

理 科

1 学習指導と評価の改善・充実

本道においては、国のスーパーサイエンスハイスクール及びサイエンス・パートナーシップ・プログラム事業並びに「夢と活力あふれる高校づくり推進事業」における北海道サイエンスハイスクールなどの事業を通して、理科教育の充実・発展を図ってきたところであるが、近年の国際学力調査（PISA、TIMSS）及び国の「平成14年度高等学校教育課程実施状況調査」の結果から、理科教育にかかわるいくつかの課題が明らかになってきた。

そのため、本手引においては、これらの調査で明らかになった課題を示すとともに、課題を踏まえた指導方法の工夫・改善の方策について説明する。

(1) 国際学力調査結果に見られる課題

ア PISA2003（科学的リテラシー）

高校1年生を対象としたPISAの調査結果に見られる主な課題を次に示す。

(ア) 科学的に解釈する力と表現する力の低下

具体的な問題は公表されていないが、科学的証拠と科学的結論を解釈する力が必要な問題や論述式の問題では、前回調査（2000年）と比較して顕著な低下傾向が見られ、「科学的に解釈する力」や「表現する力」の低下が指摘されている。

(イ) 日常生活に見られる自然事象と理科の学習内容の関連を図った指導の充実

季節の変化と1日の昼間の長さとの関係を地軸の傾きから考えさせる問題では、昼間の長さが季節で異なることを日常生活で認識しているが、科学的な理解にまでは至っていないことが明らかになった。このような日常生活に見られる自然事象を、理科の学習内容と関連付ける指導の充実が求められている。

イ TIMSS2003（理科）

小学校4年生と中学校2年生を対象としたTIMSSの調査結果に見られる主な課題を次に示す。

(ア) 科学的な思考力・判断力の不足

中学校理科の金星の表面温度の方が水星より高い理由を問う問題では、与えられたデータをもとに、その中から必要な情報を読み取り、科学的に判断する力が十分でないことが指摘されている。

(イ) 理科の学習と日常生活を関連させた指導や日常の自然体験の充実

生徒が学校で学んだり、日常生活の中で獲得した学習経験の有無が問題の正答率に大きく影響することが、調査の解答状況から明らかになった。理科の学習と日常生活との関連を明確にした指導や、野外観察などの自然体験を一層充実させることが求められている。

このように、2つの国際学力調査の結果からは、「科学的に解釈する力の育成」、「理科の学習と日常生活を関連させた指導及び日常生活における自然体験の充実」が、主な課題として挙げられている。

(2) 「平成14年度高等学校教育課程実施状況調査」結果に見られる課題

本調査の理科(物理 B、化学 B、生物 B、地学 B)のペーパーテストからは、次のような課題が明らかになった。ここでは、その課題と該当する問題(該当の小問のみ)を紹介する。

ア 基本的な概念や原理・法則に関する知識・理解が十分ではない

[生物 B]

出題のねらい：体細胞分裂について、分裂期の特徴を理解している
通過率：35.5% (設定通過率65%)

観察した細胞の中には、右のような分裂像があった。この分裂像は、分裂期のうち何期と呼ばれる状態か。次の ~ のうちから一つ選び番号で答えなさい。

前期 中期 後期 終期



イ 自然事象を数量等を用いて正しく表現したり、図やグラフ等から読み取ったりすることが十分ではない

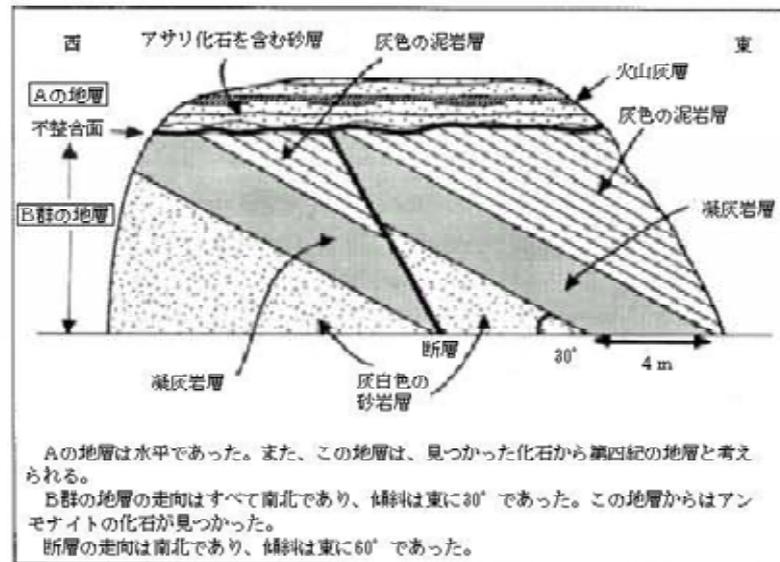
[地学 B]

