科学的リテラシー育成を踏まえた、自然災害に関する学校防災の構築

２０２２年

兵庫教育大学大学院
連合学校教育学研究科

教科教育実践学専攻
（滋賀大学）

佐藤　真太郎

目　次

序章　研究の背景と目的、方法と論文の構成 1

第 1 章　近年の理科教育における防災教育の現状と課題 3

1.1　平成元年以降の教育行政の動向 3

1.2　防災に関わる学習指導要領の変遷 5

1）小学校学習指導要領の変遷 5

2）中学校学習指導要領の変遷 6

1.3　科学的リテラシー育成と国内外の学力テストの影響 10

1.4　防災教育をめぐる国際的な動向と ESD への注目 10

1.5　自然災害を理科教育で扱う課題と今後の展望 12

第 2 章　理科教育に求められる自然災害に関する「資質・能力」 14

2.1　自然災害に関する資質・能力 14

2.2　OECD・PISA に見る「自然災害」に関する資質・能力 16

2.3　IEA・TIMSS に見る「自然災害」に関する資質・能力 19

2.4　結語 23

第 3 章　自然災害が発生した時の直接的な被害を減らすための防災教育 24

－理科授業における自然災害発生時の行動選択能力の育成を目指した

教材開発及び授業展開－

3.1　自然災害発生時の行動選択能力育成の意図 24

3.2　教材の開発 24

1)開発した教材について 24

2)教材の使い方 28

3)教材を効果的に活用する学習の流れ 29

3.3　授業実践 29

1)計画した授業の概要 29

2)実際の授業の流れ 30

3.4　結果と考察 31

1)話し合い活動場面における各要素の活用 32

2)各要素に当てはまる発言の出現過程 34

3.5　結語 37

第 4 章　自然と人間、人間と人間（社会）の関わり・つながりを考える防災教育 39

4.1　自然災害に関する学習におけるジオパーク活用の意義と課題

－持続可能な社会の担い手をつくる学校教育への期待－ 39

4.1.1　ジオパーク活用の目的を明確化する理由　39
4.1.2　防災教育と連動したジオパーク教育の意義　40
4.1.3　ジオパークにおける防災・減災、復興教育と環境教育、ESD、SDGsとの関連性　43
4.1.4　ジオパーク活用方法の具体例と期待される教育的効果　46
4.1.5　学校教育においてジオパークを活用するための課題　48
4.2　現代的な諸課題に対応した教科等横断的な防災教育の実践－SDGsのねらいに沿ったカリキュラム・マネジメントの構築を踏まえて－　49
4.2.1　SDGs ゴール 11 を核とした教材開発及び授業実践の概要　49
4.2.2　教材の開発　50
1)開発した教材について　50
4.2.3　授業実践　52
1)計画した授業の概要　52
2)実際の授業の流れ　52
4.2.4　結果と考察　54
1)授業評価の方法　54
2)発話プロトコルの概要理解　54
3)安全教育の目標に関連のある発言の出現　55
4)発話プロトコルの検討　57
4.2.5　結語　61

第 5 章　これからの教育と防災教育　63
5.1　自然災害取扱いにおける STEM 教材開発の意義　63
5.1.1　自然災害取扱いにおける STEM 教材開発の意義を検討する理由　63
5.1.2　自然災害に関連した STEM 教育における統合の度合い　64
5.1.3　自然災害と STEM の観点　65
1)Engineering　65
2)Technology　67
3)Science　68
4)Mathematics　70
5)Society（社会科）の要素　71
5.1.4　STEM(S)の観点と安全教育の目標との関り　72
5.1.5　SDGs と STEM 教育　74
5.1.6　自然災害に関連した日本の STEM 教育の可能性　75
5.2　自然災害に関わるプログラミング教材の活用－防災教育と連動した STEM 教材の開発と実践－　76

5.2.1　自然災害に関わるプログラミング教材活用の理由　76
5.2.2　STEM の観点から捉えた授業開発　77
5.2.3　発生した自然災害を教材とした授業計画　80
5.2.4　授業評価の方法　80
5.2.5　結果　80
1)目標①から目標④に関連性のある発言の出現　80
2)発話プロトコルの概要理解　81
3)各目標に当てはまる発言の出現過程　83
5.2.6　考察とまとめ　85
5.2.7　結語　86

第 6 章　まとめ　88
6.1　科学的リテラシー育成を踏まえた防災・減災教育の在り方　88
6.2　日本型防災・減災教育　91

引用文献

図表目次
図 2-1　「火山噴火」の問 3（「データと証拠を科学的に解釈する能力」が求められた問題）　17
図 3-1　土地の立体地図モデルと建物モデル　26
図 3-2　使用したワークシート　28
図 3-3　「思考力・判断力・表現力」活用の出現推移　33
図 4-1　ホワイトボードに赤色と青色の磁石シートを貼ったもの　50
図 4-2　赤、青、緑の色の磁石シート、堤防と水門、遊水地のイラストが貼ってある磁石シートを貼ったもの　51
図 4-3　教材を使用した活動のルール　51
図 4-4　共起ネットワーク・サブグラフ検出（modularity）　55
図 4-5　安全教育の目標と関連のある発言の出現推移　56
図 5-1　タンクモデル　68
図 5-2　筑後川本流（瀬ノ下）と支流（飯ヶ口橋）における河川の水位　70
図 5-3　久留米市の 7 月 6 日から 7 月 8 日にかけての降水量　70
図 5-4　瀬ノ下と飯ヶ口橋の位置　71
図 5-5「災害学習セット LT」を活用した学習の様子　77
図 5-6　岩淵水門（上）【荒川側】と岩淵水門（下）【隅田川側】の水位　78
図 5-7　目標①から目標④の出現推移　81
図 5-8　共起ネットワーク・サブグラフ検出（modularity）　82

図 6-1　科学的リテラシー育成を踏まえた安全教育(防災教育) の在り方　92
表 1-1　防災に関わる学習指導要領の変遷と発生した自然災害　9
表 1-2 「防災」に関わるターゲット　11
表 1-3 「防災」に関連した SDG s のための学習目標　12
表 2-1 「安全に関する資質・能力」と「PISA2015 の科学的リテラシー」の対応表　19
表 2-2　「安全に関する資質・能力」と「TIMSS の理科」の対応表　22
表 3-1　教材開発の参考にした自然災害とその状況　25
表 3-2　行動決定カードの内容　26
表 3-3　情報カード①から③の内容　27
表 3-4　教材を効果的に活用する学習の流れ（14 時間扱い）　29
表 3-5 「思考力・判断力・表現力」の 4 つの要素　31
表 3-6 「思考力・判断力・表現力」活用回数　34
表 3-7　要素③に当てはまる発言前後のプロトコル　34
表 3-8　要素①及び要素②に当てはまる発言が前後に見られ、要素④に当てはまる発言が出される場面　35
表 3-9　要素①及び要素②に当てはまる発言が前後に見られ、要素④に当てはまる発言が導出される場面（2 班）　36
表 3-10　要素②に当てはまる発言が前後に見られ、要素④に当てはまる発言が導出される場面（3 班）　36
表 3-11　要素①及び要素②に当てはまる発言が前後に見られない要素④に当てはまる発言までの場面（4 班）　36
表 4-1　国内におけるジオパーク一覧　41
表 4-2　ジオパークにおける自然災害に関連のある SDGs　45
表 4-3　副読本「小学校 5 年生・6 年生理科学習副読本－感じて確かめて伝えよう糸魚川ユネスコ世界ジオパークー」の目次　47
表 4-4　SDGs ゴール 11「住み続けられるまちづくりを」のねらいに沿ったカリキュラム　53
表 4-5　3 班の NO.3、4（図 4-5）に当たる発言前後の発話プロトコル　56
表 4-6　2 班の NO.19 から 21（図 4-5）に当たる発言前後の発話プロトコル　57
表 4-7　2 班の NO.9、10（図 4-5）に当たる発言前後の発話プロトコル　58
表 4-8　5 班の NO.6（図 4-5）に当たる発言前後の発話プロトコル　58
表 4-9　1 班の NO.3、4(図 4-5)に当たる発言前後の発話プロトコル　58
表 4-10　6 班の NO.14 から 16（図 4-5）に当たる発言前後の発話プロトコル　59

表 4-11　4 班の NO.24 から 26（図 4-5）に当たる発言前後の発話プロトコル　59
表 5-1　気象災害に関連する学習内容　65
表 5-2　大阪府河内平野を例とした水害教材によるプログラム　72
表 5-3　自然災害に関わる、Science、Technology、Engineering、Mathematics、Society　73
表 5-4　安全教育の目標と STEM（S）の関連性　74
表 5-5　令和元年東日本台風発生時の、荒川、隅田川、岩淵水門に関連した内容を、Science・Technology・Engineering・Mathematics の 4 つの観点に分けた授業計画　79
表 5-6　発話プロトコルの評価　80
表 5-7　1 班の NO.7、8(図 5-7)に示された発言前後の発話プロトコル　83
表 5-8　5 班の NO.7、8(図 5-7)に当たる発言前後の発話プロトコル　83
表 5-9　4 班の NO.14、15(図 5-7)に示された発言前後の発話プロトコル　83
表 5-10　3 班の NO.9、10、(図 5-7)に示された発言前後の発話プロトコル　84
表 5-11　2 班の NO.9、10、11(図 5-7)に示された発言前後の発話プロトコル　84
表 5-12　1 班の NO.3、4(図 5-7)に示された発言前後の発話プロトコル　84
表 5-13　6 班の NO.1(図 5-7)に示された発話前後の発話プロトコル　84
謝辞

序章　研究の背景と目的、方法と論文の構成

令和 3 年となった現在も、日本列島は毎年のように自然災害による被害を受けている。気象庁は、顕著な災害を起こした自然現象について名称を定めることにしている。これによれば、平成 10 年（1998 年）から令和 3 年（2021 年）までの間に国内において発生した自然現象は、平成 12 年（2000 年）有珠山噴火、平成 12 年（2000 年）鳥取県西部地震、平成 13 年（2001 年）芸予地震、平成 15 年（2003 年）十勝沖地震、平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震、平成 16 年 7 月新潟・福島豪雨、平成 16 年 7 月福井豪雨、平成 18 年豪雪、平成 18 年 7 月豪雨、平成 19 年（2007 年）能登半島地震、平成 19 年（2007 年）新潟県中越沖地震、平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震、平成 20 年 8 月末豪雨、平成 21 年 7 月中国・九州北部豪雨、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震、平成 23 年 7 月新潟・福島豪雨、平成 24 年 7 月九州北部豪雨、平成 26 年 8 月豪雨、平成 27 年 9 月関東・東北豪雨、平成 28 年（2016 年）熊本地震、平成 29 年 7 月九州北部豪雨、平成 30 年 7 月豪雨、平成 30 年北海道胆振東部地震、令和元年房総半島台風、令和元年東日本台風、令和 2 年 7 月豪雨となっている（気象庁, 2018a)。23 年間で、気象現象が 15 回、地震現象が 10 回、火山現象が 4 回発生している。さらに、アジア地域に目を向けると、自然災害による人類の被害はさらに甚大であり（ADRC, 2020)、その被害を減らすための教育方法について、国際社会と共有化することが求められる。

国内における防災教育の状況には、いくつかの課題が見られる。例えば、村越・小山・河合（2016）は、地震を想定した避難訓練で、多くの児童が最短時間の避難よりも自分の机の下への避難を優先することを明らかにしている。片田（2019）も、実際の地震発生時、校庭で遊んでいた子どもが一斉に教室に駆け込み、机の下に潜りこんだ事例を挙げ、避難訓練におけるマニュアル的対応の弊害を指摘している。藤岡（2019）は、地震発生時の行動判断に根拠となる知識を持たないために、誤った行動をしてしまう子どもの例から、何のために避難するのかを児童自身が考えることが必要であると述べている。また、災害発生時、児童が学校や教室にいたとしても、7 時 58 分に発生した 2018 年大阪府北部地震時のように周囲に大人や教員がいるとは限らない。

また、都道府県・政令市教育委員会では、スポーツ健康課等が防災教育を担当している。そのため、自然災害に対する防災・減災教育が科学的リテラシー育成や理科教育とは違う観点で取り組まれている現状が見られる。例えば、東日本大震災発生以降に文部科学省から刊行された「東日本大震災を受けた防災教育・防災管理等に関する有識者会議」（中間とりまとめ、2011 年 9 月、最終報告、2012 年 7 月)、「地震・津波防災マニュアル作成の手引き」(2012 年 3 月)、「学校防災のための参考資料「生きる力」を育む防災教育の展開」(2013 年 3 月）などは、当時、防災を担当していたスポーツ青少年局により出されたものであり、学習指導要領の改変等に関わる初等中等教育局とは別の部局であったため、理科や社会科等で学習する具体的な内容と防災教育が結びついていない印象を受ける。

さらに、日本列島は地域によって、想定される自然災害が異なるため、全国画一的な教育課程や教科・科目とそれに即した検定済み教科書では、自然災害の学習として不十分だという点である。これに関して、藤岡（2016）は、日本の防災教育の課題として、「身近な地域の自然環境と防災教育を結び付けるには、現行の教育システムでは限界がある。」と述べているが、その解決のためにも、地域や自然災害に即した具体的なカリキュラム・マネジメントが必要となる。

これからの防災・減災教育を考える上で、自然災害など、科学の諸領域を複合的に含んだ内容を理科教育で取り上げ、科学的な根拠を基にして新たな課題を解決していく問題解決能力を育成することが必要である。さらに、その基盤となる科学的思考力や論理的思考力を育む科学的リテラシーを育成することは、重要な着眼点の一つだと言える。

防災教育の必要性が重視されながら先行研究は多いとは言えず、全教科や学校全体の体系的な取組が少ない。本研究では、科学的リテラシー育成を基盤としたこれからの時代に求められる人材育成の具体的な内容・方法として、理科教育を軸とした、防災・減災教育の在り方を検討する。

その方法として、第 1 章では、近年の理科教育における自然災害取扱いの現状と課題についてまとめる。具体的には、小・中学校学習指導要領解説理科編における「自然災害」に関連した内容の変容を整理する。そして、文部科学省を中心とした国全体としての取組や「自然災害」に関連した、OECD・PISA 調査と小・中学校学習指導要領解説理科編の内容との関連性について捉える。さらに、DESD（持続可能な開発のための教育の 10 年）や国連防災世界会議など国際的な動向との関連を探る。次に、防災教育における科学的リテラシー育成の意図をさらに詳細に示すために、第 2 章では、学習指導要領の内容や目的等の改訂に影響力を持つと考えられる、「OECD・PISA の科学的リテラシー」、「IEA・TIMSS の理科」で出題された問題について安全教育の目標（文部科学省，2019a）と照らし合わせて検討する。

第 3 章と第 4 章では、第 1 章で明らかにした課題を解決する手立てとして、防災教育における「科学的リテラシー」育成の具体的な授業方法について論じる。ここでは、自然災害発生時の行動選択や意思決定の力を育成するなど、災害が発生した場合に、自他の命を守るための学習内容と災害に強い持続可能な街づくりについて考えるなど、自然と人間、人間と人間（社会）の繋がりについて気付いたり、考えたりする内容について取り上げる。

そして、第 5 章では、これからの防災教育に期待する展開として、気象情報や予測技術、数値データなど、学習指導要領で取扱われていない防災上の課題について理科教育で取り上げることの意義について検討する。

最後に、第 6 章で、これらの研究成果から、国際世界に貢献可能な日本型防災・減災教育の在り方についてまとめる。

第 1 章　近年の理科教育における防災教育の現状と課題

1.1 平成元年以降の教育行政の動向

平成 7 年（1995 年）兵庫県南部地震などの被害を受けて、1998 年に文部省スポーツ・青少年局（当時）から「生きる力をはぐくむ防災教育の展開」が刊行された。これは、各学校の教職員における防災教育の指針となった。2001 年には文部科学省スポーツ・青少年局から「生きる力をはぐくむ学校での安全教育」が刊行された。また、子ども安心プロジェクトが開始された。さらに、文部科学省大臣官房政策課が 2002 年より教員研修センターと共催し、教育委員会の安全担当者を対象にした学校安全教育指導者研修を実施している。2007 年には、文部科学省研究開発局において局長の諮問機関として「防災教育支援に関する懇談会」を設置し、学校・地域で行われる防災教育を支援し、日本の防災力を高めるための方策について審議する機関を設置した。2008 年から文部科学省スポーツ・青少年局が防災教育支援事業を開始した。これは防災教育内容の充実や防災教育に携わる人材育成等を目的としたもので、公募により 5 地域を選択して防災教育の先進地域として位置づけるものである（防災教育開発機構, 2009)。2009 年には「学校保健法」が「学校保健安全法」に改称され、学校における安全管理に関連した条項が加えられた。また、2001 年に刊行された「生きる力をはぐくむ学校での安全教育」がスポーツ・青少年局より 2010 年に改訂された。

このように、文部科学省においては、兵庫県南部地震以降にいくつかの部局に分かれて、様々な自然災害に対する防災教育に関連した取組を実施するようになっていた。

その後、2011 年 3 月 11 日に、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震が発生した。それを受けて、文部省スポーツ青少年局が、2011 年 9 月に「東日本大震災を受けた防災教育・防災管理等に関する有識者会議」中間とりまとめを発表した。また、2012 年 2 月に内閣に復興庁が設置され、福島県双葉郡 8 町村の小・中学校における「ふるさと創造学」の取組など被災地の防災に関連する教育活動支援も行われるようになった（復興庁, 2018)。2012 年 3 月に文部科学省スポーツ・青少年局より「学校防災マニュアル（地震・津波災害）作成の手引き」が刊行され、東日本大震災の教訓を踏まえた、学校防災マニュアルの作成・見直しの手順などが記載された（文部科学省, 2012a)。2012 年 4 月に「学校安全の推進に関する計画」が閣議決定され、今後 5 年間の学校安全の推進に関する施策の基本的方向と具体的な方策が明らかにされた。ここでは、学校における安全教育に「東日本大震災の教訓を踏まえた安全教育」という視点が示されている（文部科学省, 2012b)。2012 年 7 月には「東日本大震災を受けた防災教育・防災管理等に関する有識者会議」最終報告が行われ、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震の教訓を踏まえた防災教育・防災管理の展開が示された（文部科学省, 2012c)。これらの動きを受けて 2011 年 3 月に刊行予定であった『学校防災のための参考資料「生きる力」を育む防災教育の展開』が 2013 年 3 月に、文部科学省スポーツ・青少年局（当時）より公刊される（文部科学省, 2013a)。内容においては、平成

23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震の教訓を踏まえた実践例が数多く取り入れられている。同年に実践的防災教育総合支援事業が開始され、43 の都道府県における防災に関する指導方法の開発や普及、また防災アドバイザー活用事業などを行った（文部科学省, 2013b）。この事業は対象を学校安全に広げながらも現在まで継続されている。

しかし、各学校の安全教育の指針となる刊行物を発行していた文部科学省スポーツ・青少年局等と、小・中・高等学校などの教育課程の基準設定や教科書検定などを担ってきた初等中等教育局が別の部局であったため、教科における安全教育は体育科及び保健体育科を中心として捉えられたものであり、従来、自然災害の現象面を扱う「理科」と避難訓練などを行う「災害安全」は乖離していた。

2015 年に、スポーツ庁の設置を受け、災害安全を担当していたスポーツ・青少年局学校健康教育課は初等中等教育局健康教育・食育課に改組された。一方、初等中等教育局が実施した取組に「文部科学省研究開発学校制度」がある。この中に、2013 年から 2016 年にかけて、仙台市立七郷小学校で、教科・領域の内容を一部統合した新領域「防災安全科」を全学年で創設する実践研究が行われた（仙台市立七郷小学校, 2017）。これは、後に述べる「カリキュラム・マネジメント」の確立を通した系統的・体系的な安全教育の先行事例と言える。2017 年 3 月に文部科学省初等中等教育局より「第 2 次学校安全の推進に関する計画」が通知され、「カリキュラム・マネジメント」の確立を通した系統的・体系的な安全教育の充実などの内容が盛り込まれた（文部科学省, 2017）。さらに、文部科学省初等中等教育局及び独立行政法人日本スポーツ振興センターにおいて 2018 年 3 月に「危機管理マニュアル作成の手引」が刊行された。

2018 年 10 月に、文部科学省において組織再編が行われ、総合政策教育局男女共同参画共生社会学習・安全課が設立され、従来、スポーツ・青少年局が行ってきた学校安全に関わる内容を担うこととなり、教育課程等を担当する初等中等教育局との役割を再び分けることとなった。

文部科学省総合政策教育局男女共同参画共生社会学習・安全課により、2019 年 3 月「生きる力をはぐくむ学校での安全教育」が改訂された。ここでは、2010 年 3 月に刊行されたものに比べて、災害別の事前の準備の方法についての内容が追記されたり、その中で「原子力災害」に関する内容が記載されたりするなど学校現場に対して求める内容が充実している。さらに、カリキュラム・マネジメントを重視する視点が明示されている。しかしながら、理科教育で学習した内容をどのようにして災害安全と繋がりを持たせた学習にしていくのかは具体的に示されていない。

以上から、文部科学省が取り組む学校教育における防災教育の内容は、平成 7 年（1995 年）兵庫県南部地震以降、積極的に行われてはいたが、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震以降は、教育内容の更新が急がれ、その内容は、東北地方太平洋沖地震の教訓を生かしたものが中心となっていると言える。さらに、カリキュラム・マネジメントの視点で災害安全を考えることが重視されてはいるものの、先述のように、教科における学習内

容と災害安全の取り組みの繋がりが具体的に示されていないといった課題も見られる。また、文部科学省スポーツ・青少年局が進め、現在、総合政策教育局男女共同参画共生社会学習・安全課が行っている、学校教育での「災害安全」のねらいや目的と、かつて初等中等教育局が行っていた「災害安全」の方向性が一致していなかったことで、理科教育においても、学校現場において「災害安全」に関連した教育内容が混在している。このことも課題の一つに挙げられる。

1.2 防災に関わる学習指導要領の変遷

1）小学校学習指導要領の変遷

小学校指導書理科編（文部省,1989a）では、第3学年で「土と石」の学習内容がある。土は、場所によって手触りや水の滲（し）み込み方に違いがあることなどを学習する。第4学年では、流れる水に関連した内容を、第5学年では天気の変化について、第6学年では「火山灰層」と関連して「火山」という言葉を学習する。ここでは、自然の事物・現象についての内容はあるが「防災」という視点で捉えた学習内容は見られない。

小学校学習指導要領解説理科編（文部省,1999a）の内容の改善において「実感を伴う理解を図るため、ものづくりや自然災害に関する内容を充実した。」とある。「実感を伴う理解」は、ここで新たに加わった言葉である。「自然災害に関する内容の充実」は、第5学年「C地球と宇宙」において台風と関連して、雨の降り方によって流れる水の働きが変化することを「自然災害」に着目しながら調べること及び第6学年において「火山」と「地震」のどちらか一つを選択し、「自然災害」と関連付けながら調べることが盛り込まれた点である。しかし、教科の学習内容が削除された影響もあり、学習内容の充実を示してはいるものの、実際に自然災害に関連した学習を行う時間は十分とは言えなかった。

小学校学習指導要領解説理科編（文部科学省,2008a）では、OECD・PISA調査の結果などから得られた課題を踏まえた、理数教育の充実の影響を受け、理科の授業時間数が増加した。第5学年「流水の働き」では、川の上流、下流の様子や川原の石の違いについての内容が新設された。「天気の変化」の学習では、「天気によって1日の気温の変化の仕方に違いがあること」の学習が無くなり、「雲の量や動きは、天気の変化と関係があること」の学習に変わった。第6学年「土地のつくりと変化」の学習では、「火山」と「地震」の両方を学習することになった。さらに、「理科の改訂の趣旨」で、自然現象について観察、モデルなどを通して探究し、それを自然災害などの視点と関連付けて探究したりすることについての指導に重点を置いて内容を構成することが記載され、従来までの現象面のみを取り扱う内容ではなく、人間生活との関連の中で、自然現象を捉える視点が示されている。

小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編（文部科学省,2018c）では、第5学年「流れる水の働きと土地の変化」と第6学年「土地のつくりと変化」の内容の取り扱いにおいて「自然災害についても触れること。」と記載され、人間生活との関連の中で、自然現象を捉える視点が、さらに明確にされている。

小学校学習指導要領（文部科学省,2018a）では、第4学年に「雨水の行方と地面の様子」が新設され「災害」に関連した学習内容が増えた。また、第一章総則に「災害」という言葉が使われた。理科を含めた教科や教科外の内容を関連付けた総合的な取り組みとして「自然災害の防災」を見る視点が明確化されたとも捉えられる。これは「カリキュラム・マネジメント」の実現を目指すことが求められたことに起因している。

平成28年12月21日の中央教育審議会答申「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策について（以後「答申」と略記）」では、子供たちが起こりうる危険を理解し、いかなる状況下でも自らの生命を守り抜く自助とともに、自分自身が社会の中で何ができるのかを考える共助・公助の視点からの教育の充実を図ることが求められた（中央教育審議会，2016）。答申を受けて、平成29年に告示された学習指導要領では、理科や社会、保健体育など各教科・領域において教科横断的な視点で「安全に関する資質・能力」を育成していくことが求められている（文部科学省，2018a）。小学校学習指導要領（平成29年告示）解説総則編（文部科学省，2018b）の付録には、カリキュラム・マネジメントの参考とするため「防災を含む安全に関する教育（現代的な諸課題に関する教科等横断的な教育内容）」が記載された。

しかしながら、保健体育には「けがを防止するためには、危険の予測や回避の方法を考え、それらを表現すること」とあり、社会科では「災害の種類や発生の位置や時期、防災対策などに着目して、国土の自然災害の状況を捉え、自然条件との関連を考え、表現すること」とある。一方、理科では、例えば、第5学年B(3)「流れる水の働きと土地の変化」で「雨の降り方によって、流れる水の速さや量は変わり、増水によって土地の様子が大きく変化する場合があること」について「自然災害についても触れること」と記載されるも、短い期間や限られた空間で発生する自然の事物・現象の働きや規則性を人間生活との関連の中で捉えることから、危険の予測や回避の方法、自然災害の状況を捉え、自然条件との関連を考えたりする学習内容と重複する。

