

## 第6章

### 科学的探究能力の育成と教員研修

樋口 真須人（大阪府教育センター）



# 科学的探究能力の育成と教員研修

樋口 真須人  
大阪府教育センター

## 1 はじめに

児童・生徒の科学的探究能力を系統的に育成するためには、探究活動を指導する教員が探究に必要なスキルの内容とその発達に対して共通の認識を持ち、発達段階と対応した指導を行うことが必要である。英国では、GCSE 科学試験においても、探究活動について共通の評価基準を定め、探究活動で必要なスキルの達成状況を評価することによって、科学的探究能力の育成を行っている。著者は英国の GCSE 科学における探究活動の調査を行い、大阪府教育センターにおいて、2年前から英国の研究能力の育成方法の紹介と探究活動のあり方を考える研修を実施している。本報では、平成 15 年度に実施した小中学校理科長期指導者研修について報告する。

## 2 研修について

### (1) 研修の目的

英国の探究能力の育成法を紹介し、中等教育修了資格試験 (GCSE)の方法に従った探究活動を行い、英国で育成が図られている科学的探究能力とはどのようなものであるかを考える。

### (2) 研修の概要

平成 15 年度に実施した研修の概要を下に示す。

#### < 第一日目 > ルーブリックと研究力の育成

教育評価について

英国の探究活動

- ・ナショナルカリキュラムにおける「科学的な探究」
- ・ナショナルテストにおける探究に関する設問

GCSE 科学のコースワーク

- ・コースワークの評価について
- ・研究レポートの作成の要点

評価トレーニング

- ・サンプルの採点練習
- ・グループでの検討

#### < 第二日目 > GCSE 科学の探究活動の模擬体験

振り子をテーマにした探究活動

研究レポートの作成

#### < 第三日目 > まとめ

研究レポートの検討

### (3) 研修内容

#### < 第一日目 > ルーブリックと研究力の育成

教育評価について

相対評価や目標に準拠した評価について、それらの評価の特徴を概説した。また、探究活動には、「論理的な思考ができる」や「証拠に基づいた結論を導くことができる」などのスキルが含まれており、このような高次のスキルは、正解・誤りのような 2 分法的な評価が難しく、ルーブリックを利用した評価方法が適していると考えられていることなどを解説した。

## 英国の探究活動

邦訳した英国の科学のナショナルカリキュラム(2000年版)を使って、科学のナショナルカリキュラムの特徴と『科学の探究』の到達目標などを解説した。また『科学の探究』で育成することを求められている探究能力を、より具体的に理解することを目的として、ナショナルテスト(キーステージ2、キーステージ3)の『科学の探究』の設問を使った演習を行い、意見を交換した。研修で使用したキーステージ2(7~11歳)の設問の一例<sup>1)</sup>を下に示しておく。

### 例題 . 買い物袋

- a) 子どもたちは、5種類の買い物袋を使って、袋が壊れるまで耐えられる最大の質量を調べている。子どもたちは、袋が壊れるまで、0.5kgの砂のパックを加えていった。子どもたちが調べようとしているテーマは、次のうち、どれか？  
一つ正しい答えを選び、✓印をつけよ。

一番大きな袋はどれか？

一番長持ちしないのはどれか？

運びやすいのはどれか？

最も大きな質量に耐えられる袋はどれか？

一番伸びる袋はどれか？

- b) 子どもたちは、kg単位で袋が壊れる直前の質量を記録した。

#### 袋が耐えることができる質量(kg)

	スーパー	マート	セイバー	バジェット	オーケー
テスト1	4	3	7	8.5	6
テスト2	1	3.5	7.5	8	6
テスト3	4	3	7.5	8	6

おのおのの袋について、3回ずつテストした理由を答えよ。

- c) ある袋の実験結果が正しくないようである。再テストを行った方がよい袋はどれか？

その理由を説明せよ。

- d) ある子どもは、バジェットの袋が一番強いと言っている。

バジェットの袋が一番強いと決定するのに十分な実験結果がそろっているか？  
正しい答えを一つ選び、✓印をつけよ。

はい

いいえ

その理由を説明せよ。

## GCSE 科学のコースワーク

「GCSE 科学の資格の取得をめざす生徒は、所属している学校で科学の授業の一部として探究活動を行い、研究レポートを提出する。教員は提出された研究レポートを読み、『計画』、『証拠の入手』、『証拠の分析』、『評価』に区分された研究技能分野の修得状況を確認し、探究活動を評価するというコースワークのシステムを解説し、各技能分野のレポート作成の要点を示した。また、評価基準(ルーブリック)<sup>2)</sup>の内容と評価方法について詳細な説明を行った。下に「計画」分野のレポート作成上の要点と評価基準を例示しておく。

