

写真を媒体とした簡易情報共有システム による理科授業の実践

－ タブレット型コンピュータの利活用を通して －

小野瀬 倫也¹⁾，佐藤 寛之²⁾，廣上 倫介³⁾，吉田 崇⁴⁾

1. はじめに

平成 29 年に告示された小学校学習指導要領及び中学校学習指導要領では、総則において、「個別学習やグループ別学習，繰り返し学習，学習内容の習熟の程度に応じた学習，児童の興味・関心等に応じた課題学習，補充的な学習や発展的な学習などの学習活動を取り入れることや，教師間の協力による指導体制を確保することなど，指導方法や指導体制の工夫改善により，個に応じた指導の充実を図ること」そして、「その際コンピュータや情報通信ネットワークなどを適切に活用した学習活動の充実を図ること」が規定された（文部科学省，2017a）。

我が国における ICT 環境の整備状況や理科授業における利活用の実態について，2011 年に実施された国際数学・理科教育動向調査（TIMSS2011）における教師質問紙で明らかにされた。TIMSS2011 では、「調査対象学級の理科の授業でのコンピュータの利用」が取り上げられた。それによると，我が国において，理科の授業で使えるコンピュータがあると回答している教師の指導を受けている生徒の割合は 50% であり，国際平均値 46% と誤差の範囲内で同程度であった。一方，我が国におけるコンピュータの使用状況に関する各項目について，「少なくとも月 1 回行わせている」教師の指導を受けている生徒の割合は全ての項目において国際平均値よりも低いことがわかった（国立教育政策研究所，2013）。表 1 は，その結果の一部である。これらの結果から，我が国の中学校理科授業にお

表 1 理科の授業で使えるコンピュータの使用状況（中学 2 年生）

国／地域	少なくとも月1回，理科の授業中，以下のコンピュータによる活動を行わせている教師の指導を受けている生徒の割合（％）				
	アイデアや情報について調べる	科学的な手続きや実験をする	自然現象をシミュレーションによって学ぶ	データの処理や分析をする	技能や手順を練習する
日本	15(3.1)	2(1.2)	13(2.8)	8(2.4)	4(1.5)
国際平均	39(0.5)	28(0.5)	30(0.5)	31(0.5)	33(0.5)

()内は標準誤差を示す。

- 1) 国土館大学文学部教育学科
- 2) 山梨大学大学院総合研究部 教育学域 教育学系
- 3) 川崎市立生田中学校
- 4) 神奈川県教育委員会

いて、コンピュータの導入は国際平均値程度であるが、生徒がコンピュータを実際に活用することが少ないといった課題があることがわかった。

文部科学省は、平成 22 年 10 月に平成 20 年告示の小学校学習指導要領及び中学校学習指導要領の年次進行による実施に向けて、コンピュータをはじめとする ICT（情報通信技術）の利活用を推進するために「教育の情報化に関する手引」を作成した。それによると、教科指導における ICT 活用とは、教科の目標を達成するために教員や児童生徒が ICT を活用することであり、以下の 3 つの側面が想定されている（文部科学省，2010，46）。

- ①学習指導の準備と評価のための教員による ICT 活用
- ②授業での教員による ICT 活用
- ③児童生徒による ICT 活用

上述の TIMSS2011 の結果は、③の側面においてコンピュータ利活用を推進する必要性を裏付けるものと解釈できる。また、手引きの中学校理科における具体的な例示においてもそれぞれコンピュータの利活用を中心に示されている（文部科学省，2010，64-65）。

平成 29 年に告示された小学校学習指導要領及び中学校学習指導要領の改訂を見据えた学校における ICT 環境の整備については、「学校における ICT 環境整備の在り方に関する有識者会議最終まとめ」（文部科学省，2017b）を受け、文部科学省から各都道府県及び各指定都市教育委員会教育長に宛てて「学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果（平成 28 年度）〔速報値〕及び平成 30 年度以降の学校における ICT 環境の整備方針について（通知）」（平成 29 年 12 月 26 日）（文部科学省，2016）が出され、環境の整備について加速させている。こうした ICT 環境の整備が進む中、如何にそれを学習指導に生かすかが、これからの課題である。

2. 先行研究の分析

理科授業に ICT を導入する視点として、構成主義的な授業実践を支援することが挙げられる。例えば、ホワイト&ガンストン（1995）らが提唱する構成主義的な評価手法であるプローブ（probe）のデジタル化がある。大黒ら（2007）は学習者の概念ラベル同士のつながりを探るための手法である概念地図法を、山口ら（2012）は学習者における「コミットメント」（情意面の変容）を探るための手法である運勢ライン法を、難波ら（2007）は学習者の事象に対するイメージや「ことば」に依らない理解を探るための手法である描画法をそれぞれデジタル化した。

また、舟生ら（2008）は、協働による発見的学習を支援するシステムの開発と実践をした。和田・森本（2008）は、電子黒板とコンピュータを組み合わせ

て理科学習の内化と外化を支援するシステムを検討した。上述の大黒ら、山口ら、難波らの研究は、科学概念の構築状況や構築過程、情意面の変容のようす、といった子どもの学習実態の解明に寄与してきた。また、舟生ら、和田・森本の研究では、集団としての学習の促進の解明に寄与してきたと考えられる。しかし、前述したように、我が国の理科授業の「ICTの利活用」に関する課題は、まず、教師が普段の理科授業、特に生徒の学習活動にコンピュータの利活用を位置づけることであり、生徒が問題解決を進める中で、コンピュータを学習支援のツールとして情報の収集や共有、結果の整理や分析、思考の表出や共有等、様々な目的に応じて自由に扱う授業実践を展開することなのである。

3. 研究の目的

前章に述べた課題を踏まえ、本研究では、理科授業へのICT機器の利活用を進める方向として、以下の(1)～(3)を検討した。その上で、研究の目的を定めた。

(1) コンピュータ導入場面

中学校の理科実験場面では、個人やグループ、学級で予想や実験計画を検討する、実験データなどを共有して比較や考察を行う、というように考えやデータ等の情報を共有する場面が多い(教師からの情報提示なども含む)。こうした情報を共有しながら進める学習活動は、これまで板書を中心に行われていた。しかし、限られた授業時間の中でこうした活動を深めることには限界がある。そこで、コンピュータを導入する場面の中心は、観察・実験を行う時間の中で、情報を共有しながら学習を進める場面とした。つまり、実験データや思考過程が板書されるよりも前に他者の実験結果や考えなどの情報にアクセスできる方法を考えた。このことによって、個人やグループの考え、実験データなどを共有しながら自分の結果や考えと比較し、考察をする活動の充実を図る。

