

---

## 実践研究論文

---

技術科授業でトレード・オフの思考・判断を導く  
学習の枠組みと実践的指導方法

Framework to Derive Thinking and Judgment for Trade-off and  
Practical Teaching Method in Technology Education

谷田 親彦

Chikahiko YATA

向田 識弘

Norihiro MUKAIDA

田鎖 浩太

Kouta TAGUSARI

田中 誠也

Seiya TANAKA

日本産業技術教育学会誌

第58巻 第2号 (2016) 別刷



# 技術科授業でトレード・オフの思考・判断を導く 学習の枠組みと実践的指導方法†

## Framework to Derive Thinking and Judgment for Trade-off and Practical Teaching Method in Technology Education

谷田 親彦\*  
Chikahiko YATA

向田 識弘\*\*  
Norihiro MUKAIDA

田鎖 浩太\*\*\*  
Kouta TAGUSARI

田中 誠也\*\*\*\*  
Seiya TANAKA

本研究では、技術の本質的な概念であるトレード・オフを適切に扱う学習の枠組みを提案することを目的とし、計画・実践した中学校技術科授業の実践的指導方法について検討・評価を行った。技術科におけるトレード・オフを、設計・計画の学習において使用目的や使用条件を満たす要素を社会的、環境的、及び経済的側面から比較・検討する思考・判断と捉え、「課題と設定の理解」、「限定条件に基づく構想」、「追加条件を含んだ構想」、「実践と評価」から成る学習の枠組みを構成した。この枠組みに基づく「B エネルギー変換に関する技術」の授業計画を、市販の教材を用いて具体化し、中学 2 年生 142 名を対象とした授業を実践した。その結果、学習を振り返るワークシートから、8 割以上の学習者が社会的、環境的、及び経済的側面に関係する思考・判断を行い、約 3 割の学習者が各側面の利点を選択・放棄するトレード・オフの思考・判断について明確に記述することができていた。

キーワード：中学校技術科，トレード・オフ，指導方法，「TECH 未来」教材

### 1. はじめに

2008 年版の中学校学習指導要領では、「基礎的・基本的な知識及び技能を確実に習得させ、これらを活用して課題を解決するために必要な思考力、判断力、表現力その他の能力をはぐくむとともに、主体的に学習に取り組む態度を養い、個性を生かす教育の充実に努めなければならない」と記されている<sup>1)</sup>。ここでは、「知識・技能」、「思考力・判断力・表現力等」、「主体的に学習に取り組む態度」から成る学力の 3 要素が重要視されており、これについては今後の学習指導要領でも踏襲することが示されている<sup>2)</sup>。

技術教育における思考力や判断力に関わる概念としてトレード・オフが挙げられる。国際技術教育学会は、技術の学習を支える基本概念のひとつとしてトレード・オフを挙げ、デザインを最適化するプロセスや方

法論であることを指摘している<sup>3)</sup>。また、日本工学アカデミーは、計画や設計を検討する過程での重要な手段としてトレード・オフを扱い、その意味を「代替諸条件の目的達成度の比較考量」と示している<sup>4)</sup>。さらに、科学技術の智プロジェクトでは、トレード・オフを技術の本質や共通性格のひとつとして挙げ、技術の利用や開発においては、頻繁にトレード・オフの判断を迫られると指摘している<sup>5)</sup>。このように、トレード・オフは、技術に関わる重要な概念であり、技術的な課題に関わる諸条件を比較・検討して、最適解を導き出す思考・判断の様式として捉えることができる。

中学校技術・家庭科技術分野(以下「技術科」)におけるトレード・オフに関する教育研究として、村松は、シナリオ型環境ゲーム教材を開発し、トレード・オフの概念に基づき、環境に対して多角的な視点を持たせる授業実践を行っている<sup>6)</sup>。また、橋爪はルーブリックを用いて、トレード・オフを含む技術科の思考力・判断力・表現力の評価方法を検討している<sup>7)</sup>。さらに三浦らは、冰山モデルカードを用いて、トレード・オフを含む思考力等を育成する技術科の授業を検証している<sup>8)</sup>。しかし、技術科の授業でトレード・オフを中心に扱うことを意図し、授業や学習の枠組みや方針を検討した研究は見当たらない。

(2015 年 10 月 5 日受付, 2016 年 5 月 14 日受理)

\* 広島大学

\*\* 広島大学附属中・高等学校

\*\*\* 伊丹市立天王寺川中学校

\*\*\*\* 元広島大学学生

† 2015 年 8 月本学会第 58 回全国大会(愛媛)にて発表

本研究では、技術の重要な概念であるトレード・オフについて、技術科の授業内で適切に扱うための学習の枠組みを提案することを目的とし、「B エネルギー変換に関する技術」の内容で枠組みに基づいた授業を計画・実施し、実践的指導方法について検討・評価を行った。

