

[理 科]

中学校理科学習における概念地図の型と学力の相関

比護 一幸*

1 問題の所在

生徒に学習内容をより深く定着させるには、一つ一つの学習内容の理解だけでなく、学習内容間の関連を構造的・体系的に把握させることが重要である。しかし、実際は個々の学習内容を理解するのが精一杯で、それらのつながりまで考えて知識を構造化することは難しい。このことを解決するための学習法として、Novak & Gowin (1984) らが開発した「概念地図法」がある。この概念地図法についてこれまでに様々な研究が行われてきた。ここで問題となるのが、「概念地図」という自由度の高いものをどのように評価するかという点である。先行研究において皆川 (2009) は概念同士のつながりに注目し、正連想数、誤連想数、分岐数、クロスリンク数を集計することによる評価法、松井、岩月、石田 (1996) らはグラフ抵抗法という方法による評価法、福田 (2010) らは授業者が作成した概念地図 (ゴールマップ) と学習者が作成した概念地図とを比較し、どの程度適合しているかによるKIT-BUILD式という評価法を提唱している。しかし、どの評価法も一つ一つの概念地図の評価に時間がかかり、実際の学校現場において行うのは困難である。一方、岩井氏は著書の中で概念地図の代表的な型を挙げ、その型別に学習者の思考がどのように構築されているかを読み取っている。筆者は生徒が作成した概念地図をこの型別に分類することで、概念地図の評価ができるのではないかと考えた。本研究では、このことについて明らかにするために、中学校理科のいくつかの単元について「概念地図」を取り入れた実践を行い、概念地図の型と学力の相関について考察することで、この評価法について検証することとした。

2 研究の構想

(1) 概念地図法と評価方法について

概念地図法とは、ある概念に関係する言葉 (概念ラベル) をいくつか選び出し、配置し線で結び、線の横に言葉どうしの関連を表す言葉 (リンクワード) 書き込んで、図式に視覚化していくというものである。

