

## 時間目 実験計画書の作成



1班8人のグループで、重力加速度の値を測定するための実験計画を立案する。教科書を参考にしながら意見を出し合ったり、図書館の資料やインターネットを活用したりして、班ごとに実験方法や必要な器具などを考え、実験計画書を作成。授業時間内に終わらなかった班は、休み時間や放課後を利用して実験計画書の作成に取り組んだ。

## 授業 ハイライト

●3年生「物理」の授業で、「重力加速度の値の測定」をテーマとした全8時間の単元。実験計画から発表までを班で取り組む。既習事項の定着と協働性の涵養を図るとともに、科学実験の難しさを経験させる。(P. 25に授業デザインを掲載)

主体的・対話的で  
深い学びへ

## 実践 アクティブ・ラーニング

## 物理

実験の失敗を成功に導く経験から、  
研究の醍醐味を実感し、  
協働の大切さも学ぶ

### 都築先生のアクティブ・ラーニング

工学分野を志望する生徒に  
「ものづくり」を体感させたい

都築慶和先生は、主体的・対話的で深い学びの実現を目指す授業改善の視点から、年1回、観察・実験にアクティブ・ラーニングを取り入れた研究授業に取り組んでいる。

その第一歩として、2013年度に言語活動と実験を融合させた授業を行った。まず、数班



### 愛知県立知立東高校

#### 都築慶和 つづぎ・よしかず

教職歴20年。同校に赴任して12年目。

進路指導主事。

アクティブ・ラーニングの実践は5年目になる。

### 愛知県立知立東高校

◎校訓は「努力 ― 継続は力―」。愛知県教育委員会「高等学校教育課程研究指定校事業」(公民科による主権者教育)の指定校。愛知県「あいち科学技術教育推進協議会」の指定参加校として理数教育にも力を入れる。

◎設立 1986(昭和61)年

◎形態 全日制/普通科/共学

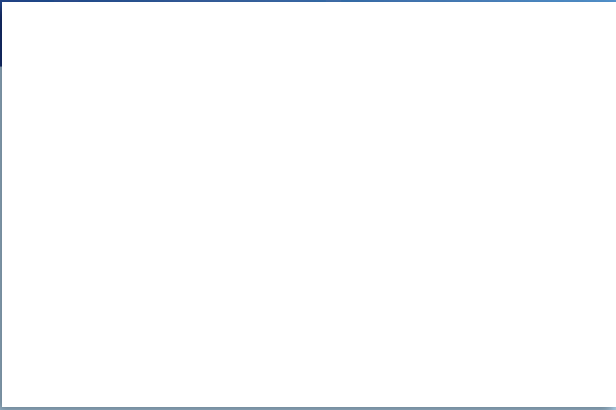
◎生徒数 1学年360人

◎2017年度入試合格実績(現浪計)

国公立大は、東北大、東京工業大、名古屋大、愛知教育大、大阪大などに163人が合格。私立大は、慶應義塾大、南山大、名城大、同志社大、立命館大などに延べ1077人が合格。

◎URL

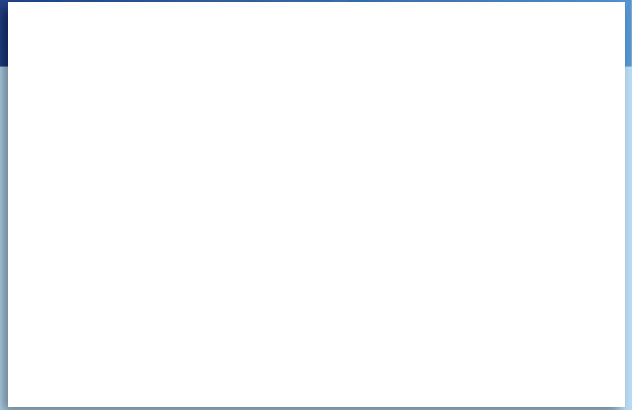
<http://www.chiryuhigashi-h.aichi-c.ed.jp/>



1回目の実験で得たデータを検証し、実験方法をどのように改善すればよいかを話し合った。1回目の実験を失敗と捉え、全く異なるアプローチで実験計画を立て直した班もあった。



