

The interplay of first-hand and second-hand investigations to model and support the development of scientific knowledge and reasoning

要約

この論文は理科授業における教科書の使用に焦点を当てたものである。理科授業では教科書の使用頻度が少ない。また、生徒は実験や観察のみから科学を学ぶのではない。そこで、1段階目の学習で、実験・観察活動を行い、2段階目の学習で1段階目で学習できなかったことを補う。この2段階目の学習において教科書を使用する。以下の流れで展開する。

1. 理科授業における教科書の使用と問題点
2. 教科書の使用に関する先行研究
3. 普通の説明がしてある教科書を用いた実践
4. 科学者のノート形式の教科書の開発
5. これを用いた実験授業
6. まとめ

はじめに

1. 自然科学

- (1)複雑な思考の形態、文化遺産、長い年月をかけて発展してきた
- (2)社会文化の観点：心理的本質、人々が有効だと思ってきた推論にアプローチする文化的道具
- (3)教育の観点：発見活動であり、調査活動における実践的活動に基づくとみなされている

子どもは全てのことを実験や現象から学ぶのではないという指摘があるとき、(3)は問題となる
実際に、子どもは考えることや他の経験からも自然科学を学ぶ

2段階目の学習：教科書の使用を促進する。

2. 2段階目の学習

(1)理科授業

1)読み書きは重要だといわれている一方で通常の理科授業では教科書は使われない

例：おとぎ話を導入で用いる、プリントを使う生徒の疑問を取り上げるため生徒のノートを見る

(2)教科書の使用に焦点を当てる3つの理由

1)国際的な標準な記録では、「子どもが本、雑誌、ビデオなどから得られる情報をどのように評価して解釈するか」提案したものを含んでいる。

(2)科学的リタラシーとはテキストの情報を批判的に読むこと

(3)情報的リタラシーの獲得が達成すべき中心的な力

3. 教科書の使用に関する先行研究

(1)Guzetti,Snyder&Glassの研究(1992)

・誤概念を定めて誤りを明らかにした教科書の使用は効果的である。

(2)Leonardの研究(1987)

教科書中に質問のあるものとなないもので効果(内容の想起)を比較

・授業直後は、質問のある教科書を用いた生徒のほうがよかった。

・しかし、4週間後は違いがなかった。

(3)Balluerkaの研究(1995)

先行オーガナイザーを与える場合、生徒に先行オーガナイザーを生成させる場合、メインアイデアを与える場合の3つの条件で比較

・メインアイデアを与えた場合は情報を思い出すことを促進する。

・先行オーガナイザーを与えた場合は理解を高める。

(4)Boyle&Maloneyの研究(1991)

・生徒は教科書で与えられたニュートンの第3法則を適用する問題ができなかった。

・生徒は教科書を使ってどのように勉強をして学習をするのか分からない

(5)Peasonの研究(1991)

・自分で質問をさせると直後では内容をよく想起できるが、長期にわたって維持できない。

(6)Pavio&Pressleyの研究(1994)

・質問に従事した小学高学年は、方略を用いた生徒より概念の理解が良かった。

(7)Gaskinsらの研究(Gaskins,1994;Guthrie,1996)

1)Concept-Oriented Reading Instruction

2)この章の研究に最も関連ある研究

3)小学校の長年のカリキュラムと生徒が取り上げる問題を研究

4)生徒への支援

関連ある情報を見つけること
情報の適用の仕方の学習
学習したことと他の内容の関連のさせ方

5) 評価

リーディング活動 リーディングに対する動機 リーディングに対する認知的方略
概念の獲得

5) 問題点

授業の中での生徒の教科書の使用状況
教師が教科書の使用をどのように支援するか
概念理解と科学的推論に教科書がどんな役割を果たすか

が明らかになっていない

研究の計画

(1) 共同研究者：K グループの 5 人の教師：6 つの学区の 14 校を代表

(2) 研究を計画する活動

週 2 回の meeting 夏の集会 教室における数時間の活動

GI s ML に参照できる

3) GI s ML (Fig5.1)

