

# デザイン思考を通じてイノベティブ・マインドセットを育む 理科授業の開発と実践

Development and Practice of Science Education to Cultivate  
Innovative Mindset Through the Design Thinking Process

五関 俊太郎<sup>\*1</sup>・後藤 勝洋<sup>\*2</sup>・松浦 執<sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup>墨田区立両国小学校・<sup>\*2</sup>渋谷区立西原小学校・<sup>\*3</sup>東京学芸大学教育学部

現代社会ではイノベーターの視点が求められており、学校教育においてもその人材の育成が注目される。イノベーションを創出する人材の育成にはデザイン思考とイノベティブ・マインドセットの涵養が重要とされる。本研究では、第6学年理科「電気の活用」の展開として、センサーを用いたプログラミングを含む回路づくりを行い、デザイン思考の「Double Diamond」モデルをベースとしたものづくり活動を実践した。児童の討論記録と作品の分析から、Double Diamondモデルをベースとした指導計画の下で、多様なアイデアの創出が見られた。また、イノベティブ・マインドセットに関する質問紙調査から、「理科の学習への意欲」「課題解決への粘り強さ」「コミュニケーションへの姿勢」「変革志向」「社会への参画」の5因子が抽出された。さらにこれらの因子が、本ものづくり実践の実施前後で顕著に向上することが見られた。

キーワード：小学校、理科教育、デザイン思考、イノベーション、マインドセット

## 1. はじめに

### 1.1 背景

#### 1.1.1 「イノベーション人材」の育成

白井(2020)は著書『OECDラーニング・コンパス(学びの羅針盤)2030』において、「変革をもたらすキーコンピテンシー」の1つとして、「新たな価値を創造する力」が示されたこと、そしてその力の中核になる概念が、「イノベーション」であることを述べた。

Wagner(2012)も、21世紀の社会にはイノベーションが必要であり、その育成方法を早急に検討する必要があると述べている。ATC21sの提唱する21世紀型スキルにおいても、育成すべき10のスキルの1つとして「創造性とイノベーション」が挙げられている。また、ヤング・木島(2019)は、イノベーションを実現できる「STEAM人材」を育成することが重要であると述べる。これらの論考では共通して、イノベーションを引き起こす人材(以下、イノベーション人材と略記)の育成が重要であると述べられている。

しかし初等教育において、イノベーション人材の育成方法の提案及び教育実践は国内には多くは見られず、今後知見の蓄積が求められる。イノベーション人材の育成への初等教育の寄与には、どのような形態が可能だろうか。

#### 1.1.2 「イノベーション人材」に必要な「イノベティブ・マインドセット」

イノベーション人材の育成を考える上で重要となるのが、「イノベーション人材に必要な資質・能力は何か」であろう。

ヤング・木島(2019)は、活躍するSTEAM人材は「イノベーターのマインドセット」として、「①型にはまらない」「②ひとまずやってみる」「③失敗して、前進する」や、「新しいヒューマニズム(人間性を大切にする思想)をもつ」と述べている。また、松波(2014)も、イノベーションにはマインドセットが必要だと述べる。Wagner(2012)は、イノベーションを引き起こすための内的モチベーションと、それを高めるための「遊び・情熱・目的意識」の要素をもつことが重要であると述べた。これらに共通するのは、イノベーションを引き起こそうとする態度、すなわち「マインドセット(心のもちよう)」をもつと述べる点である。本稿ではこれをイノベティブ・マインドセットと呼ぶ。

ヤング・木島(2019)はイノベーション人材を育てるため、学校教育に新しいパラダイムが求められると述べる。その1つが、実社会の問題を発掘し、解決していくという教育モデルを通して「子供たちに、自

分たちに社会を変える力があるのだという自信を与えること」であると述べる。初等教育においても、このことが可能な単元指導計画を実践することで、児童のイノベティブ・マインドセットを高め、イノベーション人材の育成に寄与することができるのではないだろうか。

### 1.1.3 イノベーションを創出する

#### 「新しいヒューマニズム」と「デザイン思考」

本研究では、「子供たちに、自分たちに社会を変える力があるのだという自信を与えること」を達成することが重要であると考えた。そのためには、子供自らが、社会を変革させ得る「イノベティブな発想」を持つことが重要と考えた。「イノベティブな発想」を自ら持てると自覚することが児童の自信につながり、児童のイノベティブ・マインドセットを向上させるのではないかと。

では、どのような指導計画の工夫が、「イノベティブな発想」を引き出すことにつながるのだろうか。ヤング・吉原(2019)は、「デザイン思考」と「新しいヒューマニズム」がSTEAM人材に必要な要素であると述べる。デザイン思考は、デザイナーの方法論を駆使した、「直感」を使って発見するためのツールである。表1のように、デザイン思考は、論理を用いて人を説得するためのツールである論理的思考・批判的思考とは一線を画すものとされる。新しいヒューマニズムは、「人類のために役に立ちたい」「人間の生活をよりよくしたい」といった、人間を重視した思想・行動原理であり、イノベーションを引き起こす上で重要であること等が説明されている。

本研究では、児童の学習活動においても、デザイン思考に基づく指導計画を立案し、「新しいヒューマニズム」に立脚した目標を設定することが、児童に「イノベティブな発想」を引き起こす上で有効であるという仮説を設定した。