教科書に書いてあるような理想的な実験環境をつくることは、実際にはとても難しいのだと実感しました。



実験計画書に基づいて実験を行う。力学的エネルギーと運動量保存則の実験や、単振り子による単振動を利用した実験、電流と磁場の関係を利用した実験など、これまでに学習した分野の知識・技能を活用した実験が行われた。しかし、ほとんどの班が仮説通りの結果を得ることができず、実験の条件を変えるなど試行錯誤する姿が見られた。

に分かれて同じ放射線実験を行う。そして、同じ手順・方法の実験にもかかわらず、班ごとに異なる結果が出た理由を生徒同士で話し合う。さらに、そこで出てきた疑問について考え、その結果を発表し合い、生徒間で相互評価を行う。この一連の活動を通して、思考力・判断力・表現力や主体性の向上を図ることをねらいとした。

2年目の研究授業は、限られた時間の中で多様な実験を経験させることをテーマとした。10人で1班となり、再生可能エネルギーに関する3つの実験に班内で分担して取り組み、各実験のプロセスと結果を共有・発表した。

今回のテーマは、15年度から研究授業で取り上げている、3年生「物理」の「重力加速度の値の測定」だ。過去の授業では、生徒に実験方法を示していたが、今回はテーマだけを示し、生徒に実験方法から考えさせるようにした。

「学校で行う理科実験の大半は、教科書に示された方法や器具で進めますが、それでは実験をこなしている状態となり、他者に任せきりにする生徒や、何の実験をしているのかを理解できていない生徒も出てきます。生徒自身が実験方法を計画し、失敗したら改善策を考えることで、より深い学びになると考えました」

3年次11月には、授業も教科書の内容がすべて終わり、生徒は物理の知識を一通り備えた状態になる。実験計画を立てるために教科書を読み返すことは既習事項の復習にもなるため、知識を統合して考える力を身につけさせるという

ねらいもあった。

都築先生が実践的な知識の習得にこだわる理由は地域性にもある。知立市は大手自動車メーカーの本社がある豊田市と隣接しており、製造業が身近で、工学部を志望する生徒も多い。

「ものづくりは1人ではできません。知恵を出し合いながら周りや協働して1つの形にしていく。将来、日本の製造業を担う生徒たちに、ものづくりとはどういうことかを、実験を通して体感してほしいと考えています」

#### 思考の活性化・深化への配慮

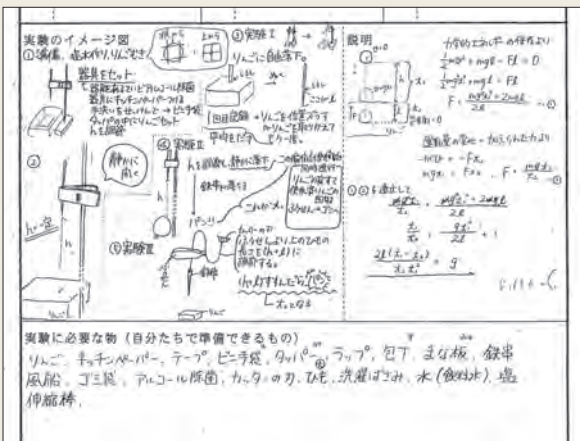
### 目の前の生徒の力を見極め、指導の内容やタイミングを変える

都築先生は、生徒の思考を深めるためにテーマ設定を工夫している。「重力加速度の値の測定」をテーマにしたのは、力学や電気など、複数の分野からのアプローチが可能であること、身近な題材であり、生徒の関心を喚起しやすいこと、身の回りの道具を使って実験できることといった理由がある。

実際、生徒は、斜面に球を転がすといった一般的な方法だけでなく、様々な実験方法を考えた。りんごにアイスピックを落とし、落下時間と刺さった深さから測定した班、ピンポン玉の浮力と重力の釣り合いから測定した班など、柔軟な発想とユニークな視点から実験方法を考え、実際に実験を行った。

