

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 3 月 28 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500827

研究課題名（和文） 新学習指導要領に対応した小・中学校理科全単元をつなぐコア知識  
関連図の開発と評価研究課題名（英文） Effects of Using the Relational Chart of Core Knowledge from  
Elementary to Junior High School Science

研究代表者

山下 修一（YAMASHITA SHUICHI）

千葉大学・教育学部・准教授

研究者番号：10272296

研究成果の概要（和文）：本研究は、第一に「新学習指導要領に対応した小・中学校理科全単元をつなぐコア知識一覧表を開発すること」、第二に「コア知識一覧表を利用しながら説明を促す授業を展開し、その有効性を実証すること」を研究目的として展開した。

その結果、開発したコア知識一覧表を利用しながら説明を促す授業については、小学校・中学校の『物質の状態変化』の単元や小学校5年の電磁石の学習で試行し、児童・生徒には「前の学年で学んだことを振り返ったり」「学習内容のつながりを意識するようになったり」と感じられていた。そして、「粒子・粒子の運動」が『物質の状態変化』と、小学校3年で学んだ「電気はぐるっとひと回りできる回路(わ)を通る」「磁石につくものは鉄(鉄族のコバルト・ニッケルも)」が電磁石とつながっていると認識されて、発展的課題にもコア知識を適用してうまく説明できるようになっていた。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to investigate the effects of using the relational chart of core knowledge. Forty-six junior high school students studied the topic about changes in physical state of matter using the relational chart in lessons that were extended to six hours, and their understanding was evaluated both before (pre-test) and after (post-test) the lessons.

We obtained the following two results:

1. Junior high school students who studied using the relational chart realized that the topic of changes of state was connected with the particle model of matter.
2. The post-test showed that more than 60% of the junior high school students tried to explain the advanced task by using the particle model of matter.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：科学教育

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学，科学教育

キーワード：コア知識，科学教育

### 1. 研究開始当初の背景

現在の学校教育への批判のひとつは、「広さは1 mile<sup>2</sup>だが、深さは1 inch の知識しか教えていない」ということである。筆者はこの批判を受けて、幅広く現象を説明できるような知識(コア知識: Core knowledge)を獲得させ、その知識を活用した説明(コミュニケーション活動: Communication activities)を促す授業を開発した。その結果、従来はうまく授業ができなかった単元で、納得いく授業展開ができるようになった。

コミュニケーション活動については、平成12年度から平成20年度にかけての科学研究費補助金で取り組み、その成果を『深い理解をめざした理科授業づくりと評価』大日本図書、『中学校理科教育における構成されたグループコミュニケーション』風間書房を出版することで広く共有することができた。

しかし、コア知識については、一部の単元で例示できたに過ぎなかった。また、書籍の読者からは、全単元のコア知識を示して欲しいとの要望も聞かれ、全単元でのコア知識を示した一覧表の開発が課題となっていた。

### 2. 研究の目的

本研究では、第一に「新学習指導要領に対応した小・中学校理科全単元をつなぐコア知識一覧表を開発すること」、第二に「コア知識一覧表を利用しながら説明を促す授業を展開し、その有効性を実証すること」を研究目的として展開した。

### 3. 研究の方法

#### (1) コア知識一覧表の作成

2008年4月から2009年3月にかけて、単元ごとに小・中学校理科の教科書・参考書・問題集に示されている知識を一覧表に書き出し、現職教員や教育実習を終えた大学生らと検討を重ねて、その後の理科学習につながる最も重要なものをコア知識として精選した。

コア知識の表現は、例えば小学校3年生では「ものの出入りがなければ、形が変わっても重さは変わらない」「電気はぐるっとひと回りできる回路(わ)を通る」など、実際の授業にも使いやすいものにした。

そして、物理・化学・生物・地学の領域ごとにB4サイズ一枚にまとめて、一覧表示できるようにした。また、例えば小学校3年生の「磁石につくものは鉄(鉄族のコバルト・ニッケルも)」の( )内のように学習指導要領の範囲を超えるものでも、その後の理科学習につながり、知っておいた方がよいと判断したものは掲載することにした。

