

理科における中学校・高等学校の接続について（Ⅲ）

— 有効な学びのスパイラルと科学的思考の深化をめざして —

平賀 博之 山下 雅文 岡本 英治 小茂田聖士
柏原 林造 丸本 浩 野添 生 林 靖弘
田中 伸也 林 武広 山崎 博史 磯崎 哲夫

1. はじめに

広島大学附属福山中・高等学校（以下、当校）では、文部科学省の研究開発学校の指定を受け、「中学校・高等学校を通して科学的思考力の育成を図る教育課程の研究開発」（平成15～17年）、ならびに「中等教育における科学を支える『リテラシー』の育成を核とする教育課程の開発」（平成18年～20年）に取り組んできた。その中で、リテラシーの育成を「社会や生活の中で活用できる能力の育成」と捉え、教材や教育方法の開発を行った。

本稿は、中学校から高等学校への理科における学びを検討し、科学的思考力やリテラシーの育成のためにどのような視点からカリキュラムを構築し、教材を組み立てていくか、特に中学校における「地学」的な内容の検討を中心に行う研究の3年次（最終年次）にあたる。

1年次の研究では、中学校段階での「地学」に関わる内容は、他の3科目の内容をベースとして展開することが、思考の深化に効果的であること。また環境問題やエネルギー問題を地球規模で考え理解したり、自然災害を地球システムの中で捉えるといった考え方は、地学の内容的特徴である空間概念や時間概念と同様、できるだけ高学年に配置することが生徒の発達段階からも妥当であることを指摘した。⁽¹⁾ また、中学校3年生に中学校理科第2分野の「地学」的な内容を集中的に配置する教育課程の検討を行い、以下の3点の特色を有するカリキュラムとなることを指摘した。

- ① 大きな時間・空間スケールを継続して扱うことによって、系統的に時間・空間概念を形成させる。
- ② 地震や火山などの自然災害について、災害を未然に防ぎ、パニックの原因をつくらないための基

礎知識を与える。（防災リテラシー）

- ③ 複雑な現象を論理的に考え、本質を見抜く力を伸ばすために、自然を総合的・全体的に捉える能力を育成する。

2年次では、以上の考え方を基に、中学校3年生に「地学」的な内容を集中的に配置する教育課程を実施した。その中で、理科の授業を改善する視点として次の7項目を示し、これを「科学的なリテラシー育成」のための方策とした（表1）。また、それを具体化した気象単元のカリキュラム案を作成すると共に、特徴的な内容については実践を行い、確かな手応えを得ることができた。⁽²⁾

3年次（最終年次）にあたるこの研究では、中学校から高等学校への科学的な思考の深化のための考え方

表1 「科学的リテラシー育成のための方策

- | |
|--------------------------------------------------------|
| ① 個々の生徒にじっくり考えさせる。じっくり作業をさせる |
| ② 生徒の思考の過程を重視した実験の工夫や、指導方法の改善を行う |
| ③ 科学的な用語やその内容を、自分の言葉で表現させ、文章を書かせる |
| ④ 本・雑誌・インターネット・新聞など多様な情報を収集し、資料に基づいて討論するプロジェクト型の学習を仕組む |
| ⑤ 生活と結びついた内容について考察させ、理科（地学）を身近なものとして捉えさせる |
| ⑥ 科学的な根拠に基づいて、自分の意見を形成させる・発表させる |
| ⑦ 生徒に課題そのものを設定させる・自由にテーマを決めてまとめさせる |

Hiroyuki Hiraga, Masafumi Yamashita, Eiji Okamoto, Masashi Komoda, Rinzo Kashihara, Hiroshi Marumoto, Susumu Nozoe, Yasuhiro Hayashi, Shinya Tanaka, Takehiro Hayashi, Hirofumi Yamasaki, Tetsuo Isozaki, Research on the connection of the junior and senior high school in the science (II), - It aims at an effective spiral of learning and the deepen of the scientific thinking -

を示すとともに、科学的思考力や判断力、表現力など、リテラシー育成の方策として、中学校理科の地学的な内容における具体的なカリキュラムの提案を行うものである。

2. 理科の年間カリキュラムの考え方

2008年3月、小学校・中学校の新しい学習指導要領が告示された。今回の改訂では、理科では、小・中学校での内容の一貫性を重視し、「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」という概念（内容）の柱を軸に、多くの学習内容が追加された。

