

# 科学探究的アプローチによる 理科授業デザイン開発

星野 由雅

(長崎大学大学院教育学研究科)

# 本日の内容

1. 「主体的・対話的で深い学び」とは？
2. 理科授業における問題解決的、  
科学探求的アプローチ
3. 科学探究的アプローチの実質化と  
授業デザイン
4. いくつかの授業実践例
5. 今後の展開

# 1. 「主体的・対話的で深い学び」

- (主体的) 学習の見通しを立てたり学習したことを振り返ったりする場面の設定
- (対話的) 対話によって自分の考えなどを広げたり深めたりする場面の設定
- (深い学び) 児童・生徒が考える場面と教師が教える場面の組み立て

小学校学習指導要領(平成29年告示)解説 理科編 pp.94-95より

中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 理科編 pp.114-115より

高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 理科編 理数編 p.181より

# 理科における「主体的な学び」

- 自然の事物・現象から問題を見いだし、見通しを持って課題や仮説の設定をする。
- 観察、実験の計画を立案する(中学、高校)。
- 観察、実験の結果を基に考察(分析し解釈)して仮説の妥当性の検証をする。
- 振り返って意味付け、改善策を考え、次の課題を発見する。

小学校学習指導要領(平成29年告示)解説 理科編 p.95より

中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 理科編 p.115より

高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 理科編 理数編 p.182より

# 理科における「対話的な学び」

- 次の場面で予め個人で考え、その後、意見交換、科学的根拠に基づいて議論する。
  - 課題の設定
  - 検証計画の立案
  - 観察、実験結果の処理
  - 考察

小学校学習指導要領(平成29年告示)解説 理科編 p.95より

中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 理科編 p.115より

高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 理科編 理数編 p.182より

# 理科における「深い学び」

- 「理科の見方・考え方」を働かせながら探究の過程を通して学ぶことにより、
  - ・理科で育成を目指す資質・能力を獲得する。
  - ・より科学的な概念形成に向かっている。
  - ・新たに獲得した資質・能力に基づいた「理科の見方・考え方」を、次の学習や日常生活における課題の発見や解決の場面で働かせている。

小学校学習指導要領(平成29年告示)解説 理科編 p.95より

中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 理科編 p.115より

高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 理科編 理数編 p.182より <sup>6</sup>

# 理科における

## 「主体的・対話的で深い学び」が目指すもの

### • 理科の目標(学習指導要領より)

#### (小学校)

- ・自然の事物・現象の理解、観察、実験などの技能習得。
- ・観察、実験などを行い、**問題解決の力を養う。**
- ・自然を愛する心情や**主体的に問題解決しようとする態度を養う。**

#### (中学校・高等学校)

- ・自然の事物・現象の理解、科学的探究のための基本的な技能習得。
- ・観察、実験などを行い、**科学的に探究する力を養う。**
- ・自然の事物・現象に進んで(or 主体的に)関わり、**科学的に探究しようとする態度を養う。**

## 2. 理科授業における問題解決的、 科学探究的アプローチ

- わが国の小・中学校の理科教育の基盤
  - ・問題解決的、科学探究的アプローチを採用  
(利点・有用性)
    - ・生徒の学習意欲を高める<sup>1)</sup>
    - ・科学的な思考力・表現力の育成に必要<sup>2)</sup>
    - ・科学的原理法則に基づく思考の活性化<sup>3)</sup>
    - ・どの年齢層の児童・生徒にも理科を教授

1) 藤田剛志: 問題解決学習と学習意欲, 長洲南海男編『新時代を拓く理科教育の展望』東洋館出版社, 122-132, 2006.

2) 鈴木一成・森本信也: 「科学的な思考力・表現力」を育成する理科授業を支援するための評価の研究—理科授業デザインを支援するためのパフォーマンス評価—, 理科教育学研究, 54(2), 201-214, 2013.

3) 坂本美紀・山口悦司ら: 科学的な問いの生成を支援する理科授業—原理・法則に基づく問いの理解に着目して—, 教育心理学研究, 64(1), 105-117, 2016.

# 平成20年改訂の 学習指導要領の成果と課題

- PISA2015で、科学的リテラシーの平均得点高い。
- TIMSS2015では、理科を学ぶ関心・意欲や意義・有用性に対する認識は以前より改善したが、諸外国と比べると肯定的回答割合が低い。
- 「観察・実験の結果などを整理・分析した上で、解釈・考察し、説明すること」の資質・能力に課題がある。



## 【具体的な改善事項】

- ・課題の把握(発見)、探究(追究)、解決という探究の過程を通じた学習において、探究の過程全体を生徒が主体的に遂行できるようにする。

# 問題解決的、科学探究的アプローチの課題

- ・科学者の科学的探究の論理的・認識論的再構成<sup>1)</sup>
- ・本来の科学的探究とは言えない。<sup>1)</sup>



本来の高度で複雑な科学的探究に近いものにする。

令和時代の理科教育：

「令和時代の理科教育においては、科学者の苦労や発見の喜びなどを、追体験する学習の過程が重要とされていくと考えている。」<sup>2)</sup>

- 1) 進藤公夫：理科教育の主張とその原理，寺川智祐編著「理科教育 そのダイナミクス」大学教育出版，191-222(1995).
- 2) 結解武宏：義務教育学校での令和時代の理科教育—「学びの探究者」として科学者の探究の過程を体験する授業と小中異学年合同授業—，理科の教育，vol.69，No.810，20-22(2020).

# マイクロプレートを用いた実験1

机上にあるマイクロプレートには、色別に次の6種類の溶液が入れてあります(1時間前に用意)。どの色の列が、どの溶液か、BTB溶液、フェノールフタレイン溶液、石灰水、アルミ箔/マグネシウムで見分けてみて下さい。

- ① 塩酸 ( $0.1 \text{ mol dm}^{-3}$ )
- ② 炭酸水
- ③ 水(精製水)
- ④ 食塩水
- ⑤ アンモニア水 ( $0.1 \text{ mol dm}^{-3}$ )
- ⑥ 水酸化ナトリウム水溶液 ( $0.1 \text{ mol dm}^{-3}$ )



