

群 教 セ	G04 - 03
	令3.278集
	理科 - 中

主体的に結果を分析して解釈できる生徒の育成

——実験計画立案と結果・考察の共有における ICTの活用を通して——

特別研修員 田中 佑典

I 研究テーマ設定の理由

中学校学習指導要領解説理科編では、教科の目標として「見通しをもって観察，実験などを行い，得られた結果を分析して解釈するなどの活動を行うことが重要である」とされ、特に第2学年では「解決する方法を立案し，その結果を分析して解釈する活動」に重点を置くとされている。

群馬県においても、令和3年度学校教育の指針の中で、生徒が観察、実験等において、実証性、再現性、客観性のある科学的な検証結果に基づいた考察を共有し、より妥当な考えを導き出すことが求められている。また、児童生徒に求められる資質・能力の育成のために、ICT端末を積極的に活用し、個別最適な学びと協働的な学びの一体的な充実を図り、「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善が必要であると示されている。

研究協力校では、探究の過程において、観察、実験の結果を基に仮説の妥当性を検討し、多面的に考えて考察することが苦手である生徒が多い。これは、実験結果の見通しがもてていないために結果を比較したり、解釈したりすることができないと考えられる。また、実験での現象を見る視点が限られてしまい、過程全体を振り返って考察することができていないことなどが考えられる。

そこで、ICT端末を用いて他者と考えを共有・検討しながら、結果を想定した実験計画を立案して実験を行うことで、見通しをもって実験データを記録・蓄積することができると考えた。さらに、ICT端末を用いて各班の実験データを共有・比較することで、仮説の妥当性の検討や多面的に考えることに思考がつながり、生徒が主体的に考察しやすくなるのではないかと考えた。そして、個人の考察を全体で共有して検討することによって、より妥当なものに深めることができると考えた。

II 研究内容

1 研究構想図



2 授業改善に向けた手立て

主体的に結果を分析して解釈することとは、生徒が見通しをもって観察、実験を行い、その結果を基に仮説の妥当性を検討し、多面的に考えて考察することと考える。それらを育成するためには、生徒が ICT端末を用いて他者と意見を共有・検討しながら実験計画を立案していくこと、また、蓄積・共有された結果を基に考察を深めていくことが重要であると考え、以下の手立てを取り入れた。

手立て1 仮説を実証するための実験計画立案と共有の場面での ICT端末の活用

- 結果を想定した実験方法を考え共有することで、主体的に実験ができるようにする。
- 考察に生かせるような実験の動画や画像を撮影するための視点を考えさせることで、見通しをもって実験ができるようにする。

手立て2 蓄積・共有した結果を分析して解釈できるようにするための ICT端末の活用

- 他班の結果を共有することで、比較しやすくなり、生徒の思考を促せるようにする。
- 個人の考察を共有し、検討を通して練り上げ、より妥当な考えを導き出せるようにする。

手立て1での ICT端末の活用は、生徒が考えた実験方法をプレゼンテーションソフトに貼り付けることで共有し、他者の意見を容易に見ることができることである。さらに、実験計画立案の際に、結果を記入するために表計算ソフトを用いて表を事前に作成したり、考察の際に利用できるような実験動画や画像の撮影の視点を考えることもできるようにしたりする。その際に生徒が課題について探究できるように個別指導をしたり、着目するポイントや思考の流れを意識することができるよう、黒板やスクリーンにヒントを表示したりする。

手立て2での ICT端末の活用は、まず表計算ソフトやプレゼンテーションソフトを用いて実験結果や画像等を共有し、他班との比較ができるようにすることである。さらに、個人の考察を全体で共有、検討する際には、プレゼンテーションソフトに貼り付けることで他者の意見を見ることができ、生徒自身の考察を練り上げることができる。

以上の手立てによって、見通しをもった観察、実験が行えるようになり、より妥当な考察ができるようになる。これらの指導を繰り返し行うことで、主体的に結果を分析して解釈できる生徒が育成できると考える。

Ⅲ 研究のまとめ

1 成果

- 実験計画を立案させる際に、ICT端末を用いて共有することで、他者の意見をいつでも見ることができたため、比較して新たな視点を得たり、自分の仮説が実証できることを確認したりすることができた。
- 各班の実験結果を、ICT端末を用いて共有することで、他班との比較が容易となり、再度実験をしたり、実験操作を見直したりする生徒が見られた。その結果、生徒が主体的に実験し、実験中から考察について考え始める生徒が増えた。
- 生徒の考察を共有することで互いの意見を個人のペースで容易に知ることができたため、分析の視点や解釈の方法が広がり考察を深めることにつながった。さらに、それらを全体で共有し、生徒に説明をさせ、話し合うことによって、考察をより深いものに練り上げることができた。