## 2. 技術科におけるトレード・オフ

技術科における学習指導要領及びその解説にはトレード・オフという言葉は見当たらない。しかしながら、トレード・オフに関連する記述は学習指導要領解説に認められる<sup>9)</sup>。

例えば、「A 材料と加工に関する技術」における「(3)ア使用目的や使用条件に即した機能と構造について考えること」の解説では、「機能の検討に際しては、使用目的や使用条件を満足する形状、寸法、使いやすさ等の視点から指導する。また、構造の検討に際しては、製作品の形状、材料や加工法と関連付け、使用時に加わる荷重を考えた材料の使い方、組合せ方や接合の仕方等についても考慮するよう指導する」と示されている。また、「B エネルギー変換に関する技術」における「(2)ア製作品に必要な機能と構造を選択し、設計ができること」では、「製作品の構想を検討する際には、機能、構造、材料、加工、費用、時間等の設計要素を踏まえるとともに、エネルギーの損失や効率について考慮するよう指導する」と示されている。

これらの記述は、各内容における技術的な課題の目的や条件に応じて適切な技術を選択することや、方法や手段を工夫すること等が共通して示されており、トレード・オフの思考・判断を含んでいると考えられる。また、このような記述は、「C 生物育成に関する技術」や「D 情報に関する技術」の内容においても認められ、いずれも製作、制作、育成の前段階である設計・計画に関わる「C(2)ア」、「D(2)ア」、「D(3)イ」の指導事項の解説に関連していることがわかる。

トレード・オフを技術科の授業の中でどう扱うかについて明確にするため、国立教育政策研究所が示す「評価規準の作成、評価方法等の工夫改善のための参考資料」を参照した<sup>10)</sup>。その結果、A～Dの内容における設計・計画に関わる指導事項では、「生活を工夫し創造する能力」での評価規準の設定例で、トレード・オフに関係する記述が見られた。具体的には、各内容に関する目的・条件を明確にして、「社会的、環境的、及び経済的側面等から比較・検討」した上で、

適切な解決策を決定することが記されている。

これらのことから、例えば「A 材料と加工に関する技術」における機能と構造の検討に際しては、使用目的や使用条件を満足する「形状」、「寸法」、「使いやすさ」等の要素を、「社会的、環境的、及び経済的側面等から比較・検討」して設計を行うことが考えられていると推察できる。すなわち、「形状」、「寸法」、「使いやすさ」等の要素は、使用目的や使用条件等に適合するよう検討した上で設定されると考えられ、この際に「社会的、環境的、及び経済的側面」の3側面に関するトレード・オフの思考・判断が生成されると思われる。

そのため、「社会的、環境的、及び経済的側面」の3側面を踏まえたトレード・オフの思考・判断を誘発する学習や指導の枠組みを構想することや、具体的な実践的指導方法に関する検討を蓄積していくことは有意義であると考えられる。

## 3. 学習の枠組みの設定

### 3.1 トレード・オフに関わる先行研究

尾崎は、「生活を工夫し創造する能力」を育むための「設計・計画」の学習指導と学習評価の在り方を検討している<sup>11)</sup>。ここでは、「生活を工夫し創造する能力」は、自己課題や使用目的等の「入力」と、設計図や計画表等の具体物の「出力」の関係で捉えることができると考え、「入力課題」、「工夫し創造する思考・判断活動」、「解決行動(出力となる成果)」という順序で基本構造を示している。この基本構造では、「工夫し創造する思考・判断活動」は、外部条件である制約条件と、内部条件である知識・技能、経験、価値観等の双方から影響を受けると考えているところが特徴的である。

堤は、効率的なエネルギー利用をテーマとして、生活の中でのエネルギーの無駄遣いに気付かせ、改善策を整理・実践する授業を行っている<sup>12)</sup>。ここでは、はじめにエネルギー利用改善のポイントとして、消費電力量を電気代とした「経済的側面」を示している。次に、日本のエネルギー自給率、発電所のライフサイクル、CO<sub>2</sub>排出量等の「環境的側面」と、地域や産業等における環境やエネルギーに対する技術が果たす役割、持続可能な社会の構築等の「社会的側面」に関する知識を加えている。その後、エネルギーを効率的に利用するオリジナル製品と、その製品を取り入れた生活の構想を行っている。この実践では、はじめから「社会

的、環境的、及び経済的側面」の 3 側面を同時に考えさせるのではなく、段階ごとに視点を増やし、徐々に多面的価値やトレード・オフの関係性を踏まえた思考・判断の深化を促しているところが特徴的である。

