

発問フレームワークに依拠した 理科授業デザイン

2016

兵庫教育大学大学院
連合学校教育学研究科
教科教育実践学専攻
(兵庫教育大学)

山岡武邦

目次

序章	問題の所在及び研究の目的，方法	1
第1節	問題の所在	1
第2節	先行研究の省察	5
第1項	日本における先行研究	5
第1	発問研究の目的	5
第2	発問研究の課題	9
第3	発問に関する先行研究	10
第4	理科教育における発問に関する先行研究	12
(1)	科学教育制度以前（明治4年以前）	12
(2)	理科教育制度（明治5～明治18年）	14
(3)	理科教育制度以降（明治19年以降）	19
第2項	諸外国における先行研究	24
第3節	研究の目的及び方法	30
第1項	研究の目的	30
第2項	研究の方法	30
第4節	本論文の構成	32
	註及び引用文献	34
第1章	QUILTを中心とした理科固有の 発問フレームワークの観点導出	39
第1節	本章の目的及び研究の手順	39
第2節	QUILTフレームワークに関する理論研究	40
第1項	QUILTフレームワークの背景	40
第2項	QUILTフレームワークの特徴	43
第3項	QUILTフレームワークに見られる教授方略	45
第1	Wait time（非言語的刺激）	45
第2	Think-Pair-Share	47

第3	その他の教授方略	49
(1)	フォローアップ発問(言語的刺激)	49
(2)	KQS(Know, Question, Strategy) x 3	50
第3節	QUILTフレームワークに基づいた	
	理科授業デザインのための観点	52
第1項	発問分類法	52
第1	科学教科書中に見られる問いの歴史的変遷	52
(1)	問いの歴史的変遷	52
(2)	Questionカードの具体例	55
第2	実際の理科授業中に見られる教師の発問	56
第3	理科における発問分類法の開発	57
(1)	高校入試理科問題における問いの分類	59
(2)	中学校理科教科書における問いの分類	65
(3)	高校入試理科問題と中学校理科教科書との比較	68
(4)	中学校理科授業における問いの分類	73
(5)	理科における発問分類法	76
第2項	教師の対応発問	78
第1	教師が実際に行った対応発問	79
(1)	発話プロトコル中に見られた教師の対応の類型化	79
(2)	典型的な誤答場面における教師の対応発問	83
第2	生徒が期待する教師の対応発問	85
(1)	質問紙調査の作成	85
(2)	生徒が期待する教師の対応発問	87
第3	教師の対応発問に関する一考察	91
第3項	実践的理科授業モデル	94
第1	理科教育関係者へのインタビュー調査	97
第2	実践的理科授業モデルの開発	99
第4節	本章のまとめ	105
	註及び引用文献	106

第2章	理科固有の発問フレームワークに基づいた	
	理科授業デザイン	111
第1節	本章の目的及び研究の手順	111
第2節	QUILTフレームワークに基づく理科固有	
	の発問フレームワークの開発	112
第1項	認知的葛藤と社会的構成主義とを関連付ける意義	112
第2項	認知的葛藤を用いた教授方略“Puzzling picture”	114
第3項	開発した理科固有の発問フレームワーク	116
第3節	理科固有の発問フレームワークに基づいた	
	理科授業デザイン	120
第1項	中学校第1学年理科「状態変化」の単元開発	121
第1	発問フレームワークに依拠した理科授業デザイン	122
(1)	Stage1「発問の準備」	122
(2)	Stage2「発問の提供」	125
	実験「フラスコの中の風船」の実験内容	125
	実験「消えた泡の行方」の実験内容	128
(3)	Stage3「返答への刺激」	131
	“Wait time”の活用方法	131
	“Puzzling Picture”で使用する不可解な写真	132
	“Think-Pair-Share”で使用するワークシート	134
(4)	Stage4「返答への処理」	136
(5)	Stage5「発問の思案」	136
第2	両群（実験群及び統制群）を体験できる	
	授業デザイン	137
第4節	本章のまとめ	140
註及び引用文献		141

第3章	理科固有の発問フレームワークに基づいた	
	理科授業の効果	145
第1節	本章の目的及び研究の手順	145
第2節	実践・調査の手続き	145
第1項	調査対象及び時期	145
第2項	調査の方法	146
第1	事前調査：両群の等質性に関する調査	146
第2	量的分析：調査課題の作成	148
第3	量的分析：ワークシートの作成	150
第3節	調査結果及び分析	151
第1項	事前調査：両群の等質性の検討	151
第1	第1学年理科の2学期末考査の平均点の比較	151
第2	状態変化に関連した考え方の実態調査の比較	152
第3	両群の等質性	154
第2項	質問紙調査の回答分析	154
第1	“Wait time”について	154
(1)	“Wait time”に関する回答分析	154
(2)	“Wait time”に関する回答結果の理由	160
第2	“Think-Pair-Share”について	162
(1)	“Think-Pair-Share”に関する回答分析	162
(2)	“Think-Pair-Share”に関する回答結果の理由	164
第3項	ワークシートの記述内容に関する量的分析	165
第1	ワークシートの記述に関する分析	167
(1)	実験 「フラスコの中の風船」の分析	167
(2)	実験 「消えた泡の行方」の分析	171
第2	ワークシートの感想欄の分析	175
(1)	実験 「フラスコの中の風船」の分析	176
(2)	実験 「消えた泡の行方」の分析	177

第4項	発問フレームワークによる科学的概念の定着	178
第1	事後調査及び遅延調査の結果	178
(1)	実験 「フラスコの中の風船」の分析	178
(2)	実験 「消えた泡の行方」の分析	180
第2	概念地図	183
(1)	概念地図の作り方	183
(2)	実際に描かれた概念地図	186
(3)	概念地図のまとめ	191
第5項	質的調査	192
第1	実験 における発話プロトコル分析	193
(1)	テキストマイニングを用いた分析方法	194
(2)	“Puzzling picture”の分析	194
(3)	“Think-Pair-Share”の分析	201
第2	実験 における発話プロトコル分析	207
(1)	発散的発問から収束的発問の効果に関する検証	207
(2)	“Puzzling picture”の分析	207
第6節	本章のまとめ	211
	註及び引用・参考文献	213
第4章	他学年・他分野での発展可能性	215
第1節	本章の目的及び研究の手順	215
第2節	実践・調査の手続き	216
第3節	高校物理分野における認知的葛藤を生起させる ための発問フレームワークの開発及び実践	216
第1項	教員研修を通じた理科授業「滝をのぼる水滴」 のデザイン	216
第2項	科学の祭典での予備実践	222
	註及び引用・参考文献	227

終章	本研究のまとめ及び今後の課題	229
第1節	本研究のまとめ	229
第1項	発問に関する先行研究	229
第2項	理科授業デザインのための観点導出 (研究1の成果)	230
第3項	発問フレームワークに依拠した理科授業デザイン (研究2の成果)	231
第4項	発問フレームワークに基づく理科授業の効果 (研究3の成果)	232
第5項	発問フレームワークの発展可能性 (研究4の成果)	232
第2節	今後の課題	233
	註及び引用・参考文献	236
附記		237
謝辞		239
巻末資料		241
資料	教師の発問に焦点化した授業参観の素データ	
資料	(1) 『実験』に関する細案	
資料	(2) 『実験』に関する細案	
資料	実際に使用した事前調査及び事後調査	
資料	実際に使用したワークシート	

序 章 問題の所在及び研究の目的，方法

第 1 節 問題の所在

全ての認識は問いかけに始まる。授業中の教師の問いかけは，暗記と記憶再生を主にした記憶の定着を図るものや，事実とその解釈を主にした考える活動を目指すものなど様々な種類がある。そのため，同じ自然現象について教える場合でも，問いかけの内容や解答形式の違いが，生徒たちの学びに大きな影響を与えると考えられる。例えば「家庭の電気の配線は並列の回路か。」といったような「はい。」「いいえ。」あるいは一言で答えさせる問いかけと，「家庭の電気の配線を並列の回路にしているのは何故か。」といったような理由を説明させる問いかけとでは，生徒たちの思考の深まりや拡がり異なるものと考えられる。

授業中，教師は生徒たちに話しかけ，何らかの学習活動を促進させることを期待する。この話しかけのことを「発問」と呼ぶが，新教育学大辞典第 5 巻（1990）によれば，次のように定義されている¹⁾。

『発問とは，授業中になされる教師の問いかけである。狭義には，教科内容に即して子どもの思考活動を促し，彼らが主体的に教材と対決していく学習活動を組織していくことを意図して行われる教師の問いかけをさす。』

この定義に従えば，問いかけの中に学習者の思考過程を促すための意図があるという前提条件を踏まえた授業中の教師の「問いかけ」が「発問」となる。それ以外の「問いかけ」，例えば，教材が含む「問いかけ」，教科書中の「問いかけ」，入試問題中の「問いかけ」といったような「問いかけ」は「問い」と呼ぶことができる。

栗田ら(1988)は, 授業中に展開される問いかけの在り方は授業の成否を決めかねない重要な技術であると述べている²⁾。つまり, 理科教材の開発や観察・実験の工夫と併せて, 生徒たちの科学的な思考や表現を促進するための発問や問いの検討は必要である。

平井(1961)は, ある母親が書いた, 子どもの知能テストに関する新聞の投書を具体例として挙げることで, 発問や問いの重要性を示唆している³⁾。それは, 「自分で泳げるものは何か」という問いに対し, 魚やリンゴなどの絵から選ぶという知能テストを題材とした話である。子どもは魚ではなくリンゴと答えたが, リンゴが浮かぶものだと知ったうえで, 子どもなりに理由のある答えをした, という内容である。このように, 発問や問いの違いは, 子どもの返答の違いを生じさせるため, より効果的に発問や問いを活用することは大変意義深い。発問や問いには, 様々な種類があると述べてきたが, その中でもより効果的な発問や問いというのは, 学習者の思考活動を促進させる発問や問いのことであると考えることができる。言い換えれば, 「何故」「どうして」という疑問が, 学習者の中に生じるような発問や問いになるような工夫を行う必要があると考えられる。

山岡(2004)は, 自然科学の教科書にみられる問いの歴史的変遷を調べる中で「何故か, 説明せよ。」という理科の原理原則を中心とする問いが現在大きく減っていることを指摘した⁴⁾。自然現象に対して, 何故と疑問を持つことは理科教育の本質であり, この問いを通じて生徒に徹底的に考えさせ, 記述させていく活動が理科授業の中で求められている。特に, 物理概念は目に見えないため, 学習過程において問いが果たす役割は大きい。理科の本質を問う事柄で, 何故か, という発問を普段の授業においても意識的に取り入れていくことが重要である。ただし, 明治後期からの所管立学校などで実施された問いと, 現在の問

いとでは, その背景が大きく異なり一概に比較することは難しい。例えば, 一斉授業は, 学制に先立って出された被仰出書によって国民皆学の方針が示されてから始まったものである。明治初期においても, 現実的には大衆教育の普及と効率化のためという意識が働き, 必ずしも多様な生徒一人ひとりの学習効果の向上を優先させた訳ではない⁵⁾。教育の効率化による点数評価を意識した問いは, 生徒たちの思考の深まりや広がりを保証するものとは言い難い。

教科書に加えて, 入試に代表される教育評価が, 実際の授業場面で教師や生徒の思考を制約する重要な要因になっていることが考えられる。例えば, 梶田(1983)は, 上級校入試の圧力のために実際の教授・学習活動はバランスを失っていると指摘している⁶⁾。つまり, 入試に代表される教育評価が教師や生徒一人ひとりの思考を制約する重要な要因となっていると考えられる。従って, 入試問題の問いを分析することは, 実際の理科授業の流れや教師の発問を検討し, 改善していくための貴重な題材になると考えられる。

大規模な国際調査として, TIMSS(第3回国際数学・理科教育調査)の子どもの解答分析結果は, 様々な形で議論されてきた。猿田(2001)は, 自由記述形式の詳細な分析を行った結果, 日本とオーストラリアの小学校3・4年及び中学校1・2年生では, 学年が上がる毎に記述量が多くなる傾向を指摘した⁷⁾。中山(2004)・猿田(2006)らは, 日本の中学生の記述式課題に対する平均正答率が他国に比べて低いのは, 課題文中の言葉を用いて回答することが原因であるなどの傾向を指摘した^{8), 9)}。さらに, 隅田(2005)はTIMSSの記述式解答を分類する新しい枠組みを独自に開発し, その枠組みを使った解答分析から関連する科学用語の使用が決定的に重要な位置を占めることを指摘し, 理科学習における「書くこと」の意義を位置づけた¹⁰⁾。また,

隅田（2008）は，小学校理科教科書中の疑問文分析結果から，「なぜ」という「書くこと」を促す問いかけが少ないことを明らかにした¹¹⁾。

実際の理科授業に大きな制約を持つと考えられる教師の発問や入試問題及び教科書等の問いを題材とした研究を行うことは，理科授業改善へ向けた具体的な手がかりを提案することが期待されるため，大変意義深い。理科授業における教師の発問の分析，書くことの意義の再考，生徒一人ひとりの思考力や判断力を促進する問いの在り方の検討は，理科学習における重要な課題なのである。

第 2 節 先行研究の省察

第 1 項 日本における先行研究

第 1 発問研究の目的

日本での近代学校教育制度は, 1872 年の学制に始まる。板倉(1964)は, 学制の制定時期における教育上のもっとも大きな課題として, 初等教育の近代化を始めることと, 欧米の科学を取り入れるためのトップレベルの科学技術者を養成することの二つを挙げている¹²⁾。明治初年には, 開成学校・医学校などで中程度ないし専門的な科学技術の教育が, 外国人教師や日本人洋学者により普及していった。特に, 福沢諭吉の慶応義塾に代表されるような洋学塾では, 窮理書の講読(素読・輪読・会読)が大きく取り上げられたとされる¹³⁾。窮理学中心の科学教育から博物学中心の理科教育へ移行する際の代表的教科書の一つに文部省の「博物圖」と, その解説書である「博物圖教授法¹⁴⁾」という書籍がある。この書籍のタイトルである教授法は, 講読の形態を含めたものであり, 事実上, 知識の伝達を意味していた。

山下(1875)は, 授業法という言葉を用いた書を著し, 授業法のことを「小學ノ教法ヲ陳列スルモノ」と述べている¹⁵⁾。このことから, 知識の伝達という意味において, 教授法は, 授業法と言い換えられることもあったと考えられる。

小池(1892)は, 知識技能を伝えるものが教授, その実際の行為が訓練と定義した上で, 教授には問答が不可欠で, 講話講説を主とする教授においても問答を加えるべきだと述べている¹⁶⁾。そのうえで, 小池は問答の方法を紹介しているが, これを問答法ではなく発問法と呼んでいることから, 問答と発問が同義で用いられていたことがわかる。その発問法は, 次の6つの記述から成り, ほとんどの文末が「...ベシ」となっている¹⁷⁾。

- 一，發問ハ全級ニ向テ之ヲ出シ簡單明白ナル言及又ハ文字ヲ以テス可シ。
- 二，發問ハ分明精密ナル答辨ヲ爲シ得ベキモノタルベシ。
- 三，發問スル中ハ級中ノ一兒ニ一部若クハ全部ヲ答辨セシムベシ。
- 四，發問ハ之ヲ反覆ス可ラズ。唯時宜ニ依リ發問ノ形状ヲ變化シ若クハ之ヲ分割スベシ。
- 五，發問ハ理論上ノ順序ニ依ルベシ。
- 六，六種ニ属スル發問ヲ避クベシ。

イ 答語ヲ含有スルモノ。	ニ 目的ノ曖昧ナルモノ。
ロ 答語ヲ暗指スルモノ。	ホ 謎語ニ類スルモノ。
ハ 範圍ノ過廣ナルモノ。	ヘ 諧謔ニ流ルモノ。

この発問法は，効果的な教授技術としての教授法として紹介されているものであるが，**図 1** のように，教師主導による一方向の教授技術に始終していると捉えることができる。先述のとおり，当時は教師主導の知識伝達が教授の根幹をなしていたとする見方は根強いものがあつたと考えられる。例えば，下田(1907)による，

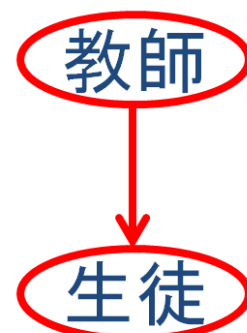


図 1 教師主導

教育学の教科書において発問法という教授法が紹介されているものがある。発問法とは，「教師問を發して兒童に答えしむ」，ものであり，歴史・地理等で教材を復習，記憶する場合や，修身・算術・理科等で判断，推理の練習をする場合に，多くの発問法を用いると述べられている¹⁸⁾。教育技術の向上のために，教師は常に学芸の補習を怠ってはならない，とも述べられており，あくまでも教師の教育技術向上に向けた視点で紹介されている。一方で，生徒の視点で書かれた高山(1885)

による『新撰小學生徒心得』においては「教師の教に従えば知識を得，知識なければ鳥獸に等し。学校にありては，能く規則を守り，教師の命に背くことなかれ。」とあり，教師の教えが絶対的であるかのような記述がなされている¹⁹⁾。

しかし，教師の仕事が，教師主導ではなく，子どもの学習を支援する役割を持つものだとする考え方が広まるにつれ，知識伝達としての教授法は改められなければならなくなってきた。具体的には，教授法に代わって学習指導法という言葉が出てくるようになったことに象徴される。大正年間の中期に奈良女高師附属小学校で学習法が主唱された頃から一般化したとされる²⁰⁾。戦後は，教授法や学習指導法の中に，生活指導や学級経営など，およそ学校教育に関する全ての技術的な問題を一括して教育方法と呼ぶことができる²¹⁾。つまり，授業という言葉は，教授法，学習指導法のそれぞれの意味を持たせたものではなく，さらに教育方法としての生徒指導や学級集団づくりをも含めた用語として使用されている。授業に不可欠である教師の発問も例外ではなく，広い意味を帯びていると捉えることができる。したがって，教師の発問は，単なる教育技術を指すものではなく，極めて重要な教育技術であり，教師と生徒の相互作用を前提とした教育方法である。

発問に焦点化し，授業全体をデザインしていくためには，学習者を支援するための教師の役割についても検討を行う必要がある。その役割とは，授業中に教科内容を教えることはもちろんであるが，学習者の予習や復習の状況を見極めることを挙げることができる。さらに，授業前後の教材研究や授業分析等，授業改善のための時間を確保することも挙げられる。Gagnè, Wager, Golas, and Keller(2007)は，学習のプロセスを意図的に支援し，総合的なインストラクションを効果的にデザインする前に考える問いの一つとして，学習者がどの

ように変容していくのかを想定しながらデザインすることの大切さについて述べている²²⁾。こうした学習者の変容を想定しながら授業デザインを試みる際には、「学級の全部の子どもの学習を、相互に接触させながら、つぎつぎと発展させ積み上げていくという、組織的な、構成的な授業をすること」という斎藤(1969)による教師の計画的な介入を必要とする授業観が参考になる²³⁾。授業中における教師の発問は、学習者同士を接触させながら思考活動を促すための話し合いをつくる契機となる。つまり、授業展開は、教師の発問や発言の後に見られる学習者の発話の扱いや、その組織化によって変化すると考えられる。例えば、学習者の発話の扱い方次第では、教師主導の授業が構成されたり、生徒中心の授業が構成されたりするのである。宮崎(2009)は、教室内の談話こそが、学習者の学びの場であると指摘し、教師の持つ実際の授業の流れの組織の技術は、学習者の学びを左右すると述べている²⁴⁾。

図2に示すような教師と生徒、生徒同士という学びの相互交流を実現させていくためには、学習者の発話を組織化していく教師の支援が重要である。この組織化の契機となる教師や生徒の発言内容を研究することは大変意義深いと考えられる。

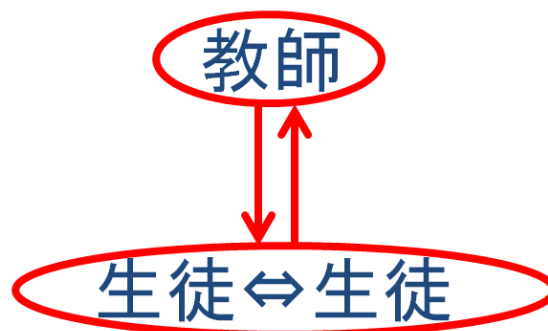


図2 相互交流

篠原(1938)は、教師の発問の本質として『思考の進行は問と答との辯證的聯關(弁証的連関)である』と述べたうえで『教師の問は生徒の問への刺戟(刺激)であり生徒の問を誘發する為の問である。一言に生徒の問の為の問である。』と述べている²⁵⁾。教師の発問が契機となり、生徒自らが正しく導いた問いや、科学的に正しくない場合においても生徒なりに筋道

の通った問いとなることで、科学の探究へと向かうことができる。このように教師と生徒、生徒同士の相互交流を実現させることで授業改善につなげることで、最終的に生徒自身から問いを生み出すことを発問研究の目的とした。

第2 発問研究の課題

授業中の教師の発問は極めて重要な教育技術であり、授業の進行上において重要な役割を担っている。したがって、教材研究の段階で、教師が発問をきめ細かく計画することは大変意義深い。教師の発問は、教材研究を根拠とし、正しく導かれたものでなければならない。しかし、例えば、授業中に行われる全ての発問を完全に精査し、結果的にマニュアル化するような試みは、授業自体が動的なものでなくなるため、無味乾燥したものになってしまうと考えられる。この点を踏まえ、教育目的に沿った教材研究に基づく効果的な発問に焦点化させることで、現実的な授業デザインを試みることにした。具体的には、授業前に行う教材研究において、該当の授業でコアとなる教師の発問（以下、「コア発問」という。）を1つ又は2つ用意し、これを十分に精査することにした。コア発問を契機とし、生徒自らの問いが生成されるようになれば、生徒の探究活動をより深化させることも可能となる。

コア発問を中心として授業を構成していくとともに、コア発問以外の発問（以下、「サブ発問」という。）は、授業やそこに在籍する生徒集団に応じて、柔軟に対応することが求められる。サブ発問についても、可能な限り偏りがないような工夫を心掛ける必要があり、ここに発問分類法の開発が不可欠であると考えられる理由が存在する。

さらに、発問後の生徒の返答について、平井(1961)は、進歩の表示、おくれの表示、考える力の表示であるからこそ、何

でもない返答でも重大な指針を与えるものと考えべきだと述べている。特に, 生徒の返答があいまいなときは, 教師の発問がわかりにくいのか, 適当でなかったのかのどちらかではないかと反省することを提案している²⁶⁾。内藤(2007)は, 話し合い活動における「ほかに...」という教師の言葉は, 暗に正解のみを子ども達に求める言葉であると指摘している²⁷⁾。このように発問研究は, 発問後の対応まで考慮したものと考える必要があると考えられる。

第3 発問に関する先行研究

授業における教師の発問を篠原(1938)は, 「試験問」と「開発問」の2つに分けた。前者は生徒の興味・関心の程度を調べようとするものであり, 後者は専ら知的発達を目指すものとし, これが教育本来の目的であるから「教育問」と呼ぶことがあるとしている²⁸⁾。これは, 前者の「試験問」が「サブ発問」, 後者の「開発問(教育問)」が「コア発問」と言い換えることができる。この篠原の研究は, 戦前に問いを論理的及び心理的側面から二分しようとするもので, 管見の限りにおいて, 日本においては初期の試みであると考えられる。ただし, 篠原の研究においては, 教師と生徒による学びの相互交流のような社会的相互関係については言及されていない。

平原(1967)は, 教師の「発問」が, 学習展開上の契機としての機能を果たすものと考え, あくまでも学習目標に迫るための中核になり得るものとみなした。しかし, その発問だけでは, 有効な思考が展開されないため, それを助け, 方向性を示すための「助言」「説明」「問い返し」が必要であるとした。さらに, これらをいかに組織づけるかが有効な学習展開の鍵であると述べている²⁹⁾。このように, 「発問」の意味をより狭義に捉えていこうとする試みも多く見受けられる。こうした

先行研究の発問に関する基本的分類をまとめると, 図 3 のように示すことができる。

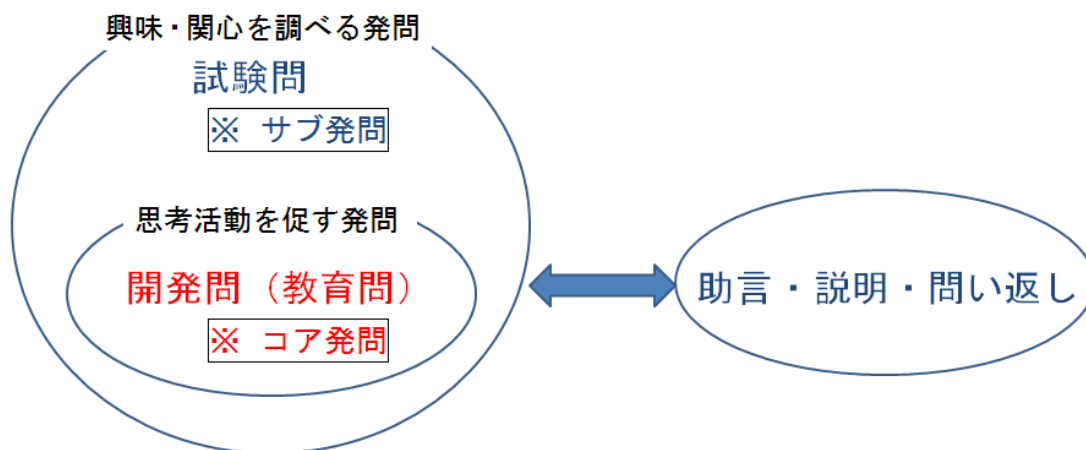


図 3 授業中の教師の発問に関する基本的分類

教師と生徒の学びの相互交流と一言で言っても, 生徒を導く場面での助言・説明や, 用語を確認するための発問や, 思考活動を促すための発問を行うなど, 授業中には様々な相互交流の場面が見られる。個別内容領域の特徴に応じた発問を検討すると同時に, 授業場面に応じた発問や助言の使い分けを行う必要があると考えられる。

大西(1988)は, 図 3 に示したように教師の授業における言葉である「発問」「助言」「説明」などを意識して使い分ける授業づくりを提案している。そのうち「発問」については「ゆれる発問」「大きな発問」「動かない発問」の 3 つに分類している³⁰⁾。「ゆれる発問」は自由に考えさせるための発問であり, 興味・関心を調べるための試験問のことである。「大きな発問」は課題を提示させる発問で, この発問では助言が必要になると述べていることから, 開発問と助言を組織化させた発問のことである。「動かない発問」は既存の知識を確認させるものなので, 試験問のことである。実践的には, 授業の導入で「ゆ

れる発問」, 展開の段階で「大きな発問」, まとめの段階で「動かない発問」をするなど, 使い分けることが重要である。図 3 は, 発問の使い分けを行う際のヒントにもなると考えられる。

第 4 理科教育における発問に関する先行研究

本節では, これまでに教師と生徒及び生徒同士という学びの相互交流(図 2)や, 発問に関する基本的分類(図 3)のように, 一般教育学における発問を検討してきた。もちろん, 教科理科においても適応可能であるが, ここでは, さらに詳細に, 理科教育における発問に関して検討していきたい。

日本における科学教育制度のはじめが明治 5 年(1872)で, 理科教育制度のはじめが明治 19 年(1886)である。ここでは, この明治 5 年及び明治 19 年の前後について検討を重ねたうえで, 現在の発問に関する先行研究について考察していきたい。

(1) 科学教育制度以前(明治 4 年以前)

近代学校制度である「学制」以前においては, 科学教育が制度化されていないとはいえ, 既に「寺子屋」「藩校」「私塾」といったような学校教育や様々な分野の学問が存在していた。具体的には, 和算・天文・医術・本草・物産といったような伝統的な基盤のある学問や, 西洋の物理学や化学に関する蘭書の翻訳する学問がみられた。特に, 科学の基盤となる学問は, 窮理学とよばれた。

湯浅(1961)は, 幕末において実験的研究は, ほとんどなく, 蘭書の教科書の翻訳にとどまり, 専ら紹介解説を主とした, と述べている³¹⁾。翻訳を主とした代表的な教科書のうち, 洋学塾では『舎密開宗(賢理著・宇田川訳, 1837)』, 漢学塾では『化学入門(ガラジン著・竹原訳, 1867)』, 『博物新編(合信著・小幡訳, 1874)』, 『格物入門(ヱルリヤム マルチン著・本山訓

点，1869)』などが挙げられる。一方で，洋学の影響を直接的に受けていないものもあり，代表的な著書に『雲根志(木内石亭，1773)』が挙げられる。

また，いくつかの洋書を参考にしつつ独自に書き下したとされる『訓蒙窮理圖解(福沢諭吉，1868)』は，子ども向けに書かれ，窮理熱と呼ばれるブームの火付け役となった。この『訓蒙窮理圖解』は，板倉(1964)によると，明治5年の文部省の「小学教則」で下等小学の「理学輪読」のテキストとして採用され，非常に普及した教科書である³²⁾。この時代の著書や教科書の多くは，翻訳とその紹介解説に力を注ぐとともに，啓蒙を目的とした記述がなされており，問いが記載されていない。問いが見られる場合でも，例えば，図4の『格物入門』のような問答形式のものが多く見られる。

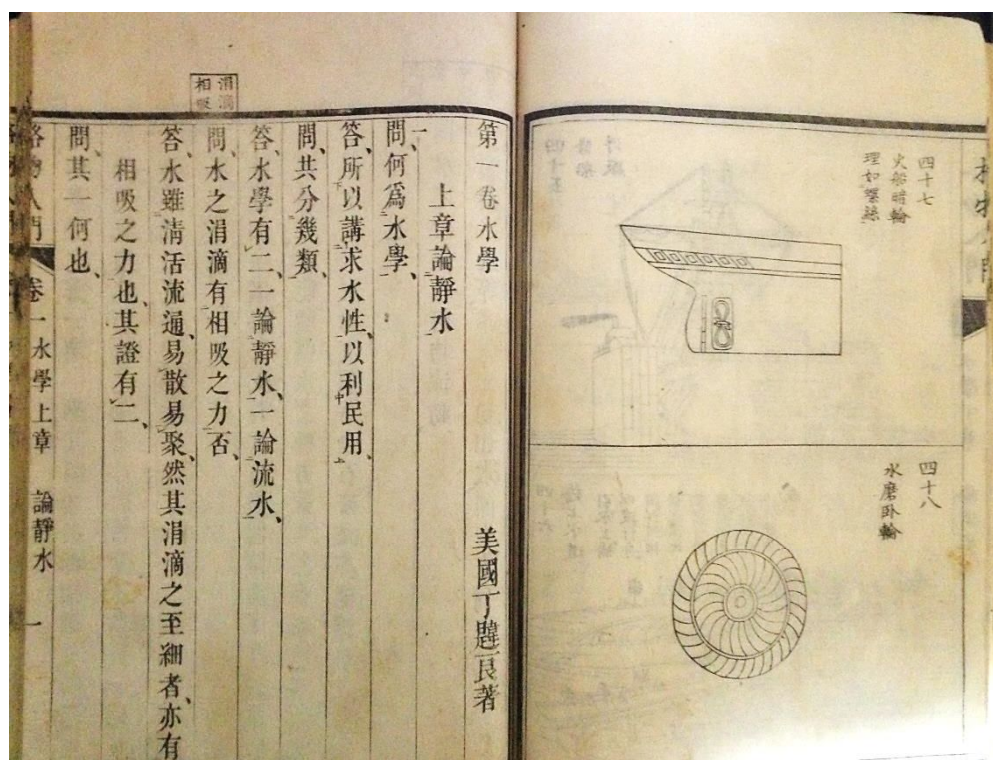


図4 『格物入門』に見られる問答形式の問い

当時の教授法といえは、翻訳されたものを講読するといった方法が代表的である。ただ、今井(1969)は、蘭学者が翻訳ばかりではなく、直接オランダ商館医に接しているいと学んでいたと指摘している³³⁾。翻訳し、それを読んで理解する、といった作業自体も大変な作業であったことに疑いの余地はない。しかし、こうした翻訳の作業を単純に繰り返していたのではなく、直接的に当該専門家に問い続けた飽くなき探究心があった事実にも着目したい。

(2) 理科教育制度(明治5~明治18年)

科学教育制度のはじめである明治5年(1872)の8月3日は、実学の教育が重視された「学制」の制定により、日本で科学の普通教育が制度化された。さらに、その1か月後の9月8日は、「学制」に基づき、「小学教則」が制定され、近代科学の合理的な自然観の教育が重視された。板倉(1964)は、「学制」と「小学教則」こそが、日本の教育史の中で、最も多く科学に期待をかけ、科学を中心にしてあらゆる教科を配列した極めて野心的な試みであったと述べている³⁴⁾。『窮理問答(ベエカー著、後藤達三編述, 1872)』、『小学化学書(ロスコウ著、市川盛三郎訳, 1874)』など、翻訳した啓蒙書を教科書として多く用いた点から理解することができる。

こうした制度にあわせて数多くの科学教科書が出版された。このうち、最も普及した教科書として知られる『物理階梯(片山淳吉, 1872)』は、「学制」と同年に文部省から出版されている。この教科書の本文にも特に問いは見当たらない。なお、『物理階梯質問録(渡邊弘人, 1877)』といったような副読本も出版されているが、『物理階梯』の本文中に見られる科学用語の説明に始終する字引きであり、問いは見当たらなかった。このことから講読の形態が引き継がれ、教授法に重点が当

てられていなかったことがわかる。ただ, この著者である片山(1881)が口述した『小學物理講義(片山淳吉口述・百田重明筆記, 1881)』の上段には, 図5に示すように, 1頁につき2から3程度の問いが記述されている。

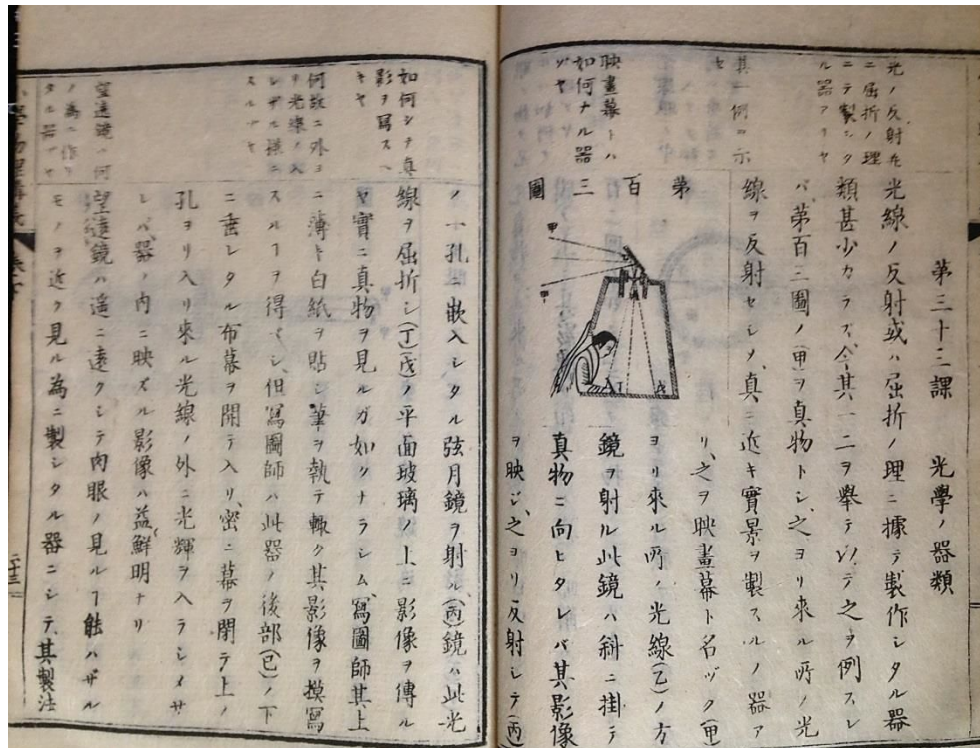


図5 『小學物理講義』に見られる様々な形式の問い

図5の中には、「何故ニ外ヨリ光線ノ入レザル様ニスルゾヤ」といったような問いが記述されている³⁵⁾。科学用語を尋ねるような一問一答の問答形式ではない問いの記述は, 当時としては斬新であり, 後の教授法にも影響を及ぼしたのではないかと思われる。実際に, 学制以降, 教授法を含む教育学の研究が, 日本においても始まっていた。例えば『刪訂教育學(アムプロワズ ランジュール フィース著・土屋訳・大槻閲, 1883)』のように佛國(フランス)の教育学“pedagogy”の書物を翻訳した書物が出版されている。全四冊から成り, 三巻が教授学となっている。この書には「瑣格刺底(ソクラテス)ノ教

授法ニ從ヒ，適宜ノ問答ヲナシテ，以テ之ヲ醒起スベシ」とあるように，本来は無知を示すことを意図していたはずのソクラテス式問答法が，明治期においては問題の答えや知識を求める方法にも用いられていたと考えられる³⁶⁾。例えば，三瀬(1877)による『小学教授本(三瀬貞幹，1877)』は，教授というタイトルが付いているが，**図6**に示すように，一問一答形式で，動物の名前や性質を暗記させるような内容構成になっている。一つのテーマに対して，連続した問答を行うのが特徴的である。例えば，キバシリの欄には，問「何物ナルヤ」答「キバシリト称ス」，問「其形ハ如何」答「雀ヨリ稍小ナリ」，問「如何ナル動作ヲナシテ食ヲ求ムヤ」答「自由ニ樹幹ヲ攀登シテ小蟲ヲ啄ム是木走ノ名アル所以ナリ」，とある³⁷⁾。

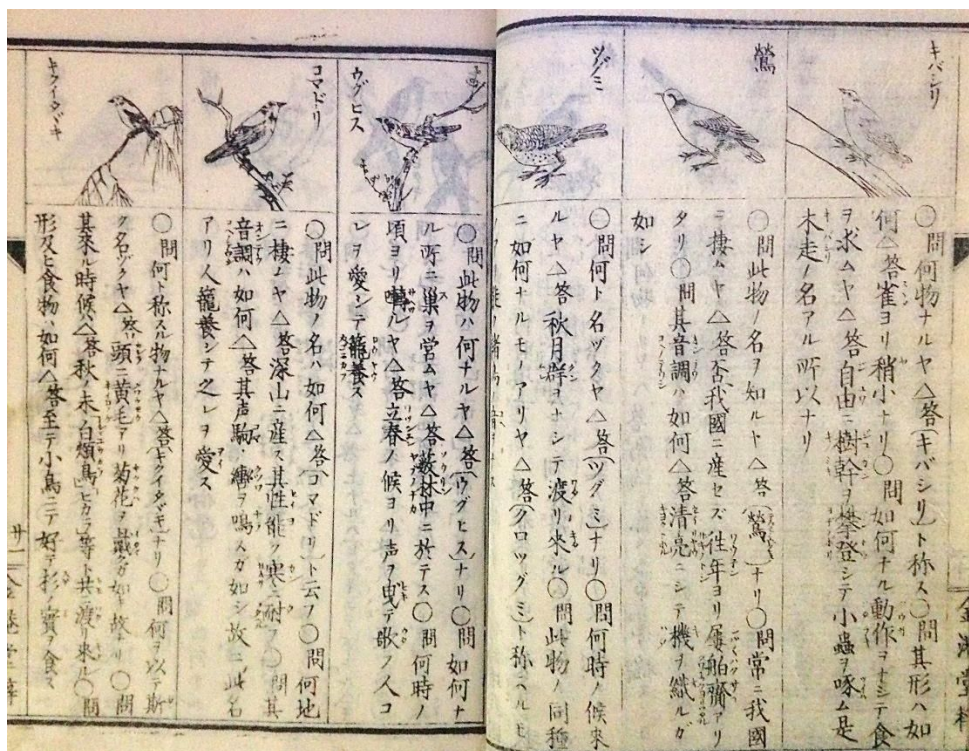


図6 『小学教授本』に見られる問答形式の問い

図6から，当時は教授法の一つが暗記を目的とした問答形式のものであることを示していると考えられる。板倉(1986)

は、「教育令」の時代に最も普及した教授法書は『改正教授術(若林虎三郎・白井毅編纂，1883)』及び『改正教授術續編(若林虎三郎・白井毅編纂，1884)』であり，開発主義による小学校教授法を定式化し，その流行を巻き起こしたものであると指摘している³⁸⁾。開発主義というのは，詰め込み型の注入教育に対し，具体的事物による直接経験や創意，自発性を尊重するペスタロッチの理論に基づく教授法のことである。なお，この教授法書の著者の一人である白井は，『植物小誌 全(白井毅編・岩川友太郎閱・西松二郎閱，1884)』の博物教科書の著者であり，緒言で「開発的教授ノ新主義ニ依テ著シタルモノナリ」と書いている³⁹⁾。さらに，この教授法書には，図7のような生徒と教師による観察中心の問答が記述されている。中でも，博物学の具体例が多く挙げられており，博物教授法の書であると考えることができる。

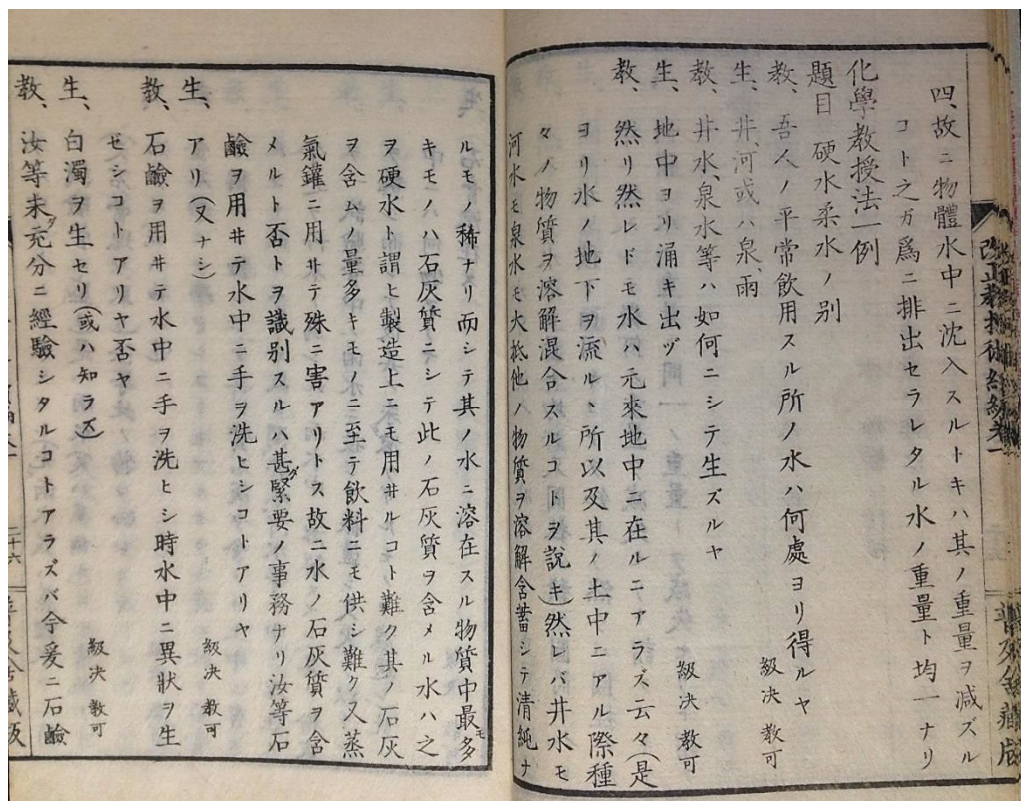


図7 『改正教授術續編』に見られる観察中心の問答

図 7 は，学習指導案の細案で示される形式の一つであり，生徒とのやり取りを考えながら授業計画を立てることの大切さを確認することができる。この教授法書を契機として，教授法が実践的なものになってきたと考えられる。

教授法の中で，教師の「発問」は「疑問」という言葉で記述されている。例えば，「疑問ノ適否ハ心力ノ開發學藝ノ進歩如何ニ関スルヲ以テ教授術中最緊要ナルモノトナリ」という記述が見られる。さらに，「生徒ニ對シテハ一問ト雖モ充分ナル注意ヲ加ヘ決シテ之ヲ輕忽ニスベカラズ」と述べたうえで，以下の 11 項目からなる疑問の心得を述べている⁴⁰⁾。

疑問（発問）ノ心得

- 一，明白ナルヲ要ス
- 二，主意ニ的中スルヲ要ス
- 三，生徒ノ力ニ適スルヲ要ス
- 四，簡約ナルヲ要ス
- 五，論理的ナルヲ要ス
- 六，模擬，語調，顔色等ヲ以テ暗ニ生徒ヲ導クベカラズ
- 七，答旨ヲ含ムベカラズ
- 八，答旨ニ反對シタル意味ヲ含ムベカラズ
- 九，兩様ノ語ヲ發シ之ヲ撰バシムベカラズ
- 十，常ニ同法ヲ用ヰルベカラズ
- 十一，一言半句ヲ以テ答ヘシムベカラズ

生徒の能力を開発させるうえで重要な意味を持つ授業では，図 7 のような細案を作って授業に臨むことや，授業中の発問が最も重要なものであると自覚し，たった一つの発問でも慎重な態度で臨むことは，大変意義深いと考えられる。

(3) 理科教育制度以降 (明治 19 年以降)

近代教育制度とともに, 明治 19 年 (1886) の小学校令より始まった学校教育の科目名としての理科が確立された。科学を中心とした教科の配列の象徴的なものとして, 修身, 歴史, 地理などの項目を並べた国語読本の中にも, 理科の内容を取り入れる試みが見られた。

板倉 (2009) は, 教科理科への転換は教育現場からの要請ではなかったため, 自然物, 人工物, 自然現象を列挙するような当時の文部省の意図に沿った理科教育の考え方が教科書のうえに具体化されるまでは数年の年月を要したと述べられている⁴¹⁾。例えば, 『理化教授本 (安西鼎, 1886)』では, はしがきで問答法の重要性を問題提起している。しかし, 教科書は, 図 8 のような内容構成で記述されており, 本文中には問答が見られない。

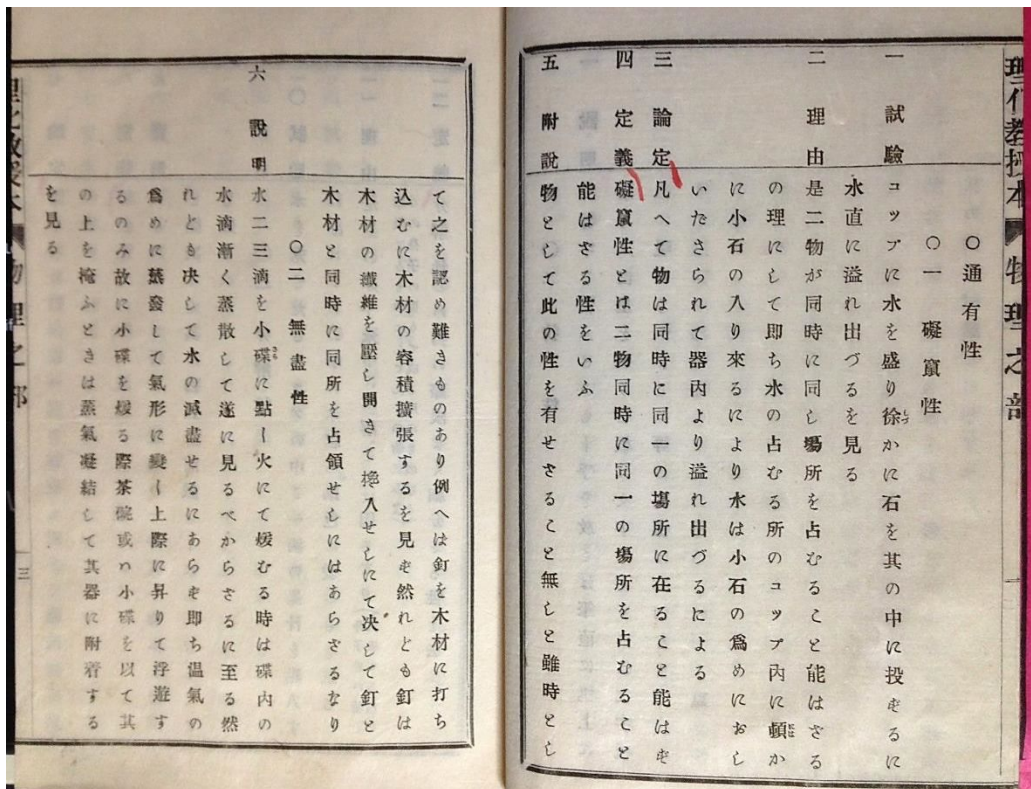


図 8 『理化教授本』に見られる問答

ただし, 図 8 における本文の上段には, 「説明」「試験」「理由」「定義」「論定」「附説」「実例」「実用」「効用」といったような注意すべき用語が添えられている⁴²⁾。この用語を頼りに, 問答法を行うことができる教科書となっている。一見すると, 読本的な教科書に見えるが, 流し読みするのではなく, その都度, ポイントになる箇所立ち止まって読むことができる点が特徴的である。

このように, 明治 20 年代は, 読本や, その類似本の中に見られる理科や, 問答法による理科が多く見られる中で, 工夫された教科書ができつつあった。例えば, 『高等小學読本第二(池永・西村, 1887)』の中に, 理科一班という項目があり, そこにはいくつかの問答が記載されている⁴³⁾。例えば, 「万有に秩序ある一端を挙げよ。」という問いに続く答えとして, 「太陽は, 恒に東方に出でて, 西方に没する。」「月の運行には, 一定の度があり, その時間は, 毎に相等しく, 四時の循環は整然として違わず。」「水は常に物をぬらす。」「火は常に物を焼く。」「植物は種より生じて種子を生じ, 種子又育成し同一の植物となる。」といったような具体例を書き尽くし, 一問一答ではなく, 一問多答の構成になっている。同書には, 「萬有ノ秩序」について記載されている項目がある⁴⁴⁾。理科一班に属するが, 問答形式や対話形式を含まない文章で構成されている。ただし, 内容は, 全ての自然現象を因果律で説明しようとする姿勢を貫いている点が特徴的である。例えば, 川を渡っている時に事故があったことを偶然ではなく万有の秩序を知れば防ぐことができたのだ, と述べる点などあらゆる現象を生活に密着させた形で理科を展開しようとしている。この万有の秩序を理解して, 自然に問い続けることが理科と他教科との違いだと読み取れる。

明治 30 年代には、『尋常小学校に於ける実科教授法(棚橋源太郎, 1903)』で直観教授の先駆的な試みが見られた。さらに, ペスタロッチ(児童中心主義)の直観教授に大きく影響を受けたヘルバルト派の教授法を取り入れる試みも見られた。白井らの流れを汲むものと捉えることができる一方で, ソクラテス的な問答法とは対峙する形となったため, 問答法による理科は少なくなってきたと考えられる。

板倉(1986)によれば, こうした理科教授法は, 戦後の生活単元・問題解決学習に近い所がありつつも, 戦後は米国の「ゼネラル・サイエンス」に基づき生徒の興味・関心を高める配慮がなされた点で大きく異なっている。ここで, 本格的な教授法が議論されることになる。例えば, 第一次世界大戦後の教授書である『理化学教授の研究(大島鎮治, 1922)』では, 発問と質問についての考察がある。ここでは, 教師から生徒への問いが発問, 生徒から教師への問いが質問, と定義し, これまでの発問法又は問答法は, 発問だけであったと指摘している⁴⁵⁾。つまり, 生徒が問題提起することの重要性を述べている。授業のねらいは生徒の疑問を発展・深化させていくことであり, その探究心を育てることにある。そのためにも, 生徒が自由に質問できる環境を保証することは重要である。

以上より, 理科教授法の発展に伴い, 問答法における生徒の視点の欠如が指摘されるとともに, 生徒が積極的に活動するための発問をする必要性が示された。積極的な活動では, 自分自身の問題として捉えられるかどうかという点が重要になる。言い換えれば, 生徒自身が問いを立てることができるかどうか, ということになる。そのためには, 生徒自身が問い続ける姿勢を持つことが重要である。教科理科の特性を踏まえると, 教師だけに問い続けるのではなく, 自然に対しても問い続ける姿勢が重要であると考えられる。

このように, 観察・実験などを通じて自然に問い続けていく学習を踏まえて, 自然現象を因果律で説明できるようになれば, 教科理科の特徴がよく表れてくるものと考えられる。これを図9にまとめることで, 理科固有の発問の検討を行うことにした。

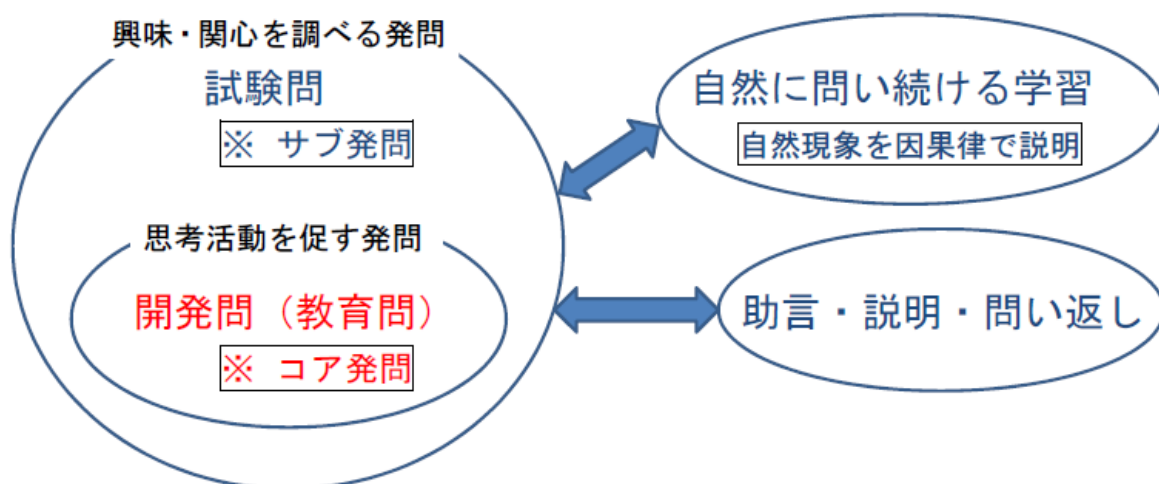


図9 理科授業中の教師の発問に関する基本的分類

平原(1967)は, 小学校低学年における理科授業では, 自然現象そのものに眼を向けさせ, 自然への対決のしかたを教えることを述べている。具体的には, 思考を促すために「どうしてか(原因)」、「どのようにすれば, わかるか(方法)」、「どうだと言えるか(結果)」, といったような発問を用いて原因に迫ったり, 方法を考えたりする発問を活用することを提案している⁴⁶⁾。後藤(1989,1990)は, 自然現象そのものに眼を向けさせる方法として, 観察・実験を通じたクイズ形式による方法を提案している。このようなクイズ形式による書籍は多く見られる^{47), 48)}。

一方で, 相沢(1989)は, 理科教育において発問の在り方を取り上げた書物というものは, 極めて少ないのが実情であると述べている⁴⁹⁾。その理由は, 次の(1), (2), (3)に示す3つを

挙げている。

- (1) 理科教科書には，授業の中心となる発問や，詳細な実験の方法及び，結果や結論が明示されていること。
- (2) 理科は，問題解決学習の流れに沿って指導しやすいこと。
- (3) 発問よりも効果的な実験方法や演示実験の方法も傾斜していること。

(1)から(3)の理由から，教材研究とともに発問を検討することの重要性を述べたうえで，発問づくりの上達法や授業展開の具体例を，次の(ア)，(イ)，(ウ)に示す3つを挙げている⁵⁰⁾。

- (ア) 授業を貫く発問は，ひとつに限定する。
- (イ) 「なぜ」「どうして」をいきなり使用することは避け，「何が」「どちらが」を用いた表現で問う。
- (ウ) 子どもの理解を忠実に追跡する発問に心がける。

ここで，(ア)は，授業目標に即した「コア発問」の設定であるが，相沢は導入部分で自然現象に対する何らかの強い疑問を持たせることを提案している。(イ)は，「なぜ」「どうして」という現象や事象における因果をいきなり問うことを避け，徐々に問題の核心に迫らせる工夫を述べたものである。(ウ)は，教科書を参考にしながらも，子どもの理解とか問題意識を最優先して授業を組み立てていくような教師の姿勢が問われている。発問研究を深化させるために，こうした観点を再検討し，理科授業を実践していく試みは大変意義があると考えられる。

第 2 項 諸外国における先行研究

学習者からのレベルの高い返答を期待する発問は，高い期待感を示す教師により，学習効果を向上させるピグマリオン効果を生み出すと考えられる。逆に，低い期待感は，ゴーレム効果を生じさせる。この意味において，高い期待感を示す教育技術を考慮した発問研究を行う意義が認められる。

学習効果を向上させるための発問法“ Questioning Strategy ”は，数多く存在している。これらを用いて，発問技術の向上や授業改善につながる実践を積み重ねていくことが重要である。ここでは，発問法について検討を重ねていくことにした。

まず，発問法において，最も基本的な分類は，開いた発問“ Open Questions ”か，閉じた発問“ Closed Questions ”か，という分類方法であり，表 1 のようにまとめることができる。

表 1 最も基本的な発問分類法

発問の種類	発問の機能
開いた発問	唯一正解がなく，解釈や意見の中にある可能性により話を広げ，高次思考を促す発問になる。
閉じた発問	Yes/No 型のように唯一正解を持つ発問である。会話が発話者に留まるので，会話を制御できる。

Freedman(1994)は，開いた発問“ Open-ended Questions ”に対して，表 2 を基にした論述過程を支援し，高次思考“ High-Order Thinking ”を促進させる方略を提起している⁵¹⁾。

発問法を考慮する際は，指導と評価の目標を具体的水準で体系的かつ明確に設定した優れた研究成果である『教育目標の分類学』つまり，タクソノミー“ Taxonomy ”における認知領域を基準として考える研究が多く見られる。表 2 についても例外ではない。なお，タクソノミー“ Taxonomy ”とは，Bloom et al.

