

## 小学校第6学年理科「電気の利用」に関する授業検討

吉川 直志・石田 典子・中村 早耶香

### Consideration about the Teaching Plan for “Use of electricity” in the Sixth Grade Elementary school Science

Tadashi YOSHIKAWA, Noriko ISHIDA, and Sayaka NAKAMURA

#### 要旨

小学校6学年理科の新単元「電気の利用」では、コンデンサーに貯めた電気によって豆電球と発光ダイオード(LED)を点灯させ、その点灯時間の差によって消費電力の差を実感させる実験を行う。この実験の模擬授業を学生が行ったところ、納得できる実験内容とはならず、また、学生の中から多くの正しい理解を妨げている問題点が指摘された。本研究では、指摘された問題点を解決し、児童に正しく理解させるための実験指導の工夫、改善方法を学生と共に検討し、学習指導案を作成する。

#### はじめに

名古屋女子大学児童教育学科、児童教育学専攻3年生の理科教育法の授業において、教職を目指す学生は、小学校理科の教科書を使って理科実験の模擬授業を行う。その模擬授業において、小学6年生理科「電気の性質とはたらき」<sup>(1)</sup> (新学習指導要領で新しく加わった「電気の利用」)の単元の実験授業を、学生の教科書による理解に基づいて作った指導案により行ったところ、その指導案では、模擬授業実験進行の障害となる点や誤解を招く点など多くの問題点が存在することが指摘された。模擬授業で行ったこの実験では正しい理解へ導くことができず、実験授業としては失敗という結論に至った。模擬授業に参加した学生でさえ戸惑いを感じていることから、児童へ正しい理解を促すためには、教科書の内容に、指導に先立ち一層の工夫や改善を加える必要であることは容易に理解できる。新学習指導要領への移行で加わったばかりのこの単元の実験は、指導にあたり、学生が初めて目にする、LEDやコンデンサーを用いた実験においては、内容や取扱の理解がまだ不十分であるため、多くの混乱の元が存在し、現段階での教科書通りの指導では正しく授業が行えない可能性が大いにあると考えられる。そこで、より正しい理解へ導くことができる実験授業とするために、実験方法およびその授業の改善と工夫を学生と共に再検討することになった。

この授業検討は、平成23年9月29日から約4週間かけて、学生18名と著者3名で行い、模擬授業の実験でうまくいかなかった原因を追究し、問題点を解決する実験方法の改善案を提案してもらい、それぞれの提案について検討実験を行って、この研究グループによる提案として、最善と思われる実験方法および指導方法による学習指導案を作成した。

この論文において、小学6年生理科「電気の性質とはたらき」の模擬授業の失敗事例を基に、

学生が自ら検討することで、正しい理解へつながる指導に必要な実験の工夫や、教材研究の必要性を学び、自分たちが出来る「電気の性質とはたらき」の正しい理解へとつながる実験授業の指導案提案の過程を紹介する。

### 模擬授業において

理科教育法の授業の中で行われた模擬授業の実験は、手回し発電機で豆電球と発光ダイオード（以下LEDとする）を点灯させた時の手回し発電機のハンドルの手ごたえの違いから、LEDの方が、使用電力量が少ないのではないかという予想の基に、手回し発電機によりコンデンサーに同じ量の電気を貯め、そのコンデンサーによって豆電球と発光ダイオードを点灯させた時のそれぞれの点灯時間を比較することで、圧倒的にLEDの方が長く点灯し続けることから、予想通りに、LEDの方が少ない電力量で点灯していることを理解させるというものである。

教科書に従った実験指導は、

1. 前時に、手回し発電機で豆電球とLEDを光らせ(図1)、それぞれのハンドルを回す手ごたえの違いを実感していることから、その違いの原因が電気の使われ方の違いからくると予想し、本時の実験の動機とする。
2. 電気の使われ方を比べる方法として、同じ量の電気でLEDと豆電球を光らせ、光り続ける時間の差が電気の使われ方の違いであることを理解する。
3. 同じ量の電気を貯めるために、コンデンサーを用いる。コンデンサーに同じ電気を貯めるために、手回し発電機で同じ時間(30秒)ハンドルを回して、コンデンサーに電気を貯める。(図2)
4. 電気を貯めたコンデンサーに豆電球をつないで光らせ、光っている時間を測定する。(図3)
5. 同じ時間回して手回し発電機で電気を貯めたコンデンサーによりLEDを光らせ(図3)、光っている時間が豆電球の場合と比べてどうかを測定する。
6. 光っている時間の差から、使われる電気の量の違いを理解する。という流れで行われる。この模擬授業で用いた実験器具は

