

小学校理科教科書の化学分野におけるデータ解釈の扱い方

宮本 直樹

【要約】

小学校理科教科書の化学分野におけるデータ解釈の扱い方を分析した。その結果、第1に、どの学年の項目も、データの取り方とデータを整理・表現の仕方をデータ解釈と関連させていた。また、独立変数と従属変数に着目せずデータを取る項目もあったが、独立変数と従属変数に着目してデータを取り、データを整理・表現し、データを解釈させる項目が多かった。さらに、データ解釈の際に粒子を模倣したイメージ図を併せて示している項目もあった。第2に、小学校学習指導要領解説理科編に、実験方法の理解が内容として記述されているため、変数に着目したデータの取り方やデータ解釈をさせていない項目の実験があった。第3に、データの整理・表現の仕方としてイラストを使用し、そのイラストからデータを解釈させる項目があった。第4に、第3学年「物と重さ」、第6学年「水溶液の性質」の項目を除くと、多くの項目は、グラフからデータを解釈することよりも、むしろ表からデータを解釈させていた。

【キーワード】 データ解釈、小学校理科教科書、化学分野

1 はじめに

データ解釈に関わる問題は、PISA 2015 DRAFT SCIENCE FRAMEWORK (OECD, 2013) やTIMSS 2011 (Mullis, I. V.S., Martin, M. O., Ruddock, G. J., O'Sullivan, C. Y., & Preuschoff, C., 2009) の中でも出題され、データ解釈能力は科学教育で重視されている。また、データ解釈は、科学的探究において主要な能力である。しかし、日本の児童のデータ解釈能力は低い状態にある (文部科学省・国立教育政策研究所, 2012)。このような状況であるが、日本の小学校理科におけるデータ解釈に関する研究は十分に確立されているとは言い難い。そこで、授業において使用頻度が高く、主たる教材である小学校理科教科のデータ解釈の扱い方を分析し、基礎的知見を得ることができれば、児童のデータ解釈能力育成のための手がかりを示唆することができる。ところで、現行の小学校理科教科書を対象としたデータ解釈に関する先行研究には、物理分野 (宮本, 2013)、生物分野 (宮本, 2014) のものはあるが、化学分野のものはない¹⁾。

2 研究の目的

本研究では、児童のデータ解釈能力育成のための手がかりを示唆するために、小学校理科教科書の化学分野におけるデータ解釈の扱い方の基礎的知見を得ることを目的とす

る。

小学校学習指導要領解説理科編の改善の基本方針には、「観察・実験の結果を整理し考察し表現する学習活動」（文部科学省，2008：5）が明記されている。換言すれば、「観察・実験から得られたデータを表やグラフに整理・表現し，この表やグラフからデータを解釈する。」ことである。そして，小学校理科教科書は，この小学校学習指導要領解説理科編を踏まえて作成されデータ解釈について具現化している教材である。こういった理由から小学校理科教科書を分析することにした。

3 分析対象とした小学校理科教科書化学分野の内容項目

分析対象の小学校理科教科書は，平成20年に公示された小学校学習指導要領に準拠し文部科学省検定済みの6社（A～F）²⁾のものである。日本の小学校理科はA，B区分から構成され，化学分野はA区分に該当する（文部科学省，2008：14）。分析した内容項目は，第3学年「物と重さ」，第4学年「空気と水の性質」「金属，水，空気と温度」，第5学年「物の溶け方」，第6学年「燃焼の仕組み」「水溶液の性質」である。

