

(技術資料)

第2低レベル廃棄物貯蔵建屋(DB建屋)の無人搬送システム

An Automatically Controlled System for Waste Transport in Low Level Nuclear Waste Storage Facilities



北村義則*
Yoshinori Kitamura



宮上秀敏*
Hidetoshi Miyaue

Kobe Steel has developed and manufactured a fully automatic remote-controlled system for the storage of up to 42 000 waste drum packages discharged from nuclear reprocessing facilities. The system includes two forklifts and an elevator both of which are controlled via a remote control center. The forklifts can transport up to 4 ton waste packages. The elevator can transport a forklift carrying a maximum weight package. The system also includes a rescue vehicle that can be manually operated at a distance from a remote station using ITV cameras.

まえがき = 現在、青森県六ヶ所村に建設中の日本原燃㈱再処理施設は、2006年7月の操業に向けて最終の試運転段階に入っている。第2低レベル廃棄物貯蔵建屋(DB建屋)は、この再処理施設の一構成施設であり、再処理施設の操業により発生する放射性廃棄物のうち、比較的放射線レベルの低い廃棄物を中間貯蔵する施設である。放射性廃棄物の貯蔵は、全て自動フォークリフト設備を中核とした無人搬送システムにより行われている。当社は元請会社である㈱東芝よりの発注のもと、1990年の基本設計段階から製作・工事・試運転まで一貫して携っており、2003年6月に最終顧客である日本原燃㈱へ納入した。

本稿では、DB建屋の無人搬送システムの設備概要を紹介する。

1. 設備の特徴

1.1 基本構想

第2低レベル廃棄物貯蔵建屋(DB建屋)は、再処理施設が稼働した際に発生する低レベルの放射性廃棄物を5年分(ドラム缶換算で約50 000本)貯蔵できる貯蔵エリアを有しており、地上2階、地下3階の鉄筋コンクリート造の建屋である。この建屋の貯蔵エリアに廃棄物を搬送する設備を設計するにあたっては、以下の点に留意した。

- 1) 一般産業界は当然のこととして、原子力業界でも実績のある技術を採用する。
- 2) 取扱う廃棄物を収納した搬送物形状は大別すると3種類に分かれているが、すべての搬送物を取扱うことが可能であること。
- 3) 搬送物を受渡する3カ所のコンベヤとすべて取合可能であること。

- 4) 仮に搬送システムに異常が発生した場合であっても、復旧可能であること。

1.2 基本仕様(処理フロー)

上述の基本構想をもとにDB建屋に採用した技術は、動力炉核燃料開発事業団(現:核燃料サイクル開発機構)再処理工場に納入し稼働実績のある無人(自動)フォークリフトと、当該無人フォークリフトごと搬送物の階間移送を可能とする垂直搬送設備である。図1にその処理フローを示す。

この処理フローにおける特徴を下記に示す。

- 1) 物流効率の向上、保守・メンテナンスの低減を狙い、無人フォークリフトごと搬送物の階間移送を可能とするエレベータ(積載荷重約15t)を設置した。即ち、搬送物を荷受けした無人フォークリフトは、搬送物を積載したまま、エレベータに乗り込み、目的階へ移動した後、そのまま所定貯蔵箇所へ搬送・荷置き作業を行う。
- 2) 無人フォークリフトごと搬送物を昇降可能とするため、エレベータの基本仕様は、クレーンの昇降駆動系をベースに設計し、かつ、クレーン等安全規則のエレベータ構造規格に準拠した鋼構造としている。
- 3) 無人フォークリフトの待機位置と貯蔵エリアを隔離しており、設備の保守・メンテナンス時に作業員が放射線被曝を起こさない配置レイアウトとしている。