(2) コンピュータ(ハードウェア)のタイプの選択

理科室に生徒が自由に使用できるコンピュータが常設されており、更に班(数名程度の小グループ)ごと、あるいは個人で使用できるコンピュータがあるような環境で、理科授業が行われる状況は少ないと考えられる^{註1}。そこで、本研究では、生徒一人ひとりがコンピュータを使用するにはこうした現状の学校現場での学習環境との乖離があると考え、班で1台のタブレット型コンピュータを使用することにした。班で使用することで、使用方法などについて話し合いながら協力して解決したり、一つの画面を皆で見ることで情報を共有しながら、学習を進められることが期待できるのである。

一般的にタブレット型コンピュータは、ノートパソコンと比較して小さく、バッテリーで駆動し、ネットワークには無線で接続して使えるため実験台上でも邪魔

になりにくい，設置が容易である等のメリットがある。また，機器全体を運搬しやすいため，移動させて別の教室へ運ぶことができる。

(3) ソフトウェアと簡易情報共有システムの選択

使用するソフトウェアは，生徒にとって平易なもの，すなわちワープロソフトや表計算ソフトのように習熟を必要としないことを優先に検討した。その結果，タブレット型コンピュータに内蔵されたカメラで撮影した写真（映像）をデータ（情報媒体）として共有することにした。写真の撮影は操作が容易であり，生徒がこれまでの学習で用いてきたノートやワークシート，ホワイトボード等を使用しながら学習を進めるなど，学習活動のスタイルを大きく変更する必要がない。使用するシステムについても，特別なソフトウェアなどに依存せず，機器に付属していたり，各学校で使用しているものなどを用いて，構成や設置がしやすいなど，なるべく簡便，安価になるものを使用するように考えた。

また，情報共有システムについては，まず，望ましいとされている^{註2}インターネット回線を使ったクラウド型のシステム（後述するシステム1）による実践を行い問題点を把握した上で，当面の対応として考えられている学校単位のサーバーによる対応を視野に入れたシステム（後述するシステム2）による実践を行い問題点を把握することとした。

以上（1）から（3）を考慮し，本研究では，以下を研究の目的とした。1～3は具体的内容である。

研究の目的

タブレット型コンピュータを利活用した簡便な情報共有システムの構築と運用上の問題点を把握する。

1. 簡易情報共有システムが稼働することの検証及びシステム導入上の問題の把握
2. 生徒がタブレット型コンピュータを授業計画内で使用できることの検討
3. タブレット型コンピュータを利活用した簡易情報共有システムを生かした授業実践を行い，生徒が協働的に問題解決を行ったり科学的概念を構築していく効果やシステムについての生徒の受け止め方の把握
4. 簡易情報共有システムを用いた授業の受講者の1年後の科学概念の形態について，パフォーマンス課題を実施して検討する

4. 簡易情報共有システムの概要

タブレット型コンピュータを使って情報を共有するには，一般的にインターネット上に通信事業者等が設置する記憶装置（サーバー）を使う。しかし，本研

究で授業実践したK市では、「K市学校教育用コンピュータ管理運用規定」により、個人所有のコンピュータを授業で使用することや、許可を得た端末であっても、K市情報教育ネットワークに接続することにはかなりの手続き等を必要とし、簡単には導入できない。このようなコンピュータの利活用に関する規定はK市に限ったことでなく、自治体毎の運用規定に基づいて運用されている^{註3}。

本研究では、K市立中学校教育研究会理科部会と研究実践校等の協力を得て、「タブレット型コンピュータを理科授業で使用する」と「K市情報教育ネットワークに接続しない形でクラウドコンピューティング（cloud computing, 以下、クラウドと記す）を利用すること」を可能にする後述するシステム構成（システム1）を構築して授業実践を行った。

次に、システム1の授業実践における課題を踏まえ、システム上の問題点である学校現場によって整備状況が異なる「通信回線を利用しなければならない」ということを回避するために、クラウドを使用しない形でのシステム構成（システム2）による授業実践を行った^{註3}。

5. 授業実践・調査概要

5.1.1 システム1の概要

図1に示すようにデータ通信端末（モバイルルーター）を使い通信回線を経由してタブレット型コンピュータをクラウドに接続した。使用した機器・ソフトウェアは次の通りである。

タブレット型コンピュータ（アップル社製：iPad, 教師用1台, 生徒用6台^{註4}）、データ通信端末（バッファロー社製：BF-01D）、ソフトウェアはタブレット型コンピュータに標準インストールされているカメラ機能を使用した。

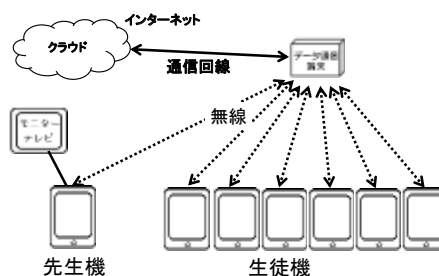


図1 システム1

5.1.2 システム1による授業実践

システム1による授業実践を以下のように実施した。

- (1) 時期：2012年6月
- (2) 対象：K県K市立T中学校 第2学年1学級（40名）
- (3) 単元：中学校第1分野「電流の性質とその利用」
- (4) 単元の指導計画：表2の通りである。ただし、授業実践は、表2中（本時）にあるように、授業においてタブレット型コンピュータを使用する際の注意事項、使用方法やクラウドの仕組みの説明に1時限を使った。

(5) 本時の展開：表3の通りである。表3中の場面A～場面Cはタブレット型コンピュータを使用した場面であり、以下の内容でを使用した。

場面A：実験装置の写真等を教師がクラウド内のストレージに送信して、写真を提示しながら説明する（図2）。（先生機の画面は教室前面のモニターに表示されている）
 場面B：実験結果の写真をとって、クラウド内のストレージへ送信（図3）して他の班と実験結果や考えを共有する。その上で考察する（図4）。
 場面C：先生機（図5）を使って班の考えを発表する（図6）。

5.1.3 システム1が稼働することの検証及びシステム導入上の問題点

まず、システム1導入時に検討した点であるが、システム1のように、データ通信回線を使用する場合、場所や時間によって通信が不安定になることが考えられる。導入にあたって通信事業者の選定を含めた調査が必要である。また、通信

表2 「電流の性質とその利用」の単元計画（33時間）

章	内容	時間
導入	電流の正体は何だろうか	1
第1章 電流の性質	1 電流が流れる道すじ	3
	2 回路を流れる電流はどれも同じか	3
	3 回路に加わる電圧はどれも同じか	3
	4 電流の強さは何で決まるのか	4
	5 電流のはたらきはどのように表わしたらよいか (本時2/3)	3
第2章 電流の正体	1 静電気を起こしてみよう	2
	2 静電気で明かりをつけよう	1
	3 電流の正体は何か	2
	4 導線を流れる電流は電子とどのような関係があるのか	1
第3章 電流と磁界	1 磁石のはたらきを調べよう	1
	2 電流がつくる磁界を調べよう	2
	3 モーターのしくみはどのようになっているのか	2
	4 発電機のしくみはどのようになっているのか	3
単元のまとめ		1
電気とわたしたちの生活		1

