

第12回理科教育賞大賞候補 成果発表

2023年8月4日（金）

科学技術の開発や科学理論の発見過程から
創造的な思考力の育成を目指す理科学習



東京学芸大学附属竹早中学校（中込泰規）

問題の所在

平成29年告示：学習指導要領
主体的・対話的で深い学び

思いや考えを基に創造する
ことに向かう過程を重視した
学習の充実

協働的な学習



ICT機器等を活用した個別最適な学び



「自分や他者」の思いや考えを基にしたもの

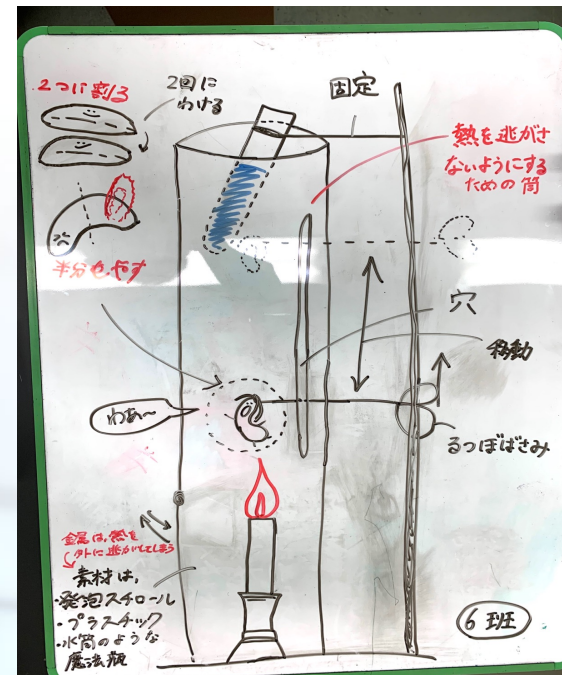
問題の所在

「自分や他者」の思いや考えを基にしたもの

多様性を活かす実践



異なる学習集団との意見
交換を行う学習



多様な考え方を、
グループの中で
調整していく学
習

問題の所在



実験失敗するの嫌だから、自分たちで考えたものではなくて、教科書に載っているものを採用しよう。

理論や法則では、こうなっているけど、こういうふうに考えてみるのはダメなのかなあ……。自信ないからやめよう。。

正直、創造的に思考するの苦手で、先生から結論教えてもらった方が効率良く理解できる気がするなあ。

- ◆創造的に思考する力を授業でどのように育成するか。
- ◆創造的に思考する価値を、生徒にどのように見出させるか。

【仮説】

創造的な活動に従事する「科学者」の視点を授業へ取り入れることで、創造的に思考することの価値を見出し、能力の育成にも寄与するのではないか。



問題の所在

思いや考えを基に創造することに向かう過程を重視した
学習の充実

「自分や他者」の思いや考えを基にしたもの

「科学者」の思いや考えを基にしたもの

研究の目的

生徒が「科学者」の視点に立って問題解決していく科学的な探究が、生徒の創造的な思考力を育むことに、どのように寄与するかを明らかにする。

科学的な思考力と創造的な思考力の定義

相互に関与するもの

科学的な思考力



創造的な思考力

川崎ら (2010)

問題解決過程における以下の5つ
の下位能力から構成される思考力

- ①科学的に実証可能な問題を認識する能力
- ②仮説を設定する能力
- ③検証方法を立案する能力
- ④仮説あるいは根拠をもとに結論を出す能力
- ⑤科学的に実証された結論を認識する能力