4 小学校理科教科書に記述されたデータ解釈とデータ解釈の前段階の内容を分析する枠組み

データ解釈を詳細に示し，現在の小学校の理科の学習内容と対応している Rezba, Sprague, McDonnough, & Matkins (2007) の *Learning and Assessing Science Process Skills (5th Edition)* (以下, *LASPS*と表記) を参照し，分析の枠組みを作成した³⁾。*LASPS* の「変数の同定」(Rezba R. J. et al., 2007：163)，「操作的な変数定義」(Rezba R. J. et al., 2007：281)，「データ表の作成」(Rezba R. J. et al., 2007：177)，「グラフの作成」(Rezba R. J. et al., 2007：191) には，データ解釈の前段階の指導内容が示されている。この指導内容は，独立変数と従属変数に着目して，データを採取，つまり，データを取り，表やグラフを使用してデータの整理・表現している。この指導内容を基軸に，分析の枠組みとして，両変数に着目したデータの取り方，表やグラフを使用したデータの整理・表現の仕方が実験の記述の中に示されていれば「◎」を，両変数に着目しない記述であれば「○」を付した（表1～4）。また，データを整理・表現する際にデータの処理の方法やグラフ以外の表現が記述されていれば〔 〕内にその方法や表現法を示した。さらに，表やグラフを用いた整理・表現の仕方でない表現法は，表の利用，グラフの利用に分割せずに表記した（表1～4）。一方，*LASPS*の「変数間の記述」(Rezba R. J. et al., 2007：219) には，データ解釈に関する指導内容が示されている。この指導内容は，両変数を区別して，作成したグラフからデータの傾向やパターンを読み取ることである。この指導内容を基軸に，分析の枠組みとして，表も含め，表やグラフから両変数を区別して，データの傾向やパターンを読み取る，つまり，データを解釈していることが記述されていれば「◎」を，両変数に着目しないで，データを解釈していることが記述されていれば「○」を付した（表1～4）。なお，実験内容は各社とも共通に扱っているものを分析とした。なお，空欄は該当するものがないことを示す。

5 各学年の項目のデータの取り方とデータの整理・表現の仕方、データ解釈

各学年の項目のデータの取り方とデータの整理・表現の仕方、データ解釈について、上述した分析の枠組みにしたがって、分析を進めていく。まず、第3学年の項目を分析すると表1ようになる。

表1 第3学年の項目におけるデータの取り方とデータの整理・表現の仕方、データ解釈

項目	社名	実験内容	データの取り方	データの整理・表現の仕方（表の利用）	データの整理・表現の仕方（グラフの利用）	データ解釈
物と重さ	A	物の重さと形	○	○		○
		物の体積と重さ	○			○
	B	物の重さと形	○	[実験結果の文]		○
		物の体積と重さ	○	○	○ [棒グラフ]	◎
	C	物の重さと形	○	○ [実験結果の文も含む]		○
		物の体積と重さ	○	○ [実験結果の文も含む]		○
	D	物の重さと形	○	[イラストを含む実験結果の文]		○
		物の体積と重さ	○	○		○
	E	物の重さと形	○			○
		物の体積と重さ	○			○
	F	物の置き方と形	○	○		○
		物の体積と重さ	○	○		○

第3学年「物の重さ」の項目の「物の重さと形」「物の体積と重さ」では、どの教科書も独立変数や従属変数に着目したデータの取り方をしていなかった。したがって、独立変数や従属変数に着目したデータの整理・表現の仕方やデータ解釈はしていなかった。また、独立変数や従属変数に着目しない表にデータを記録させデータを読み取る記述は多かった。記録した表からグラフを作成しデータを読み取る記述は1社のみであった（大隈ほか，2011）。多くの教科書は独立変数や従属変数に着目せず、データの取り方、データの整理・表現の仕方（表の利用）、データ解釈といった手順を踏んでいた。

次に、第4学年の項目を分析すると表2ようになる。第4学年「空気と水の性質」項目の「閉じ込めた空気」「閉じ込めた水」の実験では、独立変数や従属変数を用いたデータの取り方をしている教科書が全てであった。独立変数を空気や水を押し縮める「手ごたえ」として扱っている記述が多い。そして、イメージ図を用いて閉じ込めた空気や水をイラストで表現・整理し、閉じ込められた空気や水の粒子をデータ解釈している教科書もあった（例えば、有馬ほか，2011）。これは、小学校学習指導要領解説理科編に記述されている「観察・実験の結果を整理し考察し表現する」（文部科学省，2008：5）を具現化したものであると言える。「金属、水、空気と温度」項目の「空気の温度と体積」「水の温度と体積」「金属の温度と体積」の実験では、独立変数として空気、水、金属の温度、従属変数として体積を用いたデータの取り方やデータ解釈を全てしていた。また、データの整理・表現の仕方では、イラストや写真を用いてデータを表現しているものが多かった。「金属の温まり方」「水の温まり方」「空気の温まり方」の実験では、従属変数や独立変数に着目したデータの取り方やデータ解釈は少なかった。「水を熱し