例として次の言葉 (食べ物、果物、にんじん、りんご、やさい、みかん) を使った概念地図の作成手順を示す (図1)。

学習者が作成した概念地図をどう見取るか。岩井氏が著書の中で上げている概念地図の代表的なタイプを挙げる (図2)。

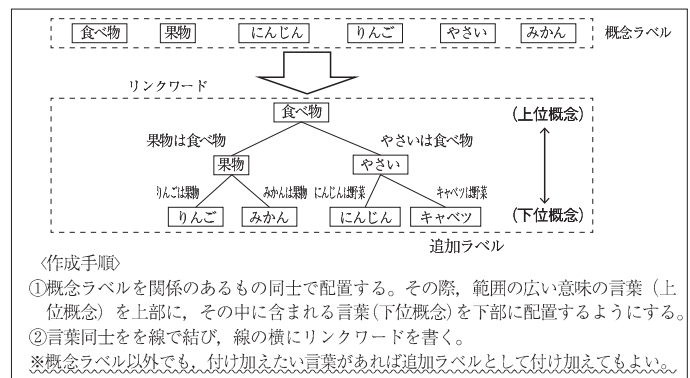


図1 概念地図の作成手順

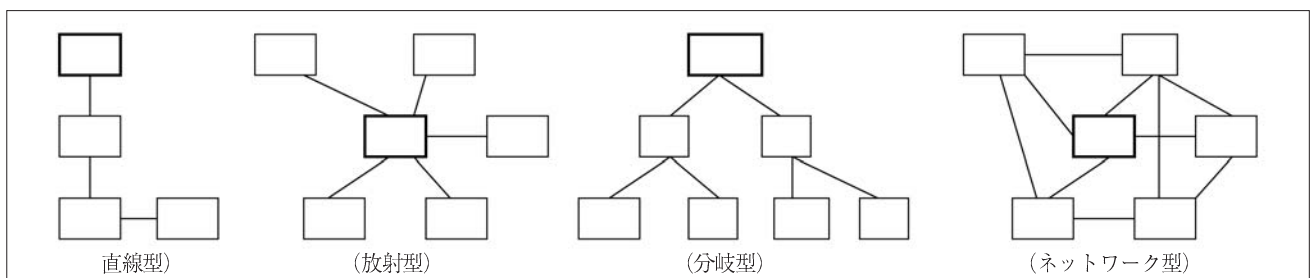


図2 概念地図の代表的な型

* 長岡市立東北中学校

「直線型」は概念ラベルが直線的に並んでいる。このような場合は学習内容を連想しながらつないでおり、階層構造のない理解をしていることが予想される。「放射型」は中心になる概念ラベルから放射状にいくつかの概念ラベルをつないでおり、「分岐型」は中心になる概念ラベルから枝分かれしながら概念ラベルをつないでいる。「放射型」は中心が上位概念、広がっていくほど下位概念になり、「分岐型」は上の方ほど上位概念で、下に行くほど下位概念となる。このような場合では学習内容を上位概念、下位概念といった階層構造をもって理解していることが予想される。「ネットワーク型」では、概念ラベル同士のリンクがクロスしたクロスリンクが多く見られ、学習内容を構造的・体系的にして理解していることが予想される。筆者が今まで「概念地図」を用いた実践を行う中でこの4つのタイプが多く見られ、実際の現場での評価も容易に行えるという点からこの4つのタイプによる分類を行うこととした。また、先に上げた先行研究で提唱されている評価方法でこの4つのタイプを評価した時に、「直線型」<「放射型・分岐型」<「ネットワーク型」の順で評価することができたので、本実戦でもこの順でコンセプトマップを評価し型別にテストの点数の平均を比較することで学力との相関を見ることとした。

(2) 単元について

数学科の先行研究において齋藤・佐々木（1994）らは概念地図の評価と学力との相関がきわめて高いという結果を得ている。一方、花房・船越（2001）らは概念地図と学力との相関がないという結果を得ている。花房・船越らが、概念地図の評価と学力との相関が低かった理由として、「問題や解法を暗記していれば解ける問題があり知識が構造化していなくてもテストで得点できた」ことを挙げている。さらに、発展的な内容の問題について「基本的な概念の結びつきを理解しただけでは、具体的な問題が解けることには結びつかない」としている。

本研究で実践を行う単元を選ぶにあたりこの評価方法が汎用的であるかどうかを考慮し、比較的学習内容の暗記が重視される中学1年の「植物」の単元と、学習内容の理解が重視される中学校3年「運動とエネルギー」の単元について行うこととした。

3 実践

(1) 中学1年「植物」単元の実践

1年生40名（男子21名、女子19名）のクラスで実践を行った。概念地図の作成場面は各次の終末授業の後半に行うことを基本とした。単元で区切ると学習内容が広く、概念地図作成に時間がかかることと、学習内容を整理することができない生徒がいることが予想されるためである。単元の指導計画は次の通り（表1）。

1回目の作成時に中心ワードを教師が指定し、その後は生徒が自由に概念地図を作成するようにした。また、その際に教科書、ノート何を見てもよいこととした。2回目以降の概念地図作成は前に作成した概念地図に書き加えていく方法をとった。また、この際に前に作成した概念地図を修正しても良いこととした。毎回最初は個人で作成する時間、その後班内で意見交換する時間を設けた。単元の最後に生徒が作成した概念地図を、「直線型」「放射型・分岐型」、「ネットワーク型」に分類し、それぞれの型ごとに生徒の定期テストの偏差値を比較することで、概念地図と学力との相関を検証する。この単元では中心ワードを「植物」と指定した。概念地図⑥の段階で生徒が

表1 「植物」の単元の指導計画

単元の流れ (○:生徒の活動)	概念地図作成の流れ
第1次 花のつくりとそのはたらきを調べよう。 ○いろいろな植物の花の観察を行い、花の基本的なつくりの特徴を学習する。 ○花の各部分とはたらきを関連づけて、花の基本的なつくりを学習する。	第1次の振り返り ○概念地図①の作成
第2次 根や茎のつくりとそのはたらきを調べよう。 ○いろいろな植物の根、茎の観察記録に基づいて、根、茎の基本的なつくりの特徴を見出す。	第1次～第2次の学習のふりかえり。 ○概念地図②の作成
第3次 葉のつくりを調べよう。 ○葉のつくりの基本的な特徴を見だし、蒸散について理解する。	第1次～第3次の学習のふりかえり。 ○概念地図③の作成
第4次 葉の働き調べよう。 ○葉のはたらきについて理解し、植物のからだの各部分を光合成・呼吸・蒸散と関連づけてとらえる。	第1次～第4次の学習のふりかえり。 ○概念地図④の作成
第5次 種子植物にはどのようななまがあるか。 ○花や葉、茎、根の観察を相互に関連づけて考察し、種子植物がからだのつくりの特徴にもとづいて分類できることを見いだす。	第1次～第5次の学習のふりかえり。 ○概念地図⑤の作成
第6次 種子をつくらぬ植物のなまを調べよう。 ○シダ植物やコケ植物のからだのつくりや種子植物との違いを理解する。	第1次～第6次の学習のふりかえり。 ○概念地図⑥の作成