しかし、これらの条件を満たす学習活動を、どの教科のどの単元で行うべきなのか、検討が必要である。

表1 論理的・批判的思考とデザイン思考

(ヤング, 木島(2019)をもとに作成)

論理的思考 (ロジカル・シンキング)	批判的思考 (クリティカル・シンキング)	デザイン思考
論理(ロジック)ベース		直感ベース
説得のためのツール		発見のためのツール
主に左脳を使う		脳と五感を使う
思考が論理的に正しいかどうかをチェックするツール	客観的な視点で、多面的に分析し、検証するツール	積極的にアイデアを飛躍させて、仮説を形成する。

### 1.1.4 第6学年 理科「電気の利用」の

#### ものづくり活動への注目

小学校学習指導要領(平成29年告示)では、プログラミング教育がカリキュラムに取り入れられることとなった。小学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編でも、第6学年「電気の利用」の単元では、日常生活との関連として「エネルギー資源の有効利用という観点から、電気の効率的な利用について捉えるようにする。」と述べられている。加えて、「実際に目的に合わせてセンサーを使い、モーターの動きや発光ダイオードの点灯を制御するなどといったプログラミングを体験することを通して、その仕組みを体験的に学習するといったことが考えられる」と述べられている。市販のプログラミング可能な回路キットを用いるなどして、特定の目的のために実際に機能するモデルを作成することも可能になっている。しかしながら現在のところ、児童にどのような文脈で「エネルギー資源の有効利用」の観点からのものづくり活動を行わせるかについての先事例は少ない。

そこで本研究では、理科の「電気の利用」の単元において、児童に、新しいヒューマニズムに基づいて実社会・実生活でエネルギーを有効活用するものづくりの計画を立てさせる。そしてデザイン思考に基づく個人及びグループ活動を実践させる。このような授業デザインのもとで、実際のものづくり活動を行うことで、児童が「自分たちに社会を変える力があるのだ」という自信を持つに至ることが期待される。

## 1.2 本研究の目的

本研究では、小学校第6学年理科「電気の利用」単元の学習に、デザイン思考と新しいヒューマニズムに基づくものづくり活動を導入する。ものづくりの目標を新しいヒューマニズムに基づいて設定する。そして、デザイン思考に基づく個人及びグループでの児童の活動のモデルを提案し、この活動を実践することによる児童のイノベティブ・マインドセットの変容を明らかにする。

## 2. 方法

### 2.1 授業の立案

#### 2.1.1 デザイン思考と新しいヒューマニズムを発揮する「Double Diamond」モデル

デザイン思考の手順としてDesign Council(2015)が提唱するイノベーションプロセスである「Double

Diamond」(図1)を授業に導入した。Double Diamondは以下のように発散と収斂の組み合わせが2組対で構成されている。

**Discover(発散):** 問題が何であるかを理解する。問題の影響を受ける人々との対話と共感を広げる。

**Define(収斂):** Discoverで収集した理解をもとに、今までにない挑戦を絞り込み定義する。

**Develop(発散):** 定義された問題に種々の異なる解決を与える。異なる人々との協働を広げる。

**Deliver(収斂):** 有効な解決法を選び出して試し、改善する。

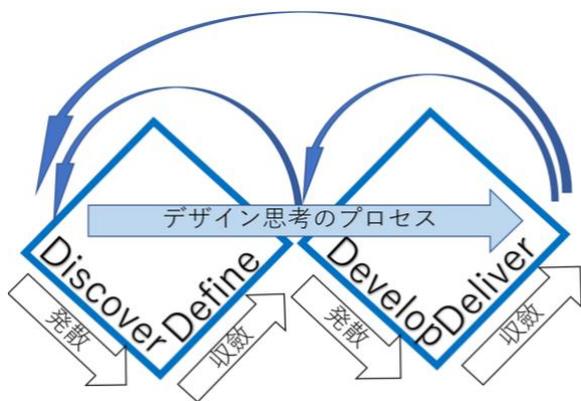


図1. デザイン思考のプロセスを表す Double Diamond 構造。Design Council, 2015 をもとに構成した。

Double Diamondモデルでは、新しいヒューマニズムに基づく目標設定に始まり、DiscoverからDeliverに至る行程をたどるが、状況に応じて、DefineからDiscoverへ、DeliverからDevelopあるいはDiscoverへと立ち戻りながら、イノベーションを目指した発散と収斂の行程を繰り返していく。

このDouble Diamondは、課題を適切に設定する1回目の発散・収斂と、その適切な解決方法を考える2回目の発散・収斂の2組に分けて行うことで、それぞれの段階で精度の高い答えを得ることが期待される。

本研究ではこの「Double Diamond」を、理科における「ものづくり活動のモデル」として取り入れた。

### 2.1.2 指導計画の立案

表2に、Double Diamond型ものづくり活動モデルを基に指導を行った実験群と、主に教科書に従って指導を行った対照群を示す。

実験群・対照群共に、単元目標は共通である。また指導時間も共に13時間と設定し、教育の著しい不平等が発生しないよう配慮した。

1～5時間目は共通して、電気の性質について問題解決型学習を通じて学ぶ。また、5時間目の学習の終わりには、電気の性質が何らかのアルゴリズムによってコントロールされ、私たちの生活に役立てられていることを児童に気付かせる。