The Guided Inquiry supporting Multiple Literacies community of Practice の略

ENGAGE、INVESTIGATE、EXPLAIN のサイクル

- ・ ENGAGE：仮説や疑問を生成
- ・ INVESTIGATE：実験を計画して行う
- ・ EXPLAIN：考察

目的

- ・ 生徒の科学的理解の学習を支援すること
- ・ 器具、言葉、科学的リテラシーである議論によって理解する方法を生徒自信が経験、理解、適応できるように支援すること

GI s ML の中に 2 つの側面がある

- ・ 1 段階目の学習：現象を体験する

- ・ 2 段階目の学習：教科書から他の解釈を学習する

この研究は理科カリキュラム外で行った。

- ・ 教育法の指定から外れた教科書を用いるため

S 先生の授業

研究テーマ：説明的な普通の教科書を使ったときの 1 段階目の学習と 2 段階目の学習の相互作用はどうなのか？

(1) テーマ：光について(反射、屈折)

(2) 使用する教科書：説明的な普通の教科書(2 段階目の学習において)

(3) 授業全体の流れ

1 段階目の学習

1 週間半後

2 段階目の学習 1 日目

3 日後

2 段階目の学習 2 日目

(4) 1 段階目の学習

・ 生徒は 2 人 1 組で光のボックス、鏡、半透明の光を通す物質、さまざまな色の物体、プリズムを使って疑問に思ったことを実験する

- ・ S 先生は生徒に光についてわかったことや疑問点を記録させた

(5) 2 段階目の学習

1) 1 日目

- ・ 大まかな授業の流れ
生徒が疑問点を挙げる

疑問について話し合う

教科書を読む

または に戻り繰り返す

- ・ 実際の授業の流れ(本文中の会話より)

生徒が1段階の学習の時に持った疑問を思い出し議論をする

出てきた疑問

- ・光の速さについて
- ・光の散乱について
- ・黒色は光を吸収して白色は跳ね返す
- ・光はエネルギーの源なのか？
- ・光は鏡では反射して他のものではない
- ・なぜ、物体によって影の暗さが違うのか

S先生が教科書の発光体と非発光体について記述してあるページを読む

生徒に自分の周りの発光体を挙げさせる。

そのなかで、鏡が発光体か非発光体が疑問が挙がり、非発光体と結論する。

Davidが教科書中の「鏡以外の物体でも光は反射する」という記述に疑問をもつ

S先生が「発光体から出た光は空気中を通り目に入る、そして、光は物質の中を進み、その進み方は物体によって進み方が違う」という内容の記述を読む。

S先生が生徒が調べた「物体によって影のでき方が違うこと」について述べる。

S先生が「透明なものは光をたくさん通し、半透明なものは一部の光を通し、不透明なものはほとんど通さない」という内容の記述を読む。

Davidが「少しの光では薄い影ができ、多くの光だと暗い影ができる。」という仮説を立てる。

S先生が「物体には透明なもの、半透明なもの、不透明なものがある」という記述を読む

- ・透明なもの：光を通す
- ・半透明なもの：一部の光のみ通すもの
- ・不透明なもの：光をほとんど通さないもの

S先生は子どもたちに透明なもの、半透明なもの、不透明なものについて挙げさせる。

- ・議論は活発だった。
- ・透明な物体と半透明な物体の違いが分かりにくかった。
- ・このなかで、コンピューターのスクリーンが透明な物体かどうか疑問が上がる。

この疑問に対して、次の章を読む前後にS先生は生徒に予想をたずねた。

S先生が光の反射について読む

- ・光は全ての物体にあたり、規則を持って反射すること

・鏡は表面が滑らかであること

S先生は光は鏡以外の物体では反射しないという説を出して生徒にどちらが正しいか考えさせる

S先生が鏡と白い紙による光の反射について読む

・紙はどれだけ滑らかでもでこぼこがあるため、光は多数の方向に反射されるため、反射光は見にくい。

S先生は生徒に「どうして白い紙によって反射した光は見えにくいのか」たずねた。

・ほとんどの生徒は答えられないのでS先生は再び同じページの関連した部分を読んだ

・S先生が繰り返し読んだ後、生徒は光は鏡以外でも反射することを理解した。

S先生は光の散乱に関するページを読んだ。

・光の散乱では反射される光と吸収される光があること

・白色は光を反射して黒色は吸収する。

S先生はTimの「黒ければより多く光を吸収する。だから、黒いものは熱くなる」という説を生徒に思い出させた。

最後に、黒板に記述された生徒の疑問を振り返り、それぞれの疑問に対して自分は賛成か反対か議論させて授業は終わる。

2)2日目

・授業の大まかな流れ：1日目と同じ

・実際の授業の流れ(本文の会話より)

