

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震建物 21 <u>R4</u>
提出年月日	令和 3 年 <u>8 月 31 日</u>

## 設工認に係る補足説明資料

### 耐震設計の基本方針に関する

### MOX 燃料加工建屋に係る既認可からの変更点について

注記：文中の下線部は R3 から R4 への変更箇所を示す

## 目 次

1. 概要	1
2. 燃料加工建屋の既認可からの変更による添付書類「Ⅲ 耐震性に関する説明書」への影響の整理	2
2.1 建屋設計に関する既認可からの変更点	2
2.2 建屋設計の変更内容と評価条件への影響	2
2.2.1 排気筒の位置及び高さの変更	2
2.2.2 建屋の増床（建屋レイアウト変更含む。）及び階高の寸法変更	4
2.2.3 壁開口部の構造，寸法及び材質の変更	7
3. 重要区域の範囲，耐震クラス及び要求される安全上重要な機能	8
3.1 重要区域の範囲	8
3.2 重要区域の壁及び床の耐震クラス	12
3.3 重要区域の壁及び床に要求される安全上重要な機能	12

別紙1 地震応答解析及び応力解析における既認可からの主な変更点について（燃料加工建屋）

別紙1-付録 既認可と今回設工認の平面図及び断面図の比較並びに主な変更点について  
（燃料加工建屋）

別紙2 重要区域を構成する部材の詳細について

## 1. 概要

本資料は、新規制基準施行前に得た事業許可（平成 22 年 5 月 13 日許可）に基づく設工認（平成 25 年 2 月 28 日認可）（以下「既認可」という。）の内容から、新規制基準に適合させるために実施した設計変更が、耐震性の評価に与える影響について補足説明するものである。

MOX 燃料加工施設の第 1 回設工認申請（令和 2 年 12 月 24 日申請）の対象である燃料加工建屋は、設備・機器を新規制基準に適合させるために実施した設計変更等を踏まえて、既認可の内容から設計変更を行っている。

このため、本資料では、燃料加工建屋の設計の既認可からの変更点を整理するとともに、設工認申請のうち、添付書類「Ⅲ 耐震性に関する説明書」に対してこれらの変更点が与える影響について整理した。

また、燃料加工建屋の重要区域について、重要区域が有する安全上重要な機能について整理した。

本資料は、今回設工認申請（令和 2 年 12 月 24 日申請）のうち、以下に示す添付書類の補足説明に該当するものである。

- ・ MOX燃料加工施設 添付書類「Ⅲ-3-1-1-1 燃料加工建屋の地震応答計算書」
- ・ MOX燃料加工施設 添付書類「Ⅲ-3-1-1-2 燃料加工建屋の耐震計算書」

## 2. 燃料加工建屋の既認可からの変更による添付書類「Ⅲ 耐震性に関する説明書」への影響の整理

### 2.1 建屋設計に関する既認可からの変更点

燃料加工建屋に関し、既認可からの機器レイアウトの変更及びそれに伴う設計変更を行った内容は、以下のとおりである。

- 排気筒の位置及び高さの変更  
(波及的影響の発生防止及び他工事との干渉回避のため)
- 建屋の増床(建屋内レイアウト変更を含む。)及び階高の寸法変更  
(重大事故等対処施設の追加設置等により、機器設置スペースを確保するため)
- 壁開口部の構造、寸法及び材質の変更  
(開口部の配置変更及び火災防護対策のため)

これらの設計変更について、既認可の内容に対する影響確認を行った。

### 2.2 建屋設計の変更内容と評価条件への影響

#### 2.2.1 排気筒の位置及び高さの変更

##### (1) 変更内容

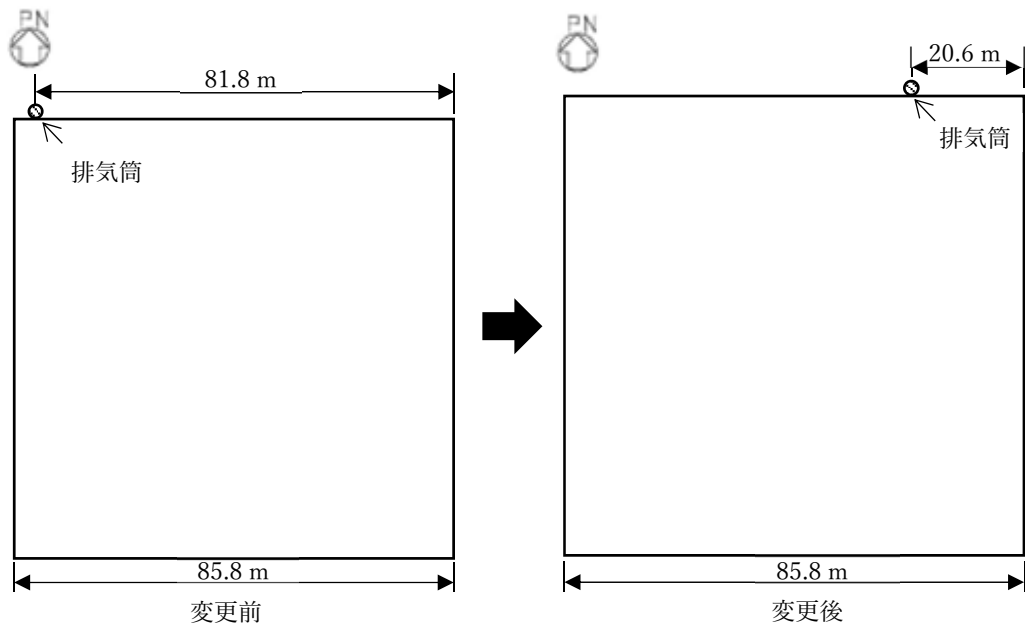
第2.2.1-1図のとおり、燃料加工建屋に支持される排気筒は、燃料加工建屋北西側外壁面に設置していたが、約60m東へ移動させ、北東側外壁面に設置する変更を行う。設計変更後の排気筒と建物との取り合いを第2.2.1-2図に示す。

また、排気筒の高さについては、25mから20mに変更する。

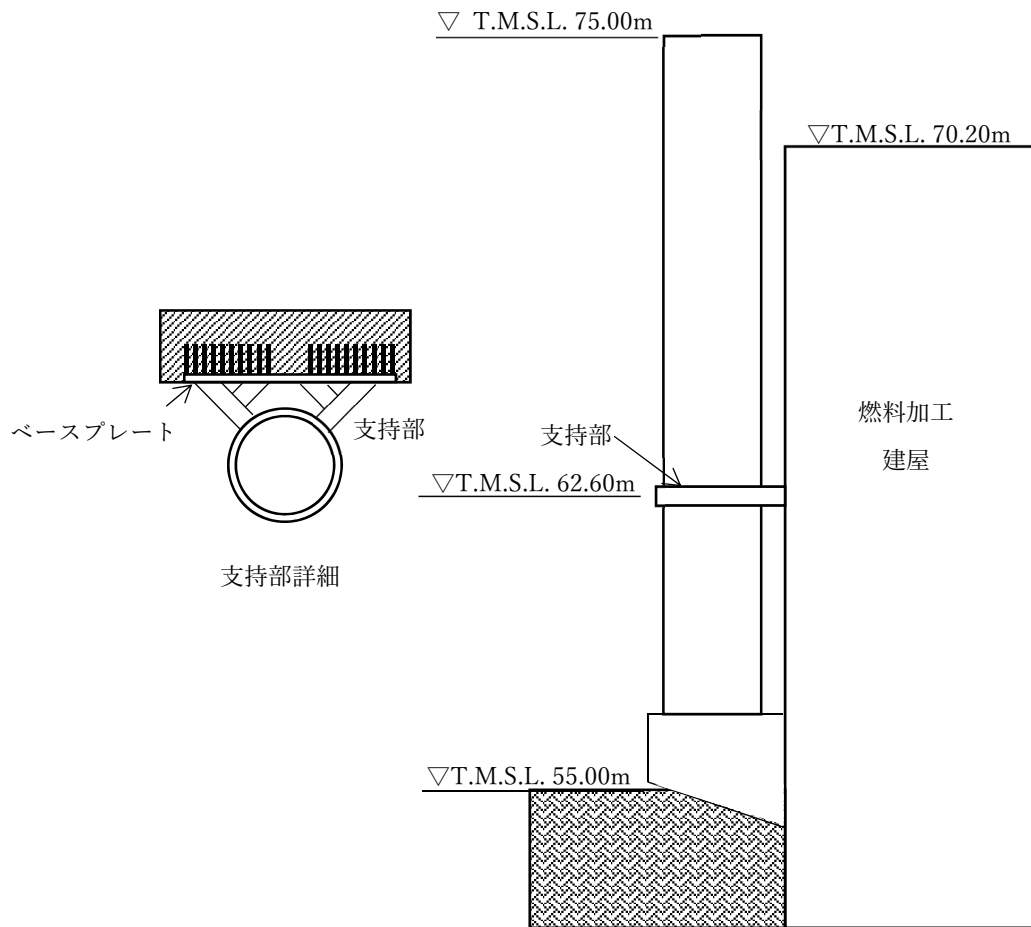
##### (2) 変更理由

上記変更の理由は以下のとおりである。

- 位置変更については、貯蔵容器搬送用洞道の工事と気中ダクト及び排気筒の工事を独立して行うため。
- 高さ変更については、万一転倒した場合であっても再処理施設のウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋に波及的影響を及ぼさないようにするため。



第 2.2.1-1 図 排気筒の位置変更



第 2.2.1-2 図 設計変更後の排気筒と燃料加工建屋との取り合い

(3) 評価条件への影響

排気筒の位置及び高さの変更により、燃料加工建屋の耐震評価で考慮する排気筒の重量が変更となるため、以下の計算書における評価条件に変更が生じる。

- 添付書類「Ⅲ-3-1-1-1 燃料加工建屋の地震応答計算書」
- 添付書類「Ⅲ-3-1-1-2 燃料加工建屋の耐震計算書」

「排気筒の位置及び高さの変更」については、地震応答解析モデルへ反映している。

詳細については、別紙1「地震応答解析及び応力解析における既認可からの主な変更点について (燃料加工建屋)」に示す。

2.2.2 建屋の増床（建屋レイアウト変更含む。）及び階高の寸法変更

(1) 変更内容

第2.2.2-1図及び第2.2.2-2図のとおり、建屋北側屋上部分を増床するとともに、増床に併せて建屋レイアウトを変更する。また、地下3階及び地下2階の階高を、それぞれ60cm高くする。

なお、増床箇所に設置する設備は一般系の設備とし、窒素循環用冷却水設備、常用所内電源設備等を設置する。

(2) 変更理由

上記変更の理由は以下のとおりである。

- 新規制基準対応として、火災消火用のガスボンベの追加設置等が必要となったことから、既認可における建屋レイアウトでは設備・機器を燃料加工建屋内に収納することができないため。
- グローブボックスの耐震Sクラス化に伴う耐震サポートの追加、火災発生時の延焼を防止するための延焼防止ダンパ等の追加が必要となり、既認可の階高では工程室内の天井部分における設置スペースの確保が困難となるため。

