

オーセンティック・ラーニングに依拠した
理科授業デザインとその効果に関する研究

2014

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)

小川博士

目次

序章 問題の所在及び研究の目的, 方法	6
第1節 問題の所在	6
第2節 先行研究の省察	8
第1項 日本における理科授業と実社会・実生活との関 連に関する歴史的展開	8
第2項 オーセンティック概念に関する先行研究	11
第3節 研究の目的及び方法	15
第1項 研究の目的	15
第2項 研究の方法	15
第4節 本論文の構成	17
註及び引用・参考文献	19

研究1 理論的アプローチによる理科授業デザインのための 観点の導出

第1章 オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業 デザインのための観点	24
第1節 本章の目的及び研究の手順	24
第2節 オーセンティック・ラーニングの理論的整理	25
第1項 オーセンティック・ラーニングの背景	25
第2項 オーセンティック・ラーニングの特質	26
第3節 理科授業デザインのための観点の導出	31
第1項 観点の導出方法	31
第2項 観点の導出	33
第4節 本章のまとめ	34
註及び引用・参考文献	35

研究 2 実践的アプローチによる認知的側面に与える効果 の検証

第 2 章	導出した観点に依拠した理科授業実践が科学的知識 の理解に与える効果（研究 2-1）	39
第 1 節	本章の目的及び研究の手順	39
第 2 節	授業デザイン：小学校第 6 学年理科「もののもえ 方」の単元開発	40
第 1 項	導出した観点と単元開発のイメージ	40
第 2 項	燃焼概念に関わる先行研究・先行実践の整理	42
第 1	燃焼概念に関わる誤概念	42
第 2	燃焼概念形成上の問題点	43
第 3	小学校第 6 学年理科「もののもえ方」に関わる 先行実践事例の整理	46
第 3 項	先行研究・先行実践を踏まえた単元開発のため の視点	47
第 4 項	導出した 6 つの観点に依拠した単元開発の検討	48
第 5 項	検証のための実験群・統制群の設定	49
第 6 項	本節のまとめ	51
第 3 節	実践・調査の手続き	52
第 1 項	調査対象及び時期	52
第 2 項	調査の方法	52
第 1	事前調査：両群の等質性の検討	52
第 2	事後調査	53
第 3	実践と調査の位置	56
第 4 節	授業実践の内容	57
第 1 項	割り箸燃やしの活動を取り入れた単元の導入	57
第 2 項	燃える 3 条件を身の回りの場面に活用して考え	

る単元末の授業	60
第5節 調査結果及び分析	64
第1項 事前調査：両群の等質性の検討	64
第1 活用法の評価問題の得点結果	64
第2 第5学年理科の評定地の比較	65
第3 両群の等質性	65
第2項 事後調査の結果	66
第1 活用法の評価問題の得点結果	66
第2 活用法評価問題に対する児童の解答事例	67
第3 典型テストの結果	71
第3項 考察	71
第6節 本章のまとめ	73
註及び引用・参考文献	74
第3章 導出した観点に依拠した理科授業実践が概念形成に	
与える影響に関する質的検討（研究2-2）	78
第1節 本章の目的及び研究の手順	78
第1項 質的検討の必要性	78
第2項 本章の目的及び研究の手順	79
第2節 質的調査法に関する先行研究の省察	80
第3節 調査の方法	82
第1項 調査の対象及び時期	82
第2項 調査及び分析の方法	82
第1 面接における質問内容	81
第2 面接の形式及び面接時間	84
第3 データ処理及び分析の方法	84
第4節 調査の結果及び分析	88
第1項 観点別の得点結果と2群間の比較	88
第1 「（知識の）広がり」の結果について	89

第 2	「外在性」の結果について	90
第 3	「関連性」の結果について	90
第 2 項	各群の抽出児童の事例比較	91
第 1	抽出の方法	91
第 2	事例比較の視点	91
第 3	事後テストの結果比較	91
第 4	面接法によって得られた各観点の得点比較	92
第 5	関連性地図の比較	95
第 3 項	考察	98
第 5 節	本章のまとめ	101
	註及び引用・参考文献	104

研究 3 実践的アプローチによる情意的側面に与える効果 の検証

第 4 章	導出した観点到に依拠した理科授業実践が科学・理科 学習態度に与える効果	106
第 1 節	本章の目的及び研究の手順	106
第 2 節	授業デザイン	108
第 1 項	小学校第 5 学年理科「天気の変化」に関する先 行実践・先行研究の整理	108
第 2 項	導出した 6 つの観点到に依拠した単元開発の検討	111
第 3 項	単元計画	112
第 4 項	本節のまとめ	114
第 3 節	気象予報士との授業の概要	115
第 1 項	気象予報士との授業づくり	115
第 2 項	授業及び教材の概要	117
第 4 節	実践・調査の手続き	122

第1項	調査対象及び時期	122
第2項	調査の方法	122
第3項	実践及び調査の位置	123
第5節	調査の結果及び分析	125
第1項	実践1「天気の変化」の質問紙による事前・事後調査の結果及び分析	125
第2項	実践2「もののもえ方」の質問紙による事前・事後調査の結果及び分析	126
第3項	考察	127
第6節	本章のまとめ	131
	註及び引用・参考文献	132
終章	本研究のまとめ及び今後の課題	134
第1節	本研究のまとめ	134
第1項	本研究の問題の所在及び研究課題の設定	134
第2項	理論的アプローチによる理科授業デザインのための観点の導出（研究1の成果）	136
第3項	実践的アプローチによる認知的側面の効果 （研究2の成果）	137
第4項	実践的アプローチによる情意的側面の効果 （研究3の成果）	139
第5項	導出した観点の実行可能性	140
第2節	教育実践への示唆	141
第3節	今後の課題	143
	註及び引用・参考文献	145
附記		146
謝辞		147
巻末資料		149

序章 問題の所在及び研究の目的, 方法

第 1 節 問題の所在

子どもの学習においては, いわゆる教授主義 (Instructionism) によって強調される脱文脈化された事実の集合よりも, 統合され, 現実に使用可能な知識を学ぶほうが重要である¹⁾。しかし, 近年行われた国際調査の結果をしてみると, 科学的な解釈や論述形式の設問, 日常生活と関連の深い設問に課題があること²⁾, 実社会や実生活の場面での問題解決の科学的な能力に課題があること³⁾等が指摘されている。国内においては, 平成 24 年に行われた全国学力・学習状況調査【理科】の結果によれば, 小学校, 中学校ともに, 主として「活用」に関する問題の低正答率が目立った⁴⁾。国立教育政策研究所による理科の学習指導の改善・充実に向けた調査分析⁵⁾では, 平成 24 年度全国学力・学習状況調査の結果を踏まえた詳細分析が行われた。そして, 詳細分析の結果を踏まえた指導改善のポイントとして, たとえば, 小学校理科では, 習得した知識を使用して, 適用, 分析, 構想, 改善するなど, 実際の自然や日常生活で考察できるように指導することが大切であると指摘されている。同様に, 中学校理科においても, 生徒自らが理科と日常生活や社会との関連を図った学習活動において, 学習したことを普段の生活の中で活用できないかを考えたり説明したりすることが重要であると指摘され⁶⁾, 「日常生活との関連」や「知識の活用」が現在, 着目されていることが確認できる。

Krajcik & Blumenfeld⁷⁾ は, 実社会と乖離した知識を記憶するだけでは, その知識についての表面的な理解だけを得ることになり, 獲得した知識をその他の文脈や場面に応用すること

が困難になると述べている。また、坂本ら⁸⁾は、学習した科学的原理・法則を正しく答える一方で、具体的な場面では、それとは無関係な説明を行う事例を挙げ、それを「科学的原理・法則の適用限界の問題」として指摘している。これらの指摘は、先述した調査結果と軌を一にしていると言えるだろう。このように、国内外を問わず、現実世界とのつながりの中で科学的な知識を活用する力が十分に育っていないという現状が伺える。

情意的な側面に関しては、たとえば、TIMSS2007において、理科学習に対する重要性への意識が国際平均よりも大きく下回っているという結果が報告されている⁹⁾。TIMSS2011では、前回調査と比べて平均点が有意に高くなっているものの、理科への自信度が小・中学校ともに国際平均よりも低かった¹⁰⁾。また、平成24年度全国学力・学習状況調査【理科】においても、「理科の勉強は大切」「理科の授業で学習したことは将来社会に出たときに役立つ」と回答した小・中学生の割合が国語、算数・数学と比べて低かった¹¹⁾。これらのことから、理科学習の大切さや有用性の低迷が情意的側面の課題と言える。

第 2 節 先行研究の省察

第 1 項 日本における理科授業と実社会・実生活との関連に関する歴史的展開

第 1 節で述べた国際教育到達度評価学会（IEA）や経済協力開発機構（OECD）による一連の国際調査の結果を受けて、日本においては、理科授業と実社会・実生活との関連が注目されている。たとえば、平成 20 年 1 月の中央教育審議会の答申¹²⁾においては、理科における改善の基本方針が 5 つ示されており、そのうちの 1 つに次のような記述がある。

理科を学ぶことの意義や有用性を実感する機会をもたせ、科学への関心を高める観点から、実社会・実生活との関連を重視する内容を充実する方向で改善を図る。また、持続可能な社会の構築が求められている状況に鑑み、理科についても、環境教育の充実を図る方向で改善する。

（下線は、筆者が加筆）

このような答申を受けて、平成 23 年度から全面実施となった「小学校学習指導要領」¹³⁾では、理科の目標に「実感を伴った理解」という言葉が明記され、実際の自然や生活との関係への認識を含む理解を図ることが求められるようになった。また、「中学校学習指導要領」¹⁴⁾においても、理科では、同様に、日常生活や社会との関連を重視する方向で改訂されている。

このように、現在、理科授業と実社会・実生活との関連が重視されていることが確認できる。

歴史的には、昭和 22 年の学習指導要領（試案）において、すでに日常生活を題材とした生活単元学習が推進されていた。たとえば、第 6 学年の理科指導として、「単元一 あさとわた」

では、指導目標として、次のように明記されている¹⁵⁾。

- 1 アサとワタの作り方を修得する。
- 2 生物が環境に適応するために、どんな生き方をするかを見いだし、これを栽培に利用することを理解する。
- 3 衣服のたいせつな原料である繊維について理解する。

また、「単元七 自転車」では、指導目標として、次のように明記されている¹⁶⁾。

- 1 自転車の分解・組み立て及び手入れを修得し、その構造とはたらきについて理解し、その間にひそむ道理を見いだす。
- 2 自転車を安全に運転することを学ぶ。
- 3 機械にも生命を認め、これを愛護する念を養う。

上記のとおり、指導内容の構成は、単元学習の形態をとり、題材を子どもの生活環境から選んでいることがわかる¹⁷⁾。しかし、子どもの日常生活や経験、活動を中心とした経験カリキュラム(experience curriculum)では、科学的内容の系統性を保つことが困難とされ、理科の内容は学問中心の系統性を失ったとして批判された¹⁸⁾。そこで、昭和33年の学習指導要領では系統性が重視され、昭和43・44年の学習指導要領では、「教育内容の現代化」によって、系統性がさらに強化された¹⁹⁾。松原・猿田によれば、この学問中心カリキュラム(discipline-centered curriculum)は、科学的内容の系統性から構成されるため、日常生活との関連性については希薄になっていたと指摘している²⁰⁾。

その後、系統性を重視した教育の潮流に対して、学校教育が

知識の伝達に偏る傾向があるとの指摘がなされ、昭和 51 年の教育課程審議会答申では、「人間性豊かなゆとりの教育」を打ち出し、ゆとり教育の時代が始まった。平成元年告示の学習指導要領では、小学校において生活科が新設された。これに伴い、理科の内容と日常生活との関連を図ることが示された。中学校理科においては、たとえば、平成 10 年告示の中学校学習指導要領において、学習内容と日常生活とを関連付けることがいくつか示されていた。松原・猿田も指摘するように、特に平成以降、教授内容については、日常生活との関連に関する意識が存在していた²¹⁾。

そして、先述のとおり、平成 20 年告示の小学校学習指導要領では、内容の取扱いにおける配慮すべき事項として、「学習の成果と日常生活との関連を図り、自然の事物・現象について実感を伴って理解できるようにすること」²²⁾が掲げられた。また、中学校理科においても、各分野の内容の指導で配慮すべき事項として、「科学技術が日常生活や社会を豊かにしていることや安全性の向上に役立っていることに触れること。また、理科で学習することが様々な職業などに関係していることにも触れること。」²³⁾と、明記されていた。このように、理科授業と日常生活との関連を図ることが一層、強調されていることがわかる。

以上、歴史的展開を概観したが、戦後の日常生活や経験、活動を中心とした経験カリキュラムから、昭和 33 年学習指導要領からの学問の系統性重視の教育へ変遷し、日常生活との関連が希薄化した。その後、ゆとりの教育から現在の学習指導要領にかけて、徐々に理科授業と日常生活との関連が重視されるようになってきた。しかし、鶴岡が指摘するように科学の成果が生活や社会において占める位置についての理解が乏しく²⁴⁾、日常生活との関連を図る指導の効果が明確に表れているとは

言い難い。

このような状況の中で、理科授業と日常生活との関連は、松原・猿田も指摘するように、単に戦後の経験カリキュラムへの揺れ戻しを起こすのではなく、学問の系統性とのバランスを保ちながら、学習した科学的知識を現実世界の文脈の中で有効に活用したり、科学に対する興味や関心、有用感を高めたりするような授業実践が必要と考えられる²⁵⁾。

第2項 オーセンティック概念に関する先行研究

世界へ目を向けてみると、第1節で述べた問題意識や背景を踏まえた研究の1つに、学習や評価におけるオーセンティック (Authentic) 概念に関する先行研究がある。たとえば、米国では、1980年代後半、標準テストに対する批判を背景に Wiggins²⁶⁾が教育評価論の立場から、評価における文脈をより現実的なものへ近づけることを意図したオーセンティック・アセスメント (Authentic assessment) を先駆的に提唱している。理科教育の立場からは、Doran et al.²⁷⁾が全米科学教育スタンダードに則ったパフォーマンス評価開発の方法論や事例をまとめている。日本においては、たとえば、田中ら²⁸⁾、西岡²⁹⁾、遠藤³⁰⁾が教育評価論の立場からオーセンティック・アセスメントの歴史的展開やオーセンティック概念の特質を明らかにしている。理科教育の立場においては、片平ら³¹⁾が理科教育におけるオーセンティック・タスク (Authentic task) 開発に関わるプロセスの実態を明らかにし、開発のための方法論を展望している。また、中島・堀³²⁾は、オーセンティック・アセスメントの一手法であるポートフォリオ評価に着目し、高等学校化学を事例として一枚ポートフォリオ評価シートの開発と実践的活用の観点から研究が行われている。

一方、学習に関しては、1980年代以降、構成主義学習論や

状況論の台頭とともに、教師主導の知識伝達型の授業に対する批判が起こり、学習者が学ぶ必然性を感じ、現実世界における知識の活用を促進する文脈の中での学習としてオーセンティック・ラーニング (Authentic learning) が主張されるようになった³³⁾³⁴⁾。オーセンティック・ラーニングにおいて「現実世界」や「活用」が強調されるのは、従来型の学校教育には学校における成果を越えた本質的な意味や価値を含んでいないことや、生徒が学校で習得した知識やスキルを有意義に活用できないこと等の問題点に対峙しているためである³⁵⁾³⁶⁾。これらの問題点は、現在の日本の理科教育の課題とも一致していると言えるだろう³⁷⁾。

オーセンティック・ラーニングの特質については、次章で具体的に述べるが、現実世界の文脈の中での知識の活用や教科の特性に応じた学習活動、評価など、教育実践の総体として捉えられている。そのため、戦後の経験カリキュラムにおける生活単元学習とは異なった性格をもち、単に日常生活と関連した教材を導入すればよいといったものとは一線を画するものである。

オーセンティック・ラーニングに関する先行研究は、たとえば、Allan³⁸⁾や Rule³⁹⁾が教育方法論の立場から、理論的アプローチによりオーセンティック・ラーニングの特質について述べている。また、カリキュラム論の立場では、Newmann et al.⁴⁰⁾が、学校改革を念頭に、学習の成果がオーセンティックなものかを問題とし、そのための指導の在り方を模索する中で、5つのスタンダードを提起している。5つのスタンダードとは、①高次思考、②深い知識、③教室を越えた世界とのつながり、④本質的な対話、⑤生徒の成果を支える社会的支援、であった。

理科教育の立場では、Edelson⁴¹⁾が、オーセンティックな科学実践の特徴を学習科学・教育工学の視点から事例を交えて論

究している。このように、諸外国においては、多分野にわたってオーセンティック・ラーニングに関する先行研究が散見される。しかし、具体的な授業デザインによる効果の検証は、ほとんど見られないのが現状である⁴²⁾。

国内においては、先述した評価研究は行われているものの、オーセンティック・ラーニングに着目した理論的・実践的研究は、管見の限り、見受けられない⁴³⁾。また、前項でも述べたとおり、実践面ではオーセンティック・ラーニングの主張と類似して、「実社会・実生活との関連」や「活用」を重視した理科授業実践が学習指導要領の改訂に伴い、注目されている⁴⁴⁾。しかし、そのような授業づくりにあたっては、実践者の経験や知識の有無、関心事項に規定されていることが多く、その方向性が定まっているとは言い難い。また、実社会・実生活との関連を扱った教材開発は、たとえば、文部科学省の委嘱研究として日常生活教材作成研究会が行った研究⁴⁵⁾などに散見できるが、その研究の事例は多いとは言えない。さらに、三宅⁴⁶⁾によれば、2000年から2011年の間に掲載された日本理科教育学会「理科教育学研究」の学術論文を調べたところ、「日常生活」と関連する研究領域がほとんど取り上げられていなかった。学習指導要領の改訂に伴い、実践者の関心は高まっているものの、学術論文として、その成果が多く発表されているわけではないのが現状である。

以上のことを踏まえると、オーセンティック・ラーニングの考え方を理論的視座として、わが国において、具体的な理科授業デザインをし、実践的に研究することは、先述した問題点に対して重要な示唆を与えるものと考えられる。また、その成果は、教育実践学的意義とともに、教育現場への還元が期待できると考える。

ところで、これらの先行研究で用いられている「現実世界」

や「日常生活」, 「実社会」, 「実生活」等の用語に関しては, 研究者によって, その範囲が異なったものとなっている。本研究では引用・参考文献の中で用いられている場合を除き, 「現実世界」という用語を, 以降, 使用していくこととする。本研究で使用する「現実世界」という用語は, 子どもの学習や評価において, 学校という時間や空間, 場面, 状況に限定せず, 日常生活や社会生活の場面, 状況も包含するものとして取り扱う。

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、目的をオーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業を実践することで、認知的側面や情意的側面への効果を明らかにすることとした。また、それらの結果から理科授業デザインのための観点の実践可能性を検討することとした。

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 3 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）は、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業をデザインするための観点を導出することである。

2 つめの研究課題（以下、研究 2）は、研究 1 によって得られた知見をもとに、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業をデザインし、認知的側面に与える効果を明らかにすることである。

3 つめの研究課題（以下、研究 3）は、同じく研究 1 の成果から、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業が情意的側面に与える効果を明らかにすることである。

上記の 3 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、主に文献研究を中心とした理論的アプローチを用いた。オーセンティック・ラーニングに関する文献を収集し、理科授業デザインのための観点を導出を試みた。

第 2 に、小学校理科において、導出した観点に基づいた授業デザイン及び実践を試み、その効果を探る実践的な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した。また, 情意的側面に関しては, 科学・理科学習態度に与える効果を質問紙による事前・事後調査によって探った。

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, 導出した観点の実践可能性を検討するとともに, わが国の理科教育における教育実践への示唆を述べた。

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。第1章では、主として文献研究による理論的アプローチにより、オーセンティック・ラーニング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。

第2章及び第3章は、研究2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、認知的側面の効果を検証する。第2章では、小学校第6学年理科「もののもえ方」を題材として、第1章で導出した観点に基づいて理科授業デザインを行う。そして、事前・事後調査を主とした量的調査により、科学的知識の理解に与える効果を検討する。第3章では、量的調査の限界を踏まえて質的調査法による事例分析を通して、理科授業実践が概念形成に与える影響を検証する。

第4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、情意的側面の効果を検証する。まず、小学校第5学年理科「天気の変化」及び第6学年理科「もののもえ方」を題材として、観点に基づいた理科授業デザインを行う。そして、科学・理科学習態度に関する質問紙を用いて事前・事後調査を実施し、効果の検証を行う。

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。

章の構成を図に示すと、図1-1のようになる。

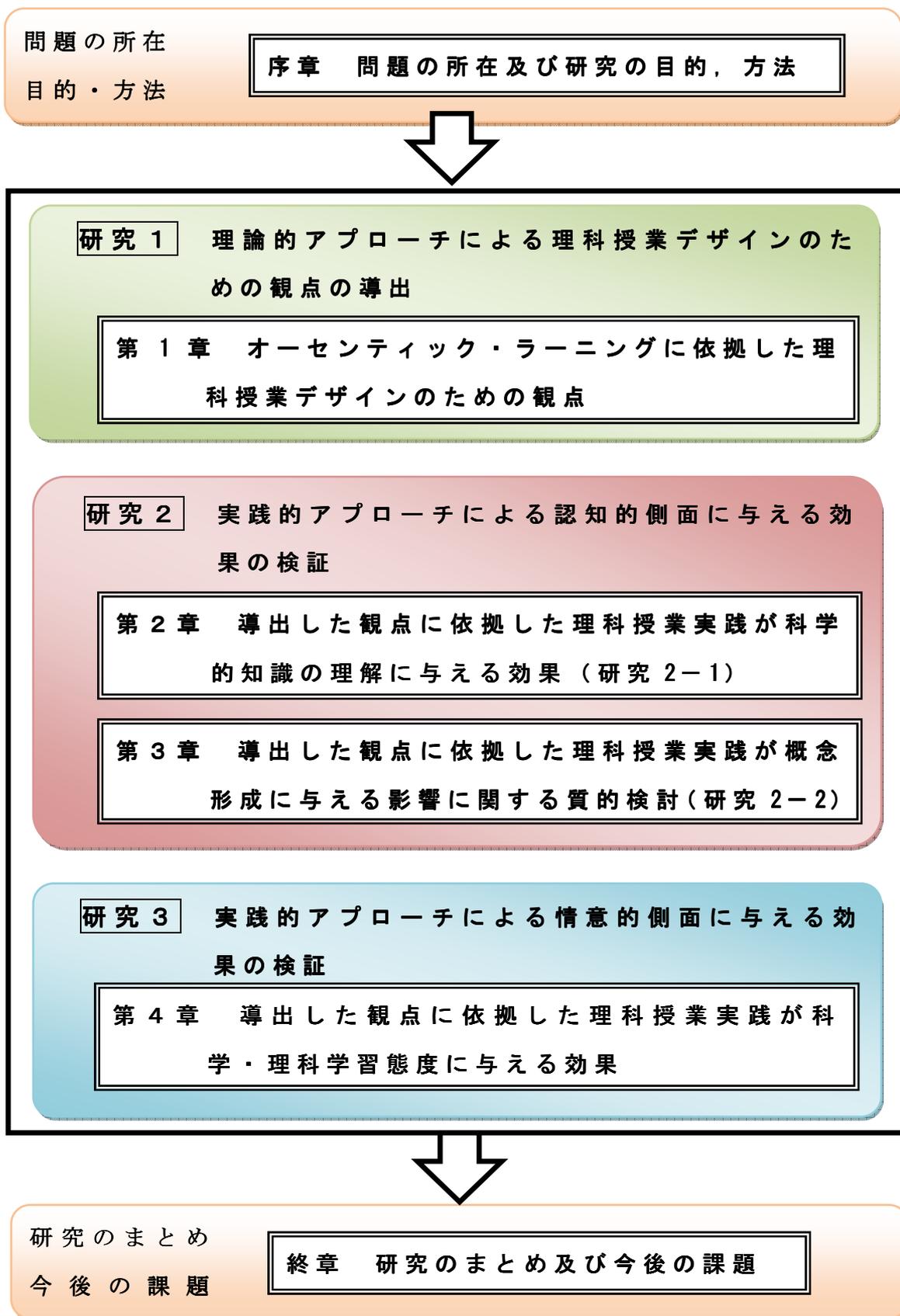


図 1-1 本論文の構成

註及び引用・参考文献

- 1) Sawyer, R. K.: Ch1 Introduction: The New Science of Learning, *The Cambridge Handbook of Learning Sciences*, pp.1-2, 2006, Cambridge University Press. (R.K.ソーヤー編, 森敏昭・秋田喜代美監訳:「学習科学ハンドブック」, 培風館, 2009.)
- 2) 文部科学省:「PISA 調査, TIMSS 調査の結果分析(中間まとめ)(課題と改善の方向 主なポイント)」, p.1, 2005.
(http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/gakuryoku/siryo/05122201/014/001.pdf) 【最終アクセス 2013年8月10日】
- 3) 五島政一:「PISA 調査と教育課程実施状況調査とのちがいについて」, 理科の教育, 57(6), pp.15-18, 2008.
- 4) 松浦拓也:「誤答分析から探る児童の課題」, 理科の教育, 62(726), pp.13-16, 2013.
- 5) 国立教育政策研究所:「理科の学習指導の改善・充実に向けた調査分析について【小学校】」, p.4, 2013.
(<http://www.nier.go.jp/science-rpt/pdf/primary.pdf>)
【最終アクセス 2013年12月15日】
- 6) 国立教育政策研究所:「理科の学習指導の改善・充実に向けた調査分析について【中学校】」, p.4, 2013.
(<http://www.nier.go.jp/science-rpt/pdf/junior.pdf>)
【最終アクセス 2013年12月15日】
- 7) Krajcik, J. S. & Blumenfeld, P. C.: Ch19 Project- Based Learning, *The Cambridge Handbook of Learning Sciences*, p.319, 2006, Cambridge University Press.
- 8) 坂本美紀ほか「科学的思考としての原理・法則のメタ理解: 小学校第6学年「燃焼」を事例として」, 科学教育研究, 31(4), pp.220-227, 2007.
- 9) 国立教育研究政策所:「国際数学・理科教育動向調査の2007

年調査 (TIMSS2007) 国際調査結果報告 (概要)

(<http://www.nier.go.jp/timss/2007/gaiyou2007.pdf>)

【最終アクセス 2013 年 8 月 10 日】

10) 国立教育研究政策所:「国際数学・理科教育動向調査の 2011 年調査 (TIMSS2007) 国際調査結果報告 (概要)

(http://www.nier.go.jp/timss/2011/T11_gaiyou.pdf)

【最終アクセス 2013 年 8 月 10 日】

11) 前掲書 4)

12) 中央教育審議会:「幼稚園, 小学校, 中学校, 高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について(答申)」, 2008.

(http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/tou shin/_icsFiles/afiedfile/2009/05/12/1216828_1.pdf)

【最終アクセス: 2013 年 8 月 10 日】

13) 文部科学省:「小学校学習指導要領」, 2008, 東洋館出版社.

14) 文部科学省:「中学校学習指導要領」, 2008, 東洋館出版社.

15) 文部省:「学習指導要領 理科編(試案)」, 1947.

(<http://www.nier.go.jp/guideline/s22ejn/index.htm>)

16) 同書.

17) 古谷庫造・山本修一:「戦後の教科教育 50 年:理科教育」, 創大教育研究(5), pp.73-82, 1996.

18) 松原憲治・猿田祐嗣:「理科授業における日常生活との関連(1) —国際比較調査の結果から」, 日本科学教育学会研究会研究報告, 24(3), p.5, 2010.

19) 同書, p.5.

20) 同書, p.5.

21) 同書, p.5.

22) 前掲書 13)

23) 前掲書 14)

24) 鶴岡義彦:「キャリア教育から見た理科教育の課題」, 理科の

- 教育, p.8, 2004, 東洋館出版社.
- 25) 前掲書 18)
- 26) Wiggins, G.: A True Test: Toward More Authentic and Equitable Assessment, *Phi Delta Kappan*, 70(9), pp.703-713, 1989.
- 27) Doran, R., Chan, F., Tamir, F. & Lenhardt, C.: Science Educator's Guide to Laboratory Assessment, 2002, NSTA.
(古屋光一監訳:「理科の先生のための新しい評価方法入門」, 2007, 北大路書房.)
- 28) 田中耕治:「学力調査と教育評価研究」, 教育學研究, 75(2), pp.146-156, 2008.
- 29) 西岡加名恵:「教科と総合に活かすポートフォリオ評価法ー新たな評価基準の創出に向けて」, 2003, 図書文化.
- 30) 遠藤貴広:「G. ウィギンズの教育評価論における「真正性」概念ー「真正の評価」論に対する批判を踏まえてー」, 教育目標・評価学会紀要 第13号, pp.34-43, 2003.
- 31) 片平克弘・小川博士・鈴木宏昭・津田陽一郎・郷田剛:「理科教育におけるオーセンティックタスクの開発と実践ー循環型 Web 検討システムを用いたタスク改善プロセスの分析ー」, 理科教育学研究, 50(3), pp.57-66, 2010.
- 32) 中島雅子・堀哲夫:「一枚ポートフォリオ評価シートの開発及びその活用に関する研究ー高等学校化学『電池』単元を事例にしてー」, 教育目標・評価学会紀要 第15号, pp.39-51, 2005.
- 33) Rule A. C.: Editorial: The Components of Authentic Learning, *Journal of Authentic Learning*, Vol.3, pp.1-10, 2006.
- 34) 熊野善介:「オーセンティック評価」, 辰野千壽, 石田恒好, 北尾倫彦監修『教育評価事典』, pp.111-112, 2006, 図書文化.
- 35) Newmann F. M. & Wehlage G. G.: Five Standard of

Authentic Instruction, *Educational Leadership*, 50(7), pp.8-12, 1993.

36) Edelson, D. C.: Realising Authentic Science Learning through the Adaptation of Scientific Practice, pp.317-332, K. Tobin & B. Fraser, *International Handbook of Science Education*, 1998, Kluwer Academic Publishers.

37) 次の文献には, 日本の理科教育において, 科学を日常生活へ応用させる場面に課題があると指摘している。五島政一, 小林辰至: 「W型問題解決モデルに基づいた科学的リテラシー育成のための理科教育に関する一考察」, 理科教育学研究, 50(2), pp.44-45, 2009.

38) Allan A. Glatthorn, Performance standards & authentic learning, 1999, Eye On Education.

39) Audrey C. Rule, Editorial: The Components of authentic learning, *Journal of Authentic Learning*, 3(1), pp.1-10, 2006.

40) Newmann & Wehlage, op.cit, p.10.

41) Edelson, op.cit, pp.318-319.

42) 具体的な授業デザインによる効果の検証は, 学術論文として, 多くの成果が発表されているわけではないが, 以下の先行研究では, オーセンティック概念の視点を取り入れた小学校に対して, ライティングと算数の典型問題とチャレンジ問題を用いて, 3年間の継続調査を行ったところ, 得点が全体的に高くなったことを指摘している。ただし, どのような授業をデザインして実践されたかは, 述べられていない。

Bryk, A. S., Nagaoka, J. K. & Newmann, F. M.: Chicago classroom demands for authentic intellectual work: Trends from 1997-1999, pp.1-14, 2000, Consortium on Chicago School Research.

- 43) 国内において, オーセンティック・ラーニングに関する理論的, 実践的研究は, 管見の限り見受けられないが, 以下の文献では, オーセンティック・ラーニングを部分的に紹介している。
- ・ 前掲書 34)
 - ・ 山口榮一:「授業のデザイン」 p.176, 2005, 玉川大学出版部.
- 44) 文部科学省:「小学校学習指導要領 解説理科編」, 2008, 大日本図書.
- 45) 日常生活教材作成研究会:「学習内容と日常生活との関連性の研究－学習内容と日常生活, 産業・社会・人間とに関連した題材の開発－」, 平成 16 年度文部科学省委嘱研究報告書, 2005.
(http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/gakuryoku/siryo/05070801.htm) 【最終アクセス:2013 年 8 月 10 日】
- 46) 三宅志穂:「理科における「日常生活」, 「地域社会」, 「自然環境」への期待と関心の実情はどうなっているのか」, 理科の教育, 62(727), pp.28-29, 2013.

