粉体の物性に関する製剤学的研究 (第 5 報¹⁾) 医薬品混合粉体の
流動性の評価および予測について²⁾

気賀沢和雄, 清水弘明, 飯村秀樹, 渡部一夫, 小山 修

グレラン製薬株式会社研究所³⁾Pharmaceutical Studies on Physical Properties of Powders. V.¹⁾ Evaluation and
Estimation of Flow Properties of Pharmaceutical Mixed Powders²⁾

KAZUO KIGASAWA, HIROAKI SHIMIZU, HIDEKI IIMURA,

KAZUO WATABE and OSAMU KOYAMA

Research Laboratories Grelan Pharmaceutical Co., Ltd.³⁾

(Received August 4, 1976)

Fluidity parameters (angle of repose, fluidity index K , coefficient of internal friction, cohesive force, and flow rate) of pharmaceutical powders with various mixing ratios of two components and three components of powders were measured in order to investigate the possibility of estimating and evaluating the fluidity of mixed powders.

Changes in the pattern of the mixing ratio and fluidity depended on whether corn starch was included or not in the mixed powders, and fluidity index K of mixed powders including corn starch showed a minimum value at the mixing ratio of corn starch of 60%. Relation between fluidity index K and mixing ratio of mixed powders excluding corn starch showed nearly a straight line.

This study showed that, if the fluidity index K of each pharmaceutical powders was known, there would be a possibility of estimating the fluidity of multi-component mixed powders.

Keywords—variable rotating cylinder method; fluidity index K of mixed powders; angle of repose; coefficient of internal friction; cohesive force; flow rate

混合粉体の流動性についての研究報告の多くは滑沢剤の添加による流動性についてであり,⁴⁾ 繁用される医薬品粉体の混合による流動性変化についての報告は少ない。⁵⁾ 粉体を用いた製剤において流動性, 成形性および崩壊性等の製剤物性を改善するために各種粉体の混合を必要とする機会が多い。著者らは混合粉体の流動性を混合前の単一粉体の流動性とその混合比から予測する可能性を追求する目的で, まず始めに二成分系混合粉体の流動性の評価を行なった。すなわち (1) 流動性の悪いもの同志の混合の場合, (2) 流動性の中程度同志の混合の場合, (3) 流動性の良いものと悪いものとの混合の場合, (4) 流動性の良いものと中程度のものとの混合の場合, (5) 流動性の悪いものと中程度のものとの混合の場合に区別し, 二成分系の各種混合比における流動性指数 K を測定した結果, 混合割合によって極小値と極大値の存在する流動性変化パターン, ほぼ直線的な流動性変化パターンなどが得られ, 混合粉体の流動性の評価を流動性指数で行なえること, および多成分系の流動性の変化パターンは各

1) 第 4 報: 気賀沢和雄, 飯村秀樹, 渡部一夫, 薬誌, 94, 88 (1974).

2) 日本薬学会 第 94 年会, 第 95 年会で発表, 仙台, 神戸, 1974 年, 1975 年 4 月。

3) Location: 2-12-3, Sakurashinmachi, Setagaya-ku, Tokyo.

4) D.J. Craik, *J. Pharm. Pharmacol.*, 10, 73 (1958); D.J. Craik, B.F. Miller, *J. Pharm. Pharmacol.*, 10, 136 T (1958); 青木 大, 林 信一, 薬誌, 87, 1164 (1967); 野田満雄, 林 長蔵, 伊藤三千穂, 藤田貞子, 福井成二, 薬剤学, 20, 50 (1960); 青木 大, 小川俊太郎, 林 信一, 平山雅美, 薬剤学, 27, 18 (1967).5) 岡田寿太郎, 松田芳久, 和田泰享, 薬誌, 88, 647 (1968); A. Ikekawa, N. Kaneniwa, *Chem. Pharm. Bull.* (Tokyo), 16 1543 (1968).