表3 本時「電熱線の発熱量が何によって決まるのかを考えよう」の展開

授業の流れ	内容
導入	既習事項、予想の確認
実験	・実験装置写真の提示（場面A） ・実験の実施、記録 ・実験結果の写真をとって、クラウドへ送信する
・個人の考察 ↓ ・班での考察（場面B）	・個人の付箋紙に記入してから、班で考えをまとめる ・班の考えを付箋紙に記入してクラウドへ送信する ・各班の結果を比較しながら考察する。
発表	・生徒機を使って班の考えを発表する（場面C）
まとめ（個人）	発表、自己評価
授業の概略	電熱線から発生する熱量が何によって決まるのかを実験を通して確かめる。各班は、設定した電熱線、電圧のもとでヒーターに電流（記録する）を流し、通電時間と水温の関係をグラフ化する。時間と熱量、電力とグラフの傾き、電力と発熱量についての関係を、班相互のデータを共有し、比較しながら考察を深める。



図2 実験装置写真の提示（場面A）

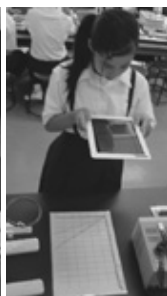


図3 実験結果の送信（場面B）



図4 他班の結果との比較（場面B）



図5 共有したファイル
(場面A～場面C)

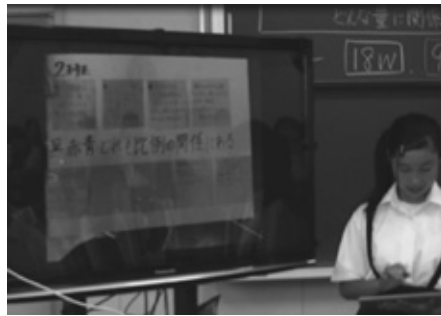


図6 タブレット型コンピュータを
使った発表(場面C)

料金については、システム1のように、通信回線を別途用意した場合、高額なデータ通信料が発生してしまう場合がある。本研究では、1ヶ月あたり通信データ量7GBまで定額料金で使えるプランを使用した。しかし、この場合、通信量が7GBを超えると通信速度が極端に遅くなる。本実践の1時限の授業では、通信データ量が7GBを超えることは無かった。今回使用した通信事業者の場合、通信速度は128kbpsであったため、送受信するデータ量が大きい写真をデータとして送受信する場合には、教師を含めて7台のタブレット型コンピュータが写真を共有すること、複数のクラスが利用することを考慮するとデータ通信回線を使用することは通信速度、データ量ともに不十分である。

また、授業者への聞き取り調査から、生徒に不要な標準アイコンを非表示にできない(いくつかのアイコンは非表示可能である)という問題が分かった。本実践で採用したタブレット型コンピュータの特性(指導者がカスタマイズしにくい)から生じる問題であった。

以上のように、システム1を採用した授業実践では、簡易情報共有システム上の問題は生じなかったが、使用できるデータ容量に上限があること、コンピュータをカスタマイズしにくいという問題が生じた。

5.2 システム2による授業実践・調査

5.2.1 システム2の概要

システム1における「使用できるデータ容量に上限があること」という問題点を回避するために、図7のようにシステムが理科室内のネットワークで完結する形にした。インターネットに接続しないシステム構成である。そのため、記憶装置としてハードディスク(HD)を図7のように繋いだ(このようにネットワークに直接接続するファイルサーバー専用機はNAS(Network Attached Storage)と呼ばれている)。システム2では、システム1のような自治体毎の運用規定に触れる可能性や意図に関わらず写真に写った個人情報インターネット

ト上に送られる可能性（個人情報等の漏洩）が回避できる。使用した機器・ソフトウェアは以下の通りである。

タブレット型コンピュータ（アップル社製:iPad, 教師用1台, 生徒用6台^{註4}）、無線LANルーター（バッファロー社製:WZR-600DHP）、ネットワーク対応ハードディスク（バッファロー社製:LS-X1.0TLJ）、写真の撮影はタブレット型コンピュータのカメラ機能を使用した。また、ハードディスクにアクセスするためにWeb Access i HD（ルーターを介してHDに画像を保存できるバッファロー社が提供している無料アプリケーション）をタブレット型コンピュータにインストールして使用した。

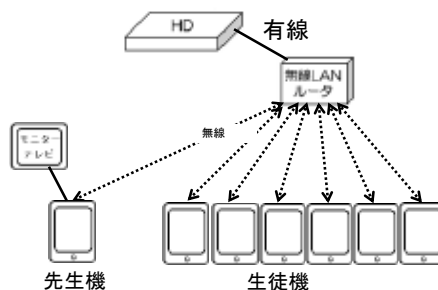


図7 システム2

5.2.2 システム2による授業実践

システム2による授業実践を以下のように実施した。

- (1) 時期：2012年11月
- (2) 対象：K県K市立I中学校 第1学年1学級（39名）
- (3) 単元：中学校第1分野「身のまわりの物質」
- (4) 単元の指導計画：表4の通りである。ただし、授業実践は、表4中（本時）にあるように1時限であるが、授業においてタブレット型コンピュータを使用するにあたって注意事項、使用方法やクラウドの仕組みの説明に1時限を使った。
- (5) 本時の展開：表5の通りである。表5中の場面A～場面Cはタブレット型コンピュータを使用した場面であり、以下の内容である。なお、活動やモニター画面の様子は図8、図9、図10に示した通りである。

場面A：実験装置の写真等を教師がクラウド内のストレージに送信して、写真を提示しながら説明する。（先生機の画面は教室前のモニターに表示されている）
場面B：実験結果の写真を取り、クラウド内のストレージへ送信して他の班と実験結果や考えを共有する。その上で考察する。
場面C：生徒機を使って班の考えを発表する

- (6) 授業後のアンケート調査の実施

システム1による授業実践の様子を踏まえて、表5に示したタブレット型コンピュータ活用場面である場面A～場面Cについてアンケート調査（図1）を行い、理科授業においてタブレット型コンピュータを使用するこ

