

粉末の表面に生じる膜様現象の解明

兵庫県立加古川東高等学校 物理D班

動機・目的

ココアパウダーを水と混合すると、粉末の一部が塊状になることがある。インターネットで調べると、ココアパウダーを水につけると表面に膜のようなものができ、とがったものでつつくと割れる現象があることがわかった。本研究ではこの現象のメカニズムを解明することを目指す。



重要語句

- ・膜様体…粉末を水に浸して引き上げた時、表面にできる膜のようなもの
- ・パウダー現象…膜様体をとがったものでつつくと割れる現象

先行研究

石川県立七尾高校の先行研究より、
1.液体の温度により表面張力の強さが変化することからパウダー現象の発生回数が変わる
2.粉体に液体を浸した際に浸水した深さの違いがパウダー現象の起きやすさと関係している
3.同じ粉体の種類でも乳化剤の有無によってパウダー現象の起きやすさが変わる
ことがわかっている。以上より、溶液と粉末の性質が関係しているのではないかと考えた。

仮説

膜様体ができる時、濡れた外側と乾いた内側とで層が分かれる。その際に境目ができるのは粉の隙間が埋まっているためだと考えた。そこで、**大きさの異なる粉粒によって隙間が埋まり水が浸み込めなくなるため膜様体ができると仮説を立てた。**また、**膜様体に刺激を与えて丸まってめくれるのは表面張力が原因であるという仮説を立てた。**

実験①

【目的】
ココアパウダーを粒径ごとにそろえ、パウダー現象の起こりやすさを調べる。
【実験方法】
①ココアパウダーをふるいにかけ、粒径ごとに分ける。(～25 μ m、25～42 μ m、42 μ m～)
②それぞれをスプーンですくい、ドーム状に成型する。
③水に静かに沈め、5秒間浸けた後引き上げる。
④竹串で刺し、割れる様子を比較する。
【結果】
どの粒径でも膜様体ができた。粒径が大きいものの方が膜様体が厚くなり、割れる速度が遅かったがパウダー現象は確認できた。



【考察】
粒径のばらつきはパウダー現象の発生に関係ないと思われる。

実験②-1

洗剤には界面活性剤が入っているため、水に加えると表面張力を弱めることができる。
【目的】
水と洗剤入りの水(洗剤水)でココアパウダーへの浸みた質量を調べる。
【実験方法】
①スプーンにココアパウダーを入れ、成型して質量をはかる
②水と洗剤水に5秒間浸し、取り出して質量をはかり、差を計算する
【結果】
水 平均…0.188g 分散… 2.48×10^{-3}
洗剤水 平均…0.289g 分散… 4.10×10^{-4}
有意差あり($t(10) = -5.94$, $p < 0.01$)
水より洗剤水の方が浸み込みやすい。
【考察】
界面活性剤の影響で、洗剤水が水よりココアパウダーに浸みやすくなる。