2. 設備の概要

2.1 自動フォークリフト設備

自動フォークリフト設備は、中央操作盤、現場制御盤、無人フォークリフト(以降、自動フォークリフトと呼ぶ)、埋設誘導線の4つの大きな要素で構成される。図2に全

*エンジニアリングカンパニー 原子力本部 技術部

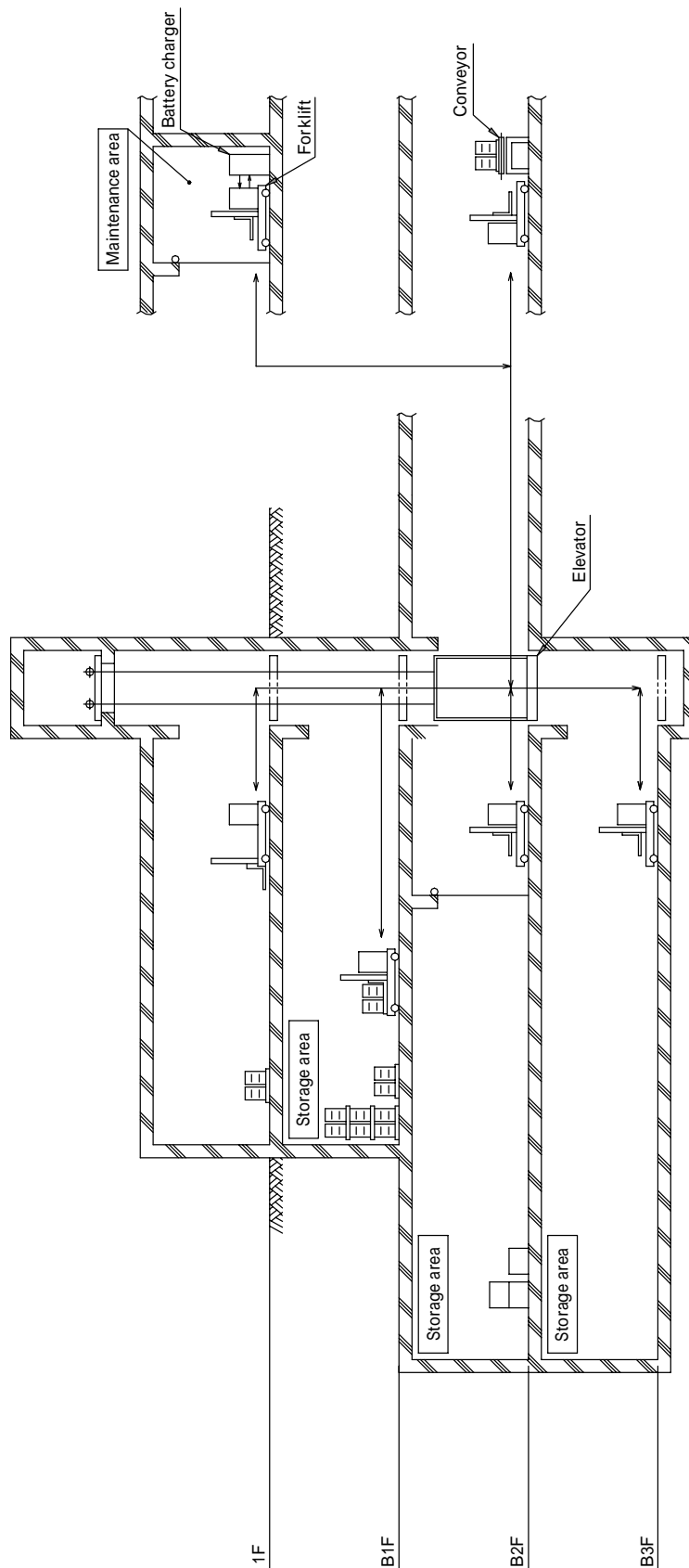


図1 搬送設備フロー図
Fig. 1 Flow chart of handling equipment

体のシステム構成図を示す。運転は全て中央操作室にある中央操作盤の指令のもと、現場制御盤を介して遠隔自動で運転する。各構成要素の主な機能を下記に示す。

(1) 中央操作盤

搬送する廃棄物、廃棄物性状（貯蔵位置）の選択を行

い、下位の現場制御盤へ運転指令を行うとともに廃棄物データの管理も併せて行う。

(2) 現場制御盤類

上述の中央操作盤よりの運転指令のもとに、自動フォークリフト、埋設誘導線ならびに後述する自動フォーク

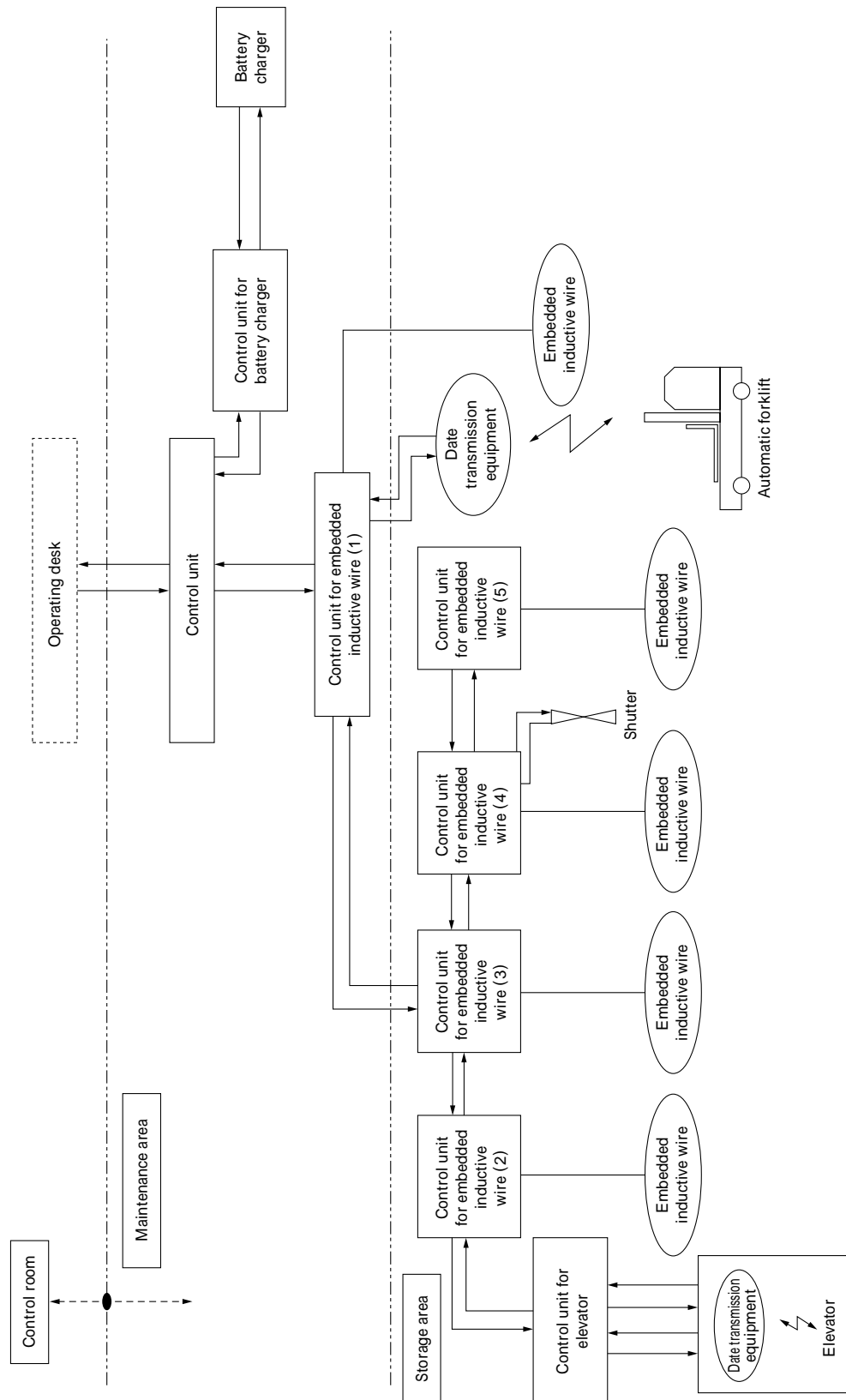


図2 自動フォークリフト設備のシステム構成図
Fig. 2 Configuration of control system for automatic forklift

リフト搬送用エレベータの運転制御を行う。

