

濃縮廃液減容処理設備の開発

Development of Drying and Pelletizing System for Concentrated Waste

原子力プラントから発生する放射性廃液は、蒸発濃縮処理後ドラム缶に詰めて発電所敷地内に一時的に貯蔵されているが、運転年数とともに貯蔵スペースが増大し、その対策が望まれている。日立製作所はこれに対処するため、東京電力株式会社と共同して濃縮廃液減容処理設備を開発した。

本設備は、濃縮廃液を乾燥粉体化後ペレットに造粒し、貯槽内に貯蔵保管し、所定期間放射能を減衰させた後、取り出して固化体とし、最終処分することを意図したものであり、従来の方式に比べ、格段に大きな廃棄物の減容が達成されるとともに、将来の最終処分方法に柔軟に対応できる特長をもっている。

濃縮廃液の粉体化技術、ペレット状造粒技術など、新しい技術を多数もつ本設備は、約7年間にわたる研究開発の成果により裏付けられており、その実用性は、パイロットプラントを用いた多くの実証試験により、十分確認済みである。

堀内 進* *Susumu Horiuchi*
斉藤 徹* *Tôru Saitô*
平野幹雄* *Mikio Hirano*
菊池 恂** *Makoto Kikuchi*
高村義之*** *Yoshiyuki Takamura*

1 緒 言

沸騰水型原子力発電所で発生する放射性固体廃棄物としては、放射性液体廃棄物を蒸発濃縮処理した後の濃縮廃液、炉水、復水などの浄化設備から発生する使用済みイオン交換樹脂、発電所内で使用された作業衣などの可燃性雑固体廃棄物があるが、これらはドラム缶に収納され、発電所内の貯蔵庫に保管されている。

これらのドラム缶収納固体廃棄物のような低レベル放射性廃棄物の最終処分については、現在、海洋投棄処分と陸地廃棄処分を合わせて行なう方針で検討が進められているが、本格的処分が円滑に実施可能となるまでには、なお長期間を要すると考えられる。

したがって、今後かなり長期にわたり、固体廃棄物の発電所内保管が必要であり、現在、多くの発電所で採用されているセメント固化方式でも、多数のドラム缶が存在することになるため、その貯蔵スペースの確保が問題となり、大幅な減容が強く求められている。

日立製作所ではこのような要請にこたえるため、東京電力株式会社と共同して、濃縮廃液を最大限に減容でき、かつ、どのような処分方式にも柔軟に対応できる形態で貯蔵保管するという、画期的な濃縮廃液減容処理設備を開発した。その実用製品1号機は、東京電力株式会社福島第一原子力発電所放射性廃棄物集中処理増強設備の中核設備として採用されることになり、現在、設置許可を取得して着工準備中である。

以下に、濃縮廃液減容処理設備の概要、特長、開発内容などについて述べる。

2 概 要

濃縮廃液減容処理設備の基本プロセスは図1に示すとおりであり、濃縮廃液の水分を蒸発させ乾燥粉体とした後、ペレットに造粒し、貯槽に輸送して貯蔵保管する。貯蔵方法としては、貯槽以外に容器による方法があるが、ここでは前者だけについて述べる。なお、貯蔵保管したペレットは、将来の処分時、貯槽から取り出し、適切な方法によってドラム缶内に固化する。

各プロセスの概要は、以下に述べるとおりである(図2参照)。

(1) 乾燥プロセス

供給タンクに受け入れた濃縮廃液を、遠心薄膜乾燥機により乾燥粉体化し、生成粉体は含水率チェックにより、所定含水率以下であることが確認されたものだけを造粒機へ送り、高含水率の場合は温水で溶解後、再処理する。この粉体の含水率チェックは、本設備の特色の一つであり、造粒機で健全なペレットを作るための必須条件である。

一方、遠心薄膜乾燥機での蒸発蒸気は、ミストセパレータで除染後、復水器で凝縮させる。凝縮水は、ミストセパレータの除染水として使用された後、高電導度廃液として濃縮処理される。

(2) 造粒プロセス

所定含水率以下の生成粉体はブリケット造粒機により、アーモンド形のペレットに成型される。

整粒機によりペレットから分離されたばりなどは、粉体回収装置で造粒機に戻され、再造粒される。

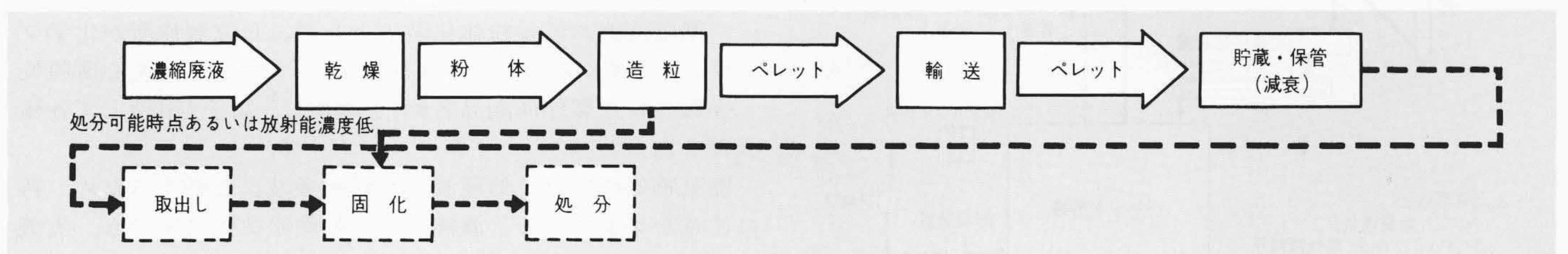


図1 基本プロセス図 濃縮廃液は乾燥粉体化後、ペレットに造粒され、貯槽で貯蔵保管される。図中の破線部は、将来設備を示す。

* 日立製作所日立工場 ** 日立製作所エネルギー研究所 理学博士 *** 日立製作所笠戸工場

(3) 輸送プロセス

保守点検性を容易にするため、ベルトコンベヤ方式を採用しており、ペレットは定量供給装置により、ほぼ一定間隔でコンベヤに送られ、安全に輸送される。なお、貯槽への投入はシュータを用い、ペレットの破損を防止する。