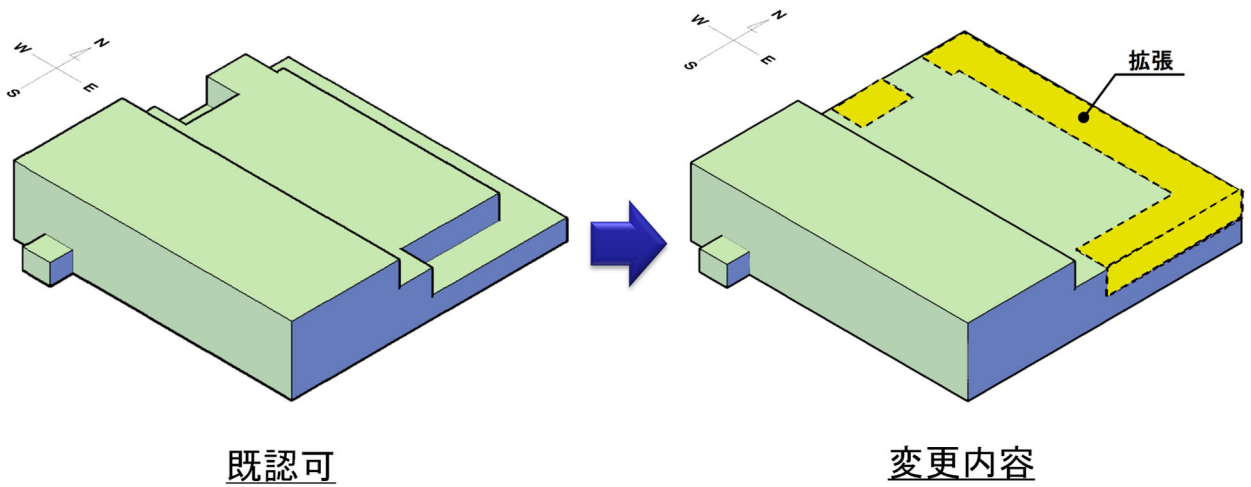
(3) 評価条件への影響

建屋の増床及び階高の寸法変更により、燃料加工建屋の重量・剛性等が変更となるため、以下の計算書における評価条件に変更が生じる。

- 添付書類「Ⅲ-3-1-1-1 燃料加工建屋の地震応答計算書」
- 添付書類「Ⅲ-3-1-1-2 燃料加工建屋の耐震計算書」

「建屋の増床」及び「建屋の階高の変更」については、地震応答解析モデルへ反映している。

これらの詳細については、別紙1「地震応答解析及び応力解析における既認可からの主な変更点について（燃料加工建屋）」に示す。



第 2.2.2-1 図 建屋の増床のイメージ

階数	主な設備配置等	階数	主な設備配置等	下線部：変更箇所
2F	非常用所内電源設備(給気機械室) 給気設備 窒素循環用冷却設備	2F	非常用所内電源設備 (給気機械室) 給気設備 <b>廃棄物保管エリア(一部)</b>	<b>窒素循環用冷却水設備 非常用所内電源設備</b>
1F	非常用所内電源設備(発電機) 中央監視室 常用所内電源設備	1F	非常用所内電源設備(発電機) <b>非常用所内電源設備室(拡張)</b> <b>中央監視室(拡張) 計算機室(拡張)</b>	
B1F	ウラン貯蔵エリア 廃棄物保管エリア 気体廃棄設備(排風機 排気フィルター)	B1F	ウラン貯蔵エリア <b>廃棄物保管エリア(縮小)</b> 気体廃棄設備(排風機 排気フィルター) <b>消火用ガスボンベ庫(追加)</b>	
B2F	燃料棒 集合体組立工程設備 分析工程設備 小規模試験設備	B2F	燃料棒 集合体組立工程設備 分析工程設備 小規模試験設備 <b>防火シャッター 延焼防止ダンパ等(追加)</b>	
B3F	粉末調整分析工程設備 ペレット加工工程設備	B3F	粉末調整分析工程設備 ペレット加工工程設備 <b>防火シャッター 延焼防止ダンパ等(追加)</b>	

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑
↑
↑
↑

↑
↑
↑



### 2.2.3 壁開口部の構造，寸法及び材質の変更

#### (1) 変更内容

燃料加工建屋の壁開口部の構造，寸法及び材質を，設置する設備・機器に合わせて変更する。

#### (2) 変更理由

上記変更の理由は以下のとおりである。

- 2.2.2 に示す建屋の増床，階高変更及びレイアウト変更に伴い変更又は追加設置する設備・機器があり，これらの設備・機器に合わせた開口が必要となるため。
- 一部の壁開口部について，材質を変更することで，火災防護対策としての3時間耐火性能を確保するため。

#### (3) 評価条件への影響

壁開口部の変更により，燃料加工建屋の耐震評価モデルにおける拘束条件の見直し等が必要なため，以下の計算書における評価条件に変更が生じる。

- 添付書類「Ⅲ-3-1-1-1 燃料加工建屋の地震応答計算書」
- 添付書類「Ⅲ-3-1-1-2 燃料加工建屋の耐震計算書」

「壁開口部の変更」については，地震応答解析モデル及び基礎スラブの応力解析モデルへ反映している。

詳細については，別紙1「地震応答解析及び応力解析における既認可からの主な変更点について（燃料加工建屋）」に示す。

### 3. 重要区域の範囲，耐震クラス及び要求される安全上重要な機能

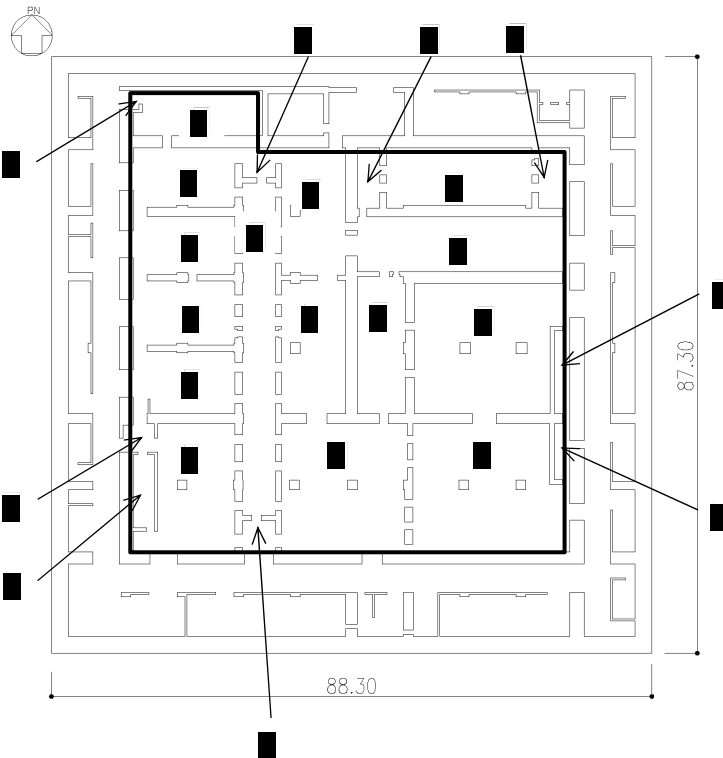
#### 3.1 重要区域の範囲

事業変更許可申請書における安全上重要な施設の選定では，「プルトニウムを非密封で取り扱う設備・機器を収納するグローブボックス等を直接収納する構築物」として，以下枠内に示す区域の境界の壁及び床を安全上重要な施設に選定している。


具体的には，次頁の第 3.1-1 図，第 3.1-2 図及び第 3.1-3 図に示す範囲が燃料加工建屋の重要区域である。

・以下の部屋で構成する区域

原料受払室，原料受払室前室，粉末調整第 1 室，粉末調整第 2 室，粉末調整第 3 室，粉末調整第 4 室，粉末調整第 5 室，粉末調整第 6 室，粉末調整第 7 室，粉末調整室前室，粉末一時保管室，点検第 1 室，点検第 2 室，ペレット加工第 1 室，ペレット加工第 2 室，ペレット加工第 3 室，ペレット加工第 4 室，ペレット加工室前室，ペレット一時保管室，ペレット・スクラップ貯蔵室，点検第 3 室，点検第 4 室，現場監視第 1 室，現場監視第 2 室，スクラップ処理室，スクラップ処理室前室，分析第 3 室

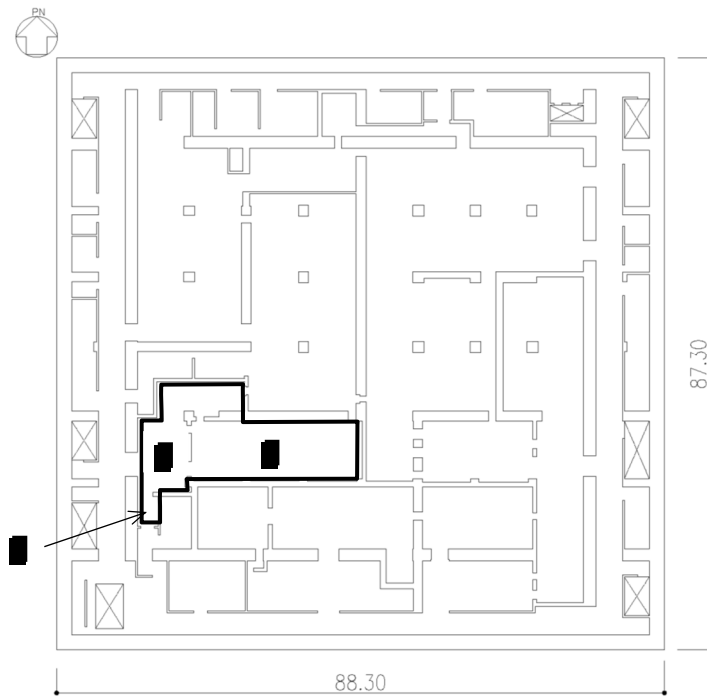


- |                  |              |
|------------------|--------------|
| 1 原料受払室          | 13 ベレット一時保管室 |
| 2 粉末調整第1室        | 14 ベレット加工第3室 |
| 3 粉末調整第2室        | 15 ベレット加工第2室 |
| 4 粉末調整第3室        | 16 原料受払室前室   |
| 5 粉末調整第4室        | 17 粉末調整室前室   |
| 6 粉末調整第5室        | 18 現場監視第1室   |
| 7 粉末一時保管室        | 19 点検第1室     |
| 8 粉末調整第6室        | 20 点検第2室     |
| 9 粉末調整第7室        | 21 点検第3室     |
| 10 ベレット加工第1室     | 22 点検第4室     |
| 11 ベレット・スクラップ貯蔵室 | 23 現場監視第2室   |
| 12 ベレット加工第4室     | 24 ベレット加工室前室 |


 重要区域の範囲を示す。

注記：建屋寸法は、壁外面押えとする。

第 3.1-1 図 重要区域の範囲（燃料加工建屋地下3階の概略平面図）

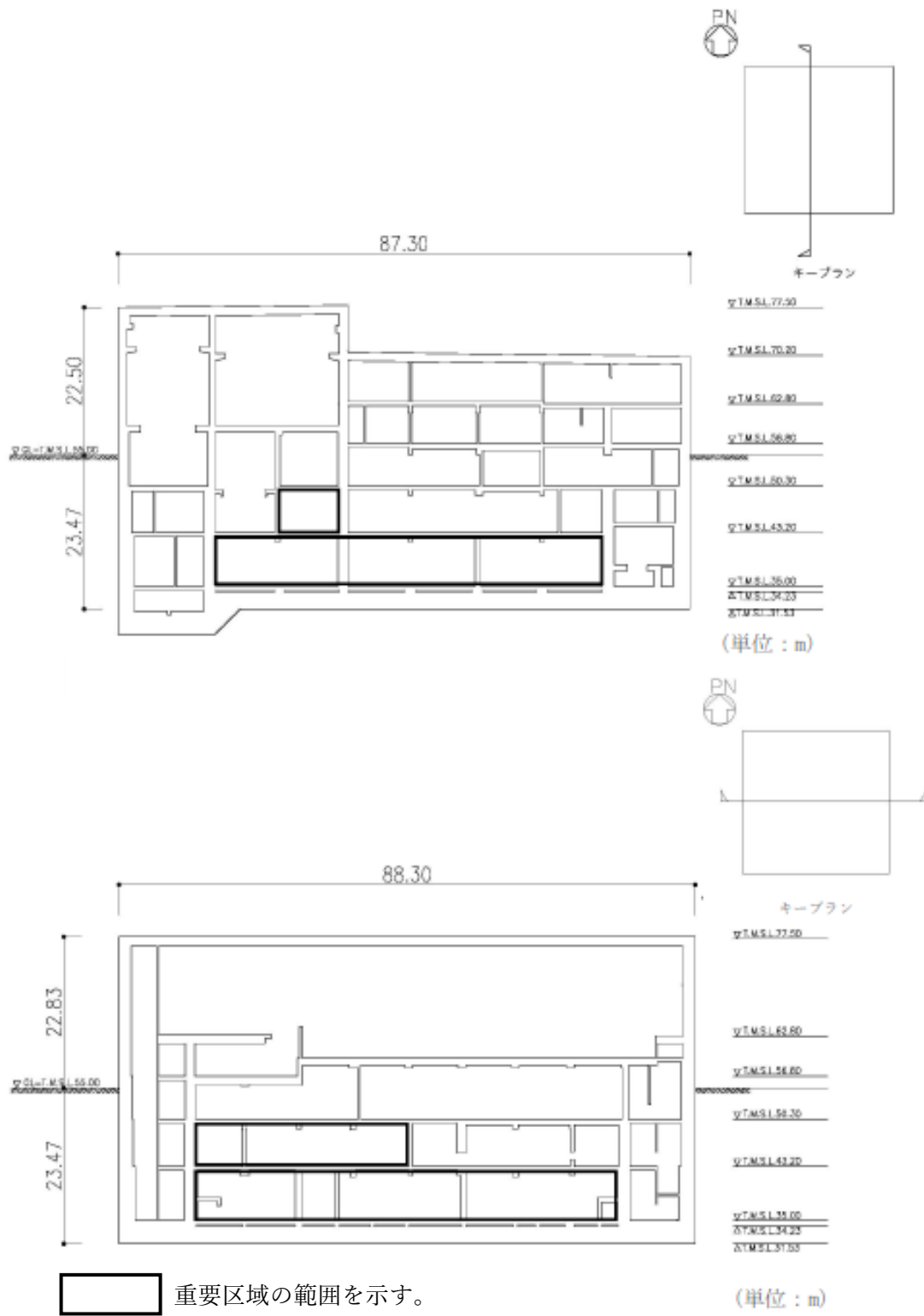


- 1 スクラップ処理室
- 2 分析第3室
- 3 スクラップ処理室前室

 重要区域の範囲を示す。

注記：建屋寸法は、壁外面押えとする。

第 3.1-2 図 重要区域の範囲（燃料加工建屋地下 2 階の概略平面図）



第 3.1-3 図 重要区域の範囲（燃料加工建屋の概略断面図）

【上：NS 方向，下：EW 方向】

### 3.2 重要区域の壁及び床の耐震クラス

重要区域の壁及び床は、MOX 粉末を非密封で取り扱う設備・機器を収納する S クラスのグローブボックス等を直接収納する施設であることから、当該グローブボックス等から MOX 粉末が漏えいした場合であっても、放射性物質の過度の放出を防止するための施設として、耐震 S クラスとしている。