2）中学校学習指導要領の変遷

中学校指導書理科編（文部省,1989b）では、第2分野「大地の変化と地球」で火山と地震を学習する。ここでは「災害防止に対する関心を喚起することがねらいである。」と記載され、自然の現象面の理解を踏まえて災害に「関心を持たせる」ことに焦点を当てている。

中学校学習指導要領解説理科編（文部省,1999b）では、中学校第1学年2分野（2）「大地の変化」において、火山と地震について扱うが、地震については、現象面を中心に取り上げることと明記されており「災害」については、第3学年2分野（7）「自然と人間」の中で、地域に顕著な災害について扱うことになっている。しかしながら「科学技術と人間」との選択になっているため、自然災害を学習しない生徒も見られた。

中学校学習指導要領解説理科編（文部科学省,2008b）では、OECD・PISA調査などの結果を踏まえた改善の基本方針の一つに、「実社会・実生活との関連を重視する内容を充実する」

とあり、その具体例として、第1分野の科学技術と人間、第2分野の自然と人間が示されている。従来の自然の事物・現象面だけでなく、人間と自然の関わり方という観点で、自然災害を考察し、防災に繋げる学習の方向性が示された。また、中学校学習指導要領解説理科編（文部省,1999b）で一部選択であった、第1分野「科学技術と人間」と第2分野「自然と人間（自然の恵みと災害)」を必修化し、第1・第2分野共通の指導内容として「自然環境の保全と科学技術の利用」として統合し、中学校3年生で学習する内容とした。よって、全ての中学生が「自然災害」についての学習に触れることとなった。

「災害」の観点から、中学校学習指導要領解説理科編（文部省,1999b）と中学校学習指導要領解説理科編（文部科学省,2008b）を比較すると「防災」という言葉を使用した箇所が1カ所から3カ所に増加している。平成7年（1995年）兵庫県南部地震発生後に改訂された中学校学習指導要領解説理科編（文部省,1999b）でさえ、「防災」の記述が1カ所であったのに対し、中学校学習指導要領解説理科編（文部科学省,2008b）が3カ所に増加した背景には、発生した自然災害だけではなく、OECD・PISA調査の結果が影響し、総合的な見方を育てる学習へと発展する内容として「自然災害」が求められたことに起因していると考えられる。

中学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編（文部科学省,2018f）では、改善・充実した主な内容として「全学年で自然災害に関する内容を扱うこと」とした。具体的には、第1・第2分野共通の指導内容として中学校第3学年「自然環境の保全と科学技術の利用」の内容が、中学校第1学年「自然の恵みと火山災害・地震災害」と中学校第2学年「自然の恵みと気象災害」に分けて実施され、中学校第3学年では「生物と環境（地域の自然災害)」が実施された。従来は「地震」や「火山」についての現象面を中心に扱い、他に「地域の自然災害」だけを扱っていたが、「地震」「火山」「気象」の自然現象のメカニズムとそれに伴う災害と恩恵の二面性を人間生活と関連付けて学習する内容に変更された。このことから、中学校においても、人間生活との関連の中で、自然現象を捉える視点が、さらに明確にされていると言える。

また、カリキュラム・マネジメントを踏まえて、自然災害に対する防災を考える視点も強調され、中学校学習指導要領（平成29年告示）解説総則編（文部科学省，2018e）においても「防災を含む安全に関する教育（現代的な諸課題に関する教科等横断的な教育内容)」が記載された。しかしながら、理科で、地震災害や火山災害について、人間生活と関連付けながら調べたりする学習内容は、社会科で学習する日本の地形や気候、国土の特色、自然災害と防災への取り組みなどを基にして、日本の自然環境に関する特色を理解したり、保健体育で、自然災害による危険を予測し、その回避の方法を考えるなどの学習内容と重複する部分も見られる。

以上から、平成元年に告示された学習指導要領では、「災害」の視点ではなく「自然現象」としての視点で地震や火山などを捉えており、平成10年に告示された学習指導要領では、「自然現象」と「災害」を結び付けて考える視点が生まれ、自然災害の取り扱い内容が充

実したと捉えることができる。これは、平成 7 年（1995 年）兵庫県南部地震を受けてのことと推察できる。平成 20 年に告示された学習指導要領では、「災害」という言葉が強調され、自然現象についての内容も増えた。OECD・PISA2006 年調査などの影響を受けて、理科教育における自然災害の捉え方に変化が見られ、人間生活との関係性から自然災害を捉える視点が生まれた。さらに、平成 29 年に告示された学習指導要領では、人間の生活と自然災害を結び付けた中で考える視点がより明確になった。その結果、保健体育や社会科で学習してきた自然災害への備えや人間の生活と自然災害の関係性が理科教育の中でも重視されており、理科と保健体育や社会科などの教科における自然災害の取り扱い方が明瞭に分けられていないという課題も生まれた。一方で、カリキュラム・マネジメントを踏まえて自然災害の防災・減災教育を考える視点も強調されている（表 1-1)。

表 1-1　防災に関わる学習指導要領の変遷と発生した自然災害

小・中学校学習指導要領解説理科編の改訂・概要		元号	気象庁が名称を定めた気象及び地震・火山現象 ※昭和29年洞爺丸台風以前は、気象庁が示す災害をもたらした台風・大雨・火山噴火等の自然現象のとりまとめ資料から主なものを抜粋		
改定のポイント	理科における防災に関連した記述内容 ※学習指導要領の名前は太字で示した。		気象災害	地震災害	火山災害
	昭和22年（1947年）学習指導要領 ・小学校では，1,3,5,6年で自然の事物・現象に関する内容は扱うが，「防災」に関連した内容は無い。 ・中学校では，自然災害に対する「防災」の学習内容が見られる。	S20	枕崎台風　阿久根台風	昭和20年三河地震	
		S21		昭和21年南海地震	
		S22	カスリーン台風		
		S23	アイオン台風	昭和23年福井地震	
		S24	デラ台風　ジュディス台風　キ		
		S25	ジェーン台風		
教科課程を教育課程と改める ・単元学習と社会科の重視 ・家庭科の新設	**昭和26・27年（1951・1952年）告示学習指導要領** ・小学校では，「防災」の観点から捉えられた学習内容が見られる。 ・中学校では，第一学年，火山・地震，海岸の様子，地震津波災害，第二学年，風水害と地震，郷土での防止方法で自然災害や「防災」について学習する。	S26	ルース台風		
		S27	ダイナ台風		
		S28			
		S29	洞爺丸台風		
		S30			
		S31			
		S32			
教育課程の基準としての性格の明確化 ・道徳の時間の新設 ・基礎学力の充実 ・科学技術教育の向上等 ・系統的な学習を重視	**昭和33年（1959・1960年）告示学習指導要領** ・小学校では，「防災」に関連した内容は、小学校6年生の一部だけとなる。 ・中学校では，2分野制導入，「防災」は，2分野の第一学年に設定される。	S33	狩野川台風		
		S34	宮古島台風　　伊勢湾台風	チリ地震津波	
		S35			
		S36	第2室戸台風		
		S37			
		S38	昭和38年1月豪雪		
		S39			
		S40			
		S41	第2宮古島台風		
		S42			
教育内容の一層の向上「教育内容の現代化」 ・時代の進展に対応した教育内容の導入 ・算数における集合の導入等	**昭和43・44年（1969・1970年）告示学習指導要領** ・小学校では，理科から「防災」の内容が無くなる。 ・中学校でも，「自然保護」の内容はあるが，理科から「防災」の内容が無くなる。	S43	第3宮古島台風		
		S44			
		S45	昭和45年1月低気圧		
		S46			
		S47	昭和47年7月豪雨		
		S48			
		S49			
		S50			
		S51			
ゆとりある充実した学校生活の実現＝学習負担の適正化 ・各教科等の目標・内容を中核的事項にしぼる	**昭和52・53年（1977・1978年）告示学習指導要領** ・小学校第5学年・第6学年の理科の授業時数が140時間から105時間に変更。 ・中学校第1学年と第2学年の理科の授業時数も140時間から105時間に変更。 ・小学校・中学校共に、自然災害・防災の記述はない。	S52	沖永良部台風		
		S53			
		S54			
		S55			
		S56			
		S57			
		S58	昭和58年（1983年）7月豪雨	日本海中部地震	
		S59			
		S60			
		S61			
		S62			
		S63			
社会の変化に自ら対応できる心豊かな人間の育成 ・生活科の新設 ・道徳教育の充実	**平成元年（1989年）告示学習指導要領** ・小学校では自然の事物・現象についての内容はあるが「防災」という視点で捉えた学習内容は見られない。 ・中学校では第2分野「大地の変化と地球」で火山と地震を学習する。ここでは「災害防止に対する関心を喚起することがねらいである。」と記載され、自然の現象面の理解を踏まえて災害に「関心を持たせる」ことに焦点を当てている。	H1			
		H2			
		H3			平成3年（1991年）雲仙岳噴火
		H4			
		H5		平成5年（1993年）北海道南西沖地震	
		H6		平成6年（1994年）北海道東方沖地震 平成6年（1994）年三陸はるか沖地震	
		H7		兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）	
		H8			
		H9			
基礎・基本を確実に身に付けさせ、自ら学び自ら考える力などの「生きる力」の育成 ・教育内容の厳選 ・総合的な学習の時間の総説	**平成10年（1998年）告示学習指導要領** ・小学校では内容の改善において「実感を伴う理解を図るため、ものづくりや自然災害に関する内容を充実した。」とある。 ・中学校では「自然と人間」の中で、地域に顕著な災害について扱うことになっている。しかしながら「科学技術と人間」との選択になっているため、自然災害を学習しない生徒も見られた。	H10			
		H11			
		H12		平成12年（2000年）鳥取県西部地震	平成12年（2000年）有珠山噴火 平成12年三宅島噴火
		H13		平成13年（2001年）芸予地震	
		H14			
		H15		平成15年（2003年）十勝沖地震	
		H16	平成16年7月新潟・福島豪雨 平成16年7月福井豪雨		
		H17			
		H18	平成18年豪雪 平成18年7月豪雨		
		H19		平成19年（2007年）能登半島地震	
「生きる力」の育成、基礎的・基本的な知識・技能の習得、思考力・判断力・表現力等の育成のバランス ・授業時数の増 ・指導内容の充実、小学校外国語活動の導入	**平成20年（2008年）告示学習指導要領** ・小学校では従来までの現象面のみを取り扱う内容ではなく、人間生活との関連の中で、自然現象を捉える視点が示されている。 ・中学校では全ての中学生が「自然災害」についての学習に触れることとなった。	H20	平成20年8月豪雨	平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震	
		H21	平成21年7月中国・九州北部豪雨		
		H22			
		H23	平成23年7月新潟・福島豪雨	平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震	
		H24	平成24年7月九州北部豪雨		
		H25			
		H26	平成26年8月豪雨		平成26年御嶽山噴火
		H27	平成27年9月関東・東北豪雨		平成27年口永良部島噴火
		H28		平成28年（2016年）熊本地震	
新しい時代に必要となる資質・能力の育成と、学習評価の充実 ・育成を目指す資質・能力の明確化 ・主体的・対話的で深い学び ・カリキュラム・マネジメント	**平成29年（2019年）告示学習指導要領** ・小学校ではカリキュラム・マネジメントを踏まえ、教科横断的に防災を取り扱う方向性が示される。 ・中学校では改善・充実した主な内容として「全学年で自然災害に関する内容を扱うこと」となった。	H29	平成29年7月九州北部豪雨		
		H30	平成30年7月豪雨	平成30年北海道胆振東部地震	
		R1	令和元年房総半島台風 令和元年東日本台風		
		R2	令和2年7月豪雨		

1.3 科学的リテラシー育成と国内外の学力テストの影響

OECD・PISA 調査は、2000 年以降、3 年に 1 度行われる国際的な学力調査であり、理科においては「科学的リテラシー」の調査との関連性が強い。2006 年と 2015 年に実施した調査は、「科学的リテラシー」が中心分野となり分析が進められた。科学的リテラシーの定義は「思慮深い市民として、科学的な考えを持ち、科学に関連する諸問題に関与する能力である。(PISA2015)」と示されている（国立教育政策研究所,2015)。科学的リテラシーの定義は、米国科学振興協会（AAAS）や全米科学教師協会（NSTA)、全米科学教育スタンダードなどによって、それぞれ異なるが、人間生活や社会と科学との関連性を重視する点においては共通である。

田代（2008）は、小学校学習指導要領解説理科編（文部科学省,2008a）において、理科の目標に「実感を伴った」が追加されたことは、科学的リテラシー育成の上で重要な改善であったと述べている。また、中学校学習指導要領解説理科編（文部科学省,2008b）で設置された「自然環境の保全と科学技術の利用」において、科学的な根拠に基づいて意思決定できるような力を身に付けさせる必要性が示されていると述べ、科学的な根拠に基づいて判断させるような体験をさせることが科学的リテラシーの育成からも重要であると指摘している。先に示したように「自然環境の保全と科学技術の利用」の単元は、自然災害を扱う内容である。よって、理科教育における自然災害の取り扱いの中に「科学的リテラシー」の視点が関係づけられたと言える。

平成 20 年に告示された学習指導要領以降、小・中学校学習指導要領解説理科編の「第 1 章総説」に OECD・PISA 調査との関連が示されるようになったことからも、理科教育における自然災害の取り扱いは、従来の自然現象の発生メカニズムなどの現象面を中心とした内容から、人間生活と自然災害の関連性を意識した内容に変更されており、それは OECD・PISA 調査による科学的リテラシーを育成するという視点が大きな影響を与えていると言える。

1.4 防災教育をめぐる国際的な動向と ESD への注目

1990 年、第 44 回国連総会において自然災害による人的損害、物的損害、社会的・経済的混乱について、国際協調行動を通じて軽減することを目的とした「国連国際防災の 10 年」が採択された。それ以降、STS 教育と自然災害を扱う防災教育についての研究が見られる（例えば、藤岡,2001 など)。2002 年には、持続可能な開発に関する世界首脳会議（ヨハネスブルクサミット）が開かれ、防災教育の視点においても「災害の影響を緩和するために、伝統的な知識及び先住民の知識の普及と利用を促し、また、訓練活動と国民意識の向上を通してなど、地方自治体による地域密着型の災害管理計画を推進すること」などの行動についての必要性が言及された。また、日本の提唱により、2005 年から 2014 年までの 10 年間を、国連持続可能な開発のための教育の 10 年（United Nations Decade of Education for Sustainable Development:以後 UN/DESD と略記）とすることが採択された（United Nations,2002)。UN/DESD の影響から、国内における学校教育現場においても ESD を推進す

る動きが見られるようになる。兵庫県南部地震発生の 10 年後、2005 年に神戸市で第 2 回国連防災世界会議が開催される。この会議では、前年 2004 年 12 月 26 日に発生した、スマトラ島沖地震（M9.0）での被害を受けて、ESD への関心が高かった。ここでは、「兵庫行動枠組」が採択され、2005 年からの 10 年間における防災行動に関する国際的指針が決められた。防災教育も具体的優先行動の一つに位置付けられた。2015 年 3 月には、宮城県仙台市で第 3 回国連防災世界会議が開催され、「国連国際防災戦略」の中で「仙台防災枠組」が採択された。これは、「持続可能な開発目標（Sustainable Development Goals：以後 SDGｓと略記)」と連動し 2015 年から 2030 年までの 15 年間における防災行動に関する目標や国際的指針を示したものである。さらに、2015 年 9 月 25 日、ニューヨーク、国連本部で開催された国連サミットでは SDGｓを中核とする「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」が採択された（United Nations,2015)。SDGｓは、17 のゴール（目標）と 169 のターゲットが示された。その内、目標 4「すべての人に包摂的かつ公正な質の高い教育を確保し、生涯学習の機会を促進する」とあり、教育分野の目標が独立して示されていることからも、持続可能な社会の実現に教育が重要な役割を占めていることは明らかである。

169 のターゲットの内、「防災」に関わる内容を表 1-2 に示す。さらに、UNESCO(2017a)は、ESD を核とした SDGｓ達成のため、SDGｓの 17 の目標ごとに学習目標を設定している。その内、「防災」に関連のある目標を表 1-3 に示す。

表 1-2 「防災」に関わるターゲット（United NationsA(2015)を基にして、作成した。）

ﾀｰｹﾞｯﾄ	「防災」に関わる内容
1.5	2030 年までに、貧困層や脆弱な状況にある人々の強靭性（レジリエンス）を構築し、気候変動に関連する極端な気象現象やその他の経済、社会、環境的ショックや災害に暴露や脆弱性を軽減する。
2.4	2030 年までに、生産性を向上させ、生産量を増やし、生態系を維持し、気候変動や極端な気象現象、干ばつ、洪水及びその他の災害に対する適応能力を向上させ、斬新的に土地と土壌の質を改善させるような、持続可能な食料生産システムを確保し、強靭（レジリエント）な農業を実践する。
11.5	2030 年までに、貧困層及び脆弱な立場にある人々の保護に焦点をあてながら、水関連災害などの災害による死者や被災者数を大幅に削減し、世界の国内総生産比で直接的経済損失を大幅に減らす。
11.b	2020 年までに、包含、資源公立、気候変動の緩和と適応、災害に対する強靭さ（レジリエンス）を目指す総合的政策及び計画を導入・実施した都市及び人間居住地の件数を大幅に増加させ、仙台防災枠組 2015－2030 に沿って、あらゆるレベルでの総合的な災害リスク管理の施策と実施を行う。
13.1	すべての国々において、気象関連災害や自然災害に対する強靭性（レジリエンス）及び適応力を強化する。
15.3	2030 年までに、砂漠化に対処し、砂漠化、干ばつ及び洪水の影響を受けた土地などの劣化した土地と土壌を回復し、土地劣化に荷担しない世界の達成に尽力する。

表 1-3　「防災」に関連した SDGｓのための学習目標

（UNESCO,2017a の内容を筆者らが翻訳し、作成した。下線は著者による）

SDGｓ	「防災」に関連した SDGｓのための学習目標
SDG1	学習者は、資源の不平等な配給、植民地化、争い、自然災害や人為的な影響によるその他の気候変動による災害、自然破壊、科学技術災害、社会保護制度及び対策の不足による貧困の影響と原因について知る。
SDG11	学習者は、食料、エネルギー、輸送、水、安全、廃棄物処理、包含とアクセシビリティ、教育、緑地の統合、災害リスクの減少について、持続可能性を評価し、比較できる。
SDG13	学習者は、様々なレベル（世界から個人まで）と文脈での防止、軽減、適応の方略について、また、これらの災害対応や災害リスクの軽減との関係について知る。
SDG15	学習者は、保護、提供規制、文化的サービス、災害リスクを減少させるための生態系サービスを含む地域の生態系の生態系サービスを分類できる。

上述した国際的な動向を踏まえると、自然災害に対する防災は、SDGs を見据えて取り組むべきものであり、ESD の一つとして捉えられている。これらの行動の基本には理科教育で取扱う自然の事物・現象の理解が不可欠である。

1.5 自然災害を理科教育で扱う課題と今後の展望

以上のことから、今後、自然災害を理科教育で扱う課題と今後の展望を整理する。

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震による影響からも、学校現場に求められる自然災害に関連する取り組み内容は、多岐にわたる。さらに、ESD や国連防災世界会議など、国際的な動向を踏まえて「持続可能な社会を築く」という目的の中で、自然災害の防災という視点が明確化されていると言える。

また、学習指導要領においては、OECD・PISA 調査における「科学的リテラシー」を育成するという視点が、理科教育における自然災害の内容においても影響を与えており、人間生活との関連性の中で、自然災害を捉えるという視点が一般化されつつある。

これらの現状から、いくつかの課題が見えてくる。

一つは、現在、理科教育の中で行われている自然災害による防災教育の内容は、従来の自然現象のメカニズムから捉えるなどの自然の事物・現象のみを取扱ってきた内容から、人間生活との関連性を重視した内容に広がっており、保健体育や社会科で学習していた、自然災害への備えや災害を防ぐ社会の仕組みなどの内容と重なる部分が多く、理科や保健体育、社会などにおける自然災害の取り扱い方が十分に連動されていないことである。さらに、現在、学校教育現場では防災教育だけでなく、人権教育や環境教育、安全教育、自然体験教育など教科教育以外で行う「〇〇教育」が数多く存在する。いずれも社会的な課題解決のために重要な内容であるが「〇〇教育」の多さが教員の多忙感にも繋がっているとも考えられる。しかし、「カリキュラム・マネジメント」を意識した防災教育の視点で教育課程を見直すことにより、これからの時代に必要な育成すべき力の共通性が見出せることも期待できる。

二つ目は、文部科学省で災害安全を担当していた部局と教育課程の基準などを担当していた部局が異なっていたため、教科における学習内容と災害安全の取り組みの繋がりが具体的に示されていないことである。また、平成 27 年（2015 年）から平成 30 年（2018 年）10 月までに初等中等教育局が進めてきた学校教育における「災害安全」のねらいや評価と文部科学省スポーツ・青少年局が進め、現在、総合政策教育局男女共同参画共生社会学習・安全課が行っている学校教育における「災害安全」の方向性がずれていたため、学校教育において行う「災害安全」に関わる教育の方向性が混相し、教育現場に戸惑いが見られる点である。これは教育行政上の限界であり、理科教育学から統合的なアプローチが必要である。具体的な例を示すと、理科授業において、科学的な根拠に基づき、避難訓練の避難経路を考えるなど、理科などの教科と災害安全を繋げた授業実践例を数多く積み上げることが求められる。

三つ目は、表 1-2 に示した「防災」に関わるターゲットを達成するために、自然災害の防災教育を理科教育でも取り扱うことである。国際的な動向を踏まえると、国連の「持続可能な社会を築く」という目的の中で、自然災害の防災教育は SDG s を見据えた ESD を進める上で、具体的且つ、重要な方法だからである。

第 2 章　理科教育に求められる自然災害に関する「資質・能力」

2.1　自然災害に関する「資質・能力」

文部科学省（2019a）は、「日常生活全般における安全確保のために必要な事項を実践的に理解し、自他の生命尊重を基盤として、生涯を通じて安全な生活を送る基礎を培うと共に、進んで安全で安心な社会づくりに参加し貢献できるような資質・能力を次のとおり育成することを目指す。」とし、安全教育の目標を教科と同様に「知識・技能」、「思考力・判断力・表現力等」、「主体的に学習に取り組む態度」の 3 観点から整理している。

- 様々な自然災害や事件・事故等の危険性、安全で安心な社会づくりの意義を理解し、安全な生活を実現するために必要な知識や技能を身に付けていること（知識・技能）。
- 自らの安全の状況を適切に評価するとともに、必要な情報を収集し、安全な生活を実現するために何が必要かを考え、適切に意思決定し、行動するために必要な力を身に付けていること（思考力・判断力・表現力）。
- 安全に関する様々な課題に関心を持ち、主体的に自他の安全な生活を実現しようとしたり、安全で安心な社会づくりに貢献しようとしたりする態度を身に付けていること（学びに向かう力・人間性）。

（文部科学省，2019a）

文部科学省（2019a）を踏まえ、本論文では「安全に関する資質・能力」と「安全教育の目標」という語を用いるが、これらは共に、上記に示す目標のことを指す。

また、その評価について、文部科学省（2019b）は、「教科等横断的な視点で育成を目指すこととされた資質・能力は、各教科等における「知識・技能」、「思考力・判断力・表現力等」、「主体的に学習に取り組む態度」の評価に反映することとし、各教科等の学習の文脈の中で、これらの資質・能力が横断的に育成・発揮されることを目指すことが適当である。」と示している。

第 1 章で述べたように、平成 28 年 12 月 21 日の中央教育審議会答申「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策について（以後「答申」と略記）」では、子供たちが起こりうる危険を理解し、いかなる状況下でも自らの生命を守り抜く自助とともに、自分自身が社会の中で何ができるのかを考える共助・公助の視点からの教育の充実を図ることが求められた（中央教育審議会，2016）。答申を受けて、平成 29 年に告示された学習指導要領では、理科や社会、保健体育など各教科・領域において教科横断的な視点で「安全に関する資質・能力」を育成していくことが求められている（文部科学省，2018a）。

小学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説総則編には、現代的な諸課題に対応する資質・能力として「防災を含む安全に関する教育」について育成を目指す資質・能力に関連する各教科の内容が記載された（文部科学省，2018b）。理科では「自然の事物・現象の働きや規則性などを理解することが大切であり、そのことが自然災害に適切に対応することにつ

ながると考える（文部科学省，2018c)」と示されている。

しかしながら、この文章だけでは、理科教育で求められている自然災害に関連した「安全に関する資質・能力」が明確に示されているとは言えない。

理科教育で育成が求められる資質・能力、目標や内容は、国際的な学力調査結果の影響を受けている。平成 20 年に告示された学習指導要領理科編には、OECD・PISA 調査の影響を受けた改訂の経緯が記載されている（文部科学省，2008a)。さらに、平成 29 年に告示された学習指導要領には、「PISA の科学的リテラシー」だけでなく、「TIMSS の理科」における影響を受けた理科改訂の趣旨が記されている（文部科学省，2018c)。

理科教育における自然災害の取扱いは、2000 年以降、PISA の「科学的リテラシー」を育成する視点が影響し、現象面を中心とした内容から、人間生活と自然災害との関連も取扱う方向になっており、特に、科学的リテラシーを中心領域に据えて実施された PISA2006 以後、平成 20 年に告示された学習指導要領では、自然災害に関連した内容が充実する（藤岡，2015;佐藤・藤岡，2020)。PISA2006 では、「科学的リテラシー」という用語を使用する理由として、「伝統的な学校理科での知識を単に再生するよりもむしろ様々な生活場面の状況に合わせて科学的知識を適用する」ことに重点を置くとされ、科学的リテラシー育成を踏まえた教育の方向性が示されている（OECD，2006)。

