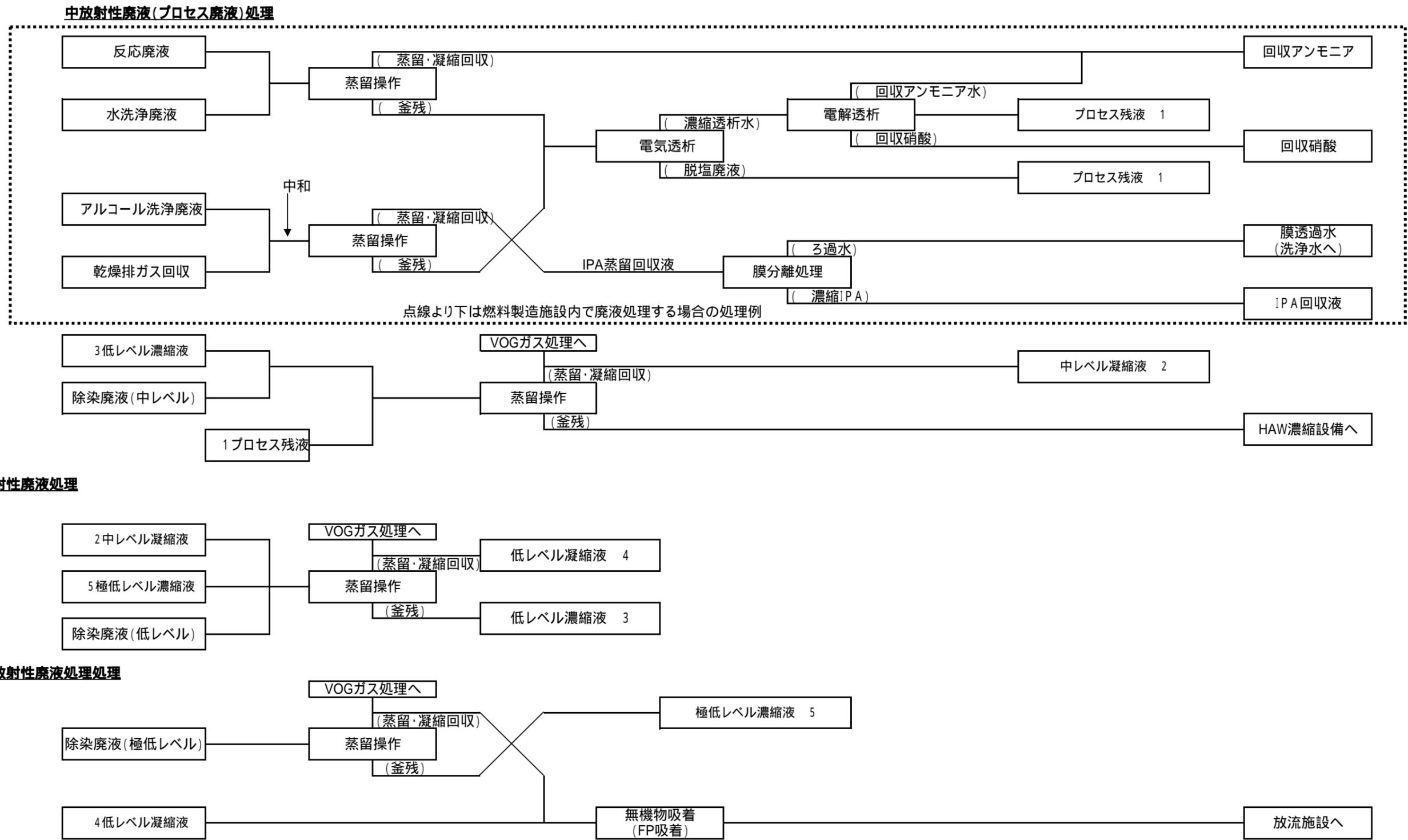
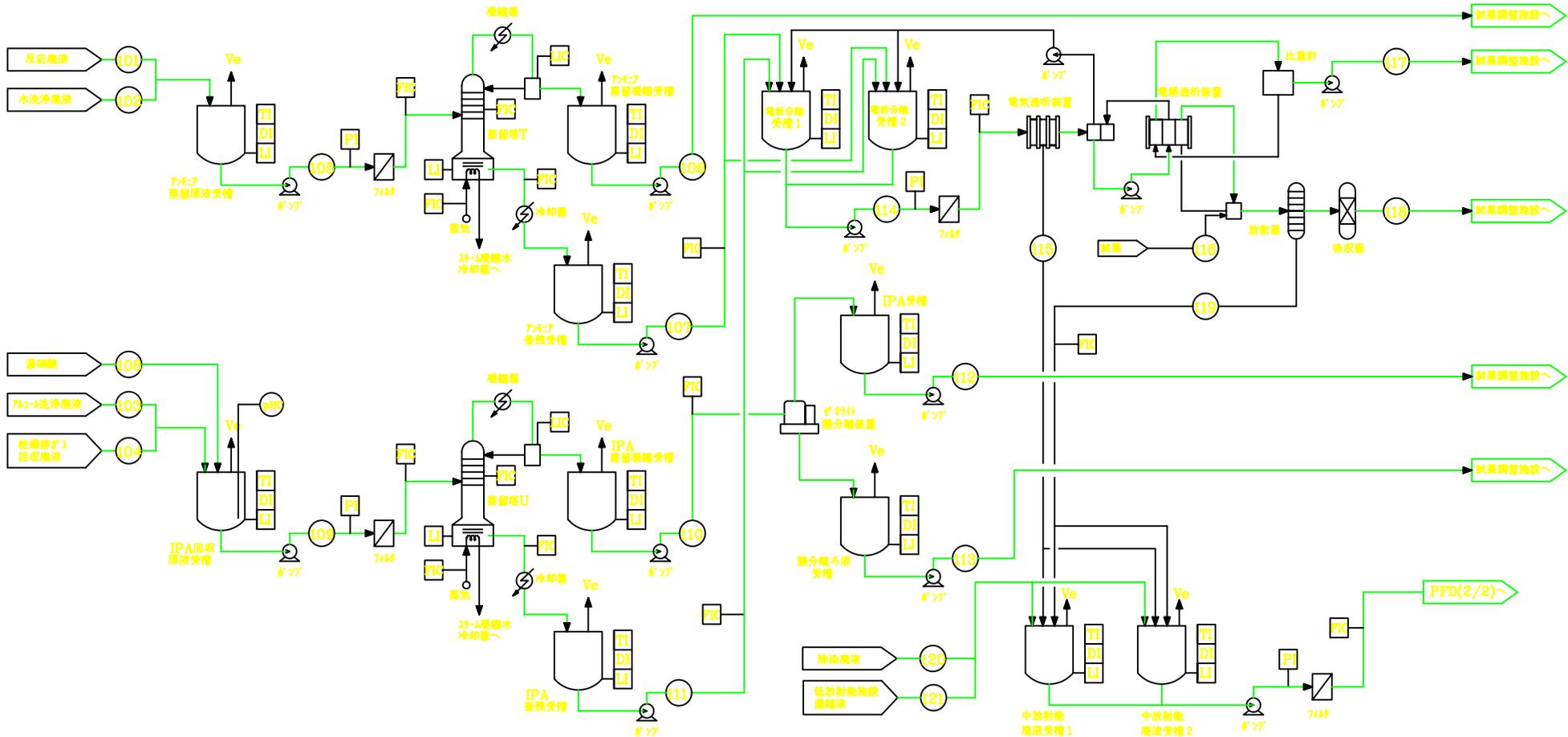


図2.2-1 廃液処理全体系統図



物流番号	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	
物流名称	反応廃液	水洗浄廃液	7μm-10μm水洗浄廃液	乾燥排ガス回収廃液	アモニウム蒸留原液	アモニウム蒸留濃縮液	アモニウム全液	濃硝酸	IPA蒸留原液	IPA蒸留濃縮液	IPA全液	IPA回収液	IPA膜透過液	電気電解透析原液	脱塩廃液	電解調整試薬	電解回収硝酸	電解回収アモニウム	電解回収残液	除染廃液	低放射能施設濃縮液	
成分	単位																					
H <sub>2</sub> O	kg/d	2286.6	16790.3	267.9	1671.3	19076.9	35777.5	15499.4	26.1	1965.3	1091.1	874.2	62.4	1028.7	16373.6	14498.6	100.0	751.9	544.1	679.0	5720.0	164.0
NH <sub>3</sub> Aq	kg/d	737.5	331.1	3.3	0.0	1068.6	1068.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		90.9				
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	kg/d	51.5	379.2	3.8	0.0	430.7	0.0	430.7		19.4	0.0	19.4	0.0	0.0	450.1	0.0						
IPA	kg/d	0.0	0.0	4119.9	2063.3	0.0	0.0	0.0	6183.2	6183.2	0.0	6183.2	0.0	0.0	0.0	0.0						
PVA	kg/d	2.0	2.0	2.0	0.0	4.0	0.0	4.0	2.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	6.0	6.0						
THFA	kg/d	2.0	2.0	2.0	0.0	4.0	0.0	4.0	2.0	0.0	2.0	0.0	0.0	6.0	6.0							
HNO <sub>3</sub>	kg/d							12.3									354.4					
NaNO <sub>3</sub>	kg/d																					32.8
NaSO <sub>4</sub>	kg/d																				8.9	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	kg/d																4.9					
NaOH	kg/d															4.0						
合計		3079.6	17504.6	4398.9	3734.6	20584.2	4645.6	15938.1	12.3	8171.9	7274.3	897.6	6245.6	1028.7	16835.7	14510.6	108.9	1106.3	635.0	687.9	5720.0	196.8

DESIGNED 設計	APPROVED 承認	尺度 SCALE	TITLE 名
REVISION 改訂	REVISION 改訂	N. T. S.	試薬回収設備のPFD
DATE 日付	DATE 日付	改訂 SUB. NO.	DRAW. NO. 図2.2-2
H16.08.27	H16.08.27		REF. DRAW. NO. SUB. NO.

CHANGE

表 2.2-1 ゲル化燃料（内側大小、外側大小）製造時廃液発生量と組成

流体名称	反応廃液		水洗浄廃液		アルコール洗浄廃液		乾燥排ガス回収廃液	
	Mass 量 (kg/d)	割合 (%)						
H <sub>2</sub> O	2,286.6	74.25%	16,790.3	95.92%	267.9	6.09%	1,671.3	44.75%
NH <sub>3</sub> Aq	737.5	23.95%	331.1	1.89%	3.3	0.08%	0.0	0.00%
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	51.5	1.67%	379.2	2.17%	3.8	0.09%	0.0	0.00%
IPA	0.0	0.00%	0.0	0.00%	4,119.9	93.66%	2,063.3	55.25%
PVA	2.0	0.06%	2.0	0.01%	2.0	0.05%	0.0	0.00%
THFA	2.0	0.06%	2.0	0.01%	2.0	0.05%	0.0	0.00%
合計	3,079.6	100.00%	17,504.6	100.00%	4,398.9	100.00%	3,734.6	100.00%

のアルコール洗浄廃液へは 100L 程度の装置洗浄水が混入増加している。

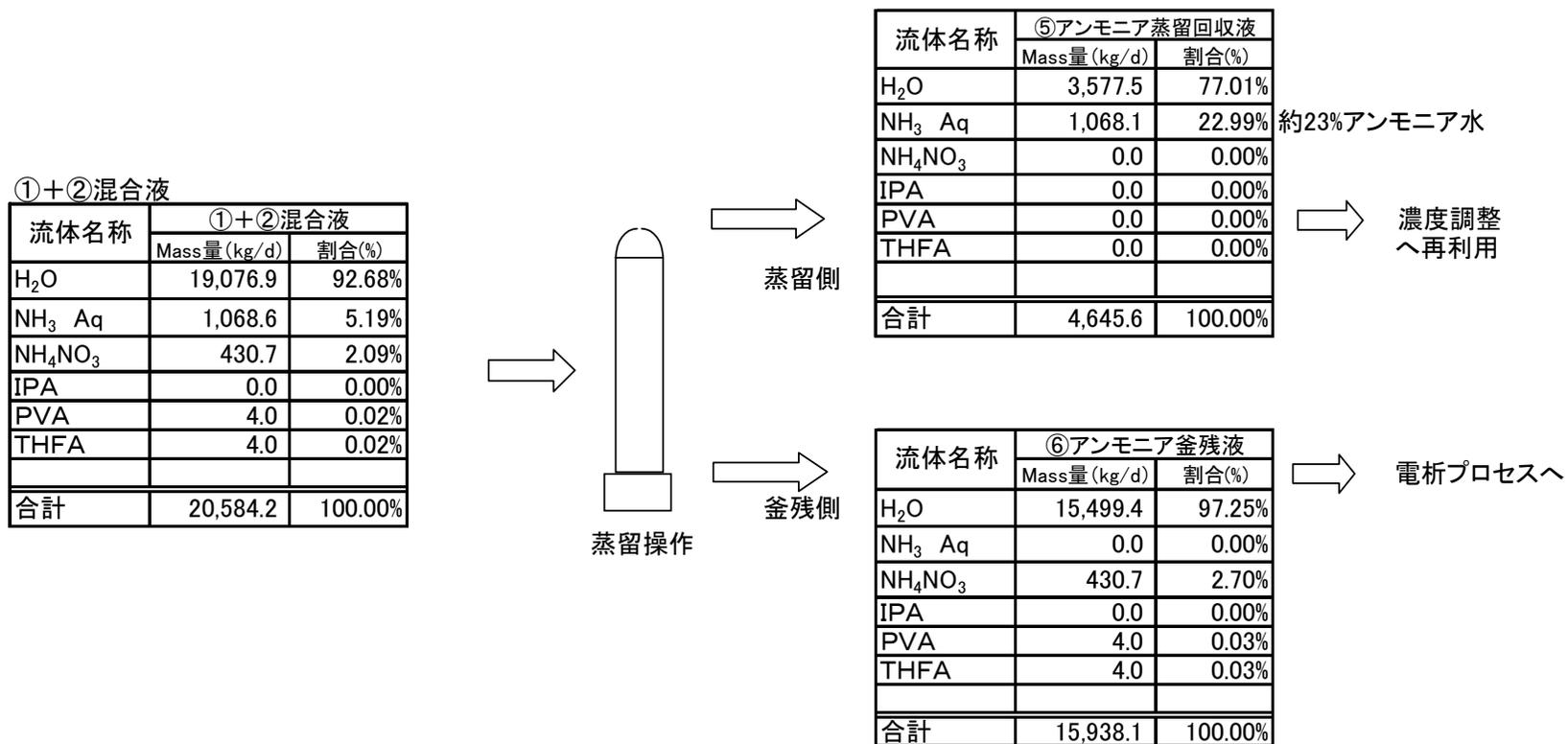


図.2.2-3 ( 反応廃液 + 水洗浄廃液 ) 混合液の蒸留操作物資収支

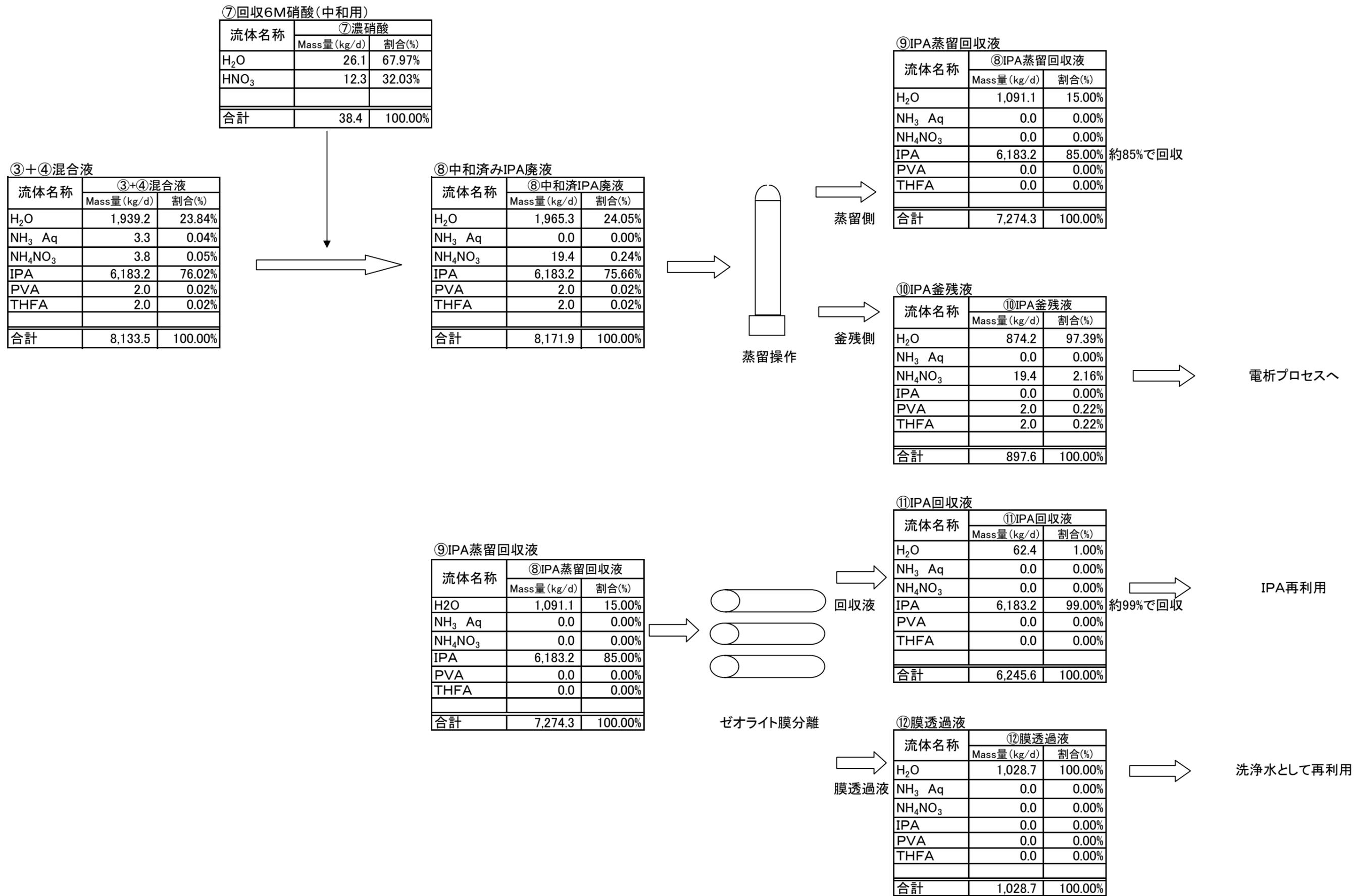


図2.2-4 ( アルコール洗浄廃液 + 乾燥排ガス回収廃液 ) 混合液の複合処理物資収支

⑥アンモニア釜残液		
流体名称	⑥アンモニア釜残液	
	Mass量(kg/d)	割合(%)
H <sub>2</sub> O	15,499.4	97.27%
NH <sub>3</sub> Aq	0.0	0.00%
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	430.7	2.70%
IPA	0.0	0.00%
PVA	4.0	0.03%
THFA	4.0	0.03%
合計	15,934.1	100.00%

(硝安濃度:0.37M)

⑩IPA釜残液		
流体名称	⑩IPA釜残液	
	Mass量(kg/d)	割合(%)
H <sub>2</sub> O	874.2	97.39%
NH <sub>3</sub> Aq	0.0	0.00%
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	19.4	2.16%
IPA	0.0	0.00%
PVA	2.0	0.22%
THFA	2.0	0.22%
合計	897.6	100.00%

(硝安濃度:0.27M)

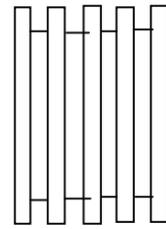
⑬電気透析原液		
流体名称	⑬電析電解原液	
	Mass量(kg/d)	割合(%)
H <sub>2</sub> O	16,373.6	97.26%
NH <sub>3</sub> Aq	0.0	0.00%
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	450.1	2.67%
IPA	0.0	0.00%
PVA	6.0	0.04%
THFA	6.0	0.04%
合計	16,835.7	100.00%

(硝安濃度:0.34M)

※濃縮後 3Mと想定

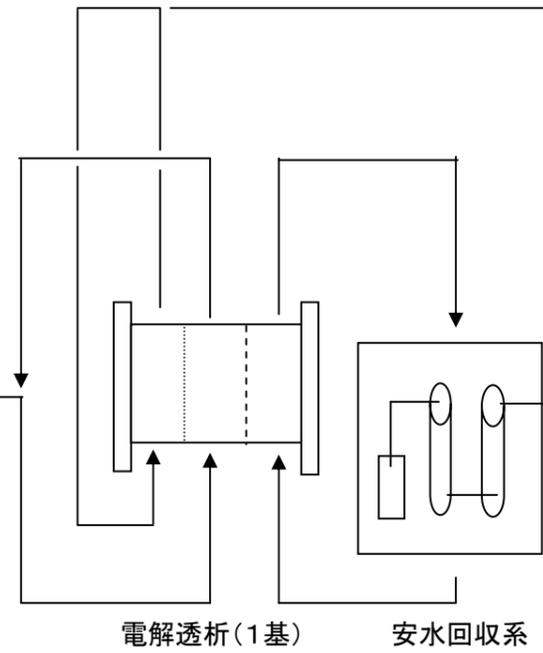
流体名称	⑭濃縮透析水	
	Mass量(kg/d)	割合(%)
H <sub>2</sub> O	1,875.0	80.64%
NH <sub>3</sub> Aq	0.0	0.00%
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	450.1	19.36%
合計	2,325.1	100.00%

電気透析(3基)



⑮脱塩廃液		
流体名称	⑭脱塩廃液	
	Mass量(kg/d)	割合(%)
H <sub>2</sub> O	14,498.6	99.92%
NH <sub>3</sub> Aq	0.0	0.00%
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	0.0	0.00%
IPA	0.0	0.00%
PVA	6.0	0.04%
THFA	6.0	0.04%
合計	14,510.6	100.00%

硝酸系



⑰回収硝酸		
流体名称	⑮電解回収硝酸	
	Mass量(kg/d)	割合(%)
H <sub>2</sub> O	751.9	67.97%
HNO <sub>3</sub>	354.4	32.03%
合計	1,106.3	100.00%

ρ=1.18

⑯回収アンモニア水		
流体名称	⑯電解回収アンモニア水	
	Mass量(kg/d)	割合(%)
H <sub>2</sub> O	544.1	85.69%
NH <sub>3</sub>	90.9	14.31%
合計	635.0	100.00%

ρ=0.95 (回収率95%)

⑱電解回収残液		
流体名称	⑰電解回収残液	
	Mass量(kg/d)	割合(%)
H <sub>2</sub> O	679.0	98.71%
NaSO <sub>4</sub>	8.9	1.29%
合計	687.9	100.00%

電解調整試薬		
流体名称	⑱電解調整試薬	
	Mass量(kg/d)	割合(%)
H <sub>2</sub> O	100.0	91.83%
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4.9	4.50%
NaOH	4.0	3.67%
合計	108.9	100.00%

1M-0.05m<sup>3</sup>  
2M-0.05m<sup>3</sup>

図2.2-5 電気透析及び電解透析プロセスの物資収支

## 2.3 品質管理に係わる検討

検査・分析は、品質保証、工程管理（品質管理、臨界管理、核物質管理、環境への影響評価）の目的で行う。以下に目的別の検査項目、分析方法、サンプルサイズ、サンプリング頻度を示す。

### (1) 品質保証上必要な分析項目

品質保証（品質保持）の面から必要な分析項目は燃料棒に充填する前に行う焼結球の形状、成分等の検査である。各工程において必要な分析項目を表 2.3-1 に示す。焼結球の分析は、燃料粒子を燃料棒に充填する前の最後の検査となるため、形状や寸法、成分等が規格内でことを確認するために行う。分析は1日当たり2回とし、半日分の燃料粒子から焼結工程で使用した各トレーから適当な量をサンプリングし、分析する。必要なサンプリング量は、分析の精度に応じて変化する。なお、規格外の粒子燃料は再処理系に搬送し、リワークすることとなる。

### (2) 工程管理上必要な分析項目

#### a. 品質管理から必要な分析項目

品質管理の面からは、規格内のサイズや成分のゲル球粒子を製造するために必要な検査・分析を行う。滴下混合槽中において、増粘剤が不足した場合や混合が不十分であった場合は、滴下・熟成工程でゲル球が正常な形状に作製されない。同様に、洗浄工程において湿潤ゲル球の洗浄が不十分であった場合は、乾燥工程で粒子にクラックが入る場合がある。また、燃料棒に充填する前に焼結球の形状、成分等の検査を行う必要がある。

従って、滴下液混合工程、洗浄工程の2工程において、品質管理の面で以下の検査・分析が必要である。

- ・ 滴下混合液の粘度
- ・ 洗浄廃液の pH

滴下混合液の粘度および洗浄廃液の pH はインラインで常に測定し、混合および洗浄が十分に行われていることを確認するために行う。

b. 臨界管理から必要な分析項目

臨界管理の面で必要な分析項目は、乾燥ゲル球、焙焼球の含水率となる。乾燥ゲル球や焙焼球を受け入れる設備では、乾燥や焙焼が行われて場合の含水率を前提に臨界安全評価しているため、水分の確認が必要となる。乾燥装置出口及び焙焼炉出口においてインラインで含水率を常に測定し、炉内温度管理やインターロック等と連動させることとする。

c. 核物質管理の面から必要な分析項目

核物質管理の面からは、系外に放出される全ての物質及び製品の Pu、U、Am 濃度測定を行う必要がある。本プロセスでは、廃液及び焼結球となる。

従って、核物質管理の面から必要な分析項目は、廃液及び焼結球の Pu、U、Am 濃度測定となる。廃液の分析は廃液を系外に放出する際に、廃液槽から適量をサンプリングし、槽単位で行う。また、焼結球の分析頻度、サンプル数は、品質保持のためのものと共通とする。

d. 環境への影響評価のために必要な分析項目

環境への影響評価のために必要な分析項目は、廃液の不純物及び  $\text{NO}_3$  濃度測定となる。廃液の分析は廃液を系外に放出する際に、廃液槽単位で行う。

(3) 分析項目のまとめ

ゲル化燃料製造における分析項目と分析方法を工程ごとに表 2.3-1 にまとめた。焼結球における分析項目が多いのは品質保証に関係し、次の燃料充填工程に影響を及ぼす為である。特に U, Pu 含有率、O/M 比、各種金属元素の不純物含有率を重点項目としている。

また分析装置は内側・外側炉心燃料、ブランケット燃料全て共用とした。

表2.3-1 ゲル化プロセスにおける分析項目と分析方法

工程	試料名	分析項目	分析方法	品質保証	工程管理				分析時間 (min)	装置概略寸法	試料採取位置	液体試料採取量 (ml/回)	固体試料採取量 (g/回)	備考
					品質管理	臨界	核管	環境						
原料供給	原料液	Pu濃度	電位差滴定法					30	1000×1000×1000Hmm	富化度調整槽内	1			
		U濃度	電位差滴定法					30	1000×1000×1000Hmm	同上	1			
滴下液混合	滴下液	粘度	プロセス用振動式粘度計(インライン)						インライン	滴下液混合槽内				
滴下・熟成	アンモニア廃液	Pu濃度	電位差滴定法					30	と同等寸法(共用)	滴下・熟成槽後の反応廃液槽	1			
		U濃度	電位差滴定法					30	と同等寸法(共用)	同上	1			
		Am濃度	線スペクトル分析					60	1000×1000×1000Hmm	同上	1			
		不純物(有機)	ガスクロマトグラフ分析					30	500×500×1000Hmm	同上	1			
		NO3濃度	イオンクロマトグラフ分析					30	500×500×1000Hmm	同上	1			
		不純物(金属)	ICP-AES					30	1000×2000×1000Hmm	同上	1			
洗浄	洗浄廃液(水)	Pu濃度	電位差滴定法					30	と同等寸法(共用)	洗浄装置後の洗浄廃液槽	1			
		U濃度	電位差滴定法					30	と同等寸法(共用)	同上	1			
		Am濃度	線スペクトル分析					60	と同等寸法(共用)	同上	1			
		pH	pH計(インライン)						インライン	同上				
		不純物(有機)	ガスクロマトグラフ分析					30	と同等寸法(共用)	同上	1			
		NO3濃度	イオンクロマトグラフ分析					30	と同等寸法(共用)	同上	1			
		不純物(金属)	ICP-AES					30	と同等寸法(共用)	同上	1			
		洗浄廃液(IPA)	Pu濃度	電位差滴定法					30	と同等寸法(共用)	洗浄装置後の洗浄廃液槽	1		
	U濃度		電位差滴定法					30	と同等寸法(共用)	同上	1			
	Am濃度		線スペクトル分析					60	と同等寸法(共用)	同上	1			
	不純物(有機)		ガスクロマトグラフ分析					30	と同等寸法(共用)	同上	1			
	NO3濃度		イオンクロマトグラフ分析					30	と同等寸法(共用)	同上	1			
	不純物(金属)		ICP-AES					30	と同等寸法(共用)	同上	1			
	乾燥	乾燥ゲル球	含水率	近赤外線式(インライン)						インライン	乾燥装置～乾燥ゲル球貯槽間 計量供給装置			
焙焼	焙焼球	含水率	近赤外線式(インライン)						インライン	焙焼炉～焼結炉 計量供給装置				
焼結	焼結球	平均粒径	CCDカメラ+光学顕微鏡+画像解析					30	1000×1000×1000Hmm	焼結球貯蔵容器		1		
		真球度	CCDカメラ+光学顕微鏡+画像解析					30	と同等寸法(共用)	同上		1		
		表面観察	CCDカメラ+光学顕微鏡+画像解析					30	と同等寸法(共用)	同上		1		
		内部観察	樹脂埋込み/研磨装置+光学顕微鏡+CCDカメラ					600	1000×2000×1000Hmm	同上		10	樹脂埋込み装置+研磨装置の大きさ	
		比表面積	低温物理吸着法					30	1000×1000×1000Hmm	同上		3		
		密度	定容積膨張法(乾式)					30	500×500×200Hmm	同上		3		
		かさ密度	JIS準拠					30	500×500×1000Hmm	同上		50	JIS R1628 ファイネミック粉末のかさ密度測定方法(1997)	
		粒度分布	レーザ回折・散乱法					30	1000×1000×1000Hmm	同上		1		
		含水率	水分吸着法					30	1000×1000×1000Hmm	同上		5	ASTMでは、五酸化リンを利用した電解セル方式	
		O/M	酸化還元重量法					120	1000×1000×1000Hmm	同上		5		
		Pu含有率	酸化重量法					120	1000×1000×1000Hmm	同上		5		
		U含有率	酸化重量法					120	1000×1000×1000Hmm	同上		5		
		(Pu同位体組成)	ICP-MS					240	1000×2000×1000Hmm	同上		1		
		(U同位体組成)	ICP-MS					240	と同等寸法(共用)	同上		1		
		MA濃度	線スペクトル分析					60	1000×1000×1000Hmm	同上		1		
		(FP濃度)	ICP-AES					240	と同等寸法(共用)	同上		1		
		Al	ICP-AES					240	と同等寸法(共用)	同上		1	ASTMは、直流アークプラズマ発光分光分析	
		C	ガスクロマトグラフ分析(Cを燃焼後CO2分析)					60	と同等寸法(共用)	同上		1	C、N、Hの同時測定可能	
		Ca+Mg	ICP-AES					240	と同等寸法(共用)	同上		1	ASTMは、直流アークプラズマ発光分光分析	
		Cl	イオンクロマトグラフ分析					240	と同等寸法(共用)	同上		1	ASTMは、電気化学的分析法(イオン選択性電極)	
		Cr	ICP-AES					240	と同等寸法(共用)	同上		1	ASTMは、直流アークプラズマ発光分光分析	
		Co	ICP-AES					240	と同等寸法(共用)	同上		1	ASTMは、直流アークプラズマ発光分光分析	
		Cu	ICP-AES					240	と同等寸法(共用)	同上		1		
		F	イオンクロマトグラフ分析					240	と同等寸法(共用)	同上		1	ASTMは、電気化学的分析法(イオン選択性電極)	
		H(全水素)	ガスクロマトグラフ分析(試料燃焼後H2O分析)					60	と同等寸法(共用)	同上		1	C、N、Hの同時測定可能	
		Fe	ICP-AES					240	と同等寸法(共用)	同上		1	ASTMは、直流アークプラズマ発光分光分析	
		Pb	ICP-AES					240	と同等寸法(共用)	同上		1		
		Mn	ICP-AES					240	と同等寸法(共用)	同上		1		
		Mo	ICP-AES					240	と同等寸法(共用)	同上		1		
		Ni	ICP-AES					240	と同等寸法(共用)	同上		1	ASTMは、直流アークプラズマ発光分光分析	
		N(含窒化物)	ガスクロマトグラフ分析(試料加熱後N2分析)					60	と同等寸法(共用)	同上		1	C、N、Hの同時測定可能。ASTMはケルダール窒素定量法	
		P	ICP-AES					240	と同等寸法(共用)	同上		1		
		Si	ICP-AES					240	と同等寸法(共用)	同上		1	ASTMは、直流アークプラズマ発光分光分析	
		Ta	ICP-AES					240	と同等寸法(共用)	同上		1		
Th	ICP-AES					240	と同等寸法(共用)	同上		1	ASTMは、直流アークプラズマ発光分光分析			
Sn	ICP-AES					240	と同等寸法(共用)	同上		1				
Ti	ICP-AES					240	と同等寸法(共用)	同上		1				
W	ICP-AES					240	と同等寸法(共用)	同上		1				
V	ICP-AES					240	と同等寸法(共用)	同上		1				
Zn	ICP-AES					240	と同等寸法(共用)	同上		1				
		有機物濃度	ガスクロマトグラフ分析					240	と同等寸法(共用)	同上		1		
		重量	ロードセル(インライン)						インライン	同上				

#### (4) 分析装置の種類と機器数

分析装置の種類と機器数を表 2.3-2 にまとめた。分析サンプルは全 遮蔽構造物の中で操作可能であり、分析手法は確立されている方法を採用する。放射性物質を含んだ誘導結合プラズマ発光分光分析 (ICP-AES) では高温で施設内の配置や汚染空気の処理系について検討する必要がある。分析の頻度については 1 回 / 日または 2 回 / 日を設定した。誘導結合プラズマ発光分光分析 (ICP-AES) やクロマトグラフ分析は前処理が必要であり、サンプリング数が多いので効率的な分析方法を必要とする。また 1 回当たりの試料採取量は液体試料の場合約 1ml、粉末固体試料の場合は 1 ~ 5g で設定し、液体サンプルで希釈が必要なものについては 100 倍に希釈することとした。バッチ数との関係では、1) 連続式の工程 (焙焼炉、還元炉、焼結炉) では、一定量の燃料 (例えば、前半の工程の 1 バッチ分や半日分の燃料) を処理するごとに一定時間の処理の空白時間を設けることにより、燃料が混合する範囲 (前述の 1 バッチ分や半日分) を制御できるものとし、2) 貯槽においては、貯槽内の燃料は混合することとし、1 つの貯槽が空になってから次の貯槽内の燃料を次工程にて処理することとした。

機器数は製造ライン数、分析サンプリング数、1 分析に要する時間から必要分析時間を算出し、1 日 24 時間操業で処理に十分対応できる機器数を見積もった。

分析頻度についてはリワークとの関係も考慮する必要がある。例えば、焙焼球貯槽や還元球貯槽が 1 日分の貯槽として 2 基しか存在しない場合は、4 バッチ分 (半日分) の燃料が貯槽内で混合してしまうことになる。そのため、中間貯蔵庫での検査・分析において、あるサンプルから規格外の粒子が発見された場合は半日分の燃料をリワークする必要がある。従って、均等にサンプリングを行い、分析を行う単位は半日分でよいということとなる。

逆に、全ての工程において前半の工程の 1 バッチ分までトレーサビリティを保つためには、多くの機器が必要となる。例えば内側炉心燃料の大粒子の場合、滴下・熟成槽は 3 基あり、1 日当り 8 バッチの混合を行うので、1 日当り 24 通りの滴下・熟成工程が存在する。それぞれの特徴を保ったまま後半の中間バッファ (乾燥ゲル球貯槽、焙焼球貯槽、還元球貯槽) において 1 日分の燃料を貯蔵するためには、それぞれ最低 24 基ずつの中間バッファが必要になる。ただし、中間バッファを 24 基ずつ設置した場合の分析頻度は 1 日当り (8 回 × 3 系統) となり、中間貯蔵庫における検査・分析によって規格外の粒子が発見された場合は 1 日の燃料製造量の 1/24 だけリワークすればよいことになる。

本検討では、コスト低減の観点から機器数をできるだけ少なくしたため、分析頻度を 2 回

／日より多くしても効果がないと判断した。なお廃液の分析にあたっては同系列で同じ処理を実施する装置については廃液を廃液槽でまとめて貯留後に分析サンプルを採取することとし、廃液中への TRU 移行率は原液の 1%とした。

上記の 2 通りの考え方やその中間的な考え方のうち、どの方法がコスト的にメリットがあるか判断するためには、「規格外の粒子の発生率」「分析コスト」「建設費」等を考慮する必要がある。本検討のように機器を少なくした場合は、建設費や分析費は安くなるが、半日分の燃料が混合してしまうため不良品が見つかった際は半日分の燃料をリワークしなければならない。ほとんど不良品が発生しない場合は問題がないが、不良品が多い場合は歩留まりが非常に悪くなる。不良品が多く発生する場合は、不良品が発生した原因を特定するためにも、リワークを少なくするためにもできる限りのトレーサビリティを保つべきであり、どちらがコスト的に有利であるかは総合的に判断する必要がある。

実規模でのゲル化粒子燃料製造のデータが不足している現段階では、コスト的な面から優位性を判断することは困難であり、建設費削減の観点から機器数を少なくする設定とした。

表 2.3-2 必要な分析機器と機器台数 (1/2)

分析機器名	必要機器数 (台)	分析対象	必要試料量	2次廃棄物 の形態・量	分析サンプル数 (工程)	分析頻度	分析回数 (回/日)	1 サンプルの 分析時間(hr)	予想される TRU 含有廃棄物量(日)
1.自動電位差滴定装置	2	U 濃度、Pu 濃度 (富化度調整槽、滴下・熟成槽、洗浄廃液)	溶液約 1ml	溶液 100ml / 回 容器 5g / 回	3 (富化度調整) 6 (滴下・熟成) 6×2 系列=12 (洗浄)	1 回 / 日	21	0.5	溶液 2100ml 容器 105g
2. 線スペクトロメータ	2	Am 濃度 (滴下・熟成槽、洗浄廃液)	溶液約 1ml	溶液 1ml / 回 容器 5g / 回	6 (滴下・熟成) 6×2 系列=12 (洗浄)	1 回 / 日	18	1	溶液 18ml 容器 90g
3. 線スペクトロメータ	1	MA 濃度 (焼結球)	粉末約 1g	粉末約 1g / 回 容器 5g / 回	6 (焼結)	2 回 / 日	12	1	粉末 12g 容器 60g
4.ガスクロマトグラフ	2	不純物(有機)濃度 (滴下・熟成槽、洗浄廃液)	溶液約 1ml	溶液 1ml / 回 容器 5g / 回 カラム 10g / 回	6 (滴下・熟成) 6×2 系列=12 (洗浄)	1 回 / 日	18	0.5	溶液 18ml 容器 90g カラム 180g
		C,H,N 濃度 (焼結球)	粉末約 5g	粉末 5g / 回 容器 5g / 回 カラム 10g / 回	6 (焼結)	2 回 / 日 (焼結炉)	12	0.5	粉末 60g 容器 60g カラム 120g
5.イオンクロマトグラフ	2	NO <sub>3</sub> 濃度 (滴下・熟成槽、洗浄廃液)	溶液約 1ml	溶液 1ml / 回 容器 5g / 回 カラム 10g / 回	6 (滴下・熟成) 6×2 系列=12 (洗浄)	1 回 / 日	18	0.5	溶液 18ml 容器 90g カラム 180g
		Cl 濃度、F 濃度 (焼結球)	粉末約 5g	粉末 5g / 回 溶液 100ml / 回 容器 5g / 回 カラム 10g / 回	6 (焼結)	2 回 / 日 (焼結炉)	12	0.5	粉末 60g 溶液 1200ml 容器 60g カラム 120g
6.誘導プラズマ発光 分光分析装置 (ICP-AES)	3	不純物(金属)濃度 (滴下・熟成槽、洗浄廃液)	溶液約 1ml	溶液 100ml / 回 容器 5g / 回	12 (滴下・熟成) 19×2=38 (洗浄)	1 回 / 日	18	1	溶液 1800ml 容器 90g
		各種金属及び FP (焼結球)	粉末約 1g	粉末 1g / 回 溶液 100ml / 回 容器 5g / 回	6 (焼結)	2 回 / 日 (焼結炉)	12	1	粉末 12g 溶液 1200ml 容器 60g

表 2.3-2 必要な分析機器と機器台数 (2/2)

分析機器名	必要機器数	分析対象	必要試料量	2次廃棄物の形態・量	分析サンプル数(工程)	分析頻度	分析回数(回/日)	1サンプルの分析時間(hr)	予想される TRU 含有廃棄物量(日)
7.誘導プラズマ質量分析装置 (ICP-MS)	1	U 同位体、Pu 同位体の組成 (焼結球)	粉末約 1g	粉末 1g / 回 溶液 100ml / 回 容器 5g / 回	6 (焼結)	2 回 / 日 (焼結炉)	12	0.5	粉末 12g 溶液 1200ml 容器 60g
8.粘度計	6	粘度 (滴下液)			6 (滴下液混合)	各バッチ 8 回 / 日	48		インライン分析
9.pH 計	6	pH (洗浄廃液)			6 (洗浄)	各バッチ 8 回 / 日	152		インライン分析
10.近赤外式含水率計	12	含水率 (乾燥ゲル球、焙焼球)			6 (乾燥) 6 (焙焼)	各バッチ 8 回 / 日	96		インライン分析
11.走査型プローブ顕微鏡	1	表面観察、真球度 (焼結球)	粉末約 1g	粉末 1g / 回 容器 5g / 回	6 (焼結)	2 回 / 日 (焼結炉)	12	0.5	粉末 12g 容器 60g
12.樹脂埋込み装置 研磨装置	1	内部観察 (焼結球)	粉末約 10g	粉末 10g / 回 樹脂 10g / 回	6 (焼結)	2 回 / 日 (焼結炉)	12	10	粉末 120g 樹脂 120g
13.自動比表面積測定装置	1	比表面積 (焼結球)	粉末約 3g	粉末 3g / 回 容器 5g / 回	6 (焼結)	2 回 / 日 (焼結炉)	12	0.5	粉末 36g 容器 60g
14.乾式自動密度計	1	密度 (焼結球)	粉末約 3g	粉末 3g / 回 容器 5g / 回	6 (焼結)	2 回 / 日 (焼結炉)	12	0.5	粉末 36g 容器 60g
15.レーザー回折式 粒度分布測定装置	1	粒度分布 (焼結球)	粉末約 1g	粉末 1g / 回 容器 5g / 回	6 (焼結)	2 回 / 日 (焼結炉)	12	0.5	粉末 12g 容器 60g
16.赤外線水分計	3	含水率 (焼結球)	粉末約 5g	粉末 5g / 回 容器 5g / 回	6 (焼結)	2 回 / 日 (焼結炉)	12	0.5	粉末 60g 容器 60g
17.示差熱・熱重量同時 測定装置	1	O/M、U/Pu 含有率 (焼結球)	粉末約 5g	粉末 5g / 回 容器 5g / 回	6 (焼結)	2 回 / 日 (焼結炉)	12	2	粉末 60g 容器 60g

## 2.4 機器の概念設計

主要機器の機器構造を明確化し、機器リスト、機器図としてまとめた。

抽出した機器の故障モードに対する故障率及び復旧時間を検討し、機器稼働率を見積った。

### (1) 主要機器リスト

湿式ゲル化法（外部ゲル化法）による振動充てん燃料製造のうち、富化度調整液の受入から焼結球（ $\text{UO}_2/\text{PuO}_2$ ）の製造・中間貯蔵までの主要機器リストを表 2.4-1（1/7）～表 2.4-1（7/7）に示す。また内側燃料大粒径製造ラインを系列槽 A、内側燃料小粒径製造ラインをを系列槽 B、外側燃料大粒径製造ラインを系列槽 C、外側燃料小粒径製造ラインを系列槽 D とし、表中では A, B, C, D の以下略記号で示す。

- ・ U/Pu 溶液供給槽 A, B, C, D
- ・ 滴下液混合槽 A, B, C, D
- ・ 滴下液供給槽 A, B, C, D
- ・ 滴下・熟成槽 A, B, C, D
- ・ 洗浄装置 A, B, C, D
- ・ 乾燥装置 A, B, C, D
- ・ 乾燥ゲル球貯槽 A, B, C, D
- ・ 焙焼炉 A, B, C, D
- ・ 焙焼球貯槽 ( $\text{UO}_3/\text{PuO}_2$ ) A, B, C, D
- ・ 還元炉 A, B, C, D
- ・ 還元球貯槽 ( $\text{UO}_2/\text{PuO}_2$ ) A, B, C, D
- ・ 焼結炉 A, B, C, D
- ・ 貯蔵容器（焼結球）A, B, C, D
- ・ 焼結球中間貯蔵庫 A, B, C, D

表 2.4-1 主要機器リスト (1/7)

設備名称: 振動充てん燃料製造設備(外部ゲル化法)

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震 重要度 分類	重量 (ton)	備考
1	V31	1	U/Pu溶液供給槽A	円環形状	有効容量約6200ℓ, 約φ5000×約H6100	SUS304L	30	静水頭	A	11	内側炉心燃料製造用 一週間分貯留
2	V32	1	U/Pu溶液供給槽B	円環形状	有効容量約6200ℓ, 約φ5000×約H6100	SUS304L	30	静水頭	A	11	内側炉心燃料製造用 一週間分貯留
3	V51	1	U/Pu溶液供給槽C	円環形状	有効容量約3900ℓ, 約φ4800×約H4200	SUS304L	30	静水頭	A	7	外側炉心燃料製造用 一週間分貯留
4	V52	1	U/Pu溶液供給槽D	円環形状	有効容量約3900ℓ, 約φ4800×約H4200	SUS304L	30	静水頭	A	7	外側炉心燃料製造用 一週間分貯留
5	V001A-1	1	滴下液混合槽A	円環型	有効容量約185リットル φ約1,100×H約950mm	SUS304L	30	静水頭	A	1	内側燃料: 大粒径用
6	V001B-1	1	滴下液混合槽B	円環型	有効容量約70リットル φ約700×H約600mm	SUS304L	30	静水頭	A	0.5	内側燃料: 小粒径用
7	V001C-1	1	滴下液混合槽C	円環型	有効容量約185リットル φ約1,100×H約950mm	SUS304L	30	静水頭	A	1	外側燃料: 大粒径用
8	V001D-1	1	滴下液混合槽D	円環型	有効容量約70リットル φ約700×H約600mm	SUS304L	30	静水頭	A	0.5	外側燃料: 小粒径用

表 2.4-1 主要機器リスト (2/7)

設備名称: 振動充てん燃料製造設備(外部ゲル化法)

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震 重要度 分類	重量 (ton)	備考
9	P002A-1	1	滴下液混合槽循環ポンプA	ギヤポンプ	1.5 m <sup>3</sup> /hr, 0.7MPa, 3.7kw	SUS304L	30	-	A	0.1	内側燃料: 大粒径用
10	P002B-1	1	滴下液混合槽循環ポンプB	ギヤポンプ	0.6 m <sup>3</sup> /hr, 0.7MPa, 1.5kw	SUS304L	30	-	A	0.1	内側燃料: 小粒径用
11	P002C-1	1	滴下液混合槽循環ポンプC	ギヤポンプ	1.5 m <sup>3</sup> /hr, 0.7MPa, 3.7kw	SUS304L	30	-	A	0.1	外側燃料: 大粒径用
12	P002D-1	1	滴下液混合槽循環ポンプD	ギヤポンプ	0.6 m <sup>3</sup> /hr, 0.7MPa, 1.5kw	SUS304L	30	-	A	0.1	外側燃料: 小粒径用
13	V003A-1~12	12	滴下液供給槽A	縦置円筒型	有効容量約15リットル φ約251×H約450mm	SUS304L	30	静水頭	A	0.2	内側燃料: 大粒径用
14	V003B-1~8	8	滴下液供給槽B	縦置円筒型	有効容量約9リットル φ約251×H約290mm	SUS304L	30	静水頭	A	0.1	内側燃料: 小粒径用
15	V003C-1~12	12	滴下液供給槽C	縦置円筒型	有効容量約15リットル φ約251×H約450mm	SUS304L	30	静水頭	A	0.2	外側燃料: 大粒径用
16	V003D-1~8	8	滴下液供給槽D	縦置円筒型	有効容量約9リットル φ約251×H約290mm	SUS304L	30	静水頭	A	0.1	外側燃料: 小粒径用

表 2.4-1 主要機器リスト (3/7)

設備名称: 振動充てん燃料製造設備(外部ゲル化法)

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震 重要度 分類	重量 (ton)	備考
17	V004A-1~3	3	滴下、熟成槽A	円環型	有効容量約80リットル φ約650×H約800mm	SUS304L	30	静水頭	A	1.2	内側燃料: 大粒径用
18	V004B-1~2	2	滴下、熟成槽B	円環型	有効容量約53リットル φ約600×H約650mm	SUS304L	30	静水頭	A	1.1	内側燃料: 小粒径用
19	V004C-1~3	3	滴下、熟成槽C	円環型	有効容量約71リットル φ約650×H約750mm	SUS304L	30	静水頭	A	1.2	外側燃料: 大粒径用
20	V004D-1~2	2	滴下、熟成槽D	円環型	有効容量約46リットル φ約600×H約600mm	SUS304L	30	静水頭	A	1.1	外側燃料: 小粒径用
21		3	ゲル球ポンプA	スクリーポンプ	3 m <sup>3</sup> /hr,0.8MPa,5.5kw	SUS304L	30	-	A	0.1	内側燃料: 大粒径用
22		2	ゲル球ポンプB	スクリーポンプ	3 m <sup>3</sup> /hr,0.8MPa,5.5kw	SUS304L	30	-	A	0.1	内側燃料: 小粒径用
23		3	ゲル球ポンプC	スクリーポンプ	3 m <sup>3</sup> /hr,0.8MPa,5.5kw	SUS304L	30	-	A	0.1	外側燃料: 大粒径用
24		2	ゲル球ポンプD	スクリーポンプ	3 m <sup>3</sup> /hr,0.8MPa,5.5kw	SUS304L	30	-	A	0.1	外側燃料: 小粒径用
25	V005A-1~3	6	洗浄装置A	縦置円筒型	有効容量約97リットル φ約251×H約2,380mm	SUS304L	30	静水頭	A	0.4	内側燃料: 大粒径用
26	V005B-1~2	2	洗浄装置B	縦置円筒型	有効容量約56リットル φ約251×H約1,390mm	SUS304L	30	静水頭	A	0.3	内側燃料: 小粒径用
27	V005C-1~3	6	洗浄装置C	縦置円筒型	有効容量約86リットル φ約251×H約2,110mm	SUS304L	30	静水頭	A	0.4	外側燃料: 大粒径用
28	V005D-1~2	2	洗浄装置D	縦置円筒型	有効容量約50リットル φ約251×H約1,250mm	SUS304L	30	静水頭	A	0.3	外側燃料: 小粒径用

表 2.4-1 主要機器リスト (4/7)

設備名称:振動充てん燃料製造設備(外部ゲル化法)

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震 重要度 分類	重量 (ton)	備考
29		6	洗浄ゲル球ポンプA	スクリーポンプ	3 m <sup>3</sup> /hr,0.8MPa,5.5kw	SUS304L	30	-	A	0.1	内側燃料:大粒径用
30		2	洗浄ゲル球ポンプB	スクリーポンプ	3 m <sup>3</sup> /hr,0.8MPa,5.5kw	SUS304L	30	-	A	0.1	内側燃料:小粒径用
31		6	洗浄ゲル球ポンプC	スクリーポンプ	3 m <sup>3</sup> /hr,0.8MPa,5.5kw	SUS304L	30	-	A	0.1	外側燃料:大粒径用
32		2	洗浄ゲル球ポンプD	スクリーポンプ	3 m <sup>3</sup> /hr,0.8MPa,5.5kw	SUS304L	30	-	A	0.1	外側燃料:小粒径用
33	V006A-1~6	6	乾燥装置A	横置円筒型	φ約153×H約4,500mm	SUS304L	60	0.04	A	3	内側燃料:大粒径用
34	V006B-1~2	2	乾燥装置B	横置円筒型	φ約153×H約4,500mm	SUS304L	60	0.04	A	3	内側燃料:小粒径用
35	V006C-1~6	6	乾燥装置C	横置円筒型	φ約153×H約4,500mm	SUS304L	60	0.04	A	3	外側燃料:大粒径用
36	V006D-1~2	2	乾燥装置D	横置円筒型	φ約153×H約4,500mm	SUS304L	60	0.04	A	3	外側燃料:小粒径用
37	V007A-1~12	18	乾燥ゲル球貯槽A	縦置円筒型	有効容量約31リットル φ約153×H約2100mm	SUS304	室温	大気圧	A	0.3	内側燃料:大粒径用
38	V007B-1~6	7	乾燥ゲル球貯槽B	縦置円筒型	有効容量約24リットル φ約153×H約1640mm	SUS304	室温	大気圧	A	0.3	内側燃料:小粒径用
39	V007C-1~12	18	乾燥ゲル球貯槽C	縦置円筒型	有効容量約28リットル φ約153×H約1860mm	SUS304	室温	大気圧	A	0.3	外側燃料:大粒径用
40	V007D-1~6	7	乾燥ゲル球貯槽D	縦置円筒型	有効容量約21リットル φ約153×H約1450mm	SUS304	室温	大気圧	A	0.3	外側燃料:小粒径用

表 2.4-1 主要機器リスト (5/7)

設備名称: 振動充てん燃料製造設備(外部ゲル化法)

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震 重要度 分類	重量 (ton)	備考
41	X008A-1~6	6	計量供給装置A	ロータリーフィーダ	供給量 5.2 リットル/hr	SUS304	室温	大気圧	A	0.1	内側燃料: 大粒径用
42	X008B-1~2	2	計量供給装置B	ロータリーフィーダ	供給量 6.0 リットル/hr	SUS304	室温	大気圧	A	0.1	内側燃料: 小粒径用
43	X008C-1~6	6	計量供給装置C	ロータリーフィーダ	供給量 4.6 リットル/hr	SUS304	室温	大気圧	A	0.1	外側燃料: 大粒径用
44	X008D-1~2	2	計量供給装置D	ロータリーフィーダ	供給量 5.3 リットル/hr	SUS304	室温	大気圧	A	0.1	外側燃料: 小粒径用
45	V009A-1~3	3	焙焼炉A	ロータリーキルン	φ約121×L約4,000mm	SUS304L	400	大気圧	B	3	内側燃料: 大粒径用
46	V009B-1	1	焙焼炉B	ロータリーキルン	φ約121×L約4,000mm	SUS304L	400	大気圧	B	3	内側燃料: 小粒径用
47	V009C-1~3	3	焙焼炉C	ロータリーキルン	φ約121×L約4,000mm	SUS304L	400	大気圧	B	3	外側燃料: 大粒径用
48	V009D-1	1	焙焼炉D	ロータリーキルン	φ約121×L約4,000mm	SUS304L	400	大気圧	B	3	外側燃料: 小粒径用
49	V010A-1~2	2	焙焼球貯槽(UO <sub>3</sub> /PuO <sub>2</sub> )A	縦置円筒型	有効容量約32リットル φ約200×H約1300mm	SUS304	室温	大気圧	B	0.2	内側燃料: 大粒径用
50	V010B-1~2	2	焙焼球貯槽(UO <sub>3</sub> /PuO <sub>2</sub> )B	縦置円筒型	有効容量約14リットル φ約200×H約610mm	SUS304	室温	大気圧	B	0.1	内側燃料: 小粒径用
51	V010C-1~2	2	焙焼球貯槽(UO <sub>3</sub> /PuO <sub>2</sub> )C	縦置円筒型	有効容量約27リットル φ約200×H約1140mm	SUS304	室温	大気圧	B	0.2	外側燃料: 大粒径用
52	V010D-1~2	2	焙焼球貯槽(UO <sub>3</sub> /PuO <sub>2</sub> )D	縦置円筒型	有効容量約12リットル φ約200×H約540mm	SUS304	室温	大気圧	B	0.1	外側燃料: 小粒径用

表 2.4-1 主要機器リスト(6/7)

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震 重要度 分類	重量 (ton)	備考
53	X011A-1~2	2	計量供給装置A	ロータリーフィーダ	供給量 2.6リットル/hr	SUS304	室温	大気圧	B	0.1	内側燃料:大粒径用
54	X011B-1~2	2	計量供給装置B	ロータリーフィーダ	供給量 1.1 リットル/hr	SUS304	室温	大気圧	B	0.1	内側燃料:小粒径用
55	X011C-1~2	2	計量供給装置C	ロータリーフィーダ	供給量 2.3 リットル/hr	SUS304	室温	大気圧	B	0.1	外側燃料:大粒径用
56	X011D-1~2	2	計量供給装置D	ロータリーフィーダ	供給量 1.0 リットル/hr	SUS304	室温	大気圧	B	0.1	外側燃料:小粒径用
57	V012A-1	1	還元炉A	ロータリーキルン	φ約121×L約4,000mm	インコネル600	600	大気圧	B	3	内側燃料:大粒径用
58	V012B-1	1	還元炉B	ロータリーキルン	φ約121×L約4,000mm	インコネル600	600	大気圧	B	3	内側燃料:小粒径用
59	V012C-1	1	還元炉C	ロータリーキルン	φ約121×L約4,000mm	インコネル600	600	大気圧	B	3	外側燃料:大粒径用
60	V012D-1	1	還元炉D	ロータリーキルン	φ約121×L約4,000mm	インコネル600	600	大気圧	B	3	外側燃料:小粒径用
61	V013A-1~2	2	還元球貯槽(UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )A	縦置円筒型	有効容量約30リットル φ約200×H約1250mm	SUS304	室温	大気圧	B	0.2	内側燃料:大粒径用
62	V013B-1~2	2	還元球貯槽(UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )B	縦置円筒型	有効容量約13リットル φ約200×H約590mm	SUS304	室温	大気圧	B	0.1	内側燃料:小粒径用
63	V013C-1~2	2	還元球貯槽(UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )C	縦置円筒型	有効容量約26リットル φ約200×H約1100mm	SUS304	室温	大気圧	B	0.2	外側燃料:大粒径用
64	V013D-1~2	2	還元球貯槽(UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )D	縦置円筒型	有効容量約11リットル φ約200×H約520mm	SUS304	室温	大気圧	B	0.1	外側燃料:小粒径用

表 2.4-1 主要機器リスト (7/7)

設備名称: 振動弁てん燃料製造設備(外部ゲル化法)

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震度 分類	重量 (ton)	備考
65	X011A-1~2	2	計量供給装置A	ロータリーフィーダ	供給量 2.6リットル/hr	SUS304	室温	大気圧	B	0.1	内側燃料: 大粒径用
66	X011B-1~2	2	計量供給装置B	ロータリーフィーダ	供給量 1.1 リットル/hr	SUS304	室温	大気圧	B	0.1	内側燃料: 小粒径用
67	X011C-1~2	2	計量供給装置C	ロータリーフィーダ	供給量 2.3 リットル/hr	SUS304	室温	大気圧	B	0.1	外側燃料: 大粒径用
68	X011D-1~2	2	計量供給装置D	ロータリーフィーダ	供給量 1.0 リットル/hr	SUS304	室温	大気圧	B	0.1	外側燃料: 小粒径用
69	V014A-1	1	焼結炉A	ウオーキングビーム方式	L約12000×W約1600mm×H約2000mm	SUS304	室温	大気圧	B	56	内側燃料: 大粒径用
70	V014A-2	1	焼結炉B	ウオーキングビーム方式	L約12000×W約1600mm×H約2000mm	SUS304	室温	大気圧	B	56	内側燃料: 小粒径用
71	V014A-3	1	焼結炉C	ウオーキングビーム方式	L約12000×W約1600mm×H約2000mm	SUS304	室温	大気圧	B	56	外側燃料: 大粒径用
72	V014A-4	1	焼結炉D	ウオーキングビーム方式	L約12000×W約1600mm×H約2000mm	SUS304	室温	大気圧	B	56	外側燃料: 小粒径用
73	—	4	焼結球中間貯蔵庫	自動倉庫	容器自動搬送	SUS	室温	大気圧	B	—	

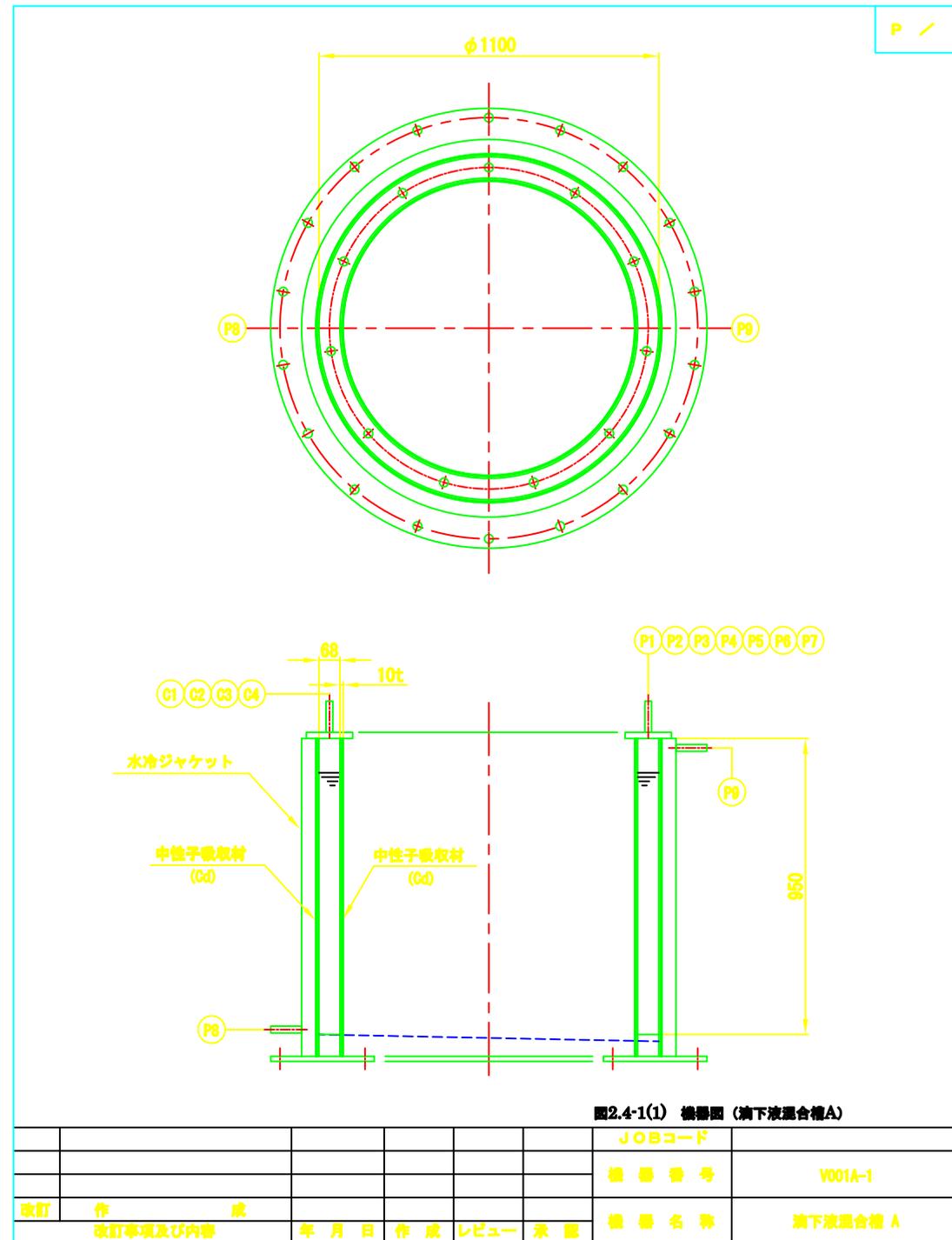
(2) 主要機器図

上記滴下液混合から焼結球中間貯蔵庫までの主要機器図で内側燃料大粒径製造ラインの系列 A、内側燃料小粒径製造ラインの系列 B 及び中間貯蔵庫の系列 A, B, C, D の主要機器図を図 2.4-1(系列 A)、図 2.4-2(系列 B)、図 2.4-3(焼結炉)、図 2.4-4(焼結球貯蔵容器) 図 2.4-5(焼結球中間貯蔵庫) について示した。