# 実験1の結果記入欄

<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					

アルミ箔/  
マグネシウム

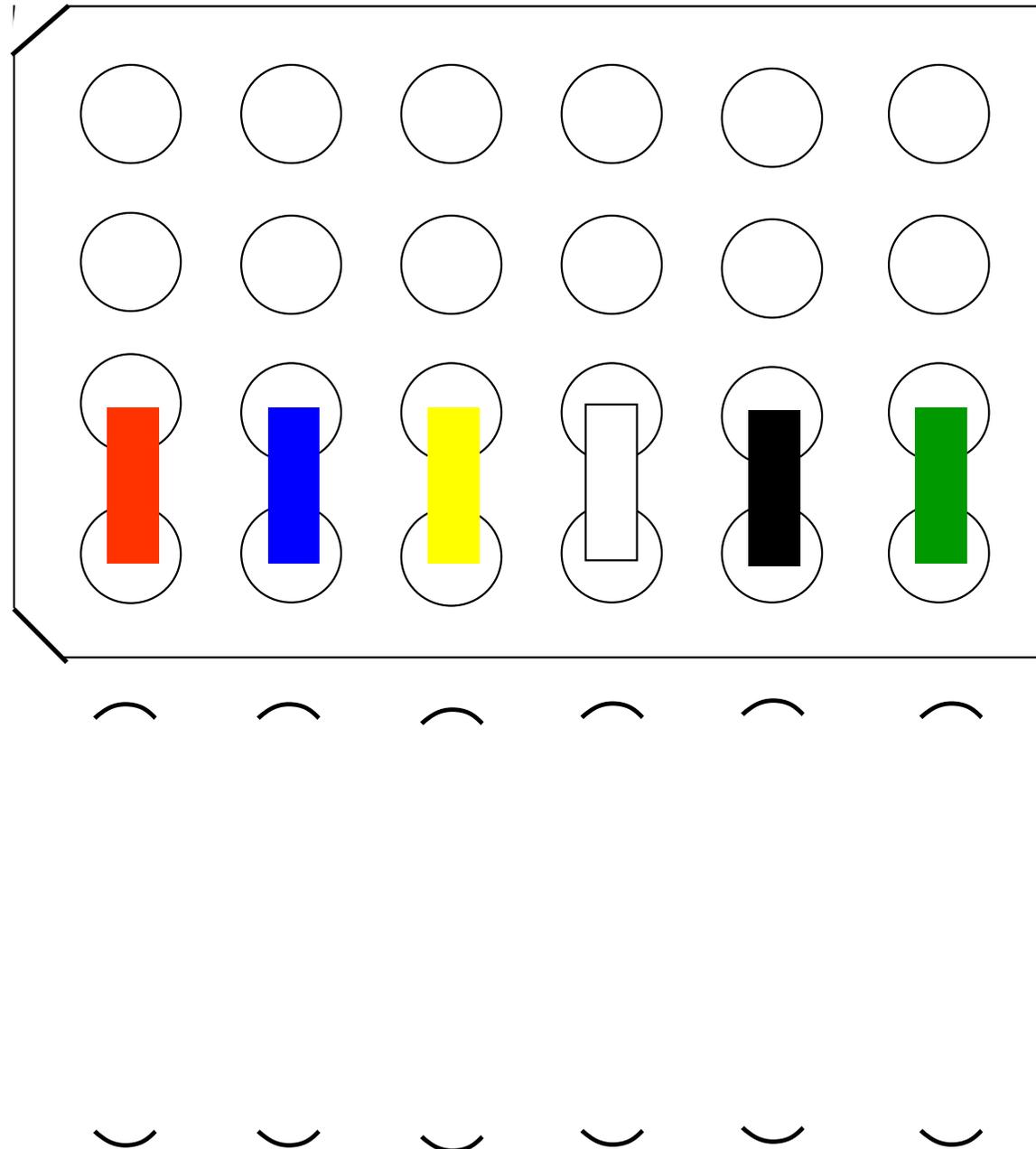
石灰水

フェノールフタレイン

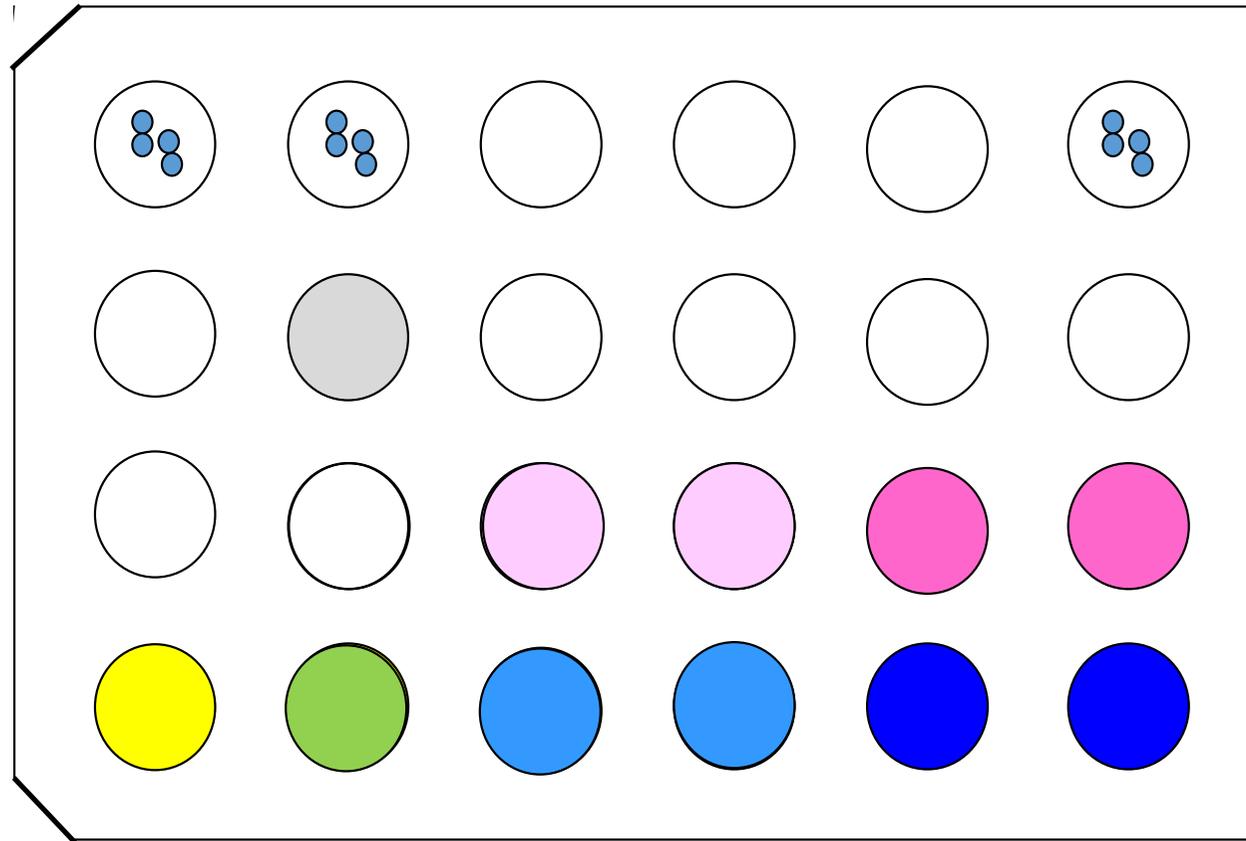
BTB



# 実験1の結果から溶液の推測



# こんな結果になりましたか？



アルミ箔/  
マグネシウム

石灰水

フェノールフタレイン

BTB

この結果は、素直に受け入れられますか？

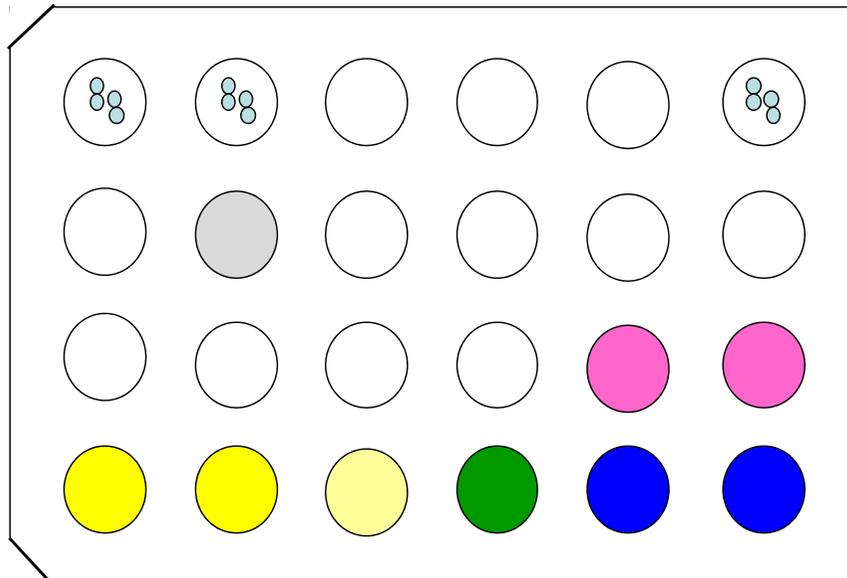
# 何が、どう変なのか。

班の人と話し合って、整理してみてください。

- 中性を示す溶液がないこと。
