

エネルギーロス为主题とした環境教育の実践とその評価

石川 典^{*1}・村上忠幸^{*2}

Implementation and Evaluation of Environmental Education on the theme of Energy Loss

Ten ISHIKAWA, Tadayuki MURAKAMI

抄 録: 修論研究 (2020 年～21 年度) では大学生に向けて、エネルギーロス为主题とした環境教育を実践し、高い教育効果を得られた。それをもとにした本研究は、中学生を対象に実践を再編し、環境への意識向上から日常生活で取り組む姿勢につなげる授業開発を行った。エネルギーロスに関する実践は横浜市立中学校 (2022 年)、大阪市立中学校 (2023 年) の 2 度行った。実践前後のアンケートの選択式設問の結果より、意識は向上し、1 ヶ月後の調査では実際に授業内容外のこと
で環境に対する行動をした者が 47% に上った。それについて自由記述を元に KJ 法を用いた質的分析により、図解化した。その結果、普段の行動と環境問題を結びつける内容が有効であることが示唆された。

キーワード: エネルギー環境教育, エネルギーロス, 探究, 教科横断, 火起こし

I. はじめに

筆者は、幼少期からレンジャー・キャンプ活動を通じ、野外の動物や植物に触れ合い、動物の飼育や植物の栽培を経験した。小学校に入ると環境問題について興味を持ち、大切な自然が壊れてしまうのではと思い、危機感を持った。そして自然環境を守るための取り組みをしたいと考えようになった。その後大学で理系に進み、科学的な視点から環境について向き合った。

修論研究 (2020 年～21 年度) ではこのような自分自身が環境に向き合った経験をいかしたエネルギー環境教育を授業開発して、大学生に向けて実践し、環境への意識を高めることができた。

教員赴任後 (2022 年度横浜市立中学校, 2023 年度大阪市立中学校) は、大学院での実践をもとに、幅広い世代に対応したエネルギー環境教育の展開および環境への意識向上を視野に入れ、現在は中学生を対象に実践を行っている。

本研究は、環境教育の授業開発を行い実践しエネルギーロス为主题として日常生活の中で取り組む姿勢を育成することを目的とした。そして環境への意識向上から日常生活での環境行動へ取り組む姿勢につなげる要素を授業実践のもと検討する。

II. 実践の経過

エネルギーロス为主题とした環境教育の授業実践は異なる内容で 3 回行った。本章では実践 1, 2 について述べる (表 1)。

^{*1} 大阪市立八阪中学校

^{*2} 京都教育大学 名誉教授

表 1 今まで行ってきた授業実践について

	実施期間	対象	時間数
実践1	2021年10月－11月	大学生 21名	90分×3
実践2	2022年11月－12月	中学2年生 4クラス	50分×1
実践3	2023年9月	中学2年生 4クラス	50分×4

※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。

2.1 実践1（修論研究）

修論研究はお湯に関するエネルギーに着目し、2つの「エネルギーロス」という視点が得られた。その視点をもとにエネルギー環境教育として授業開発し、実践を行った。

2.1.1 2つのエネルギーロスについて

1つ目は「機械的なエネルギーロス」である。日常生活で水を加熱し、お湯を作る様々な方法についてエネルギーの視点で比較した。結果、水を加熱すること以外に使われたエネルギー量の違いから環境への負荷に差があることが分かった。このことより「機械的なエネルギーロス」という発想が得られた。内容は、本来の目的・用途以外にかかるエネルギー（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。

2つ目は「人為的なエネルギーロス」である。日常生活でお湯を余分に沸かしている自分の行動から気づいた視点である。周囲の人々（8人）にも調査したところ8人中7人が使用する以上のお湯を沸かしていることが分かった。このことから「人為的なエネルギーロス」という着想が得られた。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ことや氷を飲み物に入れる、誰もいない部屋の照明等）である。