手回し発電機：NaRiKa セネコンV3  
 コンデンサー：V3用 定格2.3V 4.7F  
 LED：台付きLED 定格1.4V  
 豆電球：定格3.8V 0.3A

で、模擬授業担当の学生による実験の工夫として、コンデンサーに電気を貯める時にメトロノームを用いて、ハンドルを回すタイミングも一定にする指導が行われた。この時、前時の授業で、手回し発電機に光らせる場合、ハンドルは1秒間に2回程度回転させるという指導に従って、

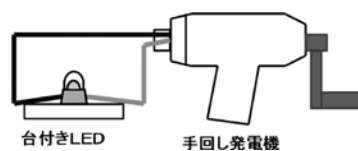


図1：LEDと手回し発電機

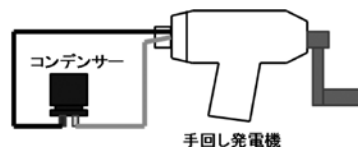


図2：コンデンサーに蓄電

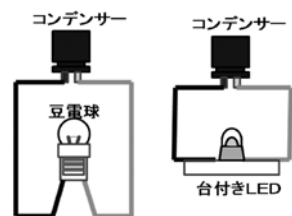


図3：コンデンサーで豆電球とLEDを光らせる

回すタイミングの設定を行ったが、この実験において、いくつかの班では、豆電球は約50秒点灯し、LEDは3分以上光り続けるという結果が得られたが、実験の際、LEDが光らない班が多数あり、LEDやコンデンサーを交換するという混乱が起こった。

### 模擬授業後の討論において

模擬授業では教科書通りに実験を行い、実験結果として、豆電球よりLEDの方がかなり長く点灯し続けることから、「発光ダイオードは豆電球より少ない電気で光る。」というまとめに結びつける。しかし、実際のその実験は全員が満足できるものではなく、その後の討論において、実験に対する多くの疑問や問題点が指摘された。特に、

1. 電気を貯めたコンデンサーでLEDが光らない事例が多く発生し、実験が進まなかった。
2. 手回し発電機でコンデンサーに電気を貯めたが、毎回、同じ電気を貯められたか疑問。
3. LEDの光は豆電球に比べて暗く、光が弱いため、これで比較したことになるのか疑問。

この3点は、実験の進行と、この実験で導く内容の正しい理解を妨げる大きな要因となっており、これらの問題や疑問点を解決しない限り、この実験では児童を正しい理解に導けないという結論となる。

この単元で初めて登場したコンデンサーの理解が不十分なまま、見えない電気量を使って実験することにより混乱が増し、また、LEDは豆電球と比べ、形状、光の色、光りの強さが異なり、単純に光っている時間の違いだけで使われる電気量の違いへと導くことは正しい理解という意味では不確かさが残る。つまり、教科書の記述のみの理解による実験では、正しい実験による正しい理解が不可能であるということになる。

### 学生による授業検討

模擬授業での実験で指摘された問題点、疑問点を解決するため、18名の学生の参加による授業検討を行った。実験を正しく進行でき、6学年の児童が正しく理解できる授業に向けての授業検討という形で、学生主体により、問題原因の追究と解決のための実験方法の提案およびその提案の検討実験を行った。

#### (1) 手回し発電機によるコンデンサーへの蓄電方法について

模擬授業では、メトロノームを使って、手回し発電機を回す回数を30秒で60回に合わせられるように工夫していたが、毎回、同じ電気量が貯まっているとは思えないという結果となってしまった。この原因を理解するために、電圧計を用いて手回し発電機によるコンデンサーへの蓄電時の手ごたえと電気の貯まり方を調べる実験を行った。手回し発電機とコンデンサーをつなぎ、電圧計でコンデンサーの電圧を測定しながら、手回し発電機を回転させ、電圧による手ごたえの違いと電気を貯めたコンデンサーの手回し発電機からの取り外し方を確認した。確かに、手回し発電機のハンドル回転に従って、コンデンサーの電圧は上がっていくが、電気が貯まるに従って同じ回転速度では手回し発電機の手ごたえが無くなり、電圧も上がらなくなることが確認できた。つまり十分に電気を貯めるには、コンデンサーに電気が貯まるに従って手回し発電機の回転速度を上げる必要がある。また、コンデンサーを取り外すときに、手回し発電機を回らないように固定すると、その固定により急激にコンデンサーに貯めた電気が使われてしまうことも確認できた。模擬授業において、同じ回転数で30秒間手回し発電機を回して電気