(4) 貯蔵保管プロセス

貯蔵期間中のペレットの健全性を維持するため、貯槽内の相対湿度を低く保つ必要があり、貯槽内空気をブロウで循環しながら、除湿装置により空気中の湿分を除去する。

(5) その他

粉体の外部飛散を防止するため、粉体及びペレットを取り扱う設備内は弱負圧に維持する。弱負圧に維持するための排気ラインには、バグフィルタ及びHEPA(高性能粒子)フィルタを設け、環境への粉塵放出を可能な限り低くしている。

3 特 長

本濃縮廃液減容処理設備の大きな特長は、下記の2点である。

- (1) 大幅な減容が達成される。
- (2) どのような処分法にも柔軟に適応可能な形態の、安定な固体として廃棄物を貯蔵保管できる。

図3は、濃縮廃液を対象とした場合の各種処理方式の減容能力を比較したものであり、本濃縮廃液減容処理設備による場合(以下、ペレット注入固化方式と呼ぶ)、従来方式に比較して大幅な減容が達成される。更に、近年、開発が進められつつあるプラスチック固化方式^{※1)}に対しても、減容能力の面で優れている。

もう一つの大きな特長である固体廃棄物の処分法への対応性に関しては、セメント固化方式、アスファルト固化方式などが廃棄物を最終処分形態としてドラム缶内に即時固化してしまうのに対し、ペレット固化方式では、当面ペレットのままか、将来処分に対応可能な状態で中間貯蔵し、将来、処分を実施する時点で処分用固化体(パッケージ)の技術基準に準

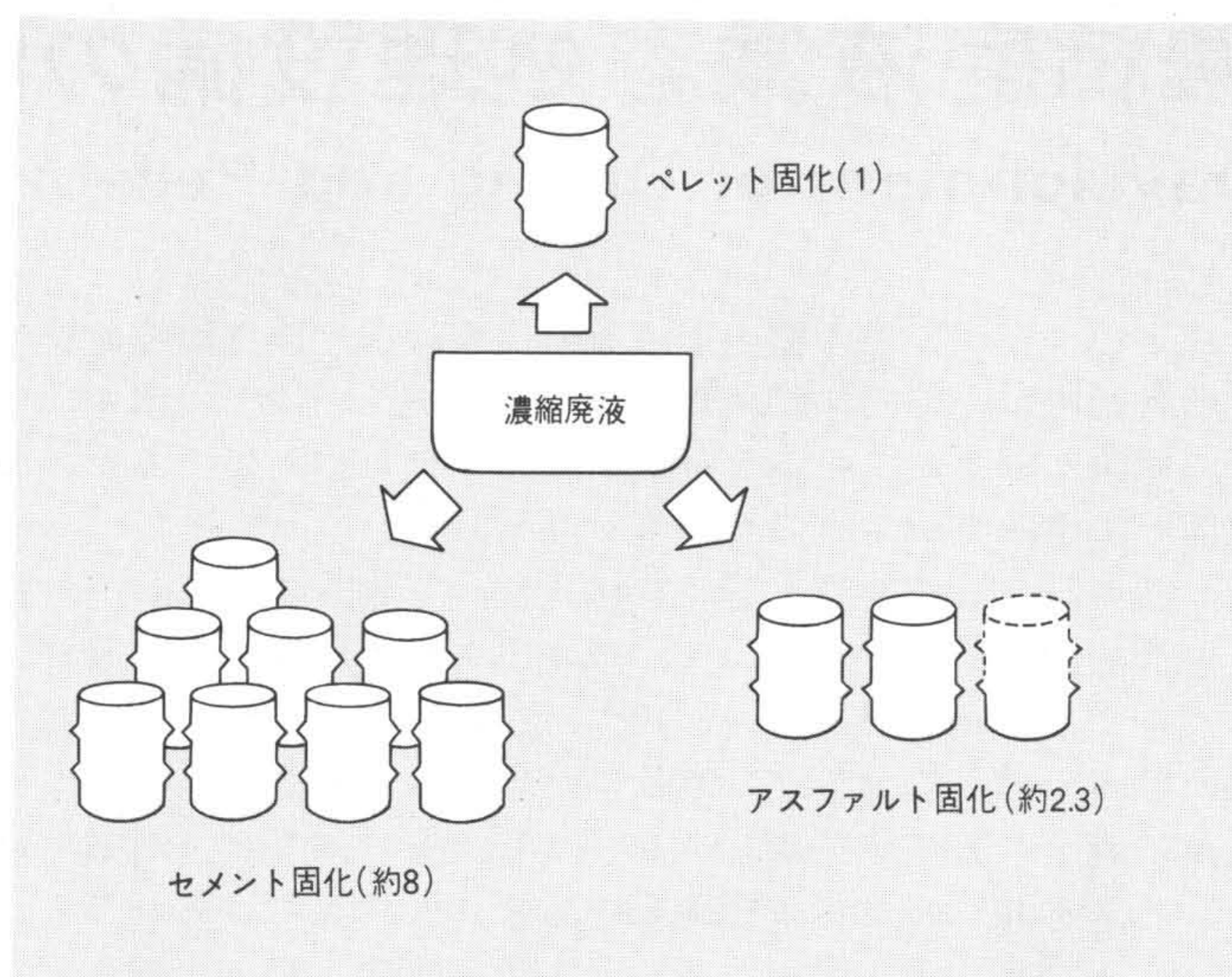


図3 減容能力の比較 ペレット固化方式は、セメント固化方式及びアスファルト固化方式に比べて、大きな減容能力をもっている。

拠した最適な条件により、固化体にできるという柔軟性をもっているほか、貯蔵期間中の放射能減衰を有効に反映することが可能である。したがって、処分用固化体の基準化がまだ完全には整備確立していない現状では、最も効果的な処理方式であると言える。