出題のねらい：不整合の根拠を露頭のスケッチ、観察記録から述べるができる
通過率：20.6% (設定通過率60%)

京子さんは、学校の近くにある、道路に面して東西方向に広がる崖に見える地層について調べることにした。その崖では断層の両側で凝灰岩層が観察された。

また、崖の上部には不整合面が見られ、その面より上の地層をAの地層、下の地層をB群の地層と呼ぶことにした。下の図は京子さんが書いた崖のスケッチと地層観察のメモである。これらをもとに、次の(1)~(6)に答えなさい。

(2) B群の地層とAの地層の境界が不整合面であると判断した根拠を、京子さんのスケッチと地層観察のメモをもとに、簡潔に書きなさい。



ウ 基本的な事項は身に付いているものの、科学的な思考につながない

[物理 B]

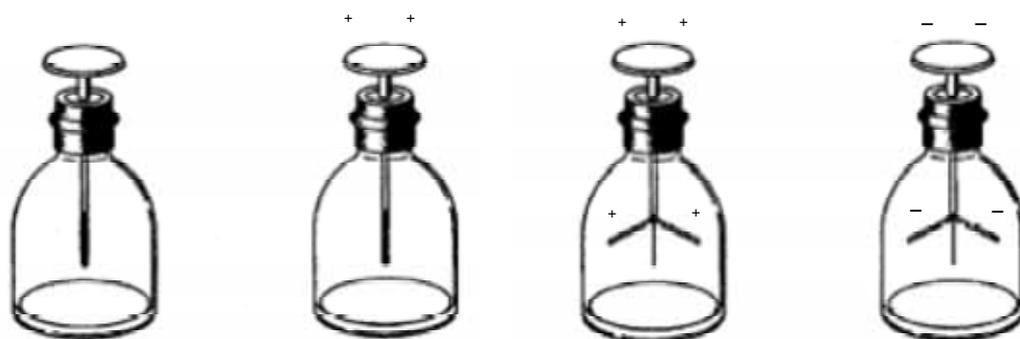
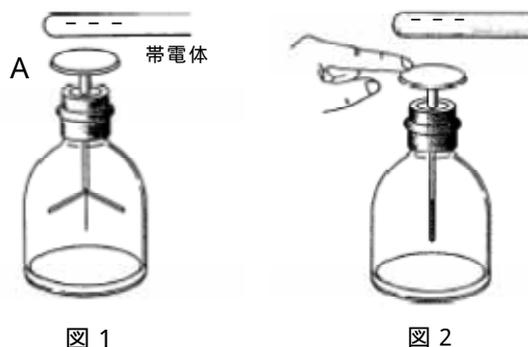
出題のねらい：「静電誘導」と「電荷同士に働く力の特徴」の知識・理解に基づき、論理的思考により結果を判断することができる

通過率：32.4%（設定通過率55%）

静電気の性質を調べるために、はく検電器を使って次のような実験を行った。最初、はく検電器に電荷はたまっておらず、はくは閉じていた。次の各問に答えなさい。

(2) 図1の状態、上皿Aに指を触れたところ、図2のようにはくは閉じた。

この状態から、まず指を離れた後、帯電棒を遠ざけた。このとき、上皿Aとはくに帯電している電荷とはくの様子はどうなるか。最も適当な図を、次のうちから一つ選び番号で答えなさい。



エ 記述式や計算を伴う問題で無解答率が高い

[化学 B]