例えば、今回の改訂の考え方を示す具体例として取り上げられるものに、小学校3年に追加された「風やゴムの働き」があると考えられる。これは「風が吹くと風が物を動かすこと」など、風が持つエネルギーを体感できる内容である。4年以降では、物を動かす、物をあたためる、磁石が物を引きつけるなど、目に見えない「エネルギー」に関わる内容が登場し、「エネルギー」という言葉は登場しなくても、「どのような決まりや法則性があるのか」など、前の学年での体験や経験を活かしながら、考えていくことができるように配置されている。こうした体験を経て、中学校では「位置エネルギー」「運動エネルギー」「エネルギーの移り変わり」など、具体的なエネルギーについての考察をおこ

なう。「内容の系統性」と「発達段階」を考慮して、概念（内容）の柱を軸に学びのスパイラルが有効に働くことが強く意識されていると考えられる。

こうした学習指導要領に示されたカリキュラムの思想を、実際に授業をする教員はどのように捉える必要があるのだろうか。

授業者は実際に担当する学校の状況や生徒を念頭に置きながら、年間カリキュラムを作成する。そこに、2年次の研究で提案した、理科の授業を改善する視点としての「科学的なりテラシー育成」の方策（表1）を盛り込むことを提案する。

可能な限り、1時間に1項目を配置し、常にこの考え方を意識しながら授業に取り組むことが、重要である。以下では、具体的なカリキュラム内容に基づいて、検討を進めることにする。

3. 単元「大地の変化」「地球と宇宙」の構成

昨年度の研究で示した、当校の中学校理科2分野の「天気とその変化」の単元のカリキュラム案では、科学的なりテラシー育成のための方策を、原則として1時間に1項目盛り込んだ。昨年度の授業における試行では、1時間の中での扱いに重軽はあるが、無理なくこなせる割合であると考えている。

今年度は、「天気とその変化」に続き、「大地の変化」

表2 単元「大地の変化」「地球と宇宙」のカリキュラム案

2. 大地の変化 〈18時間+野外学習6時間扱い〉

第1節 地震のゆれはどのように伝わるのか：3時間		
	学習活動	方策
第1時	<ul style="list-style-type: none"> 阪神大震災の発生時の様子を撮したVTRを視聴する。 「地震・雷・火事・親父」とはどのような順を示しているか？なぜ地震が最初か？ ばねとおもりを用いて地震計の仕組みを体験する。(モデル実験) 	(2)
第2時	<ul style="list-style-type: none"> 実際の地震計による地震波の記録を読み取る。(初期微動と主要動) 地震の揺れの伝わり方を、地図上に表す。(作業) 作成した図から地震波の伝わる様子に関する特徴を考える。 	(1)
第3時	<ul style="list-style-type: none"> 長いバネを用いて、P波とS波を作り、その特徴を言葉で表現する。(モデル実験) 初期微動継続時間と震源からの距離の関係について、そのような関係ができる理由を考える。 	(3)
第2節 地震はなぜ起こるのか：2時間		
	学習活動	方策
第1時	<ul style="list-style-type: none"> 万力で岩石片を割ってみる。(モデル実験) いろいろな断層を写真で観察する。 リニアメントを航空写真や衛星写真の画像から探す。 	(1)
第2時	<ul style="list-style-type: none"> 日本列島の地下で、地震の震源がどのように分布しているか、パソコン等で観察する。 プレートテクトニクスに関する説明。 地震による災害の特徴と防災について学ぶ。(緊急地震速報に関するVTR視聴など) 	(5)
第3節 火山の形は、何によって決まるか：1時間		
	学習活動	方策
第1時	<ul style="list-style-type: none"> いろいろな火山の映像(クラフト夫妻の記録)をVTRで視聴する。 火山の形、噴出物、噴火のしかた等にどのようなちがいがあったか、自分の言葉でまとめる。 	(3)

