

[理 科]

科学的な思考力を養う指導過程の在り方 —ベン図とピラミッドチャートのコラボ実践を通して—

本間工太郎*

1 主題設定

平成24年度全国学力・学習状況改善調査の分析結果において、観察・実験の結果を整理し考察することや、科学的な言葉や概念を使用して考えたり、説明したりすることに課題があると分析されている。私が担任している5年生の実態としても、観察・実験の結果を基にその要因や根拠を考察するなど、科学的な思考力の観点に課題がある。その原因として、それぞれの実験の条件や結果を整理することができないことが挙げられる。また、単元が変わるごとにワークシートが変わることで、一貫した思考の型が身に付いていない。教師の指示のもとワークシートを記入することに慣れており、最後の考察場面で手が止まるなど、自ら考えることが苦手な児童が多い。

しかし、本来は自ら考えるために、いくつかの思考手段から課題に適したものを選択し情報を整理することで、考察できるようにしていきたい。関西大学初等部では、自分の頭の中にある情報を具体的な形にするためにシンプルな図形の枠組みに書き込んでいく「思考ツール（ベン図、ピラミッドチャートなど）」を導入している。その有効性が主に2点報告されている。1点目は、思考ツールを基に情報を整理することで、自分の思考が整理された感覚が実感できること。2点目に、どのような思考方法を使ったのかが相手にも伝わりやすくなり対話型学習が活性化されることである。また、啓林館「私の実践・私の工夫（理科）」2015では、実験や観察の結果を基に、マトリックス（表）やベン図等を活用し、比較、関連付け等を行うことによって、児童が論理的な思考の過程を理解し、考察やまとめ学習に有効であったと報告している。これらの実践を基に「ふりこの運動」の単元で、私の学級でも思考ツールを導入した。児童の感想からは、実験結果を整理して自分の考えをまとめることができたという一方で、使いこなすことができず自分の考えが書けないといった児童も多くいた。

そこで、思考ツールの使用法を改善し、より多くの児童が観察・実験の結果を整理し、自分なりに考察できるようにしていく。条件や結果の記入欄を明確化し、事象を比較するベン図と自分の考えを構造化するピラミッドチャートとを組み合わせることで思考過程が視覚化できるようにする。これまで、単元ごとにワークシートが変わることで、考察が苦手な児童にとっては、一定した思考ができなかった。事象を比較する際はベン図、自分の考えを構造化する際はピラミッドチャートといったように、一貫した思考の型を身に付けることで、単元や教科を問わず、課題に対してその型を基に、考察を行うことが期待される。さらに、ベン図やピラミッドチャートなどは、どのように考えたかが分かりやすいものであり、意見交流の場面で他の児童に伝わりやすいものになる。

2 研究仮説

児童の意欲や思考に沿って、自分たちで課題設定をする場面を設け、思考ツールを使って観察・実験の結果を整理していくことで、情報が視覚化され、自分で考察することができる。また、どのように考えたか他の児童にも伝わりやすくなり、意見交流が活発になる。

3 研究内容（対象 平成27年度5年1組34名）

(1) 手立て

「ふりこの運動」の単元で、思考ツールの1つであるベン図を条件制御の場面で使用する際に、条件と結果の区別が曖昧になってしまった課題を受けて、本実践では区別が明確になるように児童の意見も踏まえながら、ルール設定をし

* 柏崎市立半田小学校

た。また、思考過程が視覚化されるようにピラミッドチャートとベン図を組み合わせる。本実践「電流のはたらき」の単元で児童はクリップ取り大会を行い、電磁石をどのように変えていったら、よりたくさんのクリップを取ることができるか考えていく。電磁石を強くするための条件を児童から挙げ、その条件を組み合わせるいくつかの電磁石を作る。児童の実態から「電流の強さ」、「コイルの巻き数」、「導線の太さ」は挙がるが、「導線の長さ」については出てこないことが予想される。理解度の高い児童にとっては、予想通りとなってしまう思考ツールの有効性を検証できない可能性がある。そこで、「導線の長さ」を1つだけ変えた電磁石を用意し、結果を分析する中で児童に必要な条件であることに気づかせる課題を設定する。ここでは、導線の長さが全て4.7mに対して1つだけ10mの電磁石を作る。