### 3.3 重要区域の壁及び床に要求される安全上重要な機能

#### 3.3.1 要求される安全上重要な機能

非密封の MOX 粉末を取り扱う設備・機器は、作業環境中に MOX 粉末が飛散又は漏えいすることのないようにグローブボックス等に収納する設計としており、MOX 粉末を取り扱う主要なグローブボックス等は耐震 S クラスの設計としているため、基準地震動による地震力に対しても、当該グローブボックス等の閉じ込め機能が維持される設計である。

ただし、万一グローブボックスから MOX 粉末が漏えいした場合であっても、放射性物質を限定された区域に閉じ込めるために、重要区域の壁及び床については、閉じ込め機能として「放射性物質の過度の放出を防止する機能(MS)」が要求される。

#### 3.3.2 機能維持の考え方

万一グローブボックスから MOX 粉末が漏えいしても、火災等の MOX 粉末を外部に放出する駆動力がなければ外部へ放射性物質が積極的に放出されることはないため、重要区域の壁及び床が諸室としての構成を喪失しないこと、すなわち重要区域の壁及び床が、基準地震動による地震力に対しても終局状態に至らず崩壊しないことで、閉じ込め機能を維持することができる。

このため、機能維持の評価として以下について確認する。

##### (1) 重要区域の壁の評価

耐震壁の最大せん断ひずみ度が放射性物質の過度の放出を防止する機能を維持するための許容限界を超えないことを確認する。許容限界については第 3.3-1 表に示す。

##### (2) 重要区域の床の評価

部材に生じる応力が放射性物質の過度の放出を防止する機能を維持するための許容限界を超えないことを確認する。許容限界については第 3.3-1 表に示す。

第 3.3-1 表 重要区域の壁及び床の許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
-	構造強度を有すること	基準地震動 S <sub>s</sub>	重要区域の壁	耐震壁の最大せん断ひずみ度が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ度 $2.0 \times 10^{-3}$
			重要区域の床	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界に対して妥当な安全余裕を有することを確認	「RC-N規準」に基づく終局耐力 *2
閉じ込め機能	放射性物質の過度の放出を防止する機能を損なわないこと	基準地震動 S <sub>s</sub>	重要区域の壁	耐震壁の最大せん断ひずみ度が放射性物質の過度の放出を防止する機能を維持するための許容限界を超えないことを確認*1	最大せん断ひずみ度 $2.0 \times 10^{-3}$
			重要区域の床	部材に生じる応力が放射性物質の過度の放出を防止する機能を維持するための許容限界を超えないことを確認*3	「RC-N規準」に基づく終局耐力 *2

\*1：機能維持のための考え方は「重要区域の壁及び床が諸室としての構成を喪失しないこと」であるが、さらなる安全余裕を考慮して、評価基準値としては、耐震壁の構造強度の確認に用いる許容限界を採用する。

\*2：許容限界は終局耐力に対し妥当な安全余裕を有したのものとして設定することとするが、断面の評価の判定値としては、短期許容応力度を採用する。

\*3：機能維持のための考え方は「重要区域の壁及び床が諸室としての構成を喪失しないこと」であるが、さらなる安全余裕を考慮して、評価基準値としては、重要区域の床の構造強度の確認に用いる許容限界を採用し、短期許容応力度とする。

### 3.3.3 重要区域の二重床の機能について

地下3階のうち、非密封のMOX粉末を取り扱うエリアについては、万一の地下水の浸透に対する地下浸透水防止の機能として、基礎スラブ上にバッファとしての空間ができるように二重床とし、当該エリアの床が直接地下水に触れないようにしている。また、地下3階の重要区域は上記エリアに該当するため二重床を設けているが、地下浸透水防止の機能は安全上重要な機能に該当しない。

このため、重要区域の二重床については、重要区域の一部として上記3.3.1で示す閉じ込め機能のみが要求され、上記3.3.2に示すとおり当該機能が維持できることを確認している。

詳細については、別紙2「重要区域を構成する部材の詳細について」に示す。



# 別紙

## 耐震建物21【MOX燃料加工建屋に係る既認可からの変更点について】

別紙				備考
資料No.	名称	提出日	Rev	
別紙1	地震応答解析及び応力解析における既認可からの主な変更点について(燃料加工建屋)	6/29	3	
別紙1-付録	既認可と今回設工認の平面図及び断面図の比較並びに主な変更点について(燃料加工建屋)	8/31	4	
別紙2	重要区域を構成する部材の詳細について	6/29	3	

## 別紙1 ー付録

既認可と今回設工認の平面図及び断面図の比較  
並びに主な変更点について  
(燃料加工建屋)

目 次

1. 平面図及び断面図の既認可との比較	1
2. 地震応答解析における既認可からの変更点	10
3. 応力解析における既認可からの変更点	26

1. 平面図及び断面図の既認可との比較

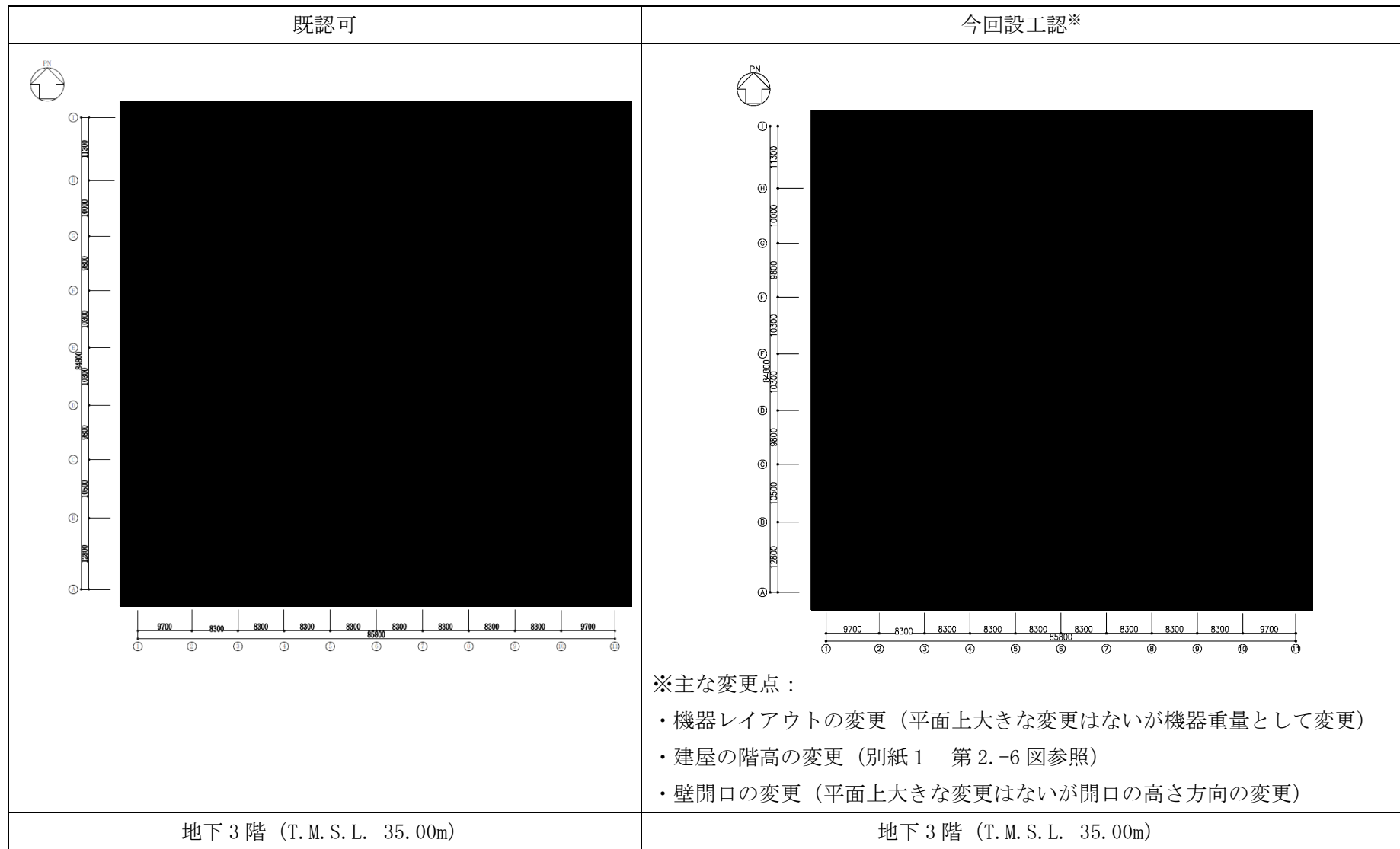
既認可からの主な変更点として、機器レイアウトの変更（排気筒の位置及び高さの変更を含む）、並びに、それに伴う建屋の増床、階高の変更及び壁開口の変更を行っている。

各階の既認可と今回設工認の主な変更点等を一覧で示したものを第 1.-1 表に、各階の既認可と今回設工認の平面図の比較を第 1.-1 図に示す。なお、断面図は別紙 1 第 2.-6 図による。

これらの変更は、別紙 1 と同様にモデルの重量、高さ及び剛性に反映している。

第 1.-1 表 各階の主な変更点

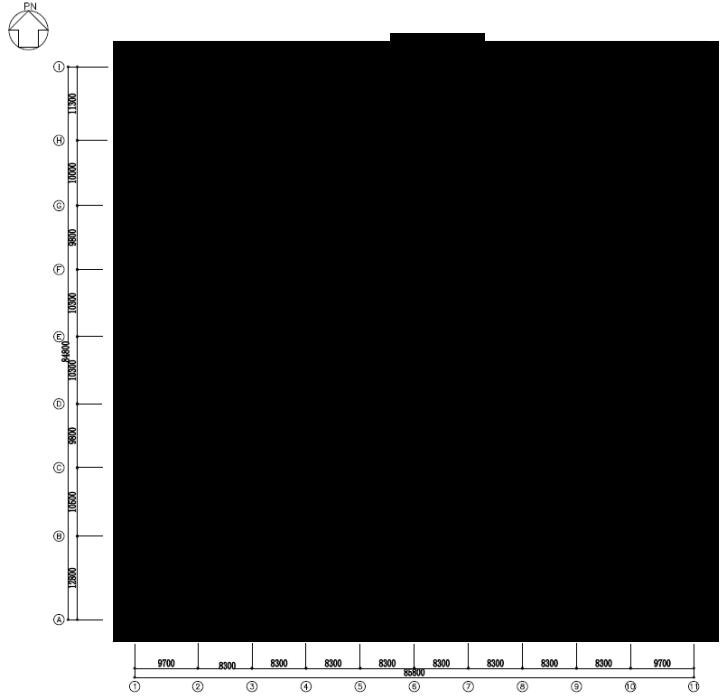
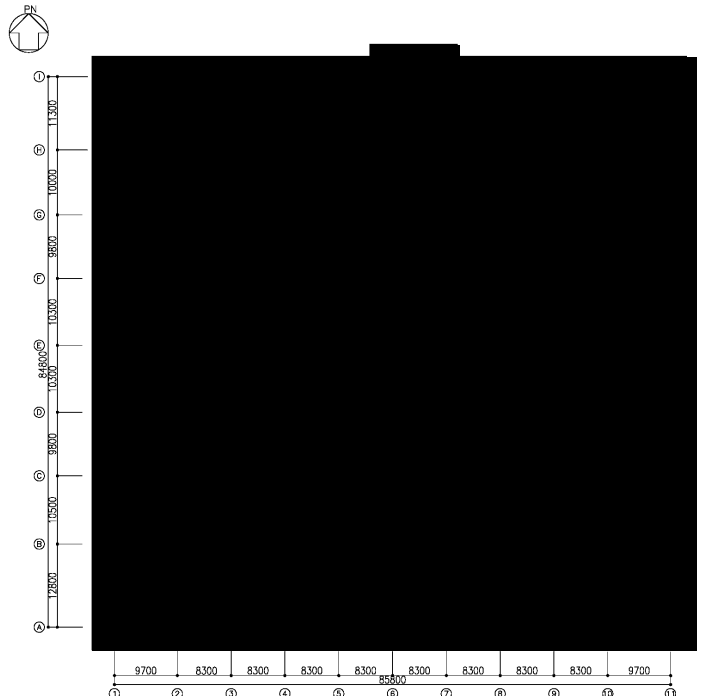
	主な変更点
地下 3 階	機器レイアウトの変更
	建屋の階高の変更
	壁開口の変更
地下 3 階中 2 階	機器レイアウトの変更
	建屋の階高の変更
	壁開口の変更
地下 2 階	機器レイアウトの変更
	建屋の階高の変更
	壁開口の変更
地下 1 階	機器レイアウトの変更
	壁開口の変更
1 階	機器レイアウトの変更
	壁開口の変更
2 階	機器レイアウトの変更
	建屋の増床
	壁開口の変更
塔屋階	機器レイアウトの変更
	建屋の増床
	壁開口の変更
屋上階	機器レイアウトの変更
	壁開口の変更