出題のねらい：中和の量的関係を理解し、計算して求めることができる

通過率：29.5%（設定通過率50%）

無解答率：45.9%

酢酸水溶液の濃度を知るために、次のような中和滴定を行った。これについて、(1)～(3)に答えなさい。

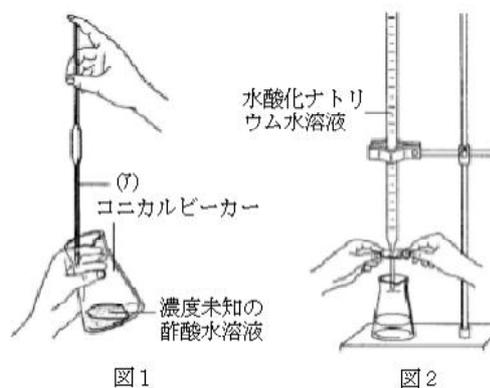
図1のようにガラス器具(ア)を用いて、酢酸水溶液20.0mlをコニカルビーカーに入れ、指示薬(イ)溶液を数滴加えた。次に、図2のように濃度0.200mol/lの水酸化ナトリウム水溶液を、ビュレットからコニカルビーカーに滴下して、溶液の色が無色から淡赤色(ピンク色)に変化した

ときの水酸化ナトリウム水溶液の滴下量を求めた。この操作を数回繰り返したところ、水酸化ナトリウム水溶液の滴下量の平均値は10.0mlになった。

(2) この実験より、酢酸水溶液のモル濃度 [mol/l] を小数点以下第3位まで求めなさい。ただし、酸と塩基は両方とも1価なので次の式が成り立つ。

$$\frac{C}{1000} V = \frac{C}{1000} V$$

C : 酸の溶液の濃度 [mol/l] C : 塩基の溶液の濃度 [mol/l]
V : 酸の溶液の体積 [ml] V : 塩基の溶液の体積 [ml]



(3) 指導方法の工夫・改善

国際学力調査（PISA、TIMSS）及び国の「平成14年度高等学校教育課程実施状況調査」で明らかになった課題を解決するためには、次のような指導方法の工夫が考えられる。

ア 観察・実験を通じて、科学的な思考力を育成する指導の工夫

各種調査結果から、科学的な思考力が十分に身に付いていない状況が見られた。そのため、目的意識を持った観察、実験を実施し、科学的な思考力を育成する指導の一層の工夫が必要である。

イ 既習内容や他教科及び日常生活との関連を図り、理解を深める指導の工夫

各種調査結果から、既習の内容や他教科等で学んだ内容を活用して問題を解くことに課題が見られた。そのため、既習の内容や他教科及び日常生活との関連を意識した授業を展開し、生徒の理解を深める指導の一層の工夫が必要である。

学校においては、これらを参考に、学校の実態に応じた指導方法の工夫・改善を一層図ることが大切である。また、理科教育ではこれまでも、探究する能力と態度を育てるとともに、問題解決能力を養うことが求められていることから、観察・実験を一層探究的に行うよう指導の工夫が必要である。

2 「確かな学力」を育成する取組の改善・充実

～思考力、判断力、表現力等を育成する取組～

上記の指導方法の改善策を踏まえ、「ア 観察・実験を通じて、科学的な思考力を育成する指導の工夫」及び「イ 既習内容や他教科及び日常生活との関連を図り、理解を深める指導の工夫」を図る具体的な指導方法及び評価方法の例を、それぞれ次に示す。

(1) 観察・実験を通じて、科学的な思考力を育成する指導の工夫の具体例

ア 実験の概要

(ア) 科目：理科総合A

(イ) 単元：(2)「資源・エネルギーと人間生活」 イ いろいろなエネルギー (ア) 仕事と熱

(ウ) 実験の内容

振り子のおもりを持ち上げた高さとの速さとの関係を調べる実験を通して、おもりの重力による位置エネルギーと運動エネルギーの関係について考察する。

(エ) 指導方法の工夫

重力による位置エネルギーと運動エネルギーとの関係を明確に示すことができるグラフについて考察させる。

実験結果を踏まえ、より誤差の少ない実験方法について考察させ、目的意識を持った実験に取り組ませる。

(オ) 評価方法の工夫

実験レポートを用いて、次の評価規準及び総括の方法により評価を行う。

[評価規準]

グラフ（縦軸・横軸に目盛を付けているもの）にデータを正しく記入するとともに、原点を通る曲線で結び、速さと高さの関係を示すことができる。【技能・表現】

作成したグラフから、おもりを持ち上げた高さで最下点での速さの関係について考察できる。【思考・判断】

既習の学習内容を生かし、おもりの重力による位置エネルギーと運動エネルギーを求め、その関係をグラフ（目盛を付けていないもの）に示すことができる。【思考・判断】

摩擦による影響を少なくする方法を検討し、具体的な実験方法を考えることができる。【思考・判断】

おもりを重くしたり、記録タイマーに替えて非接触の速度測定器を適切に用いたりするなどして、誤差の少ない実験を行うことができる。【技能・表現】

[評価の総括の方法]