2度の実験で学んだことを班ごとに発表。前時に製作したポスターを掲示したり、黒板に図示したりと、各班とも工夫を凝らしていた。都築先生が班ごとの講評を述べた後、生徒同士の質疑応答が行われた。最後に、生徒は学んだことや感じたことを各自でレポートにまとめ、一番分かりやすいと感じた発表とその理由を書いて、生徒間での相互評価を行った。

立て直した計画の下、再び実験を行った。その結果、8班のうち5班で理論値 ( $9.8\text{m/s}^2$ ) に近いデータが得られ、中でも単振り子による単振動を利用した班は、理論値に最も近い  $9.91\text{m/s}^2$  を測定した。実験結果はポスターにまとめ、7~8時間目の発表会の準備に取りかかった。ポスターやプレゼンテーションの内容は、都築先生が事前に点検し、指導した。



生徒が作成した実験計画書。メンバーが意見を出し合い、1つの計画をまとめていく過程は、コミュニケーション能力やプレゼンテーション能力を磨く機会となる。

実験の考察では、都築先生が机間指導を行いながら生徒たちの話に耳を傾け、適宜、必要な知識を補足した。「単振動はそうした動きをするのかな?」「ひもの長さは関係ないかな?」など、少しヒントを与えるだけで、止まっていた議論が進み始めることも多かったと言った。

「大切なのは、生徒にどのくらいの力があるのを見極めることです。生徒の力に応じて助言の内容や頻度、声かけのタイミングなどを変えて、生徒が自ら気づき、思考を深められるようにしています」

今回、ほぼすべての班が1回目の実験で仮説通りの値を得られなかった。理論的に正しくても、材料の重さや摩擦、タイミングなど、条件や環境のわずかな違いで結果は大きく変わる。

「今回の授業のねらいは、生徒に失敗を経験させることでした。教科書に書かれていることがいかに理想的な条件・環境で成り立っているのかを実感し、ものづくりはそう簡単に教科書通りにはいかないことに気づいてほしかったのです。ですから、事前に実験計画書を確認した際には、明らかに失敗が予想される班以外は、あえて指摘をしませんでした。世に出る製品の多くは、失敗の繰り返しの中から生まれます。失敗した理由を深く考え、成功につながるヒントをつかんでほしいと思っています」

#### 場づくりへの配慮

### ルーブリックで評価規準を 事前に示し、チャレンジ精神を喚起

生徒には、評価のポイントは「なぜ失敗したのかを話し合い、どのように改善したのか」であると、事前に説明した。

「私が作成した活動段階ごとのルーブリックを示し、評価のポイントは、分析的な確さや班活動での協働性など、授業に取り組む過程だと説明しました。実験の成否は評価に関係ないと明言し、生徒が自由な発想で実験にチャレンジできる雰囲気にしようとしました」

実際、生徒は、思い切った実験方法を考え出したり、大胆な改善をしたりしていたという。

そして、評価は、実験計画、実験、発表準備・発表の各活動において、教師の評価と生徒の自

## 授業デザインシート

【教科・科目】理科・物理 【分野・単元】学習した全分野

【テーマ・作品】重力加速度の値の測定

【設定時数】全8時間

【単元の見どころ】①既習事項を活用し、グループで話し合いながら実験全体の計画を立てて実践することができる。②活動全体の内容をまとめ、発表することによって、互いに理解を深め、興味や関心を高める。

