

JNC TJ7410 2005-012

図書室

瑞浪超深地層研究所における
昇降設備設置に関する調査

報 告 書

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

平成15年3月

株式会社 日立製作所

要旨

核燃料サイクル開発機構・東濃地科学センターの瑞浪超深地層研究所は、地層科学の研究を基盤として深さ1000mの地質環境特性把握の目的のため、深さ1000mの立坑と研究用の水平坑道を設置する。

本計画は、立坑を構成する主立坑と換気立坑、これら両立坑に連結して深さ500mと1000mの位置に施工される中間ステージと最深ステージからなる研究用の水平坑道、これら両ステージへの研究者の移動設備として、換気立坑内に超長行程1000mの昇降設備を設置するもので、昇降設備の稼動予定年度を2011年としている。

本調査は、地表から地下1000mの深度にわたる換気立坑に設置する昇降設備に関し、関連する法規定に照らして昇降方式を構築する上での安全性と信頼性を考察し、必要とする要素技術、ならびに工事性と保全性の観点から適正かつ合理的な設備計画を行なった。

本報告は、既存昇降設備の現状技術の調査、超長行程における技術開発項目の抽出、換気立坑における昇降設備の計画立案、技術開発項目および開発スケジュール案の策定について報告する。

瑞浪超深地層研究所における昇降設備設置に関する調査担当者

(株)日立製作所	ビルシステムグループ	事業推進部	中里 眞朗
(株)日立製作所	ビルシステムグループ	水戸ビルシステム本部	高橋 龍彦
(株)日立製作所	ビルシステムグループ	水戸ビルシステム本部	山児 宏昭
(株)日立製作所	ビルシステムグループ	水戸ビルシステム本部	松岡 秀佳
(株)日立製作所	ビルシステムグループ	水戸ビルシステム本部	岸川 孝生
(株)日立製作所	ビルシステムグループ	水戸ビルシステム本部	大川 博
日立水戸エンジニアリング(株)			重田 政之
(株)日立ビルシステム	昇降機施設本部	施設技術部	小森 利恵
(株)日立ビルシステム	昇降機施設本部	施設技術部	国藤 和夫
(株)日立ビルシステム	昇降機施設本部	施設技術部	三浦 重仁
(株)日立ビルシステム	技術部開発本部	ビルシステム研究開発部	中島 康人
(株)日立製作所	ビルシステムグループ営業技術部	中部グループ	橘 新一
(株)日立製作所	ビルシステムグループ営業技術部	中部グループ	伊藤 俊

目	次
1.	概要 1-1
2.	瑞浪超深地層研究所における昇降設備計画 2-1
2. 1	昇降設備の設置計画概要 2-1
2. 2	昇降設備調査の目的 2-1
2. 3	昇降設備が設置される超深地層研究施設概要 2-2
3.	昇降設備設置換気立坑の環境 3-1
3. 1	昇降設備設置環境V 3-1
3. 2	立坑換気システム計画概要 3-5
4.	研究設備からの昇降設備仕様 4-1
5.	既存昇降設備の調査 5-1
5. 1	地上設備調査 5-1
5. 2	地下設備調査 5-2
5. 3	既存昇降設備設置実態から換気立坑内昇降設備計画への留意事項 5-4
6.	昇降設備構築上の留意事項 6-1
6. 1	立坑昇降設備の関連法規調査 6-1
6. 2	法規上の留意事項 6-2
6. 3	昇降行程1000m昇降方式構築上の留意事項 6-5
7.	エレベーター設置計画 7-1
7. 1	昇降設備基本仕様 7-1
7. 2	定格積載仕様の検討 7-2
7. 3	かご出入口仕様の検討 7-4
7. 4	昇降速度の検討 7-4
7. 5	昇降システムの構成 7-5
7. 6	換気立坑内のエレベーター配置計画図 7-7
7. 7	乗継ぎ方式の場合の中間部昇降機械室の構造 7-7
8.	立坑掘削完了から昇降設備設置までの施工手順 8-1
8. 1	立坑完成後の土木工事とE V工事について 8-1
8. 2	立坑完成後の工事手順の考察 8-1
8. 3	工事手順案3による工事作業手順と据付作業大工程について 8-2
8. 4	換気立坑内への機器取付け用固定金具について 8-5
8. 5	予備ステージの坑道を利用するレールの搬入について 8-6
9.	昇降方式毎の構造, 施工, 保全, 安全性, 信頼性上の特質比較調査 9-1
9. 1	安全性 9-1
9. 2	信頼性 9-1
9. 3	利便性 9-2
9. 4	製品構成のための開発技術 9-3
9. 5	工事性 9-10
9. 6	保全性 9-11
10.	昇降システム方式の総合特質比較 10-1
11.	今後の検討事項 11-1
11. 1	昇降設備設置上の今後の課題 11-1
11. 2	エレベーター昇降路と階段を区画する換気方式について 11-2
11. 3	乗客へのサービス機能について 11-3
12.	製品開発スケジュール案の策定 12-1
13.	まとめ 13-1
14.	補足資料 14-1
15.	計画図 15-1
16.	参考文献 16-1

・ 図, 表, 写真 一 覧

表一覧

・ 表 2. 1	超深地層研究施設建設計画スケジュール	2-2
・ 表 3. 1	換気立坑の設備と環境	3-1
・ 表 4. 1	研究設備上の荷役基本仕様	4-1
・ 表 4. 2	研究設備の異常時対応での仕様	4-1
・ 表 4. 3	通常運転時モードでの仕様	4-1
・ 表 4. 4	昇降設備に求められる耐用年数	4-2
・ 表 4. 5	適用関連法規	4-2
・ 表 5. 1	長行程エレベーターの設置一覧	5-1
・ 表 5. 2	国内のダム用エレベーター設置一覧	5-3
・ 表 5. 3	地下研究設備	5-3
・ 表 5. 4	スカイセントラルプラザ	5-5
・ 表 6. 1	昇降設備関係法規の主要項目の比較	6-1
・ 表 6. 2	エレベーターの構造を規定している条項	6-2
・ 表 6. 3	法規上の留意事項	6-2
・ 表 6. 4	長行程エレベーターの駆動方式の比較	6-5
・ 表 6. 5	事故・災害時の乗客安全面に関する配慮事項	6-6
・ 表 6. 6	保全性の観点から機器設計上配慮すべき事項	6-8
・ 表 6. 7	長行程エレベーターの実績	6-9
・ 表 6. 8	中耳内外の圧力差と減圧症の症状	6-10
・ 表 7. 1	要求仕様	7-1
・ 表 7. 2	昇降システム方式	7-6
・ 表 7. 3	エレベーター配置計画図	7-7
・ 表 8. 1	昇降設備据付完成までの主な工事作業手順	8-3
・ 表 8. 2	エレベーター据付工事工程	8-4
・ 表 9. 1	昇降方式毎の安全性比較	9-1
・ 表 9. 2	各昇降方式の信頼性比較	9-1
・ 表 9. 3	ワイヤーロープ仕様	9-4
・ 表 9. 4	ロープ本数の検討結果	9-4
・ 表 9. 5	工事性評価	9-10
・ 表 9. 6	機械室の保全性検討一覧	9-11
・ 表 9. 7	かご内・乗り場の保全性検討一覧	9-12
・ 表 9. 8	かご上の保全性検討一覧	9-12
・ 表 9. 9	かご下・ピットの保全性検討一覧	9-13
・ 表 9. 10	塔内の保全性検討一覧	9-13
・ 表 9. 11	昇降方式別の保全作業所要時間一覧	9-14
・ 表 9. 12	保全作業中のエレベーター不稼動時間	9-14
・ 表 9. 13	保全性総合評価	9-14
・ 表 10. 1	総合評価	10-1
・ 表 10. 2	評価基準	10-1
・ 表 10. 3	昇降システム方式の特質検討	10-2
・ 表 11. 1	昇降設備設置上の今後の課題	11-1
・ 表 12. 1	スケジュール概要	12-1
・ 表 13. 1	調査結果のまとめと今後の課題	13-1

図一覧

・図2.1	瑞浪超深地層研究所の周辺地図	2-2
・図2.2	地上施設	2-3
・図2.3	地下施設（換気立坑と主立坑の中心間距離：40m）	2-3
・図2.4	地上施設	2-4
・図2.5	地下施設	2-5
・図3.1	スカフォード構造概要	3-2
・図3.2	スカフォード構造概要	3-3
・図3.3	排水構造概要	3-4
・図3.4	超深地層研究所での換気システムと換気環境	3-5
・図6.1	耳の構造概略図	6-9
・図6.2	昇降高度と速度の関係図	6-10
・図6.3	大気圧差に対する1度目耳詰まりの累積発生率	6-11
・図7.1	1台設置の配置計画	7-2
・図7.2	2台設置の配置計画	7-3
・図7.3	出入口開閉方式	7-4
・図7.4	中間部昇降設備機械室概略断面図	7-8
・図8.1	エレベーター据付作業計画及び手順	8-2
・図8.2	ゴンドラ概要図	8-3
・図8.3	固定金具の取付と支持耐力	8-5
・図8.4	固定金具の取付け間隔	8-5
・図8.5	レール搬入荷姿(案)	8-6
・図8.6	レール搬入、仮置き	8-6
・図11.1	階段側での強制排気方式	11-2

写真一覧

・写真5.1	立坑内壁コンクリートつなぎ部導水対策	5-4
--------	--------------------	-----

1. 概要

1) 調査の背景

核燃料サイクル開発機構・東濃地科学センターの瑞浪超深地層研究所は、同センターの「平成14年度事業計画説明書」に示される深さ1000mの主立坑と換気立坑ならびに深さ500mと1000mの位置での研究用の水平坑道からなる地下研究施設を建設する。同施設には水平坑道への研究者の移動設備として換気立坑内に行程1000m昇降設備を設置する計画で、その稼動予定年度を2011年としている。

2) 調査の目的

本報告書は、行程1000mの昇降設備計画にあたって、調査仕様書「瑞浪超深地層研究所における昇降設備設置に関する調査」のもとに、関連法規制に照らしての昇降方式の構築とその安全性と信頼性を考察し、必要とする要素技術、ならびに工事性と保全性の観点から適正な設備設置計画を進める上での課題と留意事項、今後の課題を顕在化させることを目的とし、まとめたものである。

3) 調査の経緯

行程1000mの昇降方式の構成にあたって、昇降設備が据付けられる換気立坑の環境と研究施設での昇降設備の昇降設備仕様を明らかにし、また、換気立坑内昇降設備の関連法規制に照らして、対応すべき事項を明らかにした。

本昇降設備が換気立坑内という特殊環境に設置されるため、建築基準法が規定する火災時の竖穴防火区画構成規定に符合し得ない要因をもつが、システム本質安全の観点から、避難所退避の防災システムが成立することを必須条件として昇降システムの検討を進めた。

なお、この考え方は、今後、労働安全衛生法、消防法、鉱山保安法、および、建築基準法に関連する関連行政機関の指導のもとに防災システムを構築していく課題を残している。

昇降方式の構成とその特質調査の実施にあたっては、単独直行方式、併設の2台直行方式、および、乗継ぎ1回と乗継ぎ2回の乗継ぎ方式について総合比較評価を実施し、本報告書における推奨方式を選定した。

昇降方式の直行、乗継ぎに関係なく、エレベーターが単機構成の場合には、故障時のエレベーターのかご閉じ込め事象に対しては保安上の緊急対応が不可能に近いため、成立し得ないとの結論に至った。この観点から乗継ぎ方式では、保全エレベーターを併設する条件のもとに考察した。

2台直行方式と乗継ぎ方式の二つの方式からの選択にあたっては、乗継ぎ方式の機械室部分の立坑拡張工事、ピット反力に耐えるピットの土木工事が非常に困難であるとの推定から、最終的に総合評価では2台直行方式を選定した。

これら昇降方式での開発技術課題に対しては、いずれの方式も行程500m以上のエレベーターシステムを開発する必要がある、その開発技術を9.4節に示し、全体スケジュールを表12.1にまとめた。

4) 今後の課題

今後の課題としては、防災システムの構築や工期短縮ゴンドラ工法など換気方式に関わる多くの課題を抱えており、また、乗継ぎ方式での土木工事の成立性などの検討、および、2003年後半から本格開始される立坑掘削工事と同期して進めるレール等の固定金具埋込み工事の仕様決定、乗継ぎ方式での機械室やピット工事の仕様の詰め作業が急がれる。また、これらの課題の進展により全体のスケジュールが大きく左右されるため、11章の表11.1に示す課題の整理を精力的に詰める必要がある。

2. 瑞浪超深地層研究所における昇降設備計画

2.1 昇降設備の設置計画概要

核燃料サイクル開発機構・東濃地科学センターの瑞浪超深地層研究所は、地層科学の研究を基盤として深さ1000mの地質環境特性把握を目的として、東濃地科学センターの「平成14年度事業計画説明書」に示される深さ1000mの立坑と研究用の水平坑道を設置する。

本計画は、立坑を構成する主立坑と換気立坑、これら両立坑に連結して深さ500mと1000mの位置にそれぞれ掘削施工される中間ステージと最深ステージからなる研究用の水平坑道、これら両ステージへの研究者の移動設備として換気立坑内に超長行程1000mの昇降設備を設置するもので、昇降設備の稼動予定年度を2011年としている。

2.2 昇降設備調査の目的

本調査は深さ1000mの換気立坑に設置する昇降設備に関するもので、本設備に関して、関連する法規定に照らして昇降方式を構築する上での安全性と信頼性を考察し、必要とする要素技術、ならびに工事性と保全性の観点から適正かつ合理的な設備計画を今後進める上での調査を行うものである。

調査事項の詳細は、「瑞浪超深地層研究所における昇降設備設置に関する調査」により、その概要を以下に示す。

件名

瑞浪超深地層研究所における昇降設備設置に関する調査

概要

瑞浪超深地層研究所においては、換気立坑掘削終了後、研究坑道に出入りする研究者・見学者などの移動手段として昇降設備を設置することとしている。そこで、地表から地下1,000mの深度にわたる昇降設備を設置するための技術開発項目を抽出し、換気立坑における昇降設備の計画を立案し、今後の技術開発項目および開発スケジュール案を策定する。

本業務は、

- (1) 既存昇降設備の現状技術の調査。
- (2) 長距離化における技術開発項目の抽出。
- (3) 昇降設備の計画立案。
- (4) 今後の技術開発項目の抽出及び、開発スケジュール案の策定。

を実施する。

技術仕様

・既存昇降設備の現状技術の調査

既存の建築物に設置された昇降設備の事例調査し、その特殊をはじめとする現状の技術を調査することによって、本研究坑道で必要とされる延長1,000mの昇降設備の設置に対する可能性、及びその際の問題点を抽出する。

・技術開発項目の抽出

現状の昇降設備の最長が、350m程度であることから、地表から地下1,000mの深度にわたる昇降設備の設置にあたって制御ケーブル、ワイヤー径、強度等、様々な問題点が想定され、設計を実施する際に既存技術の延長でとらえることは難しいと考えられる。

そこで、今後検討が必要と思われる技術開発項目を抽出するとともに、経済性も考慮して最適な昇降設備システムを構築する。

・昇降設備の計画立案

換気立坑に長さ1,000mの昇降設備を設置するにあたって、昇降設備に対する基本的な考え方や位置づけ、その形状や昇降速度など昇降設備の基本仕様を定める。基本仕様については、該当する法規について調査する。また、乗り換え形式も含めた最適な昇降設備システムを明確に示した上で、換気立坑に設置すべき昇降設備の設置計画案（1,000m直通式、乗り換え式など）について複数の案を提示し、経済性、施工性などの点について比較を行う。

・開発スケジュール案の策定

上記の実施項目を踏まえて、1,000mの換気立坑に昇降設備を設置するために、今後、必要となる技術開発項目を明確にするとともに、解決すべき課題を抽出する。また、2010年度に昇降設備を設置するために必要となる開発・試作・試験期間を含めた今後の技術開発スケジュール案を策定する。

2.3 昇降設備が設置される超深地層研究施設概要

1) 研究施設建設計画スケジュール

瑞浪超深地層研究所における超深地層研究施設建設計画スケジュールを表2.1に示す。

昇降設備は第2段階で掘削した1000mの換気立坑に設置され、研究使用期間は2011年から2016年の5年間の計画である。研究施設使役後の施設利用計画は今後進められるが、研究終了後に昇降設備の使用に備える場合には、稼動後20年の耐用が求められている。

表2.1 超深地層研究施設建設計画スケジュール

年度		2000	2010	2020
調査/研究	第1段階	地表からの調査予測研究段階		
	第2段階	水平坑道の掘削を伴う研究段階		
	第3段階	研究坑道を利用する研究段階		
	昇降設備	2011年使用開始		
施設計画：造成工事				
立坑の掘削				
中間・最深ステージ掘削				

(平成14年度事業計画説明書のスケジュールに「昇降設備」の項目を追記)

2) 建設場所

超深地層研究施設は日本の代表的な岩石の花崗岩が広く分布する岐阜県東濃地域内の瑞浪市明世町山野内に建設され、建設場所を図2.1に示す。

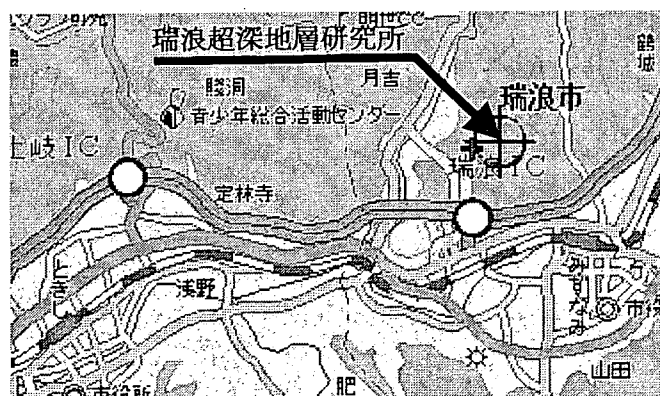


図2.1 瑞浪超深地層研究所の周辺地図

3) 換気立坑と主立坑の構造概要

研究施設建設工事中の主な地上施設は換気立坑と主立坑の掘削タワー、非常用発電機などで構成される。

地下施設は、深さ1000mの主立坑と換気立坑、これら両立坑を深さ100m毎に連結する予備ステージと深さ500m位置の中間ステージと1000m位置の最深ステージから構成される。

これらの計画構想説明図を東濃地科学センターのホームページより転載し、図2.2と図2.3にそれぞれ示す。また、図2.4、図2.5にそれぞれの施工計画図を示す。

立坑掘削終了後、中間ステージと最深ステージの水平坑道に出入りする研究者や見学者などの移動手段として換気立坑内に昇降設備が設置される。



図2.2 地上施設

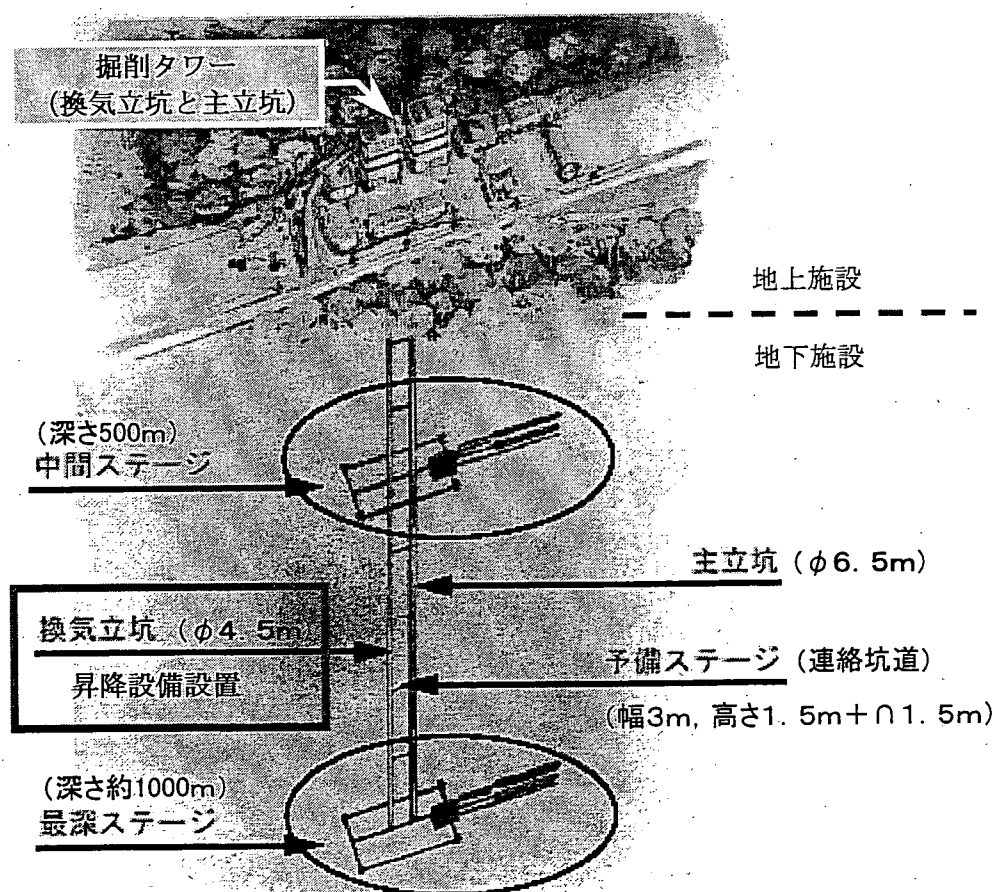


図2.3 地下施設 (換気立坑と主立坑の中心間距離: 40m)

3. 昇降設備設置換気立坑の環境

3.1 昇降設備設置環境

昇降設備が設置される換気立坑内の設備と環境を表3.1に示す。

表3.1 換気立坑の設備と環境

No	項 目	立 坑 設 備 仕 様 と 環 境 内 容
1	立坑外周壁仕様	・内径4500mm, 深さ1000m ・コンクリート：強度 24N/mm² 無筋壁, 厚さ400mm, 型枠高さ2600mm毎に打設 2600mm毎のつなぎ部に漏水樋設置 ・内壁鉛直度 : ±100mm程度/1000m ・内壁器材固定：階段・昇降設備機材固定用金具は掘削時に埋込み可能 アンカボルトはサイズφ16まで打設可能
2	換気立坑内の付帯設備 1) 階段 2) 排水設備 3) 立坑換気設備 4) 照明設備 5) 研究設備用電源	・階段幅 750mm ・2600mm毎の壁つなぎ部に漏水樋付き ・有り ・有り ・単相100V, 三相200V
3	予備ステージ(連絡坑道)の設備仕様	・深さ100m毎に換気立坑～主立坑間に設置 ・坑道口の大きさ：幅3m, 高さ(1.5m+□1.5m) ・風門：2ヶ所あり
4	電源設備の様式 1) 工事用電源 2) 巻上機用電源 3) 非常用電源	・連絡坑道の100m毎に, 単相100V, 3相200V ・3相400V ・自家発非常電源完備
5	昇降設備据付時の作業環境 1) 温度分布 2) 湿度 3) 粉塵 4) 換気風量(風速)	・4℃/100m程度(1000m下で約40℃) ・換気設備+クーラー設置により立坑内温度は制御目標28℃以下 ・100% ・参考：水平坑道内粉塵管理目標濃度：3mg/m³ ・3000m³/min (3.1m/sec)
6	据付工事関連の環境 1) 工事用電源 2) 部品搬入設備 3) 工事部品持込スペース	・予備ステージ100m毎に単相100V, 3相200V設置 ・主立坑の掘削設備(スカフォード)を使用して部品搬入を行う。 ・連絡坑道の1部をエレベーター機材仮置場として利用可能
7	スカフォード設備仕様	・積載荷重：15t, 搬入口：地上ステージ部開口Φ1370mm ・主立坑のスカフォードでレール等の機材を搬送用(長物は縦方向で搬送) ・スカフォードの構造概要：図3.1, 3.2
8	換気立坑内環境 1) 温度・湿度 2) 粉塵 3) 壁面・ピット内の漏水 4) 壁面鉛直度の経時特性 5) 耐震設計加速度	・上記項目NO.5の1), 2)と同条件 ・上記項目NO.5の3)と同条件 ・2600mm毎のコンクリート壁つなぎ部より漏水あり。 ・排水部の構造概要：図3.3 ・経時変化は考えない。 ・0.4G (参考：東濃鉱山第2立坑のエレベーター設計加速度：0.4G)

答上げ機主様仕様

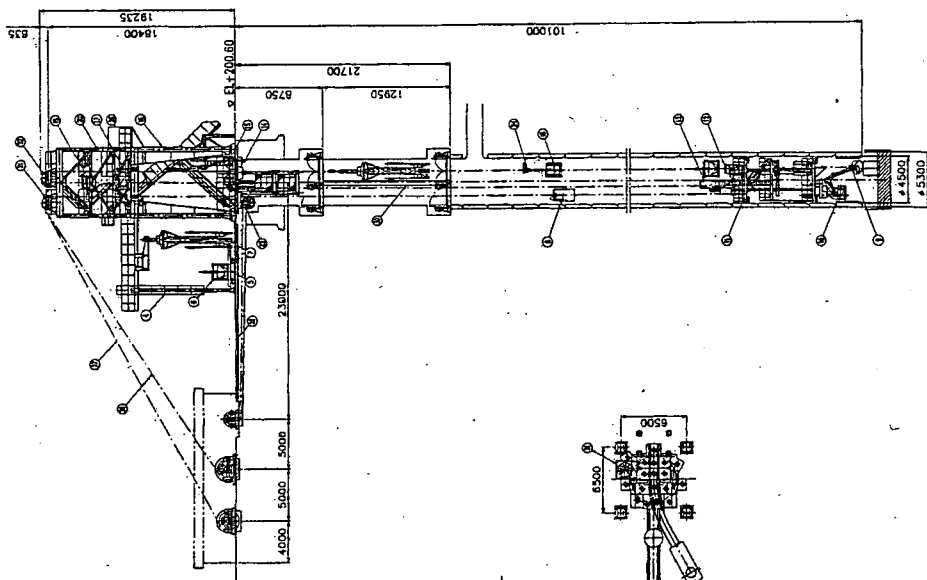


図3. 1 スカフオード構造概要

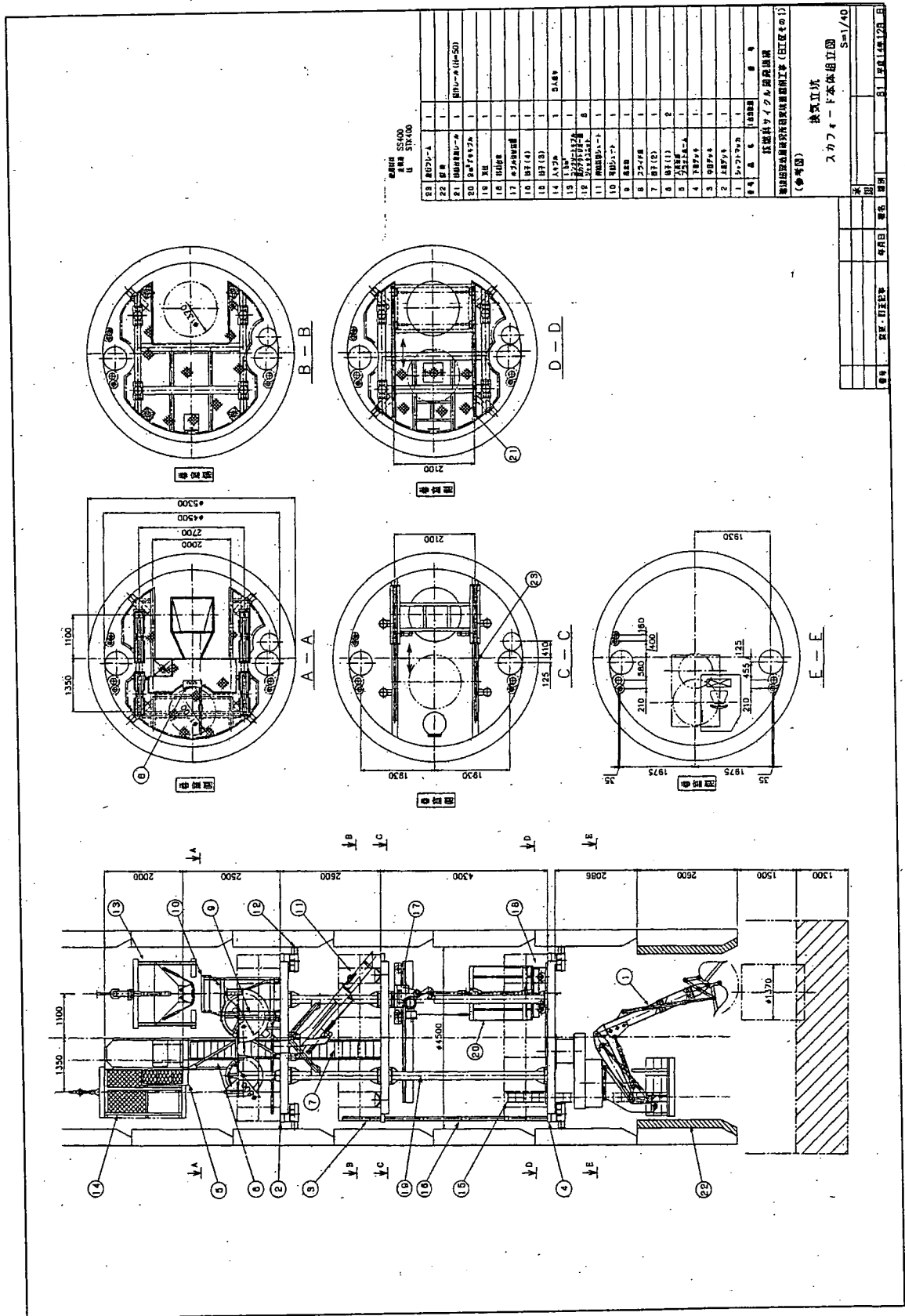


図 3. 2 スカフールド構造概要

3.2 立坑換気システム計画概要

立坑換気システム計画の概要を図3.4に示す。

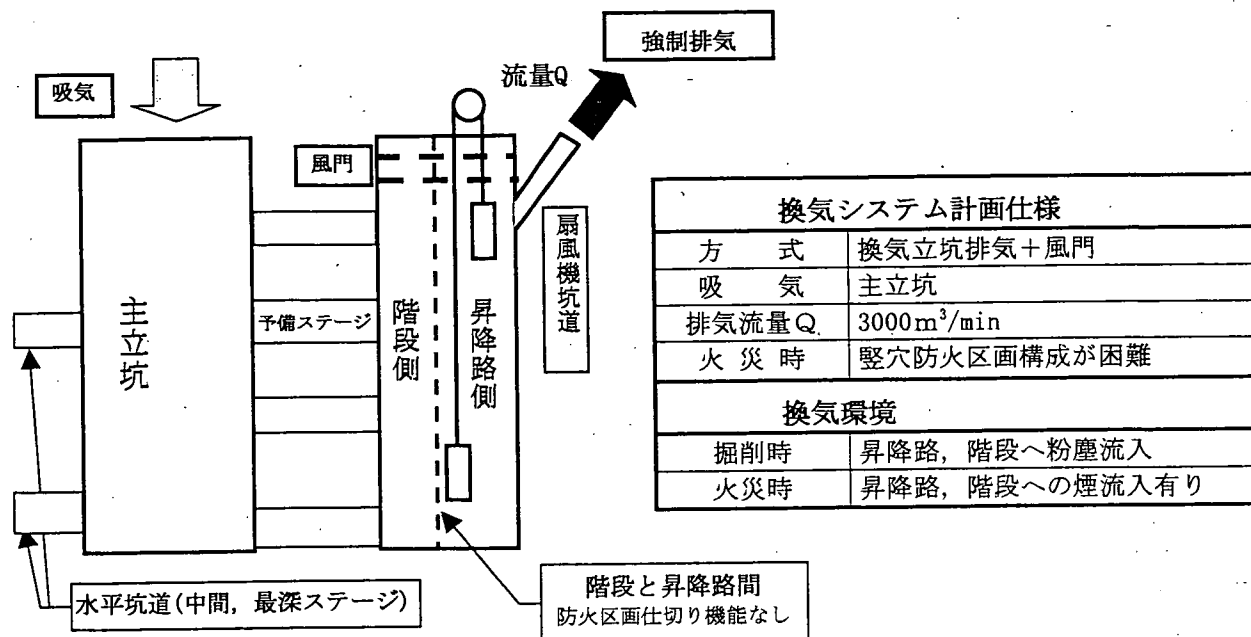


図3.4 超深地層研究施設での換気システムと換気環境

4. 研究設備からの昇降設備仕様

研究設備として求められる昇降設備の規模を明らかにし、昇降設備の基本仕様をまとめる。

なお、昇降設備が設置される換気立坑内の湿度、温度、粉塵、換気量などの環境条件（表 3.1）に関連する仕様は取り込まれるものとする。

1) 昇降設備の基本仕様

昇降設備の仕様を表 4.1 に示す。

表 4.1 研究設備上の荷役基本仕様

No	仕様項目	内 容	備 考
1	積載人員規模	12人(800kg)程度 (6人×2台でも可)	見学者1グループ当り10名程度+引率者で12名程度
2	積載物の最大寸法	人の輸送が基本 車椅子での利用	大きい荷物は主立坑のスcaffordで搬入する。
	積載物の最大質量	乗客の手荷物程度	
3	一時利用最大者数	見学者：大型バス1台/日	防災上許容入場者：50名を計画中
4	運行所要時間	片道10分程度	
5	中間停止位置	100m 毎の予備ステージ位置	停止位置総数：11ヶ所

