直進振動フィーダー (KC-ST 型) における粉粒体の挙動^{*1}

七條伊作, 谷古宇秀, 杉原正泰

東京女子医科大学病院薬剤部^{*2}Behavior of Powders and Granules in Linear
Vibrating Feeder (KC-ST Type)^{*1}

ISAKU SHICHIJOU, SHIGERU YAKOU, and MASAYASU SUGIHARA

Pharmacy, Tokyo Women's Medical College^{*2}

(Received December 8, 1979)

Fluidizing phenomena of powders and granules are roughly divided into gravity fluidity and forced fluidity. The former occurs by the particles' own weight and the latter by external force. Behavior of mixtures of powders and granules of different physical properties was studied in terms of vibration fluidity (one of the forced fluidity) with use of a linear vibrating feeder. (The study must be significant in view of the recent development of automatic powder packaging machines.) Separation phenomenon was not so remarkable at the vibration acceleration 520 cm/sec² in the following combinations: granule + granule, fine granule + fine granule, granule + fine granule, and fine granule + powder. The separation was marked in the combination of granule + powder, disregarding the variation of vibration acceleration. The best distance between hopper and feeder was found to be 3 mm. Behavior of powders and granules in different particle size were measured at different vibration acceleration. The behavior on vibrating feeder may be affected by property of powders and granules, types and materials of feeder and hopper, and other factors. Therefore, these factors should be studied.

緒 言

粉粒体の流動現象は、粉粒体プロセスの中で重要な役割を示し、特に混合¹⁻⁴⁾、振動フルイ⁵⁾、直打錠⁶⁾、自動包装などほとんどすべての単位操作において関与している。粉粒体の流動現象を大別すると、粉粒体の自重のみで起こる重力流動と、外力を受けることにより流動する強制流動に分けることができる。著者らは粉粒体自動包装機の研究開発に伴い、強制流動の一つである振動流動について、直進振動フィーダーを自動包装機の供給機として用いた場合、粉粒体がフィーダー上でどのような挙動を示すかを物性の異なる粉粒体の混合製剤を用いて検

討し、若干の知見を得たので報告する。

実 験 の 部

1. 実験材料

実験に用いた粉粒体は、パスカルシウム顆粒、L-グルタミン顆粒、乾燥水酸化アルミニウムゲル細粒、メトクロプラミド細粒、結晶乳糖、炭酸水素ナトリウム、バレイショデンプンで、物理的諸性質を表1に示す。

安息角は直径60mmの円型盤を用いる注入法で測定を行った。みかけ密度は直径15mm、高さ21cmのシリンダーを用いた。

粉子径はJIS規格のフルイで振動フルイにかけ、累積粒度分布により測定した。

表1の試料を配合比1:1で全量100gを転動混合により混合し、混合試料の物理的諸性質を表2に示す。

^{*1} 日本薬学会第99年会(札幌, 1979年8月)で発表。

^{*2} 東京都新宿区市谷河田町10; 10, Ichigaya-kawadacho, Shinjuku-ku, Tokyo, 162 Japan

表1. 粉粒体の物性

試料	$\phi r(^{\circ})$	$f(g/ml)$	$Dp(\mu)$	形状
バスカルシウム顆粒	37	0.67	495	棒状
L-グルタミン顆粒	44	0.45	351	〃
乾燥水酸化アルミニウムゲル細粒	32	0.32	295	球状
メトクロプラミド細粒	36	0.64	246	〃
結晶乳糖	37	0.71	104	粒状
炭酸水素ナトリウム	47	0.75	84	棒状
バレイショデンプン	53	0.69	53	球状

2. 実験方法

直進振動フィーダー上の2種混合試料の挙動は、サンプリング箇所、振動の強さ、時間、流出量などに影響されると考えられる。そこで、これらの条件を変化させることにより粉粒体がどのような挙動を示すかを測定した。

直進振動フィーダー (KC-ST型) は図1に示すようにローヘッド型の振動をする電磁型で、振動数は 50 c/sec, 振幅はスライダックにより調節ができる。ホッパ

表2. 混合試料の物性

試料	$\phi r(^{\circ})$	$f(g/ml)$	Δf	ΔDp
バスカルシウム顆粒 + L-グルタミン顆粒	38	0.61	0.67	0.71
乾燥水酸化アルミニウムゲル細粒 + L-グルタミン顆粒	39	0.44	0.71	0.84
乾燥水酸化アルミニウムゲル細粒 + メトクロプラミド細粒	38	0.47	0.50	0.83
バスカルシウム顆粒 + 結晶乳糖	37	0.81	0.94	0.21
乾燥水酸化アルミニウムゲル細粒 + 結晶乳糖	35	0.50	0.45	0.35
炭酸水素ナトリウム + バレイショデンプン	52	0.82	0.92	0.63

