

# 観察・実験活動とメタ認知的技能の関係

— 結晶作成課題を用いた場合 —

松浦 拓也

(2001年9月28日受理)

Relations between the experiment and metacognitive skills  
— A case of crystal task —

Takuya Matsuura

The purpose of this study is to examine the structural relationship between student experiment and some metacognitive skills: planning, checking, and monitoring their own work. In order to measure those skills, the investigator sets each 39 grade 8 student the task to make out an aluminous crystal for him or herself. The investigator, then, scores the design of the experiment, the product (an aluminous crystal), and written report in terms of interpreting data, revising the experiment, and controlling variables.

The result of the analysis, using the Structural Equation Modeling (SEM), supported the direct effect of the designing skills on data interpretation and revising, the direct effect of the scientific knowledge on data interpretation, and the direct and indirect effect of interpreting data on the product, mediated by revising the experiment and controlling variables.

Key words: experiment, metacognitive skills, SEM, crystal task

キーワード：観察・実験、メタ認知的技能、SEM、結晶作成課題

## 1. 問題の所在

近年、自己教育力や生きる力とともに「メタ認知」の問題解決における有用性が注目されている。このメタ認知とは、例えば Bruer (1993) は、思考について思考する能力、問題解決者としての自分自身に意識的に気づく能力、自分の心的過程をモニタしてコントロールする能力であるとしている。そして、このメタ認知は、メタ認知的知識とメタ認知的技能という2つの側面から捉えることができる。この2つの側面に関して Brown & Campione (1981) は、前者のメタ認知的知識を、人が自分の認知的資源や学習者としての自分自身と学習自体との適合性についてもっている知識、後

者のメタ認知的技能を、学習あるいは問題解決を目指して進行している試みの間に行われている自己調整の機制であるとそれぞれ規定している。また、Brown (1978) は、科学的な操作やモデルを構成するという教授・学習の視座から、上述したメタ認知の2つの側面のうち、特に後者のメタ認知的技能に着目した。彼女は、このメタ認知的技能を発達的に捉え、計画立案、点検、モニタリングといった実行過程が広い範囲の学習事態における効率的な思考の基本的特徴ではないかと考えている。

上述のメタ認知に関して、岩崎・山口 (1998) は、メタ認知概念の拡張に関する検討の中で、問題解決の遂行とメタ認知との間に関連があることを指摘している。また、数学教育においては、メタ認知は問題解決を推進する機能を持つと考えられ、メタ認知の問題解決を推進する機能についての理論的研究やメタ認知の問題解決における実行過程に関する研究などが多く行われている (Schoenfeld 1985, 岡本 1991, 加藤 1999

---

本論文は、課程博士候補論文を構成する論文の一部として、以下の審査委員により審査を受けた。

審査委員：角屋重樹（指導教官）、池田秀雄、落合洋、中原忠男、森敏昭

など)。

理科教育においてもメタ認知の有用性は注目されており、これまでに様々な研究が行われている。Baird *et al.* (1982, 1986, 1991) は、子ども達に、学習を自分自身で制御する能力を育成することでメタ認知を高めることができると考え研究を行っている。その結果、教師の態度、観念、能力などが生徒のメタ認知の育成に影響するとしている。しかし、子ども達が獲得したメタ認知的な能力が、他の問題解決場面へ転移することは困難であるという知見を報告している。この他にも、メタ認知的な考え方が、概念地図法を用いた研究 (Novak & Gowin 1984) や認知的方略の枠組みによる研究 (市川ら 1995, 堀・市川 1997) などにおいて適用されている。しかし、理科学習できわめて重要な問題解決活動である観察・実験をメタ認知という視点から捉え、この観察・実験とメタ認知の関係を明らかにした研究は見られないようである。

## 2. 目 的

前述したように、メタ認知に関する研究は様々な視点から行われてきている。しかし、これまでに観察・実験活動とメタ認知の関係を明らかにした研究は見られない。このため、筆者 (松浦・角屋 2001) は、メタ認知 (その中でも特にメタ認知的技能) と観察・実験活動の関係を明らかにするために、まず観察・実験活動における思考過程にはどのような要因が影響しているのかを検討した。その結果、目的を把握する力や思考スキルの有無が、観察・実験活動における思考過程に影響を与えることが明らかとなった。前項で述べた Brown の考え方によると、メタ認知的技能は計画立案、点検、モニタリングといった一連の実行過程である。思考活動に影響を与える要因の調査では、この一連の実行過程に対する背景要因を検討したが、計画立案、点検、モニタリングといった一連の過程を直接捉えてはいない。

