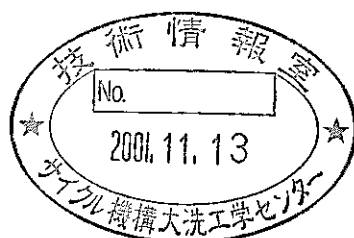


再処理施設と燃料製造施設の一体化による
経済効果
(研究報告)



2001年4月

核燃料サイクル開発機構
大洗工学センター

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村松4番地49

核燃料サイクル開発機構

技術展開部 技術協力課

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

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2001

再処理施設と燃料製造施設の一体化による経済効果
(研究報告)

西村 友宏*

要 旨

一体型リサイクル施設の経済効果の定量化を目的として、酸化物燃料を対象にした金属電解法再処理 - 振動充填燃料製造の一体型施設概念設計 (50tHM/y) をもとに、再処理と燃料製造をそれぞれ独立した単独立地型の施設とした場合について施設概念設計を行うとともに、一体型施設との比較・評価を行った。

その結果、再処理と燃料製造を単独立地型にすると、一体型施設と比較して、

- 1) 再処理施設には再処理製品の貯蔵・払出設備が、燃料製造施設には受入・貯蔵設備が新たに必要である
- 2) 再処理と燃料製造施設の主建屋の面積と体積は、再処理製品の貯蔵・払出・受入設備が追加になったことにより、それぞれ約30%大きくなる
- 3) 建設費も約30%増となるが、建設費増加分の約50%は、追加された再処理製品の貯蔵・払出・受入設備費によるものである

ことが明らかとなった。

逆に、一体型リサイクル施設の経済効果の観点からいうと、再処理と燃料製造を一つの建屋に配置すると、再処理製品の払出・受入・貯蔵設備が不要になるために、単独立地型施設と比べて建設費で約20%の低減効果があることが明らかとなった。

また、再処理と燃料製造を別建屋にしても、隣接させて地下トレンチでつなげれば、再処理製品の払出・受入・貯蔵設備が不要となることから、10%程度の建設費低減効果が期待できる。

* 大洗工学センター システム技術開発部 再処理システムグループ

An Evaluation of Cost Reduction Advantages of Nuclear-Fuel-Recycling Complex

Tomohiro Nishimura*

Abstract

A design study of separate recycling plants was at first carried out based on a recycling complex design. The former is made up of an independently operating reprocessing plant and an independently operating fuel-manufacturing plant, the latter is a complex of reprocessing and manufacturing of nuclear fuel in one building.

Comparisons were then made between the separate recycling plants and the recycling complex to clarify cost reduction advantages of the nuclear-fuel-recycling complex.

The following results are presented.

- 1) The separate reprocessing plant requires storage and shipping facilities of its product, and the separate fuel-manufacturing plant requires receiving and storage facilities of the product.
- 2) The totals of the areas and volumes of the main buildings of the separate plants are about 30% larger than those of the complex.
- 3) The total of the construction costs of the separate plants is about 30% higher than that of the complex. About a half of the additional cost is due to the addition of the facilities.

From the point of view of cost reduction advantages of a recycling complex, the results show that a recycling complex would be built at a reduction of about 20 % from construction costs of separate plants, because storage, shipping, and receiving facilities will be made redundant for the complex.

The results also suggest that construction cost reduction of about 10% would be expected for a recycling plant made up of two buildings that are connected each other with a trench.

* Reprocessing System Engineering Group, System Engineering Technology Division,
O-Arai Engineering Center, Japan Nuclear Cycle Development Institute

目次

要旨	i
目次	iii
図表目次	iv
1 はじめに	1
2 単独立地型リサイクル施設概念の構築と経済性評価	7
2.1 再処理施設・燃料製造施設の設備構成の検討	7
2.2 再処理施設・燃料製造施設の建屋配置検討条件	8
2.3 再処理施設全体配置	9
2.4 燃料製造施設全体配置	9
2.5 再処理施設・燃料製造施設の建設費評価	10
3 一体型リサイクル施設との比較・評価	23
3.1 設備の比較	23
3.2 建屋規模の比較	23
3.3 建設費の比較	24
4 おわりに	26
5 参考文献	26

図 表 目 次

-表-

表1-1	一体型リサイクル施設の再処理・燃料製造の主要設備構成	… 2
表2-1	単独立地型再処理施設の粉体燃料貯蔵・払出設備の主要機器リスト	…11
表2-2	単独立地型燃料製造施設の粉体燃料受入・貯蔵設備の主要機器リスト	…11
表2-3	単独立地型の再処理・燃料製造施設の主要設備構成	…12
表2-4	一体型リサイクル施設、単独立地型の再処理施設と燃料製造施設の建設費の比較	…13
表3-1	リサイクル施設の主建屋の面積の一覧	…25

-図-

図1-1	一体型リサイクル施設の主要設備ブロック図	… 3
図1-2	一体型リサイクル施設 (50tHM/y) 主建屋配置図	… 4
図2-1	一体型/単独立地型リサイクル施設の主要設備ブロック図の比較	…14
図2-2	単独立地型再処理施設の粉体燃料貯蔵・払出設備の工程系統図 (PFD)	…15
図2-3	単独立地型燃料製造施設の粉体燃料受入・貯蔵設備の工程系統図 (PFD)	…16
図2-4	単独立地型の再処理施設 (50tHM/y) 主建屋配置図	…17
図2-5	単独立地型の燃料製造施設 (50tHM/y) 主建屋配置図	…20

1 はじめに

FBRリサイクル施設の経済性向上方策の一つとして、再処理設備と燃料製造設備を一つの建屋に組み込んで、廃棄物処理・貯蔵設備、水・蒸気・圧空などのユーティリティ設備、非常用発電設備等の共用化を図った一体型施設という概念が考えられている。しかしながら、これまで、一体型リサイクル施設の経済効果を定量的に評価した研究例はない。

そこで、一体型リサイクル施設の経済効果の定量化を目的として、一体型施設の概念設計をもとに、再処理設備と燃料製造設備をそれぞれ独立した施設（以下 単独立地型施設と呼ぶ）にした場合の施設概念設計とその経済性について検討を行った。

比較対象とした一体型施設概念設計は、再処理・燃料製造・廃棄物処理・廃棄物貯蔵・ユーティリティ設備を一つの建屋に組み込んだ、酸化物燃料を対象とした金属電解法再処理 - 振動充填燃料製造の施設概念設計（50tHM/y）とした^{(1)、(2)、(3)、(4)}。一体型施設の主要設備ブロック図を図1-1に、再処理・燃料製造の主要設備構成を表1-1に示す。このうち、再処理は酸化物の粉体にするまで（図1-1の使用済燃料集合体一時貯蔵から還元処理あるいは酸化転換まで）で、それ以後（図1-1の富化度調整と造粒・焼結以後）は燃料製造に分類されている。

一体型施設の主建屋の建屋配置は図1-2に示すとおりである^{(2)、(4)}。再処理を行う電解分離セルは地上1階に、酸化物粉体にする酸化転換装置、被覆管に顆粒燃料を詰める振動充填装置、端栓溶接設備などが設置された顆粒燃料製造セルは地下1階に、そして、燃料ピンに仕上げる燃料要素製造セルと燃料集合体に組み立てる燃料集合体組立/払出セルは地上1階に配置された設計となっている。なお、地下1階の顆粒燃料製造セルのうち、酸化転換装置と還元装置までの部分が再処理に区分され、それ以降は燃料製造に区分される。

主建屋の建屋規模は、地下2階・地上3階、幅94.2m×長さ98.2m×高さ40mである。主建屋に隣接して設置された使用済燃料・新燃料集合体貯蔵建屋の建屋規模は、地下1階・地上2階、幅58.0m×長さ54.6m×高さ26mで、使用済燃料集合体貯蔵設備と新燃料集合体貯蔵設備とがそれぞれ半分づつ占めている。一体型施設には、主建屋と使用済燃料・新燃料集合体貯蔵建屋以外に、管理棟、非常用発電建屋、排気筒がある。

本報告書は、再処理設備と燃料製造設備を独立させた単独立地型リサイクル施設の施設概念設計の結果、その経済性評価結果、および一体型にすることによる経済効果（一体型リサイクル施設の経済効果）の評価結果について、まとめたものである。2章で、再処理と燃料製造をそれぞれ独立させた単独立地型施設の概念設計結果と、それにもとづいて行った経済性評価結果について述べる。3.1節で一体型施設の設備構成との比較・評価結果を、3.2節で建屋規模についての比較・評価結果を述べる。最後に、3.3節で、一体型施設の経済性との比較・評価結果と、一体型施設の経済効果について述べる。

表1-1 一体型リサイクル施設の再処理・燃料製造の主要設備構成
 (酸化物燃料を対象とした金属電解法再処理 - 振動充填燃料製造施設)

	再処理	燃料製造
受入・前処理	受入・燃料貯蔵設備	-
	集合体解体設備	-
	脱被覆設備	-
再処理 - 電解精製	電解分離設備	-
	試薬調整設備	-
再処理 - 酸化転換	原料受入設備	-
	酸化転換設備	-
	還元処理設備	-
顆粒燃料製造	-	Pu富化度調整設備
	-	造粒・焼結設備
	-	顆粒貯蔵設備
加工組立/検査/払出	-	燃料要素組立設備
	-	燃料要素貯蔵設備
	-	燃料要素検査設備
	-	ワイヤ巻付・総合検査設備
	-	集合体組立設備
	-	リワーク設備
	-	新燃料貯蔵・払出設備
廃棄物処理	オフガス処理設備	オフガス処理設備
	アルゴンセル浄化・冷却設備	-
	塩素リサイクル設備	-
	ガラス固化設備	-
	高放射性固体廃棄物処理設備	-
	低放射性固体廃棄物処理設備	低放射性固体廃棄物処理設備
	中放射性廃液処理設備	中放射性廃液処理設備
	低放射性廃液処理設備	低放射性廃液処理設備
	極低放射性廃液処理設備	極低放射性廃液処理設備
廃棄物貯蔵	ガラス固化体貯蔵設備	-
	高放射性固体廃棄物貯蔵設備	高放射性固体廃棄物貯蔵設備
	低放射性固体廃棄物貯蔵設備	低放射性固体廃棄物貯蔵設備
分析	分析設備、サンプリング設備	分析設備、サンプリング設備
保守・補修	保守・補修設備	保守・補修設備
計装制御	計装制御設備	計装制御設備
ユーティリティ	蒸気製造供給設備	蒸気製造供給設備
	冷却水製造供給設備	冷却水製造供給設備
	冷水製造供給設備	冷水製造供給設備
	用水製造供給設備	用水製造供給設備
	圧空・ガス供給設備	圧空・ガス供給設備
電気・換気・他	非常用発電設備	非常用発電設備
	放射線管理設備	放射線管理設備
	燃料油	燃料油
	排気筒	排気筒
燃料集合体貯蔵	使用済燃料集合体貯蔵設備	-
	-	新燃料集合体貯蔵設備