(1956) により開発された『教育目標の分類学』である⁵²⁾。

表 2 自由記述式と思考スキルとの関連性

Thinking Skills (思考スキル)	Bloom's Taxonomy (タキソノミーの認知的領域)	Questioning Formats (自由記述式)
Recall (記憶)	Knowledge (知識)	Description (記述)
Gather Information (情報収集)	Comprehension (理解)	
Organize (組織)	Application (応用)	Comparison (比較)
Analyze (分析)	Analysis (分析)	Analysis (分析)
Brainstorm (ブレインストーミング)		Problem Solving (問題解決)
Hypothesis (仮説)	Synthesis (総合)	Fiction (想像)
Integrate (統合)		
Evaluation (評価)	Evaluation (評価)	Evaluation (評価)

授業の計画段階で，教科内容を踏まえ，授業ごとに自由記述の形式を考慮するといったような，表 2 を用いた発問計画を立てることは，実際の授業で高次思考を促すことが期待できるため，重要なプロセスになると考えられる。

Freedman(2000)は，また，生徒中心のアプローチにつなげるために，高次思考を促すことを提案しているが，その際，特に活用できる教授方略の一つに“ Wait time ”を挙げている⁵³⁾。これは，Rowe(1986)による発問の後，返答の後にわずかな間を作り，生徒の思考活動を促進させるという教授方略である⁵⁴⁾。高い期待感を示す教育技術を考慮した発問研究であると言い換えて差し支えないと考えられる。

一方，表 2 は，専ら開いた発問に焦点化されたものであったが，Pope(2013)は，全ての学年の児童・生徒にとっては，表 1

に示した，開いた発問と閉じた発問を混ぜることが最も効果的な教授方略であると述べている⁵⁵⁾。つまり，特定分野に特定の形式の問いかけが大きく偏ることがないように開いた発問と閉じた発問を混ぜて使用していくような配慮も重要であると考えられる。

理科の発問分類法については，表 3 に示した Blosser(1973) が開発した QCSS“ The Question Category System for Science ” が挙げられる⁵⁶⁾。

表 3 理科の発問分類法 “ QCSS ”

Level 1	Level 2	Level 3
Closed Questions (閉じた発問) 例：この化学式は何ですか。	Cognitive Memory (認知記憶)	Recall (記憶), Identify (同定)
	Convergent Thinking (収束的発問)	Associate (関連性), Reformulate (再構築), Apply (適応), Synthesize (総合), Closed Prediction (閉じた予想), Make "Critical" Judgment (重大な判断)
Open Questions (開いた発問) 例：理由を説明して下さい。	Divergent Thinking (発散的発問)	Give Opinion (意見), Open Prediction (開いた予想), Infer (推測)
	Evaluative Thinking (評価的思考)	Justify (証拠の提示), Design (立案), Judge (判断)
Managerial (管理的発問) 例；まだ時間は必要ですか。		
Rhetorical (修辭的発問) 例：～でいいですね。		

表 3 に示したように, 最初の Level 1 では, 4 つの主要なタイプに分類される。さらに, Level 2, Level 3 で再分類されるのである。この表を見れば, 例えば現象を説明する際には, 最初の Level 1 では, 開いた発問から, 次第に閉じた発問へと移行する教授法が考えられる。これをより詳細に表現するために, タキシノミーを基にした Level 3 を見てみると, 最初は, 予想であったり, 推測したりする事柄について意見を交わす段階が必要であると考えられる。この段階は, Level 2 における “Divergent Thinking” (発散的発問) に他ならない。その後で, 重大な決断を下していく作業を行うことになるが, これが Level 2 における “Convergent Thinking” (収束的発問) に他ならない。すなわち, 現象を説明する際には, 発散的発問から始め, 不可解な現象を観察しながら科学的知識へと導くための収束的発問に至る教授法を導入することが考えられる。

表 3 の Level 3 は, タキシノミーが過度な単純化を行っており, さらに詳細な分析を行いたいと考える際に, その効果を発揮することができると考えられる。QCSS は理科の発問分類法であるが, 理科以外の教科で詳細な分析を行う場合, Anderson et al. (2001) により開発された『改訂版タキシノミー』を活用することができる⁵⁷⁾。これは, タキシノミーの基本的性格を引き継ぎながら, その認知領域を改訂したものである。この改訂版では, 授業実践の成果を評価する教育目標をより明確化することで, 学校教育の全体像を示すものとなっている。

さらに, Marzano & Kendall (2007) は, 新タキシノミーを提案しているが, タキシノミーに見られるモデルによく似ているようにも見える。しかし, 彼らのオリジナリティは, タキシノミーにはないメタ認知 “Metacognitive System” と自己の調節力 “self-system” を取り上げたことが特徴的である⁵⁸⁾。つまり, 彼らの提案する新分類法で述べる高次思考には, これまで

に多く論じられてきた論理的認知能力はもちろんであるが, 自己モニタリングシステムや自己の調整力を取り入れたものになっている。

タキノミー以外の観点で, McTighe & Wiggins(2013)は, 独自に本質的な発問を7種類(オープンエンドであること, 思考が刺激されること, 高次思考を必要とすること, 重要ポイントへ注意が向けられること, 追加の質問を生じさせること, 証拠を提示させること, 授業時間外において回想させること)に定義した研究も見られる⁵⁹⁾。

こうした発問分類法やそれに関わる枠組みが有効性を示すのは, Blosser(2000)が指摘しているように, 教師として, 何故, どうやってそうなるのかを十分に吟味することなく発問していることがしばしばあるからである。彼は, 発問というのは自然な教育技術であるように見えるが, 授業中の発問分析を行えば, 大部分の発問が, ただ単に生徒が特定の情報を知っているかどうか, を確定するものだと思わずだと述べている⁶⁰⁾。つまり, 多くの教師は生徒が特定の情報を知っているかどうかを確認するだけの発問をしていることになるが, 一方で, Fang(2005)は, 科学現象が記述できるようにするために, 科学用語の理解を学びの中心に位置づける必要性を述べている⁶¹⁾。つまり, 科学用語を理解させるための発問の重要性を踏まえたうえで, 個別内容領域の特徴に応じた発問形式を検討すると同時に, 特定分野に特定の形式の発問が大きく偏ることがないように配慮する必要があると考えられる。

Kerry(1982)は, 英国の公立中等教育学校での教師の発問が, 高次思考を促す発問が5%, 管理的な発問が15%, 簡単な理解を確認するための発問が80%であったと報告している⁶²⁾。このように発問分析を行うことで, 事実確認の発問を減らして, 生徒が考える質問を増やすなどの工夫をすることができる。生

徒の思考を促すためにも, 発問には知っている知識の確認以上のものを尋ねる必要性があるため, 自然な教育技術として捉えることは不十分であり, ここに発問研究の意義が認められると考えられる。

以上のように, 近年, 盛んに見られる発問研究であるが, 一連の研究を組織化しようとする試みが, Walsh & Sattes(2005)によってなされた。彼女らは, 質の高い発問が教室を変えろという考えのもと, 研究に基づく様々な教授方略を組織化し, 効果的な発問プログラムである QUILT “ Questioning and Understanding to Improve Learning and Thinking ” フレームワークを開発したのである⁶³⁾。このフレームワークは, 発問, 思考, 理解の3つの過程を重視しながら, 学習者の高次思考を促進させ, 学習内容の深化, 拡充に寄与するような教授方略を中心的構成要素とする発問フレームワークである。この QUILT フレームワークは, Blackburn(2014)によって, 高次の発問の概念を理解するための発問プログラムの一つとして紹介されている⁶⁴⁾。高次の発問とは, 学習者からのレベルの高い返答を期待する発問のことであり, 高い期待感を示す教師により, 学習効果を向上させるピグマリオン効果を生み出すという意味において, 発問プログラムは大変意義深いと考えられる。ただし, QUILT フレームワークは, 教育全般のものであり, 理科固有のものではない。

第 3 節 研究の目的及び方法

第 1 項 研究の目的

ここまでに述べた問題意識に基づいて，本研究では，効果的な発問プログラムとして開発された QUILT フレームワークに基づく理科固有の発問フレームワークを開発することにした。さらに，中学生を対象に，発問フレームワークに依拠した理科授業実践を行い，科学概念の定着度や理解度などを手がかりにして発問フレームワークの効果を明らかにすることを研究目的とした。また，それらの結果を踏まえて，高校生を対象にした発問フレームワークの実践可能性についても検討を行うことにした。

第 2 項 研究の方法

上記の目的を達成するために，本研究では，以下の 4 つの研究課題を設定し，その解決を試みることにした。

1 つめの研究課題（以下，「研究 1」という。）は，理科固有の発問フレームワークを開発するための観点を導出することにした。様々な教授方略を組織化した発問フレームワークとなるように，理科授業で活用していく効果的な教授方略について検討した。さらに，授業前後の教材研究で活用していく発問分類法や，授業中の教師の対応発問を明らかにすることにした。

2 つめの研究課題（以下，「研究 2」という。）は，研究 1 によって得られた観点をもとに，発問フレームワークを開発し，それに依拠した理科授業をデザインすることにした。

3 つめの研究課題（以下，「研究 3」という。）は，中学校第 1 学年理科「状態変化」を事例とし，開発した発問フレームワークの実践を行い，質的分析及び量的分析の観点で調査することにし，その授業効果を明らかにすることにした。

4 つめの研究課題（以下，「研究 4」という。）は，開発した

発問フレームワークが他学年・他分野において，実践可能かどうかについて検討を重ねることにした。具体的には，高等学校物理分野での実践可能性に関する検討を行うために，発問フレームワークの開発及び実践を行うことにした。

上記4つの研究課題を解決するために，研究の方法として，第1に，主に理論研究を行った。発問研究に関連する文献を収集し，理科授業デザインのための観点の導出を試み，発問フレームワークの開発を行った。第2に，中学校理科において，開発した発問フレームワークの実践を試み，その効果を探る実践的アプローチを用いた。認知的側面の効果に関しては，科学的知識の理解及び概念形成に与える効果を，量的及び質的調査法を用いて検証することにした。第3に，上記の方法によって得られた研究の成果を総括し，他学年・他分野への実践可能性を検討することで，今後の教育実践への示唆を述べることにした。

第 4 節 本論文の構成

本論文は，序章及び終章を含め，6つの章から成り立っている。以下，その構成について述べる。

序章では，研究を展開するに至った問題の所在及び研究の目的，方法について述べた。

第 1 章は，研究 1 に位置付くものである。QUILT フレームワークに関する理論研究を行うことで，理科固有の発問フレームワークに依拠した理科授業デザインのための観点の導出を試みることにした。

第 2 章は，研究 2 に位置付くものである。研究 1 で導出された観点をもとに，理科固有の発問フレームワークを開発し，それに基づいた理科授業をデザインすることにした。

第 3 章は，研究 3 に位置付くものである。主として，実践的アプローチにより，発問フレームワークに依拠した理科授業の効果を検証する。中学校第 1 学年理科「状態変化」を事例として，発問フレームワークに基づいた理科授業デザインの実践を行うことにした。事前・事後調査及び遅延調査を主とした量的調査を行ったり，授業中の生徒の発話記録をもとにして質的調査を行ったりすることで，科学的知識の理解に与える効果を検討することにした。

第 4 章は，研究 4 に位置付くものである。主として，他学年・他分野への実践可能性を検討するために，高等学校物理分野を事例とした発問フレームワークを開発し，中学生及び高校生を対象にして実践を行うことで，今後の教育実践への示唆を述べることにした。

終章では，一連の研究成果をまとめ，本研究を総括するとともに，教育実践への寄与について論じることにした。章の構成を図に示すと，図 10 のようになる。

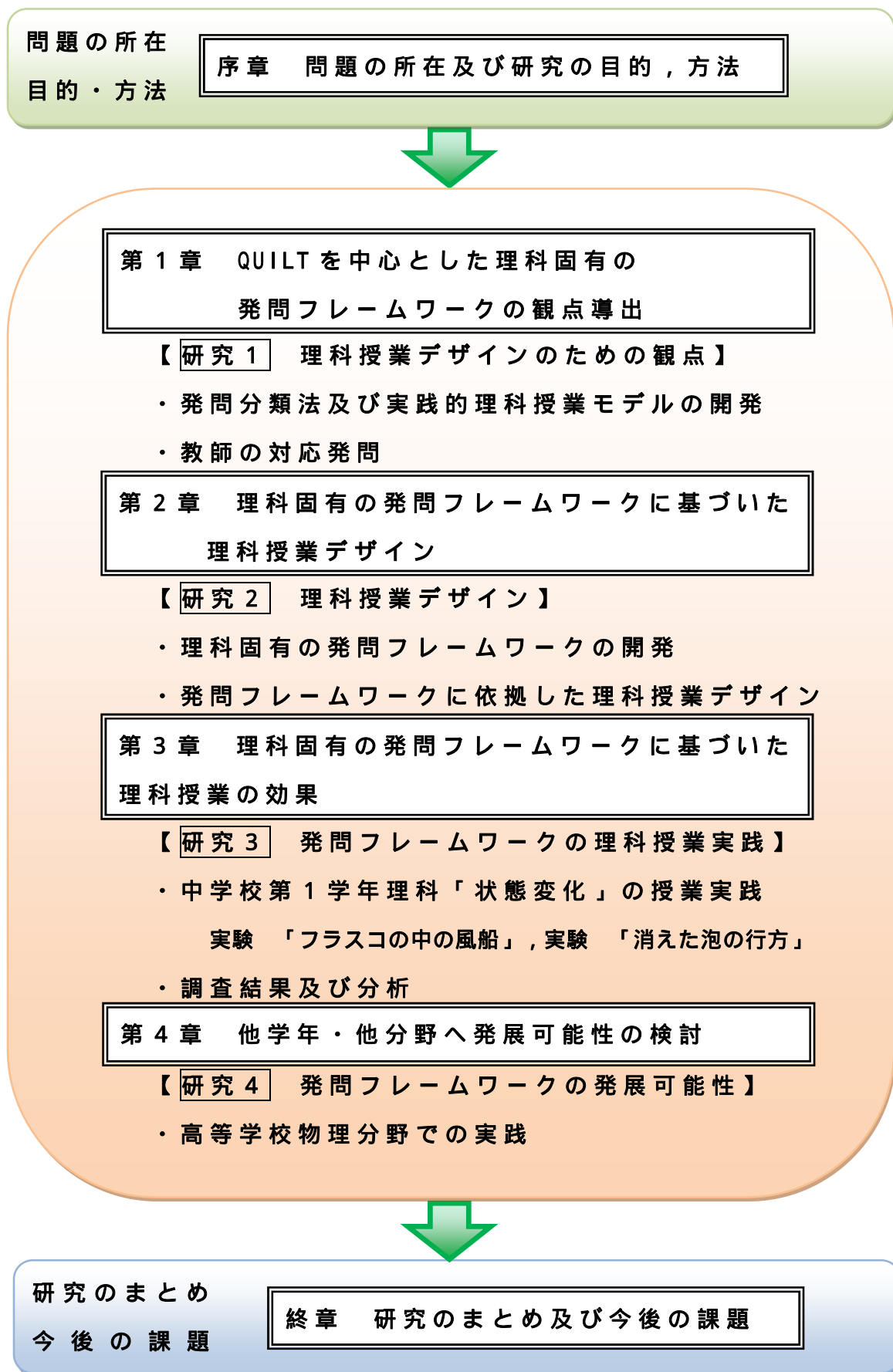


図 10 本論文の構成

註及び引用・参考文献

- 1) 細谷俊夫, 河野重男, 奥田真丈, 今野喜清(編集): 新教育学大辞典第5巻, 511-512, 第一法規出版, 1990.
- 2) 栗田一良(編著): 新訂小学校理科教育研究, 135-139, 教育出版, 1988.
- 3) 平井昌夫(編著): 授業の技術2 発問と助言, 11-13, 明治図書, 1961.
- 4) 山岡武邦: 学習の定着を図る理科教育の在り方 幕末から昭和30年代頃までの自然科学の教科書に焦点化して, 日本理科教育学会全国大会発表論文集, 185, 2004.
- 5) 山住正己: 日本教育小史 - 近・現代 -, 26 - 31, 岩波新書, 1987.
- 6) 梶田叡一: 教育評価, 44-47, 有斐閣双書, 1983.
- 7) 猿田祐嗣: 文章や図を用いて自然事象を説明する能力に関する分析的研究, 平成10年度~平成12年度科学研究費補助金(基盤研究(B)(2))研究成果報告書, 国立教育政策研究所, 2001.
- 8) 中山迅: 理科の論述式課題における児童・生徒の学力構造の明確化, 平成13年度~平成15年度科学研究費補助金(基盤研究(B)(1))研究成果報告書, 宮崎大学教育文化学部, 2004.
- 9) 猿田祐嗣: 理科における論理的表現力に関する経年変化研究, 平成15年度~平成17年度科学研究費補助金(基盤研究B)研究成果報告書, 国立教育政策研究所, 2006.
- 10) 隅田学: TIMSS 記述形式問題に対する小中学生の解答の特徴, 日本科学教育学会研究会研究報告, 19(6), 67-70, 2005.
- 11) 隅田学: 小学校理科教科書における疑問文の特徴, 教育フォーラム No.06, 中央教育研究所紀要, 2-11, 2008.
- 12) 板倉聖宣(編): 日本科学技術史体系 第8巻 教育, 11-16, 第一法規出版, 1964.
- 13) 前掲書 12), 68-69, 1964.

- 1 4) 文部省(編集)・松川半山(註解): 博物圖教授法 全, 岡島寶玉堂, 1879 .
- 1 5) 山下巖麗: 小學授業法 甲之巻 ,11-13 ,菜黄麥翠村舎 ,1875 .
- 1 6) 小池民治: 教授及訓練全 , 1-4 , 博文堂 , 1892 .
- 1 7) 前掲書 16) , 76-78 , 1892 .
- 1 8) 下田次郎: 女學校用教育学全 , 149-156 , 國光印刷株式會社出版部 , 1907 .
- 1 9) 高山直道: 新撰小學生徒心得 , 2-3 , 教育書房 , 1885 .
- 2 0) 細谷俊夫: 教育方法 第 4 版 , 1-2 , 岩波書店 , 1991 .
- 2 1) 前掲書 20) , 4-5 , 1991 .
- 2 2) Gagnè,R., Wager,W., Golas,K.,and Keller,J.(著)・鈴木克明, 岩崎信(監訳): インストラクショナルデザインの原理 , 150-152, 北大路書房, 2007.
- 2 3) 斎藤喜博: 斎藤喜博全集第 4 巻 授業入門・未来誕生 ,49-55 , 国土社 , 1969 .
- 2 4) 宮崎清孝: 子どもの学び教師の学び 斎藤喜博とヴィゴツキー派教育学 , 161-164 , 一莖書房 , 2009 .
- 2 5) 篠原助市: 教育斷想 民族と教育其他 ,263-271 ,寶文館 , 1938 .
- 2 6) 前掲書 3) , 26-28 , 1961 .
- 2 7) 内藤博愛: 子どもがハッとする「ゆさぶり発問」の作り方 , 11-15 , 学事出版 , 2007 .
- 2 8) 前掲書 25) , 250-257 , 1938 .
- 2 9) 平原末男: 理科の授業研究 1 発問・問い返し・説明 ,23-25 , 明治図書 , 1967 .
- 3 0) 大西忠治: 発問上達法 - 授業つくり上達法 PART2 - ,56-63 , 民衆社 , 1988 .
- 3 1) 湯浅光朝: 現代科学技術年表 , 11-13 , 三一書房 , 1961 .
- 3 2) 前掲書 12) , 136-140 , 1964 .

- 3 3) 木内石亭(著)・今井功(訳注解説): 雲根志, 570-582, 築地書館, 1969.
- 3 4) 前掲書 12), 199-207, 1964.
- 3 5) 片山淳吉(口述)・百田重明(筆記): 小學物理講義 下, 23, 汲古堂臧梓, 1881.
- 3 6) アムプロワズ ランジュー フィース(著)・土屋政朝(訳)・大槻文彦(閲): 刪訂教育學 卷之三, 5-10, 弘通書肆, 1883.
- 3 7) 三瀬貞幹(編集)・内田赫一郎(校): 小學教授本, 21, 金港堂梓, 1877.
- 3 8) 板倉聖宣: 理科教育史資料 第 3 卷 理科教授法・実践史, 10-12, 第一法規出版, 1986.
- 3 9) 白井毅(編)・岩川友太郎・西松二郎(閲): 植物小誌 全, 1, 普及舎, 1884.
- 4 0) 若林虎三郎・白井毅(編纂): 改正教授術, 2-3, 普及舎, 1883.
- 4 1) 板倉聖宣: 増補日本理科教育史 付・年表, 16-29, 仮説社, 2009.
- 4 2) 安西鼎: 理化教授本, 1-28, 文化堂發兌, 1886.
- 4 3) 池永厚, 西村正三郎: 高等小學讀本第二, 76-80, 普及舎, 1887.
- 4 4) 前掲書 43), 76-80, 1887.
- 4 5) 前掲書 38), 454-456, 1986.
- 4 6) 前掲載 29), 32-38, 1967.
- 4 7) 後藤道夫: 授業面白ゼミナール 3 理科授業に使える面白クイズ, 明治図書, 1989.
- 4 8) 後藤道夫・飯島英明: 授業面白ゼミナール 5 理科授業に使える面白クイズ 第 2 集, 明治図書, 1990.
- 4 9) 相沢陽一: 理科発問づくりの上達法, 1-4, 明治図書, 1989.
- 5 0) 前掲載 49), 52-134, 1989.
- 5 1) Freedman, H.: Open-Ended Questioning: A Handbook

- for Educators , 11-20 , Addison-Wesley , 1994 .
- 5 2) Bloom, B. Krathwohl, D. & Masia, B. : Taxonomy of Educational Objectives. Handbook; Cognitive Domain, David McKay, 1956 .
- 5 3) Freedman, H.: Batting1000; Questioning Teaching in Student-Centered Classrooms, The Clearing House, 74(1), 25-26, 2000 .
- 5 4) Rowe, M.: Wait time: Slowing down may be a way of speeding up, Journal of Teacher Education, 37(1), 43-50, 1986.
- 5 5) Pope, G.: Questioning Technique Pocketbook, 50-53, Teachers' Pocketbooks, 2013 .
- 5 6) Blosser, P. : How to Ask the Right Questions, 3, National Science Teachers Association, 2000 .
- 5 7) Anderson, L. & Krathwohl, D. : A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing ; A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives, Addison Wesley Longman, 2001 .
- 5 8) Marzano, R., & Kendall, J.: The New Taxonomy of Educational Objectives Second Edition, 13-16, Corwin Press, 2007 .
- 5 9) McTighe, J. & Wiggins,G.: Essential Questions: Opening Doors to Student Understanding, 1-4, ASCD MEMBER BOOK, 2013 .
- 6 0) 前掲書 56) , 1-15 , 2000 .
- 6 1) Fang, Z.: Scientific literacy: A systemic functional linguistics perspective, Science Education, 89(2), 335-347, 2005.
- 6 2) Kerry, T. : Effective Questioning ; A teaching skills workbook, 5-18, Macmillan Education , 1982 .

6 3) Walsh, J., & Sattes, B. : Quality Questioning ;
Research-Based Practice to Engage Every Learner, - ,
Corwin Press, 2005.

6 4) Blackburn, B.: Rigor in Your Classroom ; A Toolkit for
Teachers, 37-65, Routlege, 2014.

第1章 QUILTを中心とした理科固有の発問 フレームワークの観点導出

第1節 本章の目的及び研究の手順

本章では、Walsh & Sattes (2005)が開発した効果的な発問プログラムであるQUILTフレームワークに関する理論研究を行い、理科固有の発問フレームワークを開発するための観点を明らかにすることを目的とした¹⁾。

生徒たちの思考活動を促進させるためのQUILTフレームワークに基づく発問フレームワークの開発を目指して、授業前後で発問に関する教材研究を行う手法や、授業中の教師の対応発問について整理することにした。さらに、大学や教育センターにおける理科教育関係者を対象にして、生徒の個性・能力を伸ばさせるための教授方略を探る目的で、インタビュー調査を行うとともに、指導助言を頂きながら実践的理科授業モデルを開発することにした。

以上のように、発問フレームワークに依拠した理科授業デザインを行う際の組織化にあたって有効と考えられる観点を明らかにすることにした。

第2節 QUILT フレームワークに関する理論研究

第1項 QUILT フレームワークの背景

Walsh & Sattes が開発した効果的な発問プログラムである QUILT フレームワークの理論的背景の一つには、ヴィゴツキーの発達の最近接領域である ZPD "The Zone of Proximal Development" (以下、"ZPD" という。) の概念を踏まえた学習観がある。ZPD とは、一人で解決可能な現下の発達水準と、他人との共同作業で解決可能な明日の発達水準との隔たりのことである²⁾。既知の内容で構成された発問は、現下の発達水準の領域を超えることはできない。一方で、高次の発問は、ZPD 概念の中に積極的な働きかけが行われ、明日の発達水準の領域へと移行することができる。

こうした社会的構成主義の立場では、学習者に与えられた情報が、他者と交わる活動を通して精緻化され再構築される過程を学習とみなしている。そのため、授業は、教師主導、生徒中心という一方向のものではなく、教師と生徒、生徒同士といったような学びの相互交流を実現させていく必要がある。こうした社会的関わりが、生徒の発達に大きな影響を及ぼすと考えられる。

ヴィゴツキー(1935)は、言語は思考過程を直接的に促進させるものと捉え、学びの中心にある言語や対話の大切さを強調し、ZPD という概念に拡張させている³⁾。中村(2004)は、教師との共同作業を通じて得られた自覚性と随意性が、次に続く発達の領域として捉えている⁴⁾。つまり、既知の内容で構成された授業は、生徒の ZPD 概念が実現されないものであると考えられる。反対に、生徒の想像力を捉える授業は、ZPD 概念の中に積極的

な働きかけを行い，それが実現される可能性がある。

Pope(2013)は，社会的構成主義と認知的葛藤を関連付けた ZPD 概念を特定化する際には，誤答や誤解を手がかりにした発問が重要な役割を担うと述べている⁵⁾。Walsh & Sattes (2005) は，ZPD が質の高い発問における重要な特徴を補強するものであると指摘し，質の高い発問には適度な難しさが必要だと述べている⁶⁾。認知的葛藤を生起させ，生徒たちの思考活動を促進させるために，図 1-1 のように ZPD を考慮した教材研究が必要である。



図 1-1 ZPD について

Walsh & Sattes (2010)は，教師が学習者の ZPD 概念に影響を及ぼすのは，難しさや手応えの観点でちょうど良いレベルの簡単すぎず難しすぎない活動や宿題を提示している時であると述べている⁷⁾。理科授業をデザインするための前提条件として，教材研究の段階では，簡単すぎず難しすぎないという条件を満たす教材を選択することは大変意義深いと考えられる。

この観点を踏まえて，本研究では，高校入試問題と教科書をもとに，教材の選択を行うことにした。高校入試は義務教育修

了段階の約 90% 以上の中学生が受験する比較的大規模な学力テストであり，学習指導要領に基づいて作成されている。そのため，客観的に義務教育の成果を測るという側面を有する。また，高校入試問題は，中学校段階での学習指導要領に定められた範囲の内容に沿って問題が作成されている。授業中に使用されている各学習指導要領に準拠した理科教科書も重要なリソースである。一定水準のレベルと客観性が保障されている高校入試問題と教科書をもとにして，簡単すぎず難しすぎないという条件を考慮した授業デザインを試みることは，本研究の目的に適ったものである。

第2項 QUILTフレームワークの特徴

Walsh & Sattes (2005)が開発した QUILT フレームワークは、表 1-1 に示すように教材研究から授業後の分析に至るまでの授業全体を包括する 5 つのステージで構成されている⁸⁾。

表 1-1 Walsh & Sattes による QUILT フレームワーク

Stage	具体的内容
Stage1 : 発問の準備	教授目的を確認する。コア概念を決定する。認知的レベルを選択する。
Stage2 : 発問の提供	解答形式を示す。発問をする。解答者を選択する。
Stage3 : 生徒の返答に対する刺激	教師の発問後に 3 から 5 秒のわずかな待ち時間 “ Wait time1 ” をとる。返答ができない生徒を支援する。生徒の返答後に 3 から 5 秒のわずかな待ち時間 “ Wait time2 ” をとる。
Stage4 : 生徒の返答に対する処理	適切なフィードバックを提供する。正答を発展させたり活用したりする。生徒の返答や質問を引き出す。
Stage5 : 発問の思案	発問を分析する。解答者の選択に関する計画を立てる。生徒の返答パターンを評価する。教師と生徒の反応を調査する。

具体的には、授業前の教材研究を行う段階である Stage1 や Stage2 で、コア概念の同定や発問の検討を行うことが示されている。例えば、Blooser (2000)は、多くの教師は生徒が特定の情報を知っているかどうかを確認するだけの発問をしている

ことを指摘している⁹⁾。一方，Fang(2005)は，科学現象が記述できるようにするために，科学用語の理解を学びの中心に位置づける必要性を述べている¹⁰⁾。つまり，科学用語を理解させるための発問の重要性を踏まえたうえで，個別内容領域の特徴に応じた発問形式を検討すると同時に，特定分野に特定の形式の発問が大きく偏ることがないように配慮する必要があると考えられる。

授業中の Stage3，Stage4 には，思考活動を促進させるためのいくつかの教授方略が示されている。例えば，Stage3 は，生徒の返答を支援する目的で，教師の発問直後，及び生徒の返答直後に，わずかな待ち時間を設ける非言語的刺激を用いた教授方略が示されている。その他の教授方略については次項で説明することにする。

最後の Stage5 では，授業全体の評価を行い，次回以降の授業で活用可能な情報を整理する提案がなされている。QUILT フレームワークで述べられている 5 つの Stage は，現実的には相互に絡み合う内容が多くある。具体的には，Stage5 の授業分析は，次時に実施する授業における Stage1 で活かしていくといった性格のものであり，必ずしも Stage1 から Stage5 の順番に段階的に行っていく作業的性格を表すフレームワークではないと考えられる。

以上が，QUILT フレームワークの概略である。この枠組みをもとに，理科固有の発問フレームワークを開発していくことにする。

第3項 QUILT フレームワークに見られる教授方略

本項では、QUILT に示されているいくつかの教授方略のうち、授業中に活用できる Stage3、Stage4 の思考活動を促進させるための教授方略を説明する。

第1 Wait time (非言語的刺激)

Walsh & Sattes (2005)は、新しい理解を獲得するときには、過去の経験を振り返るための時間が必要であるとし、発問後や返答後にわずかな待ち時間を設ける教授方略である“Wait time”を、QUILT フレームワークの中に取り入れている¹¹⁾。具体的には、教師の発問後及び生徒の返答後に少なくとも3から5秒の待ち時間をとるというものであり、生徒たちの思考活動を促進させるための重要な待ち時間を確保するという教授方略である。この待ち時間を Rowe(1973)は“Wait time”と名付け、図1-2のように2回の待ち時間を提案した。具体的には、教師の発問後の3から5秒のわずかな待ち時間を“Wait time1”、生徒の返答後の3から5秒のわずかな待ち時間を“Wait time2”とした¹²⁾。



図1-2 “Wait time 1”及び“Wait time 2”について

本研究においても，図 1-2 で示したように，教師の発問後及び生徒の返答後に生徒の思考活動を促進させるためのわずかな待ち時間をとることにした。これらは，Walsh & Sattes (2005)により，表 1-2 のようにまとめられている¹³⁾。

表 1-2 Wait time の生徒に対する説明

Wait time1	<ol style="list-style-type: none"> 1 発問をよく聞く。 2 自分の解答を検討する。
教師の発問後	<ol style="list-style-type: none"> 3 思考のための静かな時間があることを思い出す。 4 挙手する代わりに，指名されるのを待つ。 5 発表できる準備ができています。 6 指名されないときは，クラスメイトの発表をよく聞き，よく考える。
Wait time2	<ol style="list-style-type: none"> 1 考えるための時間が与えられたことを思い出す。 2 指名されてないときは，クラスメイトの発表をよく考える。
生徒の返答後	<ol style="list-style-type: none"> 3 賛成か反対か，理由を附して述べることができる。 4 聞いた内容に，意見を付け加える準備をする。 5 指名されたら，いつでも発表できる準備をする。 6 クラスメイトの意見を尊重する。

第2 Think-Pair-Share

Walsh & Sattes (2011), Pope(2013), Fisher(2013)は, 生徒全員を巻き込みながら, 生徒の返答を刺激することで, 思考を深化・発展させるための教授方略の一つとして Think-Pair-Share を示している^{14), 15), 16)}。

Think-Pair-Share とは, 社会的構成主義に基づく方略の一つで, 図 1-3 のようにまとめることができる。はじめに一人で考え(私のアイデア), 意見を紙に書き残しておく。次にパートナーと協力し(パートナーのアイデア), 一人で考えて記述した内容をもとに議論を行う。その結果を総合的に判断し, 最終的にクラス全体で共有していく(全体で共有), といったような教授方略である。

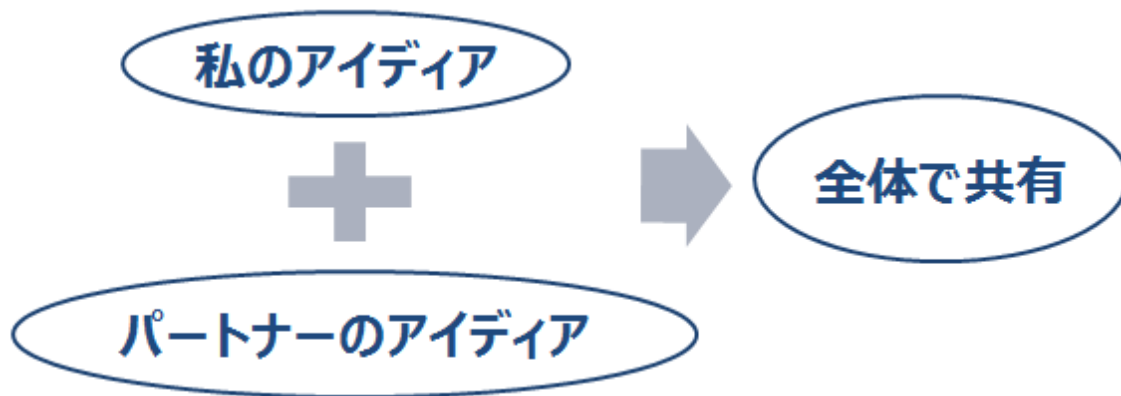


図 1-3 Think-Pair-Share

ヴィゴツキー(1935)は, あらゆる高次精神機能は, 子どもの発達において二回現れる, と述べている。最初は集団的・社会的活動で精神間機能が, 二回目は個人的活動で精神内機能が現れるのである¹⁷⁾。つまり, 集団での相互交流の後に自

分自身と対話を行うことで，自分の考えに対する意味づけが行われるのである。

図 1-3 の Think-Pair-Share には，他者との協同や対話を重視する集団での相互交流や，自分の考えをノートに記述したり，発表したりすることで自分自身と対話し，その考えを自分の外に出すといったような過程がある点が特徴的である。したがって，Think-Pair-Share という教育活動は，ヴィゴツキーの述べる高次精神機能が現れやすい場面設定であると考えられる。

第3 その他の教授方略

(1) フォローアップ発問（言語的刺激）

Stage4 では，Walsh & Sattes (2010)が提案する言語的刺激であるフォローアップ発問を取り入れている¹⁸⁾。沈黙の時間には，Wait time のように思考促進のための沈黙を確保する非言語的刺激もあれば，助言や別の発問で生徒を支援するために沈黙を解消する言語的刺激もある。表 1-3 には，言語的刺激であるフォローアップ発問の具体例についてまとめた。この教授方略は，思考の背後にあるものを聞き出したり，発表者の考えた道筋を確認したりすることで，思考を深化，拡充させることを目的としたものである。

表 1-3 言語的刺激であるフォローアップ発問の具体例

目的	発問例
思考の背後にあるものを聞き出す。	<ul style="list-style-type: none"> ・何を考えましたか。 ・どのように理解しましたか。 ・その結論に至る過程を教えてください。 ・どのようにしてその情報を得ましたか。 ・この他に意見がある人はいませんか。
発表者の考えた道筋を確認する。	<ul style="list-style-type: none"> ・...ということですか。 ・...ということですね。
深化，拡充させる意見を聞き出す。	<ul style="list-style-type: none"> ・どのようにして発見しましたか。 ・具体例はありますか。 ・もっと詳しく教えてくださいませんか。
自己評価を促す。	<ul style="list-style-type: none"> ・このことから何を学びましたか。 ・これ以外に根拠にしたものは何ですか。

表 1-3 は，生徒の返答内容を考慮したフィードバックや，正答を発展させるための工夫を行うことが提案されている。こうした発問は，学習内容の深化，拡充以外に返答できない生徒を支援するために活用されることが期待できる。

(2) KQS(Know, Question, Strategy) × 3

探究活動を基にした授業を展開する場合は，以下の表 1-4 に示す KQS (Know, Question, Strategy)×3 といったようなワークシートを用いる教授方略が紹介されている¹⁹⁾。

表 1-4 探究活動で用いる “ KQS × 3 ” ワークシート

Planning		
Know;知っていることは何ですか。	Question;何か質問はありますか。	Strategy;深化させるためには何が必要ですか。
Investigating		
Know	Question	Strategy
Assessing		
Know	Question	Strategy

以上のように，QUILTフレームワークとは，質の高い発問は教材研究から始まるという考えのもとで，授業中に行うことができるいくつかの教授方略と，授業後に授業分析を行う必要性を組織化させたものである。これは教育全般に対する提案となっており，理科固有のものではない。

そこで，次節では，理科固有の発問フレームワークを開発するために，効果的な発問プログラムとして開発されたQUILTフレームワークに基づきながら，理科授業で活用可能な観点を導出することにした。

第3節 QUILT フレームワークに基づいた理科授業デザインのための観点

第1項 発問分類法

第1 科学教科書中に見られる問いの歴史の変遷

(1) 問いの歴史の変遷

科学教科書の中に見られる問いは、各時代に応じた特徴的な性格を持っている。例えば、大正時代の『中等物理学』には、計算問題の中で公式を導かせたり、法則の意味を記述させたりする問題が多く見られる²⁰⁾。全150問の練習問題のうち「...を説明せよ、理由如何、何故ぞ。」という記述式の問いは62問(41.3%)であり、現在の唯一正解指向の教科書とは異なる。そこで、当時の教育制度や、板倉(1986)によって紹介されている歴史的区分を参考にしながら、それぞれの時期における代表的な教科書を事例として、表1-5のように歴史の変遷をまとめた²¹⁾。

表 1-5 問いに焦点化した教科書分析

時期	教科書	特徴的な問い
科学教育の創始 (幕末)	物理小学 上・中・下	・何ぞや(What) ・理由如何(Why)
理科の確立と整備 (明治)	理科問題	・例を挙げよ ・何ぞ(What)
理科の拡充期	中等物理学 教科書	・理由如何(Why) ・説明せよ
戦前・戦後の教育	物象3 第一類	・理由如何(Why) ・どんな(How)
現代	物理 B・ 物理	・いくらか、求めよ (Calculate)

表 1-5 の特徴的な問いに示したように，現代は計算結果を
求める問いが多いのに対し，科学教育の創始から戦前・戦後
の教育までは「何故か。」という原理・原則や「科学用語」の
意味を記述させる傾向があり，単なる知識を問う穴埋めや選
択式の問いは少ないことがわかる。例えば，独自に収集して
きた資料の中に『新編理科書卷之四上(氏家謙曹著，1894)』
という理科教科書がある。古書店で購入した本の中には，当
時の新聞の切抜きやはがき等がページの間挟まっているこ
とも珍しくない。この理科教科書の中には，図 1-4 に示す理
科問題が挟まっていた。

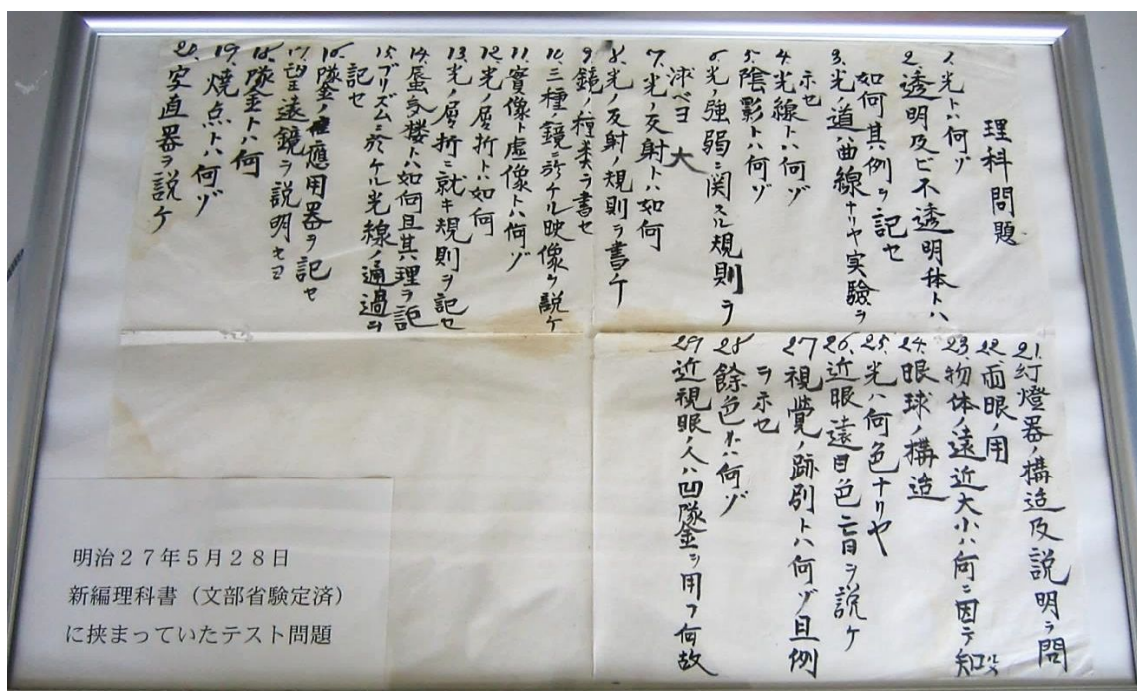


図 1-4 明治期の理科問題

図 1-4 の第一問「光とは何か。」を解答するにあたって、理科教科書には、以下の解説が見られる²²⁾。

解説 金属の火箸を火の中に投ずるときは初めは唯熱線の
輻射するのみなるも猶久しくして止まざれば遂に赤色と
なり黄色白色となりて眼に感ずるに至る。

決定 光は熱と同じく物体の分子振動より生ずる者にして
「エーテル」を伝わりて吾人の眼に感ずる者なり。

ここで、『熱と同じく物体の分子振動より生ずる者にして「エーテル」を伝わりて吾人の眼に感ずる者とは何か。』と問えば『光』が正解になる。しかし、この理科問題にみられる問いは『光とは何ぞ。』であり、先に示した問いとは逆の問い方になっており、何らかの記述をしなければならない。場合によっては正解も唯一のものではないので、採点にも時間がかかる可能性もある。このように、図 1-4 の理科問題は、全て記述式の問い(29問)で構成され、本理科書の18から28頁に対応している。ここには「何ぞ」「如何」「記せ」という問いが多くみられる。明治期の理科教科書は常に何故かを問い、その答えを徹底的に記述させる傾向がある。採点の効率化による穴埋めや選択式等、現在の教科書等にみられる問いは、生徒たちの思考の深まりや拡がりを保証するものとは言い難い。

(2) Question カードの具体例

同じ事象を問う場合でも「穴埋めは得意だが、グラフは苦手だ。」等の理由から、問いにより正答率が左右してしまうことがある。もちろん、生徒にとって解きやすい問題を並べることが教育ではないが、逆に解きにくい問題を並べるのも効果がない。ここに問いに注目した教材研究の意義が認められる。同じ現象を問う内容であっても、質問形式が異なる問いはデータベース化しておくとう便利である。生徒が「分かりません。」と躓きを見せた時、言い換えが可能になり、授業中に繰り広げられる生徒との対話の一助になるからである。そのため、言い換え可能な問いをまとめた表は、教師が授業前に行う教材研究の場面で作成することが良いと考えられる。本研究では、この表を“Question カード”と呼ぶことにする。例えば、力学的エネルギーに関する問いを抽出すると、表 1-6 のようになる。

表 1-6 力学的エネルギーに関する“Question カード”

データベースの具体例	備考
() エネルギーも、しだいに減少する。空欄にあてはまる言葉を書け。	科学用語
...での運動エネルギーは、...での運動エネルギーの何倍か。	計 算
位置エネルギーの大きさはどう変わるか。言葉で簡単に書け。	現象説明
ふりこ時計がおくれたとき、これをなおすにはどうすればよいか。また、その理由を説明せよ。	理由説明
高さで運動エネルギーの関係はどうなるか。グラフを書け。	図・グラフ

こうした授業中の発問で、特に生徒が躓いた場面で発問を言換えることの検討に関わる Question カードは、QUILT フレームワークに位置付けると Stage4 に相当すると考えられる。

第2 実際の理科授業中に見られる教師の発問

平成 16 年から平成 27 年にかけて、愛媛県内の若手からベテラン（56 名）の教師の発問に焦点化した授業参観を行うことで、教師の発問のパターンを分析した（巻末資料の資料を参照）。参観した授業は、中学校理科 3 時間、高等学校理科総合 3 時間、物理 18 時間、化学 5 時間、生物 25 時間、地学 2 時間の合計 56 時間分である。全体で 528 問の発問がなされており、内訳は科学用語を尋ねる発問が 371 問（70.3%）、計算結果を尋ねる発問が 43 問（8.1%）、現象を説明する発問が 69 問（13.1%）、理由を説明する発問が 17 問（3.2%）、図・グラフを用いて答えさせる発問が 28 問（5.3%）であった。全体的に基本的な科学用語を問うために用いる「何か。」という発問が多い中で授業が構成される傾向があった。授業全体の文脈から判断すると、ベテラン教師の場合は「何か。」と問うことによって科学用語を整理し、理解させる。そして、授業の要といえる場面を自然な感じで意図的に創る傾向にある。その上で「何故。」と問いかけ、生徒に考えさせるのである。水戸黄門の印籠も出すべきところで出してこそ、はじめてその威力を発揮する。「何故。」という発問は、考える理科の実践に於いて重要であるからこそ、「何故。」を連発しすぎないことも授業を創るための工夫となっていると考えられる。

稲葉(1998)は、「何故。」を 3 回以上繰り返すと専門家でも頭

を抱えてしまう問題が多くなると述べている²³⁾。逆に言えば、その事象の本質に触れる機会が増えるからであると考えられる。例えば、「シャボン玉がきれいなのは何故。」に対して「いろいろな色があるから。」と答えた場合、さらに「では、いろいろな色があるのは何故。」と問われた場合は、光の干渉や色の混合（減色法）まで考える必要が出てくるはずである。したがって、「何故。」という発問の後に「何故。」を繰り返すことも授業を創るための工夫となる可能性がある。特に、課題研究活動などでは、大いに活用できると考えられる。

第3 発問分類法の開発

教育目標に関する先駆的枠組みである教育目標分類学（タキソノミー）は、Bloom, B., Englehart, M., Furst, E., Hill, W., & Krathwohl, D. (1956)らにより開発された。この分類を活用すれば、認知領域のあらゆるレベルで、生徒を伸ばさせるための教師の発問計画を支援することができる²⁴⁾。理科授業中、生徒に提示される教師の発問は、理科教科書中の問いを参考にすることが多いことが報告されている。例えば、細野(1995)は、小中学校の教師の半数以上が、理科授業中の学習課題設定に教科書の問いを利用していることを報告している²⁵⁾。理科教科書の問いは、生徒の概念形成に強い影響を与えており、理科教科書の分析は、理科授業分析に通じるものである。したがって、授業分析の際に理科教科書中の問いを分類したり、分析したりする試みは大変意義深いと考えられる。