なお、固体廃棄物の処分が可能な時点、あるいは廃棄物の放射能濃度が低い場合には、貯蔵プロセスを経ず、ペレットに造粒後、即時固化する(変形)プロセスもとることができる。

4 研究開発の概要

本処理設備は、濃縮廃液を乾燥粉体化し、更に造粒するという従来の廃棄物処理には全くなかった新しい概念を導入したもので、その技術開発に当たっては、長期間にわたる万全の調査、検討、試験などを実施した。

以下に、主要な研究開発過程と研究開発の内容について述べる。

(1) 研究開発過程

本処理設備の研究開発については、昭和47年末に基本調査に着手して以来、各種の基礎試験及びパイロットプラントによる実証試験(図4にパイロットプラントの外観を示す。)を実施し、十分実用できることを確認するとともに、実機設計のための諸データを集積した。

また、将来の処分法に対応できるように、ペレット注入固化方式により固化した固化体について、予備実験を終了し、基準化のための各種試験を実施中である。

(2) 研究開発内容

研究開発内容の一部について以下に紹介する。

(a) 粉体化技術

濃縮廃液の乾燥粉体化装置として、日立製作所が化学プラントで多くの製作納入実績をもつ「セブコン」(遠心薄膜乾燥機の日立製作所商品名称)を適用し、原子力用として各種改善を加えた。