### 3.2 トレード・オフの思考・判断を導く学習の枠組み設定

トレード・オフの思考・判断を導く学習の枠組みを考えるにあたり、尾崎が提案した基本構造を参考に、外部条件や内部条件が思考・判断活動に影響を与えていく構造を取り入れる<sup>11)</sup>。また、思考・判断のポイントを追加させる堤が提案した授業実践を参考に、「社会的、環境的、及び経済的側面」を段階的に導入する方針をとる<sup>12)</sup>。以上を踏まえて、本研究では、設計・計画に関連する構想を行う中でのトレード・オフの思考・判断を導く学習の枠組みとして、表 1 を提案する。

まず、「課題と設定の理解」は、授業者から与えられた学習課題を理解し、必要であればテーマ等を設定する学習を意図した枠組みである。ここでは、学習者の既有知識や価値観がテーマ設定や課題の理解に影響することが考えられる。

次に、「限定条件に基づく構想」は、授業者の与える限定的な条件に沿って設計・計画に関する構想を練る学習を意図した枠組みである。ここでは、授業者が課題条件 I として、「社会的、環境的、及び経済的側面」の 1 つもしくは 2 つに該当する側面を限定的に提示する。学習者は課題条件 I に関する知識を活用して構想を行う必要がある。そのため、授業者は必要に応じて知識の教示、説明を加えることが求められる。

さらに、「追加条件を含んだ構想」は、授業者が追加した課題条件 II を加味して、学習者が構想を修正、調整することを意図した枠組みである。ここで、課題条件 II は「社会的、環境的、及び経済的側面」のうち、課題条件 I と異なる 2 つもしくは 1 つに該当する側面となる。従って、構想の修正、調整には課題条件 II に関する知識が必要となる。また、課題条件 I と課題条件 II に対する価値観がトレード・オフの活動を活性化

させる鍵となる。そのため、授業者はこれらの知識や価値観についても必要に応じて提示することが求められる。

最後に、「実践と評価」は、構想を具現化し、他者評価と自己評価を行う学習を意図した枠組みである。ここでは、他者評価を受けることで、学習者の構想に対する省察と自己評価を活性化させる。また、このような評価にしたがって、トレード・オフを含んだ構想に関する活動や思考・判断について学習者が態度化することを期待する。

## 4. 計画した授業

トレード・オフの思考・判断を導く学習の枠組みに沿って、中学校技術科「B エネルギー変換に関する技術」における「空間照明の構想」の授業を計画した。

この授業では主に、設定したテーマに沿って、照明の種類や配置を検討させ、照明の当て方を構想する学習活動を行う。授業は、「課題と設定の理解」の枠組みに対応する「①課題の理解とテーマの設定」、「限定条件に基づく構想」に該当する「②空間照明の構想」、「追加条件を含んだ構想」に対応する「③構想の調整」、「実践と評価」に該当する「④発表と振り返り」、の展開で行われる。

回路構成や照明を配置する教材として「TECH 未来」

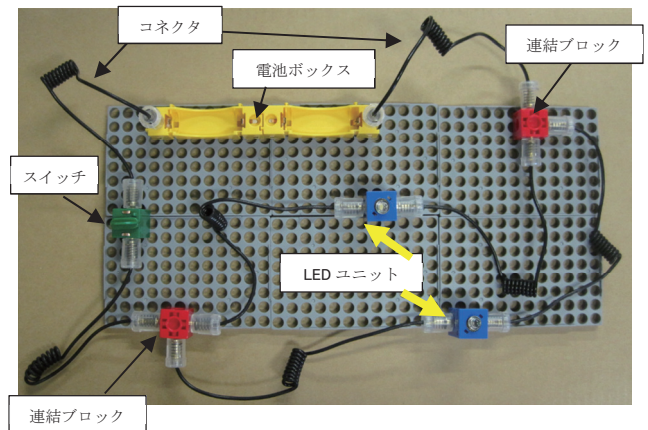


図 1 LED 電球を点灯させる並列回路

表 1 トレード・オフの思考・判断を導く学習の枠組み

学習の流れ	授業者・他者の働きかけ	学習者の活動
1. 課題と設定の理解	授業者からの学習課題の提示	課題に対する知識や価値観の活用
2. 限定条件に基づく構想	授業者からの課題条件 I の提示	課題条件 I に関する知識の活用
3. 追加条件を含んだ構想	授業者からの課題条件 II の提示	課題条件 II に関する知識の活用 課題条件 I と II に関する価値観の検討
4. 実践と評価	指導者、他者からの評価・指摘	評価・指摘による自己評価と態度化

・課題条件 I 及び II には、社会的、環境的、経済的側面のいずれかが該当する。

を使用した。「TECH 未来」とは、特定非営利活動法人東京学芸大こども未来研究所が開発したエネルギー変換学習用の教材であり、エネルギー、動力、回路、機構等について各パーツを組み合わせて実践的に学習することができる<sup>13), 14)</sup>。例えば図 1 では、「TECH 未来」を用いて、単三電池 2 個で LED 電球を 2 個点灯させる並列回路を構成している。この回路は、パーツである電池ボックス 2 個、スイッチ 1 個、連結ブロック(並列回路を作成するパーツ)2 個、コネクタ 7 本、LED ユニット(口金 E10, 図 2)2 個を用い、それらがブロック形式でつながれることで構成できる。

