授業分析を通して明らかにする日本の小中学校理科授業の潜在的特徴

Hidden Features of Japanese Science Lessons that Were Revealed through Lesson Analysis in Elementary and Middle Schools

土佐　幸子，田中　秀志，太田　聖久

1. 問題の所在

日本と米国の小中学校における理科授業の国際比較研究から，日米の理科授業には教科内容と指導法の両側面において，相違があることが明らかになった[1,2,3,4]。教科内容に関して実際に中学校理科授業参観を通して比較してみると，日本の授業は米国の授業に比べて，教師の教えたい科学的概念がはっきりと定まっており，予想－実験－考察の流れを含む帰納的な授業が多いことが見出された[1,2]。小学校理科においても，米国の授業に比べて，日本の授業は予想を立てることや実験の考察などの科学的に思考する要素を多く含み，実験結果を基に科学的概念をクラス全体で導くことが多い傾向が見られた[3,4]。

しかし，指導法の面に関して米国授業と比較すると，日本の中学校理科授業では，教員が生徒の概念理解を支援する手立てをとることが少ないことが明らかになった[2]。また，日本の小学校の概念理解を重視する授業を米国の発見学習を重視する授業と比較すると，日本の授業は基礎的な知識の獲得を助けながらも，子どもたちの考えを型通りのものに結びつけている可能性があることが示唆された[3]。ここで疑問に挙がるのは，日本の理科授業において，小学校でも中学校でも，科学的概念が科学的な方法を通して提示されていながら，それが教師視点に終わり，子どもの概念理解を促すことに結びつくことが少ないのではないかという点である。

このような状況下において，日本の小中学校理科授業を，指導面に関してさらに詳細に分析し，教師の働きかけが，子どもの主体的な概念理解をどのように助けているのか，あるいは助けていないのかを明らかにすることが重要だと考えられる。特に，次期指導要領の柱としてアクティブ・ラーニングの視点としての主体的・対話的で深い学びが初等中等教育課程において注目されている現在[5]，授業における教師の働きかけと子どもの反応の関係性を明らかにすることは，アクティブ・ラーニングにおける教師の役割は何かという重要な問いに対する示唆を与えることになるだろう。

本研究では，教師と子どもの言葉のやり取りに着目する。特に，教師の発話の中でも発問は子どもの思考を促す上で重要な役割を果たすと考えられる[6]。そこで発問を中心に，教師と子どもの言葉のやり取りの分析を通して，小中学校の理科授業において，教師の言葉による働きかけと子どもの反応について，どのような特徴があるかを明らかにする。その特徴を明らかにするために，２つの指標を用いた。発問を分類するためのブルームのタキソノミー（教育目標分類学）[7]と，教師と子どもの言葉によるやり取りの深さを測るために，筆者らが開発した授業評価指標ORADIT（Observation Rubric for Assessing Deep Interactive Teaching）[8]である。定量的な分析方法によって，数値による比較が可能になる。本稿ではまず，評価指標を用いて日本の小中学校理科授業の分析を行い，２つの評価指標による分析結果を比較する。さらに，日本の小中学校の理科授業において，教師と子どものやり取りの分析を通して，教師が子どもの概念理解をどのように助けているかについて，その特徴を明らかにする。

本研究における研究課題は以下の２点である。

2017.6.23　受理

1）小中学校理科授業における教師の言葉による働きかけについて，２つの評価指標を用いた分析結果の間にどのような関係があるか。
2）日本の小中学校の理科授業において，教師と子どものやり取りを通して見ると，子どもの概念理解に対する教師の支援にはどのような特徴があるか。

