特集「ライフサイクル思考と環境教育 (2)」

事例論文(Case Study Research Article)

ライフサイクル思考型環境教育のeラーニングプログラムの開発と実践

平山 世志衣^{1,*}・天野 雄太¹・大内 康弘²・本藤 祐樹³Development and Implementation of Online Learning Program
for Environmental Education Based on Life Cycle ThinkingYoshie HIRAYAMA^{1,*}, Yuta AMANO¹, Yasuhiro OUCHI² and Hiroki HONDO³

Synopsis: We created a self-directed e-learning program for high school environmental education. The learners are expected to understand their indirect contribution to environmental problems such as global warming or energy consumption through this program. Life cycle thinking (LCT) is a key concept to link learners' daily activities to the environmental problems. The advantage of e-learning is that it makes possible to provide schools with an opportunity of environmental education without much extra preparation required for school teachers. This feature of e-learning is especially important for LCT based education, because the concept of LCT is usually unknown by most of school teachers. The program created is composed of two parts. In the first part, learners study the LCT concept using visual materials that describe the life cycle environmental impacts of pro-environmental behaviors, such as local production for local consumption and reuse tableware. In the second part, learners calculate the life cycle energy of their own belongings using the dedicated LCA software named 'Energy Consumption in Your Bag?!'. These learning materials can be downloaded from the website prepared for the e-learning. Approximately 500 high-school third graders studied using this self-directed e-learning program, individually during the summer break. Their teachers' role was to provide students with the follow-up quizzes to confirm what they had learned. The result of the self-assessment survey conducted after the e-learning showed that more than half of the learners became concerned about LCA. Moreover, there was the tendency that their concern to environmental problems was higher than that of the previous third graders in the same school. Furthermore, we analyzed the learners' impression statements written after the e-learning, and found that the learners who began to be concerned about LCA tended to describe more about their daily lives in their impression statements than those who were not or less interested in LCA did.

Keywords: E-learning; environmental education; high school education; life cycle thinking; self-directed learning

1. 緒言

持続可能な社会形成のために、環境教育の必要性が認識されている¹⁾。様々な形式の環境学習法が紹介・実施される中で、環境学習にライフサイクル思考 (LCT) を取り入れる試みが進みつつある²⁻⁹⁾。環境学習にLCTを取り入れる利点とも言えるべき特徴としては、学習者が直接的にかかわる現実的な世界と、産業界などの環境負荷が発生する

世界やこの影響により実質的被害を被っている地球環境を具体的に関連づけ、学習者の環境問題への間接的係わりを具体化する点、定性的な情報により評価されていた環境影響を定量化することによる重篤度合の明確化やその比較を可能にする点が上げられる。このような特徴による学習者の環境意識の向上や環境行動意図の誘導といった教育効果についても、社会心理学的なメカニズムのモデルにより解

1 NPO法人 横浜LCA環境教育研究会 / 〒220-0012 神奈川県横浜市西区みなとみらい4-7-1-2113

2 法政大学第二高等学校 / 〒211-0031 神奈川県川崎市中原区木月大町 6-1

3 横浜国立大学 / 〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-7

1 YLCA. Laboratory / 4-7-1-2113 Minatomirai, Nishi-ku, Yokohama, Kanagawa 220-0012

2 Hosei University Daini High School / 6-1 Kizukiomachi, Nakaharavku, Kawasaki, Kanagawa 211-0031

3 Yokohama National University / 79-7 Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama, Kanagawa 240-8501

* 連絡先 (Corresponding author), hirayama@xx.em-net.ne.jp

析されている¹⁰⁾。

さらに、昨今LCTを取り入れた消費活動や経済活動の評価が普及しつつある。例えば、商品の一生である原料調達から廃棄またはリサイクルまでに排出されるCO₂量を商品に表示するカーボンフットプリントは、日本においては平成21年度から平成23年度の試行事業を経て、現在800点以上の製品^{脚注1)}に認定されている¹¹⁾。また、企業等の組織の活動による温室効果ガス開示法では、組織の事業活動に必要な財やサービスなどの購入から移動、廃棄までのバリューチェーン（サプライチェーン）全体で発生する間接排出を対象とするGHGプロトコル“コーポレートバリューチェーンスタンダード（Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard）”の算定法が定められており^{12, 13)}、企業活動による環境影響の波及を評価するべきであるとの考え方が国際的動向となりつつある。このように、LCTそのものが徐々に行動規範として社会の要求となりつつある点においても、その概念を教育することは重要である。

では、環境教育はどこで誰に行われているのか。2013年に行われた環境教育基本方針の改定に向けた調査によれば、環境教育を受けた経験のある一般市民は40.5%にとどまり、このうち最も多いのは学校（17.3%）、次いで企業（12.3%）であった¹⁴⁾。故に、教育法を考案するに当たっては、学校や企業で実施することを前提とした手法を想定しなくては、その活用は難しい。学校教育に取り入れるに当たっては、限られた授業時間の中で、環境教育に充てる時間を確保する事が困難であるという事情もある。もう1つの疑問は「誰が教えるのか?」という点である。2012年の調査¹⁴⁾では、学校において環境教育に外部講師を活用する事例は2割程度となっており、新たな教育法を開発したとしても、その普及は教員がその教育法を会得する機会を得るか否かに依存する。事実、著者等は、これまで主に高校での実施を想定した環境教育プログラムを考案し³⁾、実施時の課題解決に向け様々な改良を加えてきた¹⁵⁾。しかし、このプログラムでは、LCTの概念を把握するために「LCAとは何か」を学ぶことが重要な要素となっており、学校現場の教員がこの講義を行うには、この新たな概念を教師自身が熟知する必要のあることが普及の障害となっていた。以上、LCTを応用した環境教育の普及課題を挙げてみたが、学校における環境教育プログラムとしてできるだけ教員に負担のかからないものが求められている。

