

Inquiry in Project-Based Science Classrooms: Initial Attempts by Middle School Students
Joseph Krajcik, Phyllis C. Blumenfeld, Ronald W. Marx, Kristin M. Bass, and Jennifer Fredricks
School of Education University of Michigan
Elliot Soloway
College of Engineering University of Michigan

Introduction

探求(inquiry) : 科学学習にとって不可欠な構成要素であるが、通常の科学学習の教室での探求を伴った生徒の経験についてほとんど未知である

研究の目的 : 探求学習(inquiry learning)において以下の2つをリアルに描写する

- ・中学生が何を行うのか？
- ・彼らが苦勞するところはどこか？

生徒は2つのプロジェクトを通して、自ら研究をデザインしそれを実行した。

8人の生徒の事例研究を報告。

- ・どのようにして質問を行い？
- ・どのようにして実験とその手続きについてのプランをたてそしてデザインをおこなったか？
- ・どのようにして実験装置を組み立てたか？
- ・どのようにして彼らの作業をなしとげたか？
- ・どのようにしてデータを解釈し、結果を引き出したか？
- ・どのようにして発見を示したか？

- ・グループ間のメンバーがどのように協力を行おこなったか？
- ・先生からのサポートがどのようにこのプロセスに影響をあたえたか？

METHODS

Setting

プロジェクトは、2人の先生によって教えられている2つの7年生の科学のクラスにおいて実施された。

先生1 : 5年の経験教育経験、自然科学専攻、生物学副専攻の科学学士、発達学の修士。

先生2 : 21年の経験教育経験、生物学専攻、化学副専攻の学士、特殊教育の修士。

Projects: Opportunities for Inquiry

教師によるサポート

- ・モデリング
- ・例の提示
- ・タスクを行うための方略の示唆
- ・研究ノートやレポートに関するガイドラインの配布
- ・研究ノートやワークグループに対してフィードバックを与える
- ・レポート等の修正を許可する

実験の前後のプレゼンテーション

生徒と教師が質疑を行い、説明や明確化を求めて、より良い提案を行う

- ・第一プレゼンテーション
データ収集のために、疑問、デザイン、プランを報告
- ・第二プレゼンテーション
発見したこと、結論の報告

プロジェクトの流れ

- ・全7ヶ月
- ・導入ユニット プロジェクト1 プロジェクト2

- Introductory unit: How can you tell what a substance is if it has lost its label?

実施期間：10月～11月

クラス全部が同じ質問に対して探求を行った

“How can you tell what a substance is if it has lost its label?”

(“Mystery Powders”をアレンジして使用，異なる白い粉が与えられ，3つの物質を同定する)

探索

- ・物理的そして化学的性質
- ・物質の同定
- ・物質の状態

生徒が行う行動

- ・観察
- ・結果等をノートに取る
- ・発見したことを説明
- ・結論を導く
- ・レポートの準備
- ・プレゼンテーション

生徒への要求：パウダー中の未知の物質を同定するためのプランを作る

- ・効果的な物質の同定を行うテストを決定する
- ・必要な物質の収集する

教師によるノートへの記述方法の指示(記録することを生徒が学ぶため)

- ・何をしたか？
- ・何を観察したか？
- ・観察したことについて何を考えたか？
- ・次はどうしたいか？，それはなぜか？

記述内容に関してのフィードバックも与える

生徒はフィードバックに対して見直しを行うチャンスが与えられた

- Project 1: Where does all our garbage go?

実施期間：1月～4月

物質の分解についてのプロジェクト (Decompose Project)

- ・分解
- ・還流
- ・物質の生分解性
- ・ごみ処理
- ・自然の循環
- ・相互依存

このプロジェクトを通して，生徒は自ら補助的な質問を生み出し，彼らが自身が要因として選んだ湿度や空気，光などがどのように分解に影響を与えるかについての予想を行った。

生徒は，

- ・実験のデザイン
- ・分解環境を作成
- ・3週間のプラン(観察と記録を行う)を作成

を行い，

- ・研究冊子
- ・クラスでの討論

に彼らの活動を記録した。

教師の役割

- ・ 分解についてや、どのようにして分解環境が作られるのかについての参考文献を与える
- ・ さまざまなフェイズで彼らが作業しているときに、彼らと会話をして示唆を行う

- Project 2: Water, water everywhere! Is there enough to drink?

