

「マグマの分化」モデルをつくるー混合溶液からの結晶析出ー

2年3組 久保 聡

2年3組 長山 真也

2年3組 若松 宗真

指導者 木村 康郎

1 課題設定の理由

玄武岩質マグマから組成の異なる様々な火成岩ができる現象を、マグマの分化と呼ぶ。これは、図1に示すように「高温のマグマの温度が下がり始めると、マグマの中で晶出温度が高い鉱物の結晶が生じ、それが沈殿することによって残ったマグマの組成が変化する。この現象が次々と起こることにより多様な火成岩が生じる。」と説明される。

一方、水溶液における物質の溶解度は、一般に高温ほど大きく、低温ほど小さい。そのため、高温の溶液を冷却すると温度による溶解度差によって結晶が析出する。そこで、高温で調製した混合溶液を母液とし、母液の温度を段階的に下げていくことによって結晶を析出させれば、マグマの分化のような現象をつくり出せるのではないかと考え、この課題を設定した。

目標は、3種類以上の物質を溶かした高温の混合溶液(母液)を調製し、それを冷却することによって、異なる物質の結晶が混合した析出物質の層を次々とつくり出していくことである。例えば、Fig.2のように、Aは60℃で、Bは50℃で、Cは40℃で飽和するような3種類の物質(A、B、C)を溶かした母液を仮定する。物質が相互に反応しなければ、次のように各結晶が混合した層を生じさせることができる。(図2)

母液を50℃まで冷却していくと、60℃までは析出物質は無く、60℃～50℃では物質Aは析出するがB、Cは析出しないので、Aのみの層ができる。Aの結晶をろ過して取り出し、ろ液を40℃まで冷却していく。50℃～40℃では物質Cは析出しないが、AとBは析出するのでAとBの混合物の層ができる。この結晶をろ過して取り出し、ろ液を30℃まで冷却していく。40℃～30℃では3種の物質はすべて析出するのでAとBとC3種の混合物の層ができる。この結晶をろ過して取り出す。

本研究では、硫酸銅(II)の青色三斜晶系結晶と硝酸カリウムの無色針状結晶の2物質を用いて異なる結晶組成の層をつくることに取り組んだ。

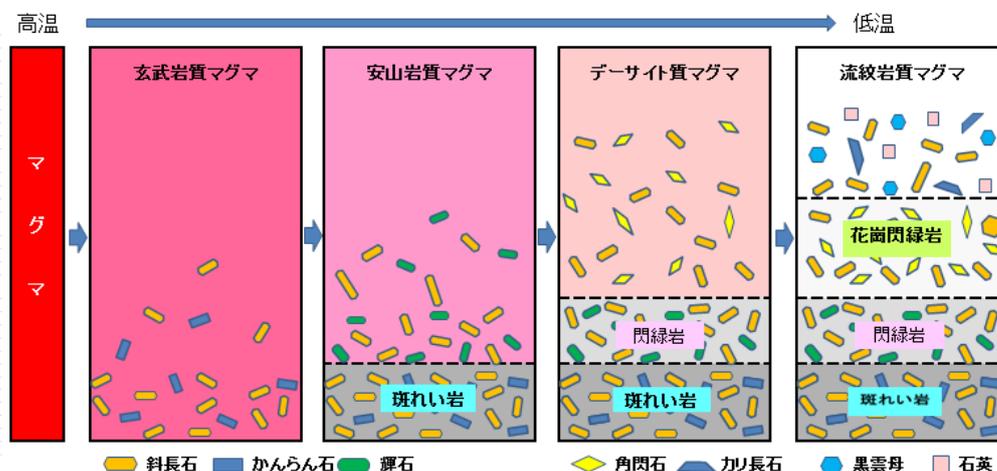


図1 マグマの分化 (温度低下と晶出鉱物)