### <レポート作成上の要点>

<ul style="list-style-type: none"> <li>・予想(仮説)を立て、今後起こることを説明しているか?</li> <li>・予想(仮説)の理由について説明しているか? (自分の持っている知識、教科書・データベースなどから得た情報により説明する。教科書を丸写ししないで、自分の言葉で説明すること)</li> <li>・実験器具のリストを作成しているか?</li> <li>・要因がどのように影響を与えるか予想できているか?</li> <li>・一定に保つべき要因と変化させる要因が示せているか?</li> <li>・何を測定するつもりか明確に示しているか? (測定範囲と測定回数を示すこと。使用する実験器具から予想される精度を示すこと。)</li> <li>・計画について詳細に記述しているか? (安全や予備実験について)</li> </ul>
--

### <評価基準>

得点	技能内容	難度
2点	・簡単で安全な手順を計画できる。	↓
4点	・正しいテスト、実験手順を計画できる。適切に予想を立てることができる。 ・適切な器具を選択できる。	
6点	・科学的な知識・理解を使って、実験手順を計画し、変化させる要因・一定に保つべき要因・考慮すべき要因を見つけ、適切に予想することができる。 ・観察や測定の適切な回数や範囲を決めることができる。	
8点	・詳細な科学的な知識・理解を使って、適切な戦略を立てることができる。正確で信頼できる証拠事実を集める必要性に配慮し、予測の根拠を適切に示す。 ・適切に、二次的な情報源や予備実験の情報を使うことができる。	

## 評価トレーニング

コースワークに対する教員の評価を統一するために、GCSE の資格授与機関はグループモデレーション(教員研修)を実施している。このグループモデレーションを参考として、GCSE 科学で求められている探究能力をより深く、具体的に理解するために、GCSE 科学のコースワークのルーブリック(評価基準)に従った評価トレーニングを以下のように実施した。なお、評価トレーニングでは、資格授与機関の OCR がウェブページに掲載している研究レポートのサンプル(「物体の質量がモーターの効率に与える影響について」)<sup>3)</sup>を教材として使用した。

- ( ) 研修生一人一人がサンプルを読み、評価基準に従って、採点を行う。
- ( ) 採点結果について、グループ(3~4名)内で討議を行い、グループとして結論を出す。
- ( ) グループの結論を報告した後に、資格授与機関が例示している採点結果と比較を行う。
- ( ) ルーブリックを利用した評価などについて意見を交換する。

## <第二日目> GCSE 科学の探究活動の模擬体験

「振り子」をテーマとした探究活動を GCSE 科学のコースワークの方法により以下のように実施した。

- ( ) GCSE 科学での探究活動の要点の確認。
- ( ) グループ(3～4名)で探究活動を実施。
- ( ) GCSE のコースワークの評価基準に従い、研究レポートを作成する。

一例として、研修生が作成した「振り子の研究」のレポートの一部(「計画」の部分)を下に示しておく。

# 振り子の研究

研究者氏名 英国 太郎

## 1. 計画

### (1) 目的

単振り子の長さが周期に与える影響について

### (2) 変数

独立変数 : 糸の長さ  
従属変数 : 20 回の振動にかかる時間  
一定に保つ変数 : 振れ幅、おもりの質量、空気の抵抗、重力

### (3) 予想

振り子の長さが増加するに従って、振り子の周期も増加すると考える。その理由は、振れ幅を同じにしたときに、振り子の長さが長いほど最高点での位置エネルギーが小さくなるからである。最高点での位置エネルギーが小さくなると、最下点での速さは小さくなり、振り子が往復にかかる時間(周期)は長くなると予想される。

### (4) 方法

全ての実験器具を集める。  
おもりの質量を測定する。  
おもりを糸に結びつけ、右図のように実験装置を組む。  
分度器を使って振れ幅を一定の角度に保つ。  
ストップウォッチを使って 20 回の振動にかかる時間を測定し、記録する。なお測定は、振り子が最下点を通過するときに行う。  
信頼性を高めるために、5 回繰り返す。  
糸の長さを変えて、測定を行う。