構想した授業では、トレード・オフの思考・判断により電球の交換や回路の組み換えをする必要があり、これらが迅速かつ容易に行うことができる教材として「TECH 未来」を選定した。

空間照明のモデルとして、図 3 のディスプレイ用の箱を使用し、内部に配置した人形や物を照らすようにした。箱は 195mm×250mm×340mm の段ボール箱を一部加工して、左右側面と上部に各 4 箇所、計 12 か所の穴(20 mm×20 mm)を形成する。その穴を差し込み口として LED ユニットの設置して箱の内部を照明によって明るくする。図 2 のように LED ユニットには、E10 の白熱電球、赤色 LED、青色 LED、黄色 LED、白色 LED の計 5 種類からいずれかの電球を選択させ、取り付けさせる。なお、今回使用した LED は電圧 1.0V から点灯する仕様である。

「TECH 未来」を教材として用いた実践的指導方法について、以下に述べる。なお、この授業は 4 人程度のグループで活動することを想定している。

#### ①課題の理解とテーマの設定

(展開・内容)学習者は学習課題が『空間照明の種類や配置を検討する』ことであると知る。次に、「どこ



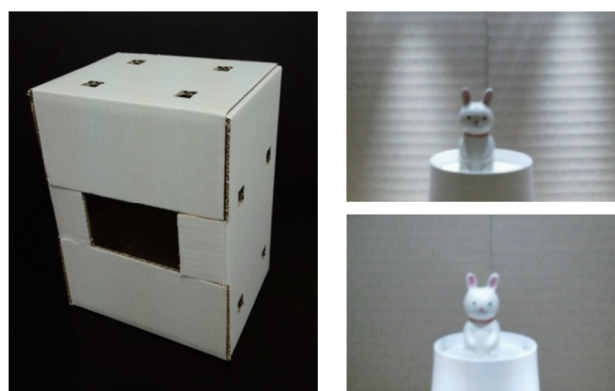
図 2 LED ユニットと電球

で」、「誰に」、「どのような雰囲気」の 3 つの要素を踏まえて、自分のグループが構想する照明のテーマを設定する。ここでのテーマは、照明が影響を与える生活や社会の場面と考え、自分が構想する照明とテーマとの適合度を「社会的側面」として後に評価する。(教材等)テーマの要素となる「どこで」、「誰に」、「どのような雰囲気」については、あらかじめ選択肢を作成しておき、組み合わせることで構成できるようにする。例えば、「どこで」では「家」、「学校」、「お店」、「自分の部屋」等、「誰に」では「お父さん」、「お母さん」、「友達」、「自分」等の選択肢を設ける。それぞれの選択肢は、マグネットシートとして用意しておき、設定したテーマを黒板に貼り表示することができるようにする。

#### ②空間照明の構想

(展開・内容)照明とテーマとの適合度を「社会的側面」として、テーマに沿って構想することを提示する。照明の種類や配置、部品の数等を配慮して、回路等を構想・構成する学習活動を意図する。

(教材等)構想の参考資料として、照明の位置、色、種類によって、どのように印象が変わるかを教示する。例えば、照明を上部に設置することで、内部は光が差すような雰囲気が生じること等を明示する。また、一般的な色のイメージとして「黄色は明るい」、「青は涼しい」、「赤は活気がある」等の印象を与えること等を示す。さらに、一般的に白熱電球では暖かみがあり落ち着いた印象を受け、白色 LED では明るさがやや無機質な印象を与えること、等を例示する。



左：箱の上部と側面の穴に LED ユニットの差し込み、ディスプレイ内部を照らす。穴は左右側面に各 4 箇所計 8 個、上部に 4 個ある。

右上：上部手前の 2 箇所から白色 LED を配置した際の内部  
右下：上部奥の 2 箇所から白色 LED を配置した際の内部

図 3 ディスプレイ用の箱と照明を照らした例

③構想の調整

(展開・内容)「環境的側面」と「経済的側面」を追加し、照明の構想に関連させる。「社会的側面」から構想した照明の種類や配置、部品の数等を、追加された条件である「環境的側面」と「経済的側面」とのトレード・オフを経て、調整・修正する。

(教材等)「社会的側面」に加え、「環境的側面」、「経済的側面」を意識させるため、あらかじめ授業者が設定した表 2 の部品価格と環境負荷得点を提示する。この設定から「経済的側面」にあたる「経費ポイント」を使用した部品の合計金額によって算出し、安ければ安いほど良しとする。「環境的側面」にあたる「環境ポイント」は、使用した部品による環境負荷得点(減点)の合計によって決め、減点が少なければ少ないほど良好とする。経費ポイントについては部品の価格を反映させる。環境ポイントについてはエネルギー消費や廃棄の影響を検討して設定する。なお、これらのポイント設定の方法については先行研究を参考にし、現実の価格や環境負荷を配慮したが、厳密には一致させず、授業に限定した設定とした<sup>15)</sup>。