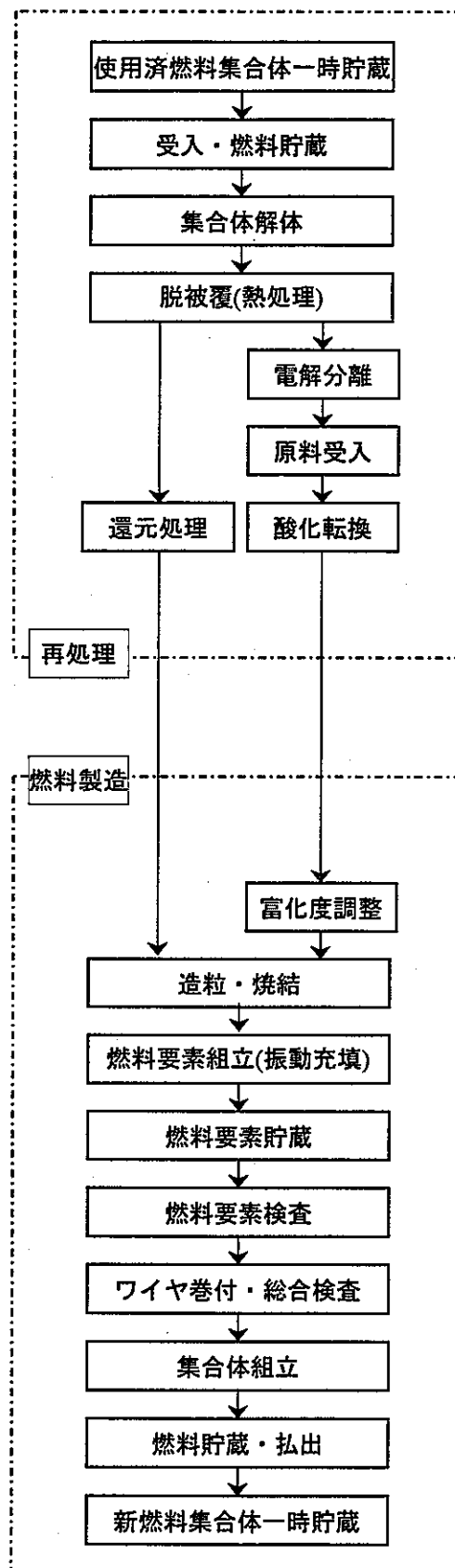


図1-1 一体型リサイクル施設の主要設備ブロック図
 (酸化物燃料を対象とした金属電解法再処理 - 振動充填燃料製造施設)

