科学的根拠に基づき探究する自律型学習者の育成
―教科横断的な学習の実践を通して―
Development of explore skill based on a scientific evidence −Through the learning of cross-curriculum-

○真木大輔[*1]，薬師神吉啓[*1]，向平和[*2]，大西義浩[*2]，玉井輝之[*2]
MAKI Daisuke[*1]， YAKUSHIJIN Yoshihiro[*1]， MUKO Heiwa[*2]， ONISHI Yoshihiro[*2] TAMAI Teruyuki[*2]
[*1] 愛媛大学教育学部附属中学校，[*2] 愛媛大学教育学部
[*1] The Junior high school of Ehime University Faculty of Education， [*2]Ehime University Faculty of Education

［要約］AI や IoT などの急速な技術の進展により社会が激しく変化し，多様な課題が生じている現代社会の問題に対応するには，これまでの教科の枠にとらわれず，各教科での学習を実社会での問題発見・解決に生かしていくための教科横断的な教育が重要視されている．本研究では，STEAM 教育の中でも，理科における探究学習の過程，技術分野のプログラミング教育に焦点をあて，プロジェクト全体を通した問いとして，「災害への課題解決に向けて，テクノロジーで解決できることは何だろう」ということをテーマに実践を行った．この実践を通して，科学的根拠に基づき探究する自律型学習者の育成のために，生徒主体による学習活動・日常生活・社会との関連を重視した探究的な学習に取り組むことの有用性について，成果と課題を整理した．
［キーワード］教科横断的な学習，STEAM 教育，プログラミング教育，PBL，探究学習，パフォーマンス課題

Ⅰ．問題の所在

AI（人工知能：Artificial Intelligence）や IoT（モノのインターネット：Internet of Things）などの急速な技術の進展により社会が激しく変化し，多様な課題が生じている現代社会の問題に対応するために子ども達の汎用的な資質・能力の育成が求められている．そのため，これまでの教科の枠にとらわれず，各教科での学習で獲得した見方・考え方を実社会での問題発見・解決に生かしていくための教科横断的な学びが必要となっている．理科という教科の枠を越えて，教育課程全体の取組を通じて，生徒一人一人が，自然環境や地域の将来などを自らの課題として捉え，そうした課題の解決に向けて，他者と協働しながら自分ができることを考え実践できる生徒（自律型学習者と定義）を育成する必要があると考えられる．

Ⅱ．研究の方法

1．対象と期間

国立中学 2 年生（男子 64 名，女子 62 名）を対象に 2022 年 10 月 29 日～12 月 1 日に計 5 回の授業実践を行い，後日，Google フォームでアンケートを行った．

2．研究方法

2．1．生徒主体による「学び合い」学習の実践

教師主導の知識注入・伝達型の一斉授業では，生徒の理解度に個人差が生まれることがある．そこで，１人１人の特性に応じた学びを実現するために，西川（2019）が提唱している「学び合い」（図１）という手法を使った．「学び合い」とは，教師が与えた課題や目標に対して，生徒同士が教え合うことなどによって，全員が目標達成することを目指す活動で，教師はファシリテーターに徹し，生徒同士の活動の中で学びが生まれる授業を設計する．「学び合い」がスムーズに進む手立てとして，スタディ・ログ（学習記録データ）に基づいた教師の支援や，「座席を決めない，おしゃべり，席立ち自由」の形式の授業を行う．生徒同士の意見交流が活発に行えるよう，ICT の特性である「情報を整理・分析，表現できる」「双方向でやり取りできる」等を活かして，端末とロイロノートを活用し，学習した内容を整理し学級全体で多様な見方・考え方を共有できるようにした．

図１　「学び合い」学習のイメージ

2. 2. 日常生活や社会とのつながりが実感できる探究学習の実践

日常生活や社会で活躍しているスペシャリスト（専門家）をゲストティーチャーに招き，『理科×○○○○』というテーマで実践した。体験談や実験・観察等の講義を行った．生徒は，理科という教科をきっかけに，教科の枠を越えて学ぶことと自分の人生や日常・社会とのつながりを実感する．一人一人が地域の将来などを自らの課題として捉え，そうした課題の解決に向けて自分たちができることを考え，実践する姿を目指した．

本実践では，プロジェクト学習のテーマに世界的な課題となっている SDGｓや STEAM 教育を組み合わせ，各教科（理科・技術等）の特性を生かした教科横断の単元構想を設計した．既有の知識や経験，理科や技術など各教科の学びなど，様々な「つながり」を通して，生徒の自己主導型の学習デザイン，教師のファシリテーションのもと，問題や課題，仮説などの立て方，問題解決に関する思考力や協働学習等の能力や態度を身に付けることを目指した．

