

「科学技術と人間」におけるエネルギーに関する指導法

東京都立科学技術高等学校 嶋村 晃

1 はじめに

伝統ある専門高校が多い中、本校は理数系の大学進学を目標とした科学技術科の専門高校として開校し、今年度10周年を迎える新しい学校です。科学技術教育を通して、知識基盤社会で活躍できる人材を育てる学校を目指しています。本校における専門教育は、専門教科と普通教科との連携を取り教材開発を行い、理論・実験（実習）・研究の「3ステップ学習」により科学技術教育の充実を図っています。工業教育の基礎となる数学や理科にも十分な授業時間を確保するとともに、専門科目では科学技術理論や科学技術実習などの学校設定科目による特色ある授業で興味関心を高め、知識や技術の向上を図る専門教育を行っています。

科学技術科は、力学関係を学習する「第1分野」、電気電子情報関係を学習する「第2分野」、化学・バイオ関係を学習する「第3分野」から成り立っています。

2 「科学技術と人間」とは

学校の特色を発揮するためには学校設定科目は重要な科目であるため「研究部」という分掌を中心として学校設定科目の授業内容について専門部会（専門教科14名、普通教科15名）を作り教材研究の開発にあたります。

科学技術と人間の目標は下記に示します。

- ①科学技術に対する興味・関心を喚起
- ②自主的な学習態度
- ③科学技術者としてのセンスを磨く
- ④視野の広い問題解決能力
- ⑤自らの意見を伝える能力
- ⑥科学技術者の倫理観

1年生全員が受ける学校設定科目であり、「自ら疑問を作り、そして発見し、それを伝えていく。科学技術者としてのセンスを磨く。」ことを目標としています。

2学期制である本校の開校当初の授業内容は、前期は科学技術教育の導入となる基本的な内容を座学と実験を通して学習して、後期にはそれぞれの分野の特色を表す授業内容が行われていました。しかし、このような授業内容では各分野の関連性が見出すことができません。スーパーサイエンスハイスクール（SSH）の指定を受けたことを良い機会として再度カリキュラム開発がおこなわれ、その結果、「幅広い知識が科学技術者には必要である。そのためには授業内容を各分野が関連する内容を学習することが望ましい」と結論付けました。

そこで「新エネルギー」を共通のテーマとして、1分野(力学系)では「エネルギー変換と効率」、2分野(電気電子情報)では「電気エネルギーの供給と消費」、3分野(化学・バイオ系)では「化学反応と熱エネルギー」について実験を通して授業を行っています。時代にあった社会問題に着目し、共通のテーマを様々な方面・分野から考え問題解決に向け検討することは、将来科学技術者を目指す生徒には大切なことであり、それぞれの専門分野の連携の重要性も理解できます。

3 授業の詳細

科学技術と人間の授業構成、授業内容を次に示します。

「構成」

- ① 単位数・・・2単位
- ② 1学年全員が履修

- ③ 2クラス3班編成
- ④ 専門教科の教員が担当
- ⑤ 授業・座学および実験
- ⑥ 前期・・・生徒は固定(同じ教員が担当)
- ⑦ 後期・・・生徒が各分野をまわる

「授業内容」

- 1章 科学技術の歩み
- 2章 科学技術の手法
- 3章 新エネルギー
- 4章 科学技術とエネルギー
- 5章 科学技術の表現技術

1章と2章は前期、3章からが後期となります。第4章の各分野の授業内容を次に示します。

「第1分野」

- ・エネルギー変換と効率
- ・実験 ①振り子ハンマーによる衝撃実験
 - ②仕事による水の温度上昇実験
 - ③模型スターリングエンジンの効率測定実験
 - ④風力発電効率向上実験

「第2分野」

- ・電気エネルギーの供給と消費
- ・実験 ①メタノール燃料電池 (DMFC)の性能実験
 - ②発光ダイオード (LED)の消費エネルギー実験
 - ③有機 EL の性能実験