## 実験器具のリスト

糸、スタンド、分度器、ものさし、ストップウォッチ、おもり

## 危険性の評価

危険な内容は含まれていない。

## 変数表

従属変数	測定値	測定方法
周期	20回の振動にかかる時間を測定。 一つの系の長さについて5回繰り返す。	デジタルストップウォッチ
<b>独立変数</b>		
系の長さ	20 ~ 160cm まで (20cm 刻みで)	物差し
<b>一定に保つ変数</b>		
振幅	小さい (10 ° 以下)	分度器
質量	10 g	電子天秤
空気の抵抗	極めて小さい	
重力	9.8 N/kg	

### (5) 予備実験のデータ

おもりの質量を変化させる

質量を 4.2 倍にしたが、時間に対してほとんど影響がなかった。

長さ (cm)	質量 (g)	振幅 (cm)	時間 (振動回数は 20 回) (s)
50	67.9	10	28.42
50	287.6	10	28.23

振幅を変化させる

振幅を 3 倍にしたが、時間に対してほとんど影響がなかった。

長さ (cm)	質量 (g)	振幅 (cm)	時間 (振動回数は 20 回) (s)
50	67.9	10	28.42
50	67.9	30	28.45

長さを変化させる

長さを 4 倍にしたら、時間は約 2 倍となった。

長さ (cm)	質量 (g)	振幅 (cm)	時間 (振動回数は 20 回) (s)
20	67.9	10	17.71
80	67.9	10	35.84

、 から、振れ幅とおもりの重さは、周期には影響しないことが分かった。そこで、単振り子の長さとの関係について、振れ幅とおもりの重さを一定にし、実験を行うこととした。

以下省略

### <第三日目> まとめ

他グループから提出された研究レポートを、GCSE 科学のコースワークのルーブリック（評価基準）に基づき、レポートの優れた点、改善が必要な点をグループ内で議論した。その後、自分たちが作成した報告書と模範レポートとの比較を行い、さらに GCSE 科学の探究活動への理解を深めた。

### 3 我が国の探究活動への示唆

最後に、我が国で児童・生徒の科学的探究能力を系統的に育成するための課題として次の二点をあげておく。

#### (1) 「探究的な学習」をより明確に

英国の科学のナショナルカリキュラムは、『科学的な探究』、『生命過程と生物』、『物質と性質』、『物理的な過程』から構成されており、『科学的な探究』は4分野のうちの一つとなっている。

アメリカの科学のナショナルスタンダード<sup>4)</sup>では、『探究としての科学』(Science as inquiry)は、8分野のうちの一つとなっており、カルフォルニア州のスタンダード<sup>5)</sup>においても、『実験と探究』(Investigation and Experimentation)は、『物理』、『化学』、『生物』、『地学』と並ぶ一つの分野となっている。教育現場において「探究的な学習」がこれまで以上に活発に行われるようにするためには、より明確に「探究的な学習」を位置づけることが必要であろう。

また、研修において、探究スキルの内容や到達目標についての具体的な理解を研修生に与えるために、ナショナルテストの『科学の探究』の設問を使った演習を行った。筆記テストで全ての能力を評価することはできないが、ハイ・ステイクスなテストで探究に関する設問を課すことは、探究スキルの内容を分かりやすく示し、教育現場における探究活動の活性化に役立つと考えられる。

#### (2) 探究活動の評価について

ルーブリックを使用すると、評価がより客観的で系統的なものになる、評価基準を事前に示すことにより、児童生徒がより明確な目標を持って学習ができるなどの利点があるが、直ちに全ての評価者が首尾一貫した評価ができるわけではない。研修においても、GCSE のグループモデレーションを参考とした評価トレーニングを研修生に対して実施したが、十分な説明のための時間が取れなかったこともあり、各グループの採点結果は必ずしも資格授与機関が示した模範の採点結果と一致しなかった。ルーブリックを効果的に使用するためには、分かりやすく共有しやすい評価基準の開発、豊富な事例集、情報の提供、効果的なトレーニング（教員研修）などの支援システムの構築が必要であると考えられる。

### 参考文献

- 1) QCA Sample Materials <http://www.qca.org.uk>
- 2) OCR Teacher Support : Coursework Guidance Booklet , (2001)p.14
- 3) OCR Teacher Support : Coursework Guidance Booklet , (2001)p.31
- 4) National Science Education Standards , National Academy Press , (1995)p.111
- 5) Science Content Standards for California Public Schools <http://www.cde.ca.gov/board/pdf/science.pdf>