第1章 オーセンティック・ラーニングに 依拠した理科授業デザインのため の観点

第1節 本章の目的及び研究の手順

本章では，前述したとおり，研究1としてオーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業デザインのための観点を導出することを目的として論じる。

本章の目的を達成するために，主に文献研究を中心とした理論的アプローチを採用した。具体的には，第1に諸外国のオーセンティック・ラーニング等に関する文献を収集し，定義や特質に関して省察する。そして，第2にオーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業をデザインするための観位の導出を試みる。

第2節 オーセンティック・ラーニングの理論的整理

本節では、オーセンティック・ラーニング等の文献研究から背景や定義、特質を概観し、理論的整理を行う。

第1項 オーセンティック・ラーニングの背景

学習と評価の文脈において、初めて「オーセンティック」という用語を用いた Newmann, F.¹⁾ は、従来の学校教育の問題点として、次の2点をあげている²⁾。

- ① 生徒の行う活動が頭をよく使うものとなっていないことが多い。
- ② その活動は、生徒にとって、学校における成果を越えた本質的な意味や価値を含んでいない。

Newmann, F.らは、このような従来の学校教育の問題点を背景としてオーセンティックな指導 (authentic instruction) の必要性を指摘している。とりわけ、②の問題点は学習 (指導) の文脈の中で「オーセンティック」という用語をあえて用いている所以であると考えられる。それは、Newmann, F.らの「重要かつ有意義な成果とささいで役立たない成果とを区別するために *authentic* という用語を用いている」³⁾ という言葉からも確認できる。Newmann, F.は、その後、オーセンティックな知的な成果 (Authentic intellectual achievement) のためのスタンダードをまとめ、具体的に取り扱っている (たとえば、Scheurman & Newmann, 1998)⁴⁾。

また、*Journal of authentic learning* の編集者である (2007年まで確認) Oswego ニューヨーク州立大学の Maina, F.は、

生徒が学校で学習した知識へアクセスできない、換言すれば、学校で学習した知識を活用することができないことを問題とし、学習者にアクセス可能な知識を構成させる上で、オーセンティック・ラーニングが重要であることをEメールでの回答で述べている⁵⁾。Edelson, D.C.も Caramazza et al.(1981)や Halloun & Hestenes(1985)等の先行研究から、生徒が学校で習得する知識やスキルを有意味に活用できないことが多々あることを問題としている⁶⁾。

このように、学校教育における成果の本質的な意味や価値、さらには学校で習得した知識やスキルの活用に問題点が見出され、注目をされたのがオーセンティック・ラーニングである。このことは、序章で述べた現在の理科教育が抱える認知的側面の課題とも一致していると考えられる。

第2項 オーセンティック・ラーニングの特質

Edelson, D. C.によると、現在の理論では、オーセンティックな学習活動が理解発達の鍵となっていると考えられており、オーセンティック概念が教育改革のスローガンになっていることを指摘している。さらに Brown et al.の「オーセンティックな活動・・・は学習にとって重要である。なぜなら、彼らが有意味かつ意図的に実行できる立場へアクセスする唯一の方法であるからである」という主張を受け、多く教育研究者が学習の重要な対象としてオーセンティック概念を採用していると述べている⁷⁾。また、Lombardi, M. M.は、オーセンティック・ラーニングは、急速に変化する世界で、これまでよりもより重要なものになることを指摘している⁸⁾。このように諸外国において、オーセンティック・ラーニングが注目され、その重要性が認められていることがわかる。

Rule, A. C.によると、「オーセンティック・ラーニング」という用語は、比較的最近のものではあるが、知識の現実世界への活用を促進する文脈の中での学習の考え方は、過去 20 年間繰り広げられていると述べている⁹⁾。ここで述べられている知識の現実世界への活用の文脈においては、昨今の様々な学習論を援用できる。たとえば、Rule, A. C.は、オーセンティックな文脈の中で活用される知識について言及した Resnick, L. B. (1987) の「徒弟制の橋渡し (bridging apprenticeships)」や Collins, A. (1988) の状況的学習 (situated learning) の考え方を援用している¹⁰⁾。

Edelson, D.C.は、Brown et al.(1989)を引用し、現実世界で知識を活用できないのは、知識の状況的性質に起因すると考えている。そのため、「もし学習の文脈が新たな理解に役立つ文脈を反映するものならば、学習の状況的性質は、学習者へ利益を与え、学習を活用する機会の認識を可能にする (p.3)」と述べ、学習のオーセンティシティ (Authenticity) の重要性に言及している¹¹⁾。

オーセンティック・ラーニングの定義や特質に関しては、たとえば、Glatthorn, A.A.¹²⁾が「現実世界の価値を保有する学習であり、学校の教科の基礎として機能する学習、さらには積極的に生徒が構成する学習 (p.25)」と述べ、「問題 (Problems)」、「教材 (Materials)」、「カリキュラム (Curriculum)」、「評価 (Assessment)」、「指導 (Teaching)」の 5 つの側面から、オーセンティック・ラーニングと一般的な学習のアプローチの違いを表 1-1 のようにまとめている。

表 1-1 を見て分かれるとおり、オーセンティック・ラーニングは、高次思考を要する学習であり、文脈の中で示される問題解決に力点が置かれていることが確認できる。また、Glatthorn, A.A.¹³⁾は、オーセンティック・ラーニングを行う上での留意点

として、新しい知識の習得とその活用を必要とすることを指摘している。背景からも分かるようにオーセンティック・ラーニングでは、知識の活用が鍵となるが、Glatthorn, A.A.は、知識の習得を明確に単元に位置付けることの重要性も述べている。妥当な知識ベースを与えることなしには、活用を含む学習が十分機能しないことを危惧しているのである。

このように、オーセンティック・ラーニングでは、単に現実世界と関連する「問題」に取り組むことのみが強調されているのではなく、「教材」や「指導」等、教育実践の総体として捉えられていることが分かった。

表 1-1 オーセンティック・ラーニングと一般的な学習との対比

側面	オーセンティック・ラーニング	一般的な学習
問題	次のような問題に焦点を当てている: オープンエンド, 複雑, 状況, 現実世界	次のような問題に力点を置いている: 単一の答え, 文脈から外れた単純な疑問, 文脈がない。問題は計画的で, 現実的ではない。
教材	深さを与える多様な教材を用いる。そして, 主要な教材を重要視する。	1つの表面的なテキストを用いる。そして, 補助的な資料に依存する。
カリキュラム	主要な概念や役立つストラテジを重要視するカリキュラムに基づく。それは, 深さを与えるものである。	事実と公式を重視するカリキュラムに基づく。
評価	知識の演示を重視するオーセンティックなパフォーマンスを通じた学習を評価する。	記憶と理解に焦点を当てる短答テストを用いる。
指導	様々な教授アプローチを用いる: 高次思考スキルを重視; 足場かけ; メタ認知の促進; グループ内対話; 深さを求める学習の重視	伝統的なモデルを用いる: 教師が説明し, 生徒が聞く; 低次思考スキルの強制; 教師主導の活動に依存; メタ認知と無関係; 「時間つぶしの活動」; 網羅的な学習に価値を置く。

(Glatthorn, A.A., p.26)

Bryk et al.¹⁴⁾ は、オーセンティック・ラーニングにおいて次の4点を生徒に求めると述べている。

- ・ 新しい現実世界の問題を解決するための基本的な知識やスキルを活用（apply）すること
- ・ 情報の組織化，解釈，評価，統合によって，これらの問題に対する十分な解決法に到達すること
- ・ 学問分野からの確かな情報や概念，原理における解決法の基礎を押さえること
- ・ 結論を他者へ効果的に伝えること

この4点の内容は、生徒に対して求める視点であると同時に、オーセンティック・ラーニングにおける目指すべき達成像を表したものでもある。また、「現実世界」や「活用」等、先述した Glatthorn, A.A.の主張と類似している点が確認できた。

このように、先行研究を見てみると、オーセンティック・ラーニングの定義や成立のための観点に関しては、「現実世界」や「知識・スキルの活用」等、核となり得るキーワードが見られた。しかし、その他にも多くの研究者が様々な文脈の中で、オーセンティック・ラーニングの定義や特質について述べている¹⁵⁾。そのため、定義や特質に関しては、研究者間で十分な合意が得られているとは言い難い。また、Glatthornのように指導者の視点から主張している場合もあれば、Bryk et al.のように学習者の達成像の視点から主張している場合もあり、多様性が見られた。

第3節 理科授業デザインのための観点を導出

第1項 観点を導出方法

前節では、オーセンティック・ラーニングの定義や特質について整理した。その結果、定義や特質については、様々な立場、視点から主張されており、必ずしも十分な合意が得られていないことが明らかとなった。そこで、本研究ではこのような現状を踏まえて、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業デザインを行う際、教師が最低限準備すべき観点を整理するために、次のような方法を採用した。

- (1) オーセンティック・ラーニングに関する文献を収集した。
- (2) 収集した文献の中からオーセンティック・ラーニングに必要な要素や基準に関して指摘している文献を9本抽出した¹⁶⁾。
- (3) 抽出した論文で指摘されている要素や基準を1つ1つ分節化した(計53: 巻末資料Ⅲを参照のこと)。
- (4) KJ法の要領でグルーピングし、まとまりごとにラベリングした。その際、複数人で作業・検討することで、恣意的にならないように留意した。なお、まとまりの構成が3つ以下の場合は、観点として導出しなかった。

上記の方法を採用することにより、オーセンティック・ラーニングの特質の共通点を見出し、理科授業デザインを行う際、教師が最低限準備すべき観点として具現できると考えた。グルーピングの様子を示した写真は、写真1-1である。

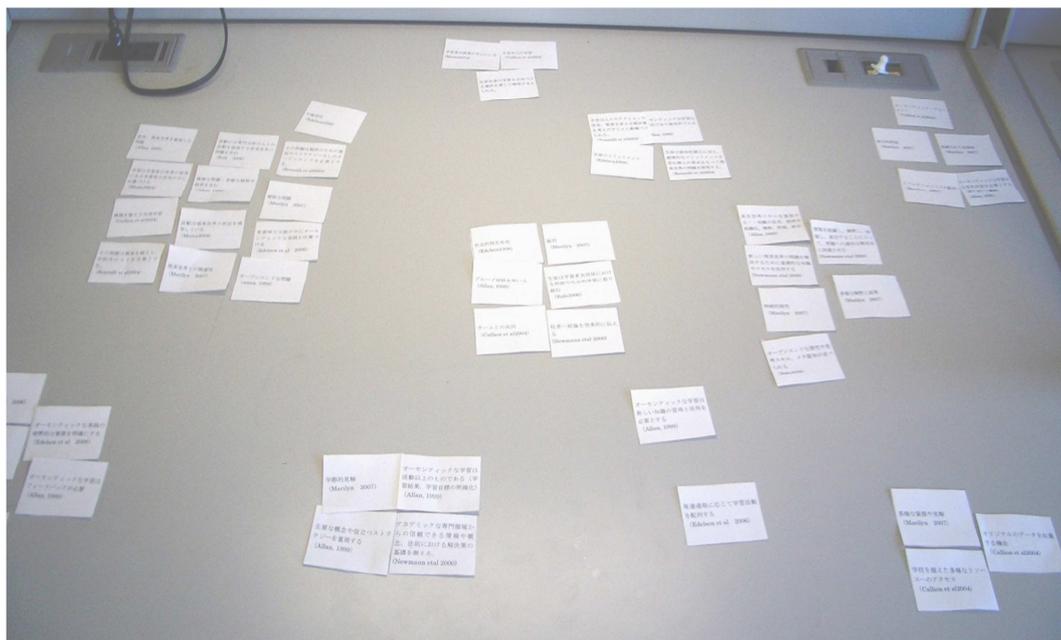


写真 1-1 オーセンティック・ラーニングに必要な要素や基準のグルーピングの様子

第2項 観点の導出

上述した方法によって整理した結果、次の6つの観点を導出することができた。

- | | |
|---|--|
| ① | 現実世界の場面や状況を反映した課題設定をすること
(以下、現実世界との関連性) |
| ② | 知識やスキルの活用等の思考を要する学習場面を設定すること (以下、知識やスキルの活用) |
| ③ | 教科固有の内容に準拠し、習得すること
(以下、学習内容の習得) |
| ④ | 多様な学習材 (リソース) を用意すること
(以下、多様な学習材) |
| ⑤ | 他者との協同的な活動を取り入れること
(以下、他者との協同) |
| ⑥ | オーセンティック・アセスメントを行うこと
(以下、オーセンティック・アセスメント) |

6つの観点の他に少数の要素として、学習者中心の学習や生徒のコミットメント、メタ認知を促すこと等があったが、これらは上記の観点到に内包されるものであると考えられる。

第4節 本章のまとめ

本章では、オーセンティック・ラーニング等の先行研究から、理科授業デザインのための観点を導出することを試みた。オーセンティック・ラーニングの定義や特質に関する文献を省察したところ、オーセンティック・ラーニングが現実世界の文脈の中で知識の活用や問題解決等、高次思考を要する学習であることがわかった。しかし、多くの研究者がさまざまな文脈の中で、オーセンティック・ラーニングについて述べているため、その概念は幅広く、定義や特質に関して必ずしも合意が得られているわけではないことも明らかとなった。そこで、観点の導出に当たっては、オーセンティック・ラーニングに関する文献を収集し、その中から共通点を見出すこととした。その結果、理科授業デザインのために教師が最低限準備すべき観点を6点導出することができた。

しかし、これらの観点は、あくまで抽象的なものにすぎない。そのため、導出した観点を実際の授業場面に具現化して、その効果を検証していく必要がある。

そこで、第2章及び第3章では、研究2として、認知的側面に焦点を当てて、科学的知識の理解に与える効果及び概念形成に与える影響を検証する。また、第4章では、研究3として、情意的側面に焦点を当てて、科学・理科学習態度に与える効果を検証する。

註及び引用・参考文献

- 1) 西岡加名恵：「教科と総合に活かすポートフォリオ評価法－新たな評価基準の創出に向けて」, p.30, 2003, 図書文化.
学習と評価の文脈において初めて「オーセンティック」という用語を用いた文献とは、次の文献である。
D. Archbald and F. Newmann, *Assessing authentic academic achievement in the secondary school*, 1988, National Association of Secondary School Principals.
- 2) Fred M. Newmann and Gary G. Wehlage, *Five Standard of Authentic Instruction*, *Educational Leadership*, 50(7), pp8-12, 1993.
- 3) *ibid.*
- 4) Scheurman & Newmann, *Authentic Intellectual Work in social studies*, National Council for the Social Studies, 1998.
- 5) Maina, F.からの e-mail.(2010年1月21日 3:31 受信)
筆者からの質問が書かれた送信メールと Maina, F.からの返信メールの全文は、巻末資料 I・II を参照されたい。
- 6) Edelson, D.C., *Realising Authentic Science Learning through the Adaptation of Scientific Practice*, pp.317-332, K. Tobin & B. Fraser, *International Handbook of Science Education*, 1998, Kluwer Academic Publishers.
ここで引用されている Caramazza et al. や Halloun & Hestenes の論文は次のとおりである。
 - ・ Caramazza, A., McCloskey, M. & Green, B., 'Naive Beliefs in "Sophisticated" Subjects: Misconceptions about Trajectories of Objects', *Cognition* 9, pp.117-123, 1981.
 - ・ Halloun, I. A. & Hestenes, D., *The Initial Knowledge State of College Physics Students*, *American Journal of Physics*

53, pp.1043-1055, 1985.

7) *ibid.*

ここで引用されている Brown et al.の論文は，次のとおりである。

Brown, J. S., Collins, A. & Duguid, P., Situated Cognition and the Culture of Learning, *Educational Researcher* 18, pp.32-42, 1989.

8) Marilyn M. Lombardi, Authentic learning for the 21st Century: An Overview, EDUCAUSE Learning Initiative, 2007. (<http://alicechristie.org/classes/530/EduCause.pdf>)

【最終アクセス：2013年8月10日】

9) Rule, A.C., Editorial: The Components of Authentic learning, *Journal of Authentic learning*, 3(1), 2006.

論者によっては，たとえばオーセンティック・インストラクション (authentic instruction) やオーセンティック・プラクティス (authentic practice) といった用語を用いていることもある。

10) *ibid.*

ここで援用されている Resnick と Collins の文献は次のとおりである。

・ Resnick, L. B., Learning in school and out. *Educational Researcher*, 16(9), pp.13-20, 1987.

・ Collins, A., Cognitive apprenticeship and instructional technology (Technical report no. 6899), 1988, Cambridge, MA: BBN Labs, Inc.

11) Edelson, *op.cit.*, pp.317-332.

12) Glatthorn, A. A., Performance Standards & Authentic learning, pp.25-26, 1999, Eye On Education.

表 1-1 の各側面の詳細な解説も書かれているので参照された

い。

13) *ibid*, pp.35-36.

14) Bryk, A. S., Nagaoka, J. K. & Newmann, F. M.: Chicago classroom demands for authentic intellectual work: Trends from 1997-1999, pp.1-14, 2000, Consortium on Chicago School Research.

15) Rule, *op.cit.*, p.1.

16) 抽出した論文は次のとおりである。

- Glatthorn, A.A., Performance standards & Authentic learning, 1999, Eye On Education.
- Rule, A.C., Editorial: The Components of Authentic learning, *Journal of Authentic learning*, 3(1), p.1-10, 2006.
- Maina, F. W., Authentic learning: Perspectives from contemporary educators, *Journal of Authentic learning*, 1(1), pp.1-8, 2004.
- Callison, D. & Lamb, A., Key word in instruction: Authentic learning, *School Library Media Activities Monthly*, 21(4), pp.33-39, 2004.
- Renzulli, J. S., Gentry, M. & Reis, S. M., A time and a place for authentic learning, *Educational Leadership*, 62(1), pp.73-77, 2004.
- Lombardi, M.M., Authentic learning for the 21st century: An Overview, 2007, EDUCAUSE Learning Initiative.
(<http://alicechristie.org/classes/530/EduCause.pdf>)

【最終アクセス：2013年8月10日】

- Edelson, D. C., Realizing Authentic Science Learning through the Adaptation of Scientific Practice, pp.317-332, K. Tobin & B. Fraser, *International Handbook of Science Education*, 1998, Kluwer Academic Publishers.

- Edelson, D.C. and Reiser, B.J., Making Authentic Practices Accessible to Learners: Design Challenges and Strategies, R. Keith Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of The Learning Sciences*, pp.335-354, 2006, Cambridge University Press.
- Anthony S. Bryk, Jenny K. Nagaoka and Fred M. Newmann, Chicago classroom demands for authentic intellectual work: Trends from 1997-1999, pp.1-14, 2000, Consortium on Chicago School Research.

第2章 導出した観点に依拠した理科授業実践が科学的知識の理解に与える効果

第1節 本章の目的と研究の手順

第1章では、研究1として、オーセンティック・ラーニングに関する先行研究から理論的視座を得て、理科授業デザインのための観点を導出することができた。

本章では、第1章において導出した観点に依拠して、理科授業をデザインし、科学的知識の理解に与える効果を明らかにすることを目的とする。

上記の目的を達成するために、次の手順で研究を進めた。

- (1) 導出した観点に依拠した理科授業デザインを行った。なお、本研究では、小学校第6学年理科「もののもえ方」を取り上げ、単元開発した。
- (2) 授業実践が科学的知識の理解に与える効果を明らかにするために、事前・事後調査を実施し分析した。
- (3) (2)で得られた結果から、実践の効果について考察した。

ところで、本研究で述べている「科学的知識の理解」とは、序章で指摘した日本の理科教育の課題を踏まえて、単に学習内容を網羅的に獲得していることのみにとどまらず、現実世界等の場面にも活用できることも含んでいる用語として捉えている。

第2節 授業デザイン：小学校第6学年理科「もののもえ方」の単元開発

本節では，小学校第6学年理科「もののもえ方」の単元開発について述べる。

第1項 導出した観点と単元開発のイメージ

はじめに，オーセンティック・ラーニングに関する先行研究から導出した観点を再掲する。

- | |
|-------------------|
| ① 現実世界との関連性 |
| ② 知識やスキルの活用 |
| ③ 学習内容の習得 |
| ④ 多様な学習材 |
| ⑤ 他者との協同 |
| ⑥ オーセンティック・アセスメント |

第1章でも指摘したように，オーセンティック・ラーニングでは，単に現実世界と関連する「問題」に取り組むことのみが強調されているのではなく，教育実践の総体として捉えられていることが分かった。そのため，導出した観点に基づいて，単元をどう開発するかが重要な鍵となる。

そのことを踏まえ，観点に基づいた単元開発のモデルを図化したものが図2-1である。図2-1に示したように，単元では主に「現実世界」→「科学の世界」→「現実世界」という流れで構成する。導入では，「現実世界」で形成された子どもの素朴概念やこれまでの体験，イメージ等を表出させる。その上で「科学の世界」へ入り，問題解決の過程を通して，科学的知識やスキルを「習得」する段階を明確に位置付けたい。単元の終末に

は、「科学の世界」で「習得」した知識やスキルを「現実世界」の場面に「活用・適用」する時間を設定する。また、単元全体を通して、「他者との協同」を促す場面を設定したり、「多様な学習材」を用意したりする。さらに、子どもの学習成果を「オーセンティック・アセスメント」によって評価する。そうすることによって、科学的知識の適用範囲の拡張や科学に対する有用性の向上が期待できると考える。

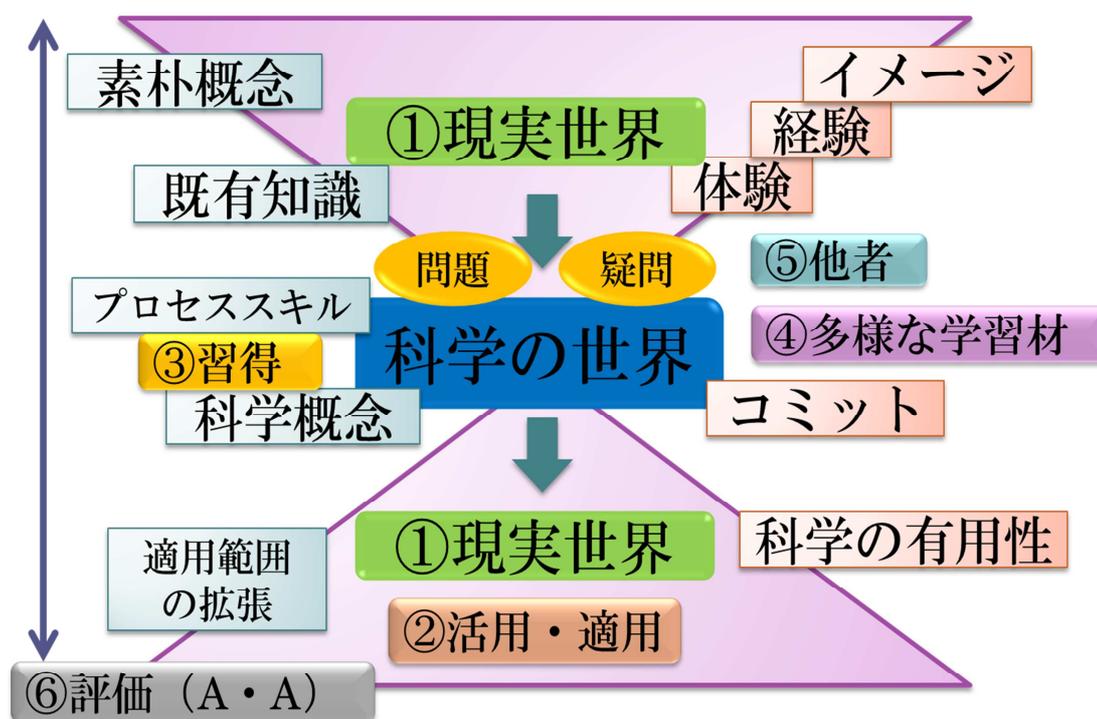


図 2-1 観点に基づいた単元開発のモデル図

第2項 燃焼概念に関わる先行研究・先行実践の整理

先述のとおり，小学校第6学年理科「ものの燃え方」を題材として，観点に基づいた単元開発を行った。そのため，ターゲットとなる「燃焼概念」に関する先行研究から，誤概念や概念形成上の問題点，先行実践の事例を整理する必要があると考えた。また，その結果を踏まえ，単元開発の際の具体的な視点を模索した。

第1 燃焼概念に関わる誤概念

第3回国際数学・理科教育調査の回答分析から，日本の中学生が，ふたをしたロウソクの火が消える理由を正しく答えることができた一方で，二酸化炭素には火を消す性質があると考えているものが少なくないことが指摘されている（松原1999，中山ら2004）^{1) 2)}。

また，国立教育政策研究所³⁾や文部科学省⁴⁾の報告によると，TIMSS2003の小学校4年生の問題のうち，国際平均を大きく下回った問題が，物理・化学領域の「ロウソクの消える様子」(図2-2参照)であった(国際平均66%，日本51%)。選択回答式であるため，どこにつまずいているか，その詳細は明らかではない。しかし，学習前の児童が燃焼と空気の関係に誤概念をもっているという実態を知る上では参考となる調査結果である。

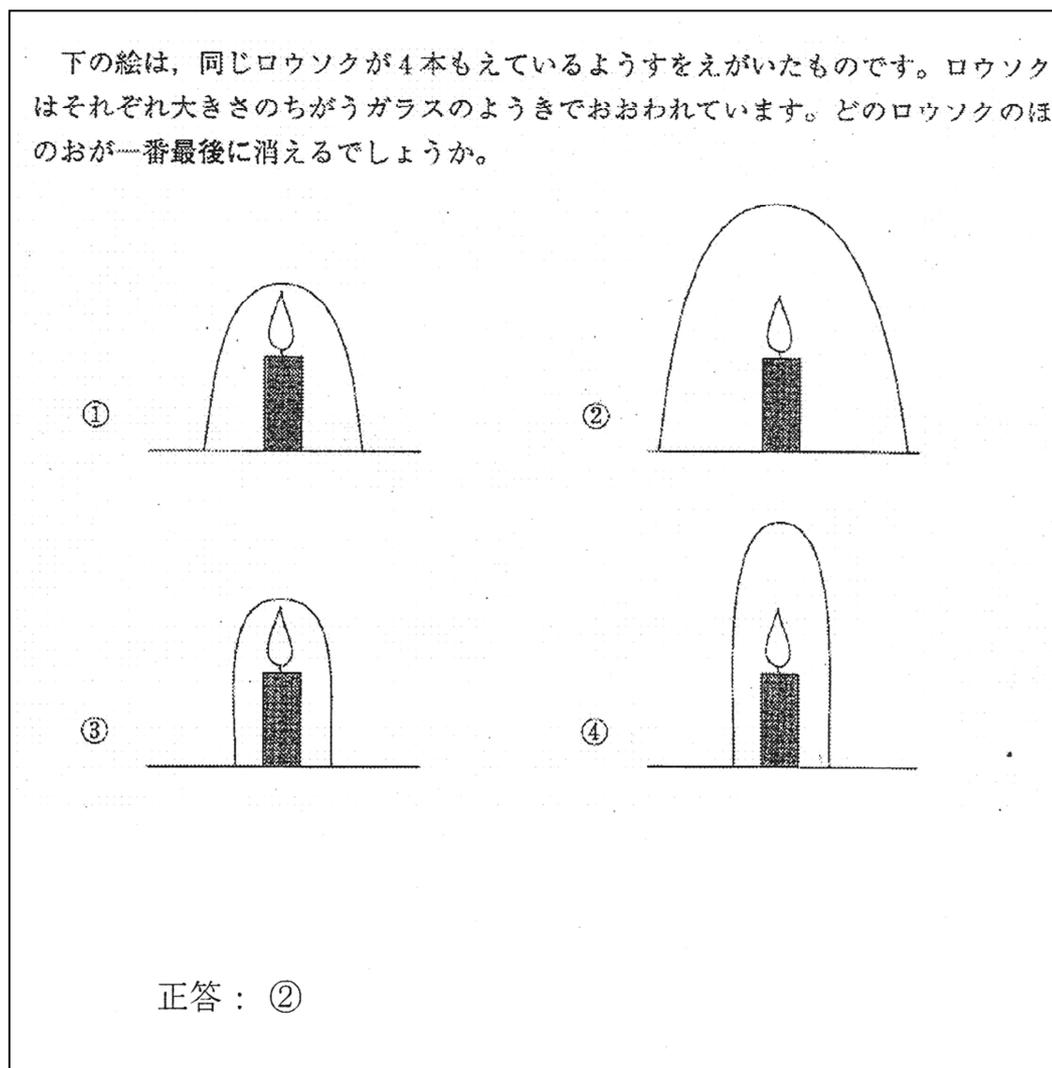


図 2-2 TIMSS2003 問題事例「ろうそくの消える様子」

(文部科学省 2006, p.67.一部抜粋) ⁵⁾

第2 燃焼概念形成上の問題点

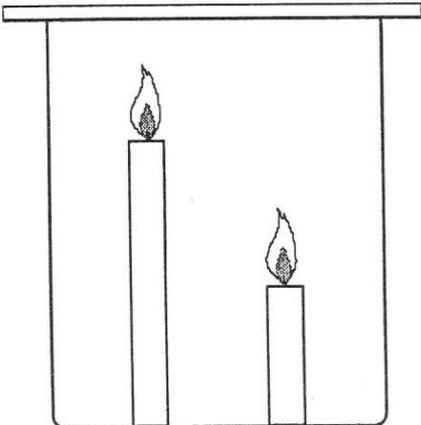
堀は、密閉容器中のろうそくの燃焼に関する問題（図 2-3 参照）を小学校 5 年生から中学生，高校生，大学生の各学年・専攻に実施したところ，文系・理系を問わず，ほとんどの学生が間違えていることを報告している⁶⁾。燃焼に関する知識はもっていても事象に適用できない事例である。

これはテストではありませんから、あなたの思っているとおりに書いて下さい。

____年____組 番号____ 名前____ 男・女

(問題) コップの中で、長いろうそくと短いろうそくが燃えています。いま、このコップにふたをしました。どちらのろうそくが先にきえるでしょう。

次の①～④の中から、あなたがもっともよいと考えるものを一つ選びましょう。



① 長いほうが先に消える。
② 両方とも同じに消える。
③ 短いほうが先に消える。
④ どうなるかわからない。

答 え	えらんだわけを書きましょう。

図 2-3 密閉容器中のろうそくの燃焼に関する問題

(堀 1996, p.181 より抜粋)

堀はこの事例から、「(問題が特殊かもしれないが) 日常生活の中で体験してきていることがどのような事例に適用できるのか学習できる機会を与えることの重要性(p.185)」を指摘している。また、従来の学校教育は「柔軟性に欠け、あまりにも限られた範囲にしか適用できない学力を育成していたのではないか(p.185)」と警鐘を鳴らしている⁷⁾。

坂本らは、上述した中山、松原の分析を踏まえ、「問題に正しく答えた者は、燃焼には燃焼の3要素(燃えるもの、酸素、十分な温度)が必要であり、その1つでも欠ければ燃焼は起こらないと理解しているはずである。ところがその同じ人物が、燃焼の3要素による説明とは相容れない「二酸化炭素の火を消す性質」なるものの存在を肯定するのは明らかに一貫性を欠いている(p.221)」⁸⁾と燃焼概念に関する説明の一貫性に問題があることを指摘している。同様の指摘は、Prieto, T. et al.(1992)⁹⁾や Watson, R. et al.(1997)¹⁰⁾の論文でも確認できる。

また、坂本ら¹¹⁾は認知心理学の先行研究(学習した原理・法則を正しく解答する一方で、具体的な場面ではそれと無関係な説明を行う現象)を援用し、「科学的原理・法則が一定のレベルで理解されていながら、それに基づいて正しく思考できる範囲は授業で扱ったような典型的な現象に限られ、それ以外の現象に対して適用することができない」ことから、これを「科学的原理・法則の適用限界の問題」と名付け、問題を提起している。

これらの指摘は、燃焼概念を事例として述べられているものの、科学概念全般にも言えることである。学習した科学的知識を保持しているものの、それが別の文脈で適用できないという概念形成上の問題点が浮き彫りとなっている。

第3 小学校第6学年理科「もののもえ方」に関わる先行実践事例の整理

小学校第6学年理科「もののもえ方」における一般的な実践は、ものが燃えるにはどんな条件が必要であるかを児童に探究させる実践である（たとえば、森本 1996, 脇元 2000, 押田 2003, 星野 2009, 佐々木 2009 など多数）¹²⁾。また、ここでの条件というのは、「新鮮な空気(酸素)が必要である」ということのみである。燃焼の3要素のうちの空気(酸素)しか扱っていない実践事例が多く見られる。これでは、燃焼概念の基本的事項を押さえているとは言い難い。

燃焼の3要素を取り入れた実践事例としては、坂本ら(2007), 橘ら(2009)の実践がある¹³⁾¹⁴⁾。これらの実践は、一般的によく見られる発見中心の授業デザインではなく、説明活動中心の授業デザインを採用し、科学的原理・法則のメタ理解に基づく思考¹⁵⁾について言及している。具体的には、燃焼の3要素については教示し、演示実験と児童実験をもって確認する程度としている。そして、「燃えそうで燃えない」「燃えなさそうで燃える」現象を提示し、児童が説明するという活動を中心に扱っていた。しかし、授業時間数が一般的な時間数よりも大幅に超過しており、わが国において実現可能な単元開発や実践を行う上では課題があると考えられる。また、本研究の実践校では、「もののもえ方」の単元が第6学年の最初の大単元であることを考慮すると、問題解決の過程や科学的方法を取り入れた指導も重要であると考えられる。

第3項 先行研究・先行実践を踏まえた単元開発のための視点

燃焼概念に関わる先行研究を整理した結果、「二酸化炭素には火を消す性質がある」といった誤概念が存在していた。また、そのような事実と関連して、燃焼には酸素が必要であることを知っているものの、別の文脈には適用できないという概念形成上の問題点も浮き彫りとなった。さらに、先行実践事例を見ると、燃焼概念の基本的事項である燃焼の3要素を扱っている事例が少ないことがわかった。燃焼の3要素を扱っている事例においては、説明活動中心のデザインがなされているものの科学的探究や科学的方法は重視されていなかった。

以上のことから、本研究の実践では、次の3点に留意して単元開発を行うこととした。

- (a) 燃焼概念の基本的事項である「燃焼の3要素」を学習内容の核とし、それを問題解決の過程や科学的な方法を通して探究する学習活動を展開する。燃焼の3要素のうちの「十分な温度」に関しては、過熱水蒸気の実験¹⁶⁾を導入し、発展的な内容として扱うこととする。
- (b) 誤概念が生じないように、「燃焼の3要素、すべてがそろえば燃える」、「3要素のうち1つでも欠ければ、燃えない。もしくは消える。」という、「燃焼」と「消火」の両面に燃焼の3要素が適用できることを押さえる。
- (c) 概念形成上の問題点から、複数の場面に燃焼の3要素を適用する学習活動を設定する。

第4項 導出した6つの観点に依拠した単元開発の検討

次に、オーセンティック・ラーニングに関する先行研究から導出した6つの観点に依拠した単元開発の検討を行った。

「①現実世界との関連性」においては、単元の導入において、これまでの生活経験から構成された燃焼に対する考えや思いを多様に表出させるために、割箸燃やしの活動を導入した。また、「②知識やスキルの活用」とも関連して、単元末には学校外のより現実的な場面や素材を導入し、獲得した燃焼の3要素を活用して燃えるか、燃えないかを予想したり、実験で確かめたり、理由を考えたりする課題を設定した。「③学習内容の習得」においては、先述したように、燃焼概念の基本的事項である「燃焼の3要素」を学習内容の核とし、問題解決の過程や科学的な方法を通して探究し習得を図ることとした。「④多様な学習材」においては、教科書に記載されている学習材はもちろんのこと、単元末の学習において、現実的な場面や素材として「アルコールランプの点火と消火」、「火のついた花火を水の中に入れる水中花火」、「水を入れて加熱する紙鍋」、「IHコンロで加熱した天ぷら油から発火する身近な火災」の4つの事例を用意した。これは Bransford et al.¹⁷⁾の学習の際に複数の文脈を用いたり、他の類似文脈での適用例を示したりすることが獲得した知識を新しい文脈へ活用させるのに効果的であるという指摘によって支持されている。「⑤他者との協同」においては、単元を通して原則4人1グループによる実験・話し合いを取り入れた。「⑥オーセンティック・アセスメント」に関しては、単元末に学校外のより現実的な場面に「燃焼の3要素」を活用して考えることを求める活用型の評価問題を用意した。また、学習の過程においては、実験活動をまとめるワークシート上に自己評価させたり、教師がコメントし、フィードバック情報を提供したりした。観点と単元における学習活動の対応は、表2-1