第4節 火山灰から何がわかるか：3時間		
	学習活動	方策
第1時	<ul style="list-style-type: none"> ・いろいろな火山から噴出した火山灰や火山噴出物を観察する。 ・火山が噴火するというのはどのような現象か、炭酸水を用いて考える。(モデル実験) ・火山を1つ選び、その火山の噴火の歴史や特徴について、資料を集めて調べる。 	(4)
第2時	<ul style="list-style-type: none"> ・火山灰を双眼実体顕微鏡を用いて観察する。 ・同じ鉱物だと判断できるのは、どれとどれか。(鉱物の同定入門) ・何種類の鉱物が見られるか判断しながら、鉱物をスケッチする。 	(2)
第3時	<ul style="list-style-type: none"> ・いろいろな鉱物を観察する。 ・雲母の劈開や方解石の複屈折など、鉱物の持つ特徴を体験する。 ・鉱物とは何か、結晶とは何か、ミョウバンを例に、美しい結晶を作るための方法を紹介する。 	(3)
第5節 火成岩はどのようなつくりをしているか：3時間		
	学習活動	方策
第1時	<ul style="list-style-type: none"> ・火成岩(研磨面のある花崗岩と安山岩)を観察する。 ・マグマの冷え方によって、結晶の大きさが変わることを説明する。 ・火成岩のでき方をマグマの冷え方と関連づけて考察する。 	(3)
第2時	<ul style="list-style-type: none"> ・偏光という現象を紹介し、偏光板を使って偏光の現象を体験する。 ・花崗岩と安山岩の岩石薄片を、偏光板を使って観察する。 ・鉱物の大きさのちがいをもとに、火成岩の組織を判定する。 	(2)
第3時	<ul style="list-style-type: none"> ・色指数の定義を説明し。印刷プリント教材を利用して色指数を求める作業を行う。 ・火成岩を、科学的な根拠に基づいて分類する。 	(2)
第6節 地層はどのようにしてつくられるのか：3時間		
	学習活動	方策
第1時	<ul style="list-style-type: none"> ・花崗岩を加熱した後水で急冷する操作を繰り返すと、崩れることを実験する。(モデル実験) ・風化した花崗岩やまさ土の中の、鉄分がさびた様子を観察する ・土砂災害の特徴と防災について学ぶ。(地滑り・山崩れに関するVTR視聴など) 	(5)
第2時	<ul style="list-style-type: none"> ・礫や砂などの堆積の特徴について実験する。 ・福山の地下のボーリング資料に基づいて、福山の大地のでき方を推定する。 ・通学中に地層や堆積物を探すと課題を提示する。 	(1)
第3時	<ul style="list-style-type: none"> ・学校周辺の地層などを観察する。 ・観察の結果をまとめる。 	(3)
第7節 地層をつくるものは何か：2時間		
	学習活動	方策
第1時	<ul style="list-style-type: none"> ・堆積岩を観察する。 ・いくつかの堆積岩のかげらを、塩酸の中に入れる。 ・堆積岩はどのようにして硬い岩石になるか考えてみよう? 	(1)
第2時	<ul style="list-style-type: none"> ・化石を観察する。 ・化石を研究するとどのようなことがわかるか? 	(3)
第8節 身近な大地の歴史を調べよう：6時間程度(学校行事として実施)		
	学習活動	方策
	<ul style="list-style-type: none"> ・野外学習で、地層や火成岩の観察をおこなう ・野外学習での説明を、自分の言葉でレポートにする。 	(3)

〈単元のまとめ：1時間〉

6. 地球と宇宙 〈18時間扱い〉

第1節 天文学とはどのような学問か―夜空をながめよう―：2時間		
	学習活動	方策
第1時	<ul style="list-style-type: none"> ・国立天文台の紹介VTRを視聴する。 ・人類はなぜ星を観測してきたのだろうか? ・なぜ大きな天体望遠鏡は性能がよいのか考える。 	(3)
第2時	<ul style="list-style-type: none"> ・天球とは何か説明し、方位角と高度による天体の位置の表し方を学ぶ。 ・星座はなぜいつも同じ形に見えるのか? ・長い年月の間には、星座の形も変わることから、星までの距離やスケールを感じる。 	(2)

