

エネルギーロスをテーマとした探究的な環境教育の 開発・実践とその評価

石川 典¹⁾, 村上 忠幸²⁾

1) 京都教育大学大学院

2) 京都教育大学理学科 tmurakam@kyokyo-u.ac.jp

キーワード：環境，エネルギーロス，探究

(受付：2022年2月18日)

I. はじめに

筆者は、幼少期から進んでレンジャー、キャンプ活動に参加し、豊かな自然環境に親しみ、人の手が入っていない自然な姿を大切にしたいといった「自身の自然観」が形成された。環境問題については、小学生の頃、興味があった日本史を通じて知った。かけがえのない地球の自然を守るため貢献したいと考える中で、環境問題に科学が深く関与していると知った。そこで大学では応用化学を専攻し、環境問題に対してエネルギーの方略から取り組むことを学び、「自身のエネルギー視点」が形成された。大学院進学後、環境へ貢献するには、環境への意識が異なる周囲に対してアプローチし、多くの者と取り組むことが有効と考えた。

そのため、「自身の自然観・エネルギー視点」を基に探究活動を行い、その過程で得られる気づきをもとに授業をデザインし、実践することを目指した。この取り組みにより、受講者のエネルギー及び環境に対する意識変革が期待できる。また、どのようなことが、環境に対して多様な捉え方の人々に環境教育として有効なのかを評価、分析したいと考えた。

以上から、本研究の目的を2つ設定した。

- ①自身の自然観・エネルギー視点を念頭に探究を行い、自身にとって新たな気づきや視点を得る
- ②エネルギー環境教育として、①の自身の探究経験をもとに授業をデザイン、実践して評価を行う

II. 探究の過程

自身の自然観と自身のエネルギーの視点より、太陽光の利用に向けての探究（色素増感太陽電池の作成・太陽熱による水道水の加熱）を行った。特に、太陽熱による水道水の加熱実験から、薪や枯葉などの自然物を燃焼させる水道水の加熱方法では、使用量やエネルギー的に良いのかという新たな疑問が生じた。

その後、さらに自然物の燃焼による水道水の加熱以外の他の加熱方法ではどうかという新たな疑問が続いて生じたことから、これらをまとめて「水道水の様々な加熱方法」というテーマで水道水を加熱する様々な方法について以下の①～⑦を、探究的に取り組んだ。

①太陽熱による加熱

建物の屋上において、アルミシートで覆ったザルの中に、水道水を入れた容器を置き温度上昇させた。その中でより高い温度を得るために容器を黒色に塗装あるいは二重構造化するなど工夫を行った。

②自然物の燃焼による加熱（焚火）

学内で収集した自然物を燃焼させ、水道水を加熱した。

③自然物の燃焼による加熱（キャンプストーブ）

学内で収集した自然物を、キャンプストーブ内で燃焼させ水道水を加熱した。

④ガスの燃焼による加熱

カセットボンベ・コンロを用いて水道水を加熱した。

⑤電気ポットによる加熱

電気ポットで水道水を加熱し、電力量表示器によって消費電力等を計測した。

⑥電気ケトルによる加熱

電気ケトルで水道水を加熱し、電力量表示器によって計測した。

⑦IH 調理器による加熱

IH 調理器で水道水を加熱し、同じく簡易型電力量表示器によって計測した。

これらの加熱方法から得られたデータをもとに、水道水 1kg の加熱に必要な使用エネルギーを算出し、比較を行った（①は水道水 250g）（表 1）。

表 1 水道水の様々な加熱方法のデータ比較

	到達温度	所要時間	使用量	使用エネルギー	CO ₂ 排出量	変換効率
太陽熱	71.4℃	90分	-	-	0	-
焚火	100℃	16分58秒	431 g	8189 kJ	0	3.8%
ストーブ	100℃	13分24秒	175 g	3325 kJ	0	9.6%
ガス	100℃	7分46秒	22 g	1085 kJ	0.066kgCO ₂	29.2%
ポット	100℃	10分14秒	0.12kWh	432 kJ	0.06kgCO ₂	73.7%
ケトル	100℃	6分18秒	0.10kWh	360 kJ	0.05kgCO ₂	89.9%
IH調理器	100℃	8分1秒	0.15kWh	540 kJ	0.077kgCO ₂	64.3%