理科教科書の問いについては、中山(2011)が1つの出版社

の小学校第3学年から第6学年の教科書の記述のうちで、問いと見なすことのできた777件の類型化を試みている²⁶⁾。これは、理科学習を問題解決の過程と見なし、児童に科学的に解決可能な問いを設定させることで、観察・実験の結果から自ら結論を導くことができるようにすることを意図した分析である。これを受けて中山・猿田・森・渡辺(2014)は、5つの中学校理科教科書に記載されている問いの類型化を試みている²⁷⁾。この研究は、PISA2006において、日本の高校生の科学的な疑問を認識することに関する成績が高くなかったことを問題視し、探究活動を中心とする理科授業改善を意図して、科学的探究の場面ごとの問いの特徴を明らかにすることを目的としたものである。このように、近年、理科教科書の問いに着目した研究が盛んになってきている。

中山らが、問いに用いられる疑問詞に注目したのに対して、山岡(2010)は、問いが生徒に要求する認知活動のレベルの違いに着目して、理科授業で活用可能な問いの分析枠組みを開発した²⁸⁾。そこでは、解答形式及び内容の観点で分類された枠組みが提案されている。この分類観点、及び分析手法は、理科教科書だけでなく、理科授業分析にも利用可能なものである。本研究では、この手法を系統的に発展させ、実際に使用されている中学校理科教科書や高校入試理科問題の問いについて、認知活動レベルの比較分析を行うことにした。実際の理科授業に大きな制約を持つと考えられる理科教科書や入試問題を題材とし、その特徴を定量的に計測する試みは、生徒一人ひとりの思考力や判断力を促進する授業改善へ向けた具体的な手がかりを提案できると思われる。

(1) 高校入試理科問題における問いの分類

三輪(1997)は、高校入試理科問題における新学力観を検討する中で、問いを「短答式」「記述式」「論述式(自由記述)」「多肢選択式」に分け、高校入試改善の方向性を提案した²⁹⁾。この分類を参考にして、山岡(2010)は「記述式」「選択式」の二つに大きく分け、そのうちの「記述式」を「短答式」「論述式」の二つに分けることで、合計三種類の解答形式「短答式」「論述式」「選択式」を想定し分類することを試みた³⁰⁾。ここで「短答式」とは科学用語等の答えのみを記述するものであり、「論述式」とは自由記述を求める問いである。「選択式」とは適当な記号を選び、記号で答える問いである。

しかし、上述の解答形式の分類だけでは、同じ種類に含まれる問いであっても、実際の分類を行う際に、内容が多様なものが含まれていた。例えば、愛媛県立高校入試理科問題を具体例として検討すると、次のようになる。同じ解答形式「短答式」であっても、『電熱線Pの抵抗は何 か。(昭和60年度)』のような計算結果を答えるものや、『太郎は、山小屋でホットケーキをつくった。ホットケーキがよく膨らむのは、ベーキングパウダーに含まれている炭酸水素ナトリウムが熱で分解して、気体Aが発生するからである。気体Aは何か。(平成14年度)』のような科学用語を答えるものがあった。そこで、山岡(2010)は、問いを内容の観点から整理し、分析を行うことを試みている³¹⁾。その結果、「科学用語」「計算」「現象説明」「理由説明」「図・グラフ」の五つが抽出された。

「科学用語」は、科学の用語を記述させるものであり、解答形式「短答式」「選択式」が含まれていた。「計算」は、計

算結果を記述させるものであり、解答形式「短答式」「選択式」が含まれていた。なお、分析対象の「計算」には、計算の過程を記述させる問いは全く見当たらなかった。「現象説明」は、自然現象の変化の様子について説明するものであり、解答形式「論述式」「短答式」が多く含まれていた。「理由説明」は、原理原則について説明するものであり、解答形式「論述式」が多く含まれていた。「図・グラフ」は、図やグラフを作成したり、利用したりするものであり、解答形式「選択式」が多く含まれていた。

そこで、上述の理科における発問の分類を、高校入試理科問題に適応させることで検討を重ねることにした。実際の学校理科授業に大きな制約を持つと考えられる高校入試理科問題を題材として、その特徴を定量的に計測する試みは、理科授業における書くことの意義の再考や、生徒一人ひとりの思考力や判断力を促進する授業改善へ向けた具体的な手がかりを提案できると思われる。

昭和52年度から平成20年度までの過去31年にわたる愛媛県立高校入試理科問題（以下「理科問題」という。）を分析対象とし、問いの形式や内容を明らかにすることにした。分析対象の理科問題は、全て50点満点、50分間で解答を求めるものであり、過去10年間(1999-2008)の県内平均は31.7点であった³²⁾。これらは全て公表されており、愛媛県総合教育センターにある資料や、過去の新聞などに掲載されたものから収集した。理科問題は、全て文部科学省の学習指導要領に準拠し、検定を受けている教科書や実際に公立中学校で行われた理科授業などを考慮して作成されているため、科学用語や

記述内容については一定の客観的な基準が保証されていると
 考えて良いと考えられる。さらに、例年、県下の中学生の90%
 前後が受験していると考えて差し支えない³³⁾。理科問題は、
 中学校段階での学習指導要領に定められた範囲の内容に沿っ
 て問題が作成されている。授業中に使用されている各学習指
 導要領に準拠した理科教科書も重要なリソースである。

分析対象の理科問題の記述内容を全てテキスト形式で入力
 し、データベースを作成した。なお、昭和58年度以降の理科
 問題は、5つの大問で構成されており、第1分野と第2分野
 からそれぞれ2つの大問が出題される。もう1つの大問は、
 第1分野と第2分野を横断する内容で構成された総合問題
 である³⁴⁾。ここでは、この総合問題で構成された大問を総合
 分野と呼ぶことにし、第1分野、第2分野、総合分野の3
 つの分野に分けてデータベースを整理することにした。

このデータベースに収められた小問の数は、第1分野420
 題、第2分野400題、総合分野170題となり、合計で990題
 であった。ただし、例えば、穴埋め形式の小問では、1題の
 中に5問の穴埋めが含まれる場合があった。分析上、この問
 いを1問、または5問として取り扱うか、という点において
 主観的なレベルで曖昧さが生じることになる。曖昧さを排除
 し、より客観的な分析を行うために、この1題の穴埋め形式
 の小問を5題と数え、問いを可能な限り小さく分けて数える
 ことにした。その結果、第1分野529題、第2分野565題、
 総合分野237題となり、合計で1331題となった。以下の分析
 では、後者の1331題を分析対象として用いることにした。ま
 ずは、表1-7に示すように、表中の数値は分野別・解答形式

別にみた問いの出現数を示している。

表 1-7 分野別・解答形式別にみた理科問題の問い

分野	問いの解答形式			計
	短答式	論述式	選択式	
第1分野	310	35	184	529
第2分野	242	38	285	565
総合分野	106	5	126	237

数値は問いの出現数

表 1-7 より，分野別・解答形式別に χ^2 検定を行ったところ有意な違いがみられた ($\chi^2 = 41.57$, $df = 4$, $p < .01$)。有意水準 5% で残差分析を行ったところ，第 1 分野は，他の分野に比べて「短答式」の割合 (529 問中 310 問) が多く，「選択式」 (529 問中 184 問) の割合が少なかった。第 2 分野は，他の分野に比べて「選択式」の割合が高く，「短答式」の割合が低かった。総合分野は，他の分野に比べて「選択式」の割合が高く，「論述式」の割合が低かった。なお，全体的な傾向として，全ての分野において，「論述式」の問いはあまり多く含まれておらず (1331 問中 78 問)，全問い中の 6% に満たなかった。

同様に，理科問題の問いを分野別・内容形式別に整理し，表 1-8 に示した。その結果，全体 (1331 問中) の約 31% が「現象説明」 (413 問) であり，約 28% が「科学用語」 (367 問) であった。つまり，「現象説明」「科学用語」で全体の約 59% を占めていた。一方で，「理由説明」 (62 問) は，全体の 5% に満たなかった。

表 1-8 分野別・内容形式別にみた理科問題の問い

分野	問いの内容形式					計
	科学用語	計 算	現象説明	理由説明	図・グラフ	
第1分野	123	161	134	25	86	529
第2分野	167	51	196	34	117	565
総合分野	77	37	83	3	37	237

数値は問いの出現数

表 1-8 より，第 1 分野に「計算」に関する問いかけの割合が多いこと，第 2 分野に「現象説明」に関する問いかけの割合が多いこと，そして全ての分野を通して「理由説明」に関する問いかけの割合が低いことが見て取れる。分野別・内容形式別に χ^2 検定を行ったところ有意な違いがみられた ($\chi^2 = 96.11$, $df = 8$, $p < .01$)。そこで有意水準 5% で残差分析を行ったところ，第 1 分野は，他の分野に比べて「計算」の割合が高く，「科学用語」「現象説明」の割合が低かった。第 2 分野は，他の分野に比べて「現象説明」「理由説明」「図・グラフ」といった内容形式の問いかけの割合が高く，「計算」の割合が低かった。総合分野については，「理由説明」の問いかけの割合が他の分野よりも低かった。

ここでは，過去 31 年にわたる愛媛県立高校入試理科問題中の問いの解答形式や内容形式の出現数を定量的に計測することで，いくつかの分析を行った。その結果，解答形式では「論述式」，内容形式では「理由説明」の問いが，第 1 分野，第 2 分野，総合分野を通じて少ないことが明らかになった。自然の事物現象を論理的，客観的に記述したり，説明したりする

ことは自然科学という営みの重要な部分である。「論述式」や「理由説明」形式の問いは、科学のそうした本質的な部分を生徒が学ぶ機会につながるものであり、理科授業において積極的に導入したい問いである。

また、問いの解答形式や内容形式は分野により傾向が異なり、第1分野で「短答式」「計算」の問いが多く、第2分野で「選択式」「現象説明」の問いが多いことが明らかとなった。理科授業において、教師が同じ自然現象について教える場合でも、図などを用いて現象を説明させるのと数式を用いて計算させるのでは大きく異なり、そうした教え方の違いは生徒の学び方に様々な影響を与えると考えられる。個別内容領域の特徴に応じた問いの形式を検討すると同時に、特定分野に特定の形式の問いが大きく偏ることがないように配慮する必要があるであろう。

ここでは愛媛県立高校入試理科問題を取り上げ、問いを分類した。特定県(愛媛県)を分析対象として抽出することで、質・量ともに信頼性の高いデータとして問いが分析可能となっている。この分類観点及び分析手法は、理科教科書や各種科学読み物、理科授業中の教師の発言の分析にも利用可能なものである。次節では、分析対象を広げ、理科教科書について詳細に検討を行っていくことにした。

(2) 中学校理科教科書における問いの分類

平成 17 年検定済の A 社の中学校理科教科書(以下「理科教科書」という。)を分析対象とし,山岡(2010)の分類手法を用いて理科教科書の問いの分類を行うことにした。この理科教科書は『新編新しい科学第 1 分野上』『新編新しい科学第 1 分野下』『新編新しい科学第 2 分野上』『新編新しい科学第 2 分野下』の 4 冊に分かれている。A 社以外にも,いくつかの出版社より中学校理科教科書が発行されているが,日本には学習指導要領,及び教科書検定制度があり,中学校理科教科書の質的レベルが保障されている。さらに,義務教育の児童生徒全員に対し,教科書が無償給与されている。Valverde ら(2002)が述べるように,世界的な位置づけとして,日本の理科教科書は,ページ数が少なく,精選された内容となっているという特徴を持っている³⁵⁾。さらに,出版労連(2010)によれば,A 社の中学校理科教科書は全国的なシェアで上位を占めていることから,ここでは,A 社の教科書のみを分析対象とした³⁶⁾。

理科教科書には,テキスト,写真,図,表が含まれている。そこで,キャラクターの吹き出しのセリフ等を含めて,全てのテキストデータを 1 次データとした。そこから,「問い」「確かめと応用(章末問題)」に含まれる 532 問の問いを抽出し,これを 2 次データとした。このデータベースに収められた小問の数は,第 1 分野上 155 題,第 1 分野下 116 題,第 2 分野上 122 題,第 2 分野下 139 題となり,合計で 532 題であった。これを,物理領域,化学領域,生物領域,地学領域,総合領域に分け,集計しなおすと,物理領域 121 題,化学領域 137

題，生物領域 111 題，地学領域 139 題，総合領域 24 題であった。総合領域は，他の領域と比べると問いの出現数が少ないので，分析対象から外すことにした。結果として，分析対象は 508 題（内訳は，第 1 分野 258 題，第 2 分野 250 題）となった。以下の分析では，合計 508 題を分析対象として用いることにした。

分析対象とした問いかけは 508 題であり，「短答式」「論述式」「選択式」といった解答形式の観点から分類し，検討を行うことにした。この分類により，表 1-9 のように理科教科書の問いかけをまとめた。

表 1-9 分野別・解答形式別にみた理科教科書の問い

分類	問いの解答形式			合計
	短答式	論述式	選択式	
第 1 分野	121	66	71	258
第 2 分野	121	50	79	250

数値は問いの出現数

表 1-9 より，分野別・解答形式別に χ^2 検定を行ったところ，有意な違いがみられなかった ($\chi^2 = 2.508, df = 2, ns$)。この結果から，理科教科書の第 1 分野，第 2 分野における問いかけの解答形式はよく似ていることが明らかとなった。

次に，分析対象とした 508 題の問いかけを「科学用語」「計算」「現象説明」「理由説明」「図・グラフ」といった内容の観点から分類し，検討を行うことにした。この分類にしたがって理科教科書の問いを分野別・内容形式別に整理したものを，

表 1-10 に示した。その結果、「科学用語」「現象説明」「図・グラフ」で全体の 84.4% を占めていた。一方、「計算」「理由説明」は、全体の 15.6% であった。

表 1-10 分野別・内容形式別にみた理科教科書の問い

分野	問いの内容形式					計
	科学用語	計 算	現象説明	理由説明	図・グラフ	
第1分野	72	33	74	16	63	258
第2分野	84	11	66	19	70	250

数値は問いの出現数

表 1-10 より，分野別・内容形式別に χ^2 検定を行ったところ有意な違いがみられた ($\chi^2 = 12.88, df = 4, p < .05$)。そこで，有意水準 5% で残差分析を行ったところ，第 1 分野は「計算」の割合が高く，第 2 分野は「計算」の割合が低かった。つまり，内容形式「計算」において，異なる傾向が認められた。

(3) 高校入試理科問題と中学校理科教科書との比較

理科教科書における解答形式、及び内容形式の分析結果は、愛媛県立高校入試理科問題のそれと比較することにした。以下、簡単のため、理科教科書のことを“S T”，高校入試理科問題のことを“E E”と呼ぶことにする。

より正確な比較をするために、E E 1331 題については分析対象の中学校理科教科書と同じ時期の学習指導要領によるものを抽出して分析に使用することにした。その結果、212 題（内訳は、第1分野 105 題、第2分野 107 題）の入試問題が抽出された。表 1-11 に、S T と E E の問いかけにおける解答形式をまとめた。さらに、図 1-5 と図 1-6 には、S T と E E の問いかけの内容別・解答形式別出現率を百分率で示した。

表 1-11 S T (理科教科書) と E E (理科問題) における解答形式

分類	問いの解答形式			合計
	短答式	論述式	選択式	
S T (第1分野)	121	66	71	258
E E (第1分野)	64	10	31	105
S T (第2分野)	121	50	79	250
E E (第2分野)	43	14	50	107

数値は問いの出現数

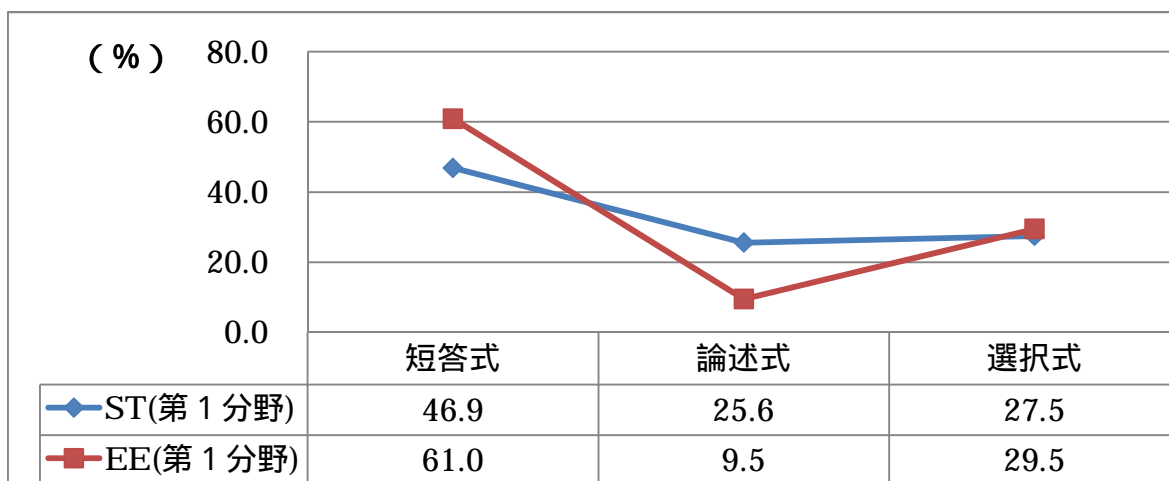


図 1-5 第 1 分野における S T と E E における解答形式

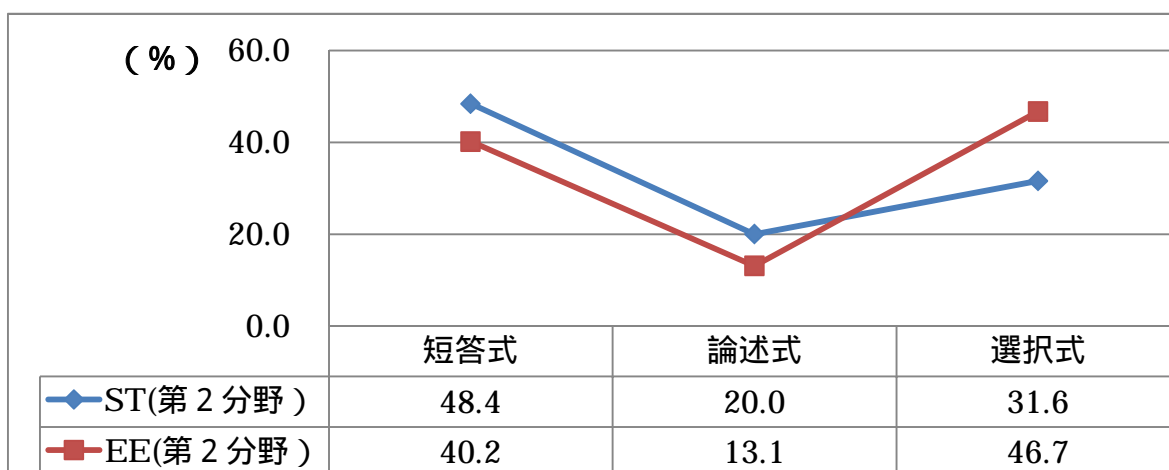


図 1-6 第 2 分野における S T と E E における解答形式

表 1-11 より，第 1 分野において内容別・解答形式別に² 検定を行ったところ，有意な違いがみられた($\chi^2 = 12.19, df = 2, p < .01$)。残差分析の結果，E E (第 1 分野)において，論述式が殆ど見られないが，S T (第 1 分野)においては，論述式が多くみられることが明らかになった。以上より，S T と E E における論述式の問いかけは，出現率が異なる傾向

が見られた。さらに、表 1-11 より第 2 分野において内容別・解答形式別に χ^2 検定を行ったところ、有意な違いがみられた ($\chi^2 = 7.85$, $df = 2$, $p < .05$)。残差分析の結果、EE (第 2 分野)において選択式が多く見られることが明らかになった。

クローズド/オープンクエスションは、最も基本的でよく知られた分類方法である。ここで、クローズドクエスションは唯一正解指向のものであり、オープンクエスションは唯一正解指向ではないものである。この表現を用いれば、解答形式では、EE は、ST に比べて、「選択式」のような唯一正解を持つ問いかけであるクローズドクエスションが多くなっていると述べることができる。

クローズドクエスションは、本研究の「短答式」「選択式」に該当するものである。特に、第 2 分野の「選択式」については、ST よりも EE に多くみられた。反対に、本研究の「論述式」は、オープンクエスション、クローズドクエスションのいずれにも該当する可能性がある。クローズドクエスションの特徴は、会話が発話者のところに留まり、会話を制御できる点にある。EE よりも ST の方が、論述式が多く、選択式が少ないことから、理科授業では、ある程度の論述場面が設定され、会話を発話者に留めていないことが推察される。理科授業で、問題解決や意思決定を目的とするならば、高次思考を刺激するオープンクエスションを積極的に導入する必要があると考えられる。そして、特定分野に特定の形式の問いかけが大きく偏ることがないように配慮することも重要であると考えられる。

次に，分析対象を内容の観点から分類し，検討を行うことにした。表 1-12 には，S T と E E の問いかけにおける内容をまとめた。さらに，図 1-7 と図 1-8 は，S T と E E の問いかけの内容別・内容形式別出現率を百分率で示したものである。

表 1-12 分野別・内容形式別にみた理科教科書の問い

分野	問いの内容形式					計
	科学用語	計 算	現象説明	理由説明	図・グラフ	
S T (第 1 分野)	72	33	74	16	63	258
E E (第 1 分野)	20	33	29	8	15	105
S T (第 2 分野)	84	11	66	19	70	250
E E (第 2 分野)	36	11	33	10	17	107

数値は問いの出現数

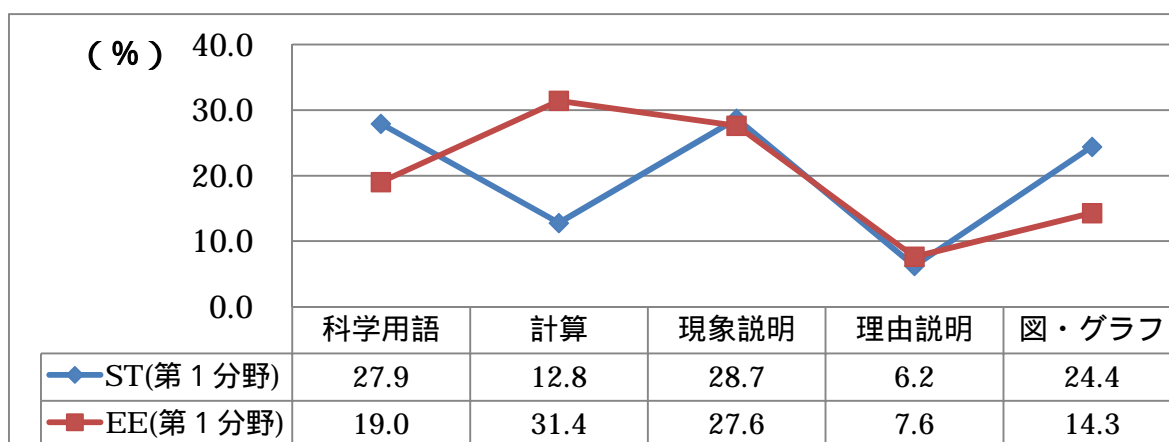


図 1-7 第 1 分野における S T と E E における内容

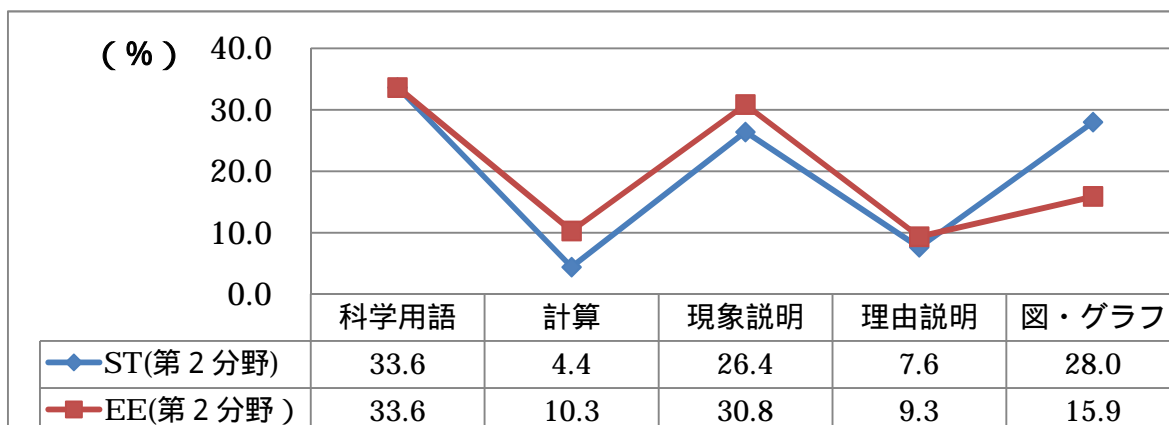


図 1-8 第2分野におけるSTとEEにおける内容

表 1-12 より，第1分野において内容別・内容形式別に²検定を行ったところ，有意な違いがみられた($\chi^2 = 20.39$, $df = 4$, $p < .01$)。残差分析の結果，ST(第1分野)において計算が少なく，EE(第1分野)において計算が多いことが明らかとなった。さらに，表 1-12 より，第2分野において内容別・内容形式別に²検定を行ったところ，有意な違いがみられた($\chi^2 = 9.53$, $df = 4$, $p < .05$)。残差分析の結果，ST(第2分野)において計算が少なく，EE(第2分野)において図・グラフが少ないことが明らかとなった。

以上より，内容では，EEは，STに比べて「計算」の比重が高く，「図・グラフ」の比重が低い傾向があることがわかった。本研究では，理科教科書中の問いかけの分類を行った。理科教科書を分析することは，教師が授業そのものを理解する助けになる。また，様々な形式の問いかけを授業で効果的に使用することが重要である。教科書分析は授業改善にとって，非常に有効な手立てとなると考えられる。問いかけの分類を活用し，理科授業で様々な種類の発問を積極的に導入し

ていくことは、マンネリズムに陥りがちな授業を変え、生徒が総合的・判断的に考えるきっかけを与えることになると考えられる。

(4) 中学校理科授業における問いの分類

Walsh and Sattes (2005)は、生徒に既知の内容だけを発問する授業は、単調で、無意味で、退屈で、非刺激的なものになってしまうと指摘している³⁷⁾。理科授業中の教師の発問の種類や形式が果たす役割は非常に大きく、生徒たちの思考の深まりや拡がりに影響を与えることが考えられる。そこで、理科授業中の教師の発問を分析することにした。

授業分析の際に有効な基礎資料の一つに、小倉ら(2001)による国内の中学校理科授業 95 時間を収録したビデオがある³⁸⁾。これは、第3回国際数学・理科教育調査の第2段階調査(TIMSS-R)ビデオスタディの中で、平成11年度に国内の中学校理科授業 95 時間分を収録したものである。現在はこの授業ビデオが収録されてから、既に10年以上が経過し、現行の学習指導要領が実施されている。この状況下で、当時の授業開発に関する考え方は、現在のそれとは異なっている部分もあるであろう。しかし、これらの理科授業は全て、小倉ら(2004)の述べる通り、授業者がビデオ収録のために研究授業のような特別な準備を行わないで、平素の理科授業を行うという前提で収録されており、地域別に偏りがなかったことや、学級の人数も全国的な数値とほぼ等しいといった観点からも、我が国で実施される理科授業を代表する標本として適切に収録されている³⁹⁾。そして、質、量ともに国内外で認められる高水

準を保つものであり，音声と時間の全てがテキストデータとして書き起こされている。この授業ビデオは，通常の理科授業がどのようなものであるかを把握するための基礎資料として先例を見ない資料価値が高いものである。以上より，この授業ビデオの分析を通じて現代的教育課題の解決に繋がる知見が得られる期待は十分にあり，これを活用することは大変意義深い。

この研究資料を分析対象とし，山岡(2010)の分類手法を用いて，教師の発問の形式や内容を明らかにすることにした⁴⁰⁾。分析対象の中で，教師の発問に対して即座に生徒が反応しているものを抽出した結果，第1分野 869問，第2分野 425問となり，合計で 1294 問の教師の発問を抽出することができた。この分析対象を三種類の解答形式「短答式」「論述式」「選択式」に分類し，教師の発問を整理すると表 1-13 のようになる。

表 1-13 分野別・解答形式別にみた中学校理科授業の発問

分類	発問の解答形式			合計
	短答式	論述式	選択式	
第1分野	510	309	50	869
第2分野	261	144	20	425

数値は問いの出現数

表 13 より，理科授業における論述場面は約 35% 設定されていた。分野別・解答形式別に χ^2 検定を行ったところ有意な違いはみられなかった ($\chi^2 = 1.164, df = 2, ns$)。つまり，教師の発問の解答形式は分野により異なる結果となった。

続いて，五種類の内容形式「科学用語」「計算」「現象説明」

「理由説明」「図・グラフ」に分類すると、表 1-14 のようになった。

表 1-14 分野別・内容形式別にみた中学校理科授業の発問

分野	発問の内容形式					計
	科学用語	計 算	現象説明	理由説明	図・グラフ	
第1分野	328	76	325	48	92	869
第2分野	233	7	128	26	31	425

数値は問いの出現数

分野別・内容形式別に χ^2 検定を行ったところ有意な違いがみられた ($\chi^2 = 49.38, df = 4, p < .01$)。第1分野は「科学用語」の割合が低く「計算」の割合が高かった。第2分野は逆の傾向がみられた。また「科学用語」「現象説明」は、全体の78.4%を占め、理科授業における主な内容形式になっていた。一方「理由説明」は、全体の僅か5.7%であった。「現象説明」により生徒が言葉で説明する機会は多くみられるが「理由説明」により原理・原則を問う機会が少ないことがわかった。理科の本質を問う事柄で「何故か？」と問う発問を意識的に取り入れていくことが重要である。今後、個別内容領域の特徴に応じた発問についての検討を重ねる必要がある。

(5) 理科における発問分類法

解答形式と内容の観点に着目し，二次元図表の縦軸に解答形式のカテゴリーを取り，横軸に内容のカテゴリーを取った表 1-15 のような理科における発問分類法を開発することにした。

表 1-15 開発した理科における発問分類法

	科学用語	計 算	現象説明	理由説明	図・グラフ
短答式					
論述式					
選択式					

Pope(2013)は，図 1-9 で示したタキソノミーにおける知識，理解，応用，分析，統合，評価のうち，分析，統合，評価を高次思考とみなしている⁴¹⁾。

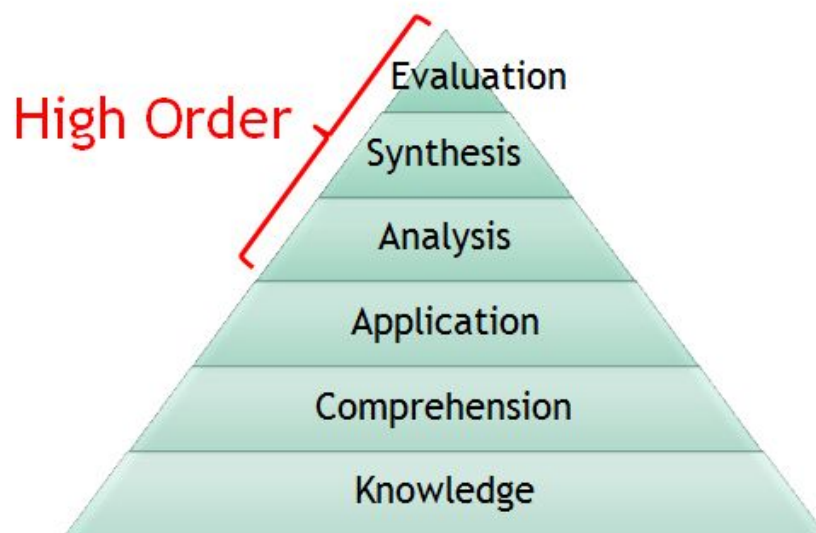


図 1-9 高次思考について

図 1-9 を参考にすると、表 1-15 の中では、比較や調査の結果で説明する「記述式」かつ「理由説明」が高次思考に分類されるものであると考えられる。

加藤(2008)は、1つのタイプの発問だけで授業を進めると授業展開が単調になり、めりはりのないものになってしまうと指摘している⁴²⁾。授業中の発問に偏りがある場合の具体的な対応策として、表 1-15 の発問分類法の活用が考えられる。例えば、学習指導要領を参考に、教育目標やコア概念を確認する。そのうえで、授業で使いたい発問(教科書に記述された問いも含む)を書き出し、表 1-15 にあてはめながら授業全体として偏りがどうか否かをチェックするという方法である。また、偏りがある場合は、学習指導案を想定し、どの場面で使用するかについても考慮しながら、他の解答形式や内容に変えるような発問を作り直すことができる。

こうした、表 1-15 を用いて行う発問の検討に関わる教材研究は、QUILT フレームワークに位置付けると Stage2 及び Stage5 に相当すると考えられる。

第2項 教師の対応発問

小侍ら(2008)は、第3回国際数学・理科教育調査(TIMSS)理科の論述式課題のいくつかを中学生に回答させた後、誤答の生徒を中心に抽出し、面接調査を行うことで、回答の正誤に隠された生徒の考えを探った⁴³⁾。その結果、回答コードでは正答であっても間違った考え方をする傾向や、自信が無い回答は初めから記述しない傾向などを明らかにしている。隈元ら(2009)は、TIMSS 理科の論述課題における誤答に注目し、生徒の科学概念や論述の傾向を分析し、観察・実験の結果と考察を分けて、生徒に論理的に考えさせる授業を提案している⁴⁴⁾。両者の研究は、生徒が述べた誤答に着目し、分析を行ったものであり、授業改善に向けた重要な提案がなされている。このように、誤答に関する研究では、生徒の誤答そのものの分析を行うものが多くみられる。しかし、管見の限りにおいて、理科授業中に生徒が誤答を述べた場面に焦点化し、教師の支援を基に科学概念を精緻化し、再構築していく過程を検討するような研究は見られないようである。

本研究では、中学校理科授業中において、生徒が誤答を述べた場面に焦点化し、誤答を述べた直後の教師の対応を調査することにした。さらに調査結果を踏まえて質問紙を作成し、中学生を対象に実施することで、生徒が誤答を述べた際、中学生が教師に期待する対応を調査することにした。

第1 教師が実際に行った対応発問

中学校理科授業中に、生徒が誤答を述べた直後の教師の対応を検討するためには、多くの一般的な理科授業を分析する必要があると考えられる。

授業分析の際の有効な基礎資料として、中学校理科授業における教師の発問の分類の際に活用した小倉ら(2001)による国内の中学校理科授業 95 時間を収録したビデオを本項においても活用することにした⁴⁵⁾。前項で述べたとおり、この基礎資料は、TIMSS(第3回国際数学・理科教育調査)の第2段階調査における附帯研究 TIMSS-R ビデオスタディの中で、平成 11 年度に国内の中学校理科授業 95 時間分を収録し、音声と時間の全てがテキストデータ(以下「発話プロトコル」という。)として書き起こされている。

本研究では、発話プロトコルを用いて、中学校理科授業における教師の発問を全て抽出し、分析を行うことにした。次に、抽出された教師の発問の中から、生徒が誤答を述べた場面における教師の対応を分析することにした。なお、ここでは、教師と生徒間の相互交流を単なるコミュニケーションとして捉えるのではなく、教師の発言が契機となり、生徒の思考活動を促すものとして捉えることにした。

(1) 発話プロトコル中に見られた教師の対応の類型化

発話プロトコル中における全ての教師の発言に対し、生徒が即座に反応している場面に着目し、その全てを抽出した。さらに、科学的 content における学習者自らの思考を働かせた場面に焦点化するために、「...を知っていますか。」といったよ

うな確認のための教師の発言や，科学的内容を問うてないものは除外した。こうして抽出された教師の発言を，教師の発問とみなすことにした。全 95 時間の発話プロトコル中における全ての教師の発言の中から，教師の発問の全てを抽出した結果を，1 次データ(第 1 分野 855 問，第 2 分野 458 問，合計 1313 問)とした。発問分類法を用いて，抽出された教師の発問である 1 次データを，解答形式「短答式」「論述式」「選択式」，及び内容「科学用語」「計算」「現象説明」「理由説明」「図・グラフ」で分類した。1 次データの結果をクロス集計し，表 1-16 のようにまとめた。

表 1-16 理科授業中の教師の発問

	科学用語	計 算	現象説明	理由説明	図・グラフ	計
短答式	514	77	40	3	96	730
論述式	14	1	346	74	15	450
選択式	23	2	81	4	23	133

表中の数値は発問の出現数を表す。

表 1-16 より，解答形式別・内容別に， χ^2 検定を行ったところ有意な違いがみられた ($\chi^2 = 953.58$ ， $df = 8$ ， $p < .01$)。残差分析の結果，「短答式」かつ「科学用語」，「論述式」かつ「現象説明」及び「論述式」かつ「理由説明」が有意に多く，「論述式」かつ「科学用語」，「短答式」かつ「現象説明」及び「短答式」かつ「理由説明」が有意に小さいことが分かった。その結果，理科授業では，「短答式」かつ「科学用語」で科学用語自体を確認させるための発問が多く設定されている

一方で、「論述式」かつ「現象説明」や、「論述式」かつ「理由説明」に関する発問も、多く設定されていることが明らかとなった。この1次データ 1313 問中から、生徒が誤答を述べた場面を全て抽出し、これを2次データ(第1分野 86 問, 第2分野 41 問, 合計 127 問)とした。生徒の誤答に対し、その直後の教師の対応発問を明らかにする目的で、実際の理科授業から抽出された2次データ中に見られる教師の対応の類型化を行った。その結果、「ヒントを述べる」「説明を述べる」「同じ発問を繰り返す」「別の発問に置き換える」「正答を述べる」「別の生徒を指名する」といった6つに類型化することができた。前者5つが誤答を述べた生徒で対応していたのに対し、後者1つが誤答を述べた生徒とは別の生徒で対応していた。結果は、図 1-10 のように整理することができた。

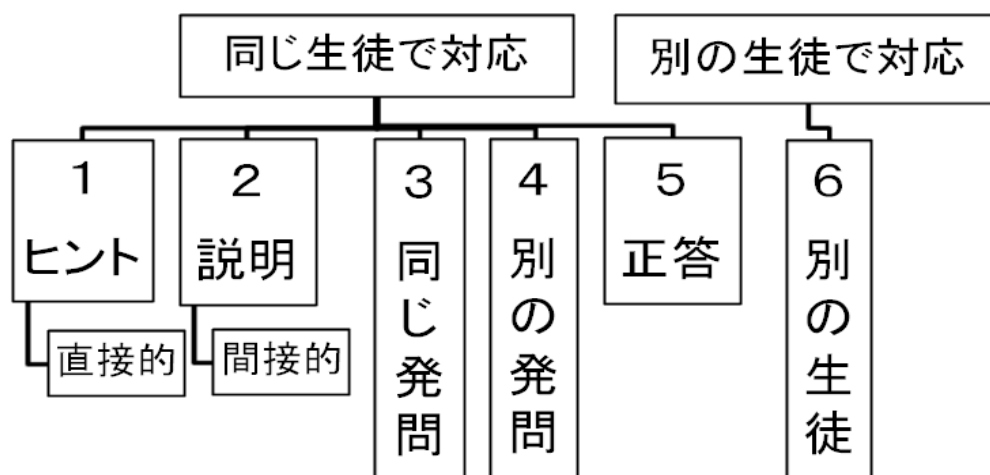


図 1-10 類型化された教師の対応

ここで、「ヒント」とは、例えば、二酸化炭素が正答の場合、教師が「に・に・に...」と正答の頭文字を繰り返し述べるな

ど、直接的に正答を連想させる場合の発問とした。「説明」とは、例えば「石灰水を白くするよね。」などと間接的に正答を連想させる場合の発問とした。「同じ発問」とは、生徒が誤答を述べる直前の発問と同じ発問を再度行っている場合のこととした。「別の発問」とは、生徒が誤答を述べる直前の発問とは異なる視点で新たに発問をし直した場合のこととした。「正答」とは、教師から正答を述べる場合のこととした。「別の生徒」とは、誤答を述べた生徒以外の生徒に対して他の意見を尋ねる場合のこととした。

図 1-10 の 6 つの類型に従って、2 次データの出現率を円グラフにまとめたものが図 1-11 である。

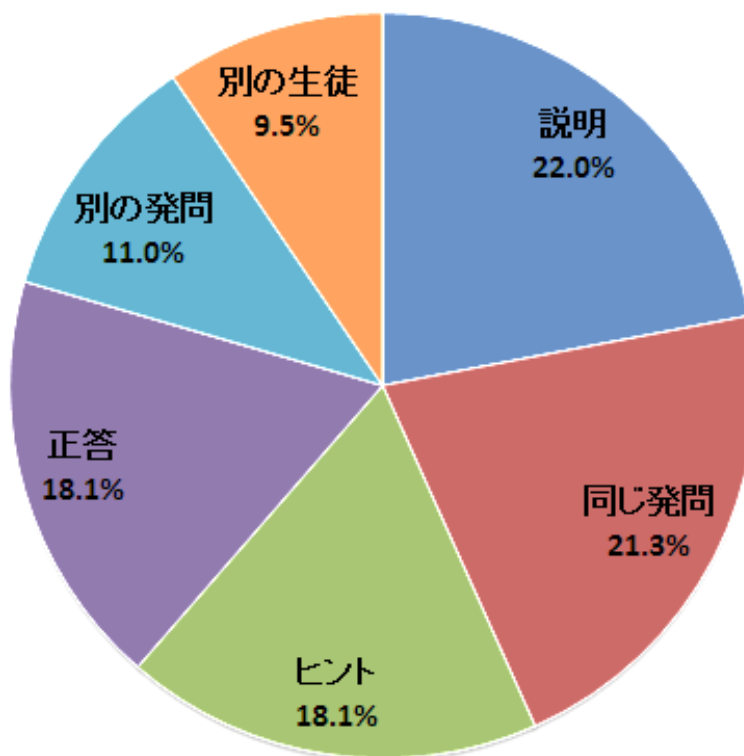


図 1-11 生徒の誤答に対する教師の対応発問

図 1-11 より，実際の理科授業では「別の生徒」で対応することが最も少なく，全対応中の 9.5%であった。つまり，実際には，誤答を述べた生徒に対する対応が多く見られる傾向があり，「説明」22.0%，「同じ発問」21.3%，「ヒント」18.1%，合わせて 61.4%を占めていた。一方で，模範解答を示し，誤答を述べた生徒の意見をもとにクラス全体の生徒に還元するような対応も多く見られ，「正答」18.1%を占めていることが明らかとなった。

(2) 典型的な誤答場面における教師の対応発問

典型的な誤答場面を抽出するため，発話プロトコル中における 2 次データを，図 1-10 で示した 6 つの類型化と，発問分類法を用いて，クロス集計することにした。その結果，表 1-17 のようにまとめられ，「科学用語」かつ「説明」が最も多いことが明らかとなった。

表 1-17 理科授業中の教師の発問

	科学用語	計 算	現象説明	理由説明	図・グラフ	計
説 明	16	2	7	1	2	28
ヒ ン ト	14	1	6	0	2	23
同じ発問	14	3	6	0	4	27
別の発問	6	1	6	0	1	14
正 答	9	3	6	0	5	23
別の生徒	6	0	4	1	1	12

表中の数値は発問の出現数を表す。

「科学用語」「説明」の中には，例えば，表 1-18 のような発話プロトコルが見られた。「化学変化と原子・分子(第1分野)」の授業の中で，物を燃やした後に何が出るのか，という教師の発問に対し，生徒は，酸素と答えている場面である。実際の教師の対応は，誤答を述べた生徒に対し，「酸素は燃やすときに使うんだよね。」と誤答に対する「説明」を加えたうえで，「じゃ，酸素を燃やすときに使った後，何出てくるの？酸素の後。」と述べており，同じ生徒に，二酸化炭素と答えさせるための「別の発問」を続けていた。

なお，誤答直後の教師の対応発問に焦点化しているため，表 1-18 の誤答場面は「科学用語」かつ「説明」に計上した。

表 1-18 生徒が誤答を述べた時の教師の対応について

発話番号	話し手	発話内容
	教師	何か物を燃やしたときに出てくるもの，何でしたっけ？
	生徒	酸素。
	教師	えっ？
	別の生徒	酸素，何で出てくるの。(笑)
	教師	酸素は燃やすときに使うんだよね。じゃ，酸素を燃やすときに使った後，何出てくるの？酸素の後。
	生徒	二酸化炭素。
	教師	二酸化炭素が出てくるよね。

第2 生徒が期待する教師の対応発問

(1) 質問紙調査の作成

表 1-18 に示した発話プロトコルを用いて、生徒が期待する教師の対応を調査する目的で、質問紙を作成した。生徒が述べた誤答に対する教師の対応である発話番号 に着目した。実際の教師の対応である発話番号 を「そのとき、教師がどのような対応をすべきだろうか。」として質問紙にまとめ、これを生徒に提示することで、生徒に理想的な教師の対応を考えさせることにした。そこで、図 1-12 のように、質問紙には『あなた自身は、発話番号 の「酸素」と答えた生徒であると仮定した場合、発話番号 では、どのような教師の発言内容や対応を期待しますか。』といった内容とし、理由もあわせて自由記述させるようにした。抽出された誤答場面を用いて、誤答を述べた時に生徒が期待する教師の対応を明らかにするための質問紙を作成した。

作成された質問紙は、2013 年 9 月から 10 月にかけて、協力が得られた県内公立中等教育学校 1 校で実施した。調査対象は、中学校 1 から 3 年生 451 人(男子 189 人、女子 262 人)であった。内訳は、中学校 1 年生 160 人、中学校 2 年生 147 人、中学校 3 年生 144 人であった。調査後に得られた記述内容は、全てテキスト形式で入力し、データベースを作成した。データベースに収められた記述内容の全ては、意味の単位毎に分類し、キー概念を抽出した。質問紙の結果から、誤答に対して生徒が期待する教師の対応を明らかにすることにした。

「教師の発問」に関する調査
 《これはテストではありません。自由に自分の考えを述べるようにして下さい。》

1 該当するものに丸をつけてください。
 性別【男・女】
 学年【1・2・3】

2 以下は、ある理科授業の一場面です。
 あなた自身は、発話番号②の「酸素」と答えた生徒であると仮定して下さい。
 【参考】なお、中学校の教科書では、燃えた後に出てくるものとして『二酸化炭素、水、光、熱』という記述があります。

発話番号	話し手	発話内容
①	教師	何か物を燃やしたときに出てくるもの、何でしたっけ？
②	生徒（あなた）	酸素。
③	教師	えっ？
④	別の生徒 （あなた以外の別の生徒）	酸素、何で出てくるの。（笑）
⑤	教師	『（そのとき、教師は・・・？）』

(問い) 発話番号①の教師による発問の後、発話番号②の生徒（あなた）が間違えました。
 発話番号⑤の『（そのとき、教師は・・・？）』について考えます。
 教師の発話として、どのような発言内容や、どのような教師の対応を期待しますか。
 期待する発言内容や対応と、それを期待する理由を、思いつくままに自由記述で書いてください。

期待する発言内容や対応：

それを期待する理由：

図 1-12 実際の調査で使用した質問紙

(2) 生徒が期待する教師の対応発問

質問紙調査に記された記述を、意味の単位毎に分類し、キー概念を抽出し、分析することにした。例えば、次の文章は、中学3年女子による教師に期待する発言内容や対応の自由記述の結果である。

具体例；『酸素の説明をする。そしてまた同じ問題を問う(中学3年女子A)。』

ここに示した具体例の場合、「説明」「同じ発問」の2つのキー概念が抽出することができる。このように自由記述の中からキー概念を抽出し、使用頻度を計上した結果は表 1-19 に、実際に記述された具体例は、表 1-20 のようにまとめられた。

表 19 生徒が期待する教師の対応

対 応 学 年	ヒ ント	説 明	同 じ 発 問	別 の 発 問	正 答	別 の 生 徒	激 励	誤 答 の 指 摘	安 堵	親 身	時 間 延 長
中 1	49	20	1	13	36	12	20	16	22	8	5
中 2	12	50	12	14	28	7	13	21	30	10	9
中 3	29	42	16	21	24	11	12	18	12	1	3
合計	90	112	29	48	88	30	45	55	64	19	17

数値は教師の対応数を表す。

表 1-20 生徒が期待する教師の対応に関する具体例（一部）

対応	回答者	生徒が期待する教師からの発言内容や対応	それを期待する理由
ヒント	中学1年男子 B	「二酸化...。」などヒントを言う。	できるだけ生徒に答えさせようとしてほしい。ヒントがあったら、次、その問題を出されたときに思い出しやすくなるから。
	中学1年女子 C	優しく対応してくれて、他のヒントを与えてくれる。	無視されるのは嫌だし、答えを言われるのは恥ずかしいから自分で答えたい。
説明	中学2年女子 D	さあ、どうでしょうか。教科書を見てごらん。どっかに書いてあるよ。その後、解説をしてほしい。	自分で答えを探すことで記憶に残りやすい。ただ答えを示すだけではなく、解説をしてくださると、その人のためにもなるし、別の生徒の理解を深めることにもなる。
	中学2年女子 E	正しい答えの説明を、自分に分かるようにしてほしい。あと、あまり間違いを真剣に違います、と言われたくない。	間違っって少し恥ずかしいから、いっそ場を盛り上げて笑いをとって恥ずかしさを紛らわせてほしい。そして、その後に分かりやすく、理解できるように説明してもらいたい。
説明	中学3年男子 F	間違いを指摘したうえで、詳しい説明をしてもらいたい。	何を自分が間違えたかきちんと理解するため。
	中学3年女子 G	酸素は物を燃やすときに使うものだ(説明)。おしいです。	物が燃えることに関連したことを言っているのだから、おしいといってほしい。

表 1-19 の「激励」とは、教師が生徒に励ましの言葉をかけるような対応のことである。「誤答の指摘」とは、教師が誤答であることをはっきりと指摘する対応のことである。「安堵」とは、例えば、教師が微笑み、その場を和ます対応のことである。「親身」とは、優しく対応してくれることである。「時間延長」とは、考えるための時間を与えてくれる対応のことである。表 1-19 より、中学 1 年で「ヒント」が多く、中学 2・3 年で「説明」が多いことが分かった。一方で、教師が実際に行った対応とは異なり、「激励」「安堵」「親身」といったような情緒的な対応を多く期待していることが分かった。

学年別・対応別に χ^2 検定を行ったところ、有意な違いがみられ、学年間で異なる傾向が見られることが明らかとなった ($\chi^2 = 74.58, df = 20, p < .01$)。残差分析の結果、中学 1 年では「ヒント」が有意に多く、「説明」「同じ発問」が有意に少なかった。中学 2 年では「ヒント」が有意に少なかった。中学 3 年では「同じ発問」が有意に多く、「親身」が有意に少なかった。その結果、中学 1 年では、「ヒント」で解決したいとする傾向が見られるのに対し、中学 2 年では、「ヒント」よりも認知的な対応である「説明」が多く見られている。さらに、中学 3 年では、情緒的な対応である「親身」よりも、「同じ発問」が多く見られている。以上より、中学 1 年では、ヒントで解決する支援や、情緒的な支援の活用が考えられるが、学年が上がるにつれて、情緒的な支援よりも認知的な支援を考慮して指導にあたる必要があると考えることができる。

表 1-20 の記述内容を踏まえて考えると、中学 1 年は、「ヒント」が最も多く、49 名が回答した。これを期待する理由は、

14 名が「次の機会に活かせるから」、9 名が「恥ずかしいから」という情的支援を期待していた。

中学2年では、「説明」が最も多く、50 名が回答した。これを期待する理由は、17 名が「ちゃんと理解したいから」という認知的支援であり、10 名が「恥ずかしいから」という情緒的支援を期待していた。

中学3年では、「説明」が最も多く、42 名が回答した。これを期待する理由は、10 名が「何を自分が間違えたかきちんと理解するため。」という理由を述べ、2 名が「優しく対応してほしい」、1 名が「恥ずかしいから」という情緒的支援を期待していた。

以上より「次に活かしたい」「理解したい」という理由から「ヒント」「説明」という教師の対応を期待していることが明らかとなった。実際に、どの学年も「別の生徒」で対応するのは 6.0% 未満であり、自力で解決したいと考える傾向があることが分かった。

一方で、中学1年は「ヒント」を手がかりに正答を述べたいとするのに対し、中学2年、中学3年は「説明」により理解してから正答を述べたいとする傾向があり、同じ自力でも質的レベルで異なることが明らかとなった。さらに、中学3年は他の学年に比べて、情的支援はあまり期待していないことが明らかとなった。

第3 教師の対応発問に関する一考察

本研究では，中学校理科授業における発話プロトコルを手がかりにして，生徒の誤答に対する教師の対応発問と生徒の期待に関する分析を行った。

発話プロトコル中の2次データは，誤答の「科学用語」が多く，誤答の「現象説明」「理由説明」が少ないことが明らかとなった。さらに，誤答を述べた時の教師の対応は，「ヒント」「説明」「同じ発問」「別の発問」「正答」「別の生徒」という6つに類型化することができた。特に，「説明」「同じ発問」「ヒント」が約60%を占めていたことが明らかとなった。「別の生徒」は約10%であったため，約90%が誤答を述べた該当生徒に自力で解決してほしいという対応をとっていると考えられる。