Dennett (2012), Lubart (2000) を参考に定義

目新しく、適用性のあるものを、し
かるべき理由に基づいて、**確立され
たシステム**から産生にいたる一連の
思考



【本研究での定義】

科学理論や法則を参考にしながら、
独自の発想をもとにして、斬新かつ
妥当な考えを、科学的な探究を通し
て創り出そうとする。

本研究における各学年での位置付け

各学年において、重視するテーマを設定

1年生、2年生の各テーマの成果と課題から、主たるテーマである3年生の研究実践に関する授業デザインを検討していく。

「科学者」になろうProjectの設定

科学者になろう
Project

本テーマを日頃の授業から、十分に意識させることを目指して、1・3年生は「科学者」になろうプロジェクトとして年間を通じて取り組む。

3年生

科学者視点から、科学的思考力・創造力を働かせる

1年生

科学者視点から、思考を働かせる

2年生

科学的思考力・創造力を働かせる



授業実践の具体

「科学者」視点から考えるプロジェクト（中1）

科学者視点から、思考を働かせる。

物体の転がりやすさについて、法則を導き出すプロジェクト



科学者に
なろう
Project

「虹」ができる条件を導き出すプロジェクト



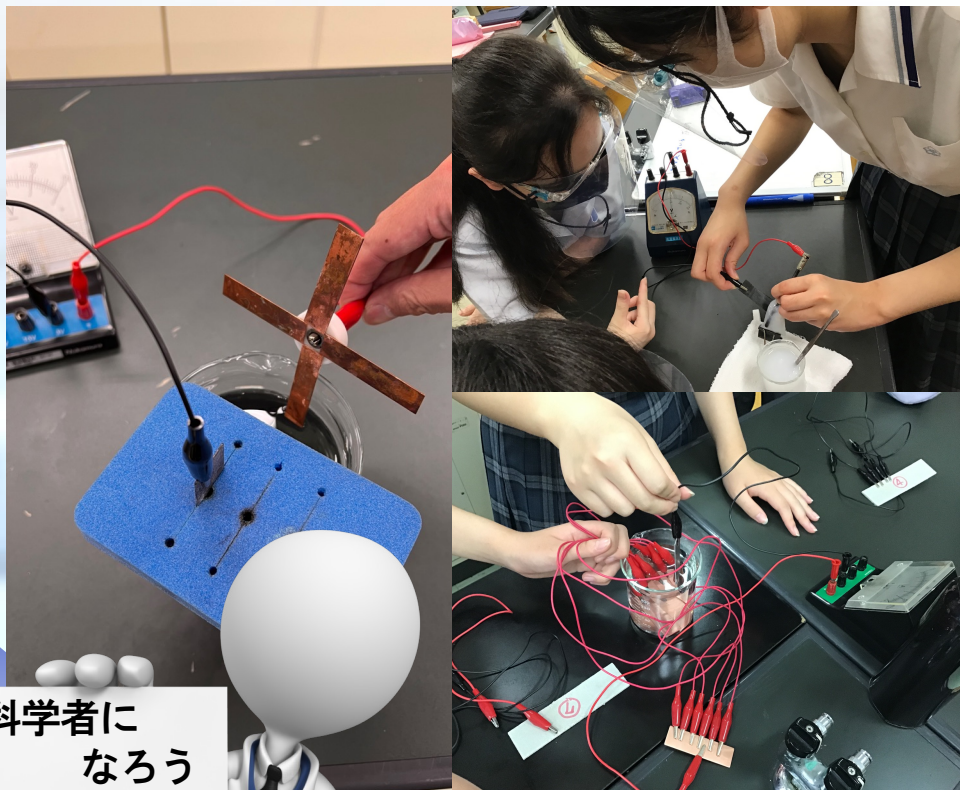
授業実践の具体

「科学者」視点から考えるプロジェクト（中3）

科学者視点から、科学的思考力・創造力を働かせる

化学電池が開発された歴史を参考に、オリジナル電池を発明するプロジェクト

エネルギーに関する社会科学的な問題を解決する提言を行うプロジェクト



科学者に
なろう
Project



成果発表を行う実践の概要

実践時期：2022年5月～7月

調査対象：中学3年生4クラス（124名）

学習内容：「化学変化とイオン」単元内の「電池とイオン」

化学電池が開発された歴史を参考に、オリジナル電池を発明するプロジェクト

成果発表を行う実践の概要

調査・分析方法

【調査１】以下の２点の理由から、「科学とは何か」や「科学的営為」に注目した、科学の認識論的な知識である「科学の本質(Nature of Science；以下、NOSと示す)」の理解の変容から、授業実践の効果を測定した。

- ①「創造的な思考力」を客観的、定量的に評価することが難しい。
- ②「科学者視点」から科学的な探究を行なっていくことで、「創造的な思考力」に関与するNOSの理解が深まることが期待でき、その点からも評価できる可能性があること。

成果発表を行う実践の概要

調査・分析方法

中山・小倉（2020）を一部改正したもの

NOSの要素	質問内容
①観察と解釈	一つの現象に対する科学者の観察は、常に同じである。【逆転項目】
②科学の暫定的性質	科学理論は、変更されることはない。【逆転項目】
③科学に関する社会的影響	科学研究は、社会の影響を受ける。
④科学研究における想像力・創造力の役割	科学者は、想像力・創造力を用いる。
⑤科学研究における手法	同じ目的に対し、科学者たちの実験方法は一つである。【逆転項目】
⑥科学の限界	科学は、世界の全ての問題に答えることができる。【逆転項目】

