

大学IR  
事例レポート

## 論理的思考力を養うための PBL 型実験の開発

〈助成テーマ／成果の測定・教育方法〉

慶應義塾大学医学部 久保田真理



くぼた・まり 慶應義塾大学医学部専任講師。慶應義塾大学大学院理工学研究科化学専攻博士課程修了。慶應義塾大学助手（医学部）を経て、現職。

論理的思考力は、学生に身につけさせたい大切な能力の一つである。慶應義塾大学医学部で化学の授業を担当している久保田真理氏は、初年次の学生を対象に、化学の実験授業の中で学生の論理的思考力を高めるためのカリキュラムの設計とその実践に取り組んだ。通常学生実験は既知の内容について与えられた方法で行う受動的な形式が多いが、久保田氏が開発した PBL 型実験は、学生に実験方法を示さず、自分たちで考えた方法で学生に実験を行わせるというものである。この PBL 型実験の開発には、大学 IR 総研の助成制度が活用された。久保田氏に取り組みの概要と成果、今後の展望について聞いた。



聞き手

一般財団法人  
大学IR総研  
調査研究部  
村山和生

## 医学部の学生こそ 論理的思考力が不可欠



## 「なぜ？」と問う 意識が弱い



## 実験に取り組むごとに 問題解決能力を深める

**村山** 今回、当総研の助成制度を活用して、「論理的思考力を養うためのPBL型実験の開発」に取り組まれた狙いは何でしょうか。

**久保田** 私が在籍している慶應義塾大学医学部の学生の多くは、将来臨床医になります。臨床の現場では、患者さんから症状を聞き出し、想定される病気についての仮説を立て、検査によってその仮説を検証して診断結果を下すというように、まさに論理的な思考力が必要とされます。ところがどうも学生たちを見ていると、「論理的に物事を考える力が弱いな」と感じる場面が多々あります。

私の担当科目は化学です。医学部は化学者の養成を目的とした学部ではありませんから、授業では化学の知識を必要以上に学生たちに詰め込ませる必要はありません。そのため私は知識詰め込み型の授業ではなく、授業を通じて論理的な思考力を学生たちに身につけさせたいと考えています。そこで「実験方法を教員が示して学生にやらせるのではなく、学生自身が方法を考えて実験に取り組む」というPBL型実験を導入することにしました。

**村山** 医学部というと、学力面では最上位層の学生たちが集まる学部です。そういった学生でも、論理的思考力が弱いと感じられるのですかね？

**久保田** 確かに学生たちは難関入試をくぐり抜けてきていますが、大学入試は問題と解答のパターンを習得していれば、論理的思考力が身につけていなくてもある程度対応が可能です。

学生たちはよく言えば素直で、教わったことをそのまま受け入れて覚えようとしています。でも本当に大切なのは答えを覚えることではなく、「なぜそうなのか？」と物事の原因やメカニズムを論理的に突き詰めて考えていこうとすることです。その「なぜ？」と問う意識が、そもそも弱いと感じます。

例えば「硫酸を薄めるときには、水に硫酸を入れるべきか、硫酸に水を入れるべきか」と問うと、当然ほとんどの学生は「水に硫酸を入れるべきか」と答えます。ところが「では、なぜ水に硫酸を入れるべきか？」と聞いても、「水に硫酸を入れても安全だけど、逆だと危険だから」と答えるだけでその先に思考が及ばない学生が少なくありません。言い換えれば、考察する習慣が身につけていないということなのでしょう。

そこで私は学生たちには、「考察とは、『なぜ硫酸に水を入れるとなぜ危険なのか？』『突沸するから』『なぜ突沸するのか？』というように、『なぜ？』を重ねていって、『なぜ？』がなくなるところまで考え抜くことを言うんだよ。考察をするときには、そこまで問題を突き詰めて考えるようにしなさい」といつも話しています。

**村山** 久保田先生が行っているPBL型実験とは、具体的にはどのようなものなのでしょうか。

**久保田** 「頭もアクティブに」をスローガンに掲げて取り組んでいます。近年アクティブ・ラーニングの重要性が注目されるようになっていますが、ともすれば活動的な学習活動を行えば、それがアクティブ・ラーニングであると見なされがちです。けれども論理的思考力を養うには、学生たちがいかに頭を能動的に働かせる場面を授業