一方で，生徒が期待した教師の対応は，学年により異なり，中学1年は「ヒント」や「親身」が多くみられ，学年が上がると「親身」が少なくなり，「説明」や「同じ発問」が多く見られた。中学1年の生徒の立場からは『恥ずかしい』という情的な理由から，優しく対応してほしいと考える傾向が見られるものの，学年が上がると，間違っている所は『次に活かす』という理由から認知的な理解ができるような対応を期待していることが明らかとなった。

本研究は，学習者自らの思考を働かせたうえでの誤答場面，つまり，学習者が解決するための課題がはっきりと目前に迫る場面に焦点化したものである。この場面での教師による直後の対応は，学習者の発達を促し，ZPD 概念に影響を与えるものだと考えられる。こうした場面で，生徒に対して，教師が

積極的な働きかけをしてこそ，生徒の発達を促すと捉えることができる。さらに，生徒の実態を把握する際には，既に発達した生徒について考えるよりむしろ，今まさに発達しつつある生徒として捉えていく仕組みが，ヴィゴツキーの述べるZPD 概念と言える。

本研究では，何とか自力で解決したい，と願う生徒とともに，実際の教師の対応も，何とか該当生徒に解決してほしいという対応をしていることが明らかとなった。そのために，教師の認知的な支援や，情的な支援が重要であると考えることができた。こうした教師の対応は，発達しつつある生徒への支援と捉えることができ，ZPD 概念に関連してくるものであると考えられる。より思考を深め，科学の本質に迫ることができるような対応をしていくためにも，各学年に見られた特徴を意識した指導が重要である。具体的には，中学1年では，情緒的支援を意識し，学年が上がるにつれて，情緒的支援と同時に，学習者が一人ではできなかった領域の確認をしたうえで，認知的支援を意識していく必要があると考えられる。というのも，現下の発達水準を確認することで，次に続く明日の発達水準に目を向けることができるからである。特に，学習者自身が，自らの誤答を次に活かしていきたいと考えるような，前進への意欲がある生徒に対する認知的支援の場面では，教師の働きかけを，学習者は直接的に受け止める可能性が高まるため，教師が ZPD を意識する必要性は意義深いものになると考えられる。

発話プロトコルを用いて，生徒が期待する教師の対応を調査した結果からは，中学1年では「ヒント」，中学2・3年で

は「説明」、中学3年では「同じ発問」が多く見られることが明らかとなった。また、どの学年においても、自力で解決したいという傾向があることから、情緒的支援、認知的支援を上手く使い分けながら指導していくことが重要であると考えられる。

以上より、教師は、中学校段階においては、学年が上がるにつれて、情緒的対応から認知的対応へと移行させていくような支援を意識しながら、中学1年で「ヒント」、中学2・3年で「説明」、中学3年で「同じ発問」といったような対応を行い、生徒に自力で答えさせる指導をすることが効果的であると考えられる。

こうした授業中の教師の対応発問の検討に関わる教材研究は、QUILTフレームワークに位置付けるとStage4に相当すると考えられる。

第3項 実践的理科授業モデル

日本の教育基本法では、個人の尊重や能力の伸長がその根本理念の一つとして謳われている⁴⁶⁾。それにも関わらず、児童生徒の強い知的関心や高い能力を広く見だし、伸長するような教育システムが十分に発達しているとは言い難いのが現状である。松村(2008)によれば、教育の形式的平等を強調してきた戦後日本では、世界の先進国の中では珍しく、公式の才能教育といわれる特別教育は存在していなかった⁴⁷⁾。現在、日本では、教育への要請が多様化し、個性を活かす教育が求められており、全ての児童生徒の個に応じた適切な対応が求められている。

ただし、多様なニーズに応えるための教育システムは、事実上、戦後日本で全く存在していなかったわけではない。その具体例として、学力に関する能力別集団を編成したり、科学コンテストで好成績を獲得したりすることなどが挙げられる。特に、我が国における最も伝統と権威のある科学賞として知られる公募コンクールに、日本学生科学賞(Japan Student science Award, JSSA)という科学自由研究コンテストがある。このコンテストは、約60年の歴史を持ち、中学生と高校生を対象として毎年実施されている⁴⁸⁾。

現在、日本では、科学技術イノベーション政策の方向性を、5年おきに策定される科学技術基本計画によって定めている。2006年に閣議決定された第3期科学技術基本計画において、はじめて「才能ある子どもの個性・能力の伸長」という文言が使用された⁴⁹⁾。理数教育を重視する高等学校等に対する支援制度を拡充するとともに、才能ある子どもの各種の国際科学技術コンテスト等への参加を促進された。第4期科学技術基本計画

(2011)においても継続されている⁵⁰⁾。具体的政策として「次代を担う人材の育成」という国策に関わり、スーパーサイエンスハイスクール(SSH)への支援を一層充実するとともに、その成果を広く他の学校に普及するための取組を進めた。また、国際科学技術コンテストに参加する児童生徒を増やす取組や、児童生徒の才能を伸ばす取組を進めるとともに、科学の甲子園やサイエンス・インカレの実施など、科学技術に対する関心を高める取組を強化している。

一方、独立行政法人科学技術振興機構(JST)は、2009年より才能教育分科会を設置して検討を行い、翌年2010年に才能教育分科会報告書「科学技術イノベーションを支える卓越した才能を見出し、開花させるために」(JST,2010)を公表した⁵¹⁾。この報告書の中では「才能教育の課題と解決に向けて」という項目の中で、「小中学校や高等学校で全員が履修する理科の授業においては、理解が進んでいる児童生徒に対して、個に応じた指導が十分行われているとはいえない。」ことや、「教員に、自由研究や課題研究などの探究的な指導技能が十分でない。」ことなどを課題として挙げている。日本では、才能ある生徒に対する個別指導や探究活動の指導ができる教授モデルの提案が急務になっている。

本研究では、実践的理科授業モデルを構築するために、科学コンテスト等で活躍する県内外の学校を中心に、知的好奇心にあふれた才能ある生徒の育成に関する調査を行った。具体的には、茨城県、東京都、岡山県、愛媛県の優れた実践者30名にインタビュー調査を行い、才能ある児童生徒の個性・能力の伸長に関連するいくつかの特徴を明らかにし、多様な生徒に応じ

た実践的理科授業モデルの構築を試みた。それぞれの先生方が述べられた経緯や行動から数多くの教訓が浮かび上がり、理科教材開発における重要な示唆を多く汲み取ることを試みた。科学コンテスト等で活躍する県内外の生徒やその学校で指導する教師を中心に、知的好奇心にあふれた才能ある生徒の育成に関する調査を行うことで、所謂、成功の秘密は何か、あるいは、何が生徒や教師を突き動かすのか、といったような事柄を明らかにしていくことにした。また、ケーススタディとして抽出されるノウハウを取りまとめることで、多様な才能を多様な方法で評価することができる実践的理科授業モデルを構築することを目的とした。このように多様な方法で評価することが火防な可能な実践的理科授業モデルが示す特徴は、課題研究のみならず、前項で検討してきたような発問フレームワークに依拠した理科授業を行う際にも役立つ内容を抽出することができると考えられる。

第1 理科教育関係者へのインタビュー調査

本研究では、知的好奇心にあふれた才能ある生徒の育成に関する調査を行った。2008年から2009年にかけて、科学コンテスト等で顕著な実績を挙げた生徒にみられる特徴や、そうした生徒を指導してきた理科教師の教授モデルについて、優れた実践者30名に対してインタビュー調査を行った。才能ある児童生徒の個性・能力の伸長に関連するいくつかの特徴を明らかにし、多様な生徒に応じた実践的理科授業モデルの構築を試みることにした。インタビューア30名のうち、27名が高等学校理科教師で、3名が小学校理科教師である。また、30名のうち、29名が男性教師であった。さらに、経験年数は、30名のうち、27名が10年以上の現場経験を持つベテラン教師であった。

インタビュー調査は、隅田(2010)による理科才能行動チェックリストの開発、実施、分析等を参考にして、科学コンテスト等で受賞できる生徒の特徴と、生徒に対する教師の指導方法等に関する特徴についての理解を深めるような内容に焦点化することにした⁵²⁾。インタビュー内容は、大きくは以下に示す科学コンテストで活躍する生徒モデルと、その生徒を支援する教師モデルの2点に集約される。

- (1) 生徒モデル；今までに指導してきた生徒について
- (2) 教師モデル；生徒に対する指導方法など支援に関わる
ことについて

この(1)(2)の項目を中心としたインタビュー調査の内容を表 1-21 のようにまとめた。ここに示す内容でインタビューが進められたので、発話プロトコルは、生徒モデルと教師モデルが述べられる部分に大別することができる。

表 1-21 インタビュー調査の内容

質問事項		具体的な質問例
(1) 生徒 像	指導してきた生徒のことについて	どんな生徒がよく賞を受賞しますか。よく賞を受賞できる生徒の共通点は、ありますか。
		その生徒が指導上困難だと感じたことはありますか。具体例などあれば、教えてください。
(2) 教師 像	実験計画の企画の方法について	奇抜で独創的なアイデアは、どのようにして生まれることが多いですか。
		生徒の理科作品の研究テーマの決め方について教えてください。
		テーマ決定後に、関連する科学の知識を獲得させるための工夫は何ですか。
	生徒の指導方法について	奇抜で独創的なアイデアは、どのようにしてすくいあげていますか。
		特定のテーマや問題に、長期間興味を持たせ続ける工夫は何かありますか。
		グラフや図の指導について、うまく書かせるコツは何かありますか。
		理科授業などで、日頃から気を付けていることは何かですか。

第2 実践的理科授業モデルの開発

1 人あたり、30 分程度のインタビューを行うことにした。実際のインタビューでは、インタビューアの許諾を得て IC レコーダーに録音し、後日、全てテキストデータ(以下、「発話プロトコル」という。)に書き起こしたものを、分析対象とした。

全ての発話プロトコルに見られる傾向を考察するために、テキストマイニングの手法を用いて分析することにした。本研究では、樋口(2001-2015)が開発した計量テキスト分析システム KH Coder Ver.2. beta.32 (以下、「KH Coder」という。)を用いることにした⁵³⁾。樋口(2014)が開発した KH Coder は、文章、音声、映像など様々な質的データを分析する方法で、内容分析の具体的な方法を積極的に取り入れながら、データの計量的分析を想定した分析を行うことができるといった特徴を持っている⁵⁴⁾。この KH Coder は、テキスト全体を、これ以上分割することが不可能な形態素と呼ばれる単位に分割し、出現パターンの多い語を抽出することができる。これを利用して、出現パターンの多い語を抽出した後に、発話プロトコルに使用されていた用語の中で、同じ意味内容と判断されるものを整理し、その分類表を作成することにした。その分類表を用いて、それぞれの先生方が述べられた経緯や行動から数多くの教訓を浮かび上がらせることで、理科教材開発における重要な示唆を多く汲み取るようにした。その結果を整理することで、科学コンテスト等で実績を挙げている国内の優れた理科教員 30 名に共通す部分を抽出し、実践的理科授業モデルを構築することにした。その際、テキストマイニングの

手法を用いて分析を行うために，KH Coder で，テキスト全体を，これ以上分割することが不可能な形態素と呼ばれる単位に分割し，出現パターンの多い語を抽出することにした。

生徒モデルの発話プロトコルの中で，使用された語の出現パターンが多いものから順に特徴的な語を中心に抽出した。その結果，表 1-22 のように抽出語と使用頻度及びその用語が使用されていた実際の具体例をまとめ，生徒モデルに共通する特徴的要素を抽出することができた。

表 1-22 生徒モデルの出現パターン抽出結果(一部)

抽出語	出現頻度	具体例
子ども	40	子どもらしさがある
テーマ	17	自分でテーマを決めることができる
自分	17	
議論	9	話し合いや議論ができる
話し合い	4	
アイデア	25	独創的なアイデアや奇抜なアイデアがある
独創	13	
奇抜	6	
時間	12	時間をかけて取り組む
取り組む	8	
探究	6	探究心がある
頑固	4	頑固で粘り強い性格である
粘り強い	4	

表 1-22 と同様な手法で ,教師モデルの発話プロトコル中で ,使用された語の出現パターンが多いものから順に ,特徴的な語を中心に抽出し ,表 1-23 のような特徴的要素を抽出することができた。

表 1-23 教師モデルの出現パターン抽出結果(一部)

抽出語	出現頻度	具体例
テーマ	95	研究テーマは自分で決めさせる
自分	27	
決める	24	
面白い	23	面白い奇抜なアイデアを推奨する
アイデア	21	
奇抜	6	
自身	14	教師自身が勉強する
勉強	10	
助言	11	適切な助言を与える
与える	11	
情報	11	大学が発信している情報を収集する
大学	9	
プロセス	8	プロセスを重視する
基礎	7	基礎を大切に

表 1-22 ,表 1-23 に示したとおり ,出現パターンの多い語は ,その他の出現パターンの多い語と関連して用いられる傾向が認められた。そこで ,出現パターンの多い語を手がかりに ,内容的な分類を行い ,全 30 名によるインタビュー調査の発話

プロトコルを整理し，使用頻度の多かった順にまとめた結果が表 1-24 である。

表 1-24 開発した実践的理科授業モデル

理科教育モデル	特徴的な内容	使用頻度(順位)
(1)生徒モデル 科学コンテス トで活躍する 生徒モデル	・ 労力を惜しまない性格である	19(第 1 位)
	・ 子どもらしさがある	8(第 2 位)
	・ 探究心が旺盛である	7(第 3 位)
	・ プライドが高い	7(第 3 位)
	・ コミュニケーション能力がある	6(第 5 位)
	・ けじめをつけることができる	5(第 6 位)
	・ 日常で問題意識を持っている	5(第 6 位)
	・ 家族の励ましや協力がある	3(第 8 位)
	・ 将来の目標が明確である	1(第 9 位)
(2)教師モデル 科学コンテス トで活躍する 生徒を支援す るための教師 モデル	・ 生徒主体でテーマを同定する	20(第 1 位)
	・ 適宜の面接や助言を行う	19(第 2 位)
	・ 教師自身が勉強する	16(第 3 位)
	・ 独自性を追究する	15(第 4 位)
	・ 実験の過程を重視する	11(第 5 位)
	・ 基本的事項の徹底を行う	10(第 6 位)
	・ 遊び的要素を重視する	7(第 7 位)
	・ 専門家を尋ねる	7(第 7 位)
	・ 教師自身が楽しむことができる	6(第 9 位)
	・ 研究計画書の指導を行う	5(第 10 位)
・ もの作りを行う	4(第 11 位)	
・ 記録を取る習慣がある	4(第 11 位)	

表 1-24 では、特徴的な内容の中には、実際に発話プロトコル内での使用頻度が何回見られたのかを合わせて記載している。この使用頻度が高い順番に、第1位、第2位といったような順位付けを便宜的に行いながら、実践的理科授業モデルを提案することにした。

実践的理科授業モデルにおける生徒モデルは、労力を惜しまないという内容が第1位となっていた。科学コンテストで活躍する生徒は、時間と労力をかけることが前提条件であるという結果が得られた。もちろん、科学コンテストで優秀な成果を得るための作品を完成させることを想定すれば、生徒自身が、時間・労力を惜しまず、科学コンテストに挑戦する姿勢というのは、極めて当たり前であると考えることができる。しかし、現実問題として、放課後の時間を全て理科課題研究に費やせる生徒は、科学部に所属する生徒以外、希である。日本では、様々な教科からの宿題があったり、放課後の部活動などで時間を費やしたりすることが一般的だからである。こうした現実問題に対して、教師はどのような指導を行うべきかを考える秘訣が教師モデルに記載されている。例えば、教師モデルの第2位に示される、適宜の面接や助言を行うことで、教師モデルの第5位である実験のプロセスを重視できることにつながり、結果的に、生徒の思考過程を把握するような体制作りを行うことができる。

また、教師モデルの第1位については、生徒に研究テーマを同定させるようにするという内容であった。これは、Yager(1991)がCMLモデル(構成主義的学習論モデル)で提案した項目の中で最も基本的な要素である⁵⁵⁾。実践的理科授業

モデルが提案する指導内容は、生徒主体の構成主義学習論を汲んだものとして考えることができる。ただし、そうした活動を円滑に行うための秘訣として、第3位、第9位に挙げられた教師自身が勉強することや、教師自身が楽しむことといったような教師自身の改革が、生徒の活動に影響するといったような考え方は、従来のCMLモデルには無い、新しい要素となっている。このように、本研究の調査結果からは、生徒主体の活動を基本としながらも、適当なタイミングで教師が介入するモデルが存在しているように考えられる。

こうした理科授業をデザインするための実践的理科授業モデルに関わる教材研究は、QUILTフレームワークに位置付けると、授業前後の教材研究で考慮すべき内容であるため、Stage1及びStage5に相当すると考えられる。ただし、ここで示した実践的理科授業モデルは、あくまでも科学部、科学クラブや課題研究における探究活動に焦点化したものである。実際の理科授業においては、今回、提案した実践的理科授業モデルを参考にし、それぞれのクラスで、折に触れて、生徒に対して面接や声掛け等を行うことで、それぞれの教室学習に適したリアルな実践的理科授業モデルを構築していく必要があるものと考えられる。

第4節 本章のまとめ

本章では，QUILTフレームワークに基づく理科授業デザインの観点を明らかにしてきた。その結果は，表1-25のようにまとめることができる。

表1-25 QUILTフレームワークに基づく理科授業デザインの観点

Stage	具体的内容																														
Stage1： 発問の準備	理科授業をデザインするための実践的理科授業モデルを考慮する。																														
Stage2： 発問の提供	<p>発問を，解答形式や内容の観点から吟味するために，発問分類法を活用する。</p> <p>発問の形式に偏りがないかを確認するための発問分類法(Stage2, 及び Stage5の具体例)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>内容</th> <th>科学用語</th> <th>計算</th> <th>現象説明</th> <th>理由説明</th> <th>図・グラフ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>解答形式</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>短答式</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>論述式</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>選択式</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	内容	科学用語	計算	現象説明	理由説明	図・グラフ	解答形式						短答式						論述式						選択式					
内容	科学用語	計算	現象説明	理由説明	図・グラフ																										
解答形式																															
短答式																															
論述式																															
選択式																															
Stage3： 生徒の返 答に対す る刺激	QUILTフレームワークに組織化されている“ Wait time ”や“ Think-Pair-Share ”を活用する。																														
Stage4： 生徒の返 答に対す る処理	適切なフィードバックを提供し，正答や誤答を発展させ，活用するために，生徒が躓いた場面で発問を言換えるための Question カードを活用したり，教師の対応発問を考慮したりする。																														
Stage5： 発問の思案	Stage1 で活用した実践的理科授業モデルや Stage2 で活用した発問分類法を活用し，授業分析を行い，次回の授業に取り入れる。																														

註及び引用・参考文献

- 1) Walsh, J., & Sattes, B.: Quality Questioning, Research-Based Practice to Engage Every Learner, - , Corwin Press, 2005 .
- 2) 柴田義松：ヴィゴツキー入門，24-27，寺子屋新書，2006 .
- 3) ヴィゴツキー(著)，土井捷三・神谷栄司(訳)：「発達の最近接領域」の理論 - 教授・学習過程における子どもの発達，21-22，三学出版，1935/2003 .
- 4) 中村和夫：ヴィゴツキー心理学「最近接発達の領域」と「内言」の概念を読み解く，23-25，新読書社，2004 .
- 5) Pope, G.: Questioning Technique Pocketbook, 12, Teachers' Pocketbooks, 2013.
- 6) Walsh, J., & Sattes, B. : op.cit, 53-54, 2005.
- 7) Walsh, J., & Sattes, B.: Leading Through Quality Questioning; Creating Capacity, Commitment, and Community , 25-27 , Corwin Press, 2010.
- 8) Walsh, J., & Sattes, B.: op.cit, 140-142, 2005.
- 9) Blosser, P. : How to Ask the Right Questions, 1-15, National Science Teachers Association, 2000.
- 10) Fang, Z.: Scientific literacy: A systemic functional linguistics perspective, Science Education, 89(2), 335-347, 2005.
- 11) Walsh, J., & Sattes, B.: op.cit, 80-86, 2005.
- 12) Rowe, M.: TEACHING SCIENCE AS CONTINUOUS INQUIRY: A Basic, 273-285, McGraw-Hill, 1973.
- 13) Walsh, J., & Sattes, B.: op.cit, 91-92, 2005.

- 1 4) Walsh, J., & Sattes, B.: Thinking Through Quality Questioning; Deeping Student Engagement, 169-170, Corwin Press, 2011.
- 1 5) Pope, G. : op.cit, 83-85, 2013.
- 1 6) Fisher, R.: Teaching Thinking: Philosophical Enquiry in the Classroom, 146-147, Bloomsbury, 2013.
- 1 7) 前掲書 3) , 21-23 , 1935/2003 .
- 1 8) Walsh, J., & Sattes, B. : op.cit, 25-27, 2010.
- 1 9) Walsh, J., & Sattes, B. : op.cit, 118-121, 2011.
- 2 0) 森総之助 : 中等物理学教科書 , 1-24 , 積善館 , 1925 .
- 2 1) 板倉聖宣 : 理科教育史資料 第 2 巻 理科教科書史 , 東京法令出版 , 1986 .
- 2 2) 氏家謙曹 : 新編理科書巻之四上 , 18-28 , 森岡栄文堂梓 , 1894 .
- 2 3) 稲葉秀明 : 氷はなぜ水に浮かぶのか - 科学の眼で見る日常の疑問 - , 丸善株式会社 , 1998 .
- 2 4) Bloom, B., Englehart, M., Furst, E., Hill, W., & Krathwohl, D. : Taxonomy of Educational Objectives, The Classification of Educational Goals Handbook 1 , 62-77 , New York: David McKay , 1956 .
- 2 5) 細野二郎 : 「学習材」としての教科書の機能に関する基礎的研究 , 平成 6 年度科学研究費補助金研究成果報告書“Grant Number: 04306007.” , 1995 .
- 2 6) 中山迅 : 思考と表現を一体化させる理科授業 , 猿田祐嗣 , 中山迅編集 , 16-28 , 東洋館出版社 , 2011 .
- 2 7) 中山迅 , 猿田祐嗣 , 森智裕 , 渡辺俊和 : 科学的探究の教育

- における望ましい「問い」のあり方：日本の中学校理科教科書における「問い」の出現場面と種類，47-57，理科教育学研究，55(1)，2014．
- 28) 山岡武邦：愛媛県立高校入試理科問題における「問いかけ」に関する経年変化研究，145-154，日本理科教育学会理科教育学研究，50(3)，2010．
- 29) 三輪洋次：新学力観に立つ理科の高校入試問題と授業改善，10，明治図書，1997．
- 30) 前掲載 28)，146-147，2010．
- 31) 前掲載 28)，147-148，2010．
- 32) 2008年7月10日木曜日の愛媛新聞3面(日刊)によれば，『県教育委員会は9日，2008年度県立高校入試結果概要を発表した。全日制一般入試の5教科合計平均は250点満点で140.9点(前年比12.1点減)と過去10年で2番目に低かった。教科別では，理科31.0点(2.1点減)。5教科合計の正答率は56.4%で，問題作成の目安としている56-58%の範囲内としている。』とある。平均点の算出は全て公表されている資料を用いた。
- 33) 2008年12月27日土曜日の愛媛新聞1面(日刊)によれば，『県教育委員会がまとめた県内国公立中学校(中等教育学校除く)の3年生13,452人対象の2008年度進路希望調査結果(7月15日現在)が，今月26日までに判明。進学希望者13,007人のうち県立全日制高校は11,536人(88.7%)，私立全日制高校は990人(7.6%)。』とある。
- 34) 愛媛県における総合分野は，昭和58年度から登場した。この年度以降，4つの大問(第1分野，第2分野からそれぞれ2つの大問)から，5つの大問(第1分野，第2分野からそれぞれ

- 2つの大問に加えて総合分野から1つの大問)の出題となった。
以上のように、総合分野は、他の分野よりも大問の数が半分少なく、問いの数は他の分野よりも約半分ほど少なくなっている。
- 35) Valverde, G., Bianchi, L., Schmidt, W., McKnight, C., & Wolfe, R. (Eds.): According to the book; Using TIMSS to investigate the translation of policy into practice in the world of textbooks. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer, 2002.
- 36) Japan Federation of Publishing Workers' Unions: The textbooks report No.53: Japan Federation of Publishing Workers' Unions, 70-72, 2010.
- 37) Walsh, J., & Sattes, B.: op.cit, 53-54, 2005.
- 38) 小倉康他: 授業ビデオ研究-理科授業記録-(I~IVの4分冊), 平成12・13年度科研費研究報告書(研究代表者: 小倉康, 課題番号: 12308007), 2001.
- 39) 小倉康他: わ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(第一部), 平成12~15年度科研費研究成果報告書(研究代表者: 小倉康, 課題番号: 12308007), 2004.
- 40) 前掲載 28), 145-154, 2010.
- 41) Pope, G.: Questioning Technique Pocketbook, 84-85, Teachers' Pocketbooks, 2013.
- 42) 加藤辰雄: 誰でも成功する発問のしかた, 12-13, 学陽書房, 2008.
- 43) 小侍祐一, 米村彰, 横山あゆみ, 中山迅, 猿田祐嗣, 三宅征夫: TIMSS 理科課題に対する回答の正誤に隠れた中学生の考え, 日本科学教育学会, 年会論文集 32, 427-428, 2008.

- 4 4) 隈元修一,中山迅,猿田祐嗣: 中学生の科学的記述学力の評価に関する研究(13),日本理科教育学会九州支部大会発表論文集 37, 13-14, 2009.
- 4 5) 前掲載 38), 2001.
- 4 6) Retrieved from
http://www.mext.go.jp/b_menu/kihon/about/.
- 4 7) 松村暢隆: 本当の「才能」を見つけて育てよう 子どもをダメにする英才教育 , 48-50, ミネルヴァ書房, 2008 .
- 4 8) Retrieved from
<http://event.yomiuri.co.jp/jssa/index.htm>.
- 4 9) Retrieved from
<http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/kihon3.html>.
- 5 0) Retrieved from
<http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index4.html>.
- 5 1) Retrieved from
<http://www.jst.go.jp/pr/info/info726/besshi.html>.
- 5 2) Sumida, M.: Identifying twice-exceptional children and three gifted styles in the Japanese primary science classroom. *International Journal of Science Education*, 32(15), 2097-2111, 2010.
- 5 3) Retrieved from <http://khc.sourceforge.net/>.
- 5 4) Higuchi, K.: Toward the inheritance and development of weighing text analysis content analysis for social research, 1-16, Nakanishiya publication, 2014.
- 5 5) Yager, R.: The Constructivist Learning Model: THE SCIENCE TEACHER, 52-57 , 1991.

第2章 理科固有の発問フレームワークに基づいた理科授業デザイン

第1節 本章の目的及び研究の手順

本章では、生徒たちの思考活動を促進させるために、理科固有の発問フレームワークを開発することにした。そのために、様々な教授方略が見られるQUILTフレームワークに認知的葛藤や社会的構成主義に基づく教授方略を取り入れ、質の高い発問が可能となる授業デザインを試みることにした。ただし、QUILTフレームワークで提案される全ての教授方略を取り入れることは授業における時間的制約があり、現実的ではない。そのため、扱う単元に応じて、授業内容の特徴を踏まえ、教授方略を精選しながら活用し、5つのステージ全ての要素を取り入れた理科固有の発問フレームワークを開発することにした。本章では、中学校第一学年理科「状態変化」を題材とし、観察・実験を通じて、現象を粒子概念で説明することを目標とした発問フレームワークを開発する。この目標を達成するために、教師の発問を効果的に扱う教授方略を選択していくことにした。

第2節 QUILT フレームワークに基づく理科固有の発問フレームワークの開発

第1項 認知的葛藤と社会的構成主義とを関連付ける意義

学習者は、事実を満たす空の容器ではなく、経験と熟考を通じて知識を構築していくという考え方は、構成主義として知られている。この学習論によれば、学習者が得た新しい知識は既存の経験と照らし合わせて、理解を深めることができると考えられる。ただし、学習者には新しい知識が単に付加されていくのではなく、素朴概念“naive concepts”やオルターナティブ・フレームワーク“alternative frameworks”といったような、学習者なりに筋道の通った概念が構築される。Novak(1998)は、学校知と日常知を統合したり、意味づけをしたりする際、この2つの知識が相反すれば、認知的葛藤が起ると述べている¹⁾。ここで、バーライン(1965)によれば、認知的葛藤とは、疑い、当惑、矛盾、認知的不調和、混乱、不適切といったような型で説明されるものである²⁾。このような葛藤や矛盾による不均衡により学習が促進されると考えられるため、理科授業中に認知的葛藤を生起させる場面を設けることは意義深い。本研究では、認知的葛藤を生起させる場面を設定し、学習者による知識の意味共有の意義について検討するために、社会的構成主義の学習観を採用することにした。

授業では、教師が生徒に知識を与える場面が見られる。社会的構成主義の立場では、学習者に与えられた情報をそのまま受け取るのではなく、他者と交わる活動を通して精緻化され、学習者自らが主体的に再構築される過程を学習とみなしている。Kerry(2002)は、授業中の発問が、生徒が既に知っていること

から学習を始め，理解の段階を深めていくための梯子を提供するものだと述べている³⁾。言い換えれば，足場“Scaffold”概念は，ヴィゴツキーの発達の最近接領域である ZPD 概念の中で展開されるのである⁴⁾。実際に，Kawalkar & Vijapurkar (2013) は，きめ細かな質的研究を基にして，授業中における議論を深めるための教師の発問は，議論を生じさせるだけでなく，それを支援する足場になっていることを報告している⁵⁾。足場概念は，必ずしもオープンエンドな発問だけでなく，生徒を励ましたり，返答したりする際に，展開されるのである。

特に，粒子概念のような目で見ることのできない科学概念の獲得を目指す授業では，教師と生徒，生徒同士での相互交流が有効である。ZPD 概念によれば，一人では到達できない領域から脱却できる可能性があるからである。そのため，話し合い活動を重視した社会的構成主義に基づく教授方略である“Think-Pair-Share”を用いることにした。この話し合い活動を活性化させる前提条件として，個人の意見を持つことができているかどうかという観点に着目した。そこで，個人の意見を持たせる活動として，“Think-Pair-Share”の前に，認知的葛藤を生起させる場面設定を組み込むことにした。

授業中に行われる教師の発問が，認知論的な内発的動機づけである認知的葛藤を踏まえたうえでなされるものであれば，ZPD の特定にまで迫る可能性があるため，認知的葛藤と社会的構成主義を関連させた実践は，大変意義深いと考えられる。

前章第1節の QUILT フレームワークに関する理論研究で述べたとおり，QUILT フレームワークは，社会的構成主義を理論的な背景としたものである。そこで，次項では，理科固有の発

問フレームワークにするために，認知的葛藤を取り入れることで，認知的葛藤と社会的構成主義を関連付けることにした。

第2項 認知的葛藤を用いた教授方略“Puzzling picture”

Styre & Sound(1975)は，生徒から様々な意見を引き出す目的で，不可解な絵（以下，“Puzzling picture”という。）を効果的に活用する場面設定を提案するとともに，不可解な絵に潜む謎を解く際には，発散的発問から始めることを提案している⁶⁾。

具体的に，図2-1のような絵を用いて説明している。この絵を見た学習者は，単にポテトとストローの絵だということかもしれないが，何故，わざわざポテトにストローを貫通させる



図2-1 不可解な絵

のかという疑問も生じる。その後，「ドリルでポテトに穴をあけて貫通させてから，そこにストローを置く。」「ポテトを茹でたり焼いたりして，ストローの中にポテトをぐいぐい押ししていく。」「そのストローは，凍らせた水が入っていて，ポテトの中に押し込んでいる。」「ストローに対してすばやくポテトを移動させる。」など様々な意見が出てくると述べている。ここで示される通り“Puzzling picture”は，学習者なりに筋道の通った意見を多く述べることが目的であり，科学的に正しい答えを導き出すことが目的ではない。そのため，この活動は授業の導入場面で用いて，可能な限り意見を出すことが重要であると考

えられる。

さらに，Blosser(2000)は，発問分類システム QCSS“The Question Category System for Science”における思考の深化・発展レベルの中で，教師の発問が，収束的及び発散的発問に分類できるとしたうえで，収束的発問に偏らないことの重要性を述べている⁷⁾。これらを踏まえ，本研究では，発散的発問から始め，不可解な絵を活用しながら科学的知識へと導くための収束的発問に至る教授方略を導入することにした。具体的には，授業の導入で，不可解な写真を生徒に提示し「これは何ですか。」という発散的発問を行うことから始めることにした。その後，ある程度のキー概念が出始めた後に，「この現象を説明できますか。」という収束的発問を行うことにした。理科固有のフレームワークとするために，図 2-2 のように生徒たちの思考活動を刺激し，認知的葛藤を生起するための教授方略“Puzzling picture”を QUILT フレームワークに取り入れることにした。

【イメージ図】

QUILTフレームワーク

QUILTフレームワーク
Stage1：発問の準備
Stage2：発問の提供
Stage3：生徒の返答に対する刺激
Stage4：生徒の返答に対する調査
Stage5：発問の思案

Puzzling picture
+ 不思議な絵

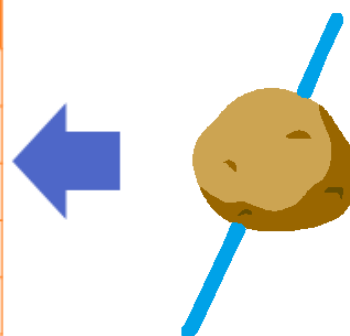


図 2-2 理科固有の発問フレームワーク

第3項 開発した理科固有の発問フレームワーク

Walsh & Sattes (2005) が開発した様々な教授方略が見られる QUILT フレームワークに関する理論研究を行い、効果的な発問が可能となる授業デザインを試みることにした⁸⁾。ただし、QUILT フレームワークは、授業前の教材研究から、授業後の分析に至るまでの授業全体を包括する5つのステージで構成されており、このフレームワークで提案される全ての教授方略を取り入れることは授業における時間的制約のため現実的ではない。そのため理科で扱う単元を想定して教授方略を精選した結果、認知的葛藤を生起させる場面設定を行ったり、社会的構成主義に基づく教授方略“Think-Pair-Share”を取り入れたりすることで、表2-1に示す理科固有の発問フレームワークを開発した。

この発問フレームワークに見られる具体的教授方略として、不可解な写真を用いた認知的葛藤を生起させる場面設定や、議論を構築させる“Think-Pair-Share”や、発問後や返答後のわずかな待ち時間により生徒の思考活動を促す“Wait time1”及び“Wait time2”、が挙げられていた。

表 2-1 理科固有の発問フレームワーク

ステージ	具体例
1：発問の準備	指導目標を明確化し，科学概念を同定する。
2：発問の提供	科学概念を生徒に導入するための発問を，解答形式や内容の観点から吟味する。その際に，山岡(2010)の発問分類法を活用する ^{注1)} 。
3：返答への刺激	認知的葛藤を生起させる場面を設定し，不可解な写真を活用する。その活動を踏まえた後で，実際に実験を行うとともに，“Think-Pair-Share”を活用し，話し合い活動を促進させる。
	【Stage3で扱う教授方略】
	“Puzzling picture”：これは何ですか，という発散的発問から始め，多くの意見が出た後，この現象を説明できますか，という収束的発問を行う。
	“Think-Pair-Share”；はじめに一人で考え，次にパートナーと協力し，最終的にクラス全体で共有するという教授方略のこと。
	“Wait time1”及び“Wait time2”；発問後や間により生徒の思考活動を促す返答後のわずかな待ち時間を活用する教授方略のこと。
4：返答への処理	正答や誤答を発展させ，適切なフィードバックを提供する。生徒の返答後には，山岡・松本・隅田(2015)の教師の対応発問を活用する ^{注2)} 。
5：発問の思案	発問分析の結果を次回の授業に取り入れる。その際に，山岡(2010)の発問分類法を活用する ^{注3)} 。

注 1・3)は引用・参考文献 9)を，注 2)は引用・参考文献 10)を参照。

本研究では、QUILTフレームワークで述べられる5つのステージ全ての要素を取り入れた授業デザインにすることにした。各ステージに関する説明は以下のとおりである。

Stage1で、学習内容のコア概念を同定し、学習指導案を作成し、指導計画を立てた。その中で、授業中に行う発問を検討するために、Stage2で、発問計画を、解答形式や内容の観点から吟味することにした。具体的には、山岡(2010)による発問分類法を活用することにした⁹⁾。この発問分類法は、発問を「短答式」「論述式」「選択式」といった3種類の解答形式及び「科学用語」「計算」「現象説明」「理由説明」「図・グラフ」といった5種類の内容の観点から分類し、検討を行うものである。クロス集計すれば、合計で15種類の分類が可能になり、理科の特徴を表すことが可能となる。この発問分類法を活用し、特定分野に特定の形式の問いかけが大きく偏ることがないように配慮する必要がある。例えば、使用したい発問が、短答式かつ科学用語が多く占めるようであれば、事実確認の発問を減らし、生徒が考える発問を増やすなどの作業を通じて、授業改善に役立つものと考えられる。

Stage3は認知的葛藤を生起させるために活用した不可解な写真を活用した活動と、その活動後に、理解を深めるための活動である“Think-Pair-Share”を授業デザインの中に組み込むことにした。さらに、思考活動を促進させる“Wait time”を取り入れることにした。

Stage4は、生徒の思考活動の深化、拡充だけでなく、返答ができない生徒の支援を考慮した内容となっており、フォローアップ発問の活用が考えられる。生徒の躓きを効果的に活用して

いく目的で、山岡・松本・隅田(2015)は、生徒が誤答を述べた場面に着目し、教師の対応発問について検討している¹⁰⁾。中学1年生は情緒的な対応を、中学3年生は認知的な対応を、教師に期待している傾向があることを明らかにしている。こうした傾向を参考にして生徒を支援する必要があると考えられる。

Stage5は、実際に行った授業を分析し、次回以降の授業に活用していくことで、授業改善に役立つことが期待される。その際、Stage2と同様に発問分類法を活用するという方法が考えられる。

以上のように、認知的葛藤を生起させ、個人の意見を持たせたうえで、“Think-Pair-Share”という話し合い活動を行い、教師、生徒間での交流の場では、わずかな時間が思考活動を促進させるとする“Wait time”の3つの教授方略を用いることにした。

第3節 理科固有の発問フレームワークに基づいた理科授業デザイン

第1章で述べたとおり，Walsh & Sattes (2005) が開発した QUILT フレームワークの理論的背景の一つに，ZPD 概念を踏まえた学習観がある¹¹⁾。Walsh & Sattes (2010) は，教師が，学習者の ZPD 概念に影響を及ぼすのは，難しさや手応えの観点でちょうど良いレベルの簡単すぎず難しすぎない活動や宿題を提示している時であると述べている¹²⁾。理科授業をデザインするための前提条件として，教材研究の段階では，簡単すぎず難しすぎないという条件を満たす教材を選択することは大変意義深いと考えられる。

この観点を踏まえて，本研究では，高校入試問題と教科書をもとに，教材の選択を行うことにした。高校入試は義務教育修了段階の約 90% 以上の中学生が受験する比較的大規模な学力テストであり，学習指導要領に基づいて作成されている。そのため，客観的に義務教育の成果を測るという側面を有する。また，高校入試問題は，中学校段階での学習指導要領に定められた範囲の内容に沿って問題が作成されている。授業中に使用されている各学習指導要領に準拠した理科教科書も重要なリソースである。一定水準のレベルと客観性が保障されている高校入試問題と教科書をもとに，簡単すぎず難しすぎないという条件を考慮した授業デザインを試みることは，本研究の目的に適ったものである。

第1項 中学校第1学年理科「状態変化」の単元開発

奥村(2000)によれば、物質概念には、物質の微視的概念と巨視的概念があり、前者は粒子概念と呼ばれることがある¹³⁾。粒子概念のような不可視の科学概念を扱う理科授業では、教師の発問が果たす役割は大きいと考えられる。例えば、気体は目で見ることはできないと言葉で理解していても、水蒸気と湯気の違いについて説明することは難しい。例えば、松森(2012)のように、上述の観点で記述されている文献は多く見受けられるとともに、これに対する様々な指導上の工夫が提案されている¹⁴⁾。高垣・田爪(2008)は、授業の質的分析を行い、社会認知的葛藤“socio-cognitive conflict”が解消されるプロセスにおいて、子どもたちが強固に保持する既有概念が、科学概念へと変化することを明らかにした¹⁵⁾。理科教材の開発や、観察・実験の工夫と併せて、認知的葛藤を生起させる活動を踏まえながら、教師の発問を工夫するなど、学習者の科学的な思考や表現を促進するための教師の発問の検討は必要である。全節では、理科固有の発問フレームワークを開発するとともに各ステージで行う教授方略に関する概略について触れた。

本節では、前節で示した理科固有の発問フレームワークを用いて、中学校第1学年理科「状態変化」の単元に焦点化することで、より具体的な理科授業デザインを行うことを試みることにした。

第1 発問フレームワークに依拠した理科授業デザイン

(1) Stage 1 「発問の準備」

単元は，教師の発問が果たす役割が大きいと考えられる不可視の現象を扱う分野である中学校第1学年「物質の状態変化」とした。この単元では，表2-2に示すような指導目標を立てることができる。

表2-2 学習すべき科学概念を明確化するために指導目標（具体例）

使用教科書 及び対象		『新しい科学1年（東京書籍）』中学1年生	
指導 目 標	1 状態変化によって 体積は変化するが 質量は変わらない ことを理解するこ とができる。	指 導 計 画	『単元2身のまわりの物質 4章 物質の姿と状態変化』 1 物質の状態変化・・・1時間 2 状態変化するときの 体積と質量・・・・・・・・3時間 (本時はその2)
	2 粒子概念を用いて 状態変化を理解す ることができる。		3 状態変化するときの 温度・・・・・・・・・・2時間

授業内容は，一定水準のレベルと客観性を保障する内容とするために，中学校理科教科書に記述される内容に加え，高校入試理科問題の中から選んだ2つの実験(以下『実験（株式会社学習研究社，2005）¹⁶⁾』及び『実験（株式会社旺文社，2003）¹⁷⁾』という。)を取り入れた内容で構成した。

指導計画は，表2-3のようにまとめられ，そのうちの第3時『実験』，第4時『実験』，及び第5時『実験』『実験』

』のまとめの時間において，理科固有の発問フレームワークに見られる教授方略を用いた授業実践を行う計画を立てることにした。

表 2-3 「物質の状態変化」の指導計画

時	主な学習活動
1	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水の状態変化について話し合いを行う。 ・ 実験 エタノールの状態変化
2	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実験 ロウの状態変化 ・ 状態変化の様子を粒子概念で考える。
事前調査(第2時終了時に実施)	
3	<ul style="list-style-type: none"> 『実験 』(フラスコの中の風船) ・ 認知的葛藤, Wait time, Think-Pair-Share
4	<ul style="list-style-type: none"> 『実験 』(消えた泡の行方) ・ 認知的葛藤, Wait time, Think-Pair-Share
5	<ul style="list-style-type: none"> 『実験 』 『実験 』のまとめ ・ 実験 エタノールが沸騰するときの温度
事後調査(第5時終了時に実施)	
遅延調査(事後調査の1か月後に実施)	

表 2-3 に示すように，生徒自身が粒子概念を用いて考え，現象を説明できることを目標とした学習活動を展開することにした。『実験 』, 『実験 』で実施される水の状態変化については，次のように説明ができる。

1 mL (1 g) の水 ($H_2O = 18$) が、常圧 (1.01×10^5 Pa) で、 $100^\circ C$ ($373K$) に温度が上昇したとする。このときの水蒸気の体積は、理想気体の状態方程式より

$$P V = n R T$$

$$1.01 \times 10^5 \times V = 1/18 \times 8.31 \times 10^3 \times 373$$

$$V = 1.700$$

$$V = 1.700 \text{ L} (= 1700 \text{ mL})$$

すなわち、1 mL の水は水蒸気になると 1700 倍になる。一方で、水蒸気が冷やされて水に戻るときは、体積が約 1700 分の 1 になる。この原理を利用した『実験』、『実験』の授業では、科学概念の定着を図る目的で「粒子は大きくなったり、増加したりしないこと」「水(液体)は水蒸気(気体)になると体積が 1700 倍になること」という性質を理解させるようにした。これは、菊地ら(2008)が整理した粒子概念の段階化と内容によれば、「原子・分子・イオン」の別を意識した粒子概念ではなく、物質の粒子性に着目した粒子の種類を明確にしない「小さな粒」としての粒子概念の取り扱いを考える段階に相当している¹⁸⁾。彼らは、粒子概念は種々の場面で活用でき学習内容の理解を深めることができると述べている。さらに、森本・福田(2009)によれば、この単元の指導上のポイントは、マクロな現象とミクロな現象をつなげるような授業展開であると指摘している¹⁹⁾。本研究では、粒子概念を用いて考え、現象を説明できることを目標とした学習活動を展開することにした。

(2) Stage2「発問の提供」

授業前の教材研究の一環で、科学概念を生徒たちに導入するための発問を、解答形式、内容の観点から吟味する必要がある。ここでは、『実験』、『実験』のそれぞれの実験について説明することにした。さらに、該当の授業におけるコア発問を示し、それに関する検討を行うことにした。発問分類法によれば、たいていの授業では「短答式」「科学用語」が多くなる傾向があるため、コア発問は「記述式」「現象説明」または「記述式」「理由説明」になるように設定することにした。

実験 「フラスコの中の風船」

図 2-3 のようにフラスコ内の水を沸騰させた後、フラスコに風船を被せると、風船は膨らむ。風船の中は、水（液体）が状態変化をすることで、体積が 1700 倍になった水蒸気（気体）で満たされていることになる。

次に、風船が、ある程度大きくなったところで火を止めると、気体が冷やされることで、再び状態変化をする。つまり、水蒸気から水への変化が起こり、1/1700 倍に戻るようになる。結果的に、風船がフラスコの中に吸い込まれていくことになる。




		
<p>フラスコ内の水を沸騰させる。体積が1700倍になる。</p>	<p>水蒸気が出ているフラスコに、風船をかぶせる。</p>	<p>膨らんでいく風船の中は、水蒸気で一杯になる。</p>

図 2-3 実験 「フラスコの中の風船」の実験方法

なお、図 2-3 の原理をより詳細に理解するために、対照実験を行うことにした。具体的には、はじめから風船をつけて、フラスコ内の水を沸騰させるという方法である。この場合は、フラスコ内にもともとあった空気の逃げ場がなく、はじめに風船に移動するのは、状態変化した水ではなく、フラスコ内の空気ということになる。そのため、1700 倍という体積変化ではなく、1 倍のままで風船の中に移動することで、風船は膨らむ。ここまでは、図 2-3 に示した方法と、見た目は全く変わらない。しかし、風船が、ある程度大きくなったところで火を止めると、空気が再びフラスコに戻るので、図 2-4 のように風船は、フラスコの中に入ることなく、フラスコの外でしぼむという結果が観察される。



図 2-4 フラスコに入らない風船

この原理を説明できるようにするために、表 2-4 の 2 つの
コア発問を用意した。

表 2-4 実験 「フラスコの中の風船」におけるコア発問

コア発問	発問分類法
<p>【発問 1】</p> <p>・風船の入ったフラスコを、再びあたためると、どうなりますか。粒子概念を用いた説明はできますか。</p>	<p>「記述式」 「現象説明」</p>
<p>【発問 2】</p> <p>・はじめから風船をつけて、あたためた後に、フラスコを冷やすとどうなりますか。粒子概念を用いた説明はできますか。</p>	<p>「記述式」 「現象説明」</p>

実験 「消えた泡の行方」

図 2-5 の実験装置を用いて実験を行う。図中の A ,B には ,
実験上の注意点を 2 点示している。

(注 1) 実験前に A の部分まで水を一杯に入れる。

(注 2) 実験中に B の部分はゴム管を塞がない。

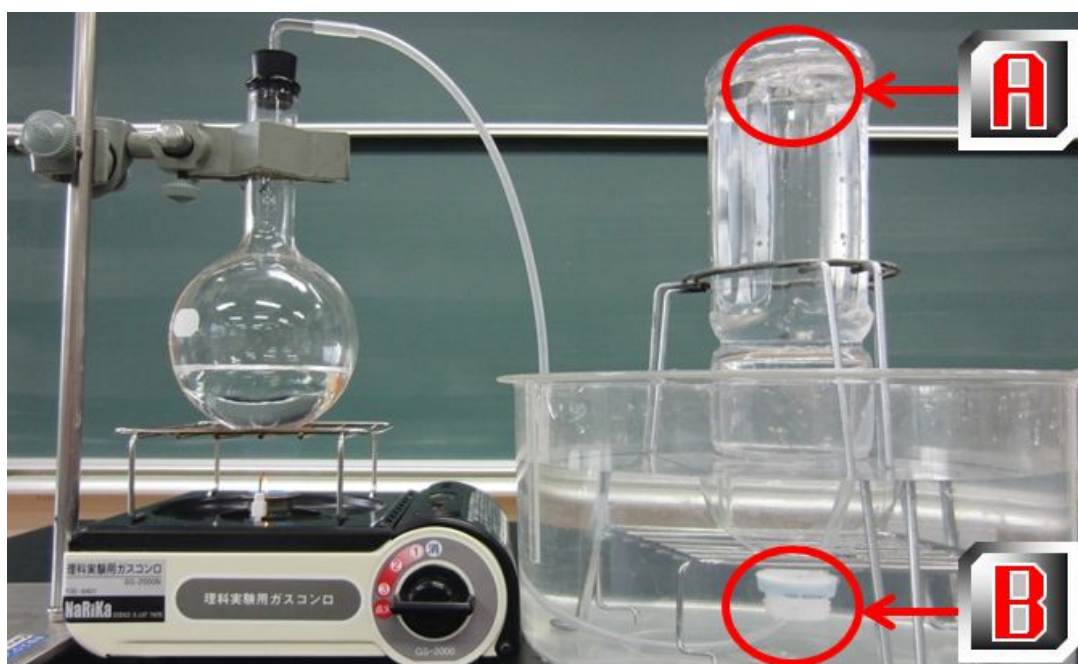


図 2-5 実験 「消えた泡の行方」の実験方法

図 2-5 に示す準備ができたなら , ガスコンロの火をつける。
そうすると , フラスコからゴム管を通じて他方のペットボト
ル側に泡が出て , 気体が集まる様子を観察することができる。
この泡の正体は , 丸底フラスコに , もともと入っていた空気
である。この空気が , 全てペットボトル側へ移動した後は ,
フラスコ内の水が水蒸気へと状態変化し , その水蒸気がペッ

トボトル側へ移動していくのである。しかし，ゴム管を通じて他方のペットボトル側に移動してきた水蒸気は，水槽中の水で一気に冷やされ，再び液体の水へと状態変化する。その結果，フラスコ内の水が沸騰し続けているにもかかわらず，ペットボトル側に泡が出ないのである。結果的に，丸底フラスコの底から激しく泡が出続けているのに，ペットボトル内の気体の体積が増加しない，といった不可解な場面に見えるのである。

この原理を説明できるようにするために，表 2-5 の 2 つのコア発問を用意した。

表 2-5 実験 「消えた泡の行方」におけるコア発問

コア発問	発問分類法
<p>【発問 1】</p> <p>・丸底フラスコの底から激しく泡が出続けているのに，ペットボトル内の気体の体積が増加しなくなったのはなぜですか。</p>	<p>「記述式」</p> <p>「理由説明」</p>
<p>【発問 2】</p> <p>・ガラス管に取り付けたゴム管の先を，ペットボトルに集まった気体の部分に設置してから，火を消すと，どうなりますか。</p>	<p>「記述式」</p> <p>「現象説明」</p>

実際に，フラスコ内にもともとあった空気が，全てペットボトル側へ移動した後に泡が発生しなくなることは，図 2-6 で示すように，泡が発生しなくなったところに線を引けば容易に確認することができる。ペットボトルの気体の部分と，