例えば、LED2 個、白熱電球 4 個、電池 4 個、コネクタ 14 本、スイッチ 2 個、連結ブロック 4 個を使った回路を構成した場合、経費ポイントは 4800 円、環境ポイントは -46 点となる。これらのポイントは、各グループが教室前面の黒板に記入し、他グループのポイントと比較することが可能な一覧表にした。

社会的条件にあたる「演出ポイント」は、「テーマに沿っているか」と「表現の工夫がされているか」の 2 項目に分かれ、グループでの相互評価によってポイントを決める。

④発表と振り返り

(展開・内容)構想した照明をグループ間で相互に発表する。各グループの照明を「テーマに沿っているか」と「表現の工夫がされているか」について 1 点、2 点、

表 2 設定した部品価格と環境負荷得点

部品	部品価格	環境負荷得点
LED	400 円	-1 点
白熱電球	100 円	-4 点
電池+電池ボックス	200 円	-2 点
コネクタ	150 円	-1 点
スイッチ	150 円	-1 点
連結ブロック	100 円	-1 点

・部品価格の合計が「経費ポイント」、環境負荷得点の合計が「環境ポイント」となる。

3 点、4 点、5 点の 5 段階で評価し、各グループの班の得点から得られたものを「演出ポイント」とする。発表終了後、演出ポイントの集計を行い、「経費ポイント」と「環境ポイント」が記された教室前面の黒板の一覧表に追記する。この一覧表を参考にして、図 4 に示すワークシートに振り返りの記入を行わせる。

(教材等)ワークシートでは、学習活動を振り返る問 1 と、トレード・オフの思考・判断を具体的に記述する問 2 を設定した。

問 1 では「照明の種類と配置、部品の数・回路を設定するときに、経費、環境、演出の 3 つの観点それぞれどのくらい重視しましたか」と質問し、グラフ化させた。問 2 では「照明の種類と配置、部品の数・回路を設定するときに、どの観点(複数も可)についてどのように考え、どのように設定しましたか」として、問 1 の質問に引き続き、自分の考えの記述を求めた。

5. 授業の実践と結果

5.1 授業の目標と展開

トレード・オフの思考・判断を導く学習の枠組みに沿って計画した 2 時間の授業を、2014 年 10 月に A 市の公立中学校 2 年生の 2 クラス(I クラス男子 19 人女子 16 人、II クラス男子 17 人女子 19 人)と、B 県の公立中学校 2 年生の 2 クラス(I クラス男子 17 人女子 17 人、II クラス男子 17 人女子 20 人)の計 4 クラス 142 名に実施した。各中学校では 1 年生時に「A 材料と加工に関する技術」と「D 情報に関する技術」を学習し、2 年生時には「C 生物育成に関する技術」を学習している。なお、この授業までの「B エネルギー変換に関

【問1】照明の種類と配置、部品の数・回路を設定するときに、経費、環境、演出の3つの観点をそれぞれどのくらい重視しましたか。「①照明の種類と配置」「②部品の数・回路」として割合で表しましょう。(10%きざみ)

	経費	環境	演出								
①照明の種類と配置	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>								
	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
②部品の数・回路	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

【問2】照明の種類と配置、部品の数・回路を設定するときに、どの観点(複数も可)についてどのように考え、どのように設定しましたか。問1を参考にしながら、具体的に書きましょう。

①照明の種類と配置を設定するときに(経費・環境・演出)の観点について

(.....)と考える。

(.....)と設定した。

②部品の数・回路を設定するときに(経費・環境・演出)の観点について

(.....)と考える。

(.....)と設定した。

図 4 学習を振り返るワークシート

する技術」では、「TECH 未来」を教材として使用して、エネルギーの変換や電気回路等の学習を 4 時間程度行っている。

授業の目標は「それぞれの照明部品の数や配置について、経済面、環境面、社会的効果等を比較・検討し、設定することができる」として「工夫・創造」の評価観点から学習評価を行うことを意図した。表 3 に授業展開を示す。

授業は生徒が 4 人程度のグループになって活動し、各グループで「TECH 未来」を 2 セット利用する。電球、各色の LED、追加パーツ等は教室前面に配置し、必要に応じて使用できるようにした。

