

ダイアログを用いた 「エネルギーとその有効利用」の学習法

新谷 明雲

山口県立大学 共通教育機構

Learning Method Based on Story Dialogue Exercise on Concepts of Energy and its Utilizability

Meiun SHINTANI

The General Education Division of Yamaguchi Prefectural University

Abstract

We propose a learning method on concept of energy and its effective ways of utilizability through experiments based on the story dialogue exercise. Students are motivated to do experiments through playing the roles of characters in scenario, and then easily come to understand various concepts of use such as heat and energy in physics that seem to be difficult.

Key Words : story dialogue exercise, energy-saving, energy, work, heat, temperature, energy efficiency, co-generating power

キーワード：対話の活用、省エネルギー、仕事、熱、温度、エネルギー効率、コジェネレーション

1. はじめに

本稿では、「エネルギーとその有効利用」について学習する手立てとして“対話型学習”を導入するものである。

ここでの“対話型学習”は3つのステップ

(i) 事前学習、(ii) 対話（ダイアログ）と実験、(iii) 事後学習からなる。

それぞれのステップの内容は以下のようなものである。

(i) 事前学習：

学習テーマが「エネルギーとその有効利用」であることから、1) エネルギーに関連する用語の統一と基本的なデータや情報2) 「エネルギーとは何か」の2点について事前に学んでおくものとする。ステップ(i)は「理論部分」といえる。

(ii) 対話（ダイアログ）と実験：

ここでは教師による「問題の投げかけ」のあと、あらかじめ用意された「シナリオ（台本）」を無作

為に選ばれた学生5人が役割（学生A～D、先生）を演ずる。もちろん「先生」役も学生が演ずる。6つの具体例（ここでは【その1】某宅のウォシュレット、【その2】電気ポットと電気炊飯器の上手な使い方、【その3】湯沸し器のエネルギー効率比較、【その4】簡単に無理なくできる省エネの具体例～シャワーの使い方、【その5】ガラスフィルムによる断熱効果、【その6】圧力鍋による省エネルギー効果）をめぐるシナリオを読み上げる。それぞれシナリオに基づき実験を行う。したがって、ストーリー化されたシナリオを読み実験に至る一連のプロセスが(ii)の幹をなす。学生は舞台劇を観賞し演ずるうちに実験をやってみたい気になればしめたものである。これはシナリオ（台本）の良し悪しによるだろう。このステップはいわゆる双方向学習や対話型学習とは異なる。英語で言えば *experiment motivated by story dialogue exercise* となるだろう。いわば「対話“利用”型学習」といえるかもしれない。英会話学習ではテキストの中に複数の人物が登場し、それぞれの場面に即した“よくある”会話が進行する。こ

の会話を繰り返し演ずることにより、英会話の上達をはかる。強いて違いを強調すれば、ここでのダイアログ（シナリオ）は、問題点の発掘とその共有化、そしていかに問題解決の糸口を探し当てるかに対するヒントなり道筋を示すものでなければならない。まるでさも自分の頭で考えついてかのようにしなければならぬものである。著者は大学時代にガリレオの「天文対話」[1]や朝永振一郎の「光子の裁判—ある日の夢」[2]を読み深く感動した。実際「光子の裁判」は物理学科4年生が学園祭の出し物として演ずるのを垣間見た記憶がある。これらの本ではそれぞれの役に意味づけがなされている。「天文対話」はプトレマイオスの天動説派を演ずるもの、コペルニクスの地動説派を演ずるもの、そして両者に中立な立場演ずるものが議論を演じている。ここでは先生と学生以外に特別の役割分担を組み込んではいない。登場人物は予見をもたない普通の学生とごく普通の先生である。

ステップ(ii)は(i)の「実証」部分に相当する。

(iii) 事後学習：双方向授業へ

これまでの(i)と(ii)の学習を経たあとの自由討論(フリーディスカッション)の場である。初めに議論のテーマを教師が投げかける。次に生徒の意見の集約を行う。最後に皆でそれをもとに討論する。できれば総括ないしはまとめという形で結論を得ることとする。その際、結論はあくまでも暫定的なもので絶対的ではないことを確認させる。実験そのものが結論を得るのに決定的であるかが不明確であることが歴史上多々あったからである。複数の結論や未解決の部分があればそれらもまとめの中で残しておくこととする。このステップはいわゆる「双方向授業」といわれる部分に相当する。

以上、これらの3ステップの全体を“対話型学習”と本稿では定義することとする。

以下の章で各ステップを具体的に説明する。

2. 事前学習～電気依存型社会への加速度的な変化

教育現場における“対話型学習”やそこで練広げられる議論が成立するための必要条件として、

- 1) 用語の統一と基本的なデータや情報の共有化、
- 2) 「エネルギーとは何か」についての基礎知識の習慣、

の2点があげられる。前者については、対話する人々の統一言語のようなものでコミュニケーションの成立には欠かせない。後者については、議論の活性化や理解の深度のためには欠かせない。2)の学習には市販の教科書は枚挙にいとまがないが、ここでは拙著[3]“実験による「エネルギーとその有効利用」

の学習法の開発—実験ワークシートの開発—”あげることとする。ここでは前提として生徒はすでに2)は履修済みとし、ここでは1)についてののみ言及することとする。

1) エネルギーについての用語の統一と基本的なデータや情報の共有化

①用語の整理

表1にエネルギーに関する用語を整理する。

②必要となる基礎データ～家庭における電気エネルギー依存の変化

以下に2007年の我が国のエネルギーに関する基礎データ(資源エネルギー庁ホームページより抜粋・加工)を提示する。

《2007年我が国のエネルギー消費》

← 産業部門 45%		← 民生部門 31%		→ 運輸部門 23.3%
製造業、農林水産業、鉱業、建設業	家庭部門 43%	業務部門 57%	旅客部門 61%	貨物部門 39%

(ア) 産業部門 (全エネルギー消費の45%) — 製造業、農林水産業、鉱業、建設業

(イ) 民生部門 (全エネルギー消費の31%)

1. 家庭部門 (自家用車などの運輸は除く)

・・・民生部門の43%

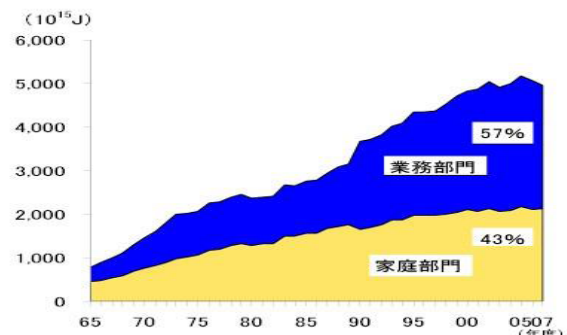
2. 民生部門 (企業の管理部門の事務所・ビル、ホテル、百貨店、娯楽業、サービス業などの第3次産業)

・・・民生部門の57%

(ウ) 運輸部門 (全エネルギー消費の23.3%)

1. 旅客部門 (乗用車、バス、鉄道など)