相互に関与するもの

科学的な思考力



創造的な思考力

- ①NOSの理解によって、2つの思考力を相互に機能させることを促す。
- ②科学者の視点から、自分の学習をメタレベルで振り返ることが期待できる。

成果発表を行う実践の概要

調査・分析方法

【調査2】先のNOSの要素について、授業時間内で意識したことがあれば、振り返りシートに記入させるようにした。



科学者視点でNOSの要素について内省する機会の設定。

記述内容を集計し、実践を通してNOSの要素について、どのように意識し、理解を構築しているか分析した。

成果発表を行う実践の概要



科学者視点から 考えようプロジェクト

略して・・・

さいぷろ！

各時間を通して、以下の事柄に関して関係があったと思うことや、考えたことがあれば、番号と一緒に記入してください。

番号	科学者の視点からの学習の振り返り
①	人によって観察しているものや実験結果の見方や捉え方が違ったりした。もしくは、同じであった。
②	科学的な理論は絶対的なものであると感じた。もしくは、理論が変わることもあるのだと感じた。
③	社会の影響を受けて、科学的な研究が行われているのだと感じた。もしくは、社会の影響とは全く関係なく科学的な研究が行われていると感じた。
④	論理的に考えるだけではなくて、想像力（イメージ）や創造力（クリエイティブ）が必要だと感じた。もしくは、想像力や創造力を用いない方が良いと感じた。
⑤	問題を解決するために、観察や実験は理想的な1つのものを用いて行うべきだと思った。もしくは、様々な方法から問題を解決する方が良いと感じた。
⑥	科学によって、この世界にある全ての問題を解決できると思った。もしくは、科学によって解決できる問題には限界があると思った。

番号 ④	論理をリビビって、 面白いアイデアを改良していき、ことごと よりよいアイデアが生まれる。 イメージ・クリエイティブは大切である。
番号 ⑤	私の考えたものすべてが考えたものとはほとんど 違うもので、多様な考え方があろうと思う。 それを試した結果をベースにするとして” よりよい実験ができていくと思う”
番号 ② ⑤	理論は絶対ではないが、適用している場合は 1つに決まるとも思った。 [ご自分の電池もつくること]、ベストな電池 の精度が高まる。もに、結果

成果発表を行う実践の概要

【科学者視点に立つためのカリキュラムの工夫】

科学史

科学者がどのように科学理論や原理を導き出してきたのか、当時の社会的背景や**科学者の見方・考え方**に注目して、学習を進めていく。

STEAM

自らの創造的な発想に基づき、連続する科学的な探究過程をとおして（**科学者の研究と近似した活動**）、問題を解決していく。

科学者が化学電池を開発してきた歴史を参考にして、オリジナル電池を発明する学習活動

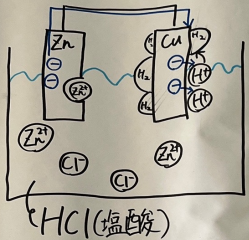
授業実践の実際

時間	内容（ 赤字 は科学史の視点， 青字 はSTEAMの視点として位置付けたものを示す）
1	ボルタ電池の構造や仕組みについて，実験を行い考察する。
2	ボルタ電池が開発された背景を学び，その後開発されたルクレランシェ電池について実際に作成し，どのような背景で開発されたのか考察する。
3・4	ボルタ電池とルクレランシェ電池の特徴や開発背景をまとめ，両電池間に開発された電池の構造や仕組みを創造的に考え，「電池開発案」を作成する。
5・6	電池開発案でまとめた電池を実際に作成して実験を行い，結果や参考意見をもとに随時改善を加えながら電池の完成を目指す。
7・8	第3～6時の内容について，グループで模造紙にまとめる。
9	グループでまとめた内容をポスターセッション形式で発表し、学級として提案するダニエル電池の具体をまとめる。
10	実際のダニエル電池や，最近開発された酸素マグネシウム電池を製作し，電池の原理を考察する。また，これらの電池が優れている点や開発された背景について、化学電池の変遷を振り返って考察する。

授業実践の実際

非水素式電池

ボルタ電池の欠点



電流が安定しない
(すぐに弱くなる)
Cu板に水素の膜ができ H^+
が電子をもらいに行けないため
亜鉛の消耗が激しい

(HCl(塩酸)) 持ち運びしにくい

非水素式電池をつくる過程

改善する点(ボルタ電池の欠点の解決策)
発生する物質は $H_2 \rightarrow Cu$
イオンの偏りをなくす
(持ち運びはあとから少しの工夫でOK)

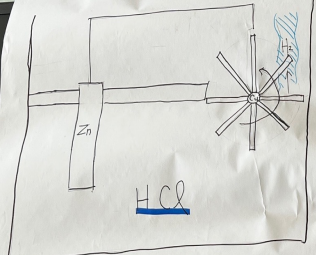


Cu板の表に
 $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$ の反応が
起こるようにしたい。
→水溶液にCuが溶けてい
→よってCuCl, CuSO₄など

液体の決め方

池問題を考える

案1



→水車を作って
空気に角をゆせよう!