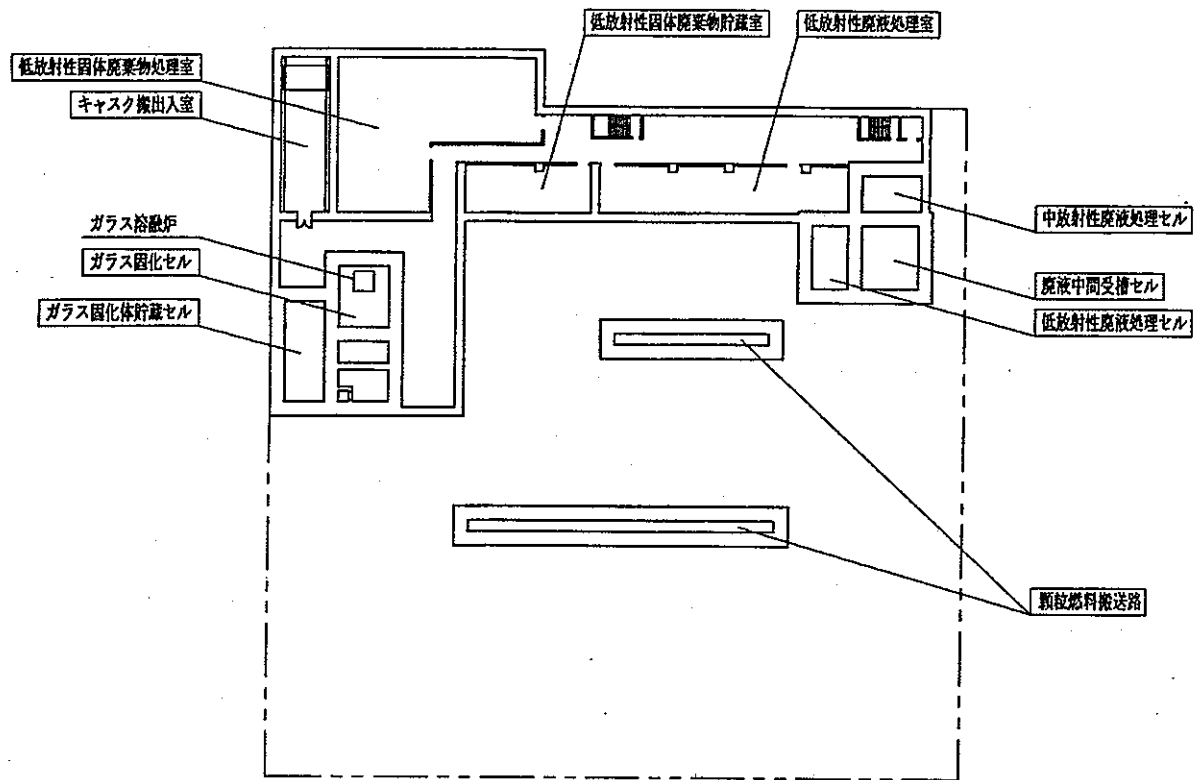


図1-2(1/6) 一体型リサイクル施設 (50tHM/y) 主建屋配置図 (地下2階)²⁾

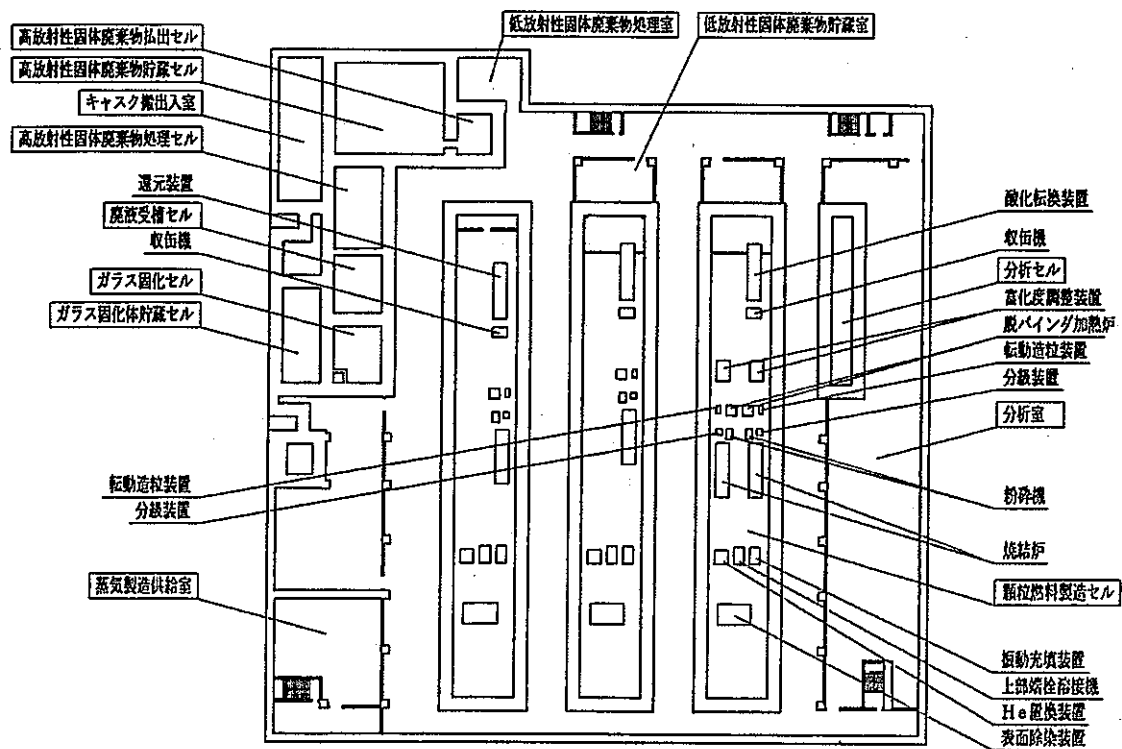


図1-2(2/6) 一体型リサイクル施設 (50tHM/y) 主建屋配置図 (地下1階)²⁾

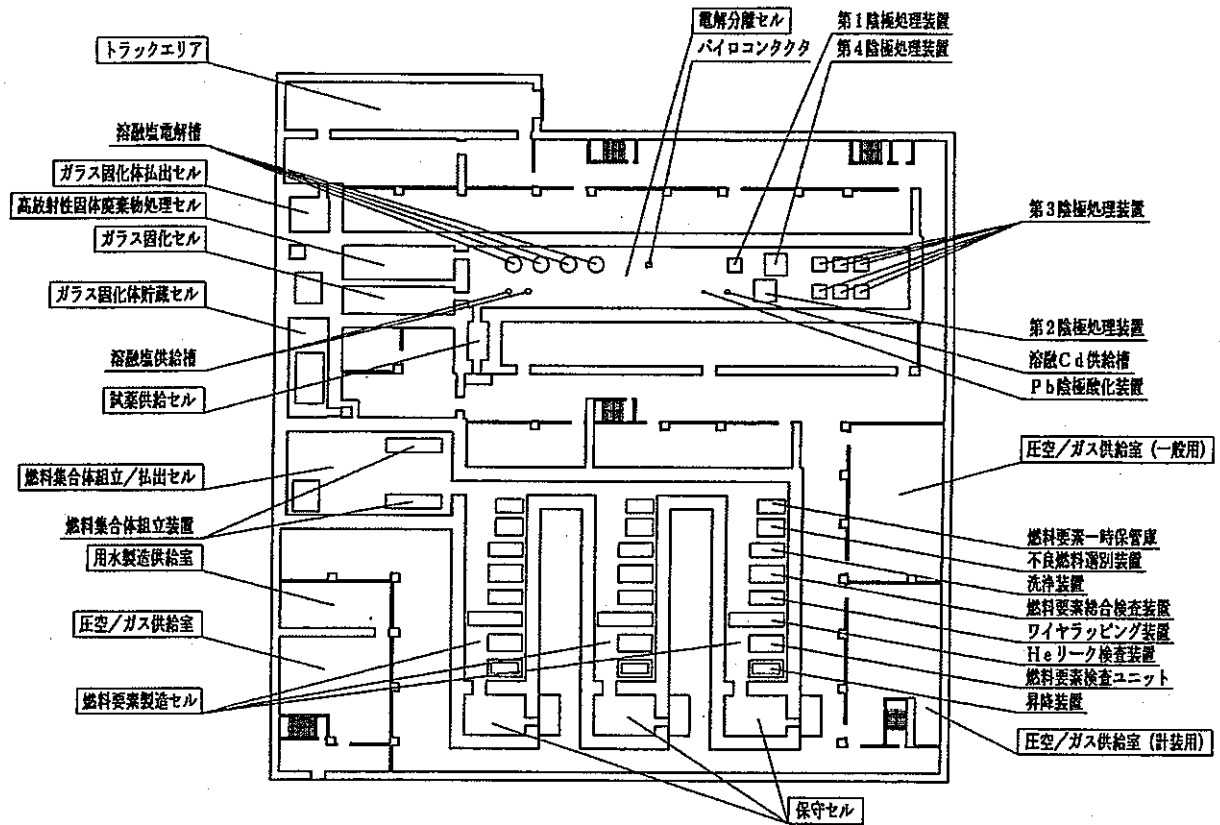


図1-2(3/6) 一体型リサイクル施設 (50tHM/y) 主建屋配置図 (1階)²⁾

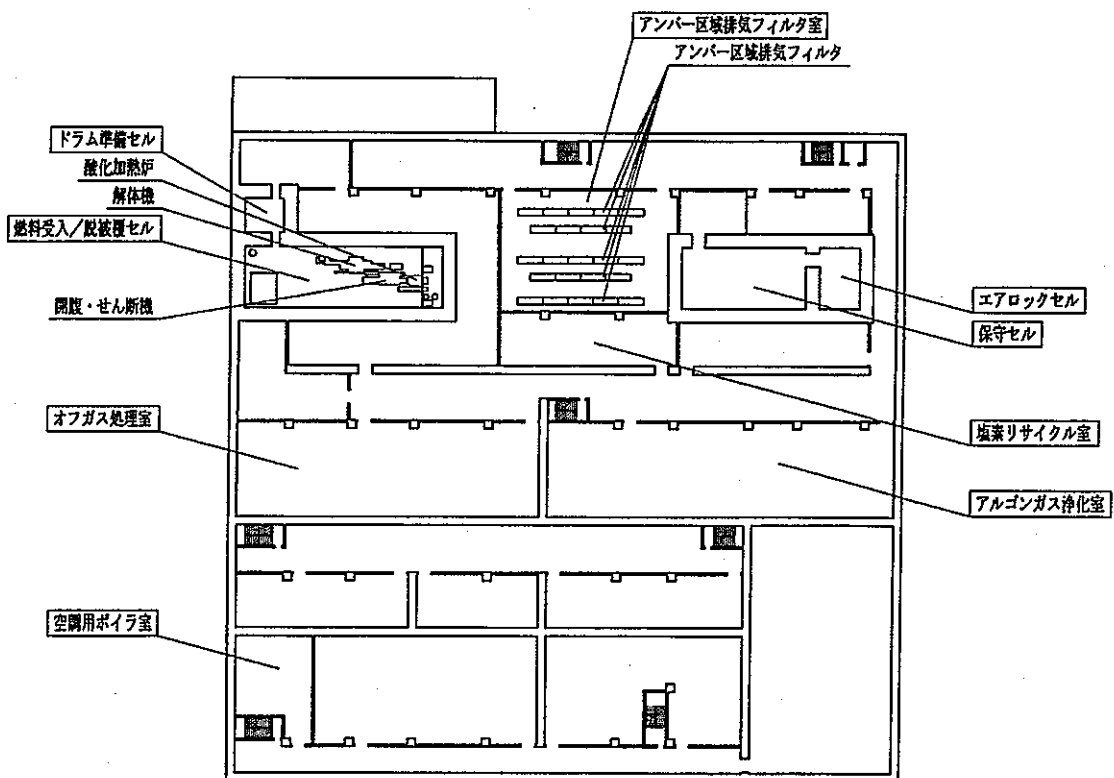


図1-2(4/6) 一体型リサイクル施設 (50tHM/y) 主建屋配置図 (2階)²⁾

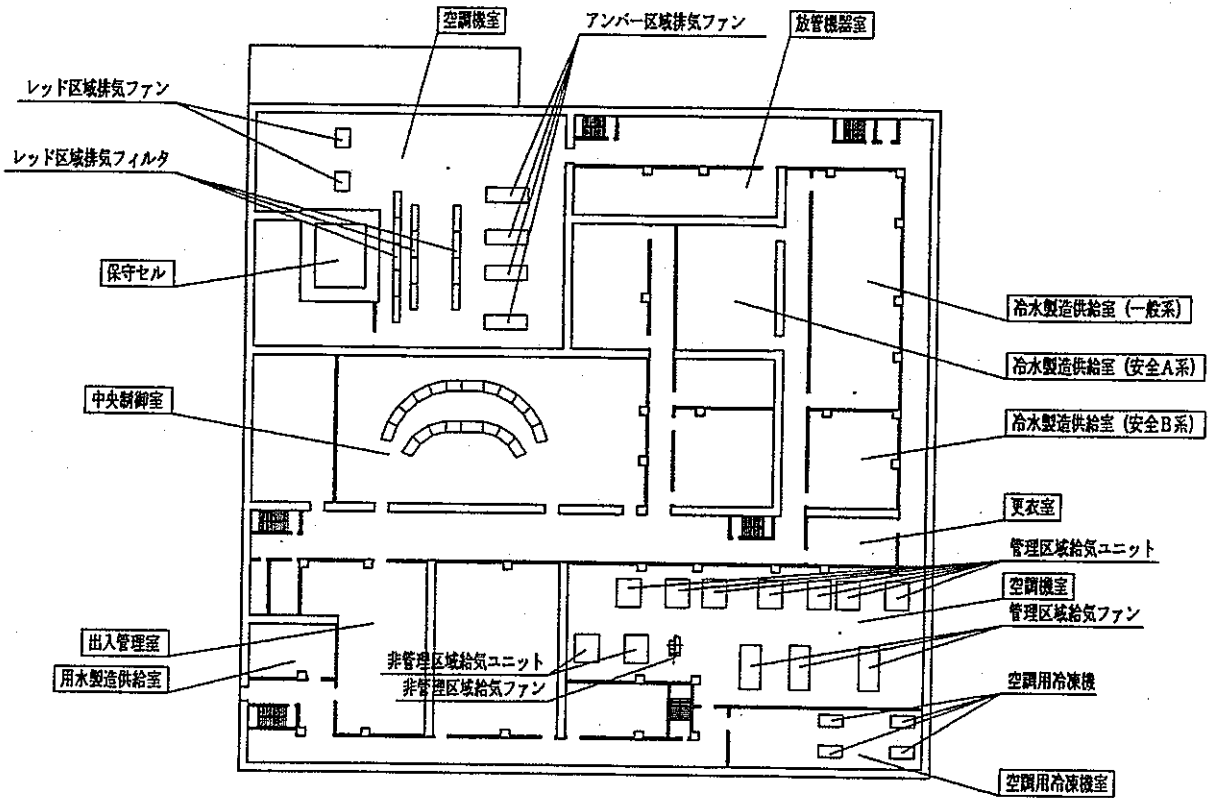


図1-2(5/6) 一体型リサイクル施設 (50tHM/y) 主建屋配置図 (3階) ²⁾

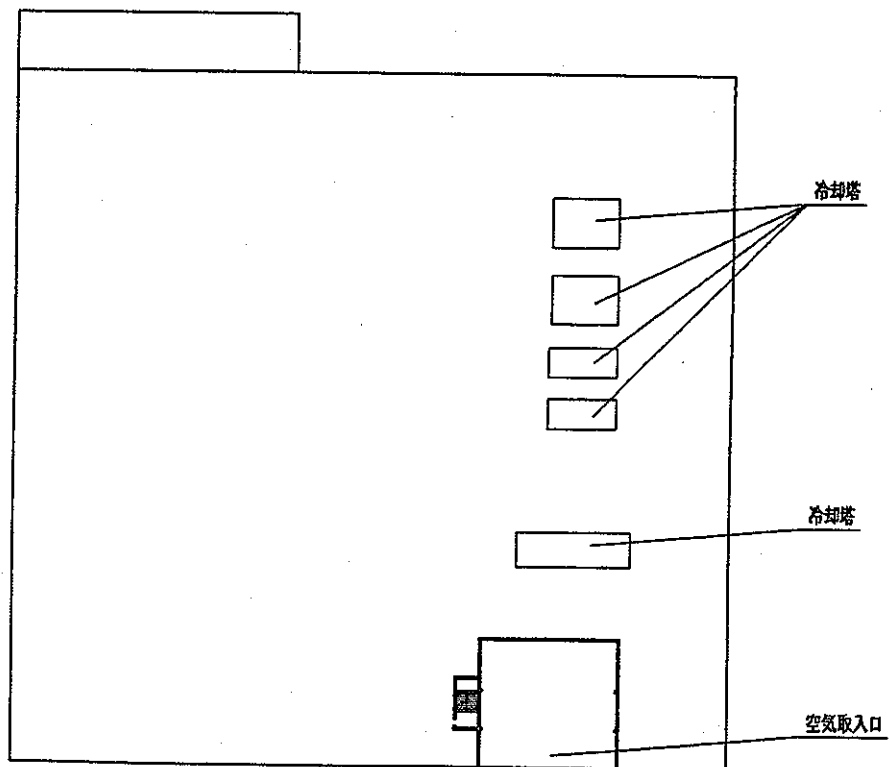


図1-2(6/6) 一体型リサイクル施設 (50tHM/y) 主建屋配置図 (屋上) ²⁾

2 単独立地型リサイクル施設概念の構築と経済性評価

2.1 再処理施設・燃料製造施設の設備構成の検討

再処理施設と燃料製造施設をそれぞれ独立した施設にするには、再処理施設には再処理製品の粉体燃料を払い出す設備が、燃料製造施設には原料の粉体燃料を受け入れる設備が、また、両方の施設に粉体燃料を一時的に貯蔵するための設備が、新たに必要となる。

単独立地型の再処理施設と燃料製造施設の主要設備ブロック図を、一体型のそれと比較して図2-1に示す。再処理施設の粉体燃料貯蔵・払出設備の工程系統図を図2-2に、燃料製造施設の粉体燃料受入・貯蔵設備の工程系統図を図2-3に示す。単独立地型施設で新たに追加となった設備の主要機器の一覧を表2-1と表2-2に示す。ここで、両方の施設に設けた粉体燃料一時貯蔵設備の貯蔵量は各々2週間分とした。

また、再処理、燃料製造の各施設で必要となる廃棄物処理・貯蔵設備、水・蒸気・圧空などのユーティリティ設備、分析室、非常用発電設備等の付帯設備については、一体型施設では共用していたが、単独立地型施設では、それぞれが独立して運転できるようにするために、各々の施設に設置するものとした。ただし、下記3つの設備については、以下に述べる理由により、燃料製造施設には設置しないこととした。

① ガラス固化設備

燃料製造施設の分析設備と中レベル廃液処理設備*からの高レベル廃液の発生量は、再処理施設からのその数%以下と少ないので、燃料製造施設にガラス固化設備を設置しないこととした。

燃料製造施設から発生する高レベル廃液は、一時受槽にて貯蔵し、最終的にはサンドリオン等を用いて再処理施設に移送して、処理することを想定した。

② 高放射性固体廃棄物処理設備

燃料製造施設から生じる高放射性固体廃棄物（TRU廃棄物、高 β γ 廃棄物）の発生量は、再処理施設からのその数%以下と少ないので、燃料製造施設にそのための処理設備を設置しないこととした。

燃料製造施設から発生する高放射性固体廃棄物は、一時貯蔵設備にて貯蔵し、最終的にはキャスク等を用いて再処理施設に移送して、処理することを想定した。

* 一体型施設設計では廃棄物区分の合理化に向けて、放射性廃液を処理して、最終的には、高レベル廃液と極低レベル廃液の2種類にすることが考えられている。そのため、中レベル廃液処理設備から、放射性物質が濃縮された高レベル廃液と、蒸発凝縮液の低レベル廃液が発生する。