TIMSS の理科においても、児童・生徒に対して求めている資質・能力に変更が見られる。猿田（2010）は、1995 年に実施された TIMSS1995 からは、「問題解決、分析、科学的方法の使用、自然界への探求」といった行動目標へ、そして、2007 年に実施された TIMSS2007 では、「知ること、応用すること、推論すること」という思考操作に基づいて、「情報を解釈する」、「科学的説明をする」、「証拠から結論を導くための推論をする」という PISA の科学的リテラシーに通じる方向性へ転換していることを明らかにしている。

したがって、理科教育において、自然災害に関連した「安全に関する資質・能力」の形成に貢献できる可能性は、「自然の事物・現象の働きや規則性などを理解する」だけに留まらないことが推測できる。

これらの背景から、本章では、「PISA の科学的リテラシー」と「TIMSS の理科」で「自然災害」に関連して出題された調査問題から、理科教育における自然災害に関連した資質・能力を整理し、「安全に関する資質・能力」との対応関係を明らかにする。

その方法として、はじめに「PISA の科学的リテラシー」と「TIMSS の理科」の両方の観点から求められる、理科教育における自然災害に関連した資質・能力を検討する。そのために、OECD・PISA と IEA・TIMSS における「自然災害」に関連した調査問題に着目した。

PISA2006 と PISA2015 は、「科学的リテラシー」が中心分野とされた。そのため、調査問題には PISA の科学的リテラシーの観点から要求される資質・能力が表出されていると考えた。また、TIMSS は理科の教育到達度を国際的な尺度から測定している（日本理科教育学会，2012)。したがって、TIMSS の理科からは、国際的な枠組みの中で、理科教育で求められる自然災害に関連した資質・能力を見いだすことができると考えた。

本章における研究は、次の手順で分析を進めた。

まず、「科学的リテラシー」を中心領域に据えて実施された PISA2015 の「自然災害」に関連した「調査問題」を抽出し（予備調査問題も含む)、問題解決のために求められている資質・能力を検討した。PISA2006 の公開されている問題には、「自然災害」に関連した問題は見られなかったため、検討できなかった。

次に、PISA の科学的リテラシーに通じる方向性へ転換された TIMSS2007 と、それ以降に実施された TIMSS2011 の理科問題から「自然災害」に関連した問題を抽出し、自然災害に関連した問題を解決するための資質・能力を検討した。尚、求められる資質・能力に対する経年的な課題を考慮する観点から、「正答率」も分析の対象に入れた。

「自然災害」の定義は、国立研究開発法人防災科学技術研究所（2013）の内容を参考にし、「広域の気象・水象・地象現象、局地的な地学的気象条件ならびに地域の人間・社会の諸要因が相互に関係しあって発生する複合的な現象」とし、これに当てはまる自然災害に関連した問題を分析の対象とした。

2.2 OECD・PISA に見る「自然災害」に関する資質・能力

予備調査問題（OECD,2015）に「火山噴火」という問題がある。この問題は 4 つの問題で構成され、問 1 と問 3 と問 4 が公開されている。

問 1 は、世界地図上に地震の発生地点とリングオブファイアーが示されており、その地図を基にして「火山活動または地震が最も起こりにくいと考えられる場所を選択せよ」という問題である。選択肢は、ロシア連邦東部、エクアドル・ペルー周辺、カナダ東部、北部ヨーロッパの 4 つである。生徒は、この地図に示されている情報を基に判断して「北部ヨーロッパ」を選択することが求められる。

問 3 は、横軸に年（西暦)、縦軸に大規模な火山噴火が発生した際の、地表面に到達する放射線量を示したグラフが示されており、それを基にして、地表面に到達する放射線量の割合が、火山噴火後に変化する理由について記述する問題である。ここでは、火山噴火による噴出物が太陽からの放射線を反射・吸収することを示すような説明が求められている（図 2-1)。

問 4 は、科学者たちが 1960 年以来計測してきた大気中の二酸化炭素濃度のグラフと、大気中の二酸化炭素の増減に関する関連要因とその比率を示した表が示されている。この表から、火山噴火が大気中の二酸化炭素濃度にどのような作用を及ぼすのかを読み取り、4 つの選択肢の中から選択する問題である。選択肢は、「1. たくさんの噴火があるので影響は大きいと言える」「2. 一つ一つの噴火で大量の物質が放出されるため、影響は大きいと言える」「3. 火山から出る二酸化炭素量は他の排出源からの量と比較し、少ないため、影響は小さい」「4. 噴火の最中、大気中の二酸化炭素濃度は減少するので、影響は小さい」である。

OECD(2015)によれば、これらを解決するための科学的能力は「データと証拠を科学的に

解釈する能力」とされる。知識については、問 1 と問 4 は、問題を解決するための手順について理解することが要求されている。問 3 は、「地球と宇宙のシステム」についての知識が要求されている。問題の内容から、火山噴火などの自然現象に関わる 2 つ以上の情報を基にして、それらを関連付けて考える力が要求されている。

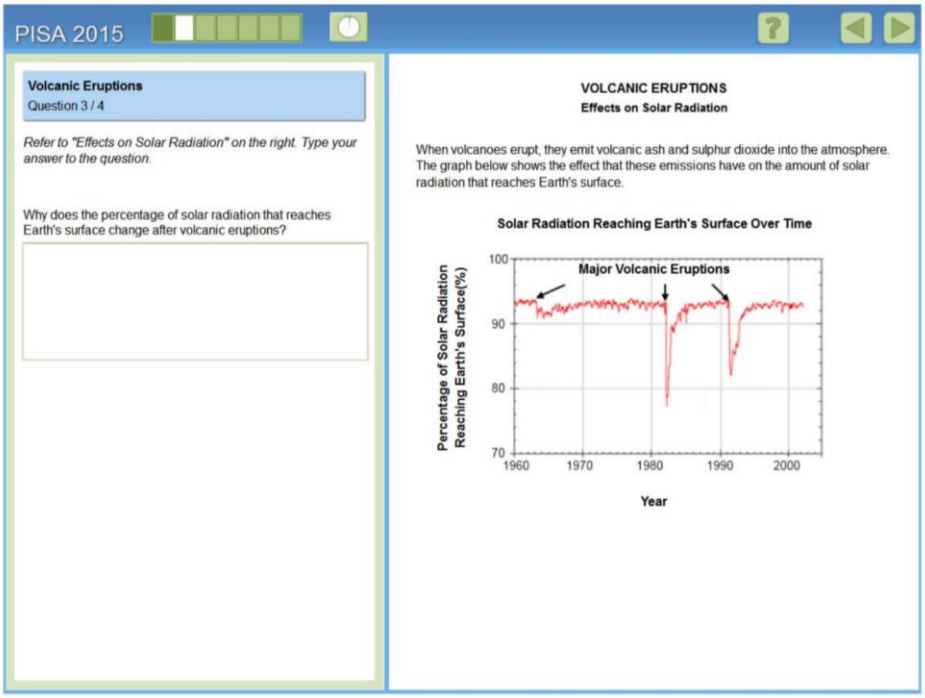


図 2-1　「火山噴火」の問 3

（「データと証拠を科学的に解釈する能力」が求められた問題）出典：OECD(2015)

PISA2015 の予備調査問題の中に「地下水汲み上げと地震」という問題がある。4 つの問題で構成され、4 問全てが公開されている。

問 1 は、地殻についての説明及び地殻とプレートや断層と地震との関連についての説明が書かれており、断層に沿ったプレートの動きの例がイラストで示されている。その資料を基にして「断層には自然に圧力がかかっていく。これはなぜ起こるのだろうか」という問題に対して記述式で答えるものである。正答例によると、生徒は、プレートが動くため、圧力が大きくなっていくことなどを示したり、岩や地面が異なる方向へ動き、断層のズレのところで止まるということを示したりすることが求められている。

問 2 は「地図には、ある範囲の近くの圧力の程度が示されている。この範囲内の 4 地点を A、B、C、D で表す。どの地点も範囲内にある断層の上または近くとなっている。地震の起こりやすさの順に並べよ」という問題である。圧力の程度と地震との関連について考察し、答えを導き出すことが求められている。

問 3 は「スペインのロルカは、しばしば地震による被害を経験している地域である。2011 年 5 月、ロルカで地震が発生した。地質学者は、該当地域における以前の地震とは異なり、

地下水の汲み上げに代表される人間の活動によって引き起こされた地震だと確信した。地質学者の仮説によれば、地下から水を採取する活動は、近接する断層への圧力に影響を与えており、地震を発生させる引き金となっている。これらの内容に関して、地質学者の仮説を裏付ける観測結果は何かを 4 つの選択肢から選択しなさい」というものである。4 つの選択肢は「1.その地震は、ロルカから何キロメートルも離れた地点で感じられた」「2. 汲み上げ作業により、最大の圧力が発生する地点では、断層に沿った大地の動きが最大であった」「3.ロルカでは、2011 年 5 月の地震よりもマグニチュードの大きい地震を観測したことがある」「4. この地震のあと、ロルカの周辺地域では、小規模な地震がいくつか続いた」である。「地下水の汲み上げ作業」という人間の活動と「地震」という自然現象を結び付けて、考えることが求められている。

問 4 は「ロルカから遠く離れた地域の町に住む学生が、2011 年のロルカ地震に関する地質学者の仮説を学んでいる。この学生は、自分の住む区域で地下水の汲み上げが行われ、その水位が下がっていることを知る。彼は、自分の町での地震の可能性を考え心配に思う。地下水の汲み上げが、彼の町で地震を引き起こす危険性を計るためには、彼は次の内、どの問題に取り組むべきだろうか」という問題である。選択肢は「1.この地域の近くには断層があるか」「2.この地域の地殻は、自然に圧力を受けているか（人為的でないか)」「3.この地域で汲み上げられた地下水は、汚染されているか」「4. この地域の日中の平均気温は何度か」である。問題を解決するための方法を答えることが求められている。

問 1、問 3、問 4 を解決するために必要な科学的能力は「現象を科学的に説明する能力」とされている。また、必要な知識は「地球と宇宙のシステム」とされる。問 2 は、「火山噴火」と同様に「データと証拠を科学的に解釈する能力」が求められているとされる。知識については、問題を解決するための手順について理解することが要求されている。

問題の内容から、問 1 は、「地殻」「プレート」「断層」「地震」など、理科で学習する言葉を用いて、自然の事物・現象について正しく説明することができる能力が求められていると考えられる。問 2 は、問題を解決するための手順を理解し、自然現象に関わる複数の情報を関連付けて考える力が要求されている。一方、問 3 と問 4 は、地殻の圧力と地震との関連性及び断層の動きと地震との関係など、いくつかの知識を基にして、判断する力が要求されている。

予備調査問題（OECD,2015）から捉えられる自然災害に関連した資質・能力と「安全に関する資質・能力」を対応させたものが表 2-1 である。

PISA2015 の「科学的リテラシー」における「理科で学習する言葉を用いて、自然の事物・現象について正しく説明することができる能力」の内、「理科で学習する言葉を用いて」は、「安全に関する資質・能力」の「安全な生活を実現するために必要な知識や技能を身に付けていること（知識・技能)」と対応する。また、「自然の事物・現象について正しく説明することができる能力」は、「安全に関する資質・能力」の「自らの安全の状況を適切に評価するとともに（思考力・判断力・表現力等)」と対応する。

PISA2015 の「科学的リテラシー」における「火山噴火や地震などの自然現象に関わる複数の情報を関連付けて考える力」は、「安全に関する資質・能力」の「必要な情報を収集し、（思考力・判断力・表現力等)」の箇所と対応する。

PISA2015 の「科学的リテラシー」における「人間生活と自然災害を関連付けた状況設定の中で、いくつかの知識を基にして、判断する力」の内、「人間生活と自然災害を関連付けた状況設定の中で」は、「安全に関する資質・能力」の「自らの安全の状況を適切に評価するとともに（思考力・判断力・表現力等)」と対応する。また、「いくつかの知識を基にして、判断する力」は、「安全に関する資質・能力」の内、「安全な生活を実現するために何が必要かを考え、適切に意思決定し、行動するために必要な力を身に付けていること（思考力・判断力・表現力等)」と対応する。

表 2-1　「安全に関する資質・能力」と「PISA2015 の科学的リテラシー」の対応表

安全に関する資質・能力	PISA2015の「科学的リテラシー」
様々な自然災害や事件・事故等の危険性、安全で安心な社会づくりの意義を理解し、①安全な生活を実現するために必要な知識や技能を身に付けていること（知識・技能）」	①理科で学習する言葉を用いて、②自然の事物・現象について正しく説明することができる能力
②④自らの安全の状況を適切に評価するとともに、③必要な情報を収集し、⑤安全な生活を実現するために何が必要かを考え、適切に意思決定し、行動するために必要な力を身に付けていること（思考力・判断力・表現力）	③火山噴火や地震などの自然現象に関わる2つ以上の情報を基にして、それらを関連付けて考える力
	④人間生活と自然災害を関連付けた状況設定の中で、⑤いくつかの知識を基にして、判断する力

※対応する資質・能力どうしの文脈には、二重線を引き、①や②など、同じ文脈どうしで番号を記して区別した。筆者が作成。

2.3 IEA・TIMSS に見る「自然災害」に関する資質・能力

TIMSS2007 の小学校 4 年生を対象とする問題には、「自然災害」に関連性のある問題は見られない。中学校 2 年生を対象とした問題に、「ある田園地域には多くの木があります。この地域に住む人々が、木を切って木材にすることにしました。このような決定が、環境に与える長期的な影響を 1 つあげてください」という問題がある。その中で「頻繁に洪水が起こる」など「災害」に関連した解答も求めることができる。他にも、「木を植えると、なぜ土壌侵食を減らすことができるのか」について記述させる問題がある。「災害」との関連を考えると「木の根は土を固定する強度があるため、大洪水の際には根が土を押さえ、土壌の侵食を防ぐことができる」という解答が推察される。これらは、土砂災害の防止、洪水の緩和機能などに関する知識が求められている。前述の問題の日本の正答率は 67.1%、

国際平均値は 57.5%である。後述の問題の日本の正答率は 47.4%、国際平均値は 30.6%である。いずれも国際平均値よりも高い値を示す（国立教育政策研究所，2009)。

河川に関連した問題は、TIMSS1995 で初めて出題された。河川の近くで農業を営むのに有利な点と不利な点について記述することが求められる問題である(国立教育政策研究所編著,1998)。これについて藤岡（1999）は、日本の小学校 3、4 年生の有利な点の記述についての正答率、60%、75%に比べ、不利な点の記述については、正答率が 8%、12%と極端に低くなっており、特に洪水があると答えたのは、3%、5%に過ぎず、水害に対する意識が非常に低いことと、日本では戦後の大規模な河川改修や、水の働きに比べ堆積物の取扱いはほとんどなかったことから、水害に対する意識が少なかったことを指摘している。

TIMSS2011 の小学校 4 年生に出題された問題にも、川のそばで農業を行うことの長所と短所を記述する問題がある。長所についての日本の正答率は 32.6%、短所についての正答率は 25.9%、国際平均値は、長所については、41.9%、短所については、33.7%である。長所、短所の記述共に、国際平均値を下回っている。この問題では「短所」について記述する内容は、河川の氾濫や洪水などの解答が求められる（国立教育政策研究所編著，2013)。

河川環境を踏まえ、人間生活との関りとして「水害」を関連付ける内容の問題が 16 年後にも出題されているが、正答率を見ると依然低い値を示し、TIMSS1995、TIMSS2011 の実施段階では、自然の恩恵と災害といった二面性に対する理解が十分とは言えない現状にある。河川に関して水害の意識に向上が見られないことは、教育内容・方法等が改善されていないことの示唆となるが、ここでは指摘だけに止めておく。

TIMSS2011 では、他に、自然だけが原因で起こる土地の変化はどれかを問う問題が、小学校 4 年生と中学校 2 年生を対象とした両方の問題に見られる。小学校 4 年生を対象とした問題の選択肢は「①農業によって、土にふくまれている養分がうしなわれる」「②木を切ることによって、砂ばくができる」「③ダムのけんせつによって、こう水が起こる」「④はげしい雨によって、土にふくまれている養分がおし流される」である。日本の正答率は 55.3%であり、国際平均値の 38.8%を上回る結果となった。中学校 2 年生を対象とした問題の選択肢は「①殺虫剤による栄養劣化」「②木の伐採による砂漠の形成」「③ダムの建設による洪水」「④大雨による栄養素流出」である。日本の正答率は 80.4%であり、国際平均値の 55.2%を上回る結果となった。ここでは、土地の変化における理由について、人為的な要因と自然要因とを分けて考えることが求められている。ダムの崩壊と水害に関連した類似の問題が、TIMSS1999 で出題されている（国立教育政策研究所編著，2013)。これらは、環境保全に関わる知識としてまとめられる。

その他、TIMSS2011 で中学校 2 年生を対象とした問題に「火山の噴火が環境にどのような影響を与えることがあるか」を記述させる問題がある。日本の正答率は 63%であり、国際平均値の 47.8%を上回る。また、活火山が見つかる可能性が高い場所について、4 つの選択肢から選ばせる問題がある。選択肢は「①川の源流」「②プレートとプレートが交わるところ」「③海の最も深いところ」「④陸と水が交わるところ」である。日本の正答率は 69.3%

で、国際平均値の 65.4%よりも高い値を示す。これも、「活火山」や「プレート」など、2つ以上の言葉を関係付けて、自然の事物・現象について正しく説明することができる能力が求められていると考えられ、PISA における「現象を科学的に説明する能力」とも類似した能力が求められている（国立教育政策研究所編著，2013)。

TIMSS2015 では、小学校 4 年生を対象に出題された問題に「災害」に関連した問題は見られない。TIMSS2015 の中学校 2 年生を対象とした問題には、「地震の原因となっているのは何でしょうか」という問いに記述式で答えさせる問題がある。日本の正答率は 58.4%であり、国際平均値は 48.6%である。地震発生率が高い日本において、この正答率は大きな課題と言えるだろう（国立教育政策研究所編著，2017)。

表 2-2 は、TIMSS2007 と TIMSS2011 で出題された自然災害に関連した問題を解答するために求められる資質・能力を「安全に関する資質・能力」と対応させたものである。

表 2-2 「安全に関する資質・能力」と「TIMSS の理科」の対応表

年度	対象	問題	解答するために求められる自然災害に関連した資質・能力	安全に関する資質・能力
2007	中学校	ある田園地域には多くの木があります。この地域に住む人々が、木を切って木材にすることにしました。このような決定が、環境に与える長期的な影響を1つあげてください。	①土砂災害の防止、洪水の緩和機能に対する知識 ・降雨の河川流出までの時間を遅らせる ・降雨時の川の流量ピークを遅らせるなど ・大洪水の際には、根が土を押さえる	①様々な自然災害の危険性、安全で安心な社会づくりの意義を理解し、安全な生活を実現するために必要な知識や技能を身に付けていること（知識・技能）
		木を植えると、なぜ土壌侵食を減らすことができるのでしょうか。		
2011	小学生	川のそばで農業を行うことの長所と短所を書きましょう。	②河川の氾濫や洪水など、水害に対する意識	②自らの安全の状況を適切に評価する（思考力・判断力・表現力）
		自然だけがげんいんで起こる土地の変化はどれでしょうか。	③環境保全のための知識 ・土地の変化における理由について、人為的な要因と自然要因とを分けて考えられる知識	③安全で安心な社会づくりの意義を理解し、安全な生活を実現するために必要な知識や技能を身に付けている（知識・技能）
	中学生	次の土の変化のうち、自然のみが原因で起こるものはどれでしょうか。		
		火山の噴火が環境にどのような影響を与えることがあるか、１つあげてください。	④２つ以上の言葉を関係付けて、自然の事物・現象について正しく説明することができる力	④必要な情報を収集し、安全な生活を実現するために何が必要かを考え（思考力・判断力・表現力）

※対応する資質・能力どうしの文脈には、二重線を引き、①や②など、同じ文脈どうしで番号を記して区別した。筆者が作成。

土砂災害の防止や洪水の緩和機能に対する知識などは、「安全に関する資質・能力」の内、「様々な自然災害の危険性、安全で安心な社会づくりの意義を理解し、安全な生活を実現

するために必要な知識や技能を身に付けていること（知識・技能)」と対応する。「河川の氾濫や洪水など、水害に対する意識」は、「安全に関する資質・能力」の内、「自らの安全の状況を適切に評価する（思考力・判断力・表現力等)」と対応する。「環境保全のための知識」は、「安全に関する資質・能力」の内、「安全で安心な社会づくりの意義を理解し、安全な生活を実現するために必要な知識や技能を身に付けている（知識・技能)」と対応する。「2つ以上の言葉を関係付けて、自然の事物・現象について正しく説明することができる力」は、「安全に関する資質・能力」の「必要な情報を収集し、安全な生活を実現するために何が必要かを考え（思考力・判断力・表現力等)」と対応する。

また、TIMSS2011の一部の問題と、TIMSS2015では、災害を引き起こす原因となる自然現象やその発生メカニズムなどを記述する、「知識・技能」や「体系的な思考力」が求められる内容が出題されている（国立教育政策研究所編著, 2013;国立教育政策研究所編著,2017)。

PISA2015とTIMSS2007とTIMSS2011の調査問題から、理科教育における自然災害に関連した資質・能力を整理し、「安全に関する資質・能力」との対応関係を明らかにした。

その結果、以下のことが示された。

予備調査問題（OECD, 2015）からは、身に付けていることが求められる自然災害に関連した資質・能力として、以下の3つが検討できる。

① 火山噴火や地震などの自然現象に関わる2つ以上の情報を基にして、それらを関連付けて考える力
② 理科で学習する言葉を用いて、自然の事物・現象について正しく説明することができる能力
③ 人間生活と自然災害を関連付けた状況設定の中で、いくつかの知識を基にして、判断する力

これらの資質・能力は、「安全に関する資質・能力」の内、「知識・技能」と「思考力・判断力・表現力」の文脈と一致する。

TIMSS2007、TIMSS2011の理科問題からは、育成することが求められている自然災害に関連した資質・能力として、以下の4つが検討できる。

① 土砂災害や洪水の緩和機能に対する知識
② 河川の氾濫や洪水など、水害に対する意識
③ 環境保全のための知識
④ ２つ以上の言葉を関係付けて、自然の事物・現象について正しく説明することができる力

これらの資質・能力においても、「適切に意思決定し、行動するために必要な力（思考力・判断力・表現力)」以外の文脈は一致する。

したがって、理科教育における、科学的リテラシー育成を踏まえた自然災害に関連して求められる資質・能力と自然災害に関連した「安全に関する資質・能力」は、相似である。科学的リテラシーの育成を踏まえた理科教育における自然災害に関連した学習を充実させ

ることにより、自然災害に関連した「安全に関する資質・能力」の内、「知識・技能」と「思考力・判断力・表現力」を育成することが可能であると言える。

但し、本章で分析のために扱うことができた資料は限られている。今後、公開が予定される OECD・PISA や IEA・TIMSS などの国際比較調査から得られる情報を重ね、さらに正確な分析を行う必要がある。

2.4 結語

本章では、災害安全に関わる「安全に関する資質・能力」の明確化のために、OECD・PISA や IEA・TIMSS といった国際比較調査問題から、理科教育における自然災害に関連した資質・能力について検討した。

学校教育における防災教育の総合化・体系化が求められる（藤岡, 2020）中、「安全に関する資質・能力」をより明確にするためには、理科教育だけではなく、学校教育全体で、自然災害に関連した教科・領域で育成が求められる資質・能力どうしの関係性を整理する必要がある。さらには、国際的な動向を踏まえると、自然災害に対する防災教育は、持続可能な開発のための教育（Education for Sustainable Development：以下、ESD と略記）としても捉えられる（佐藤・藤岡, 2020）。ESD については、中澤・田渕（2014）が、ESD で育てたい価値観と能力について整理しているが、このような学際的な資質・能力と、安全に関する資質・能力との関係性も、今後整理することが必要になるだろう。

また、先述したように TIMSS2007、TIMSS2011 の理科の問題からは安全に関する資質・能力の内、「適切に意思決定し、行動するために必要な力（思考力・判断力・表現力)」が要求されている問題は確認できなかったが、自然の事物・現象面についての知識・技能を基にして、自然現象の発生から災害発生時に至る過程において、適切に自らの行動を判断し、意思決定する力の育成は重要と言える。自然の事物・現象のメカニズムについて取り扱う理科教育における授業改善が求められる。

これらを踏まえて、次章では、理科授業における自然災害発生時の行動選択能力を育成する具体的な手立てについて論じる。

第 3 章　自然災害が発生時の直接的な被害を減らすための防災教育

－理科授業における自然災害発生時の行動選択能力の育成を目指した教材開発及び授業展開－

3.1　自然災害発生時の行動選択能力育成の意図

序章でも述べたが、地震を想定した避難訓練で、多くの児童が最短時間の避難よりも、自分の机の下への避難を優先することを明らかにしている事例（村越・小山・河合，2016）や、実際の地震発生時、校庭で遊んでいた子どもが一斉に教室に駆け込み、机の下に潜りこんだ事例（片田，2019)、地震発生時の行動判断に根拠となる知識を持たないために、誤った行動をしてしまう子どもの事例（藤岡，2019）から、何のために避難するのかなど、科学的な根拠を基にして、災害時の行動を選択することができる力を育成することが求められる。

これまで述べてきたように、学校安全としての災害安全の取組、教科としての自然災害の取扱いについては、東日本大震災発生後、制度的には、文科省・都道府県行政とも充実する方向にはある。しかし、文部科学省内でも、教育課程を担当する初等中等教育局と、学校安全を担当する総合教育政策局では、担当部署が異なり、統合的に学校教育ではなされていないため、災害時の行動選択・意思決定などの資質・能力を育成することを目的とした教材や授業実践は十分に検討、具体化されているとは言えない。例えば、避難時の行動選択や意思決定に効果的と考えられる実践研究（桜井・徳山・佐藤・村山，2014 など）も見られるが、防災教育の意識の高い指導者の「総合的な学習の時間」に行う授業実践に限られている。