とについて、生徒の受け止め方を調査する。

表4 「身のまわりの物質」
の単元計画（26時間）

章	内容	時間
導入	わたしたちの身のまわりにはいろいろなものがある	1
第1章 色々な物質 とその性質	1 物質はどのようにして区別できるのだろうか	5
	2 重さや体積を調べることで物質を区別できるのだろうか (本時2/3)	3
第2章 いろいろな 気体とその 性質	1 気体はどのようにして区別できるのだろうか	3
	2 身のまわりのものから発生した気体を区別しよう	2
第3章 水溶液の性 質	1 物質は水にどのようにとけるのだろうか	1
	2 水溶液の濃さを表してみよう	1
	3 水溶液にとけている物質をどのようにして取り出すことができるのだろうか	3
第4章 物質の状態 とその変化	1 物質のすがたはどのようにかわるのだろうか	2
	2 状態変化と温度にはどのような関係があるのだろうか	3
	3 混ざり合った物質を分けるにはどうするか	2

表5 本時「同じ材質の金属を探せ」
の展開

授業の流れ	内容
導入	既習事項、予想の確認
実験 ・個人の考察 ↓ ・班での考察 (場面B)	・実験装置写真の提示 (場面A) ・実験の実施、記録 ・実験結果の写真をとり、HDへ送信する
	・個人の付箋紙に記入してから、班で考えをまとめる ・班の考えを付箋紙に記入してクラウドへ送信する③ ・各班の結果を比較しながら考察する。
発表	・生徒機を使って班の考えを発表する (場面C)
まとめ(個人)	発表、自己評価
授業の概略 : 各班が形状が異なる6種類の金属から1つを選び、質量や体積を測定しHDに情報を蓄積する。自班と他班のデータを比較して、どの班が自班と同じ材質の金属を測定したのかを見つけて出す。	

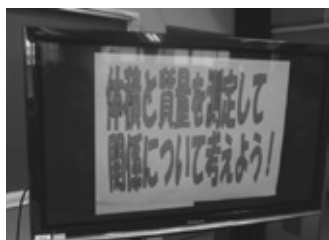


図8 システム2
(場面A)



図9 システム2
(場面B)



図10 システム2
(場面C)

5.3.3 システム2が稼働することの検証及びシステム導入上の問題点

システム2の場合、通信データ量の制限についての問題が回避された。また、システム内で写真を共有するためのソフトウェアである Web Access i HD を使う必要があった。これによって、システム1において問題となった「生徒に不要な標準アイコン」は画面上に表示されなくなり、この点についての問題も回避された。

一方、タブレット型コンピュータの利便性の一つに、写真等をフリック（画面を上下もしくは左右にスライドする操作）することで次の写真を見ることができることが挙げられるが、その機能は使用できなかった。この点について、生徒か

ら不満の声は上がらなかった。システム1とシステム2による授業実践校が異なる為、システム1を使っていない生徒からは特に不便さは感じていなかったと考えられる。

5.3.4 授業実践の事後アンケート調査・結果

(1) アンケート調査の内容

タブレット型コンピュータ利活用場面である場面A～場面Cにおけるける生徒の受け止め方について、アンケート調査を行った。場面Aは、実験装置の写真を教師がクラウド内のストレージに送信して、写真を提示しながら説明する場面である(図2, 図8)。場面Bは、実験結果の写真をとり、クラウド内のストレージへ送信して他の班と実験結果や考えを共有した上で考察する場面である(図3, 図4, 図9)。場面Cは、班で話された内容を写真に撮り、生徒が班のタブレット型コンピュータを使って発表する場面である(図6, 図10)。

アンケートの作成に際して、まず、システム1による授業実践後に予備調査を行い問題及び回答の選択肢を作成、精査した上で、システム2による授業実践後にアンケート調査を実施した。図11はアンケート調査の内容である。

質問1. 実験装置の写真がiPadにあり、参考にできるようにしてありました。このことについてあなたの考えを①～④から選んでください。

①大変良かった ②良かった ③あまり良くなかった ④大変良くなかった

質問2. 他班の実験結果をiPadを使って、その場で見られるようになっていました。

(1) アとイのうちあてはまることを選んでください。

ア. 実際に他班の実験結果と見比べて考察できた。

イ. 他班の実験結果と見比べて考察できなかった。

(2) 上でアを選んだ人は、具体的に「何を見比べたか」教えてください。また、その結果、「どのような判断をしたか(考えたこと)」を教えてください。(自由記述)

(3) 上でイを選んだ人は、「見比べて考察できなかった」「できなかった」理由を教えてください。

(4) 「他班の結果(数値やグラフ)をiPadを使って確認する」という使い方についてあなたの考えにあてはまるものを①～⑤から選んでください。

①大変良い使い方だと思う

②まあ良い使い方だと思う

③あまり良い使い方だと思わない

④まったく良い使い方だと思わない

⑤その他

質問3. 授業の最後に「iPadを使って発表」しました。このようなiPadの使い方についてあてはまるものを①～⑤から選んでください。また、⑤を選んだ人は理由も書いてください。

①大変良い使い方だと思う

②まあ良い使い方だと思う

③あまり良い使い方だと思わない

④まったく良い使い方だと思わない

⑤その他

質問4. 今回のように iPad や電子黒板を使う授業について、あなたの考えについてあてはまるものを①～⑤から選んでください。また、⑤を選んだ人は理由も書いてください。

- ①積極的に導入してほしい ②導入してほしい
- ③あまり導入してほしくない ④今まで通りの授業がよい
- ⑤その他

図 11 アンケート調査の内容

(1) アンケート調査の結果

【質問1】

場面Aは、実験装置の写真をタブレット型コンピュータを通して、生徒に提示しながら説明を行った場面である。実験器具の写真がタブレット型コンピュータ上にあり、参考にできるようにしてあったことについての生徒の考

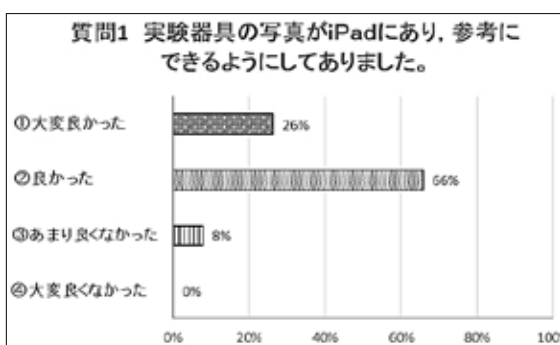


図 12 質問1の回答結果

えを問う設問であり、それに対する回答結果を図12に示す。「①大変良かった」「②良かった」と肯定的に受け止めていた生徒は92%（38名中35名）であり、「③あまり良くなかった」と否定的な選択肢を選んだ生徒は8%（38名中3名）であった。このことから、多くの生徒がタブレット型コンピュータを使用して実験装置の写真を提示する使い方について肯定的であったと言える。

