

# MITSUBISHI

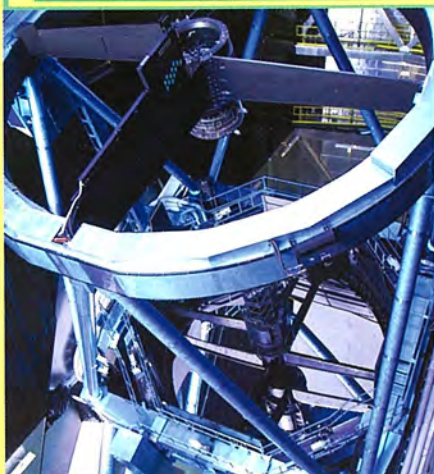
## 三菱電機技報 Vol.76 No.7

特集「最近のプラント建設工事」

2002 7



安全第一



## 目次

### 特集「最近のプラント建設工事」

製品と共に歩むプラント建設工事 前田 浩	1
省力化・合理化に挑戦するプラント建設工事 松宮保夫・塚田光政	2
プラント建設工事の安全衛生・品質保証・環境保全活動 吉岡 克・一宮昭博・板井公作	7
教育研修・技量認定と技術の伝承 大竹 茂・廣岡俊言	11
プラント建設工事を支える情報システム 佐藤 寛・酒井満治・河瀬 幹	15
プラント建設工事をリードする最新工法 前畑純一・徳宮 豊・加福 徹	19
公共工事における合理化・省力化機材 辻本一孝・平 隆則・前原信章	23
原子力プラント建設工事の最新工法 安藤博敏・今住智弘・奥村康志	27
電力プラント建設の最新技術動向 山口耕平・千田一郎・小松幸雄	31
ビル・交通電源設備リニューアル工事の最新工法 金子 守・近藤良孝・近藤一男	35
機械室レスエレベーターの据付工法 夏目 隆	39
ベルセウスシールドの施工 金本貴志・瀬戸信二・加藤栄二郎	43
大型光学赤外線望遠鏡“すばる”の建設 本多博一・大山 巧	47
台湾における先端大規模クリーンルームの建設 細井 昭・大野明之・井原勘太郎・陳 明凱	51
駅ビル百貨店増築改修設備工事 樋野 清・細井 茂・朝本敏晴・大木光男	55
環境対応形の食品加工・流通設備の建設 松隈茂昌・竹田健一・大津茂生・横尾 淳	59

### 特許と新案

「超電導装置」「軸流送風機」	63
「光磁気記録再生消去装置」	64

### スポットライト

#### 三菱駅舎専用エレベーター

乗用貫通・直角二方向型エレベーター	(表3)
-------------------	------

### 表紙

#### プラント建設工事の最新開発品

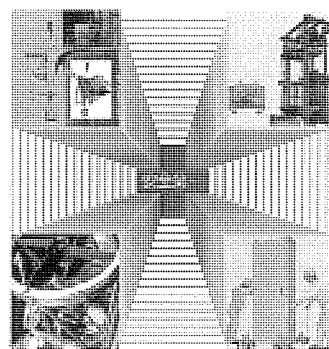
中央の緑十字は安全マークを示す。

写真左上は盤・機器を建屋高層階へ直接搬入するために開発した吊(つり)治具(名称:ニュートンバランサー)で、仮設ステージを不要とした。

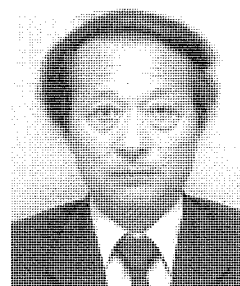
写真右上は機械室レスエレベーター据付けWOS工法に使用する据付け治具の搬送荷姿(左図)と移動作業床の組立て状態(右図)を示す。

写真左下は国立天文台大型光学赤外線望遠鏡“すばる”で、有効開口8.2mの世界最大一枚鏡の支持機構など、当社最新技術を駆使し、1992年に建設着工し、'99年完成した。以後、初期宇宙の観測・研究に貢献している。

写真右下は不安定な盤を安全にリフトし移動させるために開発した盤搬送用治具(名称:ツータッチキャリア)で、専用金具を使用し四隅に簡単に取り付けられる。



## 製品と共に歩むプラント建設工事



社会インフラ事業本部  
プラント建設統括部長

前田 浩

三菱電機製品の最終ランナーとして製品と共に歩んでまいりましたプラント建設工事部門は、設立56年を迎え、これもひとえに当社製品のご愛顧、ご支援・ご指導の賜と深く感謝する次第である。

戦後、1946年(昭和21年)に現在の工事部門の前身である施設部に電気工事課が設立され、その後、我が国の急速な経済発展に伴い、メーカーとして機器単体販売のみに終始するのではなく、多様化する各種プラントのシステムをトータルエンジニアリングすべく、得意の電気分野技術のみならず土木・建築・機械等の最先端技術を駆使する総合電機メーカーとして、総合建設工事部門へのチャレンジを重ねてきた。

納入したプラントは、人々の生活の基盤に密着したものが多く、トラブルが発生すると社会的な損失を与えるため機器製作部門と一体となった安全・品質(現地工事の品質含む)が求められ、また、バブル崩壊後、各種プラント建設費の下落が続き、プラント建設工事コストの削減が求められてきた。さらに、環境管理・IT化推進に注目が集まる社会情勢の中にあって、次の点に注力しプラント建設工事を展開している。

### (1) 安全管理

現地建設工事での無事故・無災害を実践するために作業チーム全員による危険予知活動(TBM-KY)、5S(整理・整頓・清潔・清掃・躰(しつけ))推進活動等を実施し、安全の指導・点検を充実している。2002年度には労働安全衛生マネジメントシステム(OHSMS)導入し、安全衛生管理の標準化と体系化を図っている。

### (2) 品質管理

現地建設工事の品質管理を組織的に明確に計画・実施・改善するために、'96年にISO9001を認証取得した。また、作業者の技量を向上・維持するために、技量認定制度を構

築し、作業者に対する教育の実施と技量認定試験を実施している。

### (3) 環境管理

現地建設工事での環境管理を組織的に計画・実施・改善するために、同業工事部門で国内最初にISO14001を認証取得した。現場での工程短縮を進め、省エネルギー、廃棄物の分別収集、産廃物の削減活動を展開している。

### (4) 新工法開発

建設施工技術を結集し徹底したVA(Value Analysis)改善活動を展開し、新工法・省力化・合理化機材の開発によって3K(危険・汚い・きつい)作業を払拭し、作業工数の削減、工期短縮を実現して建設工事コストの削減に努めている。また、開発した合理化機材を管理・保守し、全国現場に配送する機材センターの充実を図っている。

### (5) 工程短縮

現地建設工事管理向上のため施工IE(Industrial Engineering)技術手法を導入し、現場での無駄を排除し作業効率を向上させ、さらに、PM(Project Management)手法によって工程管理の精度を向上させ建設工事の工程短縮を実施している。

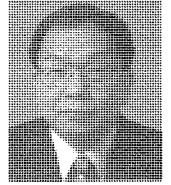
### (6) 現地OA化

現地建設工事の計画・管理の迅速化・精度向上を求めて、工事工程と実績管理をシステム化して現地OA化を図り、全国に点在する建設現場との情報を共有化する情報システムを構築している。

今後も、お客様に接した部門として、お客様とともに、安全・品質確保はもとより、高度化する製品技術に対応できるプラント建設工事を目指し、更なる省力化・合理化を推進し、お客様への提案型ビジネスと顧客満足度の向上に努めていく所存である。



松宮保夫\*



塚田光政\*\*

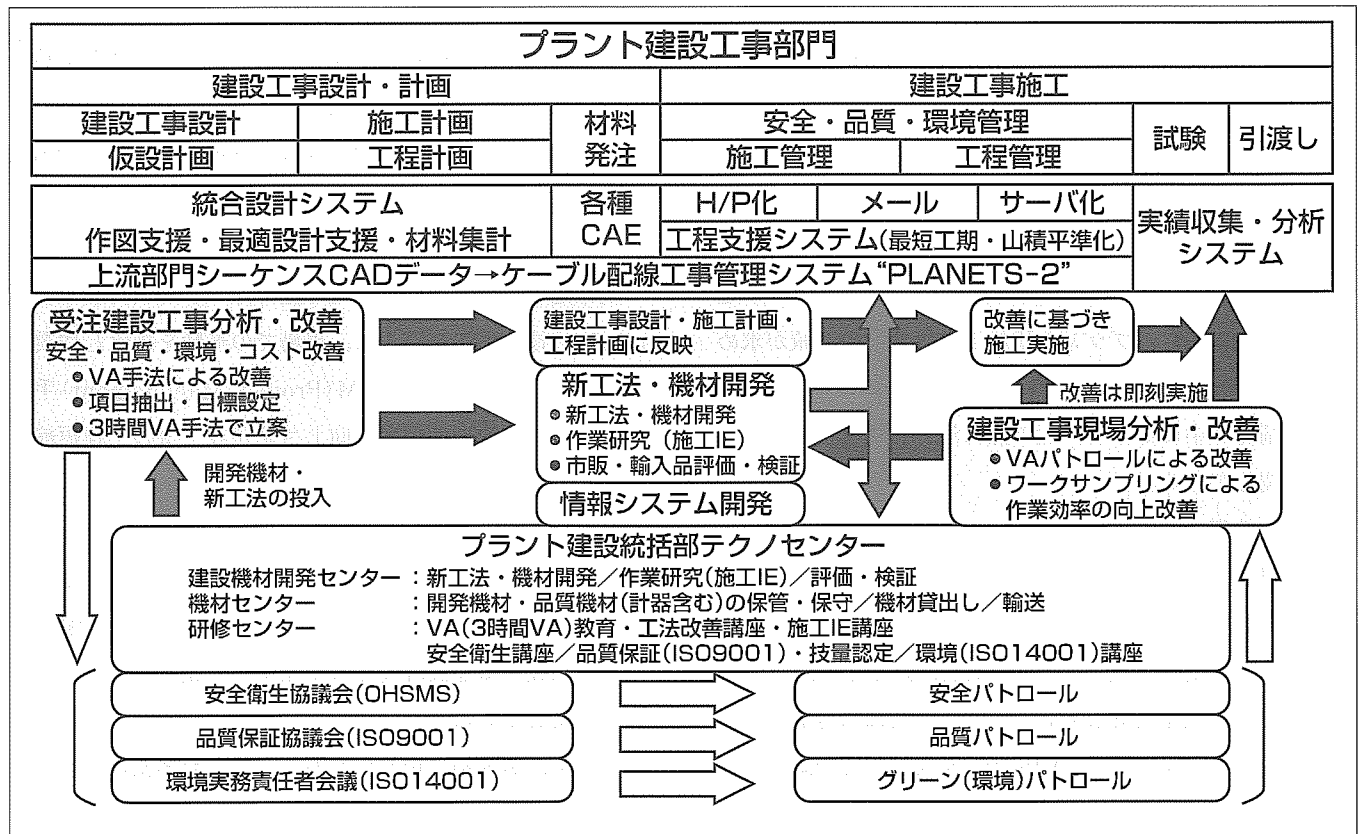
# 省力化・合理化に挑戦するプラント建設工事

## 要旨

プラント建設工事の計画・施工部門として、最新鋭の機器製作部門と緊密に連携し、社会に密着したプラント建設工事に従事してきた。国内外の多種多様のプラントを総合的なエンジニアリングによって安全・品質・工期を厳守した適切な建設工事を実現してきたが、バブル崩壊後、経営環境は急速に大きく変化した。鉄鋼・電力プラント等の長期労働集約型の大型プラント建設が激減し、更新・増設工事に移行し、現在はITビジネスを主体とした短期労働分散型建設工事へと移り変わっている。さらに、各種プラント建設費の価格低下が続き、プラント建設工事コスト削減が大きな課題となった。

建設工事現場は、顧客敷地内又は公共の場が多く、いかなる場合も安全・品質・環境を重視した上で建設工事コス

トを削減する必要がある。受注案件に対しては、建設施工技術を結集して徹底したVA改善活動を展開し、設計・計画・工程に反映させて建設工事コスト削減を実現してきた。建設工事現場においても、VAパトロール及び現場管理者によるワークサンプリングによって直作率向上を図った。また、新工法、省力化・合理化機材を開発し、全国建設現場で開発機材が使用できるように保管・保守・輸送の機能を持つ機材センターを充実させた。さらに、工程計画・管理にPM(Project Management)手法を導入して管理精度を向上させ、実績収集・分析システムを構築しPlan-Do-Check-Actionスパイラルアップを備えた現地OA化を図り、プラント建設工事コスト削減に挑戦している。



## プラント建設工事のコスト削減と安全・品質・環境のフロー図

プラント建設工事コスト削減のため、安全・品質・環境を重視した上でVA手法による改善を実施する。新工法・機材を開発し、機材センターから全国建設現場に開発機材を配送する。各種CAE・設計システムが開発され、工程計画・管理はPM手法で精度が向上する。実績は、実績収集・分析システムで統計処理し、見積りに反映される。全国建設現場と情報を共有化する情報システムを構築し、社員のみならず協会社を含む研修・教育の充実に努める。



## 1. ま え が き

この特集は、三菱電機を代表する4工事部門の合作である。各工事部門の変遷を表1に示す。戦後の国土復興期には1部門であったが、その後の急速な経済発展に伴い3部門に分割成長し、通信機の発展で現在の4部門に至っている。4工事部門の担当工事分野は表2に示すように国内外の多種多様のプラント建設工事であるが、上流の機器製作部門ともども高い評価を受けてきた。

バブル崩壊後、急激な各種プラント建設費の価格下落が続く、上流の機器製作部門の製品コスト削減とともに、建設工事部門の建設工事コスト削減が大きな課題となった。

建設工事部門は、建設施工技術を結集し、徹底したVA改善活動を展開し、省力化・合理化に挑戦することで建設工事コスト削減を実現してきた。

## 2. 省力化・合理化に挑戦

### 2.1 建設工事費の削減活動

建設工事部門が実施している建設工事コスト削減活動は、最終製品の外観として現れることがほとんどない。工事関係者以外の方は気が付かないことが多いと思われるため、数例を挙げて説明する。

例1として、盤10面をトラックの車上で受け取ってから盤を30m移動して電気室に据え付けた場合について述べる。

某社は、丸棒を持ち込みコロ引き工法(丸棒を敷き盤を移動)で作業員10人が1日かかりで作業した。10人工/10面=1.0人工/面(このような値を歩掛値という。)となる。

1人工とは、1人の作業員が1日働くことを示す。

一方、当社は、開発した盤搬送用機材(以下“ツータッチキャリア”という。)を持ち込み、簡単に盤を持ち上げて移動させ、少人数の5

人が1日かかりで行った。5人工/10面=0.5人工/面(歩掛値)となる。開発機材使用効果は半分の歩掛値となり、労務費(=歩掛値×数量×労務単価)は半額となる。両社の工事終了後の盤据付け状態では変わりが見えないが、当社は、労務費が削減され、作業中の安全性、盤に傷を付ける可能性(工事中の品質)、作業員の疲れ具合で優れている。

ツータッチキャリアは2001年度中央労働災害防止協会主催の全国産業安全衛生大会で“安全な盤搬送装置”として研究発表した。

例2として、ビル5階にある搬入口(ビル搬入口には搬入用デッキが設けられていない。)から盤を搬入し据け付けた場合について述べる。

某社は、ビル側面に地上から5階までの仮設ステージを作り上げ、地上の盤をレッカーで吊(つり)上げ、仮設ステージ上に置いてから、盤をビル内部に取り込み据え付けた。

一方、当社は、開発した高所機器搬入用機材(以下“ニュートンバルンサー”という。)を持ち込み、仮設ステージを作らず、ニュートンバルンサーに積んだ盤ともどもレッカーで吊り上げ5階搬入口に横付けし盤をビル内部に取り込み据え付けた。両社の工事終了後の盤据付け状態では変わりが見えないが、当社は、仮設ステージの製作費が不要になり、工期が短縮された。5階までの仮設ステージ組立て・解体時の危険が回避され、仮設ステージ設置による交通障害をなくすことができた。

ニュートンバルンサーは2001年度建設業労働災害防止協会主催の全国建設業労働災害防止大会で“高所搬入工法の

表1. 4工事部門の変遷

	1946~49	50~54	55~59	60~64	65~69	70~74	75~79	80~84	85~89	90~94	95~99	2000~
施設部	*電気工事課		*昇降機課		*装置課(冷熱)		事務課/設計課					
	重電工事部		プラント建設部		プラント建設統括部							
総合施設部	昇降機事業部		重電事業部		ビル事業部		稲沢製作所					
	総合工事部		昇降機工事部		ビル施設工事部		昇降機工事部					
	冷熱事業部		冷熱装置部		冷熱プラント部		冷熱システム事業部					
	冷熱装置部		冷熱プラント部		冷熱システム事業部		冷熱プラントG					
	通信機製作所											
	工作部		工事部		通信プラント建設部							

表2. 4工事部門の工事分野

部門名	建設工事分野
社会インフラ事業本部 プラント建設統括部	各種プラント建設工事の計画・施工部門として、最新鋭の機器を製作する事業部門と緊密に連携しつつ、原子力・火力・水力などの発電及び変電プラント、製鉄に代表される工業プラント、クリーンな環境を作り出す上水・下水の水処理プラント、受変電、自家発電等のビル設備プラント、道路の情報設備、防災情報設備、大型映像設備、河川管理等の社会インフラ系情報管理システム、さらには、新交通、新エネルギー、医療まで幅広い分野で活躍し、国内はもとより国際的にも高い評価を得ている。
稲沢製作所 昇降機工事部	昇降機工事部は、国内海外に設置される昇降機を製品として完成させる最終工程を受け持つ部門である。長年にわたって蓄積された据付工法、乗り心地調整技術、施工管理など総合的な施工技術力及び品証体制は、世界最速エレベーターやスパイラルエスカレーターなどモニュメンタルな昇降機を始め、住宅、事務所、流通、公共施設など、身近な建物に設置される昇降機に至るまで、世界トップレベルの高品質を提供することで、顧客から高い評価を得ている。
通信機製作所 通信プラント建設部	国内外衛星通信システムのアンテナ・機器据付けの現地工事専門部門として設立され、以後通信機器の発展とともに事業を拡大し、マイクロ多重設備、気象用レーダ設備、防災行政無線設備、移動体通信基地局、IT関連設備等の工事を担当してきた。特に'92~'99年に宇宙解明の切り札である国立天文台すばる望遠鏡を米国ハワイ州マウナケア山に建設し、また、'97年以後電磁波盗聴・攻撃からの情報機器防護と事務所居住性を特長とする電磁シールドシステムの納入等、特徴的の事業を推進している。
リビング・デジタル メディア事業本部 冷熱システム事業部 冷熱プラントG	冷熱システム及び建築付帯設備(空調・換気、給排水衛生、受配電、排煙防災施設等)技術を駆使し、設備設計から施工・サービスまで一貫したトータルエンジニアリングを実施。ビル・ホテル・福祉施設設備、研究施設(特殊空調、人工気象室他)、スポーツ施設(スキー、スケート、プール施設他)、食品流通施設(冷凍・冷蔵庫、冷却、凍結・解凍設備他)及び化学薬品プロセス冷却設備と多岐にわたっているが、地球環境、HACCP対応等も含め総合力として市場から高い評価を得ている。

改善”として研究発表した。

例3として、当社が開発したケーブル配線工事管理システムについて述べる。

上流の機器製作部門からシーケンスCADデータが入力されると自動的に施工設計を行い、現場で布設するケーブル1本ずつのデータを作成し、作業者にどこからどこへのルートで布設・結線するかを指示する。また、印字装置と接続すると、マークチューブ・ケーブル札、ケーブルシース等にケーブル情報を自動印字する。施工設計費を削減し、ケーブルデータが自動処理されるためヒューマンエラーが発生せず工事品質が向上した。

## 2.2 改善活動の仕組み

建設工事部門では上記のような改善活動がどのような仕組みで行われるか紹介する。

### 2.2.1 受注建設工事案件の分析・改善

受注案件の建設工事内容を細かく分析して、安全・品質・環境・コスト改善に対するVA手法を取り入れた検討を実施する。改善項目の抽出、改善目標値の設定、及び改善立案を行い、建設工事設計・施工計画・工程計画に反映させる。さらに、改善内容のレベルによっては、新工法・機材の開発又は各種システムの開発を実施する。省力化・合理化できる市販品及び安価に購入できる輸入品は、十分に検証し評価してから現場に投入している。

VA手法は表3に示す3時間VAシートを使用し、シートに従って進めることによってアイデア発想の手助けを行い、容易に改善立案することができる。問題点を名詞+形容詞・動詞で表現し“○○が見にくい”場合は、その意味を反転し名詞+動詞で表現し直し“○○を見やすくする”と問題点をテーマアップする。目標値→制約条件→現状作業の手順(略図化)→現状のコスト→現状作業の機能・役割→アイデアを出し合い具体的改善を立案→提案した改善案をそれぞれ評価し改善案の順位付け→最善案決定の順で具体的改善指示をしている。

### 2.2.2 建設現場の分析・改善

建設工事中の建設現場に対して、二つの改善活動を実施している。

#### (1) VAパトロールによる改善

建設現場でVAパトロールを実施して、実際の作業状況を見た上で改善立案を行う。すぐ改善できる項目は即日実施し、改善内容のレベルによっては、新工法・機材の開発等の処置を実施している。

建設現場のVAパトロールを実施する際に、表4に示す“VAパトロール目の付けどころ”を使用する。作業状況を見て10項目の事象に当てはまる作業を抽出して、手待ち、無駄な作業削除、段取り、工程組替え、作業員平準化、工期短縮、作業効率、連絡方法、機械化、機材開発等の具体的改善を立案している。

#### (2) ワークサンプリングによる改善

施工IE(Industrial Engineering)手法を導入し、現場管理者自らがワークサンプリング(稼働分析)を実施し、現場の作業効率を把握する。現場での無駄を排除し作業効率を向上させている。現場には古くから“早仕舞い”という風習があり、一生懸命仕事をして早く終えて、定時前に帰ることが許されていた。もちろん賃金は1日分支払われている。必要以上の作業者を投入し作業が早く終わることは、計画者の計画ミスである。仕事量に応じた作業員数を入れ所定の作業時間(定時)で終わるように計画することが最良であることは言うまでもない。

ワークサンプリング手法は、現場管理者が建設現場の作業員の状況をランダムに観測し、作業員が作業分類①作業(付随作業を含む)、②余裕、③非作業、のいずれの状態かを調査し、自現場の作業率を把握する。無駄を排除し時間と規律の厳守、適正余裕時間の設定、早仕舞いと掛り遅れの撲滅を実施し、作業率の向上に努めている。

### 2.2.3 実績の収集と分析

建設現場の実施結果を数値化して収集・分析し見積りと計画に反映させることは、PDCAスパイラルアップする上で重要なことである。実績収集・分析システムは、現場で日々作成する作業日報が入力データとなり、自動集計され、各現場での工程ごと(例：盤の据付け工事、ケ

表4. VAパトロール目の付けどころ

1. 作業員の手が止まっている
2. 繰り返し作業している
3. 多人数で作業している
4. 危険作業・重労働作業・汚い作業をしている
5. 作業員の連携はスムーズか
6. 手直し・ダメ作業はないか
7. 過剰品質・設計でないか
8. この材料(作業)は何のため
9. に使って(行っている)か
仮設設備に無駄・改善の余地はないか
10. 標準設計・施工要領が過去にとらわれ過ぎていないか

表3. 3時間VAシート

① テーマの 問題点	(このテーマの最大の問題点を 名詞+形容詞で表現)				②問題点の 言葉の 反対語	(反対語を名詞+動詞で表現)	③ 目標値	④ 制約 条件	⑩ 代替案の概略評価					
	⑤現状作業	⑦ 解決 順位	⑧機能(役割)	⑨アイデアの発想(キーワード毎にアイデアを発想する)										
区分	No.	作業 手順	時間	それは何のために 行われているか	その役割を満足させて、 その作業をやめる方法はないか	作業手順はよいか 又いつ行えばよいか	他の作業と一緒に できないか、又は どの場所で行うか	他に簡単な方法はない か、また、治工具の使 用はどうか	No.	アイデア	略 図	経 済	技 術	採 否
方														
法														
現状・ 改善	⑤現状作業の略図 (作業手順No.を記入すること)				⑥現状のコスト (材料費、労務費又は作業時間を記入)		⑪ 具体化案の詳細評価			⑫代替案の具体化				
								1. 具体化案の目標コスト又は作業時間の達成度を記入する 2. 定性的効果、問題点他						

ケーブル布設工事、配管工事等)の歩掛値[=作業者数(人工)/数量(面, m, kg等)]に分析される。従来工法や開発新工法別, 作業環境等の条件別, ビジネスユニット別に分析・統計処理する当部独自の開発システムである。

### 2.2.4 改善活動の水平展開と啓蒙・教育

#### (1) 改善活動の水平展開

建設現場は全国に点在しており, 改善内容と改善効果を良好事例として他の案件に展開する必要がある。良好事例は, 社内イントラネットに掲載され, 部員がいつでも内容を知ることができる。また, ビジネスユニット単位で構成される建設工事技術部会で良好事例として発表され水平展開されている。

#### (2) 啓蒙・教育と表彰

改善活動を活性化するためには啓蒙・教育が重要である。VA改善教育は初級・中級の講座があり, 具体的に建設工事に即応した内容のトレーニングが含まれ多数が受講している。また, 工法改善講座, 施工IE講座を実施し, 具体的に建設現場で展開できるように教育している。さらに, 毎年優秀なVA改善活動に対しての表彰を実施し, 改善活動を活性化させている。

## 3. 新工法・機材開発と機材センター

VA改善活動内容のレベルに応じて, 新工法・機材の開発又は各種システムの開発を実施している。また, 新工法・機材の開発を行って改善効果(早く, 安く, 安全に高品質の建設工事ができる)の大きい機材は適用現場拡大を図り, 機材センターから全国に点在する建設現場に開発機材を配送している。

### 3.1 新工法・機材の開発

#### 3.1.1 開発の手順

VA改善提案等からの開発依頼に基づき, 建設技術開発センターで開発を実施している。開発テーマに対して現状作業内容を調査・分析及び先行技術・特許調査をして開発内容を検討する。開発仕様・検証方法・目標効果を明確にしてから開発を実施している。開発した試作機材は, 建設技術開発センターで試験後, 環境の異なる数箇所の建設現場で試行される。従来工法に対する改善効果を把握して標

準作業要領書(取扱説明書)を作成している。

#### 3.1.2 開発時の留意点

新工法・機材の開発に当たり, 安全・品質・環境を重視した上で建設工事コストの削減を検討し, 最大の開発効果が得られるように下記項目を留意している。

##### (1) 安全に留意

新工法・機材を開発する際に, 必ず開発工法の方が従来工法よりも安全が得られるように留意している。例えば, 図1に示す盤搬送装置“ツータッチキャリア”は, 背が高く底面が小さく転倒しやすい形状の盤を安全に昇降させ移動させる装置である。盤の側面2か所に盤転倒防止金具を取り付け, 盤底面の外側四隅にツータッチキャリアを配置することで底面を広げ安定性を増している。作業員2名が“てこ”の原理を利用して操作レバーでカムを回転させ, 盤(質量2トン以下)を75mmまで昇降できる。盤の片側を一度で75mm上げると盤の傾きが急角度になり危険なため, 1度目に50mm, 2度目に25mm上げ, ツータッチで盤を安全に昇降させている。図2に示すように, 75mm上昇後, 盤移動中にカムが回転しないように安全ピンを差し込み安全の確保をしている。

##### (2) 建設工事品質に留意

新工法・機材を開発する際に, 工事時の品質が得られるように留意している。例えば, 図3に示すケーブル布設用ボール延線機は, ケーブルをゴムボールで挟んでボールを回転させ, ケーブルを押し出す。ケーブルとボールがスリップする可能性があるが, スリップしたときにケーブル側には絶対に傷が着かず, ボール側のゴムが削れるようにゴム材質を考慮して工事品質に留意している。

##### (3) 建設現場の環境に留意

新工法・機材を開発する際には, 開発機材は図4に示すような折り畳み可能なキャスト付きケースに入れ, 建設現場に輸送される。建設現場では機材を取り出した後ケースは折り畳み保管し, 機材返却時にケースに入れて輸送され

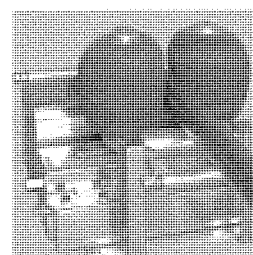


図3. ボール延線機

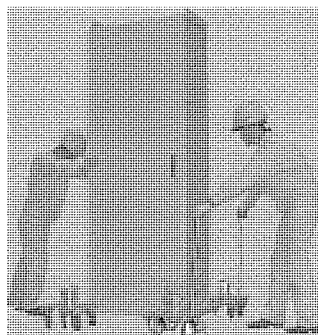


図1. ツータッチキャリア

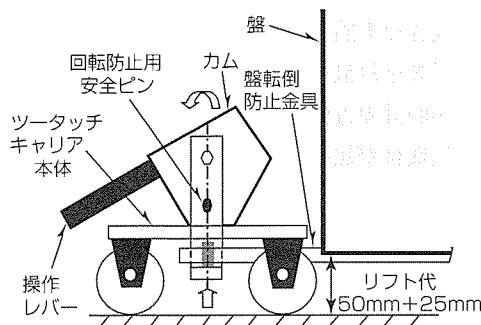


図2. 2段階アップ時の安全ピン

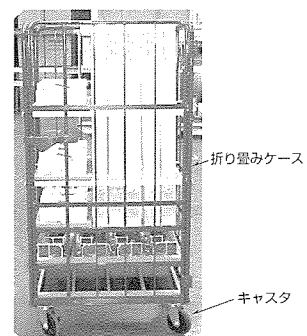


図4. 機材搬送用ケース

る。輸送時に“ゴミ”となる梱包(こんぼう)材は使用せず、建設現場環境を悪化させないように留意している。

(4) 機材損料と運賃はオーダー負担

機材センターの保有機材を使用する場合、利用者は使用期間に応じて機材損料(機材保管費+補修費+減価償却費)と機材往復運賃を支払うシステムとしている。すなわちオーダー負担となる訳で、特に、開発した省力化・省人化機材を使う場合、[機材損料+運賃]と[機材使用時の削減労務費]のコスト比較となる。[機材損料+運賃]のコストが高い場合は、省力化・省人化機材は使用しない。したがって、省力化・省人化機材を開発する場合は、開発機材の製作コストを安くし、補修を必要としない丈夫な機材を開発して機材損料(減価償却費+補修費)を安くし、労務費削減効果が大きい機材を開発するように留意している。

(5) 開発機材の運賃ミニマム化

機材センターから全国建設現場への機材運賃をミニマムにするには、チャータ便をやめて、宅急便か混載便(路線便)を使用する必要がある。開発機材は、宅急便か混載便が使用できるように小型化・軽量化・分割化(現地で容易に組立てできる範囲)することに留意している。

(6) 準備時間・後片付け時間のミニマム化

開発機材は、建設現場に到着してから機材を使用する場所に容易に運べるようにキャスト付きケースに入れ、機材の取り付け、取り外しは、最短時間でできるように徹底したワンタッチ取り付け化を図り、準備・後片付け時間をミニマムにすることに留意している。

(7) 脱熟練工化

開発機材は、熟練工を必要とせず、だれでも容易に作業ができるように留意している。例えば、水力発電機ロータ組立て用ダブテールキー打ち込み作業は、高所で16ポンドハンマーを振り下ろしていたが、機械化することによってだれでも容易に安全に作業ができるようになった。

3.1.3 開発新工法・機材適用拡大と普及教育

新工法・機材の建設現場での適用拡大を図るため、工法機材PRシートを作成しイントラネットで社内に紹介する。さらに、開発者自らが建設現場に出向き新工法適用を支援し、支援中に得た不具合・意見等で開発品のバージョンアップ及び新開発のテーマアップを図っている。

工法改善講座を開催して開発機材の普及教育を実施している。工事計画者・現場管理者・作業指揮者等を対象に、開発した新工法・機材を使用する場合の具体的計画方法から実物機材を使用した実習まで行い、新工法機材が建設工事計画に織り込めるように教育している。

3.2 機材センター

(1) 開発機材の最適数保有・保管

機材センターは、同時期に全国に点在する建設現場へ開発機材を投入できるように、機材を増設し最適数を保有・

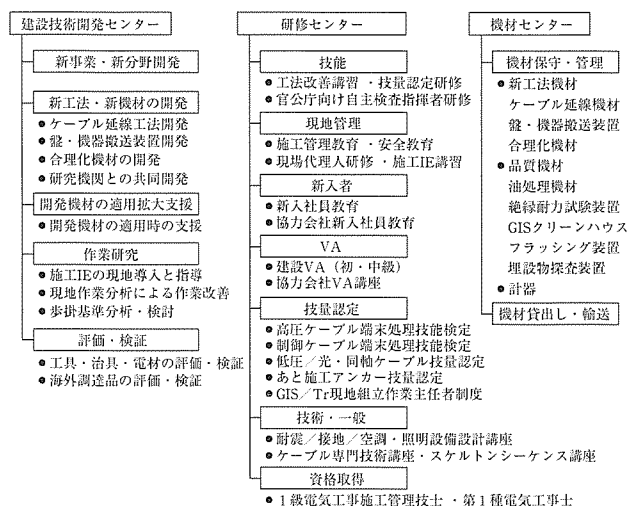


図5. プラント建設統括部テクノセンター主要業務

保管している。

(2) 品質機材の保有・保管

機材センターには、建設工事の品質機材として、機器とケーブルの耐圧試験をする絶縁耐力試験装置、作業環境を整える空調装置、電流計、電圧計等の計器類等を所有し、ISO9001に従ったトレーサビリティを明確にした校正と管理がされている。

(3) 機材の保守

保有機材がいつでも現場に発送できる状態にするために、返却された機材をチェックし、補修機材は補修後保管する。出荷前に機材ごとに試運転を実施し、機材不良のないことを確認して建設現場に発送している。

(4) 機材の輸送

開発機材を機材センターから全国現場へ安価に輸送するため、宅急便や混載便を使用している。到着時間指定が行えないので機材の発送日に余裕を持たせている。

4. プラント建設統括部テクノセンター

当社のプラント建設統括部テクノセンターは図5に示すように3センターで構成され、現場のニーズにタイムリーに対応して、常に建設工事技術の発展を追求している。

2000年6月には第2回プラント建設統括部テクノフェアを開催し、開発機材を含む建設工事部門の技術一般公開を実施し多くの方に来場いただいた。

5. む す び

建設工事費削減のためVA改善活動を展開し、数多のオリジナルな新工法・機材を開発して省力化・合理化に挑戦してきた。今後は、ITビジネスを主体とした短期・労働分散型建設工事に対して安全・品質・環境を重視した上での省力化・合理化を図っていく。また、顧客に接した部門として、顧客への提案型ビジネスを推進し、顧客満足度の向上に努める所存である。



# プラント建設工事の 安全衛生・品質保証・環境保全活動

吉岡 克\*  
一宮昭博\*  
板井公作\*

## 要 旨

三菱電機のプラント建設工事における安全衛生・品質保証・環境保全活動は、近年の新しい管理手法を導入し、21世紀の建設工事にふさわしい活動を推進している。

### (1) 安全衛生管理活動

建設工事現場においては労働安全衛生法等の法規制を遵守することを基本とした管理がなされてきたが、労働災害の減少率鈍化を打破するために、新しい安全衛生管理システムとして、2002年度に「労働安全衛生マネジメントシステム(OHSMS)」を導入し、リスクアセスメントを展開する等“新しい安全文化の創造”と“快適職場作り”を促進している。

### (2) 品質保証活動

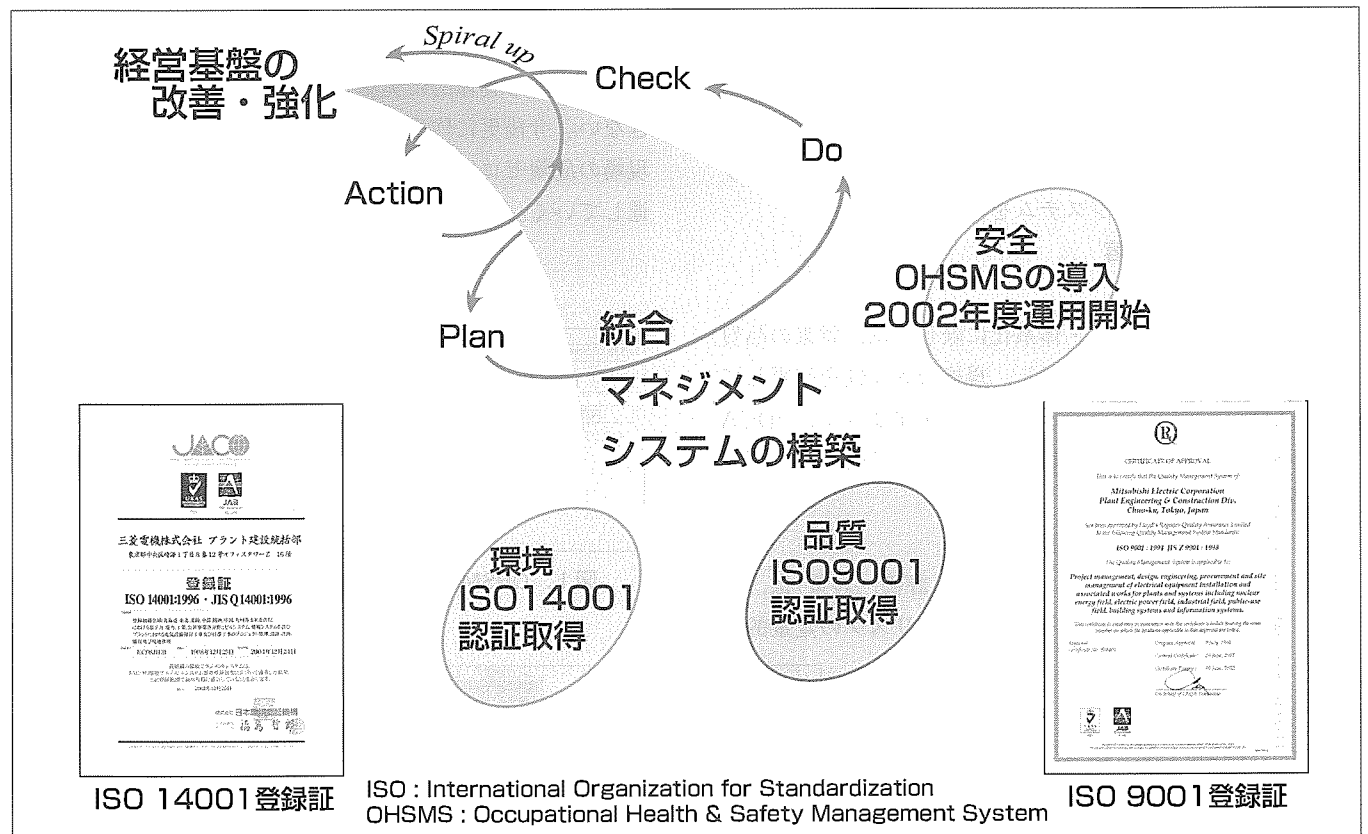
1996年に電機プラント建設業界で初となるISO9001(1994年版)の認証を原子力プラント建設工事を対象に取得

した。翌年にはすべてのプラント建設工事を対象とした認証も取得し、建設工事における品質システムの整備と、品質不具合の低減に成果を得た。2002年には、ISO9001の2000年版での移行審査を受審し、時代に即した品質システムの再構築を行い、継続改善を図っている。

### (3) 環境保全活動

1998年に国内のプラント建設業界としては初めてすべての支社・現場を一括した全国規模でのISO14001の認証を取得した。現在、環境負荷の軽減を図るために策定したプログラムに則り、全プラント建設工事を対象とした環境保全活動を展開している。

以上に述べた活動の共通する各管理システムを統合マネジメントシステムとして構築し、管理の簡素化と活動の継続的改善によって経営基盤の改善・強化を図る。



## 安全衛生・品質保証・環境保全活動取り組みの概念図

安全衛生・品質保証・環境保全活動はそれぞれの管理手法を用いて展開されている。各管理システムには共通性があり、システムの基本要素部については統合マネジメントシステムとして構築し、調和のとれたシステムの下、PDCA(計画-実施-評価-処置-改善)サイクルを回し、活動の継続的改善によって経営基盤の改善・強化を図る。

\*プラント建設統括部

1. ま え が き

世の中の変革による事業形態の変化に伴い、現地建設現場も新設大型プラントの労働集約型建設工事から、高速道路に設置される監視装置などの労働分散型建設工事へと変わりつつある。時代の変遷に対応し、計画から施工まで、一貫して追求する“より安全に、より高品質に、より良い環境が保全された建設工事の確立”を目指したプラント建設統括部(以下“当部”)の活動について紹介する。

2. 安全衛生管理活動

建設工事における3K(危険、汚い、きつい)撲滅を目指した活動として、「労働安全衛生マネジメントシステム(OHSMS)」の導入による危険源の除去及び快適職場作りによる作業環境改善について述べる。

2.1 OHSMS導入活動

2.1.1 活動の背景

建設業界においては、労働災害が多発した時代に安全衛生業務に従事した経験と知識を持った安全衛生スタッフの第一線からの離職による世代交代の時期を迎えている。個人の知識、経験に頼らない新しい安全衛生管理システムによる“潜在する危険源の除去”を目指した活動が求められている。

