

K-5

ペーストに混合させた糖類の長さがメモリー効果に及ぼす影響

The influence of length of saccharides mixed with paste on memory effect

○馬場龍¹, 中原明生², 村松旦典³

*Ryu Baba¹, Akio Nakahara², Akinori Muramatsu³

When a mixture of powder and water, called a paste, is dried, it usually shows cellular desiccation crack pattern, but when it remembers the direction of vibration before drying, the morphology of crack pattern depends on the memory of vibrational motion (memory effect of paste). In this experiment, the influence of dissolving saccharides with calcium carbonate paste is studied especially on desiccation crack formation and memory effect. It is shown that, by dissolving saccharides, into CaCO₃ paste, the paste gets the ability of remembering flow direction. It can be quantitatively said from the image analysis that the memory effect depends on the length of the added saccharides. The flocculation experiments showed that the addition of polysaccharides exerted an attractive force between calcium carbonate particles, but monosaccharides did not.

1. はじめに

無機質の粉と水を混ぜて作ったペーストを乾燥させると干上がった沼で見られるような空間的に等方的なセル状亀裂パターンが発生する。一方乾燥する前にペーストを加振後、静置させ乾燥破壊をさせると揺すった方向に依存した亀裂パターンが発生する。これをペーストのメモリー効果と呼ぶ。メモリー効果には「揺れの記憶」と「流れの記憶」の2

種類ある。加振時に揺れた方向を記憶しその方向に垂直に割れる亀裂パターンを「揺れの記憶」、加振時に流れた方向を記憶しその方向に平行に割れる亀裂パターンを「流れの記憶」と呼ぶ^[1]。先行研究の炭酸カルシウム（以降 CaCO₃）ペーストに塩化ナトリウムを添加した実験より、流れの記憶には粒子間引力が必要であることがわかっている^[2]。CaCO₃ 粒子は水中で帯電していることから揺れの記憶しかできない。前回の発表で CaCO₃ ペーストに多糖類を少量添加することで流れの記憶をして、単糖類のグルコースに関してははっきりと流れの記憶をしなかったことを発表した。そして流れの記憶の強さは添加する糖類の分子量に依存しており、多糖類で一番分子量が大きい水溶性デンプン、多糖類で分子量が小さいデキストリンの順で流れの記憶をはっきりとしていることが画像解析から定量的に言えた^[3]。図1にそれぞれの糖類の代表的な流れの記憶をした亀裂を示す。図2にそれぞれの糖類を添加した CaCO₃ ペーストの乾燥亀裂パターンの形態相図を示す。図2より多糖類を添加すると流れの記憶をする領域が現れ、単糖類を添加しても流れ

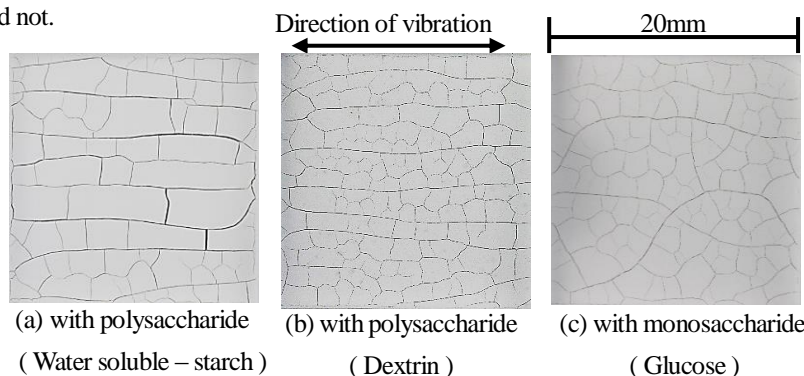


Fig. 1 Memory of flow which appear in desiccation crack patterns of CaCO₃ paste mixed with saccharides. Polymer length (a) > (b) > (c)