【質問2】

場面Bにおいて、タブレット型コンピュータを使用して他班の実験結果と見比べたか否かを問う設問に対する回答結果を図13に示す。他班の実験結果と自分の班のデータを見比べて考察したと回答した生徒は79%（38名中30名）、他班の実験結果と見比べて考察できなかったと回答した生徒は21%（38名中7名）であった。

質問2-(2)は、具体的に「何を見比べたか」また、「どのような判断をしたか」を問う設問であり、これに対する回答を資料1に示す。

「何を見比べたか」については、実験結果、グラフといった内容が多かったが、生徒は、他班の進捗状況を確認するために他班の情報にアクセスしていたことが伺える。その結果として「どのような判断をしたか」について、「やり直そう」「見

直す」など、他班の情報
 報を踏まえた振り返り
 や、「自信が持た」「確
 信を得た」といった情
 意的な高まりを回答し
 た生徒が見られた。

質問 2-(3)では、7名
 の生徒が他班の実験結
 果と見比べて考察でき
 なかったと回答した。

そのうち 4 名が時間不足を理由に挙げていた。

質問 2-(4)は、場面 B におけるタブレット型コンピュータの使い方を問うものであり、これに対する回答を図 14 に示す。ここでは、他班の結果をタブレット型コンピュータを使って確認する、即ち、即時的に情報を共有することについて

「①大変良い使い方だと思
 う」「②まあ良い使い
 方だと思う」と肯定的
 に受け止めていた生徒
 は 92%（38 名中 35 名）
 であり、「③あまり良い
 使い方だと思わない」
 「④まったく良い使い
 方だと思わない」と否
 定的な選択肢を選んだ
 生徒は 5%（38 名中 2
 名）であった。

このことから、多くの生徒が他班の結果をタブレット型コンピュータを使用して確認する使い方について肯定的であったと言える。

【質問 3】

場面 C において、タ
 ブレット型コンピュ
 ータを使用して発表を
 行うことについて問う
 設問であり、従来使
 用していたホワイト
 ボードを利用するな
 どした発表との違い
 について問う設問
 である。

回答結果を図 15 に示

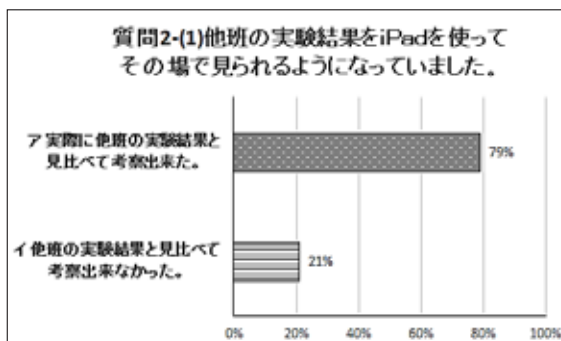


図 13 質問 2-(1)の回答結果

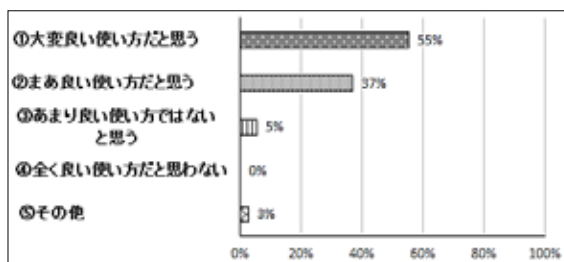


図 14 質問 2-(4)の回答結果

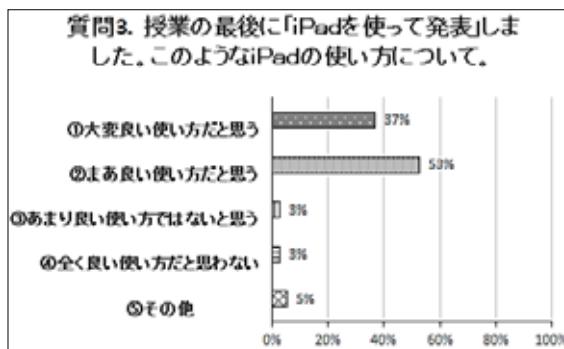


図 15 質問 3 の回答結果

す。「①大変良い使い方だと思う」「②まあ良い使い方だと思う」と肯定的に受け止めていた生徒は90%（38名中34名）であり、「③あまり良い使い方だと思わない」「④まったく良い使い方だと思わない」と否定的な選択肢を選んだ生徒は5%（38名中2名）であった。このことから、多くの生徒がタブレット端末を使用して発表する使い方について肯定的であったと言える。

【質問4】

タブレット型コンピュータや電子黒板の導入に関する生徒の受け止め方を問う設問である。回答結果を図16に示す。ここでは、「①積極的に導入してほしい」「②導入してほしい」と肯定的に受け止めていた生徒は78.9%

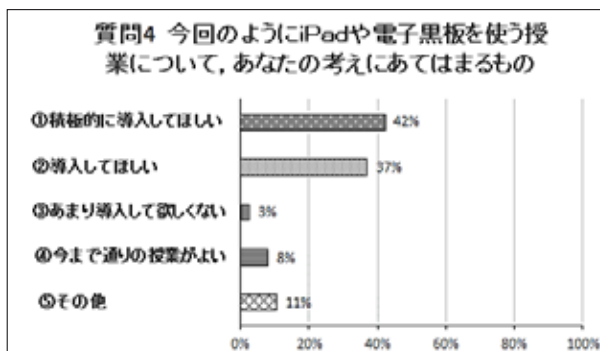


図16 質問4の回答結果

（35名中30名）であり、「③あまり導入して欲しくない」「④今まで通りの授業が良い」と否定的な選択肢を選んだ生徒は10.5%（35名中4名）であった。多くの生徒は、今回使用したタブレット型コンピュータ（iPad）や電子黒板の導入に関して肯定的に受け止めていることが分かった。

6. 学習後のパフォーマンス課題に対する記述の分析

6.1 パフォーマンス課題による調査の目的

研究の目的4に挙げたように、簡易情報共有システムを用いた授業の受講者の科学概念形成の様態を検討するために、生徒の学習の1年後に学習内容を活用することで課題の解決ができるパフォーマンス課題を課し、その記述内容を分析した。具体的には、生徒が「身の回りの物質」（システム2による授業実践）で学習した「密度」についての理解を、どのように活用して与えられた問題の解決を図るのかを質問紙調査を用いて調査し、そこからICT利活用による情報の共有化と科学概念の保持に関する知見を得ることを調査の目的とした。

6.2 調査の概要

上記の調査目的のもとに、K市内の公立I中学校の生徒に対して、密度の学習から約1年後に「身の回りの物質」で学習した「密度」についての理解を探るための質問紙調査（パフォーマンス課題）を実施した。授業実践と質問紙調査の概要を表6に、質問紙調査の記述例を資料2に示す。