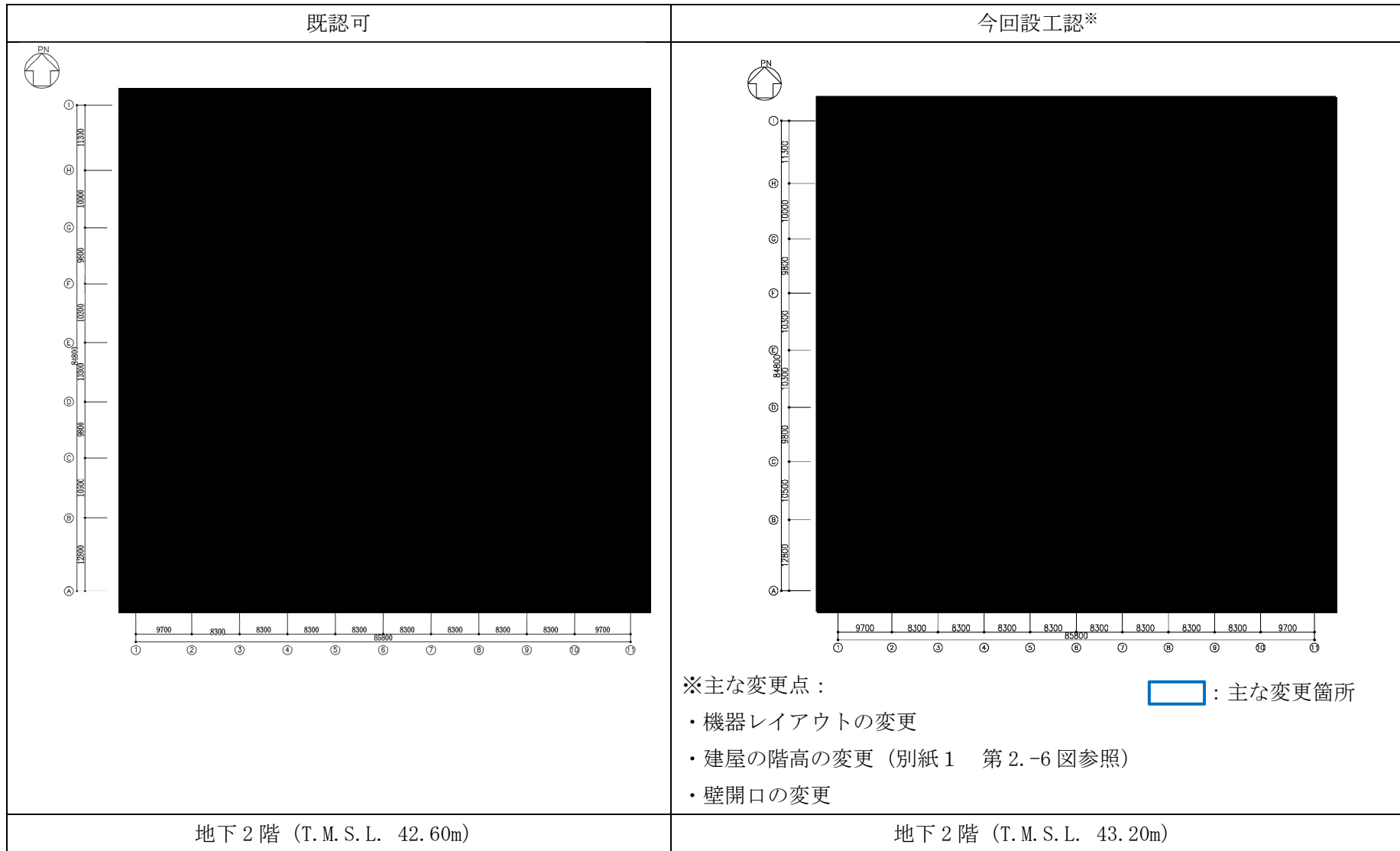
※主な変更点：

- ・機器レイアウトの変更 (平面上大きな変更はないが機器重量として変更)
- ・建屋の階高の変更 (別紙1 第2.-6 図参照)
- ・壁開口の変更 (平面上大きな変更はないが開口の高さ方向の変更)

第 1.-1 図 平面図 (1/8)

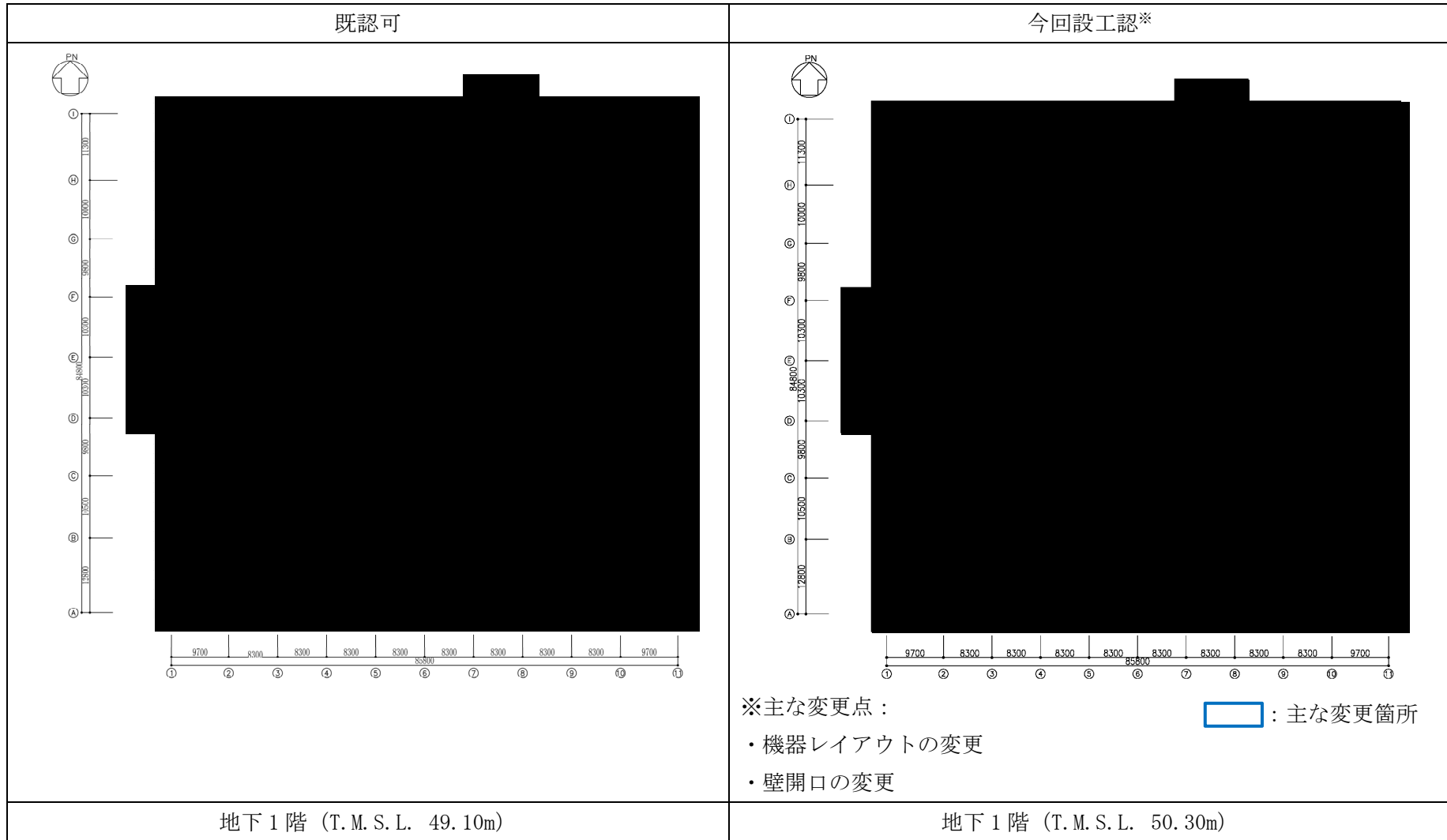
既認可	今回設工認※
	 <p>※主な変更点：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 機器レイアウトの変更</li> <li>・ 建屋の階高の変更* (別紙1 第2.-6 図参照)</li> <li>・ 壁開口の変更</li> </ul> <p>*：地下3階～地下3階中2階 (T. M. S. L. 35.00m～T. M. S. L. 38.30m) については階高の変更無し。</p>
<p>地下3階中2階 (T. M. S. L. 38.30m)</p>	<p>地下3階中2階 (T. M. S. L. 38.30m)</p>

第1.-1 図 平面図 (2/8)

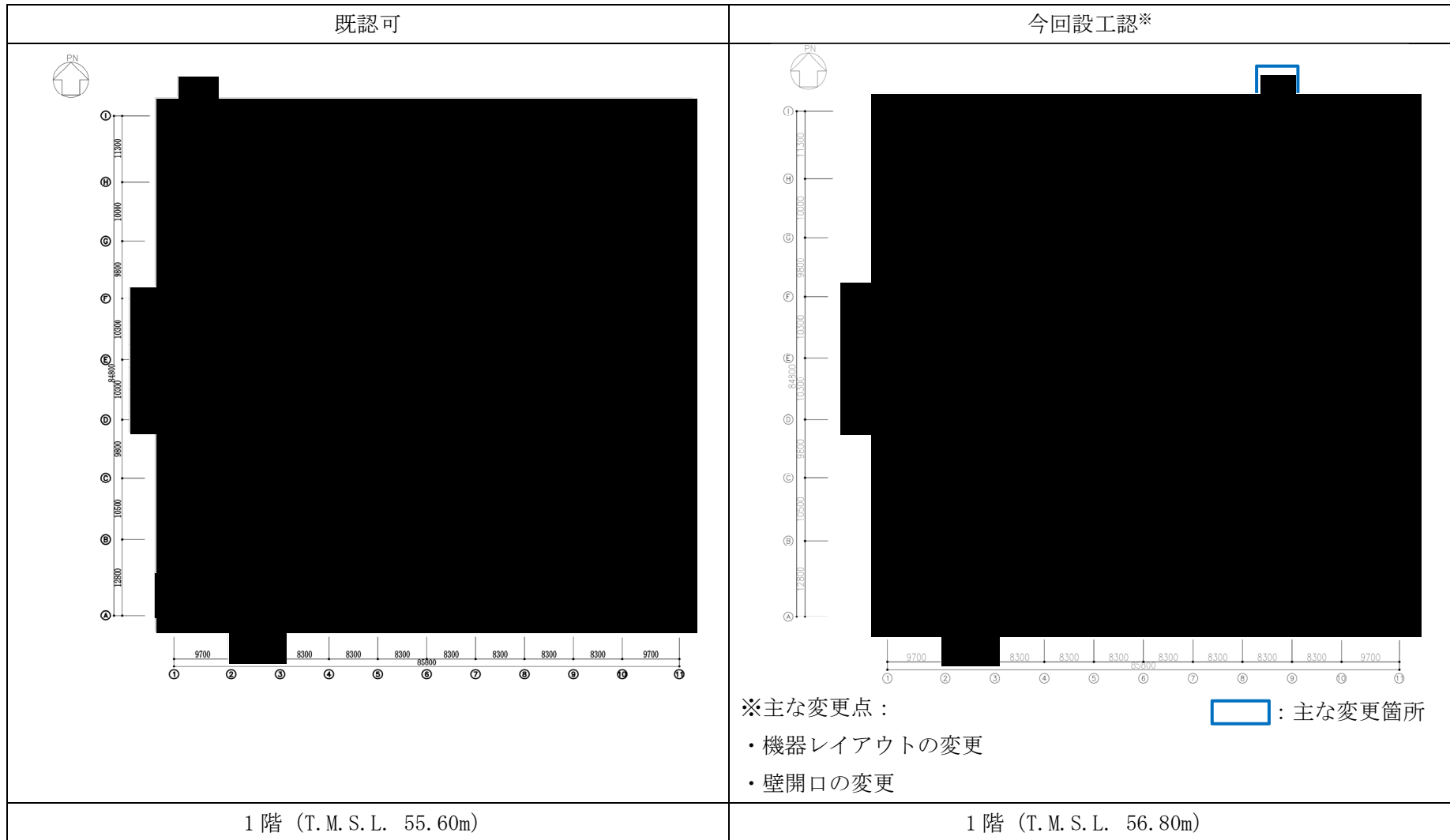


第1.-1図 平面図 (3/8)





