

空気輸送機の応用面の展望

A Recent View of Application Field of the Pneumatic Conveyor

西岡富士夫*
Fujio Nishioka

内 容 梗 概

空気輸送機の進歩は比較的小さいが戦後10年余の国内における応用面の漸増には顕著なものがある。港湾用、灰処理用、化学工場用、セメント工場用、ビール、製粉工場用、およびダム工事用についてそれぞれ実施例、現状、趨勢などを述べる。特に顕著な進展は港湾荷役と灰処理関係面である。

これらにはなお解決を要するものが多いが、特に今後は消費動力を少なくすることと、理想的な粉粒体供給機の製作に努力することが必要である。

1. 緒 言

空気輸送機は古くより荷役機械の一群に入っていたが、その粉粒体を扱う特殊性によりきわめて局限された応用面しかもっていなかった。これが実際に実用化されたのは1,900年初頭で、特に Grain Elevator の名称で穀類の港湾荷役に活躍しはじめたのが特筆されるべき記録である。以後約50年間に空気流を作る空気力原動力機器自体は流体機器の発展とともに数段の進歩を遂げてきたが、空気輸送機自体の理論解析、および応用面の開拓には特に著しい進歩がみられていない。このことは一つに現象自体が複雑であること、対象になる粉粒体の取扱量が少なかったこと、および消費動力が大きいことなどにその原因があると考えられる。

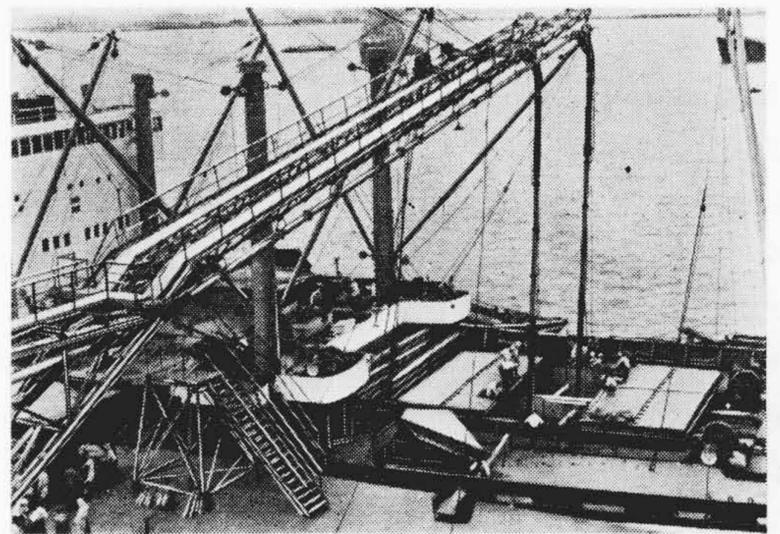
物質を取り扱う場合、工業界の傾向は大きな固体を扱うことから漸次流体化、気体化して扱う方向に進み、その一過程でできるだけ均質の粉体で扱う面が漸増していることがうかがわれる。特に戦後化学工業面の発展で流動化の問題が新しい分野として取り上げられ、空気と粉体との混合流が具体的に反応、乾燥、輸送の面で取り扱われるようになってきた。そのためおのずから理論体系も整理されつつあり、その特殊応用例にエヤースライドの名称の輸送機が現れたことは一つの革命的事柄に数えられよう。

最大の短所である消費動力の点を補って、なおその特長を生かす際にのみ、この空気輸送機の使用の価値があるわけであるが、戦前の実施例に比し戦後の応用例は急速に多くなっている。第1表は粉体別にみた戦後数年間の日立製作所における実施件数で、本数字は概略値で

第1表 空気輸送機用途別実施件数表

	昭25	26	27	28	29	30	31	32	33
セメント	2	2	1	8	9	7	4	3	3
シンダ フライアッシュ	—	—	—	—	3	1	5	10	33
小麦類	1	—	2	—	—	2	5	3	3

* 日立製作所川崎工場



第1図 本船荷役用吸引式空気輸送機

あるがこれにより各工業界の増設、発展の様子の一部をうかがうことができる。

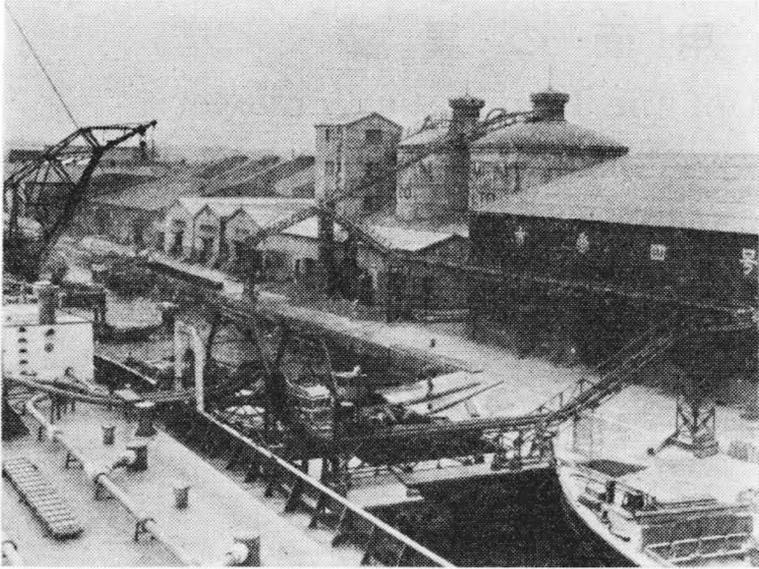
以下代表的な応用方面のいくつかについて最近の展望を試みる。

2. おもなる応用面の現状

2.1 港湾荷役用

島国である日本では海上輸送が盛んで港湾における荷役には早くより各種の荷役機械が使用されていた。その取扱物の種類には箱状のもの、籬類、また撒状のものなど種々のものがあるが、この中で乾燥の撒状物質のみが空気輸送機の対象になり、戦前は製粉会社のみが外国技術に依存して小麦の荷役に数箇所で使用していた。これらのものは20年余以上たった現在でも稼動中で、その抽気機には無給油の縦形真空ポンプが使用されている。