2.1.2 実践の内容（大学生21名90分×3）

【1，2コマ目】「人為的なエネルギーロス」の調査同様に、各受講者が水を測り取ったのち、個人の環境への取り組みについて討議した。そして各班で火おこし、焚き火でお湯を沸かし、そのお湯でお茶会。その後、各班で水を太陽熱、ストーブ、ガス、電気ケトル、IH調理器から1つ選び、加熱し、エネルギー変換効率を求めて共有した。各班の動きを下に示す（図1）。

時間\班	1班	2班	3班	4班	5班
30分	環境への取り組みを各班で討議				
30分	火おこし 焚火	火おこし 焚火	火おこし 焚火	火おこし 焚火	火おこし 焚火
60分			お茶会	お茶会	
90分		お茶会	キャンパス ストーブ	ガス	お茶会
120分		電気ケトル			IH調理器
140分	差出なかった				
10分	各実験のデータを集め全体で共有、まとめ				

図1 各班の動き

【3コマ目】火おこしから焚き火でお湯が100℃に達するまでを10分間でデモンストレーションした。その後、前回の各班での実験データをもとに、異なる加熱方法によって生じたエネルギー変換効率の差を班で話し合い発表した。そこでは機械的なエネルギーロスについて説明した。さらに、前回の測り取った水の量から人為的なエネルギーロスの試算を行った。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、まとめた。

2.1.3 実践の結果・考察

1・2コマ目の前後（n=21）、3コマ目の後（n=20）に実施したアンケートから結果の分析、考察を行った。選択式設問の項目（5件法）の結果のうち、授業についての最終的な満足度、および授業を受けての環境に対す

る意識、行動への意欲の3項目を以下に示す（表2）。

選択肢が異なるため、最上の肯定的な回答を特に高い、その次を高いといった形でまとめた。

表2 実践1の選択式設問の結果（満足度意識、行動への意欲）

	満足度	授業を通して環境問題や環境にやさしい行動について意識したり、考えてみようと思ったか	授業を通して環境問題や環境にやさしい行動について取り組んでみようと思ったか
特に高い	25%	30%	30%
高い	70%	70%	65%
どちらでもない	5%	0%	5%
低い	0%	0%	0%
特に低い	0%	0%	0%

3項目の肯定的な回答率は95%、100%、95%と非常に高い結果となった。

その過程について自由記述から分析を行ったところ、「探究活動を通して環境について考えるきっかけとなり、自分事・身近となって、環境への意識・取り組みに対して高まりがみられたこと」、「受講者の多様な思考・障壁、ハードルを理解し、それらを具体的に捉え、多様な深め方を有する活動を行うことが多くの者にとって、効果的な環境教育の在り方」ということが分かった。

2.2 実践（教員赴任後、横浜市中学校）

教員（理科）として着任した後、中学2年生に対し大学院での実践をもとに理科と技術科を横断させたエネルギーロステーマとしたエネルギー環境教育を実践し、評価した。

2.2.1 実践の内容（中学2年生4クラス120名50分×1）

各班でペットボトルに入った水を電気・火・化学反応を使わずに5分間あたためた。ペットボトルで太陽光に当てたり、布で擦ったり、体温で温めるなどをしていった。上がった温度から、水が得たエネルギー（J）を計算した。それに合わせて100℃まであげるときに必要なエネルギーを計算した。その後日常生活で水を加熱する機器として電気ケトル、IH調理器、ガスを挙げ実演し、各加熱方法のデータを提示した。そして各班で「エネルギーがなぜ消えたのか、加熱方法によってなぜ変換効率がかわるのか」について話し合い、発表した。（3割程度の班が答えを出せていなかった）。その後、2つのエネルギーロスについて説明し、まとめた。

2.2.2 実践の結果・考察

実践の前後（n＝117）に実施したアンケートから結果の分析、考察を行った。選択式設問の項目（5件法）の結果のうち、授業についての最終的な満足度、および授業を受けての環境に対する意識、行動への意欲の3項目を以下に示す（表3）。

