Shinshu University Journal of Educational Research and Practice, No.4, pp.1-13, 2011
信州大学教育学部研究論集　第4号　pp.1-13　2011年

＜学術論文＞

GBS理論に基づいた中学校技術科における シナリオ型環境ゲーム教材の開発

小松　裕貴　　長和町立和田中学校
村松　浩幸　　信州大学教育学部生活科学教育講座
今村　貴之　　上田市立第六中学校

キーワード：環境教材，ゲーム教材，シナリオ型，トレードオフ，技術教育

1. はじめに

本研究の目的は，中学校技術・家庭科技術分野（以下，技術科）において，環境に対して多角的な視点を持たせるシナリオ型環境ゲーム教材を開発することである。

環境問題が世界的な課題となっている現在，環境教育の重要性は大きくなっている。中学校段階での環境教育に関わる内容は，技術科のみならず，技術・家庭科家庭分野，社会，理科，保健体育科，道徳，総合的な学習の時間で展開されている。また，学習指導要領の改訂毎に環境教育に関わる内容が重視されており，学校教育において環境教育を実施する条件は徐々に整ってきたと考えられる。

一方，日本で行われている環境教育の問題点として，社会システムの問題を一人ひとりのモラルに還元していることが指摘されている[1)]。環境問題を社会全体のシステムの中で捉えるには，LCAやトレードオフの概念等，環境問題について，多様な視点から考えられるようにすることが必要である。技術科においても，環境教育に関わる内容は，1998年改訂の学習指導要領では，A技術とものづくりの内容として「技術と環境・エネルギー資源との関係」について学習するようになっていたが[2)]，2008年改定の学習指導要領ではさらに深められ，技術分野の目標として「技術と社会や環境とのかかわりについて理解を深め」ることが設定された[3)]。そして多様な視点から，「技術を適切に評価し活用する能力と態度を育てる」ことも設定された。以上のことから，技術科では，LCA*やトレードオフの概念等，環境問題について多様な視点から考えられるようにすることが，技術と環境の関わりを理解し，技術を評価し活用する能力を育てることにつながると考える。

中学生に技術と環境の関わりを理解させ，LCAやトレードオフの概念等，多角的な視点を持たせるには，具体的な事例の中で，これらの概念を用いた判断を必要とする課題を設定し，体験的に学習させることが有効ではないかと考えられる。こうした方向性に対し，ロボット製作の中で消費電力量に着目して特定制約下で最適化させる実践等も試みられている[4)]。しかし，技術科の授業時間は限られており，大がかりになる体験的な実践を広く普及させることは難しいと考えられる。そこで，設定されたシナリオの文脈中で具体的な事例を対象に学習者が判断し，その結果が反映されていくシナリオ型の環境ゲーム教材を考えた。シナリオ型環境ゲーム教材が開発であれば，中学生の興味・関心を引きつけると

註：LCA(Life Cycle Assessment)とは，製品やサービスに対する環境影響評価の手法

共に，限られた授業時間内でも具体的な事例を対象にしながら，LCA やトレードオフの概念を知り，環境問題について多様な視点から考えられるようになると考えた。ゲームを活用した環境教育の教材は，例えば生態系や地球温暖化，人間の活動など地球環境との関わりについて学ぶカードゲームであるマイアース[5]やゴミの廃棄を題材に社会的ジレンマを扱ったシミュレーションゲーム[6]等，複数開発されているが，LCA やトレードオフの概念を扱った中学生向けのシナリオ型環境ゲーム教材は，散見の所，見あたらない。

このようなシナリオ型の教材開発理論として，Schank（1996）によるゴールベースシナリオ（GBS）理論（以下，GBS）がある[7]。GBS を用いた教材では，学習者は現実的な場面の中で，目標を達成するために必要な関連知識を活用しながら問題を解決していく。また，その教材は，「学習目標」，「使命」，「カバーストーリー」，「役割」，「シナリオ操作」，「情報源」，「フィードバック」の７つの構成要素で構成される[8]。まず，身につけさせたい対象スキルを「学習目標」として設定し，シナリオ文脈を提示することから学習が開始される。そこで学習者が「使命」を達成したいと思わせるような導入的文脈設定が「カバーストーリー」として与えられる。また，その中で成否の鍵を握る重要な「役割」が指定される。現実的な問題解決に直面する文脈を最初に提示することによって，学習対象となるスキルを自然と身につけていく場面（シナリオ操作）が展開できるように設計される。「シナリオ操作」における決断場面は，シナリオ構成の中で展開される。決断の良否に応じて異なる結果が「フィードバック」として用意されている。さらに，学習者は決断に必要な「情報源」にアクセスすることができるようになっている。