そこで、観察・実験活動とメタ認知的技能の関係を検討するためには計画立案、点検、モニタリングといった一連の過程を実際の観察・実験活動の詳細な分析から明らかにする必要がある。このため本研究では、構造方程式モデリング (Structural Equation Modeling: SEM) を用いて、観察・実験活動とメタ認知的技能の関係を検討することを目的とした。

## 3. 方 法

### (1) 調査方法

本研究では、観察・実験活動とメタ認知的技能の関係を検討するために、メタ認知的技能の一連の実行過程を実際の観察・実験活動の分析から明らかにする必要がある。そこで、本研究では、調査課題となる観察・実験活動としてミョウバン (硫酸アルミニウムカリウム:  $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ) の結晶作成を用いることにした。本調査においてこの課題を用いることの利点としては、被験者一人ひとりで行うことができる、自宅で行うことが可能であるために十分な試行錯誤の時間を確保することができる、結晶という形で結果が明確に現れるため客観的な評価が容易である、比較的安全であるなどの点が挙げられる。但し、家庭で行うために、観察・実験の行われている様子を直接観察することが出来ない、被験者間の環境を統制することが事実上不可能であるといった欠点が存在する。しかし、実験室において短時間で行われる観察・実験や計算課題などでは測定することのできない実践的なデータを得ることができると考えた。

メタ認知の調査における評価の方法としては、これまで質問紙法、面接法、刺激再生法などが用いられている。しかし、本研究で用いる課題は長時間にわたる観察・実験であるため、このような評価方法は適していない。このため、観察・実験活動におけるメタ認知的技能の評価は、まず被験者が作成したレポートにより「検討、やり直し、条件制御」が行われているか否かを判断し、それぞれ3段階で得点化することで行った (課題の出題文、評価基準の詳細は Appendix 参照)。そして、観察・実験活動の結果である結晶の出来具合に関しては、「形、大きさ、美しさ」の3つの観点からそれぞれ5段階で得点化した。なお、この結晶の評価は客観性を確保するために2名で行った。

しかし、結晶作成課題のレポートでは、計画立案の過程までを評価することは困難である。そのため、結晶作成課題とは別に自由記述によって実験計画を作成させることから、計画立案の能力として実験計画技能を測定することとした。なお、この自由記述による調査課題は、「未知の液体を調べる」「植物の光合成について調べる」の2つのテーマを設定し、2回に分けて行った。また、評価においては「目的の設定、適切な実験の計画、目的と計画の整合性」の3つの観点を設定し、それぞれ3段階で得点化を行った。

上述の考えのもとに、本研究においては、実験計画技能及び観察・実験における検討、やり直し、条件制御をメタ認知的技能の実行過程である計画立案、点検、

モニタリングに対応させることとした。

また、この観察・実験活動においては理科の知識・理解も影響することが予想できる。このため、特に結晶作成に影響を及ぼすと考えられる、中学校理科1分野の化学領域の知識・理解を測定する調査を併せて行った。これら調査課題及びその評価方法についてまとめたものを表1に示す。

表1 調査概要

調査内容・評価観点	
観察・実験	○結晶（ミョウバン）の作成 ・レポートより、検討、やり直し、条件制御について3段階で評価 ・出来た結晶より、形、大きさ、美しさについて5段階で評価
実験計画技能	○実験計画の作成（2種） 「未知の液体を調べる」 「植物の光合成について調べる」 ・目的の設定、適切な実験の計画、目的と計画の整合性について3段階で評価
理科の知識・理解	○中学校理科1分野化学領域を中心とした知識・理解に関する問題 ・計4回の調査の得点を合計し、その得点を基に5段階で評価

(2) 被験者及び調査時期

調査対象は、広島県内の中学2年生39名であった。また、調査は2000年7月から2001年1月にかけて実施した。

4. 調査結果及び分析

実験計画技能、検討、やり直し、条件制御、理科の知識・理解（以下、理科の知識と略記）と観察・実験活動の結果（以下、結晶の出来と略記）の関係を構造的に捉えるために、まず、各項目間の相関係数を算出した。そして、この結果を基に観測変数の構造方程式モデルを構成し適合度の検討を行った。但し、実験計画技能、結晶の出来に関する項目にはそれぞれの合計得点を使用している。分析にはSPSS 10及びAmos 4を使用した。この詳細を以下に示す。