- 酸性を示す溶液が1種類しかないこと。
- 青テープの溶液は、石灰水を加えると沈殿を生じているので、炭酸(二酸化炭素)を含んでいると考えられるが、液性は中性(アルカリ)性を示している。

# 予想される結果との比較

## 予想される結果



アルミ箔/  
マグネシウム

石灰水

フェノールフタレイン

BTB



(塩酸)



(炭酸水)



(水(精製水))



(食塩水)

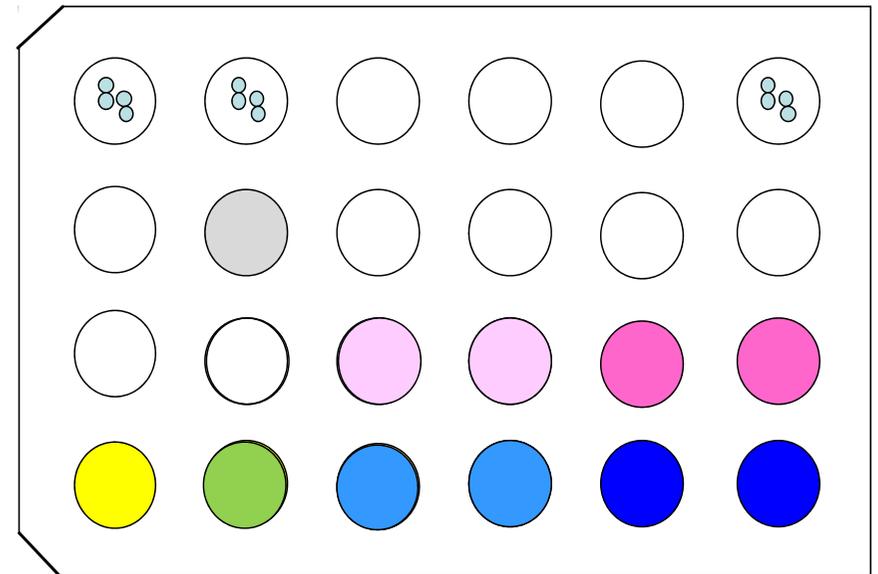


(アンモニア水)



(水酸化ナトリウム水溶液)

## 実際の結果



(塩酸)



(炭酸水)



(水(精製水))



(食塩水)

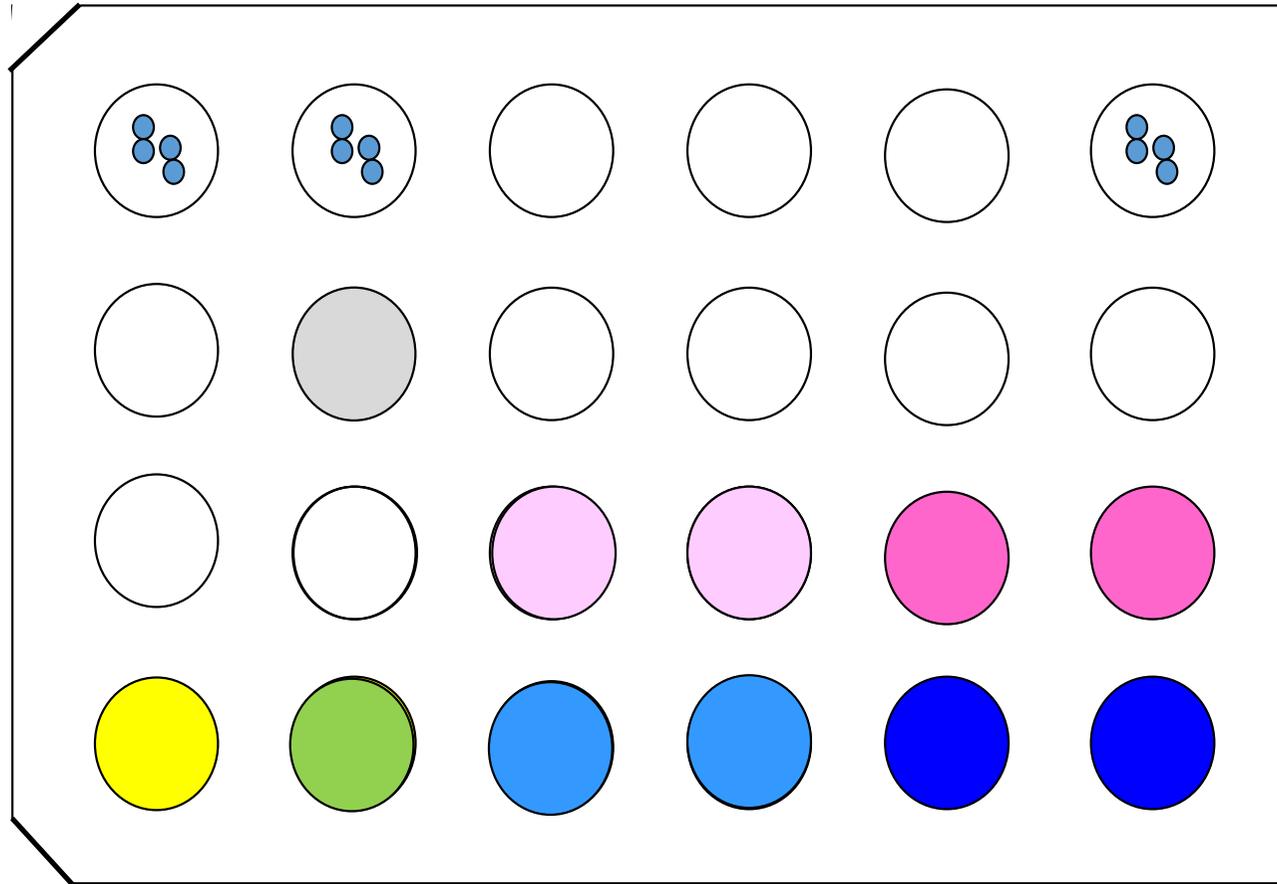


(アンモニア水)