レポート全体の評価を総括する際は、科学的な思考力の育成に重点を置いて評価する観点から、【思考・判断】及び【思考・判断】を重視する。

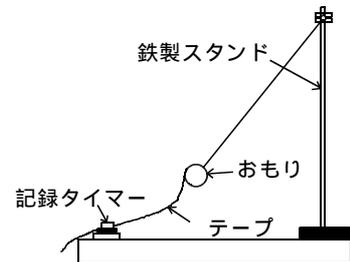
イ 実験レポートの具体例及びその評価

探究活動 力学的エネルギーの保存



目的 振り子のおもりを持ち上げた高さで最下点を通過する際の速さを測定し、重力による位置エネルギーと運動エネルギーの関係について調べる。

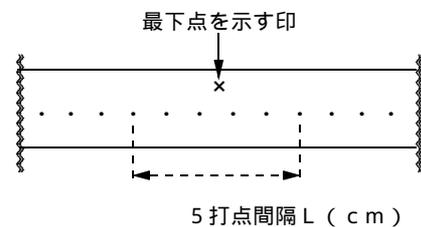
- 方法 (概略)
- 振り子のおもりの質量が200 (g)であることを確かめる。
 - 1のおもりに記録タイマーのテープを貼り付ける。
 - おもりが最下点にきたときの記録タイマーの打点の位置をテープに記す。
 - おもりを持ち上げ、最下点からの高さ h (cm) を5.0 (cm) にする。
 - 記録タイマーのスイッチを入れて、おもりを静かに離す。
 - 最下点付近の5打点の間隔 L (cm) を測定する。
 - h (cm) を5.0 (cm) ずつ高くし、2～6を繰り返す。



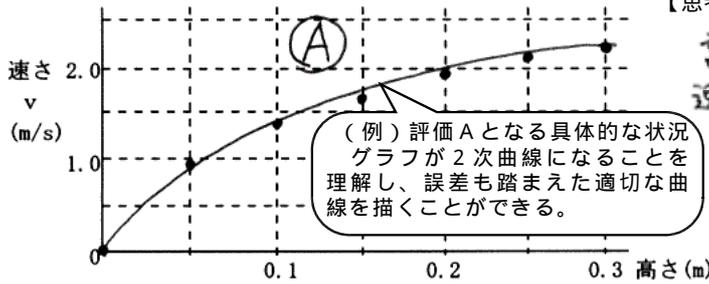
- 留意点
- おもりが最下点にあるときに、テープが水平になるようにする。
 - おもりを離すときに糸がたるまないようにする。

結果 実験結果を下の表にまとめなさい。

おもりの高さ h (cm)	最下点付近の5打点間隔 L (cm)	最下点におけるおもりの速さ v (m/s)
5.0	9.5	0.95
10.0	13.4	1.34
15.0	16.4	1.64
20.0	19.1	1.91
25.0	21.0	2.10
30.0	23.0	2.30



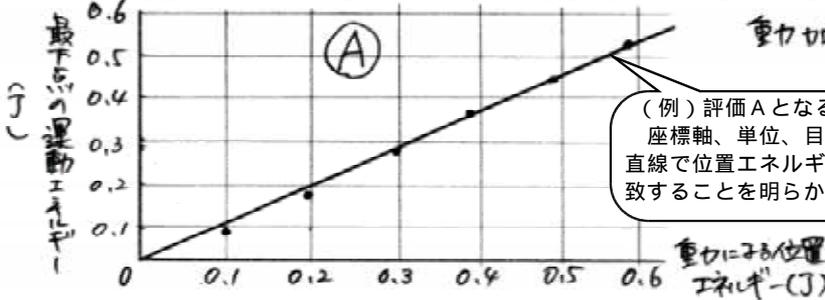
考察 1 最下点でのおもりの速さを縦軸に、おもりの高さを横軸にとった次のグラフを完成させなさい。
【技能・表現】



2 1で作成したグラフから、おもりを持ち上げた高さで最下点での速さはどのような関係であることがわかるか書きなさい。
【思考・判断】

高さが大きくなる程、最下点の速さは速くなる。(B)
(例) 評価Bとなる具体的な状況
おもりを持ち上げた高さの大きいほど、最下点でのおもりの速さが大きくなっていることを理解し、表現できている。

