

● 優秀賞

「CO₂削減の必要性」を肌で感じ取る授業展開

奈良県香芝市立香芝北中学校 やすむら こういち
安村晃一

1 はじめに

今年はこの10月9日(土)、関東地方に上陸した台風22号を含めると、日本に上陸した台風は合計9つ。先日21号の到来で新記録の「8つ」を達成したばかりであったのに、早くもその数日後に再度の記録更新となってしまった。天気予報でもこのことが何度も報じられ、その原因は簡単に言うと「今年は太平洋高気圧が例年になく力強い」「太平洋の海水温が平年より2度以上高い」ということにあるらしい。大勢の有識者がその遠因は『地球温暖化』であるとし、「地球がおかしい」と誰もが声高に叫ぶ。

台風18号では、広島県宮島の厳島神社にある“海の廊下”が海水に浸かったとニュースは報道していた。この厳島神社の社殿は、平清盛が八百数十年前造営したものだから、造営された当時海面の高さを考えて、“海の廊下”も造られたはずである。それから現在に至るまでには、当然大きな台風や高潮もあったであろうに持ちこたえていたのが、近年年度々海水中に没したり、台風が接近するとなると、床板を外さなければならないというのは海面の上昇に他ならない。ひょっとするとその数値は、ある調査機関が発表した「23cm」以上なのかもしれない。ニュースを見た視聴者の多くはテレビの有識者と同じく「地球がおかしい」と感じる。しかし、ほとんどの人は「誰かが解決してくれるだろう」「自分が原因を作り出しているわけじゃない」という思いで、行動を起こそうとはしな

い。地球環境は日に日に悪い方向に加速度的に進んでいっているにもかかわらず、アメリカは自国の経済を優先し、ロシアは排出権取引で儲けようと考え、温暖化ガス削減に熱心ではない。我が国日本も京都会議の議長国として-6%を約束しておきながら、あまり官民挙げて努力しているようには思えないし、国民全体もそれほど関心を示さない。もし、各国の利害が絡み合う中で、調停役として削減目標の設定までこぎ着けた日本が、懸命の努力をすることなく、大幅な増加になってしまった場合、血の滲むような努力を続けているヨーロッパ各国をはじめ、京都議定書を批准した国々は我が国のことをどう見るのか、また評価するのだろうか。「何が議長国だ!」「日本は信用できない、嘘つきだ!」という声が上がらなければいいのだが。

生徒たちと『総合』の時間に、NHK特集「21世紀の課題…豊かさの限界」という番組を視聴した。その中で、国全体で取り組みを行った結果、早々と目標値の-20%をほぼ達成したドイツのことを紹介していた。ヨーロッパ全体では-7%の目標値であり、ドイツは-20%の厳しい値を設定されながらも、ドイツは着実にその成果を上げている。そのことによって「ドイツの名声は高まった」とその当時のゲンシャー外相は言う。また、その成功の秘訣は、環境を守ろうとする律儀なゲルマン魂と共に、小さい頃から徹底して躾けられるエネルギー環境教育にあるとも述べていた。

話は野球に変わるが、今年度マリナーズ、

イチローの最多安打記録達成で日本中は歓喜の渦と化した。ヤンキースの松井もすべての部門で昨年度以上の成績を上げるなどその活躍はなかなかのものである。その松井の所属するヤンキースのトリー監督が、「松井はほかの大リーガーにはない、道具を大切に、礼儀正しい日本人の“和”の心を持っている。これは、少年野球などで小さい頃から徹底して躰けられてきた賜物である。だから、私はそんな日本の“和”の心に関心を寄せざるを得ない。」というようなことを言っていたのが印象に残っている。

ドイツの人々が環境を守ろうとする気持ちが人一倍強いのも、松井選手のプレーや動作にトリー監督が“和”の心を感じるのも、小さい頃の教育、つまり躰けが大きいと言えるのではないだろうか。「三つ子の魂百まで」とはよく言ったものだ。

ところが、この「三つ子の魂百まで」という諺を持つ、我が国日本の現状はどうだろうか。少子化で極端に少なくなった子どもを、猫かわいがりしてしまい、人として大切な躰を家庭も学校も十分に行っているとは言にくい。日本全国どこへ行っても、至る処にゴミが散乱し、スプレーの落書きにも驚かなくなってしまった。日本人の「恥を知る心」「物を大切に作る心」はどこへ行ってしまったのだろうか。

