

# ゲル化顆粒燃料製造ライン構成の調査

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

2003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ください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村 4 番地 49  
核燃料サイクル開発機構  
技術開発部 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

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:

Technical Cooperation Section,  
Technology management Division,  
Japan Nuclear Cycle Development Institute  
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184, Japan

© 核燃料サイクル開発機構  
(Japan Nuclear Cycle Development Institute)  
2003

# ゲル化顆粒燃料製造ライン構成の調査

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

2003年2月

三菱マテリアル株式会社

2003年2月

## ゲル化プロセス機器構造の調査

梅村 昭男\*、菊池 俊明\*、田中 宏和\*、  
川内 慶征\*、箭内 実\*、高橋 浩\*

## 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である。

- ① 昨年度の検討結果に基づき、焼結炉と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。
- ② 機器の配置検討を実施する前提として、臨界安全性について、機器間の相互干渉、粉末が機器からの漏洩、機器移動時等の相互干渉等の異常時を想定した検討を実施した。
- ③ 主要機器および保守・補修を含めた遠隔ハンドリング設備の概念設計を実施した。また、主要機器および遠隔ハンドリング設備のセル内配置を検討した。また、必要な保守作業について整理した。
- ④ 主要機器の機器構造を明確化した。また、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。
- ⑤ 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、サンプリング頻度等について整理した。
- ⑥ 工程の稼働率について特性を評価するとともに、機器を構成する部品の稼働率データの信頼性、妥当性を考慮し、それぞれのデータを整理した。
- ⑦ 設備の運転に必要なユーティリティ、運転員数、また設備から発生する廃棄物量等について明らかにした。
- ⑧ 対象とする機器の設備費を検討するとともに、処理量、系列数等を考慮して主工程の設備費と製造量の特徴を整理した。また、他のゲル化法の設備費との比較等を実施した。

---

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

February 2003

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

Akio Umemura\*, Toshiaki Kikuchi\*, Hirokazu Tanaka\*,  
Yoshiyuki Kawauchi\*, Minoru Yanai\*, Hiroshi Takahashi\*

## 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, solidification, washing, drying, calcination, reduction, sintering stages including interim storage of sintering particles for the oxide core fuel production line were selected. The main results obtained by this study are as follows:

- ① Based on the process examination results conducted last year, process-flow, mass balance and number of production line/equipment included sintering and interim storage stage were clarified.
- ② On the basis of equipment layout examination, criticality safety considerations were sort out taking into account of abnormal conditions, such as leakage of particles onto the floor and apparatus-container mutual interference during container transfer.
- ③ Preliminary design of the main equipment was done. Equipment layout design was done in consideration of material transfer flow and maintenance measures to be applied. A schematic layout drawing was presented and a maintenance procedure was arranged along with a time scheduling.
- ④ Analytical sample taking points and necessary analytical items were extracted taking into account of quality control and process management.
- ⑤ A feature of the operating rate at each process stage was sort by examining a failure rate reliability of each component.
- ⑥ Based on the results, utility consumed and number of operators required for the plant operation, an amount of wastes was evaluated.
- ⑦ Equipment cost was evaluated for the production capacity of 200 ton-HM/year and capacity-cost interrelation dependency was examined in the view of number of production line.

---

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

## 目 次

1. はじめに .....	1-1
2. 主要設備機器の概念調査 .....	2. 1-1
2.1 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. 1-5
(3) 物質収支 .....	2. 1-5
(4) 運転手順の検討 .....	2. 1-14
2.2 品質管理に係わる検討 .....	2. 2-1
(1) 品質保証上必要な分析項目 .....	2. 2-1
(2) 工程管理上必要な分析項目 .....	2. 2-1
(3) 分析項目まとめ .....	2. 2-3
(4) 分析頻度とプロセスに対する負荷 .....	2. 2-4
2.3 機器の概念設計 .....	2. 3-1
(1) 主要機器リスト .....	2. 3-1
(2) 主要機器図 .....	2. 3-1
2.4 機器のセル内配置検討 .....	2. 4-1
(1) 機器配置の基本方針 .....	2. 4-1
(2) 機器配置 .....	2. 4-2
(3) 保守方法 .....	2. 4-7
2.5 安全性に係わる検討 .....	2. 5-1
(1) 臨界安全性の考え方 .....	2. 5-1
(2) 複数ユニットにおける臨界安全評価 .....	2. 5-3

目 次

3.	システム評価に関するデータの収集	3. 1-1
3. 1	システム安定性に係わる検討	3. 1-1
	(1) バッファ容量についての検討	3. 1-1
	(2) 稼働率の特徴の整理	3. 1-5
3. 2	廃棄物発生量に係わる検討	3. 2-1
3. 3	ユーティリティ等に係わる検討	3. 3-1
	(1) ユーティリティについて	3. 3-1
	(2) 運転員について	3. 3-1
3. 4	経済性に係わる検討	3. 4-1
	(1) 酸化物燃料製造（外部ゲル化法：炉心燃料）	3. 4-1
	(2) 他の方法との比較	3. 4-5
3. 5	システム評価まとめ	3. 5-1
4.	まとめ	4-1

付録 稼働率の検討結果

## 表 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. 1-6
表 2. 1-2	新燃料の平衡組成 (HM200t : MA1. 2% : 歩留り 90%)	2. 1-7
表 2. 1-3	前提条件	2. 1-8
表 2. 1-4	ピッチを 400mm とした場合の貯蔵本数	2. 1-19
表 2. 2-1	分析項目一覧	2. 2-3
表 2. 3-1	主要機器リスト (1/6)	2. 3-2
表 2. 3-1	主要機器リスト (2/6)	2. 3-3
表 2. 3-1	主要機器リスト (3/6)	2. 3-4
表 2. 3-1	主要機器リスト (4/6)	2. 3-5
表 2. 3-1	主要機器リスト (5/6)	2. 3-6
表 2. 3-1	主要機器リスト (6/6)	2. 3-7
表 2. 4-1	各製造ラインの機器数	2. 4-4
表 2. 4-2	保守機器数量	2. 4-5
表 2. 4-3	マテリアルハンドリング方法一覧	2. 4-6
表 2. 4-4	マテリアルハンドリング機器数一覧	2. 4-6
表 2. 4-5	プロセス機器保守項目一覧	2. 4-10
表 2. 5-1	通常運転時の漏洩による臨界について	2. 5-2
表 3. 1-1	故障率のまとめ(その1)	3. 1-6
表 3. 1-1	故障率のまとめ(その2)	3. 1-7
表 3. 1-3	表 3.1-3 稼働率の幅	3. 1-8
表 3. 2-1	廃棄物発生量リスト (1/2)	3. 2-2
表 3. 2-1	廃棄物発生量リスト (2/2)	3. 2-3
表 3. 3-1	ユーティリティリスト	3. 3-2
表 3. 3-2	電気負荷リスト	3. 3-3
表 3. 3-3	操業体制及び人員	3. 3-4
表 3. 4-1	コスト試算結果	3. 4-1
表 3. 4-2	機器数の概略 (ブランケット燃料)	3. 4-2
表 3. 4-3	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. 4-2
表 3. 4-4	製造量と機器数の概略比較	3. 4-4
表 3. 4-5	外部ゲル化法と内部ゲル化法の設備など比較	3. 4-9
表 3. 5-1	廃棄物種類毎の発生量(1/2)	3. 5-2



表 目 次

表 3.5-1 廃棄物種類毎の発生量(2/2).....	3.5-3
表 3.5-2 ユーティリティ、運転員、設備費まとめ .....	3.5-4

## 目 次

図 2. 1-1	プロセスフローダイアグラム	2. 1-9
図 2. 1-2	ゲル化プロセス物質収支図【内側燃料】(1/2)	2. 1-10
図 2. 1-3	ゲル化プロセス物質収支図【内側燃料】(2/2)	2. 1-11
図 2. 1-4	ゲル化プロセス物質収支図【外側燃料】(1/2)	2. 1-12
図 2. 1-5	ゲル化プロセス物質収支図【外側燃料】(2/2)	2. 1-13
図 2. 1-6	中間貯蔵庫のセル内配置モデル図(平面図)	2. 1-17
図 2. 1-7	中間貯蔵庫の臨界計算モデル	2. 1-20
図 2. 1-8	実効増倍率(空間水密度サーベイ)	2. 1-22
図 2. 1-9	ピッチを変更した場合の実効増倍率	2. 1-22
図 2. 1-10	中間貯蔵庫容器径を 150mmφとした場合の実効増倍率	2. 1-24
図 2. 3-1	機器図(焼結炉)	2. 3-8
図 2. 3-2	機器図(貯蔵容器)	2. 3-9
図 2. 3-3 (1)	機器図(焼結球中間貯蔵庫 A)	2. 3-10
図 2. 3-3 (2)	機器図(焼結球中間貯蔵庫 B)	2. 3-11
図 2. 3-3 (3)	機器図(焼結球中間貯蔵庫 C)	2. 3-12
図 2. 3-3 (4)	機器図(焼結球中間貯蔵庫 D)	2. 3-13
図 2. 4-1 (1)	顆粒燃料製造ライン全体配置図(1F 平面)	2. 4-13
図 2. 4-1 (2)	顆粒燃料製造ライン全体配置図(2F 平面)	2. 4-14
図 2. 4-1 (3)	顆粒燃料製造ライン全体配置図(3F 平面)	2. 4-15
図 2. 4-1 (4)	顆粒燃料製造ライン全体配置図(B1F 平面)	2. 4-16
図 2. 4-1 (5)	顆粒燃料製造ライン全体配置図(A-A 断面(立面))	2. 4-17
図 2. 4-1 (6)	顆粒燃料製造ライン全体配置図(B-B 断面(立面))	2. 4-18
図 2. 4-1 (7)	顆粒燃料製造ライン全体配置図(C-C 断面(立面))	2. 4-19
図 2. 4-1 (8)	顆粒燃料製造ライン全体配置図(D-D 断面(立面))	2. 4-20
図 2. 4-1 (9)	顆粒燃料製造ライン全体配置図(E-E 断面(立面))	2. 4-21
図 2. 4-2 (1)	工程セル内機器配置図(内側燃料大粒径 平面)	2. 4-22
図 2. 4-2 (2)	工程セル内機器配置図(内側燃料大粒径 立面)	2. 4-23
図 2. 4-2 (3)	工程セル内機器配置図(内側燃料小粒径 平面)	2. 4-24
図 2. 4-2 (4)	工程セル内機器配置図(内側燃料小粒径 立面)	2. 4-25
図 2. 4-2 (5)	工程セル内機器配置図(外側燃料大粒径 平面)	2. 4-26
図 2. 4-2 (6)	工程セル内機器配置図(外側燃料大粒径 立面)	2. 4-27

## 目 次

図 2. 4-2 (7) 工程セル内機器配置図 (外側燃料小粒径 平面) .....	2. 4-28
図 2. 4-2 (8) 工程セル内機器配置図 (外側燃料小粒径 立面) .....	2. 4-29
図 2. 4-3 駆動ユニットの交換作業手順 .....	2. 4-30
図 2. 4-4 滴下ノズルユニットの交換作業手順 .....	2. 4-31
図 2. 4-5 弁、計量供給装置、ポンプの交換作業手順 .....	2. 4-32
図 2. 4-6 焙焼炉、還元炉ヒータの交換作業手順 .....	2. 4-34
図 2. 4-7 焼結炉耐火材の交換作業手順 .....	2. 4-36
図 2. 4-8 焼結炉駆動ビームの交換作業手順 .....	2. 4-38
図 2. 4-9 焼結炉ヒータの交換作業手順 .....	2. 4-40
図 2. 4-10 焼結炉油圧シリンダの交換作業手順 .....	2. 4-42
図 2. 5-1 乾燥ゲル球貯槽の臨界計算モデル .....	2. 5-5
図 2. 5-2 乾燥ゲル球貯槽における実効増倍率 (空間水密度サーベイ) ..	2. 5-6
図 3. 1-1 シミュレータにて設定したモデル .....	3. 1-3
図 3. 1-2 中間バッファの容量に対する全体稼働率 .....	3. 1-4

1. はじめに

本件名称は、「ゲル化顆粒製造ライン構成の調査」（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 2 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、顆粒製造に係わる工程の概念調査検討を昨年度に引き続き実施する。主に昨年度から追加された機器を中心に調査・検討を行い、顆粒製造プロセスの技術的成立性について他システムと比較検討が可能な評価を行う。

## 2. 主要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。

- ①ゲル化転換装置（外部ゲル化法による）
- ②焙焼・還元炉
- ③焼結炉
- ④焼結球の中間貯蔵庫
- ⑤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、保守・補修に要する時間の推定を行った。

なお、滴下液混合から還元工程までの装置については、「ゲル化プロセスの機器構造の調査 JNC ZJ9420 2002-004」（三菱マテリアル株式会社：2002）と同じである。

## 2.1 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（後述）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。

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。

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
U238	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
U合計	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
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+00	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	1.49E-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
N	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
O	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	0.00E+00	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
Mb	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	3.88E+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%)

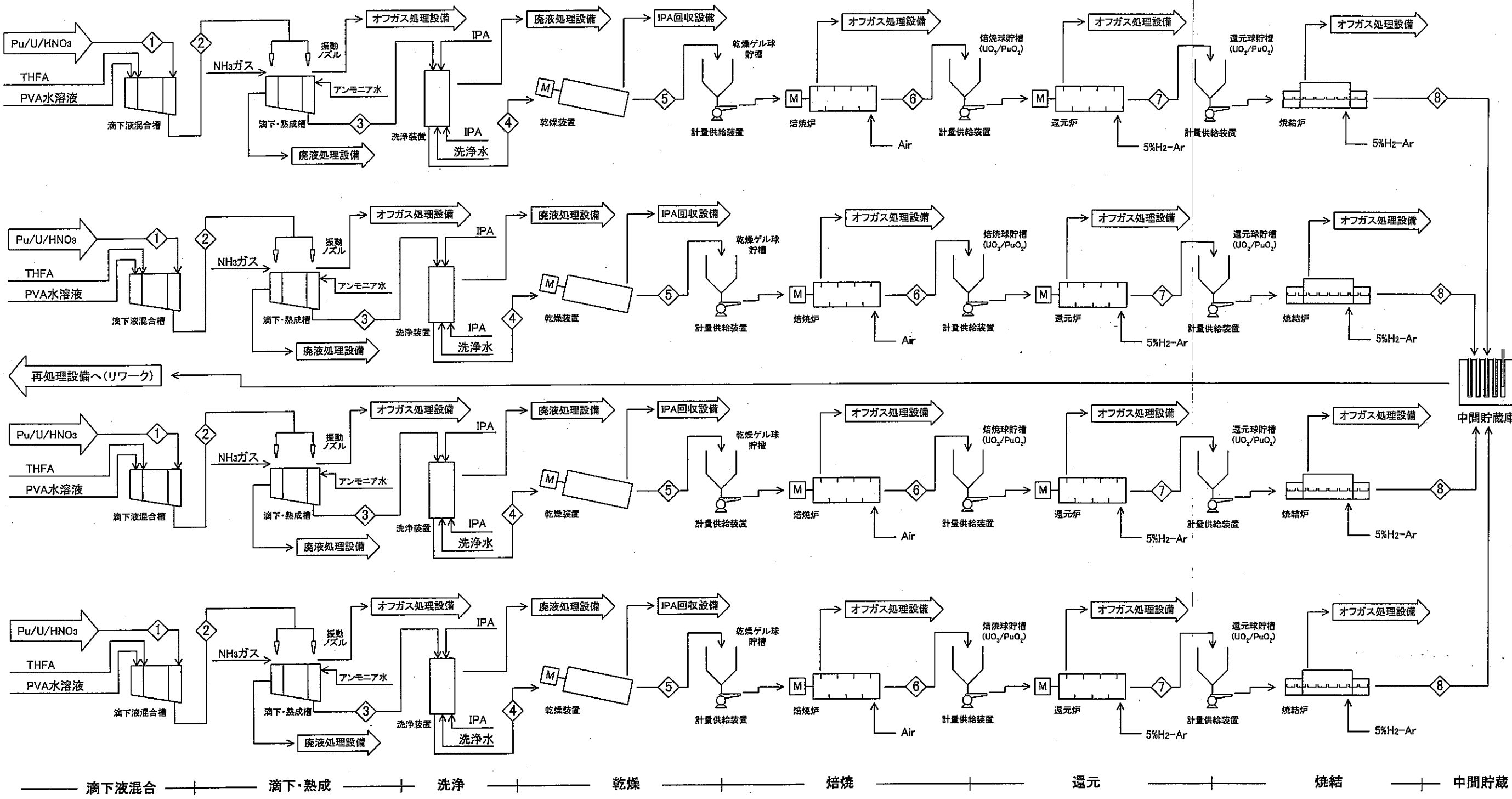
	内側炉心燃料/富化度 21.10%			外側炉心燃料/富化度 24.90%			ブランク燃料			
	重量,kg	崩壊熱,W	放射能,Bq	重量,kg	崩壊熱,W	放射能,Bq	重量,kg	崩壊熱,W	放射能,Bq	重量合計,kg
U234	1.52E+00	2.75E-01	3.51E+11	1.25E+00	2.26E-01	2.89E+11	5.87E+00	1.06E+00	1.36E+12	8.64E+00
U235	6.68E+01	0.00E+00	5.35E+09	5.49E+01	0.00E+00	4.39E+09	2.58E+02	0.00E+00	2.06E+10	3.80E+02
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	2.01E+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
Mb	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	1.69E-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	1.89E+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 $\mu$ m/80 $\mu$ 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)	—

<炉心燃料製造ライン>

番号 No.	名称 DESCRIPTION	材質 MATERIAL	個数 QTY	記号 REMARKS



<主要物流一覧表>

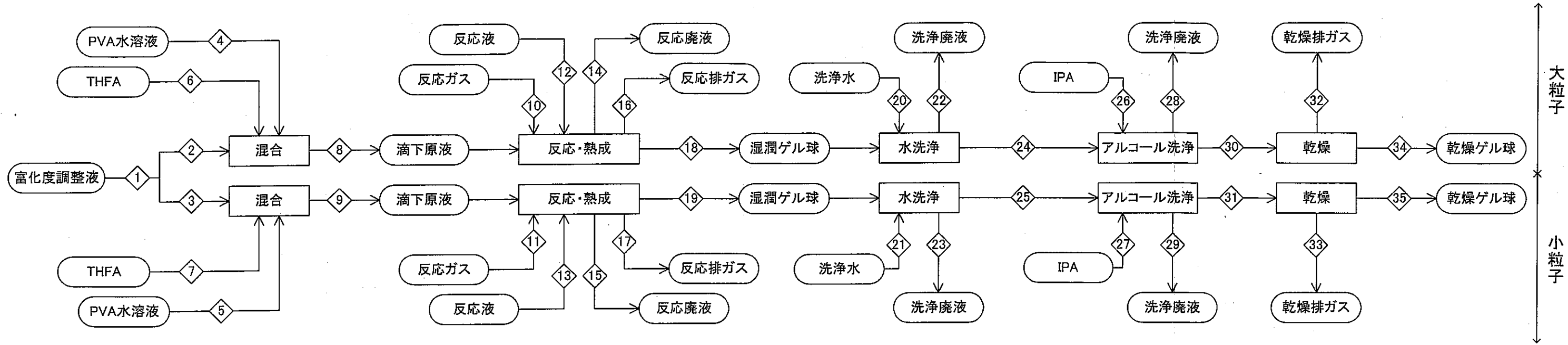
物流番号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
物流名称	UNH/PuNH	滴下原液	湿潤ゲル球	洗浄済みゲル球	乾燥ゲル球	焙焼球 (UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )	還元球 (UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )	焼結球 (UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )
流量(kg/d)	内側大粒径	734.7	1,460.0	2,017.6	2,178.1	736.9	189.8	181.4
	内側小粒径	314.9	562.2	880.0	832.1	286.2	81.3	77.7
	外側大粒径	647.4	1,288.7	1,789.1	1,917.7	647.9	164.0	157.1
	外側小粒径	277.5	496.3	777.5	732.4	251.5	70.3	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
				MNC図書番号 DRAWING No.	改訂 Rev.	
				ベンダ図書番号 VENDOR DWG No.	改訂 Rev.	

図2.1-1  
プロセスフローダイアグラム

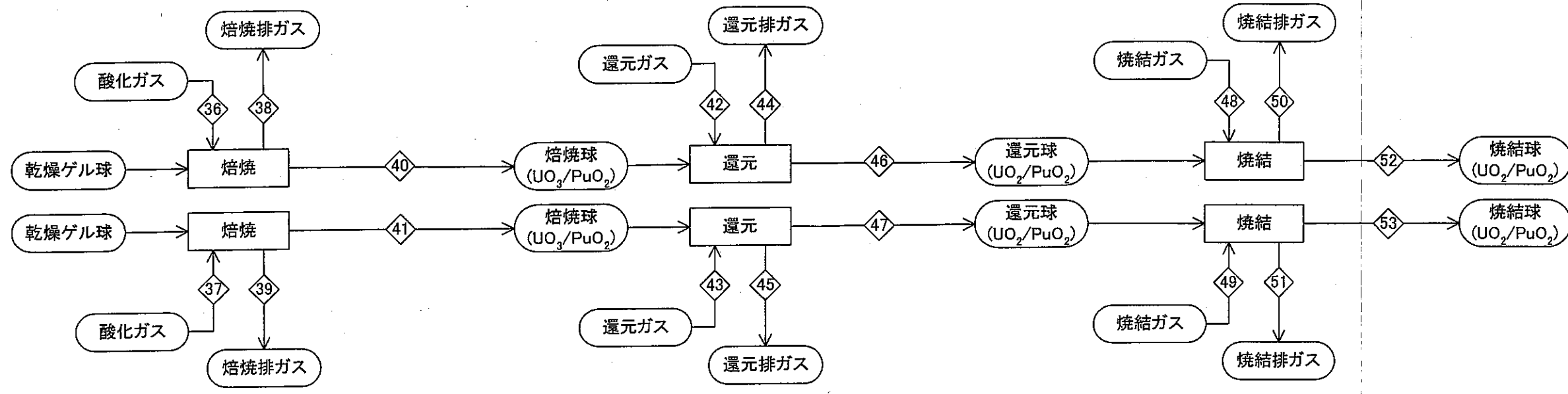
2.1-9

0	新規作成 INITIAL ISSUE			



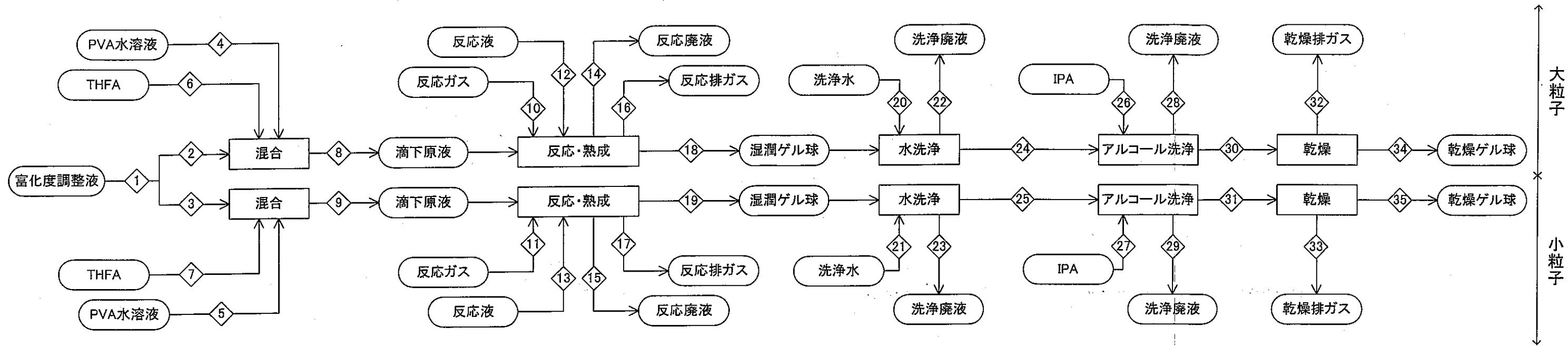
物質番号	物質名称	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
成分	単位	Pu富化度調整液	Pu富化度調整液	Pu富化度調整液	PVA水溶液	PVA水溶液	THFA	THFA	滴下原液	滴下原液	反応ガス	反応ガス	反応液	反応液	反応液	反応液	反応排ガス	反応排ガス	湿潤ゲル球	湿潤ゲル球	洗浄水	洗浄水	洗浄液	洗浄液	水洗浄済ゲル球	水洗浄済ゲル球	IPA	IPA	洗浄液	洗浄液	洗浄済みゲル球	洗浄済みゲル球	乾燥排ガス	乾燥排ガス	乾燥ゲル球	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>	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																		162.8	69.8					162.8	69.8						162.8	69.8			
UO <sub>3</sub>	kg/d																																			
UO <sub>2</sub>	kg/d																																			
Pu <sup>4+</sup>	kg/d	48.1	33.6	14.4					33.6	14.4									43.2	18.5					43.2	18.5						43.2	18.5			
Pu(OH) <sub>3</sub>	kg/d																																			
PuO <sub>2</sub>	kg/d																																			
M <sup>2+</sup>	kg/d	2.3	1.6	0.7					1.6	0.7									2.0	0.9					2.0	0.9						2.0	0.9			
M(OH) <sub>2</sub>	kg/d																																			
MO <sub>3</sub>	kg/d																		0.5	0.2					0.5	0.2						0.5	0.2			
FP	kg/d	0.8	0.5	0.2					0.5	0.2									0.5	0.2					0.5	0.2						0.5	0.2			
PVA	kg/d				21.9	5.6			21.9	5.6									21.9	5.6					21.9	5.6						21.9	5.6			
THFA	kg/d						506.4	191.2	506.4	191.2									506.4	191.2					506.4	191.2						506.4	191.2			
NH <sub>3</sub> (aq)	kg/d												439.1	188.2	286.4	105.4			110.1	64.5			110.0	64.5							506.4	191.2				
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (内部)	kg/d																		130.5	55.1					130.5	55.1										
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (外部)	kg/d														19.5	7.0			8.9	5.4					139.7	60.4										
IPA(l)	kg/d																																			
HNO <sub>3</sub>	kg/d	32.0	22.4	9.6					22.4	9.6																										
NO <sub>x</sub>	kg/d	144.6	101.2	43.4					101.2	43.4																										
H <sub>2</sub> O(l)(内部)	kg/d	620.5	434.4	186.2	197.1	50.6			631.5	236.8									645.6	242.8					645.6	242.8										
H <sub>2</sub> O(l)(外部)	kg/d												1,317.4	564.6	893.1	321.9			385.6	226.0	6,020.0	2,272.7	6,405.4	2,499.7												
IPA(g)	Nm <sup>3</sup> /d																																296.6	113.0		
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											11.1	4.8								11.1	4.8														
H <sub>2</sub> O(g)	Nm <sup>3</sup> /d																																803.4	302.2		
Al <sup>3+</sup>	Nm <sup>3</sup> /d																																			
6NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> Al <sup>3+</sup>	Nm <sup>3</sup> /d																																			
合計	kg/d	1,049.5	734.7	314.9	219.0	66.2	506.4	191.2	1,460.0	662.2			1,756.6	752.8	1,199.0	434.2			2,017.6	880.0	6,020.0	2,272.7	6,655.2	2,623.6	1,382.4	529.0	2,367.1	893.6	1,571.4	590.5	2,178.1	832.1		736.9	286.2	
	Nm <sup>3</sup> /d																																			
液量	l/d	725.4	507.6	217.6	214.6	55.1	481.6	181.8	1,204.0	454.6			1,926.8	825.8	1,315.2	476.3			653.5	324.6	6,020.0	2,272.7	6,655.2	2,623.6			3,010.0	1,136.3	1,998.2	750.9	1,011.8	385.5		1,099.9	415.1	
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	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	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	244.6	244.6	244.6					103.2	117.1									ADU Pu(OH) <sub>3</sub>	ADU Pu(OH) <sub>3</sub>					ADU Pu(OH) <sub>3</sub>	ADU Pu(OH) <sub>3</sub>								ADU Pu(OH) <sub>3</sub>	ADU Pu(OH) <sub>3</sub>	
Pu濃度	g/l	66.3	66.3	66.3					27.9	31.7																										
HNO <sub>3</sub> 濃度	N	0.70	0.70	0.70					0.3	0.3																										

図2.1-2 ゲル化プロセス物質収支図【内側燃料】(1/2)



物質番号 物質名称	34 乾燥ゲル球	35 乾燥ゲル球	36 酸化ガス	37 酸化ガス	38 焙焼排ガス	39 焙焼排ガス	40 焙焼球 (UO <sub>3</sub> /PuO <sub>2</sub> )	41 焙焼球 (UO <sub>3</sub> /PuO <sub>2</sub> )	42 還元ガス	43 還元ガス	44 還元排ガス	45 還元排ガス	46 還元球 (UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )	47 還元球 (UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )	48 焼結ガス	49 焼結ガス	50 焼結排ガス	51 焼結排ガス	52 焼結球 (UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )	53 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> *	kg/d																			
ADU	kg/d	162.8	69.8				149.3	64.0											149.3	64.0
UO <sub>3</sub>	kg/d												140.9	60.4					140.9	60.4
UO <sub>2</sub>	kg/d																			
Pu*	kg/d																			
Pu(OH) <sub>3</sub>	kg/d	43.2	18.5				38.1	16.3					38.1	16.3					38.1	16.3
PuO <sub>2</sub>	kg/d																			
M*	kg/d																			
M(OH) <sub>3</sub>	kg/d	2.0	0.9																	
MO <sub>2</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																			
O <sub>2</sub> (g)	Nm <sup>3</sup> /d			1,499.9	559.5	750.0	279.8													
N <sub>2</sub> (g)	Nm <sup>3</sup> /d			5,642.6	2,104.8	5,642.6	2,104.8													
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													
Air	Nm <sup>3</sup> /d			7,142.5	2,664.4															
5%F <sub>2</sub> -Air	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				169.8	81.3											181.4	77.7
	Nm <sup>3</sup> /d			7,142.5	2,664.4	7,589.4	2,833.2		467.6	200.4	467.6	200.4	467.6	200.4	467.6	200.4	467.6	200.4	181.4	77.7
流量	ガス																			
	l/d																			
	Nm <sup>3</sup> /d	736.9	286.2	7,142.5	2,664.4	7,589.4	2,833.2	169.8	81.3	467.6	200.4	467.6	200.4	467.6	200.4	467.6	200.4	467.6	200.4	181.4
	kg/d																			
備考		大粒線粒 製造ライン	小粒線粒 製造ライン	大粒線粒 製造ライン	小粒線粒 製造ライン	大粒線粒 製造ライン	小粒線粒 製造ライン	大粒線粒 製造ライン	小粒線粒 製造ライン	大粒線粒 製造ライン	小粒線粒 製造ライン	大粒線粒 製造ライン	小粒線粒 製造ライン	大粒線粒 製造ライン	小粒線粒 製造ライン	大粒線粒 製造ライン	小粒線粒 製造ライン	大粒線粒 製造ライン	小粒線粒 製造ライン	大粒線粒 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>3</sub>	Pu(OH) <sub>3</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																			

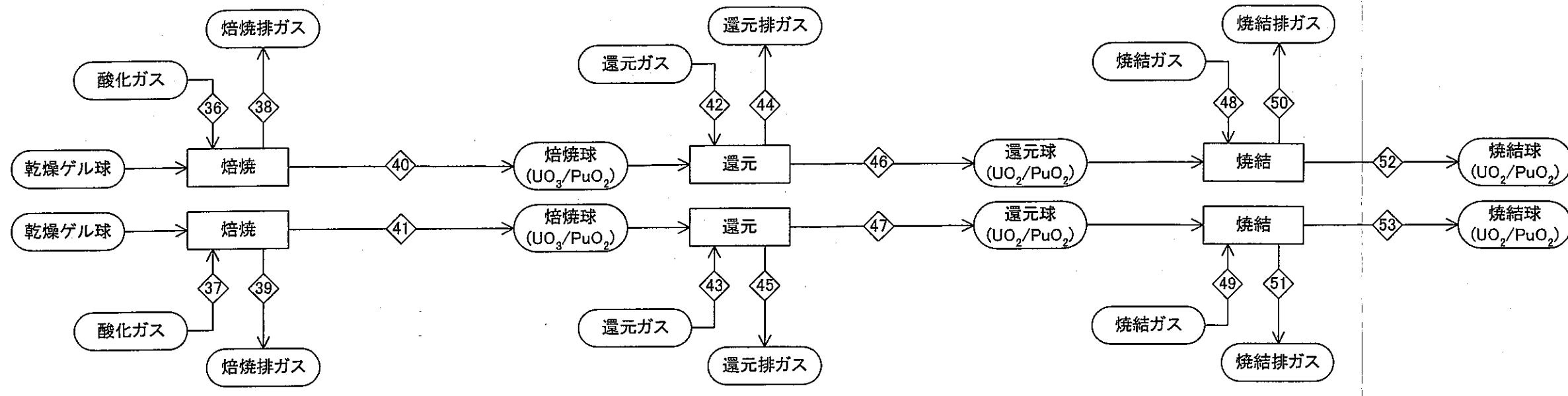
図2.1-3 ゲル化プロセス物質収支図【内側燃料】(2/2)