2) 研究設備異常時の対応仕様

異常時対応で昇降設備に求められる仕様を表 4.2 に示す。

表 4.2 研究設備の異常時対応での仕様

No	仕様項目	内 容	備 考
1	かごからの 通報&モニタ装置	かご内：電話と画像連絡装置 かご外：モニタ監視装置	
2	避難所での避難(滞留 許容時間：1時間)後の エレベーターでの救出 運転	全員救出時間：約1時間 異常時は100m 毎の予備 ステージなどの避難所 に避難（工事中も同じ）	・被災防止の観点からの許容時間 ・エレベーターでの直接の避難は考えないが、異常事象終焉後のエレベーターでの救出運転が求められる。
3	異常時の避難総人員	50名程度	

3) 通常運転時での性能

通常運転時での機能と性能を、表 4.3 に示す。

表 4.3 通常運転時モードでの仕様

No.	仕様項目	内 容	備 考
1	かご内の空調	付き	換気立坑環境上、防滴・防塵仕様も検討
2	昇降時の振動公害規制	特になし	研究設備はエレベーターから40m 離れている
3	昇降設備の電磁波公害規制	同上	同上

4) 昇降設備の耐用年数

昇降設備に求められる耐用年数仕様を表 4. 4 に示す。

表 4. 4 昇降設備に求められる耐用年数

No.	仕様項目	内 容	備 考
1	設備耐用年数	CASE 1 : 研究使用期間の 5 年間 (2010 年～2015 年を予定) CASE 2 : 稼動後の 20 年間	研究終了後の跡地利用計画は今後進められるが、研究終了後の使用に備える場合には、稼動後 20 年間の耐用が求められている。

5) 昇降設備の適用関連法規

昇降設備に関連する法規を表 4. 5 に示す。

表 4. 5 適用関連法規

No.	項 目	内 容	備 考
1	労働安全衛生法	適用	
2	消防法	適用外：ただし、指導あり	
3	鉱山保安法	適用外：ただし、指導あり	鉱山でないため。
4	建築基準法	適用外： ただし、エレベーターは、建築基準法に照らし計画し、懸案事項がある場合には、所轄行政機関と折衝し取り決める。	本施設は、建築物でないため。 ただし、研究終了後の設備の利用計画によっては、建築基準法の適用を受ける場合あり

5. 既存昇降設備の調査

2010 年度に供用開始が求められている超深度 1000 m 立坑内設置の昇降設備の計画を進めるにあたって、建築物や地下設備に既に設置されているのエレベーター設備事例を調査し、その特徴をはじめとする現状の技術を調査することによって、超深度 1000 m 立坑内昇降設備に対する留意事項を抽出する。

5.1 地上設備調査

国内外の超高層ビルの軒高順の一覧を補足資料 1 に示すが、これらのビルに設置されている長行程エレベーターの設置例を表 5.1 に示す。

表 5.1 長行程エレベーターの設置一覧

No	ビル名	国と地区等	昇降行程 (m)	積載量 (kg)	速度 (m/min)	設置年
1	シアーズタワー	米国, シカゴ	418	2725	480	1973
2	W. T. C	米国, ニューヨーク	401	4535	480	1972
3	台北国際金融中心	台湾, 台北	388	1600	1010	2004(予定)
4	オスタンキノタワー	ロシア, モスクワ	337	1050	420	1967
5	スカイセントラルプラザ	中国, 広州	312	2650	240	1997
6	ランドマークタワー	日本, 横浜	267	1600	750	1993

これら 6 事例の設置仕様と特記事項を以下に示す。

(1) シアーズタワー

No	項目	仕様	特記事項
1	ビル高さ	435m	・世界最長行程エレベーター ・当初速度 540m/min であったが、耳詰り問題で速度を低減した。
2	エレメーカー	ウェスチングハウス	
3	用途と台数	展望台用 : 2 台	
4	積載質量	2725kg	
5	エレ速度	480m/min	
6	昇降行程	418m	
7	停止階	地下 2 階, 103 階(展望室)	
8	竣工	1973 年	

(2) W. T. C

No	項目	仕様	特記事項
1	ビル高さ	北 417m, 南 415m	2001 年 9 月の崩壊まで稼動
2	エレメーカー	オーチス	
3	用途と台数	展望台用 : 4 台	
4	積載質量	4535kg	
5	エレ速度	480m/min	
6	昇降行程	401m	
7	停止階	1 階, 110 階	
8	竣工	1972 年	

(3) 台北国際金融中心 (建設中)

No	項目	仕様	特記事項
1	ビル高さ	508m	・建設中 ・耳詰り問題のため下降速度を低減 ・主索：芯材を伸びの少ない鋼芯ロープを適用。
2	エレメーカ	東芝エレベータ	
3	用途と台数	展望台用 : 2台	
4	積載質量	1600kg	
5	エレ速度	上昇 1010m/min, 下降 600m/min	
6	昇降行程	388m	
7	停止階	地下1階, 89階	
8	竣工予定	2004年	

(4) オスタンキノ・タワー

No	項目	仕様	特記事項
1	塔の高さ	537m	塔の防火区画がしっかりなされていなかったため、2000年8月の火災でエレ機械室&昇降路内も高温となり、主索等が熔融破断した。 ティッセン社がリニューアル中。
2	エレメーカ	エル・シュタール社 (独)	
3	用途と台数	展望台用 : 4台	
4	積載質量	1050kg (3台), 500kg (1台)	
5	エレ速度	420m/min	
6	昇降行程	337m (昇降路付き)	
7	停止階	GL, 展望台4箇所	
8	竣工	1967年	

(5) スカイセントラルプラザ

No	項目	仕様	特記事項
1	ビル高さ	391m	主索：芯材：麻芯
2	エレメーカ	日立製作所	
3	用途と台数	人荷用 ; 2台	
4	積載質量	2650kg	
5	エレ速度	240m/min	
6	昇降行程	312m	
7	停止階	69ヶ所 (B1, 1~68)	
8	竣工	1997年	

(6) ランドマークタワー

No	項目	仕様	特記事項
1	ビル高さ	296m	国内最高速度 主索：芯材：麻芯
2	エレメーカ	三菱電機	
3	用途と台数	展望台用 : 3台	
4	積載質量	1600kg (2台), 950kg (1台)	
5	エレ速度	750m/min	
6	昇降行程	267m	
7	停止階	2階, 69階	
8	竣工	1993年	

5.2 地下設備調査

1) ダム設備

日立製作所のダム用エレベーターの納入事例で、堤高 100m以上の一覧を表 5.2 に示す。

表 5. 2 国内のダム用エレベーター設置一覧

No	ダムの名称	堤高 (m)	設置場所	積載質量 (kg)	速度 (m/min)	設置年
1	国土交通省	温井ダム	広島県	1000	240	1998
2		宮ヶ瀬ダム	神奈川県	3000	120	1998
3		川治ダム	栃木県	750	60	1981
4		月山ダム	山形県	1350	90	1999
5		弥栄ダム	広島県	750	60	1988
6		寒河江ダム	山形県	1000	90	1988
7		定山溪ダム	北海道	600	60	1988
8		大町ダム	長野県	750	60	1984
9		玉川ダム	秋田県	1000	90	1988
10		矢作ダム	愛知県	750	60	1970
11	水資源開発公団	奈良俣ダム	群馬県	1500	90	1988
12		浦山ダム	埼玉県	1600	120	1996
13		草木ダム	群馬県	750	60	1975
14		味噌川ダム	長野県	750	60	1992
15		下久保ダム	埼玉県	1500	60	1968
16		真名川ダム	福井県	1000	60	1977
17		富郷ダム	香川県	1300	90	1998
18		阿木川ダム	岐阜県	750	60	1988

2) 地下施設設備

国内の地下施設への昇降設備の代表例を表 5. 3 に示す。

表 5. 3 地下研究設備

No	設備名	設置場所	昇降行程 (m)	積載質量 (kg)	速度 (m/min)	設置年
1	東濃鉱山第 2 立杭	岐阜県土岐市	134	1150	60	1993
2	東北大学大学院理学部理学研究所 地震噴火予知研究観測センター	宮城県仙台市	50.9	400	45	1978
3	黒部第三発電所立坑	富山県立山町	195	4500 450	150 180	1985

これら 3 事例の設置仕様と特記事項を以下に示す。

(1) 東濃鉱山第 2 立杭

No	項目	仕様	特記事項
1	エレメーカー	日立製作所	昇降路壁から漏水対策 (写真 5-1)
2	用途と台数	人荷用 : 1 台	
3	積載質量	1500kg	
4	エレ速度	60m/min	
5	停止階	7 個所	
6	昇降行程	134m	
7	竣工	1993 年	



坑内外壁つなぎ部の状況調査写真5.1を示す。つなぎ部の漏水は排水樋で集水される構造であるが、この排水樋が全てのつなぎ部にはない。排水樋がない部分では内壁面に漏水が流れている部分があり、レールブラケットや配管支持部の腐食の要因となる。

写真 5.1 立坑内壁コンクリートつなぎ部導水対策

(2) 東北大学理学部理化学研究所 地震噴火予知研究観測センター

No	項目	仕様	特記事項
1	エレメーカー	日立製作所	設置 22 年目に漏水対策実施 昇降路壁から漏水のために、電気配管の腐食、鉄製ブラケット及びアンカーボルトの一部に腐食欠損脱落が発生したため、建設後 22 年後に昇降路の防水対策を実施している。
2	用途と台数	人荷用：1 台	
3	積載質量	400kg (人荷用)	
4	エレ速度	45m/min	
5	停止階	5 箇所	
6	昇降行程	50.9m	
7	竣工	1978 年	

(3) 黒部第三発電所立坑

No	項目	仕様	特記事項
1	エレメーカー	日本オーチス	昇降路壁から漏水あり。 1985 年に改修工事实施。
2	用途と台数	人荷用 (トロッキ搬送用)：1 台 乗用：1 台	
3	積載質量	人荷用：4500kg ; 乗用：450kg	
4	エレ速度	人荷用：150m/min ; 乗用：180m/min	
5	停止階	2 箇所	
6	昇降行程	195m	
7	竣工	1937 年	

5.3 既存昇降設備設置実態からの換気立坑内昇降設備計画への留意事項

以上の設置事例の実態から換気立坑内昇降設備計画への留意事項として以下のことがいえる。

1) 国内外の超高層ビル昇降設備の事例から

- (i) ロープ式エレベーターの昇降行程の実績は最大 418m である。
- (ii) 行程 1000m 昇降に伴う耳詰りの問題は、中間部の地下 500m の部分で一時休息すれば、問題ないと推察できる。
- (iii) オスタンキノ・タワーの事例より、昇降路内に火が廻ると、かご落下等の重大事故が発生する可能性があるため、かご構造や昇降路内には可燃物を使用しないこと、また、火災からの延焼を防ぐための防火区画を構成することが重要である。

2) 長行程エレベーターの保守状況から

実地調査が可能な中国・広州のスカイセントラルプラザビル（昇降行程：312m）のエレベーターの保守状況の実態から、立坑内という限られた作業空間での超長行程 1000mエレベーター設備計画への留意事項を下記にまとめる。

表 5.4 スカイセントラルプラザ

No	項目	仕様
1	ビル高さ	391m
2	エレメーカー	日立製作所
3	用途と台数	人荷用 : 2 台
4	積載質量	2650kg (1 台)
5	エレ速度	240m/min
6	昇降行程	312m
7	停止階	69ヶ所(B1, 1~68)
8	竣工	1997 年

(i) 立坑内という限られた空間でのエレベーター保守作業法の構築

- ① ロープ交換方法の確立
- ② 重量補償ロープ（コンペンロープ）の張力調整法の確立
- ③ 主ロープ、重量補償ロープのクリープ伸びに対する切り詰め方法の確立

(ii) レールと建物との相対伸縮対策法の構築

立坑掘削と同時に立坑上部から長さ 2.6 m 単位で打設される立坑外壁コンクリート、この外壁にレールが固定されるが、立坑完成後に外壁の沈下現象の程度に対応したレール支持構造が求められる。すなわち、外壁が沈下するとレールの荷重の大半がピット部に作用することになる。したがって、この荷重がピット構造にかからない構造が求められる。

3) 地下設備としての調査事例から

湿度に関してはダム設備関連の昇降設備稼動状況から判断すると、適切な保守作業、部分改修を行えば一般的には 20 年程度の耐用寿命が期待できる。超深度 1000m 立坑環境においても、類似もしくは更に過酷な環境となるため、機械室（巻上機、制御盤）、かご構造、レール、主ロープ、重量補償ロープなどの防滴・防腐蚀処理について、十分な対策が必要である。

6. 昇降設備構築上の留意事項

6.1 立抗昇降設備の関連法規

1) 関連法規の比較

鉛直走行の昇降設備の構造方法等を規定している主な法規には、建築基準法、労働安全衛生法、鉱山保安法がある。その主な項目について比較すると表6.1となり、構造・強度に関する規定は、ほぼ同じレベルであるといえる。

今回の換気立坑内の昇降設備は、建築物に設けられるものではなく、利用者も研究者および見学者に限定されるため、建築基準法は適用外である。一方、観光目的の使用に対しては建築基準法施行令第138条第2項に規定の“観光のための乗用エレベーター（工作物）”に該当し、建築基準法関連法規のエレベーター構造規格の適合が求められる。従い、本設備の研究使用期間後の利用に関しては、建築基準法への適合が求められると判断される。

したがって、同規格基準に準拠の考えおよび製品安全（Product Safety）の観点から、超深1000m昇降設備の法規基準対応事項を考察する。

表6.1 昇降設備関係法規の主要項目の比較

項 目	建築基準法	労働安全衛生法	鉱山保安法
昇降設備の製造許可	建業法上の機械器具設置 工事業の許可証が必要	積載荷重1000kg以上のエレベーターには製造許可証が必要	検定に合格することが必要。
設置届けなど 官庁手続き	施工前：確認申請 使用前：工事完了検査 使用後：定期検査	使用前：製造時の検査 使用後：有効期間後再検査	施工前：監督局の認可 使用前：設置完了検査 使用後：有効期間後再検査
主 索	安 全 率 常時（設置時）：5 常時（使用時）：4 安全装置作動時（設置時）：3.2 安全装置作動時（使用時）：2.5	10 ただし、常設エレベーターで動荷重に対し、静荷重換算係数2を掛けた荷重を使用する場合は、5でよい。	第一 第二 人 : 10, 5 人以外 : 6, 3 第一：主索破断荷重／最大静荷重 第二：主索破断荷重／（最大静荷重＋加速度荷重＋主索屈曲荷重）
	安 全 率 算 定 式	主索破断荷重／主索に掛かる荷重の最大値	主索破断荷重／主索に掛かる荷重の最大値
	本 数	2本以上	3本（ただし、安全上支障ない場合は2本）
荷 重 条 件	垂直動荷重，垂直静荷重，風荷重，地震荷重	垂直動荷重，垂直静荷重，風荷重，地震荷重	規定なし
積 載 荷 重	床面積により規定	床面積により規定	規定なし
非常止め装置	かごに設置要	かごに設置要	かごに設置要
緩 衝 器	かご，つり合おもりに設置要	かご，つり合おもりに設置要	規定なし
調 速 機	設置要	設置要	設置要
かご連絡装置	設置要	設置要	乗降場と巻上機場間に設置要

2) 建築基準法のエレベーター構造規格

建築基準法関連でエレベーターの構造を規定している条項は、表6.2の通りである。

表6.2 エレベーターの構造を規定している条項

法 規 名	条 項	規定の項目
建築基準法施行令	第129条の3	法令の適用範囲と除外規定
	第129条の4	エレベーターの構造上主要な部分
	第129条の5	エレベーターの荷重
	第129条の6	エレベーターのかごの構造
	第129条の7	エレベーターの昇降路の構造
	第129条の8	エレベーターの駆動装置及び制御器
	第129条の9	エレベーターの機械室
	第129条の10	エレベーターの安全装置
	第129条の13の3	非常用エレベーターの構造
	第112条第9項, 第14項	防火区画, 及び, 防火戸の遮炎・遮煙性能
	第129条の2の5	昇降路内の建築設備用配管・配線の設置
国土交通省告示	平12年建設省告示第1414号	エレベーターの強度検証法
	平12年建設省告示第1416号	防火上支障のないかご及び昇降路の構造
	平12年建設省告示第1423号	エレベーターの制動装置の構造方法
	平12年建設省告示第1428号	非常用エレベーターのかごや乗場戸の構造
	平12年建設省告示第1429号	エレベーターの制御器の構造
	平12年建設省告示第1440号	火災の発生の少ない室

6.2 法規上の留意事項

6.1節に述べた関連法規とそれ以外の法規も踏まえて、規格の項目とその内容に照らして、1000m換気立坑内設置の昇降設備が対応すべき事項を纏めると表6.3となる。

表6.3 法規上の留意事項

部 位	規 格 の 項 目	建築基準法とその他の構造規格内容 建築基準法以外は【 】で表記	立坑内エレベーターでの対応	備 考
か ご	枠 の 強 度	常時安全率3以上	対応可能	
	床 版 の 強 度	常時安全率3以上	対応可能	
	側 壁	難燃材料以上で作り, 人又は物の衝撃に対して安全なものであること。 非常用では不燃材料とすること。	対応可能。非常用ではないとしても, 火災発生時の避難の困難性から不燃材料使用がよい。	
	天 井 救 出 口	設けること。ただし, 制御器の操作又は手動でかごを昇降させることができるものはこの限りでない。	かごへの救出員の派遣が困難なため, 実質的に不可能につき, 天井救出手段を必要としない救出システムとする。	
	出 入 口 戸	難燃材料以上で作り, 人又は物の衝撃に対して安全なものであること。 非常用では不燃材料とすること。	対応可能。非常用ではないとしても, 火災発生時の避難の困難性から不燃材料使用とする。	
昇 降 路	構 造 ・ 囲 い	昇降路外の人又は物がかご又はつり合おもりに触れない構造とすること。	人が立ち寄る階段と昇降路間に仕切りを設けることで対応する。	

昇降路 (続き)	かご床先と壁との隙間	12.5cm以下とすること。	12.5cm超えない位置に仕切りを配置することで対応する。	注2
	頂部すき間	定格速度にリンクした数値	対応可能	
	ピット深さ	定格速度にリンクした数値	対応可能	
	建築設備の配管・配線	エレベーターに直接関係しない配管・配線を設置してはならない。	エレベーターに関係しない配管・配線は階段側に設置する。	
レール	坐屈強度	非常止め装置作動時に坐屈が起らないこと。	耐坐屈性からレールサイズとその取付間隔を選定する。	
	地震耐力	規定の水平・鉛直地震力がかご等がレールから外れないこと。	対応可能	
各乗場	敷居間隙間	4cm以下	対応可能	
	出入口戸	難燃材料以上で作り、人又は物の衝撃に対して安全なものであること。非常用では不燃材料とすること。	対応可能。 換気立坑内の環境につき、不燃材料で対応。	
機械室	マシンルーム材質	鋼製	対応可能	
	マシンルーム強度	安全率3以上	対応可能	
	機械室広さ	機器保全に支障のないこと。	対応可能	
	換気	概ね40℃以下とすること。	立坑内中間機械室含めて、換気設備を設置して対応する。	
		出力20kW以上の変電室は、外気と換気すること。 【(火災予防条例第11条)】	機械室の発熱を専用ダクトで地上に排気することで対応可能。	
機器	変電室の構造	出力20kW以上の変電室は、耐火構造の壁、床、天井で造ること。 【(火災予防条例第11条)】	耐火構造の機械室を構築する。	
	駆動綱車径	主索直径の40倍以上	対応可能	
	そらせ車径	同上	対応可能	
	かご吊り車径	同上	対応可能	
	錘吊り車径	同上	対応可能	
	主索の種類	JIS G 3525又はJIS G 3546に規定のものを使用。直径は10mm以上	左記規格以外の主索使用の場合は、大臣認定の取得で対応	(*)
	主索の強度	動荷重を加速度を考慮した静荷重に換算した全荷重に対して、安全率5以上	稼働頻度が少ないので、問題あれば、動荷重係数を2より下げて実状に合わせたものとすることができる。	
	主索の端部	鋼製ソケットにバビッド詰め、又は鋼製楔式ソケット。安全率4以上	対応可能	
	トロリー線	鉋山その他の坑道内の低圧配線はケーブル工事とすること。 【電気設備技術基準(解釈)】	昇降路内にトロリー線を敷設する場合には、昇降路内に専門技術者しか入らないため、この条件で所管行政機関にトロリー線使用の了解をとる。	(*)
安全装置	かご戸	戸閉じの確認スイッチ	対応可能。ただし、スイッチ信号の制御盤伝送を無線で行う場合には、無線信号システムの信頼性に関し公的評価が必要。	(*)
	乗場戸	全階戸閉じの確認スイッチと施錠。自動閉鎖装置(防火区画対応)	対応可能。	
	連絡装置	かご内と外部との連絡装置の設置	対応可能	

	過積載検出装置	定格積載荷重の110%を検出	対応可能。ただし、スイッチ信号の制御盤伝送を無線で行う場合には、無線信号システムの信頼性に関し公的評価が必要。	(*)
	停電灯	明るさ1ルクス以上。30分以上	対応可能。ただし、点灯継続時間60分以上への延長が必要。	
	自動着床装置	かごを自動的に着床階に停止させる機能。ドアも自動開扉すること。	対応可能	
	過速検出スイッチ	定格速度の130%以内で、かごの過速を検知し、制動を掛ける機能。	対応可能。かごの速度をロープ等で直接検知しない場合には、公的評価が必要。	(*)
	ブレーキ	定格積載荷重の125%でかごを減速停止できるブレーキの装備	対応可能	
	非常止め装置	定格速度の140%以内で、主索が切れてもかごの降下を防止する装置	対応可能。かごの速度をロープ等で直接検知しない場合には、公的評価が必要。	(*)
	終点スイッチ	両端階の着床レベルでかごを停止させるスイッチ	対応可能	
	行き過ぎ検出スイッチ	両端階の着床レベルを大きく行き過ぎた場合にかごの再起動を防止するスイッチ	対応可能	
	緩衝器	かご、つり合おもりが昇降路底部、頂部への衝突衝撃を緩和する装置	対応可能	
防火区画	堅穴区画	地階又は3階以上の階に居室を有する建築物において、昇降路の部分を、階段や住戸等の部分と、準耐火構造の床若しくは壁又は防火戸で区画すること。	現計画の換気立坑内の昇降設備は昇降路そのものが火災時でも換気空間を構成するため、建築基準法が求める防火区画は構成できない。そこで、システム本質安全の観点から、安全性が確保できる防災対策を施すことが必須で、人の安全が確保できる防災システムの構築が求められる。 すなわち、中間ステージ、最深ステージおよび深さ100m毎の予備ステージの各ステージと立坑間とを纏めて防火区画することが出来ないため、火災時には火災時管制運転でエレベーターを避難所のある最寄階に停止させ、安全な避難所に避難させるシステムを構築し、関係行政機関の指導を受けるものとする。	* 注3
冠水対策	退避運転	ピット等が冠水した場合、かごが冠水部に浸からないよう、退避運転を行う。(ピット部に冠水センサーを設置して行う)	対応可能	

(注1) 備考欄に*印のあるものは、法規上で不整合と判断されるもので、関係行政機関との対応が必要なもの。

(*)印は、採用するシステム・構造によっては、関係行政機関との対応が必要なものを示す。

(注2) 寸法12.5cmを超える場合でも、「かご戸のロック機構付き」で関係行政庁の事前了解を取り、同等の安全性を確保した実績は展望エレベーターにあるが、立坑1000mという環境のもとでの「かご戸のロック機構」の故障リスクを考えると、全行程で仕切りを設けることが必要と判断する。

(注3) 平成12年建告第1440号“火災の発生の少ない室を定める件”に規定する室に相当する場合には、建築基準法施行令第129条の2の2第1項“全館避難安全検証法”で堅穴区画がなされていなくても避難上安全であると検証できるため堅穴区画は不要となるが、中間ステージ、最深ステージや100m毎の予備ステージでは火災に備えて避難所の設置が求められているため、この建告の適用は困難と判断する。なお、参考までに、火災の発生の少ない室とは、以下のようなものが該当するとされている。

- ① 燃えるものが極めて少ない室：空調機械室、ポンプ室、玄関、階段附室、車路、廊下、等
- ② 基本的に在室者がいない室：冷蔵庫、機械式駐車場、浴室、便所、湯沸室（裸火不使用）等

6.3 昇降行程1000m昇降方式構築上の留意事項

1) 駆動方式

長行程のエレベーターの主な駆動方式には、

- ① ロープトラクション式（つり合おもり式）
- ② ロープレスリニア式（自走式）
 - リニアモータ昇降路一次式
 - リニアモータかご一次式

が考えられる。（ロープレスリニアエレベーターについては、補足資料2参照。）

それらの利害得失を表6.4に示す。

表6.4 長行程エレベーターの駆動方式の比較

比較項目	ロープトラクション式	リニアモータ昇降路一次式	リニアモータかご一次式
昇 降 行 程	ロープ自重の影響で有限 (1000m程度)	制限なし	制限なし
駆 動 力	かごとつり合おもりの不 平衡荷重+慣性加速力	かご全荷重×1.1 (ロープトラクション式の約 8倍)	同左（ただし、かごにリ ニアモータを搭載するた め、かご全自重は大）
駆 動 電 力	1	約8	約10
電 動 機 効 率	0.9	0.4~0.8	0.4~0.8
駆 動 機 へ の 給 電	頂部機械室に給電 (固定配線)	昇降路内敷設のリニアモータ 全行程に給電（固定配線）	かご搭載のリニアモータ に給電（移動配線かトロ リー線）
コスト比較	1	ロープ式の20倍程度	ロープ式の10倍程度
法 的 制 約	現建築基準法に準拠で可	構造規格がないので、国土交 通大臣の認定が必要となる。	同左

ロープレスリニア方式は、昇降行程には制限がないメリットがあるが、つり合おもりがないため、上昇時に昇降体の全荷重を揚重する駆動力が必要で、低効率で電動機が大きくなることが避けられないため、今日でも実施例はなく、研究用としての試作の領域にあるので、本検討はロープ式で検討する。

2) 安全性確保への配慮事項

立坑内の1000mの超長行程に渡って昇降するエレベーターの緊急時の安全性確保の観点から、通常の建築物のエレベーターの安全対策との対比のもとに、安全性確保への配慮事項を考察する。

事故・災害事象に対する乗客安全面からの比較検討結果を表6.5に示す。

表 6.5 事故・災害時の乗客安全面に関する配慮事項

事象	比較項目	建築物のエレベーター	超深度立坑のエレベーター
かご内閉込め	かご停止位置への救出員の派遣時間	通常は、閉込め連絡受信から30分程度で救出員がかご停止位置に到着することができる。	超深度の場合階段利用では救出員をかご停止位置に派遣することは困難な場合が想定される。 換気立坑環境の中で長時間閉じ込められても、利用者の安全が確保できるかご構造とする対応が求められる。 すなわち、エレベーター内に長時間閉じ込められる場合に備え、防塵空調設備付きのかご構造とする。
	かご移動による着床階への救出	階間距離が3～5m程度なので、機械室での巻上機の手動操作等でかごの移動が可能。	階間距離が100mのため巻上機の手動操作でかごを移動させることは事実上不可能なため、補助駆動装置あるいは保全エレベーター等の救出手段を併設する必要がある。
	天井救出口からの救出	救出員の援助を受けて天井救出口からのかご脱出は可能。	かご上への救出員の派遣が実質的に困難なため、天井救出手段を必要としない救出システムとする。
停電時	電池による救出運転	階間距離が小さいので可能。	移動距離が大きいので、自家発非常電源で駆動する。
	かご内停電灯	点灯継続時間は30分以上あればよい。	救出時間を考慮した点灯継続時間が必要。
火災時	走行時の最寄階の避難所までの到達時間	階間距離が3～5m程度なので、火報受信後、10秒以内には最寄階に着床し、安全区画である避難階段に逃げ込める。	火災管制運転で最寄階に着床し、避難所への避難システムを取り入れる。ただし、避難場所の換気は火災モードに依存することなく、確保されることが前提となる。避難場所までの到達が困難な場合が想定されるときは、昇降路または階段には煙の侵入が阻止できる換気構造とする。なお、かご及び昇降路内の機器は不燃材・難燃材で構成する必要がある。
	昇降路に20kW超えの変電設備がある場合	該当変電設備を設置する空間が外気と換気できる構造とすること。(火災予防条例第11条)	乗継ぎ方式の機械室は、耐火構造とし、換気立坑とは独立した換気配管設備を設ける。
地震時	最寄階着床時間	10秒以内で最寄階に着床でき、乗客はかご外に避難できる。	最寄階着床までに時間が掛かるため、地震時は一旦かごを停止。地震終了後、低速運転にて最寄階への着床避難する地震管制方式とする。
	ロープ類の引っ掛かり防止処置	地震時のロープ類の振れまわりによる昇降路内機器引掛り防止手段として、機器に突起部分に保護線を張り、ロープ類が突起部に回り込まない保護策を採っている。	地震時、ロープ類は全て外壁まで振れるため、速やかにエレベーターを停止させる地震管制運転方式とする。 エレベーターの速度検出用調速機のロープは外壁側近に張られるため、振れによって非常止め装置の誤動を引き起こす要因を持つ。500m以上の超長行程エレベーターの調速機はロープを張らないシステム構成が求められる。
	設計地震力	建物の用途に応じて耐震クラス別の設計地震力を採用	耐震クラスは、公共インフラ設備に準じ、耐震クラスAを目標とする。
居住環境	温度&湿度、塵埃	ビル内は快適な居住環境に維持されている。	立坑内の温度は40℃、湿度100%、掘削粉塵が含まれており、かごに除塵空調設備を設ける必要がある。