第2節 太陽と月：3時間		
学習活動		方策
第1時	<ul style="list-style-type: none"> 天体望遠鏡と太陽投影板を使って、太陽の表面の様子や黒点を観測する。 太陽に関するVTRを視聴し、太陽が活発に活動している天体であることを理解する。 太陽の表面の様子や太陽のエネルギーについて、自分の言葉で説明する。 	(3)
第2時	<ul style="list-style-type: none"> 再び黒点の観測をおこない、黒点の移動のようすや形の変化についてまとめる。 黒点の変化の様子から、太陽が球形であることを考察する。 	(1)
第3時	<ul style="list-style-type: none"> 月の観察をおこない、月の満ち欠けの仕組みを考察する。 アリストアルコスの考察について、その思考の過程をたどる。 日食と月食の起こる理由を考察する。 	(2)
第3節 天体は1日のうちにどのように動くか：4時間		
学習活動		方策
第1時	<ul style="list-style-type: none"> 太陽の1日の動きを、透明半球を使って観察する。 動いているのは太陽163か、地球か？ 時刻と時差について説明する。 	(2)
第2時	<ul style="list-style-type: none"> 太陽以外の天体がどのように動いて見えるか？ 星座の星（恒星）の動きを、写真などをもとに考察する。 天体シミュレーションソフトウェアを利用して、パソコンで星の動きを確認する。 	(1)
第3時	<ul style="list-style-type: none"> 天体の日周運動は、地球の自転が原因で起こっている見かけ上の動きであることを考察する。 なぜ天の北極の周りの星は、天の北極を中心に回転するように見えるのか？ 天体の日周運動の動きから判断し、地球の自転の向きを自分の言葉で考察する。 	(3)
第4節 天体は1年のうちにどのように動くか：2時間		
学習活動		方策
第1時	<ul style="list-style-type: none"> 星座早見盤の使い方を習得する。 1つの星座に着目し、星座の見え方がどのように移り変わっていくか、星座早見盤や天体シミュレーションソフトウェアを使って調べる。 	(4)
第2時	<ul style="list-style-type: none"> 1年を周期として起こる運動について考察する。（年周運動とは何か？） 地球の公転と年周運動について、自分の言葉で説明する。 黄道12星座と星占いについて考察する。（星占いに科学的な根拠はあるか？） 	(3) (6)
第5節 季節はなぜ変化するのか：2時間		
学習活動		方策
第1時	<ul style="list-style-type: none"> 赤道付近と極付近で気温に差があるのはなぜか？ 太陽の南中高度の変化を、シミュレーションソフトウェアを利用して確かめる。 	(3)
第2時	<ul style="list-style-type: none"> 昼と夜の長さの変化を、日の出、日の入りの時刻から調べ、太陽の日周運動の経路と関連づけて考察する。 公転軌道面に対する地軸の傾きが原因で、季節が変化することをまとめる。 	(1)
第6節 太陽系の天体：3時間		
学習活動		方策
第1時	<ul style="list-style-type: none"> 地球と同じように、太陽の周りを公転している天体について調べる。 太陽系の天体で、地球以外で生命が誕生した可能性のある天体がないか探してみよう！ 	(4)
第2時	<ul style="list-style-type: none"> 内惑星と外惑星について説明する。 金星の満ち欠けの様子について考察する。 金星や水星が、夜中に見えない理由について、自分の言葉で表現する。 	(3)
第3時	<ul style="list-style-type: none"> 地球型惑星と木星型惑星について説明する。 惑星以外の太陽系の天体を紹介し、太陽系の起源について考察する。 冥王星が惑星からはずされた理由や、その決定の方法について紹介する。 	(3)
第7節 太陽系の外には何があるか：1時間		
学習活動		方策
第1時	<ul style="list-style-type: none"> 天体までの距離は光年という単位を使って表すことを説明する。 今見ている天体から来ている光は、過去の天体を見ていることになることを紹介する。 宇宙の広がりや時間の流れを感じ、地学や天文学の学問の意義について考える。 	(2)

〈単元のまとめ：1時間〉

および「地球と宇宙」の単元についてもカリキュラム案を作成し、年間を通して特徴的な内容を中心に実践を重ねてきた。

表2に「大地の変化」「地球と宇宙」のカリキュラム案を示す。

なお、表中の学習活動の右の欄に示した「方策」は、前に示した「科学的なりテラシー育成の方策」(表1の(1)～(7))のうち、どの方策を意図して構成していったかを示している。