をためようとしたが、手ごたえを無視したため、LEDを点灯させるために必要な電圧となるまで電気を貯めることができず、また、コンデンサーをはずす段階で、せっかく貯めた電気の多くを使ってしまふことが起こった可能性があることが分かった。

そこで、学生により次の提案がされた。

提案1) 電圧計を用いて、目でコンデンサーに貯まった電気の量を確認しながら、同じ電気の量になるまで手回し発電機で蓄電し、その電気量を確認しながらコンデンサーを取り外す。

## (2) 使われる電気の量を比較する方法について

模擬授業では、豆電球とLEDをそれぞれ光らせて、光っている時間を測定したが、使われる電気の量として印象付けられるか不安であった。そこで、以下の提案がされた。

提案2) 豆電球とLEDを同時に点灯させ、LEDが長く光り続けることを印象付けてはどうか。

提案3) 電流計を用いて、流れる電流を目で確認することで使われる電気量の違いを調べてはどうか。

提案4) 息を吸って吐く時、少しずつ吐く場合と、たくさん吐く場合に、吐き切るまでの時間が違うことを実感させて、光り続ける時間の差が使われる電気の違いとなることを理解させてはどうか。

## (3) LEDと豆電球の光り方を考慮した比較において

模擬実験では、LEDは豆電球と比べて、光る色も異なり、光り方は暗く感じることから、暗く光るのは使われる電気の量が少ないという誤った理解になりかねず、この比較方法の検討が必要であった。そこで、以下の提案がされた。

提案5) 使用するLEDとして、豆電球型を用いてはどうか。

提案6) LEDの数を増やして、多くのLEDを同時に1つのコンデンサーで光らせ、使われる電気量の違いを印象付けてはどうか。

提案として、主に、上記の6つがなされ、これらの提案を基に、その提案の検討実験を行うことにした。

## 提案の検討実験

提案1) 電圧計を用いて、目で蓄電量を確認しながら実験を行う。

電圧計に目標電圧(2V)の印を付けて、図のようにコンデンサーに貯まった電気の量を確認しながら、手回し発電機を回し、電圧計の針が目標の印に到達したら、電圧が下がらないように、ハンドルを固定せず素早く、手回し発電機を取り外す。こうすることで、毎回の蓄電において、同じ電圧、つまり同じ電気の量をコンデンサーに貯めて実験を行うことができるようになる。貯まった電気の量を目で確認できるため、手回し発電機の手ごたえとハンドルの回転速度、および電気量を確認しながら、電気を貯めることの実感を持って実験することも可能であると考えられる。但し、小学校の理科では電圧計が出てこないことから、

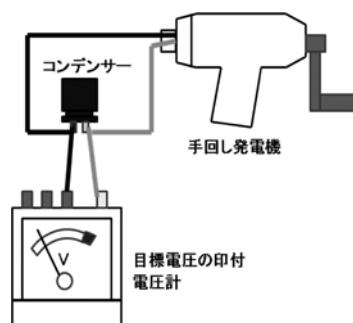


図4：電圧計で蓄電量を確認しながらコンデンサーに蓄電

分かりやすい印を付けて、貯まった電気の量を示すメーターとして理解させることで、電圧計の使用は可能であると考えられる。

以上の実験による考察より、電圧計の使用の提案は、確実に同じ電気を貯めて実験し、電気を貯める手ごたえを実感させるために、採用することとする。

**提案2) LEDと豆電球を同時に点灯させ、点灯時間を比べる。**

よりその時間差を実感させるには、同時に光らせて豆電球の方が早く消えることを実験してもらいたい。提案1)の採用により、同じ電気量で実験できると考えられるので、2つの班で協力し、豆電球を光らせる班とLEDを光らせる班で同時に実験を行い、その時間差を測定しその差を実感する。2回目は豆電球とLEDを交代して実験することで確認実験も可能となる。実験の都度、違いを実感できるので、この方法も採用とする。

**提案3) 電流計を用いて、使われる電気の量を直接測定する。**

電流計による電流の測定(図5)で、直接、豆電球、LEDに流れる電気の量を知ることができる。実際に測定すればその差は圧倒的であり、理解を助けると思われるが、この実験で用いたLEDでは流れる電流は数mAであり、最少の端子が50mAの電流計測定は難しい。また、コンデンサー、LEDなどは何度も付け替えるため、児童が行う実験としては複雑になる。また、電流の値は時間と共に減少し、この時間を測定し比較する実験においてはその印象を薄める恐れもある。そこで、電流計の使用は補足程度に留め、児童の実験においては使わないこととし、この提案は、ここでは保留とする。

