日本理科教育学会 第 60 回 東北支部大会（福島大会）

日本理科教育学会
東北支部大会発表論文集
第60号

期日　令和 3(2021) 年 11 月 6 日

会場　オンライン開催
（担当校：福島大学）

主催　一般社団法人
日本理科教育学会 東北支部

後援　国立大学法人 福島大学
福島県教育委員会・福島市教育委員会

ISSN 2435-9297

日本理科教育学会
東北支部大会発表論文集　第 60 号

主催

一般社団法人日本理科教育学会 東北支部

後援

国立大学法人福島大学，福島県教育委員会，福島市教育委員会

日本理科教育学会 第 60 回 東北支部大会

福島大学・オンライン開催

リアルタイム（オンライン） 2021 年（令和 3 年）11 月 6 日（土）

第 60 回大会の開催にあたって

この度，日本理科教育学会第 60 回東北支部大会がオンラインで開催される運びとなりました。昨年来の新型コロナウイルス感染症の影響は今年度当初から各方面に大きな影響を与えました。本大会の開催準備にあたっても，対面式を検討した時期もありましたが，結局は感染拡大が収まらず，東北支部会員等に限定した WEB 会議ツールを使用したオンライン開催とせざるを得ませんでした。

実行委員会では東北支部のウエブサイトを整備し，学会のシステムを活用した発表と参加受付の準備，そして WEB 会議ツールの準備等で発表者の皆様はじめ会員の皆様にはお手を煩わせてしまいました。一方，山本逸郎東北支部長をはじめ，東北支部評議員の皆様，発表者の皆様には多くのご助言とご協力をいただき開催の運びとなりました。この場をお借りしてお詫びとお礼を申し上げます。

さてコロナ禍の各種学校等においては，感染対策として日常生活における様々な取り組みがなされ，理科室では手作りのパネルの設置，児童・生徒同士の接触や口頭での発表による飛沫防止の目的で理科の授業に ICT の活用が進み，また遠隔授業では You Tube 等での動画配信，いわゆるオンデマンド型授業における教員の手作りの教材等の作成など，理科教育の在り方にも大きな変革が生じております。さらに昨年度末には文部科学省が推進する「GIGA スクール構想」により各学校に ICT 環境が整備されるなど，学校現場におけるコロナ禍での様々な取り組みと重なる時期となりました。

日本理科教育学会の全国大会や各支部大会におきまして，コロナ禍での取り組みや ICT 活用の内容が散見されるのもこの時期の特徴と言えるでしょう。

今回の東北支部大会には 43 件の発表申し込みがありました。「理科教育」がこれほど多様な分野であることをあらためて実感させられました。

発表者もコロナ禍での対応に日々ご苦労なさっている学校現場の先生方も多く見られます。オンライン開催ではありますが，こうした仕組みを活用して，東北支部会員の交流が深まり，さらに東北地区の理科教育研究が発展していくことを願ってやみません

令和 3 年 4 月に発出された緊急事態宣言及びまん延防止等重点措置は、9 月 30 日をもって全都道府県で解除されましたが感染の再拡大については予断を許さない状況がつづいております。来年度は皆様と支部大会でお会いできますことを願って，大会実行委員長の挨拶ならびに感謝の言葉に代えさせていただきます。

2021 年 11 月 6 日

大会実行委員長
福島大学　共生システム理工学類　兼　学校臨床支援センター　教授　岡田　努

タイムテーブル

時間帯	A 会場	B 会場
9:20 ～　9:30	開会式（東北支部長 挨拶）	
9:30 ～ 11:55	セクション A1 ～ A3	セクション B1 ～ B3
11:55 ～ 13:00	昼休み（12:10 ～ 12:40　東北支部役員会）	
13:00 ～ 16:30	セクション A4 ～ A7	セクション B4 ～ B7

プログラム

A会場

セクション A1　09:30 ～ 10:15　　座長　後藤 みな（山形大学）

A-01　ドイツにおけるアビトゥーア試験の「生物」で求められる能力　－ベルリン州を事例として－
〇後藤 みな（山形大学）

A-02　エストニアと日本の理科に関するデジタル教材の比較 －日本のデジタル教材の現状と参考とすべき視点
〇猪狩 豪（宮城教育大学）・渡辺 尚（宮城教育大学）

A-03　初等教育段階におけるエネルギー概念導入についての一考察　－ CAIE プログラムに準拠した理科教科書を事例として－
〇板橋 夏樹（宮城学院女子大学）

セクション A2　10:20 ～ 11:05　　座長　原田 勇希（秋田大学教育文化学部）

A-04　運勢ライン法を用いたジュニアドクター育成塾のプログラム評価の試み　－学ぶ意義と自己効力感の推移に着目して－
〇山科 勝（山形大学）

A-05　小学校理科における「主体的に学習に取り組む態度尺度」の開発　－ 信頼性と妥当性の検討
〇赤塚 広大（岩手大学）・久坂 哲也（岩手大学）

A-06　中学校における動機づけの変動性の教科特異性の検討　－他教科と比較して「理科離れ」は顕著なのか？－
〇原田 勇希（秋田大学教育文化学部）

セクション A3　11:10 ～ 11:55　　座長　笠井 香代子（宮城教育大学）

A-07　中学校学習指導要領解説理科編のテキスト分析 －「理科の見方・考え方」の具現化を目指して
〇菊池 蒼雅（岩手大学）・久坂 哲也（岩手大学）

A-08　「単元構想」の重要性を意識した授業デザイン －「逆向き設計」論に基づく理科授業設計を例に－
〇鈴木 昭夫（福島大学大学院人間発達文化研究科）

A-09　教員養成課程における「学び続ける教員」の育成 －ワークショップ「SCN 宮城」での現職教員と教員志望学生との交流を通して－
〇笠井 香代子（宮城教育大学）･窪田 篤人（仙台市立仙台青陵中等教育学校）･渡辺 尚（宮城教育大学）･菅原 佑介（宮城県仙台第三高等学校）・猿渡 英之（宮城教育大学）

セクション A4　13:00 ～ 13:45　　座長　中山 慎也（宮城教育大学）

A-10　大学生の自然災害の直接経験と意識について　－ アンケート結果をもとにして
〇田口 瑞穂（秋田大学）

A-11　大川小判決後に教職員に求められる自然災害による防災・減災のための研修プログラム開発 ～ Eco-DRR の視点による学校防災・減災～
〇長島 康雄（東北学院大学）・佐藤 珠央（東北学院大学）

A-12　「防災エンスショー」で紡ぐ東日本大震災の記憶と防災の教訓
〇中島 拓巳（宮城教育大学）・阿部 清人（株式会社 MC ラボ）・中山 慎也（宮城教育大学）

セクション A5　13:50 ～ 14:35　　座長　鈴木 宏昭（山形大学）

A-13　宮城教育大学附属小学校研究紀要理科指導案で科学的思考が重要視される傾向について
〇中山 慎也（宮城教育大学）・永松 信乃（宮城教育大学）

A-14　小学校理科教科書における安全指導の特質　－第６学年「水溶液の性質」を事例として－
〇鈴木 宏昭（山形大学）

A-15　理科に対する興味の深化を促す授業づくり
〇川村 一真（盛岡市立仁王小学校［岩手大学教職大学院］）・久坂 哲也（岩手大学）

セクション A6　14:40 ～ 15:25　　座長　久坂 哲也（岩手大学）

A-16　主体的に解決する理科授業と評価の在り方について　－小学校第６学年「てこのしくみ」を通して－
〇木浪 太志（青森市立浦町小学校）・安部 慎也（青森市教育委員会事務局指導課）

A-17　中学校理科における生徒の経験に基づいた授業展開　－経験帰納的学習の実践－
〇内山 哲治（宮城教育大学大学院 教育学研究科）・三沢 豊（気仙沼市立新月中学校）・工藤 孝幸（気仙沼市立大谷中学校）

A-18　ICT を活用した理科授業の有用性について　－小学校第６学年「月の満ち欠け」を通して－
〇福原 悠介（青森市立千刈小学校）・安部 慎也（青森市教育委員会事務局指導課）

セクション A7　15:30 ～ 16:30　　座長　平中 宏典（福島大学人間発達文化学類）

A-19　共有表示デバイスが複数ある環境における理科授業のデザイン　－同時双方向による学びが与える効果の予察的検討－
〇関本 慶太（福島大学附属中学校）・車田 和樹（福島大学附属中学校）・平中 宏典（福島大学人間発達文化学類）

A-20　指導者用デジタル教科書の活用による児童の意識変化等の研究
〇大辻 萌菜美（宮城教育大学）・太田 璃那（宮城教育大学）・成田 智哉（利府町立利府第二小学校）・池田 和正（宮城県仙台第三高等学校）・渡辺 尚（宮城教育大学）

A-21　「かはく VR」と「かはくチャンネル」を活用した中学校での理科授業
〇岩谷 朋樹（宮城教育大学）・中山 慎也（宮城教育大学）

A-22　これからの教室における黒板と共有表示デバイスの役割　－理科授業のデザインに着目して－
〇戸崎 未奈（福島大学人間発達文化学類）・平中 宏典（福島大学人間発達文化学類）

B 会場

セクション B1　09:30 ～ 10:15　　座長　岡田 努（福島大学共生システム理工学類）

B-01　液体窒素を用いた保育園での理科実験の実施
〇杉江 瞬（弘前大学大学院 地域社会研究科）・長南 幸安（弘前大学教育学部）

B-02　生活科の観察における着目点の可視化に関する研究　－ 一人一台端末環境下での工夫に関する予察的検討
〇菊地 実咲（会津若松市立一箕小学校）・平中 宏典（福島大学人間発達文化学類）

B-03　「自然観」の形成を促すためのカリキュラム開発と実際　～「奇跡の星　地球」を中心に据えた授業づくり～
〇野口 卓也（福島市立三河台小学校）

セクション B2　10:20 ～ 11:05　　座長　渡辺 尚（宮城教育大学）

B-04　乾燥ウミホタルの cox1 と 18S rDNA の PCR
〇高橋 天地（岩手大学教育学部）・安川 洋生（岩手大学教育学部）

B-05　授業実践を志向した透明骨格標本における体長と軟骨硬骨比率の関係
〇小嶋 柚香（宮城教育大学）・勅使瓦 洋人（宮城教育大学）・渡辺 尚（宮城教育大学）

B-06　市販の乾燥ウミホタルのミトコンドリア遺伝子の PCR 実験
〇永井 美帆（岩手大学）・安川 洋生（岩手大学教育学部）

セクション B3　11:10 ～ 11:55　　座長　長島 康雄（東北学院大学）

B-07　校庭の自然観察トレイルを用いた学習プログラムの開発 S 市 Y 小学校の事例研究
〇佐藤 珠央（東北学院大学）・長島 康雄（東北学院大学）

B-08　東日本大震災前後の自然の変化をとらえる Eco-DRR の視点の意義　～仙台湾・蒲生干潟の教材化を事例として～
〇石橋 里紗（東北学院大学）・小林 竜弥（東北学院大学）・長島 康雄（東北学院大学）

B-09　「流域」に着目した河川に関する防災教育教材の開発　～ Eco-DRR の視点からみた「田んぼダム」の意義～
〇小林 竜弥（東北学院大学）・石橋 里紗（東北学院大学）・長島 康雄（東北学院大学）

セクション B4　13:00 ～ 13:45　　座長　今村 哲史（山形大学学術研究院）

B-10　自然環境への＜関心＞を高める理科授業 －バランスドアクアリウムの活用と評価の工夫
〇河原田 公輝（福島大学大学院 人間発達文化研究科)･鈴木 昭夫（福島大学大学院人間発達文化研究科）

B-11　小学校理科 5 年「流れる水のはたらき」における「土が含むことができる水の量」の導入の意義
〇泉 祐汰（東北学院大学）・亀田 実可（東北学院大学）・長島 康雄（東北学院大学）

B-12　小学校 4 年理科「雨水の行方と地面の様子」における「土とは何か」の導入の意義
〇亀田 実可（東北学院大学）・泉 祐汰（東北学院大学）・長島 康雄（東北学院大学）

セクション B5　13:50 ～ 14:35　　座長　田口 瑞穂（秋田大学）

B-13　理科教育と防災教育を繋ぐ実験　砂山を用いた土砂災害シミュレーション
〇和田 悠晟（宮城教育大学）・渡辺 尚（宮城教育大学）

B-14　真正の学びを意識した地域地質教材の検討　－ 海浜砂と河川砂の地域差を例に
〇佐藤 茜奈（福島大学人間発達文化学類）・平中 宏典（福島大学人間発達文化学類）

B-15　吾妻小富士に見られる雪形の時系列変遷と気候要素との関係　－ 2020・2021 年の変遷に着目して
〇佐藤 由美子（福島大学大学院 人間発達文化研究科）・平中 宏典（福島大学大学院 人間発達文化研究科）

セクション B6　14:40 ～ 15:25　　座長　鈴木 昭夫（福島大学人間発達文化学類）

B-16　ゲーム要素を取り入れたオームの法則の理解促進教材の開発
〇冨塚 和真（秋田大学）・田口 瑞穂（秋田大学）・原田 勇希（秋田大学）

B-17　運動体軌跡解析 web アプリ「運動くん web」の開発
〇林 雄大（福島大学人間発達文化学類）・平中 宏典（福島大学人間発達文化学類）

B-18　放射線環境下から児童・生徒を護る ESD　ー教育者・保護者用簡易土壌放射能測定法の開発ー
〇齊藤 敬（尚絅学院大学）

セクション B7　15:30 ～ 16:30　　座長　長南 幸安（弘前大学教育学部）

B-19　水銀の生物濃縮を実感できる簡易的な実験方法の検討
〇長南 幸安（弘前大学教育学部）・齋藤 綾菜（弘前大学教育学部）・神成 大夢（弘前大学教育学部）

B-20　3D プリンタを用いた新しい金属原子模型の教材開発 充填率を実験で求めることが可能になる教材
〇赤坂 颯樹（宮城教育大学）・門田 和雄（宮城教育大学）・窪田 篤人（仙台市立仙台青陵中等教育学校）・池田 和正（宮城県仙台第三高等学校）・渡辺 尚（宮城教育大学）

B-21　児童の「もののあたたまり方」に関する考え方の調査　粒子との関係に着目して
〇今村 哲史（山形大学学術研究院）・安達 理美（横浜市立南瀬谷小学校）・高橋 茜（山形大学附属小学校）

一般研究発表（口頭発表）

ドイツにおけるアビトゥーア試験の「生物」で求められる能力
―ベルリン州を事例として―

後藤 みな
GOTO Mina
山形大学
【キーワード】 大学入試制度，アビトゥーア試験，科学系教科，生物学，ドイツ

１ 目 的
ドイツでは，インプット統制からアウトプット統制重視の教育改革が行われており，科学系教科(物理，化学，生物)では獲得・育成すべき教科固有のコンピテンシーの定式化が図られている(遠藤, 2020)。本稿では，ギムナジウム(後期中等教育)修了段階で求められる科学の能力の一端を探るために，ベルリン州におけるアビトゥーア試験の教科「生物」を基にしてその試験問題を検討する。

２ ドイツの大学入学とアビトゥーア試験
ドイツでは日本のように個々の大学ごとに行われる入学試験は基本的にはない。ギムナジウムの最後の 2 年間の成績と修了試験であるアビトゥーア試験(Abiturprüfung)の成績を合わせた総合成績により判定され合格すると，原則，国内のどの大学のどの専門分野にも進学できる (木戸, 2012)。アビトゥーア試験は州ごとに行われるため，州間のアビトゥーア取得水準の確保のために連邦レベルの基準として「アビトゥーア試験における統一的試験要求」(EPA)が教科ごとに策定されている(大髙, 2010)。科学系教科の EPA には，試験で証明されるべき 4 つのコンピテンシー領域(専門知識，専門の方法，コミュニケーション，省察)，「要求領域」，問題例等の記載があり，試験の出題や評価等に関する基準が定められている。

３ ベルリン州の「生物」問題と求められる能力
ベルリンでは，筆記試験 3 教科，口述試験 1 教科，プレゼン試験 1 教科(あるいはコンクール等での業績)の 5 教科を受けることとなっている(SBJF, 2020)。プレゼン試験以外の 4 教科は「ドイツ語」，「外国語」，「数学」から 2 教科を選び，受験する 5 教科は 3 分野(言語・文学・芸術，社会科学，数学・自然科学・技術)をカバーする必要がある。ベルリンの学校教育を所管する教育・青少年・家族省(SBJW)によると，「生物」の試験問題は A(A1, A2)，B，C の 4 つに区分され(表 1),その内 1 題は学校の教員が除外し，生徒は残りの問題から 2 題を選ぶ (SBJW, 2010)。筆記は，問題の選択時間も含め重点コースの試験で 270 分，基礎コースの試験で 210 分である。口述試験は，試験当日に問題が渡され，一定時間後に面接官に対して回答する。

表 1：「生物」の試験問題の区分(SBJW，2010)

問題 A1	選択された生命現象の生理学的基礎
問題 A2	遺伝学の基礎と応用分野
問題 B	エコロジーと持続可能性
問題 C	進化と将来の課題

以下，基礎コースの問題 B の筆記試験「テーマ：チョウの増加」を取り上げよう。この問題は課題文と資料から構成されており，課題文ではまず，シジミチョウ科のフチベニヒメシジミ(Kleinen Sonnenroschen-Blaulings)の個体数と気候変動との関連に関するリード文が与えられ，それに続き 5 つの問題が提示されている。例えば，専門用語の定義，チョウと環境の相互作用の分析と評価，複数の要因を踏まえた自身の考察を説明させるもので，論述形式での回答が基本である。次に，テキスト，図，グラフ，表を含む資料が 4 つ示されている。例えば，フチベニヒメシジミの生態，生息分布，宿主植物に関する調査結果，幼虫を宿主にする動物の地域別生態調査の結果，気候変動によるチョウの個体数の変化可能性等の情報が示されており，それらの正確な読取りが求められている。

本試験問題はエコロジーと持続可能性という現実的問題に即して作られており，専門的な内容や方法の習得・活用にとどまらず，環境や社会といった文脈の中で多面的に問題を分析，考察させ，表現させることをねらっている。以上のように，「生物」のアビトゥーア試験では非常に広範な能力が求められていると言える。

付記：本研究は JSPS 科研費 JP19H01730 の助成を受けた。

引用文献
Beyer D., u.a.(2020) *Abitur Original-Prüfungsaufgaben mit Lösungen, Berlin,* STARK.／遠藤優介(2020)『ドイツ科学教育改革とコンピテンー』風間書房.／木戸裕(2012)『ドイツ統一・EU 統合とグローバリズム』東信堂.／大髙泉(2010)「ドイツーPISA ショック後の教育改革後連邦科学教育スタンダードの導入―」橋本健夫，川上昭吾，鶴岡義彦編著『現代理科教育改革の特色とその具体化』東洋館出版社, 150-157.