各班が異なる電磁石を使って実験を行い、全体で共有する。各班の実験結果を基に、思考ツールを用いて整理し、考察をしていく。

① ベン図使用法の改善

改善前 単元「ふりこの運動」

ベン図は、2つのものを比較する際に、円の重なる部分に両者に共通する特徴、つまり左右の重ならない円の部分に、A・Bそれぞれだけに見られる特徴を書く。これを応用して、円が重なっている部分に「そろえる条件」、左右の重ならない円の部分に「比べる条件」が入るようにして記入していく。

図1は、ふりが1往復する時間がどの条件に関係しているか調べる実験である。糸の長さが50cmでおもりの重さが10gのふりこ(A)と糸の長さが25cmでおもりの重さが10gのふりこ(B)を比較して、考察していく。

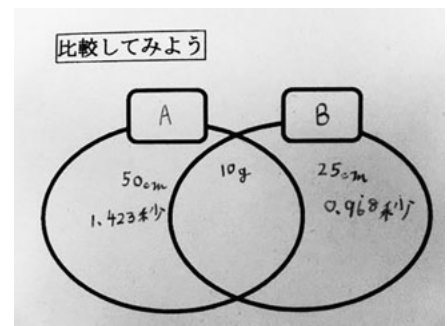


図1 「ふりこの運動」でのベン図の使用例

ここで課題が出てきた。結果である1往復の時間も異なるという理由から、条件と同じように左右の重ならない円の部分に記入して使用していることである。そのため、2つのふりこの違いが分かっていても視覚的に整理しきれていないために混乱する児童が数人いた。そこで、この単元以降は左右の重ならない円の部分には、条件が1つしか入らないことをより意識化させることにした。比べる条件が2つある場合、どちらが結果に関わっているかが分からなくなることを理解させる必要がある。

改善後 単元「電流のはたらき」

「ふりこの運動」の実践の反省を受けて、条件と結果の記入箇所を明確化する。円が重なる部分には、「そろえる条件」、左右の重ならない円の部分には「比べる条件」、円の下にはそれぞれの結果を記入し、左右の重ならない円の部分には1つしか条件がこないようにして条件と結果の区別を徹底する。

図2は、電磁石の強さに関わる条件の異なる8種類の電磁石で、クリップを持ち上げた時の結果をまとめた表とそれを基にしたベン図の記入例である。1と5の電磁石の比較を例にする。ここでは、電磁石の条件に「電池の数」、「コイルの巻き数」、「導線の太さ」、「導線の長さ」の4つとした。(表には3つしか条件が記載されていないが、児童が4つ目の導線の長さを推察できる実践にした。)

	1	2	3	4	5	6	7	8
電池の数	1	2	2	1	1	2	2	1
コイルの巻き数	200	200/100	100	200	100	200/100	200/100	
導線の太さ	太	細	太	細	細	細	太	太
取れたクリップの数	57	54	53	33	36	34	47	44

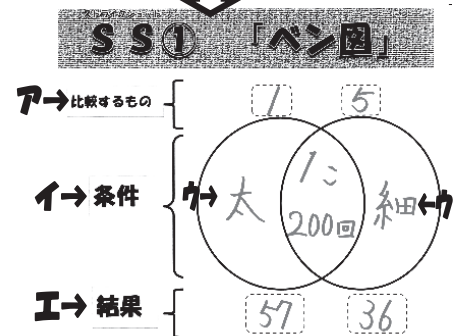


図2 「電流のはたらき」でのベン図の使用法

ベン図から、2つの電磁石は「導線の太さ」が異なり、太い方が多くのクリップを取れていることが視覚化される。したがって、導線は太くした方が、電磁石が強くなることが結論づけられる。

② ピラミッドチャートとの併用

ピラミッドチャートは、一番下の枠に、実験から得られた情報や意見をなるべくたくさん書き込む。その中で重要だと考えるものを二段目に書き入れる。さらに、最も重要だと考えるものを最上段の枠に書き入れる。取捨選択と統合によって、混沌としていた情報を絞り込んで整理していく。自分の思考過程を視覚化しながら、考えを構造化することができるツールである。

「ふりこの運動」ではベン図を単独で使ったことにより、苦手な児童にとっては、結論を出すまでの過程が整理できず活用しきれないといった現状があった。そこで、ピラミッドチャートをベースとし、思考場面でベン図を活用できるようにする。「①結果」の欄で実験結果を記入し、「②思考」の欄で思考ツールを使い考察、「③結論」にまとめを書く。こうすることで、自分は何を基に思考場面で分析し、何を根拠に結論づけたのか思考過程が視覚化される。また、振り返りの際も自分がどのように考えたかが明確化され、根拠を基に発言することもできるようにする。