4. 開発した授業の特徴的な内容例

理科の新学習指導要領では学ぶ内容が増え、新しい目標も追加された。しかし、現在の理科教育でそのこと以上に大切なのは、子どもたちが科学を学ぶことの意義を感じ、科学への関心を高めていくことであると考える。この課題に対しては、増えた学習時間をただ内容を増やすことに消費するのではなく、考える楽しさやわかったという喜びを実感させるための、じっくりと取り組む過程が重視されなければならない。直感的に考察をおこなうのではなく、科学的なデータに基づいて科学的な思考を進めていくことそのものに興味を持ち、おもしろいと感じる子どもたちを育むことが究極の目標となる。そのためには、どのような学習活動を通じて定着させるか、どのように活用させるかが、今後の指導上の大きな課題であると考えている。

今年度の授業では、年間を通してこのカリキュラム案で実施することはできなかったが、特徴的な内容について実践を試みてきた。その一部をここで報告する。

(1) モデル実験における考察の工夫

地学的な内容では、地震や火山ほか、大きなサイズの現象や長い時間にわたる変化など、直接実験して観察することができない現象を、モデル実験として実施することが多い。例えば、水を混ぜる量で石膏のねばりけを変え、火山のモデルをつくる実験が、教科書に掲載されている。⁽³⁾ モデル実験は、現象そのものを扱うのではなく、ある現象を別の物質などに置き換えて扱うので、生徒にとってはモデル化という1段階高次の思考が必要となるため、じっくり考えさせるには格好の素材であると考えている。

今回提示したカリキュラム案では、教科書等であまり扱われることのない実験も含め、数多くのモデル実験を取り入れた。以下にその内容を列挙する。

① ばねとおもりを用いて地震計の仕組みを体験する

ばねに金属製のおもりをつるし、地震計の不動点を作る仕組みについて、実験で確かめる。

② 長いバネを用いて、P波とS波を作る

波動実験用つるまきばねを教室の前後に渡る程度に伸ばし、縦波(P波)・横波(S波)のちがいを実際にそれぞれの波をつくって比較する。

③ 万力で岩石片を割り、マイクロ地震を発生させる

30mm×20mm×5mm程度の大きさに加工した花崗岩などの岩石を大きめの万力にはさんで力を加え、破壊が起きた瞬間の様子を観察する。封圧を加えない場合は力の向きと平行にクラックが発生して岩石が割れるが、地下で地震が発生する場合は、力の加わった向きと斜交する向きに断層が発生し、ずれが生じることを解説する。

④ 火山の噴火を炭酸水を用いて考える

キャップをしてある、炭酸水の入った瓶をよく振り、キャップを開けた瞬間に炭酸水に発泡が起こり、吹き出すようすを、火山の噴火の際の発泡現象と関連づけてモデル化をおこなう。

⑤ 岩石に加熱・急冷を繰り返す

花崗岩をガスバーナーで赤熱するほどに加熱した後、水につけて急冷する操作を数回繰り返す。十分に冷やした後、手で岩石を割ってみる。砂粒程度の粒子にばらばらになる様子が確認できるので、これをもとに物理的な風化によって岩石が砕かれるしくみを考察する。

以上の実験は、いずれの場合も、自然界で起こる現象をどのようにモデル化しているのか、生徒に考察させることが指導のポイントとなる。例えば①の実験では、ばねにおもりをつるして、地震計の不動点をつくるだけではなく、ばねの固有振動を発生させ、その周期と同じ動きに対してはおもりは動きやすいが、周期の異なる揺れに対しては動きにくいといった考察にまで発展して考えさせることも意図している。その際、振り子等でも同様の現象が見られることを、実際に振り子を作成して確認することで、理解が深まる。さらに、この考え方は、建物にも固有振動が存在し、同じ地震でも建物の高さによって、被害を受けやすい建物が存在することなどにも発展させていくことができる。

(2) 防災を意識した授業の工夫

生活と結びついた内容について考察させ、理科を身近なものとして捉えさせるために、地学的な内容の場合は、学習した内容を生かした防災に対する考え方を身に付けさせることが重要である。例えば、地震は予告なくいきなり発生することも考えられるので、そのときにパニックを引き起こすことなく、生命の安全の確保を最優先に、的確な行動をとることができるようにするためには、地震発生を想定した事前のシミュレーションなども重要である。

① 地震による災害の特徴と防災

ここでは、緊急地震速報をテーマとして、地震発生時にどのような行動が求められるかを考えさせることを中心に据え、家庭で大災害発生時の対応を打ち合わせておく必要があることなどについても指摘する。