フラスコ内の気体の部分とが,完全に一致しているからである。

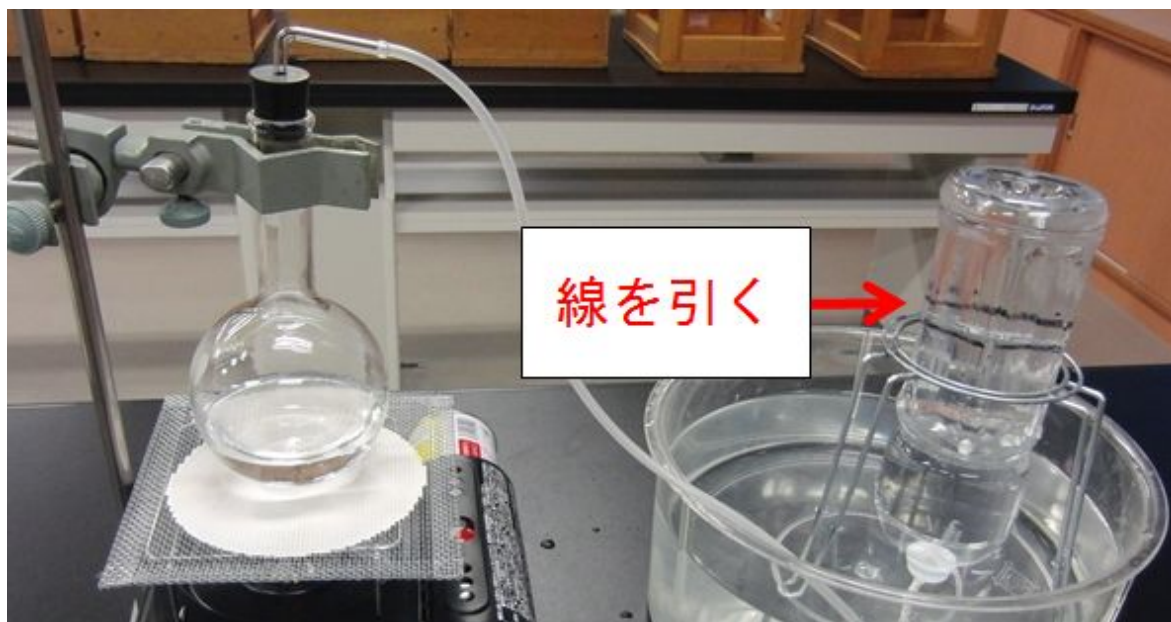


図 2-6 実験 「消えた泡の行方」の現象説明をする際の工夫

なお、『実験 』及び『実験 』は,ガリレオ工房(1996)をはじめとして,様々な文献で紹介されている^{20),21),22),23)}。ただし,実験後に面白かったというだけで終わるものが多く,原理原則を考えるとところまでは踏み込めていないのも事実である。小川(1998)は,教師が科学をやっている気になっているが,実際は楽しいだけで終わった場合は,子どもに科学を伝えていないと指摘し,これをネオ科学と呼んでいる²⁴⁾。『実験 』及び『実験 』は,指導の仕方によっては,楽しいだけで終わるネオ科学の性格を帯びる可能性がある実験であり,教師の発問で原理・原則まで説明できるか否かを試すことができるという意味において,教師による発問の効果

を試みようとする本研究の目的に適ったものであると考えられる。

(3) Stage3「返答への刺激」

Stage3は、思考活動を促進させる“Wait time”を取り入れ、認知的葛藤を生起させるために活用した不可解な写真を活用した活動と、その活動後に理解を深めるための活動である“Think-Pair-Share”を授業デザインの中に組み込むことにした。

“Wait time”の活用方法

生徒の返答を支援する目的で、教師の発問直後及び生徒の返答直後にわずかな待ち時間を設ける非言語的刺激を用いる方略が“Wait time”である。授業中は、発問1及び発問2の2つのコア発問以外にも複数の発問は行うことになる。しかし、本研究では、発問1及び発問2のコア発問に限り、教師の発問直後に“Wait time1”を、生徒の返答直後に“Wait time2”を、ストップウォッチでいずれも5秒間計測し、生徒が思考するためのわずかな時間を確保することにした。

本研究では、Rowe(1986)の研究をもとに、“Wait time”が効果的なものであることを前提として、活用することにした²⁵⁾。あくまでも教師の発問や、生徒の返答を効果的にさせる教授方略であり、生徒の思考活動を促すものであるという仮定の基で実践することを試み、ストップウォッチを用いて5秒間を測定することにした。従って、Wait timeの評価については、質問紙調査のみによるものとし、分析結果は他

の教授方略と関連付けた考察とせず、独立させた形で行うことにした。

“Puzzling Picture”で使用する不可解な写真

生徒から様々な意見を引き出すための教材や、それに応じた教師の発問を検討することは、授業づくりにおいて不可欠な要素である。工夫した発問を行う教授方略の一つに“Puzzling picture”という不可解な絵を効果的に活用するというものがある。

本研究では、中学校第1学年理科「状態変化」を事例として、『実験』では図2-7の写真を、『実験』では図2-8の写真を、クラス全員分用意し、認知的葛藤を生起させる場面を意図的に用意した。



図2-7 『実験』で用いる不可解な写真

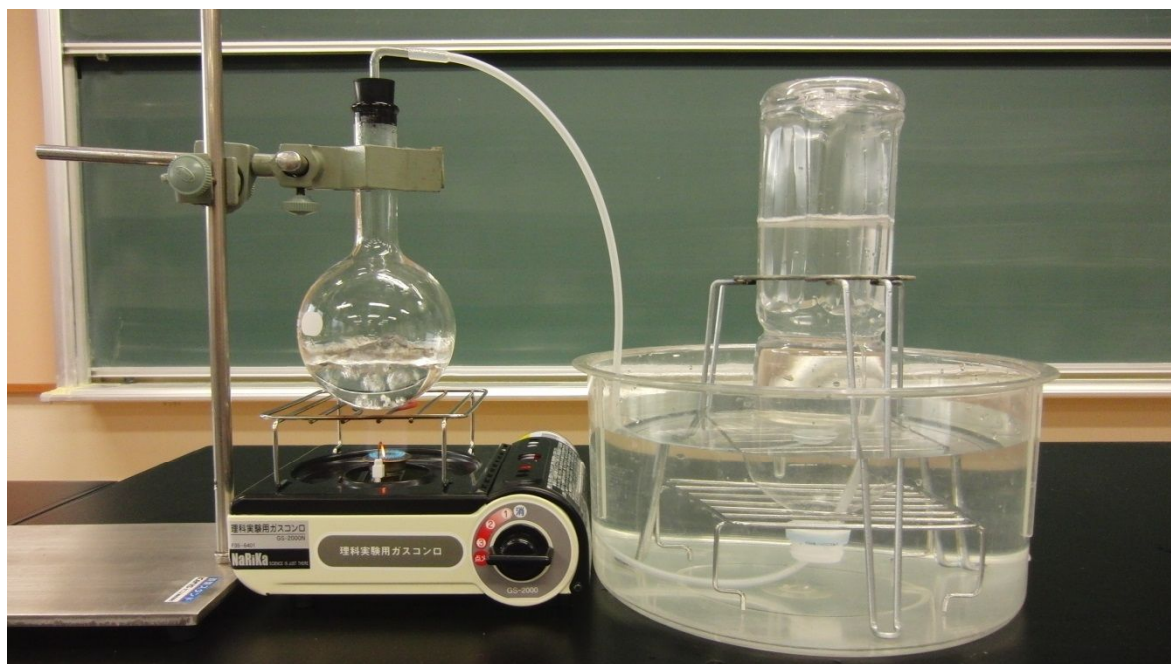


図 2-8 『実験』で用いる不可解な写真

Styre & Sound(1975)は、不可解な絵を見せた後、生徒から多くの意見を引き出す目的で、「この絵は何ですか。」という発問から始めるのが効果的と述べている²⁶⁾。本研究においては、授業の導入場面で、不可解な写真を見せた後、「この写真は何ですか。」という発問からはじめることにした。

図 2-7 の場合、フラスコ、風船というキーワードが、生徒から出てきた後「どのような方法で、フラスコの中に風船を入れたと思いますか」という発問を行うことにした。その結果、空気より重いものを入れて風船をフラスコの中で膨らませたのではないか、フラスコの中にあるのはエタノールなのではないか、といったような科学的知識を用いた意見が出るようになる。この後「粒子の考え方を用いて説明することはできますか」という発問を行うことで、科学的な内容を深化、

拡充させることができた。認知的葛藤を生起させる場面では、段階的な発問で意見を引き出していくことが効果的であると考えられる。

同様に、図 2-8 の場合についても、写真を生徒に提示し「これは何ですか」という発散的発問を行うことから始めることにした。丸底フラスコ内の液体が沸騰しているが他方に泡がない、という発言が出始めた後に、「この現象を粒子の考え方で説明できますか」という収束的発問を行うことにした。

“ Think-Pair-Share ” で使用するワークシート

生徒全員を巻き込みながら、生徒の返答を刺激する教授方略である “ Think-Pair-Share ” にしたがって、授業中に用いるワークシートを作成した。Fisher(2013)によれば、この “ Think-Pair-Share ” アプローチは、パートナーやクラス全体で意見を共有する前に、一人で考えることができたときに、上手く機能すると述べている²⁷⁾。そこで、ワークシートには、一人で考えたことを記述できる欄を設けている。

『実験』では図 2-9 のワークシートを、『実験』では図 2-10 の写真を用いることにした。このような段階的なワークシートを作成し、それぞれの時間を確保するとともに、考えた結果をワークシートに記述することは、この活動が上手く機能しやすくなることが期待できる。

第2章 理科固有の発問フレームワークに基づいた理科授業デザイン






		____年 ____組 ____番 氏名_____ パートナー氏名_____ 『フラスコの中の風船』	
教師の 発問 	私の アイデア 	パートナーの アイデア 	共有したこと 
【発問1】 ・風船の入ったフラスコを、再びあたためると、どうなりますか？ ・粒子概念を用いた説明はできますか？	①	②	③
【発問2】 ・はじめから風船をつけて、あたためた後に、フラスコを冷やすとどうなりますか？ ・粒子概念を用いた説明はできますか？	④	⑤	⑥
感想（このワークシートに書くことで、アイデアをまとめることはできましたか。）			

図 2-9 『実験』で用いる“Think-Pair-Share”ワークシート

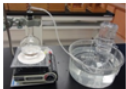




		____年 ____組 ____番 氏名_____ パートナー氏名_____ 『消えた泡の行方』	
教師の 発問 	私の アイデア 	パートナーの アイデア 	共有したこと 
【発問1】 ・丸底フラスコの底から激しく泡が出続けているのに、ペットボトル内の気体の体積が増加しなくなったのはなぜですか？	①	②	③
【発問2】 ・ガラス管に取り付けたゴム管の先を、メスシリンダーに集まった気体の部分に設置してから、火を消すと、どうなりますか？	④	⑤	⑥
感想（このワークシートに書くことで、アイデアをまとめることはできましたか。）			

図 2-10 『実験』で用いる“Think-Pair-Share”ワークシート

(4) Stage4「返答への処理」

前章で述べてきたように，言語的刺激であるフォローアップ発問や，躓きをみせた生徒に対して発問の言い換えをあらかじめ用意しておくことは重要である。例えば，本研究では，「粒子概念」という言葉を「粒子のモデル」として言い換えるなどの工夫が必要である。

山岡・松本・隅田(2015)は，生徒たちの思考活動の深化，拡充以外や，返答ができない生徒を支援するための方略として，授業中の教師の対応発問の検討に関わる検討を行った²⁸⁾。その結果，教師は，中学校段階においては，学年が上がるにつれて，情緒的対応から認知的対応へと移行させていくような支援を意識しながら，中学1年で「ヒント」，中学2・3年で「説明」，中学3年で「同じ発問」といったような対応を行い，生徒に自力で答えさせる指導をすることが効果的であると述べられている。

このように，対象となる生徒の実態把握を調査したうえで，返答への処理を行うことは意義深いと考えられる。

(5) Stage5「発問の思案」

実際に行った授業を分析し，次回以降の授業に活用していくことで，授業改善に役立つことが期待される。具体的には，前章で示した理科における発問分類法を活用し，発問を精選することができる。

この Stage5 は，授業全体の評価を行い，次回以降の授業で活用可能な情報を整理するためのステージである。QUILTフレームワークに依拠した理科固有の発問フレームワークで

述べられている5つのStageは、現実的には相互に絡み合う内容が多くある。具体的には、Stage5の授業分析は、次時に実施する授業におけるStage1で活かしていくといった性格のものであり、必ずしもStage1からStage5の順番に段階的に行っていく作業的性格を表すフレームワークではないと考えられる。

第2 両群（実験群及び統制群）を体験できる授業デザイン

理科固有の発問フレームワークで提案してきた教授方略は、生徒の目に触れない教材研究の段階を除いて考えれば、主に『実験』、『実験』で用いることになる。この教授方略を用いた実践を行う群を実験群、効果を検証すべく実験群で用いた教授方略を使用しない群を統制群とすることにした。このように実験群と統制群を作り、両群の効果を比較する場合、Ross & Morrison(1995)は、因果関係の推論検証しようとする特定の教授方略以外の条件は全く同一でなければならない、と述べている²⁹⁾。

そこで、本研究で行う授業では、両群ともに同一教師で担当することにした。指導計画においては、授業の概略を示すような学習指導案ではなく、生徒から予期される返答までを記述した細案を作成することにした（実際に作成した『実験』に関する細案は、巻末資料の資料(1)を参照、『実験』に関する細案は、巻末資料の資料(2)を参照)。さらに、公平性の観点から、表2-6のように『実験』及び『実験』において、実験群、統制群を入れ替えることで、全ての生徒が両群を体験できる授業デザインとした。

表 2-6 両群を体験できる授業デザイン

	『実験』 フラスコの中の風船	『実験』 消えた泡の行方
クラス A (N =70)	実験群	統制群
クラス B (N =68)	統制群	実験群

表 2-6 の『実験』で実験群及び『実験』で統制群となるクラス A は 70 名であり、『実験』で統制群及び『実験』で実験群となるクラス B は 68 名であった。

本研究は、発問フレームワークの効果を検討することが目的であり、『実験』及び『実験』の学習活動が、主な分析の対象となる。ただし、『実験』『実験』は、いずれも状態変化に関する実験であり、水の状態変化の様子を追うことで理解できるという意味において、本質的内容は同じものである。授業中に用いた教授方略も全く同じものである。『実験』『実験』を用意した理由は、全ての生徒が実験群を体験できる授業デザインにするためである。本研究で用いる理科授業デザインをまとめると、表 2-7 のようになる。

表 2-7 理科授業デザイン

		実施クラス	授業前	授業	授業後	遅延調査
実験群	配布プリント		事前調査	“ Think-Pair-Share ” ワークシート	事後調査	
	実験	クラスA		1 導入で「不思議な絵」を使用する。		
	実験	クラスB		2 “ Wait time ” を活用する。 3 “ Think-Pair-Share ” ワークシートを活用する。		
統制群	配布プリント		概念地図	“ Think ” ワークシート	概念地図	
	実験	クラスB		1 導入で「不思議な絵」を使用しない。		
	実験	クラスA		2 “ Wait time ” を活用せず、手を挙げさせ、すぐに指名する。 3 “ Think ” ワークシートを活用する。		

実験群，統制群のいずれにおいても『実験 』『実験 』の順番で授業を行うことにした。表 2-7 に示すように『実験 』を行う前に，事前調査及び概念地図の調査を実施し，その後，『実験 』及び『実験 』を行うことにした。さらに，『実験 』及び『実験 』が実施された後に，それぞれの実験のまとめを行い，事後調査及び概念地図の調査を実施することにした。

なお，実験群では『実験 』『実験 』のいずれにおいても，“ Think-Pair-Share ”ワークシートを配布し，統制群では『実験 』『実験 』のいずれにおいても，“ Think ”ワークシートを配布することにした。そして，それぞれのワークシートに応じた教授方略を活用して，授業を実施することにした。

第4節 本章のまとめ

本章では、QUILTフレームワークに依拠した理科固有の発問フレームワークを開発してきた。これまでに開発してきた発問分類法や実践的理科授業モデルを組織化するように心掛けた。さらに、目で見ることのできない科学概念を扱う理科授業では、教師の発問が果たす役割は大きいと考えられることから、不可視の分野を扱うようにした。具体的には、中学校第1学年理科「状態変化」に焦点化した単元開発を行った。開発した理科固有の発問フレームワークの効果を検証するために、実験群、統制群に分けた授業デザインを行う計画を立てたが、公平性の観点から、全ての生徒が両群を体験できる授業デザインとした。

次章では、本章で開発した理科固有の発問フレームワークの実践を試み、その有効性について吟味することにした。

註及び引用・参考文献

- 1) Novak, J., Mintzes, J., & Wandersee, J. (1998), "Teaching Science for Understanding: A Human Constructivist View", 272-273, Academic Press.
- 2) バーライン(著), 橋本七重・小杉洋子(訳), 『思考の構造と方向』, 298-300, 明治図書, 1965/1970.
- 3) Kerry, T. (2002), "Explaining and questioning", 65-74, Nelson Thornes.
- 4) ヴィゴツキー(著), 土井捷三, 神谷栄司(訳): 『「発達」の最近接領域』の理論 - 教授・学習過程における子どもの発達』 221-224, 三学出版, 1935/2003.
- 5) Kawalkar, A., & Vijapurkar, J.: Scaffolding Science Talk; The role of teachers' questions in the inquiry classroom, International Journal of Science Education 35(12), 2004-2027, 2013.
- 6) Styre, S., & Sound, R.: All Science Stimulating Creative Thought Through Picture Riddles, 46-47, The Science Teacher, 1975.
- 7) Blosser, P. : How to Ask the Right Questions, 1-15, National Science Teachers Association, 2000.
- 8) Walsh, J., & Sattes, B.: Quality Questioning, Research-Based Practice to Engage Every Learner, -, Corwin Press, 2005.
- 9) 山岡武邦: 愛媛県立高校入試理科問題における「問いかけ」に関する経年変化研究, 日本理科教育学会理科教育学研究 50(3), 145-154, 2010.

- 10) 山岡武邦, 松本伸示, 隅田学: 中学校理科授業における生徒の誤答に対する教師の対応発問と生徒の期待 発話プロトコルを手がかりに, 日本教科教育学会誌 38(3), 2015.
- 11) Walsh, J., & Sattes, B.: op.cit, 57-59, 2005.
- 12) Walsh, J., & Sattes, B.: Leading Through Quality Questioning; Creating Capacity, Commitment, and Community, 25-27, Corwin Press, 2010.
- 13) 奥村清(著), 武村重和・秋山幹雄(編集): 理科重要用語 300の基礎知識, 80, 明治図書, 2000.
- 14) 松森靖夫: 小学生の素朴な疑問に答えるやさしいサイエンス Q & A, 40-41, 東洋館出版社, 2012.
- 15) 高垣マユミ, 田爪宏二: マクロ・マイクロな観点からの統合的な授業分析の手法: 理科授業における概念変化プロセスの把握, 日本教科教育学会誌, 30(4), 69-77, 2008.
- 16) 株式会社学習研究社(編著): 高校入試対策難関突破精選問題集理科, 18, 株式会社学研, 2005.
- 17) 株式会社旺文社(編著): 2003年受験用全国高校入試問題正解 理科・社会, 35-36, 株式会社旺文社, 2003.
- 18) 菊地洋一, 武井隆明, 三田正巳, 高橋治, 村上祐: 粒子概念の位置づけと物質学習カリキュラム, 日本理科教育学会理科教育学研究, 49(1), 35-51, 2008.
- 19) 森本弘一, 福田哲也(編著): 中学校新教育課程理科の指導計画作成と授業づくり, 46, 明治図書, 2009.
- 20) ガリレオ工房: コロンブスより上手な卵の立たせ方, 12-14, 河出書房新社, 1996.
- 21) 小林幸雄: 逆転現象が起きる理科発問づくりのコツ, 31-35,

明治図書，2008．

- 2 2) 山村紳一郎：理科好きの子どもを育てる魔法の科学実験，
52-53，日本実業出版社，2007．
- 2 3) 山口晃弘(編著)：イラストでわかるおもしろい化学の世界
4 楽しむ実験，17-20，東洋館出版社，2011．
- 2 4) 小川正賢：「理科」の再発見 異文化としての西洋科学，
45-47，農山漁村文化協会，1998．
- 2 5) Rowe, M.: Wait time: Slowing down may be a way of
speeding up, Journal of Teacher Education, 37(1), 43-50,
1986.
- 2 6) Styre, S., & Sound, R.: All Science Stimulating Creative
Thought Through Picture Riddles, The Science Teacher,
46-47, 1975.
- 2 7) Fisher, R.: Teaching Thinking: Philosophical Enquiry in
the Classroom,160-161,Bloomsbury,2013.
- 2 8) 前掲載 10) , 2015 ．
- 2 9) Ross, M. & Morrison, R.(著)，向後千春・余田義彦・清
水克彦・鈴木克明(訳)：教育工学を始めよう 研究テーマの選
び方から論文の書き方まで ，26-27 ,北大路書房 ,1995/2002 ．

第3章 理科固有の発問フレームワークに基づいた理科授業の効果

第1節 本章の目的及び研究の手順

本章では、QUILTフレームワークに基づく理科固有の発問フレームワークに依拠し、認知的葛藤を生起させる不可解な写真を事例とした理科授業を実践することにした。その際、発散的発問から始め、不可解な絵を活用しながら科学的知識へと導くための収束的発問に至る教授方略を導入することによる効果を明らかにすることを目的とした。

授業中に使用されたワークシートや、授業後に実施された事後調査やアンケート調査の記述内容をもとにした量的分析に加え、質的分析の観点から分析を行うことにした。

第2節 実践・調査の手続き

第1項 調査対象及び時期

愛媛県内公立中学校第1学年138名(男子62名,女子76名)を対象とし、2014年1月から3月にかけて発問フレームワークを用いた授業実践を行った。

第2項 調査の方法

第1 事前調査：両群の等質性に関する調査

発問フレームワークの授業効果を検証するために、実験群と統制群に分けて実践を行った。両群の等質性を検討する目的で、この実践に入る前に両群に対して2つの比較を行うことにした。

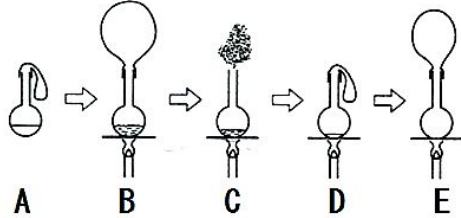
1つは、理科の知識の表出力を総合的に見とれることを目的とし、第1学年理科の2学期末考査の平均点を比較することにした。もう1つは、状態変化に関する知識の表出力を見とれることを目的とし、状態変化に関連した考え方の実態調査を実施することにした。

この実態調査は、文部科学省・国立教育政策研究所が行った特定課題調査¹⁾やOsborne & Freyberg (1985)の理科に関連した考え方の実態調査²⁾をもとにして図3-1のように作成した。これらは、理科に関する生徒たちの考え方を見いだすことの重要性を強調して作成されたものである。この実態調査の結果は、選択式3題、記述式2題の計題からなり、便宜的に1問1点として採点し、5点満点とみなして、その平均点を比較した。また、2つの比較を行っているのは、理科の知識理解について、単に学習内容を網羅的に獲得したことのみではなく、状態変化に関する考え方の多様性を踏まえて授業を行うことまでも含んでいると捉えているためである。

第2 量的分析：調査課題の作成

QUILT フレームワークに見られる教授方略の効果や科学概念の理解度の深まりや定着度を測定するため，高校入試理科問題を参考にして，図 3-2，図 3-3 示す事後調査及び遅延調査を作成した^{3), 4)} (調査課題は，巻末資料の資料 を参照。)

図のように，水を沸騰させる実験を A から E の順で行った。以下の問いに答えよ。



【実験】

A 丸底フラスコに少量の水を入れた。この丸底フラスコの口に風船を取りつけ，加熱した。

B 加熱を続けると，沸騰が始まり，風船が大きくふくらんだ。

C ここで風船をはずし，加熱を続けた。沸騰は続き，フラスコの口から盛んに湯気が出て，水の量はどんどん減少していった。

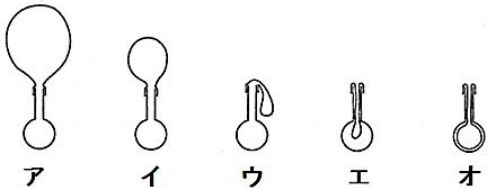
D 水の量が非常に少なくなったところで，もう一度風船を取りつけた。

E 加熱を続けると再び風船はふくらみ，フラスコ内の水はなくなったので加熱をやめた。

(1) 【実験】 B でふくらんだ風船内に入っている物質は何か。

(2) 【実験】 E でふくらんだ風船内に入っている物質は何か。

(3) 【実験】 E で加熱をやめたのち，0 まで冷却すると風船はどうなるか。次のア～オから選び，記号で答えよ。ただし，エ，オは風船がフラスコ内に入り込んだ状態である。



(4) 前問(3)で，そうなる理由を書け。

(5) 【実験】 C で，風船をはずさないまま加熱をやめ，0 まで冷却すると風船はどうなるか。

図 3-2 調査課題(『実験』に関する部分のみ抜粋)

図1のように、水が沸騰するときの様子を調べる実験をした。

以下の問いに答えよ。

(1) 最初は、メスシリンダーに気体が集まる。このとき、ガラス管の先から発生した泡は何か。

(2) さらに加熱を続けると水が沸騰し、メスシリンダーに集まった気体が、これ以上増えなくなった。このとき、丸底フラスコ内の水から出ていた大きな泡は何か。

(3) 丸底フラスコの底から激しく泡が出続けているのに、メスシリンダー内の気体の体積が増加しなくなったのはなぜか。

(4) 図1のようにガラス管の先が水そうの水につかまま火を消すと、水が逆流して丸底フラスコが水で一杯になることがわかった。そこで、図2のようにガラス管の先にゴム管を取りつけ、そのゴム管の先を図2のA点の部分(メスシリンダーに集まった気体の部分)に設置してみることにした。このとき火を消すとどうなるか。

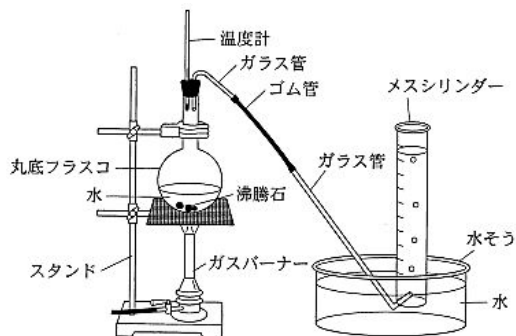


図1

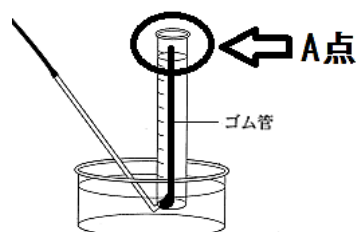


図2

図3-3 調査課題(『実験』に関する部分のみ抜粋)

分析は、調査課題やワークシートの回答や記述の傾向を考察することにした。自由記述が行われた箇所は、全てテキスト形式で入力し、データベースを作成した上で、意味の単位毎に分類し、キー概念を抽出し、教授方略の効果を明らかにすることにした。フリック(1995)が述べるように、キー概念の抽出の際には、先入観によるバイアスを避けるためにコード化を一行一行丹念に行うようにした⁵⁾。

第3 質的分析：授業中に使用するワークシートの作成

図 3-4 に示す授業中に用いた実験群用の“Think-Pair-Share”ワークシートと，図 3-5 に示す統制群用の“Think”ワークシートとを比較検討する量的分析を行うことにした。図 3-4 は，私のアイデア，パートナーのアイデア，全体で共有したことについて，3段階で記述できるようにしているのに対して，図 3-5 は私のアイデアのみを記述するようにした。なお，いずれも発問の箇所は省略している（実際に作成したワークシートは，巻末資料の資料 を参照。）。

教師の発問	私のアイデア	パートナーのアイデア	共有したこと
【発問 1】			
【発問 2】			

図 3-4 実験群用の“Think-Pair-Share”ワークシート

教師の発問	私のアイデア
【発問 1】	
【発問 2】	

図 3-5 統制群用の“Think”ワークシート

第3節 調査結果及び分析

本節では，両群に対して行った事前・事後調査の結果を報告し，考察する。集計結果においては，表 3-1 に示すように「クラス A」「クラス B」という表記を用いることにした。

表 3-1 各クラスが経験した授業の内訳

クラス	授業の内訳
クラス A (N=70)	『実験』で実験群及び『実験』で統制群
クラス B (N=68)	『実験』で統制群及び『実験』で実験群

第1項 事前調査：両群の等質性の検討

第1 第1学年理科の2学期末考査の平均点を比較

開発した発問フレームワークを検証するために，実験群と統制群に分けて実践を行った。両群の第1学年理科の2学期末考査の平均点，及び標準偏差を求めた結果は表 3-2 のとおりであった。

表 3-2 第1学年理科2学期末考査の結果(100点満点)

(クラス A : N=70, クラス B : N=68)

	実験群	統制群
平均	70.74	69.60
標準偏差	14.59	15.05

調査対象の実験群，統制群の間には，有意差が認められなかった ($F(1,136) = 1.06, p > .05$)。従って，理科の知識においては，両群は等質であり，発問フレームワークの効果を検証するためには支障がないと判断した。

第2 状態変化に関連した考え方の実態調査の比較

状態変化に関連した考え方の実態調査を事前調査として『実験』及び『実験』を実施する前に両群を対象に行った。その結果を、表 3-3 に示した。なお、表中の数字は正答率を示している。

表 3-3 状態変化に関連した考え方の実態調査

調査課題	1 (1)	1 (2)	2 (1)	2 (2)	2 (3)
クラス A	78.6	68.6	20.0	4.3	12.9
クラス B	64.7	58.8	23.5	4.4	16.2

(クラス A : N=70, クラス B : N=68)

表 3-3 より、すべての調査課題において、クラス A とクラス B とで、大きく差が出るような課題はなかったことが明らかとなった。

調査課題 1 (2) の正答者は全て調査課題 (1) の正答者であったことから、理由を含めた正答がクラス A で 68.6%、クラス B で 58.8% であったことがわかった。この結果は、中学 2 年生を対象に文部科学省・国立教育政策研究所が 2006 年 1 月から 2 月にかけて、全国 211 校で実施した理科学力テスト「特定課題調査」の結果 54.4% と比較すると、正答率が高い結果が得られた。調査課題 2 (2)(3) は正答率が低かったが、実践直前の段階では、湯気と水蒸気の区別が十分にできていないことが明らかとなった。特に、調査課題 2 (3) については、図 3-6 に示す 3 つのタイプが見られた。

この実態調査を 5 点満点とみなして、その平均点及び標準偏差を求めた。その結果は、表 3-4 のとおりであった。

3つのタイプ	イメージ図
<p>全体に広がるタイプ</p>	
<p>渦を巻くタイプ</p>	
<p>縦長に伸びるタイプ</p>	 <p data-bbox="582 1848 1348 1881">この図はやかんの口の上から湯気を描いている。</p>

図 3-6 生徒が事前に持っていた湯気と水蒸気のイメージ図

表 3-4 状態変化に関連した考え方の実態調査の結果(5点満点)

(クラス A : N=70 , クラス B : N=68)

	実験群	統制群
平均	1.83	1.68
標準偏差	0.99	1.22

調査対象の両群間には，有意差が認められなかった ($F(1,136) = 0.81, p > .05$)。従って，状態変化に関連した考え方においては，両群は等質であり，発問フレームワークの効果を検証するためには支障がないと判断した。

第3 両群の等質性

表 3-2，表 3-4 より，理科の知識理解及び状態変化に関する考え方の多様性の観点から両群は等質であり，発問フレームワークの授業効果を検証するためには支障がないと判断した。

第2項 質問紙調査の回答分析

第1 “Wait time” について

(1) “Wait time” に関する回答分析

理科固有の発問フレームワークの Stage1 及び Stage2 における教材研究の段階で，『実験 』及び『実験 』の授業中に両群で実施するコア発問を，表 3-5 に示すとおり，それぞれ 2 つずつ用意した。

表 3-5 『実験 』 『実験 』 で用いたコア発問

実験	発問
『実験 』	<p>【発問 1】 風船の入ったフラスコを，再びあたためると，どうなりますか。粒子概念を用いた説明はできますか。</p>
	<p>【発問 2】 はじめから風船をつけて，あたためた後に，フラスコを冷やすとどうなりますか。粒子概念を用いた説明はできますか。</p>
『実験 』	<p>【発問 1】 丸底フラスコの底から激しく泡が出続けているのに，ペットボトル内の気体の体積が増加しなくなったのはなぜですか。</p>
	<p>【発問 2】 ガラス管に取り付けたゴム管の先を，ペットボトルに集まった気体の部分に設置してから，火を消すと，どうなりますか。</p>




もちろん，授業中は，発問 1 及び発問 2 の 2 つの発問以外にも複数の発問は行っている。しかし，本研究では，実験群のクラスにおいて，発問 1 及び発問 2 に限り，教師の発問直後に“ Wait time1 ”を，生徒の返答直後に“ Wait time2 ”を，のように，ストップウォッチでいずれも 5 秒間計測し，生徒が思考するためのわずかな時間を確保することにした。生徒たちに“ Wait time ”を印象づける目的で“ Wait time1 ”に限り，，に示すような“ STOP ”，“ GO ”という文字を黒板に示すことにした。



図 3-7 コア発問後及び返答後で活用した“Wait time”
ストップウォッチで計測しながら，黒板に“STOP”のサインを示す。

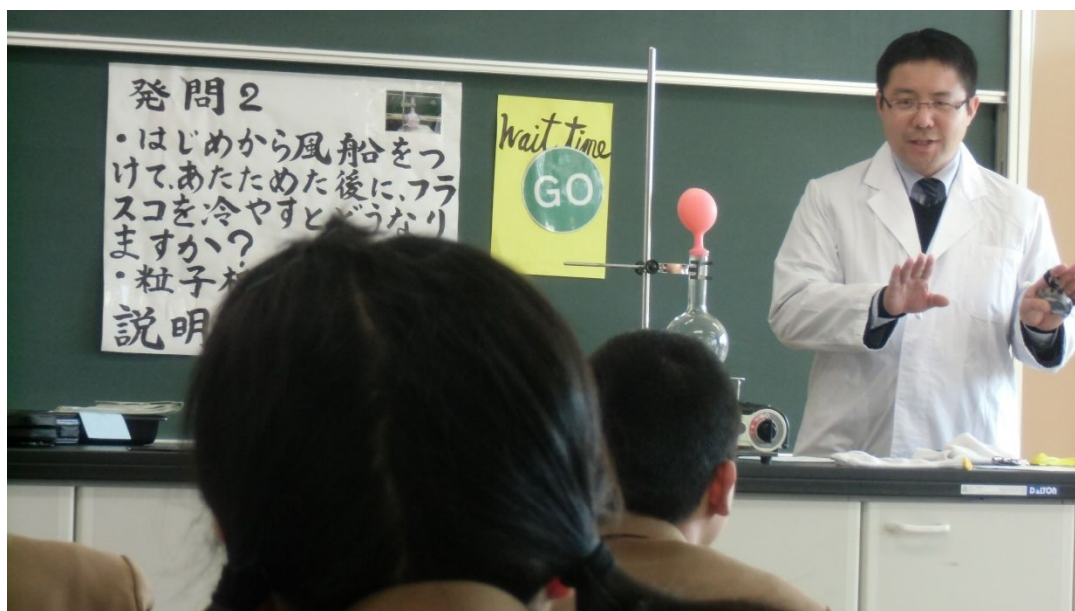


図 3-8 “Wait time”の終了を告げる“GO”サイン
5秒間の計測が終了後，黒板に“GO”のサインを示す。

この効果を検証するための質問紙調査は、全ての生徒が実験群、統制群を一回ずつ経験した後、つまり第5時終了時の事後調査の際に、次の内容で実施された。

質問紙調査の内容1 (Wait time1)：教師による発問の直後で、5秒間の待ち時間をとることは、考えるための時間として重要な時間だと思いましたか。ア～エから適当なものを選び、記号で答えてください。さらに、そう考えた理由を簡単に書いてください。

質問紙調査の内容2 (Wait time2)：生徒による返答の直後で、5秒間の待ち時間をとることは、考えるための時間として重要な時間だと思いましたか。ア～エから適当なものを選び、記号で答えてください。さらに、そう考えた理由を簡単に書いてください。

質問紙調査1、質問紙調査2の回答方法は、いずれも4件法の順序尺度（ア：そう思う、イ：ややそう思う、ウ：あまり意識しなかった、エ：意味は無いと思う）とした。また、そう考えた理由を自由記述式で回答させた。

表3-6は、“wait time1”に関する質問紙調査の結果で表中の数字は回答者数を示している。

表3-6 “Wait time1”に関する質問紙調査結果
教師の発問直後の待ち時間は必要か

	ア	イ	ウ	エ
クラスA (N=70)：『実験』で実験群	20	33	14	3
クラスB (N=68)：『実験』で実験群	21	26	13	8

表 3-6 より，クラス A とクラス B とともに，実験群の回答者数の割合には有意な差は認められなかった ($\chi^2 = 0.37$, $df = 3$, ns)。そこで，両群の人数と選択肢ア・イの積極的意見及び選択肢ウ・エの消極的意見を込みにして考えた結果，表 3-7 のようにまとめることができた。

表 3-7 “Wait time1” に関する質問紙調査結果

『実験 』、『実験 』を込みにして考えた場合

	積極的意見	消極的意見
クラス A , 及び クラス B (N =138)	100 (72.5 %)	38 (27.5 %)

表 3-7 より，クラス A ，及びクラス B の回答者数の割合には，有意な差が認められた ($\chi^2 = 27.86$, $df = 1$, $p < .01$)。教師の発問後のわずかな待ち時間 “Wait time1” は必要であるという積極的意見が多く見られることが明らかとなった。

次の表 3-8 は，“Wait time2” に関する質問紙調査の結果で，表中の数字は回答者数を示している。

表 3-8 “Wait time2” に関する質問紙調査結果

生徒の返答後の待ち時間は必要か

	ア	イ	ウ	エ
クラス A (N =70) : 『実験 』で実験群	24	24	16	6
クラス B (N =68) : 『実験 』で実験群	21	24	18	5

表 3-8 より , クラス A とクラス B とともに実験群の回答者数の割合には , 有意な差は認められなかった ($\chi^2 = 0.94$, $df = 3$, ns)。そこで , 両群の人数と選択肢ア・イの積極的意見及び選択肢ウ・エの消極的意見を込みにして考えた結果 , 表 3-9 のようにまとめることができた。

表 3-9 “ Wait time2 ” に関する質問紙調査結果

『実験 』 『実験 』 を込みにして考えた場合

	積極的意見	消極的意見
クラス A , 及び クラス B (N =138)	93 (67.4 %)	45 (32.6 %)

表 3-9 より , クラス A , 及びクラス B の回答者数の割合には , 有意な差が認められた ($\chi^2 = 16.70$, $df = 1$, $p < .01$)。生徒の返答後のわずかな待ち時間 “ Wait time2 ” は必要であるという積極的意見が多く見られることが明らかとなった。

(2) “Wait time”に関する回答結果の理由

表 3-6 ,表 3-8 の回答結果に対する理由の具体例(一部)を ,
表 3-10 にまとめた。

表 3-10 “Wait time”の回答結果に対する理由の具体例(一部)

選択肢	回答結果に対する理由 (Wait time1)	回答結果に対する理由 (Wait time2)
ア (そう思う)	5 秒間の間に想像することができたから(男子 A)。	あった方がいいと思う。他の人の意見を自分でどう考えるのかが持てるので、いいと思った(男子 E)。
イ (ややそう思う)	自分の意見を時間内にまとめることができる練習になると思う(女子 B)。	誰かが発表した後、シーンとなるのは嫌で、教師の発問の時だけでいいと思う。生徒が発表した後は、普通にリアクションをとればいいと思う(女子 F)。
ウ (あまり意識しない)	あまり意識していなかったので、次から意識してみたいです(女子 C)。	みんなは考えられるけど、答えた人は、あっているのか違うのか、不安だから(女子 G)。
エ (意味は無い)	5 秒間が短すぎて自分の意見を発表できるまでまとめられないから(女子 D)。	自分が発表した直後しらけたら嫌だから、黙られるより、同じとか、反対とか言ってほしい(女子 H)。

“ Wait time1 ” に関して積極的意見を述べた生徒は「 5 秒間のわずかな待ち時間がちょうどいい」と回答し、消極的意見を述べた生徒は「 5 秒間というのは短い」と回答する結果が多く見られた。一方，“ Wait time2 ” については「教師の発問に対し、返答を促されている生徒が、自分自身だったらシーンとなる時間になるのでいやだ」といったような情緒的な観点から記述される回答が多く見られた。表 3-7, 表 3-9 より，“ Wait time1 ” は 72.5% , “ Wait time2 ” は 67.4% の生徒が考える時間として重要であったと回答し、いずれも積極的意見が多く見られることが明らかとなった。この点では、同じ傾向を示していると考えられた。しかし、表 3-10 より、“ Wait time2 ” では「発表後にシーンとなるのは嫌だ」といったように、自分自身が返答者である場合を想定して理由を記述した生徒が見られた。そのため、教師の発問後の “ Wait time1 ” と、生徒の返答後の “ Wait time2 ” とでは、理由を記述する際に想定される立場が異なるために、質的に異なって記述されていたことが明らかとなった。その結果，“ Wait time2 ” は、生徒にとっては長すぎる間として捉えられ、負担になってしまう可能性があり、実際の授業では短めの方が良いと考えられる。

“ Wait time ” の目的は、発問後及び返答後のわずかな時間が考える時間として使用できたかどうか、という点にある。そこで、回答結果に対する理由の中で「考える時間となった」「自分で考えないといけないと思った」といったような記述にみられる『考えることができた』という内容を整理したところ、表 3-11 にようにまとめることができた。表中の数字は『考えることができた』という内容を記述した生徒の回答者

数である。

表 3-11 考える時間として活用した回答者数

	Wait time1	Wait time2
クラス A , 及び クラス B (N =138)	59 (42.8%)	60 (43.5%)

表 3-11 より , 約 40% の生徒が , “ Wait time ” で実際に考える時間として活用できたと回答したことが明らかとなった。表 3-7 , 表 3-9 の結果を踏まえると , 思考活動を促進させる可能性として , “ Wait time ” を積極的に導入していくことは重要であると考えられる。

第 2 “ Think-Pair-Share ” について

(1) “ Think-Pair-Share ” に関する回答分析

“Think-Pair-Share”に関する内容は、質問紙調査を、次の内容で実施した。なお、この質問紙調査は、誤解が無いようにする目的で、ワークシートではなく、授業プリントという生徒にとって馴染みのある用語を用いて作成することにした。

質問紙調査の内容 3 (Think-Pair-Share) : 授業中に使用したプリントに関する質問です。授業プリントとして、私のアイディア、という 1 項目のみの授業プリントと、私のアイディア、パートナーのアイディア、共有したこと、という 3 項目の授業プリントを使いました。どちらの授業プリントが自分の考えたことを深めることができましたか。ア～ウから適当なものを選び、記号で教えてください。さらに、そう考えた理由を簡単に書いてください。

質問紙調査の回答方法は、各項目について、3件法(ア：3項目が良い,イ：1項目が良い,ウ：どちらでも良い)とした。さらに、そう考えた理由を自由記述式で回答させた。質問紙調査の回答結果は表3-12のようにまとめられた。なお、表中の数字は回答者数を示している。

表 3-12 ワークシートに関する質問紙調査結果

	ア	イ	ウ
クラス A (N=70) : 『実験』で実験群	52	8	10
クラス B (N=68) : 『実験』で実験群	48	9	11

表 3-12 より、クラス A とクラス B とともに実験群の回答者数の割合には、有意な差は認められなかった ($\chi^2 = 0.24, df = 2, ns$)。そこで、両群の人数を込みにして考えてみた結果、表 3-13 のようにまとめることができた。

表 3-13 ワークシートに関する質問紙調査結果

『実験』『実験』を込みにして考えた場合

	ア	イ	ウ
クラス A 及びクラス B (N=138)	100 (72.5%)	17 (12.3%)	21 (15.2%)

表 3-13 より、クラス A 及びクラス B の回答者数の割合には、有意な差が認められた ($\chi^2 = 95.26, df = 2, p < .01$)。その結果、ワークシートは、“Think-Pair-Share” を実践する際

に用いた3項目に分けた方が良いとする意見が多く見られることが明らかとなった。

(2) “Think-Pair-Share”に関する回答結果の理由

表3-12の回答結果に対する理由の具体例(一部)を、表3-14にまとめた。3項目に分けたワークシートの方が良いと回答した生徒は、他の意見を取り入れることができるという意見が多かったのに対し、1項目の方が良いと回答した生徒は、1項目で集中して考えをまとめたい、といったような意見が見られた。

表3-14 “Think-Pair-Share”の回答結果に関する理由の具体例(一部)

選択肢	回答結果に対する理由(Think-Pair-Share)
ア (3項目が良い)	自分の考えだけを書くのでは、他人がどう思っているのか分からず、1つのみの考え方しか思わない可能性が高い。他人と共有した方が複数の考え方を身につけられるから(男子I)。
イ (1項目が良い)	他の人の意見を取り入れたら自分の考えがまとまらなくなるかもしれないと思うから。1つのことに集中して考えられるから(女子J)。
ウ (どちらでも良い)	パートナーのアイディアは共有したことがあったからいらなかったから(男子K)。 人の意見は聞いた方がいいけど、プリントに書かなくても聞くだけでいいと思う(女子L)。

第3項 ワークシートの記述内容に関する量的分析

『実験』『実験』のいずれにおいても、授業中に用いた実験群用の“Think-Pair-Share”ワークシートは、図3-9の太線で囲んだ箇所に示すように「私のアイディア」「パートナーのアイディア」「共有したこと」の順番で記述するような構成とした。なお、太線で囲んだ箇所は、あくまでも説明の都合上で加筆したものである。本項では、以下同様に、説明の都合でワークシート上に太線で囲んだ箇所を用いて説明を行うことにした。

__年__組__番 氏名_____ パートナー氏名_____			
教師の 発問	私の アイディア	パート ナーの アイディア	共有し たこと
【発問1】 ・風船の入ったフラスコを、再びあたためるとどうなりますか？ ・粒子概念を用いた説明はできますか？	①	②	③
【発問2】 ・はじめから風船をつけて、あたためた後に、フラスコを冷やすとどうなりますか？ ・粒子概念を用いた説明はできますか？	④	⑤	⑥
感想（このワークシートに書くことで、アイディアをまとめることはできましたか。）			

図3-9 実験群用の“Think-Pair-Share”ワークシート

一方で，統制群用の“ Think ”ワークシートは，図 3-10 の太線で囲んだ箇所に示すように「私のアイデア」のみを記述するような構成としている。



『フラスコの中の風船』		年 組 番 氏 名
教師の発問 	私のアイデア 	
【発問1】 ・風船の入ったフラスコを、再びあたためるとどうなりますか？ ・粒子概念を用いた説明はできますか？	①	
【発問2】 ・はじめから風船をつけて、あたためた後に、フラスコを冷やすとどうなりますか？ ・粒子概念を用いた説明はできますか？	②	
感想（このワークシートを書くことで、アイデアをまとめることができましたか。）		

図 3-10 統制用の“ Think ”ワークシート

本項では，まず，実験群用の“ Think-Pair-Share ”ワークシートと統制群用の“ Think ”ワークシートを比較検討する量的分析を行うことにした。

さらに，図 3-9 及び図 3-10 のどちらのワークシートが記述しやすかったのかを知るために「実験群用の“ Think-Pair-Share ”ワークシート」及び「統制群用の“ Think ”ワークシートワークシート」のいずれにおいても，そのワークシートの下段に用意している「感想欄」に書かれた記述内容を比較検討することにした。

第1 ワークシートの記述に関する分析

理解の深まりを分析する目的で、授業中に使用したワークシートの実験結果を自由記述するための欄の分析を行った。記述内容中の「観察・実験の結果」「結果の理由」に関する記述の有無に着目することにした。便宜的に表3-15の3段階A、B、Cに分類(以下、「分類A」、「分類B」、「分類C」という。)し、ワークシートに書かれた発問1、発問2に対する記述内容の分析を行った。以下、『実験 』、『実験 』の順番で分析結果をまとめることにした。

表3-15 記述内容の分類方法

分類 A	「観察・実験結果」「結果の理由」のいずれも記述されているもの
分類 B	「観察・実験結果」「結果の理由」のいずれかが記述されているもの
分類 C	「観察・実験結果」「結果の理由」のいずれも記述されていないもの

(1) 実験 「フラスコの中の風船」の分析

『実験 』では、クラスAで実験群、クラスBで統制群を実施した。図3-11は、そのときの理科授業実践の様子である。

『実験 』で実施された実験は、教師による演示実験である。



図 3-11 『実験』における理科授業実践の様子

図 3-12 に示すように，実験群用のワークシートにおける“Think”のみの記述内容と，統制群用のワークシートにおける“Think”の記述内容に着目することにした。分析結果は，表 3-15 の分類方法に基づき，表 3-16 のようにまとめた。

実験群：クラス A		統制群：クラス B	
年二 組 番 氏名 パートナー氏名			
教師の 発問	私の アイデア	パート ナーの アイデア	共有し たこと
発問1 風船の入ったフラスコを，再びあたためるとどうなりますか？ 粒子概念を用いた説明はできますか？	①		②
【発問2】 はじめから風船をつけて，あたためた後に，フラスコを冷やすとどうなりますか？ 粒子概念を用いた説明はできますか？	③		④
(ディアをまとめることはできましたか。)			

図 3-12 “Think”のみの比較を行う箇所

表 3-16 ワークシート中の記述内容の分析 ()

分析方法 1: Think のみの比較

		分類 A	分類 B	分類 C
発問 1	実験群 :	6	48	16
	クラス A	(-3.1**)	(-3.2**)	(6.4**)
発問 2	統制群 :	12	53	3
	クラス B	(3.1**)	(3.2**)	(-6.4**)
発問 1	実験群 :	1	25	44
	クラス A	(-2.3*)	(-5.4**)	(6.6**)
発問 2	統制群 :	7	55	6
	クラス B	(2.3*)	(5.4**)	(-6.6**)

括弧内の数値は調整済み残差を表す。

** $p < .01$, * $p < .05$

表 3-16 の発問 1 における分析結果を、記述内容別・群別に²検定を行ったところ、有意な違いがみられた ($\chi^2 = 11.12$, $df = 2$, $p < .01$)。残差分析の結果、クラス B における分類 A 及び分類 B が有意に多く、クラス A における分類 A 及び分類 B が有意に少ない結果であった。

同様に、発問 2 における分析結果を、記述内容別・群別に²検定を行ったところ、有意な違いがみられた ($\chi^2 = 44.61$, $df = 2$, $p < .05$)。残差分析の結果、クラス B における分類 A 及び分類 B が有意に多く、クラス A における分類 A 及び分類 B が有意に少ない結果であった。

以上より、“Think”の部分だけでの比較の場合は、クラス A (実験群)よりもクラス B (統制群)の方が観察・実験結果の記述をしやすくなる傾向がみられた。

次に、図 3-13 に示すように、ワークシート全体の記述内容、つまり実験群用では“Think-Pair-Share”の記述内容に、統制群用では“Think”の記述内容に着目した。分析結果は、表 3-15 の分類方法に基づき、表 3-17 のようにまとめた。

クラス A		クラス B	

図 3-13 ワークシート全体の比較を行う箇所

表 3-17 ワークシート中の記述内容の分析 ()

分析方法 2 : Think-Pair-Share と Think の比較

		分類 A	分類 B	分類 C
発問 1	実験群 :	33	36	1
	クラス A	(3.7**)	(-3.3**)	(-1.0)
発問 2	統制群 :	12	53	3
	クラス B	(-3.7**)	(3.3**)	(1.0)
発問 1	実験群 :	18	44	8
	クラス A	(2.4*)	(-2.4*)	(0.5)
発問 2	統制群 :	7	55	6
	クラス B	(-2.4*)	(2.4*)	(-0.5)

括弧内の数値は調整済み残差を表す。

** $p < .01$, * $p < .05$

表 3-17 の発問 1 における分析結果について、記述内容別・群別に χ^2 検定を行ったところ、有意な違いがみられた ($\chi^2 = 14.02, df = 2, p < .01$)。残差分析の結果、クラス A における分類 A が有意に多く、クラス B における分類 A が有意に少ない結果であった。同様に、発問 2 における分析結果を、記述内容別・群別に χ^2 検定を行ったところ、有意な違いがみられた ($\chi^2 = 6.32, df = 2, p < .05$)。残差分析の結果、クラス A における分類 A が有意に多く、クラス B における分類 A が有意に少ない結果であった。

以上より、ワークシート全体で比較した場合、クラス A (実験群) の方が、観察・実験結果や、結果の理由を記述しやすくなる傾向がみられることが明らかとなった。

(2) 授業 「消えた泡の行方」の分析

『実験』では、実験群と統制群を入れかえて、クラス A で統制群、クラス B で実験群を実施した。図 3-14 は、そのときの理科授業実践の様子である。『実験』で実施された実験は、4 人 1 グループで構成される生徒実験である。

ここでは、クラス A で統制群、クラス B で実験群を実施した『実験』のワークシートの分析を行うことにした。表 3-15 の分類方法に基づき、実験群用のワークシートにおける“Think”のみの記述内容と、統制群用のワークシートにおける“Think”の記述内容に関する分析結果を表 3-18 のようにまとめた。



図 3-14 『実験』における理科授業実践の様子

表 3-18 ワークシート中の記述内容の分析 ()

分析方法 1: Think のみの比較

		分類 A	分類 B	分類 C
発問 1	実験群：	6	15	47
	クラス B	(-0.8)	(-3.1 ^{**})	(3.4 ^{**})
発問 2	統制群：	9	33	28
	クラス A	(0.8)	(3.1 ^{**})	(-3.4 ^{**})
発問 1	実験群：	2	21	45
	クラス B	(0.6)	(-4.1 ^{**})	(3.9 ^{**})
発問 2	統制群：	1	46	23
	クラス A	(-0.6)	(4.1 ^{**})	(-3.9 ^{**})