「第3分野」

- ・化学反応と熱エネルギー
- ・実験 ①反応熱体験 (溶解熱を体験しよう)
 - ②発熱反応 (身近な発熱反応について～使い捨てカイロの原理)

第5章は3週程度(6時間)を使いプレゼンテーションを作成させ最終日に全員が発表します。

また授業の中に「文章作成課題」があり、学年と連携し小論文指導を行っています。

4 第一分野(力学系)の授業内容

第一分野の「エネルギー変換と効率」の目的を下記に示します。

- ①生活の中に利用されているエネルギーについての基礎知識を学習する。
- ②エネルギーの必要性について考え、省エネルギーについて考察する。
- ③エネルギーの変換と効率について実験を通して学習する。
- ④新エネルギーについて興味関心を持たせ、エネルギーの有効活用について考察させる。

授業は2時間続きであり、1時間目に講義を行い、2時間目に実験をする体系をとっています。講義ののち直ぐに実験をすることにより知識の定着を目指します。

まず、第1,2週目には、仕事とエネルギーについて基礎知識を学習した後、机上で行えるミニチュアのシャルピー試験機(振り子ハンマー)を使用して乾いた楊枝と湿った楊枝との振り上がり角度の比較、ジュールの実験を応用した簡単な装置を使い水温の上昇を比較し考察させます。設備の関係上1週目と2週目の実験においては2つの実験を入れ替えて行っています。

第1週 【仕事とエネルギー、変換】

「1時間目；講義」

- ①エネルギーとは何か。
- ②エネルギーの利用。
- ③仕事とは何か。

「2時間目；実験」

- ①振り子ハンマーによる衝撃実験
- ②仕事による水の温度上昇実験

第2週 【仕事とエネルギー、変換】

「1時間目；講義」

- ①仕事率(動力)とは何か。
- ②仕事とエネルギーの変換について

「2時間目；実験」

- ①振り子ハンマーによる衝撃実験

②仕事による水の温度上昇実験



写真1 振り子ハンマーによる衝撃実験



写真2 仕事による水の温度上昇実験

仕事による水の温度上昇実験方法と実験データの記入例を次に示します。授業用の実験プリントは巻末に発表資料として添付してあります。

「実験方法」

- ①フィルムケースに一定量の水を入れ水温を計測する。
- ②電気ドリル（電気）、自転車（人力）、扇風機（風力）の順に羽根車を回転させる。
- ③一定時間、羽根車を回転させたのち水温を計測する。
- ④実験データより考察する

「実験データの記入例」

[単位：℃]

	実験前	実験後	温度差
電動ドリル	20.7	22.6	1.9
自転車	20.5	21.2	0.7
扇風機	20.5	21.0	0.5

振り子ハンマーによる衝撃実験の方法と実験データの記入例を下記に示します。

「実験方法」

- ①試験片の中心にマークを付ける。
- ②ハンマーを 90 度引き上げ、ゆっくりとし

振り上げ 角度を計測する。（誤差の確認）

- ③振り子ハンマーが試験片の中心に衝突するように台に置く。
- ④振り子ハンマーと指針を 90 度引き上げ、ゆっくりと手を放す
- ⑤振り上がり角度を計測する。（5 本）
- ※2 種類の試験片（乾式、湿式）を各 5 本
- ⑥実験データより考察する。

「実験結果の記入例」

[単位：度]