廃棄物処理では、処理液の性状が多岐に変動するため、特に注意が必要である。濃縮廃液の乾燥粉体化試験でも、実機で予想される変動を十分に考慮し、模擬濃縮廃液の組成を広

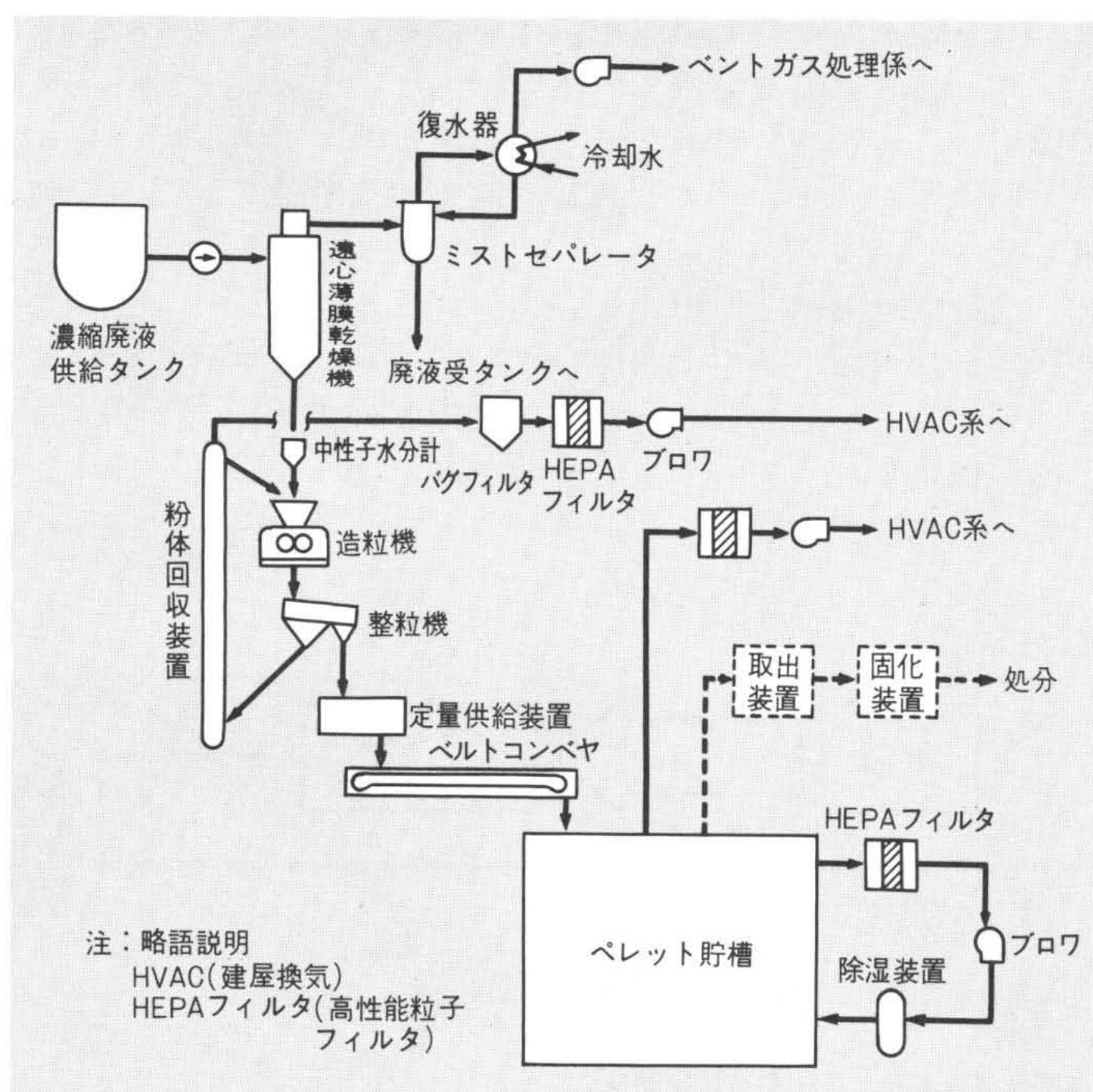


図2 濃縮廃液減容処理設備のフローシート 遠心薄膜乾燥機、造粒機、ベルトコンベヤ、ペレット貯槽などで構成される。図中の破線部は将来設備を示す。

※1) 濃縮廃液を乾燥粉体化後、プラスチックと均一に混合し、ドラム缶内に充填固化する方式をいう。

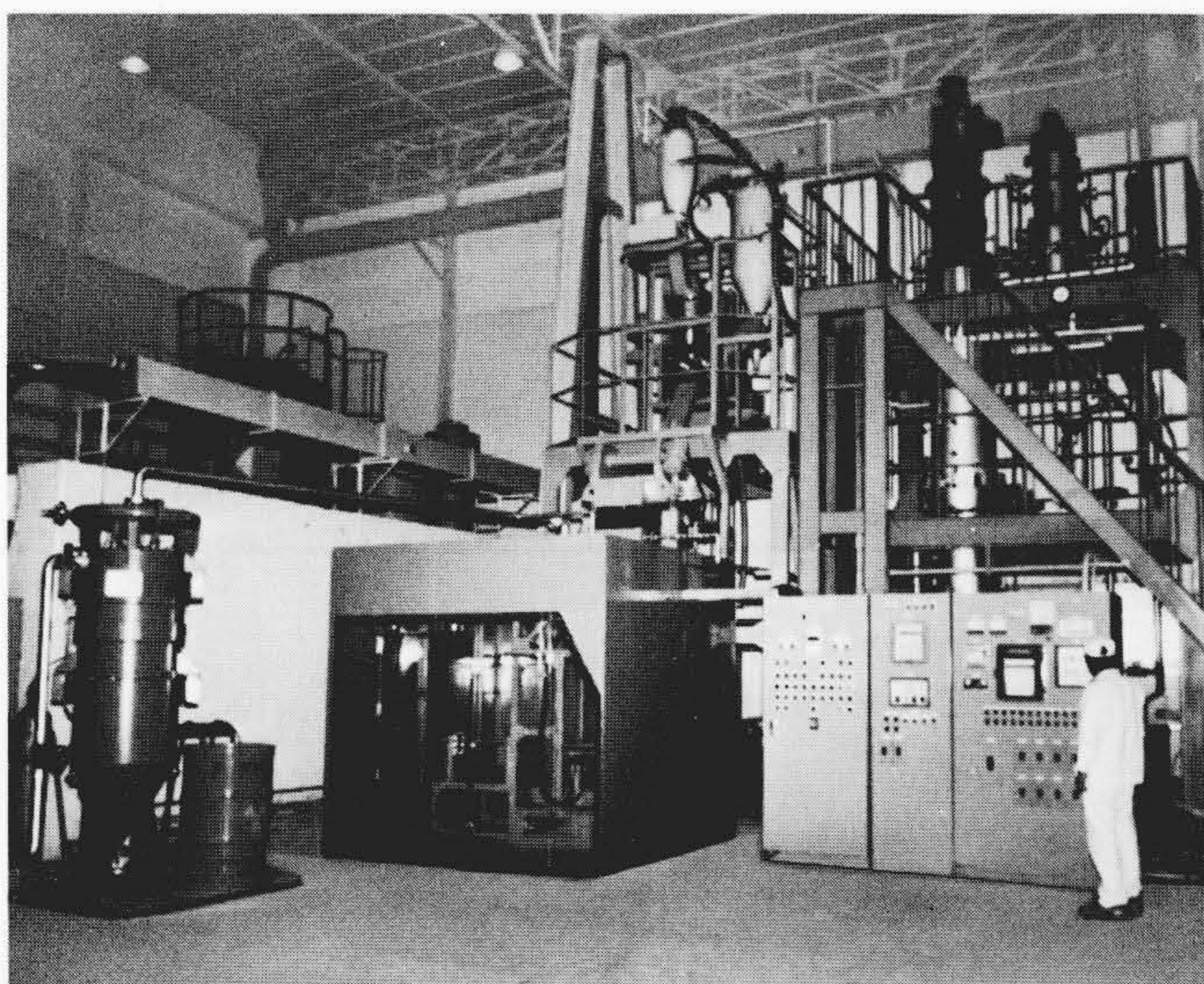


図4 パイロットプラントの外観 日立製作所の研究所に設置したパイロットプラントの外観を示す。200kg/hの濃縮廃液処理能力をもっている。

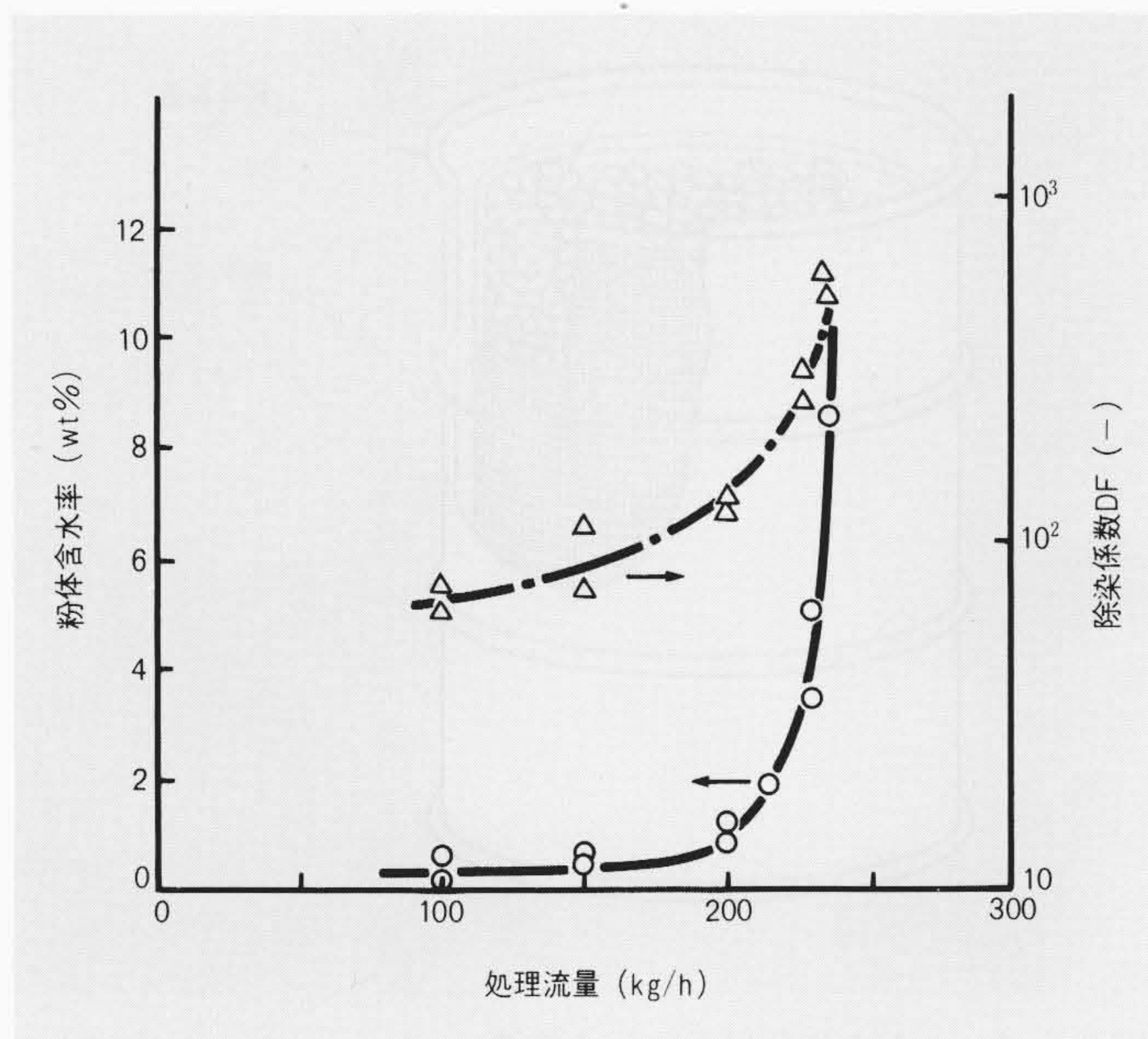


図5 「セブコン」(パイロット機)の処理流量と粉体含水率及び除染係数の関係 設計処理流量200kg/hで、低含水率の粉体を得られており、DF(除染係数)も100が確保されている。

範囲に変化させ、「セブコン」の特性把握を実施した。図5に、標準的な模擬濃縮廃液に対する「セブコン」(パイロット機)の基本特性を示す。

なお、「セブコン」から生成された粉体粒子の粒径は、図6に示すように個数頻度で平均10 μ m程度であった。

(b) 造粒技術

各種圧縮造粒法について比較検討試験を実施し、その結果、今回の用途に最適なものとして、ブリケットティング形を採用した。

粉体の組成は、造粒性に影響を及ぼす特に重要な因子であり、広範囲に変動させた造粒試験によりその特性を把握し、常に所定の強度をもつ健全なペレットを製造できる技術確立した。また、少量添加することにより、ペレットの強度を大幅に向上できるバインダをも開発し、必要に応じ添加でき

るようにしている。

図7に、標準的な組成の粉体に対する造粒機のロール圧縮力とペレット圧潰強度との関係を示す。

なお、本造粒機により製造されたペレットの外観及び基本諸元を表1に示す。

(c) 輸送技術

実規模大の定量供給装置とベルトコンベヤから成るパイロットプラントにより、ペレットを分散させて安全に輸送できることを実証確認するとともに、実機の安全設計上必要な各種データを集積した。