これらの課題について，文字化された理科授業の分析を通して，今まで認識されていなかった日本の小中学校理科授業の潜在的特徴を明らかにすることを本研究の目的とする。

２．理論的枠組み

本研究において基本とする理科教育学の理論的枠組みは構成主義的なアプローチ[9]である。構成主義的学習論によれば，一方的な情報伝達だけでは，学習者の知識は構築されない。知識を構築するには，学習者が自らの経験に照らし合わせながら，新しい情報に対する妥当な解釈を築き上げる過程が必要となる。理科では実験や観察，模型やシュミレーションなどの活動を通して，自然現象の意味や説明を導き出していくことである。その過程において，人と人との言葉による関わりが大事な役割を果たす[10]。授業中，人とは指導者である教師であり，子ども同士である。人同士の関わりによって，個人では見出せなかった意味や説明が可能になることもある。学習者が新しい概念を受け入れて，自分の知識の一部としていくために，教師は様々な手立てを用いて学習者の学びを支援する重要な役割を担う。また，学習者の構築する知識が，社会的に認められた科学的知識と整合性が取れるように支援する[11]ことも教師の大事な役割である。教師と子どもの言葉によるやり取りは構成主義的なアプローチにおいて，子どもの概念形成の過程に大きな影響を及ぼす要素だと考えられる。

３．方法

３．１　研究対象

本研究における研究対象は，1999年に行われたTIMSS理科授業のビデオ研究において収録された授業記録[12]の中からランダムに取り上げた中学2年の授業2つ，および2015年にある地方自治体の教員研修において収録されたビデオ理科授業から小学4年生，小学5年生の授業2つの合計4つの授業を対象に分析を行った。以下の表は4つの授業についての概要である。

表１　研究対象とした授業の概要

	TIMSS授業8	TIMSS授業12	教員研修小4	教員研修小5
学年	中2	中2	小4	小5
単元	だ液のはたらき	炭酸水素ナトリウムの分解	水の３つのすがた	流れる水の働き
人数	約40人	約40人	27人	33人
時間	50分	50分	45分	45分

TIMSS授業8では「だ液の働きによって適温にあるデンプンがブドウ糖に変化すること」，TIMSS授業12では「炭酸水素ナトリウムを加熱すると化学変化が起こり，水と二酸化炭素が発生すること」，教員研修小4では「沸騰している水の中から出てくる泡は水蒸気であること」，そして教員研修小5では「流れる水の速さや量によって土地が変化すること」を本時のねらいとしている。

３．２　研究方法

３．２．１　発問の分析方法について

本研究では，日本の理科授業における教師の言葉による働きかけの特徴を明らかにするために，２つの評価指標を用いた。まず，授業内における教師の発問が子どもの概念理解をどのように促すかという視点で分析するために，ブルームのタキソノミー（教育目標分類学）[7]を用いた。ブルームのタキソノミーとは，「認知的領域」「情意的領域」「精神運動的領域」のそれぞれの領域における子どもの教育的な現状や成長のプロセスを，階層的に示したものである。本研究の発問分析にあたっては，表２に示すように，認知的領域のタキソノミーの６つのレベルを用いた。

レベルの数字が上がるにつれて，認知的により複雑なプロセスとなることを表す。例えば，「熱の３つの伝わり方とは何か」のような発問は，知っているかどうかだけを問題とするものであり，レベル①知識に分類される。レベル②理解に分類される発問

表２　ブルームのタキソノミーによる発問の分類

発問レベル		説　明
⑥	評価	根拠に基づき，判断を下す
⑤	統合	複数の概念を組み合わせて新たなものを生み出す
④	分析	情報や概念を各部分に分解して理解を深める
③	応用	情報や概念を新しい状況で用いる
②	理解	理由や説明を述べる
①	知識	記憶にある事実を思い出す

は「金属を触ると冷たいと感じるのはなぜか」のように現象の意味を問題とする発問であり，記憶を問う質問よりも考えることを求められる。レベル③応用に分類される発問は「魚や肉のトレイになぜプラスチックが使われているのか」のように既習概念を新しい状況に用いるような内容の発問である。現象の意味を理解しているだけでなく，さらに未知の場面に概念を適用するという複雑な思考が求められる。レベル④分析に分類される発問は「金属の水筒の保温性はどのように説明できるか」のように現象をいくつかの概念（この場合は熱伝導と放射）に分解して答えを求めるような発問である。レベル⑤統合に分類される発問は「アイスクリームを溶けないように運ぶにはどのような素材をどのように使えばよいか」のように様々な概念を組み合わせて新しいものを生み出すような内容の発問である。レベル⑥評価に分類される発問は「マラソン選手の体温を保つために金属光沢のあるシートを配るのが良いか」というように，基本的な概念を用い，根拠に基づいて価値判断を下すような内容の発問である。