③リワーク設備（粉体化設備）

炉心燃料のスペックアウト分を、酸化・還元処理して、粉体化するリワーク設備が必要であるが、スペックアウト（不合格品）発生率は製品の数%以下であるので、燃料製造施設に粉体化設備は設置しないこととした。

燃料製造施設ではピン解体、搬送容器への投入まで行い、粉体燃料受入ルートと逆のルートで払い出して、再処理施設で粉体化することを想定した。

以上、再処理施設と燃料製造施設の主要設備をまとめて表2-3に示す。

2.2 再処理施設・燃料製造施設の建屋配置検討条件

単独立地型の再処理施設と燃料製造施設の建屋配置は、一体型施設と同一の考え方のもと、可能なかぎり、図1-2に示した一体型施設のセル内機器配置とセル配置とを用いて、検討を行った。

特に、セル壁厚とセルまわりの作業場・通路スペースについては、一体型施設と同じく、

①セル壁厚は、遮蔽を考慮して、2mとすること

②セルまわりの作業場・通路スペースは、マスター・スレーブ・マニピュレータの操作スペースを考慮して、5m以上確保すること

とした。

単独立地型の再処理施設と燃料製造施設で追加となった、粉体燃料の払出設備、受入設備、貯蔵設備については、表2-1と表2-2に示した機器リストにもとづいてセル内機器配置の検討を行った。

廃棄物処理・貯蔵設備、水・蒸気・圧空などのユーティリティ設備、分析室等については、下式に示すように、一体型施設の設置スペースを基準にして、再処理施設あるいは燃料製造施設から発生する廃棄物発生量、ユーティリティ使用量等をもとに、化学プラントで一般的に用いられている2/3乗則を適用して必要スペースを求め、その必要スペースを下回らないように建屋内配置を行った。

$$AREA_i = AREA_{\text{一体型}} * (Q_i / Q_{\text{一体型}})^{2/3}$$

ここで、i : 再処理施設あるいは燃料製造施設

AREA : 廃棄物処理・貯蔵設備、ユーティリティ設備、分析室等のスペース

Q : 廃棄物発生量、ユーティリティ使用量等

また、燃料製造施設の高レベル廃液一時受槽は10年分の貯蔵容量の3m³、高放射性固体廃棄物一時貯蔵設備の貯蔵容量は10年分の発生量を貯蔵できる容量（約790m³）とした。

使用済燃料集合体貯蔵建屋、新燃料集合体貯蔵建屋、管理棟、および非常用発電設備は、一体型施設と同じく、主建屋に隣接した別建屋方式で配置することとした。

2.3 再処理施設全体配置

単独立地型再処理施設の建屋配置の検討結果を図2-4に示す。主建屋の建屋規模は、地下2階・地上3階、幅65.2m×長さ101.2m×高さ40mとなった。

図1-2に示した一体型施設の主建屋と比較して、単独立地型再処理施設の特徴をまとめると、以下のとおりとなる。

- ①燃料受入・脱被覆セル（地上2階）、電解分離セル（地上1階）、ガラス固化セル（地下2階～地上1階）、ガラス固化体貯蔵・払出セル（地下2階～地上1階）、高放射性固体廃棄物処理・貯蔵・払出セル（地下1階～地上1階）の、セル寸法とセル配置は、一体型施設のそれらと同一にすることが可能である。
- ②粉体燃料を製造する粉体燃料製造セル（地下1階）は、一体型施設地下1階の燃料製造セルのうち粉体燃料製造部分に対応している。一体型施設では下流工程の顆粒製造用ライン数が制限となって3セルにされているが、単独立地型の再処理施設では2セルに収納することが可能である。
- ③単独立地型再処理施設で新たに追加となった粉体燃料貯蔵設備と払出設備に関しては、地上1階に粉体燃料貯蔵セル（約235m²、約1645m³）、粉体燃料払出セル（約55m²、約385m³）、及び粉体燃料移送キャスクをトラックに積載するためのトラックエリア（約196m²、約1645m³）が、地下1階にキャスク搬入室（約97m²、約721m³）が、そして地上2階に保守セルが配置されている。また、トラックエリアの幅を確保するために、建屋の長さが、一体型施設の98.2mから3m長い101.2mとなった。

主建屋に隣接設置した使用済燃料集合体貯蔵建屋については、一体型施設の使用済燃料・新燃料集合体貯蔵建屋（幅58.0m×長さ54.6m×高さ26m、地下1階・地上2階）の使用済燃料集合体貯蔵部分の設計をそのまま使用でき、約半分の大きさの、幅29.6m×長さ54.6m×高さ26m（地下1階・地上2階）となった。

2.4 燃料製造施設全体配置

単独立地型燃料製造施設の建屋配置の検討結果を図2-5に示す。主建屋の建屋規模は、地下2階・地上2階（一部3階）、幅68.2m×長さ101.2m×高さ33m（一部40m）となった。

図1-2に示した一体型施設の主建屋と比較して、単独立地型燃料製造施設の特徴をまとめると、以下のとおりとなる。

- ①地上1階の、燃料要素検査から燃料集合体組立／払出セルまでは、セル寸法とセル配置を、一体型施設のそれらと同一にすることが可能である。
- ②粉体燃料から顆粒燃料を製造し、振動充填法で被覆管内に顆粒燃料を詰める燃料要素製造セル（地下1階）は、一体型施設の地下1階の燃料製造セルのうち顆粒燃料製造以降に対応しており、セルの個数も、一体型施設と同じ、3セルである。

③粉体燃料受入設備と貯蔵設備に関しては、地上1階に、トラックから粉体燃料移送キャスクを降ろすためのトラックエリア（約196m²、約1645m³）、粉体燃料受入セル（約55m²、約385m³）、及び粉体燃料貯蔵セル（約235m²、約1645m³）が、地下1階にキャスク搬出入室（約97m²、約721m³）が、そして地上1階と地上2階に保守セルが配置されている。燃料製造施設においても、再処理施設と同様に、トラックエリアの幅を確保するために、建屋の長さが、一体型施設の98.2mから3m長い101.2mとなった。

主建屋に隣接設置した新燃料集合体貯蔵建屋については、一体型施設の使用済燃料・新燃料集合体貯蔵建屋（幅58.0m×長さ54.6m×高さ26m、地下1階・地上2階）の新燃料集合体貯蔵部分の設計をそのまま使用でき、約半分の大きさの、幅29.6m×長さ54.6m×高さ26m（地下1階・地上2階）となった。

2.5 再処理施設・燃料製造施設の建設費評価

施設設計に基づいて、単独立地型の再処理施設と燃料製造施設の建設費（設備費と建屋費の合計）を算出した。ここで、設備費は、材料費、工場製作費／加工費、設計費、検査費、現地工事費、管理経費等からなり、建屋費は、建屋躯体・電気設備・換気設備の費用、ならびに非常用発電設備、放射線管理設備、排気筒などの付帯設備の費用からなる。なお、用地取得に関する費用（土地代、造成費用、道路・港湾の整備、補償等）は、一体型施設の建設費評価に合わせて、考慮しないこととした。

単独立地型施設の建設費の評価結果を表2-4に示す。一体型施設の建設費を100（基準）として、再処理施設の建設費が73、燃料製造施設の建設費が56、両施設あわせて129という結果になった。

また、表2-4に、一体型施設の建設費を再処理分と燃料製造分とに按分した結果を併せて示した。なお、再処理と燃料製造とで共用している廃棄物処理・貯蔵設備、分析設備、保守・補修設備、計装制御設備、ユーティリティ設備、建屋（電気・換気設備を含む）の費用は、再処理と燃料製造の廃棄物発生量や使用量などにもとづいて按分した。

表2-1 単独立地型再処理施設の粉体燃料貯蔵・払出設備の主要機器リスト

設備名称	機器名称	型式	仕様(概略寸法、重量、主要性能)	主要材質	運転温度	運転圧力	員数
粉体燃料貯蔵設備	粉体燃料貯蔵庫	強制空冷式	ラック寸法：1250L×1000W×1500H、貯蔵容量：3600kgHM	SUS304	室温	室内圧	18ラック
粉体燃料払出設備	燃料払出クレーン	レール走行式	定格荷重：2.8t、昇降速度：2.5m/min、走行速度：3m/min	SUS304	室温	室内圧	1
	粉体燃料缶認識装置	-	1000L×1000W×1500H、保持架台、照明装置、ITV	SUS304	室温	室内圧	1
	燃料密封缶架台	ラック方式	1500L×750W×1500H、収納缶数：18缶	SUS304	室温	室内圧	1
	燃料密封缶開缶装置	-	1500L×1500W×2000H	SUS304	室温	室内圧	1
	キャスク移送台車	レール走行式	5800L×4400W×4100H、定格荷重：50t、走行速度：3m/min キャスク昇降機能付	SUS304	室温	室内圧	1
	キャスククレーン	レール走行式	定格荷重：50t、昇降速度：2m/min、走行速度：12m/min	炭素鋼	室温	室内圧	1

表2-2 単独立地型燃料製造施設の粉体燃料受入・貯蔵設備の主要機器リスト

設備名称	機器名称	型式	仕様(概略寸法、重量、主要性能)	主要材質	運転温度	運転圧力	員数
粉体燃料受入設備	キャスククレーン	レール走行式	定格荷重：50t、昇降速度：2m/min、走行速度：12m/min	炭素鋼	室温	室内圧	1
	キャスク架台	ラック式	3000L×6000W×2000H、収納数：2体	炭素鋼	室温	室内圧	1
	キャスク移送台車	レール走行式	5800L×4400W×4100H、定格荷重：50t、走行速度：3m/min キャスク昇降機能付	SUS304	室温	室内圧	1
	キャスク蓋洗浄槽	超音波洗浄式	3000L×3000W×1000H	SUS304	室温	室内圧	1
	燃料受入クレーン	レール走行式	定格荷重：2.8t、昇降速度：2.5m/min、走行速度：3m/min	SUS304	室温	室内圧	1
	燃料密封缶架台	ラック方式	1500L×750W×1500H、収納缶数：18缶	SUS304	室温	室内圧	1
	燃料密封缶開缶・洗浄装置	超音波洗浄式	1500L×1500W×1500H	SUS304	室温	室内圧	1
	粉体燃料缶認識装置	-	1000L×1000W×1500H、保持架台、照明装置、ITV	SUS304	室温	室内圧	1
	燃料密封缶外面洗浄装置	超音波洗浄式	1000L×1000W×1500H	SUS304	室温	室内圧	1
	燃料密封缶検査装置	縦型	1500L×1500W×2000H、 表面線量率測定装置、表面汚染密度測定装置	SUS304	室温	室内圧	1
燃料密封缶架台	ラック方式	1500L×750W×1500H、収納缶数：18缶	SUS304	室温	室内圧	1	
粉体燃料貯蔵設備	粉体燃料貯蔵庫	強制空冷式	ラック寸法：1250L×1000W×1500H、貯蔵容量：3600kgHM	SUS304	室温	室内圧	18ラック