	1	2	3	4	5	平均
乾式	82	80	80	79	78	78
湿式	78	73	70	73	72	73

第1週と第2週の課題として、次の項目について考察させ、最後に文章を作成させます。

「振り子ハンマーによる衝撃実験」から

- ①振り上げ角度と振り上がり角度に差がある原因について
- ②乾いた楊枝と湿った楊枝の振り上がり角度の違いについて

「仕事による水の温度上昇実験」から

- ①羽根車が回転すると温度が上昇することについて
- ②電動ドリル、自転車、扇風機の仕事率について

※「仕事・変換・エネルギー」の3つの言葉を使って、実験結果から考察し文章を作成させる。

第3週は熱エネルギーやエネルギー効率について学習した後、スターリングエンジンと動力計などを用いて実験し効率を求め考察させます。授業内容を次に示します。

第3週 【熱エネルギーの利用】

「1時間目；講義」

- ①熱エネルギーとは

- ②熱エネルギーの利用
- ③熱エネルギーの変換
- ④内燃機関、外熱機関

「2時間目；実験」

模型スターリングエンジンの効率測定実験



写真3 模型スターリングエンジンの効率測定実験

実験方法と実験データの記入例を示します。

「実験方法」

- ①実験装置を水平の場所に設置し、デジタル秤を0[g]に設定する
- ②ガスバーナーにて加熱ヘッドを加熱し暖気運転させる
- ③暖気運転停止 2 分後、加熱ヘッドを 20 秒加熱し運転させる
- ④次の項目について計測を行う
 - ・回転開始から停止までの時間 (t)
 - ・デジタル回転計にて回転数 (n)
 - ・デジタル秤にて力 (F)
- ⑤運転停止後 1 分間自然冷却させる
- ⑥再度実験を行う (2 回)
- ⑦実験データより考察する

「実験データの記入例」

	運転時間:	秤の表示:	回転数:
	t[s]	F[g]	n[rpm]
1回目	59	3.4	648
2回目	54	3.1	868
3回目	65	3.0	845

	効率: η [%]
1回目	2.24
2回目	2.50
3回目	3.01
平均	2.58

効率を求める計算式は、巻末にある授業用の実験プリントを参照してください。

第3週の課題として、次の項目について考察させ、最後に文章を作成させます。

「模型スターリングエンジンの効率測定実験」から

- ①バーナーの熱エネルギーを利用と仕事率（動力）について
- ②「外部からの仕事＝有効な仕事＋損失」について
- ③計算による効率の求め方について
- ④一般エンジンと新しいエンジンの効率について

※「化石燃料から新エネルギーへのシフトの必要性について」、実験結果から考察し文章を作成させる

第4週目は新エネルギーの風力発電について学習した後、発電効率を上げるように数種類のブレードを製作させ効率を求め考察させます。

第4週 【新エネルギーの利用】

「1時間目；講義」

- ①新エネルギーの利用について
- ②新エネルギーの効率について
- ③風のエネルギーの利用について
- ④風力発電について

「2時間目；実験」

風力発電効率向上実験

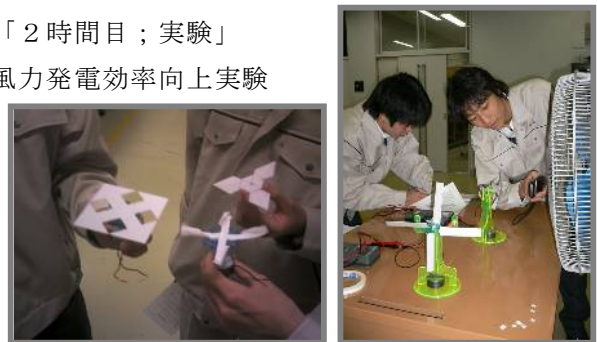


写真4 風力発電効率向上実験

実験方法と実験データの記入例を示します。

「実験方法」

- ① スチレンペーパー (100×100) を 1 枚使って、風力発電用の羽根を工夫して製作する
- ② 羽根の投影面積：A[m²]を求める
- ③ 製作した羽根を簡易風力発電実験装置に両面テープを使って取り付ける
- ④ 簡易風力発電実験装置を測定場所に置き扇風機のスイッチを入れる
- ⑤ 次の 3 項目について計測を行う
 - ・ 風速計にて風速：v [m/s]を計測する
 - ・ 電流計で電流値：I[A]を計測する
 - ・ 電圧計で電圧値：E[V]を計測する
- ⑥ 実験データを表に記入して効率を求める
- ⑦ 効率を向上させるために羽根を工夫して再度製作し、実験を行い効率を求める
- ⑧ 実験データより考察する