	換気設備 (令第20条の2)	建築基準法施行令によって、 各室の有効換気量が確保さ れている。 $V = \frac{20Af}{N} \text{ 以上}$ V：有効換気量(m³/h) Af：居室の床面積 (m²) N：占有面積 (m²/人)	立坑内の有効換気量を確保する必要がある。
--	-------------------	--	----------------------

3) 昇降方式構成上の配慮事項

超深度1000m換気立坑内昇降設備の昇降方式への安全上の配慮事項を考察するに、今回の換気立坑内の昇降設備は、火災事象に対しては建築基準法の規定には符号しない。したがって、避難所への避難運転と避難所の換気機能維持が必須の条件となる。

また、設置環境の特殊性から、かご内閉じ込め事故が発生した場合の救出作業は、一般のエレベーターに比較して困難なものとなる。万一製品故障などによるかご内閉じ込め事故が発生した場合であっても、速やかな乗客救出システムを構築する必要がある。

行程1000mの昇降設備として

①エレベーター単機による直行あるいは乗継ぎ昇降方式

②併設2台あるいは保全エレベーターを含めた併設2台の昇降方式

が考えられる。閉じ込め事故事象での①と②を比較すると、①の場合には、故障したかご内の状況を監視カメラと連絡装置で確認しながら、補助駆動機構での巻上機の低速強制運転で、乗客を救出することになる。しかし、機械的なロックが発生した場合などで、この救出強制運転が出来ない場合は、立坑内の階段からの救出しか出来なくなる要因を持っている。

②の併設方式の場合には、残りの正常なエレベーターを救援に向かわせ、通称ドッキング運転と呼ばれる運転で、故障しているエレベーターに横付けし、かご側部の救出口から乗客を救出することが可能で、①に比較して救出システムとしては、はるかに優れている。

次章の「昇降方式の構築」の考察では、安全の観点から乗継ぎ方式の場合には保全エレベーター付きで考察することとする。

4) 保全性に対する配慮事項

立坑内の環境は、高温・高湿で、掘削粉塵が含まれると推定されることから、本立坑に設置する昇降設備の保全性の観点から昇降設備機器設計上配慮すべき事項をまとめると、表6.6となる。

表6.6 保全性の観点から機器設計上配慮すべき事項

機器の名称	保 全 上 の 課 題	保全上配慮すべき事項	
		稼動後5年寿命の場合	稼動後20年寿命の場合
ロープ類	さびの発生	防滴環境仕様として、メッキロープとする	
かご枠	さびの発生	防滴塗装	ステンレス鋼材使用
レール	さびの発生	防滴塗装	防滴塗装
レールブラケット	さびの発生	鋼材に防滴塗装	ステンレス鋼材使用
中間ピット 床 材	腐食・電食の発生	鋼材に防滴塗装	ステンレス鋼材使用
中間部設置 制 御 盤	電気接点の接触不良の発生、電線類の腐食の発生	機械室の防塵構造化、プリント板ワニスコーティング実施等 機械室温度の抑制（40℃以下）	封印接点型継電器の使用、電気接触部の金メッキ厚の増加、機械室に空調設備の設置
中間部設置 電 動 機	高温高湿環境による絶縁性能の劣化	中間部機械室の温度抑制（40℃以下）	

なお、乗継ぎ方式の場合、中間部設置の巻上電動機が、万一巻線等の焼損で交換を余儀なくされた場合の巻上機の搬出と、代替巻上機の搬入は、通常のビルの場合と異なり、揚重機使用に制約があることから、事前にその方策を考慮しておく必要がある。

5) 気圧変化と生理

①「高度対気圧」の関係

東京天文台編纂の理科年表によると、気圧と高さの関係は次のラプラス公式によるとしている。

$$H=18400 \times (\log B_0 - \log B) \times (1 + \alpha t) \dots\dots\dots (1)$$

ここに、H：地上高さ（m）、 B_0 ：地上の気圧（hPa）、B：高所（地下）の気圧（hPa）、 α ：空気の膨張係数で0.00367、t：高さHの気圧の平均温度（℃）

（1）式に、 $H=-1,000\text{m}$ 、 $B_0=1,013\text{hPa}$ 、 $t=30^\circ\text{C}$ を代入すると、Bは、1,134hPaとなる。

即ち、地下1,000mの気圧は1,134hPaとなり、地上気圧に対し、121hPa（0.12気圧）増加する。

② 気圧の変化による耳詰り発生の生理学的な現象

耳は外耳、中耳、内耳から構成され（図6.1参照）、耳詰り現象は外耳道大気圧と中耳腔圧との圧勾配発生に起因する鼓膜偏位により起こる。一般に鼓膜偏位に起因した耳閉感を知覚すると中耳腔と上咽喉をつなぐ耳管を随意的な嚥下運動により一時的に開いて圧調整する。しかし、種々の原因で耳管が開き難い人も多く、この場合には昇降で生ずる差圧勾配はそのまま鼓膜偏位負荷になる。鼓膜の強さには大きな個人差があり、耳疾患や既往症者の中には鼓膜が極端に弱い人も存在し、それらの人では極端な場合には鼓膜の圧損傷の可能性もある。

耳管の開口は圧勾配のみで物理的に開口が生ずる受動的開口と、嚥下等の喉咽頭の筋肉の動きにより耳管の開口が生ずる能動的開口が存在するが、加圧中（下降中）の受動的な耳管の開口は殆ど起らないことが観測されているので、下降時の方が耳詰り症状が大きい。

以上の説明で明らかなように、耳詰りは気圧変化の速度より、気圧変化の総量に左右される面が大きい。

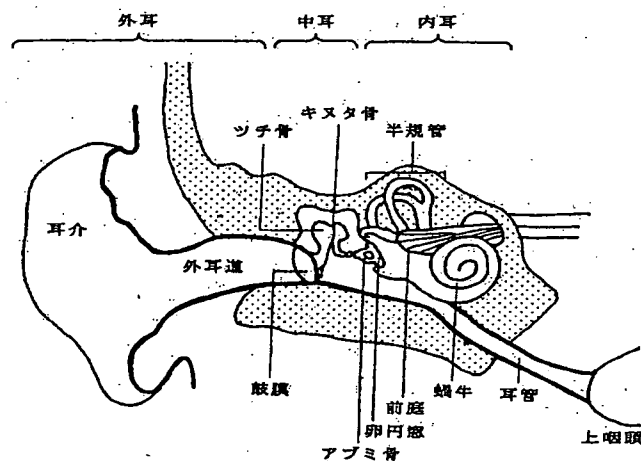


図 6. 1 耳の構造概略図

③ 耳詰りに対する昇降行程の限界について

耳詰り発生に対して、様々な研究機関やメーカーで昇降行程の評価が行われているが、鼓膜の強さ、耳管機能は人それぞれ異なっているため、どの高さまで、又、どの昇降速度までなら生理上問題ないと定説はないのが実状である。

ここでは、これまでの長行程の実績、種々の機関の研究報告の内容について述べる。

● これまでの長行程の実績

これまでの実績を表 6. 7 に示す。

表 6. 7 長行程エレベーターの実績

No	ビル名	地 区	竣 工	昇降行程	昇 降 速 度	備 考
1	ランドマークタワー	横浜	1993年	267m	750m/min	
2	サンシャイン 60	池袋	1978年	222m	600m/min	
3	シアーズタワー	シカゴ	1974年	418m	480m/min	耳詰り問題で速度 540m/min を 480m/min に低減
4	W. T. C	ニューヨーク	1972年	401m	480m/min	2001年9月崩壊
5	台北国際金融センター	台北	2004年	388m	上昇1010m/min 下降600m/min	工事中 2004年竣工予定
6	飛行機内飛行時気圧	—	—	2450m程度	気圧変化105m/min	

以上から、昇降行程400m程度までなら、約30年の実績があり、特に問題とはならないと判断する。また、飛行機のように、20分程度の時間を掛けてゆっくりと気圧変化をさせれば、機内での会話や嚥下運動により耳腔内圧力を調整できる機会が増えるので、特に問題ないと考えられる。

● 研究報告の内容

- (i) 橋本修左他:聴器に及ぼす生理心理的影響について—超高層エレベーター移動における生理心理的問題の検討 その5—聴器機能検査と昇降基準の考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), 1994年9月号に, 聴器に及ぼす生理心理的影響に対するエレベーター昇降基準の考察がなされており, その結果は, 図6.2のようになっている。

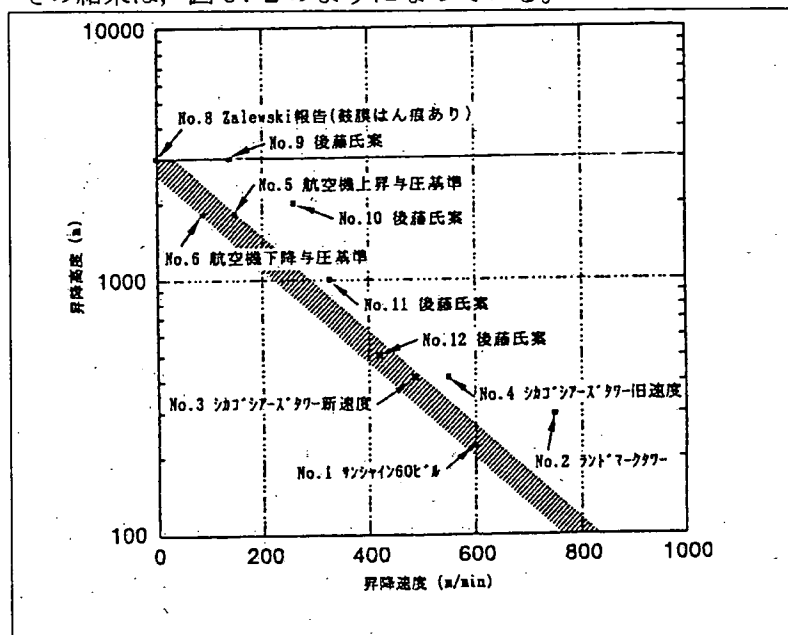


図6.2 昇降高度と速度の関係図

これによると, 昇降高度1000mのエレベーターは, 速度210m/min程度がよいとされている。

- (ii) 後藤剛史他:中耳内外の圧力差による症状について—超々高層用エレベーターを想定した気圧変動に関する一考察 I—高層居住と気圧について, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸), 1992年8月号によると, 中耳内外の圧力差による症状が記載されており, 表6.8のようになっている。

表6.8 中耳内外の圧力差と減圧症の症状

高度差[m] (気圧差)	症 状
40~70m (4~7 hPa)	軽い閉塞感, 軽い鼓膜の膨隆
130~200m (13~20hPa)	瞭な耳閉塞感, やや苦痛な軽い難聴
200~400m (20~40hPa)	不快感が増し, 耳鳴りを伴うときには耳痛, 軽い眩惑あり。
400~800m (40~80hPa)	耳痛, 耳鳴り, 眩惑が増強してくる。
800~1070m (80~107hPa)	耳痛, 航空性中耳炎
1330~6670m (133~667hPa)	鼓膜破裂

昇降速度が速い場合には, 高低差500m位のところで, 一旦, 休憩し, 会話やガム噛み, 唾の飲み込みなどで, 耳腔内の圧力調整を行った方がよい。

(iii) 後藤剛史他:大気圧差に対する1度目耳詰りの累積発生率について—高速エレベーターの乗心地に関する研究 その5—大気圧差の絶対値にみる耳づまりの発生状況—実験結果および考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (関東)昭和54年9月に, 図6.3に示すような大気圧差に対する1度目耳詰りの累積発生率のグラフが記載されている。このグラフによると, 減圧・加圧共, 気圧変化率が, 6.9hPa/分(速度換算では60m/min程度)のときは, 気圧変化率が小さいことから累積発生率も低い。しかし, 34.6hPa/分(速度換算360m/min)以上のときは, 累積発生率は気圧変化率には関係なく, ほぼ一定である。また, 耳詰りの発生は個人差が大きい。以上のことが読み取れる。このグラフからも, ほぼ全員の人が耳詰りを感じる高低差500m程度の位置で, 一旦, 休止した方がよい。

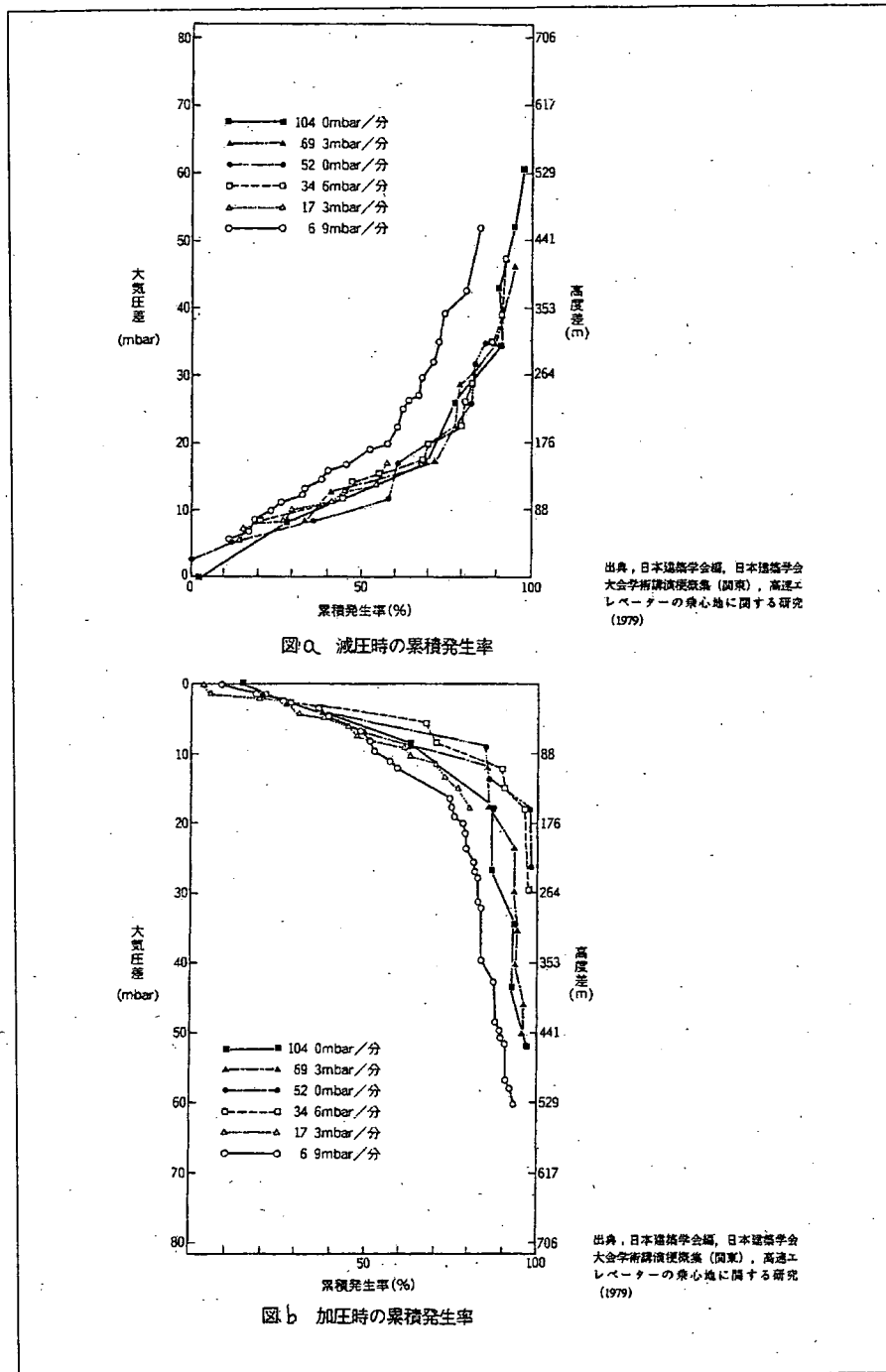


図6.3 大気圧差に対する1度目耳詰まりの累積発生率

(iv) 吉本智信, 上野俊昭, 坂井吉男, 長瀬博: 超高層ビル用高速エレベーターの鼓膜に与える影響—耳管の生理的開閉を中心として, 日本機械学会第3回交通・物流部門大会講演論文集, 1994年12月の東京警察病院と日立製作所の共同研究論文（補足資料3参照）には, 昇降行程500mの気圧差による耳詰りの検討がなされており, 500mまでなら鼓膜損傷などの危険な状態に至る可能性は極めて少ないとの結論になっている。

● 考察

以上述べた長行程エレベーターでの実績, 研究者の研究報告等を勘案すると, 一般見学者には鼓膜の強さや耳管機能に個人差があることを考えると, 1000m直行運転方式の場合でも昇降行程500m程度以下の位置でかごを一旦休止させ, 耳詰まり感を払拭させ, その後にエレベーターを再運転した方が鼓膜損傷問題の発生が少ないと考える。

7. エレベーター設置計画

7.1 昇降設備基本仕様

以上、第4章研究設備からの昇降設備機能より明らかとなった要求仕様を表7.1にまとめる。

表7.1 要求仕様

NO	項目	仕様	備考
1	積載量	800kg 程度	
2	定員	12名 程度	
3	速度	120m/min以上	片道 10分程度
4	昇降行程	1000m	
5	停止階	11ヶ所	地上階・中間・最深ステージ および、 100m毎の予備ステージ8箇所に停止
6	用途	乗用	非常用としては使用しない
7	環境	防滴・防塵	
8	利用者	研究者、作業員、見学者	見学者は大型バス1台/日 最大50名程度

本昇降設備計画は、直径4.5mの換気立坑にエレベーターを設置するために昇降路の大きさに制限がある。また、エレベーター以外の設備として幅750mm、踊り場750mmの階段の設置が計画されている。

そこで、提示された定員12人乗り程度を基本に

- 1) 積載量および、定員
- 2) 単独1台設置、併設2台設置の場合の乗りかご寸法
- 3) 出入口寸法・扉開閉方式
- 4) 昇降速度

について計画を行う。

1) 1台設置の場合

従い、エレベーターが設置される昇降路の有効間口4500mm、奥行2715mmが有効寸法となる。この昇降路寸法にて、1台の場合のかご内法寸法を計画した。

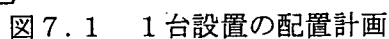


図 7.1 間口 1 6 5 0 mm x 奥行 1 4 5 0 mm より

間口 $1.65 \text{ m} \times \text{奥行 } 1.45 \text{ m} = 2.3925 \text{ m}^2$

法定積載荷重： $5400+4900\times(2.3925-1.5)=9773\text{ N}$

定格積載荷重：997Kg→1000Kg（法定積載荷重の端数切り上げ）

$$1000 \div 65 \text{ Kg/人} \div 15.38 \text{ 人} \rightarrow 15 \text{ 人} \quad (\text{端数切り捨て})$$

積載量 1000Kg 定員 15人となる。

2) 2台設置の場合

2台設置の場合についても検討を行う。1台時と同様にエレベーター以外の建築設備として
図7.2のように、幅750mm、踊り場幅750mmの階段の設置が計画されている。

従い、昇降路の有効間口3800mm、奥行2715mmが有効寸法となる。

この昇降路寸法制約条件から、2台設置の場合のかご内法寸法を計画した。

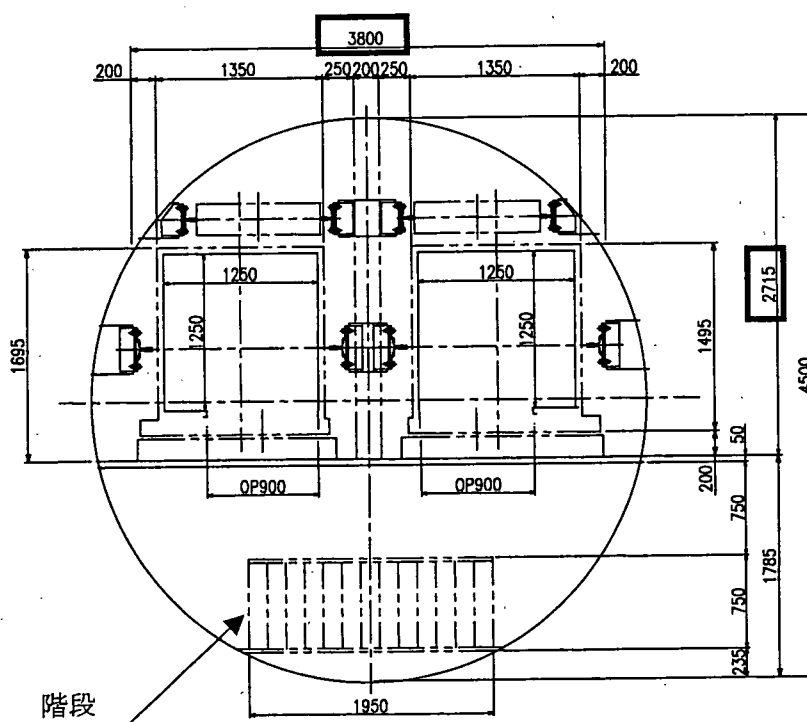


図7.2 2台設置の配置計画

計画したかご内寸法から、積載量・最大定員を求める。

図 7. 2 間口 1 2 5 0 mm x 奥行 1 2 5 0 mm より

(1) 床面積

$$\text{間口 } 1.25 \text{ m} \times \text{奥行 } 1.25 \text{ m} = 1.5625 \text{ m}^2$$

(2) 積載荷重(建築基準法施行令第129条の5より)

法定積載荷重： $5400 + 4900 \times (1.5625 - 1.5) = 5706 \text{ N}$

法定積載荷重： $5706 \div 9.8 \div 582 \text{Kg}$

定格積載荷重：582Kg→600Kg（法定積載荷重の端数切り上げ）

(3) 最大定員

$$600 \div 65 \text{ Kg/人} \approx 9.23 \text{ 人} \rightarrow 9 \text{ 人 (端数切り捨て)}$$

積載量 600Kg 定員 9人となる。

添付資料 4 に建築基準法施行令第 129 条の 5 (エレベーターの荷重) および同法第 129 条の 6 (エレベーターのかごの構造) の抜粋を示す。

7.3 かご出入口仕様の検討

(1) 出入口寸法

出入口寸法は、先に決定したかご寸法で適用されている幅900mmとした。

(2) 扉の両引き、片引きについて検討

扉の開き勝手は両引きと片引きがあるのでその構造を図7.3に示す。

扉開閉方式の決定条件として、1台設置の場合は一般的な両引き式、2台併設の場合は昇降路間口寸法より制約されるため片引き式とした。

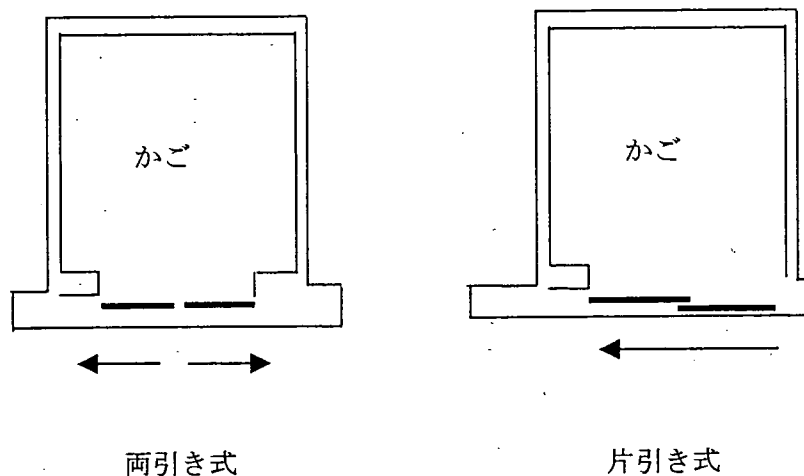


図7.3 出入口開閉方式

7.4 昇降速度の検討

エレベーターの昇降速度は一般的に毎分 45, 60, 90, 105, 120, 150, 180, 210, 240, 300, 360, 420, 480, 540m/minの範囲で計画されている。

本昇降設備の速度の検討に際しては、

- ①第4章にて、提示された許容される運行所要時間、片道10分程度より、
昇降行程1000m ÷ 10分 ≒ 120m/minの速度が求められる。

- ②第6章 4) 気圧の変化と生理 耳詰まり項より、

- イ) 項 これまでの長行程の実績は、昇降行程400m程度で速度480m/minの約30年の実績がある。
- ロ) 項 研究報告内容より、図6.2 昇降高度と速度の関係図では、昇降行程1000mのエレベーターは、速度210m/min程度、昇降行程500m程度の場合は、速度400m/min程度が提案されている。

以上ことから、速度の範囲は、120～360m/minの範囲にて計画する。

7.5 昇降システムの構成

前項のエレベーター設置計画より、表7.2昇降システム方式を計画したので各方式の概念・特徴・構造を説明する。

1) 単独直行方式

昇降行程1000mを1台のエレベーターにて対応、機械室は地上に設置する。

積載量1000Kg、(定員15人)、かごサイズ間口1650mm 奥行1450mm、出入口サイズ幅900mm(注1)高さ2100mm、速度120~360m/minで計画する。

2) 2台直行方式

単独直行方式と同じく昇降行程は1000m、安全性・保全性の観点から2台のエレベーター設置にて計画、機械室は地上に設置する。

2台併設とするため、換気立坑内径の設置直径4500mmには、積載量600Kg、(定員9人)、速度120~360m/minで計画する。

かごサイズ間口1250mm、奥行1250mm(注2)の換気立坑内配置が限界であり、ハートビル法にて求められる車イス仕様でのかごサイズに対応出来ないが、車イスの通常での乗降は可能であるので問題ないと判断する。

3) 乗継ぎ方式 (1回)

2台併設設置でAゾーン、Bゾーンとも昇降行程500mで計画。

各エレベーター仕様は、2台直行方式と同一であり、保全用として各ゾーンに隣接して保全用エレベーターを1台ずつ設置する。(合計2台)

中間部へ設置のエレベーター機械室は、Aゾーンと同じ巻上機の設置を計画し、エレベーター機械室を部分拡幅(第15章、計画図31241222, 31241223参照)をする。

乗用エレベーターは、速度210~360m/min、保全用エレベーターは速度210m/minで計画する。故障時の保全エレへの乗移り階高:約26mとなる。

4) 乗継ぎ方式 (2回)

Aゾーンは乗継ぎ方式(1回)同じく計画、中間部へ設置の昇降設備機械室は部分拡幅無し conditionsにて、Bゾーン昇降行程300m、Cゾーン昇降行程200m共、積載量600Kg、(定員9人)、速度210m/minで計画する。保全用も積載量600Kg、(定員9人)、速度210m/minとして各ゾーンに1台ずつ設置する。(合計3台)

故障時の保全エレへの乗移り階高:約26mとなる

乗継ぎ方式の場合の中間部昇降設備機械室の構造については、7.7節に記述する。

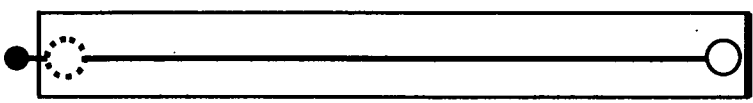
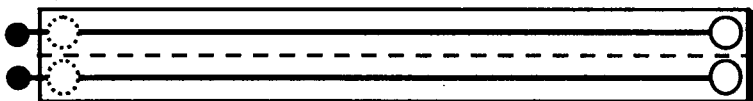
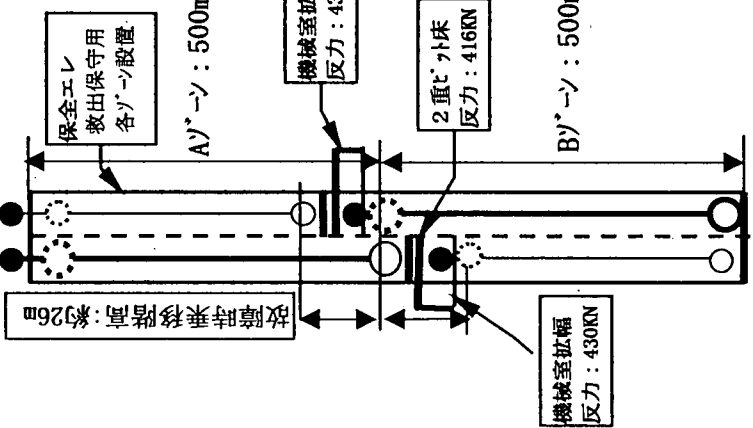
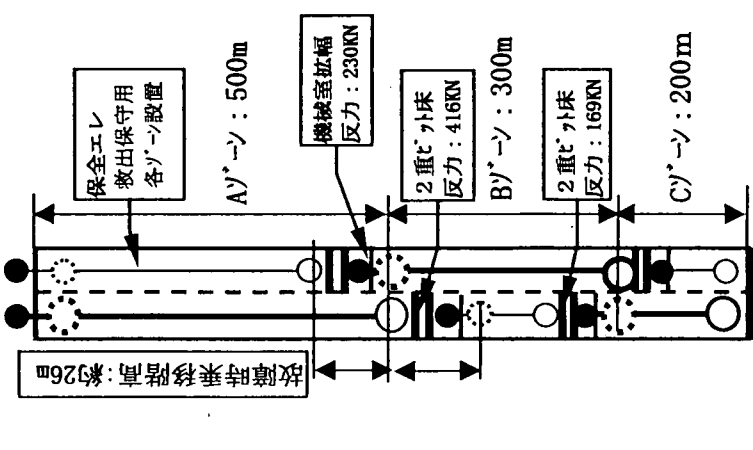
注1 車イス仕様で求められる出入口サイズ