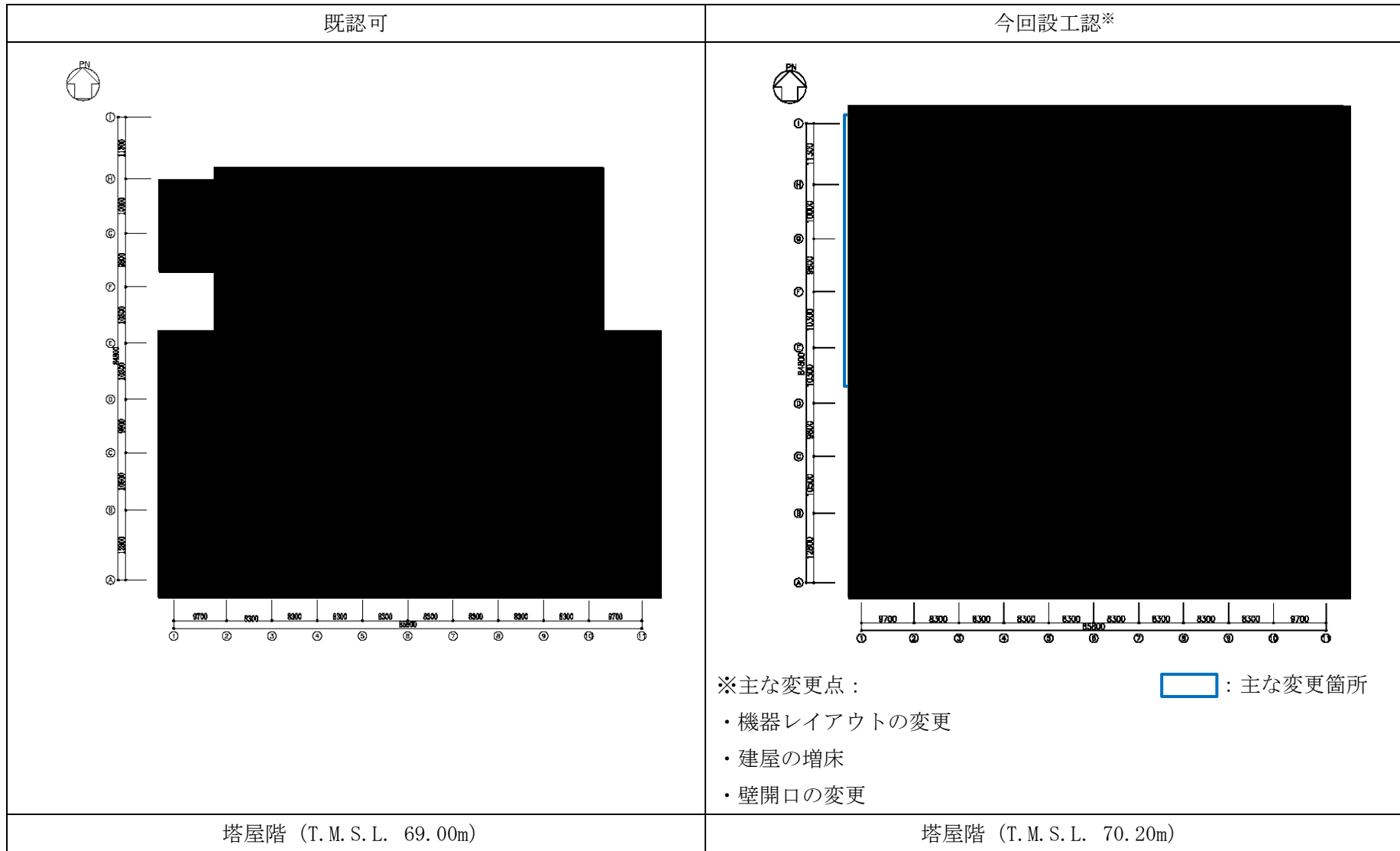
第1.-1図 平面図 (4/8)



第 1. -1 図 平面図 (5/8)


既認可	今回設工認※
	<p>※主な変更点：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・機器レイアウトの変更</li> <li>・建屋の増床</li> <li>・壁開口の変更</li> </ul> <p>■：主な変更箇所</p>
2階 (T.M.S.L. 61.60m)	2階 (T.M.S.L. 62.80m)

第 1.-1 図 平面図 (6/8)

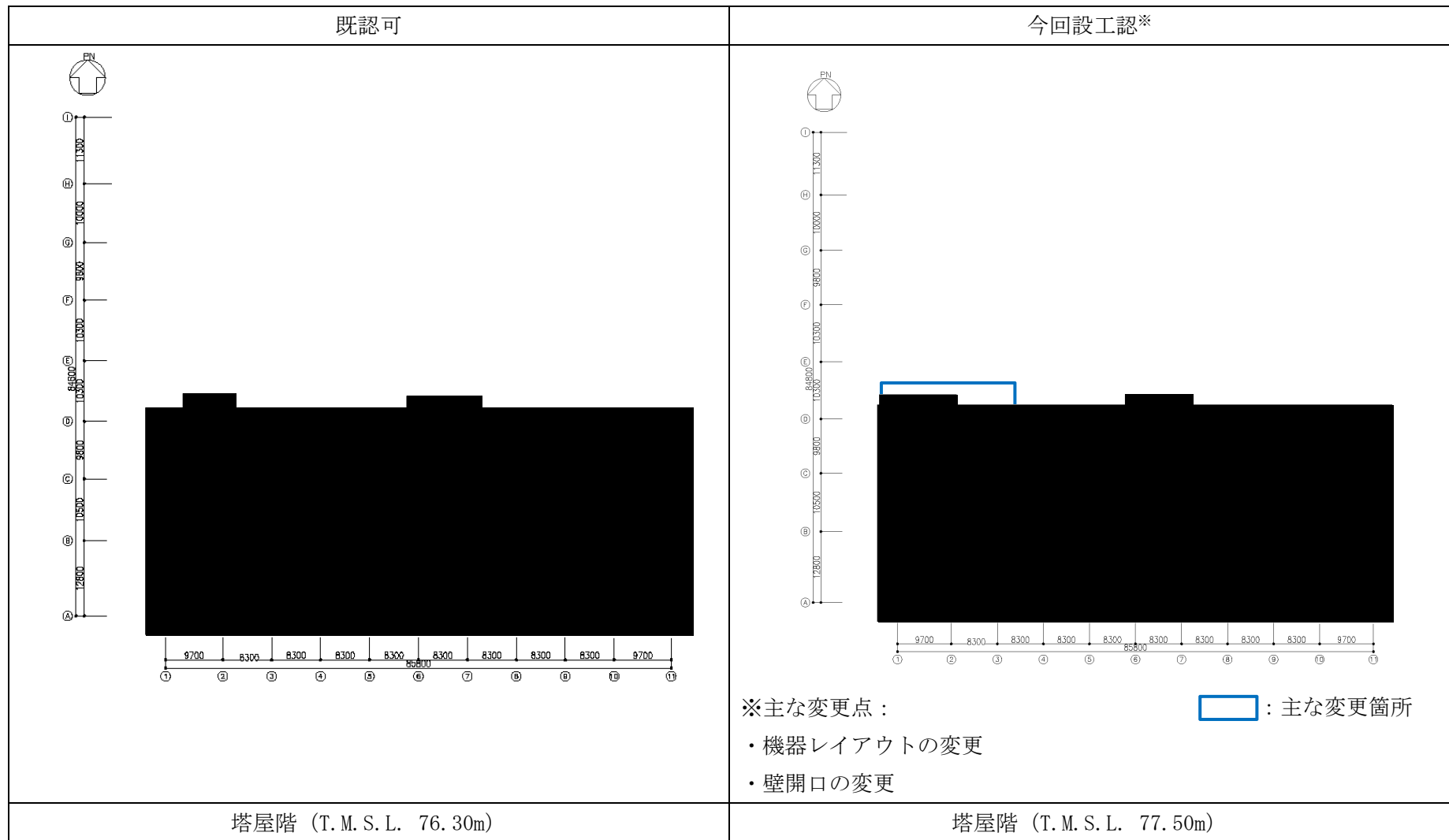


※主な変更点：

- ・機器レイアウトの変更
- ・建屋の増床
- ・壁開口の変更

：主な変更箇所

第 1. -1 図 平面図 (7/8)



第 1. -1 図 平面図 (8/8)

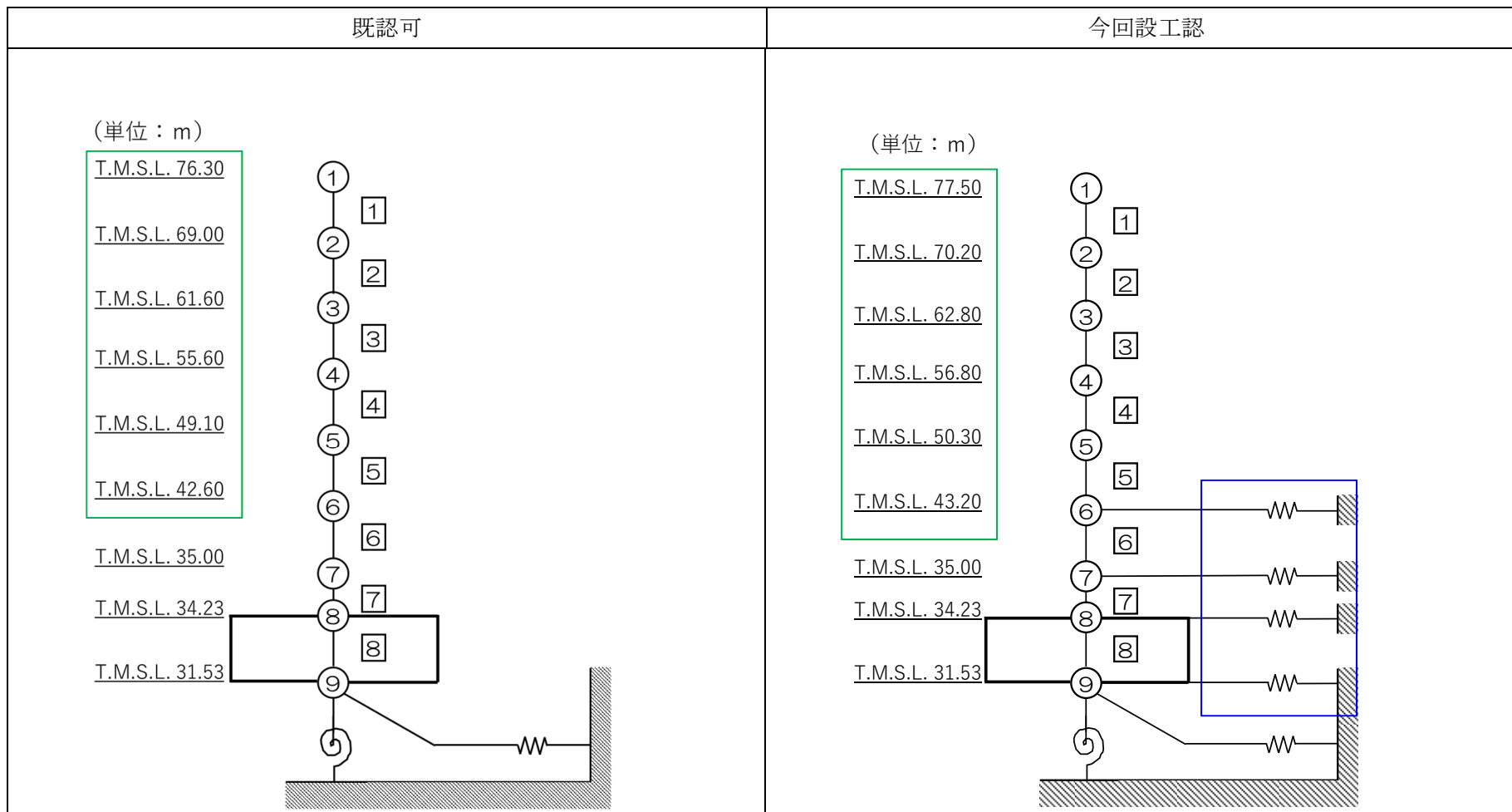
## 2. 地震応答解析における既認可からの変更点

機器レイアウトの変更（排気筒の位置及び高さの変更を含む）、並びに、それに伴う建屋の増床、階高の変更及び壁開口の変更に伴い、燃料加工建屋の地震応答解析モデルについては、重量・剛性の変更を行っていることから、その内容について説明する。