案2

↓

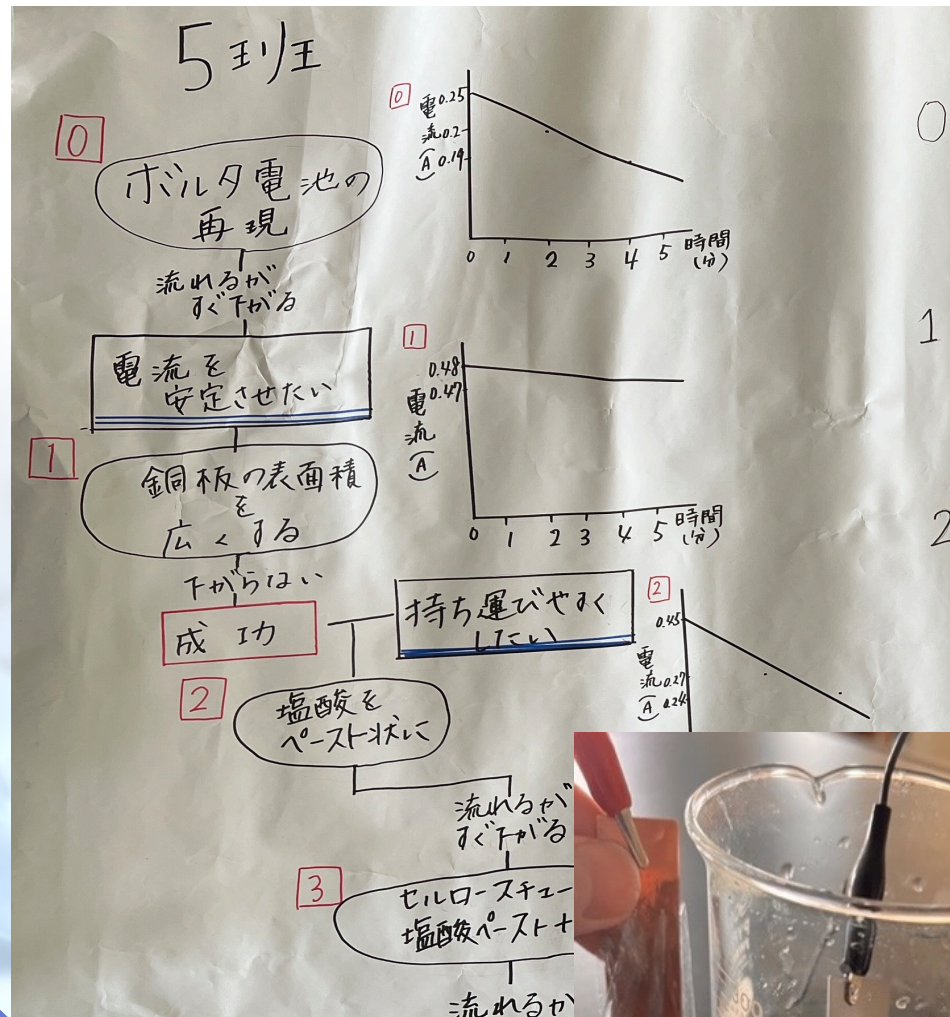
(科学者の視点)

- ・ボルタやルクレランシェが、どのような思いや考えから化学電池を開発したか。
- ・ボルタやルクレランシェの考え方を参考にして、作成する電池の具体を検討する。

時間	内容 (赤字は科学史の視点、青字はSTEAMの視点として位置付けたものを示す)
1	ボルタ電池の構造や仕組みについて、実験を行い考察する。
2	ボルタ電池が開発された背景を学び、その後開発されたルクレランシェ電池について実際に作成し、どのような背景で開発されたのか考察する。
3	ボルタ電池とルクレランシェ電池の特徴や開発背景をまとめ、両電池間に開発され