#### (2) 理科教員のコア知識一覧表利用に対する意識調査

2009年7月に、千葉県内の市町村教育委員会で実施された教員研修において、実際に理科の授業を担当している小学校44名・中学校14名の教員から調査への回答を得た。

#### (3) 中学校1年生『物質の状態変化』での試行授業

授業は、教科書に沿って表1のように進められた。

表1 物質の状態変化 (6時間)

時	授業内容
1	ロウの状態変化の様子と質量・体積に変化があるかを調べた。その結果から、液体のロウ・固体のロウ・氷・水の密度を計算し、氷が水に浮くこと、水は特別なものであることを知った。
2	エタノールをビニール袋に入れてお湯をかける実験を行い、ビニール袋が膨らんだ理由を考えた。
3	固体が液体に変わるときの温度を調べる実験を行った。
4	融点や沸点は物質の種類によって決まっていること、融点や沸点の測定により未知の物質の種類を推定できることを知った。
5	水とエタノールを混ぜた液からエタノールを取り出す実験を行った。
6	沸点が異なることを利用して、2種類の液体の混合物から物質を分離できることを知った。

コア知識一覧表利用については、A0判に拡大したものを一度授業で紹介して小・中学校理科の内容のつながりを示し、その後は実験室などに掲示して自由に閲覧できるようにした(図1)。そして、B5判のダイジェスト版(図2)を各生徒に配布し、ノートに貼り付けさせて、いつでも参照できるようにさせた。授業中には、導入・まとめ・振り返り場面でダイジェスト版コア知識一覧表を活用して、重要だと思ふ箇所やつながりを蛍光ペンなどでハイライトさせ(図3)、新学習指導要領では粒子モデルで説明されていることにも触れた。



図1 掲示されたコア知識一覧表

小・中学校理科-A区分-第1分野(化学領域)のコア知識一覧  
千葉大学教育学部山下研究室



学年	粒子 (すべての物質は、これ以上細かくできない粒子からできている) (粒子には重さがある)
小学校3年	<p>粒子・分子</p> <p>物質と粒子 ・粒子の存在 ・粒子の重さ ・粒子の動き ・粒子の重さは、これ以上細かくできない粒子からできている ・粒子には重さがある ・ものの出入りがなければ重さは変わらない ・体積が同じでも重さがちがうことがある</p> 
小学校4年	<p>気体と水の性質 ・気体の状態 ・水の性質 ・粒子の動きには重さがある ・水より空気の方が大きい空気の方が弾力がある</p> <p>金属、水、空気と温度 ・金属、水、空気の温度と状態の変化 ・金属、水、空気の重さの差 ・水の三態変化 ・温度が上がると粒子の動きが速くなる ・金属の粒子はその場で動きをとり長えに ・水や空気は速く動く粒子は上にあがっていく ・水は0℃くらいで凍り始めるが、氷は100℃くらいで沸騰して水じょう気に見えなくなる ・蒸気は100℃にならなくてもする</p> 
中学校1年	<p>物質の分類 ・身の周りの物質とその性質 ・物質の存在と性質 ・物質の重さ ・物質を含む化合物が有機物、ただし二酸化炭素などは無機物としている ・金属は、みがとれる・直げたりはしたりできる・電流がながれやすくなる ・密度は物質ごとに決まっている</p> <p>状態変化 ・状態変化と熱 ・物質の存在と熱 ・温度によって物質の状態が 固体→液体→気体 と変わる ・状態を変える時には、エネルギーの出入りがあり、その間は温度が変わらない ・物質の状態が変化しても全体の質量は変化しないが、体積や密度は変化する ・ほとんどの物質の体積は、固体&lt;液体&lt;気体となるが、水は例外 ・凝固や凍結は物質によって決まっている ・凝縮物では凝固や凍結がはっきりなくなる</p>

