

種々の塩を用いたスライムの合成と物性 (第2報)

熊本県立高森高等学校 理科部 化学班

1 研究の目的

昨年度の報告では、PVA水溶液の濃度が高いほどスライムが硬くなり、PVAの重合度が大きいほどスライムが硬くなることを報告した。また、PVAに FeCl_3 を加え、さらにNaOHを添加することでホウ砂を用いずにPVAをゲル化できることを発見した。

そこで、本研究では「 FeCl_3 に加え、数種の塩を用いてホウ砂を用いずにPVAがゲル化できるか検討する」また「種々の塩を用いたスライムのゲル化の仕組みを検討する」以上2つのことを目的として研究した。

2 研究方法・結果

【実験1】種々の塩を用いたスライムの合成

(方法) ① 10%PVA ($n=1000$) 溶液40g に0.5 mol/L FeCl_3 , FeSO_4 , CuCl_2 , CuSO_4 水溶液をそれぞれ2mLずつ加えた。

② ①の混合溶液をガラス棒でかき混ぜながら、10mol/L NaOH水溶液をこまごめピペットで数滴加えた。

(結果) いずれも沈殿を生じることなく、均一にゲル化した。

しかし、PVA溶液に先にNaOHを加えた後、塩水溶液を加えたところ、沈殿を生じた。

○ PVA+塩 にNaOHを添加 → 均一にゲル化した
 × PVA+NaOH に 塩を添加 → 沈殿を生じた
 →ゲル化するためには、塩水溶液とNaOH水溶液を
加える順序も重要であることが分かった。

図1 PVA- CuSO_4 ゲル生成の様子

【実験2】種々の塩を用いたスライムのNaOH溶液の濃度による粘度比較

<測定方法の工夫>

ゲル上面からおもりを落下させて、落下時間によるゲルの硬さ比較を行おうとしたが、固まったゲルに含まれる気泡により、おもりの落下時間が一定しなかった。

そこで・PVAやNaOHの濃度を薄くし、あえてゲル化させないようにする

・細い管状のものに溶液を通すことで、わずかな粘度の差を、流下時間の差として捉える

これらのアイデアから、ホールピペットを利用した粘度測定を行うことにした。

(方法) ① 2%PVA ($n=1000$) 溶液40g に0.5 mol/L FeCl_3 , FeSO_4 , CuCl_2 , CuSO_4 水溶液をそれぞれ2mLずつ加え、0~0.16 mol/L NaOH水溶液8mLを加えて全量を約50mLとした。

② これら粘性の異なる溶液の硬さ(粘度)を比較するため、10mLホールピペットの下部に標線を書き足し、上下の標線を液面が通過する時間をストップウォッチで測定した。

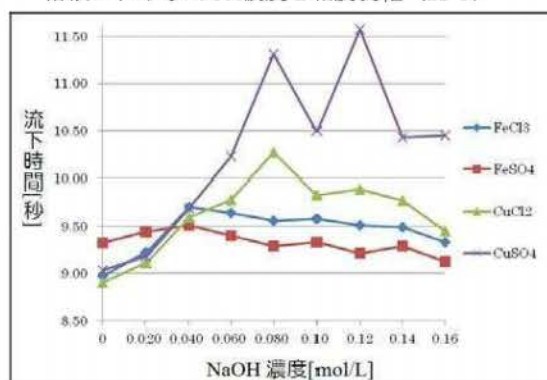
また溶液のpHも測定

した。

(結果) 表1 2%PVA($n=1000$)- FeCl_3 , FeSO_4 , CuCl_2 , CuSO_4 溶液におけるNaOH濃度と粘度・pHの変化 (21℃)