戦後は農林省、海運会社、港湾局などの手により横浜、名古屋、大阪、神戸など全国の主要な港には100t/h級の能力をもつ本船荷役用吸引式空気輸送機が設置され、輸入穀類の大部分がこれらで荷役できるようになった。その抽気機には2~3段で250kW級のターボブロワが最も多く使用されているが、ドイツより輸入された Hartmann 社製のものには100kW級のルーツブロワが使用されている。欧州方面で古くより多くの実績をもつ



第2図 セメントタンカ荷役設備

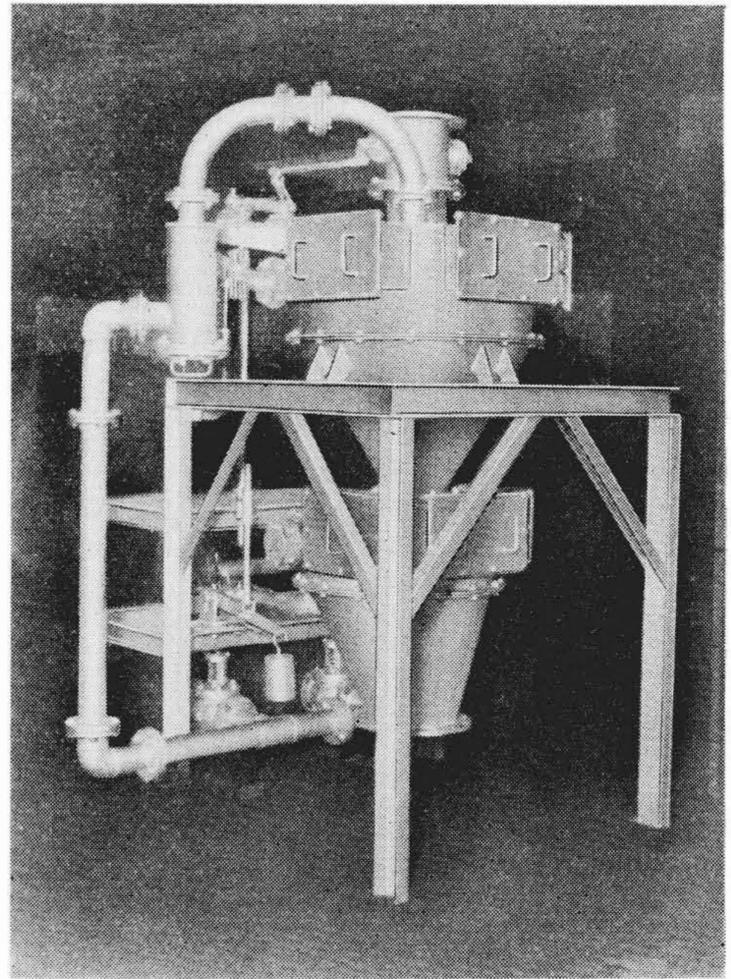
Hartmann社も示しているとおりの、空気輸送機にはターボブロワよりルーツブロワの方が適した特性の抽気機であることは、周知のことで国内では小形のものに実施済みである。ただ大容量風量の場合、国内には大形のルーツブロワの実績が少ないため250kW級のものはいまだ実現されていない。また抽気機以外の輸送路、分離器の面には形式などに著しい進歩は見られないが、サイクロン分離器の進歩により微粉の捕集技術はここ数年間で一段と向上してきた。

今後の趨勢は人力による吸引ノズルの取り扱いの限界もあり、ノズル口径は200mmがまず最大と考えられ、ノズル1本で50~75t/h級の単一系列を数台組み合わせる方式が最も高能率な使用条件に適し、これが一般化するものと考えられる。以上の輸送機はすべて岸壁に平行して移動する自走架台上に搭載されており、国外で古くより見られる浮ドック上に搭載したいわゆる「Floating Pneumatic Conveyor」は国内においていまだ実現されていない。これは本船から艀に移送荷役をする沖取りの場合に要求されるもので、艀の存在が必要なわが国の現状ではこの種の荷役機器を各主要港に配置することが考えられてよいはずである。

なおこの方面の輸送に戦後スイスのBühler社製のチェーンコンベヤが一部に輸入されて前記の吸引式空気輸送機にとって代るかにみえたが、チェーンコンベヤには取扱不便、船底の最終荷役操作の不能などの不利の点があり、この撒状物質の荷役には両者の輸送機の共存する余地があると考えられる。

以上は穀類のような一定の粒度をもち、一定の息角をもった粒体の荷役の場合であったが、セメント、アルミナなどの粉体では上述の機器がそのまま使用できず、吸引方式にはやや困難性があるためこれらの荷役実績は比較的少ない数である。