教科以外の立場で防災との関連性について述べたものも見られる（西岡・藤岡・松本・丸山，2014)。しかし、防災教育のような教科に属さない教育活動は、学校の担当教諭によって実施内容に差が生じる。義務教育の中で、全ての児童が、「安全に関する資質・能力」を獲得するためには、理科や社会、保健体育などの教科のねらいと連動して、それを育成することが求められる。特に、災害の原因となる自然現象を取扱う性質上、災害発生時に、根拠を基にして、適切に思考・判断することを学ぶ場を理科の中で設定する意義がある。

そこで、理科の授業で、安全に関する資質・能力の内「自らの安全の状況を適切に評価するとともに、必要な情報を収集し、安全な生活を実現するために何が必要かを考え、適切に意思決定し、行動するために必要な力を身に付けていること（思考力・判断力・表現力)」のねらいに即した教材の開発及び実践を行い、その教育効果を検証した。

3.2 教材の開発

1)開発した教材について

開発した教材は、立体地図モデルと建物のモデル（図 3-1)、行動決定カード（表 3-2)、情報カード①から③（表 3-3)、ワークシート（図 3-2）で構成される。

立体地図モデルを見ながら、情報カード①から③に書かれている情報と理科で学習した内容を根拠として、意思決定を行い、行動決定カードから、その時々の行動を選択する。

表 3-1　教材開発の参考にした自然災害とその状況

教材へ反映させた内容	参考にした自然災害状況
避難準備情報・避難勧告の時系列	・ 2015年9月9日～10日の「平成27年9月関東・東北豪雨」時の常総市の災害対応の時系列記録（気象庁,2015;常総市水害対策検証委員会,2016）
	・ 2017年7月5日～6日の「福岡県朝倉市に対する警報等の発表状況及び気象の状況（気象庁,2017）
情報カード・行動決定カードの内容	・土石流の発生により、道路の多くは,大量の岩石や土砂の流路となった（8.20豪雨災害における避難対策等検証部会,2015）。
	・土石流の発生により、停電した（8.20豪雨災害における避難対策等検証部会,2015）。
	・朝倉市において、60代の支援者が80代の方を連れて小学校に避難するなど、何人も助かった方はいる（平成29年7月九州北部豪雨災害を踏まえた避難に関する検討会,2017）。
	・「避難が危険と思われたら家の2階か、山側川側から離れた安全な場所へすぐに移動してください。」このような放送を行い、町内を巡回した（平成29年7月九州北部豪雨災害を踏まえた避難に関する検討会,2017）。
	水位観測所から離れている地区の住民は、川の水位を目視確認し、避難行動の判断材料にしている（平成30年7月豪雨による水害・土砂災害からの避難に関するワーキンググループ,2018）。
立体地図モデルと建物のモデル	町名単位ではなく、字（あざ）単位で、避難勧告・避難指示の範囲を指定した（常総市水害対策検証委員会,2016）。

①土地の立体地図モデルと建物モデル

児童は「大雨」発生時の状況を想定して避難する場所を選択する際に、授業で学習した「水は土地の低い所に流れる」という知識を活用する。したがって、土地の「高い場所」と「低い場所」及び避難に関連した建物間の位置関係が直感的に理解できる工夫が必要である。そのため、多くの情報を含む「正確な位置関係を示した地図」ではなく、縮尺を考慮せず、児童が土地の「高い場所」と「低い場所」及び建物の位置関係だけが一目でわかる地図を作成した。この、土地の立体地図モデルは、児童が自分たちの机の上で操作をしやすい大きさを考慮し、450 ㎜×300 ㎜の大きさの発砲スチロール板を基に作成した。また、（あ）から（と）の 20 個の区画に分けた（図 3-1）。これは、平成 27 年 9 月関東・東北豪雨の際の常総市の避難勧告・指示の発令が範囲を限定して行われたことや一部地域では「町」単位ではなく「字」単位での避難指示が行われたこと（常総市水害対策検証委員会，2016）なども参考にした。

さらに、大規模氾濫時に、中高層建物への避難が有効であるなどの研究成果（板垣・加藤・服部，2014）を踏まえると、状況に即した避難場所の選択肢の中には「丈夫な建物」や「高さのある建物」など「建物」においても選択肢を設ける必要がある。そのため、「学校」「高いマンション」「公民館」「自宅」「コンビニエンスストア」を土地の立体地図モデルの上に置いた。



図 3-1　土地の立体地図モデルと建物モデル

②行動決定カード

行動決定カードは 16 枚用意した（表 3-2）。「ハザードマップを見る」や「防災グッズを持つ」など、授業の中で、災害時の行動として効果的であるものとして学習した内容や「川の様子を見に行く」など災害発生時の行動として不適切だと学習した内容を含む。さらに「家の 2 階に移動する」など、過去の災害発生時の状況（表 3-1）を参考にした内容も取り入れた。また、どこに避難するのかを土地の高さ、立地条件、災害の状況などを基に判断させるために、「　　に避難する」のカードに避難場所を記入させることにした。

表 3-2　行動決定カードの内容

①防災グッズをリュックの中に入れて、準備をする。
②川の様子を見に行く。
③携帯電話を充電する。
④お風呂の水をわかす。
⑤家の２階に移動する。
⑥コンビニエンスストアに、水や食料を買いに行く。
⑦パソコンをひらく。
⑧テレビ・ラジオをつける。
⑨防災グッズを持つ。
⑩カッパを用意する。
⑪かさを用意する。
⑫窓を開ける。
⑬山の様子を見に行く。
⑭暖かい格好に着替える。
⑮ハザードマップを見る。
⑯＿＿＿＿に避難する。

表 3-3　情報カード①から③の内容

情報カード①の内容
①窓の外を見ると、かさをさして歩いている人がいる。
②インターネットの掲示板の書き込みを見ていたら、「今回の大雨は大災害になるかもしれない」という書き込みを見つけた。
③テレビのニュースを見ていたらキャスターが「大雨になる可能性があります」と話していた。
④友達からメールが来た。「なんだか、川の水が増えている気がするの」。
⑤学校からメールが来た。「雨の影響で、明日は登校時間を遅くします」。
⑥インターネットのニュース「あと、1 時間程度で雨が弱まる見込み」。
⑦お家の人の携帯電話が家のソファーで鳴っている。
⑧お家の人の職場から電話が来た。「今日は遅くなるかもしれない」。
⑨テレビのニュースを見ていたら、キャスターが「強風注意報が出た」と言っていた。
⑩友達からメールが来た。「あと数時間で雨はやむらしいよ」。
⑪インターネットのニュース「大雨になる可能性がある」。
⑫友達からメールが来た「明日は 10 時からだって！ラッキー」。

情報カード②の内容
①テレビのニュースを見ていたら、キャスターが「『く』、『さ』、『か』、『た』、『し』、『け』地区の一部に避難準備情報が出されました」と言っていた。
②お家の人から電話がきた。「あと 1 時間くらいで帰るね」。
③窓から外を見ると、バケツをひっくり返したような大雨だ。
④テレビのニュースを見ていたら、キャスターが「『し』地区と『け』地区で洪水警報が出されました」と言っていた。
⑤友達からメールが来た。「みんな山の方に避難しているよ」。
⑥風の音で窓がガタンガタンと音を立てている。
⑦体育の授業中に、弟が足をけがしていた。「歩くことはできるが、走ると痛いなぁ」。
⑧友達からメールが来た。「学校に避難するらしいよ」。
⑨窓から外を見ると、道路に小石がパラパラと落ちている。
⑩友達からメールが来た。「川の水がにごっている気がするの」。
⑪近所の人から電話がきた。「心配でしょ。もう少しで雨が止むらしいから大丈夫だよ」。
⑫テレビのニュースでキャスターが「『き』、『く』、『こ』、『す』地区で土砂災害警戒情報が出されました」と話していた。

情報カード③の内容
①テレビのニュースでキャスターが「全域で避難勧告が出されました」と話していた。
②電気が突然消えた。停電になった。
③テレビのニュースでキャスターが「洪水特別警報が発表された」と話していた。
④窓から外を見ると、ひざのあたりまで水がありそうだ。
⑤窓から外を見ると、車が動かなくなっているのが見えた。
⑥テレビのニュースでキャスターが「全域で土砂災害警戒警報が出されました」と話していた。
⑦山から「ゴー」という音が聞こえてくる。
⑧水道をひねっても、水は出ない。断水だ。
⑨家の玄関に水が入り込んできた。
⑩携帯電話が「圏外」になり、使えない。

③情報カード

文部科学省（2018i）を参考に、気象状況を 3 つの段階に分けて、情報カード①から情報カード③に示した（表 3-3）。

情報カード①では、雨が降り始める「大雨の半日から数時間後」を想定した。情報カード②では、警報が発表される「大雨の数時間から 2 時間程度前」とした。情報カード③では、特別警報が発表される「広い範囲で数十年に一度の大雨」を想定した。避難準備情報や避難勧告等が発令される時系列は、保護者がいない状況で児童自身が判断する設定とした。つまり、午前から天候が変化し、午後に避難準備情報などが発令された、2015 年 9 月 9 日～10 日の「平成 27 年 9 月関東・東北豪雨」時の常総市の状況、及び、2017 年 7 月 5 日～6 日の「平成 29 年九州北部豪雨」時の朝倉市の状況を参考にした（表 3-1）。また、発生する状況については、近年発生した自然災害を参考にし（表 3-1）、これらの状況を情報カードの内容に反映させた。情報カードの枚数は、情報カード①と情報カード②が 12 枚、情報カード③が 10 枚である。

④使用したワークシート

班に 1 枚、ワークシートを配布した。情報カードに書かれている内容を基にして、行動決定カードを選択するための「話し合い活動」を行う。「話し合い活動」によって選んだ行動決定カードと、その行動決定カードを選んだ理由をワークシートに記述させた。

段階	行動決定カードの内容	選択した理由
①		
②		
③		

反省・課題

図 3-2　使用したワークシート

2)教材の使い方

情報カード①を裏にして 4～5 人の児童に均等な枚数になるように配布する。行動決定カードを表にして、机の上に並べる。情報カード①の内容は、人には見せず、自分の言葉で伝える。それぞれの持つ情報カード①の内容を踏まえて、その時々の自分たちの行動を行

動決定カードから選び、選んだ理由を情報カードの内容及び自然災害等についての科学的知識を根拠（理由）として、ワークシート（図 3-2）に記入する。これを情報カード②の場合と情報カード③の場合でも同様に行う。ただし「避難」を選択した時点で活動を終えることとする。

3)教材を効果的に活用する学習の流れ

自然災害発生時に、自らが置かれている状況を踏まえて、的確な思考・判断を行うためには、判断の根拠となる知識の習得が求められる。

判断の根拠となる知識を獲得する場面は「Ⅰ 自然の事物・現象に対する科学的な理解や災害の発生メカニズムなど」と「Ⅱ 社会や人間生活と関連した「災害安全」に関わる知識」に分けて実施した。また、それらで得た知識を根拠として、自らが置かれている状況を踏まえて、的確な思考・判断を行う「Ⅲ 自然災害発生時の行動選択能力を育成する場面」を実施した（表 3-4)。

3.3 授業実践

1)計画した授業の概要

埼玉県内の小学校第 5 学年 25 名を対象とした。教科書は『新編　新しい理科　5 年』(東京書籍，2014）を使用し、指導を行った。単元は第 5 学年「B (3) 流れる水の働きと土地の変化」である。学習の流れを表 3-4 に示す。授業実践は、平成 31 年度 1 月中旬から 2 月初旬にかけて実施した。授業は全 14 時間実施し、その内、自然災害発生時の行動選択能力を育成する教材 (開発した教材) を活用した授業は、13 時間目と 14 時間目である。授業は、筆者の佐藤が行った。

開発した教材を活用した授業は、5 つの学習班（一班 5 名）に分けて実施した。

表 3-4　教材を効果的に活用する学習の流れ（14 時間扱い）

学習場面	時間	学習内容	学習活動
Ⅰ　自然の事物・現象に対する科学的な理解や災害の発生メカニズムなど	2h	上流・中流・下流で川と川原の石の違いについて調べる。	・映像を基にして、上流・中流・下流の様子の違いについてノートにまとめる。
	2h	流れる場所による川や川岸の違いについて調べる。	・地面に水を流し、侵食・運搬・堆積について調べる。 ・水は、土地の低いところに流れることに気が付く。
	3h	水量の違いによる地形の変化について調べる。	・水量を変えて、土の削られ方や運ばれる土の量の違いについて調べる。 ・短時間で多くの雨が降ると川の水量が急激に増加することに気がつく。 ・川は、本流と支流があわさることで、上流よりも下流の水量が多く、多くの雨が降ると下流の水量が増えて、水位が高くなることに気が付く。 ・川の水の量が増えると、川の流れる速さも速くなることに気が付く。 ・川の流れが速くなると、侵食と運搬が大きくなることに気が付く。 ・地すべり、がけ崩れ、土石流などの現象について学ぶ。
Ⅱ　社会や人	2h	自分たちの住む地域の	・自分たちの住む地域にある川の水利用や多様な自然環境について調

間生活と関連した「災害安全」に関わる知識		川について学ぶ。 川から得る恵みと災害の二面性を理解する。	べる。 ・ハザードマップを見ながら、自分たちの住む地域で起こる可能性が考えられている災害について知る。 ・自分たちの住む地域にある洪水から身を守るための施設について調べる。 ・洪水標識、洪水時避難所、堤防標識表示板などの表示について学ぶ。 ・自分たちの学校区のハザードマップを作成する。
	1h	実地調査を行う。	・自分たちで作ったハザードマップを基に、自分たちの住む地域の様子について、実地調査を行い、洪水標識、洪水時避難所、堤防標識表示板などを確認する。
	2h	洪水災害や土砂災害が起こった際に、どのような状況になる可能性があるのかを過去の資料などから学ぶ。	・映像やスライドを見ながら、洪水や土砂災害が起こった時の様子について調べる。 （洪水災害、土砂災害について理解する。） ・洪水警報や土砂災害警戒情報などの発表について理解する。
Ⅲ　行動選択能力の育成	2h	大雨が降った際に、どのような行動を選択するのかを考え、意思決定する活動を行う。	**・時系列に従い、洪水や土砂災害が発生するシチュエーションが書かれている内容に即して、自分の行動を選択する活動を行う。**

※下線部は、「小学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説理科編」で理科の学習内容として取り上げられていないが、「防災」の観点から必要だと考えられる学習活動。太字下線部は開発した教材を活用した活動。

2)実際の授業の流れ

「Ⅰ 自然の事物・現象に対する科学的な理解や災害の発生メカニズムなど」を学習する場面では、川の上流・中流・下流の様子を映像で見ながら、実際に上流・中流・下流の川から拾ってきた石に触れたりすることを通して、上流・中流・下流の様子や石の特色の違いについて学習した。次に、校庭の一部に土砂を積み上げた山をつくり上部から水を流す「流水実験」を行い、流れる水の働きについて調べた。具体的には、以下の①～⑦の現象についての学習を行った。

①上流・中流・下流によって川と川原の石の様子が異なる。上流から下流に向かい、川幅は広くなり、土地の傾きが小さくなる。石は小さく・丸くなる。

②流れる水は、侵食・運搬・堆積などの働きがある。土地の傾きが大きなところでは、侵食・運搬の働きが強く、土地の傾きの小さなところでは堆積の働きが大きい。

③水は、土地の高いところから低いところに流れたり、溜まったりする。

④水の量が増えたり、土地の傾きが増したりすると水の速さが速くなる。

⑤水の速さが速くなると、侵食したり、運搬したりする力が強くなる。

⑥川は、本流と支流があわさることで、上流よりも下流の水量が多く、多くの雨が降ると下流の水量が増えて、水位が高くなる。したがって、短時間で急激に水量が増えることがある。

⑦大雨が降ると、山の近くでは、地すべり、がけ崩れ、土石流が起こる場合がある。

「Ⅱ 社会や人間生活と関連した「災害安全」に関わる知識」を学習する場面では、ハザードマップや自分たちの住む地域の災害歴が書かれた資料を活用して、学校区のハザードマップを作成する活動を行ったり、地域を実際に歩きながら、洪水標識、洪水時避難所、

堤防標識表示板などを確認したりする活動を行った。また、映像やスライドを見ながら、洪水や土砂災害が起こった時にどのような様子になるのか、洪水警報や土砂災害警戒情報などの警報についての確認を行った。

その後、一班 5 名の学習班で、開発した教材を使用した授業を行った。具体的には、情報カードに書かれた、雨が降り始める「大雨の半日から数時間後」及び、警報が発表される「大雨の数時間から 2 時間程度前」での情報を基にした話し合い活動を行った。話し合い活動を通して、学習してきた内容や情報カードに書かれた内容を根拠としながら、状況に応じた自分たちの行動を、行動決定カードから選択した。そして、決定したことをワークシートに記述した。

3.4 結果と考察

開発した教材によって、「安全に関する資質・能力」の内、「思考力・判断力・表現力」の資質・能力を育成する効果が期待できるのかを明らかにする。

調査対象とした 5 つの班について、開発した教材使用時の発話プロトコルを作成した。そして、発話プロトコルから、「思考力・判断力・表現力」の資質・能力を活用していると判断できる発話を抽出した。発話の分析に当たり、上の資質・能力を、「自らの安全の状況を適切に評価する」・「必要な情報を収集する」・「安全な生活を実現するために何が必要かを考える」・「適切に意思決定し、行動する」の 4 つの文に区切り、それらを開発した教材を使用した学習内容と照らし合わせ、教材を使用する上での「思考力・判断力・表現力」の 4 つの要素として示した（表 3-5）。

表 3-5　「思考力・判断力・表現力」の 4 つの要素

「安全に関する資質・能力」の内,「思考力・判断力・表現力」	
①	情報カードの内容及び授業で学習した内容を基にして、自分たちの安全の状況について、適切に評価している発言。
例	この低くなっている所に、土砂なんとかとかがでたら、ここ通れなくて学校に避難できなくなるけどいい？
②	情報カードの内容及び授業で学習した内容を基にして、自分たちが行動を選択するために必要な情報を整理したり、確認したりしている発言。
例	私、一番の処で近所の人から電話がきて、もう少しで雨が止むから大丈夫だよ。って書いてあるよ。
③	安全に行動するために必要な物事と必要ではない物事について意見を述べている発言。
例	ハザードマップさ。災害が起きているときに、見なくない？
④	情報カードの内容と授業で学習した内容を基にして、避難する場所や時期について、行動選択・意思決定を行っている発言。
例	②で避難を始めよう。

※発言された内容について、同じことを繰り返している発言は取り上げない。

また、情報カード①を使用した場面では、5 つの班全てが、要素③に当てはまる発言を中心に展開され、発言数以外に、班ごとの明確な差異は見られなかった。情報カード②を使

用した場面では、5 つの班で要素①から要素④に当てはまる会話の出現に差が見られた。また、実践した授業では、全ての班が情報カード②の段階で「避難」を選択した。そのため、情報カード③を使用する班は見られなかった。

したがって、ここでは、班ごとに、要素①から要素④に当てはまる発言に差が見られ、さらに、避難時期や場所について話し合う場となった情報カード②を使用した場面を中心に検討を行った。

1) 話し合い活動場面における各要素の活用

図 3-3 は、情報カード②を使用した場面で、5 つの班の発話プロトコルに見られる、表 3-5 に示す 4 つの要素に当てはまる発言の推移を示したものである。縦軸は要素、横軸は各要素の出現推移を示す。

図 3-3 を見ると、4 班、5 班は、①から④の各要素に当てはまる発言に対する要素③に当たる発言の割合が、他の班と比べて多い。また、1 班と 2 班は、要素①と要素②に当てはまる発言の割合が、他の班と比べて多い。特に、1 班は、①から④の各要素の出現数が他の班と比べて多い。したがって、班によって、各要素を活用する割合が異なることがわかる。また、表 3-6 は、情報カード②を使用した場面で、児童一人一人の①から④の要素の活用回数と総発言数を示したものである。1 班は、①から④の要素、全てに当てはまる発言が行われた児童が 5 人中 4 人であり、他の班に比べ、各要素を活用している児童の割合が多い。

また、総発言数も多い。これらは、1 班の会話が活発に行われたことに加え、他の班と比べ、「安全に関する資質・能力」の内、「思考力・判断力・表現力」のねらいに即した話し合い活動を展開できていたと評価できる。

本研究では、開発した教材を使用することでの教育的効果を検討することを目的とするため、児童の発話プロトコルの内、要素①から要素④が出現している箇所を取り出し、各要素に当てはまる発言の出現過程を分析する。

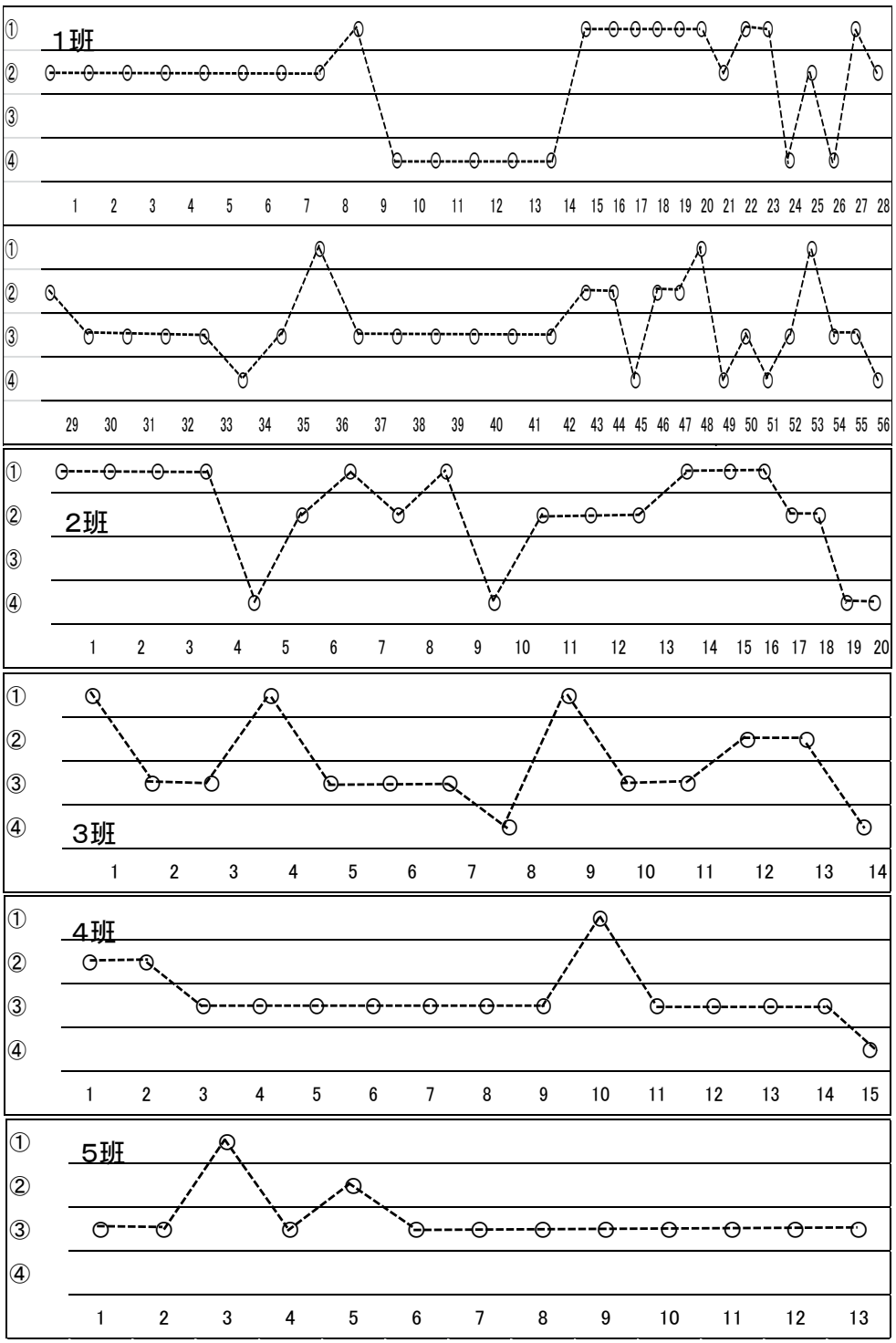


図 3-3「思考力・判断力・表現力」活用の出現推移

表 3-6　「思考力・判断力・表現力」活用回数

班		1班					2班					3班					4班					5班				
児童		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
合計	①	5	2	1	2	4	6	0	0	2	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	②	7	2	1	3	3	3	0	2	2	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
	③	4	2	0	7	2	0	0	0	0	0	3	1	0	0	3	4	2	3	1	1	4	0	2	5	0
	④	3	2	0	2	4	2	0	0	2	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
総発言数	情報カード②	39	25	18	33	43	30	2	11	17	4	30	25	7	1	12	21	9	14	8	5	20	15	10	13	5

※A から Y までのアルファベットは、各児童を表している。①から④の数字は、表 3-5 に示す、要素①から要素④に一致する。

2)各要素に当てはまる発言の出現過程

要素①から要素④の出現数が高い、代表的な発話プロトコルを基にして、要素①から要素④に当てはまる発言が、どのような過程において出現するのかについて分析を行う。また、発話者の欄に示されたアルファベットの隣に書かれた数字（U6 や A15 など）は、図 3-3 の横軸に書かれた数字と一致する。