GBS を用いた教材については，根本・鈴木（2005）が GBS を用いた教材の適合度のチェックリストを開発している。また，GBS を用いた教材例として，梅田ら（2009）による情報モラル教育での教材開発[9]がある。GBS を用いて開発した教材を実践した結果，教材は高い学習効果を示し，類似問題だけではなく，新規問題に対しても学習効果が得られ，教材の指導攻略について一定の効果があったと報告されている。以上のことから，シナリオ型環境ゲーム教材の開発には，GBS を用いることとする。

２．研究方法

2.1 研究方法

本研究の方法は大きく二つに分かれる。一つは，GBS に基づき LCA やトレードオフ等などの概念を扱うシナリオ型環境ゲーム教材（以下，GBS 教材）を開発することである。もう一つは開発した GBS 教材の授業実践による検証である。

実践は，長野県Ｔ中学校３学年の選択技術を履修している 32 名を対象に 2009 年 12 月におこなった。Ｔ中学校は，生徒会の取り組みとして「チームマイナス６％」という環境配慮行動を考える企画を行い，環境問題に学校として積極的に取り組んでもいる。また，対象生徒は，選択技術では，エネルギー変換の学習としてロボット製作を行っている。

2.2 分析の手続き

開発した GBS 教材の評価は，1）環境に対する生徒の意識の変容，2）教育内容に対する生徒の評価，3）教材に対する生徒の評価３つで行うこととした。

1）環境に対する生徒の意識の変容は，事前・事後の質問紙調査によって調査した。「環境に対する取り組みの情報はできるだけ知りたいと思う」，「環境に対するやさしい取り組みは進んで行いたいと思う」などの，環境への関心・意欲や技術と環境との関わりに関する「技術の発展が環境問題を解決すると思う」，LCA やトレードオフに関する「進んでエコ家電に買い換えるほうが良い」等，計６項目を設定した。回答は，「全くそう思わない」，「あまりそう思わない」，「どちらともいえない」，「まあまあそう思う」，「かなりそう思う」の５件法で回答させた。また「進んでエコ家電に買い換える方が良い」については，その理由も自由記述で記入させることとした。2）教育内容に対する生徒の評価は，トレードオフに関する「今まで折り合いをつけるということを意識していなかったと思う」，「電化製品を買うときには消費電力を意識すると思う」等，４項目の事後調査を設定し，同様に５件法で回答させた。3）教材に対する生徒の評価では，「ゲームは面白かったと思う」等，生徒の興味・関心の項目と共に，シナリオ操作に関し，「自分で選択肢を考えられることで勉強になったと思う」等，GBS の構成要素に対する評価も含め，計 11 項目を設定し，同様に５件法で回答させた。

３．教材の開発

3.1　GBS 理論に基づいた教材の構成

GBS に基づき，LCA やトレードオフなどの概念を扱う GBS 教材の設定を検討した（表１）。

学習者には，母親に留守番を任せられた中学生という「役割」を設定し，環境に良い行動をとるという「使命」を与えた。この「使命」を課題として位置づけるために，環境配慮行動をすることによって進化することができる卵（ゲーム中の名称を用い，以下「かん

表１　GBS要素と「環境配慮行動の選択」の事例の対応

要素		事例:「環境配慮行動の選択」
シナリオ文脈	使命	・ゲーム的要素を意識させるように，環境に関する行動をすると進化をする「かんたま」を設定する。その「かんたま」を進化させるために，環境に対する選択肢について適切に判断し，「かんたま」を進化させていくことを使命とする。
	カバーストーリー	・遊びに出かけた主人公が「かんたま」を拾うことから話が始まる。環境に良い判断をするという動機付けも担う。
	役割	・生徒が自分と重ねられるように，母親の留守を任せられた中学生とする。
学習目標		・LCAやトレードオフの考え方を理解し，環境に関わる行動のメリットとデメリットを考えて行動を選択できる
シナリオ操作		・母親に任せられた手伝いや留守中に発生する出来事の選択肢について，選択していく。環境に良いだけでは，自分の快適さもなくなるので，バランスを考えた選択をできるように配慮している。 ・「かんたま」が進化してゴールになった時には，再度，最初から繰り返すこともできるようにする。
シナリオ構成	フィードバック	・選択した行動に応じたCO_2の排出量を表示する。 ・選択した行動に応じた主人公の快適度も合わせて表示する。 ・選択結果の蓄積に応じて，異なった形で「かんたま」が進化する。この結果から，自分の選択傾向を知ることができる。
	情報源	・各選択肢の提示の際に，「かんたま」に聞くことで，CO_2の排出量や用語の解説等の情報を得ることができる。