微粉体の荷役には一般にその分離器が大掛りになるため圧送方式が好んで使用されてきた。すなわち戦後セメ



第3図 二重弁式排出機

ント工業の進展に伴ってセメントの海上輸送が盛んになり、このセメントタンカへの積込、荷卸し用機器が要望され現在最も多く活躍しているのは100t/h級のフラクソ式輸送機である。一部にキニヨンポンプも使用されているがこれらはいずれも距離100~200mを250kW級の圧縮機を使用して約100t/hの能力を出している。この機種は戦前Smidth社より輸入されたものと同一のもので、戦後は長距離輸送にもっぱら使用されている圧送式輸送機の代表的機種である。機器自体には特に新しい原理的な進展はないが、その制御機構にいろいろの工夫が加えられてきている。

最近実現されたものにアルミナの本船積込用設備がある。これは公称50t/hのフラクソ式輸送機2台を使用して約10,000tの積込みを行うもので、国内ではもちろん、国外でも珍しい設備の一つといわれている。本輸送機は輸送に定量性があり時々刻々の積込量がわかることは一つの大きな特長である。

セメントと同程度の粉体とみられるアルミナの輸送実績からわかったことは粉体の性状でパイプの閉塞状態がそれぞれ異なることで、最高能率の輸送を発揮するには今後粉体の性状と管内輸送状態の機構の解明が必要になってくる。河川、海岸線の多いわが国では今後撒状物質の取り扱いにさらに吸引式、圧送式の空気輸送機が利用されるものと考えられる。

また船の代りに貨車、トラックを考えた場合、貨車採り、トラック採り荷役面にも前記の吸引式空気輸送機が

使用でき、漸次実例が現れている。国内では焼鈹，セメント，アルミナなどにその実績があるが，貨車やトラックの転倒を要せずダストレスに簡易に荷役できることに大きな特長のあるものである。最近実現したアルミナタンク車からの吸引には55kWの真空ポンプを使用し最高約20t/hの能力を出したものがある。この場合問題点はサイクロン下の排出機でこの部にはサイクルタイマで作動する二重弁式排出機を設けてこの部分のもれを防ぎ，サイクロンの効率を確実に保持することができている。このような排出機は従来のロータリバルブに代って方々に使用して便利な機器と考えられる。

粉体の中で働くバルブ類には摩損の問題で技術的にむづかしい点があるが，この二重弁式排出機に使用している円錐弁とL形断面のゴムシートとの組合せ方式のバルブは，ほかの機構に比して最も摩損の少ないバルブといえよう。粉を扱う工業界でダストレスの見地からこの種のバルブが多く使用され，さらにこのバルブ関係の技術の進歩が空気輸送機にも大きな革命を与える一要素と考えられる。

2.2 灰 処 理 用

この面に空気輸送機が使用された歴史は古いが国内で本格的に使用されはじめたのは，新鋭火力にU.C.C.社製の吸引式空気輸送機が取り付けて輸送されてからである。これらは機構的な面で特に困難な問題もなく十分国産化可能の域にあり，現在では類似の国産品が数箇所稼動しているが，現在最もよく使用される代表的な方式には次のものがある。

- (1) 水エゼクタを使用し真空吸引した灰を水といっしょに灰捨地に流す方式
- (2) 水エゼクタで真空吸引した灰を分離器で分離して貯槽にためる方式

これらは両者ともクリンカ処理を行う高圧水ポンプを使用し水エゼクタで真空気流を作っていること，吸引には過供給防止装置を取り付けて断続吸引を行っていること，およびホッパからホッパに自動的に順序吸引を行っているなどの点に大きな特長のあるものである。クリンカ処理にゼットパルジョン，すなわち高圧水を使った場合にはこの水エゼクタ式抽気機が最も便利であるが，水ポンプがない時は液封式真空ポンプの方が効率よく使用されている。

戦後火力の出力は漸増の一途をたどって最近75MWから175MWにまでおよび，そのボイラからの灰量も漸次多くなっている。最近使用されている一例に次のものがある。

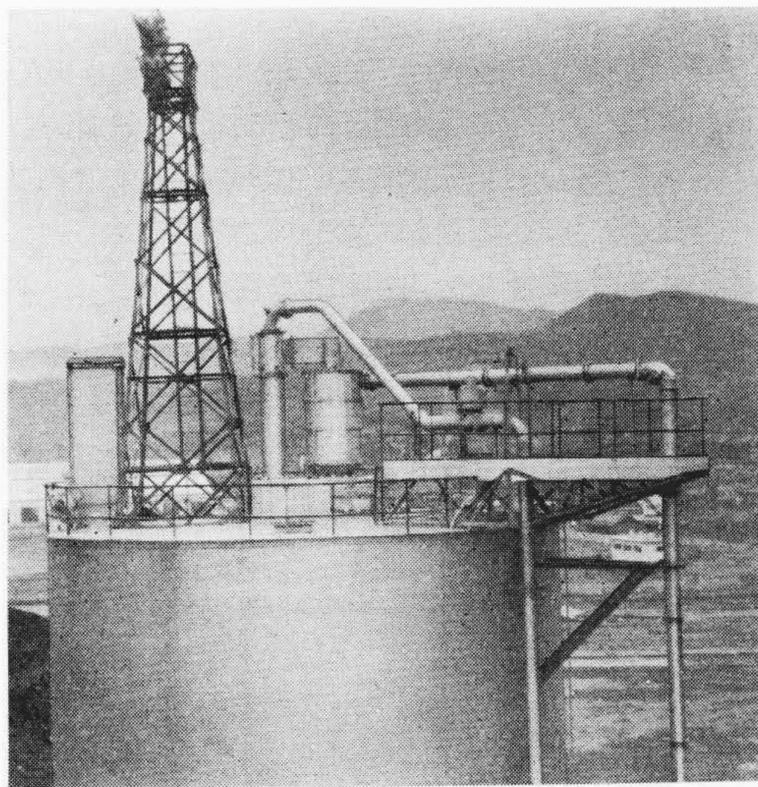
- 輸 送 量 20~25 t/h (分離器を有する場合)
 30~40 t/h (分離器の無い場合)
 輸送距離 約 100m

