

図18 ヘリコフレックス構造

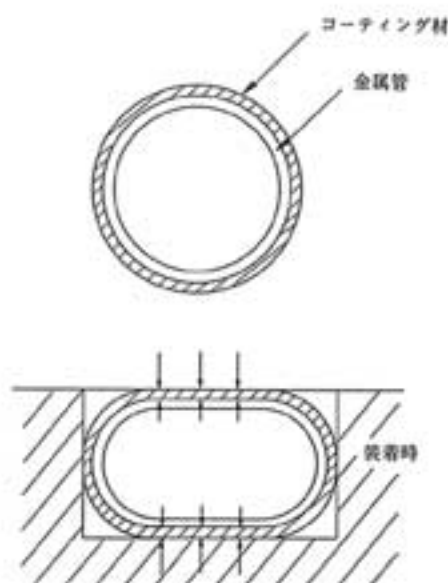


図19 中空メタルOリングの構造

用されるようになってきた。そのガスケットの一つに、フランス原子力庁の協力のもとに開発されたヘリコフレックスとよばれるものがある。その構造を図18に示す。中心部にコイルスプリングを内蔵し、圧縮に対する弾性回復力を保持している。また、シール性能を上げるために、メタルガスケット表面には金や銀などの軟金属被覆がなされている。図19には、中空メタルOリングの構造を示す。この場合も表面には軟金属被覆がなされている。しかしながら、どちらの場合もフランジのシート面の面粗さを小さく仕上げる必要のあること、取付けボルトの締付けトルクの大きいことや、シール面にきずをつけるとリークしやすいので注意が必要である。

3.2.2 真空バルブ

真空バルブは、その構造からゲートバルブとL形バルブに大別される。いずれの構造の場合にもエラストマーか金属のシール材料が使用される。一般にエラストマーの場合には130°C程度、金属の場合には200°C以上のベークアウトができる。

図20は、バイトンOリングシールを利用したゲートバルブの外観図とそのシール機構を示す。弁板を右側に引くことによりバルブを開く。バルブを閉じるためには、図に示すように弁板を左に移動し、さらに中心軸を押して左に動かすことで弁板を押し広げ、弁座に押し当ててシールをする構造になっている。