たま」とする）を拾うという「カバーストーリー」を設定した。これは現実的な設定ではないが，この「カバーストーリー」により教材にゲーム性を持たせた。「学習目標」は，「LCAやトレードオフの考え方を理解し，環境に関わる行動のメリットとデメリットを考えて行動を選択できる」とした。「シナリオ」の中で環境配慮行動のイベントの選択肢について，選択行動に対するCO_2排出量や用語等，内容の解説を知ることができる「情報源」を活用させ，「シナリオ操作」を進めさせる。そして「フィードバック」として，各場面での状況を把握させるために，①現在のCO_2排出量，②「幸せゲージ」値の２つの情報を提示した。①現在のCO_2排出量は，ゲームスタート時からのCO_2の排出量を表示し，②「幸せゲージ」値は，主人公の快適さの指標とし，「幸せゲージ」値で主人公の快適さの段階を表示するように設定した。

以上の各構成要素の設定に基づいて，GBS教材を開発した。

3.2 教材の開発

GBS教材の開発には，鷹彰が開発したFlashによるアドベンチャーゲーム製作支援ツールである「TACS for Flash」[10]を用いた。「TACS for Flash」を用いることで，教材がブラウザ上で動作し，インストールも不要になる。また，Flash製作ツールを持っていなくてもテキストエディタがあればソースを書き換えられるため，教材のカスタマイズも容易であると考えられる。そこで，各構成要素の設定に基づいてシナリオを，導入部と環境配慮行動選択部，まとめ部の３つで構成し「TACS for Flash」で開発をした。

(1) 導入部

「シナリオ文脈」として，母親の留守番を任せられた中学生という「役割」を与え，「かんたま」を拾い，母親に留守番を任せられたという「カバーストーリー」を伝えるようにした（図１）。そして，学習者が選択した環境配慮行動の結果によって姿が異なって進化する卵を育てるために環境配慮行動を行うという「使命」を与えた。そこで選択した各環境配慮行動の環境負荷を知るために，現在のCO_2排出量に提示した。CO_2排出量の算出は，国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィスのデータ[11]をもとに作成し，１家庭あたり15.2kg排出していると設定した。「幸せゲージ」値は，CO_2の排出量とトレードオフの関係とし，排出量を増やすほど「幸せゲージ」値が減少するように設定し，初期値を100%とした。これは，ゲーム内で登場する母親が，普段の生活の中で環境配慮行動をおこなっていない設定に基づいている。学習者が母親と同じような行動を行えば，「幸せゲージ」値は100%に近づき，また環境に配慮した行動をすれば，その行動に応じて「幸せゲージ」値は低下する設定とした（図２）。

(2) 環境配慮行動選択部

各選択場面を生徒が身近に感じられるように，家庭生活を題材として，①洗濯の場面，②昼食の場面，③室温設定の場面，④蛍光灯購入の場面，⑤買い物の場面の５つの場面を設定した。また，各選択場面の行動の選択肢は，A：快適さを犠牲にして環境に配慮した行動，B：自分に快適な行動，C：両者の間をとった行動，D：環境に配慮しているが，快適さも犠牲にする行動の４つに対応している。選択肢の並び順はランダムに提示した。また，「幸せゲージ」値は，A選択時＝－30%，B選択時＝＋30%，C選択時＝－10%，D選

択時＝－20%に設定した。なお「幸せゲージ」値は，0%～100%の範囲に納まるようにした。次に各選択場面における CO_2 排出量の根拠を示す。

①洗濯の場面

留守中に母から洗濯と買い物を行うことを任せられた学習者は，最初に洗濯をする設定にした。学習者は洗濯機を使うことに対し，便利さ，時間短縮，綺麗に洗えるというメリットと，CO_2 が排出される，騒音というデメリットを対比させながら行動を選択させた（図３，４）。選択できる行動は，「洗濯をしない（A）」，「洗濯機を使って洗う（B）」，「残り湯を使って洗濯機で洗う（C）」，「手洗いをする（D）」の４つとした（表２）。洗濯物の量を3kg とし，洗濯機は，使用水量 59.7l・消費電力量 91W，手洗いは使用水量 30l・消費電力量 0W とした。洗濯機の相談室のデータ[12] をもとに洗濯機の使用水量，消費電力を設定した。CO_2 排出量への換算は NPO ローハスクラブの環境家計簿のデータ[13] に基づいて行った。以下，全ての CO_2 排出量への換算はこのデータに基づいた。

②昼食の場面

洗濯の次は，昼食場面を設定した。調理にガスコンロを使う設定にし，ガスコンロ使用について，容易に多くの量を温められるというメリットと，ガスの燃焼により CO_2 が排出されるというデメリットを対比させながら行動を選択させた。選択できる行動は，「お昼ごはんを食べない（A）」，「ガスコンロを使って温める（B）」，「電子レンジで温める」（C），「ガスコンロの使用時間を半分にする（D）」の４つとした。鍋には１食分以上の食べ物があるとし，ガスコンロは 0.52kg，電子レンジは 0.08kg 排出すると設定した。ガスコンロの CO_2 排出量は東京ガスが発表しているデータ[14] を元に設定した。電子レンジは財団法人省エネルギーセンターによって定められた年間消費電力量[15] を 60kW とし，１日あたりの消費電力から算出した。