昨今、質の高い教育が世界中のどこでも受けられる大規模公開オンライン講座（MOOCs）が急速に充実しつつある^{16, 17)}。日本国内では、主に大学生が講師を務める高校生向けのオンライン学習サイトも普及しつつあり¹⁸⁾、パソコン等のIT機器を使った自主学習の機会が急増している。

文部科学省では、平成23年から25年の間に、全国20校で情報通信技術（ICT）を取り入れた学習の実証実験を実施しており、画像や動画による理解の深まりにより学習意欲が向上することが示されている¹⁹⁾。このような、学習法のIT化、eラーニング化の流れの中で、環境教育についてもeラーニングを目指した教材や教育法の充実を目指すべきである。実際、2012年の調査¹⁴⁾によれば、環境教育用教材をインターネット経由で入手する学校は、26.9%と入手方法のトップであった。

本研究では、上述した環境教育の課題ならびに今後の教育法に期待される側面を踏まえ、著者等が開発してきたLCTを応用した環境学習プログラム³⁾を基に、eラーニング法による環境学習法の開発とその実践を試み、新たな環境教育手法としての可能性を検討した。

2. LCTを応用したeラーニング型環境学習プログラム

2.1 プログラム全体の概要

本学習プログラムでは、スライド学習やパソコン実習によりLCAの概要を学ぶことで環境問題をライフサイクルで捉える意識を促し、さらには環境配慮行動意図を高めることを狙いとしている。学習内容は、LCA概念の理解のためのスライドによる学習（LCA概念の学習）と専用LCAソフトウェアによるライフサイクルエネルギー算出実習（LCエネルギー算出実習）の2つの要素に分かれる（表1）。学習者は、まずLCA概念の学習によりLCAとは何かを学び、次にLCエネルギー算出実習を行う。なお、学習者が効率的かつ効果的に自主学習できるように、学習法の解説や学習内容の理解・習得を確認するためのワークシートを利用する。

学習に必要な資料（スライド）、専用ソフトウェア、LCA実習用ワークシートの一式は、インターネット上のホームページに保存されており²⁰⁾、インターネットにつながる環境であれば、どこでもダウンロードして自主学習を進める事が可能である。

2.2 LCA概念の理解のための学習

本学習プログラムでは、LCAの概念の理解のための学習（LCA概念の学習）として、一般的に環境配慮型消費行動とされる「マイバッグ使用」「リユース食器使用」「地産地消」の3種を題材として、それらのライフサイクルにおけるエネルギー消費（LCエネルギー）や温室効果ガス（LCCO₂）などの環境影響について、それぞれ対照的な消費行動である「レジ袋使用」「使い捨て食器使用」「輸入食

脚注1) 2014年7月の段階で、CFP宣言認定製品は登録公開終了品を含め869件となっている。

表1 LCTを応用したeラーニング型環境学習プログラムの概要

学習内容	教材	概要	教材タイプ
LCA 概念の学習	「マイバッグ」の場合	買い物に用いるマイバッグとレジ袋のLCCO ₂ の比較。レジ袋をごみ袋としてリユースすると、ごみ袋を別途用意するマイバッグ利用よりCO ₂ 排出量が抑制される場合がある。	スライド
	「リユース食器」の場合	リユースカップと使い捨ての紙カップ、プラスチックカップの一生の環境影響の比較。評価項目は、温室効果ガス、エネルギー消費、固形廃棄物、水消費。評価項目によっては、使い捨てカップ利用のほうが環境影響が小さい場合がある。リユースカップの洗浄が環境影響を及ぼす事への留意が必要である。	スライド
	「地産地消」の場合	国産食品と輸入食品の生産から消費地までの輸送における温室効果ガスの比較。フードマイレージによる比較が生産段階も考慮した環境影響で比較すると逆転する場合もある。	スライド
LCエネルギー算出実習	ソフトウェア「かばんの中のエネルギー消費」	LCエネルギー算出ソフトウェア。学習者が普段カバンに入れている所持品(教科書など)のLCエネルギーを算出するソフトウェア。イメージ画像の所持品をカバン(画像)に入れる操作でカバンの中に入っているもののLCエネルギーを算出。パラメータには、所持個数、使用期間(消耗品の場合は使用頻度)、リサイクルの有無がある。算出結果は、所持品それぞれまたは合計の素材、製造、輸送、販売、使用、廃棄、リサイクルごとのエネルギー消費(1年あたり)の数値、グラフによる表示。パラメータ変更による環境負荷改善シミュレーション機能。	ソフトウェア
	ソフトウェア「かばんの中のエネルギー消費」利用法	ソフトウェアのデータの1つ「携帯電話」を例にしたライフサイクルの解説、ソフトウェアによるLCエネルギー算出法と実習の進め方を解説。	スライド
	ワークシート「かばんの中身」	ソフトウェアによるPC実習時の入力データを整理するシート。ソフトウェアのデータベースにある所持品リストより所持品を選び個数、使用期間、リサイクルの有無を記入する。	テキスト