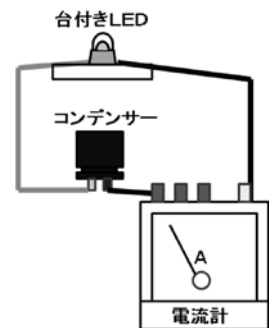


図5：LEDで使われる電流の測定回路

**提案4) 呼吸と対比させて、電気が使われる量を説明する。**

豆電球とLEDが光っている時間と、使われる電気の量の関係を理解させるために、実験前に、大きく息をすって吐く息の量で、息を吐いている時間が変わることやってもらいその関連を考えてもらうことは、この実験を理解する意味で有効であると考えられる。従って、この提案は採用とする。

**提案5) 豆電球型のLEDを用いる。**

豆電球とLEDの比較において、その形状と光の色が異なるため、単純な比較としては疑問が生じていた。そこで、豆電球型LEDとして、ヤガミ豆電球型低電圧LED 1Vの使用を検討してみた。検討実験において、豆電球型低電圧LEDは、光の色、明るさの面からは比較に適しているが、低電圧で光らせる回路が組み込まれているため、消費電力が多く、点灯時間は赤色台付きLEDと比較してとても短くなっていた。2V蓄電したコンデンサーで点灯させたところ、3.8V豆電球が約50秒の点灯に対し、この豆電球型LEDは約130秒の点灯となり、圧倒的な差というほどではなくなった。また、使用電流を測定したところ、表1の測定結果のように2Vの電圧で光らせた時には豆電球型LEDの方が大きく、LEDの方が少ない電気の量で光るという結果に導くことが出来ないことが分かった。

豆電球 (定格3.8V)	0秒	30秒	50秒	53秒
電圧 (V)	2.00	1.00	0.40	
電流 (mA)	190	130	90	消える

表1：2Vまで蓄電したコンデンサーで豆電球 (定格3.8V) を光らせた時、光らせ始めてから消えるまでの時間と、時間ごとの電圧と電流

豆電球型LED	0秒	12秒	27秒	50秒	120秒	135秒
電圧 (V)	2.00	1.00	0.50	0.2	0.1	
電流 (mA)	500	260	50	40	15	消える

表2：2Vまで蓄電したコンデンサーで豆電球型LED (ヤガミ1V) を光らせた時、光らせ始めてから消えるまでの時間と、時間ごとの電圧と電流

さらに、電流の大きさから分かる通り、手回し発電機で光らせた時の手ごたえが豆電球と比べて変化が分からないため、今回の実験の前提となる手ごたえの違いを体感出来ない。従って、豆電球型LEDの使用は、不採用とする。

提案6) LEDの数を増やして光らせることで、使われる電気の量が少ないことを印象付ける。

授業において各班でLEDの実験を行う。各班の実験が終わった後、一か所にLEDを集めて10個～20個のLEDを並列につなぎ、同じ電気量 (2V) 貯めたコンデンサーで光らせ、同じように点灯している時間を測定する(図6)。10個、20個でも、点灯時間は3分以上であり、また、手回し発電機で光らせても手ごたえは豆電球よりも軽い。数多く同時に光らせることで、より印象強く、LEDの使用電気量の少なさを実感させることが可能となる。

赤LED 1個	0秒	30秒	60秒	90秒	120秒	150秒	180秒
電圧 (V)	2.00	1.99	1.98	1.95	1.93	1.91	1.90
電流 (mA)	2.5	2.4	2.2	2.1	2.0	2.0	1.9

表3：2Vまで蓄電したコンデンサーで台付き赤色LEDを光らせた時、光らせ始めてから消えるまでの時間と、時間ごとの電圧と電流

LED 10個	0秒	30秒	60秒	90秒	120秒	150秒	180秒
電圧 (V)	2.00	1.95	1.90	1.85	1.82	1.80	1.78
電流 (mA)	16.5	12.3	10.0	8.5	7.2	6.0	5.0

表4：2Vまで蓄電したコンデンサーで台付き赤色LEDを10個並列につないで光らせた時、光らせ始めてから消えるまでの時間と、時間ごとの電圧と電流

LED 20個	0秒	30秒	60秒	90秒	120秒	150秒	180秒
電圧 (V)	2.00	1.88	1.80	1.78	1.72	1.70	1.69
電流 (mA)	30.0	17.0	11.5	7.5	5.2	4.0	3.3

