

児童がかかわり合いながら、ものづくりに取り組む理科の授業

— 小学校の第5学年「電流の働き」において —

土井 健^{*1}・古屋 圭宣^{*2}・佐伯 英人

Science Classes that Incorporate Making Learning Materials with Communication Activities:
A case study of “Function of electric currents” in the 5th grade

DOI Takeru^{*1}, FURUYA Yoshichika^{*2}, SAIKI Hideto

(Received August 6, 2014)

キーワード：ものづくり、かかわり合い、理科の授業、第5学年、電流の働き

はじめに

2008年告示の小学校学習指導要領（文部科学省，2008a）では、理科の目標が「自然に親しみ、見通しをもって観察・実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに、自然の事物・現象についての実感を伴った理解を図り、科学的な見方や考え方を養う」と示されている。小学校学習指導要領解説理科編（文部科学省，2008b）では「『観察・実験など』の『など』には、観察、実験の他に自然の性質や規則性を適用したものづくりや、栽培、飼育の活動が含まれる」と示されている。

ものづくりについて、小学校学習指導要領（文部科学省，2008a）の第5学年の内容の取扱いでは「内容の『A物質・エネルギー』の指導に当たっては、2種類以上のものづくりを行うものとする」と示されており、小学校学習指導要領解説理科編（文部科学省，2008b）では「電流の働きを利用したものづくりとしては、電磁石の強さを変えるという観点から、例えば、モーター、クレーンなどが考えられる」と示されている。

本研究では、第5学年「電流の働き」において、児童がかかわり合いながら、ものづくりに取り組むことができるように単元の展開を構成し、また、指導の工夫改善を行った。本研究の目的は、児童のかかわり合いを大切に、ものづくりに取り組む授業を実践し、児童の発話の内容や児童の意識をもとにその有効性について議論することである。

1. 単元の展開

「電流の働き」の授業を岩国市立由西小学校で実施した。由西小学校の第5学年の児童数は5名（男子：5名）である。単元の実施時期は2013年7月1日～7月8日であった。表1に授業の実施日、時間数を示す。授業②、授業③は1時間（45分間）、授業①、授業④、授業⑤、授業⑥は2時間続き（45分間×2）の授業である。

この単元では、児童がかかわり合いながら、単元を通してものづくりに取り組むことができるように、選別機（鉄の皿小ネジとアルミニウムの皿小ネジを混ぜた状態から、鉄の皿小ネジを選別する道具）を製作し、改良するという展開にした。具体的には、授業①（単元の導入時）で、磁石を使った選別機を製作し、授業②で、もっとはやく分けられるように、電磁石を使った選別機に改良し、授業⑥（単元の終了時）で、もっと一度にたくさん分けられるように、より強い磁力をもつ選別機に改良するようにした。また、授業①と授業③で、選別機の改良の方向性を決めるために話し合わせ、改良計画書を作成させた。

*1 平成25年度教育実践総合センター「長期研修教員連携プログラム」研修教員（現在：岩国市立由西小学校）

*2 やまぐち総合教育支援センター（現在：山口県教育庁義務教育課）

表1 授業の実施日と時間数

	授業①	授業②	授業③	授業④	授業⑤	授業⑥
実施日	7月1日	7月2日	7月3日	7月4日	7月5日	7月8日
時間数	2	1	1	2	2	2

2. 指導の工夫改善

指導の工夫改善の1つとして、授業①と授業③で、改良計画書を作成させる際、KJ法を用いた話し合い活動を実施した。具体的には、児童一人ひとりに自分の考えを付箋に書かせ、その付箋を模造紙上で提示させ、内容の同質性にもとづき、グループに分けさせた。グループ分けができた時点で、それぞれのグループに名前を付けさせ、自分たちの考えを整理させた。図2と図4は、この方法を用いて作成した改良計画書である。

指導の工夫改善の2つめとして、話し合い活動が有効に機能するように、話し合いの場において教員が主にコーディネーターとして介入し、論点を整理したり、話し合いを制御したりすることを行った。具体的には、教員が課題の提示、フィードバックの要請、正当化の要請などを行い、児童の発話に操作的トランザクションが生成されるように支援した。なお、相互作用のある対話(TD)の類型には、Berkowitz & Gibbs (1983)をもとに高垣・中島(2004)が設定したカテゴリー項目と分類基準を主に用いた(表2)。