エネルギー変換効率は、1kg の水が得たエネルギー／加熱に使用したエネルギーで求めた。

このことから、電気ケトルでの加熱が最もエネルギー変換効率が高く、焚火が低かった。その理由として、焚火は火柱が立つことで周りや鍋を温めるという水道水以外の部分に熱（エネルギー）を使うことが主な原因だと考えられた。

また電気エネルギーを利用した加熱方法は効率が高かったものの、発電所での発電効率を加味しておらず、調査を行うと、エネルギー白書（経済産業省資源エネルギー庁、2021）より国内の発電量の多くを占める火力発電では、最高基準で発電効率 60% 程度だったため、実際は表 1 中の電気エネルギーを使用した加熱方法の変換効率は、

見せかけであることが分かった。このようなことから加熱方法の違いからの「機械的なエネルギーロス」という気づきが得られた。内容は、本来の目的・用途以外にかかるエネルギー（例に、容器・周りへの熱、光等）、エネルギーを利用する前に消えたエネルギー（例に、発電所での発電効率、運搬、製品生産等）である。

Ⅲ. 授業実践

筆者は、探究「水道水の様々な加熱方法」からエネルギーの損失について、特に「機械的なエネルギーロス」として位置づけ、新たな視点が形成された。

この気づき・視点をもとにして、エネルギー環境教育の授業デザイン化を考えていた時に、機械的だけでなく、人為的なロスもあるのではと考え、以下の調査「1. 日常の行動に関する調査（人為的なエネルギーロス）」について気づきが得られた。

これらの2種のエネルギーロスをテーマとしたエネルギー環境教育の授業を作り、受講生がその気づきや新たな視点を形成し、環境に対して前向きな意識ならびに行動の変容を期待して授業を行った。そして、アンケート調査を中心に授業分析を行い、環境教育としての評価と検討を行った。

1. 日常の行動に関する調査（人為的なエネルギーロス）

日常、コーヒーやお茶を飲む時に沸かすお湯の量をコップと電気ケトルを提示し、計量させた（教員、学生8人）。

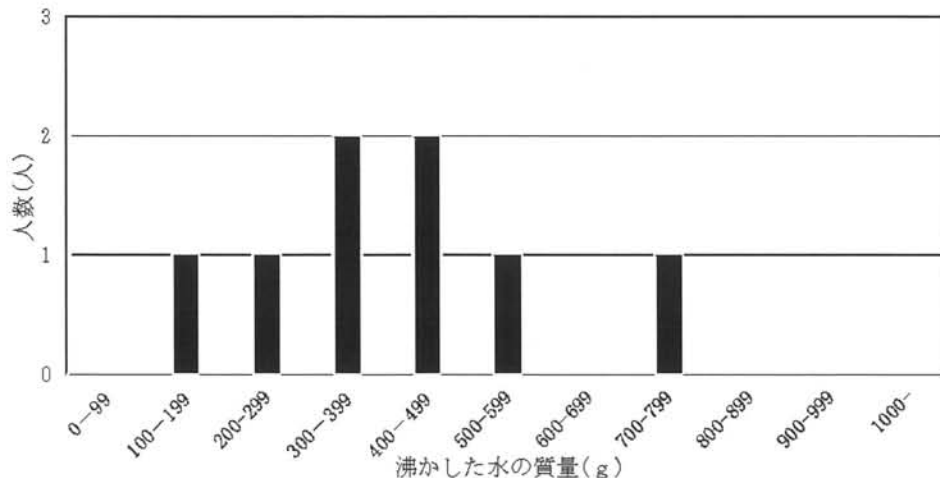


図1 水を沸かす量の度数分布図

結果は図1より、8人中7人がコップ1杯（約200mL）以上の水を計量した。お湯を余らせた場合、コップ1杯分に対して、0.95杯分（平均）のエネルギーのロスがあることになる。そしてこのことから「人為的なエネルギーロス」という気づきが得られた。内容は、人間が必要以上に使い、無駄になるエネルギー（例えば、必要以上のお湯を沸かす、誰もいない部屋の照明等）である。