としてまとめておく。

表 2-1 観点と単元における学習活動の対応

観点	単元における学習活動
①現実世界との関連性	割り箸燃やしの活動（導入） 現実的な場面に燃焼の3要素を活用して考える授業（単元末）
②知識やスキルの活用	現実的な場面に燃焼の3要素を活用して考える授業（単元末）
③理科学習内容の習得	燃焼の3要素を追究する学習活動
④多様な学習材	教科書教材，過熱水蒸気の実験 現実的な場面における燃焼事例
⑤他者との協同	4人1グループによる実験・話し合い活動
⑥評価（A・A）	活用型評価問題 フィードバック情報の提供

第5項 検証のための実験群・統制群の設定

以上述べてきたとおり，燃焼概念に関わる先行研究・先行実践を踏まえた単元開発の視点及び，オーセンティック・ラーニングに依拠して導出した観点に基づき，小学校第6学年理科「ものもえ方」の単元開発を行った。各時の学習指導案は巻末資料IVを参照されたい。ここでは，単元計画の簡易版（表2-1）を示すにとどめる。各学習活動は授業1～2コマ（1コマ45分）をかけて行われた。総時間数は10時間である¹⁸⁾。

開発した理科授業の効果を検証するために，ここで開発した単元で実践する群を実験群とし，通常の教科書通りの実践を行う群を統制群とした。

なお，統制群の通常の教科書通りの授業においても，燃焼の条件の追究等の実験活動において，「③学習内容の習得」，「⑤

他者との協同」の観点が配慮されている。また、「⑥オーセンティック・アセスメント」は、オーセンティック・ラーニングの評価として重要なものであるが、本研究においては、実験群と統制群における科学的知識の理解の違いを探るために、両群において行うこととした。そのため、単元計画の上での両群の違いは、とりわけ①現実世界との関連性（表 2-2 のアとク）、②知識やスキルの活用（表 2-2 のク）、④多様な学習材（表 2-2 のク）の観点においてであり、統制群では、表 2-2 のアとクを行わなかった。単元末には教科書通りの炭作りの活動を設定した。また、ガスバーナーの使い方の時間を1時間増やし、両群が同一時間となるように配慮した¹⁹⁾。

表 2-2 実験群の簡易版単元計画（全 10 時間）

段階	学 習 内 容	時数
導 入	ア 実際に割箸を燃やしてみよう。	1
	イ 集気ビンの中でろうそくを燃やしてみよう（課題設定・燃えるものと燃焼）	1
追 究	ウ ものが燃えるためには、新しい空気が必要か？	1
	エ どうして燃え方が違うのか？ （酸素と燃焼）	1
	オ 燃えた後の空気はどうなっているか？	2
	カ 燃えるために必要なもう1つのものは？ （十分な温度と燃焼）	1
	キ ガスバーナーの使い方をマスターしよう	1
活 用	ク 燃える3つの条件を使って、身の回りの「燃える」を考えよう	2

第6項 本節のまとめ

本節では、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業デザインのために、小学校第6学年理科「もののもえ方」を対象として、具体的な単元開発を行った。

まず、単元開発を行うに当たって、燃焼概念に関する先行研究や「ものの燃え方」に関する先行実践を省察し、単元開発のための視点を明確にした。

次に、第1章で導出した6つの観点に基づいて単元開発を検討し、具現化を図った。また、効果を検証するために、ここで開発した単元で実践する群を実験群とし、通常の教科書通りの実践を行う群を統制群とした。

第3節 実践・調査の手続き

前節では、観点に基づいて小学校第6学年理科「もののもえ方」の単元開発を行った。そこで、本節では開発した単元の実践を行い、科学的知識の理解に与える効果を検証するための実践・調査の手続きについて述べる。

第1項 調査対象及び時期

授業及び調査は、静岡県内の公立小学校の6年生、161名を対象とした。対象の被験者は、観点に基づいた単元で授業を行う実験群と、基本的に教科書通りの授業を行う統制群に分けた。実験群の被験者は、3学級の96名である。統制群の被験者は2学級の65名である。

授業及び調査は、2010年4月～5月下旬の約2ヵ月間にわたって実施した。

第2項 調査の方法

第1 事前調査：両群の等質性の検討

両群の等質性を検討するために、実践に入る前に、両群に対して2つの比較を行った。1つは、片平ら²⁰⁾が開発した第5学年の児童を対象とした活用型の評価問題（図2-4）を実施し、その得点を比較するものである。この評価問題はオーセンティック・アセスメントに基づいて開発されたものであり、現実的な場面に獲得した科学的知識を活用することを求める問題である。2つめは、第5学年理科の指導要録の評定を比較した。第5学年の内容や評定を採用しているのは、本単元が新学級となったばかりの4月初めの単元だからである。また、2つの比較を行っているのは、科学的知識の理解を、単に学習内容を網羅的に獲得したことのみではなく、科学的知識を現実世界を反映した場面に活用できることまでも含

んでいると捉えているためである。

第2 事後調査

単元終了後、事後調査として、筆者ら²¹⁾が開発した活用型の評価問題（図 2-5）と一般的な典型テストを両群に対して実施した。前者は、オーセンティック・アセスメントの考え方を反映し、父親と枝を燃やすという学校外のより現実的な状況を設定し、消火器と水以外で消火する方法とその理由を問う記述式の問題である。ここでは、本単元の学習内容の核である燃焼の3要素を活用できるかを問うた。また、分析の際には、得点結果のみならず、児童の解答事例をもとに記述の傾向を考察した。後者は、学習内容が包括的に押さえられているかを評価するテスト問題であり、対象校で採用している市販テストを用いた。教科書に記載されている内容が包括的に出題されているため、典型テストとして採用しても支障がないと判断した。

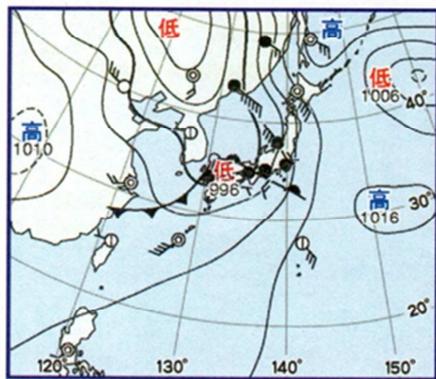
明日の天気は？

あなたは、気象予報士（きしょうよほうし）です。衛星画像（えいせいがぞう）や天気図を見て、天気予報（てんきよほう）などをする仕事をしています。か

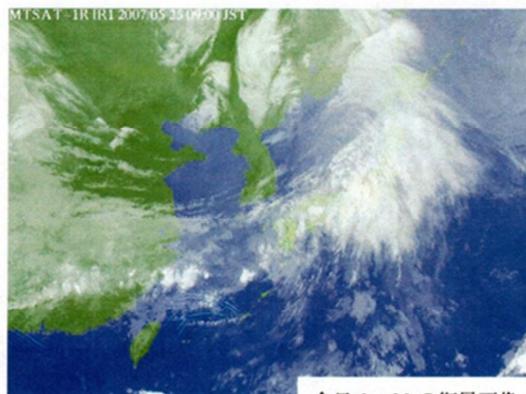
与進小学校（静岡県浜松市）では、明日、みんなが楽しみにしていた運動会があります。しかし、雨がふると延期（えんき）です。与進小学校のみんなは、明日の天気がとても気になっています。

そこで、あなたは気象予報士として、明日の天気を予想することにしました。

今ここに、今日9：00の雲画像と天気図、そして9：00と17：00のアメダスがあります。この気象情報とこれまでに理科の時間に学習したことをフル活用して、明日（9：00ごろ）の静岡県浜松市の天気を予想してください！与進小学校のみんなが「なるほど！」と思えるように、理由を必ずつけて説明してください。必要ならば、図や絵などをかいてもよいです。また、ノートや資料を参考にしてもかまいません。



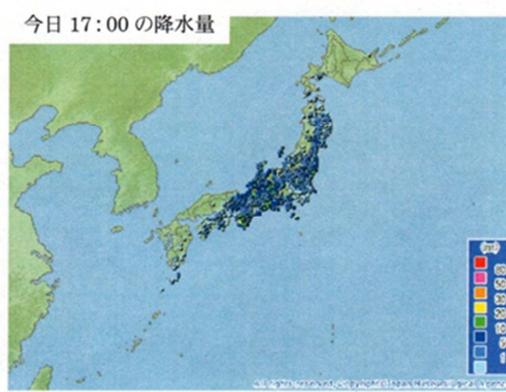
今日 9:00 の天気図



今日 9:00 の衛星画像



今日 9:00 の降水量



今日 17:00 の降水量

図 2-4 事前調査で用いた活用型の評価問題

火を消そう！！

6年 組 番 ()

【問題】 次の様子を聞いて、問題に答えましょう。

ひろし君は、お父さんのお手伝いで庭にある木の枝を切り、写真のように固定した缶の中で枝を燃やしていました。



とちゅう、火が強くなってきたので、ひろし君はこわくなり、消火器を使い、さらに水をかけて、火を消しました。



ものが燃えるためには、3つの条件がそろっていなければならないことを学習しました。それをふまえて、消火器と水以外で火を消すならば、どのような方法で火を消しますか？理由とともに答えましょう。

※ 先生は次の点を見て採点します。

- 消火器と水以外で、実際に行うことができる方法が書かれているか。
- 燃えるための3つの条件をもとに、理由が書かれているか。

図 2-5 事後調査で用いた活用型の評価問題

第3 実践と調査の位置

実践と調査の位置を図2-6にまとめた。実験群は表2-2に示したように観点に基づいた実践を，統制群は，一般的な教科書通りの実践をそれぞれ10時間行った。実践前に事前調査として「成績比較」及び「活用型評価問題」を，単元終了後に，事後調査として「知識・理解テスト」及び「活用型評価問題」を実施し比較した。このような手続きを経ることで，オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業実践の科学的知識の理解に与える効果を検証した。

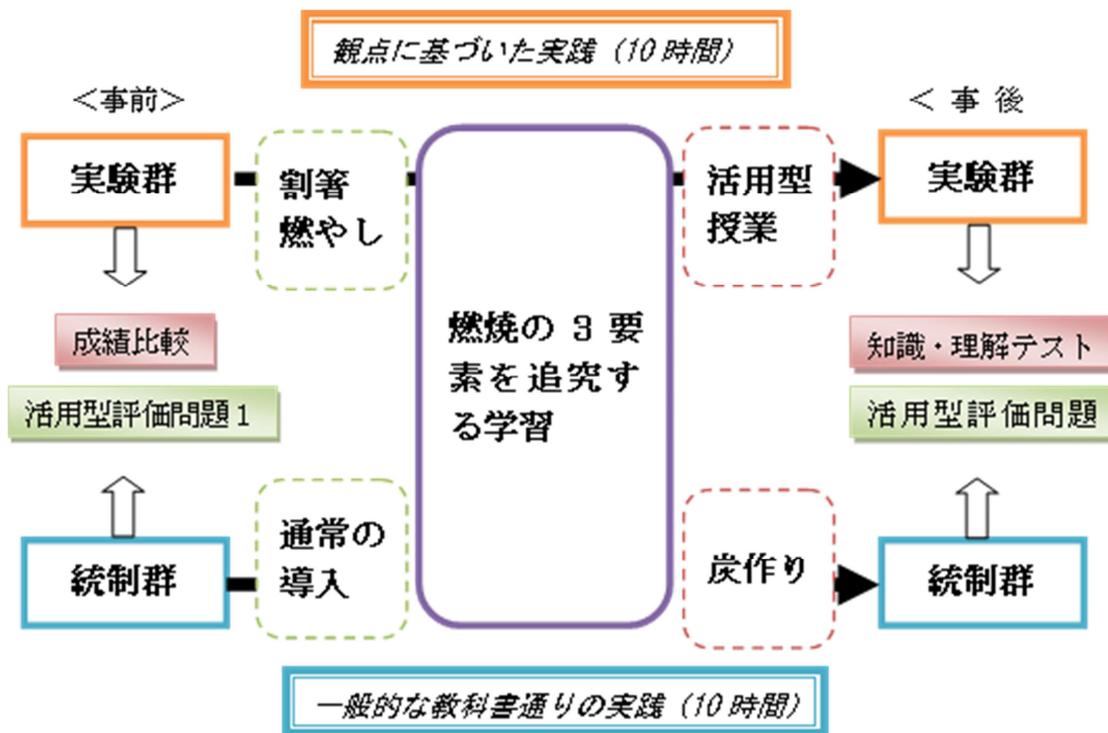


図2-6 実践と調査の位置

第4節 授業実践の内容

本節では、実験群のみで実践した割箸燃やしの活動を取り入れた単元の導入（表2-2のア）と燃焼の3要素を現実世界の場面に適用して考える単元末の活用型授業（表2-2のク）に焦点を当てて、授業実践の内容を報告する。

第1項 割り箸燃やしの活動を取り入れた単元の導入

単元の導入では、身の回りの「燃える」という現象を想起させた上で、実際に割箸を燃やす活動を行った。授業における児童の活動の様子を示した写真は、写真2-1を参照されたい。「燃える」という現象に関心をもたせると同時に、これまでの経験・体験を基にした考えや思い、既有知識等を表出させたり、燃焼に対する気付きをもたせたりすることを意図した実践である。



写真2-1 割り箸燃やしの活動の様子

授業では、350mL や 500mL の空き缶、口の広い空き缶などを用意しておき、グループごとに自由に割り箸を燃やさせた。それによって、これまでの生活経験や既有知識を表出させ、次時以降の課題設定につなげることができた。例えば、図2-7は、生活経験を想起しながら割り箸を燃やしたグループの会話の一部である。本実践では、グループ毎にICレコーダーを1つ持たせ、活動中の会話を録音した。Tは教師、Sは児童の発話である。

S1：ああ，燃えつきた～。

T：どう？思っていたよりも燃える？

S2：うう，うん。

T：消えちゃうね。

S3：なんかさあ。風をもっと，ふーふーやって，火を大きくしようと思ったら。

T：ふーふーやるといいの？

S3：うん。普通そうだよ。

T：そういう経験ある？

S3：ある。
(少し空いて)

K：でもちょっと，燃えない。
(少し空いて)

S4：ふーふーやったら逆に燃えちゃったよね。
(少し空いて)

S3：すごいすごいすごい。燃えています。ふーふーやって，点火してみました。

S4：燃えた燃えた。

S3：となりの缶も燃えました。

図 2-7 生活経験を想起して活動したグループの会話の一部

「ああ、燃えつきた～」とあるように、うまく燃やすことができないという思いが表出している。一方で、S3の児童は「風をもっと、ふーふーやって、火を大きくしよう・・・」と述べているように息を吹きかけることで火を大きくしようとしている。教師(T1)が「ふーふーするといいの？」と尋ねると「うん。普通そうだよな。」と答え、「そういう経験ある？」とすかさず聞くと「ある。」と答えていた。息を吹きかける理由については、科学的に答えることができていないものの、息を吹きかけながら燃やした経験から生じた行為であることが推察される。また、S4さんは、「ふーふーやったら逆に燃えちゃったよね。」と発言している。ふーふーすると消えると思っていたが、実際は燃えたという気付きが生じている。身の回りでは、例えば、ロウソクの火を息で吹き消す場面がある。割箸燃やしでは、それと逆の現象が起こっているため、このような気付き(矛盾)が生じていると考えられる。

割箸燃やしの活動を終えた後の課題設定の場面では、「ものが燃えるために必要なものは何だと考えますか？そう考える理由も書こう。」という問いに対して、ある児童はワークシートに図2-8のように答えていた。この児童は、空気・酸素が必要であると考えている。また、「口でふいて、火がいきかえるのは、その息にさんそがあるから」と、割箸燃やしの活動に基づいた理由を記述していた。そのため、割箸燃やしの活動が科学の世界で追究するための課題設定の場面で生かされていたことがわかる。割箸燃やしの活動を取り入れた導入の実践によって、図2-1で示した「現実世界(日常生活)」から「科学の世界」への橋渡しが可能となった一例である。

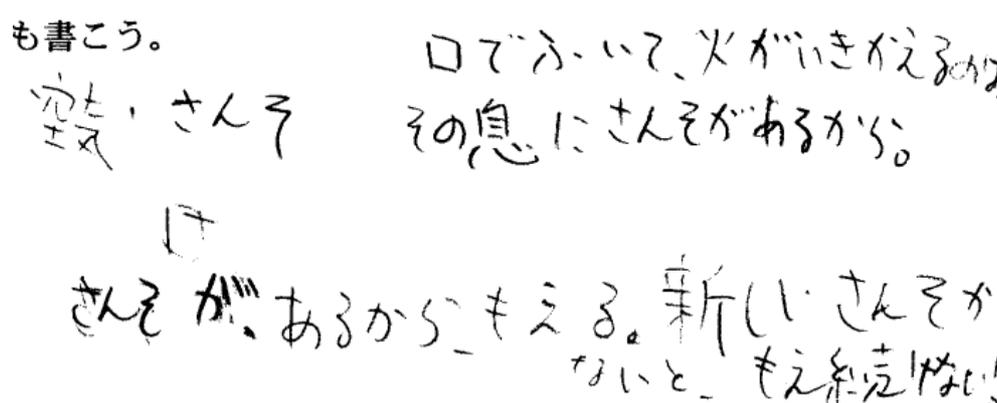


図 2-8 割箸燃やしの活動を終えた後の、課題設定時の児童のワークシート

第 2 項 燃える 3 条件を身の回りの場面に活用して考える単元末の授業

単元末の授業では、身の回りの燃焼事例を提示し、追究活動によって児童らが学習した燃焼の 3 要素をもとに、予想したり、実験したり、理由を考えたりする学習を展開した。ここで提示した事例は、次の 4 つである。

- 【燃焼事例 1】 アルコールランプの点火と消火
- 【燃焼事例 2】 火のついた花火を水の中に入れる水中花火
- 【燃焼事例 3】 水を入れて加熱する紙鍋
- 【燃焼事例 4】 IH コンロで加熱した天ぷら油から発火する身近な火災

以下、それぞれの燃焼事例を扱った授業の概要を示す。

【燃焼事例 1】「アルコールランプの点火と消火」を用いた導入

授業では、導入として「アルコールランプの点火と消火」の事例を提示した。教師が演示しながら、アルコールランプを点火させ、燃焼の 3 要素である「燃えるもの」、「酸素」、「十

分な温度」がすべてそろっているため、燃えることを確認した。また、ふたをかぶせ、アルコールランプの炎が消える現象から、酸素が供給されないため消えることを確認し、燃焼の3要素のうち、1つでも欠けると炎が消えることを押さえた。そして、「燃えるための3つの条件を使って、身の回りの「燃える」を考えてみよう。」という本時の課題をつかませた。

【燃焼事例2】「火のついた花火を水の中に入れる水中花火」の実験

課題をつかませた後、「火のついた花火を水の中に入れる水中花火」の事例を提示し、火のついた花火を水の中に入れるとどうなるか予想させた。児童の大半が「消える」と予想していた。予想の理由には、「水の中には酸素がないから、燃焼の3要素すべてがそろわない」というのが最も多かった。その後、実際に火のついた花火を水の中に入れる実験を演示し結果を確かめた（実験の写真は、写真2-2を参照）。予想に反して燃え続けたため、驚きの声が上がった。

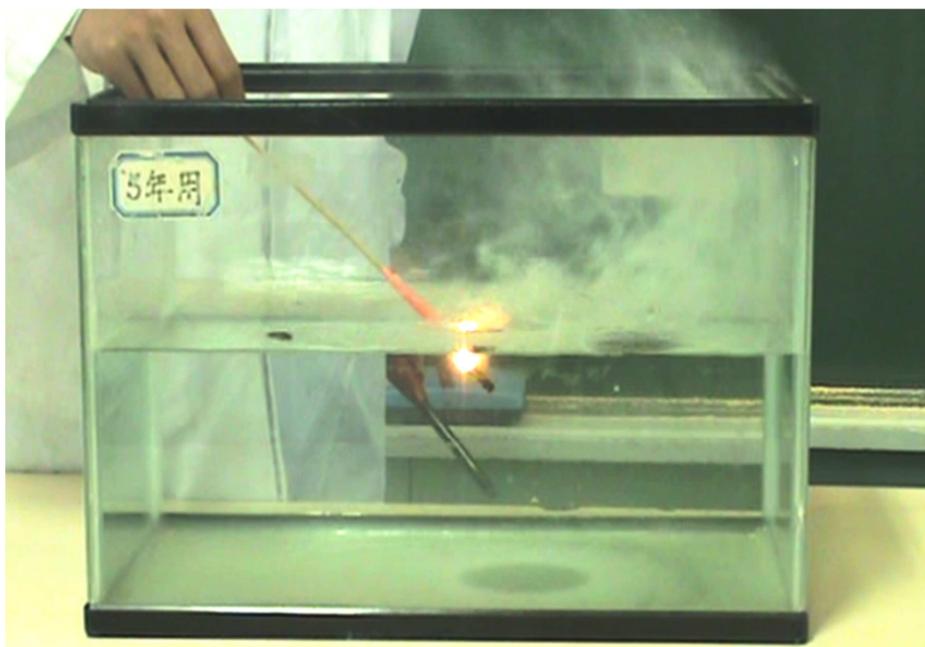


写真 2-2 水中花火の実験

実験後、なぜ燃え続けたのか、燃焼の3要素に基づいて考えさせ、全体で意見交流した後、教師から花火の中には酸化剤が入っており、水中でも酸素が供給されるため、燃焼の3要素すべてを満たし、燃え続けることを解説した。

【燃焼事例3】「水を入れて加熱する紙鍋」の実験

B5のコピー用紙を半分に切って作った紙鍋を提示し、ここに水を入れて加熱するとどうなるか予想させた（紙鍋の実験写真は、写真2-3を参照）。予想は、大半の児童が燃えないとしていた。予想をクラス全体で交流した際に、水の沸点が100℃であることも押さえた。大半の児童が燃えないとしたのは、燃焼と十分な温度の授業で、水入り風船が割れないという現象を確認していたからだと考えられる。その後、グループごとに実験を行い、結果とその理由を考えさせた。また、水が入っていない場合の実験は、教師が前もって行い、映像として確認させた。



写真 2-3 水を入れた紙鍋の実験

【燃焼事例4】「IHコンロで加熱した天ぷら油から発火する身近な火災」の実験

授業ではまず、「今まで、火事になるかもしれないと思ったことがあるか」と発問し、児童に発表させた。その後、製品評価技術基盤機構で公開していた「IHクッキングヒーターでの天ぷら油の火災」²²⁾の映像を視聴させ、火がないのにどうして火事になったのか考えさせた。児童はこれまでの事例で燃焼の3要素を手掛かりに考えてきたため、ここでは教師から積極的な助言はしなかった。

全体で意見交流をした後、炎が出ている鍋をどう消火すればよいかについても考えさせた。「消火器で消す」「ぬれたタオルをかぶせる」等、児童なりに複数の消火方法が出され、それぞれについて、なぜその方法で消えるのかも同時に考えさせた。「水をかける」という意見も多く出たが、実際に行うと大変危険である。そのため、水をかけた場合の映像も視聴し、その危険性を指導した。また、補足資料としてTBS日曜劇場「JIN－仁－」の「江戸の火消し」のシーンを紹介し、現在の消火活動と異なることもつかませた。

上記のように身の回りの燃焼事例や素材を扱った実践を行ったことで、獲得した燃焼の3要素を活用しながら思考する児童の姿が確認できた。観点の「①現実世界との関連性」「②知識やスキルの活用」「④多様な学習材」の観点を具現化できた実践となったと考える。

第5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。

第1項 事前調査：両群の等質性の検討

第1 活用型の評価問題の得点結果

活用型の評価問題を実施したことによって得られた児童の解答は、片平ら²³⁾が開発したルーブリックに基づいて小学校教員3人で採点された。両群の平均点及び標準偏差を求めた結果は表2-3の通りであった。

t検定（両側検定）を行った結果、 $t(159)=0.07$ 、 $p=0.944$ であったため、実験群と統制群の間には有意な差が認められなかった。

表2-3 事前：活用型評価問題（3点満点）の結果

（実験群：N = 96，統制群：N = 65）

	実験群	統制群
平均点(点)	2.21	2.22
標準偏差	0.85	0.93

第2 第5学年理科の評定値の比較

第5学年理科の評定値を得点として合算し、平均点及び標準偏差を求めた。結果は表2-4の通りであった。

表2-4 事前：第5学年理科の評定値の結果（3点満点）

（実験群：N = 96，統制群：N = 65）

	実験群	統制群
平均点(点)	2.18	2.14
標準偏差	0.38	0.43

t検定（両側検定）を行った結果 $t(159)=0.62$ ， $p=0.535$ であったため、実験群と統制群の間には有意な差が認められなかった。

第3 両群の等質性

以上、活用型の評価問題及び第5学年の評定値の結果から、科学的知識の活用や理科学習の内容理解において、実験群と統制群の間には有意な差が認められなかった。したがって、両群は等質であり、科学的知識の理解に与える効果を検証するためには支障がないと判断した。

第2項 事後調査の結果

第1 活用型の評価問題の得点結果

活用型の評価問題を実施したことによって得られた児童の解答は、筆者ら²⁴⁾が作成したルーブリック(表2-5参照)に基づいて小学校教員3人で採点された。また、両群の平均点及び標準偏差を求めた結果は表2-6の通りであった。

表2-5 事後調査で用いた活用型評価問題のルーブリック

4 点	(a)消火器と水以外で火を消すための実現可能な方法が書いてある。 (例) ふたをする／ぬらしたタオルをかぶせる／土や砂利をかける など (b)燃焼の3要素を使って、理由が書いてある。(例) 窒息効果／冷却効果／可燃物の除去など、 燃焼の3要素のうち、少なくとも1つを取り除くことが書いてあればよい。 (a)と(b)に整合性がある。
3 点	(a)消火器と水以外で火を消すための方法が書いてあるが実現可能な方法ではない。 (b)燃焼の3要素を使って、理由が書いてある。 (a)と(b)に整合性がある。
2 点	(a)と(b)の記述に整合性が見られない。 (どちらか一方に誤りがある)
1 点	(a)と(b)、どちらか一方しか書いていない。
0 点	無解答もしくは(a)、(b)とも記述に誤りがある。

表 2-6 事後：活用型評価問題(4点満点)の結果

(実験群：N = 96, 統制群：N = 65)

	実験群	統制群
平均点(点)	3.45	3.05
標準偏差	0.95	1.27

ウェルチの t 検定 (両側検定) を行った結果, $t(110)=2.16$, $p=0.033$ であったため, 実験群の平均点の方が統制群のそれよりも有意に高かった。

第2 活用型評価問題に対する児童の解答事例

ループリックによって解答を採点した結果, 実験群の児童の約 74.0% が 4 点であった。また, 実験群の 4 点の解答記述を検討したところ, 次の点に示すような特徴的なパターンが見られた。

- 1) 具体的な場面を意識した適切かつ実現可能な方法が記述されていること
- 2) 燃焼の 3 要素を満たさないことを理由として記述していること

1)のパターンの事例として, 図 2-9 の A さんの解答(4点)を取り上げる。Aさんは, 消火の方法として「ぬれたタオルをかぶせる」と4点の条件の1つである実現可能な方法を記述することができていた。また, 記述や絵を見てもわかるように, 実際の具体的な場面をイメージしており, 現実世界とのつながりを強く意識した解答であると言えるだろう。

Aさんの解答のように, 実験群の児童の多くは実現可能な消火方法を書くことができていた(表 6 参照)。

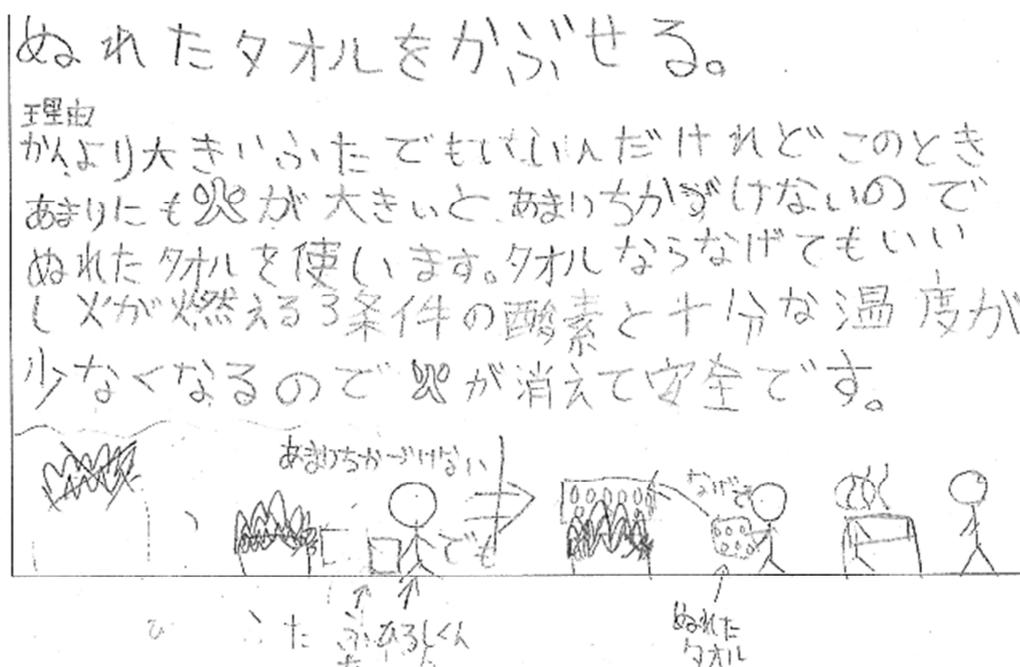


図 2-9 Aさん（実験群）の解答

表 2-7 実験群の児童が解答した消火の方法

	児童が解答した消火の方法	解答数
1	ぬれたタオルをかぶせる	33
2	ぬれた布をかぶせる	22
3	ぬれた雑巾をかぶせる	10
4	ぬれたシーツをかぶせる	2
5	ぬれた座布団をかぶせる	1
6	布をかぶせる	3
7	ビニルシートをかける	1
8	缶にふたをする	24
9	缶を壊してもえるものをなくす	1
10	缶をどぶに落とす	1
11	枝を入れずに燃え切るのを待つ	3
12	枝をたくさん入れる (空気がはいらないように)	1
13	木(枝)を取り除く	4
14	土をかける・泥をかける	6
15	燃えないものをたくさん入れる	1

※解答数は、解答欄に2つ以上の方法を書いた児童がいたため、

実験群の児童数と同数となっていない。

次に、2)のパターンの事例である。Bさんの解答（図 2-10 参照）には、消火の方法の理由として、「火を消すためには3条件の1つでもかければ火は消える」とした上で、解答中の表を見てわかるように、燃焼の3要素すべてについて検討しており、「3条件のうち、2条件がかける」と記述していた。燃焼の3要素に基づいた思考の様相が伺える解答であると言える。これは、坂本ら²⁰⁾が提唱しているメタ理解に基づく思考に相当するものだと考えられる。

火を消すには、3条件の1つでもかければ火は消える。

なのでぬれた布をかぶると火が消える。

理由はぬれた布だと思ったからです。

火の温度を下げる。 空気が通らなくなる。 (3条件のうち2条件かける)

十分な温度	酸素(空気)	可燃物
×	×	○

<理由>

図 2-10 Bさん（実験群）の解答

統制群の4点に値する典型的な解答としては、たとえば図2-11のCさんや図2-12のDさんの解答がある。解答には「缶にふたをかぶせて・・・」、「砂や小石などを缶の中に入れる」とあるように実現可能な方法が書かれているものの、図2-10のBさんの解答とは違って、燃焼の3要素のうちの1つについてのみ言及するものが多かった。そのため、実験群の記述とは質的に異なっていることが確認された。また、統制群の解答は、実験群の解答と比べると記述量が少ないことも確認できた。

以上、実験群の4点の解答記述及び統制群の解答記述を分析したことにより、解答の傾向や思考活動の様相等、特徴的なパターンを確認することができた。

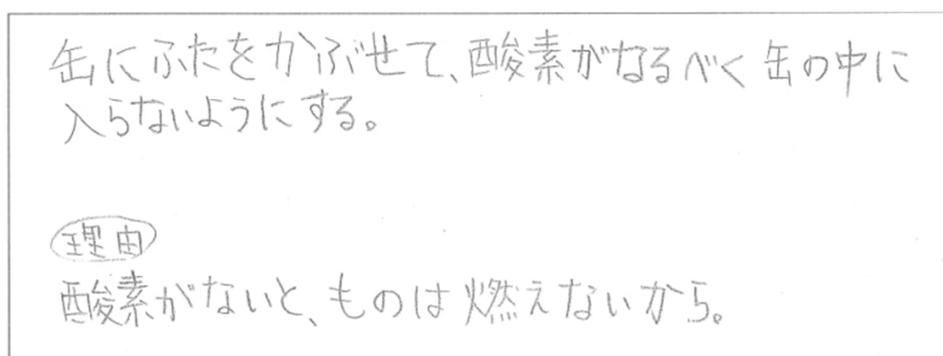


図 2-11 Cさん（統制群）の解答

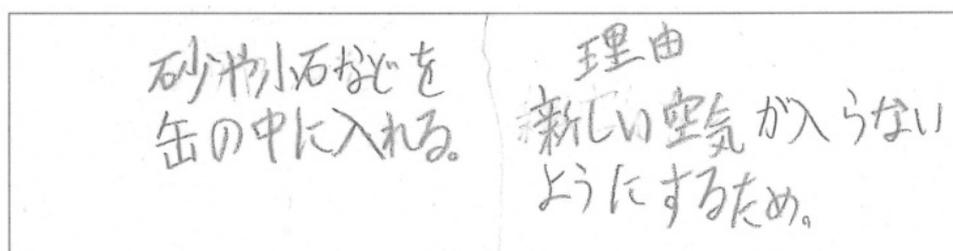


図 2-12 Dさん（統制群）の解答

第3 典型テストの結果

典型テスト（200点満点）を採点し，平均点及び標準偏差を求めた結果は表2-8の通りであった。

表2-8 事後：典型テスト(200点満点)の結果

(実験群：N = 96, 統制群：N = 65)

	実験群	統制群
平均点(点)	180.24	174.05
標準偏差	17.83	17.98

t検定（両側検定）を行った結果， $t(159)=2.15$ ， $p=0.033$ であったため，実験群の平均値の方が統制群のそれよりも有意に高かった。

第3項 考察

両群の等質性を確認した上で，単元終了後，科学的知識の理解を探る事後調査を実施した。それによって，次の3点の結果を得ることができた。

- ① 活用型評価問題の得点を比較したところ，実験群は統制群に比べて，平均点が有意に高かった。
- ② 実験群の解答記述を分析したところ，実現可能な消火方法等，現実世界とのつながりを意識した記述をしている児童が多く，燃焼の3要素に基づいた思考活動の様相を確認することができた。
- ③ 典型テストの得点を比較したところ，実験群の平均点の方が有意に高く，学習内容を包括的に獲得していた。