2 課題

- 実験計画立案時に、結果を見通した実験動画や画像を撮影することはできていたが、実験によって撮影の視点にばらつきがあった。共有場面や説明の際に取り上げることで、考察の根拠となる結果等を効果的に撮影する視点到に気付かせ、主体的に取り組めるように指導していきたい。
- 結果やプレゼンテーションソフトに記されている他者の意見を参考にしながら、考察をワークシートに書くことはできたが、ICT端末での入力時間が足りず、発表できた生徒が少なかった。多くの生徒に発表・説明させるためには、実験レポートとして、文書作成ソフトに直接記録させることで時間短縮を図るとともに入力技能が向上するように継続して指導していきたい。

実践例

1 単元名 電流とその利用「1章 電流と回路」（第2学年・2学期）

2 本単元について

本単元では、直列回路や並列回路の電流や電圧についての観察、実験などを通して、回路の各点を流れる電流や各部に加わる電圧についての規則性と電流と電圧の関係を理解させることが主なねらいである。特に、第6時と第7時の授業では、直列回路や並列回路の電圧の大きさを測定した実験結果について ICT 端末を活用し、分析して解釈することを通して、回路の各部に加わる電圧についての規則性を見だし理解させることをねらいとしている。第3時と第4時の授業で、直列回路や並列回路の電流を測定する実験を行った。その後、第5時の授業で、電圧とは電流を流すはたらきの大きさであることを理解させるとともに、水流モデルにおける電圧とは水の落差に当たることを捉えられるようにした。第6時の授業で、電流と同様に回路の各部に加わる電圧に規則性があるのかという課題を見だしさせ、仮説を立てさせる。仮説を検証するための実験計画を立案し、実験を行い、第7時の授業で結果を基に考察する。この第6時と第7時の授業を通して、実証性のある実験計画を立案する力と見通しをもって解決方法を考える力を身に付けることができるようになる。また、得られた実験データについて考察する際に、水流モデルと事物・現象を関係付けて表現する力を養うことができると考える。そして、ICT 端末を活用することで、主体的に探究し、対話によってより妥当な考えを導き出すことができるようにする。さらに、電気は生徒にとって身近なものであるため、日常生活との関連について考えることができるように、電気器具や建物に施されている回路等の工夫を取り上げながら生徒の興味・関心を高めていく。また、生徒の疑問を取り上げ、課題として設定することで、目的意識をもった探究活動が行えるようにしたい。

以上の考えから、本単元では以下の指導計画を構想し、実践した。

目標	回路の電流や電圧についての観察、実験などを通して、次の事項を身に付けることができるように指導する。 ア 回路の各点を流れる電流や各部に加わる電圧についての規則性と電流と電圧の関係を見だし理解するとともに、回路をつくり、電流や電圧を測定する技能を身に付けること。（知識及び技能） イ 電流や電圧に関する事物・現象について、見通しをもって課題を解決する方法を立案して観察、実験などを行い、その結果を分析して解釈し、電流と電圧についての規則性や関係性を見だし表現すること。（思考力、判断力、表現力等） ウ 電流や電圧に関する事物・現象に進んで関わり、科学的に探究しようとする事。（学びに向かう力、人間性等）	
評価規準	(1) 電流に関する事物・現象を日常生活や社会と関連付けながら、回路と電流・電圧、電流・電圧と抵抗、電気とそのエネルギーについての基本的な概念や原理・法則などを理解しているとともに、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本操作や記録などの基本的な技能を身に付けている。（知識・技能） (2) 電流に関する現象について、見通しをもって解決する方法を立案して観察、実験などを行い、その結果を分析して解釈し、電流と電圧、電流の働きの規則性や関係性を見だし表現しているなど、科学的に探究している。（思考・判断・表現） (3) 電流に関する事物・現象に進んで関わり、見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究しようとしている。（主体的に学習に取り組む態度）	
過程	時間	主な学習活動
追 究 す る	第1時	・身の回りの電気製品について調べ、自分たちの生活には電気が不可欠であり、いろいろな場面で電気が関わっていることを確認する。
	第2 ～4時	・豆電球やモーターに流れこむ電流の大きさの関係を調べる実験を通して、電流は大きくなったり、小さくなったりしないことを理解する。 ・直列回路と並列回路に流れる電流の規則性を調べる実験を通して、直列回路と並列回路では回路に流れる電流の大きさには規則性があることを見だし理解する。
	第5 ～7時	・直列回路や並列回路の各部分に加わる電圧の規則性を調べる実験を通して、直列回路や並列回路に加わる電圧には規則性があることを見だし理解する。
	第8 ～10時	・回路の電流と電圧の大きさの関係を調べる実験を通して、電流は電圧に比例していること（オームの法則）を理解する。オームの法則を表す数式を用いて、電流、電圧、抵抗の値を求める活動を通して、電流、電圧、抵抗への理解を深める。
	第11時	・直列回路と並列回路の全体抵抗について調べ、実験を通して、各部分の抵抗と全体抵抗との関係について理解する。
	第12 ～14時	・電熱線を用いて、電力の大きさと水の温度変化の関係を調べる実験を通して、電流を流した時間と熱量、電力の大きさと熱量には、それぞれどのような関係があるのか見だし、理解する。
まとめ	第15時	・電気を安全に利用するために電気器具や建物に施されている工夫を調べ、その理由を考えて話し合い、電流の性質の理解を深める。