黒板に生徒の疑問を書き、前回の学習のときの議論からはじめる

・光の速さ、ブラックホールの話

・これらは教科書に書いてなく、調べることもできない。

光が水によって散乱されることについて話し合う。

・Nickが生活経験からこれに対する証拠を示す。

再び光の速さの話になる

・Zoeが雷の光は音より早くたどり着くことから光は音より速いことを示す。

黒色は光を吸収して白色は光を吸収することについて話し合いになる。

光の反射について2つの説が出る。

光は鏡以外のものでは反射しない

光は鏡以外のものも反射する

S 先生が光は鏡では同じパターンで反射するという記述読む

鏡は表面が滑らかだけど、荒い物体はどのように跳ね返るか?という疑問が出る

S 先生が鏡以外の文体ではいろいろな方向へ反射することを説明する。

S 先生が「光が全ての物体で反射するのか?」生徒にたずねる

・一部賛同しない

光が空気で反射するかどうか2つの説がある。

空気は見るができないので調べられない

空気は透明で見るができないということは反射しない証拠

空気は透明な物なので、光は中を通過して目に届くという記述を読む

3)2段階の学習のまとめ

1 段階目の学習の拡張

1 段階目と2 段階目の学習に現れた縫い目のない質

・発光体や透明な物体について読むとき、生徒は身近な物体を挙げることを求められた

・実験結果と生徒の意見を結びつけた

討論に対するメタ認知的な次元

・S 先生が1 段階の学習と2 段階の学習に区別をつけた

・答えられないこと(光がエネルギーか?)と調べられないこと(ブラックホール)の区別

・意見の一致したもの(黒い物体はより光を吸収する)としてないもの(水による光の散乱はプリズムと同じか?)を分類

・S 先生が生徒にすでに知っていることと教科書の情報に注意を向けさせた

・S 先生が教科書が生徒の理解をどのように促進させるか表した

教科の使用が共通な概念理解を促進する研究を与える役割を果たした

・どんな疑問が出てもしらべることができる

・幅広く学習できるが、意見が一致させることが難しい

・教科書がその役割を果たす

4)評価

「光が木によって反射するか」という課題について

ブレ: 27 人中2 人が正答

1 段階の学習後: 27 人中16 人が正答

2 段階の学習後: 27 人中26 人が正答

教科書の作成

科学者のノート形式の教科書

1)説明、物語、描写、議論から構成される

2)GISMLの研究プログラムに結び付けられる。

3)実際の人物の会話で記述される

・生徒は実際の人物から学んでいると感じる

4)科学的リタラシーの促進によって構成される

5)様々な表現によるデータ(表、図など)。

6)科学者が集めたデータに基づいて考えたことを振り返る記述

・生徒がデータやそれから考えたことを振り返ることができるように支援する

7)参考資料がある

例: テキスト中の科学者がニュートンの研究から得た資料

8)テキスト中の科学者が他の科学者の正しくないデータに対して正しいデータを示す例

実験授業

1)目的: 科学者のノート形式の教科書と伝統的な説明をした教科書を使った時の過程や結果の比較 (Table5.1,2,3 に説明)

Substantive な知識: 生徒の光の反射や屈折に関する理解を知らせた記述(概念に関するもの)

Syntactic な知識: 科学的議論の過程や流れを伝えた記述(議論に関するもの)

2)課題: 光の屈折と反射: ノート形式の反射を読んだ人は伝統的な教科書の屈折について読む

3)時期と場所

一回目: 1998 年10 月後半、Granite city・・・都会

・デザインが不完全だった: 生徒が先に伝統的な教科書を読んでいたことを考慮に入れなかった。

二回目: 1999 年2 月、Maple Grove・・・田舎

・完璧なデザイン

MacGinitie Reading Achievement score において Granite city の得点は Granite city より低いので、結果は別々に報告する。(両者において比較は行っていない)