水ポンプ 約 110 kW

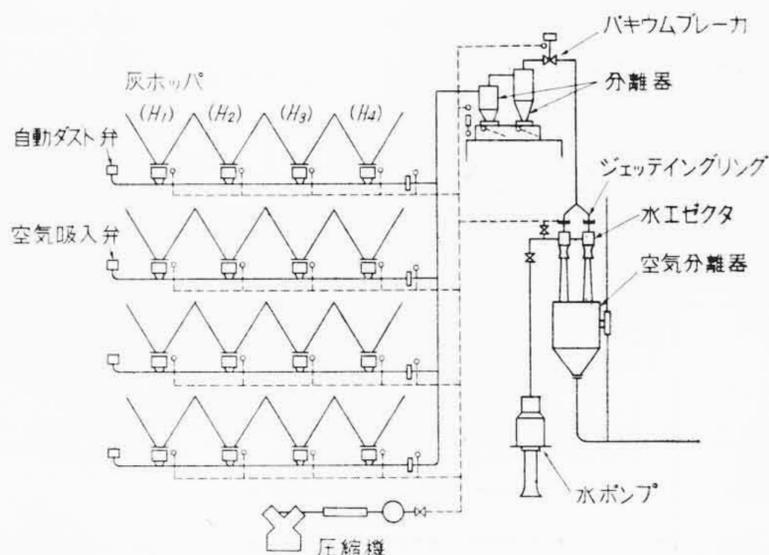
この水エゼクタは最高700mmHgまでの真空が得られる強力なもので，機器全体は流体力学的観点を二次的に考え灰に対する耐摩耗性を極力考慮した装置になっている。

以上の使用方法により，従来多くは水流方式で処理されていた灰が広い沈澱池を要せずトラック搬出できるようになった。今後ボイラの大容量化，また低品位炭使用により灰量はますます多くなり，この面への空気輸送機の利用は注目される一面である。

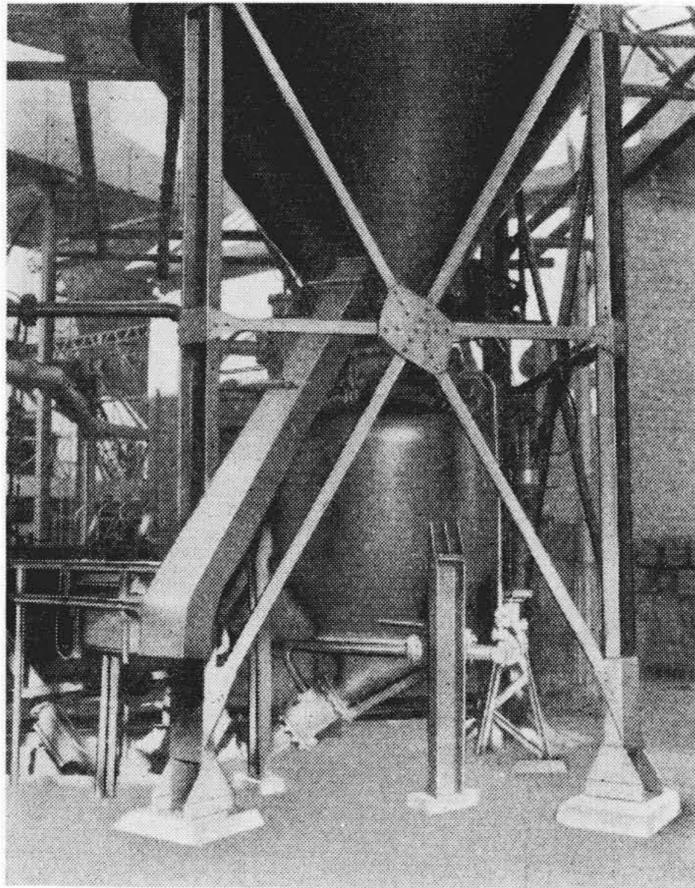
またこの灰をセメントに混入して使うフライアッシュとして回収する際，灰は完全に乾燥状態で捕集される必要から空気輸送機の使用が考えられてきた。このフライアッシュは戦後28年頃から国内で生産販売が行われ始めたもので，今後その利用面の開拓とともにさらにその生産設備の拡充が考えられる。フライアッシュの回収にも前記の灰処理方式がそのまま利用できるが，数百メートル