表 6 調査の概要

調査概要	対象	K 市立 I 中学校 2 年生 180 名
	期間	平成 25 (2013) 年 11 月
	方法	<p>【課題文】 博物館から盗まれた金属 (メタル) X を犯人が持っていた複数の金属から同定してほしいという依頼文</p> <p>【問題】 1 : ケースにある金属の中から特定の金属 (メタル X) を見つけるために必要な実験道具を選ぶ (選択肢)。 2 : 選んだ道具を使って, 金属 (メタル X) を同定するための実験方法について説明する (自由記述)。</p>
調査意図と分析の視点	<p>上記の授業実践で学習した「密度」について理解した学習内容を活用し, 現実的な問題解決をどのように図るのかを探るための質問紙調査を実施した。分析の視点は以下の通りである。</p> <p>問題解決の方法として, 密度を活用したか。また, 活用した場合は, 手順を含め, 正しく説明できたか。</p>	

6.3 質問紙における記述内容の分析

6.3.1 パフォーマンス課題に対する回答について

問題 1 は, 金属を同定するために行う実験で使用する道具を挙げさせる問題である。生徒は, この問いによって, ある程度の見通しを持つと考えた。そして, 問題 2 において, 図と言葉で金属を同定する手順を説明させることになっている。課題解決の手立てとして, 「水につけて錆び具合を見る」「顕微鏡で表面を確認する」「融点を測定する」など物質の性質に注目して説明しようとする生徒と, 図 17 のように長さや質量を測定して量的な概念で説明しようとする生徒が存在した。後者の多くは「密度」の概念で説明できると見通しを立てて長さ・質量の測定を行うとしていた。自らが密度の概念を理解しているだけでなく, 他者に説明する際に, その概念を活用する姿が見られた。

6.3.2 システム 2 による授業の受講と問題 2 との相関について

調査を行った I 中学校では, システム 2 による授業を受講した生徒は, 抽出された 1 クラスのみであったことから, 受講していない生徒も存在していた。そこで, システム 2 を受講した生徒と受講しなかった生徒の密度に関する概念の様態の違いを分析するために, 本研究のシステム 2 の授業実践を受けた生徒 (34 名: 受講群) とそれ以外の生徒 (146 名: 非受講群) の問題 2 の記述内容を比較・検討することとした。

その結果, 1 年後に実施したパフォーマンス課題における問題 2 に対する回答では, 表 7 に示すように, どちらの群に属する生徒も 2 割から 3 割弱の生徒しか, 金属を同定する際に密度概念を適用することができていないことが明らかとなった。さらに, システム 2 の授業実践の受講の有無 (項目 A) と密度概念適用の有無 (項目 B) の関係について χ^2 検定を実施したところ, 相関がないことも示

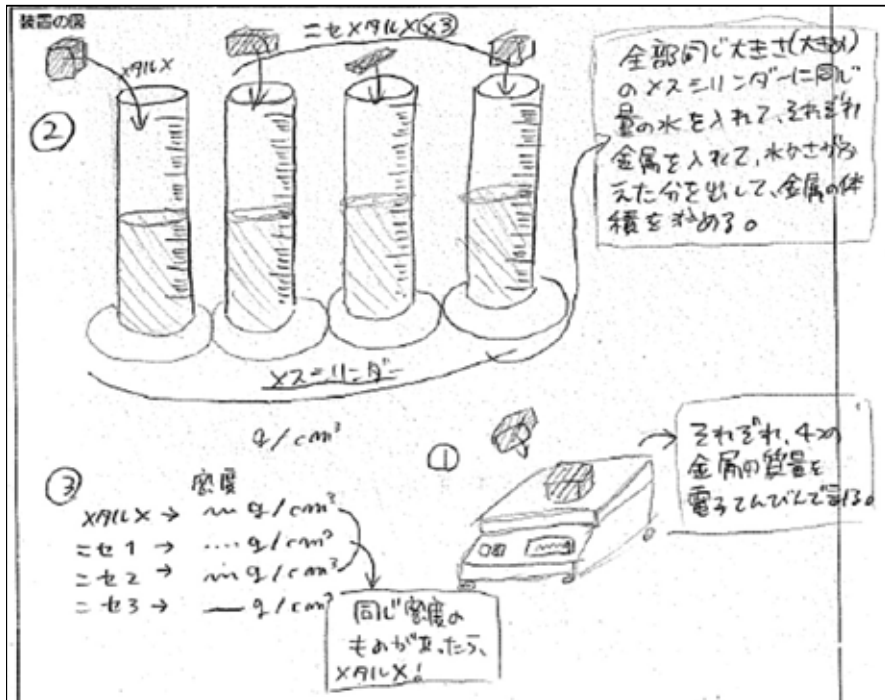


図 17 問題 2 での子どもの記述例 (廣上・小野瀬・佐藤, 2014)

表 7 分析 1: 金属の同定に密度概念を適用した生徒

項目 A (授業の受講の有無)	項目 B(密度概念摘要の有無)	
	手順や言葉で密度を求めるとした生徒	密度以外のみを回答した生徒
システム 2 の受講群の生徒 (N= 34)	10 (29.4%)	24 (70.6%)
システム 2 の非受講群の生徒 (n=146)	31 (21.2%)	115 (78.8%)
合計 (N=180)	41 (22.8%)	139 (77.2%)

された ($\chi^2=1.197$, $df=1$, $n.s.$)。

このことから、「物質の同定」における密度の適用に関しては、本研究におけるシステム 2 の授業実践の受講に関係はなく、中学生にとって密度概念を具体的な問題解決場面に適用することは難しいことが明らかとなった。

また、問題 2 の回答における実験手順の説明において、「体積や質量を測定する」と回答した生徒において、その後に密度概念を適用するか否かに関して差異が生じていた。即ち「体積や質量が同じだったら、同じ物質だろう。」という考え方と「体積や質量から密度を求め、同じだったら同じ物質だろう。」と考える生徒が存在していた。

そこで、表 8 に示すように、システム 2 の授業実践の受講の有無 (項目 C) と体積と質量を測定した後に密度を求める (密度概念を適用) という実験手順の説

明の有無（項目 D）の関係について χ^2 検定を実施した。その結果、システム 2 の授業実践の受講と密度概念を適用して実験手順を説明したか否かには、相関があることが示された ($\chi^2=3.883$, $df=1$, $p<.05$)。

このことから、課題解決の文脈において、物質に固有の性質の一つとして、「密度概念」を正しく適用した者は、システム 2 の授業実践を受けた生徒に多かった。即ち、システム 2 の授業実践を受けた生徒のほうが、密度概念が具体的な場面において活用することができるレベルで身につけていた者が多かったと考えられる。