表5：2Vまで蓄電したコンデンサーで台付き赤色LEDを20個並列につないで光らせた時、光らせ始めてから消えるまでの時間と、時間ごとの電圧と電流

表3、4、5のように、表1の豆電球1個の場合と比べて、使用される電流はかなり小さく、光り続ける時間は20個でも3分以上となるため、この提案は採用とする。

### その他の検討

模擬授業において、LEDの光が弱いという意見があったが、提案1)の採用により、コンデンサーに十分蓄電できていれば、赤色LEDでも明るく光った。10個、20個の実験を組み合わせれば、十分納得できる実験が可能であると考えられる。色の違いが気になる場合のオプションとして、黄色LED(順電圧1.9V)の使用を検討実験してみた。色、光は豆電球に近く、この黄色LEDで比較することも可能であると思われる。同様に、光る時間と電圧、電流の関係を測定すると、黄色LED1個の場合は表6、黄色LED10個つなげた場合は表7のような結果が得られた。

黄LED 1個	0秒	60秒	120秒	180秒
電圧 (V)	2.00	1.92	1.89	1.85
電流 (mA)	6.0	3.0	1.5	1.0

表6：2Vまで蓄電したコンデンサーで台付き黄色LEDを1個つなげて光らせた時、光らせ始めてから消えるまでの時間と、時間ごとの電圧と電流

黄LED 10個	0秒	60秒	120秒	180秒
電圧 (V)	2.00	1.81	1.78	1.75
電流 (mA)	40.0	5.0	1.9	1.0

表7：2Vまで蓄電したコンデンサーで台付き黄色LEDを10個並列につなげて光らせた時、光らせ始めてから消えるまでの時間と、時間ごとの電圧と電流

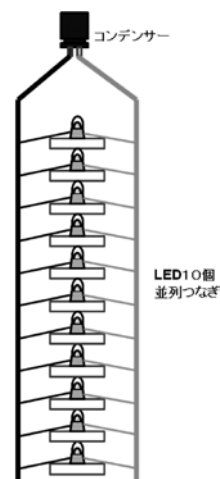


図6：LED並列つなぎのコンデンサーによる点灯実験

### 採用提案を基に学習指導案の修正

6つの提案の内、4つを採用し、この授業および実験方法の改善を取り入れて、学習指導案の修正を行った。修正ポイントは以下の5つ。

1. 呼吸との対比を使って、貯めた電気の使われ方と光っている時間の関係を説明。
2. コンデンサーに電気を貯める電圧の目標の印をつけた、電気量メーターとしての電圧計を準備し、印を針が指すまで手回し発電機で電気を貯め、目標の電圧を保ったままコンデンサー。
3. 二つの班が協力して、豆電球とLEDの光っている時間を比べる実験を行う。  
2回目は役割を交代して実験結果を確かめる。
4. 使用器具は、豆電球定格3.8V  
台付き赤色LED(定格1.4V)  
または、黄色LED(順電圧1.9V)
5. 各班での実験終了後、LEDを集めて、多数の並列つなぎによる、点灯時間の測定を行う。  
多くのLEDでも少ない電気で光ることから、LEDの有効性を実感してもらう。

