

# 「マグマの分化」モデル製作の試み2—混合溶液からの結晶析出—

2年4組 浅井 理佐    2年4組 宮崎 里紗  
 2年4組 山崎 莉来    2年4組 渡邊 愛佳  
 指導者 木村 康郎

## 1 課題設定の理由

宇和島地域の地質は、四万十帯中生界に属し、砂岩と泥岩などを中心とした堆積岩から形成されているが、**図1**のように、鬼ヶ城山や篠山などごく限られた地域には新第三紀花崗岩類が存在し、この地域の溪谷（滑床、成川、薬師谷など）には花崗岩の露頭が見られる。

花崗岩などの火成岩は地下のマグマから形成されるが、マグマの温度低下に伴って「マグマの分化」と呼ばれる現象が起こり、組成の異なる多様な岩石が生まれる。

この現象は、**図2**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の高い鉱物の結晶が生じ、それが沈殿するために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できる。」と説明される。

久保ら（2016）は、同一のマグマから多様な火成岩が生じることに着目し、混合溶液を冷却することによって色や形の異なる結晶を段階的に析出させるマグマの分化モデルを作ることを試みた。2物質を析出させる型式として、硝酸カリウムと硫酸銅(II)を組み合わせたモデルを報告している。本研究では、久保ら（2016）の研究を引き継ぎ、マグマの分化モデルの改良に取り組んだ。

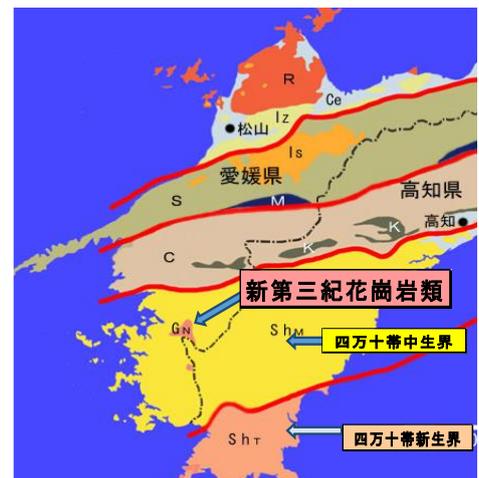


図1 宇和島地域の地質

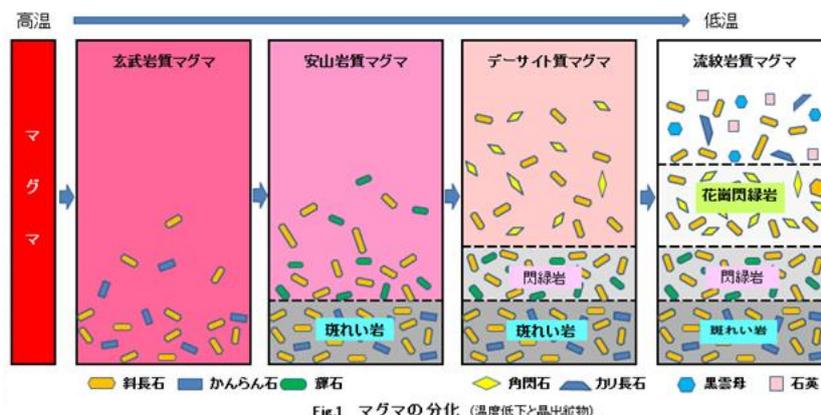


Fig.1 マグマの分化 (温度低下と晶出鉱物)

図2 マグマの分化 (温度低下と晶出鉱物)

## 2 新モデル製作の方法

久保ら（2016）が明らかにした2物質を析出させるモデルにもう1種類の物質を加え、3種類

以上の結晶を析出させることができれば、モデルの実用化に大きく近づく。そのため、新たに加える物質を選定し、結晶が析出する条件を探った。

### 3 実験方法

- (1) 新たに加える第三の物質の候補を選定する。結晶の色、形や溶解度などを考慮して、析出物質の候補として次の物質を選んだ。
  - チオ硫酸ナトリウム 5 水塩 ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )[無色柱状結晶]
  - フェリシアン化カリウム ( $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ )[赤色結晶]
  - 塩化コバルト(II) 6 水和塩 ( $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )[赤色結晶]
- (2) 候補とした物質と硝酸カリウムまたは硫酸銅(II)の 2 物質の混合溶液をつくり、候補としてふさわしいかを予備実験により確かめる。
- (3) (2)で確認された物質について高温混合溶液を作成する。
- (4) 溶液を冷却して、結晶を析出させる。
- (5) 吸引ろ過をして、得られた結晶を洗浄する。
- (6) ろ液は容器に戻し、ウ〜エを二回繰り返して、各温度段階での結晶を得る。

### 4 結果と考察

- (1) チオ硫酸ナトリウムと硝酸カリウムはどちらも無色結晶であるが、結晶の形の違いによって両者を判別できると期待して候補とした。しかし、析出したのは細かな無色結晶の混合物で、両者の判別は難しいことがわかった (表 1)。
 