4)評価方法

生徒が教科書を読む前と後でテストを行う。

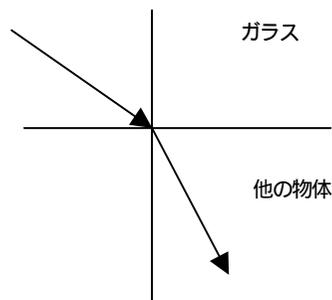
評価項目：7項目からなる

- ・3つは事実に基づいた情報の想起
- ・残り4つは教科書から議論に従事する能力
 - 2つは Substantive な知識を単独で扱う
 - 2つは Substantive な知識と Syntactic な知識が結合したもの

例：光の屈折の評価

問題：光がガラスを通して他の物質に入るとき、一番曲がるのはどの物質でしょう。

- ・生徒はガラスとその他4つの物質の Optical densities(屈折率?)の表を与えられる
- ・データの読み方、この課題に関する物質を比較することが必要とされる



5) 教授方法

ノートタイプの教科書

- ・教師は生徒の活動を GISML に照らし合わせる
- ・教科書のはじめで生徒に調査の目的を定めさせる
- ・教科書を読むに連れて、教師は生徒に調査の手順、データの解釈、データの関係のテスト、誰かの疑問に対するこれらの関係の意味を定めることに従事させる

伝統的な教科書

- ・教師は Donein-General な方略を用いる
- ・生徒が中心となる項目を定める中で教師が段落をまとめる
- ・教師は生徒に疑問点をたずねる
- ・教師は生徒に教科書に疑問に答える情報があるかどうかたずねる

6) 結果：ノンパラメトリック分析

Maple Grove

- ・屈折、反射の両領域のポストテストにおいて
 - ・ノートタイプの教科書が substantive な知識と substantive な知識を用いた+の議論において有意であった

Garanite City

- ・屈折においてのみノートタイプの教科書が有意であった。
- ・伝統的な教科書は反射については効果がなかった。
- ・ノートタイプは substantive な知識を用いた+の議論を必要とする項目は有意に近かった。

観察実験

(1) ノートタイプの教科書を使った2段階目の学習(Ford, 1999)

- ・実際の授業の流れ
 - D 先生が科学者が絵を載せた理由を生徒にたずねる
- ・生徒の答え：自分の考えを理解してほしかったから
 - ・この絵は生徒が実験でやったことであり、表現しなかったこと
 - 光は全ての物質で反射するという意見に対して黒は反射しないという意見がでる
- ・2つの矛盾した意見が Lesley の観察はどうして自分たちと違っているのかという疑問に導く
 - ・Lesley の実験では黒いフェルトはでは反射しない(ノートの page1,2)。
- ・彼女の用いた光探知機は物体から遠い位置にセットしてあったことに気づいた。
- ・Lesley は実験を進める中で、他の科学者に光探知機の使用の仕方アドバイスを受けた(ノートの page2)。
- Lesley の光探知機の使い方が誤っているためデータが正しくない。それゆえ、データの矛盾が出て生徒自信が正しい使い方、正しいデータのとり方を考えなければならない。

(2) まとめ

- ・生徒が1段階目の学習と異なるサイクルに入ったとき
- ・データに対して注意深くなる
- ・生徒が定めた光の量を Lesley の紹介したスケールに当てはめる
- ・生徒が観察して表現したことに対してより適切な言葉を与える
 - 1段階目の学習で浮き上がった疑問と Lesley のノートに違いがあるとき、興味深い変化に導く