品利用」時との比較を示し、その差異の生ずる要因を解説している(表1)。この学習の狙いは、第1に消費に伴う生産段階、輸送段階、処分段階などの製品ライフサイクルにおける環境影響の存在と、第2に学習者が抱く環境配慮行動のイメージが、そのライフサイクルを考慮して環境影響評価した場合には必ずしも思い描くイメージ通りとはならないというある種のギャップを認知させることにある。

本学習法で取り上げた「マイバッグ使用」「リユース食器使用」「地産地消」は、学習者の生活の中で直接係ることのある、容易に想像できる行動である。また、それぞれ省庁などの信頼性の高い情報源により推奨された消費行動であり²¹⁻²³⁾、環境にやさしい行動というヒューリスティックな判断がなされると考えられる。しかし、マイバッグの対照的行動であるレジ袋のごみ袋として再利用することによるごみ袋の削減効果、マイバッグの使用回数の変動によるマイバッグ自体の環境影響の変動という、2種の買い物用袋物のライフサイクルを考慮した環境影響は容易には思い至ることはない。同様に、リユース食器による資源や廃棄物の削減は容易に認識されるが、洗浄段階で消費される水資源、エネルギーの存在も、気づくことは困難である。地産地消についても、輸送距離の影響を軽減することは知

られているが、同じ作物でも生産物や生産地の特性による生産段階における環境負荷の違いに気づくことは容易ではない。このため、本学習では、それぞれの行動のライフサイクルを示し、ライフサイクルのあらゆる段階が環境影響に寄与する可能性のあることや、廃棄物、エネルギー消費、地球温暖化、資源消費といった環境影響項目間や使用段階と廃棄処分段階といったライフサイクルの段階間に環境影響のトレードオフが潜んでいることを明示することを試みている。

これらの学習をeラーニング方式で行うにあたっては、視覚的情報で容易に理解できるイラストを多用した資料を用意した。学習内容はそれぞれ12枚から18枚のスライド形式のファイルになっており、学習者が自分でスライドに従って学習を進める形式となっている。図1は「リユース食器使用」の学習内容のスライドの1部である。「リユース食器使用」と同等の機能をもつ他の行動のイラストにより、2種の対比する行動とその機能を設定し(図1①)、これらの行動に伴う生産段階、輸送段階、処分段階などのライフサイクルをイラストで示した上で、各段階の環境影響の解説文により、モノの消費のライフサイクルの捉え方を示した(図1②)。また、使用シナリオが変化したときの

①対比する行動と機能単位の設定

②システムのライフサイクル

③使用シナリオによる環境影響の変動

図1 LCA概念の学習ファイル「リユース食器」

ライフサイクルから見た環境影響をエネルギー消費量の変動をグラフで示し、環境影響がある食器特有のものではなく、使用方法にも依存することを示した (図1 ③)。

2.3 専用ソフトウェアによるライフサイクルエネルギー算出実習

本学習は、学習者が自分自身の消費行動によるエネルギー消費を知ることで、日常生活における個々の消費者の環境影響への主体的な係わりに気づき、消費を通じた環境負荷削減への意識の誘導を促すことを目指している。このため、LCエネルギー算出の対象として、自分のかばんの中に入れている持ち物を取り上げてもらう。専用ソフトウェア「かばんの中のエネルギー消費」²⁴⁾ は、主に中高生の所持品 (学用品等) 55品目の1年間あたりのLCエネルギーが算出できる環境学習用ソフトウェアであり、マイクロソフト社のOS、Windows XP以降での動作環境で使用が可能であることを確認している^{脚注2)}。

本ソフトウェアは、LCエネルギー算出用データとして、各所持品の1個当たりのLCエネルギーデータを搭載している。各データの作成法は既存の環境学習用LCAソフトウェアのデータ作成法を踏襲している^{15, 25)}。図2にLCエネルギーデータ作成方法を示す。搭載された所持品の多くは、中高生が使用することを想定し設定したモデル製品である。これらモデル製品のライフサイクルシナリオを製品の種類に対応するカーボンフットプリント制度試行事業における商品種別算定基準²⁶⁾ に準拠して設定した上で、LCAソフトウェアMiLCA²⁷⁾ でLCエネルギーデータを算出している。製品の製造に投入される素材や天然資源が輸入品である場合は輸入量が最大である地域からの輸入を想

図2 LCAソフトウェア搭載データの作成方法

定し、輸送距離を設定している。なお、1部の製品に関しては、そのLCエネルギーが公表されているため、図2に従って推計することなく、公表データをそのまま採用している。

本ソフトウェアは、LCエネルギーの学習のため、以下の機能を搭載している：

- *所持品類の選択入力
- *所持個数、使用期間、処分方法の入力
- *LCステージ別の年間エネルギー消費量 (kWh/年) の表示
- *LCステージ別の年間エネルギー消費量 (kWh/年) のグラフ表示
- *LCエネルギー消費削減シミュレーション
- *2種類のデータセット (2種のかばん) の比較
- *製品毎のライフサイクルフローのアニメーション表示