- ・ U/Pu 溶液供給槽 A, B
- ・ 滴下液混合槽 A、B
- ・ 滴下液供給槽 A、B
- ・ 滴下・熟成槽 A、B
- ・ 洗浄装置 A、B
- ・ 乾燥装置 A、B
- ・ 乾燥ゲル球貯槽 A、B
- ・ 焙焼炉 A、B
- ・ 焙焼球貯槽 (  $UO_3/PuO_2$  ) A、B
- ・ 還元炉 A、B
- ・ 還元球貯槽 (  $UO_2/PuO_2$  ) A、B
- ・ 焼結炉 A、B
- ・ 貯蔵容器 ( 焼結球 ) A、B
- ・ 貯蔵容器 ( 共通 )
- ・ 焼結球中間貯蔵庫槽 A, B, C, D

三菱マテリアル		データシート		I	設置場所	
				II	図面番号	
				III	図面番号	
設計データ				材質		
1	適用法規		45	本体	SUS304L	
2	型式	円環槽	46	本体		
3	液名	Pu/U 混合水溶液	47	フランジ	ボルト/ナット	
4	液比重		48		ガスケット	
5	容量	全容量	209 L	49	支持金具	
6		有効容量	185 L	50		
7	圧力	最高使用圧力		51		
8		使用圧力	静水頭	52		
9	温度	最高使用温度		53		
10		使用温度	30 °C	54		
11	攪はん方式	ポンプ循環	55			
12	応力除去	有 無	56			
13	腐れ代	2 mm	57			
14	溶接効率			保温・保冷		
15	リガメント効率		58	保温保冷材 材質		
16			59	厚 さ		
試験・検査			60	塗装		
17	耐圧試験 (内圧 外圧)	水圧 気圧	61			
18	漏洩試験 (内圧 真空)		付属品			
19	非破壊検査	PT RT	62	取付ボルト/ナット		
20			63	基礎ボルト		
ノズル及び接続口			64			
	記号	呼び径	接続型式	接続配管	用途	65
21	P 1			SUS304LTP	Pu/U 水溶液入口	66
22	P 2			SUS304LTP	PVA 水溶液入口	67
23	P 3			SUS304LTP	THFA 入口	68
24	P 4			SUS304LTP	循環液入口	69
25	P 5			SUS304LTP	洗浄液入口	70
26	P 6			SUS304LTP	溶液出口	71
27	P 7			SUS304LTP	ベント	72
28	P 8			SUS304LTP	冷却水入口	73
29	P 9			SUS304LTP	冷却水出口	74
30						75
31	G 1			SUS304LTP	液位計	
32	G 2			SUS304LTP	液位計	
33	G 3			SUS304LTP	密度計	
34	G 4			SUS304LTP	温度計	
35						
36						
37						
クラス分類			76	製作	1基	
38			77	耐 震	A	
39			78			
40			79			
41			80			
42			81	重量	kg	
43			82	空重量	kg	
44				運転重量	kg	

適用: 槽類



三菱マテリアル		データシート		I	設置場所	
				II	図面番号	
				III	図面番号	
設計データ				材質		
1	適用法規			45	本体	SUS304L
2	型式	型型円筒槽		46	本体	
3	液名	Pu/U混合水溶液		47	フランジ	ボルト/ナット
4	液比重			48		ガスケット
5	容量	全容量	20 L	49	支持金具	
6		有効容量	15 L	50		
7	圧力	最高使用圧力		51		
8		使用圧力	0.1 MPa	52		
9	温度	最高使用温度		53		
10		使用温度	30°C	54		
11	攪はん方式			55		
12	応力除去	有 無		56		
13	腐れ代	2 mm		57		
14	清浄効率				保温・保冷	
15	リガメント効率			58	保温保冷材 材質	
16				59	厚 さ	
試験・検査				60	塗 装	
17	耐圧試験 (内圧 外圧)	水圧 気圧		61		
18	漏洩試験 (内圧 真空)				付属品	
19	非破壊検査	PT RT		62	取付ボルト/ナット	
20				63	基礎ボルト	
ノズル及び接続口				64		
	記号	呼び径	接続型式	接続配管	用途	
21	P1			SUS304LTP	溶液入口	
22	P2			SUS304LTP	圧空入口	
23	P3			SUS304LTP	ベント	
24	P4			SUS304LTP	溶液出口	
25						
26	G1			SUS304LTP	液位計	
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
				76	製作	12 基
				77	耐 磨	A
				78		
				79		
				80		
				81	重量	kg
				82	空重量	kg
					運転重量	kg

適用:槽類

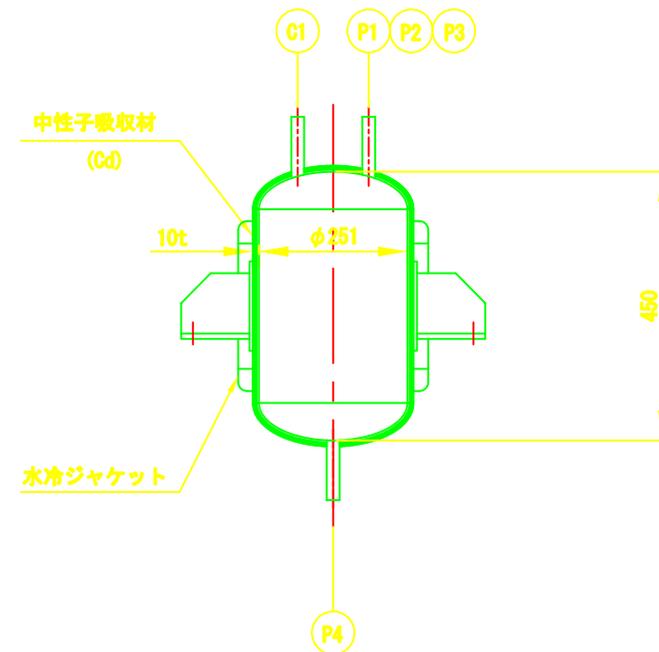
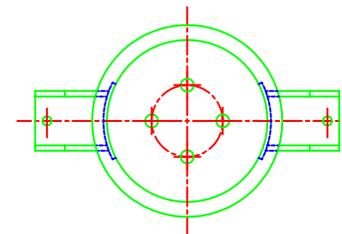
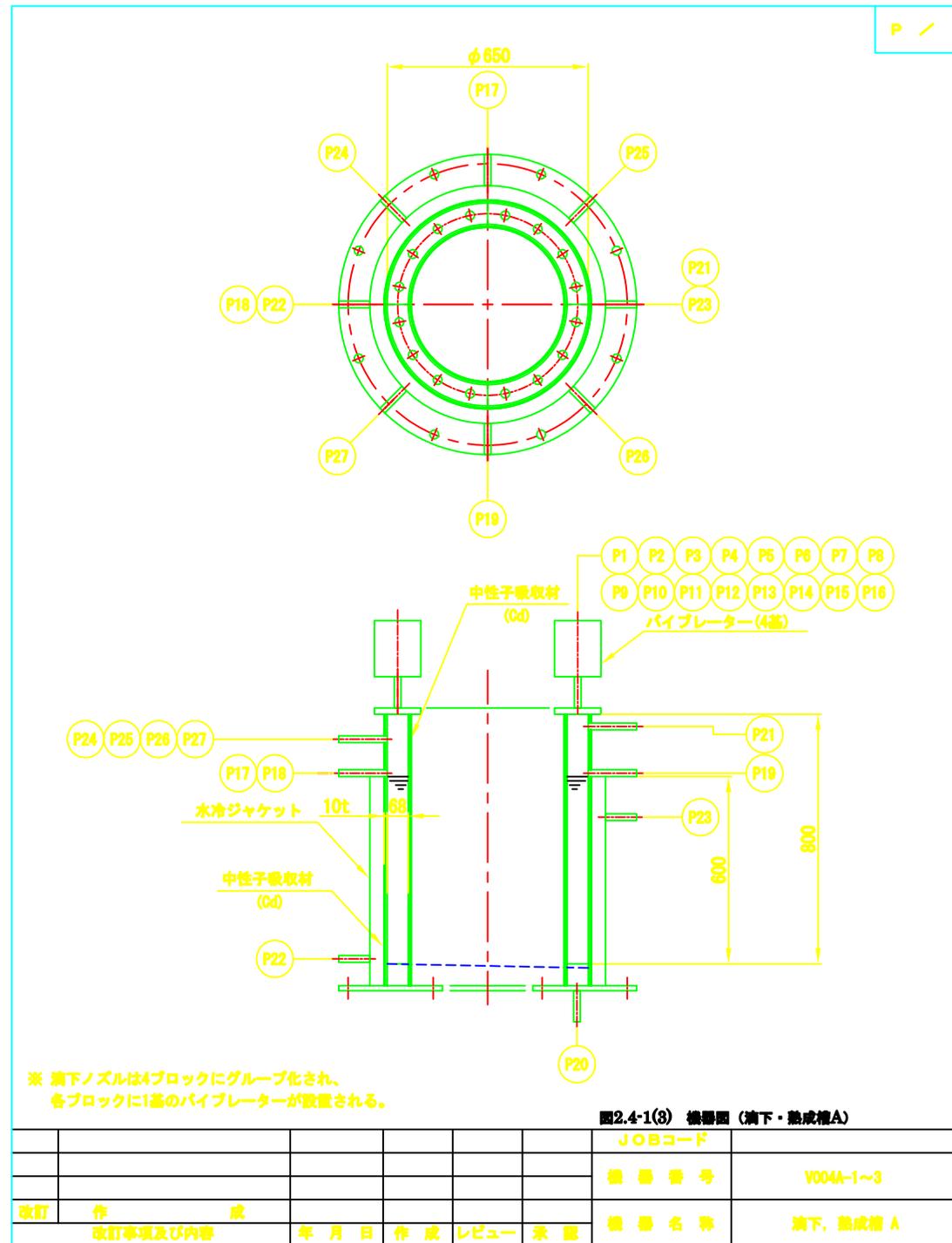


図2.4-1(2) 機器図 (滴下液供給槽A)

						JOBコード	
						機器番号	V003A-1~12
改訂	作	成	年月日	作成	レビュー	承認	機器名称
							滴下液供給槽 A

三菱マテリアル		データシート		I	設置場所	
				II	図面番号	
				III	図面番号	
設計データ				材質		
1	適用法規		45	本体	SUS304L	
2	型式	円環槽	46	本体		
3	液名	Pu/U 混合水溶液	47	フランジ	ボルト/ナット	
4	液比重		48		ガスケット	
5	容量	全容量	100 L	49	支持金具	
6		有効容量	80 L	50		
7	圧力	最高使用圧力		51		
8		使用圧力	静水頭	52		
9	温度	最高使用温度		53		
10		使用温度	30 °C	54		
11	攪はん方式		55			
12	応力除去	有 無	56			
13	腐れ代	2 mm	57			
14	溶接効率			保温・保冷		
15	リガメント効率		58	保温保冷材 材質		
16			59	厚 さ		
	試験・検査		60	塗装		
17	耐圧試験 (内圧 外圧)	水圧 気圧	61			
18	漏洩試験 (内圧 真空)			付属品		
19	非破壊検査	PT RT	62	取付ボルト/ナット		
20			63	基礎ボルト		
ノズル及び接続口				64		
	記号	呼び径	接続型式	接続配管	用途	
21	P 1			SUS304LTP	滴下ノズル1	
22						
23	P 16			SUS304LTP	滴下ノズル16	
24	P 17			SUS304LTP	アンモニア溶液入口	
25	P 18			SUS304LTP	アンモニアガス入口	
26	P 19			SUS304LTP	オーバーフロー口	
27	P 20			SUS304LTP	溶液出口	
28	P 21			SUS304LTP	ベント	
29	P 22			SUS304LTP	冷却水入口	
30	P 23			SUS304LTP	冷却水出口	
31	P 24			SUS304LTP	ITV用監視窓	
32	P 25			SUS304LTP	ITV用監視窓	
33	P 26			SUS304LTP	ITV用監視窓	
34	P 27			SUS304LTP	ITV用監視窓	
35						
36						
37					クラス分類	
38				76	製作	3基
39				77	耐 震	A
40				78		
41				79		
42				80		
43				81	重量	kg
44				82	空重量	kg
					運転重量	kg

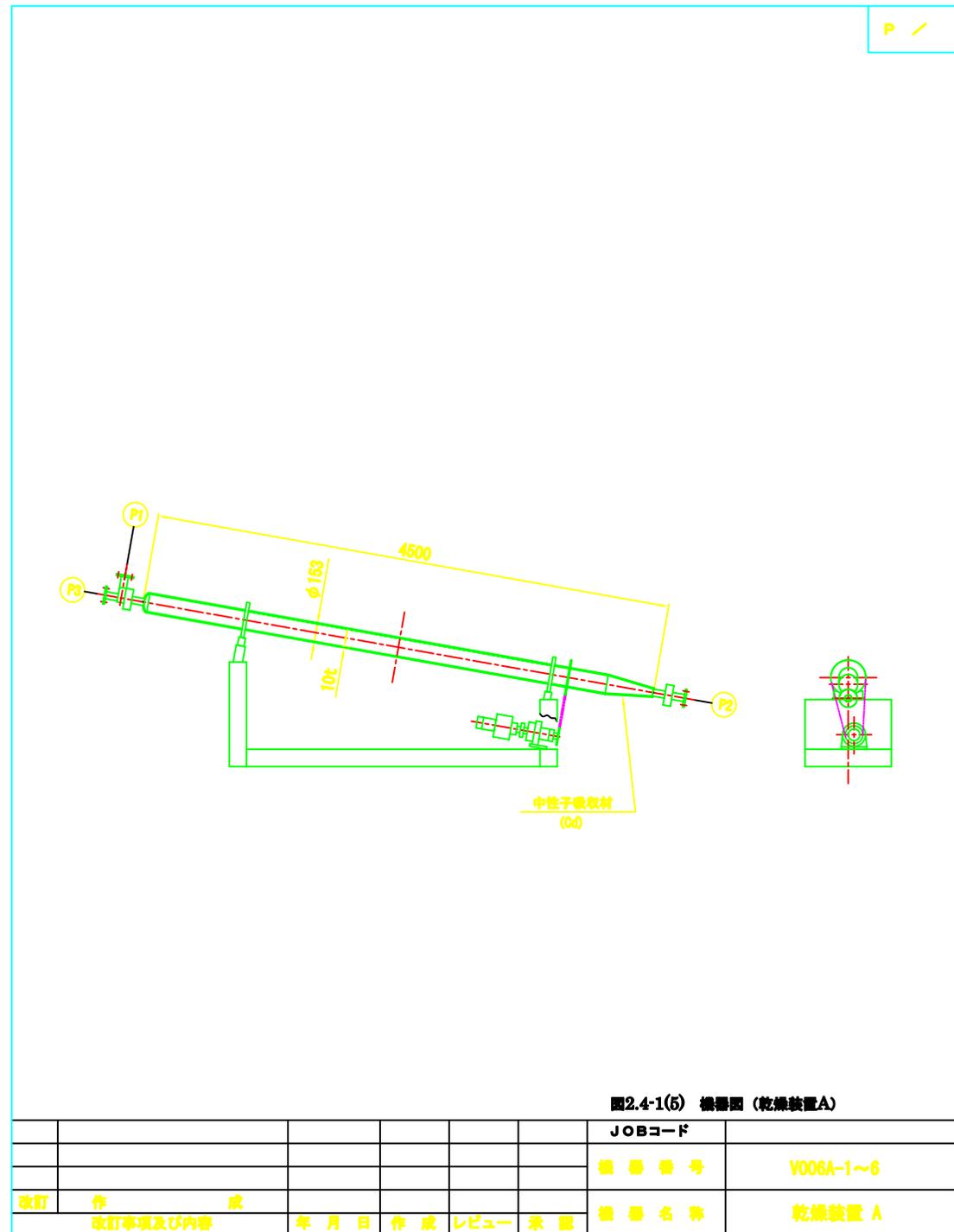
適用: 槽類





三菱マテリアル	データシート	I	設置場所		
		II	図面番号		
		III			
設計データ		材質			
1	該当規格	28	炉芯管	SUS304L	
2	炉型式	29	ヒーター		
3	処理物の名称	30	新 胎 材		
4	処理物の性状	31	昇揚気ガス管		
5	処 理 量	32	冷却水管		
6	運転・温度制御方式	33	熱電対及び保護管		
7	常用温度	34	炉 数		
8	最高温度	35			
9	均熱部寸法	36			
10	均熱部温度分布	37			
11	昇揚気ガス名称	38			
12	昇揚気ガス流量	39			
13	炉内設計圧力	40			
14	炉端部の温度		ク ラ ス 分 類		
15		41	製 作	6 基	
16	腐れ代	42	検 査		
17		43	耐 震	A	
18		44			
19		45			
ノズル及び接続口		46			
20	配 号	呼び径	接続型式	接続配管	用 途
21	P 1		SUS304LTP	ゲル球入口	48
22	P 2		SUS304LTP	ゲル球出口	49
23	P 3		SUS304LTP	ベント (真空引き)	50
24					51
25					52
処理条件 (温度, 時間)		53	重 量	マッフル	kg
				炉 体	kg
				全 重 量	kg

注 用: 炉



三菱マテリアル		データシート		I	設置場所	
				II	図面番号	
				III	図面番号	
設計データ				材質		
1	適用法規			45	本体	SUS304
2	型式	堅型円筒槽		46	本体	
3	液名	乾燥ゲル球		47	フランジ	ボルト/ナット
4	液比重			48		ガスケット
5	容量	全容量	37 L	49	支持金具	
6		有効容量	31 L	50		
7	圧力	最高使用圧力		51		
8		使用圧力	大気圧	52		
9	温度	最高使用温度		53		
10		使用温度	室温	54		
11	攪はん方式			55		
12	応力除去	有	無	56		
13	腐れ代	2 mm		57		
14	溶接効率				保温・保冷	
15	リガメント効率			58	保温保冷材 材質	
16				59	厚さ	
試験・検査				60	塗装	
17	耐圧試験 (内圧 外圧)	水圧	気圧	61		
18	漏洩試験 (内圧 真空)				付属品	
19	非破壊検査	PT	RT	62	取付ボルト/ナット	
20				63	基礎ボルト	
ノズル及び接続口				64		
	記号	呼び径	接続型式	接続配管	用途	
21	P1			SUS304TP	ゲル球入口	
22	P2			SUS304TP	ゲル球出口	
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
				76	製作	12基
				77	附設	A
				78		
				79		
				80		
				81	重量	kg
				82	空重量	kg
					運転重量	kg

適用:槽類

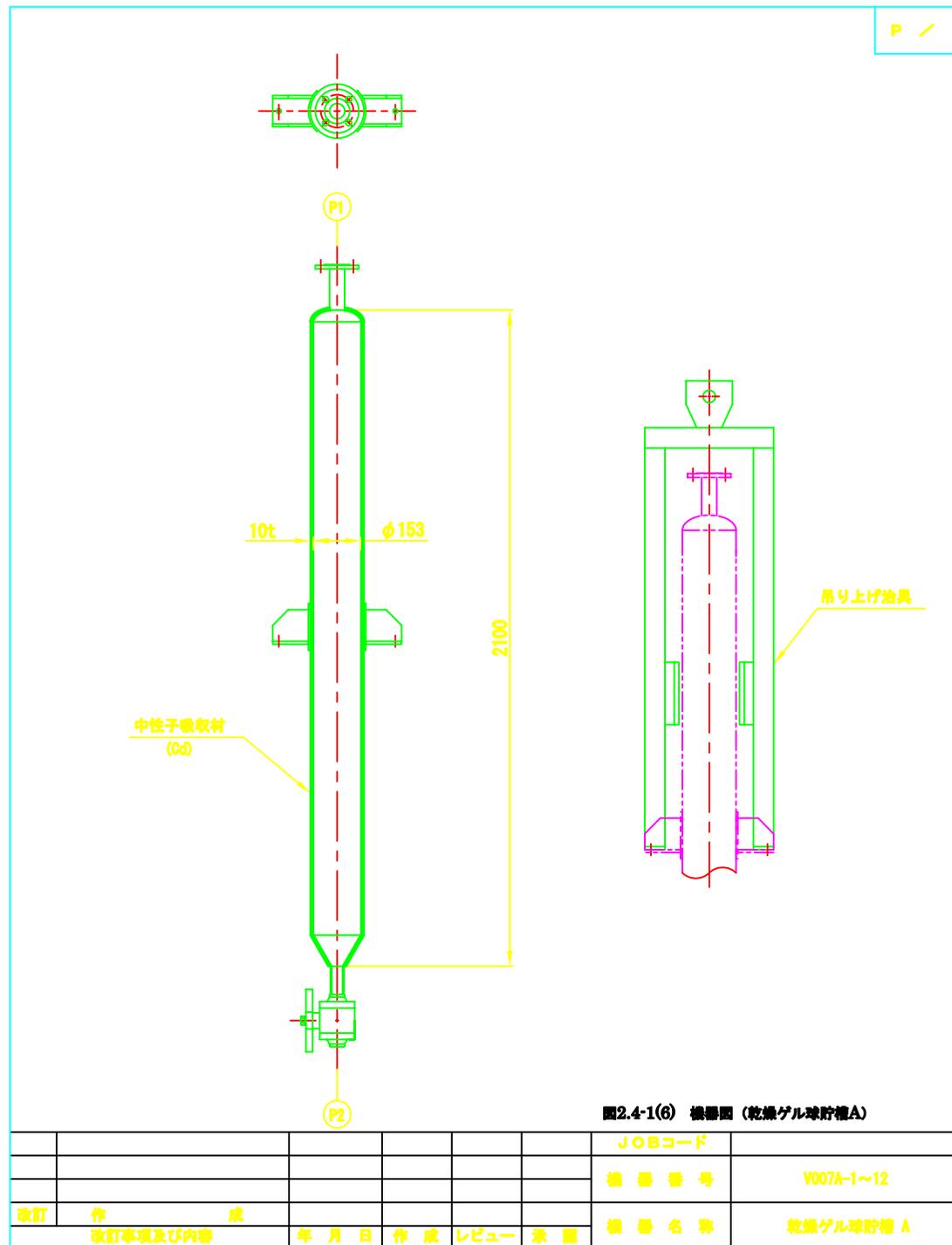


図2.4-1(6) 機器図 (乾燥ゲル球貯槽A)

						JOBコード	
						機器番号	V007A-1~12
改訂	作	成	年月日	作成	レビュー	承認	機器名称
							乾燥ゲル球貯槽 A

 <b>三菱マテリアル</b>	<b>データシート</b>	I	設置場所		
		II	図面番号		
		III			
<b>設計データ</b>		<b>材質</b>			
1	該当規格	26	炉芯管	SUS304L	
2	炉型式	27	ヒーター		
3	処理物の名称	28	新 胎 材		
4	処理物の性状	29	昇揚気ガス管		
5	処 理 量	30	冷却水管		
6	運転・温度制御方式	31	熱電対及び保護管		
7	常用温度	32	炉 数		
8	最高温度	33			
9	均熱部寸法	34			
10	均熱部温度分布	35			
11	昇揚気ガス名称	36			
12	昇揚気ガス流量	37			
13	炉内設計圧力	38			
14			ク ラ ス 分 類		
15	腐れ代	39	製 作	3 基	
16		40	検 査		
17		41	耐 震	B	
18		42			
19		43			
<b>ノズル及び接続口</b>		44			
	記 号	呼び径	接続型式	接続配管	用 途
20	P 1			SUS304LTP	ゲル球入口
21	P 2			SUS304LTP	空気入口
22	P 3			SUS304LTP	MOX球出口
23	P 4			SUS304LTP	ベント
24					
25					
<b>処理条件（温度、時間）</b>		49	重 量	マッフル	kg
		50		炉 体	kg
		51		全 重 量	kg

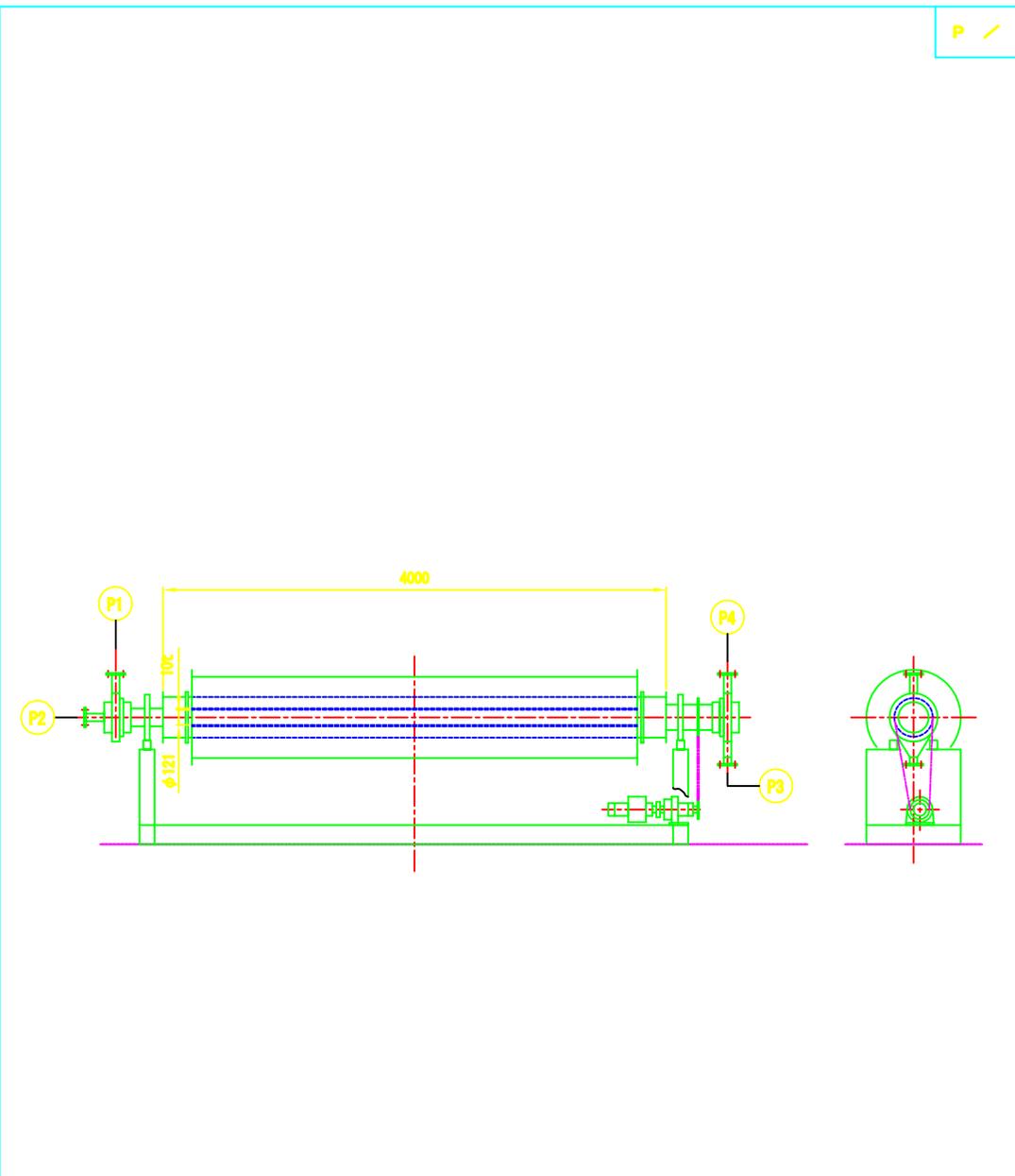


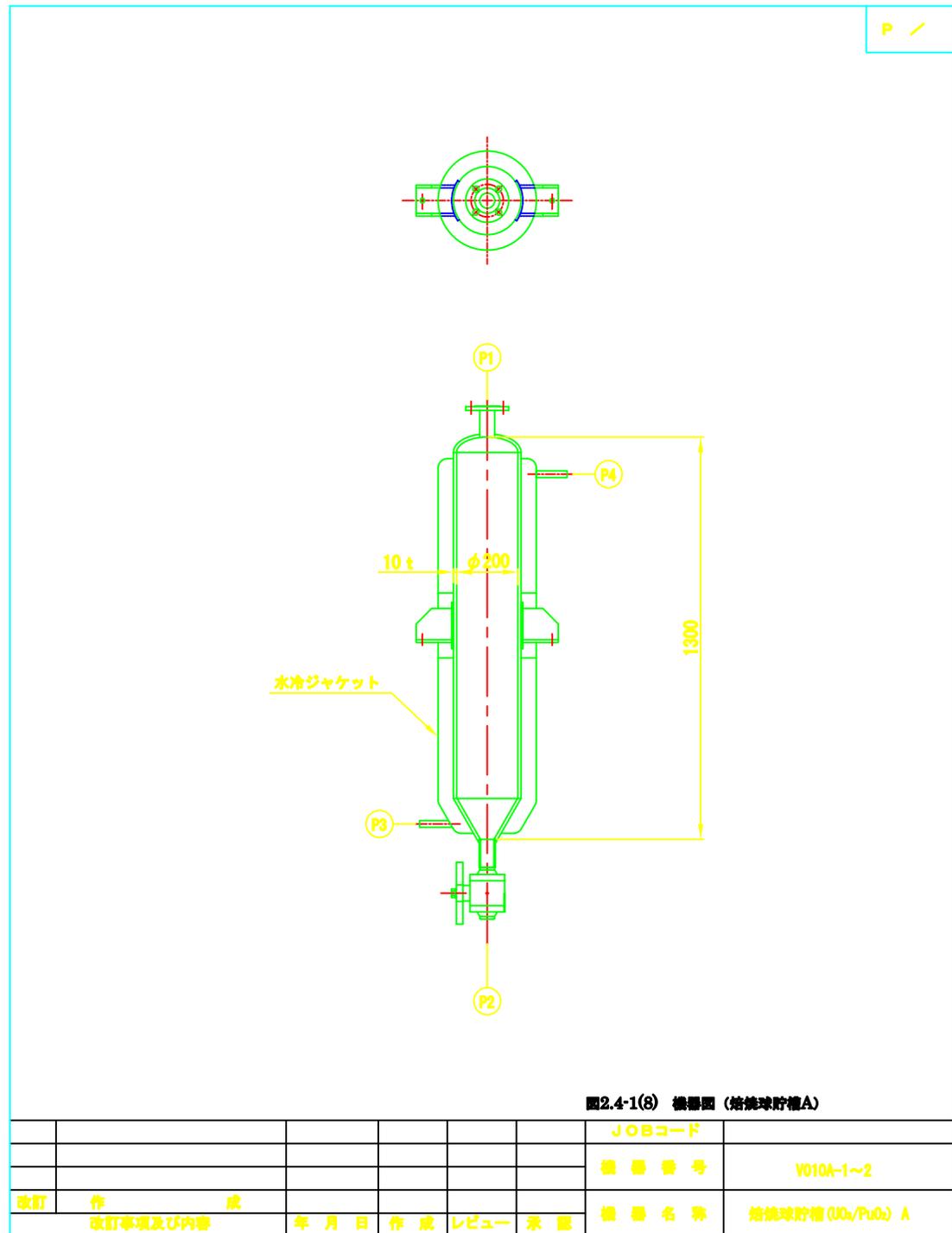
図2.4-1(7) 機器図 (焙焼炉A)

						JOBコード	
						機 器 番 号	V008A-1~3
改訂	作	成	年	月	日	機 器 名 称	焙焼炉 A
	改訂事項及び内容		作成	レビュー	承認		

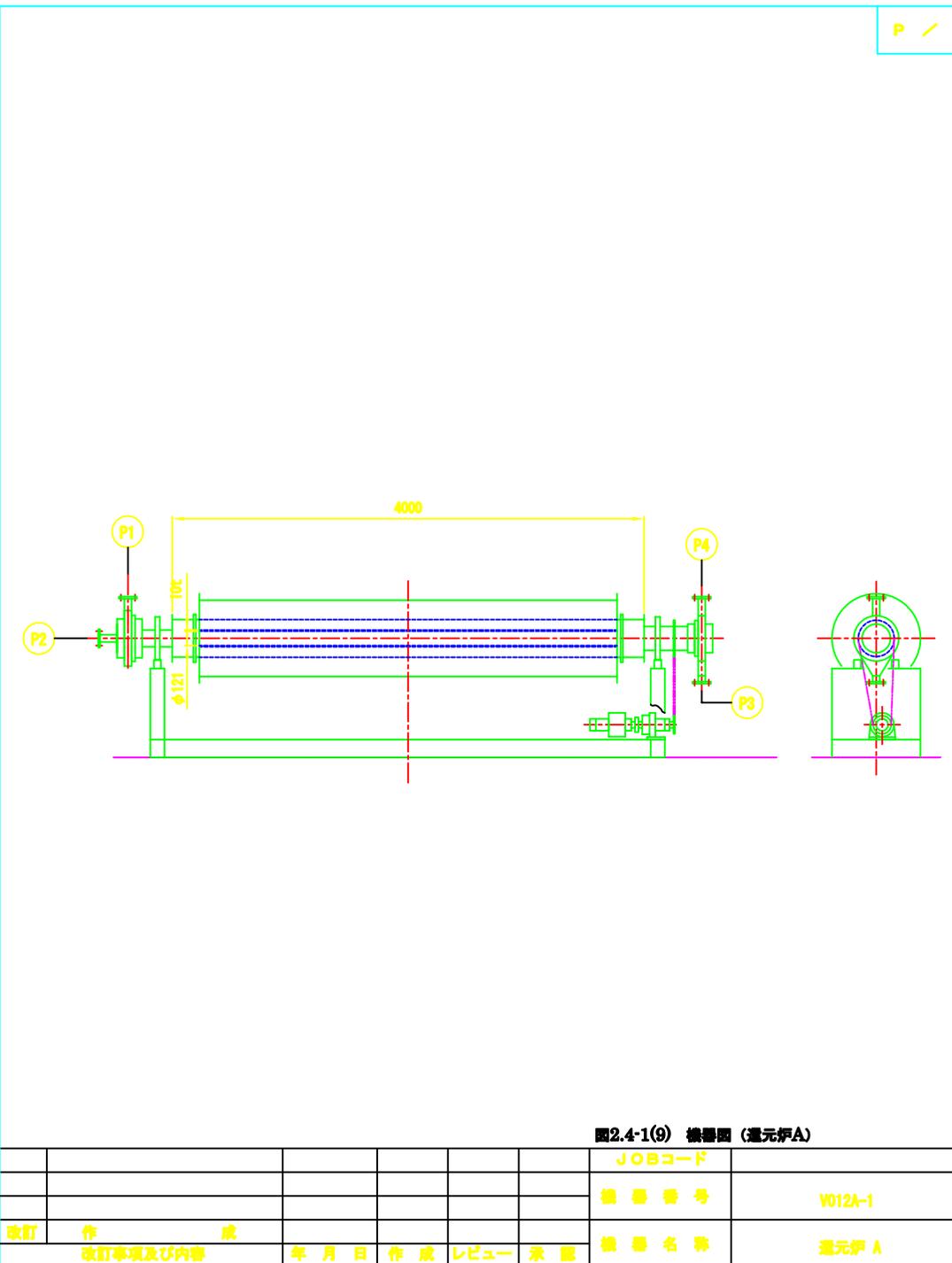
注 用：炉

三菱マテリアル		データシート		I	設置場所	
				II	図面番号	
設計データ				材質		
1	適用法規			45	本体	SUS304
2	型式	型型円筒槽		46	本体	
3	液名	焙焼球(UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )		47	フランジ	ボルト/ナット
4	液比重			48		ガスケット
5	容量	全容量	38 L	49	支持金具	
6		有効容量	32 L	50		
7	圧力	最高使用圧力		51		
8		使用圧力	大気圧	52		
9	温度	最高使用温度		53		
10		使用温度	室温	54		
11	攪はん方式			55		
12	応力除去	有 無		56		
13	腐れ代	2 mm		57		
14	清浄効率			保温・保冷		
15	リガメント効率			58	保温保冷材 材質	
16				59	厚さ	
試験・検査				60	塗装	
17	耐圧試験 (内圧 外圧)	水圧 気圧		61		
18	漏洩試験 (内圧 真空)			付属品		
19	非破壊検査	PT RT		62	取付ボルト/ナット	
20				63	基礎ボルト	
ノズル及び接続口				64		
	記号	呼び径	接続型式	接続配管	用途	
21	P 1			SUS304TP	MOX球入口	
22	P 2			SUS304TP	MOX球出口	
23	P 3			SUS304TP	冷却水入口	
24	P 4			SUS304TP	冷却水出口	
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
				76	製作	2基
				77	数量	B
				78		
				79		
				80		
				81	重量	kg
				82	空重量	kg
					運転重量	kg

適用:槽類



 <b>三菱マテリアル</b>	<b>データシート</b>	I	設置場所	
		II	図面番号	
		III		
<b>設計データ</b>		<b>材質</b>		
1	該当規格	26	炉芯管	INCONEL600
2	炉型式	27	ヒーター	
3	処理物の名称	28	新 胎 材	
4	処理物の性状	29	昇調気ガス管	
5	処 理 量	30	冷却水管	
6	運転・温度制御方式	31	熱電対及び保護管	
7	常用温度	32	炉 数	
8	最高温度	33		
9	均熱部寸法	34		
10	均熱部温度分布	35		
11	昇調気ガス名称	36		
12	昇調気ガス流量	37		
13	炉内設計圧力	38		
14		39	ク ラ ス 分 類	
15	腐れ代	40	製 作	1 基
16		41	検 査	
17		42	耐 震	B
18		43		
19		44		
<b>ノズル及び接続口</b>				
	記 号	呼び径	接続型式	接続配管
20	P 1			SUS304LTP
21	P 2			SUS304LTP
22	P 3			SUS304LTP
23	P 4			SUS304LTP
24				
25				
26	処理条件（温度，時間）			
26	26 炉芯管			
27	27 ヒーター			
28	28 新胎材			
29	29 昇調気ガス管			
30	30 冷却水管			
31	31 熱電対及び保護管			
32	32 炉数			
33	33			
34	34			
35	35			
36	36			
37	37			
38	38			
39	クラス分類			
40	製作 1基			
41	検査			
42	耐震 B			
43	43			
44	44			
45	45			
46	46			
47	47			
48	48			
49	49			
50	50			
51	51			



三菱マテリアル		データシート		I	設置場所	
				II	図面番号	
				III	図面番号	
設計データ				材質		
1	適用法規			45	本体	SUS304
2	型式	型型円筒槽		46	本体	
3	液名	還元球 (UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )		47	フランジ	ボルト/ナット
4	液比重			48		ガスケット
5	容量	全容量	36 L	49	支持金具	
6		有効容量	30 L	50		
7	圧力	最高使用圧力		51		
8		使用圧力	大気圧	52		
9	温度	最高使用温度		53		
10		使用温度	室温	54		
11	攪はん方式			55		
12	応力除去	有 無		56		
13	腐れ代	2 mm		57		
14	清浄効率			保温・保冷		
15	リガメント効率			58	保温保冷材 材質	
16				59	厚さ	
試験・検査				60	塗装	
17	耐圧試験 (内圧 外圧)	水圧 気圧		61		
18	漏洩試験 (内圧 真空)			付属品		
19	非破壊検査	PT RT		62	取付ボルト/ナット	
20				63	基礎ボルト	
ノズル及び接続口				64		
	記号	呼び径	接続型式	接続配管	用途	
21	P 1			SUS304TP	MOX球入口	
22	P 2			SUS304TP	MOX球出口	
23	P 3			SUS304TP	冷却水入口	
24	P 4			SUS304TP	冷却水出口	
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
クラス分類				76	製作	2基
38				77	耐 震	B
39				78		
40				79		
41				80		
42				81	重量	kg
43				82	空重量	kg
44					運転重量	kg

適用: 槽類

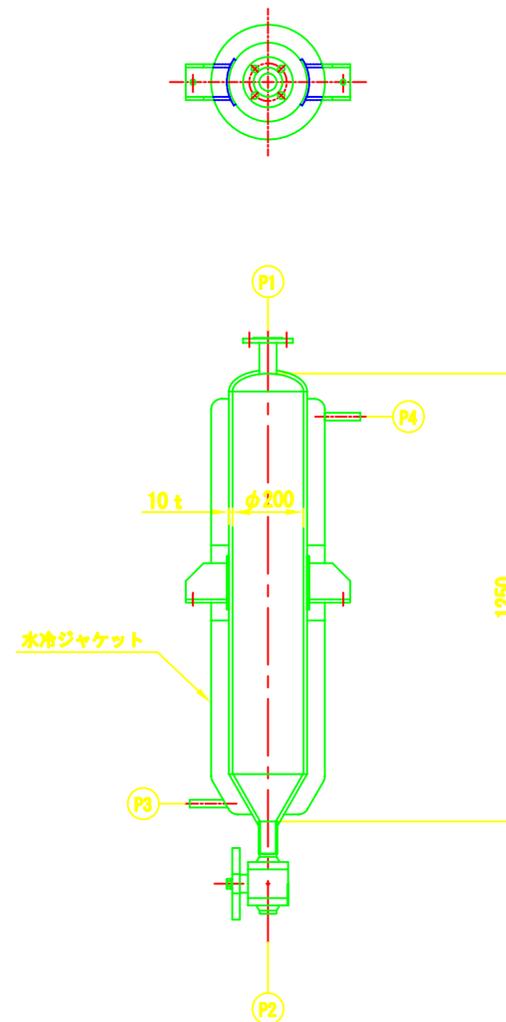
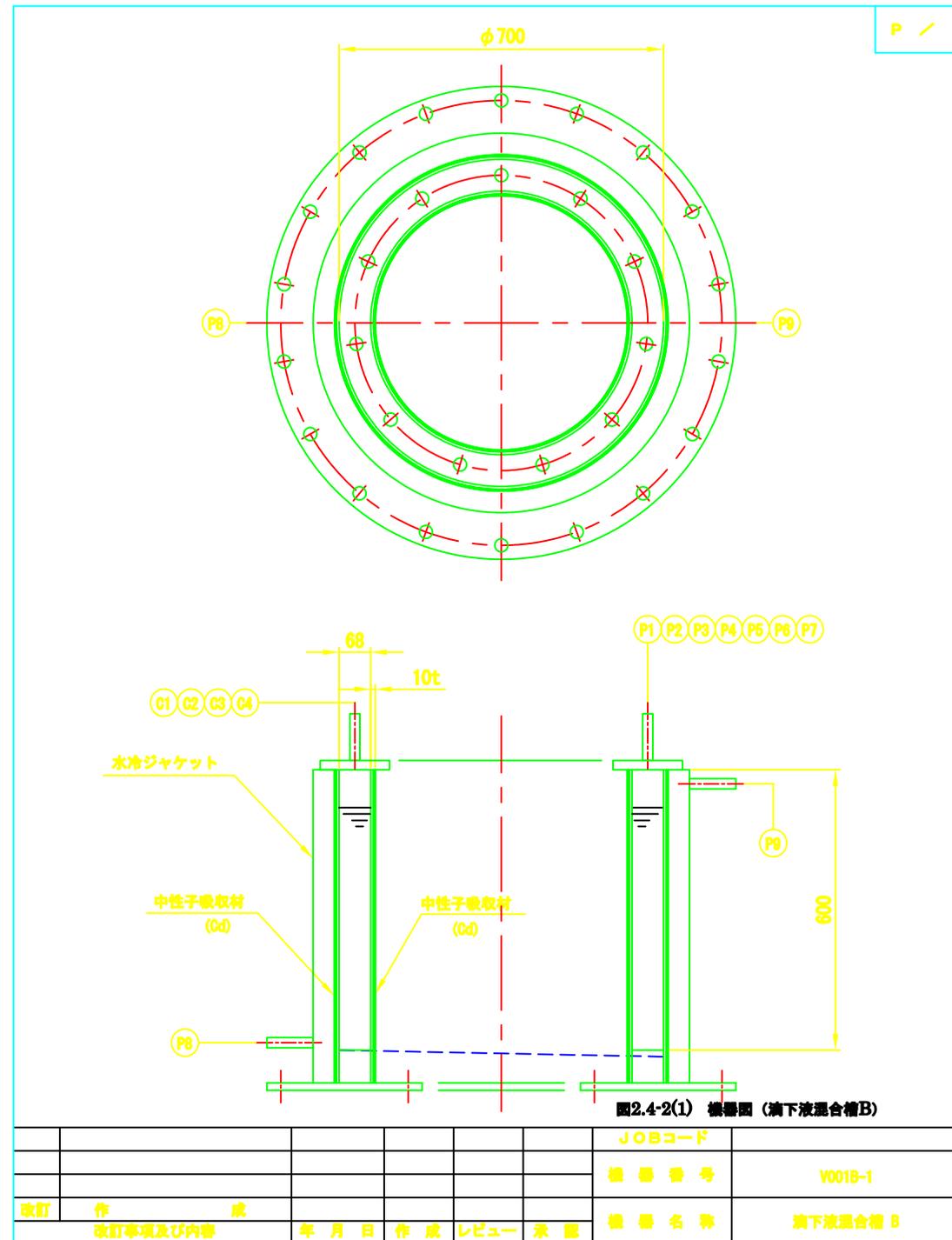


図2.4-1(10) 機器図 (還元球貯槽A)

						JOBコード	
						機器番号	V013A-1~2
改訂	作	成	年月日	作成	レビュー	承認	機器名称
							還元球貯槽 (UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> ) A

三菱マテリアル		データシート		I	設置場所	
				II	図面番号	
				III		
設計データ				材質		
1	適用法規		45	本体	SUS304L	
2	型式	円環槽	46	本体		
3	液名	Pu/U 混合水溶液	47	フランジ	ボルト/ナット	
4	液比重		48		ガスケット	
5	容量	全容量	81 L	49	支持金具	
6		有効容量	70 L	50		
7	圧力	最高使用圧力		51		
8		使用圧力	静水頭	52		
9	温度	最高使用温度		53		
10		使用温度	30 °C	54		
11	攪はん方式	ポンプ循環	55			
12	応力除去	有 無	56			
13	腐れ代	2 mm	57			
14	溶接効率			保温・保冷		
15	リガメント効率			58	保温保冷材 材質	
16				59	厚 さ	
試験・検査				60	塗装	
17	耐圧試験 (内圧 外圧)	水圧 気圧	61			
18	漏洩試験 (内圧 真空)			付属品		
19	非破壊検査	PT RT	62	取付ボルト/ナット		
20			63	基礎ボルト		
ノズル及び接続口			64			
	記号	呼び径	接続型式	接続配管	用途	
21	P 1			SUS304L TP	Pu/U 水溶液入口	65
22	P 2			SUS304L TP	PVA 水溶液入口	66
23	P 3			SUS304L TP	THFA 入口	67
24	P 4			SUS304L TP	留液液入口	68
25	P 5			SUS304L TP	洗浄液入口	69
26	P 6			SUS304L TP	溶液出口	70
27	P 7			SUS304L TP	ベント	71
28	P 8			SUS304L TP	冷却水入口	72
29	P 9			SUS304L TP	冷却水出口	73
30						74
31	G 1			SUS304L TP	液位計	75
32	G 2			SUS304L TP	液位計	
33	G 3			SUS304L TP	密度計	
34	G 4			SUS304L TP	温度計	
35						
36						
37						
クラス分類						
38				76	製 作	1 基
39				77	耐 震	A
40				78		
41				79		
42				80		
43				81	重量	kg
44				82	空重量	kg
					運転重量	kg

適用: 槽類



三菱マテリアル		データシート		I	設置場所	
				II	図面番号	
				III	図面番号	
設計データ				材質		
1	適用法規			45	本体	SUS304L
2	型式	垂直円筒槽		46	本体	
3	液名	Pu/U混合水溶液		47	フランジ	ボルト/ナット
4	液比重			48		ガスケット
5	容量	全容量	12 L	49	支持金具	
6		有効容量	9 L	50		
7	圧力	最高使用圧力		51		
8		使用圧力	0.1 MPa	52		
9	温度	最高使用温度		53		
10		使用温度	30 ℃	54		
11	攪はん方式			55		
12	応力除去	有 無		56		
13	腐れ代	2 mm		57		
14	溶接効率			保温・保冷		
15	リガメント効率			58	保温保冷材 材質	
16				59	厚 さ	
試験・検査				60	塗装	
17	耐圧試験 (内圧 外圧)	水圧 気圧		61		
18	漏洩試験 (内圧 真空)			付属品		
19	非破壊検査	PT RT		62	取付ボルト/ナット	
20				63	基礎ボルト	
ノズル及び接続口				64		
	記号	呼び径	接続型式	接続配管	用途	
21	P 1			SUS304LP	溶液入口	
22	P 2			SUS304LP	圧空入口	
23	P 3			SUS304LP	ベント	
24	P 4			SUS304LP	溶液出口	
25						
26	C 1			SUS304LP	液位計	
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
				クラス分類		
76	製作			8 基		
77	耐 震			A		
78						
79						
80						
81	重量	空重量		kg		
82		運転重量		kg		

適用: 槽類

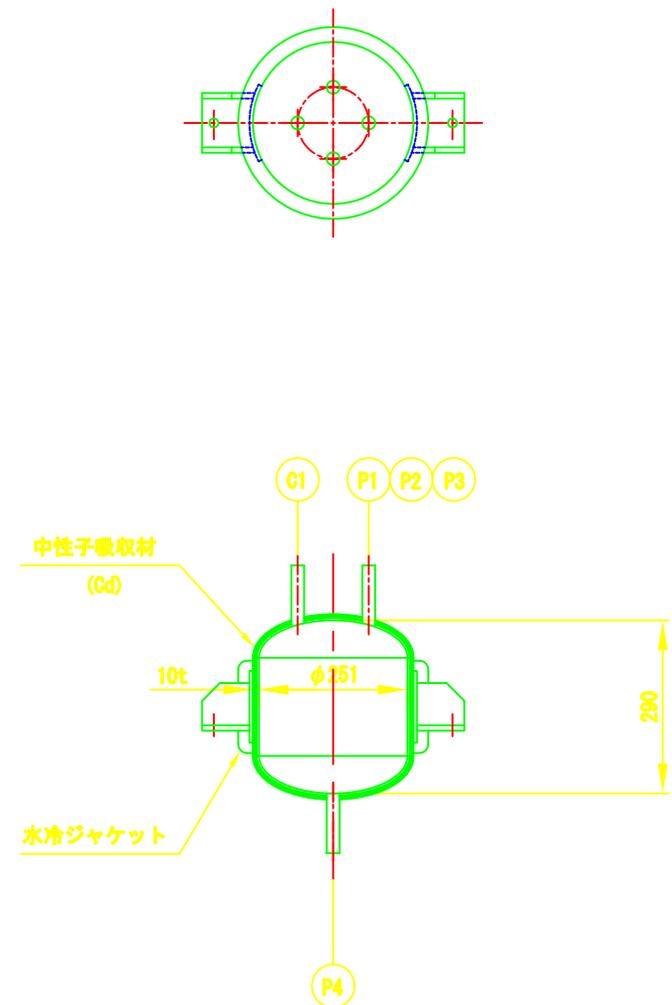
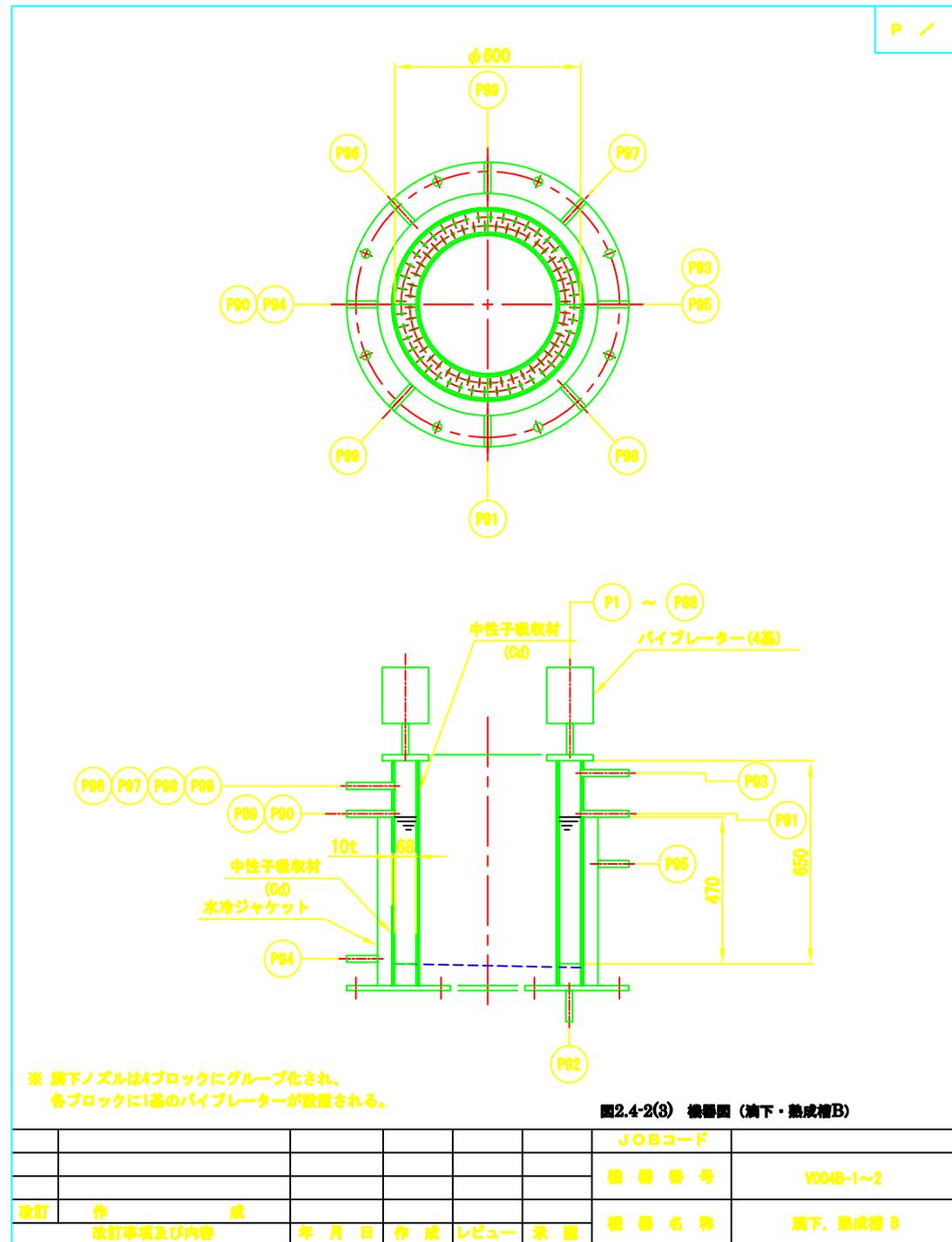


図2.4-2(2) 機器図 (滴下液供給槽B)

						JOBコード	
						機器番号	V003B-1~8
改訂	作	成	年月日	作成	レビュー	承認	機器名称
							滴下液供給槽 B

三菱マテリアル		データシート		I	設置場所	
				II	図面番号	
				III	図面番号	
設計データ				材質		
1	適用法規		45	本体	SUS304L	
2	型式	円環槽	46	本体		
3	液名	Pu/U 混合水溶液	47	フランジ	ボルト/ナット	
4	液比重		48		ガスケット	
5	容量	全容量	74 L	49	支持金具	
6		有効容量	53 L	50		
7	圧力	最高使用圧力		51		
8		使用圧力		52		
9	温度	最高使用温度		53		
10		使用温度	30 °C	54		
11	攪はん方式	ポンプ循環	55			
12	応力除去	有 無	56			
13	腐れ代	2 mm	57			
14	溶接効率			保温・保冷		
15	リガメント効率		58	保温保冷材 材質		
16			59	厚さ		
試験・検査			60	塗装		
17	耐圧試験 (内圧 外圧)	水圧 気圧	61			
18	漏洩試験 (内圧 真空)		付属品			
19	非破壊検査	PT RT	62	取付ボルト/ナット		
20			63	基礎ボルト		
ノズル及び接続口			64			
	記号	呼び径	接続型式	接続配管	用途	
21	P 1			SUS304LTP	滴下ノズル1	65
22						66
23	P 88			SUS304LTP	滴下ノズル88	67
24	P 89			SUS304LTP	アンモニア溶液入口	68
25	P 90			SUS304LTP	アンモニアガス入口	69
26	P 91			SUS304LTP	オーバーフロー口	70
27	P 92			SUS304LTP	溶液出口	71
28	P 93			SUS304LTP	ベント	72
29	P 94			SUS304LTP	冷却水入口	73
30	P 95			SUS304LTP	冷却水出口	74
31	P 96			SUS304LTP	ITV用監視窓	75
32	P 97			SUS304LTP	ITV用監視窓	
33	P 98			SUS304LTP	ITV用監視窓	
34	P 99			SUS304LTP	ITV用監視窓	
35						
36						
37						
クラス分類			76	製作		2基
38			77	耐震		A
39			78			
40			79			
41			80			
42			81	重量		kg
43			82	空重量		kg
44				運転重量		kg

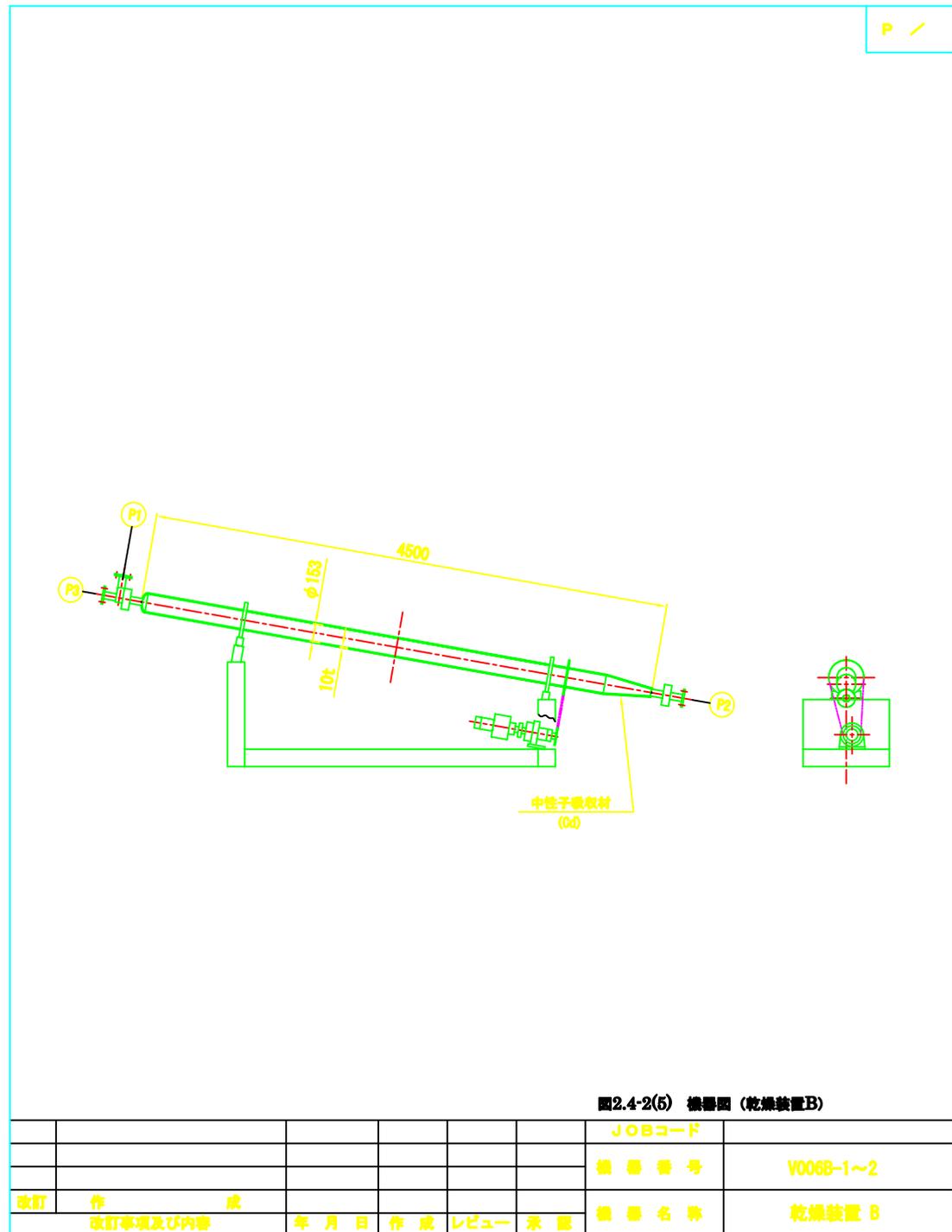
適用: 槽類





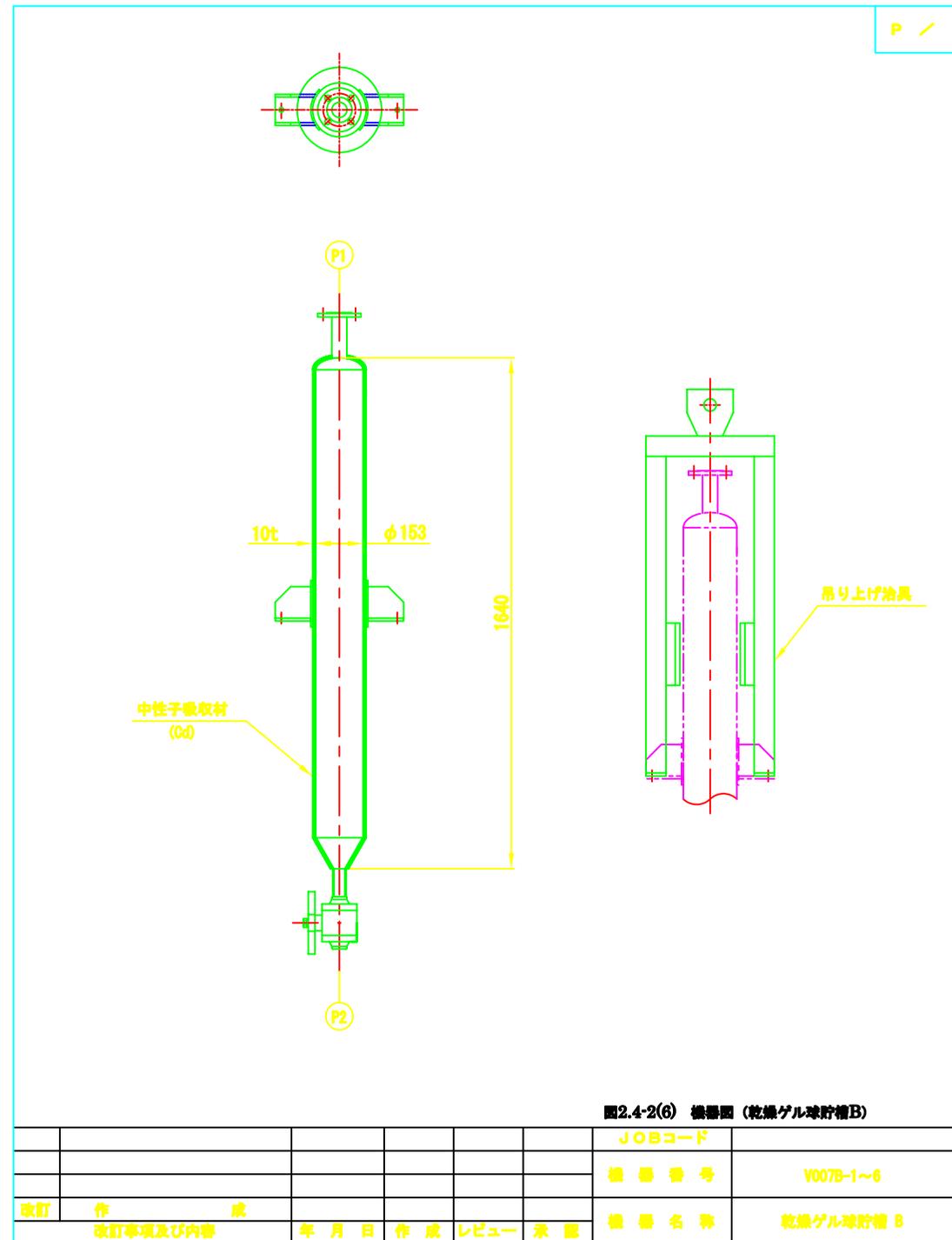
 三菱マテリアル	データシート	I	設置場所		
		II	図面番号		
		III			
設計データ		材質			
1	該当規格	28	炉芯管	SUS304L	
2	炉型式	29	ヒーター		
3	処理物の名称	30	断熱材		
4	処理物の性状	31	雰囲気ガス管		
5	処理量	32	冷却水管		
6	運転・温度制御方式	33	熱電対及び保護管		
7	常用温度	34	炉殻		
8	最高温度	35			
9	均熱部寸法	36			
10	均熱部温度分布	37			
11	雰囲気ガス名称	38			
12	雰囲気ガス流量	39			
13	炉内設計圧力	40			
14	炉端部の温度		クラス分類		
15		41	製作	2基	
16	腐れ代	42	検査		
17		43	耐震	A	
18		44			
19		45			
ノズル及び接続口		46			
20	配号	呼び径	接続型式	接続配管	用途
21	P1		SUS304LTP	ゲル球入口	48
22	P2		SUS304LTP	ゲル球出口	49
23	P3		SUS304LTP	ベント(真空引き)	50
24					51
25					52
処理条件(温度, 時間)		53	重量	マッフル	kg
				炉体	kg
				全重量	kg