表3 実践2の選択式設問の結果（満足度意識、行動への意欲）

	満足度	授業を通して環境問題や環境にやさしい行動について意識したり、考えてみようと思ったか	授業を通して環境問題や環境にやさしい行動について取り組んでみようと思ったか
特に高い	22%	27%	29%
高い	48%	46%	41%
どちらでもない	25%	17%	19%
低い	3%	8%	9%
特に低い	2%	2%	2%

授業についての最終的な満足度は、肯定的な回答率が70%であった。また実践を受けて環境に対する意識、行動への意欲の2項目に関して、肯定的な回答率がそれぞれ73%、70%となり、大学院での実践に比べ、高い教育

効果は得られなかった。

要因として前の実践に比べ、火起こしや焚き火などの探究活動や自然とのつながりが少なかったことや、内容がお湯とエネルギーの関係とその計算が中心で未履修の範囲が多いことで難しく、話し合いも進まなかったためと考察した。

Ⅲ. 授業実践3

中学生を対象とした実践2では環境教育として高い教育効果が得られなかった。そのため、再び大学院での実践を中心にエネルギーロス为主题とした環境教育を再編した。

また再編にあたっては、お湯とエネルギーに関する実験を追加で行い、「お湯が、高温であるほど急激に冷めやすく、エネルギーが多く流失する性質」や「お湯の保温に向けた容器について」といった新たに得られた知見や実践前アンケートをいかした。

3.1 実践前アンケート

実践3では環境に対する行動への意欲を高めるべく、生徒の環境への行動について調査した。「環境への行動をどのようにしたいと思いますか」の項目では以下の回答が得られた（図2）。

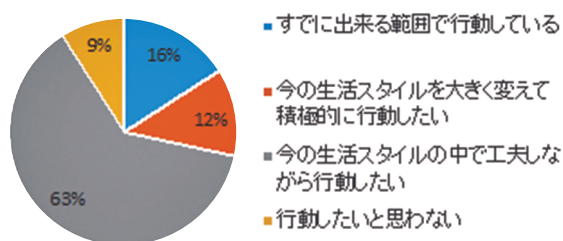


図2 実践前の環境への意識調査（行動について） n = 111

多くの者が今の生活スタイルを維持しながら取り組みたいと考えていることが分かった。そのため、実践1に行った、火起こし体験やエネルギーとお湯に関する関係を中心に図1の多くのニーズに応えるべく具体的な取り組みを取り入れることを念頭に授業デザインした。

3.2 実践の内容（中学2年生4クラス130名50分×4）

【1コマ目】火起こし体験

京都教育大学の村上忠幸が授業を行った。火起こしについての起源・方法を説明した。その後、各班で火起こし器を用いて、火起こしに挑戦し、半数程度の班が着火に成功し、まとめた。

【2コマ目】お湯の温度の保持

お湯を放置しておく温度が下がることに対し、各班がそのお湯の温度をなるべく一定時間冷めないように、探究的に様々な容器を作成し実験を繰り返し行った（図3）。また使用のお湯はガスバーナーで沸かし、どのような工夫をすれば早く沸くかについても考えながら活動した。

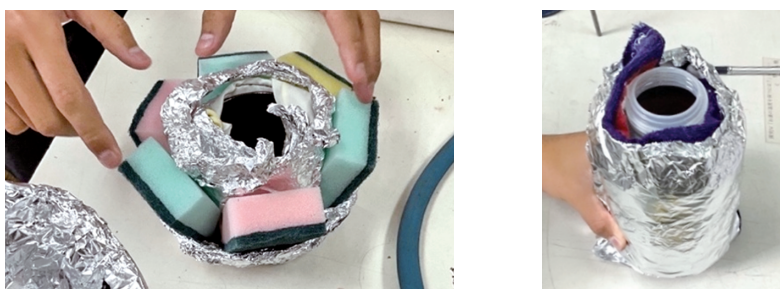


図3 班で作成した容器の例

【3コマ目】お湯の性質・エネルギー

2コマ目の各班の結果を発表し、自分の班を中心に「なぜお湯の温度が下がったのか」を考え、共有した。多くの班で、「空気中に熱が逃げた」や「容器に熱が移った」などが挙げられた。その後、温度が冷めにくかった班の工夫について触れ考える場面や、魔法瓶の紹介および「温度が下がることは、エネルギーが逃げていること」としてまとめた。また早くお湯を沸かす方法について、お湯とエネルギーの関係を学んだことをいかし、考えた。最後にデボノの帽子を用いて2コマ目、3コマ目の各班での活動の省察をした。