表2 第4学年の項目におけるデータの取り方とデータの整理・表現の仕方，データ解釈

項目	社名	実験内容	データの取り方	データの整理・表現の仕方（表の利用）	データの整理・表現の仕方（グラフの利用）	データ解釈
空気と水の性質	A	閉じ込めた空気	◎	[イラストと実験結果の文]		◎ [イメージ図]
		閉じ込めた水	◎	[イラストと実験結果の文]		◎
	B	閉じ込めた空気	◎	[実験結果の文]		◎ [イメージ図]
		閉じ込めた水	◎	[実験結果の文]		◎ [イメージ図]
	C	閉じ込めた空気	◎	[実験結果の文]		◎ [イメージ図]
		閉じ込めた水	◎	[イラスト]		◎
	D	閉じ込めた空気	◎	◎ [イラストを含む]		◎ [イメージ図]
		閉じ込めた水	◎	◎ [イラストを含む]		◎
	E	閉じ込めた空気	◎			◎ [イメージ図]
		閉じ込めた水	◎			◎ [イメージ図]
	F	閉じ込めた空気	◎			◎ [イメージ図]
		閉じ込めた水	◎			◎ [イメージ図]
金属・水・空気と温度	A	空気の温度と体積	◎	[写真]		◎
		水の温度と体積	◎	[写真]		◎
		金属の温度と体積	◎	[写真]		◎
		金属の温まり方	○	[イラストと実験結果の文]		○
		水の温まり方	○	[イラストと実験結果の文]		○
		空気の温まり方	○			○
		水を熱した時の変化	◎	◎	◎ [折れ線グラフ]	◎
		水を熱した時に 出てくる泡の正体	○			○
		水を冷やした時の変化	◎	◎	◎ [折れ線グラフ]	◎
		水が氷になる時の体積変化				
	B	空気の温度と体積	◎	[イラストと実験結果の文]		◎
		水の温度と体積	◎	[写真]		◎
		金属の温度と体積	◎	[写真]		◎
		金属の温まり方	○	[イラストと実験結果の文]		○
		水の温まり方	○	[写真と実験結果の文]		○
		空気の温まり方	◎	◎ [イラストも併用]		○
		水を熱した時の変化	◎	◎	◎ [折れ線グラフ]	◎
		水を熱した時に 出てくる泡の正体	○	[写真と実験結果の文]		○
		水を冷やした時の変化	◎	◎	◎ [折れ線グラフ]	◎
		水が氷になる時の体積変化	○	[写真]		○

小学校理科教科書の化学分野におけるデータ解釈の扱い方

	C	空気の温度と体積	◎	[イラストと実験結果の文]		◎
		水の温度と体積	◎	[イラスト, 写真と実験結果の文]		◎
		金属の温度と体積	◎	[写真と実験結果の文]		◎
		金属の温まり方	○	[イラストと実験結果の文]		○
		水の温まり方	○	[イラストと実験結果の文]		○
		空気の温まり方	○	[イラストと実験結果の文]		○
		水を熱した時の変化	◎	◎	◎ [折れ線グラフ]	◎
		水を熱した時に 出てくる泡の正体	○	[実験結果の文]		○
		水を冷やした時の変化	◎	[実験結果の文]		◎
		水が氷になる時の 体積変化	○			○
	D	空気の温度と体積	◎	◎ [実験結果の文も 含む]		◎
		水の温度と体積	◎	◎ [実験結果の文も 含む]		◎
		金属の温度と体積	◎	[イラストと実験結果の文]		
		金属の温まり方	○	[イラストと実験結果の文]		
		水の温まり方	○	[イラストと実験結果の文]		
		空気の温まり方	○	[イラスト]		
		水を熱した時の変化	◎	◎	◎ [折れ線グラフ]	◎
		水を熱した時に 出てくる泡の正体	○	[実験結果の文]		
		水を冷やした時の変化	◎	◎	◎ [曲線のグラフ]	◎
		水が氷になる時の 体積変化	○	[写真]		
	E	空気の温度と体積	◎	◎		◎
		水の温度と体積	◎	◎		◎
		金属の温度と体積	◎			◎
		金属の温まり方	○			○
		水の温まり方	○			○
		空気の温まり方	○			○
		水を熱した時の変化	◎	◎	◎ [折れ線グラフ]	◎
		水を熱した時に 出てくる泡の正体	○			○
		水を冷やした時の変化	◎	◎	◎ [折れ線グラフ]	◎
		水が氷になる時の 体積変化	○			○
	F	空気の温度と体積	◎	[写真]		
		水の温度と体積	◎	[写真]		
		金属の温度と体積	◎	[写真と実験結果の文]		
		金属の温まり方	○			○
		水の温まり方	○			○