括弧内の数値は調整済み残差を表す。

^{**} $p < .01$

表 3-18 の発問 1 における分析結果を、記述内容別・群別に χ^2 検定を行ったところ、有意な違いが見られた ($\chi^2 = 12.14$, $df = 2$, $p < .01$)。同様に、発問 2 における分析結果を、記述内容別・群別に χ^2 検定を行ったところ、有意な違いが見られた ($\chi^2 = 16.75$, $df = 2$, $p < .01$)。

そこで、どのセルが有意性に貢献したのかを検討するために残差分析を行った結果、発問 1、発問 2 のいずれも、クラス B の分類 C 及びクラス A の分類 B が有意に多く、クラス B の分類 C 及びクラス A の分類 B が有意に少ないことが明らかになった。

以上より、“Think”のみで両群を比較したときは、クラス B（実験群）よりもクラス A（統制群）の方が観察・実験の結果を記述しやすくなる傾向が見られたことが明らかとなった。これは、クラス A の“Think”の欄には、授業のまとめとして「観察・実験の結果」を記述した生徒が多く見られた結果であると考えられる。

同様に、表 3-15 の分類方法に基づき、実験群用のワークシートにおける“Think”、“Pair”、“Share”の 3 つの欄全ての記述内容と、統制群用のワークシートにおける“Think”のみの記述内容に関する分析結果を表 3-19 のようにまとめた。

表 3-19 ワークシート中の記述内容の分析 ()

分析方法 2 : Think-Pair-Share と Think の比較

		分類 A	分類 B	分類 C
発問 1	実験群 :	15	42	11
	クラス B	(1.4)	(1.7)	(-3.1 ^{**})
発問 2	統制群 :	9	33	28
	クラス A	(-1.4)	(-1.7)	(3.1 ^{**})
発問 1	実験群 :	8	52	8
	クラス B	(2.5 [*])	(1.4)	(-3.0 ^{**})
発問 2	統制群 :	1	46	23
	クラス A	(-2.5 [*])	(-1.4)	(3.0 ^{**})

括弧内の数値は調整済み残差を表す。

^{**} $p < .01$, ^{*} $p < .05$

表 3-19 の発問 1 における分析結果を、記述内容別・群別に χ^2 検定を行ったところ、有意な違いが見られた ($\chi^2 = 9.96$, $df = 2$, $p < .01$)。同様に、発問 2 における分析結果を、記述内容別・群別に χ^2 検定を行ったところ、有意な違いが見られた ($\chi^2 = 13.04$, $df = 2$, $p < .01$)。残差分析の結果、発問 1、発問 2 のいずれも、クラス A の分類 C が有意に多く、クラス B の分類 C が有意に少ないことが示された。さらに、発問 2 においては、クラス B の分類 A が有意に多く、クラス A の分類 A が有意に少ないことが示された。

以上より、クラス B (実験群) の方が、「観察・実験の結果」「結果の理由」の記述が多く見られる結果が得られた。つまり、理科固有の発問フレームワークにおける実験群での“Think-Pair-Share”という活動は、観察・実験結果や、結

果の理由を記述しやすくなる傾向がみられることが明らかとなった。

この分析結果は、段階的に記述内容に変化が見られたので、実験群で行った“Think-Pair-Share”という活動は、他者との交流を踏まえ、足場となる知識を基に、理解の梯子を段階的に進めることができたと考えられる。

第2 ワークシートの感想欄の分析

実際の『実験』及び『実験』におけるいずれの授業の中においても、実験群は“Think-Pair-Share”ワークシートを、統制群は“Think”ワークシートを活用した。両群とも、図3-15に示すように、授業で活用したワークシートには「感想（このワークシートに書くことで、アイデアをまとめることはできましたか。）」という自由記述が可能な欄を設けていた。ここでは、このワークシートの感想欄を分析することにした。

クラス A				クラス B	
年 組 番 氏名 パートナー 氏名				年 組 番 氏名	
『フラスコの中の風船』 教師の発問	私のアイデア	パートナーのアイデア	共有したこと	『フラスコの中の風船』 教師の発問	私のアイデア
【発問1】 ・風船の入ったフラスコを、再びあためるとどうなりますか？ ・粒子概念を用いた説明はできますか？	①	②	③	【発問1】 ・風船の入ったフラスコを、再びあためるとどうなりますか？ ・粒子概念を用いた説明はできますか？	①
【発問2】 ・はじめから風船をつけて、あたためた後に、フラスコを冷やすとどうなりますか？ ・粒子概念を用いた説明はできますか？	④	⑤	⑥	【発問2】 ・はじめから風船をつけて、あたためた後に、フラスコを冷やすとどうなりますか？ ・粒子概念を用いた説明はできますか？	②
感想（このワークシートに書くことで、アイデアをまとめることはできましたか。）				感想（このワークシートに書くことで、アイデアをまとめることはできましたか。）	

図 3-15 ワークシートの感想欄

(1) 実験 「フラスコの中の風船」の分析

両群の授業『実験』で活用したワークシートの自由記述欄に記述された内容を整理したところ、『理解』『思考』『他者』の3つのキーワードが抽出された。便宜的に、各1点で計上し、合計3点満点の評価をすることができた。但し、例えば、一人の生徒が2回以上「みんな」というキーワードを用いたとしてもダブルカウントはせず、「みんな」という項目を1点とみなすことにした。その結果、3点満点の評価をすることができた。対象生徒138名全ての記述を分析したところ、両群における平均点、及び標準偏差は、表3-20のとおりであった。

表 3-20 ワークシート分析の結果(3点満点)

	実験群： クラス A	統制群： クラス B
平均点(点)	1.61	0.84
標準偏差	1.03	0.78

(クラス A : N = 70, クラス B : N = 68)

調査対象の実験群、統制群の間には、有意差が認められた ($t(136) = 4.98, p < .01$)。実験群の方が高い得点であるため、実験群の方が、理解、思考、他者という観点からは効果的であったと考えられる。

(2) 実験 「消えた泡の行方」の分析

両群の授業『実験』で活用したワークシートの感想欄における自由記述の内容を整理したところ、『理解』『思考』『他者』の3つのキーワードが抽出された。これらのキーワードが使用されている場合、便宜的に各1点で計上することにした。ただし、例えば、一人の生徒が2回以上『他者』というキーワードを用いたとしてもダブルカウントはせず、『他者』の項目を1点とみなした。その結果、合計3点満点の評価をすることができた。対象生徒138名全ての自由記述の内容を分析したところ、両群における平均点及び標準偏差は表3-21のとおりであった。

表 3-21 ワークシート分析の結果(3点満点)

	実験群： クラス B	統制群： クラス A
平均点(点)	1.46	0.94
標準偏差	0.80	0.88

(クラス B : N = 68, クラス A : N = 70)

調査対象の実験群、統制群の間には、有意差が認められた ($t(136) = 3.57, p < .01$)。実験群の方が高い得点であるため、実験群の方が、理解、思考、他者という観点からは、効果的であったと考えられる。

第4項 発問フレームワークによる科学的概念の定着

第1 事後調査及び遅延調査の結果

発問フレームワークで学習した結果，どの程度科学概念が定着したのかを調査するために，第5時『実験』『実験』のまとめが終了した直後に，全ての生徒を対象に事後調査を実施した。さらに，実践直後から1か月後に同様の調査課題を用いて遅延調査を実施した（事後調査及び遅延調査の課題は，本章第1節で述べた質問紙を用いた）。

(1) 実験 「フラスコの中の風船」の分析

発問フレームワークで学習した結果，どの程度，科学概念が定着したのかについて調査するために，第5時『実験』『実験』のまとめが終了した直後に，全ての生徒を対象に事後調査及び遅延調査を実施した。

『実験』の場合，実験群がクラスA（N=70），統制群がクラスB（N=68）を経験した後で回答したことになる。『実験』に関する事後調査及び遅延調査の結果を表3-22に示した。表中の数字は正答率を示している。

表3-22 科学的概念の定着

調査課題		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
事後	クラスA：実験群	27.1	52.9	75.7	35.7	32.9
	クラスB：統制群	29.4	51.5	61.8	11.8	32.4
遅延	クラスA：実験群	32.9	47.1	74.3	34.3	38.6
	クラスB：統制群	26.5	51.5	69.1	5.9	30.9

(実験群：N=70，統制群：N=68)

『実験』に関する調査課題は、記述式4題と選択式1題の計5題からなる。両群間で、正答率の差が大きかった調査課題(4)は、記述式の理由説明を行う課題であり、事後調査、遅延調査のいずれも、実験群の方が高い得点を獲得していた。そのため、実験群の認知的葛藤を生起させる活動や、“Think-Pair-Share”といった話し合い活動は記述させることを促す効果があると考えられる。

この調査課題の結果を、便宜的に1問1点として採点し、5点満点の調査課題とみなせば、表3-23のように、実験群と統制群の調査課題における得点の平均点と標準偏差を示すことができる。

表 3-23 調査課題（5点満点）の平均値と標準偏差

調査課題		平均値	標準偏差
事後	クラスA：実験群	2.24	1.25
	クラスB：統制群	1.87	1.32
遅延	クラスA：実験群	2.27	1.19
	クラスB：統制群	1.84	1.17

(実験群：N=70，統制群：N=68)

調査課題別・群別において、対応のある2要因の分散分析で検定したところ、両群の主効果が有意であった($F(1,136) = 5.45, p < .05$)。両群の多重比較は5%水準で有意であった。しかし、調査課題別・群別の交互作用効果は有意ではなかった($F(1,136) = 0.06, p > .05$)。事後調査、遅延調査のいずれも、実験群の方の平均点の方が良いことを考え合わせると、本研究における発問フレームワークは、実験群の方が、科学

概念の獲得の観点で学習者の学習効果を高め、1か月後にもその傾向が見られることが明らかになった。

一方、調査課題の平均点は、表 3-23 より、実験群の事後調査、遅延調査は約 2.2 点、統制群の事後調査、遅延調査は約 1.8 点となっており、両群ともに半分の得点である 2.5 点にも満たない結果となっていた。今回の『実験 』及び『実験 』における授業では、「粒子は大きくなったり、増加したりしないこと」と「水の体積が水蒸気になると 1700 倍になること」という性質を理解した上で、「粒子概念を用いて考えること」ができるような学習活動を展開した。そのため、例えば、調査課題(1)のフラスコの中にもともと存在していた空気の移動に関する理解が十分できていないといったような結果が見られた。今後は、『実験 』『実験 』のまとめの時間帯で、科学用語を整理する部分についても、しっかりと確認させたうえで、現象を理解させる必要があると考えられる。

(2) 実験 「消えた泡の行方」の分析

全ての生徒を対象に事後調査及び遅延調査を実施した。『実験 』の場合、実験群がクラス B (N=68)、統制群がクラス A (N=70)を経験した後で回答したことになる。『実験 』に関する事後調査及び遅延調査の結果を表 3-24 に示した。表中の数字は正答率を示している。

表 3-24 事後調査及び遅延調査の結果(正答率)

調査課題		(1)	(2)	(3)	(4)
事後	クラス B : 実験群	55.9	45.6	55.9	51.5
	クラス A : 統制群	55.7	31.4	22.9	52.9
遅延	クラス B : 実験群	50.0	48.5	38.2	30.9
	クラス A : 統制群	55.7	42.9	15.7	28.6

(実験群 : N = 68 , 統制群 : N = 70)

『実験』に関する調査課題は記述式4題からなり、調査課題(1)、及び(2)は科学用語、調査課題(3)は理由説明、調査課題(4)は現象説明を問う課題であった。このうち、両群間で正答率の差が大きかったのは調査課題(3)であり、事後調査における実験群55.9%、統制群22.9%、遅延調査における実験群38.2%、統制群15.7%であり、事後、遅延調査のいずれにおいても実験群の方が高い正答率を獲得していた。この調査課題(3)は、課題を解く際に、状態変化を考えることができているかどうか、という本質的内容に関わるものであった。

実験群の方が高得点を獲得したことから、実験群における認知的葛藤を生起させるための場面や、その活動を基にした“Think-Pair-Share”といった話し合い活動、並びにその活動を支援するためのワークシートは、記述させることを促すだけでなく、科学概念の定着の観点においても、その効果があると考えられる。そこで、この調査課題の結果を、便宜的に1問1点として採点し、4点満点の調査課題とみなせば、表3-25のように実験群と統制群における平均点と標準偏差を示すことができた。

表 3-25 調査課題（4点満点）の平均値と標準偏差

調査課題		平均値	標準偏差
事後	クラス B : 実験群	2.09	1.16
	クラス A : 統制群	1.63	1.06
遅延	クラス B : 実験群	1.68	1.16
	クラス A : 統制群	1.43	1.04

(実験群 : N = 68 , 統制群 : N = 70)

調査課題別・群別において、対応のある2要因の分散分析で検定したところ、事後調査及び遅延調査における時間保持の主効果は有意であった ($F(1, 136) = 7.92, p < .05$)。また、実験群及び統制群における処遇の主効果は有意であった ($F(1, 136) = 5.22, p < .05$)。しかし、保持時間 × 処遇の交互作用効果は有意ではなかった ($F(1, 136) = 0.95, ns$)。処遇の多重比較は5%水準で有意であった。事後調査、遅延調査のいずれも、実験群の方の平均点の方が良いことを考え合わせると、本研究における発問フレームワークは、実験群の方が科学概念の獲得の観点で学習者の学習効果を高め、1か月後にもその傾向が見られることが明らかになった。

一方、調査課題の平均点は、表 3-25 より、実験群の事後調査が 2.09 点であり、ほぼ半分の得点を獲得していたのに対し、統制群の事後調査と、実験群及び統制群の遅延調査は、いずれも半分の得点にも満たない結果となっていた。今回の『実験』及び『実験』における授業では、「粒子は大きくなったり、増加したりしないこと」と「水の体積が水蒸気になると 1700 倍になること」という性質を理解したうえで、「粒子概念を用いて考えること」ができるような学習活動を展開し

た。そのため，調査課題(2)の水から水蒸気の状態変化といった理解はできていたと考えられるが，調査課題(3)の結果から，状態変化が温度に依存し，水蒸気の水になる場合についての理解が十分できていないといったような結果が見られた。

今後は，『実験 』『実験 』のまとめの時間帯を活用し，現象を説明していく部分についても，しっかりと確認させ，理解を深めさせる必要があると考えられる。

第2 概念地図

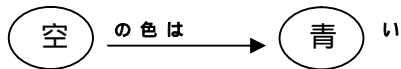
(1) 概念地図の作り方

Novak & Gowin (1984)が概念の視覚化を目指して開発した概念地図は，概念と命題を外在化する技法であり，保有する概念や既知の概念間の関係の範囲を推定するものである⁶⁾。ここでは，状態変化に関する概念地図を作成した。その際，**図 3-16**に示す概念地図の作り方を提示し，概念地図を描かせることにした。

図 3-16は，福岡・岩井・松元(1998)による「子どもへの概念地図法の説明」を参考にして作成した⁷⁾。皆川(2001)は，概念と概念との関係を表現するリンクラベルを作成することで，概念理解に促進的な効果があると指摘している⁸⁾。そこで，本研究では，「矢印をたどることで，後から文章表現ができるだろうか。」という表現で，概念と概念との関係性を文章表現できるように概念地図を作成することを強調することにした。

「概念地図の作り方」

- 1 意味を理解するために必要な用語を選びます。
 - (1) あらかじめ 10 個の用語（名詞または名詞と同等のもの）を挙げています。その全てを使う必要はありません。付け加えたい用語や具体例があれば付け加えても構いません。
 - (2) 視覚的に分かりやすいので，用語には をつけるようにします。
 - (3) 関係のある用語の仲間分けを行い，重要な用語を選びます。
例；「空，青，昼，夕焼け，朝焼け・・・」など

- 2 用語どうしを関連させるために矢印で結び，文章化していきます。
 - (1) 選んだ用語に最も関係のある用語を選び，矢印で結びます。
 - (2) 矢印の横に，二つの用語の関係がわかる言葉を書き加えます。
例； 

- 3 最後に全ての用語が関係付けられているかを確認します。
 - (1) 全ての用語の関係を正しく表しているだろうか。
 - (2) 関係のない用語はないだろうか。
 - (3) 矢印をたどることで，後から文章表現ができるだろうか。

図 3-16 概念地図の作り方

実際の事前調査及び事後調査では，図 3-16 の「概念地図の作り方」を参考にしながら，図 3-17 に示す「概念地図の作成用紙」を使って概念地図を作成することにした。

以下に 10 個の用語を挙げてありますので『状態変化』という単語を中心に概念地図を作ってください。上手く概念地図に書けない単語があれば除いてもいいし、付け加えたいものがあれば付け加えても構いません。

【単語】

沸点・融点・蒸留・固体・液体・気体・温度・体積・質量・昇華

状態変化

矢印をたどることで、後から文章表現ができそうですか？

図 3-17 概念地図の作成用紙

授業中に行われる教師からの発問は「どうしてか。」、「何か。」といったようないくつかのパターンがある。生徒に同じ内容を尋ねる場合でも、発問の仕方によって返答内容が異なって

くる。そのため、本研究では教師の発問の重要性を述べるとともに、返答に戸惑う生徒がいた場合、教師は発問を言い換えることができるかどうか重要であるとも述べてきた。

本節で述べる概念地図という技法は、伝えたい内容はあるが表現の仕方が分からないといったような生徒の意見を汲み取ることが可能になる。したがって、概念地図は、発問フレームワークを補完的に補い教師と生徒間の相互交流を円滑にするための一つのツールとなると考えられる。生徒が作成した概念地図を分析することで、生徒がどのくらい概念を構築しているか、またどのような概念構造を持っているのかなどを評価することができるとともに、教師自身が自己の授業を分析する場合においても十分に活用できる。

本研究では、図 3-17 に示したように、あらかじめ用意した用語は、「沸点・融点・蒸留・固体・液体・気体・温度・体積・質量・昇華」の 10 個である。これらは、全て対象生徒が使用している中学校理科教科書の重要用語として太文字表記されている用語の中から抽出した⁹⁾。ここで用意された用語を全て使用する必要は無く、各自が使いたい用語を新たに使用することも可能であるという条件のもとで概念地図を作成することにした。なお、学習者が使用する用語は、概念ラベルと呼ばれるものである。さらに、図 3-17 に示したように最も重要な用語を「状態変化」とし、この用語をあらかじめ紙面中央に記述するとともに、丸印で囲んでいる。

(2) 実際に描かれた概念地図

中学 1 年生の同じ生徒が書いた事前調査及び事後調査を、クラス A、クラス B からそれぞれ 2 名ずつ抽出したものを示

すことにした。図 3-18 は、クラス A (『実験』で実験群を経験したクラス)の生徒 A によって描かれた概念地図である。事前調査では用語を並べただけという印象を受けるが、気体が液体になることが昇華であるといったように科学的には間違った関連付けがなされていることがわかる。一方で、事後調査では、物質の三態に着目したグループ分けができており、そこに体積と質量の観点に関連付けられている。

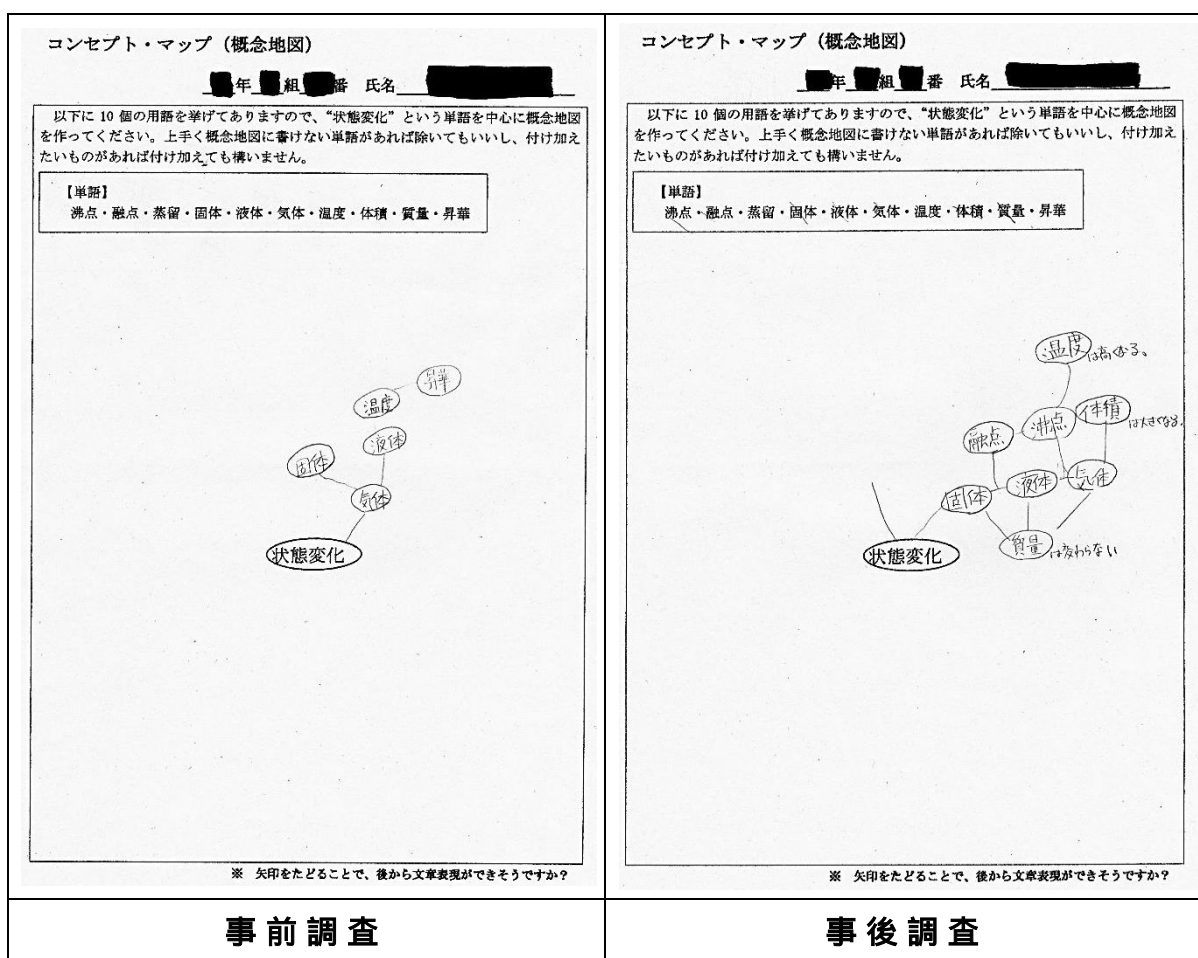


図 3-18 生徒 A による概念地図

図 3-19 は、クラス A の生徒 B によって描かれた概念地図である。事前調査と事後調査とを比較すると、関連付けられた

概念ラベルの数が異なることから，事後調査の方が現象を多く文章化することができるようになったと考えられる。事前調査では「気体になり質量が減る」という科学的に間違った記述も見られているが，事後調査では訂正されている。このように単なる文章化の数だけの違いではなく，科学概念の理解にも変化が見られたことが明らかとなった。

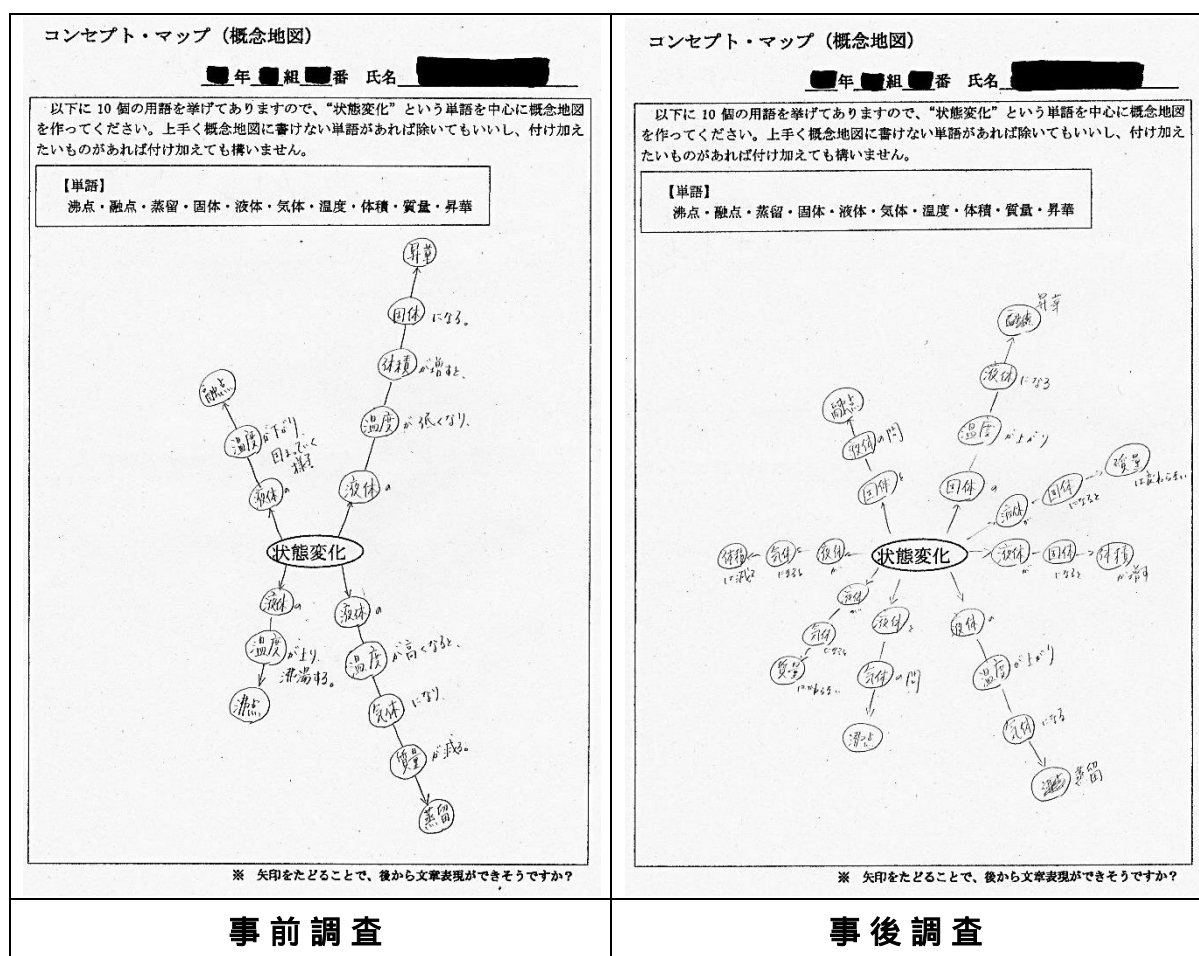


図 3-19 生徒 B による概念地図

図 3-20 は，クラス B (『実験』で実験群を経験したクラス) の生徒 C によって描かれた概念地図である。事前調査では，概念ラベルをリンクさせただけの連想ゲームのような要

素がある。この場合，例えば，気体，質量，という概念ラベルのリンクでは，質量の増減あるいは変化しない，といった点で曖昧さが残る。しかし，事後調査では概念ラベル間に補足的な文章を添えており，関連付けられた概念ラベルの文章化を意識して作成されたものになっている。実際に，事後調査では，こうした曖昧さが解消され，矢印にしたがって概念ラベルを辿ることで，文章表現ができていている点が特徴的である。

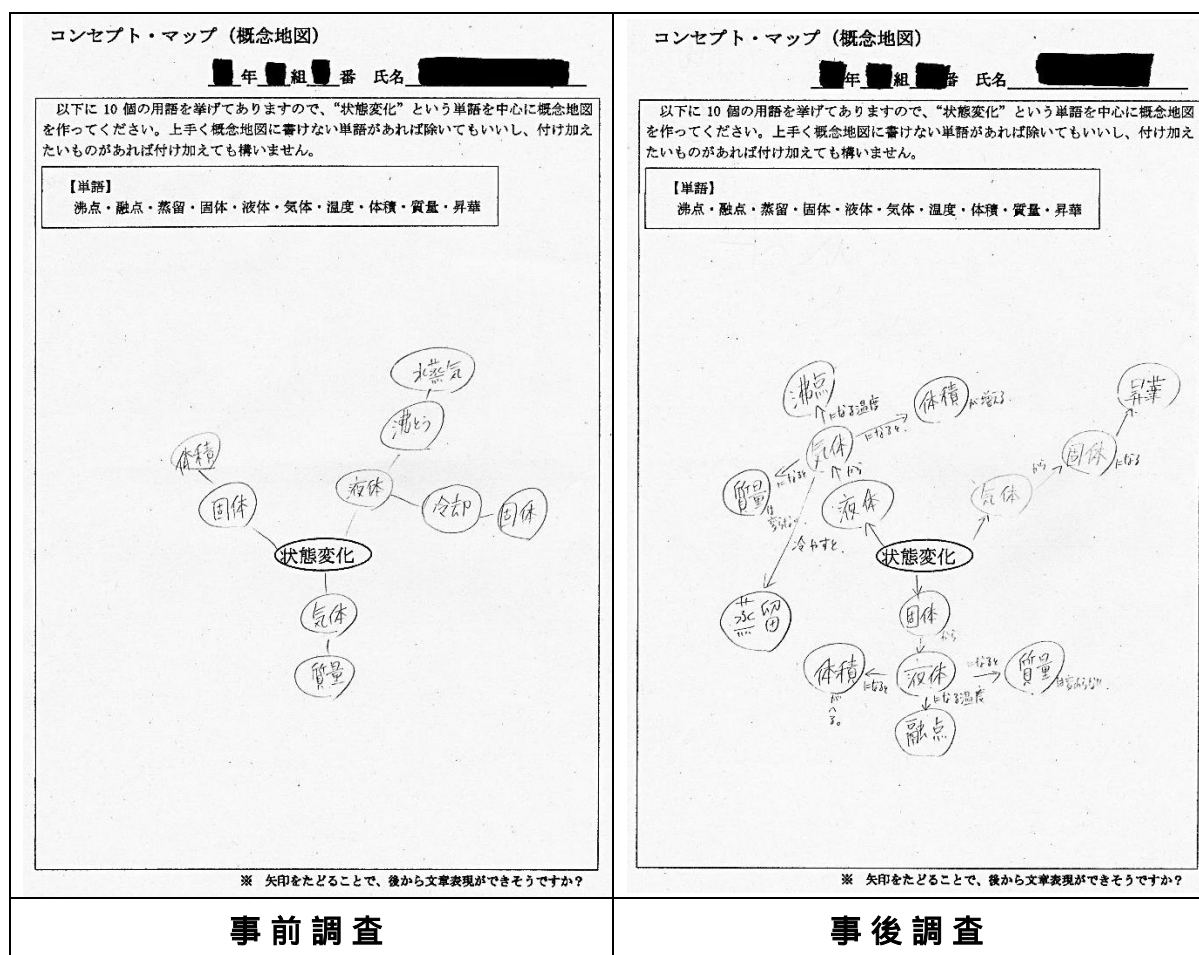


図 3-20 生徒 C による概念地図

図 3-21 は、クラス B の生徒 D によって描かれた概念地図である。事前調査では、状態変化に続く概念ラベルが固体、液体の 2 つであった。事後調査では、温度という概念ラベルが加わっており、関連付けられた概念ラベルを辿ることで確認される文章化の数が増えていることがわかる。しかも、事前調査では「液体が気体になって昇華する」という文章が、事後調査では「固体が気体になって昇華する」と訂正されている。

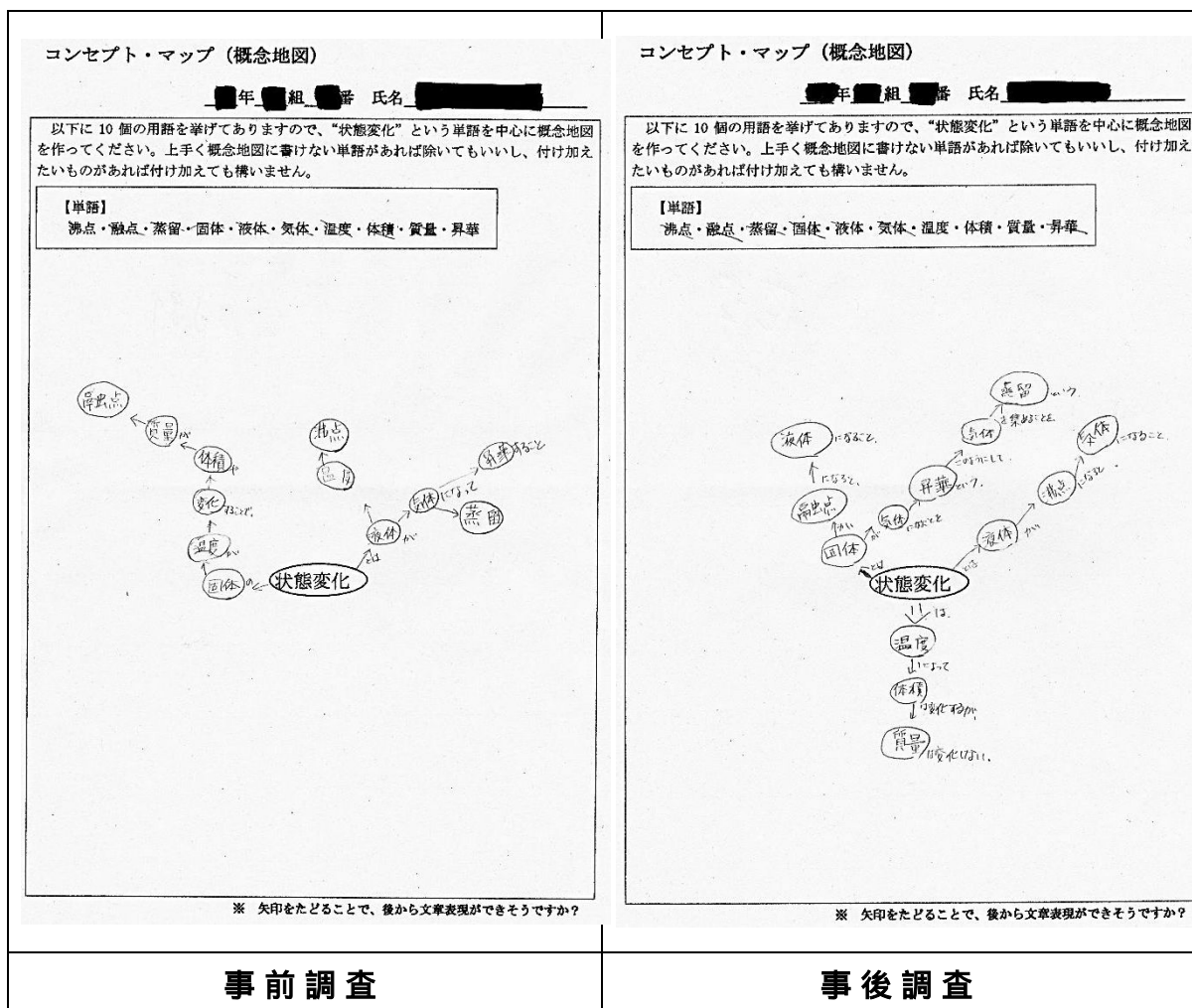


図 3-21 生徒 D による概念地図

(3) 概念地図のまとめ

発問フレームワークでの学習は，関連付けられる概念ラベルの数が増えることに加え，科学的に正しい文章表現ができるようになることが明らかとなった。概念地図を用いれば，生徒の概念間がどのように関連付けられているのかを教師が探ることができる。実際に，概念ラベル間の矢印を辿りながら意味を理解していくことができる。したがって，概念地図を描く本質は，概念を文章化できるかどうかにあると言っても差し支えない。そこで，文章化を補完する目的で，概念ラベル間には必要に応じて言葉を書き加えるようにした。

図 3-22 は，言葉を書き加えるのではなく，関連づけられた概念ラベルに大きな矢印，座標軸のようなものを書き加えることで，文章化を行っている。このように，座標軸のようなものを設定し，概念ラベルを並べていく方法も，現象を説明する際の文章化の工夫として有効な方法であると考えられる。

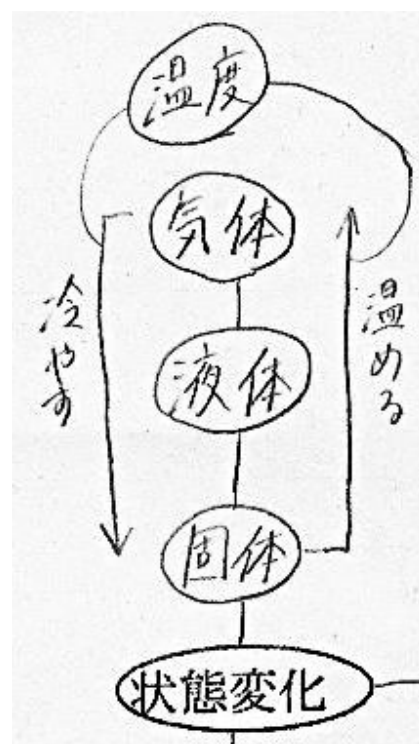


図 3-22 文章化の工夫

辻(2002)は，関係のあるラベルを丸で囲むことやラベルを結ぶ線を2本にするなどして，概念と概念との関係性を理解するための工夫をするための具体例を紹介している¹⁰⁾。こうした文章化の工夫を生徒たちに紹介していけば，より概念地図が有効に活用できるものになると考えられる。

第5項 質的調査

ワークシートの記述やアンケート調査等の量的分析から授業効果が認められた実験群の授業を、授業中の会話記録をもとに質的な観点で分析することにした。授業中の会話記録については、所属長や調査対象者の許可を得て、ビデオカメラやICレコーダーを活用し、質的研究が行えるようにした。具体的には、ビデオ1台で教室後方から全体を撮影するとともに生徒2人につきICレコーダー1台を用いて生徒同士の発話を記録することにした。ICレコーダーは、書き起こす際に、該当生徒が判別できるようにするために、**図 3-23**のように全てのICレコーダーにあらかじめ番号をふることにした。



図 3-23 番号をふった ICレコーダー

授業中の教師や生徒の発言内容に着目したICレコーダーで記録した学習者の発話内容を全てテキストデータに書き起こした資料(以下、「発話プロトコル」という。)を分析対象とした。ビデオは、それを補完する参考資料として活用することにした。

第1 実験における発話プロトコル分析

『実験』の発話プロトコル分析は、表3-26に示すように、実験前後で分けた場面の発話プロトコルに着目し、それぞれの実験群と統制群の比較を行うことにした。

表3-26 発話プロトコルで比較する箇所

	実験群	統制群
分析 (実験前)	Puzzling picture 認知的葛藤を生起させる活動。	
分析 (実験後)	Think-Pair-Share 一人で考えた後、二人で話し合い、さらに全体で考える活動。	一人で考えた後、全体で考える活動。

分析は、実験前の実験群での取組である認知的葛藤を生起させる活動“Puzzling picture”に焦点化したものである。分析は、社会的構成主義に基づく話し合い活動である“Think-Pair-Share”を用いた実験群と、それを用いなかった統制群とで比較検討を行うものである。ここでは、発話プロトコルを分析対象とし、テキストマイニングの手法を用いて分析することにした。

(1) テキストマイニングを用いた分析方法

本研究では、樋口(2001-2015)が開発した計量テキスト分析システム KH Coder Ver.2. beta.32 (以下, “KH Coder” という)を用いることにした¹¹⁾。KH Coder は、文章、音声、映像など様々な質的データを分析する方法で内容分析の具体的な方法を積極的に取り入れながら、データの計量的分析を想定した分析を行うことができるといった特徴を持っている。本研究で用いる発話プロトコルは、全てテキストデータに書き起こされている質的データのため、KH Coder による分析が可能である。

KH Coder では、テキスト全体をこれ以上分割することが不可能な形態素と呼ばれる単位に分割し、出現パターンの多い語を抽出することができる。抽出された語は円で描かれ、出現パターンが似通った円と円は、線で結ばれる共起ネットワークを描くことができる。これは、出現数が多い語ほど円が大きくなり、出現パターンが似通う度合いが強い程、太い線で描写される仕組みになっている。この、KH Coder を用いて、実験群、統制群における共起ネットワークを描くことで、発問フレームワークの評価を行った。

(2) “Puzzling picture” の分析

“Puzzling picture”という活動は、授業の導入で、写真を生徒に提示し「これは何ですか」という発散的発問を行うことから始め、いくつかの発言が出始めた後に、「この現象を粒子の考え方で説明できますか」という収束的発問を行うというものである。もちろん、授業の導入場面なので、科学的に正しい説明を求めることを目的としていない。この活動は、考

えられる限りの多くの意見が出せることや，科学的に正しいものでなくても学習者なりの筋道立った説明ができることを目的としている。図 3-24 は，『実験』の“Puzzling picture”で用いた写真である。写真の中から不思議に感じる箇所を見抜く活動のため，それぞれの生徒が集中して見るようにするために，あらかじめ人数分用意した。『実験』についても，同様の準備を行い，授業実践を行った。

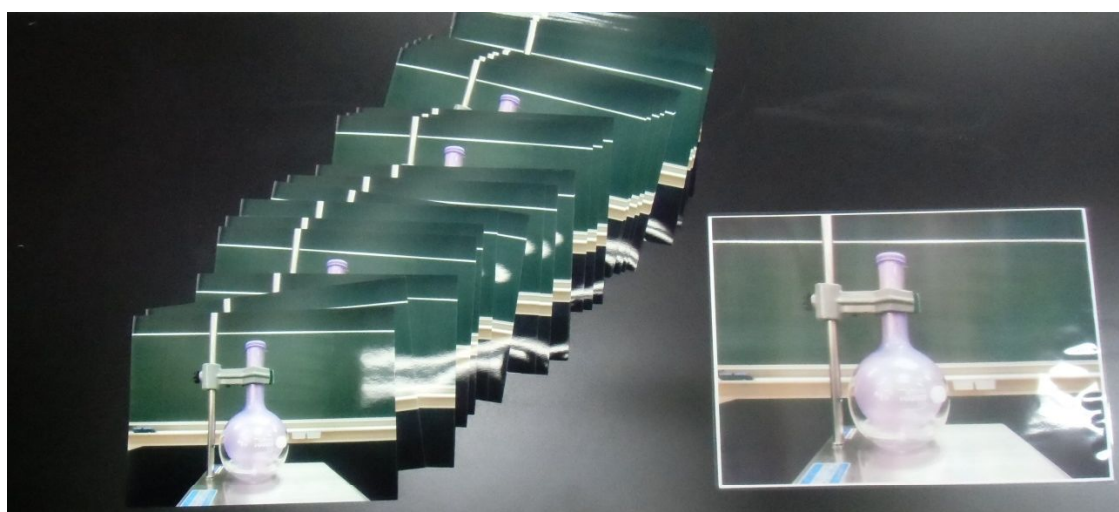


図 3-24 『実験』の“Puzzling picture”で用いた写真

まずは，『実験』における生徒 教師で見られた発話プロトコルの具体例を以下に示す。

先生：「この写真は何ですか？」（発散的発問）

生徒 A：「フラスコ。風船。」

生徒 B：「よく見るとフラスコの中に水がある。」

生徒 A：「いや，あれは水じゃなくて，エタノールじゃない？」

先生：「いいところに気が付きましたね。フラスコの中に液体がありますね。どうやってフラスコの中に風船を入れたと思いますか？」

生徒 A :「フラスコの中に向けて風船を膨らましとるだけじゃない？」

先生 :「いや、それだったらフラスコの中にある空気の逃げ場はどうなる？」

生徒 A :「フラスコのどこかに、穴を開けたら簡単にできる。」

先生 :「そういった細工はしていません。どのようにすれば、この現象を説明できると思いますか。」(収束的発問)

生徒 教師間のやりとりの中で、何故フラスコ内に風船が膨らんでいるのか疑問に感じている場面がある。表 3-27 には、生じた疑問に対する解決に向けた意見を提案している発話プロトコルの一部をまとめた。

表 3-27 認知的葛藤場面で見られた意見(一部)

何らかの細工	S1 : 「あー。風船の中に風船を入れるっていうのはどう？風船の中の風船を、どっかにチューブ入れて膨らましてから風船を抜取る。」
	S2 : 「あー。それでできるん？でも、なんか湯気か何かが出そうな感じがするけど...。」
	S3 : 「あっ、フラスコに穴があいとるとか...。」
	S4 : 「風船の中に上から水を入れた。」
別の物質	S5 : 「二酸化炭素で膨らませた。二酸化炭素は空気より重いし。フラスコの中でセットしてから、ぷー、って膨らみます。」
	S6 : 「空気より重い物質の水を入れた。」
	S7 : 「フラスコの下にも水入れとるよね。」 S6 : 「うん。ちょっと入れとるね。水じゃなくて、エタノールかな？分からんけど...。」

S1 から S7 の記号は、7 人の生徒を表す。

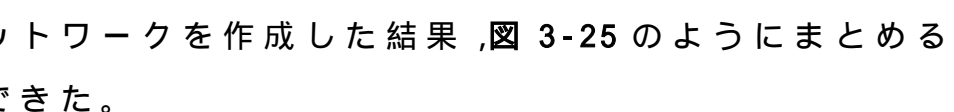
表 3-27 のように、『実験』の“Puzzling picture”の活動における発話プロトコルには，フラスコに穴をあける等の「何らかの細工」や，空気より重い物質を入れた等の「別の物質」を活用したという意見が見られた。そこで，実験群の“Puzzling picture”での発話プロトコルを，KH Coder を用いて使用された語の出現パターンが多い語を中心に抽出した。その結果は，表 3-28 のようにまとめられた。

表 3-28 出現パターンの多い語の抽出結果(一部)

抽出語	出現回数	具体例
入れる	36	空気より重い物質を上から <u>入れる</u> 。
風船	31	最初から <u>風船</u> に固体を入れていた。
水	22	なんで，フラスコの中に <u>水</u> があるん？
二酸化炭素	21	<u>二酸化炭素</u> は空気より重いし。
フラスコ	20	<u>フラスコ</u> の中にある液体が何か特別なんよ。
空気	14	<u>空気</u> より重い物質を上から入れる。
お湯	12	この中のエタノールに， <u>お湯</u> を入れて，膨らんだ実験を使ったんじゃない？
酸素	11	<u>酸素</u> か二酸化炭素入れたんじゃない？
膨らむ	10	エタノールやったら， <u>膨らむ</u> やる。この水みたいなのは，エタノールよ。
重い	9	空気より <u>重い</u> 物質を入れた。中に水を入れた。
アンモニア	6	<u>アンモニア</u> は空気より軽いよな。
使う	6	空気より重たい物質を <u>使う</u> 。
ドライアイス	5	あっ， <u>ドライアイス</u> を使ったんじゃない？
穴	5	フラスコに <u>穴</u> をあける。

表 3-28 の抽出語中の「穴」という用語は，フラスコに穴をあけることでフラスコの中に風船が膨らんでいるという「何らかの細工」をした文脈で使用されていた。また，抽出語中の「二酸化炭素」「酸素」「アンモニア」「ドライアイス」の多くが，空気以外の「別の物質」を模索している文脈の中で使用されていた。以上より，表 3-28 の抽出語の中には，表 3-27 に示した「何らかの細工」をしたとか，「別の物質」を活用したという話し合いが行われていたと推察される語が抽出されていたことが確認された。

発話プロトコル中の出現パターンの似通った語，つまり，共起の程度が強い語を線で結ぶ共起ネットワークを作成した。KH Coder のオプション設定により，最小出現数が 5 回以上の語を抽出した。また，共起関係が強いほど太い線での記述になることや，出現数の多い語ほど大きい円で描画することといったような設定を行った。さらに，語と語の結びつきが比較的強い部分を自動で検出し，グループ分けを行い，その結果を色分けによって示すサブグラフ検出の設定も行った。色がついていない語は単独の語であり，自動検出されたグループ間に繋がりが認められるときは実線，そうでないときは破線で示されるようになっている。

“Puzzling picture” の活動中の発話プロトコルを用いて，共起ネットワークを作成した結果， 3-25 のようにまとめることができた。

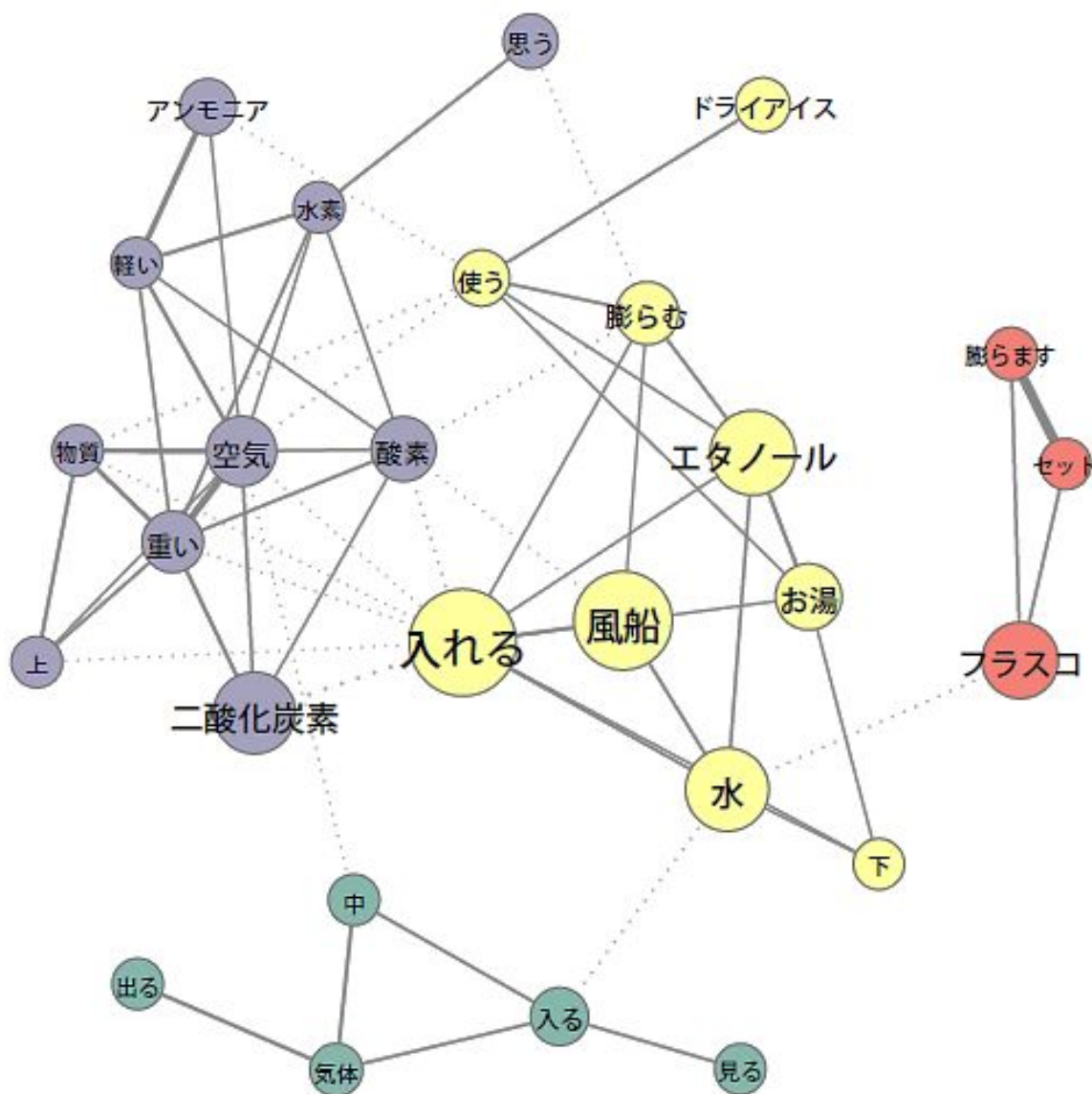
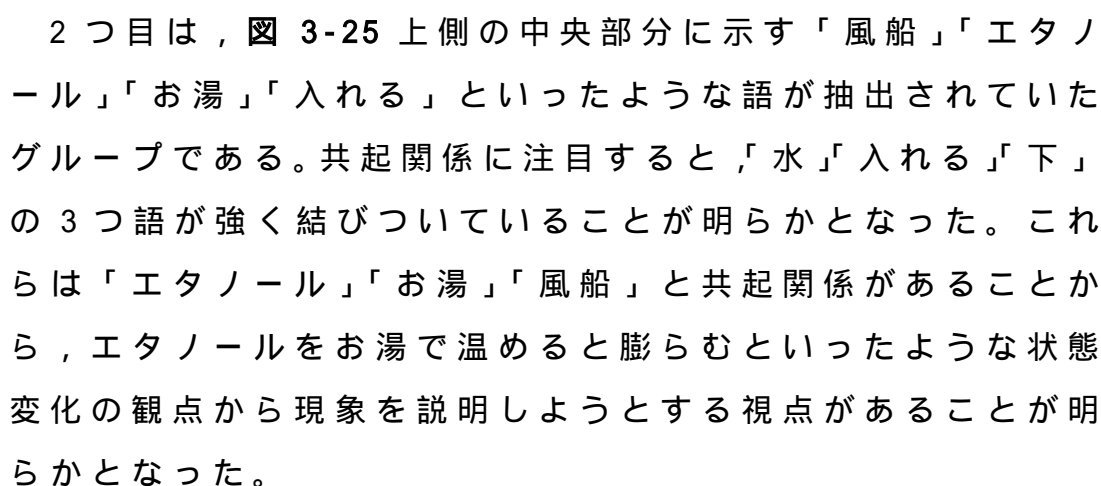
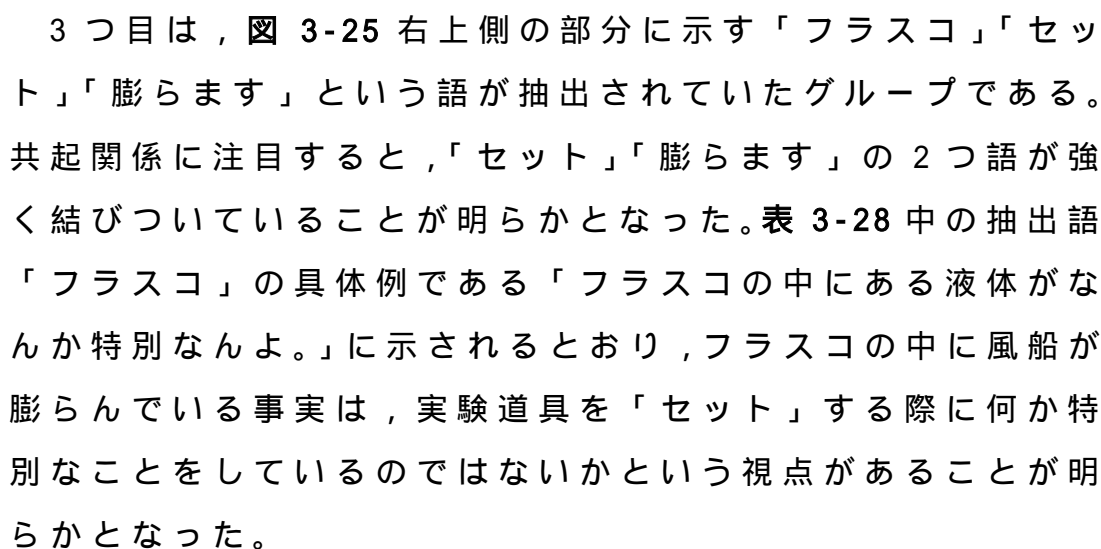