Ⅲ. 結果

1. 単元計画

1. 1. 単元名

テクノロジーを活用した災害の課題解決（第２学年）

1. 2. 単元計画（全５時間）

時間	教科	ねらい・学習活動
1	理科	理科の見方・考え方を働かせ，防災にはどのような応用可能性があるか科学的に探究する．
2	技術	技術分野の見方・考え方を働かせ，設定した課題を解決するロボットや機構の動作をフローチャートで作成する．
3	総合	外部講師を招いたエキスパート活動を通して，防災ロボットのアイデアを形にする．
4	総合	ジグソー活動として，エキスパート活動で企画を持ち寄って話し合い，発表会用の資料の作成を行う．
5	総合	発表会を通してプレゼン資料の妥当性について再検討する．

2. 授業の実際

2. 1. 理科（１/５時間目）

ア　主題

自然を生かした防災テクノロジーで商品企画を提案しよう．

イ　ねらい

暮らしの中に自然界の生き物の形状や動きを模倣した科学技術（バイオミメティックス）が様々な形で応用されていることを理解し，防災にはどのように応用可能か科学的に探究する．

ウ　展開

学習活動（形態）	時間	○教員の働きかけ・予想される生徒の反応	○指導の工夫 ◎評価規準（評価方法）
1　単元全体の見通しを持つ。（一斉）	4	○単元全体の流れを説明する。	○探究学習として，学習の進行を生徒に任せることで主体性の育ちを狙う。
災害への課題解決に向けて，テクノロジーで解決できることは何だろう。 パフォーマンス課題：あなたは，産業ロボット製作のプロジェクトチームの一員です。松山市危機管理対策室から防災に役立つロボットのプロトタイプの製品の依頼をされました。製品をチームで協力して完成させてください。また，世界コンペの際は，自分たちなりのオリジナリティあふれるアイデア（付加価値）をプレゼンしてください。			
2　防災×テクノロジーの現状を知る。（一斉）	6	○災害に対応するロボットにはどのような特徴があり，どんな技術が使われているか確認しましょう。	○STEAM Library 提供のコンテンツを使うことで，簡便に現代社会の問題を把握させる。
3　ロボットでの課題解決イメージを考える。（グループ）	10	○防災の課題を解決するために，ロボットをどのように用いることができるでしょうか？	○グループでアイデアを出すことで，多様な見方・考え方に気づかせる。
4　バイオミミクリーについて知る。（一斉）	10	○これらの生物の“知恵”は実際にどんな技術・製品に生かされているだろう？	○企業の製品を例に出すことで，実社会や実生活に結び付いていることを実感させる。
5　ロボットのアイデアを考える。（個人）	10	○防災ロボットに生物の特徴を生かすと，どのような応用可能性があるでしょうか？ ・ツバメの羽の形状をドローンに生かす。 ・アメンボの水を浮く機能を生かす。 ・ヒマワリの常に太陽を向く性質をソーラーパネルに生かす。	◎課題と解決イメージを明確にし，根拠に基づいて論理的に説明している。（プレゼン資料） ○アイデアが思い浮かばない場合も，課題を変えてしまうのではなく，解決方法（ロボット）を複数考えるよう助言する。
6　企画の共有と意見交換を行う。（グループ）	5	○個人でまとめた「企画」をグループで共有しましょう。企画のよい点はどこか，もう少し工夫した方が伝わりやすくなると思う点はどこか，意見を交換してください。	○グループ間で客観的な意見交換を行うことで，イメージをまとめてアイデアを具体化させる。
7　本時の振り返りを行う。（一斉）	5	○自分の考えやグループの考えを整理し本時の振り返りを行いましょう。	◎本時の学びを振り返り，要点を明らかにして学んだことを表現している。（プレゼン資料）