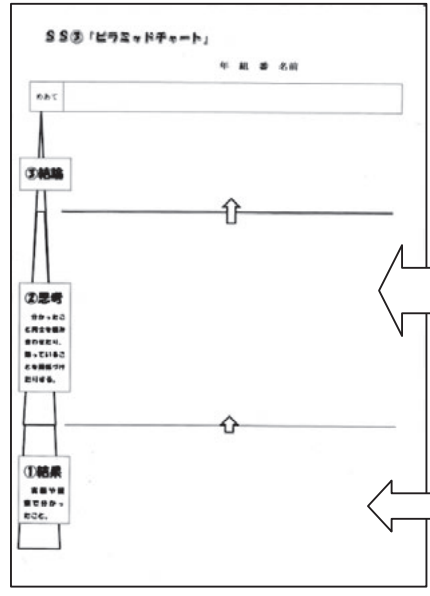


図3 ピラミッドチャート

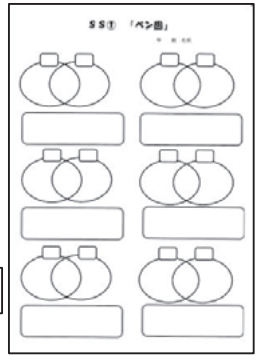


図4 補助シート

図5 マトリックス (表)

(2) 単元の指導計画

次	時数	主な学習の流れ	支援・指導の意図
1	1 2 3 4	<ul style="list-style-type: none"> ・コイルモーターは、なぜ回転するのか既習内容を基に考える。 ・電磁石の性質を調べよう。 ・電磁石と磁石の比較実験計画を立てよう。 ・電磁石と磁石の性質を比較しよう。 	<ul style="list-style-type: none"> ・既習内容を基に考えさせていく。 ・思考ツールを使い、電磁石と磁石の共通点と相違点を明確にして、自分の考えをまとめる。
2	5 6 7 8	<ul style="list-style-type: none"> ・クリップ取り大会をして、どうしたら電磁石が強くなるか考える。 ・電磁石は何をどうすると強くなるのか各班が、異なる電磁石を用いて実験し、クラス全体で結果を導く。 ・各班の実験の結果を「ベン図」と「ピラミッドチャート」を使って分析して、電磁石は何をどうすると強くなるか調べる。 ・分析結果をまとめて、導線の長さをそろえる意味を考える。 	<ul style="list-style-type: none"> ・電磁石を強くする要因を見つける意欲につなげていく。 ・児童の思考に沿って電磁石をつくり、班で分担しながら結果をまとめる。 ・「導線の長さ」に注目していけるように、児童の発表したベン図を意図的に並べていく。
3	9	<ul style="list-style-type: none"> ・くらしの中にも電磁石が使われていることを調べよう。 	

4 研究の検証方法

(1) 児童の姿の変容

結果を基に考察することを苦手としていたA児の変容を見ていく。思考ツールの記入内容や授業での発言内容を検証していく。また、「自信度チェック」で思考ツールを使う中でA児の自分の考えに対する自信の変容を見ていく。「自信度チェック」は、ネームプレートに名簿番号を書き、児童が自分の考えに対してどれだけ自信があるかを視覚化するものである。以下の自信度チェックは、集計したものを表として表記する。

(2) 児童へのアンケート調査

単元導入時と終了時で理科の学習に対するアンケート調査を行い、観察・実験の結果を整理し、自分なりに考察できたか、児童の意識の変容を調べることで思考ツールの有効性を確かめる。

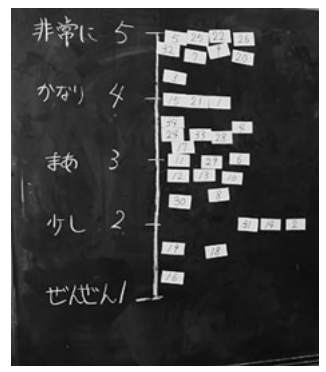


図6 <自信度チェック>

5 実際 (学びの様子)