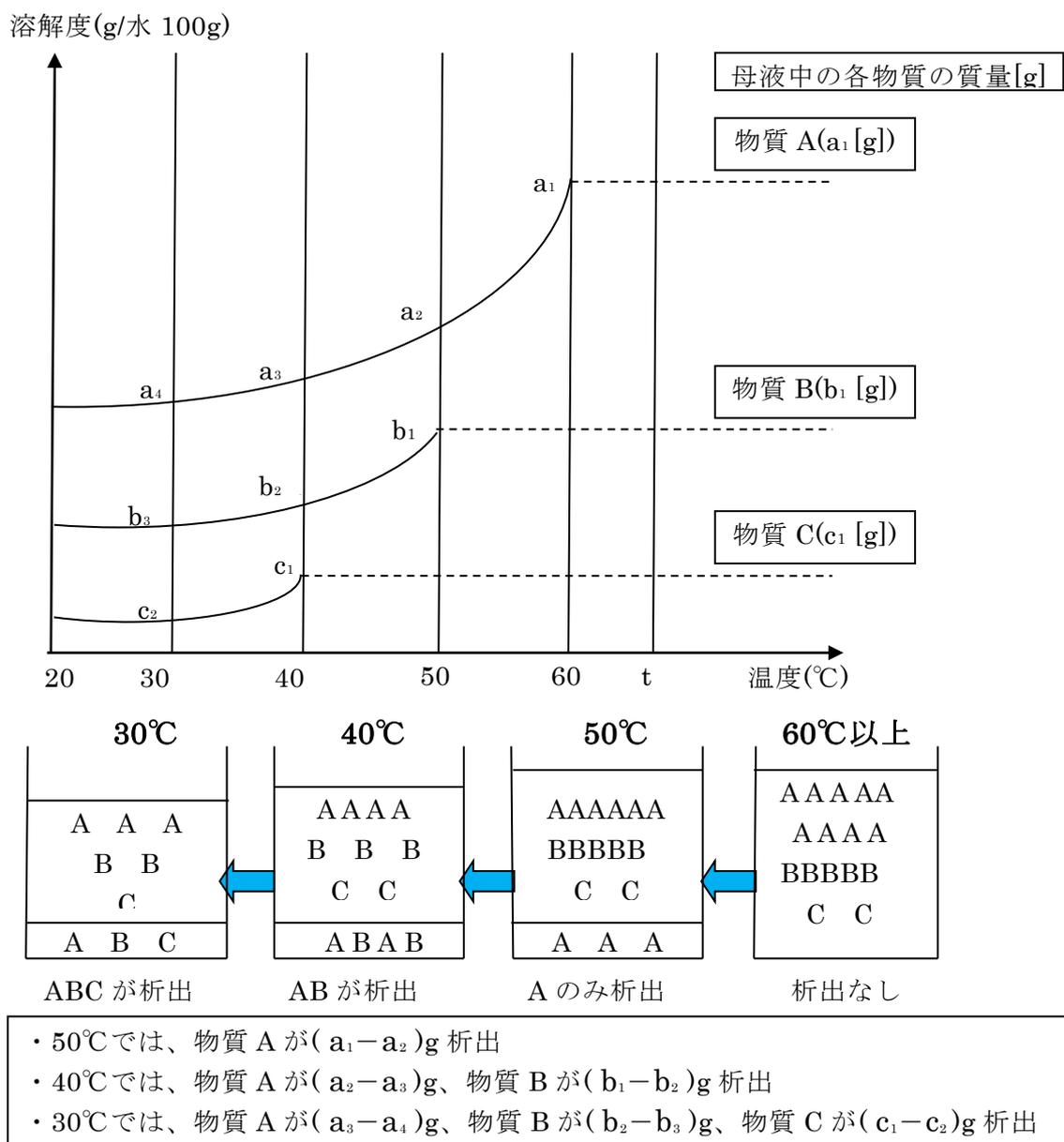


図2 温度と溶解度

2 仮説

混合溶液の温度を段階的に低下させると、析出する混合物には各結晶が異なる割合で含まれるので、マグマの分化に類似した現象を作り出すことができる。

3 実験・研究の方法

(1) 母液[硫酸銅(Ⅱ)と硝酸カリウムの混合溶液]を調製する。

ア 40°Cと60°Cにおける2物質の溶解度をもとに、結晶水を考慮して、各温度の水10gに溶ける結晶の質量を計算する。

イ 水に結晶を溶かす。

[母液A] : 60°Cで飽和となる硝酸カリウムと40°Cで飽和となる硫酸銅(Ⅱ)を水10gに加え、加熱して溶かす。

[母液B] : 40°Cで飽和となる硝酸カリウムと60°Cで飽和となる硫酸銅(Ⅱ)を水10gに加え、加熱して溶かす。

ウ 約80°Cに加熱して2物質を溶解する過程で、2物質より溶解度の小さい硫酸カリウ

ムが沈殿するので、ろ過して母液とする。

(2) 結晶を析出させ、取り出す。(各 4 本の試験管で行う。)

