

分置

本資料は 年 月 日付で登録区分、
変更する。

2001. 7. 31 [技術情報室]

廃棄物貯蔵容器の移動・運搬 技術等に関する調査

1994年7月

動力炉・核燃料開発事業団
大洗工学センター

この資料は、動燃事業団社内における検討を目的とする社内資料です。については複製、転載、引用等を行わないよう、また第三者への開示又は内容漏洩がないよう管理して下さい。また今回の開示目的以外のことには使用しないよう注意して下さい。

本資料についての問合せは下記に願います。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター システム開発推進部・技術管理室

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

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

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

登録区分
2001.7.31
人表示

廃棄物貯蔵容器の移動・運搬技術等に関する調査

菅谷 敏克*，宇佐美 朋之*

宮崎 仁*，飛田 祐夫*

要 旨

動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センター内における新型動力炉開発に係わる照射後試験等の試験、研究業務で発生する放射性固体廃棄物の低線量化、高減容化処理を行うことを目的として、固体廃棄物処理技術開発施設（L E D F）の建設を計画している。L E D F の処理対象廃棄物としては、センターの各施設から発生する大型固体廃棄物の他、現在「高レベル α 固体貯蔵施設」に金属密封缶の状態で保管されている「高線量 α 固体廃棄物」がある。

本報は、L E D F の廃棄物処理工程検討に資するため、廃棄物の移動・運搬技術と開缶に関する技術の現状について調査を行ったものである。

移動・運搬技術の調査では、一般産業界における移動・運搬技術や使用機器についての実情や動向、また原子力業界の利用状況についての調査を行った。また、開缶技術の調査では、現在使用されている金属密封缶をモデルに原子力業界及び産業界において缶を開けるために使用されている装置、及び利用可能な切断技術や方法について調査を行った。

* 管理部環境技術課



目 次

第1章 廃棄物貯蔵容器の移動・運搬技術

1. 1 目的	1
1. 2 産業界における移動・運搬技術の実際	2
1. 3 産業界における移動・運搬技術の動向	38
1. 4 原子力施設における移動、運搬技術	42
1. 5 廃棄物貯蔵容器への適用技術	46
1. 6 今後の課題	47
参考資料	48

第2章 廃棄物貯蔵容器の開缶技術

2. 1 目的	56
2. 2 対象廃棄物貯蔵容器	56
2. 3 設計条件	56
2. 4 適用切断技術の調査	56
2. 5 密封容器の開缶方法の検討	60
2. 6 今後の課題	61
図 表	65

謝 辞	80
-----	----

第1章 廃棄物貯蔵容器の移動・運搬技術

1.1 目的

廃棄物貯蔵容器の移動・運搬には、各発生施設から処理建家に運搬するもの、処理建家から一時貯蔵建家に運搬するもの、一時貯蔵建家から最終処分場への運搬など様々な形態がある。

これらの廃棄物貯蔵容器の移動・運搬に適用する技術としては、施設間の輸送車両、荷役設備および施設内の搬送設備等ほとんど共通の技術で対応が可能である。

本調査では、原子力施設に適用できる移動・運搬技術として、特に一般産業界で発展の著しいFA（ファクトリー・オートメーション）や物流における最近の技術、及び原子力施設における移動・運搬技術の実例について文献やメーカー資料をもとに調査を行い、大洗中央廃棄物処理場の専用貯蔵施設に保管している超ウラン元素を含む廃棄物や今後も継続して発生する同種廃棄物の減容施設の設計検討用に資する。

1.2 産業界における移動・運搬技術の実際

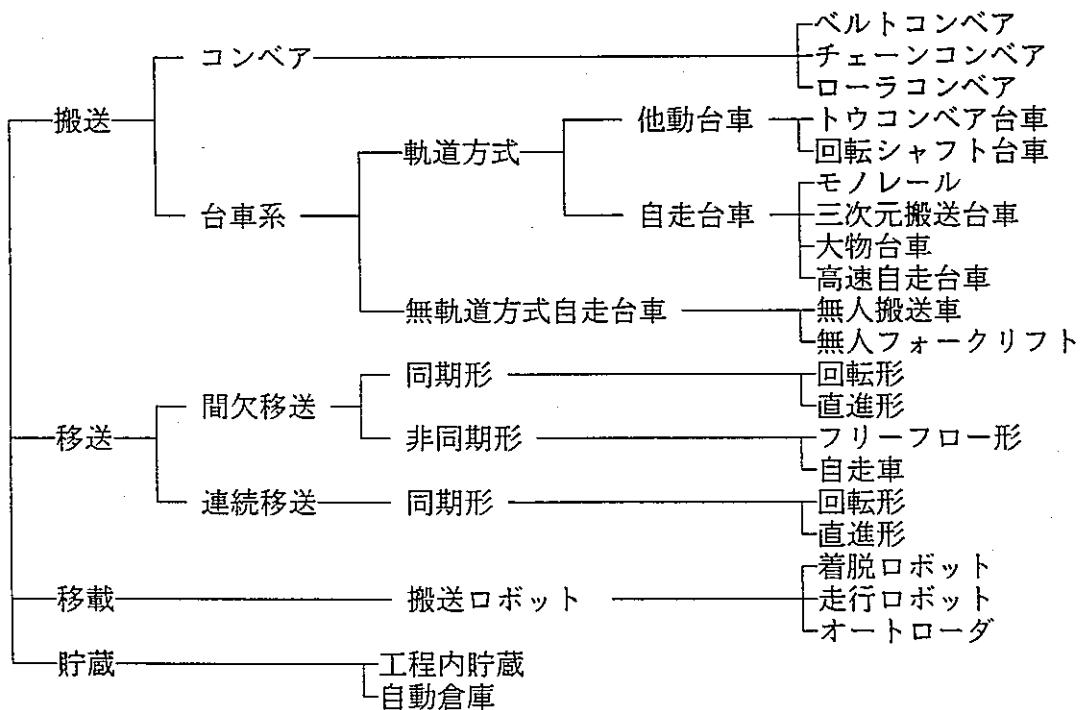
産業界における移動・運搬技術としては、様々な業界でそれぞれの用途にあった機器やシステムの開発が行われている。すぐ思い浮かぶのはデパートの配送センターや郵便の集配システム、運送業の物流センターなどがある。この他、一般の生産工場においても様々な搬送設備が使われている。

我々の生産や経済活動は“物の移動”がなければ成立しないほど重要なものである。近年、労働環境などの社会的要因やスピード、生産性の向上、また正確さなどの信頼性の向上等の要求から省力化、自動化など物流及びF A（ファクトリーオートメーション）における進展は目ざましいものがある。

本節ではこれら一般産業界における搬送技術について紹介する。

表1.2-1に搬送装置の分類を示す。

表1.2-1 搬送装置の分類



以下、主な搬送設備を紹介する。

(1) 自動倉庫システム

コンピュータと自動制御クレーンによって品物の格納（入庫）と取り出し（出庫）が自動的に行われる倉庫。立体倉庫ともいう。

高さが20mにも及ぶ高層の棚（ラック）と自走式クレーン（スタッカクレーンと呼ばれる一本のレール上を走行し、垂直マストで上下移動、スライドアームで両側の棚に載荷するクレーンやトラバーサと呼ばれる二本のレール上を走行するものや、荷物を上下移動するリフターを備えた無人搬送車なども使われる。）が本体である。クレーンには行き先制御などを行うマイクロコンピュータが搭載されており、これとは別に設置された倉庫全体の管理用コンピュータとの間で情報交換を行う。品物の入庫があると管理用コンピュータは出し入れの頻度、空棚の状況、特別な区域指定等の諸条件を総合的に判断して入庫品に最適な棚の番号を割り当て使用クレーンを決定する。この情報をクレーン制御用コンピュータに光通信などで伝送して入庫品を所定の位置に格納させる。出庫要求の場合は管理用コンピュータのファイルから目的とする品物が収納されている棚を探し、その番号をクレーン制御用コンピュータに指示すればよい。

上記のようなラック式自動倉庫のほかに、棚と平行にコンベアを走らせ、棚の端でコンベアの高さを変えて載荷する水平循環式倉庫もある。クリーンルーム用の自動倉庫もあり、走行部分を床下に収納して粉塵の発生を防止する工夫をしている。

① ラック式自動倉庫

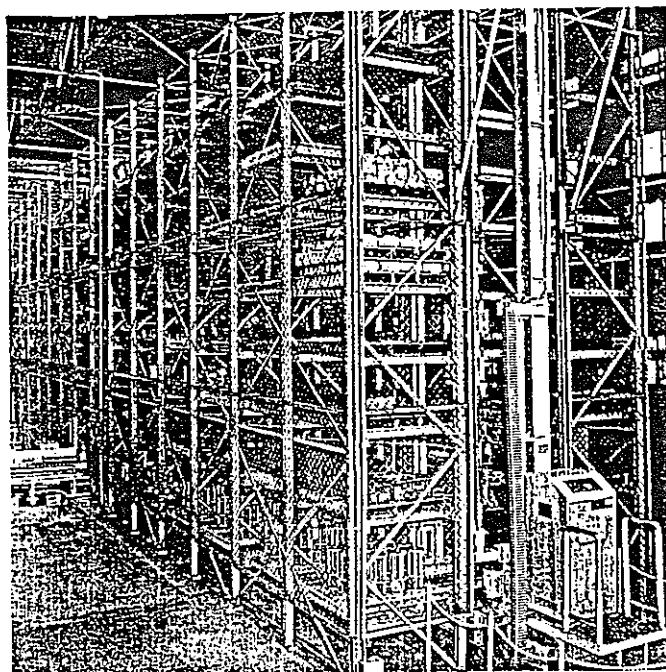


図1.2-1 チック式自動倉庫

表1.2-2 ラック式自動倉庫仕様例

ラック	形式 容器	据置き型ラック パレットおよびバスケット
クレーン	形式 荷脱載 積載質量 走行速度 昇降速度 給電方式 運転モード	床上走行形 フォーキングおよびブッシュブル方式 20kg～2500kg Max100m/min, インバータ制御 Max 15m/min, 2段切替え 絶縁トロリ オンライン, 単独自動運転および手動運転
クレーン 地上 制御盤	処理部 インタフェース 運転方式 設定 表示	8ビットマイクロコンピュータ 末端装置:DID クレーン機上制御盤: 光伝送 オンラインおよび遠隔自動運転 キアボード(入出庫指示) 設定データ, クレーン状態
クレーン 機上 制御盤	処理部 インタフェース 運転方式 設定 表示 棚番地検出	8ビットマイクロコンピュータ クレーン地上制御盤: 光伝送 オンライン, 単独自動運転および手動運転 機上テンキー入力(入出庫指示) クレーン状態, 停止位置 原点照合付き相対番地方式(棚内待機方式)
周辺装置		出庫ステーション, ピッキングコンベア, トランバーサ等

② 水平循環式自動倉庫



図1.2-2 水平循環式自動倉庫

表1.2-3 水平循環式自動倉庫仕様例

装置寸法	収納コンテナ寸法、取扱数量による
標準棚数	4段～12段
総ロケーション数	150～2000ロケーション
搬送速度	Min:10m/min～Max30m/min(各段ごと)
搬出時間	25s～30s
保管質量	3kg～30kg/コンテナ当たり
電動機	0.2kw～0.75kw
入力システム	テンキー入力装置、コンピュータオンライン
周辺装置	出入庫コンベア、ピッキングコンベア、バーコードリーダ等

(2) 無人搬送車 (A G V)

無人台車などともいい、人間が運転しなくてもコンピュータによって制御されて自動的に目的地まで走行する搬送車。

多量生産向きのコンベアと異なり、搬送する対象物、量、経路が比較的自由になるので、多種中少量生産に対応でき、F M S (フレキシブル・マニュファクチャーリング・システム) * で使用されることが多い。

わが国で最初に利用されたのは昭和40年(1965年)で、当初は荷物を載せた台車を牽引する単純搬送形であった。最近では搬送車に搭載したマイクロコンピュータが中央コンピュータに次の搬送作業の指示を問い合わせたり、作業履歴を記憶して必要な情報を報告することが行われている。

無人搬送車の形式は、レール走行式と自由走行式がある。

レール走行式は柔軟性に欠けるが、位置決め精度が±0.2 mmと高く、10トン以上の重量物も容易に積載でき、移動速度が 1 m/秒ぐらいと高速である。しかもコストが安いという長所もある。レールを天井に敷設したものもある。

これに対して、ゴムタイヤを使って床の上を走る自由走行式は路線の変更などに対する柔軟性が高く、停止精度も±1 mm位まで実現出来るようになっている。

表1.2-4 無人搬送車システム、図1.2-3に無人搬送車(A G V)の例を示す。

* F M Sは、F A工場の生産システムの中核をなすもので、製造システムと生産管理システムから成り立っている。

- ①無人化を思考した、設備の自動化
- ②多品種少量生産に対応できる、フレキシブル性
- ③物と情報の同期化を目指した、コンピュータの活用

で、その対象とする範囲は受注から生産までである。これにコンピュータによる経営の自動化までを目指したシステムをC I M (コンピュータ・インテグレーテッド・マニュファクチャーリング) と言う。

表1.2-4 無人搬送車システム

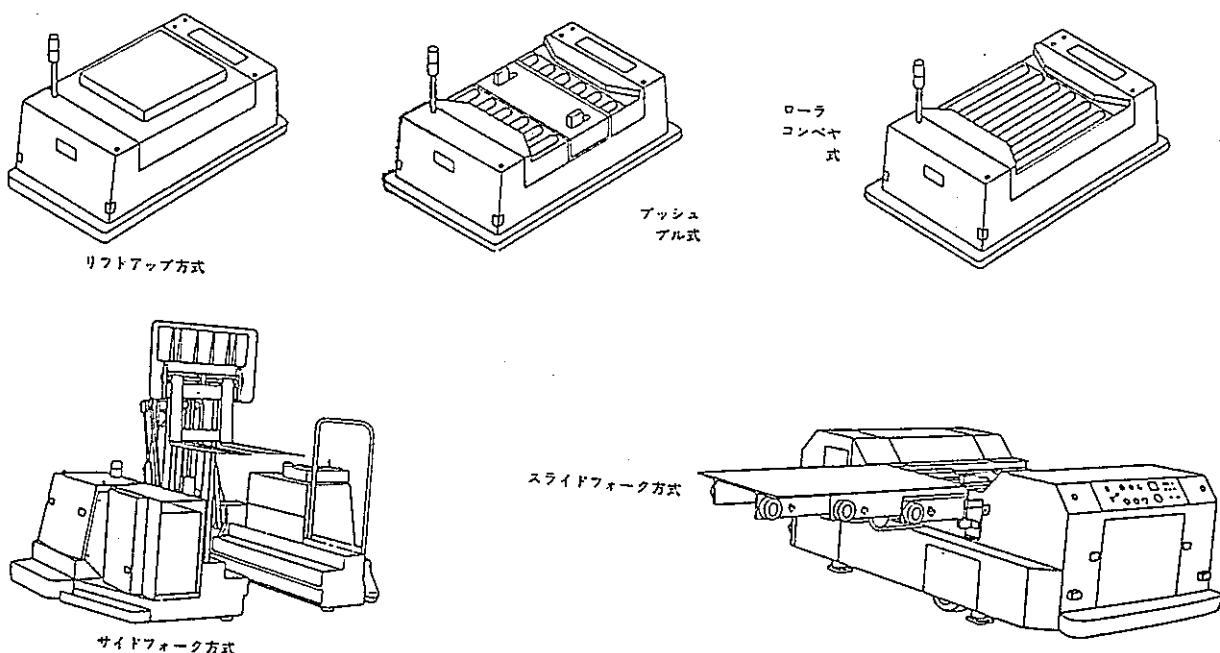
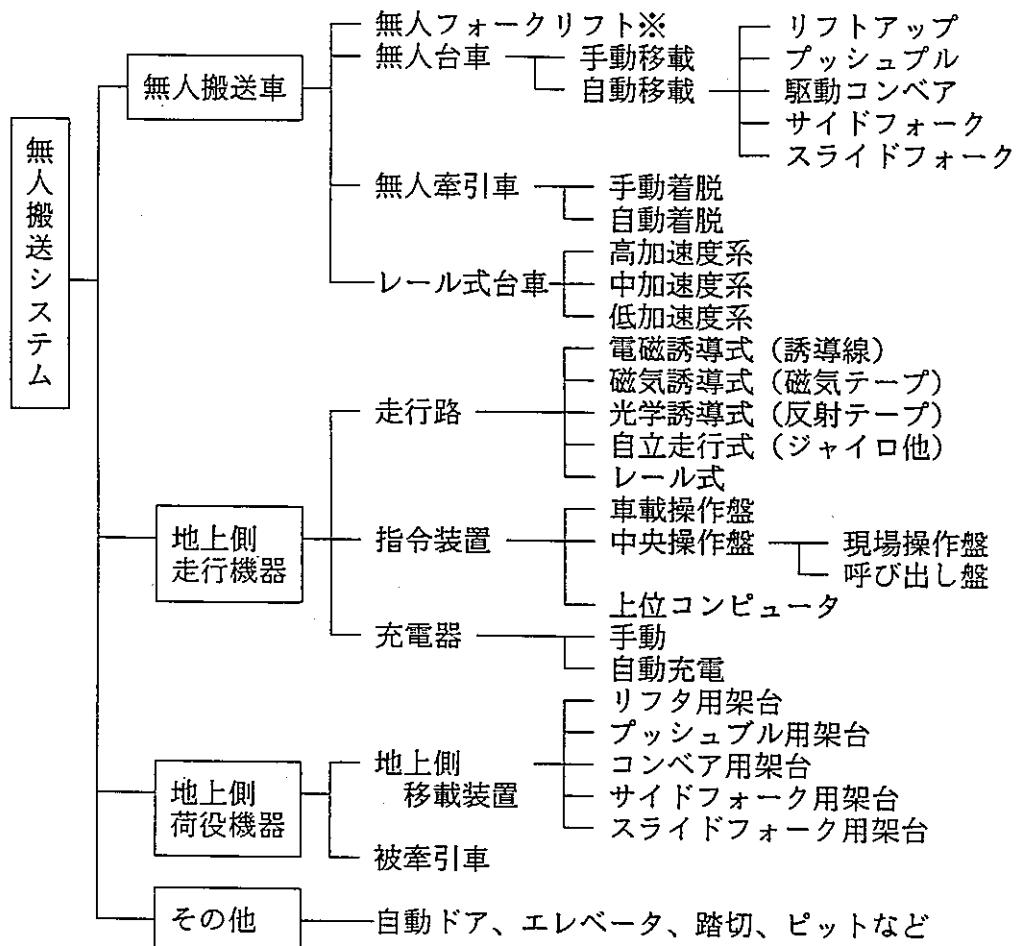


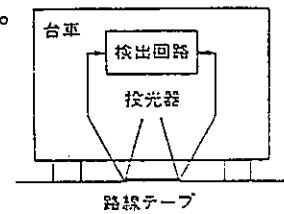
図1.2-3 無人搬送車（AGV）の例

①誘導方式

誘導の原理は、電磁式と光学式とがあり、現在は電磁式が大部分である。図1.

2-4, 図1.2-5に光学誘導式と電磁誘導式の概念を示す。

光学誘導式はアルミニウムやステンレスの反射テープを床面に貼り、これを搬送車が蛍光灯で照射して検出しながら走行を制御する。また、床面に貼ったバーコードを工業用テレビで読み取る方式もある。



光学誘導式原理

電磁誘導式は、床面に埋設したトウパスワイヤという電線に 5~10kHz の電流を流し、発生した磁界を搬送車のピックアップコイルで検出して、左右の電磁誘導電圧の差に従ってステアリングモータを駆動する。

ケーブルを埋設しないで床の上にテープ上の電線を貼りつけただけのものもあり、変更や拡張が容易である。また、ビーコンという送受信器を埋め込んでおく方式も開発されている。

似ている方式に磁気誘導式があり、これは床に磁気テープや金属テープを貼りつけて磁気センサーで検出する原理である。(図1.2-6)

図1.2-4

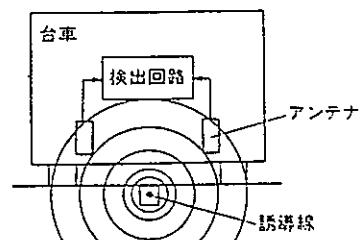
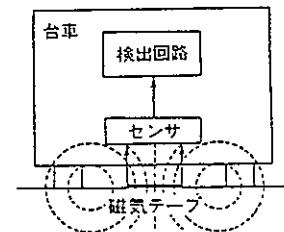


図1.2-5



磁気誘導式原理

このほか、光学式に関連してレーザ誘導方式も用いられる。これは工場の壁や柱にレーザスキャナを固定して走行経路に沿ってレーザ光を走査し、搬送車に搭載した検出器で感知させる。光変調によって行き先や積み荷の番号指示なども可能である。

完全な自走形搬送車は日本輸送機と通産省工業技術院機械技術研究所で共同開発された。これは工場内の走路地図をマイクロコンピュータで記憶しておく、光学的な方法で自分の現在位置を認識するものである。

さらに、自分の現在位置をジャイロで検出して、外部からの制御や目印に頼らずに自律的に走行出来るものも商品化されている。これらのものは、床が吹き抜け式の網目になったクリーンルームなどに適している。

多数の搬送車の通行制御を最適化するエキスパート・システムも開発されている。表1.2-5に各誘導方式の比較を示す。

表1.2-5 各誘導方式の比較

方 式	電磁誘導	磁気誘導	レーザ誘導	光学誘導	金属検出	マーク検出
オフィス	不適	適	不適	最適	適	適
工 場	最適	適	適	やや不適	適	不適
屋 外	最適	やや不適	不適	不適	適	不適
工 期	長い	短い	短い	短い	短い	短い
コス ト	高い	安い	高い	安い	安い	高い
コース変更	難しい	容易	難しい	容易	やや難	容易
誘導路利用の通信	可能	不可能	不可能	不可能	不可能	不可能
保守性	容易	難しい	難しい	難しい	容易	容易
遠隔非常停止	可能	不可能	可能	不可能	不可能	不可能

②システム制御方式、搬送指示方式

制御方式

走行パターンの入力方法にはつぎの方法がある。

- ・機上制御 (Onboarded Date Input)

車上のパネルで走行パターンを設定する方式

- ・地上制御 (Auto Programming Contorol System)

車上のパネルで走行パターンを設定する方式で、走行制御ソフトの変更によりレイアウト変更時の複雑な走行モードの変更が容易にできる。

磁気誘導、光誘導式のAGVに適する。

- ・プログラマブルコントロール制御

電磁誘導式AGV、あるいは地上制御が適用出来ないシステム(I/O数が非常に多い)に適用する。

衝突防止制御

AGVに取り付けられている光センサーや超音波センサーにより自動的に行う。

信号伝送方式

AGVとステーションのインターロックは光伝送装置荷より行う。

図1.2-7にAGVシステムの基本制御方式を示す。

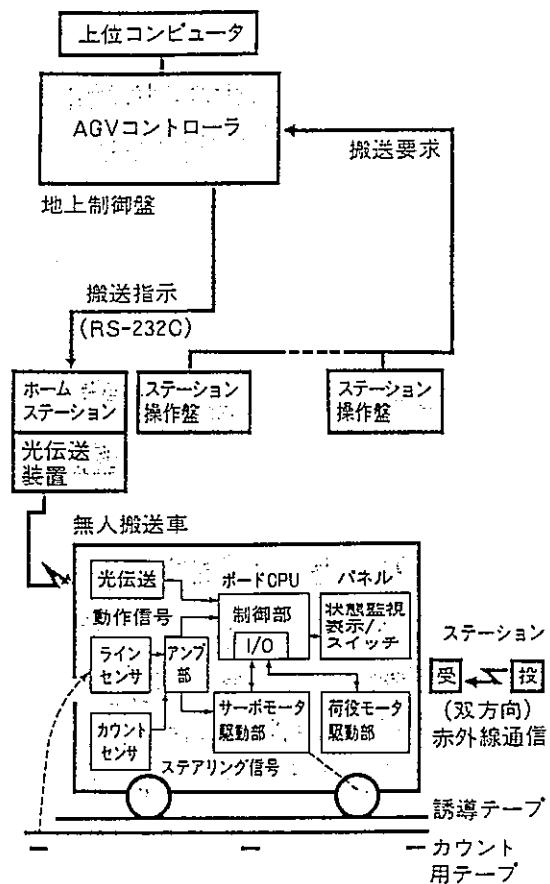


図 1.2-7 AGV システムの基本制御方式

(3) 無人フォークリフト

人間が運転しなくてもセンサーとコンピュータで自動的に制御されて、水平方向の走行と垂直方向の積み卸しを行うフォークリフトをいう。

昭和50年（1975年）ごろに開発され、食品の冷凍倉庫や原子力発電所など人間が作業するのに困難や危険がある場所で用いられてきたが、昭和55年（1980年）ごろから一般の倉庫や工場でも活発に利用されるようになった。

現在ではプレスラインへの金型搬送用、自動車組み立て工場での利用などの例があり、工程間の搬送に無人搬送車（AGV）と同様に使われはじめた。

価格は高いが一人の人間が数台を監視していればよく、従来のフォークリフトに比べて人件費の節減は大きい。また自動倉庫の搬出入口で、直接荷役作業を行える点は単なる無人搬送車に比較して優れている。