エ　生徒成果物

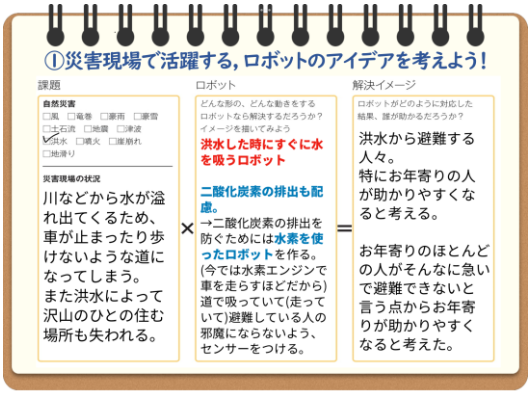

図２　災害現場で活躍するロボットのアイデア

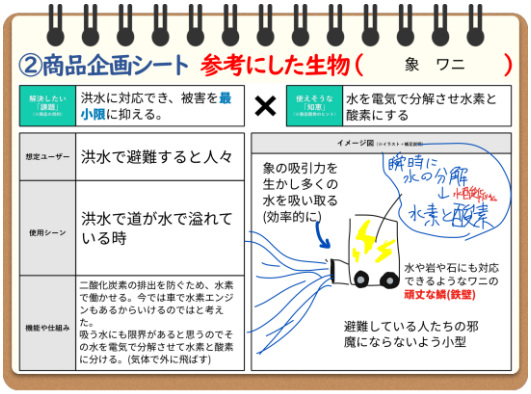

図３　商品企画シート

2. 2. 技術・家庭科（技術分野）（2/5時間目）

ア　主題

災害で活躍できるロボットの動きの流れをフローチャートで表そう.

イ　ねらい

設定した課題を解決するロボットや機構の動作をフローチャートで構想できる.

ウ　展開

学習内容（形態）	時間	学習内容 分かる	考える	実行する	指導の工夫と評価 ○指導の工夫 ●評価（方法）
1　フローチャートの役割が分かる。（一斉） 2　フローチャートについて説明する。（一斉） 3　身近な製品の動きをフローチャートで表す。（一斉） 4　学習課題を確認する。（一斉） 5　学習課題の例を示す。（一斉） 6　フローチャートで表す目的の動作を決める。（個人） 7　目的の動作をフローチャートで表す。（個人） 8　意見交換を行う。（グループ） 9　フローチャートを改善する。（個人） 10　学習のまとめ（全体）	5 3 2 1 3 5 10 10 6 5	なぜフローチャートを考えることが必要なのかが分かる。 情報処理の手順を示すために用いる記号等を確認する。 目動ドアのフローチャートを考える。 災害で活躍できるロボットの動きの流れをフローチャートで表そう。 フローチャートで表す手順が分かる。 課題を解決するためにロボットの仕組みや動作を考える。 必要な動作のフローチャートを表す。 フローチャートを見せ合うことで改善点を見つける。 ・ここに○○を入れたほうがいいよ 友人の意見を踏まえ、フローチャートを改善する。 本時の振り返りを行う。			○製品の動きを分解して整理する必要があることに気づかせるため，身近な機器である製品（自動水栓）を取り上げる。 ○フローチャートの実社会での活用を想起させるため，主な記号を JIS（日本工業規格）で確認する。 ○災害の場面設定を明確にすることで，ロボットに必要な動きをイメージさせやすくする。 ●設定した課題を解決するロボットや機構の動作をフローチャートで構想できる。（ワークシート） ●フローチャートで動きを表すことの良さを理解し活用しようとしている。（ワークシート）

エ　生徒成果物

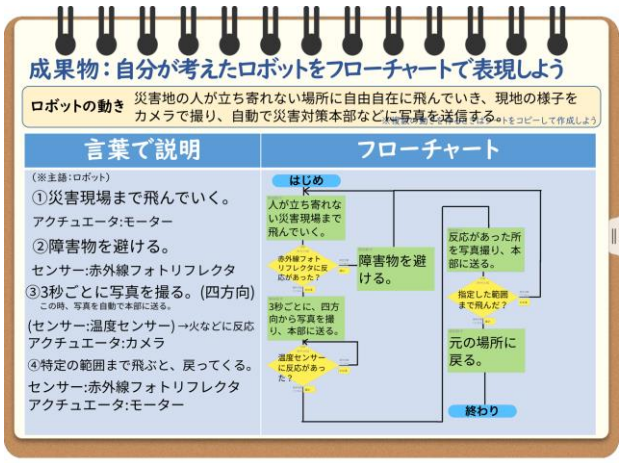

図4　ロボットのフローチャート

2. 3 総合的な学習の時間（3～5/5時間目）

ア　主題

防災ロボットのアイデアをプレゼンしよう.

イ　ねらい

「持続可能な社会の実現」のために何が問題で何ができるのかという，自分で課題を立て，情報を集め，整理・分析して，まとめ・表現することができる.

自分たちで防災テクノロジーについてオンラインコンペで提案することで，一人一人の防災・減災の意識を高め，積極的に社会に参画しようとする.