3 本時及び具体化した手立てについて

本時は全15時間計画の第6時と第7時に当たる。第5時までに、直列回路と並列回路では、それぞれ流れる電流に規則性があることと、水流モデルを用いると電流の規則性が捉えやすいということを理解している。また、電圧は、電源が電流を流すはたらきの大きさであることを学んでおり、水流モデルで表すと水の落差に例えられることを理解している。本時では、電流の規則性で学んだことを基に、直列回路と並列回路では、各部分に加わる電圧には規則性があることを見いだせるようにする。生徒が立てた仮説を実証するために実験計画を立案し、見通しをもって実験を行い、水流モデルと関係付けて考察できるように以下の手立てを設定した。

手立て1 仮説を実証するための実験計画立案と共有の場面での ICT 端末の活用

課題に対する予想を考えやすくするために、水流モデルを用いて表現させる。その水流モデルを基に、電圧を測定する部分を個人で考えさせ、プレゼンテーションソフトを用いて共有させる。さらに、実験レポートには実験結果を記入するための表を事前に作成させる。また、実験結果を検証して考察に生かせるような動画や画像（回路や電圧値）の保存方法を検討させ、意見を共有する。

手立て2 蓄積・共有した結果を分析して解釈できるようにするための ICT 端末の活用

実験中に実験結果を表計算ソフトに記入させ、全体に共有させる。また、必要なときに各班の実験動画や画像を確認して考察できるように、プレゼンテーションソフトを用意しておく。それらを基に個人で考察をさせ、プレゼンテーションソフトの同時編集機能により、他者の意見を参考にしながら、考察を深められるようにする。そして、共有されたものを分類したり、生徒に説明させたりし、考察をより深いものに練り上げていく。

4 授業の実際

(1) 実験計画を立案する（第6時）

図1のように本実験の課題に対する予想を立てさせた。多くの生徒たちが電流の関係性を確かめる実験で扱った水流モデルを用いて、直列回路や並列回路の各部分に加わる電圧を予想していた。その後、個人で考えた実験計画（デジタルホワイトボードで表現）をプレゼンテーションソフトを使って各班で共有後、全体で確認を行った。その後は考察の際に必要な実験画像（回路の全体画像や電圧計の値）の残し方について話し合っている姿が見られた。

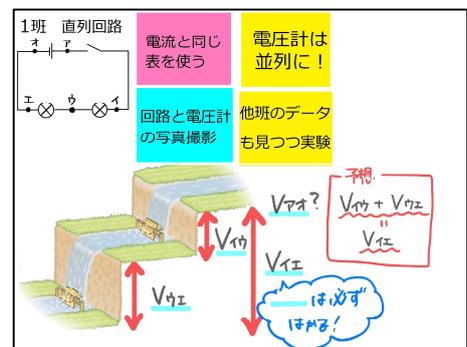


図1 予想（デジタルホワイトボード）

(2) 実験し、結果を共有する（第6・7時）

実証性を考慮し、結果を想定した実験計画が立案できていたため、各班が要点を押さえた実験ができていた。実験操作に不安がある生徒は、過去の授業内容が記載されているプレゼンテーションソフトを見て、電圧計の接続方法を確認していた。実験中は、表計算ソフトに結果を図2のように打ち込み、他班のデータを見ることができたため、予想と異なる結果が出た班や他班の結果と比べて回路全体の電圧が大きく異なる値を示した班は、他班の結果との違いに気付き、再度実験する姿が見られた。さらに、結果が表に記入されていくにつれ、生徒たちが話し合い、結果を分析し始める姿も見られた。