(d) 貯蔵技術

廃棄物をペレットの形態で中間貯蔵する本設備にとって、ペレットの長期健全性を実証することが重要な課題である。ペレットの健全性の指標であるペレット強度への影響因子

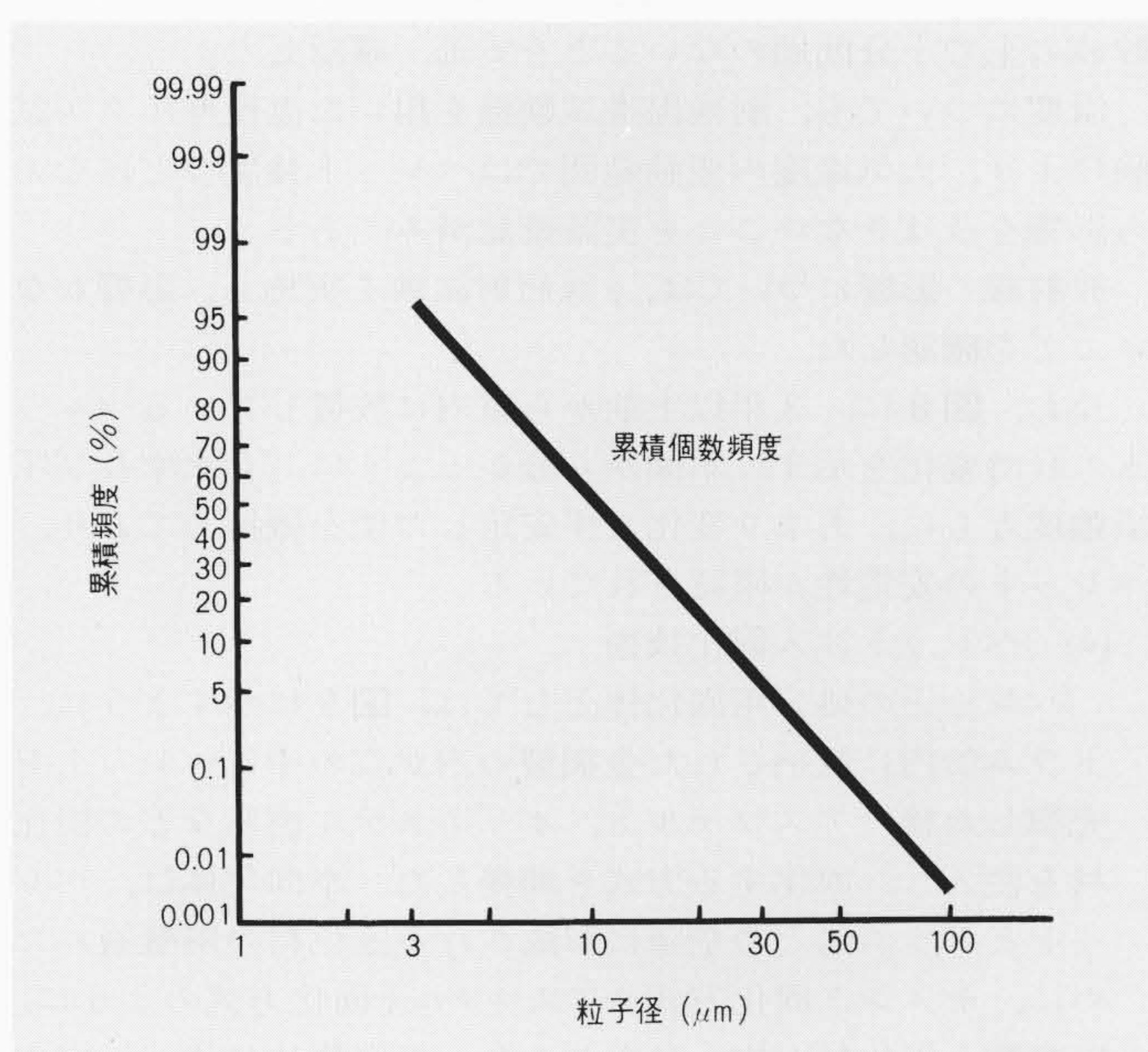


図6 「セブコン」生成粉体の粒径 個数平均で約10 μ mの粉体を得られる。

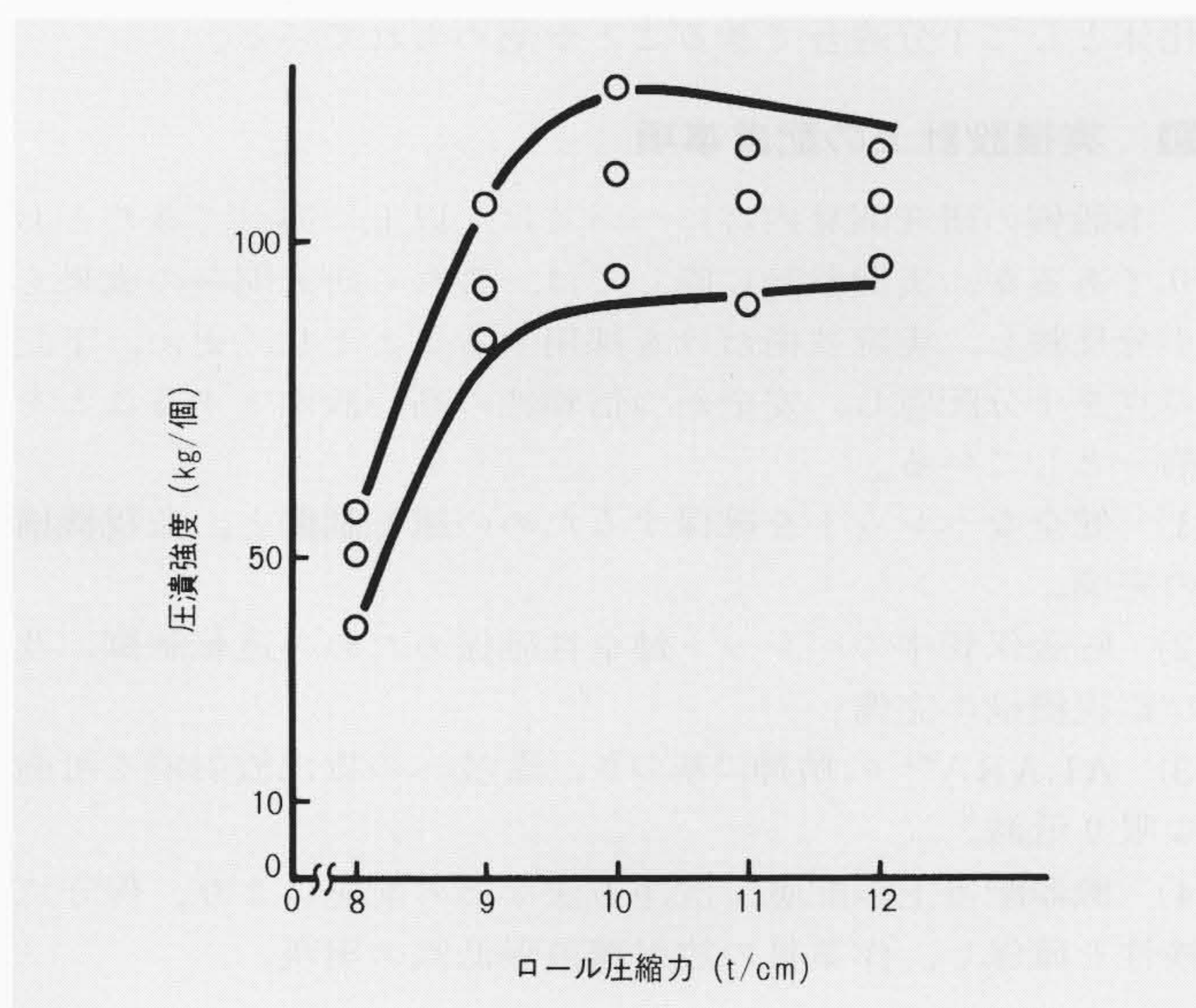


図7 造粒機のロール圧縮力とペレット圧潰強度の関係 ロール圧縮力約10t/cmが適切であることが分かる。

表1 ペレットの基本諸元 ペレット重量は、標準的な値を示す。

項 目	諸 元
外 観	アーモンド形 
寸 法	約3×2×1 (cm)
重 量	約7g/個

としては、主に湿分、温度及び放射線が考えられる。

湿分に関しては、雰囲気気を低湿度に維持することで、長期貯蔵の上で十分問題のないことを実証、確認した。

温度についても、耐候促進試験機を用いた温度サイクル試験により、大気温度の変動範囲ではペレット強度などになんら影響を及ぼさないことを実証確認済みである。

放射線の影響については、γ線照射試験を実施し、影響がないことを確認した。

なお、図8に、3年以上前から室内に放置しているペレットの経時変化を示す。本図から分かるように、含水率及び圧潰強度ともに、あまり変化せず安定した値を維持しており、ペレットの安定性が確認されている。