③空調設定の場面

昼食後，昼寝をしようと考えた学習者は，リビングで休むシナリオの中で空調を選択する場面を設定した。エアコン使用に対し，快適に部屋全体を冷やせるというメリットと，消費電力が高く CO_2 が多く排出されるというデメリットを対比させながら行動を選択させた。選択できる行動は，「エアコンをつけない（A）」，「設定温度を１番低く設定しエアコンをつける（B）」，「設定温度を１度上げてエアコンをつける（C）」，「扇風機をつける（D）」の４つとした。エアコンから排出される CO_2 を 0.67kg, 扇風機から排出される CO_2 を 0.17kg と設定した。エアコンについては，2009 年４月の段階で資料が入手できたメーカーの，2.2kW タイプの期間消費電力量の平均値[15] を使用し，１ヶ月あたりの消費電力を算出して９時間使用し時の消費電力から換算した。また，設定温度を１度変化させると消費電力は 10%削減されるように設定した。扇風機は消費電力を 40kW とし，９時間使用時の CO_2 排出量を算出した。

④蛍光灯購入の場面

昼寝を終えた学習者は部屋の照明をつけようとするが，蛍光灯は寿命を迎え電源が入らない設定とした。そこに新たな蛍光灯を販売に来た２人の訪問者に対応し，購入する蛍光灯を選択する場面を設定した。LCA の考えが分かりやいように架空の製品を提示し，製品

の差が明確に分かるようにした。架空で設定した蛍光灯は，製品A（値段680円，消費電力45W，寿命が2年，製造・破棄の段階で1.2kgのCO_2を排出），製品B（値段1000円，消費電力30W，寿命が1年，製造・破棄の段階で2.7kgのCO_2を排出）の2つである。ランニングコストでは製品Bが優れ，CO_2排出量では製品Aのほうが優れているという情報を提示した（図5）。学習者にはどちらの製品を購入するのかを二択で判断させた。

表2　各選択場面と選択行動

各選択場面	メリット	デメリット	A：快適さを犠牲にして環境に配慮した行動	B：自分に快適な行動	C：両者の間をとった行動	D：環境に配慮しているが，快適さも犠牲にする行動
①洗濯の場面	便利，時間短縮，綺麗に洗える	CO_2が排出される，騒音	洗濯をしない	洗濯機を使って洗う	残り湯を使って洗濯機で洗う	手洗いをする
②昼食の場面	容易に多くの量を温められる	ガスの燃焼によりCO_2が排出される	お昼ごはんを食べない	ガスコンロを使って温める	電子レンジで温める	ガスコンロの使用時間を半分にする
③空調設定の場面	快適に部屋全体を冷やせる	消費電力が高くCO_2が多く排出される	エアコンをつけない	設定温度を1番低く設定しエアコンをつ	設定温度を1度上げてエアコンをつける	扇風機をつける
⑤買い物の場面	移動時間が短縮され荷物が運びやすい	石油燃料によりCO_2が多く排出される	買い物に行かない	往復にバスを使う	往路は歩き，復路はバスを使う	往復ともに歩く

図1　「かんたま」発見の場面

図2　排出量・「幸せゲージ」値の設定

図3　選択場面での選択肢提示

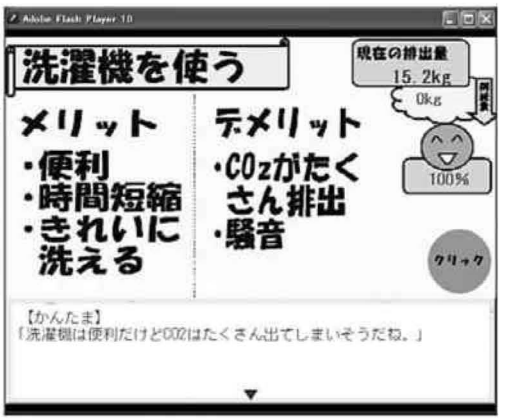

図4　メリット・デメリットの提示

⑤買い物の場面

最後に，買い物に行くことを忘れていた学習者は急いで買い物に行こうとする展開とした。買い物に行く手段であるバスの使用について，移動時間が短縮され荷物が運びやすいというメリットと，石油燃料により CO_2 が多く排出されるというデメリットを対比させながら行動を選択させた。選択できる行動は，「買い物に行かない（A）」，「往復にバスを使う（B）」，「往路は歩き，復路はバスを使う（C）」，「往復ともに歩く（D）」の４つとした。