実施期間：2月～4月

水に関するプロジェクト (Water Project)

- ・ 水の循環
- ・ 分水界 (水の流れを分ける場所)
- ・ 水源
- ・ 汚染
- ・ 水質試験
- ・ 地下水
- ・ 配水
- ・ 浄水
- ・ 酸性雨
- ・ 濃度

生徒は水やその利用について以下のような補助的な疑問を生み出した。

”水がきれいであるかどうかはどうしてわかるか？”

Students

観察対象：各教師毎、男の子2人、女の子2人の計8人 (13才)

Data Collection

徹底的な観察、インタビュー、課題、ノート、テスト、レポート

ビデオテープでの撮影：

各クラス、各ターゲットを対象に秋から春にかけて約60時間

インタビュー：

プロジェクトの最初と最後、各メインプロジェクトの間、計5回、一回30分程度。

プロジェクトの最初と最後のインタビューは、科学、協同作業、モチベーションについて質問。

プロジェクト中のインタビューは同様の内容の質問も含まれるが、より現在行っている作業に集中した質問が行われた(自分達の実験について、グループプロセス、特定のプロジェクトへの反応)。

Analysis

データの分析は3つのフェイズで行われた。

1. ビデオテープの分析

生徒が何をやって、何を議論していたか？

2. ビデオテープの観察、課題、インタビューを組み合わせ、各プロジェクトの各8人のそれぞれの事例を作成

3. 生徒がどう探求に取り組んだか？共通点と違い見ため事例間で比較する

RESULTS

Asking Questions

- Nature of Questions

2つのプロジェクトを通して、生徒は記述的で関連のある多くの疑問を生み出した (Table 3, 4)

“虫がどの位の量のゴミを2ヶ月半で食べ、どのゴミが最も早く分解されるか？”

変数を操らず、組織的な観察を行う

“酸性雨はどのようにして顕在に影響を及ぼすか？”

一つ以上の現象の特徴間の関連を探求し、一つ以上の変数を比較する

全ての疑問が豊かな疑問であったわけではない

“オレンジとグレープフルーツのどちらの皮が早く分解されるだろうか？”

2つの異なる柑橘類の分解速度を比較しようとしているが、どの変数が分解に影響を及ぼすかを探索できない

- Example 1: Question Generation

観察対象：Mike と Kathy のグループ

プロジェクト：Water Project

最初は科学的な現象の探索を行いたいからというより、むしろ、個人的な経験から疑問が寄せられた。

異なる方法による水の浄化や、異なる種類の岩における酸性雨の効果が何であるかについての疑問に対する多くの可能性を考え、最終的に、以下の疑問を示した。

“都市の周りの水はどのくらい汚れているか？”

“アナーバーの周りのさまざまな場所水には糞便性大腸菌が含まれているか？、そうだとすればどの程度か？”

Mike は裏庭にある池の糞便性大腸菌を調べようと考えた

Kathy は家の近くにある家の水が汚染されているかを調べたいと思った

生徒たちはそれらの疑問に対する利点について議論するかわりに、実験のデザイン、特にどのサンプルを用いるかについて議論した。

水道水、トイレの水、雨どいの水、池の水、川の水に決定

教師による進捗状況をチェックするための質問

“なぜ糞便性大腸菌について実験することが重要なのか？”

十分に答えることができなかった

Mike “家でテストすることができるから”

教師による提案

- ・なぜそれらの疑問が重要であるのかについての参考文献を探すこと
- ・他のグループの生徒たちとは違う疑問なので、それを追及すべきである

時間の不足

- ・他のグループが実験を始める一方、Mike のグループは必要な実験用具を得ることが困難であったためより時間を要した。
- ・Mike のグループは参考文献を見つけるためにより多くの時間を使った。

Issues in generating questions

生徒はしばしば論点のメリットについて議論せず、すぐに決定する傾向があった。

いくつかの論点は個人の興味や一方の生徒の好みによって決められた。

このような興味は論点を促進する科学的な内容を必ずしも含んでいない、状況または現象の側面に興味を示す (Example 2)。

論点の決定のもう一方の要因は独自性だった。

教師は、異なる論点は一つの評価基準であると述べた

- Example 2: Question Generation

観察対象：Kathy のグループ

プロジェクト：Decomposition Project

question セクションでの個人のパフォーマンスについて

- ・論点の科学的メリットに関するグループの議論
- ・議論を促進させるための教師による提案の役割
- ・どのようにして手順を論点の言い回しに組み入れようとするか