実験②-2

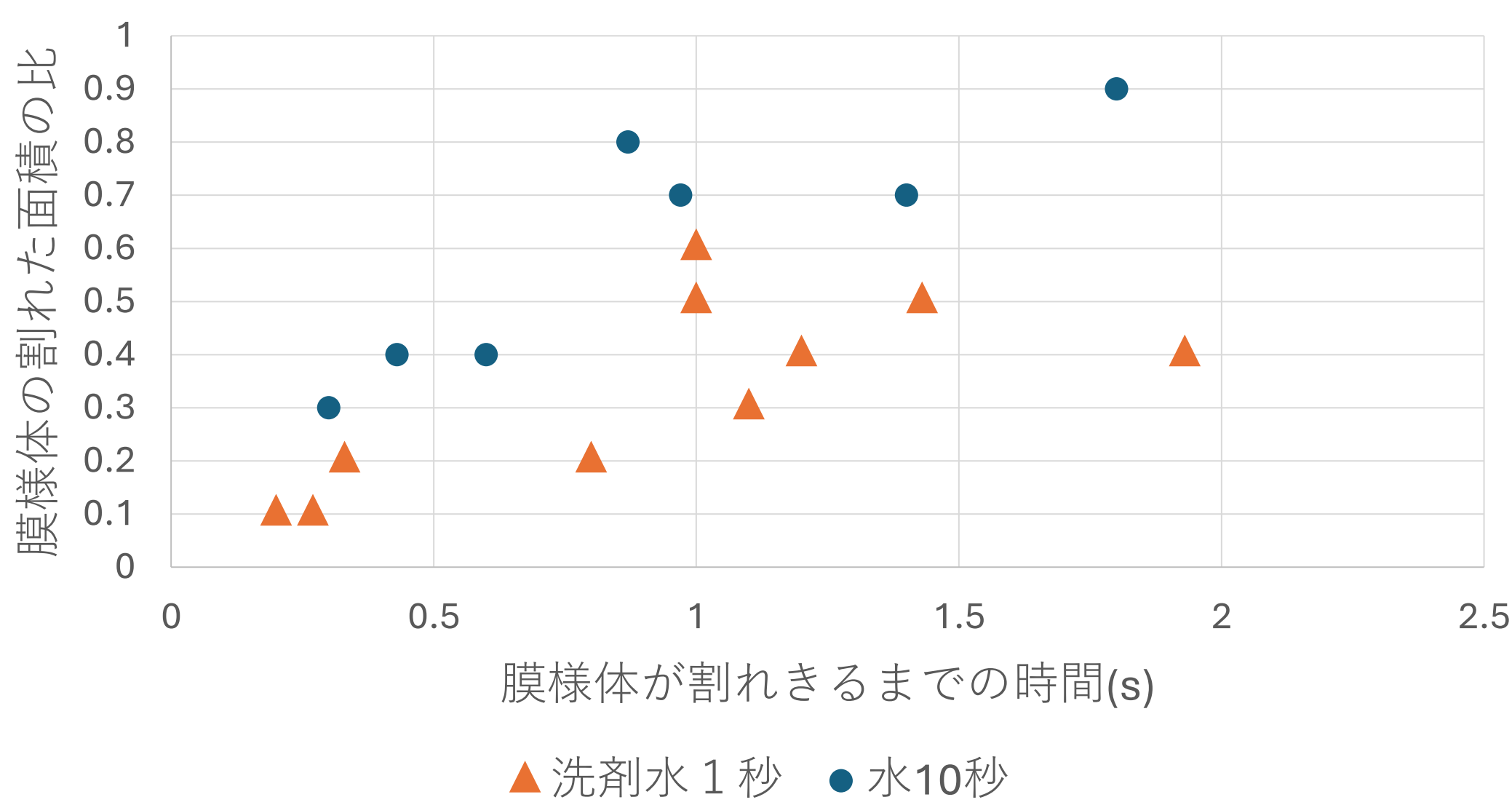
【目的】
洗剤水と水でココアパウダーへの浸みこむ質量が同じになるときの、浸す時間を調べる。
【実験方法】
①スプーンですくって成型したココアパウダーを洗剤水に1秒間浸す。
②ココアパウダーを水に浸け、①と同じ質量だけ浸み込む秒数を調べる。
【結果】 単位:g

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
水10秒	0.31	0.34	0.24	0.20	0.27	0.16	0.27	0.22	0.27	0.26
洗剤水1秒	0.30	0.22	0.26	0.20	0.28	0.34	0.19	0.20	0.28	0.21

水の平均…0.254g 洗剤水の平均…0.248g

実験②-3

【目的】
表面張力が膜様体の割れる現象に与える影響を調べる。
【実験方法】
①それぞれの液体でそれぞれの秒数つけたココアパウダーを竹串でつつき、その様子をカメラで撮影する
②それぞれの膜様体が割れきれるまでの時間を調べる。
③ココアパウダー全体の表面積に対する膜様体の割れた表面積の比を目視で調べる。
【結果】 ×は竹串でつつく前に膜様体がはがれた



洗剤水1秒	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
時間	0.33	0.20	0.27	0.80	1.00	1.43	1.20	1.10	1.93	1.00
面積の比	0.2	0.1	0.1	0.2	0.5	0.5	0.4	0.3	0.4	0.6

水10秒	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
時間(s)	0.97	×	1.80	0.30	0.60	0.43	1.40	0.87	×	×
面積の比	0.7	×	0.9	0.3	0.4	0.4	0.7	0.8	×	×

水と洗剤水で、割れ始めたときの速度に違いがあまりないように見られたが、水はすぐに割れが止まったのに対して洗剤水は徐々に膜様体が剥がれていた。
【考察】
膜様体の割れる現象に表面張力が関わっているのではないかと考えた。

まとめ

実験①より、膜の形成には粒径のばらつきは関係ないと考えられる。実験②より、表面張力は膜様体が割れる現象の一因であることがわかる。

今後の課題

・七尾高校の先行研究とこれまでの実験により、膜様体が厚くなると割れにくくなるのは分かっているが、なぜそうなるのかについてははっきりとわかっていないため、今後研究していきたい。
・実験①で、膜様体の形成に粒径が関係ないことはわかったが、結局なぜ膜様体ができるのかは明らかになっていないので、今後調べていきたい。

参考文献

石川県立七尾高等学校 様々な粉体上の液体に刺激を与えた際の現象
https://cms1.ishikawac.ed.jp/nanaoh/cabinets/cabinet_files/download/158/67cb0852214d2bbff4749f2ec33cb48b?frame_id=202