エストニアと日本の理科に関するデジタル教材の比較

日本のデジタル教材の現状と参考とすべき視点

○猪狩豪[1]，渡辺尚[1]
Go IGARI, Naoshi WATANABE
[1]宮城教育大学
【キーワード】　デジタル教材，ICT 教育，PISA 調査，理科教育

１　目　的

2020 年の新型コロナウイルスの影響により，より，日本では教育現場への ICT 整備が急速に進行したと言える．しかし，ICT 教育の具体例や ICT 教育の研修の機会が少ないことから，日本の ICT 教育は未だに発展段階にある．本研究では，1990 年代に独立して以降 ICT 教育を推進しており，PISA(2018)では日本と同等の順位にいるエストニアの理科教育に着目し，今後の日本の理科教育(特に ICT 教育)に参考となる視点はないか調査を行った．

２　方　法

本調査では，日本とエストニアのデジタル教材サイトの内容を比較する．各国の文部科学省（在日エストニア大使館）が提示しているデジタル教材サイトを比較対象とした．

日本については『NHK for school』を比較対象とした．エストニアについては，『e-schoolbag』を比較対象とした．このサイトは文部科学省が提示している他に，文部科学省が開発したサイトであることも理由で，比較対象とした．

比較する内容は，①教材の種類（動画，ワークシート等），②理科の教材数，③教材サイトの特徴の 3 つの内容から比較を行い，表に表した．

３　結　果

デジタル教材の比較について，表 1 のようにまとめることができた．

表より，日本の『NHK for school』は教材の種類は動画のみであるが，『先生向けコンテンツ』といった教員が検索しやすいシステムがあることによって，利用しやすい点が特徴であることが分かる．対してエストニアの『e-schoolbag』は，映像教材に留まらない教材の多さが特徴であることが分かる．

４　考　察

以上のことから，日本のデジタル教材は教員の使いやすさに特化しており，教員が手軽にデジタル教材を使用できるようにしていると考えられる．対してエストニアのデジタル教材は教材の種類の多さや作成者と閲覧者のコンタクトのしやすさに特化しており，教育者たちが教材をアップロードしやすく，閲覧者のフィードバックから教材のアップデートが容易にできるような工夫がなされていると考えられる．これによって，効果的なデジタル教材が多く誕生し，ICT 教育の発展に寄与していると考えられる．

５　まとめ

日本と比較することでエストニアの理科に関するデジタル教材の特徴について明らかにすることができた．現在の日本では，教材を共有できる場が非常に少ない．特に理科では ICT を利用することで，実験や生物を効果的に見せることができる魅力がある．今後，日本でも教員が教材を容易に共有できる場を作ることによって，教員が効果的なデジタル教材を発見でき，その結果日本の ICT 教育がさらに推進できるのではないだろうか．

引用文献

教科書研究センター　「海外教科書制度調査研究報告書」
国立教育政策研究所　「諸外国における情報通信技術を活用した学校教育事例報告書」

表１　日本とエストニアのデジタル教材比較

	日本(NHK for school)	エストニア(e-schoolbag)
教材の種類	動画	動画,ワークシート 指導案等
教材数(理科)	4190	15456
特徴	NHKが運営する映像教材サイト 『先生向けコンテンツ』を使用することで， 指導要領，教科書から検索ができる． そのため必要な情報を検索しやすい．	文部科学省が開発したデジタル教材ポータル 教師は教材を作成して使用しユーザーと共有でき， 閲覧者は教材に対しフィードバックやコメントを 残すことができる．

初等教育段階におけるエネルギー概念導入についての一考察

－CAIE プログラムに準拠した理科教科書を事例として －

○板橋夏樹
Natsuki ITAHASHI
宮城学院女子大学

【キーワード】　エネルギー，初等教育，理科、英国

１　はじめに

日本の理科教育では、主として中学校第 3 学年でエネルギー概念の定義を力学分野で学ぶことになっている。小学校の理科では、エネルギーの様々な形態や変換のアウトラインを学ぶが、エネルギーそのものの用語の定義を学んでいないために、この用語を直接的に用いることはほとんどない。これに対し、米国や英国の理科教科書を見ると、エネルギー概念について様々な導入の工夫が行われている。英国ケンブリッジ大学の 1 機関であるケンブリッジ大学国際教育機構（CAIE：Cambridge Assessment International Education）は、5～19 歳の教育資格を提供する国際教育機関である。本研究では、このケンブリッジ大学国際教育機構が提供する 5～11 歳を対象とした Cambridge Primary Science curriculum に準拠した初等教育段階の教科書におけるエネルギー概念の導入の実態について調査することにした。

２　目的

本研究は、Cambridge Primary Science curriculum に準拠した理科の初等教育段階の教科書における、エネルギー概念導入の工夫の一端を明らかにすることである。

３　研究方法

Cambridge Primary Science curriculum で認定された初等教育段階の理科の教科書の 1 つである Collins 社の“*Student's Book 1～6*”(2014)を事例に、初等教育段階におけるエネルギーの用語を使用した学習の実態について調査する。

４　結果

第 1，2，4 学年ではエネルギーの用語を使用した学習は行われていなかった。

第 3 学年では、単元「人間と動物」の 2.3 節「エネルギーのための食物」で「あなたの体は、読んだり、息をしたり、成長するためにエネルギーを使っている。」「食物は私たちにエネルギーを与え、成長を助ける。」と人体や食物を例にしてエネルギーの説明を行っていた。

第 5 学年では単元「植物」の 1.2 節「植物は光からエネルギーを必要とする」では、光合成の用語を学ぶ際に、「太陽からの光エネルギー」を学習し、植物の光合成のはたらきのために光のエネルギーを必要とすることを扱っていた。

第 6 学年では、単元「力と動き」の 4.4 節「エネルギーと運動」にて仕事の科学的な意味を扱うとともに「エネルギーは物体が仕事をすることを可能にする。」と、物理的な視点でエネルギーを学習する。その後、「他の物体が動き始めるのにエネルギーが必要なのと同じように、私たちは体を動かすのにエネルギーが必要です。」とサッカー選手の動きと、蹴られるボールの動きの両方を例にしてエネルギーの説明をしている。

第 6 学年の巻末の用語説明の頁では、エネルギーを「活動または仕事をする能力。」と定義している。このように、同学年では物理学的な観点から仕事とともにエネルギーを定義しつつ、その具体的な説明では日常的な人間の動きとボールという物体を例に説明するという手法をとっていた。

５　おわりに

今回調査した理科教科書では、第 3 学年以降で、主に人体や植物、食物、子どもが日常生活で目にするスポーツ等の学習場面を中心にしてエネルギーの用語を用いた学習が行われていることが明らかとなった。このような生物的な観点で同概念を導入することの適切性について今後調査する必要がある。また、同社の最新の教科書の動向についても引き続き調査していきたい。

引用文献

Collins (2014)″ *INTERNATIONAL PRIMARY SCIENCE Student's Book1-6*″,Collins.

運勢ライン法を用いたジュニアドクター育成塾のプログラム評価の試み

― 学ぶ意義と自己効力感の推移に着目して ―

○山科　勝
Masaru YAMASHINA
山形大学

【キーワード】　STEM，運勢ライン法，ジュニアドクター育成塾，学ぶ意義，自己効力感

1　はじめに

筆者の所属する山形大学では，2020 年度から国立研究開発法人科学技術振興機構の「ジュニアドクター育成塾」として，「ヤマガタステム(STEM)アカデミー」（以下，アカデミー）を行っている。アカデミーの目的は，SDGs 達成のために科学・技術・工学・数学の各領域を統合的に学び，人類の未来に役立つ産業を生み出す，想像力豊かな理系人材を育成することである。1 年目（マスターコース）は，小学５年生から中学３年生 40 名が表のようなプログラムを共通で受講し，２年目以降は，マスターコースから選抜された 10 名がドクターコースとして各自の研究課題に基づき研究活動を行うこととしている。受講生への支援体制として理科教員志望の大学生・大学院生をメンターとして，実験への助言，グループ活動補助，レポートの作成支援と個別のアドバイスを行っている。

表　2020 年度講座一覧（4 回目以降はオンライン講座）

回	月	講座タイトル
1	9月	開校式・オリエンテーション
2	9月	アサリは大きくなるとハマグリになる？
3	10月	SDGsってなんだろう？
4	11月	電池を作ろう
5	12月	プログラミング体験
6	12月	高校生はどんな研究をしているのかな？
7	1月	アカデミーからの挑戦状！
8	1月	データサイエンス講座
9	2月	SDGs未来の都市づくり
10	3月	研究計画発表会

アカデミーは５年間の計画であり，プログラムの構成等を継続的に評価改善する必要がある。マスターコースだけでなくドクターコースのプログラムを評価するためにも，講座講師の意見や受講生の感想やレポート等による評価に加え，新たな評価方法の開発が求められている。

2　研究目的および方法

（1）研究目的

運勢ライン法は，授業の参加の意欲や楽しさなど，授業の成立に関わる個人的で主観的な要因の変容を調べるのに適している（遠西，2012）。本研究では，運勢ライン法を用いて受講生の STEM 各領域を統合的に学ぶ意義の理解や自己効力感の変化の実態を明らかにし，プログラムの評価改善についての有用性を検証した。

（2）研究方法

Google フォームで，「あなたが STEM を学ぶことは，現代社会で私たちが直面するさまざまな問題を解決するために役立つと思いますか」（学ぶ意義），「現代社会で私たちが直面するさまざまな問題を解決する力を，あなたは持っていると思いますか」（自己効力感）を設定し，０～10 までの整数値を選択する質問を作成した。次に，これらの質問を各講座終了後にアンケートを取り，質問ごとに各受講生の運勢ラインを作成した。運勢ラインを分析し，それらを基にプログラムを検討した。

3　結　果

分析対象の受講生は，２つの質問に対し 10 回すべて回答した 11 名であった。運勢ラインを分類すると，学ぶ意義は，①どの回も７以上（７名），②２回・５回・７回で下がる（２名），③３回・６回で下がる（１名），④前半７以上後半５～６が多い（１名）の４種類であり，自己効力感は，ア　どの回も７以上（５名），イ　どこか１つが５以下でそれ以外は７以上（２名），ウ　どの回も５以下（２名），エ　２回・６回が他の回より低い（１名），オ　前半 10 で後半５～７になる（１名）の５種類だった。学ぶ意義と自己効力感の運勢ラインは形が似ている場合が多く，①とアまたはイ，②とウ，③とエ，④とオという組合せになっていた。

4　考察およびまとめ

扱う課題を十分理解できない，数値の統計処理が不十分，課題をうまく完成させられない等の場合は，②とウ，③とエになること，また動機づけが低下しつつある場合は，④とオになることがわかった。運勢ライン法を用いることにより，受講生の理解度や動機づけの状態，つまずき等を講座直後に知ることができることが明らかとなり，プログラム評価への活用可能性が示唆された。

引用文献

遠西昭寿（2012）「運勢ライン法」日本理科教育学会編著　『今こそ理科の学力を問う：新しい学力を育成する視点』東洋館出版社.

小学校理科における「主体的に学習に取り組む態度尺度」の開発

信頼性と妥当性の検討

○赤塚広大[1]，久坂哲也[1]
Koudai AKATSUKA，Tetsuya HISASAKA
[1]岩手大学

【キーワード】主体的に学習に取り組む態度，粘り強さ尺度，自己調整尺度，信頼性，妥当性

1　背景と目的

平成 29 年に告示された学習指導要領の観点別学習状況評価では,「主体的に学習に取り組む態度」について,「粘り強い取組を行おうとする側面」と「自らの学習を調整しようとする側面」の 2 側面から見とる必要性が示された。国立教育政策研究所（2019）が公表した「学習の評価の在り方ハンドブック（小・中学校編）」では，主体的に学習に取り組む態度の具体的な評価方法について，評価の対象についての記述はあるが，児童のどのような姿を規準として見とるのかの具体は示されていない。児童の具体的な姿を的確に捉えきれないまま評価を行うことは，教師の主観的な評価になってしまう危険性がある。

そこで本研究では，客観的な評価を目指して具体的な姿を示した評価規準を作成することを目的とし,「主体的に学習に取り組む態度尺度」の開発を行った。

2　方法

(1) 項目収集 : 岩手県内の 1 校に在籍する小学校教員 18 名を対象に「卒業時点で，児童に身に付けさせたい『理科学習に対して粘り強く取り組む側面』（または『理科学習における自らの学習を調整しようとする側面』）とは，具体的にどのような姿をイメージしていますか。」という教示文のもと，「問題を見いだす場面」「予想や仮説を発想する場面」「解決の方法を発想する場面」「観察や実験を行う場面」「考察やまとめを行う場面」「問題解決活動全体を通して」の 6 場面について回答を求めた。その結果，粘り強さについては 217 件，自己調整については 183 件の記述が得られた。得られた記述について意味内容が類似する項目の統合及び文言の修正を行なった結果，粘り強さ尺度については 18 件，自己調整尺度については 21 件に整理された。

(2) 調査の手続き : 2021 年 10 月に岩手県内の小学校 1 校に在籍する第 6 学年児童 72 名を対象に，質問紙調査を行った。回答は「1 : 全くそう思わない〜6 : とてもそう思う」の 6 件法で得た。また，選択番号を得点として分析に使用した。

3　結果と考察

調査結果について探索的因子分析を行った結果，粘り強さ尺度と自己調整尺度ともに固有値の減衰率から 1 因子構造が提案された。分散説明率は順に 50.4%，52.1%であった。1 因子解で因子分析を行った結果, 因子負荷量が.40 を下回る項目は見られなかった。ω 係数は順に.94，.95 であった。

作成された尺度について，平均値と標準偏差を算出した。また，尺度の外的妥当性を検討するために市川（2001）の動機づけ尺度を用いて相関係数（*r*）を算出した（表 1）。

その結果，粘り強さ尺度と自己調整尺度ともに学力と関連する内容関与的動機と有意な正の相関が見られ，学力と関連の薄い内容分離的動機とはほぼ無相関であった。したがって，一定水準以上の信頼性と妥当性が認められたと判断した。

表 1　粘り強さ尺度と自己調整尺度の基礎統計量と動機づけ尺度との相関係数

	ω	*M*	*SD*	内容関与的動機			内容分離的動機		
				充実	訓練	実用	関係	自尊	報酬
粘り強さ尺度	.94	4.76	0.81	.69**	.66**	.49**	.06	.07	.03
自己調整尺度	.95	4.84	0.79	.70**	.68**	.42**	.02	.01	.12

中学校における動機づけの変動性の教科特異性の検討

—他教科と比較して「理科離れ」は顕著なのか？—

○原田勇希[1]
Yuki HARADA
[1]秋田大学

【キーワード】　動機づけ，教科特異性，理科離れ，項目反応理論，多母集団同時分析

1　問題と目的

PISA や TIMSS といった国際学力調査や，全国学力・学習状況調査などの大規模な調査によると，我が国の理科に対する動機づけは，中学校入学以降に低下し，またその水準は国際平均を大きく下回ることが明らかになっている（国立教育政策研究，2006, 2015, 2016）。このような児童生徒の理科に対する動機づけの低下や，科学技術関連職を希望する割合の低下は，広く「理科離れ」という社会問題のひとつとして知られており，我が国だけでなく多くの国や地域で問題視されている現象である（長沼，2015; Osbourne et al., 2003; Tytler, 2014）。

一方，同時に理科以外のあらゆる教科に対する動機づけも学年の進行とともに低下する傾向があることがこれまでに頑健に示されている（e.g., Gottfried, Fleming & Gottfried, 2001; Harter, 1981; Otis, Grouzet & Pelletier, 2005）。ここで問題となるのは，中学校入学以降における理科に対する動機づけの低下量は他教科に対する動機づけよりも著しいのかという点である。もしそうであれば，真にこの時期における「理科離れ」は顕著であるとあるといえる。一方そうでない場合，理科の動機づけの低下自体は観測されたとしても，それは「学習離れ」と形容する方が適当であり，理科に特異的な現象ではないと考えられる。

そこで本研究では，心理測定学における測定理論である項目反応理論（カテゴリカル因子分析）に基づいて，小学校 6 年生から中学校 3 年生までの教科学習（国語，算数/数学，理科，社会，英語）に対する動機づけを比較し，学年の進行に伴う動機づけの低下が理科に特異的であるのかを検討することを目的とした。

2　方　法

2.1 研究対象者

小学校 6 年生から中学校 3 年生（n = 1417）を対象とした。

2.2 測定変数

動機づけの期待-価値理論（e.g., Eccles & Wigfield, 2002; Wigfield & Eccles, 2000）に基づき，興味価値（解良・中谷，2014），自己効力感（中西，2004）を測定した。

項目には全教科の文脈に沿うもののみを使用し，教科名以外の表現は統一した。

2.3 項目表現と統計的分析

各教科，学年で測定対象となる潜在変数を一致させるため，各教科で使用された同じ項目の因子負荷量と閾値に等値制約を課し，さらに 4 つの学年間でも等値制約を課した多母集団同時カテゴリカル因子分析を行った。中学校 1 年生の理科の動機づけを平均 0，分散 1 とし，他の潜在変数の平均と分散は自由推定した。

3　結果と考察

まず，探索的カテゴリカル因子分析により，理科の動機づけが他教科の動機づけと弁別されるかを確認したところ，興味価値，統制感ともに教科特異性が認められた。

次に，上記のモデルを推定したところ，興味価値，統制感ともに，全ての教科で学年の進行に伴う低下が認められた。理科の動機づけの低下量が他教科よりも大きいかを検討するため，潜在変数の平均値差を検討したところ，理科に対する統制感の低下量は国語，社会よりも大きく，また理科に対する興味価値の低下量は算数/数学，社会，英語よりも大きかった（*all ps* ＜.05）。しかし効果量は大きな効果量と判断される水準ではなかった（*all ds*＜0.55）。

以上の結果より，中学校入学以降の理科の動機づけの低下量は相対的に大きく，「理科離れ」と呼べる現象は生じているが，その程度はそれほど顕著でないといえる。

中学校学習指導要領解説理科編のテキスト分析

「理科の見方・考え方」の具現化を目指して

○菊池蒼雅[1]，久坂哲也[1]
Souma KIKUCHI, Tetsuya HISASAKA
[1]岩手大学

【キーワード】計量テキスト分析，中学校理科，学習指導要領，理科の見方・考え方

1　背景と目的

平成 29 年に告示された小学校及び中学校の学習指導要領（以下，新学習指導要領）では，改訂の基本方針の中で「主体的・対話的で深い学び」の視点から授業改善を図ることの必要性が示された。また，「深い学び」の鍵として「見方・考え方」を働かせることが重要であるとされている（文部科学省，2017a）。各教科等における「見方・考え方」とは，どのような視点で物事を捉え，どのような考え方で思考していくのかといった各教科等を学ぶ本質的な意義の中核をなすものである。中学校理科では「見方・考え方」を，「自然の事物・現象を，質的・量的な関係や時間的・空間的な関係などの科学的な視点で捉え，比較したり，関係付けたりするなどの科学的に探究する方法を用いて考えること」と示している。さらに，中学校理科では，各学年で主に重視する探究の学習過程が整理されている（文部科学省，2017b）。

そこで本研究では，中学校理科の新学習指導要領に記載されている文章について計量テキスト分析を用いて分析を行い，「理科の見方・考え方」や「探究の学習過程」に関して，各学年や各領域における特徴を見いだすことを目的とした。

2　方法

中学校の新学習指導要領解説理科編（文部科学省，2017b）の第 2 章第 2 節の各分野の目標及び内容（pp. 29－69, pp. 74－113）に記載されている文章を分析の対象とした。分析の事前準備として表計算ソフトの行に 1 文ずつ入力を行い，データセットを作成した。分析対象となった文字数は，66,297 文字（960 文）であった。

なお，分析には，KH coder（Ver. 3. Beta. 04）（樋口，2018）を使用した。

3　結果と考察

各学年で主に重視する探究の学習過程として，第 1 学年では「問題を見いだす」，第 2 学年では「分析して解釈する」，第 3 学年では「振り返る」と整理されている（文部科学省, 2017b）。そこで，これらを検索語として設定し，各学年及び各領域における語句の出現回数や文脈について分析を行った。「問題を見いだす」の出現回数のクロス集計結果を表 1 に示す。学年別では，第 1 学年で多く出現しているが, 第 2, 3 学年では少ない。また，領域別では生命領域では 1 回のみである。

平成 30 年度全国学力・学習状況調査報告書中学校理科では，指導のポイントとして「自然の事物・現象の中に問題を見いだして課題を設定し，（中略）「科学的に探究する学習活動」を進めていくことが重要」としている（国立教育政策研究所，2018）。「問題を見いだす」は，第 1 学年で重視する探究活動であるが全領域でバランスよく示されていない。また，生徒自身が自ら「問題を見いだす」ことによって，以降の科学的に探究しようとする態度が形成されるが，全学年において示されていない。したがって，各学年や各領域でどのような見方・考え方を働かせれば「問題を見いだす力」を育成することができるか，コンテンツの特徴を活かしたコンピテンシーの育成について検討することが求められるのではないだろうか。

表 1　「問題を見いだす」の出現回数

問題を見いだす	1 年	2 年	3 年	合計
エネルギー領域	6	0	1	7
粒子領域	5	0	2	7
生命領域	1	0	0	1
地球領域	6	0	0	6
複合領域	0	0	1	1
合計	18	0	4	22

「単元構想」の重要性を意識した授業デザイン

「逆向き設計」論に基づく理科授業設計を例に

鈴木昭夫
Akio SUZUKI
福島大学大学院人間発達文化研究科

【キーワード】　単元構想，逆向き設計，深い学び，教員養成

１　目　的

これからの教員養成・教員研修に向けて，鈴木・平中（2019）は，「深い学び」につなげる「単元構想」を充実させるための提案や「単元構想」を学ぶ意義と教員の研修の方向性について提案を行い，その重要性を指摘した。「逆向き設計」論に基づく理科授業実践を例に，教員養成における授業改善の方向性について考察した。

２　「逆向き設計」論

「逆向き設計」論は，G. ウィギンズ・J. マクタイ（2005）が提唱しているカリキュラム設計論であり，「求められている結果の明確化」「承認できる証拠の決定」「学習経験と指導の計画」の３つの段階を三位一体として捉えることを提唱している。さらに，西岡（2005）は，「逆向き設計」論の意義について，特に，目標と評価法の対応関係を厳密に規定していることや単元設計を「本質的な問い」を中心に据えて行うことができることを述べている。

３　授業構成 －「深い学び」理科授業設計－（7 時間）

主に中学校理科におけるエネルギー領域を扱う科目「物理科学」において実践をした。学生は 4 名（3 年生）で，コロナ禍において，すべて同時双方型遠隔授業で行った。

導入（2）	日本の子どもたちの学びの実態と「深い学び」の必要性を協議し，「逆向き設計」論を基に「本質的な問い」「永続的な理解」「パフォーマンス課題」「ルーブリック」について演習した。
展開（3）	単元「電流と磁界」（中学 2 年）を例に，「単元設計（単元計画，見方・考え方，単元目標，観点別評価）」を立て，「本質的な問い」「永続的な理解」「パフォーマンス課題」「ルーブリック」を具体的に作成した。
整理（2）	**6 要素（GRASPS）を踏まえた「パフォーマンス課題」**を提示した。「パフォーマンス評価（プレゼンテーション）」を実施し，カンファレンスを行った。

授業後の「振り返り」（一部抜粋）

単元を貫く課題の重要性は認識していましたが，パフォーマンス課題につなげることは初めてでした。目標を立てるとともに，評価方法や基準を明確にすることが重要であるということを学ぶことができました。

6 要素（GRASPS）を踏まえた「パフォーマンス課題」

目的（Goal）：
来年度から，中学校では新学習指導要領が完全実施となり，教科書も新しくなります。しかし，現場の先生方は「主体的・対話的で深い学び」を実現する授業づくりに苦労しています。特に，「深い学び」はどうしたら実現できるのだろうかと悩んでいます。現場の先生方の課題や悩みに応える実践事例の紹介を依頼されました。

役割（Role）：
あなたは，研究熱心な若手の中学校の理科教員です。

相手（Audience）：
対象は，同じ地区内の中学校に務めている理科の先生方です。

状況（Situation）：
夏休みには，毎年，地区内の中学校の先生方が集まって，教科ごとに研究会が開催されます。あなたは，その中の「理科部会」で，日頃の授業実践が認められ発表者として依頼されました。