記述的疑問

“ 水の入ったボトルと、りんごジュースの入ったボトルのどちらが、分解カラムがより早く分解するか？ ”

最初の疑問はシンプルなものだった

“ ゴミは虫がいなくても分解するか？もしそうなら、ゆっくりと分解されるのか？ ”

各カラムに入れる虫の数を換えようとした。

一匹だけ虫を入れるアイデアは、虫が死んで統制が取れなくなる理由から却下された

Mary の提案

一方のカラムにアップルジュースを入れ、もう一方のカラムに水を入れる。

“ より科学的 ” という理由だが、“ 私はりんごジュースが好き ” という以外根拠がなかった。

Sally の質的な疑問の提起に対して、Mary は強固に反発した

Sally は虫がジュースの中で死んでしまうと主張した

Sally の更なる主張に対して、2人のメンバーは “ あなたは良いメンバーではない ” と反発した

教師がなぜりんごジュースの実験を選んだかについて聞くまで、彼女たちの論点は価値のあるものではなかった。

“ りんごジュースは酸性雨に似ている？ ”

教師からの提案

りんごジュースの酸性度が十分であるか、お酢も用いて比較しなさい

Kathy からの提案

図書館に行き、りんごジュースの情報を探しましょう

調べた結果、りんごジュースの pH は雨とほとんど同じ

信じるできないため、実際に pH をチェックした

Designing Investigations and Planning Procedures

- Types of designs.

Michelle のグループ：

石灰岩有り無しで酸性雨を変数にとる

Val のグループ：

3つの酸性レベル×4種類の建材

Mike と Kathy のグループ：

家の外だけでなく生徒のうちから持ってきたさまざまな水の中の糞便性大腸菌のテスト

実行可能性や手続きに焦点を絞ったデザインについて議論している。

ほとんどのグループは統制の必要性について議論しており、さらに、いくつかのグループは統制環境の構築の難しさを理解していた。

Jeff のグループ：

カタツムリをボトルにいれた水条件、虫を陸地条件として比較することを考えた。

教師や他の生徒がこのデザインの問題点を指摘したが、このグループは、水 vs 土、虫 vs カタツムリ、カラム vs チューブを比較していることを理解することができなかった。

Dave のグループ：

水の浄化が水の循環によって助けられるのかどうかを調べようとしたが、物質の状態や水の循環についての知

識が不足していたため、適切なデザインを作れなかった。

- Plans for data collection.

一般的に、生徒は彼らが何を探し、観察がどう彼らの論点に答えたかについて示さなかった。

Kathy のグループ：

りんごジュースと水のカラムの分解具合を比較するために、実験の最初と最後の観察結果を記録した。
カラムの中の物質が減少しただろうという議論は行ったが、分解の証拠として役立つものを示さなかった。

多くのグループはデータ収集と観察結果を管理するためチャートを作成した。

- Example 3: Planning and Designing

観察対象：Val のグループ

プロジェクト：Water Project

多変量の複雑なデザインを行った

能力の高い学生の参加について

どのようにして実験の手順を実行するのかについて決定する
それが確実になされるように仕事を分割する

実験計画

酸性雨の pH(low, high, neutral) × 建材(レンガ, タール, 木, 塗装済みの木)

議論の中では“岩”等のほかの材料も含まれていた

教師による提案

レンガは一般的な建材として用いられている

Val は“木”と“塗装済みの木”の違いを理解できていなかった

全ての生徒が参加した議論の後、

“酸は通常の木よりも塗装済みの木に影響を与えるはずだ”

と結論付け、それが Val を“塗装済みの木”も使用すべきだということを納得させた

議論の後、間仕切りをしてそれぞれの区画に 1 種類ずつ建材を入れ、それぞれ酸性度の異なる雨を降らせた

Val は分解プロジェクトで行ったように、実験前後で絵を描く方略を繰り返すことを提案した

(パートナー)実験前後の絵は、毎日の観察をする必要があるので十分ではない

酸性液の散布後、観察をして、何を明記するかを決定した

(色の变化、建材の強度(砕く、はがす))

水道水と酸の溶液を建材に吹きかけるのはどのくらいの間隔にすべきか？

一日に一回同じ時間に 2 つの噴霧器を用いて(議論の中に論理的な根拠はなかった)

(教師の注意) 1 週間半しか探求の時間がない

(Val) “シャワーのように噴きかけよう” (時間の制約から短時間で効果がわかるように)