これらの結果からわかるように、現実世界とのつながりの中での科学的知識の活用に効果が見られた。そのため、全体として燃焼に関する科学的知識の理解が促進されたと言える。また、①から③までの結果が示す児童の表れは、先述した Bryk et al. のオーセンティック・ラーニングにおいて生徒に求める視点とも合致している部分が見られる。

活用型評価問題の結果や解答事例の分析結果は、「現実世界との関連性」や「知識やスキルの活用」、「多様な学習材」に基づいた、現実世界を反映した複数の場面に知識を適用して考えさせる学習経験が大きな要因となっていると考えられる。また、典型テストの結果については、「現実世界との関連性」に基づいた単元導入時の割箸燃やしの活動の導入により、児童の素朴な考えや思いを表出させ、切実な課題意識をもった上での追究活動（「学習内容の習得」）、さらには「他者との協同」が学習内容の理解を促進させていると考える。「オーセンティック・アセスメント」に関しては、児童の単なる網羅的な知識の獲得のみを評価するのではなく、現実世界とのつながりの中での科学的知識の活用を評価することができ、教師と児童、両者にとって有益な情報を手に入れることができたと考える。

以上のことから、オーセンティック・ラーニングの先行研究から導出した観点に依拠して理科授業を実践したことで、燃焼に関する科学的知識の理解が促進されることが示唆された。

第6節 本章のまとめ

本章の目的は、第1章において導出した観点に基づいて、理科授業をデザインし、科学的知識の理解に与える効果を明らかにすることであった。

この目的を達成するために、まず、小学校第6学年理科「ものもえ方」を対象として、具体的な単元開発を行った。単元開発を行うに当たっては、燃焼概念に関する先行研究や「ものの燃え方」に関する先行実践を省察し、単元開発のための視点を明確にした。さらに、オーセンティック・ラーニングに関する先行研究から導出した6つの観点に基づいて単元開発を検討し、具現化を図ることができた。

次に、導出した観点に依拠した理科授業実践を行うことで、科学的知識の理解が促進したか否かを検証した。そのために、小学校第6学年の児童161人を対象として、観点に依拠した授業を行う実験群と、通常の教科書通りの授業を行う統制群に分けて、実践した。また、活用型の評価問題や典型テスト等を用いて、事前・事後調査を行った。

その結果、オーセンティック・ラーニングの先行研究から導出した観点に依拠した理科授業実践が燃焼に関する科学的知識の理解の促進に有効であったことを示すことができた。

本章では、主に量的調査による効果の検証を行った。次章では、質的なアプローチによって、燃焼概念形成に与える影響を検討する。

註及び引用・参考文献

- 1) 松原 静郎 : 「第 3 回国際数学・理科教育調査の知見をいかに理科教育の改善に生かすか 3 中学校理科における指導法の改善への提言」, 理科の教育, 48(6), pp.416-419, 1999.
- 2) 中山 迅ら : 「科学理論と現象を関係づける力を育てる教育課程の必要性 : 酸化・燃焼に関する TIMSS 理科の論述形式課題に対する解答分析から」, 科学教育研究, 28(1), pp.24-33, 2004.
- 3) 国立教育政策研究所編 : 「算数・数学教育の国際比較」および「理科教育の国際比較」2005, (株)ぎょうせい.
- 4) 文部科学省 : 「小学校理科・中学校理科・高等学校理科 指導資料～PISA2003 (科学的リテラシー) 及び TIMSS2003 (理科) 結果の分析と指導改善の方向～」, 2006.
(http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/gakuryoku/siryu/05071301.htm) 【最終アクセス 2010 年 12 月 5 日】
- 5) 同書, p.67.
- 6) 堀 哲夫 編著 : 「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 -」 pp.179-186, 1998, 明治図書.
- 7) 同書, p.185.
- 8) 坂本 美紀 ほか : 「科学的思考としての原理・法則のメタ理解 : 小学校第 6 学年「燃焼」を事例として」, 科学教育研究, 31(4), p.221, 2007.
- 9) Teresa Prieto, Rod Watson, Justin Dillon, Pupils' understanding of combustion, *Research in Science Education*, 22(1), pp.331-340, 1992.
- 10) Rod Watson, Teresa Prieto, Justin Dillon, Consistency of students' explanations about combustion, *Science Education*, 81(4), pp.424-443, 1997.
- 11) 前掲書 8), pp.221-223.
- 12) 小学校第 6 学年理科「もののもえ方」に関する先行実践事例

は多数存在している。たとえば、次のようなものである。

- ・ 森本信也編：「子どもを変える小学校理科 第6巻空気と水・水溶液・燃焼の授業」, pp.101-133, 1996, 地人書館.
- ・ 脇元宏治：「物の燃え方」, 角屋重樹ら編著『見通しをもって学ぶ子どもを育てる理科学習 小学校6年』, pp.110-121, 2000, 東洋館出版.
- ・ 押田春美：「物の燃え方」, 日置光久編『基礎・基本が身につく理科単元プラン』, pp.116-135, 2003, 東洋館出版.
- ・ 星野昌治編：「新しい小学校理科・授業づくりと教材研究」, pp.128-131, 2009, 東洋館出版.
- ・ 佐々木昭弘編：「活用力の基礎を育む授業ベーシック必備！理科の定番授業 小学校6年」, pp.6-21, 2009, 学事出版.

13) 前掲書8)

14) 橘早苗ら：「科学的思考としての原理・原則のメタ理解の再検証」, 科学教育研究, 33(4), pp.362-369, 2009.

15) 坂本らは、メタ理解に基づく思考を、科学における原理や法則が（その適用範囲内において）どんな事例にも必ず成立することを前提として現象について考えることと捉えている。

前掲書8)

16) 過熱水蒸気の実験装置の作成に関しては、次の文献を参考とした。

高橋金三郎, 若生克雄共編：「やさしくて本質的な理科実験2」, pp.48-52, 1976, 評論社.

17) Bransford, J. D., Brown, A. L. & Cocking, R. R.(Ed): How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School, 2000, National Research Council.

(森敏昭, 秋田喜代美監訳：「授業を変える－認知心理学のさらなる挑戦」, pp.51-77, 2002, 北大路書房.)

18) 本単元の実践の概要は、小川博士：「日常生活とのつながり

の中で科学的知識の活用を図る理科授業」,授業実践アイデア集 2010, 2011, 兵庫教育大学教職大学院 教育実践高度化専攻 授業実践リーダーコース.

(<http://e-tech.life.hyogo-u.ac.jp/j-leader/>) を参照のこと。

- 19) 教育倫理的な観点から,調査終了後,統制群の児童に対して,実験群で行った指導を補充している。
- 20) 片平克弘・小川博士・鈴木宏昭・津田陽一郎・郷田剛:「理科教育におけるオーセンティックタスクの開発と実践ー循環型 Web 検討システムを用いたタスク改善プロセスの分析ー」,理科教育学研究,50(3), pp.57-66, 2010.
- 21) 小川博士・松本伸示:「小学校理科におけるオーセンティック・アセスメントの実践的研究ー評価問題の開発過程に着目してー」,日本理科教育学会近畿支部大会発表論文集, p. 13, 2009. 事後調査に用いた評価問題はオーセンティック・アセスメント論から得た観点に基づいて開発されたものである。開発に当たっては,小学校教員 5 名,中学校教員 2 名,大学教員 2 名,民間 2 名で協議を重ね,作成した。評価問題開発に関しては,次の文献も参照されたい。
- 兵庫教育大学・(株)ベネッセコーポレーション:「活用型学習の指導方法及び評価方法等の研究」,兵庫教育大学・(株)ベネッセコーポレーション共同研究プロジェクト報告書, 2010
- 22) 製品評価技術基盤機構:「IH こんろでの天ぷら火災」
現在は,実践で使った映像を見るができない。
- 23) 前掲書 20)
- 片平らは,「情報の分析」,「情報と結論の一貫性」,「説明能力」の 3 つの観点によるルーブリックを開発しているが,ここでは,科学的知識の活用と関係している「情報と結論の一貫性」の観点のみで採点した。
- 24) 前掲書 21)

25) 前掲書 8)

第3章 導出した観点に依拠した理科授業 実践が概念形成に与える影響に関する 質的検討

第1節 本章の目的及び研究の手順

第1項 質的検討の必要性

第2章では、小学校第6学年理科「もののもえ方」において、導出した観点に基づいた授業を行う実験群と、基本的に教科書通りの授業を行う統制群に分けて実践した。授業実践の効果は、科学的知識の理解を、単に学習内容を網羅的に獲得したことのみではなく、科学的知識を現実世界を反映した場面に活用できることまでも含んでいると捉えたことから、主に活用型の評価問題及び一般的な典型テストによって測定された。その結果、両者とも、実験群の平均点の方が、統制群のそれよりも有意に高く、科学的知識の理解の促進に効果が見られた。

しかしながら、第2章で述べた研究内容では、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業が燃焼概念形成に与えた影響を十分に検証できていない。先述したように実験群及び統制群の平均点の比較では、有意な差が見られた。しかし、個人レベルで見ると、統制群においても高得点者の存在が確認できた。これはテストによる評価の限界¹⁾を示した結果であり、第2章の量的調査において、実験群及び統制群の児童が獲得した燃焼概念の質的な違いを明らかにするまでには至っていないのである。この質的な違いを探ることが、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業による燃焼概念形成への影響の検証につながると考える。内海ら²⁾の

研究では、高等学校化学における「実社会・実生活」との関連を重視した指導を行っており、オーセンティック・ラーニングの考え方と近い主張をしている。この研究においても、化学概念の定着と理解を事前・事後・遅延テストによって測定しており、実験群及び対照群の生徒が獲得した化学概念の質的な分析は行われていない。

第2項 本章の目的及び研究の手順

そこで、本章では、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業が児童の燃焼概念形成に与える影響を質的なアプローチによる分析を通して明らかにすることを目的とする。

第2章の成果に加えて、この点を明らかにすることは、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業の効果をより詳細に検証することにつながるため、理論的にも実践的にも意義のあることだと考える。

上記の目的を達成するために、次の手順で研究を進めた。

- (1) 質的な調査法に関する先行研究を省察し、本研究で採用する方法を検討した。
- (2) 第2章で述べた授業実践が児童の燃焼形成概念に与える影響を明らかにするために、事後調査として質的調査を実施し分析した。
- (3) (2)で得られた結果から、実践の効果について考察した。

第2節 質的調査法に関する先行研究の省察

学習者が保持している概念や学びの様相に関して、概念地図法や面接法等、様々な質的な評価方法が存在している³⁾。これらの質的な評価方法は、実践の場面や研究の調査手法として、広く活用されている。例えば、沖花は概念地図法を用いて、中学校入学時から大学卒業時までの各学習段階における学習者の中学校理科「力学」分野に関する既存概念を調査している⁴⁾。また、佐藤らは、理科学習場面における認識論的 Vee 地図の活用とその有用性を検証している⁵⁾。しかし、概念地図法や認識論的 Vee 地図を行う場合、学習者に概念地図や Vee 地図の作成過程を身に付けさせる必要があり、そのための時間や労力が生じる。そこで、学習者への負担が少なく、比較的容易に行うことができる面接法に着目した。

White et al.は、面接法を用いた手法として、「事例面接法(Interview about a Instance)」や「事象面接法(Interview about an Event)」,「概念についての面接法(Interview about a Concept)」を挙げている⁶⁾。事例面接法や事象面接法では、一般的にある特定の事例や事象を表した描画を提示して、最初の質問で面接の焦点を定めることになっている。一方、概念についての面接法は、できるだけ概念を広く含んだ質問を行い、知っていることをできるだけ多く引き出すことになっている。本研究では、先述のとおり、現実世界の場面への科学的知識の活用を意図していることから、授業実践によって知識の適用範囲が拡張するであろうという仮説をもっている。そのため、概念を広く含んだ質問を行う「概念についての面接法」を評価方法として採用することとした。White et al.によれば、この評価方法は、概念に対する知識を引き出すためにデザインされた会話であり、あらゆる評価方法の中で人の

理解を評価する最も直接的な測度であると指摘されているものである⁷⁾。この指摘を踏まえると、概念についての面接法は、第2章では十分に明らかにすることができなかった実験群及び統制群の児童が獲得した燃焼概念の質的な違いを探る評価方法として支障がないと判断できる。ただし、面接法を採用する場合、学校現場における時間的な制約や教育的な配慮等により十分なサンプル数の確保が難しいという一面も存在する。そのため、結果の解釈や過度な一般化には留意する必要がある。本章は、第2章における量的分析の結果を補足する事例的研究として位置づけたいと考える。

第3節 調査の方法

第1項 調査の対象及び時期

概念についての面接法は、第2章で示した授業実践後に行った。調査対象者の抽出に当たっては、学校現場における時間的制約や教育的配慮により、各学級から2,3人程度の児童を抽出することにした。抽出の基準は、第2章で質的な違いが十分に検討できなかったことから、事後テストの結果が上位に位置する児童であること、面接者と信頼関係ができており、話すことに抵抗がない児童であることとした。各学級担任とも協議した上で、実験群からは8人（以下、各児童をE1~E8と呼ぶ）、統制群からは4人（以下、各児童をC1~C4と呼ぶ）の計12人を抽出し、調査の対象とした。

授業及び調査の実施時期は、2010年4月~5月下旬の2ヵ月間であった。

第2項 調査及び分析の方法

第1 面接における質問内容

面接の質問内容の観点に関しては、White et al.⁸⁾を参考に、「命題」、「エピソード」、「イメージ」を採用した。加えて、本研究の理論的視座である「オーセンティック」概念とも関わる「科学の有用性⁹⁾」も、筆者の判断で観点として採用した。また、児童が面接時により具体的な話ができるように、事前に「燃える」をキーワードとした単語連想法¹⁰⁾を実施し、児童の参考資料として使用した。具体的な質問内容は、図3-1のとおりである。「イメージ」については、White et al.は、「どんな映像が浮かびますか」というような質問¹¹⁾をしているが、本研究では単語連想法を実施したため、その中の言葉を説明させる形で聞くようにした。

【命題に関する質問例】

「これまで、『ものの燃え方』について学習してきました。そこで、『燃える』ということに関して、知っていることを私に話してください。」

「〇〇については、どうですか。」

「△△について説明できますか。」など

※ うまく話せないとき

単語連想法のワークシートを出して、「ここで書いた言葉の説明をしていただけますか。」と質問する。

【エピソードに関する質問例】

「『燃える』にかかわる経験や体験はありますか。」

「たとえばどんなことですか。」

「『燃える』ことについて授業をしてきましたが、印象に残っていることを話してください。」など

※ うまく話せないとき

単語連想法のワークシートから

「ここに書いてあることについて、どんな経験や体験をもっていますか。」

【イメージに関する質問例】

「(単語連想法の)ワークシートに出てくる言葉について、話してください。」

【科学の有用性に関する質問例】

「学習したことでこれからの自分の生活や将来にとって、役立ちそうなことはありましたか。」

「それはどんなことですか。」など

図 3-1 概念についての面接法における質問内容例

基本的な質問内容は以上の通りであるが、児童の反応に応じて柔軟に対応することとした。

第2 面接の形式及び面接時間

面接では、児童と面接者が1対1で会話する形式をとり、その際のやり取りをICレコーダー及びデジタルビデオカメラによって、録音・録画した。1人当たりの面接時間は10分程度とした。

第3 データ処理及び分析の方法

White et al.は、概念についての面接法のデータ処理の方法に関して、得点化の手続きを紹介している¹²⁾。ここでは、面接で得た音声データから先述した「命題」や「エピソード」等の概念の理解に対する知識のタイプに則って、一連の言い換え文を作成し、得点化を試みている。また、理解の質を探っていくために、「(知識の)広がり」、「一致」、「明確さ」、「内的一貫性」、「要素タイプの多様性」、「外在性」の観点から得点化を行っている。このうち、本研究では、「(知識の)広がり」と「外在性」を採用した。その理由は、本研究の仮説として考えている科学的知識の適用範囲の拡張やオーセンティックの視点と合致する観点だと考えられるためである。「(知識の)広がり(extent)」は、言い換え文の数をすべてカウントした理解の測度であり、知識の適用範囲の拡張を示す1つの指標となり得るものである。また、「外在性(externality)」は、目標概念に対して主要でない概念を含んでいる命題の割合を表したものである。筆者らは、「外在性」の観点を現実世界とのつながりを重視するオーセンティック概念と関わる指標として捉え、分析することにした。ただし、本研究では、割合ではなく外在性を示す言い換

え文の数をカウントし，それを得点とした。

さらに，White et al.は，一連の言い換え文から共通してもつ用語を抽出し，用語間の関連を評価している。たとえば，「空気には酸素が含まれている」という言い換え文には，「空気」と「酸素」が含まれており，リンクしていると考えるのである。ここでは，それを「関連性」と名付け，リンク数をカウントしたものを得点とした。また，用語間のリンクに基づいてマップを作成し，視覚的に知識の広がりや関連性を表現している。(以下，それを「関連性地図」と呼ぶ。具体例は，図 3-2 のとおりである¹³⁾)。関連性は，White et al.が「関連が広がれば広がるほど，理解は進んでいく(p.122)」¹⁴⁾と述べているように得点が高いほど，また，多くのリンクのパターンがあるほど，関連が広がっており，理解が進んでいると判断することができる。そのため，本研究では，「知識の広がり」とともに「関連性」も適用範囲の拡張を示す1つの指標と捉えることとした。

以上，White et al.の手続きを参考として，以下のようにデータ処理を行った。

- (i) 音声データを言語データとして書き起こした(以下，発話プロトコル)。言い誤りや間投詞を含め，時間順に文字で書き表した。
- (ii) White et al.を参考に，発話プロトコルから「命題」，「イメージ」，「エピソード」，「科学の有用性」の4観点に則して，言い換え文を作成し分類した。抽出児童8人の言い換え文は，巻末資料Vに示した。
- (iii) 各観点到に分類された言い換え文の数をカウントし，その数を各観点的得点とした。また，「知識の広がり」，「外在性」も同様に得点化した。
- (iv) 一連の言い換え文から用語間のリンクを検討した。そし

て、用語間のリンク数をカウントし、「関連性」の得点を求めると同時に、関連性地図を作成した。

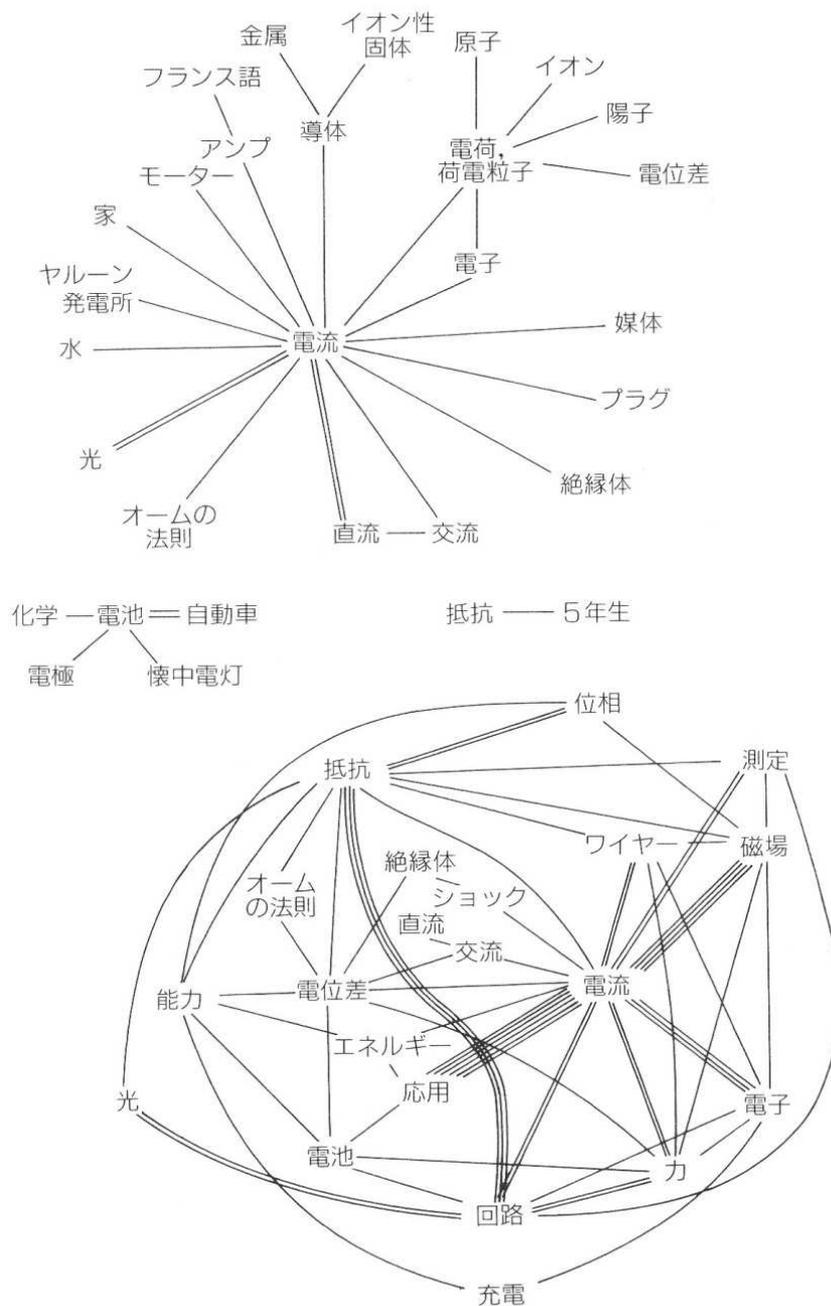


図 3-2 関連性地図の例 (White et al., 1992 より抜粋)

上記のデータ処理を施した上で、実験群と統制群の得点比較や各群の抽出児童の事例比較を行った。なお、(ii)の発話プロトコルから言い換え文を作成する具体的な作業は、たとえば、次のように行われた。図3-3に示した発話プロトコルが得られた場合、児童の発話から「命題」と思われる箇所(図3-3の下線)を取り上げ、それに基づいて、「燃える3条件がある。」「酸素が多いところに、ろうそくをいれると激しく燃える。」という言い換え文を作成した。「エピソード」,「イメージ」,「科学の有用性」の観点についても同様のプロセスで作業を行った。また、この一連の作業及び確認は、発話の取り上げ方や言い換え文の作成が恣意的なものとならないように、理科教育学研究者1名、小学校教員2名の計3名で行った。

T	: では、はじめましょう。
E5	: はい。
T	: まず、今まで「燃える」ということについて勉強してきましたが、「燃える」ということについて、学習したことや知っていることを話してみてもらえますか。
E5	: はい。えっと、うん。最初に <u>燃える3条件</u> で、それで、 <u>酸素がおおいところにろうそくといれると激しく燃えます</u> 。実験のとき、驚いた。
T	: うん。驚いたんだね。

図3-3 実験群E5の発話プロトコルの一部
(Tは、面接を行った教師)

第4節 調査の結果及び分析

第1項 観点別の得点結果と2群間の比較

ここでは、先述のデータ処理によって得られた、観点別の得点結果を示す（表3-1参照）。表3-1では、単元計画上、異なった授業を行った単元末の授業と関係する発話を除いた得点結果を主として示してある。各群の単元末の授業とは、実験群では、第2章表2-2のクの授業（燃焼の3要素を身の回りの燃焼事例に活用して考える授業）であり、統制群では、教科書通りの炭作りの授業である。単元末に行った授業と関係する発話の数（得点）は、括弧内に「+発話数」の形で表した。分析に際しては、主に「（知識の）広がり」、「外在性」、「関連性」の得点に関して、実験群と統制群に違いがあるか否かを検討した。ただし、対象者数が計12名と少ないことから、本研究では、統計的な処理を施さなかった。

表 3-1 実験群及び統制群の単元末の授業と関連する発話を除いた観点別の得点結果

児童 群	命題	イメージ	エピソード	科学の有用性	(知識の)広がり	外在性	関連性
E1 実験群	10	1	6	1	18	1	34
E2 実験群	5(+3)	0	6	0(+1)	11(+4)	1(+3)	17(+11)
E3 実験群	12(+3)	0	4(+1)	1(+1)	17(+5)	1(+2)	46(+13)
E4 実験群	8(+2)	1	5	0(+1)	14(+3)	1(+2)	31(+6)
E5 実験群	12(+4)	0	7(+1)	1(+1)	20(+6)	2(+3)	36(+13)
E6 実験群	9(+3)	2	6	0(+2)	17(+5)	2(+2)	26(+13)
E7 実験群	6(+3)	0	1	1(+1)	8(+4)	0(+2)	14(+9)
E8 実験群	6(+1)	0	1(+1)	2	9(+2)	0(+2)	20(+1)
C1 統制群	6	0	2(+1)	1	9(+1)	0	18
C2 統制群	8	1	2	1	12	0	26
C3 統制群	6	0	3	0	9	2	16
C4 統制群	8(+1)	1	1	1	11(+1)	1(+1)	22(+3)

※ () 内は、単元末の授業と関連する発話があった場合、その数を「+発話数」として表している。

第1 「(知識の) 広がり」の結果について

「(知識の) 広がり」は、言い換え文の数をすべてカウントした理解の測度であり、高得点ほど科学的知識の適用範囲が拡張されたことを意味する。実験群と統制群に分類し、各群の「(知識の) 広がり」の得点範囲を見ると、実験群が8~20点で、統制群が9~12点であった。実験群の方が得点の幅が大きいものの、相対的に統制群のそれよりも高いと判断できる。この得点の違いに関して、「(知識の) 広がり」を構成する4観点の得点を見てみると、「命題」及び「エピソード」の得点の差が違いとして表れていることがわかった。特にエピソードは、表3-1を見てわかるように、統制群との差が顕著である。

また、括弧内の数値を見ると、実験群の方が単元末の授業に関する発話が多いことがわかった。その内訳の大半は「命題」

であり、単元末の授業だけでも、「(知識の) 広がり」の得点に大きく影響を与えていることが推察された。

第2 「外在性」の結果について

オーセンティックの視点と関連した目標概念に対して、主要でない概念を含んでいる命題、言い換えれば、科学的状況以外のものとの関連を示した「外在性」を見ると、得点の範囲は、実験群及び統制群ともに、0～2点であった。そのため、単元末の授業に関する発話を除いた場合では、両群の間に得点の差が認められないと判断できる。

一方で、単元末の授業に係る発話数を表した括弧内の数値を見ると、実験群の8人中7人が+2ないし+3となっていた。外在性に関しては、実験群のクの授業がその得点の引き上げに関与していることが推察された。

第3 「関連性」の結果について

「(知識の) 広がり」と同様に科学的知識の適用範囲の拡張を示す「関連性」を見ると、実験群が14～46点、統制群が16～26点であった。実験群の方が統制群よりも相対的に得点が高いと判断できる。また、括弧内の数値を見ると、実験群の単元末の授業が関連性の得点を大幅に上げていることがわかった。

第2項 各群の抽出児童の事例比較

ここまで、観点別の得点結果を示してきたが、実験群及び統制群の児童が形成した燃焼概念の質的な違いをより詳細に探るために各群から特徴的な事例を抽出し、事例比較を行った。

第1 抽出の方法

事例を比較するにあたって、両群から特徴的な児童を抽出した。抽出に当たっては、言い換え文の総和である「(知識の)広がり」の得点において、最高得点だった児童を各群から抽出した。その結果、実験群の児童 E5 と統制群の児童 C2 を抽出した。

第2 事例比較の視点

抽出児童の燃焼概念の理解を多角的に探っていくために、「先行研究で行った事後テストの結果比較」、「面接法によって得られた各観点の得点比較」、「関連性地図の比較」を行った。

第3 事後テストの結果比較

抽出児童 E5, C2 の事後テストとして実施した典型テスト(200点満点)及び活用型評価問題(4点満点)の結果は、表3-2のとおりであった。

表 3-2 抽出児童の事後テストの結果

	典型テスト (200点満点)	活用型評価問題 (4点満点)
E5	180	4
C2	195	4

典型テストにおいては、両者とも正答率が90%以上であった。また、活用型評価問題においても満点の4点を取っていた。そのため、事後テストの結果を見る限りでは、燃焼概念の理解に差は認められなかった。

第4 面接法によって得られた各観点の得点比較

1 実験群 E5 と統制群 C2 の各観点の得点比較

表3-1のE5とC2の結果を見てみると、両者の間で大きな差が出ているものは、「(知識の)広がり」「関連性」を除くと、「命題」、「エピソード」、「外在性」であった。以下、両者の言い換え文(図3-4, 図3-5)も参考に具体的に見ていく。

まず「命題」についてである。E5は12(+4)点、C2は8点とE5の得点の方が相対的に高かった。また、単元末の授業内容と関係する発話(図3-4の5, 14, 15, 16)を入れるとE5の得点がC2の2倍であった。E5は、燃焼概念の核となる知識である「燃焼の3要素」について述べていることがわかった。他にも、ガスバーナーの使い方や、教科書実験の内容について押さえられていた。また、発展的な学習(第2章表2-2のカ)として行った過熱水蒸気の実験に関する発話や単元末の活用型授業(表2-2のク)で取り上げた事例と関わる火事での対処法についての発話が見られた。一方、C2は、教科書の内容を網羅的に押さえることができている。酸素や二酸化炭素の量的な部分まで述べることができしており、事後テストの結果も踏まえると知識・理解の定着が進んでいることが推察された。ここで抽出しなかった児童も発話数に差があるものの同様の発話傾向にあった。統制群のC4の児童は、単元末の炭づくりに関する発話が見られたが、その他の児童は、命題としては見られなかった。

命題

- 1 燃える3条件がある。
- 2 酸素がおおいところにろうそくをいれりと激しく燃える。
- 3 二酸化マンガンと過酸化水素水で酸素ができる。
- 4 ガスバーナーは空気調節ねじを回すと(炎が)青くなる。
- 5 燃える3条件のうち1つでも欠けると燃えない。
- 6 十分な温度と酸素、空気、と燃える物がそれれば燃える。
- 7 燃えた後は二酸化炭素が多くある。
- 8 燃える物には木や紙、ろうそくがある。
- 9 発火点になると燃える。
- 10 300°Cくらいの水蒸気にマッチを近づけると燃える。
- 11 黄リンは昔のマッチに使われていた。
- 12 石灰水で二酸化炭素を入れると白く濁る。
- 13 石灰水が白く濁った後、さらに二酸化炭素を入れ続けると透明になる。
- 14 火事のとき普通の布だと燃えてしまうけど、ぬれたものじゃないと消えない。
- 15 ぬれた布だと酸素が入ってこないし、十分な温度も防げる。
- 16 普通の布だと十分な温度が防げない。

イメージ(感覚的知覚)

特になし

エピソード

- 1 ガスバーナーをもっと透明にしようと思ったけどうまくいかなかった。
- 2 水蒸気の実験で、水だけ200°Cとかいってびっくりした。
- 3 マッチは日常的に使っている。
- 4 やけどしたことがある。
- 5 ライターとかタバコとかも身の回りにある。
- 6 線香を使ったことがある。お墓参りのとき。ライターで火を付けた。
- 7 花火をしたことがある。
- 8 水の中に花火を入れたけど燃えるっていうのが驚いた。

科学の有用性

- 1 マッチとかライターとか、ガスバーナーもこれから必要
- 2 火事のときとか役立つ

図 3-4 E5 の言い換え文

命題

- 1 空気の物質には窒素が5分の4ほどで78%くらい。
- 2 窒素は石灰水を濁らせる性質がない。
- 3 二酸化炭素は0.03%ほどで、石灰水を濁らせる性質がある。
- 4 酸素は生き物が呼吸するときに必要なもの。
- 5 酸素は物を燃やす働きがあり、空気中に5分の1ほどで、約21%ある。
- 6 燃えた後は、酸素が16とか17%で、二酸化炭素が4%前後。
- 7 水で火が消えるのは空気の流れを止めることと冷やすって意味があると思う。
- 8 過酸化水素水と二酸化マンガンの実験で泡がぶくぶくになって、酸素が出る

イメージ(感覚的知覚)

- 1 煙が出てると楽しい感じがする。

エピソード

- 1 花火を買っていとこと遊んだ。
- 2 過酸化水素水と二酸化マンガンの実験で泡がぶくぶくになって、酸素が出て、不思議だった。

科学の有用性

- 1 管理栄養士になりたいが料理するとき周りに燃えやすいものはないとかか注意したい。

図 3-5 O2 の言い換え文

次に「エピソード」についてである。E5は7(+1)点で、C2は2点であった。E5の方が相対的にエピソードを多く語っていることがわかる。White et al.は、エピソードを「あなたが自分自身に起こったと考えているできごとや、目撃したできごとについての記憶 (p.19)」¹⁵⁾と定義しており、概念の理解の重要な要素の1つとして捉えられているものである。C2は、花火を買って遊んだことがあること、酸素の生成の実験が印象的であったことをエピソードとしてあげている。一方、E5は、実験での失敗、驚き、日常でのマッチやライターの使用経験、花火ややけどの経験など、エピソードの発話が豊富であることがわかった。その他の抽出児童の発話を確認すると、統制群の児童は、過酸化水素水を用いた実験やガスバーナーの使い方など、理科学習と関係したエピソード、花火や火おこし体験など、自分の経験に関係した発話が見られた。実験群の児童も同様に理科学習と関係した発話や自分の経験等の発話が見られたが、統制群よりも自分の経験に関する発話が多く見られ、両群の得点の差がそこにあることが確認できた。

「外在性」については、E5が2(+3)点(命題8, 11, 14, 15, 16)、C2は0点であった。先述したとおり、本研究では「外在性」をオーセンティックの視点と関わるものと捉えている。つまり、外在性の得点が高いほど、現実世界とのつながりを示唆する度合いが強いと判断することができる。発話内容を見ると、燃える物に関係した内容や単元末の活用型授業と関係した内容が確認できた。得点の通り、E5に対して、C2は0点であるため、E5の方が事後の段階で、より現実世界とのつながりをもった形で燃焼概念を保持していると言える。C2以外の統制群の児童の外在性の発話内容を見ると、マッチやライターなど、燃える物に関係した発話が見られた。