第4図 灰処理用吸引式空気輸送機・分離器



第5図 灰処理用吸引式空気輸送機



第6図 フライアッシュ用セラー式空気輸送機

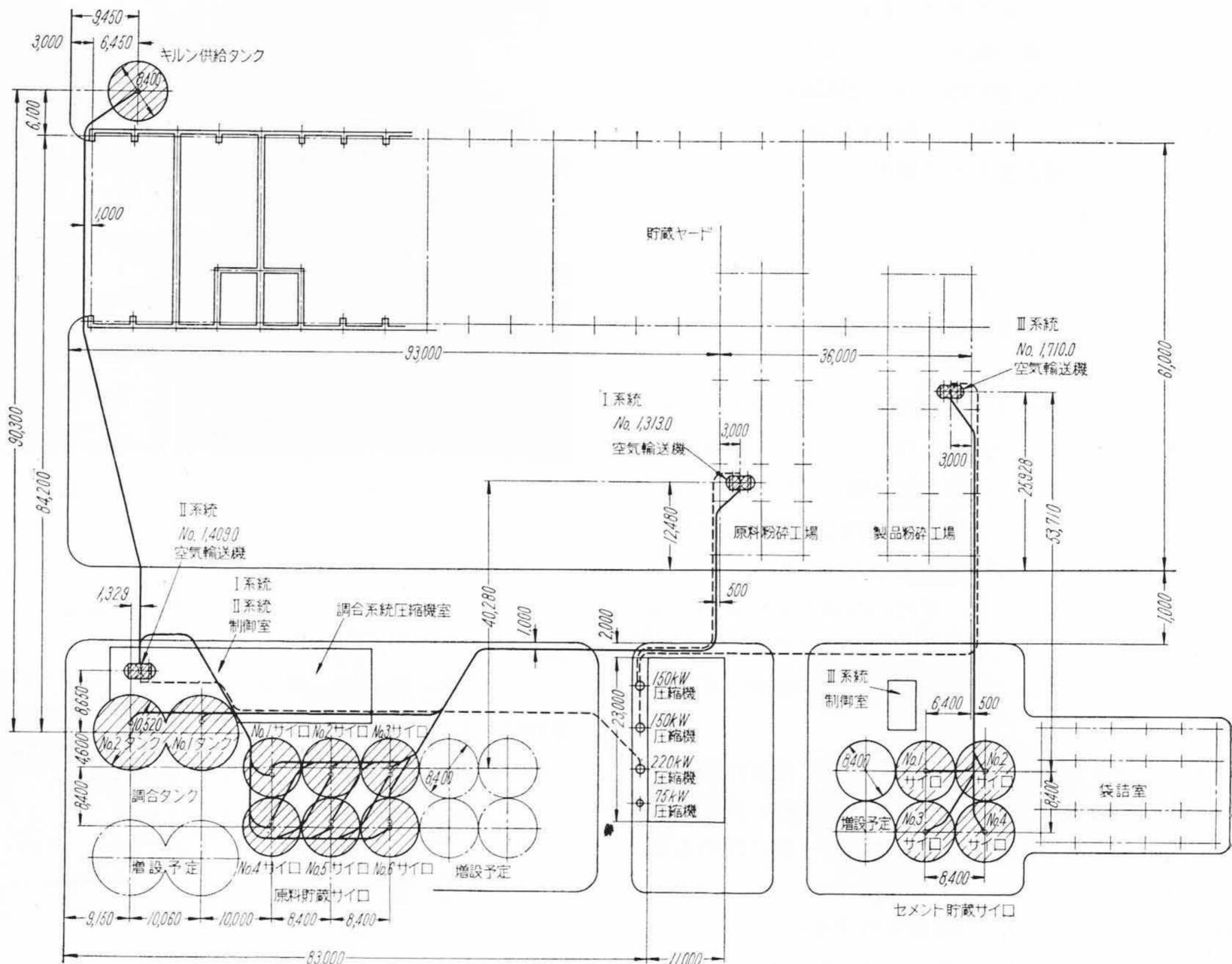
葉火力発電所設備の輸送距離約600mで容量7t/hの輸送装置があり、この程度の長距離になるとほかの荷役機械の追随を許さず空気輸送機の特長が遺憾なく生かされている。このブロータンク方式にはフラクソ式のものやセラー式の両者が使用されており、短距離用の輸送機には低圧の圧送、吸引方式も使用されているが、いずれも一長一短がありその場所場所で方式を決定する必要がある。フライアッシュはミクロン程度の微粉だけに大容量の風量を使った場合、その分離器が大形になり製作、取扱上の困難性を伴ってくるが、フライアッシュ自体にも未解決の問題が多く今後の新しい荷役方法も考究の余地があると考えられる。

また最近では有効なフライアッシュ生産の一手段として分級器の併設が行われているが、微粉の分級にはいろいろの難問が多くまだ決定的な分級器はないようである。ただいえることはボイラの煙道内で粗粉と細粉に分けて捕集し、細粉のみを回収する方式が最も経済的であるということである。

2.3 化学工場用

最近の化学工業では固体を微粉化して取り扱う面が漸増し粉粒体の荷役機械が多く使用される傾向である。し

ル、以上の長距離輸送にはブロータンク方式の高圧圧送方式がところどころで使用されている。その記録品に千



第7図 セメント工場用フラクソ式空気輸送機系統図

かし一般には輸送量が少なく輸送距離の短いのが普通で、この場合には空気輸送機はほかの機械的輸送機に比して不利な立場にある。このためか戦後この面への進出は比較的少ない数である。しかし粉体ばかりを扱う合成化学工場では空気原動力機器を1箇所を集め、工場間をパイプで連絡して粉体の輸送を行うことは保守管理上からも大きな利点をもち、新設の一工場で18系統の空気輸送機を採用している実例もある。この例ではタンクからタンクへの移送をロータリバルブ方式の圧送式で行い、各系路の切替は1箇所の制御盤でできるようになっている。これらに使用される輸送方式には特に新機軸のものはないが、その輸送混合比は10以上になり漸次大きくなりつつある。

また化学工場で扱う粉体中への異物混入を極力防ぐことが要求され、この際パイプ自体を不銹鋼製にすれば錆の混入はほとんどないが、その上方式を圧送方式にすれば万一漏洩があっても塵埃が入らない利点があり、圧送方式が好まれて使用されている。化学工業では乾燥、反応、混合、粉碎などの操作が行われるが、これを空気輸送中に行うことも可能で戦後一部にFlash Drying 流動焙焼などの技術が盛んになり実用化されている。今後化学工場では粉体管理の技術が進み、ますますパイプとタンクの工場になることが考えられる。