5 回噴霧するのが適当だと考える

(教師)建材をびしょびしょになるまで噴霧する必要性を強調

20 回噴霧することに決める

(実験の統制を保つために各条件に対して、同じ量の酸と水の溶液を同量噴霧するよう

に互いに注意した)

生徒は建材の収集の義務を分担した

Val は自分の家からタール, 木, 塗装済みの木を持って来ることを買って出た

パートナーはダンボール箱を持ってくることを買って出た

先生にはブロックを持ってきてもらった

グループは作業を共有することを決めた(各々が酸性の溶液を噴霧する責任を負った)

Val が作成した系統立ったデータ収集の結果

Figure 2

建材の種類，処理状態

教師による幾つかの改善を提案

項目間を区切るために日付を加える

Val は表を修正しようとしなかった

シンプルにリスト状に Day 1, 2, . . .

(教師)各観察に対して，見た目が変わらなかったとしても，各々の建材の状態を記述する

Constructing Apparatus and Carrying Out Procedures

全てのグループは実験手続きの準備で慎重だった

教師から指示があった時には従った

(必要なときには，彼らは建材の重量を測り，数えた)

Michelle のグループ：

様々な建材を同じ大きさに切るためのガイドとなるテンプレートを作成した。

データを集め，記録するのに，どの程度系統的であったかは学生ごとに異なっていた。

Kathy のグループ：

同じ情報をその都度記録するのではなく，臭いとカビに集中した。

りんごジュースと水での分解の比較において，2つの変数がどのように関連しているのかについては考えなかった。

“今日は本当に臭い。ジメジメしたカビみたい。紙は黄緑色になっている。ちっちゃな菌が無数にあった。金色の粒粒があった。表面には幾つかの虫がいた，土はすぐに水を吸収した。”

観察の結果，臭い，カビ，異なる物質の状態，虫等の情報が得られていたが，質的な観察で探すべきものを詳しく述べず，観察が意味するかもしれないことを考えなかったため，Kathy はそれぞれがどのように分解に関連したかを示さなかった。

- Interest: opportunities for learning science.

装置を組み立てている間など，生徒は他の生徒が何をやっているかについて興奮し好奇心を示した。

グループのメンバーが彼ら行ったことを示し，彼らの調査目的について説明しているときに見学者がくる。

各実験の質とメリットを議論した。

彼らが考えた実験がベストであるかを判定することにおいて，論点ではなく，手続きや装置が興味深いかまたはユニークであるものを使用した。

彼らは自分達の作業を守り，他の生徒が触ったり邪魔をしたりしたときには文句を言った。

他のグループとおしゃべりをし，自分達の作業のメリットについて議論したり，自分達のカラムの構成に熱心だった。

教師が整理をしなさいといったとき，生徒は作業を続け，必要のあるリストを作成した。

実験をしている間，それらの観察の科学的意味についての散発的な会話が起った。

実験の本質に関連した会話

Val らは water project でブロックに対する酸性雨の影響における観察の意味について意見が一致しなかった

予想外の変化によって起こる会話

気付いたことに関する科学的な含意を追求せず、それらの観察に関連した調査に対する新しい疑問を提起しなかった

例：酸性雨を中和することにおける石灰岩の影響を調べているとき、Michelle は石灰岩についている茶色の薄片の塊に注目したが、その塊が何を意味するかを追求はしなかった