※デボノの帽子を用いた省察は、エドワード・デボノが考案した思考パターンを6色の帽子になぞらえる理論を探究の省察に取り入れた手法である。村上が開発し、探究プロセスの省察における自己評価を深める効果がある（清水ほか、2021）。

【4コマ目】お湯から考えるエネルギー環境

2, 3コマ目で扱ったお湯について、日常生活に基づいて話を展開し、水の加熱方法（電気ケトル、IH調理器、ガス）でエネルギーの視点で「環境」にいい方法（効率が高い）を紹介し、「なぜ加熱方法によって異なるのか」について考え、共有した。また、電力を用いる上での発電所でのエネルギー変換効率について説明し、使っているエネルギーがわずかであることを伝えた（機械的なエネルギーロス）。そして最後に、授業の最初に生徒1名に測りとりもらった水の量をもとに、普段お湯を余分に沸かすことで無駄になってしまうエネルギー（人為的なエネルギーロス）及び、排出される二酸化炭素量を求め、そのエネルギーや二酸化炭素の量を「電気～年分」や「スギの木～本分」といった分かりやすい形で試算し、まとめた。

3.3 実践の結果

実践の前（n = 111）、実践の後（n = 107）、実践から1か月後（n = 92）に実施したアンケートから結果の分析を行った。授業についての最終的な満足度は、肯定的な回答率が91%であった。実践に対しての満足度は高く、授業実践について多くの受講者が取り組めたようである。

また、環境に関する項目を実践前、実践後、1か月後の結果は表4のとおりになった。

表4 実践3のアンケートの比較

	身 近			意 識			行 動		
	実践前	実践後	1か月後	実践前	実践後	1か月後	実践前	実践後	1か月後
特に高い	24%	31%	29%	11%	34%	17%	2%	28%	19%
高い	45%	52%	56%	56%	48%	39%	32%	53%	28%
どちらでもない	18%	16%	12%	15%	18%	30%	44%	17%	33%
低い	12%	1%	3%	15%	0%	11%	19%	2%	16%
特に低い	1%	0%	0%	3%	0%	3%	3%	0%	4%

以下では、各項目の結果についての考察を行った。

3.3.1 環境問題を身近に感じるかについての調査

実践前は「環境問題を身近に感じるか」、実践後は「授業を通して環境問題を身近に感じるようになったか」、1か月後は「環境問題を身近に感じるか」について調査した。

実践後、肯定的な回答をした者が多く、環境問題を身近として捉えられるようになった場面があったと考えられる。また、実践前と1か月後の比較から効果が残っていると考えられる。

3.3.2 環境問題、やさしい行動への意識の調査

実践前は「普段、環境問題や環境にやさしい行動について意識したり、考えることがあるか」、実践後は「授業を通して環境問題や環境にやさしい行動について意識したり、考えてみようと思ったか」、1か月後は「授業を受けたあと、お湯のこと以外にも普段の生活で環境問題や環境にやさしい行動について意識したり、考えたか？」について5件法で調査した。

実践後では身近の調査に続き、授業の様々な場面を通じて多くの受講者の意識を高めることが出来た。また受講者の 56% が 1 か月内で意識したり、考えていたことが分かった。

3.3.3 環境問題、やさしい行動への行動についての調査

実践前は「普段、環境問題や環境にやさしい行動について取り組んでいると思うか」、実践後は「授業を通して環境問題や環境にやさしい行動について取り組んでみようと思ったか」、1 か月後は「授業を受けたあと、お湯のこと以外にも普段の生活で環境問題や環境にやさしい行動について取り組んだか」について 5 件法で調査した。