作成した概念地図の例を次に示す（図3，4）。

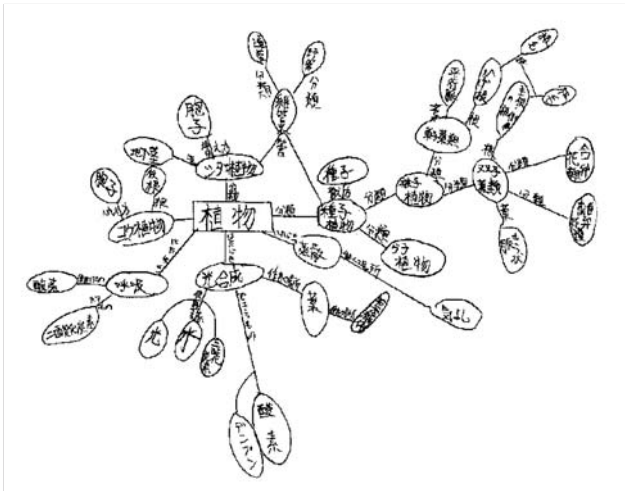


図3 「植物」の単元で生徒が作成した概念地図（放射型）

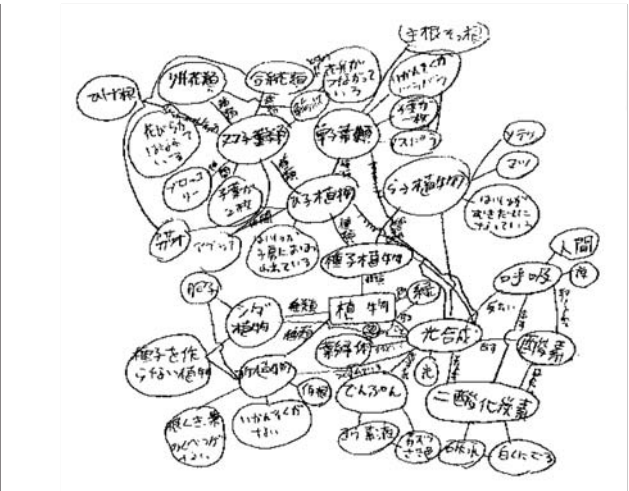


図4 「植物」の単元で生徒が作成した概念地図（ネットワーク型）

直線型と分岐型の概念地図は、見られなかった。中心ワードを「植物」と指定したため、地図の中心に「植物」のワードを配置したためだと考えられる。これらの概念地図の型と定期テスト偏差値との相関についての結果は次の表のとおり（表2）。

表2 「植物」の単元での概念地図の型と定期テスト偏差値との相関

概念地図の型	生徒数	定期テスト偏差値の平均
放射型	22人	47.8
ネットワーク型	18人	54.6

(2) 中学3年「運動とエネルギー」単元の実践

3年生37名（男子19名，女子18名）のクラスで実践を行った。基本的な方法は(1)の実践と同様の方法をとった。単元の指導計画は次の通り（表3）。

表3 「運動とエネルギー」の単元の指導計画

単元の流れ (○:生徒の活動)	概念地図作成の流れ
第1次 力を受け続ける時とどのような運動をするか。 ○力を受け続ける運動では物体の速さが変わることを見いだす。	第1次の振り返り ○概念地図①の作成
第2次 力を受けない時とどのような運動をするか。 ○力を受けない運動では、物体は等速直線運動をすることを見いだす。	第1次～第2次の学習のふりかえり。 ○概念地図②の作成
第3次 仕事とは何か。 ○仕事について理解する。	第1次～第3次の学習のふりかえり。 ○概念地図③の作成
第4次 道具を使うと仕事はようになるか。 ○仕事の原理と仕事率について理解する。	第1次～第4次の学習のふりかえり。 ○概念地図④の作成
第5次 エネルギーとは何か。 ○物体のもつエネルギーの量は物体が他の物体になしうる仕事で測れることを理解する。 ○位置エネルギーと運動エネルギーが相互に移り変わることを見だし、力学的エネルギーの総量が保存されることを理解する。	第1次～第5次の学習のふりかえり。 ○概念地図⑤の作成
第6次 エネルギーの移り変わりを調べよう。 ○エネルギーにはいろいろな種類があり、相互にエネルギーは移り変わることを理解し、その総量は保存されることを知る。	第1次～第6次の学習のふりかえり。 ○概念地図⑥の作成
第7次 電気エネルギーはどのように供給されるか。 ○いろいろな電気エネルギーの供給のしくみと、それぞれの長所、短所を知り、自然環境や人間の生活に与える影響について考える。 ○新しく求められているエネルギー資源の条件と、その具体的な例を考える。	第1次～第7次の学習のふりかえり。 ○概念地図⑦の作成