表 3-7　要素③に当てはまる発言前後のプロトコル（5 班）

発話者	プロトコル
X	もう死ぬしかねぇじゃん。
U6	暖かい格好に着替える。（要素③）
V	弟死んじゃうよ。だって 2 階に行くんだよ。
U	これもこれもこれも大切。
W7	カッパを用意するじゃない。（要素③）
X8	家の 2 階に移動するじゃない。だって 2 階に（要素③）
U9	これも大切、コンビニエンスストアに水や食料を買いに行く。（要素③）
W	え、コンビニ流されちゃうかもよ。
U	いーよいーよ、大丈夫だよ。自分たちも流されるんだからさぁもういーよ。
U10	山の様子を見に行く。だって、みんな山に避難したっていってたじゃん。防災グッズを揃えよう。家にあるものを集める。かんぱんとか…。（要素③）

表 3-7 は、5 班の 6～10（図 3-3）に当たる発言前後の発話プロトコルである。これを見ると、要素③に当てはまる発言は、明確な根拠が無くとも出現することがわかる。例えば、「U9：これも大切、コンビニエンスストアに水や食料を買いに行く」と述べているが、情報カード②の段階では、コンビニエンスストアのある場所と避難準備情報や洪水警報が出されている場所が一致しており、その判断が適切とは言えない。その後、W が「え、コンビニ流されちゃうかもよ。」と述べているが、こちらも明確な根拠を示すことが出来なかったためか、その発言はその後の行動選択に影響を及ぼさなかった。

したがって、要素③については、要素①や要素②などに当てはまる発言を伴う中で、適切な判断が形成され、要素④に当てはまる発言に繋がる可能性が考えられるが、要素③が

単独で出現した場合には、発言に対する根拠が無いため、逆に危険な行動に導く発言となる可能性も否定できないことが伺える。

次に、要素①、要素②、要素④に着目する。

表 3-8 は、1 班の 15～22（図 3-3）に当たる発言前後の発話プロトコルである。発話内容を見ると、例えば「A15：水は、土地の低いところに流れること」など、「Ⅰ 自然の事物・現象に対する科学的な理解や災害の発生メカニズムなど」の学習場面で獲得した知識を活用している。また、C22 では、土砂災害警戒情報を根拠にして、現在の安全の状況について意見を述べているので、「Ⅱ 社会や人間生活と関連した「災害安全」に関わる知識」の学習場面で獲得した知識を活用している。したがって、要素①に当てはまる発言を行うためには、表 3-4 に示す学習場面Ⅰ及びⅡの知識が要求されると言える。

表 3-8　要素①及び要素②に当てはまる発言が前後に見られ、要素④に当てはまる発言が導出される場面

（1 班）

発話者	プロトコル
A15	ここに避難したら､洪水が起きたときに水は低いところに流れるでしょ｡(要素①)
D	ここに避難する？
E16	でも、段差が結構あるから。(要素①)
A17	だから、ここだと水が溜まるじゃん。だからって、土地が高いところを選んで、山を選んだら土砂崩れが起きるって授業で言ってたじゃん。(要素①)
C	ここから、こういう風に入って、バシャーンとくる。
D18	一番、安全なのはここじゃない？ (要素①)
A19	がけとかだってあるから、地すべりだって起こるから。(要素①)「せ」は？
B20	学校が一番安全ですね。避難するってニュースでも言ってたんだよ。(要素①)
D	学校。
A	「せ」、先生。これって、建物がある所にしか、避難できないのですか。
教師	避難できないわけではないけど、そこに建物はありません。
B	「せ」何もないよ。
D21	ここは土砂災害警戒情報。(要素②)
C22	土砂災害警戒区域だから巻き込まれる。(要素①)
D23	そしたら、大雨でばぁーっと流される。(要素①)
A24	これが一番安全。学校学校。(要素④)

つまり、「知識・技能」と「思考力・判断力・表現力」は連動しており、「知識・技能」が十分でなければ「思考力・判断力・表現力」の内、要素①や要素②の育成に繋がらない。要素④の導出と要素①、要素②の関係に着目する。表 3-8 の「A24：これが一番安全。学校学校。」という発言は、学校を避難場所として選択する意思決定をした発言であり、要素④に当てはまる。A24（要素④）の発言は、直前に意思決定の根拠となる D21（要素②）、C22（要素①）、D23（要素①）の発言を伴っており、これらが根拠となって A24（要素④）を導出している。

表 3-9 は、2 班の要素④が導出される過程の発話プロトコルである。図 3-3 の 16 から 20

に該当する。ここでも、F19（要素④）の発言前に、学習場面Ｉの知識に基づく要素②に当てはまる発言（F18 ・I17）や要素①に当てはまる発言（I16）を伴い、それが根拠となり、要素④が導出されている。

表 3-9　要素①及び要素②に当てはまる発言が前後に見られ、要素④に当てはまる発言が導出される場面（2 班）

発話者	プロトコル
I16	ここは、土砂災害が起きる場所だよね。（要素①）
H	うん。で、濁っている気がするってとこだけど。
I17	ねぇ、友だちからのメールでさ、川の水が濁っているっていうのは、土砂崩れがおきているから？（要素②）
F18	川の水が濁っているってことは、このあたりが、がっつんがっつん削られているってことだよね。で俺らの場合は、この両端削られるでしょ。（要素②）
F19	②で避難を始めよう。だって、③だったら手遅れになる可能性もあるし。（要素④）
I20	そうだよ。一応避難しておいた方がいい。（要素④）

表 3-10　要素②に当てはまる発言が前後に見られ、要素④に当てはまる発言が導出される場面（3 班）

発話者	プロトコル
K12	ハザードマップは、今まで洪水になったところを表しているだけだから。絶対ではないよ。（要素②）
L	でも、危険な所を認識しておくことは大切だよね。
K	もうあれだよ。どうしよう。
013	あとさ、弟が走れないらしいよ。（要素②）
K14	じゃあもう避難しようぜ。これでいい？学校に避難する。防災グッズをリュックの中に入れて準備をする。防災グッズを持つ。（要素④）
0	いいよ。

表 3-11　要素①及び要素②に当てはまる発言が前後に見られない要素④に当てはまる発言までの場面（4 班）

発話者	プロトコル
P10	駄目だよ食料はだぶん。コンビニがやばいかも。（要素①）
011	２階に移動するはー山の様子もないない。（要素③）
Q12	これじゃない。カッパカッパ。（要素③）
P	これは絶対。パソコンよりは。
Q	パソコンはぁーテレビー。
R13	パソコン開けるの？さっきハザードマップ見たんだからいらないんじゃない。（要素③）
P14	連絡取れなくなるから、充電しないと連絡取れなくなるよ。（要素③）
S	あーじゃぁこれじゃん。充電しとく。
R	充電しとく。
P	はい、じゃあ終わり。

P15	終わり。３つだから。学校に避難するでいい。学校ね。（要素④）
S	うーん。

表 3-10 は、3 班の要素④が導出される過程の発話プロトコルである。図 3-3 の 12 から 14 に該当する。この場面でも、要素④に当てはまる発言（K14）の前に、情報カードの内容を確認した、要素②に当てはまる発言（013）や、学習場面Ⅱの知識に基づく、要素②に当てはまる発言（K12）が見られる。要素②に当てはまる発言（K12・013）が要素④に当てはまる発言（K14）の根拠となっている。

一方、表 3-11 は、4 班の要素④の発言前後における発話プロトコルであり、図 3-3 の 10 から 15 に該当する。「P15：終わり。3 つだから。学校に避難するでいい。学校ね。」という発言は、要素④に当てはまるが、直前に、その発言の根拠となる要素①や要素②に当てはまる発言は見られない。直前にある要素③（P14、R13、Q12、011）も、P10（要素①）と繋がりが無い。

また、4 班は「学校に避難する」を選択してはいるものの、その後、S が「うーん」と発言し、グループ内での意見が一致しているとは言えない。

これらのことから、要素④に当てはまる発言が見られたとしても、要素①や要素②などの根拠を伴わなければ、グループ内で意見の一致を得ることができないことがわかる。

避難場所や時期について、グループ内でコンセンサスを得て、適切に意思決定し、行動するためには、獲得した「知識・技能」を活用して、自らの安全の状況を適切に評価することや必要な情報を収集し、整理したり、確認したりする過程が重要である。

それらの具体的な知識・技能は「自然の事物・現象に対する科学的な理解や災害の発生メカニズムなど」や「社会や人間生活と関連した「災害安全」に関する知識」などである。

3.5 結語

理科授業の中で、「自らの安全の状況を適切に評価するとともに、必要な情報を収集し、安全な生活を実現するために何が必要かを考え、適切に意思決定し、行動するために必要な力を身に付けていること（思考力・判断力・表現力等）」のねらいを達成するために、開発した教材やプログラムを使用した教育的効果について検討する。

「思考力・判断力・表現力等」を 4 つの要素に分けて分析したところ、子ども達は適切に意思決定・行動選択するために、情報を整理したり、状況を評価したりしていることが明らかになった。

また、「知識・技能」と「思考力・判断力・表現力等」は連動しており、「知識・技能」が十分でなければ、「思考力・判断力・表現力等」の内、状況の適切な評価や行動選択の育成に繋がらないことが理解できた。

但し、本教材を活用したものの活発な話し合い活動が展開されなかったグループもあり、グループの構成メンバーのバランスを平均化するなど、授業展開の方法などを検討していくことが課題である。

さらに、本章では、土地の「高い場所」と「低い場所」及び避難に関連した建物間の位

置関係について注視させるために、縮尺等を考慮しない地図を使用した。今後は児童・生徒の発達段階に応じて、実際に自然災害による被害を受けた地域及び自分たちの住む地域等、社会科などとも連動した学習を行うことも考えたい。

カリキュラム・マネジメントを意識した防災教育の視点で教育課程を見直す中で、「安全に関する資質・能力」の内、「理科」で育成すべき資質・能力の具体化が一層求められる。それらの資質・能力を育成するための教育内容・方法を改めて整理し、具現化するための教材及びプログラムの開発を今後も発生した自然災害を基に検討していくことが必要である。

第 4 章　自然と人間、人間と人間（社会）の関わり・つながりを考える防災教育

第 1 章で、国際的な動向の中で、防災教育は ESD との関連が強く、理科教育の内容・方法を中心とした取組は SDGs と大きく関わるため、SDGs のターゲット(United Nations, 2015)の内、防災に関わるターゲットに沿った教材の開発や教育実践が求められるといった課題を示した。防災教育には、第 3 章で示した、災害が発生した時に、直接的に被害を減らすために必要な学習内容だけでなく、災害に強い街づくりについて考えたり、自然と人間の関係性に気付いたりするなど、ESD の観点から捉えた学習内容も必要である。本章では、自然と人間、人間と人間（社会）の関わり・つながりについて考える防災教育の手立てについて論じる。

4.1　自然災害に関する学習におけるジオパーク活用の意義と課題－持続可能な社会の担い手をつくる学校教育への期待－

4.1.1　ジオパーク活用の目的を明確化する理由

平成 29 年（2017 年）に告示された小・中学校の学習指導要領では、防災教育に対する取組が一層充実した。例えば、小・中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説総則編（文部科学省，2018b;文部科学省，2018e）の付録に「防災を含む安全に関する教育（現代的な諸課題に関する教科横断的な教育内容）」が記載され、カリキュラム・マネジメントの視点から、各教科における学習内容を整理し、自然災害に関連した教育を充実させる方向性が示された。さらに、中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説理科編では、地域の自然災害を調べる手立てとして、「自然の恵みと火山災害・地震災害」と「自然と人間」の単元で、図書館や科学館、博物館の他に、ジオパークを活用することが記載された（文部科学省，2018b）。中学校理科において、ジオパークを利用する目的は「自然がもたらす恵み及び火山災害と地震災害について調べ、これらを火山活動や地震発生の仕組みと関連付けて理解すること」、「地域の自然災害を調べ、大地の変化の特徴を理解し、自然を多面的、総合的に捉え、自然と人間との関わり方について、科学的に考察して判断する能力や態度を身に付けさせる」と「時間的・空間的な見方から捉えさせ、自然災害と人間との関わり方についての認識を深めさせる」と記されている（文部科学省，2018f）。

一方、平成 29 年に小・中学校の学習指導要領が告示される以前より、学校教育においてジオパークを活用する意義は、理科教育を研究領域に持つ学会等で、自然災害からの防災教育と環境教育や、持続可能な開発のための教育（Education for Sustainable Development：以下 ESD と略記）、「持続可能な開発目標(Sustainable Development Goals：以後 SDG s と略記）」と連動して示されてきた（山本・五島，2014；藤岡，2014；藤岡，2016 など）。そのため、環境教育、ESD、SDGs 等の国内外の動向を踏まえながら、理科、特に地

学領域において、ジオパークを利用する目的をより深く理解するためには、これまで議論されてきた、学校教育における防災教育と連動したジオパーク活用の意義を知る必要がある。したがって、本章では、防災教育と連動したジオパーク教育の意義について、理科教育に関わる学会等で議論されてきた内容を整理する。そして、現教育課程を踏まえ、ジオパークの活用方法や期待される教育的効果、さらには実践上の留意点など、中学校理科で自然災害に関連した学習で、ジオパークを活用することの意義と課題を示す。

4.1.2　防災教育と連動したジオパーク教育の意義

ジオパークとは、国際的な地質学的重要性を有するサイトや景観が、保護・教育・持続可能な開発が一体となった概念によって管理された、単一の、統合された地理的領域である（日本ジオパーク委員会，2021）。2021 年 8 月現在、国内には、43 地域の日本ジオパークが登録されている。その内、9 地域がユネスコ世界ジオパーク（以下、世界ジオパークと記す）に認定されている。ユネスコ世界ジオパークとは、世界ジオパークネットワーク（Global Geoparks Network：以下 GGN と略記）が推進している、ユネスコの正式プログラムであり、ユネスコの基準を満たす質と活動実績が求められる。一方、日本ジオパークは、日本ジオパーク委員会の認定を受けた国内版のジオパークである。

世界ジオパークと自然災害の繋がりが最初に示されたのは、2008 年 6 月、ドイツのオスナブリュックで開催された第 3 回ユネスコ国際ジオパーク会議である。会議の終わりに採択された宣言に、「地質災害に関して、社会と知識を共有するためにジオパークが役に立つ」という趣旨の一文が盛り込まれた(Global Geoparks Network，2008)。これにより、自然災害についての教育・啓発の場としての一面が示されたが、2010 年 4 月に公開されている世界ジオパークネットワーク（Global Geoparks Network：以後 GGN と略記）のガイドラインには、教育や地質遺産の保護と保全の項目にも、防災・安全といった概念についての具体的な記載は無く、教育については「小中学校で郷土の地質、地形、自然地理をはじめとする地質遺産のあらゆる要素について教えるカリキュラムを組む」（Global Geoparks Network，2010）など、地学教育を行う場としての包括的な扱いが示されるにとどまっている。その後、東日本大震災発生の翌年、2012 年 5 月、国内で初めて、ジオパーク国際ユネスコ会議が島原半島世界ジオパークで開催され、最終日に島原宣言が採択された。島原宣言には、自然災害におけるジオパークの役割などについて書かれており、自然災害を学ぶ教育の場として効果的であることなどが示された（島原半島世界ジオパーク，2012）。2015 年 3 月、宮城県仙台市で開催された第 3 回国連防災世界会議では、東日本大震災の経験や教訓が取り入れられた「仙台防災枠組 2015－2030」（以後「仙台防災枠組」）が採択された。これは、SDGs と連動し、2030 年までの防災行動に対する目標及び国際的指針となった。後述の SDGs ゴール 11 の中でも仙台防災枠組が明記されている。仙台防災枠組では、基本となる考え方が示され、「発災後の復旧・復興段階において、「より良い復興（Build Back Better）」や災害リスクについての教育及び意識啓発の向上を通じて、災害リスクの創出

の防止及び削減を行うこと」と記載されている。防災・減災、復興教育を持続可能な社会を築く視点から取り組む方向性が明確に示されていると捉えることができる。

表 4-1 国内におけるジオパーク一覧

NO	◎世界ジオパーク 日本ジオパーク	所在地	メインテーマ	防災教育プログラム	ジオサイトで学べる自然災害	他地域での教育活動にも役立ちそうな，お勧めの教育プログラム	対象学年	教育旅行受け入れプログラム	対象学年	副読本
1	◎アポイ岳	北海道様似町	地球深部からの贈りものがつなぐ大地と自然と人々の物語			アポイドリーム・プロジェクト	中１			
2	◎洞爺湖有珠山	北海道洞爺湖町, 伊達市, 壮瞥町, 豊浦町	火山との共生	火山	火山	有珠山で森の誕生と変遷を学ぶ	特に記載なし	自然のもたらす「災害と恵み」の理解をすすめる減災教育	特に記載なし	有
3	◎糸魚川	新潟県糸魚川市	列島誕生をひもとく！	火山 気象	火山 気象	「金」を通じたジオパーク学習の実施	保・幼～中	「日本列島の形成を知ろう」パッケージ	小～高	有
4	南アルプス	長野県伊那市, 伊那市, 富士見町, 丸滝村	the Alps above 3000m		地震 気象	小学校ジオ・エコツアー	小５・小６			有
5	◎山陰海岸	兵庫県豊岡市, 香美町, 新温泉町, 京都府京丹後市, 鳥取県鳥取市, 岩美町	日本海形成に伴う多様な地形・地質・風土と人々の暮らし	気象 地震	気象 地震	山陰海岸ジオパーク児童研究作品コンテスト	小			有
6	◎富戸	高知県富戸市	海と陸が出会い、新しい大地が誕生する最前線	地震 気象	地震 気象	放課後子ども教室プログラム	小	・富戸岬をサイクリング ・地質や地形の巡検	小～高	
7	◎島原半島	長崎県島原市, 雲仙市, 南島原市	火山と人間との共生	火山	火山	1. 島原半島ユネスコ世界ジオパーク研究発表大会 2. 小中学校・高校生ジオツアー 3. ジオ宿泊講座 4. 問題解決型ジオツアー「温泉ジオツアー」 5. 問題解決型ジオツアー「島原半島トレジャーストーン」 6. 久しぶりの炎会館教室	1・2. 小・中・高 3. 地域住民 4. 小 5. 中 6. 地域住民	1. 教育旅行向け体験プログラム「島原半島 育旅（いくたび）」 2. 雲仙岳災害記念館を活用した教育プログラム 3. 小浜温泉ジオツアー	1. 児童・学生 2. 小・中 3. 中・高	有
8	恐竜渓谷ふくい勝山	福井県勝山市	恐竜はどこにいたのか？大地が動き，大陸から勝山へ	火山	火山	日本地図を用いて学ぶジオ－エコ－ヒトの"つながり"	中２	福井県立恐竜博物館，恐竜化石発掘地	学校	
9	◎隠岐	島根県隠岐の島町, 西ノ島町, 海士町, 知夫村	人と自然をつなぐ島		気象	土地の成り立ちを調べよう隠岐の自然と人の学習帳～国立公園・ジオパークを活かした授業・活動プログラム集～	小６			有
10	◎阿蘇	熊本県阿蘇市, 南小国町, 小国町, 産山村, 高森町, 南阿蘇村, 西原村, 山都町	阿蘇火山の大地と人間生活	火山	火山	草原学習プログラム（阿蘇草原キッズプロジェクトの一環）	小	「火山と共存する阿蘇人（あそもん）から学ぶ防災」パッケージ		有
11	白滝	北海道遠軽町	黒曜石がつむぐ地球と人の物語							有
12	伊豆大島	東京都大島町	海と森と火山を楽しめる島	火山	火山	防災教育チャレンジプラン『大人たちから子どもたちへ、子どもたちから大人たちへ、今伝えたいこと』	小５・小６			
13	姶良	鹿児島県姶良市, 曽於市, 霧島市, 南九州市, 湧水町, えびの市	自然の多様性とそれを育む火山活動		火山	夏休み子ども火山スクール	小４～中・保護者			有
14	磐梯山	福島県猪苗代町, 磐梯町, 北塩原村	大地と自然と人の物語	火山	火山	食育活動（磐梯山デコレーション寿司作り）	小５	磐梯山ジオパーク協働会　教育旅行受け入れプログラム	小学校中～高	
15	下仁田	群馬県下仁田町	多様な大地の変動から古代人の足音まで	火山 地震	火山 地震	環境保護研究～地域の産業は自然の恵みをどのようにして活かしてきたどろう糸～	高３	1. 町原の石の観察会 2. こんにゃく手作り体験	小～大人	有
16	白山手取川	石川県白山市	山-川-海そして雪いのちを育む水の旅		火山 気象	ジオパーク学習支援員による、ジオパーク内でのフィールド学習（特定の名称なし）	小３～高	テーマ"水の旅・石の旅"の体感	小～高	有
17	秩父	埼玉県秩父市, 横瀬町, 皆野町, 長瀞町, 小鹿野町	大地の守人を育むジオ学習の聖地		気象	化石のレプリカ作り（実施場所：3Dが化石館）	小以上	「自然体験・環境学習プログラム」体験型教育旅行・秩父地域民泊体験の受入	中～高	
18	男鹿半島・大潟	秋田県男鹿市, 大潟村	半島と干拓が育む人と大地の物語	地震	地震	1. ジオパーク学習センターと金田海岸の校外学習 2. 火山・ジオパーク学習センターと寒風山の校外学習 3. 野外観察・脇ノ崎海岸の地層と磯の生物 4. 防災を学ぼう 5. 野外観察「一ノ目潟と先人たちの知恵と工夫」	1. 小6・中1 2. 小3～6・中1 3. 小3～小6 4. 小学生～大人 5. 小4	教育旅行の内容（コース）について、適宜相談可。オーダーメイド可	小～大	有
19	猪苗	神奈川県小田原市, 南足柄市, 箱根町, 真鶴町, 湯河原町	北と南をつなぐ自然の自然のみち東と西をつなぐ歴史のみち	火山	火山 地震	「夏休み子どもジオ講座」2017年、2018年実施	小			
20	佐渡	新潟県佐渡市	金と銀の島でたどる３億年 日本海3000万年 佐渡島300万年の旅と ひとの暮らし			佐渡のなりたち	園児～大人	民泊体験時に3Dする野外実習（ジオパークガイドによる案内）など	小５～小６	
21	銚子	千葉県銚子市	太平洋に突き出た大地の右肩	地震	地震	銚子で夏の自由研究ツアー	小３以上	1. 「房総ケ浦」で実施する小4理科「土地のつくりと変化」の単元に沿った野外学習。 2. 防災ジオツアー（銚子の災害・事故から教訓を学び備える）	小６	
22	◎伊豆半島	静岡県沼津市, 熱海市, 三島市, 伊東市, 下田市, 伊豆市, 伊豆の国市, 東伊豆町, 河津町, 南伊豆町, 松崎町, 西伊豆町, 函南町, 長泉町, 清水町	南から来た火山の贈りもの	地震 気象	火山 地震 気象					
23	八峰白神	秋田県八峰市	白神山地の恵みに生きる		火山 地震	タブレットを用いたジオパーク紹介ポスターづくり	小			
24	四国西予	愛媛県西予市	四国山地と宇和海が育んだ海・島・山4億年の物語			名称なし（授業18時間→文化祭と小学校で成果発表）	西予市立三瓶中学校1年生			
25	ゆざわ	秋田県湯沢市	いにしえの火山の恵み あつき雪 いかして描く歴史と暮らし		火山	1. 石当てクイズ 2. 自分だけのジオそばを考えよう 3. 石膏づくり体験	小	目的や時間に応じて相談対応		有
26	三陸	青森県八戸市, 階上町, 岩手県洋野町, 久慈市, 普代村, 野田村, 田野畑村, 岩泉町, 宮古市, 山田町, 大槌町, 釜石市, 大船渡市, 住田町, 陸前高田市, 宮城県気仙沼市	玉億年前からの時を刻み，今を生きる		地震	環境の授業を活用した学習	小６			有
27	33おいた鶴島	大分県鶴島村	火山が生み出した神都の島		火山	教育交流事業（県内）	小			
28	33おいた豊後大野	大分県豊後大野市	阿蘇区大火砕流から9万年．大地に祈り，いかされ		火山	ジオ・ジュニアリーダークラブ	小５～中２			有
29	三笠	北海道三笠市	さあ，行こう！一億年時間旅行へ～石炭が紡ぐ大地と人々の物語			1. スカイプ（TV電話）を活用した日本の多様性の学習及び自地域との特徴の比較による郷土愛の醸成 2. ジオパーク解説員になろう（三笠中学校）	中１・中２	目的等に応じて専用の教育旅行資料を作成	個別なし	
30	筑島・錦江湾	鹿児島県鹿児島市, 姶良市, 垂水市	火山と人と自然のつながり	火山	火山	1. ガイドプログラム「火山体感バスツアー」「桜島火山ガイドウォーク」「桜島ビジターセンターガイド」 2. ジオキッズ講座 3. 出前授業	1. 小学生以上推奨 2. 主に小・中学生 3. 主に小6	「みんなの桜島」（体験プログラム多数）	小～高	有
31	とかち鹿追	北海道鹿追町	火山と凍れが育む命の物語	火山	火山	新地球学（H18～H29年度 年30ｈ，H30～年20h）	小～高		有	
32	南紀熊野	和歌山県新宮市, 白浜町, 上富田町, すさみ町, 那智勝浦町, 太地町, 古座川町, 北山村, 串本町, 東牟婁十津川村	プレートが出会って生まれた3つの大地～大地に育まれた熊野の自然と文化に出会う～		地震			ジオサイトである「橋杭岩」を解説・案内	個別なし	有
33	立山黒部	富山県富山市, 魚津市, 滑川市, 黒部市, 舟橋村, 上市町, 立山町, 入善町, 朝日町	3億年×高低差4000m！体感しようダイナミックな時空の物語	火山 気象	気象	水みらいプロジェクト　ジオパーク探検隊				有
34	苗場山麓	新潟県津南町, 長野県栄村	奥信越の火山と川がつくりだした大地・雪に育まれた自然と歴史文化		火山 地震	名称なし（総合学習の一環として学校のテーマに合わせて作り上げている。）		スノーシューを使って雨岸段丘を見学、雄鉢見学で観察観明	個別なし	
35	栗駒山麓	宮城県栗原市	自然災害との共生と豊穣の大地の物語	火山 地震	火山 地震 気象	1. 栗原の大地の動きを感じよう 2. 伊豆沼・内沼で生き物とふれ合おう 3. 栗駒山麓で大地の成り立ちを学ぼう	小・中	防災や被災への学び	小・中など	有
36	Ｍｉｎｅ秩吉台	山口県美祢市	カルスト台地に息づく地球と生命の歴史		地震	ジオパーク同士のインターネット生中継	小３以上	ジオツアー（相談に応じてカスタマイズしたものを提案）	小学生以上	
37	三島村・鬼界カルデラ	鹿児島県三島村	過去から未来へ向けて、火山と社会の関係性を考える		火山	教育・特産品開発業務委託事業	小・中			
38	下北	青森県むつ市, 大間町, 佐井村, 風間浦村, 東通村	海と生きる「まさかり」の大地～本州最北の地に守り継がれる文化と信仰～		火山	多様な情報を読み取り、自分の考えを深めよう（国語科11単位時間）	小５			有
39	筑波山地域	茨城県石岡市, 笠間市, つくば市, 桜川市, 土浦市, かすみがうら市	関東平野に抱かれた山と湖～自然と人をつなぐ石・土・水～		火山 気象					有
40	秩間山北麓	群馬県神流町, 長野原町	秩間山とともに未来へ～災害と恵みがつなぐ人々の営み～	火山	火山			学習目的に該当するサイトについて遠学、現地調男案内等	小～高	有
41	鳥海山・飛島	山形県酒田市, 遊佐町, 秋田県にかほ市, 由利本荘市	日本海と大地がつくる水と命の循環		火山 地震	1. 出前授業 2. 公開模擬授業、 3. 教育関係者研修の実施 4. 学習研究発表会	小・中・教員			有
42	島根半島・宍道湖中海	島根県松江市, 出雲市	出雲国風土記の自然と歴史に出会う大地	気象	気象	出前授業の実施	小～大			有
43	萩	山口県萩市, 山口市, 阿武町	萩は維新とマグマの胎動の地	火山	火山 地震	1. 火山の成り立ちワークショップin笠山 2. 火山と遊ぼう 3. 萩佐ホルンフェルスジオガイド 4. 地球目線のまち歩きin萩城下町 5. 夫円峡自然学習	1. 小4以上 2. 小1以上 3. 小4以上 4. 小3以上 5. 小3以上			