結晶させる時間を 20 分と限定したことにより結晶が十分成長できず、細かい結晶となったために判別が難しくなったことが考えられる。
- (2) フェリシアン化カリウムは赤色結晶で、他の 2 種の結晶と色が異なるので第三の物質の候補とした。しかし、硫酸銅(II)水溶液と混合すると黄褐色の沈殿を多量に生じるため、候補から除くことにした (表 2)。
- (3) 塩化コバルトは赤色結晶で、(2)と同様の理由で候補とした。硝酸カリウムとの混合溶液を冷却すると、硝酸カリウムの無色結晶の中に塩化コバルトの赤色結晶をわずかに含むことがわかったので (表 3)、第三の物質とすることに決定した。

表 1 <結果 1>チオ硫酸ナトリウムと硝酸カリウムの混合

		試験 1		試験 2	
混合溶液		純水	10mL	純水	10mL
		$\text{KNO}_3$	32.7g	$\text{KNO}_3$	16.3g
		$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	35.0g	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	35.0g
結果	40℃保持 (20分)	硝酸カリウムと思われる無色結晶が析出した。		どちらの結晶も析出されなかった。	
	20℃保持 (20分)	無白色結晶が析出したが、結晶混合物の中に各物質の結晶を区別できなかった。		無色結晶が析出したが、結晶混合物の中に各物質の結晶を区別できなかった。	

表2 <結果2>フェリシアン化カリウムと硫酸銅(Ⅱ)の混合

		試験1	
混合溶液	純水		10mL
	CuSO <sub>4</sub> ・5H <sub>2</sub> O		16.2g
	K <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]		6.9g
結果	混合時に褐色の沈殿を生じた。 (次の段階に進むには不適である。)		

表3 <結果3>塩化コバルトと硝酸カリウムの混合

		試験1		試験2		試験3	
混合溶液	純水	1.0mL		純水	1.0mL	純水	10mL
	KNO <sub>3</sub>	2.58g		KNO <sub>3</sub>	2.58g	KNO <sub>3</sub>	16.3g
	CoCl <sub>2</sub> ・6H <sub>2</sub> O	3.01g		CoCl <sub>2</sub> ・6H <sub>2</sub> O	4.58g	CoCl <sub>2</sub> ・6H <sub>2</sub> O	6.00g
結果	40℃保持 (20分)	無色結晶の中に少量の赤色結晶が析出した。		青色結晶と白色結晶の混合結晶が析出した。		青紫色結晶が析出した。	
	20℃保持 (20分)	無色結晶のみが析出した。		青紫色結晶が析出した。		桃色結晶が析出した。	

- (4) 炉紙上の結晶は塩化コバルトの赤色の溶液によって全体が着色しているので、洗浄することが必要であるが、塩化コバルトは潮解性があり、純水での洗浄は不適である。そのためメタノールとジエチルエーテルを3：2の体積比で混合した溶液を洗浄に用いた。(塩化コバルトはメタノールには溶けて青色を呈し、ジエチルエーテルには不溶である。)
- (5) 塩化コバルト、硝酸カリウム、硫酸銅(Ⅱ)の3物質で混合溶液をつくると、黒色の沈殿が生じた。ろ液を冷却すると、白色結晶と赤色結晶が得られ、硫酸銅(Ⅱ)の青色結晶は生じなかった。硫酸銅(Ⅱ)の成分イオンが黒色沈殿を形成する物質となったため、ろ液中に含まれなくなったと考えられる。この結果、この3物質の組み合わせも妥当でないことがわかった。

表4 <結果4>塩化コバルトと硝酸カリウムと硫酸銅(Ⅱ)の混合

		試験1		試験2	
混合溶液	純水	1.0mL		純水	1.0mL
	KNO <sub>3</sub>	3.00g		KNO <sub>3</sub>	3.00g
	CuSO <sub>4</sub> ・5H <sub>2</sub> O	1.90g		CuSO <sub>4</sub> ・5H <sub>2</sub> O	2.20g
	CoCl <sub>2</sub> ・6H <sub>2</sub> O	3.01g		CoCl <sub>2</sub> ・6H <sub>2</sub> O	3.01g
結果	50℃保持 (20分)	桃色結晶と少量の無色結晶が析出した。		桃色結晶と無色結晶が析出した。	
	40℃保持 (20分)	桃色結晶と無色結晶が析出した。		桃色結晶と無色結晶が混合した結晶が析出した。	

## 5 まとめと今後の課題

今回の研究で、三種類の結晶を段階的に析出させることはできなかった。

特に、同色の結晶を用いる場合には、混合溶液から結晶を析出させるとき、時間をかけてゆっくり冷却しながら、大きな結晶に成長させていくような方法が必要と考えられる。

赤色の結晶としてフェリシアン化カリウムと塩化コバルトの2つの物質を候補としたが、どちらも他の2物質と反応して沈殿をつくるため、混合溶液をつくる候補としてはふさわしくないことがわかった。

## 参考文献

- ・化学大辞典編集委員会（1993）『化学大辞典』共立出版株式会社
- ・久保聡・長山真也・若松宗真（2016）「「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」『平成27年度SSH生徒課題研究論文集』愛媛県立宇和島東高等学校 p.101-104