2 得点比較のまとめ

各観点の得点比較においては、言い換え文から得られたデータから「命題」「エピソード」「外在性」において、実験群の抽出児童の方が統制群の児童のそれよりも相対的に得点が高かった。また、言い換え文から発話の内容を見たところ、統制群の抽出児童は教科書の内容を網羅的に押さえることができていた。一方で、実験群の児童は、教科書の内容に加え、燃焼概念の核となる知識や単元末の授業で扱った現実世界の事柄や状況と関連する発話が多く見られ、得点の差がそこに表れていることが確認できた。

第5 関連性地図の比較

関連性地図の作成に当たっては、まず、言い換え文から用語間のリンクを検討し、それを関連性マトリクスとしてまとめた。例として E5 の関連性マトリクスの一部を図 3-6 に示す。そして、リンクのある用語間を線で結び、関連性地図を作成した。同一用語間に複数リンクがあった場合は、線の太さを変えてそれを表現した。実験群の 8 人 (E1~E8) 及び統制群の 4 人 (C1~C4) の関連性マトリクスと関連性地図は、巻末資料 VI, VII を参照のこと。以下、E5 と C2 の関連性地図を比較する。

関連性の得点は、表 3-1 を見てわかるように E5 が 36 (+13) 点で、C2 が 26 点であった。E5 の方が C2 よりも得点が高いことが分かる。これらの関連性を視覚化したものが、図 3-7, 図 3-8 である。関連性地図は、多くのリンクパターンがあるほど、概念のより統合された知識を示すとされている¹⁶⁾。2 つの関連性地図を見て分かるように、E5 の方が多くのリンクのパターンがあり、より統合された知識を保持していることが推察された。

	燃える	燃えない	燃える3条件	酸素	空気	二酸化マンガン	過酸化水素水	黄リン	二酸化炭素	石灰水
燃える			レレ	レレ	レ				レ	
燃えない			レレ							
燃える3条件										
酸素						レ	レ			
空気										
二酸化マンガン							レ			
過酸化水素水										
黄リン										
二酸化炭素										レレ
石灰水										

図 3-6 E5 の関連性マトリクスの一部

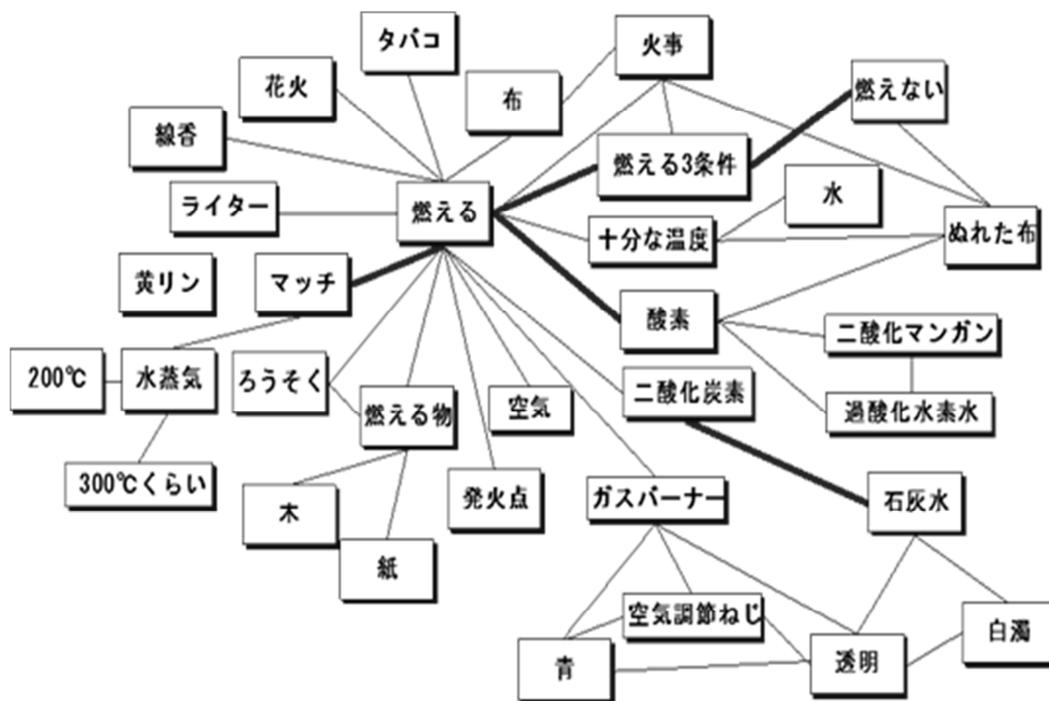


図 3-7 E5 の関連性地図

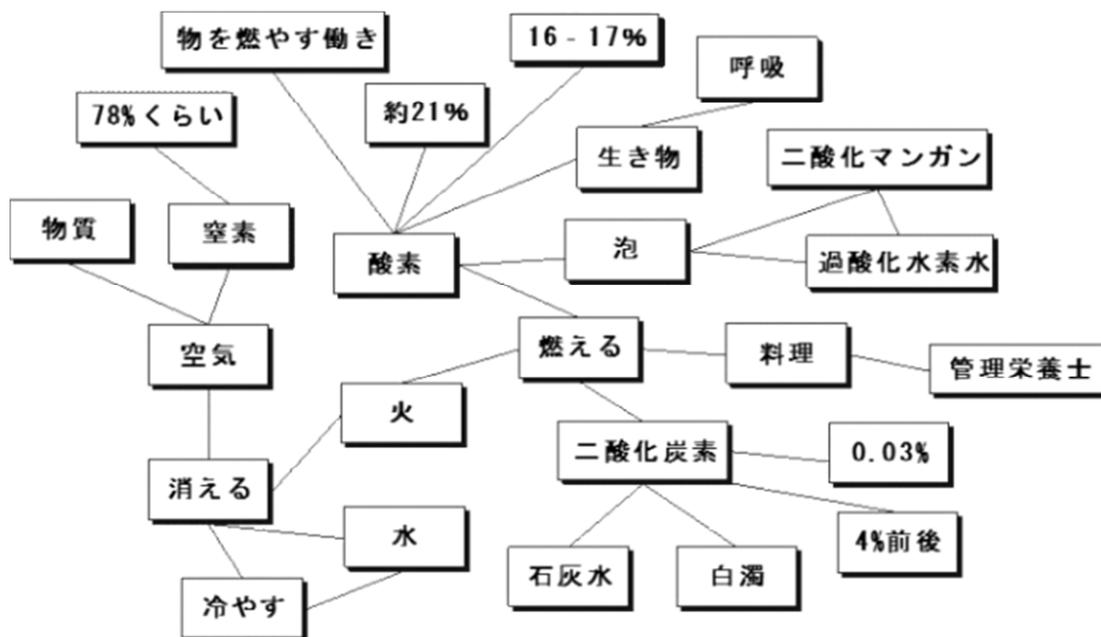


図 3-8 O2 の関連性地図

第3項 考察

第2項で述べたとおり、授業実践後、実験群と統制群から抽出した児童を対象に、「概念についての面接法」を実施し分析した。

まず、両群の単元末の授業と関係した発話を除いた2群間の得点比較を行ったところ、「(知識の) 広がり」及び「関連性」において、実験群の方が得点の幅が大きかったものの、統制群よりも相対的に得点が高かった。また、「(知識の) 広がり」の2群間の違いは、主に「命題」及び「エピソード」の差に現れていたことが確認できた。さらに、「外在性」に関しては、実験群の単元末の授業に関する発話において差が認められ、得点の引き上げに関与していることが分かった。

これらの結果は、第2章表2-2の導入及び追究に関わる授業実践があった上で、「①現実世界との関連性」、「②知識やスキルの活用」、「③多様な学習材」の観点を具現した単元末の授業によって、学習した燃焼に関する知識の再生や活用が促されたことに起因すると考えられる。実験群の得点の高さについては、第2章で示したとおり、事前調査による両群の等質性が確認できているため、実験群の児童の能力差によるものでないと考える。実験群の得点と統制群のそれとの差は、表3-1を見ると、主に「命題」と「エピソード」に現れている。「命題」の差に関しては、導出した6つの観点を具現化した単元構成によって、知識の獲得や再生、活用が促進されたためだと考えられる。「命題」の得点差は、第2章の量的調査として実施した知識・理解テストにおいて、統計的に有意差が出たことと軌を一にしている。「エピソード」に関しては、単元末の授業において、現実世界の事項や状況と関連した学習活動を行ったことで、児童の日常生活や経験を振り返る機会を与え、それがエピソードの発話につながったのではないかと考える。一方で、得点の

幅が大きかったことから、全体としては得点の向上が確認できたものの、必ずしもすべての児童に上述のような影響を与えることができなかつたと言わざるを得ない。これは、児童の生活経験や関心事項に差異があるためだと考えられる。児童の生活経験や関心事項に関するデータをより詳細に収集・蓄積し、今後の授業デザインに生かしていくことが必要となろう。

統制群の単元末の授業として実践した炭作りの活動は、素材自体が日常的なものであるものの、現実世界の事項や状況の中で、学習した知識の再生や活用を促すには十分とは言えなかつたと考えられる。

これらのことから、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業実践によって、燃焼に対する理解が深まり、科学的知識の適用範囲の拡張、さらには現実世界とのつながりをもった形で児童が燃焼概念を保持していることが推察された。

次に、特徴的な事例として、各群の「(知識の) 広がり」の最高得点者を抽出し、実験群 E5 と統制群 C2 の間で事例比較を行った。抽出児童の事後テストの結果を比較したが、大きな差は見られなかつた。各観点の得点及び言い換え文の比較では、「命題」、「エピソード」、「外在性」において、実験群の児童 E5 の得点の方が相対的に高かつた。また、言い換え文から発話の内容を見たところ、統制群の児童は教科書の内容を網羅的に押さえることができていた。一方で、実験群の児童は教科書の内容に加え、燃焼概念の核となる知識や単元末の授業で扱った現実世界の事柄や状況と関連する発話が多く見られ、得点の差がそこに現れていることが確認できた。さらに、関連性地図の比較から実験群の児童の方が科学的知識の適用範囲が拡張し、より統合された知識を保持していることが分かつた。

観点別の得点比較や特徴事例の比較による結果は、第2章で示した事前・事後テストによる調査では明らかとならなかつた、

燃焼概念の質的な違いを示すものと考えられる。

以上のことから、あくまでも抽出児童の結果の範囲内という条件付きではあるものの、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業を実践したことで、燃焼概念形成において、より統合された科学的知識を獲得させ、その適用範囲を拡張することや現実世界の事柄や状況と関連をもたせることに影響を与えたことが明らかとなった。

ただし、本章は、両群からの抽出児童を対象に事例分析的な視点で探ったものである。そのため、本章で明らかとなったことを過度に一般化することには留意する必要があるものの、第2章の量的調査による研究成果と合わせて検討すると、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業による認知的側面への効果が高まったと判断できる。

第5節 本章のまとめ

本章の目的は、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業が児童の燃焼概念形成に与える影響を質的なアプローチによる分析を通して明らかにすることであった。

はじめに、第1節では、第2章の量的調査において、実験群及び統制群の児童が獲得した燃焼概念の質的な違いを明らかにするまでには至っていないことを指摘し、質的アプローチの必要性について言及した。

そこで、第2章では、質的調査法に関わる先行研究を省察した。時間的制約や対象者への負担を考慮し、面接法に着目するに至った。また、White et al.の所論から、面接法を用いた手法として、「事例面接法(Interview about a Instance)」や「事象面接法(Interview about an Event)」、「概念についての面接法(Interview about a Concept)」を取り上げ、各々の特徴を概観した。そして、それらを踏まえ、本研究では授業実践によって知識の適用範囲が拡張するであろうという仮説をもっていることから、概念を広く含んだ質問を行う「概念についての面接法」を評価方法として採用することとした。

次に、第3節では、調査の方法について述べた。調査対象の抽出基準は、第2章において質的な違いが十分に検討できなかったことから、事後テストの結果が上位に位置する児童であること、面接者と信頼関係ができており、話すことに抵抗がない児童であることとした。実験群からは8人(E1~E8)、統制群からは4人(C1~C4)の計12人を抽出することができた。また、White et al.の所論に基づいて、面接における質問内容の検討を行った。質問内容の項目として「命題」、「エピソード」、「イメージ」を採用した。加えて、本研究の理論的視座である「オーセンティック」概念とも関わる「科学の有用性」についても、筆者の判断で観点と

して採用した。その他，面接の形式やデータ処理及び分析の方法について具体例とともに示した。

第4節では，調査の結果及び分析について述べた。「概念についての面接法」を行ったところ，次のような結果を得ることができた。

【2群間の得点比較】

- ① 「(知識の) 広がり」及び「関連性」において，実験群の方が得点の幅が大きかったものの，統制群よりも相対的に得点が高かった。
- ② 「(知識の) 広がり」の2群間の違いは，主に「命題」及び「エピソード」の差に現れていたことが確認できた。
- ③ 「外在性」に関しては，実験群の単元末の授業に関する発話において差が認められ，得点の引き上げに関与していることが分かった。

【特徴事例 (E5 と C2) 間での比較】

- ① 事後テストの結果を比較したが，大きな差は見られなかった。
- ② 各観点の得点及び言い換え文の比較では，「命題」，「エピソード」，「外在性」において，実験群の児童 E5 の得点の方が相対的に高かった。
- ③ 言い換え文から発話の内容を見たところ，統制群の児童は教科書の内容を網羅的に押さえることができていた。一方で，実験群の児童は教科書の内容に加え，燃焼概念の核となる知識や単元末の授業で扱った現実世界の事柄や状況と関連する発話が多く見られ，得点の差がそこに現れていることが確認できた。
- ④ 関連性地図の比較から実験群の児童の方が科学的知識の適用範囲が拡張し，より統合された知識を保持していることが分かった。

これらの結果から、あくまでも抽出児童の結果の範囲内という条件付きではあるものの、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業を実践したことで、燃焼概念形成において、より統合された科学的知識を獲得させ、その適用範囲を拡張することや現実世界の事柄や状況と関連をもたせることに影響を与えたことが明らかとなった。

課題としては、実験群の得点の幅が大きかったことから、全体としては得点の向上が確認できたものの、必ずしもすべての児童に上述のような影響を与えることができなかったことが挙げられる。この点については、児童の生活経験や関心事項に関するデータをより詳細に収集・蓄積し、今後の授業デザインに生かしていくことが必要となろう。

以上のことから、本章では、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業が児童の燃焼概念形成に与える影響を質的なアプローチによる分析を通して明らかにすることができた。次章では、研究3として情意的側面に与える効果について論じる。

註及び引用・参考文献

1) たとえば、次の文献には、生徒の学習状況を把握することができるたった1つの評価方法はなく、多様な評価方法を採用することの重要性を指摘している。

Doran, R., Chan, F., Tamir, F. & Lenhardt, C.: *Science Educator's Guide to Laboratory Assessment*, 2002, NSTA.
(古屋光一監訳:「理科の先生のための新しい評価方法入門」, 2007, 北大路書房.)

2) 内海志典・磯崎哲夫・中條和光:「高等学校化学における「実社会・実生活」との関連を重視した指導に関する研究－「文脈に基づいたアプローチ」を導入した教材とその効果－」, *科学教育研究*, 35(3), pp.234-244, 2011.

3) White, R. & Gunstone, R.: *Probing understanding*, 1992, Taylor & Francis Group Ltd.

(中山迅・稲垣成哲監訳「子どもの学びを探る－知の多様な表現を基底にした教室をめざして」, pp.110-126, 1995, 東洋館出版.)

4) 沖花彰:「中学校理科「力学」分野における概念地図法の適用」, *理科教育学研究*, 47(1), pp.7-16, 2006.

5) 佐藤寛之, 小野瀬倫也:「理科学習場面における認識論的 Vee 地図の有用性に関する研究」, *理科教育学研究*, 51(2), pp.41-51, 2010.

6) 前掲書3), pp.88-126.

7) 同書, p.114.

8) 前掲書3), pp.15-31.

White et al.は、概念の理解における知識のタイプとして「ストリング」「命題」「イメージ」「エピソード」「知的スキル」「運動スキル」「認知的方略」の7つをあげ、具体的に扱っている。

9) たとえば、以下の文献にはオーセンティック・ラーニングの

情意的側面への影響について指摘している。

Edelson, D.C. & Reiser, B.J.: Making Authentic Practices Accessible to Learners: Design Challenges and Strategies, R. Keith Sawyer (Ed.), The Cambridge Handbook of The Learning Sciences, pp.335-354, 2006, Cambridge University Press.

10) 前掲書3), pp.174-192.

White et al.によると, 単語連想法は与えられた言葉に対して, 単語を次々と発し, あるいは記入することで回答を求めるものと述べている。本研究では「燃える」をキーワードに, そこから思いつく言葉をワークシートに記入させた。

11) 同書, p.113.

12) 同書, pp.110-126.

13) 同書, p.124.

14) 同書, p.122.

15) 同書, p.19.

16) 同書, p.123.

第4章 導出した観点に依拠した理科授業 実践が科学・理科学習態度に与える 効果

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、研究2として、認知的側面に焦点を当てて、その効果を実証的に明らかにしてきた。本章では、研究3として、情意的側面に焦点を当てて、その効果を検証することとする。

オーセンティック・ラーニングと情意的側面との関係については、Edelson et al.¹⁾やMims²⁾が、子どもの学習に対する動機づけ等、情意的側面への影響を指摘している。しかし、実証的に論究されてはいなかった。寺田ら³⁾は、ドイツで取り組まれている *Chemie im Kontext* に着目し、地域企業と理科授業をつなぐ授業モデルの開発の中で、情意的側面への影響を検証している。そこでは、理科学習に対する興味や関心、有用感等、「科学・理科学習態度」や「進路意識」に関する質問紙調査を行い、その効果を検証している。この研究では、PISA2006やTIMSS2007の結果から、理科授業と実社会・実生活とのつながりが少なく、学習者が理科（科学）の有用性や理科（科学）学習の必然性を実感しにくいという状況が推測される点を問題の所在としている。この点に関しては、本研究の問題の所在と同様である。そこで、本研究では寺田らが実施した質問紙調査のうち、「科学・理科学習態度」を採用し、情意的側面の効果を検証することとした。「進路意識」に関する調査項目は、調査の対象が小学生であることから、採用しなかった。

以上のことを踏まえ、本章では、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業が科学・理科学習態度に与える効果を

明らかにすることを目的とした。

上記の目的を達成するために，次の手順で研究を進めた。

- (1) 導出した観点に依拠した理科授業デザインを行った。なお，本章では，小学校第5学年理科「天気の変化」及び，小学校第6学年理科「もののもえ方」を取り上げ，単元開発した。第6学年理科「もののもえ方」は，第2章で示した授業と同じである。本章では，第5学年理科「天気の変化」に焦点を当てて，授業デザインの概要を示すこととする。
- (2) 授業実践が科学・理科学習態度に与える効果を明らかにするために，事前・事後調査を実施し分析した。
- (3) (2)で得られた結果から，実践の効果について考察した。

第2節 授業デザイン

本節では、小学校第5学年理科「天気の変化」の単元開発について述べる。

第1項 小学校第5学年「天気の変化」に関する先行実践・先行研究の整理

小学校学習指導要領解説 理科編⁴⁾によれば、「天気の変化」の目標及び内容の取扱いは、次の通り示されている。

1日の雲の様子を観測したり、映像などの情報を活用したりして、雲の動きなどを調べ、天気の変化の仕方についての考えをもつことができるようにする。

ア 雲の量や動きは、天気の変化と関係があること。

イ 天気の変化は、映像などの気象情報を用いて予想できること。

(内容の取扱い)

(4) 内容の「B 生命・地球」の(4)のイについては、台風の進路による天気の変化や台風と降雨との関係についても触れるものとする。

これに準じて、たとえば、実践校で採用している教科書⁵⁾では、次のような構成で「天気の変化」の学習が展開されている。

1 天気と雲	2 天気の変わり方
○ 天気と雲	○ 天気の変化
○ 天気と雲の観察	○ やってみよう [天気の予想]
○ 天気と雲の関係	○ ふりかえろう

3 台風の接近と天気	
○ 台風の接近と天気の変化	
○ 台風と天気	

前川⁶⁾が述べている通り、「気象衛星やアメダスのような情報をもとに天気の変化を調べ、将来の天気を予測することや、晴れの日や雨の日の一日の気温の変化を調べて、その特徴をまとめる。また、台風について、その進路や被害について学習する」こととなっている。このような指導展開例は、たとえば、星野⁷⁾、村山・日置⁸⁾、小学校理科実践研究会⁹⁾等、現職教員向けの実践書においても確認することができた。

天気の変化に関する先行研究としては、たとえば、栢野ら¹⁰⁾の研究がある。中学校第2分野「天気の変化」を事例に、「水蒸気」を鍵概念としたイメージマップを学習支援ツールとして活用した事例的研究を行い、その有用性を検討している。また、割石¹¹⁾らは雪の教育利用を図る一環として、小学校第5学年理科「天気の変化～冬の天気」に関するワークシートを開発し、その授業実践及び普及を報告している。

気象情報の活用に関しては、榊原・東原¹²⁾が、パーソナルコンピュータを利用した気象観測記録の中から規則性を見出す学習を検討している。また、中林・山本¹³⁾は、低気圧を活用する問題点と総合的な気象情報を用いた学習活動について、実践を通じた考察を行っている。天気の変化が西から東であることを理解するための適切な教材は、レーダーアメダスのデータと全球の気象衛星の動画であり、これらの資料を活用すると容易

に結果を導き出すことができることを指摘している。

このように、指導方法の工夫・改善や気象情報の活用に関する多くの先行研究を確認することができた。しかし、管見の限り、オーセンティシティの視点から授業デザインをし、その効果を検証する研究は見当たらなかった。

「雨が降る」「雲が動く」等、視覚的に観察できる気象現象に関しては、子どもたちにとって日常的なものである。その意味では、単元で扱う内容は小学校5年生の子どもたちにとって、オーセンティシティが高いものと言える。一方で、津幡ら¹⁴⁾は、子どもたちが「雲が黒くなると雨が降る。」「風が吹くと自然に天気が変わる。」といった視覚的で直感的な説明をすることが多いことを指摘している。また、浅利・加藤¹⁵⁾は、中学校第2学年「天気の変化」の説明方略の変容に着目し、気象学習における認識の実態を明らかにしている。そこでは、気象要素の因果関係や授業で学習した内容（学校文脈）については、理解し説明できていたものの、日常生活に近い文脈においては、それらの理解を統合して説明できていない回答が多数見られたことを報告している。名越・木村¹⁶⁾は、「生活経験」と「マスメディアによる気象情報」という2つの特徴が気象教育カリキュラムの中で生かされていない点を指摘し、気象の学習が「暗記科目」となることを危惧している。

上記の問題に対して、オーセンティック・ラーニングの先行研究から導出した観点は、解決のための有用な視点として寄与する可能性があると考えられる。そして、導出した観点を具現化した学習活動を意図的に取り入れた単元開発を行う必要がある。

第2項 導出した6つの観点に依拠した単元開発の検討

はじめに、オーセンティック・ラーニングに関する先行研究から導出した観点を再掲する。

- ① 現実世界との関連性
- ② 知識やスキルの活用
- ③ 学習内容の習得
- ④ 多様な学習材
- ⑤ 他者との協同
- ⑥ オーセンティック・アセスメント

ここでは、オーセンティック・ラーニングに関する先行研究から導出した6つの観点に依拠した単元開発の検討を行った。

「①現実世界との関連性」においては、単元の導入において、天気予報の視聴を行い、「君は気象予報士だ！」という単元を貫くテーマを設定した。また、「②知識やスキルの活用」とも関連して、単元末には、気象予報士をゲストティーチャーとして招き、お天気講座や質問コーナーを設けた。気象予報士との授業の詳細は、次節に述べることとする。単元を貫くテーマを「君は気象予報士だ！」としたり、気象予報士をゲストティーチャーとして招いたりする単元構想としたのは、気象分野と関連する現実世界の文脈において、オーセンティシティが高いと判断したためである。②の観点については、その他にも、子どもが気象予報士として、複数の気象データ（天気図・アメダス・雲画像）から明日の天気を予想し、発表する活動を取り入れた。

「③学習内容の習得」においては、天気と雲の関係や天気の変化の規則性を追究する学習活動を展開し、習得を図ることとした。「④多様な学習材」においては、教科書に記載されている

学習材はもちろんのこと、新聞の天気欄、WEB サイトから得られる雲画像やアメダス、雲の動きが分かる動画等、複数準備した。また、気象予報士を招いたことも「人材」としての学習材の1つとして捉えている。「⑤他者との協同」においては、単元を通して3人または4人1グループによる実験・観察活動、話し合いを取り入れた。「⑥オーセンティック・アセスメント」に関しては、片平らが開発したオーセンティック・タスク「明日の天気は？」を評価問題として採用し、科学的知識の活用や表現力を評価できるようにした。この評価問題は、第2章の図2-4と同じである。観点と単元における学習活動の対応は、表4-1としてまとめておく。

表 4-1 観点と単元における学習活動の対応

観点	単元の学習内容・特徴
①現実世界との関連性	天気予報の視聴→「君は気象予報士だ」 気象予報士との授業
②知識やスキルの活用	天気予報をしよう 気象予報士との授業
③理科学習内容の習得	天気と雲の関係、天気の変化などを追及 する学習展開
④多様な学習材	さまざまな気象情報、動画、WEBサイト 気象予報士（人材）、教材
⑤他者との協同	4人または3人、1グループでの実験・観 察活動、話し合い。
⑥評価（A・A）	オーセンティック・タスク「明日の天気 は？」（片平ら，2010）の採用

第3項 単元計画

以上述べてきたとおり、気象学習に関する先行実践・先行研究の整理及びオーセンティック・ラーニングに依拠して導出した観点に基づき、小学校第5学年理科「天気の変化」の単元開

発を行った。ここでは、単元計画の簡易版（表 4-2）を示すにとどめる。各学習活動は授業 1～3 コマ（1コマ 45 分）をかけて行われた。第 5 学年理科「天気の変化」の単元は、「天気の変化」と「台風と天気の変化」の小単元 2 つから構成されている。「天気の変化」は、5～6 月に 9 時間、「台風と天気の変化」は、9～10 月に 4 時間行った。総時間数は計 13 時間である。

表 4-2 「天気の変化」の簡易版単元計画

段階	学 習 内 容	時数
<天気の変化>		
導 入	ア 天気予報の視聴	2
	イ 雲を見てみよう。 課題の設定	
追 究	ウ 天気と雲の関係は？ (天気の様子と雲の観察)	3
	エ 天気の変わり方に決まりはあるのか？ (気象情報の収集、話し合い)	2
	オ これまでの学習をまとめよう	1
活 用	カ 明日の天気を予報をしよう	1
<台風と天気の変化>		
導 入	キ 台風が近づくと？	1
追 究	ク 台風が接近すると天気はどう変化する のか？	2
活 用	ケ 気象予報士との授業 (お天気講座・質問コーナー)	1

第4項 本節のまとめ

本節では，オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業デザインのために，小学校第5学年理科「天気の変化」を対象として，具体的な単元開発を行った。

まず，単元開発を行うに当たって，「天気の変化」に関する気象学習の先行実践及び先行研究を整理し，単元開発の視点を探った。次に，第1章で導出した6つの観点に基づいて単元開発を検討し，具現化を図ることができた。次節では，先述のとおり，単元末に設定した気象予報士との授業の概要について述べる。

第3節 気象予報士との授業の概要

本節では，導出した観点の「①現実世界との関連性」及び「②知識やスキルの活用」，「④多様な学習材」を具現化した気象予報士との授業の概要について述べる。

第1項 気象予報士との授業づくり

本項では，気象予報士との授業づくりにおける教師とのやりとりの実際について述べる。授業づくりにおける教師と気象予報士とのやりとりを図化したものが図4-1である。

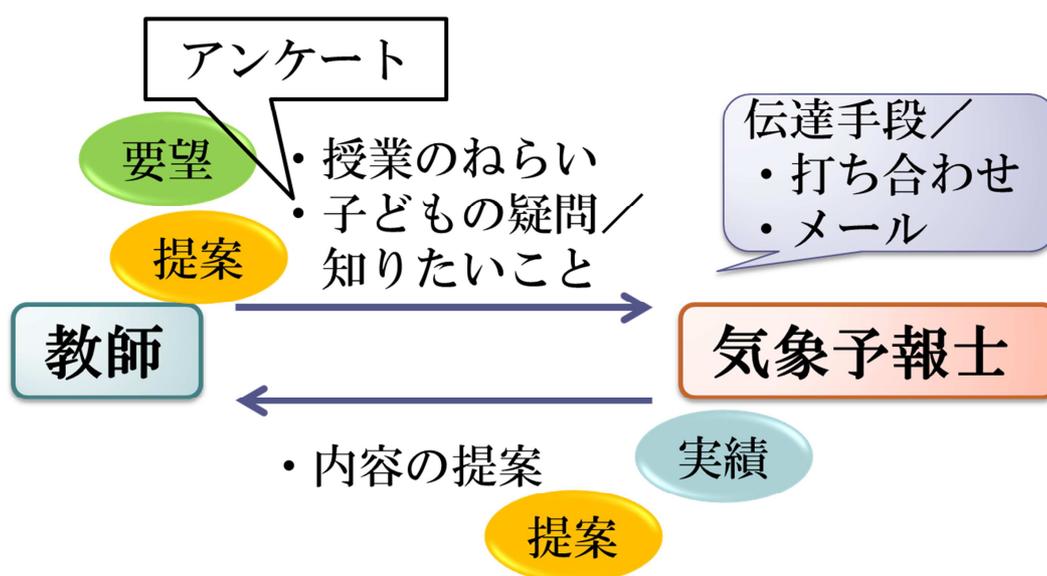


図4-1 授業づくりにおける教師と気象予報士とのやりとり

教師から気象予報士には，授業のねらいとともに，導出した観点「①現実世界との関連性」「②知識やスキルの活用」「④多様な学習材」を踏まえ，次の3つのトピックを授業の中で扱えないか提案及び要望した。

- ① 学習内容を生かせるトピック（天気予報など）
- ② 学習内容を超えた（発展的な）トピック
- ③ 最近，注目されたトピック（台風12号など）

また，上記の②と関連して，気象学習を通して，子どもがもっと知りたいと思ったことや疑問に思ったことを自由記述によるアンケートによって調査し，まとめたものを気象予報士へ伝えた。実際に気象予報士へ伝えた子どもの疑問・知りたいことをまとめたものは，図4-2である。

子どもの疑問・知りたいこと	
天気を予報するには？コツはありますか？	
台風はどうやってできるのですか？	
雲はどうやってできますか？	
雨がふる雲はどうして灰色（黒色）何ですか？	
天気予報はどうして外れることがあるんですか？	
どうして気象予報士になろうと思ったのですか？	
雨の形はどうなっていますか？	
	など

図4-2 気象予報士へ伝えた子どもの疑問・知りたいこと

気象予報士の側にも，たとえば，お天気講座のような形での教育活動の実績があるため，直接会っての打ち合わせ及び複数回のメールのやり取りを行い，授業で扱う内容の検討を入念に行った。

第2項 授業及び教材の概要

ここでは，気象予報士とのやりとりによって実践した授業及び教材の概要を報告する。実際に計画した授業内容は次のとおりである。

- ① 講師の紹介
- ② 天気は，なぜわかるのか。
(アメダス・天気図，宇宙から)
- ③ どう天気を予想するか。
(天気の重要な要素：温度・気圧・風・水)
- ④ 雲を作る実験：なぜ，雨を降らせる雲は灰色か。
- ⑤ 空気のを体験
- ⑥ 台風発生メカニズムの簡単な解説
- ⑦ 質問コーナー

②の「天気は，なぜわかるのか？」では，様々な観測データを収集する方法について紹介した。その際，試用したスライドの一部は，図4-3である。



図4-3 授業で扱ったスライド資料の一部

子どもたちは、アメダスということを知っていたものの、その実際は知らない。そのため、写真資料に興味を示していた。また、宇宙からも観測していることを知り、驚いていた。

③「どう天気を予想するか。」は、子どもたちが学習したことを活用するトピックである。子どもたちは、温度や風について既習済みであったが、その他にも「気圧」「水」についても天気を予想する要素として紹介した。④及び⑤の内容は、この要素に基づいたものとなっている。

④「雲を作る実験：なぜ、雨を降らせる雲は灰色か。」は、図 4-2 でも示した、子どもたちの疑問から取り上げた発展的な内容を含むトピックである。教材の1部は、写真 4-1 及び 4-2 のとおりである。