図2『物質の状態変化』用のダイジェスト版



図3 コア知識一覧表利用場面

(4) 試行授業を受けた中学校1年生への影響調査

2010年1月～2月に、コア知識一覧表を用いた『物質の状態変化』の授業を受けた千葉県内の公立中学校1年生2クラス46名を対象にして、授業前・後で調査を実施した。

発展的な課題については、PISAでの科学的リテラシーの最上位者の特徴が、「複雑な生活の問題場面において、科学の知識と科学についての知識を一貫して認識したり、説明したり、応用したりする」ことだったので、学習指導要領外の内容だが、以下の「融解時に温度が一定になること(事前)」・「凝固時に温度が一定になること(事後)」に関する発展的な課題について説明させた。

【事前】ビーカーに水を入れて冷凍庫で凍らせた状態から、熱を加えていくと氷の温度はだんだん上がりますが、0℃くらいになってしばらく温度が上がらなくなりました。その時どうなっているのか下図に書きこんで、あいているところに言葉でも説明してください。

【事後】ビーカーに水を入れて冷凍庫に入れて冷やしていくと水の温度はだんだん下がりますが、0℃くらいになってしばらく温度が下がらなくなりました。その時どうなっているのか下図に書きこんで、あいているところに言葉でも説明してください。

4. 研究成果

(1) 理科教員のコア知識一覧表利用に対する意識

従来の理科授業では、③「授業中に、どの知識が重要になるのか意識して教えている」には、80%以上の理科教員が「5. よくあてはまる」または「4. ややあてはまる」と回答したが、②「単元導入時に、以前の学年で学んだことを振り返っている」④「授業中に、新たに学んだ知識と以前に学んだ知識のつながりを確認している」では、60%台にとどまっていた。

コア知識一覧表を用いると、1名を除いて他全ての理科教員が、⑤～⑧に「5. よくあてはまる」または「4. ややあてはまる」と回答しており、⑤授業計画時に既習内容とのつながりを意識したり、⑥単元導入時に振り返ったり、⑦授業中にどの知識が重要になるのか意識したり、⑧既習内容と新たに学んだ知識のつながりを確認するようになったりすることが示された。これらのことから、理科教員がコア知識一覧表を利用することで、単元間のつながりまで意識した授業を展開するようになると言えよう。

(2) 試行授業による中学生の認識の変化

コア知識一覧表を用いた授業を受けることで、①「前の学年で学んだことを振り返っている」②「学習する内容のつながりを意識している」といった認識を促すことができた。また、「粒子・粒子の運動」が『物質の状態変化』とつながっていると認識されるようになった。

(3) 発展的課題への回答

発展的課題に対する回答を以下のLevel 0からLevel 2に分けて、該当数(割合)を表2に示した。

表2 発展的課題の回答のLevel (n=46)

	Level 0	Level 1	Level 2
事前	44 (95.7%)	2 (4.3%)	0 (0.0%)
事後	29 (63.0%)	16 (34.8%)	1 (2.2%)

Level 0：無回答など。

Level 1：「融点(事前)・凝固点(事後)に達した」「変化の途中(例えば、図4)」など。

Level 2：「氷をとかすことに熱が使われるから(事前)」「温度を下げるのではなく、粒子をくっつけるために使われるから(事後)(例えば、図5)」など。

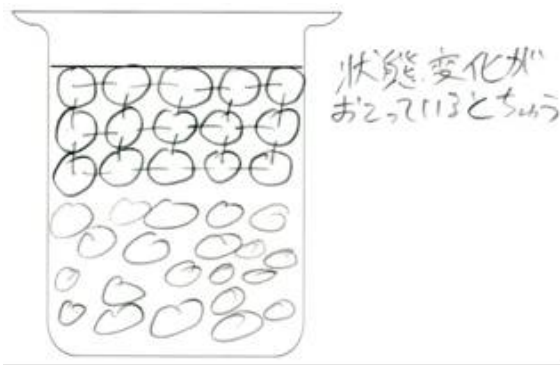


図4 発展的課題(事後)の回答例(Level 1)