ア 50℃の恒温槽に母液を入れ、1 時間保持した後、吸引ろ過して析出した結晶を取り出す。

イ 40℃の恒温槽に移し、さらに 20 分保持した後、吸引ろ過して析出した結晶を取り出す。

ウ イと同様の操作を 30℃、20℃で行う。

(3) 析出した結晶を比較する。

4 結果と考察

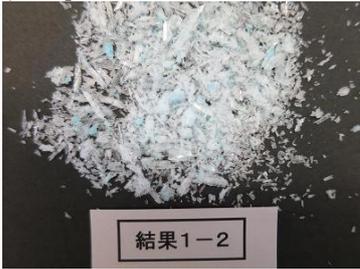
(1) 結果

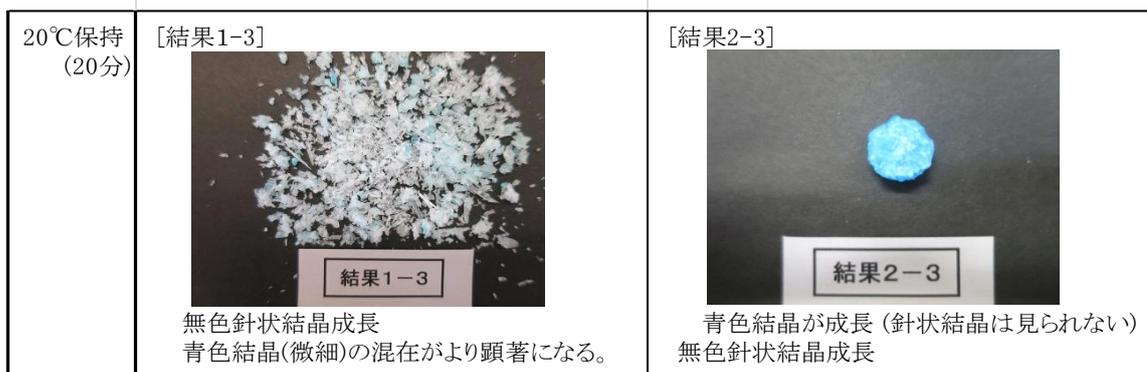
硝酸カリウムと硫酸銅(Ⅱ)の 2 物質を用いて実験した。実験 1 は、硝酸カリウムが 60℃で飽和、硫酸銅(Ⅱ)は 40℃で飽和となる質量をはかり取り、純水 10mL とともに試験管に入れて 80℃の湯浴を用いて攪拌した。混合溶液は白色沈殿を生じたので、ろ過して、ろ液を母液として用いることにした。

表 1 は、母液の温度を 50℃、40℃、30℃と段階的に低下させたときの結果である。

実験 1 では、まず硝酸カリウムの結晶だけが析出し、その後両者の結晶が析出して混合物の層ができた。実験 2 では、青色の結晶が塊状に析出し、成長した。

表 1 実験結果

保持温度 (時間)	約80℃の純水10mLに溶解させる	
	実験 1	実験 2
	KNO ₃ ……60℃で飽和する質量(g) CuSO ₄ ……40℃で飽和する質量(g) ※ 母液をつくる過程で溶解度の小さいK ₂ SO ₄ と推定される白色沈殿が生じるため、ろ過して、ろ液を母液とする。	KNO ₃ ……40℃で飽和する質量(g) CuSO ₄ ……60℃で飽和する質量(g) ※ 母液をつくる過程で溶解度の小さいK ₂ SO ₄ と推定される白色沈殿が生じるため、ろ過して、ろ液を母液とする。
50℃保持 (60分)	溶液のまま K ₂ SO ₄ の沈殿が底に少量	溶液のまま K ₂ SO ₄ の沈殿が底に少量
40℃保持 (20分)	[結果1-1]  結果1-1 無色針状結晶が成長	[結果2-1]  結果2-1 青色結晶が底に団塊状に少量析出(針状結晶は見られない)
30℃保持 (20分)	[結果1-2]  結果1-2 無色針状結晶成長	[結果2-2]  結果2-2 青色結晶が成長(針状結晶は見られない)



(2) 考察

ア 80℃の水には、どちらの物質も溶けるものと考えていたが、白色沈殿が生じた。存在するイオン(K^+ 、 NO_3^- 、 Cu^{2+} 、 SO_4^{2-})から考えると、この沈殿は硝酸カリウムや硫酸銅(II)よりも溶解度の小さい硫酸カリウム(K_2SO_4)が析出したと推察される。今後、その沈殿の同定を行うことが必要である。

イ 実験1、実験2とも、50℃まで冷却しても硝酸カリウムや硫酸銅(II)らしき物質の析出は起こらなかった。特に、硫酸銅(II)を多く加えた実験2では、硝酸カリウムがほとんど析出しなかった。表2のように、硫酸カリウム(K_2SO_4)が多量に析出すると、硫酸銅(II)しか析出しない可能性が生じ、結果と一致している。このことから、母液を作る過程で生じた白色沈殿は、溶解度の小さい K_2SO_4 と考えられる。

ウ 硝酸カリウムと硫酸銅(II)を用いる場合は、実験1のように硝酸カリウムを多く加える組み合わせがよい。

表2 混合溶液からの K_2SO_4 の析出

	硫酸銅(II)	硝酸カリウム	
Cu^{2+}	SO_4^{2-}	K^+	NO_3^-
Cu^{2+}	SO_4^{2-}	K^+	NO_3^-
Cu^{2+}	SO_4^{2-}	K^+	NO_3^-
Cu^{2+}	SO_4^{2-}	K^+	NO_3^-

5 まとめと今後の課題

- (1) 2物質の混合溶液としては、硫酸銅(II)の青色三斜晶系結と硝酸カリウムの無色針状結晶との組み合わせは、結晶の色、形とも明確に異なるので判別が容易であり、この実験に適した素材である。このような組み合わせを蓄積し、3種以上の混合溶液を母液とした結晶の析出につなげたい。
- (2) 混合溶液からの結晶析出においては、現れた結晶を容易に判別できる物質の組み合わせが大切である。各物質が互いに色や形の違う結晶を析出する組み合わせ、または、温度が低下すると元の物質と異なるイオンの組み合わせが生じて色や形が全く異なるものになる物質の組み合わせなどが最適である。

参考文献

- ・ 社団法人日本化学会(1973)『化学便覧基礎編』丸善株式会社 p.628-666
- ・ 数研出版編集部(2013)『化学図録』数研出版株式会社 p.250-253