(水酸化ナトリウム水溶液)

# 何故，このような結果になったか。



アルミ箔/  
マグネシウム

石灰水

フェノールフタレイン

BTB

塩酸

炭酸水

水（精製水）

食塩水

アンモニア水

水酸化ナトリウム水溶液

# 問題解決型学習

## 実験1の結果の原因を考える

事実の整理(ヒント):

- ① 1時間前に用意されていた。
- ② フタをしていた。

原因:

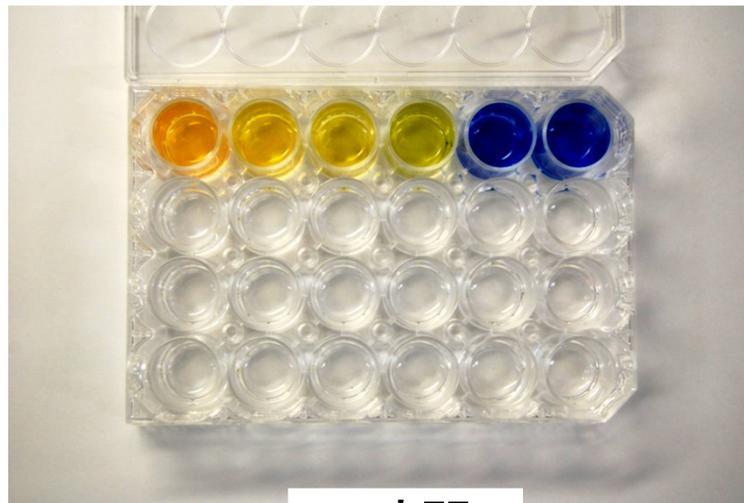
アンモニアの蒸気が他のセル(穴)の溶液に溶け込んだため。

問題解決方法:

- ①  $0.01 \text{ mol dm}^{-3}$ のアンモニア水を実験の直前に入れる。
- ② アンモニア水の代わりに重曹水溶液を用いる。

# ① アンモニア水の濃度を $0.01 \text{ mol dm}^{-3}$ に変更

BTB指示薬の  
変色のようす



0時間

フタ  
→



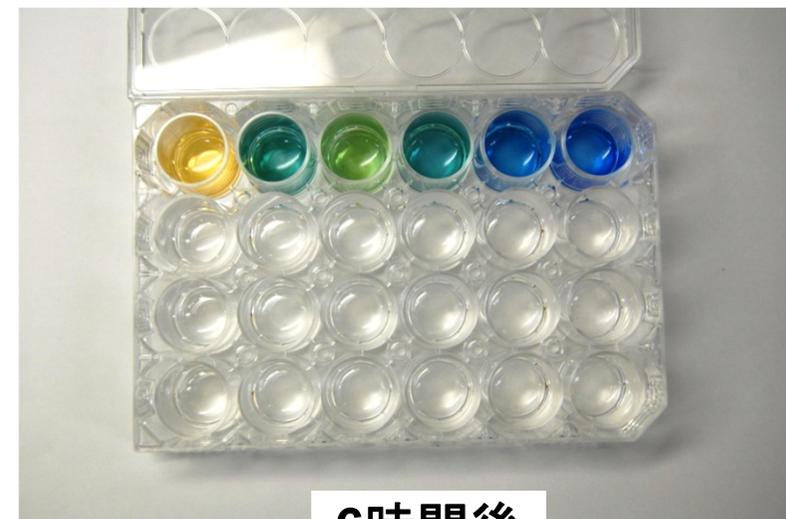
1時間後

フタ  
→



3時間後

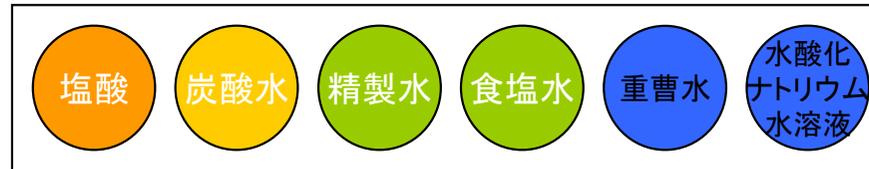
フタ  
→



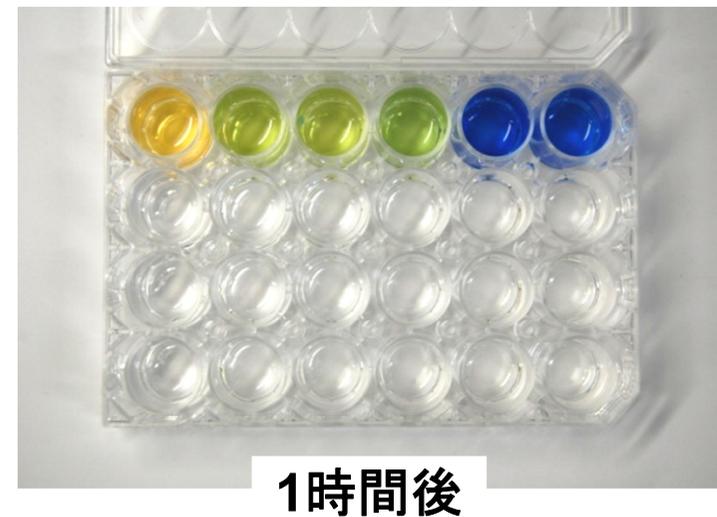
6時間後

# ② アンモニア水の代わりに 重曹 (NaHCO<sub>3</sub>) 水溶液を使用

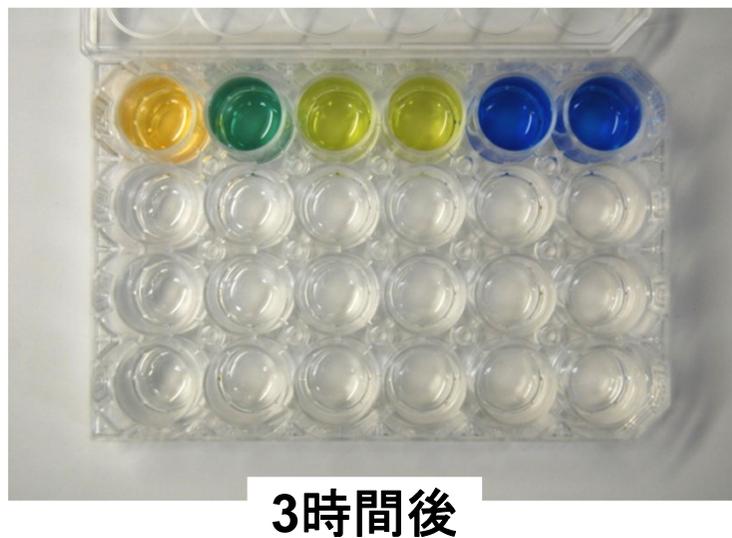
BTB指示薬の  
変色のようす



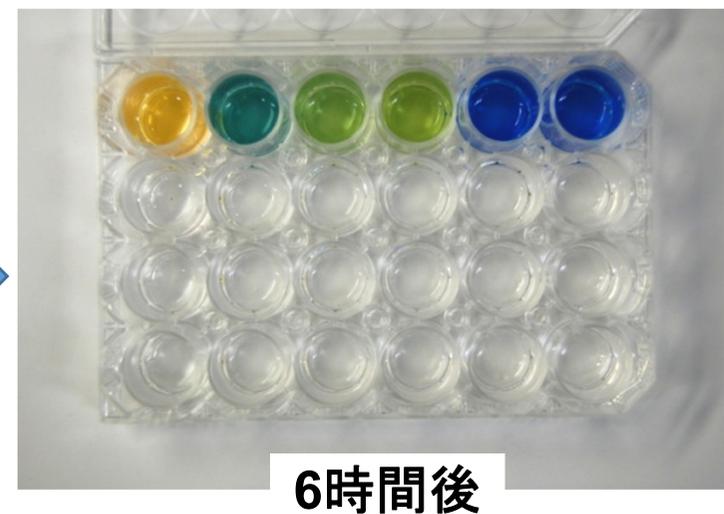
フタ  
→



フタ  
→



フタ  
→



# 実践の結果

## 教員免許状更新講習の受講者数 (基本4人で班構成)

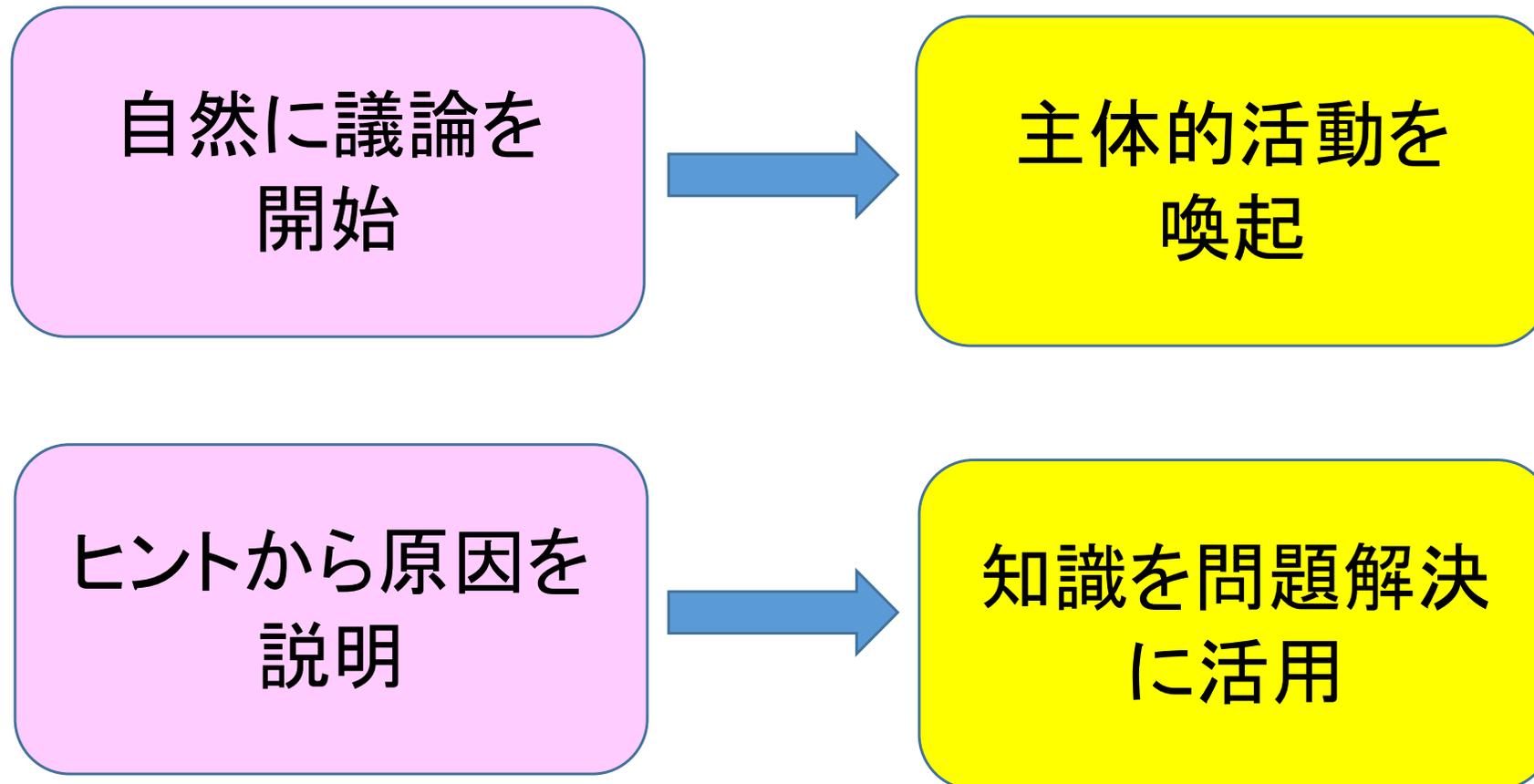
講習実施日	講習会場	中学 理科	高校 理科	高校 工業	その他	計	班
平成21年7月18日	大村城南高校	4	4	1	0	9	3
平成22年7月3日	大村城南高校	0	1	1	0	2	1
平成22年7月31日	県立大学 佐世保校	6	5	1	0	12	3
平成23年7月30日	長崎短期大学	5	6	1	0	12	3
平成23年10月8日	長崎大学	2	6	0	1	9	3
計		17	22	4	1	44	13

実験中の様子：隣人と結果の比較を自然と始めた(9割)  
うち、議論を始めた(7割)

ヒントなしで原因を説明できた班：2班(赤色のグループ)