脚注2) 本ソフトウェアは、2012年より使用を開始しており、動作環境の確認は2012年から2014年に市販されているOSについて行っている。

図3に、ソフトウェアの入力画面、算出結果のグラフ、製品のライフサイクルフローの例を示す。学習者は、普段の学校生活を送るうえで所持し使用するもの、すなわち「かばんの中身」について、携帯電話のような耐久品であれば「使用期間」(ペットボトル飲料のような消耗品であれば「使用頻度」とそれらの「所持個数」「処分方法(リサイクルの有無)」の3種の変数を入力することで、所持品すべてのLCエネルギーを算出することができる。入力操作は、55品目のイラストをかばんイラストの中にドラッグし、ドロップ時に開くウィンドウに上記の3変数を入力すればよい(図3、上段)。かばんイラストは、2種用意されており、2つのデータセットが作成できるようになっている。この2種のデータセットによるLCエネルギーの比較が可能である。さらに、入力した3変数を変えることで、LCエネルギー削減シミュレーションも行える。

以上の機能を利用し、各ライフステージや各製品のLCエネルギー消費量の確認、持ち物のライフサイクル、LCエネルギー消費の削減方法の検討、所持品の原料採取から輸送・製造・廃棄までのライフサイクルなどの学習ができる。

基本的な学習法は以下の手順に従う:

① 携帯電話を例にした操作法の練習

解説教材「ソフトウェア「かばんの中のエネルギー消費」利用法」に従い、ソフトウェアを立ち上げ、ソフト

ウェアに搭載されたデータのひとつである携帯電話を例に以下の②から⑥までの操作を行う。

② 学習者のかばんの中の所持品のLCエネルギー算出

ワークシート「かばんの中身」に、学習者自身のかばんに入れている所持品を「所持個数」「使用期間」「処分方法(リサイクルの有無)」を記入する。このワークシートを基に、ソフトウェアに入力を行う。なお、この時の入力データは初期のデータセット「かばん1」となる。入力終了後、算出結果であるLCエネルギー消費量を画面下部の結果表示ウィンドウで確認する(図3上段)。

③ LCエネルギー算出結果のグラフによる確認

グラフ表示画面に切り替え、所持品ごとのLCエネルギー消費量、かばんの中身すべての合計値のライフサイクルにおけるLCエネルギー消費量を確認する(図3下段左)。

④ かばんの中のLCエネルギー削減シミュレーション

入力画面(②で使用)に戻り、「かばん1」のデータをもう1つのデータセット「かばん2」にコピーする。LCエネルギーの削減目標を立て、入力データの変更機能を使って、所持品の使用方法である所持個数、使用期間、処分方法を変更し、LCエネルギーの削減を試みる。

⑤ かばんの中のLCエネルギー削減結果の比較

入力画面下部の結果表示ウィンドウならびにグラフ画

図3 LCAソフトウェア「かばんの中のエネルギー消費」の入力画面(上段)とグラフ表示画面(下段左)、LCフロー画面(下段右)

面において、④で行ったLCエネルギー削減結果を、「かばん1」(削減前)と「かばん2」(削減後)という2つのデータセットのLCエネルギー算出結果の比較により確認する。

⑥ 個々の所持品のライフサイクルフローのアニメーションによる確認

グラフ画面で入力所持品のライフサイクルを確認する(図3下段右)。

2.4 ワークシートによる学習内容の確認

本学習プログラムは自主学習であるため、学習内容の理解度を確認するワークシートを活用する。次章で詳細を述べるが、各学習・実習内容のキーワードを回答とする穴埋め問題、LCエネルギー算出実習によるLCA結果のまとめ、学習後の感想(自由記述)を内容とするワークシートが用意されている。各学習は、このワークシートに従って進められる。図4に、「リユース食器」学習に関する穴埋め問題例、図5にLCエネルギー算出実習によるLCA結果のまとめに関するワークシート内容例を示す。

【質問1】「環境にやさしい行動についての3つのスライドファイル」について
(1) 3つのスライドファイル(リユース食器の場合、マイバッグの場合、地産地消の場合)の内容をそれぞれ簡単にまとめましょう。

リユース食器の場合

内容
紙カップ、プラカップ、リユースカップ(100回使用)を比べると、総合的に見て、()が最も環境負荷が大きいと言える。また、リユースカップについても、()や()によって環境負荷は大きく変化する。
リユースカップと紙カップを比べた時、水使用量を比べると洗わないで捨てる紙カップの方が大幅に多い。それは、カップの()から()までの()の中で投入される() (カップ原料、水、洗剤等)や()、排出される()や()を合計して評価しているからである。

図4 ワークシート:「リユース食器」学習に関するキーワード穴埋め問題

【質問3】このライフサイクルにおける内訳を以下の表に入れてください。

素材	輸送	製造	販売	使用	廃棄	リサイクル

kWh/年

【質問4】「かばんの中のエネルギー消費」削減について

(1) エネルギー消費はどれだけ(何%)削減できましたか? () %

(2) ライフサイクルにおける削減率(%)を以下の表に入れてください。

素材	輸送	製造	販売	使用	廃棄	リサイクル

%

(3) 確認したライフサイクル(LC)フローを1つだけ選んで次の質問に答えましょう。
どのLCフローを見ましたか? ()