3 持ち上げたおもりの重力による位置エネルギーと最下点での運動エネルギーの関係を、わかりやすく示すにはどのようなグラフを作成すればよいか考え、そのグラフを書きなさい。【思考・判断】



重力加速度 $g = 9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}$ とする。
(例) 評価Aとなる具体的な状況
座標軸、単位、目盛等を適切に記入し、原点を通る直線で位置エネルギーと運動エネルギーがおおむね一致することを明らかにしている。

4 計算結果において、最下点でのおもりの運動エネルギーは持ち上げたときの重力による位置エネルギーより小さくなる。実験の条件や操作等を参考にして、より誤差の少ない実験を行う方法を考え、書きなさい。なお、次の実験器具から必要なものを使用できるものとする。【思考・判断】
〔500 (g) のおもり、ゴム製のおもり、赤外線センサーによる非接触型速度測定器〕

評価Aとなる具体的な状況
誤差を生じた原因や操作を適切に把握し、誤差を少なく表現できている。

- 紙テープの摩擦があるので、おもりに重くして実験する。(摩擦の影響を小さくする) (A)
- 「ガタ」にひかかたりはひかかりに注意して実験する。(テープがぶら下がるのを防ぐ)

5 4で考えた方法により実験を行い、先に行った実験に比べ誤差が少なくなるかどうかを確かめ、その結果を書きなさい。【技能・表現】

おもりの高さ 5cm で $L = 10.0 \text{ (cm)}, v = 0.10 \text{ (m/s)}$
 " 10cm で $L = 14.5 \text{ (cm)}, v = 0.145 \text{ (m/s)}$
 " 15cm で $L = 17.0 \text{ (cm)}, v = 0.170 \text{ (m/s)}$
 } 3回比前の実験より v が大きくなっている。(B)

(例) 評価Bとなる具体的な状況
誤差の少ない実験を行うとともに、実験の結果から誤差が減少したことを表現できている。

【総合評価】
(例) 総合評価Aとなる具体的な状況
Aが3個以上の場合とするが、【思考・判断】の、
が共にAの場合は2個でも可とする。

評価欄 (教師記入)

【思考・判断】			【技能・表現】		レポートの総合評価
①	②	③	①	②	
B	A	A	A	B	A

ウ 指導と評価の一体化

この実験を行っている間、生徒観察による評価も行い、その評価結果を直ちに指導に生かすことが大切である。例えば、「考察3」において、力学的エネルギーを計算することができないなど、基礎的な知識が十分に身に付いていない状況が見られる場合には、レポートの記入を「考察2」までにとどめ、既習内容の復習を行った後に「考察3」以降に取り組みさせるなど、生徒の学習の習熟度に応じた指導の工夫を行うことが大切である。

- (2) 既習内容や他教科及び日常生活との関連を図り、理解を深める指導の工夫の具体例
～ コンセプトマップの作成を通して理解を深める指導の工夫～

単元に関連する特有の言葉（「概念ラベル」：以下「ラベル」という）を、それらの関係を表す言葉でつなぎ、図式で視覚的に表したものを「コンセプトマップ」と呼んでいる。

授業では、あらかじめ用意した複数のラベルを生徒に提示し、生徒がラベル間に関係があると考えた場合、それらのラベルを線でつなぎ、その線の横に関係を示す言葉を記入する。このようなコンセプトマップは、生徒の学習方法として活用できるとともに、単元についての生徒の知識や理解などを把握することができるため、評価方法としても活用することができる。

ここでは、既習事項について、他教科との関連や日常生活とかかわりの深い内容を授業で取り扱った後に、生徒の理解を深めるため、コンセプトマップを作成させる指導方法の具体例を示す。

ア 授業の概要

(ア) 科目：理科総合 B

(イ) 単元：(3) 「多様な生物と自然のつり合い」 ア 地表の姿と大気 (ア) 多様な景観

(ウ) 授業のねらい

火山噴火と火山災害との関連について学習した内容を、コンセプトマップにまとめさせることにより、火山噴火についての理解を深める。

(エ) 指導方法の工夫

火山噴火の様々な現象と火山災害についてのコンセプトマップの作成を通して、それぞれのラベルの関連を考察させる。

火山噴火と火山災害との関連をより詳しく示すために、生徒自らラベルを考えて付け加え、火山噴火と火山災害の関連を表現させる。

(オ) 評価方法の工夫

コンセプトマップを用いて、次の評価規準及び総括の方法により評価を行う。

[評価規準]