作品（Product, Performance）：
「単元設計テンプレート」「パフォーマンス課題づくりワークシート」「ルーブリックづくり用テンプレート」などの資料を作成し，「課題レポート」や「模型」など作品製作に取り組むことになります。

観点（Standards）：
２年生で学習する単元「電流と磁界」を例に，「理科の見方・考え方」の育成を大切にした「深い学び」を実現する授業設計の在り方について実践事例をもとに表現し伝えるができる。～レベル３～
※奥村好美・西岡加名恵編著『「逆向き設計」実践ガイドブック』日本標準，2020，巻末資料②参考

４　考　察

学生は，「逆向き設計」論に基づく単元設計の学びを通して，単元構想における「目標」「学習課題」「評価」「問い」などの重要なキーワードや「深い学び」について，具体的に実感をもって学ぶことができたと思われる。

教員養成課程や教職大学院の担当授業において，「逆向き設計」論に基づく授業デザインを構想することにより，ＡＬ（アクティブ・ラーニング）型授業の質が高まり，これからの教育をめざす授業改善につながると考える。

引用文献

G. ウィギンズ・Ｊ. マクタイ（2005）/西岡加名恵訳（2012）『理解をもたらすカリキュラム設計－「逆向き設計」の理論と方法』日本標準，15-40

西岡加名恵（2005）ウィギンズとマクタイによる「逆向き設計」論の意義と課題，カリキュラム研究，第 14 号，15-29

鈴木昭夫・平中宏典（2019）未来の社会を指向した「単元構想」の重要性－これからの教育養成・教員研修に向けて－，福島大学人間発達文化学類論集，第 30 号，45-56

教員養成課程における「学び続ける教員」の育成

―ワークショップ「SCN 宮城」での現職教員と教員志望学生との交流を通して―

○笠井香代子[1], 窪田篤人[2], 渡辺尚[1], 菅原佑介[3], 猿渡英之[1]
Kayoko KASAI, Atsuhito KUBOTA, Naoshi WATANABE, Yusuke SUGAWARA, Hideyuki SAWATARI

[1]宮城教育大学, [2]仙台市立仙台青陵中等教育学校, [3]宮城県仙台第三高等学校

【キーワード】学び続ける教員・化学教育・ワークショップ・教員養成課程・化学実験

A会場

1　目　的

平成 24 年の中央教育審議会答申で示された「学び続ける教員」は，宮城教育大学（以下宮教大）においても，語句は異なるものの創立以来の理念である。学生が教職に就いた後にその理念を体現するためには，様々な制約（時間・心理的・物理的障害等）をクリアし研鑽しなければならない。「学び続ける教員」の実現のため，これまで宮教大を会場として，現職教員によるワークショップ「SCN 宮城：次世代化学教育研究会（Society to study Chemistry education for the Next generation）」が 2009 年より開催されてきた(2021 年 2 月末で計 114 回，原則月 1 回)。この活動により，活動内容を提案していた指導的立場の高校教員と宮教大大学院在籍時から参加してきた若手教員等とが，互いに研鑽し新しい教材の開発や，高校生の優れた研究への表彰につなげてきた実績がある。そこで，教員養成課程の宮教大学生が SCN 宮城などに参加し，現職教員との交流を通して「学び続ける教員」の育成を図ることとした。

2　活動内容

（1）SCN 宮城　例会

今年度のこれまでの活動を表 1 に示す。開催にあたっては，参加者の 2 倍以上の定員で社会的距離が十分に保てる実験室で，換気や消毒を行いながら実施した。6 月まで小中高教員の参加者数が限られているが，これは新型コロナ感染症の広がりにより広報を控えていたためである。参加者は高校・中等教育学校教員のほか，活動内容によっては小・中学校教員の参加も可能とした。

（2）教師のための化学教育講座

この講座は，日本化学会東北支部化学教育協議会による主催で，講演・実験実習・施設見学を通して，化学教員の知識・技能の向上や教員間の交流を図ることを目的としている。今年はオンラインで 8 月 10–11 日に開催され，宮教大学生が 9 名参加した。参加者アンケート調査で，「理解できた」「卒業後の進路に役立つ」「今後も機会があれば参加したい」との肯定的な意見が約 80%以上であり，「学び続ける教員」の育成の寄与することができたと評価できる。

3　まとめ

11 月以降も SCN 宮城例会を企画している。今後は活動を継続するとともに，在学時より「学び続ける教員」としての意識をより高めるべく，学生から活動内容を提案したり，現職教員と学生との交流により教材開発を行ったりしていく予定である。さらに，これまでは高等学校の化学分野の内容が中心であるが，校種や教科の枠を超えた発展的内容の活動も検討している段階である。

【付記】本研究の一部は令和 3 年度宮城教育大学重点支援研究経費により実施された。

表 1　令和 3 年度 SCN 宮城例会

日付	活動内容	参加人数と内訳		
		学生	現職教員	大学教員
4/24	2 族元素の反応(Mg, Ca)/質量と重さの違いを考える	6	1	3
5/29	同素体～硫黄・酸素・燐	3	1	3
6/26	窒素化合物（硝酸の濃度と酸化力・NO_2・N_2O_3・王水）	4	1	2
7/24	100V 通電チェッカーの製作	3	5	3
8/23	発泡スチロール球による体心立方格子の結晶モデル作製	3	4	3
9/25	3D プリンタによる立方格子の結晶モデル作製	5	2	4
10/16	紅花染料からの茜紅の精製	6	3	3

大学生の自然災害の直接経験と意識について
アンケート結果をもとにして

○田口瑞穂 [1]
Mizuho TAGUCHI
[1]秋田大学

【キーワード】　地学教育，災害教育，理科教育，被災体験

1　目　的

田口・川村・澤口（2021）は，大学生の出身都道府県の違いによって，自然災害に対するこわさの意識に違いがあることを明らかにした。しかしそこでは，こわさの意識が何によるものなのかについては明確にされていない。そこで本稿では，自然災害の直接体験の有無が意識に与える影響について調査することとした。

2　方　法

（1）調査方法

A 大学の小学校免許希望大学生の 1 年生に対し，授業用ウェブサイトを用いて調査を実施した。調査項目は田口ほか（2021）が用いたものに自然災害体験を加えたものである。調査期間は 2021 年 10 月 11 日から 18 日までである。

（2）分析

地震，津波，火山噴火，強風，洪水，土砂災害，雪崩のそれぞれを直接体験した者に対して，意識の比較を行った。検定にはフリー統計解析ソフト HAD17（清水，2016）を用いた。

3　結　果

（1）被災体験・直接体験について

アンケートを実施した学生は 90 人である。自然災害の被災体験者と直接体験者の人数をまとめたものが表 1 である。

表 1　自然災害に対する体験

N=90 （人）

	地震	津波	噴火	強風	洪水	土砂	雪崩
被災体験	46	0	0	23	12	7	1
直接体験	87	2	1	63	46	22	6

被災体験とは家屋の損壊や自身のけが等の体験で，直接体験とは自然災害を直接見た，または体験したことを指す。低頻度の自然災害は，学生は体験していないことが分かる。

（2）直接体験の有無と意識について

それぞれの自然災害に対して，直接体験の有無とその意識について表したものが表 2 である。両者の意識に差は見られなかった。

4　考　察

自然災害の直接体験の有無により意識が異なるという仮説のもとに調査を行ったが，差はなかった。このことから，何らかの方法で獲得した情報により，意識が形成されていると考える。その方法とは，学校教育や地域・家庭教育，各メディアからの情報などが想定される。中でも理科教育は，自然災害の素因や誘因について正しく学習できることから，学習者の意識形成に関わる可能性が示唆される。この点について，さらに研究を続ける。

謝辞

本研究の費用の一部には JSPS 科研費（基盤研究 B）20H01749（代表者 川村教一）を用いた。感謝申し上げる。

引用文献

清水裕士（2016）「フリーの統計分析ソフト HAD：機能の紹介と統計学習・教育，研究実践における利用方法の提案」『メディア・情報・コミュニケーション研究』1, 59-73.

田口瑞穂・川村教一・澤口隆（2021）「出身都道府県別にみた大学生の自然災害に対する意識について」『防災教育学研究』2-(1)，69-77

表 2　各自然災害における直接体験者の意識　（人）

	地震		津波		噴火		強風		洪水		土砂災害		雪崩	
	体験	非	体験	非	体験	非	体験	非	体験	非	体験	非	体験	非
こわい	85	3	2	85	1	74	45	17	42	37	21	63	6	72
こわくない	2	0	0	0	0	8	17	8	4	5	1	4	0	8

「こわい」：ものすごくこわい・少しこわい，「こわくない」：まったくこわくない・あまりこわくない・特に感じない，わからない：除外

大川小判決後に教職員に求められる自然災害による防災・減災のための研修プログラム開発 ～Eco-DRR の視点による学校防災・減災～

○長島康雄・佐藤珠央
NAGASHIMA Yasuo・Mihiro Satoh
東北学院大学

【キーワード】　小大連携，大川小判決，Eco-DRR，教師教育，微地形区分

1　本研究の目的

大川小判決は教育委員会，管理職の予見可能性を指摘し，専門家が作成したハザードマップであっても，学校独自の視点から批判的に検討しなければならないという判断をした。教育の専門家としての教職員に自然災害に関する知識を要求するものである。これを受けて文科省も教員に対して「一般の人々よりもはるかに高い見識」を身に着けることを求めている。本研究の目的は，この解決策を探る点にある。なお，本研究は JSPS 科研費 JP20K02563 の助成による成果である。

2　小学・大学の連携協定に基づく取り組み

東北学院大学文学部と S 市立 Y 小学校との間で研究に関する連携協定を締結した。大学側は新しい学習方法や教職員向け研修を提供し，Y 小学校は，教員をめざす学生に対して，学習指導の場を提供するというものである。今回は教職員向けの学校防災研修プログラムとしての開発を行った。対象となる自然災害は豪雨による土砂災害である。

3　Eco-DRR の視点を加味した職員研修

Eco-DRR は，自然災害のリスクを規模・暴露・脆弱性の 3 点からとらえる。環境省も積極的に啓発を進めている。Eco-DRR は，どのように人類が英知を注いでも自然災害の規模はコントロールできないという前提に立つ。暴露と脆弱性の縮減によって重なり合う部分を最小限にしようとする考え方である。

ゲリラ豪雨などの頻度が増す傾向を念頭に置いて，田村（1987）の微地形区分を Y 小学校の現地で実際に観察しながら水の動きを考察することは，土砂災害の被害を軽減するための知識を習得するうえで有効である。Y 小学校の斜面はあくまでも微地形ではあるが，土砂に働く営力，水の動きは，さらに大スケールの地形に対しても適用できる。

研修プログラムの内容は次のとおりである。Y 小学校の学校園の斜面を利用して「①大局的に地形を見る。②降った雨が表層をどのように動くか考える。③遷急線・遷緩線を見つける。④次の土砂の動きを予想する。⑤Eco-DRR の視点で自然を見る。」という 5 つの研修で構成される。

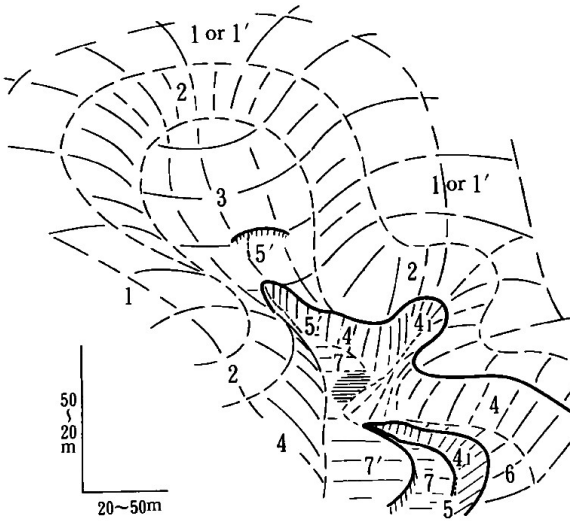


図　微地形区分（田村，1987）

凡例：1：頂部斜面，1'：頂部平坦面，2：上部谷壁斜面，3：谷頭凹地，4：下部谷壁斜面，4'：新期表層崩壊，5：水路（恒常的），5'水路（非恒常的），6：麓部斜面，7：谷底面，7'：谷底面

「防災エンスショー」で紡ぐ東日本大震災の記憶と防災の教訓

○中島拓巳[1]，阿部清人[2]，中山慎也[1]
Takumi NAKAJIMA, Kiyoto ABE, Shinya NAKAYAMA
[1]宮城教育大学　[2]株式会社 MC ラボ

【キーワード】　学習指導要領，防災教育，理科教育，社会教育

1　目的

東日本大震災を踏まえ，文部科学省から「自然災害に対する学校防災体制の強化及び実践的な防災教育の推進」が掲げられている。また，学習指導要領の改訂時に防災教育の方向性として，「自然災害等の危険に際して『行動につなげる態度』の育成」と「支援者となる視点から，社会に参画する意識を高める」の 2 点が掲げられている。とりわけ理科教育においては前者の観点が重要になっており，この点から子供たちを育成できるように，理科教育における防災教育の方法や教師の役割，準備について提言していくことを本研究の目的とする。

2　研究内容

防災をテーマとしたサイエンスショー（以下，防災エンスショー）を社会教育として手掛ける阿部清人氏の活動に注目する。阿部氏はアナウンサーとして働きながら，防災士の資格を持ったサイエンスインストラクターとして活躍している。理科教員と比較して，理科教育の中で防災教育を伝える適切な手法を持っていると考えられる。阿部氏の活動の中での東日本大震災の教訓を明らかにし，理科教育への活用方法を考察する。

3　結果

東日本大震災以前からサイエンスショーを行ってきた阿部氏は，その場でのフィードバックを通じ，同じ演示実験を行っても客層ごとによって反応が異なることに気づいた。そこで，対象ごとに関心を示す内容について分析・推察して見せ方の工夫を行うようにし，活躍の幅を広げていった。ある時「防災エンスショー」の実行を提案するものの，震災以前は「それよりも面白い実験をしてほしい」と断られ評価されなかった。

東日本大震災が発生し，真剣に防災について呼び掛けておくべきだったと後悔し，「防災エンスショー」を実行していく。今では年間 100 件以上の依頼を受け，全国各地で講演をするようになった。そこで阿部氏が感じたこととして以下のような点があげられる。

（1）地域によって災害（防災）について感じている問題意識に差があること
（2）対象の関心を寄せることに焦点化することで満足度があがること
（3）ショーの場だけではなく，帰宅後の会話など，対象者自身の行動に変化を与えることが重要であること

4　考察と今後

受け手自身が問題意識をもち，行動する状態を目指すことが重要ではないかと私は考えている。いくら発表者側に熱意があったとしても，受け手が問題意識をもたなければ空回りである。企画に参加したときだけ防災について考えて，日常に戻って気持ちが離れてしまうのでは本当の意味での防災教育は成し得ないのではないか。受け手が問題意識をもてるようにするには，対象ごとの興味関心を分析し，その関心に合致した内容を提示すること，具体的に行動したいと思わせる状態を作ることなどが重要だと考えている。一方的に呼び掛けるのではなく，あくまでも受け手が自分自身で行動し始める状態を作るにはどうすればよいのかについて教育者として注力すべきである。

今後は理科教育における防災教育のより効果的な方法を提言出来るよう，子供や教員の実態を研究していく。

参考文献

文部科学省　学習指導要領における防災に関する記述
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/kaihatu/006/shiryo/attach/1375029.htm(2021 年 10 月 13 日閲覧)

附記

本研究は，JSPS 科研費 JP20K22178 および令和 3 年度宮城教育大学重点支援研究経費の助成を受けた。

A会場

宮城教育大学附属小学校研究紀要理科指導案で科学的思考が重要視される傾向について

○中山慎也，永松信乃
Shinya NAKAYAMA, Shino NAGAMATSU
宮城教育大学
【キーワード】　学習指導要領，学習指導案，理科

１　目　的

学習指導要領の変遷が各学校の学習指導案に与える影響についてはあまり調査例がない。しかし，学習指導要領の変遷と学力調査の結果の間に何が起きているかを把握することは，今後の教育政策における修正点を理解する手立てとなる。そこで，学習指導要領の 1989（平成元）年改訂以降 3 回の変遷が，理科学習指導案に対して年代ごとの変化をどのように生み出してきたのかを明らかにするべく調査した。

２　方　法

（１）収集する文献の範囲

1989（平成元）年から 2016（平成 28）年の
①理科学習指導要領
②宮城教育大学附属小学校の発行する研究紀要に掲載された理科学習指導案

（２）分析の視点

学習指導案内での指導目標（ねらい）を 4 観点別に集計した。指導目標（ねらい）として設定されている回数の多い観点を「その時代に最も重要視されている指導目標（ねらい）」であると判断し、傾向を分析した。

３　結　果

確認できた傾向は以下の 4 つであった。

（１）一貫した傾向

・「科学的思考」が指導目標（ねらい）において一貫して重要視されていた。
・「関心・意欲・態度」を指導目標（ねらい）に設定する回数が極端に少なかった。
・「Ａ物質・エネルギー」の学習指導案掲載数の方が顕著に多くなっていた。

（２）変化してきた傾向

・年代を追うごとに，1 授業あたりで指導目標（ねらい）に定める観点数が多くなった。

表１　各期間における１授業あたりの観点数

期間	1授業あたりの観点数
(1)1989年(平成元年)～1997年(平成9年)	1.63
(2)1998年(平成10年)～2007年(平成19年)	2.27
(3)2008年(平成20年)～2016年(平成28年)	2.63

４　考　察

学習指導要領において，過去には「知識・理解」を重要視し，近年では「科学的思考」が重要視されてきた。『知識・理解』，『思考力・判断力・表現力』がそれぞれ重要な観点であるとされてきたことに加え「バランスを重視する」を考慮した結果，『知識・理解』，『思考力・判断力・表現力』ともに常に最重要視せざるを得ない状況になり，1 授業あたりに指導目標（ねらい）とする観点が増加せざるをえなかったということが考えられる。また，「科学的思考」を指導目標（ねらい）として定めた回数が全ての期間を通して最も多かったことから，宮城教育大学附属小学校で授業実践をするにあたっての先生方の関心事が「科学的思考の育成」にあると考えられる。

５　まとめ

学習指導要領の改訂は，指導目標（ねらい）の観点数増加に影響したと考えられる。また，「科学的思考」の観点が重要視され続けた傾向は，宮城教育大学附属小学校研究紀要理科学習指導案が「科学的思考の育成」を課題としてとらえ続けてきたことを示すものである。

参考文献

宮城教育大学附属小学校「宮城教育大学附属小学校　研究紀要」，第 17 集-第 44 集
文部科学省国立教育政策研究所「学習指導要領データベースインデックス」
https://erid.nier.go.jp/guideline.html
（参照 2021-10-07）

A会場

小学校理科教科書における安全指導の特質

ー第 6 学年「水溶液の性質」を事例としてー

鈴木宏昭
SUZUKI Hiroaki
山形大学
【キーワード】安全指導，小学校，理科教科書，第 6 学年

1　はじめに（問題の所在・研究の背景）

小学校の理科授業では、理科学習の基盤として観察や実験が位置づけられている（文部科学省、2018）。その一方で理科の観察や実験では，教員が児童の安全確保にむけて十分に配慮を行うことが必要とされながらも，残念ながら重大事故が発生している。これまでの理科実験で発生した実験事故を見てみると、燃焼器具による熱傷や火傷、化学薬品の不適切な取扱いによる気分不良等が新聞記事を通じて報道されている。

これまでの観察や実験の安全指導では、個々の観察や実験の注意となっており，初等教育段階から系統的な安全指導が行われているとは言い難い。一方で，米国では，初等教育段階における科学教科書の特徴や、科学授業における安全指導に関する教材が開発されている。これまでの理科における安全指導に関する研究を概括すると、理科教科書をはじめ教材の重要性が指摘されている。現行の小学校理科教科書では、「主体的・対話的で深い学び」の実現のため、問題解決の過程を重視した学習順序等で実験手順が示されている。そこで，それらの理科教科書における安全指導はいかなるものかを明らかにすることとした。具体的には、理科教科書では、それぞれの実験場面において児童にどのような注意事項を記載しているかといった観点で調査，分析することにより、その特質を解明することとした。

2　研究の目的と方法

本研究の目的は，理科授業における安全指導に関する基礎的な知見を得るため，小学校理科教科書における安全指導の特徴を明らかにすることである。その際、これまでの実験事故の発生頻度等を参考に、第 6 学年「水溶液の性質」を事例とすることとした。調査対象は、小学校理科教科書 3 社とした。

3　研究の結果（理科教科書の分析結果）

3 社の理科教科書を確認した結果，これまでの理科教科書と同様に、教科書で示された実験に沿って注意事項が列挙されていたほか理科教科書の巻末等において、理科授業で使用する実験器具の使用方法の説明や、理科室の使用上の注意点がまとめられていた。例えば、A 社の場合、実験場面における主な注意事項としては、「薬品が目に入らないように、保護めがねをかける」、「薬品が手についたら、水でよく洗う」や「かん気をする」などが示されていた。その他、巻末において、「理科室のきまり」及び「薬品のあつかい方」については巻末で注意事項が示されていた。また、こまごめピペットや実験用ガスコンロの使用方法に関する説明が示されていた。

4　おわりに（今後の課題）

本研究では，小学校理科教科書の単元「水溶液の性質」における安全指導を明らかにすることができた。これらの教科書では、これまでの理科教科書と同様に、教科書で示された実験に沿って注意事項が列挙されているものの、児童の汎用的な安全に関する資質・能力を育成までは言及していなかった。今後、本研究の結果を参考に、理科授業における安全指導の方略を検討し、その有効性を実証的に確認する必要がある。