② 火山の噴火の歴史や特徴と防災

火山は、それぞれの火山ごとに噴火の歴史を持ち、次に噴火する際にも、過去の噴火の状況を知っておくことが、噴火の傾向を知る上で重要である。例えば、北海道の有珠山は、噴火の前に地震が発生し、その地震の回数が増えていくと噴火につながるが、過去の噴火からよく調べられており、「正直な火山」といういわれ方をしている。そうした事例も紹介しながら、火山に対する防災の考え方を身に付けさせる。

③ 土砂災害の特徴と防災

過去に大きな被害をもたらした土砂災害について、急傾斜地の崖崩れ、地滑り、土石流について、それぞれの特徴を知り、防災のためにはどのような注意が必要かを考察する。広島県は、急傾斜地崩壊の危険箇所が全国でも最も多い県である。風化花崗岩が多いことも、特徴のひとつである。こうしたことを理解した上で、自分の住む地域を見直してみることをおこなっている。

④ 気象災害の特徴と防災

気象単元では、長雨、集中豪雨、台風などの特徴と防災を中心に扱う。近年、局地的な集中豪雨が増加する傾向にあることも、地球環境の変化と関連づけて扱っている。

5. 3年間の成果と課題

この研究も、3年計画の最終年度を迎えた。ここで3年間の研究成果と課題について、まとめておきたい。

第1年次は、中学校3年生で、必修の80時間に加えて、60時間の「理科」を設定し、この合計140時間のうちの70時間程度を使って、「地学」的な内容を第3学年集中的に実施する教育課程を実施、検討した。特にその目的を整理し、以下の3点の特色を有するカリキュラムとなることが明らかになった。

- ① 大きな時間・空間スケールを扱うことによって、時間・空間概念を形成させる。
- ② 地震や火山などの自然災害について、災害を未然に防ぎ、パニックの原因をつくらないための基礎知識を与える。(防災リテラシー)
- ③ 複雑な現象を論理的に考え、本質を見抜く力を伸ばすために、自然を総合的・全体的に捉える能力を育成する。

第2年次は、1年次に検討した3年生に「地学」的

な内容を集中的に配置する教育課程において、実際に年間のカリキュラムを策定する上での、考え方を提案した。成果の1点目は、理科の授業を改善する視点として「科学的なリテラシー育成」の方策を示し、それを具体化した単元案を作成できたことである。また、特徴的な内容については実践を行い、確かな手応えを得ることができた。科学的な思考を深化させることはじめとするリテラシーを育成する7項目の方策を示したが、これらの方向性は、間違いないものであると確信を得ることができた。成果の2点目は、授業実践の中でリテラシーを評価する方法を検討し試行したことである。ここで確立した「身近な現象について、科学的な用語や学習の中で身につけた考え方をもとに説明させる評価問題を作成し、評価基準（ルーブリック）を準備してそれに基づいて生徒の記述を評価する方法」が、生徒の多様な思考を掘り起こし、授業にフィードバックすることができるという可能性を示すことができた。

最終年度にあたる今年度は、中学校から高等学校へとつながる、科学的な思考の深化のための考え方を示すとともに、科学的思考力や判断力、表現力など、リテラシー育成の方策として、中学校理科の地学的な内容における具体的なカリキュラムの提案を行うことができた。

今回策定した中学校理科2分野地学的な内容に関するカリキュラム案は、新しい学習指導要領においてもその趣旨を最大限に活かすことができる構成になっていると考えている。特に意識したことは、内容のスパイラルと同様に、能力やリテラシーに関しても、有効な学びのスパイラルを構築していくことが、科学的思考の深化につながるという点である。これは、「科学的なリテラシー育成」のための方策をカリキュラムの中で効果的に配置していくことで、その構造を確認することができたと考えている。この3年時の実践については十分な検証にまでは至らなかったが、今後の実践の中で評価していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 平賀他、理科における中学校・高等学校の接続について—有効な学びのスパイラルと科学的思考の深化をめざして—、広島大学学部・附属学校共同研究機構研究紀要第35号、2007
- 2) 平賀他、理科における中学校・高等学校の接続について—有効な学びのスパイラルと科学的思考の深化をめざして—、広島大学学部・附属学校共同研究機構研究紀要第36号、2008
- 3) 新編新しい科学2分野上・下、東京書籍、2005