幅 800mm

注2 ハートビル法にて求められる車イス仕様のかごサイズ

間口1400mm 奥行1350mm

表 7. 2 昇降システム方式

	単独直行方式	2 台直行方式	乗継ぎ方式	
			乗継ぎ 1 回	乗継ぎ 2 回
A-1) 方式概要 ●立坑内径 φ 4. 5 m ●立坑全高 1000 m ●隣接主立坑との 連絡坑道の 予備ステージ 100 m 間隔 9 本 ●換気方式 換気立坑上部 より強制排気				
A-2) 昇降機仕様	速度 1 2 0 ~ 3 6 0 m/min 積載量 1 0 0 0 Kg 定員 1 5 人 台数 1 台 安全エレ — 停止階 1 1 ヶ所	1 2 0 ~ 3 6 0 m/min 6 0 0 Kg 9 人 2 台 — 1 1 ヶ所	Aゾーン：2 1 0 ~ 3 6 0 m/min Bゾーン：2 1 0 ~ 3 6 0 m/min 安全用 2 1 0 m/min 6 0 0 Kg 各ゾーン：9 人 各ゾーン：1 台 各ゾーン：1 台 合計 4 台 1 1 ヶ所	Aゾーン：2 1 0 ~ 3 6 0 m/min Bゾーン：2 1 0 ~ 3 6 0 m/min 安全用 2 1 0 m/min 6 0 0 Kg 各ゾーン：9 人 各ゾーン：1 台 各ゾーン：1 台 合計 6 台 1 1 ヶ所
A-3) のりかごサイズ	1 6 5 0 mm X 1 4 5 0 mm	1 2 5 0 mm X 1 2 5 0 mm	1 2 5 0 mm X 1 2 5 0 mm	1 2 5 0 mm X 1 2 5 0 mm
A-4) 出入口サイズ	9 0 0 mm X 2 1 0 0 mm	9 0 0 mm X 2 1 0 0 mm	9 0 0 mm X 2 1 0 0 mm	9 0 0 mm X 2 1 0 0 mm
A-5) 立坑壁部分幅幅 (中間機械室部)	—	—	部分幅あり (図面 31241222, 31241223 参照)	部分幅なし
A-6) 中間機械室部反力	—	—	4 3 0 kN	2 3 0 kN
A-7) 故障時 乗降り階高	—	なし	安全エレへの乗降り階高：約 2 6 m	安全エレへの乗降り階高：約 2 6 m
A-8) 最下部ピット部反力	かご側：4 6 5 kN おもり側：4 2 8 kN	かご側：4 1 6 kN/台 おもり側：3 9 0 kN/台	かご側：4 1 6 kN/台 おもり側：3 9 0 kN/台	かご側：1 6 9 kN/台 おもり側：1 5 5 kN/台
A-9) 中間ピット部反力 (緩衝力+レール)	—	—	Aゾーン：かご：(4 1 6 + 4 9 0) kN/台 おもり：(3 9 0 + 4 9 0) kN/台	Aゾーン：かご：(4 1 6 + 4 9 0) kN/台 おもり：(3 9 0 + 4 9 0) kN/台 Bゾーン：かご：(1 6 9 + 2 9 5) kN/台 おもり：(1 5 5 + 2 9 5) kN/台
A-10) 換気ダクト	—	—	機械室 B用：5 0 0 m	機械室 B用：5 0 0 m, C用：8 0 0 m
A-11) 立坑内の階段	各方式とも間隔 100 m の予備ゾーン (連絡坑道) に退避できる手段として階段の設置を基本とする。 また、鉱山保安規則 469 条では梯子道が務付けられている。			

7.6 換気立坑内のエレベーター配置計画図

下記、表 7.3 に各方式の計画図を示す。

表 7.3 エレベーター配置計画図

	単独直行方式	2 台直行方式	乗継ぎ方式	
			乗継ぎ 1 回	乗継ぎ 2 回
機械室平面図	31241217	31241219	31241221	31241224
昇降路平面図	31241218	31241220	31241222	31241225
断面図			31241223	31241226

図面は、15章に付図とする。

7.7 乗継ぎ方式の場合の中間部昇降設備機械室の構造

7.7.1 機械室構造

1) 機械室構造

乗継ぎ方式の場合には、立坑内部に昇降設備の機械室及び、ピットの設置が必要になる。構造を図 7.4 中間部昇降設備機械室概略断面図に示す。

機械室機器を全て置く平面スペースが確保出来ないため、機械室を3層に分けて設置する。(乗継ぎ2回方式の場合)

その機械室数は乗継ぎ1回方式の場合は2ヶ所、乗継ぎ2回方式の場合は4ヶ所となる。

2) 機械室反力

立坑内部に昇降設備の機械室を設け巻上機を設置するので、その反力に耐える構造とする必要がある。

乗継ぎ (1 回)	中間部機械室反力	4 3 0 kN
乗継ぎ (2 回)	中間部機械室反力	2 3 0 kN

7.7.2 ピット荷重

1) 衝撃荷重

昇降設備のかごまたは釣り合いおもりが何らかの事故で落下した場合にピットに設置する緩衝器に掛かる反力に耐えられる床、落下の衝撃で床が崩れた場合に下に落下しないように受ける床 (下部号機の機械室天井と兼用)、下部号機の3つの機械室床を造る必要がある。

乗継ぎ (1 回)	ピット反力はかご側 4 1 6 kN, おもり側 3 9 0 kN
乗継ぎ (2 回)	Aゾーン中間部ピット反力はかご側 4 1 6 kN, おもり側 3 9 0 kN
	Bゾーン中間部ピット反力はかご側 1 6 9 kN, おもり側 1 5 5 kN

2) レール自重反力

乗継ぎ (1 回) の場合、行程 5 0 0 m 時のレール自重によるピット反力が最大 9 8 0 kN (2 4 5 kN/1ヶ所 x 4) となる可能性がある。

本エレベーターは、立坑コンクリート壁にブラケットにてレールを固定しており、さらに、超長行程のためレール立設下端に、

5 0 k 用ガイドレール 50Kg x 5m x (500m/5m) 本 = 25000kg (245kN) 反力が予想される。

これは、立坑コンクリート壁打設コアピッチ 2 6 0 0 mm 部の沈下現象が発生するとレールの荷重の大半がピット部に作用することになる。

よって、ピット荷重は衝撃荷重・レール自重反力 4 1 6 kN + 9 8 0 kN の耐反力が必要となる。以上、乗継ぎ方式の場合は、土木工事に関わる機械室、ピットの床工事の評価が重要である。

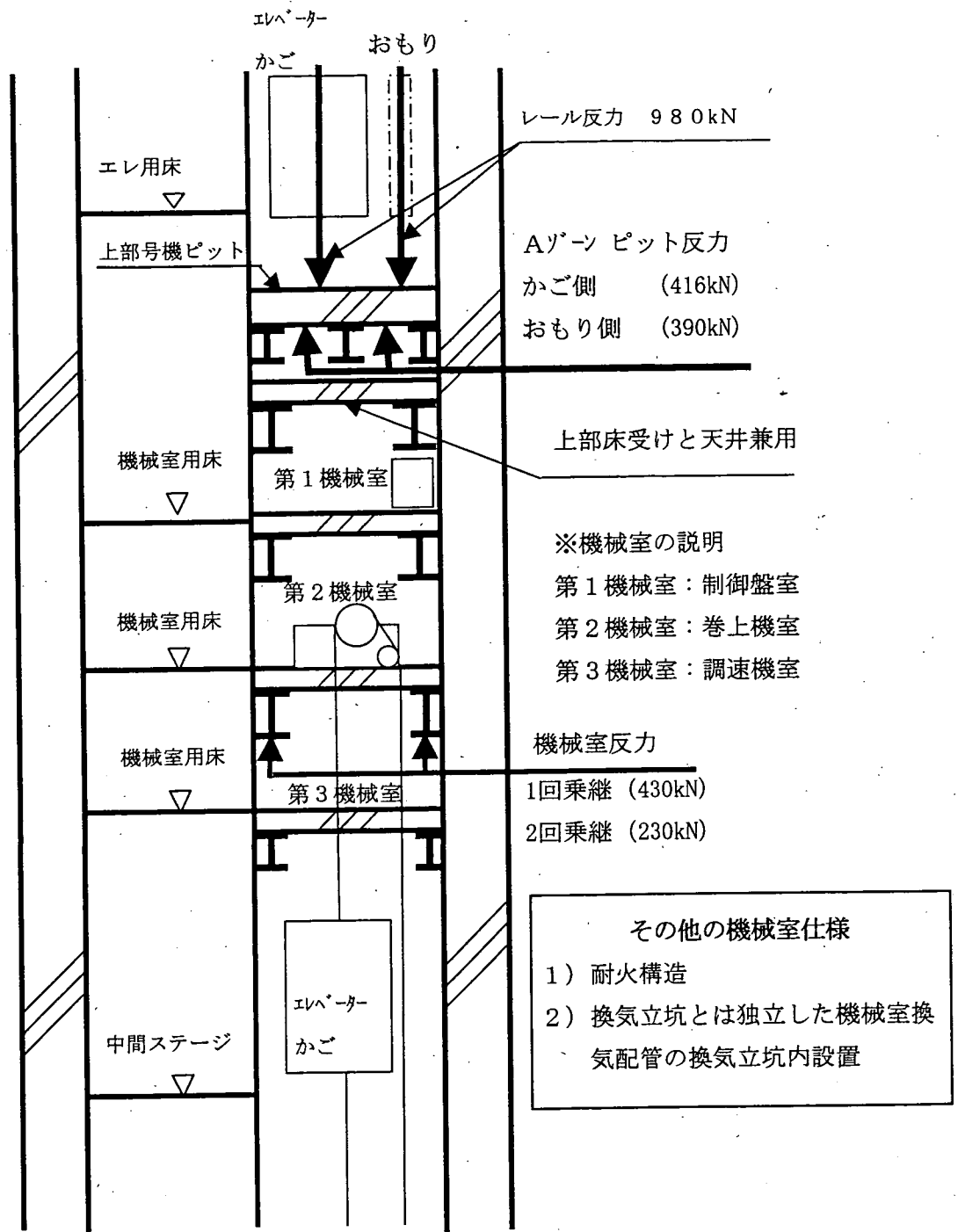


図 7. 4 中間部昇降設備機械室概略断面図

8. 立坑掘削完了から昇降設備設置までの施工手順

超深度1000mの立坑完成後から昇降設備設置完成までの工事と作業内容の分析を行い、これらの工事と作業の手順について考察し、今後の適正な工事作業期間を予測する上での考え方を考察する。

8.1 立坑完成後の土木工事とE V工事について

主立坑工事、換気立坑工事、これらの立坑を連絡する予備ステージ工事の完成後のエレベーター工事（以後、「E V工事」と称する）完成までの主な土木工事には、換気立坑内の①中間梁、②階段、必要に応じた換気立坑内部での③E V工事用作業区分け台設置工事、④エレベーターピット工事と⑤エレベーター機械室設置工事など、および、地上設備関連の⑥スcaffolding設備の撤去工事、昇降設備棟工事、ならびに、⑦立坑掘削時の「扇風機坑道＋風門」換気方式（図3.4参照）から昇降設備に適した換気方式への改造工事がある。

また、E V工事としては、換気立坑内の土木工事完了部分でのレール等の昇降路内機器据付工事に続き、巻上機、かご、ロープ等のエレベーター本体据付工事がある。ここで、レールの据付に関しては専用のロープでガイドされる移動作業台（以降、ゴンドラと呼ぶ）を設置し、昇降路の最下部より順にレールを昇降路内に据付て行っていくゴンドラ工法が採用される。このゴンドラ工法は、適用最長行程200mが限度で、行程が200mを超える場合には、ゴンドラの吊天位置を順次上部にステップアップして工事を進める工法である。

8.2 立坑完成後の工事手順の考察

行程1000mの換気立坑内部への機器設置工事で、上述した土木工事とE V工事でのゴンドラ工法を進める手順として、次の手順が考えられる。

手順案1：スcaffoldingを基地として、行程200m毎に【土木工事とその後のゴンドラ工法】で順次ステップアップする手順

手順案2：スcaffoldingを基地として土木工事を全行程完成後、ゴンドラ工法で行程200m毎に順次ステップアップする手順

手順案3：スcaffoldingを基地として土木工事を全行程完成後、1000m行程を予備ステージ間隔の100m毎に10等分に工区分けし、各2工区を受け持つゴンドラを5台設置して、昇降路内機器据付のE V工事を同時進行させる手順

手順案1は、土木工事とE V工事の同期作業上の安全管理、スcaffoldingを基地とするゴンドラ工法の適用可能性、ならびに、異種業種の同一立坑内での並行作業の工程管理と安全管理上の課題を抱える。

手順案2、3は土木工事とE V工事の期間が分かれるため、手順案1の懸案課題はないが、手順案2はE V工事の内、昇降路内機器据付の工期は手順3に比べ単純計算で5倍の工期を要する。

なお、手順案3に対してはゴンドラ工区間の作業安全性が確保可能な、すなわち、不用意な機材の落下に対する安全施策と、さらに、このような区分け作業台を設けた場合の換気立坑の換気機能が確保できることが前提となる。

8.3 工事手順案3による工事作業手順と据付作業大工程について

工事手順案3には8.2節に示すの懸案事項を抱えるが、これらの懸案事項の詳細検討は今後の検討事項とし、最も工事期間が短いと考えられる工事手順案3に注目し、立坑完成後の工事手順3での工事手順と据付作業の概略工程について考察する。

1) ゴンドラ工法について

行程1000mの昇降路を、停止階を設ける100m毎に区分けしてレール等の昇降路機器据付作業を同時期に平行して実施し、工事期間の短縮を図る。なお、上記工事期間短縮の手段として、立坑掘削工事の時に立坑外壁に建屋階段、中間梁及び、レール固定用金具を一定間隔で取付施工しておき、後にこの「固定用金具」に立坑内の階段、中間梁等の取付(土木工事)及びレール等敷設(EV工事)を実施する。

【凡例】 P.H: 機械室 〰: 作業床・ゴンドラ吊り点 ㊦: ゴンドラ ||: ゴンドラロープ ::::: カイトレール

1. 設置計画	単独直行方式	2台直行方式	乗継ぎ方式(乗継ぎ2回)
2. 施工方法 作業用ゴンドラ分割設置 3. 主な作業手順 - 安全対策 - ゴンドラ搬入・組立 - 製品搬入 - 芯出し - 基準線張り - レールラケット取付け - レール立て・芯出し - 機械室品取付け - ゴンドラ解体 - かご枠・CWT組立 - ロープ掛け - かご室組立 - 配管・配線 - 試運転・調整 - 社内検査			
4. 作業環境条件	a. 昇降路内固定金具の設置, 中間梁施工済み c. 100m毎のゴンドラ吊り天用受梁の設置 e. 主立坑内・スカーフト使用による製品搬入 g. 作業に適正な換気環境と粉塵環境の確保		
5. 技術検討事項	b. 100m毎の水平間仕切り設置 d. 100m毎の工事電源(単相100V, 3相200V)確保 f. 予備ステージ内の製品の保管場所確保		

図8.1 エレベーター据付作業計画及び手順

2) ゴンドラの基本仕様

外形寸法：(H)3100×(W)1600×(D)850～1600

昇降速度：20m/min

昇降揚程：最大200m

電源電圧：3相200V

駆動方式：摩擦利用式ウィンチ(2基)

積載質量：380kg

搬器質量：620kg

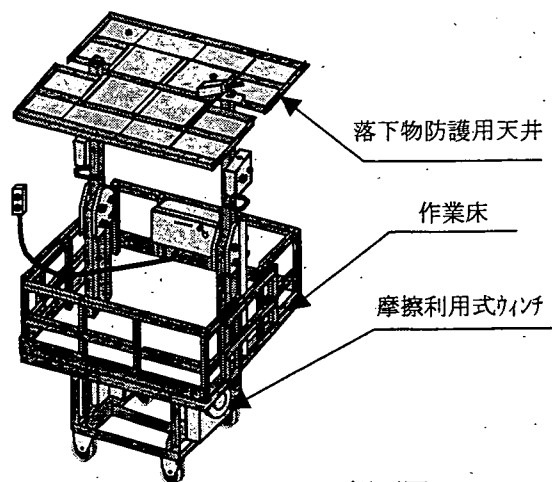


図8.2 ゴンドラ概要図

3) 作業手順

表8.1 昇降設備据付完成までの主な工事作業手順

NO	作業 フェーズ	工程作業名	内 容	作業元
1	掘削時	坑内外壁 固定金具埋込み	階段、中間梁およびレールの固定金具の埋込み (壁面出張りはスcaffordの許容寸法以内) (8.4節参照)	土木工事
2	掘削完後の 土木工事	換気立坑内 事前工事	立坑内の環境確認後、換気立坑内の改造スcaffordによる次の工事に入る 1. 最下ピット床工事 2. ①中間梁 ②階段 ③10区画の作業床(2重床 張り及びゴンドラ吊り点用受梁) 3. 階段側と昇降路側との仕切り 4. 乗継ぎ方式の場合：中間機械室床敷設工事	【EV側事前 環境の確認】 土木工事 土木工事 土木工事 土木工事 土木工事
3		スcaffordと 掘削棟の撤去	土木作業床完成後はスcafford撤去 換気立坑掘削棟の撤去	土木工事
4		昇降機械棟建設	昇降機械棟の新規設置 換気立坑の換気方式の改造 坑内電源&保安工事	土木工事
5	レール 敷設前	ゴンドラ設置	昇降路に敷設した10区画の作業床を吊天として ゴンドラ(移動作業台)を設置	EV工事
6	敷設前	ピット機器設置	緩衝器他の器材を搬入し、緩衝器をセットし レール据付準備を行う	EV工事
7	レール 敷設作業	レール搬入作業 ⇕ レール据付作業	主立坑スcaffordによる搬入(8.5節参照) ⇕ 作業期間：レール搬入機動性に依存	EV工事 EV工事
8	レール 敷設後	ゴンドラ撤去		EV工事
9		巻上機設置	巻上機、制御盤、調速機の設置	EV工事
10		EV組立作業	かご、つり合おもりの塔内組立	EV工事
11		ローピング	主ロープと重量補償ロープのロープ掛け作業	EV工事
12		塔内工事	かご枠上での移動作業	EV工事
13		完成検査	関係行政庁による完成検査	EV工事
14	乗換え方式の場合は上位の昇降設備に対して順にN06～N013を繰り返す。			EV工事

4) 据付作業工程

表 8. 2 エレベーター据付工事工程

【作業環境条件】

- (1)昇降システム方式 : 2 台直行方式
 (2)昇降路内土木工事 : 中間梁, 階段, 階段仕切, ピット工事, 昇降路作業区分の床工事などが完了していること
 (3)レールの据付 : 昇降路を 10 区に区わけし, 各区分内で同時施工できる作業環境であること
 (4)昇降路内機器搬入手段 : 主研究立坑設備のスカフオードによる分割搬入が可能なこと
 (5)路内作業者の移動手段 : 主研究立坑設備のスカフオードによる移動が可能なこと
 (6)風門部分の据付作業 : 風門を有する区画の据付作業時は, ゴンドラ走行のため, 風門を開放状態とすること。

月間日程 作業項目		土木工事 期間												備考																					
		1			2			3			4				5			6			7			8			9			10			11		
		10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	
1. 土木工事																																			
2. 着工準備・安全対策																																			
3. 製品搬入																																			
4. 芯だし作業																																			
5. ゴンドラ搬入・組立																																			
6. 出入口品取り付け																																			
7. レールの取付																																			
8. 機械室品据付																																			
9. ゴンドラ解体・搬出																																			
10. つり合おもり組立																																			
11. かが枠組み立て																																			
12. ロープ掛け																																			
13. AN 試運転																																			
14. 塔内器具取付																																			
15. 塔内配線																																			
16. コンペンロープ掛け																																			
17. かが組立																																			
18. 試運転・調整																																			
19. 社内検査																																			
20. 労基検査																																			
21. 引き上げ作業																																			

8.4 換気立坑内への機器取付け用固定金具について

(2台直行方式と乗継ぎ方式を選定したときの固定金具位置検討図を示す)

換気立坑掘削時に立坑内壁に取付ける固定金具の基本仕様を下記に示す。

- ①立坑壁コンクリート打設時に、固定金具を埋め込む。
- ②①の場合、固定金具は埋込みボルトで固定され、下図に示す反力に耐える取付構造とする。
- ③固定金具には、エレベーター工事のブラケットAの締付用のたて込み穴(M20ねじ穴)を設ける。
- ④固定金具の垂直方向の取付精度は、X、Y方向共、50mm/1000mとする。
- ⑤固定金具のコンクリート壁面からの出張りはスcaffordが許容する寸法以内とする。
- ⑥固定金具の埋め込み施工が不可の場合は、同要求項目を満たすかたちで、後施工アンカーボルトにて施工する。
- ⑦たて込み穴の穴ピッチなど固定金具の詳細については、別途打合とする。

なお、埋込金具位置の決定の都合上2003年度下旬までに単独、併設方式の決定が必要である。

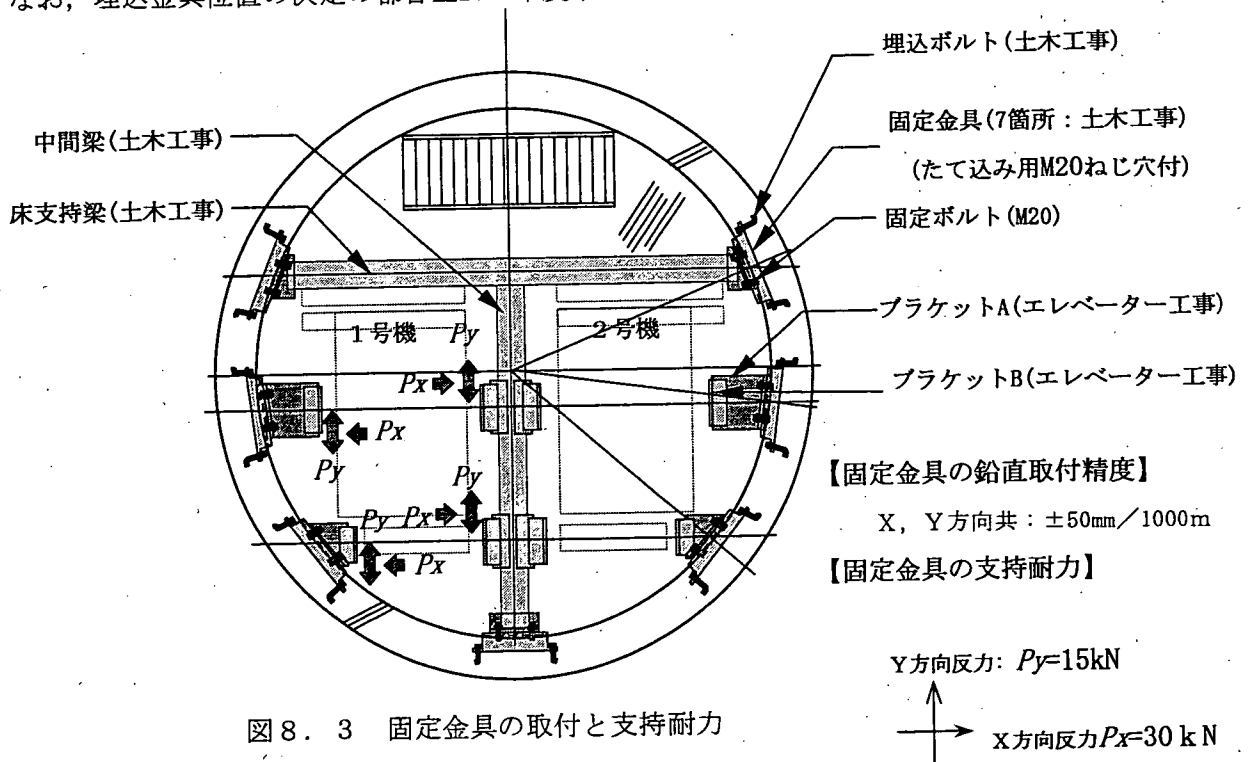
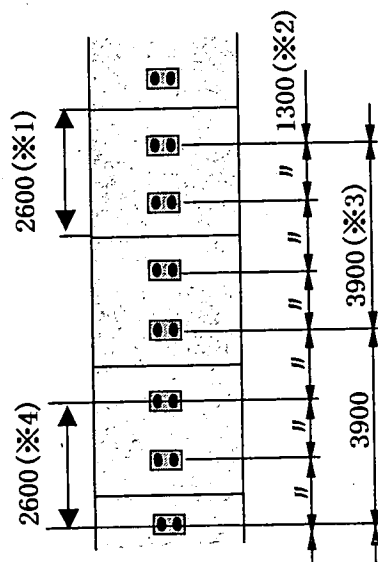


図8.3 固定金具の取付と支持耐力



固定金具の取付間隔

コンクリートコアに一定間隔で取付

- ※1: コンクリートコア高さ 2600
- ※2: 埋込み取付間隔 1300
- ※3: レール固定間隔 2600 or 3900
- ※4: 直行式の場合は、レールの座屈耐力を増すために、行程450~1000mの区間は2600となる。

図8.4 固定金具の取付け間隔

8.5 予備ステージの坑道を利用するレールの搬入について

作業場への機材の搬入は10箇所の予備ステージ(連絡坑道)を仮置場として主立坑内のスカフォードで行う(注記参照)。以下、仮置場の必要スペースと搬入頻度を以下に示す。

1) レールの搬入荷姿1セットの形状と質量：

荷姿形状：形状案を図8.5(レール4本組)

大きさ：620(W)×260(H)×5500(L)

質量：約1000kg

2) 一回の搬入量：4セット(16本)で、620(W)×520(H)×12,000(L)のスペースを占有

3) 搬入頻度：100m区画毎のレール総員数80本を5回に分けて搬入し、1連絡坑道で月当たり1～2回程度

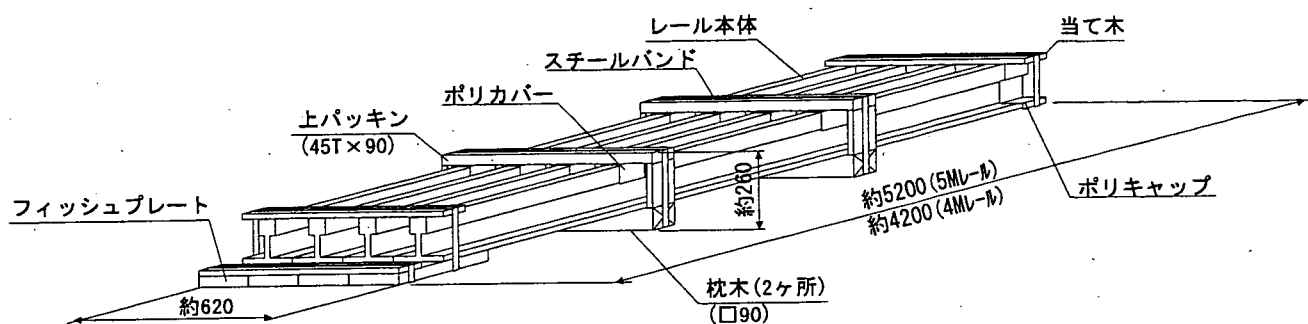


図8.5 レール搬入荷姿(案)

注記：主立坑スカフォードによるレール搬送の可能性について、搬入荷姿、および、スカフォードの改造と予備ステージコーナ部の切欠などの必要性を含めて、別途スカフォード実機調査のもとに確認するものとする。

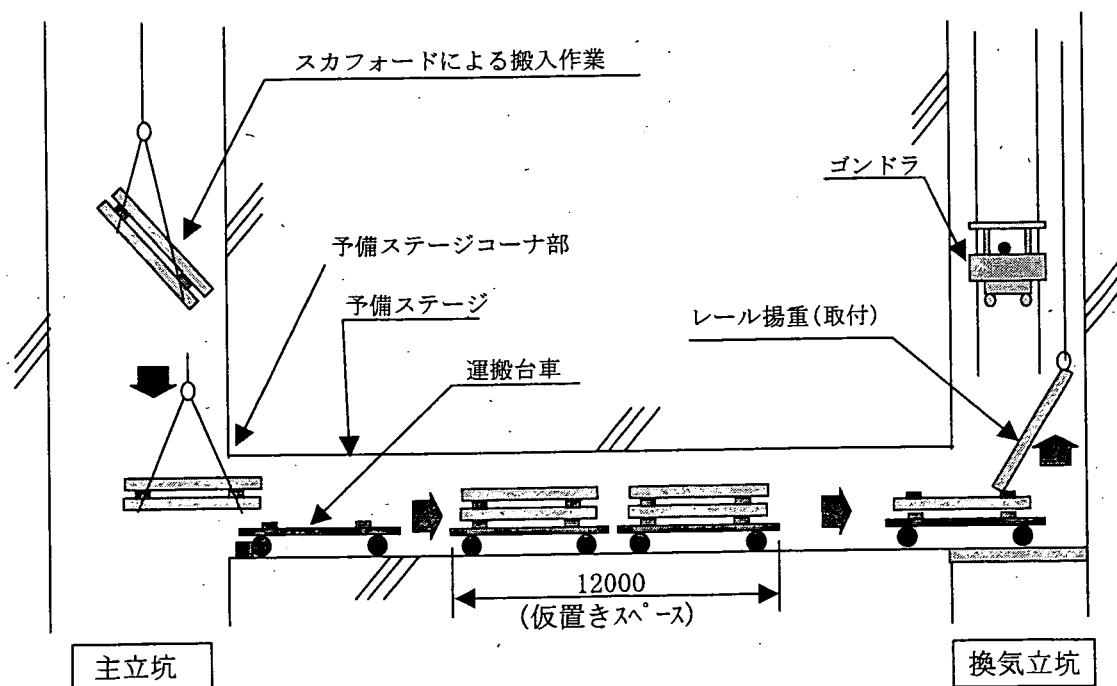


図8.6 レール搬入、仮置き

9. 昇降方式毎の構造、施工、保全、安全性、信頼性上の特質比較調査

9.1 安全性

7章の各昇降方式に対して、故障や災害発生時の乗客安全面から比較したものを表9.1に示す。

表9.1から判断すると、安全性の観点では、2台直行運転が最もよい。

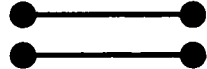
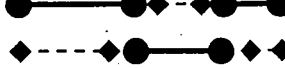
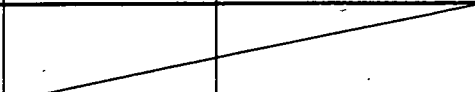
表9.1 昇降方式毎の安全性比較

比較事象	単独直行方式	2台直行方式	乗継ぎ方式	
			乗継ぎ1回	乗継ぎ2回
故障時 かご内 閉じ込め	×	○	△	△
	巻上機に補助駆動機構を設けても、救出に1時間以上掛かる。	並設エレベーターのかごを故障エレベーターのかごに隣接させ、かご側部救出口から乗客を救出する。	保全エレベーターの就役ゾーン外で故障停止した場合、故障かごを低速で保全エレベーターの就役ゾーンに動かす必要がある。	同左
火災時	○	○	○	○
	火災時管制運転で最寄の予備ステージ等の所定の避難場所に避難させる。			
停電時	○	○	○	○
	自家発電設備によりエレベーターを運転する。			
地震時	○	○	△	△
	地震感知器の作動により一旦非常停止し、揺れ収束後に低速運転にて地上階に乗客を運び救出する。大地震時には機器点検後高速運転を再開させる。	同左。ただし、大地震時に機器の点検を行う場合、機器の台数が多く、時間が掛かる。		
安全性総合評価(順位)	4位	1位	2位	3位

9.2 信頼性

エレベーターの故障の殆どは、制御盤などの電気関係やかご周辺機器で、行程長に係わる主索等の故障率は低い。したがって、ここでは直行方式、乗継ぎ方式ともエレベーター1台当りの信頼性はほぼ同じと仮定し、1000m立坑の各昇降方式の稼動信頼性（最深ステージに移動ができる確率）を評価する。この評価結果を表9.2に示す。2台直行方式の稼動信頼性が最も高いことが分かる。