	空気の温まり方	○			○
	水を熱した時の変化	◎		◎ [折れ線グラフ]	◎
	水を熱した時に出てくる泡の正体	○	[実験結果の文]		
	水を冷やした時の変化	◎		◎ [折れ線グラフ]	◎
	水が氷になる時の体積変化	○			○

た時の変化」「水を冷やした時の変化」の実験では、従属変数や独立変数に着目したデータの取り方やデータの整理・表現の仕方、データ解釈をしている教科書が多かった。一貫して、データの取り方、データの整理・表現の仕方、データ解釈に従属変数（時間）、従属変数（温度）を適用している。表への記録、表からグラフ（主に折れ線グラフ）への変換、そしてグラフから傾向を読み取る過程が示されていた。

さらに、第5学年の項目を分析すると表3のようになる。第5学年「物の溶け方」項目の「水に溶ける物の量の限度」「水の量と溶ける物の量」「水の温度と溶ける物の量」の実験では、従属変数や独立変数に着目したデータの取り方やデータの整理・表現の仕方、データ解釈をしている教科書が多かった。一貫して、データの取り方、データの整理・表現の仕方、データ解釈に従属変数（水の量、水の温度）と従属変数（溶ける物の量）を適用している。さらに、表への記録、表から傾向を読み取る教科書が多かった（大隈ほか、2011）。なかには、棒グラフを作成し、データを解釈する教科書もあった。「溶かした物を取り出す」の実験では、変数に着目したデータの取り方をしていなかった。小学校学習指導要領解説理科編第5学年の内容、物の溶け方「イ 物が水に溶ける量は水の温度や量、溶ける物によって違うこと。また、この性質を利用して、溶けている物を取り出すことができること。」（文部科学省、2008：45）と示されているため、実験方法が内容になっていることによるためである。

最後に、第6学年の項目を分析すると表4のようになる。第6学年「燃焼の仕組み」項目の「物の燃え方と空気」の実験では、独立変数に「瓶の口の広さ」「瓶の大きさ（容積）」、従属変数に瓶の中に入れた蠟燭が消えるまでの時間をデータの取り方、データ解釈に適用している教科書があった（有馬ほか、2011）。しかし、大方は、両変数に着目したデータの取り方はしていない。「物が燃える時の空気の変化」の実験では、独立変数と従属変数に着目して、データを取り、データの整理・表現の仕方（表の利用）、データ解釈をしている教科書が多い。「水溶液の性質」項目の「水溶液の仲間分け」「水溶液と金属」「気体が溶けている水溶液」の実験では、独立変数や従属変数に着目して、データの取り方をしている教科書はなかった。これは、小学校学習指導要領解説理科編第6学年の内容、水溶液の性質に「ア 水溶液には、酸性、アルカリ性及び中性のものがあること。イ 水溶液には、気体が溶けているものがあること。ウ 水溶液には、金属を変化させるものがあること。」（文部科学省、2008：57）と示されているため、両変数に着目する探究的な実験というよりはむしろ、確認実験の記述が多かったことによる。