適用: 炉



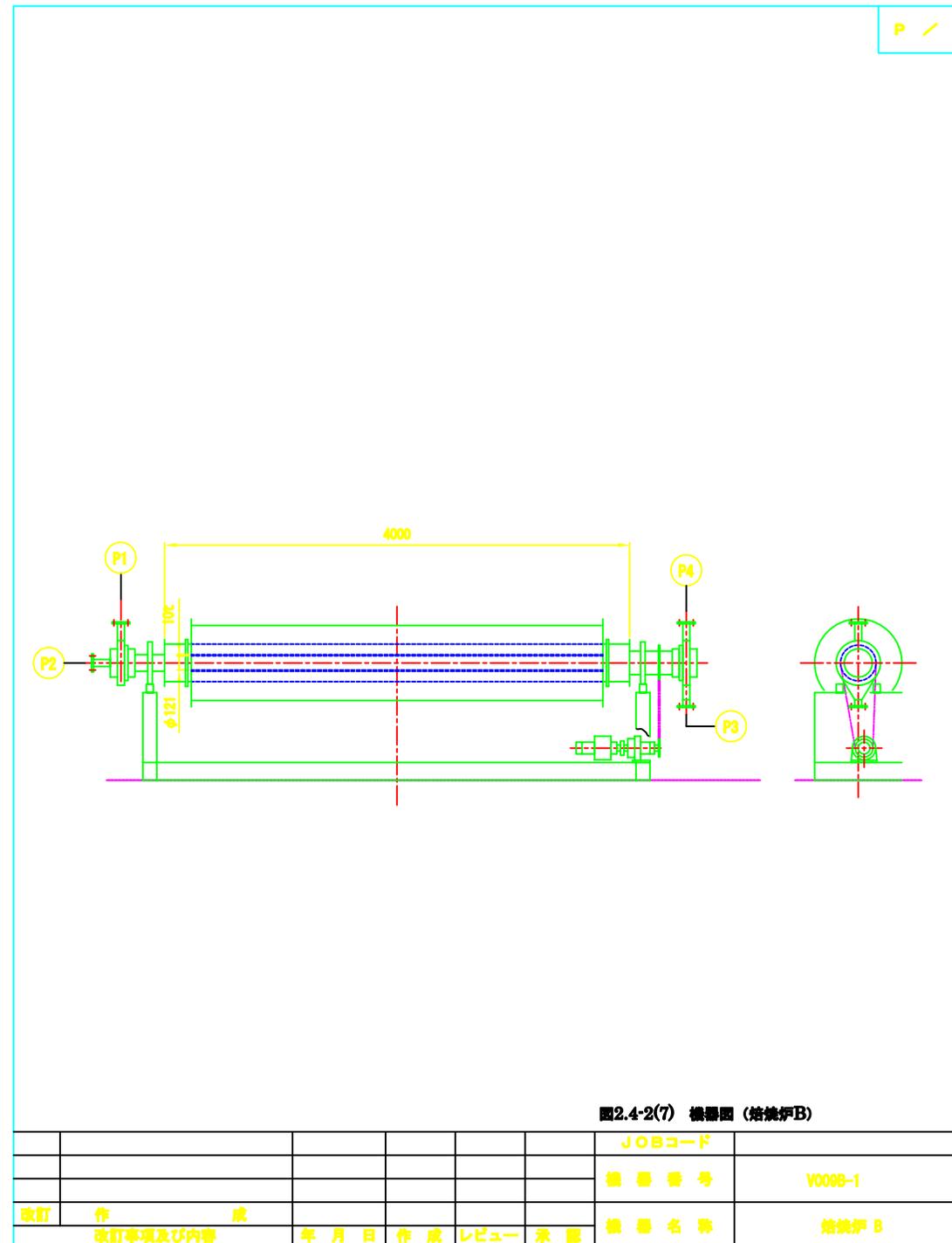
三菱マテリアル		データシート		I	設置場所	
				II	図面番号	
				III	図面番号	
設計データ				材質		
1	適用法規			45	本体	SUS304
2	型式	縦型円筒槽		46	本体	
3	液名	乾燥ゲル球		47	フランジ	ボルト/ナット
4	液比重			48		ガスケット
5	容量	全容量	28 L	49	支持金具	
6		有効容量	24 L	50		
7	圧力	最高使用圧力		51		
8		使用圧力	大気圧	52		
9	温度	最高使用温度		53		
10		使用温度		54		
11	攪はん方式			55		
12	応力除去	有 無		56		
13	腐れ代	2 mm		57		
14	溶接効率				保温・保冷	
15	リガメント効率			58	保温保冷材 材質	
16				59	厚さ	
試験・検査				60	塗装	
17	耐圧試験 (内圧 外圧)	水圧 気圧		61		
18	漏洩試験 (内圧 真空)				付属品	
19	非破壊検査	PT RT		62	取付ボルト/ナット	
20				63	基礎ボルト	
ノズル及び接続口				64		
	記号	呼び径	接続型式	接続配管	用途	
21	P1			SUS304TP	ゲル球入口	
22	P2			SUS304TP	ゲル球出口	
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
				特記事項		
				クラス分類		
76	製作			6基		
77	耐震			A		
78						
79						
80						
81	重量	空重量			kg	
82		運転重量			kg	

適用: 槽類



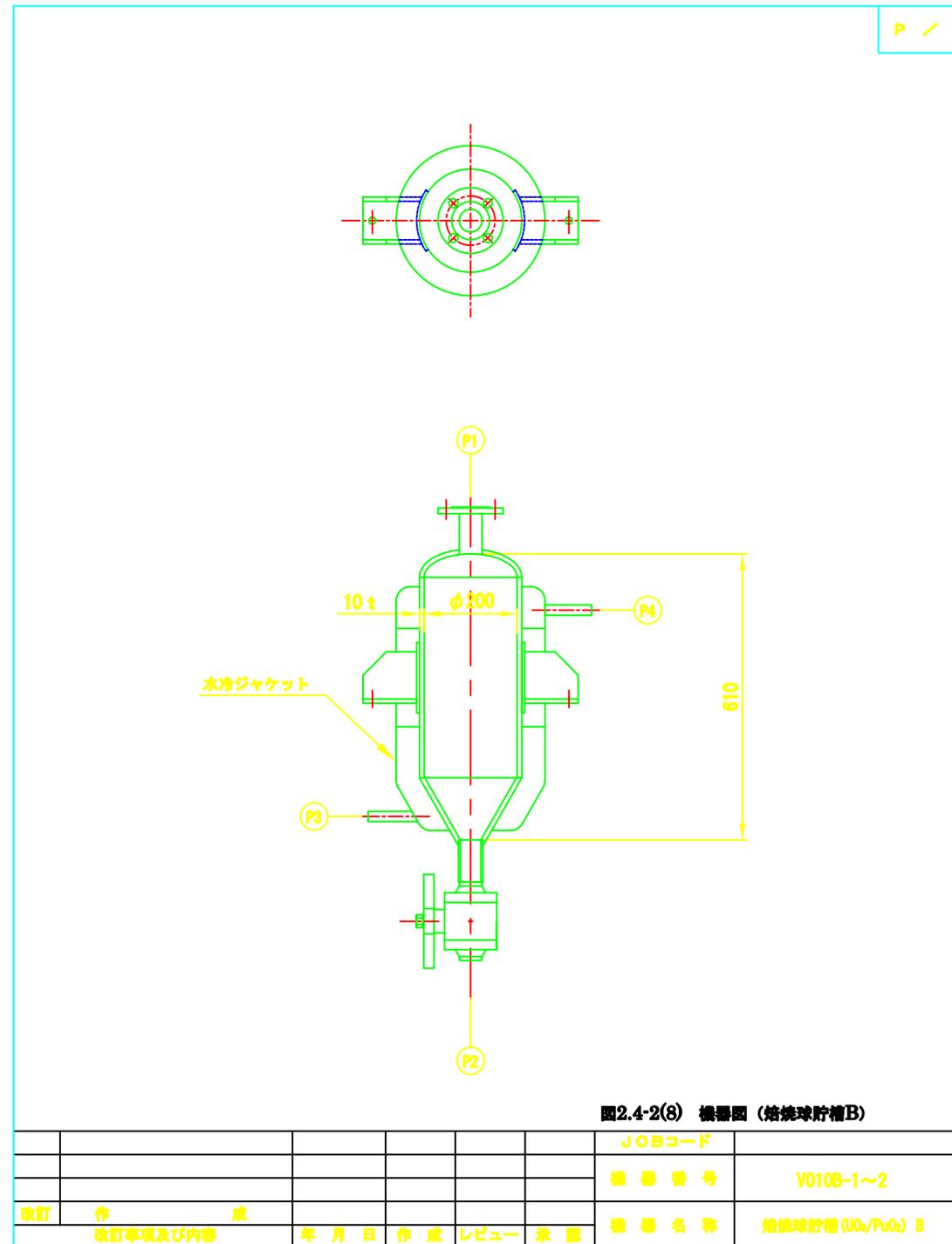
三菱マテリアル	データシート	I	設置場所	
		II	図面番号	
		III		
設計データ		材質		
1	該当規格	26	炉芯管	SUS304L
2	炉型式	27	ヒーター	
3	処理物の名称	28	新 胎 材	
4	処理物の性状	29	昇揚気ガス管	
5	処 理 量	30	冷却水管	
6	運転・温度制御方式	31	熱電対及び保護管	
7	常用温度	32	炉 数	
8	最高温度	33		
9	均熱部寸法	34		
10	均熱部温度分布	35		
11	昇揚気ガス名称	36		
12	昇揚気ガス流量	37		
13	炉内設計圧力	38		
14	炉端部の温度	39	ク ラ ス 分 類	
15		40	製 作	1 基
16		41	検 査	
17		42	耐 震	B
18		43		
19		44		
ノズル及び接続口		45		
20	P 1		接続配管	用 途
21	P 2		SUS304LTP	ゲル球入口
22	P 3		SUS304LTP	空気入口
23	P 4		SUS304LTP	MOX球出口
24			SUS304LTP	ベント
25				
処理条件（温度，時間）		49	重 量	
		50	マッフル	kg
		51	炉 体	kg
			全重量	kg

注 用：炉



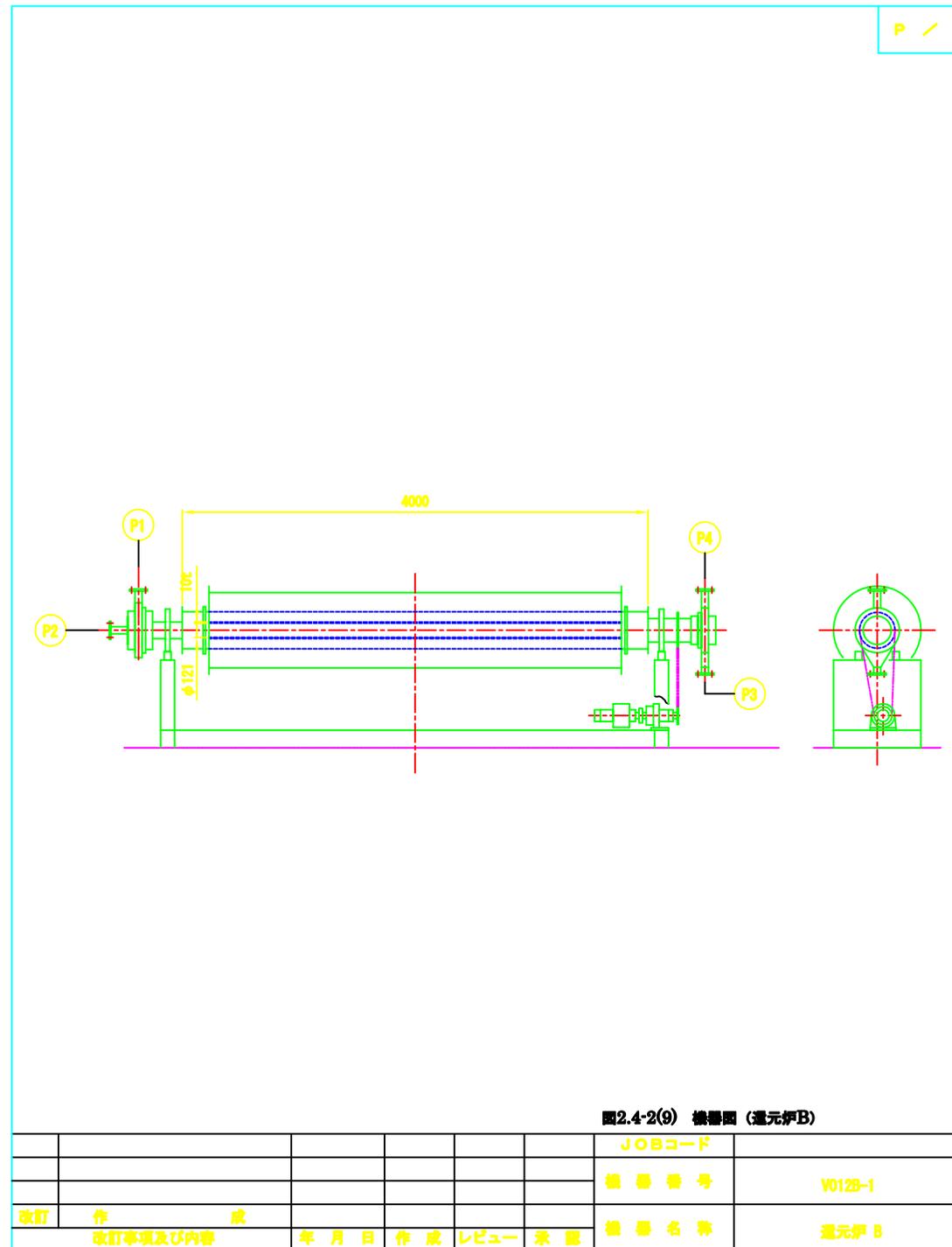
三菱マテリアル		データシート		I	設置場所	
				II	図面番号	
				III	図面番号	
設計データ				材質		
1	適用法規			45	本体	SUS304
2	型式	型型円筒槽		46	本体	
3	液名	焙焼球 (UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )		47	フランジ	ボルト/ナット
4	液比重			48		ガスケット
5	容量	全容量	17 L	49	支持金具	
6		有効容量	14 L	50		
7	圧力	最高使用圧力		51		
8		使用圧力	大気圧	52		
9	温度	最高使用温度		53		
10		使用温度	室温	54		
11	攪はん方式			55		
12	応力除去	有 無		56		
13	腐れ代	2 mm		57		
14	溶接効率			保温・保冷		
15	リガメント効率			58	保温保冷材 材質	
16				59	厚 さ	
				60	塗 装	
試験・検査				61		
17	耐圧試験 (内圧 外圧)	水圧 気圧		付属品		
18	漏洩試験 (内圧 真空)			62	取付ボルト/ナット	
19	非破壊検査	PT RT		63	基礎ボルト	
20	ノズル及び接続口			64		
	記号	呼び径	接続型式	接続配管	用途	
21	P 1			SUS304TP	MOX球入口	
22	P 2			SUS304TP	MOX球出口	
23	P 3			SUS304TP	冷却水入口	
24	P 4			SUS304TP	冷却水出口	
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
				クラス分類		
76	製 作			2 基		
77	耐 震			B		
78						
79						
80						
81	重量	空重量		kg		
82		運転重量		kg		

適用: 槽類



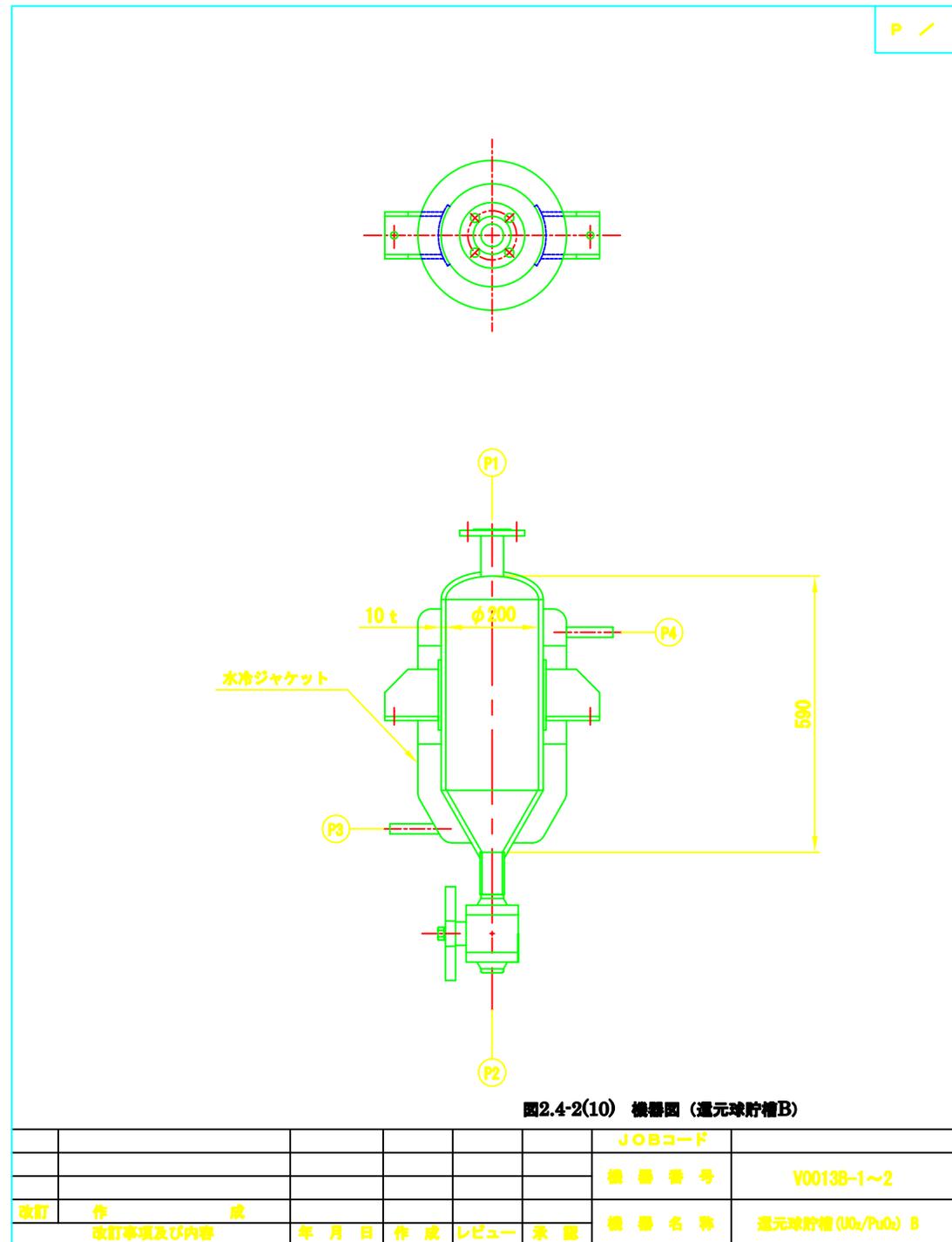
三菱マテリアル	データシート	I	設置場所		
		II	図面番号		
		III			
設計データ		材質			
1	該当規格	26	炉芯管	INCONEL600	
2	炉型式	27	ヒーター		
3	処理物の名称	28	新 胎 材		
4	処理物の性状	29	昇 降 気 管		
5	処 理 量	30	冷 却 水 管		
6	運転・温度制御方式	31	熱電対及び保護管		
7	常用温度	32	炉 数		
8	最高温度	33			
9	均熱部寸法	34			
10	均熱部温度分布	35			
11	昇降気ガス名称	36			
12	昇降気ガス流量	37			
13	炉内設計圧力	38			
14			ク ラ ス 分 類		
15	腐れ代	39	製 作 数	1 基	
16		40	検 査		
17		41	耐 震	A	
18		42			
19		43			
ノズル及び接続口		44			
20	記 号	呼び径	接続型式	接続配管	用 途
21	P 1		SUS304LTP	MOX球入口	46
22	P 2		SUS304LTP	還元ガス入口	47
23	P 3		SUS304LTP	MOX球出口	48
24	P 4		SUS304LTP	ベント	49
25					50
		重 量	マッフル		kg
			炉 体		kg
			全 重 量		kg
処理条件 (温度, 時間)					

注 用: 炉



三菱マテリアル		データシート		I	設置場所	
				II	図面番号	
				III	図面番号	
設計データ				材質		
1	適用法規			45	本体	SUS304
2	型式	型型円筒槽		46	本体	
3	液名	還元球 (UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )		47	フランジ	ボルト/ナット
4	液比重			48		ガスケット
5	容量	全容量	16 L	49	支持金具	
6		有効容量	13 L	50		
7	圧力	最高使用圧力		51		
8		使用圧力	大気圧	52		
9	温度	最高使用温度		53		
10		使用温度	室温	54		
11	攪はん方式			55		
12	応力除去	有 無		56		
13	腐れ代	2 mm		57		
14	溶接効率				保温・保冷	
15	リガメント効率			58	保温保冷材 材質	
16				59	厚さ	
試験・検査				60	塗装	
17	耐圧試験 (内圧 外圧)	水圧 気圧		61		
18	漏洩試験 (内圧 真空)				付属品	
19	非破壊検査	PT RT		62	取付ボルト/ナット	
20				63	基礎ボルト	
ノズル及び接続口				64		
	記号	呼び径	接続型式	接続配管	用途	
21	P 1			SUS304TP	MOX球入口	
22	P 2			SUS304TP	MOX球出口	
23	P 3			SUS304TP	冷却水入口	
24	P 4			SUS304TP	冷却水出口	
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
クラス分類				76	製作	2基
38				77	耐 震	B
39				78		
40				79		
41				80		
42				81	重量	kg
43				82	空重量	kg
44					運転重量	kg

適用:槽類





三菱マテリアル		データシート		I	設置場所	
				II	図面番号	
				III	図面番号	
設計データ				材質		
1	適用法規	—		45	本体	SUS316
2	型式	円筒容器		46	胴部	SUS316
3	収納物	焼結球		47	座部	SUS316
4	かさ密度			48	ツバ部	SUS316
5		内側大径径	5 g/oo	49	ガスケット	PTFE
6		内側小径径	5 g/oo	50		
7		外側大径径	5 g/oo	51		
8		外側小径径	5 g/oo	52		
9	容量	全容量	2.36 L (1200mm充填時)	53		
10		有効容量	1.98 L (1000mm充填時)	54		
11	圧力	最高使用圧力	—	55		
12		使用圧力	—	56		
13	温度	最高使用温度	80 °C	57		
14		使用温度		58		
15	応力除去	有		59		
16	腐れ代	—		60		
17	清浄効率	—		付属品		
18	リガメント効率	—		61		
19				62		
20				63		
21				64		
22				65		
試験・検査				66		
23	耐圧試験 (内圧 外圧)	水圧	気圧	67		
24	漏洩試験 (内圧 真空)			68		
25	非破壊検査	PT	RT	69		
26				70		
27						
28				71	臨界安全	形状管理
29				72	遠 慮	—
30				73	閉じ込め	—
ノズル及び接続口				74		
31	記号	呼び径	接続型式	接続配管	用途	
32						
制作数量				75		
33				76	内側燃料大径径用	226 基
34				77	内側燃料小径径用	112 基
35				78	外側燃料大径径用	120 基
36				79	外側燃料小径径用	98 基
37				80	合計	686 基
38						
収納物重量						
40				81	最大重量	11.8 kg (1200mm充填時)
41				82	通常重量	9.82 kg (1000mm充填時)
42				83		
43				84		
44				85		

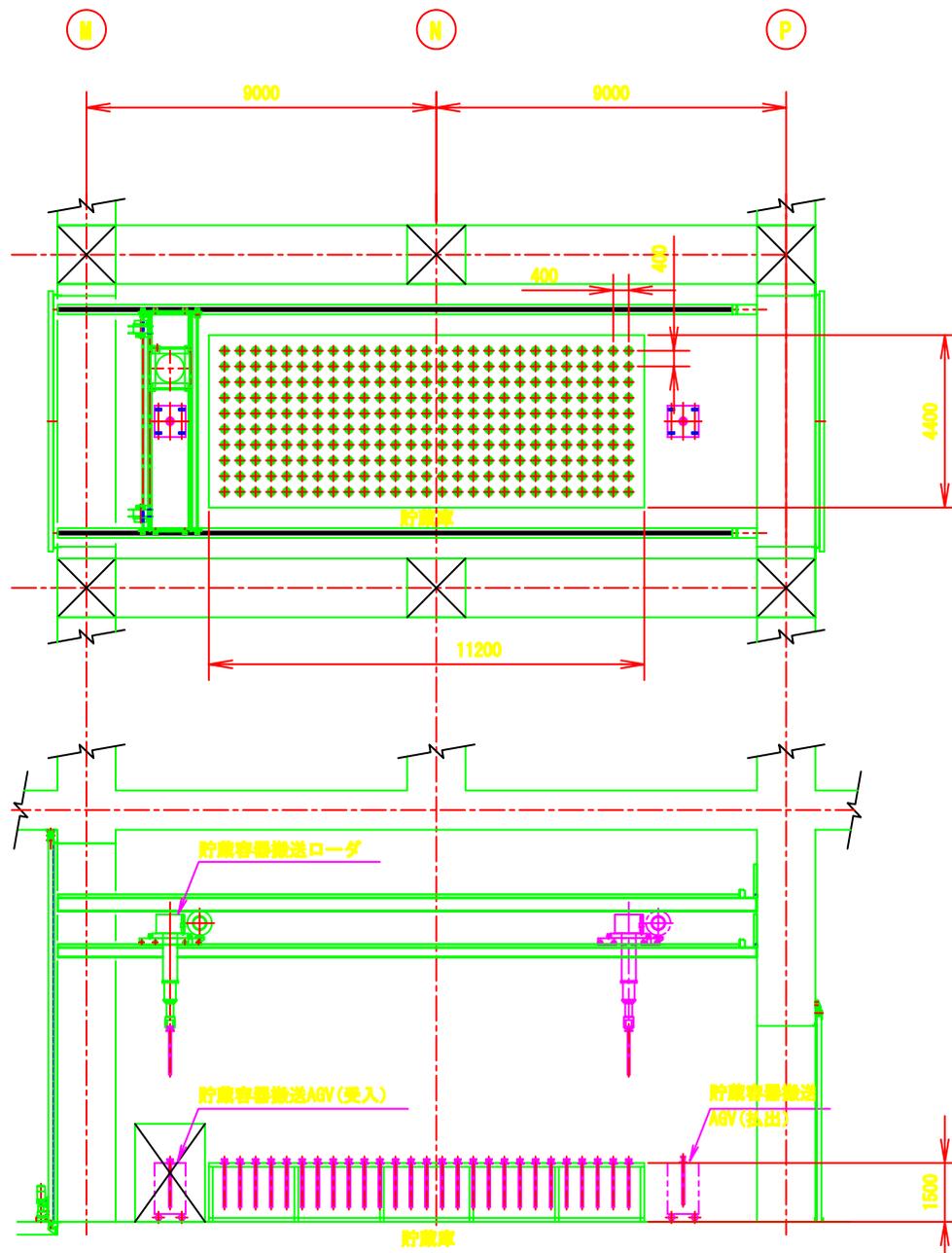
注 用：容器類

P /

吊り上げ方法詳細

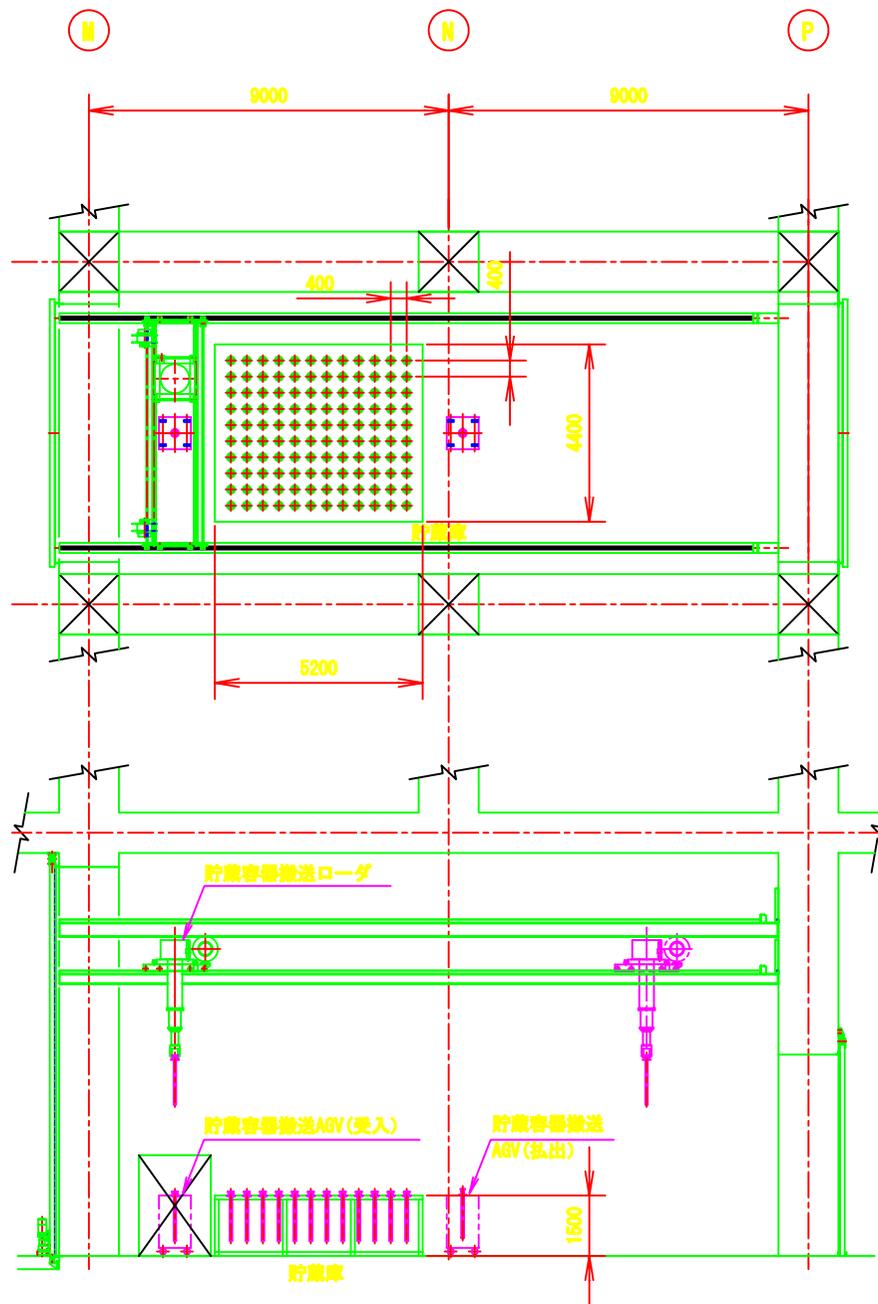
図2.4-4 構造図 (貯蔵容器)

						JOBコード	
						機器番号	
改訂	作	成	年月日	作成	レビュー	承認	機器名称
改訂事項及び内容							貯蔵容器



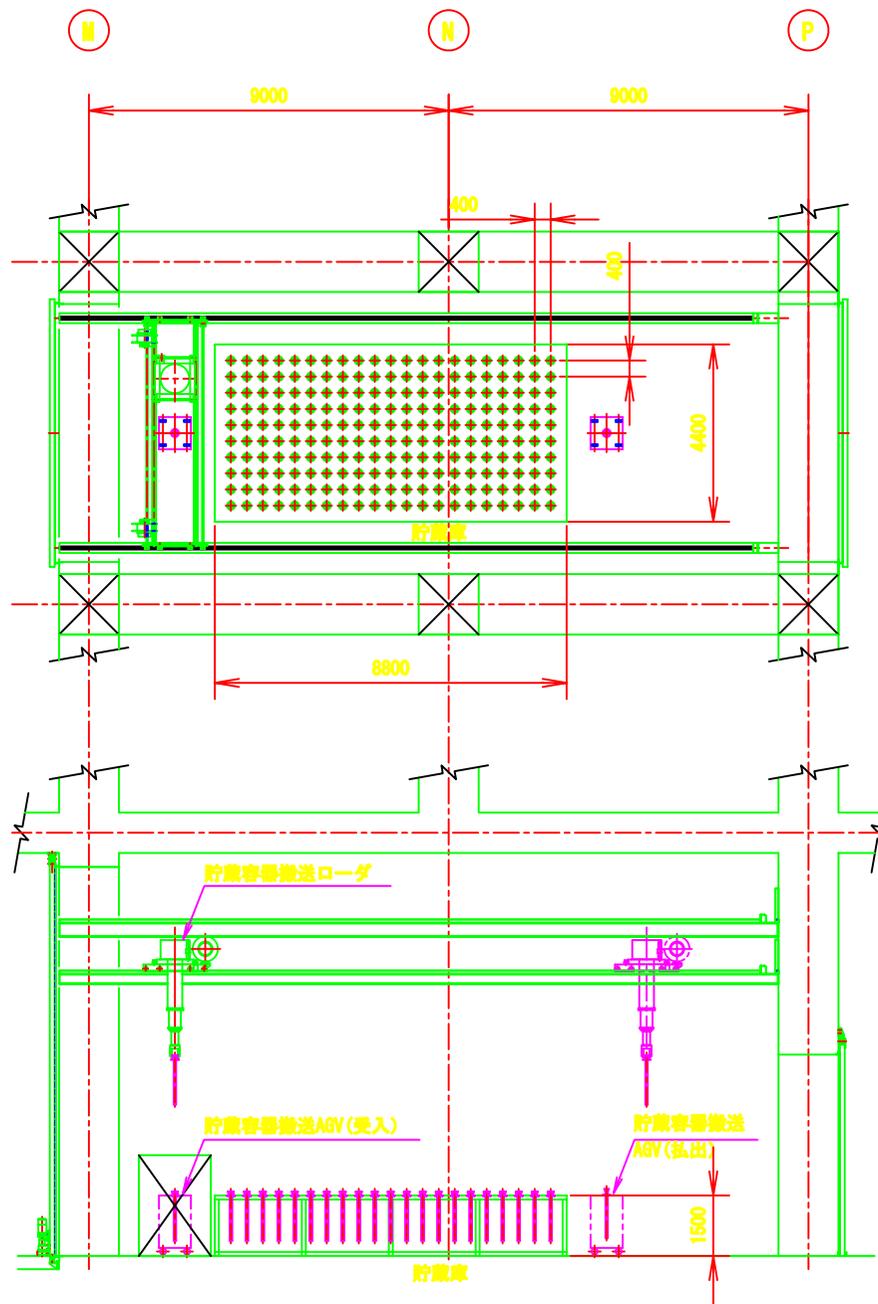
内側部材：大粒径用

製図者		承認者		検査者		発行																	
01	02	03	04	05	06	07	08																
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">製図者</th> <th colspan="2">承認者</th> <th colspan="2">検査者</th> <th colspan="2">発行</th> </tr> <tr> <td>01</td> <td>02</td> <td>03</td> <td>04</td> <td>05</td> <td>06</td> <td>07</td> <td>08</td> </tr> </table>								製図者		承認者		検査者		発行		01	02	03	04	05	06	07	08
製図者		承認者		検査者		発行																	
01	02	03	04	05	06	07	08																
<b>機番図 (地球中貯蔵庫 A)</b> 図 2.4-5(1)				2.4-82																			
2016.02.14				三國マテリアル株式会社																			



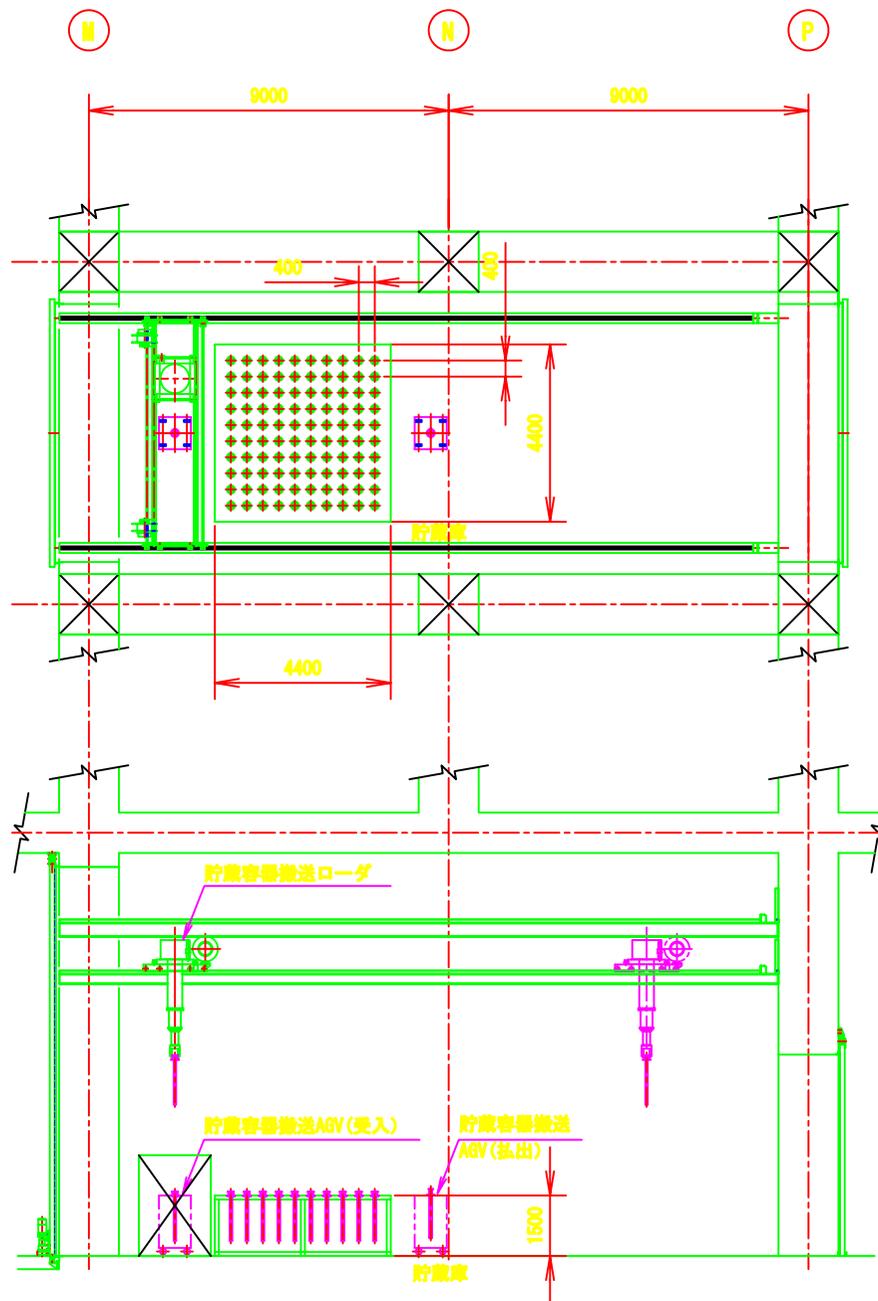
内側部材：小粒径用

製図者 設計者		承認者	検査者	承認者	検査者
DATE 10.02.14		TITLE 操盤図(地球中貯蔵庫B)			
SCALE 1/1		FIG. NO. 図 2.4-5(2)		REV. NO.	
DRAWN BY 10.02.14		DESIGNED BY 三國マテリアル株式会社			
DATE 10.02.14		DRAWN BY 三國マテリアル株式会社			
SCALE 1/1		FIG. NO. 2.4-83			



外側部材：大粒径用

No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		No. 5	
No. 6		No. 7		No. 8		No. 9		No. 10	
No. 11		No. 12		No. 13		No. 14		No. 15	
No. 16		No. 17		No. 18		No. 19		No. 20	
No. 21		No. 22		No. 23		No. 24		No. 25	
No. 26		No. 27		No. 28		No. 29		No. 30	
No. 31		No. 32		No. 33		No. 34		No. 35	
No. 36		No. 37		No. 38		No. 39		No. 40	
No. 41		No. 42		No. 43		No. 44		No. 45	
No. 46		No. 47		No. 48		No. 49		No. 50	
No. 51		No. 52		No. 53		No. 54		No. 55	
No. 56		No. 57		No. 58		No. 59		No. 60	
No. 61		No. 62		No. 63		No. 64		No. 65	
No. 66		No. 67		No. 68		No. 69		No. 70	
No. 71		No. 72		No. 73		No. 74		No. 75	
No. 76		No. 77		No. 78		No. 79		No. 80	
No. 81		No. 82		No. 83		No. 84		No. 85	
No. 86		No. 87		No. 88		No. 89		No. 90	
No. 91		No. 92		No. 93		No. 94		No. 95	
No. 96		No. 97		No. 98		No. 99		No. 100	
No. 101		No. 102		No. 103		No. 104		No. 105	
No. 106		No. 107		No. 108		No. 109		No. 110	
No. 111		No. 112		No. 113		No. 114		No. 115	
No. 116		No. 117		No. 118		No. 119		No. 120	
No. 121		No. 122		No. 123		No. 124		No. 125	
No. 126		No. 127		No. 128		No. 129		No. 130	
No. 131		No. 132		No. 133		No. 134		No. 135	
No. 136		No. 137		No. 138		No. 139		No. 140	
No. 141		No. 142		No. 143		No. 144		No. 145	
No. 146		No. 147		No. 148		No. 149		No. 150	
No. 151		No. 152		No. 153		No. 154		No. 155	
No. 156		No. 157		No. 158		No. 159		No. 160	
No. 161		No. 162		No. 163		No. 164		No. 165	
No. 166		No. 167		No. 168		No. 169		No. 170	
No. 171		No. 172		No. 173		No. 174		No. 175	
No. 176		No. 177		No. 178		No. 179		No. 180	
No. 181		No. 182		No. 183		No. 184		No. 185	
No. 186		No. 187		No. 188		No. 189		No. 190	
No. 191		No. 192		No. 193		No. 194		No. 195	
No. 196		No. 197		No. 198		No. 199		No. 200	
No. 201		No. 202		No. 203		No. 204		No. 205	
No. 206		No. 207		No. 208		No. 209		No. 210	
No. 211		No. 212		No. 213		No. 214		No. 215	
No. 216		No. 217		No. 218		No. 219		No. 220	
No. 221		No. 222		No. 223		No. 224		No. 225	
No. 226		No. 227		No. 228		No. 229		No. 230	
No. 231		No. 232		No. 233		No. 234		No. 235	
No. 236		No. 237		No. 238		No. 239		No. 240	
No. 241		No. 242		No. 243		No. 244		No. 245	
No. 246		No. 247		No. 248		No. 249		No. 250	
No. 251		No. 252		No. 253		No. 254		No. 255	
No. 256		No. 257		No. 258		No. 259		No. 260	
No. 261		No. 262		No. 263		No. 264		No. 265	
No. 266		No. 267		No. 268		No. 269		No. 270	
No. 271		No. 272		No. 273		No. 274		No. 275	
No. 276		No. 277		No. 278		No. 279		No. 280	
No. 281		No. 282		No. 283		No. 284		No. 285	
No. 286		No. 287		No. 288		No. 289		No. 290	
No. 291		No. 292		No. 293		No. 294		No. 295	
No. 296		No. 297		No. 298		No. 299		No. 300	
No. 301		No. 302		No. 303		No. 304		No. 305	
No. 306		No. 307		No. 308		No. 309		No. 310	
No. 311		No. 312		No. 313		No. 314		No. 315	
No. 316		No. 317		No. 318		No. 319		No. 320	
No. 321		No. 322		No. 323		No. 324		No. 325	
No. 326		No. 327		No. 328		No. 329		No. 330	
No. 331		No. 332		No. 333		No. 334		No. 335	
No. 336		No. 337		No. 338		No. 339		No. 340	
No. 341		No. 342		No. 343		No. 344		No. 345	
No. 346		No. 347		No. 348		No. 349		No. 350	
No. 351		No. 352		No. 353		No. 354		No. 355	
No. 356		No. 357		No. 358		No. 359		No. 360	
No. 361		No. 362		No. 363		No. 364		No. 365	
No. 366		No. 367		No. 368		No. 369		No. 370	
No. 371		No. 372		No. 373		No. 374		No. 375	
No. 376		No. 377		No. 378		No. 379		No. 380	
No. 381		No. 382		No. 383		No. 384		No. 385	
No. 386		No. 387		No. 388		No. 389		No. 390	
No. 391		No. 392		No. 393		No. 394		No. 395	
No. 396		No. 397		No. 398		No. 399		No. 400	
No. 401		No. 402		No. 403		No. 404		No. 405	
No. 406		No. 407		No. 408		No. 409		No. 410	
No. 411		No. 412		No. 413		No. 414		No. 415	
No. 416		No. 417		No. 418		No. 419		No. 420	
No. 421		No. 422		No. 423		No. 424		No. 425	
No. 426		No. 427		No. 428		No. 429		No. 430	
No. 431		No. 432		No. 433		No. 434		No. 435	
No. 436		No. 437		No. 438		No. 439		No. 440	
No. 441		No. 442		No. 443		No. 444		No. 445	
No. 446		No. 447		No. 448		No. 449		No. 450	
No. 451		No. 452		No. 453		No. 454		No. 455	
No. 456		No. 457		No. 458		No. 459		No. 460	
No. 461		No. 462		No. 463		No. 464		No. 465	
No. 466		No. 467		No. 468		No. 469		No. 470	
No. 471		No. 472		No. 473		No. 474		No. 475	
No. 476		No. 477		No. 478		No. 479		No. 480	
No. 481		No. 482		No. 483		No. 484		No. 485	
No. 486		No. 487		No. 488		No. 489		No. 490	
No. 491		No. 492		No. 493		No. 494		No. 495	
No. 496		No. 497		No. 498		No. 499		No. 500	
No. 501		No. 502		No. 503		No. 504		No. 505	
No. 506		No. 507		No. 508		No. 509		No. 510	
No. 511		No. 512		No. 513		No. 514		No. 515	
No. 516		No. 517		No. 518		No. 519		No. 520	
No. 521		No. 522		No. 523		No. 524		No. 525	
No. 526		No. 527		No. 528		No. 529		No. 530	
No. 531		No. 532		No. 533		No. 534		No. 535	
No. 536		No. 537		No. 538		No. 539		No. 540	
No. 541		No. 542		No. 543		No. 544		No. 545	
No. 546		No. 547		No. 548		No. 549		No. 550	
No. 551		No. 552		No. 553		No. 554		No. 555	
No. 556		No. 557		No. 558		No. 559		No. 560	
No. 561		No. 562		No. 563		No. 564		No. 565	
No. 566		No. 567		No. 568		No. 569		No. 570	
No. 571		No. 572		No. 573		No. 574		No. 575	
No. 576		No. 577		No. 578		No. 579		No. 580	
No. 581		No. 582		No. 583		No. 584		No. 585	
No. 586		No. 587		No. 588		No. 589		No. 590	
No. 591		No. 592		No. 593		No. 594		No. 595	
No. 596		No. 597		No. 598		No. 599		No. 600	
No. 601		No. 602		No. 603		No. 604		No. 605	
No. 606		No. 607		No. 608		No. 609		No. 610	
No. 611		No. 612		No. 613		No. 614		No. 615	
No. 616		No. 617		No. 618		No. 619		No. 620	
No. 621		No. 622		No. 623		No. 624		No. 625	
No. 626		No. 627		No. 628		No. 629		No. 630	
No. 631		No. 632		No. 633		No. 634		No. 635	
No. 636		No. 637		No. 638		No. 639		No. 640	
No. 641		No. 642		No. 643		No. 644		No. 645	
No. 646		No. 647		No. 648		No. 649		No. 650	
No. 651		No. 652		No. 653		No. 654		No. 655	
No. 656		No. 657		No. 658		No. 659		No. 660	
No. 661		No. 662		No. 663		No. 664		No. 665	
No. 666		No. 667		No. 668		No. 669		No. 670	
No. 671		No. 672		No. 673		No. 674		No. 675	
No. 676		No. 677		No. 678		No. 679		No. 680	
No. 681		No. 682		No. 683		No. 684		No. 685	
No. 686		No. 687		No. 688		No. 689		No. 690	
No. 691		No. 692		No. 693		No. 694		No. 695	
No. 696		No. 697		No. 698		No. 699		No. 700	
No. 701		No. 702		No. 703		No. 704		No. 705	
No. 706		No. 707		No. 708		No. 709		No. 710	
No. 711		No. 712		No. 713		No. 714		No. 715	
No. 716		No. 717		No. 718		No. 719		No. 720	
No. 721		No. 722		No. 723		No. 724		No. 725	
No. 726		No. 727		No. 728		No. 729		No. 730	



外側部材：小粒径用

製図者		承認者		設計者		監製者	
01	02	03	04	05	06	07	08
DATE		REV.		TITLE		SCALE	
09	10	11	12	<b>搬送機 (地球中周貯蔵庫 D)</b>			
13	14	15	16	<b>図 2.4-5(4)</b>			
17	18	19	20	三國マテリアル株式会社			
21	22	23	24	2.4-85			

(3) 付帯機器リスト

湿式ゲル化法（外部ゲル化法）による振動充填燃料製造のうち、富化度調整液の受入れから中間貯蔵庫までの工程で試薬回収に必要な付帯機器リストおよびマテリアルハンドリング付帯機器のリストを表 2.4-2(1/8) ~ 表 2.4-2(8/8)に示す。

表 2.4-2 付帯機器リスト (1/8)

設備名称: 振動充てん燃料製造設備(外部ゲル化法)

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震 重要度 分類	重量 (ton)	備考
1	V101A-1	1	アンモニア廃液受槽	円環型	φ約2,700×H約2,000mm	SUS304L	30	静水頭	A	1.2	
2	V103A-1	6	洗浄廃液受槽(アンモニア)	円環型	φ約2,500×H約1,600mm	SUS304L	30	静水頭	A	0.9	
3	V103A-2	2	洗浄廃液受槽(IPA)	円環型	φ約2,500×H約1,601mm	SUS305L	31	静水頭	A	0.9	
4	H104A-1	1	乾燥排ガス凝縮器A	多管式熱交換器	φ約540mm×H約1,100mm	SUS304L	30	静水頭	A	0.1	内側燃料: 大粒径用
5	H104B-1	1	乾燥排ガス凝縮器B	多管式熱交換器	φ約370mm×H約1,100mm	SUS304L	30	静水頭	A	0.1	内側燃料: 小粒径用
6	H104C-1	1	乾燥排ガス凝縮器C	多管式熱交換器	φ約540mm×H約1,100mm	SUS304L	30	静水頭	A	0.1	外側燃料: 大粒径用
7	H104D-1	1	乾燥排ガス凝縮器D	多管式熱交換器	φ約370mm×H約1,100mm	SUS304L	30	静水頭	A	0.1	外側燃料: 小粒径用
8	V105A-1	1	乾燥排ガス凝縮液受槽A	円環型	φ約1,400mm×H約1,600mm	SUS304L	30	静水頭	A	1	内側燃料: 大粒径用
9	V105B-1	1	乾燥排ガス凝縮液受槽B	円環型	φ約850mm×H約1,000mm	SUS304L	30	静水頭	A	0.5	内側燃料: 小粒径用
10	V105C-1	1	乾燥排ガス凝縮液受槽C	円環型	φ約1,400mm×H約1,600mm	SUS304L	30	静水頭	A	1	外側燃料: 大粒径用
11	V105D-1	1	乾燥排ガス凝縮液受槽D	円環型	φ約850mm×H約1,000mm	SUS304L	30	静水頭	A	0.5	外側燃料: 小粒径用
12	-	1式	リワーク設備	-	溶解槽、計量槽等	SUS304L	-	-	A	-	

表 2.4-2 付帯機器リスト (2/8)

設備名称: 中放射性(プロセス廃液)処理設備

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震 重要度 分類	重量 (ton)	備考
1	NH3蒸留	2	アンモニア蒸留原液受槽	縦型円筒型	24m <sup>3</sup> φ3000×4300H	SUS304L	常温	静水頭	A	3.5	1槽予備
2		1	ポンプ I-1	遠心型	50L/min	SUS316	常温	0.2	A	0.1	
3		1	フィルタ I	精密ろ過	50L/min	SUS304L	常温	0.2	A	0.1	
4		1	蒸留塔 I	充填塔	φ900×1800W×10000H	SUS304L	100°C	大気圧	A	1.5	
5		1	凝縮器 I	多管式	伝熱面積 Φ1000×2500L	SUS404L	100°C	大気圧	A	0.5	
6		1	冷却器 I	多管式	伝熱面積 300A×2000L	SUS404L	100°C	大気圧	A	0.1	
7		1	アンモニア蒸留凝縮受槽	縦型円筒型	5m <sup>3</sup> φ2000×2000H	SUS304L	常温	静水頭	A	2	
8		1	アンモニア釜残受槽	縦型円筒型	24m <sup>3</sup> φ3000×4300H	SUS304L	常温	静水頭	A	3.5	
9		1	ポンプ I-2	遠心型	50L/min	SUS316	常温	0.2	A	0.1	
10		1	ポンプ I-3	遠心型	50L/min	SUS316	常温	0.2	A	0.1	

表 2.4-2 付帯機器リスト (3/8)

設備名称: 中放射性(プロセス廃液)処理設備

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震 重要度 分類	重量 (ton)	備考
11	IPA蒸留	2	IPA回収受槽	縦型円筒型	10m <sup>3</sup> φ2000×4000H	SUS304L	常温	静水頭	A	2.5	1槽予備
12		1	ポンプⅡ-1	遠心型	20L/min	SUS316	常温	0.2	A	0.1	
13		1	フィルタⅡ	精密ろ過	20L/min	SUS304L	常温	0.2	A	0.1	
14		1	蒸留塔Ⅱ	充填塔	Φ450×900W×6500H	SUS304L	100°C	大気圧	A	0.5	
15		1	凝縮器Ⅱ	多管式	伝熱面積 Φ600×2500L	SUS404L	100°C	大気圧	A	0.3	
16		1	冷却器Ⅱ	多管式	伝熱面積 200A×1800L	SUS404L	100°C	大気圧	A	0.1	
17		1	IPA蒸留凝縮受槽	縦型円筒型	10m <sup>3</sup> φ2000×4000H	SUS304L	常温	静水頭	A	2.5	
18		1	IPA釜残受槽	縦型円筒型	5m <sup>3</sup> φ2000×2000H	SUS304L	常温	静水頭	A	2	
19		1	ポンプⅡ-2	遠心型	20L/min	SUS316	常温	0.2	A	0.1	
20		1	ポンプⅡ-3	遠心型	20L/min	SUS316	常温	0.2	A	0.1	

表 2.4-2 付帯機器リスト (4/8)

設備名称: 中放射性(プロセス廃液)処理設備

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震 重要度 分類	重量 (ton)	備考
21	IPA精製	1	ゼオライト膜分離装置	真空ろ過型	6000W×5000D×3500H	SUS316	常温	~5torr	A	10	
22		1	IPA受槽	縦型円筒型	10m <sup>3</sup> φ2000×4000H	SUS304L	常温	静水頭	A	2.5	
23		1	膜分離ろ液受槽	縦型円筒型	3.5m <sup>3</sup> φ1500×2000H	SUS304L	常温	静水頭	A	1.5	
24		1	ポンプⅢ-1	遠心型	50L/min	SUS316	常温	0.2	A	0.1	
25		1	ポンプⅢ-2	遠心型	50L/min	SUS316	常温	0.2	A	0.1	
26	電析	2	電析分離受槽	縦型円筒型	24m <sup>3</sup> φ3000×4300H	SUS304L	常温	静水頭	A	3.5	1槽予備
27		1	ポンプⅣ-1	ダイヤフラム型	50L/min	SUS304L	常温	0.2	A	0.1	
28		1	フィルタⅣ	精密ろ過	50L/min	SUS304L	常温	0.2	A	0.1	
29		3	電気透析装置	膜積層型	1000W×400D×2,500H(100cell)	SUS304L	常温	0.2	A	0.5	
30		1	濃縮液循環槽	縦型円筒型	3.5m <sup>3</sup> φ1500×2000H	SUS304L	常温	静水頭	A	1.5	

表 2.4-2 付帯機器リスト (5/8)

設備名称: 中放射性(プロセス廃液)処理設備

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震 重要度 分類	重量 (ton)	備考
31	電析	1	ポンプIV-2	遠心型	20L/min	SUS304L	常温	0.2	A	0.1	
32		1	ポンプIV-3	遠心型	50L/min	SUS304L	常温	0.2	A	0.1	
33		1	電解透析装置	膜積層型	600W×400D×2,500H(45cell)	SUS304L	常温	0.2	A	0.3	
34		1	濃硝酸回収槽	縦型円筒型	3.5m <sup>3</sup> φ1500×2000H	SUS304L	常温	静水頭	A	1.5	ライニング構造
35		1	ポンプIV-4	遠心型	20L/min	SUS304L	常温	0.2	A	0.1	
36		1	濃アンモニア1次回収槽	縦型円筒型	3.5m <sup>3</sup> φ1500×2000H	SUS304L	常温	静水頭	A	1.5	
37		1	濃アンモニア2次回収槽	縦型円筒型	3.5m <sup>3</sup> φ1500×2000H	SUS304L	常温	静水頭	A	1.5	
38		1	アンモニア放散器	充填塔	φ500×1000	SUS304L	100°C	静水頭	A	1	
39		1	アンモニア吸収器	充填塔	φ500×1000	SUS304L	常温	静水頭	A	1	

表 2.4-2 付帯機器リスト (6/8)

設備名称: 中放射性(プロセス廃液)処理設備

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震 重要度 分類	重量 (ton)	備考
40	中濃度	2	中放射能廃液受槽	縦型円筒型	24m <sup>3</sup> φ3000×4300H	SUS304L	常温	静水頭	A	2.5	1槽予備
41		1	ポンプV-1	遠心型	50L/min	SUS316	常温	0.2	A	0.1	
42		1	フィルタV	精密ろ過	50L/min	SUS304L	常温	0.2	A	0.1	
43		1	凝縮管	垂直サーモホン型	伝熱面積40m <sup>2</sup> 2000×1600×6000H	Ti-5ta	100°C	大気圧	A	1	
44		1	凝縮器	多管式	φ900×3000L	SUS304L	100°C	大気圧	A	0.5	
45		1	冷却器	2重管式	25A/40A×3000×200H	SUS304L	100°C	大気圧	A	0.1	
46		1	オフガス冷却器	2重管式	25A/40A×3000L	SUS304L	95°C	大気圧	A	0.1	
47		2	凝縮液受槽	縦型円筒型	24m <sup>3</sup> φ3000×4300H	SUS304L	常温	静水頭	A	2.5	1槽予備
48		1	ポンプV-2	遠心型	50L/min	SUS316	常温	0.2	A	0.1	
49		1	濃縮液受槽	縦型円筒型	3.5m <sup>3</sup> φ1500×2000H	SUS304L	常温	静水頭	A	1.5	

表 2.4-2 付帯機器リスト (7/8)

設備名称: 中放射性(プロセス廃液)処理設備

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震 重要度 分類	重量 (ton)	備考
50	中濃度	1	ポンプV-3	遠心型	50L/min	SUS316	常温	0.2	A	0.1	
51	V013D-1~2	1	スチーム凝縮水槽	縦型円筒型	3.5m <sup>3</sup> φ1500×2000H	SUS304L	常温	静水頭	A	1.5	
52	中濃度	1	ポンプV-4	遠心型	50L/min	SUS316	常温	0.2	A	0.1	

表 2.4-2 付帯機器リスト (8/8)

設備名称: 振動充てん燃料製造設備(外部ゲル化法)