物料番号 物質名称	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	富化度調整液	富化度調整液	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	反応排ガス	反応排ガス	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	洗浄水	洗浄水	水洗浄ゲル球	水洗浄ゲル球	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 (kg/d)	145.6	102.1	43.7					102.1	43.7									102.1	43.7						102.1	43.7							102.1	43.7				
Pu (kg/d)	49.1	34.4	14.7					34.4	14.7									34.4	14.7					34.4	14.7							34.4	14.7			34.4	14.7	
MA (kg/d)	2.3	1.6	0.7					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>+</sup> (kg/d)	165.4	115.8	49.6					115.8	49.6									133.8	57.3					133.8	57.3							133.8	57.3			133.8	57.3	
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									44.1	18.9					44.1	18.9							44.1	18.9			44.1	18.9	
Pu(OH) <sub>4</sub> (kg/d)																																						
PuO <sub>2</sub> (kg/d)																																						
M <sup>4+</sup> (kg/d)	2.3	1.6	0.7					1.6	0.7																													
M(OH) <sub>4</sub> (kg/d)																																						
MO <sub>2</sub> (kg/d)																																						
FP (kg/d)	0.8	0.5	0.2					0.5	0.2									0.5	0.2					0.5	0.2													
PVA (kg/d)				19.3	5.0			19.3	5.0									19.3	5.0					19.3	5.0													
THFA (kg/d)						448.0	169.2	448.0	169.2									448.0	169.2					448.0	169.2													
NH <sub>3</sub> (aq) (kg/d)												389.3	166.9	262.3	93.4			99.2	57.2			99.2	57.2															
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (内部) (kg/d)																		116.7	49.1																			
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (外部) (kg/d)														18.4	6.6			8.6	5.1																			
IPA(i) (kg/d)																											2,094.2	790.8	1,393.4	523.9	700.8	266.9						
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(i) (内部) (kg/d)	547.7	383.4	164.3	174.0	44.7			557.4	209.0									568.9	213.9					568.9	213.9													
H <sub>2</sub> O(i) (外部) (kg/d)												1,168.0	600.6	786.2	265.3			347.7	200.6	5,326.1	2,011.3	5,673.6	2,212.0															
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)										9.8	4.2																											
H <sub>2</sub> O(g) (Nm <sup>3</sup> /d)																																						
Air (Nm <sup>3</sup> /d)																																						
5M-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	9.8	4.2	1,557.3	667.4	1,056.9	38		1,789.1	777.5	5,326.1	2,011.3	5,898.3	2,323.4	1,216.8	465.5	2,094.2	790.8	1,393.4	523.9	1,917.7	732.4			647.9	251.5				
合計 (Nm <sup>3</sup> /d)																																						
流量 (Nm <sup>3</sup> /d)	642.4	449.7	192.7	189.4	48.6	428.1	160.9	1,065.2	402.3	9.8	4.2	1,708.2	732.1	1,169.3	422.5		99.7	288.5	5,326.1	2,011.3	5,898.3	2,323.4			2,663.0	1,005.7	1,771.8	656.2	891.2	339.4			969.2	366.7				
備考																																						
U濃度 (g/l)	227.0	227.0	227.0																																			
Pu濃度 (g/l)	76.4	76.4	76.4																																			
HNO <sub>3</sub> 濃度 (N)	0.75	0.75	0.75																																			

図2.1-4 ゲル化プロセス物質収支図【外側燃料】(1/2)





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> )	
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>	kg/d																				
ADU	kg/d	133.6	57.3																		
UO <sub>3</sub>	kg/d						122.7	52.6											116.8	49.6	
Pu <sup>IV</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>3</sub>	kg/d	2.1	0.9																		
MO <sub>3</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	19.3	5.0																		
THFA	kg/d	448.0	169.2																		
NH <sub>3</sub> (g)	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								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			1,326.9	495.1	663.5	247.6														
N <sub>2</sub> (g)	Nm <sup>3</sup> /d			4,991.7	1,862.7	4,991.7	1,862.7														
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									
Ar	Nm <sup>3</sup> /d			6,318.6	2,357.8										384.3	164.7	384.3	164.7			
5% H <sub>2</sub> -Ar	Nm <sup>3</sup> /d									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			6,318.6	2,357.8	6,712.6	2,506.6		384.3	164.7	384.3	164.7			384.3	164.7	384.3	164.7			
流量	kg/d	647.9	251.5				164.0	70.3					157.1	67.3					157.1	67.3	
	Nm <sup>3</sup> /d			6,318.6	2,357.8	6,712.6	2,506.6		384.3	164.7	384.3	164.7			384.3	164.7	384.3	164.7			
備考		大粒径粒製造ライン	小粒径粒製造ライン	大粒径粒製造ライン	小粒径粒製造ライン	大粒径粒製造ライン	小粒径粒製造ライン	大粒径粒製造ライン	小粒径粒製造ライン	大粒径粒製造ライン	小粒径粒製造ライン	大粒径粒製造ライン	小粒径粒製造ライン	大粒径粒製造ライン	小粒径粒製造ライン	大粒径粒製造ライン	小粒径粒製造ライン	大粒径粒製造ライン	小粒径粒製造ライン	大粒径粒製造ライン	小粒径粒製造ライン
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)

#### (4) 運転手順の検討

本年度の検討において追加となった焼結炉と焼結球の中間貯蔵庫についてその概要を示すとともに運転手順の検討を行った。

##### a. 焼結炉

###### (a) 前提条件

焼結炉の中のトレイ搬送方式としては、主にプッシャー方式とウォーキングビーム方式の二通りが考えられる。

各方式の主なメリット・デメリットは、以下の通りである。

- ・プッシャー方式は、トレイの連続押し出し動作により炉内トレイを搬送する。それに対し、ウォーキングビーム方式は、炉内底部が梁状となっており、この部分が動作することによりトレイを搬送する。プッシャー方式は動作が単純であり、且つ駆動部を炉体外部に配置することが可能なため単純な構造となり、メンテナンス性に優れる。一方、ウォーキングビーム方式は、駆動部が炉下部に配置され、精密な動きを要求されるため、プッシャー炉と比べて、メンテナンスは煩雑となる。
- ・ウォーキングビーム方式は、基本的にトレイ同士が接触しないため、ジャミング（炉内でトレイが詰まり、転倒）する可能性は非常に小さい。プッシャー方式は、トレイを通して前方に力を伝えるため、ウォーキングビーム方式に比べてジャミングする可能性が高い。

本検討では、万一トレイから炉内に燃料が飛散した場合、ペレット燃料に比べて粒子燃料は復旧作業に時間を要することを考慮して、ジャミングの可能性の低いウォーキングビーム方式を採用した。

###### (b) 臨界安全

焼結炉は、形状管理（平板形状）を行うことにより臨界を防止する。下記の条件の MOX 燃料において、実効増倍率 $\leq 0.95$ となる無限平板厚さが 43mm であることから、焼結炉内に搬送するトレイ内の粒子厚みが、35mm 以下となるようにした。制限の方法は、高さ 30mm のトレイに定量の粒子を充填（粒子は平均 10mm 程度の高さ）し、そのトレイを炉の入り口において高さ 35mm のゲートに通過させることとした。

なお、前提条件は以下の通り。

燃料形態	: 均質-UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub>
Pu 富化度	: 30wt%-Pu(U+Pu)
Pu 同位体組成	: <sup>239</sup> Pu / <sup>240</sup> Pu / <sup>241</sup> Pu = 60 / 20 / 20
U 濃縮度	: 0.3%- <sup>235</sup> U
含水率	: 5wt%-H <sub>2</sub> O
密度	: 100%TD
燃料部形状	: 無限平板

### (c) 運転手順

#### i. 目的

本設備では、還元設備より受け入れた還元球 (UO<sub>2</sub>/PuO<sub>2</sub>) を 5%H<sub>2</sub>-Ar ガス中で焼結し、中間貯蔵庫へ払い出す。

#### ii. 設備の概要

還元設備からの還元球 (UO<sub>2</sub>/PuO<sub>2</sub>) を還元球貯槽 (UO<sub>2</sub>/PuO<sub>2</sub>) に受け入れる。なお、還元球貯槽 (UO<sub>2</sub>/PuO<sub>2</sub>) は、円筒型で一日分の容量を持つ。受け入れた還元球 (UO<sub>2</sub>/PuO<sub>2</sub>) は、350mm<sup>W</sup>×350mm<sup>D</sup>×30mm<sup>H</sup>のトレーに平均 10mm 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<sup>1)</sup>、冷却 5 時間とする。なお、焼結温度は 1700℃<sup>1)</sup> とし、炉内の雰囲気は、5%H<sub>2</sub>-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 (UO<sub>2</sub>/PuO<sub>2</sub>) 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。

異常時については、ヒータの故障、トレー稼動部の故障、雰囲気ガス供給システム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。

(d). その他

大粒径の粒子 (800  $\mu\text{m}$ ) について気流輸送が成立するかどうかについて検討した。<sup>2) 3)</sup>

気流輸送の設計については、試料を円滑に輸送できる空気速度を実験により調べ、経験値などにより修正を行い実機の設計を実施することが多い。

ゲル化で製造されるの粒子は球形に近い粒体であるが、このような形状の粒子を低濃度・浮遊流形空気力輸送する場合は、一般に粒子の終末速度の2～3倍の空気速度で実施される。また、空気速度は、15～30 m/s、混合比は0.1～50が一般である。混合比は、粉末の輸送量を空気の輸送量で除した指標である。大粒子の終末速度を計算し、どの程度の空気量、気流輸送条件で気流輸送が可能となるか検討した。

前提条件

対象：内側炉心燃料の大粒子

処理速度：190 kg/day

粒径：800  $\mu\text{m}$

密度：保守的に 11.1 g/cm<sup>3</sup> (真密度) とする。

粒子の終末速度

20m/s の流速中を仮定し輸送中の粒子の終末速度を計算すると以下のとおりである。

粒子の終末速度：約 15 m/s

空気量、気流輸送条件

25A の配管にて 190 kg/day の粒子を輸送する場合の一気流輸送条件として、混合比を 0.1 (粒子重量が 0.12kg に対して空気量 1m<sup>3</sup>) とした場合の平均輸送空気速度は以下のとおりである。

平均輸送空気速度：約 20 m/s

(この時の空気量は 1.1 m<sup>3</sup>/min である)

以上より通常の気流輸送が実施できる範囲と判断される。

b. 中間貯蔵庫

(a) 前提条件

JNC 殿ご提示情報及びセル内での配置、搬送等を考慮し、中間貯蔵庫の規模を決定する上での前提条件は以下の通りとした。

- ・貯蔵容器は粒子温度を自然空冷下で 80℃以下に保つために、内径 5cm 以下とする。なお、上記内径 (5cm 以下) は、無限円筒とした場合、未臨界寸法となる。(JNC 殿ご提示情報)
- ・中間貯蔵庫で行う官庁検査は 1 週間毎とし、中間貯蔵庫の容量は生産量の 2 週間分とする。(JNC 殿ご提示情報)
- ・容器の搬送、燃料の抜き出し等を考慮し、容器形状は内寸 50mm<sup>φ</sup>×1200mm<sup>□</sup> (燃料充填高さは 1000mm) とする。

また、以下の寸法を考慮し、セル内に配置可能な最大貯蔵庫幅を 4500mm とした。(図 2.1-6 参照)

- ・セル幅 (中心間) : 8500mm
- ・壁厚 : 1500mm
- ・貯蔵容器搬送ローダ用レール幅 : 5700mm
- ・貯蔵容器搬送ローダ寄り距離 : 600mm

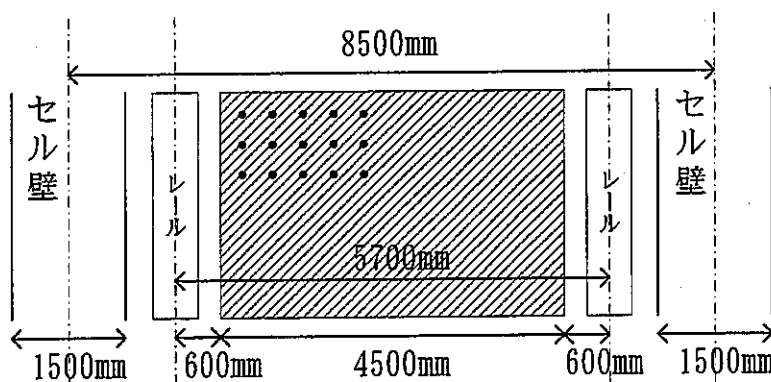


図 2.1-6 中間貯蔵庫のセル内配置モデル図 (平面図)

## (b) 臨界安全

中間貯蔵庫の貯蔵容器ごとの中心距離（以下ピッチと称す）を決定するために、焼結球（ $\text{UO}_2/\text{PuO}_2$ ）について貯蔵容器ごとの相互干渉を考慮した上で、未臨界となるピッチ（実効増倍率 $\leq 0.95$ となるピッチ）を求める。

各貯蔵容器のサイズは内寸  $50\text{mm}^\phi \times 1200\text{mm}^H$  の円筒形（燃料充填高さは  $1000\text{mm}$ ）とし、2週間分の粒子燃料製造量から必要貯蔵本数を算出した。表 2.1-4 にピッチを  $400\text{mm}$  とした場合の貯蔵本数（ $x$ ：セル幅方向の本数、 $y$ ：セル長方向の本数）を示す。臨界評価は、最も貯蔵量の多い内側燃料大粒子の貯蔵本数で評価を行った。また、搬入・搬出時に貯蔵庫脇を通過する可能性を考慮して、セル長方向の本数（ $y$ ）を2本増やして評価した。

なお、臨界評価において個々の貯蔵容器のサイズは、容器の上部空隙に粒子が充填された場合や貯蔵容器の一時的なたわみ等を考慮し、 $60\text{mm}^\phi \times 1200\text{mm}^H$  の円筒形とした。モデル図を図 2.1-7 に示す。

臨界評価に用いた Pu 富化度、Pu 同位体組成、U 濃縮度等の条件は以下の通りである。

燃料形態	: 均質- $\text{UO}_2/\text{PuO}_2$
Pu 富化度	: 30wt%-Pu(U+Pu)
Pu 同位体組成	: $^{239}\text{Pu} / ^{240}\text{Pu} / ^{241}\text{Pu} = 60 / 20 / 20$
U 濃縮度	: 0.3%- $^{235}\text{U}$
密度	: 72.6%TD (=98%TD <sup>1)</sup> × 74% (六方最密充填)
含水率	: 5wt%- $\text{H}_2\text{O}$
燃料部形状	: 円筒形 (容器胴は考慮せず)
燃料部寸法	: $60\text{mm}^\phi \times 1200\text{mm}^H$
空間水密度	: 0~1g/cc (パラメータ評価)

燃料領域の周囲は、30cm 水全反射とした（図 2.1-7 の計算モデルを参照）。

計算コードシステムは、JACS を使用した。（臨界計算コード：KENO-IV、断面積ライブラリ：MGCL137 群）

表 2.1-4 ピッチを 400mm とした時の貯蔵本数

系列	貯蔵本数(x×y 本)	
	x(本)	y(本)
内側燃料大粒子	10	27
内側燃料小粒子	10	12
外側燃料大粒子	10	21
外側燃料小粒子	10	10
評価に使用した本数 *	10	29 (27+2)

\*搬入・搬出時に貯蔵庫脇を通過する可能性を考慮し、+2本とした。

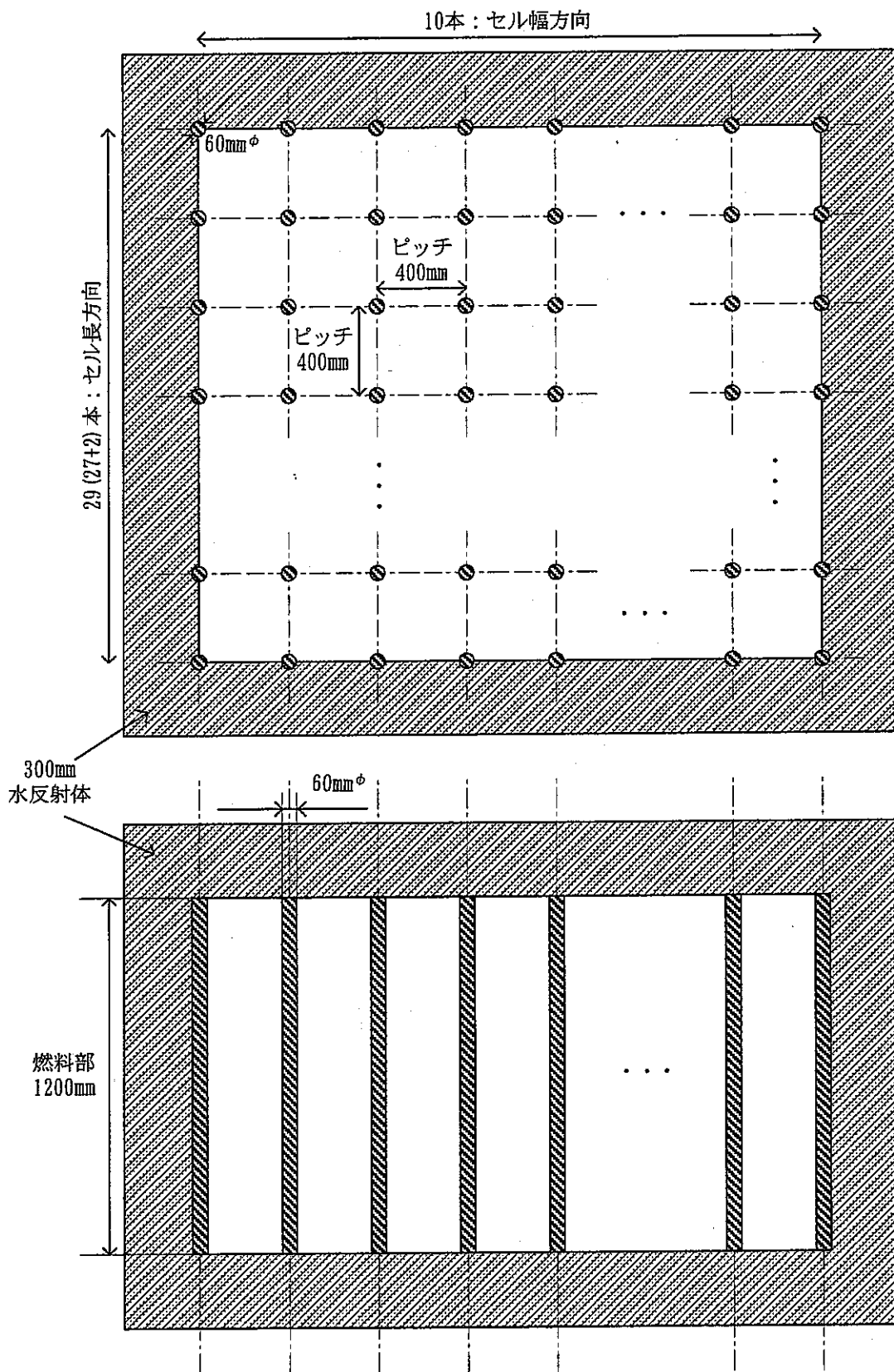


図2.1-7 中間貯蔵庫の臨界計算モデル



### 解析結果

図 2.2-8 に貯蔵庫間のピッチを 400mm とした場合の実効増倍率と空間水密度の関係を示す。400mm ピッチとした場合は、空間水密度 0~1g/cc の範囲で実効増倍率( $K_{eff}+3\sigma$ )  $\leq 0.95$  となることが確かめられた。

また、未臨界となるピッチを求めるために、上記の条件のうち最も厳しくなる空間水密度の 0.07g/cc~0.10g/cc における実効増倍率（本数は、x=10 本 : y=29 本で固定）を図 2.2-9 に示す。実効増倍率( $K_{eff}+3\sigma$ )=0.95 に相当するピッチは約 320mm であることが分かった。したがって、製作公差等を考慮しても、400mm ピッチとすることで臨界安全上の基準をクリアできる。

以上より、中間貯蔵庫のピッチは 400mm とした。

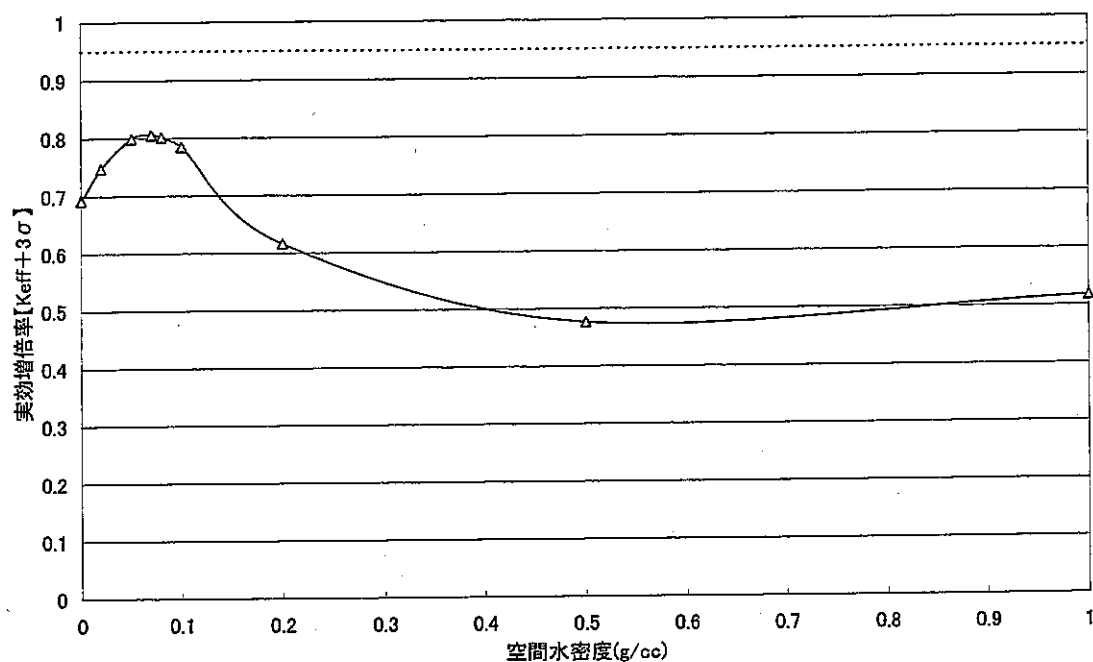


図 2.2-8 実効増倍率 (空間水密度サーベイ)

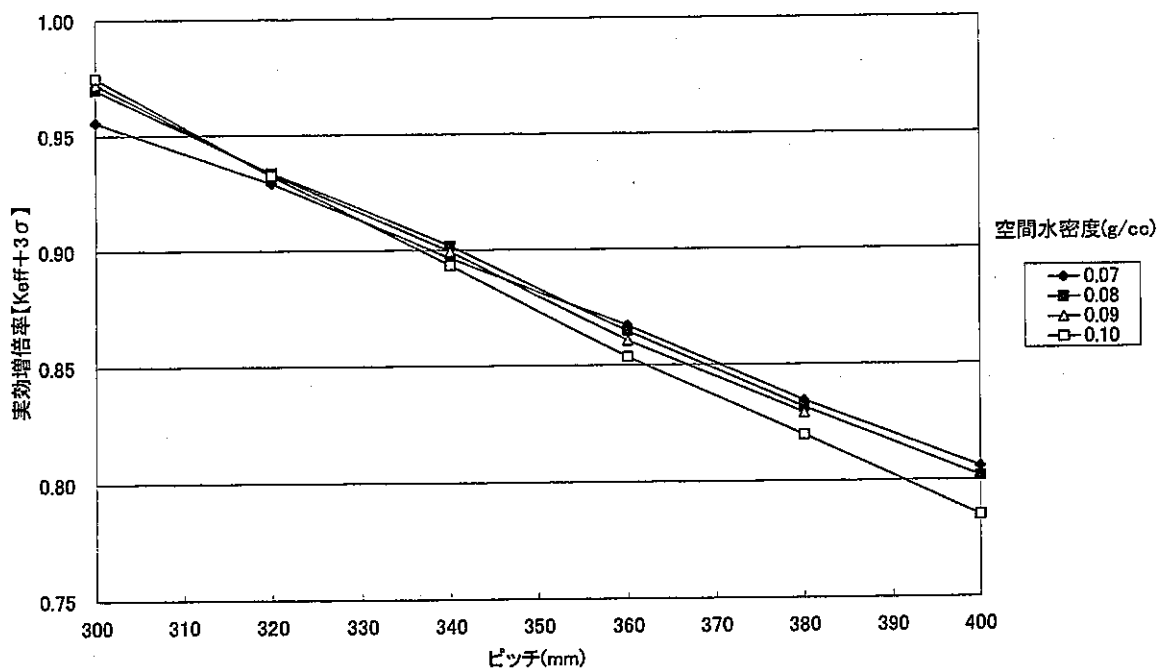


図 2.2-9 ピッチを変更した場合の実効増倍率

なお、前提条件を変えた場合における中間貯蔵庫の縮小可能性について以下に検討した。本検討では、貯蔵容器の冷却方法を強制冷却とすることによって中間貯蔵庫のサイズがどの程度まで縮小できるか検討した。

### 容器サイズ

JNC 殿のご提示情報により、単一ユニットにおける無限円筒の未臨界寸法は 150mm 以上である。また、貯蔵容器の内側に冷却用フィンを 3 枚作製することで、貯蔵容器の内部温度を 80℃以下に保つことができる。従って、強制対流による冷却下では、貯蔵容器の内径を 150mm 程度まで大きくすることが可能であると考えられる。

そこで、貯蔵容器の内径を 150mm $\phi$ 、長さを 1m $^H$ とした場合の貯蔵容器の本数を検討し、ピッチを算出した。

### 前提条件

臨界評価において個々の貯蔵容器のサイズは、容器の上部空隙に粒子が充填された場合や貯蔵容器の一時的なたわみ等を考慮し、160mm $\phi$ ×1200mm $^H$ の円筒形とした。また、空間水密度は、50mm $\phi$ の容器を用いた中間貯蔵庫の評価で最も厳しい値が算出された 0.07g/cc を用いた。

燃料形態	: 均質-UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub>
Pu 富化度	: 30wt%-Pu(U+Pu)
Pu 同位体組成	: <sup>239</sup> Pu / <sup>240</sup> Pu / <sup>241</sup> Pu = 60 / 20 / 20
U 濃縮度	: 0.3%- <sup>235</sup> U
密度	: 72.6%TD (=98%TD*2) × 74% (六方最密充填)
含水率	: 5wt%-H <sub>2</sub> O
燃料部形状	: 円筒形 (容器胴は考慮せず)
燃料部寸法	: 160mm $\phi$ ×1200mm $^H$
空間水密度	: 0.07g/cc

燃料領域の周囲は、300mm 水全反射とした。

計算コードシステムは、JACS を使用した。(臨界計算コード : KENO-IV、断面積ライブラリ : MGCL137 群)

解析結果

ピッチを 300mm から 100mm ずつ離していった場合の実効増倍率を図 3-1 に示す。図 2.1-10 の結果より、貯蔵容器間は 800mm 以上離すことが必要であり、配置はセル幅方向に 4 本(4m)、セル長さ方向に 11 本(9.6m)必要であった。

さらに、貯槽の移動用エリアとして前後に 1 本ずつの幅を確保すると 50mm $\phi$  の場合のセル長方向の長さが、400mm $\times$ (27+2+1)本=12m であるのに対し、150mm $\phi$  の場合のセル長方向の長さは、800mm $\times$ (11+2+1)本=11.2m となった。

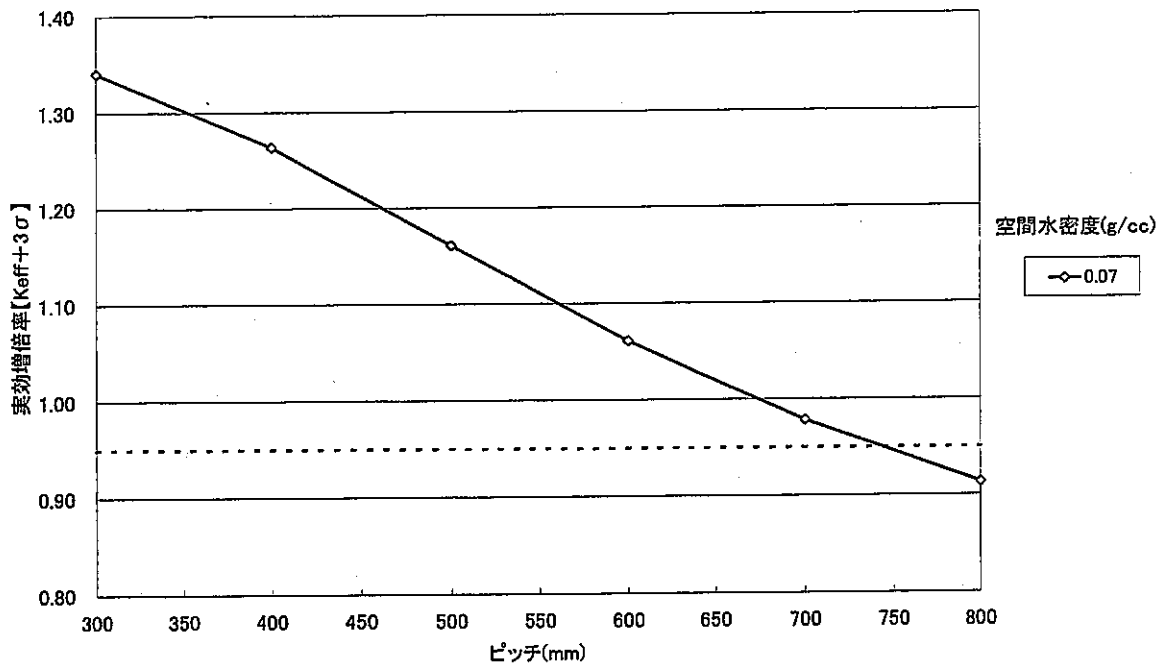


図 2.1-10 中間貯蔵庫容器径を 150mm $\phi$ とした場合の実効増倍率

(c) 運転手順

i. 目的

本設備では、焼結設備より受け入れた焼結球 ( $\text{UO}_2/\text{PuO}_2$ ) 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。

ii. 設備の概要

臨界安全の観点および搬送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 ( $\text{UO}_2/\text{PuO}_2$ ) を中間貯蔵容器 (内寸  $50\text{mm}^\phi \times 1200\text{mm}^H$  : 充填高さ 1000mm) に充填した後、無人搬送機 (AGV) により、工程セルから貯蔵セルへ搬送する。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、分析設備に搬送することとなる。

AGV により貯蔵セルに搬送された容器は、セル内の貯蔵容器搬送ロードにより、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。

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。

## 2.1 章の参考文献

- 1) 「小径粒子滴下ウラン試験 JNC TJ8400 2001-040」(2000 : 三菱マテリアル株式会社)  
「大径粒子ノズルの設計・製作のための試作試験」(2001 : 三菱マテリアル株式会社)
- 2) 改訂二版 粉体—理論と応用—, 久保輝一郎 他 編,(1979),p.679-689
- 3) 粉粒体のバルクハンドリング技術, (社) 日本粉体工業技術協会編, (1985), p.269-276

## 2.2 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焼結球の形状、成分等の検査である。

- ・ 焼結球の各分析項目（表 2.2-1 参照：官庁検査と重複する項目あり）

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。分析頻度に関する検討は(4)に記載する。

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オ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