・・・運輸部門の61%

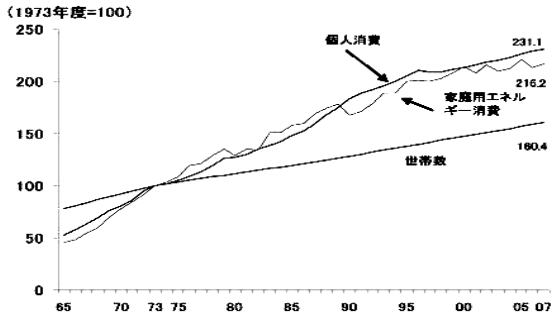


エネルギーとは？	仕事をする能力
エネルギーの分類は？	①化石エネルギーと非化石エネルギー ②再生エネルギーと枯渇エネルギー ③1次エネルギーと2次エネルギー
化石エネルギー・非化石エネルギーとは？	化石エネルギー ：生物の化石（石炭、石油、天然ガスなど）の燃焼によるエネルギー 非化石エネルギー ：自然エネルギー（太陽エネルギー、地熱エネルギー、風力エネルギー、水力エネルギーなど）、バイオマス、原子力エネルギー（ウランは化石ではない）
再生可能エネルギー・枯渇エネルギーとは？	再生可能エネルギー ：エネルギー源として永続的に利用することが可能なもの。太陽光、風力、水力、地熱、太陽熱、大気中の熱その他の自然界に存する熱、バイオマスが規定されている。 枯渇エネルギー ：有限の地球資源（化石エネルギーやウランなどの物質が含まれる）。
1次エネルギー・2次エネルギーとは？	1次エネルギー ：自然界に存在するままの形でエネルギー源となるもの。化石エネルギー（石油、石炭、天然ガス等）、自然界のウラン（235（0.72%）、238（99.27%）、再生可能エネルギー（水力、風力、太陽、地熱等、バイオマスは除く）からなる。 2次エネルギー ：1次エネルギーを変換や加工して得られるエネルギー。電気、ガソリン、都市ガス、LPガス、核燃料（6フッ化ウラン）、バイオマスから出るエタノール等。
地球上における枯渇エネルギーの埋蔵量は？	石油 45年、石炭 220年、天然ガス 58年、ウラン 68年
日本のエネルギー自給率は？ (2005 - 2006年 IEA)	4%（水力 34%、地熱・太陽光 16%、廃棄物等 32%、天然ガス 15%、石油 3%、石炭 0%）
日本の全エネルギーに占める枯渇エネルギーの依存度は？ (2005 - 2006年 IEA、震災前)	94.1%（石油 43.9%、石炭 22.1%、天然ガス 17.9%、原子力 10.2%）
電気エネルギーの一次エネルギー依存度は？ (2005 - 2006年 IEA、震災前)	石炭 25.3%、LNG 27.4%、石油等 13.1%、原子力 25.6%、揚水 1.0%、新エネルギー等 0.7%、一般水力 6.6%（原子力を含めた 93%が枯渇エネルギーに依存）

表1. エネルギーに関する用語の整理

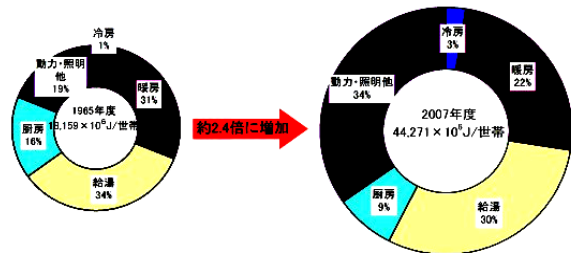
2. 貨物部門（陸運、海運、航空貨物）
 ・ ・ ・ 運輸部門の 39%

(イ) 《民生部門のエネルギー消費推移》
 家庭部門は民生部門の 43% を占める。
 《家庭部門のエネルギー消費量》

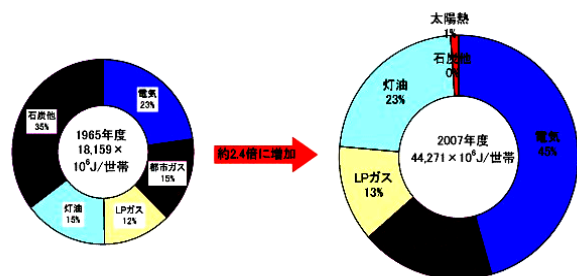


家庭部門のエネルギー消費量全エネルギー消費に占める割合は 13.3% (= 0.31 × 0.43 × 100) !
 42 年間で世帯数が 2 倍に増加：総人口は横ばいなので 世帯人員が半分に減少
 → エネルギー消費の増大
 (例 お風呂、食事、冷暖房など)

《家庭における用途別エネルギー消費割合》



家庭におけるエネルギー消費量が 2.4 倍に増加



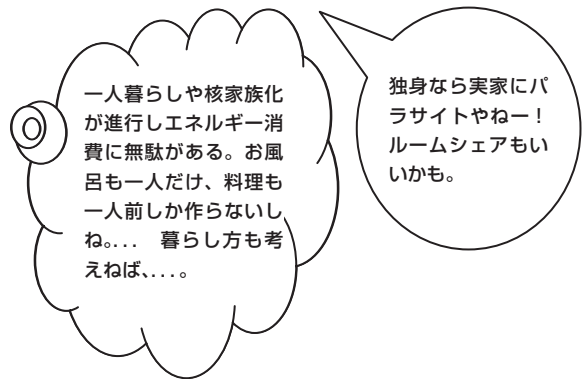
《家庭部門におけるエネルギー源の推移》

1965 年： 電気エネルギー 23%
 VS
 非電気エネルギー 77% から
 2007 年： 電気エネルギー 45%
 VS
 非電気エネルギー 55%
 (以上環境白書 資源エネルギー庁 HP より)

【1965 年】
 電気 23%
 (内訳：動力・照明 19%、熱エネルギー 4%)
 ↓
 【2007 年】
 電気 45%
 (内訳：動力・照明 34%、熱エネルギー 11%)

《 3 つの図から 42 年間の変化がよみとれる 》

- ①人口は変わらず、世帯数は約 2 倍に、エネルギー消費量は 2.4 倍に増加
- ②電気依存度は約 2 倍に増加 (絶対量では 2 × 2.4 = 4.8 倍)
- ③熱エネルギーの電気依存度は 4% (うち冷房 1%) から 11% (うち冷房 3%) と約 3 倍に増加！ (絶対量では 3 × 2.4 = 7.2 倍)



3. “対話型学習” の始まり

3-1 「エネルギーとその有効利用」～ 問題の投げかけ

現代社会は電気への過度依存型社会である。つい数十年前までは生活の大部分は電気がなくても賄えた。風呂も炊飯も暖房もそうだった。しかし近年電気がなくては何もできないような社会が生まれ生活スタイルが大きく変化してきた。電気が「便利さ」を保証してくれるからである。待機電力に意味(予約機能、時計機能)を持たせ不必要なまでに電気を使うよう巧妙に仕組まれている。誰だろう消費者の選択の結果なのだ。しかし停電になったらどうしよう？そして、電気のもととなる地下資源が枯渇した

らどうしよう？このまま電気に過度依存する生活スタイルが子々孫々への持続可能な社会の優等生と言えるのか。そこで電気の起こす問題点とエネルギーの有効な利用についてこれから考えよう。

3-2 超便利社会とは？ ～4人のゼミ学生と午後のティータイム

先生 「あなた方にとって超便利なものを想いつくまま上げてください」

コピー機付FAX、携帯電話、パソコン、ipod、インターネット、スマホ、クレジットカード、デジカメ、双方向テレビ、電子レンジ、IH調理器、電気毛布、エアコン、石油ファンヒーター、全自動洗濯機、超音波加湿器、水洗トイレ、ウォシュレット、自販機、コンビニ、保温型電気ポット、給湯器、電気炊飯器、冷凍食品、温室野菜や果物、... などなど。