3. 授業実践

3-1 授業①

授業①では、まず、磁石(フェライト磁石)、糸、割り箸を使って選別機を製作させた。児童が製作した選別機(磁石を使った選別機)を図1に示す。この選別機を使って、鉄の皿小ネジとアルミニウムの皿小ネジを混ぜた状態から、鉄の皿小ネジを選別する活動を行った。本稿では、以下、皿小ネジをネジと称する。

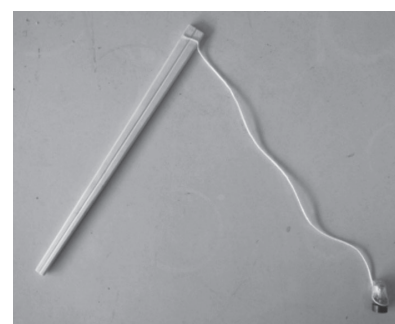


図1 磁石を使った選別機

選別機を使うと鉄のネジを選別することはできるが、磁石に付いた鉄のネジをはずす作業を手で行う必要があり、効率は良くない。そこで、「もっとはやく分けられるようにしましょう」という学習課題を提示し、選別機を改良する方向性について話し合わせた。このとき、KJ法を用いて話し合わせ、改良計画書を作成させた(図2)。児童の意見の中に「電流を流す」があり、これは磁石を電磁石にかえるという考えであった。次時、電磁石を使った選別機を製作することを決めて本時を終了した。

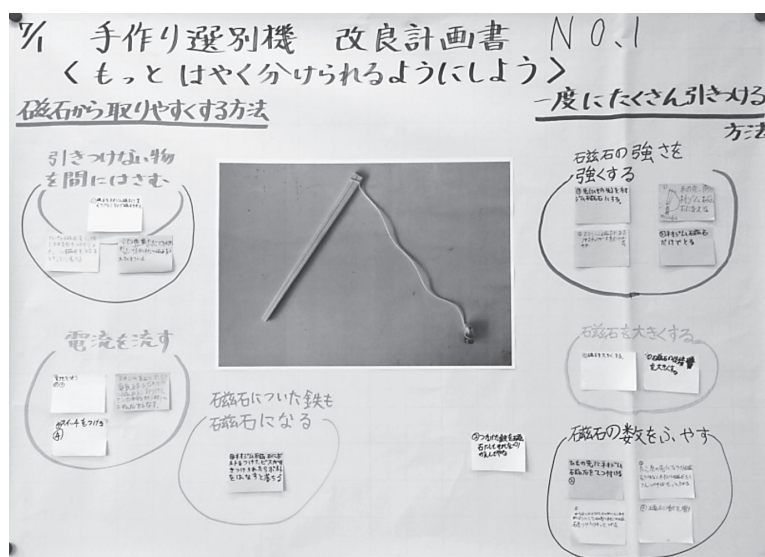


図2 授業①で作成した改良計画書No.1

3-2 授業②

授業②では、児童に100回巻きの電磁石を製作させ、電磁石を棒の先端に取り付けさせた(図3)。電磁石の鉄心(鉄芯)のボルトの直径は6.0mm(ボルトの頭部:10.0mm)である。エナメル線の直径は0.4mm、長さ(乾電池～スイッチ)は6.0mである。この他、選別機には乾電池(1個)とスイッチを取り付けている。児童が製作した選別機を図3に示す。本稿では、この選別機に取り付けた電磁石を「もとの電磁石」と称する。選別機を製作させた後、「もとの電磁石」を取り付けた選別機を使って、鉄のネジとアルミニウムのネジを混ぜた状態から鉄のネジを選別する活動を行った。

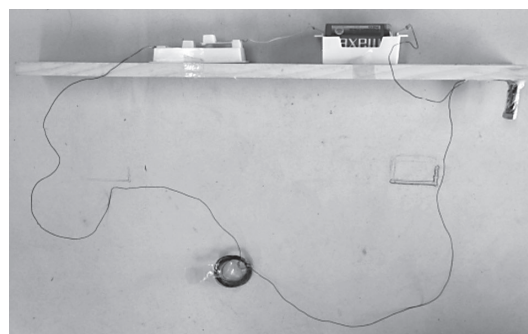


図3 電磁石を使った選別機
(「もとの電磁石」を取り付けたもの)