生徒は証拠や意見やデータを区別しようと挑戦した。

生徒はデータを特定したりこれを使って意見をサポートできるけれど、証拠のない内容には関心が払われない。

まとめ

(1)教科書の特徴に関する更なる興味

・教科書が生徒が科学者の議論を再構成したり、他人の議論を解体するよう従事する1段階の学習を開発するならば、より排他的な方法による科学的議論のモデルに興味がある。

・言葉や科学的問題解決の会話を表し、対立意見が生成する社会的方法を証明する教科書の追及

(2)いろいろな側面の研究プログラムは

・小学校の理科学習や科学的な議論の過程における2段階の学習の研究者たちの考え方を形作り支援した。

・S先生の授業は、私たちがノート形式の教科書の開発につながったが、予期せぬ方法で教科書の可能性に対する考え方を変えた。

(3)これらの研究が2段階の学習を構成するいくつかの試みを含む。

教科書に対する批判的な態度の想定。

理解を教科書から確認できる。

教科書の情報と自分が1段階目の学習から発達させた理解を結びつける。

(4)教師は、2段階の学習を支援する教科書の準備に対する不足した面に直面する。

・不足面が教科書をデザインすることに導く(科学者のノート形式)。

(5)半実験はノート形式の教科書にたいする重要な支援を与える。

(6)教科書の記述が生徒が1段階目の学習で経験したことによって変わるのではない。

(7)これらの研究が

・生徒の理解や議論を高める教科書の作成するための考え方を与えた。

・教師による教科書を使った学習に対する考え方を与えた。

(8)ノート形式の教科書は生徒と教師の教科書の使用に対して足場となる。

(9)筆者らの更なる興味

ノート形式の教科書が営利的に用意された教科書の使用にどのように影響するか

子どもたちが科学的議論の側面により挑戦することを支援する教科書のデザインの仕方

更なる1段階目と2段階目の学習の関係

・1段階目の学習からの想定や学習に影響を与える

・1段階目の学習で得たデータのより効果的な表現の仕方

・1段階目や2段階目の調査における共通語の発達

(10)筆者らが信じる境界線は小学校における実験に基づいた学習を促進させるために

1段階目の学習と2段階目の学習を促進する実験学習

1段階目と2段階目を構成を支援する教科書の表現

実験による教授と学習に基づいた効果的な実験を必要とする自然な授業によって約束される

2 段階目の学習 1 日目の会話

1 . 疑問を挙げさせて先生が最初に教科書を読むまで(~)

S 先生 : 1 週間半前、私たちが光の実験をしたとき、授業の中で使った道具では調べることができなかった疑問がありますね。よく人々は、2 段階の学習が必要だといっています。覚えていますか？

生徒 : はい。

S 先生 : O.K. 答えられなかったことや、異なる実験が必要だと感じたことは何ですか？それを黒板に書いていきます。何ですか？Kyla。

Kyla : うーん。光の速さ。

S 先生 : O.K. 素早く黒板に書きます。そう、光の速さはその 1 つ。他にありますか？Evan？

Evan : もし、光が太陽系で一番速いものだったら・・・。

Sarah : 光の散乱

Katie : 水による光の散乱はプリズムのときと同じ。

男子生徒 : でも、これは 2 段階の学習じゃないよ。

Katie : 分かっている。でも、やってないよ。

S 先生 : でも、答えられない疑問ですね。しかし、光は水によって散乱されて色が変わりますね。他に何か？David？

David : これは、誰かが言っていたけれど光がいくらか干渉されて、でも、光は黒は吸収する。その人たちは挑戦したけれど、少しは干渉されたよ。

S 先生 : O.K. 私たちの疑問は「黒は光を吸収するのか」でいい？

David : いいよ。多くの人が挑戦したけれど分からなかったね。

S 先生 : 白は光を反射する。いい？これは確信がないよ。誰かがやってたけど分からなかったね。Nick？

Nick : ブラックホールは光を吸収するからブラックホールと呼ばれると思う。

S 先生 : 他のことは 1 段階目の学習でできなかったね。ありがとう。

生徒 : はい、はい。

S 先生 :他に何か？これから少しの間みんなに考えてほしい。先生は思い出しているときに書きとめた少しのものがああります。実際、David の言ったことは 1 段階目の学習では調べられなかったことです。もし、できるなら見てみましょう。では、光がエネルギーの源であるというのはどうでしょうか？

Katie : はい。それも 1 つだね。

S 先生 : どうやってやるの？

Katie : 温度計のようなものを置く。

生徒 : それは熱だよ。

Nick : そう、それは熱の源。

Nick : でも、熱はエネルギーじゃない。

S 先生 : Katie は熱が光がエネルギーであることを証明すると考えています。でも、みんな反対です。却下できますか？光はエネルギーの源。もっと疑問はありませんか？Kevin、Ilya。あなたの発表を覚えていますか？