表3 第5学年の項目におけるデータの取り方とデータの整理・表現の仕方，データ解釈

項目	社名	実験内容	データの取り方	データの整理・表現の仕方（表の利用）	データの整理・表現の仕方（グラフの利用）	データ解釈
物の溶け方	A	水溶液の重さ	○			○
		水に溶ける物の量の限度	◎			◎
		水の量と溶ける物の量	◎	◎		◎
		水の温度と溶ける物の量	◎	◎		◎
		溶かした物を取り出す	○			○
	B	水溶液の重さ	○			○
		水に溶ける物の量の限度	◎	◎	◎ [棒グラフ]	◎
		水の量と溶ける物の量	◎	◎	◎ [棒グラフ]	◎
		水の温度と溶ける物の量	◎	◎	◎ [棒グラフ]	◎
		溶かした物を取り出す	○	○		○
	C	水溶液の重さ	○	○ [実験結果の文も含む]		○
		水に溶ける物の量の限度	◎	[実験結果の文]		◎
		水の量と溶ける物の量	◎	◎		◎
		水の温度と溶ける物の量	◎	◎		◎
		溶かした物を取り出す	○	[イラストと実験結果の文]		○
	D	水溶液の重さ	○			○
		水に溶ける物の量の限度	◎	◎		◎
		水の量と溶ける物の量	◎	[イラストと実験結果の文]		◎
		水の温度と溶ける物の量	◎	[イラストと実験結果の文]		◎
		溶かした物を取り出す	○	[実験結果の文]		○
	E	水溶液の重さ	○			○
		水に溶ける物の量の限度	◎			◎
		水の量と溶ける物の量	◎	◎		◎
		水の温度と溶ける物の量	◎	◎		◎
		溶かした物を取り出す	○			○
	F	水溶液の重さ	○	[実験結果の文]		○
		水に溶ける物の量の限度	◎			◎
		水の量と溶ける物の量	◎	◎		◎
		水の温度と溶ける物の量	◎	◎		◎
		溶かした物を取り出す	○			○

表4 第6学年の項目におけるデータの取り方とデータの整理・表現の仕方，データ解釈

項目	社名	実験内容	データの取り方	データの整理・表現の仕方（表の利用）	データの整理・表現の仕方（グラフの利用）	データ解釈
燃焼の仕組み	A	物の燃え方と空気	○			○
		物が燃える時の空気の変化	◎	[写真]		◎
	B	物の燃え方と空気	○	○		○
		物が燃える時の空気の変化	◎	◎		◎
	C	物の燃え方と空気	○	[写真と実験結果の文]		○
		物が燃える時の空気の変化	◎	[写真，イメージ図と実験結果の文]		◎
	D	物の燃え方と空気	◎	[実験結果の文]		○
		物が燃える時の空気の変化	◎	◎ [実験結果の文も含む]		◎
	E	物の燃え方と空気	○			○
		物が燃える時の空気の変化	◎	◎ [写真も使用]		◎
	F	物の燃え方と空気	○	[実験結果の文]		○
		物が燃える時の空気の変化	◎	◎ [写真も使用]		◎
水溶液の性質	A	水溶液の仲間分け	○	○		○
		水溶液と金属	○	[写真と実験結果の文]		○
		気体が溶けている水溶液	○	○ [写真も使用]		○
	B	水溶液の仲間分け	○	○		○
		水溶液と金属	○	○ [写真と実験結果の文も使用]		○ [イラスト]
		気体が溶けている水溶液	○	[写真]		○
	C	水溶液の仲間分け	○			○
		水溶液と金属	○	[写真と実験結果の文]		○
		気体が溶けている水溶液	○	[写真と実験結果の文]		○
	D	水溶液の仲間分け	○	○		○
		水溶液と金属	○	○ [実験結果の文も含む]		○
		気体が溶けている水溶液	○	[実験結果の文]		○
	E	水溶液の仲間分け	○			○
		水溶液と金属	○			○
		気体が溶けている水溶液	○			○
	F	水溶液の仲間分け	○	○ [写真も使用]		○
		水溶液と金属	○	○		○
		気体が溶けている水溶液	○			○