3-3 授業③

授業③では、「もっと一度にたくさん分けられるようにしよう」という学習課題を提示し、選別機を改良する方向性について話し合わせた。このとき、KJ法を用いて話し合わせ、改良計画書を作成させた(図4)。児童が考えた方法は5つ(①乾電池を増やす、②エナメル線の長さを変える[短くする・長くする]、③巻き数を増やす、④エナメル線を太くする、⑤鉄心を太くする)あった。

そこで、まず、「乾電池を増やすと電磁石は強くなるだろうか」という学習課題を提示し、実験方法を考えさせ、話し合わせた。児童が考えた実験方法は「乾電池1個の電磁石が引き付けたクリップの数」と「乾電池2個(直列つなぎ)の電磁石が引き付けたクリップの数」を調べ、比較する方法であった。実験は3回行い、平均値を算出した。実験の結果、引き付けたクリップの数(平均値)は、乾電池1個の電磁石(もとの電磁石)では8個、乾電池2個の電磁石では16個であった。この結果から児童は乾電池を増やすと電磁石は強くなると解釈した。

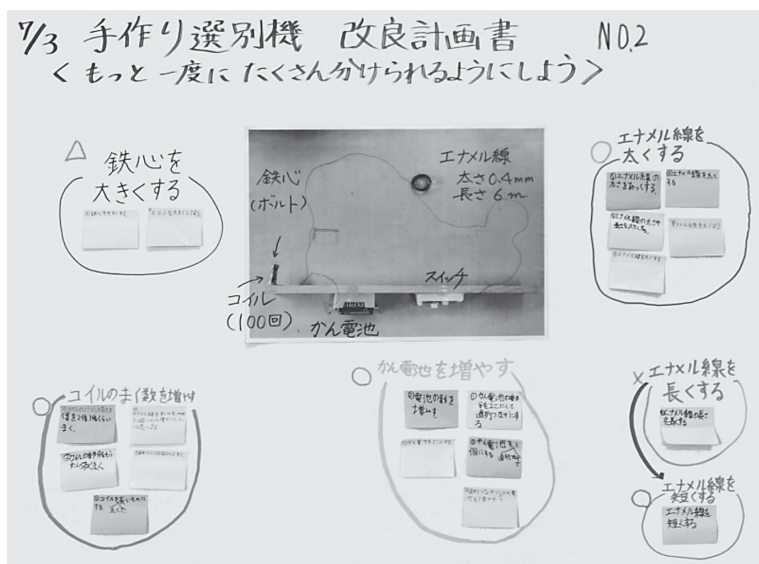


図4 授業③で作成した改良計画書No.2

3-4 授業④

授業④では、「エナメル線の長さを変える(短くする・長くする)と電磁石は強くなるだろうか」という学習課題を提示し、実験方法を考えさせ、話し合わせた。なお、変えるという表記を用いたのは、児童の考えに「エナメル線を短くすると電磁石が強くなる」という考えと「エナメル線を長くすると電磁石が強くなる」という考えの両方があったためである。児童が考えた実験方法は「エナメル線の長さが6.0mの電磁石が引き付けたクリップの数」と「エナメル線の長さが3.0mの電磁石が引き付けたクリップの数」を調べ、比較する方法であった。実験は3回行い、平均値を算出した。実験の結果、引き付けたクリップの数(平均

値)は、エナメル線の長さが6.0mの電磁石(もとの電磁石)では8個、エナメル線の長さが3.0mの電磁石では14個であった。この結果から児童はエナメル線を短くすると電磁石は強くなると解釈した。

3-5 授業⑤

授業⑤では、「巻き数を増やすと電磁石は強くなるだろうか」という学習課題を提示し、実験方法を考えさせ、話し合わせた。児童が考えた実験方法は「100回巻きの電磁石が引き付けたクリップの数」と「200回巻きの電磁石が引き付けたクリップの数」を調べ、比較する方法であった。実験は3回行い、平均値を算出した。実験の結果、引き付けたクリップの数(平均値)は、100回巻きの電磁石では8個、200回巻きの電磁石では16個であった。この結果から児童は巻き数を増やすと電磁石は強くなると解釈した。