2. プレ実践と授業実践

この2種のエネルギーロスをテーマとした授業をデザイン化し、受講者のエネルギーや環境への実践を行った。ここでは、授業実践①、②について記述する。

対象：大学生 計21名（5班）

※班の編成には、より活発な活動を促すためにMI（マルチプル・インテリジェンス）理論を用いたグルーピング（清水，2020）を用いて、4～5人で班を構成している。

授業日：実践① 2021年10月28日（木曜）

実践② 2021年11月4日（木曜）

【実践①】「1. 日常の行動に関する調査」と同内容で行った。各人にケトルに水を量り取ってもらった。そして各班で火おこし、焚火（探究）でお湯を沸かし、そのお湯でお茶会。その後、加熱方法①③④⑥⑦の内1つに挑戦し、エネルギー変換効率等を求めて全班で共有した。

【実践②】エネルギー変換効率の差を班で話し合い発表した。そこでは人為的なエネルギーロスについて説明し、実践①での水の調査から受講者に量り取られた水の量から人為的なエネルギーロスの具体的な試算を行った。また、発電所の発電効率にも触れ、エネルギー利用率として、機械的なエネルギーロス（発電効率含む）×人為的なエネルギーロスから算出してまとめた。

3. 実践の結果

アンケートを授業実践①前後、実践②後の計3回行った（選択式・記述式設問）。アンケート中の環境への意識を問う選択式の項目では、実践①、②を経て、受講者の中で高まりがみられた（図2）。

実践①前（i）

「普段、環境問題や環境にやさしい行動に取り組んでいると思いますか？」

実践①後（ii） 実践②後（iii）

「本日の授業を通じて、普段の生活の中で環境問題や環境にやさしい行動に取り組んでみようと思いますか？」

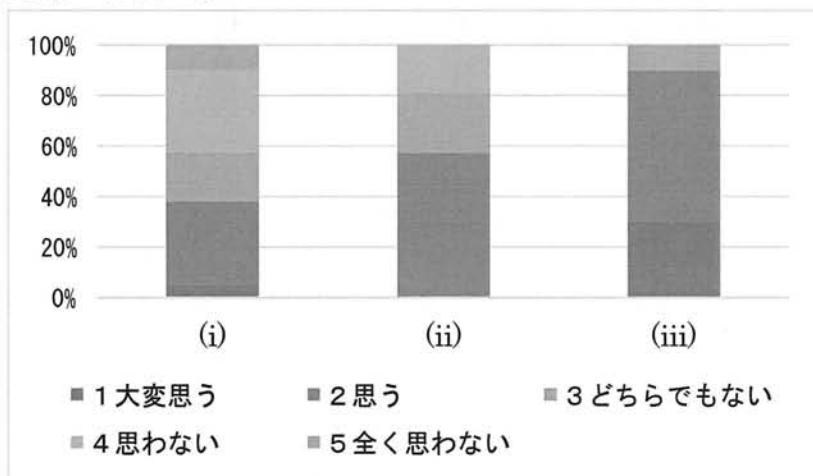


図2 実践①前後、②後の結果の比較

IV. 総合考察

アンケートの感想の自由記述から KJ 法的手段を用いて授業分析を行い、以下の 2 つの点 1, 2 が明らかとなった。なお、KJ 法とは、川喜田二郎が考案した質的研究法である（川喜多，2017）。この KJ 法は、4 つの順序（データからのラベル化づくり・ラベルからグループ構成・グループを解釈可能な形に並べる図解化・図解化を解釈した叙述化）で構成されているとした（田中，2010）。