先生 「なるほどデジタル社会だねえ。コンピュータを内蔵したものが多いね。」

学生A 「まだまだあるけどなあー。スマホは電話とメールそれにインターネットができて便利だよ。」

学生B 「どれも、使い方次第で妙なことになりそうだな。」

学生A 「昔から「〇〇とハサミは使いよう」って言うよね。」

学生C 「そうそう、クレジットカードは支払いが便利だけど口座残高に不足が起こると利子が高くなるらしい。」

先生 「それを不測の事態というらしい。」

学生B 「おやじギャグは止めてください。」

先生 「ローン地獄で、自殺や犯罪が起きたりで今や社会現象の一つだ。」

学生C 「個人情報の流失で、買った覚えのない請求書が来たりね。」

学生A 「ネットショッピングにも落とし穴があるし。」

学生D 「高圧送電線や電気製品の出す低周波磁場に被曝すると発がんリスクが増すらしい。妊婦さんはIH調理器は避けるべきかも。」

先生 「そうWHO（世界保健機構）の下部組織であるIARC（国際がん研究機関）は低周

IARCによる発がん評価表

ランク	分類	対象物質
1	発がん性有り	ダイオキシン、アスベスト、ベンゼン、C型肝炎ウイルス、塩化ビニール、ラドンなど87種類
2A	発がん可能性が高い	紫外線、PCB、ホルムアルデヒド、ベンゾピレンなど63種類
2B	発がんの可能性有り	DDT、クロロフォルム、 <u>4mG以上の超低周波磁場、高周波電磁場（マイクロ波）</u> 、PBB、鉛、4塩化炭素など236種類
3	発がん性有りとは分類できない	炭塵、水銀、キシレン、フェノール、蛍光、サッカリンなど483種類
4	非発がんの可能性有り	カプロラクタム(ナイロンの原料)のみ

波磁場を発がんリスク「2B（発がんの可能性あり）」にランクしているね。電気毛布は乳がんリスクが増えるというデータもあるようだ。」

学生B 「一昨年（2011年4月）ヨロイオンIARC総会）だっけ、携帯電話の出す高周波（「マイクロ波」）が「2B」に登場しました。直接染色体にダメージを与えるらしい。」

学生C 「ハイテク機器にはレアメタルが使われていて今や資源争奪戦の感がする。」

先生 「電子機器は水に弱いし、携帯からの電磁波で誤作動することもある。雷とか太陽から

の磁気嵐で狂ったりもする。1989年カナダのケベック州の水力発電所が磁気嵐の影響で停電し600万人が影響を受けたそう。近くのアメリカの原子力発電所も被害を受けあわや大惨事になるところだった。太陽の活動期には地球磁気圏が予想外の混乱をもたらす。チェルノブイリや福島に見られるように原発事故では水力発電所の場合の一過性と異なり影響が考えられないほど長期間に及ぶ。」

学生A 「怖いのは津波や地震だけじゃないわけだ。おまけにヒューマン・エラーもありうるし。考えたくないけどもし戦争が起きたら狙わ

れるのは原発かも。」

学生D 「話しは大きく変わりますが、ウォシュレットに慣れると止められないってお袋が言っていた。清潔だし温かいし。」

学生C 「県大のトイレは和式で慣れないなあ。」

学生B 「それじゃ外国では暮らせないよ。」

先生 「僕らの小さい頃は農家のおじさんが町家へ肥やしをもらいに行っていた。学校帰りに傍を通ると臭いですぐにわかったよ。荷車に積んだ桶の中身を田んぼの脇にある藁屋根のおおきな肥溜に移す。それが田舎の原風景だった。肥溜めの肥やしは時間がたつと自然に発酵し肥料（たい肥）になった。お百姓さんは肥やしをお金を出して買ったんだ。何せ質の高い有機肥料な訳だから。」

学生A 「隔世の感がします。処理していただいてお金をもらうなんて。」

学生C 「僕の祖父母がそんな話をしていました。ところで先生おいくつ？」

学生B 「和式トイレはゼロエミッション、無駄がないですね。しかもアキレス腱のストレッチにもなるらしい。」

学生C 「コンビニはちょっと多すぎやしませんか。」

学生A 「24時間営業の必要あるかな？当番コンビニもあっていいよね。」

学生D 「でも僕の場合はコンビニの夜勤はバイト代が高くして親に感謝されているかも。」

学生A 「パチンコのネオンはちょっと派手であれって電気の無駄遣い？」

学生B 「自販機は先進国でもあまり見かけないよね、ちょっと多すぎやしないか？」

学生C 「いつでもホットなコーヒーやお茶が飲めるっていいよね。」

先生 「保温や保冷のエネルギー消費はどんなかね？パチンコと自販機の話って石原慎太郎が言ってたね、原発何基分にもなるとか。」

学生C 「僕なんか自炊なので冷凍食品と電子レンジの日々フル活用。湯たんぼの加熱にも使えるし、コンビニと電子レンジに乾杯ってかんじ！！」

学生A 「季節外れのものより旬のものを食べれば太陽の恵みがいっぱい健康的な気がする。」

学生C 「でも個人の自由だし誰も止められないな。」

学生A 「温室ものより路地ものを食べよう！温室ものには余分のエネルギーがかかってるからね。」

学生C 「私たち便利さに慣れきってないかな？止められない止まらない。」

学生B 「これって人間の欲望からくるものだよな。一種の生活習慣病かな。江戸時代の人とはこ

んな便利な暮らし振りじゃなかったわけだから。こんな生活がいつまで可能なのかな？」

先生 「人間（ヒト）のあくなき欲望が文明を発展させるおもな要因だね。利便性の裏面は危険性かもしれない。何かを得ることで何か犠牲にされている。 $0 = 1 + (-1)$ という数式でもってお茶を濁すことにします。」

学生C 「超便利社会はあやうい社会か。これでなんとなくわかった気になりましたね。満足満足。」

先生 「知識というのは鵜呑みじゃ生きた力にはならないよ、確認してみて納得しなくちゃね。そこでせっかくだから君たちの作ったリストの検証作業を進めましょう！」

学生たち 「は～い。」

3-3 具体例から見た超便利社会の検証 ～ 省エネルギーになっているのか？

【その1】某宅のウォシュレット

状態（通電）	1日の消費電力量 (kWh)	1時間の消費電力 (kWh)	月額電気代（円） 1kWhを25円で
便座（切）	0.4	0.017 (17 Wh)	300
便座（中）	0.7	0.029 (30 Wh)	525
便座（強）	0.9	0.038 (40 Wh)	675

学生A 「便座を「切」の状態ですべて電気がかかるのですか？」

先生 「ウォシュレットには、便座ヒーターを切ってもお湯を常に出す準備のために別のヒーターが常に「オン」になっているからだよ。」

学生B 「もしこの国の全世帯がウォシュレットを装備したら消費電力はどうなりますか？」

学生C 「それは簡単だよ。全世帯数を5000万として、「強」で一斉に使うとすると40Wの電球を一斉に点けたことになるよ。

$40(W) \times 5000万 = 20億W = 200万kWh = 2000MW$ 」

先生 「そうなるとメガソーラーないしは大型風力発電機の2000個分、ないしは100万kW（1000MW）の標準的な原発2基分を稼働させねばならないことに相当する。」

学生A 「単にウォシュレットの使用が原発一基分に、驚き！」

【その2】電気ポットと電気炊飯器の上手な使い方

先生「朝6時に電気ポットに水を入れ沸騰させ翌朝6時に使い切り、また同じことを繰り返す場合に燃焼エネルギーと保温エネルギーの割合を求めてみましょう。」

お湯を沸かす時間 13分 (0.11時間)	消費電力 199 Wh
保温時間 23時間47分	消費電力 880 Wh

お保温割合 (%) = 82.2 (%)

学生D「保温の熱エネルギーで4.4回お湯が沸かせるぞ！」

先生「同じ実験を炊飯器で行うと」

ご飯を炊く時間 51分 (0.85時間)	消費電力 125.0 Wh
保温時間 23時間9分	消費電力 307.9 Wh

保温割合 (%) = 71.1 (%)

学生A「保温の熱エネルギーで2.5回ご飯が炊けるぞ！」

保温に大きな熱エネルギーがかかるのだから、必要な時に必要な量だけ湯を沸かしたり、炊飯すればよさそうだね！電気ポットや電気炊飯器の保温機能が無駄にエネルギーを浪費するとは予想外。驚きました！