NaOH濃度[mol/L]		0	0.020	0.040	0.060	0.080	0.10	0.12	0.14	0.16
FeCl_3	平均流下時間[秒]	8.97	9.22	9.70	9.64	9.56	9.58	9.51	9.49	9.33
	pH	3.5	3.5	7.3	11.0	11.3	11.3	11.3	11.4	11.5
FeSO_4	平均流下時間[秒]	9.32	9.44	9.51	9.40	9.29	9.33	9.21	9.29	9.12
	pH	5.2	6.7	8.3	11.7	12.2	12.4	12.4	12.4	12.5
CuCl_2	平均流下時間[秒]	8.90	9.11	9.59	9.78	10.27	9.83	9.89	9.77	9.45
	pH	5.6	5.6	7.5	11.0	11.3	11.3	11.4	11.4	11.4
CuSO_4	平均流下時間[秒]	9.03	9.18	9.69	10.23	11.31	10.50	11.57	10.43	10.45
	pH	5.9	5.4	7.2	10.8	11.1	11.3	11.3	11.5	11.3

図2 2%PVA(n=1000) FeCl₃, FeSO₄, CuCl₂, CuSO₄ 溶液におけるNaOH濃度と粘度変化 (21℃)



- 塩の種類にかかわらずNaOH濃度を高くすると粘度は上昇するが、溶液がアルカリ性になった後は、NaOH濃度を高くすると粘度は減少に転じた。
- 塩（金属イオン）の種類により、PVA溶液の粘度に以下の大小関係が見られた。
粘度大 $\text{Cu}^{2+} > \text{Fe}^{3+} > \text{Fe}^{2+}$ 粘度小

【実験3】種々の塩を用いたスライム中の生成物の検討

- (方法) ① 2%PVA (n=1000) 溶液40g に0.5 mol/L FeCl₃, FeSO₄, CuCl₂, CuSO₄水溶液をそれぞれ2mLずつ加え、0.1 mol/L NaOH水溶液8mLを加えて全量を約50mLとした。
- ② この溶液をNo.2ろ紙を用いてろ過し、ろ液を島津製作所製UV-3600紫外可視近赤外分光光度計を用いて、波長350～650nmで吸光度を測定した。

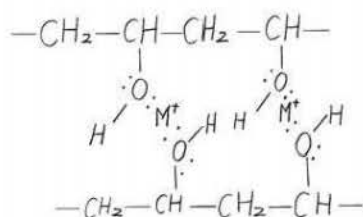
(結果)

- FeCl₃, FeSO₄の溶液は、350～650nmの波長域では目立った吸収が見られなかったが、溶液の性状等からFe(OH)₃が生成しているものと考えられる。
 - CuSO₄の溶液は、630～640nm付近に吸収が見られ、[Cu(OH)]_n (n=2～4) の存在が示唆された。
- ※CuCl₂の溶液は沈殿を取り除くことができなかったため、吸光度の測定を実施できなかった。

3 まとめ・考察

- (1) PVAとFeCl₃, FeSO₄, CuCl₂, CuSO₄の混合溶液にNaOHを添加することで、スライムを合成することができた。
- (2) PVAとNaOHの混合溶液に FeCl₃, FeSO₄, CuCl₂, CuSO₄を添加すると、沈殿を生じた。
- (3) FeCl₃, FeSO₄のゲル中にはFe(OH)₃が、CuSO₄のゲル中には[Cu(OH)]_n(n=2～4) の生成が示唆された。

これらの結果から、種々の塩を用いたスライムが合成される過程を以下のように推測した。



PVAの鎖の中に金属イオン(M⁺)が分散して固定される



分散して固定された金属イオンのそれぞれがOH⁻と反応しPVA中で水酸化物を生成

- (4) NaOHの濃度が大きくなると、スライムの硬さは硬くなった。しかし、溶液がアルカリ性になり、NaOHの濃度をさらに増していくと、スライムの硬さは減少した。

この結果から、種々の塩を用いて合成されたスライムは、金属の水酸化物が疎水コロイド、PVAが保護コロイドとなって「親水コロイド」であるスライムが形成されたのではと考えている。コロイドにNaOHを多量に加えることで「塩析」が起こり、粘度の減少がみられたのではないだろうか。