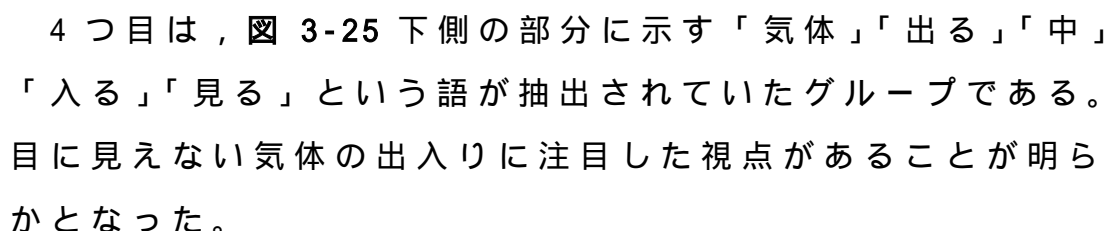
図 3-25 “Puzzling picture” の共起ネットワーク

抽出された語は、以下の4つのグループに分けることができた。抽出された語や共起関係に着目することで、どのような視点で意見が交わされたのかについて推察することができた。まず、1つ目は、図 3-25 左上側の部分に示す「空気」「二酸化炭素」「酸素」「水素」「アンモニア」といったような語が抽出されていたグループである。共起関係に注目すると、「空

気」という語を中心にして「二酸化炭素」「酸素」「水素」「アンモニア」という語が使用されていた。さらに、それらは全て「軽い」または「重い」という語と共起関係があることが分かった。したがって、二酸化炭素や酸素などの物質が、空気より重いのか、軽いのか、という視点で意見交換がされていたことが明らかとなった。

2つ目は、 3-25 上側の中央部分に示す「風船」「エタノール」「お湯」「入れる」といったような語が抽出されていたグループである。共起関係に注目すると、「水」「入れる」「下」の3つ語が強く結びついていることが明らかとなった。これらは「エタノール」「お湯」「風船」と共起関係があることから、エタノールをお湯で温めると膨らむといったような状態変化の観点から現象を説明しようとする視点があることが明らかとなった。

3つ目は、 3-25 右上側の部分に示す「フラスコ」「セット」「膨らみます」という語が抽出されていたグループである。共起関係に注目すると、「セット」「膨らみます」の2つ語が強く結びついていることが明らかとなった。表3-28中の抽出語「フラスコ」の具体例である「フラスコの中にある液体がなんか特別なんよ。」に示されるとおり、フラスコの中に風船が膨らんでいる事実は、実験道具を「セット」する際に何か特別なことをしているのではないかという視点があることが明らかとなった。

4つ目は、 3-25 下側の部分に示す「気体」「出る」「中」「入る」「見る」という語が抽出されていたグループである。目に見えない気体の出入りに注目した視点があることが明らかとなった。

以上より，認知的葛藤を生起させる活動として実施した“Puzzling picture”によって，使用していると考えた別の物質の重さを空気の重さと比較したり，お湯や水を使ったエタノールの状態変化の視点を取り入れたりするなど，幅広い視点で生徒が話し合いをしていたと推察できた。

(3) “Think-Pair-Share”の分析

“Puzzling picture”の後に，実験群で用いた教授方略“Think-Pair-Share”における発話プロトコルについて，使用された語の出現パターンが多いものを中心に抽出した。この“Think-Pair-Share”は，教師による次の2つの発問を中心に実施された。

発問 1：風船の入ったフラスコを再びあたためるとどうなりますか。粒子概念を用いた説明はできますか。

発問 2：はじめから風船をつけて，あたためた後にフラスコを冷やすとどうなりますか。粒子概念を用いた説明はできますか。

その抽出結果と出現回数とをあわせて，表 3-29 にまとめた。表 3-29 に見られる語の平均出現回数を算出したところ，実験群 21.1 回，統制群 14.5 回であり，実験群における発話プロトコル中の語の使用回数の方が多いという傾向が認められた。具体的には，実験群では「入る」「風船」「フラスコ」「空気」「粒子」「縮む」という語，統制群では「風船」「膨らむ」「フラスコ」「冷やす」「沸騰」「入る」「空気」という語が，それぞれの平均出現回数以上の語であったことが分かった。

表 3-29 出現パターンの多い語の抽出結果(一部)

抽出語	出現回数	
	実験群：N=34	統制群：N=37
入る	54	13
風船	42	52
フラスコ	28	20
空気	23	12
粒子	23	6
縮む	22	5
冷やす	15	16
沸騰	12	16
戻る	12	5
外	11	1
軽い	11	0
膨らむ	11	36
出る	10	6
平均値	21.1	14.5

これらは、教師の発問 1、発問 2 のいずれにも見られる「風船」「フラスコ」等の語と関連したものであり、教師の発問に対して意見を出し合った結果であると考えられる。ただし、教師の発問 1、発問 2 のいずれにも見られる「粒子」という語については、実験群で 23 回、統制群で 6 回であった。本研究は、粒子概念を用いて考え、現象を説明できることを目標とした学習活動を展開してきたものであるが、実験群の方が粒子について言及する場面が多く見られたことが明らかとなった。また、「風船」「冷やす」「沸騰」「膨らむ」については、統制群は実験群を上回る出現回数が見られた。教師の発問に対する返答として、例えば、風船が膨らむといったような視覚的言及が多く見られたと推察された。以上より、実験群の方が、多くの語が語られるとともに、粒子について言及する場面が多く見られたことが明らかとなった。

教授方略“Think-Pair-Share”を用いた実験群とそれを用いなかった統制群における発話プロトコルを基にして、両群における共起ネットワークを作成することにした。その際、KH Coder のオプション設定により、最小出現数が 5 回以上の語を抽出することにした。実験群の結果を図 3-26 に、統制群の結果を図 3-27 にまとめた。

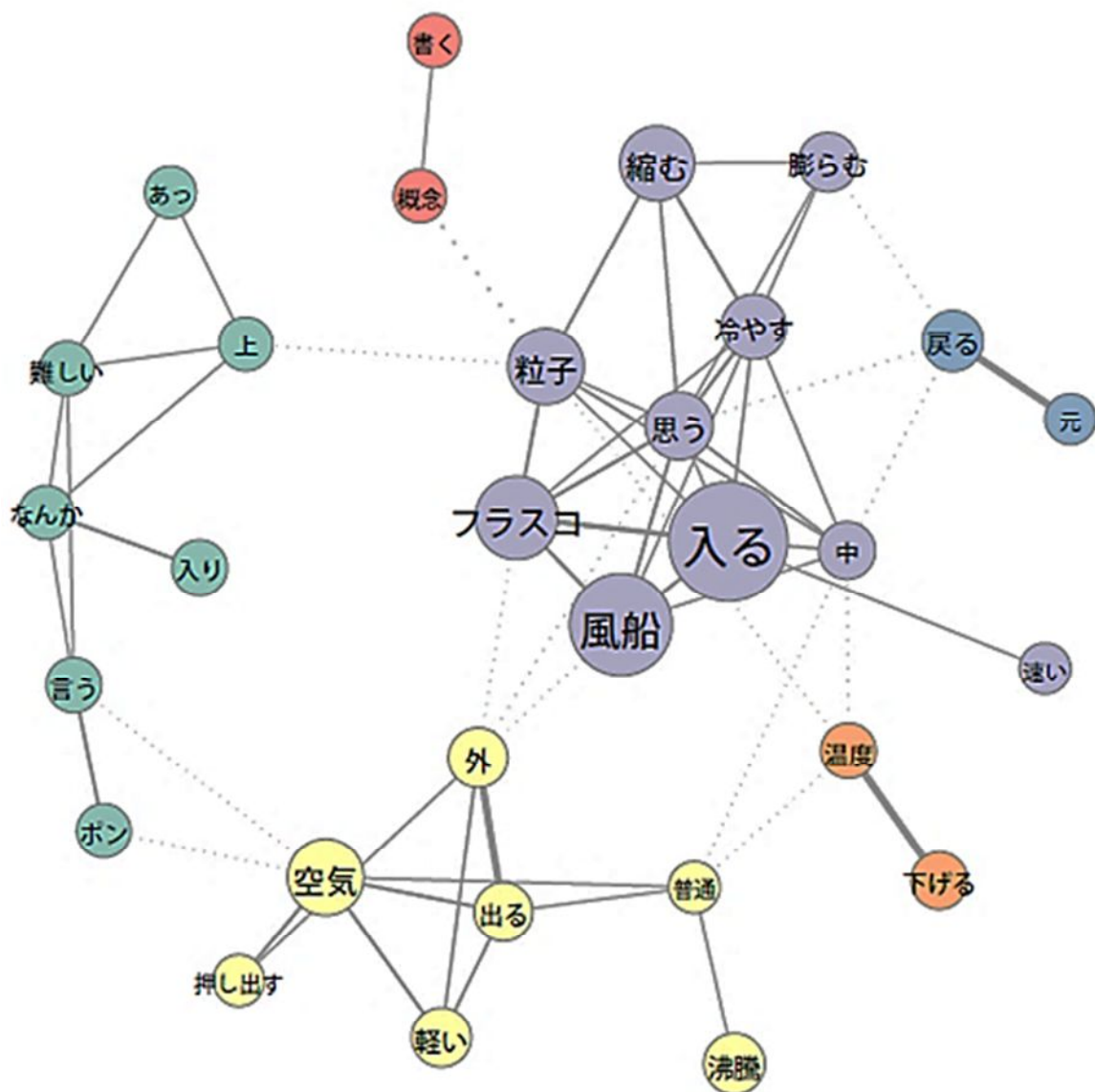


図 3-26 実験群における共起ネットワーク
“Think-Pair-Share”ワークシート活用場面

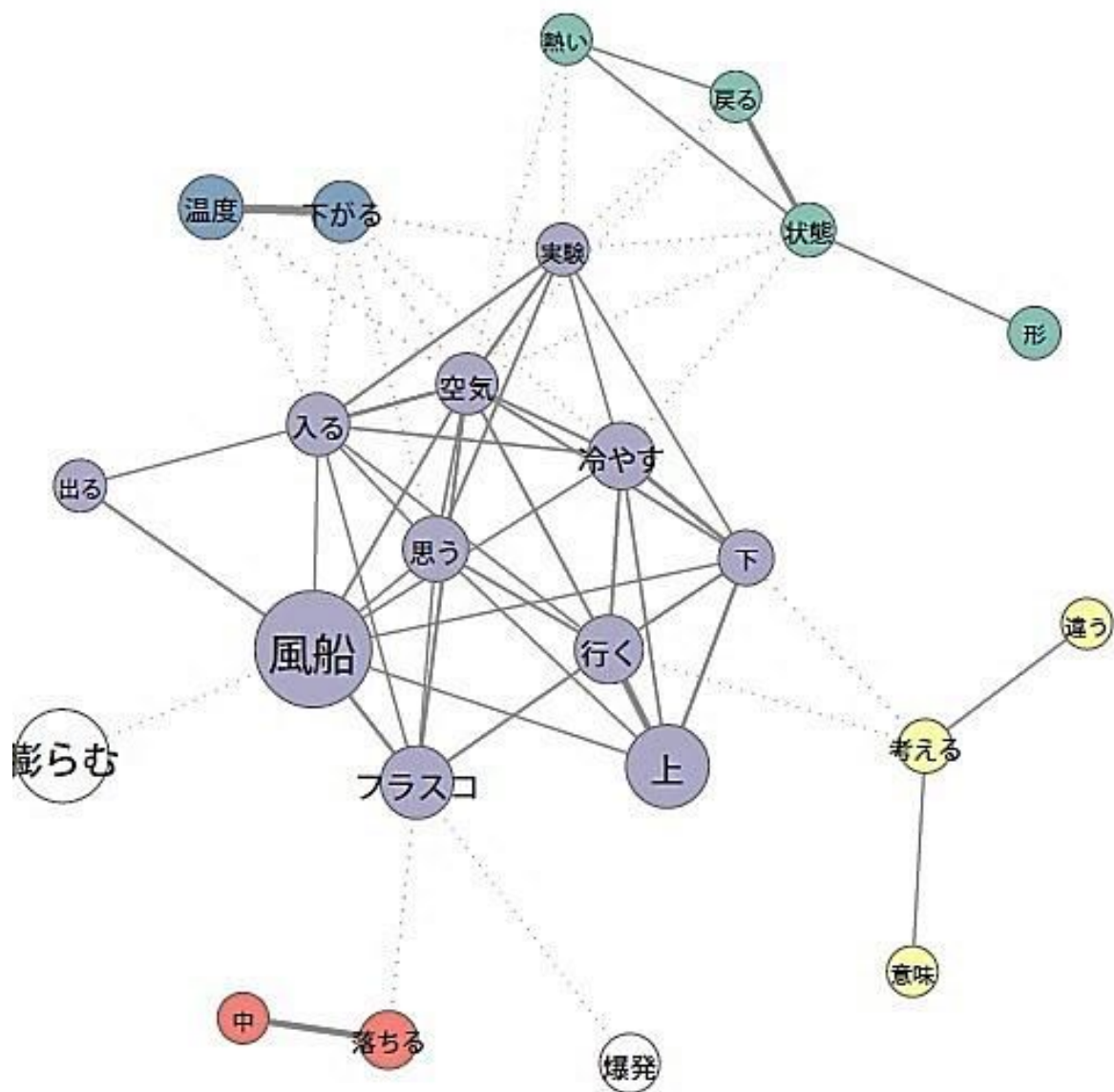


図 3-27 統制群における共起ネットワーク
“Think” ワークシート活用場面

図 3-26 より ,実験群では他の語とグループを形成しているのが 6 種類であり ,図 3-27 より ,統制群のそれは 5 種類であった。また , 実験群では , 他の語とグループを形成していない単独の語は無かったのに対し , 統制群のそれは 2 種類であった。

実験群，統制群の両群ともに，「入る」「風船」「フラスコ」「冷やす」「思う」という抽出語を中心に出現パターンの似通った共起の程度が強いグループを形成していることが明らかとなった。

ただし，実験群では「フラスコを冷やせば風船がフラスコの中に入る」という文脈の中に，風船が「膨らむ」「縮む」といった語を踏まえていたり，そこに「粒子」という語を関連付けたりしていることが明らかとなった。つまり，実験群では，粒子の考えを用いて現象について話し合っていたと考えられる。それに対して，統制群は風船が「出る」「入る」という語との結びつきが強いが，これと「粒子」とは関連付けがなされていないことが明らかとなった。また，統制群では「膨らむ」という語が他の語とグループを形成していない単独であることや，「中」「落ちる」といった抽出語のグループが見られたことから，風船が上に行く，下に行く，あるいはフラスコの中に落ちるといった視覚的な観点による話し合いがなされたことが考えられる。

さらに，実験群は，「沸騰」「空気」「押し出す」といった抽出語のグループや，「概念」「書く」といった抽出語のグループが見られたのに対して，統制群ではこうしたグループが見られなかった。つまり，実験群では，沸騰によって空気が押し出されるという目で見ることのできない現象を表現しようとする話し合いがみられたことが推察される。

以上より，実験群，統制群の両群ともに，現象を説明しようとする話し合いがなされていたと考えられるが，実験群における話し合いでは，粒子の考え方を用いる傾向が見られたことが明らかとなった。

第2 実験 における発話プロトコル分析

(1) 発散的発問から収束的発問の効果に関する検証

『実験』において、テキストマイニングを用いた発話プロトコル分析を行った結果、実験群では粒子の考え方をを用いる傾向が見られた。これは、実験群の“Puzzling picture”において、教師が発散的発問から収束的発問を行うことで、学習者なりの筋道立った考え方を述べることに寄与していると考えられる。そこで、『実験』においては、認知的葛藤を生起させる場面に焦点化し、教師の発問に関する効果を検鏡する目的で発話プロトコル分析を行うことにした。

(2) “Puzzling picture”の分析

実験群の授業の様子を生徒2人あたりICレコーダー1台で記録し、テキストデータに書き起こした一部を、表3-30のようにまとめることができた。表中の話し手の欄には、便宜的に、生徒を生徒A、生徒Bなどと表現した。なお、生徒Aと生徒B、生徒Cと生徒D、生徒Eと生徒F、生徒Gと生徒Hは、同じICレコーダーに録音されていた音声であり、お互いに話し合いをしていることから、隣に着席していた生徒同士であると判断することができた。

表 3-30 認知的葛藤を生起させる場面での発話記録(一部)

発話番号	話し手	発話内容	備考
1	教師	それでは机の上にある大きな写真を取ってください。これは何の写真ですか。	発散的発問
2	生徒 A	フラスコ。	実験器具 や実験方 法に關す る返答
	生徒 B	フラスコとペットボトルの写真。	
3	生徒 E	あっ，なんかあれやない。空気集める。	
	生徒 F	あっ，水上置換。	
4	生徒 G	フラスコが沸騰しとる。	ペットボ トルに泡 が出てい ないこと を発見
	生徒 H	ようこんなとこ，気づいたね。あれっ，泡が 出てない。	
	生徒 G	あー。ホント。ペットボトルの中がぶくぶく してない。ペットボトルの泡が出てない。	
	生徒 H	黒いとこ，押さえとんじゃない。	
5	教師	今，どのような状況になってますか。フラス コの方に注目をすると...	フラスコ に着目さ せる発問
6	生徒 A ~生徒H	沸騰。	
7	教師	むちゃくちゃ沸騰している状況ですけど，水 上置換になってますか。	ペットボ トルに着 目させる 発問
8	生徒 A	片方が沸騰していて，気体の体積が増えてい るはずなのに，もう片方のペットボトルの方 は，増えていない。	
	生徒 G	なってる。	
	生徒 H	あれっ。なってないことない。	
	生徒 G	なっていない。	

第3章 理科固有の発問フレームワークに基づいた理科授業の効果

9	教師	この現象を粒子の考え方で説明できますか。	収束的発問
10	生徒 A	二酸化炭素持ってくる。	
11	生徒 D	えー，なんでやる。	
	生徒 C	こういうときは，まわりに何か(説明のための道具)があるはずだ。だって，誰かが答え言ったら，先生は(説明のための道具を)持ってくるはずだ。	
	生徒 D	は，は(笑)。ペットボトルがどういう状況なのかの方が気になるんやけど。ポコンってなりそうよ。どうやって止めとんやろうか。	
	生徒 C	挟んどんやない。	認知的葛藤が生起される場面(既存の知識と相反する発言)
	生徒 D	挟んどるんかねー。よく見えん，わからん。	
	生徒 C	こっちは割れとって，こうやって水が分離するんよ。で，実は，この辺で水をおくってじゃない。(フラスコに細工)	
	生徒 D	水やなくて空気なんじゃない。空気が分離しとるんよ。	
	生徒 C	もう，合成写真でいいやん。	
	生徒 D	油と水で分離させとんじゃない。	
	生徒 C	ねー，ペットボトルって，どうやってこの状態にしとるんやろう。	
	生徒 D	三脚にはさんどるんよ。大きさがぴったりなんよ。	
生徒 G	わからん。		
生徒 H	こっちが沸騰しとんのに，もう一方から泡がでてないのはどうしてってということよ。		

12	生徒 C	やっぱり，ホースになんか詰まってるんよ。	代替案
	生徒 D	ホース，詰まったら爆発するやろ。	
	生徒 C	ああ，そうか。あっ，わかった。ここで空気通らんようにするんじゃない。	
	生徒 D	ここに穴開けて，ホースで逃がしとるんじゃない。(フラスコに細工をしたという意見)	

表 3-30 より，発話番号 1 の教師による発散的発問に対し，発話番号 2,3 のように実験器具や実験方法に着目した意見が見られた。フラスコ，ペットボトルなどの実験で用いた器具に関する固有名詞を出し尽くしたタイミングで，発話番号 4 のようにフラスコの中の液体が沸騰しているといったような現象に気づき始めた。その後，発話 5,7 の教師の発問で，クラス全体に提示した写真は不可解な写真であると認識させることができた。生徒たちにとっては，既存の知識と相反する現象であったため，実際の場面では，わからないという発言も多く見られた。ここで，発問番号 9 の教師による収束的発問に対し，発話番号 10 のように写真で見ることができない他の物質を活用しようとする意見が見られた。さらに，発話番号 11 のように隣の生徒との意見交換によって，様々な意見を出し合うことができ，知識の共同構築や意味共有ができていたことを示していた。この不可思議な写真を用いた活動は，授業の導入段階であるため，科学的に正しい正解は得られることを目的としていない。ただし，生徒なりの道筋の通った捉え方に基づく意見を述べたうえで，実際に実験に取り掛かっていくという点において，大変意義深い活動であると考えられる。

以上のように，発問フレームワークの中で提案した発散的発問で出された多くの意見が，収束的発問により，活発な意見交換へと繋がっていく様子が事実としてまとめられていた。つまり，表 3-30 より，発問フレームワークが上手く機能していたことが明らかとなった。

第6項 本章のまとめ

本章は，理科固有の発問フレームワークに依拠した理科授業を実践し，その効果を検証したものである。授業中に使用したワークシートの記述内容や授業後に実施した質問紙調査から見られる科学概念の定着度や理解度を手がかりに発問フレームワークの効果を分析した。その結果，本研究で開発した理科固有の発問フレームワークには，以下のような効果が認められた。

発問フレームワークに取り入れた教授方略である認知的葛藤や，“Think-Pair-Share”といった話し合い活動は，肯定的意見や効果的な結果が得られた。“Wait time”は，教師の発問後，生徒の返答後のいずれにおいても，考える時間として重要であるという積極的意見が多く見られることが明らかとなった。さらに，約40%の生徒が考える時間として活用することができる回答結果が得られた。“Wait time”は，思考活動を促進させることが目的であるため，事実確認のような発問を含む，授業中に行われる全ての発問で適応させる必要は無い。“Wait time”を活用すべき場面というのは，本当に生徒に考えて欲しいと思う授業内容の本質を尋ねる発問の際において，積極的に導入していく教育効果は高いと考えられる。この観点で，今後とも検討を重ねていきたい。

また，“Think-Pair-Share”は，理解，思考，他者という観点からは，効果的であった。さらに，科学概念の定着の観点からは，『実験』『実験』で行った実験を確実に理解できるような検討の余地は残っているものの，発問フレームワークは，科学概念の獲得の観点で学習者の学習効果を高め，1か月後にもその傾向が見られることが明らかとなった。

今後は，授業後に見られる記述内容を詳細に分析する形成的評価に基づいた測定や，授業中の生徒の発話分析を取り入れた質的測定を行うことで，学習者の思考過程を詳細に分析していきたい。特に，認知的葛藤場面を生起させる場面における発話内容をより詳細に分析を行うことで，さらに具体的な提案が行えるものと考えられる。

こうした量的調査に加え，実践中に生徒によって語られた発話プロトコルを用いた質的調査も行った。具体的には，実験前に，実験群で用いた教授方略である“Puzzling picture”について，不可解な写真を見ながら意見を出し合う認知的葛藤場面を踏まえた“Think-Pair-Share”の効果을明らかにするために，授業全体における発話内容を分析対象とした質的分析を行った。その結果，発問フレームワークの効果として，現象を説明する際に，実験結果の記述だけでなく，科学概念を用いた考え方を記述しようとする傾向が見られた。

今後は，状態変化以外の単元においても，この発問フレームワークの効果が認められるか否かに関する詳細な検討を行っていきたい。

註及び引用・参考文献

- 1) 小学5年生と中学2年生を対象に，文部科学省・国立教育政策研究所が行った理科学力テストのこと。「特定課題調査」(2006年1,2月，全国211校で実施)の結果が2007年11月に公表された。
- 2) Osborne,R.,and Freyberg,P: Learning in Science The implications of children's science,172-176,Heinemann,1985 .
- 3) 株式会社学習研究社(編著): 高校入試対策難関突破精選問題集理科，18，株式会社学研，2005 .
- 4) 株式会社旺文社(編著): 2003年受験用全国高校入試問題正解理科・社会，35-36，株式会社旺文社，2003 .
- 5) フリック(著)，小田博志・山本則子・春日常・宮地尚子(訳): 質的研究入門 人間の科学 のための方法論，220-231，春秋社，1995/2002 .
- 6) Novak, J., & Gowin, D.: Learning How to Learn, 1-216, Cambridge University Press, 1984.
- 7) 福岡敏行・岩井徳仁・松元博(著)，日本理科教育学会(編): キーワードから探る これからの理科教育，182-187，東洋館出版，1998 .
- 8) 皆川順: 概念地図法による知識獲得支援の研究，65-110，風間書房，2001 .
- 9) 岡村定矩・藤嶋昭(代表): 新しい科学 1年，108-123，東京書籍，2012 .
- 10) 辻健(著)，福岡敏行(編): コンセプトマップ活用ガイド，53，東洋館出版，2002 .
- 11) 樋口耕一: 社会調査のための計量テキスト分析 内容分析の継承と発展を目指して，1-16，ナカニシヤ出版，2014 .

第4章 他学年・他分野での発展可能性

第1節 本章の目的及び研究の手順

第2章及び第3章では、中学校段階での発問フレームワークの実践及び評価について述べてきた¹⁾。そこでは、量的にも、質的にも、様々な観点から発問フレームワークの有効性が認められたため、今後の実践においては、発問フレームワークの教授方略を取り入れた実践を想定することにした。

本章では、こうした成果を手がかりに、更なる実践可能性を探る目的で、教員研修を通じて高校物理分野に焦点化した発問フレームワークを開発することにした。授業の導入で認知的葛藤を生起させる場面を設定することや、予期される生徒の返答や授業中に展開される教師の発問など、高等学校段階での実践可能性について検討することにした。発問フレームワークで実践する際に用いる教授方略、以下の3つである。

“ Puzzling picture ”

不可解な写真を用いて、これは何ですか、という発散的発問から始め、多くの意見が出た後、この現象を説明できますか、という収束的発問を行う。

“ Think-Pair-Share ”

一人で考え、その考えをワークシートに記述させた後、二人、そして全体で話し合う場面を設定する。

“ Wait time ”

コア発問においてのみ、思考活動を促進させるために、教師の発問後に5秒間、生徒の返答後に3秒間程度のわずかな待ち時間を確保する。

これらの教授方略を用いて、科学の祭典における中学生・高校生のためのサイエンスという45分授業を実施するコーナーで予備実践を試みることにした。

第2節 実践・調査の手続き

県下の高校物理教師 20 名を対象に，1 時間程度の研修会（以下，「教員研修」という。）を 3 回にわたり実施する過程を経て，高校物理分野に焦点化した発問フレームワークを開発することにした。1 回目は，2013 年 11 月に，発問フレームワークに関する理論研究の成果を発表した。2 回目は，2014 年 11 月に，3 回目は 2015 年 8 月に発問フレームワークの実践の成果を発表するとともに，高校物理分野での教材開発に関する議論を行った。

開発した発問フレームワークの予備実践は，2015 年 10 月 31 日(土)から 11 月 1 日(日)にかけて，松山市総合コミュニティセンターで開催された科学の祭典における，中学生・高校生のためのサイエンスという 45 分授業を実施するコーナーを活用した。対象生徒は，中学生 3 人，高校生 2 人の合計 5 人（全て女子生徒）であった。

第3節 高校物理分野における認知的葛藤を生起させるための発問フレームワークの開発及び実践

第1項 教員研修を通じた理科授業「滝をのぼる水滴」のデザイン

教員研修の場は，愛媛県高等学校理科部会物理部門研究委員会の機会を活用することで実現された。1 回目は，2013 年 11 月に，発問フレームワークに関する理論研究の成果を発表した。2 回目は，2014 年 11 月に，3 回目は，2015 年 8 月に，発問フレームワークの実践の成果を発表するとともに，高校物理分野での教材開発に関する議論を行った。

この委員会は，年に 3 回開催され，理科指導資料を作成し，愛媛県下全ての物理教師を対象に配布している。例えば，理科指導資料のうち『物理演示実験の手引』『物理基礎 物理演示実験の手引き』というものがあるが，この資料は，愛媛県下

全ての高等学校に、毎年、新規の演示実験や改定ページを再配布しているものである^{2), 3)}。こうした理科指導資料の改訂版やその資料に基づく実践事例資料を、毎年(2006-2015)作成し、県下全ての高等学校に配布している。この機会を活用することで、県下の物理教師 20 名が一同に集う教員研修の場が実現された。図 4-1 は、教員研修の様子である。



図 4-1 教員研修の様子

“Puzzling picture” で用いる不可解な写真は、この委員会活動を通じて作成された理科指導資料『物理演示実験の手引』中の実験から抽出し、図 4-2 のように撮影された。ストロボスコープを使って、この水滴を観察してみると、水滴は落下したり、止まったり、のぼったりするように見える。そのため、この理科授業は「滝をのぼる水滴」と名付けることにした。理科授業の目的は、図 4-2 に見られる自然現象の原理を、可能な限り説明できるようにすることとした。

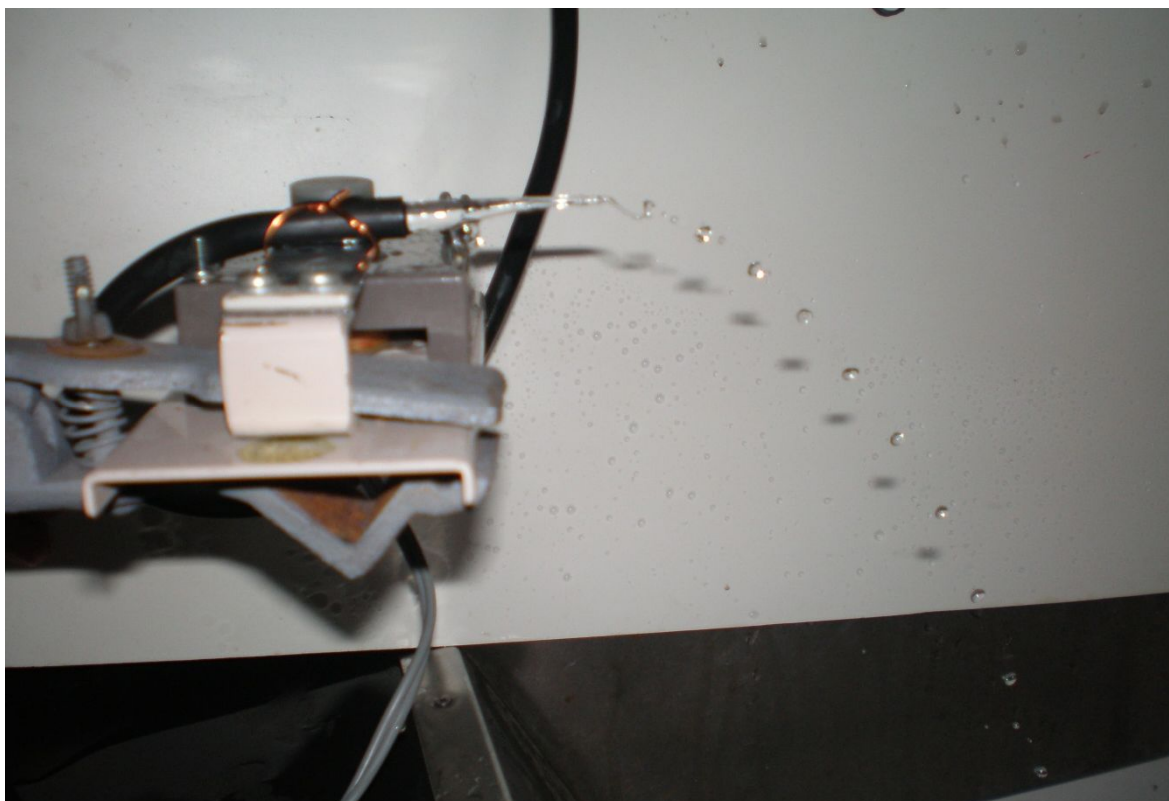


図 4-2 Puzzling picture で用いる不可解な写真

なお，図 4-2 に示す実験は，実験そのもののインパクトが強く生徒の記憶に残りやすいものである。実際に実験を行えば，これまでの経験上で述べれば，必ずと言っていい程，生徒たちからは「わあー。すごい。」といったような歓喜の声をあげる。その反面，原理の説明にまで踏み込むことができないのが現状であった。実際に，理科指導資料『物理演示実験の手引』においても「水滴が放物運動の軌跡を描いている」ことを確認させることだけが実験の目的として示されているままであった。

小川（1998）は，「本人も周囲の人々も，それが科学的な活動だと信じて疑わない活動であるにもかかわらず，それらが科学的な活動とは似ても似つかないものになってしまう活動」のことを，ネオ科学と呼んでいる⁴⁾。学校現場では，教師が科学をやっている気になっているが，生徒たちは，楽しいというだけで終わってしまう場合がある。これは，今日の授業

はよくできたと教師が感じている時に限って、生徒たちが全く理解していない、という典型的な事例を想像すれば、容易に理解できると思われる。こうした教師と生徒との科学を実感する心の乖離は、ネオ科学に近いものがあり、図 4-2 に示した実験は、まさにネオ科学に関連した実験の一つと考えられる。この図 4-2 に示した実験を題材として、話し合い活動を重視しながら、原理を説明するという試みは発問フレームワークの効果を示すのに適していると判断した。つまり、発問フレームワークを検討することは、ネオ科学を科学にするための理科授業デザインの試みに他ならないのである。

そこで、教員研修では、図 4-2 に示した実験を題材として、“Puzzling picture”の活動を検討したり、“Think-Pair-Share”ワークシート等を用いて、実際に高校物理教師が試行的に取り組んだりしながら、理科授業デザインを試みた。さらに、実際の授業実践で想定される場面を可能な限り検討できるようにするために、参加者の許可を得たうえで、ビデオ1台で教室後方から全体を撮影するとともに、教師1人につきICレコーダー1台を用いて発話を記録することにした。このICレコーダーの記録を用いた分析も行うため、記録された音声の全てをテキストデータとして書き起こすことにした。ビデオは、それを補完する参考資料として活用することにした。

その結果、授業の導入で、図 4-2 の写真を提示し、認知的葛藤を生起させる場面を設定するとともに、予期される生徒の反応について検討した結果を表 4-1 にまとめた。授業の展開で、“Wait time”を活用しながら生徒の思考活動を促すための教師の発問について検討を重ねた結果を表 4-2 にまとめた。

表 4-1 認知的葛藤を生起させる場面で予期される生徒の返答

教師の発問	着眼点	予期される生徒の返答
【第一段階】 これは何の写 真でしょうか。	水 滴	ガラス玉。水滴。(ノズルの先端 にも着目させる。)
	実験機器	黒いホースは何か。電気のコード がある。何の機械か。
	空間配置	等間隔。放物運動。(横軸 , 縦軸 にも着目させる。)
【第二段階】 どうすれば , こ の現象が起こ りますか。	実験技術	水滴を落とし , 後ろから風を当て る。等間隔の時間で , ホースをつ ぶす。(ピッチングマシンのよう に) 水が自動的に出る , 出ないとい う装置を利用。
	写真技術	実は水滴が一つで , 連続写真にし ている。

表 4-2 展開の場面での演示実験及び教師の発問

【教師の発問】 どのような軌跡 になりますか。	水平投射の軌跡を描いていることを確認でき る。(水平方向は等速直線運動 , 鉛直方向は自由 落下運動であることが確認できる。)
【演示実験】 実際に観察して みましょう。	水滴が上から下に落ちる様子だけでなく , 止 まって見えたり , 下から上に上がっていった りする様子を観察することができる。
【教師の発問】 どうすれば , この 現象が起こりま すか。	ストロボの周波数との関連性で , この現象を 説明させる。 車のホイールが , 車の進行方向とは逆回転す るように見えるなど , 日常生活で見られる現 象であることについても触れる。

表4-2中の2つのコア発問が記載された“Think-Pair-Share”ワークシートを、図4-3のように示す。

【発問1】水滴が落下を続けたとするとどのような軌跡を描きますか。

【発問2】どうすれば、この現象が起こりますか。

____年 ____組 ____番 氏名 _____			
『滝をのぼる水滴』		パートナー氏名 _____	
教師の 発問	私の アイデア	パートナーの アイデア	共有したこと
【発問1】 ・水滴が落下を続けたとするとどのような軌跡を描きますか。	①	②	③
【発問2】 ・どうすれば、この現象が起こりますか。	④	⑤	⑥
感想（このワークシートに書くことで、アイデアをまとめることはできましたか。）			

図4-3 “Think-Pair-Share”ワークシート

授業「滝をのぼる水滴」の目的は、図4-3の【発問2】に示した自然現象の説明である。それに対して、【発問1】は、やや表面的な発問に見えるように感じられるが、ここでの実際のねらいは、“Think-Pair-Share”や“Wait time”の方法を説明することにある。

第2項 科学の祭典での予備実践

科学実験や科学工作を一同に集め、来場者に楽しんでもらうイベントに青少年のための科学の祭典（以下、「科学の祭典」という。）がある⁵⁾。図4-4のように様々な実験・工作のブースが設置され、科学のおもしろさや不思議さを体験できるイベントである。松山大会の場合、年に1回、2日間にかけて実施され、各日約40のブースが設置されている⁶⁾。



図4-4 科学の祭典で見られる実験・工作のブース

ブース以外にも大会開催中は、ステージ型の「サイエンスショー」やワークショップ型の「科学工作教室」「中学生・高校生のためのサイエンス」といったような実験演示形式がある。本研究では、図4-5のように45分間の実験演示が可能な「中学生・高校生のためのサイエンス」に集まった、中学生3人、高校生2人の合計5人（全て女子生徒）を対象とする発問フレームワークの予備実践を行った。



図 4-5 中学生・高校生のためのサイエンスの様子

認知的葛藤を生起させるために、図 4-2 の写真を見せる活動から始めた。表 4-1 中の第一段階の発問に対しては、水滴、空間配置に着目した生徒が多く見られた。

その後、図 4-6 のような実験道具を用いて、滝をのぼる水滴のような現象を観察した。これまでの経験に反することなく、生徒たちは「わぁー。すごい。」といった歓喜の声をあげた。

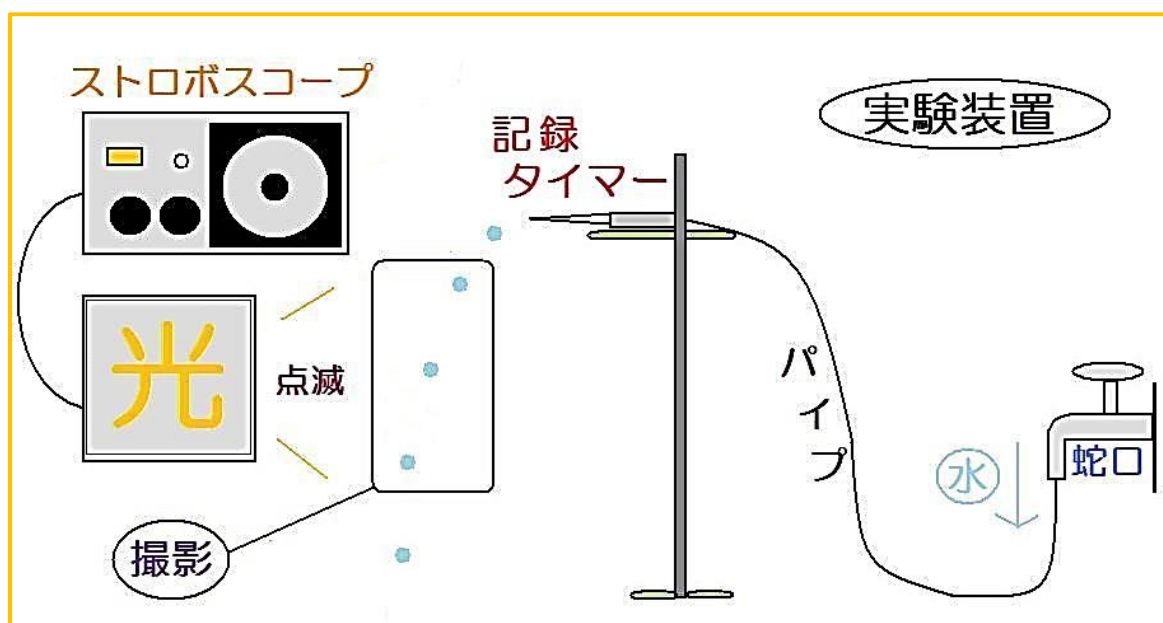


図 4-6 実験「滝をのぼる水滴」

ここで、原理の説明に関わる2つの実験を行った。一つ目は、図4-7に示す扇風機を用いた実験である。ストロボスコープの発光回数と扇風機の羽根の回転速度とを一致させ、実際の羽根の枚数どおりに止まって見えることを確認した。



図 4-7 残像効果の実験

二つ目は、図4-8に示すように円に並び、1, 2, 3... というように順番に声を出すとともに、

1と発声した人だけが手を挙げるとい活動である。全員が1と述べる場合は、全員が挙手するため、音声と手が右回りに進むことがわかる。しかし、図4-8のように8人の円の場合、1から7までの数字を読むことにすれば、音声は右回りに進むが、手は左回りに進むことが確認される。

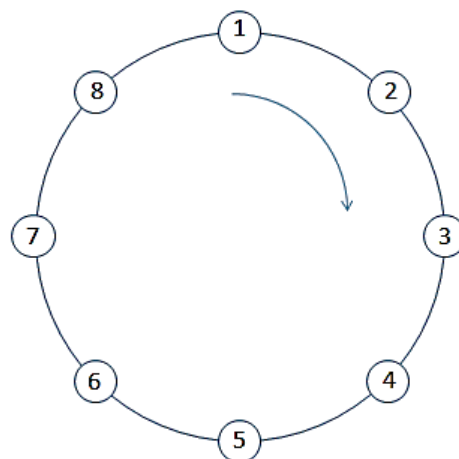


図 4-8 逆に進む原理

その後、“Think-Pair-Share”

を行い、議論を深めた。図4-9にワークシートの具体例を示す。

年 組 番 氏名 _____
 パートナー氏名 _____

『滝をのぼる水滴』

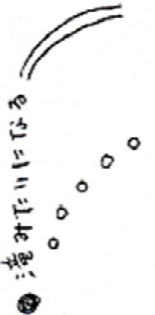
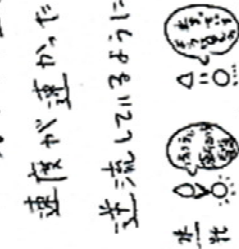
教師の 発問	私の アイデア	パートナーの アイデア	共有したこと
<p>【発問1】</p> <ul style="list-style-type: none"> 水滴が落下を続けたとするとどのような軌跡を描きますか？ 	<p>①</p> <p>アークがEに点R。 滝がEに点R。</p> 	<p>②</p> <p>円を描くように落ちていく アーク上に落下</p>	<p>③</p> <p>水平方向は 等速直線運動 鉛直方向は自由落下運動</p>
<p>【発問2】</p> <ul style="list-style-type: none"> どうすれば、この現象が起こりますか？ 	<p>④</p> <p>扇動をいに加えて光を照らす と目の感覚でのぼっているように見える</p>	<p>⑤</p> <p>水が落下する速度より光の速度が速かったら水が逆流しているように見える</p> 	<p>⑥</p> <p>扇を回すように手を回せば水が逆流する方向がかわり、逆流していき。</p>
<p style="text-align: center;">感想（このワークシートに書くことで、アイデアをまとめることはできましたか。）</p> <p>自分たちで考えたから、目の感覚とか出てくるのだなと思いました。水筒が逆流して見えているのも最初はわかりませんが、Fanを回して原理を正確にたどり着けました。</p>			

図 4-9 “Think-Pair-Share” ワークシートの具体例

実践後の生徒の感想は、以下のとおりであった。

生徒 A:「自分たちの思い込みから目のさっ覚とか出来ているのだなと思いました。水滴が逆流して見えるのも最初はウソだと思っていましたが Fan を使って原理を確かめたりして手を挙げるのもおもしろかったです。」

生徒 B:「どんどん考えが深まっていくのが分かりました。分からないことがどんどん過程をへて理解できました。」

生徒 C:「水が落ちるのは、道路工事に使われている光に似ていると思いました。同じ場所の光が点滅をくりかえすことで、光が動いてみえるところが…。手を挙げるのが分かりやすかったです。」

生徒 D:「今日の授業で普段ではできないとてもきちょうな体験をすることができました。この経験をこれからも生かして、さまざまなことに疑問を持ち、結果を出していきたいと思いました。」

生徒 E:「水滴が上にのぼるのは、とても不思議でした。でもみんなで手を上げるのをして、理解できるようになりました。」

特に、生徒 C のように日常で見たものに結び付けて考えたり、生徒 D のように今後疑問を持つようにしていきたいと考えたりするなどの意見が見られた。これらから、本研究における実践を通じて、発問フレームワークを活用すれば、不思議だと思いう現象を説明することができるという可能性を確認することができた。今後は、高校生を対象に発問フレームワークに依拠した理科授業を実践することで、発問フレームワークの効果を検証していきたい。

以上のように、高等学校段階における発問フレームワークの実践可能性について検討することができ、発展可能性を担保することができたと考えられる。

註及び引用・参考文献

- 1) 山岡武邦, 松本伸示: 中学校第1学年理科「状態変化」における QUILT フレームワークに基づく発問フレームワークの開発と実践 3つの教授方略 “Think-Pair-Share, Wait time, Puzzling picture” に焦点化して, 252-263, 科学教育研究, 39(3), 2015.
- 2) 園部孝行, 山岡武邦, 伊藤寛和, 横田義広, 萩森弥助, 田村信悟: 物理演示実験の手引, 愛媛県高等学校教育研究委員会, 2005-2015.
この理科指導資料は, 愛媛県下全ての高等学校にリングファイル形式で配布している。毎年, 新規の演示実験や改定ページを再配布することで, 最新版の資料を届けるようにしている。その都合上, ページの記載はしていない。現時点では, 約 50 種類の演示実験を掲載している。
- 3) 山岡武邦, 村佐聡, 山口賢仁, 黒江崇宏, 大西薫: 物理基礎 物理演示実験の手引き, 1-38, 愛媛県高等学校教育研究委員会, 2014.
- 4) 小川正賢: 「理科」の再発見 異文化としての西洋科学, 39-42, 農山魚村文化協会, 1998.
- 5) Retrieved from <http://www2.jsf.or.jp/>
科学の祭典は, 1992 年より公益財団法人日本科学技術振興財団・科学技術館が主軸となって実施している科学イベントである。科学の祭典以外にも, サイエンスキャンプや全国物理コンテスト「物理チャレンジ」等の科学技術に関するイベントや体験学習プログラムがある。
- 6) 青少年のための科学の祭典松山大会実行委員会(編集): 第21回青少年のための科学の祭典松山大会実験解説集, 1-57, 松山大会実行委員会, 2015.