生徒の創造的な視点から様々な電池案が提案され、教師と共に電池の作成方法の具体を検討した。

授業実践の実際

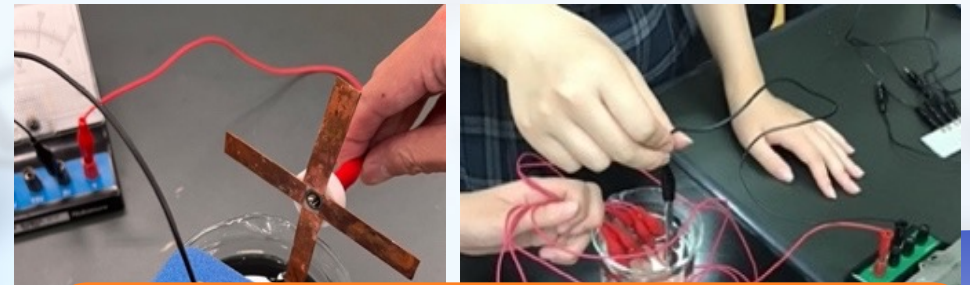


時間	内容 (赤字は科学史の視点, 青字はSTEAMの視点として位置付けたものを示す)
5	電池開発案でまとめた電池を実際に作成して実験を行い、結果や参考意見をもとに随時改善を加えながら電池の完成を目指す。

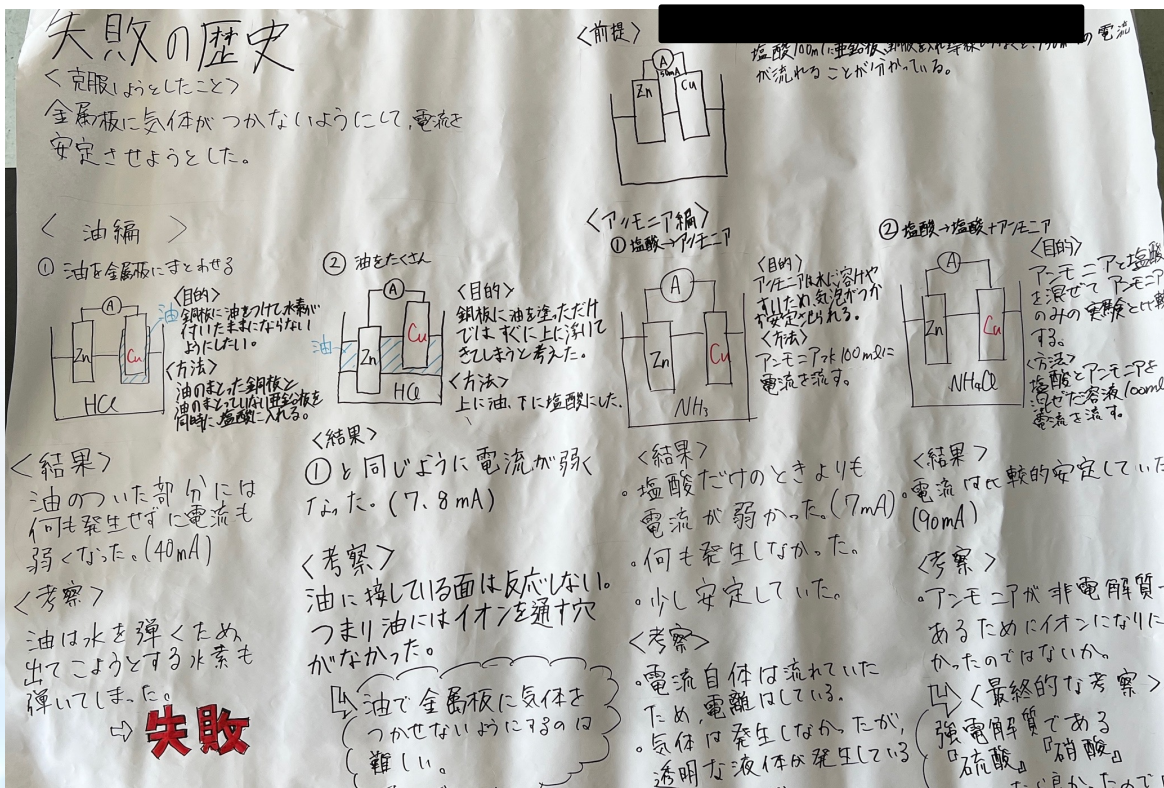
(科学者の視点)

- 自分が考案する電池の開発に向けて、連続する科学的な探究過程をたどる。

電池の作成に失敗しながらも、教師と共に改善案を考え、粘り強く再実験を行った。



授業実践の実際



時間	内容（赤字は科学史の視点、青字はSTEAMの視点として位置付けたものを示す）
7・8	第3～6時の内容について、グループで模造紙にまとめる。
9	グループでまとめた内容をポスターセッション形式で発表し、学級として提案するダニエル電池の具体をまとめる。



(科学者の視点)

- ・ 多様な考えを取り入れるだけでなく、自分の考え方と比較しながら、批判的に捉えようとする。



生徒同士で多様な意見を取り入れるだけでなく、教師からの質問や助言も含めて、探究過程を振り返り、考えをまとめていった。

授業実践の実際



(C) アクモホールディングス株式会社



(科学者の視点)