旧労働省は、建設現場における安全衛生水準の向上を目的とした「労働安全衛生マネジメントシステムに関する指針」を公表した。当部も、OHSMSを導入することで、安全衛生管理の標準化と体系化を図り、時代の変遷に対応する新しい安全衛生管理システムを構築した。

2.1.2 OHSMSの内容

(1) OHSMSの構成

安全衛生管理の標準化・体系化に際しては、将来の品質、環境、安全の規格統合を考慮し、規格の両立性を配慮して規程を定めた。システムには、図1に示すように、PDCAの一連のサイクルを明確にした連続的かつ継続的な管理手法を導入している。

(2) リスクアセスメントの展開

リスクアセスメント(リスクの特定、評価、対策)は、安全衛生管理計画を策定する前に実施し、リスクの定量的な把握を行い、危険源の低減、除去対策を活動計画に反映することである。リスクアセスメントの実施手順を図2に、労働分散型建設工事にも適用可能なリスクアセスメント様式例を図3に示す。

2.2 快適職場作りへの取り組み

快適職場作りが事業者の努力義務とされ、「事業者が構うべき快適な職場環境の形成のための措置に関する指針」(1992年告

示)が公表された。当部においても、指針に従い、各建設現場において快適職場作りに向け、様々な活動を展開している。一例として“五条川左岸浄化センター工事事務所”での作業員の安全意識の向上をねらいとした活動が労働局長に快適職場推進事業所として認定されたので、その活動内容を紹介するとともに、快適職場認定証の一例を図4に示す。

主な快適職場推進内容は次のとおりである。

- (1) 建設工事の自動化推進による作業方法の改善  
当部独自開発の移動式門形リフター、小型ボール延線機等を使用し、作業員の安全性を高め、疲労感を低減
- (2) 作業所周辺の環境整備  
絵の入った架設フェンスやフラワーボックスの設置
- (3) 作業員休憩所の環境整備  
畳敷きの部屋の設置、簡易シャワー室設置など
- (4) 建設現場事務所の環境整備

分煙の実施と、エアコン、冷蔵庫、観賞用植物の設置  
作業員がその生活時間の多くを過ごす職場において、疲労やストレスを感じる事が少ない快適な職場環境を形成していくことが極めて重要である。作業員自らが目標を持って環境改善に取り組むことが安全意識の高揚につながった。

2.3 今後の展開

OHSMSは本年4月に導入したが、作業員がシステムを正しく理解し具体的に実施していかなければ効果は期待できない。今後更に作業員へのシステムの徹底を図り、建設現場の危険ゼロによる労働災害のない“快適職場作り”を促進していく。

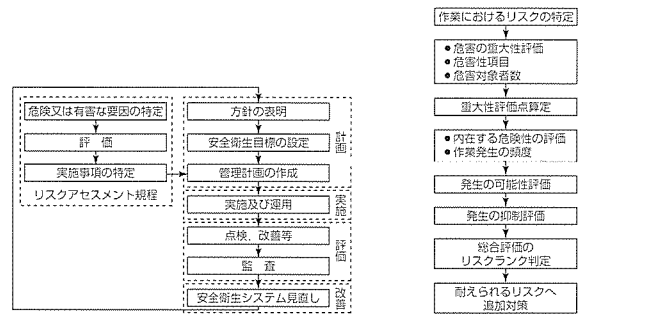


図1. OHSMSのフロー

図2. リスクアセスメント実施手順

実施項目 A	想定される危険の種別 B	リスク評価点 L=F×J		危険発生可能性 C	危険発生度 D	発生抑制 E	発生抑制 F	発生抑制 G	発生抑制 H	発生抑制 I	発生抑制 J	発生抑制 K	発生抑制 L	発生抑制 M	発生抑制 N	発生抑制 O	発生抑制 P	発生抑制 Q	発生抑制 R	
		危険の重大性評価	危険発生頻度																	
1	足場上から落送	4	3	12	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	ケーブルラック上から落送	4	3	12	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	機器、配管、資材の上から落送	4	3	12	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	開口部から落送	4	3	12	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5	機器、荷を搬入中に隣場から落送	4	3	12	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6	1レーダー・トラックから落送	4	3	12	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7	梯子、摺りから落送	4	3	12	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
8	ローリングタワーから落送	4	3	12	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

図3. リスクアセスメント様式例

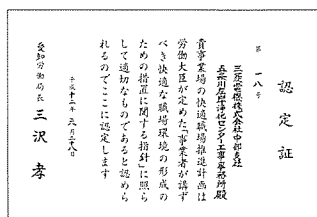
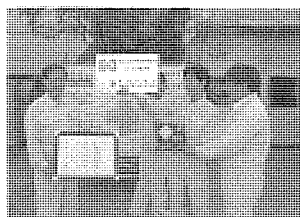


図4. 快適職場認定

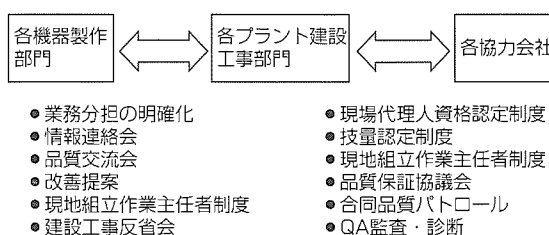


図5. プラント建設工事における品質保証活動

### 3. 品質保証活動

#### 3.1 建設工事における品質保証活動の特徴

プラント建設工事現場は全国に点在しており、その数は数百箇所及び、多種多様な形で稼働している。工事期間も様々であり、数日から数年にわたるものまである。

それぞれの現場により、工事体制、作業員構成が異なっており、“工事品質のばらつき”を防止するため、工場などの品質保証活動とは異なった活動が要求される。

#### 3.2 各種品質保証活動

プラント建設工事は機器据付けとケーブルの配線作業が主要業務であり、機器製作部門及び協力会社との連携の良し悪し、作業者のレベルが建設工事品質を左右する。図5に機器製作部門及び協力会社との品質保証活動を示し、以下に主要な活動内容を紹介する。

##### (1) 現場代理人資格認定制度

現場の最高責任者である現場代理人の資格は、工事経験と保有資格を基準に、“技術力”“管理能力”“説得力・交渉力”“資質”面からの評価を加えて、携われる現場を認定している。図6に現場代理人評価基準表を示す。

##### (2) 現地組立作業主任者制度

変圧器、開閉機器等の大型重電機器は、機器製作場所で分解・輸送され、現地で再組立てされる。現地組立作業の品質を維持管理するため、主たる従事者に対し、その作業に必要な技術・技能を付与し、認定された作業主任者をリーダーとして組立作業を実施している。

一週間の機器製作場所実習と試験による作業主任者は機種対応で400人前後を認定している。

##### (3) 技量認定制度

現地建設工事の造り込み品質を確保するため、重要作業である圧着、ケーブル端末処理、あと施工アンカー打設作業など19工種について技量認定基準を設定し、認定講習会・試験による合格者にのみ当該作業に従事することを許可している。この技量認定制度には、現在、延べ12,800人・資格が登録されている。

##### (4) 品質保証協議会・合同品質パトロール

当社と協力会社が一体となって、品質保証の在り方を検

氏名:		工事分野:		調査年月日:	
評価項目	点数	評価基準			
①技術力(30点)		プラント概要、構成機器、事業所担当範囲について一般的説明が出来る。従事経験3年以上(7点)			
a システム知識	15 7 0	電気施工管理技術者1級取得者(専門の技術力も含む)で経験2年以上(5点) 電気以外の施工管理技術者の資格取得、又は、社外資格(電気以外)取得(3点)			
b 施工技術力	10 5 0				
c 応用技術力	5 3 0				
②管理(30点)		現地建設工事安全衛生基準受講修了者(3点)(受講者で安全上の社外資格取得者は3点以上) 施工管理講座を3講座受講者(3点)			
a 安全知識	5 3 0	現地工事従事経験3年以上(1点)			
b 品質管理知識	5 3 0				
h 事務所管理能力	3 1 0				
③説得力(20点)		寸評		総合評価 及び 人物寸評	
a 対受先	5 3 0				
b 対下請の人	5 3 0				
c 対顧客	5 3 0				
④素質(20点)		寸評		技術力(システム、施工)+管理(安全、品質、工程管理)+素質(協調、行動力、判断力)の基本的事項(13点)にゼロ点が無く、且つ、評価点の合計が20点以上を派遣可能基準の感底とする	
a 沈着性	5 3 0				
b 誠実性	5 3 0				
d 判断力	5 3 0				
評価点		A	B	C	
技術経験年数		≥5年	≥2年	<2年	
認定		A	B	C	評価者(課長)

図6. 現場代理人評価基準表

討し、建設工事品質の維持・向上と相互啓発によるレベルアップを図るため、品質保証協議会を運営している。共通する問題の改善、各協力会社間の横通し等に取り組むとともに、会員による合同パトロールを実施し品質問題の顕在化を進めている。

##### (5) 機器製作部門との連携

現地で判明した機器の小さな不具合を機器製作部門にフィードバックさせる制度として工事反省会、品質交流会等を実施し、プラント全体の品質向上を図っている。

### 3.3 今後の展開

ISO9001の導入は、従来から実施してきた品質保証システムの見直しと整備を図る機会となった。建設工事においては人の資質が品質を大きく左右するため、今後の品質保証活動は、ISO9001の2000年版の要求事項である力量の明確化と教育・訓練、顧客満足度評価を充実させて、品質保証システムの再構築と更なる活動を展開していく。

## 4. 環境保全活動

### 4.1 建設工事における環境保全活動の特徴

プラント建設工事は、建設現場が都道府県に点在し、かつ工事期間が短期から長期にわたるなど、工事形態が多様である。ここでは、それら建設現場特有の環境保全活動について述べる。

#### 4.1.1 建設工事の環境側面評価

##### (1) 製品(工事のアセスメント)の評価

プラント建設工事においては工事そのものが製品であり、

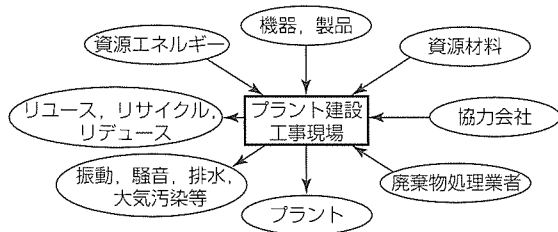


図7. 建設工事現場の環境側面

建設現場の環境側面評価が重要となる。そこで、当該建設現場に関し、予想される投入エネルギー量、投入資材量、廃棄物量、リサイクル化、大気汚染など、環境に与える側面を工事着工前に“製品の評価(工事のアセスメント)”として数値評価し、図7に示すように、当該建設現場が環境に影響を及ぼす度合いを調査する。評価結果から環境に有意な環境側面(環境に著しい影響を与える要素)と指定された建設工事は、“製品(工事のアセスメント)の重要環境側面”として登録する。登録された建設工事は設計・計画段階から各種環境側面による環境への影響を削減する諸施策を講じる活動を積極的に進めている。

(2) 廃棄物処理業者の環境側面評価

廃棄物処理業者は産廃物処理の過程を通して環境に重大な影響を与える場合がある。そのため、処理業者の業務への取り組み内容を調査し、基準を満たした処理業者を“廃棄物処理業者の重要環境側面”として登録し、それら登録業者の中から契約することで不法投棄防止、リサイクル化の徹底を図っている。

(3) 協力会社の環境側面評価

建設現場には協力会社から多くの作業員が派遣されており、協力会社の環境への取り組みと理解度によって作業員の環境意識も左右される。そこで、協力会社の環境への取り組み具合を評価し、意識の低い協力会社を“協力会社の環境側面”として登録し、協力会社の環境への取り組みが活発となるよう支援している。

4.1.2 グリーンパトロールの実施

安全パトロール、品質パトロールと同様、環境パトロールをグリーンパトロールと称して建設現場で進めている。その目的は、環境マネジメントシステムに関する建設現場の活動が計画された手順どおり実施されていることを検証し、かつその有効性を判定するために実施することである。不適合点の指摘、改善等PDCAサイクルが確実に回っているかを確認している。

4.1.3 遵法

事業所、工場等は所在地が固定しているので、その所在

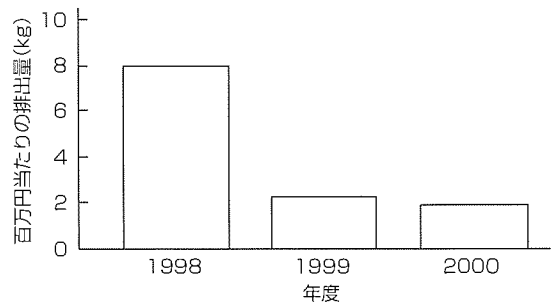


図8. 金属屑排出量の推移

地の都道府県条例のみを対象にして遵法活動を進めればよい。一方、建設工事は各現場が都道府県に点在することになり、工事現場が所在する各都道府県条例を工事着工前に調査し、それぞれの条例に対応したきめ細かな遵法活動が必要となるのが大きな特徴となる。

4.1.4 環境保全教育

建設現場には多くの作業員が協力会社から派遣されている。それら作業員に対し再認識という位置付けで建設現場入構時に安全・品質教育とともに環境教育を行い、法律遵守、緊急時の対応、廃棄物の分別管理等に関する行動規範を徹底させている。

4.2 建設工事現場におけるISO14001認証取得効果

認証取得以前は遵法に重きを置いた活動を進めていたが、認証取得後は下記の点に改善が見られる。

- (1) リサイクル化促進, 投入資材量の最適化による廃棄物の減少
- (2) 廃棄物分別管理の向上
- (3) 事業所製品の梱包(こんぼう)材の簡易化, 削減
- (4) 遵法精神の向上

一例として、図8に金属屑(くず)排出量の推移を示す。

4.3 今後の展開

現在、建設現場では3R(リユース, リサイクル, リデュース)に主体を置いて活動している。今後は、据付け機材の開発・改良を通じた工事の合理化と、建設工事期間の短縮及び投入作業者の低減に取り組み、総合的な環境負荷低減活動を推進していく。

5. むすび

安全衛生、品質保証、環境保全の各活動は日々の改善活動が重要である。これらの活動が三位一体となりより経営にリンクした活動となるよう進めるためにも、活動の基本要素部分をまとめて統合マネジメントシステムとして構築し、管理の簡素化と活動の継続的改善を図る所存である。

# 教育研修・技量認定と技術の伝承

大竹 茂\*  
廣岡俊言\*

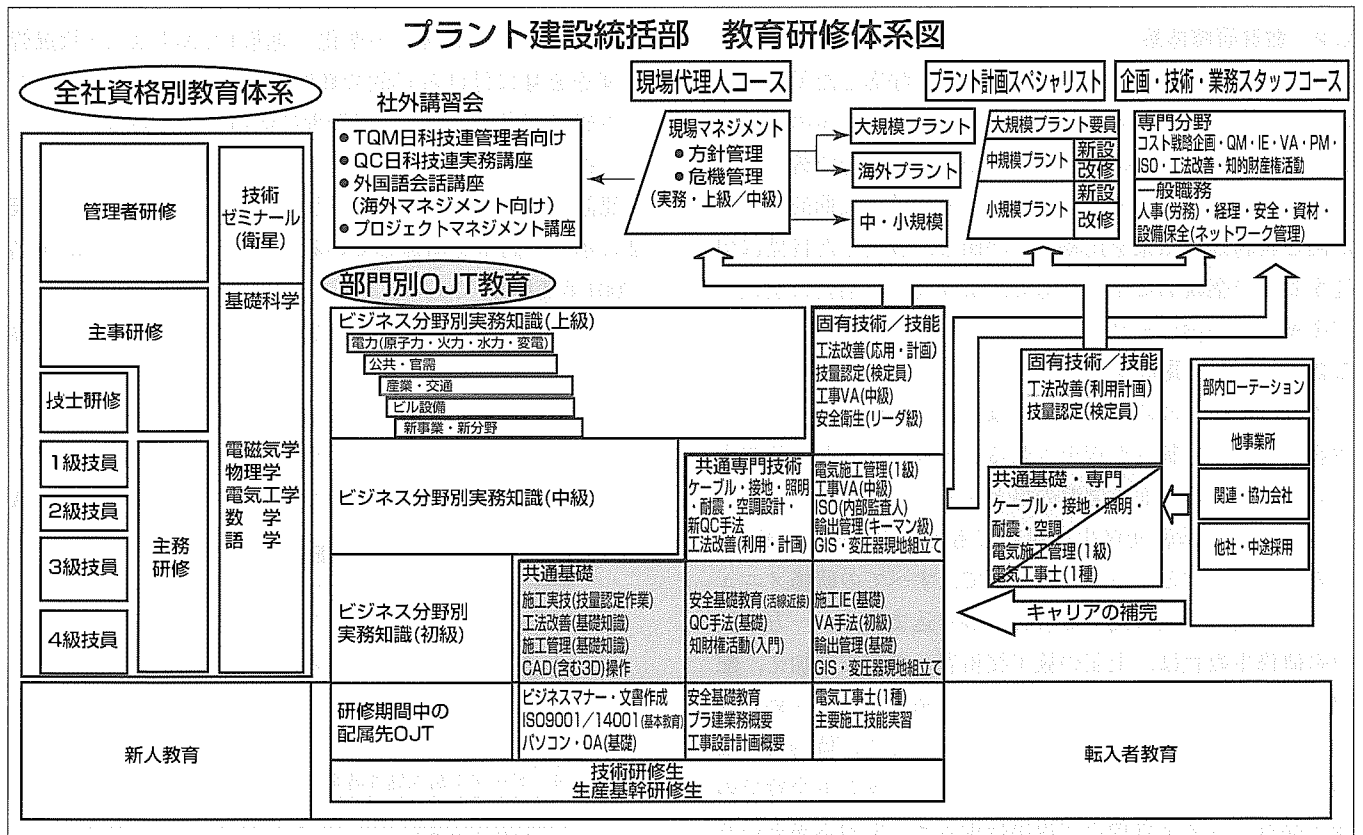
## 要 旨

人材は“人財”とも呼ばれ、人材の確保、育成にはあらゆる努力が払われている。三菱電機のプラント建設統括部（以下“当部”）でも、この考え方を基に種々の場面・階層での教育研修を実施している。その最大の目的は、“個人及び組織が実際にその場面に直面したときに、冷静に事態に対応するための予備知識を修得し、それを基に適切な行動がとれる訓練、いわゆる事前シミュレーションの場”であるとされている。

当部では、配属・転属された部員に社会に対して自分たちは何のために、何を、どのように学習しなければならないのかの動機付けを行うため、組織としての目標を定め個性と人格を考慮した教育メニューによってそのニーズにこたえている。

新人社員には入社時基礎教育と配属部門におけるOJTをバランスよくミックスし、加齢とともに業務遂行に求められる共通技術教育項目を計画的に選択受講しスパイラルアップを促している。一方、他事業所・他社からの転籍者に対しては、転籍時の保有キャリアを基に即戦力化のための知識や資格取得などの補完教育・研修を行っている。いずれも、組織人として求められる個人としての技量・人格及び資質の向上、経営体質基盤の強化のための原価低減技法の習得を含めてプラント建設工事に携わる第一人者を育成し、その集合体としての真価の発揮を目指している。

また、“技術者マップシステム”を開発し、教育研修の成果把握及び将来への教育計画施策を効果的に行っている。



## 教育研修体系図

新人としての入社時点から将来のスペシャリストになるための段階的な育成内容を示す。教育研修の3本柱は、新人／転入者研修、共通技術教育、ビジネスユニット別教育（含むOJT）としている。将来のスペシャリスト像としては、大別してプラント計画、工事所長、スタッフとし、個々の個性とキャリアに合わせて計画的に研鑽（けんさん）を推進する土壌を築いている。

\*プラント建設統括部



## 1. ま え が き

当部の教育研修は、当人の将来像をイメージし、強い意思とビジョンを持って進めている。それは、大別して、明確な目的を設定して行う新人／転入者教育、共通技術教育及び部門別教育と個人の技術力・資質向上のための社内技術ゼミナール、衛星講座、社外講座で構成されている。本稿ではその実施状況と課題について述べる。各研修項目とも可能な限り実務に即した内容としているが、当部の扱う製品及び建設工事の対象範囲は極めて幅広く、サービスマニュアル的な研修ではカバーしきれない。したがって、電気設備建設全般にかかわる技術と技能の本質に迫れる建設技術者育成に焦点を当てた教育メニューとしているのが特徴である。また、講習会運営に際しては1998年度から“講座長制度”を導入し講座長・講師は原則として当部内の有識者を当てるなど、教育する側と受ける側の相互研鑽の場としているのも特徴である。

## 2. 当部の教育研修方針とその実践

### 2.1 教育計画方針

年度首に当部員、関係・協力的社員キーマンの教育を体系的・継続的に実施し人材育成によって当部の経営に寄与させる旨の教育活動方針を設定し、次のように実践している。

### 2.2 教育研修体系

当部の教育体系は、当社の資格体系に呼応した新入社員教育、業務遂行に必要な所定の技術項目・レベルの修得を行う当部独自の共通技術教育、及び転入者教育で構成されている。教育研修の成果は所属長が短期・中長期的な教育計画と実務遂行結果を比較して評価し、設定した目標に到達するまで継続的な学習を進め、より高度な業務に挑戦してキャリアの蓄積を図っている。

#### 2.2.1 新入社員研修

当部に配属される新入社員には、技術研修生と技能系の生産基幹研修生制度が適用される。入社後1年間は研修生としてあらゆる場面を学習の場とする。

技能系生産基幹研修生に対しても将来の“施工技術者”への育成が主体となる。したがって、すべての研修メニューには、施工管理に関する項目が盛り込まれる。一方、技術系研修生教育は、上記の施工技術者への育成に加え、配属先の担当職務に合致した電気設備計画・施工に求められる当該技術の修得を行う。当面の目標として、機器製作部門との技術的インタフェースのとり方、プラント全般での施工品質・コスト管理など現場技術者としての素養をいち早く習得させ、施工に関しては新技術の応用と既存蓄積技術の効率的な再生・適用によって電気設備施工分野における牽引(けんいん)的存在となることを目指す。

#### 2.2.2 共通技術教育

協力的社員を含めあらゆる階層の当社員を対象に、個々の目的に合った講座を受講できるように、以下の区分の講座・講習を展開している。集合研修場所は当部テクノセンターを本拠地とし、必要によって当社支社及び研修拠点施設を活用している。講座長、講師も固定するのではなく持ち回り制とし、講師陣の拡充に努めている。

#### (1) スキル養成講座

技能、施工管理技術の向上を目的として、表1に示す13講座を開講している。特に工法改善講座、施工IE講座、プロジェクトマネジメント講座は施工管理に関するもので、次のような研修内容である。

##### (a) 工法改善講座

建設工事を対象に各種機材が開発されている。それら機材が建設現場で有効に利用されるためには、建設工事計画に織り込まれることが必要である。そのため工事計画者、現場管理者、作業指揮者等に機材の特徴を実機を用いて教育している。

##### (b) 施工IE(Industrial Engineering)講座

建設工事現場のあらゆる無駄を省き、現場管理者が自ら作業効率を把握し、改善を進める活動を進めるために、IE手法を学ぶものである。

##### (c) プロジェクトマネジメント講座

プラント建設工事のシミュレーションによって最適工程の立案、負荷の平準化、進捗(しんちよく)状況管理等を身に付ける目的で教育が行われ、実際のプラント建設工事の計画、工事管理に活用されている。

#### (2) 技術養成講座

建設工事計画担当者が要求される技術向上を目指し、表2に示す9講座を開催している。年間受講者数は約300名(2001年度集計)である。

図1にスキル養成講座及び技術養成講座受講者数の推移を示す。

#### (3) 工事VA(Value Analysis)講座(技術ゼミナール)

顧客に高い満足度を与えるためにかに価値の高い製品・設備を提供するかを解析するための手法の一つとしてVA

表1. スキル養成講座一覧

スキル養成講座	
1	現場代理人講座
2	使用前自主検査指揮者講座
3	高圧ケーブル端末処理講座
4	あと施工アンカー打設作業講座
5	ケーブル端末処理講座(圧着, エルコ)
6	ケーブル端末処理講座(同軸, 光ケーブル)
7	低圧ケーブル取扱い講座
8	溶接施工講座
9	変圧器現地組立講座
10	ガス絶縁開閉器(GIS)現地組立講座
11	工法改善講座
12	施工IE(Industrial Engineering)講座
13	プロジェクトマネジメント講座

手法がある。この手法を建設工事の価値向上の目的のために取り入れるため、VA手法習得のための技術ゼミナールを定期的に開催している。ゼミナールは初心者向けとリーダークラス向けに分かれている。初心者向けコースではVA手法の習得、建設工事へのVA手法適用基礎演習及び事例を基にしたグループ演習を行い、リーダークラスでは各自が直面している問題点を対象に演習を進めている。初心者向けコースで特長的なのは、アイデア発想の手助けとなるツールとして“3時間VAシート”を利用することである。このシートは、初心者が容易に改善案を導き出せるように、アイデア発想をキーワードに沿って進めるものである。年間受講者数は約30名(2001年度集計)である。

(4) 技量認定講習

協力会社作業員に要求される技量の認定は建設工事現場で行うことを基本としているが、教育設備が必要な①特別高圧ケーブル端末処理、②高圧ケーブル端末処理、③熱収縮型端末処理、④浸透探傷検査の4講座については集合講習会を開催している。年間受講者数は約130名(2001年度集計)である。

(5) 現地組立作業主任者講習

変圧器及びガス絶縁開閉器(GIS)の現地組立作業に従事するリーダークラスの作業者を対象に、現地工事の作業品質の維持向上を図る目的で“作業主任者認定講習”を実施している。講習は当社製作担当事業所内設備を使用し、延べ5日にわたり座学・実習を行い、所定の技能及び管理能力を保有している者には作業主任者としての社内資格を付与している。

表 2. 技術養成講座一覧

	技術養成講座
1	スケルトン・シーケンス講座
2	接地設計講座
3	耐震設計講座
4	ケーブル専門技術講座
5	空調設備設計講座
6	照明設備設計講座
7	新事業・新分野講座
8	法規
9	建築・土木講座

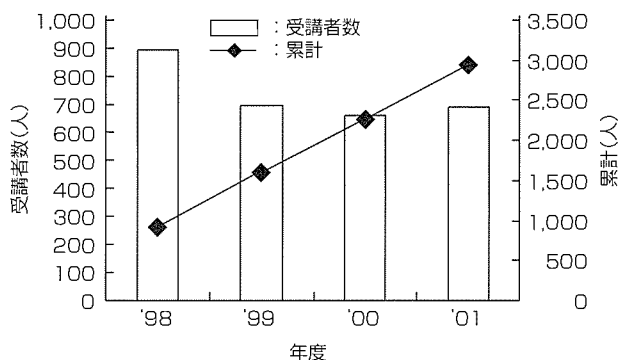


図 1. スキル/技術養成講座受講者数の推移

(6) 社外資格取得講習

当部担当業務である電気設備建設に必要な不可欠な国家資格として、電気工事施工管理技士(1級)を中心に、中堅以上の社員を対象に資格取得講習を行っている。日常業務と併行して講習を進め、受験時期に合わせて社内衛星放送講座も利用している。特に若手社員には、電気工事施工管理技士資格に先駆けて第1種電気工事士資格取得のための講習も設けている。

3. 技量認定制度について

建設工事の品質保証の要(かなめ)は、実際に建設工事を実施する個々の作業者の技量レベルである。当部では、すべての協力会社社員について必要な技量の認定を行い、現地工事の品質確保を図っている。技量認定項目は全体で19工種に及ぶ。また、当部傘下の協力会社社員の総数は多数(約200社・6,000名超)であるため、集合研修の不便さを改善するため、主要工種については、'98年から技量認定制度に“技量認定検定員制度”を加えた。集合研修場所に限定されず各支社・現場単位で検定員が当該技能講習及び判定を行える環境作りを目指した。

表 3 に19種の技量認定項目とその内容を示す。

各資格保有者の証として、当該認定作業従事の際に技量認定証の携行とヘルメットへ図 2 に示すワッペン表示を義務付けている。図 3 は技量認定講習の項目である“あと施工アンカー打設作業”講習での実習風景を示す。

4. 技術の伝承

技術の伝承も企業の大きな責務の一つとの認識に基づき、各ビジネスユニットの技術者育成に注力している。この章では、原子力プラント工事に関する技術の伝承への取り組みを紹介する。

4.1 原子力プラント建設工事の現状と課題

当社では、'97年7月九州電力(株)玄海原子力発電所4号機を最後に、原子力発電所建設工事は次期原子力発電所建設まで長期ブランクが発生する。その結果、経験者の減少、経験者の配置転換、高齢化により、技術の伝承、総合技術力の維持・向上をどう進めていくが課題となった。

4.2 施策

4.2.1 原子力建設工事教育

原子力建設工事に類似した火力発電所建設工事を担当させ、熟練工事計画担当者の指導の下にカリキュラムを立案し、それら工事の相違点を意識させながら、教育を実施している。

4.2.2 原子力建設技術の維持

原子力に特有な技術の抽出を行い、それら技術に対する各工事計画担当者及び現場管理者の技術レベルを評価し、不足していると思われる技術については、次の技術伝承3

本柱で実施している。

(1) 標準類の整備

工事設計基準(計画, 調達), 工事施工基準, 工事QA・QC基準など, 標準資料への最新技術の反映と技術及びデータの根拠の明確化に関して, ベテランと若手で基準見直し委員会を設立し, 審議の中で技術の伝承を実施している。

(2) 技術伝承ビデオ

教育効果を一層高めるため, 視覚教育資料として技術伝承ビデオを製作した。ビデオの内容は, 前述の標準資料をベースに九州電力(株)玄海原子力発電所建設工事を工程順に撮影し, コンピュータグラフィックなどを活用し設計根拠を解説したものである(全20巻)。

(3) 技術伝承講座

標準資料の技術的根拠, 過去の各種事例解説等を中心にした講演を実施している。特長は①テーマを絞った技術講座・講演, ②受講者からのアンケート結果に基づいた講座企画, ③演習による設計・施工管理技術習得, ④当社OB, 他社及び当社機器製造担当部門技術者, 当社社員の工事責任者経験者などベテランによる臨場感あふれる体験談等である。実績として, 2001年12月で22回実施(3回/年)を数えている。

5. 安全衛生・品質管理・環境保全教育

安全衛生教育は, 全社対応で行われる建設工事安全衛生管理講座を柱に, 衛星講座の一環である高所作業, 電気取扱い, 粉塵(ふんじん), 有機溶剤などの講座で構成されている。品質管理教育は, 外部機関の教育・研修セミナーを利用している。また, 環境保全教育は, 建設現場の環境保全に重きを置き, 環境関連法規遵守の立場に立った教育を進めている。これら安全・品質・環境の教育については, “入構者教育”と称し, 作業者が建設現場に入る初日に意識付けをするために行っている。

6. 技術者マップシステム

当部の最適人員計画の立案並びに将来の事業体系に即した技術者の技術分野及びその技術レベルを統括管理するため, 当部員の保有技術とそのレベルの数値化を行い, 数値化したデータを基に所属部門単位での技術力の分布状況を把握するシステムを開発し, 2001年度から活用している。これにより, 各部員の技術レベルが把握できるとともに,

表3. 技量認定項目

	技量認定項目	内容
1	圧着端子接続作業	5.5mm <sup>2</sup> 以下の絶縁管付き及び裸端子の手動圧着作業
2	低圧ケーブル端末取り扱い	8mm <sup>2</sup> 以上の低圧ケーブル端子圧着, 接地線の取付け技能
3	エルコバリロック端子圧着接続作業	制御ケーブル用で手動圧着作業
4	あと施工アンカー打設作業	金属拡張式と接着式の手動穿孔(せんこう)と打ち込み
5	アーク溶接(簡易)	簡易構造物向け
6	同軸ケーブルコネクタ端末処理作業	通信用同軸ケーブルコネクタの取り付けでコンタクトのはんだ付け作業を含む
7	圧縮端子接続作業	60mm <sup>2</sup> のケーブル端子の圧縮作業
8	三重同軸コネクタ処理作業	原子力対応(コネクタメーカー認定制度に委嘱)
9	複合同軸コネクタ処理	三重同軸に同じ
10	Cクランプ圧縮作業	接地線接続用
11	電動弁用コネクタ処理	原子力プラント用(コネクタメーカー認定制度に委嘱)
12	熱収縮端末処理作業	6.6kV単線・3線ケーブル用
13	高圧ケーブル端末処理作業	6.6kVテープ巻き・ゴムストレスコーン用
14	特別高圧ケーブル端末処理	11kV用
15	法規制溶接作業	JIS規格対応
16	配管溶接作業	TIG, アーク溶接JIS規格対応
17	浸透探傷検査(PT)作業	NDI 3種に準ずる
18	光コネクタ処理作業	電線メーカー認定制度に委嘱
19	高圧ケーブルコネクタ処理作業	原子力プラント用

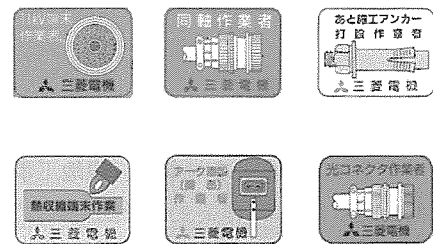


図2. ワッペン表示

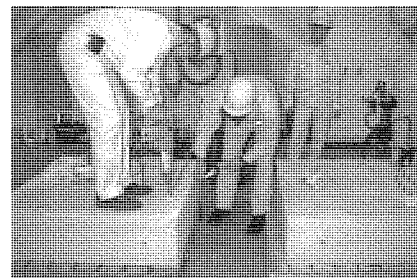


図3. あと施工アンカー打設作業実習風景

教育目標が明確になり教育研修の計画立案に役立っている。

7. むすび

過去において教育研修の成果の把握には様々な尺度を用いて試みられているが, 最終的には各個人の技術・技能に対する誠実な研鑽と維持向上にゆだねられる。教育研修に終わりではなく, 事業展開の変化を見据えて現状を把握し, 新鮮な情報と的確な教育によって技術革新に備えていくことが必要である。

当部においても, 今後の社会インフラ環境の変化に対応して均質のサービスが提供できる技術者集団及びそれを構成する個人の技術レベル向上に焦点を絞り, 更なる教育研修を推進していく所存である。

# プラント建設工事を支える情報システム

## 要 旨

プラント建設工事を支える情報システムは、建設工事の  
プロダクトミックスや業務形態の変遷に対応しながら、よ  
り深度化と広域化を進めてきた。

その背景にはパソコン、サーバ、セキュリティ機器やネ  
ットワーク(インターネットを含む)の飛躍的進歩があり、  
その高機能化と低価格化の果たしている役割は大きい。

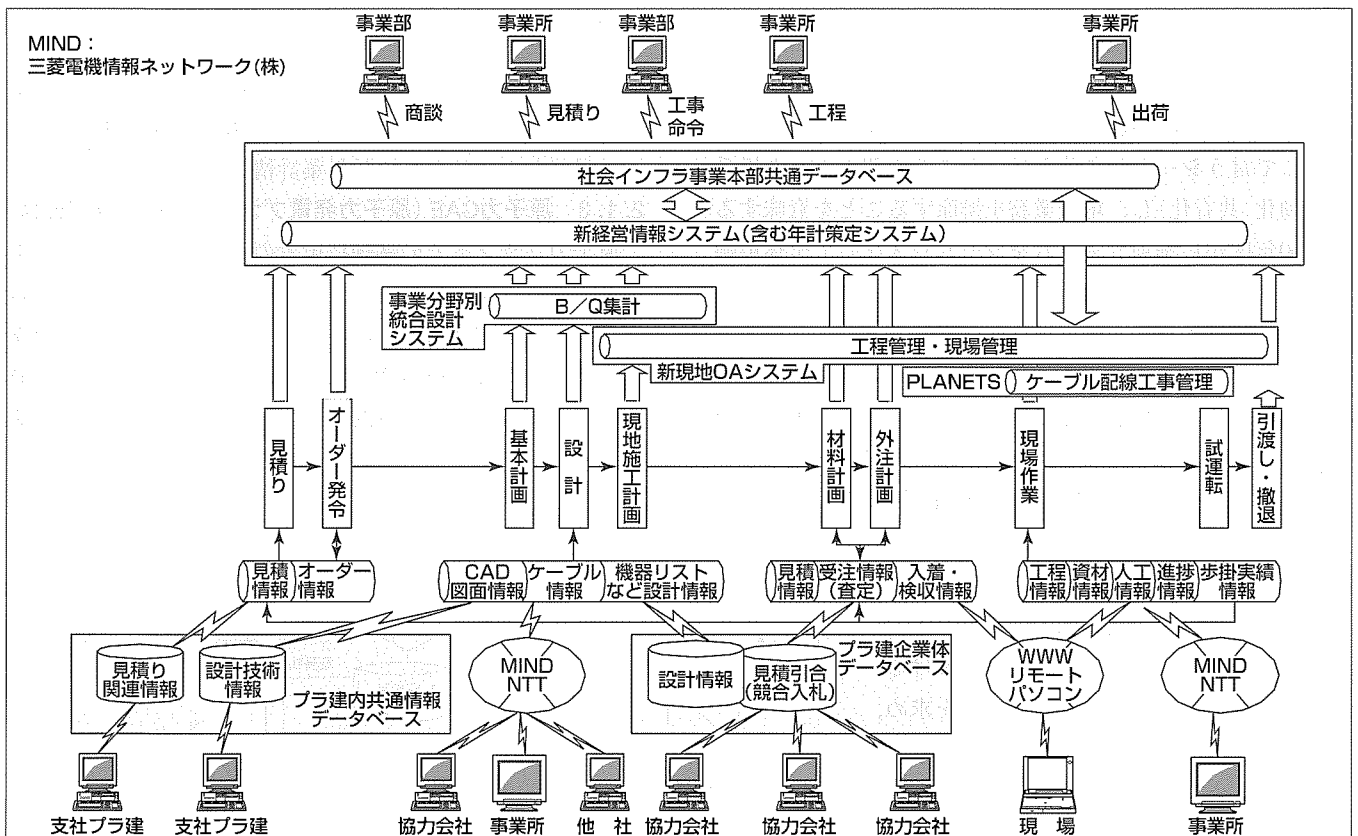
三菱電機(株)プラント建設統括部(以下“当部”)の情報の内  
容は、業務の流れに沿って商談、技術提案、見積りから始  
まり建設工事、引渡し、保守と広範囲にわたり、授受・活  
用面では顧客、他社、社内関係部門、協力会社及び建設工  
事現場などの広域対応とともに高度なセキュリティを必要  
としている。

また、顧客の要求も工期・コスト面でより厳しくなり、  
それらにこたえるため情報システムの果たす役割も大きく、  
情報の一元化と共有化を基本理念として構築してきた。

アプリケーションの構築においては、従来の個別業務の  
最適システム化から社内外を含む業務全体の最適化に移行  
するため、既存システム間のシームレス化とともに当部の  
所属する事業本部内情報の一元化を含め推進している。

また、固有技術の伝承及び技術者間のばらつきをなくす  
ため、耐震設計を始めとして騒音・空調等の専用計算プロ  
グラムを作成し、信頼性の確保に努めている。

情報の共有化においては、特に建設工事現場とのコミュ  
ニケーションを図るため、インフラの整備を行ってきた。



## プラント建設統括部のシステムイメージ図

当事業部・事業所を含む当部の情報の流れを示す。主要システムは、統合設計システム(ケーブル、トレイ、電線管などの物量を最適配線条件の下に算出)、現地OAシステム(建設工事事務所とのコミュニケーションを支援)、PLANETS(ケーブル配線工事管理システムの略称で配線工事の進捗(しんちよく)管理や実績管理を支援)である。

\*プラント建設統括部

## 1. ま え が き

当社最終ランナーであるプラント建設部門は、顧客に最も接した部門の一つであり、情報の集約された部門であるとともに、顧客のパートナーとも言える。

一方、最近の顧客要求は、①工期短縮、②コスト削減（環境への配慮を含む）などがより厳しく打ち出され、かつ建設場所も多様化している。このような状況下において設計施工工数の削減、情報の質の向上、ヒューマンエラー防止は必須（ひっす）の課題であり、情報システムの役割は大きく、情報の一元化と共有化を基本理念として構築に取り組んでいる。

## 2. プラント建設工事を支える情報システム

当部のシステム構築は1992年から本格化した。背景には、当時の火力プラントの自動運転範囲拡大に伴う配線工事部材の増大に対し相反する工期短縮の顧客要求があり、ケーブルなど部材量の早期把握やケーブル多心化によるケーブル布設量の削減を計画する設計業務を効率良く支援する設計システムの開発が必要であった。その後は、業務の流れに沿って、顧客や上流機器製造部門情報の取り込み、建設工事に必要な技術計算プログラムや配線工事管理システムの開発を行い、建設工事現場との情報共有化のためのネットワーク構築などの技術系のシステム化を図り、ビジネスを推進する業務系システムの近代化を図ってきた。

### 2.1 業務の全体最適化を図るシームレス化推進

ここで言うシームレス化とは、システム間のデータ授受を自動化（共有化）し、重複業務を排除することを意味する。

2000年度から個別システムをシームレス化して全体最適化を図り、情報の精度向上、スピードアップ、及び重複入力の排除を目指した開発を推進し今日に至っている。

主たる個別システムを含めシームレス化の進捗状況を、大規模プラントの代表として原子力プラントを、中小規模プラントの代表として公共プラントを挙げ以下に述べる。

#### 2.1.1 火力・鉄鋼プラント用統合設計システム

このシステムは、火力・鉄鋼プラントを対象としたシステムで、CADシステム上にケーブル布設・接続に関する配線工事設計機能を組み込み、詳細設計段階における最短で最適なケーブルの配線ルートを探し、主要材料であるケーブルと電線管の材料集計を行う。トレイ断面積に占めるケーブル断面積も管理しており、配線を想定した拾い出しが可能である。また、後発である原子力CAEや公共版統合設計システムの基盤となっている。以下に主要な機能を示す。