表9.2 各昇降方式の信頼性比較

	単独直行運転	2台直行運転	乗継ぎ方式	
			乗継ぎ1回	乗継ぎ2回
方式模式表示				
方式信頼度(注)	R	$1 - (1-R)(1-R)$	$\{1 - (1-R)(1-R)\}^2$	$\{1 - (1-R)(1-R)\}^3$
具体的数値例 (不稼働率)	0.9	0.99	0.98	0.97
	10回/100年	1回/100年	2回/100年	3回/100年
信頼度評価 (順位)	4位	1位	2位	3位
保全エレベーターがない場合の 信頼度(参考)			R^2	R^3
			0.81 (20回/100年)	0.73 (30回/100年)

(注) 乗継ぎ方式の稼動信頼性は、単独ゾーンを補完する保全エレベーターの運転も入れての評価のため、単独直行運転より稼動信頼性は高いが、保全エレベーターへの乗り移りに行程差約26mの階段歩行移動時の安全信頼性と避難時間を考慮すると脚力弱者の利用は困難となる。

9.3 利便性

一般の建物のエレベーター台数を含めた昇降設備の基本計画時に実施されるエレベーター輸送能力の評価と高齢者等の脚力弱者の利用性の観点で、各昇降方式の特質を評価する。

1

輸送能力の評価

計算条件として、

イ) 1グループ（12名）が地上階から出発して最深ステージに到着するまでの時間

ロ) 見学者50名全員を地上階から最深ステージに輸送する時間

で計算した。

先頭者が地下1000mに到達する所要時間 $Tr1$ と最終者が到達するまでの所要時間 $Tr2$ を、各昇降方式毎に計算した。その結果を補足資料5 交通計算による移動時間の比較で説明する。

同資料の表1.3より、1グループ（12名）が最深ステージに到達する所要時間は、約5分～9分で直行方式が速い。

50人が最深ステージに到達する所要時間は、25分～46分となる。速い昇降方式は乗継ぎ方式で、最も所要時間を要するのが単独直行方式、次に2台直行方式となる。

ただし、直行方式は、6章で説明した耳詰まり防止の関係より速度 $210\text{m}/\text{min}$ で検討した。

この20分程度の差は、見学順路等の計画により許容できる範囲であり、輸送能力特性が昇降方式の選択因子にはならないと考える。

2

脚力弱者の利用性

各方式のエレベーター故障時の乗客移動階高を表7.2 A-7)より転記して示すが、研究設備利用や見学等に年齢に関係なく、脚力弱者の利用（車椅子利用も含める）を考えたとき、故障モードによっては2台直行方式を除き利用者の階段避難が避けられない。

単独直行方式の場合には故障時避難階高が最悪50mとなるため、脚力弱者の利用制限等の配慮が妥当と考えられる。乗継ぎ方式の場合でも、階段の勾配等の配慮と介助者の条件のもとでの利用となる。

以上の考えのもとに、利用者制約性に関して脚力弱者の立場で各方式の特質を評価した。

	単独	2台	乗継1	乗継2
故障時避難階高(m)	50	0	26	26
脚力弱者の利用	不可	可	困難	困難

9.4 製品構成のための開発技術

9.4.1 駆動系システムの開発

9.4.1.1 ハイテンロープ適用技術

1) 現状技術

エレベーターロープは法規上ロープ破断荷重の10倍以上の安全率が必要とされており、通常余裕を見て11倍以上の安全率で運用している。ロープ本数の計算式は下記の通り表わされる。

$$\text{ロープ本数 } N \geq \frac{(W + W_C + 0.5W_{CP}) \times 9.8 \times 11}{T - \rho \cdot (H + 20) \times 9.8 \times 11}$$

W : 積載質量 (kg)

W_C : かご質量 (kg)

W_{CP} : 補償ローププリー質量 (kg)

T : ロープの破断荷重 (N/本)

ρ : ロープ単位長さ質量 (kg/m)

H : 昇降行程 (m)

今、積載質量を600kg、かご質量を5000kg、補償ローププリー質量を2000kgとした場合、大容量エレベーターとして通常使用しているエレベーター用A種φ20ロープ (ρ : 1.37kg/m, T : 192000N) を使用した場合の必要ロープ本数は、

昇降行程1000m時 (直行方式)

$$\text{ロープ本数 } N \geq \frac{(600 + 5000 + 0.5 \times 2000) \times 9.8 \times 11}{192000 - 1.37 \times (1000 + 20) \times 9.8 \times 11} = 17.2 \quad \Rightarrow 18 \text{本}$$

昇降行程500m時 (乗継ぎ方式)

$$\text{ロープ本数 } N \geq \frac{(600 + 5000 + 0.5 \times 2000) \times 9.8 \times 11}{192000 - 1.37 \times (500 + 20) \times 9.8 \times 11} = 6.2 \quad \Rightarrow 7 \text{本}$$

となる。

通常エレベーターの主ロープは最大8本程度であり、ロープ本数が極端に多くなると機器の大型化や据付作業や保守性の悪化が問題となる。

乗継ぎ方式の場合においては、エレベーター昇降路の中間階に機械室を設置する必要があるため、巻上機の搬入・工事性と機器の保守性を考慮すると巻上機は極力小型化する必要がある。巻上機の綱車径は法規上ロープ径の40倍以上必要であることからロープ径はφ16程度 (綱車径φ640~700程度) とすべきと考える。

昇降行程500m (乗継ぎ方式) において、エレベーター用A種φ16ロープ (ρ : 0.878kg/m, T : 123000N) を使用した場合の必要ロープ本数は、

昇降行程500m時 (乗継ぎ方式)

$$\text{ロープ本数 } N \geq \frac{(600 + 5000 + 0.5 \times 2000) \times 9.8 \times 11}{123000 - 0.878 \times (500 + 20) \times 9.8 \times 11} = 9.6 \quad \Rightarrow 10 \text{本}$$

となる。

1000m直行方式、500m乗継ぎ方式とも、超長行程エレベーター実現には、より高破断力のハイテンロープの適用が不可欠であると考ええる。

ハイテンロープとは、ワイヤーロープを構成している素線の引張り強さを大幅に向上させ、ロープ重に対する破断荷重を向上させたロープである。ワイヤーロープ仕様を表9.3に示す。

表 9.3 ワイヤロープ仕様

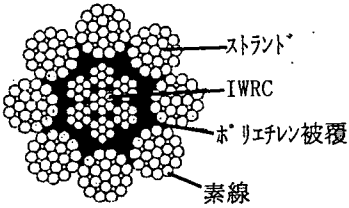
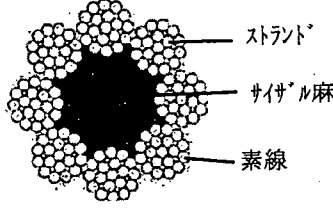
		ハイテンロープ	現状ロープ
ロープ型式		(ジュシヒクIWRC) 8×Fi(25)	(麻心) 8×Fi(25)
素線引張り強さ		2350 N/mm ²	1620 N/mm ²
素線硬度		Hv 570	Hv 425
φ 20	ロープ単位長さ質量	1.70 kg/m	1.37kg/m
	ロープ破断荷重	310000 N	192000 N
φ 18	ロープ単位長さ質量	1.38kg/m	1.11kg/m
	ロープ破断荷重	255000N	156000N
φ 16	ロープ単位長さ質量	1.09 kg/m	0.878kg/m
	ロープ破断荷重	201300 N	123000 N
ロープ断面図			

表 9.6 のハイテンロープを使用した場合の必要ロープ本数は,

昇降行程1000m時 (直行方式)・・・φ 20ロープ

$$\text{ロープ本数 } N \geq \frac{(600+5000+0.5 \times 2000) \times 9.8 \times 11}{310000 - 1.70 \times (1000+20) \times 9.8 \times 11} = 5.8 \Rightarrow 6 \text{ 本}$$

昇降行程500m時 (乗継ぎ方式)・・・φ 16ロープ

$$\text{ロープ本数 } N \geq \frac{(600+5000+0.5 \times 2000) \times 9.8 \times 11}{201300 - 1.09 \times (500+20) \times 9.8 \times 11} = 5.1 \Rightarrow 6 \text{ 本}$$

となり、ともに8本以下のロープで必要安全率を満足することが可能となる。

ハイテンションロープは上表に示す通り、ロープ素線の引張り強さの向上に加え、硬度も大きく上昇するため、相手材である巻上機綱車においても適正な表面硬度と適正な材質の開発が必要となる。

2) 結論

ロープ本数の検討結果を表 9.4 に示す。超長行程エレベーターには、ハイテンロープの適用技術の開発が必要である。

表 9.4 ロープ本数の検討結果

	単独, 2 台直行方式(行程1000m)	乗継ぎ方式(行程500m)
現行ロープ φ 20使用	18本(ロープ 本数多すぎ)	7 本(機械室品の小型化必要)
現行ロープ φ 16使用	27本(ロープ 本数多すぎ)	10本(ロープ 本数多すぎ)
ハイテンロープ φ 20使用	6 本(適当)	4 本(機械室品の小型化必要)
ハイテンロープ φ 16使用	9 本(ロープ 本数多すぎ)	6 本(適当)

9.4.1.2 バックアップシステム技術

1) 一般エレベーター故障時の救出方法

エレベーターが致命故障を起こした場合、次の2つの方法により乗客を救出している。

(致命故障とは、制御装置、巻上機モータ等の主な部位が再起動不可状態となった場合)

① ブレーキを手動で断続開放し、最寄階へかごを移動させた後にドアを手動開放させ、乗客を乗り場側へ脱出させる。

② 健全な隣接エレベーターを故障エレベーターの脇へ移動し、かご横救出口により乗客を隣接エレベーターへ乗り移らせて救出する。

2) 超長行程における単独エレベーター故障時の対応

単独エレベーターシステムの場合、上項1)①の方法による救出となるが、本施設の如く超長行程設備においては、最寄階乗り場が救出(避難)場所とは限らない。したがって、故障エレベーターを救出場所まで移動させるバックアップシステムを開発する必要がある。

しかしながら、バックアップ方式については、避難に必要な走行距離が著しく長いこと、機械的にロックした場合についての対応が不可能であることを考慮すると、技術確立は非常に困難であると考えられる。

3) 結論

単独直行方式とする場合、バックアップシステム技術開発が必要であるが、実現は非常に困難であると考ええる。

9.4.2 電力信号伝送技術

1) 現状の技術

エレベーター乗りかごには、以下に示すような電源及び信号の供給が必要であり、それらはテールコードを通じて、機械室内エレベーター制御装置と乗りかごに接続される。

- ① エレベーター安全装置回路
 - ・非常停止スイッチ、非常止め動作SWなど
- ② 運転制御回路
 - ・呼び釦、ドア制御、表示・放送、積載質量、通話装置の各信号
- ③ 電源回路
 - ・ドア駆動、照明、クーラー、その他制御装置電源

テールコードに適用される電線の太さは 0.75mm^2 程度で、使用電力、信号特性別に1～10数本を並列使用するため、100本前後の電線を纏めた多芯ケーブルが一般的である。

一方、高速・長行程エレベーターについては、走行中のテールコード挙動安定化が必要であるため、ケーブルの強度、柔軟性、固定方法、曲げ寸法等を考慮した、補強ワイヤ入りの平型ケーブルを使うことが殆どである。

超長行程への対応として、まず問題となるのがテールコード重量による引張り強度増加であり、補強ワイヤなどの強度限界から、適用最大行程はおよそ500mと考えられる。

次に、テールコードの挙動については、常時換気風が流れているため乱気流に伴う揺れが発生すると考えられ、テールコードと昇降路内機器との接触が懸念される。

以上を考慮すると、エレベーターシステムの直行方式／乗り継ぎ方式に関わらず、電源供給及び信号授受のテールコードレス化技術開発が必要と考える。

2) テールコードレスに関する技術

電力、信号各回路のテールコードレス化を実現するには、回路性質に応じて以下のような要素技術に基づき、詳細検討する必要がある。

(a) エレベーター安全装置回路

安全装置回路は性質上、制御装置の駆動回路を直接遮断することが必要であり、通信等の間接信号による構成はそぐわない。要素技術としては以下が挙げられる。

- ① かご安全装置回路を、トロリーを使用して制御装置へ接続する。
- ② カム&ローラを用いて、塔内に複数設置したスイッチを機械的に動作させる。

(b) 電源回路

かご内の必要電源容量は、照明の照度、クーラー冷却能力などにより異なるが、概ね1～2kwと考えて検討する。要素技術としては以下が挙げられる。

- ① かご必要電力を、トロリーにより一括供給する。
- ② かごに2次電池を積み込み、最上階停止位置などに充電ステーションを設置する。

(c) 信号回路

信号の伝送形態は、各信号を多重化したシリアル伝送方式が一般的である。伝送手段に関しては、大きく分けて有線／無線があり、要素技術としては以下が挙げられる。

- ① 光伝送による光信号授受（無線）
- ② 無線機器による電波信号授受（無線／有線）
- ③ トロリーによる電気信号授受（有線）

3) 結論

超長行程エレベーターシステムには、テールコードレス化技術開発が必須である。

9.4.3 耐環境構造開発(防滴・防塵・防煙構造)

換気立坑内の設置環境は湿度100%、温度30～40の環境下であり、また、粉塵の程度は一般居住環境の $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ の1桁以上多い環境が想定される。

一方、機器故障事象でかご内閉じ込め事故を想定したとき、超深度立坑環境の中では、長時間閉じ込まれても利用者の安全が確保できるかご構造とする対応が求められる。

また、昇降路を換気立坑とするエレベーターでは、建築基準法が定める竖穴防火区画が構成出来ないため、エレベーターやエレベーターを出た後の避難所までの避難プロセスと避難所滞留時の安全性が確保されることを前提に、昇降システムを構成しているが、システム本質安全観点から、換気立坑内の煙やガスに対する防護機能をエレベーターかごに持たせる。

以上の本質安全の観点から、以下の機能を持つかご構造を開発する。

- 1) 空調機能
- 2) 防塵機能
- 3) 防煙(含む特定ガス)酸欠防止機能
- 4) かごドア開閉機構、かご上制御機器の粉塵防護機能

とする。機能3)は、ガス感知で作動するシステムとし、例えば防煙マスク装着方式とする。

9.4.4 超長行程調速技術

エレベーター機械室にセットされる調速機(Gov)の機能は、エレベーターの速度が規定の1.3倍程度以上に達すると、GovにかかっているGovロープを拘束し、その拘束力をかごの下にある1対の非常止め装置(レールをはさみ込むブレーキ装置)をリンク機構を介して作動させる機能を持つ装置で、このGov装置に掛かっているGovロープはピット部にあるGovプーリを介しループを構成している。したがって、その長さは行程長となり、超長行程(500～1000m)になると、地震時に非常に触れやすくなり、表6.4に示した非常止め装置の誤差動を誘発する。

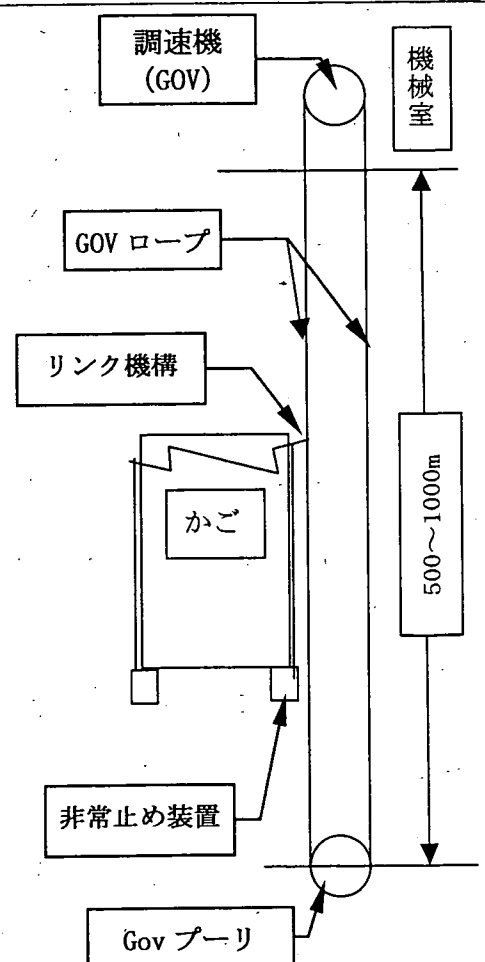
そこで、超長行程に置いては、かご上で上述の調速機能を持った調速機構を開発し、行程長全域にロープのないシステムとすることを開発の狙いとする。

なお、建築基準法に定める調速安全装置は、右図の機構の如く、かごにロープを介して、機械室で、かつ、機械的に検出することを求めている。

そこで、開発のポイントは、かごの異常速度を機械的に、かつ、かご上で検出するかご上調速システムを開発する。

なお、このシステムは安全装置のため、実用化にあたっては開発装置の性能に関して公的機関の評価を取り付ける必要がある。

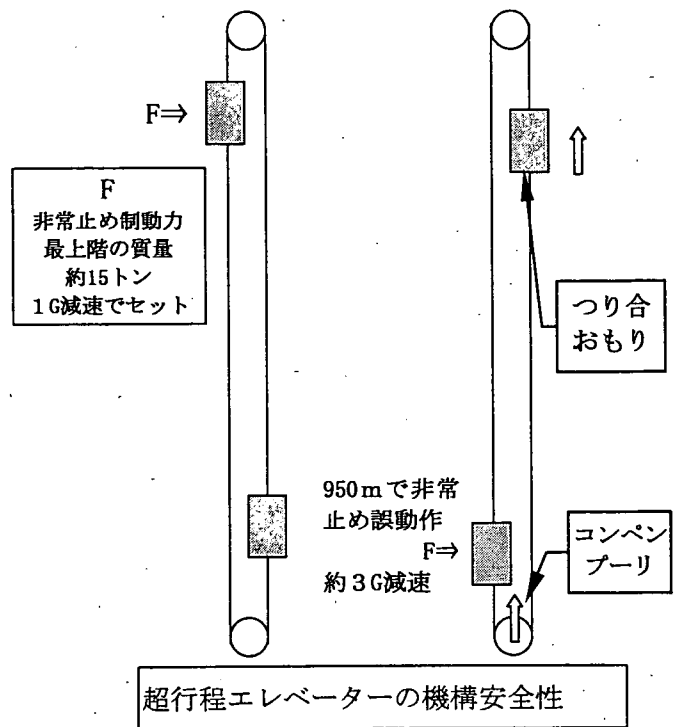
本開発装置は、直行方式、乗継ぎ方式に適用する。



9.4.5 異常時における安全システム構築

非常止め装置の制動力は、かごが最上階位置におけるかご総質量（かご本体質量、積載質量、テールコード、コンペンロープ質量の総和）により設定される。下方でのかごの総質量は、ロープ自重分だけ軽くなるため、非常止め装置が動作した場合には約3～4倍程度の制動力がかかり、かごは減速度3～4G程度で急停止する。その結果、ピット部にあるプーリとつり合おもりが飛びあがり、異常な荷重がコンペンロープ固定端に作用する。

本開発は、この荷重に軽減する機構を開発することを狙いとし、行程500m以上のエレベーターシステムに適用する。



9.4.6 超長行程上下振動抑制制御技術

1) かご上下振動要因

超長行程エレベーターに用いるロープの特性は、ロープ径により異なるが概略で単位重量1.5kg/m、バネ定数100kN/mm²前後の物である。これに、かご質量とロープ長を考慮すると、かご上下振動の共振周波数は1～2Hz付近の極低周波数となり、巻上機やプーリ類の回転周波数と合致して上下振動を発生する要因となる。

したがって、これを抑制する制御技術が必要となる。

2) かご上下振動抑制技術

振動抑制制御は、巻上機の回転変動を検出し制御する方式と、かごの振動を直接検出し制御する方式に分けられる。一般のエレベーターでは、前者の巻上機変動を検出する方式が多く採られるが、超長行程エレベーターでは変動周波数が著しく低いため、振動成分抽出手法や制御理論の検討が必須である。具体的な技術としては、以下が挙げられる。

- ① オブザーバ、モデル規範理論でかご振動を推定し、巻上機回転力を制御する方式
- ② 加速度計でかご加速度を検出し、巻上機回転力を制御する方式
- ③ 上記②項と同様に加速度検出し、かごに設けた制動ダンパーを制御する方式

3) 結論

超長行程エレベーターシステムには、上下振動抑制の制御技術開発が必要である。

9.4.7 工事・保全技術

1) ロープ伸び調整技術

一般ロープの初期伸びは3%程度であり、たとえば、行程1000m直行方式の場合は、30mの初期伸びが発生することになる。一方、今回適用予定のハイテンションロープは、初期伸びは1.5%程度とされているが、この場合でも15m程度の伸びが発生する。

したがって、ロープ端部やプーリ固定部においては、10数m以上に及ぶロープ伸び量を調整可能な技術確立及び調整装置の開発が必要である。

2) 主ロープの切り詰め・交換に関する新規開発技術

ロープの寿命年数を迎えた場合やロープ伸び量が一定以上になった場合には、ロープの交換及びロープ切り詰めが必要となる。一般エレベーターの手法は、つり合い重りを昇降路下部に固定し、かごを昇降路上部に吊ることで掛かっているロープを切り離して行っている。

超長行程エレベーターにおいても手法そのものは同一であるが、旧ロープ巻き取り及び新ロープの送り出し装置や、切り詰め時のロープ固定装置の開発が必要となる。

3) ロープの素線断線判断技術

主ロープの素線断線を目視にて確認するのは困難であるため、ロープテスターを用いて確認する必要がある。ところが既存のロープテスターは接触方式のテスターであり、且つ1本ずつしか診断できないため、超長行程エレベーターの場合、作業効率が悪く膨大な時間がかかる。

したがって、全ロープを一度に診断でき、設置も簡便な非接触式ロープテスターの開発が必要である。

9.5 工事性

1) 昇降方式別の工事性検討

特殊な設置環境であることに起因する項目ならびに、据付工事を実施するに際して既存技術での対応が難しく、別途技術的検討が必要となる事項について、昇降方式別[単独直行方式、 2 台直行方式、 乗り継ぎ方式（乗り継ぎ回数 1 回、 2 回）]に検討を行った。又、各項目に対して工事性の評価を実施した。

結果を表 9. 5 に示す。

表 9. 5 工事性評価

○…優位 △…やや劣る ×…劣る

No.	項目	システム別の検討結果				
		単独直行方式	工 事 性	2 台直行方式	工 事 性	乗換え方式（1 回、2 回） 工 事 性
1	主ロープ及びバランスロープ布設方法	乗かごを最上階、つり合い重りを最下階にそれぞれ配置し、巻上機を介して主ロープを布設するが、通常、これら主ロープは、巻き取り式のウインチを使用して吊上げている。 しかし当該作業においては、行程が 1000m と長く、また、主ロープの単体重量も約 1.5t と重いため、前記既存の作業方法では対応出来ない。ついでには摩擦力を利用したロープの送り出し装置を開発検討し作業を実施する。	△	同左		行程 500 m の号機には左記と同様、開発するロープの送り出し装置を使用して作業を実施する。 なお、それ以外の号機は左記 既存の作業方法にて実施する ○
2	ゴンドラ機材の搬入・搬出方法	後日の調査結果により計画する。 (現状考えられる案を下記する) ・ 搬器を分割した形態で土木工事期間に事前に搬入 ・ 主立坑からスカフホードにて搬入	△	同左	△	同左 △
3	ゴンドラ作業時の連絡手段と救出方法	緊急時の連絡手段としては、PHS 等使用を検討する。(別途 G/C と打合せ要) また、救出方法としては、ゴンドラ駆動装置のブレーキを手動開放することで 100m 毎に設けた水平間仕切りまで搬器を低速で下降させ、自ら脱出する。	×	同左。救出方法については左記以外に、隣接するゴンドラへ乗り移ることのできるタラップ等別途検討	△	同左 △
4	高温、多湿環境での製品保管	据付工事初期段階から取付されるレールについては、他の部品と比較して発錆の頻度が高いと懸念される。このため使用する防錆材について検討すると共に、仮置き期間ができる限り短くなるよう、タイムリーな搬入計画を設定する。	×	同左	×	同左 ×
5	中間ピット工事	なし	○	なし	○	中間ピット内で下記作業が発生 ・反力受部材取付作業 ・つり合いおもり組立作業 ・バランスロープ取付作業 ・デنشヨーンウェート取付作業 ×
6	中間機械室工事	なし	○	なし	○	中間機械室内で下記作業が発生 ・巻上機据付作業 ・制御盤他、盤類据付作業 ・その他機械室機器据付作業 ・反力受部材取付作業 ×
7	風門設置部分の据付作業	風門が設置される区画での据付作業時は、ゴンドラ及びレール等の部品揚重用ウインチロープとの干渉の恐れがあるため、風門は開放状態とする必要がある。	△	同左	△	同左 △
8	スカフホードの改造工事 (レール運搬作業が可能な構造への改造)	事前にスカフホード構造とその機能を調査し、その結果で、改造可否を明らかにする。	○	同左	○	同左 ○
総合評価		2 台直行方式と優位差はほぼ同等であるも、ゴンドラによる作業時の救出方法として、並設号機の利用を検討出来ないことから総合的な工事性はやや劣る	△	総合的に判断し最も優位	○	設置台数も多く、又、昇降路中間部でのピット工事及び機械室工事も発生するため、総合的な工事性は劣る ×

9.6 保 全 性

9.6.1 保全性作業の検討

昇降方式別〔単独直行方式、2台直行方式、乗継ぎ方式（乗継ぎ回数1回、2回）〕の保全性を検討するため、エレベーターを各部位別に分け、その各々に対して保全作業別（各機器、点検、整備、診断）に項目を検討した。また、各項目に対して、一般建築物に納入されているエレベーターと比較した場合の保全性評価を以下のように設定した。

○・・・同等、△・・・やや劣る、×・・・大きく劣る

なお、各機器、点検、整備、診断の定義付けは以下である。

各機器 → 該当部位の周囲環境に対して必要とされる製品の仕様。

点検 → エレベーターの運行状態および各機器に支障がないかを確認する作業。

整備 → 劣化、磨耗、汚損が発生する機器に対して点検・清掃・調整・注油・測定・分解組立て等を実施することにより機器の性能を維持する作業。

診断 → 総合的な各機器の点検作業。

以下、各部位別（機械室、かご内・乗り場、かご上、かご下・ピット、塔内、その他）の保全性について検討する。

(1) 機械室の保全性検討

機械室の保全性検討一覧を表9.6に示す。

表 9.6 機械室の保全性検討一覧

作業 (仕様)	項目	懸案内容と保全性評価				
		単独直行方式	保 全 性	2台直行方式	保 全 性	乗継ぎ方式（1回、2回） 保 全 性
各機器 (環境)	防滴性	機械室は上部のみ設置のため、一般建屋エレベーターとほぼ同等な機械室環境と考えられ、機械室内の機器に対しての防滴性は必要としない。	△	同左	△	[上部機械室] 同左 [中間部機械室] 中間機械室内の機器に対して、高い防滴性が必要である。
	防塵性	塔内側から粉塵が舞い込まないよう、ロープ落とし穴部にフサギ板等が必要である。	△	同左	△	同左
点検	各機器	特に問題なし。	○	同左	○	同左
整備	主ロープの伸び調整方法	人力（締め上げ）による調整は不可能であるため、ロープを機械的に締め上げる装置が必要である。	△	同左	△	同左
	主ロープの切り詰め・交換方法	主ロープの切り詰め・交換に関する新規開発装置（ロープ把持・送り装置等）が必要である。 [ロープ交換周期] フルリザイス契約 ：約7～8年 一部部品有償契約 ：約9～10年	△	同左	△	同左
	主ロープの錆	使用するロープを耐錆性（マッキロープ）とする。	△	同左	△	同左
診断	機械室内大型機器部品（モーター等）交換	機械室は上部のみ設置のため、地上での搬入が可能であり、一般建屋エレベーターと同等である。	○	同左	○	[上部機械室] 同左 [中間部機械室] 地下までの搬入が困難であり、多大な時間を費やす。
	主ロープ診断方法	ロープの素線切れ等の入力による測定は多大な時間を費やすため不可。 ロープテスター（機械室常設）の開発が必要である。	△	同左	△	同左
評 価		△		△		×

(2) かご内・乗り場の保安全性検討

かご内・乗り場の保安全性検討一覧を表9.7に示す。

表 9. 7 かご内・乗り場の保安全性検討一覧

作業 (仕様)	項目	懸案内容と保安全性評価			
		単独直行方式	保 全 性	2 台直行方式	保 全 性
各機器 (環境)	防滴・防塵性	一般建屋エレベーターと比較して、強い防滴・防塵性が必要である。	△	同左	同左
	かご内汚れ	粉塵によるかご内およびドアレール、ドアシル、ビジョンガラスの清掃頻度が多い。	△	同左	同左
	乗り場汚れ	粉塵によるドアシル、ビジョンガラスの清掃頻度が多い。	△	同左	同左
診断	—	特に問題なし。	○	同左	同左
	評 価	△	△	△	△

(3) かご上の保安全性検討

かご上の保安全性検討一覧を表9.8に示す。

表 9. 8 かご上の保安全性検討一覧

作業 (仕様)	項目	懸案内容と保安全性評価			
		単独直行方式	保 全 性	2 台直行方式	保 全 性
各機器 (環境)	防滴・防塵性	一般建屋エレベーターと比較して、強い防滴・防塵性が必要である。	△	同左	△
	かご上保守スペース	かご上クレーン（防塵フィルター付）の設置が必要であるため狭い。 どうしても、かご上の保守スペースが確保できない場合は、最下階付近にかご上点検用のスチージを設置する等の検討が必要である。	△	単独直行方式（15人乗り）より更に狭いが、保安全性はそれ程変わらない。	△
	かご上機器	かご上乗降に時間がかかるため、（端階＋1階）に保守用の乗降階を設置する必要がある （特に最下階側に必要）	△	同左	△
	かご上機器清掃	結露によりかご上に溜まる水と堆積する粉塵が結合し、かご上機器は非常に汚れる可能性が高く、清掃に多大な時間を要す。 特に、かご側板（上）がガラス窓仕様およびかご上投光器によるライトアップ等を実施する場合は、短周期でのかご上・中間ビーム類（レール裏・ブラケット含む）の清掃が必要である。	△	同左	△
	オイル・給油、レール走行面への注油 （かご、C. w t）	高湿度および多量の粉塵によるレール面、ガイドローラへの汚れ付着が多いため、オイルのフェルト汚れ、目詰りが発生し、レール走行面への十分な給油が行えない可能性がある。 →給油システムまたはレール・ガイドローラのオイル化の検討が必要である。	△	同左	△
診断	—	特に問題なし	○	同左	○
	評 価	△	△	△	△

(4) かご下・ピットの保安全性検討
かご下・ピットの保安全性検討一覧を表9.9に示す。

表 9.9 かご下・ピットの保安全性検討一覧

作業 (仕様)	項目	懸案内容と保安全性評価			
		単独直行方式	保 全 性	2 台直行方式	保 全 性
各機器	防滴・防塵性	一般建屋エレベーターと比較して、強い防滴・防塵性が必要である。	△	同左	同左
	点検	ピット入出に関しては、一般建屋エレベーターと同等。 ただし、ピット点検口の設置が必要である。	○	ピット入出に関しては、一般建屋エレベーターと同等。 ただし、ピット点検口の設置が各号機毎に必要である。	○
	かご下機器	ピット深さ大のため、かご下点検が困難（ピットステージ、特殊運転等が必要）	△	同左	同左
	ピット内汚損状況	ピット内に水が溜まった場合の排水処理方法。	△	同左	△
整備	－	特に問題なし。	○	同左	○
	－	特に問題なし。	○	同左	○
評価		○	○	○	○