ウ　展開

学習活動（形態）	時間	○教員の働きかけ　・予想される生徒の反応	○指導の工夫 ◎評価基準（評価方法）
1．課題を確認し役割分担を決める。（一斉） 2．企画の共有と意見交換を行う。（グループ）	10 15	○防災ロボットのアイデアを実現するための企画を立てよう。 ○企画の方向性とロボットの性能をグループで決めよう。	○よい企画を作るために，必要なポイント「目的の明確さ」「アイデアのインパクトや新規性」「アイデアの実現可能性」を確認する。
3．エキスパート活動で企画を具体化する。（エキスパート班）	25	○エキスパート班に分かれて企画を具体化していこう。 【エキスパートグループ】 A：全体進行（全体調整・企画書） B：デザイン（構造やパーツ） C：設計（プログラミング・回路） D：市場調査（マーケティング）	○実社会や実生活に結び付いていることを実感させるために，専門家（大学ゼミ生）との相談しながら進める。
4．ジグソー活動で企画を共有する。（ジグソー班）	30	○エキスパート班で考えたことを説明した後，ジグソー班で協力しながら，コンペに向けてプレゼンの準備をしよう。	
5．クロストークで各ジグソー班の企画について意見交換する。（小集団）	20	○ジグソー班でまとめた「企画」を他のグループと共有しよう。意見交換の際は，企画のよい点はどこか，もう少し工夫した方が伝わりやすくなると思う点はどこかアドバイスし合おう。	○オンライン発表の練習のため，本番と同じ環境で（Zoom），異なるクラスのグループとクロストークをさせる。
6．オンライン発表会を行う。（一斉→グループ発表）	35	○多くの企業・団体が未来に役立つアイデアを求めて聞きに来ています。多くの企業・団体に採用してもらえるような発表を目指しましょう。	○司会進行を生徒に任せることで主体性の育ちを狙う。
7．発表の振り返りを行う。（一斉）	5	○自分たちの発表と別のグループの発表を見る・聞くことを通じて学んだことを振り返ろう。	◆自分の立場や考えを明確にし，科学的根拠に基づいて効果的に発表している。（プレゼン資料）
8．単元全体の振り返りを行う。（一斉）	10	○これまでの学習全体を通して，気づいたこと，学んだことを振り返ろう。	

エ　生徒成果物

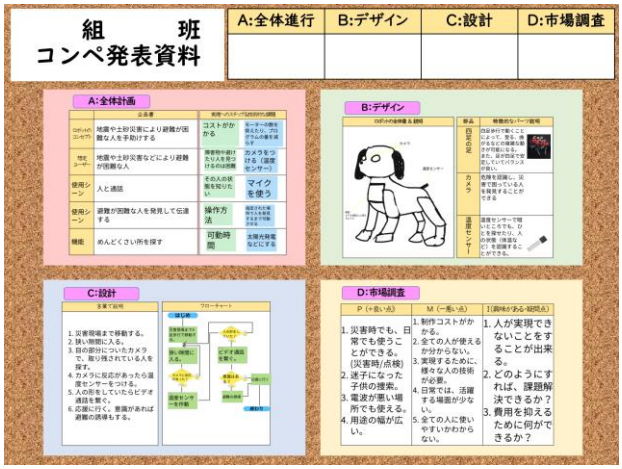

図5　オンライン発表会資料

Ⅳ. 考察

1.　生徒主体による「学び合い」学習の効果

生徒主体に生徒主体による「学び合い」学習の効果を測るため，「学び合い」学習の授業を行っている生徒に学習の理解についてのアンケート（資料1）を行った. 2020 年度（中学3年生9月実施）と 2021 年度（中学2年生1月実施）に同じ質問項目で実施したところ，

上位三つとも同じ項目であった．この結果より，教師主導の知識注入・伝達型の一斉授業より，実験・観察，他者との交流による生徒主体による「学び合い」学習を行うことが生徒の学習の理解度に効果があることがわかった．生徒主体による「学び合い」学習を行うことで，生徒は教えられるのを待つのではなく，自ら学ぼうとする自律型学習者へと変貌し，他者と対話していくことで，自分だけでは得られない多様な情報や価値観を得ることができ，他者への説明を通して，情報として得た知識や技能をより自分のものにすることができたと考える．

あなたの学習の理解において、「XXXXXX」は、どの程度有効でしたか？
5．とても有効だった 4．まあまあ有効だった 3．どちらとも言えない
2．あまり有効でなかった 1．有効でなかった