以下の授業改善を取り入れた修正指導案において、修正ポイントを点線の枠で示した。

## 学習指導案 第6学年「電気の利用」 第1次 第3時 (学習の展開の抜粋)

## 1. 目標

発光ダイオード(LED)の方が、豆電球より少ない電気で光ることを理解する。

コンデンサーに電気を貯めることができ、その電気は利用できることを知る。

## 2. 学習の展開

時間(分)	学習活動	教師の支援 および 留意点
導入 (5分)	<p>●前回の授業を振り返る。</p> <p>●手回し発電機で豆電球とLEDを光らせた時の手ごたえの違いの理由を考え、電気の使われ方に違いがあるのではないかという予想や仮説をもつ。</p>	<p>■前回の授業を振り返らせる。</p> <p>・手回し発電機を使って、豆電球とLEDを光らせた時、その手ごたえに違いがあったことを振り返らせる。</p> <p>・手ごたえの違いから、電気の使われ方に違いがあることを予想させる。</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"><b>豆電球と発光ダイオードでは電気の使われ方にちがいがいいのか調べてみよう!</b></p> <p>■本時のめあて</p> <p>■同じ量の電気を貯めて、その電気で豆電球とLEDを光らせた時、どちらが長く光続けるかを見れば電気の使われ方の違いが分かるのではないかと提案。</p> <p>息を吸って、ゆっくり吐くのと速く吐くのとでは、吐き切るまでの時間に差がでることを例にして説明する。</p> <p>■コンデンサーを提示し、電気を貯めることが出来るコンデンサーについて説明する。</p>
展開 (25分)	<p>●教師の実験方法の説明を聞く。</p>	<p>■児童に、実験方法の説明をする。</p> <p>【準備】手回し発電機、電圧計、コンデンサー、豆電球、LED、つなぎ方のプリント</p> <p>【実験】</p> <p>①手回し発電機を利き手に合わせて接続する。</p> <p>②手回し発電機にコンデンサーと電圧計をつなぎ、電圧計を見ながら、2V付近の印を針が指すまで手回し発電機を回す。コンデンサーを取り外す時、ハンドルを固定しないように指導する。(ハンドル固定により電気をってしまうため。)電圧計の印まで電気を貯めたコンデンサーを用意する。</p> <p>③2つの班が協力し、豆電球を光らせる班とLEDを光らせる班が同時に蓄電したコンデンサーにつなぎ、光っている時間をストップウォッチで測る。(3分以上点灯している場合はそこで実験を止め、3分以上点灯と記入)</p> <p>二つの班で豆電球とLEDが光っている時間を比べる。</p> <p>④ワークシートに結果を記入する。</p> <p>⑤コンデンサーに残った電気を放電させる</p> <p>⑥豆電球とLEDの担当を交代してもう一度、②-⑤の実験を行い、結果を確認する。</p>



<p>発展 (10分)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●電気を貯めたコンデンサーで、豆電球とLEDを同時に光らせた時、どちらが長く光っているかを予想し、発表する。</li> <li>【実験】</li> <li>●実験セットを取りに行く。</li>   <li>●実験セットの中身を確認する。</li> <li>●実験方法、注意事項を確認する。</li> <li>●実験を行う。</li> <li>●二つの班で結果を共有し、結果をまとめる。</li> <li>●実験結果からわかったこと、気づいたことを発表する。</li> <li>●LEDの数を増やして光らせたとき、電気の使われる量はどうか考える。</li> <li>●LEDを集めて、教師の実験をみんなで見えて、参加する。</li> <li>●豆電球が光っていた時間と比較する。</li> <li>●実験でわかったこと、気付いたことを発表する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■児童に自分の予想を発表してもらい、板書する。</li>   <li>■実験セットを班長に取りに来てもらうよう指示する。</li> <li>■実験セットの中には</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">実験セット</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・手回し発電機    ・導線2本    ・電圧計（電流計）</li> <li>・コンデンサー    ・発光ダイオード（LED）</li> <li>・豆電球（3.8V）    ・ストップウォッチ</li> <li>・実験手順およびつなぎ方のプリント</li> </ul> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>が入っていることを児童に確認させる。</li> <li>■実験方法、注意事項の確認をさせる。</li> <li>■助言をしながら机間指導をする。</li> <li>■実験結果からわかったこと、気づいたことをワークシートに記入し、二つの班で意見を共有するよう指示をする。</li> <li>■実験結果からわかったこと、気づいたことを班長に発表してもらうよう指示をする。</li> <li>■このLEDと豆電球では、電気の使われ方が違うことを確認させ、LEDの数を増やして光らせた時にどうなると思うか発問する。</li> <li>■各班からLEDを集めて、同じように電気を貯めたコンデンサーにより10～20個のLEDを同時に光らせた時、光り続ける時間を調べる。</li> <li>■豆電球が光っていた時間と比べるように問いかける。</li> <li>■実験でわかったことについて問いかける。</li> </ul>
<p>まとめ (5分)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●まとめを記入する。</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">[まとめ]</p> <p style="text-align: center; margin: 0;">発光ダイオードは豆電球より少ない電気で光る。</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>●教師の問いかけに答える。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■少ない電気の使用量は最近の省エネにつながっていることを発問し、説明する。</li> <li>■節電や資源の有効利用について考えさせる。</li>   <li>■豆電球が光るときに熱くなったことを気付いたか、児童に問いかける。</li> <li>■次回は電気を使って発熱する様子を調べていくことを伝える。</li> </ul>

