

東京学芸大学高校探究プロジェクト
Z-kai × 東京学芸大学附属高等学校

教科の授業の探究化 オンラインセミナー

#3 探究と実験！
理科（化学）での挑戦

2023年8月4日(金)
20:00-21:00・オンライン開催

- 探究的な授業をしたいけど、入試対策のためにまずは内容を早く終わらせないと...
- 探究が重要なのはわかるけど、入試対策が手薄になるのが心配...

「観察，実験などを行い，科学的に探究する力を養う」
「物質とその変化に主体的に関わり，科学的に探究しようとする態度を養う」(学習指導要領より)

大学入試問題そのままの実験を，全て実施することは難しいが，「探究的な実験」を取り入れることで，その探究の過程や実験計画のために身につけた知識は，実際にやったことはない実験を考えるときでも役立つ。

ただの問題演習ではなく，探究と実験の経験を活かして，問題に向き合う力をつけたい。

大学入試×探究

- 入試問題を使って探究する
- 通常の内容で探究する

本セミナーの構成

- ゴール

入試問題等から，生徒が具体的な実験のプロセスを考えたり，創造したりすることができるようにする。

- ターゲット

ゴールに到達するために，生徒が実際にテーマに向けて，実験計画を考えて，実践する授業展開を提案します。

- 対話

提案をもとに対話をし，扱う問題や授業展開の発想を膨らませます。

ゴールの問題・ターゲットの提案

東京学芸大学附属高等学校

成川和久先生より

実験をイメージ・理解するために 大学入試問題の設定を理解するために

実際に実験をおこなったことがある、という経験が有用。
おこなった実験をレポートなどとしてまとめる経験が有用。

実験の流れ, レポートの構成

- 実験タイトル
- 報告者名 (共同実験者)
- 実験日時やそのときの環境
- 実験目的
- 準備
- 操作
- 結果
- 考察
- 課題
- 参考文献
- 感想

授業時間の調整, 実験準備, 安全管理など

時間と手間はかかるが,

結果的には, より化学を理解する生徒になる。

ゴールの問題

2016年度宇都宮大学
農学部応用生命化学科
論述試験 第1問

ターゲットの提案 探究と実験

より実験を有意義にするために
(さらなる思考力や判断力、表現力を身につけるために)

探究的な過程を踏まえた授業

⇒実験は探究的な過程を取り入れやすい

生徒が 主体的に考え、試行錯誤をして、結論を出す

この経験が、大学入試問題に立ち向かったとき、
実際にはやったことがない実験の題材だったとしても、
問題の題意や操作の意味の理解ができて、知識を活用することができて、
結果の判断力や考察する力を持って、必要な解法に持っていくことができる。

授業や教科書での知識のインプット⇒探究的な実験でのアウトプット
⇒レポート作成や振り返りでの知識のインプット ⇒・・・

探究と実験

探究レベル (Inquiry Level)	問い (Question)	手続き (Procedure)	解 (Solution)
1. 確認としての探究 (Confirmation Inquiry) 学習者は、結果が事前にわかっている活動を通して原則を確かめる。 (Students confirms a principle through an activity when the results are known in advance.)	✓	✓	✓
2. 構造化された探究 (Structured Inquiry) 学習者は、教師が提示した問いについて、決められた手続きによって調査する。 (Students investigate a teacher-presented question through a prescribed procedure.)	✓	✓	
3. 導かれた探究 (Guided Inquiry) 学習者は、教師が提示した問いについて、自ら設計・選択した手続きで調査する。 (Students investigate a teacher-presented question using student designed/selected procedures.)	✓		
4. 開いた探究 (Open Inquiry) 学習者は、自ら立てた問いについて、自ら設計・選択した手続きで調査する。 (Students investigate questions that are student formulated through student designed/selected procedures.)			

出典：Banchi & Bell, 2008 より作成。

注：括弧内に原文を示す。

日本科学教育学会研究会研究報告 Vol.37 No.5(2023)

教科横断的な視点から拡張する探究レベルに関する予備的考察 松原憲治 より

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsser/37/5/37_No_5_220515/_pdf

そのときその状況に応じた、適当な強度の探究レベルを実践すれば良い。

東京学芸大学附属高校での取り組み

2年生 4月, 生徒実験

混合物の分離

目的:

身の回りの物質から塩化ナトリウムを取り出す。

取り出したものが塩化ナトリウムであることを, 化学的に同定する。

学習指導要領(H30公示)