実践前、最も多くの答えがあったのは「どちらでもない」であり、この層の段階を上げることができるとより効果的な環境教育と言える。また、図 2 の結果と合わせると、今の生活を大きく変えずに行動できることを提示することも改めて重要であると考えられた。

実践後では、授業の様々な場面を通じて多くの受講者の行動に向けてのハードルを下げる事が出来た。行動についても問い方が異なるため直接比較はできないが、授業内容外のことに対しても何らかの形で取り組んだと肯定的な回答を答えたものが 47% に上った（この 1 か月内でのお湯への意識・行動については別の項目で 76% の肯定的な回答が得られた）。よって、半数程度の者が 1 か月以内に日常生活での環境行動へ取り組む姿勢につながることができた。

3.3.4 アンケート結果（選択式設問）

アンケートの選択式設問の結果より、実践 3 は環境教育の高い効果を得た。本実践はより充実した中学生に対応したエネルギー環境教育を展開し、行動につながった可能性がある。そのためこの授業実践において受講者がどのような学びになっていたのかを目的に分析を行った。

3.4 授業分析

高い満足度、効果を得られた実践 3 の授業分析をアンケート、ワークシートの自由記述から、KJ 法を用いて行った。KJ 法とは、川喜田二郎が考案した質的研究法である。この KJ 法を田中（2010）は、4 つの順序で構成されているとした。4 つの順序の流れは、以下のとおりである（図 4）。

- ・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

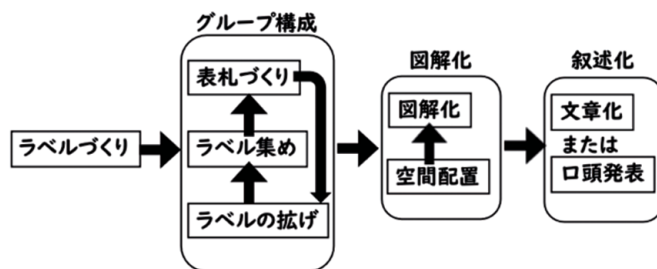


図 4 KJ 法の流れについて

3.4.1 実践3 (1コマ目)

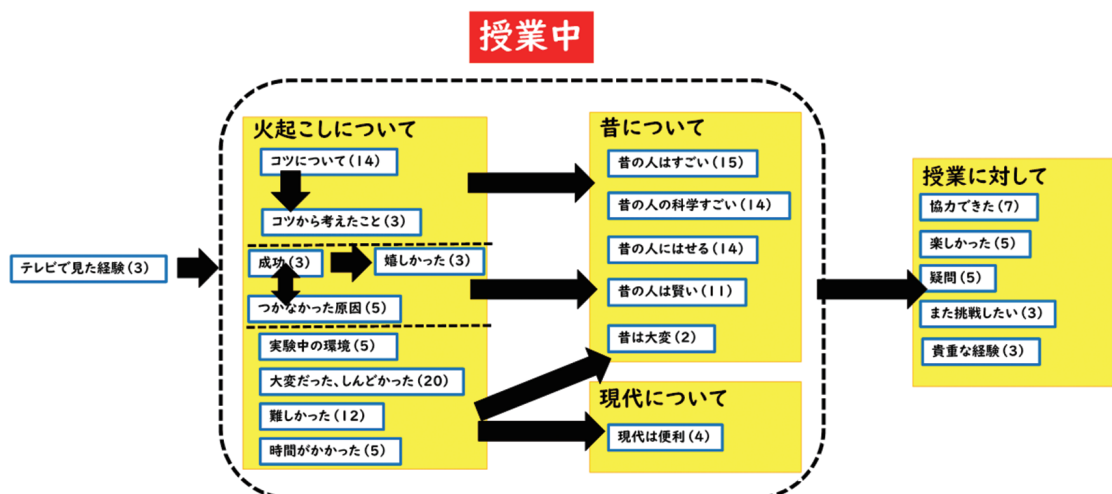


図5 自由記述からの図解化（実践3，1コマ目）

1 コマ目では「火起こし」をテーマとした授業実践を行った。概念図より（図5）、生徒は火起こしがとても大変で難しかったと感じた者が多く、日常的に火起こしをしていた昔の人々について考えたり、現代と比較していた。これによって火を得ることは大変で、火に対する見方が変容したと考えられる。