※以下の資料を参考に、筆者が取りまとめた。

日本ジオパークネットワーク（2018a）、日本ジオパークネットワーク（2018b）、南アルプス(中央構造線エリア）ジオパーク協議会(2017)、様似町アポイ岳ジオパーク推進協議会(2020)、洞爺湖有珠山ジオパーク（2021c）、糸魚川ジオパーク協議会（2021）、山陰海岸ジオパーク推進協議会（2020）、室戸ジオパーク推進協議会（2010）、日本ジオパークネットワーク（2021b）、日本ジオパークネットワーク（2021c）、隠岐ユネスコ世界ジオパーク推進協議会(2013）、阿蘇ジオパーク推進協議会（2021）、白滝ジオパーク推進協議会（2016）、伊豆大島ジオパーク推進委員会（2011）、霧島ジオパーク推進連絡協議会事務局「霧島ジオパーク」、磐梯山ジオパーク協議会ホームページ、下仁田町ジオパーク下仁田協議会（2011）、白山手取川ジオパーク推進協議会「白山手取川ジオパーク」ホームページ、秩父まるごとジオパーク推進協議会事務局ホームページ、男鹿市教育研究所（2013）、箱根ジオパーク推進協議会事務局ホームページ、佐渡ジオパーク推進協議会ホームページ、銚子ジオパーク推進協議会ホームページ、伊豆半島ジオパーク推進協議会（2012）、八峰白神ジオパーク推進協議会ホームページ、四国西予ジオパーク推進協議会ホームページ、湯沢市ジオパーク推進協議会（2016）、三陸ジオパーク推進協議会ホームページ、姫島村役場ホームページ、おおいた豊後大野ジオパーク推進協議会（2017）、三笠ジオパーク推進協議会ホームページ、桜島・錦江湾ジオパーク推進協議会ホームページ、とかち鹿追ジオパーク推進協議会ホームページ、南紀熊野ジオパーク推進協議会事務局(2020)、一般社団法人 立山黒部ジオパーク協会ホームページ、苗場山麓ジオパーク推進協議会ホームページ、栗原市役所 商工観光部 ジオパーク推進室ホームページ、Mine 秋吉台ジオパーク推進協議会ホームページ、三島村ジオパーク推進連絡協議会（2015）下北ジオパーク推進協議会（2021）、筑波山地域ジオパーク推進協議会（2016）、浅間山ジオパーク推進協議会（2021）、鳥海山･飛島ジオパーク推進協議会事務局ホームページ、島根半島･宍道湖中海（国引き）ジオパーク推進協議会(2021)、萩ジオパーク推進協議会ホームページ

これらの経緯を経て、2016 年に公開されている GGN ガイドラインには、ジオパークの活用目的として、社会が直面している重要課題への意識を高めることと記載され、その重要課題の一つとしてジオハザード、気候変動があげられている（UNESCO, 2016）。

一方、日本ジオパークネットワーク（Japanese Geopark Network：以後 JGN と略記）は、発足当時から、自然災害からの防災を、日本ジオパークの特徴として捉えていた。2008 年 5 月 28 日に開催された第 1 回日本ジオパーク委員会では、日本ジオパークの認定基準について「日本の場合は、火山が多いこともあるので、安全・防災は重要である」との意見が出ている（日本ジオパーク委員会, 2008）。実際に、JGN 申請時に必要な自己評価シートには「防災・安全」の項目があり、「地元の学校で、ジオサイト等を活用した災害学習・防災教育が継続して行われている」などが、評価の観点となっている。また、日本ジオパークネットワーク（2021）は、日本のジオパークの特徴に「2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災の被災地である三陸ジオパークの活動を積極的に支援している」と「被災体験を教育の手段として有効に活用していく」を含み、防災・減災、復興教育の教材としての特性を有することが強調されている。三陸ジオパークは、「いわて三陸ジオパーク」構想として 2010 年から検討されてきたが、震災の教訓を生かすなど、復興教育の要素を加え、2013 年 9 月に日本ジオパークに認定された。ここでは、災害遺構の教育的活用なども提案されている（髙木, 2012）。また、栗駒山麓ジオパークは、平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内

陸地震で、栗駒山麓に発生した、多数の土石流、地すべりなどの山地災害による被害を伝承する場所としての目的を持つ。同時に豊かな自然景観や、豊富な水産資源などを持ち、自然の災害と恩恵といった二面性を学ぶことができる場所でもある。

藤岡（2011）は、国内で認定された 4 地域（当時）の世界ジオパークを日本の観光資源の特色として火山災害と温泉を例に自然の二面性を紹介しているが、表 4－1 で示したように、日本全体のジオパークを見ても栗駒山麓ジオパークをはじめ、自然の恩恵と災害をメインテーマにしている取組を無視することができない。

このように、世界ジオパークと国土が変動帯に立地する日本ジオパークでは、防災教育が、ジオパーク教育の意義として位置づけられた経緯が異なる。世界ジオパークは、地学教育の場として捉えられていた後に、防災教育の場としても、その価値が見出されるようになった。一方、日本ジオパークは発足当初から、ジオパークを防災教育の場として捉えていた。防災教育の場として適しているジオパークも多く（表 4－1）、防災教育と連動したジオパーク教育は、日本がイニシアチブを握る内容とも言える。

4.1.3　ジオパークにおける防災・減災、復興教育と環境教育、ESD、SDGs との関連性

近年、国内外において、防災・減災、復興教育は、ESD や SDGs と連動させる動向が見られるようになった（佐藤・藤岡，2020）。

日本では、世界が環境教育と ESD を同じように捉えることが決められた 1997 年のテサロニキ会議以降も依然として「環境教育」の名称で教育活動が行われていた。しかし、2 度目の改訂となる環境教育指導資料（2014 年 10 月刊行）では「今求められる環境教育」として、「国連持続可能な開発のための教育（ESD）の 10 年」に関わる一連の取組が記載され、ようやく環境教育の中でも ESD を取扱うようになった。そして、「東日本大震災後に、国連持続可能な開発会議（リオ＋20）が開催された今、環境教育や ESD の意義を改めて見つめ直す必要がある。」と記載された（国立教育政策研究所教育課程研究センター，2014）。文部科学省、環境省の両事務次官が共同議長を務める「持続可能な開発のための教育に関する関係省庁連絡会議」においても、ESD の基本的な考え方の中で、具体的な例として「環境」、「減災、防災」、「気候変動」を挙げている（持続可能な開発のための教育に関する関係省庁連絡会議，2021）。さらに、日本環境教育学会でも「東日本大震災後の環境教育」（日本環境教育学会，2013）を刊行し、ここで藤岡が、子供たちが災害時に、被災地の学校に手紙を送るなどの支援活動を例にしながら、ESD の持つ、他人や社会、自然環境との関係性を認識し、「つながり」や「かかわり」を尊重できる観点からも、自然災害を ESD の素材として取扱う必要性を述べている。

なお、ESD と SDGs の関係であるが、ESD は、ターゲットの 1 つとして位置付けられているだけでなく、SDGs の 17 全ての目標の実現に寄与するものであることが第 74 回国連総会において確認されている。2019 年の第 40 回ユネスコ総会で採択された ESD の新たな国際枠

組み「持続可能な開発のための教育：SDGs 実現に向けて（ESD for 2030）」（2020-2030 年）においても関係性は明確になっている。

一方、学校教育における、ジオパークと防災教育及び ESD、SDGs や環境教育との関りについても数多くの先行研究がある。東京地学協会が刊行する「地学雑誌」は、2016 年に「ジオパークの教育力ー教育から学習へ」という特集号を組んでいる。その中で、河本（2016）は、ESD とジオパークを組み合わせた学習の教育的効果について検討し、地球科学と地域づくりの観点からの学びでは、自然環境克服の歴史や工夫、防災・減災などが学びの対象となり得ること、防災・減災については、地域づくりの観点から、地形図やハザードマップの読み方、防災組織とそのシステム、過去の災害経験、地形と集落形態・土地利用、他地域の災害経験からの学びなどが学習内容として考えられることなど、ESD と連動した自然災害に関連した教育の在り方を示している。他にも、小山・鈴木（2016）が、ジオパークと連携した学校教育は、防災教育としての一面を備えていること、藤岡（2016）が、ジオパークは、ESD を踏まえて、自然の恩恵と景観を意識しながら、災害への備えや対応、復興の認識を高めることが可能であることを述べている。

これらの研究成果を整理すると、ESD、環境教育の意義には、「持続可能性」という視点からの防災教育が含まれる。そして、それを効果的に学習するフィールドとして、自然災害を学ぶ場として適しているジオパークがある。ジオパークで行う防災教育は、人間と社会、人間と自然との繋がりを理解し、自然災害と対峙してきた人類の歴史、自然の恩恵と災害の二面性、自然の事物・現象のメカニズムなど、文理融合的なアプローチから、防災に関わる内容を多面的・多角的に学習することが可能であると理解できる。

SDGs のゴールやターゲットからは、ジオパークの具体的な役割を捉えることができる。UNESCO（2017b）は、ジオパークと関連のある SDGs として、目標 1 のターゲット 1.5、目標 4 のターゲット 4.7、目標 5 のターゲット 5.5、目標 8 のターゲット 8.9、目標 11 のターゲット 11.4、目標 12 のターゲット 12.8 と 12.b、目標 13 のターゲット 13.3、目標 17 のターゲット 17.6 と 17.9 と 17.16 を挙げている。

これらの SDGs のターゲットの内、「自然災害」に関連したものは、ターゲット 1.5「2030 年までに、貧困層や脆弱な状況にある人々の強靭性（レジリエンス）を構築し、気候変動に関連する極端な気象現象やその他の経済、社会、環境的ショックや災害に暴露や脆弱性を軽減する」とターゲット 13.3「気候変動の緩和、適応、影響軽減及び早期警戒に関する教育、啓発、人的能力及び制度機能を改善する。」である。

一方、繰り返しとなるが、日本ジオパークは、ESD と連動した防災・減災、復興教育の教材としての特性を有し、自然災害からの防災・減災教育を実施するフィールドとしての機能を持つ。これを踏まえると、日本のジオパークでは、ターゲット 11.5「2030 年までに、貧困層及び脆弱な立場にある人々の保護に焦点をあてながら、水関連災害などの災害による死者や被災者数を大幅に削減し、世界の国内総生産比で直接的経済損失を大幅に減らす。」、11.b「2020 年までに、包含、資源効率、気候変動の緩和と適応、災害に対する強

靭さ（レジリエンス）を目指す総合的政策及び計画を導入・実施した都市及び人間居住地の件数を大幅に増加させ、仙台防災枠組 2015－2030 に沿って、あらゆるレベルでの総合的な災害リスク管理の策定と実施を行う。」や 15.3「2030 年までに、砂漠化に対処し、砂漠化、干ばつ及び洪水の影響を受けた土地などの劣化した土地と土壌を回復し、土地劣化に荷担しない世界の達成に尽力する。」に関連した教育の必要性も認められる（表 4-2）。また、8.9「2030 年までに、雇用創出、地方の文化振興・産品販促につながる持続可能な観光業を促進するための政策を立案し実施する。」、11.4「世界の文化遺産及び自然遺産の保護・保全の努力を強化する。」も自然の二面性の内、恩恵の面に着目するためには、重要な視点の一つである。

表 4-2　ジオパークにおける自然災害に関連のある SDGs
※下線・太字箇所は自然災害に関連した役割

ジオパークと関係のあるSDGs（UNESCO, 2017）	
SDG1.5	**2030 年までに、貧困層や脆弱な状況にある人々の強靭性（レジリエンス）を構築し、気候変動に関連する極端な気象現象やその他の経済、社会、環境的ショックや災害に対する暴露や脆弱性を軽減する。**
SDG4.7	2030 年までに、持続可能な開発のための教育及び持続可能なライフスタイル、人権、男女の平等、平和及び非暴力的文化の推進、グローバル・シチズンシップ、文化多様性と文化の持続可能な開発への貢献の理解の教育を通して、全ての学習者が、持続可能な開発を促進するために必要な知識及び技能を習得できるようにする。
SDG5.5	政治、経済、公共分野でのあらゆるレベルの意思決定において、完全かつ効果的な女性の参画及び平等なリーダーシップの機会を確保する。
SDG8.9	2030 年までに、雇用創出、地方の文化振興・産品販促につながる持続可能な観光業を促進するための政策を立案し実施する。
SDG11.4	世界の文化遺産及び自然遺産の保護・保全の努力を強化する。
SDG12.8	2030 年までに、人々があらゆる場所において、持続可能な開発及び自然と調和したライフスタイルに関する情報と意識を持つようにする。
SDG12.b	雇用創出、地方の文化振興・産品販促につながる持続可能な観光業に対して持続可能な開発がもたらす影響を測定する手法を開発・導入する。
SDG13.3	**気候変動の緩和、適応、影響軽減及び早期警戒に関する教育、啓発、人的能力及び制度機能を改善する。**
SDG17.6	科学技術イノベーション（STI）及びこれらへのアクセスに関する南北協力、南南協力及び地域的・国際的な三角協力を向上させる。また、国連レベルをはじめとする既存のメカニズム間の調整改善や、全世界的な技術促進メカニズムなどを通じて、相互に合意した条件において知識共有を進める。
SDG17.9	すべての持続可能な開発目標を実施するための国家計画を支援するべく、南北協力、南南協力及び三角協力などを通じて、開発途上国における効果的かつ的をしぼった能力構築の実施に対する国際的な支援を強化する。
SDG17.16	すべての国々、特に開発途上国での持続可能な開発目標の達成を支援すべく、知識、専門的知見,技術及び資金源を動員、共有するマルチステークホルダー・パートナーシップによって補完しつつ、持続可能な開発のためのグローバル・パートナーシップを強化する。
日本ジオパークの特徴（自然災害からの防災・減災）を踏まえた、ジオパークに関連したSDGs	
SDG11.5	**2030年までに、貧困層及び脆弱な立場にある人々の保護に焦点をあてながら、水関連災害などの災害による死者や被災者数を大幅に削減し、世界の国内総生産比で直接的経済損失を大幅に減らす。**
SDG11.b	**2020年までに、包含、資源効率、気候変動の緩和と適応、災害に対する強靭さ（レジリエンス）を目指す総合的政策及び計画を導入・実施した都市及び人間居住地の件数を大幅に増加させ、仙台防災枠組2015－2030に沿って、あらゆるレベルでの総合的な災害リスク管理の策定と実施を行う。**
SDG15.3	**2030年までに、砂漠化に対処し、砂漠化、干ばつ及び洪水の影響を受けた土地などの劣化した土地と土壌を回復し、土地劣化に荷担しない世界の達成に尽力する。**

さらに、藤岡（2021）は、SDGs のゴールやターゲットと防災教育の関りを説明している。その中で、自然の保護や環境保護の重要性から、SDGs ゴール 14「持続可能な開発のために海洋・海洋資源を保全し、持続可能な形で利用する」や SDGs ゴール 15「陸域生態系の保護、回復、持続可能な利用の促進、持続可能な森林の経営、砂漠化への対処、ならびに土地の劣化の阻止・回復及び生物多様性の損失を阻止する。」も、自然の恩恵やそれを保全することを理解するための基本になると述べている。

SDGs は、一部のジオパークでも強く意識されており、実際に、洞爺湖有珠山ジオパークのように、地域のジオパーク活動と関連する SDGs が示されている場所もある（洞爺湖有珠山ジオパーク，2021a）。学校教育と関連して、SDGs のゴールやターゲットに則したジオパーク教育実践の報告も見られるが（例えば、山本，2018）未だ十分とは言えない。今後、SDGs のゴールやターゲットに則した教育実践の蓄積が求められる。

4.1.4　ジオパーク活用方法の具体例と期待される教育的効果

糸魚川世界ジオパークを有する糸魚川市では、幼稚園から高等学校までジオパークを活用した体系的な学習計画が実施されている。「自然災害」と関わりのある内容は、小学校第 4 学年「社会科：自然災害にそなえるまちづくり」と小学校第 5 学年「理科：川と災害」、小学校第 6 学年「理科：火山の噴火と地震」、中学校第 2 学年「社会科：日本の地形」、中学校第 3 学年「理科：自然と人間」と「総合的な学習の時間」に示されている。高等学校では、各学校の実態に応じて、ジオパークに関連した探究的な学習を進めている（糸魚川市，2020）。日本ジオパーク、ユネスコ世界ジオパークは、4 年に一度再認定審査を受ける。認定の更新についても実績が求められ、糸魚川市教育委員会は小学生用の副読本も作成した。「小学校 5 年生・6 年生理科学習副読本－感じて確かめて伝えよう糸魚川ユネスコ世界ジオパーク－」（藤岡ほか 9 名，2012）では、市内での理科授業用の副読本として作成されたため、小学校学習指導要領解説理科編（文部科学省，2018c）の内容と目次の章が対応している（表 4-3）。つまり、5 年生では、川の働きと糸魚川市での水害、6 年生の大地のつくりでは、ジオパークの火山の噴火や噴火よってできた火山灰層など、ジオパークの自然災害が恵みと共に、学習指導要領に則って記述されている。藤岡・沼口・五十嵐（2012）は、この副読本を活用したジオパーク学習の教育的効果を検討し、ジオパークに対する理解を深めるためには、地学的な興味を持たせる工夫を行う必要があることなどを示している。

また、竹之内（2016）は、糸魚川市においてジオパーク学習が進展した理由として、学校教育の中にジオパーク学習が明確に位置づけられ、それに応じて理科教育センターの強化、教員向け研修会、教育用サイトの整備、防災学習など具体的な教員支援策が行われたことをあげている。

栗駒山麓ジオパークを有する栗原市でも、市内の小・中学生を対象にジオパークを活用した学習を行っている。目的の一つは、岩手・宮城内陸地震の記憶を後世に伝える防災教

表 4-3　副読本「小学校 5 年生・6 年生理科学習副読本－感じて確かめて伝えよう糸魚川ユネスコ世界ジオパーク－」の目次

副読本の目次	
1. 自然の魅力	
2. 糸魚川の地形・地質とジオサイト	6年「大地のつくり」
3. 糸魚川の自然景観の成り立ち	6年「地球と私たちのくらし」
4. 天気の不思議	5年「天気の変化」
5. 川の魅力	5年「流れる水のはたらき」
6. 池や滝の魅力	5年「台風と天気の変化」 5年「流れる水のはたらき」
7. 命の不思議	5年「魚のたんじょう」
8. 海の魅力	
9. 生きもののくらし	6年「生き物のくらしと環境」
10. 大地の魅力	6年「大地のつくり」
11. 糸魚川の自然災害	5年「流れる水のはたらき」 6年「変わり続ける大地」
12. 安全と防災	5年「台風と天気の変化」 5年「流れる水のはたらき」 6年「変わり続ける大地」
13. 資料	

育の推進である。ここでも副読本の作成が行われ、教育委員会や校長会で選出された学校教員の意見を踏まえて、学校教育現場で使いやすいものが作成されている。具体的には、総合的な学習の時間や理科授業で取り組むことを想定し、糸魚川市の例と同様に、市内で使用している東京書籍の理科教科書と連動させた内容構成となっている（中川，2016）。

これらの事例からも、ジオパークを活用した学習を効果的に活用するためには、カリキュラム・マネジメントの下、学習計画を立てたり、自分たちの地域にある素材を授業で扱う教材として活用できるように整備したりするなどの手立てが必要であることがわかる。

火山噴火による防災教育を目的としたジオパークでの教育の成果は数多く報告されている（例えば、横山，2013；高橋・土本，2016；寺井，2011 など）。自然災害・防災を研究領域に持つ「地学教育」において取り上げられている成果も多い（熊谷，2015；長谷川，2018；三好ら，2019）。横山（2013）は、洞爺湖有珠山ジオパークのエリア内に在る、壮瞥中学校において実践したジオパーク学習の内容を報告し、学習した生徒が、農業や観光業などの人間生活と自然を関連させて捉えていることや火山との共生概念を得ることが出来たことなどを報告している。洞爺湖有珠山ジオパークでは現在、伊達市、豊浦市、壮瞥町、洞爺湖町の小学校 6 年生から中学生・高校生までを対象として、学習指導要領の内容と一致させた理科や社会などの野外学習テキスト（横山，2018 など）を活用し、ジオパーク圏域で専門の講師による減災教育の取組を実施している（洞爺湖有珠山ジオパーク，2021b）。

他にも、立川黒部ジオパークでは、小学校第5学年「流れる水の働きと土地の変化」の全12時間の内、ジオパークを活用した地域学習2時間、防災学習1時間を取り入れた学習指導案を作成し、体験的な学習を取り入れた授業提案を行っている（立山黒部ジオパーク協会，2020）。

本章で示したように、一部のジオパークは、火山災害や地震災害、気象災害など、各地域によって異なる災害種に対応したジオサイトを持つ（表4-1）。地域によって想定される自然災害が異なる為、学習指導要領の教育課程や教科・科目とそれに即した教科書では、自然災害の学習として限界がある。しかしながら、ジオパークを活用した理科授業は、中学校学習指導要領に示された学習内容をジオパークで学習できる。さらに、自然災害を学ぶ場として適しているジオパークで、自然災害に関連のあるSDGsのゴールやターゲットを核としたカリキュラム・マネジメントの下、授業を計画することで、防災に関わる内容を多面的・多角的な視点から学習することが可能となる。これらを達成するためには、教科書準拠の副読本の作成・活用、教育課程に準拠した学習指導案の作成及びジオパークにおける専門的な知識を有した講師の活用など、効果的に活用するための手立てを講じることが求められる。

4.1.5　学校教育においてジオパークを活用するための課題

学習指導要領に対応するために、学校教育で、ジオパークを活用する課題が考えられる。まず、利用できる地域が限定される。ジオパークは、47都道府県中、11都府県には存在せず、距離が遠ければ利用することは難しい。そのため、宿泊研修等での「ジオパーク」の活用を考える必要がある。

JGNが学校教育関係者を対象に、ジオパークを活用した学校教育旅行のニーズを調査している（日本ジオパークネットワーク，2018c）。有効回答数は、小学校316、中学校321である。それによれば、「ジオパークを旅行先にしたいと思う」という質問に対し「評価する／その通りだ」と回答した学校関係者の割合は、小学校で33.5%、中学校で33.3%であった。さらに「自然や環境について学ぶことができる」について「評価する／その通りだ」と回答した割合が小学校では84.2%、中学校では79.8%なのに対し、「防災や減災に役立つ」について「評価する／その通りだ」と回答した割合は、小学校で54.1%、中学校で50.5%であった。したがって、自然環境での体験活動の意義を理解していたとしても、校外学習や臨海学校、宿泊研修などでジオパークが活用される見込みは高くない。加えて、ジオパークが「防災・減災」を学ぶ場でもあるということが、十分に理解されていない現状が伺える。これまでも地学教育では、野外観察の必要性が論じられてきていたにも関わらず、学校教育での実践上の課題は日本地学教育学会でも繰り返し論議されてきた（瀧本・佐藤，2019など）。この点では学校教育での同質の継続する課題と言える。

しかし、今日、地域の中で防災を含めた「生きる力」を育成するには学校や教員だけでは限界があり、地域の施設や人材を活用する必要がある。表4-1に示すように、ジオパー

クの活用は、博物館や学芸員による出前授業など、ジオパークごとにいくつかのプログラムが用意されている。これらをカリキュラム・マネジメントの点から取り入れることを検討する必要がある。つまり、学校教育や教員だけでは限界であったフィールドワークに地域や社会教育施設との連携を探ることに新たな展開の可能性が期待できる。