- Example 4: Constructing Apparatus and Carrying Out Procedures

観察対象：Mike と Kathy のグループ

プロジェクト：water project

実験が手続き的に複雑だったときに、生徒はしばしば計画を組織的に実行することに失敗し、ときには不正確な測定を行った

グループのメンバー間の共同作業の重要性

特に複雑な実験において、生徒はデータの収集の責任を共有せず、プロジェクトの終わりに来るに従い時間が不足した。

異なる水のサンプルの糞便精大腸菌のレベルの比較テストを行う際の正確さについての心配を示した。

Mike は検査説明書を数回読み、そして段階的に手順を進めた。

Mike のグループは、以下について議論を行った。

- ・どの程度の水が使われるか？
- ・水がある状態に落ち着くかどうか？
- ・ろ過システムは使用不能になるかどうか？

彼らはまた、テストを行う前にピンセットを殺菌することを思い出した。

彼らがテストを始めたとき、クラスの多くの生徒がどのようにしてテストが行われるのを見に来て、質問をした。

Mike のグループはそれらの質問に答え、彼らが何を行っていたかについての情報を与えた。

Mike は彼のパートナー達にテストをどのように行うかを見せることに気が進まなかった。

彼のパートナーたちは一人でマニュアルを読もうとしたが難しすぎて理解できなかった
時間が迫りテストを妨げた

あるテストで前のサンプルの洗浄を忘れた

遅れていたため、やり直しは行わなかった

Mike はあるテストでミスを犯したが、結果は正確だと偽り、パートナーには知らせていなかった。

彼らが観察した結果の記録に関して正確ではなかった。

ある測定で糞便性大腸菌の量を決定する場合に、彼らは観察したコロニーの数を数えるか、別の方法で書くかで迷った。

彼らは赤いコロニーが何であるかに興味を持ち、Kathy らは答えを見つけるために様々な本を調べた。

- Example 5: Constructing Apparatus and Carrying Out Procedures

観察対象：Val のグループ

プロジェクト：Decomposition project

どのようにして手続きに気を配り、データ収集やどのようにそれを整理するかプランニングについて考えていたのか？

どのようにしてデータ収集における責任の分担が失敗し、データの収集や統制の維持において系統的でなかったのかのか？

“ どのくらいの量のゴミが2ヶ月半で虫に食べられ、どのゴミが一番早く分解されるか？ ”
他の生徒たちと同様に分解カラムを作成するのではなく、多様な区分を分解環境に作成した。

3つのカテゴリー(紙, プラスティック, 果物)に分類される15個の物質を調査するプランを立てた。
同じタイプの物質は同じ容器に入れ、位置がわかるようにマップを作成した。

最初の観察で、強い臭いに反応し、その原因となる場所をチャートに示した。

いくつかの物質を食べた虫を見つけ興奮した結果、その虫を探すためにそこらじゅうを掘りまくった。
きっちりと並べてあった物質はめちゃくちゃになってしまった。
教師は材料をポリ袋に分離して、実験の目的を思い出させたが、なかなかやめることができなかった。

りんごやメロンなどが腐り始めたことに気づく。
色を記録し、腐り方を記録した
より詳しく腐り方を見るために顕微鏡を用いた
腐敗のタイプを測定し、教師に見せた
しかし、腐敗や虫が分解ににおいて何を示すのかや、どのようにそれが彼らの疑問に関係するのか
については考えなかった

分解における虫の影響を測定するために、臭い、長さ、色、虫の数、アイテムの数を詳細に測定し、記録する
プランを作成した。
データ収集に関して責任を分担しなかった
教師はよりはかどるように作業を共有することを提案した
Val は聞かなかった
時間がなくなり、重さのみを量ることになる

Val はグループを指示して、分解の量を元に物質のランク付けを行った。

“ 小さな黄色い物 ” が分解環境の中で大きくなっていた。
バクテリアであると予想
Val はそのバクテリアのタイプを調べたが、それがどのように自分たちの疑問に関係するかについては
議論しなかった。

観察が終わったあと、いくつかの項目について記述が不完全であったことに気づいた

Anlyzing Data, Drawing Conclusions, and Presenting

結果の記述における注目すべき特徴：

1. よく洗練されたチャートやテーブルを作成するが、結果にこのデータを用いようとはしない
2. レポートやプレゼンテーションにおいてほとんどの生徒は、どのようにして結論に至ったかについてははっきりと報告しない。結果を正当化するためにデータを使い、論理的な理由を作ろうとしない。また、ある生徒は最初の疑問と結果を関係付けていない。
3. 多くの生徒は結論を導くときにすべてのデータを使わない。
4. いくつかの結論は、コントロールに失敗したため、間違っていた。
5. データを理解するために参考文献を利用するか、彼らの疑問または実際の世界に具体的に結びつけることに違いが見られた。
6. プレゼンテーションにおいて、学んだことを共有する機会というよりは、簡単な報告に終始した。このプロジェクトで学んだことについての議論は発生しなかった。

- Example 6: Analyzing Data, Drawing Conclusions, and Presenting Findings

観察対象：Michelle のグループ

プロジェクト：Water project

データを参考にして結果を正しく証明できなかったが、結果の説明には背景知識を用いようとした

Michelle は酸性雨への石灰岩の影響を記述していた。

彼女は raw データを示さず、石灰岩・非石灰岩に生じた溶液の pH グラフを作りデータの変化を表わすことを行わなかった。

データ収集セクションでの彼女の記述：

我々は水の pH をテストし、石灰岩の帯水層が水を pH 7 にする働きがあることを発見した。その水はにごっており茶色がかっていた。他の実験のから集めた水は薄茶色の水だった。2, 3 日後、石灰岩の表層が暗褐色に変化し、塊ができた。後日、表層部分はより黒くなり硬くなった。