学習内容	自校の生徒の特性を踏まえた各学習内容における主な目標(身につけさせたい力・姿勢)	左記の力・姿勢の「学力の3要素」への分類	左記の力・姿勢を育むための指導内容	教師による発問・働きかけの内容	教師が特に観察・配慮すべき点
① 実験計画書の作成	<ul style="list-style-type: none"> <li>これまで学習した知識を用いて意欲的に探究する力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>思考力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1班7～8人の班をつくる。</li> <li>「重力加速度の値の測定」をテーマに、実験方法や必要な器具について話し合い、実験計画書を作成。</li> <li>自己評価シートに記入して、振り返りを行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>これまで学習してきた知識を用いて計画を立てるように指示をする。</li> <li>計画書が完成したら生徒に説明させ、助言、指導を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>既習の知識を用いて的確に計画を立てられているか。</li> <li>班で協力して活動できているか。</li> </ul>
② 重力加速度の測定実験	<ul style="list-style-type: none"> <li>正しい知識を理解し、身につける力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>技能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実験計画書に従って、実験を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実験を行わせ、助言、指導を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>危険を伴う実験ではないか。</li> <li>班で協力して活動できているか。</li> </ul>
③ 実験の考察・討議	<ul style="list-style-type: none"> <li>仲間と協力して問題を解決する力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>協働性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実験結果をまとめる。仮説通りの結果が得られなければ、その理由と仮説に近づくための改善策を班で話し合い、実験計画を立て直す。</li> <li>考察・討議の結果をレポートにまとめる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>グループで解決できない時に助言する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>意見をしっかりと出し合っているか。討議に参加できていない生徒はいないか。</li> </ul>
④ 再実験	<ul style="list-style-type: none"> <li>正しい知識を理解し、身につける力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>技能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>改善点に注意しながら、再び実験を行う。</li> <li>自己評価シートに記入して、振り返りを行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実験を行わせ、助言、指導を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>危険を伴う実験ではないか。</li> <li>班で協力して活動できているか。</li> </ul>
⑤ 実験結果のまとめ	<ul style="list-style-type: none"> <li>積極的に意見を出し合いまとめる力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>主体性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2回の実験結果と班で討議した内容をレポートにまとめる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>結果を報告させ、助言、指導を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>意見をしっかりと出し合っているか。討議に参加できていない生徒はいないか。</li> </ul>
⑥ 発表準備	<ul style="list-style-type: none"> <li>表現する力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>表現力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①～⑤の活動をクラス内で報告するためのポスターを作成。完成したら担当教師の点検を受ける。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>完成したポスターを提出させて、助言・指導を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>班で役割を分担して活動できているか。</li> </ul>
⑦ 発表会	<ul style="list-style-type: none"> <li>互いに評価し合いながら、新たな発見や課題を見つけて探究する力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>判断力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各班の発表を聞き、理解できた点、よかった点、改善すべき点などをレポートにまとめる。</li> <li>各班の発表後に質疑応答を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各班が発表を終えた後、助言、講評を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発表の内容や仕方を観察する。</li> </ul>
⑧ 発表会・振り返り	<ul style="list-style-type: none"> <li>互いに評価し合いながら、新たな発見や課題を見つけて探究する力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>判断力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発表が最も分かりやすかった班とその理由、活動全体を通して学んだことをレポートにまとめる。</li> <li>自己評価シートに記入して、振り返りを行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>今回の活動を通して最も学んでほしい、「ものは1人ではつくれない。多くの人の協力によってつくられていく」「失敗の中から成功につながるヒントが見つかる」ことを伝える。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発表の内容や仕方を観察する。</li> <li>学んだことについて記述するように指示をする。</li> </ul>

\*都築先生作成の授業デザインシートを基に編集部で作成

### 成果と課題

## ものづくりの醍醐味や協働の大切さを実感する生徒たち

取り組みの成果は、授業後の生徒の感想に表れている。「周りとは協力し合うことやコミュニケーションの大切さが分かった」「大学での研究にも生かしていきたい」など、高校卒業後にもつながる多くのことを学んだ様子が見えられた。また、都築先生自身の授業形態にも変化が出てきたという。研究授業を始めた頃から、通常の授業でも、生徒同士で協力して演習問題を解かせたり、実験結果の違いについて考えさせたりするようになったのだ。

課題は、今回のような授業をより多く行うことだ。現状では年1回だが、授業計画を見直して、年2～3回実施することも検討中である。

「他校の先生に取り組みを紹介すると、『3年生のこの時期に行うのはすごいですね』と言われることがあります。しかし今後、大学入試で多面的・総合的な評価が重視されるようになれば、ただ問題を解いて答えを導き出すような学力だけでは、通用しなくなるでしょう。失敗させる経験は、遠回りに見えても、生徒の将来に必ず生きるものだと考え、取り組みを深化させていきたいと思っています」