図1.2-8に示すように外観で水平方向の走行制御は無人搬送車と同じで電磁誘導等による。

指令入力は地上制御盤などによるが、音声でも可能なものもある。走行速度は時速4km程度、垂直方向の荷役は高さ3m程度まで荷揚げ出来る。

荷役作業は超音波センサーによる荷の高さの検出、フォーク先端の光センサーによるパレットのすき間検出などに基づいて行う。

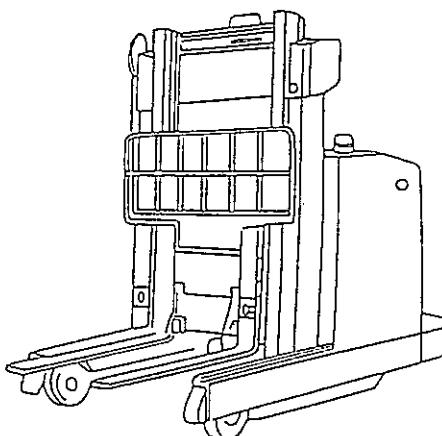


図1.2-8 無人フォークリフト

(4) 天井走行台車

地上の無人搬送車等では不可能な高速搬送、自由なレイアウト、固定の昇降装置を不要とした自動積載機能をもった天井走行搬送システムである。

図1.2-9に天井走行搬送システムの構成図、表1.2-6に基本仕様を示す。

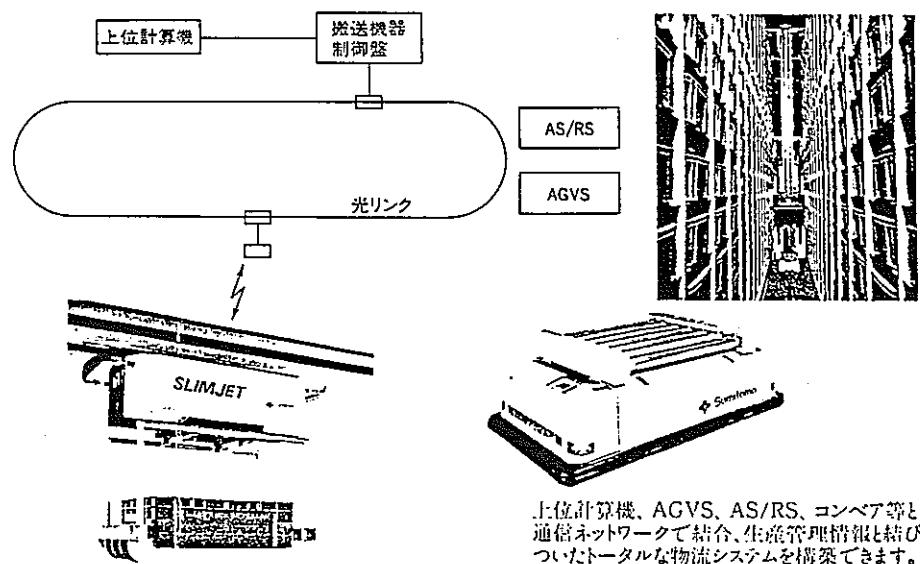


図1.2-9 天井走行搬送システム構成図

表1.2-6 基本仕様

台車重量	5.0 kg
搬送重量	max. 50 kg (500 kgまで開発可能)
走行速度	5~220 m (max) / min(自在可変)
加減速度	0~1 m/sec ² (自在可変)
昇降速度	0.1~30 m(自在可変)
走行停止精度	±3~5 mm
揚 程	max. 4000 mm
最小回転半径	1000 mm R
電 源	AC 200/220 三相

① 本体構造

本体は、機械的には走行装置、昇降装置、チャッキング装置より構成される。電気的にはメインコントローラ、周辺電装品、インバータ、および各種センサより構成される。

② 走行装置

2輪のウレタン車輪をボギー型に配置し、片側1輪を直結ギアドモータで駆動しガイドローラにより案内される。

③ 昇降装置

走行と同様ギアドモータで4個のドラムをステンレスベルトで巻き上げ、移載装置を上下させている。位置決めはエンコーダを使ってあらゆる場所で任意の位置に停止が可能である。停止位置設定は本体の位置コード表示により容易にできる。

④ 移載装置

空中より下りてくるチャッキング装置を正確に位置決めするため移載ステーションにはガイドが必要である。図1. 2-10にステーションガイドを示す。

⑤ 安全装置

台車本体や搬送物の落下防止に各種の安全装置がついている。例えば、落下防止用ストッパ、チャック開メカロック、搬送物落下防止ネットなどがある。

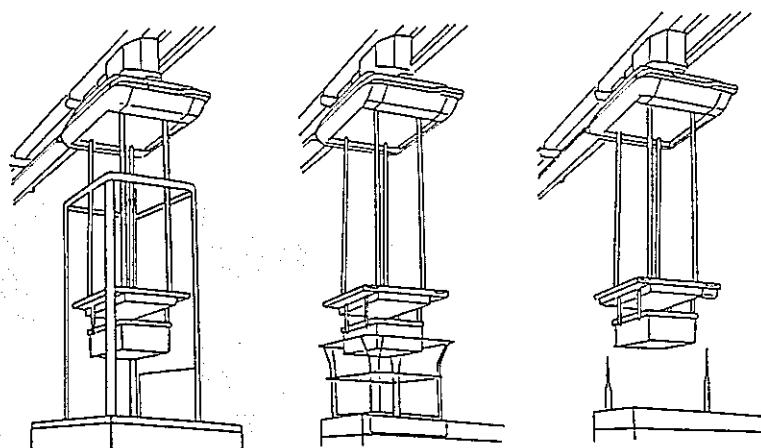


図1.2-10 ステーションガイドの例

(4) 仕分・ピッキングシステム

仕分け・ピッキングシステムは、品物や商品を高速で仕分け分類するためのシステムで、貨物配送センターで広く使われている。仕分けシステムはコンベアに載った品物を分類に従って仕分ける装置で方式としては、スチールコンベアやチルトトレイ上の荷物の表示を自動的に読み取り、指示された位置に分類するものでピッキング方式により種々の方式がある。

図1.2-11, 図1.2-12にチルトトレイ式、およびダイバート式を示す。チルトトレイ式は荷物を載せたトレイが表示の位置で傾斜し荷物をシューターに分類される。ダイバート式はベルトコンベアの上の荷物を指示された位置で払い出す方式である。

この他ピッキング方式としてはポップアップ式、ベルトカート式、シュー押し出し式などがある。

ピッキングシステムは、保管棚に収納された品物をオーダにしたがい任意の棚から取り出すシステムで同時に在庫管理も可能である。これは荷物の保管形態や取り出し形態により種々の方法がある。

- ①パレット単位保管→パレット取出し
- ②パレット単位保管→ケース単位取出し
- ③ケース単位保管→ケース単位取出し
- ④ケース単位保管→バラ単位取出し
- ⑤バラ単位保管→バラ単位取出し

これらのシステム例を図1.2-13に示す。

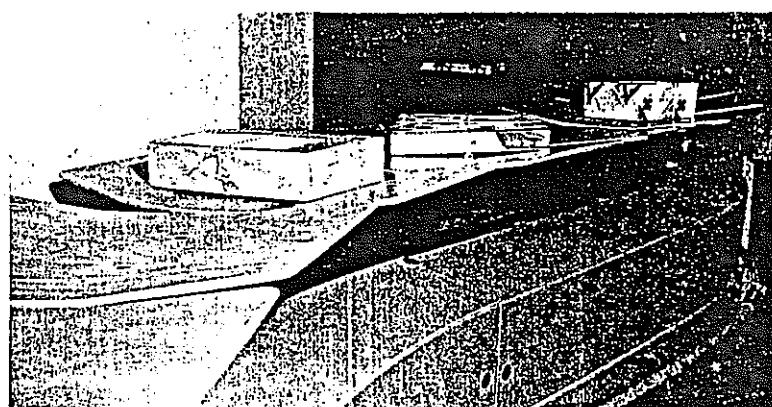


図1.2-11 チルトトレイ式仕分けシステム

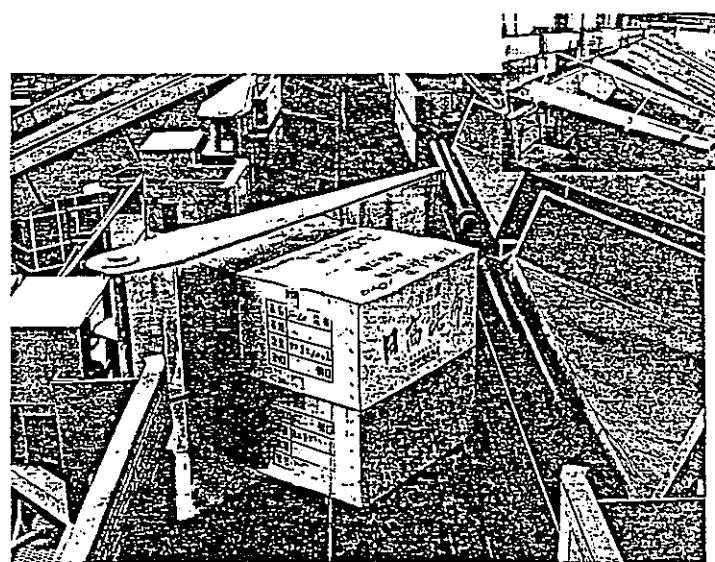


図1.2-12 ダイパート式仕分けシステム

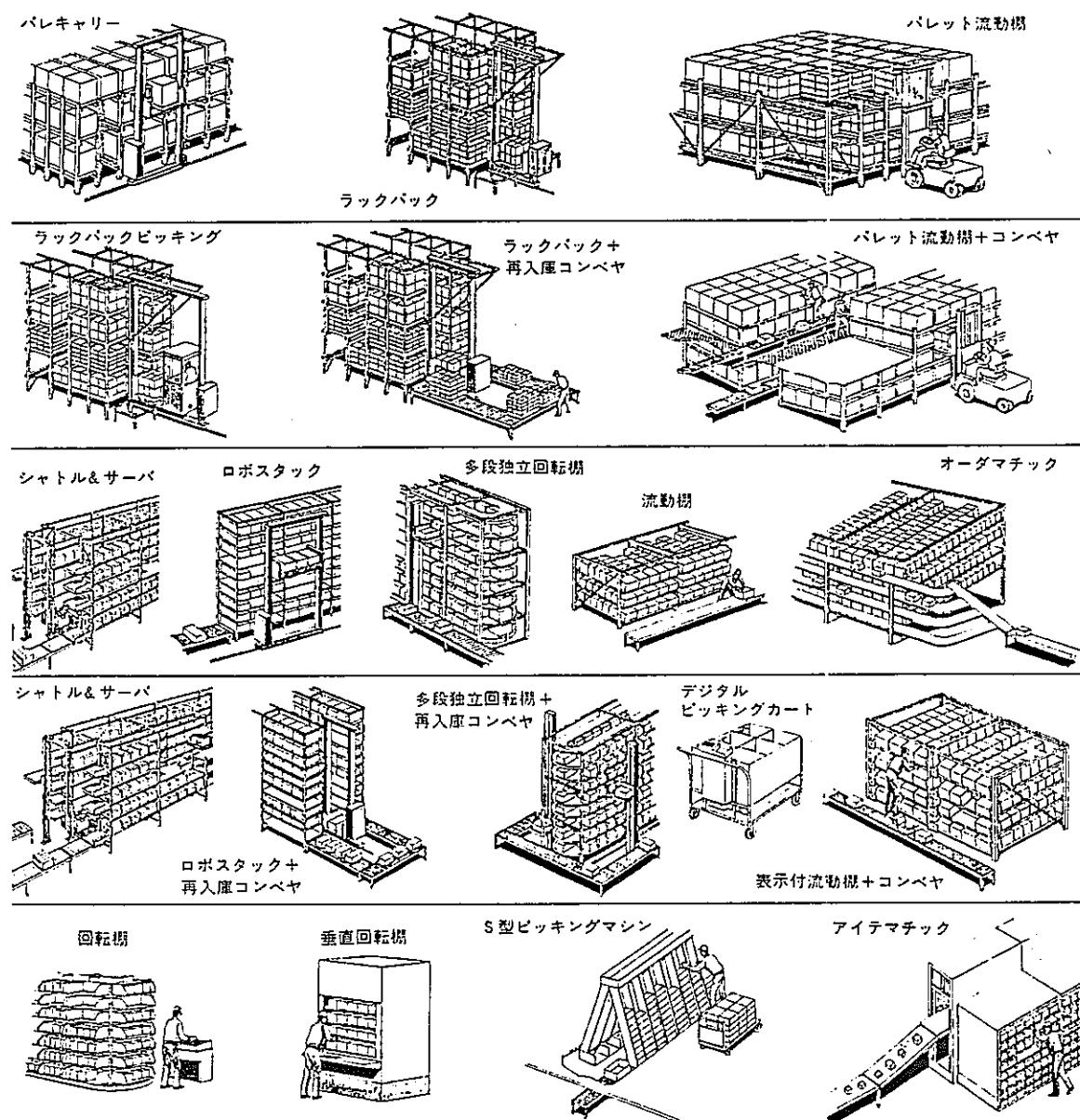


図1.2-13 ピッキングシステムの例

(5) 搬送ロボット

搬送ロボットの定義には種々あるが、FAにおいては、一般的にワークを把握し、比較的長距離ワークを搬送するロボットをさしている。例えばAGVとよばれる自動搬送車もこの範疇に入るが、ここではレール等の固定設備を有しこの上を走行することによりワークを搬送するロボットについて述べる。

搬送ロボットの構成は、大別し次の2つの部分に分けて考えられる。

①走行するために必要な機構からなる走行部

②アームおよびハンド部等で構成される本体部

走行部は、搬送ロボットの走行方式により、その構造は大きく異なるが走行方式を大別すると表1.2-7のようになり、それぞれの長所、欠点を示している。

現在は、同表中のA方式が広く使用されている。

本体部は各用途に応じて、他のロボットと同じくそのアームの構成から垂直関節形、水平関節形あるいは円筒座標形など種々の形がある。

搬送ロボットの特徴は以下の通りである。

①高速・長距離走行

②高可搬重量

③高精度

④高度な制御機能

搬送用ロボットの機能別特長を表1.2-8に示す。また、ロボットの使い分けを表1.2-9に示す。

図1.2-14はパレタイジング、図1.2-15は機械加工への応用である。

表1.2-7 走行方式の比較

方 式					長 所	欠 点
制御盤	ロボット本体	電力供給	信号系統			
A	据 置	走行部	ケーブル	ケーブル	・走行部が小型 ・空圧の使用可	・ケーブル本数 が多く、ケーブ ルガイド困難
B	走行部	走行部	ケーブル	ケーブル	・ケーブル本数 が少ない ・ノイズに強い ・空圧の使用可	・走行部が大き くなる ・ケーブルガイ ド困難
C	走行部	走行部	トロリー	無線orレ ーザ	・ケーブル類が なく長距離化容 易	・走行部が大き くなる ・通信媒体故障 時の安全性問題 ・空圧の使用可

表1.2-8 搬送用ロボットの機能別特長

No.	機 能	特 長	内 容
1	プログラムの選択によ って動作を瞬時に変更 できる。	多種類のワークに対し て簡単に対応できる。 また、変更も容易。	あらかじめ各ワークに対して教 示されたプログラムを自動的に 選択して動作する。
2	ティーチングにより、 任意の動作を簡単・容 易に設定できる。	種々の動作が、ティー チングだけで可能。ま た、変更も可能。	操作パネルなどの押しボタン操 作で、任意の動作を記憶させ ることができる。
3	パレタイズ機能をもち 給材装置との多面的な 連結ができる。	種々の動作が、ティー チングだけで可能。ま た、変更も容易。	ロボット自身が自動的にワー クを配列したり、段積みするこ とができる。
4	ロボット自体は購入時 点で、すでに完成され た汎用機である。	品質的に安定で信頼性 に優れ、初期トラブル の心配が少ない。	個別設計が不要で、新規性に伴 うトラブルがなく、短納期で入 手でき、価格も安い。
5	センサとの組み合わせ でインテリジェント性 をもつ。	検査や判断機能を付加 できる。	CDDカメラなどを用いてロボ ットを知能化でき、用途を大幅 に広げられる。

表1.2-9 搬送用ロボットの使い分け

No.	使用方法	特 徴	搬送の内容
1	単独床置き	機械やコンベアなどとは独立して、単独に設置して使用する最も一般的なもの。メンテナンスや移設が簡単にできる。	ワークの移載や機械へのローディング、アンローディング
2	走行 (走行装置追加形、走行装置内蔵形)	搬送ストロークが長い場合、ロボットに走行機能をもたせて、マテハンとともにロボット自体に搬送作業を行わせるもので床置き形標準ロボットに走行装置を追加させる場合と、ロボット自身に走行機能を内蔵させたものの2つがある。	複数台の加工機械間の搬送やワーク供給
3	吊り下げ	カントリ形、門形ともいわれ、ロボットを吊り下げた形で使用する。そのためのフロアスペースを広く有効活用できる。架台が必要となる分、コスト高になる。移設が簡単でないことやメンテナンススペースも考慮する必要がある。	搬送を含めた加工セルに適す。
4	NC機用ローダ	NC機械メーカーが販売するローダは、NC機と一緒にになったものが多い。機械とのインターフェースを備えたロボットが市販されている。	NC盤やNC研削盤などのローディングやアンローディング
5	パレタイズ (デパレタイズ)	パレットなどに所定のパターンで並べたり積み上げたりする作業を、1づつティ칭するこなしに、縦、横、高さの数や配列を指示するだけで、ロボットが自動的に作業を行う。	生産ラインの末端で、製品のパレットへの積み上げや、ライン入口でのデパレタイズと投入作業。

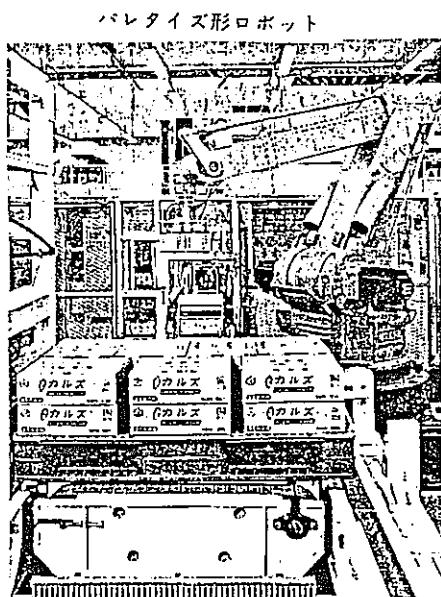


図1.2-14 パレタイジング



図1.2-15 機械加工への応用例

(6) 搬送情報機器

自動搬送システムにおける情報機器の中心はコンピュータである。コンピュータの役割は、必要なときに、必要な物を、必要な量だけ正確かつ迅速に目的の場所に搬送するための情報管理と搬送機器の制御を行うことにある。

コンピュータシステムの分担範囲を図1.2-16に示す。

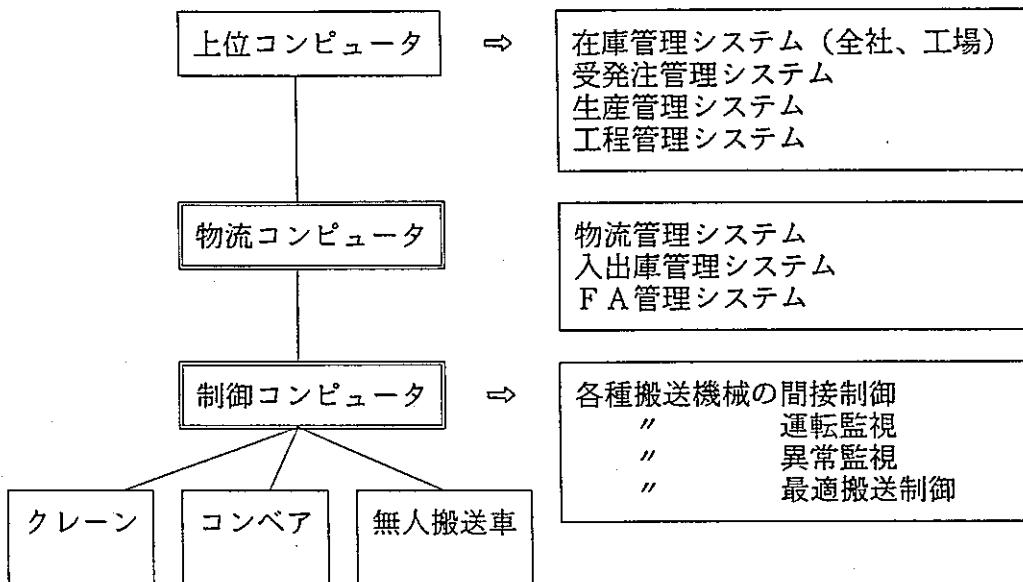


図1.2-16 コンピュータシステムの機能範囲

イ) 物流コンピュータ

・物流管理システム

自動倉庫や回転棚、平置棚などの保管倉庫を導入する場合、これらの在庫管理や棚管理は、必要不可欠である。物流コンピュータはクレーンの入出庫等に同期してリアルタイム（実時間処理のこと）に、その物の在庫状況を把握する。すなわち、物と情報がどの時間をとっても一致していることである。

物流管理システムは、リアルタイムな在庫管理機能を実現するために、上位コンピュータと入出庫の予定や実績などのオンライン通信、搬送機械を動作させるための制御コンピュータとの交信、倉庫に対し入出庫を要求する入出庫設定機能さらに、在庫情報のアウトプットとしての帳票・問い合わせ・その他各種の支援サブシステムから構成される。

- 入出庫管理システム

配送センターなどに多いシステムである。倉庫からの製品の出荷、外部からの資材の入荷などの入出荷業務である。上位コンピュータは、受発注情報にもとづき入出荷予定を作成し、物流コンピュータにオンラインで送信し、結果として、その実績を物流コンピュータから受信することになる。

物流コンピュータは、この入出荷予定にもとづき着荷単位別にスケジューリングする。入荷時には荷受け・検収・パレタイズ指示・各保管場所への入庫指示、出荷時にはオーダー単位別に集約・出庫・仕分けを自動的に行い検品、梱包指示が適切にできる。

- F A 管理システム

上位コンピュータからロット別の生産計画データ・加工情報・組み立て情報を受信し、工程別・機械別のスケジュールを作成する。F A や F M S では、このスケジュールにもとづきラインの加工機、組み立て機、検査機、梱包機などの運転状況をリアルタイムに把握しタイムリーに物を自動的に搬送するのが一般的である。

ロ) 制御コンピュータ

- 搬送機械の間接制御

スタッカクレーンの例をとると、制御コンピュータはクレーンの状態（オンライン運転可、異常など）やコンベアの入出庫口の状態（載荷、異常など）を常に把握して、物流コンピュータからの入出庫の要求があり、条件OKならばクレーンに対し FROM と TO のコマンド指令（入出庫モード、棚番地、入出庫口）を発信しクレーンを動作させる。

- 運転監視、異常監視

各種搬送機械・加工機・組み立て機などの運転状況や異常状況を CRT によって常時モニタリングしコントロールセンターで集中監視し緊急時、異常時には適切な指示、連絡、警報などがとれるようとする。また運転や異常の統計データをプリントアウトも出来る。

- 最適搬送制御

制御コンピュータは、物流コンピュータや受渡しコンベア、各要求操作盤などの搬送要求を受けて、諸条件のもとで最適な搬送スケジュールを作成し、最短リードタイムで物を搬送するように制御する。

諸条件とは、各搬送要求の優先順位、緊急割り込み搬送要求、各受渡しコンベアの状況（受付可、満杯、異常など）、無人車やロボトレインの現在地、搬送機械の状態（オンライン運転可、異常など）などである。

② 搬送装置に使われるセンサ

搬送装置に使われるセンサーは図1.2-16に示すように分類される。

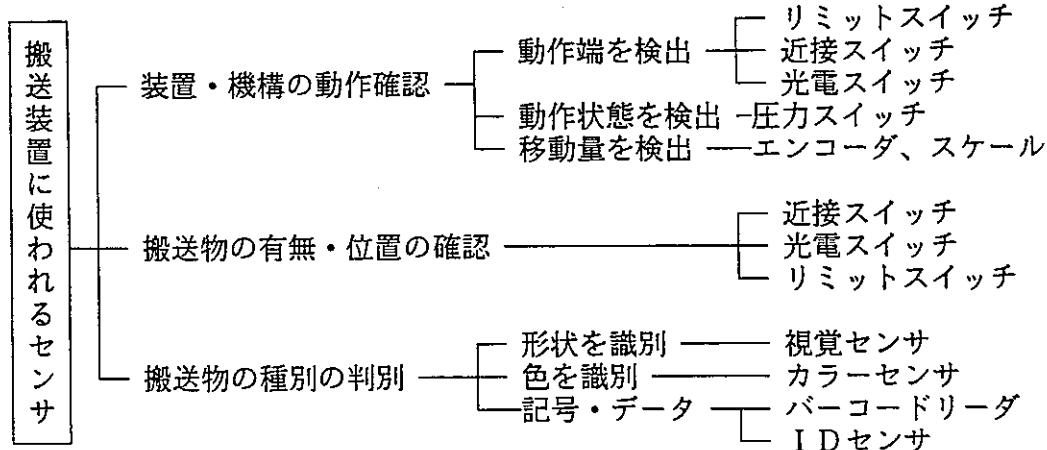


図1.2-16 搬送装置に使われるセンサ

センサの使い分け

図1.2-17にFA化工場によく使われる各種センサの例を示す。

近接スイッチ(高周波発振形)	光電スイッチ	ファイバセンサ
高周波で発振する磁界に金属が接近すると発振条件が変化し検出される。 位置決め精度が高い。(ミクロン単位) 	検出物体の表面で反射される信号光を検出。(反射形) 	検出部は極小。
光のカーテンが通過物体を監視する。 	変位センサ アンプ一体形の変位センサ。高精度な距離測定を実現する。 	寸法判別センサ 手軽に高精度な寸法判別が行える。
光学ランプを使用している為、微妙な色差の検出が行える。 	マイクロフォトセンサ 小形・ロコスト。 	超音波センサ 透明フィルムやガラスを確実に検出。
ロータリエンコーダ	画像処理システム より高度な無人化検査ラインを実現。 	IDシステム 横載内容や行き先をカードが指定。