6時間目は実験群・対照群共に、プログラミング可能なIoTブロックであるMESH (MESH™, ソニーマーケティング株式会社) を導入した。

表3,4に実験群と対照群の授業時程を示す。実験群(表3)は、7時間目から12時間目にDouble Diamond型ものづくり活動モデルを適用した。この活動モデルでは、個人、グループ、学級で、活動の単位を変えながら学習を進める。MESHを利用しての、生活や社会の改善のための電気のものづくりを目標とした。自ら「エネルギー問題を解決したい!」といった児童の願いを膨らませ、社会をより良くするためのアイデアの創出に挑戦した。

表2 実験群と対照群の授業モデル

	実験群 Double Diamond型ものづくり活動モデル	対照群
単元目標	①電気の性質や働きについての理解を図り、観察、実験などに関する基本的な技能を身に付けるようにする。 ②電気の性質や働きについて追究する中で、主にそれらの仕組みや性質、規則性及び働きについて、より妥当な考えをつくりだす力を養う。 ③電気の性質や働きについて追究する中で、主体的に問題解決しようとする態度を養う	
指導時間	13時間	13時間
1～5時間目の活動	・既習事項・生活経験の確認をする。 ・電気を作る、ためる、変換できることを知る。 ・豆電球と発光ダイオードを比べる。 ・身の回りで電気が有効活用されているものを探す。	
プログラミング教材	IoTブロックMESH, プログラミングアプリ	IoTブロックMESH, プログラミングアプリ
活用場面におけるDouble Diamond	取り入れる。	取り入れない。
活用場面の課題	MESHを用いて、エネルギー問題を解決するためのアイデアを創出する。	プログラムやセンサーが身近で活用されている場面を探し、プログラムを再現する。
発表形式	ポスターセッション	ポスターセッション

表 3 Double Diamond に基づく実験群の指導計画

指導計画		デザイン 思考 プロセス
授業時	学習内容	
1	既習事項・生活経験の確認をする。	
2, 3	電気を作る, ためる, 変換できることを知る。	
4	豆電球と発光ダイオードを比べる。	
5	身の回りで電気が有効活用されているものを探す。	
6	MESHを体験する。	
7	社会問題を想起し, MESHを用いて解決していきたい課題について個人で検討した後, 学級で発表し合う。 学級で解決を目指したい課題を定める。	
8	これまでの学習を基に, 課題の解決策を個人で考える。	Define (収斂)
9	4人ずつのグループを構成し, 互いのアイデアを基に話し合いを行い, よりよいアイデアを創り出す。	Develop (発散)
10	グループで協力し, 考えたアイデアを, MESHを用いて再現することを目指す。	
11	グループで考えを共有しながら, ポスターセッションのための準備を行う。	
12	考えたアイデアを他の班の人にポスターセッション形式で発表し, 意見を交換する。学習感想を書く。	
13	単元の学習を振り返り, 学習の定着を確認する。	Deliver (収斂)

表 4 教科書に従った対照群の指導計画

指導計画	
授業時	内容
1	既習事項, 生活経験の確認をする。
2, 3	電気を作る, ためる, 変換できることを知る。
4	豆電球と発光ダイオードを比べる。
5	身の回りで電気が有効活用されているものを確認する。
6, 7	MESHの使い方を学ぶ。
8	暗い時だけ明かりがつくプログラムを組む。
9, 10	暗くなって人が通った時だけ明かりがつくプログラムを組み, このプログラムの良さを考える。
11	身の回りのどのようなところにプログラミングが利用されているか確認する。
12	身の回りのどのようなところにプログラミングが利用されているか考えたことを発表する。学習感想を書く。
13	単元の学習を振り返り, 学習の定着を確認する。

9時間目から12時間目はグループでの活動を行った。グループを構成する際は, 同じアイデアをもつ児童が同じ班にならないよう留意し, メンバー各自の考えを組み合わせるコラボレーションが発生しやすいようにした。異なるアイデアをもつ者同士の話し合いは, よりイノベティブ・マインドセットを高めると考えたためである。考えたことはポスターセッションにより伝え合う活動を実施した。

一方対照群(表4)では, 教科書に準じた指導を実施した。1~6時間目の学習は実験群と同等である。7時間目はMESHの使い方を教師の説明を聞きながら丁寧に学ぶ時間とした。8~10時間目は教師の示した課題に従ってプログラムを組む活動を行った。11・12時間目は学んだことを振り返りながら, プログラムやセンサーが生活のどのような場面で活用されているか考え, 班ごとに実際にプログラムを組んで紹介する活動を行なった。発表はポスターセッション形式で行った。対照群の単元指導計画を表4に示す。

### 2.1.3 授業実践

東京都内の小学校第6学年児童111名を対象に授業実践した。実験群34名に対し対照群77名を設定した。実験群児童は表3の指導計画で授業実践を行い, 対照群児童は表4に示す指導計画で授業実践を行った。また学びの不平等が発生しないよう, 実験群, 対照群がそれぞれ行わなかった学習については, データ収集後, 後日実施した。