2-1 直列回路の電圧					並列回路の電圧				
班	V ₁	V ₂	V ₃	V _ア	班	V _ウ	V _カ	V _キ	V _ク
1	1.1	1.7	2.8	2.8	1	2.4	2.4	2.5	2.4
2	1.0	1.6	2.7	2.9	2	2.3	2.2	2.2	2.6
3	1.1	1.8	3.0	3.0	3	2.4	2.4	2.4	2.7
4	1.2	1.8	2.9	2.9	4	2.5	2.5	2.5	2.5
5	1.3	1.8	3.0	3.0	5	2.2	2.3	2.4	3.0
6	1.1	1.8	2.9	3.0	6	2.6	2.6	2.6	2.6
7	1.1	1.7	2.9	2.9	7	2.5	2.5	2.5	2.5
8	1.1	1.8	2.9	2.9	8	2.4	2.4	2.4	2.6

図2 結果（表計算ソフト）

(3) 考察する（第7時）

第6時の実験結果を確認した上で考察に取り組みさせた。生徒は、実験結果や各班が保存した実験画像を見たり、電流の測定実験の考察を見たりしながら、個人で考察をワークシートに書き込んで

いた（図3）。

そして、個人の考察が書けた後、プレゼンテーションソフトに考察を打ち込ませ、全体に共有した（図4）。記入された考察を見て、自分の考察の内容や表現をよりよいものにしようにする生徒がいたり、考察の視点を理解してから自分の考察を書き始める生徒がいたりした。予想から結果まで見通して実験に取り組んだり、実験の画像を蓄積したりしてきたため、すぐに考察を書き始めることができる生徒が多く見られた。なかなか考察が書けない生徒には、教師が個別に考え方や書き方のヒントを伝えた。実験誤差について考察を書く生徒や他班のデータのズレについて考察に具体的に記述するなど数値の違いや妥当性について気づき、表現できた生徒が複数人見られた。

(4) 結論を導き出す（第7時）

これまでの考察を基に、直列回路や並列回路の各部分に加わる電圧の大きさの規則性について見いだすことができた。さらに、規則性を言葉で表現したり、式で表現したりする生徒が見られた。そして、結論を水流モデルと関係付けて表現する生徒もいた。また、今回の考察で用いた水流モデルを立体にした模型を提示したところ、図5のように触ったり、真横や上から見たりして、考察の内容を実感しながら、結論を導き出すことができた。

5 考察

多くの生徒が、結果を想定した実験計画を立案したことで、見直しをもって実験を行い、実験結果を分析して解釈できたことから、手立てが有効だったと考える。さらに、予想・仮説、実験計画立案、考察の場面で ICT 端末を用いて生徒の考えを共有・検討したことは、生徒がより妥当な考えに練り上げることに有効であった。また、考察を書くことが苦手な生徒も他者の考えを見ながら、自分の考察を書き始めることができていた。さらに、課題に対する考察だけで終わるのではなく、他班の実験結果に関することや、予想と実験結果とのズレに関することについて考えを書いている生徒が多数いた。その一方、他者の意見を、そのまま自分の考えにしてしまう生徒がいた。ICT 端末を活用することで、他者の意見をリアルタイムで見ることができるが、個人の思考を狭めてしまう可能性があると考え。そのため、必要に応じて自分の意見を他者に発表したり、全体に説明したりするといったアウトプットの場を設定することで理解が深まるのではないかと考える。

ICT 端末を使うことでデータや考えの共有が容易になり、時間の短縮につながり、考察に多くの時間を設定することが可能となった。しかし、生徒の意見を共有する際に文字を打つことに時間を要してしまい、一部の生徒の意見を吸い上げるだけとなってしまった。そこで、ワークシートではなく、文書作成ソフトに直接記録させ、それをプレゼンテーションソフトに貼り付けることで意見の共有に必要な時間の短縮を図りたい。このことによって、多くの意見に触れることが可能になり、生徒がより多様な視点で考察することができるのではないかと考える。