地震応答解析モデル及びモデル諸元の変更点を第 2.-1 図及び第 2.-1 表に示す。また、燃料加工建屋の地震応答解析モデル及び手法の比較を第 2.-2 表に、静的地震力の算定方法の比較を第 2.-3 表に示す。

今回設工認における階高の変更に伴い 1 階床レベルが地表面から 1.8m 高くなることについては、1 階床レベル（質点番号 4）に側面地盤ばねを設定しないことから、地震応答解析モデルの設定において支障はないと考えられる。

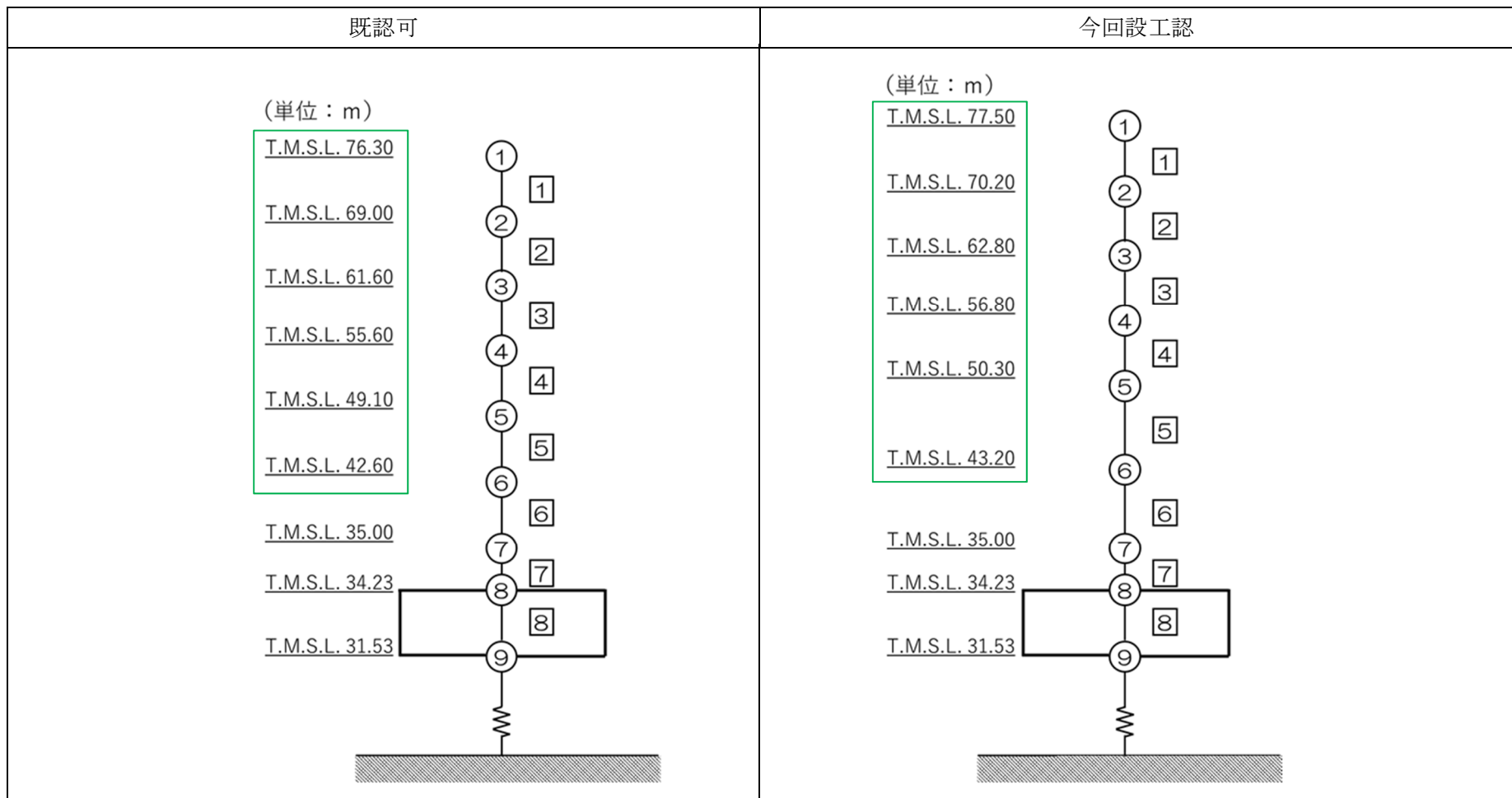
なお、参考として既認可における固有値解析結果を第 2.-2 図に、直下地盤を考慮した今回設工認における固有値解析結果を第 2.-3 図に示す。今回設工認における固有値解析結果について、既認可から大きな変化はないが、建屋が高くなったことや上部重量の増加に伴い、水平方向はやや長周期化している。



a) 水平方向

- : 地下 3 階及び地下 2 階の階高の変更に伴い、質点レベルを変更
- : 側面地盤ばねの考慮による変更

第 2.-1 図 地震応答解析モデルの変更点 (1/2)



(b) 鉛直方向

: 地下3階及び地下2階の階高の変更に伴い、質点レベルを変更

第 2. -1 図 地震応答解析モデルの変更点 (2/2)



第2.-1表 諸元の変更点（重量）

質点番号	階層	重量 W (kN)		変更理由
		既認可	今回設工認	
1	屋上	173,730	174,000	①, ④, ⑤
2	塔屋階	254,197	329,000	①, ②, ④, ⑤
3	2階	386,080	385,000	①, ②, ④, ⑤
4	1階	413,204	429,000	①, ④, ⑤
5	地下1階	453,967	492,000	①, ③, ④, ⑤
6	地下2階	487,532	530,000	①, ③, ④, ⑤
7	地下3階	366,802	386,000	①, ③, ④, ⑤
8	二重床	276,514	277,000	①, ⑤
9	基礎	279,083	280,000	⑤

変更理由

- ①機器レイアウトの変更に伴い再計算
- ②建屋の増床に伴い再計算
- ③階高の変更に伴い再計算
- ④壁開口の変更に伴い再計算
- ⑤端数切り上げによる変更

第2.-1表 諸元の変更点 (回転慣性重量)

質点番号	階層	回転慣性重量 $I_g$ ( $\times 10^6 \text{kN} \cdot \text{m}^2$ )		変更理由
		既認可	今回設工認	
1	屋上	17.86	17.90	①, ④, ⑤
2	塔屋階	116.38	209.00	①, ②, ④, ⑤
3	2階	245.34	244.70	①, ②, ④, ⑤
4	1階	262.60	272.70	①, ④, ⑤
5	地下1階	288.55	312.80	①, ③, ④, ⑤
6	地下2階	309.92	337.00	①, ③, ④, ⑤
7	地下3階	233.08	245.30	①, ③, ④, ⑤
8	二重床	175.67	176.00	①, ⑤
9	基礎	177.30	177.90	⑤

(a) NS 方向

質点番号	階層	回転慣性重量 $I_g$ ( $\times 10^6 \text{kN} \cdot \text{m}^2$ )		変更理由
		既認可	今回設工認	
1	屋上	112.96	113.10	①, ④, ⑤
2	塔屋階	142.53	213.90	①, ②, ④, ⑤
3	2階	250.99	250.30	①, ②, ④, ⑤
4	1階	268.65	278.90	①, ④, ⑤
5	地下1階	295.19	320.00	①, ③, ④, ⑤
6	地下2階	317.05	344.70	①, ③, ④, ⑤
7	地下3階	238.45	250.90	①, ③, ④, ⑤
8	二重床	179.71	180.00	①, ⑤
9	基礎	181.38	182.00	⑤

(b) EW 方向

変更理由

- ①機器レイアウトの変更に伴い再計算
- ②建屋の増床に伴い再計算
- ③階高の変更に伴い再計算
- ④壁開口の変更に伴い再計算
- ⑤端数切り上げによる変更

第2.-1表 諸元の変更点（断面二次モーメント）

要素番号	階層	断面二次モーメント I ( $\times 10^4 \text{m}^4$ )		変更理由
		既認可	今回設工認	
1	塔屋階	2.31	2.06	①, ④
2	2階	5.66	29.12	①, ②, ④
3	1階	31.62	30.27	①, ④
4	地下1階	42.38	37.63	①, ④
5	地下2階	48.00	45.79	①, ④
6	地下3階	54.22	49.22	①, ④
7	二重床	229.64	230.69	①
8	基礎	489.58	489.58	—

(a) NS方向

要素番号	階層	断面二次モーメント I ( $\times 10^4 \text{m}^4$ )		変更理由
		既認可	今回設工認	
1	塔屋階	19.47	20.63	①, ④
2	2階	18.66	40.32	①, ②, ④
3	1階	36.93	39.93	①, ④
4	地下1階	42.77	46.57	①, ④
5	地下2階	45.47	50.51	①, ④
6	地下3階	51.03	57.14	①, ④
7	二重床	353.31	354.92	①
8	基礎	500.86	500.86	—

(b) EW方向

変更理由

- ①機器レイアウトの変更に伴い再計算
- ②建屋の増床に伴い再計算
- ③階高の変更に伴い再計算
- ④壁開口の変更に伴い再計算
- ⑤端数切り上げによる変更

第2.-1表 諸元の変更点（せん断断面積）

要素番号	階層	せん断断面積 As (m <sup>2</sup> )		変更理由
		既認可	今回設工認	
1	塔屋階	133.3	133.3	—
2	2階	300.7	362.5	①, ②, ④
3	1階	472.4	474.4	①, ④
4	地下1階	646.7	640.5	①, ④
5	地下2階	740.5	749.8	①, ④
6	地下3階	851.1	876.1	①, ④
7	二重床	2956.9	2956.9	—
8	基礎	7708.6	7708.6	—

(a) NS 方向

要素番号	階層	せん断断面積 As (m <sup>2</sup> )		変更理由
		既認可	今回設工認	
1	塔屋階	299.7	300.1	①, ④
2	2階	385.3	415.6	①, ②, ④
3	1階	524.3	522.9	①, ④
4	地下1階	636.8	633.2	①, ④
5	地下2階	788.1	791.3	①, ④
6	地下3階	950.9	975.9	①, ④
7	二重床	3852.8	3852.8	—
8	基礎	7708.6	7708.6	—

(b) EW 方向

変更理由

- ①機器レイアウトの変更に伴い再計算
- ②建屋の増床に伴い再計算
- ③階高の変更に伴い再計算
- ④壁開口の変更に伴い再計算
- ⑤端数切り上げによる変更

第2.-1表 諸元の変更点（軸断面積）

要素番号	階層	軸断面積 A (m <sup>2</sup> )		変更理由
		既認可	今回設工認	
1	塔屋階	420.1	420.5	①, ④
2	2階	705.9	760.0	①, ②, ④
3	1階	1001.2	957.1	①, ④
4	地下1階	1273.7	1208.1	①, ④
5	地下2階	1493.0	1468.1	①, ④
6	地下3階	1718.6	1718.0	①, ④
7	二重床	5357.4	4064.6	①, ④ <sup>※1</sup>
8	基礎	7708.6	7708.6	—

変更理由

- ①機器レイアウトの変更に伴い再計算
- ②建屋の増床に伴い再計算
- ③階高の変更に伴い再計算
- ④壁開口の変更に伴い再計算
- ⑤端数切り上げによる変更

※1：既認可からの変更として、せん断断面積の算定範囲と整合するよう、束壁、ピット壁、壁の交差部における重複部分及び小さいピットを除外して再算定した。

第2.-2表 地震応答解析モデル及び手法の比較  
(燃料加工建屋)

項目	内容	既認可 <sup>※1</sup>	今回設工認	備考
地盤モデル	支持地盤	敷地内の調査結果を踏まえた平均的な物性値を設定	建屋直下の調査結果を踏まえた物性値を設定	—
	表層地盤	考慮せず	建屋直下及び近傍の調査結果を踏まえた物性値を設定	—
	ばらつき	考慮せず	考慮	—
入力地震動の算定方法	水平	設計用地震動を用いて、一次元波動論により算定（支持地盤を考慮）	同左（支持地盤及び表層地盤を考慮）	①
	鉛直	設計用地震動を用いて、一次元波動論により算定（支持地盤を考慮）	同左（支持地盤及び表層地盤を考慮）	
解析コード		TDAS	同左	—
建屋のモデル化	モデル	一軸多質点系モデル	同左	—
	材料物性	検討時の各規準に基づき設定 コンクリートのヤング係数： $E=2.44 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ コンクリートのポアソン比： $\nu=0.2$	同左	—
	重量	機器レイアウト、建屋形状に応じて設定	同左（機器レイアウト、建屋形状の変更 <sup>※2</sup> を反映して再算定）	—
	剛性評価	耐震壁を考慮	同左（建屋形状の変更 <sup>※2</sup> を反映して再算定）	—
	減衰定数	RC：3%	同左	—
建屋-地盤相互作用	基礎底面	振動アドミッタンス理論による近似法 水平方向：スウェイ及びロッキングばねを考慮 鉛直方向：鉛直ばねを考慮	同左（建屋及び地盤モデルの変更に応じて地盤ばねを再算定）	①
	建屋側面	考慮せず	Novakの手法により設定 水平方向：スウェイばねを考慮 鉛直方向：考慮せず	
非線形特性	耐震壁	水平方向（せん断）：考慮 鉛直方向：考慮せず	水平方向（せん断、曲げ）：考慮 鉛直方向：考慮せず	①
	地盤	考慮せず	ひずみ依存特性を考慮	
	基礎浮上り	水平方向：幾何学的非線形性を考慮 鉛直方向：考慮せず	同左	