このようにレベルが高くなるにつれて，情報を関連付けて答えを見出す複雑な思考が求められる。付録の表６に，発問のレベルと思考操作の関係を模式的に図で表した[13]。低次の発問は考えることを求める度合いが低いが，だからと言って重要でないわけではない。基礎的な情報が欠けていては，複雑な思考をめぐらすことはできない。一般に，低次の発問によって既習事項を確認し，ステップを踏んで高次の発問に移ることが望ましいと考えられる。

本研究では，文字化された授業記録から教師の発問（質問）をすべて抜き出し，レベルごとの基準を用いて発問を６つのレベルに分類した。さらに，次の項で述べる場面に分け，場面ごとにそれぞれのレベルに該当する発問数を調べ，４つの授業の間に共通点がないかどうかを検討した。

３．２．２　教師と子どものやり取りに関する分析方法について

理科授業における教師と子どものやり取りを定量的に分析するために，授業評価ルーブリックORADIT（Observation Rubric for Assessing Deep Interactive Teaching）を用いた[8]。

まず，表３で示すように授業を10の場面に分けた。これは全米科学教育スタンダード[14]における探究的指導法の考え方を基本とし，（Ⅰ）科学的な疑問に取り組む，（Ⅱ）疑問を解決するために証拠を見つける，（Ⅲ）証拠から説明を考える，（Ⅳ）説明を社会的に認められた科学的知識と結びつける，（Ⅴ）説明を周りの人に伝え，その正当性を議論する，という５つの特徴的な場面を，日本の理科授業によく見られる展開に合わせて筆者らが細分化したものである[8]。

表３　授業分析ルーブリックで用いた場面

区分	場面	
導入	(1)	既習事項の確認
	(2)	既習事項と本時の課題をつなげる
	(3)	本時の課題を設定する
	(4)	仮説を立てる
	(5)	仮説を検証するための実験方法を考える
	(6)	実験の結果を予想する
展開	(7)	実験（活動）の手順を説明する
	(8)	実験（活動）を行い，自然現象の意味を考える
まとめ	(9)	実験（活動）結果から得られる概念の抽象化を行う
	(10)	実験（活動）結果を基に概念の一般化を行う

表４に示したように，各項目について，子どもと教師のやり取りの有無と，誰の言葉を使っているかに着目した基準に従い，０点から３点までの４件法で点数化を行うこととした。

表４　授業分析ルーブリックで用いた点数化基準

点数	基　　準
0	該当する項目を含む場面がない
1	子どもと教師のやり取りがなく，教師が一方的に教師の言葉を使って場面展開がなされる
2	子どもと教師がやり取りを通して，教師の言葉を使って場面展開がなされる
3	子どもと教師がやり取りを通して，子どもの言葉を使って場面展開がなされる

本研究で開発されたルーブリックによる分析は，授業展開の中で教師の発話とそれに対する子どもの発話の取り上げられ方を調べることにより，教師がどれだけ子どもの思考に沿って授業を進めているかを測ることができると考えられる。一般的に，教師が子どもの理解を引き出したり，子どもが考えていく上での手助けをしたりするためには，教師と子どもの言葉によるやり取りが重要な役割を果たすが，本稿ではその中の２点に着目した。１点目は，授業中，教師の言葉による働きかけによって，子どもが考えを表出，つまり考えを外在化させる場面が生じたかどうかである。２点目は，子どもの言葉を授業展開に取り入れたかどうかである。子どもの言葉を

授業展開に取り入れることによって，子どものもつ考えのイメージを基に科学的概念を構築することが可能になると考えられる。付録の表７に本研究で開発された授業分析ルーブリックを掲載する。

４．結果

４．１　タキソノミーによる発問分析の結果

それぞれの授業記録から発問を抜き出し，ブルームのタキソノミーを用いてレベルを同定し，場面ごとに各レベルの発問数を調べた。その結果を表５に示す。４つの授業どれにおいても，発問レベルは①知識，②理解，③応用の３種類しか含まれておらず，高次の発問は観察されなかった。複合した事柄を分解したり，集めたり，判断を下したりする④分析，⑤統合，⑥評価の発問は，探究的な活動に多く見受けられるものであり，教科書の記述に沿った通常の理科授業では含まれないのが普通であると考えてよかろう。また，10の場面全てを含まない授業もあり，表５において斜線は該当する場面が授業に含まれなかったことを示す。