(1) 6時間目 「電磁石は何をどうすると強くなるのか各班が、異なる電磁石を用いて実験し、クラス全体で結果を導く」

はじめに、前時に児童が挙げた電磁石の強さに関わる条件を組み合わせる8パターンの電磁石を作った。電池 (1個か2個)、コイルの巻き数 (100回か200回)、導線の太さ (細いか太い) を組み合わせる。次に、各班で自分たちが

興味をもったものを重ならないように1つ選択して、どの電磁石が1番クリップを取れるか調べていった。実験前の児童の予想は、想定していたように「電池が2個」、「コイルの巻き数が200回」、「導線の太さは太い方」が電磁石が強くなるといった考えが多かった。ほとんどの児童が自分の体験や既習内容を基にして考えていた。この段階で図7の⑦の電磁石の導線の長さが他と違うことに気づき、違和感をもった児童は一人もいなかった。それぞれの班が自分たちの担当する電磁石で少しでも多くのクリップが取れるように試行錯誤しながら実験に取り組む姿が見られた。

【A児の様子】

実験前に、電磁石は何をどうすると強くなるのか予想した。自分の考えをまとめる手段がないため、自信をもつことができない様子であった。自信度チェックも全く自信がないことを示していた。

(2) 7時間目「各班の実験の結果を分析して、電磁石は何をどうすると強くなるか調べる。」

前時の予想の確認を行い、思考ツールを基に自分の考えをまとめていった。A児を含む「ぜんぜん」の児童にも合わせられるように、結果を分析する場面では、補助シートを用意し、任意で使用してよいこととした。ベン図に記入する際は、条件と結果を区別することを確認して個人で記入していった。

「ふりこの運動」の単元でもベン

図を使い、比較していた経験を生かし、全員がベン図に記入することができていた。しかし、7班の電磁石と他の班の電磁石を比較していた児童は、予想と違う結果が出てしまうので悩んでいた。理解度の高い児童が多くの班を比較して分析しているなかで、図7の7班の結果に対して疑問をもつことができた。

全体での話し合いで、自分が記入したベン図を基に、ピラミッドチャートにまとめた結論を発表していた。ベン図を使うということは、比較をして考えたということが学級で共通理解されていたので、意見交流が活発になり、普段発言できない児童も積極的に発言することができた。電池の数、コイルの巻き数、導線の太さ、それぞれに着目して比較する際、各班が調べた電磁石の組み合わせが4つずつできるので、児童は協力して、全てのパターンを発表した。(図8)

発言から出たベン図を見比べる中で、電池の数、コイルの巻き数、導線の太さのそれぞれの分野に必ず1つだけ自分たちが前時に予想していたものと違う結果となるベン図があることに児童は気づいた。そこで、板書のベン図を基に考えをつないでいき、予想と異なるベン図には必ず7班が含まれていることに全員が気づくことができた。

7班の電磁石を確認してみたいと児童たちは考えたので、実験で使った全ての電磁石の写真を見比べていった。写真を見る中で導線を束ねて輪にしている部分に児童は注目していき、意見交流するなかで「導線の長さ」が違うのかもしれないという考えにいきついた。そして、導線を束ねた輪が存在する電磁石はどれか注目することで、コイルの巻き数が100回の電磁石が該当するが7班の電磁石だけ例外となっているという結論がでた。

授業全体として、意見交流が非常に活発となった。また、理解度の高い児童は普段とは違い、予想と異なる結果に引きつけられ、授業終了後に「もう少しやりたい」などと述べていた。

【A児の様子】

ピラミッドチャートに自分でベン図を描くことは負担が大きかったようだが、補助シートを使い、自分で結果の分析をすることができていた。いくつかベン図に記入していき、1班と5班の電磁石を比較した時に導線が太い電磁石の方が取れるクリップの数が多くなることに気づき、結論をまとめた。普段の学習でほとんど発言をすることができなかったのだが、自分の記入したベン図とピラミッドチャートを基に「導線の太さ」は太い方が電磁石が強くなることを全体

	1	2	3	4	5	6	7	8
電池の数	1	2	2	1	1	2	2	1
コイルの巻き数	200	200	100	100	200	100	200	100
導線の太さ	太	細	太	細	細	細	太	太
取れたクリップの数	57	54	53	33	36	34	47	44

