

理化学研究所 ニュース

Apr. - 1971

No. 31

粉体混合物の混合状態

粉ないし粒体の混合は、小は家庭から大は金属、化学工業にいたるまでしばしば行なっている日常茶飯の操作であるが、これに対する化学工学的アプローチはいまだに未完成で、皮肉な話だが、“カオス”に近い有様である。原料処理や製造工程中でのこの種の操作の良悪が、製品の品質、収量に直接、間接に関係することは自明であるというのに……。

さて、混ぜようとする以上、相の始何を問わずよく混じってくれることを望むのは当然であるが、それでは“よく混じっている”とはそもいかなる状態をいうのかと反問されたら、答に窮する人も多かろうと思う。それでもある人はいかもしれない。“水溶液のような”と。しかし、水溶液のような分子状態混合物でも、分子をごま粒大ほどに拡大して眺めてみられるとしたら、食卓に並ぶ七味唐がらしやふりかけのびんとさして変らないであろう。では、

よく混じっている状態とは——混合物を構成する成分の最小単位（分子状態混合物であれば分子、粉粒体のそれであればそのひと粒）を小さな正方形で表わし、よく混じった状態を図式的に示せばそれは図1ではなく図2のような状態であることはいうまでもない。前者は配列であって、混合した結果ではなく、それが証拠には、図1の状態をかきまぜれば、図2のようになる。そこで、これを定量的に定義すると、次のようなことになる。混合物からその最小単位を単位として大きさ n のサンプルを採った時、そのなかに含まれる着目成分の単位数が m である確率が丁度2項分布 $b(n, m, p)$ で示される状態であり、これを完全に

ランダムな混合物とよんでいる。ただし、 p は混合物全体に対して占める着目成分の単位数比、粉粒体混合物では個数比、分子状態混合物ではモル分率に相当する。

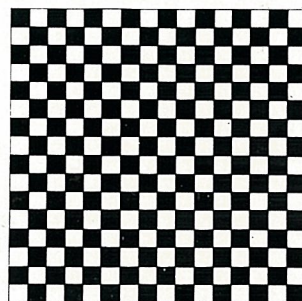


図 1

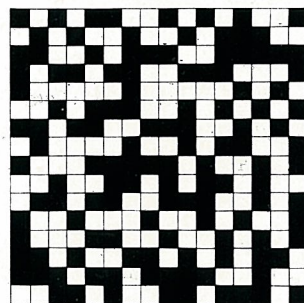


図 2

(混合状態のパターン)

一方、混合状態の良悪は、ご承知のように混合物のあちこちから採取したサンプルの濃度を測定し、各測定値のばらつき具合によって判定している。その標識は、それぞれの製品に要求される許容値によって決定されるが、一般的には濃度に関

する標本分散または標準偏差がよく用いられる。この種の状態量にはほかにエントロピーがあるが、工学的にはあまり用いられていない。完全にランダムな混合物の濃度分散は上述の定義から、大きさ n のサンプルについて $p(1-p)/n$ ということになる。それゆえ、問題の混合物が完全にランダムな混合状態にあるか否かは、推測統計学の手法を借りてその標本分散と上述の値とを比較して判定すればよいわけである。いいかえれば、“よく混じっている”混合物でも、サンプルの濃度は少なくともこの値程度のばらつきは避けられないことになる。水溶液や気体混合物の濃度測定値がサンプルによってばらつくことがないのは、分子数で数えたその大きさ n が非常に大きいからにはかならない。

ところが、現実の粉粒体混合物では完全にランダムな混合状態を得ることも、それを検出することも不可能に近い。それは、濃度に関する標本分散がサンプルの大きさ n に反比例して小さくなるという関係がほとんど成立しないことから裏づけられる。その理由を二三挙げると、大きさ n を一定にしたサンプル採取は到底至難のわざであること、現実の粉粒体には必ず粒経に分布があること、個々の粒子が互いに独立した挙動をとらないことなど。そんなわけで、粉粒体の場合、基準となる完全によく混じった理想的な混合状態さえも一義的に定義できない。この問題は、粉体工学にとっていわばひとつの宿命であり、悲願というべきかもしれない。

では、現実の問題をどうしたらよいかということになるが、それはケースバイケースとしかいいようがない。強いていえば、混合物について要求される組成の許容範囲を考慮して、混合状態のエンドポイントを決めるよりほかない。その際、上述の値は辛うじて参考値位の意味はあろう。

粉粒体混合物製品と不良率——さて、粉粒体混合物はよく混じらないし、混じっても上述のような組成のばらつきは避けられず、ひいてはその製品の収量や品質の変動の原因となる。とくに、製品1単位当りの重量、すなわち大きさ n が小さい場合には、このことが重要な意味をもってくる。その一例としてサーミスタ製品の場合を挙げよう。