現場制御盤類は、中央操作盤との指令の受渡しを実行する現場制御盤と、さらに下位の機側制御盤に分類され、機側制御盤には埋設誘導線の通電制御を行う誘導線制御とエレベータの運転制御を行う制御盤の主要2種類の制御盤で構成される。一方、自動フォークリフトの運転制御は、走行路上の何力所かに設置された通信装置を介して送られる現場制御盤からの指令情報に基づき行う。中

央操作盤より運転指令を受けた現場制御盤は、自動フォークリフトに対して無線通信による手法で運転指令を送るとともに、誘導線制御盤に対して自動フォークリフトの走行するべき走行路上の誘導線に通電指令を送る。通電指令を受けた誘導線制御盤は所定の誘導線に通電する。運転指令を受けた自動フォークリフトは、通電されている誘導線上を所定の位置（荷取位置、荷置位置）へ向かって走行する。

貯蔵エリアへの移動においては、自動フォークリフトがエレベータに乗った後、現場制御盤よりエレベータ用制御盤に対して行先指令を出す。指令を受けたエレベータ用制御盤は、指令に基づき所定階への昇降を行う。

(3) 自動フォークリフト

自動フォークリフトは、架構フレーム、制御系、走行駆動系、荷役駆動系の4つの主要な要素にて構成されている。動力源としては、充電式直流電源バッテリーを搭載しており、制御電源ならびに各駆動系モータへ電力供給を行っている。荷役駆動は、直流電源を動力源とした油圧モータ作動方式を採用しており、最大荷重約4tの荷役可能な設計としている。写真1にその外観を示す。