- ・ダニエル電池や酸素マグネシウム電池が、どのような思いや考えから開発されたか検討する。
- ・化学電池の変遷を振り返り、現在の社会的ニーズを考えると、今後どのような化学電池が求められるか検討する。

生徒の創造的な発想を基に授業が展開されるため、教師にとっては先が読みにくい。しかし、カリキュラム全体を通して、「生徒と教師」が一丸となって学習文脈を創り上げていくことができた。

時間	内容（赤字は科学史の視点、青字はSTEAMの視点として位置付けたものを示す）
10	実際のダニエル電池や、最近開発された酸素マグネシウム電池を製作し、電池の原理を考察する。また、これらの電池が優れている点や開発された背景について、化学電池の変遷を振り返って考察する。

実践の効果

NOSについての質問紙調査の結果

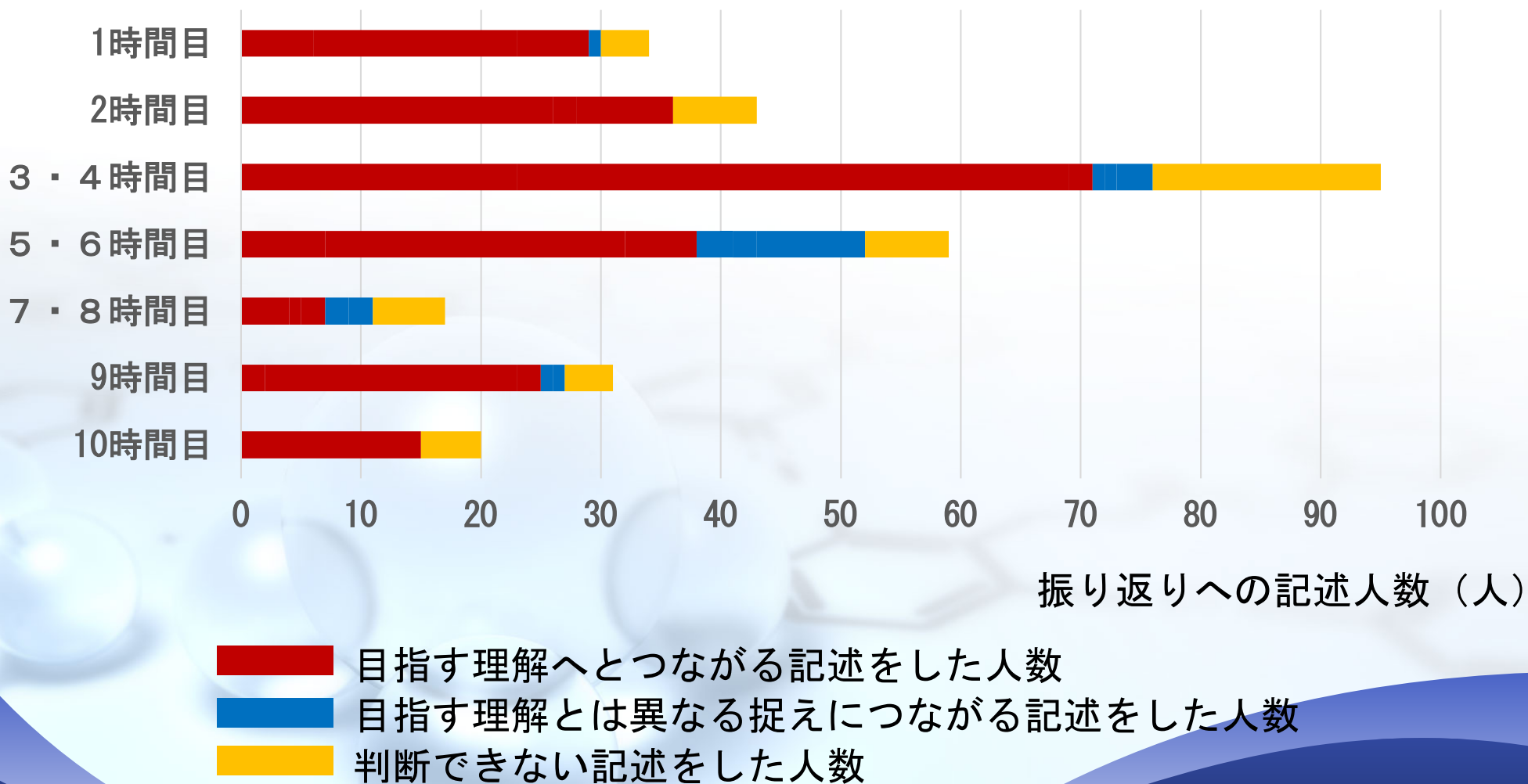
($n=124$)