用意したラベルをすべて使うとともに、適切なラベルを付け加えている。【知識・理解】

付け加えたラベルに火山災害に関連する言葉が含まれている。【知識・理解】

ラベル間のつながりが適切である。【思考・判断】

ラベル間のつながりを示すつなぎ言葉が、適切に表現されている。【技能・表現】

[評価の総括の方法]

コンセプトマップ全体の評価を総括する際は、理解を深めることに重点を置いて評価する観点から【知識・理解】及び【知識・理解】を重視する。

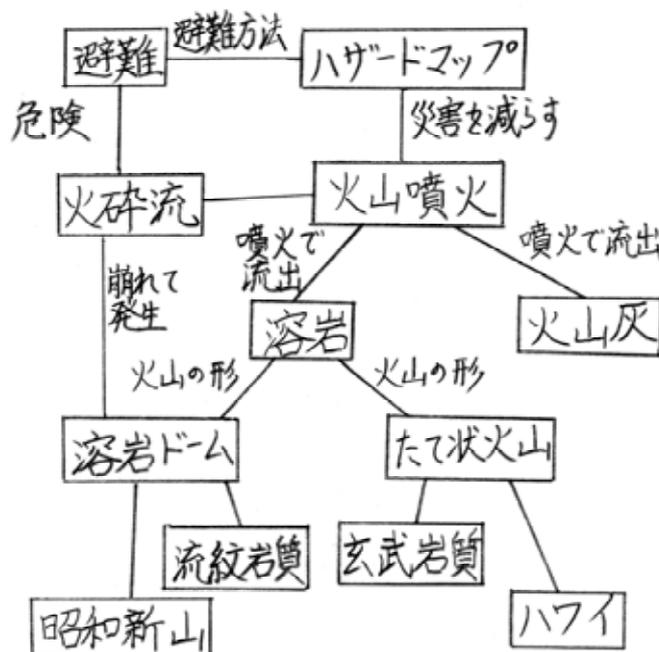
イ コンセプトマップの具体例及びその評価

火山噴火と火山災害についてのコンセプトマップ

1年 B組 36番 氏名〇〇〇〇

- 1 次の言葉について、関係のある言葉と言葉を線でつないでください。
- 2 つないだ線の横に、関係を示す言葉や文章を記入してください。
- 3 付け加えたい言葉を自由に書き加えてください（日常生活や他教科に関連する語など）。

溶岩 火砕流 玄武岩質 流紋岩質 火山噴火 火山灰 避難 ハザードマップ 溶岩ドーム



【知識・理解】
 (例) 評価Aとなる具体的な状況
 用意したラベルをすべて使うと
 ともに、ラベルを4つ以上付け加え、
 それらが他のラベルとつなが
 られている。

【知識・理解】
 (例) 評価Bとなる具体的な状況
 付け加えたラベルに火山災害に
 関連する言葉が1つまたは2つ含
 まれ、それらが他のラベルとつな
 がれている。

【思考・判断】
 (例) 評価Aとなる具体的な状況
 ラベル間のつながりが適切であり、
 用意したラベルが他のラベル
 と平均2つ以上つながれている。

【技能・表現】
 (例) 評価Bとなる具体的な状況
 火山噴火と火山災害の関連がわ
 かるように、ラベル間の言葉が5
 ~8つ適切に表現されている。

【総合評価】
 (例) 総合評価Bとなる具体的な状況
 [知識・理解] がAB、またはBB、
 ACの場合で、[思考・判断]と[技能・表
 現]がAA、AB、BB、BCの場合にBと
 評価する。

評価欄 (教師記入)

【知識・理解】		【思考・判断】	【技能・表現】	レポートの総合評価
①	②			
A	B	A	B	B

ウ 指導と評価の一体化

生徒が作成したコンセプトマップからは、生徒が学習内容をどのようにしてまとめ、理解したかを把握することができる。そのため、このコンセプトマップの評価を様々な指導に生かすことが大切である。例えば、必要なラベルが付け加えられていない場合には、その言葉について復習を行い、コンセプトマップを書き直させるなどの指導の工夫が考えられる。

また、生徒のコンセプトマップを評価する際は、教師があらかじめ作成したコンセプトマップと比較して、指導方法が適切であったかなどの授業評価を行うことも重要である。