表 8 分析 2：体積と質量を測定した後の密度概念の適用の有無

項目 C (授業の受講の有無)	項目 D(手順の説明の有無)	体積と質量を測定して、かつ、密度の求め方まで説明した生徒	体積と質量を測定したが、密度を求めることはしなかった生徒
システム 2 の受講群の生徒のうち、 体積、質量を測定すると回答した生徒 (N=12)		10 (83.3%)	2 (16.7%)
システム 2 の非受講群の生徒のうち、 体積、質量を測定すると回答した生徒 (N=47)		26 (55.3%)	21 (44.7%)
	合計 (N=59)	36 (61.0%)	139 (39.0%)

7. 研究のまとめ

本研究の第一の目的は、タブレット型コンピュータを用いた簡便な情報共有システムの構築であった。システム 1 は、学校のネットワークに接続しない形でインターネットに接続する構成であった。このシステムを用いて授業を行うことは可能であることが分かった。ただし、このシステムを別途利用する為には通信のための費用の問題が生じる。今後の条件整備に期待したい。このシステムの場合、例えば教室の情報コンセントに無線 LAN ルーターを接続させ、データ通信端末に置き換えることで更に簡便なシステムになり得る。

システム 2 はインターネットに接続せず、NAS を使って情報共有をするシステム構成であった。このシステムはインターネットに接続しないという点で有利である反面、操作のし易さで定評がある iPad の機能が使えない、授業者がカスタマイズしにくい等の問題があった。表 9 はこれらをまとめたものである。

第二の目的は、生徒がどの程度コンピュータを使いこなせるのかを把握することであった。当初、このことに見通しを持って授業計画を立てることが困難であった。本実践においては、授業時数を十分に確保することが出来なかったため、システム 1 による授業実践、システム 2 による授業実践ともに本時の前、1 時限を使って、生徒にタブレット型コンピュータの説明を行った。生徒は、説明を受け、使ってみるなどをした。この点について、まず報告すべきことは、生徒は 1 時限

表9 システムの問題点

	システム1	システム2
通信料金	・通信回線を使うと通信料金が発生する。学校のネットワークに接続することで解消する。	・通信料は発生しない。
コンピュータの使用	共通事項 ・タブレット型コンピュータは生徒にとって使いやすかった。 ・説明や練習等は1時間であったが使用において問題は無かった。 ・不要なアプリのアイコンを非表示にすることができない。	・写真をフリックできない。(ソフトの問題である)
	・写真をフリック(画面を上下もしくは左右にスライドする操作のこと)することが可能。	

の説明と使用のみで以降の授業でこれを使いこなしていたということである。教師が使い方の説明を求められることはほとんど無かった。システム1による授業実践とシステム2による授業実践では、異なる公立中学校の異なる学年を対象としたが、両実践校の生徒とも2回目の経験でタブレット型コンピュータを使うことができていた。このことから、本実践の、写真を媒体とした情報共有のためのタブレット型コンピュータの使用は生徒にとって習熟の負担が少ない形で導入可能であると判断できた。今後、小学校でもコンピュータの導入が進むことで、中学校に入学する段階の子どものコンピュータに関わるスキルの向上も期待したい。

第三の目的は、システムを生かした授業実践を行い、授業についての生徒の受け止め方をアンケート調査から把握することであった。授業は、生徒が教師から写真を媒体として情報を受け取る(場面A)、生徒が自分たちの実験データや考えを発信したり、共有して考察を進める(場面B)、生徒が各班でまとめた考えを発表する(場面C)というものであった。全ての場面におけるタブレット型コンピュータの使用については90%程度の生徒が肯定的であった。

場面Bにおいて、生徒は他班の実験結果にアクセスして判断したことで、その結果として情意的な高まりを見せていた。実験の進捗状況に合わせて、情報を共有し、より多くの情報をもとに考察を深めることが期待できる。また、黒板を主な情報の集約場所としていた授業と比べて、全体で情報を共有するために、黒板に書かれるまで待つといった時間が解消することで、新たな時間が生み出されることも期待できるのである。

各場面におけるタブレット型コンピュータの使用について否定的であったり、時間不足のため他班との比較ができなかったりした生徒がいたことも事実である。コンピュータ使用に慣れさせるなど、こうした生徒への配慮も欠かせない。

第四の目的は簡易情報共有システムを用いた授業の受講者の科学概念形成の様態を検討することであった。表8(分析2)において、金属の種類を同定するために、

「密度概念」を活用し、更に解決の手順を説明できた生徒は、有意にシステム2による授業実践を受講した生徒が多かった。全てをICTの利活用による授業実践効果であると判断することは難しいが、パフォーマンス課題において、密度概念を適用して具体的に解決の方法まで説明していた子どもが多かった。このことから、授業実践が密度概念の理解に対して有効であったと考えられる。この点については、更に授業全体のデザインについて検討し、実践を重ねる必要がある。

8. おわりに

冒頭に取り上げたように、平成29年に告示された学習指導要領では、指導方法や指導体制の工夫改善により、個に応じた指導の充実を図ること、そして、その際コンピュータや情報通信ネットワークなどを適切に活用した学習活動の充実を図ることが求められている。「理科の授業中、コンピュータによる活動を行わせる」ことを現場教師が実践できる、或いは、教師がそれを指導方法として選択できる方策（ハードウェア、ソフトウェアともに）を提供することが喫緊の課題である。本研究は、効果的かつ簡便なシステム構成で生徒にコンピュータを使った活動を行わせるための資料の一つになると考えている。

附記

本研究の授業実践は川崎市立中学校教育研究会理科部会の協力を得て公立中学校2校で実現した。感謝したい。また、成果の一部は第60回全国中学校理科教育研究会、日本理科教育学会第64回全国大会にて発表された内容に加筆、修正を加えたものである。また、本研究は、JSPS 科研費 24531150, 25350208, 15K04513, 16K04675 の支援を受けたものである。

註

- 註1) 平成29年11月に実施された第58回神奈川県公立中学校教育研究会理科部会川崎地区研究大会における報告において同様の現状が報告された。
- 註2) 文部科学省(2017c)における別紙「平成30年度以降の学校におけるICT環境の整備方針について」では、以下のように指摘されている。「本来は、教育委員会による一元管理(インターネット回線を使ったクラウド(パブリッククラウド)の活用を含む)を行うことが望ましいが、学校の通信回線の帯域幅の課題及び授業における安定的な稼働の観点から、当面、各学校1台分のサーバの設置を前提とする。」即ち、本研究で採用したシステムに置き換えると、本来はシステム1が望ましいが、当面はシステム2を前提とすると読み替えられる。
- 註3) こうした現状に対して、「教育情報セキュリティポリシーに関するガイドライン(平成29年10月18日文部科学省)」が通知されるなど、学習指導要領実施に向けて改