我が校は開校5年目、奈良県下で最も新しい公立中学校である。香芝市当局、市民の理

解もあって、50kwh相当の太陽光発電、災害時には防災拠点となるためのプール浄水システム、木をふんだんに使用した校舎等、環境に配慮された特色のあるエコスクールである。この学校の特色を生かすと共に、生徒たちに環境を守る心を育成しようと、学年に応じた系統だったエネルギー環境教育を展開している。

その中でも、火力発電モデルを使った実験は、生徒たちの意欲、生き生きした姿勢の現れる本校の定番授業である。その実験をさらに工夫して、生徒たちが「CO₂の削減を肌で感じ取る」ことのできる、わかりやすい展開例を考えてみた。そのことについて述べる。

2 | 本校の系統だったエネルギー環境教育

本校では、2002年度より理科を中心として、総合、学活、学校行事等に関連させて、各学年の発達段階に応じた系統だったエネルギー環境教育を展開している。



●写真1/火力発電モデル実験

◎3年間を見通したエネルギー環境教育

学年	回	学 習 内 容	使用する教材
1年	①	○「エネルギー・環境」についての意識調査、アンケートの実施 ○「理科のまとめ47」を使って、地球温暖化を説明し、その原因が温室効果ガスにあることを確認する。 ○温室効果ガスを削減していこうとする世界の取り組みと、日本の現状について学習する。	・アンケート ・「理科のまとめ47」 ・新聞記事の切り抜き
	②	○火力発電モデル実験…火力発電モデル実験器を使って、発電を行う。この実験から、固形燃料のエネルギーが電気エネルギーに変わったことを確かめると共に、固形燃料の燃焼によるCO ₂ の排出量を測定する。	・火力発電モデル実験器 (ドイツ wilesco社製)

	③	○太陽光発電について…太陽光発電のしくみ, 優れている点, 問題点等を総合的に学習する。併せて, 本校の太陽光発電システムについて解説する。 ○太陽光発電演示実験	・NHK10minボックス ・「理科のまとめ48」 ・太陽光発電システム
	④	○風力発電モデルの実験…エコパワー作動実験器を使い, 風力発電モデルを組み立て, 実際に発電を確かめる。 ○バイオマスエネルギーについての学習…バイオマスエネルギーには様々なものがあり, その各地の取り組みについて知る。	・エコパワー作動実験器 (ドイツfisher社製) ・ETV特集「菜の花プロジェクト」 ・「理科のまとめ49」
	⑤	○エネルギー環境エコクイズ20大会…理科係が問題作成を担当し, ブロックを4つに分けてのポスターセッション形式のクイズ大会を行う。解答・解説を理科係が行う。成績優秀者はエコグッズの賞品で表彰する。 ○講評…学年主任のエネルギー環境問題に関する講話	・ポスターセッション形式によるクイズ ・パワーポイントによる解説ファイル
2年	⑥	○大阪ガス科学館での体験学習…大阪海洋センターへ行く途中, 大阪ガス科学館を訪れ, 施設見学, クイズ, 全体講義等を通して, エネルギー体験学習を行う。	・大阪ガス科学館の諸施設
	⑦	○大阪海洋センターでの野外活動…カッターボート, カヌー等の活動と共に, 海洋汚染に関する講義を受ける。	・大阪海洋センター諸施設
	⑧	○地球環境問題調べ学習…地球温暖化・酸性雨・オゾン層の破壊・熱帯林の減少・砂漠化・有害廃棄物の越境移動・発展途上国の公害問題・海洋汚染・野生生物種の減少のなかから, 1つテーマを決めて, 班活動による調べ学習を行う。	・図書室の関係諸本 ・エネルギーハンドブック ・大阪ガス科学館の環境ブック
	⑨	○各学級での発表会…学級にて, 学年発表会に出場する代表チームを選出する。	・各班による発表資料
	⑩	○「地球環境問題調べ学習」学年発表会…各学級の代表が出場して, コンペ形式の発表会を行い, その後優秀と思われる発表に投票し, 1~3位まで表彰する。	・投票用紙
	⑪	○エネルギー変換効率を調べる火力発電モデル実験…電流, 電圧を測定して発電量を計算し, 固形燃料が持つエネルギーの何%が電気エネルギーに変換されたかを調べる。	・火力発電モデル実験器
	⑫	○テーマ「かけがえのない地球を大切に」による作文	
3年	⑬	○絶滅してしまった動物「ニホンオオカミ」…最後のニホンオオカミが捕獲されたのは奈良県東吉野村であり, この地元と関係する動物がなぜ絶滅してしまったのかを考える。	・「理科のまとめ26」 ・「理科のまとめ27」 ・現地取材自主編集ビデオ
	⑭	○絶滅が決定してしまった動物「トキ」…昨秋, 日本で最後のトキ「きんちゃん」が死亡して, 日本のトキは絶滅してまったが, トキの繁殖に成功した中国との違いを考え, 野生生物の保護について考察する。	・「理科のまとめ28」 ・現地取材自主編集ビデオ
	⑮	○絶滅が心配される動物「アマミノクロウサギ」…人の生態系を考えない行動が, 野生動物を絶滅に追い込む1つの例がこの場合である。我々人間と野生生物との共生に必要な生き方を探る。	・「理科のまとめ29」 ・現地取材自主編集ビデオ
	⑯	○香芝北エコ新聞…エネルギー環境委員によって作成された「北中エコ新聞」のデータ(太陽光発電実績)(学校で採取した雨水の酸性度等)から, 環境について考える。	・香芝北エコ新聞
	⑰	○教科書による学習…2分野「自然と人間生活」 1分野「新しいエネルギー」	・東京書籍「新しい科学1・2分野下」