最近では、大口径のメタルシールゲートバルブも開発され、市販されるようになってきた。そのシール機構の一

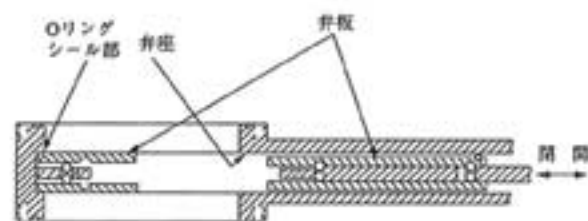


図20 ゲートバルブの概略図とシール機構

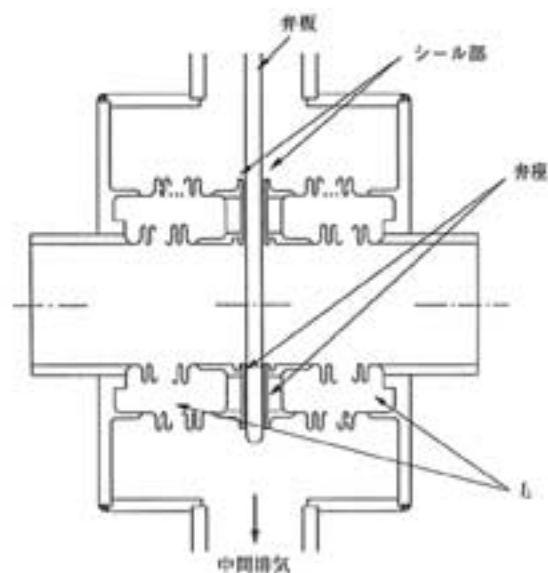
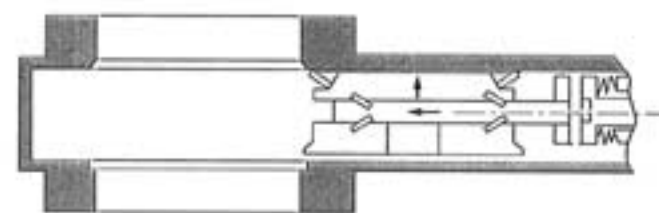
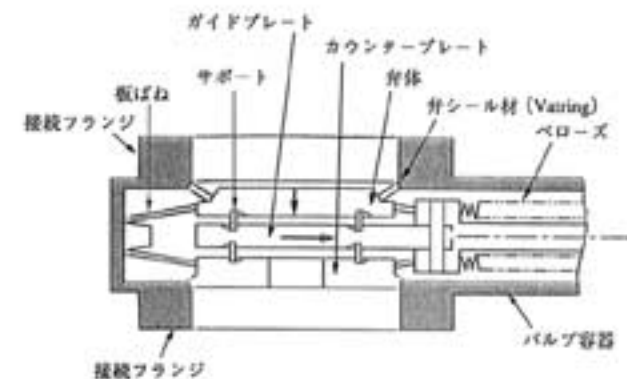


図21 中間排気形メタルシールゲートバルブの例



(a) 開時 (矢印方向は開方向の動きを示す)



(b) 閉時 (矢印方向は開方向の動きを示す)

図22 メタルシール(Vatring)ゲートバルブのシール原理

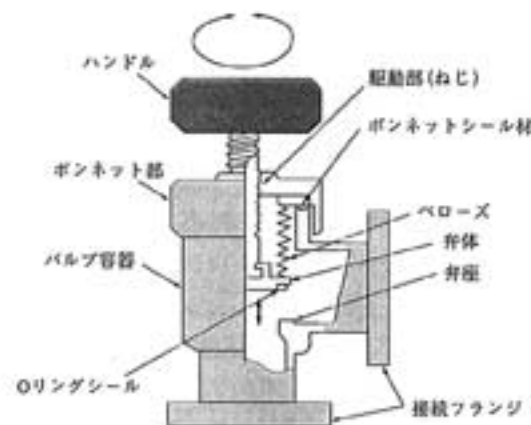


図23 L形Oリングシールバルブの構造

例を図21に示す⁷⁾。ベローズ中に加圧空気を入れることで、両側から弁座を弁板に押し付け、シールを行う。一つのシール面での封止のコンダクタンスはそれほど小さくないが、中間排気を行うことでバルブ両端間のリーク量を低減して使用する。図22は、Vatringとよばれるシール方式を用いたメタルシールゲートバルブの概略図を示す。板ばねを押し付けることにより、弁体とカウンタープレートを押し開き、Vatringと弁体との間でシールを行う。

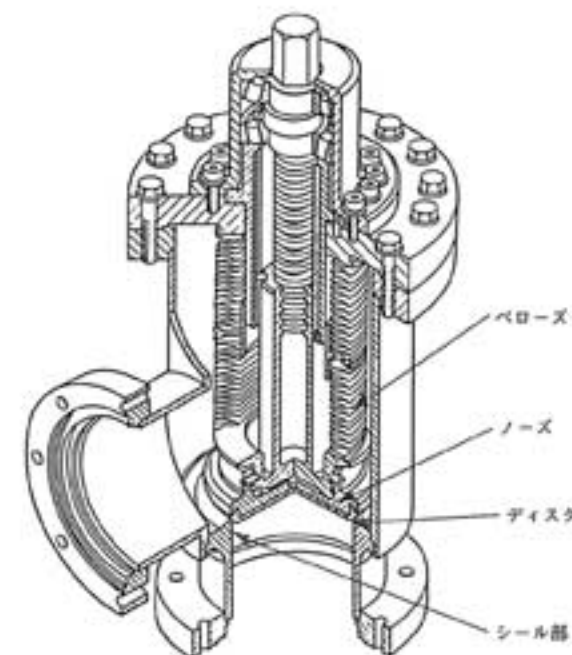


図24 L形メタルシールバルブの概略図

L形Oリングシールバルブの概略図を図23に示す。ハンドルを回すことにより、Oリングを弁座に押し付けてシールをする。軸部からのリークを抑えて直線運動をするために、金属ベローズが使用されている。