表2-3 単独立地型の再処理・燃料製造施設の主要設備構成

	施設名	
	再処理施設	燃料製造施設
受入・前処理	受入・燃料貯蔵設備	-
	集合体解体設備	-
	脱被覆設備	-
再処理 - 電解分離	電解分離設備	-
	試薬調整設備	-
再処理 - 酸化転換	原料受入設備	-
	酸化転換設備	-
	還元処理設備	-
粉体燃料貯蔵・払出・受入※	粉体燃料貯蔵設備※	粉体燃料貯蔵設備※
	粉体燃料払出設備※	-
顆粒燃料製造	-	粉体燃料受入設備※
	-	Pu富化度調整設備
	-	造粒・焼結設備
加工組立/検査/払出	-	顆粒貯蔵設備
	-	燃料要素組立設備
	-	燃料要素貯蔵設備
	-	燃料要素検査設備
	-	ワイヤ巻付・総合検査設備
	-	集合体組立設備
	-	リワーク設備
廃棄物処理	-	新燃料貯蔵・払出設備
	オフガス処理設備	オフガス処理設備
	アルゴンセル浄化・冷却設備	-
	塩素リサイクル設備	-
	ガラス固化設備	-
	高放射性固体廃棄物処理設備	-
	低放射性固体廃棄物処理設備	低放射性固体廃棄物処理設備
	中放射性廃液処理設備	中放射性廃液処理設備
	低放射性廃液処理設備	低放射性廃液処理設備
極低放射性廃液処理設備	極低放射性廃液処理設備	
廃棄物貯蔵	ガラス固化体貯蔵設備	-
	高放射性固体廃棄物貯蔵設備	高放射性固体廃棄物貯蔵設備
	低放射性固体廃棄物貯蔵設備	低放射性固体廃棄物貯蔵設備
分析	分析設備、サンプリング設備	分析設備、サンプリング設備
保守・補修	保守・補修設備	保守・補修設備
計装制御	計装制御設備	計装制御設備
ユーティリティ	蒸気製造供給設備	蒸気製造供給設備
	冷却水製造供給設備	冷却水製造供給設備
	冷水製造供給設備	冷水製造供給設備
	用水製造供給設備	用水製造供給設備
	圧空・ガス供給設備	圧空・ガス供給設備
電気・換気・他	非常用発電設備	非常用発電設備
	放射線管理設備	放射線管理設備
	燃料油	燃料油
	排気筒	排気筒
燃料集合体貯蔵	使用済燃料集合体貯蔵設備	-
	-	新燃料集合体貯蔵設備

※一体型リサイクル施設からの追加工程と追加設備

表2-4 一体型リサイクル施設、単独立地型の再処理施設と燃料製造施設の建設費の比較
(一体型リサイクル施設の建設費を100とした場合の相対値)

設 備 名	一体型リサイクル施設			単独立地型施設		合 計
	全体	再処理分*	燃料製造分*	再処理施設	燃料製造施設	
使用済燃料集合体貯蔵設備	6**	6**	-	6	-	6
受入・前処理設備	3	3	-	3	-	3
再処理設備	20	20	-	20	-	20
粉体燃料貯蔵・払出・受入設備	-	-	-	4	5	9
燃料製造主工程設備	16	-	16	-	16	16
新燃料集合体貯蔵設備	6**	-	6**	-	6	6
廃棄物処理・貯蔵設備	11	10	2	10	2	12
分析設備	2	1	1	1	1	2
保守・補修設備	10	4	6	7	8	15
計装制御設備	6	4	2	4	3	6
ユーティリティ設備	3	2	1	2	2	4
建屋（電気・換気設備含む）	18	10	8	16	14	30
合 計	100 (基準)	59	41	73	56	129

* 一体型リサイクル施設で、再処理だけに関係する設備の費用は再処理分に、燃料製造だけに関係する設備の費用は燃料製造分に、そして、再処理と燃料製造とで共用している廃棄物処理・貯蔵設備、分析設備、保守・補修設備、計装制御設備、ユーティリティ設備、建屋（電気・換気設備を含む）の費用は、再処理と燃料製造の廃棄物発生量や使用量などにもとづいて按分した。

** 一体型リサイクル施設では、同一寸法の使用済燃料集合体貯蔵と新燃料集合体貯蔵が一つの建屋に収められているので、使用済燃料・新燃料集合体貯蔵建屋の建設費を、使用済燃料集合体貯蔵設備費と新燃料集合体貯蔵設備費に二等分した。

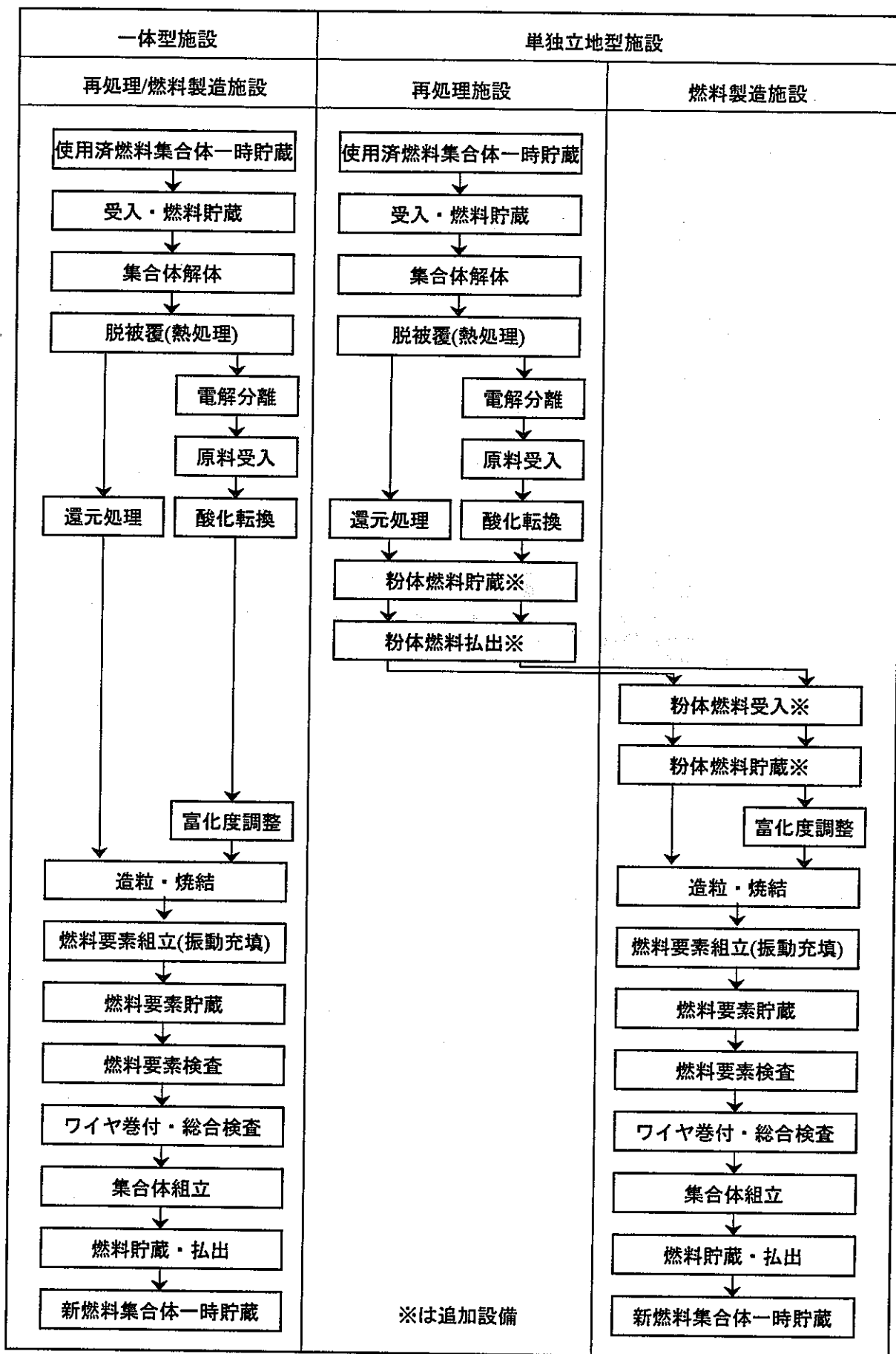


図2-1 一体型/単独立地型リサイクル施設の主要設備ブロック図の比較
 (酸化物燃料を対象とした金属電解法再処理 - 振動充填燃料製造施設)

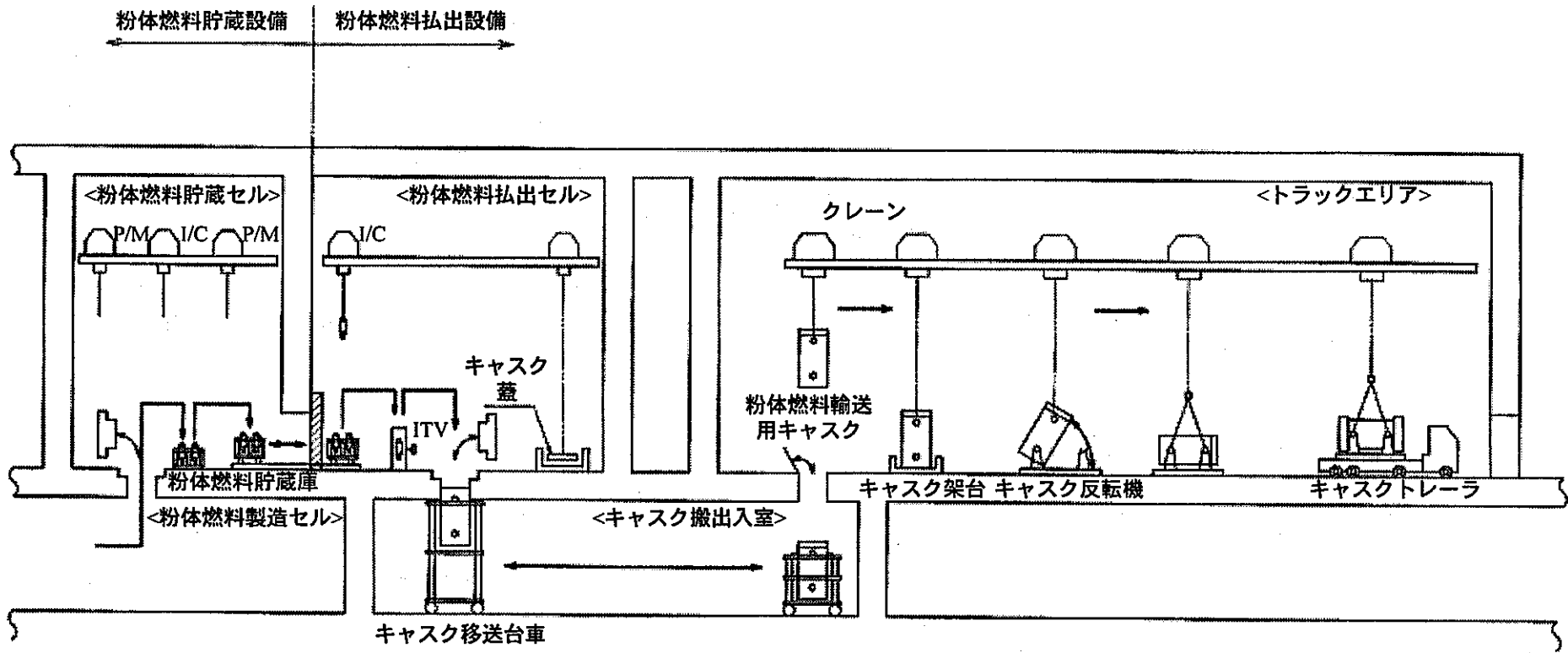


図2-2 単独立地型再処理施設の粉体燃料貯蔵・抽出設備の工程系統図 (PFD)