1. 探究活動が及ぼす探究活動後の効果

探究活動を行うと、その後の活動で、受講者はその内容を意識し、自身の中で考える機会が増えることが分かった（図 3 の白矢印）。

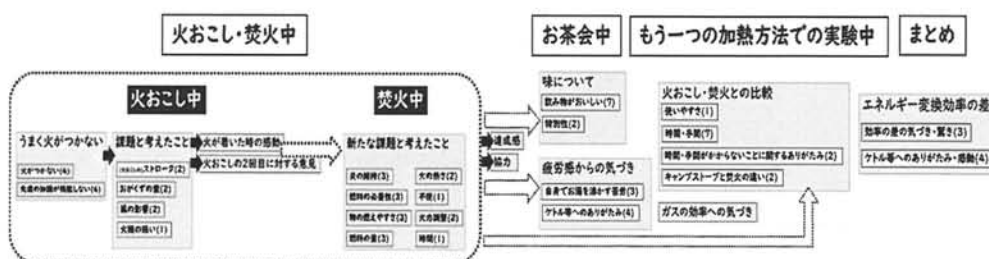


図 3 KJ 法的手段を用いた授業分析

選択式設問のアンケートでは、受講者の中に、授業実践①を受けてから②を受けるまでの間に環境への意識が高まった者がおり、授業外で考える機会が増え、自分事・身近になったからだと考えた。このことから、探究活動を行うことで視野が拡大し、解像度がより鮮明になったことで普段において自身の中で考えるきっかけになることが分かった（図 4）。