2種粉粒体の配合比 1:1

図1. 直進振動フィーダー (KC-ST 型)

図2. 振動加速度の表現法

の容積は 325 ml でホッパーを上下させることによりホッパーとフィーダーの間隔を変えることができる。フィーダーの長さは 170 mm である。サンプリングはフィーダー上の3点 X, Y, Z よりフィーダーの幅から均一に約 200 mg をスパーテルで取り、これを精秤して日局九の定量法により2種混合試料の分離状態を測定した。

振動については図2に示す振動面上の点Pが水平面に対し α なる角度をなすAB方向に振動しているとする。点Pの座標X, Yは r と wt で次のように表わされる。

$$X = r \sin wt \cos \alpha$$

$$Y = r \sin wt \sin \alpha$$

したがって加速度は、

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \ddot{x} = -rw^2 \sin wt \cos \alpha \dots\dots(1)$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = \ddot{y} = -rw^2 \sin wt \sin \alpha \dots\dots(2)$$

(1), (2) 式より任意の時間における振動方向の加速度を b とすると、

$$b^2 = \ddot{x}^2 + \ddot{y}^2 = (-rw^2 \sin wt)^2$$

$$b = \pm rw^2 \sin wt$$

で表わされる。本実験は振動加速度 $400 \sim 710 \text{ cm/sec}^2$ の範囲で行い、振動加速度の測定は、リオン振動計 VM-02、ピックアップは PV-06A、18 mv/g、重量 9 g を用

いた。

結果および考察

ホッパーとフィーダーの間隔 2 mm、振動加速度 520 cm/sec^2 に条件を設定し、サンプリング箇所 X, Y, Z における 60 秒後の A の含有率を測定した。図 3 に示すようにパスカルシウム顆粒 + 結晶乳糖は分離現象が大きいが、その他の試料では大きな分離現象はみられなかった。これはフィーダーの長さが 170 mm と短いため、サンプリング箇所の違いによる影響があまりないと考えられる。また Y 点からフィーダーは先細りとなっているため Y 点において若干の変化がみられる。

ホッパーとフィーダーの間隔を 2 mm に設定し、振

図 3. サンプリング箇所 X, Y, Z と A の含有率 (振動加速度 520 cm/sec^2 , ホッパー, フィーダー間 2 mm, 60 秒後)

動加速度を変化させ 60 秒毎に混合試料 100 g がすべて流出するまで試料 A の成分を点 Z で測定した。

図 4 は振動加速度 400 cm/sec^2 であるが、パスカルシウム顆粒 + 結晶乳糖以外の試料では $\pm 8\%$ の範囲で分離現象がみられた。振動加速度 520 cm/sec^2 の場合は、120 秒後まではあまり分離現象はみられなかったが、180 秒後になるとパスカルシウム顆粒 + 結晶乳糖、乾燥水酸化アルミニウムゲル細粒 + 結晶乳糖など粒子径、見かけ密度の差が大きな混合試料においては、図 5 に示すように大きな分離現象がみられた。振動加速度 710 cm/sec^2 においては炭酸水素ナトリウム + バレイショデンプンはほとんど分離現象が起っていないのに比べ、その

他の試料においては $\pm 20\%$ 以上の分離現象がみられた。図 6 に示すように、以上の結果により振動加速度は 520 cm/sec^2 以下が適当であると思われる。

図 7 はホッパーとフィーダーの間隔 2 mm、振動加速度 520 cm/sec^2 の条件で試料 100 g がすべて流出するまで 15 秒毎にその流出量を点 Z で測定したものである。パスカルシウム顆粒 + 結晶乳糖は 45 秒後までは流出量がほぼ一定であるが、その後は流出量が急速に増加している。またその他の試料においても時間の経過に伴い流出量が変化しているが、パスカルシウム顆粒 + 結晶乳糖ほど顕著には表われなかった。これはホッパー内試料の圧力が直接振動フィーダーにかかるため、ホッパー内試料

図4. 振動加速度 400 cm/sec^2 における流出時間とAの含有率
(ホッパー, フィーダー間 2 mm, サンプルング点 Z)

図5. 振動加速度 520 cm/sec^2 における流出時間とAの含有率
(ホッパー, フィーダー間 2 mm, サンプルング点 Z)