3 『CO₂削減の必要性』を肌で感じ取る 授業の展開例 上表の②①の詳細

この頃、生徒たちが目を輝かせるような実験が少なくなった。それでは今までどのような実験がそれに当たるかと問われれば、「ユージオメーターを使った爆鳴気の実験」「硫酸と水酸化バリウムの中和滴定実験」等が頭に思い浮かんでくる。生徒たちは自分たちの実験の技術が必要とされたり、動いたり、音の出る変化のある実験が好きである。残念ながら、このような楽しく、そしてやり甲斐のある実験が少なくなってきている。

生徒たちの様子を見てると、「地球環境問題」に関する視聴覚教材を何度見ても、この問題に関する文章を繰り返し読んでも、ただ単に頭の中を通り過ぎていくだけで、なかなか正しい理解に結びついていないような気がしてならない。具体的に言えば、「CO₂を自分たちの生活の中で大量に排出していること」「CO₂の増加は自分たちの生活の中で、電気を浪費していることにも原因している」ということに気づいていない。

そこで、我が校ではエネルギー環境問題学習を行うのに、以上のことを体感し、そして楽しく、わかりやすく学習できる実験器はないかと模索した。そうして出会ったのが、ドイツ製の火力発電モデル実験器である。デザイン面でも優れていて、とてもリアルでよくできているし、安全装置として警笛が鳴るのもまた生徒たちの興味をそそる。

しかし、固形燃料を燃やして発電し、ランプを点灯させたというだけでは、「CO₂削減の必要性」を生徒たちに考えさせることは難しい。そこで、実験のポイントとして、次のことを考えた。

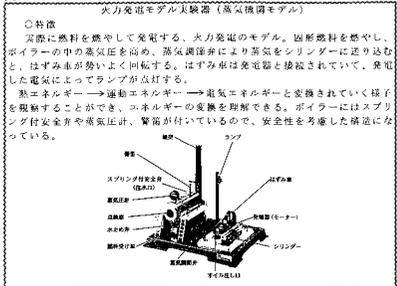
◎火力発電モデル実験のポイント(1年生)

- ① 固形燃料3個の質量を上皿天秤で測定する。
- ② 「二酸化炭素係数」という言葉の意味を知り、実験で使用した固形燃料の質量に係数(0.98)をかけて、発生したCO₂の質量を計算する。
- ③ 2学期に「気体の性質」を学習しているため、CO₂1リットル=1.8gとして、この実験によって発生したCO₂の体積を計算する。
- ④ 微量の電気を発生させるために、多量のCO₂が発生したことを体感し、電気を使うということがCO₂の増加に結びついていることを理解する。