6 おわりに

本研究では、小学校理科におけるデータ解釈の扱い方を分析した。その結果、以下の4点がデータ解釈の扱い方としての基礎的知見を挙げることができた。第1に、どの学年の項目も、データの取り方とデータを整理・表現の仕方をデータ解釈と関連させていた。独立変数と従属変数に着目せず、データを取る項目もあったが、独立変数と従属変数に着目してデータを取り、データを整理・表現し、データを解釈させる項目が多かった。また、データ解釈の際に粒子を模倣したイメージ図を併せて示している項目もあった。第2に、小学校学習指導要領解説理科編に、実験方法の理解が内容として記述されているため、変数に着目したデータの取り方やデータ解釈をさせていない項目の実験があった。第3に、データの整理・表現の仕方としてイラストを使用し、そのイラストからデータを解釈させる項目があった。これは、定性的なデータを小学校理科化学分野で多く扱うことに起因すると考えられる。第4に、第3学年「物と重さ」、第6学年「水溶液の性質」の項目を除くと、多くの項目は、独立変数と従属変数を区別し、データの取り方、データの整理・表現の仕方（表の利用）、データ解釈といった手順を踏んでいた。換言すると、グラフからデータを解釈することよりも、むしろ表からデータを解釈することが多かった。

以上より、児童のデータ解釈能力を育成するためには、両変数に着目したデータの取り方、データの整理の仕方（表・グラフ・イメージ図の利用）、データ解釈といった手順を丁寧に踏むことが必要であると示唆できる。

附記

本論文は、2012年教育実践学会第20回大会（常磐大学）の発表資料を加筆、修正したものである。

註

- 1) 現行の小学校理科教科書を対象としたデータ解釈に関する先行研究には、地学分野のものもないが、これについては別稿にて報告する予定である。
- 2) 養老孟司ほか、『地球となかよし小学校理科 3～6』，教育出版，2011。大隈良典ほか、『わくわく理科 3～6』，啓林館，2011。癸生川武次ほか、『新編楽しい理科 3～6年』，信濃教育出版部，2011。有馬朗人ほか、『たのしい理科 3～6年』，大日本図書，2011。霜田光一ほか、『みんなと学ぶ小学校理科 3～6年』，学校図書，2011。毛利衛ほか、『新しい理科 3～6』，東京書籍，2011。なお、表 1～4 の A～F は平成 20 年に公示された小学校学習指導要領に準拠した文部科学省検定済みの 6 社を示す。
- 3) 「宮本直樹、『小学校理科教科書物理分野におけるデータ解釈の記述分析』，教材学研究，24 巻，2013，pp.195-202。」と同様の分析方法を行った。

引用文献

有馬朗人ほか（2011）『たのしい理科4年・1』，大日本図書，42。

有馬朗人ほか（2011）『たのしい理科6年-1』，大日本図書，10-12.

宮本直樹（2013）「小学校理科教科書物理分野におけるデータ解釈の記述分析」，教材学研究，24巻，195-202.

宮本直樹（2014）「日本の小学校理科教科書と米国初等科学教科書における生物分野のデータ解釈の扱い方」，日本科学教育学会，科学教育研究，第38巻，第3号，176-187.

文部科学省（2008）『小学校学習指導要領解説理科編』，大日本図書.

文部科学省・国立教育政策研究所（2012）『平成24年度 全国学力・学習状況調査【小学校】調査結果概要』，18-19.

Mullis, I. V.S., Martin, M. O., Ruddock, G. J., O'Sullivan, C. Y., & Preuschoff, C. (2009). *TIMSS 2011 Assessment Frameworks*, TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College, 82-90.

〈http://timssandpirls.bc.edu/timss2011/downloads/TIMSS2011_Frameworks.pdf〉
（2014年6月6日取得）

大隈良典ほか（2011）『わくわく理科3』，啓林館，127-128.

大隈良典ほか（2011）『わくわく理科4』，啓林館，87-90,

Organisation for Economic Co-operation and Development (2013). *PISA 2015 DRAFT SCIENCE FRAMEWORK*, 9, 16.

〈<http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20.pdf#search='pisa2015'>〉（2014年6月4日取得）

Rezba, R. J., Sprague, C. R., McDonnough, J. T., & Matkins, J. J. (2007). *Learning and Assessing Science Process Skills (5th Edition)*, Kendall Hunt Pub Co..