(1) 項目間の相関

まず、各項目に対する39名の得点をもとに相関係数を算出した。その結果を表2に示す。表2より、相関係数の値が有意に高い組み合わせに着目すると、検討、やり直し、条件制御が結晶の出来具合に直接的に影響しているといえる。また、検討はすべての項目と関連があるといえる。なお、有効被験者数は33名であった。

(2) 観察・実験活動の構造の検討

結晶の出来を、実験計画技能、検討、やり直し、条件制御、理科の知識で説明するモデルを観測変数の構造方程式モデルによって構成した。この逐次モデルを分析した結果を図1及び表3に示す。また、各項目の結晶の出来に対する標準化効果（直接効果、間接効果、総合効果）の値を次頁の表4に示す。

表2 項目間の相関係数（N=33）

	実験計画技能	条件制御	やり直し	検討	結晶の出来
条件制御	0.227	1			
やり直し	0.325	0.292	1		
検討	0.482 <sup>**</sup>	0.483 <sup>**</sup>	0.350 <sup>*</sup>	1	
結晶の出来	0.130	0.465 <sup>**</sup>	0.399 <sup>*</sup>	0.499 <sup>**</sup>	1
理科の知識	0.576 <sup>**</sup>	0.260	0.209	0.412 <sup>*</sup>	0.297

\*\* : p<0.01, \* : p<0.05

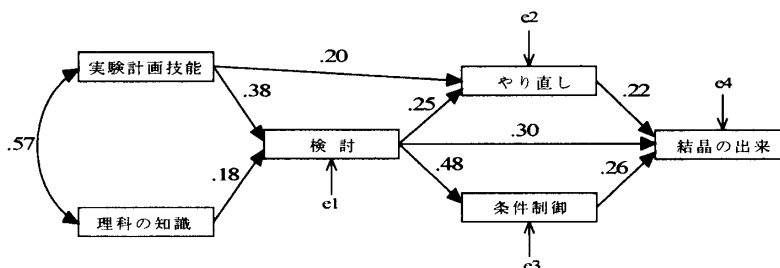


図1 結晶の出来に影響を及ぼす要因構造

表3 モデルの適合度

カイ2乗検定			GFI	AGFI	RMSEA
$\chi^2$	df	p			
3.902	6	0.690	0.963	0.871	0.000

表4 結晶の出来に対する標準化効果

	直接効果	間接効果	総合効果
理科の知識	—	0.087	0.087
実験計画技能	—	0.227	0.227
検討	0.300	0.181	0.481
やり直し	0.221	—	0.221
条件制御	0.259	—	0.259

モデルの適合度をまとめた表3から、次のことがいえる。まず、カイ2乗検定の結果は $\chi^2=3.902$ 、 $df=6$ 、 $p=0.690$ であった。また、モデルの適合度指標(GFI)は0.963、修正適合度指標(AGFI)は0.871、RMSEAは0.000である。このことから、作成したモデルと標本データが十分適合しているといえる。このため、本分析において構成したモデルは調査結果をよく説明しているといえる。

しかし、本調査では有効被験者数が33名と少ないため、図1に示したモデルの解が安定していない可能性がある。そこで、母集団分布を仮定する必要がなく、大規模なケース数も要求されないノンパラメトリックな手法(岸野 1992, 山本・小野寺 1999)とされるブートストラップ(Bootstrap)法によりシミュレーションを行うことで、最尤法によって推定した各係数の誤差の評価を行った。その結果を、表5に示す。なお、被験者数が少ないためシミュレーション回数は500回とした(奥村 1986)。

表5に示すように、500回のシミュレーションを行った結果、シミュレーションから得られた係数の平均とデータから求められた係数(推定値)との差であるBiasの値が-0.015~0.013の間に収まっている。このため、有効被験者数が33名であることも考慮すると、推定した係数の誤差は許容できる範囲であると考えられる。また、Bollen-Stineのブートストラップ検定を併せて行った。

その結果、観測優位水準が $p=0.735$ となりモデルが真であるという帰無仮説が採択された。このように、Biasの値が比較的小さく、シミュレーションによる検定結果も有意であり、また、モデルの構成が解釈上有意味であることから考案したモデルは本調査事例において妥当であると考えた。