単元の指導上、それぞれの次ごとに中心ワードを「運動」、「仕事」、「エネルギー」と設定した。生徒が作った概念地図の具体例を次に示す（図5，6，7）。



図5 「運動とエネルギー」の単元で生徒が作成した概念地図（直線型）

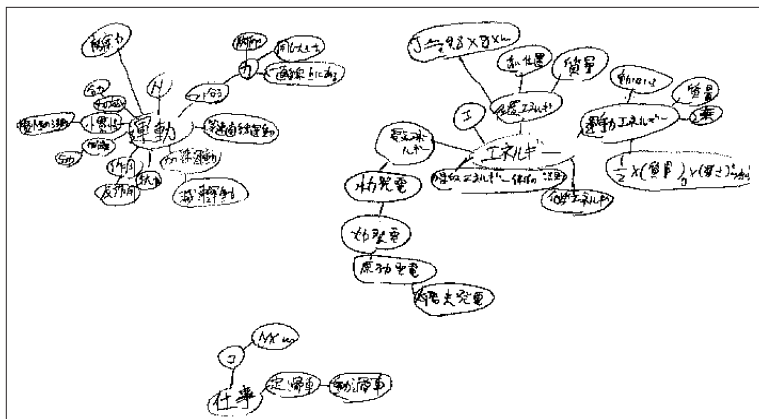


図6 「運動とエネルギー」の単元で生徒が作成した概念地図（放射型）

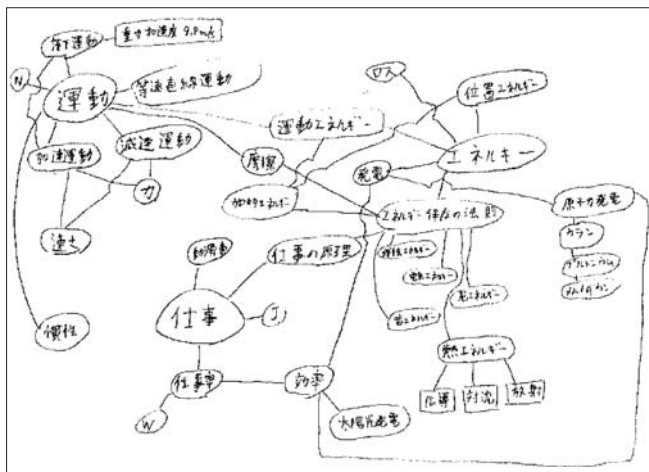


図7 「運動とエネルギー」の単元で生徒が作成した概念地図（ネットワーク型）

分岐型の概念地図は見られなかった。概念地図の評価と定期テスト偏差値との相関についての結果は次の表のとおり（表4）。

表4 「運動とエネルギー」の単元での概念地図の型と定期テスト偏差値との相関

概念地図の型	生徒数	定期テスト偏差値の平均
直線型	5人	42.3
放射型	22人	50.1
ネットワーク型	10人	55.5

4 考察

(1) 実践結果より

「植物」の単元、「運動とエネルギー」の単元に双方において、「直線型」<「放射型・分岐型」<「ネットワーク型」の順で定期テスト偏差値の平均が高いという結果が得られた。概念地図と学力との間に相関があることが明らかになった。先行研究において花房・船越（2001）らは概念地図と学力との相関が低い理由として、「概念の結びつきだけでは問題が解けるということには直接つながらず、問題を解くには解答への論理的な推論が重要であるため」としている。この先行研究は高等学校数学の実践であった。中学校理科では高等学校数学ほどの推論はなく、概念を結びつけ、学習内容を構造的に構築することでテスト問題に対応できるためであると考えられる。