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震 重要度 分類	重量 (ton)	備考
1	-	8	インセルクレーン	レール走行式	定格荷重: 5 t 走行速度: 18m/min 概略寸法: L2500(巻上揚程20000) × W6000 × H1700	SUS304	室温	室内圧	B	10	
2	-	12	パワーマニピュレータ	単腕式	取扱荷重: 100kg 昇降ストローク: 5m 概略寸法: L3800(max8800) × W 1100	SUS304	室温	室内圧	B	3	
3	-	124	マスタースレーブマニピュ レータ	3分割エクステン ド リ ー チ 型	取扱荷重: 23 kg 重量: 0.6 t 全長: 5000(max7000)	SUS304	室温	室内圧	B	0.1	
4	-	9	トラバーサ	レール走行式	定格荷重: 50 t 走行速度: 18m/min	SUS304	室温	室内圧	B	22	
5	-	4	保守セル搬送台車	レール走行式	定格荷重: 5 t 走行速度: 18m/min	SUS304	室温	室内圧	B	3	
6	-	6	乾燥ゲル球貯槽搬送AGV	電動横行式	定格荷重: 0.5 t 走行速度: 18m/min	SUS304	室温	室内圧	—	1	
7	-	4	貯蔵容器搬送AGV	電動横行式	定格荷重: 0.5 t 走行速度: 18m/min	SUS304	室温	室内圧	—	1	
8	-	4	乾燥ゲル球貯槽 吊上クレーン	レール走行式	定格荷重: 0.5 t 走行速度: 18m/min 概略寸法: L2500(巻上揚程35000) × W6000 × H1700	SUS304	室温	室内圧	B	8	
9	-	8	乾燥ゲル球貯槽移載ロー ダ	レール走行式	定格荷重: 0.5 t 走行速度: 18m/min 概略寸法: L2500(巻上揚程10000) × W6000 × H1700	SUS304	室温	室内圧	B	5	
10	-	4	貯蔵容器移載ローダ	レール走行式	定格荷重: 0.5 t 走行速度: 18m/min 概略寸法: L2500(巻上揚程10000) × W6000 × H1700	SUS304	室温	室内圧	B	5	

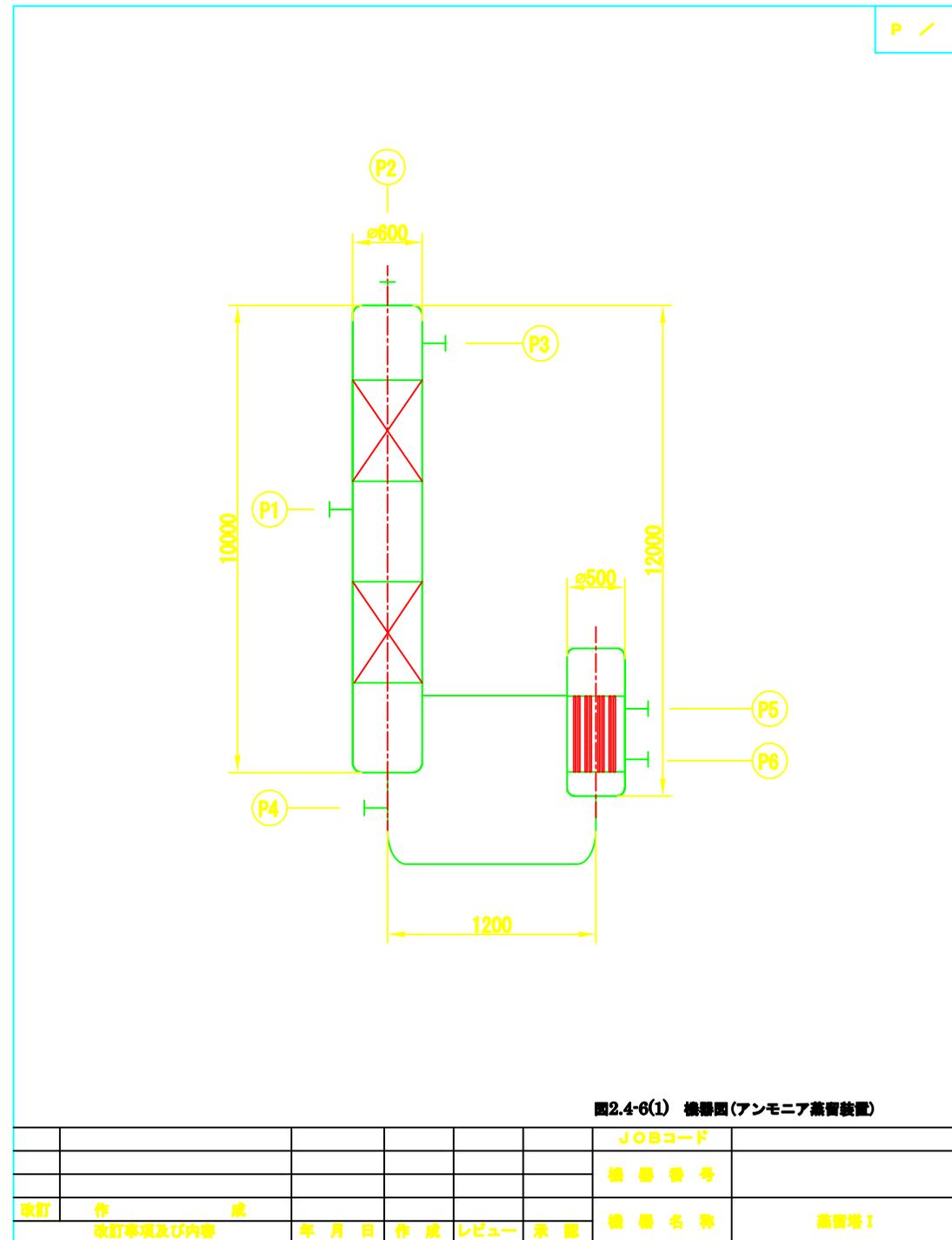
(4) 付帯機器図

湿式ゲル化法（外部ゲル化法）による振動充填燃料製造のうち、試薬回収に必要な付帯機器として図 2.4-6(1) ~ 図 2.4-6(6)に示す。

- ・ 図 2.4-6(1) アンモニア蒸留装置
- ・ 図 2.4-6(2) IPA 蒸留装置
- ・ 図 2.4-6(3) 電気透析装置
- ・ 図 2.4-6(4) 電解透析装置
- ・ 図 2.4-6(5) 膜分離処理装置
- ・ 図 2.4-6(6) 蒸発缶

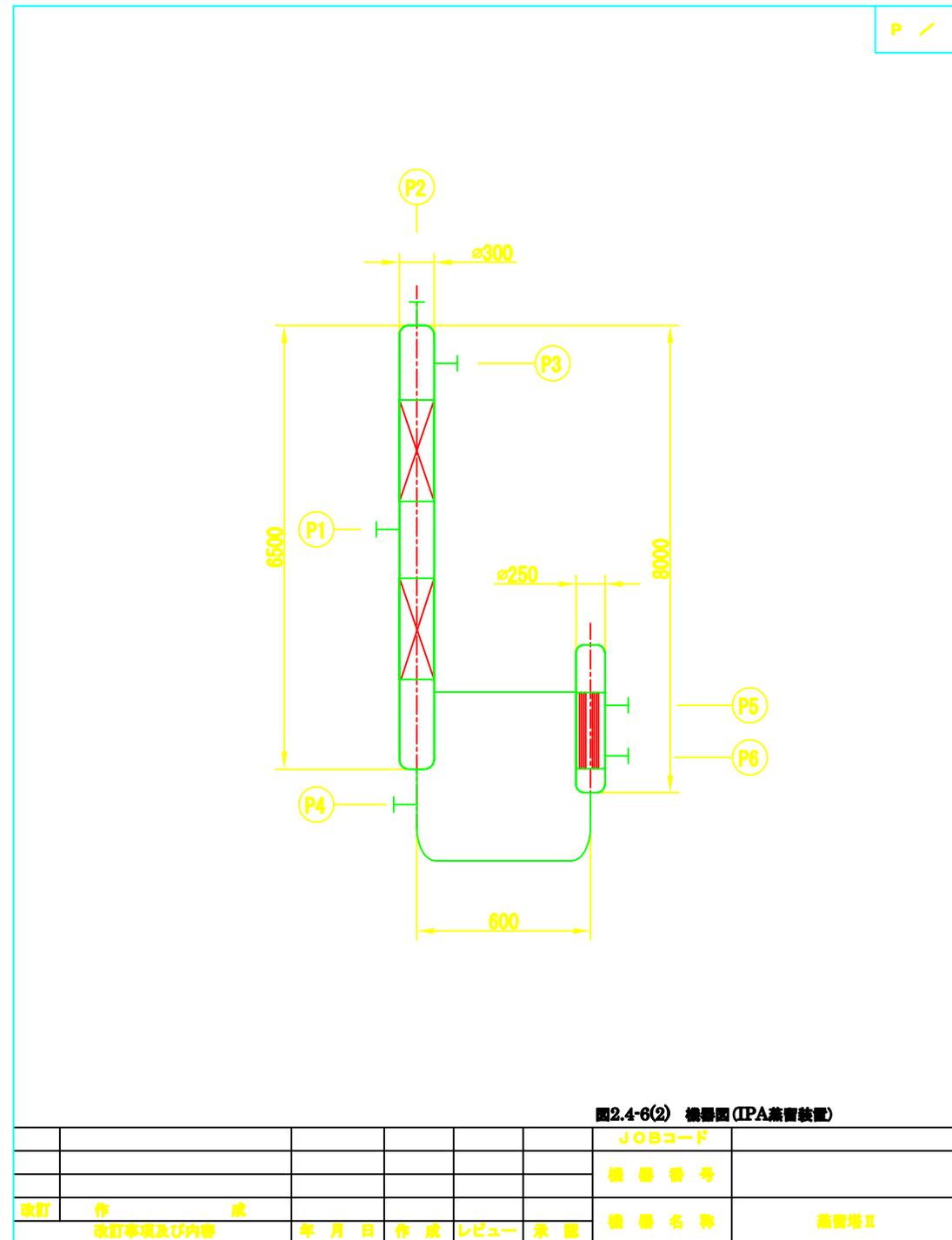
三菱マテリアル		データシート		I	設置場所	
				II	図面番号	
				III	図面番号	
設計データ				材質		
1	適用法規			45	本体	SUS304L
2	型式	充填塔		46	本体	
3	液名	中放射性廃液 (NH <sub>3</sub> 蒸留)		47	フランジ	ボルト/ナット
4	液比重			48		ガスケット
5	容量	全容量		49	支持金具	
6		有効容量		50		
7	圧力	最高使用圧力		51		
8		使用圧力	大気圧		52	
9	温度	最高使用温度		53		
10		使用温度	65°C		54	
11	撪はん方式		55			
12	応力除去		有 無		56	
13	腐れ代		2 mm		57	
14	溶接効率		58 保温・保冷			
15	リガメント効率		59 保温保冷材 材質			
16			60 厚 さ			
試験・検査			61 塗装			
17	耐圧試験 (内圧 外圧)		水圧 気圧		62	
18	漏洩試験 (内圧 真空)		63 付属品			
19	非破壊検査		PT RT		64 取付ボルト/ナット	
20			65 基礎ボルト			
ノズル及び接続口				66		
	記号	呼び径	接続型式	接続配管	用途	
21	P 1			SUS304TP	供給液入口	
22	P 2			SUS304TP	蒸気出口	
23	P 3			SUS304TP	環流液入口	
24	P 4			SUS304TP	液出口	
25	P 5			SUS304TP	1 <sup>st</sup> 行加熱蒸気入口	
26	P 6			SUS304TP	1 <sup>st</sup> 行加熱蒸気出口	
27					72	
28					73 臨界安全	
29					74 運 搬	
30					75 閉じ込め	
31						
32					特記事項	
33						
34						
35						
36						
37					クラス分類	
38					76	組 作 1 基
39					77	耐 震 A
40					78	
41					79	
42					80	
43					81	重量
44					82	空重量
						kg
						kg
						kg

適用: 槽類



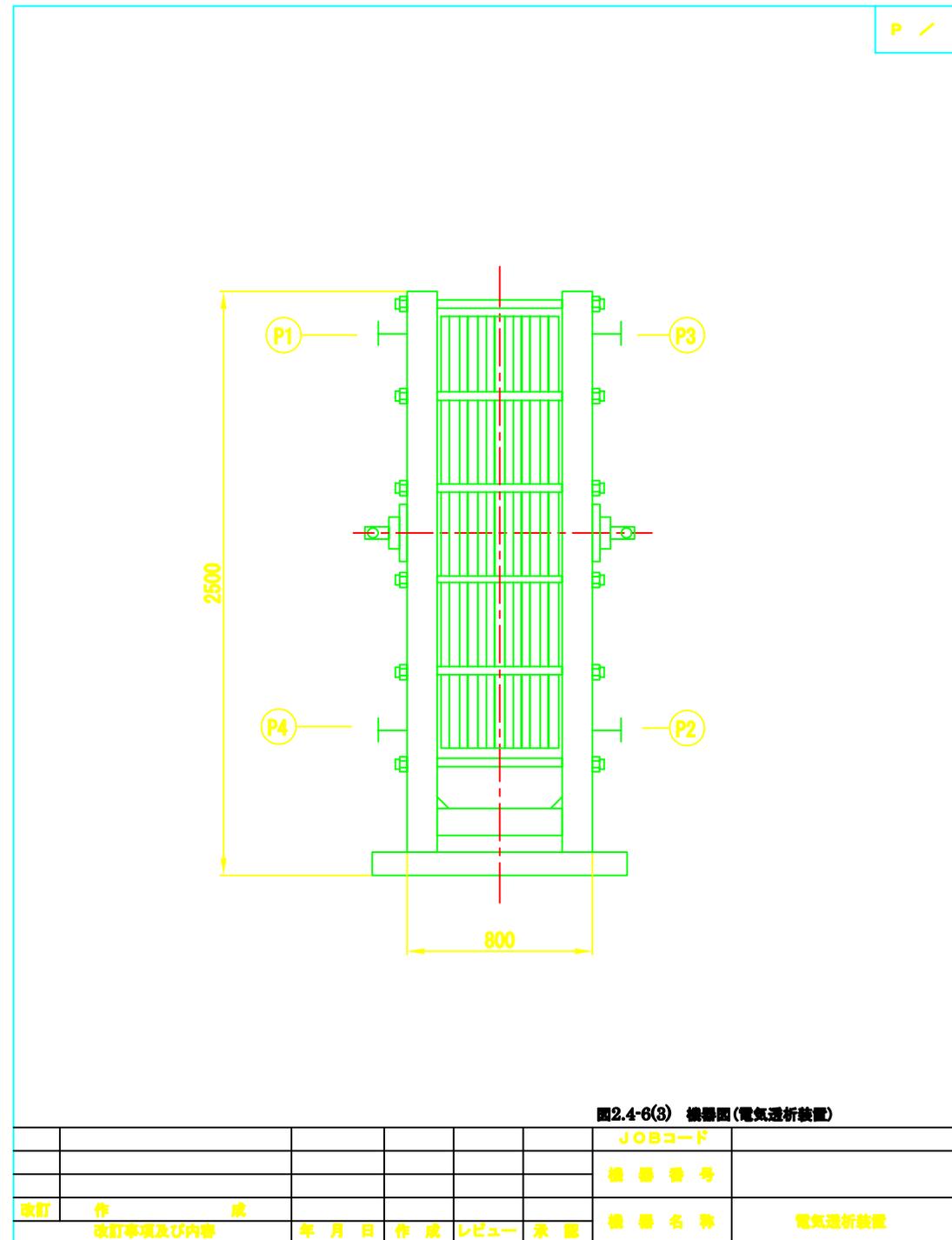
三菱マテリアル		データシート		I	設置場所		
				II	図面番号		
				III	図面番号		
設計データ				材質			
1	適用法規			45	本体	SUS304L	
2	型式	充填塔		46	本体		
3	液名	中放射性廃液 (IPA蒸留)		47	フランジ	ボルト/ナット	
4	液比重			48		ガスケット	
5	容量	全容量		49	支持金具		
6		有効容量		50			
7	圧力	最高使用圧力		51			
8		使用圧力	大気圧		52		
9	温度	最高使用温度		53			
10		使用温度	65°C		54		
11	攪はん方式		55				
12	応力除去		有 無		56		
13	腐れ代		2 mm		57		
14	清浄効率		58 保温・保冷				
15	リガメント効率		59 保温保冷材 材質				
16			60 厚 さ				
試験・検査				61	塗装		
17	耐圧試験 (内圧 外圧)		水圧 気圧		62	付属品	
18	漏洩試験 (内圧 真空)		63 取付ボルト/ナット				
19	非破壊検査		PT RT		64	基礎ボルト	
20			65				
ノズル及び接続口				66			
	記号	呼び径	接続型式	接続配管	用途	67	
21	P1			SUS304TP	供給液入口	68	
22	P2			SUS304TP	蒸気出口	69	
23	P3			SUS304TP	還流液入口	70	
24	P4			SUS304TP	液出口	71	
25	P5			SUS304TP	1"行加熱蒸気入口	72	
26	P6			SUS304TP	1"行加熱蒸気出口	73	
27						74	
28						75	
29						76	
30						77	
31						78	
32						79	
33						80	
34						81	
35						82	
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
				クラス分類			
				76	組 作	1 基	
				77	耐 震	A	
				78			
				79			
				80			
				81	重量	kg	
				82	空重量	kg	
					運転重量	kg	

適用: 槽類



三菱マテリアル		データシート		I	設置場所		
				II	図面番号		
				III	図面番号		
設計データ				材質			
1	適用法規			45	本体	SUS304L	
2	型式	膜積層型		46	本体		
3	液名	電解電析原液		47	フランジ	ボルト/ナット	
4	液比重			48		ガスケット	
5	容量	全容量		49	支持金具		
6		有効容量		50			
7	圧力	最高使用圧力		51			
8		使用圧力		52	0.2MPa		
9	温度	最高使用温度		53			
10		使用温度		54	60°C		
11	攪はん方式		55				
12	応力除去		56	有 無			
13	腐れ代		57	2 mm			
14	溶接効率		保温・保冷				
15	リガメント効率		58	保温保冷材 材質			
16			59	厚 さ			
試験・検査			60	塗装			
17	耐圧試験 (内圧 外圧)		61	水圧 気圧			
18	漏洩試験 (内圧 真空)		付属品				
19	非破壊検査		62	取付ボルト/ナット			
20			63	基礎ボルト			
ノズル及び接続口				64			
	記号	呼び径	接続型式	接続配管	用途		
21	P 1			SUS304TP	原液入口		
22	P 2			SUS304TP	濃縮液出口		
23	P 3			SUS304TP	希釈水入口		
24	P 4			SUS304TP	脱塩液出口		
25					70		
26					71		
27					72		
28				73	臨界安全		
29				74	運 搬 Cd		
30				75	閉じ込め		
31				特記事項			
32							
33							
34							
35							
36							
37				クラス分類			
38				76	組 作 3 基		
39				77	耐 震 A		
40				78			
41				79			
42				80			
43				81	重量		
44				82	空重量	kg	
					運転重量	kg	

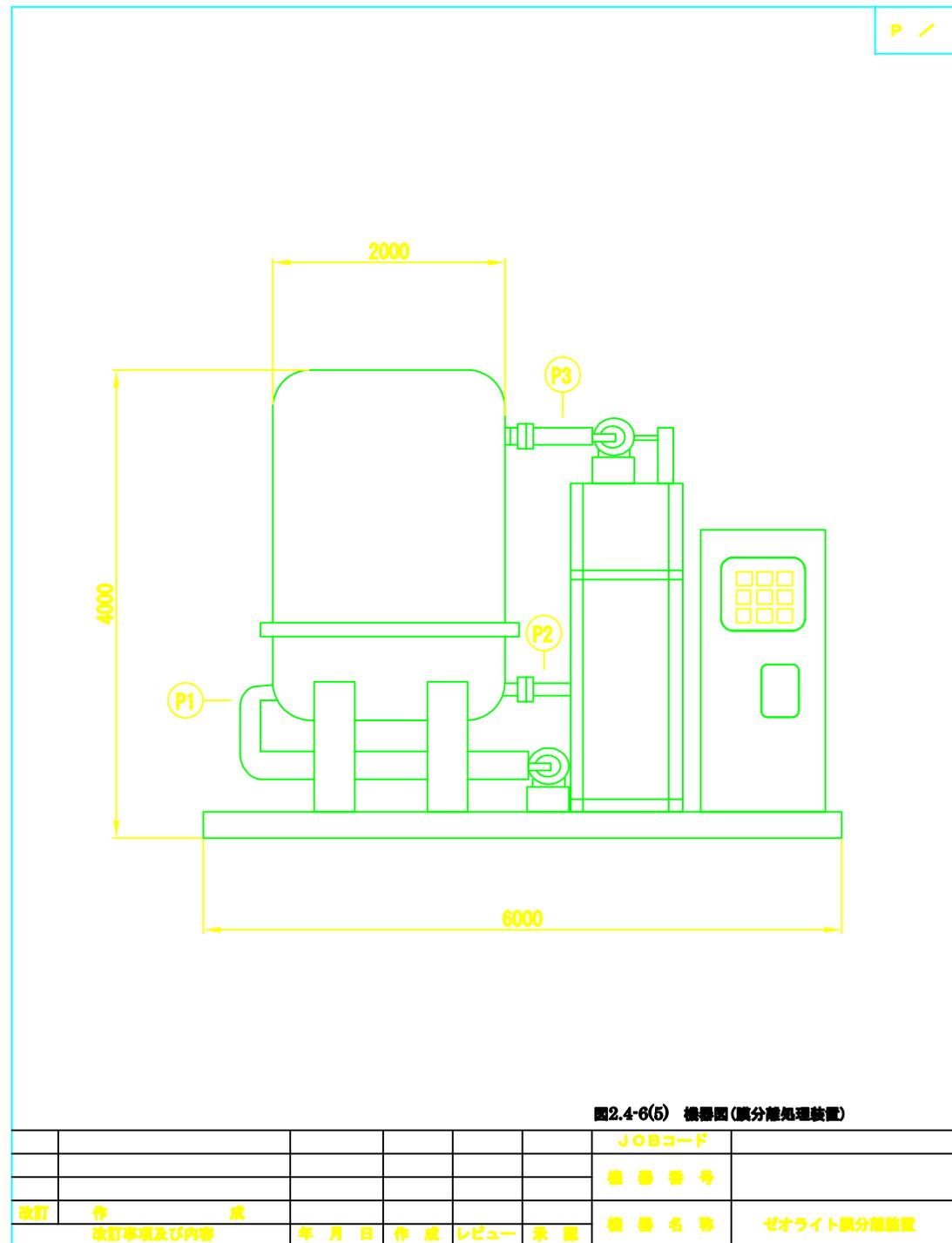
適用:槽類





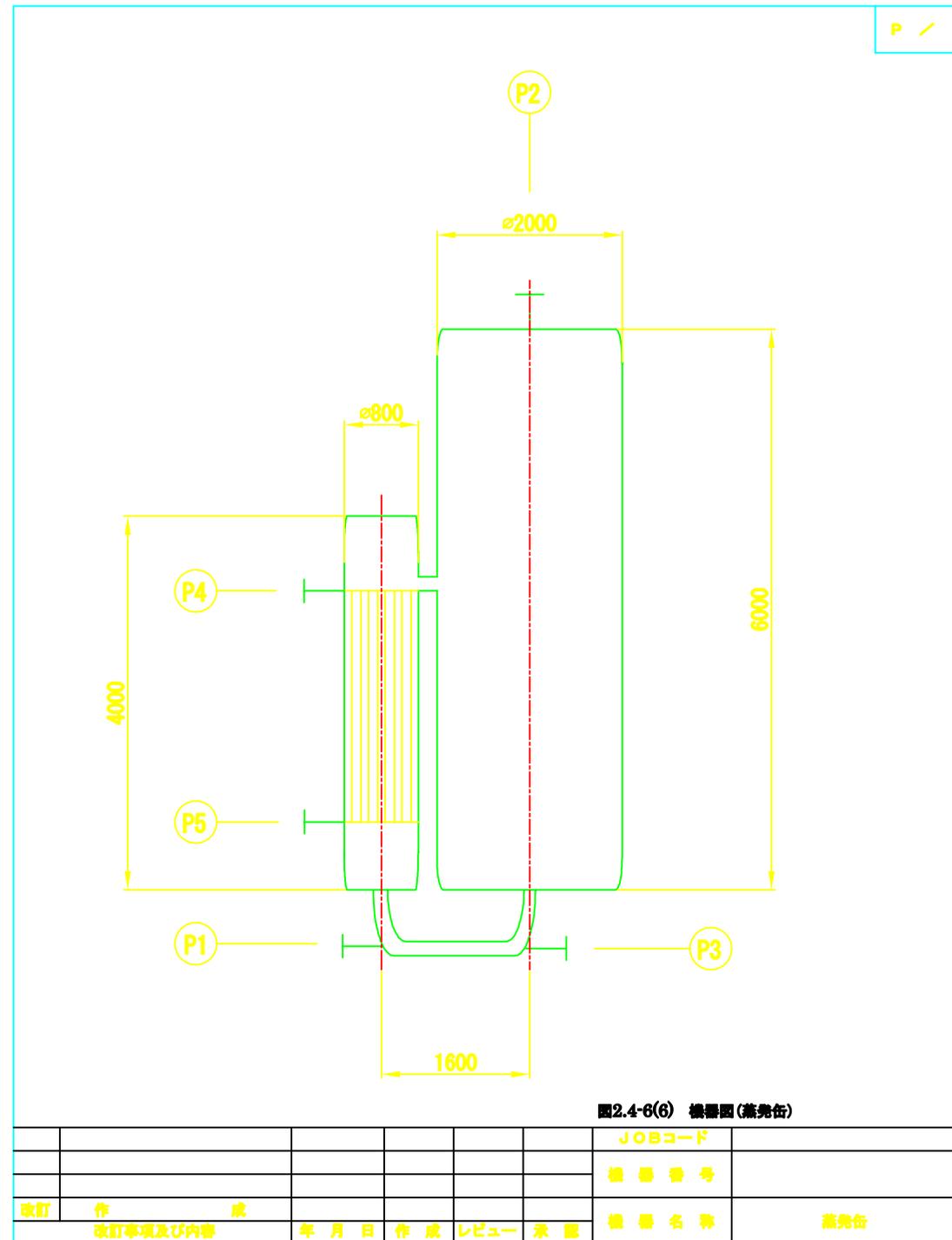
三菱マテリアル		データシート		I	設置場所	
				II	図面番号	
				III		
設計データ				材質		
1	適用法規			45	本体	SUS304L
2	型式	膜分離装置		46	本体	
3	液名	中放射性廃液 (高純度IPA)		47	フランジ	ボルト/ナット
4	液比重			48		ガスケット
5	容量	全容量	0.4m <sup>3</sup>	49	支持金具	
6		有効容量		50		
7	圧力	最高使用圧力		51		
8		使用圧力	~5torr	52		
9	温度	最高使用温度		53		
10		使用温度	常温	54		
11	攪はん方式			55		
12	応力除去	有 無		56		
13	腐れ代	2 mm		57		
14	溶接効率			保温・保冷		
15	リガメント効率			58	保温保冷材 材質	
16				59	厚 さ	
試験・検査				60	塗装	
17	耐圧試験 (内圧 外圧)	水圧 気圧		61		
18	漏洩試験 (内圧 真空)			付属品		
19	非破壊検査	PT RT		62	取付ボルト/ナット	
20				63	基礎ボルト	
ノズル及び接続口				64		
	記号	呼び径	接続型式	接続配管	用途	
21	P1			SUS304TP	溶液入口	
22	P2			SUS304TP	IPA出口	
23	P3			SUS304TP	分離水出口	
24						
25						
26						
27						
28				73	臨界安全	
29				74	運 搬	
30				75	閉じ込め	
31				特記事項		
32						
33						
34						
35						
36						
37				クラス分類		
38				76	組 作	1基
39				77	耐 震	A
40				78		
41				79		
42				80		
43				81	重量	kg
44				82	空重量	kg
					運転重量	kg

適用: 槽類



三菱マテリアル		データシート		I	設置場所	
				II	図面番号	
				III	図面番号	
設計データ				材質		
1	適用法規			45	本体	TI-5Ta
2	型式	垂直サーモサイフォン型		46	本体	
3	液名	中放射性廃液		47	フランジ	ボルト/ナット
4	液比重			48		ガスケット
5	容量	全容量	40ml	49	支持金具	
6		有効容量		50		
7	圧力	最高使用圧力		51		
8		使用圧力	0.3MPa	52		
9	温度	最高使用温度	140℃	53		
10		使用温度	100℃	54		
11	撪はん方式			55		
12	応力除去	有 無		56		
13	腐れ代	2 mm		57		
14	清浄効率			保温・保冷		
15	リガメント効率			58	保温保冷材 材質	
16				59	厚さ	
試験・検査				60	塗装	
17	耐圧試験 (内圧 外圧)	水圧 気圧		61		
18	漏洩試験 (内圧 真空)			付属品		
19	非破壊検査	PT RT		62	取付ボルト/ナット	
20				63	基礎ボルト	
ノズル及び接続口				64		
	記号	呼び径	接続型式	接続配管	用途	
21	P1			SUS304TP	溶液入口	
22	P2			SUS304TP	蒸発蒸気出口	
23	P3			SUS304TP	濃縮液出口	
24	P4			SUS304TP	加熱用蒸気入口	
25	P5			SUS304TP	加熱用蒸気出口	
26						
27						
28						73 腐界安全
29						74 運搬
30						75 閉じ込め
31						
32						特記事項
33						
34						
35						
36						
37						クラス分類
38						76 製作
39						77 数量
40						78
41						79
42						80
43						81 重量
44						82 空重量
						kg
						kg

適用: 槽類



## 2.5 機器のセル内配置検討

### (1) 機器配置の基本方針

本設備工程セル内に設置された機器の保守は、インセルクレーン（ICC）、パワーマニピュレータ（PM）及びマスタースレーブマニピュレータ（MSM）による遠隔操作により実施する。これらの保守機器は動作範囲が限られており、工程内のプロセス機器の配置により、故障機器へのアクセス方法が大きく制限される可能性がある。本項では、遠隔保守方法を考慮したプロセス機器の配置方針について検討する。工程セル内プロセス機器に対する保守方法の基本方針は以下の3点である。

- ・ 工程セル内での保守は ICC、PM 及び MSM を用いた遠隔操作により行う
- ・ 部品交換等で補修可能な故障については、セル内部での遠隔操作による部品交換により補修を行う。
- ・ 想定外の故障も含め、工程セル内での補修が困難な故障については、対象機器を補修セルに搬送し、グローブボックスにおいて人手による補修を行う。

この保守方法の基本方針をもとに、ICC、PM 及び MSM による遠隔保守を可能とするため、以下のような基本方針でセル内機器の配置をする。

- (a) 工程セル内の各機器はセル壁沿いに配置し、配管等のサポートを壁から取る配置とすることにより、セル中央部に空間を確保できる配置とする。
- (b) 全ての機器に対して ICC がアクセス可能となるような配置とする。
- (c) セル内全ての機器が搬出可能である配置とする。また、搬出時に万一吊上げ機器が落下したとしても最小限の影響となるよう、ICC による吊上げ状態で他の機器上部を通過することなく搬出可能である配置とする。
- (d) 自走式の機器（ICC、PM、ローダ、AGV）は、自身の保守時に他の保守機器を使用せず、自走により保守エリアへ移動できる配置とする。

上記(a)の基本方針に関する補足説明を以下に示す。

(a) は PM のアクセス経路を確保することを目的とした。工程セル内機器の保守手段は、ICC、PM 及び MSM による保守であるが、MSM はセル壁に設置されており、作業範囲は始めから限定される。また、ICC 及び PM はセル内を自由に移動することが可能ではあるが、平面方向の移動は、レール上のガーダ及びトロリの移動に限られており、補修機器へのアクセス経路はトロリ鉛直下方向に限定される。また、配管は自立が困難であり、サポート等の補助を必要とする。このような配置の場合、上部からのアクセスに限定される ICC 及び PM は故障機器へのアクセス経路を失う可能性が

ある。そこで、本セル内での各機器はセル壁沿いに配置し、配管サポートを壁から取ることにより 2 次元的な配置とし、さらに、セル中央部に PM がアクセスできる空間を確保できることにより、PM が全ての機器にアクセス可能とする配置を目的とした。

## (2) 機器配置

前項で述べた機器配置の基本方針に基づき配置した本設備配置概念図を図 2.5-1(1)～図 2.5-1(8)に示す。

### 1) 顆粒燃料製造ライン全体配置

顆粒燃料製造ライン全体に関する配置概要を以下に示す。

- (a) 顆粒燃料製造の各工程ラインは、大粒径ラインの一部セル共有を除き、基本的に混合工程から中間貯蔵までを直線的に配置した。また、混合工程～乾燥工程までを工程セル と焙焼工程～焼結工程までを工程セル とし、分割した。これら詳細については、「 ) 工程セル内プロセス機器配置」に述べる。
- (b) 工程セルの幅 8500mm は、2.4 項(1)の基本方針に基づき機器及び配管を壁側に配置し、且つ、中央に機器の移動空間が残ることを条件に決定した。なお、セル壁厚は、平成 13 年度「低除染ペレット燃料製造機器に関する調査」(以下、「低除染ペレット」と称す)の検討と同じ 1500mm として検討を実施した。
- (c) MSM による工程セル内機器へのアクセスを目的とし、各製造ラインの工程セル両脇には、6500mm 幅の MSM 操作エリアを設けた。
- (d) 付帯設備として、1F～3F に ICC/PM 保守セル及びメンテナンス用搬送セル、B1F に除染セル、メンテナンス G B 及び廃液処理室、3FL に分析室を設けた。又、ICC 及び PM が同一フロアの全ての場所を行き来できるよう 1F～3F に ICC/PM 移動セルを設けた。

### 2) 工程セル内プロセス機器配置

2.5 項(1)に示した配置の基本方針に基づき、工程セル内機器の配置検討を行った。工程セル内配置に関する概要を以下に示す。

- (a) 内側及び外側大粒径製造工程の場合、滴下以降に 3 系統の製造ラインが存在する。2.4 項(1)に示した配置の基本方針に基づき、壁沿いに配置すると、1セルに 3 系統の製造ラインを配置するのは困難となる。そこで、大粒径製造ラインの「工程セル」に内側及び外側燃料製造各 1 系統の兼用セルを設け、設備全体では、「工程セル」5 つ、「工程セル」4 つとし配置した。

(工程セル 〇、 〇については(b)参照。)

- (b) 製造工程の内、滴下液混合、滴下、洗浄、乾燥工程及び乾燥ゲル球貯槽装荷までを「工程セル 〇」、焙焼、還元、焼結及び貯蔵容器装荷までを「工程セル 〇」とし分割した。乾燥工程と焙焼工程の間でセルを分けた理由を以下に示す。

滴下～乾燥工程においてゲル球を重力移送により搬送するためには、機器の配置にある程度の高さが必要となり、遠隔保守機器は高さ方向に複数段の設置が必要となる。機器の配置高さを工程の途中で上げる場合、最上段以外の保守機器は、工程セル外への移動が不可となるため、機器配置のレベルを上げる前に工程セルを分割し、メンテナンス搬送セル/トラバーサを設置する必要がある。

乾燥工程と焙焼工程の間は、ゲル球の取扱が終了しており、且つ、液体系ラインと粉体系ラインの境目となる。

次工程でセルを分割する場合、大粒径製造ラインの焙焼炉は、3系統存在するので、焼結工程後に工程セルを区切り、(c)で述べた勾配をつけた配管による焙焼球のセル間移送には、10m程度の高低差を必要とするため困難である。更に、マテリアルハンドリング設備による焼結球貯槽の搬送が必要となる。

乾燥工程と焙焼工程の間でセルを分けた場合は、焙焼炉の配置は最上段であり、3基並列の配置に対してもPMによる保守作業に問題がなく、特例的な配置が可能となる。

以上のようなことから、乾燥工程と焙焼工程の間においてセルを分割するのが最適と考え、工程セル 〇と 〇の分割点とした。

- (c)ゲル球を含む液系配管は30度、粉体系配管は40度を最低勾配とし配置した。これらの配置設計に使用した配管の最低勾配の値は、MRTLの経験に基づく推測値である。ゲル球を含む溶液及び粉体系の搬送に必要な配管勾配については、被搬送物の物性、配管材質、表面状況等によるので、搬送に必要な勾配は今後の検討課題となる。

表 2.5-1 各製造ラインの機器数

機器名称	内側及び外側 大粒径ライン			内側及び外側 小粒径ライン			備考
	系統数	一系統の機器数	合計	系統数	一系統の機器数	合計	
滴下混合槽	1	1	1	1	1	1	
滴下液混合槽循環ポンプ	1	1	1	1	1	1	
滴下液供給槽	3	4	12	2	4	8	
滴下、熟成槽	3	1	3	2	1	2	
洗浄装置	3	2	6	2	1	2	
乾燥装置	3	2	6	2	1	2	
乾燥ゲル球貯槽	3	6	18	2	3	6	
焙焼炉	3	1	3	1	1	1	
焙焼球貯槽	1	2	2	1	2	2	
還元炉	1	1	1	1	1	1	
還元球貯槽	1	2	2	1	2	2	
焼結炉	1	1	1	1	1	1	
貯蔵容器	1	270 210	270 210	1	120 100	120 100	内側（上段） 外側（下段）

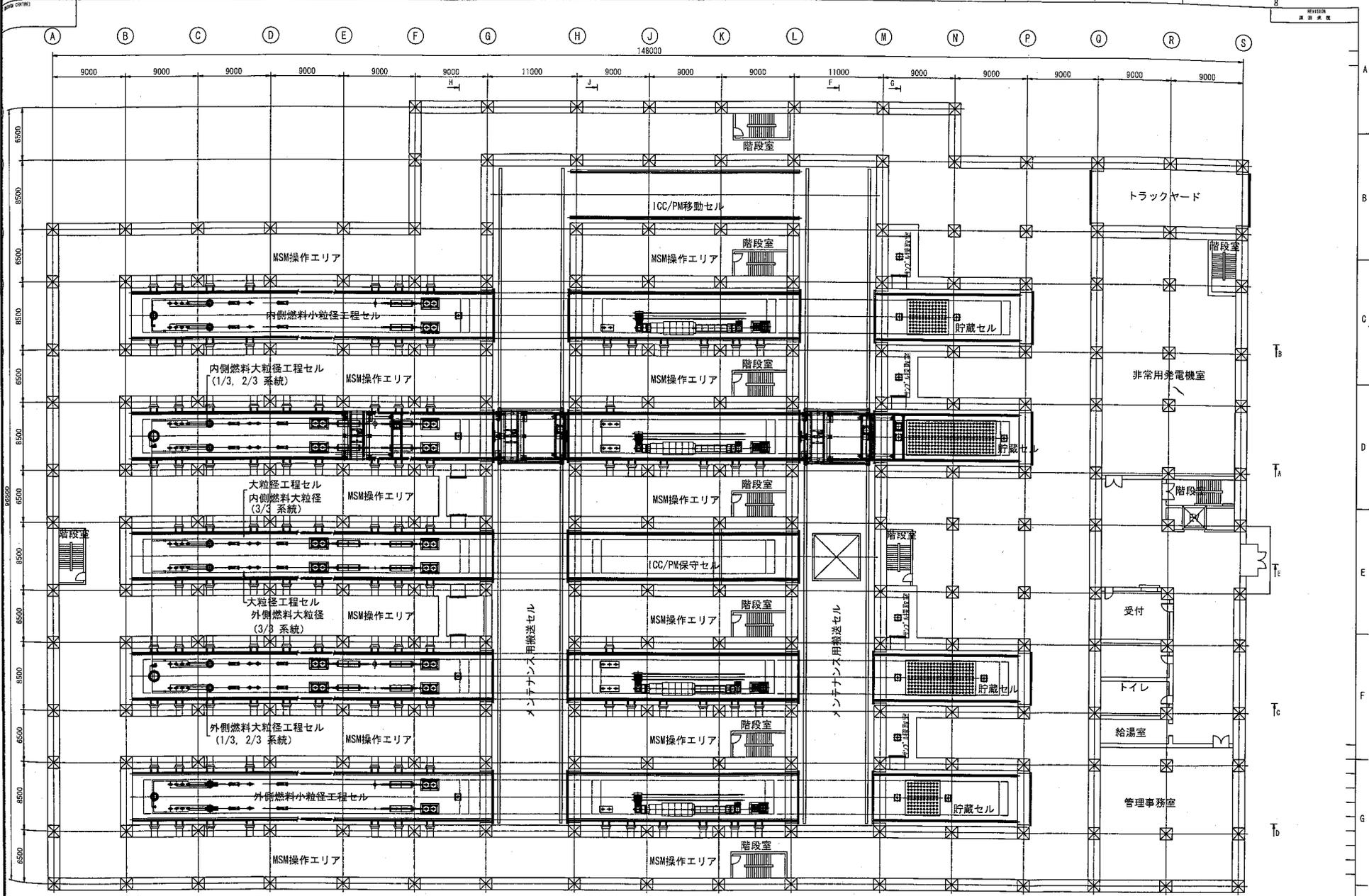
## 3) 保守機器配置

保守機器の配置に関する概要を以下に示す。

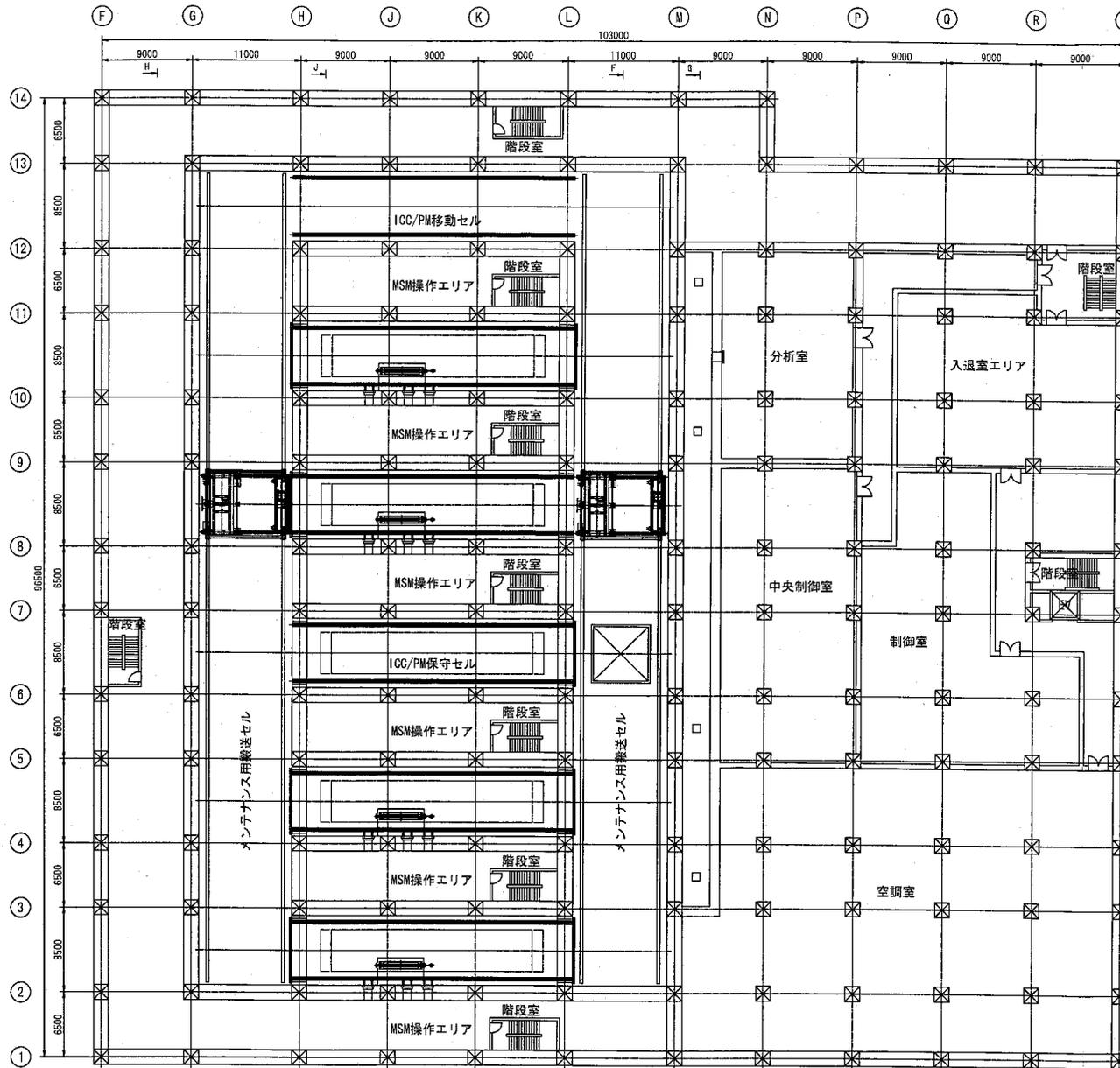
- (a) 工程セル内の機器を1段のPMのみでアクセスするのは困難であるので、高さ方向に3段のPMを配置した。
- (b) ICC及びPMの工程セル外への移動のため、トラバーサを配置した。なお、本工程セルでは、PMは高さ方向に3段に配置されているので、トラバーサも3段に配置されている。
- (c) トラバーサの構造上、工程セル最上段のICCで機器を搬出するためには、高所までの吊上げを必要とするが、これを避けるためICCを工程セル上下2段の配置とした。
- (d) 最下フロアにおいてGBによる保守が可能な配置とし、搬送台車及びメンテナンスGBを配置した。
- (e) トラバーサを除いて、複数の同時保守作業が可能となるよう各保守機器台数はフロア当たり4台とした。

表 2.5-2 保守機器数量

機器名称	B 1 F	1 F L	2 F L	3 F L	合 計	備考
ICC	0	4	0	4	8	
PM	0	4	4	4	12	
トラバーサ	0	2	2	2	6	
保守セル搬送台車	4	0	0	0	4	
保守GB	4	0	0	0	4	

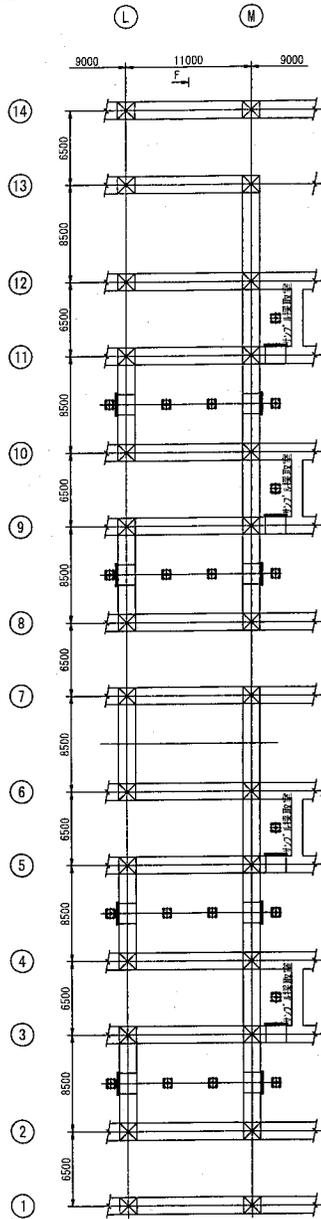


3rd SINGLE PROJECTION 第3角法		CUSTOMER	
CHECKED 検査	APPROVED 承認	TITLE 顆粒燃料製造ライン全体配置図 (1F平面)	
DRAWN 作成	DESIGNED 設計	DWL. NO.	REV. 04/11
SCALE 尺度	DATE 日付	MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社	
	04.02.16	図 2.5-1(1)	

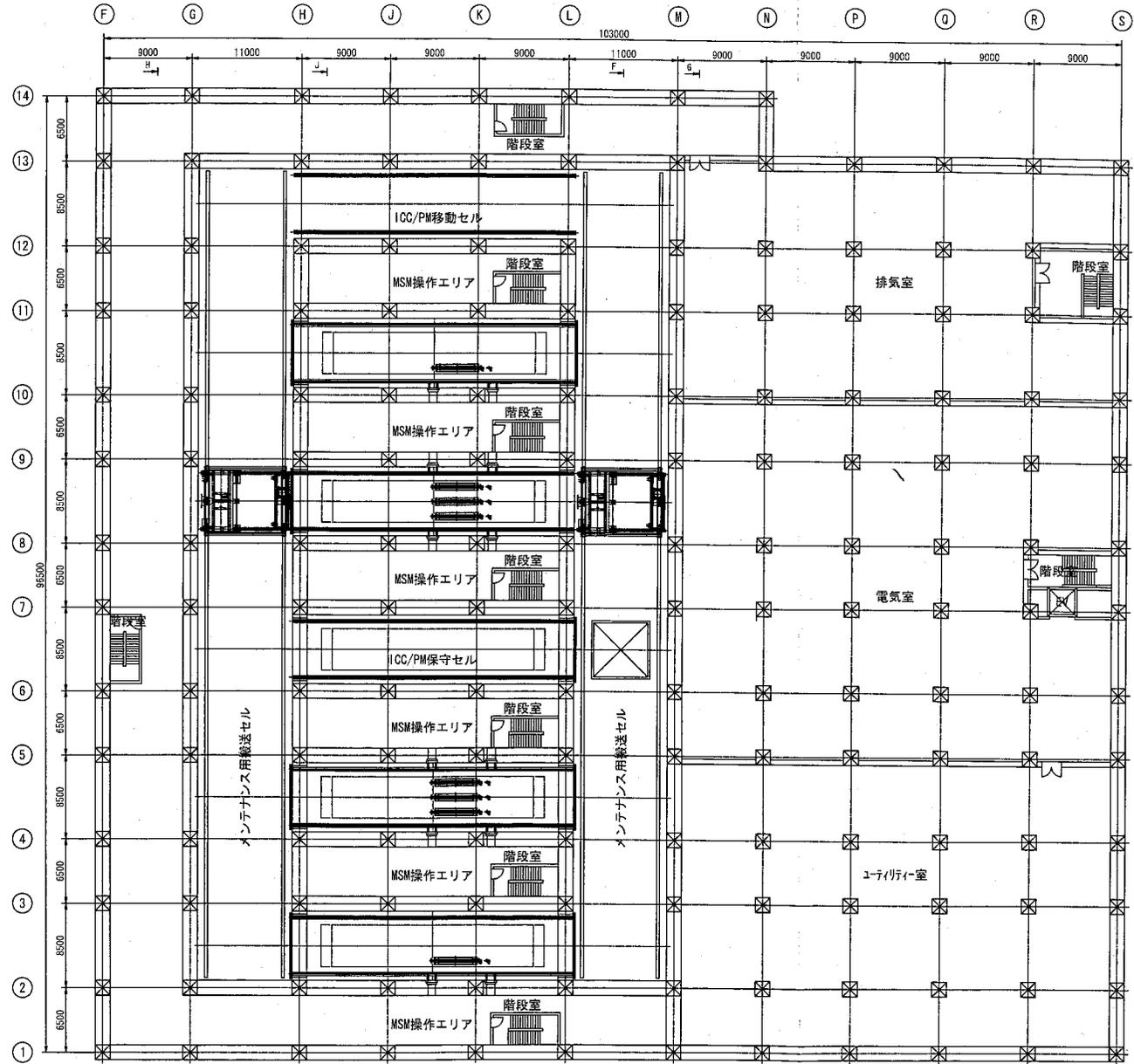


2 F

3rd ANGLE PROJECTION 第三角法		CUSTOMER	
CHECKED 検査	APPROVED 承認	TITLE	
		顆粒燃料製造ライン全体配置図 (2F平面)	
DRAWN 作成	DESIGNED 設計	DWG. NO.	REV. 0/1
		図 2.5-1 (2)	
SCALE 尺度	DATE 日付	MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社	
	04.02.16	ISSUE 2.5-7	

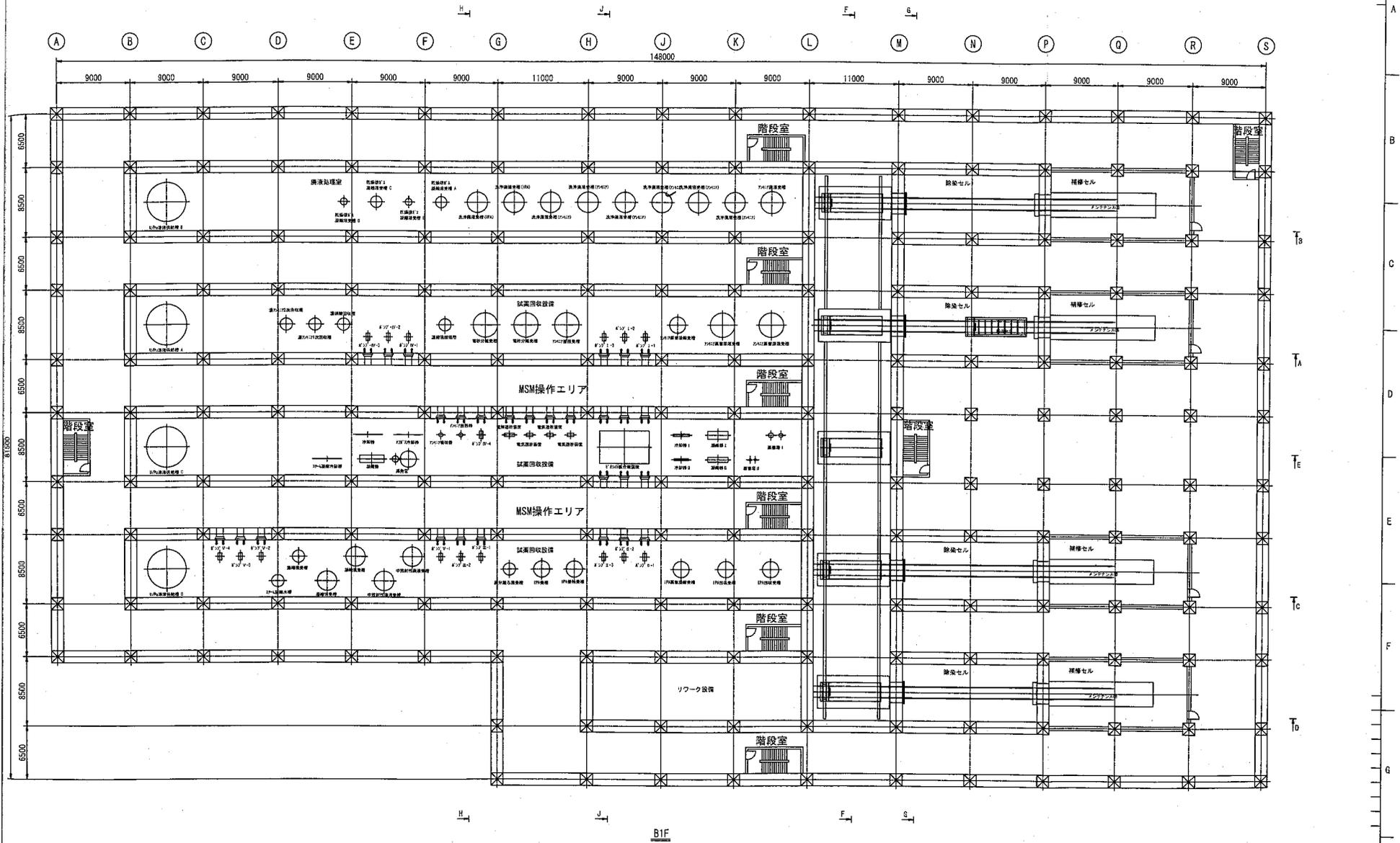


1F AGV通過部



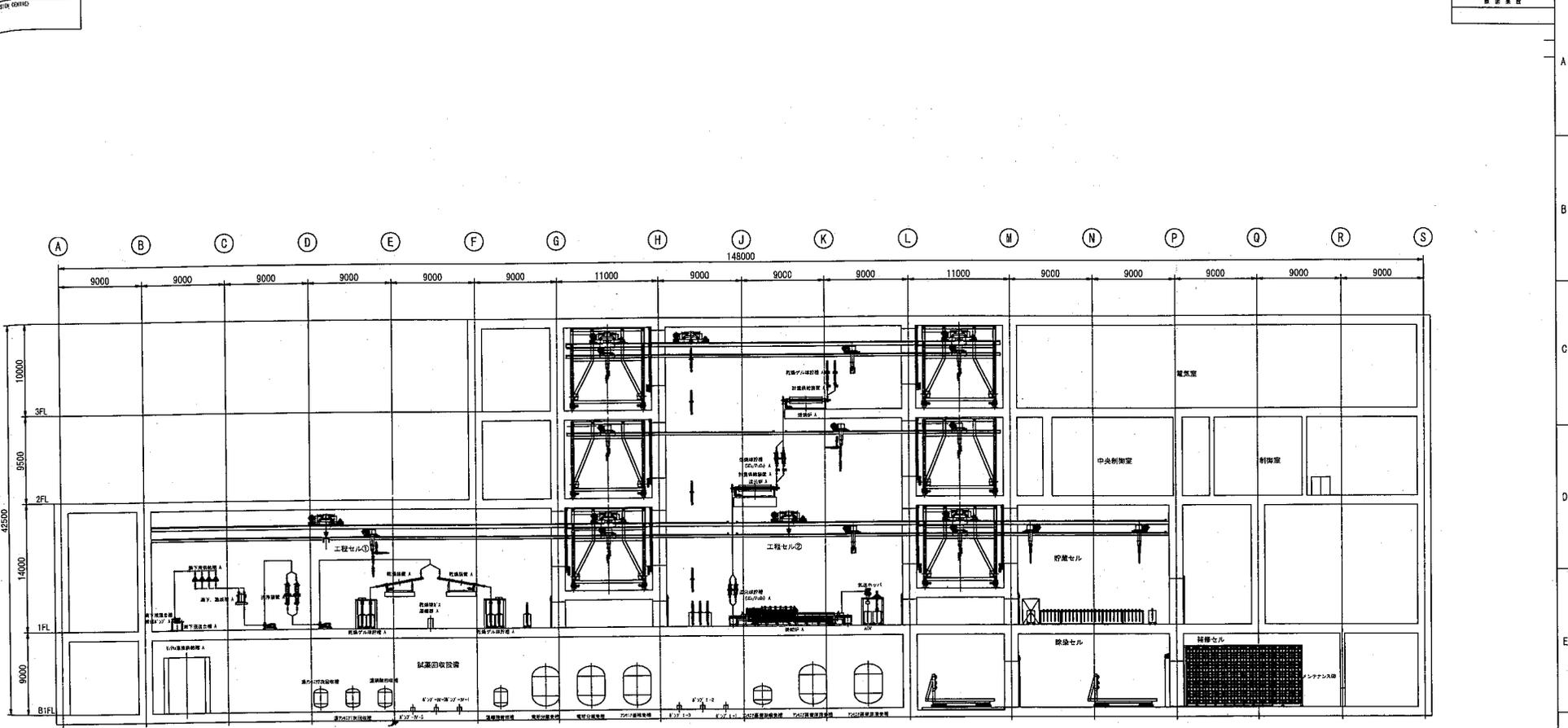
3F

3rd ANGLE PROJECTION 第3角法		CUSTOMER	
CHECKED 校査	APPROVED 検印	TITLE 顆粒燃料製造ライン全体配置図 (3F平面)	
DRAWN 作図	DESIGNED 設計	ENG. NO. 図 2.5-1(3)	REV. 設計
SCALE 尺度	DATE 日付 04.02.16	MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社	
			ISSUE 出図表



B1F

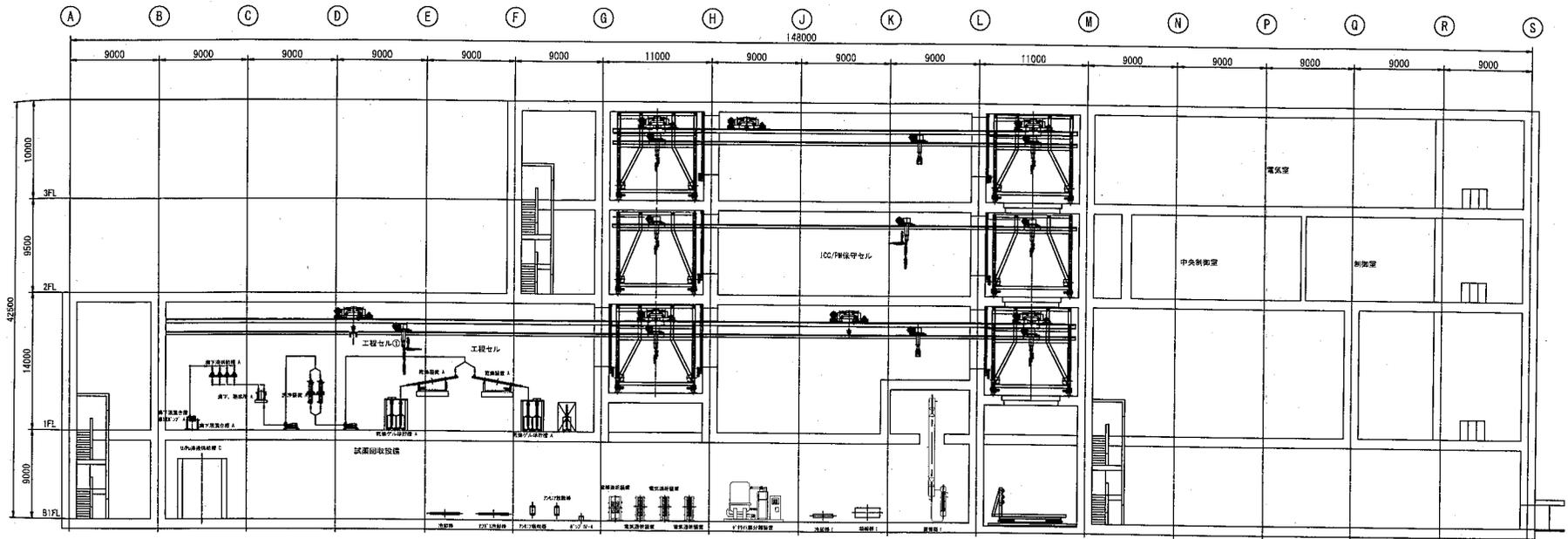
3rd ANGLE PRODUCTION 製3角錠		CUSTOMER	
CHECKED 検査	APPROVED 検印	TITLE 顆粒燃料製造ライン全体配置図 (B1F平面)	
DRAWN 作成	DESIGNED 設計	DWG. NO. 図 2.5-1(4)	REV. 設計
SCALE 尺度	DATE 日付 '04.02.16	MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社	
		ISSUE 出図先 2.5-9	