この結果、図1に示したモデル及び表4に示した結晶の出来に対する各効果から以下のことがいえる。まず、実験計画技能が検討とやり直しに影響しており、その直接効果はそれぞれ0.38、0.20である。一方、理科の知識の検討に対する直接効果は0.18であり、あまり影響を及ぼしているとはいえない。しかし、実験計画技能との間には0.57と比較的強い相関関係がある。そして、実験計画技能から大きく影響を受ける検討は、結晶の出来に直接影響しているとともに、やり直し、条件制御を経て結晶の出来に間接的にも影響している。このため、結晶の出来に対する総合効果が0.48と最も大きくなっている。

## 5. 結果のまとめと含意

本研究は、観察・実験活動(結晶の出来)と実験計画技能、検討、やり直し、条件制御、理科の知識の関係を、SEMを用いて明らかにすることから、観察・実験活動とメタ認知的技能の関係を検討することを目的とした。その結果、主に、実験計画技能が検討、やり直しに影響していること、さらに、検討がやり直し、条件制御に影響を及ぼすことによって成功的な観察・実験活動が行われるという構造が明らかとなった。

この結果を、計画立案、点検、モニタリングなどのメタ認知的技能の一連の実行過程との関係から検討すると次のようになる。まず、計画立案に対応する実験計画技能が、点検、モニタリングに対応する検討、や

表5 ブートストラップ標本の概要

標準化係数	推定値	Bootstrap (N=500)				
		S.E.	S.E.	Mean	Bias	S.E. Bias
検討 <-- 実験計画技能	0.378	0.169	0.005	0.373	-0.005	0.008
検討 <-- 理科の知識	0.181	0.183	0.006	0.186	0.005	0.008
条件制御 <-- 検討	0.483	0.118	0.004	0.490	0.006	0.005
やり直し <-- 検討	0.253	0.172	0.005	0.252	-0.001	0.008
やり直し <-- 実験計画技能	0.203	0.197	0.006	0.210	0.007	0.009
結晶の出来 <-- やり直し	0.221	0.143	0.005	0.206	-0.015	0.006
結晶の出来 <-- 条件制御	0.259	0.171	0.005	0.272	0.013	0.008
結晶の出来 <-- 検討	0.300	0.154	0.005	0.293	-0.007	0.007

Bollen-Stine Bootstrap :  $p=0.735$

り直し、条件制御のうち、検討に影響を及ぼしている。そして、検討がやり直し、条件制御、結晶の出来に影響を及ぼしていることからことから、点検、モニタリングが行われるためには目的を把握し、その目的に沿った問題解決の計画を立てる能力が学習者に必要であるといえる。また、点検、モニタリングによって学習者が問題解決の状況を把握し、より良い解決方法を考案しているといえる。これらのことから、観察・実験活動においてメタ認知的技能は重要な役割を果たしているといえる。

また、問題解決の結果である結晶の出来には、検討、やり直し、条件制御という過程が直接影響を及ぼすという結果は、Swanson (1990)の研究に対して述べられた岡本(1999, p.56)の「たとえ基礎能力が劣っていたとしても、自分自身の認知や思考に気づき、制御することができれば十分に効果的な認知活動や思考活動を行うことができる」という見解とも一致しているといえる。このことから、成功的な問題解決には検討、やり直し、条件制御という過程が影響するといえる。

なお、やり直し、条件制御が検討へ影響を及ぼしていることも十分考えられるが、本研究においては明確な影響は見られなかった。

次に、本調査で用いた結晶作成の課題を、教材として捉え直した場合の有効性について考える。本調査で使用した結晶作成の課題は「2. 方法」でも述べたように、結晶という形で結果が明確に現れるという特徴がある。また、一人ひとりが十分な時間をかけて行うことができる。そのため、子どもが、自身の見通しと観察・実験の結果の一致、不一致を容易に確認することができる。そして、自身の見通しと観察・実験の結果が一致しなかった場合には、結晶を溶かして何度でもやり直すことが可能である。子どもたちは、このような活動を経験する中で計画立案、点検、モニタリングといった一連の過程の重要性を認識するようになり、メタ認知的な技能が育成されるのではないかと考える。このことを傍証するため、ある被験者がレポートの最後に記した感想を次に示す。

「—この実験で分かったことは、実験を一回で成功させるのが難しいことだ。失敗を経験し、それを改良して成功させることが大切なのだと思った。結晶づくりも簡単ではないなと実感させられた。—」