主な素材はなんでしたか? ()

素材の輸入先にはどのような国がありましたか? ()

図5 ワークシート:LCエネルギー算出実習結果まとめ

表2 eラーニングプログラムによる自宅学習実施対象

自主学習実施校	法政大学第二高等学校
実施時期	2013年7-8月(夏季休暇中)の任意の日
対象学年・人数	高校三年生・519名
教科科目	総合化学物理

3. eラーニングプログラムによる自主学習の実施と効果

第2章で述べたeラーニングプログラムを使い、2013年7月から8月までの約1.5か月間の夏季休暇中に神奈川県法政大学第二高等学校(法政二高)3年生12クラス全519名が、総合化学物理の課題として自宅学習を行った(表2)。なお、総合化学物理は法政二高独自の3学年次の必須科目である。

3.1 実施方法

本eラーニングプログラムによる自宅学習の実施方法の概要を表3に示す。実施に当たり、休暇前に各クラスの担任教員より、学習方法について15分程度の説明がなされ、学習終了後に提出する以下の3種のワークシート(WS)が配布された。この時点で、教員からの学習コンテンツについての解説は、全く行われなかった。

WS①: ソフトウェア入力データ作成用シート

WS②: LCA概念に関するキーワード穴埋め問題(3問)、LCA概念の学習についての感想(自由記述)

WS③: LCA概念に関するキーワード穴埋め問題(1問)、LCエネルギー算出結果のまとめ(4問)、LCエネルギー算出の学習についての感想(自由記述)

生徒は、学習サイト²⁰⁾にアップロードされた必要ファイル類をダウンロードし、それらを使って自宅学習を行い、配布されたWSに必要な内容を記入して提出した。

3.2 実施結果

3.2.1 教員の関与と自主学習の状況

本eラーニングプログラムにおける教員の役割は、3種のWSの準備と15分程度の学習法の説明のみであった。従来のプログラムを学校で実施する際には、クラスごとの講義時間の確保、PC教室の準備、ソフトウェアのインストールなど、外部講師を招くとしても多くの手間を要するが、本eラーニングプログラムでは教員がこれらの準備に煩わされることなく実施できた。また、現在、ほとんどの生徒の自宅は、インターネットが使用できる環境が整っており、eラーニングは容易に導入できた。しかし、ソフトウェアのダウンロード時に何らかのトラブルが起り、LCエネルギー実習が実施できない生徒がいたことが生徒への聞き取り調査より明らかになった。この原因は、圧縮されていたソフトウェアを解凍せずに起動していたためと思われる。

表3 eラーニングプログラムによる自宅学習実施方法

時期	学習段階	学習内容	場所
夏季休暇前	学習方法説明	学習法の説明、課題WSの配布（約15分）	学校
夏季休暇中	LCT概念学習	LCA概念学習用スライド（3種）自主学习	自宅
	LCA概念まとめ	WS②による学習内容の復習	自宅
	LCエネルギー算出実習	受講者（生徒）のカバンの中の持ち物リスト化（WS①）	自宅
		ソフトウェアによるLCA実習（WS①）	自宅
	実習まとめ	学習内容の復習（WS③）	自宅
夏季休暇後	WS提出	WS①②③の学校への提出	自宅

表4 LCA概念に関するキーワード穴埋め問題の全正解者率

	回答者	全正解者	全正解者率
リユース食器（10問）	311	261	83.9%
マイバッグ（7問）	311	252	81.0%
地産地消（7問）	311	268	86.2%
LCA概論（10問）	299	231	77.3%

このトラブルを回避するには、より詳細な学習マニュアルを準備する必要があるだろう。なお、自宅学習を最後まで終えた生徒によれば、本学習に要する時間は約2時間であった。

3.2.2 学習達成度

本eラーニングプログラムによる自主学習法が高校生の学習手段として妥当であるかを、8クラス311名の生徒のWS②③の回答状況より推定した。WS②は、97%の生徒が回答を記入しており、スライド形式のファイルを使って自主学习する方法は実施可能と思われる。一方、LCエネルギー算出実習後に記入するWS③の記入率は、3.2.1に記したソフトウェア起動時のトラブルのために67%となった。また、WS②およびWS③のLCA概念に関するキーワード穴埋め問題計4種の全正解者率は77～86%であった（表4）。このことから、8割程度の生徒がeラーニングによって学習内容を十分理解できていたと考えられる。

3.2.3 自由記述から見える学習効果

WS②と③には、学習内容に関する感想を自由記述する欄が用意されている。生徒の印象に残った学習内容を把握するため、WS②と③の自由記述欄の記載内容に関してテキストマイニングを行った²⁸⁾。提出された8クラス311名の2種のWSのうち、テキストマイニングの対象となるものは、LCA概念の学習についての感想（WS②）277名分、LCエネルギー算出実習についての感想（WS③）206名分であった。これらのテキスト中の頻出語を抽出し、この頻出語並びにその同義語を分類し、記載者数と総数に対するその割合（出現率）を集計した（表5、6）。