図1.2-17 FA用各種センサ

搬送物を位置を確認する方法として搬送物自体の有無を直接検出する方法と、搬送物を保持するジグを検出したり、搬送物でストライカを動作させて間接的に検出する方法がある。ケースバイケースではあるが検出の信頼性やセンサ取りつけや交換時の調整の容易さ等から間接的検出法が適している。

図1.2-18にセンサ選定のフローチャートを、表1.2-10にセンサの比較表を示す。また、図1.2-19にセンサおよびストライカの使用例を、図1.2-20、図1.2-21に近接スイッチおよび光電スイッチの使用例を示す。

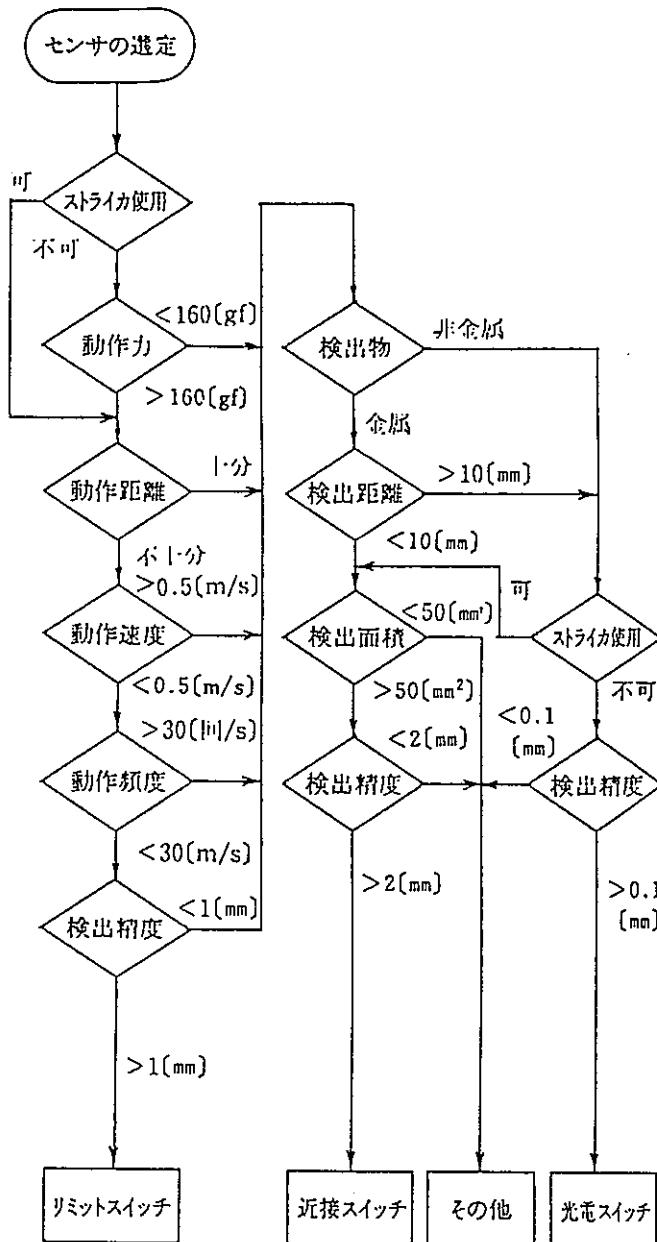


図1.2-18 センサ選定のフローチャート

表1.2-10 センサの比較表

センサ種類 使用条件	リミットスイッチ					近接スイッチ		光電スイッチ	
	ローラレバー形		ローラプランジャ形			直流	交流	反射	透過
	基本	封入	基本	封入	マルチ				
動作力 (gf)以上	150	1360	400	2700	1500			0	
最大使用頻度 (回/min)	120					15000	12000	10000	
動作速度 (mm/s)	0.5~1000					応答時間以下			
応答時間 (ms)	—					2	25	3	
検出対象物性	固体					金属	すべて	不透明	
検出物の大きさ (mm)以上	—					4×4	0.2×1	1×1	
検出距離 (mm)	接触する距離					30以下	200	3000	
動作位置精度 (mm)	±0.05以内					検出距離の±10[%]以内	0.06	0.06	
動作位置精度 (mm)	0.8	4.6	0.05	0.5	0.5	検出距離の15[%]		8[%]	~0.4
環境	耐油性	×	○	×	○	△	○	×	
	耐塵性	△	○	△	△	△	○	△	
	金属粉	△	○	△	△	△	△	△	
コスト比	1	5	1.5	4	14~50	10	15	30	30

○：良い

△：やや悪い

×：悪い

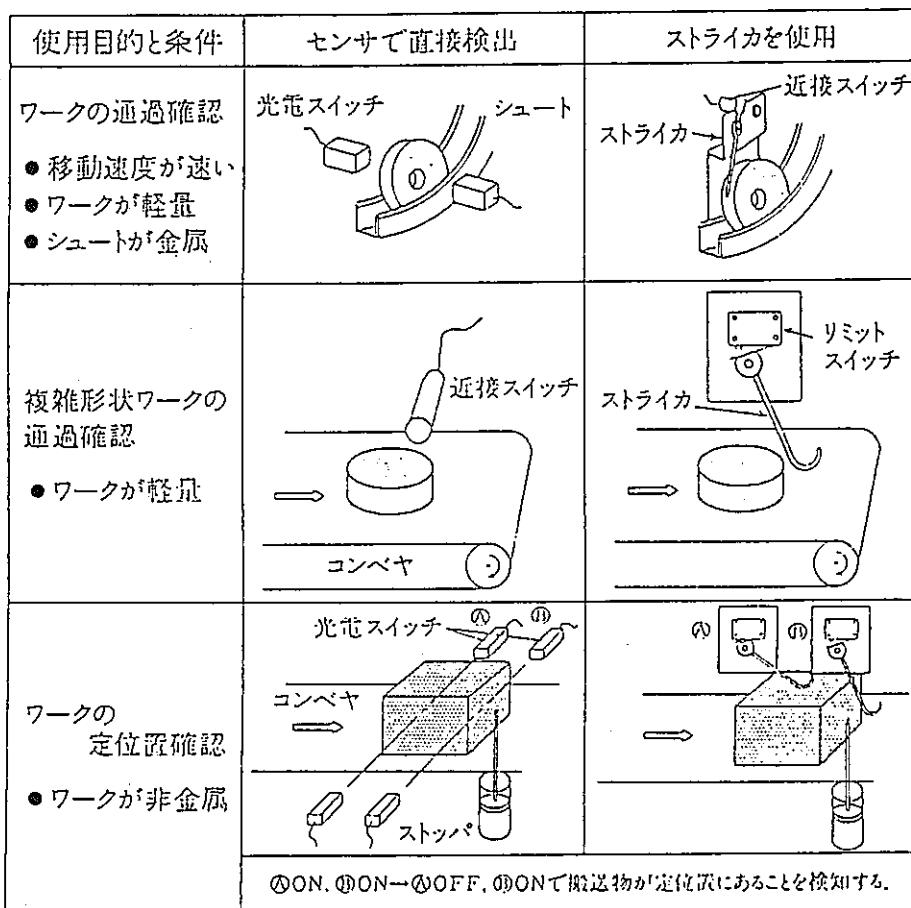


図1.2-19 センサおよびストライカの使用例

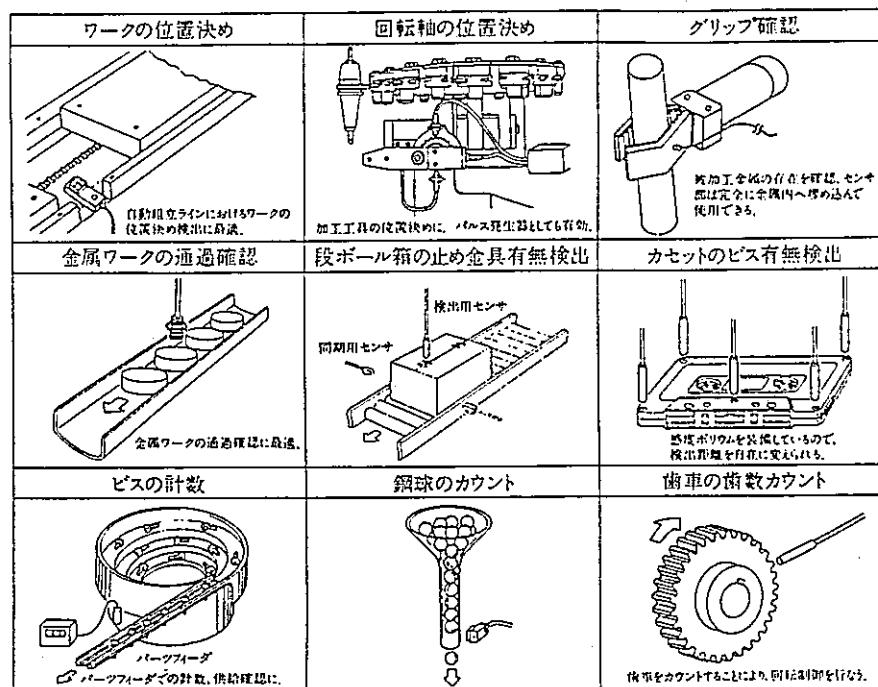


図1.2-20 近接スイッチの使用例

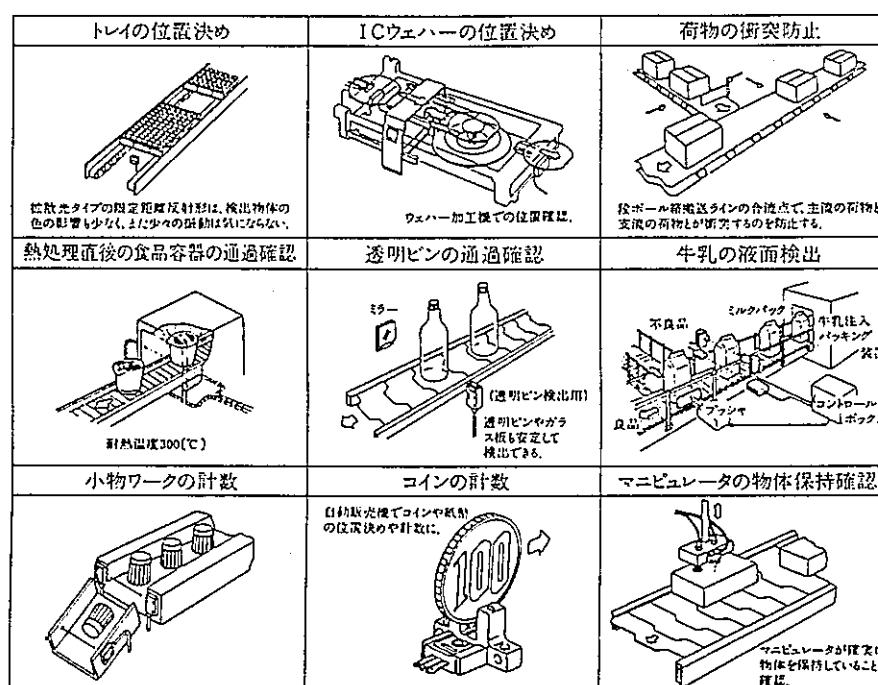


図1.2-21 光電スイッチの使用例

搬送物の種別を確認する方法としては視覚センサがよく使われる。最近 C C D 素子などの固体撮像素子を使ったテレビカメラが小型化、高分解能化し、画像処理装置の普及と相まって F A のセンサとして数多く使われだしている。

使い方としてはワークの形状や特徴点によって判別することや、文字認識を行って文字読み取りによる判別に使われている。また視覚センサを位置計測に用い例えはワークの位置ずれや位相角度を計測して、ロボットなどに計測値を出力する。これらは以前は光電スイッチなどによる外形形状の ON-OFF 信号により型番判別などを行っていたが視覚センサの採用により複雑なワーク形状を識別出来るようになった。

その他、搬送物の識別方法として物流において広く使われている技術にバーコードや I D (データキャリア) による識別がある。バーコードは搬送物に取りつけて識別するものでその代表的な種類と特徴を図 1.2-22 に示す。

I D は Identification (認識) の略で、タグまたは I D プレートといわれるデータキャリアを、ワークやパレットなどに取りつける。データを I D プレートか読みこんり、I D プレートへ書き込んだりするリード・ライトヘッドとコントローラを固定ステーション側に取りつける。使用例を図 1.2-23 に示す。

コード名	バーコード・プリント例	表示文字	メッセージ長	パターン構成 (1文字に使用する本数)	スタート/ストップ	印字密度	特徴	備考
Code 3 of 9 (Code 39)		アルファベット大文字 数字 \$, ., %, +, -, .. SPACE, ·	可変	5:バー 4:スペース (3:太) (6:細)	*マークを使用	大	数字/アルファベットが表わせる。	
Interleaved 2 of 5 (ITF)		数字のみ	可変	2:太 3:細	スタート/ストップ・コードを使用	小	印字密度が低いのでプリントしやすい	物流業界
Industrial 2 of 5		数字のみ	可変	2:太 3:細 スペースは情報を持たない	スタート/ストップ・コードを使用	中	スペースは情報を持たないので作り方は簡単	
NW-7 (2 out of 7) (バナコード)		数字 -, ., :, /, ., + a, b, c, d, e	可変	4:バー 3:スペース	a ~ e を使用 任意に選べる	大	信頼性が高い	医薬品業界
JAN (EAN, UPC)		数字のみ	固定 8桁 13桁 その他 特殊となる	2 ライン・ペアに 7 データ 量を含む	右, 左, 中央に 2 本のガード・バーを使用	中	世界共通のコード標準バージョンと短絡バージョンがある。	POS共通 統一コード JIS B9550 EAN…欧州 UPC…米国

図 1.2-22 図 代表的なバーコードの種類と特徴

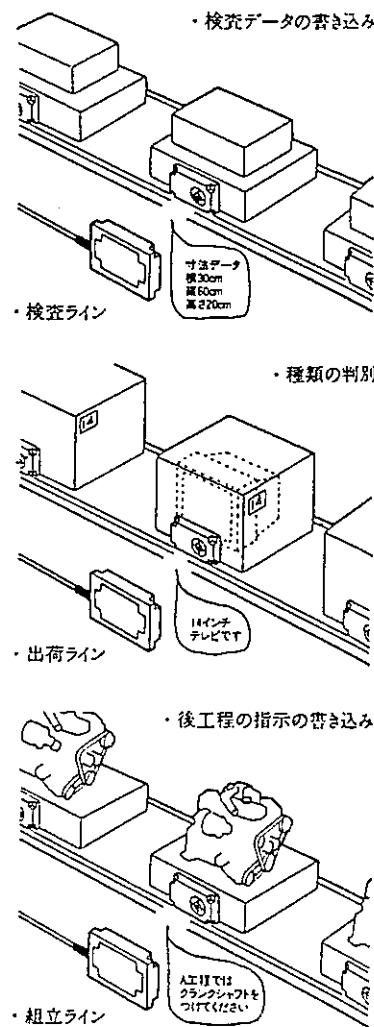


図1.2-23 ID (データキャリア) の使用例

(7) その他の搬送機器

① ラック

物流やFAにおける入出庫管理にはさまざまのラックが使われている。

これらのラックを機能別に見ると以下のように分類できる。

- ・固定ラック 固定して使われるラックで普通の倉庫で一般的に使われている。立体自動倉庫システムでは10数段、高さも10メートルを超えるものが多く使われている。
- ・ポータブルラック フレキシブルに据え付け、移動出来る上、収納時は重ねて保管が可能である。倉庫が多用途に使用できる。
- ・移動ラック ラックが横移動できるので、フォークリフトの作業通路が一本だけで済み、密集保管が出きる。移動は電動式で行われる。
- ・回転ラック ラックが回転する新しいタイプの自動倉庫。フォークリフトの通路が不要であり作業効率も高い。

これらの例を図1.2-24に示す。

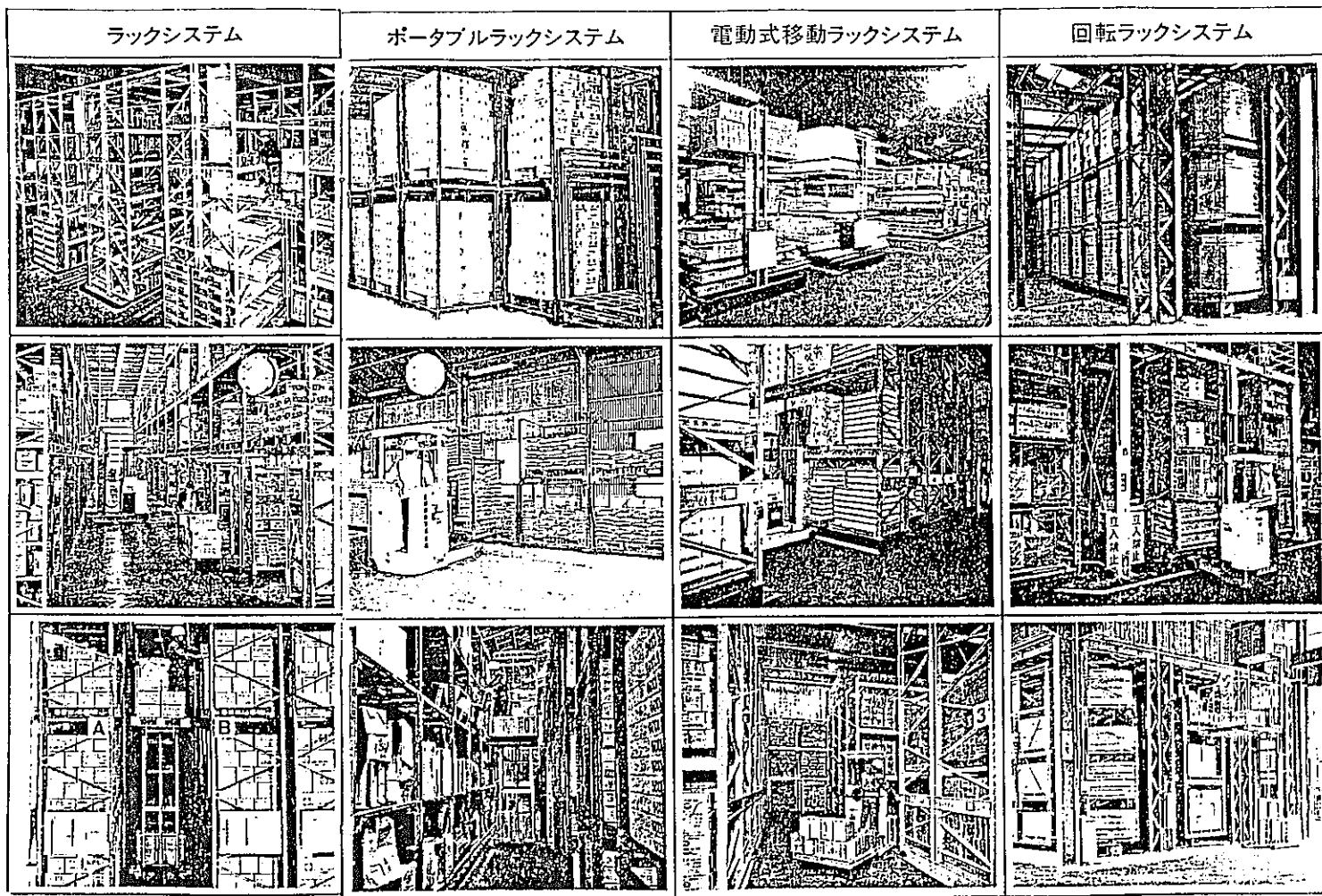


図1.2-24 各種タイプ別ラック例

(2) コンベア

コンベアは搬送装置の基本となるもで目的によってその種類も多い。コンベアの選択にはその目的を明確にすることが大切である。

i) 直線搬送か循環搬送か?

ii) 手動か自動か?

iii) 個別移載か容器収納か?

iv) ストック機能の有無?

表1.2-11にコンベアの分類と特徴を、また表1.2-12に主なコンベアの特性と搬送物への適応示す。

表1.2-11 コンベアの種類と特徴

コンベアの分類	機 構 の 概 要	お も な 特 徴
(1)ベルトコンベア	両端のブーリ間にベルトをエンドレスに張り、ブーリの回転によりベルトを駆動させる。主にベルトの材質でコンベアの種類を区分する。	①自動搬送装置の基本として応用範囲が広い ②ベルト材質で各種ワークに適応 ③傾斜搬送にも対応可能
(2)チェーンコンベア	エンドレスに張ったチェーンにスラットやバケットなどを取付け、駆動させる。多くの種類がある。	①チェーンに直接載せられるワークには簡単な構造ですむ ②スラットやバケットの材質により高温や悪環境にも使用可能
(3)ローラコンベア	ローラまたはホイールを多数並べ、その上にワークを載せて搬送する。人手による搬送にも自動搬送にも使用可能。	①水平に設置し、人力による軽がし搬送の中心装置 ②貯蔵機能も優れ、出荷前のストッカに多用される ③傾斜させて設置し、重力利用の搬送に多用される ④ローラを動力で駆動して自動搬送
(4)スクリューコンベア	半円形の断面をもつトラフ中でねじ羽根付き軸を回転させ、軸方向にワークを搬送する。一般に穀類や飼料の搬送に多用されるが、耐摩耗性の材料を使い、切削やセメント、砂などにも使用される。	①固定位置で羽根付き軸の回転だけで搬送可能 ②泥状のワークも搬送可能 ③外気に触れない搬送も可能
(5)振動コンベア	板を振動させ、振動板上のワークを搬送する。振動発生機構によりコンベアの名称を区分。ボルト、ナット類の小物から、砂糖・石炭などの粉体、鋳造工程の高温品の搬送まで幅広く対応できる。	①高温ワークの搬送が可能 ②搬送工程中に、整列・脱水・ふるい分けなどの2次操作が可能 ③密閉構造の搬送装置も可能
(6)エレベーティングコンベア	チェーンコンベアの1種で、ワークを下から上に垂直に移動させるもの。チェーンに取付けるアタチメントによりエレベータの名称あり。	①バケットエレベータ ②トレーエレベータなどがある
(7)液体コンベア	石炭、砂などの粒状のものを水などの液体と混合して搬送。	①パイプ内長距離搬送可能 ②経路設定が自由
(8)空気フィルムコンベア	圧縮空気フィルムで摩擦を軽減した搬送、噴出空気による搬送、真空吸着搬送など。	①微量物の高速搬送可能(10(m/s)) ②粉体の搬送

表1.2-12 主なコンベアの特性と搬送物への適応

○：適応できる

コンベヤ名称		移動目的	搬送距離 (m/min)	搬送物への適応				
				段ボール	パレット	ばら積み	長尺物	重量物
グラビコンテインベーヤ	ホールコンベヤ	水平、斜行 分岐、合流	数10m以内	○	○			
	ローラコンベヤ			○	○			
	ポールテーブル	分岐、合流 方向転換	—	○	○			
動力コンベヤ	ベルトコンベヤ	水平、斜行	数100m	5~150	○		○	
	ローラコンベヤ	分岐、合流 方向転換	数10m	5~40	○	○		○ ○
	トロリコンベヤ			1~20	○			
	スラットコンベヤ	水平、斜行	数10m	5~30	○		○	
	スチールコンベヤ	水平 分岐、合流		10~120	○	○	○	
	アクチュムレートコンベヤ	水平、停止 ストレージ		5~40	○			
	チェーンコンベヤ	水平	1~20m	5~25		○		○ ○
エレベータ	スクリューコンベヤ	水平、斜行					○	
	リフト	垂直	0.5~8m		○	○		○ ○
	スラットエレベータ		3~10m	4~30	○	○		
	ベルトエレベータ	垂直、斜行	3~15m	20~40	○		○	
	トレイエレベータ	垂直	3~10m	10~20	○			
	パケットコンベヤ			20~90			○	

・ベルトコンベア

ベルトコンベアの材質には、ゴム、スチール、金網の3種類がある。表1.2-12に主なベルトコンベアの特長を示す。

表1.2-12 主なベルトコンベアの特長

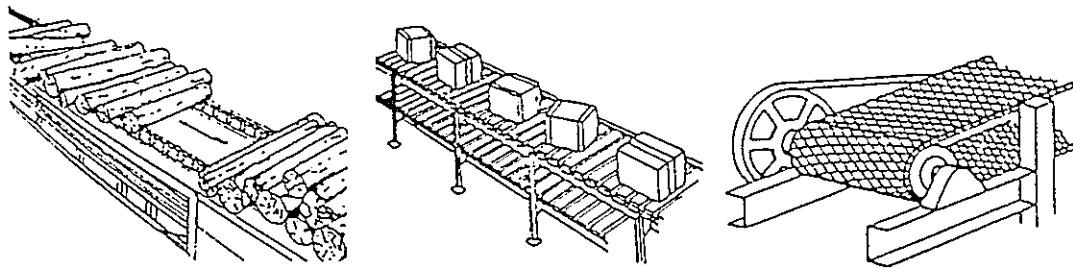
種類	構成など	特長
ゴムベルト コンベヤ	ベルトにゴム(合成樹脂)を使用したもので、ベルトコンベヤの中で最も一般的なもの。	①ばら物の大量輸送に経済的である。 ②摩擦抵抗が大きいので、急勾配箇所の搬送も可能。
スチールベルト コンベヤ	スチール製のベルトを使用したもので、耐熱性・熱伝導性に優れる。	①耐熱性材料を使用し、高熱ワークの搬送可能。 ②ステンレスを使用し、食品・化学工業用。 ③苛酷な使用条件にも耐える。
金網ベルト コンベヤ	金網やストリップを折り曲げて組んだベルトを使用し、スチールベルトコンベヤと同様な使いかたをする。	①スチールベルトよりも流体の流れがよく、洗浄や熱処理工程に適す。 ②スチールよりも可撓性に富み、曲線対応も可能。