(1) アイソパラメトリック図表示機能

- (2) ケーブルスケジュール作成機能
- (3) 最短ケーブルルート選定、長さ選定機能
  - (a) 配線ルートの選定処理時間：約0.3秒/本
  - (b) ケーブル処理本数：30,000本まで
- (4) トレイ占積率管理機能
- (5) 部材集計機能 ほか

#### 2.1.2 公共版統合設計システム

従来は、水処理や官需関連の受注前見積り段階で、工事材料種類ごとのきめ細かな拾い出しを、短期間でしかも手作業で実施していた。このような緻密（ちみつ）で単純な拾い出し作業を機械化し、膨大な作業量の軽減を目的として開発した。

システムは、作業内容に合わせて、図1に示す六つの機能で構成されている。

- (1) ケーブル配線ルートの作図と個々の配線ルート属性（ラック、電線管等）の設定
- (2) 配線表データの作成：入力作業を軽減するための仕組みも提供（機器記号の変更に伴う自動変更等）
- (3) 配線ルート選定：作図した配線ルートの規模にもよるが、このシステム対象のプラントではケーブル1,000本で30秒程度
- (4) 材料ごとの拾い出し：ケーブル・電線管は一括拾い出しも可能で、また、顧客ごとに異なる帳票フォームにも対応
- (5) ケーブル・電線管以外のその他材料の拾い出し・集計と、ケーブル・電線管を含めた総集計の実現
- (6) 見積りシステムへの材料集計情報の提供

#### 2.1.3 原子力CAE（原子力発電プラント設計・施工支援）

原子力プラントでの熟練技術者の不足が深刻化する中で、中堅層及び若年層技術者による高度な設計・施工管理とコスト管理が要求されている。このシステムは、設計業務を標準化することで技術者の技量ばらつきをなくし、設計時間短縮とコスト削減を目的としている。システムは、図2に示す四つのサブシステムで構成されている。

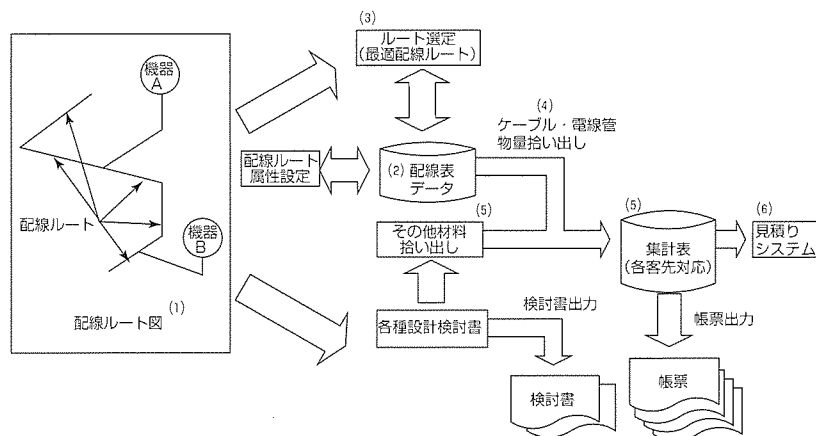


図1. 公共版統合設計システムの概念



- (1) ケーブルスケジュールデータの作成から、最適な配線ルート選定によるケーブル集計とケーブル発注管理、さらにケーブル配線工事状況の把握を始めとした現地施工における管理機能を付加した配線設計サブシステム
- (2) トレイ線図(三次元単線情報)を基にトレイ配置図やサポート位置図などへの半自動作図展開、及びトレイサポート設計システムとのインターフェース(以下“I/F”)を持つケーブルトレイサブシステム
- (3) 電線管配置図作図支援機能、電線管サイズ検討、集計などの機能を持つ電線管設計サブシステム
- (4) 基礎図作図支援機能を持つ据付けサブシステム

これらのサブシステムは、単独機能だけでなく、関連するサブシステム間での連動とともに、部材発注において資材システムとの連携を図るなど情報のシームレス化を図っている。

### 2.1.4 配線工事管理システム

このシステムは、ケーブル配線工事の進捗管理やドラム管理の精度向上と効率化を目的に開発した。前述の統合設計システムの入力データ(ビル・公共事業分野では他事業所データ)を基に、ケーブル布設・結線工事に対して各種指示とともにケーブル布設や結線後の実績管理及びドラム管理を行う。上位システムや周辺機器とのI/Fの充実及び各種帳票類のフレキシブル化を継続的に図り、入力作業の軽減、情報の有効活用(ケーブル札・マークチューブの自動作成)や作業実績を一括管理することで試験工程との進捗調整も行える。また、本支社-建設現場間でのデータ通信による設計・実績情報の相互授受も可能である。

システムは、図3に示す四つの機能で構成されている。

- (1) ケーブル布設・結線指示票作成機能
- (2) マークチューブ作成機能
- (3) ケーブル布設実績収集機能
- (4) ケーブル在庫管理機能 ほか

### 2.1.5 業務系システム

本社を中心に支社8拠点にまたがるリアルタイムの広域システムとして、'98年10月から運用している。図4に示

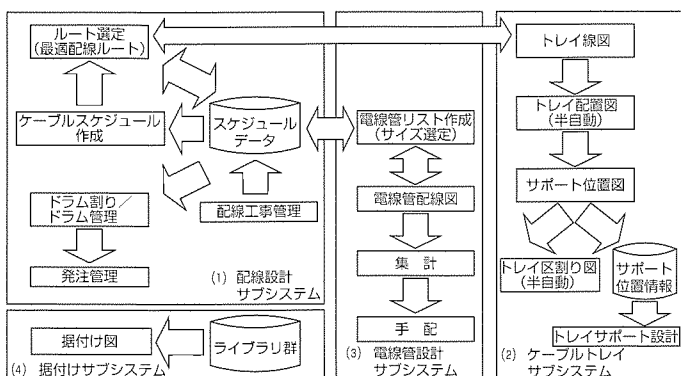


図2. 原子力CAEシステムの構成

すように、主要協力会社へのネットワーク展開も併せ、経理・資材・営業等の全社システムとのデータ授受及び本支社に展開するプラント建設部門間の相互アクセスを可能としたネットワーク・システムとすることで、情報の共有化及び重複入力の排除による業務の効率化を図っている。さらに、ペーパーレス化による業務サイクルのスピードアップとアラーム機能による業務の漏れ・遅延の抑制をしている。

- (1) 新経営情報システム：受注・売上げを含むオーダー管理業務、及び材料・工事外注・委託業務等の資材発注業務
- (2) 年計策定システム：売上げ・資材・部門費・資産負

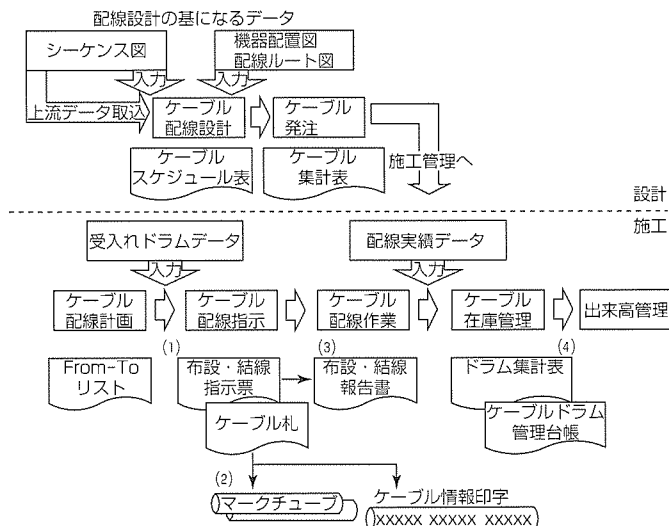


図3. 配線工事管理システムの概念

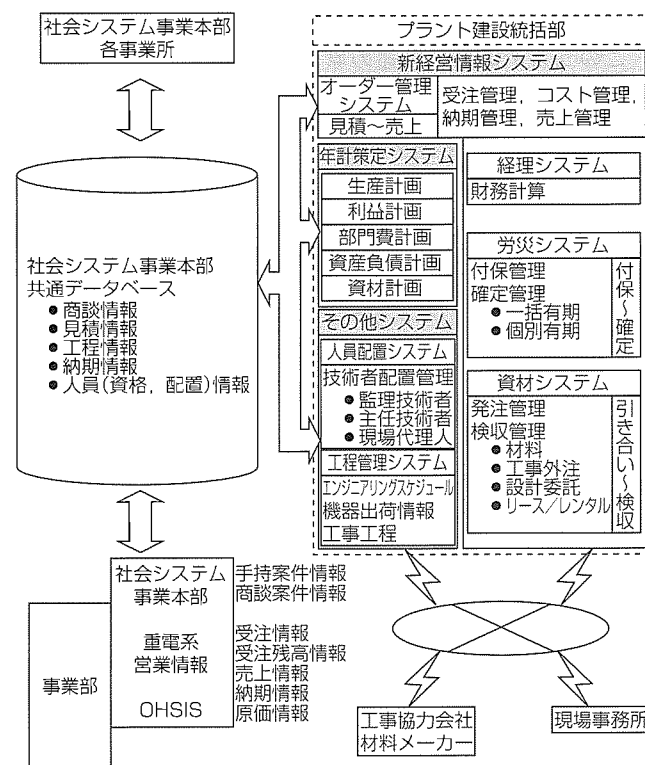


図4. 業務系システムの概念

債・利益計画の策定業務

- (3) 労災システム：労災付保業務
- (4) 人員配置システム：建設業法対応の人員管理業務
- (5) 技術者MAPシステム：資格・講習管理を含め要員の技術力を把握するとともに将来の陣容計画に活用

これらは、新経営情報システムを柱として、各システムがデータ共有を図りシームレスに構築されている。

今後は、現行システムをWebベースのシステムに移行し、インターネット及びモバイルを全面活用した建設現場へのシステム展開も含め、事務所-建設現場-協会社間を結ぶ当部ネットワークの充実を図る。また、システムの適用業務範囲を拡大することで、協会社も含めた当部のトータルな業務効率向上を推進していく。

2.2 技術基盤を支える技術計算プログラム

施工設計は、機器仕様に基づき機器間を結ぶケーブルの容量・サイズ計算から始まり、それらをまとめ最適な配線経路を決めるトレイルート設計、トレイ・電線管の支持サポートの強度計算・部材選定、部材量算出をし、必要によって空調・照明・機器騒音等の技術計算を行う。

2.2.1 トレイサポート設計システム

このシステムは、原子力プラントにおけるトレイサポートの最適な部材選定と図面作図を支援するために開発されたものであり、機能は次のとおりである。

- (1) 最適な部材選定のための解析・評価
  - (a) 短期・長期応力解析による部材の強度評価
  - (b) 溶接応力評価
  - (c) 固有振動数の評価

(2) サポート部材の図面データの自動生成と自動出力

このシステムは、前述の原子力CAEシステムとの間でデータI/Fを実現させている。

2.2.2 その他のプログラム

(1) 空調計算システム

このシステムは、設計条件及び計算条件を設定することで冷暖房負荷の計算をし、空気線図の作図及び最適な空調機器(三菱電機パッケージエアコン)の選定を行う。

(2) 騒音計算システム

このシステムは、市街地等に建設されるプラントにおいて回転機等から発生する騒音の周辺地域に及ぼす影響を考慮し、敷地境界線等での騒音値を自動計算する。

機器騒音データ、建屋データ等の条件を対話形式に設定することで、機器別総合騒音レベル、オクターブバンド別騒音レベルの計算、及び等騒音レベル線図の作図を行う。

2.3 建設工事現場とのコミュニケーション

常に200~250か所の建設工事現場が全国に点在しており、規模も事務所を持つ所から移動事務車内での業務など様々である。これら建設現場とのコミュニケーションを図るた

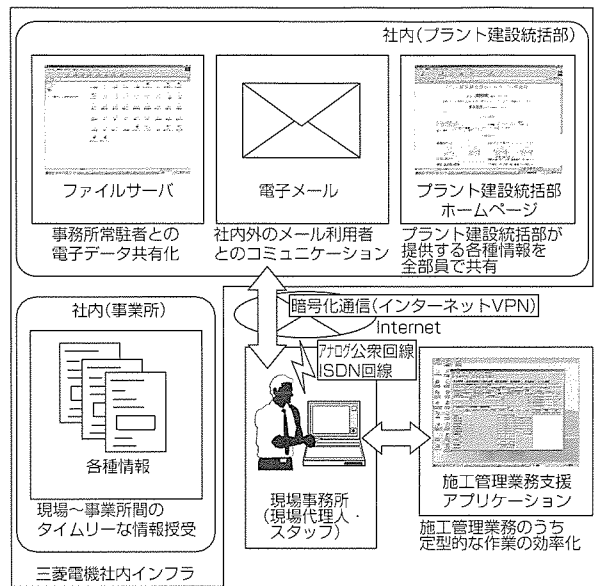


図5. 現地OAシステム概念

め、図5に示す現地OAシステムを構築した。

- (1) ツール：OSがWindows95・98のパソコン
- (2) 通信手段：電話(携帯・PHSを含む)、インターネット
- (3) セキュリティ：セキュアIDカード方式、発信者電話番号認証方式、VPN(Virtual Private Network)方式
- (4) OAソフト：Office97・2000, Netscape
- (5) 機能
  - (a) 社内外のホームページの閲覧：標準類・基準類、各種様式、品質情報、安全情報など
  - (b) 電子メール(顧客との授受を含む)
  - (c) 部門サーバを活用したオーダー情報の展開、指示・報告
  - (d) モバイル版新経営情報システムを使用しての資材発注、承認行為など

これらによって指示・報告のスピードアップ、携帯書類の簡素化などを行うことができ、特に現場の間接業務の効率化により、品質・安全などの現場管理業務の充実へとつながっている。

3. む す び

情報の一元化と共有化の基本理念の下、当部内外のシステムのシームレス化を推進中であるが、2002年度が活動の節目になる年度であり全力を傾ける。

システムとしては、より軽量化を図ることが今後の課題であり、新技術の導入を含めセキュリティ確保の下、広域においてより容易に活用できるシステムを目指す。

参考文献

- (1) 塚田光政, ほか：配線工事における最新技術, 三菱電機技報, 73, No.6, 456~458 (1999)

# プラント建設工事をリードする最新工法

前畑純一\*  
徳宮 豊\*  
加福 徹\*

## 要 旨

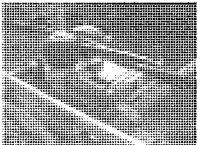
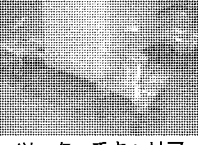

三菱電機(株)プラント建設統括部は、Safety, Quality, Speedをコンセプトに、コスト削減のため建設工事作業を改善する新工法・新機材の開発を行ってきた。これら開発機材及び計器類等の品質機材を含め約6,000点を機材センターで保有し、保守・管理を実施することによって品質を維持している。

以下に、当社が開発した多くの新工法・機材の中で、代表的機材について述べる。

(1) 1980年代後半からケーブル配線工事の工法開発を進め、現在では、世界トップクラスの独自の延線工法技術を持つようになった。電力ケーブルの重くて太い径から制御・計装ケーブルの軽くて細い径まで、延線機材をシリーズ化して開発してきた。

(2) 盤・機器搬送機材の開発では、機器の種類・形状・質量に応じ、機材をシリーズ化している。特に、'97年に開発した盤搬送用機材(名称：ツータッチキャリア)は、不安定な盤を搬送する際の安全性に優れ、中央労働災害防止協会主催の2001年度全国産業安全衛生大会で研究発表した。

(3) 多種多様の建設工事に対して省力化・高効率化・短工期化・脱熟練工化等の改善を行う合理化機材を開発している。特に、建屋高所に機器を搬入出する際に仮設ステージを不要にした高所機器搬入用機材(名称：ニュートンバルンサー)は、仮設ステージによる交通障害がなくなる等、客先から高い評価を受けている。建設業労働災害防止協会主催の2001年度全国建設業労働災害防止大会で研究発表した。

主要開発機材	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	
(1) 延線工法・機材の開発  大型ボール延線機		<b>多条引き延線工法の開発</b> ●大型ボール延線機開発 ●ドラム駆動装置開発 ●小型ボール延線機開発 ●4本多条引き工法		<b>太物ケーブルウインチレス工法の開発</b> ●キャタピラ延線機張力アップ		<b>PLC技術の適用</b> ●制御装置への適用 ●中型ボール延線機開発 ●600mm <sup>2</sup> CVT延線 ●通信ケーブル布設工法		
(2) 搬送工法・機材の開発  ツータッチキャリア		<b>盤・機器搬送装置の開発・改良</b> ●ワンタッチキャリア (揚程50mm) ●ポスト盤搬送装置 ●ミニクラッド搬送装置 ●自走式チロローラ ●モーロドトランス搬入搬出装置 ●ツータッチキャリア (揚程75mm) ●盤起立転倒装置						
(3) 合理化工法・機材の開発  ニュートンバルンサー		<b>ケーブルシースへの布設情報印字装置の開発</b> ●小型軽量化 ●操作のタッチパネル化 ●アンカー穴あけ装置 ●油圧式トルクレンチ ●電磁石吊(つり)上げ・据付複合装置			<b>仮設工事合理化機材の開発</b> ●仮設足場楽ラックセッター (公共用) ●楽ラックセッター (電力用) ●盤・機器搬入用ニュートンバルンサー ●ETC現地工事工法 ●絶縁カッター ●2点圧着機 ●接着工法の開発			

PLC：電力線搬送技術  
CVT：単心燃(より)合わせ型架橋ポリエチレン絶縁ビニルシース電力ケーブル  
ETC：ノンストップ自動料金収受システム

## 新工法機材の開発の変遷

上図は1995年以降の開発機材や新工法の一部の開発機材の変遷を示す。機器間の配線工事を機械的に行う延線工法・機材、盤や機器の搬送を安全に行う搬送工法・機材の開発が先行していたが、最近では、工事効率を飛躍的に高める機材や仮設工事費を大幅に削減する合理化機材の開発のウェイトが大きくなってきている。

## 1. ま え が き

バブル崩壊後、各種プラント建設費の価格低下が続き、プラント建設工事コスト削減が大きな課題となった。

安全・品質・環境を重視した上で新工法、省力化・合理化機材を開発し、様々な工法改善に取り組み、コスト競争力を強化してきている。

本稿では、当社の担う業務の大半を占める配線工事に対する工法の機械化・自動化の開発状況及び盤・機器搬入の代表的機材を紹介し、当社独自の建設工事技術について述べる。

## 2. 配線工事技術

ケーブル配線工事は当社が担うプラント建設工事の中でも主要な工事の一つであり、'80年代後半から配線工事の工法開発に取り組んできた。その長い技術開発と検証により、他社にない配線工事の機械化技術を保有することとなった。

### 2.1 ケーブル配線技術

#### 2.1.1 ケーブル配線工事の分類

ケーブル配線工事では、ケーブルの種別によって表1のように大別される。当社では、ケーブルの種別によって工法・機材を使い分け、ケーブル配線工事の効率化に取り組んでいる。

#### 2.1.2 従来配線技術と延線工法技術の比較

電力ケーブル配線工事を例に、従来の配線方法と延線工法を比較する。当社は、機械化による配線工事を“延線工法”と言う。

##### (1) 従来の配線方法

図1に、建設工事現場において機器Aから機器Bまでケーブルを配線する場合の従来の配線技術について示す。

従来の手引き配線工事では、機器AからBまでの配線ルート上に多くの作業員を配置し、作業員全員が掛け声を合わせ、ケーブルを運ぶような状態で配線していく。したがって、配線距離に合わせて投入する作業員数が決定される。

また、ケーブル先端部をウィンチで引く工法も採用されているが、図2に示すように、配線距離が長くなると、ケーブルに大きな張力が発生し、ケーブルの許容張力を超

るため、配線距離には限界があった。この限界を超える長い配線を行う場合は、ケーブルの許容張力を超える前にケーブル先端を布設棚からいったん外部に引き出してから巻き取ることによって張力をゼロにし、再度ケーブル布設を開始する必要があった。したがって、ケーブルの布設棚から引き出しと巻き取りに無駄な作業と工期が発生していた。

##### (2) 延線工法技術

当社の延線工法は、人の代わりにケーブル延線機と呼ぶ機器を配線ルート上に配置し、延線機の動力でケーブルを配線していく。延線機は、図1に示すように張力が大きくなるコーナー部手前に配置され、図2に示すように張力が大きくなならない配線方法となっている。したがって、長距離の配線工事であっても、途中でケーブルを引き出し、巻き取る必要がなく、一気に配線することができ、従来工法に比べ半数以下の作業員で短時間に配線することが可能となった。

延線工法では、表2に示すケーブル延線機、ケーブルドラムを自動で回転させるドラム駆動装置、配線中の抵抗を緩和する延線コロなど、配線工事の環境に適した機材を選定し使用している。

#### 2.1.3 ケーブル延線機の種類

ケーブル延線機は表2に示すように4種に分類される。図3にケーブル布設条件とケーブル延線機種類の関係を示す。ケーブルが軽く総配線長が短い領域では、機械類を必要としない手引き配線工法が経済的に有利である。他の領域では各種ケーブル延線機を活用した配線工事が有利であり、ケーブルが重く総配線長が長い領域ほど大きな工数削減と工期短縮効果が得られる。

当社は従来からキャタピラ式延線機を使用していたが、

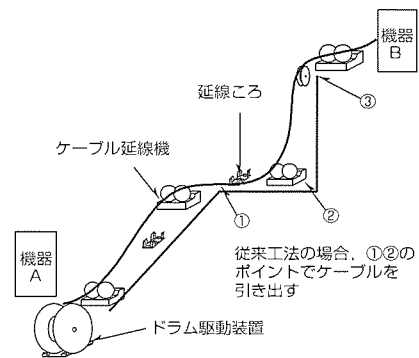


図1. ケーブル延線工法の配置例

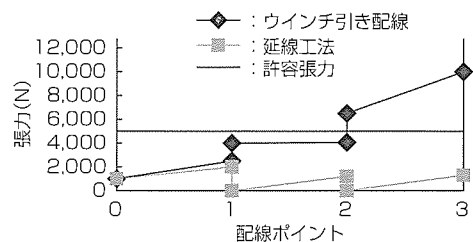


図2. 配線時ケーブルに発生する張力

表1. ケーブル配線工事の種別

	特徴	配線に要求される事項
電力ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ケーブル外径が大きい</li> <li>●単位質量が重い</li> <li>●配線本数が少ない</li> <li>●高価</li> </ul>	大きな張力が発生するため、許容張力、許容側圧、許容曲げ半径以下で配線しないとケーブルの品質に影響を与える。
制御・計装ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ケーブル外径が小さい</li> <li>●単位質量が軽い</li> <li>●配線本数が多い</li> <li>●安価</li> </ul>	多量のケーブルを配線するため、多条引き配線、高速配線が要求される。

'95年にボール式延線機を開発し、機材の軽量化、使いやすさ、ケーブルの損傷防止機能等を飛躍的に向上させた。また、各種延線機材のワンタッチ取付け化による機材配置時間の短縮や、延線機材の現地輸送専用台車等の工夫による現地輸送費の低減を図っている。

図4にケーブル延線機の適用状況を示す。

### 3. 盤・機器搬入工事技術

#### 3.1 盤搬入機材

盤搬入機材の代表として、当社が開発した“ツータッチキャリア”による盤の搬入事例を紹介する。

従来、多くの盤は、図5に示すようなハンドパレットを用いて搬送されていた。ハンドパレットを用いた場合、盤の転倒による器物破損事故や、挟まれによる人身事故を発生させる事例が少なくなかった。

そこで、上記問題点を解決するため、'96年からツータッチキャリアの開発に着手した。

ツータッチキャリアは図6に示すように4台を1セットとして盤下部四隅へ設置し使用するもので、“てこ”の原理

を利用し、人力のみで2トンまでの盤のリフトアップ搬送を可能にしたものである。

#### 3.1.1 ツータッチキャリアの構造及び操作

- (1) 盤には図7に示すあらかじめ端部に穴加工された転倒防止金物を取り付け、図8に示すツータッチキャリアのL型金物のピンを転倒防止金物の穴部へ差し込みセットする。
- (2) 図8に示す操作バーによってカムを回転させ、それに連動するL型金物を上昇させることで盤をリフトアップする。

#### 3.1.2 適用状況と効果

ツータッチキャリアは'96年度から当社の全国建設工事現場へ展開され、転倒の危険がなく、少人数で2トンまでの盤が容易にリフトアップ・搬送ができ、構造も単純で保守が簡単であることから、現在では、ほぼすべての現場で適用されている。また、その安全性は多くの顧客から高く評価され、同業他社へも販売し広く活用されている。

#### 3.2 高所への盤・機器搬入工法

高所への盤・機器搬入工事を実施する場合の標準的な工法は、図9に示すように、搬入口横に搬入用の仮設ステージを設営し、クレーン車によって仮設ステージ上に搬入機

表2. 延線工法で使用される機材の用途

機種	用途・特徴	種類
ケーブル延線機	ケーブルを押し出す役割を果たし、張力を緩和させる。	大型キャタピラ延線機 大型ボール延線機 中型ボール延線機 小型ボール延線機
ドラム駆動装置	ドラムを自動、無人で回転させる。	20tドラム駆動装置 10tドラム駆動装置 5tドラム駆動装置 3tドラム駆動装置
延線ころ	配線経路中の抵抗を緩和させる。	直置ころ、四面ころ、均車など

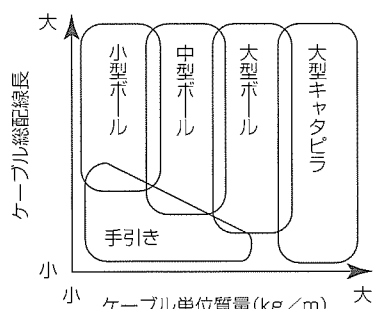


図3. ケーブル布設条件とケーブル延線機の関係

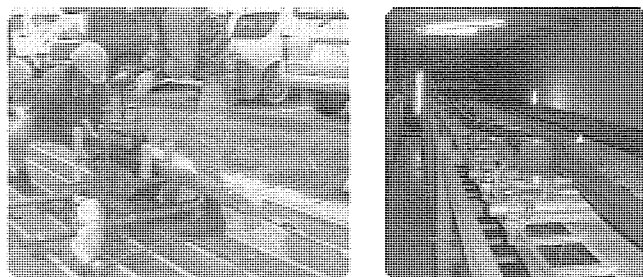


図4. ケーブル延線機の適用状況



図5. ハンドパレットでの搬送状況

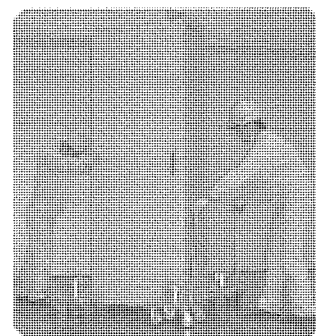


図6. ツータッチキャリアのセット状況

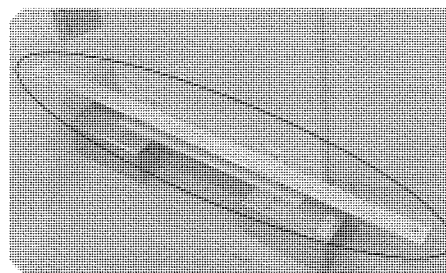


図7. 転倒防止用金物

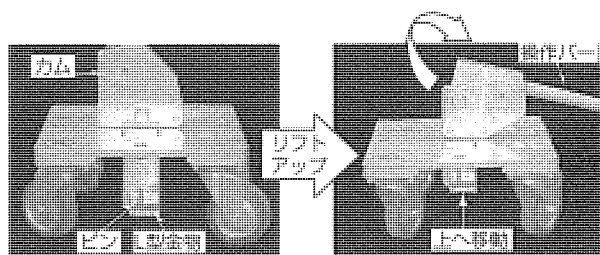


図8. ツータッチキャリアの動作原理



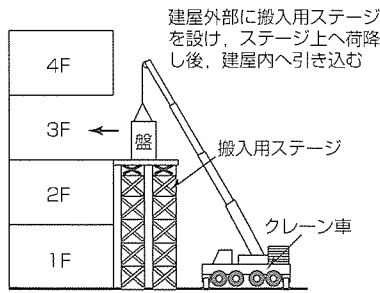


図9. 従来の高所への盤・機器搬入工法

器を仮受けし、その後、建屋内に横引きするというものであった。しかし、仮設ステージを設営する場合、①設営のために多大な工数と日数(費用)がかかる、②街中の現場では、仮設ステージの設営が交通障害になるため、作業時間の規制を受ける、③仮設ステージ組立て・解体作業は高所がかつ鋼材等の組み上げ作業となり、落下事故が発生する可能性がある、というような問題があった。

そこで、1999年～2000年に、仮設費用の削減プロジェクトの一環として、仮設ステージレスの高所機器搬入用機材(名称：ニュートンバルンサー)の開発を行った。

### 3.2.1 ニュートンバルンサーの構造

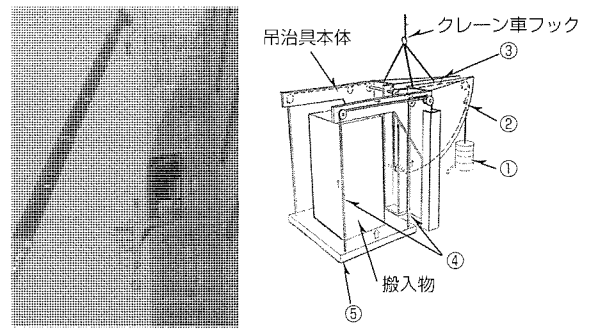
ニュートンバルンサー(以下“N/B”という。)は、図10に示すような搬入物を載せるステージとカウンタウエートのバランス機能を持つ吊治具である。構造は、①カウンタウエート、②スライドレール、③メインチェーン、④保持チェーン(4本、③と連動)、⑤搬入物を載せるステージで構成されている。

### 3.2.2 N/Bの動作原理

図11に示すように、N/Bは天秤(てんびん)構造となっている。カウンタウエート( $W_2$ )は、四分円構造のレール上を移動することにより、カウンタウエート接線方向の質量成分は $W_2 \cdot \cos \theta$ で表される。動作原理は、搬入物を⑤のステージに載せ、吊心部をクレーン等で吊り上げると、 $W_1 \cdot L_1 = W_2 \cdot \cos \theta \cdot L_2$ を維持するような位置にカウンタウエートが自然に移動( $\theta$ は $0^\circ \sim 90^\circ$ まで変化する)することで平衡を維持する。また、天秤式の吊具を使用した場合に最も危険とされる建屋へ荷が移った瞬間の荷重変動時( $W_1 \rightarrow 0$ )には、ウエートが吊心位置( $\theta = 90^\circ$ )と一致することになり、無理なく自然に平衡を保ち続ける構造である。つまり、建屋内に搬入物質量( $W_1 \rightarrow 0$ )が移り⑤が着床すると、ステージ保持チェーン④が緩みN/B本体が風などで揺れても搬入物は揺れることなく、安全に建屋内へ搬入物の引き込み作業が実施できるようになった。

### 3.2.3 N/Bの特長と効果

N/Bは搬入物の質量検知装置やカウンタウエートの位置調整に駆動装置等を一切使用していない単純な構造のため、故障の可能性が極めて低い。また、クレーンでN/Bを吊り上げるだけで自然に吊り合うため、特殊操作は一切



主な仕様  
 本体外形 : (W)1,925×(L)3,765×(H)2,575(mm)  
 本体質量 : 1,620kg  
 対応盤質量 : 2,200kg  
 対応盤外形 : (W)1,400×(L)2,000×(H)2,350(mm)

図10. ニュートンバルンサーの適用状況と構成

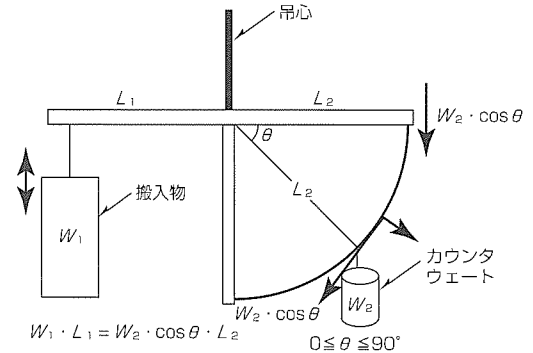


図11. ニュートンバルンサーの動作原理

不要で、毎回操作者が替わる建設工事現場であっても問題なく使用できる。

効果面では、不要となった仮設ステージの設営費用削減のみならず、ステージ設営時の事故の撲滅と工程短縮を実現した。また、工事規模の大小(搬入機器物量の多少)にもよらないため数多くの建設現場で適用されている。

## 4. む す び

当社が担う工事の大半を占める配線工事及び盤・機器搬入作業用の当社独自の代表的機材を紹介した。今後は、道路監視設備工事等に代表される労働分散型建設工事や土木関連工事等に使用される機材の開発に注力し、建設工事を安全に、高品質で、より早く施工できる工法と機材の改良・開発を推進する所存である。

## 参考文献

- (1) 塚田光政, ほか: 配線工事における最新技術, 三菱電機技報, 73, No.6, 456~458 (1999)
- (2) 初田憲治: 盤の安全な搬送装置「ツータッチキャリア」の開発, 全国産業安全衛生大会研究発表集, 204~205 (2001)
- (3) 加福 徹: 現地工事における高所への制御盤・機器搬入工法の改善, 第38回全国建設業労働災害防止大会研究発表集, 534~537 (2001)

# 公共工事における合理化・省力化機材

辻本一孝\*  
平 隆則\*\*  
前原信章\*

## 要 旨

公共工事は上下水道の水処理プラントを基幹ビジネスとし、近年増加傾向にある防災システム、道路・河川系の情報通信関連、太陽光・風力・水力発電等の新エネルギー関連、及び地域情報インフラ整備事業等があり、顧客は国土交通省に代表される中央官庁系と地方自治体、第三セクター系に大別される。

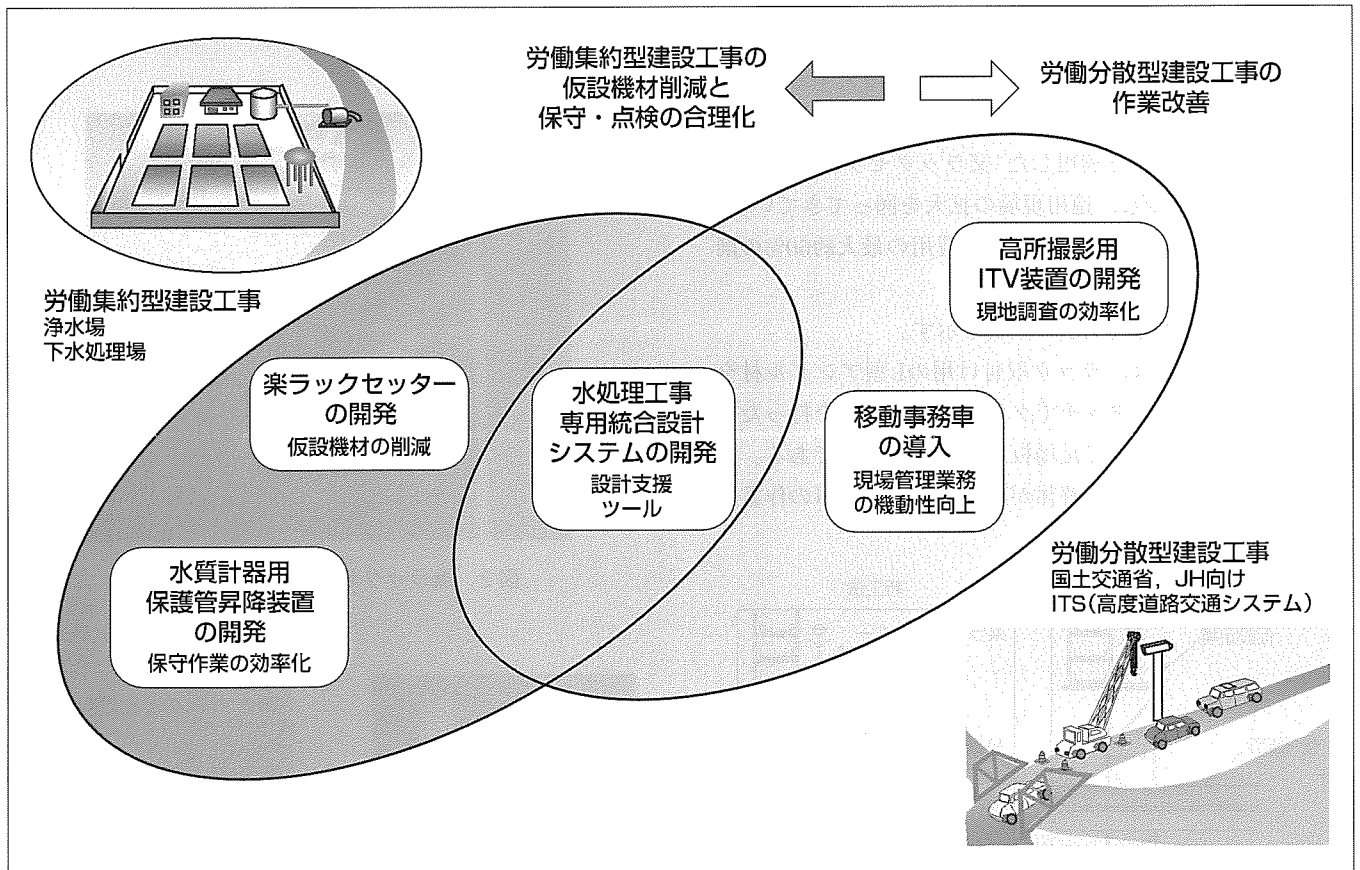
それら官公庁発注の建設工事は、民間企業発注の建設工事と比べ次の特徴がある。

- (1) 入札制度適用によってどのメーカーでも実現可能なシステム構成を要求されるため、独自技術の採用が困難である。
- (2) 構成機器はもちろん、建設工事で使用する材料の数量まで明記されるので受注後に製品で納入する工事材料の変更は容易ではないが、仮設足場工事や建設工事方法については自由に検討が可能である。

公共工事における建設工事種別は、労働集約型建設工事と労働分散型建設工事の2タイプに大別される。

労働集約型建設工事とは、浄水場や下水処理場に代表される水処理系プラントで、顧客構内で一定期間常駐し作業を行うタイプの建設工事である。一方、労働分散型建設工事とは、国土交通省、日本道路公団(JH)のITS(高度道路交通システム)工事に代表されるETC(ノンストップ自動料金収受システム)など小さな建設工事現場が多数点在し、移動しながら作業を進めていくタイプの建設工事である。

大幅なシステム・工事仕様の変更ができないという公共工事の特質と上記2タイプの建設工事の特徴を踏まえた仮設機材、保守・点検の合理化・省力化機材の開発及び作業改善を行ってきた。三菱電機プラント建設部の代表的開発品を下図に示す。



## 公共工事の建設工事種別で見た“独自開発品の位置付け”概念図

公共工事の建設工事種別は、浄水場や下水処理場に代表される労働集約型建設工事と、ITS工事に代表される労働分散型建設工事に大別される。本稿で説明する開発品をその工事種別に当てはめ、“労働集約型建設工事の仮設機材削減と保守・点検の合理化”と“労働分散型建設工事の作業改善”の要素軸で並べることにより、それらの位置付けを明確にする。

1. ま え が き

発注仕様が明確になっている公共工事では、システム、工事仕様の変更が容易でないため、工事材料・労務費用の削減は困難である。したがって、仮設機材費用、工事遂行上の現場管理費用及び工事設計費用に着目し、合理化・省力化を実施してきた。

本稿では、公共工事における独自開発品の中で、労働集約型建設工事に対応した“楽ラックセッター(仮設足場用機材)”“水質計器用保護管昇降装置”，労働分散型建設工事に適した“移動型現場事務車”“高所撮影用ITV装置”，及び“統合設計システム(設計支援ツール)”を取り上げ、公共工事における合理化・省力化機材の紹介を行う。

2. 労働集約型建設工事における合理化・省力化機材

2.1 新足場工法“楽ラックセッター”

浄水場や下水処理場などの労働集約型建設工事では、地下階天井部、管廊内上部にケーブルラックを取り付け、その上にケーブル布設を行う。従来、仮設作業床はローリングタワー又は単管を用いた仮設足場で構成されていたが、高所、広範囲にわたり設置しなければならないケースが多く、長期にわたる設置が必要なことから通行や他作業の障害となるとともに、機械配管工事等の他社工程に左右され、足場組立て・解体・移動・再組立て費用が増大するという課題があった。この課題を解決するために、1999年度にケーブルラック支持材を利用した“楽ラックセッター”(仮設足場用機材)を開発し、適用現場の拡大を図ってきている。その結果、これまでの従来仮設足場費用の最大約60%の削減実績を上げることができた。

図1にその仮設足場工法の概要を示す。

この機材の特長は、ラック取付け用のL型アングル材を利用して空中にワンタッチでクランプする機構を持ったアルミ製架台を取り付けて足場板を保持するものである。このため、容易に組立て・解体が可能で、電気工事の作業員

が足場専門業者に依頼することなく取扱い可能である。また、床上から据え付けられる単管足場が不要となり、さらにはケーブルラック下のスペースが解放されるという利点を持っている。

これにより、これまで度々発生していた仮設足場の解体・再組立ての費用が不要となり、追加コストの抑制に効果を出している。

また、安全面においては、手すり用支柱と手すりがワンタッチで取付け可能で、耐床荷重も1,200~1,800mmスパンで200kgを持っているので、足場上での安全性向上も図られている。