サーミスタは、2ないし4種類程度の金属酸化物を粉砕、混合し、100メッシュ前後の粒経のものをふるい分け、素材混合物とする。ビーズ状製品

は、この素材混合物から1単位たかだか数1)mgを採取し、加工、熱処理を施してつくられる。これは、製品1個当りに原料固体粒子が $10^3\sim 10^4$ 個含まれる勘定になる。

いま、成分数を2、1対1の混合物を素材とするとして、完全にランダムな混合物が得られたとして、そこから大きさ $n=1000$ づつ採取し、ビーズをつくとすれば、ビーズの組成は濃度0.5のまわりに、標準偏差 $\sqrt{(0.5)(1-0.5)/1000}=0.16$ 程度のばらつきは避けられない。製品の相成について平均濃度0.5の前1%以内のもののみが規格に合格するとすれば、その収率は近似的に25%(不良率75%)ということになる。許容範囲を $\pm 2\%$ に広げたとしても53%(同47%)にしかならない。しかも、現実の粉粒体混合物は普通、完全にランダムな混合物の標準偏差の2倍程度でしかないから、規格品の収率はもっと低くなる(この例では、近似的に上述の各値の半分)。

以上の計算では、製品の重量のばらつき、加工、熱処理時における不良品発生率や粉砕の収率を考慮していない。これらを含めると、原料から一定規格の製品が得られる収率はもっと低くなる。その実際の収率は普通10%以下、数%前後にもなると聞く。これは上述の推算でも説明できるように粉粒体混合の悲劇の一例であるが、必ずしも特例ではない所に問題が残る。しかし、それは粉粒体の混合の仕方をどう工夫してみた所で解決はされず、むしろ他に求むべきであるかもしれない。

あとがき——粉粒体は、分子運動やブラウン運動のように、自発的に運動し、混合が進むということはなく、したがって、これを何らかの方法で運動あるいは流動させる必要がある。ところが、粉粒体の場合、その動的性質はおろか静的性質さえまだ物理的な解明が十分でない現情である。それゆえ、流動する粉体については、流体でいう密度、粘度、拡散係数に対応する物性を介することなしに、これをあつかう装置、操作の設計手法を確立しなければならない。そして、それは、保存則、次元解析、相似則などをもとにした(他の工学からみると、アナクロでしかなかろうが)スケール・アップということになるのではないかと考える。ただし、そこでは確率論的なモデルや推測統計学の利用は不可欠であり、それが従来の粉体工学のゆき方と異なる点になるであろう。

(化学工学研究室 研究員 山口賢治)

理研半世紀 — 記憶の断片 (その2)

長 岡 治 男

(相 談 役)
(元 理 事 長)

理研初代の所長は学界の大御所菊池大麓博士と記憶して居る。大河内正敏先生を所長に迎えた頃に研究成果は結実して特許の実施者を外部に待っては居られない成績を挙げた。先生は経営に才能發揮されて自らその実施事業を研究と平行して進められその収益は又研究の財源ともなった。当時流行した言葉で理研コンチェルンを形成したのである。理研何々という会社が今でも残って居る。理研といえば人が信用するので関係の無い会社迄理研何々という社名を使って居る。新理研創立時に調べて見たら六十数社あった位である。

大戦—軍事協力—被爆敗戦—サイクロトロン破壊—解体。

株式会社科学研究所。仁科社長の 再建の努力—資金難、仁科君の苦悩は言語に絶するもの。そして遂に病に斃れてしまった。

村山さんと佐藤さんも苦心に苦心を重ねてその結果は兄弟分の科研化学に本来の地所建物もこの弟分の分家の所有物となって家賃を払わねばならない結果となってしまった。しかし理研の想出はどこかに残っていた。そして新技術の開発事業と関連して理化学研究所を再現する理研法が制定される運命をたどった。

私が理事長—ただ親爺半太郎の件—というだけ。しかし副理事長に坂口、住木両先生を迎え得た事で研究学問の方は心配しなかった。

「居は心を新にす」と怒号して新理研の敷地と建物設備の夢を見続けた。第一に上富士前では地下水の水位が低下して将来性は無い。三井時代の

同僚で戦時戦後を通して苦勞を共にした田中武雄、藤井久男の両君の名を挙げる。不動産関係の仕事なら馴れている連中である。その上に坂口先生は新敷地新築に大賛成。しかもお役所の方々が賛同して下さった。そこで凡そ可能と考えられる敷地を探し廻った。また幸運なことに進駐軍に友人があった。米軍がサイクロトロンを破壊して海に捨ててくれたことが却ってよかった。笑話で新敷地の品定めが出来た。と言うのは米軍接收地に一番よい所があるからだった。今でも私は朝霞々と大和町、今の和光市の現敷地を言うが実際我々が眼をつけた最初の地所は本当の朝霞の射的場附近であった。笑止千万、そううまくは行かなかったのです。