・チェーンコンベア

チェーンコンベアに使用されるチェーンは鋼板性と鋳造性の2種類がある。構造的には分離形、ピントル形、ローラ形の3つに分類されるが、その種類は非常に多く用途により適したものを選択する必要がある。表1.2-13に主なチェーンコンベアの特長を、第19図にその概観図を示す。

表1.2-13 主なチェーンコンベアの特長

種類	構成など	特徴
スライド コンベヤ	最も単純なもので、チェーン上に直接ワークを載せて搬送する。チェーンは並列配列された2条のものが中心だが、1条や3条以上のものもある。	①チェーンの上に直載るので、搬送するワークは、箱類や鋼板など形状がだいたい一定のものとなる。 ②構造が簡単で、安価で剛性もある。
スラット コンベヤ	スライドコンベヤのチェーンのアタッチメントに鋼板、樹脂、木製のスラットを設け、その上にワークを載せて搬送する。	①アタッチメントを適正に選定すれば各種の搬送に適応可能。 ②水平方向の曲線は不可能。
金網チェーン コンベヤ	チェーンにエンドレスの金網を取付けたもの。	熱処理、酸洗い、洗浄など特殊環境のコンベヤとして使用。



(a) スライドコンベア (b) スラットコンベア (c) 金網チェーンコンベア

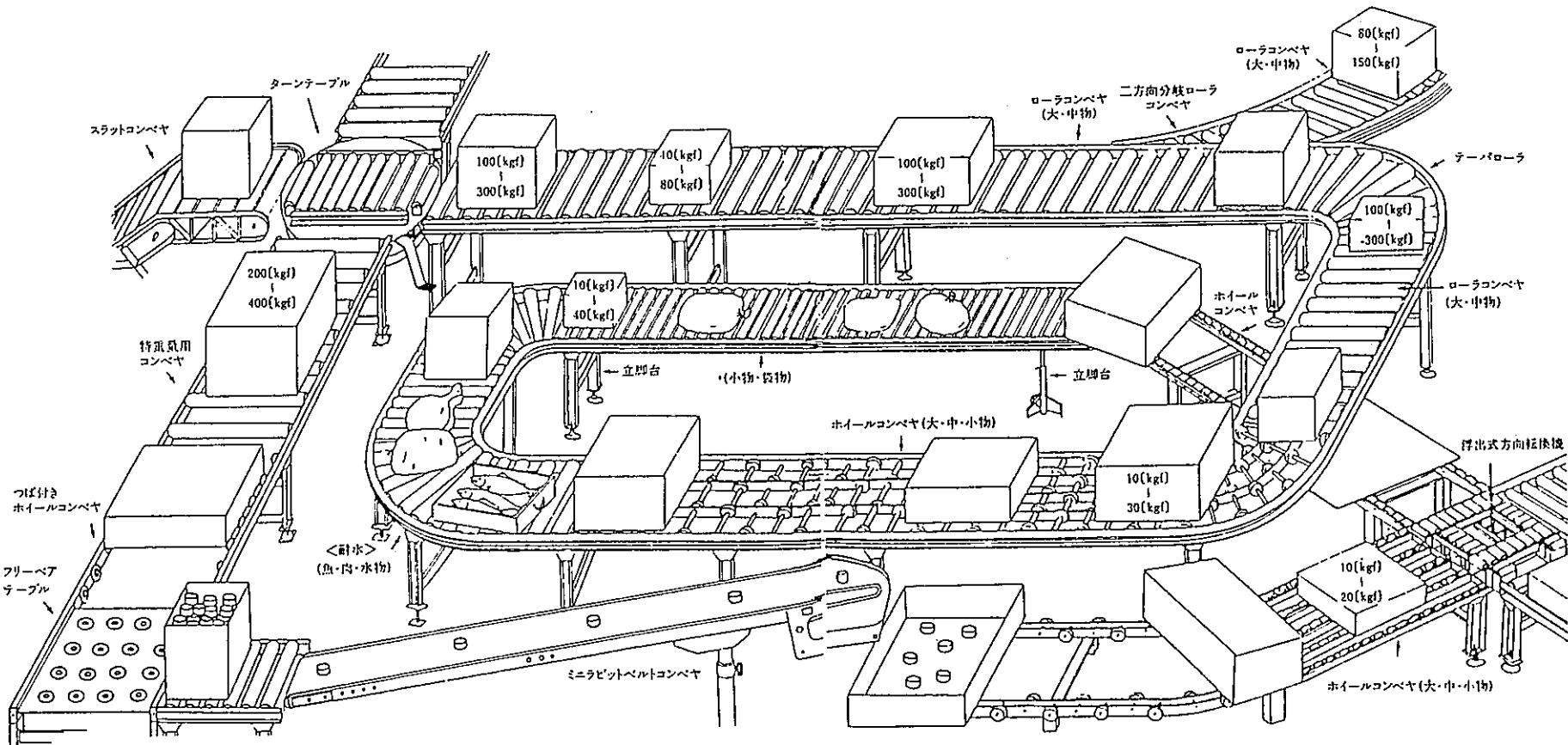
図1.2-25 主なチェーンコンベアの概観図

• ローラコンベア

ローラコンベアは、フリーローラコンベア、駆動付きローラコンベア、ホイールコンベアに大別できる。主なローラコンベアの特長を表1.2-14に示す。また、図1.2-26にローラコンベアの使用例を示す。

表1.2-14 主なローラコンベアの特長

種類	構成など	特長
フリーローラコンベア (グラビティコンベア)	摩擦の少ないローラの転がりを利用した駆動装置のないもの。ローラの上にワークを置き、人手で移動あるいは傾斜して設置し、重力を利用した自動搬送。	①駆動源がなく手軽に使用可能。②重量物の人手搬送も容易。③ワークを積み重ねても搬送でき、ストレージ用にも活用できる。
駆動ローラコンベア	フリーローラコンベアの各ローラをチェーンまたはギアトレーンなどで連結して駆動させるもの。フリーローラコンベアを自動駆動できるようにしたもので、多くの利点をもつ。	①連結が容易で、長い距離の自動搬送が可能。②カーブの自動搬送也可能。③フリーローラと駆動ローラの組合せでも構成でき、経済的な自動搬送ラインが構築できる。
ホイールコンベア	ローラの代わりにホイールを使用したもの。フリー・ホイールと駆動ホイールの2種類がある。構造上、あまり剛性をもたざれることと、ワークの底形状に制限を受けるが、右の用途には必要不可欠である。	①ローラコンベアからのワーク分岐のために、ローラコンベアラインの中に組合せて使用。②ダブルホイールを使用し、フリーフローコンベアとしてパレット搬送の組立ラインで威力を発揮する。



以上見てきた他にコンベアには非常に多くの種類がある。それらをまとめて

表1.2-15に紹介する。

表1.2-15 コンベアの種類

ベルトコンベア	ゴムベルトコンベア スチールベルトコンベア 金網ベルトコンベア ケーブルベルトコンベア マグネットベルトコンベア スライドコンベア フラットコンベア 金網チェーンコンベア クロスバーコンベア エプロンコンベア パンコンベア カーブドコンベア ピポッテドバスケットコンベア ドラグチェーンコンベア スクレーパコンベア エンマッセコンベア パレットコンベア プッシャコンベア 台車コンベア トウコンベア トロリコンベア フリーローラコンベア (グラビティコンベア) 駆動ローラコンベア ホイールコンベア
チェーンコンベア	横形スクリューコンベア バーチカルスクリューコンベア
ローラコンベア	機械振動コンベア 電磁振動コンベア 電動振動コンベア
スクリューコンベア	バスケットエレベータ アームエレベータ トレーエレベータ スラットエレベータ
振動コンベア	
エレベーティング コンベア	
液体コンベア	空気コンベア 水コンベア 気送管コンベア
空気フィルムコンベア	空気クッションコンベア 空気スライドコンベア

③ パレットおよびコンテナ

ワークや製品の工程間の搬送や、重量物の搬送を容易にする補助機器としてパレットやコンテナと呼ばれる通い容器が広く使われている。パレットとコンテナの区分は明確ではないが、一般にパレットはフォークリフトによる工程間のまとめ搬送を目的としており、それに対しコンテナはバラ積み搬送を効率的に行うために工程内にも工程間にも使われる。

図1.2-27に各種のパレットを示す。

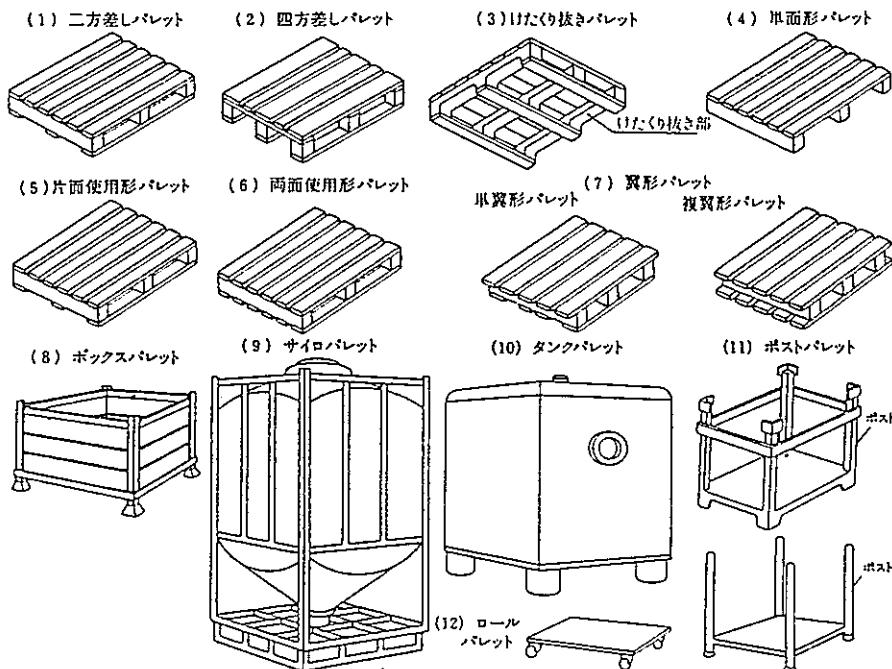


図1.2-27 各種のパレット

④ コンテナはJIS用語では船舶や貨車などで使用するものをさすが工場内の搬送では一般にJIS用語でいうプラスチック製通い容器を言っている。多くのメーカーから様々の用途のコンテナが市販されているが、基本的にはJISにもとづく次の2種類である。

ネスティング形・・・容器の側面に上開きの傾斜があり、両側の把手を開くと落とし込みによる積み重ねができる。

スタッキング形・・・積み重ねたとき、上部容器の底が下部容器の上縁内に落ち込み水平移動を防止する。

図1.2-28に両形式のコンテナと各部の名称を示します。一般に市販されているパラットやコンテナで対応出来ないワークでは、それぞれの用途にあわせて専用の容器を工夫し効率を上げている。

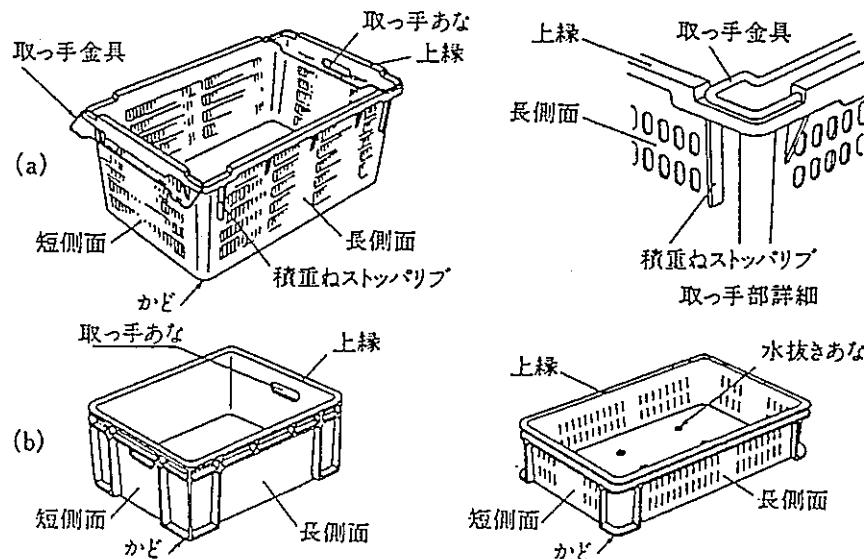


図1.2-28 コンテナの各部名称

1.3 産業界における移動・運搬技術の動向

原子力においては主に放射線から人を防御する目的で遠隔化が図られてきたが物流においては合理化、省力化、省スペースを目的に技術開発が行われてきた。

しかし、最近の労働力不足や女性の社会進出に伴い重労働や危険作業の軽減など労働の質の向上が求められ人に優しい技術の開発としてFAなどの自動化や無人化が隆盛となっている。

(1) 自動倉庫

フォークリフト、クレーン、台車等の無人化、パレタイジング、ストッカー技術による「保管倉庫」は最近のFAの発展のなかで「生産ライン対応倉庫」に発展した。各産業の工程内でのバッファ機能・フィーダ機能・段取り機能としての用途が拡がった。また取り扱う荷姿はパレットからパケットなどの小型軽量化・少ロット化が進んでいる。

さらに情報倉庫化がもとめられ従来の保管機能だけでなく調達物流から販売物流まで自動倉庫を経由し物と情報をマッチングさせ管理する情報源となってきている。

(2) 無人搬送車（AGV）

搬送システムは連続搬送と間欠搬送とに大別される。連続搬送としてはコンベアがあり主に大量輸送に適する。間欠搬送としては軌道台車、モノレールなどがあるが代表としては無人搬送車（AGV）がある。フレキシビリィのある搬送設備としてFAの分野で多く使われている。

無人搬送システムの主役である無人搬送車は使用形態により3つに分類される
1つめは無人搬送車（AGV）である。AGVとは無軌道車両のうち、人手または自動で荷を積み込み指定の場所まで自動走行し、人手または自動で荷を下ろす台車のことをいう。

2つめは無人牽引車であり、台車を牽引して目的地まで運ぶ。

3つめは無人フォークリフトであり、フォークリフトを完全無人化したものである。

とくにAGVは機械加工や組み立てラインのFMS化（フレキシブル生産システム）や最近のクリーンルーム内自動搬送やロボットと結合したFAで多用されている。駆動エネルギーとしてバッテリーを搭載し、自動ステアリング機構を持

っている。また作業者と作業範囲が同じため安全性の追求が図られ、さらに駆動エネルギーがバッテリーのためその充電、交換に様々の工夫が行われてきた。

(3) 仕分け、ピッキングシステム

配送や組み立て工程における仕分け、ピッキングシステムは、特に配送における小口化、多頻度化、迅速化やF Aにおいてその需要が高まっている。

物流センターや配送センターの省力化・省人化は、人件費の高騰や3K（キツイ、キタナイ、キケン）など労働力の確保が難しいなどを背景にシステムを含めたトータル化が求められた。

仕分け機はハード面でもシステム面でも分化が進み、色々な種類のものが多くのメーカより販売されている。代表的なものとしてはダイバート式・チルトトレイ式・ポップアップ式・ベルトカート式・シュー押し出し式などがある。

これらの仕分け機に共通した課題の1つは「マルチ対応型仕分け機」である。壊れやすいもの、長尺物、重い物、軽い物、小物商品などを1台で仕分けできるものである。

(4) 搬送ロボット

物流におけるロボットとしてはパレタイジングおよびデパレタイズロボットなどのパレットの自動積み付け作業を行うものがある。

当初コンベアの組み合わせによるパレタイザーが出たが機械式のため高能力ではあるがスペースを大きくとり価格も高かった。その後多関節型ロボットパレタイザーがでて中小企業にまで広まった。

現在ロボパレの能力は800回／時まで能力アップされ、近々1000回／時まで計画されている。また機能面ではティーチングによるプレイバックからカード化、デジタル化が出来、さらにはティーチングレスとなり、各データをインプットするだけでパターンが出来上がる方式や、視覚、聴覚、触覚の各機能が要求されてきている。

(5) ラック（保管機器）

保管機器はハードとしてのラックだけでなく、入庫・棚入れ・保管・ロケーション管理・オーダピッキング・流通加工等を含む広義があるがここではラックについて紹介する。

ラックは保管方法によりつきのパターンに分類される。

パターン1) パレット単位保管→パレット単位出荷

- ①自動倉庫
- ②スルーラック
- ③ドライブインラック
- ④ラックフォーク使用の高層ラック
- ⑤電動密集保管棚
- ⑥プッシュバックラック

パターン2) パレット単位保管→パレット単位+ケース単位出荷

- ①ピッキングタイプの自動倉庫
- ②パレットラックと中量棚の組合せ
- ③パレット流動棚
- ④パレットラックと流動棚の組合せ

パターン3) パレット単位保管→ケース単位出荷

- ①パレットラック
- ②パレットラックと中量棚の組合せ
- ③自動倉庫とピックラックの組合せ
- ④パレットラックとピックラックの組合せ
- ⑤その他

パターン4) ケース単位保管→ケース単位出荷

- ①キャンチラック
- ②ライトピッカー
- ③その他

上記はさらに、コンベアの組合せや、棚の組合せにより利用技術は無限である。

また、ICカードや無線機等の活用により保管機器の分野でも制御と管理の結びつきが出てくることが予想される。

(6) 物流情報機器

物流情報システムは企業の骨幹をなす基盤システムであり、

- ①受発注(販売物流)システム
- ②物流センターや工場の部品倉庫などの物流現場システム
- ③輸配送システム

から構成される。

近年の情報処理分野でのダウンサイジング化、オープン化、ネットワーク化、及びマルチメディア化が進み物流コンピュータの構成も変化してきている。

すなわち、業務の機能別コンピュータ分散配置、異なるメーカのハードやソフトのネットワークが容易に出来るようになっている。

多頻度小口配送に対応する物流現場では、単品のピッキング・小分け・流通加工などが求められ人に依存せざる作業も多く、現場作業者への指示、実績収集のため現場情報機器によるペーパーレス化が行われている。

物と情報の一元化を図るため、バーコードが採用されており入出荷検品・入出庫・返品・棚卸などの作業で物やロケーションの認識にバーコード付きハンディ

端末が使われている。

今後の情報システムは情報発生源からのシステム化がキーワードである。物流現場・生産現場・営業部門での情報処理を実現する情報機器の活用が不可欠であり、発生源で処理された情報をネットワークやデータベースで連携することによりトータルな物流情報システムが完成する。

1.4 原子力施設における移動、運搬技術

原子力発電所や核燃料施設における核燃料や廃棄物の移動・運搬の代表的なものを以下に示す。

燃料輸送 キャスク（輸送容器）

ハンドリングクレーン（各種）

貯蔵ラック、貯蔵ピット、

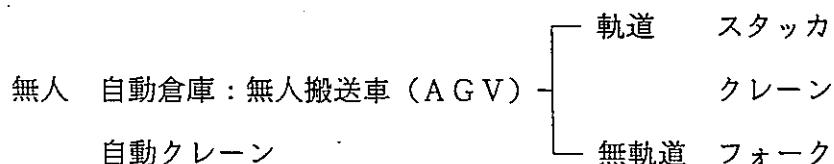
廃棄物輸送 キャスク（輸送容器）

ハンドリングクレーン（各種）

容器搬送 クレーン、リフター（エレベータ）、コンベア

容器貯蔵 有人 遮蔽付きフォークリフト

クレーン（遮蔽付きゲートバルブ、遮蔽プラグ）



貯蔵ピット、貯蔵ラック、ドラム缶パレット積み、
ドラム缶俵積み、ドラム缶平置き（横置き、豎置き）

この他、各施設内の工程にはその工程にあわせて各種の搬送機器が使われている。特徴的なのは放射線防護の観点から遠隔操作性が強く要求される。また。その保守の困難さや故障等によるトラブルを回避するため確証された技術が取り入れられている。以下に廃棄物保管の例を示す。

(1) 無人フォークリフトによる廃棄物保管

トラックで運搬されてきたドラム缶入り廃棄物は、クレーン等により入出庫スタンドのパレットに4本ずつ積まれる。このパレットの台座部分にフォークを差し込んで持ち上げ保管庫の指定の位置に輸送し収納する。

走行ルートの指示は予め床に設置した誘導装置による。誘導装置としては、光学式や電磁誘導式があり、光学式は床の上に貼りつけた光反射テープ、電磁誘導式は床のコンクリートに埋め込まれた誘導線からの電波により誘導される。

位置情報は、光テープに書き込まれた記号を光学読み取り装置で読み込んだり、積載されたエンコーダによる。コントロール室との信号の授受は無線方式による。

パレットの積み段数はフォークリフトのリーチストロークにより決まるが、積載物の耐震性も考慮して通常3～6段位が一般的である。耐震上はフォークリフトの停止位置精度（前後および進行方向に対する左右傾き）が重要でこれらによりパレットの積み付け精度が決まる。最新の制御技術ではこの精度は±5mm程度まで可能である。

上下階への移動が必要な場合は無人エレベータにより行う。

特に高放射性廃棄物を取り扱うなど保管庫内の放射線が高い場合には、無人フォークリフトの動力系のみならず制御系の故障対策が必要である。

(2) 有人フォークリフトによる廃棄物保管

先の無人フォークリフトを有人で行う例で、取り扱うものの放射能が低い場合や、保管作業頻度が低い場合には、設備コストが安価であることより採用されている。

フォークリフトの運転台の周囲を必要に応じて遮蔽材で防護し作業員の被ばく低減が図られている。

下図はスイング式のフォークリフトの例で、サイドローディングによる荷役が可能で、車両の旋回操作をすることなく保管庫内の柱の陰などにも貯蔵できる。（この方式は、初期の低レベル放射性廃棄物保管庫によく見られたが、現在は低レベルでも作業の合理化のため自動化が図られるようになっている。）

（参考資料　日本輸送機パンフレット参照）

(3) クレーンによる無人保管システム

クレーンの動力を遠隔制御することにより無人保管を行っている例がある。

クレーンの走行モータ、横行モータおよび巻き上げ下ろしモータをそれぞれの駆動輪に設置したエンコーダで位置決めすることにより無人で指定の位置および高さに荷積みすることが出来る。この例では、廃棄物ドラム缶を4個収納したコンテナを六段積みしている。廃棄物ドラム缶を4個収納したコンテナはトランクで保管庫まで運搬されてくる。このコンテナを保管室と遮蔽壁で仕切られた前室でクレーンに玉掛けする。クレーンにはテレビカメラが装備されて

おりこの映像をみながらマニピレータで行う。玉掛けされたコンテナは巻き上げられ遮蔽壁の上部を越えて保管庫内入り指定距離で停止する。次に横行を開始し指定距離で停止する。その後、巻き下ろしを行い指定の段（高さ）に積載する。積載時の位置制御誤差は数mm以内であり、段積みされる上下のコンテナの各辺にはそれぞれ凹凸のガイドが設けられており下のコンテナに上のコンテナが収まりやすくするとともに、上下の位置ずれが生じないように配慮されている。故障対策としては、クレーンを遮蔽壁の外にワイヤーで手動で引き出せるように工夫されている。

保管位置等の情報はエンコーダデータをコンピュータにとりいれることにより管理される。エンコーダデータなどクレーンとのデータの授受は無線および動力電源と同じトロリーによる有線により行われる。

(2) クレーンによる有人保管システム

高放射性廃棄物の保管方式としてピット保管がある。トラックで運ばれて来たキャスクをクレーンで保管庫内の貯蔵ピットの位置に運搬する。

ピットは通常は遮蔽プラグで蓋をされているが、保管時にはクレーンで遮蔽プラグをとりはずし、代わりに移動式の遮蔽ドアを載せる。この遮蔽ドアの上にキャスクを下ろし、ピット内と保管庫内のクレーン操作エリヤとのエアロックおよび遮蔽機能を維持したままキャスク内の廃棄物容器をピットに収納する方式である。先ず、キャスクが遮蔽ドアの上に正確に着座したことを確認して、キャスクの下部に設置された遮蔽ドアを開け、次に移動式遮蔽ドアを開ける。この状態でキャスク内の廃棄物容器をキャスクに設置された電動リフトでピット内に吊り下ろす。吊り下ろし終了後は、フックをキャスクに収納し、移動式遮蔽ドアおよびキャスクの遮蔽ドアを閉めたことを確認した後、キャスクを移動する。

それぞれの遮蔽ドアの開閉や吊り下ろしの一連の運転操作はインターロックにより安全が確保される。また、機械的フックでは遠隔操作による玉掛けが難しい場合には電磁式のフックが使われる。この場合、停電による落下防止対策がとられている。