Kevin : 光は鏡では反射されるけれど、他のもの反射しない。

S 先生 : そう、光は鏡で反射して、それ以外のものでは反射しない。あなたが言ったことですね。反対の意見があります。光は鏡以外のものでは反射しない。いいですか？他にあれば見てみましょう。先生は他のことも覚えています。たくさん話し合いましたね。Julian、Nick。全てのものは暖かくなりますか？

Julian : はい。

S 先生 : 話し合いのことを覚えていますか？

Julian : みんな話した。

S 先生 : いいですか？影の役割。Ayaka は私たちができなかった実験の事実を持っています。なぜ、物体によって影の暗さが違うのですか？私たちにはもっと情報が必要だと思いますか？(Ayaka は何も反応しない)

生徒 : Ayaka は何もいわないので話し合いできません。

S 先生 : そうですね。物体によって影の暗さが違う。では、教科書を見てみましょう。

発光体と非発光体があるという内容の記述を読む

2 . David が教科書中の「鏡以外の物体でも光は反射する」という記述に疑問をもつ(~)

David : 最初、光は鏡以外では反射しないといったけれど、教科書では、光は他のものでも反射するといっている。教科書は間違っている。

S 先生 : そうですね。しかし、私たちはもっと情報が必要です。次のページを読んでみましょう。

S 先生が「発光体から出た光は空気中を通り目に入る、そして、光は物質の中を進み、その進み方は物体によって進み方が違う」という内容の記述を読む。

3 . 少しの光では薄い影ができ、多くの光だと暗い影ができる。」という仮説を立てる(~)

S 先生：そう、David。あなたはこの種類の証明は正しいものとして1つ増えたものがありますね。

David：はい、Ayaka の意見。物体によって光が異なって届くから。たくさんの光や少しの光。たぶん、少しの光では薄い影ができ、多くの光だと暗い影ができる。

S 先生が「物体には透明なもの、半透明なもの、不透明なものがある」という記述を読む

4 . コンピューターのスクリーンは透明なものか、不透明なものに関する会話()

S 先生：不透明なものは少し硬いですね。Evan ?

Evan：うーん。コンピュータースクリーン。

生徒：それ、僕が言いたかったことだ。

Jung Ho：それは不透明というより透明だよ。

Nick：はい、そうですね。光が見える。

S 先生：男子と Jung Ho。なぜ、そのように考えたのですか？

Jung Ho：だって、スクリーンの向こうが見えないから。自分が見えるだけだよ。

S 先生：これは難しいですね。しかし、スクリーンそのものは透明なものですよ。

David：うーん。例えば、スクリーンセイバーは半透明なもので、一部の光を通す絵がある。しかし、マウスを動かすとそれは透明なものに変わる。

5 . S 先生が光は鏡以外の物体では反射しないという説を出して生徒にどちらが正しいか考えさせる()

S 先生：光を鏡以外の物体をつかって通すことに挑戦できますか？Kevin、できますか？

Kevin：はい。

S 先生：鏡の代わりに白い紙をつかったらあなたが考えていることが起こると思いますか？Kevin や Ilya の仮説だと何が起こると思いますか？Ilya ?

Ilya：少し進んで、後はとまる。

S 先生：止まると思う？David は？

David：鏡と同じ役割ををすると思う。しかし、紙は簡単に曲がり、鏡ほど滑らかではないので鏡みたいには反射しない。

S 先生：そうですね。私たちには2つの考え方があります。Kyla と Ayaka のです。光は鏡以外の物体では反射しないといった人もいれば、David のように光は鏡以外のものでも反射するが鏡ほど反射しないという人もいた。

David：これらは同じようには反射しない。

S 先生：これらは同じようには反射しない。先生はみんなにどっちが正しいのか考えてほしい。

S 先生が鏡と白い紙による光の反射について読む

2 段階目の学習 2 日目の会話

1 . 導入から光の散乱まで(~)