4.2 現代的な諸課題に対応した教科等横断的な防災教育の実践
－SDGs のねらいに沿ったカリキュラム・マネジメントの構築を踏まえて－

4.2.1　SDGs ゴール 11 を核とした教材開発及び授業実践の概要

防災を含む安全教育に求められるカリキュラム・マネジメント（現代的な課題に関連した教科横断的な教育内容）の具体的な取り組みとして、SDGs ゴール 11「都市と人間居住地を包括的、安全、強靭かつ持続可能にする」を核に、安全教育（防災教育）のねらいに沿った教材開発及び授業実践を行った。そして、開発した教材を活用した授業の教育的効果を検討した。

開発した教材では、流域を示す縦 26 ㎝・横 36 ㎝のホワイトボード上に、治水事業にかかる費用と使用できる予算とを踏まえて、堤防を設置するなど、災害に強いまちづくりをデザインする活動を行う。ホワイトボードの大きさは、児童が机上で操作しやすい大きさを選択した。そして、この教材を活用した授業を、小学校第 5 学年「流れる水のはたらきと土地の変化」（文部科学省，2018c）の単元で実践し、授業実践の効果について、安全教育の目標に照らし合わせて考察した。

先述したように、安全教育の目標も、教科と同様に「知識・技能」、「思考力・判断力・表現力等」、「主体的に学習に取り組む態度」の 3 観点から整理されている（文部科学省，2019a）。

開かれた教育課程としてのカリキュラム・マネジメントでは、教科等横断的な視点で資質・能力の育成を目指すこととされている。その評価については「言語能力、情報活用能力や問題発見・解決能力など教科等横断的な視点で育成を目指すこととされた資質・能力は、各教科等における「知識・技能」、「思考力・判断力・表現力等」、「主体的に学習に取り組む態度」の評価に反映することとし、各教科等の学習の文脈の中で、これらの資質・能力が横断的に育成・発揮されることを目指すことが適当である。」と示されている（文部科学省，2019b）。

そこで、開発した教材を活用した授業の教育的効果を安全に関する目標に照らし合わせて検討する。また、本章で示した教育実践は SDGs のねらいに沿ったものであるため、本実践の効果についても、SDGs のターゲットと照らし合わせて確認し、検討を加える。

4.2.2　教材の開発

1)開発した教材について

開発した教材は、流域を示す縦 26 ㎝・横 36 ㎝のホワイトボードに 2 ㎝×2 ㎝の赤い磁石シートと青い磁石シートを貼ったもの（図 4-1）、2 ㎝×2 ㎝の赤い磁石シート、青い磁石シート、緑色の磁石シート、堤防と水門、遊水地のイラストが貼ってある磁石（図 4-2）で構成される。ホワイトボードの大きさは、児童が机上で操作しやすい大きさを選択した。



図 4-1　開発した教材



図 4-2 赤、青、緑の色の磁石シート、堤防と水門、遊水地のイラストが貼ってある磁石シートを貼ったもの

2）教材の使い方

図 4-3 に示すルールを記載したワークシートを児童に配布した。そして、ルールの通りに、治水事業にかかる費用と使用できる予算を踏まえて、堤防を設置するなど、災害に強いまちづくりをデザインする活動を行うように伝えた。

①100N の資金で、災害に強い街をデザインする。「N」というのは、この学習で使用する通貨である。
②ホワイトボードの 1㎝は 10ｍを表す。
③中流から下流に位置する場所に、多くの人が住む予定である。
④赤い磁石シートは市街地（コンクリートの部分)、青い磁石シートは川、緑の磁石シートは自然を表す。
⑤川は、それほど高くない堤防で囲まれている。
⑥災害を減らすための工事や設備の設置には、お金（N）がかかる。水門が 1N、遊水地が 70N、スーパー堤防が 4N である。
⑦赤・緑の磁石シートを青色の磁石シートに変えるには、1 つの磁石シートにつき 4N の費用が必要である。
⑧青色の磁石シートを赤・緑の磁石シートに変えるには、1 つの磁石シートにつき、4N の費用が必要である。
⑨赤い磁石シートを緑の磁石シートに変えるには、1 つの磁石シートにつき、1N の費用が必要である。
⑩川の流れを止めることはできない。

図 4-3　教材を使用した活動のルール

国際連合（2019）は、SDGs の望ましい変革を必要な規模・スピードで達成するための 6 つのエントリーポイントを示している。その一つが「都市及び都市周辺部の開発」であり、必要な手段の一つに、「経済とファイナンス」をあげている。したがって、本章で取扱う教材においても、費用対効果など、経済とのバランスについても考える視点を取り入れ、予め使用できる予算を決め、治水事業ごとの費用を踏まえて、児童が治水事業に優先順位を付けて考えることができるように工夫した。また、治水事業にかかる費用については、国土政策局広域地方政策課（2020）を参考にした上で、児童が簡単に計算でき、ゲーム進行の妨げにならないと考えられる金額を設定した。

3)教材の活用場面

防災を含む安全に関する教育（現代的な諸課題に関する教科横断的な教育内容）（文部科学省，2018b）を参考に、SDGs ゴール 11「都市と人間居住地を包括的、安全、強靭かつ持続可能にする」を核とした SDGs のねらいに即した、理科と社会科を関連させたカリキュラム・マネジメントから、ねらいを達成するために必要な内容を構成した（表 4-4）。理科の学習場面は「自然の事物・現象に対する科学的な理解や災害の発生メカニズムなどの「知識・技能」を獲得する場面」と「災害を自分のこととして捉える場面」に分けて実施し、社会科の学習場面は「治水事業への理解を深める場面」と「生態系を活用した防災・減災に対する理解を深める場面」に分けて実施した。これらの学習後に、理科で「流域全体を

通して、水災害を減らす工夫を考える場面」として開発した教材を活用した授業を実施した。

表 4-4　SDGs ゴール 11「都市と人間居住地を包括的、安全、強靭かつ持続可能にする（United Nations, 2015)」のねらいに沿ったカリキュラム（19 時間扱い）
※下線部は、「小学校学習指導要領（平成 29 年告示）」で理科や社会の学習内容として取り上げられていないが、SDGs ゴール 11 のねらいに沿う観点から、必要だと考えられる学習活動。

教科	学習場面	時間	学習内容	学習活動
理科	Ⅰ 自然の事物・現象に対する科学的な理解や災害の発生メカニズムなどの「知識・技能」を獲得する場面	2h	流れる場所による川や川岸の違いについて調べる。	・地面に水を流し、侵食・運搬・堆積について調べる。 ・地面に水を流し、水は、土地の低いところに流れることに気が付く。
		3h	水量の違いによる土地の変化について調べる。	・水量を変えて、土の削られ方や運ばれる土の量の違いについて調べる。 ・短時間で多くの雨が降ると川の水量が急激に増加することに気が付く。 ・川は、本流と支流があわさることで、上流よりも下流の水量が多く、多くの雨が降ると下流の水量が増えて、水位が高くなることに気が付く。 ・川の水の量が増えると、川の流れる速さも速くなることに気が付く。 ・川の流れが速くなると、侵食と運搬が大きくなることに気が付く。 ・地すべり、がけ崩れ、土石流などの現象について学ぶ。 ・河川では、本流の水位が支流の水位を越えると、逆流することがあることに気が付く。
		2h	上流・中流・下流で川と川原の石の違いについて調べる。	・映像を基にして、上流・中流・下流の様子の違いについてノートにまとめる。
	Ⅱ 災害を自分のこととして捉える場面	6h	実地踏査を通して、自分たちの住む地域の川について理解する。	・自分たちの住む地域にある川の水利用や多様な自然環境などについて調べる。 ・ハザードマップを見ながら、自分たちの住む地域で起こる可能性が考えられている災害について知る。 ・自分たちの住む地域にある洪水から身を守るための施設について調べる。 ・洪水標識、洪水時避難場所などについて学ぶ。 ・地域の危険個所について調査する。 ・調査結果を基にして、学校区のハザードマップを作成する。
社会	Ⅲ 治水事業への理解を深める場面	2h	自然災害から国土を保全し、国民生活を守るための国や県などの対策について調べる。	・水門の設置や遊水地、堤防などの治水対策について理解する。
	Ⅳ 生態系を活用した防災・減災に対する理解を深める場面	3h	森林資源が果たす役割について理解する。	・森林資源が持つ多様な機能について理解し、その一つに自然災害からの減災があることを知る。 ・森林の働きによる自然災害の防止には限界があることも理解する。 ・水害防備林や輪中による高水防御など、古くから行われている防災・減災の取組について理解する。
理科	Ⅴ 流域全体を通して、水災害を減らす工夫を考える場面	1h	水災害を減らすためのまちをデザインする。	・5～6人のグループで流域全体を通して災害を減らすための手立てについて話し合い、災害に強いまちをデザインする学習を行う。

4.2.3 授業実践

1)計画した授業の概要

計画した授業は、埼玉県内の小学校第 5 学年 31 名を対象に実施した。計画した授業に関わる理科と社会科の学習内容は、令和 2 年 11 月初旬から下旬にかけて全 19 時間実施した。その内、開発した教材を使用した活動は、19 時間目にあたる。単元は、小学校第 5 学年「流れる水の働きと土地の変化」（文部科学省，2018c）である。授業は、筆者が行った。

2)実際の授業の流れ

理科「Ⅰ自然の事物・現象に対する科学的な理解や災害の発生メカニズムなどの「知識・技能」を獲得する場面」では、校庭の一部に土砂を積み上げた山をつくり上部から水を流す「流水実験」を行い、流れる水の働きについて調べた。次に、映像を見ながら川の上流・中流・下流の様子をまとめた。

理科「Ⅱ災害を自分のこととして捉える場面」では、主に実地踏査を通して「自然災害」の観点から、自分たちの住む地域について調べた。具体的には、自分たちの住む地域では、川が生活にどのように利用されているのかを調べたり、自分たちの住む地域での浸水する可能性が考えられる箇所について話し合ったりする活動を行った。それらの活動を通して、学校区のハザードマップをつくる活動などを行った。

社会科「Ⅲ治水事業への理解を深める場面」では、自然災害から国民生活を守るための国や県の対策について調べた。

社会科「Ⅳ生態系を活用した防災・減災に対する理解を深める場面」では、森林資源が持つ機能について理解し、その一つとして「自然災害の防止」を取り上げた。さらに、水害防備林や輪中による高水防御など、自然を利用して古くから行われている防災・減災の取組にも触れた。また、オランダ人技師ヨハネス・デ・レーケの治水工事などにも触れた。

その後、図 4-3 に示すルールが書かれたワークシートを配付し、配布されたワークシートを基に、1 班 5、6 人のグループで、開発した教材を活用して、SDGs ゴール 11 を核とした SDGs のねらいに即して、災害に強い街づくりをデザインする活動を実施した。

4.2.4　結果と考察

1)授業評価の方法

分析の方法は、防災教育教材を活用した授業場面での、児童の発話を IC レコーダーとビデオカメラで記録し、記録したプロトコルデータを安全教育の目標（文部科学省，2019a）に照らし合わせて分析する。

児童には予め、研究の目的で、授業中の会話を録音することや、事前に、もしくは授業中においても録音を拒否することができること等を伝えた。尚、学びに向かう力・人間性等は、評価の観点では「主体的に学習に取り組む態度」となっている（国立教育政策研究所，2020）。したがって、安全教育の目標の内、学びに向かう力・人間性等は、「主体的に学習に取り組む態度」として評価する。

また、児童の発話プロトコルデータを SDGs のターゲット（United Nations,2015）の文脈と照らし合わせて、SDGs のねらいに沿った教材となっているのかについても確認・検討を加える。

2)発話プロトコルの概要理解

教材活用時の、児童の発話の概要を理解するために、1 班から 6 班までの児童の発話を文字で書き起こしたプロトコルデータを用いて、共起ネットワーク図を作成し、サブグラフ

検出（modularity）を行った。使用したソフトは、テキストマイニングツール「KHCoder」である。KHCoder は、テキスト型データを統計的に分析できるソフトウェアである。

共起ネットワーク図とは、テキストデータにある語句の出現パターンの類似性を基に、語と語の繋がりの様子を可視化した図である。共起ネットワーク図中の円の大きさは、語の出現回数を意味する。また、線と線で結ばれている語は関連性があり、強い共起関係にあるものは濃い線となる（樋口，2014）。共起ネットワーク図を作成することにより、児童の発話の特徴を客観的に捉えることができ、発話プロトコル分析と連動させることが期待できる。

総抽出語数は 10,700 語、その内、3,616 語が分析に使用する語であった。また、異なり語数は 942 で、この内 600 語が分析の対象となる語であった。語の最小出現数は 10、集合の類似度を測る指標は Jaccard 係数を使用し、図の見易さを考慮し、Jaccard 係数 0.05 以上を描写した共起ネットワーク図を作成した（図 4-4）。

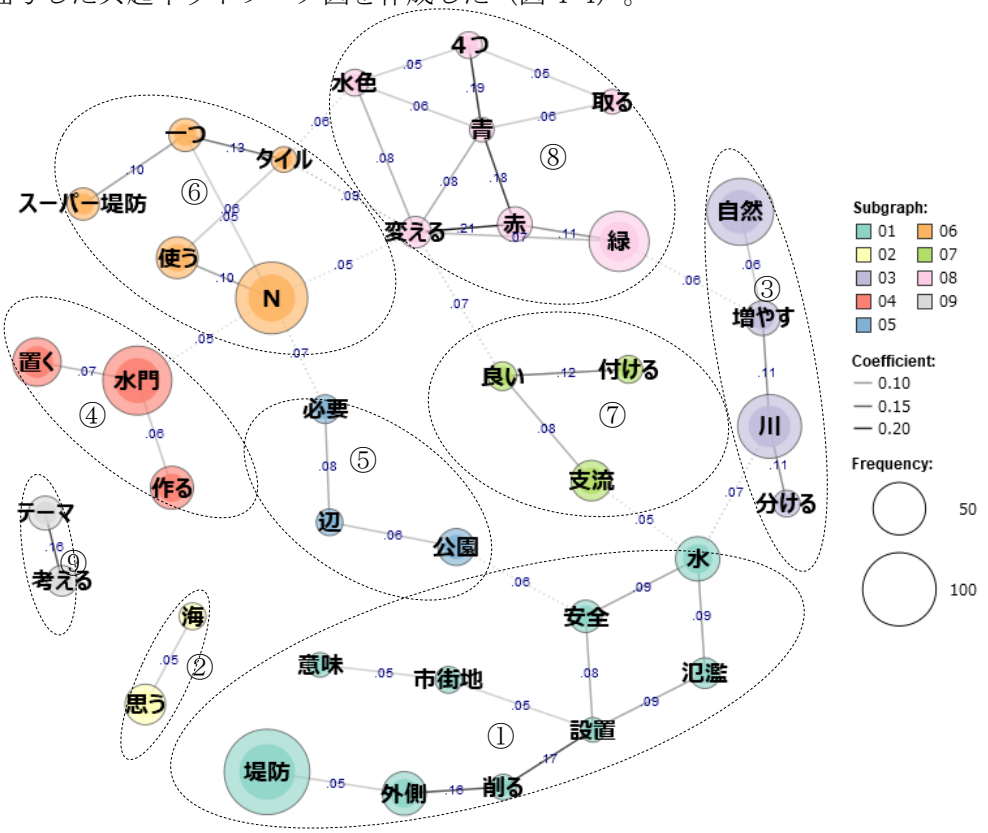


図 4-4　共起ネットワーク・サブグラフ検出（modularity）
※図中のグループごとに囲んだ破線と①～⑧の番号は、筆者が追記したものである。

サブグラフ検出（modularity）では、図 4-4 に示す①～⑨までのグループが示されている。その内、①、③、④、⑤、⑥、⑦、⑧のグループは他のグループと語と語の繋がりを持っている。中でも「N」、「水門」、「堤防」、「自然」、「緑」、「川」の語は、出現回数が高い。KWIC コンコーダンス機能で語の用いられ方を調べると、「N」は 96 回

用いられている。その内、前後 5 語までに「堤防」の語を含む語が 10、「水門」の語を含む語が 10、「遊水地」の語を含む語が 10 あった。これらは全て費用対効果を踏まえた発言中に現れていた。「水門」という語は 88 回用いられている。その内、水の流れる方向など、学習内容を根拠に、水門の設置理由等について説明している文脈で使用されている語は 49 確認できた。「堤防」という語は 137 回用いられているが、外側が侵食されるからなど、根拠を基に設置理由を述べた文脈で使用されている語は 38 確認できた。「自然」という語は 86 回用いられているが、災害を減らす役割として認識し、活用していると解釈できる語が 14、自然環境保全の文脈で使用していると解釈できる語が 10、緊急時の避難場所について検討する文脈で使用されていると解釈できる語が 7 確認できた。その他の語も全て、自然を大切なものとして捉えた中で使用されている語であった。「緑」という語は 66 回用いられているが、これらの多くは「森林」「自然」「公園」などの同義語として使用されていた。「川」という語は 75 回用いられているが、これらの語は、様々な治水事業に関わる文脈で用いられていた。

3)安全教育の目標に関連のある発言の出現

図 4-5 は、1 班から 6 班までの、児童の発言と安全教育の目標を照らし合わせて分析し、安全教育の目標に関連した発言の出現推移を示したものである。

分析の過程で、知識・技能を駆使して思考力・判断力・表現力等を行うため、これらは連動し、思考力・判断力・表現力等と主体的に学習に取り組む態度は、思考的に往還しながら行われることが理解された。そのため、児童の発話プロトコルに見られる発言を、A 知識・技能が表出されている発言、B 思考力・判断力・表現力等が表出されている発言、C 知識・技能と思考力・判断力・表現力等の両方が表出されている発言、D 主体的に学習に取り組む態度が表出されている発言、E 知識・技能と思考力・判断力・表現力等と主体的に学習に取り組む態度の全てが表出されている発言の 5 つのパターンに分類した。

これらの結果を図 4-5 に示した。図 4-5 を見ると、知識・技能や思考力・判断力・表現力等を伴う発言は、全ての班で見られた。したがって、SDGs ゴール 11 に沿い、災害を減らすために、遊水地、堤防、水門などを設置する場所を考えたり、自然を利用することや分流工事、河道掘削などの治水工事について検討したりする活動は、安全教育の目標の内、知識・技能、思考力・判断力・表現力等の育成が期待できる。

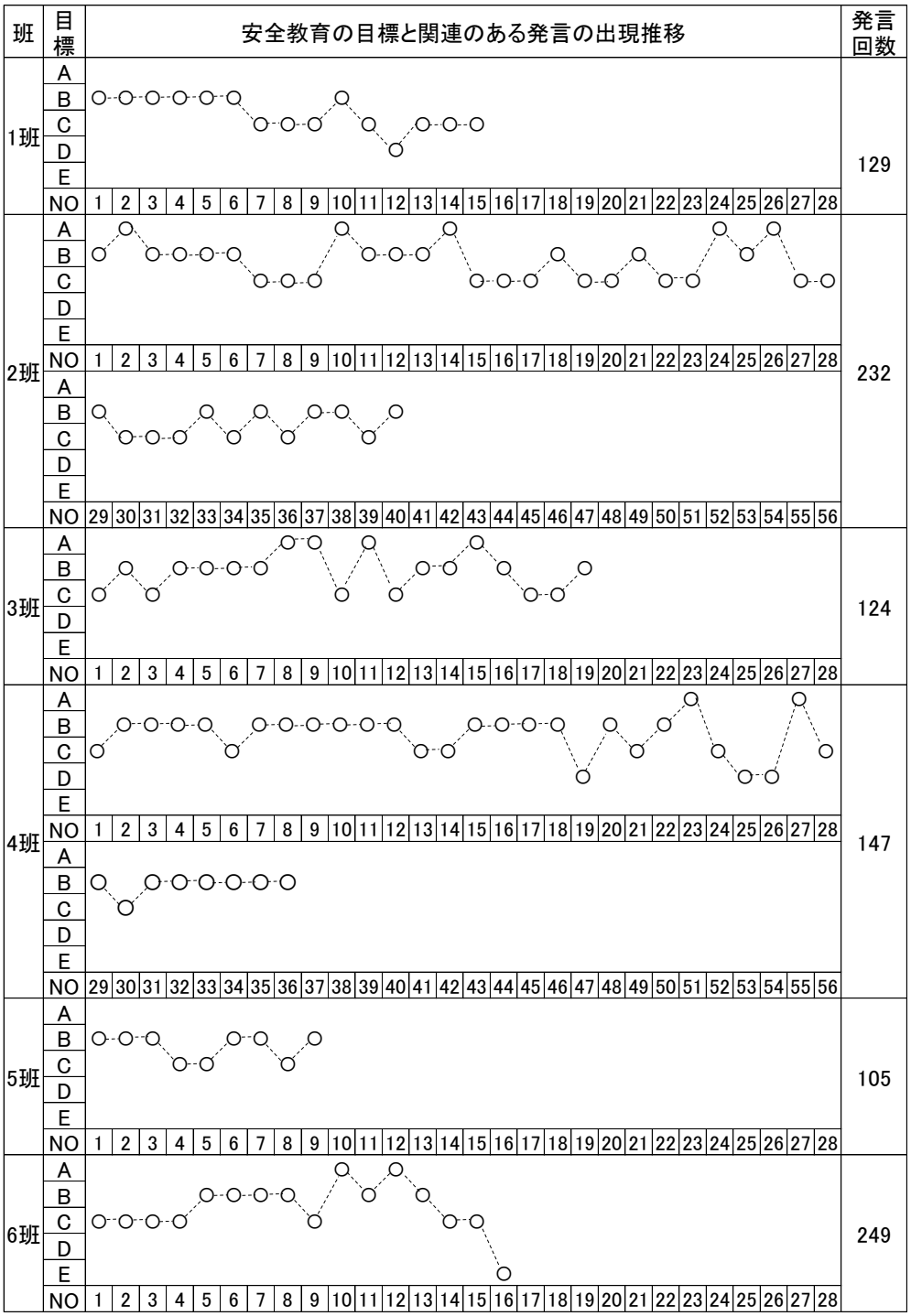


図 4-5 安全教育の目標と関連のある発言の出現推移

※A から E までのアルファベットは、A 知識・技能、B 思考力・判断力・表現力等、C 知識・技能/思考力・判断力・表現力、D 主体的に学習に取り組む態度、E 知識・技能/思考力・判断力・表現力等/主体的に学習に取り組む態度

4)発話プロトコルの検討

①「知識・技能」と「思考力・判断力・表現力等」

表 4-5 は、図 4-5 の 3 班 NO.3、4 に当たる発言前後の発話プロトコルである。「28：まぁ防ぐから森が、洪水が起きにくいんじゃないの？」という発言は、森が洪水を防ぐという知識を基に思考しているため、「知識・技能」と「思考力・判断力・表現力等」の両方に当てはまる。図 4-5 でも、「知識・技能」と「思考力・判断力・表現力等」の両方に当てはまる発言が多く認められる。ここで使われている知識は、「社会科：Ⅳ生態系を活用した防災・減災に対する理解を深める場面」で獲得した知識である。また、SDGs6.6「2020 年までに、山地、森林、湿地、河川、帯水層、湖沼などの水に関連する生態系の保護・回復を行う（United Nations,2015)」は、森林等の必要性について正しく理解することが求められる。この意味で、SDGs6.6 に関連した発言とも言える。

表 4-5 3 班の NO.3、4（図 4-5）に当たる発言前後の発話プロトコル

発話者	プロトコル
28	どうする？
22	ここととここ、ここととここ自然にすればあれかな。
28	まぁ防ぐから森が、洪水が起きにくいんじゃないの？ （C 知識・技能、思考力・判断力・表現力等；図 4-5-No.3）
22	それとも堤防にする？堤防、いくらだっけ？ （B 思考力・判断力・表現力等；図 4-5-No.4）
28	4、4

また、「堤防、いくらだっけ？」という発言は、堤防にかかる費用という、必要な情報を収集した発言である。したがって、思考力・判断力・表現力等に当てはまる。この発言は、費用対効果を考えた発言と言える。図 4-4 では、「堤防」と「N」の語を含む、費用対効果を踏まえた発言が 10 確認されたが、「N」の語を伴わずとも、費用を踏まえ、治水事業の効果を検討していたことが認められる。

表 4-6 は、図 4-5 の 2 班 NO.19 から 21 に当たる発言前後の発話プロトコルである。「14：流れが遅くなれば、こっち側に流れがよるんだから、こっち側に付けたほうが良いのかな。」や「1：これ、こっち側に付けたほうがいいんじゃない？川が、こっちからこっちに流れているから。」は、堤防を設置する場所について、川の流れる方向を考えて、意見を述べている発言である。図 4-4 でも、根拠を基に設置場所を検討した「堤防」の語は 38 確認されている。この発言は、知識・技能と思考力・判断力・表現力等の両方を働かせた発言である。川の流れる方向については、理科「Ⅰ自然の事物・現象に対する科学的な理解や災害の発生メカニズムなどの「知識・技能」を獲得する場面」で獲得した知識である。また、「1：36N 使いすぎかな？ここでもいいし、ここでもいいんだけどね。安いのはこっちだけど、安全性はこっちだよね。」は、2 つの治水工事の方法について、費用対効果を検討しており、思考力・判断力・表現力等が表出されている。経済とのバランスを考える視点を取り入れることにより、治水事業の効果について、深く考えようとする場面が導出されている。こ

の発言は、計画的に都市を形成しようとする意志が見られる発言である。このような都市開発について費用対効果など経済の面からも捉えている思考は、SDGs11.3「2030 年までに、包摂的かつ持続可能な都市化を促進し、すべての国々の参加型、包摂的かつ持続可能な人間居住計画・管理の能力を強化する (United Nations,2015)。」にも繋がる。