(3) スタッカクレーンによる廃棄物立体自動倉庫システム

今まで述べてきた無人フォークによるパレット保管やクレーンによるコンテ

ナ保管、またピット保管でも取り出す場合、上の段から、またフォークの場合手前から順にしか取り出せない。ほとんど再取り出しが必要ない場合はこれでもよいが、処理処分前の一時的な仮置きの場合は任意のドラム缶を取り出す必要が生ずる。このように任意に取り出せる例としてスタッカクレーンによる立体自動倉庫システムを紹介する。保管庫内に各列毎二列の多段ラックが予め設置されておりこの各列の間をスタッカクレーン用のレールが敷設されている。スタッカクレーンはこのレール上を移動し左右にある任意の位置の、任意の段（高さ）の棚（ラック）に廃棄物ドラム缶等を貯蔵出来る。取り出す場合も同様である。

この様なスタッカクレーンによる保管方式はF A工場の部品管理や製品倉庫などでコンピュータによる適正在庫管理等に多く使われている。欠点は面積当たりの保管効率が低いことである。

これらの機器を原子力施設において使用する場合は、汎用機器はスタッカクレーンおよびラックとも極めて合理的に造られているので、耐震性を考慮した安全上の強度に配慮することが重要になる。また、取り扱う廃棄物の放射能レベルによっては故障対策も重要である。レール走行の場合、故障時にワイヤーによる手動引出し方式を取っている例がある。

（参考資料 リーフレット「廃棄物処理装置および機器」参照）

1.5 廃棄物貯蔵容器への適用技術

大洗中央廃棄物処理場における廃棄物貯蔵容器の移動・運搬に適用が考えられる
移動・運搬技術を各工程毎に以下に示す。

① キャスク* 受入れ

* 放射能遮蔽付き特殊運搬容器（約 20T程度）

トレーラ車	その他
クレーン	

② 廃棄物貯蔵容器（以下容器と呼ぶ）取り出し

③ 容器ハンドリング

コンベア	その他
クレーン	
搬送ロボット	

④ 内容物分類

↑ 遠

マニプレータ	その他
自動仕分け装置（金属、木、紙、プラスチックなど）	

↓ 隔
操
作

⑤ 保管容器詰

↓

⑥ 保管

コンベア	その他
クレーン	
自動倉庫システム（無人フォークリフト、無人クレーン、コンベア、自動走行リフトなど）	

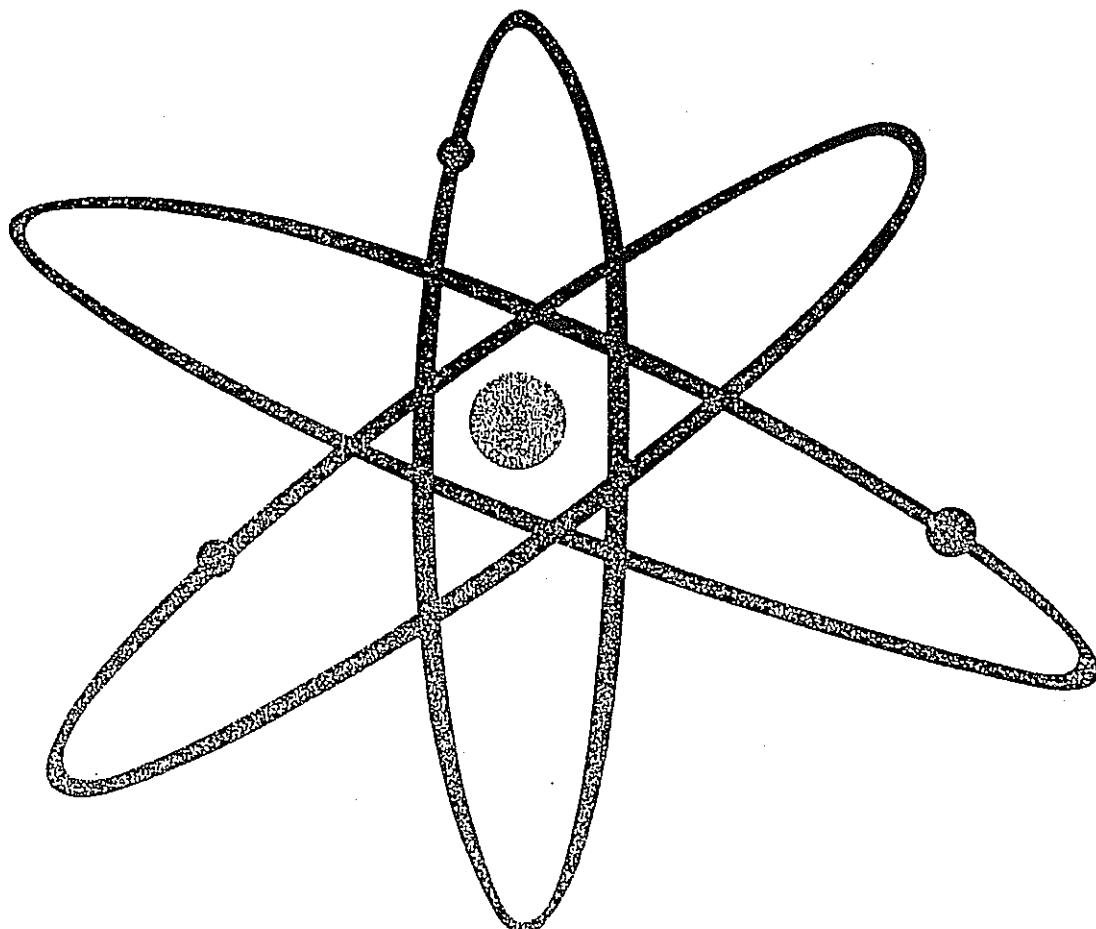
1. 6 今後の課題

施設のプロセス工程が決定すれば、その施設に適用する具体的な移動・運搬技術はメーカーが提供してくれる。しかし原子力施設の特有の安全対策や保守の問題など一般産業界とはまた違った多くの特殊性がある。したがって実際の設計はメーカーに頼むにしても、基本計画はユーザがきちんと見ておくことが重要である。

このためには、搬送技術に精通していることは勿論であるが、施設の工程を明確にして安全上の課題や保守上の問題を正確にメーカーに伝えることが重要であろう。特に自動化率が高いシステムの場合は、採用する搬送システムによって施設全体の効率が大きく左右されることになる。今回の調査ではまだ具体的な施設計画がないため一般的な技術の紹介が中心になったが、今後施設計画が具体化した時点で採用する最適な搬送技術の検討をすることが必要である。

参考資料

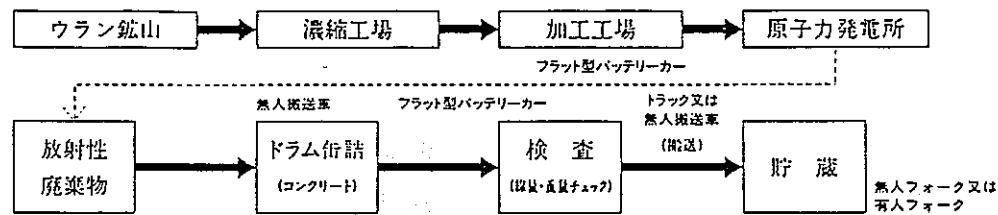
**三才工 原子力発電所の廃棄物を安全に運搬する
放射性廃棄物運搬用車輛**



日本輸送機株式会社

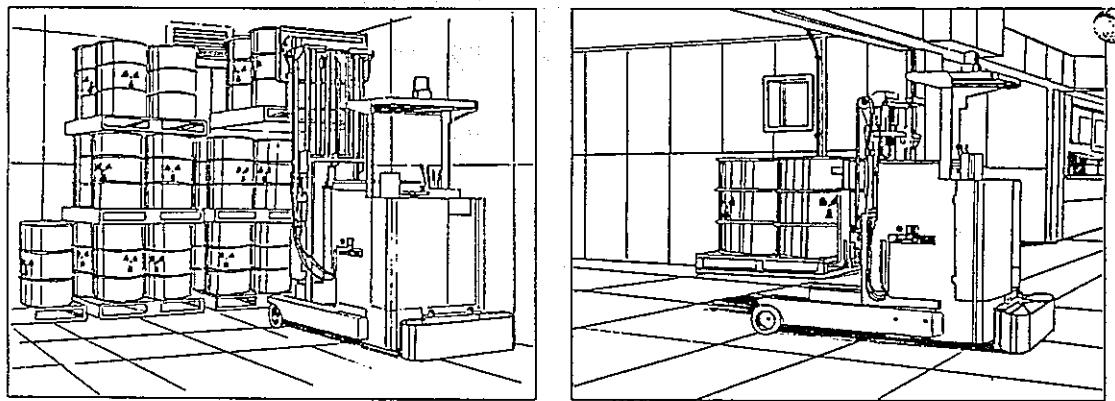
原子力発電所や関連産業における廃棄物などを貯蔵庫に収納したり、原子力産業における各種の運搬作業に適した車両として無人式と有人式とがあります。

長年バッテリーフォークリフト等産業車両一筋に取組んできましたニチユ・日本輸送機はこの分野に適した車両として下記車両をおすすめします。

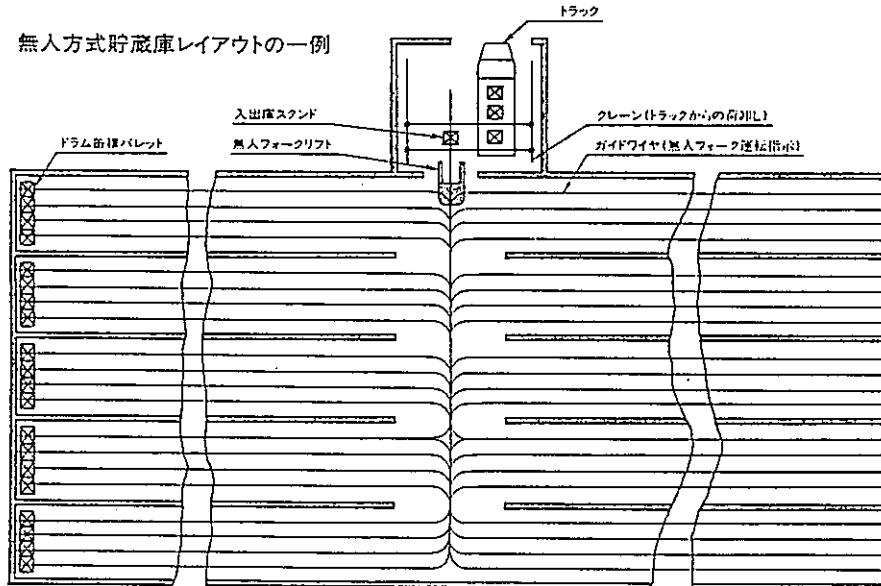


1. 無人搬送・保管方式

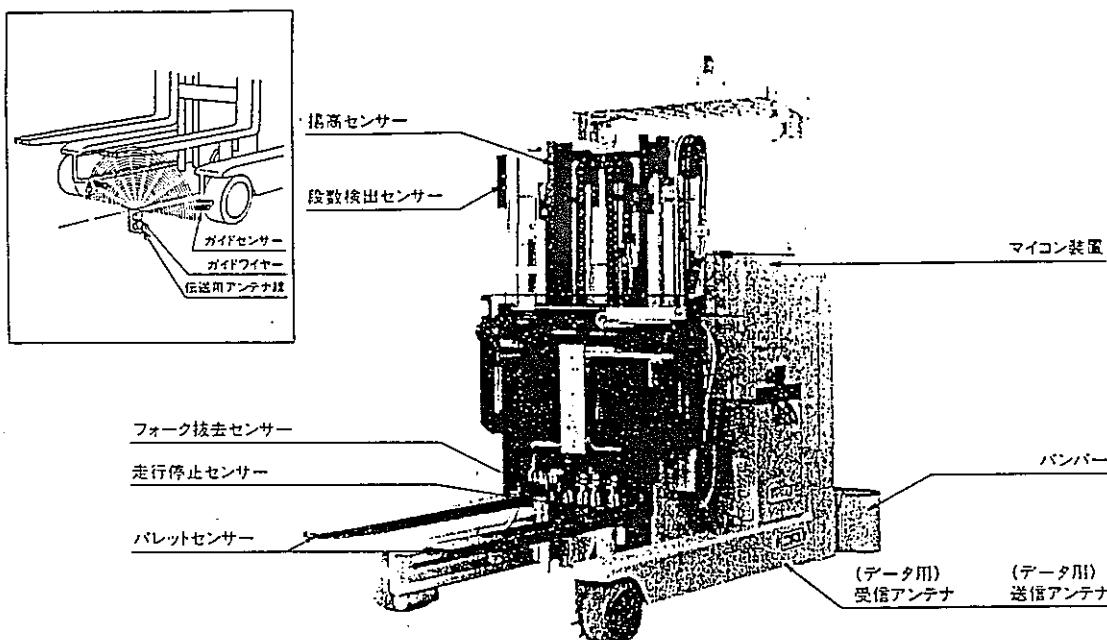
トラック等で運搬されてきたドラム缶入り廃棄物をトラック→入出庫スタンドを経て無人フォークリフトにより各貯蔵庫に収納する方式です。



無人方式貯蔵庫レイアウトの一例



★無人フォークリフトの機能及び外観



★無人フォークリフト主要仕様

型 式		F B R 30-M G -350
最 大 荷 重		2200kg (LC500mm)
揚 高		3500mm
走行速度(自動運転)		3.6km/h(高速)
最 小 旋 回 半 径		2350mm
リーチストローク		855mm
全 長		2810mm
全 幅		1250mm
全高(マスト最低時)		2555mm
自 重		4100kg
バッテリー		48V 435AH/Hr
制 御 方 式		S C R 制御
モーター	走 行 用	2.2kW
	油 壓 用	8.5kW
	操 舵 用	0.4kW
タ イ ヤ	ド ラ イ ブ	φ380×165mm
	ロ ー ド	φ267×135mm
	キ ャ ス タ ー	φ204×76mm

Technical drawings on the left side of the table show two views of the forklift's dimensions:

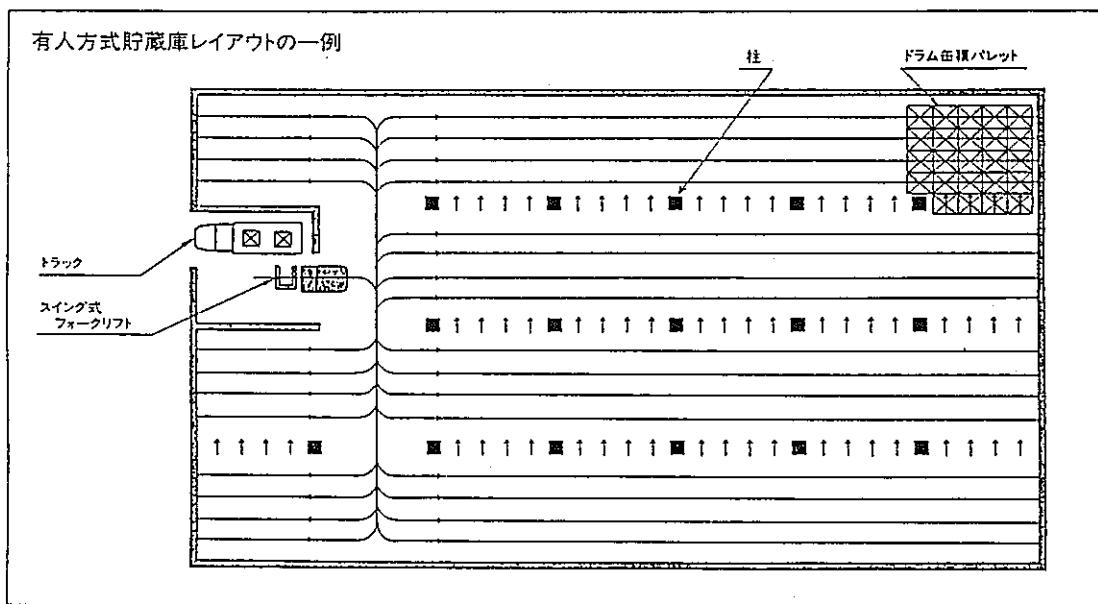
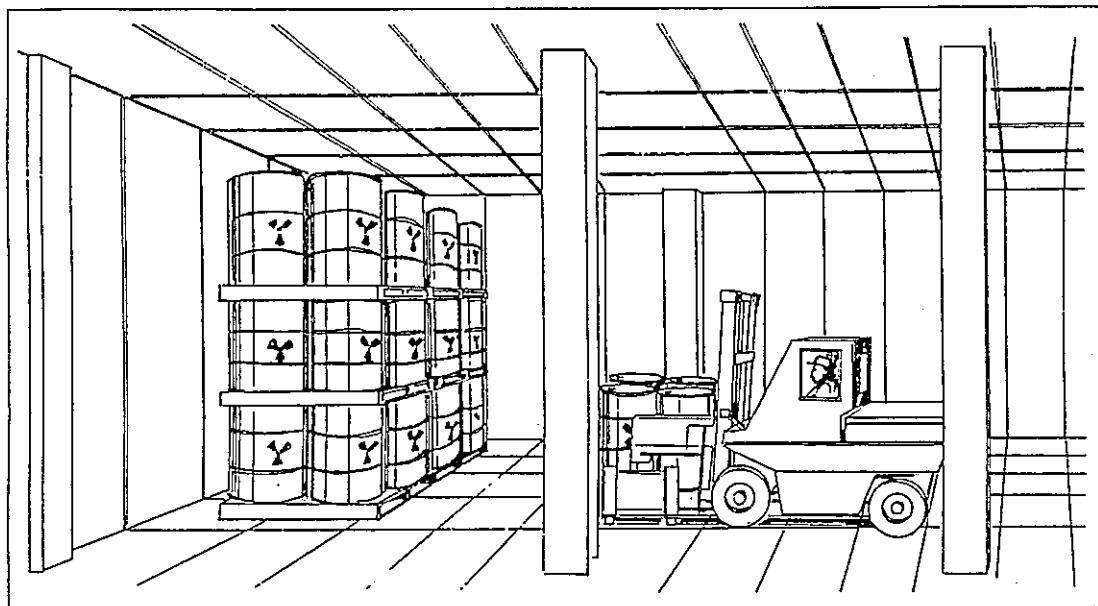
- The top drawing shows a side profile with dimensions: total height 3665 (when mast is retracted), mast height 1250, fork height 1250, and wheelbase 1250.
- The bottom drawing shows a front view with dimensions: total width 2650, mast height 2650, mast length 1220, front wheel distance 300, rear wheel distance 1230, front fork height 1750, rear fork height 2810, and wheel diameter 395.

2. 有人搬送・保管方式

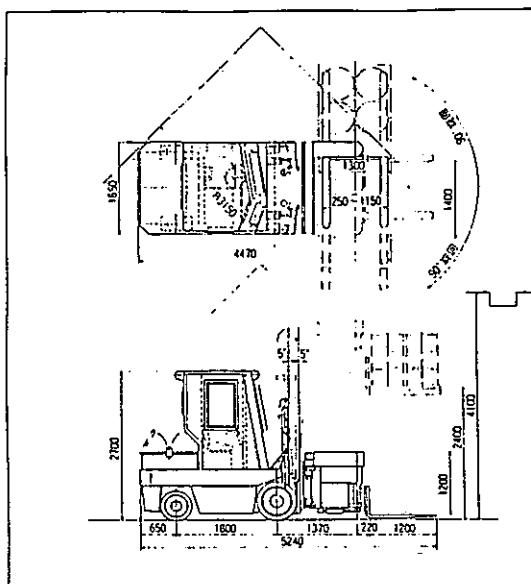
●サイドローディング

トラック等で運搬されてきたドラム缶入り廃薬物をスイング式フォークリフト(遮蔽キャップ付)で直接取出し、有柱式貯蔵庫に収納する方式です。このフォークリフトの特長は狭い柱の影の部分に対しても車両を旋回操作することなく、サイドローディングによって荷役が可能で、収納能力をフルに利用できます。

(フォークの部分が旋回しますので、通常のフォークリフトのようなデッドスペースが発生しません。)



★主要仕様



型 式		FB60C-10-240S FRF
最 大 荷 重		2000kg(LC650mm)
走行速度	負 荷	9 km/h
	無負荷	11km/h
上昇速度	負 荷	200mm/S
	無負荷	300mm/S
最 小 旋 回 半 径		3150mm
回 転 角		左右各90°
シフトストローク		左右各1400mm
自 重		17000kg
モーター	走 行	20kW
	油 壓	20kW
	パワーステアリング	2.5kW
制 御 方 式		S C R 制御
充 电 装 置		自動充電式搭載型
バッテリー		96V 480AH/5Hr

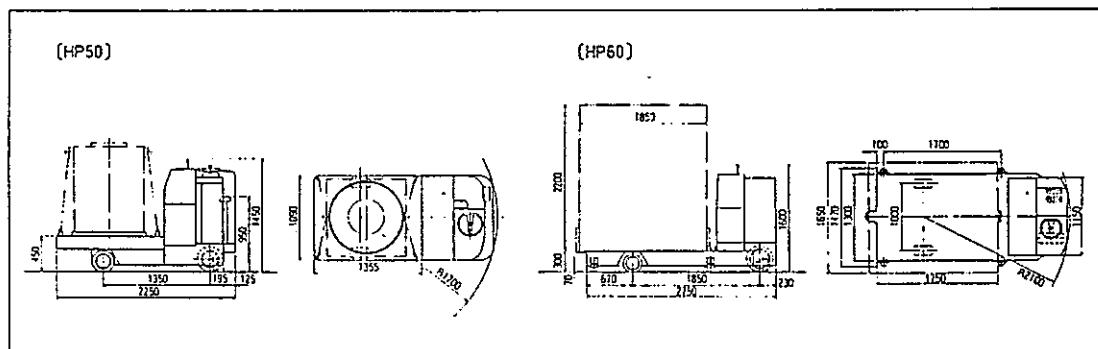
3. その他の搬送方式

●フラット型バッテリーカー

放射性廃棄物をドラム詰め(鉛製遮蔽容器に収容)したものや、原子燃料製造過程での運搬に使用する車両です。横移動中心の運搬車ですので、車両への積降は別に設置されたクレーンで行います。

尚、取扱い品が遮蔽容器ですので、車両には運転者の防護キャブは備えていません。

★主要仕様



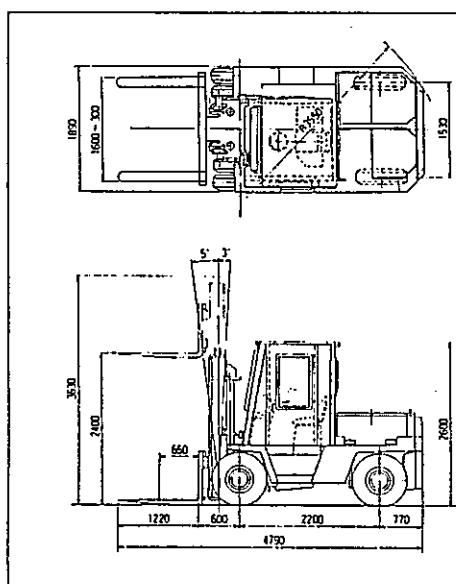
(HP50)		(HP60)	
型 式	H P 50	型 式	H P 60
最 大 荷 重	5000kg	最 大 荷 重	6000kg
走行速度	負 荷	6 km/h	6 km/h
	無負荷	9 km/h	9.5km/h
最 小 旋 回 半 径	1700mm	最 小 旋 回 半 径	2100mm
自 重	2100kg	自 重	3200kg
モ ー タ ー (走行)	3.5kW	モ ー タ ー (走行)	4.5kW
制 御 方 式	S C R 制御	制 御 方 式	S C R 制御
バッテリー	48V 280AH/5Hr	バッテリー	48V 365AH/5Hr

●フック・ドラムクランプアタッチメント付フォークリフト

原子力発電所内において放射能をおびた廃棄物を荷役・運搬するフォークリフトで、マストの前面に取付けたアタッチメントを取りかえることにより、標準フォークリフト、フックアタッチメント付、ドラムクランプ付と多用途に使いわけられます。

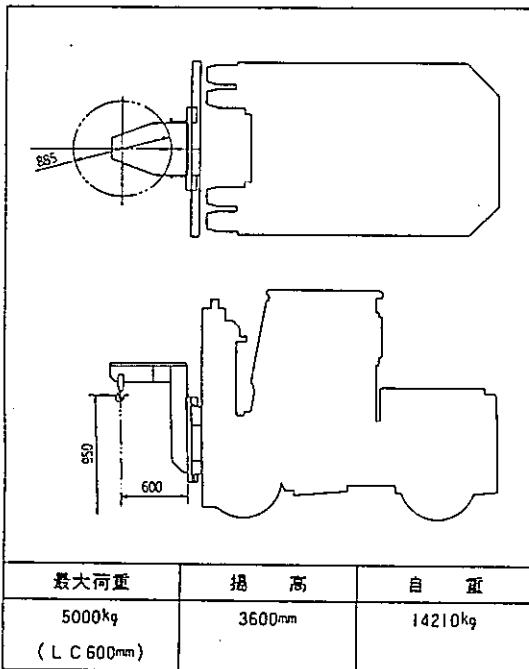
運転者を放射能から防御するため運転席はキャブで覆っています。

★標準仕様

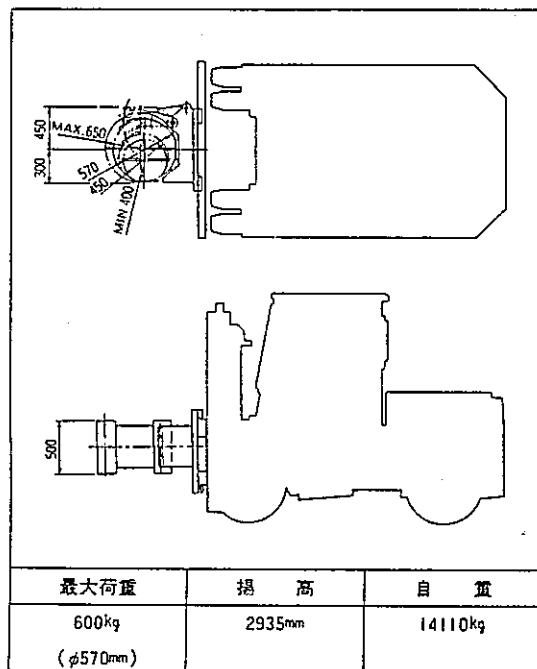


型 式		FB60PN-10-240P
最 大 荷 重		4800kg (L C = 650mm)
走行速度	負 荷	8.0km/h
	無負荷	10.0km/h
上昇速度	負 荷	150mm/S
	無負荷	270mm/S
最 小 旋 回 半 径		3550mm
自 重		14010kg
モーター	走 行	16KW
	油 壓	20KW
	パワーステアリング	2.5KW
制 御 方 式		S C R 制 御
バッテリー		96V 720AH/5Hr
タイヤ	種 類	ニューマチック型クッション
	前 輪	8.25-15 4ヶ
	後 輪	8.25-15 2ヶ