図24は、L形メタルシールバルブの概略図を示す。無酸素鋼のノーズをステンレス鋼のディスクに押し当てて、シールを行う。ノーズが塑性変形するため、数百回の開閉で寿命がくる。そのときは、ノーズが交換できる構造になっている。

[4] CVD法の適用と課題

半導体 Si デバイス製造で主に使われる CVD 法は、薄膜を構成する元素を含んだガスを、膜生成装置の反応容器に供給し、化学反応により膜を形成するものである。CVD 法は、反応材料や生成装置、生成方式の選択により各種の薄膜形成が可能であり、最も有効な薄膜形成技術である。表 2 に LSI 製造に用いられる薄膜の種類と用途を示す。

半導体 Si デバイスの微細化に伴うデバイス特性保持のため、より低温処理が要求されてくる。図 5 に、要素プロセスで用いられている一般的な適用温度範囲と圧力領域を一覧する。技術の動向は、より低温、高真空度化へ移っている。低温化の薄膜形成技術として注目されるのは、放電プラズマを利用したプラズマ CVD 法、あるいは光エネルギー(主に紫外光、レーザー光)を利用した光励起 CVD 法である。

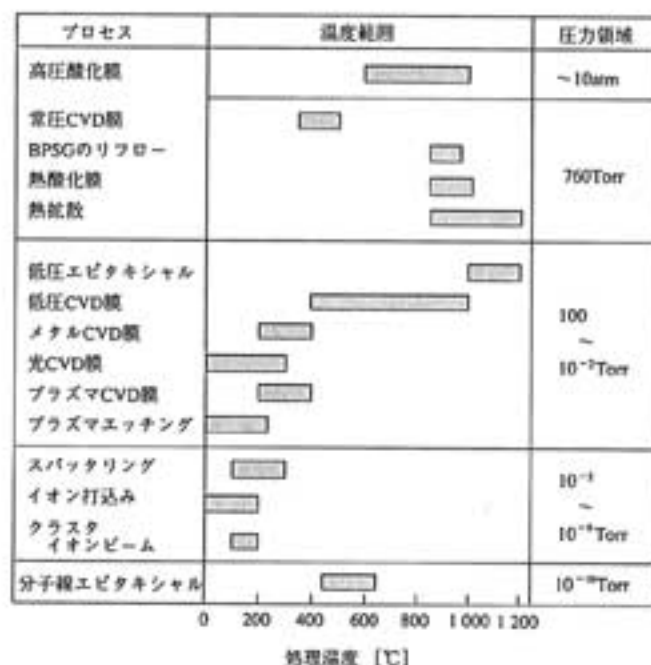


図 5 要素プロセスの熱処理温度範囲と圧力領域

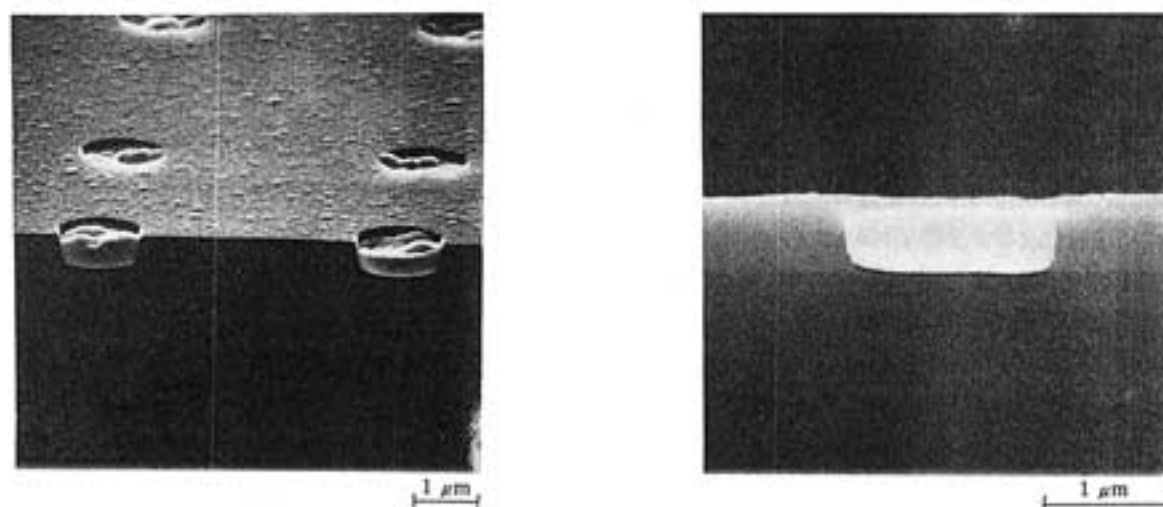


図 6 ビアホールのタングステン選択 CVD による配線埋込み

光 CVD 法の特徴は、低温形成(室温度~200°C 程度)可能、反応ガス性状と光源波長との整合により、選り好みデポジション可能、レーザー光源を用いて微小領域に所望の膜形成が可能などである。ウェーハ処理能力などに課題を残すが、将来実用化技術へと成長してほしい技術である。

LSI の高機能化、高速化とともに、アルミニウム配線層の多層化構造が採用されてくる。多層化における技術課題は、多層構造の平坦化である。表面が凹凸状態では歩留り上、信頼度上は、はなはだ都合が悪い。