S 先生：少し戻りたいです。こっちを向いてください。Sarah のようにいすをこっちに向けて前を向いてください。先生は疑問を書きました。1 段階目の学習と 2 段階目の学習において残されている疑問です。先生は前回どのように話し合ったか書きました。先生はこれらのことをすばやく調べたい。いま、私たちは前回読まなかったところを読もうとしています。いいですか？前回、教科書にブラックホールのことは書いてありましたか？

生徒：いいえ。

S 先生：光の速さについて書いてありましたか？

生徒：いいえ。

S 先生：はい、Katie。正しいですか、Nick？

Nick：僕は、光がとても速いものであることを書いてあるものを持っているよ。いつでも光ボックスで照らすと光はすぐにたどり着くんだよ。

S 先生：そうですね。多くの場合、これはとても速いですね。私たちはこの実験器具からは正確にそれを知ることはできませんね。はい、いいですね。教科書にはこのことや光が太陽系で一番速いものとは書いてないですね。そう、これに対する証拠がないのです。それでは、水によって散乱された光の色が変わるといのはどうでしょうか？前回、私たちはこれについて何を話し合いましたか？これについての証拠は教科書にありますか？水にこのような性質がありますか、Nick？

Nick：いいえ、しかし、うーん。プラスチックのコップに水を注いだとき、少しだけ、青い縞模様

様が見えたよ。

S先生：はい。私たちには少しでもいいから情報が必要です。Zoeは？

Zoe：えーと。光は太陽系で一番速いものですか？

S先生：うーん？

Zoe：でも、雷の光から光は音より速い。

S先生：なんで？

Zoe：音より光のほうが先に来るから

S先生：興味深いですね。よく見えますね。みんなZoeの言うことが分かりますか？

生徒：はい。

S先生：みんなは今まで聞いたことがありますか？いいですね。

Jung Ho：僕は何でか分かるよ。光のほうが音より速いから。

S先生：Zoeの言っていたことですね。これは自然な証拠でしょ。うーん。黒の吸収についてはどう？疑問の中ではあまりでなかったけれど、教科書にはよく書いてあるよ。黒色はよく光を吸収し白色はよく反射する。前回、確かめたり、教科書の中で見ましたね。

生徒たち：そのとおりです。

S先生：誰か他にも言っていたね。いいですか、光はエネルギーの源。

生徒たち：いいえ・・・、はい・・・、いいえ・・・。

S先生：教科書はほんの少ししか言っていないね。先生は連想すると思う。これと一緒に。光は反射されるのはどう？先生は実際にこの考えにに変えたよ。みんな、前の授業の時は光は鏡以外のものには反射しないって思っていたけど、これは本当のことじゃないから考えを変えたね。そう、光は鏡以外のものでも反射する。教科書には何て書いてあったかな？どのようにしてこれが正しいと知ったのかな？Katie、あなたは どう思う？

Katie：えーと。ここに書いてある。(教科書を見ながら)あなたは光が鏡以外の物体を使って通らせることに挑戦しますか？反射します。・・・のように。

S先生：いいですか？光はどのように鏡から反射しますか？(生徒は誰も反応しない)では、次のページ、光の反射の下、真中より右側を見てください。次のページにいけましたか？光がどのように鏡で反射するか分かりますよね。2/3 ぐらい下のところです。

生徒たち：うーん・・・。はい。

S先生：分かりますか？Sarah、分かりますか？2/3 ぐらい下のところです。真中の段落です。何とか

いてありますか？Katie、何てかいてありますか？

Katie：(教科書を読む)たいいていの鏡は薄い銀を裏にコーティングしたガラスでできています。鏡に光を当てて反射する時何が起こるでしょうか？鏡に光を当てると同じパターンで反射します。あなた自身を見ることができます。

S先生：(教科書を読む)鏡の表面はとても滑らかです。光は滑らかな表面を規則をもって反射します。それでは他の物体はどうでしょうか？もし、光が全ての全ての物体で反射するなら、鏡とどのように違うのでしょうか？その1つとして白い紙があります。どのように違うのでしょうか？Zoe、どうですか？(答えられない)では、David。