## 手回し発電機による豆電球とLEDの比較実験における考察

この実験は、豆電球とLEDの消費電力の違いを、それぞれを手回し発電機で光らせた時の手ごたえの違いと、コンデンサーに貯めた電気によって光らせた時の点灯時間の違いによって、実感してもらうことがねらいであった。これは、近年、電気の効率的な利用としてLED電球が使われることを、実際の実験を通して理解させることも含まれており、白熱電球より、LED電球の方が節電につながることを実感させることになる。しかし、比較するには同じ明るさという同等の性能をもっているにもかかわらず消費電力が大きく違うということが必要であるが、実験に使われたLEDと豆電球では、明るさを比較することは困難であり、また、それぞれの特性も異なっており、点灯時間の違いによる単純な比較で消費電力の違いを正しく理解させるには、さらなる工夫や補足のための実験の必要性を感じる。そこで、この授業討論では、LEDの数を10個、20個と増やして並列につなぎ同時に光らせて点灯時間を比較することを提案した。同じ電気量で、10個、20個のLEDを光らせ続けられることが確認できれば、豆電球に比べてLEDの方がかなり少ない電気で光っていることが理解できると考える。豆電球とLEDの消費電力を比較してみると、2Vの電圧で1秒間に消費する電力は、豆電球では、表8のように400~600mWであるのに対し、使用したLEDでは、その100分の1程度しか消費していないことになる。

豆電球の定格電圧	1.5V	2.5V	3.8V
電圧 (V)	2.0	2.0	2.0
電流 (mA)	300	230	190
電力 (mW)	600	460	380

LED	赤 (1.4V)	赤10個	赤20個	黄 (1.9V)	黄10個
電圧 (V)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
電流 (mA)	2.5	16.5	30.0	6.0	40.0
電力 (mW)	5.0	33.0	60.0	12.0	80.0

表8：豆電球とLEDで、2Vの電圧で、消費される電力

赤色LEDを20個光らせても、その消費電力では、豆電球の10分の1程度となり、使用される電気量は圧倒的にLEDの方が少なく、この大きな差がこの実験を成立させている理由である。

LEDがかなり長時間光り続ける理由のもう一つに、電圧による抵抗変化の特性がある。豆電球は、電圧の減少に従って電気抵抗は電圧の平方根で減少するために電流がより流れやすくなるが、LEDでは電圧の減少に従って抵抗が急激に増加していくため、コンデンサーにつながいで光らせた時の電圧の降下速度は、時間とともにゆっくりとなり、1時間以上、かすかに光続けるということが起こる。豆電球は電圧が0.5V付近まで点灯しているのに対し、LEDはより高い電圧の1.5Vあたりで光らなくなるにもかかわらず、1時間以上点灯し続けるのは、LEDが少ない消費電力で光ることだけでなく、電圧による電気抵抗が変化する特性にも関係している。

この実験では、定格電圧3.8Vの豆電球を用いた。定格電圧の低い豆電球ほど明るく光り、消

費電力が大きい点灯時間は短くなる。そこで、LEDとの点灯時間の差は圧倒的であるためどの豆電球でも結果は変わらないことから、用意できた3つの豆電球の中で、LEDの光り方との差がそれほど気にならない、比較的暗く光るものを選ぶことになった。

もし可能であれば、コンデンサーに2Vまで電気を貯めて実験することを考慮しつつ、定格電圧のより高い、またLEDと色を合わせた色付き豆電球を選んで実験することで、LEDとの光りの質の差を出来るだけ感じにくくした実験もできる。一方、LEDの方は、2V程度の電圧での実験と言うこともあり、低電圧で光るLEDの使用に限られ、現在ではその選択肢は多くなかったため、小学校の実験で用いられる台付き赤色LEDを使用することになった。

### LEDを10個、20個並列につなぐ実験の工夫

提案6)の採用により、各班の実験終了後にLEDを集めてみんなで実験を行う。その実験の時間として指導案では10分としているが、10個をつなぐには時間がかかることが予想される。そこで、各班から持ってきてもらったLEDを簡単に接続できるように、簡単な実験装置を用意する。

1m程度の鉄線(太い針金)を4本用意し、2本ずつ束ね、10cm間隔で強く縛る。その2本ずつの鉄線を平行に配置し(図7)、持ってきてもらったLEDの導線の先を、2本の鉄線の間それぞれ差し込んで、図6、図8のように並列つなぎを完成させる。縦に長くつなげて一斉に点灯させることで、同じ電流量で多くのLEDを点灯させることができる印象を持たせることが可能であると考える。