表 3 授業展開の概要

過程	・学習活動	・支援・留意点
導入	1. 光エネルギー：照明の役割を知る。	・様々な照明の使用例を気づかせる。
展開 1	2. 1 時間目の目標を確認する。 テーマに沿って照明器具の種類や配置を工夫しよう	・回路を工夫することで様々な照明効果を生むことを教示する。
	3. 照明の効果をj知る。	・照明の違いにより印象が違jうことを気づかせる。
	4. 照明のテーマを考える。	・「どこで」「誰に」「どのような雰囲気」の要素を選択させる。
	5. テーマに沿った照明を構想・構成する。	・照明の種類、数、配置による効果の違いを教示する。 ・テーマに沿うように考えたことを記述させる。
	6. 経済的、環境的側面を意識する。	・経費、環境ポイントについて説明する。 ・ある側面を重視すると、他の側面のポイントがわるくなること(トレード・オフ)に気づかせる。
	展開 2	7. 2 時間目の目的を確認する。 3 側面を意識して照明器具の種類や配置を工夫しよう
	8. 照明の構想を調整・修正(トレード・オフ)する。	・調整した箇所については、斜線で訂正させる。変更について考えたこと記入させる。
	9. 照明を相互評価する。	・他グループの照明を 2 つの観点から評価するように指示する。
	10. 照明の構想について振り返る。	・演出、経費、環境のポイントに基づいて、照明の工夫・修正について考えたことを記述させる。
まとめ	11. 身の回りにある照明の工夫を意識する。	・利用者、製作者の視点で、工夫されている照明について説明する。

## 5.2 授業の評価方法

ワークシートの間 2 である「照明の種類と配置」と「部品の数・回路」の記述は、表 4 の評価基準に沿って評価した。

また、授業の目標である「それぞれの照明部品の数や配置について、経済面、環境面、社会的効果等を比較・検討し、設定することができる」に沿って、「照明の種類と配置」と「部品の数・回路」の評価結果を組み合わせた表 5 の評価基準を作成した。例えば、「照明の種類と配置」と「部品の数・回路」のどちらも a 評価である場合は A+ 評価とする。また、「照明の種類と配置」と「部品の数・回路」のどちらかが a 評価で、もう一方が b 評価である場合は A- 評価とすることにした。

なお、通常の学習評価は「B 評価：おおむね満足できる」を満たすことが求められており、それに到達しない場合に「C 評価：努力を要する」と評価される。また、「B 評価」の中で、優れている場合に「A 評価：十分満足できる」と評価される。本研究では、計画した授業を、生徒の学年や学習状況に沿って適切に学習評価することを意図して、A+ から C- までの 6 段階の評価規準を設定し、それに準じた学習評価を試行することにした。

## 5.3 評価結果の検討

表 5 の基準に基づいて学習評価を行った結果を各学校、クラス別に表 6 に示す。

A 市の中学校では、I クラス、II クラスともに、9 割以上の生徒が B+ 評価以上となり、ほぼ授業の目標

表 4 ワークシートの記述に関する評価基準

a 評価	経費、環境、演出の 3 観点を比較・検討し、トレード・オフを踏まえて、設定することができる。
b 評価	経費、環境、演出の 3 観点を比較・検討し、設定することができる。
c 評価	経費、環境、演出の 3 観点を比較・検討することができていない。もしくは、経費、環境、演出の 3 観点を比較・検討しているが、適切に考えて設定することができていない。

表 5 授業目標を踏まえた評価基準

	照明の種類と配置			
	a 評価	b 評価	c 評価	
部品の数・回路	a 評価	A+	A-	B-
	b 評価	A-	B+	C+
	c 評価	B-	C+	C-



が達成できていることが推察できた。特に、A+評価、A-評価の生徒は 3 割を超えており、経費、環境、演出の 3 観点の関係性を理解して、自分たちの目指す照明の構想において適切にトレード・オフを行い、最適な照明の構想を目指すことができていた。65%以上を占める B+評価の生徒は、経費、環境、演出の 3 観点の関係性を意識しているが、記述から明確なトレード・オフの思考・判断が読み取れなかった。2 名の C+, C-評価の生徒は、照明の構想に関する記述をすることができていなかった。

B 県の中学校では、I クラス、II クラスともに、約 70%の生徒が B+評価以上であった。しかし、約 30%の生徒が C+評価または C-評価であった。C+評価や C-評価とした多くは、ワークシートに記述そのものがされていない、もしくは照明の構想に関連した記述がない、等であった。C+評価、C-評価の生徒の中には、同じグループの中に A+評価の生徒が含まれていることから、グループの他生徒との発話・検討を通

して、構成した照明や回路の特徴を気付かせるようにする等の指導の手立てが考えられる。また、ワークシート等を簡略化して記述しやすくすることが、今後の授業実践における改善点としてあげられる。

A 市の中学校と B 県の中学校の評価結果の相違を検討するため、表 7 に各学校、グループの経費、環境、演出ポイントをまとめた。「演出ポイント」について、A 市の中学校では他グループの相互評価を合計した 70 点満点で算出していた。B 県の中学校では、他グループの相互評価の合計(80 点)をグループ数で割り、小数点以下を繰り上げた得点に簡素化していた。