単一粉体の流動性が既知であればその混合比から予測できる可能性のあることが判明したのでその間の知見を報告する。

実験の部

試料 今回の実験に用いた試料およびその物性値を Table I に示す。

流動性指数 K の測定 変速回転円筒装置は第 1 報⁶⁾ に示したものと同一の装置 (Fig. 1) を用い、回転円筒は奥ゆき 3.3 cm, 内径 20.5 cm のものを用いた。測定は第 1 報で報告したものと同様に行ない、試料が円筒内壁に完全に付着して回転するときの回転速度、および回転円筒内の粉体層の示す内径 (d_0) を求めた。また、流動性指数 K は第 3 報⁷⁾ で報告したように (2) 式より算出した。

$$m \left(\frac{2\pi N}{60} \right)^2 \left(\frac{d_0}{2} \right) K = mg \quad (1)$$

$$K = \frac{17.9 \times 10^4}{d_0 \cdot N^2} \quad (2)$$

K : 流動性指数 (—)

d_0 : 回転円筒内の粉体層の示す内径 (cm)

N : 回転速度 (rpm)

m : 粒子の重量 (g)

g : 重力加速度 (cm/sec²)

安息角の測定 第 1 報と同様に行なった。

見かけ比容積の測定 第 1 報と同様に行なった。

付着力測定 Fig. 2 に示した一面剪断試験装置を試作した。剪断試験容器はアルミニウム製円筒容器で内径 60 mm ϕ , 深さ 20 mm のものを用いた。この容器内に試料を充填したのち、直径約 60 mm ϕ の塩化ビニル板をのせた上に垂直荷重 (σ) として 10 g, 20 g, 50 g, 100 g の 4 水準をとり、各々の垂直荷重 (σ) に対する剪断応力 (τ) を新興通信 (株) 製 U-Gage (Type UT, Capa. ± 1 kg, Dis. ± 0.04 mm) を用いて測定し、記録計に記録し、剪断時のピーク高さより実測した。これらの実測値を Coulomb の式 (3) に代入し、付着力 c , 内部摩擦係数 $\tan \phi_i$ を求めた。結果は 3 回のくり返し試験の平均値をもって示した。

$$\tau = c + \sigma \tan \phi_i \quad (3)$$

τ : 滑り面に作用する剪断応力 (dyn/cm²)

ϕ_i : 内部摩擦角 (°)

c : 付着力 (dyn/cm²)

$\tan \phi_i$: 内部摩擦係数 (—)

σ : 滑り面に作用する垂直応力 (dyn/cm²)

TABLE I. Physical Properties of Powders

Sample	D_p	V_o	V_t	ϕ_r	K
CaCO ₃	2	1.64	0.98	56	0.97
Corn Starch	11	2.18	1.29	60	0.93
Lactose	105	1.59	1.11	42	0.84
Bucetin(micro.) ^{a)}	12	2.52	1.24	54	0.79
Aminopyrine(micro.)	42	2.45	1.48	56	0.76
Barbital(cry.) ^{b)}	320	1.59	1.34	38	0.68
Aminopyrine(cry.)	500	1.87	1.43	50	0.60
Bucetin(cry.)	380	1.44	1.36	35	0.56

a) Micronized crystal.

b) Crystal.

D_p : particle diameter (μ).

V_o : apparent specific volume before tapping (cm³/g).

V_t : apparent specific volume after tapping (cm³/g).

ϕ_r : angle of repose (°).

K : fluidity index (—).

6) 気賀沢和雄, 斎藤守弘, 飯村秀樹, 渡部一夫, 薬誌, 92, 639 (1972).

7) 気賀沢和雄, 斎藤守弘, 飯村秀樹, 渡部一夫, 薬誌, 93, 629 (1973).

Fig. 1. Apparatus of Variable Rotating Cylinder

Fig. 3. Apparatus of Vibrating Flow Rate Tester

D_o : orifice diameter
8.0 mm ϕ .

の加速度計 (BA-10L) を用いてオシログラフにより測定し、振動強度をほぼ $2G$ ($G=980 \text{ dyn/sec}^2$) に調節した。

粒子径測定 オリンパス光学 (株) 製金属顕微鏡 (MFBi 型) により測定粒子 500 個の長軸径を測定し、平均値をもってそれぞれの粒子の平均粒子径とした。また、混合物の顕微鏡観察は上記顕微鏡により観察するとともに写真撮影を行なった。

流動性の分類 流動性指数 K により次のように分類した。

- (1) 流動性の悪いもの: $K > 0.80$
- (2) 流動性の中程度のもの: $0.80 \geq K > 0.70$
- (3) 流動性の良いもの: $K \leq 0.70$