フックアタッチメント付



ドラムクランプアタッチメント付



● フラット型ムジンカー(スピントーン式)

原子力発電所において廃棄物固化容器を固化室からドラム搬送室へ移送するためのフラット型ムジンカー(スピントーン式)です。予めプログラム化された情報により所定のステーション間を無人で運行します。スピントーン式ですので、その場旋回ができますし、各ステーションでは停止精度を高めるために位置決め装置をもっています。

また積載物の落下を防止する装置等安全性を確保する数々のアイデアを採用しています。

★ 標準仕様

型 式		S C 15 Z
荷 重 能 力		350kg
荷 台 形 式		フラット容器固定装置付
走 行 速 度 (無負荷)		1.6km/h
モーター	走 行	2 × 0.25kW
	油 壓	1.2kW
自 重		700kg
制 御 方 式		D C チョッパー
バッテリー		24V 100AH/5Hr
タイヤ	ドライブ	Φ280×70mm 2個
	キャスター	Φ100×38mm 2個

● リモコンリフトカー

原子燃料部材の加工工場で使用する車両です。

ラック等に収納された長尺部材の入出庫に最も適した車両で、運転席はピッキングするラックの高さに合わせてリフトできます。

★ 標準仕様

型 式		R B 10-U C I I C -300 Z
荷 重 能 力		240kg
走行速度	基準走行	7.5km/h
	減速走行	3.0km/h
上昇速度(荷台)		180mm/S
自 重		2650kg
タイヤ	ドライブ	Φ254×102mm 1個
	ロード	Φ140mm 2個
	ガイド	Φ140mm 2個
制御方式(走行・油圧)		S C R 制御
バッテリー		24V 402AH/5Hr
充電装置		定置式

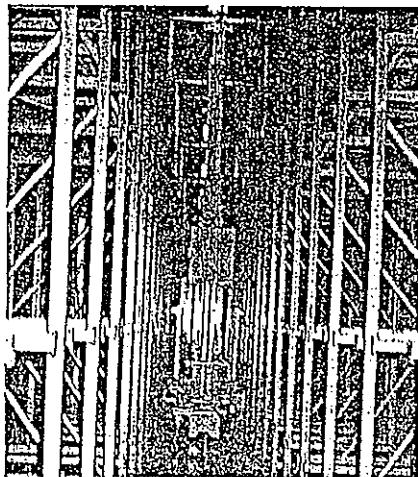
参考資料

廃棄物処理施設及び機器

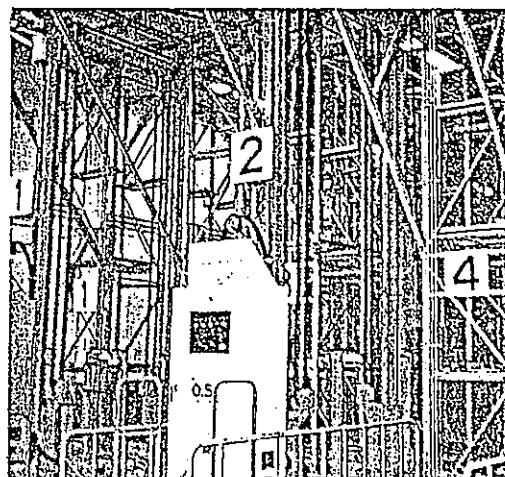
2-8

客 先

納入時期 昭和61年11月



▲ラック間クレーン通路



▲ラック前面及び制御盤

本設備は、固体廃棄物を一時保管する自動倉庫です。運転は、カードをセットするだけで固体廃棄物の受入れ、払い出しを自動で行います。又、各種の安全機構や装置等も設けています。

1) 保管能力

- (1) 200ℓ ドラム缶 594本
- (2) 大型エアフィルター 198本

2) 設備構成

- (1) 保管ラック：792間口(6列×33行×4段)
約33m^l×9m^w×5m^h
- (2) スタッカークレーン：3台(2列/台×3)
 - 昇降速度 8/4 m/min
 - 走行速度 65/6 "
 - フォーク速度 20/5 "

- (3) 制 御 方 式：集中制御盤・搭載制御盤による自動運転

H3.4

第2章 廃棄物貯蔵容器の開缶技術

2.1 目的

高線量 α 廃棄物はステンレス鋼製密封容器に密封し、保管されているため、減容、固形化等の処理を行うためには、その第1段階で密封容器の開缶を行なわなければならぬ。廃棄物は炭素鋼製の容器に収納し、さらにビニールシートに密封してからステンレス鋼製密封容器に封入されているため、内部のビニールや炭素鋼製容器を損傷させずに開缶する技術が必要となる。このような開缶技術について既存の最新技術の状況を調査する。

2.2 対象廃棄物貯蔵容器

高線量 α 廃棄物の収納されているステンレス鋼製密封容器には、口径330 mm、400 mm、500 mmの3種類ある。図2-1に密封容器内の収納状況の概念図を、図2-2～4に密封容器の形状、寸法を示す。

2.3 設計条件

ステンレス鋼製密封容器に収納されているものが、高線量 α 廃棄物であること、ビニールシートに封入された鋼製容器であること、廃棄物が可燃物、不燃物、難燃物を混在する状態で封入されていること等を考慮すると、次のような条件が開缶装置に要求されることとなろう。

- ① 遠隔操作が可能のこと
- ② ビニールシートを損傷させないこと
- ③ 各種サイズの容器に対して適用可能のこと
- ④ 火気使用は好ましくないこと
- ⑤ 二次廃棄物の発生量が少なく、処理が容易なこと

さらに、廃棄物の発生量低減の観点から、密封容器の内容物を取り出した後再利用が可能であると一層好ましいこととなる。

2.4 適用切断技術の調査

2.4.1 金属切断技術の調査

ステンレス鋼の切断方法としては、各種方法があるが大別すると次のように機

械的方法と熱的方法が考えられる。

1) 機械的方法

機械的切断法には、切削によるもの、剪断によるもの、及び特殊なものとして噴射による方法、劈開によるもの等がある。

① 切削によるもの

a) 金属鋸

- ・ハックソー、ジグソーは板状のこの往復直線運動により切断する
- ・丸のこには冷間用（低速、常温）、熱間用（高速、水冷却）及び摩擦のこ（摩擦熱により半溶融状態にして切断）等がある
- ・バンドソーはエンドレスの板状のこを一方向に直線運動を与えて切断する。

b) 砥粒によるもの

- ・グラインダは円盤鋸の代わりに砥石を用いたもの
- ・ブレードはダイヤモンド等の砥粒を円盤の外周にボンドし、切削・切断する
- ・ワイヤーソーはエンドレスワイヤーにスラリー状の砥粒を同伴させて切削・切断するものとダイヤモンド砥粒を埋め込んだビーズをワイヤーに固定したダイヤモンドワイヤーソーとがある。

② 剪断によるもの

- ・はさみ、ギロチンカッター、ニブラ等は上刃と下刃による剪断力で金属を切断する
- ・ロータリーシャーは2枚の円形の上下刃を回転させ、板を移動させて切断する
- ・ドラムシャーは2個の円筒ドラムの刃が切断対象板の移動速度と同調して回転し、板を切断する

③ 噴射によるもの

- ・ウォータージェットは超高压水により切断するもので、主に非金属の切断に用いられている
- ・ブラスト法は研削材を気体あるいは液体に混合して高圧噴射し、切断する

2) 热的方法

- ・プラズマ：プラズマアーク、プラズマジェット
- ・アーク：アークソー、TIG・MIG、酸素アーク、溶極式ウォータージェット
- ・ガス：酸素ガス、パウダ・ガス、酸素槍
- ・レーザー：CO₂レーザー、COレーザー、YAGレーザー
- ・爆破：制御爆破

これら各種切断方法の特徴を表2-1に示す。

各種切断法のうち、ステンレス鋼製密封容器内のビニールシートや鋼製容器を損傷させずに、ステンレス鋼製密封容器のみを切断できると思われる方法は、機械的手段の中から丸のこ、ブレード、ロータリーシャー方式であろう。

2.4.2 類似切断の実施例

密封された容器の開缶に類似した例として、次のようなものがある。

- ① FBR燃料集合体のレーザーによるラッパ管切断
- ② 缶詰の開缶
- ③ ドラム缶の再生利用

(1) FBR燃料集合体のレーザーによるラッパ管切断

FBR燃料集合体のラッパ管はステンレス製で内部に燃料ピンが収納されているため、ラッパ管の切断に当たっては燃料ピンに損傷を与えないように切断することが要求されている。従って、動燃事業団では薄肉のステンレス鋼をレーザービームで精度よく切断制御する方法として、CO₂レーザーによる切断技術の開発が実施されている。この試験では、レーザ出力・切断速度・焦点位置のずれ等の関係を明かにし、切断条件を求めている。切断条件は対象物の材質、板厚とレーザ出力、速度、焦点位置、アシストガス組成がパラメータとなる。最適条件を外れると、切断不完全あるいは燃料ピンの損傷となる。

レーザーをミラーで電送し、照射位置を固定して燃料集合体を回転、移動させてラッパ管を切断する。

レーザー切断法は、切断対象物が薄肉鋼板なため出力は小さなもので十分であるが、ビニールシート及び鋼製容器への損傷の可能性と設備として高価なものとなる欠点がある。

(2) 缶詰の開缶

缶詰は0.2～0.3mm程度の薄肉ブリキ缶製であり、簡単な缶切りを装置化したり、自動化したりされた家庭用あるいはレストラン用の装置が製品化されている。ステンレス鋼の厚さ1mm以上の切断に通常の缶切り方式を利用することは困難と思われる。一般に用いられている缶詰の開缶装置を図2-5に示す。この方式を自動化したものも市販されている。

(3) ドラム缶の再生利用

ドラム缶のうち液体用ドラムをオープンドラムとして再利用することは民間企業で多く実施されている。その方法として、①ドラム缶の上部を切断するもの、②蓋のシーミングを徐々に解きほぐすもの、③蓋のシーミング部を円周毎一気に解きほぐすものがある。

① 蓋の直下での切断法

上部蓋のシーミング部を上部からプレスローラで押え、下からカッターで押し付けることにより、シーミング巻きを1巻きほぐして切断する。蓋はそのままシール用ガスケットを取り付けることによりオープンドラムの蓋となる。したがって、液体用密閉ドラムをオープンドラムに再生加工する際に廃棄物が発生しない。写真2-1から4にドラム缶切断装置の写真を示す。写真2-5から8は蓋を切断したドラムをオープンドラムにカール加工する機械を示す。この場合、オープンドラムのカール部分に利用される胴板分だけの容量が若干減少することになる。この方法はシーミングを1巻きほぐして切断するため、密閉容器の開缶方法として採用した場合、内部のビニールが破られる可能性はないと思われる。（横浜容器工業（株）日立工場、東金工場及び日本ドラム缶整備（株）市原工場等に設置）

写真はいづれも古い装置で効率的でないが、自動化された新しい装置も使用されているが基本的な原理は同じである。

② 蓋のシーミング部を徐々に解きほぐす方法

ドラムを回転させながら、蓋のシーミング部を上部からローラで押え、下から押し上げることによりシーミングをときほぐす。この場合は容量が減少しない。しかしながら、ドラムに変形、傷等があると旨く行かないようであり、現在この装置を使用している工場は見当たらなかった。

③ 蓋のシーミング部を円周每一気に解きほぐす方法

この方法は最近開発されたもので、ドラムを固定して蓋のシーミング部の円周全体を一気に上に押し上げるものである。非常に短時間に効率よく加工でき、材質の劣化が少ない方法である（日鉄ドラム（株）の泉大津の工場に設置）。この方法については日鉄ドラム（株）が特許出願中とのことである。

ドラム缶加工機械の製作メーカーは中小企業が殆どであり、また、ドラム缶加工メーカーも小企業である。従って、ドラム缶上部の切断装置あるいはシーミングを解きほぐす機械は需要の少ない機械であり、標準品として市販されておるものではなく、必要の都度設計製作されている状況にある。

2.5 密封容器の開缶方法の検討

高 α 廃棄物密封容器の寸法を基に、容器の開缶装置の概念を検討した。その結果、ドラム缶の上部蓋を切断する方式が最も無難な方法と思われる。検討した開缶装置の概念を図2-6及び図2-7に示す。

この開缶方法では、廃棄物の密封容器がテーブルに乗るとリフターにより持ち上げられて上部チャックに嵌合し、テーブル、廃棄物容器、上部チャックが一体となって回転し、切断カッターが油圧制御により前進し、容器を切断する。切断の終了は油圧シリンダーで検知し、停止する。

容器のサイズの変更に対しては嵌合チャックの交換により対応可能である。

この開缶方法は切り粉を発生させない方式であり、セル内で用いるには適した方法であると思われる。しかし、切断面は鋭利な刃物状態であり、また「ぱり」の発生も考えられるため、ビニールシートを損傷させる恐れがあり、切断面の処理が必要であろう。

2. 6 今後の課題

高線量 α 廃棄物の密封容器の開缶に当たって、安全性の確保、操作の容易性と確実性、経済性等の観点及び内部のビニールシートを破損させない、廃棄物を多く発生させない等の観点からも評価検討する必要がある。以下に各種切断方法、容器の再利用についての検討すべき課題について摘出した。

1) 蓋の直下での切断法

- ・遠隔化（特に嵌合チャックの交換）
- ・3種類の密封容器に1台の装置での対応
- ・切断蓋の保持と廃棄物化

2) シーミング部の解きほぐし法

- ・解きほぐし部の再利用の確実性
- ・解きほぐし部材質の健全性評価
- ・遠隔化

3) レーザー切断法

- ・熱影響範囲（ビニールへの影響）
- ・最適操作条件の安定性
- ・誤照射の影響評価

4) 容器の再利用方策

- ・再利用先の検討（処理した固化物の容器としての再利用等）
- ・加工場所
- ・加工方法と装置
- ・シーミング部の材質のシーミング、解きほぐし、切断に伴う健全性と確認方法

本調査の結果から開缶方法を1つに絞り込むことは不可能であるが、ドラム缶の再利用において実績のある、シーミング部の解きほぐし法あるいはリブ下部での切断法がいづれも簡便な装置で行われており、有望な方法である。

密封容器の再利用も可能と思われるが、容器は汚染されているものと想定すると、セル外に搬出せずに再利用可能なシステムを考えなければならない。

原子力施設で使用する設備として設計・製作する場合には、特に再生ドラム缶の製造に使われている方法を利用する時には、原子力施設の設計、建設に経験のあるエンジニアリング企業による設計チェックが必要であろう。

表 2-1 切断方法の比較表

切 断 方 法		原 理、 特 徴、 性 能 等
機械的切断方法	グラインダ	薄い厚みの研削砥石を高速で回転させ、対象物を切断する方法。砥粒の分類として Al_2O_3 粒を使用した A 系砥石、 SiC 粒を使用した C 系砥石、ダイヤモンド粒を使用したダイヤモンド砥石及び立方晶窒化ほう素(CBN)粒を使用した CBN 砥石がある。粉塵の収集・処理が必要。 切断性能: $\phi 220$ パイプ(SUS)で25~35秒。
	ハックソー	鋸刃の両端をフレームに取り付けて、往復運動により切断を行う。機械駆動方式にはモータ駆動とエアー駆動がある。遠隔操作化も可能。切粉飛散有り。 切断性能: $\phi 27.2 \text{ mm} \times t 2.9 \text{ mm}$ の SUS 管で30秒、 $\phi 200 \text{ mm}$ SUS 丸棒で33min。
	バンドソー	回転する駆動ホイールと従動ホイール間に取り付けられたエンドレスの帯状鋸刃で対象物を切断する。遠隔操作化も可能。切粉が発生する。 携帯式、スタンド式、据置式、 切断性能: $\phi 200 \text{ mm}$ SUS 丸棒で1分45秒、SS製 H 鋼 $200 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \times 619 \text{ mm}$ で38秒。
	丸のこ	金属円盤鋸刃を回転させて対象物を切断する。能率がよく、経済的な切断方法である。冷間用と熱間用があり、冷間用は常温で低速度回転で切断、熱間用は熱間圧延された800°C以上の高温の鋼材を100m/s前後の高速で刃先を高圧水で冷却しながら高速切断する。その他に、摩擦のこ(フリクションソー)は高速回転する円盤の外周を切断しようとする対象物に押しつけると発生する摩擦熱によって材料が赤熱され、半溶融に軟化して切断できる。
	ローラーカッター	2枚のローラーで対象物の表面を滑らかに回転しながらカッター刃を一定の力で押し付けながら摺動させ、切断する方法。切断に伴う切粉が殆ど発生しない。 手動式ロータリーカッターは配管切断用として多く使用されている。 切断性能: $\phi 165.2 \text{ mm} \times t 5.0 \text{ mm}$ の SGP 管で2.94分。
	ニブラ	動刃(ポンチ)と受刃(ダイス)で板状の対象物を連続的に噛み取る(ニブリング)ように切断する方法。駆動方式にモーター、エアー、油圧式の3方式がある。最初に穴明け(中抜き下穴)が必要。切断屑(チップ)が発生する。 切断性能: 最大肉厚がSSで $t 9 \text{ mm}$ 、SUSで $t 6 \text{ mm}$ 、速度 $t 6 \text{ mm(SS)} / t 4 \text{ mm(SUS)}$ で 110 cm/min 、 $t 3.2 \text{ mm(SS)} / t 2.5 \text{ mm(SUS)}$ で 150 cm/min 。
	ブレード	円盤の外周に砥粒層を取り付け、高速で回転させて対象物を切断する。砥粒層の取り付け方によって、①ソープレード: 切り欠きのある円盤の外周に砥粒層を断続的に取り付けたもの、②インサートタイプ: 切り欠きのない円盤の外周に砥粒層を断続的に取り付けたもの、③カッティングホイール: 円盤の外周に連続的に砥粒層を取り付けたもの、がある。ソープレードは切れ味はよいが、騒音が高い。砥粒としては、ダイヤモンドあるいはCBN(立方晶窒化ほう素)砥粒が主に用いられ、焼結法あるいは電着法で固定されている。 切断性能: 切断深さは最大40~50cm程度(ブレードのサイズによる)、速度は $1 \sim 2 \text{ m/min}$ (切断深さによって異なり速度の調整が必要)。

切 断 方 法		原 理、 特 徴、 性 能 等
機械的	ウォータージェット	直径0.1mmオーダーのノズルから圧力数千気圧の水ジェット（噴射速度マッハ2程度）を噴射することにより、対象物を切断する方法。 金属類の切断には一般に研磨材を混入する（アプレッシブジェット）。水、研磨材の処理が必要。ノズルチップの交換が頻繁に必要。 切断性能：t 9 mmのSUS板で3 mm/min、最大切断板厚は t 100mm。
切 断 方 法	ワイヤーソー	砥粒粉末をワイヤーにより高速で石に掠り付けることにより、石を切削していく方法が考案され、ダイヤモンドワイヤー（ダイヤモンド砥粒を混合したボンド層をもったビーズを一定間隔でワイヤーに固定したもの）の開発により、コンクリート構造物の切断に多用されるようになった。コンクリート構造物だけでなく金属構造物の切断にも適用されるようになっている。 一方、遊離砥粒を用いる方法で半導体電子部品素材の薄膜切断に利用されるように成了。この方法では、0.15mmあるいは0.1mm以下のワイヤーを用いて、0.5mm厚でミクロンオーダーの精度で切断が可能となっている。
熱的	プラズママーク	電極と対象物との間にプラズマアークを発生させ、作動ガスを電離させることにより高温状態(10,000~24,000°C)を得て、対象物を局部的に加熱溶融して、その溶融物をプラズマガス気流により除去し、切断する方法。 作動ガス：アルゴン、水素、窒素、空気等。作動ガス流量は30~100L/min。 電圧、電流：電圧：200V, 400V、電流：100~500A、 切断性能：空气中で厚さ18cm、切断速度5~30cm/min。 水中で厚さ12cm、切断速度5~30cm/min。 作動ガスを空気としたものがエアプラズマで切断能力は低いが安価である。
	プラズマジェット	電極内部に陽極及び陰極をもっており、プラズマを発生させる。従って、電導性を持たない金属に対しても適用可能。 切断能力はプラズママークより小さい。
切 断 方 法	アークソー	高速回転(300~1800rpm)するブレード(円板電極)と対象物との間に直流電圧を印加して高電流アークを発生させ、対象物を局部的に加熱溶融して、その溶融物をブレードの回転で除去し、切断する方法。ブレードの径は30~100cm、回転数1000~1500rpm。 直流電源：電圧は10~50V、電流は数千~数万A、 切断性能：空气中及び水中ともに変わらず大きく、厚さ10~100cm、 切断速度80~150cm/min。 切断装置の重量、容量が大きく、大容量の電源が必要。
	TIG・MIG	MIGは消耗電極であるワイヤーを送りながら、TIGはタングステン等消耗しにくい金属を電極として、対象物との間に直流電圧を印加してアークを発生させ、対象物を局部的に加熱溶融して、その溶融物をシールドガス(アルゴン、ヘリウム、窒素、空気等)により溶融物を除去し、切断する方法。 切断性能：MIGで厚さ4cm、切断速度20~60cm/min。
法	溶極式ウォータージェット	MIGのシールドガスの代わりにジェット水を利用したものが、溶極式ウォータージェット法であり、一般的に水中切断に用いられる。 ジェット水：圧力は3~5 kg/cm ² で、ノズル内径は5~7 mm ^φ 切断性能：水中で厚さ14cm、速度10~40cm/min。厚い鋼板の切断が可能。 Crを含有する鋼(ステンレス鋼)やアルミニウム、銅などにも適用できる。

切 断 方 法		原 理、 特 徴、 性 能 等
熱的 切 断 方 法	アーケイアカシング	電極と対象物との間に直流電圧を印加してアークを発生させ、局部的に加熱溶融して、そこへ圧縮空気またはジェット水を噴出させて溶融金属を除去する。 切断性能：空気中で厚さ4cm、切断速度20～60cm/min、 水中で厚さ14cm、切断速度10～40m/min。
	酸素アーク	中空切断棒と母材金属との間にアークを発生させ、アーク熱により鋼材を加熱し、加熱部に酸素を吹き付け鋼中の鉄との酸化反応熱を利用して母材を溶融し、切断する方法。中空切断棒表面はラッカスでカバーし、樹脂やニスを防水と絶縁を兼ねて塗布したものが使用される。水中切断に適している。 電源：直流電流150～250A。 切断性能：ガス切断の2～3倍も早い。切断面は汚い。 Crを含有しない鋼にしか適用できない。
	酸素ガス	燃焼ガス炎で鋼材表面の一部を予熱し、加熱部に酸素を吹き付けて鋼中の鉄との酸化熱を利用して母材を溶融し、溶融金属は切断酸素の機械的エネルギーで排出除去される。 切断性能：空気中で厚さ70cm以上、速度5～40cm/min、水中で厚さ35cm以上、 切断速度2～4cm/min。 Crを含有しない鋼にしか適用できない。
	パウダ・ガス	可燃ガスの燃焼熱で予熱された金属表面に、鉄粉末を添加した酸素気流を吹き付けて、その酸化・燃焼熱により母材を溶融し、切断する。 切断性能：厚さ50～400mm、切断速度5～40cm/min。 ステンレス鋼、铸鉄、高合金鋼、非鉄金属等通常のガス切断が困難な材料に適用ができる。
	酸素槍（ランス）	燃焼ガス炎で鋼材表面を加熱し、発火温度（900°C前後）に達したら細長い钢管を使用して、高純度酸素を送って钢管の鉄を酸化・燃焼させて溶融し、その溶融物を酸素ジェットにより除去する。炭素鋼だけでなく全ての金属に適用可能。 切断性能：空気中で厚さ70cm以上、速度5～40cm/min、水中で厚さ35cm以上、 切断速度2～4cm/min。
	CO ₂ レーザー COレーザー YAGレーザー	直流電圧を印加してレーザー光線発生物質（CO ₂ 、CO等）の構成原子を励起させて、発生したレーザー光をレンズで集束させ、エネルギー密度の高い熱源で対象物を溶融し、その溶融物を補助ガスで除去し、切断する方法。CO ₂ レーザーは高出力が得られ、多く利用されている。COレーザーは波長が短いため、切断性能の向上が期待できる、また、ファイバーによる電送が期待できる。切断性能：11kW CO ₂ レーザーで厚さ14cmのステンレス鋼を切断。YAGレーザーは出力は小さいが波長が短いためファイバー電送ができるため、薄板の精密切断に利用されている。
	制御爆破	円錐型または凹型の金属ライナーにつめた爆薬を爆発させると、ライナーの崩壊に伴って金属の微粒子が放出され、集団となって一方向に移動するジェットが形成される。このジェットの持つエネルギーにより対象物を切断する方法。 切断性能：空気中、水中ともに厚さ15cm、切断速度は高速。