理科のまとめ

NO. 48
エネルギー環境問題
火力発電モデル
太陽電池
太陽電池

火力発電モデル実験器(蒸気機関モデル)
1月半の前半にたいへん寒い寒波の到来で、地球温暖化の危機があまり実感として捉えられなかつたかもしれない。しかし、地球全体の確かな問題であることに違いはなく、年々その度合いは増すばかりである。前の授業で、我々が使用する電気エネルギーをつくる上でCO₂を増加させてしまい、ひいては地球温暖化に繋がっていることを学んだが、今日はそのことを身をもって体験してみよう。



	電気	灯油	ガソリン	水産
使った量	(1) 5343kWh	338.7リットル	506.7リットル	372m ³
二酸化炭素係数	(2) 0.104	0.690	0.64	0.16
二酸化炭素の量	113.2t	556kg	233kg	324kg

のように、使用したエネルギーの量にそれぞれの係数をかけると求めることができる。我々が使用した固形燃料はメタナミンという物質で、この物質の係数を0.98とすれば、

固形燃料 12.1 × 0.98 = CO₂の排出量 11.9

(上皿天秤ではかる)

CO₂は1リットル1.8gとすると
CO₂の体積は 6.6

あの小さな電灯を少しの時間つけただけで、以上のCO₂を排出させてしまったことになる。この実験から、我々が日々使っているエネルギーによって、驚くほど多量のCO₂を排出させ、地球を温暖化させていることは想像できる。

それではどのような削減方法がCO₂の排出量を押し下げてくれるのか？
その答えは、ハンドブックP.2の下部にあるグラフが示している。石油や石炭などの化石燃料による発電に比べて、新エネルギーである風力、太陽光と原子力、水力の値が低い。それでは一番排出量の少ない水力発電を優先せよとなるが、国内の大きな川にはほとんどダムは造られており、新しい余地は少なく、またダムをつくることは川の生態系を壊してしまうという問題が出てくる。それなら、水力発電の推進しようとする考えがらであるが、みんなもよく知っているように、原料の多いは多く、ウラン燃料にも限りがある。そうすると、新エネルギーの存在価値が低くなっていく。

太陽光発電の施設を持つ学校
県下広しと言えども、我々香芝北中学校の太陽光発電をしる設備をもつ学校はない。校門入って右側にあるパネルには、現在の発電量と今までに作った積算の電力量が表示されている。

現在の発電量 kwh

積算発電量 約23万 kwh

529万 kwh

●資料1/ワークシート (CO₂の質量を計算し、体積を算出する。)

○2003年度に実施したエネルギー環境の授業
 の中で、最も「CO₂の削減をしていかな
 ければ」と思ったのはどの授業ですか。

授業の内容	人数
1. 地球温暖化の講義	2
2. 火力発電モデル実験	89
3. 太陽光発電モデル実験	5
4. 風力発電モデル実験	15
5. エネルギー環境エコクイズ大会20	39

以上のように、生徒たちはこの実験に大変
 興味を示し、ほんのわずかの電気をつくるた
 めに6.6リットル（ペットボトル3.5本分）の
 CO₂が排出されてしまったことに驚くと共に、
 電気を使うことによって自分たちが大量の温
 暖化ガスであるCO₂を排出していることに気
 付いたように思われた。

また、気体の性質を学んだ後でもあり、
 CO₂の性質の復習、そして上皿天秤の扱い方
 に慣れる意味でも役だった。

このように、第1学年ではこの実験やエコ
 クイズ大会を通して、地球環境問題を意欲的
 に、そして楽しく学習できたと自負していた
 のだが、CO₂削減の大きな柱として言われる
 “エネルギー効率を高めること”“新エネルギ
 ーにシフトしていくこと”を何とか実験を行
 うことによって、体感するいい方法はないか
 と考えた。

そこで思いついたのが、火力発電モデル実
 験器のエネルギー効率を測定することである。
 第1学年では、電流や電圧の測定は行えなか
 ったが、第2学年では2学期に電気の分野を
 学習し、電流計、電圧計を扱うこともできる。
 また、学習指導要領の範囲を超えるジュール
 の公式についても「電流による発熱」の分野
 で説明してある。やや高度な内容になるが、
 定量的な実験が少ない中、工夫次第ではでき
 ることを予備実験にて確認し、実験器を一部
 改良し、実験にこぎ着けた。