LCA概念の学習に関する感想

（表5）では、「環境影響」「エコ」「エネルギー」「CO₂」といった環境問題の一般的キーワードに触れる記載が多い。加えて、本学習で取り扱った「マイバッグ」「リユース」「地産地消」「レジ袋」に関する記載、これらに共通する「使用」に関する記載が多いことが分かる。LCA結果という定量的情報が示されたことで、「削減・変化」の認識や、初めての情報への「驚き気づき」についても記載される例が多い。また、生徒が自分の身近な生活を想像していることを示唆する用語として「日常生活」、「実行意図」を表現するものも頻出していた。「日常生活」と学習内容との関連性を示す語としては「私が過ごしている普段の生活でも、いくつものCO₂を減らすための工夫が出来るのだなと感じた」などの記載に含まれる「普段」「生活」といった単語を使用した記述者自身の生活を対象とした記述が多々見られた。生徒自身の「実行意図」を表すと思われる記載としては「これからは環境のことを考えて旬の野菜を食べるように心掛けていきたいと思いました。」、「単に環境に優しいという理由で商品を選ぶのではなく、使用法や期間を考えものを選んでいくようにしたい。」、「今後は製造から廃棄までの流れを良く考えながら生活していきたい。」などにみられる「これから」「心掛ける」「選ぶ」「今後」といった単語を使い、学習内容を基にした今後の生活の中での取り組みに関する記述が見られた。

LCエネルギー算出実習の感想（表6）では、「エネルギー」「期間・個数」「カバン」といった実習内容に直接かわる記載が多く見られた。「驚き気づき」に関する記載は、38%の感想から見られ、LCA概念学習の場合の出現率よ

表5 LCA概念の学習の感想における頻出語とその同義語の記載者数

頻出語分類	頻出語*	記載者数	出現率
環境影響	地球 地球環境 温暖 負荷 影響 環境 環境負荷	160	58%
消費	使用 使い方 使う 消費	158	57%
マイバッグ	マイバッグ エコバッグ	117	42%
日常生活	普段 日常 生活 日常生活 今まで 日頃 毎日	84	30%
削減・変化	削減 変わる 減らす 減る	74	27%
驚き気づき	びっくり 初めて 今回 驚く 新た おどろく 意外 驚き	72	26%
リユース	リユース リユースカップ リユース食器 紙コップ 使い捨て	66	24%
処分	リサイクル ごみ 廃棄 ゴミ 再生 処分 資源	65	23%
エコ	エコ 優しい	61	22%
エネルギー	エネルギー エネルギー消費 消費エネルギー エネルギー効率 エネルギー削減 エネルギー利用	60	22%
地産地消	地産地消	57	21%
レジ袋	レジ袋 ビニール袋	57	21%
CO ₂	二酸化炭素 CO ₂ CO ₂ 排出量 CO ₂ 排出	52	19%
実行意図	これから できるだけ 選ぶ 心掛ける 取り組む 心がける 今後 実行	51	18%
ケース数		277	

* イタリック体は10人以上の考察に使用されていた語

表6 LCエネルギー算出実習の感想における頻出語とその同義語の記載者数

頻出語分類	頻出語*	記載者数	出現率
エネルギー	エネルギー エネルギー消費	134	65%
期間・個数	期間 年間 一つ 長期 年数 長期間 長年 使用期間 長持ち 年月 短期 長い 延ばす 期限 減る 減らす 個数	102	50%
驚き気づき	びっくり 初めて 意外と 案外 今回 驚く 気が付く 気づく 気付く 実感 新た はじめて 気がつく おどろく あらためて 意外	79	38%
有効	有効 効果 出来る 変わる 簡単 可能 少し	71	34%
日常生活	日常生活 普段 日頃 毎日 日ごろ 日常 身近 生活 当たり前 今まで 家族 家庭 日々	66	32%
カバン	カバン バッグ (バック)	60	29%
実行意図	これから できるだけ 選ぶ 心掛ける 取り組む 心がける こころがける 今後 実行 心がけ とりくむ 実践	56	27%
消費	使用 使い方 使う 消費 選び方	48	23%
処分	リサイクル ごみ 廃棄 ゴミ 再生 リユース 処分 捨てる	48	23%
ケース数		206	

* イタリック体は10人以上の考察に使用されていた語

り高い傾向が見られた。この実習では、実際に学習者の持ち物のLCエネルギーを算出結果という数字として把握することができ、LCAの概念を知識として習得する学習に比べ、よりLCエネルギーの存在への気づきを促す効果があった可能性がある。また、「有効」という行動を評価する記載や「実行意図」の記載の出現率も高まっており、LCエネルギー算出実習時のエネルギー削減シミュレーションによる変化という情報を得ることで、行動を変えることによるエネルギー消費削減効果を仮想的に実感することができていると思われる。「日常生活」「家庭」「家族」

といったキーワードは、生徒自身の「日常生活」とエネルギーとの関わりの記述に使用されており、LCエネルギー算出実習によって日常生活におけるエネルギー消費への意識が思い起こされたことがうかがえる。「使用」や「処分」に関するキーワードは、LCエネルギー算出結果が、モノの使用法処分法により変化することについて述べられており、ライフサイクルにおけるエネルギー消費にモノの使用方法、処分方法が係わることが認知されていると思われる。