図2に現場での適用事例を示す。

2.2 水質計器用保護管昇降装置

下水処理場での水質監視は水素イオン濃度計(pH計)や溶存酸素計(DO計)等を設置して行われ、これらの信号を基に監視制御することで污水处理が自動で行われる。

これらの水質センサは直接汚水の中に設置されるため、センサの表面に付着する汚泥や毛髪等による汚れが頻繁に発生し、場合によっては水質の測定が困難になることもある。

このため、2000年度に、センサの保護管や洗浄装置に対しても容易にメンテナンスできる機構を持った水質計器用保護管昇降装置を開発した。

図3に装置の概要を示す。



図2. 楽ラックセッター現場適用事例

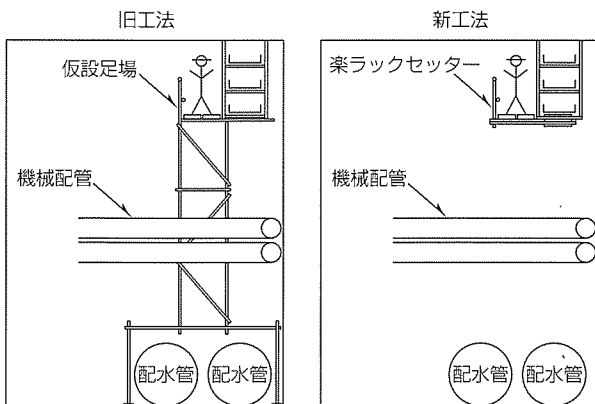
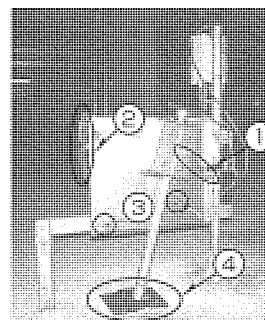


図1. 仮設足場工法の概要



- 各部の名称
- ①: 保護管昇降用ハンドル  
保護管が斜めのときには、昇降操作ができないようにストッパが付いている。
  - ②: 装置直立用ハンドル  
保護管引き上げ時に、このハンドルを引いて装置を直立させる。
  - ③: 装置固定用ビス  
通常の運用時には固定しておく。
  - ④: 揺れ防止用カバー  
水流によって保護管が振動するのを防止することができ、落下防止にもなる。
- ※材質は④を除きすべてステンレス製

図3. 水質計器用保護管昇降装置

この装置は、メンテナンス時にセンサの保護管全体をローラで挟み込んで上部に手で巻き上げる機構と、巻き上げ時に保護管を垂直にする機構を持ったもので、装置の特長を次に示す。

- (1) センサ及び保護管のメンテナンス(洗浄、校正等)が一人でできる(従来方式に比べ約1/3の力でスピーディに昇降可能)。
- (2) 従来方式に比べコンパクトな構造で安価である。
- (3) 可動部分がボックス内に収納されており、運用時安全かつ手軽に作業が行える機構を備えている。

今後は、スチームによる洗浄機を付加するなど、顧客ニーズに応じた更なる製品改良を予定している。

### 3. 労働分散型建設工事における合理化・省力化機材

#### 3.1 移動事務車

作業場所の移動を伴う労働分散型建設工事においては、スペースの確保、設置期間に対する効果の問題から、現場事務所設営が困難となる場合が多かった。

これまでの対応は、

- (1) 現場の片隅を使用する
- (2) 乗用車等の内部を使用する

などであり、労働分散型建設工事での現場事務環境の改善が要望されていた。現場事務環境改善と現場仮設経費の削減を目的に、'95年度から移動事務車を開発し活用を図ってきている。

移動事務車の適用現場は主に、

- (1) 情報通信工事等で施工場所が点在している建設現場
- (2) 建設現場の都合によって仮設事務所の設営が困難な建設工事

であり、事務環境の向上と仮設費用削減のほかに、機動性を生かした円滑な現場運営に大きな効果を出している。

図4に移動事務車の外観、図5に内装設備、表1に仕様一覧を示す。

移動事務車は、既存のバンタイプの車を現場事務所として活用できるように改造したもので、事務業務に必要な机、

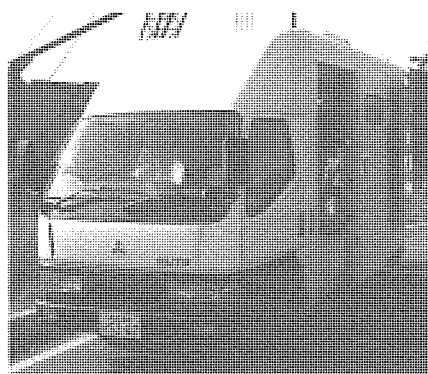


図4. 移動事務車の外観

椅子(いす)、電話、FAX、及びコピー機などを装備し、搭載した小型発電機で必要電力を供給する。

仮設費用は固定式ユニットハウスと比較して実績で約70%の削減効果があり、特にハウスのリース費用、ハウス設置に伴う借地費用の削減効果が大きい。

現在では支社と現場とのネットワーク化が図られており、図面データの送受信、顧客を含めた関係先への電子メール利用が可能である。

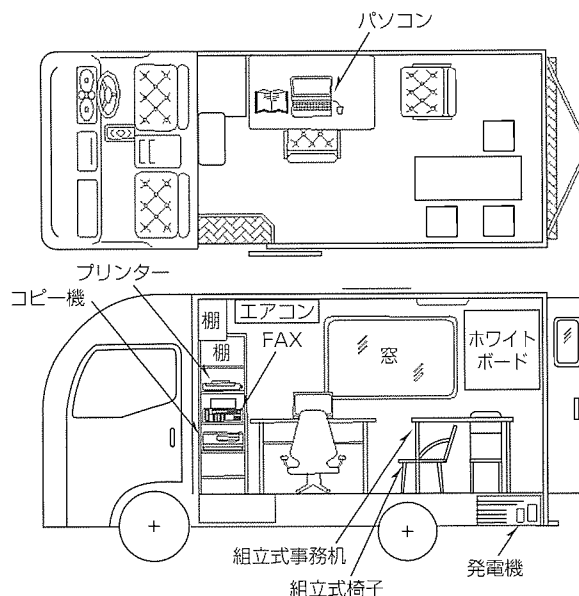


図5. 移動事務車内装設備

表1. 移動事務車仕様一覧

	仕 様	数量
本 体	メーカー：三菱自動車工業(株) 車種：デリバリーバン キャンターガッツ エンジン出力：94PS トランスミッション：5速マニュアル 寸法：全長：4,850mm 全幅：1,730mm 全高：2,650mm 車両総質量：3,745kg 最大積載量：1,500kg 乗車定員：二人 カーナビゲータ 後方監視モニタ	1台
	改造部：側面窓取付け(断熱二重窓カーテン付き) ：フロアマット ：フロアマット側面 ：側面一体ホワイトボードと掲示板 ：配線及びコンセント	一式
備 品	エアコン(窓用) プリンター 発電機(2kVA) FAX 蛍光灯(40W×1 側面付け) 携帯電話 コピー機(A3用紙サイズ以下適用) 組立式事務机 組立式椅子	1台 1台 1台 1台 2灯 1台 1台 1台 4脚

### 3.2 高所撮影用ITV装置

道路、河川等を監視する目的で設置されるカメラの据付位置を決定するに当たって、従来は高所作業車を使用して視界の調査を行い、最適な場所を試行錯誤で求めていたため現地調査費用がかさんでいた。

そこで、高所作業車を使用しなくてもカメラ位置を簡単に決定可能にする高所撮影用ITV装置を開発し、2000年度から運用し効果を上げている。

図6に装置の外観を示す。

この装置の特長は次のとおりである。

- (1) 2～10mの高さからの撮影が二人で可能
- (2) カメラ角度(仰角, 水平角)を画像データとして画面に出力可能
- (3) 撮影内容をその場でデジタル録画(録音)可能
- (4) カメラの動作はすべて手元のコントローラで制御可能
- (5) 簡易防水タイプのため、雨天での撮影が可能

この装置は、車の車輪を用いて伸縮式ポールを固定し、ポールを指定の高さまで伸ばしてカメラ高での視野確認を行うものとなっており、実際に設置した場合に近い映像とカメラ角度がビデオに記録できることから調査後の仕様検討を容易にしている。

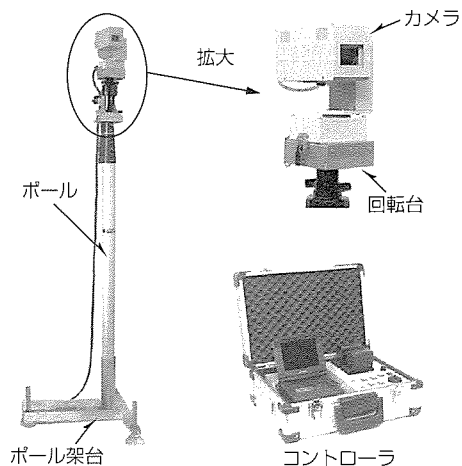


図6. 高所撮影用ITV装置の外観

### 4. 水処理工事専用統合設計システム

このシステムは、CADで作成した工事図面上に配線ルート設計情報を入力することにより、建設工事に必要なケーブル、ケーブルラック、電線管等の工事主要材料を拾い出せる機能を持つものである。

既に火力発電プラント向けのシステムを完成させているが、今回は2000、2001年度で追加開発を行った水処理工事専用統合設計システムの特長を示す。

- (1) 従来配線経路は断面図を作成し三次元情報を入力していたが、平面図上での三次元入力機能を導入した。図7に、新たに作成した“断面入力補助画面”を示す。補助画面の当該部分をクリックし長さをキー入力することによって立面情報が容易に入力可能となった。図中右側のアイソメ図はその入力情報を反映した表示結果である。
- (2) 配線経路に布設区分属性(ピット、ラック、ダクト、電線管、屋外又は屋内等)を与えることにより、布設条件別の配線数量の算定を可能とした。この機能追加により、施工管理のみならず、顧客への配線工事提案活動においてもこのシステムが活用できるようになった。

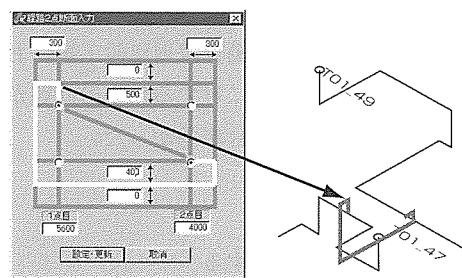


図7. 断面入力補助画面

- (3) 配線経路の情報(ケーブル本数, 太さ等)を基に、指定したルートのケーブルラック, ダクト, 電線管, ハンドホール等の最適サイズ選定機能を組み込み、設計支援ツールとしての機能強化を図った。

上記機能は労働集約型建設工事, 労働分散型建設工事のいずれにも対応可能である。

現在はベースとなるCADソフトがAutoCAD2000であるが、今後はダウンサイジング化及び設計支援ツールの機能強化等を行い、更なる設計業務の効率化を図っていく。

### 5. むすび

公共工事の特質上、独自システムの導入が困難であるが、今回紹介したような仮設機材の削減、保守・点検の合理化及び現地調査の作業改善を中心に“メーカーの中の工事部門”という特異性を生かし、設備工事会社とは違うオリジナルな開発品創造に今後も取り組んでいく所存である。



# 原子カプラント建設工事の最新工法

## 要旨

三菱グループが納入する加圧水型(PWR)軽水炉発電プラントは、1997年に営業運転を開始した九州電力(株)玄海原子力発電所4号機以降、新規建設はなく、次期建設の工事開始が待たれるところである。

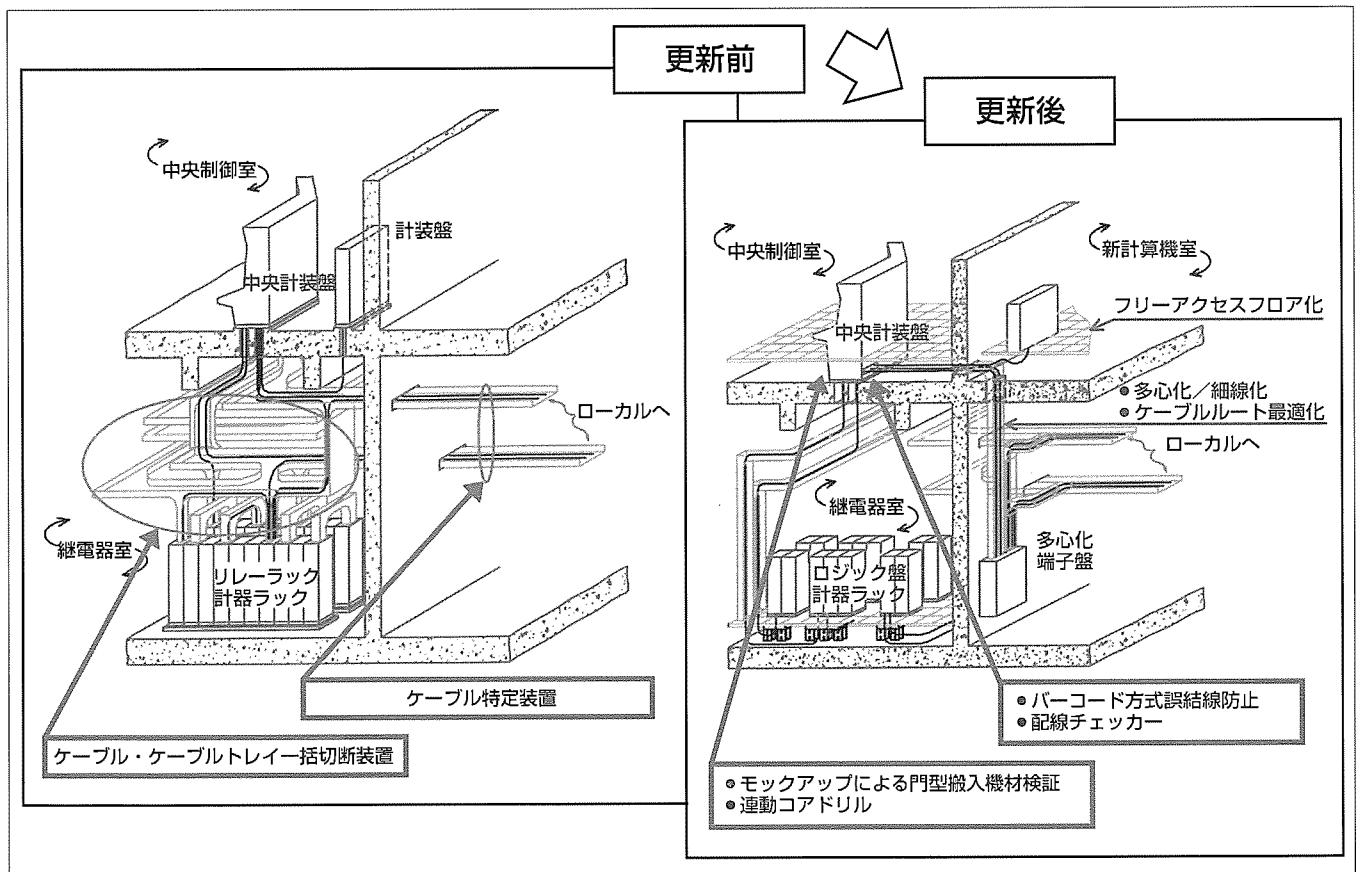
この新設工事の端境期において、操作性・監視性など更なる信頼性向上を目的とした各種機器更新工事が実施され、九州電力(株)玄海1・2号機では中央計装盤を含む主要機器を短期間で同時に更新する世界初の大規模更新工事が2001年に実施された。

三菱電機は、玄海1・2号機の中央計装設備更新工事及び1号発電機・主変圧器取替工事を受注し、特に中央計装設備の更新工事は、当社の技術力維持・向上に大いに寄与

するものであった。

プラント建設統括部(以下“当部”という。)では、これら更新工事に先立ち1995年から現地施工の安全確保・高効率化をねらった種々の新工法機材(ケーブル特定装置、ケーブルトレイ一括切断装置、大口径油圧カッター等)の開発や三次元CAD活用による現地施工手順のシミュレーションを実施する等の事前準備を行い、工期内の工事を無事故・無災害で完遂した。

そのほか、バーコード方式によるケーブル誤結線防止システム、ヒューマンエラー事前分析システムを使用し、作業ミスの撲滅を図った。



## 九州電力(株)玄海原子力発電所1・2号機 中央計装盤ケーブル工事概要

中央制御室・継電器室と現場機器を接続するケーブルを継電器室近くで切断する。切断位置ではケーブル番号が不明なため、更新工事前4年間の定検工事で約12,000本のケーブルの特定を実施した。次に、継電器室周りに中継端子盤及び多重伝送盤を設置し、中継端子盤から現場機器までは既設ケーブルを流用。中央計装盤から中継端子盤及び多重伝送盤までは多心・細線ケーブル、多重伝送ケーブルに更新した。

1. ま え が き

発電所の頭脳に相当する中央計装を短時間で更新するには、神経に相当するケーブル(玄海1・2号機で約12,000本)を更新工事前に切断位置でケーブル番号を判別(以下“ケーブル特定”という。)する必要がある、更新工事時にはケーブルを保護収納する鋼製ケーブルトレイとともに一括切断・撤去し、新しいケーブルを1本ずつ接続し、さらに更新された中央盤と計算機に対し試験を行う。この一連の作業を安全かつ確実に実行する必要がある。

本稿では、図1に示す更新工事フローに沿って、開発した最新工法機材について紹介する。

2. ケーブル特定装置

短時間で中央盤を更新するには、工事開始までに中央盤から離れた切断位置でのケーブル特定をしておく必要がある。その対応として、表1に示すような2種類の特定装置を開発した。

2.1 静電結合式ケーブル特定装置

静電結合式ケーブル特定装置は、ケーブルトレイ上の約12,000本のケーブルを1グループ20本程度に束ね、図2に示すように、グループ電極を取り付け、グループ特定を実施後、グループ内のケーブルに個別電極を当てケーブルを特定する当部オリジナル開発機材である。送信機1台は50本のケーブルに電圧パルスを印加することができ、パソコンが該当するグループを自動判別する。なお、ケーブルの

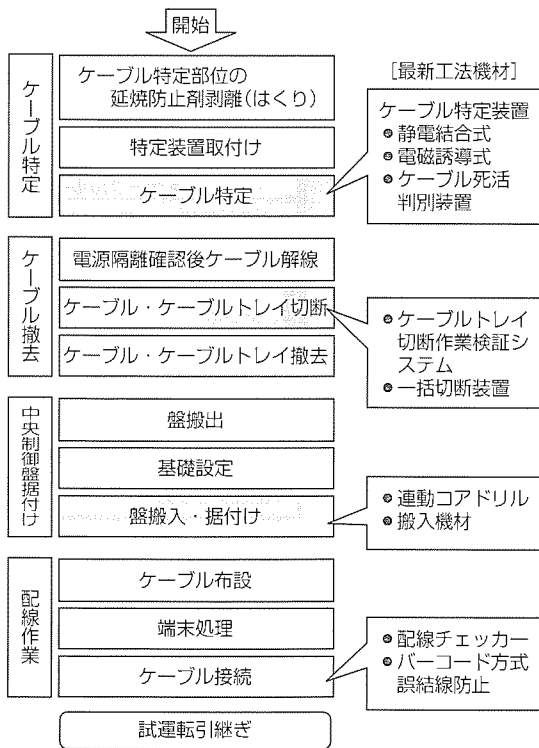


図1. 中央計装設備更新工事のフローとその最新工法

シールド(遮蔽層)に電圧パルスを印加することによって活線状態でも検出可能である。

2.2 電磁誘導式ケーブル特定装置

図3の電磁誘導式ケーブル特定装置は、ケーブルのシールド線が両端接地されているなど前述の静電結合式が適用できなかったケーブルを特定するもので、高周波電流を流しバーアンテナでおおよそのケーブル位置を探し、クランプアンテナでケーブルを特定する。

さらに、念のため、必要に応じ図4のケーブル死活判別装置を使用した。この装置は、当社の産業システム研究所(現在：先端技術総合研究所)が開発した直流回路・交流回路にかかわらず死活判別が可能な装置である。直流回路の場合は、測定前にケーブルの絶縁体を100~120℃に加熱し、絶縁被覆表面の電荷を自由電子化する。この電荷が被覆表面を移動し減少する物理現象を利用して電圧を測定する方式である。

表1. ケーブル特定装置

特定方式	静電式特定装置	電磁式特定装置
ケーブル特定率(12,000本)	約96%	約4%
検出方法	電圧パルスをシールド線に注入し検出	高周波電流をシールド線に注入し検出
特長	グループ電極で特定時間短縮	バーアンテナで特定時間短縮
特定時のミス防止策	パソコンで自動特定しミス防止	電流方向を検出し特定ミス防止

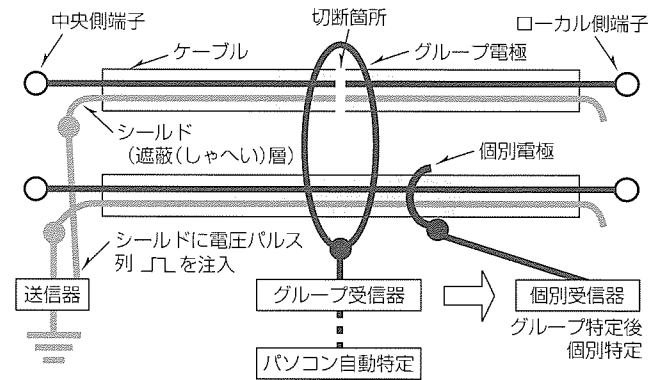


図2. 静電結合式ケーブル特定装置の原理

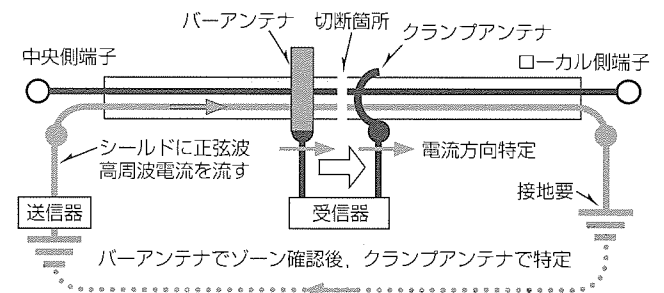


図3. 電磁誘導式ケーブル特定装置の原理

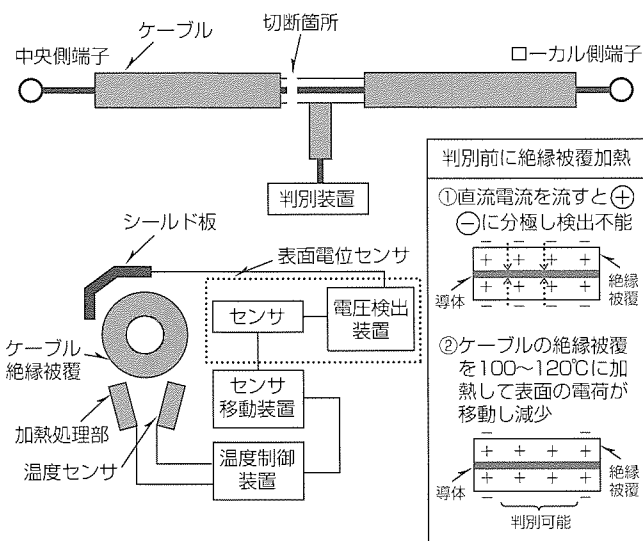


図4. ケーブル死活判別装置の原理

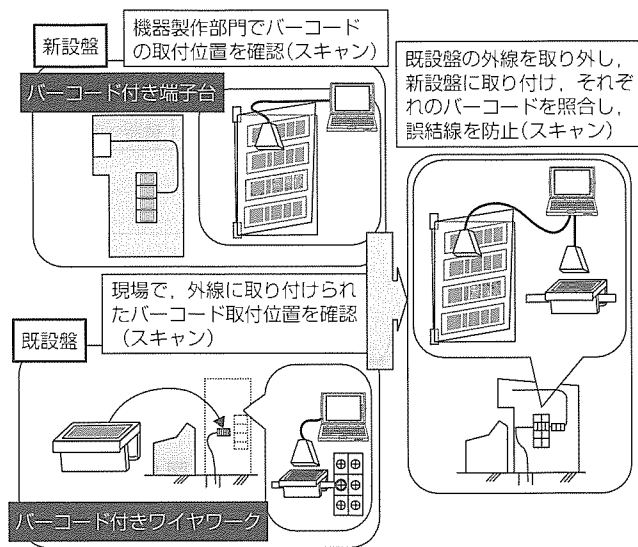


図8. バーコード解結線システムによる作業の流れ

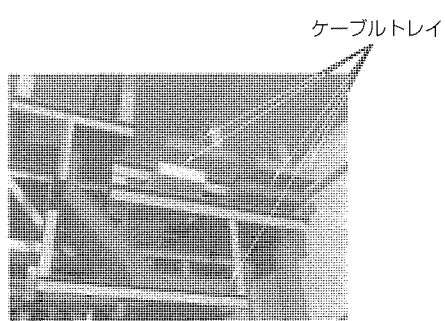


図5. ケーブルトレイ切断作業検証システム

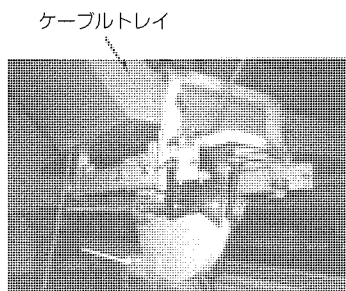


図6. ケーブル・ケーブルトレイ一括切断装置

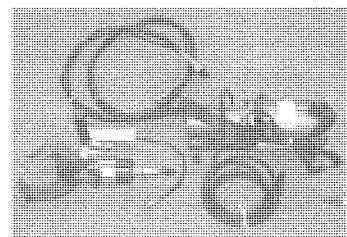


図7. 大口径油圧カッター

### 3. ケーブル・ケーブルトレイ一括切断

継電器室天井部にあるケーブルトレイは鋼製の重量物であるため、天上部の狭隘(きょうあい)な場所から撤去・搬出するには、その撤去手順を十分に検証した上、安全に切断・搬出する必要がある。切断作業の検証は三次元CAD(図5)を用い、作業環境に合わせた機材の適用可否判断・手順検証・工数検討を事前に実施した。

図6のケーブル・ケーブルトレイ一括切断装置は、ケーブル撤去の合理化を図るため、ケーブルとケーブルトレイを同時に効率良く切断可能にした装置である。

図7は、撤去する細物ケーブルを数本ずつまとめて効率的に切断するよう、刃形状、パワー及びストロークを改良した大口径油圧カッターである。また、市販工具の刃先材料をセラミックに変更し絶縁保護を施した絶縁カッターも開発した。

### 4. 盤運搬及び据付け

玄海1・2号機のように中央制御室全体を更新し多数の盤を搬出入する場合は、圧縮空気を利用して盤を床面から浮上させて盤を搬送する機材(エアパレット)、油圧を利用

して機材の方向転換が容易に行える装置(チルローラ)などが有効であった。

一方、中央計装盤のみ更新する場合には、既設の狭隘な制御室内を安全に運搬する必要がある。その場合は、事前に機器製作部門で制御室内搬出入ルートの実物大のモデルを作成し、専用に製作した門型搬入機材で搬出入シミュレーションをするとともに、作業員の訓練をすることで短期間で安全な作業を実現する。その他の機材として、盤固定用アンカー穴を精度良く効率的にあけるよう連動コアドリルを開発し、半自動で穴あけすることで作業者の負担を軽減した。

### 5. 誤結線防止

#### 5.1 バーコード方式によるケーブル誤結線防止

従来は、ケーブル末端に番号を印字したチューブ式マークを取り付け、ダブルチェックによる立会い検査で誤結線を防止していた。これをバーコード付きワイヤマークに変更し、このワイヤマークと新設盤のバーコード付き端子台を携帯パソコンで照合することによって確実に誤結線を防止(図8)するとともに、“解結線チェックリスト”を自動作成することにより、試運転グループへの引継ぎを速やか

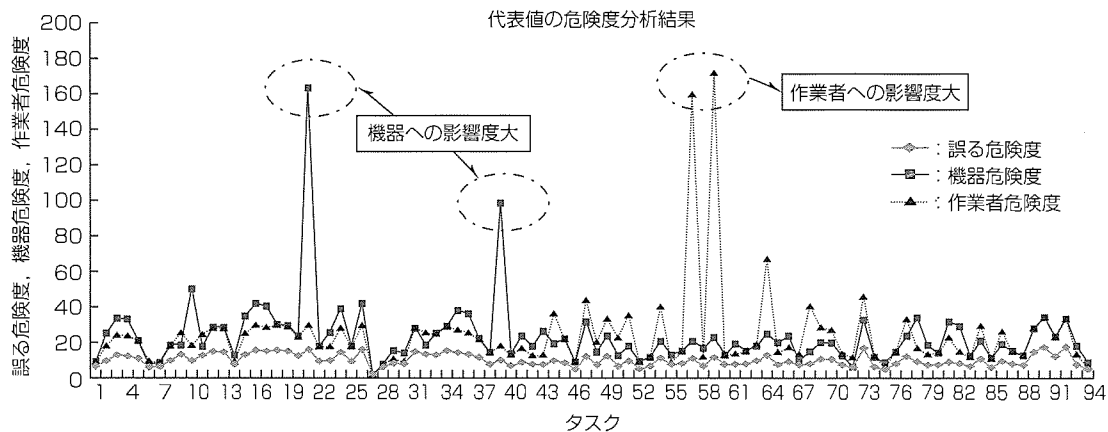


図9. 分析事例：機器，作業者への影響度

にした。

### 5.2 配線チェッカー

前述のバーコード式以外に、ケーブル接続の正誤確認用に配線チェッカーを開発した。従来は、一般にブザーチェックと呼ばれる導通試験を行っていたが、被検査ケーブルの末端にリレー回路などが接続されていると誤判定する場合があるため、検査区間のケーブルはすべて解線する必要があった。そこで、被検査ケーブルにパルス電流を通電し、パルス電流の流れる方向を判別する機能を付加することにより、解線作業を必要としない配線チェック方式を開発した。

### 6. MAPLE手法

ヒューマンインタフェースを評価・分析するためには多くの専門知識が必要なものが多く、現場の作業者が利用するのは困難であった。作業現場におけるヒューマンエラー事前分析システム“MAPLE”(Manual Analysis Program for Lowering risk of human Error)は、作業者自身にエラーに関するアンケートを実施しその結果から危険性を分析するシステムで、当社産業システム研究所(現在：先端技術総合研究所)が開発した。分析は“作業量と誤る危険度”“誤る危険度と機器危険度，作業者危険度”の比較を行い、どの作業のどの手順，機器がエラーを誘発する危険性が高いかを指数化しグラフ化(図9)する。

このシステムは、作業者に与える影響と防護する対策を検討できるとともに、アンケート評価を基にしているので個人ごとのばらつきを参考に作業者の個別教育・訓練することが可能である。

### 7. む す び

当部では、原子力発電プラントの電気設備更新工事用に開発した機材も含め、当部が保有する施工技術の更なる改善を目的として、原子力関連顧客向けの“テクノフェア”を開催した。このフェアを通じて、顧客(電力会社)・関連協力会社からたくさんの意見を頂き、更なるコスト低減・品質向上のための工法改善及び新工法機材の開発に役立っている。

原子力建設工事の端境期には、若手技術者への技術伝承として、標準資料の整備、技術伝承ビデオ製作(全20巻)、技術伝承講座を実施し、総合的な技術維持・向上を図ってきた。

新規原子力プラントの建設も北海道電力(株)泊3号機の先行工事が始まり、プラント建設計画部門として2001年4月に当部原子力プラント建設エンジニアリングセンター(PNEC：関西支社駐在)を発足させた。当部では、PNECを中心として、これまでに養った技術を次期建設に反映するため新たな開発に取り組んでおり、今後も、機器製作部門と連携しつつ、より安全・高品質・合理的な工法の開発に取り組んでいく所存である。

### 参 考 文 献

- (1) 今住智弘，ほか：パルス式ケーブル探知装置の開発，電気学会論文誌A 基礎・材料・共通部門誌，119，No.7 (1999)
- (2) 岡田 章，ほか：直流電位測定の開発，平成12年電気学会全国大会，1146 (2000)
- (3) 井上 悟，ほか：配線チェッカーの開発，平成13年電気設備学会全国大会，445～446 (2001)

# 電力プラント建設の最新技術動向

山口耕平\*  
千田一郎\*  
小松幸雄\*

## 要 旨

三菱電機(株)プラント建設統括部の電力プラント建設工事は、水力・変電・火力プラントを対象としており、水車・水車発電機、ガス絶縁開閉装置(以下“GIS”という。)、変圧器、配電盤及び関連制御機器等の据付け及び機器間の配線工事設計・施工を担当している。

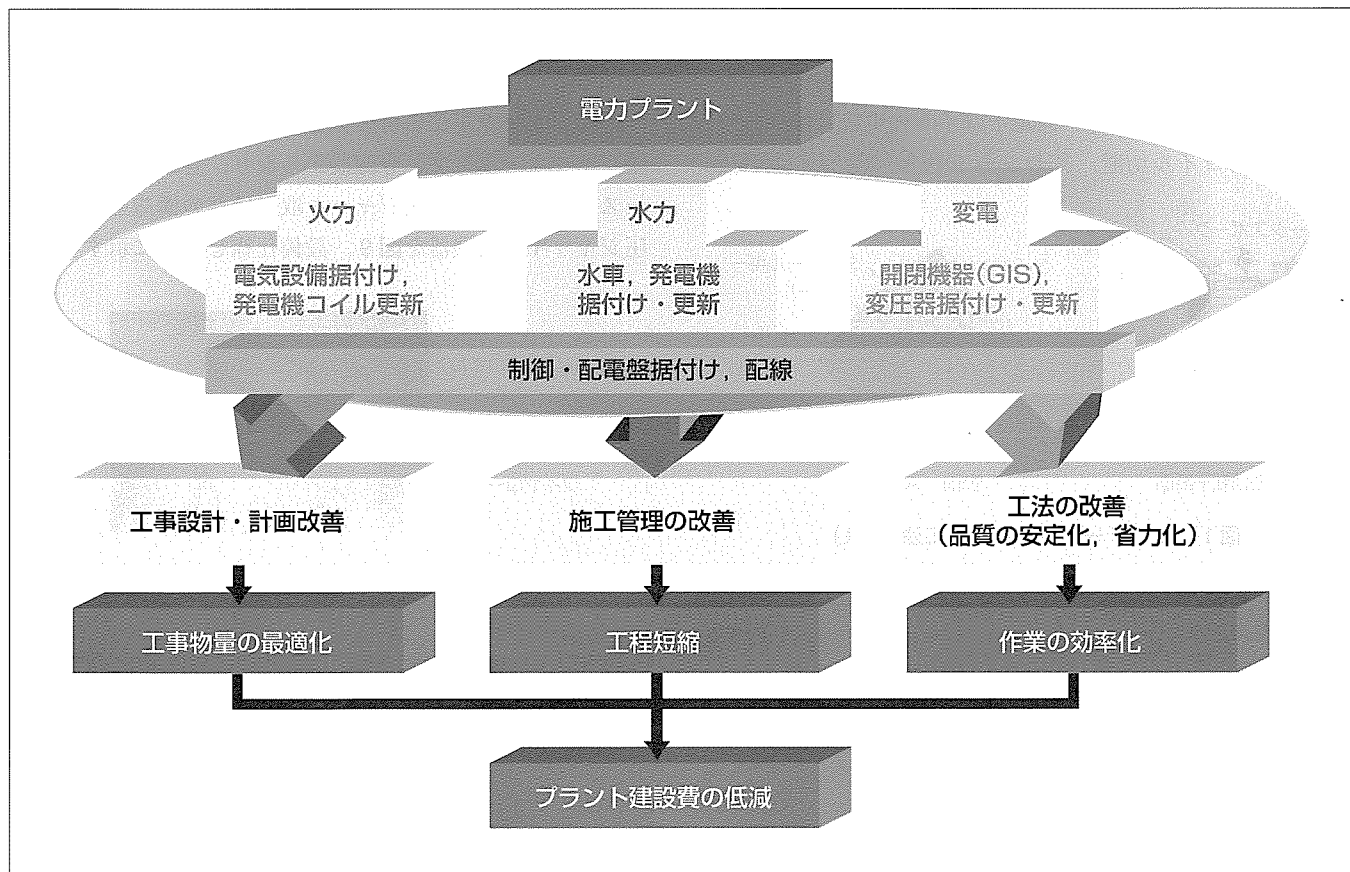
最近の電力プラントを取り巻く市場環境は、新設プラントが減少し、更新・機器改修(改造、修繕)工事の割合が多くなっており、新設・更新工事を問わず、工事品質の維持と工事費低減に向けた工法・作業の改善と設計・計画業務の合理化を推進してきた。

(1) 機材開発による工法・作業改善

大型水力発電機のロータ組立用ダブテールキー打込装置、ステータコイル分解(更新)用コイルエンド切断・コイル引抜工具、タービン発電機センタリング用油圧ジャッキ、GIS据付用作業用足場を開発して適用し、工法改善と作業効率の向上を実現している。

(2) 工事計画手法の改善

変電プラントにおける工期短縮を目的とした現地据付最適工程策定手法の開発・適用、また火力プラントでの工事物量の低減と設計作業の効率向上を目的としたケーブル配線設計・計画手法の開発・適用によって設計業務の改善、工事費低減を図っている。



## 電力プラント建設の主要工事と改善策

水力・変電・火力プラントの主要工事と建設費低減に向けた各種改善策との関係を示す。水力では水車・水車発電機据付け、発電機コイルの更新、変電では変電機器(GIS、変圧器)据付け・更新と配線工事、火力では電気設備据付け、電気用配線棚・配管・配線工事及び発電機コイルの更新が主体である。工事設計・計画、施工管理、工法の改善によって建設費の低減に結び付けている。

## 1. ま え が き

大型発電機据付けの合理化・省力化機材の最新工法、  
 超々高圧GIS、変圧器の現地建設工の短縮策、及び最近  
 の火力プラントでの配線設計手法について紹介する。

## 2. 工 法

### 2.1 大型水力発電機の合理化・省力化機材

#### (1) ロータ組立用ダブルキー打込装置

大容量水車発電機の建設工事では、輸送質量、寸法制限  
 により、回転子はロータスポーク、リム、ポールに分割搬  
 入されるため、現地での組立作業が発生する。従来、ポー  
 ルとリムの接続固定作業は、図1に示すように、熟練作業  
 者が16ポンドハンマーを用いて、リムのキー溝にダブル  
 テールキーを打ち込んでいた。

図2に示すダブルキー打込装置の開発・適用により、  
 熟練技能を必要とせず、安全かつ安定した品質で効率的な  
 打込作業を実現している。支柱はロータスポークにボルト  
 で固定する。アームは円周方向に360°回転し、昇降・伸縮  
 は電動で調整が容易となっている。また、ハンマーを電磁  
 石で吸着したまま上昇させ自然落下させることで所定の打  
 込み力を発生させている。

#### (2) ステータコイルエンド切断・コイル引抜き工具

発電設備の信頼性向上を目的とした、発電機固定子コイ  
 ルの絶縁更新工事がある。固定子コイルの更新に伴う分解  
 作業は、①コイル切断、②ウェッジ抜き、③コイル引抜

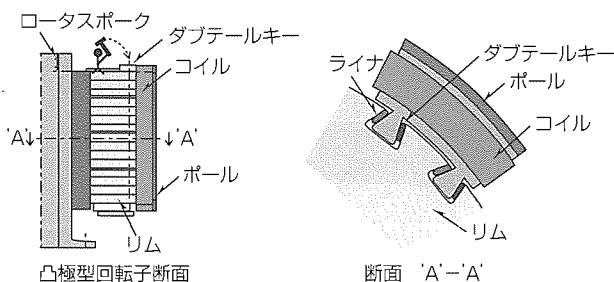
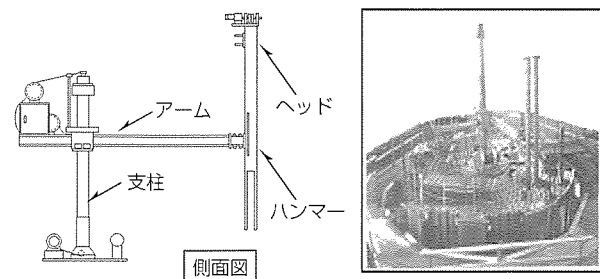


図1. ダブルキー打込み工法(従来)



仕様		仕様	
● 旋回	360°	● ハンマー質量	40kg
● 昇降ストローク	2,000mm	● 電磁マグネット吸着力	2,450N
● アーム伸縮	最大3,500mm	● ハンマー最大落差	2,000mm

図2. ダブルキー打込み装置の外形図と仕様

き、④コモンリング取り外しの順番となる。作業①は従  
 来電動金切り鋸(のこぎり)でコイル両端を切断し、作業  
 ③は図3に示すようにワイヤロープ等を用いてスロット  
 から引き出していた。作業効率改善策として図4、図5に  
 示す工具を開発した。各工具は同一の油圧ユニットを使用  
 しているため先端部治具のみの交換で切断・引抜き作業が  
 でき、当該作業の効率を50%改善できた。また、発電機固  
 定子内のワイヤロープ固定に必要な作業エリアが不要にな  
 るため、作業員及び工具を増やすことにより、2か所以上  
 の同時作業が可能となり作業日数の短縮が達成できる。