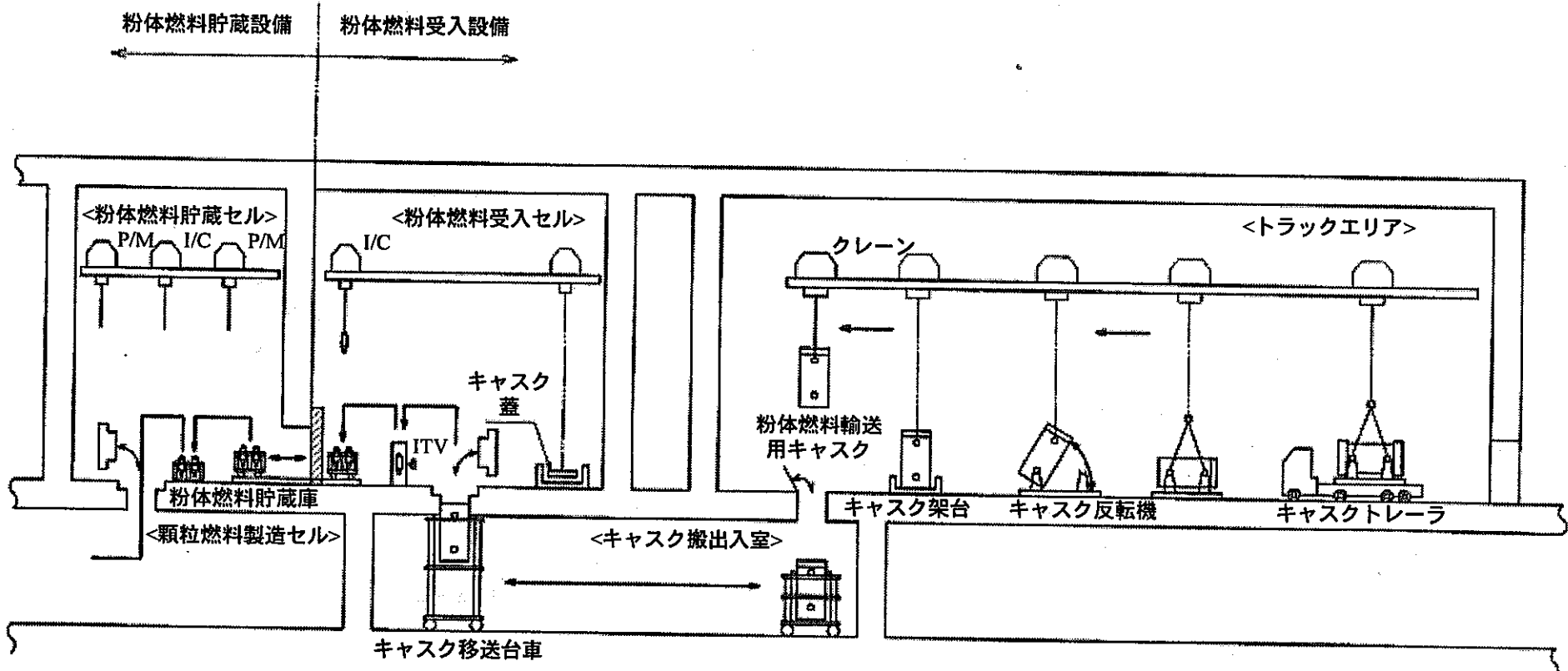


図2-3 単独立地型燃料製造施設の粉体燃料受入・貯蔵設備の工程系統図 (PFD)

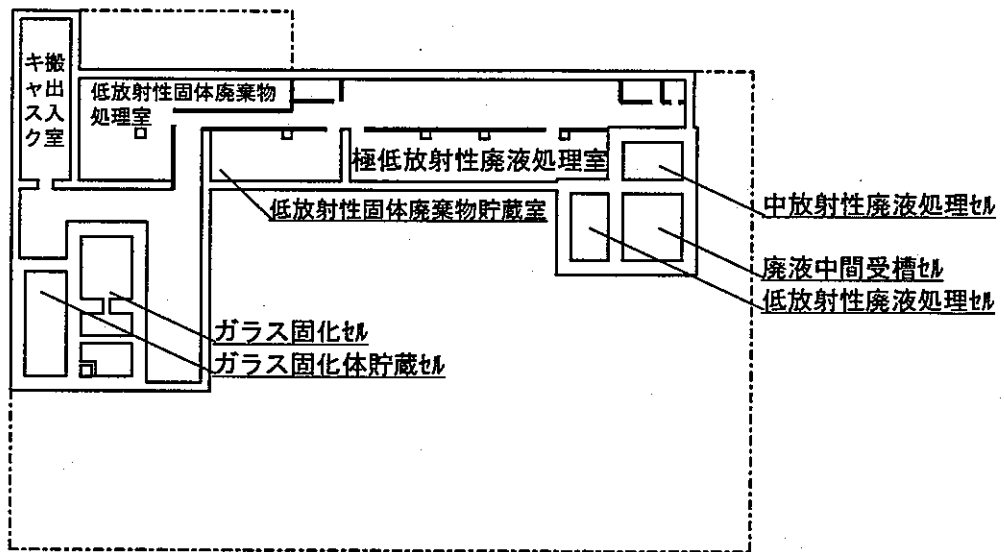


図2-4(1/6) 単独立地型の再処理施設 (50tHM/y) 主建屋配置図 (地下2階)

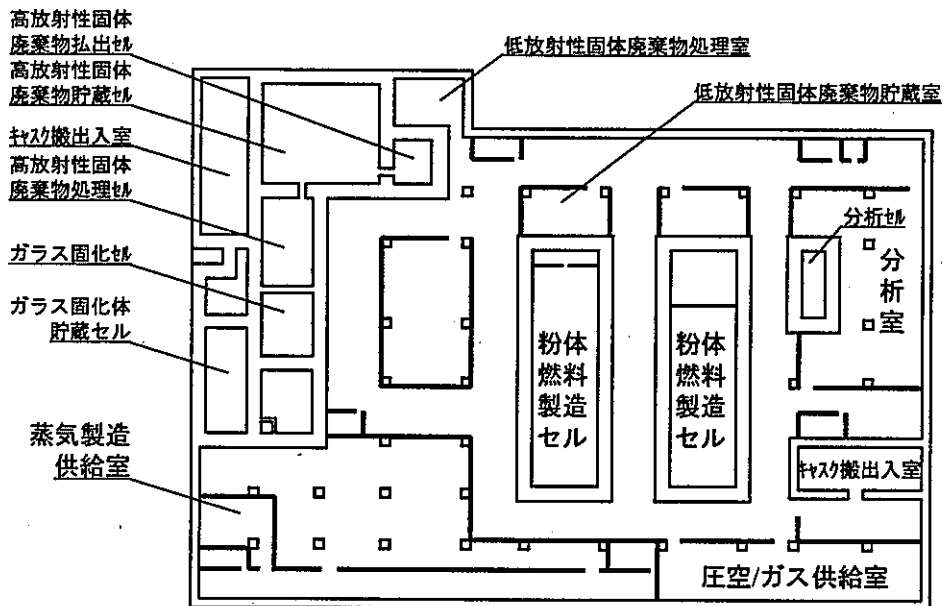


図2-4(2/6) 単独立地型の再処理施設 (50tHM/y) 主建屋配置図 (地下1階)

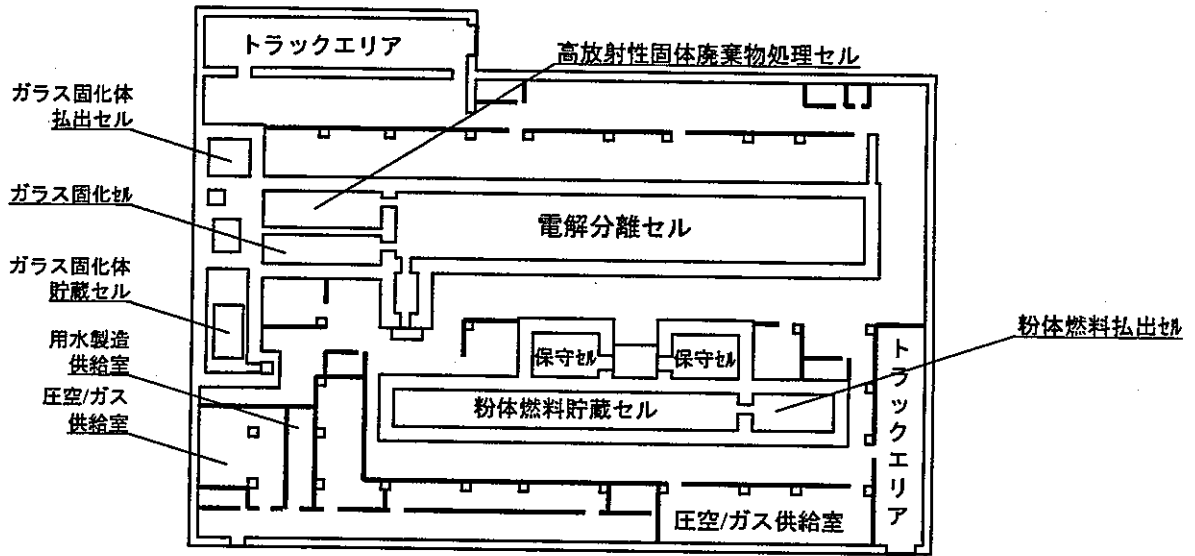


図2-4(3/6) 単独立地型の再処理施設 (50tHM/y) 主建屋配置図 (1階)

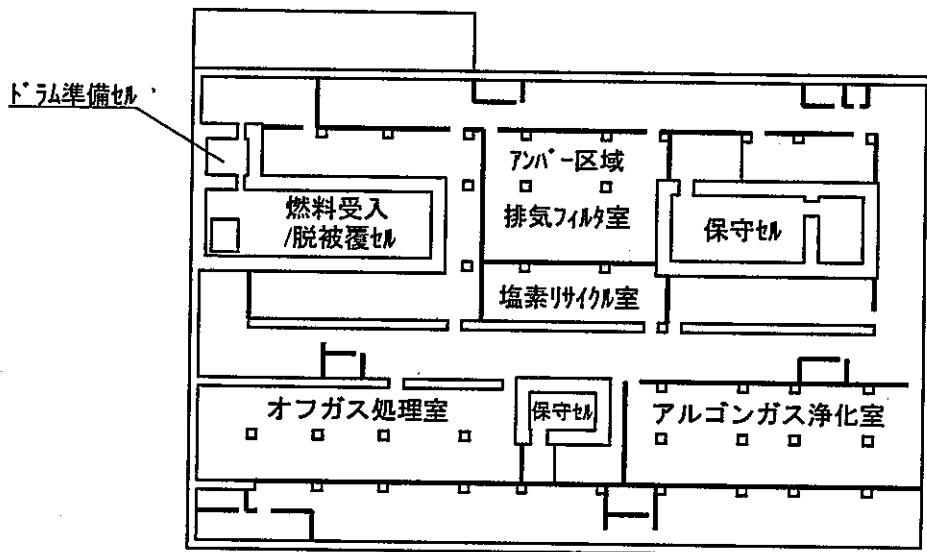


図2-4(4/6) 単独立地型の再処理施設 (50tHM/y) 主建屋配置図 (2階)