分析セクションでの彼女の記述：

水の pH が石灰岩によって変化した。石灰岩が水の酸性度を変化させることが証明された。石灰岩はまた深刻な副作用を引き起こすこともわかった。我々はそれが茶色の塊の原因であると考えた。水の酸性度は石灰岩との化学的反応を起こす。反応によって土は固く、茶色になった。我々が調べた参考資料では、石灰岩は中和を行うと単に述べていた。

結論において言及されなかったデータ

通常の帯水層では 5.5 のままである酸性度が石灰岩帯水層では 5.5 7 へと変化した
石灰岩は水の酸性度を中和することについては言及していた

このグループの特徴

プレゼンテーションでは準備を一生懸命に系統立てて行った

疑問点、予想、背景知識、観察結果、分析、結果

しかし、彼らの発見を他の生徒が理解できるようにではなく、彼らが何を行ったかを簡単に報告した

- Example 7: Analyzing Data, Drawing Conclusions, and Presenting Findings

観察対象：Val のグループ

プロジェクト：Water project

データの示し方、条件間の比較、疑問やビルの建材のタイプに対する酸性雨の影響といった実世界へのデータの関連付けで多少系統的なアプローチを取った。

酸性度 3 × 建材 4 の洗練されたデータチャートを作成した

結果にこのデータを用いようとはしなかった

多くの誤った結論を導いた

例：ペイントされていない木の柔らかさが、構造の変化を示していることを考慮に入れなかった

酸性雨の影響の重大さについて、

最初のインタビュー：“Who cares.”

レポート：発見したことを疑問と自分の人生に結びつけた

Val のグループのプレゼンテーションはとても系統立ったものというわけではなかった

例：手続きを述べる前に観察結果について述べ、最後に参考資料について議論した

レンガはあまり変化しないと考えたが、実際には大きな変化があったと述べた。しかし、それがなぜなのかについては説明しなかった

パートナーおよび他のグループの学生とのディスカッションによって、生徒たちは

“酸性雨の効果は異なる方法でビルの建材に影響を与え、建材をぼろぼろにしたり、塗装をはがしたりする。”

と結論を導いた。

Val は、
“石灰岩や大理石は酸性雨の影響を最も受けやすい”
と述べ、酸性雨のいくつかの参考資料を示した。

DISCUSSION

科学教育において探求は重要な要素である。

正しい疑問に答えるため、学生が実験に取り組むことの利益は大きく、より深い考えや頑健な科学学習が含まれる (e.g., NRC, 1996)。

しかしながら、探求は教師や生徒に対して多くの変化をもたらす。

初期の教育改革のような危険があり、実施する難しさと生徒のパフォーマンスにおける失望が新しい教育法に対して早まった拒絶を引き起こす可能性がある。

それは、研究者が慎重な記述を提供することができる前に、そして、その利点や限界が示される前に探求学習の使用がなされなくなってしまうことである。

探求における生徒たちの試みのいくつかの報告は見込みのあるものであるとはいえ (Roth & Roychoudhury, 1993)、自然で変化のある通常の教室において記録される試みは必要不可欠である。

これらの記述は教師や技術的サポートを提供することによってどこでどのように探求における生徒の最初の試みを向上させることが可能かを示す。

以下では、学生がうまく行えること、難しかったことについて各フェーズ毎に議論する。

Generating Questions

生徒からの質問・疑問

広範な科学的内容を扱う機会

この種の経験が不足しているため、すべてが科学的な実力によって選択されたわけではない。

Roth and Roychoudhury(1993) :

生徒の質問は時間がたてばより具体的になり、特定の変数や関係を含むようになる。

Scardamalia and Bereiter(1992) :

低レベルの質問 背景知識の獲得に応じたレベルの質問

質問の段階に応じた scaffold の必要性、質問に応じた情報探索の機会の提供。

筆者ら :