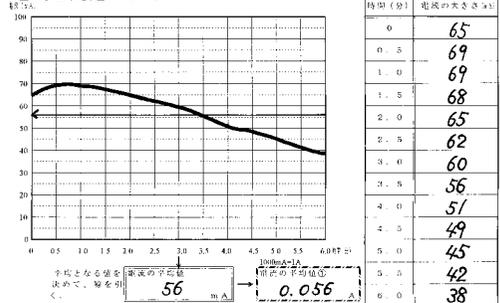
この実験でのポイントとして、次のことを
 大事にしていった。

◎火力発電モデル実験のポイント(2年)

- ①電流、電圧の大きさを30秒ごとにデジタル電流計、電圧計より読み取る。
- ②電流、電圧の変化をグラフに表示する。
- ②ジュールの公式を利用して、エネルギー変換効率を測定する。
- ③電力量を測定し、1kwhあたりの火力発電モデル実験器によるCO₂の排出量を測定し、エネルギー変換効率の大切さを実感する。
- ④また、火力発電はCO₂を大量に発生する発電方法であり、CO₂の削減に向けて新エネルギーにシフトしていくことの大切さを理解する。

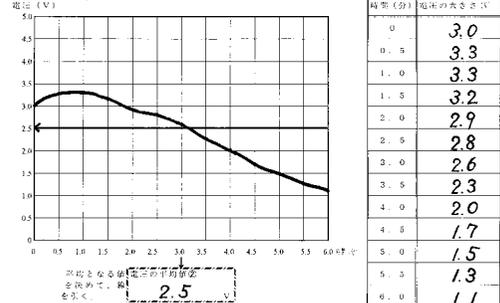
やや高度な内容になり、生徒が最後の変換
 効率等を求める段階まで進めるか心配してい
 たが、約9割の班がうまく実験をこなし、楽
 しく有意義な授業となった。実験後の生徒へ
 のアンケートの結果は資料5の通りである。

電流を測定しよう!



●資料2/電流のグラフから平均値を求める

電圧を測定しよう!



●資料3/電圧を測定しよう

理科のまとめ

NO. 36
エネルギー環境問題学習

火力発電モデル実験の
エネルギー変換効率を求めよう！

エネルギー変換効率 = $\frac{\text{電気エネルギー}}{\text{固形燃料の熱エネルギー}} \times 100$

$Q = 0.24 \times I \times R \times t \text{ (cal)}$

$\frac{12.1 \text{ cal}}{12198 \text{ cal}} \times 100 = 0.10 \%$

この実験で固形燃料3つを
燃焼させることによってできた電力量は

電力量 = $P \times \text{時間} = I \times E \times \text{時間 (Wh)}$

$0.056 \times 2.5 \times 0.1 = 0.014 \text{ Wh}$ で 12.1gのCO₂を
排出する。

もし、この火力発電モデル実験機で1kwh = 25円分の電気をつくるとすれば
(1000wh)

$12.1 \text{ g} \times \frac{1000 \text{ wh}}{0.014} = 864285 \text{ g}$

これを計算

1000whで ? g
(0.014) で 12.1g

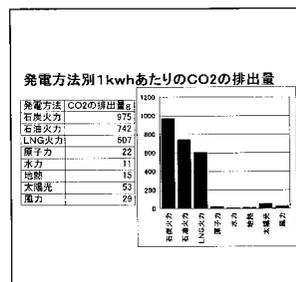
約 864 kg

また、この固形燃料は120円だから、この実験機で1kwhの電気をつくるとすれば、

$120 \text{ 円} \times \frac{1000 \text{ wh}}{0.014} = 8571428 \text{ 円}$

これを計算

1000whで ? 円
(0.014) で 120円



火力発電モデル実験の電気エネルギーへの変換率や、火力発電のCO₂排出量の多さを考えると、地球温暖化の主原因であるCO₂を削減していくためのポイントとすれば、
ポイント1
ポイント2

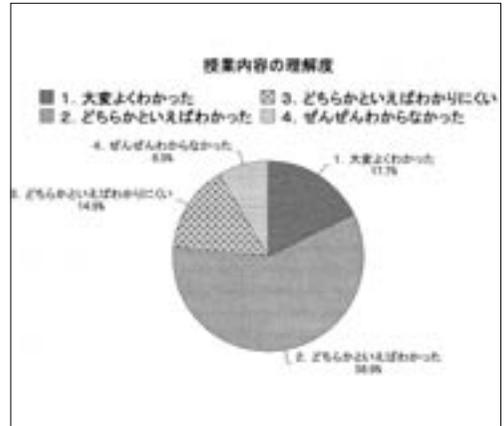
エネルギー変換効率を高める
新しいエネルギーにシフトしていく

●資料4/ワークシート (グラフから求めた平均値を計算式に入れ、変換効率を卓上で計算する)