バスを使うことによって片道 1.74kg の CO_2 を排出するように設定した。これは，３ヶ年間軽油総使用量と走行距離から計算した燃費を路線バスと路線バスのみに換算すると 2.5km/l 前後になるという近江鉄道バス広報資料（1999）のデータ [16] に基づき，燃費を 2.65km/l として換算した。

(3) まとめ部

各行動に対する「フィードバック」は常に CO_2 排出量と「幸せゲージ」値を用いて表示させた。まとめでは，それまで選択してきた行動全てに対する「フィードバック」を行った。それは，選択してきた行動の種類によって「かんたま」を進化させ，異なった姿として提示するという方法である。この進化した姿を，生徒に興味を持たせるために，「モンスター」として設定した。「モンスター」は３種類あり，快適さを犠牲にして環境のことを大切に考える，自分の便利さや快適さを求める，環境のことも自分の快適さのことを考えるという３つの行動に対応している。学習者の選択結果に応じた「モンスター」以外はシルエットで表示させるため，残りの「モンスター」を集めるために，もう一度ゲームをやり直すという選択肢を設定することで，学習を繰り返す動機付けを高めた。

ゲーム後は，「LCA やトレードオフの考え方を理解し，環境に関わる行動のメリットとデメリットを考えて行動を選択できる」という「学習目標」を学習者に明示した。また LCA

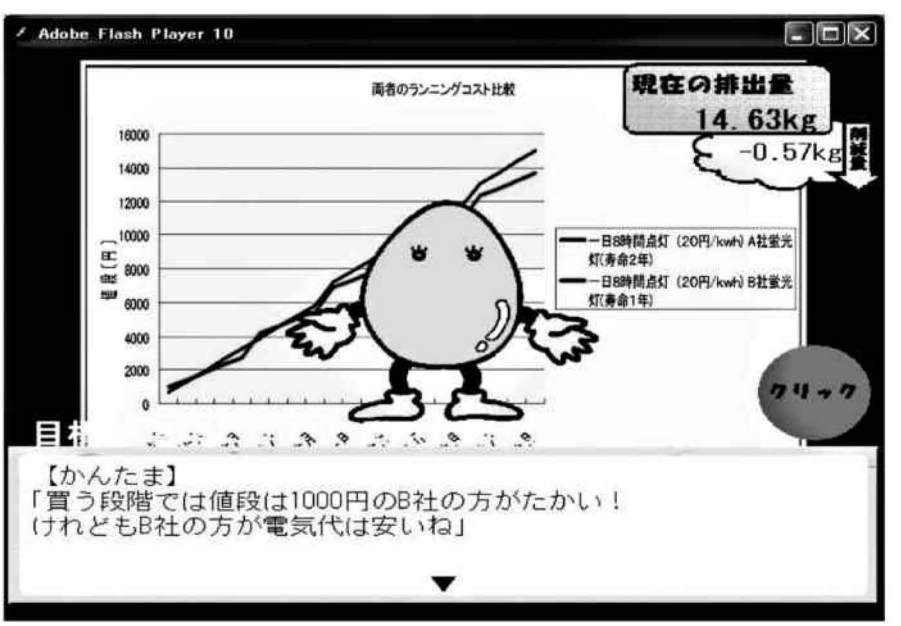

図５　蛍光灯のランニングコストの比較

について復習し，求められる行動および製造や破棄の段階のCO_2の排出について，確認問題を設定した。

以上のように開発したGBS教材を，S大学教育学部4年生4名に試用してもらったところ，平均プレイ時間は12分となった。根本・鈴木（2005）によるGBSチェックリスト（改訂版）を用いてGBS教材の適応度チェックを行い，GBSに適合することを確認した（表3）。

4. 評価と考察

4.1 実践の概要

実践は，長野県T中学校3学年の選択技術を履修している32名（男子28名，女子4名）を対象に，エネルギーと環境の学習としてGBS教材を用いた授業を50分で設定し，2009年12月におこなった。GBS教材を使用する前に，発電所の仕組み，および家庭からのCO_2の排出量について自作スライドを用いて説明することとした。そして，GBS教材の操作法の説明をした後にワークシートを配布し，操作時にはそれぞれ選択結果や気づいたこと，排出結果等，適宜メモをさせるようにした。事前調査は，GBS教材を用いた授業の前週に実施した。GBS教材を用いた授業は，コンピュータ室においてPC1人1台の環境で実践した。GBS教材は教材サーバの共有フォルダに置き，共有フォルダにアクセスさせて実行させた。導入では，身近な環境問題として生徒の関心もある温暖化問題を取り上げ，温室効果ガスについて説明した。そして，家庭から排出されるCO_2について着目させ，発電所の仕組みとCO_2排出の関係にも触れながら10分ほど説明をし，GBS教材に取り組む導入とした。そして，GBS教材の起動および操作の簡単な説明の後に各自ゲームを開始させた。その際，GBS教材の効果を実証するために友人との相談を行わないように指示をした。生徒らはスムーズに操作ができており，操作についての質問は無かった。早い生徒は，1回目12分で終了した，遅い生徒でも20分以内に終了した。また，再度試せるように設定してあるため，1回目が早く終わった生徒も再ゲームを試みる等，どの生徒も意欲的に取り組んでいた。全員が終わったことを確認した後に事後調査を実施した。事後調査の後にハ