主な引用・参考文献

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。
有馬朗人ほか 58 名（2020）「たのしい理科 6 年」大日本図書，pp．104-123。
毛利衛，大島まり ほか 100 名（2020）「新しい理科 6 年」東京書籍，pp．168-187。
石浦章一，鎌田正裕ほか 105 名（2020）「わくわく理科 6」啓林館，pp．92-111。

＜付記＞

本研究は，JSPS 科研費（課題番号：20K20803）の助成を受けたものである。

理科に対する興味の深化を促す授業づくり

○川村一真[1]，久坂哲也[2]
Kazuma KAWAMURA，Tetsuya HISASAKA
[1]岩手大学大学院（教職大学院），[2]岩手大学
【キーワード】小学校，理科，興味の深化，問題解決方略，日常生活

1　背景と目的

平成 29 年告示の小学校学習指導要領解説理科編では，理科改訂の要点の中で理科の面白さや理科を学ぶことの意義や有用性を高める観点から検討したと示されている（文部科学省，2017）。このことを受け，鳴川（2021）は，子供が主体的に問題解決の活動を行う中で，学習の成果を日常生活との関わりの中で捉え直すこと等の必要性を述べている。

田中（2015）は理科に対する興味のうち浅い興味として「実験体験型興味」「驚き発見型興味」「達成感情型興味」，深い興味として「知識獲得型興味」「思考活性型興味」「日常関連型興味」の６つに分類し，浅い興味から喚起させなければ深い興味にはつながらず，さらに，深い興味を抱くには学習内容の知識と価値の認知が必要であることを示唆している。これらを獲得するためには教師からの積極的な関与が必要になると考えられる。

そこで本研究では，児童に理科の問題解決方略を教示し，方略を使用しながら問題解決を行うことの意義や有用性を認識させ，日常生活との関連を実感できるような深い興味を促せるかについて，授業を通して探ることを目的とした。

2　方法

時期と対象　2021 年 4 月に盛岡市内の公立小学校１校の第 6 学年児童 34 名を対象とした。

指導単元　第 6 学年「物の燃え方と空気」（東京書籍）において，7 時間の授業実践を行った。

授業構想　それぞれの問題解決の過程に対し，一単位時間ごとに焦点を当てて授業を行った。教師が作成した「問題解決シート」を用いて教示しながら児童の実際の学習活動の様子を確認し，単元の学習が進むにつれて児童が自力で問題解決ができる場面が増えていくよう構想した。また，一単位時間ごとに授業の終末において学習内容と日常生活との関連に気付かせる場を設定し，学んだことの有用性が実感できるように構想した。

検証方法　田中（2015）の興味尺度を援用して質問紙調査を授業実践前後で行い，児童の理科に対する興味の変化を見とる。

3　結果と考察

授業実践前後の得点について対応のある t 検定を行った結果を表１に示す。どの興味も平均値は上昇し，「驚き発見型」「思考活性型」「日常関連型」の興味に有意差が見られる結果となったことから，授業によって児童の興味が深まったと考えられる。また，効果量を見ると日常関連型は $d=0.48$ あり，教師が学習者に対して直接介入した効果があったと考えられる。

これらのことから，単に従来の問題解決の過程に沿って授業を行うだけではなく，児童が学習の中で見つけた問いに対して問題解決方略を使って学習し続けることを教示し，自分の力で学び続けられるようになることと，一単位時間や単元の終わりに日常生活との関連を考えさせて学習内容を価値づけることが大切だと考えられる。

表１　興味尺度得点のプレ・ポスト比較

		プレ		ポスト		t	d
		M	SD	M	SD		
浅い興味	実験体験型	4.43	0.67	4.61	0.61	1.68	0.28
	驚き発見型	4.12	0.95	4.37	0.76	2.10*	0.29
	達成感情型	4.18	0.80	4.35	0.83	1.33	0.22
深い興味	知識獲得型	4.26	0.85	4.45	0.79	1.62	0.23
	思考活性型	3.69	0.95	4.05	0.98	2.38*	0.37
	日常関連型	3.96	0.83	4.35	0.83	3.34***	0.48

*$p < .05$, ***$p < .001$

主体的に解決する理科授業と評価の在り方について

–小学校第6学年「てこのしくみ」を通して–

○木浪　太志[1]，安部　慎也[2]
Motoshi KINAMI，Sinya ABE
[1]青森市立浦町小学校，[2]青森市教育委員会事務局指導課

【キーワード】　授業研究，試行錯誤，学習評価

1　目　的

小学校理科では問題解決の過程がより一層重視され，授業が展開されている。そこで「深い学び」に向け，授業者が意図的に児童につまずきの場面や，結果が異なる事態を経験させることで，“失敗”として捉えることではなく，他者との差や操作の違い，条件の未熟さ等に気付かせ，問題解決の過程をフィードバックし，主体的につまずきを克服していく態度の育成を図る指導と，評価の在り方について研究・実践した。

2　方　法

（1）事前調査

テスト①では，５年生の既習事項である「植物の発芽」から，テスト②では，６年生の既習事項である「ものの燃え方」から出題した。児童の多面的な考えを見定めるため，視点を与えず図や絵，説明を白紙から書かせた。その結果，正しく条件制御された実験方法の考え方が身に付いていないことがいえる。失敗を繰り返しながら，的確な実験方法に近づいていく，という経験の少なさが原因だと考えられる。そこで，問題解決の中で，意図的に「つまづき」を生み出させ，その原因と検証方法を考えることを通して，多面的な考え方や的確な実験方法を計画する力を，高める授業づくりについて検討した。

（2）授業研究

実験方法や条件を細かく指示せず，子どもたち自ら考える試行錯誤を設定した授業構成にすることで，子ども自身が適切な実験方法を見いだせるのではないかと考えた。

（3）授業内容

てこのしくみの第１時では，多面的に考えながら自力解決させるために，あえて力点や作用点を変えてもよいことをあえて伝えずに自由試行させる。考察では，どれが要因で楽に持ち上げられたか分からないことから，条件を適切に設定した実験が必要であることに気づかせるような授業展開にした。第２時では，前時の活動を振り返らせ，実験の不備や原因を考えさせることで，条件を適切に制御した実験計画を立てさせた。

3　結　果

（1）授業の様子から

支点から力点までの距離を変えることや支点から作用点までの距離を変えることが、関係しているということに気づいている児童が多く見られた。条件の設定に目を向け，実験方法を考えるグループも見られた。

（2）事後調査から

事前調査と同じような形式で出題した。事前調査よりも正答率が上がり，正しい条件のもと実験を行う力が身についた児童が増えたことを示している。

4　考　察

授業の様子と事後調査の結果の他に、児童の振り返りからも、小さな力でものを持ち上げる要因を考えようとしたり，それを明らかにしようとしたりしているものや実験の不備や変化させる要因を明らかにできなかった原因に気づき、条件を整理した実験方法を計画し、さらには法則の存在に気づいているなど、深い学びに到達できたと推察できる。

5　まとめ

本研究では，試行錯誤させることの有用性が明らかになった。試行錯誤させたことにより，子どもたちが問題解決の中で生じた“つまずき”に気づき，その原因と検証方法について，理科の見方。考え方を働かせ，解決しようとする態度を育てることができたと考える。

中学校理科における生徒の経験に基づいた授業展開

－ 経験帰納的学習の実践 －

○内山哲治[1]，三沢豊[2]，工藤孝幸[3]
Tetsuji UCHIYAMA，Yutaka MISAWA, Takayuki KUDOH
[1]宮城教育大学，[2]気仙沼市立新月中学校，[3]気仙沼市立大谷中学校

【キーワード】　主体的・対話的で深い学び，アクティブ・ラーニング，学習指導要領，
経験帰納的学習，課題解決型学習

A会場

1　目的

教育大学で理科教員を目指す学生に物理を教えるようになって最も驚いたことは，学生が物理を楽しんでいないし，楽しもうとさえ思っていないことである。しかし，「小学校で最も楽しかった理科の内容は」と問うと，非常に多くの学生が磁石や光・レンズなどの物理分野であったと回答する。この学年が進むにつれて物理離れが起こることに対して，内山ら（2013）は日常にあふれる物理を利用し学習を進める経験帰納的学習を提案し，実践してきた。

今回は，ここ数年，気仙沼市立の中学校において行ってきた授業実践を紹介する。また，この学習法が，平成 29 年告示の小中学校学習指導要領における児童生徒が「主体的・対話的で」あり，「深い学び」につながる学習（アクティブ・ラーニング，課題解決型学習）と親和性がよいことを紹介する。

2　実践　と　結果

（1）経験帰納的学習

経験帰納的学習は，まず物理教育の手法として考えられた。その基本は，「人は自然界で生きているために，自然法則を無意識に経験（先行/既得）している。そこで，この経験を帰納し反芻することによって自然科学を実感する」という点にあり，日常，無意識で行っている作業や自然現象への反応を，再認識（無意識の意識化）させることにある。この学習法は，図に示すように，学習初期段階で有効であり，学習者が主体的になれば課題解決型学習に移行することも確認されている。

（2）経験納的学習の実践

令和元年度，附属中学校「エネルギー変換」，新月中学校「圧力」を教員側が日常品を題材に授業を行った（教員主体）。令和 2 年度，新月中学校「物の見え方」，大谷中学校「エネルギー」では，まず生徒から日常に関する不思議をアンケート調査し，その回答を基に上記授業を構成した。ここでは，生徒が非常に主体的に対話をし，自分たちの考えに基づいて実験を行っていた。今年度は鹿折中，新月中，大谷中学校実践を行う予定である。生徒のアンケート回答に関しては，当日報告する。

謝辞

本研究は，JSPS 科研費 15H02908，19K03050，および令和元年年度−令和 3 年度学長裁量経費の助成を受け実施されたものである。

引用文献

内山哲治・山口智輝（2013）「物理教育における経験帰納的学習の提案」『物理教育』第 61 巻，第 3 号，160-163.

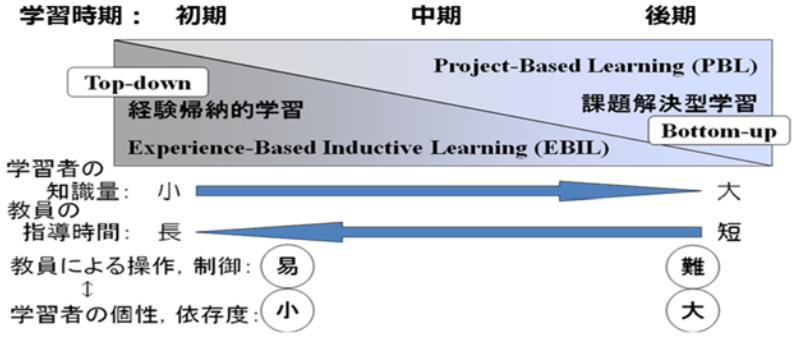


図　学習時期と学習法等の相関を示す概念図

学習初期段階は，学習者の知識量が少ないため，教員の関わりが大きくなる。教員の関与が大きいということは，まだ個性を発揮できていない学習者の制御が容易であることを意味する。一方，学習者が主体的になれば，学習が進むにつれて，教員の関与は小さくなると考えられる。

ICTを活用した理科授業と有用性について

−小学校第6学年「月の満ち欠け」を通して−

○福原　悠介[1],安部慎也[2]
Yusuke FUKUHARA，Sinya ABE
[1] 青森市立千刈小学校，[2]青森市教育委員会事務局指導課

【キーワード】　授業研究，ＩＣＴ，ＶＲ, ＡＲ

１　目　的

小学校理科では問題解決の過程がより一層重視され，授業が展開されている。また，一人一台端末や校内の無線ＬＡＮ化など，ＧＩＧＡスクール構想が本格的に始まっている。そこで，従来のモデル実験に加え，ＶＲやＡＲ，ジオジブラといったＩＣＴを活用して「月の満ち欠け」の学習を行うことで，「時間的・空間的な見方」で問題解決でき，より妥当な考えに迫れるのではと考え，研究・実践した。

２　方　法

（１）事前調査

本学級の児童に月の形についてレディネスを行ったところ，月に関する予備知識がある児童は全体の約６割程度であること，また，全く予備知識がない児童の多くは「視覚的」に判断し，「月の光の色は黄色」「形は時間によって変化する」「月は動いていない」と考えていた。そこで，本学級の児童には「視覚的」にうったえかける実験や映像を見せることで，より理解が深まるのではないかと考えた。普段空間的に認知できないに宇宙空間を様々な方法で「視覚化」することで，児童の判断材料となっている「視覚」を刺激し，児童の知識・理解が深まると考え，本授業を検討した。

（２）授業研究

「空間的な見方」を働かせるために①ＡＲを活用する。「時間的な見方」を働かせるために，②ＶＲと③ジオジブラを活用した。それに④モデル実験を加え，様々な思考ツールを用いて空間的に理解するのが得意な児童，時間的に理解するのが得意な児童，自分が体験することで理解できる児童など，児童の実態に応じた指導を狙った。

（３）授業内容

本時では，多面的に考えながら自力解決させるために，思考ツールを一つに限定せず，４つの思考ツール全てを体験させた。考察では，どのツールでどういうことが分かったかを説明させ，様々な理科の見方・考え方に気付かせるような授業展開にした。

３　結　果

（１）授業の様子から

「月の位置によって，見え方は違う」という思考だけではなく，「時間によって月の見え方は変化する」という時間的な見方や「太陽から遠いほど月の光は大きくなり，近いほど月の光は小さくなる」という空間的な見方を働かせている児童が半数以上見られた。

（２）事後調査から

事前調査と同じような形式で出題した。事前調査よりも正答率が上がり，平面でのワークシートでも月の満ち欠けのしくみを空間的・時間的に説明できた。また，ＩＣＴ教材を使用していない学級よりも正答率が４％ほど高かった。

４　考　察

授業の様子と事後調査の結果に加えて，児童の振り返りからは，ＩＣＴを活用したことによる満足感や驚き，天体に対する興味関心の高まりなど，全ての児童が本授業に好意的である様子がうかがえた。このことから，深い学びに到達できたと推察できる。

５　まとめ

本研究では，ＩＣＴ思考ツールの有用性が明らかになった。それぞれの思考ツールで狙う見方・考え方はあるが，数名の児童は時間が足りず，自分の考察をあまり書けていない様子が見られた。そのため，思考ツールを３つや２つに減らし，児童に観察・考察の時間を多くとった授業計画でも，同様の成果が出るのか，検証する必要があると感じた。

共有表示デバイスが複数ある環境における理科授業のデザイン
—同時双方向による学びが与える効果の予察的検討—

○関本 慶太[1]，車田　和樹[1]，平中 宏典[2]
SEKIMOTO Keita，KURUMADA Kazuki，HIRANAKA Hironori
[1]福島大学附属中学校，[2]福島大学人間発達文化学類

【キーワード】　ＩＣＴ，同時双方向，大型提示装置，構成主義

１　はじめに
GIGA スクール構想は，授業のデザインに大きく影響を与える。そこで，１人１台端末の導入前後の理科授業のデザインを比較し，大型提示装置に表示された情報を同時双方向型で活用する授業は，生徒にどのような価値や有用性を見いださせるのかを予察的に検討する。

２　方法・授業環境
分析対象とする実践は 2020 年 6 月～2021 年 10 月の 2 ヵ年度にわたり，A 中学校の生徒 138 名を対象として関本が実施した。実践の分析には，大型提示装置などを用いて ICT を同時双方向で活用する授業に対する意見について，Google フォームにて自由記述の形で求めたものを用い，文章を KH Coder（樋口，2014）にて共起ネットワーク分析を行った。

教室環境は，中央に 150 インチスクリーン，その両側に天吊りモニターを設置した。（図１）この環境では，通常の黒板を使用していない。

図１　共有表示デバイスが複数ある教室環境の模式図

３　デバイス使用の原則
両年度とも両側のモニターは，Apple TV を接続しており，生徒自らが iPad で記録した写真や動画，Web 情報などを提示できる。両側のモニターは，別な画像を提示することも可能であり，変化の前後などを比較できる。

2020 年度のスクリーンは，ドキュメントを投影し，教師が入力することを前提として，授業内容の入力，写真の貼り付け，デジタル教科書の提示を行う形式で活用した。

2021 年度のスクリーンは，学級で共有したドキュメントを投影し，生徒が一部を書き加えたり，写真を貼り付けたりできる形式とした。

４　結果
共起ネットワーク分析の結果を図 2 に示す。主な語群に着目し，記述と照合すると「意見の共有」「意見や考えの発表支援」「授業展開の効率化」「理科の特質に合う活用」「物理的距離に影響しない視覚支援」「必要時に見返せる機能」について価値や有用性を見いだした。

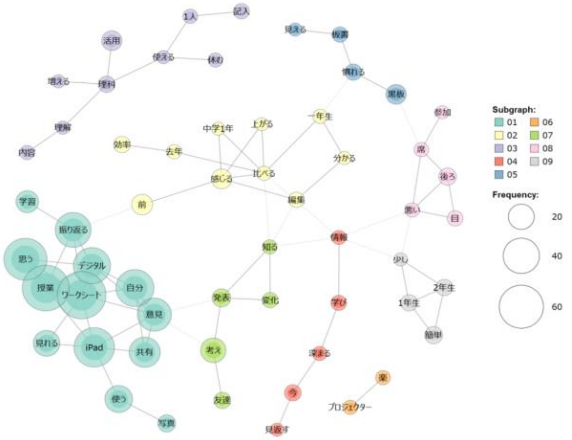


図２　共起ネットワーク分析の結果

５　考察
2021 年度モニターには，暗黙知を含む写真などが共有され，同時双方向時のスクリーンには，写真などを基に気付きや疑問，考察などの多くの言語情報が表示された。そのため，2020 年度よりも言語情報を形式知として認知する場面が増加し，生徒が考えを補完し合ったので，探究する授業展開の効率化を実感したと考える。また，2020 年度までは，挙手をした生徒の意見を主に扱うことが多かった。しかし，今まで表出しなかった意見も ICT の同時双方向性により，集約・共有ができたため，学級で学ぶ意義を実感する生徒が見られたと考える。

さらに，理科の特性と授業環境の相性がよいと述べる生徒もおり，構成主義的な学習観をメタ認知し始めていると推察した。生徒の気付きや疑問を主として理科授業をデザインするにあたり，同時双方向の共有表示デバイスは，有用性が高いことがわかった。本実践のような学習環境を整えることが，構成主義的な理科授業のデザインの重要な要素であると考える。

指導者用デジタル教科書の活用による児童の意識変化等の研究

○大辻　萌菜美[1)]，太田　璃那[1)]，成田　智哉[2)]，池田　和正[3)]，渡辺　尚[1)]
Monami OTSUJI, Rina OTA, Tomoya NARITA, Kazumasa IKEDA, Naoshi WATANABE
１）宮城教育大学，２）利府町立利府第二小学校，３）宮城県仙台第三高等学校

【キーワード】　指導者用デジタル教科書，小学校理科，月の形と太陽，大地のつくり，ICT

１　目的

デジタル教科書は，近年導入が進められており，授業での活用が増えているが，渡辺ら（2021）によるとデジタル教科書の教育効果に焦点を当てた報告はさほど多くはない。本研究では教室に収まらない学習単元「小学校理科の地学分野」の授業において指導者用デジタル教科書（以下，デジタル教科書と記す）の効果に焦点を当てた調査をし，その検証を行った。

２　方法

授業実践に当たっては，児童をA群とB群の２群に分け，単元１（大地のつくり）においては，A群はデジタル教科書を利用し，B群ではデジタル教科書を利用せず，その後単元２（月の形と太陽）においては，A群はデジタル教科書を利用せず，B群はデジタル教科書を利用した。デジタル教科書の特徴の検討を行うにあたり，質問項目は計18項目からなり，各項目を学力の３要素である「意欲」，「知識・技能」，「判断・表現」及び「デジタル教科書」の４つの領域に分類した。なお，学習内容に関する客観テストは単元の学習後に実施しているが，本稿ではその分析については紙面の関係上扱わないことにした。

３　結果

デジタル教科書を用いた授業の特徴を分析するために，事前調査と事後調査について対応のある t 検定を行った。結果，調査項目の「知識・技能」に分類した「授業内容がよくわかっていると思いますか」（$t(61)=3.40$, $p>.01$）となり，1%水準で明らかにデジタル教科書を用いた後で向上した。同様に「判断・表現」に分類した「友だちと協力して，学習することができていると思いますか」（$t(59)=3.55$, $p>.01$）も同様であった。「判断・表現」の「授業で新しい考えを見つけることができていると思いますか」（$t(62)=3.11$, $p>.01$），「意欲」の「授業に集中して取り組むことができていると思いますか（$t(61)=3.12$, $p>.01$）となり，いずれも1%水準で明らかに向上した。

４　考察

「意欲」「判断・表現」「知識・技能」に分類された一部の項目においては，デジタル教科書を用いた後の方が明らかに向上した。今後は授業対象者が異なる場合においても，同一項目での向上がみられるかについて，調査範囲を広げ検討し，デジタル教科書の活用による特徴を見出したい。

引用文献

渡辺ら(2021)「指導者用デジタル教科書による授業実践と児童の学習への取組の特徴に関する一考察～小学校理科における教室のスケールに収まらない学習内容に注目して～」『宮城教育大学情報活用能力育成機構研究紀要』第1号, 89-100.