学生C「次に進む前に、また原発の個数換算をしましょうか？」

先生「はい、お願いします。」

学生C「電気ポットの保温時は、37 Wの電球に相当する。これは前と同じで5000万世帯が一斉に保温状態にあるとき、100万kWの原発1.85基分に相当する。電気ポットとウォシュレットで原発3.85基分相当か・・・。」

先生「そのようだね。とにかく、ヒーターがついてる電気製品はどんどんエネルギーを消費する。」

【その3】湯沸し器のエネルギー効率比較

(1) 電化製品のエネルギー効率

ティファール、電子レンジ、IH調理器、電気ポットに1.5リットルの水を入れ沸騰に近くまで加熱する。

先生「あなた方の予想は？エネルギー効率の高い順に記入してください。」

1位： 2位： 3位： 4位：

先生「では！実験値を記入し「エネルギー効率A」を求めよう。」

$$100A(\%) = (\text{有効エネルギー} / \text{投入エネルギー}) \times 100$$

(投入エネルギーは、電気の場合には電気エネルギー、すなわち電力量(Wh)、ガスの場合にはブタンの燃焼エネルギー(2859kJ/mol)、有効エネルギーは温度上昇に使われた熱エネルギー)

器具	水温			水量 (g)	消費電力 (Wh)	100 A (%)
	開始	最終	温度差			
ティファール	29.5	96	66.5	1500	132	88.2
電子レンジ	30.5	92	61.5	1500	312	34.5
IH調理器	29	85	56	2000	164	79.7
電気ポット	27	96	69	2000	190	84.7

電子レンジ、電気ポット、IH調理器のエネルギー効率計算式

$$(1\text{Wh} = 3600\text{J} = 3.6\text{kJ}, 1\text{kJ} = 1000\text{J})$$

投入エネルギー (kJ)

$$= \text{積算電力計の値 (Wh)} \times 3600 \div 1000$$

有効エネルギー (kJ)

$$= \text{水温変化}(\text{℃}) \times \text{水の比熱}(4.2\text{J/g} \cdot \text{℃}) \times \text{水の質量}(\text{g}) \div 1000$$

先生「結果は

1位：ティファール 2位：電気ポット
3位：IH調理器 4位：電子レンジ

となった。」

学生そろって「電子レンジが予想外に悪かったね。」

学生B「僕は電子レンジが1位になると予想したんだが。」

学生A「僕もそう思った。しかしIH調理器も健闘しているね。」

学生D「上位3位までは大した差が無いから。ティファールは沸騰するのに時間がかからないから、気の短い人向きかも！」

学生C「親父は電子レンジでお酒をチンしてる。結構、あれって効率悪いんだね。」

学生A「熱燗なら熱めのお風呂の温度ぐらい。だから沸騰の必要ないし、電子レンジは熱燗には最適だよ。捨て湯もないしねっ。」

先生 「次にガスを使って湯を沸かしてみよう。電気のものと比較が楽しみだね。みんなも予想してご覧。消費エネルギーの計算しやす

いようにカセットコンロ（ブタン）を使うことにしよう。これだと使用前と使用後のボンベの重さを量ればガスの使用量がわかるんだよ。都市ガスだと体積表示（m³）で、

実験結果

器具（カセットコンロ）	水 温			水量 (g)	ガス使用量 (g)			100 A (%)	1 / A
	開始	最終	温度差		開始時	終了時	使用量		
鉄ヤカン（フードナシ）	27	96.5	69.5	2000	309.8	277	32.8	36.1	2.77
鉄ヤカン（フードアリ）	27	93	66	2000	322.1	288.1	34	33.1	3.02
銅ヤカン（フードナシ）	27	96.5	69.5	1500	277	252.6	24.4	36.4	2.75

実験でちょっと使ったぐらいじゃメータはさほど変化しない。プロパンのボンベだと新しい間と残量が少なくなった時とは圧力が違うので使用料を推定するのは難しい。ただし、ボンベの重さを量れば問題ないが。」

カセットコンロのエネルギー効率計算式

投入エネルギー (kJ)
 = 使用ガス量(g) / 分子量(g/mol) × 燃焼熱(kJ/mol)
 有効エネルギー (kJ)
 = 水温変化(°C) × 水の比熱(4.2J/g・°C) × 水の質量(g) ÷ 1000
 ブタン(C₄H₁₀)の分子量は58、燃焼熱は2859kJ/mol

エネルギー効率は

$$100A(\%) = (\text{有効エネルギー} / \text{投入エネルギー}) \times 100$$

で与えられる。求めた順位は

- 1 位：銅ヤカン（フードナシ）
- 2 位：鉄ヤカン（フードナシ）
- 3 位：鉄ヤカン（フードアリ）

ポイント解説

ガスコンロの周りに油除けのアルミ製フードをつけると熱が逃げていくのを妨げ、エネルギー効率が上がると予想したが、全く逆の結果になった。アルミや銅は鉄に比し熱伝導率が高く熱を吸収しやすい。「フードアリの鉄ヤカン」の場合、熱が鉄ヤカンとフードの二手の別れ、その結果最もエネルギー効率が低くなったものと推定される。フードとして断熱性の高い（熱伝導率の低い）土壁などで囲えばエネルギー効率は一段と高くなるだろう。

先生 「これで見ると、銅製やかんが最もエネルギー効率がいい。これは熱を伝えやすさ（熱伝導率）が銅と鉄では何倍も違うからなんだよ。」

学生A 「お袋が言うには、電気炊飯器の内釜が鉄製のものより銅製もののほうが炊き上がりが早いし、ふっくらおいしく炊けるらしい。上の方と底の方で炊き加減が変わらないとか。」