実験結果および考察

トウモロコシデンプンを含む二成分系混合粉体の流動性変化パターン

トウモロコシデンプンと流動性指数により分類した粉体との二成分系混合粉体の流動性変化パターンを Fig. 4 に示した。その結果、流動性の悪いもの ($K > 0.80$) との混合系においてはトウモロコシデンプンと他の一成分の混合比が 6:4 において極小点を示し、下に凸の放物線型の流動性変化パターンを示した。また、流動性の中程度のもの ($0.80 \geq K > 0.70$) との混合系においてはトウモロコシデンプンと他の一成分の混合比が 6:4 で極小点を示し、2:8 で極大点を示す S 字型の流動性変化パターンを示した。流動性の良いもの ($K \leq 0.70$) との混合系においては極大、極小点を示さず、流動性の良いものの混合比が大きくなるとともに流動性が良くなる現象が認められた。流動性が中程度より悪いもの ($K > 0.70$) とトウモロコシデンプンの混合系においてはその混合比が 6:4 で極小点を示すことより、トウモロコシデンプンが何らかの作用を他の一成分におよぼすことにより流動性を良くしているものと考えられる。

トウモロコシデンプン以外の二成分系混合粉体での流動性変化パターン

トウモロコシデンプン以外の粉体で二成分系混合粉体の流動性変化パターンを Fig. 5 に示した。その結果、どの二成分系混合粉体においても、すなわち、流動性の悪いもの ($K > 0.80$) 同志の二成分系、流動性の悪いものと中程度のもの ($0.80 \geq K > 0.70$) の二成分系、流動性の悪いものと良いもの ($K \leq 0.70$) との二成分系、流動性の中程度のもの同志の二成分系、流動性の中程度のものと良いものとの二成分系混合粉体など、すべてその流動性変化パターンは流動性の良い一方の成分混合比が大きくなるとともに流動性指数が低下する現象が認められた。

炭酸カルシウム、乳糖、トウモロコシデンプンを成分とした二成分系および三成分系混合粉体の流動性変化パターン

Fig. 6 に炭酸カルシウムとトウモロコシデンプン、炭酸カルシウムと乳糖、乳糖とトウモロコシデンプンの二

Fig. 2. Apparatus of Ring Shearing Test

///: powder.

流出速度試験装置 Fig. 3 に示したような振動式流出速度試験装置を試作した。流出容器はポリアクリル酸樹脂製のもので、オリフィス径は 8 mm ϕ のものを用いた。振動は容器全体を振動させることができるものとし、振動強度は新興通信株製の

Fig. 4. Fluidity Index (K) of Mixture of Powders (Including Corn Starch)

A	B
○: corn starch	lactose
●: corn starch	bucetin (cry.)
⊖: corn starch	aminopyrine (cry.)
⊕: corn starch	aminopyrine (micro.)
⊗: corn starch	bucetin (micro.)
⊙: corn starch	CaCO ₃

Fig. 6. Fluidity Index (K) of Mixture of Powders
(CaCO₃, Lactose and Corn Starch)

A	B
○: CaCO ₃	corn starch
●: lactose	corn starch
⊕: CaCO ₃	lactose

Fig. 5. Fluidity Index (K) of Mixture of Powders

A	B
●: CaCO ₃	lactose
⊖: CaCO ₃	aminopyrine (micro.)
⊗: buccetin (micro.)	aminopyrine (micro.)
⊕: aminopyrine (micro.)	bucetin (cry.)
⊙: barbitol (cry.)	bucetin (cry.)
⊖: CaCO ₃	bucetin (cry.)
⊕: CaCO ₃	bucetin (micro.)
○: lactose	bucetin (micro.)

Fig. 7. Fluidity Index (K) of Mixture of 3 Components (Including Corn Starch)

A	B
●: CaCO ₃ 8 ^{a)}	corn starch
⊖: lactose 2	corn starch
⊗: CaCO ₃ 6	corn starch
⊕: lactose 4	corn starch
⊙: CaCO ₃ 4	corn starch
⊖: lactose 6	corn starch
⊕: CaCO ₃ 2	corn starch
⊙: lactose 8	corn starch

a) CaCO₃ 8
lactose 2 is the mixed powders of CaCO₃ 8 and lactose 2.