2.4 セメント工場用

セメントは粉体として最も一般に扱われているものの一つで、古くよりこれの合理的荷役が考えられて国内のセメント工場では多かれ少なかれ空気輸送機を使用している。戦前は Fuller 社, Smidth 社, および Polydius 社などより輸入されてキニヨンポンプ、フラクソ、セラールポンプなどが使用されていたが、戦時中保守上の難点もあって現在完全に使用されているものは少ない状態である。工場の配置をうまく計画することで機械式輸送機のみで工場間の輸送を行っているところもあるが、がいしてサイロ貯蔵、原料移動などにこの空気輸送機が便利に使用できるため、現在でもセメントの新設工場に当初よ

り空気輸送機が多く使われている。第7図はその一例でこの主要仕様は次のとおりである。

系統 (1)原料工場より (2)原料調合タンクより
原料貯蔵サイロ キルンフィードタンク
(3)製品ミルより
貯蔵サイロ

	(1)	(2)	(3)
輸 送 物	セメント原料	セメント原料	セメント
輸 送 量	45 t/h	65 t/h	35 t/h
輸送距離	130 m	120 m	95 m

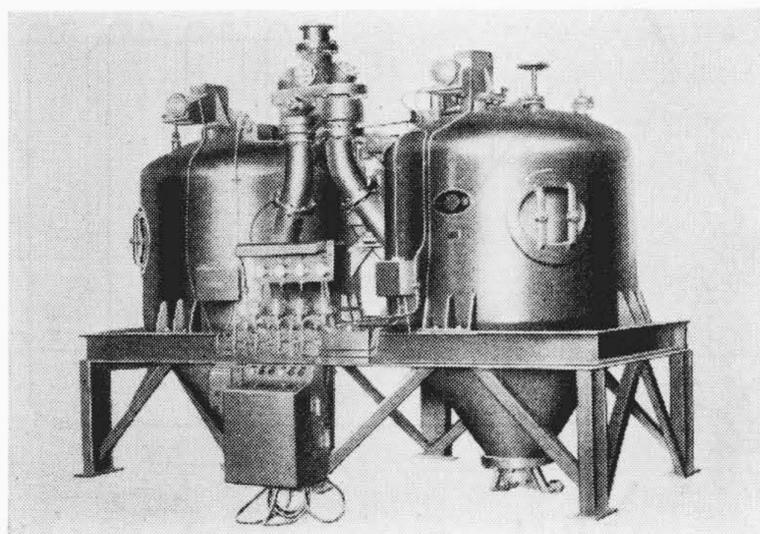
このほかセメント工場からタンカへの積出し、パッカ室までの輸送など長い場合は 1,000 m に及ぶ設備がある。現在国内の最高輸送記録には次のものがある。

輸 送 量	60 t/h
輸送距離	1,000 m
輸送方式	フラクソ方式
圧 縮 機	450 kW

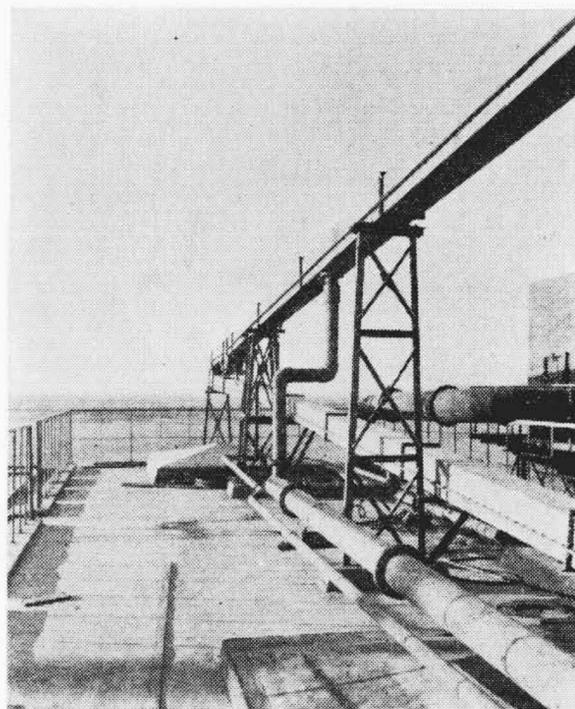
フラクソでは従来は双胴形のものが多いが、今後は据付高さ限定されない時は単胴式のものに移行するものと考えられる。

戦後流動化の理論が発展しこれを応用した新しい形の輸送機にエアースライドといわれるものがある。これは気体と固体の混相をうまく利用した一種の空気輸送機で、最小限の空気を使い粉体を流動化して水の流れと同様に輸送するものであるが、分離器を要せず消費動力の少ない点で革命的なものである。このエアースライドは従来スクリュコンベヤの使用されていた場所に代って盛んに使用され、また大きなタンクからセメントを取り出す場合、従来のチェーンコンベヤに代って開放形エアースライドをタンク底部に配列し自由自在に粉体を取り出す技術が発達した。