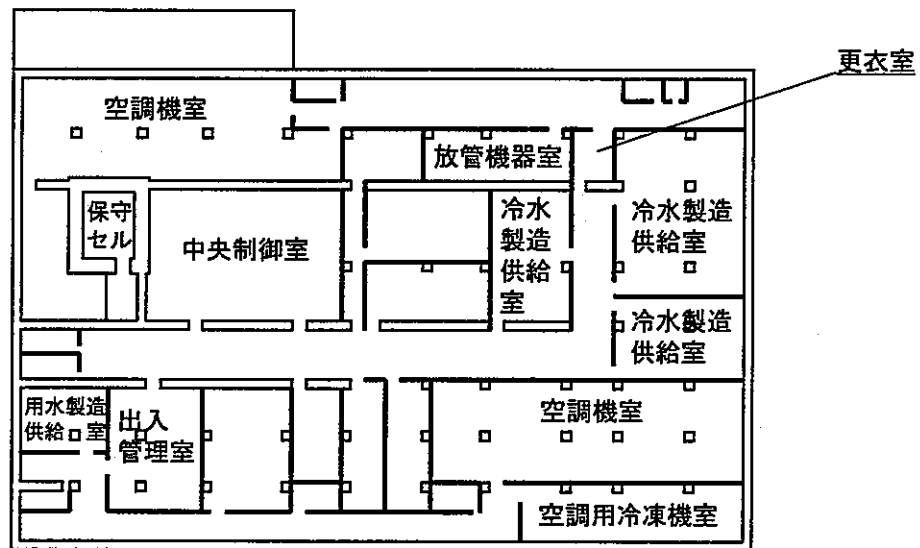


図2-4(5/6) 単独立地型の再処理施設 (50tHM/y) 主建屋配置図 (3階)

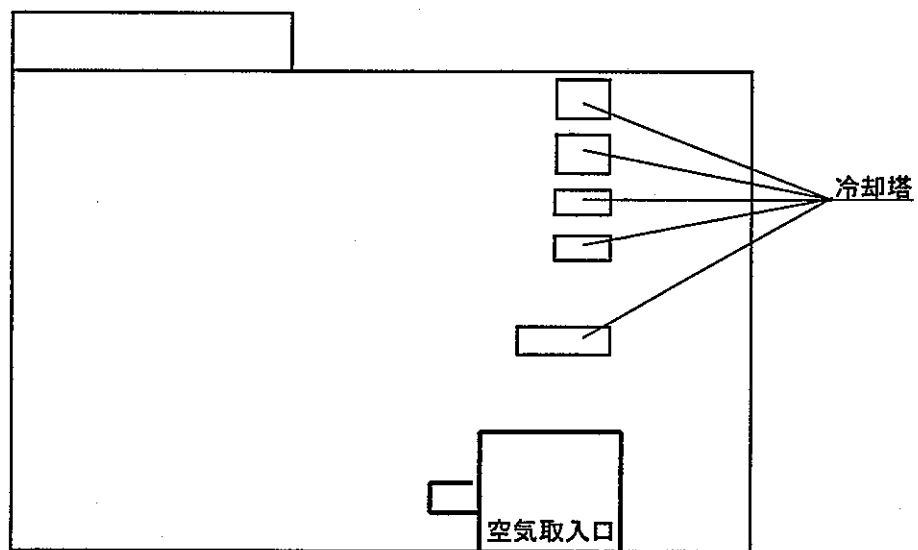


図2-4(6/6) 単独立地型の再処理施設 (50tHM/y) 主建屋配置図 (屋上)

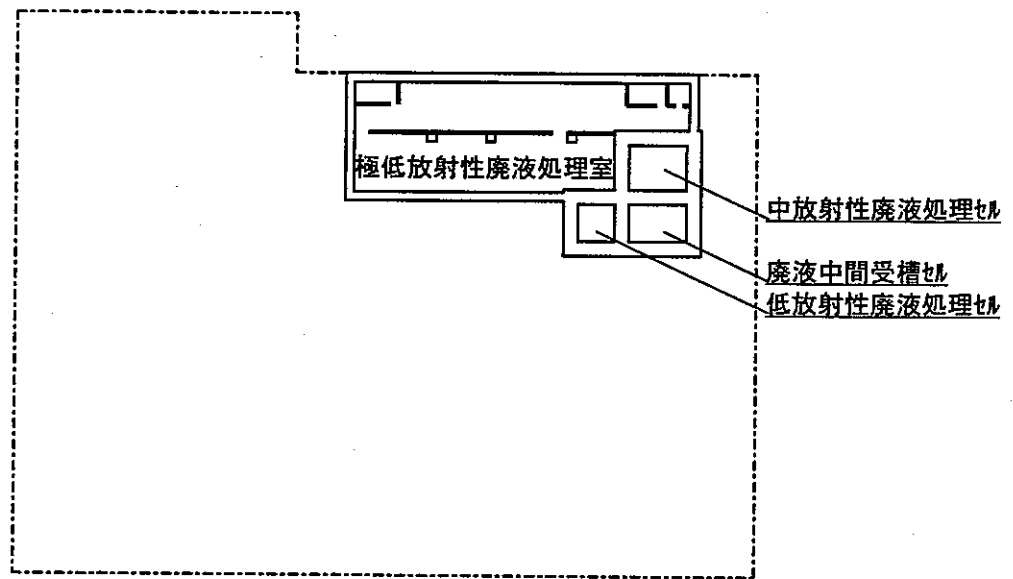


図2-5(1/5) 単独立地型の燃料製造施設 (50tHM/y) 主建屋配置図 (地下2階)

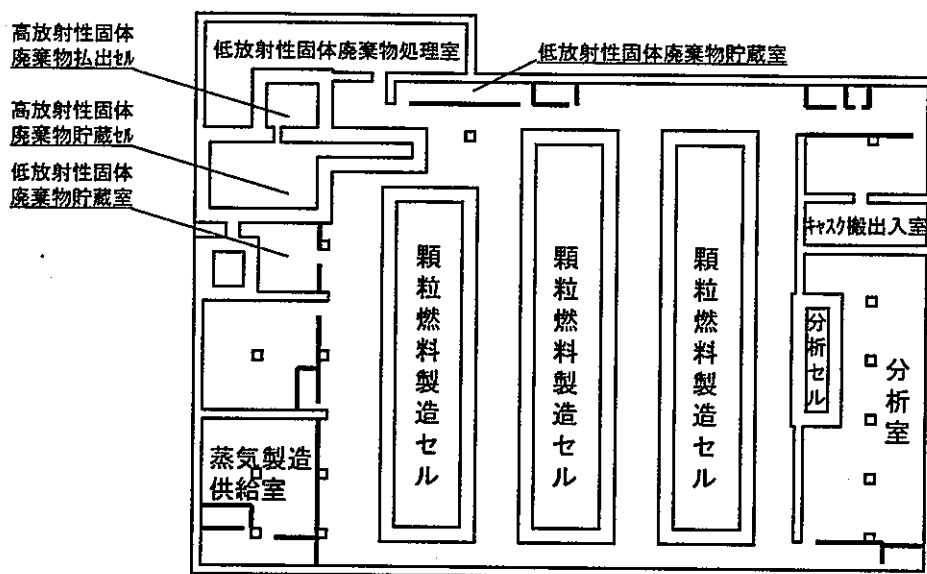


図2-5(2/5) 単独立地型の燃料製造施設 (50tHM/y) 主建屋配置図 (地下1階)

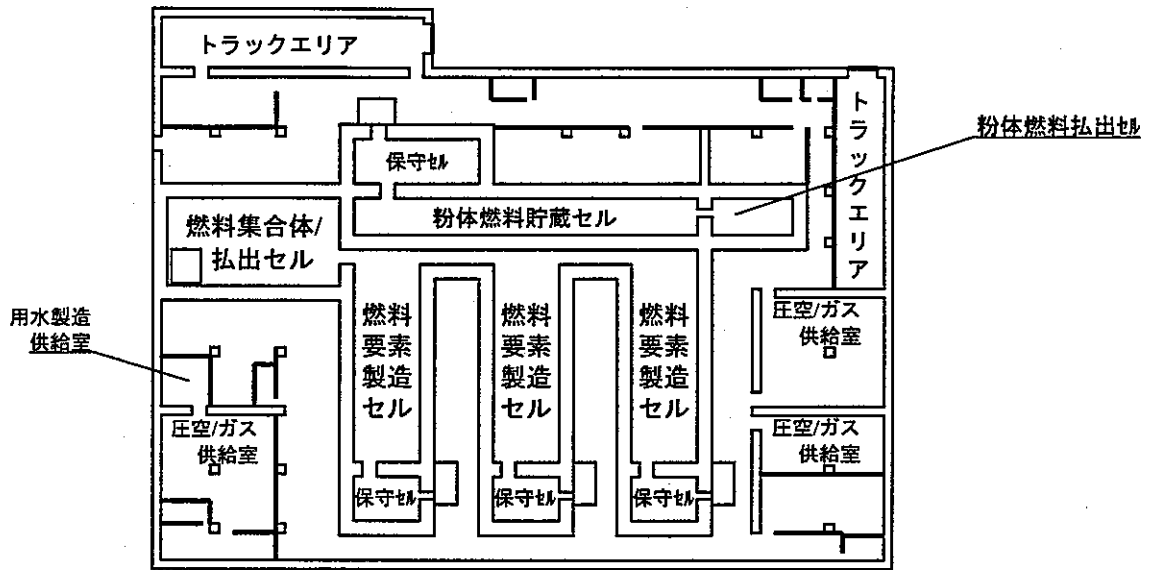


図2-5(3/5) 単独立地型の燃料製造施設 (50tHM/y) 主建屋配置図 (1階)