## 2.2 効果の検証方法

### 2.2.1 MESHを用いたものづくり作品の分析

実験群の児童が, 8時間目の学習においてどのようにアイデアをもち, 9時間目の学習でどのように統合していったのか, その過程を検討する。

### 2.2.2 事前事後の質問紙調査

実験群の児童と, 対照群の児童に本実践の事前, 事後の質問紙調査を行い, その変化について分析した。質問項目を以下に示す。

1. 理科の学習が好きだ。
2. 理科の学習は大切だ。
3. 理科の学習は将来役に立つ。
4. 友達と考えを伝え合う時間は大切だ。
5. 友達と議論をする時間は大切だ。
6. 自分自身で答えを見つけるのが好きだ。
7. 物事に集中して取り組める。

8. 注意深く、じっくり考えることができる。
9. 注意深く、じっくり調べることができる。
10. 色々な物事について、深く知りたいと思う。
11. 反対の意見は、率直に言う方だ。
12. 自分の考えは積極的に伝えるべきだ。
13. 周りに反対されても、正しいと思ったことは、やり通せる。
14. 新しいことに挑戦することが好きだ。
15. 慣れない場所や状況にワクワクする。
16. 人のためになることを行いたい。
17. 社会のためになる仕事がしたい。
18. すぐにはあきらめない。
19. 自分には世界を変えることが可能である。
20. 自分の可能性は無限である。

質問項目1.2.3は理科学習への意識を捉えるために、筆者が設定した。質問項目5から13は、都築・新垣(2014)のイノベティブ・マインドセット尺度を基に、第6学年の児童の実態に合わせて、筆者が文言を調整した。その際、第6学年児童が理解することが難しいと考える質問項目は除外した。質問項目14から20は、松波(2014)が示すマインドセットを参考にしながら、第6学年の児童の実態を踏まえて筆者が考案した。このようにして20項目の質問を設定し、リッカート尺度の5件法、即ち、「そう思う」を5点、「どちらかといえばそう思う」を4点、「どちらともいえない」を3点、「どちらかといえばそう思う」を2点、「そう思わない」を1点として集計した。

都築・新垣(2014)は因子分析により、イノベティブ・マインドセットの尺度として「自立的思考と表現への志向」「深く探究する態度」「変革志向」「リスクテイキングへの積極性」を導いている。しかし本研究では、都築・新垣(2014)とは調査対象の年齢が大きく異なること、松波(2014)を参考に項目を新たに追加したことなどから、改めて因子分析を行うこととした。

### 2.2.3 学習感想の分析

本実践の12時間目のポスターセッション後に、学習感想を自由に記述させた。学習感想は、児童の学びの振り返りであり、教師が意図する教育が児童の内省に現れているかどうかを確認するものでもある。学習感想の記述の中に、本研究で重視する「児童自らに社会を変え得る力があるのだという自信」(1.1.2にて説明)を表明する記述の有無を調べる。

## 3. 結果と考察

### 3.1 7時間目の課題の設定

7時間目の前半、Discover (発散) プロセスでは、MESHを用いて解決したい社会問題について話し合いを行った。「エネルギー問題に注目するべきだと思います。このままでは世界のエネルギーが足りなくなると思うからです。」「エネルギー問題に注目するのは賛成です。加えて、高齢化についても注目できると思います。特に、社会の学習で学んだように、農業や漁業の高齢化が深刻なため、すぐに解決するべきだと思います。」等、既習事項を生かしながら具体的に考えを提案し合っていた。

また、Define (収斂) プロセスでは、「この考えは素晴らしいけど、MESHではできないと思う」や「この問題も大切だけど、今優先すべきはエネルギー問題だと思う」等、「MESHで実現が解決可能な課題」という視点と、「すぐに解決すべき重要な課題」という視点で、Discover (発散) プロセスで挙げられた考えを精査する発言が出ていた。その結果、「MESHを利用して、エネルギー問題等を解決するアイデアを考えよう」という学級全体の課題を設定することができた。これは、第5時において身の回りの電気の理由を調べる中で芽生えた、もっと電気を有効利用しなければならないという意識に端を発するものであり、人間の生活をよりよいものとしようとする児童の「新しいヒューマニズム」の現れであると捉える。また、可能であればそれ以外のスコープでの問題解決も目指したいとの思いも強かった。そこでエネルギー問題の解決(省エネ)を念頭に置きながら、それ以外の防犯、防災、高齢化等の問題に注目しても良いこととした。

電気の利用から派生して、さらに身近な問題をよりよくする多様なアイデアが次々と生まれていったことは、この学習計画が、多様なアイデアを創出する上で有効であることを示唆する。