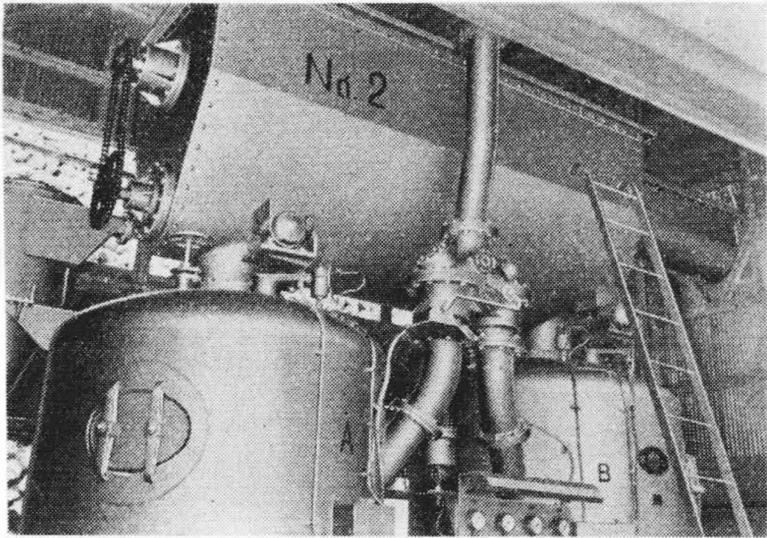
現在セメントは工業界で量的にはまず第1位の粉体で



第8図 双胴形、フラクソ式空気輸送機



第9図 エアースライド



第10図 小河内ダム用フラクソ式空気輸送機

その輸送方法いかんはコストに影響するため輸送管理に種々の工夫改善が加えられている。その一つのあらわれがコンテナで袋詰しないまま直接需要先まで撒状のまま運ぶことが考えられた。このコンテナ自体を圧力容器にしてバルブ類を取り付け、空気輸送の供給機としての機能をもたせたものはヨーロッパで進歩し、貨車やトラック上に搭載して使われている。またこのコンテナにエアーライドを取り付けたものも現れている。

2.5 ビール、製粉工場用

往時より製粉、醸造工場には Henry Simon 社、Hartmann 社、Miag 社などから真空吸引方式のものが輸入され、30年余の間、今なお稼動しているものもある。これらの工場の設備更新には相当の期間があり新しい機器の設備は少ないが、最近のビール工場の新設では全面的に吸引式空気輸送機が使用されている。すなわち、大麦の倉庫から精選工場まで、緑麦芽の発芽室からキルン室まで、および麦芽のサイロから仕込室までなど、およそ粒体の通る道はすべてパイプに依存するほど活用されている。

これらの技術には往時より特に新しいものはないが、最も変わったものは抽気機で形の大きい真空ポンプから小形のルーツブロワが使用されるようになった。

製粉工場では小麦の荷揚用が大部分であるが、最近工場全体に沢山配置されているバケットエレベータに代って吸引式コンベヤを使った新しい形の製粉工場ができつつある。

2.6 ダム工事用

戦後電源開発のため多くのダム工事が計画され、これに使用する大量のセメント輸送が行われた。この輸送に活躍しているのは長距離用の高圧圧送方式の空気輸送機で、現在国内で稼動している記録製品は次の仕様の田子倉ダム用のものである。

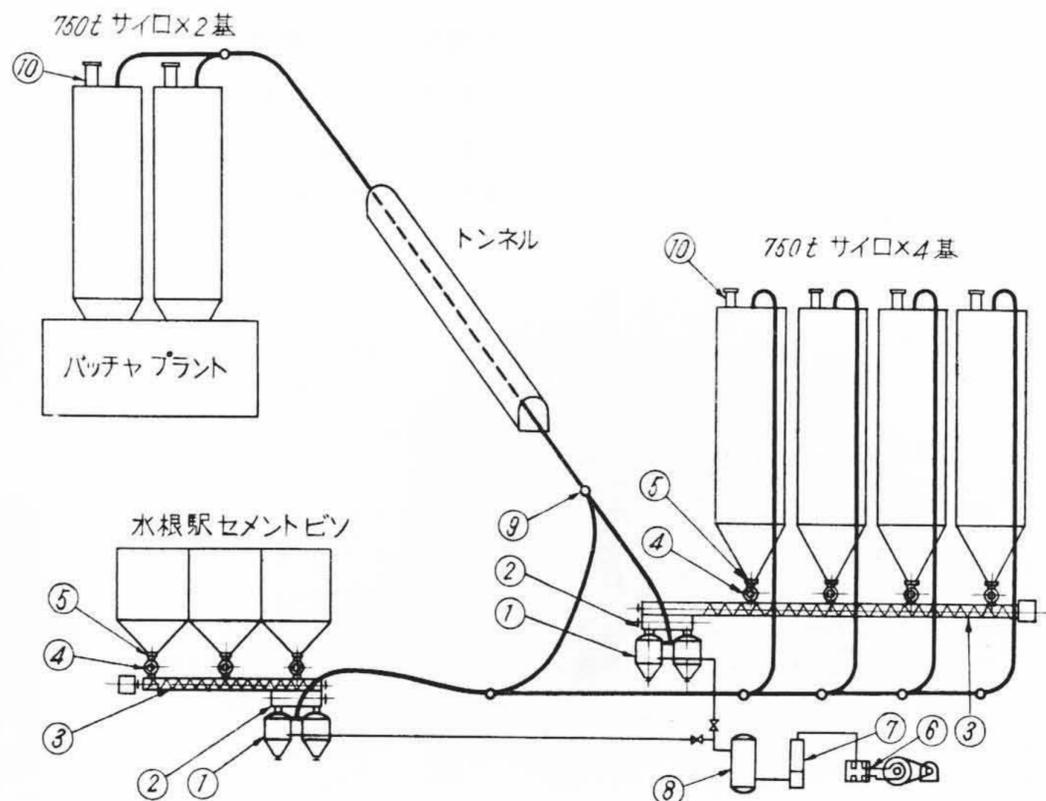
輸送距離.....	650 m
輸送量.....	30 t/h
輸送管.....	200 mm
圧縮機.....	300 kW
輸送方式.....	フラクソ方式