コンタクトホールやスルーホール(配線層間を接続する微細孔)のアスペクト比が高くなり、ホール内のデポジションが不足する傾向になる。良好なコンタクトと平坦化を狙える最有力技術が、メタル選択 CVD 法である。具体化例では、タングステン選択 CVD 膜は、アスペクト比 2~3 のホール埋込みが可能である。プロセスとしてシンプルであり、実用化は近い。課題は、

- ① シリコン上の選択性と信頼性
- ② ホール側壁との密着性
- ③ 表面モロロジー
- ④ 膜ストレス

である。

図 6 は、タングステンメタルを 1 μm 径のホールに埋込みをしたときの断面写真である。

一方、タングステンメタル膜を全面にデポジションするプランケット CVD 法は、すでに実用化されている。一部のアルミニウム配線のかわりに適用すると、アルミニウム配線のエレクトロマイグレーション寿命より大幅に改善される。抵抗値はアルミニウムより高いが、電流密度が 5×10⁸A/cm²以上が要求される次世代デバイスでは、タングステン配線のメリットは大きい。

多層配線技術では、配線層間を電氣的に絶縁する層間絶縁膜の信頼性が重要である。

多結晶シリコン膜、アルミニウム配線下の PSG (phosphosilicate glass) 膜、この PSG 膜にかわる BPSG 膜のリフロー(高温熱処理によるガラス軟化)など、高品質な膜特性が必要となる。BPSG 膜は、リフロー温度の低温化を実現させ、しかも平坦な構造を可能とした。

図 7 に、BPSG 膜リフロー形状の B(ボロン)、P(リン)濃度依存性を示す。十分な平坦化を得るには、B+P>12[mol%]が必要である。平坦化に有利な有機シラン(テトラエトキシシラン)を用いた TEOS-CVD 法が実用化され、今後ますます増加する。