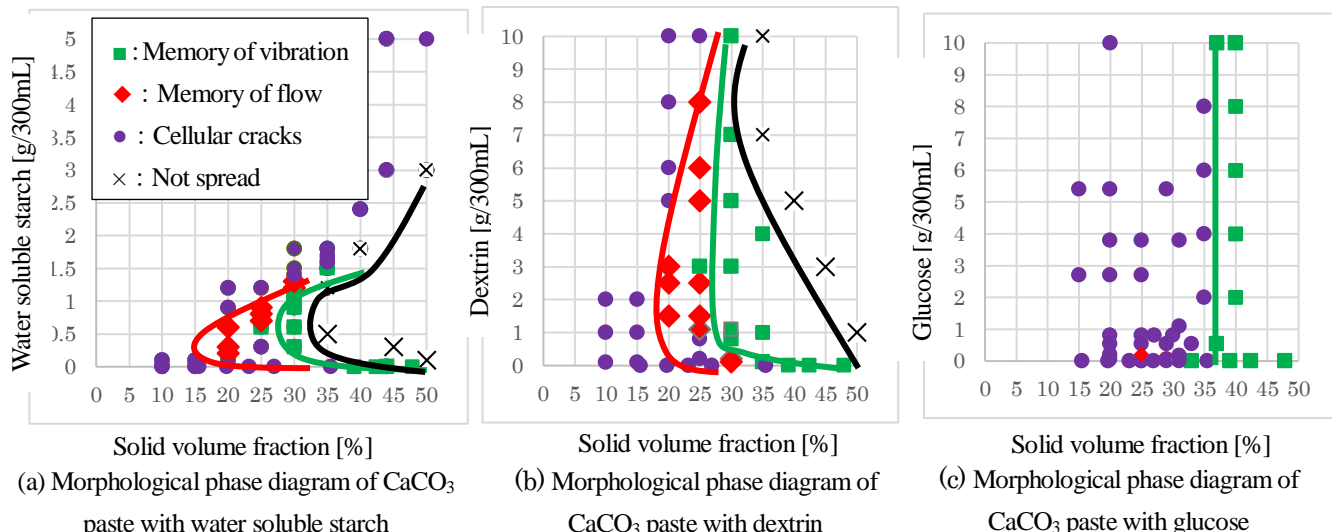


Fig.2 Morphological phase diagram of CaCO₃ paste with each saccharides added

の記憶をする領域はないことがわかる。また分子量が大きい水溶性デンプンの方が、添加量が少量かつ狭い範囲で流れの記憶をしていることがわかる。さらに多糖類の添加量が増えると何も記憶をしないランダム状の亀裂になっている。

2. 凝集実験

2-1. 目的と実験方法

揺れの記憶しかしない CaCO_3 ペーストに多糖類を少量添加することで流れの記憶をすることができた。多糖類を添加することでも先行研究と同様に粒子間引力が働いている状態か、添加する糖類の分子量の違いが粒子間に及ぼす影響を実験で確認した。

純水 50mL 中に糖類を溶かした水溶液を作り、 CaCO_3 を 10g 混ぜて懸濁液にする。溶かす糖類の種類や添加量を変化させ、試験管に流し込み CaCO_3 の凝集の様子を観察する。このとき水中の CaCO_3 粒子間に引力が支配的に働く場合は凝集して急速に沈殿して試験管内は澄んだ状態になる。斥力が支配的に働く場合は沈殿速度が遅く数時間経過した後でも試験管内は白濁した状態となる。今回は図1で使用した多糖類の水溶性デンプン、分子量が小さい多糖類のデキストリン、単糖類のグルコースを使用した。

2-2. 実験結果

図3に糖類を溶かした水溶液中の CaCO_3 粒子の凝集の様子を示す。図3より多糖類の水溶液中で CaCO_3 粒子間に引力が働き、単糖類の水溶液中では引力が働いていない。また多糖類で分子量が大きい水溶性デンプン水溶液では低濃度かつ狭い範囲で、多糖類で分子量が小さいデキストリン水溶液ではある程度広い範囲の濃度で粒子間に引力が働いている事がわかる。さらに多糖類は添加量が増えると粒子間に斥力が働いている。