※1：『設計及び工事の方法の認可申請書（MOX燃料加工施設） 第1回申請 添付書類Ⅲ-2-1-1-1「燃料加工建屋の地震応答計算書」（平成22・05・21原第9号 平成22年10月22日認可）』

※2：機器レイアウトの変更（排気筒の位置及び高さの変更を含む）、並びに、それに伴う建屋の増床、階高の変更及び壁開口の変更を行っている。（第2.-1図，第2.-1表）

【具体的な反映事項】（表の備考欄に対応）

① 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版（（社）日本電気協会）に基づく

第2.-3表 静的地震力の算定方法の比較  
(燃料加工建屋)

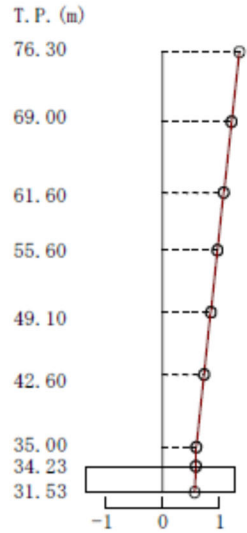
項目	内容	既認可 <sup>※1</sup>	今回設工認	備考
静的地震力 <sup>※2</sup>	基準面	基礎スラブ上面相当 (T.M.S.L. 34.23m, 埋込み考慮なし)	地表面相当 (T.M.S.L. 56.80m, 埋込み考慮)	—
	重要度分類係数 $n$	燃料加工建屋が有する構築物の重要度分類に応じて設定 (Bクラスのしゃへい壁：1.5)	燃料加工建屋が有する構築物の重要度分類に応じて設定 (Sクラスの重要区域の壁及び床：3.0)	—
	地震地域係数 $Z$	1.0	同左	—
	振動特性係数 $R_t$	0.8 (埋込みのない場合の最大値)	0.88 : Sd-C2, Sd-C3, Sd-C4 0.87 : 上記以外 (埋込み深さと地盤のせん断波速度に応じて算定)	—
	高さ方向の分布係数 $A_i$	モーダルアナリシスにより算出	同左 (地震応答解析モデルの変更に て再算定)	—
	標準せん断力係数 $C_0$	0.2 (必要保有水平耐力の算定時は1.0)	同左	—

※1：『設計及び工事の方法の認可申請書 (MOX燃料加工施設) 第1回申請 添付書類Ⅲ-2-1-1-1 「燃料加工建屋の地震応答計算書」 (平成22・05・21原第9号 平成22年10月22日認可) 』

※2：今回設工認においては、静的地震力による地震力よりも弾性設計用地震動Sdによる地震力の方が上回ることから、弾性設計用地震動Sdによる評価に包含される。

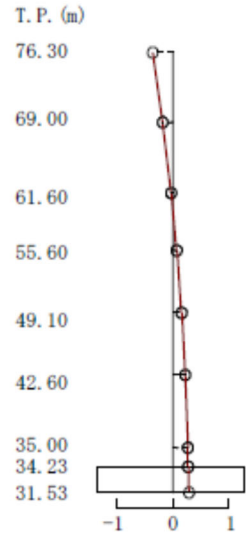
1次モード

固有周期  $T_1=0.304$  (s)  
 固有振動数  $f_1=3.29$  (Hz)  
 刺激係数  $\beta_1=1.393$



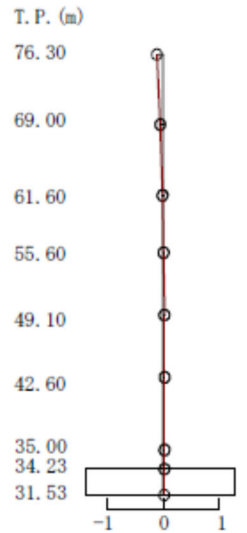
2次モード

固有周期  $T_2=0.151$  (s)  
 固有振動数  $f_2=6.63$  (Hz)  
 刺激係数  $\beta_2=-0.366$



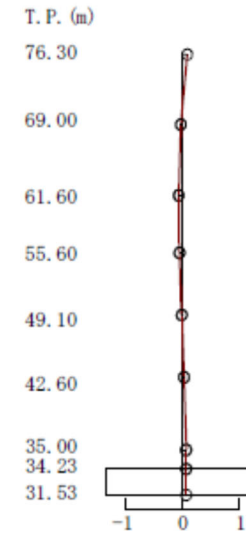
3次モード

固有周期  $T_3=0.084$  (s)  
 固有振動数  $f_3=11.97$  (Hz)  
 刺激係数  $\beta_3=-0.121$



4次モード

固有周期  $T_4=0.068$  (s)  
 固有振動数  $f_4=14.71$  (Hz)  
 刺激係数  $\beta_4=0.094$



(a) 刺激関数図 (NS 方向)

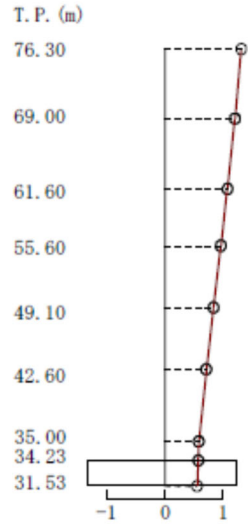
※設計及び工事の方法の認可申請書 (MOX 燃料加工施設) 平成 22・05・21 原第 9 号 平成 22 年 10 月 22 日認可  
 添付書類Ⅲ-2-1-1-1 燃料加工建屋の地震応答計算書 第 6.1-1 図より抜粋。

第 2.-2 図 既認可における固有値解析結果 (1/3)



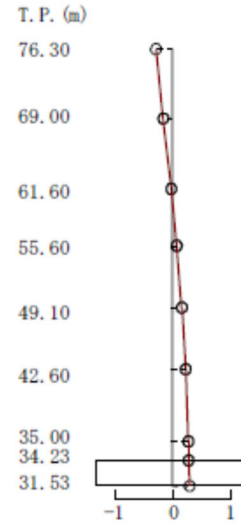
1次モード

固有周期  $T_1=0.302$  (s)  
 固有振動数  $f_1=3.31$  (Hz)  
 刺激係数  $\beta_1=1.339$



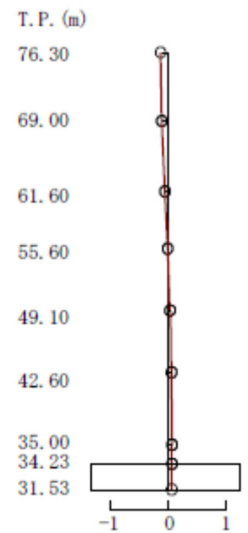
2次モード

固有周期  $T_2=0.155$  (s)  
 固有振動数  $f_2=6.45$  (Hz)  
 刺激係数  $\beta_2=0.289$



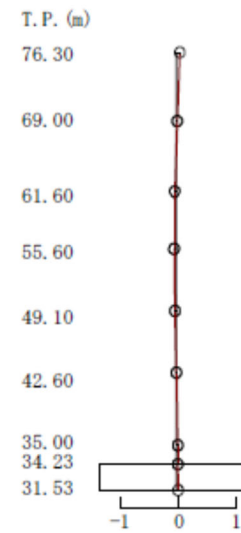
3次モード

固有周期  $T_3=0.077$  (s)  
 固有振動数  $f_3=12.91$  (Hz)  
 刺激係数  $\beta_3=-0.129$



4次モード

固有周期  $T_4=0.061$  (s)  
 固有振動数  $f_4=16.39$  (Hz)  
 刺激係数  $\beta_4=0.064$



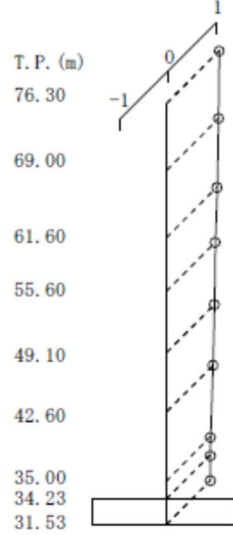
(b) 刺激関数図 (EW 方向)

※設計及び工事の方法の認可申請書 (MOX 燃料加工施設) 平成 22・05・21 原第 9 号 平成 22 年 10 月 22 日認可  
 添付書類Ⅲ-2-1-1-1 燃料加工建屋の地震応答計算書 第 6.1-2 図より抜粋。

第 2.-2 図 既認可における固有値解析結果 (2/3)

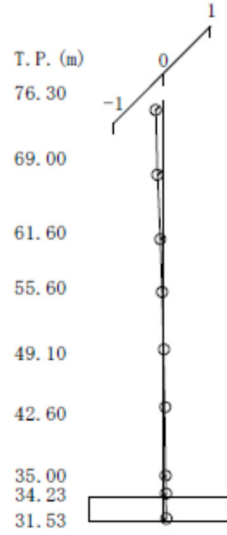
1次モード

固有周期  $T_1=0.192$  (s)  
 固有振動数  $f_1=5.20$  (Hz)  
 刺激係数  $\beta_1=1.093$



2次モード

固有周期  $T_2=0.043$  (s)  
 固有振動数  $f_2=23.16$  (Hz)  
 刺激係数  $\beta_2=-0.124$



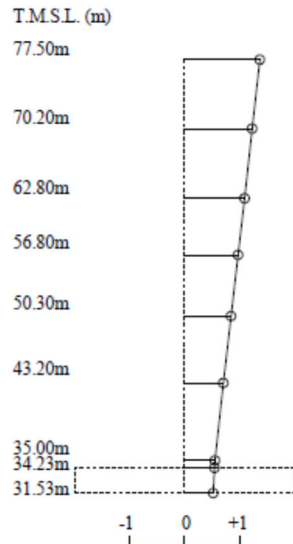
(c) 刺激関数図 (鉛直方向)

※設計及び工事の方法の認可申請書 (MOX 燃料加工施設) 平成 22・05・21 原第 9 号 平成 22 年 10 月 22 日認可  
 添付書類Ⅲ-2-1-1-1 燃料加工建屋の地震応答計算書 第 6.1-3 図より抜粋。

第 2.-2 図 既認可における固有値解析結果 (3/3)

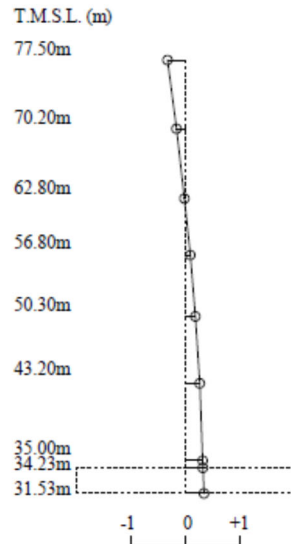
1 次モード

固有周期  $T_1=0.314$  (s)  
 固有振動数  $f_1=3.18$  (Hz)  
 刺激係数  $\beta_1=1.378$



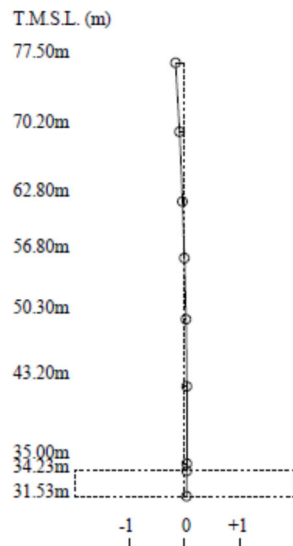
2 次モード

固有周期  $T_2=0.158$  (s)  
 固有振動数  $f_2=6.32$  (Hz)  
 刺激係数  $\beta_2=0.335$



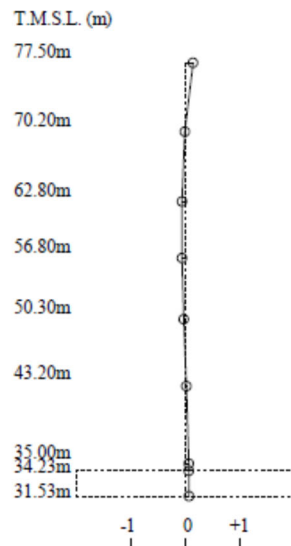
3 次モード

固有周期  $T_3=0.084$  (s)  
 固有振動数  $f_3=11.86$  (Hz)  
 刺激係数  $\beta_3=-0.159$



4 次モード

固有周期  $T_4=0.065$  (s)  
 固有振動数  $f_4=15.32$  (Hz)  
 刺激係数  $\beta_4=0.136$



(a) 刺激関数図 (NS 方向)