次に、「エナメル線を太くすると電磁石は強くなるだろうか」という学習課題を提示し、実験方法を考えさせ、話し合わせた。児童が考えた実験方法は「細いエナメル線(エナメル線の直径0.4mm)の電磁石が引き付けたクリップの数」と「太いエナメル線(エナメル線の直径0.5mm)の電磁石が引き付けたクリップの数」を調べ、比較する方法であった。実験は3回行い、平均値を算出した。実験の結果、引き付けたクリップの数(平均値)は、細いエナメル線の電磁石(もとの電磁石)では8個、太いエナメル線の電磁石では20個であった。この結果から児童はエナメル線を太くすると電磁石は強くなると解釈した。

さらに、「鉄心を太くすると電磁石は強くなるだろうか」という学習課題を提示し、実験方法を考えさせ、話し合わせた。児童が考えた実験方法は「細い鉄心(ボルトの直径:6.0mm[頭部:10.0mm])の電磁石が引き付けたクリップの数」と「太い鉄心(ボルトの直径:8.0mm[頭部:13.0mm])の電磁石が引き付けたクリップの数」を調べ、比較する方法であった。実験は3回行い、平均値を算出した。実験の結果、引き付けたクリップの数(平均値)は、細い鉄心の電磁石(もとの電磁石)では8個、また、太い鉄心の電磁石では3個であった。この結果から児童は鉄心を太くしても電磁石は強くならないと解釈した。

授業③で提示した「もっと一度にたくさん分けられるようにしよう」という学習課題を再度、提示し、授業③～授業⑤の実験をもとに、選別機を改良する方向性について話し合わせた。この話し合いの一部を表3に示す。

3-6 授業⑥

授業⑥では、より強い磁力をもつ選別機に改良する活動を行った。改良した選別機(巻き数:200回巻き、鉄心のボルトの直径:6.0mm[頭部:10.0mm]、エナメル線の直径:0.5mm、長さ(乾電池～スイッチ)は3.0m、乾電池:2個[直列つなぎ])を図5に示す。単元の終了時、改良した選別機を使って、鉄のネジとアルミニウムのネジを混ぜた状態から鉄のネジを選別する活動を行った。改良した選別機を使って鉄のネジを選別しているようすを図6に示す。

その後、「電流の向きを変えると電磁石の極はどうなるだろうか」という学習課題を提示し、実験方法を考えさせ、話し合わせた。児童が考えた実験方法は、乾電池の極(+極、-極)を入れかえて、電磁石の極(N極、S極)が入れかわるか否かを調べる方法であった。電流の向きについては検流計を使って調べ、また、電磁石の極(N極、S極)については方位磁針を使って調べた。実験は3回行った。実験の結果、乾電池の極を入れかえると、検流計の針は反対の方向に振れ、また、方位磁針の針は反対を向いた。この結果から児童は電流の向きを変えると電磁石の極がかわると解釈した。

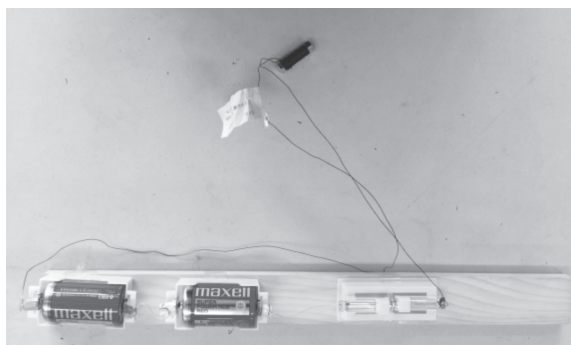


図5 電磁石を使った選別機
(より強い磁力をもつように改良したもの)



図6 改良した選別機を使って選別しているようす

4. 調査の方法、分析の方法

4-1 発話

話し合いを録音し、主に表2の高垣・中島(2004)が設定した相互作用のある対話(TD)の類型に従って発話を分類した。

表2 相互作用のある対話(TD)の類型

カテゴリー項目		分類基準
表象的 トラン ザクシ ョン	課題の提示	話し合いのテーマや論点を提示する
	フィードバックの要請	提示された課題や発話内容に対して、コメントを求める
	正当化の要請	主張内容に対して、正当化する理由を求める
	主張	自分の意見や解釈を提示する
	言い換え	自己の主張や他者の主張と、同じ内容を繰り返して述べる
	併置	他者の主張と自己の主張を、並列的に述べる
操作的 トラン ザクシ ョン	拡張	自己の主張や他者の主張に、別の内容をつけ加えて述べる
	矛盾	他者の主張の矛盾点を、根拠を明らかにしながら指摘する
	比較的批判	自己の主張が他者の示した主張と相容れない理由を述べながら、反論する
	精緻化	自己の主張や他者の主張に、新たな根拠をつけ加えて説明し直す
	統合	自己の主張や他者の主張を理解し、共通基盤の観点から説明し直す