1960年に華府に行った。宛先のない陳状書に渋沢、足立、石坂さんと茅さんの署名を貰ってGHQ にいたケリーさんを訪ねた。この陳状書は仏語には達者だが英語には弱い田中(武)君が最高の名文と賞めた私の書いた名文である。貴重な資料と信じている。理研再建には先づ新敷地をという趣旨だけは管轄違いの人達にも解って貰える効果はあったものらしい。迷文が却って良かったという半分笑話の種となった次第。大使館の科学アタッシュも皆理研を同情と好意で見ってくれるし、現敷地も接收解除可能の海軍用地である事も解るしその手続もどんどん進められた。これ等の人達は理研新敷地鍬入式には日本側相談役の方々と一諸に礼装で出席して祝詞を述べてくれた。記念写真が残っている。敢て各人の役柄と氏名は書かな

い。

さて欧米行の目的は外国、特に理研のモデルになったマックス・プランク研究所の視察であった。時丁度五月、In wunderschönen Monat Mai……独逸で独逸語が出るともういけません。伯林ではフリッツ・ハーバー研究所でオット・ハーンの原子破壊成功の記念板や戦禍で壊れた博士の住宅の遺跡を戦禍回復中の姿で蘆原主任（当時同研究所勤務）の案内で見ると、マックス・プランクの本部ゲッテンゲン（月沈原）ではオット・ハーン博士に逢って親く話しが出来るし晩食のご馳走になるし、坂口先生の知りがあって居られた点は



昨年来公害という活字を見ない日が珍らしいくらい、公害は国民の耳目になじみになってきた。たとえば、42年米国の最新の技術を導入し45億の巨費を投じて、45年末完成し試験操業中であった東洋エチール新南陽工場が、鉛公害についての世論と政府の無鉛化政策のため、ついに操業中止を決定したという本年1月の記事は、まだ記憶にあたらしい。

戦後急速な発達をとり今後とも発達を予測されるエレクトロニクス、とくにコンピューターに象徴されるその技術革新は、近年情報化社会あるいは脱工業化社会ともよばれる中での科学技術の優位を否応なく認めさせようとする。

この現象に関連して、ポールディング教授は、科学技術社会と人間の幸福という問題を提起し、このような社会では少数のエリートを除けば大多数のものは主体性や創造性を失ない、そのエリートさえ非人格化していきはしないかと説き、技術革新によってもたらされる豊かさと人間疎外、そこでの幸福、生きがいとはなにかという問題にふれている。

われわれにとって文明とは、科学技術とはなんである

「マックス・プランクは民法上の社団法人で我々の作ったもの、財団法人ではない、それに長老のプランク博士の名を冠したもの、その仕事は各研究所で一番適当な仕事の出来る研究者を選んでその人に一切を委せる事が仕事である」と明確に述べられた。話せば長くなる。

帰国——三菱銀行から来てくれた島田晋理事への土産——独逸の二マルク銅貨。島田君は怪訝な顔して渡された汚い銅貨を見て、私を見返した。「誰だ」と私が言ったら銅貨の面にある浮掘り胸像を見直してウーン成程これがマックス・プランクねと吐息をついた。（終）

うかという素朴な疑問は、科学技術にとって無縁とも思われる一般国民だけのものであろうか。

昨年来テクノロジー・アセスメントということばがしばしば紹介されてきた。林雄二郎教授によると、それは教授が1969年米国で初めてきたことばで、技術革新の成果を社会の場で再調整するため新しい技術革新をおこすことを意味し、それがすなわち新興分野としての社会工学であるという。社会を有機体としてとらえ、そのあらゆる要素を系統的に研究するという主張は、まさにアメリカでもすでに同じような事態が問題とされてきたことを物語っているように思われる。そこでは、分野を異にする専門家が、共通の目標に向かって共同研究をすることが当然必要となるが、教授によると、現在先進国といわれる国のうち、自前の科学技術を発達させてきたいわば内生的技術革新の国ではそれが可能であり、日本のように主として輸入にたよってきたいわば外生的技術革新の国では、意外に困難であるという。

多数の専門分野にわたって優秀な人材を擁し、かがやかしい伝統の上に基礎的研究を推進してきた理研こそ、このような時代的要請に応える能力と責任があると、国民は期待しているのではなからうか。

新聞記事を通じて得たずぶの素人の感想である。

（監事 安藤鎮正）