写真 4-1 雲づくりの実験のための実験装置

第4章 導出した観点に依拠した理科授業実践が科学・理科学習態度に与える効果

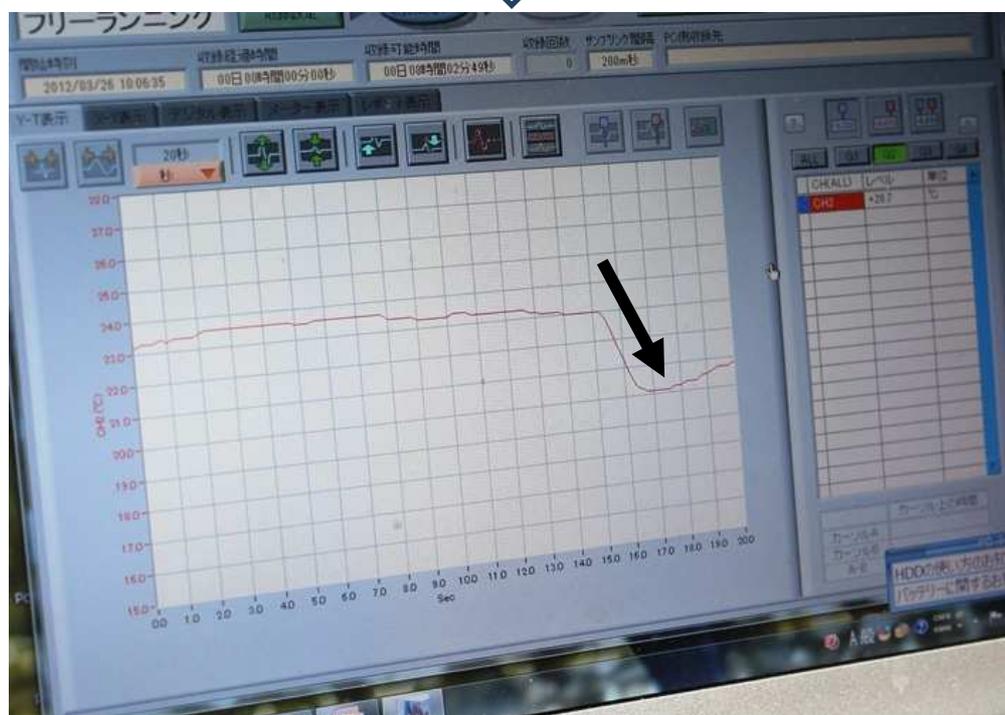
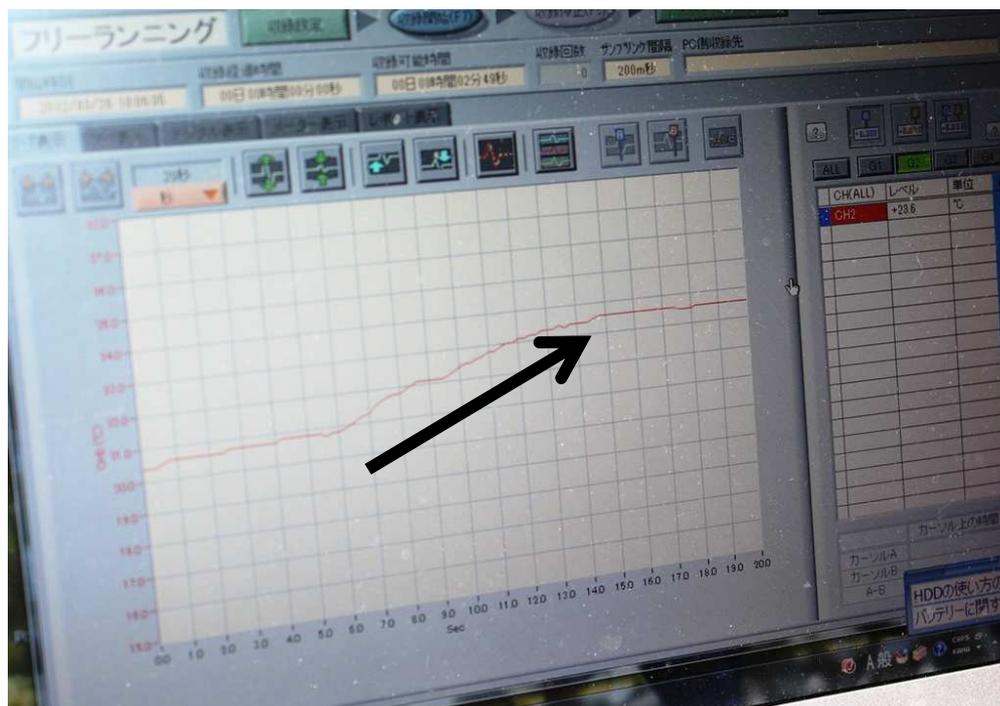


写真 4-2 ペットボトル内の温度の変化

写真 4-1 は、雲づくりの実験のための実験装置である。まず、ペットボトルに少量の水を入れ、ソーダキーパーを取り付けた。そして、写真のとおり、熱電対をペットボトル及びデータロガーに接続した。データロガーは、ノート P C に接続し、ペットボトル内の温度変化を写真 4-2 のようにグラフとして出力した。ソーダキーパーでペットボトル内に圧力をかけると、徐々に温度が上がり、キャップを外すと温度が急速に下がる様子をスクリーン上で見せた。同時にペットボトル内に雲が発生したことも観察させた。

また、雲の色に関しては、水の粒子の大きさと乱反射で説明ができるが、難易度が高いため、水とワックスの入った瓶に光を当て、色が変わる様子を観察させた。



写真 4-3 ワックスの入った瓶に光を当てている場面

⑤「空気の力を体験」では、写真 4-3 のような道具を使い、空気の力を体験した。力いっぱい引いても床から持ちあがらないため、驚きと共に夢中になって引っ張っている子どもの姿が印象的であった。



写真 4-4 空気の力の体験で使った道具

⑥「台風発生メカニズムの簡単な解説」では、PowerPointによるスライドによって、解説した。授業当日の約1か月前に接近した台風12号の話題にも触れ、関心を高めた。しかし、内容がやや高度であったため、子どもへの示し方については、改善の余地があった。

⑦「質問コーナー」では、気象予報士へ自由に質問させた。「雨の形ってどうなっているのか教えてください。」「どうして、気象予報士になったんですか。」等、事前アンケートの内容について質問している姿が見られた。

第4節 実践・調査の手続き

本節では、導出した観点に依拠した小学校第5学年理科「天気の変化」及び小学校第6学年理科「もののもえ方」の実践を行い、情意的側面として科学・理科学習態度に与える効果を検証するための手続きについて述べる。便宜上、小学校第5学年理科「天気の変化」を【実践1】、小学校第6学年理科「もののもえ方」を【実践2】として、以下、述べていくこととする。

第1項 調査対象及び時期

【実践1】の授業及び調査は、静岡県内の公立小学校の5年生2クラス、64人を対象とした。授業は、2011年5月～6月に「天気の変化」、9～10月に「台風と天気の変化」を実施した。調査は4月下旬に事前調査を、10月中旬に事後調査を行った。

【実践2】の授業及び調査は、静岡県内の公立小学校の6年生、67人を対象とした。授業は、2012年4月～5月下旬の約2ヵ月間にわたって実施した。授業内容は、第2章で開発したものと同一である。調査は、4月上旬に事前調査を、5月下旬に事後調査を行った。

第2項 調査の方法

前述したように、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業が情意的側面に与える効果を明らかにするために、調査の方法として、質問紙による事前・事後調査を実施することとした。質問紙は、寺田ら¹⁷⁾が調査で用いた「科学・理科学習態度」に関する質問紙を採用した。ただし、筆者の判断で、一部、小学生にも分かる表現に置き換えた。調査で用いた質問項目は、図4-4のとおりである。回答は「そう思う」、「どちら

かと言えばそう思う」、「どちらかと言えばそう思わない」、「そう思わない」の4件法を採用した。

科学・理科学習態度 質問項目
①理科は、人々がよりよく生きていく上で必要な教科と思う。
②理科という教科は、自分を成長させてくれていると思う。
③理科の授業の中で、社会における最新の科学技術について追究したい。
④理科の授業の中で、昔の人や自然に対する感謝の気持ちを持つことがある。
⑤科学は、私たちが自然界を理解するのに役立つので重要である。
⑥科学技術の進歩は、通常、社会に利益をもたらす。
⑦科学の話題について学んでいるときは、たいてい楽しい。
⑧科学について学ぶことに興味がある。
⑨私は自分の役に立つと分かっているので、理科の勉強をしている。
⑩理科を勉強することは、将来の仕事の可能性を広げてくれるので、私にとって、やりがいがある。

図 4-4 調査で用いた質問項目

第3項 実践及び調査の位置

実践1及び実践2と調査の位置を図化したものが図4-5である。実践1及び実践2の事前と事後に「科学・理科学習態度」に関する質問紙調査を行い、事前と事後の結果を用いて分析した。このような手続きを経ることで、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業実践の科学・理科学習態度に与える効果を検証した。

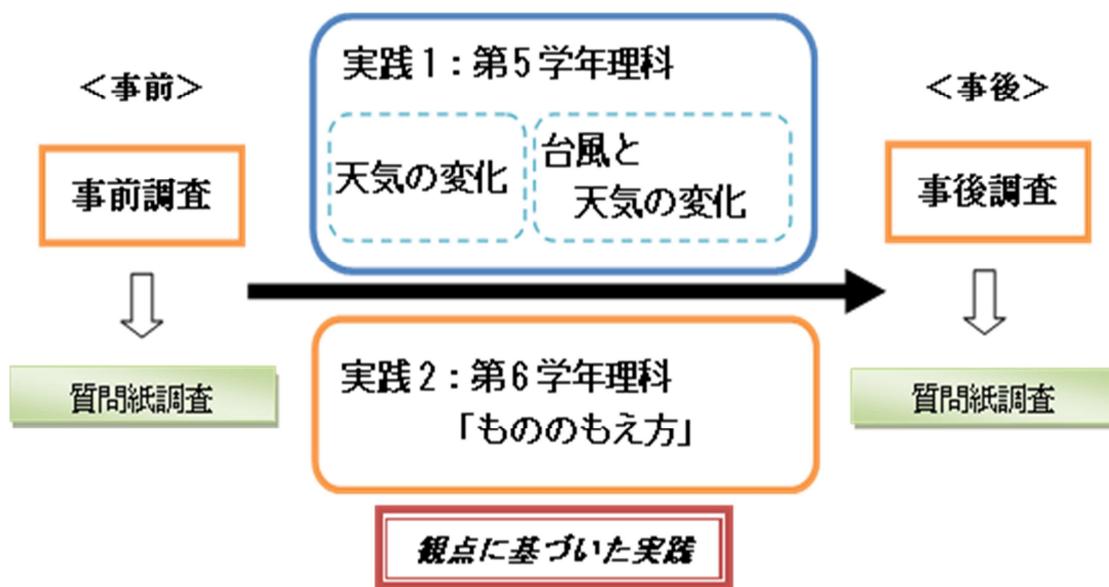


図 4-5 実践と調査の位置

第5節 調査結果及び分析

本節では、実践1及び実践2に対して行った事前・事後調査の結果を報告し、考察する。

第1項 実践1「天気の変化」の質問紙による事前・事後調査の結果及び分析

実践1の事前・事後に実施した質問紙調査の結果及び分析は、表4-2のとおりであった。

表4-2 実践1における事前・事後調査の結果及び分析

質問項目	同意に回答した人数と割合					実践前後の移動人数			
	事前		事後		増減	同意方向 へ移動	否定方向 へ移動	変化なし	直確法 判定(両側)
①理科は、人々がよりよく生きていく上で必要な教科と思う。	47	74.6	57	89.1	↑	23	10	31	*
②理科という教科は、自分を成長させてくれていると思う。	40	63.5	48	75.0	↑	23	10	31	*
③理科の授業の中で、社会における最新の科学技術について追究したい。	37	58.7	40	62.5	↑	20	14	30	n.s
④理科の授業の中で、先人や自然に対する感謝の気持ちを持つことがある。	35	55.6	47	73.4	↑	24	11	29	*
⑤科学は、私たちが自然界を理解するのに役立つので重要である。	44	69.8	48	76.2	↑	18	15	30	n.s
⑥科学技術の進歩は、通常、社会に利益をもたらす。	42	66.7	51	79.7	↑	23	10	31	*
⑦科学の話題について学んでいるときは、たいてい楽しい。	52	82.5	59	92.2	↑	19	7	38	*
⑧科学について学ぶことに興味がある。	35	57.4	49	76.6	↑	24	9	29	*
⑨私は自分の役に立つと分かっているので、理科の勉強をしている。	19	31.1	38	59.4	↑	32	8	22	**
⑩理科を勉強することは、将来の仕事の可能性を広げてくれるので、私にとって、やりがいがある。	31	49.2	30	46.9	↓	17	12	35	n.s

人 % 人 %

** p<.01
* p<.05

表4-2では、事前と事後において各項目で同意(「そう思う」, 「どちらかと言えばそう思う」)に回答した人数と割合を示した。また、事前と事後の回答結果から同意方向及び否定方向への移動、変化なしの人数を示した。そして、同意方向への移動人数と否定方向への移動人数から直接確立計算法によって、統

計学的な検定（両側）を行った。

その結果，10項目中9項目で，事前よりも事後の方が同意に回答した人数（割合）が相対的に多かった。また，直確法による判定の結果，10項目中7項目で有意差が認められた。特に，質問項目⑨「私は自分の役に立つと分かっているので，理科の勉強をしている。」は，1%水準で有意であり，特筆すべき結果であった。

第2項 実践2「もののもえ方」の質問紙による事前・事後調査の結果及び分析

実践2の事前・事後に実施した質問紙調査の結果及び分析は，表4-3のとおりであった。

表4-3 実践2における事前・事後調査の結果及び分析

質問項目	同意に回答した人数と割合				増減	実践前後の移動人数			直確法判定(両側)
	事前		事後			同意方向 へ移動	否定方向 へ移動	変化なし	
①理科は、人々がよりよく生きていく上で必要な教科と思う。	60	89.6	64	95.5	↑	20	6	37	**
②理科という教科は、自分を成長させてくれていると思う。	53	79.1	62	92.5	↑	22	7	34	**
③理科の授業の中で、社会における最新の科学技術について追究したい。	46	68.7	55	82.1	↑	20	12	31	n.s.
④理科の授業の中で、先人(昔の人)や自然に対する感謝の気持ちを持つことがある。	49	74.2	54	80.6	↑	19	11	33	n.s.
⑤科学は、私たちが自然界を理解するのに役立つので重要である。	62	92.5	62	92.5	→	16	14	34	n.s.
⑥科学技術の進歩は、通常、社会に利益をもたらす。	52	77.6	56	83.6	↑	18	13	32	n.s.
⑦科学の話題について学んでいるときは、たいてい楽しい。	61	91.0	62	92.5	↑	15	10	38	n.s.
⑧科学について学ぶことに興味がある。	58	86.6	62	92.5	↑	15	5	43	*
⑨私は自分の役に立つと分かっているので、理科の勉強をしている。	45	67.2	53	79.1	↑	20	8	35	*
⑩理科を勉強することは、将来の仕事の可能性を広げてくれるので、私にとって、やりがいがある。	52	77.6	56	83.6	↑	20	9	34	+

人 % 人 %

** p<.01
* p<.05
+ .05<p<.10

同意に回答した人数と割合を見ると、10項目中9項目が事前よりも事後の方が同意に回答した人数（割合）が多かった。また、直確法による判定の結果、10項目中4項目（①②⑧⑨）で有意差が認められた。特に、①「理科は人々がよりよく生きていくため上で必要な教科だと思う。」及び②「理科という教科は、自分を成長させてくれていると思う。」は、1%水準で有意であり、特筆すべき結果であった。

第3項 考察

実践1及び実践2において、「科学・理科学習態度」に関する質問紙調査を事前及び事後に実施したことで、次のような結果を得ることができた。

【実践1の質問紙調査の結果】

- ① 10項目中9項目で、事前よりも事後の方が同意に回答した人数（割合）が多かった。
- ② 直接確率計算法を行った結果、10項目中7項目で有意差が認められた。特に質問項目⑨は、1%水準で有意であった。

【実践2の質問紙調査の結果】

- ① 10項目中9項目で、事前よりも事後の方が同意に回答した人数（割合）が多かった。
- ② 直接確率計算法を行った結果、10項目中4項目で有意差が認められた。特に質問項目①及び②は、1%水準で有意であった。

実践1の結果から、全体として、科学・理科学習態度の向上に有効であったことが示唆された。とりわけ、質問項目⑨「私は自分の役に立つと分かっているので、理科の勉強をしている。」の変容が大きかったのは、単元のはじめに天気予報を視

聴させ、「君は気象予報士だ！」という単元を貫くテーマを掲げて学習したことや、単元の終盤に児童が気象予報士となつて行った模擬天気予報の授業、気象予報士をゲストティーチャーとして招いた授業が大きな要因となっていると考える。これらの授業は、第1章で導出した観点「①現実世界との関連性」や「②知識やスキルの活用」、「④多様な学習材」を具現化した授業である。学習内容と現実世界との関連が単元全体を通して有効にはたらいたと推察される。本研究の調査として実施したものではないが、単元終了後の児童の感想では、図4-6や図4-7のように、学習前、天気について興味がなかった児童が気象予報士との授業を肯定的に捉えていたり、「天気予報を見るようになった。」とあるように、児童の日常生活における変化が見られたりした。このような回答は、その他、多くの児童にも見られ、質問紙調査による効果と軌を一にする部分が確認できた。

さいしょはあまり天気のことは知らなかった（ま
うみはなかった）けど、気象予報士さんが来て
いろいろなることを知ることができました。

図4-6 単元終了後の児童の感想1（下線は、筆者が加筆）

実験で雲をつってみんなに見せてくれたことが思い出に
残っています。
この授業のおかげで天気予報を見ることができました。

図4-7 単元終了後の児童の感想2（下線は、筆者が加筆）

ただし、実践1の事前調査の結果を見ると、同意に回答した割合が70%以下の項目が10項目中8項目あり、筆者が想定していたよりも低かった。実践2の事前調査の結果と比べても、その低さが確認できる。それらを踏まえると、実践1の調査対象群は、科学・理科学習態度が元々低かったと言わざるを得ない。そのため、実践1の効果は、科学・理科学習態度が低い児童に対する効果であることに留意する必要があると考える。

実践2の結果では、質問項目①②⑧⑨で有意差が認められた。これらの質問項目は、科学・理科学習への興味や有用感を示す項目である。そのため、導出した観点に依拠した実践は、児童の科学・理科学習への興味や有用感の向上に有効であったと判断できる。実践1においても、これら4項目は有意差が認められており、2つの実践における共通した効果であると言える。その他の項目は、直確法による判定において有意な差が認められなかった。しかし、事前よりも事後の方が同意に回答した人数（割合）が多かったことから、全体として、科学・理科学習態度の向上に一定の効果があると考えられる。

一方で、質問項目③⑤⑩は、2つの実践において効果が見られなかった。③「理科の授業の中で、社会における最新の科学技術について追究したい。」の結果については、本実践でのオーセンティシティが子どもたちの「日常生活」に向けたため、「最新の科学技術への追究」の方向へは、傾かなかつたと推察される。⑤「科学は、私たちが自然界を理解するのに役立つのに重要である。」については、子どもにとって「科学」に対するイメージが掴みにくいことや「1単元での学習＝自然界の理解」には、つながらなかつたことが差として現れなかつた原因として考えられる。これらの点は、1単元で向上させることが難しく、長期的な実践の中で変容を検討したり、最新の科学技術に触れる場面や「科学とは何か」ということ学習する¹⁸⁾機

会を設定したりする必要があるろう。⑩「理科を勉強することは、将来の仕事の可能性を広げてくれるので、私にとって、やりがいがある。」については、対象が小学5年生・6年生であり、社会や進路への意識が低いことが、有意な差が認められなかった要因であると考えられる。

以上のことから、小学校第5学年「天気の変化」及び小学校第6学年理科「もののもえ方」において、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業デザインをし、実践したことで、科学・理科学習態度の向上に一定の効果があることが示唆された。とりわけ、科学・理科学習への興味や有用感については、2つの実践において向上が認められ、特筆すべき結果であった。

第6節 本章のまとめ

本章の目的は、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業が科学・理科学習態度に与える効果を明らかにすることであった。

この目的を達成するために、まず、実践1として、小学校第5学年理科「天気の変化」を対象として、具体的な単元開発を行った。単元開発を行うに当たっては、気象に関する先行研究及び先行実践の省察、さらには、オーセンティック・ラーニングに関する先行研究から導出した6つの観点に基づいて単元開発を検討し、具現化を図ることができた。実践2：小学校第6学年理科「ものもえ方」は、第2章で開発したものと同一である。

次に、導出した観点に依拠した理科授業実践を行うことで、情意的側面として科学・理科学習態度の効果を検証した。そのために、実践1では小学校第5学年の児童64人、実践2では小学校第6学年の児童67人を対象として、観点に依拠した授業を行った。そして、科学・理科学習態度に関する10項目の質問紙を用いて、事前・事後調査を行った。

その結果、オーセンティック・ラーニングの先行研究から導出した観点に依拠した理科授業実践が科学・理科学習態度の向上に一定の効果があったことを示すことができた。とりわけ、科学・理科学習への興味や有用感については、2つの実践において向上が認められ、特筆すべき結果を得ることができた。

註及び引用・参考文献

- 1) Edelson, D.C. & Reiser, B.J.: Making Authentic Practices Accessible to Learners: Design Challenges and Strategies, R. Keith Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of The Learning Sciences*, pp.335-354, 2006, Cambridge University Press.
- 2) Mims, C.: Authentic Learning: A practical introduction and guide for implementation. *Meridian: A Middle School Computer Technology Journal*, 6(1), 2003.
(http://ncsu.edu/meridian/win2003/authentic_learning/)
【最終アクセス:2013年8月10日】
- 3) 寺田光宏・吉岡亮衛:「地域企業と理科授業をつなぐ授業モデルの評価－文脈の選択と Chemie im Kontext の活用－」, 日本科学教育学会年間論文集, pp. 237-238, 2011.
- 4) 文部科学省:「小学校学習指導要領 解説理科編」, p.52, 2008, 大日本図書, 2008.
- 5) 「たのしい理科 5年」, 大日本図書.
- 6) 前川哲也:「弱者の連携: 気象教育の生き残る道」, お茶の水女子大学附属中学校紀要, 第34集, p.50, 2005.
- 7) 星野昌治編:「新しい小学校理科・授業づくりと教材研究」, pp.123-127, 2009, 東洋館出版.
- 8) 村山哲哉・日置光久編著:「小学校理科 板書で見る全単元・全時間の授業のすべて 5年」, pp.98-113, 東洋館出版社, 2011.
- 9) 小学校理科実践研究会編著:「小学校 新学習指導要領の展開」, pp.116-122, 2008, 明治図書.
- 10) 栢野彰秀・森健一郎・三宅正太郎:「イメージマップを用いた中学校理科学習支援に関する事例的研究」, 北海道教育大学紀要(教育科学編), 62(2), pp.105-118. 2012.
- 11) 割石隆浩・杉原正樹・高橋庸哉:「小学校5年「天気の変化

～冬の天気」に関するワークシート・指導案の開発と実践」,
日本科学教育学会年会論文集, 35, pp.458-459, 2011.

- 12) 榊原保志・東原義訓：「パソコンによる気象観測記録の中から規則性を調べる学習」, 地学教育, 53(5), pp.201-208, 2000.
- 13) 中林俊明・山本勝博：「小学校第5学年「天気の変化」における指導法に関する考察－低気圧を活用する問題点と総合的な気象情報を用いた学習活動について－」, 茨城大学教育実践研究, (31), pp.61-74, 2012.
- 14) 津幡道夫編著：「子どもたちは自然をどのようにとらえているか」, pp.183-216, 1993, 東洋館出版.
- 15) 浅利圭・加藤圭司：「動的かつ因果的な理解を目指す気象学習に関する一考察－「天気の変化」の説明方略の変容に着目して－」, 日本理科教育学会全国大会要項, (61), p.234, 2011.
- 16) 名越利幸, 木村龍治：「気象の教え方学び方（気象の教室）」, 1994, 東京大学出版.
- 17) 前掲書 3)
- 18) たとえば, 鈴木は, 以下の論文で, 日本の理科カリキュラムに"Nature of Science (科学の本質)"を体系的に導入する必要性を指摘している。
鈴木宏昭：「米国の理科カリキュラムにおける"Nature of Science"の教授内容：学年進行による段階的变化に焦点を当てて」, 白鷗大学論集 24(1), pp.175-190, 2009.

終章 本研究のまとめ及び今後の課題

本章では、各章における研究成果をもとに、本研究の成果をまとめる。また、教育実践への示唆及び今後の課題について述べる。

第1節 本研究のまとめ

本研究の目的は、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業デザイン及び実践によって、認知的側面や情意的側面への効果を明らかにすることであった。そして、それらの結果から理科授業デザインのための観点の実践可能性を検討することであった。

本節では、この目的を達成するためにとったプロセスに沿って、各章で得られた知見をまとめる。

第1項 本研究の問題の所在及び研究課題の設定

序章では、まず、問題の所在を明らかにした。国内外の調査結果及び先行研究により、本研究では次の2点を問題の所在としてあげた。1点目は、現実世界とのつながりの中で科学的な知識を活用する力が十分に育っていないという認知的側面の問題である。坂本ら¹⁾の研究によれば、このような問題と関連して「科学的原理・法則の適用限界の問題」を取り上げ、研究を行っていた。2点目は、理科学習の大切さや有用性の低迷等の情意的側面の問題である。

これらの問題を受けて、日本においては、理科授業と実社会・実生活との関連が注目されていた。そこで、学習指導要領を中心とした日常生活との関連に関する歴史的展開を省察した。その結果、日常生活との関連は、戦後の経験カリキュラムで重視されていたが、その後、系統性を重視する教育への変遷し、希薄化した。そして、ゆとりの教育から現在の

学習指導要領にかけて、徐々に理科授業と日常生活との関連が重視されるようになってきた。しかし、鶴岡が指摘するように科学の成果が生活や社会において占める位置についての理解が乏しく²⁾、日常生活との関連を図る指導の効果が明確に表れているとは言い難い状況があった。

海外へ目を向けると、先述した問題意識や背景を踏まえた研究の1つに、学習や評価におけるオーセンティック概念に関する研究が展開されていた。評価研究に関しては、オーセンティック・アセスメントに関する理論的・実践的研究が国内外問わず、行われていた。学習研究に関しては、諸外国において、現実世界における知識の活用を促進する文脈の中での学習として、オーセンティック・ラーニングが主張され、多分野にわたって先行研究が散見された。しかし、具体的な授業デザインによる効果の研究は、ほとんど見られないのが現状であった。日本においては、オーセンティック・ラーニングに関する理論的・実践的研究が、管見の限り、見受けられなかった。また、オーセンティック・ラーニングの主張と類似した「実社会・実生活の関連」や「活用」等は、学習指導要領の改訂に伴い、実践者の関心が高まっているものの、学術論文として、その成果が多く発表されているわけではないのが現状であった。

オーセンティック・ラーニングは、現実世界の文脈の中での知識の活用や教科の特性に応じた学習活動、評価等、教育実践の総体として捉えられているものである。そのため、戦後の経験カリキュラムにおける生活単元学習とは異なる性格をもち、単に日常生活と関連した教材を導入すればよいといったものとは一線画するものであった。

以上のようなことから、本研究では、オーセンティック・ラーニングに着目し、先述した目的を設定するに至った。

本研究の目的を達成するために、以下の3つの研究課題を設定した。1つめの研究課題（以下、研究1）は、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業をデザインするための観点を導出することであった。2つめの研究課題（以下、研究2）は、研究1によって得られた知見をもとに、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業をデザインし、認知的側面に与える効果を明らかにすることであった。3つめの研究課題（以下、研究3）は、同じく研究1の成果から、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業が情意的側面に与える効果を明らかにすることであった。

上記の3つの研究課題を解決するために、本研究では、オーセンティック・ラーニングに関する文献研究による理論的アプローチと、小学校理科において、授業デザイン及び実践によって効果を検証する実践的アプローチ、この2つを主たる研究方法とした。

第2項 理論的アプローチによる理科授業デザインのための観点の導出（研究1の成果）

第1章では、オーセンティック・ラーニング等の先行研究から、理科授業デザインのための観点を導出することを試みた。オーセンティック・ラーニングの定義や特質に関する文献を省察したところ、オーセンティック・ラーニングが現実世界の文脈の中で知識の活用や問題解決等、高次思考を要する学習であることがわかった。一方で、多くの研究者がさまざまな文脈の中で、オーセンティック・ラーニングについて述べているため、その概念は幅広く、定義や特質に関して必ずしも合意が得られているわけではないことも明らかとなった。そこで、観点の導出に当たっては、オーセンティック・ラーニングに関する文献を収集し、その中から共通点を見出すことで実現することとし

た。その結果，理科授業デザインのために教師が最低限準備すべき観点として，以下の6点導出することができた。

- ① 現実世界との関連性
- ② 知識やスキルの活用
- ③ 学習内容の習得
- ④ 多様な学習材
- ⑤ 他者との協同
- ⑥ オーセンティック・アセスメント

第3項 実践的アプローチによる認知的側面に与える効果（研究2の成果）

第2章及び第3章では，第1章の理論的アプローチの成果を踏まえて，実践的アプローチによる認知的側面に与える効果を検証した。

第2章では，第1章において導出した観点に基づいて，理科授業をデザインし，科学的知識の理解に与える効果を明らかにすることを目的とした。

この目的を達成するために，まず，小学校第6学年理科「もののもえ方」を対象として，具体的な単元開発を行った。単元開発を行うに当たっては，燃焼概念に関する先行研究や「ものの燃え方」に関する先行実践を省察し，単元開発のための視点を明確にした。さらに，オーセンティック・ラーニングに関する先行研究から導出した6つの観点に基づいて単元開発を検討し，具現化を図ることができた。

次に，導出した観点到に依拠した理科授業実践を行うことで，科学的知識の理解が促進したか否かを検証した。そのために，小学校第6学年の児童161人を対象として，観点到に依拠した授業を行う実験群と，通常の教科書通りの授業を行う統制群に分

けて、実践した。また、活用型の評価問題や典型テスト等を用いて、事前・事後調査を行った。

その結果、導出した観点に依拠した理科授業実践が燃焼に関する科学的知識の理解の促進に有効であることを示すことができた。

第3章では、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業が児童の燃焼概念形成に与える影響を質的なアプローチによる分析を通して明らかにすることを目的とした。それは、第2章の量的調査において、実験群及び統制群の児童が獲得した燃焼概念の質的な違いを明らかにするまでには至っていないため、質的アプローチの必要性が生じたからであった。

そこで、まず質的調査法に関わる先行研究を省察した。そしてそれを踏まえて、本研究では、授業実践によって知識の適用範囲が拡張するであろうという仮説をもっていることから、概念を広く含んだ質問を行う「概念についての面接法」を評価方法として採用することとした。両群の質的な違いを検証するために、実験群からは8人、統制群からは4人の計12人を抽出し、「概念についての面接法」を実施した。その結果、あくまでも抽出児童の結果の範囲内という条件付きではあるものの、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業を実践したことで、燃焼概念形成において、より統合された科学的知識を獲得させ、その適用範囲を拡張することや現実世界の事柄や状況と関連をもたせることに影響を与えたことが明らかとなった。

以上、第2章及び第3章による研究の成果から、科学的知識の理解に与える効果及び概念形成に与える影響を明らかにすることができた。それらの成果から、本研究では、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業が、認知的側面の向上に有効であると判断した。

第 4 項 実践的アプローチによる情意的側面に与える効果（研究 3 の成果）

第 4 章では、第 1 章の理論的アプローチの成果を踏まえて、実践的アプローチによる情意的側面に与える効果を検証した。

具体的には、オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業が科学・理科学習態度に与える効果を明らかにすることを目的として研究を進めた。

この目的を達成するために、まず、実践 1 として、小学校第 5 学年理科「天気の変化」を対象として、具体的な単元開発を行った。単元開発を行うに当たっては、気象に関する先行研究及び先行実践の省察、さらには、オーセンティック・ラーニングに関する先行研究から導出した 6 つの観点に基づいて単元開発を検討し、具現化を図ることができた。実践 2：小学校第 6 学年理科「もののもえ方」は、第 2 章で開発したものと同じであった。

次に、導出した観点到に依拠した理科授業実践を行うことで、科学・理科学習態度の効果を検証した。そのために、実践 1 では小学校第 5 学年の児童 64 人、実践 2 では小学校第 6 学年の児童 67 人を対象として、観点到に依拠した授業を行った。そして、寺田ら³⁾が実施した科学・理科学習態度に関する 10 項目の質問紙を用いて、事前・事後調査を行った。

その結果、導出した観点到に依拠した理科授業実践が科学・理科学習態度の向上に一定の効果があることを示すことができた。とりわけ、科学・理科学習への興味や有用感については、2 つの実践において向上が認められ、特筆すべき結果を得ることができた。

以上、第 4 章の成果からオーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業を行うことで、情意的側面の向上に一定の効果があることを示すことができたと考える。

第 5 項 導出した観点の実践可能性

以上，3 つ研究課題の解決を通して，オーセンティック・ラーニングの先行研究から導出した 6 つの観点に基づいてデザインした理科授業によって，認知的側面及び情意的側面の向上に効果を示すことが明らかとなった。

そのため，本研究では，導出した観点には実践可能性があると判断した。

第 2 節 教育実践への示唆

ここでは、本研究で得られた成果から、教育実践への示唆をまとめる。

第一に、オーセンティック・ラーニングの先行研究より導出した観点は、教育現場における理科授業デザインに着手する際の基本的視座の提供となることが期待される点である。

問題の所在でも述べたように、現在の理科教育では、日常生活や社会生活等の現実世界とのつながりの中での科学的知識の活用が不得意であったり、理科学習の大切さや有用性等が低迷していたりする点に課題があることを指摘した。これらの課題に対して、本研究では、オーセンティック・ラーニングの視点から理科授業デザインのための観点を導出し、実践的アプローチによって学習効果を明らかにした。観点に基づいた理科授業は、単に現実世界と関連した事例を導入すればよいといったものとは異なり、「科学的探究を通じた学習内容の習得」や「活用」、「他者との協同」、「多様な学習材」、「評価（オーセンティック・アセスメント）」等の観点が、単元全体の中で有機的に結びついたデザインなのである。本研究で導出した観点は、教育現場において、今日的な課題に対応した理科授業をデザインする際の基本的視座になることが期待される。また、その実現のために、今後の教員養成や現職教員研修の場で、観点とともに実践事例を示し、普及していくことが必要であろう。

第二に、現実世界との関連をもたせる授業デザインのために、他教員や専門家と積極的に連携して授業づくりをする必要性である。

第 4 章で示した小学校第 5 学年理科「天気の変化」の授業づくりにあたっては、気象予報士と連携した。オーセンティック・ラーニングでは、観点の 1 つとして挙げているとおり、現実世界と

関連をもたせることが重要である。しかし、現実世界と関連をもった授業デザインでは、その教師の知識や経験の有無、関心事項等に規定されることが多く、限界がある。そのため、現実世界との関連をもたせる授業デザインを行う際には、他教員や専門家と積極的に連携することが必要となる。その実現のために、人材データベースや実践事例の蓄積が今後、必要となろう。

以上、本研究の成果に基づき、教育実践への示唆を2点にまとめて指摘した。示唆の実現のために、どう環境を整え、普及していくかを考えることが、教育現場への貢献となると考える。

第 3 節 今後の課題

今後の課題を以下の 2 点にまとめる。

① 導出した観点に基づいた単元開発の蓄積及び学習効果の追認

本研究の成果は、小学校第 6 学年理科「もののもえ方」及び第 5 学年理科「天気の変化」の 2 つの事例を通して、その学習効果を述べた。研究の成果を幅広く教育現場へ還元していくためには、観点に基づいた別単元の開発を蓄積し、その学習効果を追認する必要がある。そうすることで、導出した観点の実践可能性もさらに高まると考える。

② 中学校及び高等学校理科における効果の検証

本研究は、小学校理科における実践的研究であった。問題の所在で挙げた認知的側面や情意的側面の課題は、中学校及び高等学校理科の方が、顕著である。たとえば、小倉⁴⁾は、わが国の高等学校 1 年生の 7 月に実施された PISA 調査の結果が、中学校以前に生じて高校 1 年まで継続しているのか、あるいは高等学校入学後に生じたものかについての研究を行い、「日本の生徒は、高校入学後に科学への興味・関心を低下させている可能性が高い」、「理科を学習する目的意識は、中学 3 年生と高校 1 年生のいずれも著しく低い水準に止まっていることが分かる」などについて、明らかにしている。また、小倉⁵⁾は、このような課題に対して、中学校及び高校の理科学習において、実生活や実社会の諸問題を扱い、その理解や解決に役立つように科学を教える必要があると指摘している。

本研究の成果は、小学校理科におけるものであるが、導出した観点を中学校理科及び高等学校理科においても適用するこ

とで、課題の解決につながる可能性がある。そのため、実践的にその効果を検証することが今後のさらなる研究テーマとされる。

註及び引用・参考文献

- 1) 坂本美紀ほか：「科学的思考としての原理・法則のメタ理解：小学校第6学年「燃焼」を事例として」，科学教育研究，31(4)，pp.220-227，2007.
- 2) 鶴岡義彦：「キャリア教育から見た理科教育の課題」，理科の教育，p.8，2004，東洋館出版.
- 3) 寺田光宏・吉岡亮衛：「地域企業と理科授業をつなぐ授業モデルの評価－文脈の選択と *Chemie im Kontext* の活用－」，日本科学教育学会年間論文集，pp. 237-238，2011.
- 4) 小倉康：「PISAの調査項目を用いた日本の中学3年生と高校1年生の科学への態度の比較」，科学教育研究，32(4)，pp.330-339，2008.
- 5) 同書，p.339.