謝辞

本研究は(公財)中谷医工計測技術振興財団科学教育振興助成及び「教員養成大学ならではの学校教育・教員養成に関する研究への重点支援研究経費」の支援を受けて行った。

A会場

「かはく VR」と「かはくチャンネル」を活用した中学校での理科授業

○岩谷朋樹，中山慎也
Tomoki IWAYA, Shinya NAKAYAMA
宮城教育大学

【キーワード】　生物多様性，進化，オンライン授業，学習指導案

1　はじめに

文部科学省の「GIGA スクール構想」の一環で，小中学校の児童生徒に 1 人 1 台ずつパソコンやタブレット端末が整備された。中山（2021）は，国立科学博物館によって 2020 年に作成された Web コンテンツ「かはく VR」を用いて，教職課程の大学生を対象にした学習指導案の作成に関する授業を行った。今回，同館により YouTube 上で公開されている「かはくチャンネル」の動画も併せて活用した中学校での理科授業づくりを行った。貴重な展示やその解説動画などの使用により，生徒の興味を引きつけ，オンライン授業にも対応可能な学習指導案となることを見込んで開発を進めた。

2　方　法

かはくチャンネルに公開されている動画の題名と映像を調査した。中学校で学習する内容との整合性を検討し，かはく VR とかはくチャンネルを利用した学習指導案を作成した。

3　開発した学習指導案

(1)単元と使用した動画

かはく VR とかはくチャンネルを活用した中学校の理科授業の学習指導案を 3 つ作成した。

まず，第 3 学年「生物の種類の多様性と進化」についての学習指導案を作成した。動画は「『恐竜が鳥として生き残っているって本当？』【かはくのいろは 第 1 回】」を授業の導入に使用した。かはく VR をバンビラプトルという絶滅した生物の観察に用いた。

次に，第 1 学年「生物の体の共通点と相違点」について作成した。「もっとかはく VR ―かはく VR でコケ植物をご紹介します！（植物研究部・井上侑哉）」の動画を使用し，コケ植物の体のつくりについて動画で視聴した後，実際にかはく VR でコケ植物の種類や構造について観察をする学習指導案を作成した。

最後に，第 1 学年「地層の重なりと過去の様子」について作成した。「もっとかはく VR ―かはく VR でイチョウの歴史を調べよう！（地学研究部・矢部淳）」の動画を視聴することで化石や地層を調べる意義について学ぶことができ，その後かはく VR で化石や地層の観察を行う学習指導案を作成した。

(2)「生物の種類の多様性と進化」について

今回は第 3 学年の内容について詳しく述べる。これは進化の起こった証拠となる生物について理解できることをねらいとして作成した。バンビラプトルという爬虫類と鳥類の特徴を持っている恐竜について解説しているかはくチャンネルの動画を導入で視聴する。白亜紀後期にいたとされる恐竜でありながら鳥類のような見た目をしていることを印象づける目的で視聴させる。その後，実際に展示されている復元標本をかはく VR で観察しながらワークシートに特徴を記入させる。鳥類の特徴である羽毛や翼，爬虫類の特徴である爪や歯の特徴を持っていることから鳥類は爬虫類へ進化したことを学ぶ，という授業構成とした。

4　おわりに

国立科学博物館にある数多くの貴重な展示を理科室や自宅から観察できるかはく VR とかはくチャンネルの利点を活用し，学習指導要領に則した学習指導案である。また，今回は理科室での授業を想定して作成したが，オンライン授業でも使いやすい学習指導案と考えられる。

今後，実際に授業形式で実践し，かはく VR 内の展示にスムーズにたどり着けるのか，うまく操作を行えるのか等検討する予定である。

引用文献

「かはく VR」を活用した理科教育学演習の試み，中山慎也，科学技術コミュニケーション，第 29 号（2021），pp. 69-77

附記

本研究は，JSPS 科研費 JP20K22178 の助成を受けた。

A会場

これからの教室における黒板と共有表示デバイスの役割

―理科授業のデザインに着目して―

○戸崎 未奈・平中 宏典
TOZAKI Mina ， HIRANAKA Hironori
福島大学人間発達文化学類

【キーワード】 黒板，板書の機能，共有表示デバイス，これからの教室

1 はじめに

GIGAスクール構想により，個別のICT端末や共有表示デバイスが日常的に利用される教室環境へと変化しつつある。その一方，黒板は古くある教具の一つとして現在も使用され，各種ICTデバイスとの併用が課題となっている。そこで理科授業における板書の生成過程を解析し，その役割を整理することで，これからの教室における黒板の役割と，プロジェクタや大型ディスプレイなどの共有表示デバイスとの効果的な併用方法を検討する。

2 方法

理科授業での板書について，その役割を分析するため，A 小学校にて非参与観察を行い，第 5 学年「振り子の運動」，第 6 学年「人の体のつくりと働き」「植物の養分と水の通り道」の各単元に関する授業を教室後方からビデオ撮影した。その際，児童の様子とともに黒板全体と共有表示デバイスの内容が判別できるようにした。

撮影されたビデオから一定時間ごとに板書画像を切り出し，時系列でその変化を整理した。板書の役割については，石川（1998）による板書の機能（表 1）で分類した。また，書き加えられた内容については，冨永（2018）のガニェの 9 教授事象（表 2）と関連付け整理した。

3 結果

各授業における，板書の機能に関する分類結果を図 1 に，9 教授事象による分類結果を図 2 に示す。

板書の機能でよく活用されたのは，1 確認的，2 共同思考的，3 同思考的，3 授業参加型の機能であった。これらはすべて教師が板書したものであり，事前の想定通り児童自らが板書するケースは少なかった。

表 1 板書の機能（石川，1998）

1	確認的機能	
2	共同思考的機能	2-1 動機づけ的機能
		2-2 討論的機能
3	授業参加型機能	3-1 児童生徒自ら板書する
		3-2 児童生徒が発言した内容を教師が板書する
4	学習方向提示的機能	
5	構造的理解機能	

表 2 ガニェの 9 教授事象（冨永，2018）

事象1 学習者の注意を喚起する	事象6 練習の機会をつくる
事象2 授業の目標を知らせる	事象7 フィードバックを与える
事象3 前提条件を思い出させる	事象8 学習の成果を評価する
事象4 新しい事項を提示する	事象9 保持と転移を高める
事象5 学習の指針を与える	

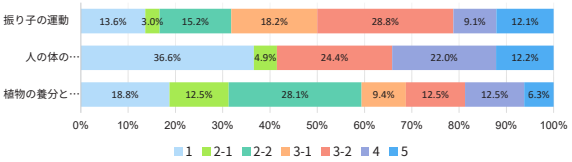


図 1 板書の役割の分析結果

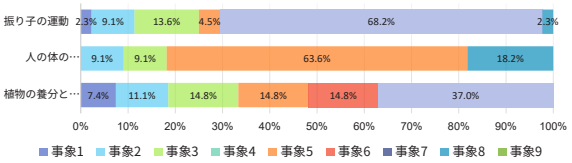


図 2 9 教授事象の分析結果

9 教授事象について，板書の内容に多く対応したのは事象 5 と事象 7 であった。

4 考察

板書の機能を共有表示デバイス上で再現することは，すべての分類において可能であると考えられる。また，今回多く確認された機能については LMS を用いることでより有効に働く可能性もある。その一方で，5 構造的理解機能などは，指導者の意図が働く場面が多く，広面積を持つ黒板において表現しやすい可能性もある。9 教授事象については，事象 1，3，6，7 が共有表示デバイスへ移行しやすいと考えられる。特に事象 6，7 については，理科授業において 1 人 1 台の端末を用いて実験や観察を行い，結果のまとめや考察を共同編集することで，子どもの考えを直接反映することができると考えられる。

これから共有表示デバイスに置き換わるまでの黒板を考える上で，本研究で検討した板書の生成過程を記録することは，板書による共有表現に限界があることを明らかにするとともに，クラスの思考過程を見返す上で重要な働きを果たすと考えられる。

引用文献

石川實（1998）『黒板の文化史』，白順社.
冨永敦子（2018）第 12 章 理解を促す『学習設計マニュアル―「おとな」になるためのインストラクショナルデザイン―』鈴木克明・美馬のゆり編著,北大路書房，pp.127-130.

液体窒素を用いた保育園での理科実験の実施

○杉江瞬[A]，長南幸安[B]
SUGIE Shun, CHOUNAN Yukiyasu
弘前大学大学院[A]，弘前大学[B]
【キーワード】　幼児教育，理科実験，液体窒素，幼児期，幼児期の終わりまでに育ってほしい姿

1　目　的

幼児教育とは、幼児が生活する全ての場において行われる教育の総称であり、保育施設だけでなく、家庭や地域における教育を含んだ広がりをもった概念とされている。幼児は多様な活動を体験することによって、生涯にわたる学習意欲や学習態度の基礎となる好奇心や探求心を培い、小学校以降の実感を伴った深い理解に関係する「学びの芽生え」を育むことに繋がる。

これまで、理科実験教室を複数回行い、非認知能力に刺激を与える体験型の活動を幼児教育に取り入れてきた。本研究では、長南幸安(弘前大学)教授を招き、学校等ではできない発展的な実験を通して、「学びの芽生え」を満たし、理科に対する興味・関心を促す活動を行った。

2　方　法

本実験は、2021 年 10 月 16 日に秋田県鹿角市のわんぱくはうす(保育園)の年長児を対象に行った。実験の効果の是非として、児童の反応、実験への積極的な態度、アンケート等の結果から興味・関心を促せているかを確かめた。実験の前提として、分かりやすい反応であること、安全に配慮したことといった点を重視し、保護者の協力のもと実験を行った。

液体窒素を用いた実験の内容として、「空気の凝縮」「熱湯に対する反応」「バラの氷結」「ゴムボールの氷結」「アイスクリーム作り」等の 5 項目を行い、演示実験だけではなく、園児が楽しく参加できるよう工夫した。「バラの氷結」「ゴムボールの氷結」の実験では実際に園児に行ってもらい、液体窒素によって冷却された物資にどんな変化が起こっているか確かめた。また、「アイスクリーム作り」では食べられる科学実験として、極低温を利用した相変化の確認だけでなく、実験後に食べて楽しめる内容となった。

写真 1　液体窒素の実験(2021. 10. 16)

3　結　果

園児の様子として、自分から進んで実験に取り組んだり、化学変化に大きな反応を示したりと、他の園児や保護者とコミュニケーションを取りながら進めていた。

アンケート結果では、「アイスクリーム作り」が印象に残っている園児が多く、また、理科実験や理科の授業に対して、好意的な印象をもてるようになった園児が増えた。

4　考　察

発展的な実験であったためか、新しい事象や目の前で起こる変化が、園児の興味・関心を促すことに繋がっていた。非認知能力の面では、疑問や試行の「思考力」、好奇心への刺激の「感性」の成長に影響を与えていたと思われる。

5　まとめ

園児の反応やアンケート結果より、科学に対する興味・関心を促すことができた。また、実験を通して、思考力、豊かな感性・表現といった非認知能力の育成に貢献できたと思う。

参考文献

・汐見稔幸　監修(2017)「保育所保育方針ハン

B会場

生活科の観察における着目点の可視化に関する研究
一人一台端末環境下での工夫に関する予察的検討

○菊地実咲[1]，平中宏典[2]
KIKUCHI Misaki， HIRANAKA Hironori
[1] 会津若松市立一箕小学校，[2] 福島大学人間発達文化学類

【キーワード】　生活科，Chromebook，撮影用フレーム，着目点

1 目的
生活科において，児童の着目点を可視化して言語化しやすい環境をつくることは，児童の関わりの中で気づきを促すほか，教員による支援にもつながる。本研究では，一人一台 ICT 端末が整備され，画像記録が容易になったことを踏まえ，児童が着目した点を可視化するため方法を予察的に検討する。

2 方法
(1) 研究対象
実践は，A 小学校第 1 学年の 1 学級（25 人）を対象に実施した。単元は生活科「きれいにさいてね」（全 9 時間）とし，2021 年 5～9 月に実施した。内容はアサガオの栽培とし，その過程をワークシートに計 5 回記録した。うち 3 回は色鉛筆による描画と文章により記録した。残り 2 回は個別の ICT 端末（2in1 型 Chromebook）で写真撮影し，その印刷物を貼り付けて文章記録を行った。

分析は，このワークシート記録を対象に，全ての記録がある 24 人分について行った。

(2) 検討手順
本研究は単元進行に沿い 2 段階で検討した。

検討 1　色鉛筆による描画と画像記録した場合の着目点について比較を行った。特に，文章記述と絵および画像から読み取れる着目点について検討した。

検討 2　着目点を可視化するための工夫として，画像に写り込む物理的なフレームを作成し，撮影時に使用させた。サイズは 3 種類（A：6×8cm，B：8×10.7 cm，C：10×13.3 cm）とした。撮影は，対象事象にフレームをあてる児童と端末を操作する児童の二人一組で行った。検討は，撮影画像と文章の内容がどの程度一致するかと，意図した使われ方がなされているかについて行った。

3 結果
検討1　今回のワークシート記録について，第三者視点で着目点を解釈しようとする場合，描画と画像記録によって解釈に大きな差違は生じないという結果となった。しかし，描画が十分に行えない児童については，画像記録の方が他者に着目点が伝わりやすく授業内での意図を達成しやすい可能性がある。

検討2　フレームを通して撮影された対象物とフレームサイズの関係は図 1 の通りである。フレームを用いた場合，撮影範囲が対象物に限定されやすく，撮影された事象は文章内容と整合性がとれているものが多くなった。一方，記述は色や形などの視覚情報によるものに限定されていた。

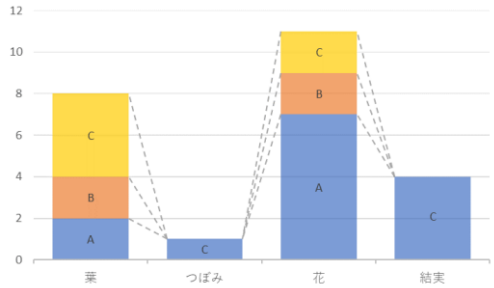


図 1　対象物と選択フレームサイズの関係

4 考察
検討 1 から，端末での撮影記録は事実を切り取るような表現をして表現させたい場合に特に効果があるといえる。一方，児童の記憶にあり，現時点で再現されない事象が表現の主対象となる場合は，描画による表現が適しているケースも見られた。

検討 2 から，対象物の大きさに合わせて適切なフレームが選択されている傾向にあり，細かい点への焦点化が進んでいるといえる。

物理的なフレームにより視覚的な焦点化は可能になるといえる。しかし，触覚や嗅覚にかかわる記述が減少したことから，利用に際して五感を用いることを指導したり，気づきを映像や音声で残したりするなど ICT 端末のさらなる活用が示唆される。この点についてはさらなる検討が必要である。また，二人一組で撮影を行うために適切に表現できていない場合も考えられる。より正確に撮影するためには，複数回実践する必要がある。

「自然観」の形成を促すためのカリキュラム開発と実際

～「奇跡の星 地球」を中心に据えた授業づくり～

○野口卓也[1]
Takuya NOGUCHI
[1]福島市立三河台小学校

【キーワード】 自然観，概念形成，カリキュラム・マネジメント，教師の居方

１ 本研究の背景・目的

日々授業をしている中で，同僚の教師とそれぞれの単元の内容に関する知識・技能の習得を中心に単元構想を考えている傾向があるのではないかという話題になった。単元それぞれを個別に学習する際，子どもたちは教師に言われるがまま，または先行学習や経験等で知識を有している友だちが発言する言葉に誘われるがまま学ぶことになりがちである。このことについて，村山(1995)は「理科の授業には，科学という状況と授業という状況が重なっており，授業という状況が科学という状況を圧倒しているため，科学の規範は出てこない」と述べており，理科の授業における子どもの「分かったつもり」を誘発していることに警鐘を鳴らしている。よって，本研究では，子どもが科学的な問題解決を通して獲得する知識・技能を個別化せず，概念的な理解を図りながら，自らの自然観を形成・更新していくことができるカリキュラムの開発を検討し，その有効性を検証する。

２ 研究の方法

①「自然観」の定義の確認

日置(2005)は，現代の自然観について「自然の特性は人間の創造の産物であるという考え方に転換している」と述べている。このことから，自然観は自然の中にある特性そのものを指すのではなく，「科学的な手続きによって再度自然を見つめ直した時に見いだす認識」として捉えていくことにする。

②カリキュラム表の作成・共有

本研究では，第５・６学年理科に焦点を当てていく。その背景として，第６学年理科は「地球」に関連する概念を中心に各単元が構成されている。よって，各単元で獲得した知識・技能をつなげて考えていくことにより，自分たちが暮らす地球に対する認識を形成していけるようにしたい。そこで，高学年を一くくりとして，地球を構成する要素（水，空気，大地，生命，太陽）と各単元で形成していきたい自然観とを表に整理し，同学年の教員と共有していく。

③授業実践における子どもの姿の分析

各単元の授業実践を，同僚の教師と見合いながら，見られた子どもの姿や各記述に対する解釈を出し合い，質的に分析していく。

３ 結果と考察

第５学年「台風と天気の変化」の単元で，台風の進路の仕組みにおける問題解決を行った。地球上の水循環による台風の発生や，地球上に吹く風の種類について調査した。それらを基に子どもたちは，台風の進路は地球上の大気の流れに依存していることを学んでいった。振り返りでは，次のような記述が見られた。

【授業の振り返り（一部抜粋）】

○ 台風の進み方が，貿易風や偏西風という「風」に関係していたなんて考えもしなかった。

○ 台風の進路はいつもバラバラだと思っていたけれど，偏西風と貿易風の風向や風速で，台風の進路が変わるのは，ある意味きまりがあると思いました。

子どもの学びの姿からは，気象に関する情報を集め，それらを基に科学的に台風の進路の仕組みを考察したことで，地球上の大気に対する認識を深化・更新する姿が見られたと考える。

４ まとめと今後の見通し

カリキュラム表については，教師の願いが強く反映されているので，今後子どもの姿や先行研究の調査を基に修正する必要がある。また，質的分析だけでなく，量的分析の手法も検討できるよう，研究者との連携も視野に入れたい。

引用文献

村山功（1995）「科学はいかにして学ばれるか」佐伯胖，藤田英典，佐藤学編『科学する文化』東京大学出版会
日置光久(2005)『展望 日本型理科教育～過去・現在・そして未来～』東洋館出版社

B会場

乾燥ウミホタルの *cox1* と 18S rDNA の PCR

○高橋天地，安川洋生
Tenchi TAKAHASHI, Hiro YASUKAWA
岩手大学教育学部
【キーワード】ウミホタル，18S rDNA，*cox1*，PCR

1　目的

筆者らはこれまでに，乾燥ウミホタルを破砕し，組織・細胞を溶解する試薬を用いて DNA 粗抽出液を調製し，ここからミトコンドリア DNA の *cox1* 遺伝子と，核 DNA の 18S rDNA を PCR 増幅する実験法を検討し報告した。しかし高校で実施するには溶解試薬を用いない方が安全であり，操作も簡便であり，経費の削減にもなる。そこで筆者らは，乾燥ウミホタルを破砕した後に水を加えて煮沸することにより DNA 粗抽出液を調製し，ここから PCR が可能かを検討した。

2　方法

DNA 粗抽出液の調製：1 個の乾燥ウミホタルを 1.5mL チューブに入れペッスルで入念に破砕し，イオン交換水を 1mL 加えて加熱（98℃×10 分）した。転倒混和（2～3 回）して静置し，上清を DNA 粗抽出液とした。

PCR の反応液組成：2 社（A 社と B 社）の Taq DNA ポリメラーゼを用い，メーカーのプロトコルに準じて A 社の酵素の場合は反応液量を 20μL とし，B 社の酵素の場合は，反応液量を 25μL とした。いずれにおいても反応液には，DNA 粗抽出液を 1μL，プライマー（各 10μM）を 1.5μL ずつ加えた。

PCR の反応温度と時間：メーカーのプロトコルに準じ，A 社の酵素を用いた場合は「94℃×15 秒→55℃×15 秒→72℃×40 秒」を 35 回繰り返した。B 社の酵素を用いた場合は「94℃×5 秒→55℃×1 秒→68℃×4 秒」を 35 回繰り返した。

プライマー：5’-atgtcaactcaattaatgcgatg と 5’-aggaaattaatagctccagctaagg で *cox1* の一部を増幅した。また，5’-tacctggttgatcctgccagtag と 5’-ttatttttcgtcactacctccccgt で，18S rDNA の一部を増幅した。PCR 産物の鎖長はいずれも 500bp である。

電気泳動：PCR 後に 10μL を 1.5%のアガロースゲルにアプライして電気泳動した。PCR 産物の検出にはミドリグリーン Xtra を用いた。

3　結果

電気泳動の結果を図 1 に示す（図 1A は A 社の酵素を用いた結果，図 1B は B 社の酵素を用いた結果）。レーン M にはサイズマーカーを，レーン 1 には *cox1* の一部を増幅した PCR 産物を，レーン 2 には 18S rDNA の一部を増幅した PCR 産物をアプライした。矢印は PCR 産物を示す。いずれも明瞭に確認できた。

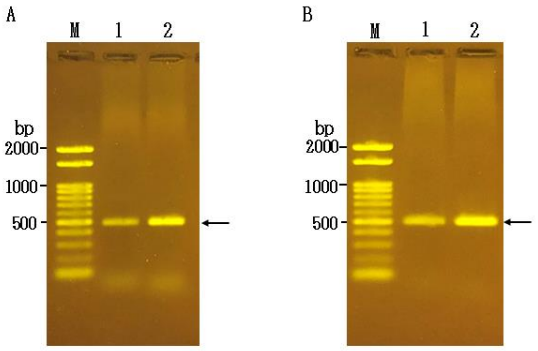


図1．PCRの結果

4　考察

図 1 に示した結果を含めて 5 個の乾燥ウミホタルについてこの実験を行い，いずれも良好な結果を得た。そのため再現性に問題はないと思われる。

高等学校学習指導要領の解説には「遺伝子を扱う技術については（中略）PCR 法を用いた DNA 解析などについての資料を示し，その原理と有用性を理解させることなどが考えられる」と記載されている。また，新型コロナウイルスの蔓延により PCR が毎日マスコミに取り上げられ，今や PCR は一般常識として理解しておくべき技術となった。これらの点から，PCR は高校生に体験させたい技術の一つである。筆者らの検討した実験法であれば，高校生も無理なく PCR を体験でき理解を深めることができると思われる。