(2) 生徒の感想より

生徒の概念地図学習に対する代用的な感想として次のようなものがあった。

- ・概念地図を作るのは難しかったけど、面白かった。
- ・単元の学習内容がつながっているのが分かった。
- ・概念地図を描くことで理解を深めることができた。

概念地図の学習の効果としては、作成することで学習要素どうしの関連をこれまでは考えていなかった生徒に確認させ、学習要素（概念、重要語句など）どうしの関連を得ることの重要性を認識させることができた。また、理解が深まると自分の頭の中に概念地図のようなものが出来上がることに気づき、生徒自身が今後の学習において知識を構造化しようとするにつながると考える。また、難しかったけど面白かったという感想から、生徒が学習内容を理解できたときの充実感にもつながっていると考える。

(3) 過去の実践より

以前筆者が行った実践で、概念地図を取り入れた学習についてのものがある。個人で概念地図を作成した後、小集団での協働で作成する場面を取り入れた実践を、中学1年生「マグマからできた岩石～火成岩～」の単元で行ったものである。単元の指導計画は次の通り（表5）。

表5 「マグマからできた岩石～火成岩～」の単元の指導計画

単元の流れ (○:生徒の活動)	コンセプトマップ作成の流れ
第1次 火山の活動について調べよう。 ○マグマと火山、噴火の仕組みについて学習する。 ○マグマのねばりけによって火山が3種類（盾状火山、成層火山、溶岩ドーム）に分類されること、それぞれの火山の特徴について学習する。	第1次の振り返り ○個人マップの作成 ○協働マップの作成
第2次 火山の噴出物を調べよう。～鉱物～ ○火山で噴出される噴出物には、溶岩や火山弾、軽石、火山れき、火山灰、火山ガスがあることを学習し、火山灰の観察を行う。 ○鉱物の種類や特徴について学習する。	第1次～第2次の学習のふりかえり。 ○個人マップの作成 ○協働マップの作成
第3次 火成岩のつくりを調べよう。 ○火山岩、深成岩の観察を行い、それぞれの岩石のつくりの違いについて学習する。 ○実験から、マグマの冷え方の違いによって、火山岩と深成岩では組織に違いができることを学習する。 ○3種類の火山岩（流紋岩、安山岩、玄武岩）と3種類の深成岩（花崗岩、閃緑岩、はんれい岩）の観察を行い、岩石に含まれる有色鉱物の割合と、組織の作りの違いによって岩石が分類できることを学習する。	第1次～第3次の学習のふりかえり。 ○個人マップの作成 ○協働マップの作成
単元のまとめを行う	○単元概念地図の作成

このときの概念地図について、今回の実践と同じように「直線型」、「放射型・分岐型」、「ネットワーク型」に分け、それぞれの型での当時の定期テスト偏差値の平均について調査したところ、今回の実践と同様の結果が得られた。