### 2.2 タービン発電機センタリング用油圧ジャッキ工法

火力及び原子力用タービン発電機のセンタリング作業の  
 効率向上を目的として当部が開発した油圧ジャッキ工法を  
 紹介する。

タービン発電機のステータコイルの巻替工事等では、発  
 電機の現地再組立て時にタービンセンタに発電機ステータ  
 のセンタを合わせるセンタリング作業がある。従来は、人  
 手によってジャッキボルトを使ってライナを挿入し、発電  
 機の高さ方向の微調整を行っていた。この作業に多くの手  
 間を要していたが、図6に示す発電機センタリング用油圧  
 ジャッキ工法を適用することによって据付指導員や熟練作  
 業者の経験に依存せずに正確な作業ができる。また、取扱  
 いも容易であり、従来に比べ約50%以上の作業効率の改善  
 を図ることができた。

油圧ジャッキ工法の構成機器は、図7に示すように、油  
 圧ジャッキ・ポンプと分流器からなり、各機器間は油圧ホ  
 ースで接続する。油圧ジャッキ取付け部の構造を図8、油  
 圧ジャッキ構成機器を図9、設備仕様を表1に示す。

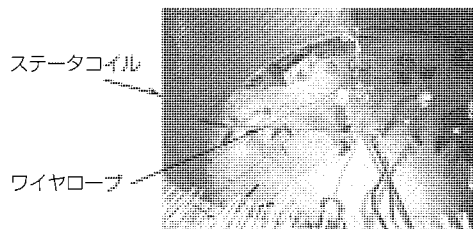
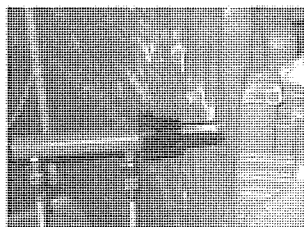
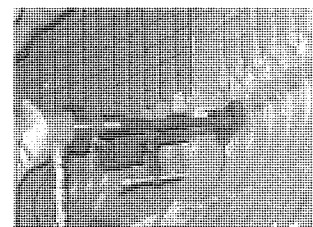


図3. 固定子コイル引抜き作業(従来方式)



仕様	
● コイル幅	25~60mm
● ストローク	150mm
● 能力	98kN

図4. コイル切断工具



仕様	
● コイル幅	25~60mm
● ストローク	200mm
● 能力	9.8kN

図5. コイル引抜き工具



また、図10に示す発電機センタリングジャッキ着座ランナも開発し、ジャッキを電動で取り付けることによって更なる作業効率の向上を実現している。

### 2.3 超々高圧変電所向け変電機器据付工事の作業改善

従来、GIS据付工事の作業改善は、機器製作部門と共同で本体据付作業を中心にを行い、機器構造改善・軽量化、分割接続工法の導入等を実施してきた。また、建設現場での防塵(ぼうじん)養生の改善や機器組立治工具の開発を行い、作業効率向上の効果を上げている。

本体据付作業以外で多くの労力を要している作業は仮設足場の組立作業であり、GIS据付総作業時間の約20%を占めていた。図11に示すように主母線周りの足場設置について主母線の形状に合わせた専用足場を開発・適用することで、足場組立作業時間を大幅に短縮している。

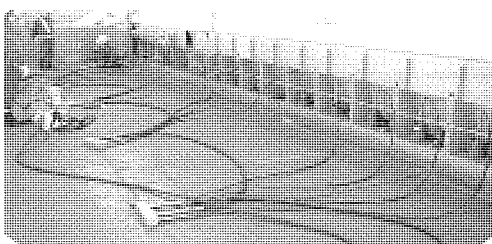


図6. 発電機センタリング用油圧ジャッキ工法

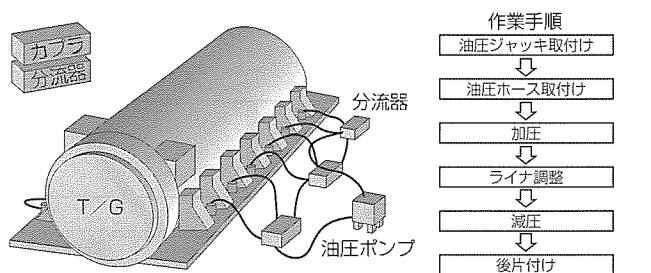


図7. 発電機センタリング用油圧ジャッキ工法概念図/作業手順

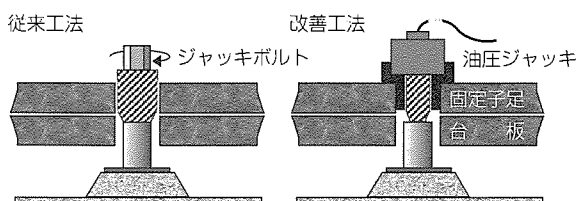


図8. 発電機センタリング用油圧ジャッキ取付け部の構造

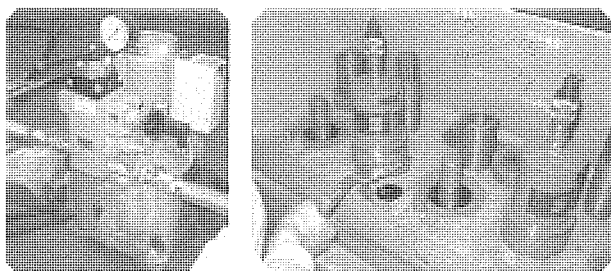


図9. 油圧ジャッキ構成機器：(左)ポンプ、(右)ジャッキ

## 3. 最新電力プラント工事計画手法

### 3.1 変電プラントにおける現地据付最適工程策定手法

従来、現地据付工程は、計画者の経験によって作成していたため、個人差が発生していた。この個人差の解消と現地据付工程の短縮を図るために、GISと変圧器据付工事について、最短工程を算出するシステムを図12の手順で開発し適用した。

#### (1) 標準作業時間の設定

製作部門での標準作業時間と現地作業分析結果を基に、建設現場の環境を加味した現地標準作業時間を要素作業ごとに設定する。また、建設現場に必要な作業(例：準備作業、足場組立てなど)の標準作業時間を設定する。

#### (2) プロジェクト管理(工程管理)ツール適用

次に、図13に示すように、実際の工事手順に合わせて、要素作業をプロジェクト管理ツールに入力し、①作業人員の平準化、②パート手法(ネットワーク工程)による最短工程をシミュレーションする。

また、①屋外作業での雨天率、②類似同一作業の繰り返しによる作業員の習熟度なども考慮している。以上により、最適な人員投入を考慮した最短工程が作成でき、従来工程に比べ20%の短縮が図れた。

### 3.2 火カプラントケーブル配線設計・計画手法

従来の配線計画では、上流側(機器製作部門・機械メー

表1. 発電機センタリング用油圧ジャッキ設備仕様

型 式	GS-A	GS-B	GS-C
保有台数	ジャッキ45本・ポンプ1台/セット		
外形寸法	ジャッキφ85×300(mm) 油圧ポンプ 650×380×800(mm)		
質 量	ジャッキ 9kg/本, ポンプ 50kg		
電 源	AC 3φ200V		
揚重能力	196kN/本		
適用ステー タねじ径	M48 M52共用	M48専用	M52専用

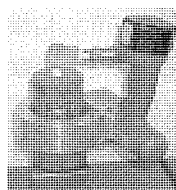


図10. センタリングジャッキ着座ランナ

仕様	
型 式	GS-D
外形寸法	232×212×192(mm)
質 量	3.8kg
電 源	AC100Vバッテリー

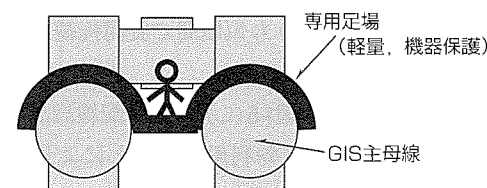


図11. GIS用作業足場の改善

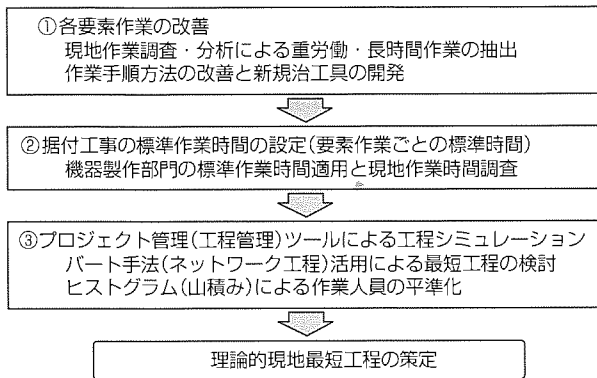


図12. 現地据付工程の短縮検討の手順

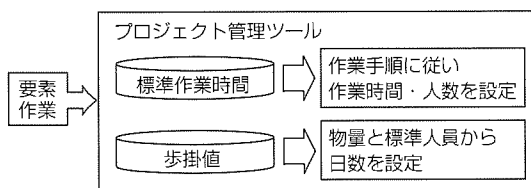


図13. プロジェクト管理ツール適用の概念

カー)から展開接続図を入手した後、経路(電線路)情報を加えて配線リストを完成させていた。しかし、展開接続図は仕様変更等によって工事開始直前(電気品出荷時)まで情報が確定しないことが多く、配線物量の低減を目的としたケーブル多心化や多重伝送化の適用拡大に向け現場機器・計器信号の整理・集約を図っても検討時間が十分に得られず、初期の低減目標が達成しきれていなかった。

上記問題を解決する火力プラント最新配線計画手法を図14に示す。従来は、上流設計側から展開接続図を入手した後、配線計画に着手していた。しかし最新手法では、展開接続図作成に必要な元情報である機器側設計情報(計器リスト、監視系統図、ロジック図等)から、直接、現場行配線リストを作成する。この現場行配線リストを用いることにより、現場側の配線計画の先行検討が可能となった。その結果、①ケーブル配線の多心化と現場RPIO (Remote Processing Input Output)を用いた多重伝送化の情報を展開接続図作成側に早期に反映させることができ、配線物量の削減が可能となり、環境改善にもつながる。②当部配線計画を上流側の展開接続図作成作業と併行して行うことで、当部設計ピーク負荷の平準化が可能となった。また、いち早く機器側情報と整合性がとれた配線データ(中継端子盤・RPIO用従属配線リストなど)を逆に上流側へ提供することにより、従来よりも短時間で展開接続図の完成度が上がるようになった。

一方、当部が開発した図15に示す統合配線設計システム(CAE展開システム)を有効利用することにより、設計の効率化・設計工程短縮が可能となった。多心化・多重伝送適用信号対象を整理した配線データと後に作成された展開

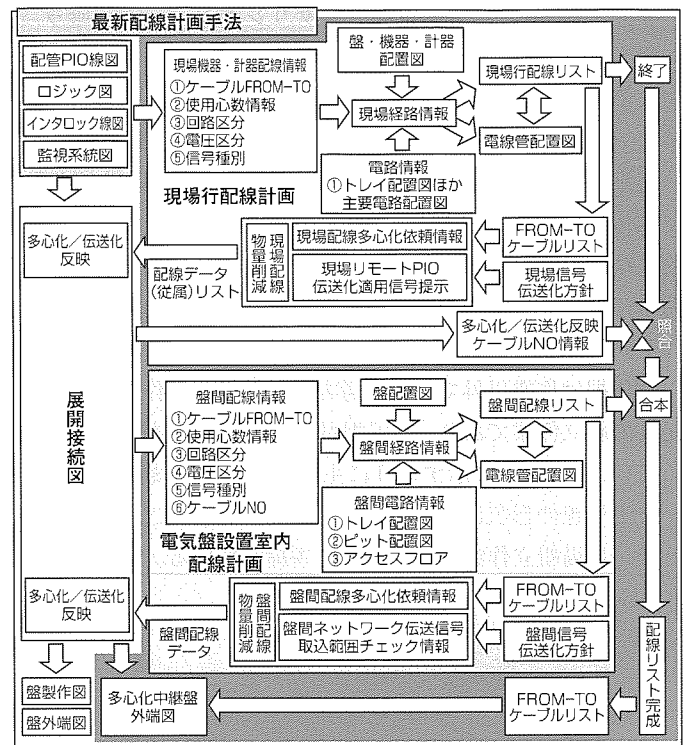


図14. 火力プラント最新ケーブル配線設計・計画

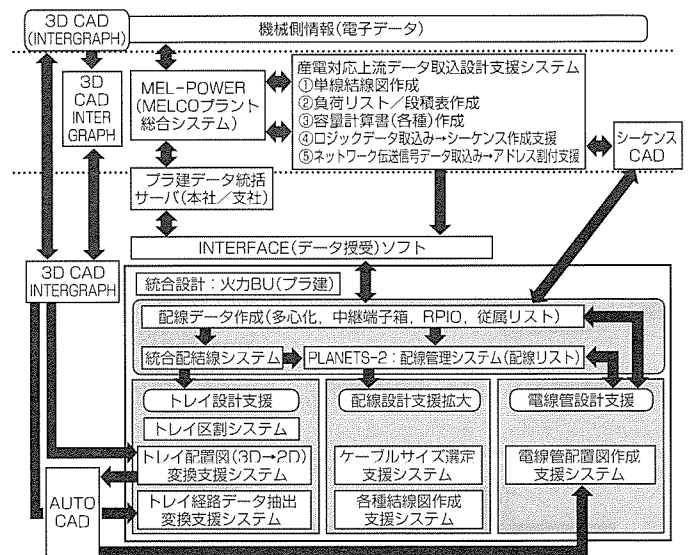


図15. 統合配線設計システム

接続図を照合し、配線リストを完成させる。また、この配線データを用いることにより、電線管配置図への電線管入線ケーブル情報記載や結線図作成に至るまで一連作業のCAE化が可能となった。

#### 4. む す び

今回紹介した合理化工法と工事設計・計画手法は、電力プラント以外のプラントでもその特徴に応じて選択し適用することが可能である。今後も、各種プラントの工事工程の短縮、作業効率の改善努力を行う所存である。

# ビル・交通電源設備 リニューアル工事の最新工法

金子 守\*  
近藤良孝\*  
近藤一男\*\*

## 要 旨

今日のビルや駅舎は快適さを求めて照明設備、空調設備、衛生設備、エレベーター、エスカレーター、防犯防災設備、通信情報設備等が整備され、それらの機器すべてが電気で動作している。ビルや交通電源設備のリニューアル工事を行うには、いかにビルや交通設備の機能を停止することなく、短期間で仕上げるかが重要なポイントとなる。

三菱電機プラント建設統括部では、顧客ニーズに対する検討のみならず周辺地域に与える影響も十分調査し、ビルや鉄道駅舎に出入りする人々の安全と日常生活に配慮した計画を立て、その施工場所に適した工法改善や最適工法機材の開発を進め、安全・品質を十分考慮した現地施工を実施している。

### (1) 搬入工法

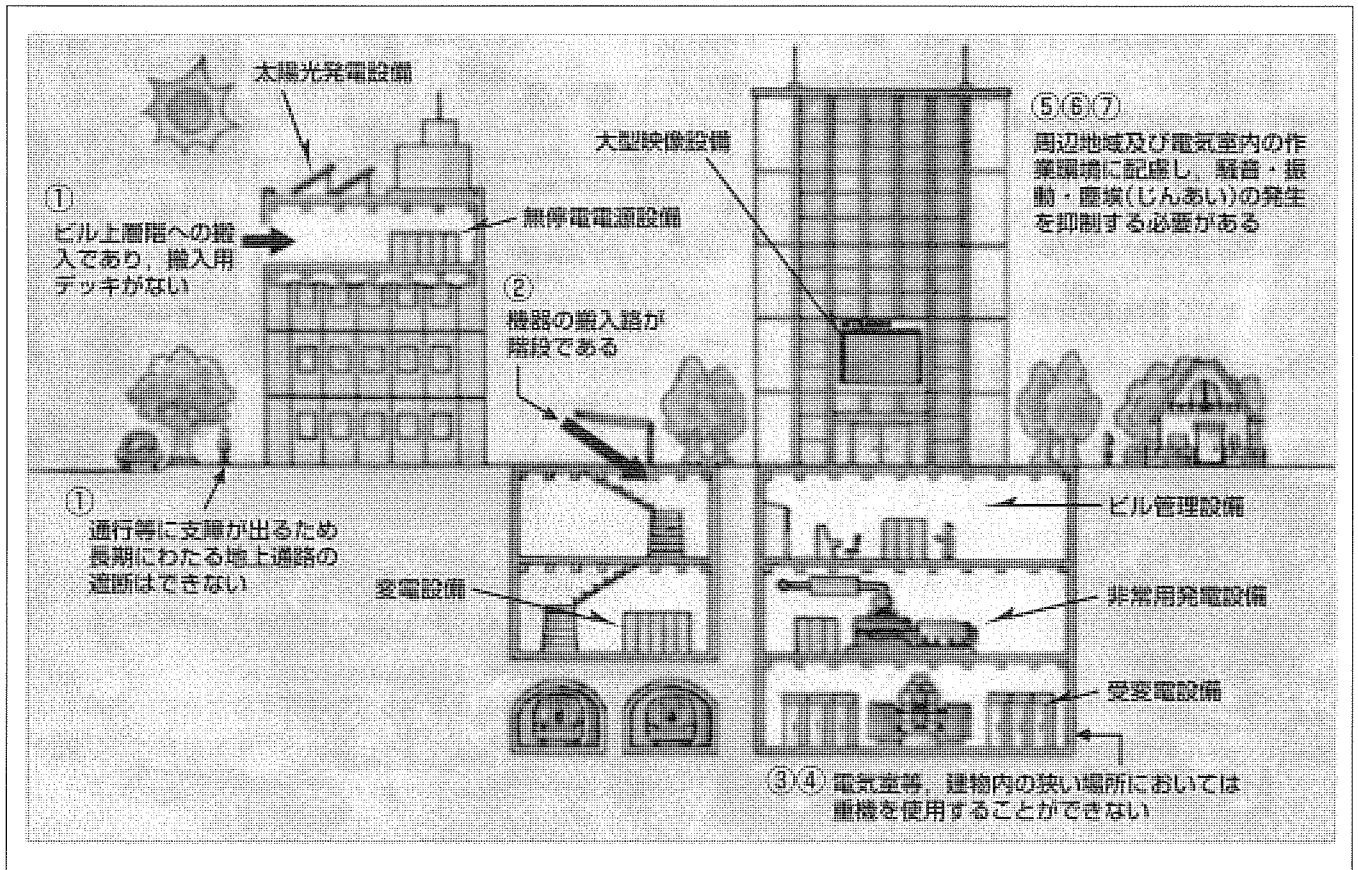
ビルや交通施設の電源設備は高層階や地下に設置される

ことが多く、建物の性質上、専用の搬入設備が確保されていないのが通常である。当部では、高所搬入用機材“ニュートンバルンサー”①や階段用搬入機材“階段昇降機”②を開発し、短工期で地域住民やビル利用者に支障を与えない工法を採用し、高い評価を受けている。

### (2) 据付け・組立工法

建物内の作業は、環境を悪化させないことが重要である。低騒音で排気ガスを発生させないように、“電動クレーン”③と“トンボクレーン”④を採用している。また、騒音・振動を発生させないコンクリート用のアンカー穴あけ装置“楽々ドリル”⑤やアンカー打設装置“楽々ハンマー”⑥及びアンカー強度確認装置“楽々チェッカー”⑦等の機材を開発し、作業環境を向上させた。

なお、文中の○番号と下図中の○番号は対応している。



## ビル・交通電源設備の概要及び搬入・据付けに関する制約条件

不特定多数の人々が入り出りするビルや交通施設での作業に対しては、様々な制約条件が課せられる。特に、機器の搬入においては、その施設を利用する人々はもちろんのこと、地域住民の生活に支障を与えることのない搬入作業が要求される。また、建物内での作業においても、いかに振動や騒音を発生させずに行うかが重要な要素である。

## 1. ま え が き

リニューアル工事を行う場合に設備を停止して行うのが一番簡単な方法ではあるが、ビルや交通施設の機能が停止し、非常に大きな社会的影響が発生するため現実的には不可能である。

例えば、高度情報通信の発達によって電源設備の重要性がますます高くなってきており、電源設備のリニューアル工事においては、電源設備の停止時間をいかに短くすることが重要な課題となる。

また、ビルなどのリニューアル工事においては、その施設の利用環境及びその機能を低下させることなく工事を施工することが要求される。

本稿では、ビル・交通電源設備でのリニューアル工事において、当部が取り組んでいる最新工法機材について紹介する。

## 2. 工 事 手 順

ビルや交通施設のリニューアル工事は、更新スペース・作業場所・作業可能時間・停電時間の制限など、制約条件が多い。表1に、リニューアル工事における工事手順と制約条件及び検討事項を示す。

当部では、顧客ニーズ、設置スペース、搬出入ルート、停電作業時間等のビル・交通電源設備リニューアル工事特有の工事制約条件に対する最適な工事計画を立案している。この工事計画を基に、その施工条件に適応した工法の改善や機材の開発を進めるとともに、安全・品質をも十分考慮した現地施工を実施している。

### 3. 工事施工(最新工法機材の紹介)

ビルや交通施設の電源設備は建物内に設置されている場合が多く、リニューアル工事を行うに当たっては、次のような対策を講じる必要がある。

- (1) 騒音・振動・塵埃の抑制
- (2) 限られたスペース内での施工方法の立案
- (3) 建物の改造を必要としない機器の搬入方法の立案
- (4) 停電時間を最短にするための施工方法の立案
- (5) 工事廃材の抑制

ここでは、当部が安全・品質・作業環境の確保に向けて工法改善に取り組んでいる中から、“搬入”及び“機器の据付け・組立て”作業における最新工法機材について紹介する。

#### 3.1 搬入工法

ビルや交通施設の電源設備は、地下階や上層階に設置されていることが多い。また、専用の搬入設備が設置されていないのが通常である。

変圧器などの重量物を搬入する場合においては、大掛か

表1. リニューアル工事手順

工事手順	制約条件	検討事項
現地調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 立地条件</li> <li>● 施設使用状況</li> <li>● 調査(作業可能エリア, 作業可能時間)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 周囲環境の確認</li> <li>● 交通規制</li> <li>● 搬出入時間</li> <li>● 負荷設備の確認</li> <li>● スペースの確認</li> <li>● 機器の搬出入ルート</li> <li>● 停電可能時間</li> </ul>
工事計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 安全性</li> <li>● 信頼性</li> <li>● 工事期間</li> <li>● 作業時間</li> <li>● 停電制限</li> <li>● 法規制</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 仮設計画</li> <li>● 工法</li> <li>● 最短工程</li> <li>● 最短停電時間での更新</li> <li>● 諸官庁・電力会社への手続き</li> </ul>
基礎工事	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 騒音・振動・塵埃発生抑制</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 穴あけ・はつり工法[静的破壊材の適用]</li> </ul>
搬入	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 搬入路制限(搬入口の寸法・位置・高さ・階段)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 輸送分割</li> <li>● 搬入ルート</li> <li>● 搬入工法[高所搬入用機材の適用]</li> <li>● [階段用搬入機材の適用]</li> </ul>
据付け配線	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 重機の使用ができない</li> <li>● 騒音・振動・塵埃発生抑制</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 省力化工法[電動クレーンの適用]</li> <li>● [トンボクレーンの適用]</li> <li>● アンカー穴あけ工法</li> </ul>
新旧設備切換え・試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 最短停電時間</li> <li>● 作業スペース</li> <li>● 部分切換え</li> <li>● 仮設電源確保</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 切換え手順</li> <li>● 最少切換えステップ</li> <li>● 仮設スペース</li> <li>● 停電回数</li> <li>● 最短停電時間</li> </ul>
既設撤去	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 搬出路制限</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 搬出ルート</li> <li>● 搬出工法</li> <li>● 撤去品の解体</li> </ul>
完成		

りな仮設設備が必要になり、安全性・作業性はもちろんのこと、施設を利用する人々への障害になるなど、多くの問題点があった。

それらの問題点を少しでも改善するために、当部では、開発した搬入機材のうち、高所への搬入用機材及び階段用搬入機材を使用している。

#### (1) 高所搬入用機材“ニュートンバルンサー”

従来ビルの上層階への搬入については、ビル外部に搬入用のデッキがないため、ビルの側面に大掛かりな搬入用仮設デッキを地上から設ける必要があった。そのために長期にわたり地上の通路を遮断する結果となり、施設の利用者はもちろんのこと、地域住民の人々にも支障がでる場合が

あった。

当部では、建物上部側面に搬入口がある場合には、搬入用仮設デッキを設置することなく安全かつ低コストで建物高所に機器を搬入することを目的として開発した図1に示す高所搬入用機材“ニュートンバランサー”(最大積載荷重：2.2トン)を使用して、安全で短期間の搬入作業を実現している。

### (2) 階段用搬入機材“階段昇降機”

地下階や建物内部への搬入においては、エレベーターの使用も考えられるが、質量や大きさの制限があり、電源設備機器のような大型の重量物の搬入には利用できないのが通常である。

一般的には、建屋内駐車場への車路や廊下を利用するが、搬入ルート途中には階段がある場合が多い。階段部を通過するには大掛かりな仮設の揚重設備を設ける必要があり、時間と費用がかかっていた。

当部では、階段部の搬入作業を安全かつ短時間でを行うために、図2に示すような“階段昇降機”(最大荷重：0.5トン)を開発し重量物の搬入に使用している。

### 3.2 据付け・組立工法

建物内での作業では、騒音や振動はもちろんのこと排気ガスを発生するなど、建物の環境を悪化させるような機材



図1. ニュートンバランサー使用状況



図2. 階段昇降機使用状況

を使用することはできない。

このような制約条件下で安全に作業を進めるには、条件に適応した工法の開発、機材の選定が重要な要素となる。

当部では、工法改善・開発を行うとともに、制約条件に適応した機材を使用することにより、種々の条件を満たす施工を実現している。ここでは、数ある工法機材のうち、組立用機材の“電動クレーン”と“トンボクレーン”及びアンカー打設機材の“楽々ドリル”“楽々ハンマー”“楽々チェッカー”について紹介する。

#### (1) 電動クレーン

従来、室内では天井面にチェーンブロックを取り付けるか又は仮設やぐらを組んで電源設備の組立作業を行っており、そのやぐらを組み立てるにも仮設足場が必要であった。

図3に示すような低騒音で排ガスを発生させない“電動クレーン”を使用することにより、仮設足場が不要になり作業性が飛躍的に向上した。

#### (2) トンボクレーン

“電動クレーン”を設置できない狭い場所での組立作業には、図4に示すような“トンボクレーン”を使用して作業効率の向上を図っている。

このトンボクレーンを使用するには、変圧器等の機器にあらかじめトンボクレーン設置用の取付け座を設けておくことが必要である。

そのためには、緻密な現場調査を行い機器製作部門と連携をとり変圧器等の機器設計に反映させている。

#### (3) あと施工アンカー機材

新築工事では設備据付用インサートや基礎ボルトをあらかじめ設定することは可能であるが、リニューアル工事では既存の床面などにあと施工アンカーを打ち込む必要がある。



図3. 電動クレーン使用状況



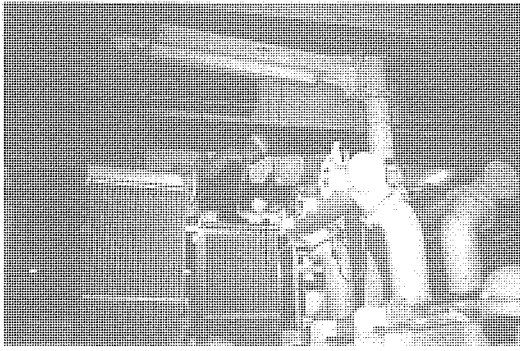


図4. トンボクレーン使用状況

(a) アンカー穴あけ装置“楽々ドリル”

ドリルのような騒音や振動を発生させる機材の使用はビル及び交通施設利用者の少ない夜間に作業を行うことが多く、費用や作業健康面から夜間作業の削減が一つの課題であった。

図5に示す“楽々ドリル”は、当部が開発した半自動の穴あけ装置である。熟練を要する穴あけ作業を半自動化することにより、だれでも容易に穴あけ作業ができ、作業効率の大幅向上が図られ、夜間作業時間の短縮が可能となった。

(b) アンカー打設装置“楽々ハンマー”

あと施工アンカーを打ち込むには従来はハンマーを使用していたが、騒音や振動はもちろんのこと、作業員にも負担がかかっていた。

図6に示す当部で開発した“楽々ハンマー”は、油圧でアンカーを押し込む方式を採用しているため、無振動・無騒音での施工が可能である。

特に天井面などに打ち込む場合、作業員は変則的な姿勢を強いられていたが、楽な姿勢で作業ができるようになった。

(c) 打ち込みアンカー強度確認装置“楽々チェッカー”

従来、打ち込んだアンカー強度を確認するには、大掛かりな装置が必要なことから、時間と費用がかかっていた。

当部で開発した図7に示す“楽々チェッカー”は、前述した楽々ハンマーの逆の発想から生まれた油圧を利用したコンパクトな引抜き強度確認装置である。狭い場所でも簡単に短時間でアンカー引抜き強度が確認できるようになった。

(注) “ニュートンバランサー” “楽々ドリル” “楽々ハンマー” “楽々チェッカー”は、当社の登録商標である。

#### 4. む す び

建設後年月を経た電気設備の老朽化、高度情報設備の発達による既存電源容量の不足から、電源設備のリニューアル

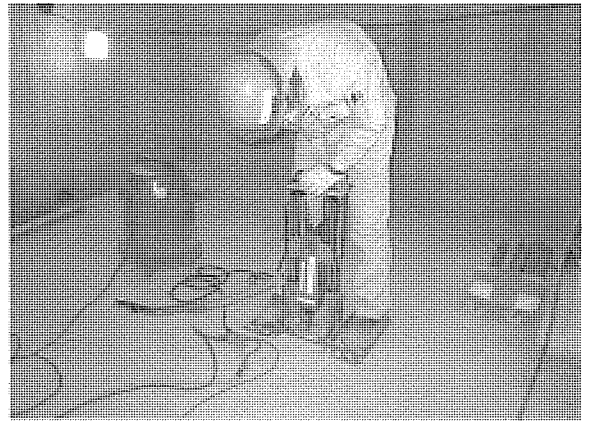


図5. 楽々ドリル使用状況

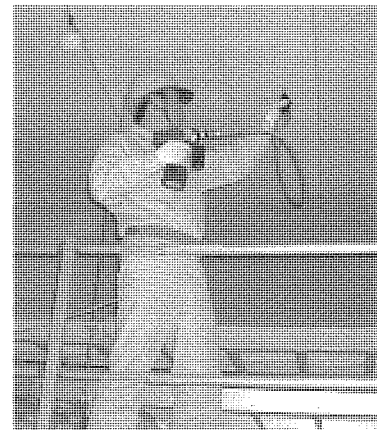


図6. 楽々ハンマー使用状況

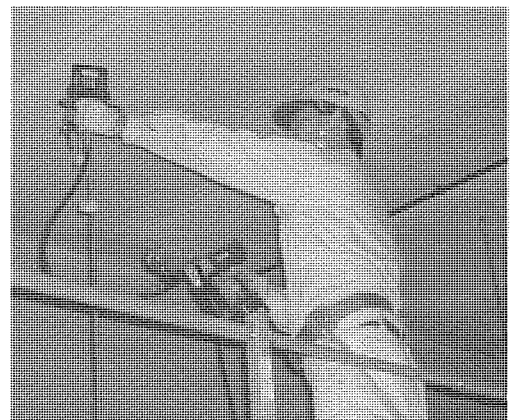


図7. 楽々チェッカー使用状況

ル工事は増加する状況である。

当部では、照明工事から原子力プラントまでの豊富な経験と技術力を生かし、その作業条件に適応した安全で高品質な施工を実現するために、今後とも工法改善を継続的に推進していく所存である。



# 機械室レスエレベーターの据付工法

夏目 隆\*

## 要 旨

機械室レスエレベーターは、従来機械室内にあった巻上機や制御盤を昇降路の中に納め、機械室を不要とした省スペース形のエレベーターである。

機械室レス化や省スペース化は、エレベーターの据付工事にとって足場の確保や狭窄(きょうさく)した作業空間での安全性について多くの課題を提示した。

機械室レスエレベーターの据付工事は、上記の課題を解決し、製品の持つ特長を損なうことなく、安全に短い工期で据え付けることが要求された。

機械室レスエレベーターの据付工法の主な特長を以下に述べる。

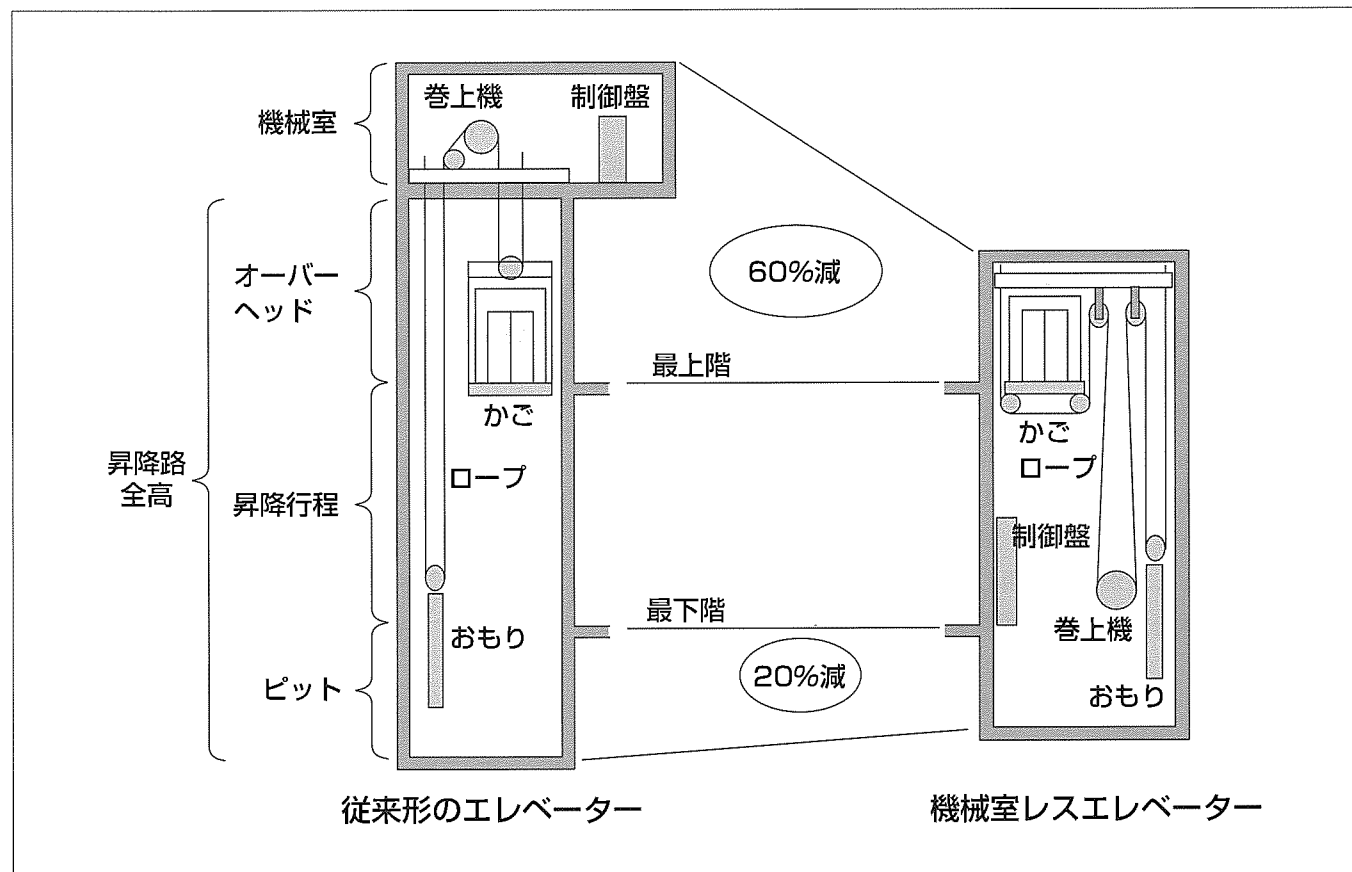
(1) 据付工法は、据付時の安全性、工期、据付コストを勘案し、エレベーター機器を据付時の移動作業床として多用できる足場なし工法を採用した。

(2) 機器の昇降路内揚重や搬入に用いる揚重機の仮設は、エレベーターの最上階乗り場から簡単に着脱ができる組立式の仮設足場を用いてできるようにした。

(3) 昇降路頂部付近に設置するエレベーターロープの綱止め、返し車等は、昇降路頂部に仮設した揚重ビームと専用吊具(つりぐ)の組合わせで仮設保持ができるようにした。

(4) エレベーターの水平方向位置の基準となる乗り場敷居前端やかご・おもりレールの設置位置は、昇降路頂部の狭い場所でも組立て可能な位置出しゲージを用いて決められるようにした。

(5) 移動作業床と昇降路頂部、又はピット底部の間でできる作業空間の安全距離確保は、移動作業床の行き過ぎ防止を仮設スイッチとカムからなる第1阻止手段と、ピットに仮設したストッパによる第2阻止手段の二重系で行った。



## エレベーターの構造比較

従来形のエレベーターは、昇降路直上に機械室があり、機械室内には巻上機と制御盤が設置される。機械室レスエレベーターは、巻上機と制御盤を昇降路内に設置し、昇降路内機器も小型化を図り、オーバーヘッド寸法やピット寸法も従来形のエレベーターに比べ縮小した省スペース形のエレベーターである。

## 1. ま え が き

昇降機の中でエレベーターは、工場で作られた2千点に及ぶ機器や部品を建物に取り付けて初めて高い品質と性能が提供できる製品である。

従来、エレベーターの据付工事は、昇降路の直上に機械室がある前提下で、限られた期限内に安全にかつ製品の品質と性能が最大限に引き出せる工法を目指して技術の蓄積がなされてきた。

しかし、近年、昇降路直上の機械室をなくした機械室レスエレベーターは、建築設計の制約を軽減したことや省スペース化がもたらす社会的効果から急速に普及しており、エレベーターの据付工事においても、機械室レスを前提とした新たな据付工法の導入を行った。

本稿では、機械室レスエレベーターの据付工事における工法と治工具の開発及び安全対策について述べる。

## 2. 従来形エレベーターの据付工法

エレベーターの据付工法の工程は、大きく分類すると、着工・安全対策・機器搬入・揚重・機器取付け・調整・検査に分けられる。

機械室がある従来の標準形エレベーター(以下“従来形エレベーター”という。)は、着工・安全対策・機器搬入が完了した時点で、機械室に揚重機を仮設し、巻上機や制御盤等を昇降路から機械室内に揚重する。昇降路内機器の据付けは、機械室床面から乗り場敷居前端とかご・おもりレールの設置位置を決めるピアノ線を垂下し、ピアノ線を基準にピット内機器の取付け、かご・おもりのレール立て、かご周り組立て、おもり組立て、乗り場ドア装置の取付け、昇降路内配線の順番で行う。

三菱電機は、1973年に、昇降路内に足場を仮設することなく昇降路内の据付作業ができる足場なし工法(以下“WOS(With-Without Scaffolding)工法”という。)を開発し、従来形エレベーターの据付工事への普及を図ってきた。WOS工法は、エレベーターの巻上機・制御盤・エレベーターロープを駆動源とし、かごを利用した移動作業床を昇降させ、移動作業床から昇降路内機器を取り付ける工法である。

WOS工法は、昇降路内足場の仮設・解体時間の削減や上下移動時間の短縮から、高さ20m程度の中層ビルでは昇降路内に足場を仮設する工法(以下“足場工法”という。)に比べ約15%の工期短縮を図ることができる。

また、WOS工法は、移動作業床に乗って昇降路内の上下移動が可能ことや、移動作業床から昇降路内機器の取付作業が行えるため、足場工法に比べ安全性が高い利点がある。

## 3. 機械室レスエレベーター据付けの課題

### 3.1 機械室レスと従来形のエレベーターの構造比較

機械室レスエレベーターは、図1に示すように、機械室内にあった巻上機や制御盤を昇降路の中に納め、機械室を不要とした省スペース形のエレベーターである。

機械室レスエレベーターと従来形エレベーターの構造を比較すると、WOS工法に影響を及ぼす以下の相違がある。

(1) 巻上機と制御盤は、従来形エレベーターでは機械室内に設置されるが、機械室レスエレベーターでは昇降路内の最下部付近に設置される。

(2) かご・おもりの吊り荷重を従来形エレベーターは機械室の床梁(はり)で受けているが、機械室レスエレベーターはピット底部から立設したかご・おもりレールで受ける。

(3) エレベーターロープ端末の固定は、従来形エレベーターでは機械室内の綱止め梁又はかご・おもりの上部枠で行っているが、機械室レスエレベーターはレールの最上部に固定した綱止め梁で行っている。

(4) かごと昇降路頂部の隙間(すきま)は、機械室レスエレベーターの方が、従来形エレベーターに比べかご上機器の収納が不要になったため小さくなっている。

### 3.2 据付工法の課題

機械室レスエレベーターにWOS工法を導入するためには、以下の課題がある。

#### (1) 機械室レス化による課題

従来形エレベーターのWOS工法は、揚重装置の取付けや移動作業床の吊り荷重の支持が機械室内から行えることを前提としている。機械室レス化で前提条件を満足させるためには、以下の課題を解決しなければならない。