A 市の中学校では、「経費ポイント」の最大が 6200、最小が 2650 であった。「環境ポイント」の最大は-19、最小は-41 であった。B 県の中学校では、「経費ポイント」の最大が 3500、最小は 800 であった。「環境ポイント」の最大は-3、最小は-26 であった。

これらのポイントの現れ方について、授業担当教員と検討した。その結果、A 市の中学校では、生徒が設

表 6 ワークシートの記述による評価結果

評価\学校	A 市 I クラス	A 市 II クラス	B 県 I クラス	B 県 II クラス	計
A+評価	2	6	4	1	13 (9%)
A-評価	7	9	5	6	27 (19%)
B+評価	25	20	15	19	79 (56%)
B-評価	0	0	0	0	0 (0%)
C+評価	1	0	4	2	7 (5%)
C-評価	0	1	7	8	16 (11%)

表 7 各学校、グループの経費、環境、演出ポイント

A 市 I クラス	グループ1	グループ2	グループ3	グループ4	グループ5	グループ6	グループ7	グループ8	—
経費ポイント	4600	3900	3450	5600	6200	4800	4550	2650	—
環境ポイント	-28	-41	-45	-34	-33	-32	-31	-21	—
演出ポイント	37	47	25	44	45	39	41	45	—
A 市 II クラス	グループ1	グループ2	グループ3	グループ4	グループ5	グループ6	グループ7	グループ8	—
経費ポイント	2650	5800	6200	6000	3100	4150	3600	4100	—
環境ポイント	-23	-32	-38	-34	-19	-25	-22	-19	—
演出ポイント	44	55	57	39	42	40	51	43	—
B 県 I クラス	グループ1	グループ2	グループ3	グループ4	グループ5	グループ6	グループ7	グループ8	グループ9
経費ポイント	2450	1450	2550	1450	850	1450	800	2550	2500
環境ポイント	-11	-7	-11	-10	-15	-9	-5	-17	-26
演出ポイント	10	10	8	10	9	10	6	9	7
B 県 II クラス	グループ1	グループ2	グループ3	グループ4	グループ5	グループ6	グループ7	グループ8	グループ9
経費ポイント	1300	2400	3200	3500	1000	3450	3200	2000	2000
環境ポイント	-8	-12	-5	-22	-3	-23	-20	-12	-16
演出ポイント	6	10	5	未記入	3	5	7	未記入	未記入

- ・生徒のワークシートから転載したため、各ポイントの計算に整合性がない場合や、未記入の箇所がある。
- ・A 市クラスの演出ポイントは、各グループが 10 点の持ち点で計算して 70 点満点である。
- ・B 県クラスの演出ポイントは、80 点満点で算出した得点を他グループ数(8)で割り、小数点以下繰り上げた得点である。

定したテーマに沿った照明の演出を強く意識することができ、照明の数や種類を数多く使うことに戸惑いがなかったことが影響しているとの意見を得た。また、B 県の中学校では、「経費ポイント」や「環境ポイント」を提示した後、生徒がポイントを必要以上に配慮してしまい、テーマに沿った照明を考える意図が弱くなってしまったとの意見を得た。表 6 に示す評価結果から、A 市の中学校の学習状況が比較的良いと考えられるため、学習活動の中では設定した各種ポイントを中心として考えるのではなく、設定したテーマに沿った回路を構想する際の目安として考え、各種ポイントのバランスを検討するように指導する必要性が考えられた。

## 6. おわりに

本研究では、技術の重要概念として指摘されるトレード・オフについて、中学校技術科の授業で適切に扱うための学習の枠組みを検討することを目的とした。

学習指導要領解説や国立教育政策研究所が示す資料を参考にして技術科におけるトレード・オフの位置づけを検討した。その結果、技術科におけるトレード・オフは製作等の前段階である設計・計画に関連し、使用目的や使用条件を満足させる諸要素を、社会的、環境的、及び経済的側面等から比較・検討する思考・判断の様式として捉えることができた。

さらに、技術科においてトレード・オフを扱う先行研究から、外部条件や内部条件が「工夫・創造」の思考・判断活動に影響を与えていく構造と、段階的に思考・判断の側面を追加させる授業展開を参照した。これらを踏まえて、トレード・オフの思考・判断を導く学習の枠組みとして、「課題と設定の理解」、「限定条件に基づく構想」、「追加条件を含んだ構想」、「実践と評価」から成る学習の枠組みを構成した。

このトレード・オフの思考・判断を導く学習の枠組みに沿って、中学校技術科「B エネルギー変換に関する技術」における「空間照明の構想」の授業を計画するため、市販の教材を用いて実践的指導方法を検討した。この授業では、テーマに沿った照明や回路を構成するため、学習者が「照明の種類と配置」と「部品の数・回路」を構想した。授業者は、社会的、環境的、及び経済的側面を意識させるために、経費ポイント、環境ポイント、演出ポイントを設け、構想の自己評価と再調整を支援した。

