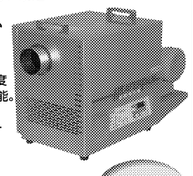
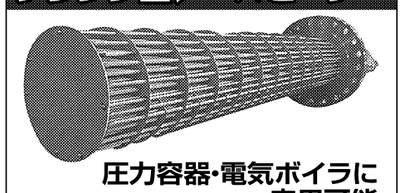
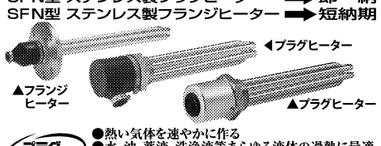
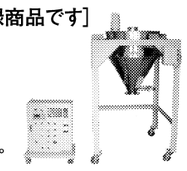
熱風発生機 ニューヒーターパン
●常温吸込型HJシリーズ
熱風ブロー乾燥、局所加熱、暖房に最適
●熱風吸込型HKシリーズ
炉体と組み合わせて効率の高い熱風循環方式が可能
●高精度温度コントロール
PD制御方式+SSCによって、高精度で安定した温度コントロールが可能。
●簡単操作
高機能を維持しながら、シートキー+LED表示器によるシンプルな操作方式。
●安全性
タイマ機能付きで停止時にはアフタブローが働く安全設計。また熱源には超高絶縁のシーズヒータを採用し、悪条件下での加熱も安全。
用途に合わせて2タイプ

フランジ型シーズヒーター

圧力容器・電気ボイラに応用可能
●運転温度700℃まで製作可能
●運転圧力は10MPa(G)
●電気容量は2000kWまで製作可能
●直接加熱で流体に効率よく熱伝導できる
耐圧、防爆 受検認定品
プラグ・フランジヒーター
NEW 高品質 低価格 多機種
SPN型 ステンレス製プラグヒーター ➡ 即納
SFN型 ステンレス製フランジヒーター ➡ 短納期


プラグヒーター
●熱い気体を速やかに作る
●水、油、薬液、洗浄液等あらゆる液体の過熱に最適
防塵・防滴・量産システムによりコストダウン
特長 ヒーターエレメントはSUS316Lを使用し、完全な品質管理のもとに製造された絶縁特性の優れた耐食性ヒーターです。
標準端子カバーは耐熱ラバー（ハイパロンゴム）製
電熱機器の総合メーカー
進興電気工業株式会社
★カタログは各営業所にお申し出下さい。
本社／〒535-0031　大阪市旭区高殿2丁目5番5号
☎06(6922)3881㈹　FAX06(6922)3886
http://www.shinko-heater.com/
営業所／東京　☎03(5737)5388㈹　FAX03(5737)5389
名古屋　☎052(991)2261㈹　FAX052(991)2264
静岡　☎054(283)7681㈹　FAX054(283)7682
広島　☎082(253)8191㈹　FAX082(253)8192

粉粒体輸送機器の事ならお任せ下さい!!
チューブコンベアー
トランジー®
●エアレスの為分離、静電気の発生が少ない。
●粉塵飛散が無く衛生的です。
●組み合わせにより長距離搬送が可能です。
高濃度空気輸送装置
ピュア・ゼット®
●分離、破砕が少なく、分解、洗浄、組立が簡単です。
●食品・医薬品を問わず、広範囲利用が可能です。（G.M.P対応）

テスト機完備!! お気軽にご相談ください。
［トランジーは日本興産㈱商標登録商品です］
ホッパースケール
（粉粒体自動計量装置）
●粉粒体輸送機との組み合わせにより数種原料の計量及び混合が可能です。

■その他取扱い品目
※空気輸送装置
※定量供給装置
※磁選機（マグネット除鉄機）
※振動ふるい機
※その他粉粒体関連機器
●錠剤粉取機
●カプセル艶出機
●カプセルオープナー
■製造販売元
日本興産株式会社
http://www.n-kosan.co.jp
大阪支店　〒557-0063 大阪市西成区南津守5-6-56
TEL06-6653-2936　FAX06-6653-6996
市川事業所　〒272-0121 千葉県市川市末広1-3-2
TEL047-395-4751　FAX047-395-0931
●ホームページをリニューアルしました。