- (e) ペレット注入固化技術
- ペレットの処分用固化体としては、図9に示すように、ドラム缶内に収納された金網製の内かごの中にペレットを充填した後、アスファルト、ポリエステル樹脂などの固化材を注入し、固化する方式を開発した。本固化体は、ペレットとドラム缶との空隙に形成される固化材の隔離層のために、セメント固化方式やアスファルト固化方式のように、廃棄物と固化材が均一に混じり合った固化体に比べ、海水などへの放射能の浸出のしにくさの点で優れた特性をもっている。
- ペレット注入固化体の基準化のための各種試験は、日本原子力研究所及び電力中央研究所で実施されており、処分用固化体として十分適合できることが認められている。

5 実機設計上の配慮事項

- 本設備の研究開発内容については、以上に述べてきたとおりであるが、実機設計に際しては、これら研究開発の成果を十分反映し、実証技術だけを採用することとし、更に、下記の点を十分配慮し、安全かつ信頼性の高い設備とすることを第一としている。
- (1) 健全なペレットを確保するための運転制御と、監視機構の完備。
 - (2) 貯蔵保管中のペレット健全性確保のための運転制御、及び監視機構の完備。
 - (3) ALARA^{*2)}の精神に基づき、環境への放出放射能を可能な限り低減。
 - (4) 機器配置上の配慮、洗浄方法などの配慮により、保守点検性を確保し、作業員の放射線被曝低減の実現。