3.4.2 実践3 (2, 3コマ目)

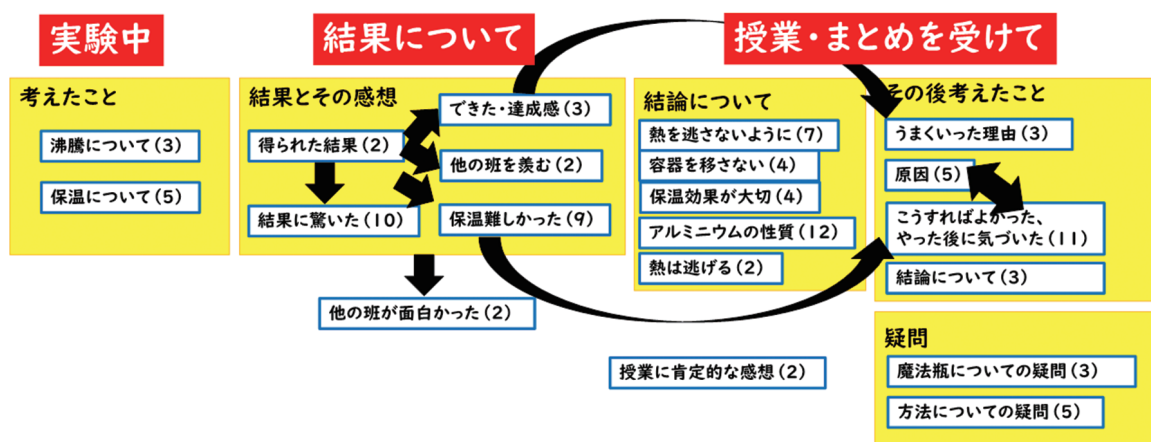


図6 自由記述からの図解化（実践3，2，3コマ目）

2, 3 コマ目では「お湯の保温」をテーマとした探究活動を行った。概念図より (図 6), 生徒は考えたことを実行し (探究), 得られた結果の理由について, 授業内の結論から推測するものが多かったようである。これによって自身の探究経験と合わせて生徒の中で内容を理解し, お湯に関する熱およびエネルギーの関係という視点が形成された可能性が高い。