微細化進展で重要性高まる
粉粒体コントロール技術

粉体プロセスにおける静電気の計測と制御

大阪府立大学大学院工学研究科　教授　綿野　哲

はじめに

静電気ハンドブックによると、静電気とは電荷の空間的な移動がわずかであって、それによる磁界の効果が電界の効果に比べて無視できるような電気と定義されている。つまり静電気とは、静止した電荷によって引き起こされる物理現象を意味し物体に電荷が蓄えられている状態や蓄えられている電荷そのものを指す場合もある。静電気の発見は古代、古代ギリシャ人が琥珀（こはく）を擦ることにより静電気が発生することを見いだしたという記述が残っている。電気を表す英単語Electricityは古代ラテン語で琥珀を意味するElectrumが語源である。

近年、粉体材料を取り扱う粉体プロセスでは作業工程の連続化および高効率化と材料の微細化が進展。そのため粉体が容器や輸送管の内壁と摩擦や衝突する頻度が増加し著しく帯電する現象が大きな問題となっている。帯電した粉体が空気中に浮遊や堆積した場合、粉体表面から雷状放電やブラシ放電が発生、着火源となって粉塵爆発や火災を誘発する恐れがある。したがって具体的な静電気対策が望まれている。

プラス(+)に帯電	帯電量とその極性	マイナス(−)に帯電
人もう・毛皮		テフロン
アスベスト		塩化ビニール
ナイロン		セロファン
レーロン		セルロイド
羊毛		ポリエチレン
雲母		アクリル
硝子		ポリエステル
人などの皮膚		ポリプロピレン
木材		白金
麻		ポリスチレン
木綿		ゴム
絹		金
鉛		ニッケル
亜鉛		銅
ガラス繊維		鉄
アセテート		エボナイト
アルミニウム		クロム
紙		

帯電しやすい　帯電しにくい　帯電しやすい

表1. 帯電列

静電気発生のメカニズム

静電気の発生メカニズムには物質同士の接触、摩擦、剥離、衝突などの物理現象によるもの、物質の破壊によるもの、静電誘導やイオンの付着によるものなど、さまざまなものがある。その中で最も代表的な接触帯電について説明する。

原子は原子核と複数の電子で構成されており、電子は原子核の外側の離散的な軌道に存在する。それぞれの軌道が持つエネルギーのことをエネルギー準位と呼び、電子は光や熱などのエネルギーを受けると高いエネルギー準位へと移動できる。したがって、低いエネルギー準位への移動は発生確率が高く逆に高いエネルギー準位への移動は発生確率が低くなる。このようにエネルギー準位に応じて電子の存在する確率が分布し、分布範囲の中央付近に電子の存在確率が50%になるエネルギー準位が存在する。これをフェルミ準位という。

図1のようにフェルミ準位の異なる物質（AおよびB）が接触した場合、フェルミ準位を等しくするように物質BからAに電子移動が生じる。この2物質が離れた場合、物質Aは電荷が過剰になり、物質Bは電荷が不足した状態となりAは負に帯電（−）し、Bは正に帯電（＋）した状態となる。

表1に帯電列を示す。帯電列とは2種類の材質を摩擦した時にプラス側に帯電しやすい材質を上位に、マイナス側に帯電しやすいものを下位に並べた序列の表である。物質により帯電列が異なるのはフェルミ準位に関連して電荷の移動のしやすさが物質によって異なるためである。定性的には帯電列の近い物質同士は帯電しにくく遠い物質同士は帯電しやすくなる。これを応用することにより、容器や輸送パイプの材質を変えることでも静電気対策は可能になる。

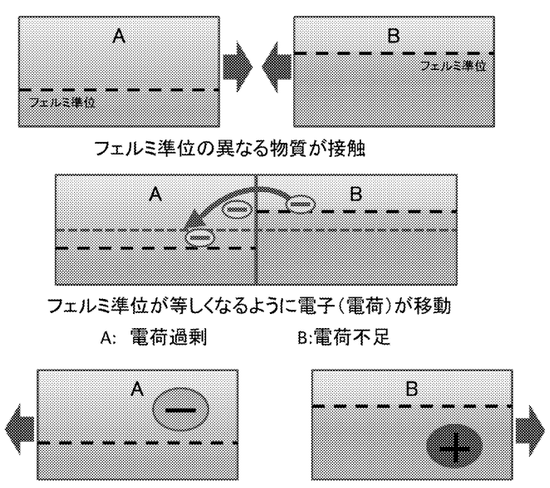


図1. 接触帯電のメカニズム

帯電除去対策が課題に
開発進む自動制御技術

静電気の自動制御

静電気は雰囲気の状態（特に湿度）に影響されるため加湿は効果的な静電気対策。しかし粉体プロセスのように無数の粉体材料が衝突を繰り返す状況では、能動的な静電気対策が必要となる。