制御系は、走行姿勢制御、荷役制御の2つの制御に大別される。

走行姿勢制御は、車体の底面前後2カ所にそれぞれ設けたピックアップコイルと呼ばれる非接触型の誘導磁界検出器により行っている。誘導磁界は通電された誘導線路上に発生し、誘導線を跨ぐような位置に取付けられた2つのピックアップコイルが、互いのピックアップコイルで検出される誘導磁界の強度が同一となるように姿勢制御を行っている。この制御により、自動フォークリフトの走行に際して、床面の凹凸や傾斜などにより誘導線から脱線しかかっても、走行路上に復帰することが可能となっている。

一方、荷役制御は荷を積載していることを検出する接触式在荷検出器と、荷取位置/荷置位置の取合場所における荷物の有無を検知する非接触式検出器の2種類で構成されており、各々、接触式在荷検出器はフォーク部の根元に、非接触式検出器はフォーク部先端に設けられている。

これらの制御指令は、要所に設けられた無線設備を介して行うことにより可能としている。

(4) 埋設誘導線

自動フォークリフトの走行・旋回・停止動作を担うもので、自動積載荷重の約14tが直接誘導線にかかっても断線しないよう、床面に埋込んでいる。誘導線の機能には、直進走行のための走行ガイドと旋回用、停止用、走行距離を測るための測距用の3種類の直交ガイドがあ

る。

それぞれのガイド機能は、誘導線制御盤において各々の誘導線に通電する際にチャンネル分けすることにより行っている。

2.2 エレベータ設備

エレベータ設備は、機側制御盤とエレベータ本体の2つで構成されている。

各構成要素の主な機能を以下に示す。

(1) 機側制御盤

前述の現場制御盤の運転指令をもとに、当該エレベータの運転制御を行うことができる。

また、現場運転に切換えて一般エレベータのように手動で各階へ昇降することも可能としている。

(2) エレベータ本体

エレベータは、駆動装置と搬送物を昇降させる搬器の2つの構成要素に分けられる。搬器は最大荷重約14tに耐え得るような架構構造となっており、駆動装置は、積載荷重に搬器重量を加えた約30tの吊上げ能力を有している(写真2参照)。

3. 貯蔵エリア

DB 建屋のうち、貯蔵エリアとして使用されるのは、B3F から1F までの4フロアである。これは、大量の放射性廃棄物を地表面より上階に貯蔵しないためであり、さらに、より放射線レベルの高い廃棄物ほど低い階に貯蔵するように配置しており、これにより遮へい設計要求に対して合理的な配置設計を行っている。