「実験データの記入例」

	面積： A[m ²]	風速： v[m/s]	電流値： I[A]	電圧値： E[v]
1回 目	0.0079	8.50	0.155	0.324
2回 目	0.0154	5.25	0.185	0.524

	効率： η [%]
羽根パターン1	1.72
羽根パターン2	7.25

効率を求める計算式は、巻末にある授業用の実験プリントを参照してください。

「実験からの考察」

- 風力発電効率向上実験から
- ① 風（流体）のエネルギーを利用について
 - ② 計算により効率を求め方について

- ③ 効率を向上させるためのブレードの工夫について
- ④ 風力発電の効率について

※ 「風力発電の国内での普及と他の新エネルギーと環境との関係性について」、実験結果から考察し文章を作成させる

5 生徒の感想

- ① 実験は楽しく、疑問を確かめるためには必要であると感じた。
- ② エネルギー変換は思っていたより効率が悪く、無駄が多いことを知った。
- ③ 効率を上げることは簡単にはいかないと感じ、将来、損失を隠すための研究がしたい。
- ④ スターリングエンジンを作ってみたいと思った。
- ⑤ ガスバーナーでなく電気を使ったほうが効率はいいと思った。
- ⑧ 生活する上で、エネルギーの利用と環境とは関係が深いと思った。
- ⑨ 温度上昇実験では、熱が逃げないように工夫して作ったほうがいいと思う。

6 まとめ

エネルギー、仕事、変換、効率、新エネルギーについて関連した指導法により、「科学技術に対する興味・関心を喚起」という学習の目的を達成しています。さらに手作りの実験装置であることにも生徒たちは興味を持ち、自分も作ってみたいという生徒も多くいた。

理論・実験実習・研究（課題研究）への一連の学習体系（3ステップ学習）は、知識の定着が図れ、また様々な分野の講義を受けたり実験することは、幅広い知識の習得に最適であると考えます。さらに文章作成の課題が実験ごとにあることは、自分の考えを表現できる力を身につけるためにも必要であると考えます。

科学技術と人間 4章 科学技術とエネルギー
第1分野 「仕事による水の温度上昇実験」プリント

1年 _____組 _____番 氏名_____

電気ドリル（電気）、風車（風力）、自転車（人力）班ごとに好きな方法で水の温度を上げてみよう。

【 結果記入 】

電気ドリル _____ °C （ _____ 上昇 _____ 下降 ） した

風車 _____ °C （ _____ 上昇 _____ 下降 ） した

自転車 _____ °C （ _____ 上昇 _____ 下降 ） した

【 考 察 】

与えられたエネルギーはすべて水の温度変化に関係していたかな？

そうでないなら、そのエネルギーはどこへ行ってしまったのだろうか。

「振り子ハンマーによる衝撃試験」

1 目的

簡易的な衝撃実験をとおして「仕事と効率」についての基礎を学ぶ。

2 実験器具

- ①簡易衝撃試験機 ②試験片(楊枝)・・・10本(乾:5本、湿:5本)

3 実験方法

振り子ハンマーを一定の角度に引き上げ、その点から自然に振り下ろすことによってテストピースを折る。その後のハンマーの振り上がり角度を測定する。

この実験を乾燥させた試験片と水分を含ませた試験片をそれぞれ5本ずつ実験する。

「詳細」①試験片の中心にマークをつける。(10本)

②ハンマーを指でつかんで90度引き上げる。このとき計測用の指針も同時に引き上げておく。

③ゆっくりとハンマーを放す。このときの振り上がり角度を計測する。

④これを数回行い、誤差を計測する。

⑤ハンマーが試験片の中心に衝突するように、試験片台にのせる。

⑥ハンマーを指針と共に90度まで引き上げ、ゆっくりと手を放す。

⑦ハンマーの振り上がり角度を計測する。

*試験片2種類(乾式、湿式)計10本について計測する(⑥、⑦の繰り返し)。

⑧実験データより考察する。

4 実験結果

【ハンマーの誤差計測】

(度)