## 実験に取り組むごとに 問題解決能力を深める

## TAのための 対話マニュアルを作成

の中で数多く設定するかが重要になります。

一般に学部段階の実験では、学生は提示された実験方法に基づいて実験を行うという受け身のものが中心です。そんな中で私が「学生自身に実験方法を考えさせる」というPBL型実験に取り組み始めたのは2012年からのことです。テーマには「金属陽イオンの分離分析」を設定しました。しかし環境面での理由から重金属イオンを実験で使うのが難しくなり、これに代わる実験テーマを考える必要が生じました。またPBL型実験の内容をさらに深化させたいという思いもありました。

そこで今回テーマとして「旋光性」を取り上げ、その開発のために大学IR総研の助成制度に応募することにしたのです。今回のPBL型実験では、「旋光性」に関する実験をテーマ1からテーマ3まで三つ設定し、学生がテーマ1からテーマ2、テーマ3へと実験に取り組むごとに、問題解決能力を段階的に深めていけるように設計しました。

**村山** 助成金はどのように活用されましたか。

**久保田** PBL型実験は、テーマが決まったからといって、すぐに実施できるものではありません。私たちが設計したPBL型実験によって、本当に学生たちがこちらの狙い通りに論理的思考力を高められるか、実験の内容は学生たちの知識レベルに見合ったものか、また授業時間内に終わる無理のないものか、といったことを検証する必要がありました。

そこで助成金を活用して学生アルバイトを雇い、実際に実験に取り組んでもらう中から改善点を見つけ出し、内容のブラッシュアップを図っていきました。ですから1年目は、助成金の多くを人件費に使用しました。また実験を行うにあたって必要となる旋光計などの実験器具の購入にも、助成金を活用しました。

**村山** 今回のPBL型実験を、学生の論理的思考力を高めるうえでより効果的なものにするために、工夫したこととしては何がありましたか。

**久保田** 今回は、他学部の大学院生にTA（ティーチング・アシスタント）として学生の指導に当たってもらいました。当初はTAについては、こちらからそれほど細かく指示をしなくても、学生の様子を見ながら適切な助言を行い、学生が自らの力で実験方法を考え思考を深めていく方向へと、うまく導いてくれるのではないかと期待していました。

ところが実際に始めてみると、学生の考えた実験方法が不適切なものだったときなどに、学生にどのような言葉がけを行い、気づきを促していくかといったことに苦労しているTAが多く見られました。そこで、場面ごとにどんな言葉がけややりとりをすればいいのかについてまとめたQ&A形式の対話マニュアル（資料1）を作成しました。

また、そもそも旋光性に関する実験を指導するうえで必要となる基礎知識が不十分であるTAが多かったため、TAを理論面でサポートするためのマニュアルも作りました。



## 学生向けのテキストにも工夫を凝らす



## 「実験カード」を学生同士で添削させる

## PBL型実験の取り組みを他大学にも発信していきたい

**村山** カギを握るのはファシリテーターということでしょうか。

**久保田** 学生向けのテキストにも、工夫を凝らすことが重要であることに途中から気がつきました。学生の中には、高校時代までほとんど化学の実験を経験していない実験初心者が多くいます。また旋光性に関する基本的な知識が不足している学生もいます。そこで旋光性に関する基礎知識や、実験の仕方に関する基本情報をテキストの中に盛り込むようにしました。こうした知識や情報がないと、実験方法を自分たちで考える手前で躓いてしまうことになりかねませんから。

**村山** 実験を行ううえで前提となる知識や情報を付与したうえで、学生には実験方法を考えることに専念させるということでしょうか。

**久保田** そうですね。ただし「自分自身で実験方法を考えなさい」と言っても、どのような枠組みや手順で考えていけばいいのか、学生は最初のうちはそれさえもわからないものです。そこでテーマ1の段階では、「こんなふう考えていけばいいんだよ」と思考の仕方についてもテキストの中で示したうえで、テーマ2、テーマ3へと段階が上がることに、少しずつ自分の力で思考できるように仕向けていきました。ですからスタート時点で作成したテキストと比べると、かなり説明が丁寧なテキストになりました。

**村山** 私が久保田先生の報告書を読んで印象的だったのは、学生がその授業での実験の内容や結果について報告する「実験カード」を、学生同士に添削させているという取り組みでした。

**久保田** 多くの学生はこれまでレポートの書き方を教わった経験がなく、レポートを書いた経験もほとんどありません。実験や考察の結果を他者に論理的に伝える力についても、PBL型実験の中で学生たちに身につけさせたいと考えています。

そこでレポートの書き方を「レポート用チェックシート」（資料2）で事前に学生たちに指導したうえで、「実験カード」を書かせて提出してもらい、教員はその内容を読み込んで次の授業で改善点等についてのフィードバックを行うといったことをしてきました。