有機シランソースとオゾンを用いた TEOS-CVD 法

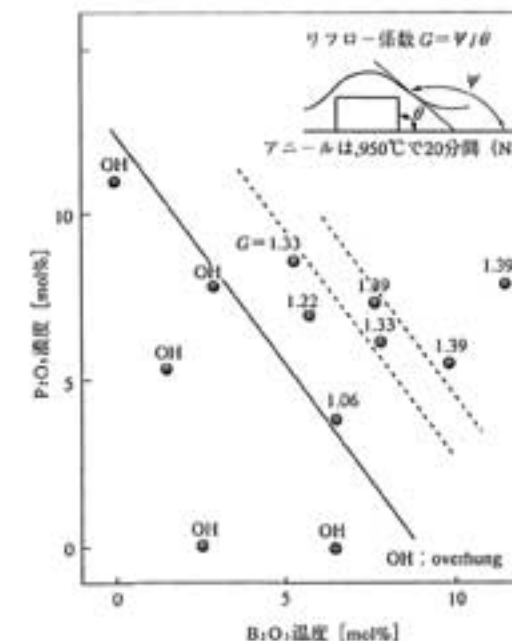


図 7 BPSGリフロー形状のB/P濃度依存性

は、平坦性に優れ、表面が滑らかである。これは反応機構が表面反応であるため、表面マイグレーションが大きいことによる。TEOS-CVD 法は、プラズマ法、熱オゾン法、常圧 CVD 法に区分される。低温形成でかつ平坦性に適した CVD 技術として注目される。

アルミニウム配線上の絶縁膜形成の課題も、表面凹凸部分の埋込み平坦化である。一般的には、プラズマ CVD 膜と無機質塗布膜(スピニングガラス)との組合せ、あるいはエッチバック技術の適用で平坦化を行っている。次世代デバイスの平坦化は、膜低ストレスと高アスペクト比ホールの埋込みがポイントであり、TEOS-CVD 膜とエッチバック技術の組合せが妥当である。

しかし、ハーフミクロン以降は限界がみえてくる。

ECR(電子サイクロトロン共鳴)プラズマ CVD 法が最も期待される平坦化の切り札である。ECR-CVD 法は、従来の高周波放電に比べ高密度(10¹²/cm³)なプラズマ状態が得られ、比較的低真空度(0.1 Pa)、かつ低温度(~100°C)で緻密な膜が形成される。膜の内部ストレスはマイクロ波で制御可能であるので、低温形成と合わせて、アルミニウム配線のストレスマイグレーション耐性にも効果がある。ECR-CVD の課題は、