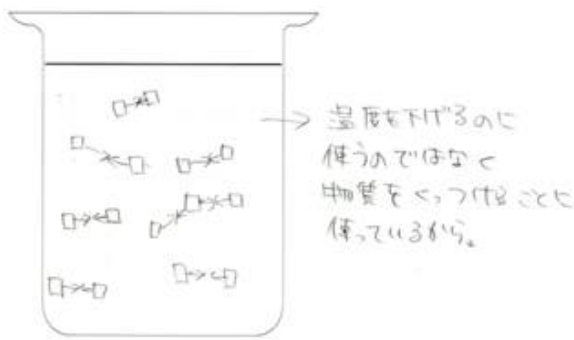


図5 発展的課題(事後)の回答例(Level 2)

発展的課題は、中学生にとって状態変化の途中で温度が変化しなくなることを言葉でも説明しなければならぬ難しいものとなり、無回答なども多かった。Level 0 から Level 2 を 0 点から 2 点として得点化して事前と事後の中央値に差があるのかを Wilcoxon の符号付き順位検定で分析したところ、有意な差が見られた( $z=-3.411$ ,  $p<.01$ )。この課題に対して粒子モデルを用いた回答の割合は、事前では 0%であったが、事後では 63.0%となり、37.0%の生徒はエネルギーの出入を粒子モデルで表現して Level 1 以上の説明をするようになっていた。

#### (4) まとめと今後の課題

理科教員への調査結果からは、従来の理科授業では、学んだ知識について振り返ったり、つながりを確認したりすることは限られていたが、コア知識一覧表が手元があれば、授業計画時に既習内容とのつながりを意識したり、単元導入時に既習内容を振り返ったり、授業中にどの知識が重要になるのか意識し

たり、既習内容とのつながりを確認したりするようになることが伺えた。

試行授業を受けた中学校1年生への調査では、前の学年で学んだことを振り返ったり、学習内容のつながりを意識するようになったりすると感じられ、「粒子・粒子の運動」が『物質の状態変化』とつながっていると認識されて、発展的課題には 63.0%の生徒が粒子モデルを使うようになり、37.0%の生徒がエネルギーの出入を粒子モデルで表現して Level 1 以上の説明をするようになっていた。

今後の課題としては、今回の試行授業ではダイジェスト版を配布して重要だと思う箇所やつながりをハイライトさせたが、土山は学習内容関連図の作成過程で、どの知識がコアとなり、知識同士がどう関連しているのかが児童によく認識されたと報告しているので、中学生にも小・中学校理科の学習内容全体を見通す一覧表づくりに携わらせることができないか検討を重ねたい。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計3件)

①山下修一，世界に通じる論理的思考・表現の育成，初等理科教育，査読無，No572，2012，14-17.

②山下修一，小・中学校理科全単元をつなぐコア知識一覧表の利用意識と試行授業の影響，理科教育学研究，査読有，Vol. 52，No. 2，2011，143-153.

③山下修一・鈴木康代，中学校3年「水溶液とイオン」に手づくり乾電池を取り入れた授業の試行と効果，日本教育大学協会研究年報，査読有，第28集，2010，3-17.

〔学会発表〕(計3件)

①山下修一，理科が得意でない教員の授業を支援するためのIWBの活用方法，日本科学教育学会第35回年会，2011年8月23日，東京工業大学.

②山下修一・鈴木康代・高橋博代，コア知識一覧表を利用した試行授業の効果，日本科学教育学会第34回年会，2010年9月11日，広島大学

③山下修一・小野寺千恵・鈴木康代，新学習指導要領に対応した小・中学校理科全単元をつなぐコア知識関連図の開発，日本科学教育学会第33回年会，2009年8月，同志社女子大学.

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

山下 修一 (YAMASHITA SHUICHI)

千葉大学・教育学部・准教授

研究者番号：10272296