学習内容と探求は切り離して考えず、絡み合ったものとして考えるべきである。

生徒の質問を生み出す能力は活動的な環境を通して育まれる。

良い質問は実験のデザインや実施に影響を与える

教師や仲間、他の生徒からタイムリーで有益で批判的なフィードバックを受け、質問が変化する

生徒が現実世界と、このプロジェクトを進めた質問を関係付けることを促進する

しかし、生徒が作り出し、実験を行った副次的質問の本質に必ずしも気づくわけではない

実生活の中でのリアサイクルや堆肥化にどう分解が影響を与えるかについての議論をしていても、結果にそれを反映できていなかった

このような乖離は探求において重要な質問であると考えられるための経験が不足しているために起こる

科学について理解するための学習欲求よりもむしろそれらの作業を終わらせたいために、質問を作ることに関心を示すかもしれない(Bereiter, 1990)

学校での作業を終わらせることへの関心は、もう一度考え直すことをためらわせる

教室での時間をアイデアの共有と変更のために使い、教師は生徒と共に作業をする必要がある

有益な質問を生徒が作り出すことへのサポート

個人の好みや関心から得られた初期の質問を生徒が修正するのをどのようにして教師は助けるか？

複雑な質問を発したときには、科学的な性質を保ったまま複雑さを減少させる必要がある。

Planning and Designing

生徒たちは自分たちの質問に対して答えを提供する実験デザインを組み立てた。

多くのグループが統制の必要を理解していた。

自分たちが観察した結果を確認し、組織化するための詳細なチャートを作成し、適切な測定を行った。

しかし、質的なデータに対しては特に、何を探っていたか、そして彼らの質問に関して何を示すかをいつも明記していたわけではない。さらに、しばしば目的には合わないが自分たちに馴染み深い測定を行った。

困難さの原因はデータを集め結論を導く経験の不足

価値のない情報を排除することにおいて熟達しておらず、測定目的に対して何が重要かが明確でない。

教師のサポート

どのようにして質問に関連した測定方法を選んだかを説明させ、そして、特定の観察が示すことを明確にするようにさせる。

Constructing Apparatus and Carrying Out Procedures

実験を実行することにおける生徒の振る舞いは上達していった。

複雑さや時間の管理において困難さを示した。

建材の収集、装置の組み立て、環境の構築、予備的な観察を協力して行った。

生徒達は指示と手順に従う経験があるので驚くには値しないが、長期間この注意を維持するのは問題が多かった。

特に多くの観察や複雑なデータ収集が必要なときに顕著だった

質的なデータを集めるとき、自分達が何を記録するべきか？、なぜそうする必要があるのであるのか？をしばしば明示しないため、目的に対して焦点を合わせるためのガイドラインがなかった。

質問と収集したデータの目的を見失う

探求の経験の不足は、測定や手続きを最後までやりとおすこと、もしくは実験の統制を維持することにおける一貫性の必要性を理解できない。

データ収集を分担の利点を理解できないため幾つかのグループでは時間が足りなくなった。

そのような状況下で、生徒はコントロールを維持し、手順に従うことに慎重でなくなる。

データ収集量が減少する、短期間ですばやい解答に集中する

(Blumenfeld et al., 1991)

2つのプロジェクトが重なっており、両方の観察を行う必要があるため、この問題はさらに悪化した

1つのプロジェクトに絞るべきだが、現実にはそれは実用的でなく、不可能である

学習者が複雑なものを扱うのをどのように手助けするかは全ての分野における問題

方法を簡略化すればよいか？

手順についての深い考えや、精度等の必要性を学ぶ機会が提供されない

教育的なアプローチとして

十分な時間生徒が複雑な手順、複雑なデザインにより観測をおこなえるようにする。

生徒が作業をやり直す時間を与える。

専門家でさえ、正しい実験手順を1回目で成功させるのは非常に難しい

電子的プローブ(pH, 温度測定用)の使用

正確なデータを与え、すぐにグラフ化して見ることができる

これらの特徴は生徒の学習を高めることが示されている(Morkos & Tinker, 1987)

メタ認知

進捗を追跡して問題の焦点を維持する必要性。

学生が系統的で、正確で、几帳面であり、プロジェクト中に適切な変更をするのに必要。

- ・戦術のコントロール

タスクを詳細に行っている間、自分の考えをモニターし、微調整することを可能にする。

- ・戦略のコントロール

プロジェクト外の要素であるかもしれないことに関して考える能力。

多くの生徒が観測フェーズに関わる

多くのグループが他のグループの生徒に関して見たり聞いたりしたことや彼らが作ったものに対して興奮した。

このような状況によって喚起される動機は実際の興味を引き起こすための最初のステップである (Renninger, Hidi, & Krapp, 1992)