項目	3年生 平均値	2年生 平均値
「教員による講義型学習」	4.11	3.72
「学び合いによる学習者中心の学習」	**4.35**	**4.39**
「映像教材（動画）を中心とした学習」	4.11	3.84
「実験観察を中心とした学習」	**4.36**	**4.56**
「インターネットで調べる学習」	3.92	3.97
「専門家とつながる学習」	4.27	3.86
「レポート、プレゼンシートを作成する学習」	3.97	3.80
「他者との交流で自分の考えを表現する学習」	**4.35**	**4.43**
「SDGsなど社会や日常の問題に取り組む学習」	3.75	3.91
「問題演習（練習問題などを解く）」	4.11	4.33
「塾（家庭教師なども含む）での講義」	4.08	3.93

資料１　生徒の学習の理解度アンケート集計結果

2. 日常生活や社会とのつながりが実感できる探究学習について

単元終了後に生徒にアンケート（資料２）を行った．日常生活や社会とのつながりの有用性について７割以上の生徒が肯定的に捉えており，教科横断的な探究課題に取り組むことは，生徒は学ぶことと自分の人生や日常・社会とのつながりを実感することになっていると考えられる．また，９割の生徒が，教科の学びをつなげるデジタルポートフォリオ（図６）が有効であると答えている．ポートフォリオの型が探究学習を導く役割を果たし，考えを比較・関連させて新たなアイデアを創造したりするのに効果的であったといえる．

しかし，持続可能な社会に向けて行動したいと思う生徒はおよそ５割であり，社会参画意識の醸成には効果的であるものの，実際の行動変容までは至っていないと考えられる．このような学習を一過性の学習で終わるのではなく，他教科との横断的な授業や，学校全体としての指導計画の見直しなど，カリキュラムマネジメントに取り組んでいくことが必要である．

プログラム学習「防災×テクノロジー」を通して、自分が思ったことについて当てはまるものを選んで下さい。(N=117)
5. とてもそう思う 4. そう思う 3. どちらとも言えない 2. あまり思わない 1. 思わない

項目	肯定率 5・4の総計	5 %	4 %	3 %	2 %	1 %
日常生活を送る上で、プロジェクト学習で学んだことが生かされていくと思いますか。	74%	18	56	14	10	2
これから社会に出ていく上で、プロジェクト学習で学んだことが役に立つものになっていると思いますか。	80%	37	44	13	6	1
持続可能な社会の実現に貢献する実践者としての意識を高めることにつながりましたか。	74%	26	48	19	6	2
持続可能な社会の実現のために自分が何か行動したいと思うようになりましたか。	51%	15	36	40	5	3
教科横断的に理科と技術と総合の視点から学習したことは、単教科で学習するより効果的でしたか。	83%	44	38	15	1	1
デジタルワークシートを活用していくことは、個人やグループの考えを形成・集約していく上で効果的でしたか。	91%	59	32	7	2	1

資料２　単元終了後アンケート集計結果

図６　教科の学びをつなぐデジタルポートフォリオ

Ⅴ．おわりに

科学的根拠に基づき探究する自律型学習者の育成には，生徒主体による学習活動や，日常生活や社会との関連を重視した探究的な学習を取り組むことが効果的であるとわかった．これまでも真木（2021）や中村ら（2021）で報告しているように，他の教科・科目の内容や異校種間連携を促す実践も行ってきている．理科全体，本学の授業全体で子ども達の学びの姿勢がどのように変化しているのかも確かめる必要がある．今後は，生徒一人一人が学んだことを，どのように生活に生かし実践に繋げていくか，自分にできることを考え行動する生徒の姿に迫る指導改善を一層図りたい．

謝辞

本研究の教材の準備等において，愛媛大学学生の須

田龍弥氏，松田晃宜氏，采野美咲氏，平悠希氏，矢野駿介氏，沖田一輝氏，鈴江海斗氏，竹内昇輝氏にご協力いただいた．ここに記して感謝申し上げる．

文献

真木大輔（2021）: 1 人 1 台の端末がある理科授業でできること-「鍛える授業」から「自ら学ぶ授業」へ-，理科の教育，70，829，36-39.

溝上慎一(2016) :アクティブラーニングとしての PBL と探究的な学習，東信堂

文部科学省（2018）: 中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説理科編，学校図書.

中村依子・真木大輔・向平和（2021）: 異校種間連携を促す ICT を導入した探究活動の実践的研究-中学校第 3 学年理科「生物の成長と生殖」の授業において-，生物教育，63，1，30-38.

西川純(2019)：個別最適化の教育，学陽書房