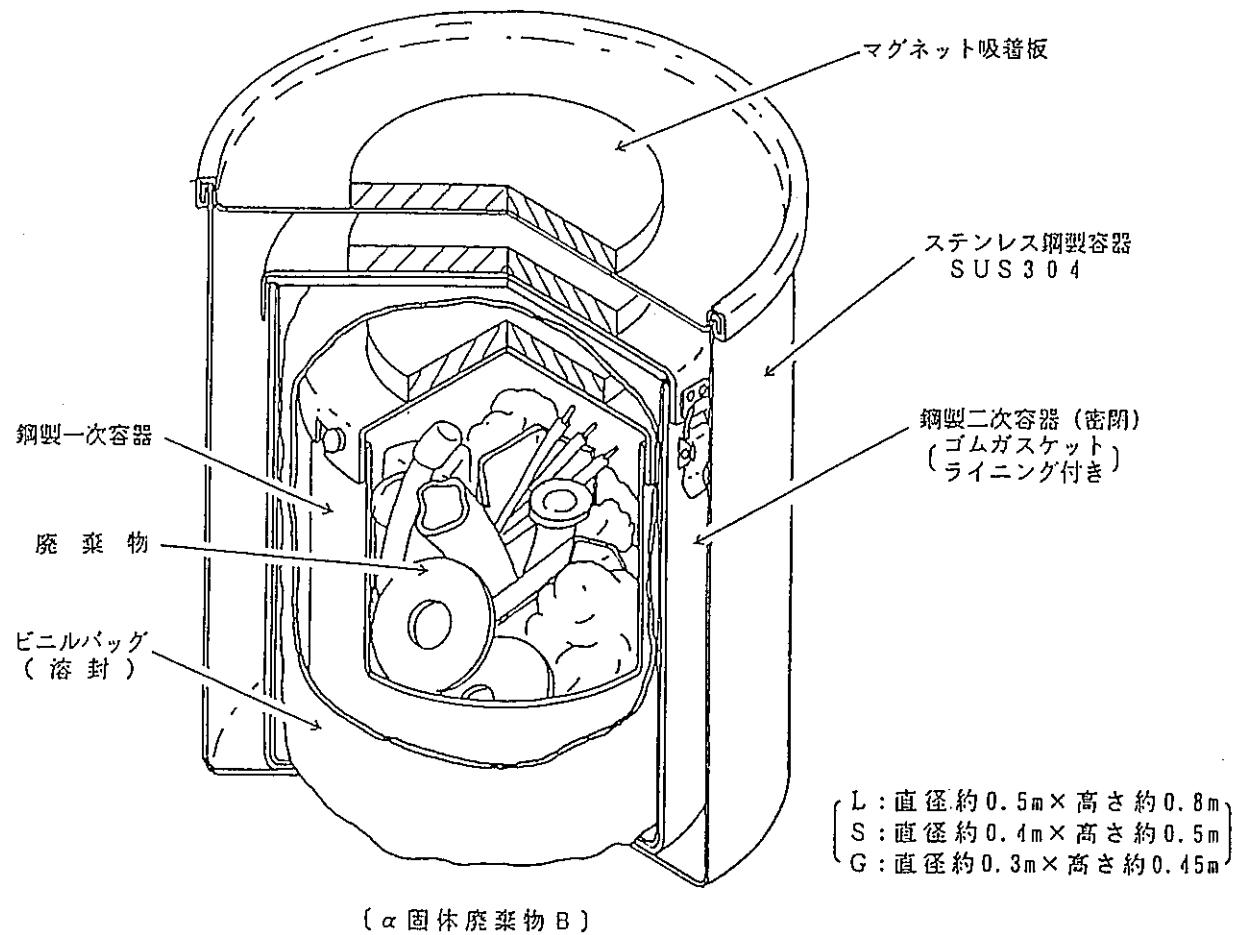


図2-1 密封容器内の収納状況の概念

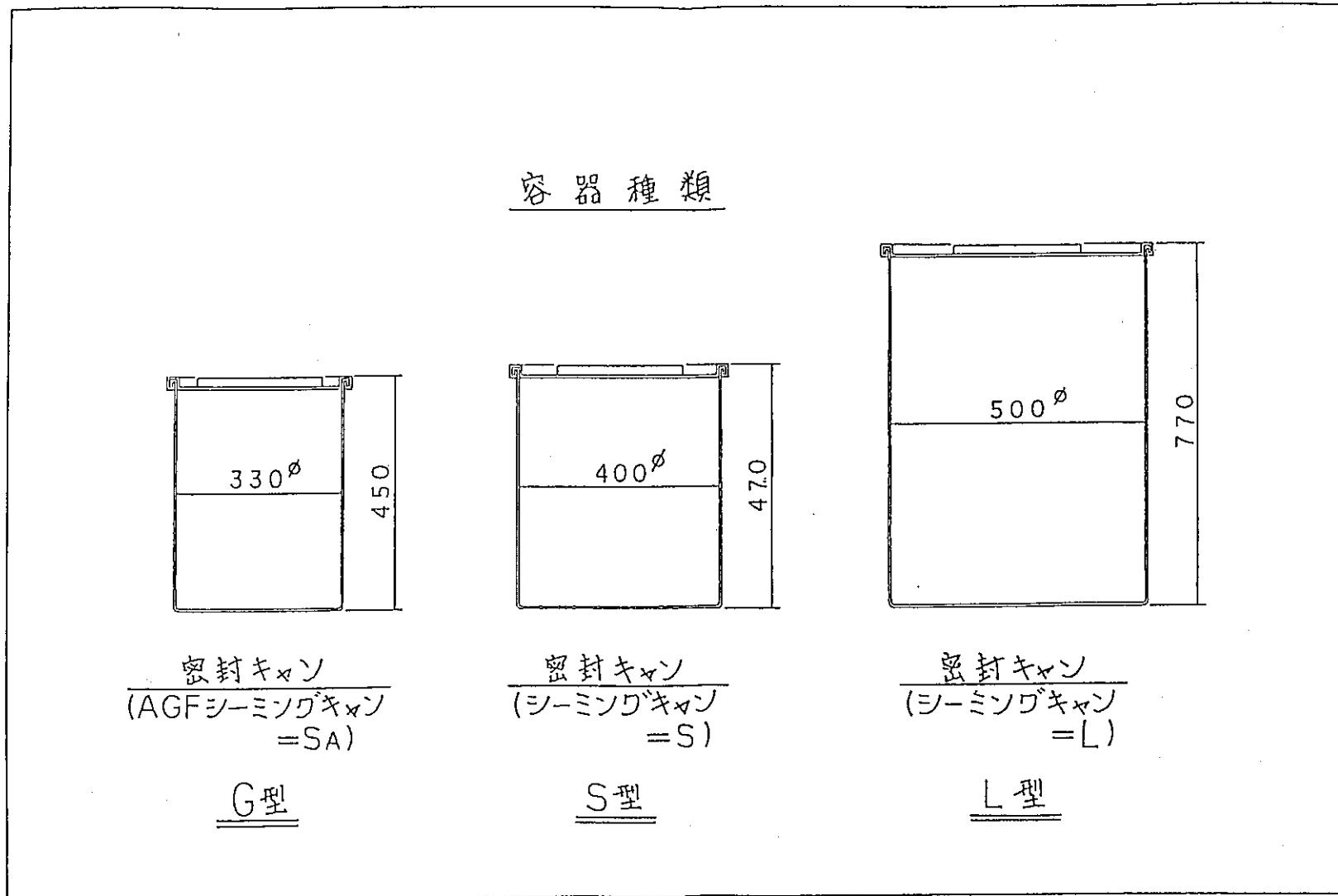
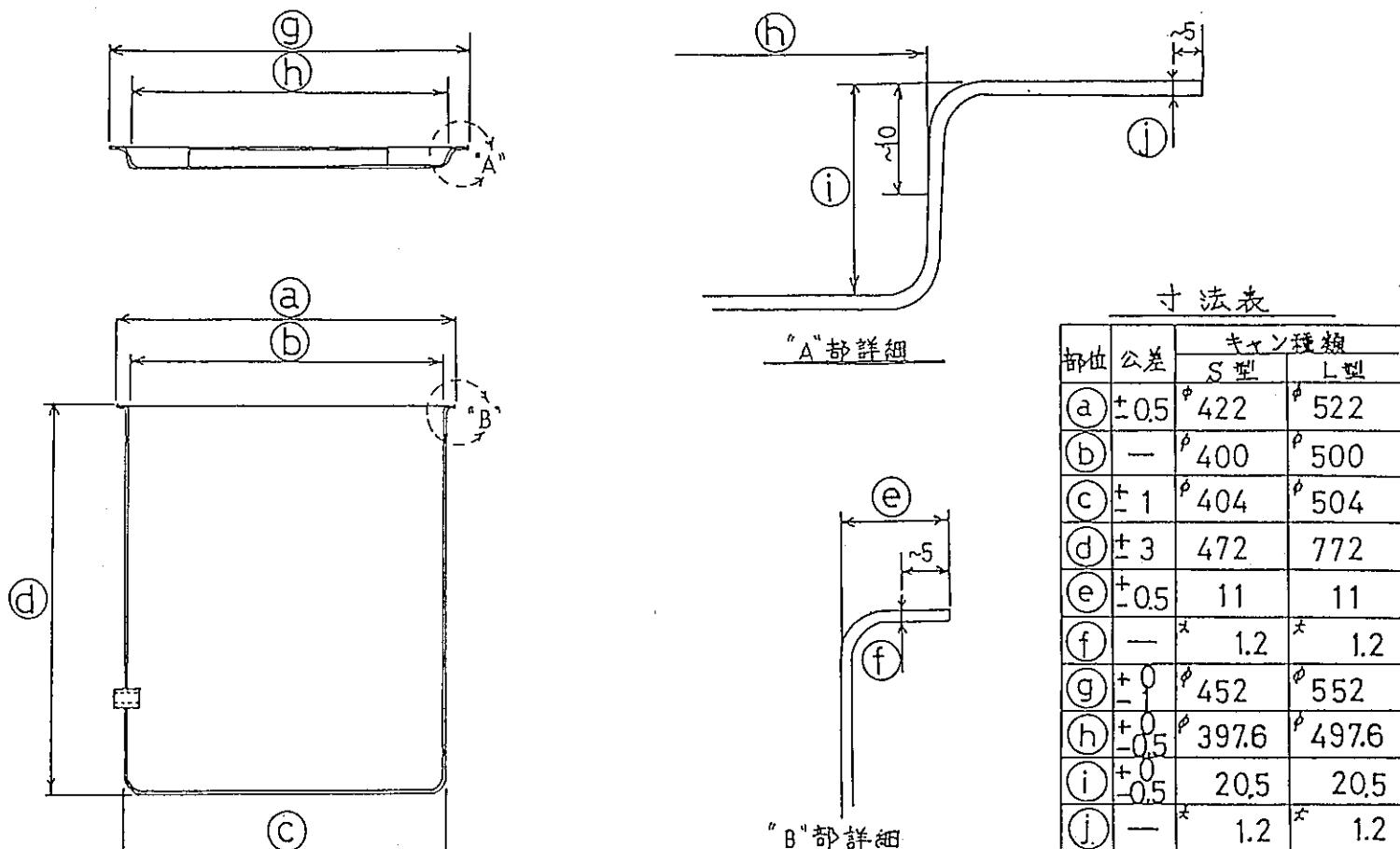


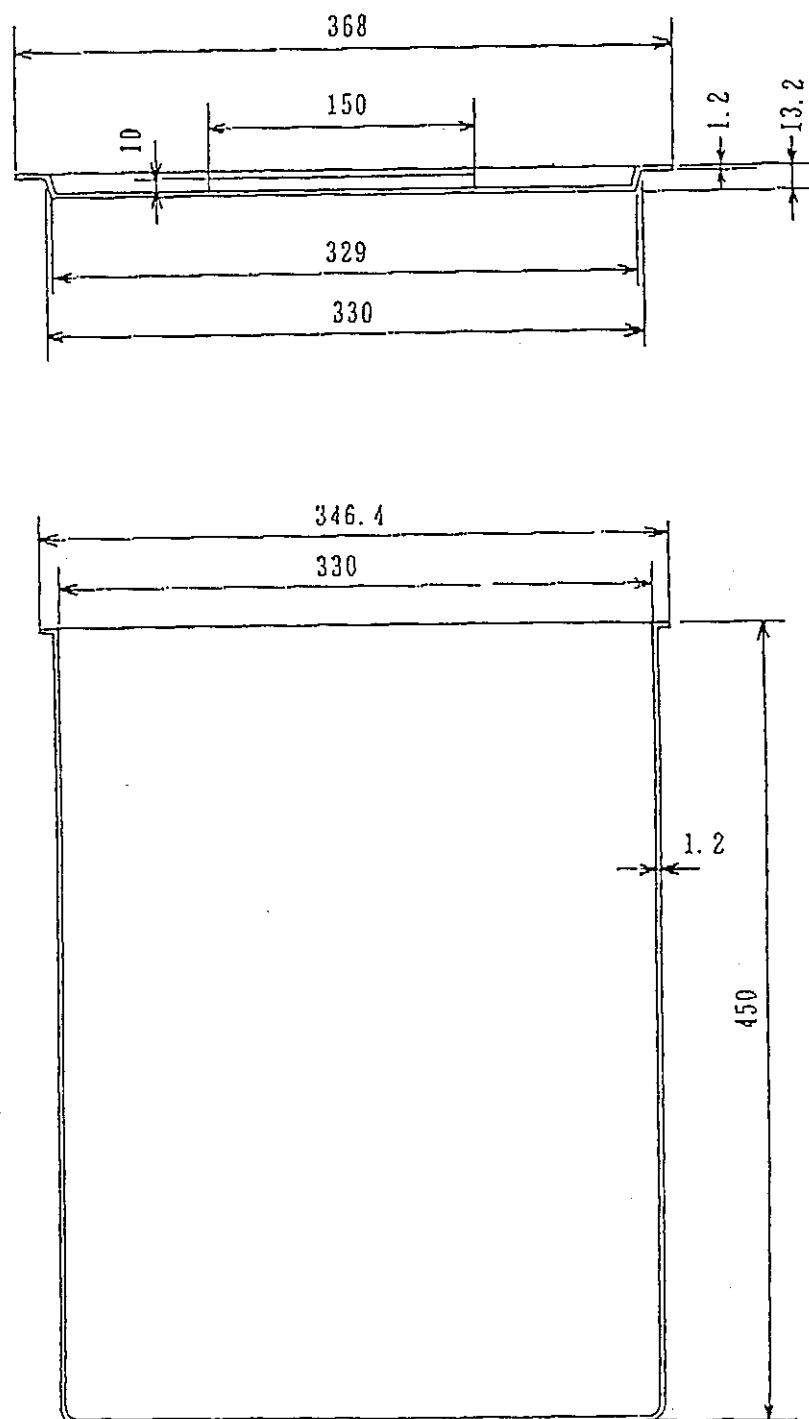
図2-2 密封容器 (L, S, G型缶) 概要図



部位	公差	キン種類	
		S型	L型
(a)	± 0.5	φ 422	φ 522
(b)	-	φ 400	φ 500
(c)	± 1	φ 404	φ 504
(d)	± 3	472	772
(e)	± 0.5	11	11
(f)	-	* 1.2	* 1.2
(g)	± 0	φ 452	φ 552
(h)	± 0.5	φ 397.6	φ 497.6
(i)	± 0.5	20.5	20.5
(j)	-	* 1.2	* 1.2

(注記) 直径、高さは直角2方向、肉厚は90°あきに4点測定する。

図2-3 密封容器（L, S型缶）の詳細図



重量 : 8 kg

図 2 - 4 密封容器 (G型缶)

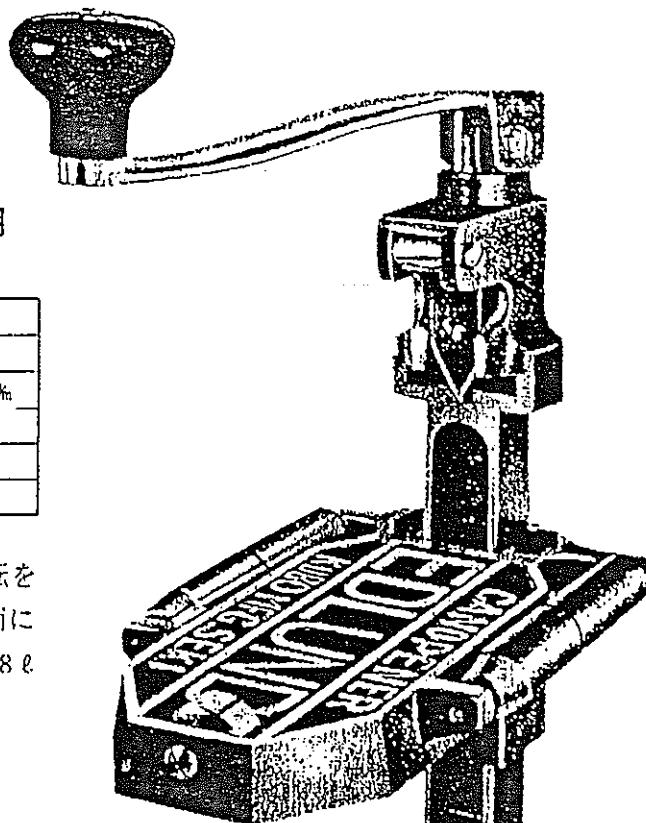
EDLUND CANOPENER

エドランド缶切機

大型(E-803)

中型(E-802)

※集団給食・レストラン用



◆ 大型缶切機には大型重量缶の回転を円滑にする為、取付台側及び前面にローラーが付いていますので、1.8ℓ 缶も開缶可能です。

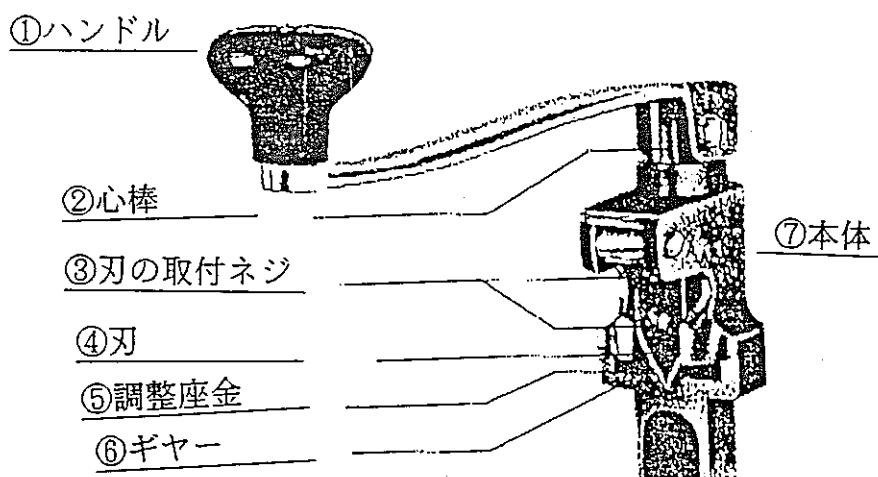
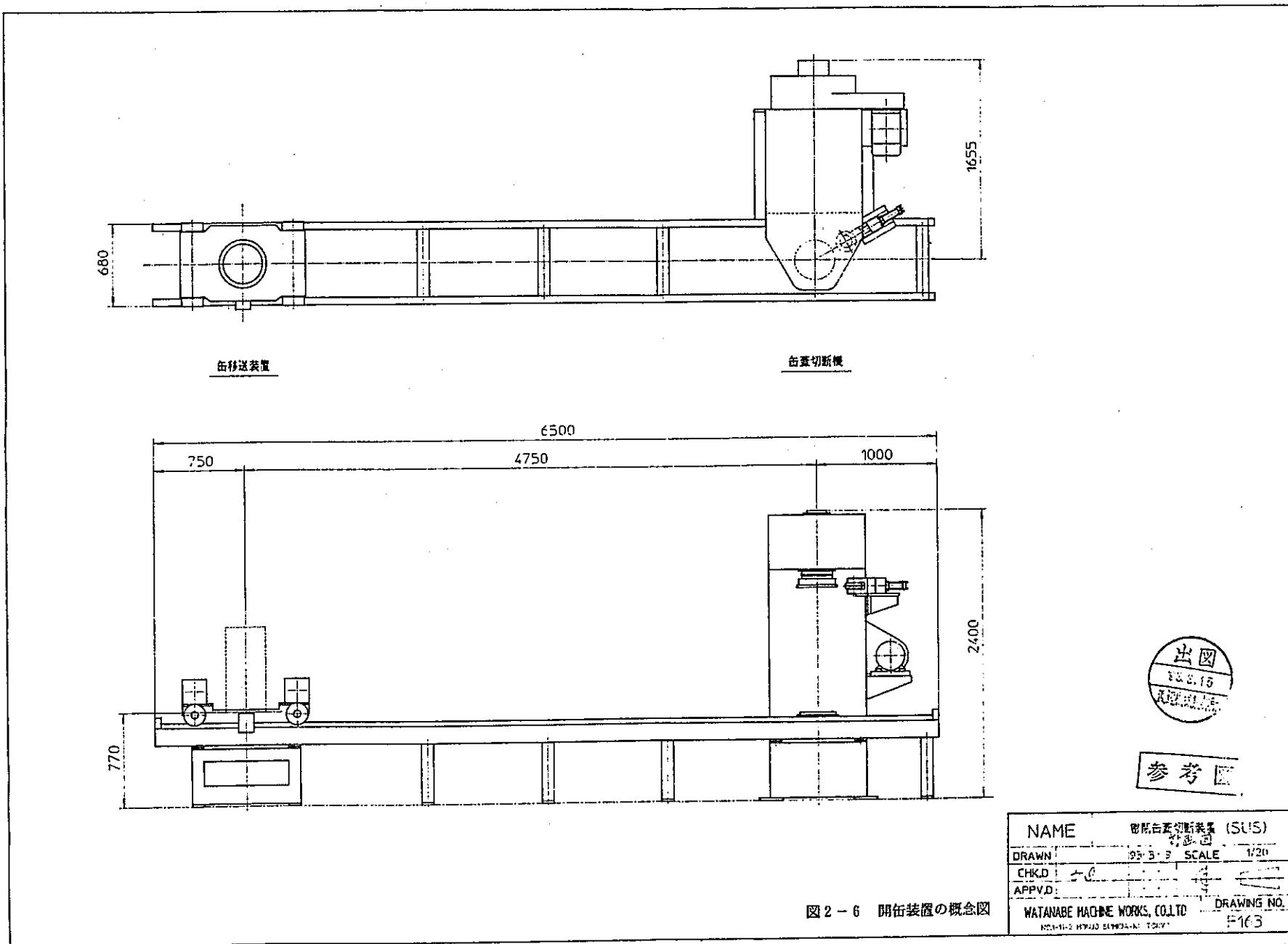
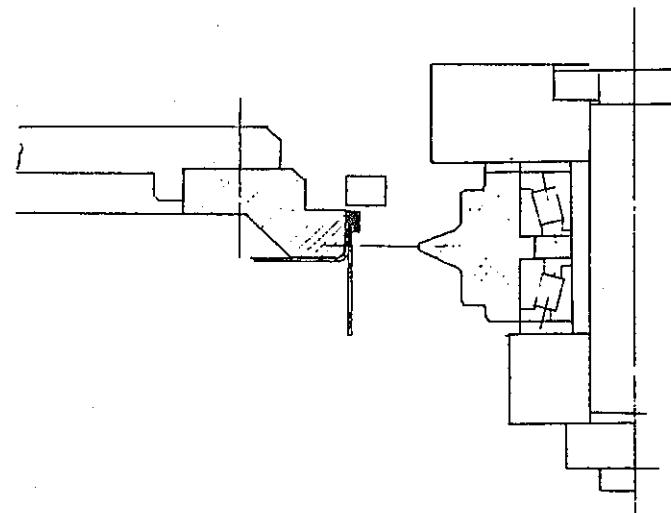


図2-5 缶詰の開缶装置





参考図



図 2-7 開発装置の切断部

△													
記号	来歴及訂正事項					日付	担当	部番	部品名	材質	個数	重量	記事
設計	製図	苏因	検因	承認	日付	名稱		基印計画図				第3角法	
					寸 度			株式会社 渡辺機械製作所	圖 書			○	□
					寸 度								