Fig. 8. Fluidity Index (K) of Mixture of Powders (Lactose, Bucetin(micro.) and Corn Starch)

A
○: lactose
●: corn starch

B
bucetin (micro.)
lactose 6
bucetin (micro.) 4

Fig. 9. Fluidity Index (K) of Mixture of 2 Components (CaCO_3 , Bucetin(micro.) and Lactose)

A
○: CaCO_3
●: lactose
⊕: CaCO_3

B
bucetin (micro.)
bucetin (micro.)
lactose

成分混合系, つまり, 流動性の分類において悪いもの ($K > 0.80$) 同志の混合系での流動性変化パターンを示した. Fig. 6 よりトウモロコシデンプンを混合した系においてはトウモロコシデンプンの混合比が 60% のところで極小点を示した. ところが炭酸カルシウムと乳糖の混合系においてはこのような現象は認められなかった. そこで炭酸カルシウムと乳糖の各混合比の二成分系混合粉体にさらにもう一成分としてトウモロコシデンプンを混合した場合の三成分系混合粉体の流動性変化パターンを Fig. 7 に示した. この結果, 炭酸カルシウムと乳糖の二成分系混合粉体のどの混合比のものについてもトウモロコシデンプンを添加した三成分系混合粉体においてはトウモロコシデンプンの混合比が 60% のところで極小点を示し, トウモロコシデンプンを成分とする二成分系混合粉体の流動性変化パターンと同一の傾向が認められた. このことより二成分系あるいは三成分系混合粉体の場合, トウモロコシデンプンが成分として含有されているとトウモロコシデンプンが何らかの作用を他の成分におよぼすことにより流動性が良くなる点があることが判明した.

乳糖, プセチン (粉砕物), トウモロコシデンプンを成分とした二成分系および三成分系混合粉体の流動性変化パターン

流動性の悪いものに属する乳糖と中程度のものに属するプセチン (粉砕物) の二成分系混合粉体および乳糖とプセチン (粉砕物) の混合比 6:4 のものにさらにトウモロコシデンプンを添加した三成分系混合粉体の流動性変化パターンを Fig. 8 に示した. これより乳糖とプセチン (粉砕物) の混合物の流動性変化パターンはほぼ直線的な変化を示すが, 三成分系混合粉体においては前述の三成分系混合粉体と同様トウモロコシデンプンの混合比が 60% のところで極小点を有する流動性変化パターンであることが判明した.

炭酸カルシウム, 乳糖, プセチン (粉砕物) を成分とした二成分および三成分系混合粉体の流動性変化パターンについて

Fig. 9 に炭酸カルシウムとプセチン (粉砕物), 乳糖とプセチン (粉砕物) および炭酸カルシウムと乳糖の二成分系混合粉体, つまり, $K > 0.80$ と $0.80 \geq K > 0.70$ の場合および $0.80 \geq K > 0.70$ 同志の混合系の場合の流動性変化パターンを示した. これより流動性の変化パターンは各々の成分の流動性指数を結ぶほぼ直線的な変化パターンである. そこで炭酸カルシウムと乳糖の二成分系混合粉体の各混合比にさらにプセチン (粉砕物) を添加した三成分系混合粉体の流動性変化パターンを Fig. 10 に示した. この結果, トウモロコシデンプンを含まない三成分系混合粉体においては極小点を示す混合比は存在せず, ほぼ直線的な流動性変化パターンを示すことが判明した.

Fig. 10. Fluidity Index (K) of Mixture of 3 Components

A	B
●: CaCO_3 8	bucetin (micro.)
●: lactose 2	
●: CaCO_3 6	bucetin (micro.)
●: lactose 4	
●: CaCO_3 4	bucetin (micro.)
●: lactose 6	
●: CaCO_3 2	bucetin (micro.)
●: lactose 8

Fig. 11. Angle of Repose of Mixture of Aminopyrine (micro.) and Corn Starch

A: corn starch.
B: aminopyrine (micro.).

これまでの結果より、トウモロコシデンプンを含まない二成分系あるいは三成分系混合粉体における流動性変化パターンは極小、極大点を示さず、単に各々の成分の流動性の間ではほぼ直線的に変化することが判明した。ところがトウモロコシデンプンを含む二成分系あるいは三成分系の混合粉体においては流動性の変化パターンはトウモロコシデンプンと他の一成分あるいは二成分の比が 6:4 の点において極小点を示し、流動性が良くなる現象が認められ、この混合比においてトウモロコシデンプンが何らかの作用を他の成分におよぼしていることが判明した。そこでこの点を解明するためにトウモロコシデンプンとアミノピリン（粉砕物）との二成分系混合粉体において詳細な検討を行なった。