表５を見ると，(7)実験手順の説明の場面において，どの授業でも発問が少なかったことがわかる。また，(3)課題設定の場面において，発問数が少なかったことがわかる。教員研修小5の授業では，レベル③応用の発問が４あったが，これは並列した発問を繰り返し行ったためであり，思考を組み立てるためのつながりのある発問がなされたのではない。

４．２　ルーブリックによる授業の分析結果

開発した授業分析ルーブリックを用いて４つの授業を場面ごとに分析した結果を表５に示す。表５を見ると，(7)実験手順の説明の場面において，どの授業でも，教師の一方的な説明であったことがわかる。また，(3)課題設定の場面において，２つの授業では教師が一方的に課題設定を行った。この場面において，子どもとのやり取りの見られた教員研修小５の授業でも，課題は教師から発せられており，子どもの言葉を使って組み立てられたものではなかった。

５．ディスカッション

５．１　分析結果からわかったこと

本研究の分析結果より，研究対象とした４つの小中学校理科授業において，(3)「本時の課題の設定」と(7)「実験手順の説明」の場面における展開が，子どもとのやり取りを介さない教師の一方的な説明によって行われる傾向にあることがわかった。小中学校の多くの教師が，理科授業における「本時の課題の設定」と「実験手順の説明」は教師が一方的に行うものというイメージをもっていると考えられる。現職の教師がこのようなイメージをもつ背景を考えてみよう。まず，課題設定と実験手順の説明は教師主導で行うことが当然と考える教師が多いということである。現職教師自身が，この２つの場面において教師と子どもがやり取りを介さないような授

表５　ブルームのタキソノミーとルーブリックORADITを用いた４つの授業の発問分析結果（斜線は該当する場面が授業に含まれなかったことを示す，カッコ内は実験中の場面を除いた発問数）

授業	TIMSS授業8				TIMSS授業12				教員研修小4				教員研修小5			
評価指標	発問レベル			ルーブリック	発問レベル			ルーブリック	発問レベル			ルーブリック	発問レベル			ルーブリック
	①	②	③		①	②	③		①	②	③		①	②	③	
(1)既習事項	2	0	0	2	3	0	0	2	2	0	0	2	0	0	0	1
(2)つなぎ	0	0	0	1	0	0	0	1				0				0
(3)課題設定	0	0	0	1	2	0	1	2	0	0	0	1	1	0	4	3
(4)仮説				0				0	1	0	0	2				0
(5)実験方法				0				0	0	0	0	1	9	0	0	2
(6)予想	0	0	6	1	0	0	3	1	1	0	7	3	0	0	6	2
(7)実験手順	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1
(8)実験中	27	1	0	2	33	7	0	2	0	0	0	1	2	0	0	2
(9)抽象化	0	3	1	1	12	1	0	2	3	4	0	3	0	0	0	2
(10)一般化				0	0	0	0	1				0				0
小　計	30	4	7		51	9	4		8	4	7		12	0	10	
	(3)	(3)	(7)		(18)	(2)	(4)		(8)	(4)	(7)		(10)	(0)	(10)	
合　計	41 (13)			9	64 (24)			12	19 (19)			14	22 (20)			13

業を受けてきたことが影響しているかもしれない。教員研修のような場でも，この２つの場面において授業を教師主導で行うことが当たり前とみなされていることが考えられる。教師にとって，子どもから課題を出させたり，実験手順について説明させたりすることが通常の指導法において認識外であることが考えられる。２つ目の背景として，時間的制約がある。45分ないし50分の授業時間の中で計画通りに授業を進めるためには，課題設定と手順説明を教師の言葉で行ってしまった方が，時間節約になると考える教師が多いことが考えられる。３つ目の背景として，安全面への配慮がある。実験手順の説明の場面において，事故が起こらないようにしっかり指示を与えるには，子どもとのやり取りを介さずに教師から一方的に説明することが必要であると考える教師もいるかもしれない。