分析項目を表 2.2-1 にまとめた。

表 2.2-1 分析項目一覧

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)		
					品質管理	臨界	核管	環境			
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)		○						
滴下・熟成	アンモニア廃液	Pu濃度	電位差滴定法				○		30		
		U濃度	電位差滴定法				○		30		
		Am濃度	γ線スペクトル分析				○		60		
		不純物 (有機)	ガスクロマトグラフ分析					○	30		
		NO3濃度	イオンクロマトグラフ分析					○	30		
洗浄	洗浄廃液 (水)	不純物 (金属)	ICP-AES					○	30		
		Pu濃度	電位差滴定法				○		30		
		U濃度	電位差滴定法				○		30		
		Am濃度	γ線スペクトル分析				○		60		
		pH	pH計 (インライン)		○						
	洗浄廃液 (IPA)	不純物 (有機)	ガスクロマトグラフ分析					○	30		
		NO3濃度	イオンクロマトグラフ分析					○	30		
		不純物 (金属)	ICP-AES					○	30		
		Pu濃度	電位差滴定法				○		30		
		U濃度	電位差滴定法				○		30		
乾燥	乾燥ゲル球	含水率	近赤外線式 (インライン)				○				
	焙焼	焙焼球	含水率	近赤外線式 (インライン)			○				
焼結	焼結球	平均粒径	CCDカメラ+光学顕微鏡+画像解析	○					30		
		真球度	CCDカメラ+光学顕微鏡+画像解析	○					30		
		表面観察	CCDカメラ+光学顕微鏡+画像解析	○					30		
		内部観察	樹脂埋装置+研磨装置+光学顕微鏡+CCDカメラ	○					600		
		比表面積	低温物理吸着法	○					30		
		密度	定容積膨脹法 (乾式)	○					30		
		かさ密度	JIS準拠	○					30		
		粒度分布	レーザ回折・散乱法	○					30		
		含水率	水分吸着法	○			○			30	
		O/M	酸化還元重量法	○						120	
		Pu含有率	酸化重量法	○				○		120	
		U含有率	酸化重量法	○				○		120	
		(Pu同位体組成)	ICP-MS	○				○		240	
		(U同位体組成)	ICP-MS	○				○		240	
		MA濃度 (FP濃度)	α線スペクトル分析	○				○		240	
		Al	ICP-AES	○						240	
		C	ガスクロマトグラフ分析 (Cを燃焼してCO2とする。)	○						60	
		CatMg	ICP-AES	○						240	
		Cl	イオンクロマトグラフ分析	○						240	
		Cr	ICP-AES	○						240	
		Co	ICP-AES	○						240	
		Cu	ICP-AES	○						240	
		F	イオンクロマトグラフ分析	○						240	
		H (全水素)	ガスクロマトグラフ分析 (試料を燃焼してHをH2Oにする。)	○						60	
		Fe	ICP-AES	○						240	
		Pb	ICP-AES	○						240	
		Mn	ICP-AES	○						240	
		Mo	ICP-AES	○						240	
		Ni	ICP-AES	○						240	
		N (含窒化物)	ガスクロマトグラフ分析 (試料を加熱してNをN2にする。)	○						60	
		P	ICP-AES	○						240	
		Si	ICP-AES	○						240	
		Ta	ICP-AES	○						240	
		Th	ICP-AES	○						240	
		Sn	ICP-AES	○						240	
		Ti	ICP-AES	○						240	
		W	ICP-AES	○						240	
		V	ICP-AES	○						240	
		Zn	ICP-AES	○						240	
			有機物濃度	ガスクロマトグラフ分析						240	
			重量	ロードセル (インライン)					○		240



#### (4) 分析頻度とプロセスに対する負荷

(1) 節において「品質管理の面で必要な分析頻度」は1日当たり2回としているが、設定根拠とプロセスに対する負荷を示す。

##### 前提条件

- ・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）を処理するこ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た。
- ・貯槽においては、貯槽内の燃料は混合することとし、一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。

上記の条件の基で、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日当たり8バッチの混合を行うので、1日当たり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日当たり（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いえる。

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。

## 2.3 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。

### (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還元球 ( $\text{UO}_2/\text{PuO}_2$ ) の製造・一時貯蔵までの主要機器リストを表 2.3-1 に示す。

### (2) 主要機器図

機器図については、滴下液混合から還元工程までの装置については、「ゲル化プロセスの機器構造の調査 JNC ZJ9420 2002-004」（三菱マテリアル株式会社：2002）と同じであるため、今年度新規に検討を加えた以下の図を示す。

- ・ 図 2.3-1 焼結炉
- ・ 図 2.3-2 貯蔵容器（焼結球）
- ・ 図 2.3-3 (1)～(4) 焼結球中間貯蔵庫

表 2.3-1 主要機器リスト (1/6)

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	備考
1	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	内側燃料: 大粒径用
2	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	内側燃料: 小粒径用
3	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	外側燃料: 大粒径用
4	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	外側燃料: 小粒径用
5	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	内側燃料: 大粒径用
6	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	内側燃料: 小粒径用
7	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	外側燃料: 大粒径用
8	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	外側燃料: 小粒径用
9	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	内側燃料: 大粒径用
10	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	内側燃料: 小粒径用

表 2.3-1 主要機器リスト (2/6)

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	備考
11	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	外側燃料: 大粒径用
12	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	外側燃料: 小粒径用
13	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	内側燃料: 大粒径用
14	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	内側燃料: 小粒径用
15	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	外側燃料: 大粒径用
16	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	外側燃料: 小粒径用
17	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	内側燃料: 大粒径用
18	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	内側燃料: 小粒径用
19	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	外側燃料: 大粒径用
20	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	外側燃料: 小粒径用

表 2.3-1 主要機器リスト (3/6)

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	備考
21	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	内側燃料:大粒径用
22	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	内側燃料:小粒径用
23	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	外側燃料:大粒径用
24	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	外側燃料:小粒径用
25	V007A-1~12	12	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	内側燃料:大粒径用
26	V007B-1~6	6	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	内側燃料:小粒径用
27	V007C-1~12	12	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	外側燃料:大粒径用
28	V007D-1~6	6	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	外側燃料:小粒径用
29	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	内側燃料:大粒径用
30	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	内側燃料:小粒径用

表 2.3-1 主要機器リスト (4/6)

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 重要分類	備考
31	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	外側燃料: 大粒径用
32	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	外側燃料: 小粒径用
33	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	A	内側燃料: 大粒径用
34	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	A	内側燃料: 小粒径用
35	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	A	外側燃料: 大粒径用
36	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	A	外側燃料: 小粒径用
37	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	A	内側燃料: 大粒径用
38	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	A	内側燃料: 小粒径用
39	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	A	外側燃料: 大粒径用
40	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	A	外側燃料: 小粒径用

表 2.3-1 主要機器リスト (5/6)

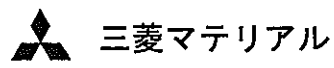
設備名称: 振動充てん燃料製造設備(外部ゲル化法)

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	備考
41	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	A	内側燃料: 大粒径用
42	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	A	内側燃料: 小粒径用
43	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	A	外側燃料: 大粒径用
44	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	A	外側燃料: 小粒径用
45	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	A	内側燃料: 大粒径用
46	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	A	内側燃料: 小粒径用
47	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	A	外側燃料: 大粒径用
48	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	A	外側燃料: 小粒径用
49	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	A	内側燃料: 大粒径用
50	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	A	内側燃料: 小粒径用



表 2.3-1 主要機器リスト (6/6)

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	備考
51	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	A	外側燃料:大粒径用
52	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	A	外側燃料:小粒径用
53	V014A-1	1	焼結炉A	ウォーキングビーム方式	L約12000×W約1600mm×H約2000mm	SUS304	室温	大気圧	A	内側燃料:大粒径用
54	V014A-2	1	焼結炉B	ウォーキングビーム方式	L約12000×W約1600mm×H約2000mm	SUS304	室温	大気圧	A	内側燃料:小粒径用
55	V014A-3	1	焼結炉C	ウォーキングビーム方式	L約12000×W約1600mm×H約2000mm	SUS304	室温	大気圧	A	外側燃料:大粒径用
56	V014A-4	1	焼結炉D	ウォーキングビーム方式	L約12000×W約1600mm×H約2000mm	SUS304	室温	大気圧	A	外側燃料:小粒径用
57	—	1	焼結球中間貯蔵庫	自動倉庫	容器自動搬送	SUS	室温	大気圧	—	

 三菱マテリアル	データシート		I	設置場所	
			II		
			III	図面番号	
設計データ			材質		
1	該当規格	—	28	炉 殻	SUS304
2	炉 型 式	連続式焼結炉(ウォーキングピストン式)	29	断 熱 材	アルミナ
3	処理物の名称	還元球(UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub> )	30	駆動部	SUS304
4	処理物の性状	—	31	ヒーター	—
5	処 理 量	51 トレイ/日	32	熱電対及び保護管	—
6	運転・温度制御方式	—	33		
7	常用温度	最高 1700 °C	34		
8	最高温度	1800 °C	35		
9	雰囲気ガス名称	Ar-H <sub>2</sub> ガス	36		
10	雰囲気ガス流量	—	37		
11	炉内設計圧力	—	38		
12	駆動方式	油圧式	39		
13			40		
			ク ラ ス 分 類		
15			41	製 作	4 基
16			42	検 査	
17			43	耐 震	A
18			44		
19			45		
ノズル及び接続口			46		
	記号	呼び径	接続型式	接続配管	用 途
20	P 1			SUS304TP	Ar-H <sub>2</sub> ガス入口
21	P 2			SUS304TP	Ar-H <sub>2</sub> ガス入口
22	P 3			SUS304TP	Ar-H <sub>2</sub> ガス入口
23	P 4			SUS304TP	Ar-H <sub>2</sub> ガス入口
24	P 5			SUS304TP	排気出口
25	P 6			SUS304TP	排気出口
26	P 7				
27	P 8				

処理条件 (温度, 時間)

適用: 炉

P /

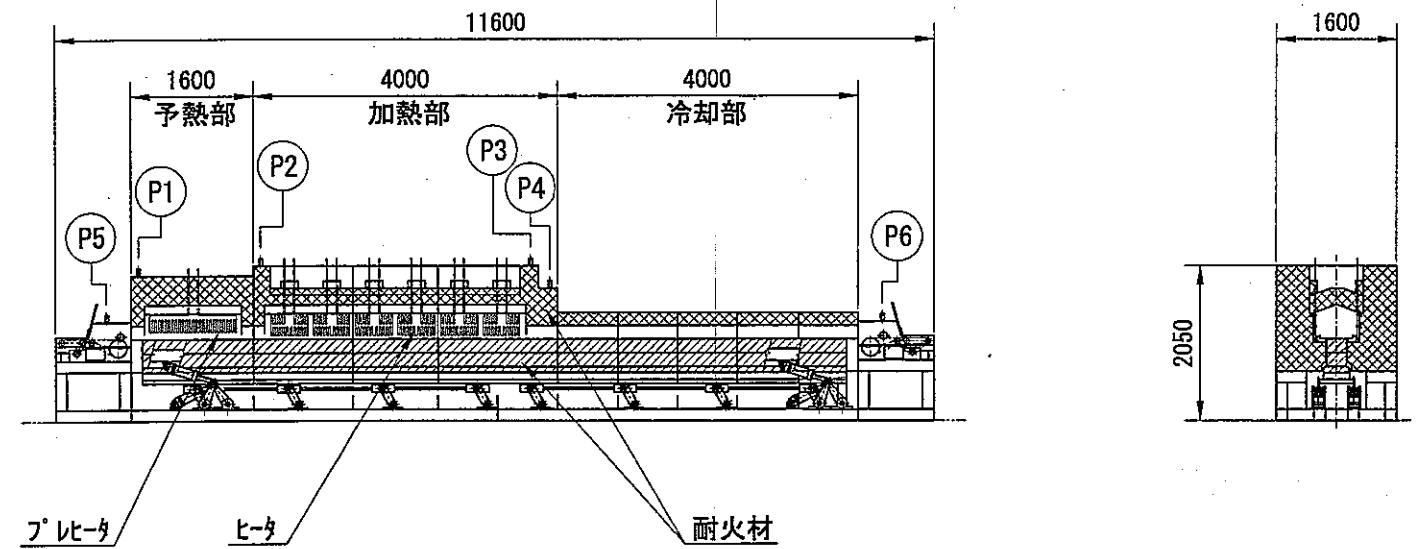
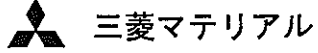
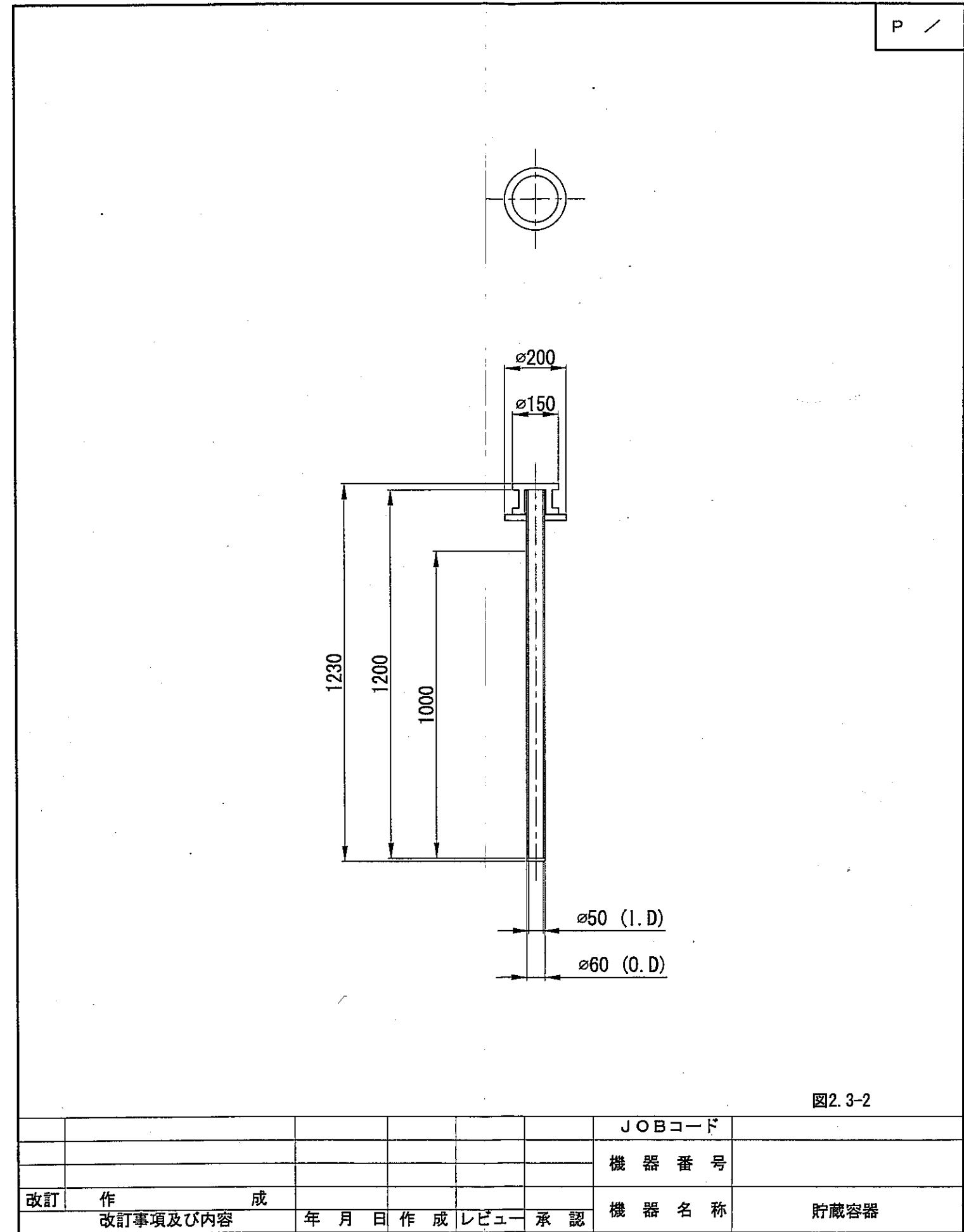


図 2.3-1

						JOBコード	
						機器番号	
改訂	作	成				機器名称	焼結炉
	改訂事項及び内容		年 月 日	作成	レビュー	承認	

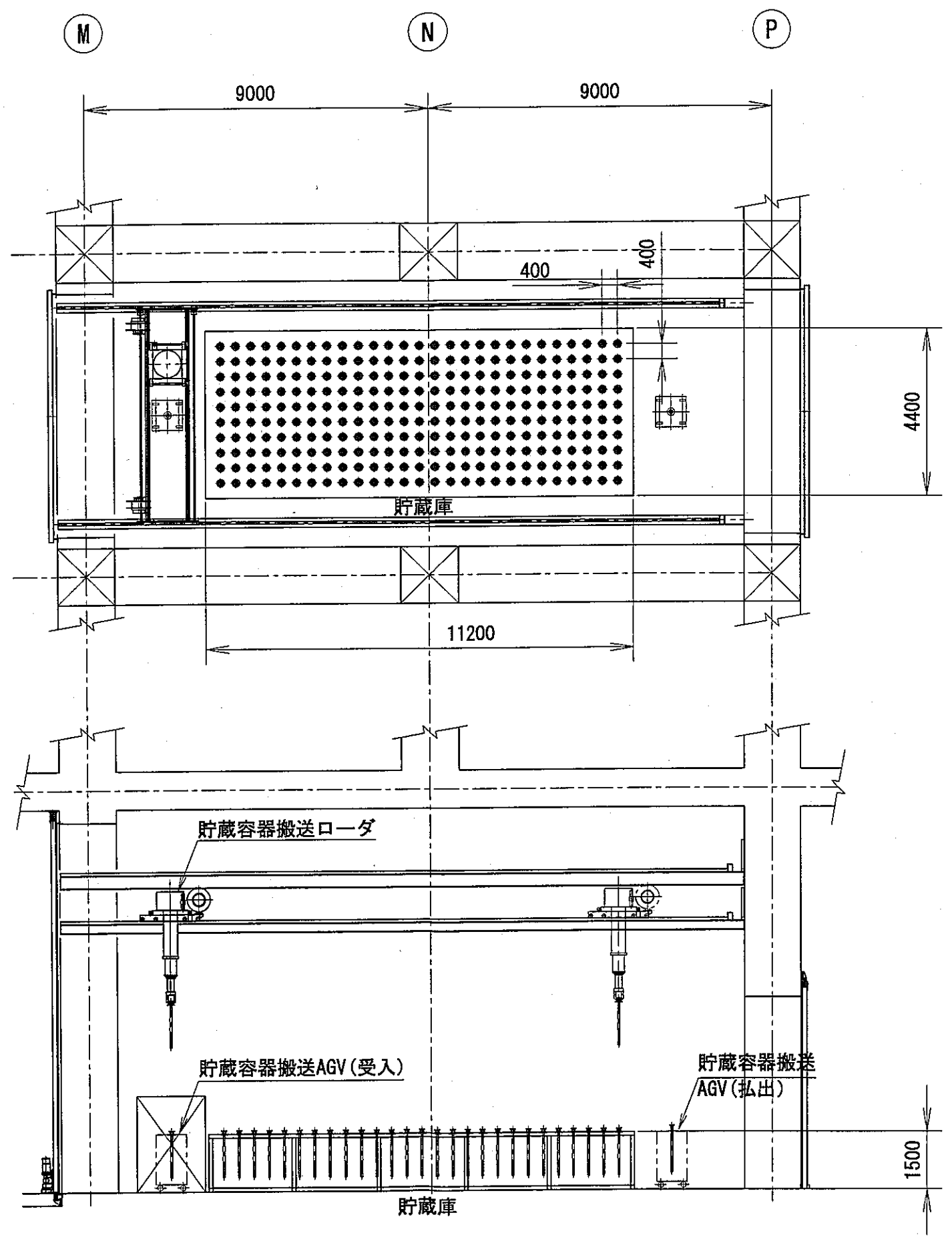
 三菱マテリアル		データシート		I	設置場所		
				II	図面番号		
				III			
設計データ				材質			
1	適用法規	-		45	本体	胴部	SUS316
2	型式	円筒容器		46	本体	底部	SUS316
3	収納物	焼結球		47	蓋		SUS316
4	かさ密度			48	ツバ部		SUS316
5	かさ密度	内側大粒径	5 g/cc	49	ガasket		PTFE
6		内側小粒径	5 g/cc	50			
7		外側大粒径	5 g/cc	51			
8		外側小粒径	5 g/cc	52			
9	容量	全容量	2.36 L (1200mm充填時)	53			
10		有効容量	1.96 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	無	59			
16	腐れ代	-		60			
17	溶接効率	-		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	遮蔽	-	
30				73	閉じ込め	-	
ノズル及び接続口				74			
	記号	呼び径	接続型式	接続配管	用途	75	
31							
32							製作数量
33						76	内側燃料大粒径用 226 基
34						77	内側燃料小粒径用 112 基
35						78	外側燃料大粒径用 120 基
36						79	外側燃料小粒径用 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		

適用：容器類



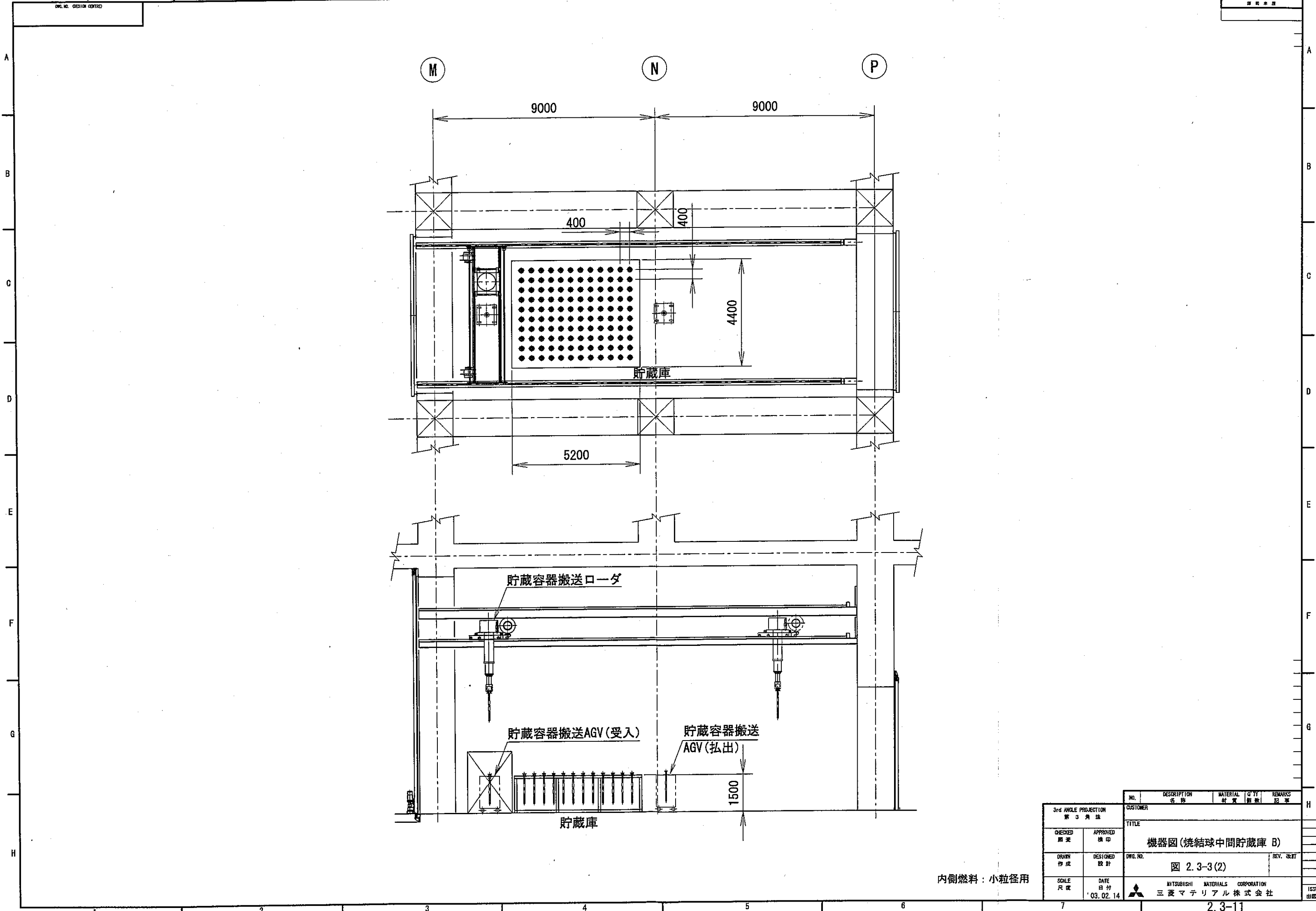
A  
B  
C  
D  
E  
F  
G  
H

A  
B  
C  
D  
E  
F  
G  
H



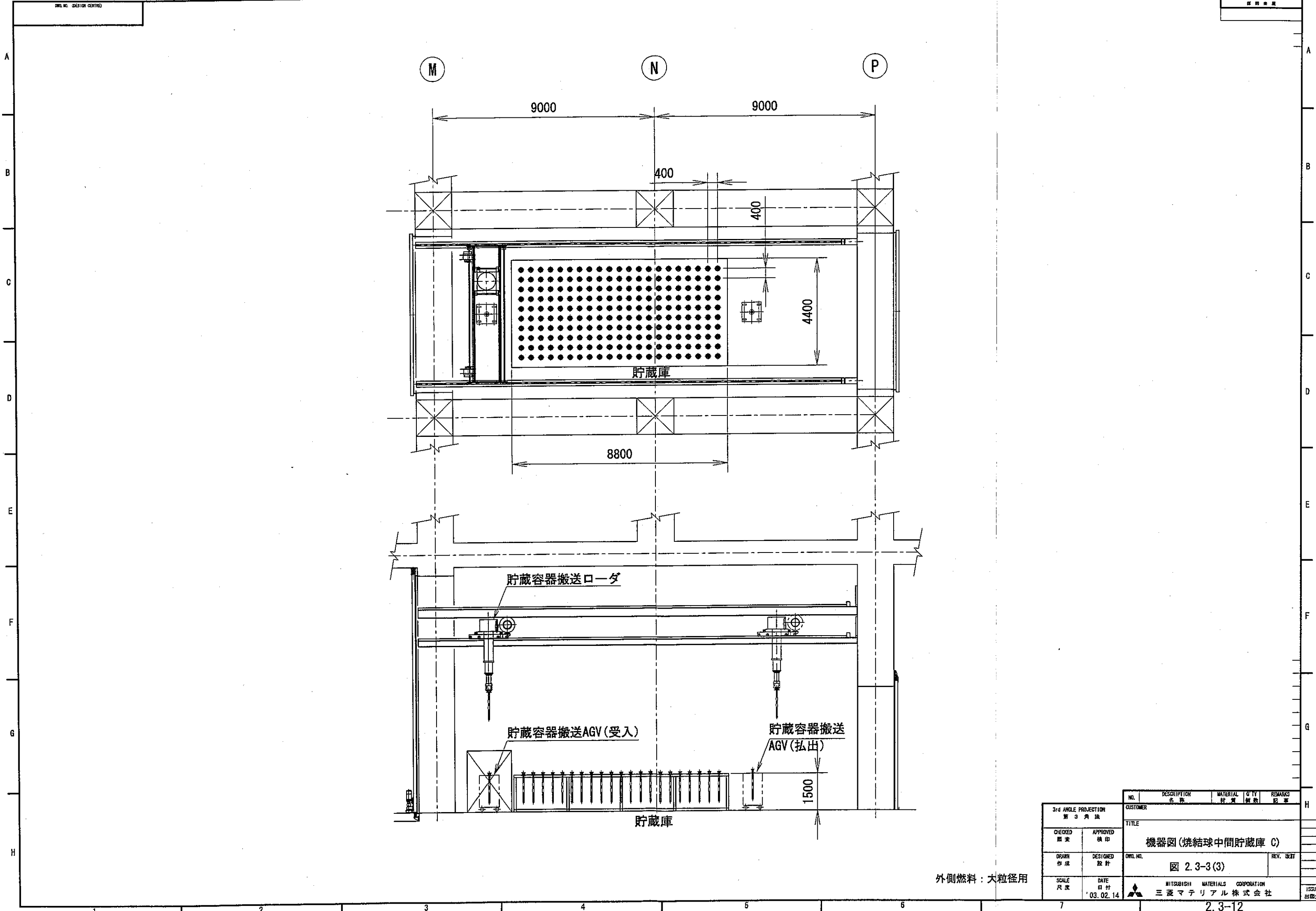
内側燃料：大粒径用

3rd ANGLE PROJECTION 第三角法		NO.	DESCRIPTION 名称	MATERIAL 材質	Q'TY 総数	REMARKS 記号
CHECKED 検査	APPROVED 承認	TITLE 機器図(焼結球中間貯蔵庫 A)				
DRAWN 作成	DESIGNED 設計	DWG. NO. 図 2.3-3(1)			REV. RQRT	
SCALE 尺規	DATE 日付	MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社				
	03.02.14	ISSUE 出図先				



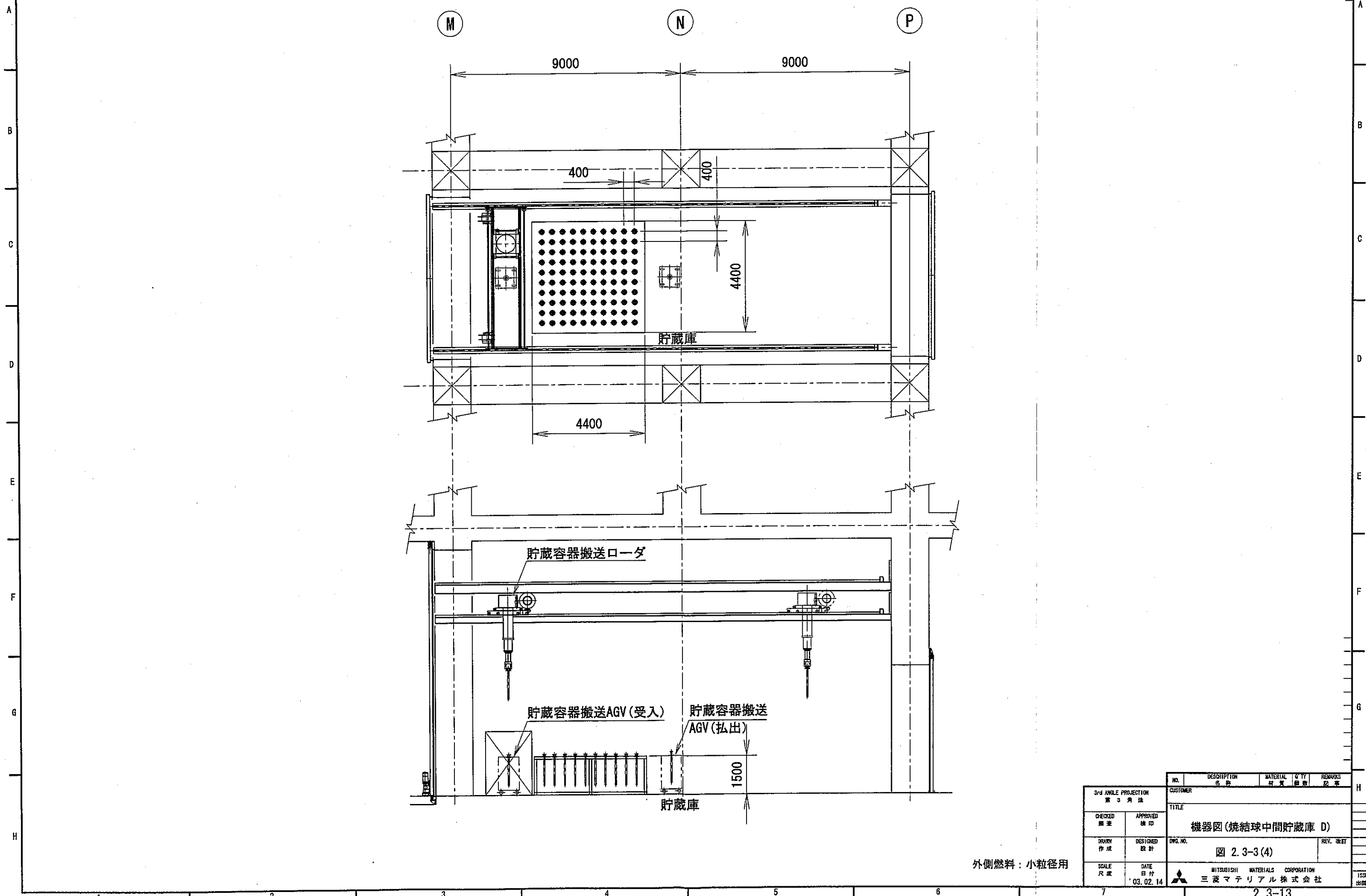
3rd ANGLE PROJECTION 第三角法		NO.	DESCRIPTION 名称	MATERIAL 材質	QTY 数量	REMARKS 記号
CHECKED 図案	APPROVED 検印	TITLE 機器図(焼結球中間貯蔵庫 B)				
DRAWN 作成	DESIGNED 設計	DWG. NO.	図 2.3-3(2)		REV. 改訂	
SCALE 尺度	DATE 日付	MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社				
	03.02.14	ISSUE 出図先				