ICT 端末を用いて実験結果の動画や画像を蓄積することで、生徒は結果を自分のタイミングで容易に振り返り、それらを根拠として考察することができていた。また、結果を想定したために、実験計画を立案する際、結果を分析する際に有効な実験動画や画像の蓄積方法を考える必要が生じ、生徒はより主体的に実験に取り組むことができた。今後も、生徒が自分の実験データを考察の根拠としたり、説明・検討する場面で活用したりできるよう、結果を想定しながら主体的に実験に取り組み、結果や考察の共有を通して考察を深めることができるよう、意識して指導していきたい。



図3 考察を書く生徒の様子

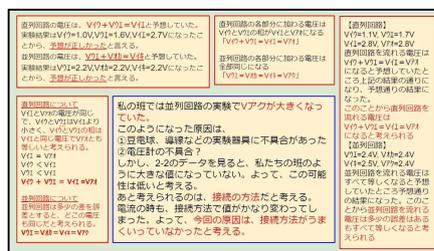


図4 考察の共有

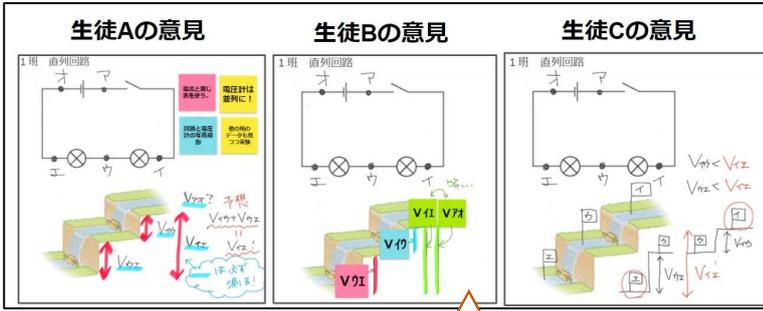


図5 立体モデルを観察する生徒

6 資料

予想・実験計画立案の場面での ICTの活用

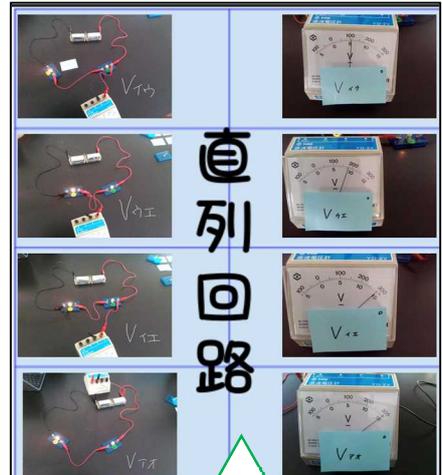
【個人の予想の共有】



デジタルホワイトボードで作成し、
プレゼンテーションソフトに貼り付ける。

観察実験の場面での ICTの活用

【各班の実験画像の共有】



撮影した画像をプレゼンテーションソフトに貼り付ける。

考察の場面での ICTの活用

【共有した個人の考察の例】

直列回路の電圧は、 $V_A + V_B = V_C$ と予想していた。
実験結果は $V_A = 1.0V, V_B = 1.6V, V_C = 2.7V$ になったことから、**予想が正しかった**と言える。
並列回路の電圧は、 **$V_A + V_B = V_C$ と予想していた。**
実験結果は $V_A = 2.2V, V_B = 2.2V, V_C = 2.2V$ になったことから、**予想が正しかった**と言える。

直列回路の各部分に加わる電圧は V_A と V_B の和が V_C になる。
「 $V_A + V_B = V_C$ 」
並列回路の各部分に加わる電圧は全部同じになる。
「 $V_A = V_B = V_C$ 」

【直列回路】
 $V_A = 1.1V, V_B = 1.7V, V_C = 2.8V, V_A + V_B = 2.8V$
直列回路を流れる電圧は $V_A + V_B = V_C$ になると予想していたところ上記の結果の通りになり、予想通りの結果になった。
このことから直列回路を流れる電圧は $V_A + V_B = V_C$ になると考えられる。
【並列回路】
 $V_A = 2.4V, V_B = 2.4V, V_C = 2.5V, V_A = V_B = V_C$
並列回路を流れる電圧はすべて等しくなると予想していたところ予想通りの結果になった。このことから並列回路を流れる電圧は多少の誤差はあるもすべて等しくなると考えられる。

直列回路について
 V_A と V_B の電圧が同じで、 V_A と V_B は V_C より小さく、 V_A と V_B の和は V_C と同じ電圧で V_A と V_B と等しいと考えられる。
 $V_A = V_B$
 $V_A < V_C$
 $V_B < V_C$
 $V_A + V_B = V_C$