の減少に伴い振動の強さに影響をおよぼしたものと考えられる。

また、この時のフィーダーからの流出量は図8に示すように 30~65 g/分と自動包装機の供給機としては満足

し得る値ではない。そこで図9, 10に示すように、ホッパーとフィーダーの間隔を 3~4 mm と広げ流出量を増加させ、そのときの分離現象を測定した。

ホッパーとフィーダーの間隔 3 mm, 振動加速度 520

図6. 振動加速度 710 cm/sec^2 における流出時間とAの含有率
(ホッパー, フィーダー間 2 mm , サンプルング点Z)

図7. 時間経過による流出量の変化 (振動 520 cm/sec^2 , ホッパー,
フィーダー間 2 mm , サンプルング点Z)

図8. ホッパー, フィーダー間 2 mm における流出量変化

図9. ホッパー, フィーダー間 3 mm における流出量変化

図 10. ホッパー、フィーダー間 4 mm における流出量変化

cm/sec² の条件では、図11に示すようにパスカルシウム顆粒 + 結晶乳糖以外の試料においては ± 5 % の範囲で分離現象がみられた。

またこの条件では、各試料が完全に流出した時点においても大きな分離現象はみられなかった。これは 100 g の試料が流出するのに 60～90 秒と時間が短いためと考えられる。このときの流出量は図9に示すように 60～100 g/分と自動包装機の供給機としてはほぼ満足し得る値である。さらにホッパーとフィーダーの間隔を 4 mm とすると、図12に示すように ± 15 % 以上の分離現象がみられた。したがって、ホッパーとフィーダーの間隔 4 mm では供給機としては適さないことがわかった。

総 括

本実験に用いた散剤 + 散剤の混合試料においては、振

動加速度を 400～700 cm/sec² の間で変化させても、大きな分離現象はみられなかった。

顆粒剤 + 顆粒剤、細粒剤 + 細粒剤、顆粒剤 + 細粒剤、細粒剤 + 散剤においては、振動加速度 520 cm/sec² までは大きな分離現象を示さない。

顆粒剤 + 散剤においては振動の強弱に関係なく大きな分離現象を示した。

ホッパーとフィーダーの間隔は 3 mm のときが最も良いことがわかった。

本報では粒子径の異なる粉粒体で振動加速度を変化させ測定を行ったが、振動フィーダー上での挙動は、粉体の性質、フィーダー、ホッパーの形状、材質などに影響されると思われるので、検討を加えることが必要であると思われる。

図 11. ホッパー, フィーダー間 3 mm における流出時間と A の含有率
(振動加速度 520 cm/sec², サンプルング点 Z)

図 12. ホッパー, フィーダー間 4 mm における流出時間と A の含有率
(振動加速度 520 cm/sec², サンプルング点 Z)

謝辞 本研究にあたり直進振動フィーダーを提供していただいた小西医療器株式会社に深謝いたします。

文 献

- 1) 幸保文治, 岩崎由雄, 水野護爾: 薬剤学, 29, 21 (1969).
- 2) 沢畠 泰: 粉体工学研究会誌, 6, 20, (1969).
- 3) 坂元照男, 小倉敏弘, 前川秀幸: 薬剤学, 28, 7 (1968).
- 4) 坂元照男, 小倉敏弘, 前川秀幸: 薬剤学, 29, 63 (1969).
- 5) 青木 大, 小川俊太郎, 林 信一, 平山雅美: 薬剤学, 27, 183 (1967).
- 6) 林 信一: 粉体工学研究会誌, 6, 286 (1969).
- 7) 朝比奈菊雄, 坂本栄子, 杉村篤子, 今井康恵: 薬剤学, 27, 319 (1967).

病院製剤専用クリーンベンチNCF-1300型

特に病院の製剤専用開発されたクリーンベンチで、気流垂直形を採用し、次のような特長をもっています。

1. 作業テーブルと、本体を分離した無振動形です。
2. 分注、充填等が、やりやすいように作業台上の高さが標準形より高くなっています。
3. 給・排水装置付で、薬液の分注や充填に適しています。
4. カートリッジ式排水タンクは、排水設備のない処や、廃棄に配慮を要する汚水を、別途に処理できます。
5. 薬液、純水及び蒸留水の汙過除菌を目的としたミリポアフィルターのホルダーが、セットできるようにサポートがついています。
6. 薬液タンク、蒸留水タンク、純水タンク共、全て台車付になっています。
7. テーブル上の隅々まで、照射できる強力殺菌灯がついています。(安全装置付)

日科ミクロン株式会社

東京都文京区本郷3丁目35-14
〒113 TEL 03 (813)5731~5