しかし、探求においてはこの関心だけでは十分ではない。

めったに観測における科学的含意を追求しない

教師は、実験内容と他の興味深い観察について議論することを助ける必要がある

我々は付帯的な現象の観察において生徒の関心を広げるための方法を見つける必要がある。

Analyzing Data, Drawing Conclusions, and Presenting Findings

学生がどうデータを使い、会話やプレゼンテーションやレポートの記述に基づいて、それが意味することを決定したか？

このプロジェクトでは、生徒の持っている知識を引き出す個別のインタビューをできなかった、そして、レポートを書くときに入った考えに関与していない。

さらに、データ分析やプレゼンテーションを行う時間がほとんどなく、生徒達は多くの作業を家で行った。

他のフェーズに比べて、生徒がどのように作業を行い、何について議論したかについての観察は制限された(生徒の科学的推論や理解した内容を過小評価しているかもしれない)

レポート

明確なデータ分析を行い、そこに含まれる意味を考察する試みが見られた

参考資料からの基礎的な情報の収集

従来の科学教育

学生がどのようにして、グラフと図を解釈するかに焦点を合わせてきた(Brasell, 1987)

このプロジェクトでは、学生が集めたデータからグラフをどう作成するかに焦点をあわせる

多くの生徒は自分達の主張を支持する論理的理由を作らなかった

データを示し、結果を述べるが、その2つを明示的關係付けることはなかった。

(Palincsar, Anderson, & David, 1993)

データを組織化する、データをパターン化する、そのパターンが何を意味するのかを決定する、データを結論付けた結果を正当化する、等の経験が限られていた

結論を導き、正当化するためには洗練された思考が必要

これは中学生に限ったことでなく、学部卒業レベルであっても一般的な問題である

教師は

- ・レポートにどんなセクションを含むか？を示す

- ・セクションをどのように書けばよいか？を示す

- ・下書きに対してフィードバックを行う

を行ったが、生徒がどうデータ分析と解釈の過程に取り組むかを示さなかった。

教師はデータ分析フェーズを個人が彼らが学んだことを示すタスクであるとみなした。
グループのメンバーは協同の機会を失った

プレゼンテーション

何を行い、何を発見したかを示した。

教師は議論を盛り上げようとしたが、データや結果の正当性についてのディスカッションはほとんどなかった。

それぞれの調査からの発見を組み合わせどう総合的な疑問に関連するかについての議論はなかった
生徒が有効にレポートを提示するのを助け、総合的な発見を考えるために助けとなる方法を見つけることが教師にとって重要

教師に必要なことは、生徒が自らの作業を修正するのを助け、彼らの理解を育むことができるフィードバックを提供する方法を見ることである。

CONCLUSIONS

この研究は、継続的な探求学習における中学生(初学者)の初期の振る舞いを示した。
ここでの発見は、中学生は"real-world"の教室において探求を行うことができることを示したことであり、探求を行っているとき生徒はなかなか洗練された能力を持っていることが示された。

また、このような有能さのほかに、弱い領域も明らかになった。

これらの弱点はネガティブなものとして解釈されるのではなく、それどころか、カリキュラムを作成する人や科学教育者は、探求プロセスを改善するための教育のデザインを行うときに注意を向ける対象となる。

例えば、どのようにしてプロジェクトをデザインするか、慎重な教育的そしてカリキュラムの問題を考える必要がある。

他の問題点はどのようにして、科学の複雑性を映す小さなスケールのプロジェクトを作るかである。

この研究での結果によって、scaffoldingの多彩なソースを構築することの重要性が指摘された。
(scaffoldingは探求において、複雑さを扱う能力をサポートする)

生徒の作業が完了するために要求された手続き的な問題点に生徒たちが集中する傾向があるとはいえ、教師が行う示唆や質問は生徒の励みになることが決定的であるとわかった。

教師、ペア、そしてテクノロジーからのscaffoldの範囲を良く考える必要がある。それらは生徒の

- ・ 論点の科学的価値
- ・ 実験デザインやデータ収集プランの利点
- ・ データ分析や結論の正確さ

を試すことにおいて生徒の助けとなる。

さらに、科学に対する興味を高めるために示された熱意を利用するための方法を発見する必要がある。

project-based scienceは、生徒の探求を促すための有望な方法の一つである証拠を提供した。
生徒の探求スキルの発達はずっとスムーズで、均一で、線形的であると予想すべきではないことが示された。
適切な支援によって、生徒には著しい前進が見込まれる。