トウモロコシデンプンとアミノピリン（粉砕物）の二成分系混合粉体の流動性変化パターン

Fig. 11 にトウモロコシデンプンとアミノピリン（粉砕物）の二成分系混合粉体の安息角による流動性変化パターンを示した。なお、安息角の測定は第 1 法で報告した方法により行ない、9 回測定した値の平均値をもって示した。各混合比における安息角の値はバラツキを生じ、値にして $5-6^\circ$ の幅があることから安息角の値は精度の良いものであるとは言えない。この結果、トウモロコシデンプン：アミノピリン（粉砕物）の混合比 6:4 で極小点を、2:8 で極大点を示す流動性変化パターンが得られた。また、Fig. 12 に同一試料についての混合比と流動性指数との関係を示した。これより、流動性指数の変化パターンは安息角と同様にトウモロコシデンプン：アミノピリン（粉砕物）の混合比 6:4 および 2:8 に極小および極大点をもつ曲線で示されることが判明した。また、トウモロコシデンプン：アミノピリン（粉砕物）の混合比 10:0 から 6:4 までの流動性の変化パターンを比較してみると、安息角では曲線的な変化を示すが、流動性指数ではほぼ直線的に変化してくる現象がみられる。これは測定法の違いにより差が現われたものと思われる。さらに、各混合比における流動性指数の値のバラツキ幅は小さいものである。この原因として考えられることは、安息角は測定上に問題があり（例えば粉体供給量の調節、ロート高さの調節など）誤差が入り易いものであるのに対して流動性指数の測定では誤差が入りにくいため差が出たものと思われる。

トウモロコシデンプンとアミノピリン（粉砕物）の混合比と付着力および内部摩擦係数の関係について

Fig. 13 にトウモロコシデンプンとアミノピリン（粉砕物）の混合比と一面剪断試験より得られた付着力、内部摩擦係数との関係を示した。内部摩擦係数は混合比がトウモロコシデンプン側からアミノピリン（粉砕物）側

Fig. 12. Fluidity Index (K) of Mixture of Aminopyrine (micro.) and Corn Starch

A: corn starch.
B: aminopyrine (micro.).

Fig. 14. Flow Rate of Mixture of Aminopyrine (micro.) and Corn Starch

A: corn starch.
B: aminopyrine (micro.).

Fig. 13. Cohesive Force and Coefficient of Internal Friction of Mixture of Aminopyrine (micro.) and Corn Starch

A: corn starch.
B: aminopyrine (micro.).
○: cohesive force.
●: coefficient of internal friction.

Fig. 15. Disposition of Corn Starch (A) and Aminopyrine (B)

Aminopyrine: micro.

へ移行するとともに増加する傾向が認められた。また、付着力の変化パターンはトウモロコシデンプンとアミノピリン（粉碎物）の混合比 6:4 および 2:8 に極小および極大点が見られ、安息角ならびに流動性指数の変化パターンと一致しており、これら混合粉体の流動性には付着力が大きく影響していることが確認された。

×70

Fig. 16. Disposition of Corn Starch and Aminopyrine (micro.) in Mixing Ratio 6:4

トウモロコシデンプンとアミノピリン（粉砕物）の混合比と流出速度の関係について

トウモロコシデンプンとアミノピリン（粉砕物）の混合比と流出速度試験より得られた流出速度との関係を Fig. 14 に示した。流出速度の変化パターンは安息角および流動性指数の変化パターンと全く逆の傾向を示した。つまり、流動性の良くなる極小点、トウモロコシデンプン：アミノピリン（粉砕物）の混合比 6:4 において流出速度は最大となり、混合比 2:8 において最小となる。流動性と流出速度の関係については粒子径の大きな粉粒体については比較的明らかにされているが、⁸⁾ 今回検討に用いた微粉体においても振動式強制流出速度試験の結果、流動性のパラメーター（安息角および流動性指数）と流出速度の間に相関関係があることが確認された。