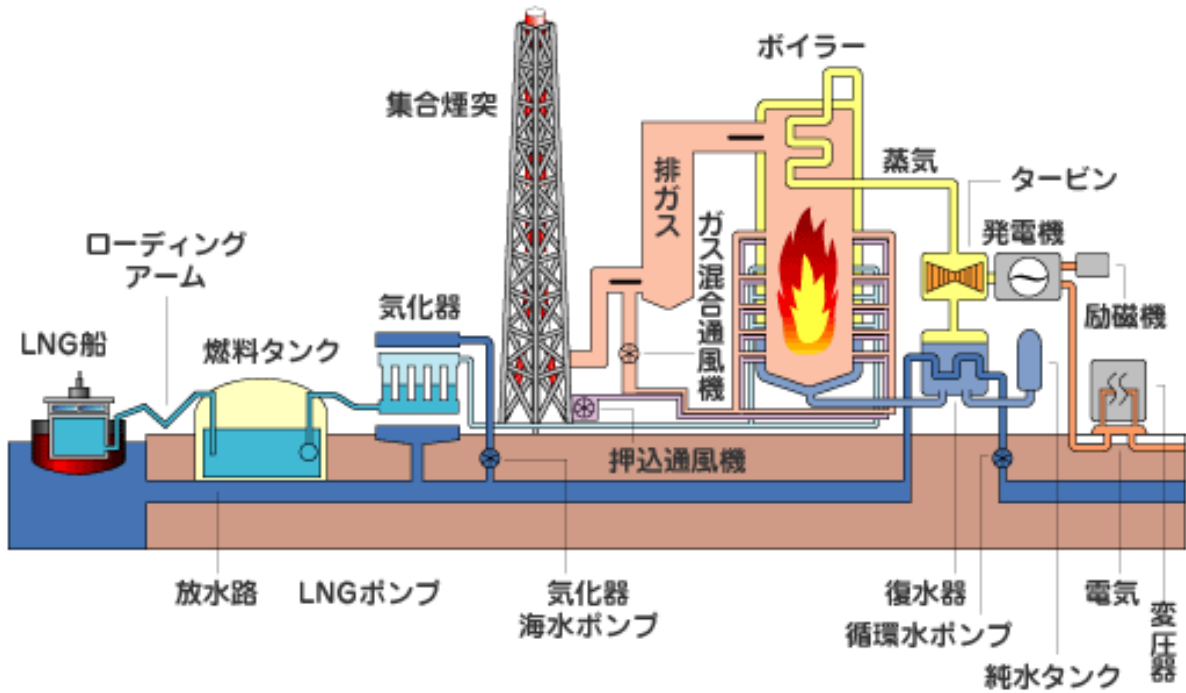
学生C 「これも熱伝導率の大小が効いてるわけか。なるほどねっ。」

学生D 「しかし、ガスは電気と比べたら効率悪いっ

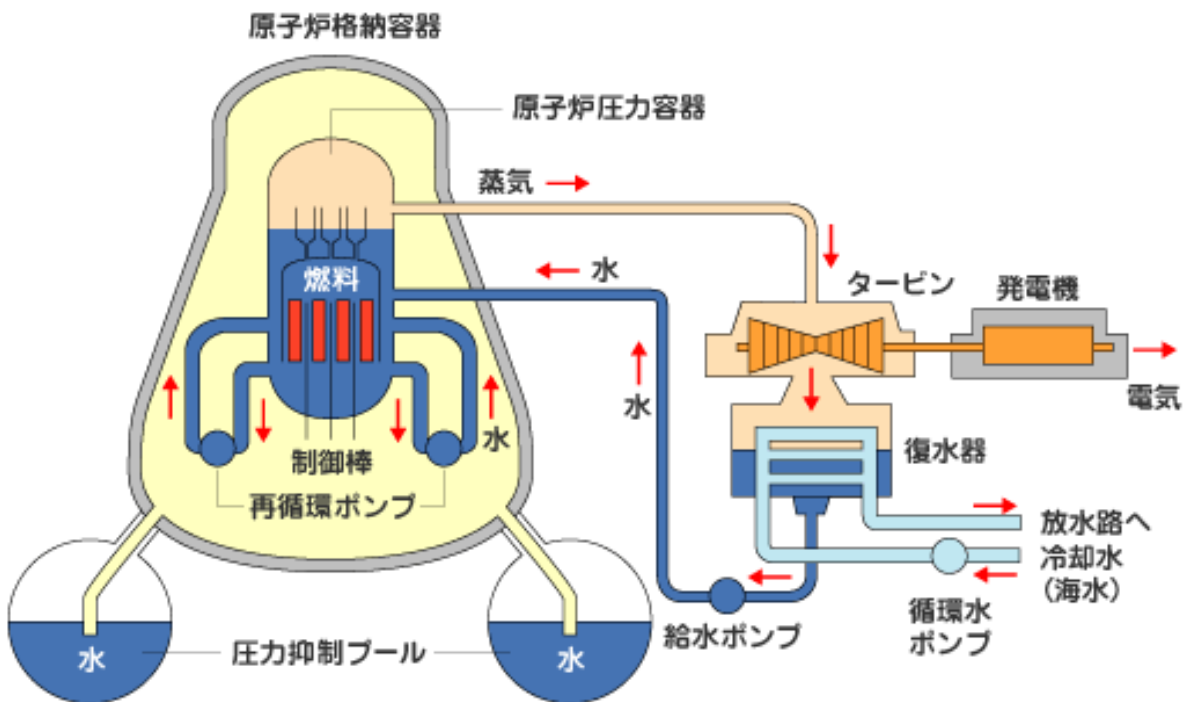
エネルギー効率（WIKIPEDIA の一部改変）

変換形態	入力エネルギー	有効出力	効率%	備 考
火力発電	化学（燃焼）	電力	40-43	石炭
コンバインドサイクル	化学（燃焼）	電力	50-60	燃料が天然ガスの場合
CHPコジェネ	化学（燃焼）	電力 熱	65-75, <98	発電効率 15 ~ 33 パーセント、総合効率で 65 ~ 75 パーセントが可能である。
原子力発電	原子力（核分裂）	電力	33	
水力発電	力学	電力	80-90	
風力発電	力学	電力	< 59	
太陽光発電	電磁	電力	5-40	普及品 15%前後、理論限界 85-90%
地熱発電	熱	電力	15-20	日本での現状、理論限界 70%

火力発電のしくみ (LNG火力)



原子力発電のしくみ



(東北発電工業社HPより転載)

すね、先生！」

学生B 「電子レンジとほぼほぼ同じだわ。やっぱ、電気はスグレモノ、ということが実証できたね。」

先生 「ほんとにそうなのかな、落とし穴は無いかい？ レッツ テイク ロダンのポーズ（考える人）！」

ポイント解説

火力発電所、原子力発電所で作られる電気エネルギーは上図に見られるように石炭・石油・天然ガスやウランなどの一次エネルギーの（火力では化学反応、原子力では原子核分裂反応）反応の結果生まれる二次エネルギーである。火力も原子力も発電所のタービンは炉内でお湯を沸かし高温高圧となった水蒸気が膨張し噴出する勢いでモータを逆回転し、電磁誘導の結果電気エネルギーが発生する。上の表でわかるように火力発電所では40%ほどしか電気エネルギーに変換されない。原子力では30%程度である。その上消費地までに送電線を通し電気エネルギーを輸送せねばならない。ジュール熱が送電線中に発生し、5%ほどの送電ロスが起こる。全プロセスのエネルギー効率を掛け合わせた「総合効率B」で考え直す必要がある。

$$\therefore \text{総合効率 } 100B (\%) = \text{発電所のエネルギー効率 } (0.4) \times \text{送電効率 } (0.95) \times 100A$$

先生 「上の式に基づき電化製品の総合効率を再計算すると

器具	100A (%)	発電所のエネルギー効率	送電効率	総合効率100B (%)	1/B
ティファール	88.2	0.4	0.95	33.5	2.99
電子レンジ	34.5	0.4	0.95	13.1	7.63
IH調理器	79.7	0.4	0.95	30.3	3.3
電気ポット	84.7	0.4	0.95	32.2	3.11

となった。さ～て最終順位はどうなったかな？」

- 1位：銅ヤカン（フードナシ）
- 2位：鉄ヤカン（フードナシ）
- 3位：ティファール
- 4位：鉄ヤカン（フードアリ）
- 5位：電気ポット
- 6位：IH調理器
- 7位：電子レンジ

先生 「驚いたかな諸君、エッヘン。電気を使う限り発電所でのエネルギー効率『40%の壁』を乗り越えられない！というわけさ。」

学生そろって 「アンビリバボー！！！」

先生 「家庭でお湯を沸かすのは『お湯の2度炊き』なんだよ。前に円グラフで示したように、家庭で使う熱のうち電気への依存度が1965年の4%から42年後の2007年には11%に羽根上がった。」

学生D 「エッ、ホント？ 実家はオール電化なので電気給湯器で貯湯してる。発電所と家とで計2回湯沸しをしてるのか、ごめんなさい地球さん！でも深夜料金で湯を沸かしてるから安くていいわ、なんて母さん言ったなあ。」

先生 「経済の論理と環境の論理は必ずしも一致しない、という典型的な例だね。」

学生A 「ところで先生、総合効率Bの逆数（1/B）はどんな意味がありますか？」

先生 「『分子の1』の大きさのエネルギーを消費するために用意する化石燃料のエネルギーが『分母のB』ということになる。『1』より大きければ大きいほど資源を浪費していることになる。」

学生A 「ということは8で1を得る電子レンジは『浪費の王様』というわけですか。」

学生C 「さっき冷凍食品と電子レンジに乾杯なあ～んって言ったけど、知らないって怖いですね。」

先生 「それで我が家では新築時にお風呂を灯油式ボイラーにしたんだ。電気式より地球にやさしそうなので。夜間蓄熱式のエコキュートやヒートポンプは従来の給湯器や冷暖房に比べれば省エネルギー性で約30%、CO2量で約50%を削減するらしい。電気型とガス型の両方が製品化されているようだが。」