	観 察 と 解 釈		科 学 の 暫 定的性質		科 学 に 関 する 社会 的影 響		科 学 研 究 における 想像力・ 創造力の 役割		科 学 研 究 における 手法		科 学 の 限 界	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
<i>m</i>	3.81	4.07	4.29	4.37	3.35	4.12	4.24	4.52	4.06	4.52	3.57	3.55
<i>SD</i>	1.15	1.11	.96	.87	1.27	1.05	.93	.96	1.12	.78	1.27	1.09
<i>p</i>	<.05		.51		<.01		<.01		<.01		.74	
<i>r</i>	.20		.06		.48		.25		.34		-.03	

各要素について、正規性が確認できなかったため、実践前後の得点についてWilcoxonの符号順位検定を行った。

実践の効果

科学研究における想像力・創造力の役割についての振り返り



実践の効果

科学研究における想像力・創造力の役割についての振り返り

A

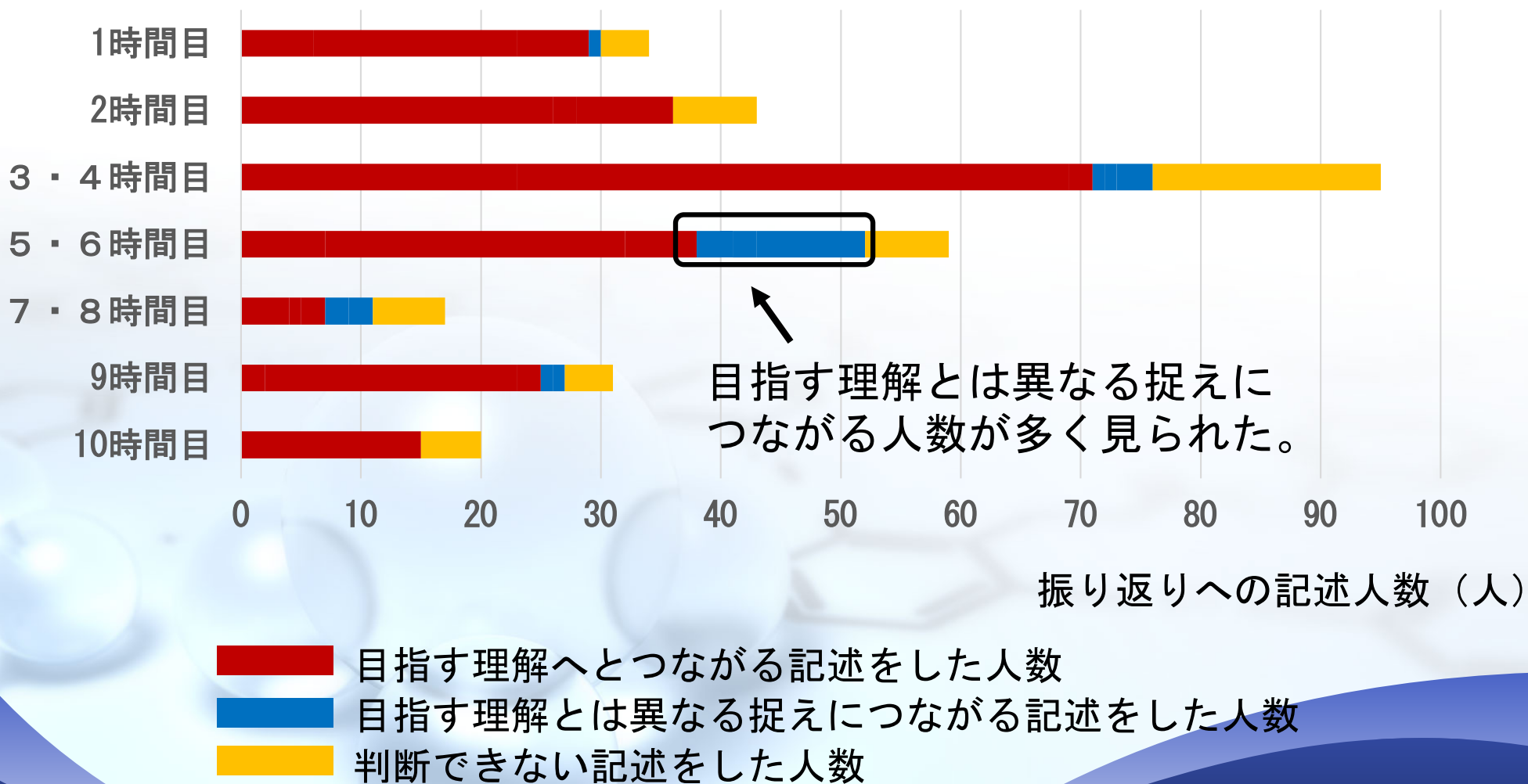
論理的に考えるだけだと、 $T=T$ 、 $T=T$ 、 $T=T$ とデキリットと組み合わせても $T=T$ になってしまうが、どうして T は良いの T だろうと考えて、想像して、豆算の中が言及言すの、利点もあせえながら形をいといと、とんだ内容や発想も出てくるんじゃないの？、電池がくっついて、 T は T だろう T と思った T 。