David：うーん。教科書には一番滑らかな紙でさえ、表面は粗いので、鏡と同じようには反射しない。

S先生：そう、光はいろいろな方向に反射される。

David：方向と散乱。

S先生：そう、散乱。

S先生が「光が全ての物体で反射するのか？」生徒にたずねる：一部賛同しない

2. 空気中の光は空気中で反射するのかどうか議論(~)

Nick：S先生(S先生はJulianの意見を黒板に書いている。)

S先生：はい？

Nick：分かってます、分かってます。僕は何も言えないし、言えない理由もある。空気は見えないから。

Katie：空気は見えないから証明できない。

Nick：光は空気では反射しないので、その光は目に届かない。

生徒：どうぞ。

Katie：できない、できない。

S先生：ちょうど次。1回で発言できるのは1人だけ。Katie。

Katie：えーと、空気は見えないので、これが正しいかどうか証明するのは難しい。

Nick：さて、教科書にはもののみえかたについてかいてある。すなわち、物体に反射した光が目には届いて見えるようになる。しかし、空気は反射しないので見ることはできない。

S先生：おもしろいですね。Nickの理論は、

Katie : でも、証明できない。

S 先生 : では、他にコメントはありますか? Jung Ho ?

Jung Ho : えーと。光は空気の中を通ると思う。それは反射しない。

S 先生 : 教科書の中に証拠はありましたか?ここで何かいえますか?

Jung Ho : うーん、なにもないけど、Nick の疑問について。

S 先生 : 誰かこれについて何か見つけましたか? 光が空気中を進むことを教科書の中で見つけましたか?

生徒たち : はい、はい、はい。

S 先生 : 見つけましたか?それは何ですか?Ilya、これについての文章を読んでください。

Ilya : (教科書を読む) 発光体は光を出す物質です。

S 先生 : 段落の上を見てください。第 2 段落です。

Ilya : どこ?

S 先生 : 第 2 段落です。いいましたよ。

Ilya : はい、分かりました。(読む)光が発光体から出てあなたの目に届くまで、光は空気中を進みます。

David : そう、光は空気中を進みます。

S 先生 : 空気は透明です。だから、光は空気中を進むのです。

ノート形式の教科書を用いた観察実験における会話

1 . 科学者(Lesley)が絵やグラフを使った理由に関する会話(~)

D 先生 : Lesley はどうして、これらの絵を載せたと思いますか?

Ann : 私たちに自分の考えを理解してほしかったと思うから。だから、絵を載せてそれで表した。だから私は彼女の考えが分かる。文字じゃなくてね。これらは私たちが実験でやったことだし、絵や言葉で表現したかったこと。だから分かる。

2 . 黒色が光を反射するかどうか()

Nat : この表から彼らが言いたいことは、物質は光とともにどのように進むか、影やその振る舞いはどうかだと思う。自分は、黒は反射しないことに疑問がある。Byron はどう?

Byron : これは反射しにくくて光探知機に届かないのだと思う

Mitch : うそだよー。だって、光は全てのものを反射するといってたじゃないかー。

D 先生 : それで?そこにはなんて書いてあるの?

Mitch : 反射では、光らない。

D 先生 : どういう意味?

Mitch : 光が全ての物質で反射するのはうそってこと。

D 先生 : 分かりました。そう、彼女は私たちの意見の 1 つを信じていないことですね。

に関する会話

D 先生 : そう、これは重要ですね。もし、あなたが科学者のグループを組んだら、考え方を分かち合ったり他のメンバーがあなたにいろいろなことを求めるでしょう。彼らは確かめてないというでしょう。

Becca : 科学者の 1 人が Lesley に光探知機の使い方を教えていました。彼らは Lesley に光探知機の使い方を教えることによって彼女がデータを集めるのを手伝っていました。科学者は彼女の光探知機の使い方が正しいかどうか言いませんでした。

D 先生 : 彼らは実際 2 つの事をしました。彼らが彼女に求めたことはとても特殊なことです。彼らは、物質中を伝わった光の量に比べて反射した光の量がどのくらいか知りたかった。これが、彼らが彼女に着目してほしかったことです。そして、あなたの知っているとおり、それは間違っている。そして、ここに、あなたが、立ち返って用いるものより確実にするアイデアがある。