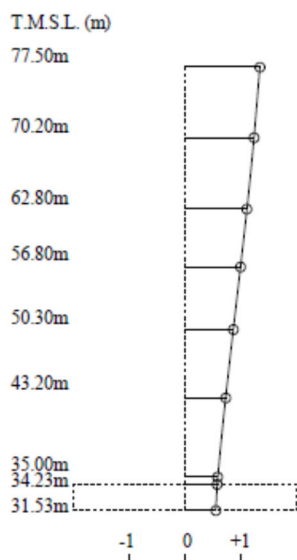
※補足説明資料 耐震建物 08 R7 地震応答解析における地盤モデル及び物性値の設定について 参考 1-1

III-3-1-1-1 燃料加工建屋の地震応答計算書 第 4.1.1-1 図 (Ss-A) より抜粋

第 2.-3 図 今回設工認における固有値解析結果 (1/3)

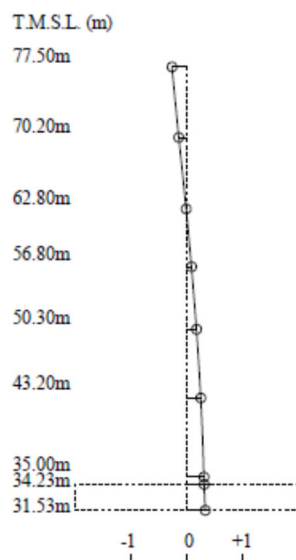
1次モード

固有周期  $T_1=0.311$  (s)  
 固有振動数  $f_1=3.22$  (Hz)  
 刺激係数  $\beta_1=1.333$



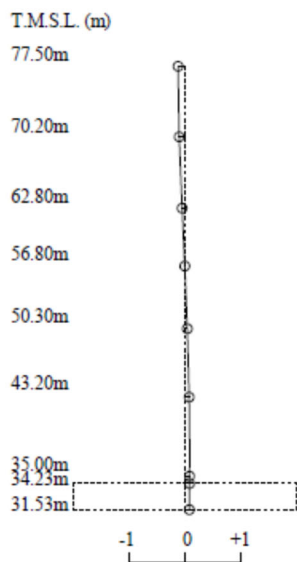
2次モード

固有周期  $T_2=0.159$  (s)  
 固有振動数  $f_2=6.29$  (Hz)  
 刺激係数  $\beta_2=0.324$



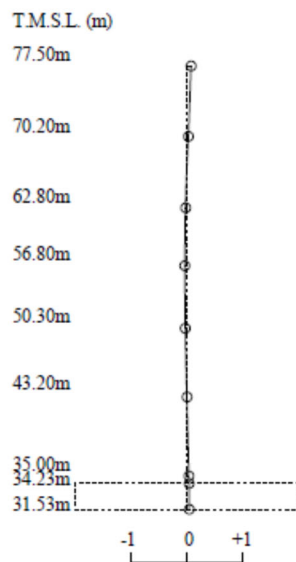
3次モード

固有周期  $T_3=0.080$  (s)  
 固有振動数  $f_3=12.46$  (Hz)  
 刺激係数  $\beta_3=-0.133$



4次モード

固有周期  $T_4=0.060$  (s)  
 固有振動数  $f_4=16.68$  (Hz)  
 刺激係数  $\beta_4=0.071$



(b) 刺激関数図 (EW 方向)

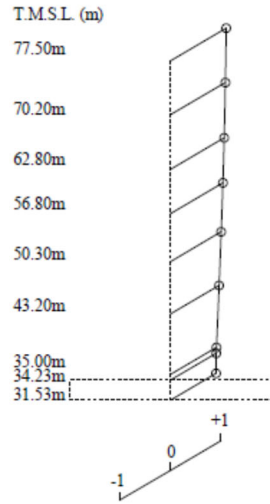
※補足説明資料 耐震建物 08 R7 地震応答解析における地盤モデル及び物性値の設定について 参考 1-1

III-3-1-1-1 燃料加工建屋の地震応答計算書 第 4.1.1-2 図 (Ss-A) より抜粋

第 2.-3 図 今回設工認における固有値解析結果 (2/3)

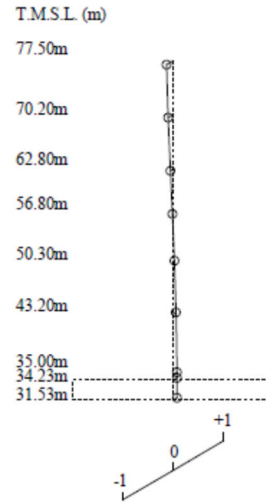
1次モード

固有周期  $T_1=0.191$  (s)  
 固有振動数  $f_1=5.22$  (Hz)  
 刺激係数  $\beta_1=1.104$



2次モード

固有周期  $T_2=0.045$  (s)  
 固有振動数  $f_2=22.02$  (Hz)  
 刺激係数  $\beta_2=-0.136$



(c) 刺激関数図 (鉛直方向)

※補足説明資料 耐震建物 08 R7 地震応答解析における地盤モデル及び物性値の設定について 参考 1-1

III-3-1-1-1 燃料加工建屋の地震応答計算書 第 4.1.1-3 図 (Ss-A) より抜粋

第 2.-3 図 今回設工認における固有値解析結果 (3/3)

### 3. 応力解析における既認可からの変更点

機器レイアウトの変更に伴う壁開口の変更に伴い、燃料加工建屋の基礎スラブの解析モデルについても変更していることから、その内容について説明する。

燃料加工建屋の基礎スラブの解析モデル及び手法の比較を第 3. -1 表に示す。

なお、基礎スラブの解析手法については既認可と同様である。ただし、基礎スラブの解析モデルについては、既認可からの壁開口の変更を反映し、上部構造（耐震壁）による拘束条件の見直しを行っている。既認可及び今回工認の解析モデル図を第 3. -1 図に示す。

第 3.-1 表 応力解析モデル及び手法の比較  
(燃料加工建屋の基礎スラブ)

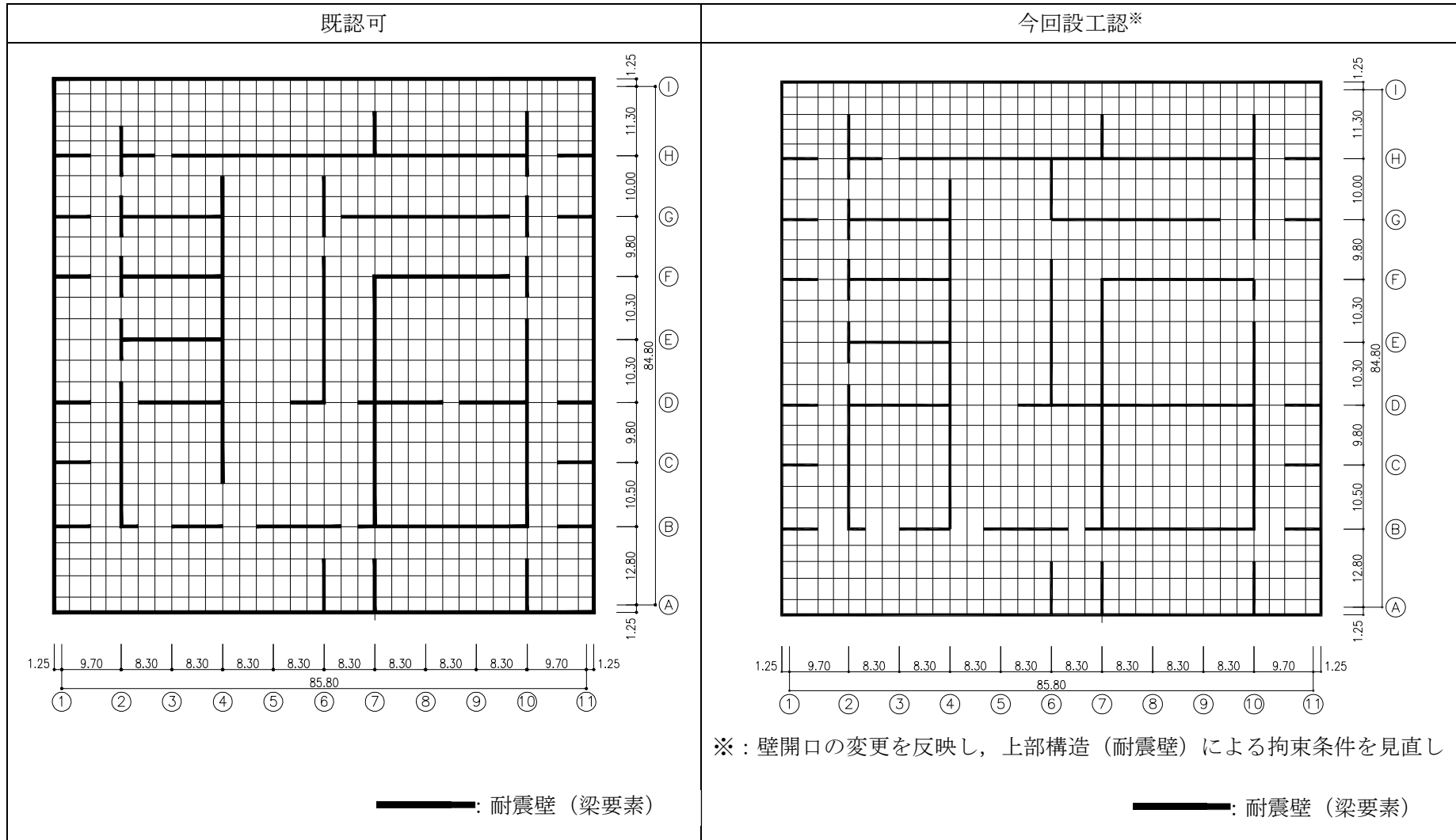
項目	内容	既認可※1	今回設工認	備考
解析手法		FEM モデルを用いた弾性応力解析	同左	—
解析コード		MSC NASTRAN	同左	—
モデル	材料物性	検討時の各規準に基づき設定 コンクリートのヤング係数： $E_c=2.44 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ コンクリートのポアソン比： $\nu=0.2$	同左	—
	要素種別	基礎スラブ：シェル要素	同左	—
	境界条件	基礎スラブ底面：弾性地盤ばね支持 浮上り：考慮	同左 (地盤ばねは地震応答解析モデルの変更に応じて再設定)	—
	非線形特性	考慮しない	同左	—
	上部構造による拘束	耐震壁を梁要素でモデル化して考慮	同左	※2
地震荷重との組合せ	VL+SL+S+G+B VL:鉛直荷重 SL:積雪荷重 S:地震荷重 G:土圧 B:浮力	同左	—	
荷重の設定	鉛直荷重 (VL)	基礎スラブと上部構造物の自重及び機器、配管、積載物の重量を考慮	同左 (機器レイアウト等の変更に 応じて再設定)	—
	積雪荷重 (SL)	上部構造物の重量として考慮 (190cm 相当とし、地震荷重との組合せ時は 0.5 を乗じる)	同左 (190cm 相当とし、地震荷重との組合せ時は 0.35 を乗じる)	※3
	地震荷重 (S)	基礎スラブ自体の慣性力及び上部構造物からの地震力 (水平力、転倒モーメント、鉛直力) を入力	同左 (地震動及び地震応答解析モデルの変更に応じて再設定)	—
	土圧 (G)	土圧が作用する地下外壁と取り合う基礎スラブ節点に集中荷重として入力	同左 (地震動及び地震応答解析モデルの変更に応じて再設定)	—
	浮力 (B)	基礎スラブに一様に上向き等の等分布荷重として入力 (地下水水位 T. M. S. L. 34.23m 相当)	同左	—
評価方法	応力解析	Ss 地震力に対して発生応力が「RC-N 規準」に基づく終局耐力を超えないことを確認	同左	—

※1：『設計及び工事の方法の認可申請書 (MOX 燃料加工施設) 第 1 回申請 添付書類Ⅲ-2-1-1-2「燃料加工建屋の耐震計算書」(平成 22・05・21 原第 9 号 平成 22 年 10 月 22 日認可)』

※2：壁開口の変更を反映し、上部構造 (耐震壁) による拘束条件を見直ししている。(第 3.-1 図)

梁要素は、地下 3 階の耐震壁の位置に合わせて配置し、基礎スラブより立ち上がる各階の耐震壁の剛性を考慮して設定している。

※3：地震荷重との組合せ時に乗じる係数は、既認可時は 0.5 としていたが、今回設工認においては建築基準法施行令に基づき 0.35 に変更。



第 3.-1 図 応力解析モデルにおける上部構造による拘束の変更