内側燃料：小粒径用



外側燃料：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 図章	APPROVED 捺印	CUSTOMER				
DRAWN 作成	DESIGNED 設計	TITLE 機器図(焼結球中間貯蔵庫 C)				
SCALE 尺数	DATE 日付	DRW. NO.	REV. 改訂		ISSUE 出図先	
	'03.02.14		MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社			



貯蔵容器搬送ローダ

貯蔵容器搬送AGV (受入)

貯蔵容器搬送AGV (払出)

貯蔵庫

外側燃料：小粒径用

3rd ANGLE PROJECTION 第3角法		NO.	DESCRIPTION 名称	MATERIAL 材質	QTY 数量	REMARKS 記号
CHECKED 照査	APPROVED 検印	CUSTOMER				
DRAWN 作成	DESIGNED 設計	TITLE 機器図(焼結球中間貯蔵庫 D)				
SCALE 尺度	DATE 日付	DWG. NO.	REV. 改訂		REV. 改訂	
	03.02.14	図 2.3-3(4)	MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社		ISSUE 出図先	

## 2.4 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を以下に示す。

- (a) 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。
- (b) 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。
- (c) 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。

上記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。



本設備の特徴は配管による自重落下搬送が多数存在することであり、マテハン装置が少ないことであるが、このようなプロセスでは、一般に機器は立体的（高さ方向）に配置され、配管は3次的に配置される。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 2.4-1 及び図 2.4-2 に示す。

### i) 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。(図 2.4-1(1)～図 2.4-1

#### (9) 参照)

- (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①と焙焼工程～焼結工程までを工程セル②とし、分割した。これら詳細については、「ii) 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 GB 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。

## ii) 工程セル内プロセス機器配置

2.4 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。(図 2.4-2(1/8)～図 2.4-2(8/8)参照) 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①」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①」5 つ、「工程セル②」4 つとし配置した。(工程セル①、②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①」、焙焼、還元、焼結及び貯蔵容器装荷までを「工程セル②」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。

- ① 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。
- ② 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。
- ③ 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。
- ④ 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①と②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、MMTL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 2.4-1 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	4	12	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	270	1	120	120	内側（上段）
		210	210		100	100	外側（下段）

## iii) 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り4台とした。

表 2.4-2 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	3	3	3	9	
保守セル搬送台車	4	0	0	0	4	
保守GB	4	0	0	0	4	

## iv) マテリアルハンドリング方法

工程セル内でのマテリアルハンドリング方法及び機器数を表 2.4-3、表 2.4-4 に示す。

表 2.4-3 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①内配管での送液
滴下、熟成槽	重力移送	工程セル①内配管での送液
洗浄装置	重力移送	工程セル①内配管での送液
乾燥装置	重力移送	工程セル①内配管での送液
乾燥ゲル球貯槽	重力移送	工程セル①内配管での重力落下
焙焼炉	AGV 搬送 移載ローダ クレーン吊上げ 移載ローダ	工程セル①→工程セル②の貯槽搬送 AGV→貯槽置場① 貯槽置場①→貯槽置場② 貯槽置場②→焙焼炉
	重力移送	工程セル②内配管での重力落下
焙焼球貯槽	重力移送	工程セル②内配管での重力落下
還元炉	重力移送	工程セル②内配管での重力落下
還元球貯槽	重力移送	工程セル②内配管での重力落下
焼結炉	重力移送	工程セル②内配管での重力落下
貯蔵容器	気流移送	工程セル②内配管での気流移送
貯蔵庫	AGV 移載ローダ	工程セル②→貯蔵庫セルへの搬送 AGV→貯蔵

表 2.4-4 マテリアルハンドリング機器数一覧

機器名称	内	内	外	外	合	備考
	大	小	大	小		
乾燥ゲル球貯槽搬送 AGV	1	1	1	1	4	
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	
貯蔵容器搬送 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) 保守方法

## i) プロセス機器の保守

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図 2.4-5 に示す。また、保守作業手順の概略を図 2.4-3～図 2.4-10 に示す。

図 2.4-3～図 2.4-10 に対する補足説明を以下に示す。

## ① 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。

## ② 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。

## ③ 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 種類の時間を用いて検討を行った。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。

## ④ 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。

## ⑤ ICC 及び PM 移動 (トラバーサ→保守対象機器)

③と同様の考え方となる。

## ⑥ 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。

⑦ 取外し部品搬出

ICC 移動時間、セル扉開閉時間は③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。

⑧ 交換部品搬入

原則として、⑦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③と同様の考え方となる。

⑨ 部品取付け

原則として、⑥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。

⑩ ICC 及び PM 移動（保守対象機器→トラバーサ）

⑤の逆手順となる。

⑪ トラバーサ移動（工程セル→ICC/PM 保守セル）

④の逆手順となる。

⑫ PM 及び ICC 移動（トラバーサ→ICC/PM 保守セル）

③の逆手順となる。

⑬ ICC の保守対象機器専用吊具取外し

②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。

参考文献によれば、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。

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。

(参考文献)

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 I 報告書－, JNC TY9400 2001-023, 核燃料サイクル開発機構, (2001)

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。



表 2.4-5 プロセス機器保守項目一覧

機器	部品	保守方法	保守内容	頻度	部品再利用	
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
	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
	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
	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
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
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
	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
	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
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
	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
	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
	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
	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
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
	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
	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
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
	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
	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
	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
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/2年	なし	0回
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
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
	ヒーター	定期交換	ヒーター交換	1回/5年	なし	0回
	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
	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
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
	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
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
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
	ヒーター	定期交換	ヒーター交換	1回/5年	なし	0回
	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
	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
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
	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
焼結炉	耐火材	定期交換	耐火材の交換	1回/5年	なし	0回
	ピニム駆動部	定期点検	交換	1回/10年	なし	0回
	油圧シリンダ	定期点検	交換	1回/5年	なし	0回
	ヒータ	定期交換	交換	1回/3年	なし	0回
	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
	排気弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換	1回/10年	なし	0回
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
	ブロワ	定期点検	ブロワ交換	1回/10年	なし	0回
	供給弁	定期交換	弁本体/駆動部の交換	1回/10年	なし	0回
	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

ii) マテリアルハンドリング設備の保守

a) 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

b) 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

c) 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。

iii) 保守機器の保守

a) 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。

b) 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。

c) MSM 保守

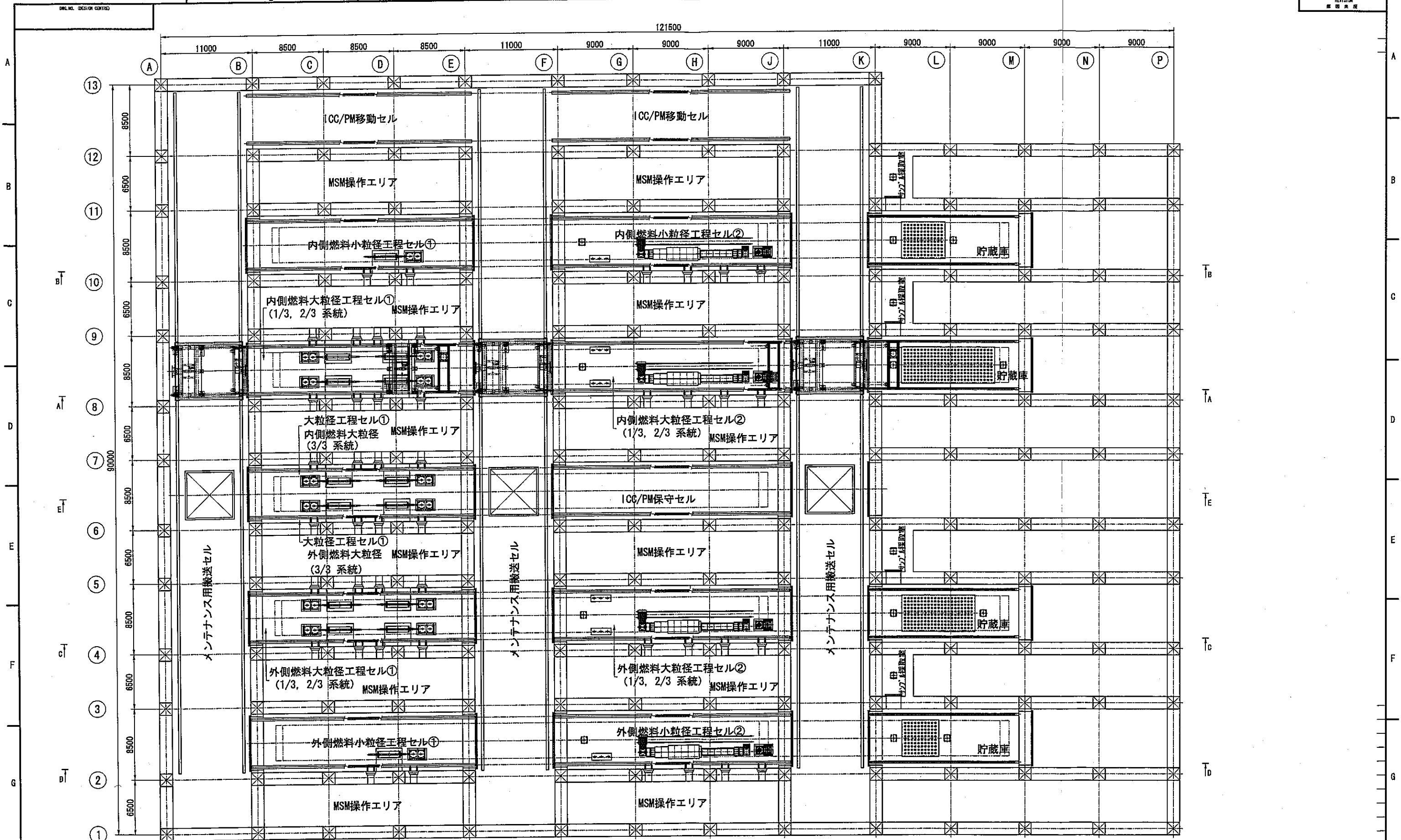
本設備工程セル壁に配置された MSM の保守については、MSM 操作エリアにおいて MSM 本体を取外し保守する。

d) 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。

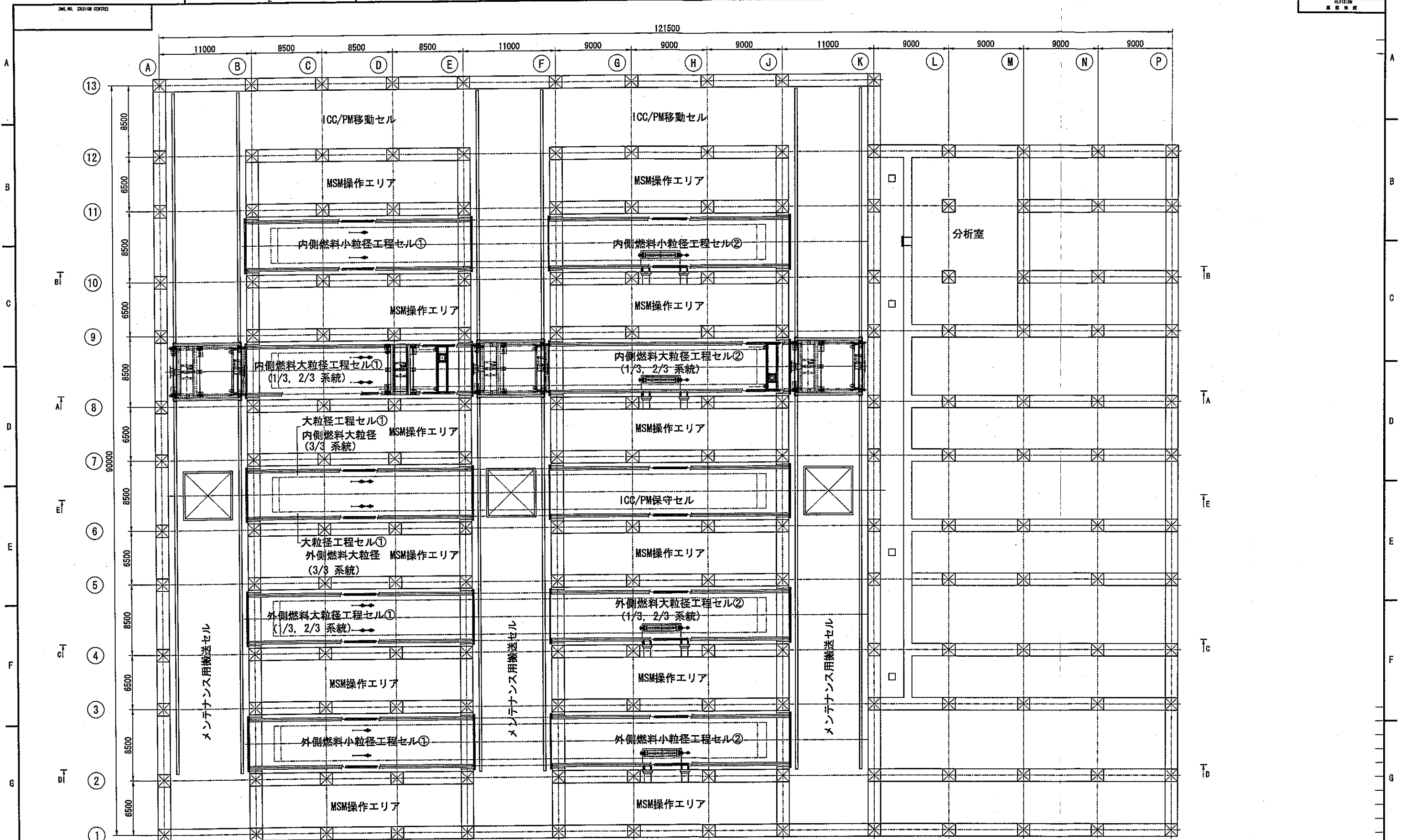
e) シャッタ (セル扉)

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。



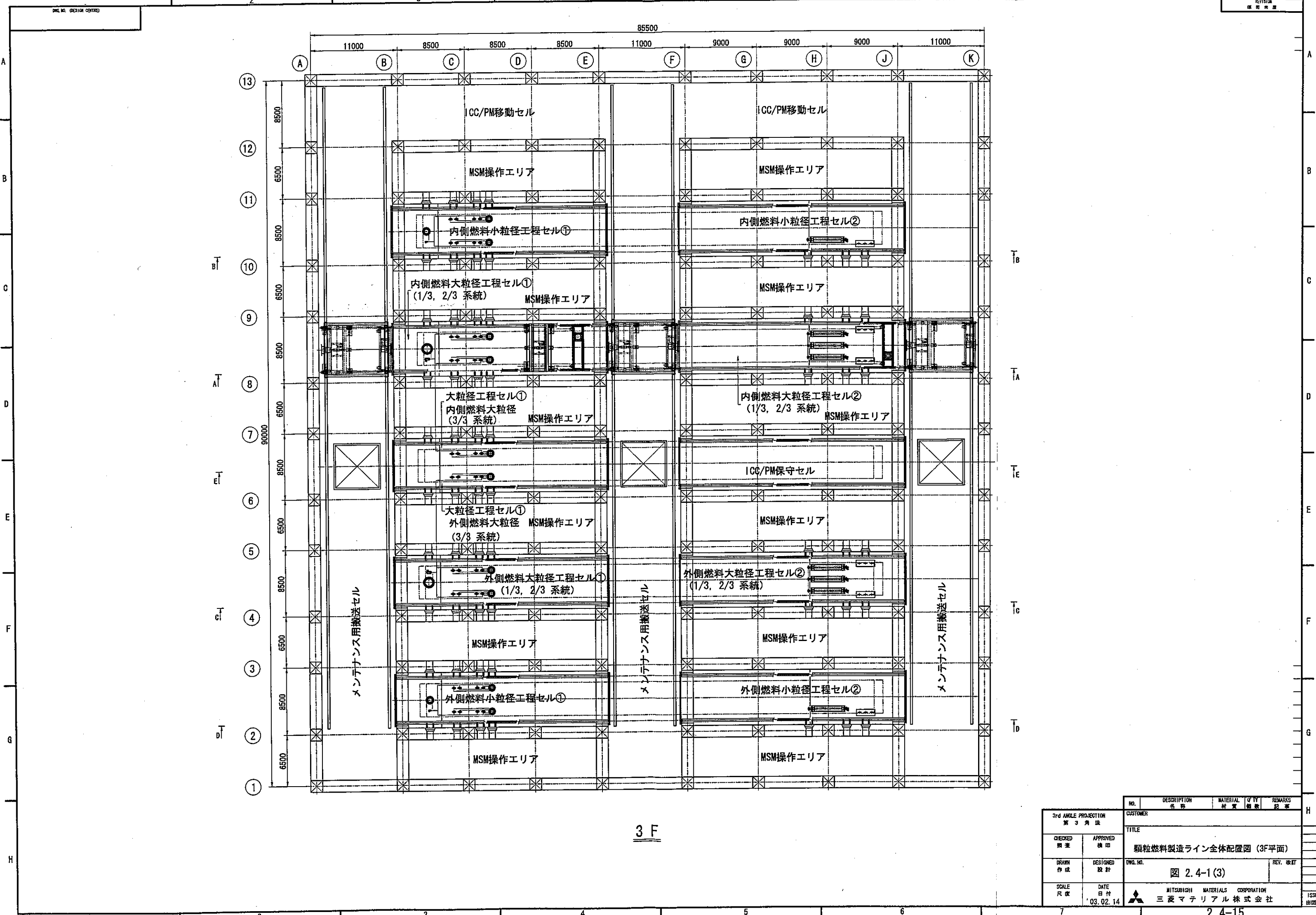
1 F

3rd ANGLE PROJECTION 第3角法		NO.	DESCRIPTION 名称	MATERIAL Q'TY 材質 数量	REMARKS 記号
CHECKED 図章	APPROVED 捺印	CUSTOMER			
DRAWN 作成	DESIGNED 設計	TITLE 顆粒燃料製造ライン全体配置図 (1F平面)			
SCALE 尺度	DATE 日付	DWG. NO. 図 2.4-1 (1)		REV. 改訂	
	03.02.14	MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社			



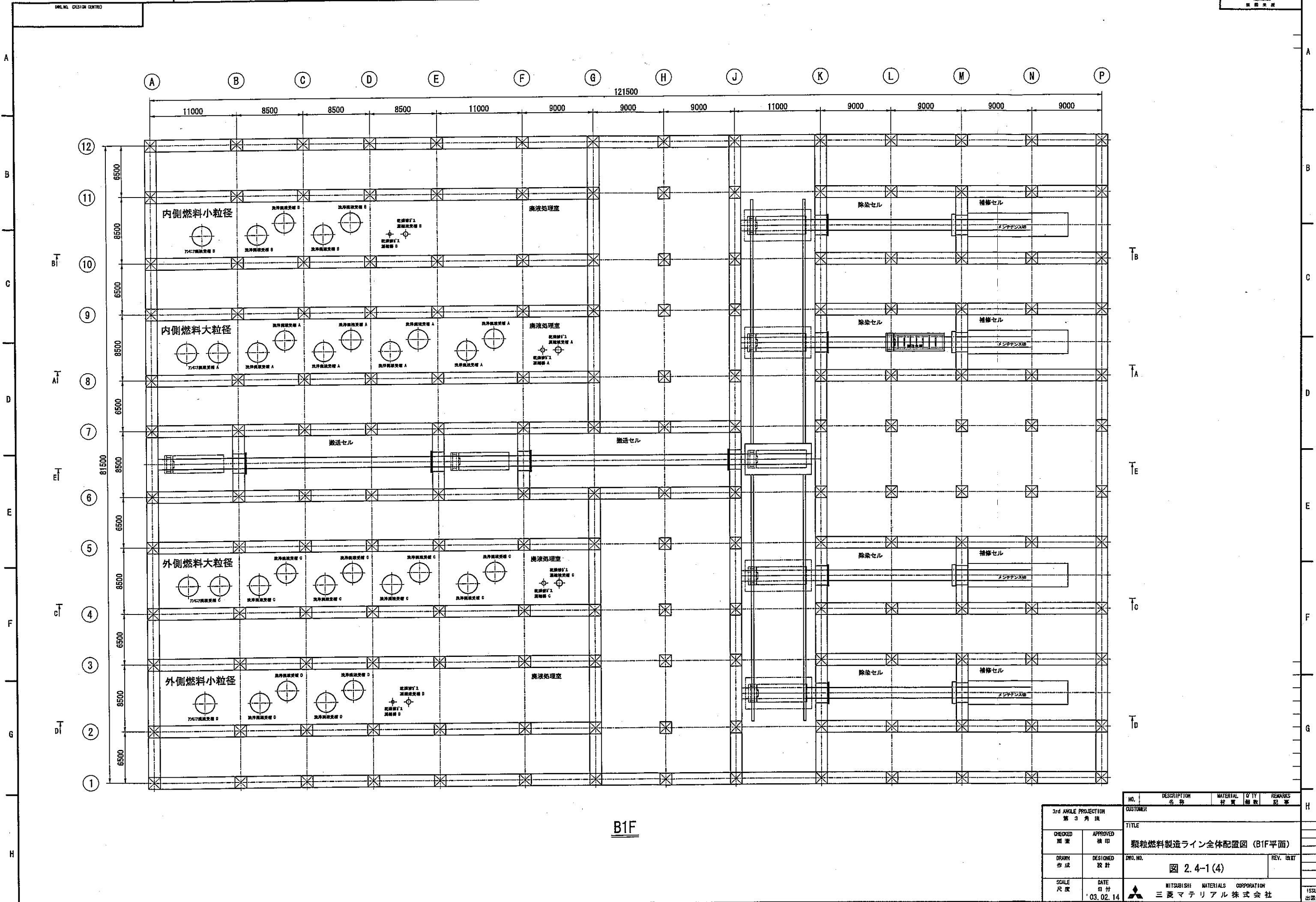
2F

3rd ANGLE PROJECTION 第三角法		CUSTOMER	
CHECKED 図章	APPROVED 捺印	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. 図 2.4-1(2)	REV. 改訂
SCALE 尺度	DATE 日付 '03.02.14	MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社	



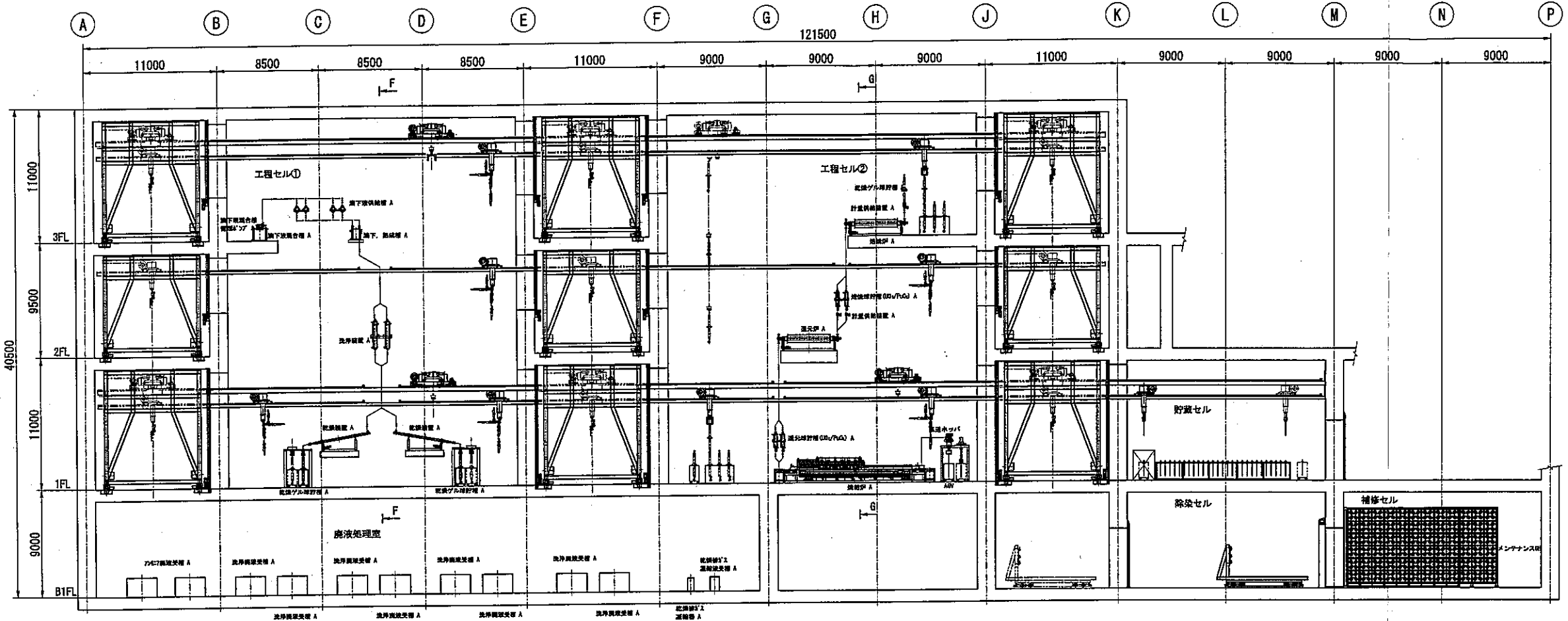
3 F

3rd ANGLE PROJECTION 第三角法		NO.	DESCRIPTION 名称	MATERIAL 材質	QTY 数量	REMARKS 記号
CHECKED 校査	APPROVED 捺印	CUSTOMER				
DRAWN 作成	DESIGNED 設計	TITLE 顆粒燃料製造ライン全体配置図 (3F平面)				
SCALE 尺度	DATE 日付	DWG. NO.	REV. 改訂			
	03.02.14	図 2.4-1(3)				
		MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社			ISSUE 出図先	

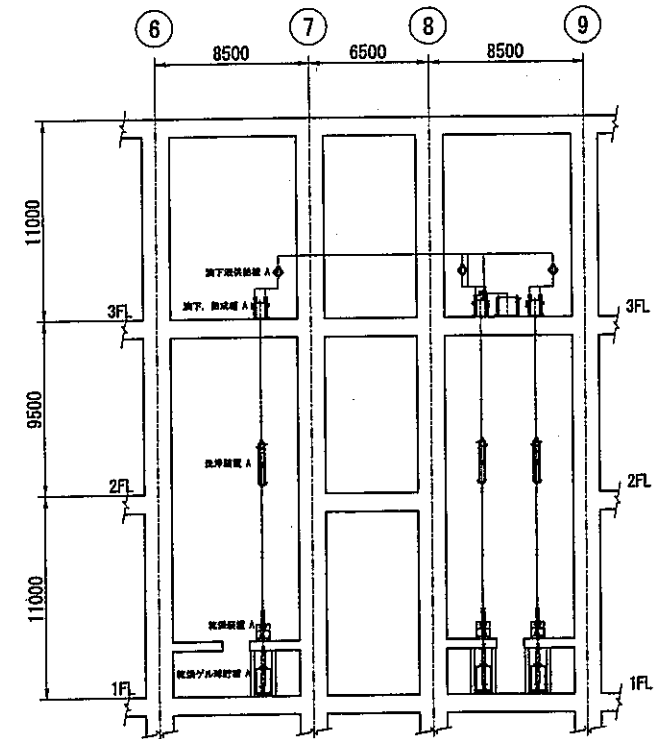


B1F

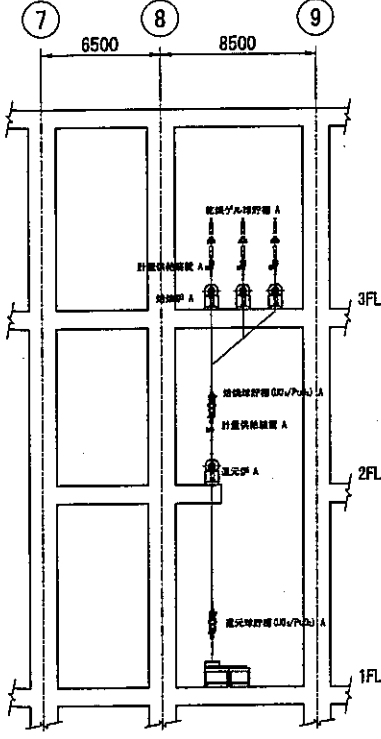
3rd ANGLE PROJECTION 第3角法		NO.	DESCRIPTION 名称	MATERIAL 材質	QTY 数量	REMARKS 記号
CHECKED 原案	APPROVED 検印	CUSTOMER TITLE 顆粒燃料製造ライン全体配置図 (B1F平面)				
DRAWN 作成	DESIGNED 設計	DWG. NO.	図 2.4-1(4)		REV. 改訂	
SCALE 尺度	DATE 日付 03.02.14	MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社				



A-A 断面



D-D 断面

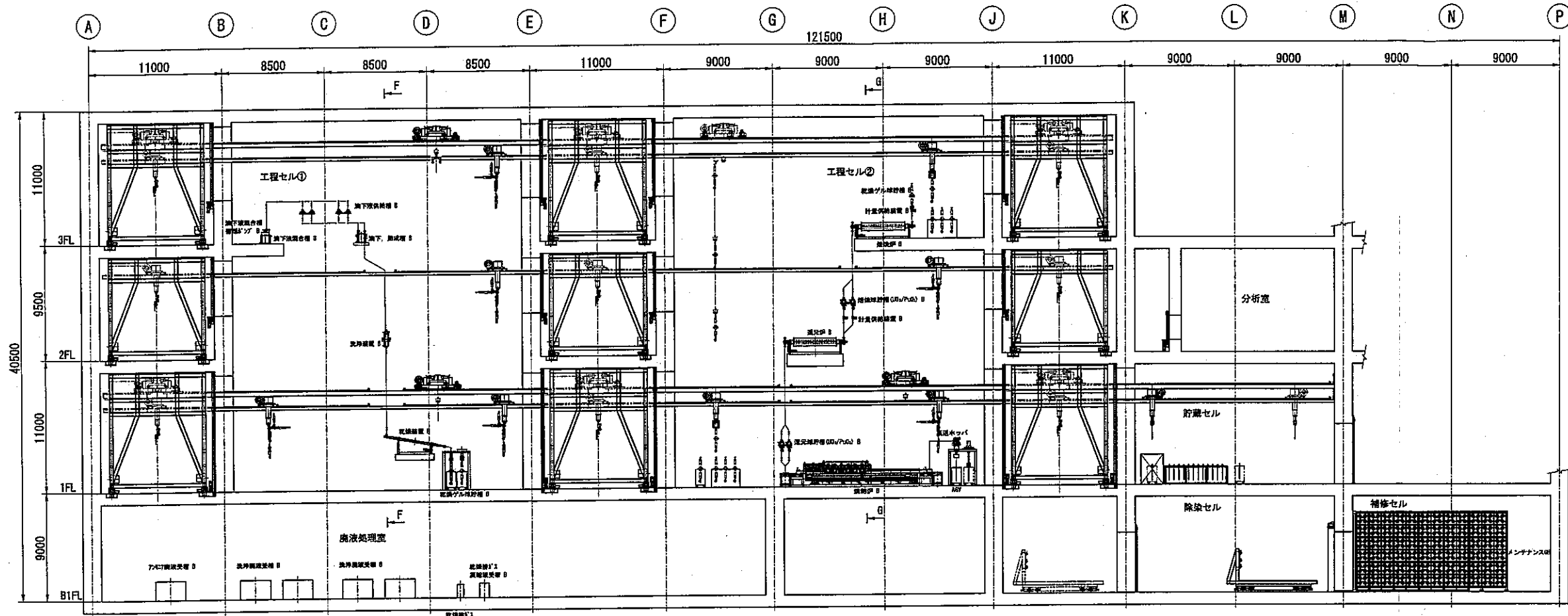


G-G 断面

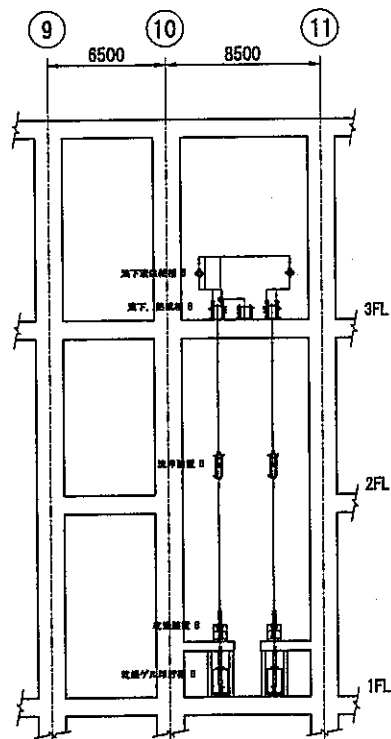
内側燃料：大粒径用

3rd ANGLE PROJECTION 第3角法		NO. DESCRIPTION CUSTOMER 名 称		MATERIAL Q'TY REMARKS 材 質 個 数 記 事	
CHECKED 圖 査	APPROVED 機 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	DRG. NO. 図 2.4-1(5)		REV. 改訂	
SCALE 尺 度	DATE 日 付 '03.02.14	MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社			
					ISSUE 出 図 先