化学基礎

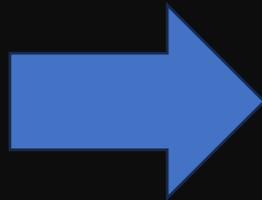
(1)化学と人間生活

(ア)化学と物質

ア 化学の特徴

イ 物質の分離・精製

ウ 単体と化合物



導かれた探究 的な実験の実践

- ・塩化ナトリウムが含まれる身の回りの物質を考えさせ, 実験の題材につかうものを選択をさせる。
- ・授業時間内に終えて, 塩化ナトリウムを取り出せる実験計画を立案させる。
 - ⇒必要な分離操作の選択, 実際の操作過程の思考
- ・化学的に塩化ナトリウムと同定できる操作を立案させる。
 - ⇒検出が必要な元素の判断, 元素の検出過程の思考
 - 全体的に調べることや知識の活用が必須, レポートで表現力を育てる。

授業 (講義) を事前または事後に実施

単元計画_u

1時間目：目的（問い）の共有，実験計画の作成

2時間目：実験

（1週間後：レポート提出）

3時間目：実験の振り返り

実験計画書の例

事前に用意できるものを提示例：
教科書に書いてある器具や試薬は用意できる。
分光光度計は学校にない。

事前に教員による添削・指導
・実施する
安全面の確保，不備なく準備，生徒が塩化ナトリウムを取り出すことができる

・実施しない
教員の手間が減る，生徒の危機感が増す

実験実施日 年 月 日

化学実験計画書 化学実験 2-01 混合物の分離

2年 組 班 班員名： _____

選んだ混合物 _____ 混合物に含まれる純物質： _____

実験器具：この実験に必要な実験器具を記入せよ。

試薬：この実験に必要な試薬を記入せよ。特に取扱いに細心の注意が必要なものは赤線の下線を示せ。

実験計画：この実験を時間内に達成するための実験の計画を検討し、記入せよ。

その他、特筆事項

感想

生徒が作成した計画書

選んだ混合物 めんつゆ 混合物に含まれる純物質： 砂糖、食塩、水、アラビン酸、イノシン酸、タンパク加水分解物、CH₃COOH (aq)、アルコール、デキストリン、魚介エキス、酵母エキス、アミノ酸、蚕白質、炭素調味料 (アミノ酸等)

実験器具：この実験に必要な実験器具を記入せよ。
ガスバーナー、蒸発皿、三脚、金網、ガラス棒、ビーカー、ろうと、ろ紙、ろうと台、白金線、駒込ピペット

試薬：この実験に必要な試薬を記入せよ。特に取扱いに細心の注意が必要なものは赤線の下線を示せ。

蒸留水、めんつゆ、硝酸銀水溶液。

実験計画：この実験を時間内に達成するための実験の計画を検討し、記入せよ。

めんつゆ 20mL を蒸発皿に入れ、三脚にのせて加熱する。バーナーで上からも加熱する。

放冷してから水を 30mL ほど加えてガラス棒でよくかき混ぜる。

ろ過して炭を取り除く。

ろ液を蒸発皿に入れ、加熱して水分を蒸発させる。

放冷後、残った物質を取り出す。

残った物質を蒸留水に溶かし、水溶液をつくる。

白金線を塩酸で洗った後、ガスバーナーの外炎に入れて炎の色に変化がないことを確認する。

白金線を、調べる物質が溶けた水溶液につけた後、ガスバーナーの外炎に入れて炎の色の変化を確認する。

調べる水溶液に硝酸銀水溶液を数滴加え、反応を観察する。

生徒が作成した計画書

試薬：この実験に必要な試薬を記入せよ。特に取扱いに細心の注意が必要なものは赤線の下線を示せ。
特になし

試薬についての考え

実験計画：この実験を時間内に達成するための実験の計画を検討し、記入せよ。

1. 三角架に金網をセットし、その上に醤油 20ml を入れた蒸発皿を置く。
2. ガスバーナーで強火で加熱する（できれば上からも加熱する）
※蒸気や煙が出ている間は、まだ加熱し切れてないので、出なくなるまでしっかり加熱する。
3. 放置して冷やした後、水を蒸発皿に 30ml ほど加えてガラス棒でよくかき混ぜる。
4. ろ過をして炭を取り除く。
※ろうとにろ紙を仕込み、ろうとからビーカーに水と加熱した物質がろ過されるようにセットする。
この時焼き方が不完全だと、茶色のろ液でであるが、よく焼いてあるとほぼ無色のろ液（淡い黄色）となる。
5. ろ液を再び蒸発皿（洗っておく）に入れ、加熱して水分を蒸発させる。
※蒸発中に食塩の結晶が飛び跳ねるので注意する。
6. 冷却後、残った物質を薬包紙に取り出し、質量を測定する。
7. 残った物質の一部をビーカーにとり、水を少しずつ加え、飽和水溶液を作る。
8. 食塩水の飽和曲線と比較し値を比較する。
9. 残った物質の結晶を顕微鏡（ルーペ）を使って観察する。
10. 残った物質の水溶液を作り、硝酸銀水溶液をまぜ、白色沈澱が起こるか観察する。