(5) 塔内の保安全性検討
塔内の保安全性検討一覧を表9.10に示す。

表 9.10 塔内の保安全性検討一覧

作業 (仕様)	項目	懸案内容と保安全性評価			
		単独直行方式	保 全 性	2 台直行方式	保 全 性
各機器	防滴・防塵性	一般建屋エレベーターと比較して、強い防滴・防塵性が必要である。	△	同左	△
	点検	点検作業に多大な時間を要す。 低速運転速度切替え（速度 15→30m/min）機能を採用する必要あり。 ・端階：15m/min ・かごとつり合おもり接近付近：15m/min ・上記以外：30m/min	△	同左	△
整備	テールコード	テールコードレスシステムの新規開発による。	－	同左	－
	コンパソロープの伸び調整方法	人力（締め上げ）による調整は不可能であるため、ロープを機械的に締め上げる装置が必要である。	△	同左	△
	コンパソロープの切り詰め・交換に関する新規開発装置（ロープ把持・送り装置等）が必要である。		△	同左	△
評価		△	△	△	△

(6) 所要作業時間

各昇降方式別の保全作業（点検，整備，診断作業のトータル時間）所要時間は，「単独直行方式」を1とした場合，おおよそ（表9.11）のようになるため，保全作業時間は「単独直行方式」が最も短くなる。

ただし，エレベーターが1台しかないため，作業時は顧客がエレベーターを使用できないので保守時の利便性は極めて悪い（表9.12）。

表 9.11 昇降方式別の保全作業所要時間一覧

作業部位	昇降方式		
	単独直行方式	2台直行方式	乗継ぎ方式（1回） 乗継ぎ方式（2回）
機械室	1	2	4 6
かご関係 （かご内，かご上，かご下）	1	2	4 6
ピット	1	2	4 6
塔内（※1）	1	2	2 2
乗り場	1	2	2 2
評価	○	△	× ×

（※1）塔内作業における乗継ぎ方式の作業量は，昇降行程が同じため2台直行方式とほぼ等しいと仮定する。

表 9.12 保全作業中のエレベーター不稼働時間

項目	昇降方式		
	単独直行方式	2台直行方式	乗継ぎ方式（1回） 乗継ぎ方式（2回）
エレベーター使用不可時間	保全作業時間	無し（1台毎保全）	無し（但し，乗り継ぎ時に一部階段利用）
評価	×	○	△ △

(7) 総合評価

以上，昇降方式別〔単独直行方式，2台直行方式，乗継ぎ方式（乗継ぎ回数1回，2回）〕の安全性を検討した結果（表9.13），総合的に優れている昇降方式は「2台直行方式」であるといえる。

表 9.13 安全性総合評価

昇降方式		
単独直行方式	2台直行方式	乗継ぎ方式（1回，2回）
△	○	×
保全作業時間は全方式で一番短時間で あるが，保全作業中の時間は全てエレベーター使用不可となり，利便性が著しく悪い。	保全時間は単独直行方式に2倍程度となるが，作業手順や乗客都合上の制約が無く，総合的に最も優れている方式である。	構造上，エレベーターの台数が多いため，多くの作業時間を必要とする。 また，中間部に機械室が設置されるため，機械室内の環境（高温度，粉塵）が悪く，かつ大型部品（モーター等）交換時の搬入にも時間がかかるとため，安全性は非常に悪い。

10. 昇降システム方式の総合特質比較

以上、9章までの記述事項を総合して、安全性、信頼性、経済性（エレ本体・工事・建屋）、施工性、保守性、利便性、技術課題について比較結果を表10.1、表10.3にまとめる。

表10.1 総合評価

	重要度	方式							
		単独直行		2台直行		乗継ぎ(1回)		乗継ぎ(2回)	
		順位	評価点	順位	評価点	順位	評価点	順位	評価点
安全性	10	1	10	4	40	3	30	2	20
信頼性	7	1	7	4	28	3	21	2	14
経済性	エレ本体	5	4	20	2	10	3	15	5
	建屋	5	4	20	3	15	2	10	5
施工性		5	3	15	4	20	2	10	5
保守性		5	3	15	4	20	2	10	5
利便性	(12名)	2	3	6	4	8	2	4	2
	(50名)	2	1	2	2	4	4	8	6
技術課題		5	1	5	1	5	1	5	5
総合評価			100		150		113		67

各項目において、エレベーターとしての重要度に対する10段階の重みづけを行い、表10.2 評価基準に示すように各昇降方式に対する各項目の順位づけを行った。

各項目において、重要度W×各方式順位＝評価点を求め全ての合計を総合評価点とした。

表10.2 評価基準

項目	評価
安全性	高い4 ⇔ 低い1
信頼性	高い4 ⇔ 低い1
経済性	良い4 ⇔ 悪い1
施工性	良好4 ⇔ 困難1
保守性	良好4 ⇔ 困難1
利便性	良い4 ⇔ 悪い1
技術課題	小さい4 ⇔ 大きい1

本評価の結果、単独直行方式は、経済性には優れているが最も重要な安全性に問題があり、設備の故障事象でのかご閉じ込め事故に対して保安上の緊急対応が不可能に近いと、成立しえない結論とする。乗継ぎ方式は利便性で優れているが、立坑の中程にエレベーターの巻上機、制御盤装置および緩衝器を設置するピットを設ける必要があるため、施工性・経済性が問題あると考える。乗継ぎ方式での土木工事に関わる機械室部分の立坑の拡幅、ピット反力に耐えるピット床工事の評価で推定の域をでないが、総合評価として2台直行方式が最も優れていると判断する。

表10.3 昇降システム方式の特質検討

	単独直行方式	2台直行方式	乗継ぎ方式	
			乗継ぎ1回	乗継ぎ2回
A-1)方式概要 ●立坑内径 φ4.5m ●立坑全高 1000m ●隣接主立坑との 連絡坑道の 予備ステージ 100m間隔9本 ●換気方式 換気立坑上部 より強制排気				
A-2)昇降機仕様	120～360m/min 1000kg 15人 1台 — 11ヶ所	120～360m/min 600kg 9人 2台 — 11ヶ所	Aゾーン：210～360m/min Bゾーン：210～360m/min 保全用 210m/min 600kg 各ゾーン：9人 各ゾーン：1台 各ゾーン：1台 合計 4台 11ヶ所	Aゾーン：210～360m/min 保全用 210m/min Bゾーン・Cゾーン：210m/min 600kg 各ゾーン：9人 各ゾーン：1台 各ゾーン：1台 合計 6台 11ヶ所
A-3)かごサイズX奥行	1650mm X 1450mm	1250mm X 1250mm	1250mm X 1250mm	1250mm X 1250mm
A-4)出入口サイズX高さ	900mm X 2100mm	900mm X 2100mm	900mm X 2100mm	900mm X 2100mm
A-5)立坑壁部分拡幅 (中間機械室部)	—	—	部分拡幅あり (図面31241222, 31241223参照)	部分拡幅なし
A-6) 中間機械室部反力 緩衝器反力	—	—	430kN	230kN
A-7) 故障時 乗移り階高	—	なし	保全エレへの乗移り階高：約26m	保全エレへの乗移り階高：約26m
A-8) 最下部ピット部反力	かご側：465kN おもり側：428kN	かご側：416kN/台 おもり側：390kN/台	かご側：416kN/台 おもり側：390kN/台 Aゾーン：かご：(416+490)kN/台 おもり：(390+490)kN/台 Bゾーン：かご：(169+295)kN/台 おもり：(155+295)kN/台	かご側：169kN/台 おもり側：155kN/台 Aゾーン：かご：(416+490)kN/台 おもり：(390+490)kN/台 Bゾーン：かご：(169+295)kN/台 おもり：(155+295)kN/台
A-9) 中間ピット部反力 (緩衝力+レベル)	—	—	—	—
A-10) 換気ダクト工事	—	—	機械室 B用：500m	機械室 B用：500m, C用：800m
A-11) 立坑内の階段	各方式とも間隔100mの予備ゾーン（連絡坑道）に退避できる手段として階段の設置を基本とする。 又、鉾山保安規則469条では梯子道が義務付けられている。			

B-1)安全性 異常時即応性	×	(極めて)	○	△	△
B-2)信頼度 (不稼働発生率換算比)	10	(詳細9.2節参照)	1	2	3 (保全エレベーターを含めないと27)
B-3)利便性 待ち時間 脚力弱者の利用性	△ ×	(故障時)	○ ○	○ △ (故障時保全エレへの移動が困難)	○ (乗換えを伴うが、待ち時間が少ない) △ (故障時保全エレへの移動が困難)
B-4)技術難易度 (詳細9.4節参照)	1		1	2	4
B-5)工事性 中間ピット工事 中間機械室拡幅 掘付作業性	△ なし 1	 2 (同時工事)	○ X	×	×
B-6)工事期間 土木工事	X (土木検討事項)	X (土木検討事項)	2 (同時工事) (土木検討事項)	△ (中間ピット1ヶ所) 有り (図面31241222, 31241223参照) 2×2 (順次工事) X+α	△ (中間ピット2ヶ所) なし 2×3 (順次工事) X+β (中間のピットと床の工事が付加)
(詳細8.3節参照)	①中間梁設置 ②階段設置 ⑥掘削棟撤去	②階段設置 ⑦昇降棟設置	③階段仕切設置 ⑧換気設備設置 ⑨坑内電源&保安工事	④E/V作業床設置(5ヶ所) ⑤掘削機撤去 ⑩ピット、機械室区画工事	
B-7)E/V工事期間 (詳細8.3節参照)	0.9	1 (約1年) (ベーム搬入機動性に依存)	1 (約1年)	1.3	1.5 (エレ6台のシリーズ掘付)
B-8)保全性	○	○	○	×	×

C)総合評価 (良い順)	3	1	2	4
--------------	---	---	---	---

D)コスト比	1.0	1.3	1.5	1.6
--------	-----	-----	-----	-----

コスト比は、エレベーター本体、工事費、開発費の比較であり、坑内土木工事の評価（費用）は行っていない。

1 1. 今後の検討事項

1 1. 1 昇降設備設置上の今後の課題

昇降設備据付環境上の今後の検討事項を、法規定対応、昇降設備が据え付けられる換気立坑関連、工事性関連の観点から纏め、それらを表11.1に示す。

表11.1 昇降設備設置上の今後の課題

	検討項目	内 容	関連部分
1	法規定	建築基準法対応：エレベーターの昇降路の堅穴防火区画構成	6.2節
		課題：昇降路としての防火区画構成が出来ない 現対応策： 火災時には火災時管制運転でエレベーターを避難所のある最寄階に停止させ、安全が確保できる避難所に避難させるシステムを構築した上で、関係行政機関の指導を受ける。 システム本質安全性： 避難場所の換気条件を含め、火災事象モードに依存することなく、エレベーターやエレベーターを出た後の避難所までの避難プロセスと避難所滞留時の安全性が確保されることが前提で、これらの機能に対して、システム本質安全性の観点から、避難時の防災システムを構築する必要がある。 これらに危惧される事項が想定される場合には、昇降路または階段には煙の侵入が阻止できる換気構造とする。 研究使役後の設備の活用に関連して： 調査対象の昇降設備は、建築物に設けられるものではないが、一般見学者を受け入れる場合には、建築基準法施行令第138条第2項に規定の“観光のための乗用エレベーター（工作物）”に該当し、建築基準法関連法規定のエレベーター構造規格に適合することが求められる。 したがって、研究使役後の立坑設備の使われ方を視野に、今後の方針を定める必要がある。	図11.1参
2	換気方式	[扇風機坑道+換気立坑の上部の風門]方式： 課題：風門通過の安全性に対する法規対応・運用・構造 1) 風門付きゴンドラ工法と工事性の課題 ○工事中の安全性と工事の遅延 ○風門部分の工事中の換気機能停止の許容性 ○風門機構対応のゴンドラとその工法の労基認定取得 ○ゴンドラ工法対応への風門改造 2) 風門付き昇降路のエレベーター ○安全システム開発とその型式大臣認定 (風門の上下に緩衝機構付きとなる) ○エレベーター通過対応への風門改造と工事期間 (レール、ロープ、重量補償ロープ、移動ケーブル対応)	3.2節 図3.4参照 11.2節参
	工事性	ゴンドラ工法の課題 1) 10区分時の換気能力(階段開口面積での換気能特性)確認 区分工法が成立しない場合はEV工事工期が長期化(1年⇒2年)し、全工事のスケジュールの見直しが避けられない。 2) 主立坑のスcafford設備による機材搬入の成立性 3) 風門部分の工事性	8.3節参 8.5節参
4	昇降方式	乗継ぎ方式での機械室部拡張とピット工事の成立性検討課題 1) 耐反力ピット構造の成立性 (反力：レール自重反力最大約980 kN+緩衝時反力：416 kN) 2) 機械室部：立坑壁拡張の成立性 3) 中間機械室の換気配管敷設計画 3	図7.4参 15章参 表7.3参
5	土木工事	課題1：掘削工事と同期して進める埋め込み固定金具の仕様選定 課題2：立坑完成後の高さ2600mmの外壁ブロックの沈下現象の程度確認 この沈下現象でレール据付後にレール下端にレールの総自重以上の圧縮荷重が作用し、レールの曲りまたは座屈現象が発生するため。 課題3：土木工事期間の定量化	表8.1参

11.2 エレベーター昇降路と階段を区画する換気方式について

現計画の換気方式は、換気立坑上部に風門があり、工事性、とエレベーターの使い勝手の面に多くの課題を抱えている。

この課題を解消するために、階段と昇降路を間を仕切り、階段側から強制排気する換気方式を図11.1に示す。この換気方式の特徴は、

- 1) 昇降路側に風門がない。
- 2) 昇降路の中に粉塵が舞い込まない
- 3) 昇降路を防火区画することが出来る

課題は、

- 1) 階段側で換気流量が確保できるか（換気制御の成立性）
- 2) 中間ステージ、最深ステージ部の連結成立性

がある。本換気方式の特徴効果に多くが期待できるため、今後の検討課題として示した。

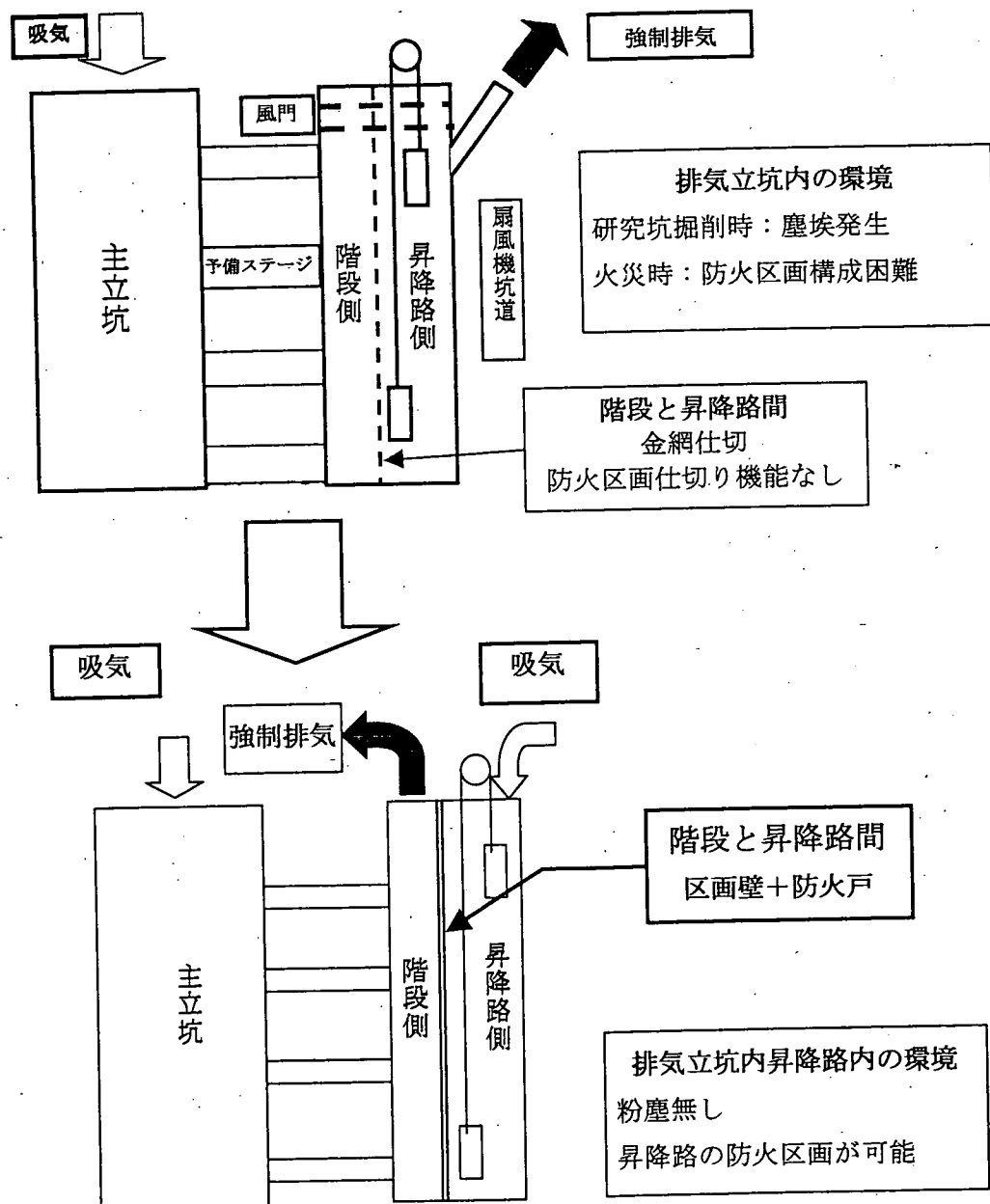


図 11.1 階段側での強制排気方式

11.3 乗客へのサービス機能について

行程1000mの乗車時間感覚は一般エレベーターでの乗車感覚の10倍～20倍以上と考えられる。したがって、乗客への何らかの情報サービスをすることは非常に有効と考える。

エレベーターにおける情報サービスには、一般に以下のような設備が挙げられる。

○かご内及びホール待ち乗客向け(一般エレベーターでの実施例)

- ①展望窓 (展望用など、シースルー昇降路の場合)
- ②位置情報 (超高速、高行程エレベーター)
- ③BGM
- ④TV放送, 文字放送 (デパート, 複合ビル向けエレベーター)
- ⑤運行状況の表示 (エレベーター運行位置の表示, 停止できる階表の表示)
- ⑥停止階の情報 (デパート, 複合ビル向けエレベーター)

①の展望窓による地層(実物が困難の場合模型)の見学, ②の「ただいま, 地下***m」表示などは, かご内外乗客共に有益な情報と言える。なお, ①を採用した場合は, シャフト内ライトアップ, かご投光器設置も必須である。また, 展望窓は, 換気立坑壁面の目視検査機能としての役割を担うことも出来る。

④については, 乗車時間が長いため, 状況に応じてソフトを変えてサービスする。また, 事故時の的確な情報伝達に有効な手段である。定員近い場合でもディスプレイが見られる工夫が必要である。

⑤の運行状況は乗り場に表示させるとよい。

⑥の停止階の情報は, 設備(各階)の用途が限定されていることから, 有益と言いかねる。

これら情報サービスの他に,

⑦収納式簡易イスの設置

⑧ホールでのかご呼び取消し機能(誤操作の取り消し)

なども, 超長行程のエレベーターとして有益と考える。

1 2. 製品開発スケジュール案の策定

立坑道掘削工事全体工程において、2010年度に昇降設備を設置・稼動するために必要となるの各開発項目・試作・試験期間を含めた技術開発スケジュール概要を表1 2. 1 示す。

表 1 2. 1 スケジュール概要

項目\年度	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
土木工事	立坑・掘削工事								
製品開発	エレベーター関連坑内土木工事 (注1)								
設計	技術開発・試作								
製作	エレベーター製品設計								
工事・調整	製作								
	工事・調整								
	エレベーター稼動								
N	開発項目	開発期間							
O									
1	駆動系システムの開発	3.0年							
2	電力信号電送技術	2.0年							
3	耐環境構造開発	2.0年							
4	超長行程調速技術	3.0年							
5	異常時における安全システム構築	1.0年							
6	超長行程上下振動抑制制御技術	2.0年							
7	工事・保全技術	1.0年							

(注1) 坑内の期間は、表10.3のB-6項で「X」としているが、Xを1年と推定して上表では表記している。なお、土木工事の内容は表8. 1の内容である。

2011年度のエレベーター稼動のためには、製品設計6ヶ月、エレベーター製作1年、エレベーター工事・調整期間は1年（2台直行方式での工期積算表によると表8.2よりEV工事の工期1年で、昇降方式等により前後あり）を考える。

新技術の開発においては、設計、試作、評価試験を考えると各項目とも2～3年の開発期間が必要であり、2005年度からの要素開発着手が必要である。

なお、埋込金具位置と昇降方式に関わる立坑中ほどの機械室とピット工事の決定の都合上2003年度半ばまでに昇降方式を決定する必要がある。

EV工事で立坑を10区分に区分けるゴンドラ工法の採用で工期短縮を図り、立坑掘削完成からエレベーターが稼動するまでの2台直行方式での工事期間は、土木工事期間込みで $X + 1 = 2$ 年間となるが、10区分工法での換気性能が成立しない場合には、1000m下から順次換気立坑上部までレールを据え付けることになり、エレベーター関連工事が更に2年程度延び、都合4年かかることになる。

したがって、ゴンドラ工法期間中の換気機能の成立性についての検討が急がれる。

13. まとめ

核燃料サイクル開発機構・東濃地科学センター殿では、瑞波超深地層研究所に建設中の深さ1000mの換気立坑に設置予定の昇降設備の調査を行った。

昇降設備の基本仕様、関連法規対応事項を明らかにするとともに、昇降方式に関しては乗継ぎ方式を含めた昇降方式の特質評価を行い、2台直行方式を選定するに至った。表13.1に調査結果のまとめと今後対応すべき課題をまとめた。

表13.1 調査結果のまとめと今後の課題

	調査項目	内 容	関連図表
1	環境と仕様	昇降設備が据付けられる換気立坑の環境と研究施設での昇降設備の使い勝手の仕様を明らかにした。	表3.1
2	既存設備調査	建物中心の既存地上設備とダムおよび地下研究施設の既存地下設備を中心に調査し、行程、耳詰まり、高湿度環境の保全状況、長行程時の保全留意事項を明らかにした。	5.3節
3	関連法規制事項	換気立坑内の昇降設備が関わる関連法規の規定事項を明らかにした。	表6.2
	不整合事項:	換気立坑内を昇降路とするエレベーター昇降路では、建築基準法が定める堅穴防火区画構成が出来ない。	
	現対応策:	火災時には火災時管制運転でエレベーターを避難所のある最寄階に停止させ、安全が確保できる避難システムを関係行政機関の指導のもとに構築する。	
	システム安全性:	避難場所の換気条件を含め、火災事象モードに依存することなく、エレベーターやエレベーターから出た後の避難所までの避難プロセスと避難所の安全性が確保されることが前提で、システム本質安全の観点から、防災システムを構築する必要がある。 これらに危惧される要因が想定される場合には、昇降路または階段には煙の侵入が阻止できる換気構造とする。	
	研究使役後活用:	換気立坑内の昇降設備は、建築物に設けられるものではないが、一般見学者を受け入れる場合には、建築基準法施行令第138条第2項に規定の“観光のための乗用エレベーター（工作物）”に該当し、建築基準法関連法規のエレベーター構造規格の適合が求められる。 したがって、研究使役後の立坑設備の使われ方を視野に、今後の方針を定める必要がある。	
4	昇降設備構成	直径4.5m、深さ1000mの換気立坑設置エレベーターの仕様を詰め、昇降方式として単独直行、併設の2台直行、および、乗継ぎ1回と乗継ぎ2回の乗継ぎの各方式について、安全性、信頼性、必要とする要素技術、ならびに、工事性と保全性の観点から各方式の特質比較を行い、総合評価を実施した。	表10.1
	昇降方式:	直行、乗継ぎに関係なく、エレベーターの単機構成では、設備故障事象でのかご閉じ込め事故に対して保安上の緊急対応が不可能に近い。したがって、直行方式では併設2台か、乗継ぎ方式では保全エレベーターの併設の条件のもとに考察した。 また、乗継ぎ方式の場合には、立坑の中程にエレベーターの巻上機、制御盤および緩衝器を設置するピットを設けることが避けられない。 また、乗継ぎ方式の機械室部分の立坑拡張、ピット反力に耐えるピット床の土木工事が困難との判断から、10章の総合評価では2台直行方式を選定した。	

表13.1 調査結果のまとめと今後の課題（つづき）

	調査項目	内 容	関連図表
5	工事手順	立坑完成後の昇降設備関連の土木工事とEV工事の内容を分析し、工事手順を明らかにした。また、立坑掘削工事と同時に埋め込む固定金具の構想を示した。	表8.1
	工期短縮工法:	レール据付工事の立坑10区分ゴンドラ工法の採用による工期短縮	図8.1
	レール搬入法:	10区分の作業場へのレール搬送方法を示した。なお、主立坑のスcaffold設備の利用可能性の調査は別途進める。	図8.6
6	開発技術課題 全体スケジュール	昇降方式の構成によらず、行程500m以上のエレベーターシステムを開発する必要がある、開発技術を9.4節に示し、全体スケジュールを表12.1に纏めた。次項に示す今後の課題の進展により、スケジュールが左右される	
7	今後の課題	詳細を11章にまとめた。 全体システムと工期に関わる主な課題を以下に示す。	
	換気方式:	①研究使役後の利用を視野にした防災システムの構築 ②換気立坑入口の風門(3.2節3.4図参)が避けられない場合の課題 (風門対応のゴンドラの労基認定とエレベーター本体の国交省大臣認定を取り付ける機種開発が必要) ③EV工事工期に大きく影響するレール敷設10区分ゴンドラ工法と換気機能の成立性の検討	
	土木工事:	④立坑掘削工事と同期して進める固定金具埋込工事仕様と乗継ぎ方式の機械室やピット工事仕様の確立。 ⑤土木工事期間の定量化と全体工程での整合性 [立坑完成後のEV工事(工期約1年)の前の土木工事約1年と推定] ⑥立坑完成後の立坑外壁円筒ブロックの沈下現象の程度の確認 この沈下現象が発生するとレール据付後にレール下端にレールの総自重以上の圧縮荷重が作用し、レールの曲りまたは座屈現象が発生する。 ⑦乗継ぎ方式方式に関連する土木工事の成立性の検討 i) 機械室部の立坑拡張工事 ii) 機械室とピット床の耐反力構造 iii) 換気立坑とは独立した換気配管設備の仕様と配置計画	表8.1, 表12.1 図7.4

1 4. 補足資料

補足資料1 国内外の超高層ビル一覧

補足資料2 ロープレスエレベータは可能か

補足資料3 超高層ビル用高速エレベーターの鼓膜に与える影響
— 耳管の生理的開閉を中心として —

補足資料4 エレベーターの荷重

補足資料5 交通計算による移動時間の比較

国内外の超高層ビルの一覧

国内外の超高層ビルの一覧

(ビルの軒高順)

順位	建物名	設置場所	建物高さ	階床規模	竣工年
1	Petronas Tower II	Kuala Lumpur	452 m	88	1998
2	Petronas Tower I	Kuala Lumpur	452 m	88	1998
3	Sears Tower	Chicago	442 m	108	1974
4	Jin Mao Tower	Shanghai	421 m	88	1998
5	Two International Finance Centre	Hong Kong	412 m	88	2003
6	Sky Central Plaza	Guangzhou	391 m	80	1997
7	Shun Hing Square	Shenzhen	384 m	69	1996
8	Empire State Building	New York City	381 m	102	1931
9	Central Plaza	Hong Kong	374 m	78	1992
10	Bank of China Tower	Hong Kong	367 m	72	1990
11	Emirates Office Tower	Dubai	355 m	54	2000
12	Tuntex Sky Tower	Kaohsiung	348 m	85	1997
13	Aon Center	Chicago	346 m	83	1973
14	The Center	Hong Kong	346 m	73	1998
15	John Hancock Center	Chicago	344 m	100	1969
16	Burj Al Arab	Dubai	321 m	60	1999
17	Chrysler Building	New York City	319 m	77	1930
18	Bank of America Plaza	Atlanta	312 m	55	1992
19	Library Tower	Los Angeles	310 m	73	1990
20	Menara Telekom	Kuala Lumpur	310 m	55	2001
21	Emirates Hotel Tower	Dubai	309 m	56	2000
22	AT&T Corporate Center	Chicago	307 m	60	1989
23	JPMorganChase Tower	Houston	305 m	75	1982
24	Baiyoke Tower II	Bangkok	304 m	85	1997
25	Two Prudential Plaza	Chicago	303 m	64	1990
26	Kingdom Centre	Riyadh	302 m	41	2002
27	Ryugyong Hotel	Pyongyang	300 m	105	1991
28	First Canadian Place	Toronto	298 m	72	1975
29	Yokohama Landmark Tower	Yokohama	296 m	70	1993
30	Wells Fargo Plaza	Houston	296 m	71	1983

補足資料 2

海老原大樹，正田英介：ロープレスエレベータは可能か，電学誌，Vol. 115，
No. 7 解説（1995）

補足資料 3

吉本智信，上野俊昭，坂井吉男，長瀬 博：超高層ビル用高速エレベータの鼓膜に与える影響-耳管の生理的開閉を中心として-，日本機械学会第3回交通・物流部門大会講演論文集（部門大会編），1994 12.6-9，川崎

エレベーターの荷重

建築基準法施行令 第129条の5 (抄)

エレベーターの各部の固定荷重は、当該エレベーターの実況に応じて計算しなければならない。
エレベーターのかごの積載荷重は、当該エレベーターの実況に応じて定めなければならない。

ただし、かごの種類に応じて、次の表に定める数値（用途が特殊なエレベーターで建設大臣が定めるものにあつては、当該用途に応じて建設大臣が定める数値（平成12年建設省告示第1415号第一）を下回ってはならない。

かごの種類		積載荷重 (単位 ニュートン)
乗用エレベーター (人荷用エレベーターを含み、寝台用エレベーターを除く。以下この節において同じ。)かご	床面積が1.5平方メートル以下のもの	床面積1平方メートルにつき3600として計算した数値
	床面積が1.5平方メートルを超え3平方メートル以下のもの	床面積の1.5平方メートルを超える面積に対して1平方メートルにつき4900として計算した数値に5400を加えた数値
	床面積が3平方メートルを超えるもの	床面積の3平方メートルを超える面積に対して1平方メートルにつき5900として計算した数値に13000を加えた数値
乗用エレベーター以外のエレベーターのかご		床面積の1平方メートルにつき2500(自動車用エレベーターにあつては、1500)として計算した数値

(エレベーターのかごの構造)

建築基準法施行令 第129条の6 (抄)