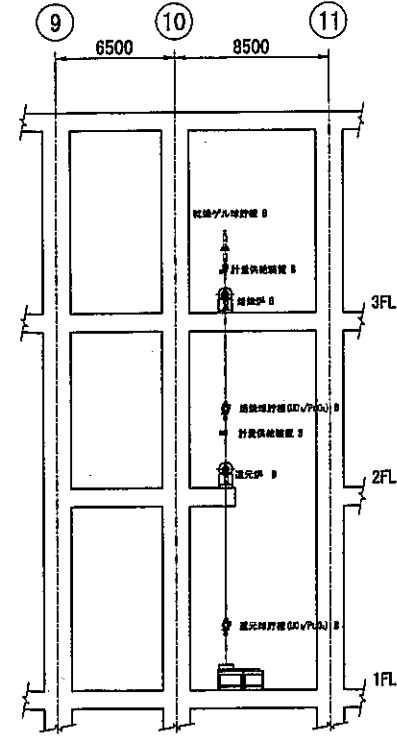




B-B 断面



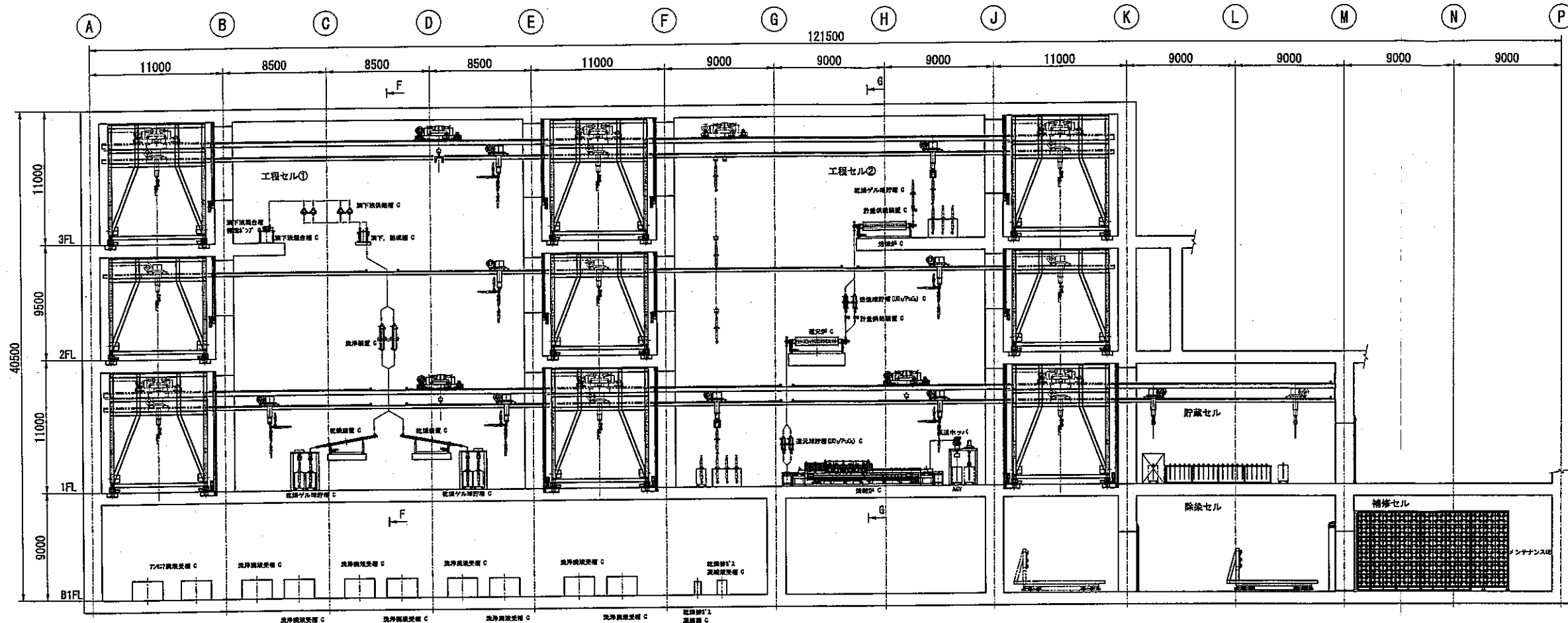
F-F 断面



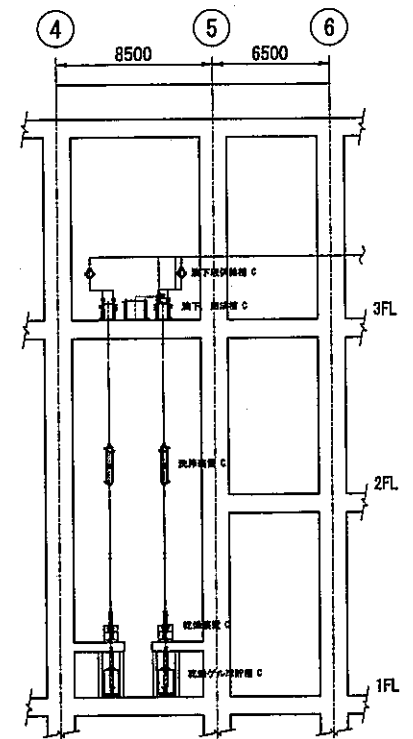
G-G 断面

内側燃料：小粒径用

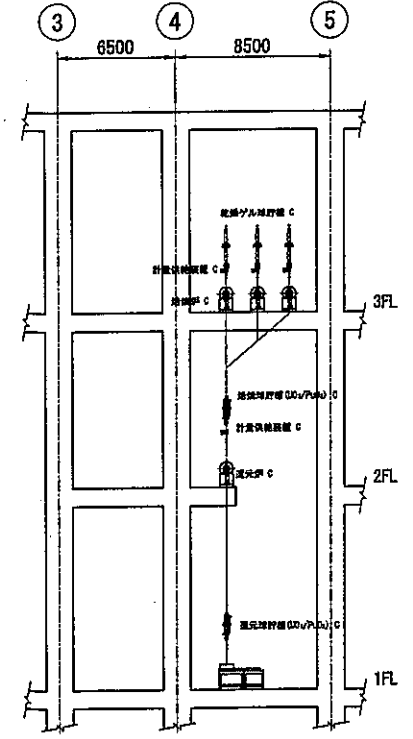
3rd ANGLE PROJECTION 第3角法		NO.	DESCRIPTION 名称	MATERIAL 材質	QTY 数量	REMARKS 記号
CHECKED 検査	APPROVED 承認	CUSTOMER				
DRAWN 作成	DESIGNED 設計	TITLE 顆粒燃料製造ライン全体配置図(B-B断面(立面))				
SCALE 尺度	DATE 日付	DWG. NO. 図 2.4-1(6)			REV. 改訂	
	'03.02.14	MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社				



C-C 断面



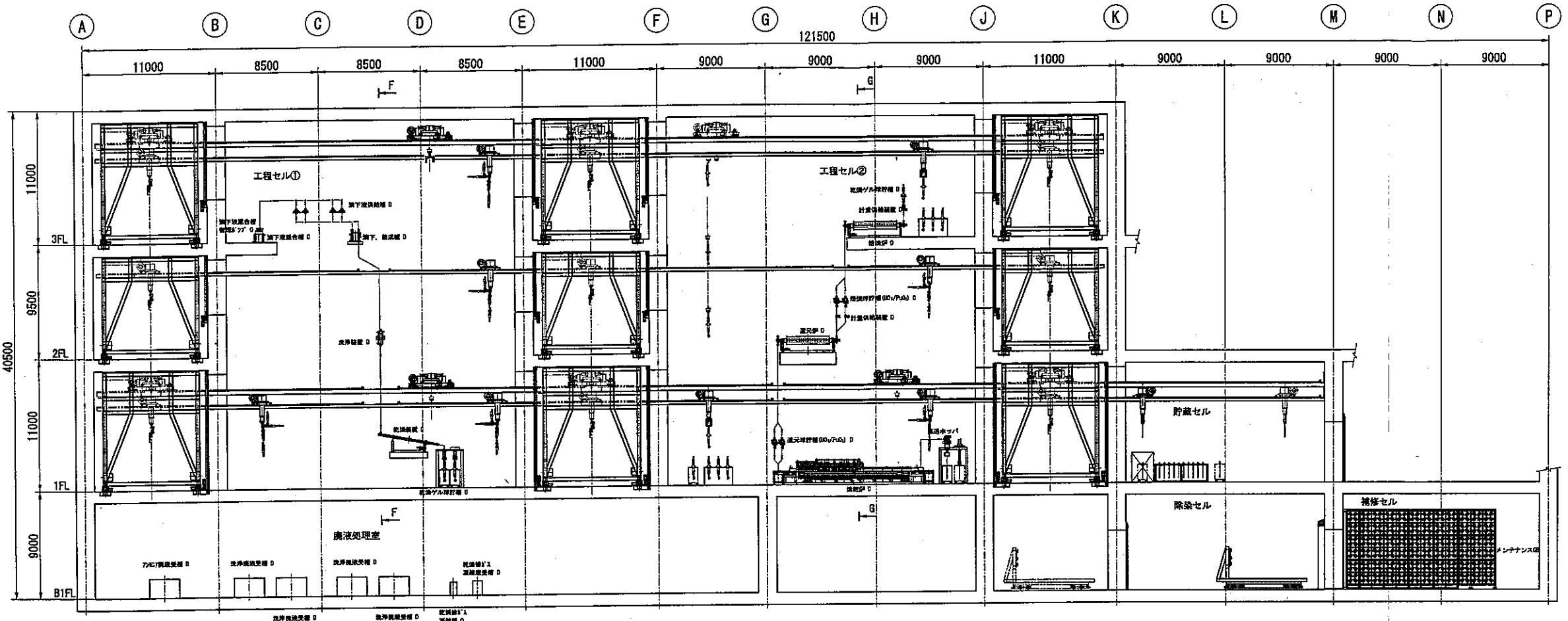
F-F 断面



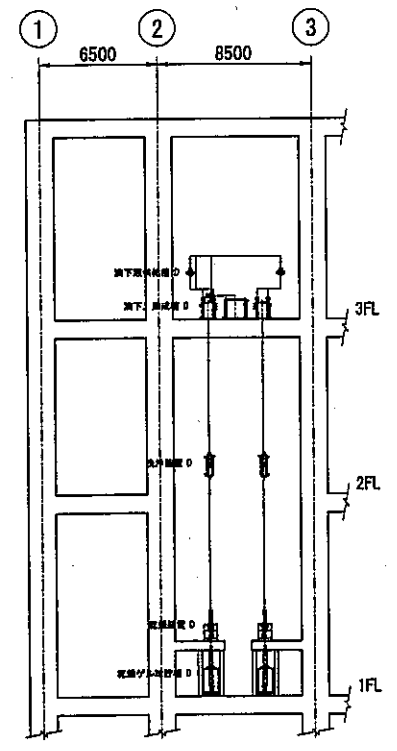
G-G 断面

外側燃料：大粒径用

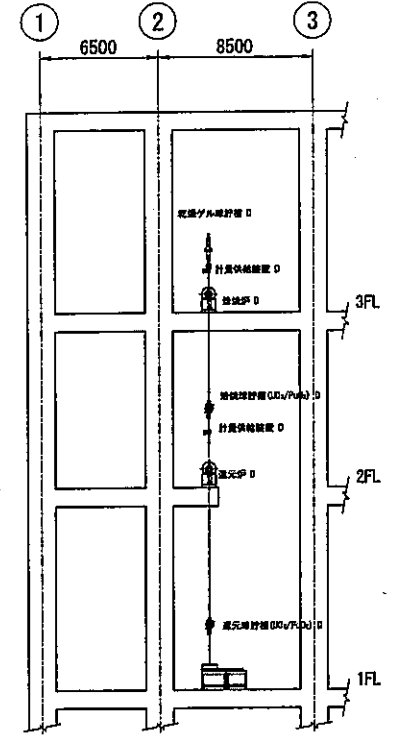
3rd ANGLE PROJECTION 第三角法		NO. DESCRIPTION MATERIAL C'TY REMARKS CUSTOMER 名称 材質 数量 記号			
CHECKED 原案	APPROVED 機印	TITLE 顆粒燃料製造ライン全体配置図(C-C断面(立面))			
DRAWN 作成	DESIGNED 設計	DWG. NO. 図 2.4-1(7)		REV. 改訂	
SCALE 尺度	DATE 日付 '03.02.14	MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社			



D-D 断面



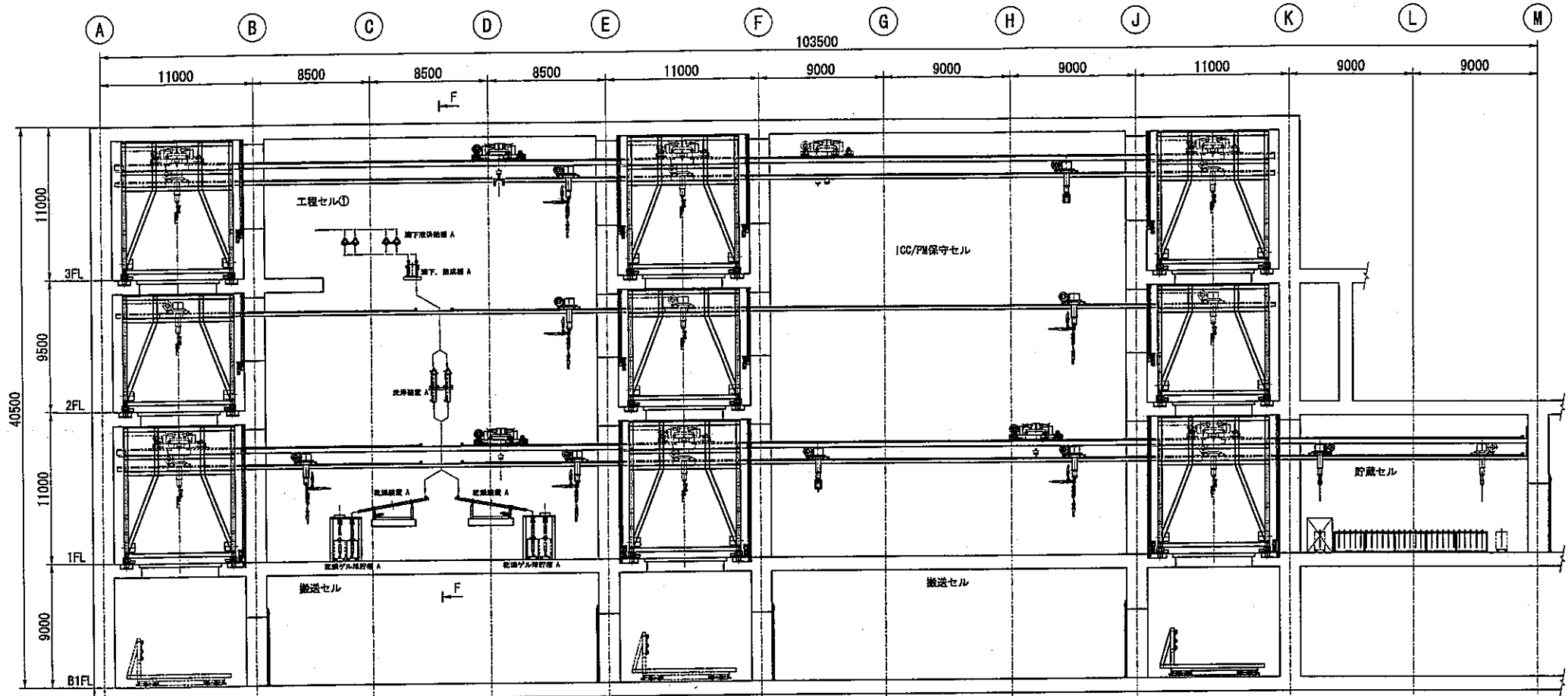
F-F 断面



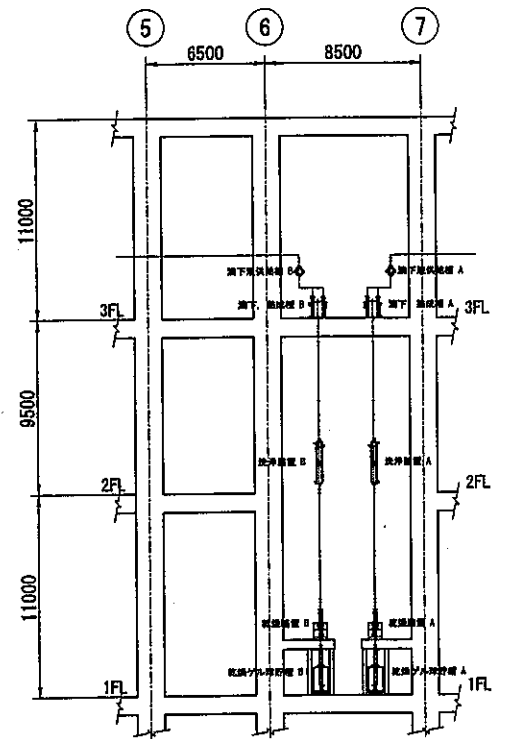
G-G 断面

外側燃料：小粒径用

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(D-D断面(立面))	
DRAWN 作成	DESIGNED 設計	DRL. NO. 図 2.4-1 (8)	
SCALE 尺度	DATE 日付 '03.02.14	MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社	
		REVISION 履歴表	



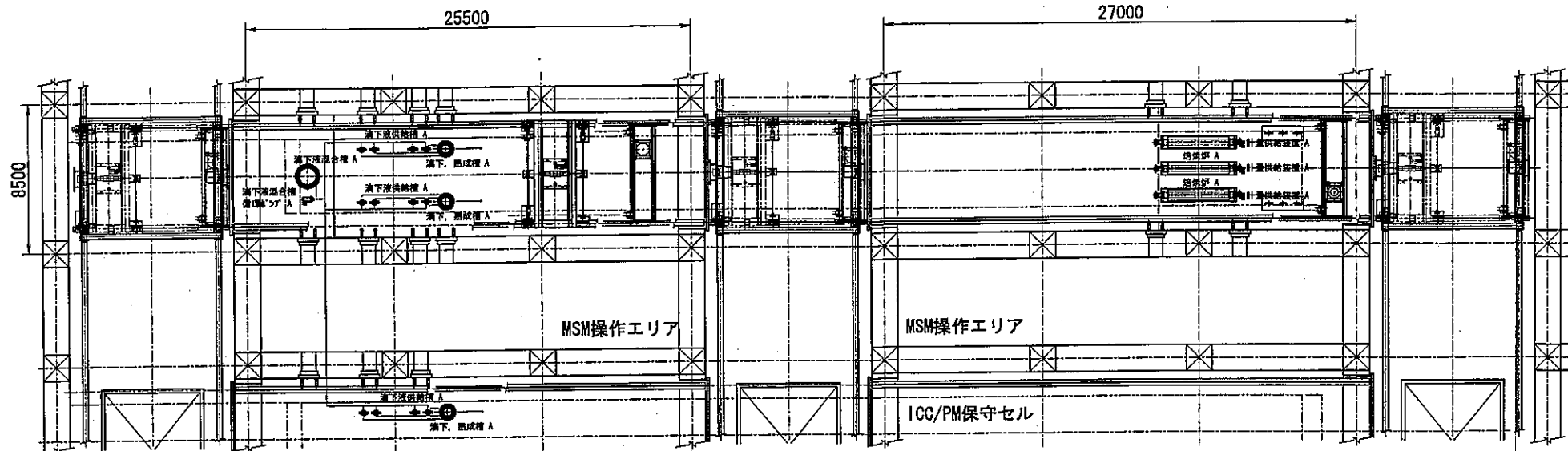
E-E 断面



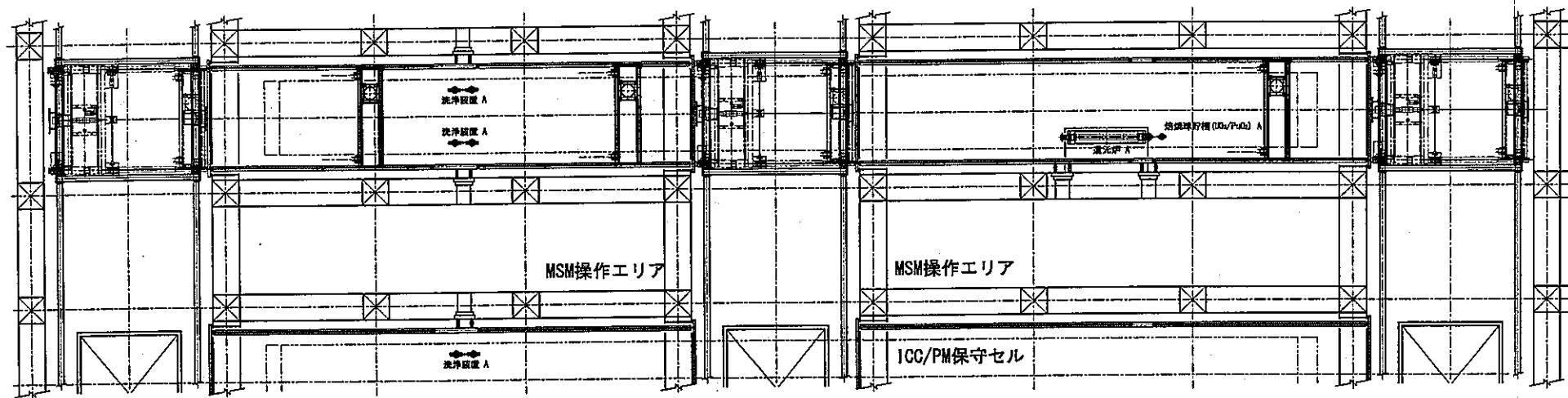
F-F 断面

内側燃料：大粒径用

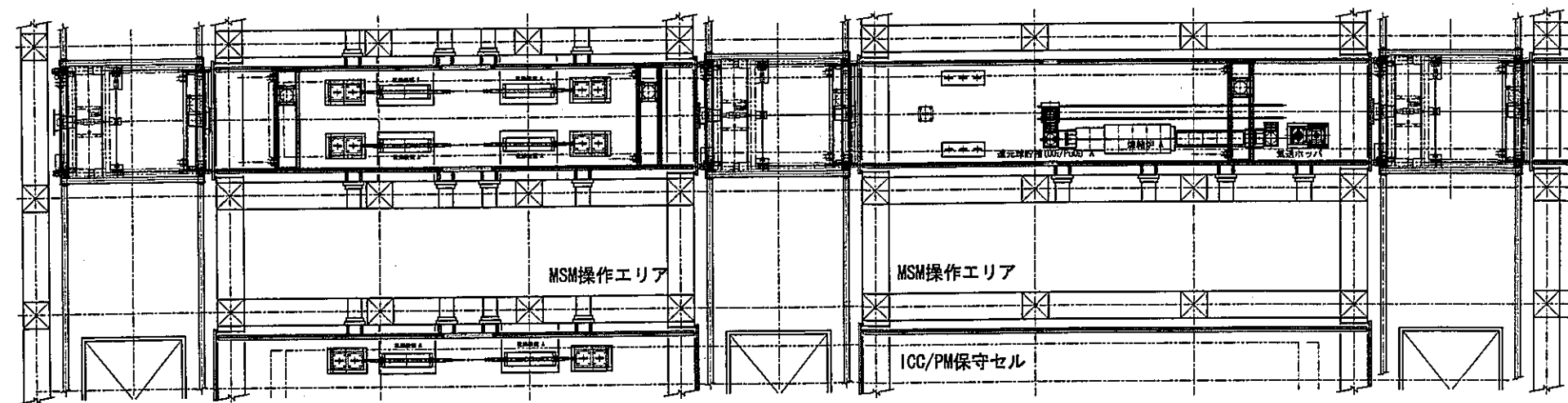
3rd ANGLE PROJECTION 第3角法		CUSTOMER			
CHECKED 図章	APPROVED 捺印	TITLE 顆粒燃料製造ライン全体配管図(E-E断面(立面))			
DRAWN 作成	DESIGNED 設計	DWG. NO. 図 2.4-1(9)		REV. 改訂	
SCALE 尺度	DATE 日付 '03.02.14	MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社			ISSUE 出図先



3 F



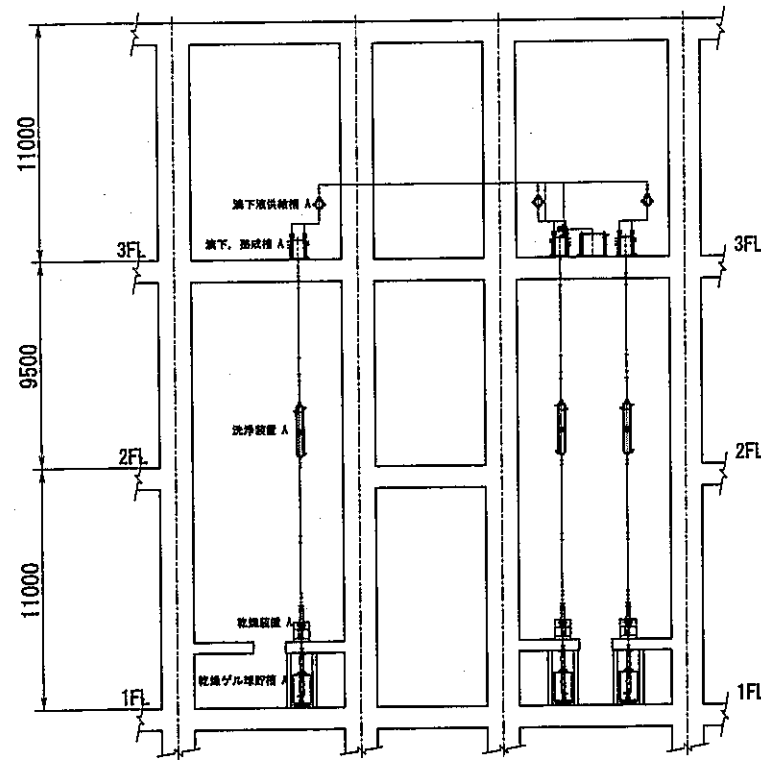
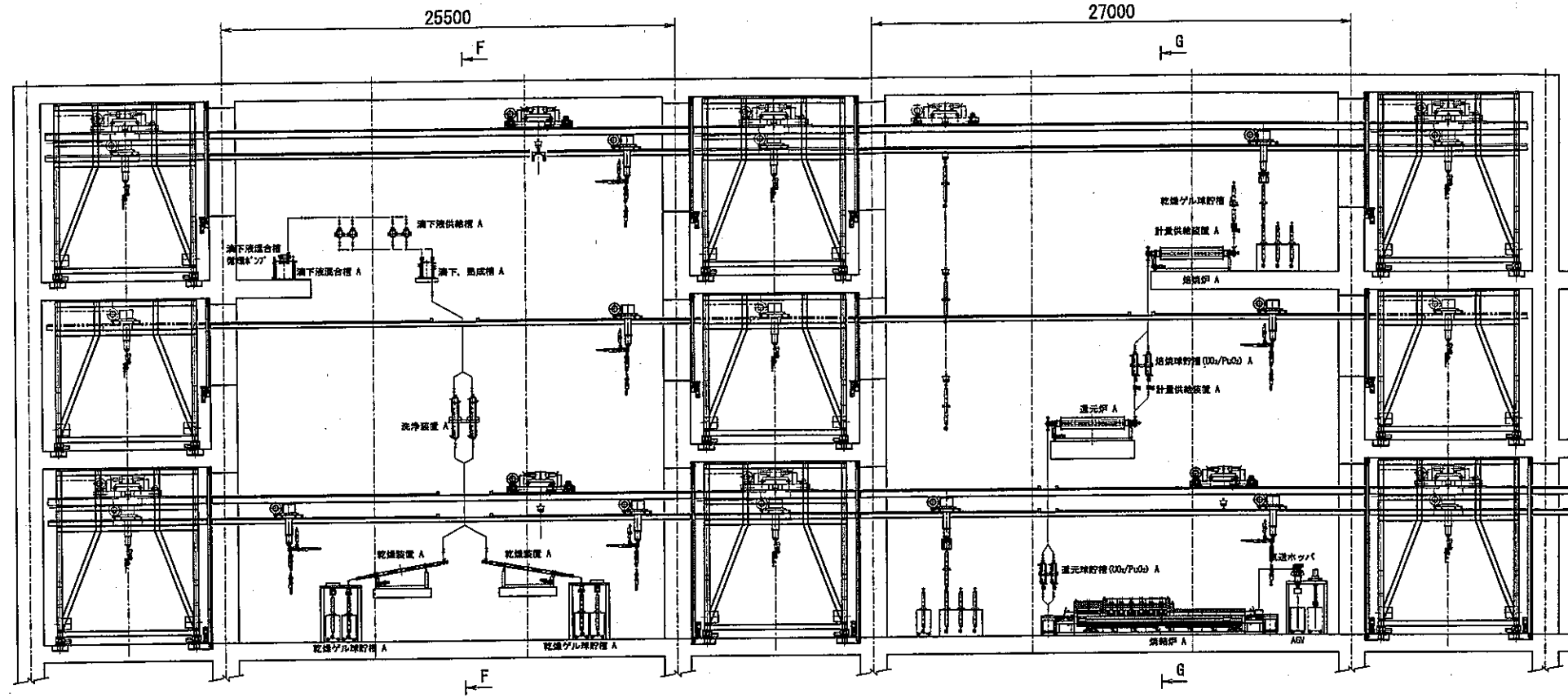
2 F



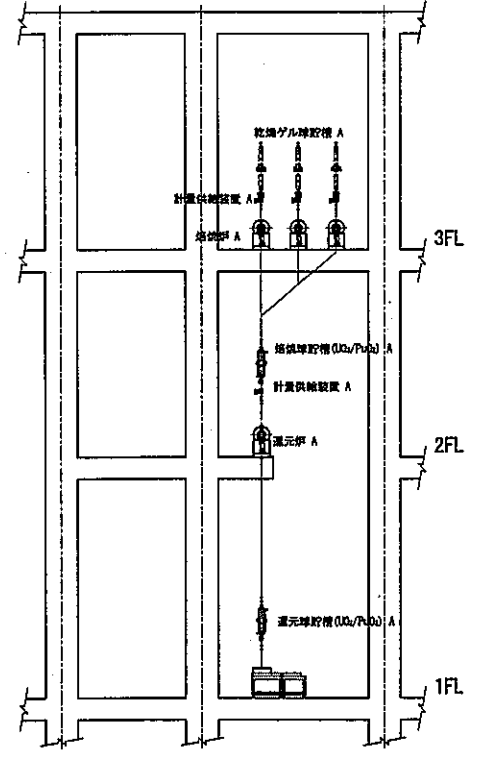
1 F

内側燃料：大粒径用

3rd ANGLE PROJECTION 第三角法		NO.	DESCRIPTION 名称	MATERIAL 材質	Q'TY 個数	REMARKS 記号
CHECKED 図章	APPROVED 印	TITLE 工程セル内機器配置図 (内側燃料大粒径 平面)				
DRAWN 作成	DESIGNED 設計	DWG. NO. 図2.4-2(1)			REV. 改訂	
SCALE 尺法	DATE 日付 03.02.14	MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社				