検出に必要な元素の不足

選んだ混合物 コンソメ 混合物に含まれる純物質：食塩、乳糖、砂糖、食用加工油脂、果糖、加工でんぷん

実験器具：この実験に必要な実験器具を記入せよ。

丸底蒸発皿、三角架、平底蒸発皿、金網、ガラス棒、ろうと、ろ紙、ろうと台、ビーカー、駒込ピペット、三脚、ガスバーナー、軍手、保護メガネ、アルミニウム箔、蒸留水

試薬：この実験に必要な試薬を記入せよ。特に取扱いに細心の注意が必要なものは赤線の下線を示せ。

BTB 溶液

硝酸銀水溶液

実験計画：この実験を時間内に達成するための実験の計画を検討し、記入せよ。

コンソメを砕いて水 500ml に溶かしたものを用意する。
これを 10ml 取り出して、濾過し、水に溶けるものと溶けないものに分ける。十分に換気しながら煙が出なくなるまで加熱し、有機化合物を燃焼させる。放冷後、蒸留水 20ml を加え、よくかき混ぜ濾過する。濾液を加熱して水を蒸発させる。水分が少なくなったらアルミニウム箔をかけることで食塩がはねるのを防止する。
時間があれば、2 回目のろ過のろ液を加熱しながら全て溶かす。これを氷水につけてできるだけ低い温度になるように冷却する。そしてこれを濾過し溶解度の大きい物質とそうでない物質に分ける。これを加熱し水を蒸発させる。

確かめる方法として

- ・顕微鏡で結晶の形を見る
- ・燃焼させてオレンジっぽい黄色に燃える
- ・硝酸銀水溶液と混ぜて白い沈澱物ができる
- ・水に溶かして BTB 溶液が緑色になる

必要な操作の 取捨選択に課題

生徒が作成したレポートの一部

3. 操作

- ① 味噌を水に溶かした。
- ② ①を濾過した。
- ③ ②でできた液体を加熱し、固体が現れるまで水を蒸発させた。
- ④ ③に水を加え、再濾過した。
- ⑤ ④でできた液体の一部に硝酸銀水溶液を加え、沈殿の有無を確認した。
- ⑥ ④でできた液体の一部を耐熱皿に移し、エタノールを加えた。
- ⑦ ⑥の液に火をつけ、炎色反応を確認した。

4. 結果

硝酸銀を加えたとき（操作段階⑤）：沈殿が生じた。

→液体に塩素（Cl）が含まれていた。

炎色反応（操作段階⑦）：炎が黄色になった。

→液体にナトリウム（Na）が含まれていた。

よって、操作段階④でできた液体は塩化ナトリウム（NaCl）を含む水溶液である。

3 考察

ガスバーナーの外炎の色が黄色に変化したのは水溶液にナトリウムが含まれていたからだと考えられる。なぜなら、ナトリウムを含む化合物を炎の中に入れると黄色を示すという炎色反応がある（※1）からだ。今回の実験では塩化ナトリウムを分離することが目的だったが、授業内では6の水溶液にナトリウムが含まれていることしか証明できなかった。そのため、本来はこの後、硝酸銀水溶液を6の水溶液に入れて白い沈澱ができることから、塩素が含まれていることを証明し、6の水溶液をガスバーナーで熱することで、塩化ナトリウムを分離する必要があった。

オンライン対話（10分間）

テーマ：「実験と探究」の現状・課題から、どのように日頃の授業・実験を工夫していけばよいか？

各ルームで、簡単に自己紹介していただき、現状の課題等を含め、対話してください。

入試問題等の情報提供

Z会 化学担当

渡辺 敏史 さまより

事例紹介

令和5年度共通テスト化学基礎（本試験）
第2問 ...モール法

大学入試センターの発表資料より

令和5年度大学入学者選抜に係る大学入学共通テスト出題教科・科目の出題方法及び問題作成方針

「高等学校における通常の授業を通じて身に付けた**知識の理解や思考力等を新たな場面でも発揮できるかを問う**ため、教科書等で扱われていない資料等も扱う場合がある。」

大学入試センターの発表資料より

(化学基礎)