我々が開発した静電気センサは、振動型チョッパーを用いて静電気が形成する電界が検出電極（孔）に流入する実行面積を機械的に変化させることで発生する誘導電圧を測定することを基本原理としている。今、振動型チョッパーの振動周期をω（f=500㌹）、t=0において帯電物体から発せられる電界をE、振動電極の振動によって周期的に変化する電極面積をSとすると、電極と接地間の抵抗Rに発生する電圧Vは次式で表すことができる。

$$V=RI=R\,E\varepsilon_0\omega S\cos\omega$$

したがって、電圧Vを測定することで電界強度Eを検出することができる。なお静電気センサはその内部とセンサを納めるシース内に圧縮空気を噴射し粉体の付着およびセンサ内部への進入を防止できる構造になっている。帯電した静電気の除去は開発したコロナ放電式直流除電器を用いて行った。その概略を図2に示す。先端のとがった放電針と接地した金属製カバー（ノズル電極）との間でコロナ放電を発生させ空気イオンを生成する。生成したイオンはノズル先端から噴射されることにより帯電粉体の除電を行うことができる。つまり（＋）に帯電している粉体材料には負の電荷を噴霧し（−）に帯電している材料には正の電荷を噴霧することで帯電を中和する。

我々は、粒子の帯電量を上述の静電気センサで自動計測し、その値に応じてコロナ放電式除電器により静電気を除去する自動制御システムを開発した（図3）。空気輸送配管の排出部に取り付けたファラデーケージを用いて、制御後の帯電量を実測したところ、自動制御により設定した値と良好な一致を示したことから、帯電量の高精度な制御が可能であることを確認した。さらに、空気輸送だけでなく、粉体材料のふるい分け、撹拌（かくはん）混合、流動層乾燥など、種々のプロセスで静電気の自動制御が可能であることを明らかにしている。また大型のサイロに帯電粉体が流入するプロセスにおいても粒子帯電を安全なレベルまで除去することに成功した。

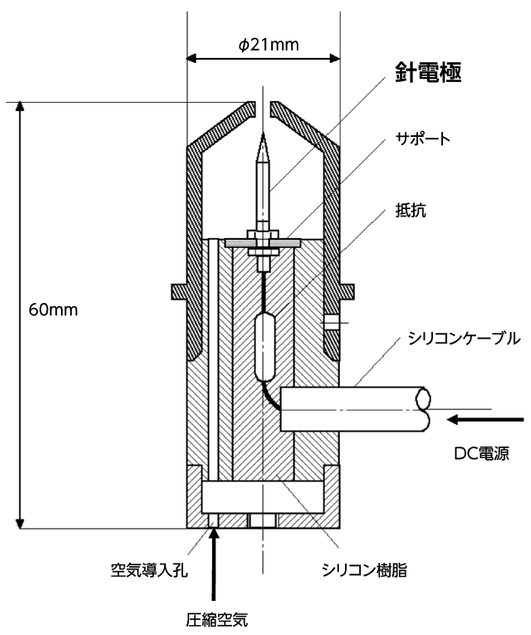


図2. コロナ放電式除電器の原理と外観

まとめ

静電気の発生メカニズムを概説するとともに、静電気の能動的な自動制御システムを紹介した。

粉体プロセスにおける静電気対策は非常に重要な課題であるが、いまだ十分に解決されていないのが現状である。今後の進展に期待したい。

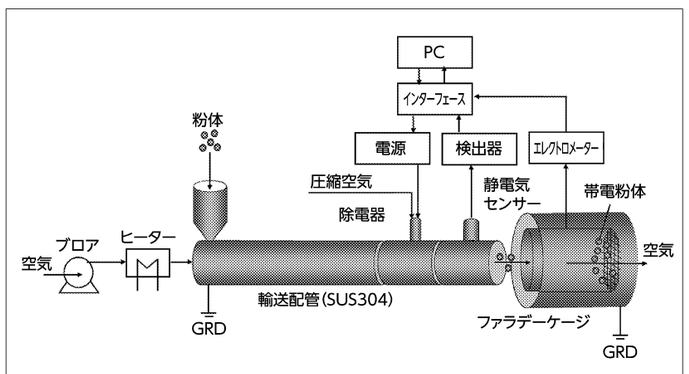
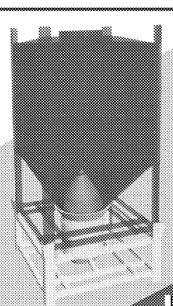
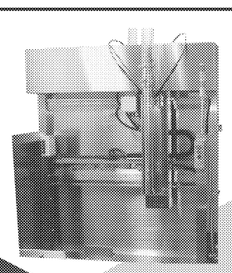
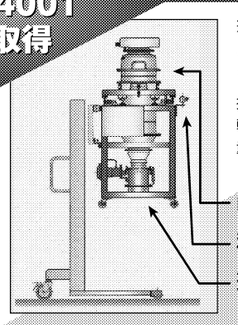