(a) 昇降路頂部で揚重装置及び移動作業床の吊り荷重が支持できる方法を確立すること。

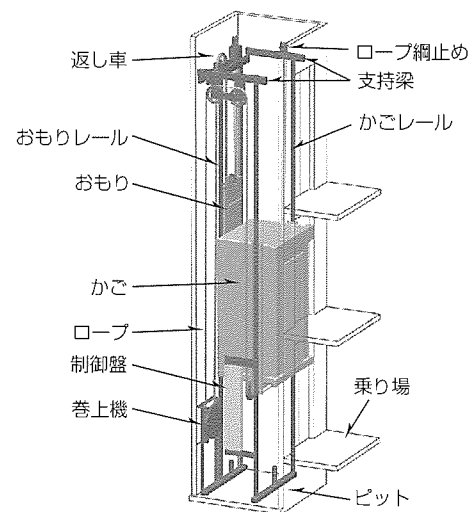


図1. 機械室レスエレベーターの概要

(b) 荷重支持位置は、昇降路頂部まで機器を揚重したり移動作業床を最上階付近まで上昇させるため、昇降路内の高い位置に設定する方法を確立すること。

(c) 荷重支持部材を仮設するためには、作業員が簡単に昇降路上部にアクセスできる手段を確立すること。

(2) 省スペース化による課題

昇降路頂部やピット部の省スペース化は、狭い場所での作業効率の低下や安全性の減少が懸念される。狭い場所での作業性改善や安全確保のため、以下の課題を解決する必要がある。

(a) 昇降路頂部の狭い空間に乗り場敷居前端、かご・おもりレールの設置位置を決めるピアノ線の垂下が簡単で正確にできる方法を確立すること。

(b) 移動作業床上からの機器取付作業やピット内での巻上機・制御盤の調整作業を行う場合の安全な作業空間を確保すること。

4. 機械室レスエレベーターのWOS工法開発

4.1 WOS工法の基本仕様

機械室レスエレベーターのWOS工法の基本仕様は以下とした。

- (1) 対応能力：積載質量1,000kgまでの標準形エレベーターに対応が可能なこと。
- (2) 適用昇降行程：従来形エレベーターのWOS工法範囲が包括できる最大35mの垂直移動が可能なこと。
- (3) 速度：上下移動効率と安全性から15m/minとする。
- (4) 移動作業床の許容積載質量：作業員2名と工具、機材の質量から勘案して最大250kgとする。
- (5) エレベーター本設機器の利用品目：
  - 駆動部機能……巻上機、制御盤、返し車、ロープ
  - 移動作業床機能……かご、おもり、ガイドレール
  - 安全装置機能……非常止め、調速機、緩衝器

4.2 治工具の開発

(1) 仮設足場

作業員が昇降路頂部にアクセスするために、図2に示すような昇降路内に仮設可能な足場を開発した。

この仮設足場は、労働安全衛生規則第572条の規定に準じた足場である。使用材料は、組立て・解体の取扱性及び材料の入手性を考慮し、建築資材の単管パイプ、クランプ、足場板で構成した。設置場所は、昇降路頂部の揚重装置や返し車、ロープ綱止め、支持梁の仮設作業が可能のように、エレベーターの最上階乗り場開口部とし、乗り場開口部の外から組立作業ができる構造である。斜材と前柱は、乗り場開口部高さや昇降路寸法が変化しても対応が可能なように伸縮自在な構造とした。

図3は、機械室レスエレベーターの最上階乗り場開口部に仮設足場を取り付けた状態を示すWOS工法の概念図で

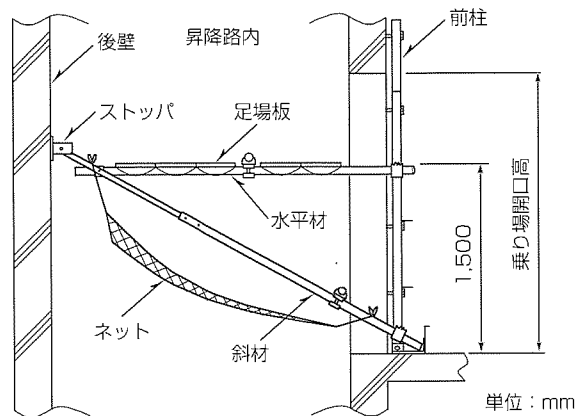


図2. 仮設足場

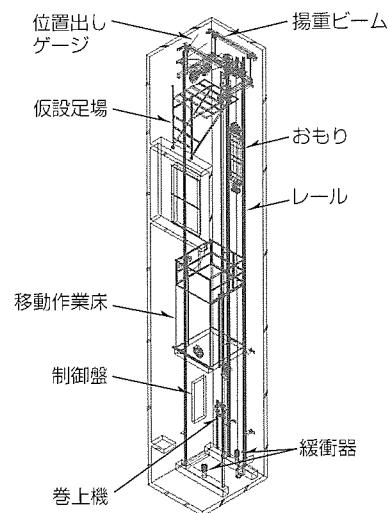


図3. WOS工法の概念

ある。

(2) 揚重装置取付治具

返し車、ロープ綱止め、支持梁などの昇降路頂部機器の揚重は、図4に示すような揚重装置取付治具を開発し、昇降路頂部まで機器の揚重を可能にした。

揚重装置取付治具は、断面がH形状の揚重ビームとH形ビームのフランジ部を両側から挟み込む2枚の係合金具で構成している。揚重装置取付治具の仮設は、仮設足場から昇降路頂部付近の建築側壁に揚重ビームをアンカーボルトで固定し、揚重ビームに2枚の係合金具を嵌合(かんごう)させながらボルト結合すれば仮設が完了するよう組立作業の容易化を図った。

また、移動作業床の吊り荷重は、この揚重装置取付治具に返し車、ロープ綱止め、支持梁の仮設固定ができるようにし支持した。

(3) 位置出しゲージ

乗り場敷居前端、かご・おもりレールの設置位置は、図5に示す組立式の位置出しゲージを昇降路頂部に仮設し、位置出しゲージから垂下したピアノ線を基準に位置決めが

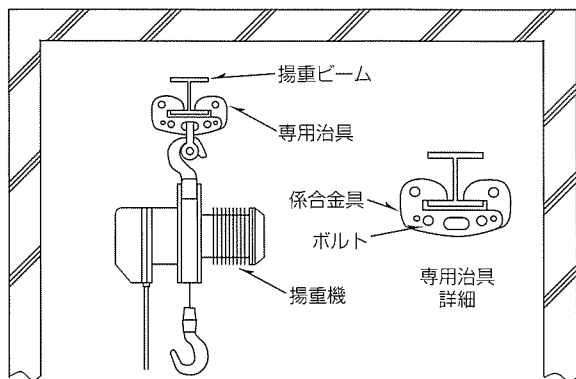


図4. 揚重装置治具の使用状態

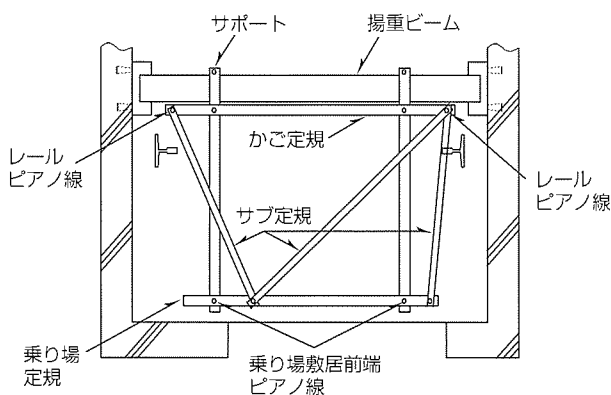


図5. 位置出しゲージの組立て状態

できるようにした。

位置出しゲージは、乗り場定規、かご定規と3本のサブ定規からなり、揚重ビームの上部に取り付けたサポート上で組立て可能な機能を持たせた。乗り場敷居前端、かご・おもりレールの関係位置は各定規にあけた穴にボルトを通して組み立てると±0.5mmの精度で各関係位置が出るようにし、組立作業の容易化を図った。

### 4.3 安全対策

従来形エレベーターのWOS工法は、エレベーターの調速機、非常止め、緩衝器を使用し、移動作業床の昇降時にエレベーターと同等の安全が確保できる。

機械室レスエレベーターのWOS工法では、従来形エレベーターのWOS工法の安全対策以外に、移動作業床と昇降路頂部及びピットとの間の作業空間を確保するため二重系の安全機能を追加した。

第1の機能は、昇降路頂部とピット部に据付治具としてカムとスイッチで構成される行き過ぎ防止装置を設け、移動作業床の行き過ぎを阻止できるようにした。

第2の機能は、第1機能のバックアップとして、図6に示すように、据付作業時のみストッパをかご・おもりの緩衝器上部に取り付け、移動作業床が停止位置を過ぎても移動作業床と昇降路頂部及びピット部の安全空間が確保できるようにした。

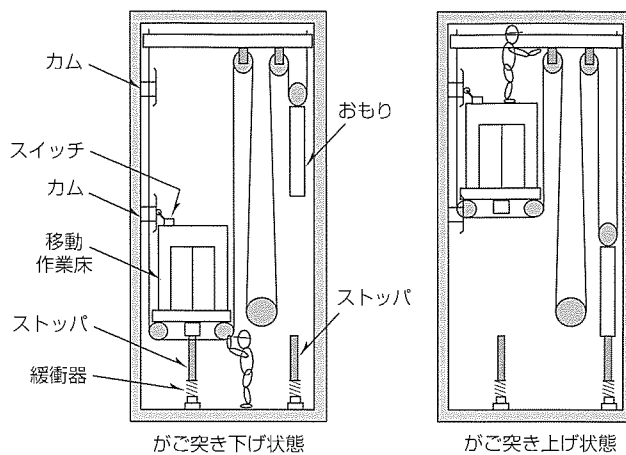


図6. ピット部と昇降路頂部の作業空間

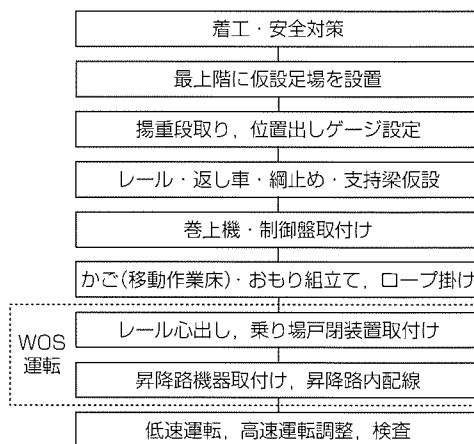


図7. WOS工法の作業フロー

### 4.4 機械室レスエレベーターのWOS工法の作業フロー

機械室レスエレベーターは、このWOS工法の開発により、図7の作業フローに示す作業工程で据付作業が可能となった。機械室レスエレベーターのWOS工法は、工期と安全性を従来形のエレベーターと同等にすることができた。

## 5. むすび

機械室レスエレベーターは、省スペース化がもたらす社会的効果が大きいことから、更に需要が拡大するものと考えられる。

今後は、今回開発したWOS工法の普及と充実を図るとともに、より安全に短工期で据付作業ができるよう新たな開発に取り組む所存である。

### 参考文献

- (1) 林 美克, ほか: 三菱新機械室レスエレベーター“ELEPAQ-i”, 三菱電機技報, 75, No.12, 766~771 (2001)

# ペルセウスシールドの施工

金本貴志\*  
瀬戸信二\*  
加藤栄二郎\*

## 要旨

現代情報化社会における脅威として、人知れず情報を奪う目的の電磁波盗聴と情報破壊を目的とした電磁波攻撃が問題となっている。

前者は既に欧米では実施されている“盗聴という脅威”に対する“テンペスト<sup>(注1)</sup>対策”であり、後者は“電波発射という脅威”に対する“イミュニティ<sup>(注2)</sup>対策”である。

三菱電機は、このような電磁波盗聴及び電磁波攻撃を防御する情報セキュリティシステムとして、三菱電磁シールドシステム“ペルセウスシールド(商標登録済み)”を構築した。

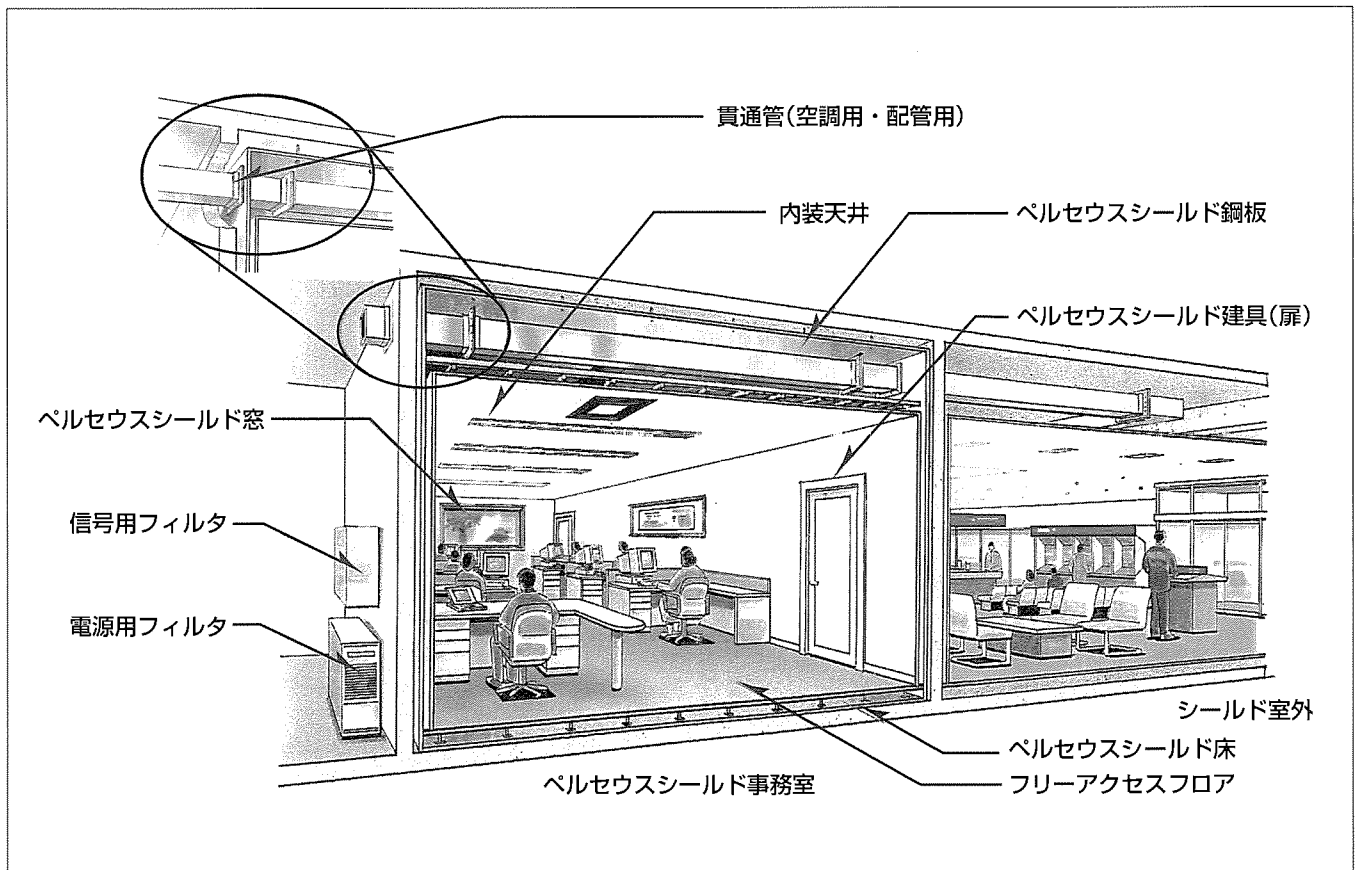
ペルセウスシールドは、的確な脅威の想定による最適な防御システムを設計構築し、かつ当社技術による設計・施

工、性能評価と性能保証のできる一括請負責任施工であることを特長としている。

その特長は、ペルセウスシールド対象オフィスの立地条件を調査し、電磁波盗聴及び電磁波攻撃の脅威の接近を想定した適切な電磁シールド性能(例：周波数範囲100kHz～2GHzで40～100dB)の設定をし、さらに、そのオフィスが居室であることを前提に、性能に応じた居住性・利便性をコンセプトとしたシールドシステム構成と施工方法(新築、リフォームとも可)を提案し、提供することである。

(注1) テンペスト(TEMPEST)：電磁波漏洩(ろうえい)に伴う情報漏洩防止

(注2) イミュニティ(Immunity)：電磁波侵入に対する誤動作耐力



## ペルセウスシールドの概要

ペルセウスシールド事務室は、通常の事務・執務の部屋としての居住性と防護性能を両立させる。情報セキュリティ担当者は安心して、オフィス員は対策を意識することなく、情報とコンピュータを保護できる。

## 1. ま え が き

当社は、電磁波盗聴と電磁波攻撃を防御することを目的とした電磁シールドシステム“ペルセウスシールド”を構築し、これまで種々のシールド施工を行ってきた。また、システム技術・設計技術などの開発を進め、キーコンポーネント及び施工技術の自社開発、性能評価測定法の改善を行ってきた。

本稿では、まず電磁波盗聴と電磁波攻撃に関する脅威の定量的見積り例を示す。次に、ペルセウスシールドの施工概要及び施工技術のうち、施工標準化、曲り導波管と電波吸収体の組合せによって電磁波減衰効果を持つ“ラビリンスシールド通路”，シールド施工後の運用時に常時シールド性能を監視する“シールド性能モニタ”，及びシールド施工後のシールド性能測定を改善した“シールド性能自動測定システム”について述べる。

## 2. 脅威の定量的見積り

### 2.1 電磁波盗聴の脅威

電磁波盗聴の脅威を定量的に推定するために、事務所などで使用されているパソコンと脅威との関係において、その情報がどの程度の距離で受信(盗聴)可能であるかを試算してみる。

この試算では、計算の前提となる若干の諸特性についての仮定が必要である。これらは各種環境によって相違するものであるが、概略として以下の値を仮定する。

- (1) パソコンの放射雑音電界強度：VCCI限度値(クラスAは工場・事務所用の機器)(表1)
- (2) 近距離の電波減衰特性(伝搬路は自由空間とする)  
：  $1/(\text{距離})^2$
- (3) 空中線の利得(対数周期空中線とする)：6 dB
- (4) 受信機の感度(雑音指数)：3 dB
- (5) 盗聴者の所要C/N比(信号対雑音比)：20dB

以上の仮定から、盗聴可能距離は、200MHz付近では約82m、400MHz付近では約88mとなる。

### 2.2 電磁波攻撃の脅威

電磁波攻撃の脅威を定量的に推定するために、妨害器材と脅威の接近距離などを仮定し、必要なシールド性能について試算してみる。

妨害器材(送信機及び空中線)は車載用器材(車載用電源

で駆動)とする。

- (1) 車載用電源：最大1kW(車載用電池、及びエンジン付き発電機など)
- (2) 送信機の効率：20%
- (3) 送信デューティ：1/1,000
- (4) 空中線利得：20dB
- (5) 脅威の接近距離：10m

以上の仮定から、10mの距離における電界強度は、 $E=2,818\text{V/m}$ となる。

放射イミュニティの許容限度を3V/mとすると、約60dBの電磁シールドが必要となる。

## 3. ペルセウスシールドの施工概要

ペルセウスシールド施工における業務の概要を以下に述べる。

### 3.1 調査・企画

- (1) 建屋立地条件、位置確認
- (2) 電磁シールド区画の調査
- (3) 電磁波盗聴、電磁波攻撃に関する脅威の想定
- (4) テンペスト対策、イミュニティ対策の企画作成
- (5) 居住空間内外の動線検討・設定
- (6) 電磁シールド仕様と与条件の設定

改修方法、期間の検討、立案(リフォームの場合)

### 3.2 システム設計

- (1) テンペスト対策、イミュニティ対策の要求設定
- (2) 適切な周波数範囲及びシールド性能の設定
- (3) 居住性に関する仕様設定
- (4) 開口部、建具、電磁シールド区画工法などの設定
- (5) 建築、機械設備、電気設備とのインタフェース設計
- (6) 工事期間など打合せ

### 3.3 実施設計

- (1) 電磁シールド設計仕様設定
- (2) 開口部、建具、通路設計
- (3) 内装・取合部設計
- (4) 建築、機械設備、電気設備とのインタフェース詳細設計
- (5) 主要コンポーネントの製作・調達(シールド扉、電源/信号線用フィルタなど)

### 3.4 現地施工

- (1) 仮設工事
- (2) シールド貼(はり)工事
- (3) シールド扉工事
- (4) 機械設備シールド工事(空間ダクト配管など)
- (5) 電気設備シールド工事(電源/信号線用フィルタなど)
- (6) 中間評価測定(シールド工事完了時)
- (7) 完成評価測定(建築工事完了時)
- (8) 竣工(しゅんこう)検査/引渡し

表1. 情報技術装置の放射雑音電界強度の限度値

分類	周波数(MHz)	限度値(dB $\mu\text{V/m}$ )	
		30m	10m
クラスA	30~230	30	40
	230~1,000	37	47
クラスB	30~230	-	30
	230~1,000	-	37



## 4. 施工技術

### 4.1 施工標準化

これまでの施工実績と開発成果を踏まえて、要求性能のレベル(40dB, 60dB, 80dB, 100dB)に応じた施工工法、及び主要コンポーネントの標準化を完成した。

現地施工においては、リフォームの場合を除いて、建築工事、建築設備工事(機械、電気)と相互に綿密な工程設定を必要とするケースが多く、各インタフェースの標準化、システムのユニット化等によって現地作業をできるだけ簡略化することがQCD管理の点で極めて重要である。

### 4.2 ラビリンスシールド通路

#### 4.2.1 概要

ラビリンスシールド通路は、扉の閉塞(へいそく)によるシールド性能に期待しないシールド通路であり、開口のままでありながら、電波を漏洩させない性能を持つものである。ラビリンスシールド通路は、シールド性能に関しては通路そのものがシールド性能を持っており、扉におけるシールド性能に依存しない。

#### 4.2.2 減衰の原理

ラビリンスシールド通路は損失の大きい導波管である。この導波管は、通路方向に関して人の通行の自由度を持ちながら電磁波を減衰させるもので、次の作用を利用するものである。

- (1) 導波管カットオフ周波数以下(通路高を $H=2.5\text{m}$ とすると約60MHz以下)では、電磁波が通過しにくいので、減衰を与えることができる。
- (2) 導波管カットオフ周波数を超える周波数では、内面に配置した電波吸収体に対する多重反射作用で電磁波を減衰させる。

#### 4.2.3 構造例

ラビリンスシールド通路の構造例を図1に示す。シールド鋼板で“導波管”を構成し、シールド鋼板の上にフェライトタイルなどの電波吸収体を配置し、その上に内装仕上材を設置する。

#### 4.2.4 施工技術のポイント

ラビリンスシールド通路は損失の大きい導波管の設計である。この開発に当たって、導波管の伝搬ロスを計算するシミュレーションプログラムを改良し、通路の曲り回数の設定、電波吸収体の配置及び内装材の選定などのパラメータ設計に利用した。このプログラムの使用により、所定の周波数範囲において10dB以内の誤差でシミュレーションが可能となった。

また、ラビリンスシールド通路は、消防法など建築関連法規も含めた検討も重要な要素となる。

ラビリンスシールド通路は100dB以上のものも実現可能であり、更に低い要求性能であれば、省スペース設計とす

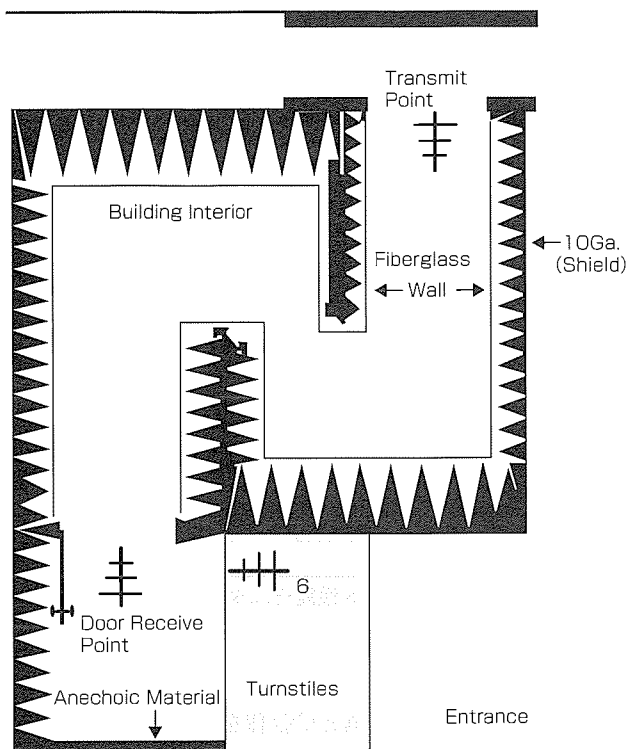


図1. ラビリンスシールド通路の構造例(平面図)

ることも可能である。

### 4.3 シールド性能モニタ

#### 4.3.1 開発の背景

ペルセウスシールドは、その目的から24時間、365日の性能維持が要求される。そのためには原則として定期的に人によるシールド性能測定を実施することが必要であるが、このシールド性能モニタの使用によって自動監視が可能となり、大幅なランニングコストの低減につながるものである。

#### 4.3.2 概要

電磁シールド区画の内外にそれぞれ送信機と受信機を設置し、両アンテナ間の結合を監視することによって電磁シールド性能を連続的に監視することができる。万一、シールド性能の劣化が見られた場合はアラームを発生し、システム全体の予防保全に活用できる。

#### 4.3.3 構成

シールド性能モニタの構成例を図2に示す。

### 4.4 シールド性能自動測定システム

#### 4.4.1 開発の背景

シールド性能測定は、シールド施工後の中間評価測定と建築内装工事後の完成評価測定の2回にわたり実施することが望ましい。また、この種の目的で施工されたシールド室の完成評価測定は複数箇所により念入りに実施する必要がある、大規模なシールド室における測定ポイント数は膨大になる。

この自動測定システムは、測定時間短縮による工期短縮とコストの低減を目的とした。

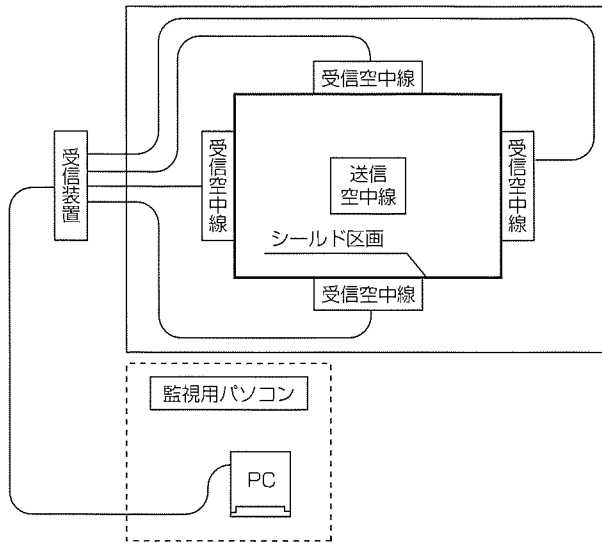


図2. シールド性能モニタの構成例

#### 4.4.2 概要

シールド室内外の送信側と受信側を光貫通管を通じて光ファイバを用いてそれぞれの専用パソコン及び測定機器をデジタル信号で接続し、自動測定システムを構築した。このシステムの機能・特長は次のとおりである。

- (1) 専用パソコンによって送信側と受信側で文字又は音声による通信ができる。
- (2) 送信機と受信機の周波数の設定、測定値の記録などの一連の操作を自動化できる。

このため、アンテナ種類と位置の変更、偏波面の切換え以外に操作が不要となった。

## 5. むすび

社会システムのすべてが大なり小なり電算機システムに組み込まれている現代社会では、電算機依存による便益とは裏腹に大きなリスクを背負っている。

この稿で取り上げた事項は、電算機システム固有の電磁的性質である①“無意識的な電磁波放出に伴う情報漏洩”と、②“強電界電磁波照射による誤動作と破壊”に対するリスクである。これらのリスクは原理的には決して新規なものではないが、このリスクは高速化・省電力化という電算機進歩とともに増大傾向を示すものである。

当社は、今後も電磁波技術を応用した対処策の開発を進め、顧客に対する期待にこたえたいと考えている。

## 参考文献

- (1) 瀬戸信二，ほか：OA機器からの電磁波漏出に伴う情報漏洩について，平成11年度CSEC研究発表会 第5回（1999）
- (2) 瀬戸信二：情報処理装置からの電磁波漏出にともなう情報漏洩の防止対策，防衛技術ジャーナル，6（1995-6）
- (3) 瀬戸信二：建築設備における情報セキュリティと電磁波対策，建築設備（1998-10）
- (4) Robinson, C., et al.: Satisfying NSA 65-6 Shielding Requirements without Shielded Doors, ITEM, 198～208, 396～398（1989）

# 大型光学赤外線望遠鏡“すばる”の建設

本多博一\*  
大山 巧\*

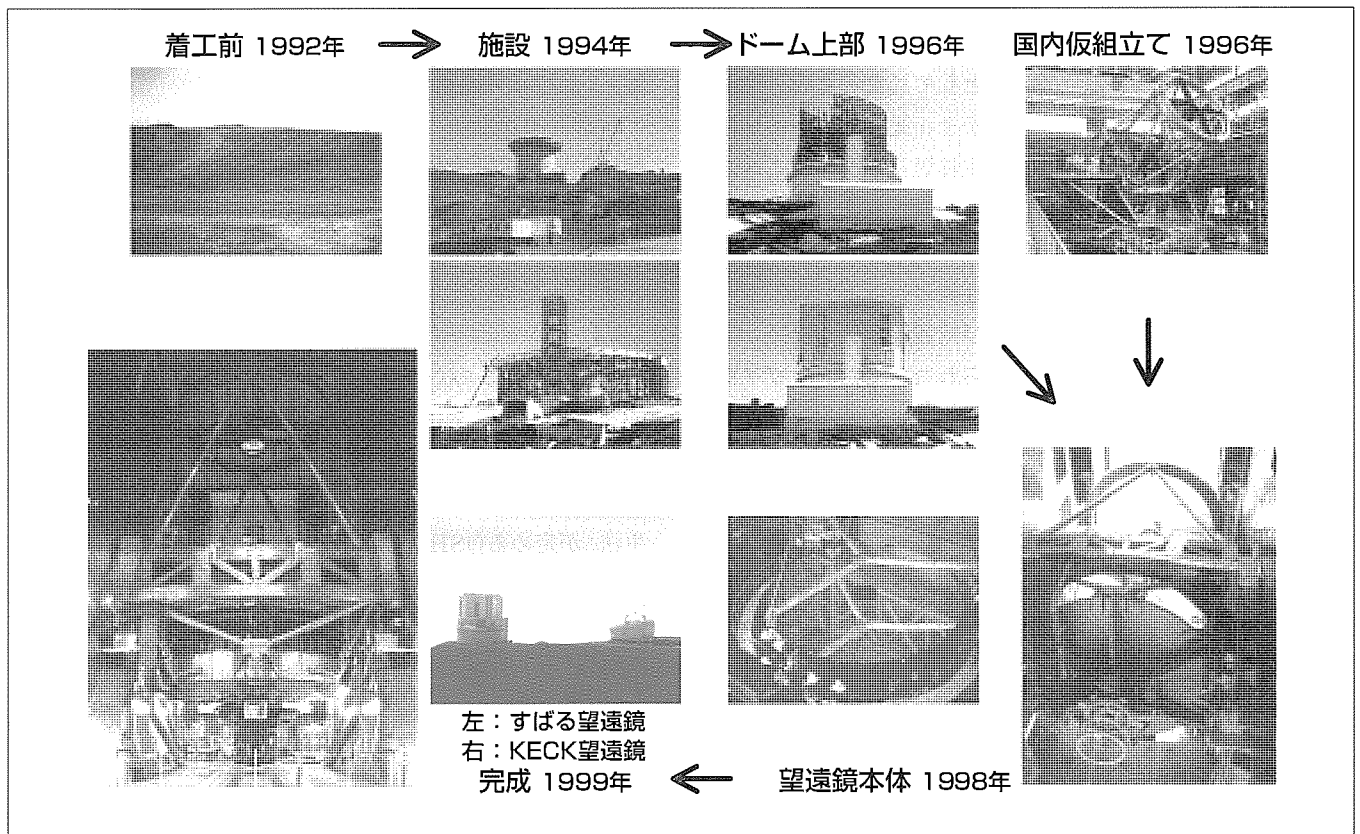
## 要 旨

国立天文台が米国ハワイ島マウナケア山頂付近(標高4,200m)に建設したすばる望遠鏡は、一枚鏡として世界最大の有効口径(8.2m)を持つ大型光学赤外線望遠鏡である。建設は1992年に開始され、施設・ドーム上部・国内仮組立て・望遠鏡本体の順で'99年に完成された。

地上望遠鏡として世界最高の総合分解能を実現するため、培ってきた大型電波アンテナ・光学望遠鏡の技術とノウハウを集約させるとともに、新技術の導入・開発に積極的に取り組んだ。その中で、建設においても、プラント建設技術のみならず、設計・製造・法律・海外サブコンの起用など総合的な取り組みが展開された。

開発・製造から土木建築工事・据付け・精密調整までのシステムソリューションによって完遂したすばる望遠鏡の建設における取り組みとして、下記の総合的な取り組みが展開された。

- (1) 作業環境や使用機器等の安全については、職業安全衛生法(OSHA)に従った。
- (2) マウナケア山頂(0.6気圧)における作業のため、高山病の対策を盛り込んだ安全対策を実施した。
- (3) ドーム下部の厳しい固有振動数の要求、ピアに埋設するレール固定用アンカーボルトの高精度の設定、レール設置時の困難な精度調整等をすべてクリアした。
- (4) 望遠鏡本体設計段階では、組立工法の検討を重ね、望遠鏡本体組立手順の確立と簡易化を図り、据付けで実証した。
- (5) 望遠鏡本体据付け時は、国内仮組立て時に達成した形状精度を位置決めピンで再現させ、作業効率を上げ、ひずみのない構造を実現した。
- (6) 主鏡は、搬入から望遠鏡本体への取付けまで、落下物や接触等による損傷から厳重に保護して無事望遠鏡本体に取り付けられた。



## すばる望遠鏡建設の推移

すばる望遠鏡は、施設・ドーム上部・望遠鏡本体の順に米国ハワイ島マウナケア山頂に建設された。

望遠鏡本体は高さ約22m、重さ約550トンの鋼構造で、そのうち主鏡は有効口径8.2m、厚さ20cm、重さ約23トンの超低膨張ガラス製である。

## 1. ま え が き

すばる望遠鏡は、国立天文台が米国ハワイ島マウナケア山の頂上付近(標高4,200m)に建設した有効口径8.2m一枚鏡を持つ光学赤外線望遠鏡である。三菱電機が総力を結集して作り上げた主要構成部である望遠鏡本体・ドーム上部・施設は、総合分解能0.2秒角以下の性能を達成し、世界最高レベルの観測に貢献している<sup>(1)</sup>。

建設は、図1のように、1992年に開始し、施設・ドーム上部・国内仮組立て・望遠鏡本体の順で'99年に完成した。

本稿では、望遠鏡本体の開発製造だけではなく、土木建築工事・据付け・精密調整までのシステムソリューションによって完遂したすばる望遠鏡の建設について紹介する。

## 2. すばる望遠鏡建設の概要

### 2.1 建設への取り組み

当社通信機製作所は、これまで、宇宙・衛星通信システムの分野では直径30m超の電波アンテナを手掛けてきた。それら大型機械構造物は所定の鉄筋コンクリート基礎の上に据え付けられ、主として単体としての設計・製造・据付調整技術力によって所要性能が達成された。

一方、光学望遠鏡の分野では、口径1.6m規模の光学望遠鏡が最大の事例であった。

すばる望遠鏡では、地上望遠鏡として最高の総合分解能を実現するために、大型電波アンテナ・光学望遠鏡の技術とノウハウを集約するとともに、主鏡製造を始めあらゆる部分で新技術の導入・開発に積極的に取り組んだ。その結果、性能配分は、ハイテク技術の結晶である望遠鏡本体のみならず、望遠鏡本体の収納、望遠鏡との同期回転、シーイング制御を行うドーム上部、及び望遠鏡本体を支持する基礎部(ピア)を含む施設にも与えられた。また、ハワイ島という海外・高地の特殊事情への対応、8年の長期にわたる施工管理が必要であった。

建設を進めるに当たっては、プラント建設技術のみならず、設計・製造などの装置に直結した技術、法律・海外サブコンの起用などを推し進める体制等、3章で紹介する具体事例を含め総合的な取り組みが展開された。

### 2.2 主要構成部の特長

すばる望遠鏡全体の模式図を図2に示す。

	FY1991	FY1992	FY1993	FY1994	FY1995	FY1996	FY1997	FY1998	FY1999
主要工程	施設工事								
	ドーム上部据付け								
	国内仮組立て					望遠鏡本体据付け			

図1. すばる望遠鏡建設推移

### 2.2.1 望遠鏡本体

望遠鏡本体(高さ約22m、重さ約550トンの鋼構造)は、ドーム下部・ピア上に設置され、ダイレクトドライブ方式で方位軸回りに真南±約270°、高度軸回りに約90°回転する。四つの焦点を持ち、駆動機構・観測装置や関連する配線、冷却配管等を実装する。

### 2.2.2 ドーム上部

ドーム上部(高さ約32m、直径約40m、重さ約2,000トンの鉄骨造り)は、ドーム下部外周レール上に設置され、ACサーボモータによる車輪駆動で望遠鏡本体と同期回転する。また、シーイング制御・温度制御機器、観測目的によって交換する観測装置や副鏡等を収納する。

### 2.2.3 施設

施設は、ドーム下部と制御棟で構成される。

ドーム下部(高さ約12m、直径約40m)は、望遠鏡本体を支える鉄筋コンクリート造りピア、ドーム上部を支える鉄骨造りの外周部からなる。また、主鏡のアルミ蒸着面を定期的に再蒸着するための各種設備等<sup>(2)</sup>を収納する。

制御棟(3階建て・延べ面積約1,400㎡の鉄筋コンクリート造り・鉄骨造り)は、主要制御機器と計算機を収容し、観測者の活動拠点であるとともに、電源設備・排熱設備や換気・空調等の一般的な付帯設備を備えている。

## 3. 具体事例

### 3.1 ハワイでの施工

すばる望遠鏡をハワイで建設するため、現地の安全や設備に関する法規に準じる必要があった。このため、当社の施工管理・技術指導の下、土木・建築・機械構造・電気等の海外サブコンや現地コンサル会社を起用した。

また、施設・ドーム上部・望遠鏡本体の一部作業幅輦(ふくそう)により、一時は100名を超える大規模な作業現場であった。このため、安全管理に特に注意を払う必要があった。

米国における作業環境や使用機器等の安全については、OSHA(Occupational Safety and Health Act:職業安全衛生法)が定めるOSHA規則やハワイ州の法律に従った。救

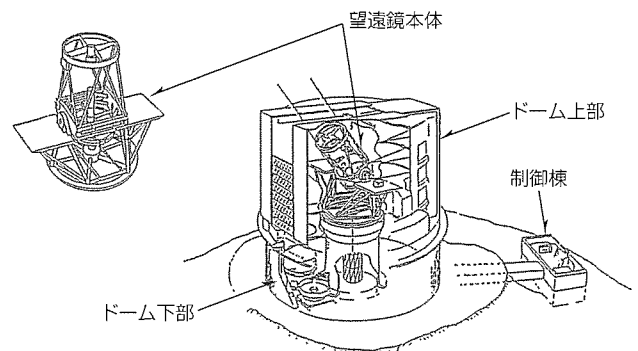


図2. すばる望遠鏡全体の模式図

急器具や避難路の確保等の作業環境整備のみならず、日常的な安全確認、危険物管理やMSDS(Material Safety Data Sheet)の準備、First aid教育など多岐にわたる対応を行った。

### 3.2 高地における作業の安全

マウナケア山頂(0.6気圧)での過酷な作業のため、以下のような高山病の対策を盛り込んだ。なお、高山病にかかった場合、激しい頭痛、呼吸・心拍の乱れに加え、症状がひどい場合は視覚障害や意識の不安定を引き起こす。

- (1) 高地医療の専門家によるトレーニング(呼吸法、行動原則、異常時の対処等)の実施
- (2) マウナケア山頂常設の非常用救護車の使用方法習得
- (3) 作業員・訪問者のための心得制定と指導
- (4) 加圧空気呼吸器・酸素呼吸器の常設

### 3.3 ドーム下部の固有振動数

望遠鏡駆動時の振動を抑えるため、望遠鏡本体、ピア及び地盤の連結系固有振動数4.3Hz以上、ピア及び基礎のみで6.5Hz以上が要求された。多孔質火山岩からなる地盤の剛性向上のための地盤改良、コンクリート体積を減らしかつ必要な剛性を持つピア形状の検討の結果、ドーム下部は図3のような形状となった<sup>(3)</sup>。なお、風の流れの解析により<sup>(4)</sup>、望遠鏡本体はピアによって地上約14mの高さに持ち上げる必要があった。

ピア工事完了時、地盤とピアの固有振動数の実測が行われた。起振機による強制加振を行い、目標を上回る結果を得た。

### 3.4 望遠鏡本体レールの精度出し

望遠鏡本体は、ピア上に設置したレール(直径約16m)上を静圧軸受方式で極めて“静かに”回転する。そのため、8分割レール(各7トン)を高い精度(最大高低差0.4mm以下、基準面からのずれ0.1mm以下、局所範囲・レール間段差0.01mm以下)で設置した。その結果、550トンの望遠鏡を2,3人で人力回転できるほどのスムーズな駆動を達成した。