エレベーターのかごは、次に定める構造としなければならない。

- 一 各部は、かご内の人又は物による衝撃に対して安全なものとする。
- 二 構造上軽微な部分を除き、難燃材料で造り、又は覆うこと。ただし地階又は3階以上の階に居室を有さない建築物に設けるエレベーターのかごその他防火上支障のないものとして建設大臣が定めるエレベーターのかご(平成12年建設省告示第1416号第一)にあつては、この限りでない。
- 三 かご内の人又は物がつり合おもり、昇降路の壁等かご外のものに触れるおそれのない構造とした壁又は囲い及び出入口の戸を設けること。
- 四 非常の場合においてかご内の人をかご外に救出することができる開口部をかご天井部に設けること。
- 五 用途及び積載量(キログラムで表した重量とする。以下同じ。)並びに乗用エレベーター及び寝台用エレベーターにあつては最大定員(積載荷重を第129条の5第2項の表に定める数値とし、重力加速度を9.8メートル毎秒毎秒と、1人当たりの体重を65キログラムで計算した定員をいう。以下この節において同じ。)を明示した標識をかご内の見やすい場所に掲示すること。

交通計算による移動時間の比較

補足資料 5

選出した昇降方式 4 案について、交通計算をし、見学者の移動時間を比較する。

1) 建築条件

交通計算に使用する換気立坑の建築条件を表 1.1 に示す。

表 1.1 換気立坑の建築条件

階床名	階高 (m)	階用途	①単独直行方式	②2台直行方式	③乗継ぎ1回方式	④乗継ぎ2回方式
地上		地上	●	● ●	●	●
B1	100.0	予備ステージ				
B2	100.0	予備ステージ				
B3	100.0	予備ステージ				
B4	100.0	予備ステージ				
B5	100.0	中間ステージ			■ ●	■ ●
B6	100.0	予備ステージ				
B7	100.0	予備ステージ				
B8	100.0	予備ステージ				■ ●
B9	100.0	予備ステージ				
B10	100.0	最深ステージ	■	■ ■	■	■

(凡例) ● : 出発階、| : 通過階、■ : 停止階

2) 昇降設備の仕様

交通計算に使用する昇降設備の仕様は下記とする。

- ① 単独直行方式 : 15人乗り 210m/min×1台 (昇降行程1000m)
- ② 2台直行方式 : 9人乗り 210m/min×2台 (昇降行程1000m)
- ③ 乗継ぎ1回方式: 9人乗り 360m/min×2台 (昇降行程500m+500m)
- ④ 乗継ぎ2回方式: 9人乗り 360m/min×1台 (昇降行程500m)
: 9人乗り 210m/min×2台 (昇降行程300m+200m)

3) 設定条件

交通計算を行う上での設定条件を以下に述べる。

- a) 交通計算は上記昇降方式の4案で行い、各案ごとに下記2種類の時間について計算する。
 - ・ 1グループ(12名)が地上から出発して最深ステージに到着するまでの時間
 - ・ 見学者50名全員を地上階から最深ステージに輸送する時間
- b) 交通計算は日本エレベーター協会発行の「1992年版 建築設計・施工のための昇降機計画 指針」設置台数算定の考え方の中の“一周時間”の計算方法を用いて計算する。・・・(注1)
- c) 出発階でかごに乗車する人数は定員の80%として計算する。
- d) ②の2台直行運転は初回乗り込み時に2台とも出発階にいることとして計算する。
- e) ③、④の乗継ぎ方式については昇降設備に連携運転機能付きとして算出する。・・・(注2)

(注1) 一周時間とは、かごが出発階に戻ってきた時点から、出発階で乗客を乗せ目的階をサービスして再び出発階に戻ってくるまでの時間である。一周時間の内容を下記に示す。
一周時間 = (走行時間 + 戸開閉時間 + 乗客出入り時間 + 損失時間)

(注2) 連携運転とは乗継ぎ運転において、1番目に乗ったエレベーターが乗継ぎ階に到着した時に2番目に乗るエレベーターを予め乗継ぎ階に待機させ、乗継ぎ待機時間を短縮する運転方式である。
この連携運転に切り替えると、2番目の待機させるエレベーターは1番目のエレベーターが乗継ぎ階に向かうと同時に平常サービスを中断し、乗継ぎ階に向かう。
そのため、出発階以外の乗客は逆に待ち時間が長くなる。

3) 一周時間の算出

昇降方式4案の各号機ごとの一周時間を表1.2に示す。

表1.2 一周時間

NO	昇降方式		定員 (人)	速度 (m/min)	台数	一周時間 (秒)
1	単独直行方式		15	210	1	612.1
2	2台直行方式		9	210	2	605.0
3	乗継ぎ1回方式	上層(500m)	9	360	1	206.5
4		下層(500m)	9	360	1	206.5
5	乗継ぎ2回方式	上層(500m)	9	360	1	206.5
6		中層(300m)	9	210	1	205.0
7		下層(200m)	9	210	1	145.7

4) 交通計算

昇降方式4案の下記2種類の時間について計算する。

イ) 1グループ(12名)が地上から出発して最深ステージに到着するまでの時間

ロ) 見学者50名全員を地上階から最深ステージに輸送する時間

なお、乗継ぎ方式の乗継ぎ時間は30秒として計算する。

(1) 運転回数

イ) の運転回数 = $12 \text{ 人} \div \text{並設台数} \div (\text{定員} \times 80\%)$ → 数値は繰り上げとする。

(a). $15 \text{ 人} \times 1 \text{ 台}$: 運転回数 = $1.00 \text{ 回} = 1 \text{ 回}$ (単独直行の運転回数)

(b). $9 \text{ 人} \times 2 \text{ 台}$: 運転回数 = $0.83 \text{ 回} = 1 \text{ 回}$ (2台直行の運転回数)

(c). $9 \text{ 人} \times 1 \text{ 台}$: 運転回数 = $1.67 \text{ 回} = 2 \text{ 回}$ (乗継ぎ時の運転回数)

ロ) の運転回数 = $50 \text{ 人} \div \text{並設台数} \div (\text{定員} \times 80\%)$ → 数値は繰り上げとする。

(a). $15 \text{ 人} \times 1 \text{ 台}$: 運転回数 = $4.17 \text{ 回} = 5 \text{ 回}$ (単独直行の運転回数)

(b). $9 \text{ 人} \times 2 \text{ 台}$: 運転回数 = $3.47 \text{ 回} = 4 \text{ 回}$ (2台直行の運転回数)

(c). $9 \text{ 人} \times 1 \text{ 台}$: 運転回数 = $6.94 \text{ 回} = 7 \text{ 回}$ (乗継ぎ時の運転回数)

(2) 到着時間

イ) 1グループが最終ステージに到着するまでの時間を計算する。

(①、②案は運転回数1回のため先頭グループ到着時間 $Tr1$ =1グループ全員の到着時間となる)

① 単独直行方式

先頭グループの到着時間 $Tr1$ は下式で求められる。

$$\begin{aligned} Tr1 &= \text{一周時間 [秒]} \div 2 \\ &= 612.1 \div 2 \times 1 = \underline{306.1 \text{ 秒 (5.1分)}} \end{aligned}$$

② 2台直行方式

先頭グループの到着時間 $Tr1$ は下式で求められる。

(出発階から2台同時にスタートする条件で計算)

$$Tr1 = \text{一周時間 [秒]} \div 2 = 605.0 \div 2 \times 1 = \underline{302.5 \text{ 秒 (5.0分)}}$$

③ 乗継ぎ1回方式

先頭グループ到着時間Tr1は下式で求められる（連携運転）

$$\begin{aligned} \text{Tr1} &= (\text{上層EV一周時間} \div 2 + \text{乗継ぎ移動時間} + \text{下層EV一周時間} \div 2) \\ &= (206.5 \div 2 + 30 + 206.5 \div 2) = \underline{236.5 \text{ 秒}} \end{aligned}$$

1グループ全員を最終ステージに輸送する時間Tr2値は下記で求められる。

$$\begin{aligned} \text{Tr2} &= \text{Tr1} + \text{上層EV一周時間} \times (\text{運転回数} - 1) \\ &= 236.5 + 206.5 \times 1 = \underline{443 \text{ 秒 (7.4分)}} \end{aligned}$$

④ 乗継ぎ2回方式

先頭グループ到着時間Tr1は下式で求められる（連携運転）

$$\begin{aligned} \text{Tr1} &= (\text{上層EV一周時間} \div 2 + \text{乗継ぎ移動時間} + \text{中層EV一周時間} \div 2 + \text{乗継ぎ移動時間} + \\ &\quad \text{下層EV一周時間} \div 2) \\ &= (206.5 \div 2 + 30 + 205.0 \div 2 + 30 + 145.7 \div 2) = \underline{338.6 \text{ 秒}} \end{aligned}$$

1グループ全員を最終ステージに輸送する時間Tr2値は下記で求められる。

$$\begin{aligned} \text{Tr2} &= \text{Tr1} + \text{上層EV一周時間} \times (\text{運転回数} - 1) \\ &= 338.6 + 206.5 \times 1 = \underline{545.1 \text{ 秒 (9.1分)}} \end{aligned}$$

ロ) 見学者50名全員を地上階から最深ステージに輸送する時間を計算する。

① 単独直行方式

見学者50名全員を最終ステージに輸送する時間Tr2値は下記で求められる。

$$\begin{aligned} \text{Tr2} &= \text{Tr1} + \text{一周時間 [秒]} \times (\text{運転回数} - 1) \\ &= 306.1 + 612.1 \times 4 = \underline{2755.7 \text{ 秒 (45.9分)}} \end{aligned}$$

② 2台直行方式

見学者50名全員を最終ステージに輸送する時間Tr2値は下記で求められる。

$$\begin{aligned} \text{Tr2} &= \text{Tr1} + \text{一周時間 [秒]} \times (\text{運転回数} - 1) \\ &= 302.5 + 605.0 \times 3 = \underline{2177.5 \text{ 秒 (35.3分)}} \end{aligned}$$

③ 乗継ぎ1回方式

見学者50名全員を最終ステージに輸送する時間Tr2値は下記で求められる。

$$\begin{aligned} \text{Tr2} &= \text{Tr1} + \text{上層EV一周時間 [秒]} \times (\text{運転回数} - 1) \\ &= 236.5 + 206.5 \times 6 = \underline{1475.5 \text{ 秒 (24.6分)}} \end{aligned}$$

④ 乗継ぎ2回方式

見学者50名全員を最終ステージに輸送する時間Tr2値は下記で求められる。

$$\begin{aligned} \text{Tr2} &= \text{Tr1} + \text{昇降行程の長い上層EV一周時間 [秒]} \times (\text{運転回数} - 1) \\ &= 338.6 + 206.5 \times 6 = \underline{1577.6 \text{ 秒 (26.3分)}} \end{aligned}$$

上記計算結果をまとめたものを表1.3に示す。

表1.3 見学者輸送所要時間

	①単独直行方式	②2台直行方式	③1回乗継ぎ方式	④2回乗継ぎ方式
イ) 1グループ輸送	5.1分	5.0分	7.4分	9.1分
ロ) 見学者全員輸送	45.9分	35.3分	24.6分	26.3分

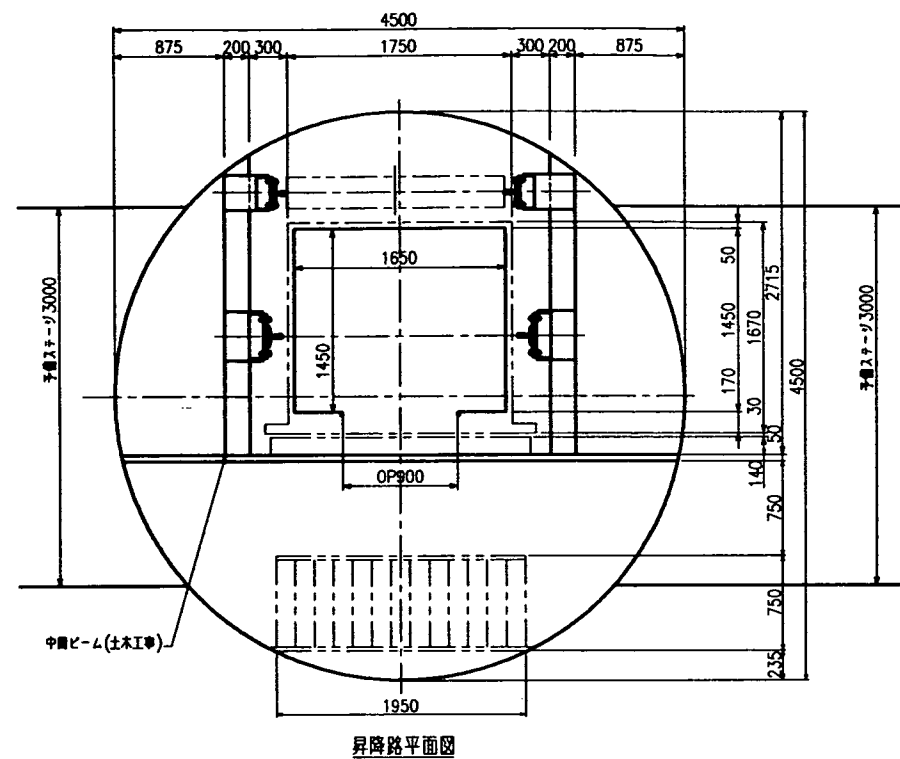
15. 計画図

— 図面 —

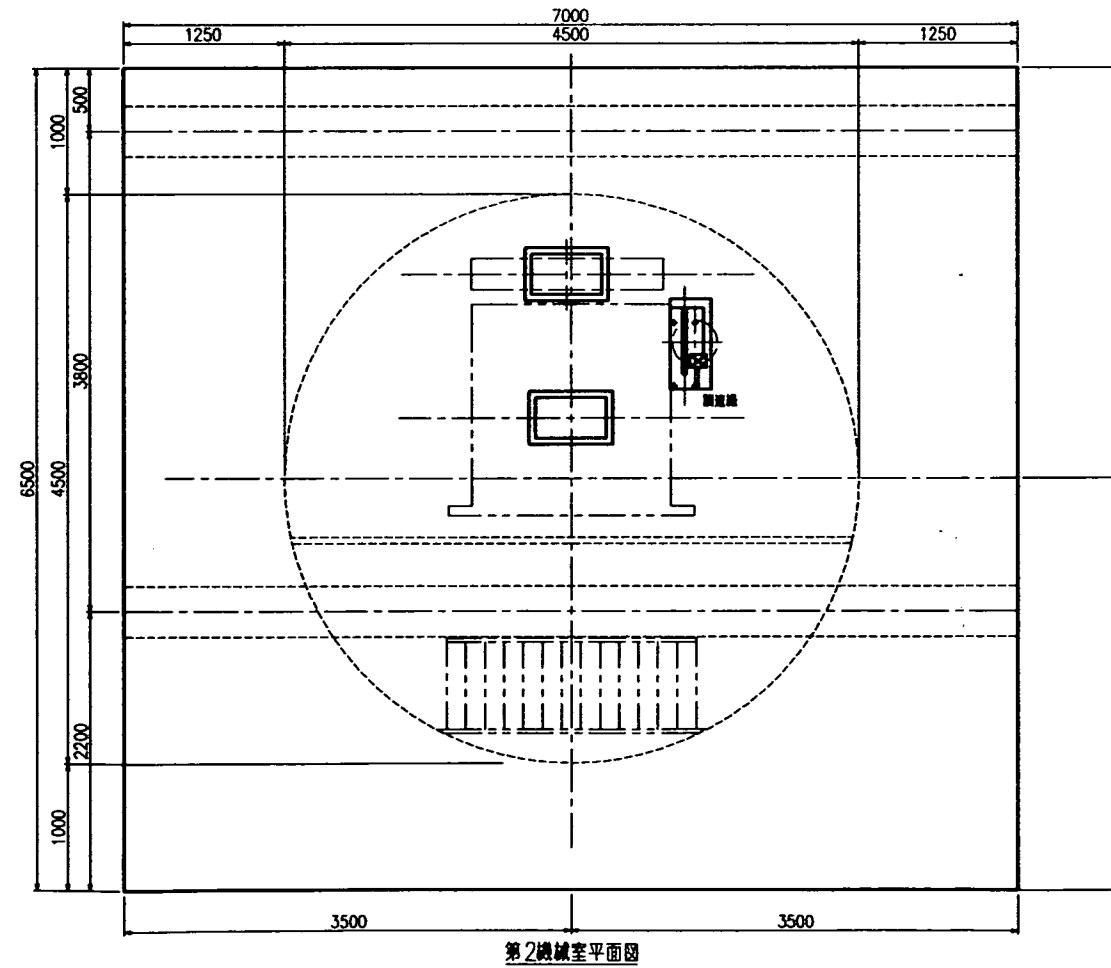
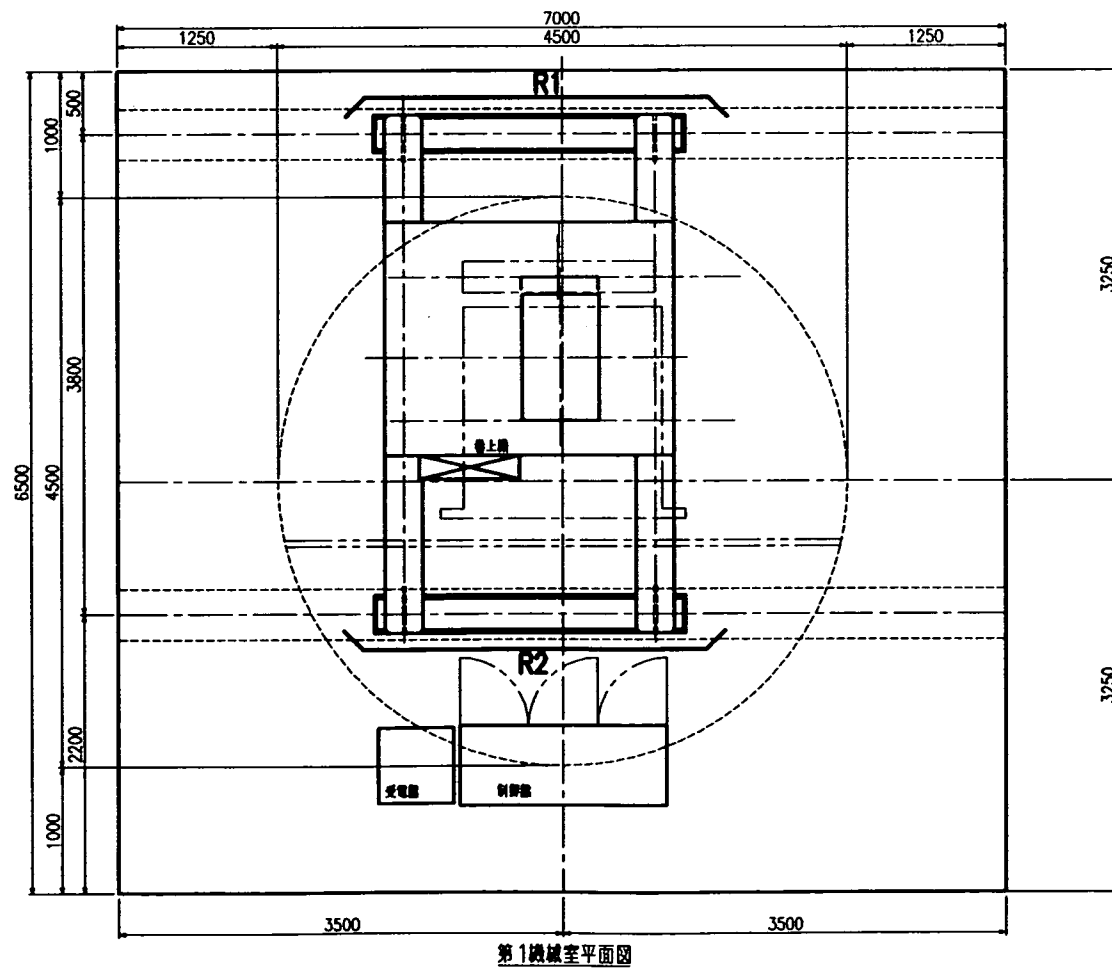
1. 単独直行方式 3 1 2 4 1 2 1 7 • 3 1 2 1 4 2 1 8
2. 2 台直行方式 3 1 2 4 1 2 1 9 • 3 1 2 1 4 2 2 0
3. 乗継ぎ方式 (1回) 3 1 2 4 1 2 2 1 • 3 1 2 1 4 2 2 2 • 3 1 2 1 4 2 2 3
4. 乗継ぎ方式 (2回) 3 1 2 4 1 2 2 4 • 3 1 2 1 4 2 2 5 • 3 1 2 1 4 2 2 6

31241217

図番 (8)	図名 (8)	図種 (8)	図尺 (8)	図式 (8)	図式コード (20)
31241217	エレベーター仕様	仕様書	1/30	エレベーター仕様	31241217



エレベーター仕様	
号機名	NO.1 (単独直行方式)
形式用途	H-VF-PF, U-VF-PF (兼用)
定格積載量	1000kg (15人乗)
定格速度	120~360 m/min
制御方式	インバータ制御
操作方式	乗合全自動式 (COLL)
停止階	11箇所
かご内法	間口 1650 mm 奥行 1450 mm 出入口高さ 2100 mm
電動機	AC 47~130kw
電源	AC 3φ 415V 50HZ AC 1φ 100V 50HZ
連絡装置	同時通話式インターホン
出入口	幅 900 mm 高さ 2100 mm
ドア型式	2枚戸両引きき
昇降行程	1000000 mm
オーバーヘッド	10000 mm
ビル深さ	10000 mm
全高	1020000 mm



エレベーター除外工事

1.土木工事

- [1] 中継ビーム設置工事
- [2] レール固定用金具および出入口ドアハンガ固定用金具設置工事
- [3] 機械室マッソンビーム受け梁およびスパーサ設置工事

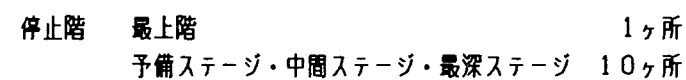
全反力 (本反力は一合分の反力を示す)	
号機名	No.1
R1	490 kN
R2	420 kN

ガイドレール		かご側		おもり側	
部分荷重 [kN]		PX	PY	PX	PY
No.1		30	15	30	15

注) 上記荷重により及ぼすおもり側のたわみは5mm以下になるよう設計を要すること
地震時建築物に掛る荷重

納入先 CUSTOMER	株式会社 日立製作所	日立製作所 日立製作所	日立製作所 日立製作所
図番 (8)	図名 (8)	図種 (8)	図式 (8)
31241217	エレベーター仕様	仕様書	1/30
図式 (8)	図式コード (20)	図式 (8)	図式コード (20)
31241217	エレベーター仕様	仕様書	1/30

31241217

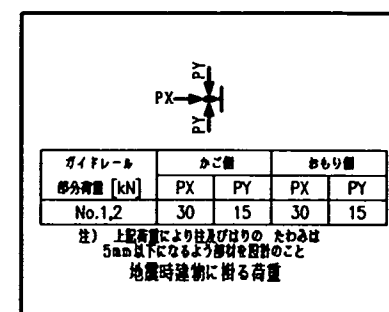


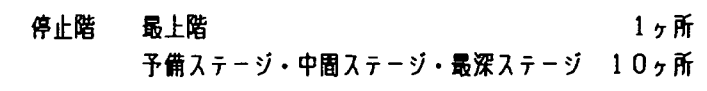


エレベーター仕様	
号機名	NO.1,2(2台直行方式)
形式用途	H-VF-PF,U-VF-PF(兼用)
定格積載量	600kg (9人乗)
定格速度	120~360 m/min
制御方式	インバータ制御
操作方式	群乗合全自動式(DUP. COLL)
停止階	11箇所
かご内法	間口 1250 mm
	奥行 1250 mm
	出入口高さ 2100 mm
電動機	AC 43~120kw
電源	AC 3φ 415V 50HZ
	AC 1φ 100V 50HZ
連絡装置	同時通話式インターホン
出入口	幅 900 mm
	高さ 2100 mm
ドア型式	2枚戸片引き
昇降行程	1000000 mm
オーバーヘッド	10000 mm
ピット深さ	10000 mm
全高	1020000 mm

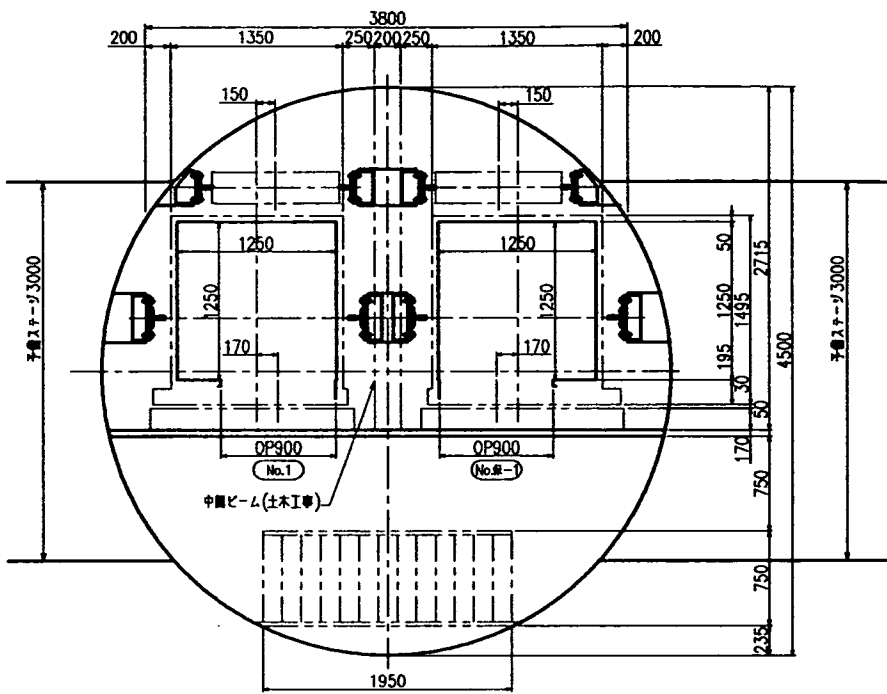
[1] 中四ビーム設置工事
[2] レール固定用金具および出入口フアング固定用金具
設置工事
[3] 機械室マシソビーム受け梁およびスペース設置工事