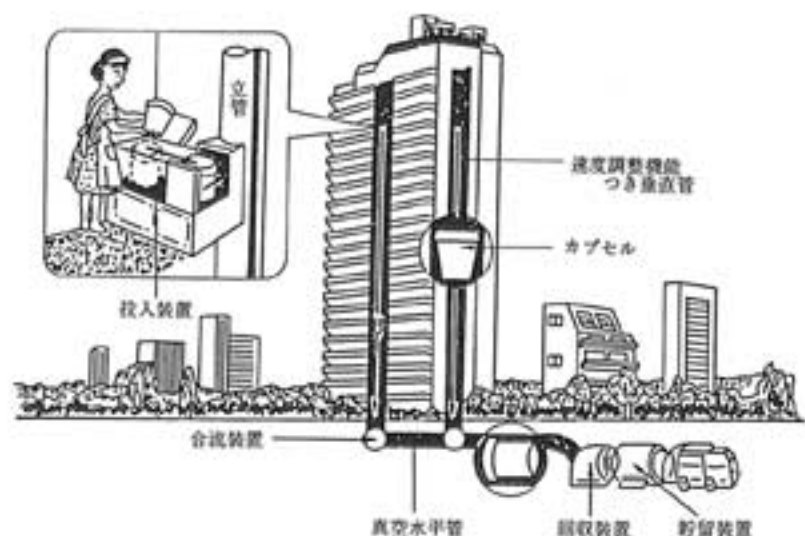


図1 「バックポーター」システム概念図

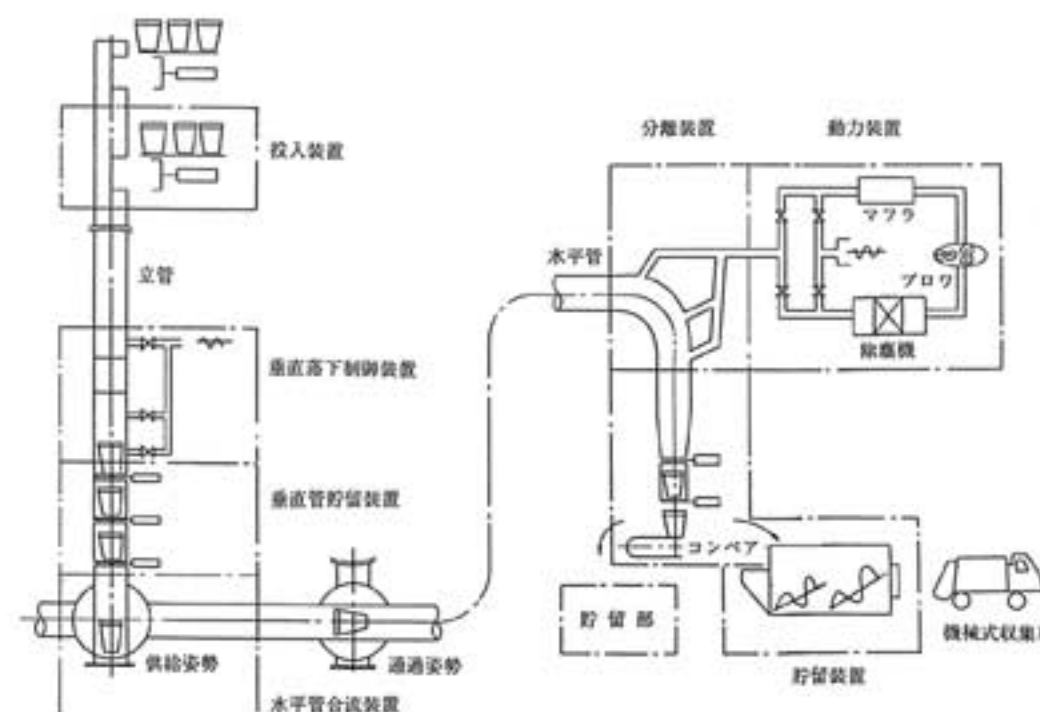


図3 システム構成要素機器

寸法	φ194×230
材質	紙
容量	5ℓ
表面処理	ラミネート
ごみ最大重量	5kg

させる。垂直管から送られてきたカプセルは、いったん合流装置部分にとどめられ、別系統の垂直管から送られてくるカプセルと合わせて制御され、順次、真空水平管へ送り込まれる。このように送られたカプセルは、集積場所まで真空収集されて回収される。また、カプセルのふた部分を色分けすれば、廃棄物の種類ごとに自動分別することもできる。これらのシステム構成要素機器を図3に示す。

次に、本システムの要である使い捨て容器が備えるべき条件をまとめると、次のようになる。

- ① 焼却処理に支障がない材質であること。
- ② 自治体の収集作業に支障がない形状、重量であること。
- ③ 利用者の持ち運びに際して、カプセルの重量、寸法が適切であること。
- ④ 収納された廃棄物が密閉できること。
- ⑤ 空カプセルの保管が容易なこと。
- ⑥ パイプ輸送に際して適切な強度があること。
- ⑦ 水分の多い廃棄物を収納して支障がないこと。