4-2 質問紙

調査には質問紙法を用いた。質問紙は、各授業(授業①～授業⑥)の話し合いに対する児童の意識を明らかにする目的で作成し、調査は各授業の終了時に実施した。質問紙では「今日の授業を振り返りましょう」という教示を行い、質問項目①「自分の考えを友だちにわかりやすく発表できましたか」と質問項目②「友だちの考えをしっかりと聞くことができましたか」について、3件法で回答を求めた。3件法は「とてもそう思う、そう思う、そう思わない」とした。得られたデータについては「とてもそう思う」を3点、「そう思う」を2点、「そう思わない」を1点とし、この点数をもとに平均値と標準偏差を算出した。

5. 結果と考察

5-1 発話

話し合いを録音し、主に高垣・中島(2004)が設定した類型に従って分類した結果の一部を表3に示す。なお、表3は、授業⑤の話し合い(選別機を改良する方向性について授業③～授業⑤の実験をもとに話し合わせたときの発話)である。

表中のS児1とH児1の発話は、教員の課題の提示に対して、それぞれが自分の意見を提示しているとみることができる。この場合、主張に分類される。ただし、S児1の発話には「M児くんにつけ加えて」、また、H児1の発話には「増やす方法も」とあり、改良方法について、他者の主張に別の内容をつけ加えて述べているとみられる。この場合、拡張に分類される。分類上、曖昧な部分があるため、本稿では主張・拡張と表記した。

また、高垣・中島(2004)では精緻化を「新たな根拠をつけ加えて説明し直す」としている。H児3の発話は短文のため、新たな根拠が示されているとはいいきれないが、Berkowitz & Gibbs(1983)では

Refinement を説明する際、elaborateの文言を用いている。H児3の発話は、先の自己の意見（H児2の発話）を詳述したものと考えられる。そこで、本稿では、H児3の発話を精緻化に分類した。

表3をみると、教員の課題の提示、フィードバックの要請、正当化の要請を受けて、児童が主張・拡張、矛盾、精緻化、統合を行っていることが分かる。主張は表象的トランザクションであるが、その他の拡張、矛盾、精緻化、統合は、すべて操作的トランザクションである。このことは、話し合いの場において、教員がコーディネーターとして介入し、課題の提示、フィードバックの要請、正当化の要請などを行うことにより、児童の話し合いにおいて操作的トランザクションが生成されることを示唆している。この操作的トランザクションは、討論過程における相互作用の変化を引き起こす重要な要因と考えられている（Berkowitz & Gibbs, 1983 高垣・田原, 2006 栗原, 2012）。

表3 発話の内容を分類した結果

発話者	発話の内容	カテゴリー項目
T 1	実験結果をもとに改良方法がうまくいきそうか、整理しようか。どの方法がいいと思う。	課題の提示
M児1	乾電池の数を増やす方法がいいと思います。	主張
S児1	ぼくは、M児くんにつけ加えて、エナメル線を短くする方法もいいと思います。	主張・拡張
H児1	エナメル線を太くする方法やコイルの巻く数を増やす方法もいいと思います。	主張・拡張
T 2	なぜ、そう思うの。	正当化の要請
H児2	なぜかという、どの方法も同じくらいクリップを引き付けたからです。	精緻化
Y児1	えー。でも、エナメル線を太くする方法がクリップを引き付けた数が多いよ。	矛盾
H児3	20個も、16個も、だいたい同じじゃない。	精緻化
T 3	「もとの電磁石」と比べたらどうかな。	フィードバックの要請
S児2	4つとも、「もとの電磁石」よりも強くなっているからいいと思います。	統合
M児2	「もとの電磁石」と比べると、どれも2倍くらい引き付けているから、4つの方法はうまくいくと思います。	精緻化