3.3 質問紙調査

法政二高では、毎年2学期末である11月下旬に3年生全員（約500名）を対象に学習成果や進路に関する記名式質問紙調査を実施している。3年生には、毎年環境教育が実施されており、毎年この調査の中には「環境問題への関心」についての設問が設けられている。2013年度にはそれに加えて「LCAへの意識」に関する設問が追加され、計13項目の調査が行われた。本学習の環境教育としての効果を探るため、2010年から2013年の調査の回答結果を解析した。2013年度の回答者数は472名であった。

3.3.1 LCAへの意識と環境問題への関心

「LCAへの意識」についての調査内容は、質問紙調査の設問「LCAについての意識変化」に対して、「とても意識するようになった」「ある程度意識するようになった」「あまり意識することはない」「全く意識しない」の4つの選択肢より1つを選択して回答するものであった。「とても意識するようになった」「ある程度意識するようになった」を選択した回答者数を合わせると、56%の生徒（472名中264名）がLCAを意識するようになったと考えられる（図6）。

「環境問題への関心」については、設問「環境問題を理解する授業を行っていましたが、あなたの感想を以下から選び、その理由を書いてください。」に対し、「大いに関心を持つようになった」「ある程度関心を持つようになった」「あまり関心が持てなかった」「全く興味がない」の4つの選択肢より1つを選択して回答するものである（図6）。「大いに関心を持つようになった」「ある程度関心を持つようになった」を合わせた回答者数は、全回答の90%となる426名であり、環境問題への関心の高まりに比べると、LCAを意識するようになった生徒数は少なかった。

3.3.2 環境問題への関心に関する経年変化

「環境問題への関心」については、毎年3年生を対象に

調査が行われているため、過去3年間（2010、2011、2012年度）の回答結果との比較を行った（図7）。なお、過去の回答集計については選択肢間の回答比率しか記録が残っていないため、回答比率による比較をしている。比較した4年間の各3年生のうち、本研究対象生徒（2013年度）のみがLCT応用型環境学習を行っている。この年の回答者における「大いに関心を持つようになった」との回答率（35.8%）は、この学習を行わなかった過去の3年間計3回の調査（25.9～28.2%）と比較して高い傾向があった^{脚注3)}。このような傾向は、本eラーニングによる効果である可能性が示唆される。ただし、法政二高では毎年、LCT応用型環境学習以外にも通常の授業の中で様々な環境問題に関する学習が行われており、2013年度における「環境問題への関心」の高まりは他の学習による効果の可能性もあることに留意する必要がある。

脚注3) 2010～2012年度は回答比率しか記録が残されていないため、統計的に有意か否かの検定はできなかった。

図7 各年度の3年生への環境問題への関心調査-4年間の比較

図6 eラーニング実施者のLCAへの意識と環境問題への関心に関する調査結果

表7 LCエネルギー算出実習感想の記載内容の記載者数LCA意識別集計

頻出語分類	出現頻度			χ^2
	LCA意識高	LCA意識低	合計	
エネルギー	78	56	134	0.920
期間・回数	56	46	102	0.014
驚き気づき	45	34	79	0.095
有効	43	28	71	0.958
日常生活	46	20	66	7.074**
カバン	28	32	60	1.682
実行意図	35	21	56	0.452
消費	29	19	48	0.475
処分	31	17	48	1.762
計	117	89	206	

** p < 0.01

3.3.3 LCAへの意識を高めた要因

本自主学習を実施した生徒の学校では、過去にLCAに関連した教育を受けていない。また、一般的な高校生が、日常的にLCAに関する知識を得る機会は非常に少ないと考えられる。とすれば、LCAを意識するようになったと回答した生徒は、LCT応用型環境学習の影響を受けている、と考えることは妥当である。

学習内容の何が、LCAへの意識に関係するかを探るため、3.2.3で示したLCエネルギー算出実習の感想のテキストマイニング結果とLCAへの意識との関連性を見た。表7は、テキストマイニングで分類した学習内容の記載者を、前項の質問紙調査の回答によりLCA高意識群と低意識群に分類し、集計した結果である。LCA高意識群とは、LCAへの意識について「大いに意識するようになった」「ある程度意識するようになった」と回答した群であり、低意識群はこれ以外である。各学習内容について、2つの群間の記載者数を比較したところ、LCA高意識群はLCエネルギー算出実習の考察の中で、より日常生活について記載する者が多かった（表7）。この結果より、生徒がLCエネルギー算出実習を通して自らの日常生活におけるエネルギー消費の認識を強くしたことと、LCAへの意識の高まりには関係のあることが認められる。

4. 結語

ライフサイクル思考（LCT）を応用したeラーニング型環境学習プログラムを考案した。本学習プログラムは、自主学習を想定している。この学習プログラムを519名の高校3年生に対して実施したところ、8割程度の学習者が十分にLCAの概念を理解できたと思われる結果が得られた。また、半数以上の学習者は、LCAを意識するようになったと考えられる。このLCTを応用した環境学習を行った