中学生 2 年生 142 名を対象として授業における学習

評価を検討した結果、設定した評価基準の B+以上とされた 84%の学習者は、構想の際にトレード・オフに関係し、複数の側面を思考・判断することができていると考えられた。その中で、設定した評価基準の A-以上とされた 28%の学習者は、社会的、環境的、及び経済的側面を選択・放棄する記述を明確に示しており、トレード・オフの思考・判断を的確に行うことができていることが考えられた。

これらの結果から、本研究で示したトレード・オフの思考・判断を導く学習の枠組みと、今回の条件下で行った実践的指導方法においては、技術科の授業でトレード・オフの思考・判断を導くために概ね適切であると考えられた。今後の課題として、トレード・オフの思考・判断に関わる学習過程について、グループの発話やワークシートの記述内容等から詳細に分析・検討することが考えられる。

## 謝 辞

本稿は、学術研究助成基金助成金挑戦的萌芽研究：研究課題番号 15K13229 の助成を受けて行われた。

また、構想・実施した授業の内容は、特定非営利活動法人東京学芸大こども未来研究所との共同研究として行われた。

## 参考文献

- 1) 文部科学省：中学校学習指導要領，東山書房（2008）
- 2) 文部科学省：教育課程企画特別部会 論点整理（2015）[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo0/gijiroku/\\_icsFiles/afieldfile/2015/09/29/1362371\\_2\\_1\\_1.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/gijiroku/_icsFiles/afieldfile/2015/09/29/1362371_2_1_1.pdf)（最終閲覧 2015 年 10 月）
- 3) 国際技術教育学会：国際競争力を高めるアメリカの教育戦略，教育開発研究所，pp.25-65（2002）
- 4) 社団法人日本工学アカデミー：技術リテラシーと市民教育—学校では技術について何が教えられるべきか—（2005）
- 5) 科学技術の智プロジェクト：科学技術の智プロジェクト技術専門部会報告書（2008）
- 6) 小松裕貴・村松浩幸・今村貴之：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，信州大学教育学部研究論集，第 4 号 pp.1-13（2011）

- 7) 橋爪一治：技術科に求められる思考力・判断力・表現力等の評価，日本産業技術教育学会技術教育分科会論文集「技術科教育の研究」，第 16 巻，pp.17-23 (2011)
- 8) 三浦寿史・田口浩継・内田有亮・他 1 名：「材料と加工に関する技術」における氷山モデルカードを用いた授業実践，日本産業技術教育学会技術教育分科会論文集「技術科教育の研究」，第 20 巻，pp.39-46 (2015)
- 9) 文部科学省：中学校学習指導要領解説技術・家庭編，教育図書 (2008)
- 10) 国立教育政策研究所：評価規準の作成，評価方法等の工夫改善のための参考資料 (2011)
- 11) 尾崎誠：「工夫し創造する能力」を育む「設計・計画」の学習，日本産業技術教育学会誌，第 53 巻，第 4 号，pp.287-292 (2011)
- 12) 堤健人：効率的なエネルギー利用の実践的態度を育む授業実践，KGK ジャーナル，第 49 巻，第 4 号，pp.8-9 (2014)
- 13) 柏原寛他：技術科教材の開発を通じた産学連携による関係構築と課題，東京学芸大学紀要総合教育科学系 I，第 66 巻，pp.211-219 (2015)
- 14) 谷田親彦・田鎖浩太・柏原寛：中学校技術科「エネルギー変換に関する技術」の基礎知識・技能を養う授業実践の検討－TECH 未来教材を利用した学習指導の計画と実践－，広島大学教育学部附属教育実践総合センター紀要「学校教育実践学研究」，第 22 巻，pp.155-162 (2016)
- 15) 佐藤正直：技術的概念の獲得を目指したガイダンス学習の実践：第 2 回中学・高校情報教育交流研究会資料，pp.3-9 (2014)

## Abstract

The purpose of this study was to construct a learning framework for trade-off that is an essential concept of technology. We also examined a practical teaching method that applied the framework in a technology education class. Trade-off in technology education is defined as the focus on some objective elements and specifications to those related to social, environmental, and economic viewpoints in learning design. The framework was constructed using the following elements: “understanding task and configuration,” “planning and design in limiting conditions,” “planning and design under an additional condition,” and “practice and evaluation.” A practical teaching method was formed using the teaching material, “TECH-mirai.” The lesson plan about “technology of energy conversion” was investigated for 142 eighth grade students. The students were evaluated based on descriptions of their learning activity; furthermore, we found that more than 80% of the students were thinking and making judgments from social, environmental, and, economical viewpoints. About 30% of the students clearly described the trade-off that was made.

Key words: Technology education, Trade-off, Teaching method, TECH-mirai teaching material