A-A 断面

内側燃料：大粒径用

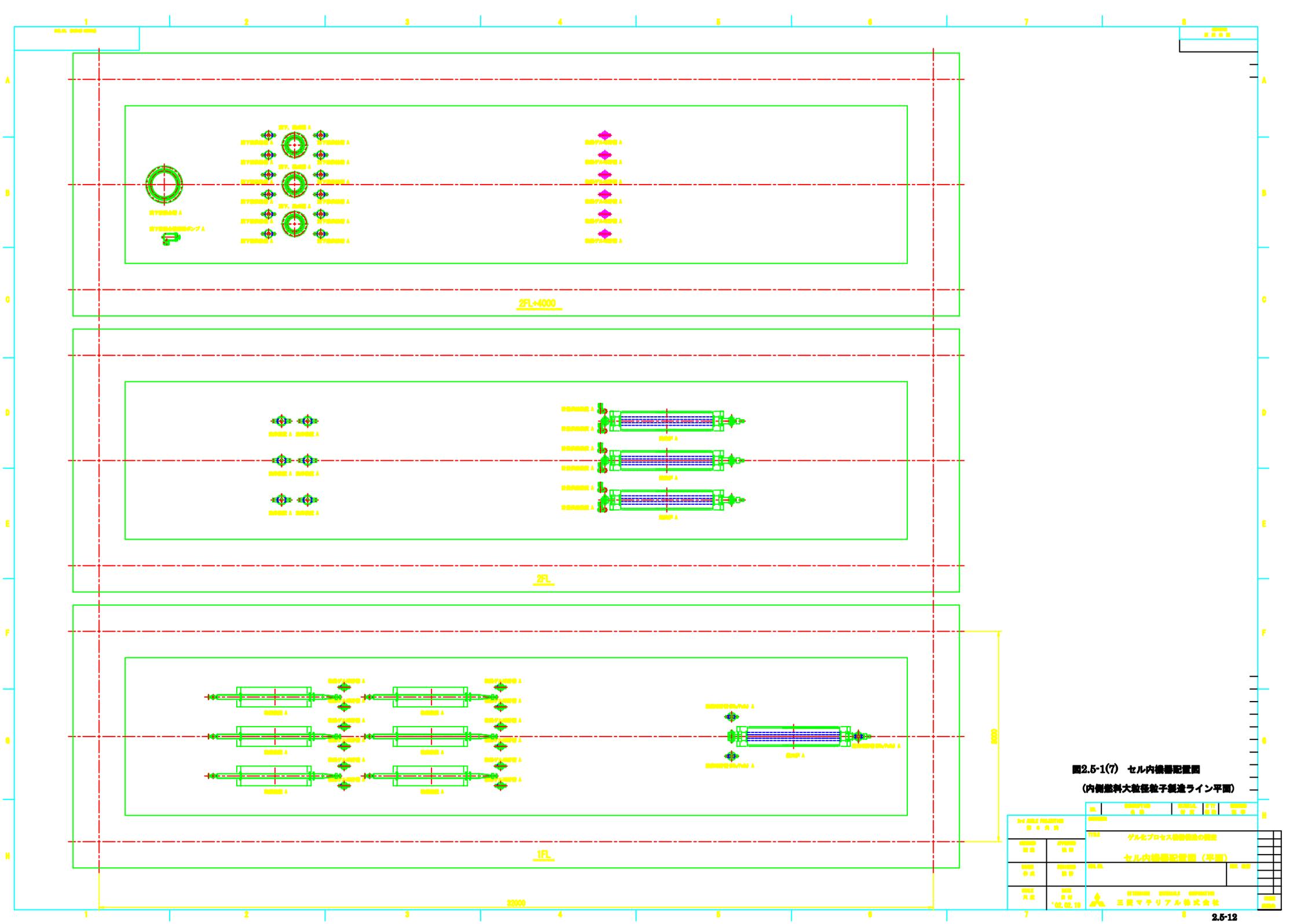
3rd ANGLE PROJECTION 第3角法		NO. DESCRIPTION 顧客 名称		MATERIAL QTY 材質 数量		REMARKS 記号	
CHECKED 検査	APPROVED 検印	TITLE 顆粒燃料製造ライン全体配置図(A-A断面(立面))					
DRAWN 作成	DESIGNED 設計	ONE NO. 図 2.5-1(5)		REV. 改訂			
SCALE 尺度	DATE 日付 04.02.16	MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社					
							ISSUE 出図先



E-E 断面

内側燃料：大粒径用

3rd ANGLE PROJECTION 第3角法		NO.		DESCRIPTION 名称		MATERIAL 材質		QTY 数量		REMARKS 記号	
CHECKED 原案		APPROVED 検印		CUSTOMER TITLE 顆粒燃料製造ライン全体配置図(E-E断面(立面))							
DRAWN 作成		DESIGNED 設計		DWE NO. 図 2.5-1(6)		REV. 改訂					
SCALE 尺度		DATE 日付		MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社		ISSUE 出図先					
		04.02.16						2.5-11			



2FL-4000

2FL

1FL

32000

8000

図2.5-1(7) セル内機器配置図  
(内側燃料大粒径粒子製造ライン平面)

No. 0000000000		DESCRIPTION	REVISION	DATE	BY	CHK
0000000000		TITLE	ケル化プロセス設備改造の概要			
0000000000		TITLE	セル内機器配置図 (平面)			
DATE	REVISED	BY				
00.02.10	00.02.10	三菱マテリアル株式会社				

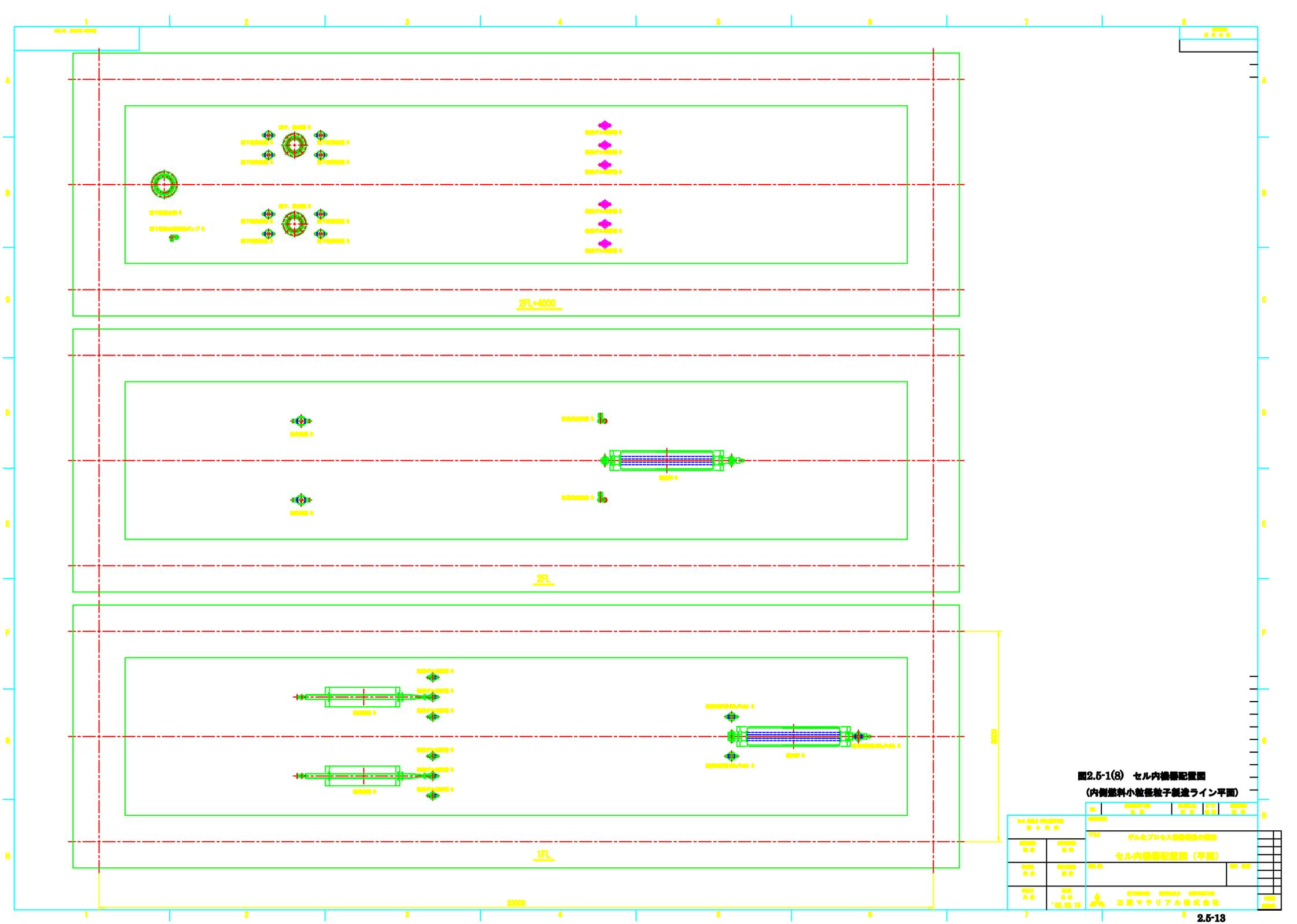


図2.5-1(G) セル内機器配置図  
(内側燃料小粒径粒子製造ライン平面)

No. 000000		REVISION		DATE		BY		CHK	
NO.	DESCRIPTION	DATE	BY	CHK	DATE	BY	CHK	DATE	BY
TITLE: ケルプロセス換機機架の取付 セル内機器配置図 (平面)									
DATE	REVISED	PROJECT: STATIONARY NUCLEAR REACTOR 三菱マテリアル株式会社							
DATE	REVISED	DATE: '02.02.10 三菱マテリアル株式会社							

2.6 保守・補修に関する調査

本設備工程セル内に設置された機器の保守は、インセルクレーン（ICC）、パワーマニピュレータ（PM）及びマスタースレーブマニピュレータ（MSM）による遠隔操作による部品、ユニット交換を基本とする。昨年度までの機器稼働率等の検討をもとに保守・補修の考え方を図 2.6-1 にまとめた。

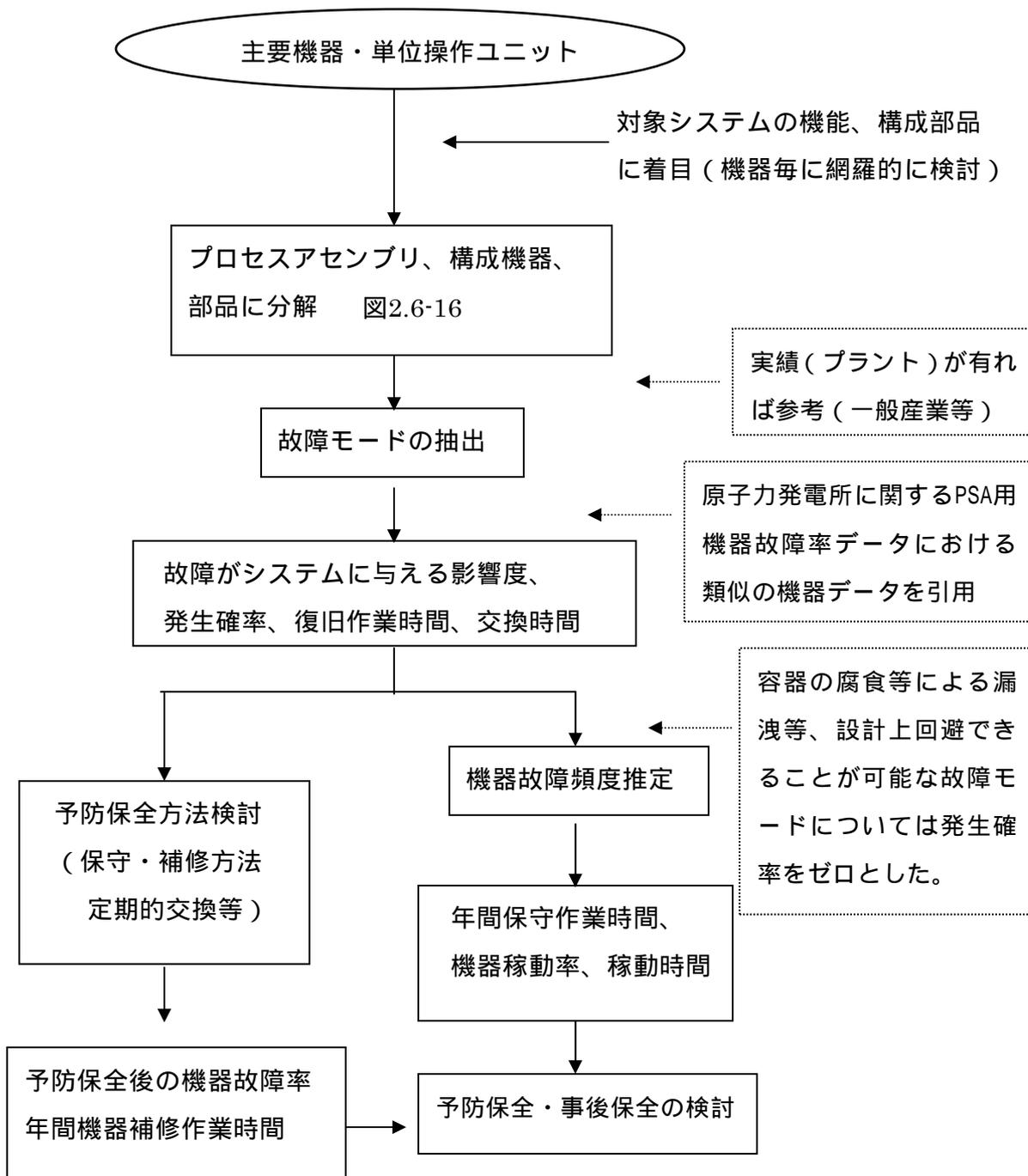


図 2.6-1 プラント保守・補修の基本スキーム

【保守・補修基本方針】

- ・ 工程セル内での保守は ICC、PM 及び MSM を用いた遠隔操作により行う。
- ・ 部品交換等で補修可能な故障については、セル内部での遠隔操作による部品交換により補修を行う。
- ・ 想定外の故障も含め、工程セル内での補修が困難な故障については、対象機器を補修セルに搬送し、グローブボックスにおいて作業員による人手の補修を行う。
- ・ 補修場所へは中央操作室から容易に最短距離で行けるものとし、安全確保を考えた動線を確認する

(1) 保守・補修作業の検討

これらの保守機器は動作範囲が限られており、工程内のプロセス機器の配置により、故障機器へのアクセス方法が大きく制限される可能性がある。上記の保守の基本方針をもとに、ICC、PM 及び MSM による遠隔保守を可能とするため、以下のような方針でセル内機器の配置をする。

工程セル内の各機器はセル壁沿いに配置し、配管等のサポートを壁から取る配置とすることにより、セル中央部に空間を確保できる配置とする。

全ての機器に対して ICC がアクセス可能となるような配置とする。

セル内全ての機器が搬出可能である配置とする。また、搬出時に万一吊上げ機器が落下したとしても最小限の影響となるよう、ICC による吊上げ状態で他の機器上部を通過することなく搬出可能である配置とする。

自走式の機器（ICC、PM、ローダ、AGV）は、自身の保守時に他の保守機器を使用せず、自走により保守エリアへ移動できる配置とする。

a. 保守・補修方法

(a) プロセス機器の保守・補修

主な保守作業として、ICC、PM 及び MSM によるセル内部での遠隔操作による部品交換がある。各プロセス機器の主要な作業内容の一覧を表 2.6-1 に示す。また、保守作業手順の概略を図 2.4-2～図 2.4-14 に示す。以下は図 2.6-2～図 2.6-14 に対する補足説明である。

初期状態

PM 及び ICC の保守機器は ICC/PM 保守セル内に待機した状態からの保守手順

とした。また、トラバーサは ICC/PM セル位置で待機しているものとして検討を実施した。

#### ICC 専用吊具装着

ICC の保守対象機器吊具は、ICC/PM 保守セル内において、PM によるアシストにより装着するものとした。現実には故障機器の種類毎に吊具装着時間が異なると考えられるが、今回の検討では、種類別の時間差は考慮せず一律の時間を用いて検討を行った。

#### PM 及び ICC 移動 (ICC/PM 保守セル トラバーサ)

PM 及び ICC の移動時間は、PM 及び ICC の移動速度を考慮し、セル内での移動時間とセル越え時の移動時間の 2 種類の時間を用い検討を行った。なお、セル内移動時間は想定される最長距離を移動するのに十分な時間で一律とし検討を行っている。各セル扉の開閉時間は一律の時間で検討を行った。なお、各セル扉の開閉時間は工学的知見により決定した。

#### トラバーサ移動 (ICC/PM 保守セル 保守対象工程セル)

トラバーサでの移動時間には、トラバーサの移動速度を考慮し、且つ、ICC/PM 保守セルから全ての工程セルに移動が可能な時間を一律に用いた。

#### ICC 及び PM 移動 (トラバーサ 保守対象機器)

と同様の考え方となる。

#### 部品取外し

電源・計装用遠隔コネクタ取外し作業、インパクトレンチ脱着作業等、単純な PM の操作については、一律の時間を用いて検討を実施した。故障機器の固定は、全て遠隔ボルトとし、ボルト取外し時間には、ボルトの本数を考慮した。

また、配管の取外し又は機器の分割を含む作業の場合、これらの数量も考慮し検討を行った。

#### 取外し部品搬出

ICC 移動時間、セル扉開閉時間は と同様の考え方となる。

トラバーサでの移動時間には、トラバーサの移動速度を考慮し、且つ、工程セルから床搬出扉への移動に十分な時間を一律に用いた。

#### 交換部品搬入

原則として、 の逆手順となる。

搬送台車での移動時間には、台車の移動速度を考慮し、且つ、各床搬出扉から除染セルまでの移動に十分な時間を一律に用いた。なお、セル越え時の移動時間

は と同様の考え方となる。

部品取付け

原則として、 の逆手順となる。

ただし、ボルト取付け作業及び機器の据付作業は、取外し時の 1.5 倍の時間を要するものとして検討を行った。

ICC 及び PM 移動 (保守対象機器 トラバーサ)

の逆手順となる。

トラバーサ移動 (工程セル ICC/PM 保守セル)

の逆手順となる。

PM 及び ICC 移動 (トラバーサ ICC/PM 保守セル)

の逆手順となる。

ICC の保守対象機器専用吊具取外し

の逆手順となる。

想定外故障など、工程セル内での部品交換による保守作業では復旧が困難な場合、対象機器全体若しくは一部分を取外し、GB における人手での保守作業を実施する。なお、保守用 GB は重遮蔽 GB の仕様を予定している。その理由について以下に述べる。

再処理工程の除染係数 (DF) が  $10^7$  の混合転換 MOX 原料 (現行燃料) と同 DF が  $10^3$  の低除染燃料について重遮蔽グローブボックスパネル表面 30cm の空間線量率を比べると、低除染燃料の方が約 10 倍大きいことがわかる<sup>3)</sup>。

一方、現行燃料を取り扱う現行施設では、概略プルトニウム 1kg, ウラン 1kg の条件で通常グローブボックスを採用、プルトニウム 5kg, ウラン 5kg の条件で重遮蔽グローブボックスを採用している例がある。先に述べたように、低除染燃料は現行燃料の約 10 倍の空間線量率の増加となるとすると以下のように推定される。

- ・低除染燃料において通常のグローブボックス：概略 100g の燃料量
- ・低除染燃料において重遮蔽グローブボックス：概略 500g の燃料量

本プロセスで保守を行う際の除染の目安については、保守する機器または部品の構造などにより除染で除去しきれない残存分が不確定である。したがって、付着量を 100g 以下程度に必ず除染することを管理することは断言できない。これらのことから保守用のグローブボックスとして、重遮蔽グローブボックスを選定した。

除染の程度については、上記の概略計算により数 100g が付着量の目安になる。ま

た、特殊な保守方法として、粉体のラインの配管等で閉塞が発生した場合に備えて、これら配管には、圧空除去できる圧空取入口を用意する。

#### (b)マテリアルハンドリング設備の保守

##### 乾燥ゲル球貯槽及び中間貯蔵容器移載ローダの保守

本設備で使用する移載ローダは、保守性を考慮して、トラバーサを使用することによりセル間を移動することができる。自走及びトラバーサを使用することにより自走でメンテナンスセルに移動し、保守するものとする。

- ・乾燥ゲル球貯槽移載ローダ
- ・中間貯蔵容器移載ローダ

##### AGV 保守

本設備にある AGV は自走可能であるので、メンテナンスセルに自走し、保守するものとする。

- ・乾燥ゲル球貯槽搬送用 AGV
- ・貯蔵容器搬送用 AGV

##### その他ハンドリング設備

その他のマテリアルハンドリング機器は、自走機能を有していないので、プロセス機器と同様の方法により保守を実施する。

#### (c)保守機器の保守

##### ICC/PM の保守

トラバーサを使用して、ICC/PM 保守セル内に自走し保守する。ICC/PM 保守セル内では、エアラインスーツ等を着用した人手により保守作業を実施する。

なお、ICC/PM の走行部に関する故障が発生し、自走することが不可能な場合、については、ウィンチ等を用いて、ICC/PM の各セル間の移動を行う必要があるが、その際の ICC/PM へのワイヤ取付方法及びウィンチ設置個所については、今回の検討では実施しておらず、今後の検討課題とする。

##### トラバーサの保守

トラバーサの保守は、本機器が設置されているメンテナンス用搬送セル内にて

ICC/PM を用いて行う。

#### MSM 保守

本設備工程セル壁に配置された MSM の保守については、MSM 操作エリアにおいて MSM 本体を取外し保守する。

#### 搬送台車の保守

保守セルの搬送台車の保守は、保守 GB 内において人手による保守を行う。

#### シャッタ（セル扉）

本設備中各セル扉には、モータ等の保守作業が発生する。これらのメンテナンスはトラバーサ上の ICC/PM の操作により行うものとする。

表 2.6-1 プロセス機器保守項目一覧

機器	部品	保守方法	保守内容
Pu/U溶液供給槽	Pu/U供給弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換
	溶液排出弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換
滴下液混合槽	Pu/U供給弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換
	PVA供給弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換
	THFA供給弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換
	溶液排出弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換
滴下液混合槽	ポンプ	定期点検	ポンプ交換
滴下液供給槽	溶液供給弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換
	圧空入口弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換
	溶液排出弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換
滴下、熟成槽	振動装置	定期点検	駆動ユニットの交換
	滴下ノズル	事後保全	ノズルユニットの交換
	アンモニア溶液供給弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換
	アンモニアガス供給弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換
	溶液排出弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換
洗浄装置	洗浄水供給弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換
	IPA供給弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換
	溶液排出弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換
乾燥装置	モーター/駆動部	定期点検	駆動ユニットの交換
	溶液供給弁	定期交換	弁本体の交換/駆動部の交換
	乾燥ゲル球排出弁	定期交換	弁本体の交換/駆動部の交換
	減圧用弁	定期交換	弁本体の交換/駆動部の交換
乾燥ゲル球貯槽	ゲル球排出弁	定期点検	弁本体の交換
計量供給装置	ロータリーフィーダ	定期交換	ロータ/駆動部の交換
焙焼炉	モーター/駆動部	定期点検	駆動ユニットの交換
	ヒーター	定期交換	ヒーター交換
	乾燥ゲル球供給弁	事後保全	弁本体/駆動部の交換
	空気供給弁	定期交換	弁本体の交換/駆動部の交換
焙焼球貯蔵槽	焙焼球供給弁	事後保全	弁本体/駆動部の交換
	焙焼球排出弁	事後保全	弁本体/駆動部の交換
計量供給装置	ロータリーフィーダ	定期交換	ロータ/駆動部の交換
還元炉	モーター/駆動部	定期点検	駆動ユニットの交換
	ヒーター	定期交換	ヒーター交換
	焙焼球供給弁	事後保全	弁本体/駆動部の交換
	還元ガス供給弁	定期交換	弁本体の交換/駆動部の交換
	還元球供給弁	事後保全	弁本体/駆動部の交換
還元球貯槽	還元球供給弁	事後保全	弁本体/駆動部の交換
	還元球排出弁	事後保全	弁本体/駆動部の交換
焼結炉	耐火材	定期交換	耐火材の交換
	ビーム駆動部	定期点検	交換
	油圧シリンダ	定期点検	交換
	ヒータ	定期交換	交換
	還元ガス供給弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換
	排気弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換
気流移送	ノズル駆動部	定期点検	モーター及び駆動部交換
	ブロワ	定期点検	ブロワ交換
	供給弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換
	ロータリーフィーダ	定期交換	ロータ/駆動部の交換

①	初期状態 ・搬送セル内搬送台車待機(初期位置:搬送セル床搬出部) ・PM待機(初期位置:保守セル) ・ICC待機(初期位置:保守セル) ・トラバーサ待機(初期位置:ICC/MP保守セル位置)	0	min
②	ICCの保守対象機器専用吊具装着(PMIによるアシスト)	20	min
③	PM及びICC移動(ICC/PM保守セル→トラバーサ) ・移動(ICC/PM保守セル内移動) ・ICC/PM保守セル扉開 ・移動(セル→トラバーサ) ・ICC/PM保守セル扉閉	7 2 2 1 2	min min min min min
④	トラバーサ移動(ICC/PM保守セル→保守対象工程セル)	10	min
⑤	ICC及びPM移動(トラバーサ→保守対象機器) ・工程セル扉:開 ・移動(トラバーサ→工程セル内) ・工程セル扉:閉 ・移動(→保守対象機器位置)	7 2 1 2 2	min min min min min
⑥	部品取外し ・電源・計装用遠隔コネクタ取外し ・PMインパクトレンチ装着 ・遠隔ボルト取外し ・PMインパクトレンチ取外 ・故障ユニット吊具取付け(PMによる操作) ・故障ユニット吊上(ICCによる操作)	50 5 5 20 5 10 5	min min min min min min min
⑦	取外し部品搬出 ・ICC移動(工程セル内搬送) ・工程セル扉:開 ・ICC移動(工程セル→トラバーサ) ・工程セル扉:閉 ・トラバーサ移動(工程セル→床搬出入扉位置) ・メンテナンス用搬送セル中の床搬出扉:開 ・保守対象機器吊降ろし(トラバーサ→搬送台車) ・ICCの吊具取外し(PMのアシスト) ・搬送台車移動(機器受入位置→除染セル前) ・除染セル扉:開 ・搬送台車移動(→除染セル) ・除染セル扉:閉 ・除染セル内仮置き(MSM又はPMのアシスト)	59 2 2 1 2 5 2 10 10 2 1 2 10	min min min min min min min min min min min min min

⑧	交換部品搬入 ・交換部品搬送台車へ積載 ・セル扉:開 ・搬送台車移動(→搬送セル) ・セル扉:閉 ・搬送台車移動(→トラバーサ床搬出入扉位置) ・ICC吊具取付け(PMのアシスト) ・保守対象機器吊上げ(搬送台車→トラバーサ) ・メンテナンス用搬送セルの床搬出扉:閉 ・トラバーサ移動(床搬出入扉位置→工程セル) ・工程セル扉:閉 ・ICC移動(工程セル→トラバーサ) ・工程セル扉:開 ・ICC移動(工程セル内移動)	59 10 2 1 2 10 10 10 2 5 2 1 2 2	min min min min min min min min min min min min min min
⑨	部品取付け ・交換部品ユニット据付け(PMのアシスト) ・PMインパクトレンチ装着 ・遠隔ボルト取付け ・PMインパクトレンチ取外 ・電源・計装用遠隔コネクタ取付け	60 15 5 30 5 5	min min min min min min
⑩	ICC及びPM移動(保守対象機器→トラバーサ) ・移動(→工程セル扉) ・工程セル扉:開 ・移動(工程セル内→トラバーサ) ・工程セル扉:閉	7 2 2 1 2	min min min min min
⑪	トラバーサ移動(工程セル→ICC/MP保守セル)	10	min
⑫	PM及びICC移動(トラバーサ→ICC/PM保守セル) ・ICC/PM保守セル扉:開 ・移動(セル→トラバーサ) ・ICC/PM保守セル扉:閉 ・移動(ICC/PM保守セル内移動)	7 2 1 2 2	min min min min min
⑬	ICCの保守対象機器専用吊具取外し(PMによるアシスト)	20	min
	終了		

概算作業時間 5.3 H

図 2.6-2 駆動ユニットの交換作業手順

2.6-9

①	初期状態 ・搬送セル内搬送台車待機(初期位置:搬送セル床搬出部) ・PM待機(初期位置:保守セル) ・ICC待機(初期位置:保守セル) ・トラバーサ待機(初期位置:ICC/MP保守セル位置)	0	min
②	ICCの保守対象機器専用吊具装着(PMによるアシスト)	20	min
③	PM及びICC移動(ICC/PM保守セル→トラバーサ) ・移動(ICC/PM保守セル内移動) ・ICC/PM保守セル扉開 ・移動(セル→トラバーサ) ・ICC/PM保守セル扉閉	7 2 2 1 2	min min min min min
④	トラバーサ移動(ICC/MP保守セル→保守対象工程セル)	10	min
⑤	ICC及びPM移動(トラバーサ→保守対象機器) ・工程セル扉:開 ・移動(トラバーサ→工程セル内) ・工程セル扉:閉 ・移動(→保守対象機器位置)	7 2 1 2 2	min min min min min
⑥	部品取外し ・ノズルユニット取外し・仮置き ・ノズルユニット吊具取付け(PMによる操作) ・ノズルユニット吊上(ICCによる操作)	25 10 10 5	min min min min
⑦	取外し部品搬出 ・ICC移動(工程セル内搬送) ・工程セル扉:開 ・ICC移動(工程セル→トラバーサ) ・工程セル扉:閉 ・トラバーサ移動(工程セル→床搬出入扉位置) ・メンテナンス用搬送セル中の床搬出扉:開 ・保守対象機器吊降ろし(トラバーサ→搬送台車) ・ICCの吊具取外し(PMのアシスト) ・搬送台車移動(機器受入位置→除染セル前) ・除染セル扉:開 ・搬送台車移動(→除染セル) ・除染セル扉:閉 ・除染セル内仮置き(MSM又はPMのアシスト)	59 2 2 1 2 5 2 10 10 10 2 1 2 10	min min min min min min min min min min min min min min

⑧	交換部品搬入 ・交換部品搬送台車へ積載 ・セル扉:開 ・搬送台車移動(→搬送セル) ・セル扉:閉 ・搬送台車移動(→トラバーサ床搬出入扉位置) ・ICC吊具取付け(PMのアシスト) ・保守対象機器吊上げ(搬送台車→トラバーサ) ・メンテナンス用搬送セルの床搬出扉:閉 ・トラバーサ移動(床搬出入扉位置→工程セル) ・工程セル扉:閉 ・ICC移動(工程セル→トラバーサ) ・工程セル扉:開 ・ICC移動(工程セル内移動)	59 10 2 1 2 10 10 10 2 5 2 1 2 2	min min min min min min min min min min min min min min
⑨	部品取付け ・ノズルユニット仮置き(ICCによる操作) ・ノズルユニット吊具取外し(PMによる操作) ・ノズルユニット取付け(PMによる操作)	30 5 10 15	min min min min
⑩	ICC及びPM移動(保守対象機器→トラバーサ) ・移動(→工程セル扉) ・工程セル扉:開 ・移動(工程セル内→トラバーサ) ・工程セル扉:閉	7 2 2 1 2	min min min min min
⑪	トラバーサ移動(工程セル→ICC/MP保守セル)	10	min
⑫	PM及びICC移動(トラバーサ→ICC/PM保守セル) ・ICC/PM保守セル扉:開 ・移動(セル→トラバーサ) ・ICC/PM保守セル扉:閉 ・移動(ICC/PM保守セル内移動)	7 2 1 2 2	min min min min min
⑬	ICCの保守対象機器専用吊具取外し(PMによるアシスト)	20	min
	終了		

図 2.6-3 滴下ノズルの交換作業手順

概算作業時間 4.4 H

①	初期状態 ・搬送セル内搬送台車待機(初期位置:搬送セル床搬出部) ・PM待機(初期位置:保守セル) ・ICC待機(初期位置:保守セル) ・トラバーサ待機(初期位置:ICC/MP保守セル位置)	0	min
②	ICCの保守対象機器専用吊具装着(PMによるアシスト)	20	min
③	PM及びICC移動(ICC/PM保守セル→トラバーサ) ・移動(ICC/PM保守セル内移動) ・ICC/PM保守セル扉開 ・移動(セル→トラバーサ) ・ICC/PM保守セル扉閉	7 2 2 1 2	min min min min min
④	トラバーサ移動(ICC/MP保守セル→保守対象工程セル)	10	min
⑤	ICC及びPM移動(トラバーサ→保守対象機器) ・工程セル扉:開 ・移動(トラバーサ→工程セル内) ・工程セル扉:閉 ・移動(→保守対象機器位置)	7 2 1 2 2	min min min min min
⑥	部品取外し ・電源・計装用遠隔コネクタ取外し ・PMインパクトレンチ装着 ・遠隔ボルト取外し(配管フランジ部) ・遠隔ボルト取外し(配管固定部) ・PMインパクトレンチ取外 ・配管移動/仮置き ・PMインパクトレンチ装着 ・遠隔ボルト取外し(弁固定部) ・故障機器吊具取付け(PMによる操作) ・故障機器吊上(ICCによる操作)	180 5 5 80 20 5 20 10 20 10 10 5	min min min min min min min min min min min min
⑦	取外し部品搬出 ・ICC移動(工程セル内搬送) ・工程セル扉:開 ・ICC移動(工程セル→トラバーサ) ・工程セル扉:閉 ・トラバーサ移動(工程セル→床搬出入扉位置) ・メンテナンス用搬送セル中の床搬出扉:開 ・保守対象機器吊降ろし(トラバーサ→搬送台車) ・ICCの吊具取外し(PMのアシスト) ・搬送台車移動(機器受入位置→除染セル前) ・除染セル扉:開	59 2 2 1 2 5 2 10 10 10 2	min min min min min min min min min min min

	・搬送台車移動(→除染セル) ・除染セル扉:閉 ・除染セル内仮置き(MSM又はPMのアシスト)	1 2 10	min min min
⑧	交換部品搬入 ・交換部品搬送台車へ積載 ・セル扉:開 ・搬送台車移動(→搬送セル) ・セル扉:閉 ・搬送台車移動(→トラバーサ床搬出入扉位置) ・ICC吊具取付け(PMのアシスト) ・保守対象機器吊上げ(搬送台車→トラバーサ) ・メンテナンス用搬送セルの床搬出扉:閉 ・トラバーサ移動(床搬出入扉位置→工程セル) ・工程セル扉:閉 ・ICC移動(工程セル→トラバーサ) ・工程セル扉:開 ・ICC移動(工程セル内移動)	59 10 2 1 2 10 10 2 5 2 1 2 2	min min min min min min min min min min min min min
⑨	部品取付け ・弁据付(PMのアシスト) ・PMインパクトレンチ装着 ・遠隔ボルト取付け(弁固定部) ・PMインパクトレンチ取外 ・配管据付 ・遠隔ボルト取付け(配管フランジ部) ・遠隔ボルト取付け(配管固定部) ・PMインパクトレンチ取外 ・電源・計装用遠隔コネクタ取付け	235 15 5 30 5 20 120 30 5 5	min min min min min min min min min min
⑩	ICC及びPM移動(保守対象機器→トラバーサ) ・移動(→工程セル扉) ・工程セル扉:開 ・移動(工程セル内→トラバーサ) ・工程セル扉:閉	7 2 2 1 2	min min min min min
⑪	トラバーサ移動(工程セル→ICC/MP保守セル)	10	min

(次ページ)

図 2.6-4 弁、計量供給装置、ポンプの交換作業手順(1/2)

↓

⑫	PM及びICC移動(トラバーサ→ICC/PM保守セル)	7	min
	・ICC/PM保守セル扉:開	2	min
	・移動(セル→トラバーサ)	1	min
	・ICC/PM保守セル扉:閉	2	min
	・移動(ICC/PM保守セル内移動)	2	min
↓	ICCの保守対象機器専用吊具取外し(PMによるアシスト)	20	min
⑬	↓	終了	

概算作業時間 10.4 H

図 2.6-5 弁、計量供給装置、ポンプの交換作業手順(2/2)

①	初期状態 ・搬送セル内搬送台車待機(初期位置:搬送セル床搬出部) ・PM待機(初期位置:保守セル) ・ICC待機(初期位置:保守セル) ・トラバーサ待機(初期位置:ICC/MP保守セル位置)	0	min
②	ICCの保守対象機器専用吊具装着(PMによるアシスト)	20	min
③	PM及びICC移動(ICC/PM保守セル→トラバーサ) ・移動(ICC/PM保守セル内移動) ・ICC/PM保守セル扉開 ・移動(セル→トラバーサ) ・ICC/PM保守セル扉閉	7 2 2 1 2	min min min min min
④	トラバーサ移動(ICC/MP保守セル→保守対象工程セル)	10	min
⑤	ICC及びPM移動(トラバーサ→保守対象機器) ・工程セル扉:開 ・移動(トラバーサ→工程セル内) ・工程セル扉:閉 ・移動(→保守対象機器位置)	7 2 1 2 2	min min min min min
⑥	部品取外し ・電源・計装用遠隔コネクタ取外し ・PMインパクトレンチ装着 ・遠隔ボルト取外し(外殻固定部) ・PMインパクトレンチ取外 ・本体外殻取外し/仮置き ・PMインパクトレンチ装着 ・遠隔ボルト取外し(ヒーター固定部) ・PMインパクトレンチ取外 ・吊具取付け(PMによる操作) ・吊上(ICCによる操作)	155 5 5 40 5 20 5 40 5 20 10	min min min min min min min min min min min
⑦	取外し部品搬出 ・ICC移動(工程セル内搬送) ・工程セル扉:開 ・ICC移動(工程セル→トラバーサ) ・工程セル扉:閉 ・トラバーサ移動(工程セル→床搬出入扉位置) ・メンテナンス用搬送セル中の床搬出扉:開 ・保守対象機器吊降ろし(トラバーサ→搬送台車) ・ICCの吊具取外し(PMのアシスト) ・搬送台車移動(機器受入位置→除染セル前) ・除染セル扉:開	59 2 2 1 2 5 2 10 10 10 2	min min min min min min min min min min min

	・搬送台車移動(→除染セル) ・除染セル扉:閉 ・除染セル内仮置き(MSM又はPMのアシスト)	1 2 10	min min min
⑧	交換部品搬入 ・交換部品搬送台車へ積載 ・セル扉:開 ・搬送台車移動(→搬送セル) ・セル扉:閉 ・搬送台車移動(→トラバーサ床搬出入扉位置) ・ICC吊具取付け(PMのアシスト) ・保守対象機器吊上げ(搬送台車→トラバーサ) ・メンテナンス用搬送セルの床搬出扉:閉 ・トラバーサ移動(床搬出入扉位置→工程セル) ・工程セル扉:閉 ・ICC移動(工程セル→トラバーサ) ・工程セル扉:開 ・ICC移動(工程セル内移動)	59 10 2 1 2 10 10 2 5 2 1 2 2	min min min min min min min min min min min min min
⑨	部品取付け ・ヒーター据付(PMのアシスト) ・PMインパクトレンチ装着 ・遠隔ボルト取付け(ヒーター固定部) ・PMインパクトレンチ取外 ・本体外殻取付け ・PMインパクトレンチ装着 ・遠隔ボルト取付け(外殻固定部) ・PMインパクトレンチ取外 ・電源・計装用遠隔コネクタ取付け	205 30 5 60 5 30 5 60 5 5	min min min min min min min min min min
⑩	ICC及びPM移動(保守対象機器→トラバーサ) ・移動(→工程セル扉) ・工程セル扉:開 ・移動(工程セル内→トラバーサ) ・工程セル扉:閉	7 2 2 1 2	min min min min min
⑪	トラバーサ移動(工程セル→ICC/MP保守セル)	10	min

(次ページ)

図 2.6-6 焙焼炉、還元炉ヒータの交換作業手順(1/2)

↓

⑫	PM及びICC移動(トラバーサ→ICC/PM保守セル)	7	min
	・ICC/PM保守セル扉:開	2	min
	・移動(セル→トラバーサ)	1	min
	・ICC/PM保守セル扉:閉	2	min
	・移動(ICC/PM保守セル内移動)	2	min
↓	ICCの保守対象機器専用吊具取外し(PMによるアシスト)	20	min
⑬	終了		

概算作業時間 9.5 H

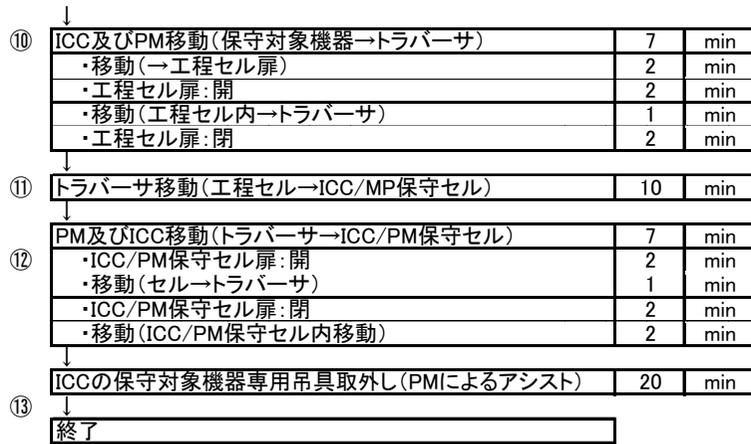
図 2.6-7 焙焼炉、還元炉ヒータの交換作業手順(2/2)

①	初期状態	0	min
	・搬送セル内搬送台車待機(初期位置:搬送セル床搬出部)		
	・PM待機(初期位置:保守セル)		
	・ICC待機(初期位置:保守セル)		
	・トラバーサ待機(初期位置:ICC/MP保守セル位置)		
②	ICCの保守対象機器専用吊具装着(PMによるアシスト)	20	min
③	PM及びICC移動(ICC/PM保守セル→トラバーサ)	7	min
	・移動(ICC/PM保守セル内移動)	2	min
	・ICC/PM保守セル扉開	2	min
	・移動(セル→トラバーサ)	1	min
	・ICC/PM保守セル扉閉	2	min
④	トラバーサ移動(ICC/MP保守セル→保守対象工程セル)	10	min
⑤	ICC及びPM移動(トラバーサ→保守対象機器)	7	min
	・工程セル扉:開	2	min
	・移動(トラバーサ→工程セル内)	1	min
	・工程セル扉:閉	2	min
	・移動(→保守対象機器位置)	2	min
⑥	部品取り出し(耐火材17部品に分割)	1360	min
	・電源・計装用遠隔コネクタ取外し	5	min
	・PMインパクトレンチ装着	5	min
	・遠隔ボルト取外し(耐火材(天上部)固定)	160	min
	・PMインパクトレンチ取外	5	min
	・耐火材天上部吊具取付け(PMによる操作)	40	min
	・耐火材(天上部)吊上げ(→搬出)	40	min
	・PMインパクトレンチ装着	5	min
	・遠隔ボルト取外し(ヒーター固定)	80	min
	・PMインパクトレンチ取外	5	min
	・ヒーター取外し/仮置き	80	min
	・遠隔ボルト取外し(耐火材固定)	680	min
	・耐火材(本体)吊具取付け(PMによる操作)	170	min
	・耐火材(本体)吊上げ(→搬出)	85	min
⑦	取外し部品搬出(下記作業を17回実施)	1003	min
	・ICC移動(工程セル内搬送)	2	min
	・工程セル扉:開	2	min
	・ICC移動(工程セル→トラバーサ)	1	min
	・工程セル扉:閉	2	min
	・トラバーサ移動(工程セル→床搬出入扉位置)	5	min
	・メンテナンス用搬送セル中の床搬出扉:開	2	min
	・保守対象機器吊降ろし(トラバーサ→搬送台車)	10	min

	・ICCの吊具取外し(PMのアシスト)	10	min
	・搬送台車移動(機器受入位置→除染セル前)	10	min
	・除染セル扉:開	2	min
	・搬送台車移動(→除染セル)	1	min
	・除染セル扉:閉	2	min
	・除染セル内仮置き(MSM又はPMのアシスト)	10	min
⑧	交換部品搬入(下記作業を17回実施)	1003	min
	・交換部品搬送台車へ積載	10	min
	・セル扉:開	2	min
	・搬送台車移動(→搬送セル)	1	min
	・セル扉:閉	2	min
	・搬送台車移動(→トラバーサ床搬出入扉位置)	10	min
	・ICC吊具取付け(PMのアシスト)	10	min
	・保守対象機器吊上げ(搬送台車→トラバーサ)	10	min
	・メンテナンス用搬送セルの床搬出扉:閉	2	min
	・トラバーサ移動(床搬出入扉位置→工程セル)	5	min
	・工程セル扉:閉	2	min
	・ICC移動(工程セル→トラバーサ)	1	min
	・工程セル扉:開	2	min
	・ICC移動(工程セル内移動)	2	min
⑨	部品取付け(17部品)	1850	min
	・耐火材(本体)据付(PMのアシスト)	255	min
	・PMインパクトレンチ装着	5	min
	・遠隔ボルト取付け(耐火材本体)	1020	min
	・PMインパクトレンチ取外	5	min
	・ヒータ据付	120	min
	・PMインパクトレンチ装着	5	min
	・遠隔ボルト取付け(ヒーター固定)	120	min
	・PMインパクトレンチ取外	5	min
	・耐火材(天上部)据付(PMのアシスト)	60	min
	・PMインパクトレンチ装着	5	min
	・遠隔ボルト取付け(耐火材天上部固定)	240	min
	・PMインパクトレンチ取外	5	min
	・電源・計装用遠隔コネクタ取付け	5	min

(次ページ)

図 2.6-8 焼結炉耐火材の交換作業手順(1/2)



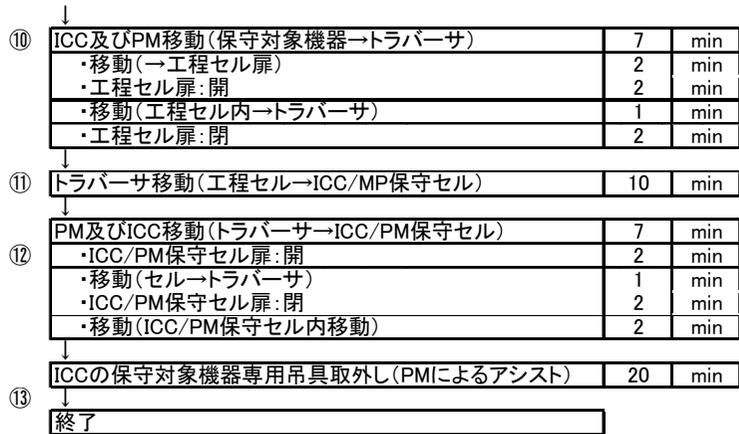
概算作業時間 88.1 H

図 2.6-9 焼結炉耐火材の交換作業手順(2/2)

①	初期状態 ・搬送セル内搬送台車待機(初期位置:搬送セル床搬出部) ・PM待機(初期位置:保守セル) ・ICC待機(初期位置:保守セル) ・トラバーサ待機(初期位置:ICC/MP保守セル位置)	0	min
②	ICCの保守対象機器専用吊具装着(PMによるアシスト)	20	min
③	PM及びICC移動(ICC/PM保守セル→トラバーサ) ・移動(ICC/PM保守セル内移動) ・ICC/PM保守セル扉開 ・移動(セル→トラバーサ) ・ICC/PM保守セル扉閉	7 2 2 1 2	min min min min min
④	トラバーサ移動(ICC/MP保守セル→保守対象工程セル)	10	min
⑤	ICC及びPM移動(トラバーサ→保守対象機器) ・工程セル扉:開 ・移動(トラバーサ→工程セル内) ・工程セル扉:閉 ・移動(→保守対象機器位置)	7 2 1 2 2	min min min min min
⑥	部品取り出し(耐火材17部品に分割) ・電源・計装用遠隔コネクタ取外し ・PMインパクトレンチ装着 ・遠隔ボルト取外し(耐火材(天上部)固定) ・PMインパクトレンチ取外 ・耐火材天上部吊具取付け(PMによる操作) ・耐火材(天上部)吊上げ/仮置き ・PMインパクトレンチ装着 ・遠隔ボルト取外し(ヒーター固定) ・PMインパクトレンチ取外 ・ヒーター取外し/仮置き ・遠隔ボルト取外し(耐火材固定) ・耐火材(本体)吊具取付け(PMによる操作) ・耐火材(本体)吊上げ仮置き ・PMインパクトレンチ装着 ・遠隔ボルト取外し(ビーム固定) ・駆動ビーム吊具取付け(PMによる操作) ・駆動ビーム吊上げ(→搬出)	1560 5 5 160 5 40 40 5 80 5 80 680 170 170 5 80 20 10	min min min min min min min min min min min min min min min min min min
⑦	取外し部品搬出(下記作業を2回実施) ・ICC移動(工程セル内搬送) ・工程セル扉:開 ・ICC移動(工程セル→トラバーサ)	118 2 2 1	min min min min

	・工程セル扉:閉 ・トラバーサ移動(工程セル→床搬出入扉位置) ・メンテナンス用搬送セル中の床搬出扉:開 ・保守対象機器吊降ろし(トラバーサ→搬送台車) ・ICCの吊具取外し(PMのアシスト) ・搬送台車移動(機器受入位置→除染セル前) ・除染セル扉:開 ・搬送台車移動(→除染セル) ・除染セル扉:閉 ・除染セル内仮置き(MSM又はPMのアシスト)	2 5 2 10 10 10 2 1 2 10	min min min min min min min min min min
⑧	交換部品搬入(下記作業を2回実施) ・交換部品搬送台車へ積載 ・セル扉:開 ・搬送台車移動(→搬送セル) ・セル扉:閉 ・搬送台車移動(→トラバーサ床搬出入扉位置) ・ICC吊具取付け(PMのアシスト) ・保守対象機器吊上げ(搬送台車→トラバーサ) ・メンテナンス用搬送セルの床搬出扉:閉 ・トラバーサ移動(床搬出入扉位置→工程セル) ・工程セル扉:閉 ・ICC移動(工程セル→トラバーサ) ・工程セル扉:開 ・ICC移動(工程セル内移動)	118 10 2 1 2 10 10 2 5 2 1 2 2	min min min min min min min min min min min min min
⑨	部品取付け ・駆動ビーム据付(PMのアシスト) ・PMインパクトレンチ装着 ・遠隔ボルト取付け(耐火材本体) ・PMインパクトレンチ取外 ・耐火材(本体)据付(PMのアシスト) ・PMインパクトレンチ装着 ・遠隔ボルト取付け(耐火材本体) ・PMインパクトレンチ取外 ・ヒータ据付 ・PMインパクトレンチ装着 ・遠隔ボルト取付け(ヒータ固定) ・PMインパクトレンチ取外 ・耐火材(天上部)据付(PMのアシスト) ・PMインパクトレンチ装着 ・遠隔ボルト取付け(耐火材天上部固定) ・PMインパクトレンチ取外 ・電源・計装用遠隔コネクタ取付け	2010 30 5 120 5 255 5 1020 5 120 5 120 5 120 5 60 5 240 5 5	min min min min min min min min min min min min min min min min min min min

図 2.6-10 焼結炉駆動ビームの交換作業手順(1/2)

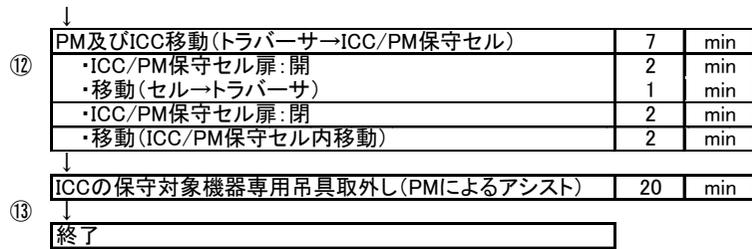


概算作業時間 64.6 H

図 2.6-11 焼結炉駆動ビームの交換作業手順(2/2)



図 2.6-12 焼結炉ヒーターの交換作業手順(1/2)



概算作業時間 22.6 H

図 2.6-13 焼結炉ヒータの交換作業手順(2/2)



概算作業時間 6.9 H

図 2.6-14 焼結炉油圧シリンダの交換作業手順

## (2) 予防保全の検討

### a. 予防保全（メンテナンス）方式の決定

保守・補修等の保全作業を行うためには、まずメンテナンスの単位（保守、補修、交換などの処理を行う最小単位）となるアイテムごとに定期点検、定期交換、事後保全等の保守方式を選択する必要がある。

メンテナンス方式の分類としては JIS の分類（JISZ 8115：信頼性用語）がよく知られている。なお本ゲル化燃料製造プロセスでは定期保全とは定期的に検査・診断をする保全（定期点検）と、定期的に処置を行う保全（定期交換）の両方を意味する。

予防保全方式の要因は技術上の要因と管理上の要因に大別できる。前者の主要因は対象の劣化・故障の特性であり、これに適用可能な保全技術が加味される。後者は故障の影響度が主要因となり、これに対象製品・設備の管理特性が加味される。例えば炉のロータリーキルンを例にとれば、部品である耐火材、ヒーターが劣化・故障する、駆動部が磨耗して停止するなどが技術上の要因であり、人為的作業操作ミスが管理上の要因である。ライフサイクルを通じて通常問題になるのは劣化による故障（機能の低下）であり技術上の要因にあたる。これを未然に防止するために部品の交換または補修によって予防保全を行うことが基本である。遠隔保守・補修方法において重要なのが主要機器の故障率等を見積もり、あらかじめ部品等を故障前に定期的に交換する保全方法である。近年プラントのメンテナンス方式として RCM（Reliability Centered Maintenance：信頼性重視保全）法が広く用いられている。元来 RCM は航空機のメンテナンス計画手法として開発されたものである。図 2.6-15 に RCM におけるメンテナンス方式の決定手順を示す。ゲル化プロセス製造主要機器の故障モードの抽出及び各故障に対する保守・補修作業内容の分析・評価を実施した。この結果に基づき遠隔を基本とする保守・補修方法を検討した。外部ゲル化法による燃料製造設備については調査・検討段階にありパイロットプラント等における故障に関する実績データに乏しいため、プロセス的な故障に対する知見が少ない。そこで信頼性工学の手法を応用して、機器毎に網羅的に故障の要因を抽出することに主眼を置いた。

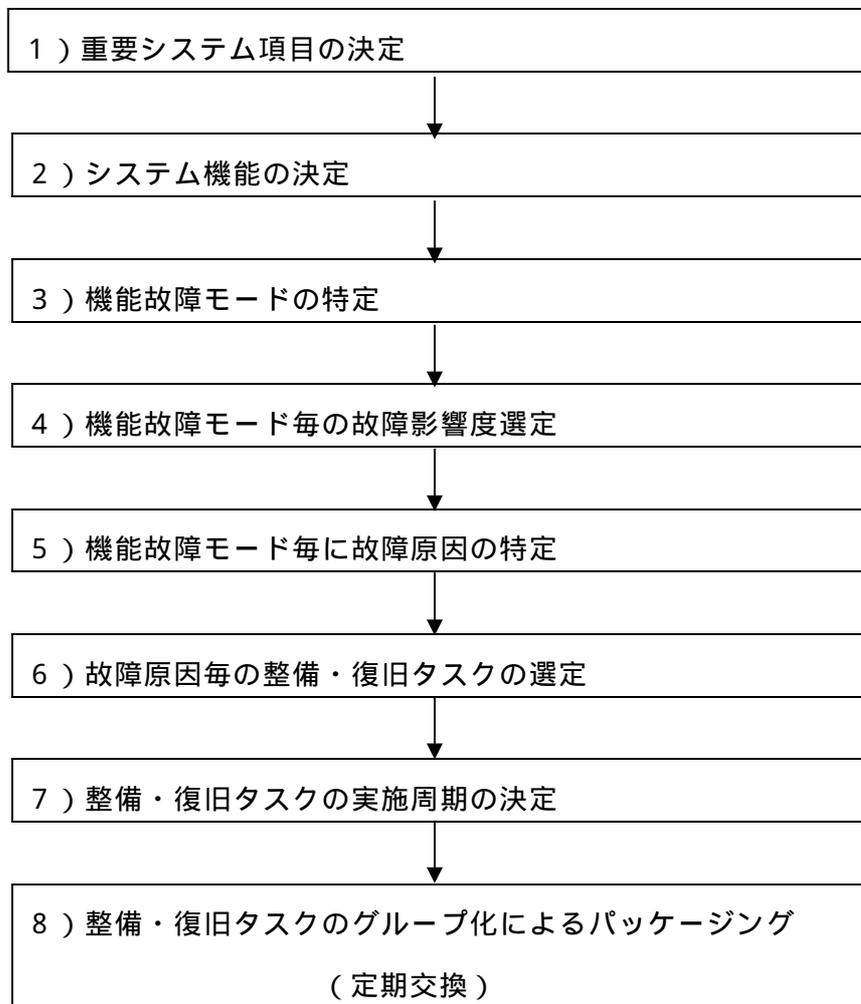


図 2.6-15 RCM 法におけるメンテナンス決定方式の手順<sup>\*</sup>)

<sup>\*</sup>) リスクインフォームドメンテナンス ( リスクマネジメントによる合理的なメンテナンスの実現に向けて ) 社団法人プラントメンテナンス協会 2001 年 7 月

b. RCM 法による故障解析

上記 RCM ( Reliability Centered Maintenance ) 法により、ゲル化プロセスの各製造機器で想定される故障モード、影響度、予防保全対策等、保守・補修作業内容の分析・評価を実施し、その結果を表 2.6-3(1/12)～表 2.6-3(12/12)に示した。当該手法は解析対象システムの機能及びそれを構成する部品に着目して解析を進めるため、網羅的な検討ができる特徴がある。以降に実施手順及びその結果について示す。

(a) 解析対象の明確化 ( システムのアセンブリ及び部品への分解 )

検討対象を明確化するために、顆粒製造設備の各機器についてアセンブリ及びそれらを構成する部品に分解し、アセンブリ・部品系統図を作成した。外部ゲル化設備は、内側燃料大粒径、内側燃料小粒径、外側燃料大粒径、外側燃料小粒径の合計 4 系列で構成されるが、これら 4 つの系列は、寸法、処理量等の違いはあるが設備構成は同一の概念であるので、アセンブリ・部品系統図は 1 系列のみで代表し検討を実施した。アセンブリ・部品系統図を図 2.5-1 に示す。

(b) 故障モードの抽出

アセンブリ・部品分解で細分化された部品毎に、想定される故障モードを抽出し、それぞれの故障モードがシステムに与える影響度、発生確率、復旧作業内容、復旧時間を検討した。なお、容器の腐食等による漏洩など施設の設計寿命期間中における故障発生を設計上回避する事が可能な故障モードについては、発生確率を 0 とした。また、ユーティリティー設備に関しては検討の対象外とした。故障モード抽出の検討結果は次項に実施する「(c) 保全対策」での検討結果も含めて表 2.5-2 に示してある。なお、表 2.5-2 中の影響度の分類については表 2-5-1 に示す通りに設定した。

(c) 保全対策

前項(b)で抽出された故障モード毎に、故障の原因や影響度等を元に適切な保全方法を検討するとともに保全後の故障発生確率を検討した。

RCM 法は、故障モードを網羅的に抽出できるのが特徴であり、予防保全対策の検討に対しては有効であるが、一般に機械系部品の故障率は設計により変わるので、調査・

検討段階の本検討では信頼性のある故障率を検討することは困難である。そこで、予防保全後の故障率については、原子力発電所に関する PSA 用機器故障率データ<sup>4)</sup>における類似の機器データをできる限り引用した。

保全方法及び保全後の故障発生確率の検討結果を前項(b)の結果と合わせて表 2.5-2 に示す。保全方法については、故障に応じた予防取替え、定期点検、二重化の保全のための措置を適切な頻度で実施することになる。これにより故障の発生確率を減じることが可能となる。なお、予防取替えは保全対象に適切な頻度で部品等を故障がない場合でも交換することを指す。定期点検は保全対象に適切な頻度で定期点検を行うことを指す。

外部ゲル化法による燃料製造プラントは、乾燥工程までの前半が溶液系取り扱いの設備であり、乾燥工程以降の後半が粉体取り扱い設備となる。

前半の溶液処理系では、物質移送の大半が重力による移送であり、比較的簡素な設備となり故障の発生確率は小さい。故障の要因では、槽および配管の漏洩等、設計により故障の発生を回避し得る故障モードを除くと弁の異常が発生故障の大半となる。弁の異常としては、電気・制御系等の異常による動作失敗、システムの異常による誤開及び誤閉、異物混入若しくは弁自身の破損による閉塞、弁の劣化若しくは破損によるリークが考えられる。弁の故障確率は弁自身の寿命に大きく依存するので、保全対策として、定期点検時に弁の予防交換を実施することにより故障発生確率を低く抑えることが可能であると考えられる。

後半の粉末取り扱い設備は、ロータリーキルンなど一般産業で使用されている機器であり、これらに特殊な故障モードはないと考えられるが、燃料粉体の移送に関しては、ゲル球の乾燥異常など、プロセス的な異常に依存する配管及び弁などでの閉塞が考えられる。本検討では、配管での閉塞を 5 年に 1 回、弁での閉塞を 2 年に 1 回と仮定し故障確率を算出しているが、外部ゲル化法による燃料製造設備についてはプロセス的な故障に対する知見が少なく、発生確率については今後のデータの蓄積等で精度を上げていくことが課題と考えられる。

表 2.6-2 運転への影響度

影響度	運転への影響	処理量への影響
A1	製造系列の停止もしくは運転の全面的な停止を必要とし、修復時間が長期間（約1週間以上）になると考えられるもの。	稼働日数裕度により回復する必要がある。120%処理速度では、1ヶ月以上の運転を必要とする。
A2	製造系列の停止もしくは運転の全面的な停止を必要とし、比較的短時間（数日）で修復可能と考えられる。	120%処理速度で2週間程度の運転で回復が可能である。
A3	製造系列の停止もしくは運転の全面的な停止を必要とし、比較的短時間（数時間）で修復可能と考えられる。	120%処理速度で1日程度の運転で回復が可能である。
B1	処理速度を低下した状態での運転継続が可能であり、修復時間が長期間（約1週間以上）になると考えられるもの。	120%処理速度で2週間程度の運転で回復が可能である。
B2	処理速度を低下した状態での運転継続が可能であり、比較的短時間（数日）で修復可能と考えられる。	120%処理速度で1週間程度の運転で回復が可能である。
B3	処理速度を低下した状態での運転継続が可能であり、比較的短時間（数時間）で修復可能と考えられる。	120%処理速度で2～3日程度の運転で回復が可能である。
C1	冗長系もしくは他の方法により、定格処理速度での運転が可能であるが、運転中での修復は困難であると考えられる。	処理速度への影響はないが、他のトラブルが発生した場合、処理速度増加による回復は困難となる。
C2	冗長系もしくは他の方法により、定格処理速度での運転が可能であり、運転中の修復が可能であると考えられる。	なし

## 4) 年間保守作業時間の算出

上記の RCM 手法をもとに部品の交換頻度を設定した。また前項(1)で設定した部品交換時間を各部品に適用し、内側燃料粒子(大・小)、外側燃料粒子(大・小)の計4系列について年間累積保全時間を算出した結果を表 2.6-4 に示す。年間累積保全時間は1003時間、日数にして約42日である。

