

粉や粒の不思議 ～1+1=2 じゃない世界～

出田こころ・竹上一刀・中島彩・中野桜・藤本虹乃・森田倫珠・森脇啓太
(兵庫県立大学附属中学校)

はじめに

私たちは身近にある粉や粒がどのように詰まっているのか疑問に思い、主に粒子充填^{りゅうしじゅうてん}について2年間研究した。(「充填^{じゅうてん}」とは空間がふさがりほど何かを一杯に詰めること。)

粒子充填の性質を使った実験が右の写真である。そもそも粒子には液体のように流動性があるが、体積の面では液体のように単純に1+1=2にはならない。写真のように、見かけの体積が同じである液体と、大きさの異なる2種類の粒子を用意し、小さいペットボトルから大きいペットボトルに移動してみた。すると、液体は容器に入りきらなかったのに



対し、粒子同士を混ぜると容器に入りきった。これは、小粒子が大粒子の隙間に入り込んだためである。このように大粒子だけでは粒子と粒子の間にすき間があり、粒子が十分に詰まっているとは言えないが、そこに、より小さな粒子を混ぜることで、空いていたすき間が埋められ、より詰まった状態となる。この粒子の詰まり具合を調べるため、昨年度は石灰石を使って空間率を調べるという実験を行った。空間率を調べることで、充填率(全体 - 空間率)が求められる。しかし、石灰石は粒ごとに形が異なっていて、角が多く、うまく混ざらなかった。その反省点から、今年度は粒の形が同じであるガラスビーズを用いて実験を行った。ガラスビーズは交通標識の反射材や車のセンターラインなど、私たちの身近なところでも使われている。



実験方法

今回は大・中・小と大きさの異なる3種類のガラスビーズを使用し、大粒子と中粒子、大粒子と小粒子の混合実験を行った。まず、2種類の粒子をいろいろな割合でカップに入れ、それらを混ぜる。より詰まらせるため、大粒子と小粒子を混ぜる場合は容器を1cmの高さから力を加えずに落とす(タッピング)。それを10回繰り返す。大粒子と中粒子を混ぜる場合は棒で10周混ぜる。混ぜ方に違いがあるのは、大粒子と中粒子では、粒子径の差が小さく、タッピングではうまく混ざらなかったためである。そして、カップに入りきらない粒子を摺り切り100mlにそろえ、電子天秤で全体の質量、大粒子の質量をそれぞれ求め、空間率、大粒子の割合を求めた。空間率は「1-粒子の重さ(g)/{粒子の体積(cm^3)} \times 粒子密度(g/cm^3)}」で求められる。

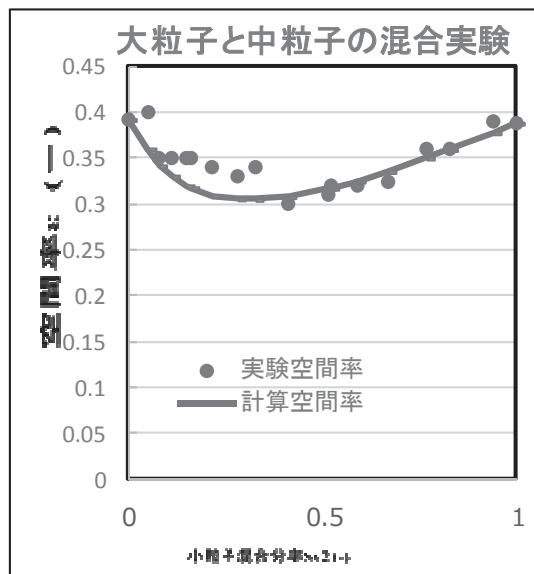


結果

【大粒子と中粒子の混合実験】

大粒子や中粒子だけの時の空間率より、2種類の粒子を混ぜた時の空間率のほうが小さくなることが分かった。

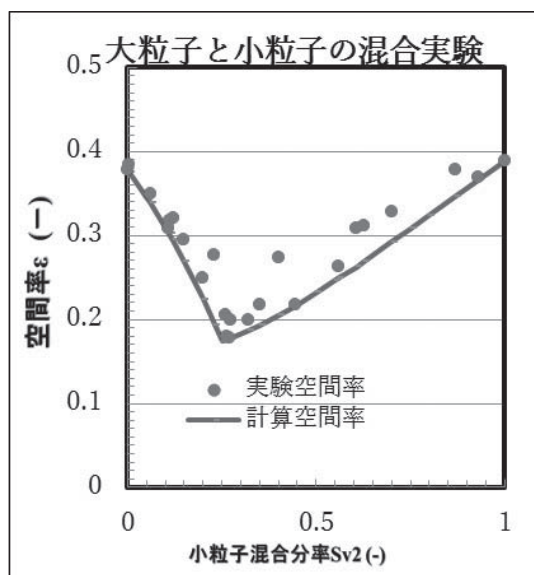
また、小粒子混合分率が31%の時、最小の空間率0.305となった。計算空間率に近い結果となった。



【大粒子と小粒子の混合実験】

大粒子と小粒子の混合実験では、小粒子混合分率が27%で最小の空間率0.187となり、大粒子と中粒子を混ぜた時より空間率が小さくなった。

また、大粒子と中粒子を混ぜた時より小粒子の混合分率が少ないところで空間率が最小を示した。



まとめと考察

同じ体積の粒子同士と液体同士をそれぞれ混ぜた時、液体の体積は体積+体積になったのに対し、粒子では見かけの体積が変わらなかったことから、粒子の世界では単純に体積+体積では求められないことが分かった。また、大粒子と中粒子を混ぜた時より、大粒子と小粒子を混ぜた時のほうが空間率は低くなったことから、同じ大きさの粒子だけでなく、異なった大きさの粒子を混ぜることで空間率が下がる。さらに、粒子径の差が大きければ大きいほどよく詰まることが分かった。大粒子と中粒子の混合実験で、小粒子混合分率が小さい時、実験空間率と計算空間率が一致しなかった。これは、2種類の粒子が十分に混ざっていなかったからだと考えられる。