表3 GBSチェックリストによるGBS教材の適応度チェック

1．カバーストーリー：シナリオ導入時に設定する現実的な文脈情報 Q. 教材内にシナリオが用意されていますか	はい
2．役割 Q. 学習者にシナリオ内で演じる役割を考えていますか。	はい
3．使命 Q. シナリオの中に，使命が設定されていますか。	はい
4．情報源 Q. 学習者が必要に応じて取得できる情報がシナリオの中には含まれていますか？具体的に挙げてください。	表1
5．フィードバック Q. フィードバックは設定されていますか。	はい
6．学習目標 Q. 学習目標には単なる知識のみではなくスキルも含まれていますか。	はい
7．シナリオ操作 Q. 学習者が自分で判断を下す場面(シナリオ操作)が用意され，そこでは，学習させたいスキルを使うことが求められ，自然と学習するようになっていますか。	はい

イブリッド車を例に，LCA とトレードオフについての補足説明をおこなった。

3.2　評価と考察

(1) ワークシートの記述

ワークシートには，操作時にはそれぞれ選択結果や気づいたこと，排出結果等，適宜メモをさせるようにしたが，ゲームが開始されると，生徒はゲームに夢中になり，ワークシートの記入がなされなくなっていた。そこで，全体的なフィードバックである「モンスター」の結果についての記述のあった 22 名を分析対象とした。「快適さを犠牲にして環境のことを大切に考える」は，1 回目：選択数 16，2回目：6，3回目：5であった。「自分の便利さや快適さを求める」については，1 回目：6，2回目：13，3回目：5であった。「環境のことも自分の快適さのことを考える」は，1 回目：0，2回目：2，3回目：6であった（表4）。結果が回を重ねる毎に分散していったのは，「モンスター」を集めるというゲーム性を付加した影響が考えられる。また，結果が分散していったことで，多様な判断を試すことが可能になったと考えられる。

(2) 環境に対する生徒の意識の変容

3年生 32 名（有効回答率 100%）から回答を得た。環境に対する生徒の意識の変容については，事前・事後調査の結果を「全くそう思わない」：1から「かなりそう思う」：5に数値化し，対応のある t 検定を行った（表5）。「環境に対する取り組みを実行するのは難しいと思う」については，逆転項目として処理をした。環境への関心については，「環境に対する取り組みの情報はできるだけ知りたいと思う（事前平均値:4.4, 事後平均値 4.1, 以下同じ)」，「環境に対するやさしい取り組みは進んで行いたいと思う（4.6, 4.4)」と回答し，ほとんどの生徒が取り組みは進んで行いたいと肯定的にとらえていると共に，事前・事後間で有意な差は確認できなかった。同様に，「環境に対する取り組みを実行するのは難しいと思う（3.6, 3.7)」，「技術の発展が環境問題を解決すると思う（3.6, 3.5)」，「冷房

表4　全体的なフィードバックの結果

ゴールの結果	1回目		2回目		3回目	
	選択数	選択率	選択数	選択率	選択数	選択率
快適さを犠牲にして環境のことを大切に考える	16	73%	6	27%	5	23%
自分の便利さや快適さを求める	6	27%	13	59%	5	23%
環境のことも自分の快適さのことを考える	0	0%	2	9%	6	27%
未記入	0	0%	1	5%	6	27%

n=22

表5　環境に対する意識の変容

質問項目	事前		事後		t値	
	平均	SD	平均	SD		
環境に対する取り組みの情報はできるだけ知りたいと思う	4.4	0.4	4.1	1.0	1.8	
環境に対するやさしい取り組みは進んで行いたいと思う	4.6	0.4	4.4	0.9	1.4	
環境に対する取り組みを実行するのは難しいと思う	3.6	1.4	3.7	1.5	0.3	
技術の発展が環境問題を解決すると思う	3.6	1.4	3.5	1.5	0.3	
進んでエコ家電に買い換えるほうが良い	4.0	0.8	3.4	1.0	2.9	**
冷房はできるだけ使わない	3.8	1.3	3.7	0.9	0.6	