5　まとめ

市販の乾燥ウミホタルを破砕し煮沸して調製した DNA 粗抽出液から Taq DNA ポリメラーゼにて *cox1* の一部（500b）と 18S rDNA の一部（500b）を PCR 増幅したところ，良好な結果を得た。

授業実践を志向した透明骨格標本における体長と軟骨硬骨比率の関係

○小嶋 柚香，勅使瓦 洋人，渡辺 尚
Yuzuka KOJIMA，Hiroto TESHIGAWARA，Naoshi WATANABE
宮城教育大学
【キーワード】　透明骨格標本，ヒメダカ，軟骨，硬骨，体長

１　目　的

透明骨格標本とは，骨を染色し骨格を見やすくした標本であり，硬骨と軟骨を赤紫色と青色に染め分けることができる。中学２年生の一部の教科書（東京書籍・啓林館）の生物分野に掲載されており，小学４年生の「ヒトの体のつくりと運動」でも教材として用いることができる。しかし，標本を作る作業には時間と手間がかかり，購入するにも高価であるため，授業の活用例がわずかに散見される程度である。標本を教材として扱った授業実践でも標本を作製するという内容が多く，作った後にその標本から何を学べるかという発展的な実践は少ない。そこで，標本を授業や探究活動でどのように活用できるか一つの事例を示す。また，今回は小学５年生の「メダカのたんじょう」や中学校理科で用いられているヒメダカを対象とした。

２　方　法

アルシアンブルーやアリザリンレッドS，トリプシンを用い，一般的な方法でヒメダカの透明骨格標本を作製した。そして，標本を顕微鏡で観察し，体長，尻びれ，背びれ，尾びれの４箇所を撮影した。各ひれの数十本の骨について，それぞれ硬骨と軟骨の長さを測定し，硬骨軟骨比率を計算した。なお，数十本の骨の平均値をその魚のひれの値とした。各個体の体長と硬骨軟骨比率の関係を相関図にし，近似直線を引いた。

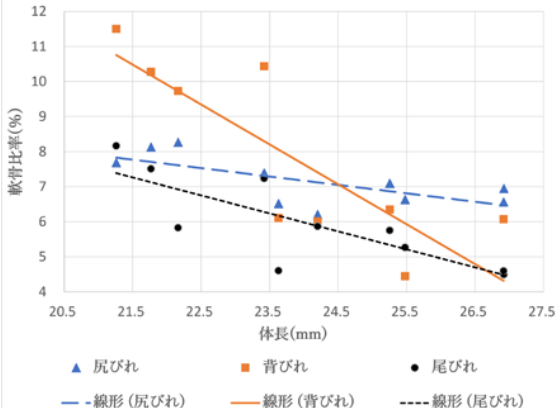
３　結　果

体長と軟骨比率の関係をグラフ化すると（表１），尻びれ，背びれ，尾びれの全てにおいて体長が大きくなるほど，軟骨比率が下がる傾向が見られた。近似直線を取ると，全てのグラフで比例定数が負の数となった。また，尻びれと尾びれに比べて，背びれの軟骨比率は個体によって４～１２％とばらつきが大きかった。

４　考　察

透明骨格標本は硬骨と軟骨の色を分けて染色できるため，硬骨と軟骨の長さや比率を観察性を観察することで，成長による骨の組織の違いを学ぶことができる。グラフの傾向より，体長が大きくなると軟骨比率が下がるという関係性があることが分かった。よって，授業でこの実験を行う場合は体長が比較的小さなメダカと大きなメダカの２種類を用意し，それぞれの軟骨比率の違いを比べることで成長によって軟骨が硬骨に変わっていく様を学ぶことができる。しかし，10mm 以下のヒメダカは幼魚であり標本化されているものが少なく，また骨自体が小さく観察に適しているとはいえない。よって，10~40mm 程度の中で大小２種類のメダカを用意すると観察が行いやすいことが予想された。

（表１）　ヒメダカ
体長の長さと尻びれ、背びれ、尾びれの軟骨比率の関係



参考文献

木村浩之(2009)「魚類標本の作製と管理マニュアル」鹿児島大学総合研究博物館
渡辺尚(2017)「子供達の理科の弱点を補強するためのチャレンジングな指導法改善の支援」中谷医工計測技術振興財団 科学教育振興助成 平 29 成果報告書，pp.5-8

謝　辞

この研究は(公財)中谷医工計測技術振興財団科学教育振興助及び基盤研究(C)研究代表者・荻野和子（課題番号 21K02877）の助成を受けて行った。

B会場

市販の乾燥ウミホタルのミトコンドリア遺伝子の PCR 実験

○永井美帆，安川洋生
Miho NAGAI，Hiro YASUKAWA
岩手大学教育学部
【キーワード】ウミホタル，ミトコンドリア，PCR

1　背景と目的

高等学校学習指導要領の解説には「遺伝子を扱う技術については（中略）PCR 法を用いた DNA 解析などについての資料を示し，その原理と有用性を理解させることなどが考えられる。」と記載されている。また，今日では多くの人が PCR を話題にするようになり，一般常識として理解しておくべき技術である。

これらの点から私たちは，教員を目指す学生（令和 2 年度岩手大学教育学部理科サブコース 2 年生，16 名）に，ゲノムデータベースの検索やプライマーの設計も含む PCR の実践的な指導を検討した。出発材料は市販の乾燥ウミホタルとし，増幅の対象はミトコンドリアの遺伝子とした。

2　材料と方法

DNA の調製：乾燥ウミホタルを破砕し，簡易 DNA 抽出キット version 2（Kaneka）にて DNA 粗抽出液を調製し，滅菌水で希釈して PCR に用いた。

プライマー：16 名の学生を 4 つの班に分け，各班でゲノムデータベースにアクセスし，ウミホタルのミトコンドリア DNA を検索し，増幅する対象を選定し，プライマーを設計するように指示した。その際，プライマーの設計に関する説明をし，PCR 産物の鎖長を 400〜500bp とするように指示した。

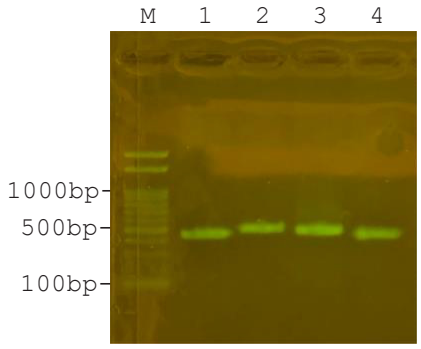
PCR の条件：各班で設計したプライマーと KOD One PCR Master Mix Blue（TOYOBO）を用いて反応液を調製するように指示した。全員の反応液を PCR 装置にセットし「98°C×10 秒 → 55°C×5 秒 → 68°C×1 秒」を 40 サイクル行った。

電気泳動：反応液の 10μL を 1.5%アガロースゲルにて電気泳動し，ミドリグリーン Xtra（FastGene）と青色 LED（470nm）にて PCR 産物を検出した。

塩基配列の解析：PCR 産物を精製し，PCR プライマーの一方を用いてサンガー法にて解析した。

3　結果と考察

1 班は *ND2* 遺伝子の一部（458bp）を増幅するプライマーを，2 班は *cox2* 遺伝子の一部（501bp）を増幅するプライマーを，3 班は *cox3* 遺伝子の一部（478bp）を増幅するプライマーを，4 班は *ND2* 遺伝子の一部（449bp）を増幅するプライマーを設計した。それらを用いて増幅した PCR 産物の電気泳動結果は下図の通りであった。M はサイズマーカー，1〜4 は 1 班〜4 班の PCR 産物である。このようにいずれも明瞭な PCR 産物が確認され，プライマーを適切に設計できたことが分かった。



実習では 16 名の PCR 産物を全て電気泳動し，その結果を全員で観察した。15 名については明瞭な PCR 産物が確認できたが，1 名は確認できなかった。この 1 名については，PCR 反応液を調製する際に試薬の一部を入れ忘れた可能性が高いため，実験マニュアルを改訂し入れ忘れ防止のためのチェック欄を設けることにした。

PCR 産物の塩基配列を解析した結果，想定の領域が増幅されていたと判断できた。ただしゲノムデータベースに登録されている塩基配列とは複数の塩基の違いが確認された。これらは塩基の多型であると思われる。

4　まとめ

市販の乾燥ウミホタルを出発材料にして実践的な PCR の指導を行ったところほとんどの受講生が良好な結果を得た。教育の質的向上を図るためにプロトコルを改善しながら引き続き実施したい。

B会場

校庭の自然観察トレイルを用いた学習プログラムの開発

S 市 Y 小学校の事例研究

○佐藤珠央, 長島康雄
Mihiro SATO, Yasuo NAGASHIMA
東北学院大学

【キーワード】　小大連携協定, 自然観察トレイル, 直接体験, 樹木の教材化

1　本研究の目的

S 市 Y 小学校は丘陵地端に位置し,学校境界の緩斜面に,コナラを優占種とする雑木林がある。小面積ながら多様な植物が生育しており,野鳥や小動物などを観察することができる。本研究の目的は,この恵まれた立地環境を生かして,教員が容易に自然観察活動を導入できるような教材パッケージを開発することである。

2　小学校・大学の連携協定

東北学院大学文学部教育学科と S 市 Y 小学校との間で研究に関する連携協定を締結した。大学側は小学校に開発した学習教材を提供し,Y 小学校は,将来教員をめざす学生に対して,学習指導の場を提供するというものである。本研究はその一環である。

3　自然観察トレイルの教材化の方針

自然観察には,指導者側の生物分類学的な課題が障壁となって定着しているとは言い難い現状がある。確かに児童から植物の名前を尋ねられて即答できる教員は数少ない。そこで生物分類学的な特殊な素養を必要としない教材化を検討することとした。校庭という限られた範囲で見られる野鳥ならびに小動物を観察対象とする教材化である。特に長寿命で一度開発を行えば,枯死しない限り継続して活用できる「樹木」を中心に検討した。また季節性を重視して春夏秋冬の学習課題を用意することとした。

4　自然観察トレイルのアクティビティ

4-1　春のアクティビティ

●「スミレ探偵団」「タンポポ探偵団」Y 小学校学校園には近縁種としてのスミレが 5 種,タンポポが 2 種分布している。用意した学校園マップに個体を記録していく活動である。近縁種の比較を通して観察力を高める活動である。

●「カエデの花は何色？」学校園内のカエデ科樹種 3 種の開花時期を記録する活動である。冬芽段階から展葉までのプロセスを記録させる活動である。

4-2　夏のアクティビティ

●「ぬけがらコレクション」セミのぬけがらを拾い集めて,セミの種類を分類する活動である。形や大きさの特徴で検索できる検索図を使用する。

●「セミカレンダーを作ろう」セミの鳴き声を聞き取り,セミの種類を特定しカレンダーを作成する活動である。

●「葉っぱで調べる木の名前」　葉の形,色,大きさから分類できる検索図を使い,樹木の種類を調べる活動である。

4-3　秋のアクティビティ

●「紅葉のグラデーション」　紅葉した葉を観察し,用意した葉っぱ図鑑に色をつけ加えていく活動である。

●「落ち葉図鑑をつくろう」落葉している葉を拾い,プレスして成形した葉をノートに貼り付けて,種によって異なる葉の多様性に気付かせる活動である。

4-4　冬のアクティビティ

●「冬芽いろいろ」裸芽,芽鱗に包まれた冬芽,さらには動物の顔のような形をしている葉脈跡などを記録する活動である。植物の生存戦略を考えさせる活動である。

5　今後の課題

課題は COVID-19 の感染拡大のためにパッケージ化を進めていた教材を用いた実践を十分に行うことができなかった点である。今後,Y 小学校の協力を得て,授業実践の中で各教材の有効性を検討する。さらに学習主導要領との関連付けを行い,授業における活用の場を検討する。

東日本大震災前後の自然の変化をとらえる Eco-DRR の視点の意義

～仙台湾・蒲生干潟の教材化を事例として～

○石橋里紗・小林竜弥・長島康雄
ISHIBASHI Risa・KOBAYASHI Tatsuya・NAGASHIMA Yasuo
東北学院大学

【キーワード】　東日本大震災，干潟，復興，Eco-DRR，小学校の理科教材

1　本研究の目的

2011 年 3 月 11 日の巨大津波により東北地方沿岸部は大きな被害を受けた。10 年が経過したにもかかわらず、以前のような生活を取り戻せない人々も多い。人だけではなく自然環境も同様である。

本研究の目的は、仙台湾の野鳥飛来地として良く知られていた蒲生干潟をフィールドとして選び、10 年間にどのような変化が見られたのかを Eco-DRR の視点から学ぶための教材開発を行うことである。なお本研究は JSPS 科研費（課題番号 20K02563）の助成による成果である。

2　教材開発の方法と蒲生干潟

教材開発に用いた資料は、筆者らのフィールドワークによって収集した写真資料や測定データのほか、既刊のデータ、特に仙台市科学館の調査結果「蒲生干潟継続観察プロジェクト」の資料を用いた。震災後から現時点で 278 号まで発行されている。この資料を小学生向けの教材に活用した。

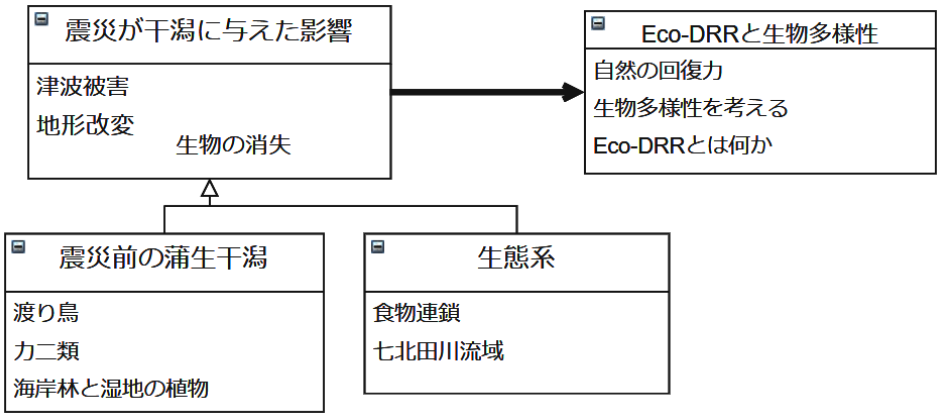
震災前の蒲生干潟は、多くの生物が観察できる立地であった。イシガレイやボラといった魚類のほか、コメツキガニ、アシハラガニが観察できた。汽水域にはヨシが優先し、植栽されたクロマツ林の中では、多種多様な植物を観察することができた場所であったという。

3　Eco-DRR の視点で構成した学習プログラムに関する事例研究

震災から 1 か月後の 4 月 13 日の仙台市科学館による蒲生干潟の調査では、カニ数匹とウミネコが散見されただけであったという。しかし、徐々に復活の兆しが見え始め、10 年が経過した現在では震災前のような状況に戻りつつある。この蒲生干潟の復興の様子を Eco-DRR の視点から教材化した。防災・減災で取り上げられる「自然のレジリエンス」とともに「自然の持つ回復力」の大きさを、児童が実感できるようにすることに重点をおいて教材開発を行った。

4　今後の課題

今回は七北田川の河口にある蒲生干潟を取り上げたが、福島県の松川浦などにも拡張していきたいと考えている。



教材の単元構成

「流域」に着目した河川に関する防災教育教材の開発
～Eco-DRR の視点からみた「田んぼダム」の意義～

○小林竜弥・石橋里紗・長島康雄
KOBAYASHI　Tatsuya・ISHIBASHI　Risa・NAGASHIMA　Yasuo
東北学院大学

【キーワード】　河川，流域，田んぼダム，小学校理科，総合的な学習，Eco-DRR

1　本研究の目的

近年，豪雨水害が日本各地で発生している。令和 2 年 7 月に熊本県の球磨川が豪雨により氾濫したことは記憶に新しい。いくら堤防を高くしても絶対に安全だとは言い切れない。上流で集中豪雨があれば下流に行くにしたがって水が集まってくるからである。洪水や浸水被害を軽減するためには流域全体で考えなければならない。岸（2013）が提唱している「流域思考」はその重要性を指摘したものである。本研究は，流域に着目して河川のはたらきを学ぶとともに近年注目を集めている「田んぼダム」を取り入れた教材開発を行うことである。流域の視点から河川の水質を考えるだけではなく，流域防災に着目した田んぼダムの役割まで含めて教材化する。なお本研究は JSPS 科研費（課題番号 20K02563）の助成による成果が含まれている。

2　Eco-DRR の視点から見た「田んぼダム」

「田んぼダム」とは，災害に強い国土づくりの視点から農林水産省が積極的に取り組んでいる施策の 1 つである。地球温暖化などの影響を受けて短時間に大量の雨が降ることが社会問題化する中で注目を集めている。集中豪雨や台風などの災害が多発する現状を，河川等の治水のみに頼るのではなく，流域全体で水害の軽減に取組む「流域治水」が重要である。

田んぼダムは，都市部に流入する水を田んぼで貯留し，ゆっくりと下流に流すことで都市災害を軽減化するという仕組みである。Eco-DRR の視点からみた水田の能力の新たな引き出し方と位置付けられる。水田の持つ生態系サービスの機能を高めることで浸水被害に対する緩衝材としての役割が期待されている。

3　流域の視点から見た名取川とその支流としての広瀬川の教材化

3-1　流域を実感するための学習活動

流域の考え方を実感させるために 2 つの学習を取り入れた。1 つは，仙台市を流れる広瀬川，名取川を対象とした河川周辺の景観評価である。2 万 5000 分の 1 の地図に 20ｍのグリッド（調査地点を中心とする 200×200m）を重ねて土地利用を数量的にとらえさせることとした。もう 1 つがパックテストを用いた水質調査である。河川の水質は周辺の環境に大きく左右されること，同じ河川でも上流と下流では水質に大きな違いがあることに気付かせるための学習である。この環境を評価するために COD，アンモニア態窒素そして硝酸態窒素を測定した。

3-2　Eco-DRR としての田んぼダムを学ぶ

田んぼダムは，水田生態系の機能を最大限活用して減災を進めるための仕組みと位置付けることができる。莫大な経費をかけて堤防を高くするのではなく，簡単な器具で田んぼの排水を制限することで，防災・減災に貢献することができる。児童にもわかりやすい機能であること，食糧生産という人間を含む生態系にとっても重要な役割を持っている「田んぼ（水田）の新たな側面・価値に注目させることができる教材となりうる。小学校理科における「河川」の働きと関連付けてカリキュラムの中に位置づけることができる。

4　今後の課題

課題は「田んぼダム」の事例が少ない点である。宮城県では大崎市千刈江地区において「田んぼダム導入促進・効果検証モデル事業」のみである。児童に実感できるような形で教材開発を進めたい。

自然環境への＜関心＞を高める理科授業

バランスドアクアリウムの活用と評価の工夫

○河原田公輝，鈴木昭夫
Kouki KAWARADA，Akio SUZUKI
福島大学大学院人間発達文化研究科

【キーワード】　環境教育，生態系，単元設計，テキスト分析，学習評価

１　目　的

豊かな環境を維持しつつ，持続可能な社会を構築していくためには，生徒が自然の本来の姿を学び，自然環境を保全することの重要性を認識させることが重要であると考える。

本研究では，バランスドアクアリウムを活用し，自ら関わろうとする態度＜関心＞（ 国立教育政策研究所教育課程研究センター，2017）を高め，その評価についてテキスト分析を行う。

２　方　法

（１）バランスドアクアリウムの活用

バランスドアクアリウム（写真１）は，動植物共同生活のバランスで環境を維持する水槽である。生徒は，この水槽を制作し，観察していく中で，生態系，循環，持続可能などの環境に関する多角的な視点を体験的に学ぶことが期待できる。

写真１　自作のバランスドアクアリウム

また，季節や天候に左右されがちな野外での生物調査の代替として，室内で行える有効性と可能性を考えたい。

（２）テキスト分析

単元前後でのアンケート調査やイメージマップ，単元終了時の小論文をテキスト分析し，生徒の変容を評価する。

３　事前アンケート調査結果と分析

環境に関する事前アンケート調査を 2021 年 7 月に，協力校の中学校，3 学年 4 学級 126 名を対象に実施した。「環境についての知識」について，抽出語の頻度を分析した（表 1）。