５．２　研究結果が示唆すること

本研究における授業分析を通して，課題設定と実験手順の説明という理科授業の場面において，教師主導の展開が多く行われていることが明らかになった。課題設定は，そこを出発点として子どもの活動が始まる授業の核をなす部分である。また，実験手順の説明は，子どもが活動の意味を理解する上で重要な部分である。子どもが主体的に課題に向き合い，実験活動を行うためには，この２つの場面において教師と子どものやり取りが十分になされることが期待される。その期待に反し，教師の一方的な説明で課題設定と実験手順の説明が行われてしまっては，子どもは言われた通りのことをこなすだけになりかねない。

子どもの主体性が重視され，実験などの活動は子どもが行う授業がどこでも見受けられるが，２つの場面で教師主導の授業展開が多いということは，授業は子どもが学ぶものという「学習パラダイム」ではなく，教師が教えるものという「教授パラダイム」[15]に立って授業を展開している教師が多くいるのではないかと考えられる。本研究を通して，研究対象とした授業は４つと少ないながらも，課題設定と実験手順の説明という重要な部分で教師主導となる傾向にあるということが，４つ全部の理科授業に共通して挙げられることがわかった。この特徴は本研究において開発された分析手法を用いて初めて明らかになったことである。その意味で，課題設定と実験手順の説明が教師主導で行われる授業展開を，日本の小中学校の理科授業の潜在的特徴とみなせるだろう。

６．今後の課題

本研究を通して，小中学校の理科授業における指導法について，定量的に分析することが可能となった。本稿における研究対象は４授業と少ないながら，ここを出発点として研究対象を広げることは容易である。また，本稿では平均発問数とルーブリックによる平均点のみを考察の対象とした。分析結果の詳細を踏まえた考察は今後の研究に委ねられている。特に，タキソノミーによる発問のレベル分けに基づく考察から，教師の発問に関する信念がより明らかになることが期待される。また，ルーブリックによって見出された子どもの言葉を取り入れた場面の考察によって，より深い授業構造の分析が可能になると期待される。

研究課題に挙げた「教師の設定する科学的概念と子どもの概念理解の間の関係性」にはまだ十分な知見が得られているとは言えない。前述の詳細な考察が望まれる。さらに質的な研究方法を適用し，異なる切り口から授業を検討することも可能である。今後の研究課題としたい。

引用文献および注

１）Roth, K.J., Druker, S.L., Garnier, H.E., Lemmens, M., Chen, C., Kawanaka, T., et al. (2006) “Teaching Science in Five Countries: Results From the TIMSS 1999 Video Study (NCES 2006-011)” National Center for Education Statistics.

２）Tosa, S. (2011) “Comparing US and Japanese Inquiry-Based Science Practices in Middle Schools”, Middle Grades Research Journal, 6(1), 29-46.

３）土佐幸子（2013）「日米比較研究から見えた日米の小学校理科授業の特徴」，日本科学教育学会第37回年会論文集

４）Tosa, S. and Ishii, K. (2011) “How do U.S. and Japanese Elementary Teachers Recognize and Practice Inquiry-Based Science Teaching Similarly and Differently?”, World Association of Lesson Studies, International Conference 2011, Tokyo, Japan.

５）文部科学省（2016）教育課程部会資料

６）田中保樹（2010）「子どもが「考える」理科の授業」理科の教育　59, 34 - 36.

７）Bloom, B. S. (1956) “Taxonomy of Educational

Objectives, the Classification of Educational Goals, Handbook I: Cognitive Domain" Longman.
８）太田 聖久，土佐 幸子（2014）「効果的な理科授業の要素の解明－ルーブリックに基づく授業評価と発問レベルの関係に着目して－」日本理科教育学会北陸支部大会，仁愛大学
９）Fosnot, C. T. (Ed.) (2005) "Constructivism-Theory, Perspectives, and Practice" Teachers College Press.
10）Vygotsky, L. S. (1978)"Mind in Society" Harvard University Press.
11）Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994) "Constructing Scientific Knowledge in the Classroom" Educational Researcher, 23(7), 5-12.
12）小倉康（2001）「我が国と諸外国における理科授業のビデオ分析とその教師教育への活用効果の研究：IEA/TIMSS-R授業ビデオ研究との協調」国立教育政策研究所
13）田中秀志（2016）「日本の理科授業の潜在的な特徴の解明－子どもの言葉の活用と思考負荷の関係に着目して－」平成27年度卒業論文集，新潟大学教育学部
14）全米研究評議会（1996）「全米科学教育スタンダード」
15）Barr, R. B. and Tagg, J. (1995) "From Teaching to Learning –A New Paradigm for Undergraduate Education" Change 27, 12-25.