3.4.3 実践3（4コマ目）

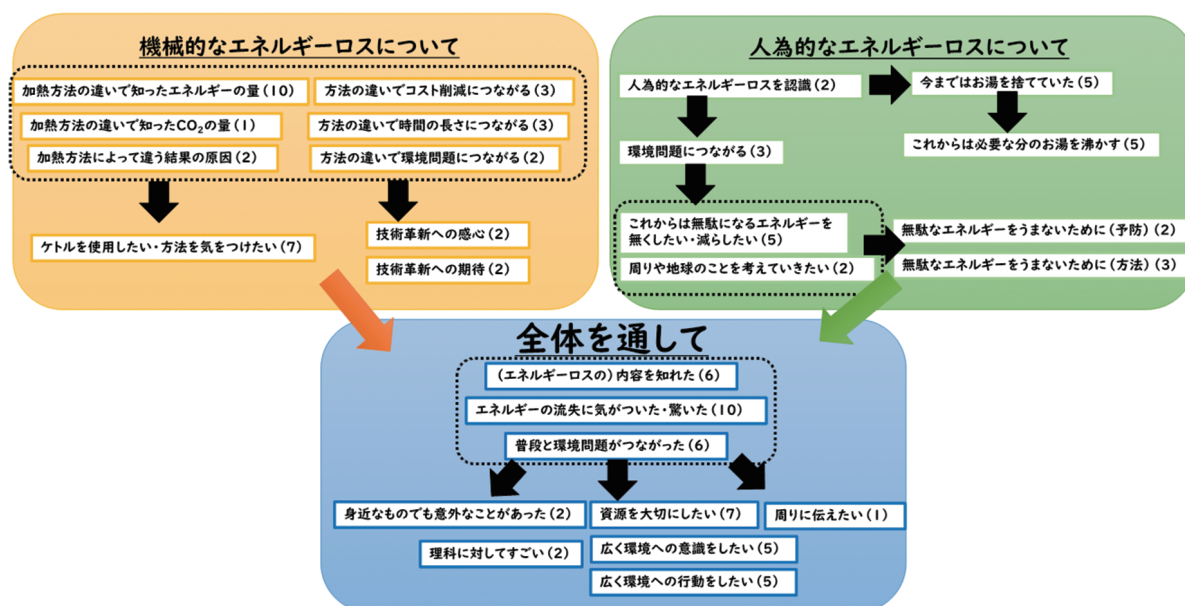


図 7 自由記述からの図解化（実践 3，4 コマ目）

4 コマ目の概念図（図 7）は、3 つに分けて分析した。機械的なエネルギーロスについては、内容を理解し、生活の中で役立てようとする意見が見られた。また人為的なエネルギーロスには、内容を理解し直接的ではあるが必要な分だけお湯をつくる意見や、それにとどまらず、無駄なエネルギーが生じないようにしたいといった意見が多く見られた。そして全体を通してこれらのエネルギーロスを気づき・理解し、普段の生活と環境問題がつながり、今後の自身の意識や行動の向上につながったと考えられる。また実践 2 との比較により、理解する上で寄与したのが前回までのお湯に関する熱およびエネルギーの関係という視点であると考えられる。

IV. 総合考察

筆者は、環境への意識向上から日常生活での環境行動へ取り組む姿勢につなげる過程について必要な要素を 1 つの形として示すことを目的に中学生を対象に実践した。その結果、1 か月後の調査では 47% の生徒が授業外のことに対しても環境に取り組んだと答えた。その学びの過程について分析し、得られたことを以下に示す。

4.1 普段の行動とのつながり

実践を行った対象の中学生は、普段の行動や身近に感じていることが環境問題とつながることで意識が向上し、行動へとつながったと考えられた。そのためより高い効果の環境教育を展開する上で受講者の実態（例えば、環境への行動をどのようにしたいと思うかについて）・ニーズを把握し、その中から普段のこと、身近なことを環境へ「つなげていくこと」を意識することが重要である。

4.2 視点の形成について

環境問題や環境にやさしい行動について、人々はその視点を所持していないと意識することや取り組むことができない。そのため視点を形成するにあたり、本実践のように積極的に提供して行くことが求められる。しかし実践 2 であったように未履修の箇所が多いと視点形成への障壁となる。しかしながら実践 3 のように火起こしやお湯の保温といった探究活動を元に段階を追って、進めて行くことで多くの者が内容を理解することができた可

能性が示唆された。その探究経験を自分事として感じ、4.1のように環境へとつながっていく可能性もあると考えられる。

引用・参考文献

藤岡達也ほか（2022）「よくわかるSTEAM教育の基礎と実例」講談社，182pp.

石川 典（2022）「環境に向かう経験をいかした探究的な環境教育の開発・実践とその評価」『京都教育大学大学院教育学研究科2021年度修士論文』

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.

佐藤真久ほか（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」『京都教育大学大学院教育学研究科2019年度修士論文』

清水凌平ほか（2021）「多様で協働的な学習活動を実現するためのマルチプル・インテリジェンス理論およびデボノの帽子の活用・実践」『教職キャリア高度化センター教育実践研究紀要 第3号』，pp. 219-225.

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』，pp. 17-29.