二成分系混合粉体の顕微鏡観察

トウモロコシデンプンおよびアミノピリン（粉砕物）の単品および混合粉体の顕微鏡写真を Fig. 15, 16 に示した。検鏡は 10×7 の倍率で行なった。Fig. 15 よりトウモロコシデンプン粒子は比較的球形に近く、粒度もかなり似たものであるが、アミノピリン粒子は形状が不規則であるうゑに粒度分布も広い。また、アミノピリン粒子は粒子同志の凝集が強いので二次粒子の頻度も高い。Fig. 16 はトウモロコシデンプンとアミノピリン（粉砕物）の混合比 6:4 (Fig. 11, 12, 13 で極小点を、Fig. 14 で極大点を示した混合比) の顕微鏡写真で、トウモロコシデンプン粒子はアミノピリン粒子を核として付着している。つまり、トウモロコシデンプン単品の粒子は少なくなり、アミノピリン粒子にトウモロコシデンプン粒子が付着した二次粒子を形成しており、この混合比においてはほとんどが二次粒子となっている。また、二次粒子の粒子径も大きくなっていることよりデンプン粒子と二次粒子との接触点数が減り、その結果付着力が減少し、流動性が良くなるものと考えられる。混合比 2:8 においては二次粒子とアミノピリン粒子との混合状態となり、同種粒子間の付着力より異種粒子間の付着力が大きくなるために、つまり、二次粒子とアミノピリン粒子間の付着力が大きくなることから流動性が悪くなったものと考えられる。

結 論

二成分系および三成分系混合粉体の混合比による流動性の変化について流動性指数 K 、安息角、付着力および流出速度の測定を行なった。検体試料として流動性の悪い ($K > 0.80$) 炭酸カルシウム、トウモロコシデンプン、乳糖、中程度のもの ($0.70 < K \leq 0.80$) としてブセチン（粉砕物）、アミノピリン（粉砕物）、良いもの ($K \leq 0.70$) としてバルビタール（結晶）、ブセチン（結晶）、アミノピリン（結晶）を用い、二成分系および三成分系混合粉体の混合比と流動性変化との関連性を求めた結果、混合粉体中の成分としてトウモロコシデンプンが含まれるか、含まれていないかにより流動性の変化パターンが異なるものであることが判明した。この現象は二成分系、三成分系の混合粉体ともに同様であった。つまり、トウモロコシデンプンを含む混合粉体についてはトウモロコシデンプンの混合比が 60% のところで極小点を示す（流動性が良くなる）のに対して、トウモロコシデンプンを含まない混合粉体では極小、極大点を示さず、各々の成分の間で流動性の良い成分の混合比が大きくなるにつれて流動性が良くなるというほぼ直線的な流動性変化パターンが得られた。トウモロコシデンプンを含む混合粉体で極小点が現われたことからトウモロコシデンプンとアミノピリン（粉砕物）の二成分系混合粉体についてその原因を詳細に解明するために、安息角、流動性指数 K 、付着力および内部摩擦係数、流出速度などにより検討した。その結果、いずれの流動性のパラメーターにおいてもトウモロコシデンプンの混合比 60% のところで極小点（流出速度においては極大点）が認められた。さらにトウモロコシデンプンとアミノピリン（粉砕物）の単品ならびに混合比 6:4 の混合物について顕微鏡観察および写真撮影を行なった。これより、流動性が良くなる（極小点の現われる）原因としてはアミノピリン（粉砕物）を核としてトウモロコシデンプンがまわりに付着した凝集

8) 気賀沢和雄, 飯村秀樹, 渡部一夫, 薬誌, 94, 88 (1974); 井伊谷鋼一, “粉体工学ハンドブック,” 第 5 版, 朝倉書店, 東京, pp. 114—124.

二次粒子を形成しており、この凝集二次粒子と他の粒子との接触点数が減り、付着力が下がることにより流動性が良くなったものと推定される。また、流動性変化パターンにおいて極大点を示した原因については凝集二次粒子とアミノピリン（粉碎物）の混合状態となり、異種粒子間の付着力が大きくなることにより流動性が悪くなったものと考えられる。今回、試料としてトウモロコシデンプン（含有水分：約 10—12%）を用いた混合粉体において、極小、極大点を示す流動性変化パターンが認められたが、流動性と水分の関係については検討されているように⁹⁾ トウモロコシデンプン中の水分量が影響しているものと思われる。なお、流動性と水分ならびに雰囲気との詳細な関係については現在検討中である。

以上のことより、二成分系ならびに三成分系混合粉体の流動性の変化パターンは各成分粉体の流動性が既知であればその混合比から定性的ではあるが流動性指数 K で予測できる可能性のあることが判明した。

9) D.J. Craik, *J. Pharm. Pharmacol.*, **10**, 73 (1958); 野田満雄, 林 長蔵, 伊藤三千穂, 藤田貞子, 福井成二, *薬剤学*, **20**, 50 (1960); N. Pilpel, *Mfg. Chemist Aerosol News*, **41**, 19 (1970).