ヒントありで原因を説明できた班：11班

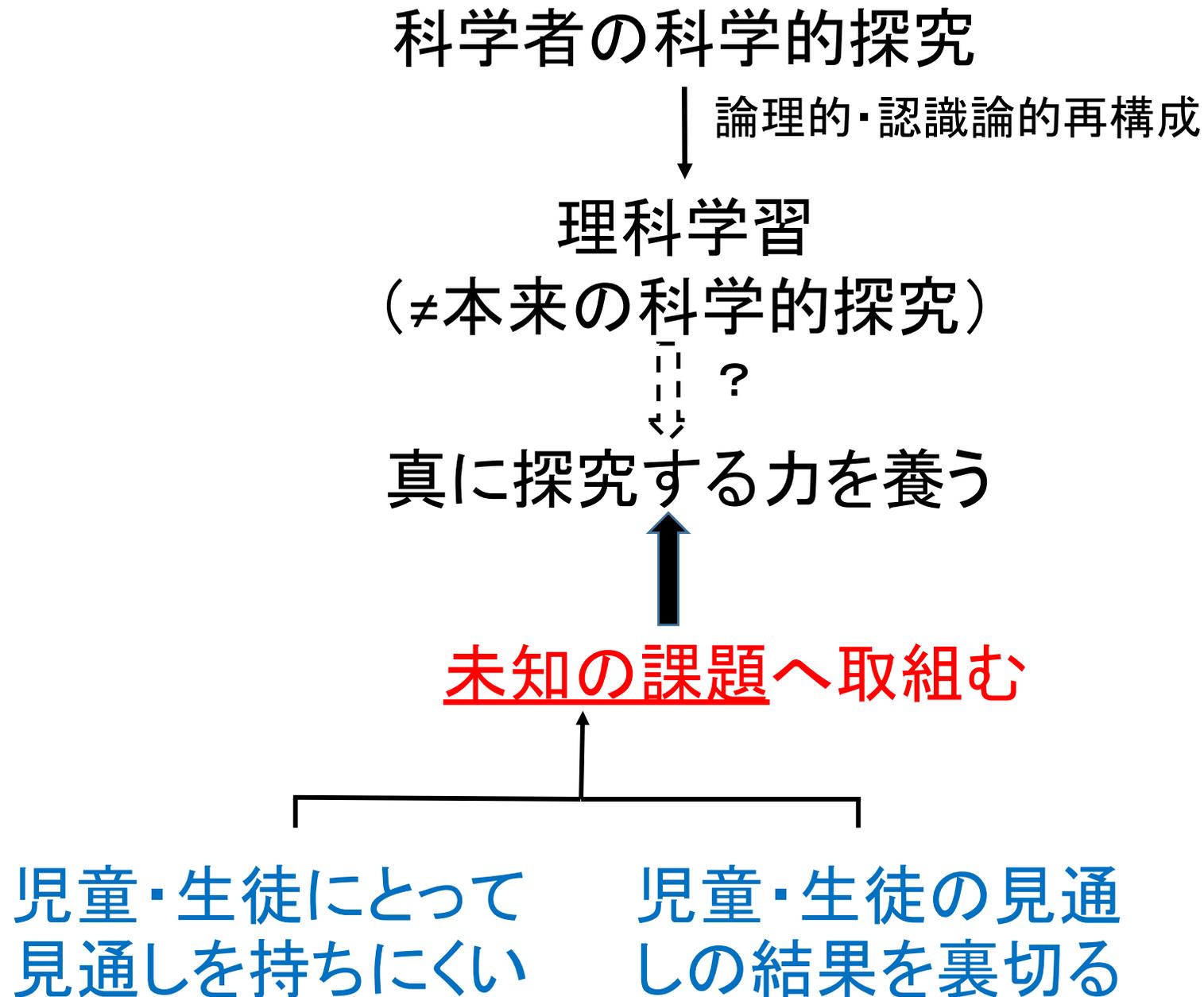
# 実践の結果からの考察



# 生物分野のシミュレーション

- 「生物と地球環境」の単元(生物分野)第6学年
  - 食物連鎖(食う食われるの関係)について
  - 田んぼとその周辺をフィールドとして、稲の生育に相応しい生き物の食う食われるの関係を構築して下さい。
  - 次の生物が与えられています。
    - 微生物(ミジンコ、ミカズキモ、ケイソウ)
    - 昆虫(ウンカ、バッタ、トンボ、ヤゴ、ゲンゴロウ)
    - クモ(クモ)
    - 爬虫類(ヘビ)
    - 鳥類(ハヤブサ、サギ)

### 3. 科学探究的アプローチの実質化と授業デザイン



### 3. 科学探究的アプローチの実質化と 授業デザイン

本来の高度で複雑な科学的探究に近いものにする。



- ・児童・生徒にとって、できるだけ**未知の課題**とする。
- ・児童・生徒が**自らの力で課題を発見**するように図る。
- ・課題解決の過程で**他者と自然に議論**するように図る。
- ・学習する**法則・原理**と関係する課題とする。

## 4. いくつかの授業実践例

### 【小学校での実践例：X小学校6年生27名】

- 「生物と地球環境」の単元（**生物分野**）
  - 食物連鎖（食う食われるの関係）について扱う
  - 児童に、田んぼとその周辺をフィールドとして、稲の生育に相応しい生き物の食う食われるの関係を構築させる課題を与える。

生き物の例は、教材として提供。この中には「カエル」と「オタマジャクシ」を含ませないでおいた。児童は、田んぼの良い環境維持にとってキーストーンとなる生き物が何か足りないことに気づき、それが何であるかを考え、確認するために**自然発生的に仲間**で議論を始めること、つまり**主体的に課題を見出し**、その解決に向けて**思考、判断し、表現すること**をねらいとした。

## 【授業実践】

教師が水田の周辺にいる生き物を拡大写真で黒板に提示。

微生物(ミジンコ、ミカズキモ、ケイソウ)

昆虫(ウンカ、バッタ、トンボ、ヤゴ、ゲンゴロウ)

クモ(クモ)

爬虫類(ヘビ)

鳥類(ハヤブサ、サギ)

キーストーンとなる「カエル」「オタマジャクシ」には言及せず。

「水田にいる生き物は、どのような関係になっているか考えよう」  
をめあてとした。

(「ウンカ」については、稲の害虫として教師が紹介した。)



## 結果（児童のようす）

- ① 児童は、水田周辺の食物連鎖の関係を完成させるという問題の答えを出すために、主体的に問題解決に向かい、考えを出し合い、議論を重ねている様子が観察された。
- ② 6班のうち、2班がその過程で新たに生じた「与えられた生き物だけでは食う食われるの関係性が成立しない」という問題に気付き、話し合いの中でキーストーンである「カエル」の存在の必要性を見出していた。

## 4. いくつかの授業実践例

### 【小学校での実践例：X小学校6年生27名】

- 「てこのはたらき」(物理分野)
  - 明示的に示された問題(めあて)を子どもたちが解決していく**途中に隠された課題に気づき、自発的にその課題解決に向けて取り組む**ような授業設計を行った。

・星野由雅他：問題解決的アプローチから科学探究的アプローチへの転換を目指した理科授業デザインの開発，日本理科教育学会九州支部大会発表論文集 第46巻，pp.34-37(2020).