B

新しいものを発明する時には、その前には無かった新しい考え方を発見する必要があると考えるために、時々奇抜なマイディアであっても、固定観念にとらわれずに考えることが大切だと思った。

実践の効果

科学研究における想像力・創造力の役割についての振り返り



実践の効果

科学研究における想像力・創造力の役割についての振り返り

STEAMからの捉え



前回出した案口、よくよく振り回してみると、なに
かしたいのかかわらない、意味の分からない
案だった。想像力もつかうことも大切だが、論
理的に考えることのほうが大切だと思う。

～インタビュー調査から～

科学史からの捉え



電池を作り始めたとき、全て創造的にして、それだ
と全くうまくいかず、だめだなんて思いました。

でも、結局は論理的だけでもダメと感じて、創造力を加
える感じです。というのは、電池の発明の歴史を勉強して、
特に思いました。

科学史から意識したことと、STEAMから意識したことを、
統合的に捉え、想像力・創造力の役割について理解している。

実践の効果

その他のNOSの要素について

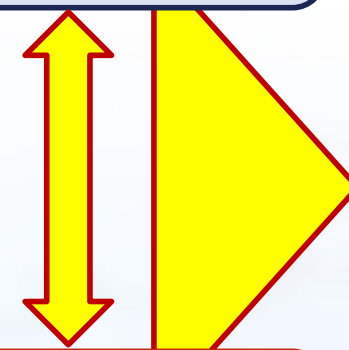


D 観察と解釈

電流が一番最初の値でキ
電流が安定している と推えるのか、電流値が
最初より低いのか とどうしている 状態と電流が
安定している と推えるのか で意見が分かっていた。
推え方は統一してあげようか と思っていたが、
推え方が人によって変わるから科学者がたくさんいるのか、と思った。

仮説あるいは根拠をも
とに結論を出す能力

科学的な
思考力



創造的な
思考力

主体的に科学的な探究へ
取り組む姿



E 科学研究における手法

前回 と同じく いくつかの
T=を感いた。 (T=だけの実験方法でいいとしても
ベストオア 電池は作れそうにはない。 けれど、いく
かの方法を 行った 今日 も 上手く行かなかった
ので、原因を知りたい。

科学的に実証可能な
問題を認識する能力

科学者の視点に立って学習を展開したからこそ、
科学的な思考力と創造的な思考力を相互に働かせ、主体的に科学的な探究へ
取り組むことに繋がり、それぞれの思考力が育まれた。

実践の効果

○科学史とSTEAMのそれぞれの視点から意識したことを、統合的に捉えようとする思考を促し、想像力・創造力の役割をはじめとしたNOSの理解を深めることにつながった。

○「科学者視点」に立った学習活動から、NOSの要素について意識し、科学的な思考力と創造的な思考力を相互に機能させており、主体的に科学的に探究する姿が確認できた。



本実践が、

◎生徒の科学的・創造的思考力を育成すること

◎生徒が科学的・創造的に思考することの価値を見出すこと
に寄与することが示唆された

今後の課題

「創造的な思考力」をどのように評価するか
→定量的に評価することは難しい。

本研究の知見を踏まえれば・・・



今後の課題

どのNOSの要素に注目することが、創造的な思考について評価する事につながっていくのかは検討が必要。



選定したNOSの要素を、どのように授業で取り扱っていくかの検討。

→国内ではNOSの教授がほとんど行われていない。（小林、2022）

本研究の成果と課題が、NOSの理解を促す授業デザインの基礎的知見となりうる。



創造的な思考力をはじめ、科学的な思考力、主体的に科学的な探究に取り組む態度を育む授業実践の開発へつながっていく。

第12回理科教育賞大賞候補 成果発表

2023年8月4日（金）

ご静聴、ありがとうございました。

科学技術の開発や科学理論の発見過程から
創造的な思考力の育成を目指す理科学習



東京学芸大学附属竹早中学校（中込泰規）