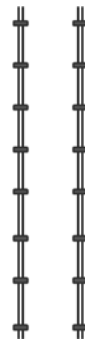


図7

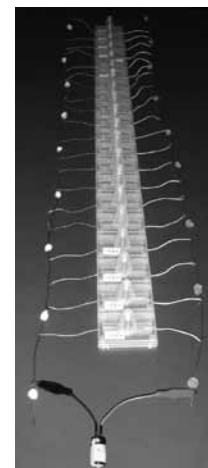


図8: LED20個並列つなぎ

### 授業検討にあたり

この授業検討は、大日本図書の「たのしい理科6年-2」の教科書により授業することを想定して行った。他の教科書の内容にも触れると、学校図書と教育出版の教科書<sup>3)</sup>では手回し発電機として、12V出力のものが使われ、コンデンサーもその電圧に従って、高い電圧に対応したコンデンサーや、LEDが使われる。ここでは、測定可能な電流の大きさとなるため、簡易検流計により電流の測定が行われ、その電流の違いと光続ける時間の違いで使われる電気の量を知ることになる。一方、東京書籍、啓林館の教科書<sup>3)</sup>は、大日本図書と同じく、3V出力の手回し発電機が使われる。どの教科書においても、コンデンサーに電気を貯める実験において、手回し発電機のハンドルを回す回数によってコンデンサーに貯める電気の量を決めているため、実際にどれ位貯まっているかを確認するためには、この授業検討で用いた電圧計やメーター付きのコンデンサーを使用する必要がある。LEDと豆電球のひかり方の違いについては、高い電圧で光るLEDを使用する場合は、LEDは明るく光り、明るく光るにもかかわらず長い時間光り続けることから、LEDは豆電球より少ない電気の量で光ることを実感できる。この場合においても、LEDをコンデンサーで同時に光らせる数を多くすることで、使われる

電気の量の違いを印象付けるオプションは有効であると考えられる。

## まとめ

この実験授業は、小学校学習指導要領解説理科編<sup>(2)</sup>の第6学年の内容の記述、「エネルギー資源の有効利用という観点から、電気の効率的な利用についてとらえるようにする。このことについて、例えば、手回し発電機や蓄電器を用いて、発光ダイオードと豆電球の点灯時間を比較すると、発光ダイオードが豆電球より長く点灯することなどからとらえようとするのが考えられる。」に基づいている。ここで、光るメカニズムの異なる豆電球とLEDで、点灯時間の比較により電気の効率的利用の理解へと導くことは、指導に際し、教師側の正しい理解と工夫が必要であると言える。理科教育法の模擬授業において実験がうまく進められず、また多くの疑問点が出てきたことにより、この新しく加わった第6学年「電気の利用」の単元の指導において、実験方法や指導方法の改善が必要であることが分かり、その改善方法を学生と共に話し検討して、ひとつの実験授業の方法を提案することが出来た。

LEDが長く光り続けるという定性的な違いを知る実験において、正しく理解させるためには、定量的な電圧や電流の値を教師側は知って指導する必要がある。また、比較する実験においてはできるだけ同じ条件で行う必要もある。今回の授業検討においては、

1. コンデンサーに同じ電気を貯めていることが分かること。
2. 形状と光りの質が異なる豆電球とLEDの消費電気量の比較では、圧倒的な点灯時間の差と点灯させる数により、その差を理解させること。

が中心となり、学生主体で検討と実験を繰り返した結果、教科書通りの実験では正しい理解に結び付かず、いくつかの改善と工夫が必要であるという結論に至った。こうした検討が、小学校の理科授業で生かされて行くことを期待する。

## 謝辞

本研究において、授業検討および検討実験に参加して頂いた、児教教育学専攻の学生、伊藤晴香、今枝紗誉、岡田浩実、小野島沙季、香川由夏、加藤涼子、川野百合香、河村知華、小島万実、柴田晶子、土屋真知子、服部美紀、松原裕佳、三宅聡子、森石千早妃、矢橋亜里恵、山下綾佳、山下菜桃（敬称略）、及び、この研究の出発点となった模擬授業を行ったクラスの皆さんに感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 「たのしい理科6年－2」, pp.60-67, 2011, 大日本図書.
- 2) 文部科学省：小学校学習指導要領解説 理科編, pp.59-60, 2008, 大日本図書.
- 3) 「みんなと学ぶ小学校理科6年」, 2011, 学校図書,  
「地球となかよし小学理科6」, 2011, 教育出版,  
「たのしい理科6」, 2011, 東京書籍,  
「わくわく理科6」, 2011, 啓林館.