国外においてもボルダー、フーパーなど著明なダムの建設に 1,000 m 以上の輸送が行われており、この面の輸送には空気輸送機の真価が遺憾なく発揮されている。なおこのフラクソ式に使用する大形圧縮機には最近汎用機で活躍している対向釣合形のものも多く使用されている。また輸送距離の短い場合荷卸部ホッパから大容量タンクへの輸送システムでルーツブロワを使用したロータリバルブの低圧圧送方式も使用された実績がある。

ダム工事では骨材輸送をいかに合理化するかによってその成否があるといわれており、中でも大量のバラセメントを扱うことは戦後国内でははじめてのことでセメント工場からダム現地までの輸送合理化に力が注がれてきた。最近一般的に行われている方法は工場からダム地点近くまでバラセメント車でもってゆき、その地点でホッパ内に落としこれを近傍のサイロに貯め、さらにこれをダムサイドのバッチャプラントに輸送する方法である。この場合輸送経路に制限のない空気輸送機を使用すると、ダムサイドのバッチャプラントに対してセメントサイロの設置位置が自由に選定でき、鉄道、道路の敷設が容易になる点に多大の利点がある。現在では数十件に及ぶ輸送データで国内技術は国外の水準にまで達しえたものと考えられる。

3. 結 言

以上主要用途別の展望のとおり、空気輸送機はその特



第11図 小河内ダム用フラクソ式空気輸送機系統図

異な存在がここ数年間に急に認められて、完全なる理論のないまま経験データを主として機器が製作され、稼動している状態である。今後は消費動力の大きい点をいかに解決するかが空気輸送機の伸び方を支配すると考えられる。すなわち、空気を最小限に使用して混合比を極度に高くし、パイプ閉塞を起す一歩手前で安全に送る方

法を探すこと、また一方微粉の分離器を完全にしてダストレスにすることが緊急問題である。混合流の研究も漸次整理されつつあるがいまだ未解決のものが多く今後にまつ面が多い。メーカーとしては実際問題で粉体を外部に噴き出さないで連続輸送のできる理想的の供給機を作ることが今後の目標と考えられる。



特 許 の 紹 介



特 許 第 247377 号

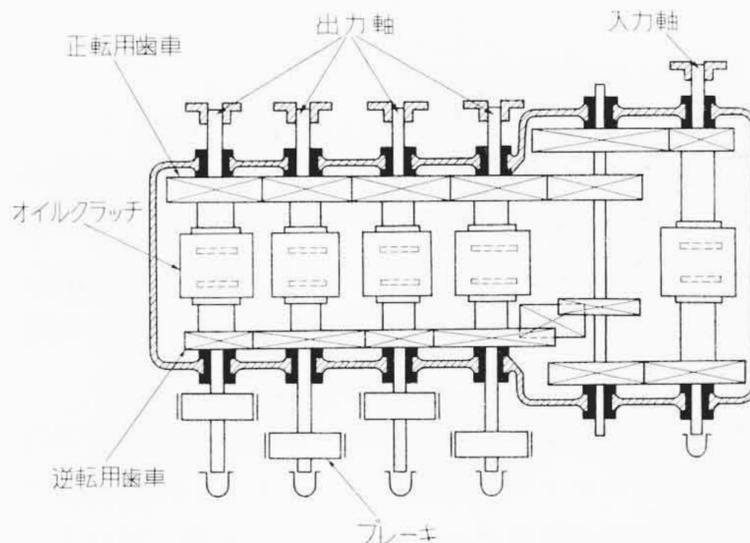
安 河 内 春 雄

ジ ブ ク レ ー ン 用 変 速 機

この変速機の出軸は並列に置かれ二連の歯車列で入力軸につながれている。一方の歯車列は正転用、他方の歯車列は逆転用である。各出力軸に回転を取り出すには各軸の中央に設けたオイルクラッチによっていずれか一方の歯車を軸固定とすればよい。各出力軸はジブクレーンの巻上、俯仰、旋回、走行の各装置にそれぞれ連結される。

この変速機によるとジブクレーンの各操作を単独にも同時にも任意選択的に行うことができる。また歯車比の選定によって一軸だけでも正逆転の速度を異なったものにする事ができるから、たとえば巻上げと巻下げの速度比を異なったものとする事ができ、俯仰速度も同様な方法にすることができる。

この変速機は現在モビールクレーンに使用されているが、変速機がコンパクトなギヤケースにおさめられる



のでモビールクレーンの機体内の構造が単純簡素となっている。

日立評論別冊 No. 31 絶縁材料特集号 第2集 昭和34年7月31日発行予定

目 次

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| ◎ポリエチレンの放射線加工 | ◎電線用高分子材料の耐薬品性 |
| ◎電線被覆材料としてのポリプロピレンの特性 | ◎電力ケーブル用絶縁紙の電子顕微鏡的研究 |
| ◎電気絶縁塗料の耐アーク性 | ◎気中放置による合成樹脂積層板の沿層絶縁抵抗 |
| ◎電気絶縁用液状ポリエステル樹脂「ポリセット P S 202」について | ◎テトロン布基材フェノール樹脂積層板の特性 |
| ◎不飽和ポリエステル樹脂による通信ケーブルのガス隔壁に関する研究 | ◎印刷回路用紙基材フェノール樹脂積層板の特性 |
| ◎ポリエステル樹脂の電気的性質ならびに吸湿特性に及ぼす充てん剤の影響 | ◎ガラス布基材ヒタフラン積層板の特性 |
| | ◎フェノール樹脂成型材料 CP-68N の特性 |

発行所 日立評論社 東京都千代田区丸の内1丁目4番地 振替口座東京 71824 番
 取次店 株式会社オーム社書店 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 振替口座東京 20018 地