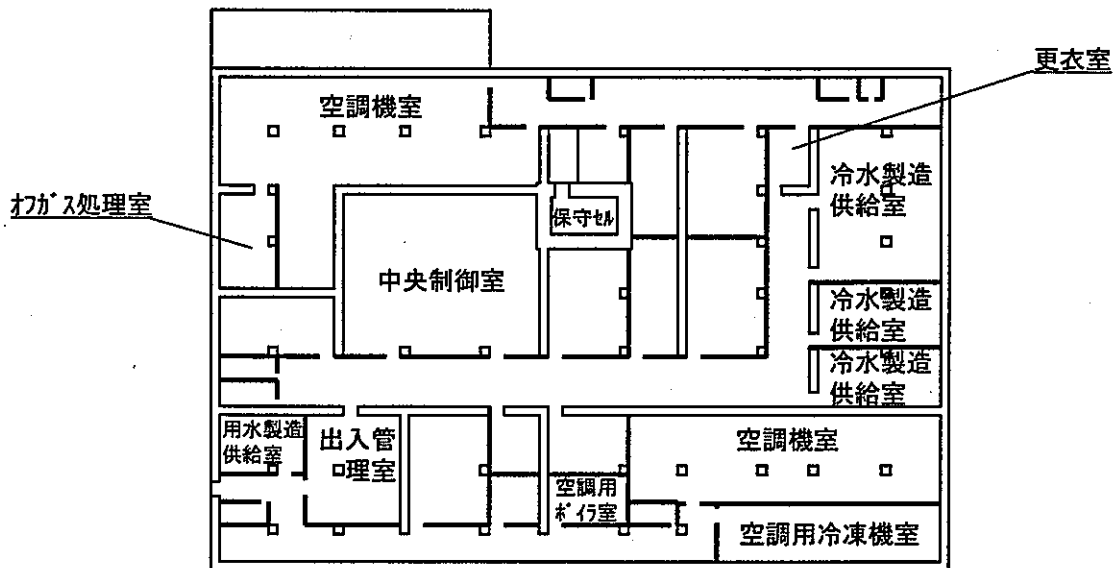


図2-5(4/5) 単独立地型の燃料製造施設 (50tHM/y) 主建屋配置図 (2階)

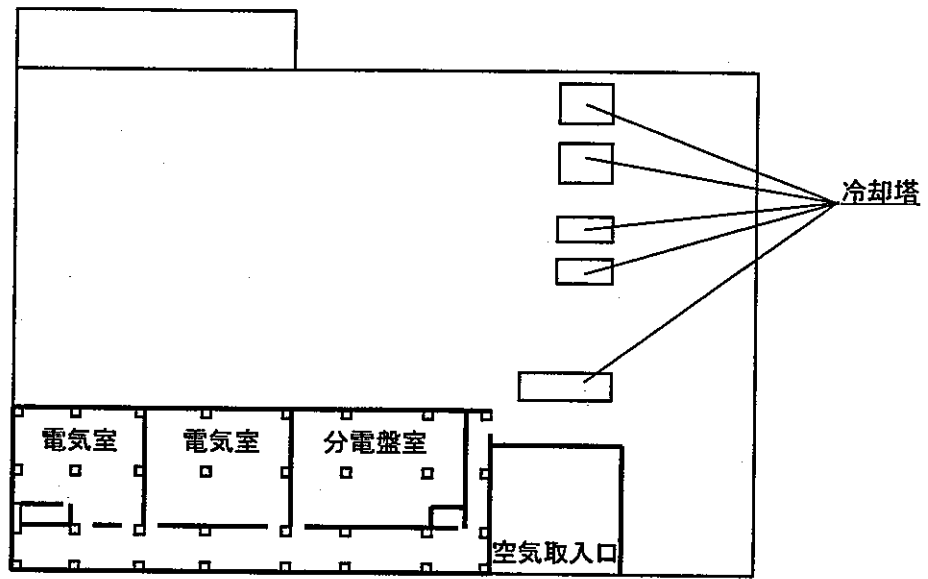


図2-5(5/5) 単独立地型の燃料製造施設 (50tHM/y) 主建屋配置図 (屋上、一部3階)

3 一体型リサイクル施設との比較・評価

以下に、一体型リサイクル施設との比較で、再処理施設と燃料製造施設をそれぞれ独立させた単独立地型リサイクル施設について述べる。

3.1 設備の比較

単独立地型施設では、再処理施設で粉体燃料の一時貯蔵設備と払出設備が、燃料製造施設で粉体燃料の受入設備と一時貯蔵設備が追加となる。

また、廃棄物処理・貯蔵設備、水・蒸気・圧空などのユーティリティ設備、分析室、非常用発電設備等の付帯設備が、再処理施設と燃料製造施設のそれぞれに設置される。

3.2 建屋規模の比較

単独立地型施設の主建屋の建屋規模と、一体型施設の主建屋の建屋規模は下表に示すとおりであり、再処理と燃料製造を完全に独立させると、延べ面積で31%、体積で34%の増加する。

		面積 (千 m^2)	体積 (千 m^3)
単独立地型	再処理施設の主建屋	28.5	234
	燃料製造施設の主建屋	22.9	196
	合計	51.4	430
一体型施設の主建屋		39.2	322

主建屋の面積について、工程／設備ごとの内訳を表3-1に示す。同表から、

- ①再処理・燃料製造の主工程が占める割合は、建屋全体の10～20%程度
- ②主工程の面積は、単独立地型にすると約30%増大しているが、大部分は粉体燃料の貯蔵・払出・受入設備が新たに追加となったことによる
- ③主工程以外の設備の面積については、単独立地型にすると、
 - ・建屋面積の約1/4を占めているユーティリティ設備が約30%増加
 - ・分析設備と廃棄物処理・貯蔵設備は、それぞれ約10%と約20%の増加
 - ・保守・補修設備は約30%の増加。これは粉体燃料貯蔵・払出・受入設備用の保守・補修設備が追加となったことによる
 - ・建屋面積の約1/4を占める通路、倉庫、トラックエリアが約50%の増加。これには粉体燃料払出・受入用のトラックエリア（再処理施設と燃料製造施設合せて約500 m^2 ）が追加となったことも寄与している

ことが、明らかとなった。

使用済燃料集合体貯蔵建屋と新燃料集合体貯蔵建屋については、2.3節と2.4節で述べたとおり、単独立地型施設は一体型施設とほぼ同じ建屋規模である。

3.3 建設費の比較

単独立地型施設と一体型施設の建設費は、表2-4に示したとおりであり、同表から、以下のことが明らかとなった。

①再処理施設と燃料製造施設を完全に独立させて建設した場合、建設費合計は約30%増加する。(換言すれば、一体型施設にすると、建設費は約20%低減する。)

②建設費増加分の構成は、以下のとおりである。

- ・増加分のうち約50%は、粉体燃料の貯蔵・払出・受入設備の追加(約30%)と、粉体燃料貯蔵・払出・受入設備用の保守・補修設備の追加(約20%)による。
- ・増加分の約40%は、建屋体積の増大による建屋費(電気・換気設備費を含む)増大による。
- ・増加分の約10%は、一体型施設で再処理と燃料製造とで共有していた、廃棄物処理・貯蔵設備、分析設備、計装制御設備、ユーティリティ設備を、両方の施設にそれぞれ設置したことによる。この結果から、再処理と燃料製造で、廃棄物処理・貯蔵設備、分析設備、計装制御設備、ユーティリティ設備を共用しなくても、設備費は3%程度(=約30%×約10%)しか増加しないことが明らかとなった。

また、再処理の部分に注目して、一体型施設の再処理分の建設費と、単独立地型再処理施設のそれとを比較した結果、

①再処理施設を独立させて建設すると、再処理分の建設費は約20%増大する

②増加分の構成は、上述の全体で見たときと同様である

ことが明らかとなった。

同様に、燃料製造の部分について比較した結果、

①燃料製造施設を独立させて建設すると、燃料製造分の建設費は約40%増大する

②増加分の構成は、上述の全体で見たときと同様である

ことが明らかとなった。

以上から、再処理と燃料製造の一体化による経済効果は、廃棄物処理・貯蔵設備、分析設備、計装制御設備、ユーティリティ設備等の共用化による効果よりも、再処理製品(粉体燃料)の払い出し、受け入れ、一時貯蔵の設備が削除できることによる効果のほうが大きいことが分かった。

また、この結果は、再処理と燃料製造を別建屋にしても、両建屋を隣接させて地下トレンチでつなげれば、再処理製品の払出・受入・貯蔵設備は不要となることから、10%程度の建設費削減効果を期待できることを示唆している。

表3-1 リサイクル施設の主建屋の面積の一覧 (単位: 千m²)

工程/設備名	単独立地型			一体型施設	比率 ^{*1}
	再処理施設	燃料製造施設	合計		
受入・前処理工程	0.7	-	0.7	0.7	1.0
再処理 - 電解分離工程	0.7	-	0.7	0.7	1.0
再処理 - 酸化転換工程	0.7	-	0.7	0.9	0.8
粉体貯蔵・払出設備	0.8	-	0.8	-	- ^{*2}
粉体受入・貯蔵設備	-	0.7	0.7	-	- ^{*2}
燃料製造～払出工程	-	3.2	3.2	3.0	1.1
主工程 合計	3.0	3.9	6.9	5.4	1.3
廃棄物処理・貯蔵設備	4.6	1.4	6.0	5.0	1.2
分析設備	0.6	0.8	1.4	1.3	1.1
保守・補修設備	4.5	4.2	8.8	6.9	1.3
ユーティリティ設備	6.8	6.1	12.9	10.3	1.3
その他(通路、倉庫、トラックエリア)	9.1	6.5	15.6	10.4	1.5
合計	28.5	22.9	51.4	39.2	1.3

*1 比率＝単独立地型施設の面積合計／一体型施設の面積

*2 単独立地型施設でのみ必要な設備であり、比率の定義はできない

4 おわりに

一体型リサイクル施設の経済効果の定量化を目的として、酸化燃料を対象にした金属電解法再処理 - 振動充填燃料製造の一体型施設概念設計 (50tHM/y) をもとに、再処理設備と燃料製造設備をそれぞれ独立した施設 (単独立地型リサイクル施設) とした場合について、単独立地型施設の概念構築と建設費の評価、ならびに一体型施設との比較・評価を行った。

その結果、再処理設備と燃料製造設備をそれぞれ独立した施設にすると、

- ①再処理製品の粉体燃料の貯蔵・払出・受入設備が、新たに必要となる
- ②粉体燃料貯蔵・払出・受入設備が追加となったことと、廃棄物処理・貯蔵設備、ユーティリティ設備等の付帯設備を両方の施設に設置したことにより、再処理・燃料製造・廃棄物処理・廃棄物貯蔵設備などが入った主建屋は、面積、体積ともに約30%大きくなる
- ③建設費も約30%増となる
- ④建設費増加分の約50%は新たに必要となった粉体燃料貯蔵・払出・受入設備費によるものであり、建設費増加分の約10%は付帯設備を両方の施設に設置したことによる

ことが明らかとなった。

上記の結果を、一体型リサイクル施設の経済効果の観点からいうと、再処理設備と燃料製造設備を一つの建屋に配置すると、再処理製品の払出・受入・貯蔵設備が不要になるために、単独立地型施設と比べて建設費で約20%の低減効果があることが明らかとなった。

また、再処理と燃料製造を別建屋にしても、隣接させて地下トレンチでつなげれば、再処理製品の払出・受入・貯蔵設備が不要となることから、10%程度の建設費低減効果が期待できる。

5 参考文献

- 1) 田中博、他：再処理システムの技術検討書、JNC TY9400 2000-025、核燃料サイクル開発機構 (2000)の4.3.1(2)項。
- 2) 田中博、他：再処理システム技術検討書 - 実用化戦略調査研究 (フェーズ I) 成果報告一、JNC TY9400 2001-014、核燃料サイクル開発機構 (2001)の4.3.1(2)項。
- 3) 河野秀作、他：燃料製造システムの技術検討書、JNC TY9400 2000-026、核燃料サイクル開発機構 (2000)の4.3.1(2)(ii)項。
- 4) 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 報告書一、JNC TY9400 2001-023、核燃料サイクル開発機構 (2001)の4.3.1(2)(ii)項。