表６　発問のレベル①，②，③と思考操作の関連を表す模式図

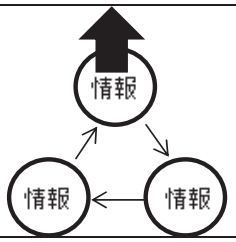
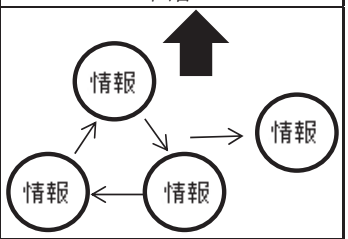
アウトプット	回答	回答	回答
子どもの中での思考操作			
ブルームのタキソノミーによる発問レベル	レベル①知識	レベル②理解	レベル③応用

表７　授業分析ルーブリック ORADIT

区分	場面		0	1	2	3
導入	(1)	既習事項の確認	場面なし	子どもと対話をせず，教師が一方的に既習事項の確認をする	子どもとの対話を通して，教師が教師の言葉を使って既習事項の確認をする	子どもとの対話を通して，教師が子どもの言葉を使って既習事項の確認をする
	(2)	既習事項と本時の課題をつなげる	場面なし	子どもと対話をせず，教師が一方的につながりをつける	子どもとの対話を通して，教師が教師の言葉を使ってつながりをつける	子どもとの対話を通して，教師が子どもの言葉を使ってつながりをつける
	(3)	本時の課題を設定する	場面なし	子どもと対話をせず，教師が一方的に課題を設定する	子どもとの対話を通して，教師が教師の言葉を使って課題を設定する	子どもとの対話を通して，教師が子どもの言葉を使って課題を設定する
	(4)	仮説を立てる	場面なし	子どもと対話をせず，教師が一方的に仮説を立てる	子どもとの対話を通して，教師が教師の言葉を使って仮設を立てる	子どもとの対話を通して，教師が子どもの言葉を使って仮設を立てる
	(5)	仮説を検証するための実験方法を考える	場面なし	子どもと対話をせず，教師が一方的に実験方法を提示する	子どもとの対話を通して，教師が教師の言葉を使って実験方法を構築する	子どもとの対話を通して，教師が子どもの言葉を使って実験方法を構築する
	(6)	実験の結果を予想する	場面なし	子どもと対話をせず，教師が一方的に実験結果を予想する	子どもとの対話を通して，教師が教師の言葉を使って実験結果を予想させる	子どもとの対話を通して，教師が子どもの言葉を使って実験結果を予想させる
展開	(7)	実験（活動）の手順を説明する	場面なし	子どもと対話をせず，教師が一方的に実験手順の説明をする	子どもとの対話を通して，教師が教師の言葉を使って実験手順を構築する	子どもとの対話を通して，教師が子どもの言葉を使って実験手順を構築する
	(8)	実験（活動）を行い，自然現象の意味を考える	場面なし	子どもと対話をせず，教師が一方的に現象の意味を説明する	子どもとの対話を通して，教師が教師の言葉を使って現象の意味を構築する	子どもとの対話を通して，教師が子どもの言葉を使って現象の意味を構築する
まとめ	(9)	実験（活動）結果から得られる概念の抽象化を行う	場面なし	子どもと対話をせず，教師が一方的に実験結果を抽象化する	子どもとの対話を通して，教師が教師の言葉を使って実験結果を抽象化する	子どもとの対話を通して，教師が子どもの言葉を使って実験結果を抽象化する
	(10)	実験（活動）結果を基に概念の一般化を行う	場面なし	子どもと対話をせず，教師が一方的に概念の一般化を行う	子どもとの対話を通して，教師が教師の言葉を使って概念の一般化を行う	子どもとの対話を通して，教師が子どもの言葉を使って概念の一般化を行う