この被験者は、問題解決の一連の過程すべてを自分自身でやり遂げることの困難さを実感しているといえる。そして、失敗の原因を分析し、再び実験を行うこ

とで問題を解決していくことの大切さを、この実験を通して実感しているといえる。

また、本課題は個人によって行うものであったが、問題解決においては、協同(collaboration)という視点からも多くの研究が行われている。これらは、「構成員の協力した結果が、相互作用によって、構成員個々の成果の総計以上のものになる」といった相互作用、相互依存による問題解決の有用性について検討している(植田・岡田 2000)。個人による問題解決、協同による問題解決どちらにも、それぞれ独自の良さが存在するため、課題の特性や問題解決の目的に応じて学習形態を使い分ける必要があると考える。

## 6. おわりに

本研究では、事例的研究として中学2年生1クラスを対象に調査を行った。このため、得られたモデルがメタ認知的技能の構造すべてを表現しているとは考えていない。しかし、本研究の意義は、観察・実験活動の一連の過程を計画立案、点検、モニタリングというメタ認知的技能の過程として構造的に示したことにあると考える。今後は、刺激再生法などを用いて検討の過程をより詳細に調査すること、得られた結果を基にメタ認知的技能の育成を目指した指導の原理を構成し、授業実践を通して有効な指導方法を開発、検証していくことなどが課題であると考えられる。

## 引用・参考文献

- Baird, J.R. & White, R.T. (1982). A case study of learning styles in biology. *European Journal of Science Education*, Vol.4, No.3, pp.325-337.
- Baird, J.R. (1986). Improving learning through enhanced metacognition: a classroom study. *European Journal of Science Education*, Vol.8, No.3, pp.263-282.
- Baird, J.R., Fensham, P.J., Gunstone, R.F., & White, R.T. (1991). The importance of reflection in improving science teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.28, No.2, pp.163-182.
- Brown, A.L. (1978). Knowing when, where, and how to remember: A problem of metacognition. In Glaser, R. (Ed.). *Advances in Instructional Psychology Vol.1*. LEA.
- 湯川良三・石田裕久(訳)(1984)『メタ認知』サイエンス社。

- Brown, A.L. & Campione, J.C. (1981). Inducing flexible thinking: The problem of access. In Friedman, M.P., Das, J.P., O'Connor, N. (Eds.). *INTELLIGENCE AND LEARNING*, Plenum Press, pp.515-529.
- Bruer, J.T. (1993). *Schools for thought: a science of learning in the classroom*. MIT Press, p.67.
- 松田文子・森敏昭 (監訳) (1997) 『授業が変わるー認知心理学と教育実践が手を結ぶとき』北大路書房, p.60.
- 堀哲夫・市川英貴 (1997) 「認知的方略の実態とその育成に関する研究ー中学1年「音」の概念を事例にしてー」『日本理科教育学会研究紀要』 Vol.37, No.3, pp.25-32.
- 市川英貴・戸北凱惟・堀哲夫 (1995) 「電流回路モデルによる中学生の認知的方略の育成」『日本理科教育学会研究紀要』 Vol.36, No.2, pp.21-31.
- 岩崎秀樹・山口武志 (1998) 「メタ認知は教授-学習の成因か成果かー数学教育におけるメタ認知概念の拡張に関する考察ー」『科学教育研究』 Vol.22, No.4, pp.178-190.
- 加藤久恵 (1999) 『数学的問題解決におけるメタ認知の機能とその育成に関する研究』広島大学学位論文.
- 岸野洋久 (1992) 『社会現象の統計学』朝倉書店.
- 松浦拓也・角屋重樹 (2001) 「観察・実験活動における思考活動に影響を及ぼす要因構造の検討」『日本教科教育学会誌』 Vol.22, No.2, pp.31-36.
- Novak, J.D. & Gowin, D.B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge University Press.
- 福岡敏行・弓野憲一 (監訳) (1992) 『子どもが学ぶ新しい学習法』東洋館出版社.
- 岡本真彦 (1991) 「発達の要因としての知能及びメタ認知的知識が算数文章題の解決におよぼす影響」『発達心理学研究』 No.2, Vol.2, pp.78-87.
- 岡本真彦 (1999) 「メタ認知と思考の自己制御」北尾倫彦(編)『自ら学び自ら考える力を育てる授業の実際』図書文化, pp.54-57.
- 奥村晴彦 (1986) 『パソコンによるデータ解析入門』技術評論社.
- Schoenfeld, A.H. (1985). *Mathematical Problem Solving*, Academic Press.
- Swanson, H.L. (1990). Influence of Metacognitive Knowledge and Aptitude on Problem Solving. *Journal of Educational Psychology*, Vol.82, No.2, pp.306-314.
- 植田一博・岡田猛 (編著) (2000) 『協同の知を探る』共立出版.
- 山本嘉一郎・小野寺孝義 (編著) (1999) 『Amos による共分散構造分析と解析事例』ナカニシヤ出版.
- (使用 Software)  
SPSS® 10.0J, SPSS Japan Inc.  
Amos® 4.0J, SPSS Japan Inc.