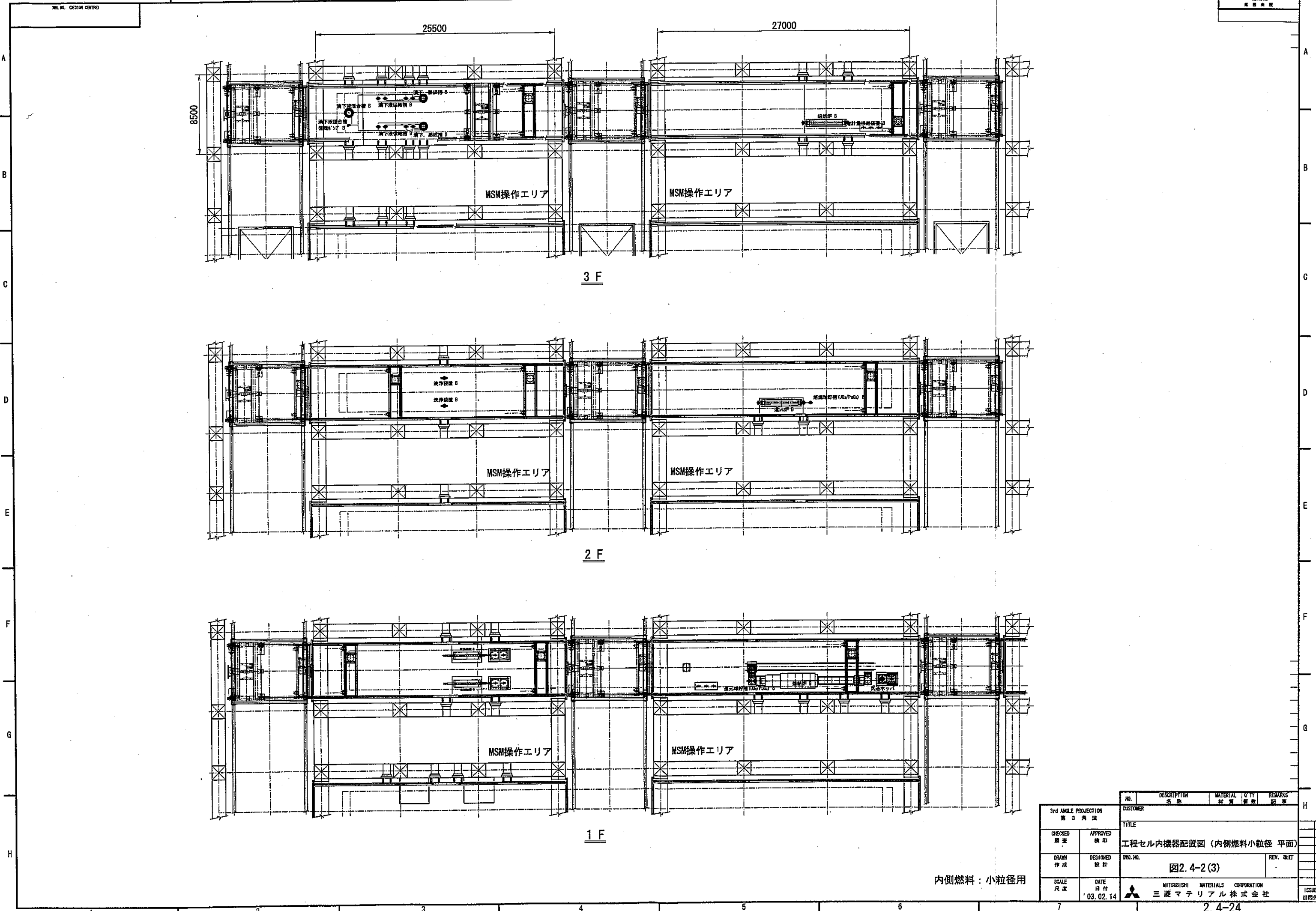
F-F 断面



G-G 断面

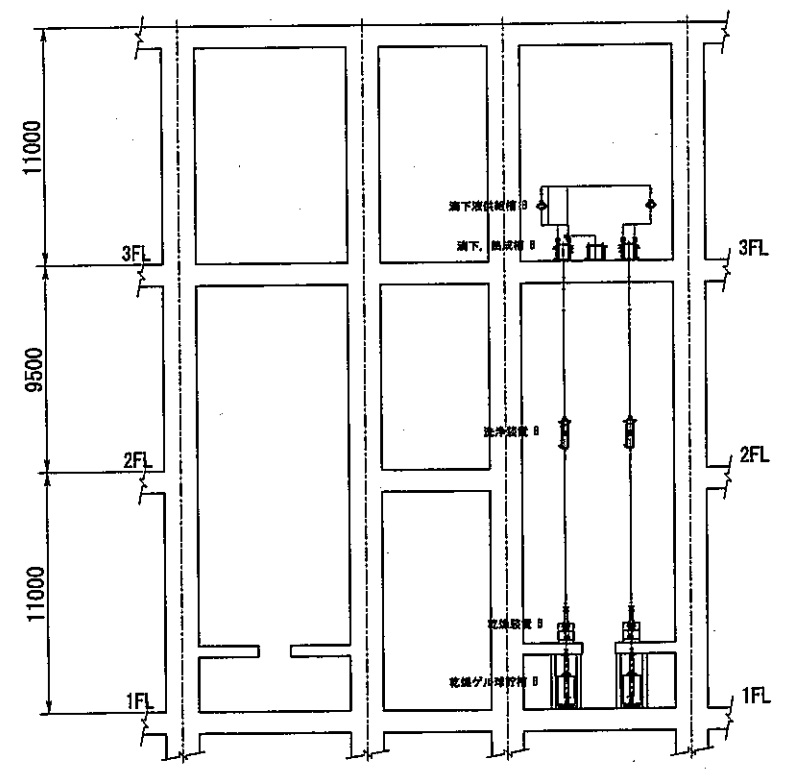
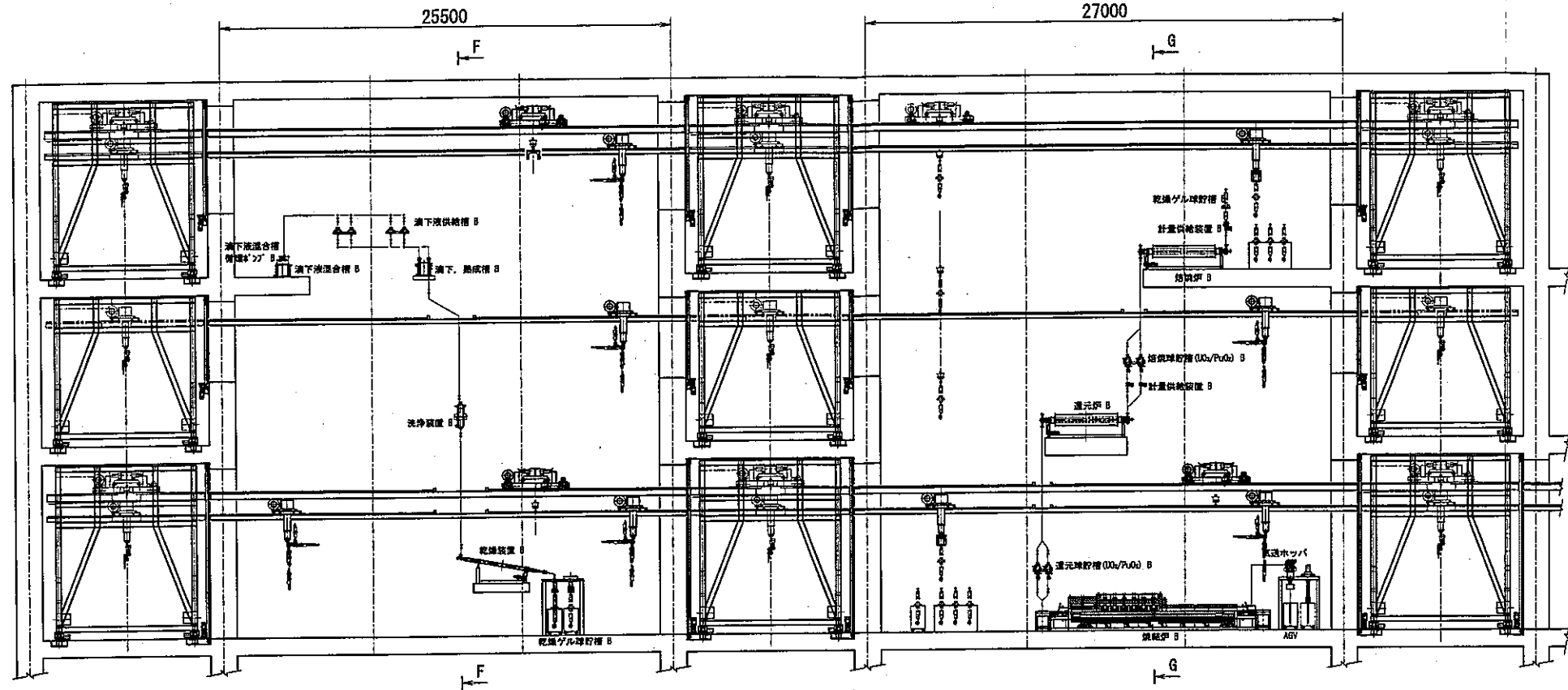
内側燃料：大粒径用

3rd ANGLE PROJECTION 第 3 角 法		NO.	DESCRIPTION 名称	MATERIAL 材質	Q'TY 数量	REMARKS 記号
CHECKED 審査	APPROVED 捺印	CUSTOMER TITLE 工程セル内機器配置図 (内側燃料大粒径 立面)				
DRAWN 作成	DESIGNED 設計	DWG. NO.	図 2.4-2 (2)		REV. 改訂	
SCALE 尺 寸	DATE 日 付	MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社				ISSUE 出 版 年

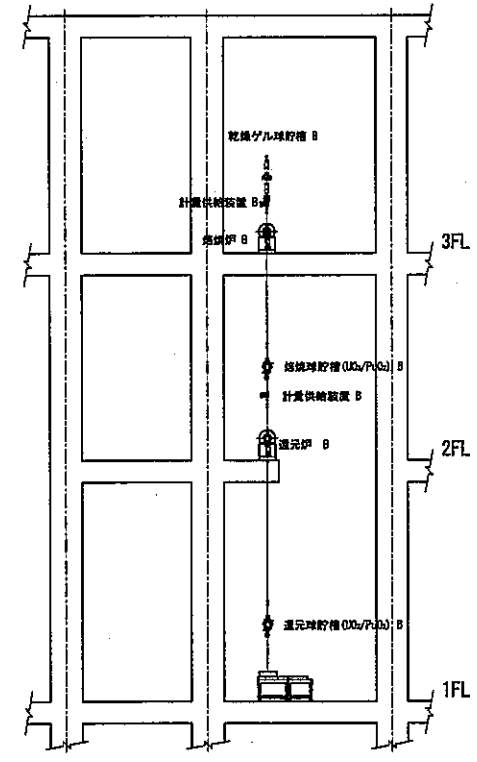


内側燃料：小粒径用

3rd ANGLE PROJECTION 第三角法		NO.	DESCRIPTION 名称	MATERIAL 材質	Q'TY 数量	REMARKS 記号
CHECKED 図差	APPROVED 検印	CUSTOMER				
DRAWN 作成	DESIGNED 設計	TITLE 工程セル内機器配置図 (内側燃料小粒径 平面)				
SCALE 尺度	DATE 日付	DWG. NO.	REV. 改訂			
	'03.02.14		MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社		ISSUE 出図先	



F-F 断面

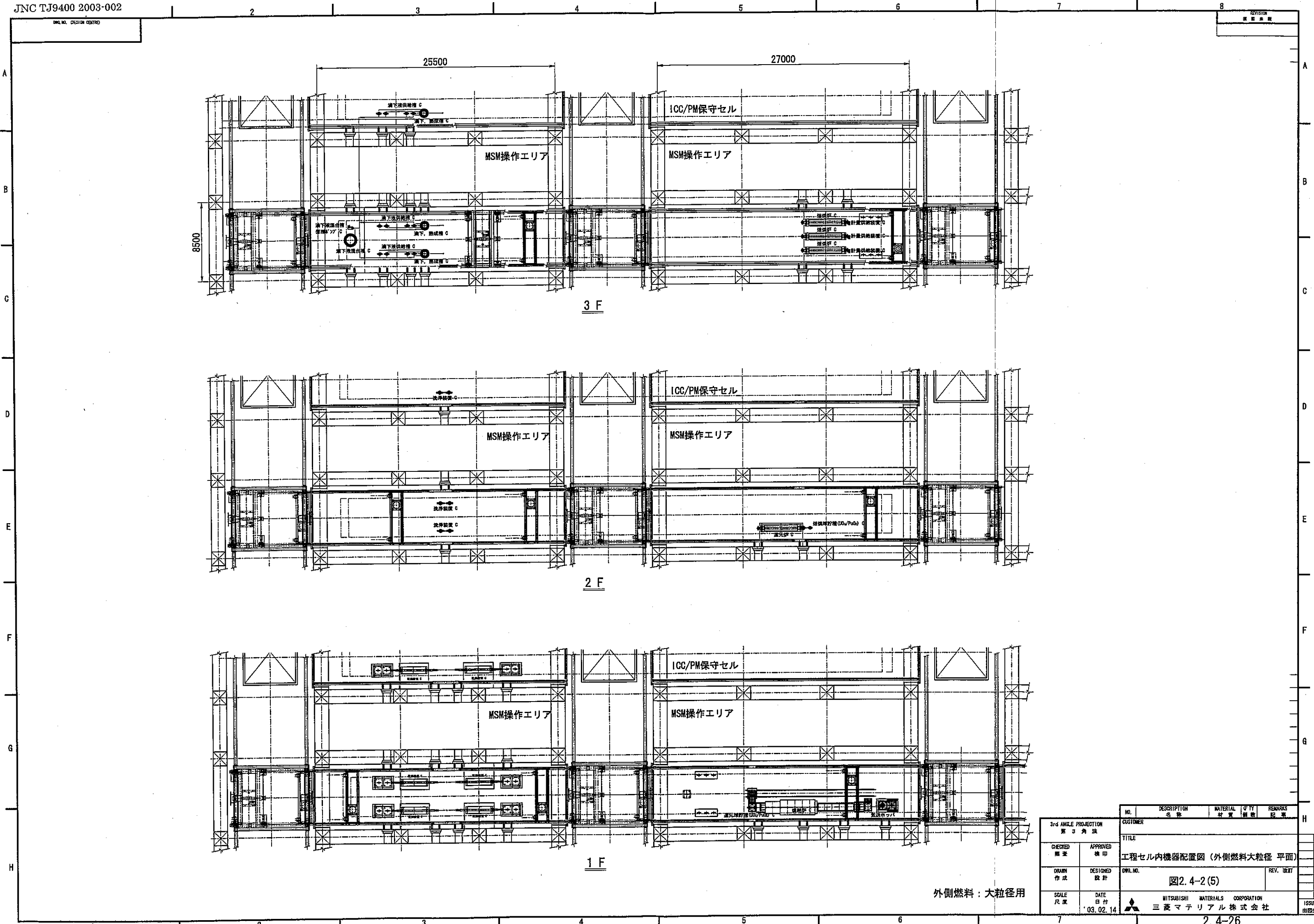


G-G 断面

内側燃料：小粒径用

3rd ANGLE PROJECTION 第三角法		NO.	DESCRIPTION 名称	MATERIAL 材質	QTY 数量	REMARKS 記号
CHECKED 図章	APPROVED 捺印	CUSTOMER				
DRAWN 作成		TITLE 工程セル内機器配置図 (内側燃料小粒径 立面)				
SCALE 尺度	DATE 日付	DRG. NO. 図2.4-2(4)		REV. 改訂		
03.02.14		MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社				





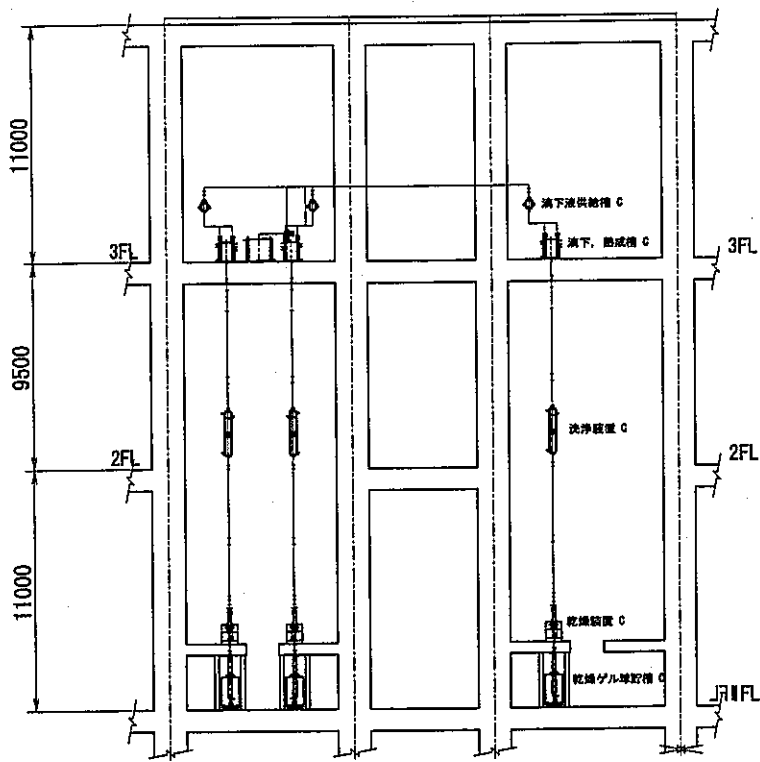
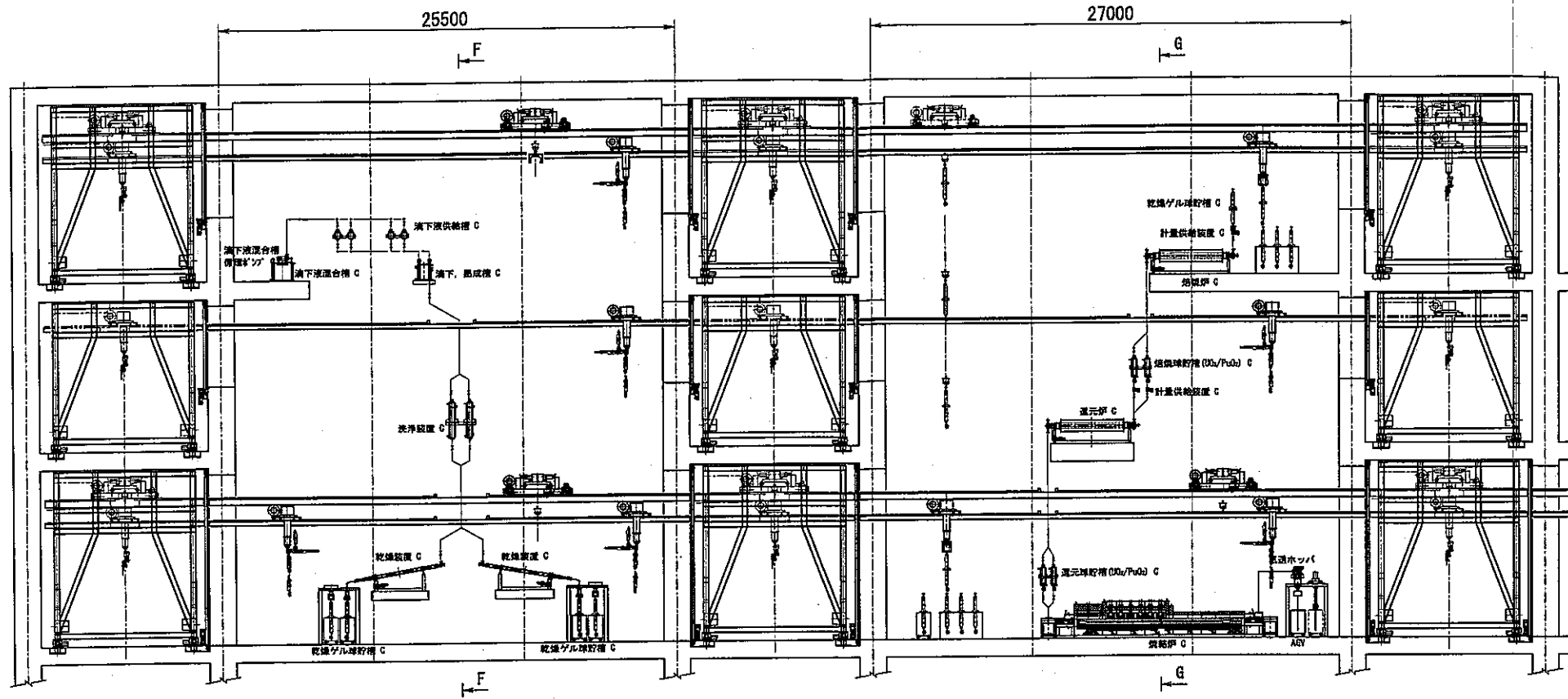
3 F

2 F

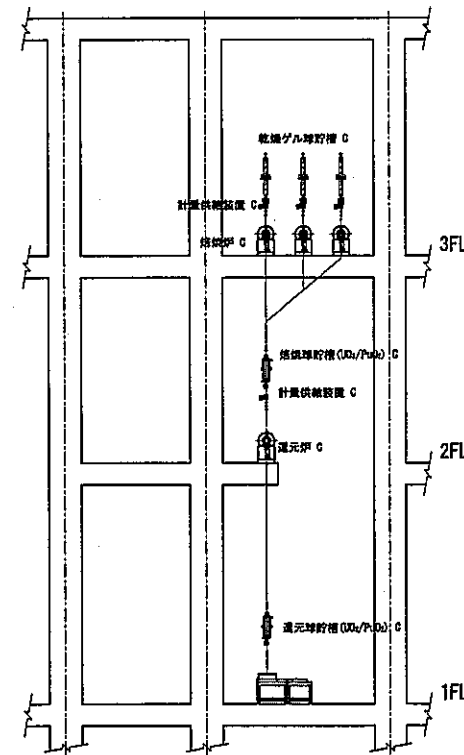
1 F

外側燃料：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 検査	APPROVED 検印	CUSTOMER				
DRAWN 作成		TITLE				
SCALE 尺度		工程セル内機器配置図 (外側燃料大粒径 平面)				
DATE 日付		DWG. NO.			REV. 改訂	
03.02.14		図2.4-2(5)				
MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社						
ISSUE 出図先						



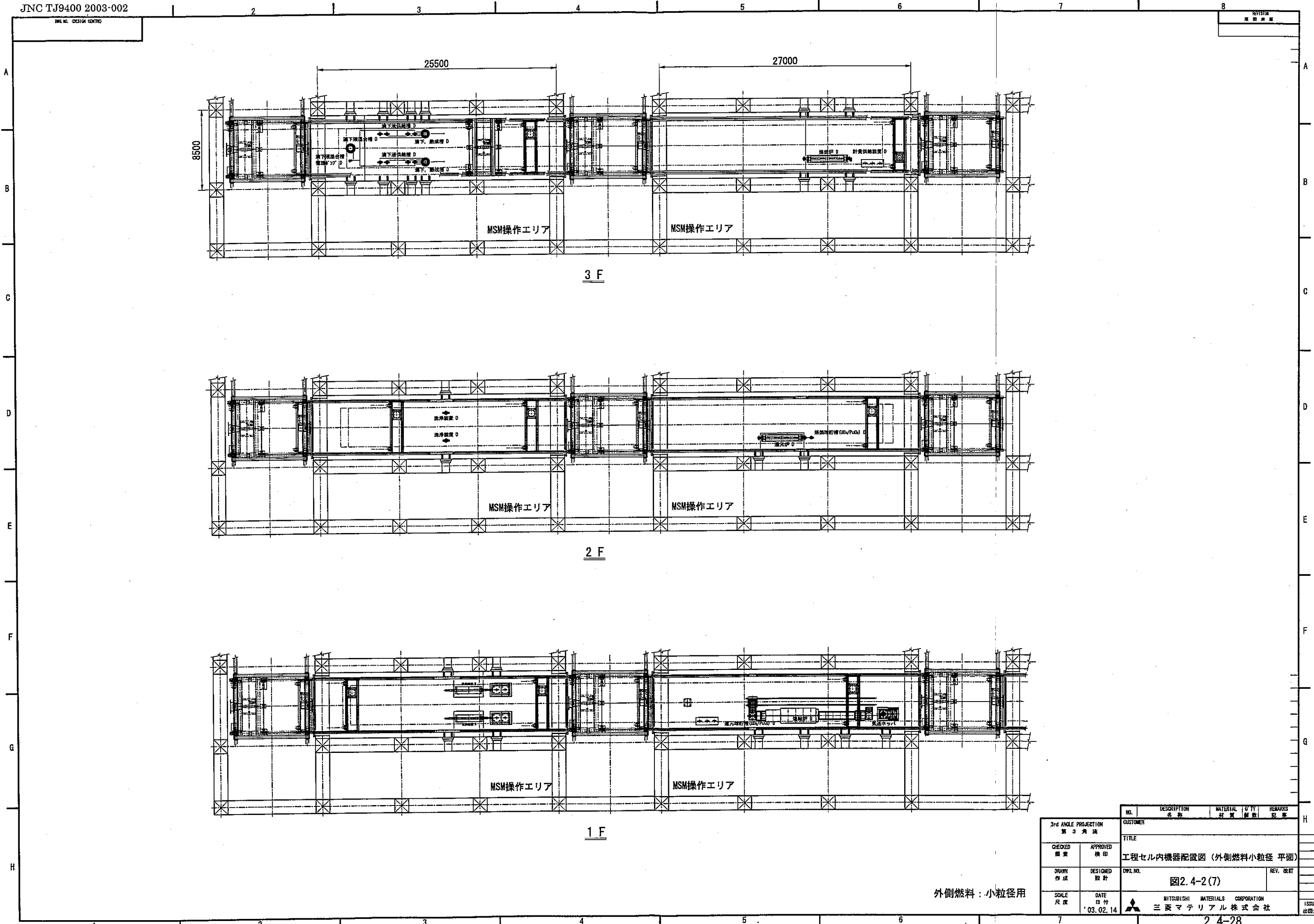
F-F 断面



G-G 断面

外側燃料：大粒径用

3rd ANGLE PROJECTION 第 3 角 法		NO.	DESCRIPTION 名 称	MATERIAL 材 質	QTY 数 量	REMARKS 備 考
CHECKED 図 章	APPROVED 積 印	CUSTOMER				
DRAWN 作 成	DESIGNED 設 計	TITLE 工程セル内機器配置図 (外側燃料大粒径 立面)				
SCALE 尺 度	DATE 日 付	DWG. NO.	REV. 改訂			
	03.02.14	図 2.4-2(6)		MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社		
						ISSUE 出 版 先



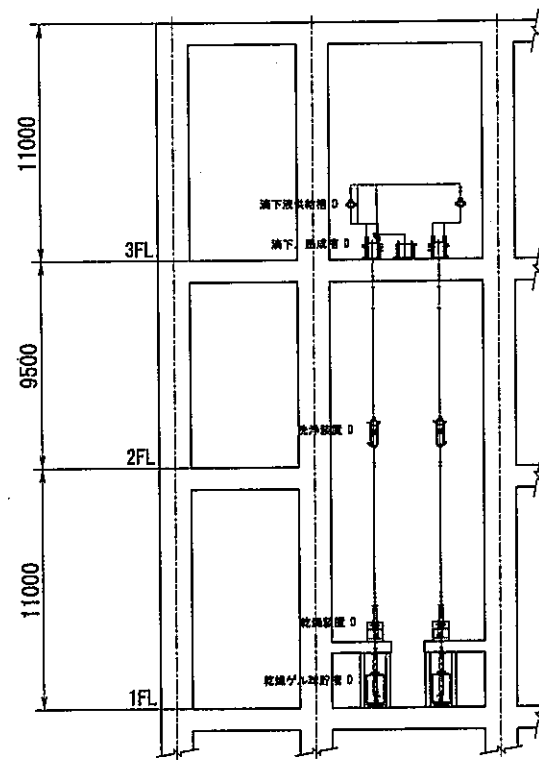
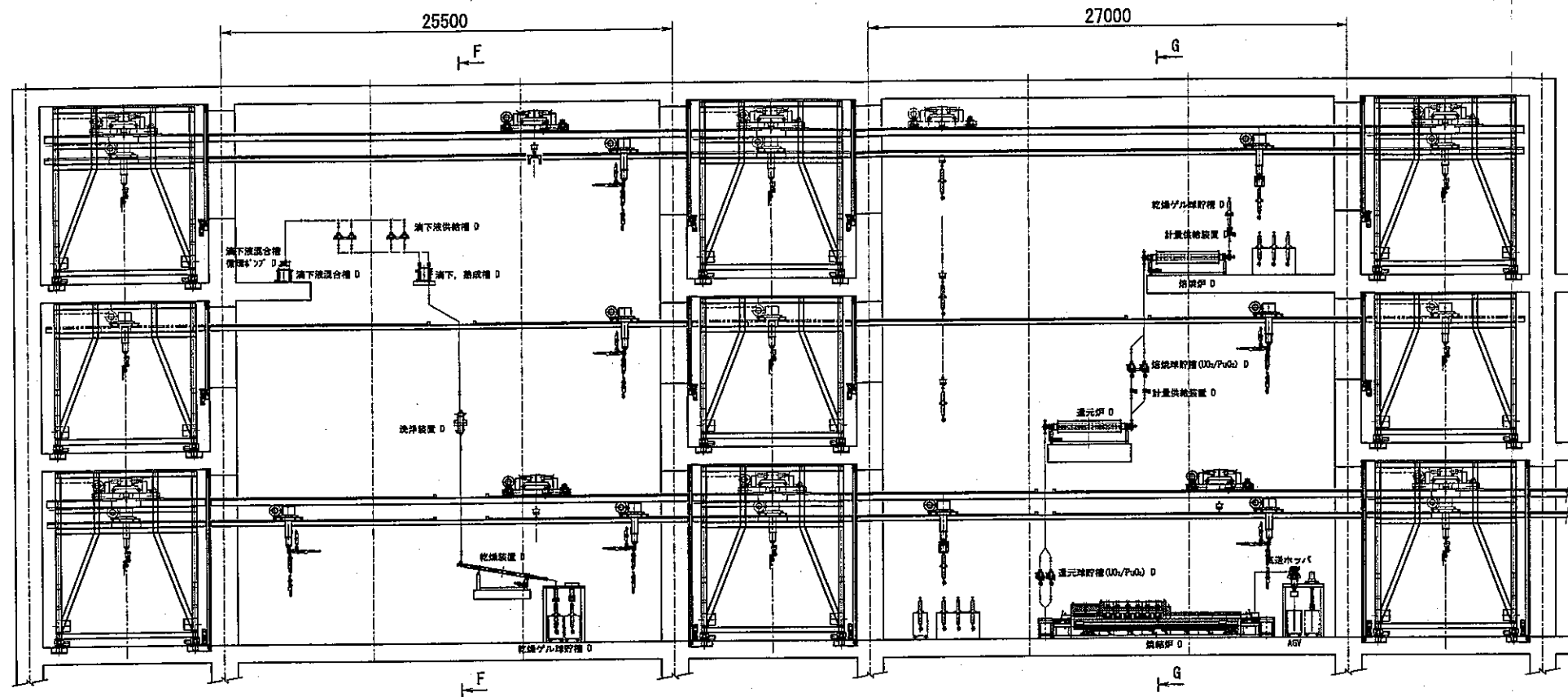
3 F

2 F

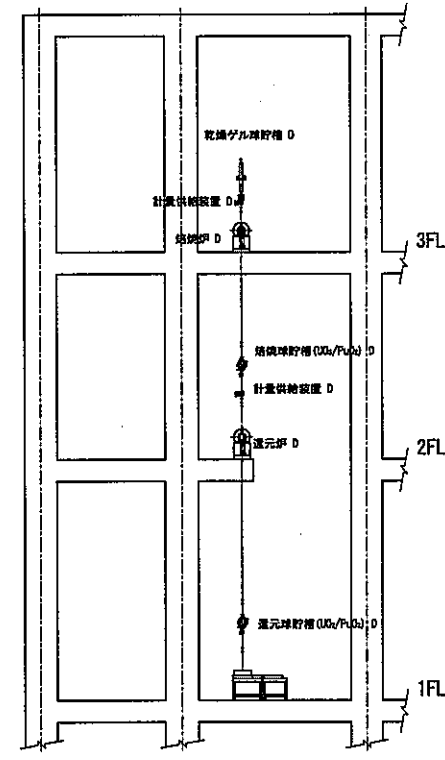
1 F

外側燃料：小粒径用

3rd ANGLE PROJECTION 第三角法		NO.	DESCRIPTION 名称	MATERIAL 材質	QTY 数量	REMARKS 記号
CHECKED 図章	APPROVED 捺印	CUSTOMER TITLE 工程セル内機器配置図 (外側燃料小粒径 平面)				
DRAWN 作成	DESIGNED 設計	DRG. NO.	図2.4-2(7)		REV. 改訂	
SCALE 尺度	DATE 日付 03.02.14	MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社				ISSUE 出図先



F-F 断面



G-G 断面

外側燃料：小粒径用

3rd ANGLE PROJECTION 第3角法		CUSTOMER	
CHECKED 図案	APPROVED 機印	TITLE 工程セル内機器配置図 (外側燃料小粒径 立面)	
DRAWN 作成	DESIGNED 設計	DWG. NO. 図2.4-2(8)	REV. 改訂
SCALE 尺度	DATE 日付 '03.02.14	MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION 三菱マテリアル株式会社	