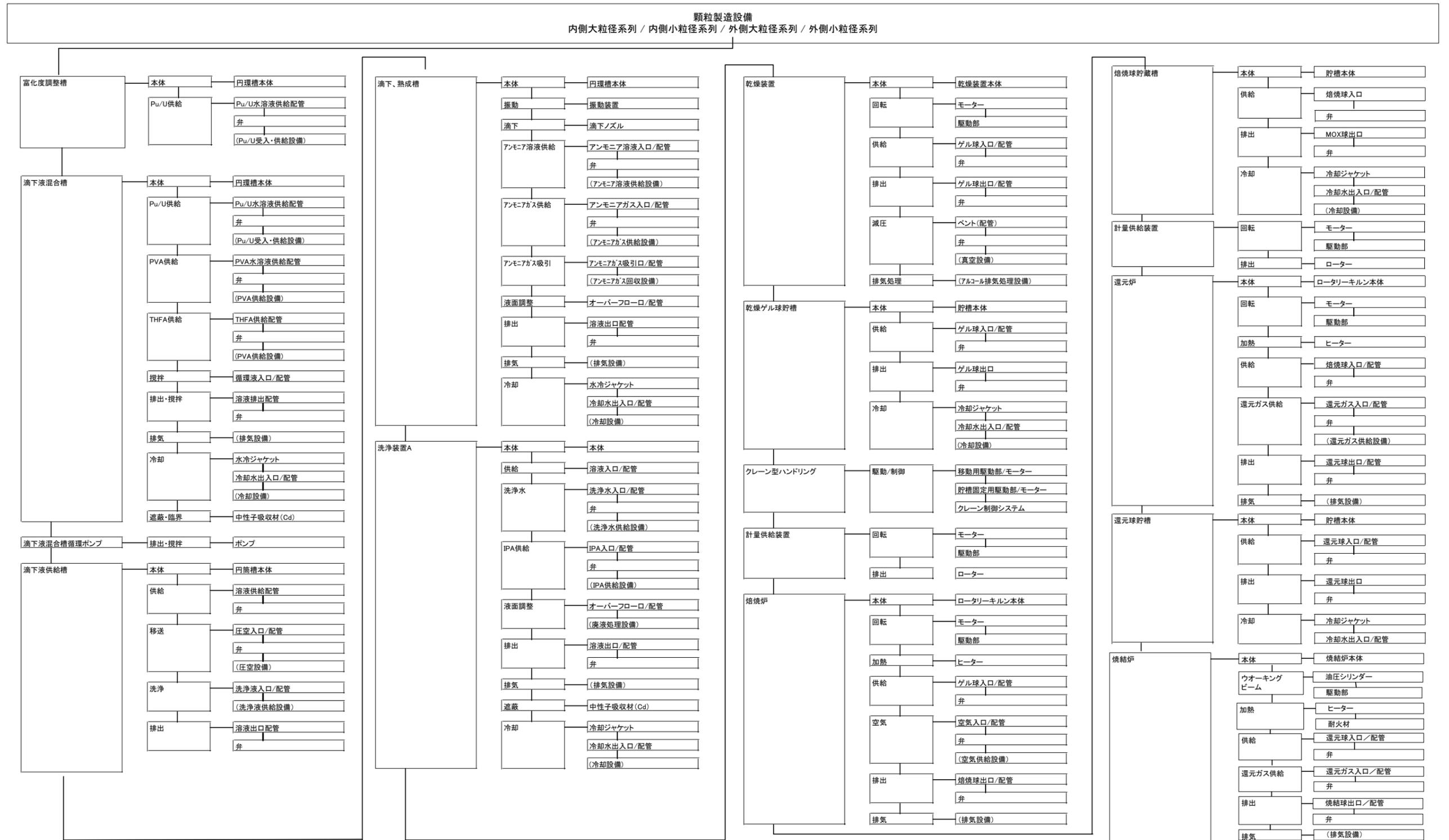


図 2.6-16 ゲル化顆粒燃料製造プロセスのアセンブリ・部品系統図

表 2.6-3 RCM 法による検討結果 (1/12)

機器	機能	部品	現象	原因	影響度	確率 (対策なし)	復旧時間	復旧作業	設備対策	保全対策等	保全後の確率 [1/h]
富化度調整槽	本体	円環槽本体	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
	Pu/U供給	Pu/U水溶液供給配管 弁	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
			作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)
			誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)
			閉塞	異物混入/弁破損	A1	1回/50年	1週間	交換	なし	予防取替	3.1E-09 (*1)
			外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1ヶ月	除染/交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)
			内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)
	攪拌	循環液入口/配管	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
	排出・攪拌	溶液排出配管 弁	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
			作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)
			誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)
			閉塞	異物混入/弁破損	A1	1回/50年	1週間	交換	なし	予防取替	3.1E-08 (*2)
			外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1ヶ月	除染/交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)
			内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)
	冷却	水冷ジャケット	漏水	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
		冷却水出入口/配管	漏水	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
遮蔽・臨界	中性子吸収材(Gd)	中性子吸収の低下	寿命	-	0	-	-	設計で回避	-	-	
循環ポンプ	排出・攪拌	ポンプ	起動失敗	電気・制御系の異常他	C1	1回/10年	2日	再起動/修理	二重化	定期点検	1.1E-07 (*3)
			継続運転失敗	破損/劣化他	C1	1回/20年	1週間	交換	二重化	定期点検	5.6E-07 (*3)

(\*1) 保全後の故障確率として原子力発電所における電動弁の故障率データ<sup>4)</sup>を引用。

(\*2) 増粘剤が含まれているため、閉塞発生確率を原子力発電所における電動弁の閉塞故障率<sup>4)</sup>の10倍と仮定。

(\*3) 保全後の故障確率として原子力発電所における電動ポンプの故障率データ<sup>4)</sup>を引用。

表 2.6-3 RCM 法による検討結果 (2/12)

機器	機能	部品	現象	原因	影響度	確率 (対策なし)	復旧時間	復旧作業	設備対策	保全対策等	保全後の確率 [1/h]
滴下液 混合槽	本体	円環槽本体	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
		Pu/U供給	Pu/U水溶液供給配管	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-
	弁	作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)	
			誤開又は誤閉	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)	
			閉塞	A1	1回/50年	1週間	交換	なし	予防取替	3.1E-09 (*1)	
			外部リーク	A1	1回/20年	1ヶ月	除染/交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)	
			内部リーク	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)	
			閉塞	A1	1回/50年	1週間	交換	なし	予防取替	3.1E-08 (*2)	
	PVA供給	PVA水溶液供給配管	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
			作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)
			誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)
			閉塞	異物混入/弁破損	A1	1回/50年	1週間	交換	なし	予防取替	3.1E-08 (*2)
			外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1週間	交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)
			内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)
	THFA供給	THFA供給配管	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
			作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)
			誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)
			閉塞	異物混入/弁破損	A1	1回/50年	1週間	交換	なし	予防取替	3.1E-08 (*2)
			外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1週間	交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)
			内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)
	攪拌	循環液入口/配管	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
	排出・攪拌	溶液排出配管	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
			作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)
			誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)
			閉塞	異物混入/弁破損	A1	1回/50年	1週間	交換	なし	予防取替	3.1E-08 (*2)
			外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1ヶ月	除染/交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)
			内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)
冷却	水冷ジャケット	漏水	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-	
	冷却水出入口/配管	漏水	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-	
遮蔽・臨界	中性子吸収材(Cd)	中性子吸収の低下	寿命	-	0	-	-	設計で回避	-	-	
循環ポンプ	排出・攪拌	ポンプ	起動失敗	電気・制御系の異常他	C1	1回/10年	2日	再起動/修理	二重化	定期点検	1.1E-07 (*3)
			継続運転失敗	破損/劣化他	C1	1回/20年	1週間	交換	二重化	定期点検	5.6E-07 (*3)

(\*1) 保全後の故障確率として原子力発電所における電動弁の故障率データ<sup>4)</sup>を引用。(\*2) 増粘剤が含まれているため、閉塞発生確率を原子力発電所における電動弁の閉塞故障率<sup>4)</sup>の10倍と仮定。(\*3) 保全後の故障確率として原子力発電所における電動ポンプの故障率データ<sup>4)</sup>を引用。

表 2.6-3 RCM 法による検討結果 (3/12)

機器	機能	部品	現象	原因	影響度	確率 (対策なし)	復旧時間	復旧作業	設備対策	保全対策等	保全後の確率 [1/h]		
滴下液 供給槽	本体 供給	円筒槽本体	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-		
		溶液供給配管	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-		
	弁		作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)		
			誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)		
			閉塞	異物混入/弁破損	A1	1回/50年	1週間	交換	なし	予防取替	3.1E-08 (*2)		
			外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1ヶ月	除染/交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)		
			内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)		
			移送	圧空入口/配管	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	-	-	
	弁		作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)		
			誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)		
			閉塞	異物混入/弁破損	A1	1回/50年	1週間	交換	なし	予防取替	3.1E-09 (*1)		
			外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1週間	交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)		
			内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)		
			洗浄	洗浄液入口/配管	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
	排出	溶液出口配管	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-		
			弁		作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)
					誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)
					閉塞	異物混入/弁破損	A1	1回/50年	1週間	交換	なし	予防取替	3.1E-08 (*2)
					外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1ヶ月	除染/交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)
					内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)

(\*1) 保全後の故障確率として原子力発電所における電動弁の故障率データ<sup>4)</sup>を引用。

(\*2) 増粘剤が含まれているため、閉塞発生確率を原子力発電所における電動弁の閉塞故障率<sup>4)</sup>の10倍と仮定。

表 2.6-3 RCM 法による検討結果 (4/12)

機器	機能	部品	現象	原因	影響度	確率 (対策なし)	復旧時間	復旧作業	設備対策	保全対策等	保全後の確率 [1/h]
滴下、熱成槽	本体	円環槽本体	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
	振動	振動装置	起動失敗	電気・制御系の異常他	B2	1回/10年	2日	再起動/修理	1槽に4装置	定期点検	1.1E-07 (*4)
			継続運転失敗	破損/劣化他	B1	1回/20年	1週間	交換	1槽に4装置	定期点検	5.6E-07 (*4)
	滴下	滴下ノズル	閉塞	アンモニアガスの吸引不良	B3	1回/年	1/2日	交換	1槽に4装置	なし	1.7E-04
	アンモニア溶液供給	アンモニア溶液入口/配管弁	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
			作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)
			誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)
			閉塞	異物混入/弁破損	A1	1回/50年	1週間	交換	なし	予防取替	3.1E-09 (*1)
			外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1週間	交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)
			内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)
	アンモニアガス供給	アンモニアガス入口/配管弁	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
			作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)
			誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)
			閉塞	異物混入/弁破損	A1	1回/50年	1週間	交換	なし	予防取替	3.1E-09 (*1)
			外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1週間	交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)
	内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)		
	アンモニアガス吸引	アンモニアガス吸引口/配管	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
	液面調整	オーバーフロー口/配管	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
	排出	溶液出口配管	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
		弁	作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)
誤開又は誤閉			システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)	
閉塞			異物混入/弁破損	A1	1回/50年	1週間	交換	なし	予防取替	3.1E-08 (*5)	
外部リーク			劣化/破損	A1	1回/20年	1ヶ月	除染/交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)	
内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)			
冷却	水冷ジャケット	漏水	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-	
	冷却水出入口/配管	漏水	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-	

(\*1) 保全後の故障確率として原子力発電所における電動弁の故障率データ<sup>4)</sup>を引用。

(\*4) 保全後の故障確率として原子力発電所における電動ポンプの故障率データ<sup>4)</sup>で代用。

(\*5) ゲル球が含まれているため、閉塞発生確率を原子力発電所における電動弁の閉塞故障率<sup>4)</sup>の10倍と仮定。

表 2.6-3 RCM 法による検討結果 (5/12)

機器	機能	部品	現象	原因	影響度	確率 (対策なし)	復旧時間	復旧作業	設備対策	保全対策等	保全後の確率 [1/h]		
洗 浄 装 置	本体	本体	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-		
	供給	溶液入口/配管	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-		
	洗浄水	弁	洗浄水入口/配管	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-	
			作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)		
			誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)		
			閉塞	異物混入/弁破損	A1	1回/50年	1週間	交換	なし	予防取替	3.1E-09 (*1)		
			外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1ヶ月	除染/交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)		
			内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)		
	IPA	弁	IPA入口/配管	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-	
			作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)		
			誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)		
			閉塞	異物混入/弁破損	A1	1回/50年	1週間	交換	なし	予防取替	3.1E-09 (*1)		
			外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1週間	交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)		
	液面調整	弁	内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)		
			オーバーフロー口/配管	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-	
			排出	溶液出口/配管	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
			作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)		
			誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)		
	排出	弁	閉塞	異物混入/弁破損	A1	1回/50年	1週間	交換	なし	予防取替	3.1E-08 (*5)		
			外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1ヶ月	除染/交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)		
			内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)		
	遮蔽	中性子吸収材(Cd)	中性子吸収の低下	寿命	-	0	-	-	設計で回避	-	-		
	冷却	冷却ジャケット	漏水	材料劣化	-	0	-	-	-	設計で回避	-	-	
冷却水出入口/配管		漏水	材料劣化	-	0	-	-	-	設計で回避	-	-		

(\*1) 保全後の故障確率として原子力発電所における電動弁の故障率データ<sup>4)</sup>を引用。

(\*5) ゲル球が含まれているため、閉塞発生確率を原子力発電所における電動弁の閉塞故障率<sup>4)</sup>の10倍と仮定。

表 2.6-3 RCM 法による検討結果 (6/12)

機器	機能	部品	現象	原因	影響度	確率 (対策なし)	復旧時間	復旧作業	設備対策	保全対策等	保全後の確率 [1/h]
乾燥装置	本体 回転	乾燥装置本体	圧力低下せず	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
		モーター	動作失敗	電気・制御系異常他	A1	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	定期点検	1.1E-08 (*6)
			誤動作	システムの異常他	A2	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*6)
	駆動部	回転不良/停止	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	修理/交換	なし	定期点検	8.3E-06 (*7)	
	供給	ゲル球入口/配管	破断/割れ	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
		弁	作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)
			誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)
			閉塞	異物混入/弁破損	A1	1回/50年	1週間	交換	なし	予防取替	3.1E-09 (*1)
			外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1ヶ月	除染/交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)
			内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)
	排出	ゲル球出口/配管	破断/割れ	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
		弁	作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)
			誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)
			閉塞	ゲル球異常/乾燥不良	A1	1回/2年	1週間	圧空/交換	閉塞除去設備	なし	8.3E-05 (*8)
			外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1ヶ月	除染/交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)
			内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)
	減圧	ベント(配管)	圧力低下せず	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
		弁	作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)
			誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)
			閉塞	異物混入/弁破損	A1	1回/50年	1週間	交換	なし	予防取替	3.1E-09 (*1)
外部リーク			劣化/破損	A1	1回/20年	1週間	交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)	
内部リーク			劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)	

(\*1) 保全後の故障確率として原子力発電所における電動弁の故障率データ<sup>4)</sup>を引用。

(\*6) 保全後の故障確率として原子力発電所における電動弁の故障率データ<sup>4)</sup>における「作動失敗」及び「誤開又は誤閉」で代用。

(\*7) 保全後の故障確率として、保全対策により発生確率が 1/2 になると仮定。

(\*8) 弁での閉塞は、プロセス的な異常に依存するが、発生確率を 1 回/2 年と仮定。

表 2.6-3 RCM 法による検討結果 (7/12)

機器	機能	部品	現象	原因	影響度	確率 (対策なし)	復旧時間	復旧作業	設備対策	保全対策等	保全後の確率 [1/h]
乾燥ゲル球貯槽	本体供給	貯槽本体	破損	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
		ゲル球入口/配管	破断/割れ	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
	弁	ゲル球出口	閉塞	ゲル球異常/乾燥不良	A3	1回/5年	1/4日	圧空押出	閉塞除去設備	なし	3.3E-05 (*9)
			作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)
			誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)
			閉塞	ゲル球異常/乾燥不良	A1	1回/2年	1週間	圧空/交換	閉塞除去設備	なし	8.3E-05 (*8)
			外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1ヶ月	除染/交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)
			内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)
			破断/割れ	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
	弁	ゲル球出口	閉塞	ゲル球異常/乾燥不良	A3	1回/5年	1/4日	圧空押出	閉塞除去設備	なし	3.3E-05 (*9)
			作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)
			誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)
			閉塞	ゲル球異常/乾燥不良	A1	1回/2年	1週間	圧空/交換	閉塞除去設備	なし	8.3E-05 (*8)
			外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1ヶ月	除染/交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)
内部リーク			劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)	
破断/割れ			材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-	
冷却	冷却ジャケット	漏水	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-	
	冷却水出入口/配管	漏水	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-	
クレーン型ハンドリング	移動	モーター	動作失敗	電気・制御系異常他	A1	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	定期点検	1.1E-08 (*6)
			誤動作	システムの異常他	A2	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*6)
		移動用駆動部	動作不良/停止	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	修理/交換	なし	定期点検	8.3E-06 (*7)
	貯槽固定	モーター	動作失敗	電気・制御系異常他	A1	1回/10年	2日	修理/交換	なし	定期点検	1.1E-08 (*6)
			誤動作	システムの異常他	A2	1回/10年	1/2日	修理/交換	なし	定期点検	7.6E-10 (*6)
駆動部	動作不良/停止	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	修理/交換	なし	定期点検	8.3E-06 (*7)		
計量供給装置	回転	モーター	動作失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	定期点検	1.1E-08 (*6)
			誤動作	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*6)
		駆動部	回転不良/停止	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	修理/交換	なし	定期点検	8.3E-06 (*7)
	排出	ローター	閉塞	磨耗	A3	1回/10年	1週間	交換	なし	定期点検	8.3E-06 (*7)

(\*1) 保全後の故障確率として原子力発電所における電動弁の故障率データ<sup>4)</sup>を引用。

(\*6) 保全後の故障確率として原子力発電所における電動弁の故障率データ<sup>4)</sup>における「作動失敗」及び「誤開又は誤閉」を代用。

(\*7) 保全後の故障確率として、保全対策により発生確率が1/2になると仮定。(\*8) 弁での閉塞は、プロセス的な異常に依存するが、発生確率を

1回/2年と仮定。(\*9) 配管での閉塞は、プロセス的な異常に依存するが、発生確率を1回/5年と仮定。

表 2.6-3 RCM 法による検討結果 (8/12)

機器	機能	部品	現象	原因	影響度	確率 (対策なし)	復旧時間	復旧作業	設備対策	保全対策等	保全後の確率 [1/h]
焙焼炉	本体	ロータリーキルン本体	破損	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
	回転	モーター	動作失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	定期点検	1.1E-08 (*6)
			誤動作	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*6)
		駆動部	回転不良/停止	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	修理/交換	なし	定期点検	8.3E-06 (*7)
	加熱	ヒーター	断線	劣化等	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	定期点検	1.8E-09 (*10)
	供給	ゲル球入口/配管	破断/割れ	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
			閉塞	ゲル球異常/乾燥不良	A3	1回/5年	1/4日	圧空押出	閉塞除去設備	なし	3.3E-05 (*9)
		弁	作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)
			誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)
			閉塞	ゲル球異常/乾燥不良	A1	1回/2年	1週間	圧空/交換	閉塞除去設備	なし	8.3E-05 (*8)
			外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1ヶ月	除染/交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)
			内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)
		空気	空気入口/配管	破断/割れ	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-
	弁		作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)
			誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)
			閉塞	異物混入/弁破損	A3	1回/50年	1週間	交換	なし	予防取替	3.1E-09 (*1)
			外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1週間	交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)
			内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)
	排出	焙焼球出口/配管	破断/割れ	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
			閉塞	焙焼球の異常	A3	1回/5年	1/4日	圧空押出	閉塞除去設備	なし	3.3E-05 (*9)

(\*1) 保全後の故障確率として原子力発電所における電動弁の故障率データ<sup>4)</sup>を引用。

(\*6) 保全後の故障確率として原子力発電所における電動弁の故障率データ<sup>4)</sup>における「作動失敗」及び「誤開又は誤閉」を代用。

(\*7) 保全後の故障確率として、保全対策により発生確率が 1/2 になると仮定。

(\*8) 弁での閉塞は、プロセス的な異常に依存するが、発生確率を 1 回/2 年と仮定。

(\*9) 配管での閉塞は、プロセス的な異常に依存するが、発生確率を 1 回/5 年と仮定。

(\*10) 保全後の故障確率として原子力発電所におけるヒューズの故障率データ<sup>4)</sup>を代用。

表 2.6-3 RCM 法による検討結果 (9/12)

機器	機能	部品	現象	原因	影響度	確率 (対策なし)	復旧時間	復旧作業	設備対策	保全対策等	保全後の確率 [1/h]	
焙焼球 貯蔵槽	本体 供給	貯槽本体	破損	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-	
		焙焼球入口	破断/割れ	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-	
	閉塞		焙焼球の異常	A3	1回/5年	1/4日	圧空押出	閉塞除去設備	なし	3.3E-05	(*9)	
	弁	作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08	(*1)	
		誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10	(*1)	
		閉塞	焙焼球の異常	A1	1回/2年	1週間	圧空/交換	閉塞除去設備	なし	8.3E-05	(*8)	
		外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1ヶ月	除染/交換	なし	予防取替	7.6E-10	(*1)	
		内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09	(*1)	
		排出	焙焼球出口	破断/割れ	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
	弁	閉塞	焙焼球の異常	A3	1回/5年	1/4日	圧空押出	閉塞除去設備	なし	3.3E-05	(*9)	
		作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08	(*1)	
		誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10	(*1)	
		閉塞	焙焼球の異常	A1	1回/2年	1週間	圧空/交換	閉塞除去設備	なし	8.3E-05	(*8)	
		外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1ヶ月	除染/交換	なし	予防取替	7.6E-10	(*1)	
		内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09	(*1)	
	冷却	冷却ジャケット	漏水	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-	
		冷却水出入口/配管	漏水	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-	
計量供給装置	回転	モーター	動作失敗	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	再起動/交換	なし	定期点検	1.1E-08	(*6)
			誤動作	電気・制御系の異常	A2	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10	(*6)
	駆動部	回転不良/停止	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	修理/交換	なし	定期点検	8.3E-06	(*7)	
	排出	ローター	閉塞	磨耗	A3	1回/10年	1週間	交換	なし	定期点検	8.3E-06	(*7)

(\*1) 保全後の故障確率として原子力発電所における電動弁の故障率データ<sup>4)</sup>を引用。

(\*6) 保全後の故障確率として原子力発電所における電動弁の故障率データ<sup>4)</sup>における「作動失敗」及び「誤開又は誤閉」を代用。

(\*7) 保全後の故障確率として、保全対策により発生確率が 1/2 になると仮定。

(\*8) 弁での閉塞は、プロセス的な異常に依存するが、発生確率を 1 回/2 年と仮定。

(\*9) 配管での閉塞は、プロセス的な異常に依存するが、発生確率を 1 回/5 年と仮定。

表 2.6-3 RCM 法による検討結果 (10/12)

機器	機能	部品	現象	原因	影響度	確率 (対策なし)	復旧時間	復旧作業	設備対策	保全対策等	保全後の確率 [1/h]
還元炉	本体	ロータリーキルン本体	破損	材料劣化	-				設計で回避	-	-
	回転	モーター	動作失敗	劣化/破損	A1	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	定期点検	1.1E-08 (*6)
			誤動作	電気・制御系の異常	A2	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*6)
		駆動部	回転不良/停止	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	修理/交換	なし	定期点検	8.3E-06 (*7)
	加熱	ヒーター	断線	劣化等	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	定期点検	1.8E-09 (*10)
	供給	焙焼球入口/配管	破断/割れ	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
			閉塞	焙焼球の異常	A3	1回/5年	1/4日	圧空押出	閉塞除去設備	なし	3.3E-05 (*9)
		弁	作動失敗	電気・制御系異常他	A1	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)
			誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)
			閉塞	焙焼球の異常	A1	1回/2年	1週間	圧空/交換	閉塞除去設備	なし	8.3E-05 (*8)
			外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1ヶ月	除染/交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)
			内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)
		還元ガス供給	還元ガス入口/配管	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-
	弁		作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)
			誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)
			閉塞	異物混入/弁破損	A1	1回/50年	1週間	交換	なし	予防取替	3.1E-09 (*1)
			外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1週間	交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)
			内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)
	排出	還元球出口/配管	破断/割れ	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
			閉塞	焙焼球の異常	A3	1回/5年	1/4日	圧空押出	閉塞除去設備	なし	3.3E-05 (*9)

(\*1) 保全後の故障確率として原子力発電所における電動弁の故障率データ<sup>4)</sup>を引用。

(\*6) 保全後の故障確率として原子力発電所における電動弁の故障率データ<sup>4)</sup>における「作動失敗」及び「誤開又は誤閉」を代用。

(\*7) 保全後の故障確率として、保全対策により発生確率が1/2になると仮定。

(\*8) 弁での閉塞は、プロセス的な異常に依存するが、発生確率を1回/2年と仮定。

(\*9) 配管での閉塞は、プロセス的な異常に依存するが、発生確率を1回/5年と仮定。

(\*10) 保全後の故障確率として原子力発電所におけるヒューズの故障率データ<sup>4)</sup>を代用。

表 2.6-3 RCM 法による検討結果 (11/12)

機器	機能	部品	現象	原因	影響度	確率 (対策なし)	復旧時間	復旧作業	設備対策	保全対策等	保全後の確率 [1/h]
還元球 貯槽	本体	貯槽本体	破損	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
		供給	還元球入口/配管	破断/割れ	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-
	閉塞			還元球の異常	A3	1回/5年	1/4日	圧空押出	閉塞除去設備	なし	3.3E-05 (*9)
	弁		作動失敗	電気・制御系異常他	A1	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)
			誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)
			閉塞	焙焼球の異常	A1	1回/2年	1週間	圧空/交換	閉塞除去設備	なし	8.3E-05 (*8)
	外部リーク		劣化/破損	A1	1回/20年	1ヶ月	除染/交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)	
	内部リーク		劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)	
	排出	還元球出口/配管	破断/割れ	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
			閉塞	還元球の異常	A3	1回/5年	1/4日	圧空押出	閉塞除去設備	なし	3.3E-05 (*9)
		弁	作動失敗	電気・制御系異常他	A1	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)
			誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)
			閉塞	焙焼球の異常	A1	1回/2年	1週間	圧空/交換	閉塞除去設備	なし	8.3E-05 (*8)
		外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1ヶ月	除染/交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)	
		内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)	
	冷却	冷却ジャケット	漏水	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
		冷却水出入口/配管	漏水	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-

(\*1) 保全後の故障確率として原子力発電所における電動弁の故障率データ<sup>4)</sup>を引用。

(\*8) 弁での閉塞は、プロセス的な異常に依存するが、発生確率を1回/2年と仮定。

(\*9) 配管での閉塞は、プロセス的な異常に依存するが、発生確率を1回/5年と仮定。

表 2.6-3 RCM 法による検討結果 (12/12)

機器	機能	部品	現象	原因	影響度	確率 (対策なし)	復旧時間	復旧作業	設備対策	保全対策等	保全後の確率 [1/h]
焼結炉	本体	ロータリーキルン本体	破損	材料劣化	-	-	-	-	設計で回避	-	-
	移動	油圧シリンダー	動作失敗	劣化/破損	A1	1回/10年	2日	再起動/交換	設計で回避	-	1.4E-07 (*1)
			誤動作	電気・制御系の異常	A2	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*6)
		駆動部	回転不良/停止	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	修理/交換	なし	定期点検	8.3E-06 (*7)
	加熱	ヒーター	断線	劣化等	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	定期点検	1.8E-09 (*10)
		耐火材	破断/割れ	材料劣化	A1	1回/10年	2日	交換	なし	定期点検	-
	供給	還元球入口/配管	破断/割れ	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
			閉塞	焙焼球の異常	A3	1回/5年	1/4日	圧空押出	閉塞除去設備	なし	3.3E-05 (*9)
		弁	作動失敗	電気・制御系異常他	A1	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)
			誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)
			閉塞	焙焼球の異常	A1	1回/2年	1週間	圧空/交換	閉塞除去設備	なし	8.3E-05 (*8)
			外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1ヶ月	除染/交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)
			内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)
	還元ガス供給	還元ガス入口/配管	漏洩	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
		弁	作動失敗	電気・制御系異常他	A2	1回/10年	2日	再起動/交換	なし	予防取替	1.1E-08 (*1)
			誤開又は誤閉	システムの異常他	A3	1回/10年	1/2日	リセット	なし	定期点検	7.6E-10 (*1)
			閉塞	異物混入/弁破損	A1	1回/50年	1週間	交換	なし	予防取替	3.1E-09 (*1)
			外部リーク	劣化/破損	A1	1回/20年	1週間	交換	なし	予防取替	7.6E-10 (*1)
			内部リーク	劣化/破損	A1	1回/10年	1週間	交換	なし	予防取替	1.5E-09 (*1)
	排出	焼結球出口/配管	破断/割れ	材料劣化	-	0	-	-	設計で回避	-	-
閉塞			焙焼球の異常	A3	1回/5年	1/4日	圧空押出	閉塞除去設備	なし	3.3E-05 (*9)	

(\*1) 保全後の故障確率として原子力発電所における電動弁の故障率データ<sup>4)</sup>を引用。

(\*6) 保全後の故障確率として原子力発電所における電動弁の故障率データ<sup>4)</sup>における「作動失敗」及び「誤開又は誤閉」を代用。

(\*7) 保全後の故障確率として、保全対策により発生確率が1/2になると仮定。

(\*8) 弁での閉塞は、プロセス的な異常に依存するが、発生確率を1回/2年と仮定。

(\*9) 配管での閉塞は、プロセス的な異常に依存するが、発生確率を1回/5年と仮定。

(\*10) 保全後の故障確率として原子力発電所におけるヒューズの故障率データ<sup>4)</sup>で代用。

表 2.6-4 年間保守作業時間の累計

機器	部品	保守方法	保守内容	交換頻度	部品再利用		セル内 保守時間 (hr)	機器数					年保守時間 (hr/年)
								内大	内小	外大	外小	計	
Pu/U 溶液供給槽	Pu/U 供給弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換	1回/10年	なし	0回	10.4	1	1	1	1	4	4.16
	溶液排出弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換	1回/10年	なし	0回	10.4	1	1	1	1	4	4.16
滴下液混合槽	Pu/U 供給弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換	1回/10年	なし	0回	10.4	1	1	1	1	4	4.16
	PVA 供給弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換	1回/10年	なし	0回	10.4	1	1	1	1	4	4.16
	THFA 供給弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換	1回/10年	なし	0回	10.4	1	1	1	1	4	4.16
	溶液排出弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換	1回/10年	なし	0回	10.4	1	1	1	1	4	4.16
滴下液混合槽	ポンプ	定期点検	ポンプ交換	1回/5年	なし	0回	10.4	2	2	2	2	8	16.64
滴下液供給槽	溶液供給弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換	1回/10年	なし	0回	10.4	12	8	12	8	40	41.6
	圧空入口弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換	1回/10年	なし	0回	10.4	12	8	12	8	40	41.6
	溶液排出弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換	1回/10年	なし	0回	10.4	12	8	12	8	40	41.6
滴下、熟成槽	振動装置	定期点検	駆動ユニットの交換	1回/5年	なし	0回	5.3	12	8	12	8	40	42.4
	滴下ノズル	事後保全	ノズルユニットの交換	1回/1年	なし	0回	4.4	12	8	12	8	40	176
	アンモニア溶液供給弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換	1回/10年	なし	0回	10.4	3	2	3	2	10	10.4
	アンモニアガス供給弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換	1回/10年	なし	0回	10.4	3	2	3	2	10	10.4
	溶液排出弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換	1回/10年	なし	0回	10.4	3	2	3	2	10	10.4
洗浄装置	洗浄水供給弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換	1回/10年	なし	0回	10.4	6	2	6	2	16	16.64
	IPA 供給弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換	1回/10年	なし	0回	10.4	6	2	6	2	16	16.64
	溶液排出弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換	1回/10年	なし	0回	10.4	6	2	6	2	16	16.64
乾燥装置	モーター/駆動部	定期点検	駆動ユニットの交換	1回/10年	なし	0回	5.3	6	2	6	2	16	8.48
	溶液供給弁	定期交換	弁本体の交換/駆動部の交換	1回/10年	なし	0回	10.4	6	2	6	2	16	16.64
	乾燥ゲル球排出弁	定期交換	弁本体の交換/駆動部の交換	1回/10年	なし	0回	10.4	6	2	6	2	16	16.64
	減圧用弁	定期交換	弁本体の交換/駆動部の交換	1回/10年	なし	0回	10.4	6	2	6	2	16	16.64
乾燥ゲル球貯槽	ゲル球排出弁	定期点検	弁本体の交換	1回/10年	なし	0回	5.3	12	6	12	6	36	19.08
計量供給装置	ロータリーフィーダ	定期交換	ロータ/駆動部の交換	1回/5年	駆動部	1回	10.4	6	2	6	2	16	33.28
焙焼炉	モーター/駆動部	定期点検	駆動ユニットの交換	1回/10年	なし	0回	5.3	3	1	3	1	8	4.24
	ヒーター	定期交換	ヒーター交換	1回/5年	なし	0回	8.5	3	1	3	1	8	13.6
	乾燥ゲル球供給弁	事後保全	弁本体/駆動部の交換	1回/2年	なし	0回	10.4	3	1	3	1	8	41.6
	空気供給弁	定期交換	弁本体の交換/駆動部の交換	1回/10年	なし	0回	10.4	3	1	3	1	8	8.32
焙焼球貯蔵槽	焙焼球供給弁	事後保全	弁本体/駆動部の交換	1回/2年	なし	0回	10.4	2	1	2	1	6	31.2
	焙焼球排出弁	事後保全	弁本体/駆動部の交換	1回/2年	なし	0回	10.4	2	1	2	1	6	31.2
計量供給装置	ロータリーフィーダ	定期交換	ロータ/駆動部の交換	1回/5年	駆動部	1回	10.4	2	2	2	2	8	16.64
還元炉	モーター/駆動部	定期点検	駆動ユニットの交換	1回/10年	なし	0回	5.3	1	1	1	1	4	2.12
	ヒーター	定期交換	ヒーター交換	1回/5年	なし	0回	8.5	1	1	1	1	4	6.8
	焙焼球供給弁	事後保全	弁本体/駆動部の交換	1回/2年	なし	0回	10.4	1	1	1	1	4	20.8
	還元ガス供給弁	定期交換	弁本体の交換/駆動部の交換	1回/10年	なし	0回	10.4	1	1	1	1	4	4.16
還元球貯槽	還元球供給弁	事後保全	弁本体/駆動部の交換	1回/2年	なし	0回	10.4	2	2	2	2	8	41.6
	還元球排出弁	事後保全	弁本体/駆動部の交換	1回/2年	なし	0回	10.4	2	2	2	2	8	41.6
焼結炉	耐火材	定期交換	耐火材の交換	1回/3年	なし	0回	69.9	1	1	1	1	4	93.2
	ビーム駆動部	定期点検	交換	1回/10年	なし	0回	45	1	1	1	1	4	18
	油圧シリンダ	定期点検	交換	1回/5年	なし	0回	9	1	1	1	1	4	7.2
	ヒータ	定期交換	交換	1回/3年	なし	0回	20.4	1	1	1	1	4	27.2
	還元ガス供給弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換	1回/10年	なし	0回	10.4	1	1	1	1	4	4.16
	排気弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換	1回/10年	なし	0回	10.4	1	1	1	1	4	4.16
気流移送	ノズル駆動部	定期点検	モーター及び駆動部交換	1回/10年	なし	0回	5.3	1	1	1	1	4	2.12
	ブロワ	定期点検	ブロワ交換	1回/10年	なし	0回	5.3	1	1	1	1	4	2.12
	供給弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換	1回/10年	なし	0回	10.4	1	1	1	1	4	4.16
	ロータリーフィーダ	定期交換	ロータ/駆動部の交換	1回/5年	駆動部	1回	10.4	1	1	1	1	4	8.32

2.6-39

JNC T9420 2004-001

累計保全時間 1003 時間(約 42 日)

### (3) 事後保全の検討

#### a. 事後保全方法の検討

事後保全の保守・補修は予防保全対策を基本とし、トラブル対応等の事後保全は極力減らすことを運用の基本とする。検討結果を以下に示す。

##### 定期点検及び異常監視・異常通知

本プラントは安全機能を確認するために、下記的手段により必要な運転中又は定期点検等の停止時に点検及び監視を実施する。異常があった場合はプラント管理者に即ちに通知する。

- ・プロセス計装・制御を行う分散型制御装置（DCS）による運転記録、異常検知
- ・視聴覚システム（ITV、集音マイク等）による点検及び監視
- ・作業員の目視による巡視点検
- ・インターベンションチューブによる点検

##### 機器又は部品の定期交換及び事後保全

本プラント顆粒製造セル内部機器の保守・補修は、基本的に遠隔操作機器による作業とする。セル内部には以下の遠隔操作機器を設置し、遠隔での保守・補修が可能な設計とする。

- ・マスタースレーブマニピュレータ
- ・天井走行式パワーマニピュレータ
- ・天井クレーン
- ・視聴覚システム（ITV、集音マイク）、遮へい窓

各機器の保全作業は、基本的に上記遠隔操作機器を使用した機器設置セル内部でのユニットの交換により対応する。ユニット交換のみでの補修が困難な場合、天井クレーンにより補修対象機器を保守セルへ搬送し、遠隔補修もしくは除染した後グローブボックス等による直接補修とする。

##### 除染

作業員の被ばく低減、汚染拡大防止等の目的から機器の除染が必要な場合除染を行う。除染が必要な機器を天井クレーンにより除染セルへ搬送し、マニピュレータ等の遠隔操作により、ふき取り除染等を行う。

### 閉塞除去

乾燥工程以降、粉体がバルブ等を閉塞してしまった場合、圧空等により除去する。

これらの閉塞除去設備は遠隔操作が可能ないように設計する。

## b. 予防保全後の機器稼働率の試算

上項で実施した RCM 法での検討結果により、検討対象範囲の工程が年間の運転日数に対し、どの程度の運転日数を確保できるかを現段階の知見を基に確認した。検討結果については、今回の検討では機器の詳細部品にまで設計が及んでいないこと、ゲル化法によるプロセス的な故障率のデータが不足していることから目安的な位置付けとなり、今後の機器設計の詳細化、配置検討、プロセスデータの蓄積等による再検討のベースデータとすることを目的とする。また、稼働率試算の対象として、機械系統の故障、プロセス系の一般的な故障のみとした。MA 含有の燃料を製造する場合の高放射線、高発熱下における機械系統の故障率の増加及びプロセス系の安定性減少等の効果は対象外とした。

### (a) 稼働率試算のための前提条件

- ・最大運転日数：250 日
- ・故障後に機器の処理速度増加による処理量の取り戻しは実施しない。
- ・処理量低下操業の故障モードでは、他の正常な機器の操業を行いながら補修を実施する。
- ・焙焼炉、還元炉の前後の貯槽のバッファ機能は稼働率の算出には考慮しない。
- ・機器故障率については、保全対策後の故障率を使用する。

### (b) 機器稼働率計算方法

故障モード毎の年間平均故障率

2.5 項で検討した機器故障モード毎の年間平均故障発生率を算出する。

$$\text{故障モード毎の年間平均故障発生率} = \text{保全対策後の故障率} \times \text{機器数}$$

故障モード毎の機器停止相当日数

故障モード毎の年間平均の停止日数を求める。

$$\text{故障モード毎の年間平均停止日数} = \text{年間故障発生率} \times \text{復旧日数}$$

実際には、機器数（冗長性）及び故障の影響度により処理量が低下する割合が異なる。そこで、処理量低下の割合を考慮し、製造ラインの完全停止に換算した停止日数（以降、機器停止相当日数という）で表す。

機器停止相当日数 = 処理量低下日数 × 処理量低下割合

処理量低下割合 =  $1/n$

ここで、n：機器数

（ただし、影響度 A（完全停止）の処理量低下割合は  $1/1$ ）

各機器毎の稼働率

機器毎に各故障モードにおける停止相当日数を累積し、設備稼働日数（250 日）から機器毎の稼働率を算出する。

$$\text{機器毎の稼働率} = \frac{\text{設備稼働日数} - \sum(\text{機器モード毎の相当停止日数})}{\text{設備稼働日数}}$$

施設の稼働率

各機器の稼働率の積が製造ライン 1 系列の稼働率となる。

製造ラインの稼働率 = 機器 A の稼働率 × 機器 B の稼働率 × ...

本プラントには 4 系列の製造ラインが存在するが、それぞれ独立で稼働するので、1 系列での稼働率が施設全体の稼働率と一致する。

#### c. 稼働率計算結果

機器及び対象工程全体の稼働率の計算結果をまとめたもの表 2.6-5、根拠となる詳細データを付録 2 に示す。参考として保全前の故障率も併記する。なお、今回算出した稼働率は外部ゲル化プロセスの系列数の妥当性等を確認することを目的として行った結果であり、プロセス的な異常に依存する故障発生頻度等の知見に乏し現時点では、幾つかの仮定のもとに簡易的に稼働率算出を行っている。従って、この結果をベースとして今後詳細な設備検討、パイロットプラントの運転実績を蓄積の後、再度稼働率を算出する必要がある。

表 2.6-5 機器及び施設稼働率計算結果【まとめ】

機器	稼働率 ( 予防保全前 )	稼働率 ( 予防保全後 )
富化度調整槽	97.71%	99.99%
滴下液混合槽	96.6 %	99.99 %
滴下液供給槽	73.4 %	99.99 %
滴下、熟成槽	95.1 %	99.8 %
洗浄装置	89.3 %	99.99 %
乾燥装置	98.5 %	98.5 %
乾燥ゲル球貯槽	75.8 %	97.2 %
クレーン型ハンドリング	99.2 %	99.7 %
計量供給装置	99.3 %	99.7 %
焙焼炉	93.8 %	98.4 %
焙焼球貯槽	93.4 %	97.2 %
計量供給装置	99.1 %	99.7 %
還元炉	95.9 %	98.4 %
還元球貯槽	93.4 %	97.2 %
焼結炉	92.52%	97.22%
施設全体	27.46%	84.14%

## ( 参考文献 )

- 3) 河野秀作他、燃料製造システムの技術検討書 - 実用化戦略調査研究フェーズ 報告書 - ,  
JNC TY9400 2001-023, 核燃料サイクル開発機構, (2001)
- 4) 電力中央研究所報告 P00001、「原子力発電所に関する確率論的安全評価用の機器  
故障率の算出 ( 1982 年度 ~ 1997 年度 16 カ年 49 基データ改訂版 ) 」 ( 2001 )

### 3. システム評価

#### 3.1 技術的成立性の検討

##### (1) 操業シミュレーションによるプラント総合生産性の検討

昨年度の検討をさらに拡充させ、系列数機器数を並列に並べ、より現実に近いモデルで操業シミュレーションを実施した。昨年度は、内側炉心燃料大粒子について、各工程の稼働率を「2.6 保守・補修に関する調査(2.6 項)」において計算した手法により計算し、その数値を基にシミュレータを稼働させてバッファ容量の特徴を評価した。本年度は、複数系列で構成される各工程内の機器についてもシミュレータで表現し精度を上げた。

##### a パラメータの設定

工程全体の生産能力を評価するために、各機器の稼働率、平均修復時間(MTTR: Mean Time To Repair)と、中間バッファの容量を設定して工程全体の稼働率を評価した。全体の稼働率を算出するために「低除染燃料製造システム特性評価手法に関する調査 JNC ZJ9420 2002-002」で開発された三菱マテリアル株式会社作成のプラント特性シミュレータを使用した。機器間貯槽としては、「乾燥ゲル球貯槽」「焙焼球貯槽」「還元球貯槽」(以上の3つの貯槽を総称して「中間バッファ」と表記する)「中間貯蔵庫」があるが、バッファ容量は1日分(24時間)とした。各工程において、一つの系列の機器が故障により停止した場合は、他系列の機器が処理量を増加させて故障分を補うこととした。

##### b. 稼働率と生産能力評価

ゲル化燃料製造の内側大粒径粒子製造ラインおよび内側小粒径粒子製造ラインの工程全体(滴下液混合工程～中間貯蔵庫)をシミュレータにて設定したモデル図を図3.1-1～図3.1-2に示す。またシミュレーションした結果を表3.1-1に昨年度の結果と比較して示す。設定したモデルの各機器の稼働率計算は2.6項で示した予防保全後の稼働率(付録1)の値を採用した。結果として内側燃料(大粒子)の稼働率は、昨年度の88%から98%と大きく増加しているが、多系列の補填効果が効いていることがその要因と考えられる。一方、大粒子に比較して、系列数が少ない小粒子の稼働率は90%と大粒子に比較して小さい数値となったが80%以上である。

表 3.1-1 予防保全を実施した場合のプラント生産能力評価

燃料区分	昨年度の評価	稼働率	
		昨年度（バッファ1日分）	本年度
内側炉心燃料	大粒子	88	98.3
	小粒子	-	90.0

## (2) 中間製品のロスの考慮

## a. 中間製品のロスによる稼働率変動について

外部ゲル化法による燃料製造プラントは、乾燥工程までの前半が溶液系取り扱いの設備であり、乾燥工程以降の後半が粉体取り扱い設備となる。

前半の溶液処理系における故障の要因では、槽および配管の漏洩等、設計により故障の発生を回避し得る故障モードを除くと弁の異常が発生故障の大半となる。弁の異常としては、電気・制御系等の異常による動作失敗、システムの異常による誤開及び誤閉、異物混入若しくは弁自身の破損による閉塞、弁の劣化若しくは破損によるリークが考えられる。弁の故障確率は弁自身の寿命に大きく依存するので、保全対策として、定期点検時に弁の予防交換を実施することにより故障発生確率を低く抑えることが可能であると考えられる。昨年度の検討から中間バッファが設置できる乾燥ゲル球以降の工程では中間バッファの効果等により、設備全体としては高稼働率を維持できる可能性があると考えられる。したがって工程の中で、故障が後工程に重大な影響を及ぼし、中間製品のロスとして影響が大きいと考えられるのは、増粘剤を含む溶液が流通する滴下・熟成槽における湿潤ゲル球の不良である。ゲル化法のプロセスデータが少ない現状においては精度の高い故障確率を見積もるのは難しいが、前提条件として長時間運転停止による中間製品ロスを滴下・熟成槽の稼働率が約 66%に下がった場合とみなしプラントシュミレータで生産性を評価した。結果を表 3.1-2 に示す。前半工程の滴下・熟成槽の稼働率低下の影響により、内側燃料大粒子の稼働率は 70%台にまで低下した（1基の稼働率が低下しても他系列の機器が生産量を補うことから 70%以上に留まっている）。

これに対し、中間製品のロス量を考察する。中間製品の湿潤ゲル球が自重により潰れやすいことに着目する。湿潤ゲル球が存在するのは、滴下・熟成工程、洗浄工程、乾燥工程の3工程である。保守的な設定として、乾燥工程から乾燥ゲル球貯槽へ移行する箇所トラブルが発生し且つその復旧に長時間を要し、それより上流の滴下・熟成工程、

洗浄工程、乾燥工程に存在する湿潤ゲル球が全て無駄になることとする。トラブルの頻度は1回/年とする。内側炉心燃料（大粒子）の場合を想定する。

滴下・熟成工程、洗浄工程、乾燥工程はバッチ処理が行われ、それぞれのバッチ処理時間は、3時間、6時間、3時間である（合計12時間）。したがって、1日処理量の半分量のウラン・プルトニウムが存在する。トラブル頻度は1回/年であるため、200日操業での無駄になる物量は0.5日分である。これは全体の0.25%である(0.5/200×100)。工程全体の歩留まり設定値（90%）に対しては十分に小さい値である。

表 3.1-2 滴下・熟成槽の稼働率が低下した場合の生産能力評価

ケース	滴下・熟成の稼働率* 99.8%	滴下・熟成の稼働率* 66%
稼働率	98.3%	73.5%

\*: 1基の稼働率

b.中間製品のロスや稼働率低下に影響を与える技術課題

燃料製造工程において中間製品のロスや稼働率低下に影響を与える可能性のある技術課題を上げた。

滴下液混合工程

富化度調整液に増粘剤を混合する工程であり、溶液混合であるため基本的に問題は少ないと考えられる。ポンプ循環で混合するが臨界管理上円環槽を採用しているため、混合特性を把握し、結果によっては攪拌方法等の変更を考慮する必要がある。

滴下・熟成槽

装置は円環槽型でありノズルは円環部分の上部に複数配置されるので、ノズル設置部の水平度の精度を上げる必要がある。また、生成ゲル球の確認をITVを介して作業員が行い振動装置等の微調整を実施することとしているが、自動制御化が課題である。滴下中にオーバーフローして排出されるアンモニア排液中へのゲル球の移行防止、バッチ処理・排出後のゲル球の残留防止等については装置設計の詳細検討時に対応する必要がある。湿潤ゲル球は自重により潰れ易く、長期間装置停止の影響を受け易い。現状の装置形状（1バッチ毎のゲル球堆積高さ）での健全性確認も必要である。

洗浄槽

ゲル球が自重により潰れ易いため1バッチ内で複数回洗浄する際に溶液と固体の分

離を完全に実施することができない。このため、洗浄効果を上げるには湿潤ゲル球に対する洗浄溶液量を多くすることも考えられるが廃液量の増加につながる。このため最適な条件をサーベイする必要がある。また、内側炉心燃料、外側炉心燃料双方とも大粒子製造系列では、洗浄したゲル球を乾燥装置に供給する際に 1/2 の容積に切り分けるため洗浄装置内部の機器構造を工夫する必要がある。また、溶液のオーバーフロー排出時におけるゲル球の移行防止、排出後のゲル球の残留防止については滴下・熟成槽と同様の対策が必要である。これらの作業は試験等による洗浄メカニズムの解明と並行して進めることが効果的と考えられる。

#### 乾燥ゲル球貯槽

建屋低層化に伴い 1F の乾燥ゲル球貯槽の貯蔵場所からクレーンを用いて 3F に引き上げる時の作業効率が生産性に影響すると考えられるので、吊具の取り付け、取り外しを正確かつ迅速に行う方法を検討する必要がある。

#### 焙焼炉、還元炉、焼結炉

後半の粉末取り扱い設備は、ロータリーキルンなど一般産業で使用されている機器であり、これらに特殊な故障モードはないと考えられるが、燃料粉体の移送に関しては、ゲル球の乾燥異常など、プロセス的な異常に依存する配管及び弁などでの閉塞が考えられる。昨年度の稼働率の検討においては、配管での閉塞を 5 年に 1 回、弁での閉塞を 2 年に 1 回と比較的故障率を高く設定しているが、これらについては前半の工程同様にプロセスデータが少ない現状においては精度の高い故障確率を見積もるのは難しい。量が多い焼結炉の耐火材の点検、交換方法などを検討する必要がある。

#### 配置、遠隔自動化

滴下・熟成槽から乾燥装置までは、ゲル球が自重により潰れ易いため装置間にバッファを設けることができない。中間製品（湿潤ゲル球）はポンプにより移送されるため設備が上下に長く配置される。経済性、保守性を考慮に入れた設備の最適な配置が必要である。

#### 高発熱、高放射線下の機器の耐久性、稼働率

MA 含有燃料特有の高発熱、高放射線下における機器の耐久性、また、これらの要因に起因する故障について検討する必要がある。定常運転時のみならず故障時等に燃料が装置内に滞留し、且つ予定した装置の冷却機構が稼働しない場合等を想定した対

策の検討も必要である。

#### 保守・補修

本検討で提案された保全・補修方策について、今後の試験、特にパイロットプラント規模の試験を通して得られる保守に関するデータを使用して、最適な保守・補修方策を構築し、信頼性の高い商用施設とする必要がある。

### (3) 安全性に対する考察

再処理施設安全審査指針の指針 15 には、以下の火災・爆発に対する考慮が要求されている。

安全上重要な施設は、可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用する設計であること。可燃性若しくは熱的に不安定な物質を使用するか又は生成する系統及び機器は、火災・爆発の発生を防止するため、着火源の排除、異常な温度上昇の防止対策、可燃性物質の漏洩防止対策、混入防止対策等適切な対策が講じられる設計であるとともに、適切な熱及び化学的制限値が設けられていること。

火災の拡大を防止するために、適切な探知、警報系統及び消火設備が設けられているとともに、火災による影響の軽減のために適切な対策が講じられる設計であること。

火災・爆発の発生を想定しても、閉じ込めの機能が適切に維持できる設計であること。

ゲル化プロセスにおいては、アルコール類の可燃物を用いているので、特に配慮が必要である。

具体的には次の対策を施す。

ゲル化プロセスで洗浄用に使っている IPA は引火点が低く常温で引火する。したがって系内は火災・爆発の発生を防止するため系統及び機器の付近には、着火源となるもののないような設計とする。

ゲル化プロセスでは使用するアルコール類を系内で燃焼させるが、系内燃焼箇所以外の火災・爆発の発生を防止するため系統及び機器の付近には、着火源となるもののないような設計とする。また静電気の発生のおそれがある系統及び機器には接地を施す。モータ、リレー等の電気接点を有する機器は、その使用環境を考慮し、必要に応じて防爆構造のものを採用する。

還元工程では、還元ガスとして水素を使用するため、キャリアガスにアルゴンガス

を用いる等、酸素等との混触を避ける設計とする。

滴下・熟成工程では、反応副生成物として硝酸アンモニウム ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) が生成するが、濃度が小さいことと常温・常圧の水溶液の状態で行われるため硝酸アンモニウムが火災・爆発を起こす可能性は非常に小さい。一方で上記で指摘したとおり IPA は引火点が低く (FP:11.5 ) 常温で引火するので取り扱いに注意を要する。IPA と同等の洗浄能力を持ち、かつ一般的に洗浄用として使用実績がある引火点が比較的高い N-プロピルアルコール (FP:22 ) やヘキサノール (FP:62.8 ) 等の溶媒は IPA 代替溶媒としての可能性がある。

原子力施設でプロセス反応液としてアルコールが使用されている例はないが、FBR において、炉心から取り出された使用済燃料を水プールに貯蔵する前に燃料に付着しているナトリウムを洗浄する必要があり、スチームやアルコールによる洗浄が実施または技術開発されている。このナトリウム洗浄において、1994 年にフランスのラプソディー (1984 年に閉鎖) のデコミッショニング中に重アルコールを使用した事故事例がある。タンクの洗浄にエチルカルビトール ( $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_3$  : エーテル) が使用され爆発事故を起こしたものである。事故原因は、アルコール化合物が分解し水素とその他ガスが発生したためと見積もられている。但し、以前より重アルコールは想定した温度よりも低温で分解されることが指摘されていたこと、反応性の高いナトリウム処理であることなどから、特殊な事例とみなすことができる。ゲル化反応においては、エーテル類ではないアルコール (イソプロピルアルコール) が使用されていることその他、異物と接触することはないので、アルコールの使用がゲル化の成立性を規制するものではないと考えられる。

また焙焼工程をマイルドな反応条件で行うために酸素を使わない雰囲気での焙焼を行った海外 (BNFL) の技術がある。通常焙焼工程では、乾燥球に含まれる有機物中炭素は酸素雰囲気下での酸化反応で二酸化炭素に変換されるが、BNFL では酸素を使わずに有機物中炭素と雰囲気中の二酸化炭素を反応させ一酸化炭素に変換する反応を利用して焙焼している<sup>4)</sup>。但し、この場合排気中の一酸化炭素は燃焼処理する必要がある。

(参考文献)

4) R.L.Nelson, N.Parkinson, et.al. "U.K. Development toward remote fabrication of breeder reactor fuel", Nuclear Technology, vol.53(1981)

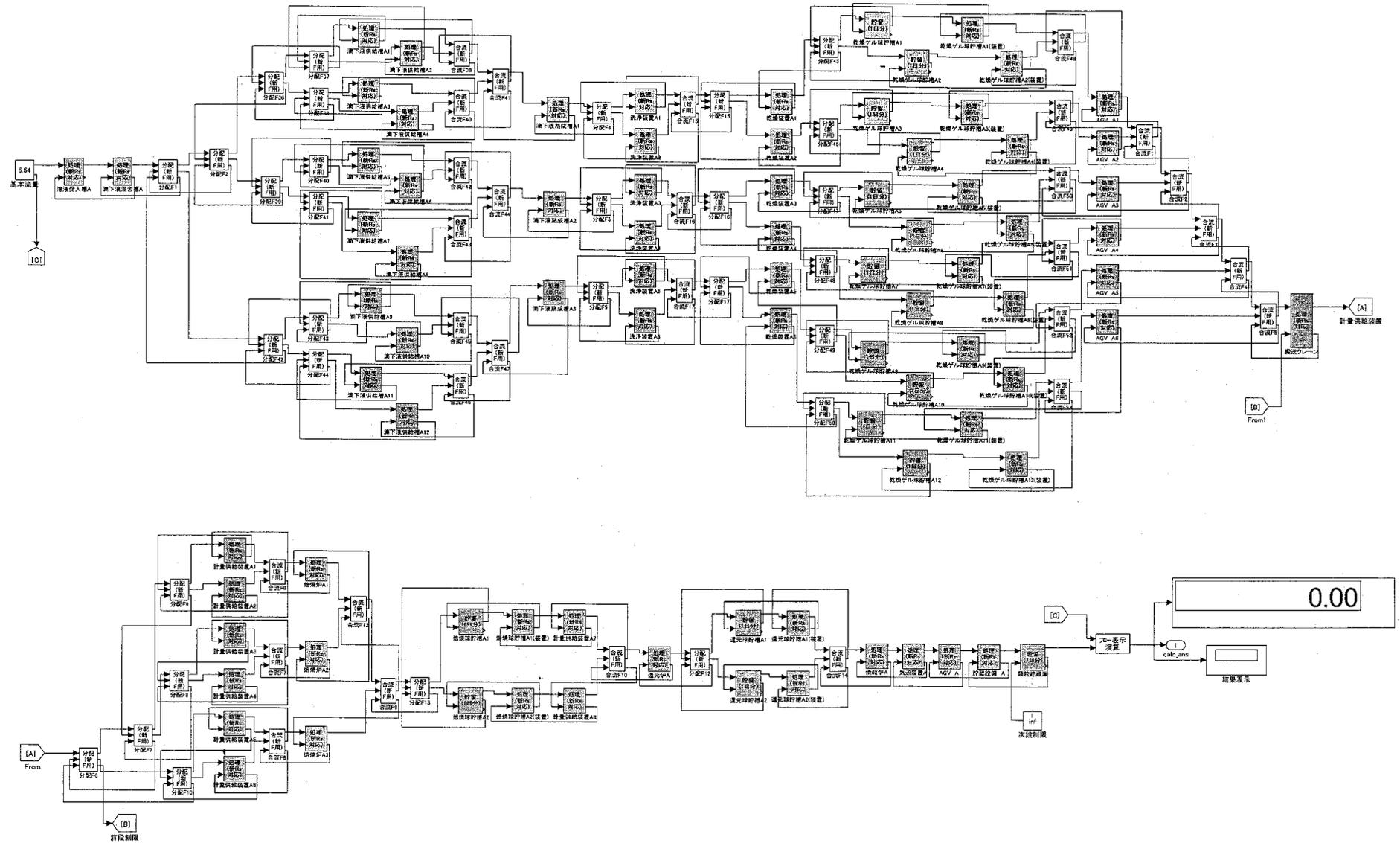


図 3.1-1 内側炉心燃料大粒径粒子製造ラインのシミュレーションモデル

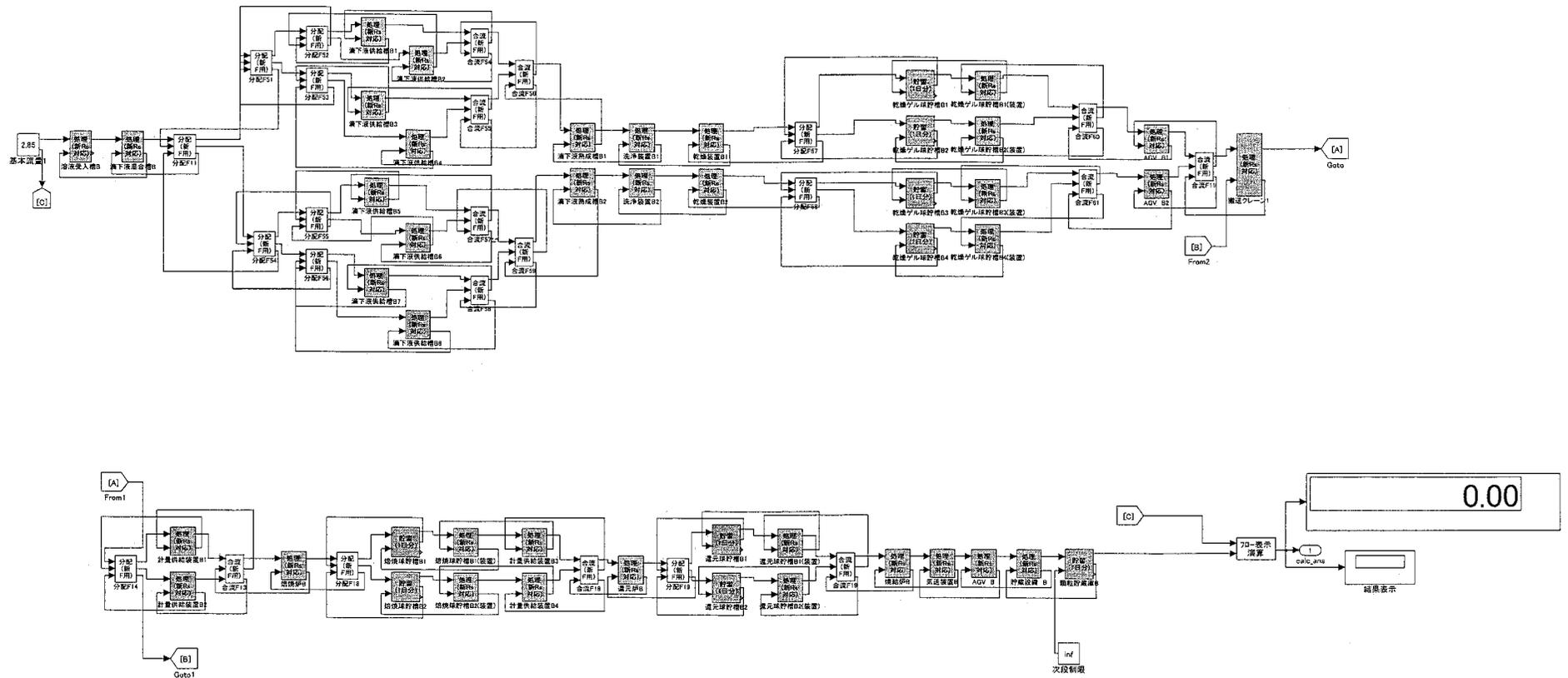


図 3.1-2 内側炉心燃料小粒径粒子製造ラインのシュミレーションモデル

## 3.2 経済性の検討

## (1) コスト試算

## a. 設備費の検討

処理量 200tHM/年の酸化物燃料製造に係わる外部ゲル化法（炉心燃料）による設備費用を工程ごとに検討した結果を表 3.2-1 示す。設備費の合計は約 410 億円となった。

表 3.2-1 コスト試算結果

費用	工程	割合
費用内訳	溶液供給、滴下液混合～滴下・熟成	約 9%
	洗浄～乾燥	約 7%
	焙焼、還元、焼結、中間貯蔵	約 24%
	付帯設備	約 19%
	試薬回収設備	約 16%
	保守設備	約 25%

## b. ブランケット燃料製造のコスト検討

外部ゲル化法によりブランケット燃料を処理する場合の機器数について、炉心燃料製造の場合と比較検討した。ここで、ブランケット燃料は炉心燃料と同じ製造法で調整するとし、また、大粒子と小粒子を別々に製造するものと仮定した。

ブランケット燃料の年間処理量を炉心燃料と比較して示す。

- ・内側炉心燃料： 41 t-HM/年
- ・外側炉心燃料： 36 t-HM/年
- ・軸ブランケット燃料： 62 t-HM/年
- ・径ブランケット燃料： 61 t-HM/年

炉心燃料とブランケット燃料としてまとめると以下のとおりである。

- ・炉心燃料： 77 t-HM/年
- ・ブランケット燃料： 123 t-HM/年

表 3.2-2 にそれぞれの機器数の比較を示す。ブランケット燃料製造の場合は、機器の臨界安全性の制限がなくなることから、工学的な見地のみから装置のサイズが決定される。表より、炉心燃料と比較して製造量が約 1.6 倍であるにも関わらず主工程の機器数として約 7