1	2	3	平均誤差

【振り上がり角度の計測】

(度)

試験片材質	1	2	3	4	5	平均
乾式						
湿式						

5 考察

実験結果から考察して、テキスト69ページに書きなさい。

「模型スターリングエンジンの効率」

1 目的

模型のスターリングエンジンの実験をとおして熱エネルギーの効率について学ぶ。

2 実験器具

- ①模型スターリングエンジン(第1分野製作) ②動力計(第1分野製作) ③デジタル回転計
④デジタル秤(最小表示:0.1g、最大計量:120g) ⑤ストップウォッチ ⑥ガスバーナー(液化ブタン)

3 実験方法

- ①実験装置を水平の場所に設置して、デジタル秤を0gに設定する。
- ②ガスバーナーにて加熱ヘッドを加熱し、フライホイールを手で回して暖機運転させる。
- ③暖機運転停止2分後、ガスバーナーにて加熱ヘッドを20秒加熱してフライホイールを手で回して運転させる。
- ④次の3項目について計測を行う。
 - ・回転開始から停止までの時間をストップウォッチにて計測する。
 - ・デジタル秤の一番大きな表示を読み取る。
 - ・デジタル回転計をフライホイールの側面に向け一番速い回転数を読み取る。
- ④運転停止後1分自然冷却させる。
- ⑤再度、実験を行う。(③、④を2回繰り返す)

4 実験結果

【計測結果】

	t : 運転時間[s]	F : 秤の表示[g]	n : 回転数[rpm]
1回目			
2回目			
3回目			

【効率の計算】

①与えられた仕事をガスバーナーから供給された熱量として考える。・・・→ $W=427[J]$

②有効な仕事を計測結果から計算する。

$$W_E = 7.35 \times 10^{-5} \times t \times F \times n$$

$$\eta = (W_E / W) \times 100$$

5 考察

実験結果から考察して、69ページに書きなさい。

	効率 : η [%]
1回目	
2回目	
3回目	
平均	

「風力発電効率向上実験」

1 目的

風力発電の実験をとおして新エネルギーの効率向上について学ぶ。

2 実験器具

- ①簡易風力発電装置 ②風速計 ③電流計 ④電圧計 ⑤扇風機 ⑥スチレンペーパー(100×100) ⑦両面テープ

3 実験方法

- ①スチレンペーパー (100×100) を 1 枚使って、風力発電用の羽根を工夫して製作する。
- ②羽根の投影面積： $A[m^2]$ を求める。
- ③製作した羽根を簡易風力発電実験装置に両面テープを使って取り付ける。
- ④簡易風力発電実験装置を測定場所に置き扇風機のスイッチを入れる。
- ⑤次の 3 項目について計測を行う。
 - ・風速計を扇風機と発電装置の間に置き風速： $v [m/s]$ を計測する。
 - ・電流計で電流値： $I[A]$ を計測する。
 - ・電圧計で電圧値： $E[V]$ を計測する。
- ⑥実験データを票に記入して効率を求める。
- ⑦効率を向上させるために羽根を工夫して再度製作し、実験を行い効率を求める。

4 実験結果

【計測結果】

	面積： $A[m^2]$	風速： $v[m/s]$	電流値： $I[A]$	電圧値： $E[v]$
1 回目				
2 回目				

【効率の計算】

- ①扇風機からの風を羽根(ブレード)で受け仕事をしたと考える・・・→ $W = (1.2 \times A \times v^3) / 2$ [J]
- ②有効な仕事を計測結果から計算する。・・・→ $W_E = E \times I$ [J]
- ③効率を求める。・・・→ $\eta = (W_E / W) \times 100$ [%]

	羽根パターン 1	羽根パターン 2
効率： η [%]		

5 考察

- ①実験結果から考察して、69 ページに書きなさい。
- ②羽根を製作する上で、効率を上げるために工夫した点について書きなさい。