n=32　　**p<.01

はできるだけ使わない（3.8，3.7）」においては，事前・事後間で有意な差は確認できなかった。

一方，「進んでエコ家電に買い換えるほうが良い（4.0，3.4）」では，1%水準で有意な平均値の低下が確認できた。そこで，その理由についての自由記述を内容別に分類して集計をした（表6）。事前では，「環境のため・CO_2 削減のため」という理由を 22 名（出現率 69%，以下同じ）が回答していたが，事後には，8 名（25%）と出現数が減少した。その反面，「エコ家電の製造段階で CO_2 が排出される」については，事前では 1 名（3%）が回答したのみであったが，事後では9名（28%）と出現数が増加した。また，事後では，回答が複数の理由に分散していることが確認できた。これらの結果から，事前ではエコ家電は環境に良いとだけ考えていた生徒が，GBS 教材を使うことで，事後では LCA に関わる製造段階での CO_2 排出を意識する等，環境に関する身近な問題について多角的な視点を持てるようになったのではないかと考えられる。

(2) 教育内容に対する生徒の評価

事後調査の結果について，4，5を肯定，3以下を否定として二項検定を行った（表7）。「今まで折り合いを付けるということを意識していなかったと思う（肯定数 19，以下同じ）」以外の3項目では，「環境に対する違った考え方を理解できたと思う（27）」，「電化製品を買うときには消費電力を意識すると思う（25）」，「わかるのなら製造段階などの環境へ影響を聞いてみたいと思う（28）」と，1%水準で肯定数が有意に多いことが確認できた。この結果から，GBS 教材を使うことで生徒は LCA やトレードオフなどの考え方を意識できるようになったと考えられる。

(3) 教材に対する生徒の評価

GBS 教材に対する生徒の評価も教育内容の対する生徒の評価と同様に4，5の回答を肯定，3以下を否定として二項検定を行った（表8）。ただし，未回答項目のあった1名は分

表6　「進んでエコ家電に買い換えるほうが良い」の判断理由

理由	事前 出現数	事前 出現率	事後 出現数	事後 出現率
環境のため・CO_2削減のため	22	69%	8	25%
買えても使いすぎたら意味がない	1	3%		
古い家電をうまく使えたらいい	3	9%	3	9%
エコ家電の製造段階でCO_2が排出される	1	3%	9	28%
経済的に難しい	4	13%	5	16%
環境に良いものは価格が高い			4	13%
バランスを考えて決める			1	3%
その他	1	3%	2	6%

n=32

表7　教育内容に対する生徒の評価

質問項目	肯定数	肯定率	二項検定
今まで折り合いを付けるということを意識していなかったと思う	19	59.4%	
環境に対する違った考え方を理解できたと思う	27	84.4%	**
電化製品を買うときには消費電力を意識すると思う	25	78.1%	**
わかるのなら製造段階などの環境への影響を聞いてみたいと思う	28	87.5%	**

n=32　**p<.01

表８　教材に対する評価

評価の観点	調査項目	肯定数	肯定率	二項検定
使命・役割	留守番をしながら環境に良い行動をするという設定は良かったと思う	30	96.8%	**
カバーストーリー	かんたまを進化させるという設定は面白かったと思う	31	100%	**
学習目標	ゲームを通して折り合いをつけるという考えが学べたと思う	30	96.8%	**
	ゲームを通して使用以外の段階でもCO_2が出ることを学べたと思う	29	93.5%	**
シナリオ操作	自分で選択肢を考えられることで勉強になったと思う	31	100%	**
	シナリオを操作する事は面白かったと思う	31	100%	**
フィードバック	行動によって様々な「かんたま」に進化するのは面白かったと思う	31	100%	**
情報源	かんたまにアドバイスを聞ける事は役に立ったと思う	31	100%	**
ゲームの設定	キャラクター、イラスト、背景などは適切であると思う	31	100%	**
	ゲームの長さは適切であったと思う	31	100%	**
	ゲームは面白かったと思う	30	96.8%	**

n =31　　**p<.01

析から除外し，31 名を分析対象とした。

GBS の７つの構成要素について，使命・役割：「留守番をしながら環境に良い行動をするという設定は良かったと思う（30)」，カバーストーリー：「かんたまを進化させるという設定は面白かったと思う（31)」，学習目標：「ゲームを通して折り合いをつけるという考えが学べたと思う（肯定数 30)」，「ゲームを通して使用以外の段階でも CO_2 が出ることを学べたと思う（29)」，シナリオ操作：「自分で選択肢を考えられることで勉強になったと思う（31)」，「シナリオを操作する事は面白かったと思う（31)」，フィードバック：「行動によって様々な「かんたま」に進化するのは面白かったと思う（31)」，情報源：「かんたまにアドバイスを聞ける事は役に立ったと思う（31)」等，全ての項目で，１％水準で肯定数が有意に多いことが確認できた。また，ゲームの設定についても，「キャラクター，イラスト，背景などは適切であると思う（31)」，「ゲームの長さは適切であったと思う（31)」，「ゲームは面白かったと思う（30)」と，GBS の構成要素同様に１％水準で肯定数が有意に多いことが確認できた。この結果から，開発した GBS 教材について多くの生徒が肯定的に評価していると考えられた。