附記

本論文の第 1 章及び第 2 章は、以下の査読付き論文に基づき、加筆、再構成したものである。

小川博士・松本伸示：オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業が科学的知識の理解に与える効果－小学校第 6 学年理科「ものの燃え方」を事例として－，日本理科教育学会理科教育学研究，52(3)，pp.43-53，2012.3.

本論文の第 3 章は、以下の査読付き論文に基づき、加筆、再構成したものである。

小川博士・松本伸示：オーセンティック・ラーニングに依拠した理科授業が燃焼概念形成に与える影響に関する事例的研究－「概念についての面接法」の分析を通して－，日本理科教育学会理科教育学研究，53(3)，pp.429-439，2013.3.

謝辞

本研究の遂行並びに本論文をまとめるに当たり、多くの方々からご指導、ご協力を賜りました。

本研究の主指導教員の兵庫教育大学教授・松本伸示先生には、兵庫教育大学教職大学院のときから、5年間にわたって、研究の方法を基礎から丁寧に導いて頂きました。また、研究の節目での学会発表や投稿論文の執筆を勧めていただき、大変貴重な機会を設けていただきました。その中で、うまくいかないことも多々ありましたが、先生からの温かいお言葉が何度も励みとなりました。心より感謝申し上げます。

副指導教員の上越教育大学教授・小林辰至先生には、本研究の意義や研究の進め方について多くのご示唆をいただきました。貴重なご指導・ご意見をいただき、深く感謝申し上げます。

元副指導教員の滋賀大学教授・藤岡達也先生には、博士候補認定試験の折に、研究の方向性や調査方法について、貴重なご指摘・ご助言をいただきました。ありがとうございました。

兵庫教育大学教授・庭瀬敬祐先生，同大学教授・溝邊和成先生，岡山大学教授・喜多雅一先生には、学位論文審査委員会において、本論に対するご指摘や今後の発展についてご助言いただきました。

また、ご公務多忙な中、快く実践的研究にご協力いただきました浜松市立与進小学校・元校長の森和光先生，当時，第6学年主任の飛田弘員先生をはじめ，第6学年担当の先生方，理科主任の先生には、授業実践において多大なご指導・ご協力を賜りました。

さらに、浜松市立和田小学校・前校長の三宅悟先生，同小学校長の玉澤政春先生には，研究を進めるための多大なるご理解とご支援をいただきました。心から感謝申し上げます。

筑波大学教授・片平克弘先生には，研究の進捗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。私がこうして研究の道を歩んでいるのは，埼玉大学時代に片平先生から研究の面白さや厳しさを教えていただいたからです。ありがとうございました。

兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科で同じ研究室であった平田豊誠氏には，教員の先輩として，院生の先輩として，本研究に貴重なご意見と多大なる励ましをいただきました。松本榮次氏には，博士課程における研究活動の見通しについて，相談に乗っていただきました。中島雅子氏・山岡武邦氏には，互いの研究について語り合い，大変な刺激をいただきました。研究室で出会えた仲間は，一生の宝物です。ありがとうございました。

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，本研究を進めるにあたって，何よりも支えとなりました妻・早紀，両親に感謝の言葉を添えて謝辞とします。

2014年3月

小川 博士

卷末資料

- 資料Ⅰ Maina, F.博士へ送った筆者からのメール本文
- 資料Ⅱ Maina, F.博士からの返信メールの本文
- 資料Ⅲ 観点の導出のために分節化した要素
- 資料Ⅳ 第6学年理科「もののもえ方」 指導の実際
- 資料Ⅴ 概念についての面接法によって得られた各児童の言い換え文
- 資料Ⅵ 各児童の関連性マトリクス
- 資料Ⅶ 各児童の関連性マップ
- 資料Ⅷ 児童に実施した科学・理科学習態度に関する質問紙調査

資料 I Maina, F 博士へ送った筆者からのメール本文

Dear. Dr. Faith W. Maina

I hope that my contacting you is not an imposition in any way.

I am Hiroshi Ogawa, a graduate student of education department at Hyogo University in Japan.

I currently research about authentic learning and authentic assessment. I got two questions after reading your thesis “Authentic Learning: Perspectives from Contemporary Educators.”

Why is authentic learning important and why is it necessary to take authentic learning in a class?

The answers to those questions will develop my understanding of the study.

I appreciate it very much if you would answer those questions.

Looking forward hearing from you,

Sincerely,

Hiroshi Ogawa

資料Ⅱ Maina, F 博士からの返信メールの本文

Dear Hiroshi Ogawa,

Sorry I was unable to get back to you sooner. I was away from my desk with limited access to the internet. The questions you ask below are good. In the context of American education system, many students have been miseducated because of the inability to access school knowledge because it has no relevance whatsoever to their lived experience. The traditional western canon has over the years denigrated the experiences of many students because of its emphasis on the values and culture of the Euro-American learner. It is from this background that America continues to post mediocre results especially for African, Latino, Asian and Native American students. What I argue in that article then is for educators to start from where the student is, what they know, and then scaffold that knowledge which students bring to the classroom to integrate elements that will lead to intellectual growth for the students. In short, make knowledge accessible to the learner by starting from what they know, rather than treating the student like an empty vessel waiting to be filled knowledge that has no relevance to their own lives. I don't know much about the Japanese education system so am not sure you have similar challenges. Good luck in your studies and I hope this helps a little.

Sincerely yours,

Dr. Maina

Glatthorn, A.A.(1999)より

- ・ 高次思考スキルを重視する・・・知識の活用，説明や組織化，解釈，評価，統合
- ・ 足場かけをする
- ・ メタ認知を促す
- ・ グループ対話を用いる
- ・ 深さを求める学習を重視する
- ・ オープンエンドな問題
- ・ 複雑な問題：多様な解釈や説明を含む
- ・ 状況，現実世界を重視した問題
- ・ オーセンティックな学習は新しい知識の習得と活用を必要とする
- ・ オーセンティックな学習は反省的対話を必要とする（振り返りと議論）
- ・ オーセンティックな学習は活動以上のものである（学習結果，学習目標の明確化）
- ・ オーセンティックな学習はフィードバックが必要
- ・ オーセンティックな学習は情意的であり認知的でもある
- ・ 主要な概念や役立つストラテジーを重視する

Rule, A.C.(2006)より

- ・ オープンエンドな探究や思考スキル，メタ認知が述べられる
- ・ 生徒は学習者共同体における対話や社会的学習に取り組む
- ・ 生徒自身の学習を方向づける選択を通して権限が与えられる
- ・ 活動には専門分野の人々の活動を模倣する現実世界の問題を含む

Maina, F. W. (2004)

- ・ 活動は現実世界の状況を模写している
- ・ 学習は学習者の世界の延長にある有意味な状況の中に位置づける
- ・ 学習者は指導（授業）の中心にいる

Callison & Lamb(2004)

- ・生徒中心の学習
- ・学校を越えた多様なリソースへのアクセス
- ・科学的な初心者（scientific apprentices）としての生徒
- ・オリジナルのデータを収集する機会
- ・課題（assignment）をこえた生涯学習
- ・オーセンティック・アセスメント（プロセス，成果，パフォーマンス）
- ・チームとの協同

Renzulli, Gentry, and Reis(2004)

- ・生徒は認知的関心に加えて感情的なコミットメントを含む個人の準拠枠をもって現実生活の問題を探究した
- ・その問題は解決のための規定のストラテジーなしのオープンエンドを必要とした
- ・生徒は，人々のアクションや信念，態度を変える解決策を考えだすことに動機づけられた
- ・その問題は教室を越えてリアルな聴衆を対象とした

Lombardi, M. M. (2007)

- ・現実世界との関係性
オーセンティックな活動は，可能な限り実践場面における専門家の現実世界の課題と近い形で合致するものである。学習が「通常の（学問的）文化の実践」を模倣している現実的な（そして社会的）文脈の中で抽象的な概念，事実，公式をもって活動的に取り組むことを生徒に求めるとき，オーセンティシティが高まる。
- ・あいまいな問題
挑戦は既存のアルゴリズムの適用では簡単に解決することができない。代わりに，オーセンティックな活動は比較的不明確であり，多様な解釈の余地がある。そして生徒自身で課題や主要課題を完遂するのに必要な副課題を同定することを必要とする。
- ・持続的な探究
問題はほんの数分や数時間でさえ解決され得るものではない。代わりに，オーセンティックな活動は持続的な期間を越えて生徒が探究する（investigated）複雑な課題から成る。そして重要な時間と知的なリソースの投資を必要とする。

- 多様な資源や見解

学習者はリソースのリストを与えられていない。オーセンティックな活動はさまざまな理論的、実践的見解や多様なリソースの使用から課題を吟味する機会が生徒に与えられる。そして、生徒にプロセスにおける不適切な情報と適切な情報とを区別することを求める。

- 協同

成功は学習者個人の活動だけでは達成しえない。オーセンティックな活動では課題にとって不可欠な協同（的活動）をさせる。（それはコース内でも現実世界においても）

- リフレクション（メタ認知）

オーセンティックな活動は学習者に選択や学習のリフレクションを可能にする。（個人やチーム、共同体として）

- 学際的な見解

関連性は単一の領域や教科に特化したものに限定されるものではない。代わりに、オーセンティックな活動は特定の学問を越えて拡大する結果を有する。そして、生徒が多様性のある原理を採用したり、学際的な表現で考えたりすることを促進する。

- 総合的な評価

評価はオーセンティックな活動における総括的なものだけでなく、現実世界の評価プロセス（**evaluation processes**）を反映する問題で主要な課題に途切れなく組み込まれる。

- 洗練された成果物

結論は何かに備えた単なる実行やサブステップ（**substeps**）ではない。オーセンティックな活動は全体としての成果の作品（**creation**）に至る。

- 多様な解釈と結果

原理や手段の応用によって得られる単一の正しい答えをもたらすというより、オーセンティックな活動は多様性のある解釈や競合的な解決策を可能にさせる。

Edelson(1998)

- 不確実性
- コミットメント
- 社会的相互作用

Edelson & Reiser (2004)

- ・ 有意味な文脈の中にオーセンティックな実践を位置づける
- ・ 足場かけ
- ・ オーセンティックな実践の暗黙的な要素を明確にする
- ・ 発達過程に応じて学習活動を配列する

Bryk, Nagaoka & Newmann (2004)

- ・ 新しい現実世界の問題を解決するために基礎的な知識やスキルを活用する
- ・ 情報を組織し、解釈し、評価し、統合することによって、問題への適切な解決法に到達させる
- ・ アカデミックな専門領域からの信頼できる情報や概念、法則における解決策の基礎を教える
- ・ 他者へ結論を効果的に伝える

(1) 1～2/10時の指導(理科室→運動場→理科室)

- 1) 目 標 缶の中で燃えている割り箸や集気ビンの中で燃えているろうそくの様子に興味をもち、進んで燃え方を比べようとしている。
- 2) 準 備 (教師) 大型ディスプレイ, ノートPC, 空き缶, マッチ, わりばし, 紙, 水入りバケツ (児童) 軍手, わりばし
- 3) 学習過程

学 習 活 動	学習に対する教師の支援 評 価
<p>1 写真を見て身の回りの「燃える」という現象とのかかわりを想起し、その時の思い出を発表する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・キャンプファイヤーは熱かったけど、きれいだっただ。など <p>2 「燃える」ために絶対に必要なものは何か予想する。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>「燃える」ために絶対に必要なものは何だろう？</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ・空気 ・火 ・燃えるもの ・マッチ ・燃料・燃やす物は絶対に必要だと思う。など 	<ul style="list-style-type: none"> ・燃焼と関わりのある写真を提示する。 ・これから「燃える」について学習することを伝える。 ・予想とともに、理由も尋ねるようにする。 ・予想を全体で共有し、1つ1つ確認していく。 ・「燃える物」が必要であることは当たり前のことではあるが、ここでしっかりと押さえておく。
<p>3 グループごとに空き缶の中でわりばしを燃やす。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>空きかんの中でわりばしをもやしてみよう！</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ・燃え方に違いがあるぞ。 ・こっちの方がよく燃える。 など <p>4 実際にわりばしを燃やし、気付いたことを発表する。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <ul style="list-style-type: none"> ・予想外にうまく燃えないなあ。 ・火があるだけでは、うまくいかないなあ。 ・空気が入った方がいいんじゃないかな。 </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・運動場の砂場で実験を行う。 ・数種類の空き缶を用意し、グループに与え、実験させる。空き缶で指を切らないように指導する。 ・児童から「〇〇したい」という要望があったら、可能な範囲で許可をする。 ・熱した空き缶は高温になっているため、やけどに注意するよう十分指導する。 ・実際に燃やしてみても、自分の予想や経験と重ね合わせて気付いたことや思ったことを発表させる。
<p>5 集気ビンの中でろうそくを燃やし、どのような燃え方をするか観察する。(実験1)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>集気ビンの中でろうそくを燃やしてみよう。</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ・集気ビンの口を狭くすると火が小さくなって消えた。 ・集気ビンの口を広いときは燃え続けたままだよ。 <p>6 観察結果をまとめる。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>集気ビンにふたをして、しばらくするとろうそくの火は消える。</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・理科室へ移動する。 ・マッチの使い方や燃えがらの処理の仕方等を指導する。 ・観察結果は、ワークシートに記入させる。 ・密閉状態では、ろうそくの火がしばらくすると消えることを押さえる。 ・わりばしやろうそくを燃やしてみても、燃え続けるには新しい空気が必要なのではないかという考えをもたせる。 <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>缶の中で燃えている割り箸の様子に興味をもち、進んで燃え方を比べようとしているか(観察・発言)</p> </div>

(2) 3/10時の指導(理科室)

- 1) 目標
 - ・前時の活動から燃えるために新しい空気が入る必要があるのではないかと考えることができる。
 - ・ものが燃えるためには新しい空気が必要ではないかという課題に関心をもち、進んで解決しようとしている。
- 2) 準備(教師) 集気ビン, ろうそく, マッチ, 燃えがら入れ, 線香, 粘土
- 3) 学習過程

学 習 活 動	学習に対する教師の支援 評価
<p>1 前時までの活動を振り返る。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・穴がたくさんあいている缶の方がよく燃えたな。 ・空気が入らないとよく燃えない気がするな。 ・ふたをした集気ビンの中ではしばらくするとろうそくの火が消えた。 <p>2 前時の活動や観察結果から課題を設定する。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> ものが燃えるためには新しい空気が必要なのか？ </div> <ul style="list-style-type: none"> ・ふたをすると火が消えたから空気が必要なのではないかな。 	<ul style="list-style-type: none"> ・前時の様子を撮影した写真を提示する。 <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> 前時の活動からものが燃えるためには新しい空気が入る必要があるのではないかと考えることができるか。(記述・発言) </div> <ul style="list-style-type: none"> ・課題設定の際, その根拠となる理由も尋ねるようにする。
<p>3 底を切り取った集気ビンを使って, 新しい空気が入るようにすると, 燃え続けさせることができるか実験する。(実験2-1)</p> <p>4 観察結果を発表し, まとめる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・炎が小さくなったときにビンの底を持ち上げると再び炎が大きくなった。 ・空気はどう動いているのかな。 <p>5 線香のけむりを用いて, 空気の動きを確認する。(実験2-2)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・けむりが集気ビンに吸い込まれていくよ。 ・ふたのすき間から煙が出てるよ。 <p>6 実験のまとめをする。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> ものが燃えるためには新しい空気が必要である。 </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・実験の方法や注意点について, 補足説明する。 ・ワークシートに観察結果を「～すると,・・・になった。」という形で, 事実として書かせる。 ・「空気の動きはどうなっているのか」と発問し, 調べ方を検討する。 ただし, 空気の動きを確認する方法が児童から出ない場合は, 教師が紹介する。 <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> ものが燃えるためには新しい空気が必要ではないかという課題に関心をもち, 進んで解決しようとしているか。(観察) </div> <ul style="list-style-type: none"> ・実験の目的と結果を照らし合わせて, まとめをワークシートに書く。 ・まとめる際には, 空気の流れを図化する。

資料IV 第6学年理科「もののもえ方」 指導の実際

(3) 4/10時の指導(理科室)

- 1) 目 標
 - ・過酸化水素水と二酸化マンガンを適切に用いて酸素を発生させ、物の燃え方を調べることができる。
 - ・燃焼には、燃えるものと空気(酸素)が必要であることを理解している
- 2) 準 備 (教師) 集気ビン, ろうそく, マッチ, 燃えがら入れ, うすい過酸化水素水, 二酸化マンガン
- 3) 学習過程

学 習 活 動	学習に対する教師の支援 評 価
1 空気の入った集気ビンと過酸化水素水と二酸化マンガンを入れた(=酸素の入った)集気ビンの中に, それぞれ火のついたろうそくを入れて観察し, 燃え方を比べる。(演示実験) <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> どうして燃え方が違うのだろうか? </div> <ul style="list-style-type: none"> ・片方の集気ビンには, 何か入っているぞ! 	<ul style="list-style-type: none"> ・集気ビンに過酸化水素水と二酸化マンガンが入っていることは伝えずに提示する。 ・集気ビンに入っている薬品が過酸化水素水と二酸化マンガンであることを伝える。ただし, 発生している気体が酸素であることは伝えない。
2 集気ビンに二酸化マンガンを入れ, 過酸化水素水を加えるとどうなるか観察する。また, その中に火のついたろうそくを入れ, 燃え続けるかどうか確認する。(実験3) <ul style="list-style-type: none"> ・激しく燃えているよ。 ・ろうそくもすぐに短くなっている。 ・泡が減ったら, ろうそくの炎が小さくなって消えたよ。 など 	<ul style="list-style-type: none"> ・燃え方だけではなく, 酸素が発生している様子も観察するよう助言する。 ・観察結果をワークシートに事実として記入させる。 <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> 過酸化水素水と二酸化マンガンを適切に用いて酸素を発生させ, 物の燃え方を調べることができるか。(観察) </div>
3 結果を発表する。	<ul style="list-style-type: none"> ・二酸化マンガンに過酸化水素水を加えると酸素が発生することを押さえる。
4 泡の正体が酸素であることを知り, 燃え方の違いの原因をまとめる。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> 燃え方が違うのは, 集気ビンの中に酸素があるためである。 </div>	
5 空気の成分を知り, 物が燃えるためには, 空気中の何であるか考える。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> 物が燃えるためには, 空気中の酸素が必要である。 </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・空気中の酸素が燃えるために必要であることを押さえる。
6 これまでのまとめをする。	<ul style="list-style-type: none"> ・図化しながら, これまでの学習を復習しまとめをする。 <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> 燃焼には, 燃えるものと空気(酸素)が必要であることを理解しているか(ノート・発言) </div>

資料Ⅳ 第6学年理科「もののもえ方」 指導の実際

(4) 5～6/10時の指導(理科室)

- 1) 目 標
 - ・石灰水や気体検知管などを適切に使用して、燃焼前後の空気の変化を調べることができる
 - ・燃焼前後と空気の変化について、実験の結果と予想を照らし合わせて推論することができる
- 2) 準 備 (教師) 集気ビン、ろうそく、マッチ、燃えがら入れ、石灰水、ビーカー、ガラス棒、気体検知管、酸素用検知管、二酸化炭素用検知管
- 3) 学習過程

学 習 活 動	学習に対する教師の支援 評価
1 演示実験を観察する。 <ul style="list-style-type: none"> ・2回目すぐに消えてしまった! ・集気ビンの中の空気が変わったのでは。 2 課題を設定する。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> ものが燃えた後の空気はどうなっているのだろうか? </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・ろうそくを燃やして、ふたをした集気ビンに入れると、しばらくして火が消えることを観察させる。また、続けて、ふたをした集気ビンに火のついたろうそくを入れるとすぐに消えることを観察する。 ・集気ビンの中の空気の成分が変わっていることに気付かせる。
3 予想する。 <ul style="list-style-type: none"> ・物が燃えるためには酸素が必要だから、酸素がなくなるのではないか。 ・二酸化炭素が増えるんじゃないかな。何か聞いたことがある。 4 実験する。 <ul style="list-style-type: none"> ①石灰水を用いて調べる。(実験4) <ul style="list-style-type: none"> →燃えた後の空気には二酸化炭素が多く含まれている。 →ものが燃えると二酸化炭素ができる。 ②気体検知管を用いて、集気ビン中の酸素や二酸化炭素の割合を調べる。(実験5) <ul style="list-style-type: none"> →酸素・・約21%→約17～19%、減った。 →二酸化炭素・・約0.03%→約2～4%、増えた。 5 実験の結果から燃焼後の空気の変化について考察する。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> ものが燃えた後の空気は酸素が減り、二酸化炭素が増えたということがわかった。 </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・前時に教示した空気の成分を振り返る。 ・予想を理由とともにワークシートに書かせる。また、意見を交流する。 ・実験の順番は、児童の予想に応じて決定する。 ・石灰水は、二酸化炭素があると白濁することを押さえる。 ・気体検知管の使い方は、教科書を参考として丁寧に指導する。 ・酸素検知管は反応後、発熱するのでやけどに注意するように指導する。 ・結果はワークシートに記入させる。 <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> 石灰水や気体検知管などを適切に使用して、燃焼前後の空気の変化を調べることができたか。(観察) </div> <ul style="list-style-type: none"> ・考察をワークシートに書き、グループで交流する。 <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> 燃焼前後と空気の変化について、実験の結果と予想を照らし合わせて推論することができたか。(記述・発言) </div>
6 実験からものが「燃える」ときに生じている現象をまとめる。 <p style="text-align: center;">もの(ろうそく)+酸素</p> <p style="text-align: center;">→燃える →二酸化炭素</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・図化して提示する。

資料IV 第6学年理科「もののもえ方」 指導の実際

(5) 7/10時の指導(理科室)

- 1) 目 標 演示実験を通して、燃焼には「十分な温度」が必要であることを理解する。
- 2) 準 備 (教師) マッチ、ライター、燃えがら入れ、スタンド、三角フラスコ、加工した銅管、ガスバーナー、ゴム管、風船
- 3) 学習過程

学 習 活 動	学習に対する教師のはたらきかけ 評 価
<p>1 前時までの学習を振り返る。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・燃えるためには、燃えるものと空気が必要です。 ・空気中の酸素に燃やす働きがあるよ。 <p>2 空気入り風船と水入り風船を提示し、ライターの火を当てる。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>燃えるために必要なものは他にはないだろうか？</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・燃焼に必要なものは「もの」と「酸素(空気)」の2つだけか、発問する。 ・空気入り風船と水入り風船を提示しライターに火を当て、水入り風船が割れないことに疑問をもたせ、本時の課題を提示する。
<p>3 演示実験を観察する。</p> <p>①マッチに火を付け水で消す。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <p>水蒸気でもマッチの火を消すことができるだろうか？</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ・水だからできると思う。 ・熱くなるから消えないんじゃないかな。 <p>②マッチに火を付け水蒸気(約100℃)で消えるか観察する。</p> <p>③マッチに水蒸気(約100℃)を吹きかけると燃えるか観察する。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>もっと水蒸気の温度を高くしたらマッチを燃やすことができるだろうか？</p> </div> <p>④マッチに高温水蒸気(約200℃~300℃)を吹きかけると燃えるか観察する。</p> <p>⑤紙に高温水蒸気を吹きかけるとどうなるか観察する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・火を水(液体)につければ消えるであろうという児童の考えを引き出すし、水蒸気(気体)ならどうであるか予想させる。 ・予想では消える派と消えない派に分かれると思われる。そのため、マッチの火を消すだけではなく、マッチが燃えるかどうかも実験する。また、予想から温度に着目するようにする。 ・約100℃の水蒸気でも火が消えること、またマッチが燃えないことを確認する。 ・約100℃の水蒸気をマッチに吹きかけると発火しないが、高温の水蒸気を吹きかけると発火する現象を見て、燃焼には温度が関係していることを考えさせ、物が燃えるためには十分な温度が必要であることを教える。 ・⑤を観察させ、十分な温度が必要であることに加え、その温度は物によって異なることを押さえる。 <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <p>演示実験の結果から燃焼には十分な温度が必要であることを理解したか。(発言)</p> </div>
<p>4 本時のまとめをする。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <p>物が燃えるためには十分な温度が必要である。</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・まとめの後、教師情報として、マッチ(約160℃)と紙(約450℃)の発火点を教える。
<p>5 これまでの学習をまとめる。</p> <div style="border: 3px double black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <p>物が燃えるためには、「もの」、「酸素(空気)」、「十分な温度」の3つ条件が必要である。</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・燃焼のためには、「物」、「酸素(空気)」、「十分な温度」の3つの条件、すべてがそろふ必要があることを押さえる。

(6) 8/10時の指導 ガスバーナーの使い方(略)

資料IV 第6学年理科「もののもえ方」 指導の実際

(7) 9~10/10時の指導

- 1) 目 標
 - ・ 燃焼の3要素を活用して、実生活・実社会で見られる燃焼現象や消火現象の理由を考え、説明することができる。
 - ・ 物の燃焼の仕組みを実生活・実社会で見られる燃焼現象や消火現象に適用しようとする。
- 2) 準 備 (教師) ろうそく, マッチ, ライター, 燃えがら入れ, スタンド, 三角フラスコ, ガスバーナー, コピー用紙で作った箱 (紙鍋), ノート PC, 大型ディスプレイ, ワークシート
- 3) 学習過程

学 習 活 動	学習に対する教師の支援 評価
<p>1 アルコールランプの点火と消火を事例に、燃焼の3要素を確認する。</p> <p style="border: 1px dashed black; padding: 2px;">事例1：理科室で見られるアルコールランプの点火と消火</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ アルコールが燃えるもの。空気は周りにあるし、十分な温度はマッチの火だね。 ・ ふたをかぶせると、空気が入らなくなるから消えるんだね。 ・ 物が燃えるためには、「もの」「空気(酸素)」「十分な温度」のすべてがそろわないといけない。 <p>2 本時の課題を知る。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">燃えるための3つの条件を使って、身の回りの「燃える」を考えてみよう。</div>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実際にアルコールランプを付けてみる。 ・ 点火の際には、燃焼の3要素がすべてそろっているか確認する。 ・ 消火については、実際にアルコールランプのふたをかぶせて消火させ、なぜ消えたか考える。 ・ 燃焼の3要素のうち、1つでも欠けると火が消えてしまうことを押さえる。 ・ 課題は教師から提示する。 ・ 課題提示後、身の回りにはどんな燃焼事例があるか発表させる。 ・ ワークシートを配布し、アルコールランプを例に書き方を指導する。
<p>3 事例を提示し、燃えるのか、燃えないのか</p> <p style="border: 1px dashed black; padding: 2px;">事例2：燃えている花火を水に入れるとどうなるだろうか。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 水に入れるから消えるにきまつてるよ。 ○ 演示実験を行い、結果をワークシートに書く。 ○ 燃える理由を考える。 <p style="border: 1px dashed black; padding: 2px;">事例3：紙鍋は本当に燃えないのだろうか？</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 燃えないと思う。水の沸点は100℃だから紙が燃える温度にならないんじゃないかな。 ・ 燃えると思う。紙は燃えるから。 ○ 実験し、結果をワークシートに書く。 ○ 考察として燃えない理由を燃焼の3要素と関連させて書く。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 安全上、実験は演示とする。 ・ 演示の前に、花火がどうなるか予想される。 ・ 花火の中には酸化剤が入っており、水中でも酸素が供給される。このため、燃焼に必要な3要素を満たしていることを解説する。 ・ 写真で紙鍋を紹介する。 ・ コピー用紙で作った紙鍋に水を少量入れ、実際にグループ実験させる。 ・ 前時を振り返り、水の沸点が100℃であることを確認する。 ・ 実験の前に予想とその理由をワークシートに書かせる。理由は燃焼の3要素を活用して考えているかどうか期間指導しながら確認・助言する。 ・ 燃焼の3要素のうち、十分な温度が満たされていないことを押さえる。

	物の燃焼の仕組みを学校外のより現実的に見られる燃焼現象や消火現象に適用しよう
<p>事例4:身近に起こるかもしれない火災と消火について考えてみよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 今まで、火事なるかもしれないと思ったことがあるか発表する。 ○ IH クッキングヒーターでの天ぷら油の火災の映像を視聴する。(製品評価技術基盤機構で公開している映像) ○ なぜ、火が出たのか考える。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 火がないのになぜかな? ・ 油に火がつく温度になったから火が出たんだ。 ○ どう消火すればよいだろう。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 水をかければいいんじゃないかな。 ・ 消火器を使えば消せるよ。 ・ 布をかぶせれば・・・ ○ 昔の火消し映像を視聴する。(ドラマ JIN より) <ul style="list-style-type: none"> ・ 家を壊しているぞ。 ・ 水で消火すればいいのに。 ○ なぜ、家を壊しているのか考える。 <p>4 本時のまとめをする。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> <p>燃える3つの条件を使えば、もえたり、消えたりすることの説明をすることができる。</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 火がないのに発火したことに気付かせる。 ・ 出火した理由をワークシートに書く。 ・ これまで燃焼の3要素とのかかわりで事例を考えてきたので、ここでは、教師から助言しない。 ・ 消火の方法について全体で吟味する。 ・ 消火器については、成分や種類について教師から補足説明する。 ・ 消火方法の一例を映像(世界一受けたい授業)で紹介する。その際、燃焼の3要素が成立していないことを押さえる。 ・ 視聴により現在の散水による消火とは違うことに気付かせる。 <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; width: fit-content;"> <p>燃焼の3要素を活用して、より現実的に見られる燃焼現象や消火現象の理由を考える説明することができたか(ワークシート・発言)</p> </div>
<p>(以下、時間が余った場合に取り組む)</p> <p>5 単語連想法に取り組む</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 単元全体を振り返り、「燃える」をキーワードとして、連想される言葉を用紙に記入する。

【本時の手立て】

- ・ 実生活・実社会とつながりのある事例を4つ用意し、多様な学習材を確保した。
- ・ 事例に対して、燃焼の3要素を活用して考える場を設定した。

資料V 概念についての面接法によって得られた各児童の言い換え文

(1) 実験群 E1 の言い換え文

<p>命題</p> <ol style="list-style-type: none">燃えるために必要な3条件がある。ものが燃えるには空気が必要である。空気が入らなくなると消える。3条件は、十分な温度と酸素、燃える物燃える前の空気は、酸素が二酸化炭素より多い。燃えると酸素が少し使われて、使った分、少なくなって、二酸化炭素が多くなる。二酸化マンガンと過酸化水素水で合わせると泡が出て、それが酸素である。ビンの中でろうそくが燃えている時にふたをすると火が消える。ビンの中に入っている空気が密閉されて、酸素が少なくなって火が消える。キャンプファイヤーで井型にすると空気うまく入り、よく燃える。 <p>イメージ(感覚的知覚)</p> <ol style="list-style-type: none">燃えると空気が少なくなる感じ <p>エピソード</p> <ol style="list-style-type: none">キャンプファイヤーをしたことがある。ライターを使ったことがある。マッチを使ったことがある。ろうそくに火を付けたことがある。ガスバーナーを前から使ってみたかったが、6年になって使えたから心に残っている。石灰水の実験で、燃える前は白く濁らないけど、燃えた後は白く濁ったことが印象に残った。 <p>科学の有用性</p> <ol style="list-style-type: none">将来、科学者になりたいので、勉強したことが役立つし、生かしたい。
--

(2) 実験群 E2 の言い換え文

<p>命題</p> <ol style="list-style-type: none">燃えるためには燃えるものと酸素、十分な温度が必要である。酸素が加わると火が強くなる。(酸素は)二酸化マンガンと過酸化水素水でできる。燃える物には、紙や木、油などがある。(燃やした後の空気は)酸素が使われて減って、減った分くらい二酸化炭素が増えている。消火のために、ぬれたタオルをかぶせるとよい。消火のために、砂をかけるとよい。ぬれたタオルをかぶせると十分な温度と空気が入りにくくなって消える。 <p>イメージ(感覚的知覚)</p> <p>なし</p> <p>エピソード</p> <ol style="list-style-type: none">家で花火をしたことがある。花火をしていたら、草がもえてしまった。お父さんが水をかけて火を消してくれたドライヤーが熱くなって、煙が出たことがある。ガスバーナーの実験をした二酸化マンガンと過酸化水素水で酸素を作った。 <p>科学の有用性</p> <ol style="list-style-type: none">もし火がついたときの消火の仕方

資料V 概念についての面接法によって得られた各児童の言い換え文

(3) 実験群 E3 の言い換え文

<p>命題</p> <ol style="list-style-type: none">1 空気の中に窒素が70か80%くらいある2 酸素は約21%ある3 二酸化炭素は0.03%くらいある。4 ものが燃えるときには酸素を取り込んで、二酸化炭素ができる。5 紙は450°Cくらいが発火点で、そこまでいかないと燃えない。6 ものが燃えるためには燃える物、空気中の酸素、十分な温度が必要7 酸素は人間の体の中に取り込まれる。8 植物は光合成とかで二酸化炭素と光で酸素を出している。9 酸素は過酸化水素水と二酸化マンガンでできる。10 燃える前、酸素は最初21%くらいだけど、燃えた後は14から20%くらいに減る。11 二酸化炭素は0.03%くらいから2%くらいまで増える。12 油火災のとき、防火用の布をかけても一時的だから、ぬれたタオルをかけるといい。13 ぬれた布をかえれば、外から入る酸素をなくすと同時に十分な温度も下げるので消える。14 燃える3条件のうち、1つでもなくせば、火が消える。15 線香は家によくある。 <p>イメージ(感覚的知覚)</p> <p>特になし</p> <p>エピソード</p> <ol style="list-style-type: none">1 花火の実験で、水の中に入れてジューってやると、ポコポコしながら燃えているのがびっくりした。2 家でマッチを擦って、ろうそくにつけて線香をつけた3 料理とかで火を使っている。4 石灰水が透明から白に変わったのが驚いた。5 (ろうそくの)炎が小さくなったときに、集気ビンを上げなきゃと思ってやったら、遅くて失敗した。 <p>科学の有用性</p> <ol style="list-style-type: none">1 火事になったときどう対処すればよいか2 ガスバーナーの使い方(中学でも使う)
--