総保管数量は、ドラム缶換算で約50,000本となっており、再処理施設がフル稼働した場合に発生するであろうと想定される廃棄物5年分と見積っている。

その後、廃棄物の発生実績などを加味しながら、増設する計画であり、増設対応可能な配置・構造をとっている。

4. バックアップ設備

上述のように、貯蔵エリアは放射性廃棄物で満たされるため、貯蔵エリア内でのトラブル対策のために2つのバックアップ対策を施している。1つは、貯蔵エリア内



写真1 自動フォークリフト
Photo 1 Automatic forklift

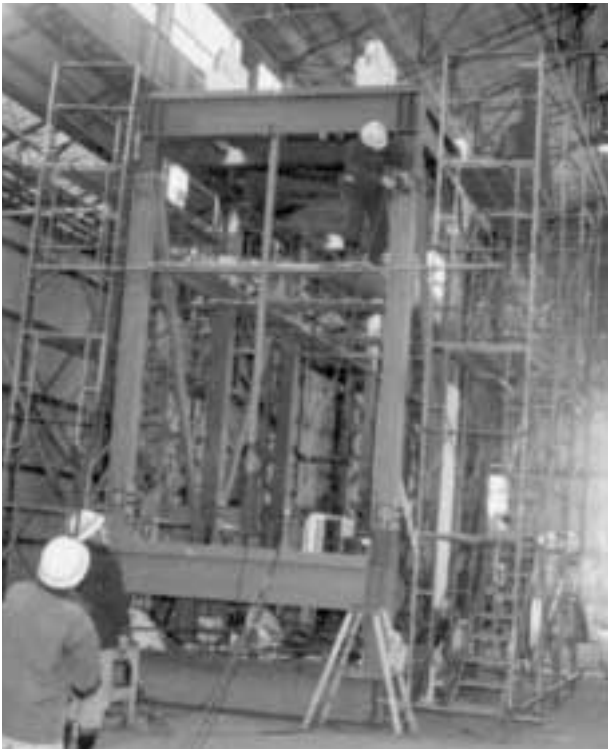


写真2 エレベータ搬器の組立
Photo 2 Assembling cage of forklift elevator

に布設されている埋設誘導線に対する対策、もう1つが貯蔵エリア内に廃棄物を積載して走行する自動フォークリフトに対する対策である。

埋設誘導線に対しては、万が一の断線を考慮して、2本の誘導線を布設し、接続替えを行うことにより、断線後も引続き貯蔵できるように施している。

一方、貯蔵エリア内に侵入した自動フォークリフトが



写真3 救援車
Photo 3 Rescue vehicle

何らかの異常により停止してしまった場合、故障車を補修可能なエリアに引出すための設備（救援車）を具備している。

以下に、救援車の概要を示す。

4.1 救援車

救援車は、ITVカメラモニタを有した操作盤と救援車本体とで構成されており、各々を有線制御ケーブルにて接続して運転操作する設計となっている。写真3にその外観を、図3に救援システム構成図を示す。

救援車本体は、自動フォークリフトと同様、充電式直流電源バッテリーを動力源とした制御系、走行駆動系、荷

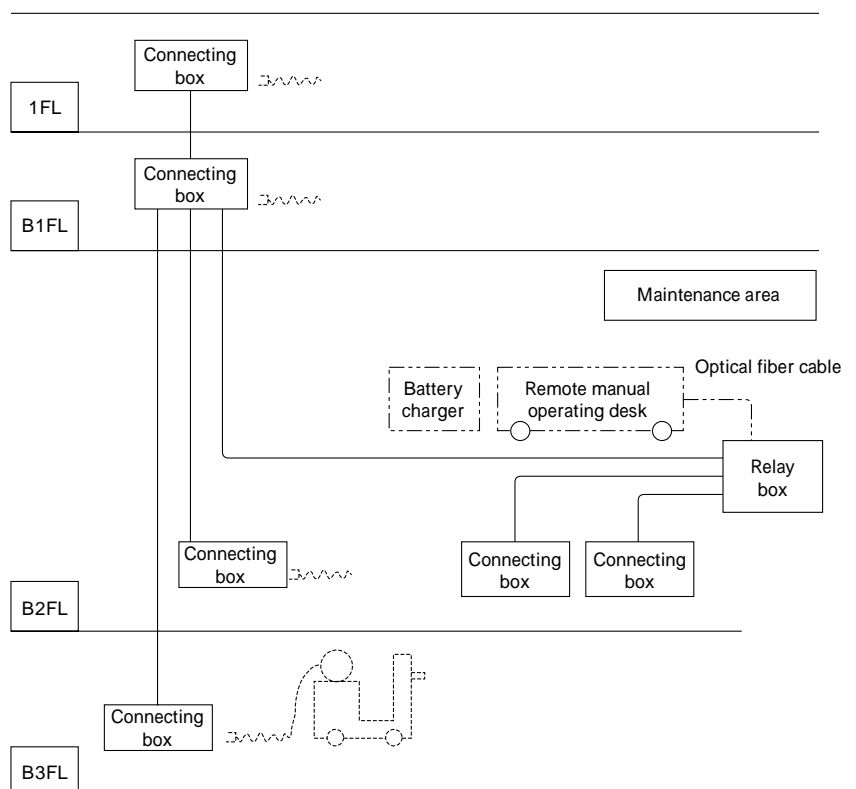


図3 救援車システム構成図
Fig. 3 Configuration of control system for rescue vehicle



写真 4 救援運転
Photo 4 Rescue of automatic forklift



写真 5 操作盤
Photo 5 Remote manual operating desk

役駆動系で構成されている。救援車は限られた運転パターンに基づき制御される自動フォークリフトの場合と異なり、その都度運転パターンが異なることから、有線ケーブルにより遠隔手動操作を伝達する設計となっており、有線ケーブルは前進/後退運動と連動して、ケーブルドラムの巻出し/巻取り運動が行われる。

有線ケーブルでは、救援車本体の走行/荷役のための制御指令を伝達する以外に、遠隔手動操作による任意の運転が可能となるよう、車載ITVカメラの映像信号を操作盤へ映し出すことができる。写真4に救援運転時の状態を示す。また、操作盤の外観を写真5に示す。

むすび=第2低レベル廃棄物貯蔵建屋は、当社ならびに客先による試運転を完了し、操業運転を待つのみとなっている。

末筆ながら、今回の設備の建設、試運転に種々ご協力を頂いた関係各社の方々へ篤くお礼を申し上げます。