５．おわりに

本研究では，中学校技術科において，環境問題に対して多角的な視点を持たせるシナリオ型環境ゲーム教材の開発を目的とした。実践による検証の結果，以下の３点が示された。

1) 環境に対する生徒の意識の事前・事後調査の結果から，GBS 教材の使用により，生徒は多角的な視点を持てるようになったと考えられた。
2) 教育内容に対する生徒の評価の結果から，生徒は GBS 教材の使用により，環境についての身近な問題に対して，LCA やトレードオフ等の考え方を意識できるようになったと考えられた。
3) 教材に対する生徒の評価の結果から，開発した GBS 教材について多くの生徒が肯定的に評価していると考えられた。

以上のことから，本実践の範囲内で，GBS 理論に基づいて開発したシナリオ型環境ゲーム教材の有効性が確認できたといえる。今後は実践を重ね，多くの実践事例の中で，教材の有効性を確認すると共に，環境についての体系的な学習指導の中に本教材を位置付けていくこと等も必要であると考える。

謝辞

調査にご協力いただいた松村　勉教諭には，深く感謝いたします。

引用文献

1) 鈴木紀雄と環境教育を考える会編：環境学と環境教育，かもがわ出版（2001）
2) 文部省：第２章第８節　技術・家庭・技術分野・２　内容・A 技術とものづくり，中学校学習指導要領（1998）
3) 文部科学省：第２章第８節　技術・家庭・技術分野・１　目標，中学校学習指導要領(2008)
4) 藤本　登・森岡　亮・外園公誠：省エネ型登坂ロボットを用いたロボコンの授業化への試み，日本産業技術教育学会誌，第 52 巻第 2 号，pp. 119-127(2010)
5) MyEarth（マイアース）：合同会社マイアース・プロジェクト，http://myearth.ne.jp（最終アクセス 2010 年 1 月 31 日）
6) 今村光章：環境教育の教材としての価値観の転換を認識するシミュレーション・ゲームの開発，岐阜大学教育学部研究報告教育実践研究第 10 巻，pp. 135-145（2008）
7) Schank, Roger C. ：Goal-Based Scenarios: Case-Based Reasoning Meets Learning by Doing, In: David Leake (Ed.), *Case-Based Reasoning: Experiences, Lessons& Future Directions*, AAAI Press/The MIT Press, pp. 295-347(1996)
8) 根本淳子・鈴木克明：ゴールベースシナリオ（GBS）理論の適応度チェックリストの開発，日本教育工学会論文誌第 29 巻第 3 号，pp. 309-318（2005）
9) 梅田恭子・江島徹郎・野崎浩成：情報モラルの４つの判断観点とゴールベースシナリオ理論に基づく体験学習教材の開発と実践，愛知教育大学研究報告，教育科学編第 58 巻，pp. 195-201（2009）
10) 鷹彰：C のアトリエ，http://atelier-c.fiw-web.net （最終アクセス 2010 年 1 月 31 日）
11) 独立行政法人国立環境研究所：温室効果ガスインベントリオフィス：イベントリ作成に関するデータ，http://www-gio.nies.go.jp （最終アクセス 2010 年 1 月 31 日）
12) 洗濯機の相談室：選び方のカテゴリー，http://www.sentakuki.info （最終アクセス 2010 年 1 月 31 日）
13) NPO ローハスクラブ：環境家計簿 ― 暮らしの CO2 チェックで変わるあなたのライフスタイル，http://www.carbonfree.jp （最終アクセス 2010 年 1 月 31 日）
14) 東京ガス：環境への取り組み，http://www.tokyo-gas.co.jp/env （最終アクセス 2010 年 1 月 31 日）
15) 財団法人省エネルギーセンター：生活の省エネ，http://www.eccj.or.jp （最終アクセス

2010 年 1 月 31 日）
15）エアコントラブル相談室：http://www.eakon.jp　（最終アクセス 2010 年 1 月 31 日）
16）近江鉄道バス・湖国バス：エコドライブ集計のご報告，http://www.ohmitetudo.co.jp/bus/
（最終アクセス 2010 年 1 月 31 日）

（2010年 7 月13日　受付）
（2011年 1 月18日　受理）