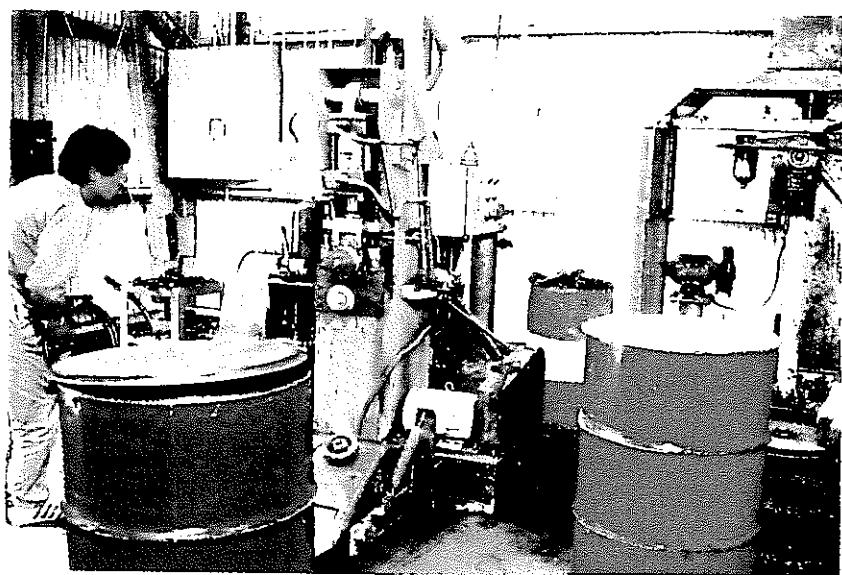
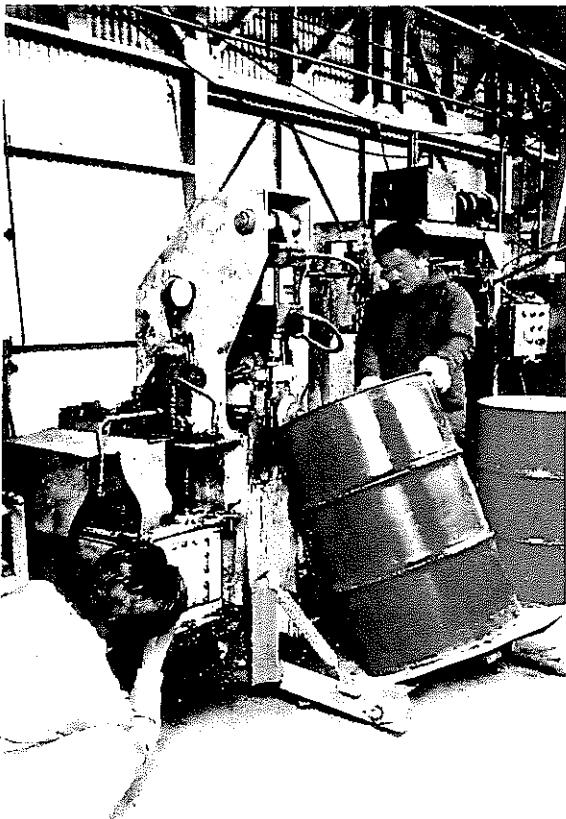
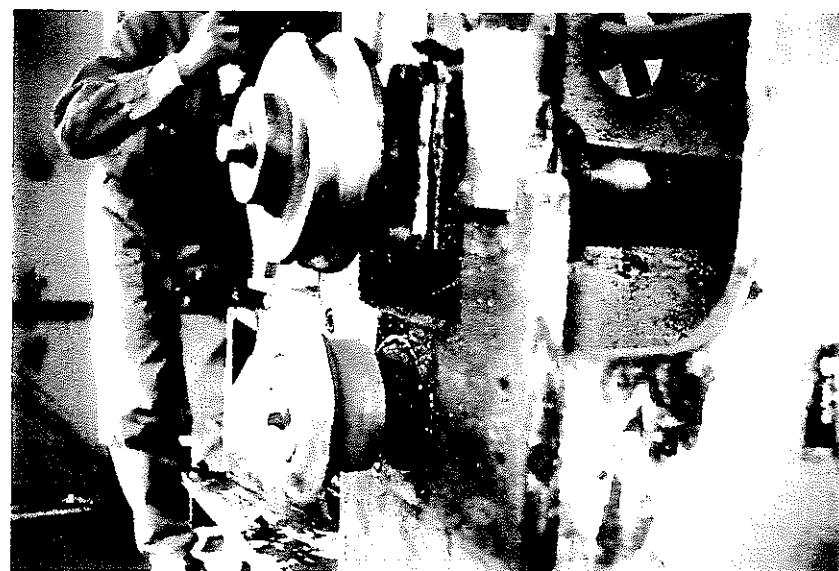
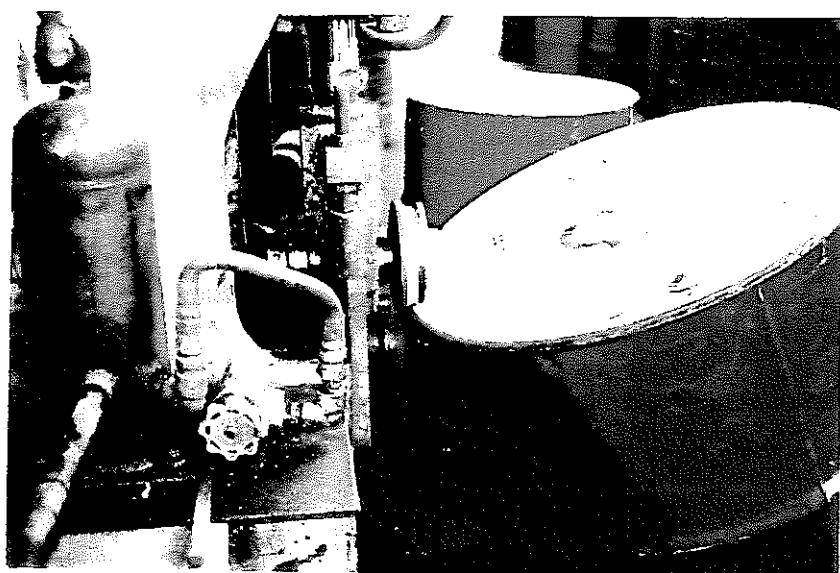


写真 2 - 1 蓋の直下での切断装置（横浜容器工業株日立工場）

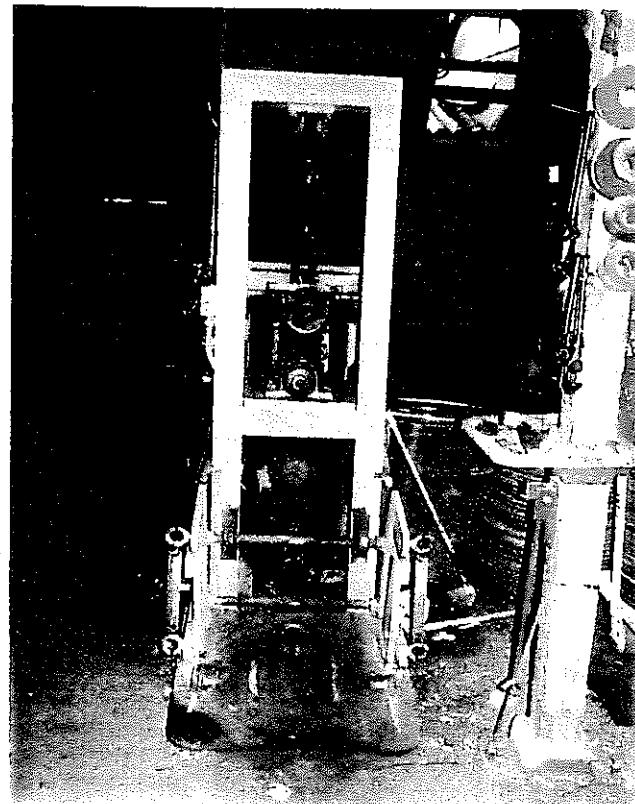


切断部

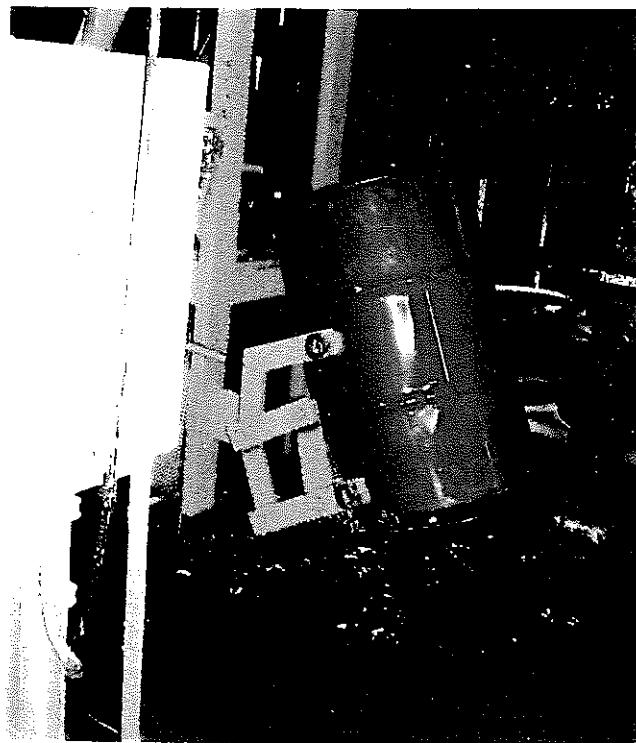


切断中の局部

写真 2-2 蓋直下での切断装置（横浜容器工業(株)日立工場）

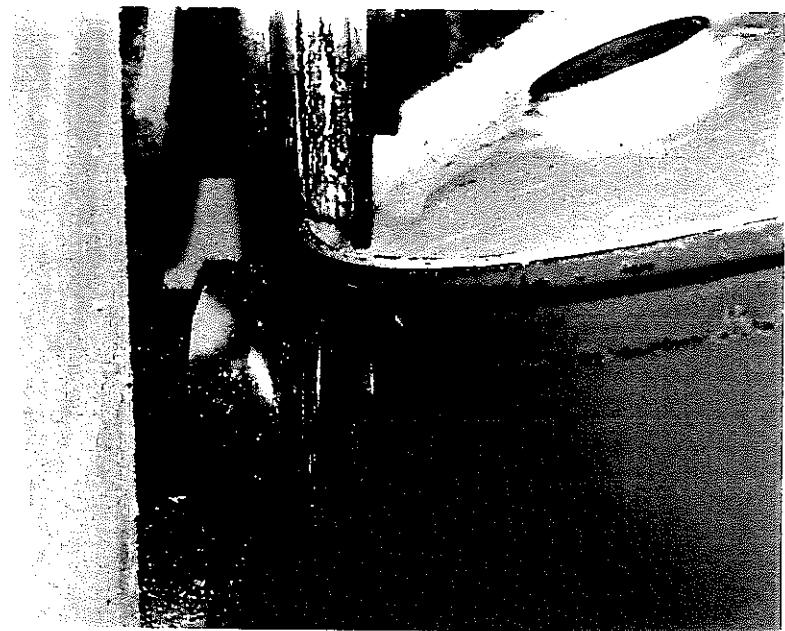


装置全体

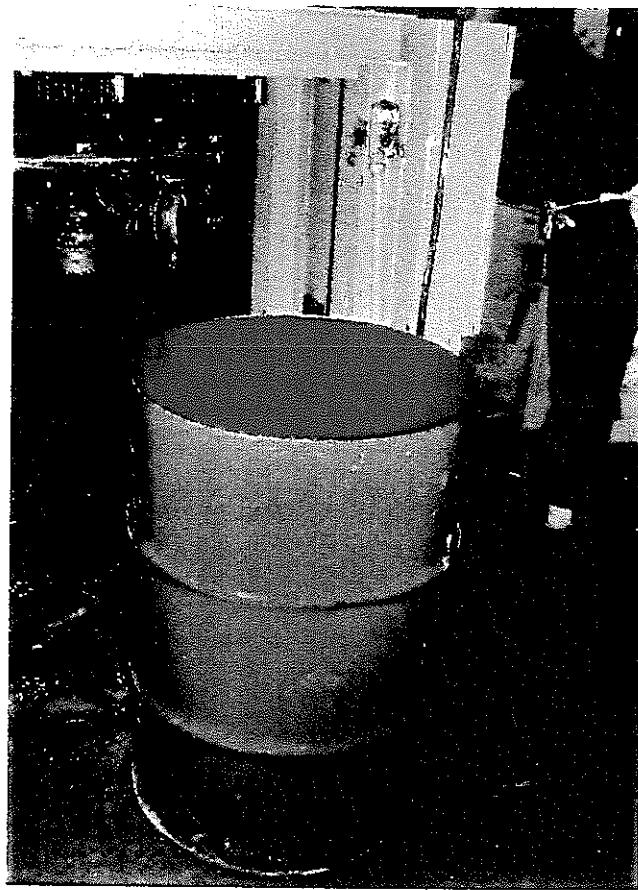


切断中の全体

写真 2 - 3 蓋の直下での切断装置（日本ドラム缶整備(株)市原工場）

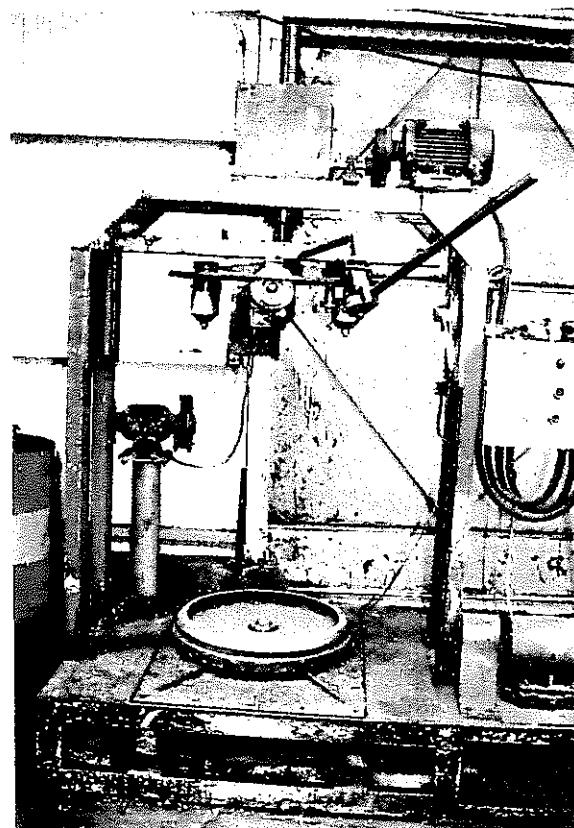


切断部の局部

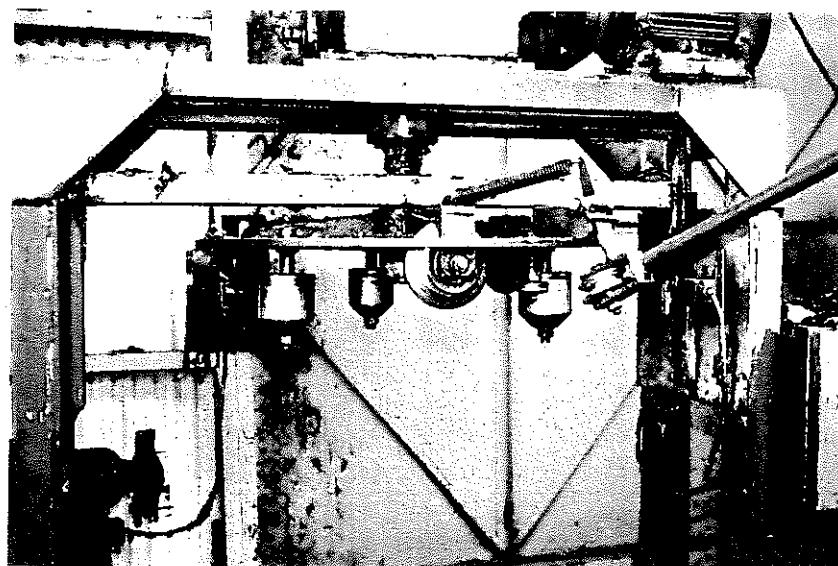


切断後

写真 2 - 4 蓋の直下での切断装置（日本ドラム缶整備(株)市原工場）

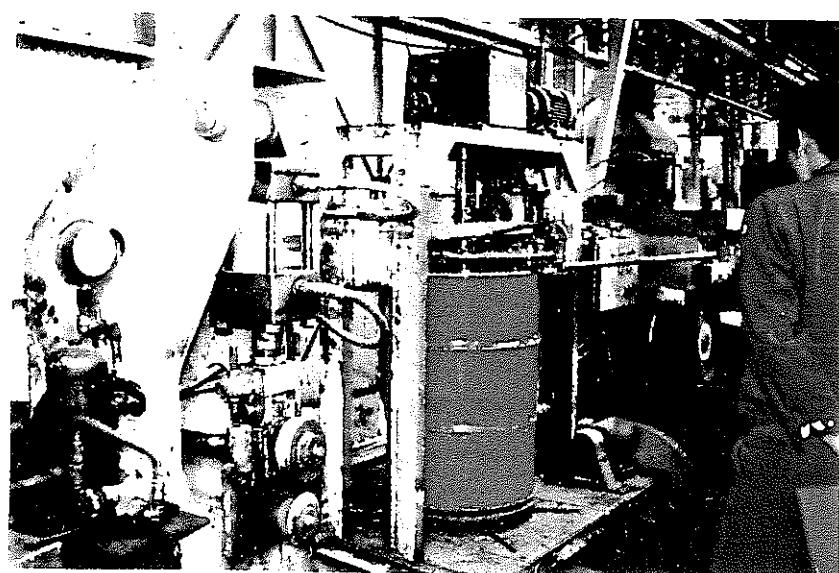


装置全体

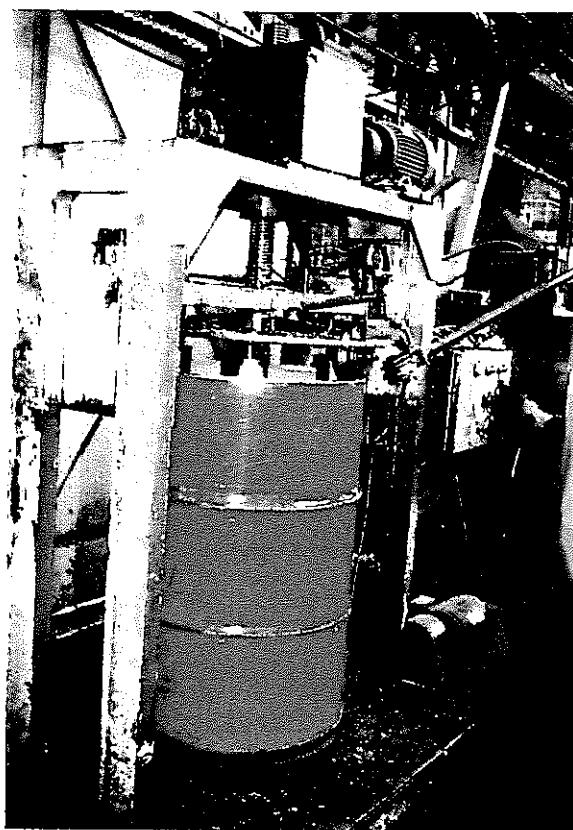


加工部

写真 2-5 ドラム缶カール機（横浜容器工業(株)日立工場）

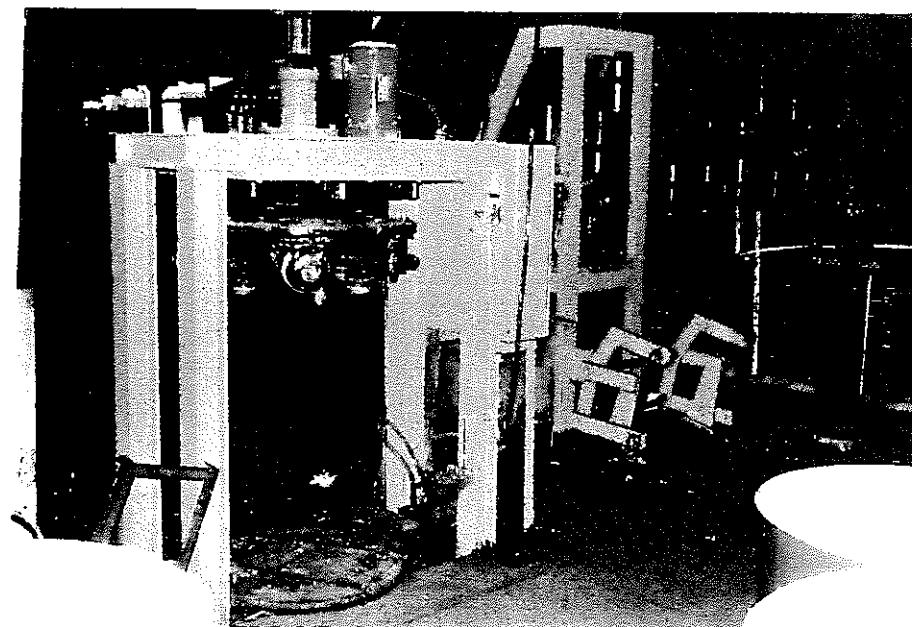


セット状態

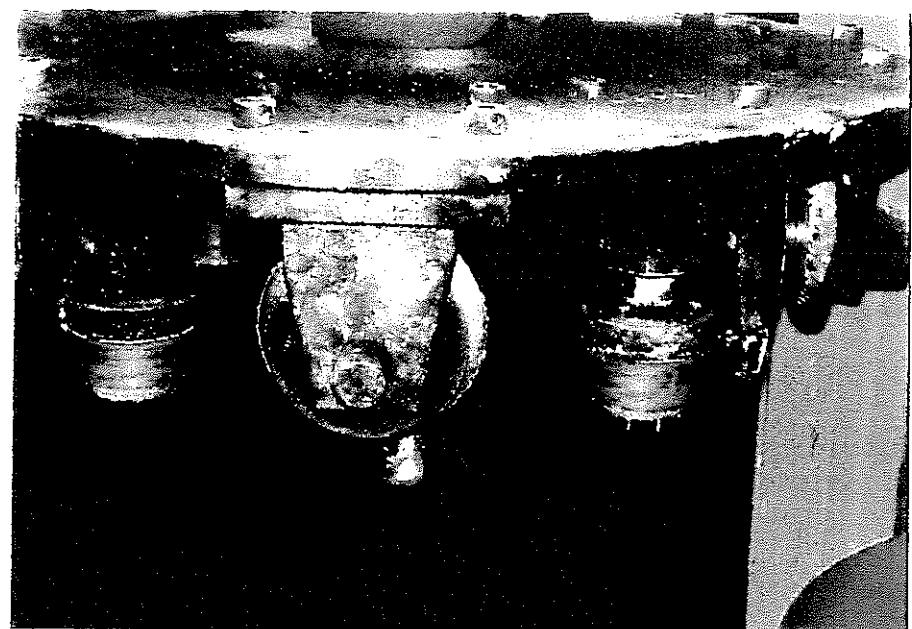


完全状態

写真 2-6 ドラム缶カール機（横浜容器工業株日立工場）

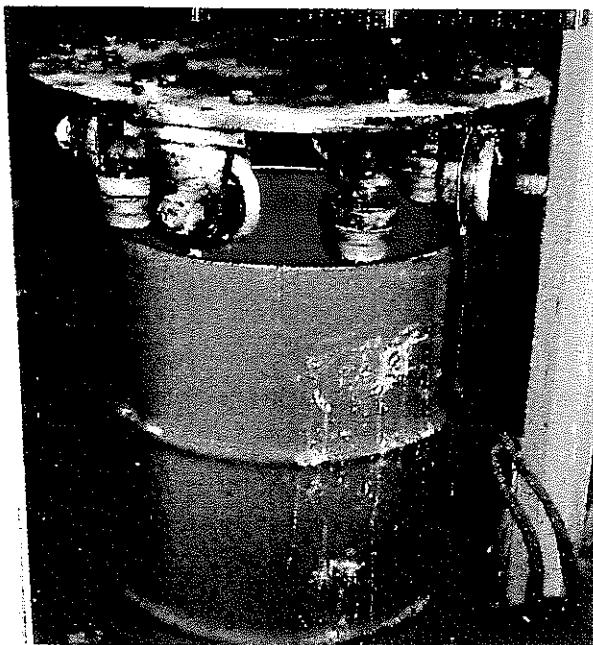


装置全体

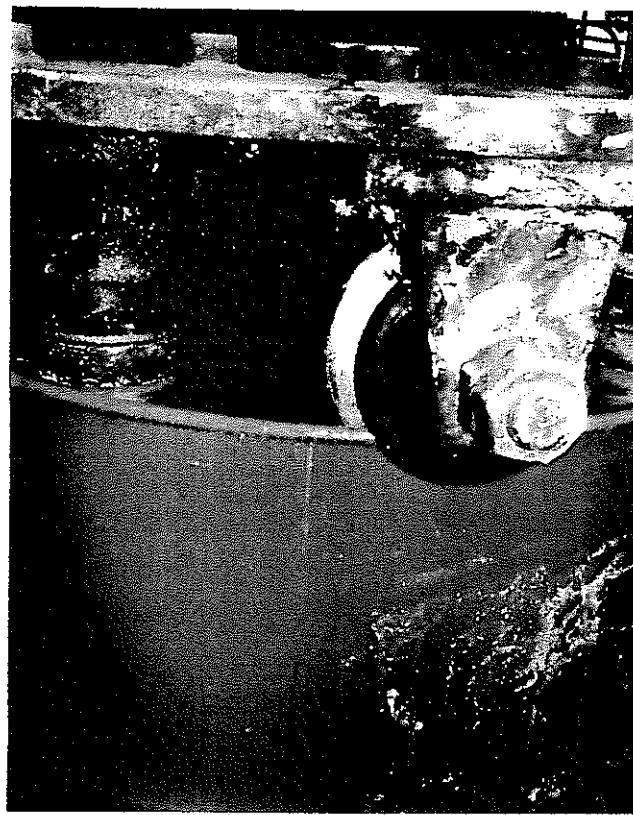


加工部

写真 2-7 ドラム缶カール機（日本ドラム缶整備(株)市原工場）



セット状態



完全状態

写真 2-8 ドラム缶カール機（日本ドラム缶整備(株)市原工場）

謝 辞

本技術調査の実施に当たっては、原子力施設デミッショニング研究協会 宮尾
英彦部長、大森 宏之部長代理の貴重な御指導、御助言をいただくことができ、こ
こに感謝申し上げます。