生徒は、過去に同じ高校で一般的な環境教育を受けていた生徒より環境問題に対する関心が高まる傾向がみられたが、このことがLCTを応用した効果であるかは、今回の調査による結果だけでは明確ではない。しかし、今回の学習者による学習内容と日常生活とのつながりへの気づき、つまり環境問題への主体的な関わりを認知する傾向がある事を考慮すると、本学習プログラムが自主学習においても、環境教育としての効果をもたらす可能性があると考えられる。

今回の試みでより重要な点は、学校における環境学習の時間を割くことが困難な高校生を対象としてeラーニング型のプログラムを提供し、それが一定の教育効果を持つことを示したことにある。今後、さらに教育効果の検証を行い、来るべき学習法オンライン化に向けて、より効果の高い教材を開発・提供していきたい。

（平成27年4月27日受付、平成27年9月15日採択）

謝辞

学習効果解析について、ご協力をいただきました株式会社環境創成科学研究所の皆様にご心よりお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 文部科学省, 環境教育, 文部科学省ホームページ, 入手先 <http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kankyoku/index.htm>, (参照 2014-5-30)
- 2) 日本LCA学会環境教育研究会 (2013):「ライフサイクル思考に基づいた環境教育のすすめ」, 55pp.
- 3) 本藤祐樹, 平山世志衣, 中島光太, 山田俊介, 福原一朗 (2008): 日本LCA学会誌, 4(3), 279-291
- 4) 根本一幸 (2009): 日本LCA学会誌, 5(3), 344-351
- 5) 平山世志衣, 中島光太, 本藤祐樹 (2009): 日本LCA学会誌, 5(3), 367-381

- 6) 安藤生大 (2009): 日本LCA学会誌, 5(3), 382-392
- 7) 成田明沙美, 井上弘毅, 松本真哉, 中村栄子 (2009): 日本LCA学会誌, 5(3), 393-402
- 8) 水野健樹, 津田祥子, 伊坪徳宏 (2010): 第5回日本LCA学会研究発表会講演要旨集, 横浜, 174-175
- 9) 田原聖隆, 藤井千陽, 津田祥子, 水野健樹 (2010): 第5回日本LCA学会研究発表会講演要旨集, 横浜, 174-175
- 10) 中島光太, 平山世志衣, 本藤祐樹 (2011): 日本LCA学会誌, 7(1), 84-95
- 11) カーボンフットプリント制度試行事業事務局 (2012): The CFP of JAPAN 2009-2011 カーボンフットプリント制度試行事業総括報告書, 28pp.
- 12) 経済産業省, 環境省, グリーンバリューチェーンプラットフォーム, 環境省ホームページ, 入手先 <<http://www.gvc.go.jp/business/index.html>>, (参照 2014-5-30)
- 13) World Resources Institute, World Business Council for Sustainable Development (2011): Green house Gas Protocol, Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard, 152pp.
- 14) 環境省 (2012), 第3回環境教育等推進専門家会議, 資料 5-1環境教育等に関するアンケート調査結果概要, 東京
- 15) 天野雄太, 平山世志衣, 本藤祐樹 (2012): 日本LCA学会誌, 18(1), 55-65
- 16) Coursera, Courseraホームページ, 入手先 <<https://www.coursera.org>>, (参照 2014-5-30)
- 17) edX Inc., edX ホームページ, 入手先 <<https://www.edx.org>>, (参照 2014-5-30)
- 18) 特定非営利活動法人manavee, manavee ホームページ, 入手先 <<http://manavee.com/>>, (参照 2014-5-30)
- 19) 文部科学省, 学びのイノベーション事業実証研究報告書, 文部科学省ホームページ, 入手先 <http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shougai/030/toushin/1346504.htm>, (参照 2014-5-30)
- 20) 特定非営利活動法人 横浜LCA環境教育研究会, 市民のためのLCA入門講座, 横浜LCA環境教育研究会ホームページ, 入手先 <<http://www.ylca-lab.org/ライフサイクルアセスメント-lca/市民のためのlca入門講座/>>, (参照 2014-6-30)
- 21) 環境省, 容器包装リサイクル法の概要, 容器包装リサイクル法ホームページ, 入手先 <http://www.env.go.jp/recycle/yoki/a_1_recycle/recycle_06.html>, (参照 2015-6-27)
- 22) 平山世志衣 (2012): グローバルネット, 256号, 8-9
- 23) 農林水産省 (2014): 地産地消の推進について 平成26年 8月, 7
- 24) 平山世志衣, 天野雄太, 本藤祐樹 (2013): 第8回日本LCA学会研究発表会講演要旨集 (電子版), 草津, 198-199
- 25) 平山世志衣, 本藤祐樹, 教育用LCAソフトウェア「かばんの中でも温暖化?! Ver. 2」データベース作成方法, 入手先 <<http://www.hondo.ynu.ac.jp/lcaedu/download.html>>, (参照 2015-7-5)
- 26) カーボンフットプリント制度試行事業, 認定PCR一覧, カーボンフットプリント制度試行事業ホームページ, 入手先 <<http://www.cms-cfp-japan.jp/calculate/authorize/pcr.php>>, (参照 2012-9-30)
- 27) 社団法人 産業環境管理協会, MiLCA, ver.1.1.2.5, 東京, (改定 2012-10-03)
- 28) 樋口耕一 (2014): 社会調査のための計量テキスト分析, ナカニシヤ出版, 京都, 233pp.