割の減少となる（付録 2：ブランケット燃料製造機器リスト参照）。

表 3.2-2 機器数の概略（ブランケット燃料）

	大粒子(内側、外側)			小粒子(内側、外側)			ブランケット 大粒子			ブランケット 小粒子		
	系列数	機器数 /系列	合計	系列数	機器数 /系列	合計	系列数	機器数 /系列	合計	系列数	機器数 /系列	合計
U/Pu溶液供給槽	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1
滴下混合槽	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1
滴下液混合槽循環ポンプ	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1
滴下液供給槽	3	4	24	2	4	16	1	4	4	1	4	4
滴下・熟成槽	3	1	6	2	1	4	1	1	1	1	1	1
洗浄装置	3	2	12	2	1	4	1	2	2	1	1	1
乾燥装置	3	2	12	2	1	4	1	2	2	1	1	1
乾燥ゲル球貯槽	3	6	36	2	3	12	1	8	8	1	8	8
焙焼炉	3	1	6	1	1	2	1	1	1	1	1	1
焙焼球貯槽	1	2	4	1	2	4	1	2	2	1	2	2
還元炉	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1
還元球貯槽	1	2	4	1	2	4	1	2	2	1	2	2
焼結炉	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1
合計(容器除く)			114			60			27			25
						炉心燃料 174						ブランケット燃料 52

設備費について、炉心燃料と比較した。表 3.2-3 にそれぞれの工程毎の比較を示す。主工程については機器数の減少と装置仕様が円筒型になり臨界安全性を担保するための円環型より比較的安価に製造できることなどから設備費が約半分になる。また、付帯設備についても炉心燃料製造においては多数存在した円環型の槽が円筒型に置き換わる効果が大きく設備費は約 3 割となった。

表 3.2-3 炉心燃料製造とブランケット燃料製造の設備費の比較

工 程	費 用		比 率
	炉心燃料 77 t-HM/y	ブランケット燃料 123 t-HM/y	ブランケット/炉心 1.6
溶液供給槽～滴下・熟成	約 9 % *	約 6 %	0.35
洗浄～乾燥	約 7 % *	約 10 %	0.7
焙焼、還元、焼結、中間貯蔵	約 24 % *	約 22 %	0.42
付帯設備	約 19 % *	約 10 %	0.26
試薬回収設備	約 16 % *	約 23 %	0.7
保守設備	約 25 % *	約 29 %	0.58
合 計	100 %	100 %	0.5

\*：炉心燃料の合計費用に対する割合

c.建設費および操業費の詳細検討

本プラント(200tHM/y)の炉心燃料製造の経済性について、建屋建設費、設備費、操業費を見積もった。本項では本検討のリファレンスケースである再処理設備と燃料製造設備を同一の建屋に組込んだ一体型プラントの場合のコストについて算出する。年間操業コストの見積もり結果を表 3.2-4 に示した。また操業費の算出にあたっては各設備ごとに算出の根拠となる各種リストを作成した。表 3.2-5、表 3.2-6、表 3.2-7 にこれを示す。

- ・ 表 3.2-4 年間操業コスト
- ・ 表 3.2-5 電気負荷リスト
- ・ 表 3.2-6 ユティリティーリスト
- ・ 表 3.2-7 操業人員リスト

外部ゲル化法燃料製造プロセスで検討した建屋・設備の建設費を以下の項目で試算する。なお、設備建設費には据付・配管・電気計装等の工事費は含むが、通水作動試験、ホット試験等の試運転調整費は含まないものとする。

a)建屋建設費

燃料製造建屋の炉心燃料製造に係わる主工程、付帯設備、試薬回収設備各工程の容積を算出した。建屋建設費の試算に当たっては、当社のこれまでの経験値を基に、建屋は $m^3$ 単価×容積の関係より求めた。(本建屋に製造主要設備、貯蔵設備、廃棄物処理設備、ユーティリティー設備、電気設備、中央制御室、排気室等を設置するとした。なお建屋建設費は振動充填組立工程を含めて記載した。)

b)設備建設費

設備建設費は炉心燃料製造に係わる主工程、付帯設備、試薬回収設備各工程で使用する機器の設計費、製作費、取付費の合計とした。

1. 滴下液混合設備
2. 滴下・熟成設備
3. 洗浄設備
4. 乾燥設備
5. 乾燥ゲル球貯槽
6. 焙焼設備

7. 焙焼球貯槽
8. 還元設備
9. 還元球貯槽
10. 焼結設備
11. 中間貯蔵庫
12. リワーク設備
13. 試薬回収設備（槽類、ポンプ類）
14. 運搬機器（TGV、クレーン、搬送ローダー、トラバサー等）
15. 遠隔操作機器（インセルクレーン、パワーマニピュレーター）

#### c) 操業費

炉心燃料製造に係わる主工程、付帯設備、試薬回収設備を対象とし、化学プロセスのコスト評価に関する文献等を参考として、以下の費目で試算する。操業費には製造量によって変動するユーティリティ費用等の変動費と人件費等の固定費がある。なお振動充填・組立工程の電気料金を含めて記載した。

#### い) 変動費

プラントの運転に必要なユーティリティ（電力・用水）、試薬・消耗物品に要する費用である。各プロセスでのユーティリティ、試薬・消耗物品の使用量に関する集計結果に、現行の調達単価を掛けて算出する。

#### ロ) 固定費（間接費）

以下の から の費用の合計額である。

##### 直接労務費

プラントの運転に直接的に必要な人員を各プロセス毎に算出した。これに平均的な労務単価（900万円/人・年）を乗じる。

##### 一般管理費

工場の諸管理部門、補助管理部門に係わる諸経費及び、本社費を一般管理費とする。本検討では、直接労務費の100%を用いることとする。

##### 修繕費（保守・補修）

補修頻度が少ないと見られる建屋関係について投資額の1.5%、設備関係については投

資額の3%を見込み、その合計額を年間修繕費とする。

#### 固定資産税

税法により毎年度、当該年度の初日の属する年の1月1日が賦課期日として定められている。ここでは定額法による残存簿価の平均（総建設費の55%）に標準的な税率である1.4%を乗じた額とする。なお以下の費用は含めないものとする。

- 用地取得費
- 資金金利
- インフラメントストラクチャ費用
- モニタリング費、許認可対応費
- P A 対応費
- 廃止措置費
- 定期検査費
- 保険費 等

表 3.2-4 年間操業コスト

費 目	プラント生産量 (200tHM/y)	
<b>建設費 (百万円)</b> <b>建屋建設費</b> 主工程 (炉心製造工程) 86,000 振動充填・組立工程 85,800 主工程設備費 41,800 ユティティ/付属設備費 1,140 <hr/> <b>建設費計</b> 214,740	・混合、滴下、熟成工程 8% ・洗淨、乾燥工程 7% ・焙焼、還元、焼結、中間貯蔵工程 26% ・付帯 設備 19% ・試薬回収設備 16% ・保守設備 24%	
<b>操業費 (千円/年)</b> <b>変動費</b> <b>電気料金</b> 主工程 (炉心製造工程) 86,600 振動充填・組立工程 912,000 ユティティ/付属設備電気料金 1,021,230 ユティティ費用 532,000 <b>固定費</b> 人件費 主工程 675,000 75人 保全設備 270,000 30人 一般管理費 945,000 修繕費 1,230,000 固定資産税 1,653,498 <hr/> <b>操業費計</b> 7,325,328		
<b>備 考</b> <b>固定費</b> 直接労務費：製造部門人員 数 × 9.0M ¥ / 年 一般管理費：直接人件費の100% 修繕費：設備費 × 3% 固定資産税：取得価格 (建設費) × 1.1/2 × 1.4%		

表 3.2-5 電気負荷リスト

	設備名称	容量 ( Kw )	電力(kWh/d)	備考
1	U/Pu 溶液供給設備	20	480	ポンプ
2	滴下液混合設備	20	480	ポンプ
3	滴下・熟成設備	22	528	ポンプ
4	洗浄設備	22	528	ポンプ
5	乾燥設備	250	6,000	ヒーター、凝縮電力、モーター
6	焙焼設備	200	4,800	炉ヒーター、ロータリーフィーダー、モーター
7	還元設備	50	1,200	炉ヒーター、ロータリーフィーダー、モーター
8	焼結設備	700	16,800	炉ヒーター、ロータリーフィーダー、モーター
9	マテリアルハンドリング設備	100	2,400	クレーン型ハンドリング設備等
10	試薬回収設備	-	8,539	電気透析、電解透析、蒸気発生ボイラー
11	リワーク設備	160	3,840	ヒーター、ポンプ
12	ユティティ設備	-	-	非常用冷水、暖房、照明、換気等
	合計	1,544	45,595	-

表 3.2-6 ユティリティーリスト

	試薬・ユティリティー名称	主な使用先	使用量
1	プロセス冷水（常用系）	乾燥機廃気凝縮器	400 m <sup>3</sup> /d
2	プロセス冷水（非常用系）	機器類崩壊熱除去用	180 m <sup>3</sup> /d
3	プロセス冷水（非常用系）	焼結炉冷却用	100 m <sup>3</sup> /d
4	プロセス冷却水（常用）	焙焼廃ガス、還元廃ガス冷却用	300 m <sup>3</sup> /d
5	計装用圧縮空気（常用系）	焙焼ガス用、焙焼炉・還元炉冷却用	81,600 Nm <sup>3</sup> /d
6	5%H <sub>2</sub> -Ar	還元ガス用、焼結ガス用	2,440 Nm <sup>3</sup> /d
7	純水	洗浄用	15.6 m <sup>3</sup> /d
8	1.5wt% PVA	滴下液調整用	400 リットル/d
9	1.0wt% PVA	滴下液調整用	100 リットル/d
10	40vol% THFA	滴下液調整用	1,250 リットル/d
11	アンモニア水	ゲル球調整用	5 m <sup>3</sup> /d
12	アンモニアガス	ゲル球調整用	30 Nm <sup>3</sup> /d
13	イソプロピルアルコール	洗浄用	7.8 m <sup>3</sup> /d
14	10N 硝酸	溶解用	280 リットル/d
15	濃硫酸	試薬回収用	4.9 kg/d
16	苛性ソーダ	試薬回収用	4 kg/d

表 3.2-7 操業体制および人員

工程	操業体制	運転員	総運転員
1. 中央制御室			
・滴下液混合	3 交替	1 人 / 直 × 5 班	5
・滴下熟成		4 人 / 直 × 5 班	20
・洗淨		1 人 / 直 × 5 班	5
・乾燥			
・焙焼		2 人 / 直 × 5 班	10
・還元			
・焼結			
・焼結球中間貯蔵庫		1 人 / 直 × 5 班	5
・試薬回収設備		3 人 / 直 × 5 班	15
・分析設備		3 人 / 直 × 5 班	15
・保全設備		3 人 / 直 × 5 班	15
・安全管理		3 人 / 直 × 5 班	15
合 計	-	-	105

## (2)製造量の影響の検討

200tHM/年とその製造量が 2/3 の 66% (133tHM/年)、1/2 の 50% (100tHM/年)、1/3 の 33% (66tHM/年) の処理規模になった場合について、製造量の主工程設備の設備費に与える影響を検討した。

### a.炉心燃料

ゲル化法による設備については、バッチ処理が行われる乾燥工程までにおける系列数の影響が大きいと考えられる。乾燥装置で製品として転換される乾燥ゲル球の臨界安全上の核的制限値が厳しく、これによりそれぞれの処理系列(内側炉心燃料・大粒子、内側炉心燃料・小粒子、外側炉心燃料・大粒子、外側炉心燃料・小粒子)の機器数が影響される。本検討で実施した 200tHM/年(炉心燃料とブランケット燃料を合わせた年間処理量)の場合、大粒子(内側炉心、外側炉心)の乾燥装置までの系列数が3系列、小粒子(内側炉心、外側炉心)のそれが2系列であることから、200tHM/年を基準として、その製造量が 2/3、1/2、1/3 の処理規模になった場合について各工程の処理系列毎の機器数、容器数を概略評価した。表 3.2-5 にこれらの比較を示す。なお、臨界安全の検討における異常時対策で乾燥ゲル球が床に漏洩する場合の対策費であるが、漏洩を監視・警報発報する機器、漏洩した場合の除去対策に要する機器(気流輸送機器等)のコストは表 3.2-1 に示したコストの1%以下のオーダーとなる。

基本的には、200tHM/年を基準としてそれ以下の製造量の範囲においては、製造量と機器数の関係で特にコスト的にメリットが出る領域はないと考えられる。逆に処理量が減少すると、焙焼炉、還元炉、焼結炉などの 200tHM/年でも機器数が少ない機器については不利な要素となる。これは本検討において、それぞれの処理系列(内側炉心燃料・大粒子、内側炉心燃料・小粒子、外側炉心燃料・大粒子、外側炉心燃料・小粒子)で別の機器を配しているためである(プルトニウム富化度のコンタミネーション防止等の理由による)。

表 3-2-8 製造量と機器数の概略比較

200 tHM/year 以下

	大粒子(内側、外側)			小粒子(内側、外側)		
	系列数	機器数/系列	合計(内側+外側)	系列数	機器数/系列	合計(内側+外側)
U/Pu溶液供給槽	1	1	2	1	1	2
滴下混合槽	1	1	2	1	1	2
滴下液混合槽循環ポンプ	1	1	2	1	1	2
滴下液供給槽	3	4	24	2	4	16
滴下・熟成槽	3	1	6	2	1	4
洗浄装置	3	2	12	2	1	4
乾燥装置	3	2	12	2	1	4
乾燥ゲル球貯槽	3	6	36	2	3	12
焙焼炉	3	1	6	1	1	2
焙焼球貯槽	1	2	4	1	2	4
還元炉	1	1	2	1	1	2
還元球貯槽	1	2	4	1	2	4
焼結炉	1	1	2	1	1	2
貯蔵容器	1	270	270	1	120	120
		210	210		100	100
合計(容器、貯槽除く)			70			40

合計  
110

2/3 倍(基準に対して)  
133 tHM/year 以下

	大粒子(内側、外側)			小粒子(内側、外側)		
	系列数	機器数/系列	合計(内側+外側)	系列数	機器数/系列	合計(内側+外側)
U/Pu溶液供給槽	1	1	2	1	1	2
滴下混合槽	1	1	2	1	1	2
滴下液混合槽循環ポンプ	1	1	2	1	1	2
滴下液供給槽	2	4	16	2	4	16
滴下・熟成槽	2	1	4	2	1	4
洗浄装置	2	2	8	2	1	4
乾燥装置	2	2	8	2	1	4
乾燥ゲル球貯槽	2	4	16	2	3	12
焙焼炉	2	1	4	1	1	2
焙焼球貯槽	1	2	4	1	2	4
還元炉	1	1	2	1	1	2
還元球貯槽	1	2	4	1	2	4
焼結炉	1	1	2	1	1	2
貯蔵容器	1	180	180	1	80	80
		140	140		67	67
合計(容器、貯槽除く)			50			40

合計  
90

100 tHM/year 以下

	大粒子(内側、外側)			小粒子(内側、外側)		
	系列数	機器数/系列	合計(内側+外側)	系列数	機器数/系列	合計(内側+外側)
U/Pu溶液供給槽	1	1	2	1	1	2
滴下混合槽	1	1	2	1	1	2
滴下液混合槽循環ポンプ	1	1	2	1	1	2
滴下液供給槽	2	4	16	1	4	8
滴下・熟成槽	2	1	4	1	1	2
洗浄装置	2	2	8	1	1	2
乾燥装置	2	2	8	1	1	2
乾燥ゲル球貯槽	2	4	16	1	3	6
焙焼炉	2	1	4	1	1	2
焙焼球貯槽	1	2	4	1	2	4
還元炉	1	1	2	1	1	2
還元球貯槽	1	2	4	1	2	4
焼結炉	1	1	2	1	1	2
貯蔵容器	1	135	135	1	60	60
		105	105		50	50
合計(容器、貯槽除く)			50			26

合計  
76

1/3 倍(基準に対して)  
67 tHM/year 以下

	大粒子(内側、外側)			小粒子(内側、外側)		
	系列数	機器数/系列	合計(内側+外側)	系列数	機器数/系列	合計(内側+外側)
U/Pu溶液供給槽	1	1	2	1	1	2
滴下混合槽	1	1	2	1	1	2
滴下液混合槽循環ポンプ	1	1	2	1	1	2
滴下液供給槽	1	4	8	1	4	8
滴下・熟成槽	1	1	2	1	1	2
洗浄装置	1	2	4	1	1	2
乾燥装置	1	2	4	1	1	2
乾燥ゲル球貯槽	1	4	8	1	3	6
焙焼炉	1	1	2	1	1	2
焙焼球貯槽	1	2	4	1	2	4
還元炉	1	1	2	1	1	2
還元球貯槽	1	2	4	1	2	4
焼結炉	1	1	2	1	1	2
貯蔵容器	1	90	90	1	40	40
		70	70		33	33
合計(容器、貯槽除く)			30			26

合計  
56

## b. ブランケット燃料

ブランケット燃料の 200tHM/年（炉心燃料とブランケット燃料を合わせた年間処理量）の場合の機器数は表 3.2-8（既出）において示したように、臨界安全上の制限がないことから機器数が少なく処理系列（大粒子と小粒子）で 1 基のものが多く、200tHM/年を基準としてそれ以下の製造量の範囲においては、炉心燃料の場合とは異なり、機器のサイズが縮小される場合が多い。設備費の観点からは、処理量比例ではなく、装置スケールアップ時の設備費の概略積算法によく用いられる「指数乗則法」が適用される領域と考えられる（例えば、0.7 乗則を適用すれば、処理量が 2 倍になると設備費は 2 の 0.7 乗である 1.6 倍程度となる）。但し、表 3.2-3（既出）のように、ブランケット燃料製造の設備費は炉心燃料製造に比べて約 4 割であることから、炉心燃料製造を含めた場合の製造量と設備費の関係では、炉心燃料側の特性に影響されると考えられる。なおブランケット燃料製造に係わる機器リストを付録 2 に示した。

## c. その他

その他の検討として、機器コスト低減のため、炉心燃料の製造ラインについての大粒子と小粒子の混合製造の可能性を概略検討した。本検討における大粒子と小粒子の製造量の比は 7:3 である。ただし、ゲル化転換の前半の工程（滴下液混合～乾燥装置）においては、添加剤濃度が異なること、洗浄槽での洗浄時間が大粒子は 6 時間、小粒子は 3 時間と異なることから、別々の処理ラインとする必要がある。したがって、連続処理の焙焼工程、還元工程、焼結工程において大粒子と小粒子の混合が考えられるが、後工程への影響を考慮し、分級が容易な焼結工程における炉の共用可能性について検討した。表 3.2-9 に製造量 200tHM/年とそれが 2/3 の 66%（133tHM/年）、1/2 の 50%（100tHM/年）、1/3 の 33%（66tHM/年）の処理規模になった場合について、200tHM/年の処理量を基に割った値と焼結炉最大処理量とを比較しながら検討した結果を示す。133tHM/年の場合はいずれのラインにおいても大粒子と小粒子の合計処理に必要なトレーの枚数が 1 ラインの処理容量である 52 枚を上回っており、共用不可と判断される。しかし、100tHM/年以下の場合には 52 枚を下回っており、共用可能と判断される。

なお処理量比 7:3 のうちの少ない量の小粒子が大粒子側の装置の余裕分で処理可能と設定した。なお 66tHM/y の場合で焼結炉を共用した場合の設備費を概略比較すると、費用総

額は約 16%の節約効果が出ることがわかった。

表 3.2-9 焼結炉製造ライン共用の可能性

200 tHM / y (100%)

燃料区分	粒子区分	年間生産量 (t/y)	1日当り処理量 (kg/d)	必要皿数 (枚/日)	大小の合計 (枚/日)	焼結炉処理 可能枚数 (日/枚)	大粒子・小粒子 ライン共用可能性
内側炉心燃料	小粒子	15.3	76.5	47	98	> 52	×
	大粒子	35.8	179	51			×
外側炉心燃料	小粒子	13.3	66.5	41	85	> 52	×
	大粒子	30.95	154.8	44			×
ﾌﾞﾗﾝｹｯﾄ燃料	小粒子	46.8	234	48	100	> 52	×
	大粒子	109.8	549	52			×

133 tHM / y (66%)

燃料区分	粒子区分	年間生産量 (t/y)	1日当り処理量 (kg/d)	必要皿数 (枚/日)	大小の合計 (枚/日)	焼結炉処理 可能枚数 (日/枚)	大粒子・小粒子 ライン共用可能性
内側炉心燃料	小粒子	10.2	51	31.3	65.3	> 52	×
	大粒子	23.9	119.3	34			×
外側炉心燃料	小粒子	8.9	44.3	27.3	58.6	> 52	×
	大粒子	20.6	103.2	29.3			×
ﾌﾞﾗﾝｹｯﾄ燃料	小粒子	31.2	156	32	66.7	> 52	×
	大粒子	73.2	366	34.7			×

100 tHM / y (50%)

燃料区分	粒子区分	年間生産量 (t/y)	1日当り処理量 (kg/d)	必要皿数 (枚/日)	大小の合計 (枚/日)	焼結炉処理 可能枚数 (日/枚)	大粒子・小粒子 ライン共用可能性
内側炉心燃料	小粒子	7.65	38.25	23.5	49	< 52	
	大粒子	17.9	89.5	25.5			
外側炉心燃料	小粒子	6.65	33.3	20.5	42.5	< 52	
	大粒子	15.5	77.4	22			
ﾌﾞﾗﾝｹｯﾄ燃料	小粒子	23.4	117	24	50	< 52	
	大粒子	54.9	274.5	26			

67 tHM / y (33%)

燃料区分	粒子区分	年間生産量 (t/y)	1日当り処理量 (kg/d)	必要皿数 (枚/日)	大小の合計 (枚/日)	焼結炉処理 可能枚数 (日/枚)	大粒子・小粒子 ライン共用可能性
内側炉心燃料	小粒子	5.1	25.5	15.7	32.7	< 52	
	大粒子	11.9	59.7	17			
外側炉心燃料	小粒子	4.4	22.2	13.7	28.4	< 52	
	大粒子	10.3	51.6	14.7			
ﾌﾞﾗﾝｹｯﾄ燃料	小粒子	15.6	78	16	33.3	< 52	
	大粒子	36.6	183	17.3			

但し重量は $UO_2, PuO_2$ として算出

(3) コストの精度について

前項までにコスト評価を行ったが、炉心燃料の主工程機器については機器リストを基に積算を行った結果であるので数値自体の信頼性は高い。試薬回収工程では、検討の詳細度が主工程とは異なるため信頼度は下がるが、設備費は全体の16%である。

これとは別の観点で、以下に挙げるプロセス上の不確実性を考慮する必要がある。

- ・ 反応時間
- ・ 稼働率

これらは基礎試験データ、スケールアップデータが限定されていることによる不確実性である。

基礎試験データの不足についての例としては、洗浄工程の洗浄時間の設定値（大粒子：6時間、小粒子：3時間）が変更される場合である。スケールアップデータ不足の例としては、実機形式のプロセスで湿潤ゲル球の潰れる割合が増え、稼働率、製品歩留まりが悪くなる、特定の機器の部品故障率が大きく系列数を増加させて更なる冗長性を持たせるなどの場合である。

前者は、反応時間が長くなる分に相当する機器数を増加するなどの方策が考えられる。例えば全体の約7%の設備費を占める洗浄工程（乾燥工程を含む）の割合は、反応時間増加分にほぼ比例して増加することを考慮することになる。後者の場合は、ケース毎に対応策が異なることが予想され、且つ待機冗長の対策をとる場合はコストへの影響が大きくなる可能性があり注意が必要である。

### 3.3 廃棄物発生量に係わる検討

消耗品の交換頻度、設備機器の寿命を概算し、対象工程から発生する廃棄物について、種類、発生量、放射能レベルの検討を行った。分類内容は以下のとおりである。

廃棄物種類：液体廃棄物、気体廃棄物、固体廃棄物とし、固体廃棄物については、不燃、難燃、可燃別とした。

廃棄物区分：高レベル廃棄物、TRU を含む廃棄物、L1（高 ）廃棄物、低レベル廃棄物、極低レベル廃棄物、規制対象外廃棄物とした。

汚染汚染種類

- ルーズ：簡易な除染の適用が可能
- フィックス：新たな除染工程が必要
- 混入：除染不可

これらに対して、工程での使用数量を明らかにし、重量、交換頻度から年間の廃棄物発生量と重量を計算した。

なお、交換部品の選定及び交換頻度の設定は、平成 13 年度検討の保守性(稼働率)検討の成果を利用した。

#### (1)主工程

表 3.3-1 に主工程設備から発生する廃棄物を設備ごとに廃棄物名称、廃棄物区分、総発生量等を記した廃棄物発生量リストを示した（但し上記主工程廃棄物発生リストの廃棄物の対象は炉心燃料製造工程とする）。総発生量は約 5 t/年であり、そのほとんどが TRU 廃棄物で簡易な除染の適用が可能なものである。重量のうち、焼結炉の耐火材の占める割合が大きいですが、交換方法等の検討により廃棄物の減少を図る必要があるものと判断される。

液体廃棄物として発生するアンモニア廃液、洗浄廃液は処理工程にて回収処理が実施されるが、付帯設備となる廃液受槽、処理装置の増大化を招く要因となっている。また、これらの装置が臨界形状をとるため更にコスト増となる。200 リットルドラム缶当たり 81.1kg の不燃物を充填すると廃棄物ドラム缶数は約 65 本/年となる。

- ・表 3-3-1(1/2) 主工程廃棄物発生リスト
- ・表 3.3-1(2/2) 主工程廃棄物発生リスト

## (2)付帯設備

### a.試薬回収工程

試薬回収工程では、パーバレーション法によるゼオライト膜の経年劣化や膜表面へのスケーリング蓄積などにより透過能力が低下する現象による膜の交換、電気・電解透析においても高分子膜が長期間の使用により劣化して交換する必要が発生する。ゼオライト膜はメーカーデータより 2,500 時間程度である。電気・電解透析膜は文献データより 2,500 時間程度に 1 回の交換が必要と考えられる。従って、200t の生産量に対しては、年 1 回程度の交換頻度が必要と見積もられる。その他としては、IPA 蒸留操作前に添加される硝酸があるが、本工程での回収硝酸を再利用するので、廃棄物ゼロと考えた。表 3.3-2 に試薬回収工程の廃棄物発生リストを示す。

・表 3-3-2 試薬回収工程廃棄物発生リスト

### b.分析工程

分析に伴う廃棄物については「2.3 品質に関わる検討」において検討したのでここでは主に分析に伴って廃棄物となる試料中の TRU の移行量について検討した。結果を表 3.3-3 に示す。分析に伴う TRU の移行量は約 11kgHM/年と評価された。基本的に分析に使用した粉末は、不純物が混入する可能性を考慮してリワークとして原料に戻すことはしないこととした（但し分析工程廃棄物発生リストの廃棄物の対象は炉心燃料製造工程とブランケット燃料製造工程の両方を含む）。

・表 3-3-3(1/7)～表 3-3-3 (7/7) 分析 TRU 廃棄物発生リストと移行量

## (3)保守・補修

表 3.3-4 に保守・補修設備から発生する廃棄物を設備ごとに廃棄物名称、廃棄物区分、総発生量等を記した廃棄物発生量リストを示した。マスタースレーブマニピュレーターの機器数が多く、定期交換に伴う廃棄物発生量増大の原因となっている。

・表 3.3-4 保守・補修設備廃棄物発生リスト

表3.3-1 主工程廃棄物発生リスト(1/2)

発生元設備	廃棄物名称	廃棄物種類			廃棄物区分						汚染種類			系列数(基数)	使用数量		主要材質	交換頻度	総発生量		備考
		液体	気体	固体	高*1	TR U*2	L1 *3	低*4	極低*5	外*6	ル-ス	フィ-ス	混入		数量	重量 kg			数量/年	重量 kg/年	
Pu/U溶液供給槽	Pu/U供給バルブ												4(4)	4個	10	SUS	1回/10年	約0.4個/年	4		
Pu/U溶液供給槽	排出バルブ												4(4)	4個	10	SUS	1回/10年	約0.4個/年	4		
滴下液混合	Pu/U供給バルブ												4(4)	4個	10	SUS	1回/10年	約0.4個/年	4		
滴下液混合	PVA供給バルブ												4(4)	4個	10	SUS	1回/10年	約0.4個/年	4		
滴下液混合	THFA供給バルブ												4(4)	4個	10	SUS	1回/10年	約0.4個/年	4		
滴下液混合	排出・攪拌バルブ												4(4)	4個	10	SUS	1回/10年	約0.4個/年	4		
滴下液混合	循環ポンプ												8(4)	8基	200	SUS	1回/5年	約1.6基/年	320		
滴下液供給	供給バルブ												10(40)	40個	10	SUS	1回/10年	約4個/年	40		
滴下液供給	移送バルブ												10(40)	40個	10	SUS	1回/10年	約4個/年	40		
滴下液供給	排出バルブ												10(40)	40個	10	SUS	1回/10年	約4個/年	40		
滴下・熟成	アンモニア供給バルブ												10(10)	10個	10	SUS	1回/10年	約1個/年	10		
滴下・熟成	排出バルブ												10(10)	10個	10	SUS	1回/10年	約1個/年	10		
滴下・熟成	滴下ノズル(大粒子)												2(6)	84本	0.5	SUS	1回/1年	約24個/年	6		
滴下・熟成	滴下ノズル(小粒子)												2(4)	336本	0.5	SUS	1回/1年	約88個/年	44		
滴下・熟成	パイプレータ												10(10)	40基	20	SS	1回/5年	約8基/年	80		
滴下・熟成	アンモニア廃ガス												-	-	-	-	-	30Nm <sup>3</sup> /d		試薬回収工程へ	
滴下・熟成	アンモニア廃液												-	-	-	-	-	5.0m <sup>3</sup> /d		試薬回収工程へ	
洗浄	洗浄水入口バルブ												10(16)	16個	10	SUS	1回/10年	約1.6個/年	16		
洗浄	IPAバルブ												10(16)	16個	10	SUS	1回/10年	約1.6個/年	16		
洗浄	排出バルブ												10(16)	16個	10	SUS	1回/10年	約1.6個/年	16		
洗浄	洗浄廃液												-	-	-	-	-	21m <sup>3</sup> /d		試薬回収工程へ	
乾燥	排気凝縮液												-	-	-	-	-	3.5m <sup>3</sup> /d		試薬回収工程へ	
乾燥	本体回転モータ												10(16)	16基	5	SS、Cu	1回/10年	約1.6基/年	8		
乾燥	駆動部												10(16)	16基	15	SS	1回/10年	約1.6基/年	24		
乾燥	供給バルブ												10(16)	16個	10	SUS	1回/10年	約1.6個/年	16		
乾燥	排出バルブ												10(16)	16個	10	SUS	1回/10年	約1.6個/年	16		
乾燥	減圧バルブ												10(16)	16個	10	SUS	1回/10年	約1.6個/年	16		
乾燥ゲル球貯槽	排出バルブ												36	36個	10	SUS	1回/10年	約3.6個/年	36		
焙焼	計量供給装置モータ												4(16)	16基	2	SS、Cu	1回/10年	約1.6基/年	3.2		
焙焼	計量供給装置ロータ												4(16)	16基	10	SUS	1回/5年	約2基/年	20		
焙焼	計量供給装置回転駆動部												4(16)	16基	3	SS	1回/10年	約1.6基/年	4.8		
焙焼	焙焼炉ヒータ												4(8)	8基	200	モリブデン、セラミックス	1回/10年	約0.8基/年	160		
焙焼	保温材												4(8)	8個	30	ロックウール	1回/5年	約2基/年	60		
焙焼	本体回転モータ												4(8)	8基	5	SS、Cu	1回/10年	約0.8基/年	4		
焙焼	本体回転駆動部												4(8)	8基	15	SS	1回/10年	約0.8基/年	12		
焙焼	供給バルブ												4(8)	8個	10	SUS	1回/2年	約4個/年	40		
焙焼	空気バルブ												4(8)	8個	10	SUS	1回/10年	約0.8個/年	8		
焙焼	焙焼廃ガス												-	-	-	-	-	20,000 Nm <sup>3</sup> /d			
焙焼球貯槽	供給バルブ												8	8個	10	SUS	1回/2年	約4個/年	40		
焙焼球貯槽	排出弁												8	8個	10	SUS	1回/2年	約4個/年	40		

表3.3-1 廃棄物発生量リスト(2/2)

発生元設備	廃棄物名称	廃棄物種類			廃棄物区分						汚染種類			系列数(基数)	使用数量		主要材質	交換頻度	総発生量		備考		
		液体	気体	固体			高*1	TRU*2	L1*3	低*4	極低*5	外*6	ル-ス		フイ-ス	混入			数量	重量 kg		数量/年	重量 kg/年
				不燃	難燃	可燃																	
還元	計量供給装置モータ													4(8)	8基	2	SS、Cu	1回/10年	約0.8基/年	1.6			
還元	計量供給装置ロータ													4(8)	8基	10	SUS	1回/5年	約0.8基/年	8			
還元	計量供給装置回転駆動部													4(8)	8基	3	SS	1回/10年	約0.8基/年	2.4			
還元	還元炉ヒータ											-	-	4(4)	4基	200	モリブデン、セラミックス	1回/5年	約0.4基/年	80			
還元	保温材											-	-	4(4)	4個	30	ロックウール	1回/5年	約0.8基/年	24			
還元	本体回転モータ													4(4)	4基	5	SS、Cu	1回/10年	約0.4基/年	2			
還元	本体回転駆動部													4(4)	4基	15	SS	1回/10年	約0.4基/年	6			
還元	供給バルブ													4(4)	4個	10	SUS	1回/2年	約2個/年	20			
還元	空気バルブ													4(4)	4個	10	SUS	1回/10年	約0.4個/年	4			
還元	還元廃ガス											-	-	-	-	-	-	-	-	1,200 Nm <sup>3</sup> /d			
還元球貯槽	供給バルブ													8	8個	10	SUS	1回/2年	約4個/年	40			
還元球貯槽	排出バルブ													8	8個	10	SUS	1回/2年	約4個/年	40			
焼結炉	耐火材											-	-	4(4)	4式	20000	アルミナ	1回/5年	約0.8個/年	3200	交換時に全体の1/5を取替と仮定		
焼結炉	ビーム駆動部													4(8)	8式	200	SS	1回/10年	約0.8個/年	160			
焼結炉	油圧シリンダ													4(8)	8個	10	SUS	1回/5年	約1.6個/年	40			
焼結炉	ヒーター											-	-	4(32)	32式	40	Mo	1回/3年	約8個/年	320			
焼結炉	還元ガス供給弁													4(4)	4個	10	SUS	1回/10年	約0.4個/年	4			
焼結炉	排気弁													4(4)	4個	10	SUS	1回/10年	約0.4個/年	4			
焼結炉	焼結廃ガス											-	-	-	-	-	-	-	-	1,200 Nm <sup>3</sup> /d			
気流移送	ノズル駆動部													4(4)	4基	5	SS	1回/10年	約1.2個/年	6			
気流移送	ブロワ													4(4)	4台	20	SUS	1回/10年	約0.4個/年	8			
気流移送	供給弁													4(4)	4個	10	SUS	1回/10年	約0.4個/年	4			
気流移送	ロータリーフィーダー													4(4)	4個	15	SUS	1回/5年	約0.8個/年	12			
乾燥ゲル球貯槽 搬送AGV	モーター														6基	5	SUS	1回/10年	約0.6基/年	3			
貯蔵容器搬送 AGV	モーター													4(4)	4基	5	SUS	1回/10年	約0.4基/年	2			
乾燥ゲル球貯槽 吊り上げクレーン	巻き上げモーター													4(4)	4基	70	SUS	1回/10年	約0.8個/年	56			
乾燥ゲル球貯槽 吊り上げクレーン	ワイヤーロープ													4(4)	4基	15	SUS	1回/10年	約0.8基/年	12			
乾燥ゲル球貯槽 移載ローダ	モーター													4(4)	8基	5	SUS	1回/10年	約0.8個/年	4			
貯蔵容器移載 ローダ	モーター													4(4)	4基	5	SUS	1回/10年	約0.4個/年	2			

\*1:1高レベル廃棄物 \*2:TRUを含む廃棄物 \*3:L1(高)廃棄物 \*4:低レベル廃棄物 \*5:極低レベル廃棄物 \*6:規制対象外廃棄物

合計 (kg/年) 5235

表3.3-2 試薬回収工程廃棄物発生リスト

	廃棄物名称	発生場所	性状・形状 年間発生量		固体廃棄物 年間発生量 (200L <sup>※</sup> 缶)	備考
プロセス 廃棄物	ゼオライト膜	I P A回収設備	ゼオライト膜 モジュール	0.4m <sup>3</sup>	2本	
	電気透析膜	電気電解膜設備	スチレン系重合膜	0.04m <sup>3</sup>	1本	難燃性 左記は焼却減容後の 体積で減容前の1/50
	電解透析膜	電気電解膜設備	スチレン系重合膜	0.1m <sup>3</sup>	1本	金属 + 弗素系樹脂 補強構造

表3.3-3 分析に伴うTRU廃棄物発生リストと移行量(1/7)

分析設備	発生元設備	廃棄物名称	廃棄物種類					廃棄物区分	汚染種類			対象ライン	サンプリング数(1系列当り)	分析頻度 (回/日)	分析回数 (回/年)	液体 分析時廃棄物量 (ml/回)	固体 分析時廃棄物量 (g/回)	雑固体 容器廃棄物量 (g/回)	廃棄物総発生量			液体 TRU含有濃度 (gHM/ml)	固体 TRU含有濃度 (gHM/g)	TRU廃棄物発生量 液又は固体中 (gHM/年)				
			液体	気体	固体				TRU*2	ルース	フィクス								混入	液体	固体				雑固体	液体 (ml/年)	固体 (g/年)	雑固体 (g/年)
					不燃	難燃	可燃																					
自動電位差滴定装置	Pu/U溶液供給槽	Pu/U濃度測定廃液										炉心大粒子	1	1	200	100	0	5	20000	—	1000	6.9.E-02	—	1.4.E+01				
自動電位差滴定装置	Pu/U溶液供給槽	Pu/U濃度測定廃液										炉心小粒子	1	1	200	100	0	5	20000	—	1000	5.6.E-02	—	1.1.E+01				
自動電位差滴定装置	Pu/U溶液供給槽	Pu/U濃度測定廃液										ブランク	1	1	200	100	0	5	20000	—	1000	0.0.E+00	—	0.0.E+00				
自動電位差滴定装置	滴下・熟成	アンモニア廃液										炉心大粒子(内)	1	1	200	100	0	5	20000	—	1000	3.0.E-02	—	5.9.E+00				
自動電位差滴定装置	滴下・熟成	アンモニア廃液										炉心小粒子(内)	1	1	200	100	0	5	20000	—	1000	3.5.E-02	—	7.0.E+00				
自動電位差滴定装置	滴下・熟成	アンモニア廃液										炉心大粒子(外)	1	1	200	100	0	5	20000	—	1000	2.3.E-02	—	4.6.E+00				
自動電位差滴定装置	滴下・熟成	アンモニア廃液										炉心小粒子(外)	1	1	200	100	0	5	20000	—	1000	2.3.E-02	—	4.6.E+00				
自動電位差滴定装置	滴下・熟成	アンモニア廃液										ブランク大	1	1	200	100	0	5	20000	—	1000	0.0.E+00	—	0.0.E+00				
自動電位差滴定装置	滴下・熟成	アンモニア廃液										ブランク小	1	1	200	100	0	5	20000	—	1000	0.0.E+00	—	0.0.E+00				
自動電位差滴定装置	洗浄	水洗浄廃液										炉心大粒子(内)	1	1	200	100	0	5	20000	—	1000	3.0.E-04	—	5.9.E-02				
自動電位差滴定装置	洗浄	水洗浄廃液										炉心小粒子(内)	1	1	200	100	0	5	20000	—	1000	3.5.E-04	—	7.0.E-02				
自動電位差滴定装置	洗浄	水洗浄廃液										炉心大粒子(外)	1	1	200	100	0	5	20000	—	1000	2.3.E-04	—	4.6.E-02				
自動電位差滴定装置	洗浄	水洗浄廃液										炉心小粒子(外)	1	1	200	100	0	5	20000	—	1000	2.3.E-04	—	4.6.E-02				
自動電位差滴定装置	洗浄	水洗浄廃液										ブランク大	1	1	200	100	0	5	20000	—	1000	0.0.E+00	—	0.0.E+00				
自動電位差滴定装置	洗浄	水洗浄廃液										ブランク小	1	1	200	100	0	5	20000	—	1000	0.0.E+00	—	0.0.E+00				
自動電位差滴定装置	洗浄	IPA洗浄廃液										炉心大粒子(内)	1	1	200	100	0	5	20000	—	1000	3.0.E-06	—	5.9.E-04				
自動電位差滴定装置	洗浄	IPA洗浄廃液										炉心小粒子(内)	1	1	200	100	0	5	20000	—	1000	3.5.E-06	—	7.0.E-04				
自動電位差滴定装置	洗浄	IPA洗浄廃液										炉心大粒子(外)	1	1	200	100	0	5	20000	—	1000	2.3.E-06	—	4.6.E-04				
自動電位差滴定装置	洗浄	IPA洗浄廃液										炉心小粒子(外)	1	1	200	100	0	5	20000	—	1000	2.3.E-06	—	4.6.E-04				
自動電位差滴定装置	洗浄	IPA洗浄廃液										ブランク大	1	1	200	100	0	5	20000	—	1000	0.0.E+00	—	0.0.E+00				
自動電位差滴定装置	洗浄	IPA洗浄廃液										ブランク小	1	1	200	100	0	5	20000	—	1000	0.0.E+00	—	0.0.E+00				
小計																								4.7.E+01				



表3.3-3 分析に伴うTRU廃棄物発生リストと移行量(3/7)

分析設備	発生元設備	廃棄物名称	廃棄物種類			TRU*2	汚染種類			対象ライン	サンプリング数(1系列当り)	分析頻度 (回/日)	分析回数 (回/年)	液体 分析時廃棄物量 (ml/回)	固体 分析時廃棄物量 (g/回)	雑固体 容器廃棄物量 (g/回)	廃棄物総発生量			液体 TRU含有濃度 (gHM/ml)	固体 TRU含有濃度 (gHM/g)	TRU廃棄物 発生量 (gHM/年)					
			液体	気体	固体			ルース	フィクス								混入	液体	固体				雑固体	液体 (ml/年)	固体 (g/年)	雑固体 (g/年)	
					不燃		難燃																				可燃
ガスクロマトグラフ	滴下・熟成	アンモニア廃液								炉心大粒子(内)	1	1	200	1	0	15	200	-	3000	3.0.E-02	-	5.9.E+00					
ガスクロマトグラフ	滴下・熟成	アンモニア廃液								炉心小粒子(内)	1	1	200	1	0	15	200	-	3000	3.5.E-02	-	7.0.E+00					
ガスクロマトグラフ	滴下・熟成	アンモニア廃液								炉心大粒子(外)	1	1	200	1	0	15	200	-	3000	2.3.E-02	-	4.6.E+00					
ガスクロマトグラフ	滴下・熟成	アンモニア廃液								炉心小粒子(外)	1	1	200	1	0	15	200	-	3000	2.3.E-02	-	4.6.E+00					
ガスクロマトグラフ	滴下・熟成	アンモニア廃液								ブラケット大	1	1	200	1	0	15	200	-	3000	0.0.E+00	-	0.0.E+00					
ガスクロマトグラフ	滴下・熟成	アンモニア廃液								ブラケット小	1	1	200	1	0	15	200	-	3000	0.0.E+00	-	0.0.E+00					
ガスクロマトグラフ	洗浄	水洗浄廃液								炉心大粒子(内)	1	1	200	1	0	15	200	-	3000	3.0.E-04	-	5.9.E-02					
ガスクロマトグラフ	洗浄	水洗浄廃液								炉心小粒子(内)	1	1	200	1	0	15	200	-	3000	3.5.E-04	-	7.0.E-02					
ガスクロマトグラフ	洗浄	水洗浄廃液								炉心大粒子(外)	1	1	200	1	0	15	200	-	3000	2.3.E-04	-	4.6.E-02					
ガスクロマトグラフ	洗浄	水洗浄廃液								炉心小粒子(外)	1	1	200	1	0	15	200	-	3000	2.3.E-04	-	4.6.E-02					
ガスクロマトグラフ	洗浄	水洗浄廃液								ブラケット大	1	1	200	1	0	15	200	-	3000	0.0.E+00	-	0.0.E+00					
ガスクロマトグラフ	洗浄	水洗浄廃液								ブラケット小	1	1	200	1	0	15	200	-	3000	0.0.E+00	-	0.0.E+00					
ガスクロマトグラフ	洗浄	IPA洗浄廃液								炉心大粒子(内)	1	1	200	1	0	15	200	-	3000	3.0.E-06	-	5.9.E-04					
ガスクロマトグラフ	洗浄	IPA洗浄廃液								炉心小粒子(内)	1	1	200	1	0	15	200	-	3000	3.5.E-06	-	7.0.E-04					
ガスクロマトグラフ	洗浄	IPA洗浄廃液								炉心大粒子(外)	1	1	200	1	0	15	200	-	3000	2.3.E-06	-	4.6.E-04					
ガスクロマトグラフ	洗浄	IPA洗浄廃液								炉心小粒子(外)	1	1	200	1	0	15	200	-	3000	2.3.E-06	-	4.6.E-04					
ガスクロマトグラフ	洗浄	IPA洗浄廃液								ブラケット大	1	1	200	1	0	15	200	-	3000	0.0.E+00	-	0.0.E+00					
ガスクロマトグラフ	洗浄	IPA洗浄廃液								ブラケット小	1	1	200	1	0	15	200	-	3000	0.0.E+00	-	0.0.E+00					
ガスクロマトグラフ	焼結	焼結球								炉心大粒子(内)	1	2	400	0	1	15	-	400	6000	-	1.9.E-01	7.8.E+01					
ガスクロマトグラフ	焼結	焼結球								炉心小粒子(内)	1	2	400	0	1	15	-	400	6000	-	1.9.E-01	7.8.E+01					
ガスクロマトグラフ	焼結	焼結球								炉心大粒子(外)	1	2	400	0	1	15	-	400	6000	-	2.3.E-01	9.2.E+01					
ガスクロマトグラフ	焼結	焼結球								炉心小粒子(外)	1	2	400	0	1	15	-	400	6000	-	2.3.E-01	9.2.E+01					
ガスクロマトグラフ	焼結	焼結球								ブラケット大	1	2	400	0	1	15	-	400	6000	-	0.0.E+00	0.0.E+00					
ガスクロマトグラフ	焼結	焼結球								ブラケット小	1	2	400	0	1	15	-	400	6000	-	0.0.E+00	0.0.E+00					
小計																	3600	2400	90000			3.6.E+02					



表3.3-3 分析に伴うTRU廃棄物発生リストと移行量(5/7)

分析設備	発生元設備	廃棄物名称	廃棄物種類					廃棄物区分 TRU*2	汚染種類			対象ライン	サンプリング数(1系列当り)	分析頻度 (回/日)	分析回数 (回/年)	液体 分析時廃棄物量 (ml/回)	固体 分析時廃棄物量 (g/回)	雑固体 容器廃棄物量 (g/回)	廃棄物総発生量			液体 TRU含有濃度 (gHM/ml)	固体 TRU含有濃度 (gHM/g)	TRU廃棄物発生量 液又は固体中 (gHM/年)			
			液体	気体	固体				ル- ス	フイ ス	混 入								液体	固体	雑固体				(ml/年)	(g/年)	(g/年)
					不燃	難燃	可燃																				
ICP-AES	滴下・熟成	アンモニア廃液											炉心大粒子 (内)	1	1	200	100	0	5	20000	-	1000	3.0.E-02	-	5.9.E+00		
ICP-AES	滴下・熟成	アンモニア廃液											炉心小粒子 (内)	1	1	200	100	0	5	20000	-	1000	3.5.E-02	-	7.0.E+00		
ICP-AES	滴下・熟成	アンモニア廃液											炉心大粒子 (外)	1	1	200	100	0	5	20000	-	1000	2.3.E-02	-	4.6.E+00		
ICP-AES	滴下・熟成	アンモニア廃液											炉心小粒子 (外)	1	1	200	100	0	5	20000	-	1000	2.3.E-02	-	4.6.E+00		
ICP-AES	滴下・熟成	アンモニア廃液											ブラケット大	1	1	200	100	0	5	20000	-	1000	0.0.E+00	-	0.0.E+00		
ICP-AES	滴下・熟成	アンモニア廃液											ブラケット小	1	1	200	100	0	5	20000	-	1000	0.0.E+00	-	0.0.E+00		
ICP-AES	洗浄	水洗浄廃液											炉心大粒子 (内)	1	1	200	100	0	5	20000	-	1000	3.0.E-04	-	5.9.E-02		
ICP-AES	洗浄	水洗浄廃液											炉心小粒子 (内)	1	1	200	100	0	5	20000	-	1000	3.5.E-04	-	7.0.E-02		
ICP-AES	洗浄	水洗浄廃液											炉心大粒子 (外)	1	1	200	100	0	5	20000	-	1000	2.3.E-04	-	4.6.E-02		
ICP-AES	洗浄	水洗浄廃液											炉心小粒子 (外)	1	1	200	100	0	5	20000	-	1000	2.3.E-04	-	4.6.E-02		
ICP-AES	洗浄	水洗浄廃液											ブラケット大	1	1	200	100	0	5	20000	-	1000	0.0.E+00	-	0.0.E+00		
ICP-AES	洗浄	水洗浄廃液											ブラケット小	1	1	200	100	0	5	20000	-	1000	0.0.E+00	-	0.0.E+00		
ICP-AES	洗浄	IPA洗浄廃液											炉心大粒子 (内)	1	1	200	100	0	5	20000	-	1000	3.0.E-06	-	5.9.E-04		
ICP-AES	洗浄	IPA洗浄廃液											炉心小粒子 (内)	1	1	200	100	0	5	20000	-	1000	3.5.E-06	-	7.0.E-04		
ICP-AES	洗浄	IPA洗浄廃液											炉心大粒子 (外)	1	1	200	100	0	5	20000	-	1000	2.3.E-06	-	4.6.E-04		
ICP-AES	洗浄	IPA洗浄廃液											炉心小粒子 (外)	1	1	200	100	0	5	20000	-	1000	2.3.E-06	-	4.6.E-04		
ICP-AES	洗浄	IPA洗浄廃液											ブラケット大	1	1	200	100	0	5	20000	-	1000	0.0.E+00	-	0.0.E+00		
ICP-AES	洗浄	IPA洗浄廃液											ブラケット小	1	1	200	100	0	5	20000	-	1000	0.0.E+00	-	0.0.E+00		
ICP-AES	焼結	焼結球											炉心大粒子 (内)	1	2	400	100	1	5	40000	400	2000	-	1.9.E-01	7.8.E+01		
ICP-AES	焼結	焼結球											炉心小粒子 (内)	1	2	400	100	1	5	40000	400	2000	-	1.9.E-01	7.8.E+01		
ICP-AES	焼結	焼結球											炉心大粒子 (外)	1	2	400	100	1	5	40000	400	2000	-	2.3.E-01	9.2.E+01		
ICP-AES	焼結	焼結球											炉心小粒子 (外)	1	2	400	100	1	5	40000	400	2000	-	2.3.E-01	9.2.E+01		
ICP-AES	焼結	焼結球											ブラケット大	1	2	400	100	1	5	40000	400	2000	-	0.0.E+00	0.0.E+00		
ICP-AES	焼結	焼結球											ブラケット小	1	2	400	100	1	5	40000	400	2000	-	0.0.E+00	0.0.E+00		
小計																			600000	2400	30000			3.6.E+02			

表3.3-3 分析に伴うTRU廃棄物発生リストと移行量(6/7)

分析設備	発生元設備	廃棄物名称	廃棄物種類			TRU*2	汚染種類			対象ライン	サンプリング数(1系列当り)	分析頻度 (回/日)	分析回数 (回/年)	液体 分析時廃棄物量 (mL/回)	固体 分析時廃棄物量 (g/回)	雑固体 容器廃棄物量 (g/回)	廃棄物総発生量			液体 TRU含有濃度 (gHM/ml)	固体 TRU含有濃度 (gHM/g)	TRU廃棄物 発生量 (gHM/年)					
			液体	気体	固体			ル- ス	フイ ス								混 入	液体	固体				雑固体	液体	固体	雑固体	
					不燃		難燃																				可燃
ICP-MS	焼結	焼結球											100	1	5	40000	400	2000	-	1.9.E-01	7.8.E+01						
ICP-MS	焼結	焼結球											100	1	5	40000	400	2000	-	1.9.E-01	7.8.E+01						
ICP-MS	焼結	焼結球											100	1	5	40000	400	2000	-	2.3.E-01	9.2.E+01						
ICP-MS	焼結	焼結球											100	1	5	40000	400	2000	-	2.3.E-01	9.2.E+01						
ICP-MS	焼結	焼結球											100	1	5	40000	400	2000	-	0.0.E+00	0.0.E+00						
ICP-MS	焼結	焼結球											100	1	5	40000	400	2000	-	0.0.E+00	0.0.E+00						
小計																240000	2400	12000			3.4.E+02						
走査型プローブ顕微鏡	焼結	焼結球											0	1	5	-	400	2000	-	1.9.E-01	7.8.E+01						
走査型プローブ顕微鏡	焼結	焼結球											0	1	5	-	400	2000	-	1.9.E-01	7.8.E+01						
走査型プローブ顕微鏡	焼結	焼結球											0	1	5	-	400	2000	-	2.3.E-01	9.2.E+01						
走査型プローブ顕微鏡	焼結	焼結球											0	1	5	-	400	2000	-	2.3.E-01	9.2.E+01						
走査型プローブ顕微鏡	焼結	焼結球											0	1	5	-	400	2000	-	0.0.E+00	0.0.E+00						
走査型プローブ顕微鏡	焼結	焼結球											0	1	5	-	400	2000	-	0.0.E+00	0.0.E+00						
小計																	2400	12000			3.4.E+02						
樹脂埋込み装置・研磨装置	焼結	焼結球											0	10	10	-	4000	4000	-	1.9.E-01	7.8.E+02						
樹脂埋込み装置・研磨装置	焼結	焼結球											0	10	10	-	4000	4000	-	1.9.E-01	7.8.E+02						
樹脂埋込み装置・研磨装置	焼結	焼結球											0	10	10	-	4000	4000	-	2.3.E-01	9.2.E+02						
樹脂埋込み装置・研磨装置	焼結	焼結球											0	10	10	-	4000	4000	-	2.3.E-01	9.2.E+02						
樹脂埋込み装置・研磨装置	焼結	焼結球											0	10	10	-	4000	4000	-	0.0.E+00	0.0.E+00						
樹脂埋込み装置・研磨装置	焼結	焼結球											0	10	10	-	4000	4000	-	0.0.E+00	0.0.E+00						
小計																	24000	24000			3.4.E+03						
自動比表面積測定装置	焼結	焼結球											0	3	5	-	1200	2000	-	1.9.E-01	2.3.E+02						
自動比表面積測定装置	焼結	焼結球											0	3	5	-	1200	2000	-	1.9.E-01	2.3.E+02						
自動比表面積測定装置	焼結	焼結球											0	3	5	-	1200	2000	-	2.3.E-01	2.7.E+02						
自動比表面積測定装置	焼結	焼結球											0	3	5	-	1200	2000	-	2.3.E-01	2.7.E+02						
自動比表面積測定装置	焼結	焼結球											0	3	5	-	1200	2000	-	0.0.E+00	0.0.E+00						
自動比表面積測定装置	焼結	焼結球											0	3	5	-	1200	2000	-	0.0.E+00	0.0.E+00						
小計																	7200	12000			1.0.E+03						

表3.3-3 分析に伴うTRU廃棄物発生リストと移行量(7/7)

分析設備	発生元設備	廃棄物名称	廃棄物種類			TRU*2	汚染種類			対象ライン	サンプリング数(1系列当り)	分析頻度 (回/日)	分析回数 (回/年)	液体 分析時廃棄物量 (ml/回)	固体 分析時廃棄物量 (g/回)	雑固体 容器廃棄物量 (g/回)	廃棄物総発生量			液体 TRU含有濃度 (gHM/ml)	固体 TRU含有濃度 (gHM/g)	TRU廃棄物 発生量 (gHM/年)
			液体	気体	固体		不燃	難燃	可燃								ルース	フラス	混入			
乾式自動密度計	焼結	焼結球																1200	2000	-	1.9E-01	2.3E+02
乾式自動密度計	焼結	焼結球																1200	2000	-	1.9E-01	2.3E+02
乾式自動密度計	焼結	焼結球																1200	2000	-	2.3E-01	2.7E+02
乾式自動密度計	焼結	焼結球																1200	2000	-	2.3E-01	2.7E+02
乾式自動密度計	焼結	焼結球																1200	2000	-	0.0E+00	0.0E+00
乾式自動密度計	焼結	焼結球																1200	2000	-	0.0E+00	0.0E+00
小計																		7200	12000			1.0E+03
レーザー回折式粒度分布測定装置	焼結	焼結球																400	2000	-	1.9E-01	7.8E+01
レーザー回折式粒度分布測定装置	焼結	焼結球																400	2000	-	1.9E-01	7.8E+01
レーザー回折式粒度分布測定装置	焼結	焼結球																400	2000	-	2.3E-01	9.2E+01
レーザー回折式粒度分布測定装置	焼結	焼結球																400	2000	-	2.3E-01	9.2E+01
レーザー回折式粒度分布測定装置	焼結	焼結球																400	2000	-	0.0E+00	0.0E+00
レーザー回折式粒度分布測定装置	焼結	焼結球																400	2000	-	0.0E+00	0.0E+00
小計																		2400	12000			3.4E+02
赤外線水分計	焼結	焼結球																2000	2000	-	1.9E-01	3.9E+02
赤外線水分計	焼結	焼結球																2000	2000	-	1.9E-01	3.9E+02
赤外線水分計	焼結	焼結球																2000	2000	-	2.3E-01	4.6E+02
赤外線水分計	焼結	焼結球																2000	2000	-	2.3E-01	4.6E+02
赤外線水分計	焼結	焼結球																2000	2000	-	0.0E+00	0.0E+00
赤外線水分計	焼結	焼結球																2000	2000	-	0.0E+00	0.0E+00
小計																		12000	12000			1.7E+03
示差熱・熱重量同時測定装置	焼結	焼結球																2000	2000	-	1.9E-01	3.9E+02
示差熱・熱重量同時測定装置	焼結	焼結球																2000	2000	-	1.9E-01	3.9E+02
示差熱・熱重量同時測定装置	焼結	焼結球																2000	2000	-	2.3E-01	4.6E+02
示差熱・熱重量同時測定装置	焼結	焼結球																2000	2000	-	2.3E-01	4.6E+02
示差熱・熱重量同時測定装置	焼結	焼結球																2000	2000	-	0.0E+00	0.0E+00
示差熱・熱重量同時測定装置	焼結	焼結球																2000	2000	-	0.0E+00	0.0E+00
小計																		12000	12000			1.7E+03
TRU発生量合計(kg)																2469	79.2	531	-	-	11.3	

表3.3-4 保守・補修設備廃棄物発生リスト

発生元設備	廃棄物名称	廃棄物種類					廃棄物区分						汚染種類			使用数量		主要材質	交換頻度	総発生量		備考	
		液体	気体	固体			高 *1	TR U*2	L1 *3	低 *4	極 低 *5	外 *6	ル ス	フ ィ ス	混 入	系列数 (基数)	数量			重量 kg	数量/年		重量 kg/年
				不燃	難燃	可燃																	
保守セル搬送台車	モーター														4(4)	4基	40	SUS	1回/10年	約0.4台/年	16		
インセルクレーン	走行モーター														4(8)	8基	40	SUS	1回/10年	約0.8基/年	32		
インセルクレーン	横行モーター														4(8)	8基	40	SUS	1回/10年	約0.8基/年	32		
インセルクレーン	巻き上げモーター														4(8)	8基	70	SUS	1回/10年	約0.8基/年	56		
インセルクレーン	ワイヤーロープ														4(8)	8基	5	SUS	1回/10年	約0.8基/年	4		
ハワーマニプレーター	先端ユニット														4(12)	12基	200	SUS	1回/10年	約1.2基/年	240		
マスタースレーブマニピュレーター	先端ユニット														4(124)	124基	100	SUS	1回/10年	約12.4基/年	1240		
トラバース	走行モーター															6基	40	SUS	1回/10年	約0.6基/年	24		
																			合計	(kg/年)	1644		

\*1:1高レベル廃棄物 \*2:TRUを含む廃棄物 \*3:L1(高)廃棄物 \*4:低レベル廃棄物 \*5:極低レベル廃棄物 \*6:規制対象外廃棄物

### 3.4 メンテナンス性の評価

#### (1) メンテナンス性の検討

ゲル化顆粒燃料製造プロセスの機器の遠隔保守メンテナンスは「2.6 保守・補修の調査」にて検討したとおり工程セル、保守セル（含除染）での作業が必要となる。したがってできるだけ故障を迅速に復旧できる機器配置と方式が必要である。

低除染/ペレット燃料製造プラント技術調査報告書（JNC ZJ9420 2001-001）によれば低除染/ペレット燃料製造プラントにおける主要機器の遠隔保守メンテナンス方式としてサイドアクセス方式が採用されている。ゲル化顆粒燃料製造プラントにおいても比較的頻度の高いメンテナンス作業が必要となることから、メンテナンス性のよいサイドアクセス方式を採用している。階上アクセス方式は全て上部ハッチを通したPMによる作業が必要になるのに対して、サイドアクセス方式はセル壁の遮蔽ガラス窓を通した肉眼視と機械的フィードバックが得られることから直接的で微細な操作感が得られ、優れた作業性を有する。

保守・補修のメンテナンスが必要になった場合の主な例として滴下・熟成工程で振動ノズルの閉塞が生じた場合がある。この場合「2.6 保守・補修の調査」にて検討したように振動ノズルの交換が必要になり、交換後に閉塞したノズルユニットは除染セルに運搬後メンテナンスして閉塞を解除する。

また保守エリアについては ICC/PM の保守を計画している。ICC/PM は比較的保守頻度が高いと想定されることから、ICC/PM はプロセスセルに隣接した ICC/PM 保守セルに搬送し、保守セル内に設置したグローブボックスで保守を行うものとした。

#### (2) 除染方法の検討

機器を効率良く除染し、リサイクル可能なものはリサイクルして、廃棄物の放射能レベルおよび発生量を低減するための洗浄・除染方法を検討した。図 3.4-3 に洗浄・除染方法の概略図を示した。

炉心燃料系列のメンテナンスにおいては基本的に TRU 廃棄物が発生するため、徹底除染法（除染係数  $10^3$  程度以上）を適用する。徹底除染法では、二次廃棄物の発生を抑え効果的な除染を行うために、廃棄物を適用可能なサイズまで分解し、適合材種を選別する必要があるため、これら作業が重遮へいグローブボックスで可能となるように、簡易除染を行うこととする。二次廃棄物の発生が少ない徹底除染法としては電解研磨法が挙げられる。電解研磨法では電解液が二次廃棄物として発生することになるが、電解液は再生が可能であるため繰返し使用し廃液の発生頻度を低く抑えることができると考えられる。なお、電解研磨法が適用できる材質は基本的に金属などの導