学生C 「でも、ここ40年間で電気への依存度が急激に増えているんだよね。ガスや灯油や木炭を使えばいいんだけど現実には真逆のほうに進んでいますね。驚き。」

学生B 「台風で停電になったとき、わが家のガス給湯器が作動しなかった。せっかくガス式なのに、制御部に電気を使っている。巧妙ですな！」

先生 「昔はマッチでガスに着火したものだ。停電になったらマニュアル方式に切り替えられるといいよね。東日本大震災の時には、旧式の石油ストーブが飛ぶように売れたらしい。」

学生B 「自動車の窓ガラスはボタン一つで開閉するけれど、車が水没すると電気系統がやられ

脱出できなくなるそうだ。すみません、話がそれで。」

学生A 「ガス料金は高いように思うけど、みんなが使いだせばコストが下がり安くなるのかも。」

学生C 「大量生産でコスト低減か、しかし大量生産の背後には大量消費がある。賢い消費者にならんとね。」

学生B 「アメリカでは株式投資を学校で教えるらしい。我が国でも広い意味での消費者教育が必要じゃないかな。」

**【その4】 簡単に無理なくできる省エネの具体例
～ シャワーの使い方**

先生 「全員集合！問題を出します。“シャワー（湯の温度43℃に設定の電気式温水器）10分間の使用するとき消費する電気エネルギー（電力量）について、その消費エネルギーは100Wの電球何個を10分間点灯したことになるか、①10個、②20個、③50個、④100個、⑤①～④のどれでもない”の5択で答えてください。」

学生たち 「実験してみよう！」

先生 「試して合点じゃないけど、実証できなきゃ科学じゃないもんね。」

（準備）1分間の水量を測る、ないしは、1ℓとなるのに要する時間を測る。それから10分間の水量を推定する。日ごろ使っている水の温度と湯の温度を測る。これで準備完了。

【我が家の例】

2ℓを出すのに10秒かかった！ということは1分間に12ℓ、従って、10分間では120ℓ（即ち120kg）を使うことになる。（水資源を何と多く使うことか！）

水温は23℃、湯の温度は43℃だったので水温上昇分は20℃となる。湯を沸かすのに要するエネルギー（cal）は、温度差×水の質量×比熱で20℃×120kg×1（cal/℃・g）となるはず。給湯器のエネルギー効率Aを0.8（80%）として、消費する電気エネルギー（電力量）を求めるにはさらにこの逆数をかけなければならない。前に勉強したよね。

一方、100W電球1個の10分間の電力使用量は、100W×10×60（秒）で、これに電球の個数Nをかけた量が10分間の電球N個の消費電力量であるので、方程式により電球の個数Nが求まるという寸法（ただし1cal = 4.2J、W = J/秒に注意）

$$\text{消費エネルギー量} = \text{電球の消費電力量}$$

$$\begin{aligned} \text{(式)} \quad 20 \times 120 \times 1000 \times 4.2 \div 0.8 \\ = 100 \times 10 \times 60 \times N \end{aligned}$$

$$\therefore N = 210 \text{ (個)}$$

な、なーんと！縁日に参道沿いにずらっと並ぶ100軒分の屋台の電球ぐらいいかなあ！まさに「恐怖の方程式」ですね。答えは、⑤が正解！

学生たち 「おどろいたなあ…。“熱くする”のって予想外の大エネルギーがいるんですね。」

先生 「そうなんですよ。「熱くする」と今言ったけど、「物体の温度を上げること」と言ったほうが正確でね。さて、話は変わるけどみんなができる《らくらく省エネ法》にうつりましょう！“無理なく”エネルギーを減らす方法は？」

学生A 「①シャワーの回数を2日に1回にする、これは無理かな？」

学生B 「②水压を減らし水量を減らす。これはできそう。蛇口のノブを気持ちだけ最大から戻す。」

学生C 「③湯の温度を2℃下げると、41℃でどうかなあ？これで10%エネルギー削減になる！」

先生 「②と③は、エネルギーの制御可能量（質量と温度差）なのです。②と③で10%ずつ削減すると19%の削減になる（この計算分かるかな？ $1 - 0.9 \times 0.9 = 0.19$ ）、①も質量の制御可能量だが、無理をしないのが長続きする秘訣なのです！」

学生たち 「お風呂だけじゃなくて、熱がかかわる冷暖房の温度調節がいかに省エネ効果が高いか実感できました。」

【その5】 ガラスフィルムによる断熱効果

先生熱弁を振る

室内温度を夏には外気温より低く、冬には外気温より高く保つためにエアコンを使う。エアコンのフル運転を避けるには熱の出入をなくすればよい。特に、窓からは、熱が逃げやすい。これは、ガラスは熱伝導がよいため外気温に近づこうとするためである。そこで、今室温が25℃で室外が5℃とする。窓の内側ないしは外側に厚手のビニールフィルムを貼ってみよう。窓の面積 $S = 2 \text{ m}^2$ 、ガラスの厚みを $L_1 = 0.5 \text{ cm} = 5 \times 10^{-3}$ ナイロンフィルムの厚みを $L_2 = 0.5 \text{ cm} = 5 \times 10^{-3}$ とする。t秒間に、窓を通して外に出る熱量Qは

$$\text{フーリエの熱伝導の法則： } Q = \frac{k \cdot S \cdot \Delta T}{L}$$

であたえられる。ここに k は物質の熱伝導率 ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)、 ΔT は温度差で 20 ($^{\circ}\text{C}$)、 $k_1 = 0.55$ 、 $k_2 = 0.27$ とする。

【ビニールフィルムを貼る前】

$$\begin{aligned} \frac{Q_1}{t} &= \frac{k_1 \cdot S \cdot \Delta T}{L_1} = 0.55 \times 2 \times 20 \div (5 \times 10^{-3}) \\ &= 4.4 \text{ (kW)} \end{aligned}$$

即ち 1 秒間に窓を通して外に逃げるエネルギー量は、 4.4 kJ 、これは 4.4 kW の冷房をつけていることに相当する。

【フィルム貼った後】

$$\frac{Q_2}{t} = \frac{k \cdot S \cdot \Delta T}{L_1 + L_2}$$

ここで

$$\begin{aligned} k &= k_1 k_2 (L_1 + L_2) / (k_1 L_2 + k_2 L_1) \\ &= 1 \times 10^{-2} \times 0.55 \times 0.27 \div (0.55 \times 5 \times 10^{-3} + 0.27 \times 5 \\ &\quad \times 10^{-3}) = 1.485 \div 4.1 = 0.362 \end{aligned}$$

$$\therefore \frac{Q_2}{t} = 0.362 \times 2 \times 20 \div 10^{-2} = 1.45 \text{ kW}$$

従って、ナイロンフィルムによって、エネルギー損失は約 33% と約 3 分の 1 に軽減された。すなわち省エネルギー効果(断熱効果)は、67% と言える。

【合わせガラスにした時】

ガラスとガラスの間に空気 (5 mm の空気層) が入っている合わせガラス (厚さ 2.5 mm のガラス板 2 枚) の場合には、 $k_2 = 0.0241$ (空気の熱伝導率) として、合わせガラスの熱伝導率 k は

$$\begin{aligned} k &= 1 \times 10^{-2} \times 0.55 \times 0.0241 \div (0.55 \times 5 \times 10^{-3} \\ &\quad + 0.0241 \times 5 \times 10^{-3}) = 0.046 \end{aligned}$$

$$\therefore \frac{Q_3}{t} = 0.046 \times 2 \times 20 \div 10^{-2} = 0.18 \text{ kW (=180W)}$$