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)		
	・ICG待機(初期位置:保守セル)		
	・トラバーサ待機(初期位置:ICG/MP保守セル位置)		
②	ICG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ICG移動(ICG/PM保守セル→トラバーサ)	7	min
	・移動(ICG/PM保守セル内移動)	2	min
	・ICG/PM保守セル扉開	2	min
	・移動(セル→トラバーサ)	1	min
	・ICG/PM保守セル扉閉	2	min
④	トラバーサ移動(ICG/PM保守セル→保守対象工程セル)	10	min
⑤	ICG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	部品取外し	50	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	20	min
	・PMインパクトレンチ取外	5	min
	・故障ユニット吊具取付け(PMIによる操作)	10	min
	・故障ユニット吊上(ICGによる操作)	5	min
⑦	取外し部品搬出	59	min
	・ICG移動(工程セル内搬送)	2	min
	・工程セル扉:開	2	min
	・ICG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
	・ICGの吊具取外し(PMI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	59	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(→トラバーサ床搬出扉位置)	10	min
	・ICG吊具取付け(PMI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(床搬出扉位置→工程セル)	5	min
	・工程セル扉:閉	2	min
	・ICG移動(工程セル→トラバーサ)	1	min
	・工程セル扉:開	2	min
	・ICG移動(工程セル内移動)	2	min
⑨	部品取付け	60	min
	・交換部品ユニット据付(PMIのアシスト)	15	min
	・PMインパクトレンチ装着	5	min
	・遠隔ボルト取付け	30	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
⑩	ICG及びPM移動(保守対象機器→トラバーサ)	7	min
	・移動(→工程セル扉)	2	min
	・工程セル扉:開	2	min
	・移動(工程セル内→トラバーサ)	1	min
	・工程セル扉:閉	2	min
⑪	トラバーサ移動(工程セル→ICG/MP保守セル)	10	min
⑫	PM及びICG移動(トラバーサ→ICG/PM保守セル)	7	min
	・ICG/PM保守セル扉:開	2	min
	・移動(セル→トラバーサ)	1	min
	・ICG/PM保守セル扉:閉	2	min
	・移動(ICG/PM保守セル内移動)	2	min
⑬	ICGの保守対象機器専用吊具取外し(PMIによるアシスト)	20	min
	終了		

概算作業時間 5.3 H

図 2.4-3 駆動ユニットの交換作業手順

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	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	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(PMIによる操作) ・ノズルユニット吊上(ICCによる操作)	25	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(PMI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	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(PMI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	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(PMIによる操作) ・ノズルユニット取付け(PMIによる操作)	30	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	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	min
⑬	ICCの保守対象機器専用吊具取外し(PMIによるアシスト)	20	min
	終了		

図 2.4-4 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) ・ICG待機(初期位置:保守セル) ・トラバーサ待機(初期位置:ICG/MP保守セル位置)	0	min
②	ICG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ICG移動(ICG/PM保守セル→トラバーサ) ・移動(ICG/PM保守セル内移動) ・ICG/PM保守セル扉開 ・移動(セル→トラバーサ) ・ICG/PM保守セル扉閉	7	min
④	トラバーサ移動(ICG/MP保守セル→保守対象工程セル)	10	min
⑤	ICG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	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(ICGによる操作)	180	min
⑦	取外し部品搬出 ・ICG移動(工程セル内搬送) ・工程セル扉:開 ・ICG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) ・ICG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	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) ・ICG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 ・ICG移動(工程セル→トラバーサ) ・工程セル扉:開 ・ICG移動(工程セル内移動)	59	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	min
⑩	ICG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	min
⑪	トラバーサ移動(工程セル→ICG/MP保守セル)	10	min

(次ページ)

図 2.4-5 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

↓

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 10.4 H

図 2.4-5 弁、計量供給装置、ポンプの交換作業手順(2/2)



①	初期状態	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)		
	・トラバナーサ待機(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→トラバナーサ)	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→トラバナーサ)	1	min
	・ICC/PM保守セル扉閉	2	min
④	トラバナーサ移動(ICC/MP保守セル→保守対象工程セル)	10	min
⑤	ICC及びPM移動(トラバナーサ→保守対象機器)	7	min
	・工程セル扉:開	2	min
	・移動(トラバナーサ→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	部品取外し	155	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(外殻固定部)	40	min
	・PMインパクトレンチ取外	5	min
	・本体外殻取外し/仮置き	20	min
	・PMインパクトレンチ装着	5	min
	・遠隔ボルト取外し(ヒーター固定部)	40	min
	・PMインパクトレンチ取外	5	min
	・吊具取付け(PMによる操作)	20	min
	・吊上(ICCによる操作)	10	min
⑦	取外し部品搬出	59	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→トラバナーサ)	1	min
	・工程セル扉:閉	2	min
	・トラバナーサ移動(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(トラバナーサ→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	59	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(→トラバナ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→トラバナーサ)	10	min
	・メンテナンス用搬送セルの床搬出扉:閉	2	min
	・トラバナーサ移動(床搬出入扉位置→工程セル)	5	min
	・工程セル扉:開	2	min
	・ICC移動(工程セル→トラバナーサ)	1	min
	・工程セル扉:閉	2	min
	・ICC移動(工程セル内移動)	2	min
⑨	部品取付け	205	min
	・ヒーター据付け(PMのアシスト)	30	min
	・PMインパクトレンチ装着	5	min
	・遠隔ボルト取付け(ヒーター固定部)	60	min
	・PMインパクトレンチ取外	5	min
	・本体外殻取付け	30	min
	・PMインパクトレンチ装着	5	min
	・遠隔ボルト取付け(外殻固定部)	60	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
⑩	ICC及びPM移動(保守対象機器→トラバナーサ)	7	min
	・移動(→工程セル扉)	2	min
	・工程セル扉:開	2	min
	・移動(工程セル内→トラバナーサ)	1	min
	・工程セル扉:閉	2	min
⑪	トラバナーサ移動(工程セル→ICC/MP保守セル)	10	min

(次ページ)

図 2.4-6 焙焼炉、還元炉ヒータの交換作業手順(1/2)

↓	PM及びICC移動(トラバーサ→ICC/PM保守セル)	7	min
⑫	・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

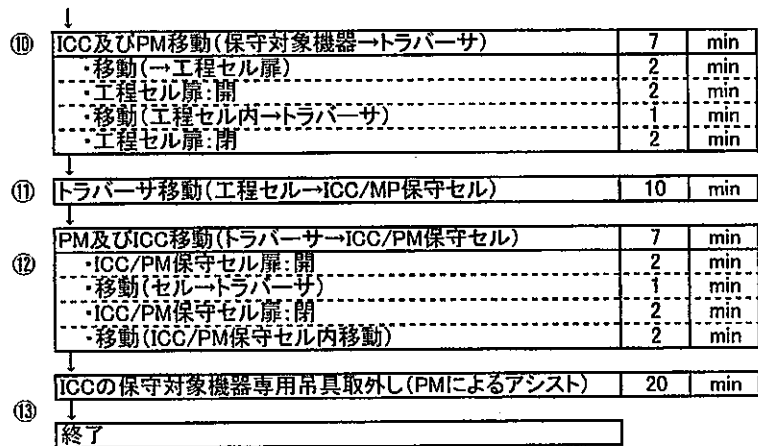
図 2.4-6 焙焼炉、還元炉ヒータの交換作業手順(2/2)

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(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	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	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(→搬出) ・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(→搬出)	1360	min
⑦	取外し部品搬出(下記作業を17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) ・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)	1003	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) ・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)	1003	min
⑨	部品取付け(17部品) ・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 ・ヒーター据付 ・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) ・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	1850	min

(次ページ)

図 2.4-7 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 2.4-7 焼結炉耐火材の交換作業手順(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)		
	・トラバナーサ待機(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(PMIによるアシスト)	20	min
③	PM及びICC移動(ICC/PM保守セル→トラバナーサ)	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→トラバナーサ)	1	min
	・ICC/PM保守セル扉閉	2	min
④	トラバナーサ移動(ICC/MP保守セル→保守対象工程セル)	10	min
⑤	ICC及びPM移動(トラバナーサ→保守対象機器)	7	min
	・工程セル扉:開	2	min
	・移動(トラバナーサ→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)	1560	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(PMIによる操作)	40	min
	・耐火材(天上部)吊上げ/仮置き	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(PMIによる操作)	170	min
	・耐火材(本体)吊上げ仮置き	170	min
	・PMインパクトレンチ装着	5	min
	・遠隔ボルト取外し(ビーム固定)	80	min
	・駆動ビーム吊具取付け(PMIによる操作)	20	min
	・駆動ビーム吊上げ(→搬出)	10	min
⑦	取外し部品搬出(下記作業を2回実施)	118	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→トラバナーサ)	1	min

・工程セル扉:閉	2	min
・トラバナーサ移動(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(トラバナーサ→搬送台車)	10	min
・ICCの吊具取外し(PMI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2回実施)	118	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(→トラバナーサ床搬出入扉位置)	10	min
	・ICC吊具取付け(PMIのアシスト)	10	min
	・保守対象機器吊上げ(搬送台車→トラバナーサ)	10	min
	・メンテナンス用搬送セルの床搬出扉:閉	2	min
	・トラバナーサ移動(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→トラバナーサ)	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	2010	min
	・駆動ビーム据付(PMIのアシスト)	30	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)	120	min
	・PMインパクトレンチ取外	5	min
	・耐火材(本体)据付(PMI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(PMI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

図 2.4-8 焼結炉駆動ビームの交換作業手順(1/2)

⑩	ICC及びPM移動(保守対象機器→トラバーサ)	7	min
	・移動(→工程セル扉)	2	min
	・工程セル扉:開	2	min
	・移動(工程セル内→トラバーサ)	1	min
	・工程セル扉:閉	2	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)	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
⑬	ICCの保守対象機器専用吊具取外し(PMIによるアシスト)	20	min
	終了		

概算作業時間 64.6 H

図 2.4-8 焼結炉駆動ビームの交換作業手順(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(ヒーター8個) ・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(耐火材天工部(4箇所)固定) ・PMインパクトレンチ取外 ・吊具取付け(PMによる操作) ・耐火材天工部取外し、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) ・PMインパクトレンチ取外 ・ヒーター取外し/仮置き ・吊具取付け(PMによる操作) ・吊上(iccによる操作)	510 5 5 160 5 40 40 5 80 5 80 80 5 80 5	min min min min min min min min min min min min min min min
⑦	取外し部品搬出(ヒーター8個一括搬送) ・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→床搬出入庫位置) ・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)	59 2 2 1 2 5 2 10 10	min min min min min min min min 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 ・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庫位置) ・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(床搬出入庫位置→工程セル) ・工程セル扉:開 ・ICC移動(工程セル→トラバーサ) ・工程セル扉:閉 ・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(ヒーター8個) ・ヒーター仮置き(PMのアシスト) ・ヒーター据付 ・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 ・耐火材天工部吊具取付け(PMによる操作) ・耐火材天工部据付 ・耐火材天工部吊具取外し(PMによる操作) ・PMインパクトレンチ装着 ・遠隔ボルト取付け(耐火材天工部固定) ・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	635 10 120 5 120 5 40 60 20 5 240 5 5	min min min 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 2.4-9 焼結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

↓

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 22.6 H

図 2.4-9 焼結炉ヒータの交換作業手順(2/2)



2.4-42

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保守セル扉閉 ・移動(セル→トラバーサ) ・ICC/PM保守セル扉閉	7	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	min
⑥	部品取外し ・電源・計装用遠隔コネクタ取外し ・PMインバクトレンチ装着 ・遠隔ボルト取外し(配管フランジ部) ・遠隔ボルト取外し(シリンダ固定部) ・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)	85	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 ・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	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	min
⑨	部品取付け ・シリンダ据付(PMのアシスト) ・PMインバクトレンチ装着 ・遠隔ボルト取付け(シリンダ固定部) ・遠隔ボルト取付け(配管フランジ部) ・PMインバクトレンチ取外 ・電源・計装用遠隔コネクタ取付け	120	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	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	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
⑬	終了		

概算作業時間 6.9 H

図 2.4-10 焼結炉油圧シリンダの交換作業手順

## 2.5 安全性に係わる検討

### (1) 臨界安全性の考え方

異常時における複数ユニットの臨界安全の考え方を整理した。

#### a. 機器の異常接近

建屋、各機器は耐震重要度分類上Aクラスで設計製作するため、地震による機器の異常接近は発生しないこととする。また、振動による機器の一時的な変形を考慮しても臨界に至らない機器配置とする。

#### b. 複数の機器からの同時漏洩

各機器に十分な漏洩対策を施すことで、複数の機器から同時に漏洩が発生することは考慮しないこととする。

#### c. 粉末系において粒子が漏洩した場合について

機器の腐食や配管の継ぎ目の劣化等を想定した場合は、開口部が小さいことが予想され、開口部において漏洩の途中で粒子が閉塞する可能性が高い。従って、機器や配管中に保持している粒子が、腐食や劣化によって全量漏洩する可能性は低い。しかし、本検討では保守的な設定として全量漏洩した場合を想定した。表 2.5-1 に各機器において全量漏洩が起きた場合に臨界に至る可能性を整理する。

##### (a) 乾燥ゲル球以外の粒子

機器や貯槽、配管からの全量漏洩が起きた場合でも臨界質量以下であり、臨界には至らない。

##### (b) 乾燥ゲル球

内容物が乾燥ゲル球である場合は臨界質量が非常に小さい(約 2.5kg(U+Pu))ため、全量漏洩した場合は臨界質量を超える。特に乾燥ゲル球貯槽は、臨界質量の約 20 倍となっている。

ただし、上記の臨界質量は、粒子を中性子の漏れが最小となる球形に配置した場合の結果であり、現実的には粒子は低い円錐形に堆積すると考えられる。そのような形状での評価を行うことで臨界に至らない場合も多いと考えられるが、それでも臨界評価が厳しい場合は、漏洩を検知し未臨界寸法の機器に気流輸送する等の対策を施す必要がある。

表 2.5-1 通常運転時の漏洩による臨界について

機器名称	考慮する物質	臨界質量	機器ごとの 全量漏洩時重量	漏洩検知方法の例	備考
乾燥装置	乾燥ゲル球	2.507kg(U+Pu)	3.3kg(U+Pu)	減圧系にインターロ ックを設置	160(kg/d) =160/8/6(kg/基) =3.3(kg/基)
乾燥ゲル球貯槽	乾燥ゲル球	2.507kg(U+Pu)	48.6kg(U+Pu)	各種モニタ	有効容積 31L から算出
配管 (バッチ)	乾燥ゲル球	2.507kg(U+Pu)	3.3kg(U+Pu)	各種モニタ	1 バッチ分が流出と仮定
焙焼炉	乾燥ゲル球	2.507kg(U+Pu)	4.4kg(U+Pu)	炉の前後で質量を測 定	ロータリーキルンタイプ 炉内の全量が流出と仮定
還元炉	還元球	236.5 kg(U+Pu)	20kg(U+Pu)	炉の前後で質量を測 定	ロータリーキルンタイプ 炉内の全量が流出と仮定
焼結炉	焼結球	220.4 kg(U+Pu)	40kg(U+Pu)	炉の前後で質量を測 定	ウォーキングビーム方式 炉内の全量が流出と仮定
ホッパー (連続)	還元球	236.5 kg(U+Pu)	105kg(U+Pu)	各種モニタ	有効容積 30L から算出
配管 (連続)	焼結球	220.4 kg(U+Pu)	132kg(U+Pu)	各種モニタ	1 バッチ (3 時間) 分が流出と仮定
中間貯蔵庫	焼結球	220.4 kg(U+Pu)	8.6kg(U+Pu)	各種モニタ	有効容積 1.96L から算出

(2) 複数ユニットにおける臨界安全評価

a. 機器の異常集積

本プロセスでは、乾燥ゲル球貯槽と中間貯蔵庫においてAGVを用いた輸送が存在するが、どちらの工程もAGVの台数を各1台ずつ（中間貯蔵庫は入口側と出口側に各1台）に制限することにより、容器の輸送中の異常集積を防止する。また、乾燥ゲル球貯槽と中間貯蔵庫では、複数ユニットにおける臨界安全評価を行う際に、AGV等による輸送ルートを考慮した評価を行った。

b. 評価箇所

本プロセスにおける機器は単一機器として未臨界形状で設計されているが、実際に機器を配置する上では、単一ユニット間の中性子相互干渉を考慮した複数ユニットによる臨界計算が必要となる。

そこで、本検討では複数ユニットとして臨界安全上、最も厳しいと予想される乾燥ゲル球貯槽について複数ユニットにおける臨界安全を評価した。

乾燥ゲル球の組成は、PuNH-UNH溶液や焼結球など、本プロセス中で未臨界寸法が最も小さかった組成である。さらに、乾燥ゲル球貯槽は中間バッファの中で最も数量が多いことから、複数ユニットとしても臨界安全上最も厳しい配置となることが予想される。

なお、複数ユニットにおける臨界安全評価は、一日当り処理量の最も多い内側燃料大粒子を用いて行った。内側燃料大粒子では、乾燥ゲル球貯槽は12基あり合計で1日分のバッファを持つ。

c. 前提条件

乾燥ゲル球貯槽は、1階と3階に各6基ずつ設置し、その内の1基を移動することでゲル球粒子を1階から3階まで輸送する。その場合、1階と3階の貯槽は臨界安全上、影響がないとみなせる程度に十分距離が離れているため、本検討では6基の貯槽の配置および輸送中の1基の貯槽を考慮して臨界安全を検討した。

6基の乾燥ゲル球貯槽は、セル壁沿いに3基ずつ設置し、通常運転時はその間を1基の貯槽が通過するが、臨界安全評価上は6基の貯槽の間に3基の貯槽が配置されていることを仮定し、3×3本の貯槽が未臨界となる配置をもとめた。

乾燥ゲル球貯槽のサイズは、内寸153mm<sup>φ</sup>×2100mm<sup>H</sup>の円筒形とし、容器は厚さ10mmのSUSとした。また、SUSの周囲には厚さ0.7mmのCdを巻いた。配置の

モデル図を図 2.5-1 に示す。

臨界評価に用いた Pu 富化度、Pu 同位体組成、U 濃縮度等の条件は以下の通りである。

燃料形態	: 均質-乾燥ゲル球
Pu 富化度	: 30wt%-Pu(U+Pu)
Pu 同位体組成	: $^{239}\text{Pu} / ^{240}\text{Pu} / ^{241}\text{Pu} = 60 / 20 / 20$
U 濃縮度	: 0.3%- $^{235}\text{U}$
密度	: 4.0g/cm <sup>3</sup>
含水率	: 5wt%-H <sub>2</sub> O
燃料部形状	: 円筒形 (容器胴を考慮 10mmSUS+0.7mmCd)
燃料部寸法	: 153mmφ × 2100mmH
空間水密度	: 0~1g/cc (パラメータ評価)

燃料領域の周囲は、300mm 水全反射とした (図 2.5-1 の計算モデルを参照)。

計算コードシステムは、JACS を使用した。(臨界計算コード: KENO-IV、断面積ライブラリ: MGCL137 群)

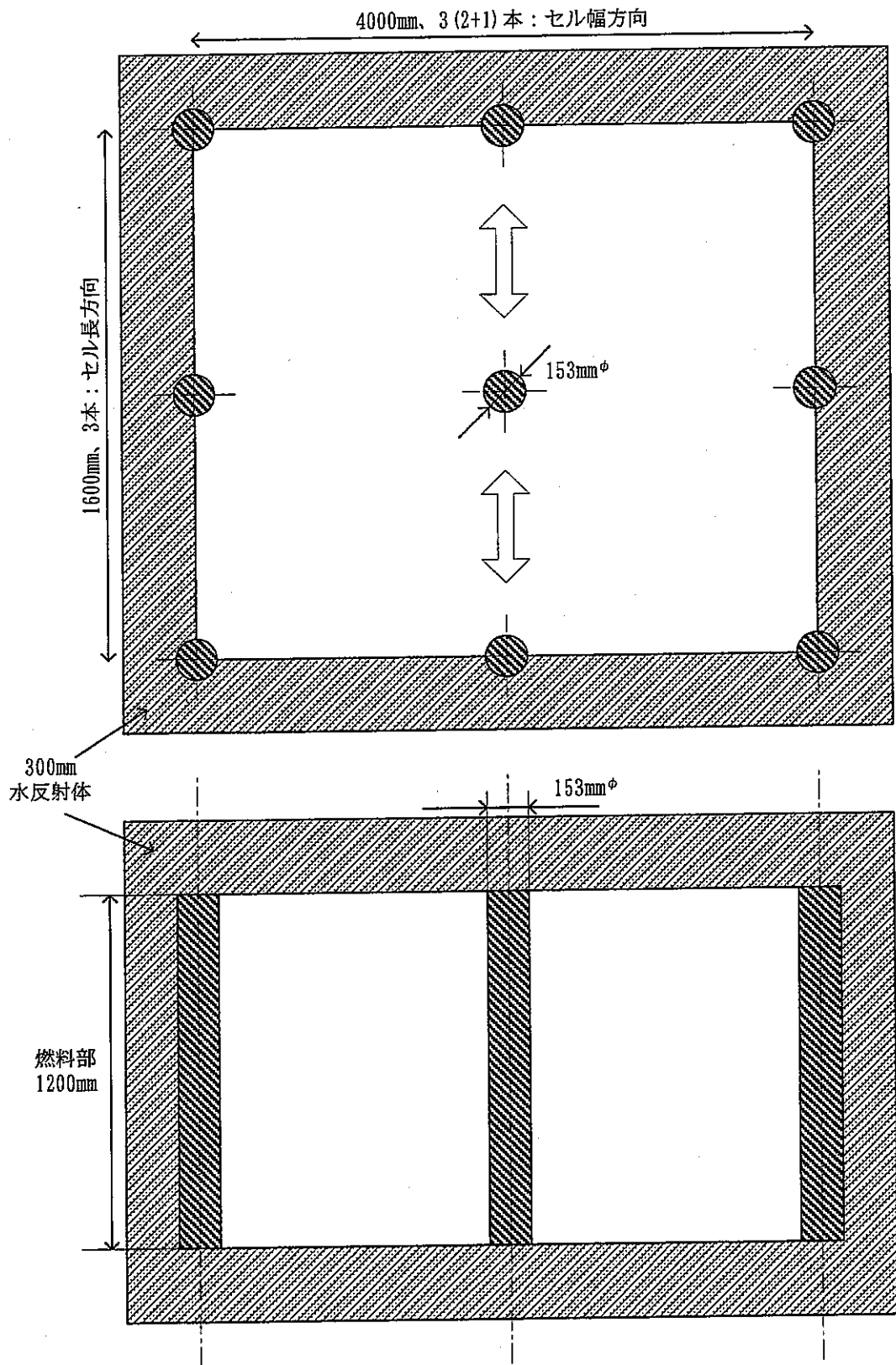


図 2.5-1 乾燥ゲル球貯槽の臨界計算モデル

\*上記サイズは燃料部のみのサイズで臨界評価上は周囲に 10mm 厚の SUS 容器とその外側の Cd 層を考慮した。

d. 解析結果

図 2.5-2 に乾燥ゲル球貯槽をセル幅方向のピッチが 2000mm でセル長方向のピッチを 800mm (図 2-1 参照) とした場合の実効増倍率と空間水密度の関係を示す。上記の配置した場合は、空間水密度 0~1g/cc の範囲で実効増倍率( $K_{eff}+3\sigma$ ) $\leq 0.95$  となることが確かめられた。

以上より、乾燥ゲル球貯槽の配置は、セル壁沿いに 3 基ずつ配置し、3 基の中心毎距離は 800mm、壁沿いの 3 基ともう一方の壁沿いの 3 基との間隔は 4000mm とした。また、その中央を移動する貯槽が通過することとした。

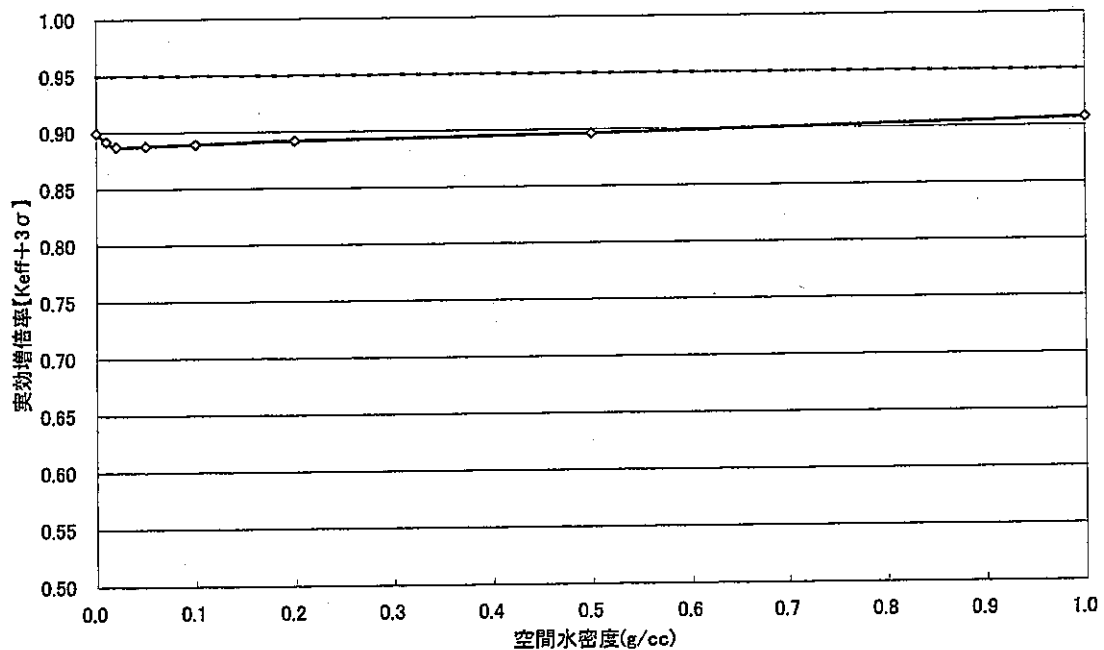


図 2.5-2 乾燥ゲル球貯槽における実効増倍率 (空間水密度サーベイ)

なお、貯槽（容器）の落下によって容器同士が接近する可能性については、異常時の対策として考慮する必要がある。この異常時の対策としては、容器が破損しないことを前提条件として、容器を近接させた状態を付加した評価を実施する方法がある。また、別の方法としては容器の移動経路などに容器が接近しないための物理的な障害を配置する方法がある。乾燥ゲル球の場合、単一ユニットの核的制限値が厳しいことから、処理プロセス上の臨界安全対策自体がゲル化法のプロセス成立上重要な課題である。乾燥ゲル球に容器を接近させた評価を付加すると容器間の距離を更に大きく設定する必要性が考えられる。これらのことより、乾燥ゲル球貯槽においては、移動時にラック等の外枠容器に入れる、より確実に容器を直接ハンドリングする、バードケージを製作・設置する等の設備的な対策を施すことが現実的で有効な方法と考えられる。



### 3. システム評価に関するデータの収集

#### 3.1 システム安定性に係わる検討

##### (1) バッファ容量についての検討

本検討では、機器停止時の工程全体への影響を緩和し、工程全体の稼働率を向上させることを一つの目的として、主要機器間にある程度の容量を持った貯槽を配置している。その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」を想定している。

##### a. 中間バッファについて

###### (a) パラメータ評価

中間バッファの保持容量と工程全体の稼働率の特性を評価するために、各機器の稼働率、平均修復時間（MTTR：Mean Time To Repair）を設定し、中間バッファの容量をパラメータと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、昨年度の検討「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」（三菱マテリアル株式会社：2002）にて作成されたプラント特性シミュレータを使用した。シミュレータにて設定したモデルを図 3.1-1 に示す。

###### (b) パラメータ評価結果

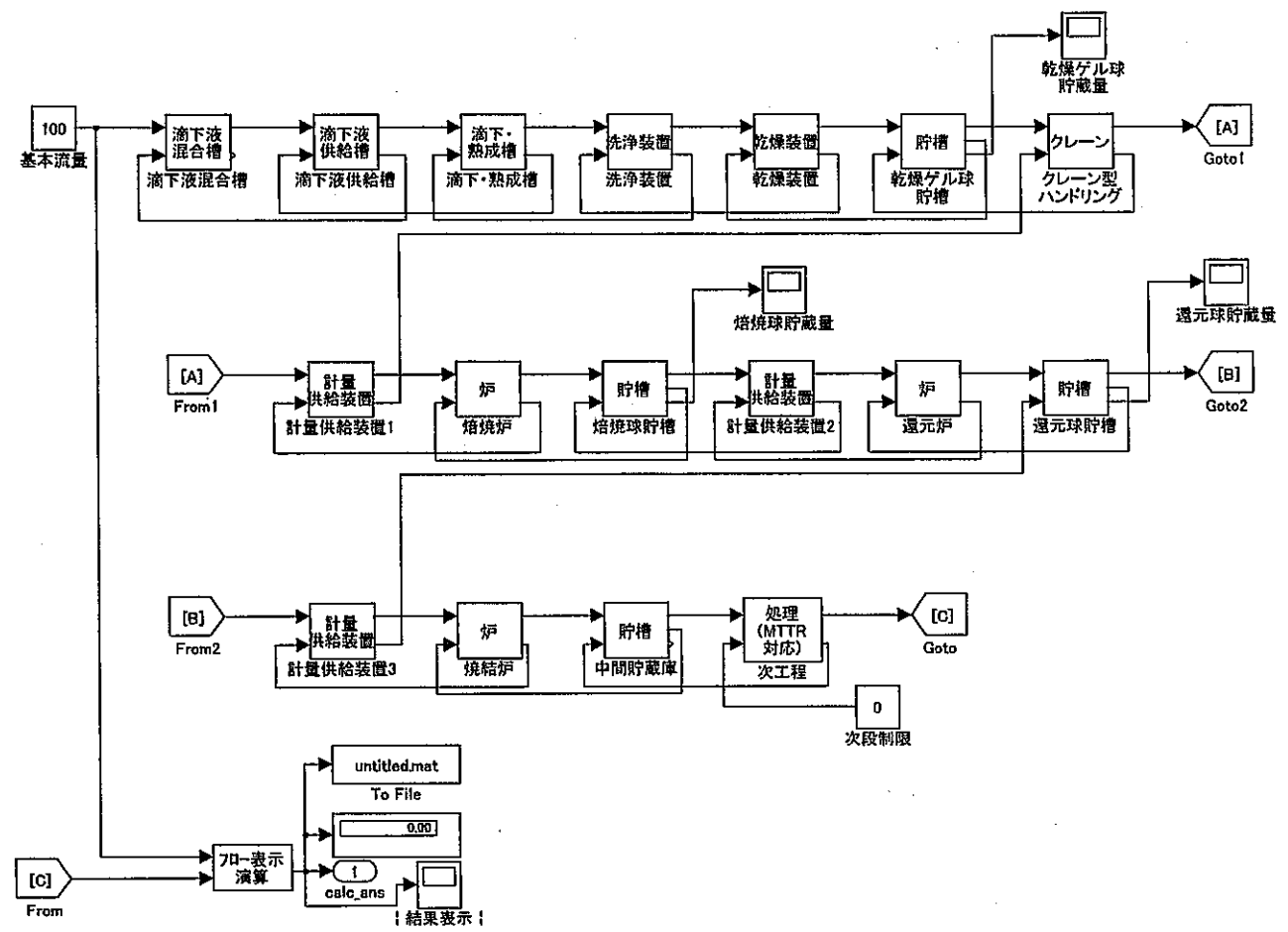
中間バッファの容量に対する工程全体（滴下液混合工程～中間貯蔵庫＋それ以降の工程）の稼働率を図 3.1-2 に示す。本シミュレータの結果から中間バッファとして一ヶ月分程度の容量を持つと工程全体の稼働率はほぼ一定とみなせるといふ結果が得られた。しかしながら、建屋の容積等を考慮すると中間バッファとして一ヶ月分の容量を持つことは現実的ではなく、稼働率の観点からは、稼働率のカーブがある程度立ち上がる一週間（7日）分程度の容量を中間バッファの容量とすることが妥当であると考えられる。

ただし、官庁検査や品質保持のための検査等の検討によっては中間バッファの容量を変更する可能性がある。

b. 中間貯蔵庫について

中間貯蔵庫以降の工程の稼働率を 99%と設定した場合、中間貯蔵庫の容量は全体の稼働率に影響を及ぼさない。なぜなら、中間貯蔵庫以前の工程の稼働率が 99%より低い場合は、中間貯蔵庫がバッファ機能を持っていなくても全体の稼働率は（前半の稼働率×99%）である。逆に十分に大きなバッファ容量を持っていたと仮定しても全体の稼働率は（前半の稼働率×100%）となり、稼働率の向上は 1%未満である。