図3. 空気輸送における帯電の自動制御システム

生産変動や多品種少量生産に対応可能な
マルチ粉体計量システム
おかげさまで創業44周年 44 Anniversary
コンテナ・超高精度計量装置・自動倉庫などでシステムを構成
コンテナシステム
コンテナと排出機構をドッキング。流動性の悪い粉粒体の完全排出に!


紙袋粉体吸引装置
パウダーワープ
コンタミ皆無の状態で、中身の粉体を次工程に吸引移送する装置。
ISO-9001
ISO-14001
認証取得
スプリット
バタフライバルブ
原薬製造など高薬理活性物質をあつかうプロセスでは「封じ込め」技術が重要です。そして原薬の小分け・容器間の移し替え、乾燥機や反応釜へ投入・排出などではスプリットバタフライバルブが多く使用されています。

運ぶ・貯める・計るを1つの機器で行う、オールインワンユニット
かるがるコンベア
振動ダンパー式フィーダ「かるがるフィーダ」に「吸引輸送装置」を合体させ、さらにロードセルにより排出量をコントロールすることに成功しました。
「運ぶ」・「貯める」・「計る」が、この一台で実現します。

吸引輸送装置（バキュームコンベア）
積算式計量装置
振動ダンパー式フィーダ（かるがるフィーダ）
その他取扱品目
連続定量供給装置、バッチ計量装置、小型吸引輸送装置、空気輸送装置、スクリューフィーダ、バグフィルタ、ロータリーバルブ、特殊布製サイロ、貯留サイロシステム
資料送付・テスト迅速対応!　TEL055-925-6666またはTEL03-3263-3407
赤武エンジニアリング株式会社
本社　〒410-0302　静岡県沼津市東椎路632　TEL(055)925-6666　FAX(055)925-6688
東京営業所　〒102-0072　東京都千代田区飯田橋1-5-8　TEL(03)3263-3407　FAX(03)3263-3405
●当社のホームページ及びE-mailアドレス　http://www.akatake.co.jp　info@akatake.co.jp

有力企業の先端技術＆製品

赤武エンジニアリング

赤武エンジニアリングの「かるがるコンベア」が医薬・食品業界で好評を得ている。同装置は粉体を正確に計量し、自動搬送まで行う。吸引輸送装置、振動ダンパー式フィーダー、ロードセルで構成し、さまざまな機能を一台に集約した。

仕組みはまず、粉体原料を任意の場所から吸引輸送し、貯留する。次にロードセルを使い、振動ダンパー式フィーダーが粉体の排出量を高精度に計量する。シンプルでコンパクトなため、本体は台車で自由に各工程に移動できるのも好評な理由となっている。

進興電気工業

進興電気工業の熱風発生機「ヒーターパン　HJ／HKシリーズ」は熱源に高絶縁のシーズヒーターを採用し悪条件下でも安定した加熱ができる。同社従来品と比べ、全長を約30%短縮し、装置の設置自由度を拡大した。PD制御とソリッド・ステート・コンタクタの採用により高精度で安定した温度コントロールが可能。シートキーと発光ダイオード（LED）表示器で操作も容易だ。

製薬の粉末や錠剤の乾燥工程に実績を持ち乾燥や水切り、暖房、発酵、補助加熱など、さまざまな用途に対応した機種をラインアップしている。

日本興産

日本興産のチューブコンベヤー「トランジー」は渦巻きの原理を応用した独創的な搬送機。搬送途中の分離が少なくエアレスのため、静電気発生率も低い。粉塵の飛散も極めて少なく、生産現場の合理化、環境改善に貢献している。起動・停止の応答性に優れ、レベル制御や計量制御などを完全に自動化し、無人化運転を実現している。

また、高濃度空気輸送装置「ピュア・ゼット」はコンパクト設計で、粉粒体を高濃度で吸引・輸送でき、搬送物の破砕や分離が少ない低速搬送を可能にしている。