### 3.2 児童の様子、作品

#### 3.2.1 実験群

8時間目の学習では、全ての児童がエネルギー問題を解決するための省エネルギーを目標として、これに沿ったアイデアを創出できていたことをノートの記述より確認できた。

更に9時間目や10時間目の活動では、同じグループの友達と話し合いを重ねることで、アイデアを統合

したり、膨らませたりして、一つのものづくり目標にアイデアを統合できたことを、教師の話し合い活動への評価や、ノートの記事を通して確認した。

表5には、この過程での児童のアイデアの転換の例を示す。

1班のABCD児らは、Develop(発散)プロセスにおいて、それぞれが独自の考えもつことができていた。この4人は当初、違う場面を想定したアイデアをもっていたが、Deliverの収斂プロセスの話し合いを通してD児の「教室」という場の設定に同調しながらアイデアを膨らませ、それぞれのアイデアを「よりよい学校」という方向性で統合しようと話し合う姿が観察された。また、委員会活動等の経験から、自分たちの教室だけでなく、廊下や校門といった場所まで改善の意識を向けようとしていた。「人が通ると面白いことを言って笑わせる。」といったアイデアに対しては、「それはエネルギー問題等の解決につながるかな」と、課題に沿ったアイデアになっているか話合っていた。1班においては、Develop(発散)プロセスにより、児童一人一人が課題解決を目指したアイデアをもつことができると共に、Deliver(収斂)プロセスにおいてより現実的で実現可能なアイデアに凝縮されていた。

2班においては、未来を意識した車を目指していた。話し合いでは、「明るい時はソーラーパネルからコンデンサーに充電し、ライトはオフ」「暗い時はコンデンサーに溜めた電気で、ライトをオン」というプログラムを、実際に作成できるかどうかに関心が当たっていた。休み時間にも試行を繰り返し、結果的にGPIOタグを複数利用することでこのプログラミングに成功し、10時間目の学習の際はプロトタイプの子を作製することに成功していた。「空も飛ぶところを見せられるといいんじゃない?」といった意見に対し、他の児童が「それはMESHではできないんじゃない?」と述べる等、Deliver(収斂)プロセスにおいてより現実的で実現可能なアイデアにまとめられていた。

3班のE児は、個人でアイデアを創出するDevelop(発散)プロセスにおいて、「暑くなるとアイスを持ってくるロボット」を考案した。しかしDeliver(収斂)プロセスにおいて、友達から「暑さに注目するのはいいアイデアだね。だけど、アイスを持ってきてだけじゃ熱中症対策にならないんじゃない?自動の冷暖房システムにするのはどうかな?」と提案された

表5 児童によるアイデアの転換

班	Developプロセスでの班員個人のアイデア	Deliverプロセスで、班でまとめたアイデア
1	(A児) 銀行の不審者通報システム。夜間侵入者検知。	学校の改善 ・不審者検知 ・火災探知 ・自動照明オンオフ ・廊下走行警告 ・地震感知
	(B児) 家庭火災感知及び自動消化システム。	
	(C児) 開閉を照明で通知する箱。	
	(D児) 教室内での動き回り者自動警告システム	
2	太陽光発電屋内照明。	自動制御車 ・ソーラーラーフ、コンデンサー充放電。 ・明暗感応自動点灯。 ・自動空調。
	自動玄関照明。	
	自動室温管理。	
3	太陽光発電自動車。	安全な家 ・不審者検知。 ・地震自動警告システム。 ・児童室温管理。
	不審者検知。	
	地震検知と自動扉開放。	
	(E児)暑くなるとアイスを持ってくるロボット。 地震自動警告システム。	
4	自動扇風機。	農業アシストロボット ・高齢者農作業支援。 ・高齢者の体調を管理。 ・イノシシ撃退システム。
	畑の自動水やり機	
	高齢者のサポートロボット	
	イノシシ撃退システム	
5	洗濯物自動取り込み。	便利な家 ・洗濯物自動取り込み。 ・不審者を検知すると音で撃退し、家主に通知。 ・夜間の人感照明。
	自動室内照明	
	不審者検知(音で威嚇)	
	不審者検知(家主の携帯に自動通知)	
6	家の周りの動体検知と照明。	快適な家 ・寝坊防止システム。 ・自動室温管理。 ・自動室内照明。 ・不審者検知
	寝坊防止システム。	
	自動室温管理。	
	自動室内照明。	
7	自動室温管理(高齢者支援)。	高齢者をサポートする家 ・自動エアコンデショニング。 ・家の中にベルトコンベアを導入。 ・危険通知システム。
	エネルギー使用量通知。	
	自動室温管理。	
8	人感センサーによる冷暖房管理。	便利なロボット ・話し相手になり、人を明るい気持ちに。 ・自動空調。 ・ライト機能。 ・音楽再生機能。
	帰宅時声かけロボット	
	自動室内照明。	
	自動室温管理。	
	在室時冷暖房管理。	
	人を感知すると、時間に合わせた音楽を自動で再生。	

ことに納得し、自動室温管理システムとして班の考えに統合されていた。3班では、Deliver (収斂) プロセスにおいて、より効果的なアイデアに高めながらまとめていた。

他の班についても、表5に示すように、考えを1つに統合することができたことが、教師の話し合い活動の観察に加え、ノートの記述にも確認することができた。

これらのことから、「Double Diamond」を基にした指導計画に沿って指導を進めると、Develop(発散)プロセスにおいて多様なアイデアが出現し得ることが示唆された。

また、Deliver (収斂) プロセスにおける話し合いは、それぞれの考えを統合する上で有効であることが示唆された。また、自分たちのアイデアに対し「課題に沿っているか」「実現可能か」といった視点で振り返る等、Deliver (収斂) プロセスが、Develop (発散) プロセスに対するチェック機能を果たすことも示唆された。