となり、二重ガラスによるエネルギー損失は 4.1% となり、省エネルギー効果 (断熱効果) は 95.9% という驚異的な値となる。

学生A 「熱伝導率は 2 つの物質の値の中間の値になるみたいですね。」

先生 「そうなんですよ。平均値の一種で、統計学では調和平均という名前で呼ばれていません、はい。式で書くと、

$$\frac{L}{k} = \frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2},$$

ここで $L = (L_1 + L_2)$ となります。」

学生B 「う～ん、数学ってすごいね。」

学生A 「それより、合わせガラスの断熱効果はすごいね。」

先生 「合わせガラスの工事に補助金制度があるようです。」

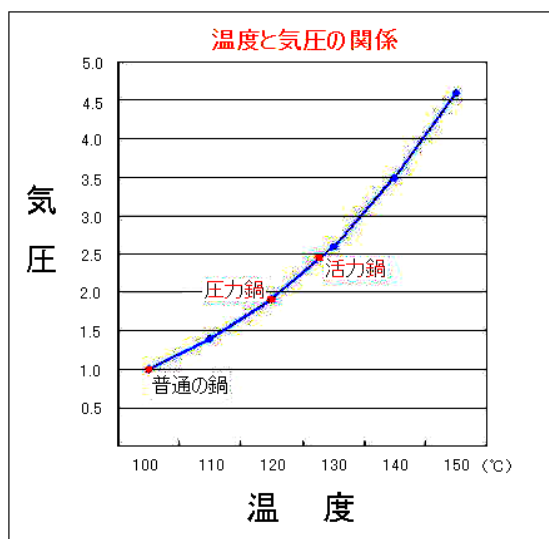
【その 6】圧力鍋による省エネルギー効果

圧力鍋とは

圧力鍋は、以下の図のように圧力が高くなると水の沸点が高くなる原理を用います。圧力鍋の中の水蒸気が外部に逃げないようにフタをしっかりと閉じることで内部の圧力を高めて、短い時間で調理ができるように工夫された調理器具のことです。圧力釜や高压鍋ともいわれます。圧力鍋は、フタを密閉することで水蒸気が逃げないようにして、鍋の中の圧力を 1.5 気圧、120 度程度にまで高めて調理します。これにより、短い時間で固い肉や魚の骨を柔らかく煮こむことが出来るなどの特長があり、材料をスピーディーに、柔らかく、かつ美味しく煮込むことが出来ます。圧力鍋を使用すれば、調理時間は通常の半分から 3 分の 1 程度に短縮され、余熱も使うことから火にかけている時間は普通の鍋の 4 分の 1 くらいになります。このため、省エネに優れたエコな鍋と言えます。また、圧力鍋には、内部の圧力が上がり過ぎないように、蒸気を外部に逃がすための弁がついており、圧力の調整が随時行われるため、比較的安心して使うことが出来ます。(説明部分と図はネットからの引用です。)

学生A 「は～い、省エネ効果は 75% ! ぶちすげえ。調理する前に注意書をよく読んでください、と注意書に書いてある。」

学生C 「高温度なので火傷など大事故につながる可能性はある。しかし使い方を誤らなければ全く問題ないらしい。どんなものでも使う前に仕様書を読む習慣が必要だ。料理教室の講習や中・高校の家庭科の授業とかで実



際使ってみるのがいいかも。」

学生B 「ちょっと聞いてみるんだけど、鍋蓋に重しを付けて煮炊きするとひょっとして圧力鍋と同じような効果が期待できませんか？何も高いもの買わなくても…」

学生D 「それは面白い発想だね！ナイスですよ。早速、飯盒炊飯で応用しよう！」

先生 「いいところに気が付きますね。ヨーロッパのどこかの国では、鍋蓋がやけに重い鍋を使っているらしい。シチューとかに使うとか。日本でも買えるそうだよ。」

4 事後学習 ～ 討論のすずめ

“ダイアログ学習”から1週間後に「50年後の未来に向けて」と題する締めくくりを兼ねて討論会を行った。“ダイアログ学習”の成果があったのか否かの振り返りを兼ねたものである。そこで出た意見を著者なりに翻訳してまとめたものをここにあげよう。ただし、この議論は3.11以降のある日の授業の一コマであることを断っておく。

【討論会「50年後の未来に向けて」】

1) 討論会への呼びかけの言葉

地球資源は有限であり枯渇が迫りつつあるという現実の中で、50年後の未来の姿を思い描くことができるだろうか？今の生活水準をはたして維持できているだろうか？核戦争が起こり死の灰が降り注ぎ人類が絶滅危惧種になっているやも…、核戦争が起こらなくとも環境破壊が進んでいるとか、高速道路を馬車が往来しローラースケートで通勤・通学する姿とか、ウムムム…、暗くない「未来」があるようにと祈りたい。未来の姿は「今」の我々の生き方次第でさまざまに変わりうる。今、消費者が“Yes” or “No”を明確に言えるかにかかっている。「電

気はクリーンで便利だし、何よりも安いから良いねえ」と言っているのか？大量消費だからコストダウンになっているだけじゃないのか？安いのがいつまでも続くはずはない、原発も止まり火力発電に依存するようになればおのずと電気料金は値上がりする。火力発電は枯渇資源が必要だからあちこちで争奪戦争が勃発するかもしれない。今こそ知恵を振り絞らねばならない。「50年後の未来にむけて」と題して皆さんの意見を述べていただきたい。

2) みんなの意見から

① 一人一人の省エネルギーへの取組

～ 使うエネルギーを減らす工夫と生活習慣の見直し、そして消費者教育の必要性」

産業、民生、運輸の各部門での省エネルギーの取組が必要である、ことは自明である。

ところで全消費エネルギーの13%である家庭部門の涙ぐましい省エネ努力がどれほど意味を持つのか、という疑念を抱くかもしれない。こまめにスイッチを切ったり、スマートメーターとにらめっこしたり、シリカ電球をLED球に取り替えたり、太陽光発電を導入したり、圧力鍋で調理したり、窓ガラスに断熱フィルムを張ったり、グリーンカーテンをひいたり、そんな努力が本当に実を結ぼうかと。どこかよそでエネルギーの垂れ流しがあるのではと。しかしである、どの部門においてもどの組織においても、エネルギー消費にあずかっているのは人間である。職場には組織の論理があるので家庭における姿勢と食い違うこともありうる。まずはその矛盾を明確に意識することは重要。個々人の意識の転換を経ずして共感の輪・世論の形成には至らない。消費者がNo!といえ、売れないものを企業は商品化しないだろう。個々の省エネルギーマインドが全エネルギー消費の削減へとつながる。その意味で賢明な消費者・生活者の道を模索しなければならない。そのための消費者教育の機会があらゆる年齢層にわたり保証される必要がある。

② 電気エネルギーへの過度依存からの脱却

～ 「熱エネルギーに対しては、一次エネルギーをそのまま使うべし」

電気エネルギーによるエネルギー利用は、クリーンであり使いやすい点はメリットである。しかし、枯渇エネルギーを消費することになる。特に熱エネルギーに電気を使うことは省エネルギーに逆行する。電気依存型社会への加速度的な変化は、地球の資産(枯渇資源)の目減りを加速度的に進める。

③ 原子力の依存からの脱却

～ 放射性廃棄物の蓄積という負の遺産 ～ 高いものにつく

汚染水や高次放射性廃棄物の処理をどうするのか？子孫への重い課題として残る。天変地異(地震・津波・巨大ハリケーン・太陽風による磁気嵐・火山爆発 etc.) およびヒューマン・エラー、戦禍等による物理的被害、サイバー攻撃によるコンピュータの誤作動による暴走。生態系への影響が計り知れなく大きく、長期化が予想される。

④ 枯渇エネルギー依存からの脱却

～ ①～③と並行し「新エネルギーの創発」「再生可能エネルギーの促進」および「エネルギーの地産地消」が考えられる。

現在、国内50数基の原発はほぼ停止し、火力発電によって電気エネルギーの大部分がまかなわれている。火力発電の燃料は天然ガスや石炭・石油であり、枯渇する有限のエネルギーある。持続可能な社会のためにはそれらへの依存の低減化が求められる。