図7 実験結果集計表

表1 6時間目の自信度チェック

自信度チェック	
5非常に	6人
4かなり	7人
3まあ	7人
2少し	10人
1ぜんぜん	4人(A児を含む)



図8 児童が発言したベン図を並べた板書

の前で発表することができていた。自信度チェックも非常に自信があることを示していた。

〈A児の授業後の感想〉
 考えていく流れがワークシートよりも見やすいし、「ふりこの運動」でベン図を使った考え方が生かされた。何が影響しているかも見やすかった。どうやって発表すればいいかが分かりやすくなった。

表2 7時間目の自信度チェック

自信度チェック	
5非常に	5人(A児を含む)
4かなり	9人
3まあ	12人
2少し	6人
1ぜんぜん	2人

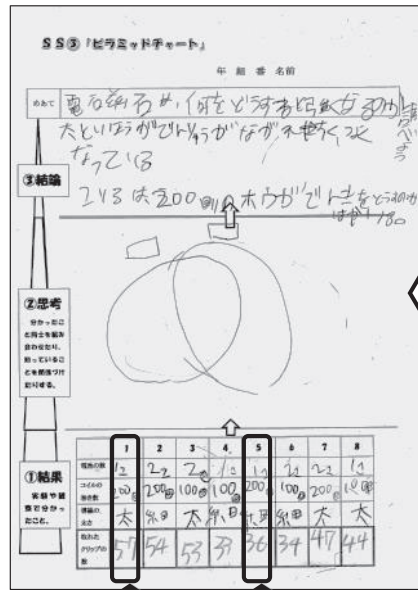


図9 A児のピラミッドチャート記述

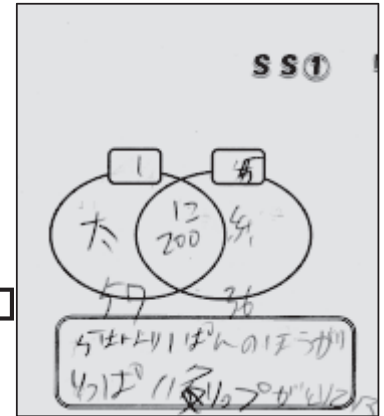


図10 A児の補助シートの記述の一部

6 考察

(1) 授業から

ベン図を使うことで、調べる条件とそろえる条件が視覚化され、何が影響して電磁石が強くなっているか考えることができた児童が多かった。「ふりこの運動」の単元や他教科でも日頃から比較する場面ではベン図を使っていた経験から、抵抗なく課題に取り組むことができた。本実践では、児童が挙げた条件の他に「導線の長さ」も電磁石を強くするための要因になることを見つける課題であり、長さに注目するための支援等も考えていた。しかし、児童たちは、自分たちで記入したベン図を見比べることで7班の電磁石の結果に疑問をもち、導線の長さも関係していることに気づくことができた。また、「ベン図＝比較」という共通理解があるため、他の児童がどのように考えて考えを述べているのか伝わりやすくなり、意見交流も活発になったと考えられる。思考ツールを基にして正確に結論を出せた児童が34人中29人であった(85.2%)。このことから、思考ツールは観察・実験の結果を基に、その要因や根拠を考察する際に有効であったと言える。

A児は、補助シートのベン図を使うことで何が要因となっているか視覚的に分かり、自分の考えをまとめることができた。もともと文章を書くことを苦手としていたため、言葉のみでは状況を整理することができなかった。短い単語をキーワードとして思考ツールを使って整理することで、情報が視覚化され自分の考えをまとめることができた。ここでの成功体験によって、7班の実験結果がなぜ予想とは異なるのか全員で考える際も積極的に前に出て説明する姿につながったと考えられる。

(2) アンケートから

① 「電流のはたらき」の単元実施前後の理科に対する意欲

単元実施前

「理科は好きですか」	人数	割合
好き	22	65%
どちらかといえば好き	6	17%
どちらでもない	4	12%
どちらかといえば嫌い	1	3%
嫌い	1	3%

単元実施後

「理科に対する気持ちは、どのようになりましたか」	人数	割合
「電流のはたらき」を学習する前と比べて理科が好きになった。	27	79%
「電流のはたらき」を学習する前と比べて気持ちに変化はない。	7	21%
「電流のはたらき」を学習する前と比べて理科が嫌いになった。	0	0%