上記項目を満足するカプセルとして、図4に示す形状、仕様とした。

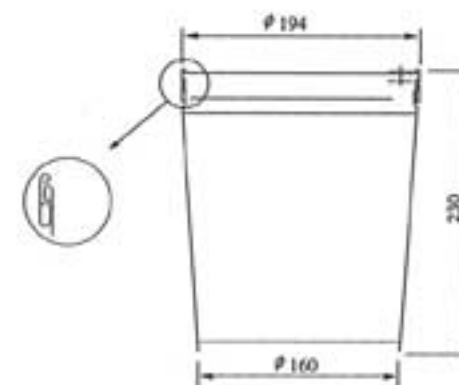


図4 バックポーターに用いるカプセルの形状と仕様

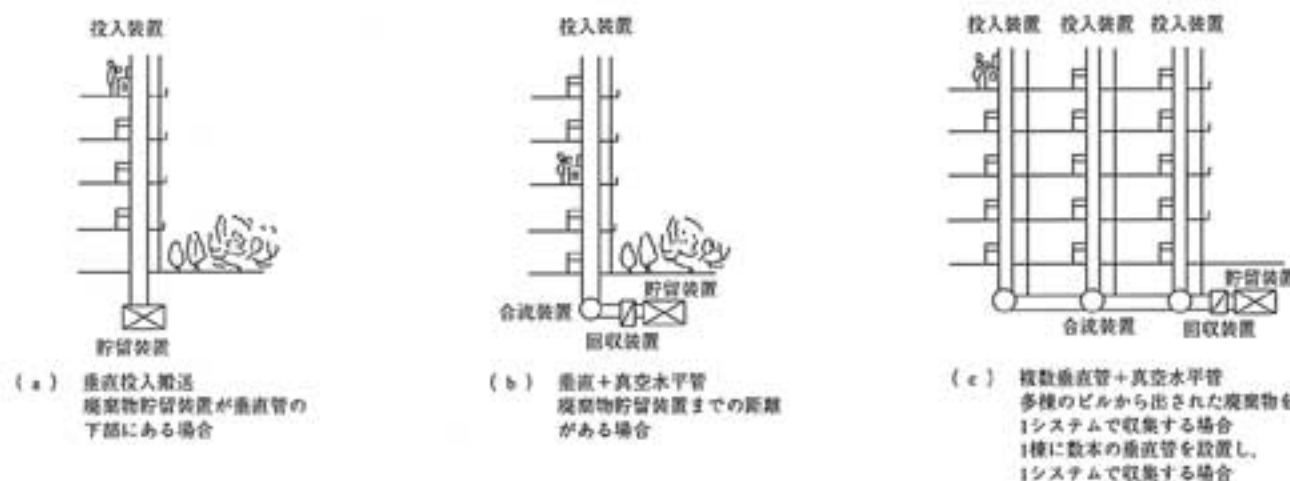


図2 「バックポーター」システムパターン図

- ① 自治体による廃棄物の収集形態にマッチさせる。
 - ② 廃棄物の分別収集を可能にする。
 - ③ 適応廃棄物の範囲が広い。
 - ④ 取扱いが簡便で、安全性が高い。
 - ⑤ 設備からの騒音、悪臭などの2次的問題がない。
- 技術的には、容器を介在させることで、搬送対象物は“パッキングされた廃棄物”となり、物性としては、容器の形状、材質、重量の3因子で規定でき、ハンドリングが容易になった。さらに衛生面の向上も考慮して、使い捨て容器を使用した。

(1) システム概要

居住者が廃棄物を使い捨て容器(以下「カプセル」とよぶ)に詰め込み、これをバックポーターシステムに投入することから始まる。投入装置に置かれたカプセルは、センサによってふたの閉じ具合などをチェックし、自動的に垂直管(200φmm)へ送られる。このとき、速度調整装置の圧力センサがカプセルの重さによって変化する管内空気圧を瞬時に感知し、どのような重さの入ったカプセルでも平均毎秒5mの一定速度で落下させる。また、カプセルを壊すことなく、落下音もなく垂直最下端に軟着陸