従って、中間貯蔵庫の容量は、官庁検査等の別の要因から設定することとした。



3.1.3

図 3.1-1 シミュレータにて設定したモデル

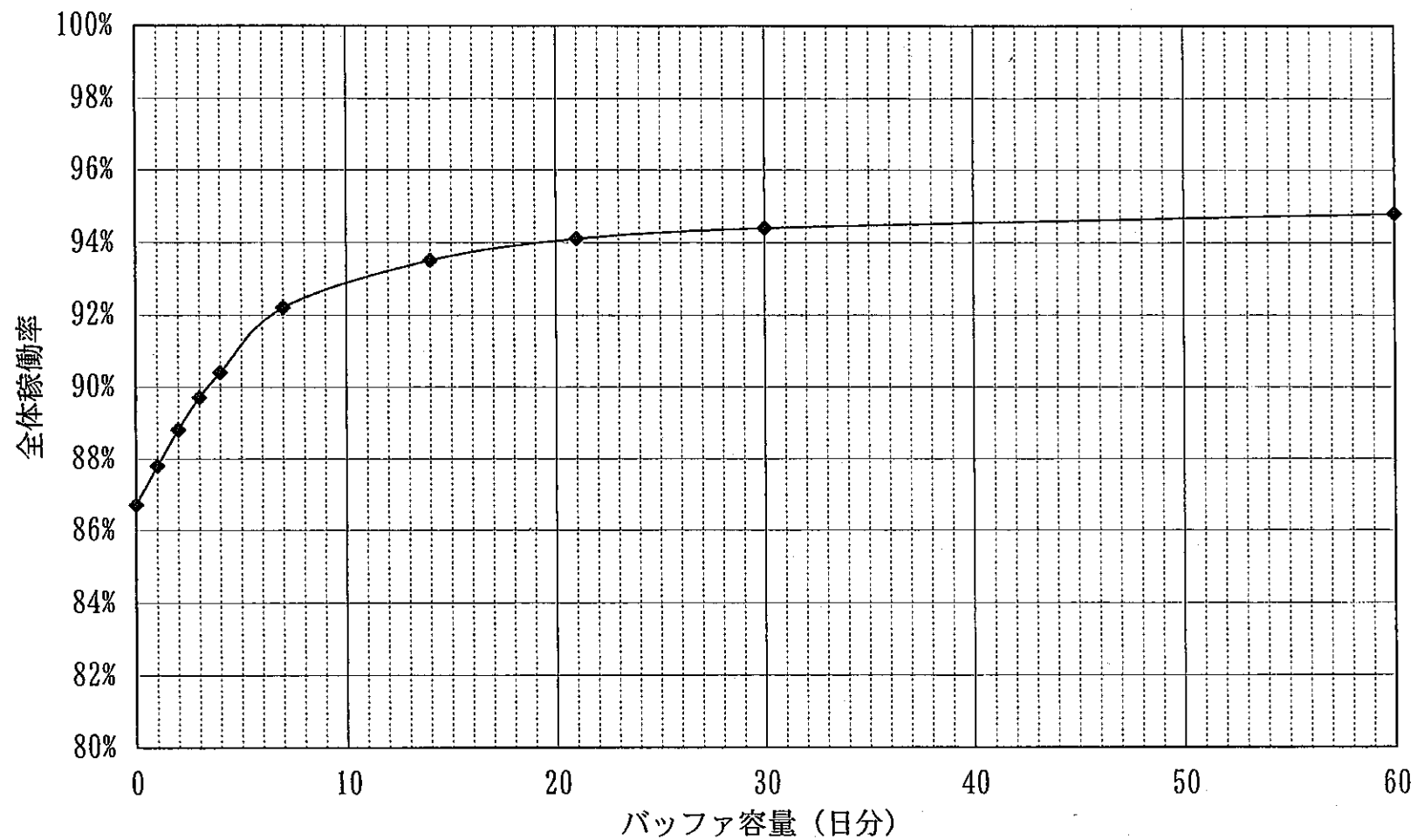


図 3.1-2 中間バッファの容量に対する全体稼働率

## (2) 稼働率の特徴の整理

昨年度（ゲル化プロセス機器構造の調査）の検討結果をベースに、ゲル化転換工程の稼働率の特徴について考察した。

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。この前半の工程の中で、故障確率の精度があまり高くないと考えられるのは、増粘剤を含む溶液が流通する配管、弁での閉塞（滴下・熟成槽の滴下ノズルの閉塞を含む）と湿潤ゲル球の排出部の閉塞である。これらは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。付録の付表1に各機器の故障率の整理表（昨年度の検討）に、上記の故障率の精度が高くない部品・現象をハッチングで明記した。このうち、Aと記したものは影響度が大きく、Bと記したものは影響度が小さいものである。

一方、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ものである。付録の付表1に、前半の工程と同様に上記の故障率の精度が高くない部品・現象をハッチングで明記した。

表3.1-1には付表でハッチングした項目を機器毎にまとめた。また、影響度の大きいAに分類したのについて、故障確率が5倍になった場合と10倍になった場合の稼働率を計算した。

表 3.1-1 故障率のまとめ (その1)

機器	部品	現象	機器停止相当日数 (日)		
			現状	5 倍	10 倍
滴下液混合槽	PVA 供給弁	閉塞	1.3E-3	—	—
	THFA 供給弁	閉塞	1.3E-3	—	—
	溶液排出弁	閉塞	1.3E-3	—	—
	全体		3.0E-2	—	—
	稼働率		99.988	—	—
滴下液供給槽	溶液供給弁	閉塞	1.3E-3	—	—
	溶液排出弁	閉塞	1.3E-3	—	—
	全体		9.1E-3	—	—
	稼働率		99.996	—	—
滴下・熟成槽	滴下ノズル	閉塞	5.0E-1	2.5E 0	5.0E 0
	全体		5.0E-1	2.5E 0	5.0E 0
	稼働率		99.789	98.99	97.98
洗浄装置	溶液排出弁	閉塞	1.3E-3	—	—
	全体		4.3E-3	—	—
	稼働率		99.998	—	—
乾燥装置	ゲル球排出弁	閉塞	3.5E 0	1.8E 1	3.5E 1
	全体		3.9E 0	1.8E 1	3.5E 1
	稼働率		98.458	92.84	85.80
乾燥ゲル球貯槽	ゲル球配管	閉塞	5.0E-2	←	←
	ゲル球供給弁	閉塞	3.5E 0	1.8E 1	3.5E 1
	ゲル球排出配管	閉塞	5.0E-2	←	←
	ゲル球排出弁	閉塞	3.5E 0	←	←
	全体		7.1E 0	2.1E 1	3.9E 0
	稼働率		97.158	91.56	84.56

表 3.1-1 故障率のまとめ (その2)

機器	部品	現象	機器停止相当日数 (日)		
			現状	5 倍	10 倍
焙焼炉	ゲル球供給配管	閉塞	5.0E-2	←	←
	乾ゲル球供給弁	閉塞	3.5E 0	1.8E 1	3.5E 1
	焙焼球排出弁	閉塞	1.5E-1	←	←
	全体		4.1E 0	1.8E 1	3.6E 1
	稼働率		98.439	92.76	85.76
焙焼球貯槽	焙焼球供給配管	閉塞	5.0E-2	←	←
	焙焼球供給弁	閉塞	3.5E 0	1.8E 1	3.5E 1
	焙焼球排出配管	閉塞	5.0E-2	←	←
	焙焼球排出弁	閉塞	3.5E 0	←	←
	全体		7.1E 0	2.1E 1	3.9E 1
	稼働率		97.160	91.56	84.56
計量供給装置	ローター	閉塞	3.5E-1	—	—
	全体		7.0E-1	—	—
	稼働率		99.720	—	—
還元炉	焙焼球供給配管	閉塞	5.0E-2	←	←
	焙焼球供給弁	閉塞	3.5E 0	1.8E 1	3.5E 1
	還元球排出弁	閉塞	5.0E-2	←	←
	全体		4.0E 0	1.8E 1	3.6E 1
	稼働率		98.420	92.80	85.80
還元球貯槽	還元球配管	閉塞	5.0E-2	←	←
	還元球供給弁	閉塞	3.5E 0	1.8E 1	3.5E 1
	還元球排出配管	閉塞	5.0E-2	←	←
	還元球排出弁	閉塞	3.5E 0	←	←
	全体		7.1E 0	2.1E 1	3.9E 1
	稼働率		97.160	91.56	84.56

表 3.1-2 にはこれらをまとめ、ゲル化製造設備に特有で且つプロセスデータが少ないことから故障確率の数値の精度が低いと考えられるものについて、その故障確率を 10 倍まで設定した場合の稼働率の幅を示す。このような想定の下では、それぞれの工程の稼働率は 85%程度にまで低下し単一工程での数値としては厳しくなる。但し、稼働率が低くなるのは、中間パuffァが設置できる乾燥ゲル球以降の工程であることから、(1)にて検討した中間パuff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。

表 3.1-2 稼働率の幅

機 器	稼働率 (昨年度評価) %	稼働率 (変動) %
滴下液混合槽	99.988	99.988
滴下液供給槽	99.996	99.996
滴下・熟成槽	99.8	98.0~99.8
洗浄装置	99.998	99.998
乾燥装置	98.5	85.8~98.5
乾燥ゲル球貯槽	97.2	84.6~97.2
クレーン型ハンドリング	99.7	99.7
計量供給装置	99.7	99.7
焙焼炉	98.4	85.8~98.4
焙焼球貯槽	97.2	84.6~97.2
計量供給装置	99.7	99.7
還元炉	98.4	85.8~98.4
還元球貯槽	97.2	84.6~97.2
全体	86.6	37.1~86.6



### 3.2 廃棄物発生量に関する検討

設備の運転に廃棄物量について検討した。表 3.2-1 (1), (2)に対象設備から発生する廃棄物を分類した。分類内容は以下のとおりである。

- ① 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。
- ② 廃棄物区分：高レベル廃棄物、TRU を含む廃棄物、L1 (高 $\beta\gamma$ ) 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。
- ③ 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、昨年度検討の保守性(稼働率)検討の成果を利用した。総発生量は約 5 ton/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のが、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。

表 3.2-1 (1) 廃棄物種類毎の発生量 (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			
		液体	気体	固体			高 *1	TR U*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																
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・熱成	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・熱成	排出バルブ			○			○					○		10(10)	10個	10	SUS	1回/10年	約1個/年	10		
滴下・熱成	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・熱成	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・熱成	パイプレータ			○					○			○		10(10)	40基	20	SS	1回/5年	約4基/年	80		
滴下・熱成	アンモニア廃ガス		○									-	-	-	-	-	-	-	30Nm <sup>3</sup> /d			
滴下・熱成	アンモニア廃液	○					○					-	-	-	-	-	-	-	5.0m <sup>3</sup> /d			
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			
乾燥	排気凝縮液	○					○					-	-	-	-	-	-	-	3.5m <sup>3</sup> /d			
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		

表 3.2-1 (2) 廃棄物種類毎の発生量 (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			使用数量		主要材質	交換頻度	総発生量				
		液体	気体	固体			高*1	TR U*2	L1 *3	低*4	極低*5	外*6	ルース	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																
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	
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	

\*1:1高レベル廃棄物 \*2:TRUを含む廃棄物 \*3:L1(高βγ)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 5148

### 3.3 ユーティリティに係わる検討

設備の運転に必要なユーティリティ、運転員数等について検討した。

#### (1) ユーティリティについて

設備を運転するために必要なユーティリティの種類と主な使用先、必要量を表 3.3-1 に示す。また、表 3.3-2 には、電気負荷リストを示す。

#### (2) 運転員数について

設備を運転するために必要な運転員数を表 3.3-3 に示す。

滴下・熟成工程では、滴下開始からゲル球が安定して形成されるまで、滴下・熟成槽 1 基につき 1 名の作業員が必要となる。作業効率の向上のため、滴下開始時間を 5～10 分ずらせることによって、1 系列の滴下・熟成槽（大粒径の場合 3 基、小粒径の場合 2 基）を 1 名の作業員が担当することとした。

洗浄工程と乾燥工程では両工程として 1 名の作業員が必要とした。焙焼、還元、焼結では 3 工程で 2 名の作業員が必要とした。焼結球中間貯蔵庫では 1 名の作業員が必要とした。

表 3.3-1 ユーティリティリスト

試薬・ユーティリティ名称	主な使用先	使用量	
プロセス冷水(常用系)	乾燥機廃気凝縮器	400	m <sup>3</sup> /d
プロセス冷水(非常用系)	機器類崩壊熱除去用	50	m <sup>3</sup> /d
プロセス冷水(非常用系)	焼結炉冷却用	100	m <sup>3</sup> /d
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
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
5%H <sub>2</sub> -Ar	還元ガス用、焼結ガス用	2,440	Nm <sup>3</sup> /d
純水	洗浄用	15.6	m <sup>3</sup> /d
1.5wt% PVA	滴下液調整用	400	リットル/d
1.0wt% PVA	滴下液調整用	100	リットル/d
40vol% THFA	滴下液調整用	1,250	リットル/d
アンモニア水	ゲル球調整用	5	m <sup>3</sup> /d
アンモニアガス	ゲル球調整用	30	Nm <sup>3</sup> /d
イソプロピルアルコール	洗浄用	7.8	m <sup>3</sup> /d

表 3.3-2 電気負荷リスト

設備名称	容量(kW)	備 考
滴下液混合設備	20	ポンプ
滴下・熟成設備	無視小	-
洗浄設備	無視小	-
乾燥設備	250	ヒータ、凝縮電力、モータ
焙焼設備	200	炉ヒータ、ロータリーフィーダ、モータ
還元設備	50	炉ヒータ、ロータリーフィーダ、モータ
焼結設備	700	炉ヒータ、ロータリーフィーダ、モータ
マテリアルハンドリング設備	100	クレーン型ハンドリング設備等
合 計	1320	-

表 3.3-3 操業体制及び人員

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			
・還元		2人/直 × 5班	10
・焼結			
・焼結球中間貯蔵庫		1人/直 × 5班	5
合計	—	—	45

## 3.4 経済性に係わる検討

## (1) 酸化物燃料製造（外部ゲル化法：炉心燃料）

## a. 設備費の検討

本年度検討した酸化物燃料製造に係わる外部ゲル化法（炉心燃料）による設備を対象とする工程について評価した。処理量は200tHM/年である。表3.4-1にコスト検討結果を示す。

表 3.4-1 コスト試算結果

費用	工程	割合
費用内訳	滴下液混合～滴下・熟成	約 8%
	洗浄～乾燥	約 10%
	焙焼、還元、焼結、中間貯蔵	約 38%
	付帯設備	約 44%

## 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3.4-2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3割の減少となる。



表 3.4-2 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
滴下混合槽	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2
滴下液混合循環ポンプ	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2
滴下液供給槽	3	4	24	2	4	16	2	4	16	2	4	16
滴下・熟成槽	3	1	6	2	1	4	1	1	2	1	1	2
洗浄装置	3	2	12	2	1	4	1	2	4	2	1	4
乾燥装置	3	2	12	2	1	4	1	2	4	1	1	2
乾燥ゲル球貯槽	3	4	24	2	3	12	1	8	16	1	8	16
焙焼炉	3	1	6	1	1	2	1	1	2	1	1	2
焙焼球貯槽	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4
還元炉	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2
還元球貯槽	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4
焼結炉	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2
貯蔵容器	1	270	270	1	120	120	1	120	120	1	120	120
		210	210		100	100		100	100		100	100
合計(容器除く)			68			38			36			34
						106						70

設備費について、炉心燃料と比較した。表 3.4-3 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は約 3 割となった。

表 3.4-3 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	
			1.6
滴下液混合～滴下・熟成	約 8 % *	約 3 % *	0.4
洗浄～乾燥	約 10 % *	約 5 % *	0.5
焙焼、還元、焼結、中間貯蔵	約 38 % *	約 19 % *	0.5
付帯設備	約 44 % *	約 12 % *	0.3
合 計	100%	約 40%	0.4

\* : 炉心燃料の合計費用に対する割合

## c. 製造量との関係

200tHM/年以下の製造量について、製造量の主工程設備の設備費に与える影響を検討した。

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 3.4-4 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 3.4-1 に示すコストの 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 3.4-4 製造量と機器数の概略比較

基準  
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)
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	4	4	24	4	4	16
滴下・熟成槽	1	1	6	1	1	4
洗浄装置	2	2	12	2	2	4
乾燥装置	2	2	12	2	2	4
乾燥ゲル球貯槽	4	4	24	3	3	12
焙燥炉	1	1	6	1	1	2
焙燥球貯槽	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
焙燥炉	1	1	2	1	1	2
貯蔵容器	1	270	270	1	120	120
		210	210		100	100
合計(容器除く)			68			38

合計 106

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)
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	4	4	16	4	4	16
滴下・熟成槽	1	1	4	1	1	4
洗浄装置	2	2	8	2	2	4
乾燥装置	2	2	8	2	2	4
乾燥ゲル球貯槽	4	4	16	3	3	12
焙燥炉	1	1	4	1	1	2
焙燥球貯槽	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
焙燥炉	1	1	2	1	1	2
貯蔵容器	1	180	180	1	80	80
		140	140		67	67
合計(容器除く)			48			38

合計 86

1/2 倍(基準に対して)  
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)
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	4	4	16	4	4	8
滴下・熟成槽	1	1	4	1	1	2
洗浄装置	2	2	8	2	2	2
乾燥装置	2	2	8	2	2	2
乾燥ゲル球貯槽	4	4	16	3	3	6
焙燥炉	1	1	4	1	1	2
焙燥球貯槽	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
焙燥炉	1	1	2	1	1	2
貯蔵容器	1	135	135	1	60	60
		105	105		50	50
合計(容器除く)			48			24

合計 72

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)
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	4	4	8	4	4	8
滴下・熟成槽	1	1	2	1	1	2
洗浄装置	2	2	4	2	2	2
乾燥装置	2	2	4	2	2	2
乾燥ゲル球貯槽	4	4	8	3	3	6
焙燥炉	1	1	2	1	1	2
焙燥球貯槽	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
焙燥炉	1	1	2	1	1	2
貯蔵容器	1	90	90	1	40	40
		70	70		33	33
合計(容器除く)			28			24

合計 52

### 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 3.4-2（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 3.4-3（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。

#### d. その他

その他の検討として、炉心燃料の製造ラインについて、大粒子と小粒子の混合製造の可能性とその場合の設備を概略検討した。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、焙焼工程、還元工程、焼結工程において大粒子と小粒子を混合することとした。

また、それぞれの工程の焙焼炉、還元炉、焼結炉において、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、設備費の差が大きく出る方向に仮定した。この設定において設備費を概略比較すると、費用総額で約1割の効果が出る。

#### (2) 他の方法との比較

##### a. 窒素物燃料製造（外部ゲル化法：炉心燃料）

外部ゲル化方式で窒化物燃料を製造する場合のゲル化・転換工程について検討した。酸化物燃料の場合との基本的な相違点は、

- ・原料に炭素を混合する。

- ・炭素熱還元炉における窒化で $^{14}\text{C}$ 発生量低減の観点から $^{15}\text{N}$ を使用する。
- ・炭素熱還元炉でアルゴン雰囲気が必要としアルゴンセル内操作となる。

の3点である。

設備としては、炭素熱還元炉の部分は異なるが、滴下液混合槽に炭素を添加するラインの追加、アルゴンセルの追加がコスト増要因である。また、付帯設備としてアルゴンガス精製装置が必要となる。但し、処理系列については内側炉心燃料・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4系列となり外部ゲル化法と同じであり、外部ゲル化法（酸化物）と比較して大きな変化はないと考えられる。

運転費用としては $^{15}\text{N}$ の使用が大きく寄与する。濃縮コストを調査結果によると以下のとおりである。

窒素の同位体分離による製造法は工業化されているがその生産量は高々数十 kg/y であり価格も約 10 万円/g（低温蒸留法、濃縮度 99%）と高価である。低温蒸留法の他技術としては、「化学交換法」、「イオン交換法」、「気相吸着法」がある。

NITROX 化学交換法は、量産コスト評価として、濃縮度 90~99.7%、生産量 4,500kg/y の条件で、約 24 ドル/g の試算がある。

イオン交換法は、量産コスト評価として、濃縮度 99.7%、生産量 1,500kg/y の条件で、約 26,000~32,000 円/g の試算がある。

気相吸着法は、量産コスト評価として、生産量 3,000kg/y の条件で、100 円/g（濃縮度 90%）~180 円/g（濃縮度 99.9%）の試算がある。気相吸着法における単価は約 0.6~1.1 万円/kgHM と他方法に比べ最も安価でありこの程度のコストであれば競争力が生じると考えられるが、試算の精度が高くなく今後の更なる検討が必要とされている。

#### b. 酸化物燃料製造（内部ゲル化法：炉心燃料）

内部ゲル化法の場合は、プルトニウム富化度を調整した原料液を受け入れ冷温状態（ $<10^{\circ}\text{C}$ 程度）でアンモニアドナーのヘキサメチレンテトラアミン（HMTA： $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$ ）及び尿素（ $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ）を混合し滴下に適した原料液とした後、高温（ $80^{\circ}\text{C}\sim 120^{\circ}\text{C}$ ）のシリコンオイル中に滴下してゲル球を形成する。所定量の滴下を終了後、滴下槽中の生成ゲル球を洗浄乾燥装置に送る。

滴下液調整、滴下に関して温度管理が必要されるものの、基本的には外部ゲル化法と同様の装置構成となると考えられる。湿潤ゲル球が自重で変形しやすい特性も同様であり、処理系列についても、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4系列となり外部ゲル化法と同じであるが、表 3.4-5 に、ゲル化反応形式が異なることに起因する相違点を前半のゲル化に関わる装置についてまとめた。滴下液混合、供給工程においては、調整液中のウラン、プルトニウム等の重金属濃度、添加物濃度により全体の溶液容量が影響されることからそれらの数値が重要であるが、大きな差異は見られない。但し、内部ゲル化法の場合、供給液を 0℃ 付近に冷却する必要があるが、外部ゲル化法においても崩壊熱除去の目的から槽を冷却する。冷却の目的、温度の値に相違はあるが、これも大きく設備費に影響しないと考えられる。滴下・熟成槽においては、反応形式の相違に由来するゲル球受側溶液の種類、温度の相違がある。内部ゲル化法ではシリコンオイルの加熱機構が新規に追加されることになり設備に影響する。一方、外部ゲル化法では滴下ノズルから滴下液面までの空間にアンモニアガスを流通する必要があるが、内部ゲル化法はそれが不要である。

上記の点以外には以下の要素が設備費に影響すると考えられる。

- 1本のノズルからの滴下速度（ノズル数等に影響：ただし、表 3.4-5 にまとめた限りにおいては同等）
- 滴下方式（ノズルから自重で落下させるか、振動を加えることにより落下させるか等）
- 滴下部分の装置形状（外部ゲル化はノズルから垂直に 200mm 下のアンモニア溶液に向けて落下させる）

これらの要素について、外部ゲル化法と内部ゲル化法に大きな相違が生じる場合には、滴下・熟成槽においては設備費に影響が出ると考えられる。但し、ゲル化設備全体設備費の中の滴下・熟成槽の占める割合が他の工程と比較して突出して大きくはない。

シリコンオイルの着火温度に対する滴下槽の温度には余裕があり安全性に係わるコストも設備費に比べそれ程大きくはならないと考えられる。

3.4 章の参考文献

- 1) 「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Ⅰ成果報告－ JNC TY9400 2001-023」(2001,7:核燃料サイクル開発機構 大洗工学センター)

表 3.4-5 外部ゲル化法と内部ゲル化法の設備など比較

工 程	外部ゲル化法 (酸化物)	内部ゲル化法 (酸化物)
滴下液混 合、供給	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ PVA の割合 : 1.0wt% (小粒子) ~ 1.5wt% (大粒子)</li> <li>・ THFA の割合 : 40vol%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ HMTA, 尿素 : 数 wt% ~ 十数 wt%</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 崩壊熱除去目的で冷却水を循環</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ アンモニア源を保持するために 0℃ 付近に冷却する (これにより崩壊熱除去も兼ねる)。</li> <li>・ HMTA, 尿素を飽和限度近く混合する必要性と 0℃ に冷却することから温度管理に負荷がかかる。</li> <li>・ 滴下液の寿命が短い (数時間のオーダー)</li> </ul>
滴下・ 熟成	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ アンモニア溶液中 (常温) に滴下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 100℃ に加熱したシリコンオイル中に滴下 (ゲル内部で反応を生起させるため)。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 滴下ノズルから滴下液面までの空間にアンモニアガスを流通</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 左記が不要</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 滴下速度 大粒子 40 cc/min, 小粒子 3.3 cc/min</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 滴下速度 大粒子, 小粒子 数 cc/min</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 崩壊熱除去目的で冷却水を循環</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 同左</li> </ul>
洗浄	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水で洗浄、次いでイソプロピルアルコールで洗浄。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ クロロセン等の有機溶媒で洗浄、次いでアンモニア水で洗浄。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 崩壊熱除去目的で冷却水を循環</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 同左</li> </ul>



### 3.5 システム評価まとめ

システム評価で検討した項目のうち、以下について表にまとめる。

- ① 表 3.5-1 廃棄物発生量：廃棄物種類、区分別の発生量（重量）
- ② 表 3.5-2 ユーティリティ必要量、運転員数、設備費用：工程毎

表 3.5-1 廃棄物種類毎の発生量(1/2)

廃棄物種類	廃棄物区分*	汚染種類	発生元設備	廃棄物名称	重量 kg/年
固体(不燃)	TRU	ルース	滴下液混合	Pu/U供給バルブ	4
			滴下液混合	PVA供給バルブ	4
			滴下液混合	THFA供給バルブ	4
			滴下液混合	排出・攪拌バルブ	4
			滴下液混合	循環ポンプ	320
			滴下液供給	供給バルブ	40
			滴下液供給	移送バルブ	40
			滴下液供給	排出バルブ	40
			滴下・熟成	アンモニア供給バルブ	10
			滴下・熟成	排出バルブ	10
			滴下・熟成	滴下ノズル(大粒子)	6
			滴下・熟成	滴下ノズル(小粒子)	48
			洗浄	洗浄水入口バルブ	16
			洗浄	IPAバルブ	16
			洗浄	排出バルブ	16
			乾燥	駆動部	24
			乾燥	供給バルブ	16
			乾燥	排出バルブ	16
			乾燥	減圧バルブ	16
			乾燥ゲル球貯槽	排出バルブ	36
			焙焼	計量供給装置ロータ	20
			焙焼	計量供給装置回転駆動部	4.8
			焙焼	本体回転駆動部	12
			焙焼	供給バルブ	40
			焙焼	空気バルブ	8
			焙焼球貯槽	供給バルブ	40
			焙焼球貯槽	排出弁	40
			還元	計量供給装置ロータ	8
			還元	計量供給装置回転駆動部	2.4
			還元	本体回転駆動部	6
			還元	供給バルブ	20
			還元	空気バルブ	4
			還元球貯槽	供給バルブ	40
			還元球貯槽	排出バルブ	40
			焼結炉	ビーム駆動部	160
			焼結炉	油圧シリンダ	40
			焼結炉	還元ガス供給弁	4
			焼結炉	排気弁	4
			気流移送	ノズル駆動部	6
			気流移送	ブロワ	8
気流移送	供給弁	4			
気流移送	ロータリーフィーダー	12			

1209

\*TRU:TRUを含む廃棄物、低:低レベル廃棄物

表 3.5-1 廃棄物種類毎の発生量(2/2)

廃棄物種類	廃棄物区分*	汚染種類	発生元設備	廃棄物名称	重量 kg/年	
固体(不燃)	TRU	(廃棄)	焙焼	焙焼炉ヒータ	160	3844
			焙焼	保温材	60	
			還元	還元炉ヒータ	80	
			還元	保温材	24	
			焼結炉	耐火材	3200	
			焼結炉	ヒーター	320	
固体(不燃)	低	ルース*	滴下・熟成	バイブレータ	80	99
			乾燥	本体回転モータ	8	
			焙焼	計量供給装置モータ	3.2	
			焙焼	本体回転モータ	4	
			還元	計量供給装置モータ	1.6	
			還元	本体回転モータ	2	
気体	-	-	滴下・熟成	アンモニア廃ガス	6,000Nm <sup>3</sup> /年	-
			焙焼	焙焼廃ガス	4,000,000 Nm <sup>3</sup> /年	
			還元	還元廃ガス	240,000 Nm <sup>3</sup> /年	
			焼結炉	焼結廃ガス	240,000 Nm <sup>3</sup> /年	
液体	TRU	-	滴下・熟成	アンモニア廃液	1,000m <sup>3</sup> /年	-
			洗浄	洗浄廃液	4,200m <sup>3</sup> /年	
			乾燥	排気凝縮液	700m <sup>3</sup> /年	

\*TRU:TRUを含む廃棄物、低:低レベル廃棄物

表 3.5-2 ユーティリティ、運転員、設備費まとめ

工 程	ユーティリティ使用量	電気負荷 (kW)	運転員 (人)	設備費
滴下液混合	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1.5wt% PVA: 400 L/d</li> <li>・ 1.0wt% PVA: 100 L/d</li> <li>・ 40vol% THFA: 1,250 L/d</li> </ul>	20	5	約 8%
滴下・熟成	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ アンモニア水: 5 m<sup>3</sup>/d</li> <li>・ アンモニアガス: 30 Nm<sup>3</sup>/d</li> </ul>	無視小	20	
洗 浄	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 純水: 15.6 m<sup>3</sup>/d</li> <li>・ イソプロピルアルコール: 7.8 m<sup>3</sup>/d</li> </ul>	無視小	5	約 10%
乾 燥	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ プロセス冷水 (常用) : 400 m<sup>3</sup>/d</li> </ul>	250	10	
焙 焼	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ プロセス冷却水 (常用) : 300 m<sup>3</sup>/d</li> </ul>	200		
還 元	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ プロセス冷水 (非常用) : 100 m<sup>3</sup>/d</li> </ul>	50		
焼 結	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 圧縮空気 (常用) : 81,600 Nm<sup>3</sup>/d</li> <li>・ 5% H<sub>2</sub>-Ar: 2,440 Nm<sup>3</sup>/d</li> </ul>	700		
焼結球中間貯蔵庫	—	100	5	約 38%
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ プロセス冷水 (非常用) : 50 m<sup>3</sup>/d</li> <li>(機器類崩壊熱除去用)</li> </ul>	—	—	
合 計	—	1,320	45	約 45% (付帯設備)
				100%

#### 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。

本年度は、昨年度の検討結果に基づき、焼結炉と焼結球の中間貯蔵庫を含めた検討対象について、前提条件、臨界寸法の解析結果に基づきプロセスフロー、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。臨界安全性について、機器間の相互干渉、粉末の機器からの漏洩、機器移動時等の相互干渉等の異常時を想定した検討を実施後、保守・補修を考慮した機器の配置検討を実施した。

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、サンプリング頻度等について整理した。工程の稼働率について特性を評価するとともに、機器を構成する部品の稼働率データの信頼性、妥当性を考慮し、それぞれのデータを整理した。

対象範囲について、設備の運転に必要なユーティリティ、運転員数、また設備から発生する廃棄物量等について明らかにした。また、機器の設備費を検討するとともに、処理量、系列数等を考慮して主工程の設備費と製造量の特徴を整理した。更に、他のゲル化法の設備費との比較等を実施した。主要機器および保守・補修を含めた遠隔ハンドリング設備の概念設計を実施した。

以上述べたように、湿式ゲル化法による振動充填燃料製造のうち、その前半工程における焼結球製造・中間貯蔵までの顆粒製造に係わる工程について、保守性を考慮した機器配置までの検討が行われた。また、各設備機器の開発度、機器の特性に応じた稼働率に係わる情報、運転に必要な経費、廃棄物量などの情報を整理した。今後は、焼結球中間貯蔵庫以降の工程と合わせた検討による設計検討の詳細化および再処理工程との組み合わせを考慮した検討により、湿式ゲル化法による振動充填燃料製造技術の成立性を検討・評価していく必要がある。

付表1 稼働率検討結果 (1/9)

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	B
		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	B
		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	B
		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 (2/9)

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	B	
		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	B	
		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 (3/9)

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	A	
	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	-
	アンモニアガス供給弁	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	B	
	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 (4/9)

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	B
		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 (5/9)

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	A	
		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-5

付表1 稼働率検討結果 (6/9)

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	B	
	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	A	
		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	B	
	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	A	
		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	7.1E+00	97.158%
	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	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	7.0E-01	99.720%	

付表1 稼働率検討結果 (7/9)

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	B
	乾燥ゲル球供給弁	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	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	A
		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	-
	空気供給弁	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	-
		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	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	1	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	A
	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	B
		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	A
		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	B
		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	A
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-7

付表1 稼働率検討結果 (8/9)

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	A
		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	B
	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	A
		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	B	
		小計	-	-	-	1.2E+00	-	4.0E+00	4.0E+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 (9/9)

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	B
	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	A
		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	B
	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	A
		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
製造ライン1系列合計			-	-	-	4.3E+01	-	1.7E+02	4.7E+00	9.1E+01	3.2E+01	1.2E+01	2.8E+01	3.6E+01	86.56%