表１　上位の抽出語

抽出語	地球温暖化	進む	環境破壊	問題	環境	環境問題	人間	大気汚染
出現回数	75	31	16	15	12	10	10	8

また，「環境問題に対しての考え」について，「具体的－抽象的」，「自分事－他人事」の 2 軸で整理し分析を行った（表 2）。

表２　２軸分析

	具体的	抽象的	計
自分事	7	18	25
他人事	24	77	101
計	31	95	126

４　単元構成

本研究では，単元「自然界のつり合い」（中学校 3 年）を 5 時間で構成する。生徒は，自作のバランスドアクアリウムを活用した「分解者の働き」を調べる実験を行う。

時	主な学習内容・学習活動
1	・イメージマップ（事前） ・メダカが生きていくことのできる環境について考える。 ・バランスドアクアリウムの制作計画を立てる。【生態系(1)】
2	・バランスドアクアリウムの制作計画をクラスで共有する。 ・バランスドアクアリウムを班ごとに制作する。【生態系(2)】
3	・生物どうしのつり合いについて考える。 ・バランスドアクアリウムにメダカを加える。 ・微生物の働きを調べる実験計画を立てる。【食物連鎖】
4	・微生物の働きを調べる実験を行う。(デンプンの分解実験、水質検査キット) ・炭素の循環についてまとめる。【分解者の働き、炭素の循環】
5	・「自然環境と自分とのかかわり」についての小論文を書き、共有する。[文集作成] ・イメージマップ（事後）【地球温暖化と環境問題】

５　これまでの研究の整理と課題

本研究において，生徒は環境問題についての意識は高いものの，抽象的かつ他人事として捉えている傾向を事前アンケートの調査から読み取ることができた。この課題を解決するために上記の単元構成を作成した。

今後，現在実施している授業実践から，小論文や事後アンケートでの抽出語の頻度分析やクラスター分析を行い，自ら関わろうとする態度＜関心＞について生徒の変容を評価する。

６　謝辞

本研究において，福島大学附属中学校車田和樹先生，関本慶太先生には多くの有益な助言をいただき，ここに記して御礼を申し上げます。

引用文献

国立教育政策研究所教育課程研究センター（2017）『環境教育指導資料（中学校編）』22-26
https://www.nier.go.jp/kaihatsu/pdf/20170215.pdf(accessed2021.8.1)

B会場

日本理科教育学会 東北支部大会発表論文集 第 60 号（2021）

小学校理科 5 年「流れる水のはたらき」における「土が含むことができる水の量」の導入の意義

○泉祐汰・亀田実可・長島康雄
IZUMI Yuta・KAMEDA Mika・NAGASHIMA Yasuo
東北学院大学

【キーワード】　土壌，土の特性，土砂災害，防災教育

1　本研究の目的

本研究の目的は，小学校理科 5 年「流れる水のはたらき」において，「土が含むことのできる水の量」を導入することで，防災教育の視点を加味した理科授業を考案することである。「土」は他の動植物のように形で識別することができず，色や触感といった小学生には客観的に記述しにくいことから取り扱いが難しかった。身近な材料で，直感的理解を可能とする教材化を行う。

2　学習指導要領上の扱い

学習指導要領では，流れる水の速さや量に着目して，条件を制御しながら，流れる水の働きと土地の変化を調べる活動を行うこと，その学習活動の過程で観察，実験などに関する技能を身に付けること，予想や仮説を基に，解決の方法を発想する力や主体的に問題解決しようとする態度を育成することが期待されている。

3　学習課題「土とは何か」の導入

表が単元計画を示している。児童が生活する学校にも多様な土（土壌）が存在するが，「土」を観察や実験からとらえさせるために，市販されている「土」を教材として利用した。比較するための条件を整えることが容易だからである。用意した「土」は，鹿沼土，腐葉土，黒土，川砂，粘土の 5 種類である。本研究の特徴は学習活動⑥⑦である。学習活動⑥では，用意した「土」がどれくらい水を含むことができるのかを実験的に確かめる学習である。学習活動⑦では⑥で用意した試料を，加工した雨どいを利用した実験器具に敷き詰めて，水の量を変えながら流下させ，⑥で学習した土の特性と土の動き方の違いを関連付けて，防災教育の視点を加味して考察させる。変える条件と変えない条件を整理し，土の削られ方や運ばれた土の量など重点的に取り扱う。日常生活との関連をはかるために災害や災害に対する備えについて調べる活動を導入する。

①	川の写真を見て，山の中，平地へ流れ出た辺り，平地での様子を比べ，違いを話し合う。
②	川と川原の石の様子の違いについてまとめる。
③	土の斜面に水を流して，流れる水の働きを調べる。 実験1
④	流れる水の働きで土地の様子が変化するのはどんなときか予想する。
⑤	流す水の量を変えて，流れる水の働きを調べる。 実験2
⑥	「土は水をどれだけ含むことができるのか」実験3
⑦	「土の違い」で流れる水の働きに違いができるか調べる　実験4
⑧	川の水による災害や災害に対する備えについて，調べたり考えたりする。
⑨	実際の川を観察して，川の様子や流れる水の働きを調べる。観察
⑩	流れる水の働きについて，学んだことをまとめる。

B会場

小学校 4 年理科「雨水の行方と地面の様子」における「土とは何か」の導入の意義

○亀田実可・泉祐汰・長島康雄
KAMEDA Mika・IZUMI Yuta・NAGASHIMA Yasuo
東北学院大学

【キーワード】　土壌，土の特性，雨，防災教育

1　本研究の目的

本研究の目的は，小学校 4 年理科「雨水の行方と地面の様子」において，「土とは何か」を導入することで，より「主体的・対話的で深い学び」を実現させることである。

これまで「土」は他の動植物のように形で識別することができず，色や触感といった小学生には客観的に記述しにくいことから取り扱いが難しかった。身近な材料を用いて，児童生徒に直感的に理解できるように教材化を行い，上記の目的を具現化する。

2　学習指導要領上の扱い

小学校学習指導要領の「雨水の行方と地面の様子」（イ）イ「雨水の行方と地面の様子について追究する中で，既習の内容や生活経験を基に，雨水の流れ方やしみこみ方と地面の傾きや土の粒の大きさとの関係について，根拠のある予想や仮説を発想し，表現すること」のためには，土そのものを具体的に認識する必要がある。そのために次節で述べる学習活動を導入した。

3　学習課題「土とは何か」の導入

表が単元計画を示している。児童が生活する学校にも多様な土（土壌）が存在するが，「土」を観察や実験から捉えさせるために，市販されている「土」を導入の教材として用いた。比較するための条件を整えることが容易だからである。用意した「土」は，鹿沼土，腐葉土，黒土，川砂，粘土の 5 種類である。

学習活動①では，まず「土の役割」を児童に考えさせたうえで，植物の生活を支えている「土」の視点から，どれが「土」なのかを予想させる。〔実験 1〕タッパーの中に 5 種類の試料を入れて，触感やルーペで観察させる。土を構成している鉱物や粘土，植物の遺体などの色や形状を観察させる。この活動で校庭の土の違いをしっかりと定着させる。

学習活動②③では，①の学びを生かして，地面によって水のしみこみ方に違いがあることを観察させ，次の段階の実験の予想をさせる。学習活動④では，ペットボトルの上方から水を滴下し，しみこみ方の違いを比較させる。学習活動⑤⑥で，その結果をまとめて，雨水の行方と地面の様子の考察を深める。

①	「土とは何か」　実験1
②	雨が降った後の校庭と砂場の地面の様子を比べて，調べる問題を見いだす。
③	土や砂の粒の大きさによる水のしみこみ方の違いについて予想する。
④	土や砂の粒の大きさによる水のしみこみ方の違いを調べる。実験2
⑤	水のしみこみ方についてまとめる。
⑥	雨水の行方と地面の様子について，学んだことをまとめる。

理科教育と防災教育を繋ぐ実験

砂山を用いた土砂災害シミュレーション

○和田 悠晟. 渡辺 尚
Yusei WADA[1)].Naoshi WATANABE[1)]
1）宮城教育大学
【キーワード】　地震、土砂災害、防災教育、砂山、シミュレーション

1　目　的

早池峰山周辺等をモデルとした土砂災害シミュレーション（砂山シミュレーション）を行い、実際に土砂崩れの起きている場所との関連性について検証を行った。砂山シミュレーションが防災教育と理科教育をつなぐ教材となり得るか判断することを目的とした。

2　方　法

（1）実験器具
○砂　珪砂 N50　日瓢礦業株式会社
○厚さ５㎜のポリスチレン板　○コイル
○交流電源　○ネオジム磁石
○カシミール３D（フリーソフトウェア）

（2）実験方法
1）砂山作成
カシミール３Dの地図を印刷した紙をある標高の等高線に沿って切り取る。その形に発泡スチレン板を切り取り、砂を乗せる台座を作る。その台座の全体に砂をかけて、次に漏斗を用いて稜線が実際の地形に一致するよう漏斗の角度を変えながら砂をかけて砂山を作製する。

2）砂山振動
台座の裏面にネオジウム磁石をつけ、コイルの上に置く。コイルに交流電源を繋ぎ、ネオジウム磁石を振動させ、砂山を振動させる。
1）、2）を計５回行う。

3　結　果

防災科学技術研究所の「地すべり地形分布図デジタルアーカイブ」が示す過去の地すべりが起きた箇所が５回実験で３ヶ所ほど一致し、その他にも過去の地すべりと近い地点で崩壊が観察された（図１）。滑落崖（過去地すべりが見られた所）と実験結果の関連が強く示唆された。

4　考　察

過去に地すべりがなく今回の実験で崩壊した地点は巨大地震の際には注意を要する危険箇所になると考えられる。

5　まとめ

崩壊地点の半分程度が過去の地すべりした場所と一致、あるいは近いという結果から教育現場で実践できる可能性があると感じた。今までの防災教育では生徒が実際に手を動かして実験する教材がなかったため、新しい防災教育の教材となる可能性を感じることができた。

引用文献

遠藤意拡（2014）『砂山シミュレーション～揺れによる斜面崩壊地図～』(JSEC 審査論文)
杉本智彦,改訂版カシミール３D 入門編,実業之日本社,2014
防災科学技術研究所. https://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_tech_note/landslidemap/pdf.html「地すべり地形分布図デジタルアーカイブ」（2021 年 10 月 7 日閲覧）

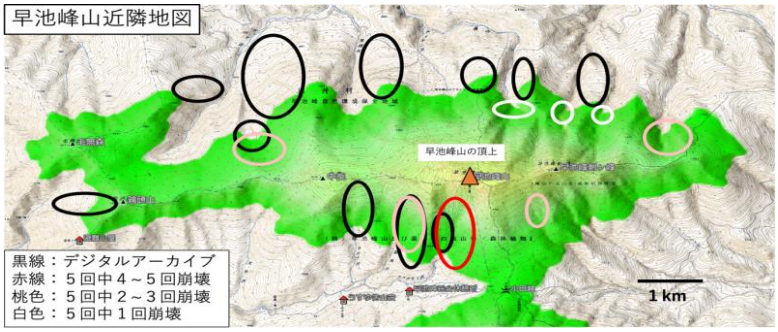


図１　斜面崩壊の地形分布

B会場

真正の学びを意識した地域地質教材の検討
海浜砂と河川砂の地域差を例に

○佐藤茜奈，平中宏典
SATO Akana，HIRANAKA Hironori
福島大学人間発達文化学類
【キーワード】地域地質教材，河川砂，海浜砂，真正の学び

1　はじめに

海浜や河川で見られる砂は堆積場の後背地の地質を表しており（下岡ほか，2012），その情報を調べることで土地の成り立ちに迫ることができる。そこで，東北日本弧地域において海浜砂と河川砂の試料を対象に構成粒子組成を検討し，地域間で比較を行うことにより，自地域の特徴に気付くことができる教材開発を進める。

2　分析対象と分析方法

分析対象は，秋田県（29 地点），山形県（2 地点），福島県（30 地点），新潟県（26 地点）で採集された計 87 試料である（図 1）。本発表においては，32 地点の試料を対象とする。試料は，水洗後必要に応じて脱鉄処理を行い，篩い分けを行った。細粒砂サイズの試料を樹脂封入し，偏光顕微鏡下で全構成粒子 250 以上，有色鉱物 100 以上を計数して構成比とした。鉱物分類は，中学校第 1 学年で取り扱いがあるものを中心とした。

3　結果

分析対象の全構成粒子組成と有色鉱物組成は，図 2 の通りである。岩片と長石の平均構成比がそれぞれ 4 割程度で，全構成粒子の大部分を占める。秋田県の河川砂は岩片が約 6〜8 割，福島県の河川砂は有色鉱物が約 1〜3 割を占め，他地域と比較し特徴的な値を示す。有色鉱物組成は，秋田県の海浜砂，河川砂で黒雲母が 1 割

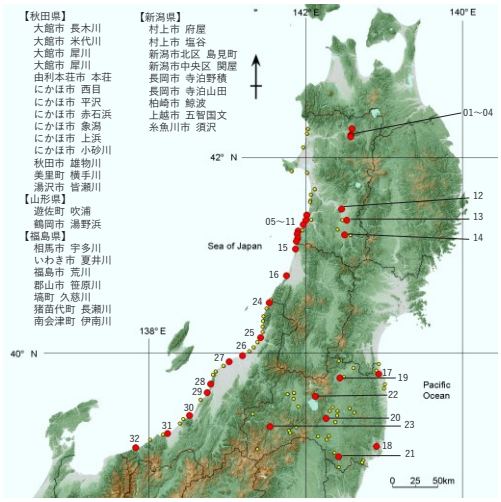


図 1　試料採集地点（赤印は発表の対象）

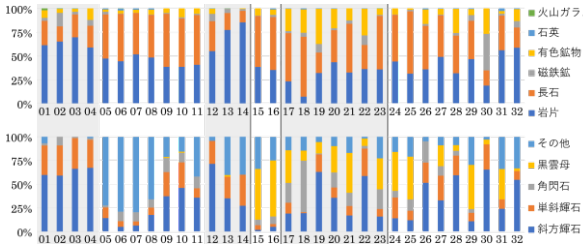


図 2　上：全構成粒子組成，下：有色鉱物組成（背景灰色は河川砂）

程度と，ともに少ない特徴が見られる。秋田県県北の河川砂，にかほ地域の海浜砂，福島県中通り地域の河川砂，新潟県中越地域の海浜砂は斜方輝石が 4〜6 割程度を占め，他の有色鉱物と比較し優勢である。

4　考察

秋田県の河川砂は岩片を比較的多く含む。流域の地質が新第三系の堆積岩であるため，浸食作用を表している可能性が示唆される。一方，福島県の河川砂は岩片が少なく，有色鉱物の割合が比較的高い傾向にある。試料採集地域は花崗岩地域や第四紀火山地域周辺であることから，その影響が表れている可能性が高い。

秋田県県北の河川砂，にかほ地域の海浜砂，福島県中通り地域の河川砂における斜方輝石の占める割合が高い理由として，それぞれ上流に位置する火山砕屑物の影響を受けていることが考えられる。また，新潟県中越地域の海浜砂も斜方輝石の割合が高い。試料採集地点は大きな河川の河口付近に位置することから，流域の影響を受けている可能性がある。

5　まとめ

全構成粒子に対する有色鉱物の占める割合が高く，有色鉱物の種類が豊富な火成岩地域においては，教材としての海浜砂，河川砂の活用が容易であると考える。それらをすなまっぷやすなカード等の実際の地域を活用した教材として加工し，シームレス地質図と併用することで，地域の特徴や他地域との比較による真正な学びを今後実践していきたい。

引用文献

下岡順直・三好雅也・山本順司・三好まどか・竹村恵二（2012）海浜砂の多種選別分析法による後背地地質推定プログラム，地学教育，65（2），51-61.

B会場

吾妻小富士に見られる雪形の時系列変遷と気候要素との関係

—2020・2021 年の変遷に着目して—

○ 佐藤由美子[A]，平中宏典[A]
SATO Yumiko，HIRANAKA Hironori
福島大学大学院人間発達文化研究科

【キーワード】　吾妻小富士，雪形，時系列変遷，気候要素

1　はじめに

福島盆地西方に位置する吾妻小富士の北東斜面では，融雪期に通称「雪うさぎ」と呼ばれる雪形が認められる。古来より農事の目安として知られ気候との関係も深い。近年，雪形の出現時期に変化が見られることから，形状の時系列変遷と気候要素との関係を検討した。

2　方法

(1) 対象期間

降雪の可能性がある 10/1 から，消雪が見込まれる翌年 5/31 までを分析対象とし，2020・2021 年の 2 カ年について検討した。

(2) 雪形の形状記録とステージ区分

雪形の形状記録は，福島盆地の北部(N37.81°/E140.49°)にて行った。目視で観察できる限り画像として記録し，2 カ年の記録から共通点を見いだしてステージ区分を検討した。

(3) 気候要素との関係

気象庁の観測地点のうち，吾妻小富士と直線距離が最も近い福島地方気象台（N37.75° / E140.49°）における観測データを検討に用いた。検討に際しては，平均気温，総降水量，全天日射量，積雪量の日別値を用いた。雪形付近の気温は，気温減率を 0.65℃/100m と仮定し，山麓中央部（1500m）と気象台（67m）の標高差（1433m）より，9.3℃減じて算出した。

3　結果

画像記録（写真 450 日分 2500 枚，定点カメラ 150 日分）を分析し，雪形の形状を全 8 ステージに区分した（表 1）。ステージ 2～4 の形状を「雪うさぎ」とし，ステージ 4 を研究上の標準とした。また，ステージの時系列変遷について気温，降水量，全天日射量と合わせて関係を整理した（図 1）。

表 1　雪形の形状によるステージ区分

区分	基準
7	斜面全体が雪に覆われ山裾との境界が不明瞭。
6	積雪があるが，雪形の下辺が確認できる。
5	尾根付近の雪が減り，雪形様相が確認できる。
4	周囲の大部分が融雪し，細部まで確認できる。
3	周囲がほぼ融雪し，　輪郭の曲線が緩くなる。
2	雪形が首と胴体の 2 つに分かれる。
1	雪形が首，胴体，脚の 3 つに分かれる。
0	対象地域から消雪する。

4　考察

2 カ年の結果から，平均気温 0℃以下における降水はステージ上昇に寄与し，0℃以上の気温と全天日射量がステージの低下要因とみることができる。

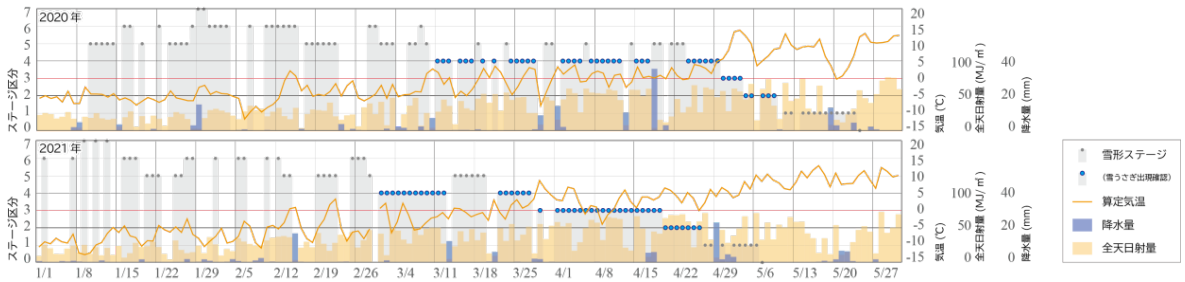
また，今回の結果から，降雪量が多くても平均気温 0℃以上が継続する場合は標準形の出現は早く，短期間でステージ変化が進行することが明らかとなった。今後，地球温暖化の影響を受け，短期間での寒暖差が生じやすくなった場合，「雪うさぎ」の出現期間は短くなることが示唆される。

5　まとめ

本研究により，吾妻小富士近隣の観測地点である福島地方気象台の観測データを用いて，雪形の時系列変遷への影響を説明できることが明らかとなった。この成果は，山岳での直接観測地点が減少している現状において山岳気候の算出に寄与できる可能性があり，さらなる検討を進めていきたい。

引用文献

気象庁 過去の気象データ・ダウンロード，https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/（2021/10/20 アクセス）



B会場

ゲーム要素を取り入れたオームの法則の理解促進教材の開発

○冨塚和真[1]，田口瑞穂[1]，原田勇希[1]
Kazuma TOMITSUKA，Mizuho TAGUCHI，Yuki HARADA
[1]秋田大学

【キーワード】　物理教育，電流，中学校理科，カードゲーム，タブレットコンピュータ

１　目　的

原田・坂本・鈴木(2018)は，中学校 2 年生「電流」の単元において統制感が低い傾向にあると述べている。そこで，「試行や失敗から学ぶ環境を作りやすい」というゲーム学習の長所(橋本, 2015)を取り入れることで統制感を高めることができると考えた。本研究では，授業内で取り入れられるゲームの開発をし，統制感の向上に効果があるか検証することを目的とした。

２　方　法

（１）ゲームの概要

中学校理科の学習で容易に用いることができるカードゲームとした。ゲーム内で行う計算については，答え合わせを簡便に行うために Web ページで答え合わせツールを開発した。

以下に，ゲームの流れの概要を記す。

１）山札から様々な抵抗値を持つカードを 5 枚まで引き，回路にカードを置いていく。
２）ショートした場合は直列回路として，それ以外は並列回路とする。
３）回路の抵抗値と電流値を計算し，流れる電流値(小数点以下四捨五入)を得点とする。
４）開発したサイトにタブレットコンピュータ等を用いてアクセスし，答え合わせをする。

（２）調査

大学生 10 名に対して実施し，介入前後でテスト及び質問紙調査を行った。テストについては 2 種類用意し，半数を介入前後で交差させて行った。テストでは，大問ごとの計算時間を測定した。質問紙では，鈴木(1996)を元に作成した統制感と，解良・中谷(2014)を元に作成した興味価値に関してそれぞれ測定した。

３　結果と分析

（１）計算時間

介入前後の計算時間の平均値は全大問において短縮された。大問 2 及び 3 においては，有意に計算時間が短縮した(表 1)。

（２）統制感及び興味価値

統制感および興味価値は，僅かに向上の傾向が見られたが，有意差は無かった(表 1)。

４　考　察

計算時間の結果から，回答時間（s）で測定される熟達度に対して向上効果が見られたが，一度の介入では動機づけ変数への効果は見られなかった。また，大問 1 の結果については，問題が易しすぎたためと考えられる。