T:教員, H児, M児, S児, Y児: 4名の児童, 数字: 発話番号

5-2 質問紙

質問紙の質問項目①「自分の考えを友だちにわかりやすく発表できましたか」に対する各授業（授業①～授業⑥）終了時の児童の意識の点数、平均値、標準偏差を表4に示した。表4をみると、授業③以後の授業において児童は「自分の考えを友だちにわかりやすく発表できた」という意識をもったことが分かる。

表4 質問項目①「自分の考えを友だちにわかりやすく発表できましたか」に対する児童の意識

質問項目		授業①	授業②	授業③	授業④	授業⑤	授業⑥
自分の考えを友だちにわかりやすく発表できましたか	H児	2	2	3	3	3	3
	I児	2	2	3	3	3	2
	M児	2	2	3	3	3	3
	S児	2	2	3	3	3	3
	Y児	3	2	3	3	3	3
	平均値 (標準偏差)	2.20 (0.45)	2.00 (0.00)	3.00 (0.00)	3.00 (0.00)	3.00 (0.00)	2.80 (0.45)

N=5, min=1 max=3

一方、質問紙の質問項目②「友だちの考えをしっかりと聞くことができましたか」に対する各授業（授業①～授業⑥）終了時の児童の意識の点数、平均値、標準偏差を表5に示した。表5をみると、授業②以後の授業において児童は「友だちの考えをしっかりと聞くことができた」という意識をもったことが分かる。

上記のことから、授業を通して児童が徐々に「自分の考えを友だちにわかりやすく発表できた」という意識をもつようになった、また、「友だちの考えをしっかりと聞くことができた」という意識をもつようになったといえる。

表5 質問項目②「友だちの考えをしっかりと聞くことができましたか」に対する児童の意識

質問項目		授業①	授業②	授業③	授業④	授業⑤	授業⑥
友だちの考えをしっかりと聞くことができましたか	H児	3	3	3	3	3	3
	I児	3	3	3	3	3	3
	M児	2	3	3	3	3	3
	S児	2	3	3	3	3	3
	Y児	2	2	3	3	3	3
	平均値 (標準偏差)	2.40 (0.55)	2.80 (0.45)	3.00 (0.00)	3.00 (0.00)	3.00 (0.00)	3.00 (0.00)

N=5, min=1 max=3

おわりに

本研究では、話し合いの場において、教員がコーディネーターとして介入し、課題の提示、フィードバックの要請、正当化の要請などを行うことにより、児童の話し合いにおいて操作的トランザクションが生成されることが示唆された。また、授業を通して児童が徐々に「自分の考えを友だちにわかりやすく発表できた」という意識をもつようになったこと、また、「友だちの考えをしっかりと聞くことができた」という意識をもつようになったことを見取ることができた。

上記のことは、児童がかかわり合いながら、ものづくりに取り組むことができるように単元の展開を構成し、また、指導の工夫改善を行ったことが有効に機能した結果と考えられる。今後、他の単元においても、児童がかかわり合いながら、ものづくりに取り組むことができるように授業を実践していきたい。

謝辞

相互作用のある対話（TD）の類型について、ご指導・ご助言いただきました群馬大学教育学部准教授の栗原淳一氏に感謝の意を表します。

付記

本研究は、山口大学教育学部とやまぐち総合教育支援センターによる「平成25年度長期研修教員連携支援プログラム」で行った実践研究である。

文献

- 有馬朗人ほか（2011）：『たのしい理科5年-2』，大日本図書
- 栗原淳一（2012）「個別実験を導入した協同的な学びが科学概念形成に与える影響 - 小学校『水溶液の性質』を事例として -」『理科教育学研究』，53（1），39-48
- 高垣マユミ・中島朋紀（2004）「理科授業の共同学習における発話事例の解釈的分析」『教育心理学研究』，52（4），472-484
- 高垣マユミ・田原裕登志（2006）「小学校4年理科『水の状態変化』の既有概念の変容過程における発話の解釈的分析」『理科教育学研究』，46（2），29-38
- Berkowitz, M. W., & Gibbs, J. C. 1983 Measuring the developmental features of moral discussion. Merrill-Palmer Quarterly, 29(4), 399-410
- 文部科学省（2008a）：『小学校学習指導要領』，文部科学省
- 文部科学省（2008b）：『小学校学習指導要領解説理科編』，大日本図書