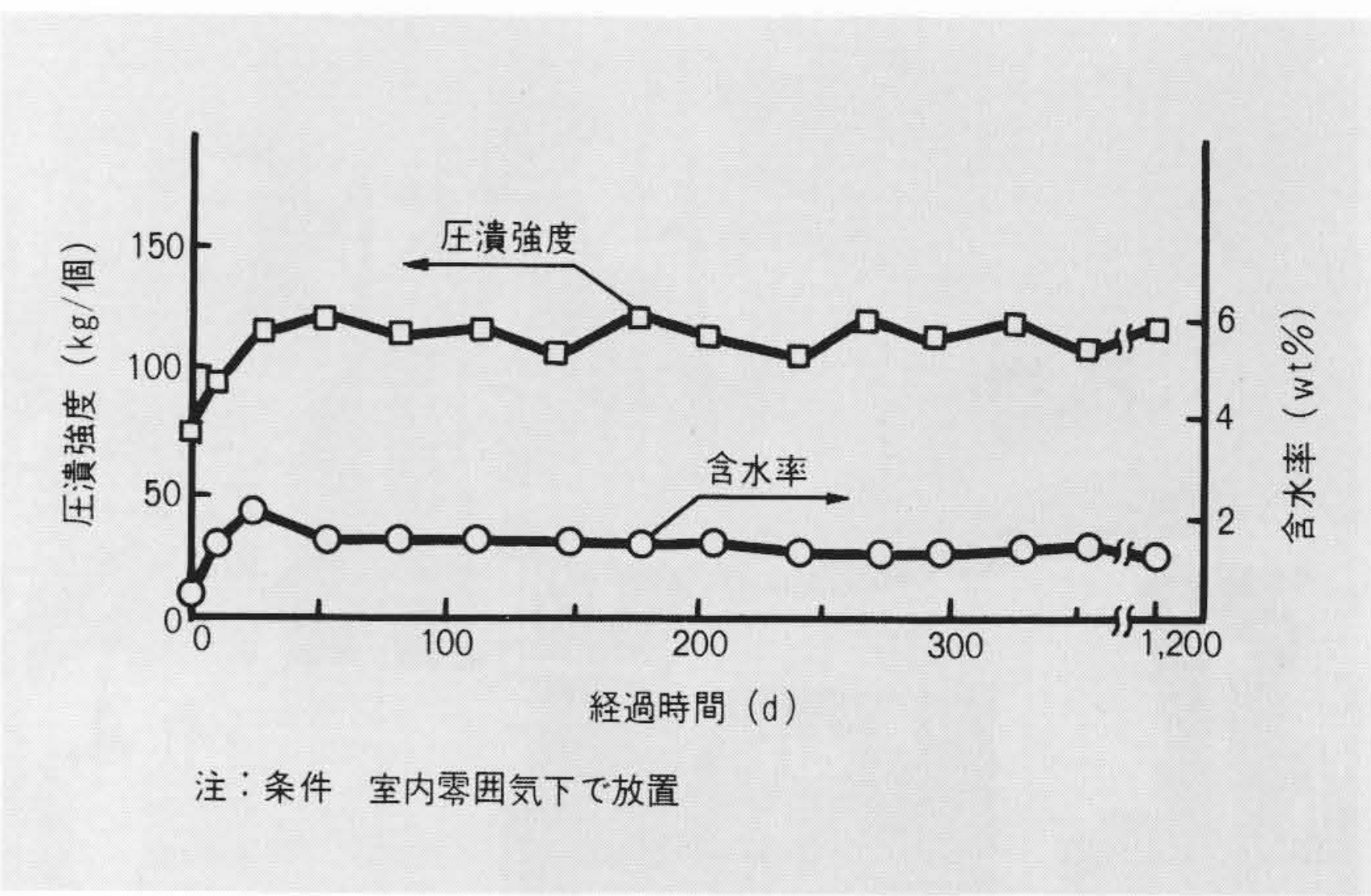


図8 ペレット長期貯蔵試験結果 圧潰強度及び含水率ともに大きな経年変化はなく、長期貯蔵時の安定性が示されている。

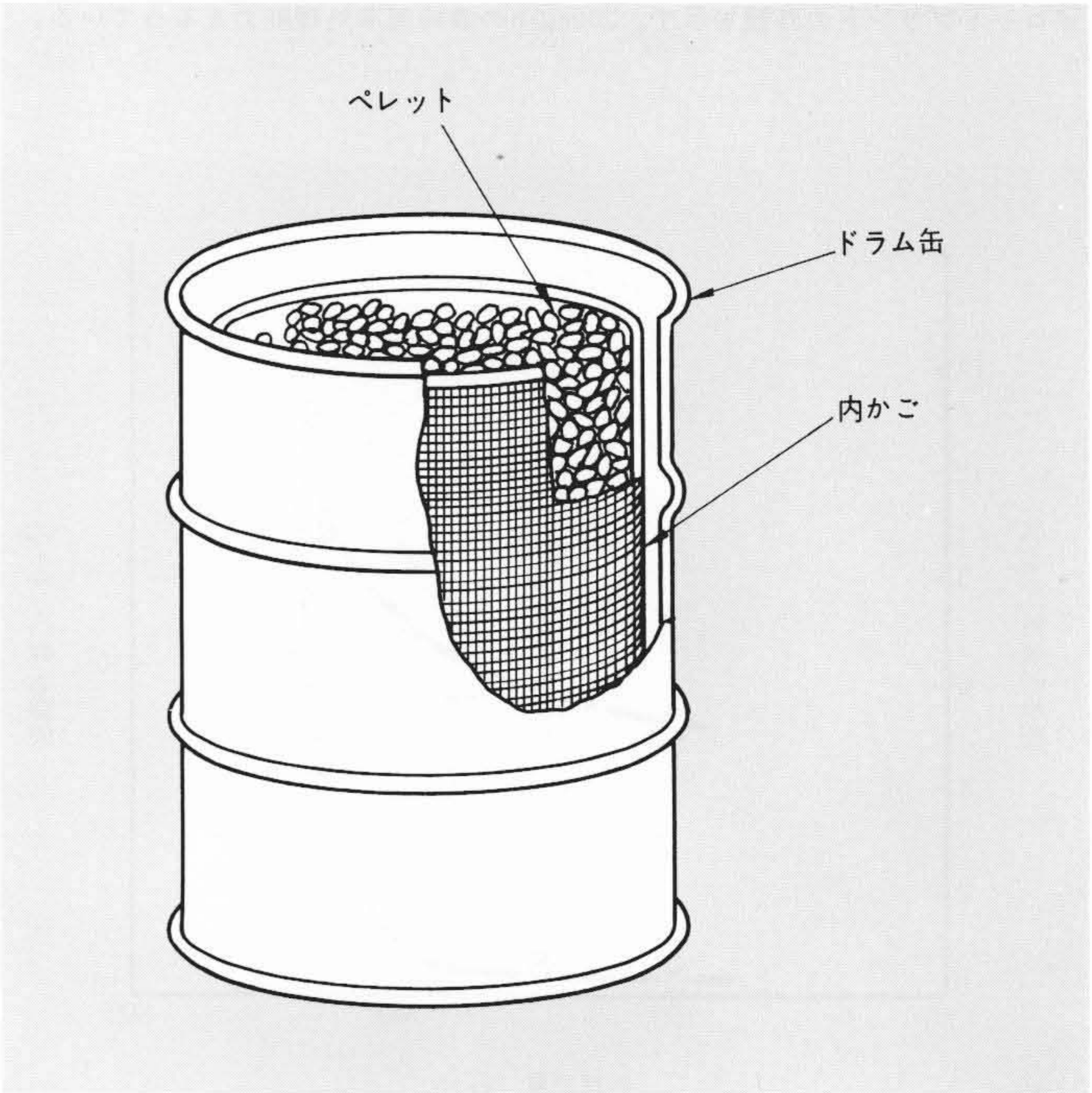


図9 ペレットの処分用固化体の構造 内かごにペレットを充填した後、ドラム缶内にアスファルトなどの固化材を注入し、固化体を作る。

6 結 言

約7年間にわたり、日立製作所が東京電力株式会社と共同で開発してきた濃縮廃液減容処理設備について、開発の概要を述べたが、大きな減容性をもっているだけでなく、中間減容という思想も兼備した本方式は、本格的最終処分が軌道に乗っていない現状に柔軟に対応する我が国の国情に最も適したものであり、多くの原子力発電所が抱えている固体廃棄物の処理処分の問題を少なからず解決し、ダウンストリームの改善に大きく寄与するものと確信している。

今後、ペレット状に固化する対象廃棄物を濃縮廃液以外にも拡大し、多種廃棄物を一元的に処理できる設備の開発を強力に進めていく考えである。

終わりに、本設備の研究開発に対し、多大な御援助をいただいた東京電力株式会社の関係各位に対し、深く謝意を表わす次第である。

※2) As Low As Reasonably Achievable の略