### 3.2.2 対照群

対照群では、暗くなって人が通った時だけ明かりがつくプログラムを全ての児童が組むことができるなど、6～10時間目の学習を通して、MESHを用いるプログラミングの技能を高めることができた。

11, 12時間目の学習では、身近にプログラムが利用されているものを個人で考えた後に、グループで話し合い、それらの仕組みをMESHを用いて再現することを目指した。

例えば「コンビニの扉」に目をつけた班は、人感センサーとモーターを用いて、人を感知すると「扉を動く仕組み」に見立てたモーターが動く仕組みを組むことができていた。

児童のノートの記述や発表内容を観察すると、個人の活動の段階で考えを持つことができた児童は対照群全体の60%にあたる46人であった。また、対照群全24班の発表内容は「コンビニなどの自動扉」が10班、「電子ピアノ」が7班、「エスカレーター」が3班、「防犯カメラ」が3班、「音と光の出る銃のおもちゃ」が1班と、重複する考えが多く見られた。

対照群では、プログラミングの技能を高めたため、目をつけたものの仕組みをプログラムで再現することを、全ての班で成功できていた。しかし、学んだプログラム技術と身近な生活のつながりを多様に見出すことができなかつたといえるのではないか。

## 3.3 事前、事後の質問紙調査分析

### 3.3.1 因子分析の結果

始めに、全児童111名の質問紙の事前の回答に対して因子分析を行った。因子数は解釈可能性から5因子とし、プロマックス回転を行った。プロマックス回転後の最終的な因子パターンと因子相関を表6に示す。

第1因子は、「理科の学習は大切だ。」「理科の学習は将来役に立つ。」「理科の学習が好きだ。」の3項目であり、「理科の学習への意欲」と解釈した。この項目は理科の学習への原動力となる重要な要素であると共に、学んだことを活用しようとする姿勢にも関連すると考える。

第2因子は、「色々な物事について、深く知りたいと思う。」「注意深く、じっくり調べることができる。」「注意深く、じっくり考えることができる。」「自分自身で答えを見つけるのが好きだ。」「物事に集中して取り組める。」の5項目であり、「課題解決への粘り強さ」と解釈した。

第3因子は、「友達と議論をする時間は大切だ。」「友達と考えを伝え合う時間は大切だ。」の2項目であり、「コミュニケーションへの姿勢」と解釈した。この項目も、「学びに向かう力、人間性等」に深く関連する項目である。

第4因子は、「自分の考えは積極的に伝えるべきだ。」「周りに反対されても、正しいと思ったことは、やり通せる。」「反対の意見は、率直に言う方だ。」「自分には世界を変えることが可能である。」「新しいことに挑戦することが好きだ。」「自分の可能性は無限である。」「慣れない場所や状況にワクワクする。」「すぐにはあきらめない。」の8項目であり、その項目内容から「変革志向」とした。

第5因子は、「人のためになることを行いたい。」「社会のためになる仕事がしたい。」の2項目であり、「社会への前向きな参画姿勢」と解釈した。

これらの因子が、授業実践においてどのように変化したのか、分析していく。

### 3.3.2 実験群と対照群の、事前事後の平均値比較

実験群と対照群の因子ごとの平均値の事前事後での変化を表7, 表8, 図2に示す。

実験群では全ての因子について、事後の得点が事前の得点を有意に上回った。5つの因子について繰返しの検定を行っているが、Bonferroni補正を考慮してp値を5pと評価しても、全ての因子について  $p < 0.05$  で平均値の差の有意性が支持される。

表6 質問紙項目の因子分析結果

項目	因子負荷量				
	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子	第5因子
第1因子「理科の学習への意欲」					
理科の学習は大切だ	<b>0.81</b>	0.02	0.15	0.09	0.02
理科の学習は将来役に立つ	<b>0.79</b>	-0.04	0.15	0.01	0.03
理科の学習が好きだ	<b>0.46</b>	0.23	-0.18	0.11	0.06
第2因子「課題解決への粘り強さ」					
色々な物事について深く知りたいと思う	0.15	<b>0.84</b>	-0.14	-0.14	-0.02
注意深く、じっくり調べることができる	-0.02	<b>0.73</b>	0.06	-0.11	-0.07
注意深く、じっくり考えることができる	-0.17	<b>0.72</b>	0.08	0.10	-0.01
自分自身で答えを見つけるのが好きだ	0.23	<b>0.68</b>	-0.08	-0.13	-0.11
物事に集中して取り組める	-0.11	<b>0.64</b>	0.02	0.17	0.09
第3因子「コミュニケーションへの姿勢」					
友達と議論をする時間は大切だ	0.14	-0.06	<b>0.92</b>	0.02	-0.04
友達と考えを伝え合う時間は大切だ	0.12	0.05	<b>0.83</b>	-0.09	0.06
第4因子「変革志向」					
自分の考えは積極的に伝えるべきだ	0.12	-0.23	-0.13	<b>0.86</b>	0.04
周りに反対されても、正しいと思ったことは、やり通せる	0.07	-0.06	-0.12	<b>0.73</b>	-0.21
反対の意見は、率直に言う方だ	0.09	-0.04	0.11	<b>0.54</b>	-0.22
自分には世界を変えることが可能である	-0.12	0.11	0.14	<b>0.53</b>	0.04
新しいことに挑戦することが好きだ	-0.06	0.15	0.03	<b>0.51</b>	0.10
自分の可能性は無限である。	0.01	0.04	0.35	<b>0.49</b>	-0.03
慣れない場所や状況にワクワクする	0.12	0.15	-0.24	<b>0.44</b>	0.12
すぐにはあきらめない	-0.17	0.31	0.02	<b>0.42</b>	0.14
第5因子「社会への前向きな参画姿勢」					
人のためになることを行いたい	0.05	0.00	-0.04	-0.09	<b>0.94</b>
社会のためになる仕事がしたい	-0.02	-0.05	0.07	0.04	<b>0.77</b>