#### 3.4.1 レール固定用アンカーボルト

ピアに埋設するアンカーボルト(M30, 480本)は、ボルト

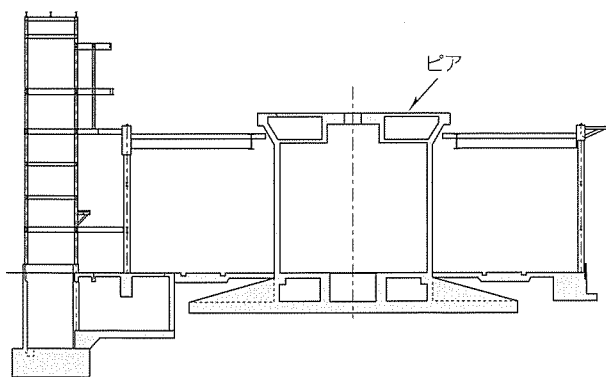


図3. ドーム下部の形状(立断面図)

中心の理論位置±1.5mmの設置精度が求められた。以下の対策の結果、すべてのボルトがレール側と合致した。

- (1) 微調整時の作業性と設置精度を考慮した最小メモリ0.5mm鋼尺の使用
- (2) 気温・ピアの打設済みコンクリート・鋼尺の温度モニタ及びコンクリートと鋼尺間の温度差補正
- (3) ボルトキャップの採用によるボルト中心の正確な特定

#### 3.4.2 レール設定精度調整

レールの高さ調整の際、温度変化で支持地盤が変動するため、条件を変えて測定・調整を繰り返し、平均値を仕様以下に合わせ込んだ。

国内仮組立て時は、作業場所が臨海エリアであったため、温度に加え潮の満ち引きでもレベルが変化した。繰り返し測定により、レール設定に約1か月を要した。

山頂における望遠鏡本体据付け時は、主たる変動要素は周囲温度であったが、高地・低温下の安全作業を優先したため、レール設定に約1か月を要した。

### 3.5 望遠鏡本体組立ての簡易化

#### 3.5.1 望遠鏡本体組立手順の確立・実証

望遠鏡本体設計段階では、据付け時の手順簡易化のために、ドーム上部・ドーム下部のスペースの制限、ドーム上部クレーン等重機の使用を前提とした構造とした。また、組立手順と機械調整手順を確立するために、システム設計・電気設計・機構設計・工作組立て・機械検査・据付けの各部門による組立工法検討を重ねた。特に重要な手順は国内仮組立ての段階で適用し実証した。

山頂での望遠鏡本体組立実証状況の例として、センターセクション(4分割・重さ約80トン)を床上約7mで治具を使用して組み立てた状況を図4に示す。

#### 3.5.2 鋼構造接合部

20m超の三次元構造体である望遠鏡本体の構造部材の接

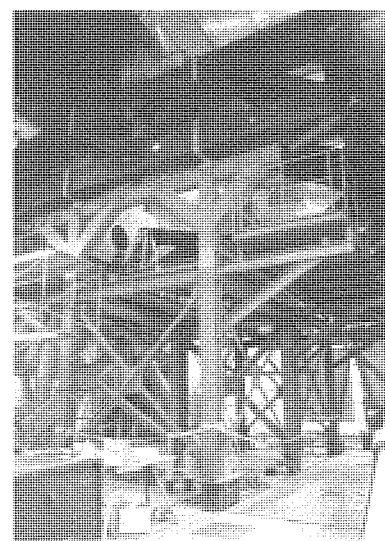


図4. 望遠鏡本体組立て状況

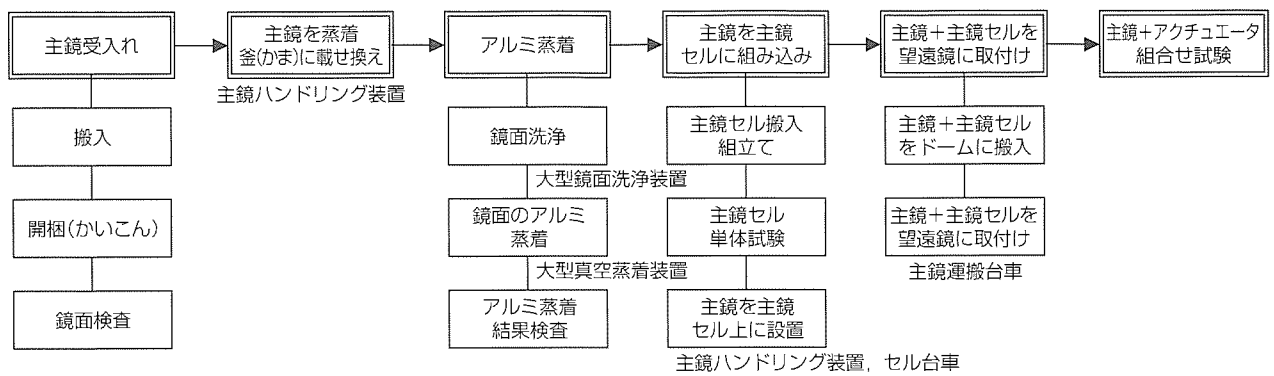


図5. 主鏡取付け手順

合面に小さなずれがあった場合、応力が蓄積され、所定の形状精度が達成されない。主要接合部について、国内仮組立ての段階で、ボルト規定締付トルク値の30%で接合部の隙間(すきま)がなくなるようフランジ面の再加工を繰り返した。

望遠鏡本体据付け時は、国内仮組立て時の位置決めピンによって接合を再現させることで、作業を効率化させ、ひずみみのない構造を作り上げた。

### 3.6 主鏡搬入から望遠鏡本体への取付けまで

研磨が完了した主鏡は、ピッツバーグの工場から海上輸送を経て山頂に到着し<sup>(5)</sup>、図5の手順で望遠鏡本体に取り付けられた。

主鏡(超低膨張ガラス製、厚さ20cm、重さ23トン、鏡面誤差12nm rms)は、再製作に5～6年を要する望遠鏡本体の心臓部であり、落下物や接触等による損傷から厳重に保護する必要がある。事故防止を第一に以下のような入念な準備と対策を行った結果、主鏡は無事望遠鏡本体に取り付けられた。

- (1) 主鏡よりも高い位置からの落下物・埃(ほこり)の防止対策
- (2) アルミ蒸着関連装置の準備と手順の事前確認
- (3) 主鏡実装後の望遠鏡本体駆動確認の手順と安全性の事前確認
- (4) タイトなスケジュールによる人的ミスを防ぐ日割りの作業計画

### 3.7 高地での電気設備能力

マウナケア山頂の薄い空気は、人体への影響以外にも電気機器の能力低下を引き起こす。

配線用遮断器等の遮断や絶縁に関する機器は、機種によって標高1,000m又は2,000m以上で定格電圧・耐電圧・定格電流等の能力評価を要する。ANSI(American National Standards Institute)-C37.20, 37.29によると、標高

4,200mの場合、電圧の能力が0.7倍、電流の能力が0.93倍となる。

定格電圧・耐電圧や定格電流について、能力低下を考慮して機器選定を行った。例えば、ノーヒューズブレーカ選定の際、一部の製品に能力低下を考慮するためのデータがなかったため、メーカーで遮断性能試験を実施した上で採用した。

## 4. む す び

建設期間中、規模・特殊性・多様性のすべてにおいて、幅広い部門・関連会社・異種技術とのかかわりを通して多くの経験をさせていただいた。技術・規模・高地・海外における建設等のどれをとっても今後の事業展開に役立つものである。

最後に、長きにわたりご指導をいただいた国立天文台の先生方や施設課の皆様、大成ハワイ、日立造船を始め建設に携わったすべての方々に謝意を表す。

## 参 考 文 献

- (1) 三神 泉, ほか: すばる望遠鏡に用いた主要技術と観測成果, 三菱電機技報, 73, No.12, 817~822 (1999)
- (2) 石川 幹, ほか: すばるの性能を維持するための望遠鏡保守技術, 三菱電機技報, 73, No.12, 843~846 (1999)
- (3) Mikami, I., et al.: Enclosure of SUBARU Telescope, Proceedings of SPIE, 2199, 430~441 (1994)
- (4) 三神 泉, ほか: 良好なシーイング環境を確保する望遠鏡まわりの風速制御技術, 三菱電機技報, 73, No.12, 839~842 (1999)
- (5) 斎藤秀朗, ほか: 超大型超高精度鏡製作技術, 三菱電機技報, 73, No.12, 829~834 (1999)



# 台湾における先端大規模 クリーンルームの建設

細井 昭\* 陳 明凱\*\*\*  
大野明之\*\*  
井原勲太郎\*\*

## 要 旨

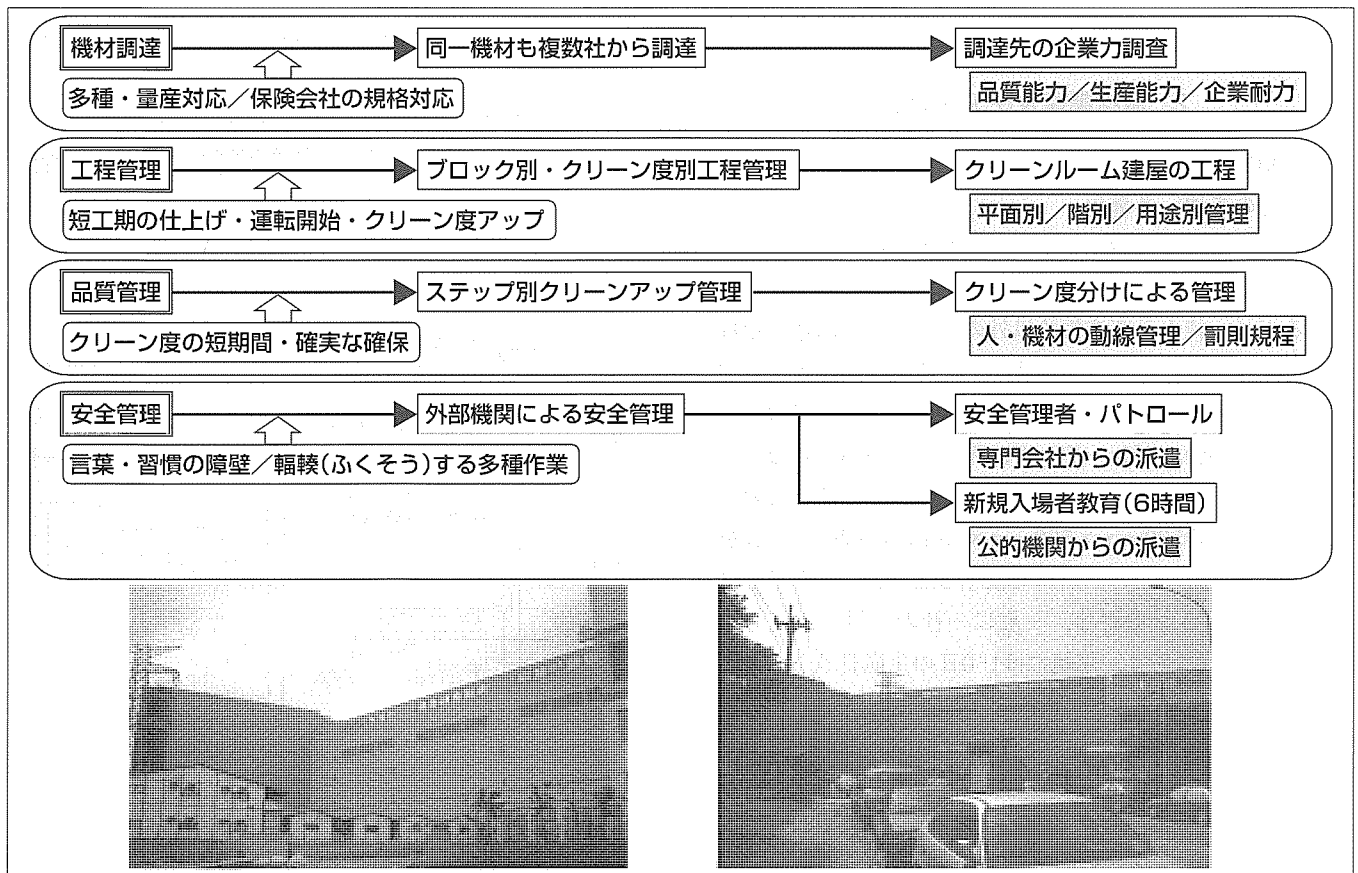
台湾新竹市の新竹科学工業園区は、1980年12月に7社の企業でスタートし、今では6,050,000㎡の敷地に289社の企業が活動する台湾IT関連産業最大の工業団地である。

三菱電機は、'95年にこの園区の一画で64メガDRAM量産工場としてのクリーンルーム建設を手掛け、その後、同所を中心に各種用途のクリーンルーム建設工事を継続している。

クリーンルーム建設工事では、気流やクリーン度などの性能にかかわる高品質達成はもちろんのこと、海外生産における種々の制約の中、短工期化と工期の絶対厳守が求められる。このため、工事の管理手法として、日本国内

の当社クリーンルーム建設で培ったステップ別クリーンアップ管理や人及び資材の流れを管理する動線計画を導入しながら台湾の環境に配慮し、これらの要求にこたえている。また、これら管理や安全管理に違反した場合の罰金制度を設けるとともに、優良な現場員に対しては徴収した罰金で表彰するなどしている。

年々建設費用の低減要求も厳しく、さらに輸入品の税制優遇制度と関連して機材調達先はアジア、ヨーロッパ、アメリカ等多岐にわたってきつつあり、これらの品質管理も大きな課題となってきている。



## 海外における大規模クリーンルームの建設

海外での大規模クリーンルーム建設では、同一機材も複数社からの調達となるケースが多く、調達先の信頼性を含めた企業力調査が重要となる。さらに、要求されるクリーン度を満たしながら工期の短縮化を図るための工程管理、クリーン度別の人・資材の流れ(動線)の管理、これらを実行するための監視・規則等の制定を行っている。また、安全管理では、外部機関の管理者の投入や公的機関による安全教育を実施している。

1. ま え が き

1980年代後半から急速に拡大した台湾の半導体産業は、新竹科学工業園区に建設された工場群に代表される。しかし、当時のクリーンルーム建設工事は、非常に長期にわたり、またその性能が安定するまで長時間の試運転を要していた。

当社では、台湾の力晶半導体(Powerchip Semiconductor Corp., 以下“PSC社”という。)で64メガDRAMの生産をするに当たり、製品の製造技術供与はもちろんのこと、各種ユーティリティ環境の技術供与を行い、計画どおりの生産が行えるよう建設に着手した。施工業者はほとんど日系企業であり、日本式の管理手法を用いることによって短工期で高品質のクリーンルームを完成させ、製造技術とあいまって生産歩留りは予想以上の高率を達成した。その後、中華映管(Chunghwa Picture Tubes, 以下“CPT社”という。)のTFT(Thin Film Transistor, 以下“TFT”という。)液晶用クリーンルーム建設、PDP(Plasma Display Panel, 以下“PDP”という。)用クリーンルーム建設、さらにPSCの300mmウェーハ対応のクリーンルーム建設を手掛けてきた。

本稿では、これらクリーンルーム建設に当たって高品質・短工期を達成するために用いた工程管理、ステップ別クリーンアップ、安全管理について述べる。

2. 機材調達及び工程管理

2.1 機材の調達

(1) 機材の多種・多量化

当社がこれまで台湾で施工してきた大規模クリーンルーム建設工事では、建物躯体(くたい)とユーティリティに関連するガス・純水・薬液供給以外の内装、空調関連、給排水、電源等の工事はすべて受注している。このため、多種多用の機材を使用しており、特に内装工事の場合では、二重床の鉄骨架台、グレーチング、天井及び壁パネルなど、多岐にわたる。例えば、グレーチングの例で見るとこの一枚のサイズは約500mm×500mm×25mm(厚み)、これを20,000m<sup>2</sup>のクリーンルームに布設すると80,000枚が必要になる。このような機材は、一般に一社の工場生産能力は500枚/日程度であり、単純には160日の生産日数を必要とする量になる。

(2) 調達先の選定

上記背景から、一般には一種類の機材であっても複数社に発注する機会が多い。さらに、製品に対する公共機関の強度テストや仕上がりチェック等の品質面での確認期間からも、総工期短縮化を図る中では複数社への発注となる。

一方で、同一機材を複数社に発注した場合は、品質が一定しないという問題が危惧(きぐ)される。また、海外では、完成後に客先が加入する火災保険につき、保険会社からの

制約も多い。例えば、台湾では、米国系保険会社への加入が一般的であり、保険会社は自社の審査基準で各種規格・仕様を要求してくる。したがって、あらかじめこれら保険会社の規格や仕様を考慮した調達先の選定となる。

以上のような背景から、台湾製など海外品調達には、発注先の保険会社対応も含めた技術力・品質力、生産能力・企業耐力など事前に十分調査しておく必要がある。

2.2 工程管理

(1) 納期管理

建物内部及びクリーンルームの仕上がりにおいては、当然ながら内部のクリーン度や用途などに応じて工期が異なってくる。このため、仕上がり時期を考慮しながら、階別又は用途別(機械室、ユーティリティ、清浄度別クリーンルーム等)にブロック割りを決定し、ブロックごとに購入先メーカーを割り振り、選定しながら納期管理を行う。しかし、ブロック割りのみでは平面管理となるため、工程表には必ず図1に示すような断面図を記入し、上下の施工順序も配慮した上での納期管理を行う。

(2) 工程管理

各階における施工順序例を図1に示す。図中の数字は工事順序であるが、この例の1階では、まず天井内ダクトを設置し、次に床面塗装(図中のPVC)、地板鉄骨とグレーチング下のパイプ・ダクト工事を行い、最後にグレーチン

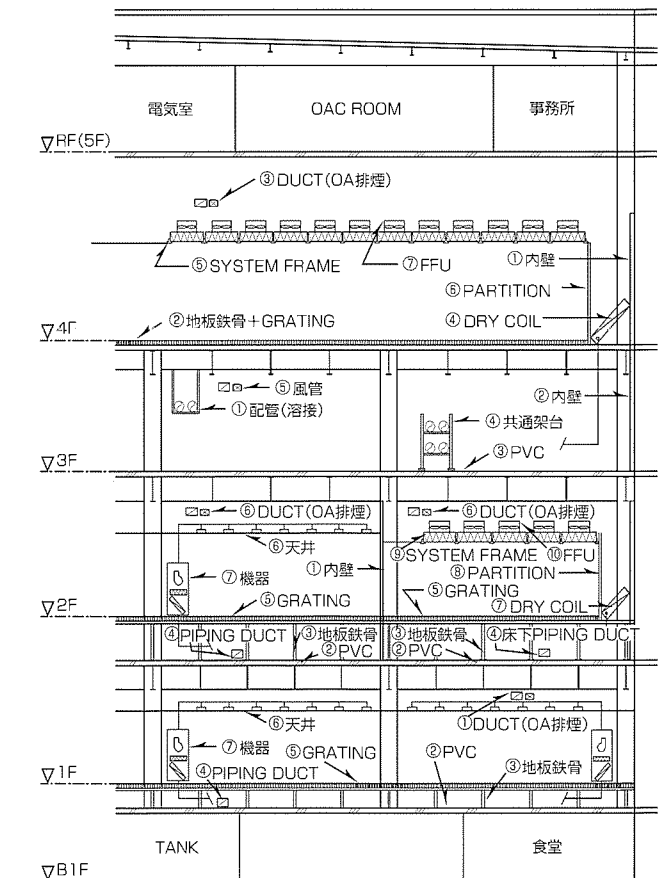


図1. 施工順序を示す断面図

グ及び天井の仕上げを行う。しかし、4階では階高が高いため、内壁工事のあと地板鉄骨とグレーチングを先に仕上げて、天井関連工事(図中のFFUで示すファンフィルタユニットやシステムフレーム)を行う工程となっている。

また、次章でも述べるが、部分的に工事が遅れている箇所は、仮設仕切りで遮断し、相互間でクリーン度に影響を与えないように配慮して仕上げを進めている。このようにして、一部が遅れても全体の工程に影響を与えないように進め、かつ工事従事者への工期厳守の意識付けにもしている。

### 3. ステップ別クリーンアップ

#### 3.1 施工管理フロー

この方法は、施工完了時には即日クリーンルーム性能がほぼ100%発揮できるよう、客先及び工事関係者全体でクリーンアップ委員会を設置して運営を行い、建設途上からクリーン化レベルを上げていこうとするものである。この例を図2に示す。

この管理では、各工程進捗(しんちよく)状況に合わせて管理ステップをステップ0から4までの段階規制を行い、徐々に部屋内のクリーン度をアップしていく。各ステップの移行に当たっては、部屋内の床面や壁面を純水で清掃した後のNa量を測定し、この値が基準値以下になるように管理し移行している。これは、工場建設地が潮風の影響を受けることや人体からの汗の成分にNaを含むことから、この値をクリーン度の一つの指標としている。

#### 3.2 動線計画

前記の施工管理フローによって各ステップに到達した部屋のクリーンアップ度の維持を確実なものとするため、次に、人と資材の動線を計画し管理する。この計画に際しては、現場巡回を密にし、工事の全工程を把握した上で仕上げ状況に応じて計画し、各種規制も行う。この例を図3に示す。

この例では、A、D工区がステップ2で、B、C工区がステップ1である。資材の動線(搬入)は、原則としてステップ1であるC工区からA工区、B工区を通るように規制す

主要工程	鉄筋・躯体・本工事	内装	フレーム組立て	フィルタ装着	クリーンアップ検収
管理ステップ	ステップ0	ステップ1	ステップ2	ステップ3	ステップ4
入退室	入場者教育、意識付け	出入り口の規制4か所	出入り口の規制2か所	出入り口1か所	エアシャワー
持込材料	汚れを付けた物を持ち込まない 材料ストックに注意する	重発塵(はつじん)作業の完了	搬入材料の梱包、清掃	搬入前室を經由	搬入室
作業服装		上履き、下履きの区別	内部上履き 作業服の統一 (ラフクリーン着用)	クリーンシューズ着用 セミクリーンシューズ着用	クリーンスーツ着用 (オーバーオールクリーン服)
その他	清掃片付けルールの徹底	工具は専用工具とする 梱包(こんぼう)材すべて撤去の上搬入(CR外廊下、壁仕上げ完了時から)		搬入資材を純水、アルコールを用いて ベンコットなどで拭き取り	
清掃	掃除機	水拭き	純水拭き	Na測定	Na測定

図2. クリーンルーム施工管理フロー

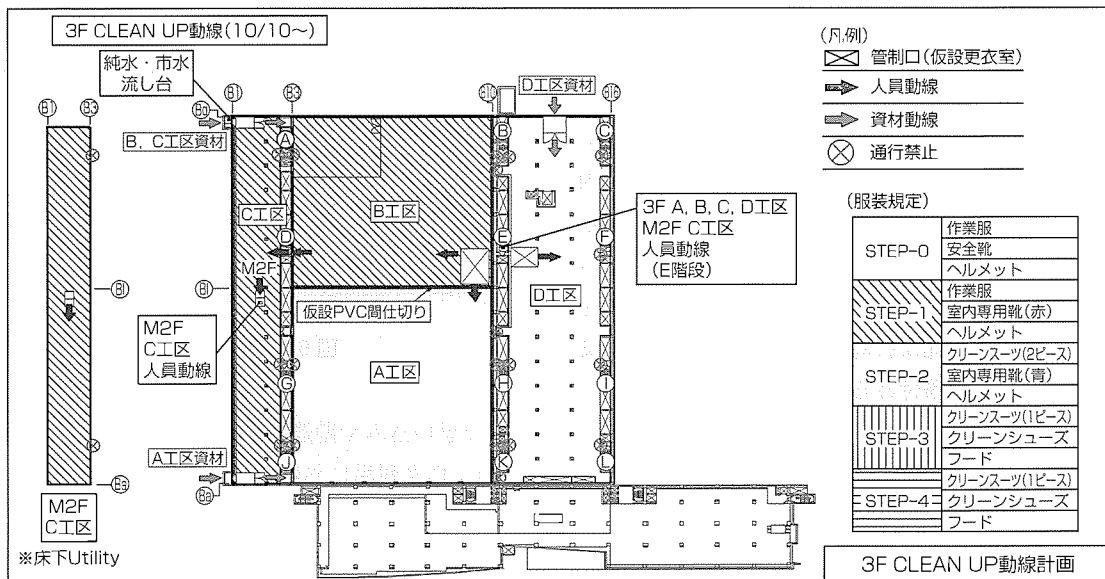


図3. 動線の計画図

る。また、人の動線(移動)も同様であり、各ステップ工区への出入りでは、ステップに応じて図2に示すように靴やスーツを規制している。このため、出入口には常に監視員を配置し、入退場記録の記入と服装のチェックをするが、そのほかに、各種罰則を規定し、違反者からは罰金を徴収している。このチェックは安全管理の巡回員とも連携し、デジタルカメラでその状況を撮影し、書類によって実行している。この罰則規程の一例を表1に示す。

#### 4. 安全管理

##### 4.1 台湾における安全管理の状況

'95年当時の安全意識は非常に希薄で、安全帽、安全帯の着用率も低く、また、足元は裸足又は草履が多い状況であった。しかし年々意識向上が高まり、今では日本以上に厳しく、法規制も整備され実施されている。各施工会社は安全管理の選任者を雇用しているが、ある規模以上の現場には選任者を常駐させる義務があり、必然的に安全管理者の不足が起きてくる。台湾では、資格を持つ安全管理者を派遣する安全専門会社があり、管理者不足に対して対応可能な仕組みとなっている。

##### 4.2 現場安全管理

###### (1) 体制と活動

安全管理組織には建設現場全体の組織と請負各社の組織があり、全体組織では、協議会を開催して安全指導とパトロール実施、違反時には表1に示す罰金徴収等を行っている。この罰金は、優良現場員の安全表彰などに使われる。請負各社の組織でも、安全担当専任者が常駐(1~2名)し、労働者名簿の管理、安全教育、パトロール、違反時の罰金徴収等を実施している。これら安全活動の一環としての朝礼の様子を図4に示す。

###### (2) 新規入場者教育

新規入場時教育は、一般的には各社安全担当専任者によって1時間の教育が義務付けられている。しかし、新竹科学工業園区では、園区規定で公共機関派遣の安全講師によって6時間の教育とテストが義務付けられている。監督も作業者も、新規入場時教育が終了すると、確認のため園区内作業時は名札を、常時、胸に着用することが義務付けられる。

図5が新規入場時教育の様子であるが、この写真で分かるように、全員所属会社名、ナンバーを記したチョッキを着用している。これは、違反行為抑止を目的として、現場入場時には全員着用が義務付けられている。

#### 5. む す び

台湾で仕事をするに当たり、言葉が通じず意思疎通がうまく行えるのか不安があったが、逆に言葉が通じないことを認識するので、打合せ、指示をするときは常に図を書いて行うため意外に通じるものであり、国内工事で生じる勝

表1. クリーンルーム内の罰則規程の例

	罰金(元:1元≒3.6円)			
	ステップ1	ステップ2	ステップ3	ステップ4
動線のルール違反	1,000	1,000	1,000	2,000
ガム・弁当箱等の廃却	1,000	1,000	2,000	3,000
服装違反	2,000	2,000	3,000	3,000
現場内での大小便の違反	5,000	5,000	8,000	10,000
タバコ・飲食物・酒類等の持込み	1,000	1,000	2,000	3,000
喫煙・喫食の違反	5,000	10,000	15,000	30,000
靴は規定どおりか、油污れは	1,000	1,000	2,000	-
工具の油漏や錆(さび)・汚れの付着	1,000	1,000	2,000	2,000
清掃作業を行っていない	1,000	1,000	2,000	2,000
残材やゴミはすぐ片付けているか	4,000	4,000	6,000	8,000
設備・材料を規定区域外に放置	2,000	2,000	3,000	4,000
施工時の床の保護・養生	1,000	1,000	2,000	4,000
設置材料が動線を妨げないか	2,000	2,000	3,000	4,000
材料、施工足場の囲いや標識	1,000	2,000	3,000	3,000

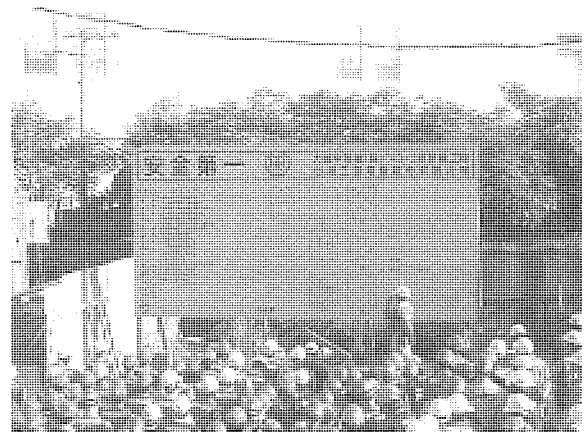


図4. 朝礼の風景



図5. 新規入場者の安全教育

手な思い込みや勘違い等がなく、TBM(Tool Box Meeting: 作業現場における当日作業、安全打合せ)において十分に意志疎通の図れることが判明した。また、台湾人の作業者の技能は非常に高く、特に配管工事は見事なものである。

最後に、これまでの工事で種々お世話になったPSC社とCPT社の関係者の方々に厚くお礼を申し上げる。

# 駅ビル百貨店増築改修設備工事

樋野 清\* 大木光男\*\*  
 細井 茂\*\*  
 朝木敏晴\*\*

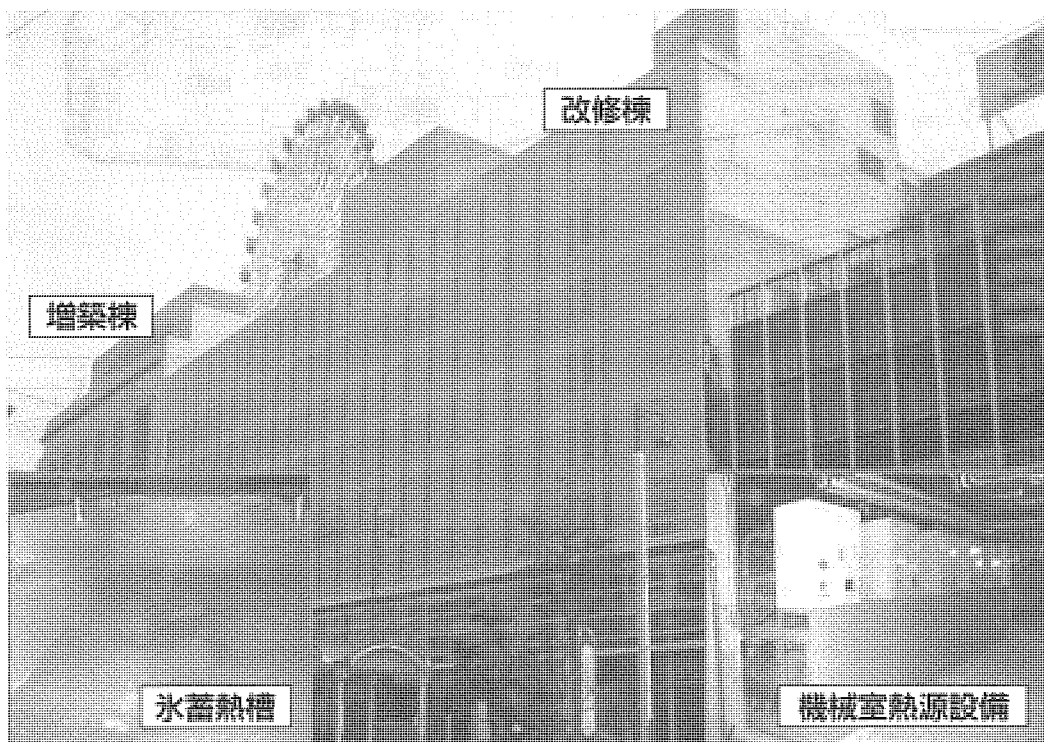
## 要 旨

愛媛県松山市の中心地に約30年前に竣工(しゅんこう)した私鉄駅ビルと百貨店の大規模改修工事と増築工事(増床)を同時進行で実施した。改修する既存棟は大型商業ビル(百貨店)及び駅舎として利用されており、工事は、これら商業施設と鉄道の営業を継続しつつの両棟同時竣工を目指したものである。

既存の改修棟の工事は店内改装と設備の更新及び各設備を増築棟へ集約・統合化するものであり、増築棟は、百貨店のほかに市民センターや郵便局などの公益施設と多目的ホールを備えたビルで、両棟の設備が統合化された管理・

監視設備や機械室がある。

この中で三菱電機は、改修棟と増築棟双方の受変電や弱電等の電気設備と空調・防災・中央監視・昇降機の各設備工事を担当した。特に百貨店と鉄道が営業される制約の中での工事であり、第三者災害対策を優先しつつ、駅舎プラットフォームからの機器・機材の搬入・搬出、受変電や熱源の切換工事を行った。2001年3月24日には芸予地震にも遭遇したが大きな影響もなく、両棟の建築・設備ほか関係者の一丸となった連携の下に、着工から2年を要して無事故・無災害のうちに2001年10月に竣工した。



松山市の私鉄駅ビル(伊予鉄ターミナルビルーいよてつ高島屋ー)の全景と熱源設備・氷蓄熱槽

伊予鉄ターミナルビルの改修棟は地下1階地上8階で延床面積41,000m<sup>2</sup>、増築棟は地下3階地上11階で延床面積33,000m<sup>2</sup>である。受変電設備、熱源設備、及び防災監視設備は増築棟に統合化されている。熱源装置にはシャーベットタイプの氷蓄熱装置を採用しており、1槽が80~90m<sup>3</sup>の蓄熱槽を10槽備え、夏期冷房負荷の約25%をカバーし、これによってランニングコストの低減を図っている。

1. ま え が き

この工事は、既存駅ビル(百貨店・駅舎)の改修と、これに接続する増築を行うものである。改修工事は、駅ビルの営業を行いつつ店内改装と熱源・受変電を始めとする各種設備の更新を行うものである。増築工事は、この改修工事に平行して施工し、両者相互間では設備システム及び工程上の一体化を図り、同一建物としての機能を発揮させた。

改修と増築は同時竣工を大前提としており、計画は制約条件の多い改修棟工事をベースとして立案した。このため、増築棟側に統合される熱源設備、受変電設備等の設備システムの早期製作と、これらを設置する機械室、電気室、防災センター室を最優先として完成させ、早期稼働を行った。

本稿では、これら工事の概要と、店舗・鉄道の営業を行いつつ施工する制約条件の中での機器の搬入・搬出や受変電設備の更新、熱源設備の設置・更新、さらに、工事途中で発生した地震等について述べる。

2. 増築改修設備工事の概要

2.1 工事の概要

地上8階の既存百貨店と駅舎の改修、及び接続する地上11階の増設工事である。この平面図を図1に示す。

改修棟は、百貨店と鉄道の営業を行いつつ施工するため、機器の搬入や受変電及び空調運転の切換えなどに制約条件が課せられた。増築棟は、百貨店のほかに、市民センターや郵便局などの公益施設と多目的ホールを備えている。

工事は、以下に述べる機器の設備工事のほかに、空調換気、照明、弱电設備等の一般建築付帯設備工事も含むものであり、単一ビルでは規模も大きく、多岐にわたっている。

2.2 設備機器の概要

主要設備を表1に示す。この中で、熱源設備と防災・中央監視設備は、従来のものを撤去し、増築棟側に新システムによる集約・統合化を図った。受変電設備は、改修棟では更新、増築棟では新設を行うとともに、両者間の統合化を図り、従来の改修棟側は副電気室としている。昇降機は、駅舎のバリアフリー化対応として設置するものである。

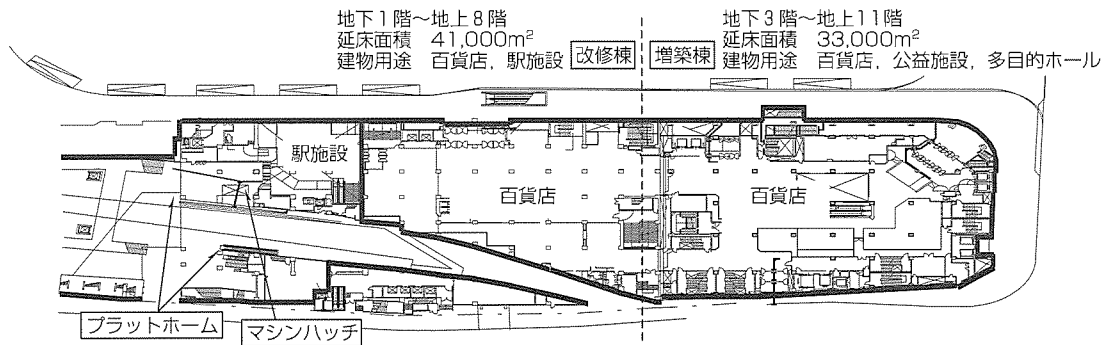


図1. 改修棟及び増築棟の1階平面図

表1. 設備・機器の撤去・更新・新設及び統合化

項目	増改修前(既存)の設備・機器	対応	場所	増改修後の設備・機器
熱源設備	ターボ冷凍機 600USRT×2台	撤去 集約・統合 新システム化	増築棟	ガス吸取式冷温水発生機 600USRT×3台
	200USRT×7台			水蓄熱用冷凍機 82USRT×10台
防災・中央監視設備	ボイラ 7.964MJ×3台	撤去 集約・統合 新システム化	増築棟	自動火災報知R形ビル管理システム
	自動火災報知P形ビル管理システム 非常用放送設備 ほか			非常用放送設備 ほか
受変電設備	6kV高圧受変電設備 トランス容量 6,750kVA	統合・新設  更新	増築棟	常用 22kV特高受変電設備 予備 6kV トランス容量 (特高変圧器) 15,000kVA
	改修棟		副電気室化 (増築棟電気室から6kV受電) 6kV高圧受変電設備 トランス容量 6,750kVA	
空調換気設備	百貨店部 空気調和機+ダクト	新設  更新	増築棟	百貨店階 空気調和機+ダクト テナント階 個別パッケージエアコン
	改修棟		百貨店部 空調ダクト, 吹出し口 など 店舗拡張部 空調設備の新設	
昇降機設備		新設	改修棟	エレベーター バリアフリー対応 4台
	エスカレーター 8台			
	増築棟		エレベーター バリアフリー対応 9台	
			エスカレーター 20台	

### 3. 増築改修棟の工事計画

#### 3.1 工事施工上の制約

工事の施工に当たっては、次の各条件が課せられた。

- (1) 増築棟、改修棟(既存棟)とも完工は同時とする。
- (2) 改修棟の百貨店・駅舎とも営業は継続する。
- (3) 改修棟の地下空きスペースは百貨店売場とする。
- (4) 駅舎のバリアフリー設備も同一工期内とする。

以上から、百貨店と鉄道の営業期間中も電気設備や空調設備を停止させることなく増改修を行えるように工事計画を策定した。

#### 3.2 工事計画の策定

改修棟は営業中の工事となるため、特に受変電設備と熱源設備の切り換えのために各工程を次のように計画した。

- (1) 増築棟機械室工事を先行させ、専用仮設電源工事を実施
  - (2) 増築棟に熱源装置及び一部中央監視・防災センターを設置し、仮設電源で稼働(改修棟から送電)
  - (3) 改修棟の熱源設備、中央監視・防災センター撤去
  - (4) 改修棟熱源機器撤去跡に新設までの副変電所を設置
  - (5) 改修棟の既設電気室の受変電設備を撤去・更新
  - (6) 改修棟の仮設と更新の受変電設備間での電源切り換え
  - (7) 増築棟の仮設受変電設備を撤去し新規設備から供給
- このときの主要工程と重要ポイントを図2に示す。

なお、工事に当たっては現場管理体制を増築側と改修側に分け、かつ両者の統轄を配置することで情報の共有化・共通化、目的の統一化を行い、一体化を図る計画とした。

### 4. 設備工事と機器の搬入・搬出

#### 4.1 受変電設備の更新・切り換え工事

改修棟の旧熱源設備跡に設置された仮設受変電設備から更新された受変電設備への電源切り換えの例について述べる。

##### 4.1.1 受変電設備機器の切り換え・設置計画

更新する受変電設備の電気室は地下1階にあり、既設の受変電設備と旧熱源機器を撤去したスペースがある。既設設備の撤去と更新機器の配置計画を図3の(a)と(b)に示す。図中の数字は、以下に示す撤去・配置の順番である。

- (1) まず、撤去された熱源機器跡に仮設高圧盤、変圧器盤等を設置し、仮設受電を行う(図中の①)。
- (2) 以後、図中の番号順に機器更新を実施する。

- ② 高圧盤を撤去し、ここに配電盤を設置
  - ③ 配電盤と変圧器盤を撤去し、この間に低圧盤を設置
  - ④ 撤去した変圧器盤の跡に更新変圧器盤を設置
  - ⑤ 低圧盤を撤去し、高圧盤、コンデンサ盤を設置
- (3) 仮設設備と更新設備の間で電源切り換えを実施する。

#### 4.1.2 電気室の工事

機器の入替え時に、床面の工事を行った。この工事は、今回乾式工法を取り入れて、鉄骨架台による全面フリーアクセス化を採用した。このため、床のコンクリートはつりと打設が省略でき、振動と塵埃(じんあい)の発生がなくなって作業環境の改善ができた。また、工期の短縮化も図られ、次に述べる受変電切り換え工事も含めて一連の工事を3週間で終えることができた。