(指導教官：角屋重樹)

Appendix A 課題の出題文

ミョウバンの結晶を作ってみよう  
(固体を過飽和の溶液から取り出す方法による)

**[解説]** 溶液の温度が下がると、やがて飽和溶液の状態になる。さらに温度が下がると、溶解度を越える質量の分だけは固体となって析出するはずであるが、ごく静かに放置された場合はしばらく析出してこない。このように、一時的には飽和溶液よりも濃い状態になっている溶液を「過飽和溶液」という。過飽和溶液は不安定な状態であるので、さらに冷却したり、液をかくはんしたり、溶液の（－以下略－）

**[方法]**

**I. 種結晶を作る。**

- ① コップ半分くらいの水を暖め（約 50℃）、これにミョウバンを溶かす。
- ② この溶液を皿に入れて放置冷却すると、1 日くらいで小さな結晶ができる。糸でしばれるくらいに成長したら、取り出して乾燥させる。これを種結晶として、次のⅡの実験に用いる。

⇒ ①で溶かすミョウバンの量は、溶解度を参考にして考えること。種結晶の作り方は、この方法だけではないので、別の方法を調べて行っても良い。

**Ⅱ. 結晶を成長させる。**

- ① 鍋（できればホウロウ鍋または、加熱可能なガラス製の容器）に水をいれて暖め（約 50℃）、これにミョウバンを溶かす。ミョウバンの量は水 100cm<sup>3</sup>あたり 20g くらいがよい（水の量と鍋の大きさのバランスに注意！）。
- ② このミョウバン溶液を、びんに入れて放置冷却する。びんの大きさは、溶液の量を考えて選ぶこと。
- ③ 糸（釣り糸）で種結晶をしばり、溶液が室温くらいまで下がったら、静かに吊り下げる。

⇒ 種結晶を吊り下げたら、そのあとは溶液を動かしたり急に冷却したりしないようにすること。そのショックで、小さな結晶が容器の底や糸の途中にたくさんできてしまうことがある。  
⇒ 溶液をよーくすかして見ると、結晶からもやのような流れが出ていているのを見ることができる。これが結晶から上方に出ているときは結晶が成長中であり、下方に出ているときは結晶が溶けて小さくなっているところである。

**[レポートについて]**

ただ結晶を作るのではなく、大きな結晶をつくる、きれいな結晶を作るなど自分の目標を決めて行うこと。そして、このミョウバンの結晶作りをレポートにまとめて提出すること。レポート作成においては、目的・目標、どのような資料・本を調べたか、工夫したこと、失敗したこと、分かったことなどを分かりやすくまとめる。結晶のみの提出は認めません。

※提出期限：冬休み明け。各自簡単な発表をする予定。

**[その他]**

ミョウバンは、一人30g ずつ配ります。足りない人は各自で購入してください。薬局などで購入できます。

ミョウバンの正式名称：硫酸アルミニウムカリウム  
( $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ )

ミョウバンの水溶液：弱酸性

※基本的に無害です。もし目に入った時は、あわてずに流水でよく洗い流すこと。

説明にも書いていますが、各自で資料を集めて試行錯誤してください。失敗も大事なことです。どのように失敗して、どのように改良したかきちんと記録をとり、レポートにまとめましょう。

Appendix B 評価基準の詳細

評価観点	評価基準
検討	○実験の途中経過や結果に対してモニタや評価を行い、次の操作をコントロールしたり実験全体をまとめる。 3点 - 明確に行っている。 2点 - なんとなく行っている、行っているが解釈や検討が不十分。 1点 - 行っていない。
やり直し	○実験のやり直しをする。 3点 - 改良の視点などを持ち、明確な目的をもって行っている。 2点 - なんとなく行っている、行ったかどうか曖昧。 1点 - 行っていない。
条件制御	○室温、冷却方法、溶解させる量などのコントロールをする。 3点 - 明確に意識して行っている。 2点 - なんとなく行っている、手順・方法が曖昧。 1点 - 行っていない。