表7 実験群の事前、事後の平均値比較

	理科の学習への意欲	課題解決への粘り強さ	コミュニケーションへの姿勢	変革志向	社会への参画姿勢
事前(標準偏差)	3.91 (0.6)	3.93 (0.66)	4.4 (0.63)	3.69 (0.57)	3.99 (0.72)
事後(標準偏差)	4.65 (0.41)	4.323 (0.56)	4.75 (0.47)	4.23 (0.51)	4.68 (0.55)
事前事後の差	0.74	0.4	0.35	0.54	0.69
t 値	-7.81	-5.3	-3.99	-7.29	-4.94
p 値	P<0.01 ( $5.3 \times 10^{-9}$ )	P<0.01 ( $7.6 \times 10^{-6}$ )	P<0.01 ( $3.4 \times 10^{-6}$ )	P<0.01 ( $2.2 \times 10^{-8}$ )	P<0.01 ( $2.2 \times 10^{-5}$ )

表8 対照群の事前・事後の平均値比較

	理科の学習への意欲	課題解決への粘り強さ	コミュニケーションへの姿勢	変革志向	社会への参画姿勢
事前(標準偏差)	4.27 (0.71)	4.03 (0.67)	4.37 (0.79)	3.75 (0.8)	4.23 (0.75)
事後(標準偏差)	4.44 (0.75)	4.01 (0.72)	4.18 (0.83)	3.83 (0.81)	4.34 (0.7)
事前事後の差	0.17	-0.02	-0.19	0.08	0.18
t 値	-2.16	0.36	2.24	-1.47	-1.34
p 値	0.03	0.72	0.03	0.14	0.18

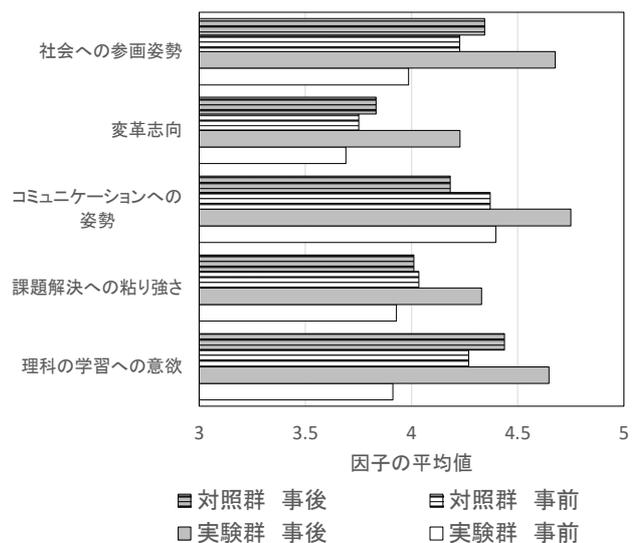


図2. 因子ごとの事前事後平均値の比較

対照群では、第1因子と第5因子で平均値の向上が見られたが、有意差が認められたのは第1因子のみであった。また第2, 3, 4因子では数値の低下が見られたが、有意差が認められたのは第3因子のみであった。

これらの結果から、実験群では「理科の学習への意欲」「課題解決への粘り強さ」「コミュニケーションへの姿勢」「変革志向」「社会への前向きな参画姿勢」に向上があったことが分かる。

対照群の質問紙調査の結果から、教科書に準拠する一般的な指導計画では第1因子「理科の学習への意欲」の涵養は図れるが、その他の4因子は涵養できていないことも明らかになった。

本研究の第2因子・第3因子が涵養できたことは、小学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編が示す「粘り強く問題解決しようとする態度」や「他者と関わりながら問題解決しようとする態度」の涵養に寄与したことを示唆する。

対照群において、第3因子「コミュニケーションへの姿勢」の数値に有意な低下が見られたことは、実験群と違い、話し合い活動を通して考えがよりよいものへと変化する経験が乏しかったことに起因すると考えられる。

第2因子から第5因子までが涵養できたことから、デザイン思考をベースとした指導計画が、子供たちのイノベーションを創出するために必要なマインドセットの涵養に期待できることが明らかになったと言えるだろう。

### 3.4 学習感想から

本実践の12時間目の発表後に書いた学習感想に、本研究で重視する「自分には社会を変える力があるのだという自信」(1.1.2にて説明)をもっている記述が見られるかどうか分析した。「自分には社会を変える力があるのだという自信」がもっていると捉えた記述の例を表9に示す。

I児の記述には、子供ながらに世界を変えることができることが率直に表現されている。このように、今の自分たちにも世界を変えることができることが記述されているものは「自分には社会を変える力があるのだという自信」をもっている記述と捉えた。