#### 4.1.3 受変電切り換え工事

機器搬入・設置後の受変電切り換え更新工事の作業時間は、電車終電後の24:00から始発の5:00までに限定された。この間に仮設側を切り離して更新側への接続、試験調整、安全確認、送電確認などを行うため、電源の切離しと接続は正味2時間程度の作業となる。このため、切り換え工事を5ブロックに分割し、各ブロックを一晩で行い、順次切り換えた。短時間作業を確実にものとするため、単位時間ごと又は単位作業ごとに確認すべき内容をリストアップし、常時監視体制をとった。また、異常に備えて予備のケーブルやバイパス回路を用意し、元の状態に復元できる体制をとるなどして、翌日の百貨店営業と鉄道運転に備えた。

#### 4.2 熱源設備工事

##### (1) 熱源設備の計画

熱源設備は、夜間電力利用や冷温水搬送動力低減による

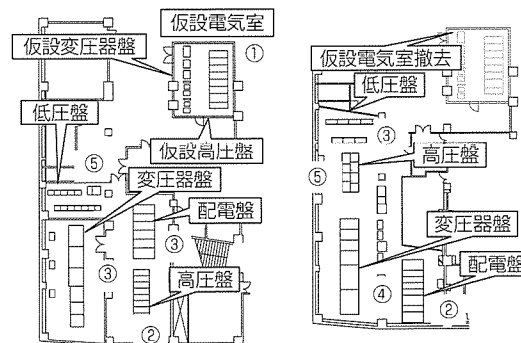


図3. 改修棟電気室の更新前後での配置図

項目	年-月	'00-10	'00-12	'01-2	'01-4	'01-6	'01-8	'01-10
増築棟		躯体(くたい)工事	熱源設備工事	熱源供給	仕上工事	受変電設備	防災センター	受電
改修棟(既存)			熱源設備撤去	集中監視	受変電設備更新	切り換え	送電切り換え	総合調整
								グランドオープン

図2. 工事の計画と重要ポイント



省エネルギー化とランニングコスト削減を図るため、表1に示すように、従来のターボ冷凍機+ボイラ方式から氷蓄熱冷凍機+吸収式冷温水発生機方式を採用した。氷蓄熱はシャーベットタイプで、蓄熱槽は80~90m<sup>3</sup>の槽が10槽あり、蓄熱量は約12.7GJである。この蓄熱は、昼間電力のピークシフト用で使用され、夏期1日の冷房負荷の約25%をカバーする計画となっている。

## (2) 熱源設備工事

既設改修棟の熱源機器跡を仮設の受変電設備とするため、この撤去を工事初期に行う。したがって、これに代わる冷温水供給設備として増築棟への新規熱源設備設置を優先した。地下に設置する蓄熱槽は、ポリスチレン+塩ビシートによる断熱防水としている。この上に吸収冷温水機及び氷蓄熱冷凍機を設置し、配管・制御系を整備した。しかし、早期段階の工事であり、増築棟側に熱源機のための冷却塔を設置できず、改修棟側の既設冷却塔から仮設配管を設置しての冷暖房運転となった。この冷凍機の設置状況と氷蓄熱の状況は要旨のページに示している。

## 4.3 防災設備・中央監視設備の集約統合

増築棟側に集約・統合される改修棟の防災設備と中央監視設備の更新は、仮設受電盤、監視盤を設置する方式を採用した。これにより、工事中の防災機能を継続し、かつ電気・空調・照明設備等の運転監視を継続させ、増築棟の新システムが稼働するまで公共性の高い施設の維持運営に努めた。

## 4.4 設備機器の搬入・搬出

### (1) 搬入・搬出の制約

機器の搬入・搬出口(マシンハッチ)が駅舎のプラットホームにあるため、鉄道の営業中は搬入・搬出ができない。さらに、プラットホームまでの機器移動についても一般道路からの搬入・搬出は自動改札機や駅舎のバリアフリー用として工事用の昇降機などが障害となり不可能であった。これら制約条件の中で次項に述べる手段を講じて実施した。

### (2) 機器の搬入・搬出

上記制約のため、夜間に線路を利用した搬入・搬出とした。既設冷凍機の搬出状況を図4に示す。

まず、軌道内を走行できる専用の車両(トラック)を準備した。終電の通過後に鉄道上の手続きである線路閉鎖を実施し、駅舎近くの踏切りからこのトラックを用いて電車軌道を通りプラットホームまで乗り入れる。図に示すように、台車を設けてプラットホームからトラックまで搬出物を移動させた。また、ホーム上には電動ホイスのレールを設置して搬入・搬出の作業環境を整備し、地下室への搬入及び搬出を可能とした。搬入に際しては、高さ制限から盤類は分割横倒しとして搬入し、主要機器は分納現地組立方式にした。他方、冷凍機やボイラの搬出は、切り刻んで鉄塊状態にして行った。

実作業に当たっては線路・プラットホーム・信号などの



図4. 既設冷凍機の撤去・搬出

駅設備の保護を確実なものとし、翌日の列車運行に影響しないように安全確認のための保安担当者を配置した。

## 5. 地震の影響

### 5.1 地震の発生と影響

建設の進捗(しんちよく)度がほぼ40%の2001年3月24日15時30分ごろに安芸灘を震央とするマグニチュード6.4の芸予地震が発生し、建設中の松山では震度5強を観測した。

発生後、直ちに工事を停止し、地震による設備等への影響を調査した。この結果、改修棟側で天井取付けの空調吹出し口、照明器具、スピーカーなどの一部脱落があったのみで、怪我(けが)人の発生や営業への支障は特にはなかった。

また、工事関連では熱源機器の項で述べた冷凍機への仮設冷却水配管が、仮設のためスラブに半固定状態にしていたが、若干のずれが見られる程度で運転に支障はなかった。

### 5.2 工事の再開

地震発生後は、建築側では鉄骨のずれやひずみ等の調査を実施した。また、設備側では機器や配管の固定状態、吊(つ)り状態をすべて再チェックする確認作業を実施した。この作業に約2週間を要しての工事再開となった。

## 6. む す び

松山市にある駅舎と百貨店を備えた駅ビルの改修及び増築の工事を施工し2001年10月に竣工した。特にこの工事は鉄道と百貨店の営業を行いつつの工事であったため機器の搬入や受変電・冷暖房熱源設備などの更新や切替工事に種々の制約が課せられたが、既存設備の運転・営業に影響を与えることなく完成できた。また、一般の電車乗降客や百貨店の買物客が混在する中での工事であり、さらに途中で芸予地震にも遭遇したが、無災害で計画どおりに完工できた。

この工事は、施主伊予鉄道(株)を始め、設計事務所、ゼネコン、サブコンほか関係各位が一丸となった結果、無事故・無災害で工期どおりのグランドオープンができたものであり、ここに深く謝意を表しお礼申し上げる次第である。

# 環境対応形の 食品加工・流通設備の建設

松隈茂昌\* 横尾 淳\*\*  
竹田健一\*\*  
大津茂生\*\*

## 要 旨

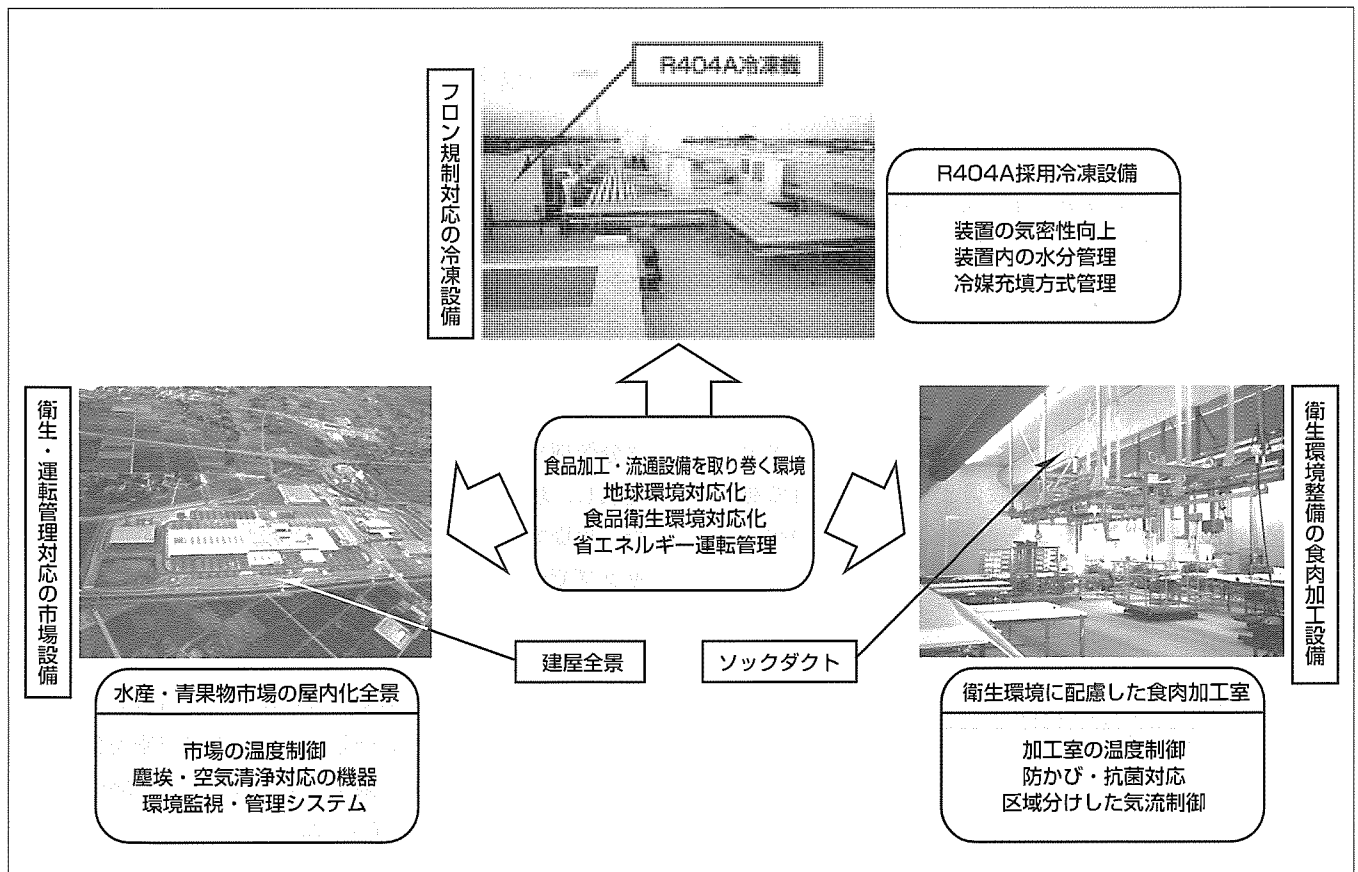
食品の加工や流通設備分野では、オゾン層破壊に端を発する地球環境に対応した設備と、食中毒に端を発する衛生環境に対応(HACCP対応=Hazard Analysis Critical Control Point)した設備が要求されている。

オゾン層問題からフロン規制が制定され、食品関連設備の冷凍機に使用している低温用冷媒R22も2020年には生産中止となり、この代替冷媒に新冷媒(R404A)や自然冷媒(アンモニア)が提案されている。ここでは、地球規模のグローバル環境と毒性や可燃性等のローカル環境への影響を検討した結果、物流センターの冷凍冷蔵設備に対して新冷媒R404Aを採用した。この設備は24台の新冷媒冷凍機を設置した国内外初の本格的な低温設備であり、特に工事に際しては、気密性/水分管理/冷媒充填(じゅうてん)に配慮

が必要である。

衛生環境に配慮した設備として、水産物や青果物の公設市場設備と、牛を生体処理し枝肉や部分肉として保存・出荷するまでの食肉処理・加工設備の工事を行った。公設市場は、従来は屋根のみの設備や屋内でも温度や塵埃(じんあい)管理はされていなかったが、今回は市場自体を温度や塵埃管理された屋内設備とし、冷却器に対しては洗浄可能ななどの塵埃対策を行った。また、食肉処理・加工設備では、そのプロセスをダーティゾーンとクリーンゾーンに分けた空調と空気流、そのほかに防かび性防湿や抗菌仕上げのパネルを用いた設備となっている。

これら設備は、2002年に実用運転に入っており、地球環境や衛生環境を先取りした設備として運営されている。



## 食品加工・流通設備を取り巻く環境

食品の加工や流通・保存保管設備分野では、オゾン層破壊の地球環境問題からフロン規制が実施され、新冷媒採用冷凍機の実用化が課題となっている。また、食中毒問題から、食品の衛生環境も同時にクローズアップされてきている。今回の設備は、フロン規制対応冷媒R404Aを採用した設備であり、塵埃や気流への対策によって食品衛生環境を整備し、また省エネルギー運転管理も施した低温設備となっている。

## 1. ま え が き

食品関連設備の最近の課題の一つは地球環境問題(オゾン層破壊)に端を発する冷媒問題(フロン規制)であり、もう一つは食中毒などに端を発する衛生環境問題である。

食品は一般に低温度管理されて加工や流通・保管されるために低温設備を備えている。この冷凍機用冷媒として、現在HCFC(Hydro Chloro Fluoro Carbon)冷媒であるR22を採用しているが、オゾン層を破壊することから規制され、2020年までに生産中止のタイムスケジュールとなっている。

一方、食品の各種病原菌対策からは、生産・加工・流通市場ともに、その衛生環境が重要視されHACCP(Hazard Analysis Critical Control Point: 危害分析重要管理点方式)に基づいた管理によって危害発生を防止する活動が要求されてきている。

本稿では、フロン規制対応の新冷媒を用いた低温設備と、従来は開放的であった市場の衛生環境整備と、食肉処理加工プロセス設備の衛生環境対応について述べる。

## 2. 地球環境(フロン規制)対応の低温設備

### 2.1 設備の概要

#### (1) 冷媒の選定

現在、冷蔵・冷凍倉庫などの低温設備に用いられている冷媒R22はフロン規制の対象となっており、これに代わる冷媒として、アンモニアと、新たに開発されたR404Aが候補として挙げられている。このうちアンモニアは、オゾン層破壊係数はゼロであるが、可燃性・毒性冷媒である。このため、地球規模のグローバル環境とともに、設置場所に対するローカル環境からも安全・安心できるR404A冷媒を低温設備に採用した。

#### (2) 冷凍機設備

この設備は、埼玉県岩槻市にある生協の物流センター(鉄骨2階建て延べ面積6,995m<sup>2</sup>)の冷凍・冷蔵設備であり、冷媒R404Aを採用した本格的な設備としては国内外で初めてである。冷凍機概要を表1に、設置状況を要旨のページに示す。

表1. 新冷媒(R404A)対応の冷凍機

圧縮機	蒸発温度(℃)	能力(kW)	台数
スクロール圧縮器	-5	22.0	6
レシプロ圧縮器	-5	49.3	2
		73.1	2
		48.2	2
	-10	60.1	2
		69.1	2
スクリュー圧縮器	-35	50.3	2
		85.5	2
		105.5	4

### 2.2 新冷媒採用設備工事の課題

#### (1) 気密性の向上

新冷媒R404Aは3種類混合の擬似共沸混合冷媒であり、運転圧力は従来のR22に比べて高い(温度40℃の飽和圧力は、R22の1.43MPaに対して1.73MPa)。また、擬似共沸のため、蒸気相と液相によって各3種類の組成が異なる。このため、冷媒漏れに対しては、漏れ時の圧力や蒸気相、液相などの状態が分からないと漏洩(ろうえい)冷媒の組成が不明となり、冷媒の補充が困難となる。これらから、冷媒漏れに対しては特に注意を要し、従来よりも一層の気密性向上を図る必要がある。

#### (2) 水分管理

冷凍機内の潤滑油は、冷媒と一緒に冷凍機回路を循環しているため、冷媒と相溶性の油を採用している。しかし、新冷媒R404Aは従来の潤滑油(鉱物系油)と相溶性がなくエステル系の油を採用しているが、この油は、吸湿性があり空気中の水分を吸収する。水分を吸収した油が冷凍機に用いられ、冷凍機回路内に水分が微量でも残っていると、回路内部の部材の腐食や油自体の劣化を招いたり、また条件によっては析出した水分が低温部で凍結し不具合発生の原因となる。このため、冷凍機器本体は工場での製造時に特別に水分管理を行っているが、配管工事などでも十分な水分管理が要求されてくる。

#### (3) 冷媒充填

この冷媒は蒸気相と液相で組成が異なっているため、ボンベから設備への冷媒充填は、組成の安定している液相から行う。このため、運転しながら追加充填するときも、液相であることの確認とともに、冷媒が液状態のまま圧縮機に吸入されないように注意を要する。

### 2.3 新冷媒対応の設備工事

#### (1) 配管工事

従来冷媒や潤滑油は施工現場で充填していたが、今回は、水分管理を厳しく行うため、これらを工場出荷時に機器に充填し、現場では必要最小限の調整を行うにとどめた。また、現場で取り付ける付属機器類や部材は、その端部をキャップで封するなどして水分や塵埃の混入を防いだ。

冷凍機の屋外配管工事は、水分管理の面から工事手順等の綿密な調整の上、雨の日を避けて晴天日の短期集中方式とした。銅管溶接は、窒素ガスを流しながら行い、短時間放置の場合も端部はピンチしてろう付溶接で密閉化した。数日間放置するときは、図1のように、気密試験の実施後、窒素ガスを1.0MPaまで封入した。

配管溶接後の気密試験は高圧側2.6MPa、低圧側1.3MPa、また付属機器類も取り付け後の高圧側は、R22の場合の2.3MPaに対して、今回は2.7MPaで実施した。その後の冷凍設備の真空引きに際しては、設備内の空気や水分を十分に除去するため、真空引き後の放置時間を従来の2倍とし

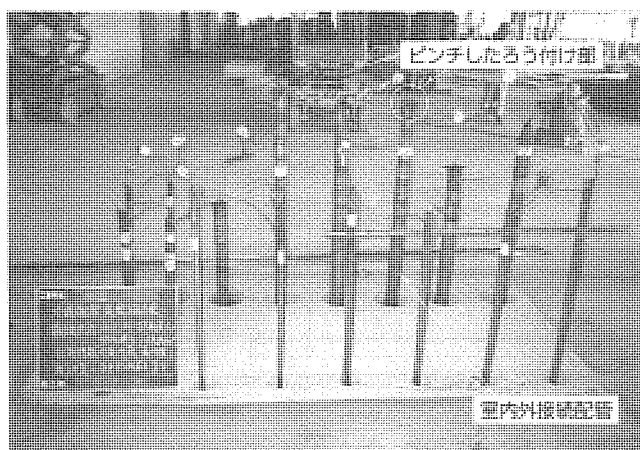


図1. 気密試験及びその後の放置

て、設備内圧力上昇が規定値以下であることを確認した。

### (2) 冷媒・潤滑油の充填

試運転時の冷媒追加充填は、ポンペを逆転し、ホースに付けたサイトグラスで冷媒が液状態にあることを確認した。また、途中で絞りを設けて冷媒を液・ガス状態とし、直接液のみが低圧側回路に注入されないようにした。潤滑油の追加充填は、これを加温して粘性を小さくし流動抵抗を小さくして充填時間の短縮を図り、空気と接触する時間を短くした。さらに、使用途中で残った油は水分管理の課題から廃却処分とするが、廃棄物に対する環境改善から使用する容器は従来の20ℓ缶に対して4ℓ缶とした。また、これらに用いる工具やホース類は、新冷媒専用としている。

この冷凍設備は、2001年に実用運転に入り、特に支障なく運転されている。なお、代表的な機種については、温度や圧力データを1年間計測している。

## 3. 衛生環境対応の低温設備

### 3.1 設備の概要

病原性大腸菌O-157などの食中毒問題から、食品分野では衛生管理が強く要求されている。今回、食品衛生管理に対応した食品加工・流通設備として、食肉処理加工プロセス設備と青果・水産物の市場設備について述べる。

#### (1) 市場設備

従来の青果や水産市場は、屋根のみや、外壁はあっても内部は温度管理されてなく、菌や塵埃に対する対策が不十分であった。今回の設備は、市場全体を温度管理された建屋とし、衛生的な空気環境にした。また、建設は、ISO14000にも対応した工事となっている。

この市場は盛岡市にあり、2001年5月から業務を開始している。市場全景を要旨のページに、本棟構成を図2に、主要施設を表2に示す。青果のうち低温売場温度は5℃、水産物の卸・仲卸市場は85m×86mで18℃に管理されている。このほかに、0℃と-25℃の各保管庫等がある。

#### (2) 食肉処理加工プロセス設備

この設備は鹿児島県阿久根市にある牛の食肉処理及び加工センター施設で、工事は2001年3月に竣工(しゅんこう)した。鉄骨2階建てで、処理・加工・保存ラインのある1階床面積は3,541m<sup>2</sup>である。ここでは、生体を屠殺(とさつ)して枝肉に処理し冷蔵・冷凍保存するラインと、保存した枝肉をカットしてチルドパックし計量・梱包(こんぼう)保管するまでのラインがあり、これらの冷蔵・冷凍設備及び空調設備の工事を行った。

### 3.2 HACCP対応設備工事

#### (1) 市場設備工事

衛生面から、特にかびや菌の発生・増殖の原因となる塵埃だまりの防止、冷却器などの洗浄の可能なこと、温度管理の確実化と異常時の履歴管理を行えることに重点を置いた。

市場内部を図3に示す。冷却器は上面への塵埃だまり防止のため天井パネルに密着させ、運転終了時は随時熱交換器を水洗浄できる。照明器も同様に天井パネルに直接取り付け、この器具ボックスは天井裏側に設置し、リード線などの壁面のパネル貫通部はウレタン発泡を施した。

外部との出入口部はオートシャッターや断熱性のオーバースライドを採用し、荷物の出入以外では内外の搬送を分離して内部の清浄と温度管理を行っている(市場内では空気清浄のため電動式フォークリフトを採用している)。

設備各部の温度管理を確実にし、異常時は直ちに検知できるように、集中監視システム“MELCOLD”を採用した。これによって、温度履歴も記録され、異常発生の時期もさかのぼって特定できる。

この工事はISO14000対応であり、特に廃棄物に対しては、分別を徹底するため一斉清掃時には廃棄物置場に立合人を付けるなど監視を厳しくしている。再生用の廃ダンボール置場は、雨に濡(ぬ)れない専用のプレハブハウスとしている。可燃性置場のうちペットボトル置場ではキャップを外すなどし、不燃性置場もボード材、鉄材、電線材、コンクリート・砕石材など細かく分別している。

#### (2) 食肉処理加工設備工事

食肉処理加工のプロセス例と各温度レベルを図4に示す。ここでは、生体の屠殺から剥皮(はくひ)・洗浄までをダーティゾーン、その後の内臓摘出から枝肉洗浄までをクリーンゾーンと分け、両者間での交差汚染を防いでいる。温度は両ゾーンとも25℃とし、クリーンゾーンには中性能フィルタを組み込んでいる。また、クリーンゾーン側に外気導入、ダーティゾーン側に排気各設備を設けて、空気をクリーンゾーンからダーティゾーンに流している。洗浄後の枝肉は13℃の懸肉室を通して保管される。その後の枝肉を冷凍室や冷蔵室から取り出してカットし製品にする部屋は、ポリエステル製ソックダクトによって10℃にし

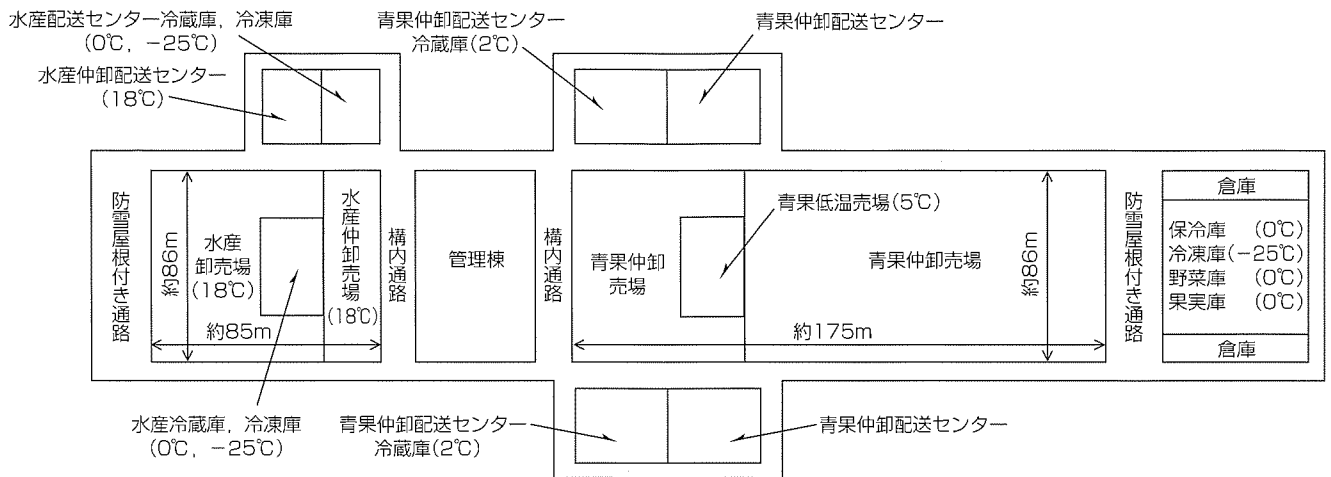


図2. 青果及び水産市場の本棟構成

表2. 市場本棟の施設概要

施設区分	延床面積(m <sup>2</sup> )	温度, ほか
青果	卸売場	一部 5℃
	仲卸売場	
水産	卸売場	18℃ 洗浄散水クーラー
	仲卸売場	
青果冷蔵庫	1,952	保冷库: 0℃, 冷凍庫: -25℃ 野菜庫: 0℃, 果実庫: 0℃
水産冷蔵庫	1,018	冷蔵庫: 0℃ 冷凍庫: -25℃
管理事務所 ほか	35,970	—
合計	55,687	—

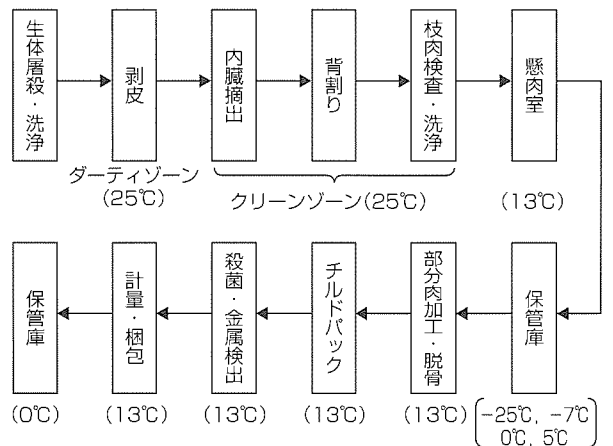


図4. 食肉処理加工ラインと温度管理の概要

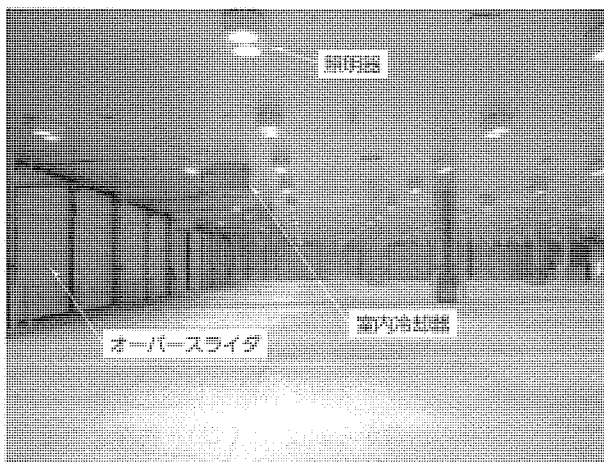


図3. 市場の屋内状況

ている。

各部屋の壁は防かびタイプでかつ防湿とし、防熱材の床

張りは、断熱材の密着性を良くするためテープで上下・左右の各断熱ボードを密着させ作業員が両足で荷重をかけて下層ボードと重ね張りしている。また、壁面断熱パネルには抗菌仕様のものを採用した。

ソックダクト及び断熱・抗菌パネル仕上げのカット室の状況を要旨のページに示す。天井面に沿って設置されている矢印部分がソックダクト部である。

#### 4. む す び

食品の加工や流通設備分野で最近話題となっている地球環境(フロン規制)と衛生環境(HACCP対応)の各課題を対象に、これらに対応した設備工事について述べた。これら設備は、2000年12月から2001年5月にかけて順次運転をスタートしており、今後の環境問題対応機器の先鞭(せんべん)となって実用に供されている。



# 特許と新案 \* \* \*

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは  
三菱電機株式会社 知的財産渉外部  
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

## 超電導装置 (特許 第3082397号, 特願平4-39417号)

この発明は、冷媒を用いない伝導冷却方式の超電導マグネットにおいて、磁界を発生する超電導コイルを冷却する伝導冷却板が渦電流を生じないように閉電流ループが切断されているものである。

この発明により、励消磁時の冷却板の渦電流発熱が抑制され温度上昇が低減されるので、高速での励消磁が可能になった。

発明者 横山彰一, 下畑賢司, 吉村秀人, 山田忠利  
また、この発明は、高温超電導体を用いた伝導冷却方式の超電導マグネットについても同様に渦電流対策を施すことによって温度上昇が抑制できるものである(図1, 図2)。

- 10: 真空容器
- 30: 高温超電導コイル
- 40: GM冷凍機
- 50: 伝導冷却器

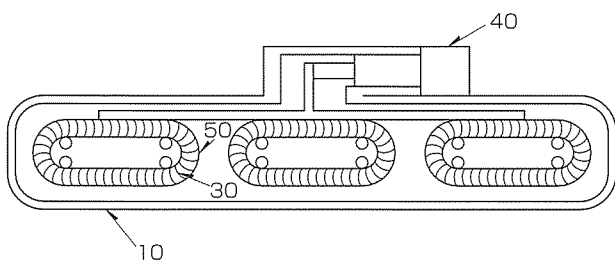


図1

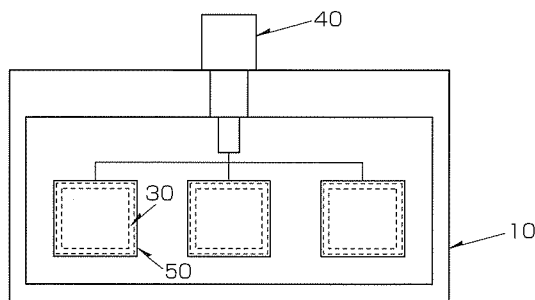
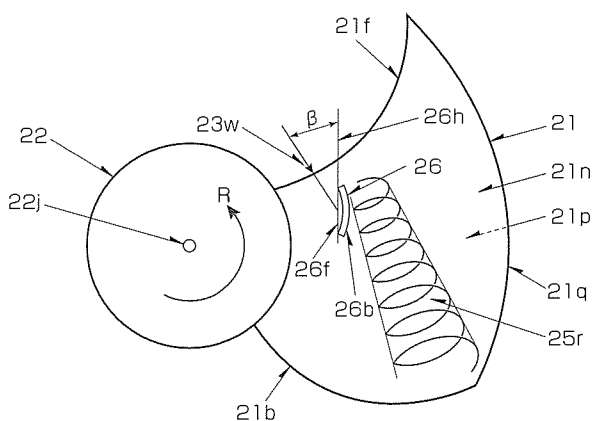


図2

## 軸流送風機 (特許 第3203308号, 特開平10-82398号)

この発明は、空調機の室外機、換気装置等に用いられる軸流送風機に関するものである。軸流送風機を無負荷の状態でも運転した場合、翼弦線と相対流入流れがなす迎え角が小さいため、主流流れは翼の負圧面に沿って滑らかに流れる。しかし空調機等の装置に実装した場合、負荷が生じて、軸流送風機の回転数は同じであっても風量が減少し、迎え角が大きくなる。このような流れの場合、主流流れは翼の負圧面に沿うことができなくなり、はく離乱れを翼負圧面に生じる。この乱れにより、翼面の圧力変動が大きくなり騒音が発生する。この発明は、翼の前縁部(21f)から発生するはく離乱れによる騒音の増加を抑制した低騒音の軸流送風機を提供することを目的としている。この発明は、翼の負圧面(21n)側に、相対流入流れ(23w)に対して舵角( $\beta$ )を持つように境界層安定翼(26)を設け、境界層安定翼のボス側の側面(26f)が相対流入流れ(23w)の上流側に向き、翼外周側の側面(26b)が相対流入流れ(23w)の下流側に向くように境界層安定翼(26)を設けたことを特徴とする。この発明の構成とすることにより、境界層安定翼(26)を乗り越えた気流が翼の負圧面(21n)に吹き付ける方向に巻き込む渦

発明者 廣中康雄, 大蔭勝久, 加藤康明, 森 主憲  
(26r)となり、はく離乱れが低減し騒音の増大を抑制する。



- 21: 翼
- 21b: 後縁部
- 21f: 前縁部
- 21n: 負圧面
- 21p: 圧力面
- 21q: 翼の外周部
- 22: ボス部
- 22j: 回転軸
- 23w: 相対流入流れ
- 25r: 渦
- 26: 境界層安定翼
- 26b: 境界層安定翼の翼外周側の面
- 26f: 境界層安定翼のボス側の面
- 26h: 境界層安定翼の弦線
- R: 回転方向
- $\beta$ : 舵角

図1



# 特許と新案\*\*\*

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは

三菱電機株式会社 知的財産渉外部

電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

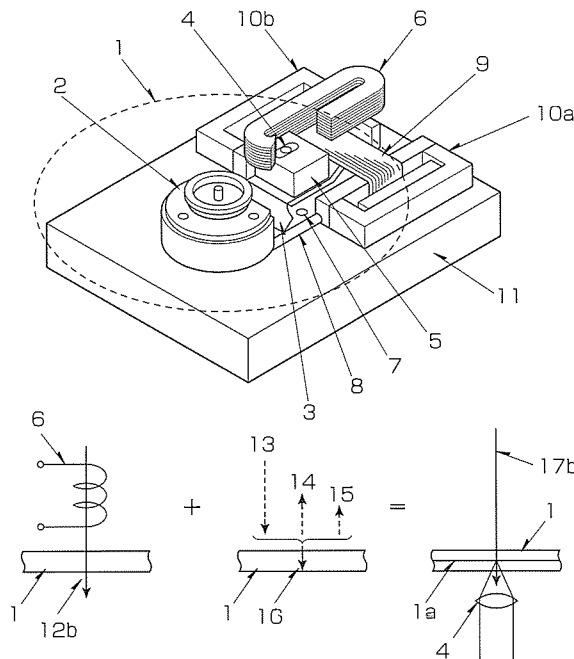
## 光磁気記録再生消去装置 (特許 第2576594号, 特開平1-307943号)

この発明は、光ビームによって情報の記録・再生・消去を行う光磁気記録再生消去装置に関するものである。

光磁気記録再生消去装置は、励磁素子によってディスク記録面にバイアス磁界を印加しながら光ビームで情報の記録・消去を行う。装置の構成要素である集光レンズアクチュエータやリニアモータ、ディスクモータは、磁気回路を持つため、これらからの漏洩(ろうえい)磁界がバイアス磁界にオフセットを生じさせる原因となる。従来、各磁気回

発明者 小倉 学, 山本 哲, 標 博雄, 中島 治, 寺沢 毅  
路に組み込まれている永久磁石の極性の組合せを考慮していなかったため、最悪、記録面における各磁気回路からの漏洩磁界の向きが同一となってしまう、バイアス磁界のオフセットが最大となってしまうという問題があった。

この発明は上記の問題を解決するためになされたもので、各構成要素からの記録面における漏洩磁界のうち、二つが同一の向き、他の一つが逆向きとなるように永久磁石の極性を決定した。



- 1: ディスク
- 2: ディスクモータ
- 4: 集光レンズ
- 5: 集光レンズアクチュエータ
- 6: 励磁素子
- 10a, 10b: リニアモータ磁気回路
- 13: 集光レンズアクチュエータ漏洩磁界
- 14: リニアモータ漏洩磁界
- 15: ディスクモータ漏洩磁界

### <本号記載の商標について>

本号に記載されている会社名、製品名はそれぞれの会社の商標又は登録商標である。

### <次号予定> 三菱電機技報 Vol.76 No.8 「IT時代のヒューマンインタフェース技術」特集

<p>三菱電機技報編集委員</p> <p>委員長 井手 清</p> <p>委員 高橋 大 畑谷正雄 堤 清英</p> <p>柴原幸志 村松 洋 松本 修</p> <p>浜 敬三 石野 禎将 中川 博雅</p> <p>中島克人 荒木政敏</p> <p>黒畑幸雄 山本比呂志</p> <p>事務局 松本敬之</p> <p>本号取りまとめ委員 依田文夫</p>	<p>三菱電機技報 76巻7号 2002年7月22日 印刷</p> <p>(無断転載・複製を禁ず) 2002年7月25日 発行</p> <p>編 集 人 井手 清</p> <p>発 行 人 福 本 紀久男</p> <p>発 行 所 三菱電機エンジニアリング株式会社 e-ソリューション&amp;サービス事業部</p> <p>〒105-0011 東京都港区芝公園二丁目4番1号</p> <p>秀和芝パークビルA館9階 電話 (03)3437局2692</p> <p>印 刷 所 株式会社 三菱電機ドキュメンテクス</p> <p>発 売 元 株式会社 オーム社</p> <p>〒101-0054 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地</p> <p>電話 (03)3233局0641</p> <p>定 価 1部735円(本体700円)送料別</p>
<p>URL <a href="http://www.melco.co.jp/giho/">http://www.melco.co.jp/giho/</a></p>	<p>三菱電機技報に関するお問い合わせ先 cep.giho@ml.hq.melco.co.jp</p>



高齢化社会・高福祉化社会へ対応するため、公共施設である駅においても、高齢者や歩行弱者に考慮したバリアフリー化が重要になり、エレベーターの設置が強く要望されています。車いす利用者を含めたすべての旅客が利用しやすいかご室サイズの11人乗り駅舎専用エレベーターを製品化したので紹介します。

## 特長

### 1. 二方向出入口

車いす利用者が乗降しやすい二方向出入口のエレベーターです。新駅のみならず既存駅においても構内の交通動線の設計が容易になるように配慮し、出入口を昇降路正面と背面に設けた“貫通型”(図1)と、昇降路正面と側面に設けた“直角型”(図2)の2タイプを開発しました。

### 2. 昇降路省スペース化

かご室サイズは車いすの利便性を考慮した11人乗りですが、昇降路内に設置する巻上機や制御盤などを小型化・薄形化して昇降路平面の省スペース化を実現しました。

貫通型を幅5mのプラットフォームの中央に設置した場合、昇降路とプラットフォーム側端までの通行幅は1.5m以上となり、通行スペースを確保しています。

### 3. ユニバーサルデザイン

一般の方から高齢者や身体の不自由な方まで多くの旅客に使いやすいよう、以下に示すユニバーサルデザインを採用しています(図3)。

- ・ 電動車いすでも容易に乗降できる幅900mmの出入口
- ・ 高齢者や車いす利用者が移動しやすいかご内手すり
- ・ 小児や車いす利用者でも操作しやすいように操作ボタンを低い位置に設置

い位置に設置

- ・ 目の不自由な方も触覚で操作したことが分かるクリック感のある操作ボタン
- ・ 耳の不自由な方でも外部と連絡がとれたことを確認できる応答灯付きインターホン呼出しボタン
- ・ 到着階で開く側の出口を音声と表示の両方で案内

### 4. 工事期間の短縮

ユニットに分割した昇降路にエレベーター機器を取り付けて出荷し、駅へのユニットの搬入と昇降路組立ては夜間に行います。エレベーター機器の据付作業は昇降路内で行うため、昼間でも駅利用者への影響を最小限に抑えます。昇降路ユニットにあらかじめ取り付けるエレベーター機器は可能な限り最終位置又はその周辺に配置してあるため、短期間で据付けが行えます。

表1. 駅舎専用エレベーターの基本仕様

項目	仕様	
	貫通二方向型	直角二方向型
用途	乗用	乗用
積載	750kg	750kg
定員	11人乗り	11人乗り
速度	45m/min	45m/min
昇降行程	最大13m	最大13m
停止箇所	最大3か所	最大3か所
かご内法	1,000mm×1,830mm	1,500mm×1,500mm
出入口寸法	900mm×2,000mm	900mm×2,000mm
昇降路外法	1,750mm×2,700mm	2,100mm×2,350mm

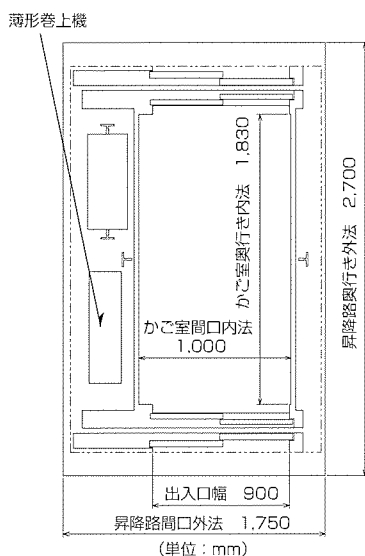


図1. “貫通型”昇降路平面図

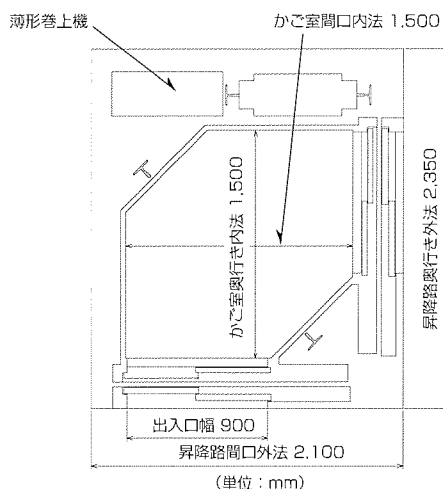


図2. “直角型”昇降路平面図



図3. 駅舎専用エレベーター(貫通型)かご室