さらに、抽出した学力低位の生徒Tについての概念地図の変容を次に示す（図8）。

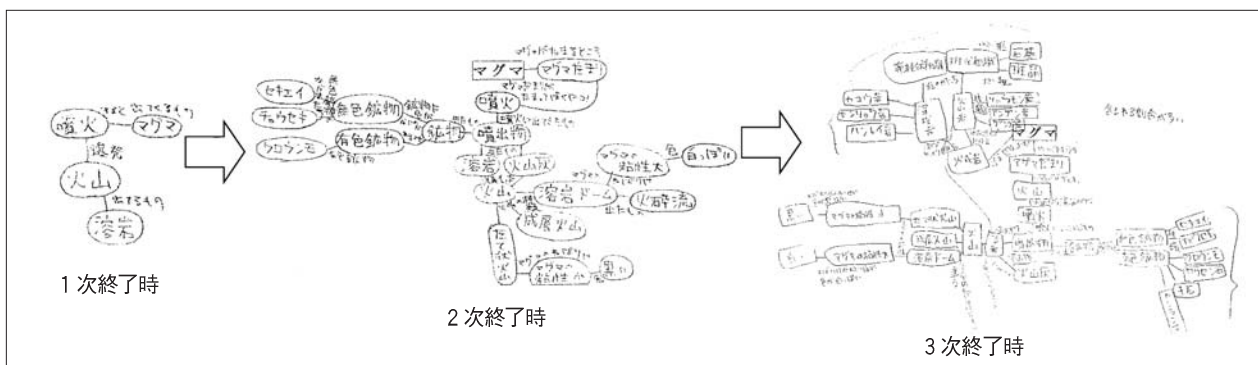


図8 生徒Tの概念地図の変容

1次終了時には「直線型」だった概念地図が、3次終了時には「分岐型」、「ネットワーク型」へと変容している。1次、2次、3次と授業が進むにつれて、徐々に学習内容を構造的・体系的にして理解していると推測される。また、一つ一つの言葉のリンクに注目してみると、2次終了時には「噴出物」から「鉱物」へとリンクされているのが分かる。本来これでは不十分で、「マグマ」→「鉱物」のリンクも必要である。3次終了時にはこの点が改善されている。2次終了時の協働学習が有効であったと考えられる。そのときのグループの会話の一部を次に挙げる（図9）。

この生徒Tは定期テストにおいても点数の向上が見られた。このときの生徒の感想は次の通り、

- ・グループで作成する中で、自分の考えと他の人の考えが違うことが分かった。
- ・自分の意見や、グループの人の意見が分かれたり、考えが変わったりでいい勉強になった。
- ・グループでやると自分が気づけなかったことや、間違えて覚えていたところがあった。
- ・グループでやると前の疑問点が分かってきた。
- ・意見を交流することで、いろんな意見が知れてよかった

学力低位で最初は概念地図が作成できなかった生徒も、協働の場面を設定することで自分の理解度を認識、修正、再構築することに有効であり、学習内容の構造的・体系的な理解につながる。このことが概念地図作成やテストに反映されたのだと考える。

5 まとめ

「直線型」、「放射型・分岐型」、「ネットワーク型」といった概念地図の型と学力との間には相関が認められた。この型別評価も概念地図を評価する際の一つの指標として有効であると考えられる。このことは中学校理科の1分野単元、2分野単元双方においていえると考えられる。

Novak & Gowin (1984) らが開発した概念地図の学習では、生徒が作成した概念地図と教師が作成した概念地図を照合させ、学習者の概念地図の誤りを訂正することで生徒は自分の考えを振り返ったり、整理したり、修正することに有効であるとしている。この中に、生徒同士の協働学習を組み込むことでより一層の効果が期待できることが過去の実践結果から明らかになった。

概念地図を使った学習法や評価法はこれまでも様々な研究が行われてきた。それは、概念地図自体が、対象学年、教科、単元、目的によって様々な視点での活用法、評価法のあるためだと考える。今回の研究はその中の一提案にすぎない。今後も概念地図の効果的な活用法について様々な視点から取り組み検討を重ねていきたい。

〈参考文献〉

- 福田裕之、山崎和也、平嶋宗、舟生日出男 「Kit-Build式概念マップによる学習内容の構造的・体系的な理解促進法」 人工知能全国大会 2010年
- 皆川順 「導入的概念地図の諸要素と択一式テスト成績との関係」 東京未来大学研究紀要 2009年
- 松居稔、岩月成道、石田博幸 「グラフ抵抗法を用いた概念地図の新評価観点の提案」 日本教育工学会誌 1996年
- 福岡敏行 編著 「コンセプトマップ活用ガイド」 p168～p169 東洋館出版社、2002年
- 中山迅 稲垣成哲 編著 「理科授業で使う思考と表現の道具～概念地図法と描画法入門～」 明治図書、1998年
- リチャード・ホワイト リチャード・ガンストン著 「子どもの学びを探る」 東洋館出版社、1995年
- 齋藤昇、佐々木孝志 「学習内容の構造的把握・理解力と問題解決力との関連」 日本数学教育学会誌76巻1号、1994年
- 花房哲也 船越俊介 「情意面を考慮した高等学校数学における学習指導」 神戸大学発達科学部研究紀要 2001年
- Novak Gowin 著 *Learning how to learn* Cambridge University Press 1984年

生徒1：火成岩は何とつなげた？
 生徒2：噴出物からつなげた。
 生徒1：火成岩って噴出物なの？
 生徒2：マグマが冷えてできるのが火成岩。
 生徒T：じゃあ、溶岩も火成岩？
 生徒3：いや、溶岩は噴出物の一種で火成岩じゃないと思う。
 生徒T：でも火成岩も溶岩もマグマが冷えてできたんじゃないの？

図9 2次終了時の生徒Tが所属するグループの協働学習時の会話の一部