J児の記述には、今現在の自分のたちの力も十分に評価しながら、「大人になったら更に」といった明るい展望をもっていることが読み取れる。このように、今の自分を評価しつつ、将来に対して明るい展望をもつものも「自分には社会を変える力があるのだと

いう自信」が表出する記述であると捉えた。

K児の記述には、「自分は現在、世界の問題に貢献している」という自負が読み取れる。このように、今まさに世界の問題を解決することに関わっているのだと記述されているものを「自分には社会を変える力があるのだという自信」が表出する記述であると捉えた。

これら3種のように、学習感想に「自分には社会を変える力があるのだという自信」が表出されている記述は、参加児童の69%に当たる24名に見出された。

対照群では、「自分には社会を変える力があるのだという自信」が表出する記述は見られなかった。このことから、教科書に示される指導計画では、「自分には社会を変える力があるのだという自信」は得られないことが示唆される。

これらのことは、「Double Diamond」を取り入れたものづくり活動が「自分には社会を変える力があるのだという自信」を高める効果を果たすものと言えよう。

表9 「自分には社会を変える力があるのだという自信」を持てたことを示す記述例

児童	感想記述
I	私は、子供でも発明することができて、世界を変えられるようなことが出来るんだなと思いました。
J	まだまだこれからの私たちにもこれだけの発明が出来るのだから、私たちが大人になったときは、もっとすごいものを発明しているんだろうなと未来が楽しみになった。
K	これからも、私は世界が抱える問題などを解決していきたいと思う。

## 4. まとめ

本研究では、小学校第6学年理科「電気の活用」の学習に、「デザイン思考」と「新しいヒューマニズム」に基づくものづくり活動を導入する実践を行った。

このものづくり活動では、発散と収斂プロセスを繰り返す「Double Diamond」モデルを導入した。Discover (発散)プロセスでは、既習事項を根拠に、MESHを用いて解決を目指したい課題の候補を列挙した。Define (収斂)プロセスでは、「MESHを利用して、エネルギー問題などを解決するアイデアを考えよう」という学級全体の課題が設定された。Develop (発散)プロセスでは、様々な新規の開発アイデアが創出され、Deliver (収斂)プロセスの話し

合いにおいて、それらは改善しながら統合されていた。

授業実践の事前・事後に実施した質問紙調査の因子分析から、「理科の学習への意欲」「課題解決への粘り強さ」「コミュニケーションへの姿勢」「変革志向」「社会への前向きな参画姿勢」の5因子が得られた。第2因子以降は、イノベティブ・マインドセットに深い関連が見られた。実験群では、これらいずれの因子についても実践前後で平均値の有意な向上が見られた。また、学習感想では、「自分には社会を変える力があるのだという自信」が表出する記述が多数見られた。このことから、電気の理科的理解に続いて、「Double Diamond」モデルに基づくものづくり活動を導入した本実践では、イノベティブ・マインドセットを向上させる効果を認める結果となった。

本研究では、「デザイン思考」と「新しいヒューマニズム」を理科「電気の活用」のものづくり活動に導入することによりイノベティブ・マインドセットの涵養につながることを示した。しかし、他の教科や単元についてもイノベティブ・マインドセットに注目した実践研究を積み重ねていく必要があるだろう。

イノベーションを創出する人材に必要な力はイノベティブ・マインドセットだけではない。例えばWagner(2012)は「クリエイティブな思考力」も重要であることを述べる。今後は、イノベーションを創出する人材に必要な力について、多面的に研究を積み重ねていく必要があると考えられる。

## 謝辞

本研究を進めるに辺り、多大なるご協力をいただいた墨田区立両国小学校の教員の皆様に、厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- 白井俊 (2020) OECD Education2030プロジェクトが描く教育の未来 エージェンシー、資質・能力とカリキュラム,ミネルヴァ書房,京都.
- 都築幸恵・新垣紀子 (2014) 社会イノベーション研究 9(1),pp.173-188.
- 松波晴人 (2014) 「イノベーション」とは、「マインドセット」を持って「リフレーム」することである,サービソロジー 1(3),pp.12-15.
- 文部科学省 (2018) 小学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説理科編,東洋館出版社.

ヤング吉原麻里子・木島里江 (2019) 世界を変えるSTEAM人材 シリコンバレー「デザイン思考」の核心,朝日新書,東京.

OECD (2012) Human Resources Policies for Innovation.,*OECD Science, Technology and Industry Outlook 2012*,p.209.  
[https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-science-technology-and-industry-outlook-2012\\_sti\\_outlook-2012-en](https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-science-technology-and-industry-outlook-2012_sti_outlook-2012-en),  
(参照日2021年7月30日)

Patrick Grifinn, Barry McGaw, Ester Care (2011) ASSESSMENT AND TEACHING OF 21ST CENTURY SKILLS.,*Springer*,Berlin.

Tony Wagner (2012) Creating Innovators.,*Scribner*, New York.

Design Council (2015) What is the framework for innovation? Design Council's evolved Double Diamond., <https://www.designcouncil.org.uk/news-opinion/what-framework-innovation-design-councils-evolved-double-diamond> (参照日2021年7月30日)