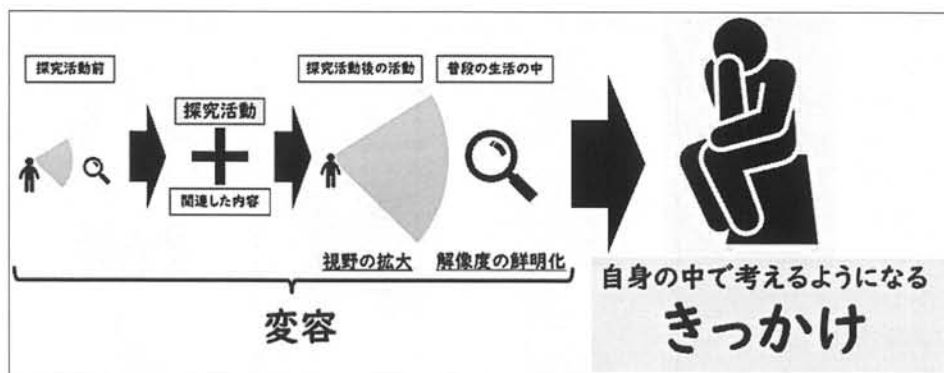


図 4 探究活動が及ぼす変容から自身の中で考えるようになるきっかけ

2. 環境教育の在り方

授業実践を受けて多くの受講者が環境への意識が高まったが、その深める要因として様々な内容が挙げられた（図 5 の右部）。

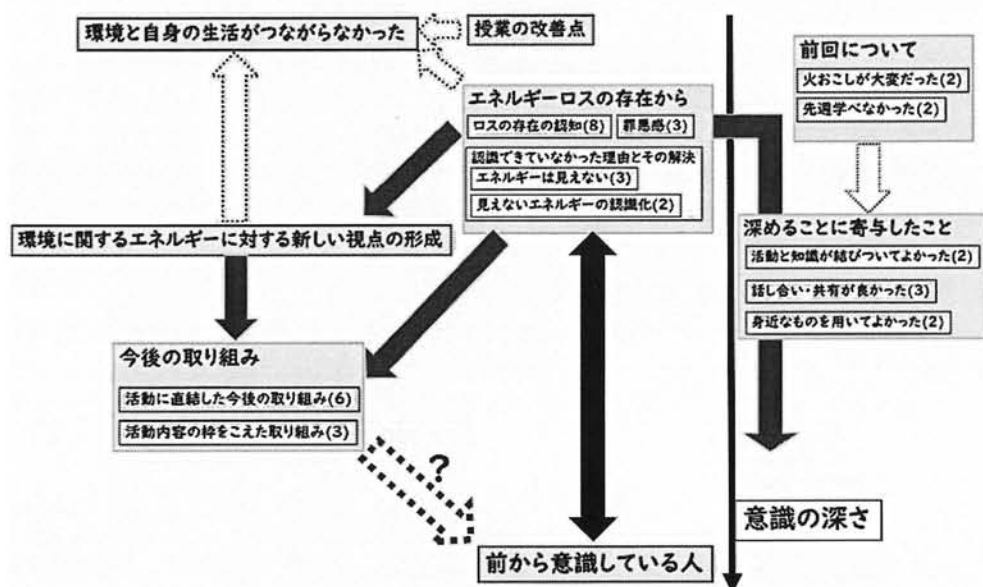


図 5 自由記述化からの授業実践②の概念図

周囲の人々が環境へ取り組まない理由としては、「日常において環境問題を、身近に感じられないことから他人事で後回しになる」、「自分が生きている間はなんとかかなりそう」、「私一人がやっても変わらないのではないかな。何が変わるのか分からない」、「コストや手間がかかり、面倒」等といった意見が挙げられている。そうした環境への多様な障壁について様々な議論があり、特に、環境教育における課題として網羅的に諸問題等が指摘されている（佐藤ほか，2017）。そうした中で本研究では、よりよい環境教育の活動とはどのようなものかを探ってきた。

環境教育の在り方として、環境に対して多様な障壁がある各人が取り組むためには、図 5 中の「深めることに寄与したこと」や多くの多様性を含んだ探究活動をより数多く行うこと、取り入れることで応えられる（深められる）可能性があることが分かった（図 6）。

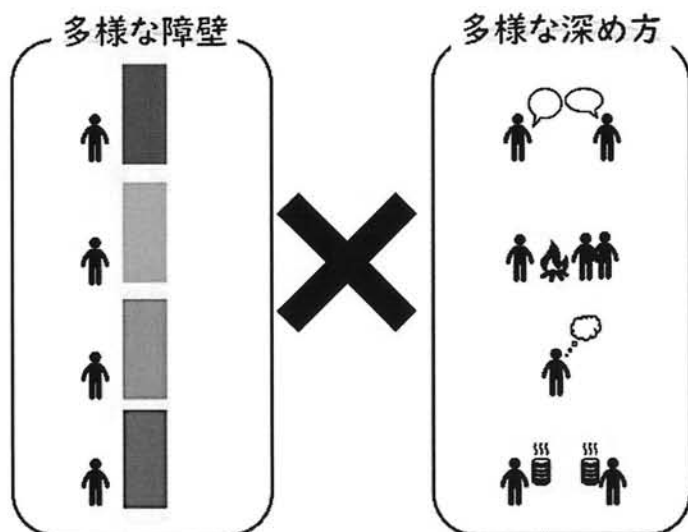


図 6 効果的な環境教育の在り方について

文献

- 川喜多二郎 2017. 発想法 改版 創造性開発のために. 中央公論新社, 240pp.
- 経済産業省資源エネルギー庁 2021. 令和2年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書 2021).
- web サイト : <https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2021/pdf/>
- 佐藤真久・田代直幸・蟹江憲史 2017. SDGs と環境教育. 学文社, 320pp.
- 清水凌平 2020. ホリスティックな学びを実現するためのマルチプル・インテリジェンス理論の活用・検討. 2019 年度京都教育大学大学院教育学研究科修士論文.
- 田中博晃 2010. KJ 法入門: 質的データ分析として KJ 法を行う前に. 『より良い外国語教育研究のための方法』外国語教育メディア学会 (LET) 関西支部メソドロジー研究部会 2010 年度報告論集, 17-29.