電体に限られ、焼結炉の耐火レンガ等は適用外となる。その他、汚染表面を物理的に削り取る物理除染法、薬液に浸漬する化学除染法なども一般的であるが、二次廃棄物が多く発生するため別途二次廃棄物の処理設備が必要となる可能性が高い。以上を考慮し、電解研磨法を採用したとすると、非密封核燃料取扱工程（炉心燃料系列）における除染作業に伴う廃棄物は、大まかに非金属系の TRU 廃棄物と金属系の低レベル廃棄物とに分かれ、それぞれ圧縮減容後ドラム缶、角型容器等に充てんされることになる。また廃棄物の一部は、効果的な洗浄によってリサイクル可能と考えられ、メンテナンス性向上に繋がる。除染法の候補の一つである炭酸ガス洗浄システムは、高拡散性の超臨界または亜臨界炭酸ガスを浸透させ瞬時に減圧気化（以下爆洗と記述）させることで、炭酸ガスの膨張力で粉末を分離する方法である。炭酸ガス洗浄システムは、処理物の乾燥が不要であり廃液の発生がないメリットがあり、炭酸ガスも固気分離後に回収・昇圧しリサイクルして使用できる。なお、爆洗にも、超臨界または亜臨界炭酸ガス自体にも、除染効果があると考えられるため、ブラスト法が不得意とする入組んだ構造の廃棄物への除染にも応用できる可能性がある。拭取りおよびブラストによる簡易除染を経て、保守対象ユニットから例えば除染対象物を取り出し、炭酸ガス洗浄で再生した後、再び保守対象ユニットに戻すことを想定する。またゲル化の不良品発生時のリワーク回収時の機器、配管の除染については核燃料による汚染が著しく TRU 廃棄物となる可能性が高いが、電解研磨法などによる徹底除染を行うことで再使用が可能となる。

#### 4. まとめ

本検討では、機構殿の FBR 実用化戦略研究の一環として、湿式ゲル化法による振動充填燃料製造のうち、顆粒製造に係わる工程の概念調査検討を行った。検討対象は外部ゲル化法による炉心燃料製造に係わるゲル化転換装置（滴下、洗浄、乾燥装置等）、焙焼炉、還元炉、焼結炉、焼結球の中間貯蔵庫、上記に関わるマテリアルハンドリング設備であり、振動充填燃料製造設備のうち前半の工程にあたる。処理量は 200t-HM/年とした。

本年度の製造設備の検討については、富化度調整液受入れから焼結球の中間貯蔵庫までを含めた検討対象について、昨年度までの検討結果をベースとし、新規に試薬回収設備を検討対象に加え、前提条件に基づいたプロセスフロー、マスフローを明らかにし、処理系列、系列毎の機器数、機器構造を検討した。特に建屋低層化に伴う機器のセル内配置、運転手順を検討するとともに、複数バッチにわたる機器のマテリアルハンドリングをタイムチャートによって明確にした。これにより建屋低層化にともなう乾燥ゲル球貯槽の工程間移送や必要機器数を把握した。遠隔ハンドリング方法や異常時の対応について検討した。

試薬回収設備の検討では施設の廃液処理の負担を軽減するため、粒子製造工程で発生する硝酸アンモニウム等を含有するアンモニア水及びイソプロピルアルコール水溶液からアンモニア及びイソプロピルアルコールをそれぞれ回収するとともに残留物を廃棄物として処理可能な形態にするための試薬回収設備について検討した。アンモニア水回収方法としては電気透析・電解透析処理を適用する、イソプロピルアルコール水溶液回収方法としてはゼオライト膜分離処理を適用すれば高収率で試薬を回収できる可能性を示した。また前提条件に基づいたプロセスフロー、マスフローを明らかにした。但し TRU 等を含む中放射性廃液の処理については今後検討を要する。

品質管理については工程管理上必要なサンプルについて検討し、検査項目、分析方法、分析装置の種類、サンプリング頻度、採取位置等について整理した。また TRU を含有または付着していると考えられる廃棄物量について検討した。

機器のセル内配置の検討では建屋低層化を踏まえて主工程設備、試薬回収設備等の機器配置について検討した。多系列の同時操作に十分対応できるように操作エリアを配置した。保守・補修の検討では主要機器の故障について解析を行い保守・補修方法についてまとめるとともに平成 13 年度に導入した原子力発電所の故障率データに基づく RCM 法を適用し機器を構成する機器の稼働率データを整理した。この稼働率データから年間保守・保全作業時間等を推定したところ、年間累計保守・保全時間として約 42 日という結果を得た。

また中間製品のロスが起きた場合を設定して総合的な生産能力を評価した。

経済性評価については、対象とする機器の設備費、建屋建設費と処理量、系列数等を考慮して設備の運転に必要なユーティリティ費、人件費等を含めた総合的なコストを算出し評価した。また製造量を変動させることによって焼結炉を共用できる可能性を示唆した。ブランケット製造工程についても主工程と同様に原料供給、反応、洗浄、乾燥、焙焼、還元、焼結、中間貯蔵に至る主要設備費及び付帯設備費を算出しそのデータを比較整理した。

設備から発生する廃棄物量については保守頻度の設定に基づいて明らかにした。また、分析に伴う TRU 移行量を算出した。メンテナンス評価については機器が故障した場合の除染方法について検討した。

以上の湿式ゲル化法による振動充填燃料製造の前半工程である顆粒燃料製造工程(富化度調整～焼結球製造・中間貯蔵まで)の検討における技術課題について表 4-1(1/3)～表 4-1(3/3)に示した。今後はゲル化顆粒燃料製造プロセスではゲル化反応およびその周辺工程についての基礎試験または工学試験により、検討の精度を向上させていくことが望まれる。焼結球中間貯蔵庫以降の振動充填燃料製造工程を含め総合的に検討・評価していく必要がある。

表 4-1 ゲル化顆粒燃料製造の開発課題の整理(1/3)

指標	対象	技術課題	理由	課題内容
A プロセス (反応)	滴下・熟成	滴下・熟成槽の自動制御運転方法の適正化	運転負荷大 省力化	ゲル球を調整する滴下・熟成槽では、200tHM/年を実現するために滴下ノズル数が多い。運転員が振動装置等の運転条件の微調整をする前提としているが、自動化方法等による省力化が必要である。同時に制御の安定性などの確証も必要である。
	滴下・熟成	ゲル球のノズル閉塞時復旧方法	閉塞 復旧	滴下液の滴下時に湿潤ゲル球がノズル先端の内部で閉塞する可能性がある。ノズルは原則ブロック交換するため複数個のノズルが閉塞するまで連続運転は継続される。迅速な復旧方法の確立が必要である。
	滴下・熟成	湿潤ゲル球取り扱い手順の確立	・ゲル球ロス ・ゲル球潰れ(堆積可能高さ) ・ゲル球残留	滴下中にオーバーフローして排出されるアンモニア排液中へのゲル球の移行防止、パッチ処理・排出後のゲル球の残留防止等については装置設計の詳細検討時に対応する必要がある。湿潤ゲル球は自重により潰れ易く、長期間装置停止の影響を受け易い。現状の装置形状(1パッチ毎のゲル球堆積高さ)での健全性確認も必要である。
	滴下・熟成	ノズル設置水平度の確保	液面と滴下ノズル位置のずれ ゲル球不均一	均質なゲル球を製造するためには多数配置される滴下ノズルの先端位置と滴下・熟成槽の距離を一定に保つ必要がある。円環形状の槽に多数設置される滴下ノズルの水平度の確保は、均一なゲル球生成に不可欠である。
	洗浄	・洗浄方法、洗浄廃液量の適正化 ・廃液量の最小化方法の確立	廃液量大	洗浄方法(洗浄試薬を含む)と焙焼反応時のゲル球の割れ等の関係などを詳細検討し、廃液量の減少を図ることが本プロセスの成立性に不可欠である。ゲル球が自重により潰れ易いため1パッチ内で複数回洗浄する際に溶液と固体の分離を完全に実施することができない。洗浄効果を上げるには湿潤ゲル球に対する洗浄溶液量を多くすることも考えられるが廃液量の増加につながる。したがって最適な条件をサーベイする必要がある。また大粒子と小粒子はパッチ洗浄時間が異なる点に留意する必要がある。
	洗浄	洗浄済みゲル球の切り分け排出機構の構造と運転方法の適正化	洗浄装置からの湿潤ゲル球移送時ロス	内側炉心燃料、外側炉心燃料双方とも大粒子製造系列では、洗浄したゲル球を乾燥装置に供給する際に1/2の容積に切り分けるため洗浄装置内部の機器構造を確立する必要がある。また切り分けの運転方法が重要である。
	洗浄	湿潤ゲル球取り扱い手順の確立	・ゲル球ロス ・ゲル球潰れ ・ゲル球残留	溶液のオーバーフロー排出時におけるゲル球の廃液への移行防止機構が必要である。排出後のゲル球の残留防止については滴下・熟成槽と同様の対策が必要である。
	洗浄	洗浄溶液の選択	廃液量大	現在洗浄溶媒として水 IPA を採用しているが、洗浄能力、安全性の観点からIPAの妥当性の検討が必要である。
	洗浄	滴下・熟成槽(洗浄槽)からの廃液組成の把握(分析)とU,Pu 漏れ防止対策の確立	・核物質管理 ・試薬回収	・ウラン、プルトニウムの廃液へのリーク量を確認する必要がある。 ・PVA, THFA の廃液へのリーク量を確認する必要がある。 ・ゲル球の破片等の廃液中への移行量を確認する必要がある。
	滴下・熟成～乾燥	湿潤ゲル球送液用ポンプの適用性を評価し移送方法を確立	湿潤ゲル球移送中の閉塞や潰れ	試験によるポンプ適用性(湿潤ゲル球の破壊の有無)評価が必要。また、パッチ抜き出し・落下時の破壊の有無のデータも工学的成立性の観点から必要である。また洗浄機から乾燥機へ移送する際の閉塞を防止する方法、切り分け方法、ゲル球と廃液の分離方法とこれらを容易にする装置構造の検討が必要である。
	乾燥ゲル球貯槽	クレーンによる昇降、吊具取り付けの適正化	移送遅延による作業効率低下	乾燥ゲル球貯槽は数が多く、クレーンによる昇降移送を伴い、マテリアルハンドリングが複雑である。特に吊具取り付けによる乾燥ゲル球貯槽の昇降時の十分な安全対策の検討(吊具取り付けの適正化等)が必要である。
	焙焼炉	閉塞時復旧方法の確立	粉体移送時の閉塞	焙焼炉からの粉体移送時に配管で閉塞しないような構造、運転方法について検討する必要がある。
	還元炉	閉塞時復旧方法の確立	粉体移送時の閉塞	還元球貯槽、還元炉からの粉体移送時に配管で閉塞しないような構造、運転方法について検討する必要がある。
	焼結炉	閉塞時復旧方法の確立	粉体移送時の閉塞	焼結球貯槽、焼結炉からの粉体移送時に配管で閉塞しないような構造、運転方法について検討する必要がある。
共通	パッチ時間の精度向上	操業時間の把握	プロセスデータの蓄積により、前半のパッチ反応による工程のパッチ時間等の精度を向上させる。	

表 4-1 ゲル化顆粒燃料製造の開発課題の整理(2/3)

指標	対象	技術課題	理由	課題内容
B 保守・保 全性	保守・補修方策	プロセスに起因する故障率推定の精度向上	最適な保守・補修方策の構築	プロセスデータの蓄積による故障率推定の精度向上が必要である。
	滴下・熟成	滴下・熟成工程の正常ゲル球生成確認と異常ゲル球生成の早期検知	ゲル球の潰れによる異常ゲル球発生	遮蔽セル内において多くのノズルを使用することから、ITV による目視観察以外にゲル化異常を早期に検知する方法の確立が必要である。自動制御化とも関連する。
	滴下・熟成	ゲル球のノズル閉塞時復旧方法	閉塞 復旧	滴下液の滴下時に湿潤ゲル球がノズル先端の内部で閉塞する可能性がある。ノズルは原則ブロック交換するため複数個のノズルが閉塞するまで連続運転は継続される。迅速な復旧方法の確立が必要とされる。
	焼結炉	耐火材保守・交換方法の確立	耐火材の劣化・破損（点検）	耐火材の迅速かつ容易な交換方法について検討する必要がある（焼結炉の保守・補修に伴う1基当たりの耐火材の年間交換重量が大きい）。
	リワーク	異常ゲル球・不良ゲル球の移送方法	歩止まりの向上	異常ゲル球・不良ゲル球を効率的に除去し、リワークに移送する方法について検討する必要がある。
	試薬回収	膜性能の評価	膜劣化・膜寿命 膜へのスケーリング ・ 電気・電解透析 ・ $H^+$ - $Na^+$ -交換	電気・電解透析膜の連続使用による膜へのスケーリングによる性能低下（試薬回収率低下）や放射線下での膜の健全性等を検討する必要がある。 $H^+$ - $Na^+$ -交換についてはゼオライトを使用した無機質の膜を使用するので実用化可能性を含めた検討を行う必要がある。
	試薬回収	脱塩後のプロセス廃液処理の適正化	PVA, THFA, IPA(有機物)の廃液中への漏れ	脱塩廃液中の PVA, THFA (有機物) を分解する方法について検討する必要がある。(例: オゾンや紫外線で分解する方法等)。
C 安全評価	安全性(臨界安全性以外)	アルコール使用の適正化	IPA は引火点が低い	湿潤ゲル球の IPA 洗浄の代替案として $H_2O$ 洗浄等の例があり、他洗浄溶媒の可能性を調査する。
	安全性(臨界安全性以外)	・ 崩壊熱除去のための冷却方法最適化 ・ 発熱(故障時)対策	高放射化環境の除熱	MA 含有燃料特有の高発熱、高放射線下における機器の耐久性やこれらの要因に起因する故障について検討する必要がある。定常運転時のみならず故障時等に燃料が装置内に滞留し、且つ予定した装置の冷却機構が稼動しない場合等を想定した対策の検討が必要である
	臨界安全性	装置、貯槽のサイジング適正化	臨界安全形状確保	乾燥ゲル球の核的制限値が厳しい。固体(乾燥系)を扱う装置、貯槽では排出性などの観点から円環形状の適用が困難である。臨界安全性の前提条件をどの程度まで保守的に実施するかが機器のサイジングに影響する。
	臨界安全性	ゲル・固体を取り扱うため、機器から漏洩した場合の集積防止対策	臨界安全性確保	装置、槽類からの湿潤ゲル球、焼結球等の漏洩による集積防止対策の検討が必要である

表 4-1 ゲル化顆粒燃料製造の開発課題の整理(3/3)

指標	対象	技術課題	理由	課題内容
D 品質評価	分析	分析項目、頻度の適性化	分析時間、機器数の容量に制限	次工程の振動充填工程からの要件を勘案して、必要最小限化を図る必要がある。
	検査	スペックアウトの範囲	リワーク品の最小化 分級の必要性	焼結球の分析で規格外の粒子が発見された場合のスペックアウト品の範囲をどうするか、バッチ運転のトレーサビリティ確保について検討する必要がある。また前半の製品となる焼結球を分級して不良品を回収する方法について検討する。
E その他	焼結炉	焼結温度の適正化	焼結温度の適正化による 運転コストの合理化	焼結温度の低温化による製造コスト（材料の相違）について検討する必要がある。
	保障措置	・計量管理、保障措置 ・Puの廃棄物への移行量の 確定	保障措置への対応	ゲル化法のゲル球の特徴である、移送時の流動性の良さについて、実験的による定量評価を行い、装置内壁へのこびり付きがなく、飛散可能性が小さい環境での保障措置の優位性を検討する。
	機器配置	合理的な機器配置	建屋・設備の合理化	ブランク燃料製造工程や振動充填工程に関する機器配置を含め、経済性・保守性を考慮に入れた設備の最適な配置について検討する必要がある。

付表1 稼働率検討結果 (1/11)

機器	部品	現象	保全対策後 故障率 (1/年・基)	機器数	影響 機器数	故障 発生率 (1/年)	復旧 日数	年間平均 停止日数	処理量低下日数					機器停止 相当日数	稼働率
									1/1 完全停止	1/12 低下	1/6 低下	1/3 低下	1/2 低下		
富化度 調整槽	Pu/U 供給弁	作動失敗	6.6E-05	1	1	6.6E-05	2	1.3E-04	1.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-
		誤開又は誤閉	4.6E-06	1	1	4.6E-06	0.5	2.3E-06	2.3E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	-
		閉塞	1.9E-05	1	1	1.9E-05	7	1.3E-04	1.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-
		外部リーク	4.6E-06	1	1	4.6E-06	30	1.4E-04	1.4E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.4E-04	-
		内部リーク	9.0E-06	1	1	9.0E-06	7	6.3E-05	6.3E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.3E-05	-
	溶液排出弁	作動失敗	6.6E-05	1	1	6.6E-05	2	1.3E-04	1.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-
		誤開又は誤閉	4.6E-06	1	1	4.6E-06	0.5	2.3E-06	2.3E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	-
		閉塞	1.9E-05	1	1	1.9E-05	7	1.3E-04	1.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-
		外部リーク	4.6E-06	1	1	4.6E-06	30	1.4E-04	1.4E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.4E-04	-
		内部リーク	9.0E-06	1	1	9.0E-06	7	6.3E-05	6.3E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.3E-05	-
富化度 調整槽 循環ポンプ	ポンプ	起動失敗	6.6E-04	1	1	6.6E-04	2	1.3E-03	1.3E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-03	-
		継続運転失敗	3.4E-03	1	1	3.4E-03	7	2.4E-02	2.4E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.4E-02	-
		小計	-	-	-	4.2E-03	-	2.6E-02	2.6E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.6E-02	99.990%

付表1 稼働率検討結果(2/11)

機器	部品	現象	保全対策後 故障率 (1/年・基)	機器数	影響 機器数	故障 発生率 (1/年)	復旧 日数	年間平均 停止日数	処理量低下日数					機器停止 相当日数	稼働率
									1/1 完全停止	1/12 低下	1/6 低下	1/3 低下	1/2 低下		
滴下液混合槽	Pu/U供給弁	作動失敗	6.6E-05	1	1	6.6E-05	2	1.3E-04	1.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-
		誤開又は誤閉	4.6E-06	1	1	4.6E-06	0.5	2.3E-06	2.3E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	-
		閉塞	1.9E-05	1	1	1.9E-05	7	1.3E-04	1.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-
		外部リーク	4.6E-06	1	1	4.6E-06	30	1.4E-04	1.4E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.4E-04	-
		内部リーク	9.0E-06	1	1	9.0E-06	7	6.3E-05	6.3E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.3E-05	-
	PVA供給弁	作動失敗	6.6E-05	1	1	6.6E-05	2	1.3E-04	1.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-
		誤開又は誤閉	4.6E-06	1	1	4.6E-06	0.5	2.3E-06	2.3E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	-
		閉塞	1.9E-04	1	1	1.9E-04	7	1.3E-03	1.3E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-03	-
		外部リーク	4.6E-06	1	1	4.6E-06	7	3.2E-05	3.2E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.2E-05	-
		内部リーク	9.0E-06	1	1	9.0E-06	7	6.3E-05	6.3E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.3E-05	-
	THFA供給弁	作動失敗	6.6E-05	1	1	6.6E-05	2	1.3E-04	1.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-
		誤開又は誤閉	4.6E-06	1	1	4.6E-06	0.5	2.3E-06	2.3E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	-
		閉塞	1.9E-04	1	1	1.9E-04	7	1.3E-03	1.3E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-03	-
		外部リーク	4.6E-06	1	1	4.6E-06	7	3.2E-05	3.2E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.2E-05	-
		内部リーク	9.0E-06	1	1	9.0E-06	7	6.3E-05	6.3E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.3E-05	-
	溶液排出弁	作動失敗	6.6E-05	1	1	6.6E-05	2	1.3E-04	1.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-
		誤開又は誤閉	4.6E-06	1	1	4.6E-06	0.5	2.3E-06	2.3E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	-
		閉塞	1.9E-04	1	1	1.9E-04	7	1.3E-03	1.3E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-03	-
		外部リーク	4.6E-06	1	1	4.6E-06	30	1.4E-04	1.4E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.4E-04	-
		内部リーク	9.0E-06	1	1	9.0E-06	7	6.3E-05	6.3E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.3E-05	-
滴下液混合槽循環ポンプ	ポンプ	起動失敗	6.6E-04	1	1	6.6E-04	2	1.3E-03	1.3E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-03	-
		継続運転失敗	3.4E-03	1	1	3.4E-03	7	2.4E-02	2.4E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.4E-02	-
小計			-	-	-	4.0E-03	-	2.5E-02	2.5E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.0E-02	99.988%

付表1 稼働率検討結果 (3/11)

機器	部品	現象	保全対策後 故障率 (1/年・基)	機器数	影響 機器数	故障 発生率 (1/年)	復旧 日数	年間平均 停止日数	処理量低下日数					機器停止 相当日数	稼働率	
									1/1 完全停止	1/12 低下	1/6 低下	1/3 低下	1/2 低下			
滴下液供給槽	溶液供給弁	作動失敗	6.6E-05	12	1	7.9E-04	2	1.6E-03	0.0E+00	1.6E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-	
		誤開又は誤閉	4.6E-06	12	1	5.5E-05	0.5	2.7E-05	0.0E+00	2.7E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	-	
		閉塞	1.9E-04	12	1	2.2E-03	7	1.6E-02	0.0E+00	1.6E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-03	-	
		外部リーク	4.6E-06	12	12	5.5E-05	30	1.6E-03	1.6E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.6E-03	-	
		内部リーク	9.0E-06	12	12	1.1E-04	7	7.6E-04	7.6E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.6E-04	-	
	圧空入口弁	作動失敗	6.6E-05	12	1	7.9E-04	2	1.6E-03	0.0E+00	1.6E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-	
		誤開又は誤閉	4.6E-06	12	1	5.5E-05	0.5	2.7E-05	0.0E+00	2.7E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	-	
		閉塞	1.9E-05	12	1	2.2E-04	7	1.6E-03	0.0E+00	1.6E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-	
		外部リーク	4.6E-06	12	12	5.5E-05	7	3.8E-04	3.8E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.8E-04	-	
		内部リーク	9.0E-06	12	12	1.1E-04	7	7.6E-04	7.6E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.6E-04	-	
	溶液排出弁	作動失敗	6.6E-05	12	1	7.9E-04	2	1.6E-03	0.0E+00	1.6E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-	
		誤開又は誤閉	4.6E-06	12	1	5.5E-05	0.5	2.7E-05	0.0E+00	2.7E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	-	
		閉塞	1.9E-04	12	1	2.2E-03	7	1.6E-02	0.0E+00	1.6E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-03	-	
		外部リーク	4.6E-06	12	12	5.5E-05	30	1.6E-03	1.6E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.6E-03	-	
		内部リーク	9.0E-06	12	12	1.1E-04	7	7.6E-04	7.6E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.6E-04	-	
	小計			-	-	-	7.7E-03	-	4.4E-02	5.9E-03	3.8E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	9.1E-03	99.996%

付表1 稼働率検討結果 (4/11)

機器	部品	現象	保全対策後 故障率 (1/年・基)	機器量	影響 機器数	故障 発生率 (1/年)	復旧 日数	年間平均 停止日数	処理量低下日数					機器停止 相当日数	稼働率	
									1/1 完全停止	1/12 低下	1/6 低下	1/3 低下	1/2 低下			
滴下、熟成槽	振動装置	起動失敗	6.6E-04	3	1	2.0E-03	2	4.0E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.0E-03	0.0E+00	1.3E-03	-	
		継続運転失敗	3.4E-03	3	1	1.0E-02	7	7.1E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.1E-02	0.0E+00	2.4E-02	-	
	滴下ノズル	閉塞	1.0E+00	12	1	1.2E+01	0.5	6.0E+00	0.0E+00	6.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	5.0E-01	-	
	アンモニア溶液供給弁	作動失敗	6.6E-05	3	1	2.0E-04	2	4.0E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.0E-04	0.0E+00	1.3E-04	-	
		誤開又は誤閉	4.6E-06	3	1	1.4E-05	0.5	6.8E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.8E-06	0.0E+00	2.3E-06	-	
		閉塞	1.9E-05	3	1	5.6E-05	7	3.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.9E-04	0.0E+00	1.3E-04	-	
		外部リーク	4.6E-06	3	3	1.4E-05	7	9.6E-05	9.6E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	9.6E-05	-	
		内部リーク	9.0E-06	3	1	2.7E-05	7	1.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.9E-04	0.0E+00	6.3E-05	-	
	アンモニアガス供給弁	作動失敗	6.6E-05	3	1	2.0E-04	2	4.0E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.0E-04	0.0E+00	1.3E-04	-	
		誤開又は誤閉	4.6E-06	3	1	1.4E-05	0.5	6.8E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.8E-06	0.0E+00	2.3E-06	-	
		閉塞	1.9E-05	3	1	5.6E-05	7	3.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.9E-04	0.0E+00	1.3E-04	-	
		外部リーク	4.6E-06	3	3	1.4E-05	7	9.6E-05	9.6E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	9.6E-05	-	
		内部リーク	9.0E-06	3	1	2.7E-05	7	1.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.9E-04	0.0E+00	6.3E-05	-	
	溶液排出弁	作動失敗	6.6E-05	3	1	2.0E-04	2	4.0E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.0E-04	0.0E+00	1.3E-04	-	
		誤開又は誤閉	4.6E-06	3	1	1.4E-05	0.5	6.8E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.8E-06	0.0E+00	2.3E-06	-	
		閉塞	1.9E-04	3	1	5.6E-04	7	3.9E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.9E-03	0.0E+00	1.3E-03	-	
		外部リーク	4.6E-06	3	3	1.4E-05	30	4.1E-04	4.1E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.1E-04	-	
		内部リーク	9.0E-06	3	3	2.7E-05	7	1.9E-04	1.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.9E-04	-	
	小計			-	-	-	1.2E+01	-	6.1E+00	7.9E-04	6.0E+00	0.0E+00	8.1E-02	0.0E+00	5.3E-01	99.789%

付表1 稼働率検討結果 (5/11)

機器	部品	現象	保全対策後 故障率 (1/年・基)	機器量	影響 機器数	故障 発生率 (1/年)	復旧 日数	年間平均 停止日数	処理量低下日数					機器停止 相当日数	稼働率	
									1/1 完全停止	1/12 低下	1/6 低下	1/3 低下	1/2 低下			
洗浄装置	洗浄水供給弁	作動失敗	6.6E-05	6	1	4.0E-04	2	7.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	7.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-	
		誤開又は誤閉	4.6E-06	6	1	2.7E-05	0.5	1.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	1.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	-	
		閉塞	1.9E-05	6	1	1.1E-04	7	7.8E-04	0.0E+00	0.0E+00	7.8E-04	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-	
		外部リーク	4.6E-06	6	6	2.7E-05	30	8.2E-04	8.2E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	8.2E-04	-	
		内部リーク	9.0E-06	6	1	5.4E-05	7	3.8E-04	0.0E+00	0.0E+00	3.8E-04	0.0E+00	0.0E+00	6.3E-05	-	
	IPA供給弁	作動失敗	6.6E-05	6	1	4.0E-04	2	7.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	7.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-	
		誤開又は誤閉	4.6E-06	6	1	2.7E-05	0.5	1.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	1.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	-	
		閉塞	1.9E-05	6	1	1.1E-04	7	7.8E-04	0.0E+00	0.0E+00	7.8E-04	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-	
		外部リーク	4.6E-06	6	6	2.7E-05	7	1.9E-04	1.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.9E-04	-	
		内部リーク	9.0E-06	6	1	5.4E-05	7	3.8E-04	0.0E+00	0.0E+00	3.8E-04	0.0E+00	0.0E+00	6.3E-05	-	
	溶液排出弁	作動失敗	6.6E-05	6	1	4.0E-04	2	7.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	7.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-	
		誤開又は誤閉	4.6E-06	6	1	2.7E-05	0.5	1.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	1.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	-	
		閉塞	1.9E-04	6	1	1.1E-03	7	7.8E-03	0.0E+00	0.0E+00	7.8E-03	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-03	-	
		外部リーク	4.6E-06	6	6	2.7E-05	30	8.2E-04	8.2E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	8.2E-04	-	
		内部リーク	9.0E-06	6	6	5.4E-05	7	3.8E-04	3.8E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.8E-04	-	
	小計			-	-	-	2.9E-03	-	1.5E-02	2.2E-03	0.0E+00	1.3E-02	0.0E+00	0.0E+00	4.3E-03	99.998%

付表1 稼働率検討結果 (6/11)

機器	部品	現象	保全対策後 故障率 (1/年・基)	機器量	影響 機器数	故障 発生率 (1/年)	復旧 日数	年間平均 停止日数	処理量低下日数					機器停止 相当日数	稼働率	
									1/1 完全停止	1/12 低下	1/6 低下	1/3 低下	1/2 低下			
乾燥装置	モーター	動作失敗	6.6E-05	6	1	4.0E-04	2	7.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	7.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-	
		誤動作	4.6E-06	6	1	2.7E-05	0.5	1.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	1.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	-	
	駆動部	回転不良/停止	5.0E-02	6	1	3.0E-01	7	2.1E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.1E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.5E-01	-	
	溶液供給弁	作動失敗	6.6E-05	6	1	4.0E-04	2	7.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	7.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-	
		誤開又は誤閉	4.6E-06	6	1	2.7E-05	0.5	1.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	1.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	-	
		閉塞	1.9E-04	6	1	1.1E-03	7	7.8E-03	0.0E+00	0.0E+00	7.8E-03	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-03	-	
		外部リーク	4.6E-06	6	6	2.7E-05	30	8.2E-04	8.2E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	8.2E-04	-	
		内部リーク	9.0E-06	6	6	5.4E-05	7	3.8E-04	3.8E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.8E-04	-	
	乾燥ゲル球排出弁	作動失敗	6.6E-05	6	1	4.0E-04	2	7.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	7.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-	
		誤開又は誤閉	4.6E-06	6	1	2.7E-05	0.5	1.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	1.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	-	
		閉塞	5.0E-01	6	1	3.0E+00	7	2.1E+01	0.0E+00	0.0E+00	2.1E+01	0.0E+00	0.0E+00	3.5E+00	-	
		外部リーク	4.6E-06	6	6	2.7E-05	30	8.2E-04	8.2E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	8.2E-04	-	
		内部リーク	9.0E-06	6	6	5.4E-05	7	3.8E-04	3.8E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.8E-04	-	
	減圧用弁	作動失敗	6.6E-05	6	1	4.0E-04	2	7.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	7.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-	
		誤開又は誤閉	4.6E-06	6	1	2.7E-05	0.5	1.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	1.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	-	
		閉塞	1.9E-05	6	1	1.1E-04	7	7.8E-04	0.0E+00	0.0E+00	7.8E-04	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-	
		外部リーク	4.6E-06	6	1	2.7E-05	7	1.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	1.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	3.2E-05	-	
		内部リーク	9.0E-06	6	1	5.4E-05	7	3.8E-04	0.0E+00	0.0E+00	3.8E-04	0.0E+00	0.0E+00	6.3E-05	-	
	小計			-	-	-	3.3E+00	-	2.3E+01	2.4E-03	0.0E+00	2.3E+01	0.0E+00	0.0E+00	3.9E+00	98.458%

付表1 稼働率検討結果 (7/11)

機器	部品	現象	保全対策後 故障率 (1/年・基)	機器量	影響 機器数	故障 発生率 (1/年)	復旧 日数	年間平均 停止日数	処理量低下日数					機器停止 相当日数	稼働率
									1/1 完全停止	1/12 低下	1/6 低下	1/3 低下	1/2 低下		
乾燥ゲル球 貯槽	ゲル球配管	閉塞	2.0E-01	12	1	2.4E+00	0.25	6.0E-01	0.0E+00	6.0E-01	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	5.0E-02	-
		ゲル球供給弁	作動失敗	6.6E-05	12	1	7.9E-04	2	1.6E-03	0.0E+00	1.6E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04
	誤開又は誤閉		4.6E-06	12	1	5.5E-05	0.5	2.7E-05	0.0E+00	2.7E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	-
	閉塞		5.0E-01	12	1	6.0E+00	7	4.2E+01	0.0E+00	4.2E+01	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.5E+00	-
	外部リーク		4.6E-06	12	12	5.5E-05	30	1.6E-03	1.6E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.6E-03	-
	内部リーク		9.0E-06	12	12	1.1E-04	7	7.6E-04	7.6E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.6E-04	-
	ゲル球排出配管		閉塞	2.0E-01	12	1	2.4E+00	0.25	6.0E-01	0.0E+00	6.0E-01	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	5.0E-02
	ゲル球排出弁	作動失敗	6.6E-05	12	1	7.9E-04	2	1.6E-03	0.0E+00	1.6E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-
		誤開又は誤閉	4.6E-06	12	1	5.5E-05	0.5	2.7E-05	0.0E+00	2.7E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	-
		閉塞	5.0E-01	12	1	6.0E+00	7	4.2E+01	0.0E+00	4.2E+01	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.5E+00	-
		外部リーク	4.6E-06	12	12	5.5E-05	30	1.6E-03	1.6E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.6E-03	-
		内部リーク	9.0E-06	12	12	1.1E-04	7	7.6E-04	7.6E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.6E-04	-
		小計	-	-	-	1.7E+01	-	8.5E+01	4.8E-03	8.5E+01	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.1E+00
	クレーン型 ハンドリング	移動用モーター	動作失敗	6.6E-05	1	1	6.6E-05	2	1.3E-04	1.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04
誤動作			4.6E-06	1	1	4.6E-06	0.5	2.3E-06	2.3E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	-
移動用駆動部		動作不良/停止	5.0E-02	1	1	5.0E-02	7	3.5E-01	3.5E-01	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.5E-01	-
貯槽固定用モーター		動作失敗	6.6E-05	1	1	6.6E-05	2	1.3E-04	1.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-
		誤動作	4.6E-06	1	1	4.6E-06	0.5	2.3E-06	2.3E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	-
貯槽固定用駆動部		動作不良/停止	5.0E-02	1	1	5.0E-02	7	3.5E-01	3.5E-01	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.5E-01	-
小計	-	-	-	1.0E-01	-	7.0E-01	7.0E-01	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.0E-01	99.720%	
計量供給装置	モーター	動作失敗	6.6E-05	6	1	4.0E-04	2	7.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	7.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-
		誤動作	4.6E-06	6	1	2.7E-05	0.5	1.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	1.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	-
	駆動部	回転不良/停止	5.0E-02	6	1	3.0E-01	7	2.1E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.1E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.5E-01	-
	ローター	閉塞	5.0E-02	6	1	3.0E-01	7	2.1E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.1E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.5E-01	-
小計	-	-	-	6.0E-01	-	4.2E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.2E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.0E-01	99.720%	

付表1 稼働率検討結果(8/11)

機器	部品	現象	保全対策後 故障率 (1/年・基)	機器量	影響 機器数	故障 発生率 (1/年)	復旧 日数	年間平均 停止日数	処理量低下日数					機器停止 相当日数	稼働率
									1/1 完全停止	1/12 低下	1/6 低下	1/3 低下	1/2 低下		
焙焼炉	モーター	動作失敗	6.6E-05	3	1	2.0E-04	2	4.0E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.0E-04	0.0E+00	1.3E-04	-
		誤動作	4.6E-06	3	1	1.4E-05	0.5	6.8E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.8E-06	0.0E+00	2.3E-06	-
	駆動部	回転不良/停止	5.0E-02	3	1	1.5E-01	7	1.1E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.1E+00	0.0E+00	3.5E-01	-
	ヒーター	断線	1.1E-05	3	1	3.2E-05	7	2.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-04	0.0E+00	7.6E-05	-
	ゲル球供給配管	閉塞	2.0E-01	3	1	6.0E-01	0.25	1.5E-01	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.5E-01	0.0E+00	5.0E-02	-
	乾燥ゲル球供給弁	動作失敗	6.6E-05	3	1	2.0E-04	2	4.0E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.0E-04	0.0E+00	1.3E-04	-
		誤開又は誤閉	4.6E-06	3	1	1.4E-05	0.5	6.8E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.8E-06	0.0E+00	2.3E-06	-
		閉塞	5.0E-01	3	1	1.5E+00	7	1.1E+01	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.1E+01	0.0E+00	3.5E+00	-
		外部リーク	4.6E-06	3	3	1.4E-05	30	4.1E-04	4.1E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.1E-04	-
		内部リーク	9.0E-06	3	3	2.7E-05	7	1.9E-04	1.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.9E-04	-
	空気供給弁	動作失敗	6.6E-05	3	1	2.0E-04	2	4.0E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.0E-04	0.0E+00	1.3E-04	-
		誤開又は誤閉	4.6E-06	3	1	1.4E-05	0.5	6.8E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.8E-06	0.0E+00	2.3E-06	-
		閉塞	1.9E-05	3	1	5.6E-05	7	3.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.9E-04	0.0E+00	1.3E-04	-
		外部リーク	4.6E-06	3	3	1.4E-05	7	9.6E-05	9.6E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	9.6E-05	-
		内部リーク	9.0E-06	3	3	2.7E-05	7	1.9E-04	1.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.9E-04	-
	焙焼球排出配管	閉塞	2.0E-01	3		6.0E-01	0.25	1.5E-01	1.5E-01	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.5E-01	-
		小計	-	-	-	2.9E+00	-	1.2E+01	8.8E-04	0.0E+00	0.0E+00	1.2E+01	0.0E+00	4.1E+00	98.380%
焙焼球貯槽	焙焼球供給弁	閉塞	2.0E-01	2	1	4.0E-01	0.25	1.0E-01	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.0E-01	5.0E-02	-
		動作失敗	6.6E-05	2	1	1.3E-04	2	2.6E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.6E-04	1.3E-04	-
		誤開又は誤閉	4.6E-06	2	1	9.1E-06	0.5	4.6E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.6E-06	2.3E-06	-
		閉塞	5.0E-01	2	1	1.0E+00	7	7.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.0E+00	3.5E+00	-
		外部リーク	4.6E-06	2	2	9.1E-06	30	2.7E-04	2.7E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.7E-04	-
	内部リーク	9.0E-06	2	2	1.8E-05	7	1.3E-04	1.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-	
	焙焼球排出弁	閉塞	2.0E-01	2	1	4.0E-01	0.25	1.0E-01	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.0E-01	5.0E-02	-
		動作失敗	6.6E-05	2	1	1.3E-04	2	2.6E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.6E-04	1.3E-04	-
		誤開又は誤閉	4.6E-06	2	1	9.1E-06	0.5	4.6E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.6E-06	2.3E-06	-
		閉塞	5.0E-01	2	1	1.0E+00	7	7.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.0E+00	3.5E+00	-
外部リーク		4.6E-06	2	2	9.1E-06	30	2.7E-04	2.7E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.7E-04	-	
内部リーク	9.0E-06	2	2	1.8E-05	7	1.3E-04	1.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-		
		小計	-	-	-	2.8E+00	-	1.4E+01	8.0E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.4E+01	7.1E+00	97.160%

付表1 稼働率検討結果(9/11)

機器	部品	現象	保全対策後 故障率 (1/年・基)	機器量	影響 機器数	故障 発生率 (1/年)	復旧 日数	年間平均 停止日数	処理量低下日数					機器停止 相当日数	稼働率
									1/1 完全停止	1/12 低下	1/6 低下	1/3 低下	1/2 低下		
計量供給装置	モーター	動作失敗	6.6E-05	6	1	4.0E-04	7	2.8E-03	0.0E+00	0.0E+00	2.8E-03	0.0E+00	0.0E+00	4.6E-04	-
		誤動作	4.6E-06	6	1	2.7E-05	0.5	1.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	1.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	-
	駆動部	回転不良/停止	5.0E-02	6	1	3.0E-01	7	2.1E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.1E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.5E-01	-
	ローター	閉塞	5.0E-02	6	1	3.0E-01	7	2.1E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.1E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.5E-01	-
		小計	-	-	-	6.0E-01	-	4.2E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.2E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.0E-01	99.720%
還元炉	モーター	動作失敗	6.6E-05	1	1	6.6E-05	2	1.3E-04	1.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-
		誤動作	4.6E-06	1	1	4.6E-06	0.5	2.3E-06	2.3E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	-
	駆動部	回転不良/停止	5.0E-02	1	1	5.0E-02	7	3.5E-01	3.5E-01	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.5E-01	-
	ヒーター	断線	1.1E-05	1	1	1.1E-05	7	7.6E-05	7.6E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.6E-05	-
	焙焼球供給配管	閉塞	2.0E-01	1	1	2.0E-01	0.25	5.0E-02	5.0E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	5.0E-02	-
	弁	作動失敗	6.6E-05	1	1	6.6E-05	2	1.3E-04	1.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-
		誤開又は誤閉	4.6E-06	1	1	4.6E-06	0.5	2.3E-06	2.3E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	-
		閉塞	5.0E-01	1	1	5.0E-01	7	3.5E+00	3.5E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.5E+00	-
		外部リーク	4.6E-06	1	1	4.6E-06	30	1.4E-04	1.4E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.4E-04	-
		内部リーク	9.0E-06	1	1	9.0E-06	7	6.3E-05	6.3E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.3E-05	-
	還元ガス供給弁	作動失敗	6.6E-05	1	1	6.6E-05	2	1.3E-04	1.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-
		誤開又は誤閉	4.6E-06	1	1	4.6E-06	0.5	2.3E-06	2.3E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	-
		閉塞	1.9E-05	1	1	1.9E-05	7	1.3E-04	1.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-
		外部リーク	4.6E-06	1	1	4.6E-06	30	1.4E-04	1.4E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.4E-04	-
		内部リーク	9.0E-06	1	1	9.0E-06	7	6.3E-05	6.3E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.3E-05	-
還元球排出配管	閉塞	2.0E-01	1	1	2.0E-01	0.25	5.0E-02	5.0E-02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	5.0E-02	-	
小計			-	-	-	1.2E+00	-	4.0E+00	4.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.0E+00	98.420%

付表1 稼働率検討結果(10/11)

機器	部品	現象	保全対策後 故障率 (1/年・基)	機器量	影響 機器数	故障 発生率 (1/年)	復旧 日数	年間平均 停止日数	処理量低下日数					機器停止 相当日数	稼働率	
									1/1 完全停止	1/12 低下	1/6 低下	1/3 低下	1/2 低下			
還元球貯槽	還元球供給配管	閉塞	2.0E-01	2	1	4.0E-01	0.25	1.0E-01	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.0E-01	5.0E-02	-	
	還元球供給弁	作動失敗	6.6E-05	2	1	1.3E-04	2	2.6E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.6E-04	1.3E-04	-	
		誤開又は誤閉	4.6E-06	2	1	9.1E-06	0.5	4.6E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.6E-06	2.3E-06	-	
		閉塞	5.0E-01	2	1	1.0E+00	7	7.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.0E+00	3.5E+00	-	
		外部リーク	4.6E-06	2	2	9.1E-06	30	2.7E-04	2.7E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.7E-04	-	
		内部リーク	9.0E-06	2	2	1.8E-05	7	1.3E-04	1.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-	
		還元球排出配管	閉塞	2.0E-01	2	1	4.0E-01	0.25	1.0E-01	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.0E-01	5.0E-02	-
	還元球排出弁	作動失敗	6.6E-05	2	1	1.3E-04	2	2.6E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.6E-04	1.3E-04	-	
		誤開又は誤閉	4.6E-06	2	1	9.1E-06	0.5	4.6E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.6E-06	2.3E-06	-	
		閉塞	5.0E-01	2	1	1.0E+00	7	7.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.0E+00	3.5E+00	-	
		外部リーク	4.6E-06	2	2	9.1E-06	30	2.7E-04	2.7E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.7E-04	-	
		内部リーク	9.0E-06	2	2	1.8E-05	7	1.3E-04	1.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-04	-	
	小計			-	-	-	2.8E+00	-	1.4E+01	8.0E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.4E+01	7.1E+00	97.160%

付表1 稼働率検討結果(11/11)

機器	部品	現象	保全対策後 故障率 (1/年・基)	機器量	影響 機器数	故障 発生率 (1/年)	復旧 日数	年間平均 停止日数	処理量低下日数					機器停止 相当日数	稼働率
									1/1 完全停止	1/12 低下	1/6 低下	1/3 低下	1/2 低下		
焼結炉	油圧シリンダー	誤開又は誤閉	4.6E-06	1	1	4.6E-06	2	9.1E-06	9.1E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	9.1E-06	-
		閉塞	5.0E-01	1	1	5.0E-01	0.5	2.5E-01	2.5E-01	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.5E-01	-
	駆動部	外部リーク	4.6E-06	1	1	4.6E-06	7	3.2E-05	3.2E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.2E-05	-
	ヒーター	閉塞	5.0E-02	1	1	5.0E-02	7	3.5E-01	3.5E-01	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.5E-01	-
	耐火材	破断/割れ	9.0E-06	1	1	1.1E-04	7	7.6E-04	7.6E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.6E-04	-
	還元球供給配管	閉塞	4.6E-06	1	1	4.6E-06	0.25	1.1E-06	1.1E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.1E-06	-
	弁	閉塞	9.0E-06	1	1	9.0E-06	2	1.8E-05	1.8E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.8E-05	-
		外部リーク	2.0E-01	1	1	2.0E-01	0.5	1.0E-01	1.0E-01	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.0E-01	-
		内部リーク	0.0E+00	1	1	0.0E+00	7	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-
		閉塞	2.0E-01	1	1	2.0E-01	30	6.0E+00	6.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.0E+00	-
		作動失敗	6.6E-05	1	1	6.6E-05	7	4.6E-04	4.6E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.6E-04	-
	還元ガス供給弁	誤開又は誤閉	4.6E-06	1	1	4.6E-06	2	9.1E-06	9.1E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	9.1E-06	-
		閉塞	5.0E-01	1	1	5.0E-01	0.5	2.5E-01	2.5E-01	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.5E-01	-
		外部リーク	4.6E-06	1	1	4.6E-06	7	3.2E-05	3.2E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.2E-05	-
		内部リーク	9.0E-06	1	1	9.0E-06	30	2.7E-04	2.7E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.7E-04	-
		作動失敗	6.6E-05	1	1	6.6E-05	7	4.6E-04	4.6E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.6E-04	-
	還元球排出配管	閉塞	6.6E-05	1	1	6.6E-05	0.25	1.7E-05	1.7E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.7E-05	-
		小計	-	-	-	1.5E+00	-	7.0E+00	7.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.0E+00	97.219%
製造ライン1系列 合計						4.4E+01		1.7E+02	1.2E+01	9.1E+01	3.2E+01	1.2E+01	2.4E+02	3.6E+01	84.14%

付表2 ブランケット燃料製造機器リスト(1/11)

設備名称:振動充てん燃料製造設備(外部ゲル化法)

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震度 重要度 分類	重量 (ton)	備考
1	V31	1	U溶液供給槽A	円筒形状	有効容量約19,800ℓ, 約φ3000×約H3500	SUS304L	30	静水頭	B	11	ブランケット大粒子燃料製造用 一週間分貯留
2	V32	1	U溶液供給槽B	円筒形状	有効容量約12,400ℓ, 約φ2500×約H3100	SUS304L	30	静水頭	B	11	ブランケット小粒子燃料製造用 一週間分貯留
3	V001A-1	1	滴下液混合槽A	円筒型	有効容量約590リットル φ約800×H約1,200mm	SUS304L	30	静水頭	B	1	ブランケット燃料:大粒径用
4	V001B-1	1	滴下液混合槽B	円筒型	有効容量約221リットル φ約600×H約1,000mm	SUS304L	30	静水頭	B	0.5	ブランケット燃料:小粒径用
5	P002A-1	1	滴下液混合槽循環ポンプE	ギヤポンプ	4.5 m <sup>3</sup> /hr,0.7MPa,3.7kw	SUS304L	30	-	B	0.1	ブランケット燃料:大粒径用
6	P002B-1	1	滴下液混合槽循環ポンプF	ギヤポンプ	1.8 m <sup>3</sup> /hr,0.7MPa,1.5kw	SUS304L	30	-	B	0.1	ブランケット燃料:小粒径用
7	V003A-1~12	4	滴下液供給槽A	縦置円筒型	有効容量約45リットル φ約350×H約500mm	SUS304L	30	静水頭	B	0.2	ブランケット燃料:大粒径用
8	V003B-1~8	4	滴下液供給槽B	縦置円筒型	有効容量約18リットル φ約250×H約400mm	SUS304L	30	静水頭	B	0.1	ブランケット燃料:小粒径用

付表2 ブランケット燃料製造機器リスト(2/11)

設備名称: 振動充てん燃料製造設備(外部ゲル化法)

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震 重要度 分類	重量 (ton)	備考
17	V006A-1~6	2	乾燥装置A	横置円筒型	φ約500×H約4,500mm	SUS304L	60	0.04	B	3	ブランケット燃料: 大粒径用
18	V006B-1~2	1	乾燥装置B	横置円筒型	φ約500×H約4,500mm	SUS304L	60	0.04	B	3	ブランケット燃料: 小粒径用
19	V007A-1~12	8	乾燥ゲル球貯槽A	縦置円筒型	有効容量約150リットル φ約400×H約1500mm	SUS304	室温	大気圧	B	0.3	ブランケット燃料: 大粒径用
20	V007B-1~6	8	乾燥ゲル球貯槽B	縦置円筒型	有効容量約60リットル φ約400×H約600mm	SUS304	室温	大気圧	B	0.3	ブランケット燃料: 小粒径用
21	X008A-1~6	2	計量供給装置A	ロータリーフィーダ	供給量 50 リットル/hr	SUS304	室温	大気圧	B	0.1	ブランケット燃料: 大粒径用
22	X008B-1~2	2	計量供給装置B	ロータリーフィーダ	供給量 20 リットル/hr	SUS304	室温	大気圧	B	0.1	ブランケット燃料: 小粒径用
23	V009A-1~3	1	焙焼炉A	ロータリーキルン	φ約400×L約4,000mm	SUS304L	400	大気圧	B	3	ブランケット燃料: 大粒径用
24	V009B-1	1	焙焼炉B	ロータリーキルン	φ約250×L約4,000mm	SUS304L	400	大気圧	B	3	ブランケット燃料: 小粒径用

付表2 ブランケット燃料製造機器リスト(3/11)

設備名称:振動充てん燃料製造設備(外部ゲル化法)

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震 重要度 分類	重量 (ton)	備考
17	V006A-1~6	2	乾燥装置A	横置円筒型	φ約500×H約4,500mm	SUS304L	60	0.04	B	3	ブランケット燃料:大粒径用
18	V006B-1~2	1	乾燥装置B	横置円筒型	φ約500×H約4,500mm	SUS304L	60	0.04	B	3	ブランケット燃料:小粒径用
19	V007A-1~12	8	乾燥ゲル球貯槽A	縦置円筒型	有効容量約150リットル φ約400×H約1500mm	SUS304	室温	大気圧	B	0.3	ブランケット燃料:大粒径用
20	V007B-1~6	8	乾燥ゲル球貯槽B	縦置円筒型	有効容量約60リットル φ約400×H約600mm	SUS304	室温	大気圧	B	0.3	ブランケット燃料:小粒径用
21	X008A-1~6	2	計量供給装置A	ロータリーフィーダ	供給量 50 リットル/hr	SUS304	室温	大気圧	B	0.1	ブランケット燃料:大粒径用
22	X008B-1~2	2	計量供給装置B	ロータリーフィーダ	供給量 20 リットル/hr	SUS304	室温	大気圧	B	0.1	ブランケット燃料:小粒径用
23	V009A-1~3	1	焙焼炉A	ロータリーキルン	φ約400×L約4,000mm	SUS304L	400	大気圧	B	3	ブランケット燃料:大粒径用
24	V009B-1	1	焙焼炉B	ロータリーキルン	φ約250×L約4,000mm	SUS304L	400	大気圧	B	3	ブランケット燃料:小粒径用
25	V010A-1~2	2	焙焼球貯槽(UO <sub>3</sub> /PuO <sub>2</sub> )A	縦置円筒型	有効容量約100リットル φ約350×H約1300mm	SUS304	室温	大気圧	B	0.2	ブランケット燃料:大粒径用
26	V010B-1~2	2	焙焼球貯槽(UO <sub>3</sub> /PuO <sub>2</sub> )B	縦置円筒型	有効容量約45リットル φ約350×H約600mm	SUS304	室温	大気圧	B	0.1	ブランケット燃料:小粒径用

付表2 ブランケット燃料製造機器リスト(4/11)

設備名称: 振動充てん燃料製造設備(外部ゲル化法)

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震 重要度 分類	重量 (ton)	備考
27	X011A-1~2	2	計量供給装置A	ロータリーフィーダ	供給量 13リットル/hr	SUS304	室温	大気圧	B	0.1	ブランケット燃料: 大粒径用
28	X011B-1~2	2	計量供給装置B	ロータリーフィーダ	供給量 5.4 リットル/hr	SUS304	室温	大気圧	B	0.1	ブランケット燃料: 小粒径用
29	V012A-1	1	還元炉A	ロータリーキルン	φ約250×L約4,000mm	インコネル600	600	大気圧	B	3	ブランケット燃料: 大粒径用
30	V012B-1	1	還元炉B	ロータリーキルン	φ約150×L約4,000mm	インコネル600	600	大気圧	B	3	ブランケット燃料: 小粒径用
31	V013A-1~2	2	還元球貯槽(UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )A	縦置円筒型	有効容量約97リットル φ約300×H約1700mm	SUS304	室温	大気圧	B	0.2	ブランケット燃料: 大粒径用
32	V013B-1~2	2	還元球貯槽(UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )B	縦置円筒型	有効容量約42リットル φ約300×H約710mm	SUS304	室温	大気圧	B	0.1	ブランケット燃料: 小粒径用
65	V014A-1	1	焼結炉A	ウオーキングビーム方式	L約12000×W約1600mm× H約2000mm	SUS304	室温	大気圧	B	56	ブランケット燃料: 大粒径用
66	V014A-2	1	焼結炉B	ウオーキングビーム方式	L約12000×W約1600mm× H約2000mm	SUS304	室温	大気圧	B	56	ブランケット燃料: 小粒径用
69	—	4	焼結球中間貯蔵庫	自動倉庫	容器自動搬送	SUS	室温	大気圧	B	—	

付表2 ブランケット燃料製造機器リスト(5/11)

設備名称:振動充てん燃料製造設備(外部ゲル化法)

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震 重要度 分類	重量 (ton)	備考
1	V101A-1	1	アンモニア廃液受槽	円筒型	φ約1,450×H約2,200mm	SUS304L	30	静水頭	B	1.2	ブランケット燃料(大粒経+小粒経)
2	V103A-1	1	洗浄廃液受槽(アンモニア)	円筒型	φ約2,500×H約2,200mm	SUS304L	30	静水頭	B	0.9	ブランケット燃料(大粒経+小粒経)
3	V103A-2	1	洗浄廃液受槽(IPA)	円筒型	φ約1,600×H約1,650mm	SUS305L	31	静水頭	B	0.9	ブランケット燃料(大粒経+小粒経)
4	H104A-1	1	乾燥排ガス凝縮器E	多管式熱交換器	φ約690mm×H約2,000mm	SUS304L	30	静水頭	B	0.1	ブランケット燃料:大粒径用
5	H104B-1	1	乾燥排ガス凝縮器F	多管式熱交換器	φ約540mm×H約1,100mm	SUS304L	30	静水頭	B	0.1	ブランケット燃料:小粒径用
6	V105A-1	1	乾燥排ガス凝縮液受槽E	円筒型	φ約1,200mm×H約1,320mm	SUS304L	30	静水頭	B	1	ブランケット燃料:大粒径用
7	V105B-1	1	乾燥排ガス凝縮液受槽F	円筒型	φ約900mm×H約1,050mm	SUS304L	30	静水頭	B	0.5	ブランケット燃料:小粒径用
8	-	1式	リワーク設備	-	溶解槽、計量槽等	SUS304L	-	-	B	-	

付表2 ブランケット燃料製造機器リスト(6/11)

設備名称: 中放射性(プロセス廃液)処理設備

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震 重要度 分類	重量 (ton)	備考
1	NH3蒸留	2	アンモニア蒸留原液受槽	縦型円筒型	24m <sup>3</sup> φ3000×4300H	SUS304L	常温	静水頭	B	3.5	1槽予備
2		1	ポンプI-1	遠心型	50L/min	SUS316	常温	0.2	B	0.1	
3		1	フィルタI	精密ろ過	50L/min	SUS304L	常温	0.2	B	0.1	
4		1	蒸留塔I	充填塔	φ900×1800W×10000H	SUS304L	100°C	大気圧	B	1.5	
5		1	凝縮器I	多管式	伝熱面積 φ1000×2500L	SUS404L	100°C	大気圧	B	0.5	
6		1	冷却器I	多管式	伝熱面積 300A×2000L	SUS404L	100°C	大気圧	B	0.1	
7		1	アンモニア蒸留凝縮受槽	縦型円筒型	5m <sup>3</sup> φ2000×2000H	SUS304L	常温	静水頭	B	2	
8		1	アンモニア釜残受槽	縦型円筒型	24m <sup>3</sup> φ3000×4300H	SUS304L	常温	静水頭	B	3.5	
9		1	ポンプI-2	遠心型	50L/min	SUS316	常温	0.2	B	0.1	
10		1	ポンプI-3	遠心型	50L/min	SUS316	常温	0.2	B	0.1	

付表2 ブランケット燃料製造機器リスト(7/11)

設備名称:中放射性(プロセス廃液)処理設備

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震 重要度 分類	重量 (ton)	備考
11	IPA蒸留	2	IPA回収受槽	縦型円筒型	10m <sup>3</sup> φ2000×4000H	SUS304L	常温	静水頭	B	2.5	1槽予備
12		1	ポンプⅡ-1	遠心型	20L/min	SUS316	常温	0.2	B	0.1	
13		1	フィルタⅡ	精密ろ過	20L/min	SUS304L	常温	0.2	B	0.1	
14		1	蒸留塔Ⅱ	充填塔	Φ450×900W×6500H	SUS304L	100°C	大気圧	B	0.5	
15		1	凝縮器Ⅱ	多管式	伝熱面積 Φ600×2500L	SUS404L	100°C	大気圧	B	0.3	
16		1	冷却器Ⅱ	多管式	伝熱面積 200A×1800L	SUS404L	100°C	大気圧	B	0.1	
17		1	IPA蒸留凝縮受槽	縦型円筒型	10m <sup>3</sup> φ2000×4000H	SUS304L	常温	静水頭	B	2.5	
18		1	IPA釜残受槽	縦型円筒型	5m <sup>3</sup> φ2000×2000H	SUS304L	常温	静水頭	B	2	
19		1	ポンプⅡ-2	遠心型	20L/min	SUS316	常温	0.2	B	0.1	
20		1	ポンプⅡ-3	遠心型	20L/min	SUS316	常温	0.2	B	0.1	

付表2 ブランケット燃料製造機器リスト(8/11)

設備名称: 中放射性(プロセス廃液)処理設備

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震 重要度 分類	重量 (ton)	備考
21	IPA精製	1	ゼオライト膜分離装置	真空ろ過型	6000W×5000D×3500H	SUS316	常温	~5torr	B	10	
22		1	IPA受槽	縦型円筒型	10m <sup>3</sup> φ2000×4000H	SUS304L	常温	静水頭	B	2.5	
23		1	膜分離ろ液受槽	縦型円筒型	3.5m <sup>3</sup> φ1500×2000H	SUS304L	常温	静水頭	B	1.5	
24		1	ポンプⅢ-1	遠心型	50L/min	SUS316	常温	0.2	B	0.1	
25		1	ポンプⅢ-2	遠心型	50L/min	SUS316	常温	0.2	B	0.1	
26	電析	2	電析分離受槽	縦型円筒型	24m <sup>3</sup> φ3000×4300H	SUS304L	常温	静水頭	B	3.5	1槽予備
27		1	ポンプⅣ-1	ダイヤフラム型	50L/min	SUS304L	常温	0.2	B	0.1	
28		1	フィルタⅣ	精密ろ過	50L/min	SUS304L	常温	0.2	B	0.1	
29		3	電気透析装置	膜積層型	1000W×400D×2,500H(100cell)	SUS304L	常温	0.2	B	0.5	
30		1	濃縮液循環槽	縦型円筒型	3.5m <sup>3</sup> φ1500×2000H	SUS304L	常温	静水頭	B	1.5	

付表2 ブランケット燃料製造機器リスト(9/11)

設備名称: 中放射性(プロセス廃液)処理設備

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震 重要度 分類	重量 (ton)	備考
31	電析	1	ポンプIV-2	遠心型	20L/min	SUS304L	常温	0.2	B	0.1	
32		1	ポンプIV-3	遠心型	50L/min	SUS304L	常温	0.2	B	0.1	
33		1	電解透析装置	膜積層型	600W×400D×2,500H(45cell)	SUS304L	常温	0.2	B	0.3	
34		1	濃硝酸回収槽	縦型円筒型	3.5m <sup>3</sup> φ1500×2000H	SUS304L	常温	静水頭	B	1.5	ライニング構造
35		1	ポンプIV-4	遠心型	20L/min	SUS304L	常温	0.2	B	0.1	
36		1	濃アンモニア1次回収槽	縦型円筒型	3.5m <sup>3</sup> φ1500×2000H	SUS304L	常温	静水頭	B	1.5	
37		1	濃アンモニア2次回収槽	縦型円筒型	3.5m <sup>3</sup> φ1500×2000H	SUS304L	常温	静水頭	B	1.5	
38		1	アンモニア放散器	充填塔	φ500×1000	SUS304L	100°C	静水頭	B	1	
39		1	アンモニア吸収器	充填塔	φ500×1000	SUS304L	常温	静水頭	B	1	

付表2 ブランケット燃料製造機器リスト(10/11)

設備名称:中放射性(プロセス廃液)処理設備

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震 重要度 分類	重量 (ton)	備考
40	中濃度	2	中放射能廃液受槽	縦型円筒型	24m <sup>3</sup> φ3000×4300H	SUS304L	常温	静水頭	B	2.5	1槽予備
41		1	ポンプV-1	遠心性	50L/min	SUS316	常温	0.2	B	0.1	
42		1	フィルタV	精密ろ過	50L/min	SUS304L	常温	0.2	B	0.1	
43		1	凝縮管	垂直サーモン型	伝熱面積40m <sup>2</sup> 2000×1600×6000H	Ti-5ta	100°C	大気圧	B	1	
44		1	凝縮器	多管式	φ900×3000L	SUS304L	100°C	大気圧	B	0.5	
45		1	冷却器	2重管式	25A/40A×3000×200H	SUS304L	100°C	大気圧	B	0.1	
46		1	オフガス冷却器	2重管式	25A/40A×3000L	SUS304L	95°C	大気圧	B	0.1	
47		2	凝縮液受槽	縦型円筒型	24m <sup>3</sup> φ3000×4300H	SUS304L	常温	静水頭	B	2.5	1槽予備
48		1	ポンプV-2	遠心性	50L/min	SUS316	常温	0.2	B	0.1	
49		1	濃縮液受槽	縦型円筒型	3.5m <sup>3</sup> φ1500×2000H	SUS304L	常温	静水頭	B	1.5	

付表2 ブランケット燃料製造機器リスト(11/11)

設備名称: 中放射性(プロセス廃液)処理設備

No.	機器番号	員数	機器名称	型式	仕様 (概略寸法, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	耐震 重要度 分類	重量 (ton)	備考
50	中濃度	1	ポンプV-3	遠心型	50L/min	SUS316	常温	0.2	B	0.1	
51	V013D-1~2	1	スチーム凝縮水槽	縦型円筒型	3.5m <sup>3</sup> φ1500×2000H	SUS304L	常温	静水頭	B	1.5	
52	中濃度	1	ポンプV-4	遠心型	50L/min	SUS316	常温	0.2	B	0.1	