号機名	No.1,2
R1	480 kN
R2	410 kN

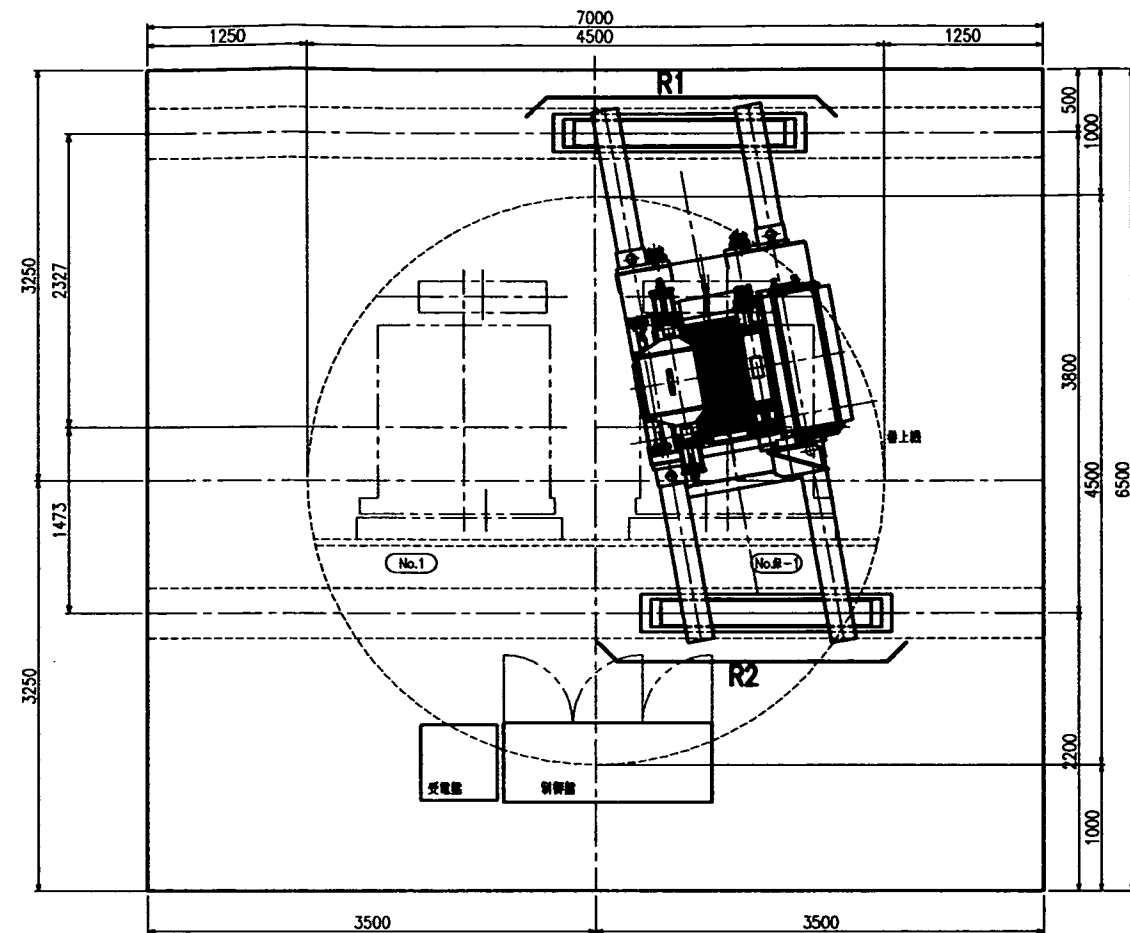




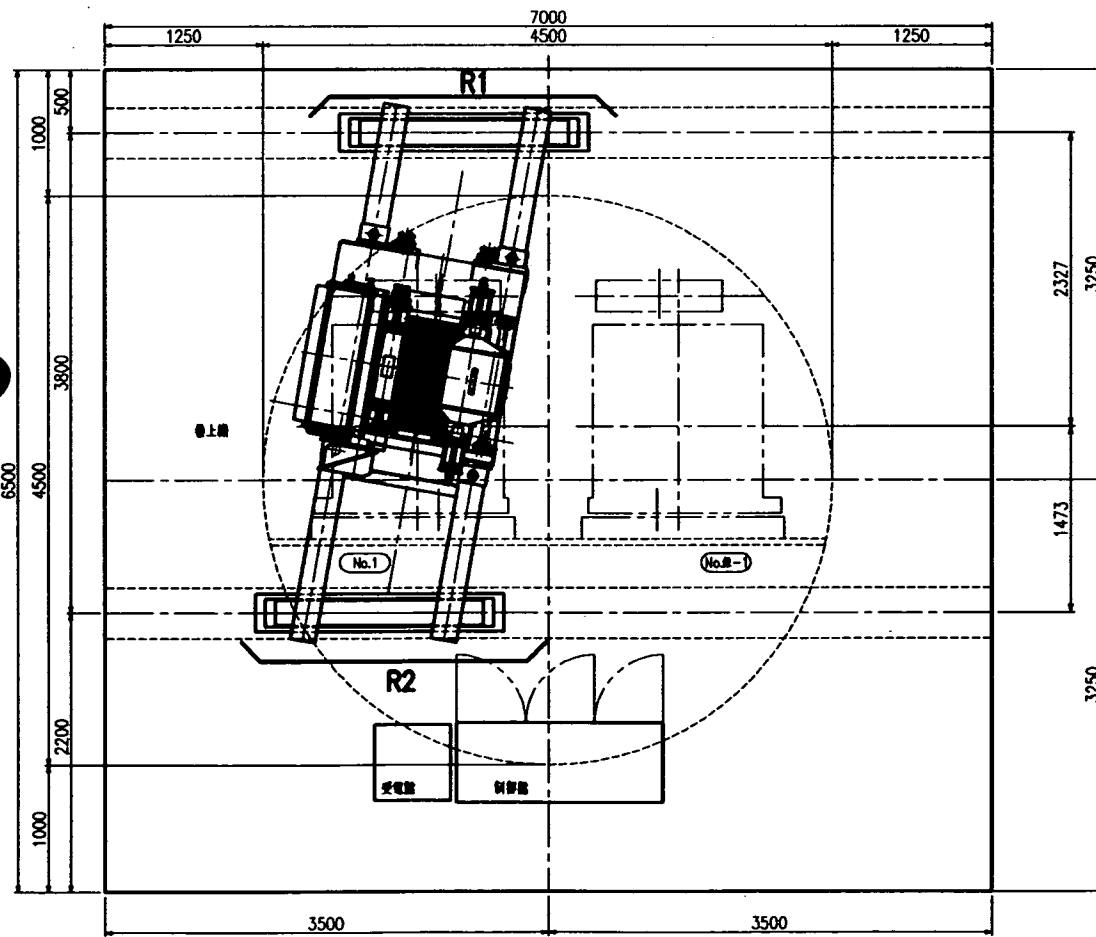
31241221



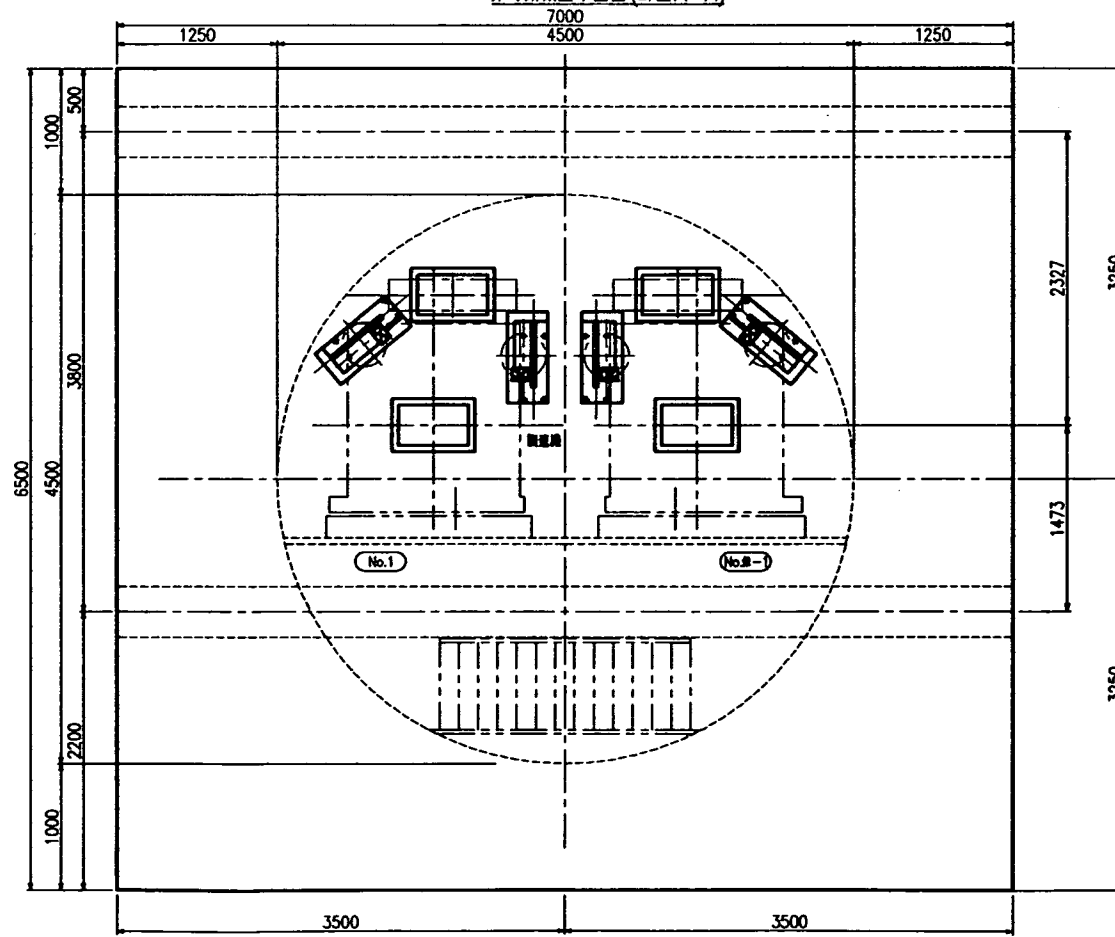
昇降路平面図(断面D-D)



第1機械室平面図(断面A-A)



第2機械室平面図(断面B-B)



第3機械室平面図(断面C-C)

図番 (E) DWG. NO.	名称 (E) 名称 (E)	図番 (E) DWG. NO.	名称 (E) 名称 (E)
31241221	UWF.ELE	31241221	UWF.ELE

エレベーター仕様	
号機名	NO.1
形式用途	H-VF-PF-U-VF-PF (兼用)
定格乗員数	600kg (9人乗)
定格速度	210~360 m/min
制御方式	インバータ制御
操作方式	乗合全自動式 (COLL)
停止階	6箇所
開口	1250 mm
奥行	1250 mm
出入口高さ	2100 mm
電動機	AC 33~82kw
電源	AC 3φ 415V 50HZ
連絡装置	同時通話式インターホン
出入口	幅 900 mm
高さ	2100 mm
F7型式	2枚戸片開き
昇降行程	50000 mm
ノボリ	10000 mm
ビーム	8000 mm
全高	518000 mm

エレベーター除外工事

1.土木工事

[1] 中継ビーム設置工事

[2] レール固定用金具および出入口ドアハンガ固定用金具設置工事

[3] 機械室マッソンビーム受け梁およびスペース設置工事

全反力(本反力は一合分の反力を示す)

号機名	No.1, 保-1
R1	220 kN
R2	210 kN



ガイドレール 部分荷重 [kN]	かご側		おもり側	
	PX	PY	PX	PY
No.1保-1	30	15	30	15

注) 上記荷重により及ぼされる 5mm 以下のたわみは
地震時建物に掛る荷重

納入先 CUSTOMER	株式会社 丸井建設 環境建築研究所における昇降設備設置工事
図番	31241221
図名	昇降路平面図 (1/3)
図尺	1:30
図式	31241221

エレベーター仕様		エレベーター仕様	
号機名	NO.2	号機名	NO.保-2
形式用途	H-VF-PF,U-VF-PF (乗用)	形式用途	H-VF-PF (保全用)
定格積載量	600kg (9人乗)	定格積載量	600kg (9人乗)
定格速度	210~360 m/min	定格速度	210 m/min
制御方式	インバータ制御	制御方式	インバータ制御
操作方式	乗合全自動式 (COLL)	操作方式	乗合全自動式 (COLL)
停止階	6箇所	停止階	6箇所
かご内法	開口 1250 mm	かご内法	開口 1250 mm
	奥行 1250 mm		奥行 1250 mm
	出入口高さ 2100 mm		出入口高さ 2100 mm
電動機	AC 33~82kw	電動機	AC 33kw
電源	AC 3φ 415V 50HZ	電源	AC 3φ 415V 50HZ
	AC 1φ 100V 50HZ		AC 1φ 100V 50HZ
連結装置	同時通話式インターホン	連結装置	同時通話式インターホン
出入口	幅 900 mm	出入口	幅 900 mm
	高さ 2100 mm		高さ 2100 mm
F7型式	2枚戸片引き	F7型式	2枚戸片引き
昇降行程	50000 mm	昇降行程	47450 mm
オーバーヘッド	10000 mm	オーバーヘッド	10000 mm
ビーム長さ	8000 mm	ビーム長さ	8000 mm
全高	51500 mm	全高	49250 mm

エレベーター除外工事

1.土木工事

[1] 中層ビーム設置工事

[2] レール固定用金具および出入口ドアハンガ固定用金具設置工事

[3] 機械室マシニング受け梁およびスベサ設置工事

昇降路平面図 (断面I-I)

第1機械室平面図 (断面E-E)

第2機械室平面図 (断面F-F)

第1機械室平面図 (断面G-G)

第2機械室平面図 (断面H-H)

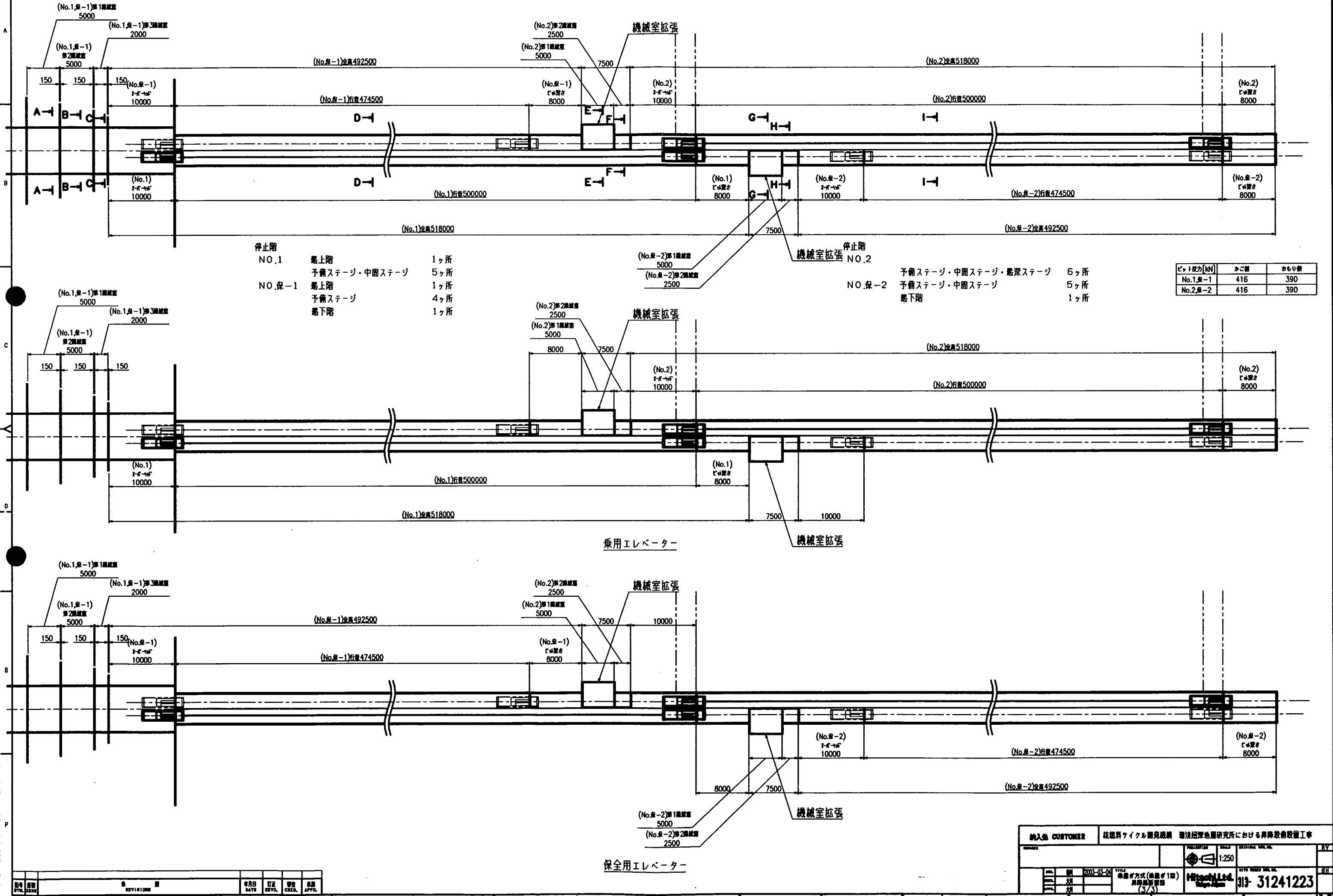
全反力 (本反力は一合分の反力を示す)

号機名	No.2,保-2
R1	220 kN
R2	210 kN

ガイドレール		みごり値		おもり値	
部分荷重 [kN]		PX	PY	PX	PY
No.2,保-2		30	15	30	15

注) 上記荷重によりはばり等の、たわみは5mm以下になるよう部材を設計すること
地震時液物に掛る荷重

納入先 CUSTOMER		株式会社サイクル開発機構 新潟県新潟市東区にある昇降設備設置工事	
図号	31241222	図名	昇降設備平面図 (2/3)
図尺	1:30	図例	
図主	31241222	図主	31241222

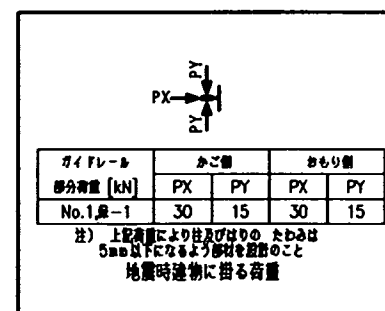




[1] 中鋼ビーム設置工事
[2] レール固定用金具および出入口ドアハンガ固定用金具設置工事
[3] 機械室マシンビーム受け梁およびスペース設置工事

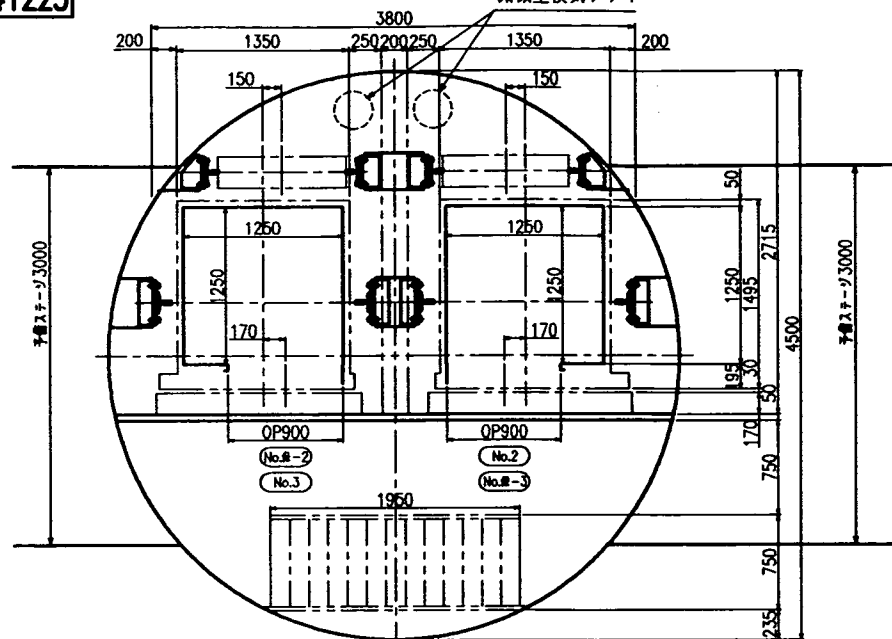
全反力(本反力は一合分の反力を示す)

号機名	No.1, 2-1
R1	220 kN
R2	210 kN

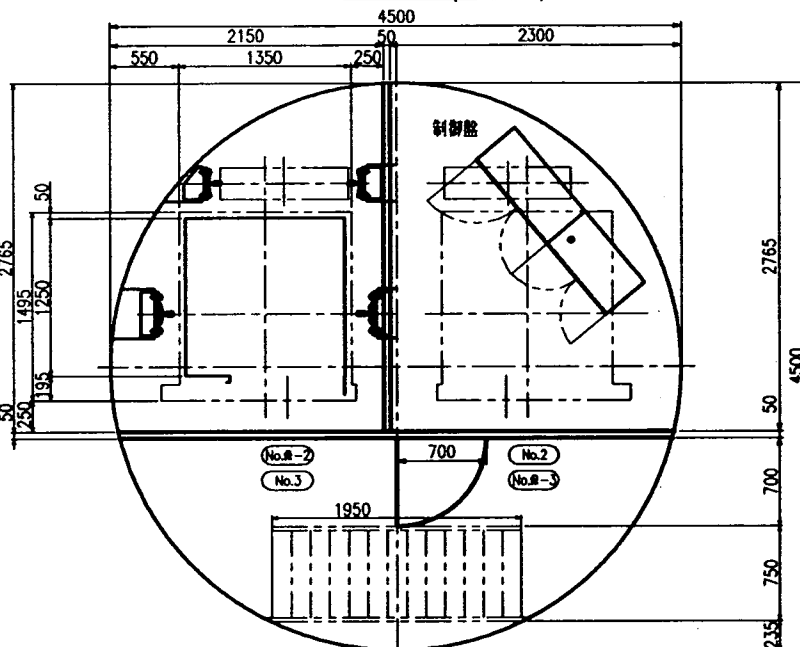


31241225

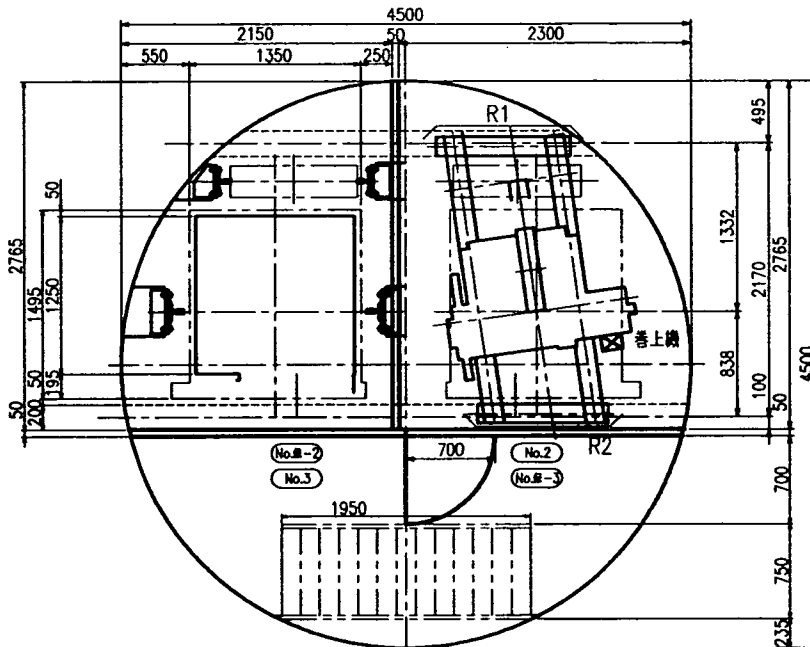
機械室換気ダクト



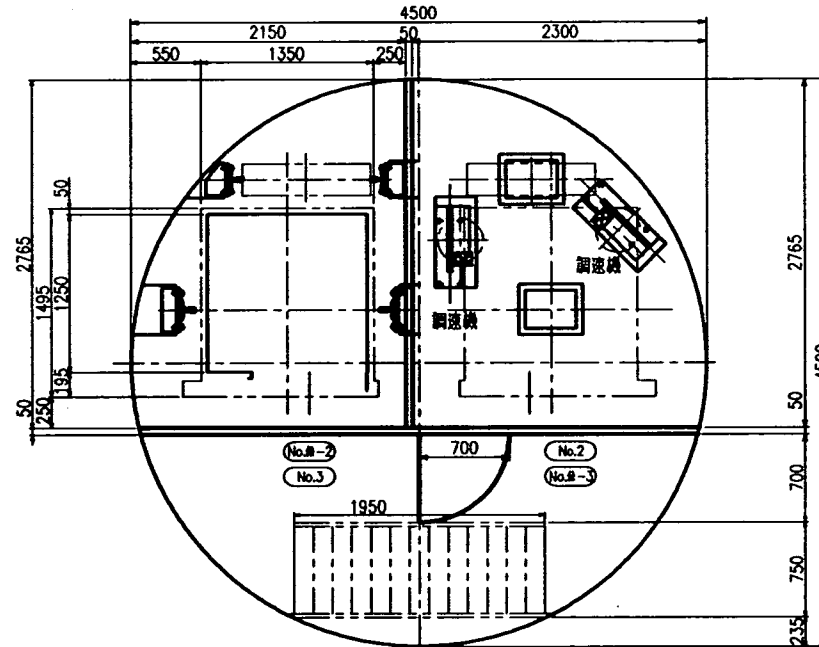
昇降路平面図(断面D-D)



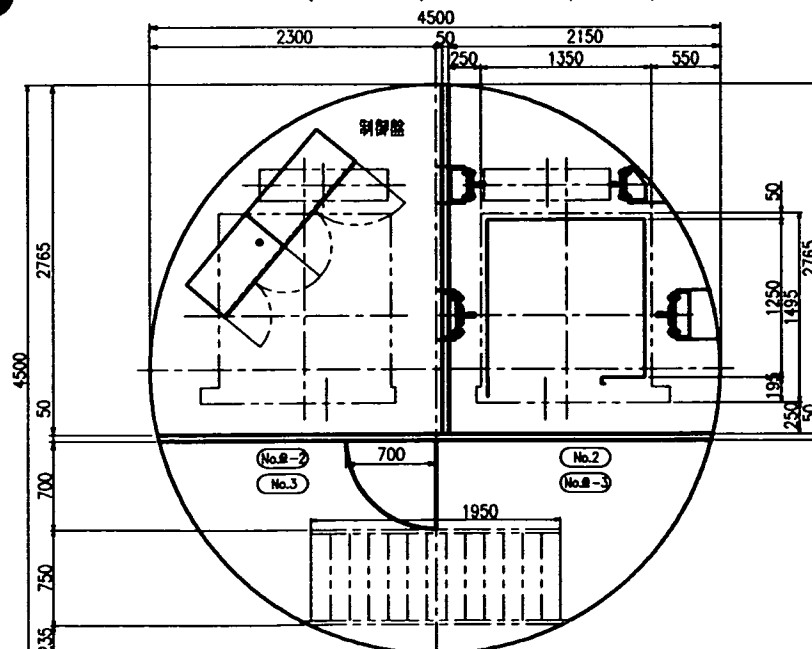
(No.2,保-3)第1機械室平面図(断面F-F)



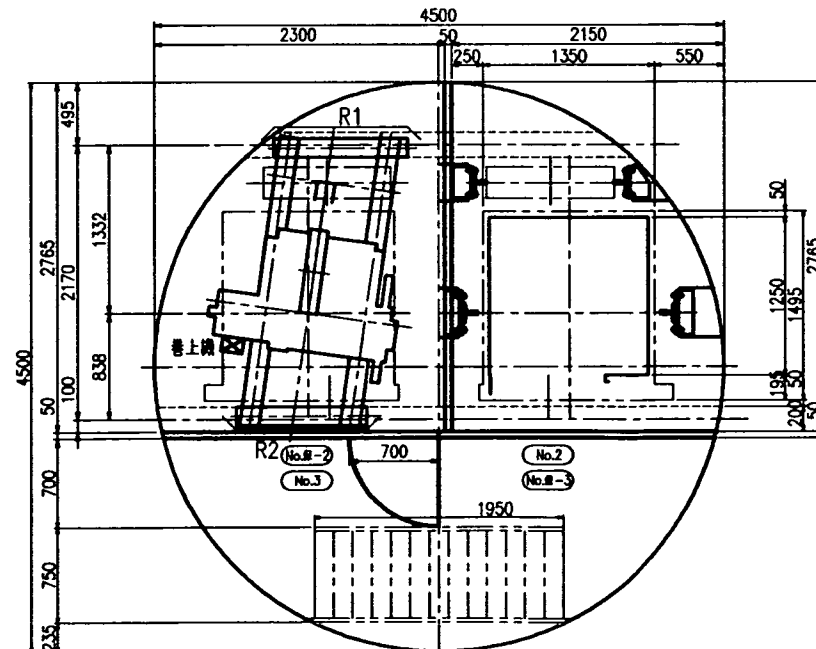
(No.2,保-3)第2機械室平面図(断面G-G)



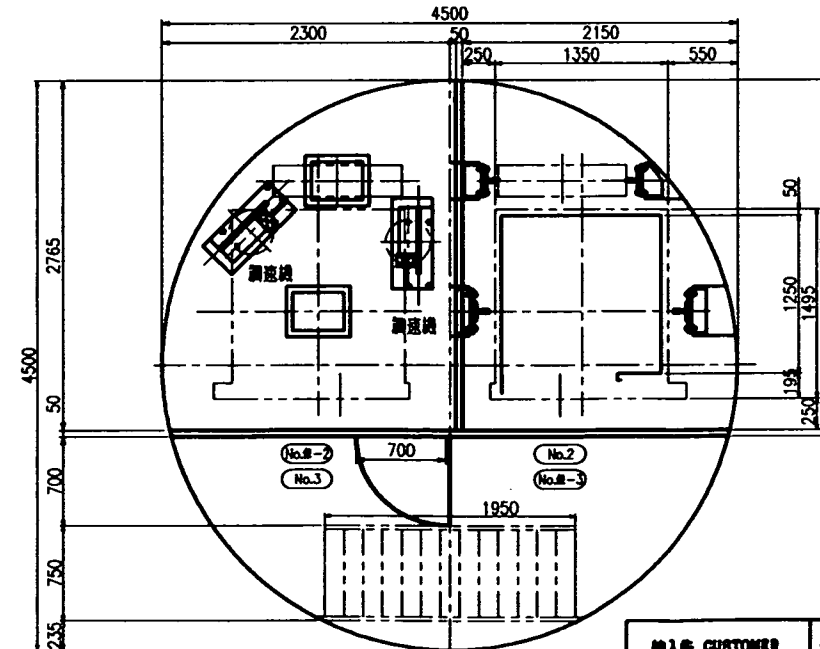
(No.2,保-3)第3機械室平面図(断面H-H)



(No.3,保-2)第1機械室平面図(断面I-I)



(No.3,保-2)第2機械室平面図(断面J-J)



(No.3,保-2)第3機械室平面図(断面K-K)

エレベーター仕様				
号機名	No.2	No.保-2	No.3	No.保-3
形式用途	H-VF-P(乗用)	H-VF-P(保全用)	H-VF-P(乗用)	H-VF-P(保全用)
定格積載量	600kg(9人乗)	600kg(9人乗)	600kg(9人乗)	600kg(9人乗)
定格速度	210 m/min	120 m/min	210 m/min	120 m/min
制御方式	インバータ制御	インバータ制御	インバータ制御	インバータ制御
操作方式	乗合全自動式(COLL)	乗合全自動式(COLL)	乗合全自動式(COLL)	乗合全自動式(COLL)
停止間	4個所	4個所	3個所	3個所
かご内法	開口 1250 mm 奥行 1250 mm 出入口高さ 2100 mm	開口 1250 mm 奥行 1250 mm 出入口高さ 2100 mm	開口 1250 mm 奥行 1250 mm 出入口高さ 2100 mm	開口 1250 mm 奥行 1250 mm 出入口高さ 2100 mm
電動機	AC 33kw	AC 20kw	AC 33kw	AC 20kw
電源	AC 3φ 415V 50HZ AC 1φ 100V 50HZ	AC 3φ 415V 50HZ AC 1φ 100V 50HZ	AC 3φ 415V 50HZ AC 1φ 100V 50HZ	AC 3φ 415V 50HZ AC 1φ 100V 50HZ
連絡装置	同時通話式インターホン	同時通話式インターホン	同時通話式インターホン	同時通話式インターホン
出入口	幅 900 mm 高さ 2100 mm	幅 900 mm 高さ 2100 mm	幅 900 mm 高さ 2100 mm	幅 900 mm 高さ 2100 mm
F7型式	2枚戸片引き	2枚戸片引き	2枚戸片引き	2枚戸片引き
昇降行程	30000 mm	25100 mm	20000 mm	17750 mm
ノボ-100	10000 mm	10000 mm	10000 mm	10000 mm
バネ深さ	4000 mm	4000 mm	4000 mm	4000 mm
全高	314000 mm	265000 mm	214000 mm	191500 mm

エレベーター除外工事

1.土木工事

- [1] 中継ビーム設置工事
- [2] レール固定用金具および出入口フック固定用金具設置工事
- [3] 機械室マッソンビーム受け梁およびスペース設置工事

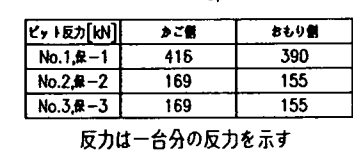
号機名	No.2	No.保-2	No.3	No.保-3
R1	140 kN	140 kN	125 kN	125 kN
R2	95 kN	90 kN	85 kN	85 kN

ガイドレール		かご側		おもり側	
部分荷重 [kN]		PX	PY	PX	PY
No.2,保-2	30	15	30	15	15
No.3,保-3	30	15	30	15	15

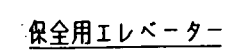
注) 上記荷重により及びはりのたわみは5mm以下となるよう設計すること
地震時建築物に付する荷重

納入先 CUSTOMER	株式会社サイクル開発機構 環境地球研究所における昇降設備設置工事
図面番号	313-31241225
縮尺	1:30
作成者	Hitachi Ltd.
承認者	313-31241225

DWGCS-A0001-01



停止階		
N0.3	予備ステージ・最深ステージ	3ヶ所
N0.保-3	予備ステージ・最下階	3ヶ所



納入先 CUSTOMER		核燃料サイクル開発機構 瑞浪組深地層研究所における昇降設備設置工事			
COMMENTS		 1:250		ORIGINAL SEAL NO.	
2003-03-04 作業方法(作業区2区) 昇降設備設置 (3/3)		 1:250		NEW FORCE SEAL NO. 313- 31241226	

16. 参考文献

1. 橋本修左他:聴器に及ぼす生理心理的影響について—超高層エレベーター移動における生理心理的問題の検討 その5—聴器機能検査と昇降基準の考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), (1994-9)
2. 後藤剛史他:中耳内外の圧力差による症状について—超々高層用エレベーターを想定した気圧変動に関する一考察 I—高層居住と気圧について, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸), (1992-8)
3. 後藤剛史他:大気圧差に対する1度目耳詰りの累積発生率について—高速エレベーターの乗心地に関する研究 その5—大気圧差の絶対値にみる耳づまりの発生状況—実験結果および考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (関東, 昭和54-9)
4. 吉本智信, 上野俊昭, 坂井吉男, 長瀬博:超高層ビル用高速エレベーターの鼓膜に与える影響—耳管の生理的開閉を中心として, 日本機械学会第3回交通・物流部門大会講演論文集, (1994)
5. 渡辺:「昇降技術の展望」—池袋サンシャイン60ビルの現行運転条件, 三菱電機技, vol. 64, No. 10, (1990)
7. G. C. Barney:シカゴ・シアーズ・ロウの現行運転条件について, 'Elevating Frank Lloyd Wright' smile high building'
8. 山口:航空機上昇・下降時与圧基準について—「航空性中耳炎に関する基礎的ならびに臨床的研究」, 耳鼻咽喉科展望, vol. 29, No. 4, (1986)
9. 後藤:後藤氏の提案基準値について—「超々高層用エレベーターを想定した気圧変動に関する一考察」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 4492, (1993)