並列回路について
並列回路は多少の差を誤差とすると、どこの電圧も同じだと考えられる。
 $V_A = V_B = V_C$

私の班では並列回路の実験で **V_C が大きくなって**いた。
このようになった原因は、
①豆電球、導線などの実験器具に不具合があった
②電圧計の不具合？
しかし、2-2のデータを見ると、私たちの班のように大きな値になっていない。よって、この可能性は低いと考える。
あと考えられるのは、**接続の方法**だと考える。
電流の時も、接続方法で値がかなり変わってしまった。よって、**今回の原因は、接続方法がうまくいっていなかった**と考える。

プレゼンテーションソフトに個人の考察を書き込む。

他者に伝えたい内容を下線や赤で強調する。

【個人のワークシート記入例】

課題 直列回路と並列回路では、各部分に加わる電圧にどのような違いがあるのだろうか。

予想 課題に対しての予想を立てる。なぜその予想になるのか、しっかりと根拠(理由)を書こう。

直列回路

並列回路

$V_A + V_B = V_C$

計画立案 予想を確かめるための計画(解決方法)を考えよう。
画像・写真はどの場面で使う？

直列回路

並列回路

電流と同じ表を
使。
回路と電圧計の
写真
電圧計は並列
で他班とデータ
check!

結果 結果をわかりやすく図やグラフで表現したり、言葉で表現したりしよう！

直列回路 (自分の班)				直列回路 (2組のデータ)			
V_A	V_B	V_C	$V_A + V_B$	V_A	V_B	V_C	$V_A + V_B$
1.0V	1.6V	2.7V	2.9V	1.1V	1.7V	2.8V	2.8V

並列回路 (自分の班)				並列回路 (2組のデータ)			
V_A	V_B	V_C	$V_A + V_B$	V_A	V_B	V_C	$V_A + V_B$
2.3V	2.2V	2.2V	2.6V	2.4V	2.4V	2.5V	2.4V

なぜ2.6V? 大きいから!!

考察 予想を確かめるために、どの結果が使えるのかを考えてから、書き方を参考に考察しよう。
<書き方例>
★①「〇〇と予想していたところ、△△という結果になった。そのことから、～と考えられる。」
②その他に気づいたこと・考えたこと

直列回路の各部分に加わる電圧は、
 $V_A = 1.0V, V_B = 1.6V, V_C = 2.7V, V_A + V_B = 2.9V$ という結果より、
予想していた $V_A + V_B = V_C$ という関係になっていることがわかる。
並列回路の各部分に加わる電圧は、
 $V_A = 2.3V, V_B = 2.2V, V_C = 2.2V, V_A + V_B = 2.6V$ という結果になった。
予想ではどこを測定しても電圧は等しいと予想していたが、 V_A だけ大きな値になってしまった。
(以下、全体共有・後に生徒が追記した考察内容)
私の班では並列回路の実験で V_C が大きくなっていった。
このようになった原因は、
①豆電球、導線などの実験器具に不具合があった
②電圧計の不具合 と考えられる。
しかし、2-2のデータを見ると、私たちの班のように大きな値になっていない。よって、この可能性は低いと考える。
あと、考えられるのは、**接続の方法**だと考える。
電流の時も、接続方法で値が大きく異なったことがある。よって、今回の原因は、**接続方法がうまくいってなかったこと**だと考える。

結論 今回の結論を自分の言葉で書こう。

直列回路では、それぞれの豆電球に加わる電圧の大きさが和が、
電源または回路全体の電圧の大きさに等しい。
 $V_A + V_B = V_C = V_{電源}$

並列回路では、それぞれの豆電球に加わる電圧の大きさは全て同じで、
電源または回路全体の大きさに等しい。
 $V_A = V_B = V_C = V_{電源}$

振り返り
・実験の時は条件をできるだけ変えないようにしたい(導線の接続方法など)。
・並列回路は電圧が直列回路よりも大きいから、豆電球が明るく光った。直列回路の豆電球の数を増やせば、電圧が小さくなると思う。豆電球を何十個、何百個、何千個とつないでいったら電流が流れなくなる? それともすごく小さな電流が流れているのではないかと(調べてみたい)
・結果が他の班と違ったとき、他の班の結果を見て考えることができた。
⇒多くの結果があると、それらと比較して結論を出せるので実験では大切だと思った。