◎エネルギー変換効率を調べる授業の展開

展開	学習活動	指導上の留意点	準備物
地球温暖化について改めて確認	・地球温暖化の主原因がCO ₂ であることを確認し、我々の生活の中で、どんな時にCO ₂ を出しているかを考えてみる。	・授業の1週間前に学級でとったアンケートの結果を「クイズ100人に聞きました」形式で予想させながら、発表していく。	・パワーポイントでアニメーション効果をかけ、答えを提示する。
火力発電モデル実験	・火力発電モデル実験器に水を入れ、油を差し、ねじ等の確認をして、トレーに火を入れる。 ・電圧、電流を測定する。	・再度火力発電モデル実験器の扱い方を復習し、注意等を与える。 ・記録用紙に測定結果の記入の仕方を説明する。	火力発電モデル実験器 記録用紙
エネルギー変換効率を求める	・平均の電流、電圧をグラフから読み取る。 ・計算式に電流、電圧の平均値を代入し、エネルギー効率、CO ₂ の排出量、コストを計算する。	・グラフから平均の電圧、電流の取り方を説明する。 ・計算方法を説明する。 ・演示実験のデータを代入し、それぞれの値を示す。	演示実験データ 「理科のまとめ36」
まとめ	・発電方法別1kwhあたりのCO ₂ 排出量を知り、火力発電の排出量が多いことに気付かせる。 ・CO ₂ の排出量を削減していくためには、エネルギー変換効率を高めることと、新エネルギーに転換していかなければならないことを理解する。	・各発電方法別のCO ₂ の排出量には大きな違いがあり、化石燃料を使った発電は大量のCO ₂ を排出することを説明する。 ・CO ₂ を削減していくための2つのポイントを示し、そのために我々が努力していかなければならないことについて考えさせる。	・発電方法別CO ₂ 排出量を表したパワーポイント

授業内容の理解度	人数
1. たいへんよくわかった	25
2. どちらかといえばわかった	83
3. どちらかといえばわかりにくい	21
4. ぜんぜんわからなかった	12



●資料5 / 授業の理解度



●写真2 / 水を入れる



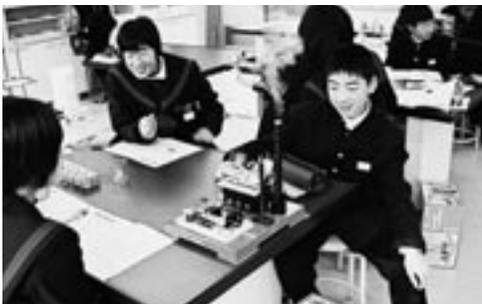
●写真3 / グリースをさす



●写真4 / 固形燃料に点火する



●写真5 / はずみ車を回す



●写真6 / 安全装置の警笛を鳴らす



●写真7 / エネルギー効率を求める実験のセット

4 おわりに

すばらしい教材に巡り会えた喜びを味わいつつ、改めてドイツの環境に対する底力に敬意を覚えた。この実験器はドイツのwilesco社製であるが、同じfisher製のエコパワー作動実験器を購入したとき、その解説書を見たとき驚いた。如何にこの製品を使い、効果的な授業を展開するか世界の主要な言語で、懇切丁寧に書かれている。またこの製品が入っていた箱にはヨーロッパ各国の国旗と、その国の言語による製品名が記載されている。

つまり、これらの教材はヨーロッパではよく知られたものであり、多くの学校の授業で活用され、よってその展開例もいろいろ研究されているのであろう。ヨーロッパ各国では環境に対する意識が高いため、このような教材が生まれ、この教材によって子供たちが環境の学習をすすめ、さらにその考えは深まっていくという相乗効果があるように思える。

その一方我が国日本はどうだろうか。CO₂削減を本気で考えるのなら、官民挙げての技術革新と共に、学校におけるエネルギー環境教育が重要である。微力ではあるが、今後とも効果的なエネルギー環境教育展開の研究に努力していきたい。