これを19年度からは、教員が学生にフィードバックを行うだけではなく、「クロスチェックシート」（資料3）を作成して、学生間でもフィードバックをさせるようにしました。人というのは不思議なもので、自分の不備は自分ではなかなか見つけられませんが、他者の不備はすぐに見つけられるものです。ほかの学生の「実験カード」を添削させることで、自分自身の「実験カード」の不備や改善点について気づかせたいという狙いがあります。

**村山** カリキュラムの終了後に学生に行ったアンケートでは、PBL型実験によって論理的思考力が向上したと実感している学生が多いという結果が出ました。今回の取り組みで得られた成果を今後どのように展開していきたいと考えていますか。

**久保田** 現在他大学の医学部の化学の担当教員と、医学部における化学教育のあり方について考えるためのネットワークを構築中のところです。こうした中で、私たちの実践内容を他大学の化学教育担当の教員に知っていただくと同時に、私自身もさまざまな実践事

例について情報収集したいと考えています。

またグループウェアを活用して、学生たちに論理的思考力を身につけさせることの重要性を意識している教員が、大学や学部の枠を越えて情報共有や意見交換ができる場を作れないかと考えています。そこでも私たちの実践の成果や課題を積極的に発信していきたいと思っています。

**村山** 久保田先生の取り組みが他大学に広がり、他大学からも優れた実践事例が数多く出てくるような状況になればいいですね。また、この取り組みを通じて得られた学修成果をどのように可視化するかは、IRの観点からもとても重要だと感じました。可視化した結果を医学部内や大学全体で共有し、それに基づいて教学改革がさらに推進されることにも期待したいと思います。本日はどうもありがとうございました。



# 資料

資料  
1

TAのためのQ&A形式の対話マニュアル  
(全1ページ)

資料  
2

レポートの書き方を事前に学生に指導する  
チェックシート (全2ページ)

資料  
3

学生間でレポートをフィードバックするための  
クロスチェックシート (全1ページ)



・ Lが小さい (< 6 など ; 精度がわかっていない)

なぜその光路長にしたの？

だめですか・・・？

グループの他の人の測定値は同じだった？

だいたい同じです

Lが長い時と短い時でデータの一致度は同じだった？

少なすぎても多すぎてもよくないと思いました

測定値の個人差はどんな感じ？  
他の人の測定値は同じだった？

全員の平均を記録したが偏りの傾向はいつも同じ程度  
/あまり差がない

どういう条件でバラつきやすいか検討してごらん  
(実験にバラつきがあるのは当然だが)

(1) ??? (わかっていない)

Lがかなり小さい条件, かなり大きい条件  
も測定して比較してみましょうか

(2) Lが小さい条件から順に測定し, 慣れた (L=大)  
からバラつかなくなった (と解釈した)

Lが慣れたのなら, Lがかなり小さい条件,  
かなり大きい条件を再測定してみましょうか

※グラフ作成を考えると, 可能な範囲内で最小~最大(限界条件)かつ均等に検討すべき  
取組1でいえば, 希釈の手間や精度も含めて $0.1 \leq L \leq 1.2$ ,  $6 \leq c \leq 60$ ぐらいは可能.



# レポート用チェックシート

## 0. レポートの体裁

- 用紙サイズは正しいですか。
- 綴じ方は正しいですか。
- 筆記具は指定のものでですか。
- ページ番号はありますか。
- 項目と項目番号はありますか。
- 項目名は規定や指示どおりですか。
- 常体で書いてありますか。
- 判読可能ですか。
- 誤字脱字はないですか。
- 第三者が読んでも意味が通じますか。
- 主語述語の関係は間違っていないですか。
- 簡潔なわかりやすい文になっていますか。
- 修正は二重線ではなく、修正テープや修正ペンを使用しましたか。

## 1. 表紙

- 指定の用紙ですか。
- 記載漏れはありませんか。

## 2. 序論（目的，理論）

- 序論の場合，目的，実験内容，意義，背景，方法，結果，結論が記載されていますか。

## 3. 実験

- 文章（箇条書きではない）で表現していますか。
- 過去形で書いていますか。
- 実際の操作を書きましたか。
- 実測値を書きましたか。
- 不要なところは削りましたか。
- 再現可能なように書けていますか。

## 4. 結果

- 観察事項は途中経過も含めて具体的に書いていますか。
- どの実験操作に対応した結果か明確ですか。
- 報告すべきデータは揃っていますか。
- 単位，有効数字は大丈夫ですか。
- 計算式は書いてありますか。