3) 先生のでしゃばりコメント

枯渇エネルギーから再生可能エネルギーへの移行過程

埋蔵量220年の石炭については枯渇エネルギーの中でも当面有望視される。そのまま燃焼すると石炭から出る硫黄酸化物や二酸化炭素で大気汚染、酸性雨、温室効果などの環境影響が「きわめて大」である。しかし石炭資源を分留し有効な成分を抽出し液化・気化した形での技術が進められている。

電気を再生可能エネルギーでまかなうこと

電気エネルギーを再生可能エネルギーで作ることが必要となる。プラグイン・プリウス (PHV)、EV車は再生可能エネルギーによらなければ意味はない。バイオマス(木質ペレット)、小水力発電、風力発電、地熱発電、潮流発電、太陽光発電、メガソーラー発電、etc. が促進される体制の整備が必要。

法整備

例1 地熱発電：

火山国日本では、地熱発電が極めて有効である。しかし、発電所の適地は温泉地や国立公園内であることが多く、温泉地への補償問題や国立公園法などの法の改正・整備がなくして前途は開かれない。

例2 洋上風力発電：

世界有数の海洋国日本は広大な領海を持つ。洋上

に風力発電設備を浮かべ海底ケーブルを介し陸上へ送電する。この場合にも海上交通の安全確保を保証する法律の整備が必要である。

政策誘導の必要性

再生可能エネルギーの固定買取制度が昨年7月にスタートした。これまでの様な大規模発電所はいらない。しかし、さまざまな関門が立ちはだかっている。例えば、電力の発電・送電・配電の問題である。現在、各地の電力会社がこれらをすべて賄っている。ある会社が風力発電に参入しても、電力会社の送電網の利用に制限があればせっかくの発電能力がフルに発揮できず、会社の経営に影響を及ぼす。いわゆる「発電と送電の分離の必要性」の問題である。また再生可能エネルギーの固定買取制度が役目を果たし、消費者が自分に合ったサービスおよび料金体系を選択可能となるためには、発電、送電だけににとどまらず配電も切り離す必要があるかもしれない。たとえば、次のような案はどうだろうか？

(案1) 発電と配電部門は自由化し、送電は国が管理する。国は発電会社から購入(買電)した電力を送電網を介し各地の配電会社輸送する(売電)。

(案2) 発電は自由化、送電・配電は地方自治体(県レベル)が行い、エネルギーの地産地消を促進する。域内の余剰エネルギーは、他の自治体に送電し売電利益を自治体の収入源とする。

ただし、家庭で行う太陽光発電や市町村レベルの小水力発電などの小規模発電については、配電主体と売買契約を行う。

それぞれの自治体が得意分野を持ち個性豊かであることが今後ますます重要となる。その意味でも、案2のエネルギーの地産地消は地方を活性化することに繋がりうる。

再生可能エネルギーの未来図 ～ ドイツの例

東日本大震災の3.11以降脱原発を宣言し、再生可能エネルギーの割合が総発電量の20%を超えた環境先進国ドイツ連邦の政策も参考にしたい。

・2000年にドイツは再生可能エネルギー法を成立。固定価格買取制度はそれ以前に導入済み。自国の太陽光発電パネルの製造開発とその国内外への普及拡大が主な狙いでした。

・ところが、国による高い買取価格とドイツ製の半額以下の中国・台湾・韓国製品の輸入が、大きな利益を生むことに目を付けた投資家が続々太陽光発電事業に参入することになった。

・その結果、2011年には総発電量に占める再生可能エネルギーの割合は20%をこえ、原発の発電量を

上回った。一方、ドイツの太陽光発電メーカーは次々に破綻した。

- ・この年の太陽光発電は再生可能エネルギーの15.6%であったが、買取費用では全体の46% (7640億円) を占めた。太陽光発電の買取価格が風力発電等のそれを上回っているためです。
- ・買取費用は、消費者(個人、商店、デパート、事務所、工場)の負担(再生可能エネルギー賦課金)による。当初は利用者の負担は電気料金の1%程度と見込みましたが、2011年には10%を越え倒産する企業も増え、消費者の不満が増大した。
- ・2013年6月、ドイツ政府は再生可能エネルギー法を改正し、買取価格を大幅に下げることを選定した。と同時に鉄鋼業などの電力を大量に使用する企業については負担金を免除する政策を打ち出した。環境団体や太陽光パネルメーカーはこの政策に反対をしている。
- ・2020年には再生可能エネルギーは20%から35%に、2030年までに50%、2050年までに80%にまで増やすことを目標とし法律に組み入れる。そのためには太陽光発電から北海やバルト海上での風力発電(現在6か所で稼働、90か所での建設計画がある)に主力が移ると予測されている。

3.11以降のドイツの原発政策性

40基あまりのうち、1980年以前に作られた7基の原発を即時廃止させ稼働しないこと、他のすべての原子炉のストレスチェックを課した。原子炉を段階的に停止し、2022年末までに、完全に原子力発電を放棄する、とした。

そして日本は

今後の日本の歩む道を模索する上で、ドイツで起こった再生可能エネルギーへの一連の動きや、3.11以降のドイツ政府のとった原子力政策は大いに少なからず参考になるかと思えます。

ご承知のように自民党政府は原発再稼働の方向に大きく舵を切りました。原子炉規制委員会は各電力会社の再稼働申請の受付を行い審査に入っている。この点はドイツと著しく相違する。日本の方向性は皆さん一人一人の想像力と決断にかかっているといえますし、ひいてはこれからの世界の方向性と決して無縁ではないはずで。

5 おわりに

本稿で展開した「エネルギーに関する」学習法の成否は、言うまでもなくダイアログ(シナリオ)の良し悪しに大きく依存する。学生が面白いと興味を抱くことがまずは肝心である。そして何事もやってみなくちゃ分からない、やってみよう、というこ

とをひとつでも実感出来ればしめたものである。予想と現実の違いがまあるからだ。そしてどんな実験をすればよいかを考えついた時、ひとりでに心は踊り出すのである。今の教養教育の中から実験が落ちていくのは実に嘆かわしい。日本はモノづくり国家だと言う。すべては裾野で決まりはしまいか。巨大科学と言わずとも税の納税者に科学への関心理解がなければモノづくり国家の視界は極めて不良となろう。

原発は稼働せずとも毎年数兆円の経費がかかるらしい。意見としてあったのが、そうであるなら使わずに寝かしておくことはもったいない、というもの。コスト論争らしい、どこかで聞いた話だが。コストの視点からエネルギー問題を扱う、これは双方向授業にはもってこいのテーマだと思う。機会があればこのテーマで授業を行いたい。その際カギとなるのがどの基礎データを用いるかである。昨今、予習を課したうえでいきなりグループでの話し合い学習に入るといふ風潮があるが、十分な事前学習のない上での話し合い学習は大きな発展が望めない。その意味で本稿が示した学習の3ステップに対しいずれも同じ程度に時間を割くことが求められる。

本稿のシナリオは、生活科学部生活環境学科の卒業研究、家庭科教職科目「家庭電気・機械」および共通教育科目「環境問題」、地域環境アドバイザー養成講座のなかで醸成されたものであります。ここに関わられた多くの学生諸君と地域の方々に厚く御礼申し上げます。

文 献

- [1] ガリレオ・ガリレイ, 「天文学対話 上・下」 青木靖三訳 (岩波書店 1988年),
- [2] 朝永振一郎, 「光子の裁判—ある日の夢」, 「量子力学的世界像」(弘文堂 1972年) p.65 - 116 所収,
- [3] M. Shintani, Bulletin of General Education Division of Yamaguchi Prefectural University, (山口県立大学共通教育機構紀要)、Vol.4 (2013) 57-60 (実験による「エネルギーとその有効利用」の学習法の開発—実験ワークシートの開発—)