(4) 実験群 E4 の言い換え文

<p>命題</p> <ol style="list-style-type: none">1 酸素自体は燃えない気体である。2 酸素は燃えるために必要である。3 燃えるものと十分な温度も燃えるために必要である。4 燃える物には灯油がある。5 油は300°C以上になると発火点に達する。6 紙は450°Cで発火点になる。7 燃える前は、二酸化炭素が0.03%で、酸素が21%、23%だけ?8 燃えた後は酸素が減って、二酸化炭素は0.03%から2、3%くらいまで増える。9 ぬれた布をかぶせると十分な温度も下がるし、酸素を使って、酸素の一部が減ってしまうから消える。10 ぬれていない布をかぶせると、布が燃える物になってしまうからよくない。 <p>イメージ(感覚的知覚)</p> <ol style="list-style-type: none">1 隣の家が火事になって、こわいと思った。 <p>エピソード</p> <ol style="list-style-type: none">1 ストープとかを家で使っている。..命題4とつながる2 弟が家の中で燃える物を燃やしちゃったことがある。3 炭とかを燃やしたことがある。4 水蒸気の実験で銅の所にガスバーナーで温めると、マッチに火がついてとてもすごいと思った。5 ガスバーナーを付ける授業のときにねじを回して青や透明になって驚いた。 <p>科学の有用性</p> <ol style="list-style-type: none">1 火災のときに適切に対処できる方法も勉強できたから役立つと思う。
--

(5) 実験群 E5 の言い換え文

命題

- 1 燃える3条件がある。
- 2 酸素がおおいところにろうそくをいれると激しく燃える。
- 3 二酸化マンガンを過酸化水素水で酸素ができる。
- 4 ガスバーナーは空気調節ねじを回すと(炎が)青くなる。
- 5 燃える3条件のうち1つでも欠けると燃えない。
- 6 十分な温度と酸素, 空気, と燃える物がそれえば燃える。
- 7 燃えた後は二酸化炭素が多くある。
- 8 燃える物には木や紙, ろうそくがある。
- 9 発火点になると燃える。
- 10 300℃くらいの水蒸気にマッチを近づけると燃える。
- 11 黄リンは昔のマッチに使われていた。
- 12 石灰水で二酸化炭素を入れると白く濁る。
- 13 石灰水が白く濁った後, さらに二酸化炭素を入れ続けると透明になる。
- 14 火事するとき普通の布だと燃えてしまうけど, ぬれたものじゃないと消えない。
- 15 ぬれた布だと酸素が入ってこないし, 十分な温度も防げる。
- 16 普通の布だと十分な温度が防げない。

イメージ(感覚的知覚)

特になし

エピソード

- 1 ガスバーナーをもっと透明にしようと思ったけどうまくいかなかった。
- 2 水蒸気の実験で, 水だけど200℃とかいってびっくりした。
- 3 マッチは日常的に使っている。
- 4 やけどしたことがある。
- 5 ライターとかタバコとかも身の回りにある。
- 6 線香を使ったことがある。お墓参りのとき。ライターで火を付けた。
- 7 花火をしたことがある。
- 8 水の中に花火を入れたけど燃えるっていうのが驚いた。

科学の有用性

- 1 マッチとかライターとか, ガスバーナーもこれから必要
- 2 火事するときとか役立つ。

(6) 実験群 E6 の言い換え文

<p>命題</p> <ol style="list-style-type: none">燃えるためには3条件が必要3条件には燃える物, 酸素, 十分な温度がある。燃える物には, 木や紙がある。燃えると火が出る。燃やすときに使う道具にアルコールランプやガスバーナーがある。酸素は空気中にある。火は十分な温度の役割をしている。燃えた後の空気は二酸化炭素が増えていて, 酸素が少なくなっている。燃える前は酸素が十分にあって, 今自分がいる空気と同じ。消火の方法には, 消火器やぬれたタオルがある。乾いたタオルだと十分な温度がふせげなくなるので, タオルも燃えてしまう。ぬれたタオルなら十分な温度も下げるし, 酸素も防げるので消せる。 <p>イメージ(感覚的知覚)</p> <ol style="list-style-type: none">燃えると空気が薄くなった感じ燃えると熱い <p>エピソード</p> <ol style="list-style-type: none">野外活動センターでキャンプファイアーをした。燃えているところに木を入れたり, ご飯を炊いたりした。ご飯を炊いたり, 料理をしたとき, 火の中に空気を入れて燃やしたことがある。火事になりかけたことがある。(火の粉が飛んだ)家族とバーベキューをしたことがある。バーベキューでは炭を燃やすが, 自分は1度もうまく燃やせない。 <p>科学の有用性</p> <ol style="list-style-type: none">家とかで火事が起きたとき, 3条件を消せば消える。3条件を使って, バーベキューのときにうまく火をつけたい。

(7) 実験群 E7 の言い換え文

<p>命題</p> <ol style="list-style-type: none">燃える3条件がある。3条件は酸素と十分な温度と燃える物で, どれか1つでも欠けているとものは燃えない。燃えた後の空気は酸素が二酸化炭素になって, 窒素はそのままである。燃えるとき酸素は一部が使われるだけ。発火点までいくと燃える。酸化剤は酸素になるから空気がない場所でも燃える。ロケットの燃料や花火に酸化剤が使われている。過酸化水素水と二酸化マンガンで酸素ができる。油とかを使っていて火事になってもぬれたタオルや雑巾をかぶせれば, 消火できる。 <p>イメージ(感覚的知覚)</p> <p>特になし</p> <p>エピソード</p> <ol style="list-style-type: none">過酸化水素水と二酸化マンガンの実験が印象的だった。実際に割り箸を燃やしたことも印象的だった。 <p>科学の有用性</p> <ol style="list-style-type: none">ものを燃やすときに役立ちそう。油とか使って火事になったときに役立ちそう
--

資料V 概念についての面接法によって得られた各児童の言い換え文

(8) 実験群 E8 の言い換え文

<p>命題</p> <ol style="list-style-type: none">1 酸素がないと消える。2 十分な温度がないと燃えない。3 燃える物がないと燃えない。4 酸素, 十分な温度, 燃える物を燃える3条件と言う。5 燃やすとき, 息をふきかけると, 炎が強くなる。6 息を吹きかけると炎が大きくなるのは酸素が送り込まれたから7 集気ビンの中に二酸化マンガンと過酸化水素水を入れて, そこにろうそくを入れると激しく燃える。 <p>イメージ(感覚的知覚)</p> <p>特になし</p> <p>エピソード</p> <ol style="list-style-type: none">1 割箸燃やしのとき, 息を吹きかけたら炎が強くなった。2 過酸化水素水と二酸化マンガンの実験が印象的だった。 <p>科学の有用性</p> <ol style="list-style-type: none">1 山登りで火をおこすとき役立ちそう。2 地震のときとか何かあった時も役立ちそう。

(9) 統制群 C1 の言い換え文

<p>命題</p> <ol style="list-style-type: none">1 酸素が濃い中だと輝いて燃える。2 二酸化マンガんにオキシドールを注ぐと酸素が発生する。3 新しい空気が入ってこないと火は消える。4 燃える前の空気は酸素が21%で、二酸化炭素が0.03%くらい5 燃えた後は酸素が17%くらいで、二酸化炭素は4%くらいになる。6 燃える物には木や紙や布がある。 <p>イメージ(感覚的知覚)</p> <p>特になし</p> <p>エピソード</p> <ol style="list-style-type: none">1 火起こし体験をしたことがある。難しかった。2 炭づくりが楽しかった。3 酸素ボンベの酸素の中で線香を入れたら、先が光って、ものすごく燃えた。 <p>科学の有用性</p> <ol style="list-style-type: none">1 小さい火事だったらそういう状況をなくせると思う。

(10) 統制群 C2 の言い換え文

命題

- 1 空気の物質には窒素が5分の4ほどで78%くらい。
- 2 窒素は石灰水を濁らせる性質がない。
- 3 二酸化炭素は0.03%ほどで、石灰水を濁らせる性質がある。
- 4 酸素は生き物が呼吸するときに必要なもの。
- 5 酸素は物を燃やす働きがあり、空気中に5分の1ほどで、約21%ある。
- 6 燃えた後は、酸素が16とか17%で、二酸化炭素が4%前後。
- 7 水で火が消えるのは空気の流れを止めることと冷やすって意味があると思う。
- 8 過酸化水素水と二酸化マンガンの実験で泡がぶくぶくになって、酸素が出る

イメージ(感覚的知覚)

- 1 煙が出てると楽しい感じがする。

エピソード

- 1 花火を買っていとこと遊んだ。
- 2 過酸化水素水と二酸化マンガンの実験で泡がぶくぶくになって、酸素が出て、不思議だった。

科学の有用性

- 1 管理栄養士になりたいが料理するとき周りに燃えやすいものはないかとか注意したい。

(11) 統制群 C3 の言い換え文

命題

- 1 燃えるためには酸素が必要
- 2 炎が消えるには完全に空気が入らないようにすればいい。
- 3 燃えた後、二酸化炭素が増えて、酸素が減っている。
- 4 木や紙や火を付けると燃える。
- 5 マッチは火を付けるときの道具。
- 6 二酸化炭素が増えると消える。

イメージ(感覚的知覚)

特になし

エピソード

- 1 小さい頃、よく花火をやったこと
- 2 ガスバーナーで空気のねじを回したら、透明みたいになって印象に残っている。
- 3 火を付けて、(ろうそくの炎が)消えた後、もう一回入れるとすぐに消えることも印象に残っている。

科学の有用性

特になし

資料V 概念についての面接法によって得られた各児童の言い換え文

(12) 統制群 C4 の言い換え文

命題

- 1 酸素がないと火が燃えない。
- 2 燃えると二酸化炭素が出てくる。
- 3 アルミホイルをまいて木を燃やすと炭ができる。
- 4 過酸化水素水と二酸化マンガンを加えると酸素が出る。
- 5 燃えた後は二酸化炭素が増えて、酸素の量が減っている。
- 6 水は火を消すために使われる。
- 7 二酸化炭素は塩酸と石灰石で発生する。(学習範囲外)
- 8 石灰水は二酸化炭素があると白く濁る。

イメージ(感覚的知覚)

- 1 火事はいっぱい燃えている感じ

エピソード

- 1 線香をビンの中に入れて、酸素をいれたときすごい勢いで燃えたのが印象的だった。

科学の有用性

- 1 過酸化水素水と二酸化マンガンを加えると酸素ができることを教えてあげたい。

資料VI 各児童の関連性マトリクス

(1) 実験群 E1 の関連性マトリクス

	燃える	消える	火	(燃える)3条件	空気	酸素	十分な温度	燃える物	二酸化炭素	二酸化マンガン	過酸化水素水	石灰水	白濁	泡	キャンブフアイヤー	井型	ろうそく	ライター	マッチ	ガスバーナ	6年
燃える	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ
消える		レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ
火			レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ
(燃える)3条件				レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ
空気					レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ
酸素						レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ
十分な温度							レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ
燃える物								レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ
二酸化炭素									レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ
二酸化マンガン										レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ
過酸化水素水											レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ
石灰水												レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ
白濁													レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ
泡														レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ
キャンブフアイヤー															レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ
井型																レ	レ	レ	レ	レ	レ
ろうそく																	レ	レ	レ	レ	レ
ライター																		レ	レ	レ	レ
マッチ																			レ	レ	レ
ガスバーナ																				レ	レ
6年																					レ

資料VI 各児童の関連性マトリクス

(8) 実験群 E8 の関連性マトリクス

	燃える	燃えない(消える)	炎	火	酸素	二酸化マンガン	過酸化水素水	燃える3条件	十分な温度	燃える物	息	ろうそく	割箸	山登り	地震
燃える															
消える															
炎															
火															
酸素															
二酸化マンガン															
過酸化水素水															
燃える3条件															
十分な温度															
燃える物															
息															
ろうそく															
割箸															
山登り															
地震															

資料VI 各児童の関連性マトリクス

(11) 統制群 C3 の関連性マトリクス

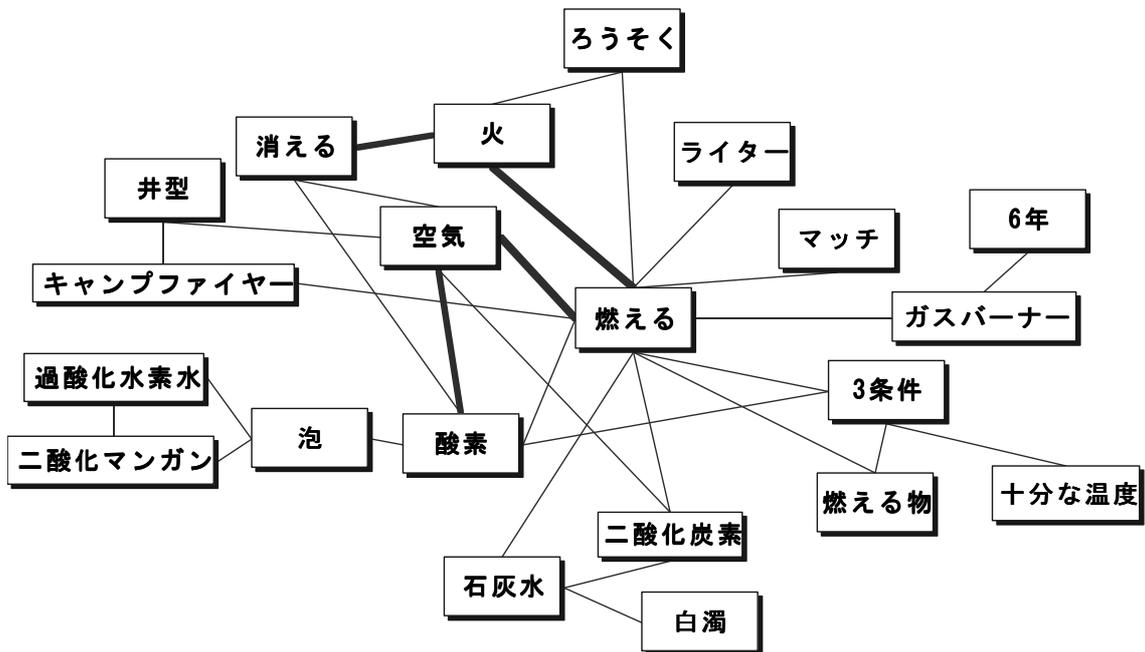
	燃える	消える	炎	火	酸素	空気	二酸化炭素	ガスバーナー	木	紙	マッチ	道具	空気調節ねじ	透明
燃える														
消える														
炎														
火														
酸素														
空気														
二酸化炭素														
ガスバーナー														
木														
紙														
マッチ														
道具														
空気調節ねじ														
透明														

(12) 統制群 C4 の関連性マトリクス

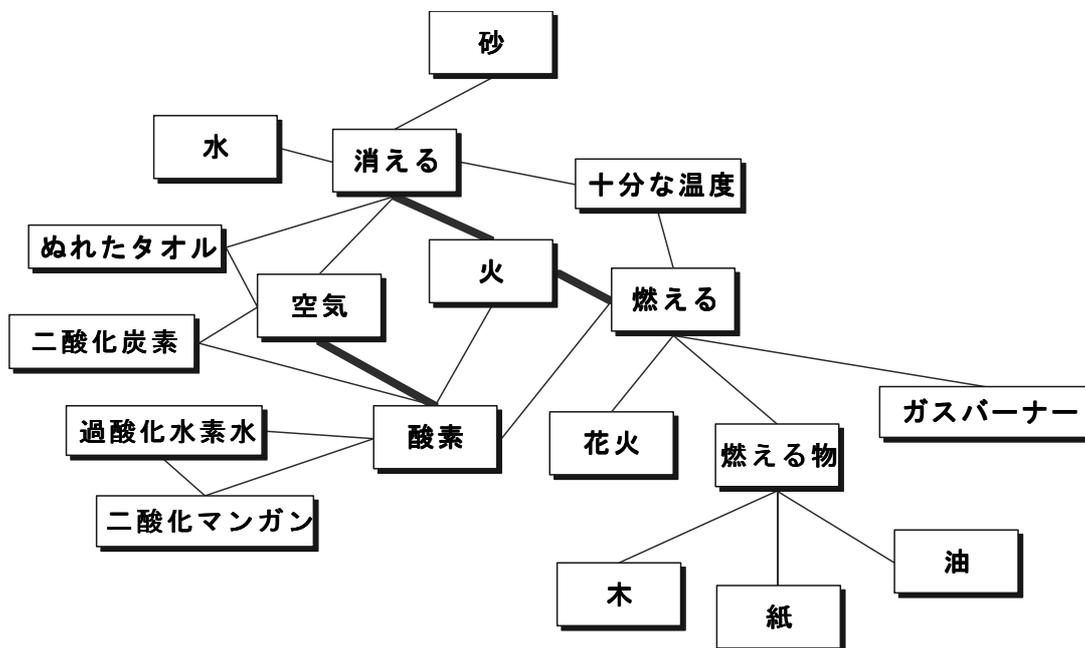
	燃える	消える	火	酸素	二酸化炭素	過酸化水素水	二酸化マンガン	塩酸	石灰石	石灰水	白濁	木	線香	水	炭	アルミホイル
燃える		レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	
消える																
火																
酸素																
二酸化炭素																
過酸化水素水																
二酸化マンガン																
塩酸																
石灰石																
石灰水																
白濁																
木																
線香																
水																
炭																
アルミホイル																

資料VII 各児童の関連性地図

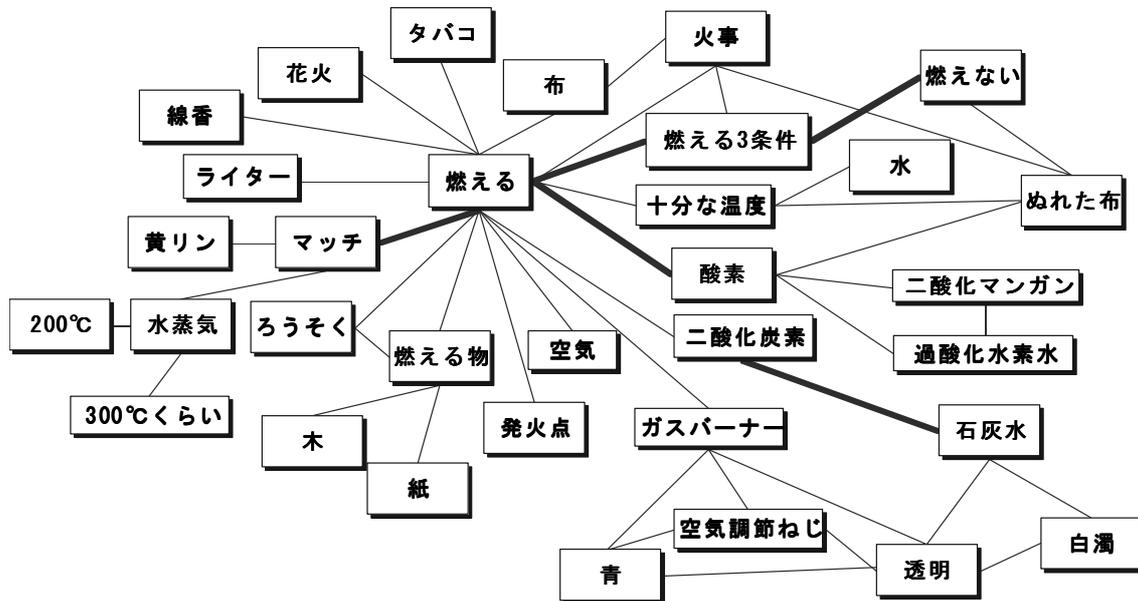
(1) 実験群 E1 の関連性地図



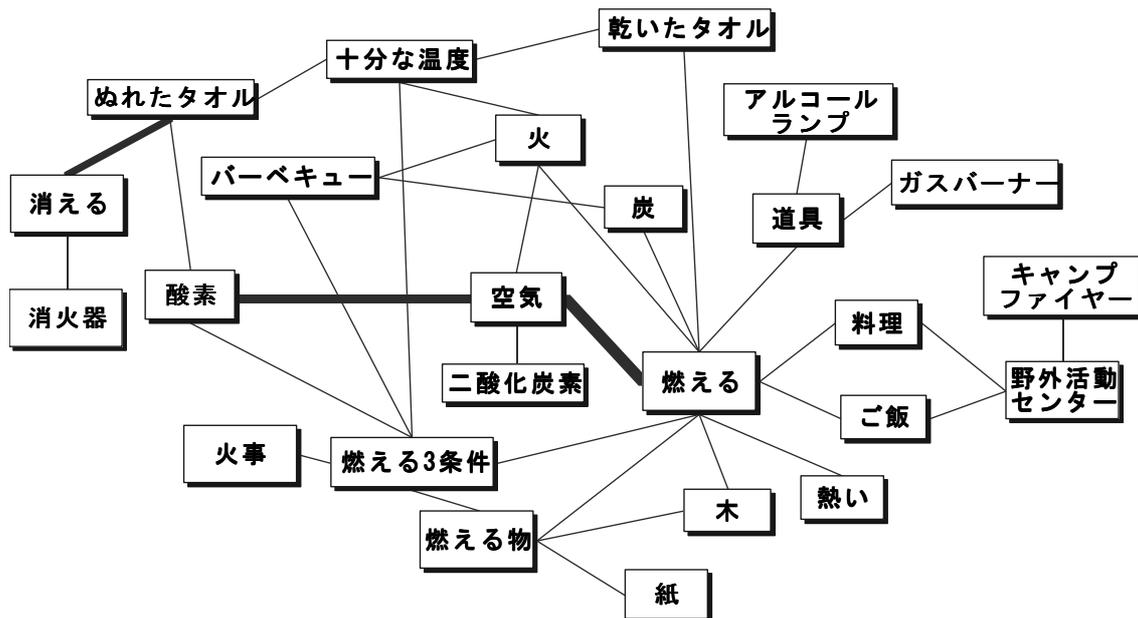
(2) 実験群 E2 の関連性地図



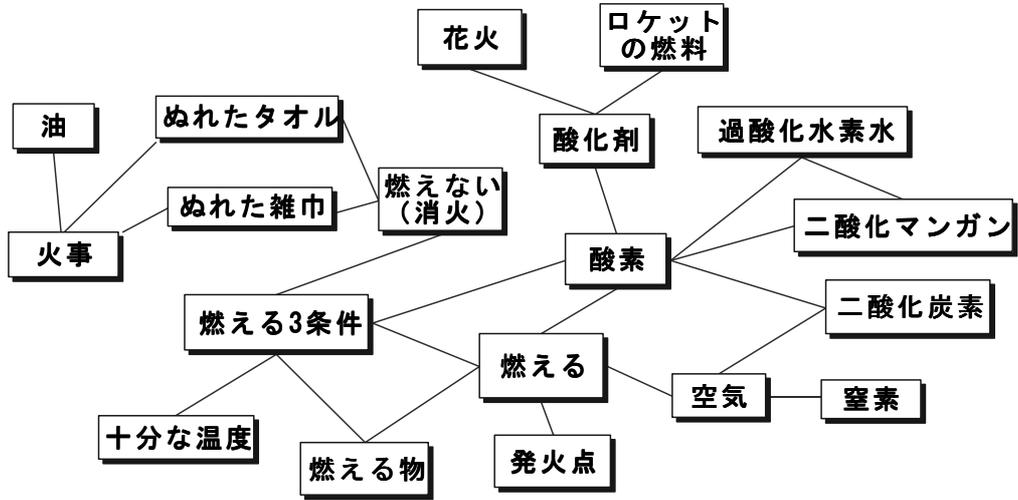
(5) 実験群 E5 の関連性地図



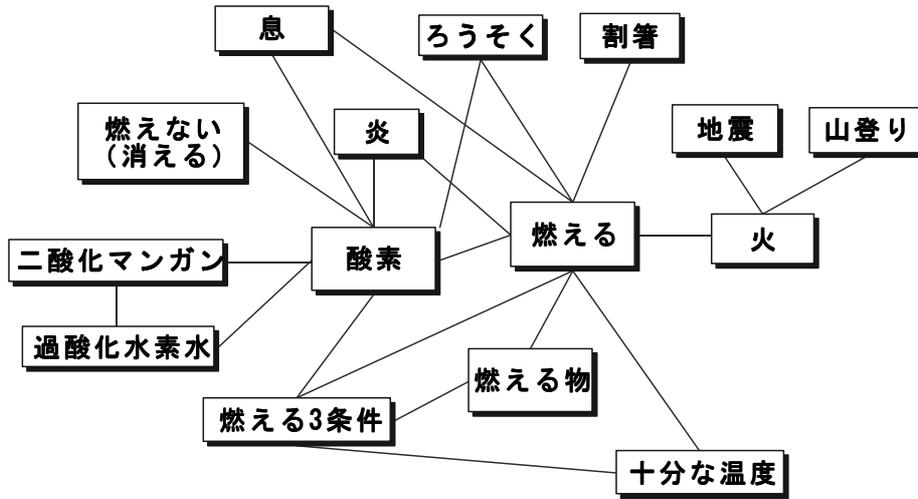
(6) 実験群 E6 の関連性地図



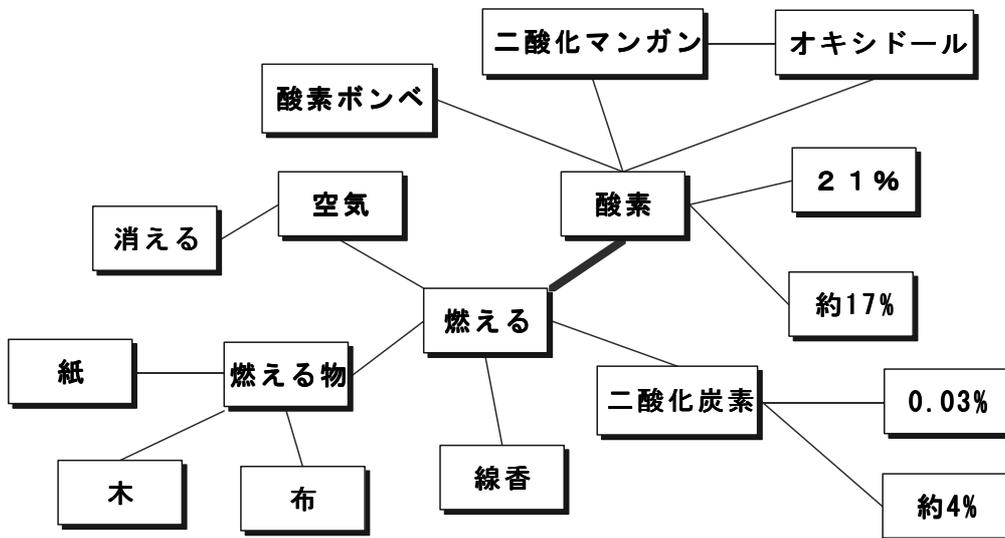
(7) 実験群 E7 の関連性地図



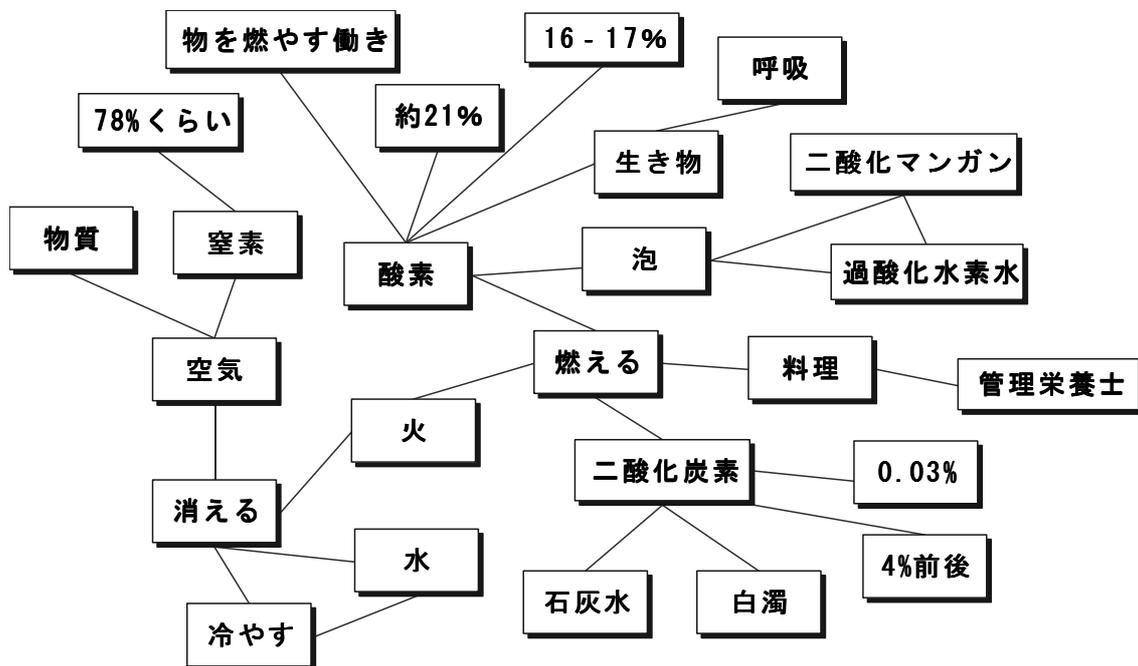
(8) 実験群 E8 の関連性地図



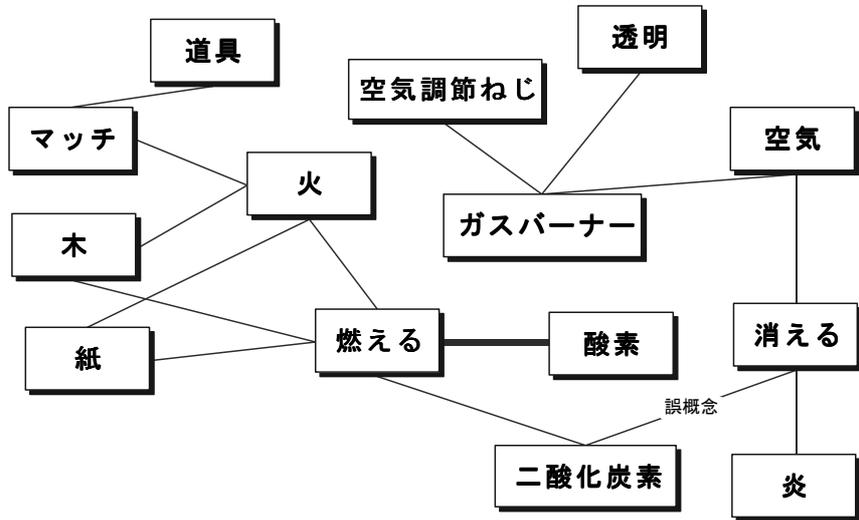
(9) 統制群 C1 の関連性地図



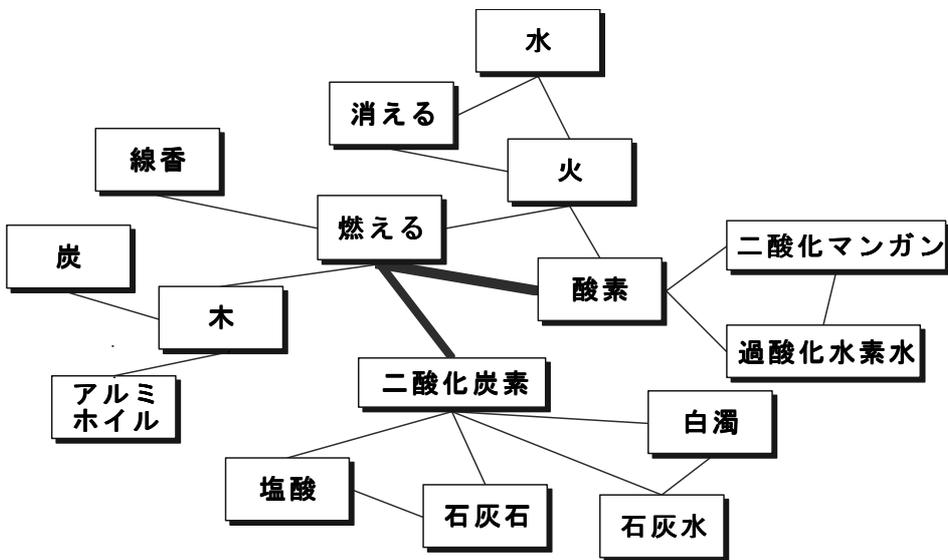
(10) 統制群 C2 の関連性地図



(11) 統制群 C3 の関連性地図



(12) 統制群 C4 の関連性地図



理科アンケート

年 組 番 ()

次の質問に対して、当てはまる番号に○を付けてください。

	質 問	そう 思う	どちらか と言えば そう思う	どちらか と言えばそう 思わない	そう 思わない
1	理科は、人がよりよく生きていく上で必要な教科だと思う。	1	2	3	4
2	理科という教科は、自分を成長させてくれていると思う。	1	2	3	4
3	理科の授業の中で、社会における最新の科学技術について知りたい。	1	2	3	4
4	理科の授業の中で、先人（昔の人）や自然に対する感謝の気持ちをもつことがある。	1	2	3	4
5	科学は、私たちが自然界を理解するのに役立つので重要である。	1	2	3	4
6	科学技術の進歩は、通常、社会に利益をもたらす。	1	2	3	4
7	科学の話題について学んでいるときは、たいてい楽しい。	1	2	3	4
8	科学について学ぶことに興味がある。	1	2	3	4
9	私は自分の役に立つとわかっているので、理科の勉強をしている。	1	2	3	4
10	理科を勉強することは、将来の仕事の可能性を拡げてくれるので、私にとって、やりがいがある。	1	2	3	4

ご協力ありがとうございました。