善の方向性が示されている。

註4) コンピュータを増設することは可能であるが、授業者と協議の上、6班編成で各班に1台使用させることにした。

引用文献

大黒孝文・出口明子・山口悦司・舟生日出男・稲垣成哲（2007）「協同学習における対面的－積極的相互作用の活性化」『理科教育学研究』Vol.48, No.1, 35-49

舟生日出男・鈴木栄幸・久保田善彦・平澤林太郎・加藤浩（2008）「発見的学習活動における創発的分業を支援するCSCLシステムの開発」『メディア教育研究』第4巻, 第2号, 7-13

廣上倫介・小野瀬倫也・佐藤寛之（2014）「ICT利活用による情報の共有化と科学概念の保持に関する考察（1）」, 日本理科教育学会第64回全国大会論文集, 174

国立教育政策研究所編（2013）『TIMSS2011 理科教育の国際比較』明石書店, 136-138

文部科学省（2017a）「小学校学習指導要領（平成29年告示）解説 理科編」東洋館出版社, 114-115

文部科学省（2017b）「学校におけるICT環境整備の在り方に関する有識者会議最終まとめ」Retrieved from http://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afielddfile/2017/12/13/1388920_1.pdf（2018年8月20日確認）

文部科学省（2017c）「学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果（平成28年度）〔速報値〕及び平成30年度以降の学校におけるICT環境の整備方針について（通知）」Retrieved from http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1399902.htm（2018年8月20日確認）

別紙：「平成30年度以降の学校におけるICT環境の整備方針について」Retrieved from http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afielddfile/2017/12/26/1399908_01_3.pdf（2018年8月20日確認）

文部科学省（2010）『教育の情報化に関する手引』Retrieved from http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/1259413.htm（2018年8月20日確認）

難波潔聡・林敏浩・中山迅（2007）「描画法による反復再生可能型描画システムPolka」『信学技報』, 25-30

和田一郎・森本信也（2008）「電子黒板の特性を利用した理科学習の内化と外化に関する研究」『理科教育学研究』第48巻, 第3号, 85-96

リチャード・ホワイト, リチャード・ガンストン（1995）『子どもの学びを探る』（監訳：中山迅, 稲垣成哲）東洋館出版社

山口悦司・舟生日出男・稲垣成哲（2012）「iPhone/iPod touch版デジタル運勢ラインシステムの開発と評価」『理科教育学研究』第53巻, 第2号, 317-328

資料1 質問2 - (2) の回答 (アを選択した生徒, 30名)

★「何を見比べたか」、「どのような判断をしたか」はそれぞれ記入欄を設けた。

質問 No.	上でアを選んだひとは、具体的に「何を見比べたか」教えてください。	また、その結果、「どのような判断をしたか(考えたこと)」を教えてください。
1	どんな目的を持って行っているか	考察をやり直そうと思った
2		このままでいいと思った
3	実験結果を見比べた	比べて結果を出し、金属を分別した
4	他班の実験結果を見て不具合があるかどうか	他班と同じ実験結果なら確信を得た
5	結果を見て仲間を探すっていうのをした時に自分たちの班が、どの班と同じか調べた	ちょっと違った結果になったときは少し考えたりした。でも見直したりもした。
6	グラフの結果が同じになっているかどうか比べました	実験結果が同じだったので、その結果に自信が持てて発表出来ました
7	実験結果を見比べた	グラフにしたら違う班との結果が重なったので、同じ物質ではないかと判断した
8	みんな違う考えで自分が考えていることと同じ考えもあったけれど参考になる考えがあったからそれと自分の考えを見比べて考察を書いた。	「みんな違う考えをもっている。」「これは参考になる。」「まねしてみよう。」
9	自分たちの実験結果と他の班の実験結果を見比べました	最初はやり直そうと思いましたが、それぞれ誤差はあると思ったのでやり直しませんでした
10	自分たちの班の考え	自分たちの班の考えの付け足しなどを考えた
11	実験結果	他の班の結果は面白いと思った
12	自分の班の結果と他班の結果	他班と同じだったので合っていると思った
13	自分たちと違う班の実験結果がある。それらを比べたり、合わせたりすると新しい疑問・確定があがってくる。物質の溶け方で言えば様々な種類の結果が読み取れることは少なくないだろう。	グラフがずれていたりして難しかった。多少のズレは仕方ない部分はあるけど、少なくして良いものを作っていきたい
14	密度のときにパチンコ玉を入れて実験した際に、他の班のごとく同じように増えているか見て比べました。	同じ班を見つけたので良かったです。その班がなにを使っていたのか覚えていませんが、性質を理解することが出来ました
15	自分たちとなにが同じなのか、どこが違うのか。実験の結果	間違っていたので、見直して、やり直そうと思った
16	色々比べました。他の班と違うところとか、同じだったら本当に同じなのか、ちゃんと見る事が出来ました。	結果が似ていたら、グラフとか見てどこから同じなのかとかを見たりしました。
17	グラフ	グラフを比べて、自分たちの班と同じグラフを見つけました。
18	グラフの書き方や考察	自分の班とどのように違うのか考えた
19	自分の班の結果をグラフで表した物と、他の班のグラフで表した結果	他の班と違うところがあって、実験をもう一度やってやり直して確かめた
20	班ごとにまとめた表やグラフを、自分の班のもの比べた	金属を見分ける授業をしたので、自分の班と同じ金属はどれかグラフと表を見て考えた
21	実験の結果で他の班と自分の班の粉はどのようになったかを比べた	粉はどんな粉か考えた。
22	実験結果を自分たちの班と比べました	もう一度やってみて、あっているか確かめる。もしまた同じ答えだったら実験結果に自信をもつ。
23	他の班の結果を比べてやった	間違っているか、あっているかということをやった
24	自分の班と他班の違いを比べました	どうしてそのような違いがあったのか考えた
25	調べた結果が果たして同じなのだろうかを比べます	結果が他の班と違ったとき、何がどう違って結果が変わってきたのかを考える
26	他班との結果、実験のやり方などを比べました	こんな結果とやり方があったんだと、すごい、不思議、面白い、どうやったら出来るだろうと思いました
27	他の班の物質が何なのか比べた	グラフがズれていたんでやり直したかったが、時間がなかった。
28	僕の班は実験がうまくいかず、結果が出せませんでした。だから、他の班の結果を見ながら同じ金属を想像しました。	他の班の考察を聞きながら想像しました。次はうまくいくようにしたいです。
29	自分の班と何が違うか	本当に自分の班のやり方が合っているのか迷った。
30	グラフで表したときに他の班と線の傾き方を見比べる	グラフの傾き方が同じだったらそれは同じ物質だと判断した