統制感および興味価値については，一度の介入では電流領域に対する動機づけ変数を変動させるには至らないことが示唆された。

５　まとめ

計算習熟に効果がある可能性はあるが，統制感への効果については断定できない。今後，中学生に対しても調査し，改善を行う。

主な引用文献

原田勇希・坂本一真・鈴木誠(2018)「いつ，なぜ，中学生は理科を好きでなくなるのか？―期待―価値理論に基づいた基礎的研究―」『理科教育学研究』第 58 巻，第 3 号, 319-329
橋下徹(2015)「ゲーム学習の新たな展開」『放送メディア研究』第 12 号, 235-251

表 1　介入前後における各測定項目の平均値変化と検定結果

	事前		事後		Welchの検定			
	Mean	*(SD)*	*Mean*	*(SD)*	*t*	*df*	*p*	*d*
1. 大問1 [s]	25.00	6.85	25.50	10.71	0.12	15.30	.90	0.05
2. 大問2 [s]	220.40	66.66	147.40	54.48	2.68	17.31	.02	1.15
3. 大問3 [s]	124.00	32.19	78.20	26.84	3.46	17.44	.00	1.48
4. 統制感	2.85	0.91	3.03	0.84	0.45	17.86	.66	0.19
5. 興味価値	3.33	0.29	3.40	0.34	0.53	17.60	.60	0.23

運動体軌跡解析 web アプリ「運動くん web」の開発

○林　雄大・平中 宏典
HAYASHI Yudai・HIRANAKA Hironori
福島大学人間発達文化学類

【キーワード】web アプリ，運動体解析，ビデオ解析，GIGA スクール構想

1　はじめに

GIGA スクール構想により一人一台端末の環境となり，生徒が様々な物体の運動をビデオ撮影することが容易になった。また，web ブラウザの技術革新によりクライアントサイドにおける映像操作も可能となっている。そこで，中学校理科第 3 学年「運動とエネルギー」の単元における運動体解析ソフト「運動くん for Windows」［以降 運動くん］（緒方，2010）の web アプリ化を試みた。

2　「運動くん web」の特徴と解析方法

物体の運動を解析する方法として中学校学習指導要領では，記録タイマーを用いることがあげられている。しかし記録タイマーのテープを貼付することができない球体や大きな物体などの解析は困難を極め工夫が必要となる。その問題を解決するため，運動体をビデオで撮影して軌跡を解析することを目指したソフトが「運動くん」である。

今回，開発した「運動くん web」（https://undou-kun.net/）は JavaScript で開発し，web ブラウザのみで動作することを目指した。GIGA スクール構想で整備された端末は，カメラと web ブラウザを有することから，事前準備をすることなく web アクセスのみで運動体解析が可能である。

「運動くん web」による一次元の運動体軌跡解析方法は次の通りである。まず，web ブラウザに読み込んだビデオ上の物体をクリックまたはタッチすることで画面座標を記録した後，一定時間ビデオをシークする。この操作を繰り返すことによりビデオ内で運動体の軌跡データを作成する。続いて軌跡の各点間で画面上の距離を算出し，ビデオに映った基準の長さとの比率を求めることで，時間あたりの実移動距離を求め，データ表とグラフを自動作成する。

3　教具としての動作検証

(1) 記録タイマーの記録との比較

記録タイマーを用いた解析結果と比較するため実験の様子を撮影し，そのビデオを「運動くん web」を用いて解析し比較した。解析対象とした運動体は，対象単元で取り扱われる等速直線運動と等加速度運動である。分析用ビデオは iPhone で Full HD（1980×1080），30fps の条件で撮影を行った。「運動くん web」は Windows 10 Home (20H2)の Google Chrome 上で動作するものを用いた。分析時間の間隔は 0.1 秒で，0.5 秒間の運動を対象とした。アプリ検証では 3 名が独立して操作し，操作者間での差異も検討した。

結果，50cm/s 程度の等速直線運動では記録タイマーによる紙テープ記録との差は 5mm 程度であった。また，30cm/s～120cm/s の等加速度運動では差が 1mm～6mm 程度であった（図 1）。

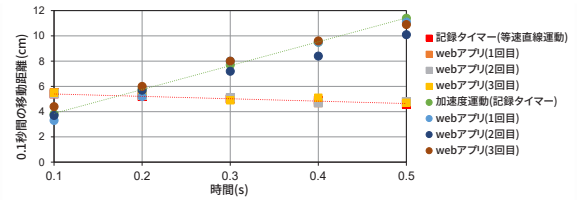


図 1 記録タイマー記録とアプリによる解析結果の比較

操作者間での比較においては，等加速度運動で最大 8mm 程度の誤差が生じた。原因として座標指定時の誤差が考えられ，運動体が接地する点を指定するなどの工夫を行うことで，誤差を小さくすることができると考えられる。

(2) 運動体のビデオ内動作範囲による差違

運動体がビデオ内で映り込む範囲の差によってどの程度解析結果に差違が生じるか，等加速度運動の場合で検証した。撮影するカメラの位置を調整し，物体が下り降りる斜面（斜面長 約 1m）が映り込む範囲をビデオ全幅に対しておおよそ 100%，80%，50%になるよう調整した 3 つのビデオを作成しアプリで解析した。

その結果，全幅比 100%から 50%と小さくなるにつれて， 0.1 秒間の移動距離が大きくなる傾向がみてとれた。仕様上 1 画素が表現する長さが長くなるためと考えられる。適当な撮影条件として記録タイマーの測定結果との差が最小となる全幅比 80%程度が目安になると考えられる。

謝辞

本アプリの作成・公開にあたり「運動くん for windows」の開発者である緒方 猛氏には移植の許可をいただいた。

引用文献

緒方 猛（2010）運動体軌跡解析ソフト「運動くん」ver.2.00 説明書，http://www.netin.niigata.niigata.jp/science_contents/jh3/undou/ReadMe.txt（2021/10/6 アクセス）.

B会場

放射線環境下から児童・生徒を護る ESD

教育者・保護者用簡易土壌放射能測定法の開発

○齊藤 敬
Takashi SAITO
尚絅学院大学

【キーワード】 福島第一原子力発電所，放射能測定法，土壌，ESD

1 目的

本研究は，福島第一原子力発電所の事故によって汚染された教育施設のさらなる回復とともに，教育・保育者が自ら放射能の測定・評価を行い，放射線や放射能汚染から子どもを護るための持続可能な開発のための教育(ESD) を行うプログラムを作成することを目的としている。特に今後正確な評価が難しい「土壌中の放射性セシウム」の測定に関する安価かつ簡易の試料採取方法・解析方法を開発し，本方法を教育施設実践してもらうことで，よりよい放射能教育環境の構築を目指す。

2 背景

原発事故によって降下した放射性物質は，土壌表面に堆積し鉱物等に吸着し長期間留まる(齊藤, 2011)。そのため土壌中の放射性物質および実際の環境中の様々な試料を正しく採取し，正確な放射能の測定をすることは，非常に難しく高価な器具，専門の技術および高度な知識を要する。

実際、平成 29 年に福島県某所で採取した土壌の放射性セシウム濃度の深度分布を図 1 に示す。図 1 より，ほぼ同地点で採取した土壌であるにもかかわらず，放射能濃度レベルに大きなバラツキがあることが確認できる。

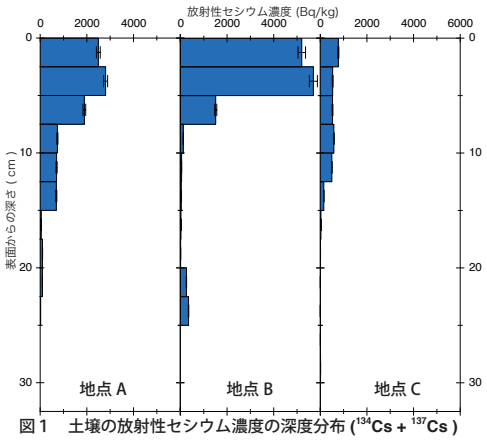


図 1 土壌の放射性セシウム濃度の深度分布 (^{134}Cs + ^{137}Cs)

そこで，教育・保育施設の職員が簡便に土壌などの試料を正しく採取し，正確な放射能汚染技術・知識を習得し，持続可能な開発を行う教育プログラム・システムの作成を目指した。

3 方法

環境土壌試料の放射能測定は主に ①サンプリング ②前処理 ③放射能測定 ④解析のプロセスを通じて放射能濃度を求める。このうち③の放射能測定は，大学や専門機関などで数 100 万円の測定器を用いなければならず，教育施設等で購入・測定を行うことはほぼ不可能である。しかし，他の①，②および④の過程を正しく行えるのであれば，研究機関等に処理した試料を持ち込むことにより，比較的短時間で正確な評価を行うことができる。

そこで，教育・保護者自身が施設の敷地および学校活動の範囲となる周辺地域の土壌の放射能を定量できる低価格のサンプリング・前処理ツールを開発した。

これにより放射能測定の①，②の過程をクリアすることが可能となった。得られた試料は放射能を大学・研究機関等測定器で測定し，正しい放射能濃度を得ることができた。

5 今後の予定

完成した本測定キット・プロトコルで土壌採取を他の教育施設で利用していただき，改善を図りより洗練されたプログラムの構築を目指す。さらに教育・保護者のみならず，児童たちが自発的かつ継続的に放射線の汚染調査過程に参画し，放射線に関する ESD の考え方を未来に繋ぐ学習機会となることを期待したい。

謝辞

本研究は，JSPS 科研費 JP19K02843 の助成を受けた。

引用文献

齊藤敬（2011）ぶんせき，2011(7), 393-396.

B会場

水銀の生物濃縮を実感できる簡易的な実験方法の検討

○長南幸安，斎藤綾菜，神成大夢
Yukiyasu CHOUNAN, Ryona SAITO, Hiromu KANNARI
弘前大学

【キーワード】 生物濃縮，水銀，水銀測定セット，魚類，貝類

1 目 的

近年，温暖化や自然破壊などの環境問題の悪化が深刻化し，環境危機への対応が重要な課題となっている。そのため，現在の教育課程には環境教育に関する項目が多く取り込まれている。文部科学省のホームページにも環境教育の項目があり，「国民，特に子どもたちが環境問題について学習し，自主的・積極的に環境保全活動に取り組んでいくこと」が重要だと述べられている。一方で，環境教育に関する体験的な学習の導入が進んでいないのが現状である。そのため，本研究室では，教育現場でも簡単に行える水銀の生物濃縮を実感できる実験方法の開発を行い，地質・水質用の水銀測定セットで簡易的な水銀の定性が可能なことを明らかにした。しかし，現段階では水銀の検出可能な素材が少ないという課題があるため，今回は水銀の検出が可能な素材を増やすことを目的とする。

2 方 法

今回の実験は本研究室で開発した実験方法に基づき，地質・水質調査用で用いられる水銀測定セット(水銀測定セット)を用いて，魚類に蓄積された水銀の定性分析を行う。水銀測定セットで水銀を測定するにあたり，酸分解法を用いて試料を溶液化させる必要があるが，今回は専用器具を必要とせず，比較的簡便な湿式分解法を採用することとした。

実験材料として用いたのは，

ナガスクジラ，ミンククジラ，メカジキ（千葉県産，気仙沼産），モウカザメ，カラスガレイ，ノドグロ，ハタハタ，キンメダイ，マツブ，バイガイ

の 10 種とした。

3 結 果

酸分解する際，魚介サンプルの乾燥粉末を最初は 0.1 g で実験を行ったが，水銀の検知が確認しにくいため，0.3 g に試料量を増やし濃度を高くして実験を行った。

その後，溶液化させた試料を，水銀測定セットを用いてインピンジャー法で水銀蒸気を発生させ，水銀用検知管を用いて濃度を計測する。今回は水銀濃度が高いといわれている食物連鎖上位の大型魚類だけでなく，深海魚や貝類も素材として選定し測定を行った。

その結果，メカジキ 2 種，モウカザメ，キンメダイで水銀が検出できたが，その他の魚介類は検出されなかった。

4 考 察

水銀の検出が難しい原因としては，

① ハクジラ類はプランクトンや小型魚類を食すということ
② 深海魚でも生息域が比較的深くないこと
③ 体長が大きくないこと
④ 寿命が短いということ

が考えられる。

5 まとめ

以上の結果より，水銀測定セットを使用して水銀を検出するには，魚介類の水銀濃度が比較的高いものでなければ難しいことが明らかになった。そのため，食物連鎖における高次の生物と低次の生物の比較が難しいことが課題である。しかし検出可能であった魚類の生息地をそれぞれ比較することで地域性を活かした体験的・思考的な授業なども実践できると考えている。

3D プリンタを用いた新しい金属原子模型の教材開発
充填率を実験で求めることが可能になる教材

○赤坂颯樹[1], 門田和雄[1], 窪田篤人[2], 池田和正[3], 渡辺尚[1]
Souju AKASAKA, Kazuo KADOTA, Atsuhito KUBOTA, Kazumasa IKEDA, Naoshi WATANABE
[1]宮城教育大学, [2]仙台市立仙台青陵中等教育学校, [3]宮城県仙台第三高等学校
【キーワード】3D プリンタ, 金属原子, 体心立方格子, 面心立方格子, 充填率

1 目 的
理科教育では絶えず新しい技術の導入が欠かせない。昭和 28 年に制定された理科教育振興法は何度も改定を重ね現在に至り，新しい理科備品として３Ｄプリンタ等が導入されてきている。しかし業務の多忙化により教員側が新しい教材や機材を試すのに躊躇して普及しない問題点がある。

本研究では，３Ｄプリンタを活用した新しいタイプの教材を作り活用する事例を紹介する。高等学校化学基礎で履修する化学結合の単元では,金属結合を学習する際に体心立方格子と面心立方格子等に触れるが,その充填率を実験で求めるという実践事例はごく少数しか見出すことができない。今回 3D プリンタを用いた金属原子模型の製作を通して充填率を「実験」で求める教材開発に取組み，効果的な実験教材として紹介したい。

2 方 法
3D プリンタを使用して金属原子パーツを作成し,100 円ショップで購入したアクリルケースに入れて面心立方格子・体心立方格子のモデルを製作した。このモデルを用いて以下の方法で充填率を求める実験を行う。

① アクリルケースのみの質量を計測する。
② ①に金属原子パーツを入れて質量を計測する。
③ ②の内部を水や塩化ナトリウムを用いて容器内を満たし,質量を計測する。
④ ①を水や塩化ナトリウムを用いて容器内を満たし質量を計測する。
⑤ ③での物質の質量と④での物質の質量を用いて充填率を計算する。

3 結 果
体心立方格子①及び面心立方格子②の金属原子模型を用いた充填率実験の結果は以下の図 1,図 2 のようになった。

水を用いて①の充填率を求めた場合,測定値は平均 65.82%であり,理論値の 68%に対して約 96.7%の精度で数値が求められた。塩化ナトリウムを用いた場合は平均68.40%であり,理論値に対して約 99.4%の精度で数値が求められた。

水を用いて②の充填率を求めた場合,測定値は平均 70.47%であり,理論値の 74%に対して約 95.2%の精度で数値が求められた。塩化ナトリウムを用いた場合は平均73.63%であり,理論値に対して約 99.5%の精度で数値が求められた。

図 1 体心立方格子の充填率実験

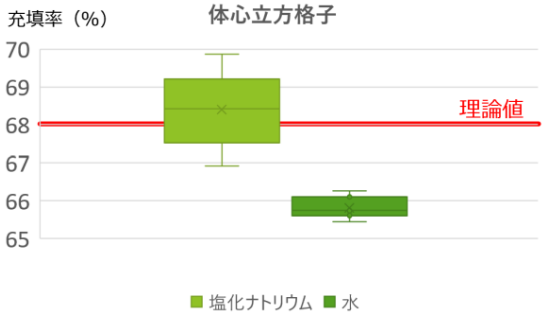
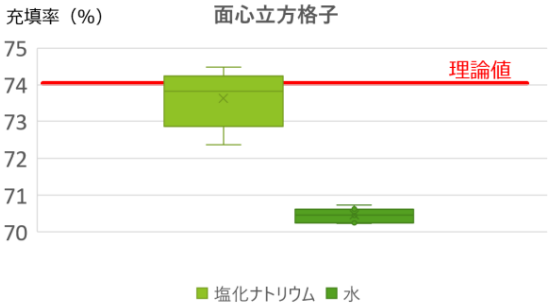


図 2 面心立方格子の充填率実験



4 考 察
両実験①と②で充填率が理論値に対して，充填剤が身近な素材である水や塩の場合では、①では 97%以上,②では 95%以上の高い精度で充填率を求めることができ,教材として優れたものを開発できたと考えられる。

謝辞
本研究は，基盤研究(C)研究代表者・荻野和子（課題番号 21K02877）及び「教員養成大学ならではの学校教育・教員養成に関する研究への重点支援研究経費」の支援をいただいた。

B会場

児童の「もののあたたまり方」に関する考え方の調査
粒子との関係に着目して

○今村哲史[1]，安達理美[2]，高橋　茜[3]
Tetsunori IMAMURA, Satomi ADACHI, Akane TAKAHASHI
[1]山形大学学術研究院，[2]横浜市立南瀬谷小学校，[3]山形大学附属小学校C
【キーワード】　小学校理科，粒子領域，もののあたたまり方，粒子概念，実態調査

1．はじめに
平成 29 年告示小学校学習要領では，理科の内容として 4 つの領域を設けている。中でも粒子の領域は，目に見えない大きさの粒子について取り扱うため，児童にとってはイメージしにくく，誤概念が多い。小学校理科の粒子領域において，ものの温まり方や温度と体積の関係等に関する研究は行われてきているものの，児童の粒子の考えに基づいた実証的研究は未だに十分とは言い難い。

2．研究の目的と方法
(1) 研究の目的
研究目的は，もののあたたまり方と粒子の関する児童の考え方の実態を明らかにすることである。
(2) 研究の方法
①第 4 学年単元「もののあたたまり方」の授業を実践し，児童のもののあたたまり方と粒子に関する考え方の実態調査を行った。調査の時期と対象は次の通りである。
・調査時期：令和 2 年 12 月～令和 3 年 1 月
・調査対象：山形県 A 小学校第 4 学年 31 名
②もののあたたまり方と粒子に関する調査用紙を作成し，単元の前後で調査を行った。調査項目と概要は表 1 の通りである。

表1. 調査用紙の概要

調査項目	プレ	ポスト
1. もののあたたまり方(熱の伝導)	5 問	5 問
2. 粒子とあたたまり方の関係	2 問	2 問
3. ものの温度と体積	1 問	1 問
4. もののあたたまり方の学習	―	11 問

③①及び②の結果を分析し，児童のもののあたたまり方と粒子に関する考え方を考察した。

3．調査の結果
(1) 単元「もののあたたまり方」の概要
本単元は全 12 時間で，概要は次の通りである。

次（時数）	授業のテーマ
第 1 次（3）	金属のあたたまり方
第 2 次（4）	水のあたたまり方
第 3 次（4）	空気のあたたまり方
第 4 次（1）	まとめ

(2) 調査結果（抜粋）
①もののあたたまり方に関する児童の考え
金属，水，空気の中で 1 番はやくあたたまるものの調査結果は次の表 2 に示す通りであった。

表2. 金属，水，空気の中で 1 番はやくあたたまるもの

	金属	水	空気	合計(%)
プレ	39	3	68	100
ポスト	29	3	58	100

この結果から，児童は，空気が最も速くあたたまると考えていることが分かった。授業では，空気，水，金属のあたたまる速さの比較は行っていないため，このような結果であったと考える。
②もののあたたまり方と粒子の関係について
児童は「もののあたたまり方には粒子が関係している」と回答した児童が 94%であった。

4．考察とまとめ
(1) 粒子に関する児童の考え方
児童は本単元の学習前に「ものの温度と体積」の単元において，物質が粒子からできていることを「粒の約束」として学習していた。そのため多くの児童は「空気が温められると，空気の粒と粒のすき間が大きくなる」と考えることができていた。
(2) もののあたたまり方と粒子の関係
本単元では，あたたまり方の現象を粒子で考えたり，関わりがあると考えたりしている児童が多かった。これは，事前に「粒の約束」を学習した効果であり，第 4 学年で粒子の考え方を導入することの可能性を示唆するものであると考える。しかし，空気はあたためられると，粒子の間隔が一様に広がると考えている児童のとっては，一様に広がるという考えが，水や空気の対流現象を考える上で阻害要因になるということが明らかとなった。
もののあたたまり方に関して，どのように粒子と関連させて考えさせれば良いかが課題である。

主な引用及び参考文献
R. ドライヴァー，他編，貫井正納，他訳（1993）『子ども達の自然理解と理科授業』，東洋館出版社

B会場

日本理科教育学会 第 60 回 東北支部大会 実行委員会

委員長　岡田　努　福島大学共生システム理工学類

委員　平中　宏典　福島大学人間発達文化学類

日本理科教育学会東北支部大会発表論文集　第 60 号

2021 年 11 月 6 日　発行

編集　一般社団法人日本理科教育学会 2021 年度東北支部大会実行委員会
（実行委員長　岡田 努（福島大学））

発行　一般社団法人日本理科教育学会
〒 602-8048　京都市上京区下立売通小川東入ル西大路町 146 番地
中西印刷株式会社学会部内
一般社団法人日本理科教育学会事務支局
E-mail　sjst@nacos.com
Tel　075-415-3661
Web　http://www.sjst.jp/

© 2021　一般社団法人日本理科教育学会
ISSN　2435-9297