「日常生活や社会との関連を考慮し、科学的な事物・現象に関する**基本的な概念や原理・法則などの理解と、それらを活用して科学的に探究を進める過程**についての**理解**などを重視する。」

大学入試センターの発表資料より

令和5年度 問題評価・分析委員会報告書（本試験）P.291

「化学が記憶科目と誤解されることを危惧して、**単純な記憶**だけによって**正解が導き出せる設問は少なく**した。基礎的知識を基にして科学的に判断する力が、社会生活では大切である。この点に鑑み、多くの問題において、**複数の事項を把握して、判断力、推察力、全体把握力がないと正解へと結び付くことのない問題**作成の工夫を行ってきた。」

まとめ

- 探究学習に取り組むことで、
実験の見通しを立て、計画する姿勢が身につく
- 入試で未知の実験が取り上げられても、
操作の意図や、操作中に起きている変化、
観察される現象などがつかめるようになる
(そのように入試問題はつくられている)

補足

- 探究学習を実行するためには、
実験の見通しを立て、計画する必要がある
- 見通しを立てるには、知識が必要
- 普段の学習は、探究学習を行う下準備として必要
×「今の受験勉強は意味がない（≡不要だ）」
○「知識の習得にとどまっていたではダメだ」

他の事例

令和3年度共通テスト化学基礎（本試験第1日程）
第2問

...イオン交換樹脂を用いた実験

令和4年度共通テスト化学基礎（本試験） 第2問

...混合物の分離

オンライン対話（10分間）

「『以前に取り組んだことがあるから解ける』ではなく、『こう考えれば、(初見の問題でも)解けるよね』」という生徒の姿を目指して、日頃の学びをどのようにしていきたいか。

最後に

高校探究プロジェクト委員
東邦大学 理学部 教授

今井 泉 先生 より

探究過程における「見通し」の意義

	授業改善に向けた『学習者』の視点	授業改善に向けた『授業者』の視点
主体的な学び	<ul style="list-style-type: none"> ● 学ぶことに興味や関心を持つ ● 自己のキャリア形成の方向性と関連付ける ● <u>見通しをもつ</u> ← ● 粘り強く取り組む ● 自己の学習活動を振り返って次につなげる 	<ul style="list-style-type: none"> ● 既習事項を振り返る ● 具体物を提示して引きつける ● 子供が明らかにしたくなる学習課題を設定する ● 子供が自らめあてをつかむようにする ● 学習課題を解決する方向性について見通しを持たせる ● <u>子供が自分の考えを持つようにする</u> ● 子供の思考を見守る ● 子供の思考に即して授業展開を考える ● 子供の考えを生かしてまとめる ● その日の学びを振り返る ● 新たな学びに目を向けさせる
		

現状と課題：探究の過程における「見通し」の意義

OECD国際教員指導環境調査（TALIS）

- **全生徒が内容を理解するまで類似の課題を生徒に演習させる**
「しばしば」「ほとんどいつも」行うとした教員の割合
2013年調査結果：参加国平均67%, 日本32%（中学校）
- **全児童生徒が単元の内容を理解していることが確認されるまで、類似の課題を児童生徒に演習させる**
「しばしば」又は「いつも」行うとした教員の割合
2018年調査結果：参加国平均（中学校）71.3%
日本（中学校：31.3%, 小学校55.8%）

表2 資質・能力の育成を重視する教科横断的な学習における問い

統合の 度合い	アプローチ	特に育成され る資質・能力	問い			教師の役割
			内容	役割	目的	
低い ↑	Thematic	教科に固有な 概念や個別ス キル	各教科の知識 やスキルに関 する問い	各教科とテー マをつなげる	各教科の知識 やスキルの獲 得	各教科の枠組みにおいて体系的か つ効率的に生徒の学習を支援する こと
	Interdisciplinary	教科等を横断 する概念や汎 用的スキル	鍵となる概念 やスキルに関 する問い	教科間をつな げる	汎用的な能力 の獲得	授業を受ける生徒にとって、どの ような教科等を横断する概念や汎 用的スキルが必要なのか教科横断 的な視点から探究すること
↓ 高い	Transdisciplinary	実世界での課 題を解決する 能力	本質的な問い	実世界の課題 と学習内容を つなげる, 関連 する教科をつ なげる中心軸	体系的な知識 を用いて実世 界との関わりを 意識した探究	世界や地域と関係の中で生徒にと って重要な課題や目標を設定し, 現実社会の課題を教科の概念やス キルを用いて, 生徒とともに探究 すること

松原憲治, 高阪将人 (2017). 「資質・能力の育成を重視する教科横断的な学習としてのSTEAM教育と問い」
科学教育研究, 41(2), 150-160.