## 【小学校での実践例：X小学校6年生27名】

- 「てこのはたらき」(物理分野)

### 【授業の流れ】

- 前時の振り返り。児童はシーソーのつり合いについて学習した内容を発表した。
- 教師がインゲン豆1個の質量を量りたいと発言、どうやったら量れるかを児童に尋ねた。
- 児童は、上皿天秤や電子天秤で量ることを提案した。
- 教師がインゲン豆1個の質量が、1gより軽いため、1g以上しか量れない上皿天秤や電子天秤が使えないことを示唆した。
- 児童がシーソーを使うことを提案し、シーソーの竿の一方の端にインゲン豆、もう一方の竿のあるところに1gの分銅を置いて、量ると良いと発言した。教師がめあてを板書した。
- 教師がミニシーソーの材料(木材、支点となる針など)を配付し、児童はミニシーソーの製作に取り掛かった。

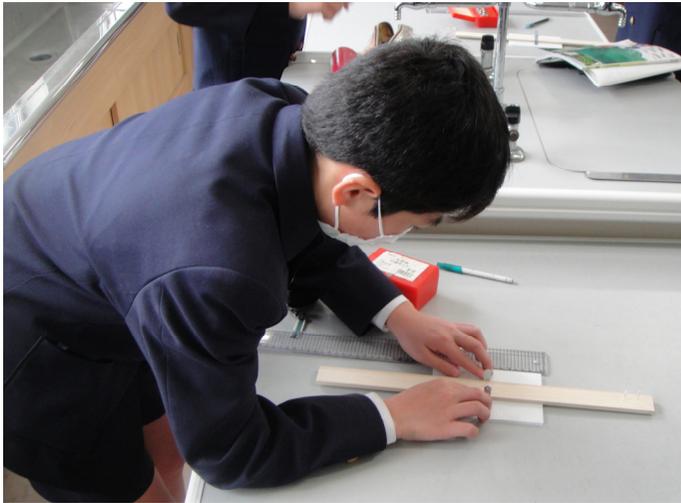
# 【小学校での実践例：X小学校6年生27名】

- 「てこのはたらき」(物理分野)