終章 本研究のまとめ及び今後の課題

終章では、発問フレームワークに関するこれまでの研究成果を基にして、本研究の成果をまとめるとともに、本研究の限界について検討することにした。

第1節 本研究のまとめ

本研究の目的は、QUILT フレームワークに基づく理科固有の発問フレームワークを開発、実践、評価を行うことであった。この目的を遂行するために、中学校第1学年理科「状態変化」に焦点化し、発問フレームワークに依拠した理科授業を実践し、科学概念の定着度や理解度などを手がかりにして発問フレームワークの効果を明らかにした。こうした成果を踏まえて、高等学校物理分野を題材に、他学年・他分野での発問フレームワークの発展可能性についても検討を重ねた。本節では、これまでの成果を基にして、各章で得られた知見をまとめることにした。

第1項 発問に関する先行研究

序章では、発問は理科授業に大きな制約を持つという問題意識から、国内外における発問研究に関連する先行研究を調査した。まず、国内の先行研究では、発問を「コア発問」と「サブ発問」の2つに分けて考えることができることを見いだすことができた。さらに、自然現象を因果律で説明できるようにするための「自然に問い続ける学習」といったような理科固有の特徴を付け加えることができた。

一方、国外の先行研究では、タキソノミー “Taxonomy” における認知領域を基準として考える研究が多く見られることが分かった。自然現象を説明する際には、発散的発問から始め、不可解な現象を観察しながら科学的知識へと導くための収束

的発問に至る教授法を導入することが効果的であるというリサーチクエスチョンを立て、その検証を試みる実践的研究を進めることにした。なお、生徒の返答後に着目した“Wait time 2”の研究は、日本ではあまり論じられることがなかった。この“Wait time 2”は、生徒たちの思考活動を促進させるための間であるが、発問後や返答後に高い期待感を持つという意味でピグマリオン効果としての間と捉えることができた。近年、盛んに見られる発問研究を組織化する試みが、Walsh & Sattes (2005)によってなされており、彼女らが開発した QUILT フレームワークに関する理論研究を試みた。その結果、この QUILT フレームワークは、教育全般のものであり、理科固有のものではないことから、理科固有の発問フレームワークを独自に開発することにした。

第2項 理科授業デザインのための観点導出（研究1の成果）

第1章では、QUILT フレームワークに関する理論研究を行い、理科固有の発問フレームワークを開発するための観点導出を目的とした。その結果、以下の(観点1)から(観点6)で示した6つの観点を導出することができた^{1), 2), 3), 4)}。なお、【Stage1】から【Stage5】と附したが、これは QUITL フレームワークに対応させて記述したものである。

(観点1)【Stage1】; 認知的葛藤を生起させ、思考活動を促進させるために、ZPDを考慮した教材研究が必要であり、高校入試問題と理科教科書をもとに教材の選択を行った。

(観点2)【Stage4】; 返答に詰まった生徒を支援するために、即座に発問を言い換えることができるような“Questionカード”を提案した。

(観点3)【Stage2 及び Stage5】; 愛媛県内の若手からベテラン(56名)の教師の発問に焦点化した授業参観を行った結果、

「何か。」という発問が 70.3% を占めており，特定領域に特定分野の発問が偏らないようにすることを提案した。

(観点 4)【Stage2 及び Stage5】；発問が生徒に要求する認知活動のレベルの違いに着目して，理科授業で活用可能な『発問分類法』を開発した。

(観点 5)【Stage5】；中学校理科授業における生徒の誤答に対する教師の対応発問と生徒の期待の違いを明らかにした。

(観点 6)【Stage5】；科学コンテスト等で活躍する県内外の学校を調査し，実践的理科授業モデルを構築した。

第3項 発問フレームワークに依拠した理科授業デザイン (研究2の成果)

第2章では，様々な教授方略が見られる QUILT フレームワークに認知的葛藤や社会的構成主義に基づく教授方略を取り入れ，質の高い発問が可能となる授業デザインを試みることにした。理科固有の特徴を出すために，QUILT フレームワークに認知的葛藤を生起させるための“Puzzling picture”という教授方略を用いるようにした。

本研究で述べる質の高い発問とは，高次思考を促す発問ということになる。そのために，オープン・エンドの発問を大切にすることと，“Wait time”を効果的に用いることが挙げられる。特に，本研究の“Puzzling picture”では，これは何ですか，という『発散的発問』から始め，多くの意見が出た後，この現象を説明できますか，という『収束的発問』を行う教授方略を用いた。これにより，自然現象を説明できることを目指した質の高い発問に基づく発問フレームワークを開発することができた。さらに，これまでに開発してきた発問分類法や実践的理科授業モデルを組織化するように心掛けた。その結果，3つの教授方略“Think-Pair-Share”；“Wait time”；“Puzzling picture”に焦点化して理科授業をデザインすることができた。

第4項 発問フレームワークに基づく理科授業の効果（研究3の成果）

第3章では，中学校段階での発問フレームワークの実践及び評価について述べてきた⁵⁾。中学校理科授業「状態変化」に焦点化した授業実践を重ねることで，発問フレームワークの効果として，以下の3点を明らかにした。(効果1) Wait time 1 及び Wait time 2 のいずれも必要であると考え意見が多く見られること。(効果2) Think-Pair-Share は，理解，思考，他者という観点からは効果的であること。(効果3) 発問フレームワークは，科学概念の獲得の観点において，学習者の学習効果を高められ，1か月後にもその傾向が見られること。ただし，これらは中学校段階において得られた結論であった。本研究では，中学校段階での実践の成果を手がかりに，発問フレームワークの更なる実践可能性を探る目的で，教員研修を通じて高校物理分野に焦点化した発問フレームワークを開発することにした。

第5項 発問フレームワークの発展可能性（研究4の成果）

第4章では，研究3の成果を手がかりに，更なる実践可能性を探る目的で，教員研修を通じて高校物理分野に焦点化した発問フレームワークを開発した。科学の祭典における，中学生・高校生のためのサイエンスという45分授業を実施するコーナーを活用し，中学生・高校生を対象に授業を行った。授業後，日常で見たものに結び付けて考えたり，今後疑問を持つようにしていきたいと考えたりするなどの意見が見られた。その結果，発問フレームワークを活用すれば，不思議だと思ふ現象を説明することができるという可能性を確認することができた。

以上のように，高等学校段階における発問フレームワークの実践可能性について検討することができ，発展可能性を担保することができたと考えられる。

第2節 今後の課題

前節では、発問フレームワークの開発、実践、評価を行う中で得られた研究成果をまとめてきた。しかし、それぞれの研究成果には、今後の課題や研究の限界とみなせる箇所が存在している。本節では、今後の研究に役立たせる目的で、今後の課題や研究の限界をまとめていくことにした。

研究1では、理科固有の発問フレームワークを開発するため6つの観点導出を行い、研究成果をまとめることができた。

(観点1)は、ZPDを考慮した教材研究ということで、難しすぎず簡単すぎない教材として高校入試問題や理科教科書を選択した。(観点5)は、ZPDの特定化に近づけると考え、誤答に着目しながら教師の対応発問を検討した。しかし、ZPDを特定化するような調査は十分にできていないのが現状である。強いて言えば、発話プロトコルを用いて質的に迫るという方法が考えられ、例えば、「あっ。」「すごい。」など歓喜の声をあげる場面に着目するなどの検討を重ねたりもしたが、実際はZPDを特定しきれておらず、今後の課題となった。

また、(観点2)で提案した“Questionカード”は、本研究ではその有効性を吟味することはできていない。ほとんどのベテラン教師の場合は、これまでの経験を基にすれば、“Questionカード”を用いなくても、即座に発問を言い換えることが可能となるものと考えられるが、今後は新任教師に“Questionカード”を使用させることで、ベテラン教師同等の授業実践ができるかどうか、といったような観点で研究を行っていきたい。

さらに、(観点3)は発問内容のみの分類を行ったものであり、その解答形式には触れていない。導出された重要な観点として「何か。」という発問が多い傾向が見られた点を挙げたが、実際は、質的な部分に迫ることができていない点が、現時点での研究の限界である。今後は研究方法をより詳細にするなどして、

教育実践への示唆をまとめられるようにしたい。

(観点 4)については、解答形式、内容の観点で分類できる『発問分類法』を開発した。この分類法は様々な発展可能性が考えられるが、図 5-1 の様々な時代の理科教科書及び諸外国の科学教科書にはまだ着手できていないので、今後研究を進めていきたい。

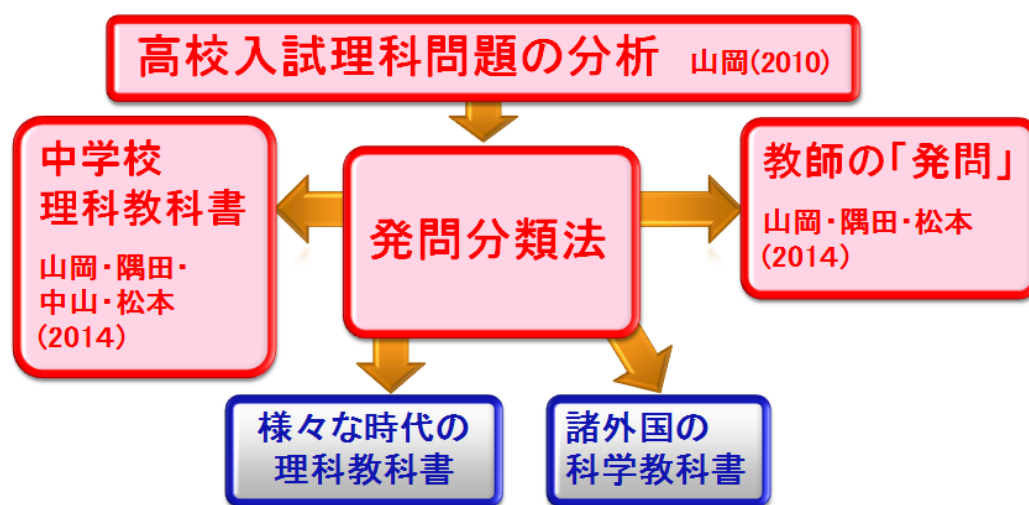


図 5-1 発問分類法の発展可能性

(観点 6)では、実践的理科授業モデルを構築した。課題研究などで個別授業に近い状況であれば、活用可能なモデルと考えられるが、30人から40人程度のクラスにおける一斉授業の場合は、効果的に活用できる場面について検討していないのが現状である。今後は、個別指導で行えることを一斉授業で行う際に、活用できる部分とそうでない部分を選別する研究も必要になると考えられる。

研究 2, 研究 3 では、QUILT フレームワークに関する理論研究を行い、効果的な発問が可能となる授業デザインを試みた。そこで、強調された教授方略の一つに“Wait time”がある。この教授方略は、わずか3秒から5秒待つだけの効果ではなく、

例えば、既存の知識の有無やクラスの雰囲気などが複合的に絡むことが推察される。この意味で、研究としては限界と言わざるを得ない部分があるように思われる。ただ、刺激に対しての思考ができるまでの時間という意味においては、Rowe(1986)が述べるとおり、3から5秒というのは、1つの基準として目安になると考えられる⁶⁾。教師の発問後のわずかな間は肯定的で、生徒の返答後のわずかな間は否定的、つまり、生徒にとって負担になる可能性もあるという研究成果に合わせて述べれば、今後は、“Wait time1”は5秒、“Wait time2”は便宜的に3秒とするのがよいのではないかと考えられる。

最終的には、生徒からの質の高い質問が出ることが重要であると考えられる。研究4では、授業を受けた生徒の感想の中に、今後疑問を持つようにしていきたいと考えたりするなどの意見が見られたので、そういった意識が生まれるような教材を開発していきたい。さらに、研究4は、あくまでも実践可能性を探るという目的であったので予備実践であった。つまり、対象生徒数が少なすぎるのも現状であった。今後は、高校生を対象にして、対象生徒数も増やししながら、発問フレームワークに依拠した理科授業を実践することで、発問フレームワークの効果を検証していきたい。

註及び引用・参考文献

- 1) 山岡武邦：愛媛県立高校入試理科問題における「問いかけ」に関する経年変化研究，145-154，日本理科教育学会理科教育学研究，50(3)，2010。
- 2) Takekuni YAMAOKA，Manabu SUMIDA，Hayashi NAKAYAMA，Shinji MATSUMOTO：Comparative Study of Trends and Patterns in the questions between Lower Secondary School Science Textbooks and Ehime Prefecture's Upper Secondary School Entrance Examinations，415-423，理科教育学研究，55(4)，2015。
- 3) Takekuni YAMAOKA，Manabu SUMIDA，Shinji MATSUMOTO：Instructional Model of Japanese Science Teachers for the Gifted，944-948，American Journal of Educational Research，3(7)，2015。
- 4) 山岡武邦，松本伸示，隅田学：中学校理科授業における生徒の誤答に対する教師の対応発問と生徒の期待 発話プロトコルを手がかりに，印刷中，日本教科教育学会誌，38(3)，2015。
- 5) 山岡武邦，松本伸示：中学校第1学年理科「状態変化」における QUILT フレームワークに基づく発問フレームワークの開発と実践 3つの教授方略“Think-Pair-Share，Wait time，Puzzling picture”に焦点化して，252-263，科学教育研究，39(3)，2015。
- 6) Rowe, M.: Wait time: Slowing down may be a way of speeding up, Journal of Teacher Education, 37(1), 43-50, 1986.

附 記

本論文は、以下の査読付き学術論文に基づいている。ただし、本論文の問題意識に即して、学術論文を加筆、修正し、その内容を再構成している。

第 1 章 QUILT を中心とした理科固有の

発問フレームワークの観点導出

山岡武邦：愛媛県立高校入試理科問題における「問いかけ」に関する経年変化研究，145-154，日本理科教育学会理科教育学研究，50(3)，2010．

Takekuni YAMAOKA，Manabu SUMIDA，Hayashi NAKAYAMA，Shinji MATSUMOTO：Comparative Study of Trends and Patterns in the question between Lower Secondary School Science Textbooks and Ehime Prefecture's Upper Secondary School Entrance Examinations，415-423，日本理科教育学会理科教育学研究，55(4)，2015．

山岡武邦，松本伸示，隅田学：中学校理科授業における生徒の誤答に対する教師の対応発問と生徒の期待 発話プロトコルを手がかりに，25-34，日本教科教育学会誌，38(3)，2015．

Takekuni YAMAOKA，Shinji MATSUMOTO，Manabu SUMIDA：Instructional Model of Japanese Science Teachers for the Gifted，944-948，American Journal of Educational Research，3(7)，2015．

DOI: 10.12691/education-3-7-19.

第 2 章 理科固有の発問フレームワークに基づいた 理科授業デザイン

Takekuni YAMAOKA , Shinji MATSUMOTO : Development and Evaluation of a Practice Model Based on the QUILT Framework in Case of the State Change Analysis of Utterance Protocol Using Text Mining ,360-365, American Journal of Educational Research,4(4), 2016.
doi: 10.12691/education-4-4-10.

山岡武邦 , 松本伸示 : 認知的葛藤を生起させる不可解な写真を用いた理科授業の実践と評価 ,日本教科教育学会誌 ,39(2) , 2016 .

第 3 章 理科固有の発問フレームワークに基づいた 理科授業の効果

山岡武邦 , 松本伸示 : 中学校第 1 学年理科「状態変化」における QUILT フレームワークに基づく発問フレームワークの開発と実践 3 つの教授方略 “ Think-Pair-Share , Wait time , Puzzling picture ” に焦点化して , 252-263 , 科学教育研究 , 39(3) , 2015 .

謝 辞

本論文の提出に際して、多くの方々から御指導と御助言をいただきました。この場を借りて、心より感謝申し上げます。

本研究の主指導教員である兵庫教育大学の松本伸示先生には、論文の全体にわたって丁寧な御指導をいただきました。大変御多忙の中、論文構成の方針から本論文の意義を明確化するための論旨の展開にわたるまで、長期にわたる的確かつ丁寧な御示唆をいただきました。また、博士論文執筆の心構えや、学会発表の方法等についても、きめ細かな御指導をいただきました。これまでの御指導、御助言と併せて深く感謝申し上げます。

副指導教員である上越教育大学の小林辰至先生には、研究の方向性や研究内容について幅広い視野から御指導と御助言をいただきました。深く感謝申し上げます。

副指導教員である兵庫教育大学の澁江靖弘先生には、論文執筆の契機となり得るお言葉をはじめ、貴重な御指導と御助言をいただきました。深く感謝申し上げます。

兵庫教育大学の庭瀬敬右先生、兵庫教育大学の溝邊和成先生、岡山大学の稲田佳彦先生には、学位論文審査委員会において、論文全体に対して、それぞれの御専門の立場から適切な御指導と御助言をいただきました。深く感謝申し上げます。

また、本研究を遂行するにあたり、愛媛大学の隅田学先生には、御多忙であるにも関わらず、私が初任者教員であった頃から現在に至るまで、辛抱強く御指導いただくとともに、多大なる御支援をいただきました。本論文の基礎となる研究について御指導いた

いただきました。この場をお借りして深く感謝の意を表します。

宮崎大学の中山迅先生には、共同研究の資料の利用を快諾していただいただけでなく、研究に対して大変貴重な御助言や御示唆をいただきました。深く感謝申し上げます。

埼玉大学の小倉康先生には、研究に関わる貴重な資料・データの利用に関する御協力を頂きました。ここに記し謝意を表します。

愛媛大学の白濱弘幸先生には、研究の進展状況を見守っていただき、励ましのお言葉を何度もいただきました。深く感謝申し上げます。

兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科では、先輩の平田豊誠先生、松本榮次先生、小川博士先生、中島雅子先生には、本研究に対する貴重な御意見のみならず、多大なる励ましのお言葉をいただきました。また、高橋信幸先生、沖野信一先生には、互いの研究について語り合うことで、大変な刺激をいただきました。ありがとうございました。この場を借りて、心より感謝申し上げます。

今後、本学で学んだことを日々の教育実践・教育研究に活かし、学校教育の充実と発展に励む所存であります。

最後に、家族に御礼を述べたいと思います。実家の両親（山岡郁雄・忍）は研究の道を志すことを快く応援してくれました。南予の両親（二宮孝行・美智子）は、折に触れて、あたたかい励ましのお言葉をかけてくれました。そして、妻・愛は、論文執筆開始から提出に至るまで、多方面からの惜しみない支援をしてくれました。本当にありがとうございました。

2016年3月

山岡 武邦

- 資料 教師の発問に焦点化した授業参観の素データ
- 資料 (1) 『実験』に関する細案
- 資料 (2) 『実験』に関する細案
- 資料 実際に使用した事前調査及び事後調査
- 資料 実際に使用したワークシート

巻末資料

- 資料 教師の発問に焦点化した授業参観の素データ
- 資料 (1) 『実験』に関する細案
- 資料 (2) 『実験』に関する細案
- 資料 実際に使用した事前調査及び事後調査
- 資料 実際に使用したワークシート

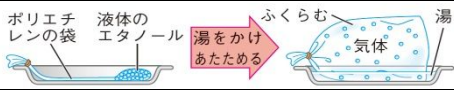

資料 実際の理科授業中に見られる教師の発問

下の表は、平成16年から平成27年にかけて、愛媛県内の若手からベテラン（56名）の教師の発問に焦点化した授業参観をした結果をまとめたものである。高校及び担当者の欄については、例えばA高校、E教諭などは複数回使用しているが、これらは同一のものである。実施日の欄は、授業参観をさせていただいた日であり、性別の欄は、担当者の性別のことであり、年齢の欄は担当者の年齢（20代、30代、40代、50代）のことであり、記録の欄には、担当者の許可を頂いてICレコーダで録音した授業については印を、ビデオで録画した授業については印を記入している。教科の欄には、該当の授業の教科を記入している。また、科学用語、計算、現象説明、理由説明、図・グラフの欄には、参観させていただいた授業の中で担当者が生徒に行った発問を分類し、何回使用したかという頻度を記入している。

	高校	担当者	実施日	性別	年齢	記録	教科	科学用語	計算	現象説明	理由説明	図・グラフ
1	A高校	A教諭	H16.1.28	男	30		生物 B				1	
2	A高校	B教諭	H16.1.26	女	40		理総 A	9	5			
3	A高校	C教諭	H16.1.27	男	50		物理 B	5			1	
4	A高校	D教諭	H16.1.26	男	40		生物 B		1			
5	A高校	E教諭	H16.1.27	男	50		生物 B	3				
6	A高校	F教諭	H16.1.26	男	20		化学	7				
7	A高校	E教諭	H16.6.8	男	50		地学 B	2			1	
8	B高校	G教諭	H16.6.9	男	50		物理	1	9	2		1
9	A高校	H実習生	H16.6.10	男	20		生物	6		1		
10	B高校	I教諭	H18.9.26	男	20		生物	5				
11	B高校	J教諭	H18.9.26	男	20		物理	4	2	1		
12	B高校	K教諭	H18.9.26	男	30		物理		6			
13	B高校	I教諭	H18.9.26	男	20		化学	5		2	1	
14	B高校	J教諭	H18.9.26	男	20		物理	3			1	
15	C高校	L教諭	H18.10.23	女	20		生物	4		2		
16	D高校	M教諭	H18.11.8	女	20		生物	12		10	2	
17	C高校	L教諭	H18.11.20	女	20		生物	6		6		
18	E高校	N教諭	H19.10.29	男	40		物理	1				1
19	F高校	O教諭	H19.11.15	男	30		生物	4				
20	C高校	L教諭	H19.11.21	女	20		生物	6				
21	G高校	P教諭	H20.4.23	男	30		生物	3		2	1	
22	H高校	Q教諭	H20.6.23	男	30		物理			1		
23	H高校	R教諭	H20.6.23	男	50		中学理科	6				
24	G高校	S教諭	H20.11.12	男	30		生物	38				

25	G高校	T教諭	H20.12.9	男	20		物理	4		4	2	2	
26	H高校	U教諭	H21.2.13	男	40		物理	2		4		6	
27	H高校	V教諭	H21.2.13	男	50		地学	3		9	1	1	
28	G高校	W講師	H21.4.21	女	20		生物	3					
29	G高校	W講師	H21.6.8	女	20		生物	12		1	1	1	
30	C高校	X教諭	H21.6.10	男	20		生物						
31	G高校	W講師	H21.6.10	女	20		生物	9			3		
32	H高校	Y教諭	H21.6.21	男	30		物理	1					
33	G高校	W講師	H21.9.16	女	20		生物	46					
34	G高校	T教諭	H22.3.17	男	20		物理	2		4	2	2	
35	C高校	U教諭	H22.4.27	男	30		生物	3	10			5	
36	C高校	X教諭	H22.5.14	男	20		生物	4		1		3	
37	I高校	Y教諭	H22.11.2	男	30		物理	4	1				
38	J高校	Z教諭	H22.11.10	男	50		生物	16	3				
39	J高校	A2教諭	H22.11.10	男	30		化学	8				3	
40	G高校	W講師	H22.2.15	女	20		理総B	19					
41	C高校	U教諭	H23.9.30	男	20		生物	15		4			
42	C高校	X教諭	H23.9.30	男	30		理総B	6					
43	C高校	U教諭	H23.11.29	男	20		生物	15	6			1	
44	k高校	B2教諭	H24.4.17	男	20		理科1年	1		1		2	
45	L高校	C2教諭	H24.10.17	男	30		物理						
46	k高校	B2教諭	H25.2.13	男	20		理科1年	4		8			
47	M高校	D2教諭	H25.9.25	男	40		物理基礎						
48	N高校	E2教諭	H25.10.21	男	50		化学基礎	18		2			
49	k高校	F2教諭	H25.1.31	男	40		物理						
50	k高校	G2教諭	H25.2.4	男	30		生物	8		4			
51	O高校	H2教諭	H26.7.2	男	50		生物	16			1		
52	P高校	I2教諭	H26.7.30	男	40		化学	7	4				
53	Q高校	J2教諭	H26.7.31	男	30		物理	1	5	2		1	
54	R高校	J教諭	H26.9.26	男	50		物理	2	2	3			
55	N高校	K2教諭	H27.6.8	男	50		生物						
56	k高校	F2教諭	H27.11.13	男	40		物理	12	2		1	1	
								合計	371	43	69	17	28
								平均	70.3	8.1	13.1	3.2	5.3

資料 (1) 授業 『フラスコの中の風船 (水蒸気の体積変化)』に関する細案

主題(教材)	理科授業の導入で不可解な現象を取り入れることで生じる発散的質問の効果に関する研究 Think-Pair - Share を取り入れた 『水蒸気の体積変化に関する実験 (その 1)』				
前時の課題	前時の実験結果 エタノールを入れたポリエチレン袋 に熱い湯をかける を「描画法」でかく。 				
目 標	1 起こっている現象を『粒子概念』を用いて説明することができる。 2 『粒子概念』を用いて『状態変化』を理解することができる (授業中ではなく、授業前後の時間で実施)				
指 導 過 程	学習活動	時間	実験群 統制群 *評価方法 支援	備考 (予期される生徒の反応)	
	<p>1 前時の実験の復習 不可解な写真の提示 実験『フラスコの中の風船』結果の写真40枚 (A 4版) を用意。 (授業後に回収)</p> 	5分 5分	<p>粒子の考え方をを用いて説明する。</p> <p>Aクラス 写真『フラスコ内の風船』を見せる。 (実験群のみ@多くの意見を出す)</p> <ul style="list-style-type: none"> これは、何ですか？ どうやって、フラスコの中に風船をふくらませられたと思いますか？ エタノールの例のように粒子の考え方をを用いた場合に説明はできますか？ <p>Bクラス (統制群@写真を提示しない)</p> <ul style="list-style-type: none"> 今日は水の沸騰に関する実験を行います。 <p>T : もともとあったフラスコ内の空気の逃げ場は？ (正解に近い意見がでたら)</p> <p>T : では実験で確かめよう。</p>	S : あらかじめふくらませた風船を中に入れる。(×) S : フラスコに風船を取りつけ、水を入れた。(×) S : フラスコに風船を取りつけ、ふくらませる。(×)	
<p>1 演示実験『フラスコの中の風船』</p> <p>2 教師の発問 実験群は Think-Pair-Share ワークシート</p>	10分 25分	<p>*** 演示実験の実施 *****</p> <p>演示実験『フラスコの中の風船』を行い、風船をフラスコの中に入れる。 演示実験の後、以下の発問を行う。</p> <p>ここで、【発問1】を行う。 【発問1】 教師の発問@板書する</p> <ul style="list-style-type: none"> 風船の入ったフラスコを、再びあたためると、どうなりますか？ 粒子概念を用いた説明はできますか？ まずは、ワークシートの の欄に、自分の意見を書いてください。 <p>Think-Pair-Share ワークシート の欄に書かせる。この間、机間巡視する。 ある程度、書けていたら、席の隣の生徒(パートナー)と話し合いをさせる。 Think-Pair-Share ワークシート の欄に書かせる。 ある程度、書けていたら、再度、【発問1】を述べ、『Wait time』の時間をとる。</p>	注 ; フラスコの中の水が沸騰してから風船をかぶせること。 注 ; 軍手をするなどして、やけどしないように注意すること。		

<p>3 教師の発問</p> <p>実験群は Wait Timeを取り入れた教師の発問</p> <p>統制群は Think ワークシート</p>	<p>『Wait time 1』の時間 (板書用Stop、Goの図(A 4版)を貼り、ストップウォッチで時間を計る。) 手を挙げない指名をする。</p> <p>『Wait time 2』の時間 意見がでたときも待ち時間を作る。 (板書用Stop、Goの図(A 4版)を貼り、ストップウォッチで時間を計る。) 出た意見を板書する。(最後に、ワークシートの欄にまとめやすくさせるため。) 実際に演示する。 (風船はフラスコの外に出てくる。) Think-Pair-Share ワークシートの欄に書かせる。この間、机間巡視する。</p> <p>Think ワークシートの欄に書かせる。この間、机間巡視する。 ある程度、書いていたら、再度、【発問1】を述べる。 手を挙げさせる。誰も手を挙げなければ、そのまま、どんどん指名し、いろいろな意見を聞くようにする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・風船の入ったフラスコを、再びあたためると、どうなりますか？ ・粒子概念を用いた説明はできますか？ どんな意見が書けましたか？ <p>実際に演示する。 繰り返し、どんな意見が書けたかを聞く。</p>	<p>S:元に戻る。 (実験結果はすぐに答えられると予想される。) T:では、粒子概念を用いた説明はできますか？ S:粒子が大きくなる。 (×)</p>
<p>4 実験『フラスコの中の風船』の応用</p> <p>(1)風船を膨らませる (2)フラスコを自然冷却する</p>	<p>【発問】 教師の発問@板書しない</p> <ul style="list-style-type: none"> ・はじめから風船をつけて、あたためると、どうなりますか？ (予想を、ワークシートに書かせておく。) <p>手を挙げさせる。誰も手を挙げなければ、そのまま、どんどん指名し、いろいろな意見を聞くようにする。 ある程度、意見が出たら、演示実験を行う。実際に風船がふくらむところまでは演示する。(はじめから風船をつけても、風船がふくらむ。)</p> <p>*** 演示実験の実施 ***** 風船を膨らませる。 風船を膨らませた後、以下の発問を行う。</p>	<p>S:風船は再びふくらむ(○) S:風船はふくらまない(×)</p>

	<p>5 教師の発問 実験群は Think-Pair-Share ワークシート</p> <p>統制群は Think ワークシート</p>	<p>ここで、【発問2】を行う。</p> <p>【発問2】 教師の発問@板書する</p> <ul style="list-style-type: none"> ・はじめから風船をつけて、あたためた後に、フラスコを冷やすとどうなりますか？ ・粒子概念を用いた説明はできますか？ <p>まずは、ワークシートの の欄に、自分の意見を書いてください。</p> <p>まずは、ワークシートの の欄に、自分の意見を書いてください。</p> <p>Think-Pair-Share ワークシート の欄に、書かせる。この間、机間巡視する。</p> <p>ある程度、書けていたら、席の隣の生徒(パートナー)と話し合いをさせる。</p> <p>Think-Pair-Share ワークシート の欄に書かせる。</p> <p>ある程度、書けていたら、再度、【発問2】を述べ、『Wait time』の時間をとる。</p> <p>『Wait time1』の時間 (板書用Stop、Goの図(A4版)を貼り、ストップウォッチで時間を計る。)</p> <p>手を挙げない指名をする。</p> <p>『Wait time2』の時間 意見がでたときも待ち時間を作る。</p> <p>(板書用Stop、Goの図(A4版)を貼り、ストップウォッチで時間を計る。)</p> <p>出た意見を板書する。(最後に、ワークシートの欄にまとめやすくさせるため。)</p> <p>*** 演示実験の実施 *****</p> <p>フラスコを冷やす。</p> <p>実際に演示する。(風船はフラスコ外に出る。)</p> <p>Think-Pair-Share ワークシート の欄に書かせる。この間、机間巡視する。</p> <p>Think ワークシート の欄に書かせる。この間、机間巡視する。</p> <p>ある程度、書けていたら、再度、【発問2】を述べる。</p> <p>手を挙げさせる。誰も手を挙げなければ、そのまま、どんどん指名し、いろいろな意見を聞くようにする。</p> <p>どんな意見が書けましたか？</p> <p>繰り返し、どんな意見が書けたかを聞く。</p>	<p>S : 再び、フラスコの中に入る(×)。</p> <p>S : 風船が割れる(×)。</p> <p>S : フラスコの中に風船が、入った時よりも随分と冷やしているのに、風船は、全くフラスコに入らない。</p> <p>S : そもそも、風船がしぼんでいく様子もフラスコの中に風船が入った時よりも遅い。</p>
	<p>6 教師の発問 Wait Timeを取り入れた教師の発問</p> <p>統制群は Think ワークシート</p>		

整理	1 実験結果の確認 (風船がフラスコ内に入らない)	5分	風船の入っていないフラスコに注目させる。 ・強調する目的で、フラスコを冷やす。 ・実は、冷やしてみたのですが、風船が入りませんね。と考えた結論を提示する。 ・実験結果を確認する。 ・次時の予告をする。
	2 次時の予告		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> 次の時間の課題 粒子の性質を理解する。 </div> 実験群は、これを宿題とする。

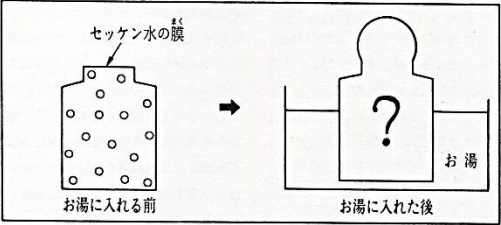
備考；

Aクラスが実験群、Bクラスが統制群とした。基本的に、授業時間は、足りなかったり、余ったりしないような計画を立てている。万が一、時間が余る場合は、ワークシートへの記述時間を確保することで調整するようにする。時間が足りない場合は、演示方法を工夫して、時間を確保する方法を検討してみるようにする。次時の課題として、以下のプリントを配布した。

課題プリント 堀哲夫(1998)、問題解決能力を育てる理科授業のストラテジー 素朴概念をふまえて(授業への挑戦)、明治図書、p.30

30

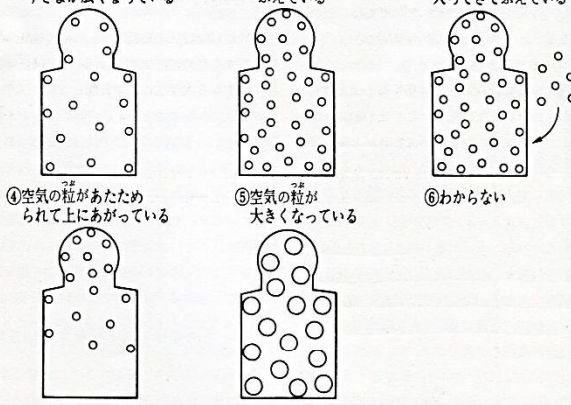
下の図のように、空のビン^{びん}の口にセッケン水^{せっけんずい}の膜^{まく}を張り、熱いお湯^{あつのお湯}の中に入れました。すると、シャボン玉^{しゃぼんたま}ができました。



お湯に入れる前 → お湯に入れた後

お湯に入れる前のビンの中には、上の図のように小さな空気^{くわい}の粒^{つぶ}が入っているとすると、シャボン玉^{しゃぼんたま}がふくらんだ時、ビンの中の空気^{くわい}の粒^{つぶ}はどんなふうになっていると思いますか？ 次の①～⑥の中から選んでください。また、それを選んだわけも答えてください。

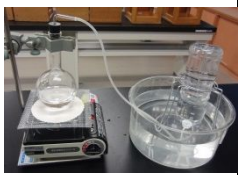
- ① 空気^{くわい}の粒^{つぶ}と粒^{つぶ}の間のすきま^{すきま}が広がっている
- ② 空気^{くわい}の粒^{つぶ}がふえている
- ③ 空気^{くわい}の粒^{つぶ}が外^{そと}から入^いってきてふえている
- ④ 空気^{くわい}の粒^{つぶ}があたためられて上^{うへ}にあがっている
- ⑤ 空気^{くわい}の粒^{つぶ}が大きくなっている
- ⑥ わからない



答え わけ

図 1-14 「空気の膨張」の調査問題

資料 (2) 授業 『消えた泡の行方(水の減圧沸騰)』に関する細案

主題(教材)		「QUILTフレームワークに基づいた教師の発問を取り入れた授業の効果に関する研究」 Think-Pair-Share を取り入れた『水蒸気の体積変化に関する実験(その2)』		
前時の課題		描画法 粒子の性質を理解する。		
目	1 湯気と水蒸気の違いを説明することができる。			
標	2 グラフを書くことができる。			
指 導 過	学 習 活 動	時間	実験群 統制群 *評価方法 支援	予期される生徒の反応
	1 前時の課題 不可解な写真の提示  『消えた泡の行方』の 写真40枚 (A4版)を用意。 (授業後に回収)	5分 5分	粒子の数は増えないことや、粒子自体が大きくな らないことを確認させる。 Bクラス 写真『フラスコ内の風船』を見せる。 (実験群のみ@多くの意見を出す) 見せる写真; 空気ではなく水蒸気の場合は、 激しい泡が出ていてもこれ以上膨張しない。 ・これは、何ですか? ・エタノールの例のように粒子の考え方を 用いた場合に説明はできますか? O Aクラス (統制群@写真を提示しない) ・今日は水の沸騰に関する実験を行います。	S:泡がでると気体は膨 張していくはず... S:丸底フラスコの底か ら激しく泡が出続け ているが、ペットボ ル内の気体の体積が 増加しない。(O)
程 展 開	1 演示実験 『消えた泡の行方』 (1) 湯気と水蒸気の 観察 (2) 減圧沸騰の観察 (空気からの逆流)	25分	*** 演示実験を行う ***** (減圧沸騰を目の当たりにさせる。) 沸騰させて『湯気』『水蒸気』の違いを見せる。 【発問】(ガラス管の先を水そうから出す。) ・これは何ですか? ・湯気と水蒸気の違いは分かりますか? フラスコが激しく沸騰しているのに、ペットボ トルに泡が出ていない現象を見せる。 フラスコを冷やすと、水が逆流(減圧沸騰)す ることを見せる。 生徒実験 『消えた泡の行方』を行う。 沸騰するまでの間の時間を使って、上記の実験 の注意事項や、以下の【発問】の説明を行う。 【注意事項】 特に、板書しない ・温度計の目盛を読む係、ストップで時間を記 録する係、を決めて、後でグラフが書けるよ うにしておいて下さい。 教師用の実験装置(見た目のみ、ガスパー ナーなしでも可)を用いて、演示しながら、 観察の仕方を説明する。 ・ガラス管の先を水そうから出すと、どうなっ ていますか?よく観察しておいてください。	注:減圧沸騰を目の当た りにさせる部分は教 師による演示実験を 行うことで、生徒が考 える時間を確保する ようにする。 注:生徒実験の場合、ス トップウォッチを与 えただけでも、遊んで しまう生徒もいる。生 徒の理解促進を目的 とした話し合いの時 間を確保したいと考 えたため、生徒実験は 目的を持たせて1回 のみ実施するような 方略を選択した。つま り、1回目は演示実験 とした方がよい、と考 えた。

	<p>2 教師の発問 実験群は Think-Pair-Share ワークシート</p>	<p>(ワークシートにメモさせる。)</p> <p>泡がでているが、ペットボトルの水が減らない様子を観察することができた後で、以下の発問を実施する。</p> <p>【発問】 教師の発問@板書しない</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ガラス管の先を水そうから出すと、白い煙が出ていましたね。どのような様子でしたか？ ・あれは、何でしょうか？ ・湯気と水蒸気って、何が違うんですか？ (特に、ワークシートにも書かせない。) <p>ここで、【発問1】を行う。</p> <p>【発問1】 教師の発問@板書する</p> <ul style="list-style-type: none"> ・丸底フラスコの底から激しく泡が出続けているのに、ペットボトル内の気体の体積が増加しなくなったのはなぜですか？ ・まずは、ワークシートの の欄に、自分の意見を書いてください。 <p>Think-Pair-Share ワークシート の欄に書かせる。この間、机間巡視する。 ある程度、書けていたら、席の隣の生徒(パートナー)と話し合いをさせる。 Think-Pair-Share ワークシート の欄に書かせる。 ある程度、書けていたら、再度、【発問1】を述べ『Wait time』の時間をとる。</p> <p>『Wait time 1』の時間 (板書用Stop、Goの図(A4版)を貼り、ストップウォッチで時間を計る。) 手を挙げない指名をする。</p> <p>『Wait time 2』の時間 意見がでたときも待ち時間を作る。 (板書用Stop、Goの図(A4版)を貼り、ストップウォッチで時間を計る。) 出た意見を板書する。(最後に、ワークシート の欄にまとめやすくさせるため。) 実際に演示する。 (風船はフラスコの外に出てくる。) Think-Pair-Share ワークシート の欄に書かせる。この間、机間巡視する。</p>	<p>S : ガラス管の先約 5 m mの部分は目に見えない。</p> <p>T : これは何ですか？</p> <p>S : 湯気</p> <p>S : 水蒸気</p> <p>S : 気体は目で見る事ができない。白い煙は目で見る事ができるから気体ではない。</p>
	<p>3 教師の発問 Wait Timeを取り入れた教師の発問</p>		

	<p>統制群は Think ワークシート</p>	<p>Think ワークシート の欄に書かせる。この間、机間巡視する。 ある程度、書けていたら、再度、【発問1】を述べる。 手を挙げさせる。誰も手を挙げなければ、そのまま、どんどん指名し、いろいろな意見を聞くようにする。 ・丸底フラスコの底から激しく泡が出続けているのに、ペットボトル内の気体の体積が増加しなくなったのはなぜですか？ どんな意見が書けましたか？ 繰り返し、どんな意見が書けたかを聞く。</p>	
	<p>4 教師の発問 実験群は Think-Pair-Share ワークシート</p>	<p>ここで、【発問2】を行う。 【発問2】 教師の発問@板書する ・ガラス管に取り付けたゴム管の先を、メスシリンダーに集まった気体の部分に設置してから、火を消すと、どうなりますか？ ・この実験を行ってみましょう。 ・まずは、ワークシートの の欄に、自分の意見を書いてください。</p>	
	<p>統制群は Think ワークシート</p>	<p>まずは、ワークシートの の欄に、自分の意見を書いてください。 まずは、ワークシートの の欄に、自分の意見を書いてください。</p>	
	<p>5 教師の発問 Wait Timeを取り入れた教師の発問</p>	<p>Think-Pair-Share ワークシート の欄に、書かせる。この間、机間巡視する。 ある程度、書けていたら、席の隣の生徒(パートナー)と話し合いをさせる。 Think-Pair-Share ワークシート の欄に書かせる。 ある程度、書けていたら、再度、【発問2】を述べる。 『Wait time 1』の時間 (板書用Stop、Goの図(A4版)を貼り、ストップウォッチで時間を計る。) 手を挙げない指名をする。 『Wait time 2』の時間 意見がでたときも待ち時間を作る。 (板書用Stop、Goの図(A4版)を貼り、ストップウォッチで時間を計る。)</p>	

	6 生徒実験		<p>出た意見を板書する。(最後に、ワークシートの欄にまとめやすくさせるため。)</p> <p>*** 生徒実験 *****</p> <p>実際に実験する。</p> <p>【確認】 教師の質問@板書しない</p> <ul style="list-style-type: none"> ・フラスコにヒビが入っていませんか。 ・ゴム栓は、しっかりと丸底フラスコに取り付けていないと、外れる場合があります。その場合は、勢いよく抜けてしまいます。実験中に、ゴム栓が若干動くようだったら、火を止めるようにして下さい。 ・火を使うので、よく指示を聞いて、やけどをしないように注意して下さい。 <p>それでは、火をつけて下さい。</p> <p>Think-Pair-Share ワークシート の欄に書かせる。この間、机間巡視する。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Think ワークシート の欄に書かせる。この間、机間巡視する。</p> <p>ある程度、書けていたら、再度、【発問2】を述べる。</p> <p>手を挙げさせる。誰も手を挙げなければ、そのまま、どんどん指名し、いろいろな意見を聞くようにする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ガラス管に取り付けたゴム管の先を、メスシリンダーに集まった気体の部分に設置してから、火を消すと、どうなりますか？ <p>どんな意見が書けましたか？</p> <p>実際に演示する。</p> <p>繰り返し、どんな意見が書けたかを聞く。</p> </div>	<p>T:「それでは、実験を行ってみましょう。」</p> <p>注:ストップウォッチ、グラフ用紙、白衣、ゴーグルの配布</p>
整理	<p>1 実験結果の確認</p> <p>2 課題の予告</p> <p>3 次時の予告</p>	5分	<p>ゴム栓には、デジタル温度計をあらかじめ差し込んでおき、温度も記録させ、グラフがかけられるようにする。</p> <p>グラフの作成。を加熱したときの温度変化を時間ごとに記録し、結果を正しくグラフに表すことができる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・次時の予告をする。 	
<p>備考; Bクラスが実験群、Aクラスが統制群とした。</p> <p>『フラスコの中の風船』『消えた泡の行方』のメカニズムを理解させる目的で、状態変化をモデル図でかく、粒子は大きくなる、増加しないという性質を理解させる、水の体積は水蒸気になると1700倍になる、という3点を強調した。</p>				

資料 実際に使用した事前調査及び事後調査

これは、全てのクラスを対象とした事前質問紙調査です。

事前質問紙調査

____年____組____番 氏名_____

《これはテストではありません。自由に自分の考えを述べるようにして下さい。》

1 以下の問いに答えよ。

- (1) 水 100 g に食塩 20 g を溶かしてできた食塩水の重さは何 g か。ア～エから選び、記号で答えよ。
ア 100 g イ 100 g より重くて 120 g より軽い ウ 120 g エ 120 g より重い
- (2) 前問(1)で、そうなる理由を書け。

（ そう考えた理由 _____ ）

2 以下の問いに答えよ。

- (1) 電気ポットの水が沸騰している時、水の中には大きな泡が見られた。この泡は何から



できているか。ア～エから選び、記号で答えよ。

ア 空気 イ 水蒸気 ウ 熱 エ 酸素、又は水素

- (2) やかんの水が沸騰している時、白い湯気が見られた。湯気の正体は何か。ア～エから選び、記号で答えよ。

ア 水蒸気（気体） イ 水蒸気（液体）
ウ 小さな水の粒（気体） エ 小さな水の粒（液体）

- (3) やかんの水が沸騰している時、湯気が出ているようすの絵（湯気のイメージ図）をかけ。



これは、全てのクラスを対象とした事後質問紙調査です。

事後質問紙調査

____年____組____番 氏名_____

《これはテストではありません。自由に自分の考えを述べるようにして下さい。》

1 以下の問いに答えよ。

- (1) 水 100 g に食塩 20 g を溶かしてできた食塩水の重さは何 g か。ア～エから選び、記号で答えよ。
ア 100 g イ 100 g より重くて 120 g より軽い ウ 120 g エ 120 g より重い
- (2) 前問(1)で、そうなる理由を書け。

（ そう考えた理由 _____ ）

2 以下の問いに答えよ。

- (1) 電気ポットの水が沸騰している時、水の中には大きな泡が見られた。この泡は何から



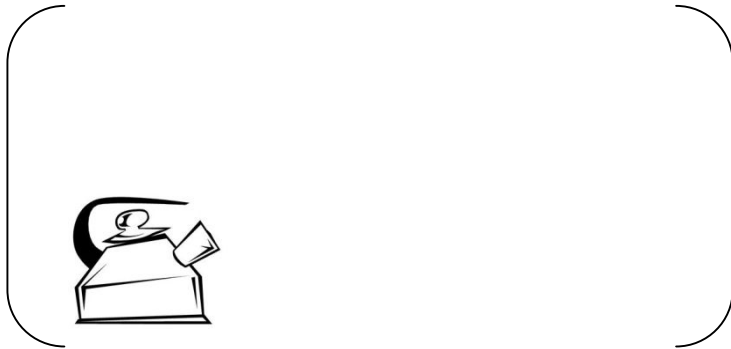
できているか。ア～エから選び、記号で答えよ。

ア 空気 イ 水蒸気 ウ 熱 エ 酸素、又は水素

- (2) やかんの水が沸騰している時、白い湯気が見られた。湯気の正体は何か。ア～エから選び、記号で答えよ。

ア 水蒸気（気体） イ 水蒸気（液体）
ウ 小さな水の粒（気体） エ 小さな水の粒（液体）

- (3) やかんの水が沸騰している時、湯気が出ているようすの絵（湯気のイメージ図）をかけ。



3 図のように、水を沸騰させる実験をAからEの順で行った。以下の問いに答えよ。

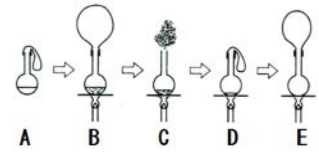
【実験】A 丸底フラスコに少量の水を入れた。この丸底フラスコの口に風船を取りつけ、加熱した。

B 加熱を続けると、沸騰が始まり、風船が大きくふくらんだ。

C ここで風船をはずし、加熱を続けた。沸騰は続き、フラスコの口から盛んに湯気が出て、水の量はどんどん減少していった。

D 水の量が非常に少なくなったところで、もう一度風船を取りつけた。

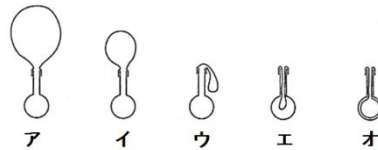
E 加熱を続けると再び風船はふくらみ、フラスコ内の水はなくなったので加熱をやめた。



(1) 【実験】Bでふくらんだ風船内に入っている物質は何か。

(2) 【実験】Eでふくらんだ風船内に入っている物質は何か。

(3) 【実験】Eで加熱をやめたのち、0 まで冷却すると風船はどうなるか。ア～オから選び、記号で答えよ。ただし、エ、オは風船がフラスコ内に入り込んだ状態である。



(4) 前問(3)で、そうなる理由を書け。

(5) 【実験】Cで、風船をはずさないまま加熱をやめ、0 まで冷却すると風船はどうなるか。

(1)	(2)
(3)	(4)
(5)	

4 図1のように、水が沸騰するときの様子を調べる実験をした。以下の問いに答えよ。

(1) 最初は、メスシリンダーに気体が集まる。このとき、ガラス管の先から発生した泡は何か。

(2) さらに加熱を続けると水が沸騰し、メスシリンダーに集まった気体が、これ以上増えなくなった。このとき、丸底フラスコ内の水から出ていた大きな泡は何か。

(3) 丸底フラスコの底から激しく泡が出続けているのに、メスシリンダー内の気体の体積が増加しなくなったのはなぜか。

(4) 図1のようにガラス管の先が水そうの水につかったまま火を消すと、水が逆流して丸底フラスコが水で一杯になることがわかった。そこで、図2のようにガラス管の先にゴム管を取りつけ、そのゴム管の先を図2のA点の部分(メスシリンダーに集まった気体の部分)に設置してみることにした。このとき火を消すとどうなるか。

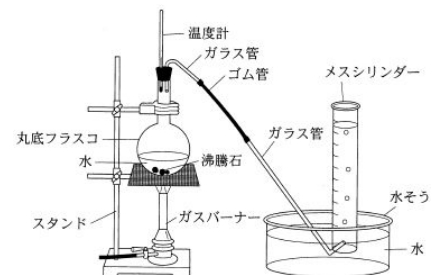


図1

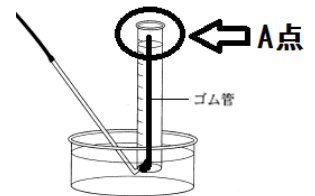




図2

(1)	(2)
(3)	
(4)	

これは、授業『フラスコの中の風船』が実験群のクラスを対象とした事後質問紙調査です。

事後質問紙調査

年 組 番 氏名

<p>これはテストではありません。 自由に自分の考えを述べるようにして下さい。 右の2つの授業についての質問です。</p>	<p>授業『フラスコの中の風船』</p>	<p>授業『消えた泡の行方』</p>
		

1 授業『フラスコの中の風船』では、教師による発問の直後、及び生徒による返答の直後で、5秒間の待ち時間を取りました。



(1) 教師による発問の直後で、5秒間の待ち時間をとること(図の『Wait time 1』)

は、考えるための時間として重要な時間だと思いましたが。ア～エから適当なものを選び、記号で教えてください。さらに、そう考えた理由を簡単に書いてください。

ア そう思う イ ややそう思う ウ あまり意識しなかった エ 意味は無いと思う

そう考えた理由

(2) 生徒による返答の直後で、5秒間の待ち時間をとること(図の『Wait time2』)は、考えるための時間として重要な時間だと思いましたが。ア～エから適当なものを選び、記号で教えてください。さらに、そう考えた理由を簡単に書いてください。

ア そう思う イ ややそう思う ウ あまり意識しなかった エ 意味は無いと思う

そう考えた理由

2 授業中に使用したプリントに関する質問です。授業プリントとして、授業『フラスコの中の風船』では、私のアイデア、パートナーのアイデア、共有したこと、という3項目が書かれた授業プリントを、授業『消えた泡の行方』では、私のアイデア、という1項目のみの授業プリントを使用しました。

どちらの授業プリントが、自分の考えたことを深めることができたと思いますか。ア～ウから適当なものを選び、記号で教えてください。さらに、そう考えた理由を簡単に書いてください。



ア 3つの項目のプリント イ 1項目のみのプリント ウ どちらともいえない

そう考えた理由

これは、授業『消えた泡の行方』が実験群のクラスを対象とした事後質問紙調査です。

事後質問紙調査

年 組 番 氏名

<p>これはテストではありません。 自由に自分の考えを述べるようにして下さい。 右の2つの授業についての質問です。</p>	<p>授業『フラスコの中の風船』</p>	<p>授業『消えた泡の行方』</p>
		

1 授業『消えた泡の行方』では、教師による発問の直後、及び生徒による返答の直後で、5秒間の待ち時間を取りました。



(1) 教師による発問の直後で、5秒間の待ち時間をとること(図の『Wait time 1』)

は、考えるための時間として重要な時間だと思いましたが。ア～エから適当なものを選び、記号で教えてください。さらに、そう考えた理由を簡単に書いてください。

ア そう思う イ ややそう思う ウ あまり意識しなかった エ 意味は無いと思う

（ そう考えた理由 ）

(2) 生徒による返答の直後で、5秒間の待ち時間をとること(図の『Wait time2』)は、考えるための時間として重要な時間だと思いましたが。ア～エから適当なものを選び、記号で教えてください。さらに、そう考えた理由を簡単に書いてください。

ア そう思う イ ややそう思う ウ あまり意識しなかった エ 意味は無いと思う

（ そう考えた理由 ）

2 授業中に使用したプリントに関する質問です。授業プリントとして授業『フラスコの中の風船』では、私のアイデア、という1項目のみの授業プリントを、授業『消えた泡の行方』では、私のアイデア、パートナーのアイデア、共有したこと、という3項目が書かれた授業プリントを、使いました。

どちらの授業プリントが、自分の考えたことを深めることができたと思いますか。ア～ウから適当なものを選び、記号で教えてください。さらに、そう考えた理由を簡単に書いてください。

ア 3つの項目のプリント イ 1項目のみのプリント ウ どちらともいえない

（ そう考えた理由 ）

これは、全てのクラスを対象とした事前・事後・遅延調査です。

コンセプト・マップ（概念地図）

以下に 10 個の用語を挙げてありますので、“状態変化”という単語を中心に概念地図を作ってください。上手く概念地図に書けない単語があれば除いてもいいし、付け加えたいものがあれば付け加えても構いません。

【単語】

沸点・融点・蒸留・固体・液体・気体・温度・体積・質量・昇華

状態変化

矢印をたどることで、後から文章表現ができそうですか？







このワークシートは実験群用のものです。

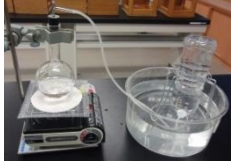
____年 ____組 ____番 氏名_____

『フラスコの中の風船』

パートナー氏名_____

教師の 発問 	私の アイデア 	パートナーの アイデア 	共有したこと 
【発問1】 ・風船の入ったフラスコを、 再びあたためると、 どうなりますか？ ・粒子概念を用いた 説明はできますか？			
【発問2】 ・はじめから風船をつけて、 あたためた後に、 フラスコを冷やすと どうなりますか？ ・粒子概念を用いた 説明はできますか？			
感想（このワークシートに書くことで、アイデアをまとめることはできましたか。）			

資料
実際に使用したワークシート







このワークシートは実験群用のものです。

____年 ____組 ____番 氏名_____

『消えた泡の行方』

パートナー氏名_____



教師の 発問 	私の アイデア 	パートナーの アイデア 	共有したこと 
【発問1】 ・丸底フラスコの底から激しく泡が出続けているのに、ペットボトル内の気体の体積が増加しなくなったのはなぜですか？			
【発問2】 ・ガラス管に取り付けたゴム管の先を、メスシリンダーに集まった気体の部分に設置してから、火を消すと、どうなりますか？			
感想（このワークシートに書くことで、アイデアをまとめることはできましたか。）			

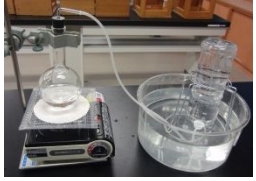


このワークシートは統制群用のものです。

『フラスコの中の風船』

____年 ____組 ____番 氏名_____

<p>教師の 発問</p> 	<p>私の アイデア</p> 
<p>【発問 1】</p> <ul style="list-style-type: none">・ 風船の入ったフラスコを、再びあたためると、どうなりますか？・ 粒子概念を用いた説明はできますか？	
<p>【発問 2】</p> <ul style="list-style-type: none">・ はじめから風船をつけて、あたためた後に、フラスコを冷やすとどうなりますか？・ 粒子概念を用いた説明はできますか？	
<p>感想（このワークシートに書くことで、アイデアをまとめることはできましたか。）</p>	





このワークシートは統制群用のものです。

『消えた泡の行方』

____年 ____組 ____番

氏名 _____

教師の 発問		私の アイデア	
【発問1】 ・丸底フラスコの底から激しく泡が出続けているのに、ペットボトル内の気体の体積が増加しなくなったのはなぜですか？			
【発問2】 ・ガラス管に取り付けたゴム管の先を、メスシリンダーに集まった気体の部分に設置してから、火を消すと、どうなりますか？			
感想（このワークシートに書くことで、アイデアをまとめることはできましたか。）			