3. 考察とまとめ

天然あるいは合成高分子はほとんどのコロイド粒子に吸着して表面に厚い吸着層を形成するので、系の安定性に大きな影響を与える。この場合、高分子の添加量によって効果が大きく異なり、添加量がある大きさ以上になるとコロイド系の安定化を促集する分散効果(stabilizing effect)または保護効果(protective effect)を与え、また添加量が少ない場合は分散性を損なう凝集効果(flocculating effect)または増感効果(sensitizing effect)を示す^[4]。

多糖類を添加した場合も CaCO_3 粒子表面に吸着していることが凝集実験や加振実験の結果から考えられる。多糖類を少量添加する場合は CaCO_3 粒子間に橋を架けるように吸着して粒子間に引力が働き、ある程度多糖類を添加した場合は、 CaCO_3 粒子表面全体を覆うように吸着することで粒子間で近づけなくなり斥力が働く状態になると考えられる。

流れの記憶をする条件として水中でコロイド粒子間に引力が支配的に働いていることが必要であると先行研究でわかっているが、今回の凝集実験から多糖類を少量添加することで CaCO_3 粒子間に引力が支配的に働き、単糖類の添加では CaCO_3 粒子間に引力が働いていないことがわかった。また多糖類の分子量が大きい方が低濃度かつ狭い範囲で粒子間に引力が働き、多糖類に関しては添加量をさらに増加させていくと逆に CaCO_3 粒子間に斥力が働いていることがわかった。図2より流れの記憶をしたのは多糖類を添加した場合で、分子量が大きい水溶性デンプンは添加量が少なく狭い領域でしか流れの記憶をしていない。加振実験や凝集実験の結果が一致していることから、多糖類を少量添加することで CaCO_3 粒子間に橋を架けるように吸着し、粒子間引力が発生して流れの記憶ができるようになったと考えられる。

4. 参考文献

- [1] 中原明生, 松尾洋介, 大信田丈志, 「ペーストの記憶効果と破壊の制御への応用」, 日本物理学会誌, Vol. 70, No. 3 (2015), pp. 179 – 187.
- [2] 松尾洋介, 「Effect of Interaction on the Formation of Memories in Paste」, Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 81 No. 2 (2012), manuscript number 024801.
- [3] 馬場龍, 中原明生, 村松旦典, 「ペーストに混合させる高分子の長さがメモリー効果に及ぼす影響」, 第64回 日本大学理工学部 学術講演会(2020).
- [4] 立花太郎・目黒謙次朗・その他5名, 「コロイド化学—その新しい展開」, 共立出版株式会社, 1981年, p.145.

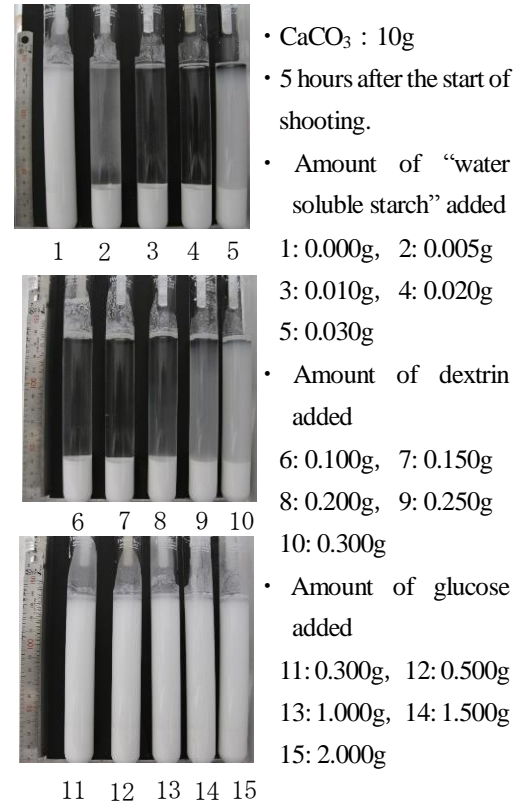


Fig.3 CaCO_3 particles in an aqueous solution in which saccharides are dissolved