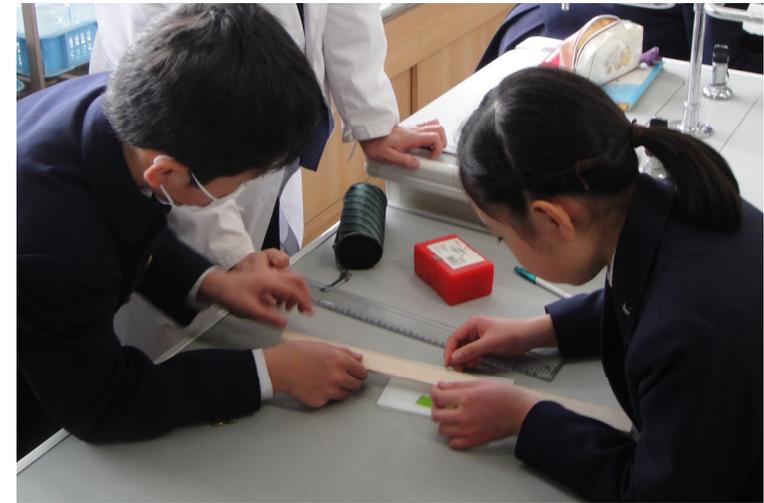


めあて「インゲン豆のだいたいの重さを調べよう」と  
シーソーを使った実験方法の板書

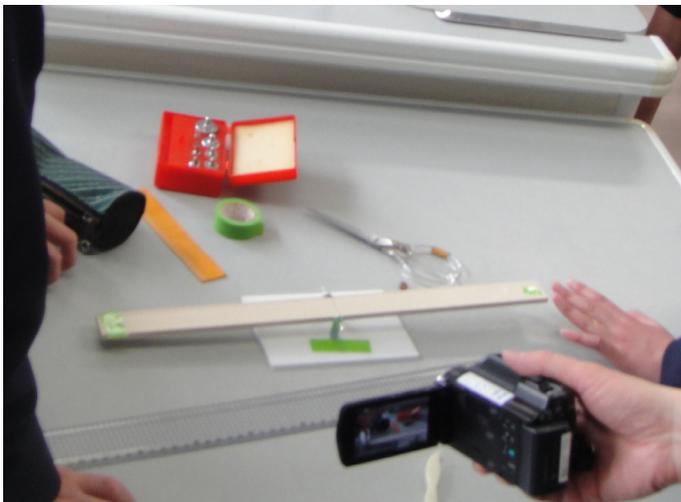
## 【児童の取組みのようす】



竿の中央の位置を支点にしよとしている



何も載せないでつりあう点を探している



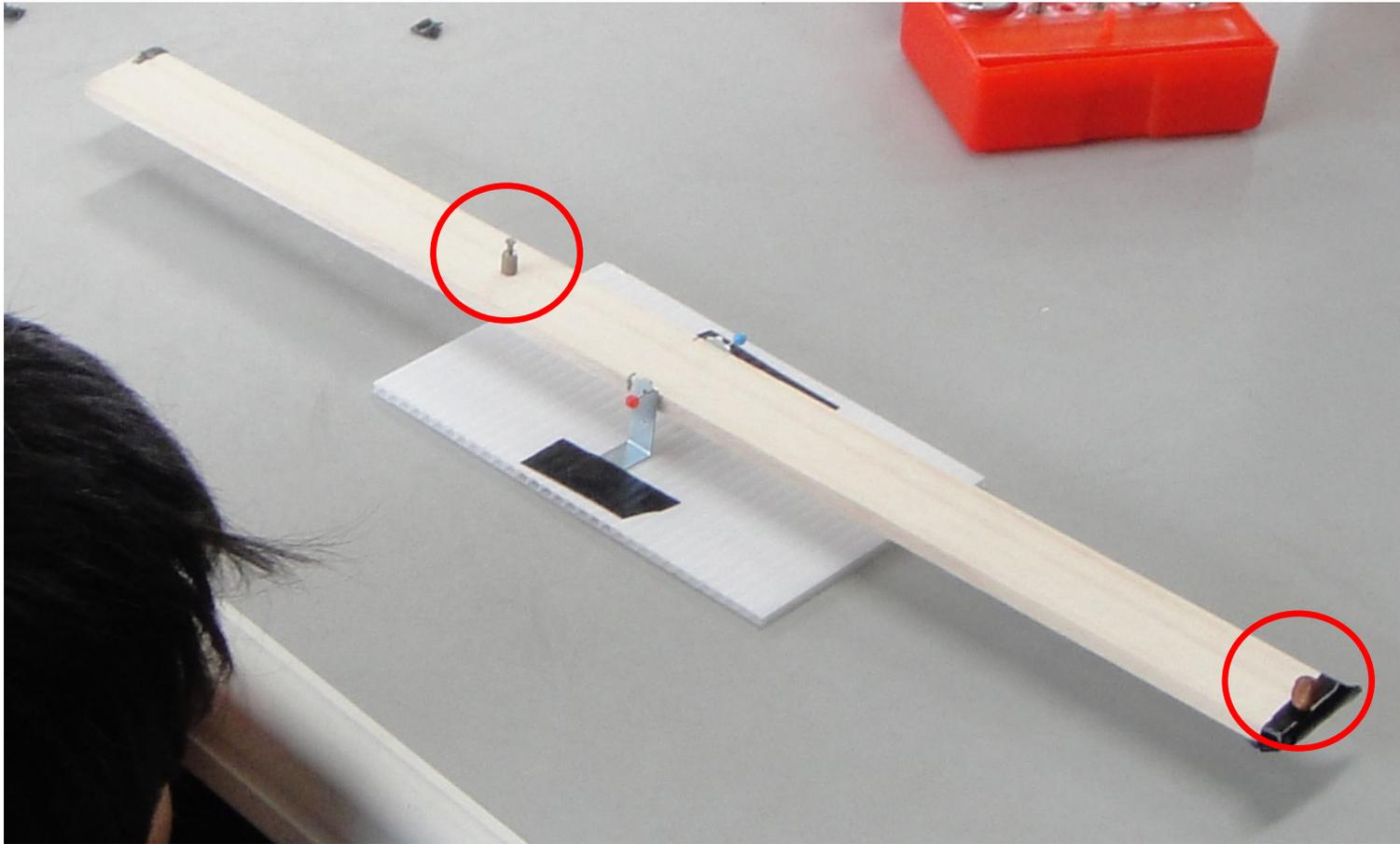
竿の中央を支点にしたが、つりあっていないが、テープでつりあわそうとしている

【課題の発見】児童は、竿の中央を支点としても、つりあわないことに気が付き始めた。

【他者と議論】児童は、つりあわせる方法を自然に班内で相談し始めた。

【課題解決】児童は、竿の端にテープを貼ったり、支点の位置を中央からずらしたりして、課題を解決。

## 【児童の取組みのようす】



インゲン豆を一方の端に置き、1 gの分銅を竿の途中においてつりあわせた。

児童は、隠された課題を解決したのち、めあてで提示された問題に挑み、結果を得た。

### 3. 科学探究的アプローチの実質化と 授業デザイン

○児童にとって、できるだけ**未知の課題**とする。



・木材の密度は均一ではなく、疎密があり、これまで児童が扱ったことのない材料。また、この課題自体は、めあてにはなく、教師からの発言もなく、暗示もされていない。前もって課題を意識できない。

○児童が**自らの力で課題を発見**するように図る。



・児童がめあての問題を解決するためには避けて通れない課題となっていた。

### 3. 科学探究的アプローチの実質化と 授業デザイン

○課題解決の過程で**他者と自然に議論する**ように図る。



・課題を見いだしたところから、課題の共有が行われ  
**自然に解決方法について相談するようになる。**

○学習する**法則・原理と関係する課題**とする。



・てこの原理に直結した課題

左側の(力点にかかる重さ) × (支点から力点までの距離) =  
右側(力点にかかる重さ) × (支点から力点までの距離)  
の関係式から、規則性を捉えさせる。

# 5. 今後の展開

## 1) エリクソンのモデル(1979)<sup>3)</sup>

**学習者主体**による**概念の再構成**を目指したもの

- ① 自然現象や実験を行い、その結果に対しての学習者の直感的考え方や信念とは何かを明らかにする。
- ② 観察や実験の結果について、他者やグループで討論する。互いの異なる意見に関して議論することを奨励する。
- ③ 学習者を**予期せぬ結果へ導く内容を提示**する。学習者は、自分自身の考え方を再構築する必要性に迫られる。
- ④ 学習者が予期しなかった結果に対して、自分の考え方を調整するよう援助がされる。

3) Erickson, G. L.: Children's conceptions of heat and temperature. *Science Education*. 63(2), 228-229(1979).

## 2) 未知の物体の正体を探究する活動)<sup>4)</sup>

中学校1年生の生徒らにとって未知試料である「炭酸アンモニウム」から発生する気体を探究する。

- ① 試料(固体)からアンモニア臭がすることから、アンモニアが含まれると推測。加熱をして、発生する気体を調べる。
- ② BTB溶液に発生した気体を導くとBTB溶液の色が緑色(中性)から青色(アルカリ性)に変化する。
- ③ ところが、試料がなくなる頃になるとBTB溶液の色は黄色(酸性)に変化し、**生徒は戸惑う。←問題発見**
- ④ クラス全体で結果を共有し、実験方法を再考する。BTB溶液の代わりに石灰水を使うことを考え、探究を深めていく。

4) 山本孔紀:「見方・考え方」を働かせる「物質」の学習—未知の物体の正体を探究する活動を通して—, 理科の教育, 66, No.784, 735-737(2017).

### 3) エンジニアの文脈をたどる<sup>5)</sup>

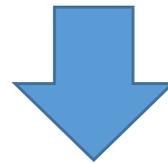
小学校5年生にフィルムケース電磁ブザーを作製させ、ブザーが鳴らない問題を児童が解決していく。

- ① フィルムケースという限られた空間の中に入る電磁石を製作させる。電磁ブザーについては導入で学習済。
- ② 与えられた材料(ボルト、エナメル線、鉄板など)を使って製作する。しかし、ブザーは鳴らない。←児童は困惑。
- ③ 与えた材料のエナメル線をわざと細いものにしておき、ブザーを鳴らせるほどの強い電磁石にならないようにしてある。
- ④ 児童は、自分たちでブザーを鳴らすための条件を考え、問題を設定し、グループごとに条件を変えて挑んでいった。自立した学習者として学びを進めていった。

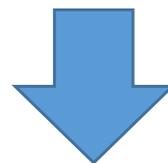
5) 松山明道:子どもが自ら問題解決に乗り出す理科学習のあり方—5年「フィルムケース電磁ブザー」を製作しながら、エンジニアの文脈をたどる—, 理科の教育, 68, No.808, 756-758(2019).

## 5. 今後の展開(期待)

- 児童・生徒が、自ら未知の課題を発見し、解決に向けて試行錯誤しながら取り組みをする。



- 児童・生徒の心に残る授業。



- 基礎・基本の理解、科学の基本的概念の定着にも貢献する。

# 「主体的・対話的で深い学び」の 実現に向けた理科授業改善 —科学探究的アプローチの実質化を通して—

星野由雅、山田真子（長崎大学大学院教育学研究科）  
福山隆雄、大庭伸也、隅田祥光、工藤哲洋、林 幹大  
（長崎大学教育学部）

和泉栄二\*、前田勝弘\*\*、山田仁子\*\*\*（附属中学校）  
才木崇史、松本 拓（附属小学校）

\*現所属：長崎市教育委員会、 \*\*現所属：長崎市立西泊中学校、

\*\*\*現所属：佐世保市立山澄中学校

- ・授業評価：時津町立時津中学校長 川里 祥之 先生
- ・研究資金：①平成30年度、令和元年度長崎大学教育学部研究企画推進委員会プロジェクト 学部長裁量経費； ②科学研究費補助金基盤研究(C) 21K02952(令和3年～5年)

2023.08.07

令和5年度 諫早市教育研究理科部会

# 科学探究的アプローチによる 理科授業デザイン開発

ご清聴ありがとうございました。

星野 由雅

(長崎大学大学院教育学研究科)