アンケートから理科が少しでも嫌いと考えた児童が2人もいることが分かった。理由としては、実験が難しかったり、結果のまとめ方がよく分からなかったりといったものであった。単元実施後は、理科が好きになった児童が増えた。理由としては、結果のまとめ方が分かったことや、自分たちの予想とは異なるような難問でも思考ツールを使えば解決できることが楽しいということだった。

② 児童の考察について

単元を通して考察できるようになったと感じた児童が増えた。理由としては、思考ツールを使って実験結果を整理することで、比較しやすくなったという意見が多かった。考察ができなかったと感じている児童がいるが、ベン図は使いこなせても「電流のはたらき」から新しく取り入れたピラミッドチャートが使いこなせていないことが原因であるということであった。

単元実施前 ⇨ 単元実施後

「実験の結果を基に考察することはできていましたか」	人数	割合	人数	割合
考察できている。	4	11%	21	62%
どちらかといえば考察できている。	18	53%	10	29%
どちらでもない。	5	15%	1	3%
どちらかといえば考察できていない。	5	15%	1	3%
考察できていない。	2	6%	1	3%

③ 思考ツールに対する児童の感想

どこに何を書けばいいか明確になり、整理しやすく分かりやすかったという意見が多かった。しかし、うまく使いこなせない児童にとって、以前の方が自由に記入できた分、使いやすく感じられたようだ。

「ふりこの運動の時のベン図の使い方と今回の使い方では、どちらが使いやすかったですか」	人数	割合
今回の方が使いやすい	24	71%
あまりかわらなかつた。	8	23%
以前の方が使いやすかつた。	2	6%

また、「思考ツールを使ってみてどう思いましたか」の問いに対し、右のような感想があがった。やりやすさを感じる児童がいる一方で、使いこなす難しさを感じる児童がいた。

「思考ツールを使ってみてどう思いましたか」

- 自分がどのように考えたか振り返りやすい。
- 自分の考えをまとめやすくなる。
- ピラミッドチャートは情報しぼっていけるからよい。
- 箇条書きにするよりも考えやすい。
- ベン図を使うと他の班との結果の比較がしやすい。
- △使いこなすのが難しかった。
- △ピラミッドチャートの使い方が慣れていなくて難しかった。

7 まとめ

本実践では、思考ツールであるベン図の共通点と相違点を視覚化する役割と実験をする際の調べる条件とそろえる条件が一致することから、条件制御を視覚化することで、複雑な課題でも解決することができた。また、言葉で情報を整理するのが苦手の児童にとっても、短い単語をキーワードとして整理することで自分の考えをまとめることができた。思考ツールを使うことで「ふりこの運動」の単元や他教科で比較をしたという経験を「電流のはたらき」の単元の比較場面ともつなげることができ、児童は負荷なく思考することができた。「ベン図＝比較」、「ピラミッドチャート＝考えの構造化」という共通理解が徹底されることで、全体に自分がどのように考えたのか伝わりやすくなり、意見交流も活発になった。

思考ツールは、思考の仕方とツールが一致しているため、単元や教科を横断して使用することができ、経験を積み重ねていけることが本実践で明らかになった。

8 今後の課題

児童に対してのアンケートから、思考ツールの使い方が難しいと感じる児童もいた。経験した思考ツールにおいては、抵抗がなかったようだが、新しく使うツールや組み合わせたツールなどの使い方に戸惑ってしまうようであった。使いこなせると有効であるが、それまでに経験を積み重ねていく必要があることが分かった。1教科のみで使うのではなく、他教科でも積極的に使うことで思考が整理され、話し合いが活発となり理解が深まる。また、既存の思考ツールを使うことは手段であり、目的ではない。思考手段を身につけた児童は、その型を基にして自分が使いやすいように思考ツールを変えていくことが求められる。また、どのような情報を処理する際に、どのような思考ツールを使うか、または必要ないのか、取捨選択する力が必要であり、育てていかなければならない。

引用・参考文献

- 関西大学初等部『思考ツール 関大初等部式 思考力育成法〈実践編〉』2013
- 関西大学初等部『思考ツールを使う授業 関大初等部式 思考力育成法〈教科活用編〉』2014
- 田村学・黒上晴夫『考えるってこういうことか！「思考ツール」の授業』2013
- 国立教育政策研究所 平成24年度 全国学力・学習状況調査 報告書・集計結果 2013
- 啓林館「私の実践・私の工夫（理科）」2015