## 5. 考察

- すべての実験項目に対して考察していますか。
- 感想になっていませんか。
- 実験の成功を記す必要はありません。
- 論理的ですか。
- 根拠はありますか。
- 誤差の議論ばかりになっていませんか。
- その誤差は本当に『誤差』といえますか。
- 結果をもとに考察していますか。
- 理論のみの記述ではないですか。
- 理論から結果を確認する形になっていないですか。
- 実験が想定どおりでなかった場合，その原因を考察していますか。
- 文献値や理論値がある場合には，その値と比較していますか。
- 可能な場合は，化学反応式や構造式を交えて議論していますか。
- 文献を用いた場合の出典は明記されていますか。



## 6. 結論

- 目的に対応していますか.
- どのような実験を行い, どのような結果が得られ, 何がわかったのかが書いてありますか.

## 7. 参考文献

- 参考文献を活用しましたか.  情報源として信頼できますか.
- 大学生としてふさわしい専門書を活用しましたか.
- 参考文献に番号をつけて列挙していますか.
- 参考文献として, 著者, 書名, 出版社, 出版年, 参考ページを明記していますか.
- 参考文献の番号は本文中に明示されていますか.
- 参考文献ではないもの (実験テキスト, 自分のノート, 過去レポ) を挙げていませんか.

## 8. 図・表

- 図・表のキャプションはありますか.
- 図・表には, それぞれで通し番号が付けられていますか.
- 表のキャプションは表の上にありますか.  図のキャプションは図の下にありますか.
- 表の体裁 (項目名と単位の書式, 小数点の位置, 罫線) は正しいですか.
- グラフにおいて, 下記は適切ですか.
  - グラフのバランス (用紙の中央付近に枠, グラフがバランスよく配置)
  - 項目名と単位の書式, その位置と向き  グラフの枠 (矢印不可, 延長不可)
  - 枠以外で0の位置に線を引かない  枠上にはプロットしない
  - 軸の目盛線・副目盛線 (内側, 長さ, 等配分, 枠の上と右にも)
  - 軸目盛の数値の向き  軸目盛の数値には有効数字不要
  - プロットの種類と大きさ.  近似曲 (直) 線の引き方, 線種 (複数の場合)
  - グラフ用紙の余白に何も書いていない  凡例の書き方 (タイトル内か枠内)

## 9. その他

- 生データを添付するときはレポート用紙のサイズに合わせていますか.  
(大きいときは縮小, 折り込まない. 小さいときは拡大もしくはレポート用紙に貼付)

クラス 番号 氏名

(記入例)

良い例  悪い例 

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩

不十分  
やや不十分  
まあまあ良い  
とても良い

01. 文章は簡潔でわかりやすく、第三者が読んでも意味を理解できる。

① ② ③ ④ ⑤

02. 常体で書かれ、誤字脱字などが無い。判読困難な字ではない。

① ② ③ ④ ⑤

03. 報告すべきデータがすべて揃っている。

① ② ③ ④ ⑤

04. 実際の結果を忠実に報告している。単位、有効数字などが正しく扱われている。

① ② ③ ④ ⑤

05. すべての実験に対してそれぞれ考察している。

① ② ③ ④ ⑤

06. 得られた結果をもとに論理的な考察ができています。

① ② ③ ④ ⑤

07. 原理や理論の説明に終始していない。理論先行のおざなりな考察ではない。

① ② ③ ④ ⑤

08. 実験が想定通りでなかった場合に、その原因を十分に考察している。

① ② ③ ④ ⑤

09. 文献値や理論値との比較ができています。

① ② ③ ④ ⑤

10. 参考文献を活用し、出典を明記している。

① ② ③ ④ ⑤

11. 結論に、どんな実験をおこない、どんな結果を得て、何がわかったか書いてある。

① ② ③ ④ ⑤

12. 表の体裁が整っている。

① ② ③ ④ ⑤

13. 図の体裁が整っている。

① ② ③ ④ ⑤

14. 比旋光度の式を証明するための実験条件がすべて検討されている。

① ② ③ ④ ⑤

15. 旋光度  $\alpha$  と比旋光度  $[\alpha]$  が区別できている。

① ② ③ ④ ⑤

●上記以外にも評価したほうが良いと思う採点項目があれば挙げてください。

①

②

③

●他者の実験カードの採点で得られるメリット・デメリット、気づいたことを記述してください。

④

⑤

⑥

●実験カードを作成するうえで、困ったことはありましたか。具体的に記述してください。

⑦

⑧

⑨

⑩