表 4-6 2 班の NO.19 から 21（図 4-5）に当たる発言前後の発話プロトコル

発話者	プロトコル
14	流れが遅くなれば、こっち側に流れがよるんだから、こっち側にも付けたほうが良いのかな。 （C 知識・技能、思考力・判断力・表現力等；図 4-5-No.19）
2	ねぇねぇ、迂回というよりそのまま直線なんだけど。
1	これ、こっち側に付けたほうがいいんじゃない？川が、こっちからこっちに流れているから。 （C 知識・技能、思考力・判断力・表現力等；図 4-5-No.20）
2	高いよ。
1	4・9、36、36N、どうでしょうか。
2	残り 40N だよ。
1	36N 使いすぎかな？ここでもいいし、ここでもいいんだけどね。安いのはこっちだけど、安全性はこっちだよね。 （B 思考力・判断力・表現力等；図 4-5-No.21）

表 4-7 も、図 4-5 の 2 班 NO.9、10 に当たる発言前後の発話プロトコルである。「14：あと、自然がさ、欲しくない。水、溢れないように。」の発言は、自然を増やすことにより、災害を減らすことができることを理解した発言である。図 4-4 から、災害を減らす役割として認識し、活用していると解釈できる「自然」の語が 14 確認されているが、この発言から「社会科：Ⅳ生態系を活用した防災・減災に対する理解を深める場面」で獲得した知識を活用して思考力・判断力・表現力等を働かせていることがわかる。この発言は、都市と自然の共生への理解に繋がる発言であり、SDGs12.8「2030 年までに、人々があらゆる場所において、持続可能な開発及び自然と調和したライフスタイルに関する情報と意識を持つようにする (United Nations,2015)。」のねらいに即した発言と言える。

また、「1：森がないと、二酸化炭素が多くもなるよね。」の発言は、温室効果ガスを減らすことの重要性を認識している。これは SDGs ゴール 13「気候変動及びその影響を軽減するための緊急対策を講じる」に関連した発言と受け取れる。図 4-3 から、自然環境保全の文脈で使用していると解釈できる「自然」の語が 10 確認されていることからも、環境に関する教育との関連性も認められる。

表 4-8 は、図 4-5 の 5 班 NO.6 に当たる発言前後の発話プロトコルである。「29：災害が起きた時に避難する場所を作っておきたかったからです。」の発言は、どこに避難場所を作れば、住民が安全に避難することができるのかなどを思考・判断・表現した発言である。避難訓練など、特別活動と連動する可能性を持つ。図 4-3 でも、緊急時の避難場

所について検討する文脈で使用されている「自然」の語が 7 確認されている。

「自然」の語は、災害を減らす、環境保全、避難場所の文脈で使われているが、それ以外で「平和」という語とも結びつく。表 4-9 は、図 4-5 の 1 班 NO.3、4 に当たる発言前後の発話プロトコルである。

表 4-7　2 班の NO.9、10（図 4-5）に当たる発言前後の発話プロトコル

発話者	プロトコル
1	もうちょっと水側（川）に寄せたほうが良いかな。
14	あと、自然がさ、欲しくない。水、溢れないように。 （C 知識・技能、思考力・判断力・表現力等：図 4-5-No.9）
7	それに、快適な暮らしをする。
1	森がないと、二酸化炭素が多くもなるよね。 （A 知識・技能：図 4-5-No.10）

表 4-8　5 班の NO.6（図 4-5）に当たる発言前後の発話プロトコル

発話者	プロトコル
教師	どうしてここに自然を置いたの？
29	災害が起きた時に避難する場所を作っておきたかったからです。（B 思考力・判断力・表現力等：図 4-5-No.6）
教師	なるほどね、避難する場所をつくったのだね。

表 4-9　1 班の NO.3、4(図 4-5)に当たる発言前後の発話プロトコル

発話者	プロトコル
19	赤から緑って、緑から緑に変えることはなくないかい。赤を緑に変えるんでしょ。
20	そういうこと。
25	ここら辺とかいいんじゃない？ここら辺とかよさそうだね。（B 思考力・判断力・表現力等：図 4-5-No.3）
19	全部出してみよう。平和そうなスペースの感じを広げたいから。(B 思考力・判断力・表現力等：図 4-5-No.4)

「19：平和そうなスペースの感じを広げたいから。」の発言は、SDGs11.7「2030 年までに、女性、子ども、高齢者及び障害者を含め、人々に安全で包摂的かつ利用が容易な緑地や公共スペースへの普遍的アクセスを提供する（United Nations,2015)。」にも繋がる発言と考えられる。

②「思考力・判断力・表現力等」と「主体的に学習に取り組む態度」

表 4-10 は、図 4-5 の 6 班 NO.14 から 16 に当たる発話前後の発話プロトコルである。

「11：水門、どこに置くの？じゃあ、こっちだよ。だって、こっちのほうに水が流れるんだから。」は、川が上流から下流に流れるという知識を活用し、水門の設置場所について検討している。また、「18：逆流を防ぐためにここ置くんじゃないの？」や「5：そうだよ。

ここから、こう逆流した時の為に、ここに置くんだよ。」の発言は、増水時に支流が本流に流れることができない場合に逆流する可能性があるという、理科で獲得した知識を基に思考している。図 4-3 でも、学習内容を根拠に、水門の設置理由等について説明している文脈で使用されている「水門」の語は 49 確認されている。その後表出される「5：周りには緑も置こう」は、自然を大切にした街づくりへの意欲が表出されており、主体的に安全な生活を実現させようとする態度が表出されており、主体的に学習に取り組む態度に関連した発言と受け取れる。自然を大切にした都市計画の視点は SDGs11.3 、SDGs12.8 に繋がる発言と言える。

表 4-10　6 班の NO.14 から 16（図 4-5）に当たる発言前後の発話プロトコル

発話者	プロトコル
11	水門、どこに置くの？じゃあ、こっちだよ。だって、こっちのほうに水が流れるんだから。(C 知識・技能、思考力・判断力・表現力等：図 4-5-No.14)
18	逆流を防ぐためにここ置くんじゃないの？（C 知識・技能、思考力・判断力・表現力等：図 4-5-No.15)
5	そうだよ。ここから、こう逆流した時の為に、ここに置くんだよ。もうちょいこっちに置く。周りには緑も置こう。 （E 知識・技能、思考力・判断力・表現力等、主体的に学習に取り組む態度：図 4-5-No.16)

表 4-11　4 班の NO.24 から 26（図 4-5）に当たる発言前後の発話プロトコル

発話者	プロトコル
4	それに対して、安全な公園がここにあるとして、洪水に対しても安全なものをつくるんだよ。こっちに公園を置くとすると（C 知識・技能/思考力・判断力・表現力：図 4-5-No.24)
10	マイナス思考だったらさ、駄目だよ絶対。 （D 主体的に学習に取り組む態度：図 4-5-No.25)
4	何も進まないから、とりあえず何かをやっていこう。 （D 主体的に学習に取り組む態度：図 4-5-No.26)

表 4-11 は、図 4-5 の 4 班 NO.24 から 26 に当たる発話前後の発話プロトコルである。「4：それに対して、安全な公園がここにあるとして、洪水に対しても安全なものをつくるんだよ。」の発言は、河川の増水時に公園が洪水被害を軽減する効果が期待できる知識を持っていると理解でき、知識・技能が表出された発言と言える。また、「4：こっちに公園を置くとすると」は、直前の知識・技能と連動した、思考・判断・表現が表出されている。その後、「10：マイナス思考だったらさ、駄目だよ絶対。」や「4：何も進まないから、とりあえず何かをやっていこう。」という発言が続く。これらの発言は、治水工事を行う過程で導出された都市開発を行う意欲が表出されている。SDGs ゴール 11 の達成に向けて、一人一人が進んで参加する態度の育成が求められる意味で、SDGs ゴール 11 に繋がる発言と考えられる。同様に、一人一人が進んで参加する態度の育成は、SDGs12.8 など他の SDGs についても必要

である。

以上のことから、カリキュラム・マネジメントを行った学習計画の中、SDGs ゴール 11 を踏まえて、開発した教材を使用した授業を実施することで、児童が理科や社会科で学習した知識・技能を基に、災害を減らす手立てについて、思考・判断・表現し、それと往還して主体的に学習に取り組む態度を導出する場を形成できる可能性が示唆できた。これにより、安全教育の目標（文部科学省，2019a）の達成が期待できる。

さらに、本章で取扱う教材は、SDGs ゴール 11 だけでなく、SDGs6.6 や SDGs12.8、SDGs ゴール 13 にも繋がる可能性があることが示された。

4.2.5 結語

本章では、自然と人間、人間と人間（社会）の関わり・つながりについて考える防災教育の手立てについて論じた。

はじめに、これまでの防災教育と連動したジオパーク教育の意義について述べられてきたことを整理した上で、ジオパークの活用方法や期待される教育的効果など、理科、地学領域の中で環境教育、ESD、SDGs を踏まえた自然災害に関連した学習で、ジオパークを活用することの意義と課題を検討した。

ジオパークにおける防災教育と ESD、SDGs や環境教育との関りについて論じた先行研究を踏まえると、ジオパークを活用した教育は、持続可能性、自然の恩恵と災害などの多面的・多角的な視点から捉えられる。これらは、ジオパークの ESD を構成する概念や SDGs と関連したジオパークの役割とも連動する。カリキュラム・マネジメントの下、理科や社会、総合的な学習の時間にジオパークを活用した取組を行うことで、ESD、SDGs など複数のねらいを達成できる相乗的な効果が期待できる。実際に、いくつかのジオパークで行われている教育は、既に学校教育との連動性が考慮されている。さらに、ジオパークなど、地域の施設や人材の活用を教育課程に位置づけることで、教員だけでは限界があったフィールドワークを学校教育に取り入れることが期待できる。持続可能性や自然災害からの防災・減災などを、SDGs の背景を踏まえ、地球規模で捉える国際的な視野を持ち、自分たちの郷土に関する理解を深め、地域の活性化にも貢献できる「グローカル」な人材育成の場をジオパークに求めたい。

次に、防災を含む安全に関する教育（現代的な諸課題に関する教科等横断的な教育内容）で求められるカリキュラム・マネジメントの具体的な取組として、SDGs ゴール 11「都市と人間居住地を包括的、安全、強靭かつ持続可能にする」を核に、安全教育（防災教育）のねらいに沿った教材の開発を行い、その教材を活用した授業の教育的効果を検討した。

その結果、共起ネットワーク・サブグラフ検出（modularity）（図 4-3）に示された語の用いられ方や図 4-5 に示された発話プロトコルの分析によって、開発した教材を活用した学習活動は、安全教育の目標の内、知識・技能と思考力・判断力・表現力等を育成する可能性が示唆された。

教育実践の具体的な効果について整理する。

図 4-4 に示された「水門」「堤防」「自然」の語の用いられ方、図 4-5 に示された 3 班の NO.3、4 や 2 班の NO.19 から 21、6 班の NO.14 から 16 に当てはまる発話プロトコルの分析より、児童は、費用対効果を検討する中で、川の流れる方向を踏まえ、堤防の設置する場所を検討したり、森林の洪水緩和機能に着目して、土地利用を考えたりしていた。つまり、理科や社会で獲得した知識を活用し、水害を減らす手立てについて、思考力・判断力・表現力等を活用していることがわかった。また、経済とのバランスについて考える視点を持つことで、児童が治水事業の効果をより深く検討しようとする効果が示唆できた。

小学校学習指導要領（平成 29 年告示）では、理科は、自然の事物・現象のメカニズムについて、社会科では、災害の種類や発生の時期や位置、防災対策など、人間生活との関連性について、教科のねらい（文部科学省，2018a）に即した線引きがされているが、本章で示した SDGs のねらいに沿ったカリキュラム・マネジメントの下、複合的な知識・技能を活用し、思考・判断・表現等を行う場を教育課程に位置づけることで、災害を減らすための具体的な手立てを考えるなど、実生活に活かせる思考力・判断力・表現力等の育成が期待できる。

また、図 4-4 に示された緊急時の避難場所について検討する文脈で使用されている語の用いられ方、図 4-5 に示された 5 班の NO.6 や 1 班の NO.3、4 に当てはまる発話プロトコルの分析より、教科教育と避難訓練など、災害安全に関わる学校行事、特別活動を繋ぐ教材としての可能性も示された。

さらに、分析に活用した発話プロトコルにより、本章で取り扱った教材を活用した授業実践を通して、SDGs ゴール 11 だけでなく、SDGs6.6、SDGs12.8 など、他の SDGs のターゲットの達成にも貢献できる可能性を示すことができた。

第 5 章　これからの教育と防災教育

頻発する自然災害や防災・減災のシステムを理解するためには、理科だけでの取扱いには限界がある。発生した自然災害及び防災の理解は、自然現象の知識に加え、予測技術、数値データなど多角的・多面的に捉え、治水施設など、防災のための総合的な科学技術に関する教育も必要である。したがって、“Science”や“Mathematics”、“Technology”など総合的な理工教育が求められる。学際的な内容を連携して理解する教育に、STEM（Science、Technology、Engineering、Mathematics）教育があり、STEM 教育の一つとして防災教育と連動した「プログラミング教育」が期待できる。

本章では、自然災害からの防災教育に関連した STEM 教育の在り方について検討する。

5.1　自然災害取扱いにおける STEM 教材開発の意義

5.1.1　自然災害取扱いにおける STEM 教材開発の意義を検討する理由

STEM 教育の意義は、米国・英国を中心に議論されており、STEM 教育の在り方についても、いくつかの意見がある（Bybee,2010 など）。

国内においても、学校教育で STEM 教育を取り入れようとする動きが見られる。STEM 教育に Art を加えた教育に STEAM 教育があるが、令和 3 年 1 月 26 日「「令和の日本型学校教育」の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びの実現（答申）」では、STEAM 教育の特性を生かして、実社会に繋がる課題解決等を通じた問題発見、解決能力の育成など、現代的な諸課題に対応して求められる資質・能力を育成する必要性が述べられている(中央教育審議会, 2021)。したがって、学校教育において、実社会に繋がる課題を取り上げた STE(A)M 教育教材の開発が求められている。

一方、国内では、自然災害からの減災上の課題として、住民が防災気象情報を十分に理解していない現状の改善がある（本間, 2017 など)。防災気象情報は、市町村長による避難指示等の発令や住民自らによる避難行動等の判断材料として用いられる。そのため、住民自らの判断での的確な防災行動を促すためには、発表された防災気象情報を理解する必要があり、課題解決には、9 年間の普通教育で行われる防災教育により取扱うことが検討できる。そして、このような課題を STEM 教育の具体的な教材として扱う可能性が考えられる。

これらの背景から、本章では、防災気象情報に対する理解を例に、自然災害取扱いにおける STEM 教材開発の意義を示す。そのために、国内で発生した自然災害を基に、予測技術や数値データなどを Science、Technology、Engineering、Mathematics の観点に分け、小・中学校の学習指導要領の内容と照らし合わせて、防災気象情報を理解するための学習内容を検討する。そして、本章で示した学習内容と安全教育の目標（文部科学省, 2019a）との対応関係を明らかにする。

5.1.2　自然災害に関連したSTEM教育における統合の度合い

統合されたSTEM教育の意義については、様々な意見があるが、本章ではVasquez,Sneider and Comer(2013)を参考にする。Vasquez,Sneider and Comer(2013)は「STEM教育は、科学、技術、工学、数学の教科を分断する伝統的境界を取り除き、それら 4 教科を実世界の、厳密な、意味のある生徒の学習体験へ統合することである」と述べている。そして、STEM 教育の3つの統合的なアプローチを示している。一つは、Multidisciplinary or Thematic アプローチである。このアプローチは、海、生態系、飛行、海賊など、共通するテーマに沿ってカリキュラムを編成することで、個々の分野を結び付け、カリキュラムに一貫性を持たせるアプローチである。二つ目は、Interdisciplinary アプローチである。これは、2つ以上の分野の知識とスキルを組み合わせることによって学習を深化させる概念やスキルを選択し、カリキュラムの作成を行うアプローチである。Vasquez,Sneider and Comer(2013)は、Sciense と Mathematics の知識とスキルを組み合わせて、太陽系の実際のサイズと距離に関するデータを前提とし、比率に関する理解の高まりを利用して、モデルを適切にスケーリングする事例を基に説明している。三つ目は、Transdisciplinary アプローチである。これは、教師は児童・生徒の質問や疑問に基づいてカリキュラムを編成し、児童・生徒が主体で学習が行われる。児童・生徒は実際の状況で知識とスキルを活用することが求められ、現実世界の問題を解決する過程で、より深く、関連性の高い学習が提供される。つまり、統合（Integration）の割合は、現実世界の課題解決の割合が多いほどに高まることが推察される。

国内では、小学校学習指導要領（平成29年告示）解説総則編（文部科学省，2018b）の付録6「防災を含む安全に関する教育(現代的な諸課題に関する教科等横断的な教育内容)」を参考にしたカリキュラム・マネジメントの下、理科や社会科、保健体育科など各教科・領域において教科横断的な視点で「安全に関する資質・能力」を育成していくことが求められている（文部科学省，2018a）が、Multidisciplinary or Thematic アプローチで、探究的な活動を通して、自然災害時の警報が発令される状況への理解を深める手立てが検討できる。さらに、総合的な学習の時間を活用すれば、Interdisciplinary アプローチや Transdisciplinary アプローチで、より現実世界との関りを深めた学習内容を計画することも可能であると考えられる。

本章では、理科や社会など、各教科において横断的な学習の中で実施可能であり、そのため国内の学校教育で実施しやすいと考えられるMultidisciplinary or Thematic アプローチの視点から、カリキュラム・マネジメントの下、防災気象情報の理解を深めるための学習内容を検討する。

5.1.3　自然災害とSTEMの観点

1)Engineering

日本の小学校では、STEM の構成要素、Science と Mathematics は、理科と算数に置きか

えることができるが、学校教育の教科で Technology と Engineering の内容は扱われない。中学校では Technology は技術と対応するが、Engineering は扱わない。米国の STEM Integration K-12 Education では、Engineering は、「人間が作った製品の設計と創造に関する知識の体系であり、問題解決のためのプロセスでもある。」（National Research Council,2014)。と示されている。これらの捉え方を参考にし、自然災害からの防災に関連した Engineering を位置付ける。

表 5-1　気象災害に関連する学習内容

文部科学省（2018c)、文部科学省（2018d)、文部科学省（2018f)、文部科学省（2018g)、文部科学省（2018h）の内容を要約し、筆者が作成した。下線部は、自然災害に繋げることが記載されている内容

学年	地球の内部と地表面の変動	地球の大気と水の循環	社会科	技術
第4学年	**雨水の行方と地面の様子** ・雨水の流れる方向と地面の傾きを関係付けて、振った雨の流れの行方を調べる。 ・水のしみ込み方と土の粒の大きさとを関係付けて、降った雨の流れの行方を調べ、水のしみ込み方は土の粒の大きさによって違いがあることを捉える。(ここでは、粒の大きさの違う土を用いて、水がしみ込むまでの時間を比べたりする) ・雨水が川へ流れ込むことに触れることで自然災害との関連を図る。	**天気の様子** ・天気によって一日の気温の変化に違いがあることを捉える。 ・自然界の水の行方について理解する。	**内容の(3)** ・過去に発生した自然災害を基に、災害から人々を守る活動を捉える。 ・想定される災害に対する備えについて理解する。 ・災害発生時の状況を時間の経過に沿って、整理する。 ※「自然災害は気象や地象の状況と深い関係があることなどを踏まえて、日ごろから気象庁などからの情報や防災情報、地域の地理的環境などに関心を持ち、災害が起きたときに自分自身の安全を守るための行動の仕方を考えたり、自分たちにできる自然災害への備えを選択・判断したりすることができるように指導することが大切である。	
第5学年	**流れる水の働きと土地の変化** ・流れる水の速さや量と土地の変化の様子を関連付けて、侵食、運搬、堆積などの働きを理解する。 ・日本の上流、中流、下流の様子の違いについて取られる。 ・増水による土地の変化の様子について調べる。長雨や集中豪雨による川の増水に触れる。	**天気の変化** ・雲の量や動きと天気の変化の関係性について捉える。 ・気象情報を基にして、天気の変化は予測できることを理解する。 ・長雨や集中豪雨、台風などの気象情報から、自然災害に触れる。	**内容の(5)** ・砂防ダムや堤防、防潮堤の建設、ハザードマップの作成など、自然災害への対策や事業を理解する。 ・森林資源の役割を理解する。	
中学校		**気象観測** ・気象観察を行うために、気温、湿度、気圧、風向、風速についての表し方を理解する。この内「気圧」を取り上げ、圧力は力の大きさと面積に関係があることを理解する。 **天気の変化** ・霧や雲の発生について、気圧、気温、湿度の変化と関係付けて理解する。 ・前線の通過によって起こる気温、湿度、気圧、風向、天気の変化などを、暖気や寒気と関連付けて理解する。 **日本の気象** ・日本の天気の特徴を日本周辺の気団と関連付けて理解する。 **自然の恵みと気象災害** ・気象現象がもたらす降水などの恵み及び台風や前線などによる大雨・大雪や強風による気象災害を調べ、天気の変化と日本の気象の学習を踏まえて理解する。	**地理C日本の様々な地域** ・防災に関わり地域の危険を予測するなど例「学校周辺の地域で、人々が自然災害から身を守るにはどうしたらよいか」 ・自然災害と防災への取組を基に、日本の自然環境に関する特色を理解する。(災害時の対応・復旧、復興を見据えた視点からも捉える)	**A材料と加工の技術** ・自然環境の保全や防災などに関わる社会的な問題について考えたりして、利便性、環境負荷、安全性などに関する問題を見いだし、必要となる機能をもった製品の設計・製作や既存の製品の強度の向上などの課題を設定し、その解決に取り組む。 **B生物育成の技術** ・地球温暖化を防止するための作物の選択と利用といった課題を設定し、その解決に取り組む。 **Cエネルギー変換の技術** ・自然環境の保全や防災等に関わる社会的な問題について考えたりして、利便性、環境負荷、安全性などに関する問題を見いだし、必要となる機能をもった製品の設計・製作や既存の製品への付加的な機能の追加などの課題を設定し、その解決に取り組む。 **D情報の技術** ・生活や社会における問題を、計測・制御のプログラミングによって解決する活動を通して、計測・制御システムの仕組みを理解し、安全・適切なプログラムの制作、動作の確認及びデバッグ等ができることなど。

Engineering は「工学」と訳されるが、本研究で「工学」は、防災に関連したものである。

鈴木・上石・橋本・山本（2018）によれば、防災工学とは「地震、豪雨、火山噴火等のハザードによる外力が誘因として作用した際、自然災害に強い社会システムやソフト対策

により、社会素因を強靭にすることによって、災害の発生を防止、あるいは被害を軽減し、ひとの生命、身体、財産を守るための技術を研究する学術分野」と定義される。

そこで、Engineering は「災害の発生を防止、あるいは被害を軽減し、人の生命、身体、財産を守るために人が作った製品の設計と創造に関する知識の体系であり、問題解決のためのプロセス」として捉える。

これらの観点から、学習指導要領の内容を踏まえ、気象災害に関連して、Engineering の具体的な事例を検討する。

表 5-1 は、小・中学校における理科と社会、技術における気象災害に関連した学習内容である。表 5-1 に記載した内容から、Engineering の内容を検討する。中学校の技術「材料の加工と技術」と「エネルギー変換の技術」では、「自然環境の保全や防災等に関わる社会的な問題について考えたりして、利便性、環境負荷、安全性などに関する問題を見いだし、必要となる機能をもった製品の設計・製作や既存の製品への付加的な機能の追加などの課題を設定し、その解決に取り組む」ことが記載されている(表 5-1)。また「情報の技術」では、災害を防ぐための仕組みについて、プログラミングを通して学習する機会が想定できる。この内容から「適切なタイミングでの避難を促す機能を持った製品を考える」など、防災気象情報の理解に繋がる Engineering の内容は、現在の教育課程においては、中学校の技術における「C エネルギー変換の技術」や「D 情報の技術」の学習内容と対応する。また、小学校であれば、第 5 学年「B(4)天気の変化」で「長雨や集中豪雨、台風などの気象情報から、自然災害に触れる」内容において、「洪水や氾濫を事前に予想する方法を考えよう」といった活動も考えられる。

2)Technology

米国の STEM Integration K-12 Education では、Technology とは、「Technology を創造し運用する人、組織、知識、プロセス、デバイスなどのシステム全体を指す。」と示されている。Technology は「技術」と訳されるため、自然災害に関連した「技術」は、「災害を防ぐためのシステム全体」として捉えることができる。

Technology の内容について考える。ここでは、先述した Engineering の視点との繋がりを見据え、Engineering での「問い」が中学校の技術「C エネルギー変換の技術」や「D 情報の技術」において実施する「洪水や氾濫を事前に予想する方法を考えよう」や「適切なタイミングでの避難を促す機能を持った製品を考える」だったと仮定する。

雨に関する警報には、大雨警報（土砂災害)、大雨警報（浸水害）と洪水警報がある。2009 年 7 月以降、「表面雨量指数」が導入され「流域雨量指数」が精密化された。これにより、大雨警報（土砂災害）は「土壌雨量指数」が、大雨警報（浸水害）は「表面雨量指数」が、そして「洪水警報」は、「流域雨量指数」が警報発表の「指標」となる。また、大雨警報（浸水害）の対象は、氾濫型の内水氾濫であり、洪水警報の対象は、堪水型の内水氾濫と外水氾濫に分かれる。堪水型の内水氾濫は、表面雨量指数と流域雨量指数の複合基準となり、

外水氾濫は、流域雨量指数が基準となっている。但し、長さ 15 ㎞未満の小河川は、流域雨量指数の対象とはならない（太田，2018）。これら、「土壌雨量指数」「表面雨量指数」「流域雨量指数」の活用理由として、大雨によって引き起こされる災害は、「雨量」だけでなく、土地条件や土地利用などの素因が影響を及ぼすためである（太田・牧原，2019）。これらの計算には 「タンクモデル」が用いられている（図 5-1）。

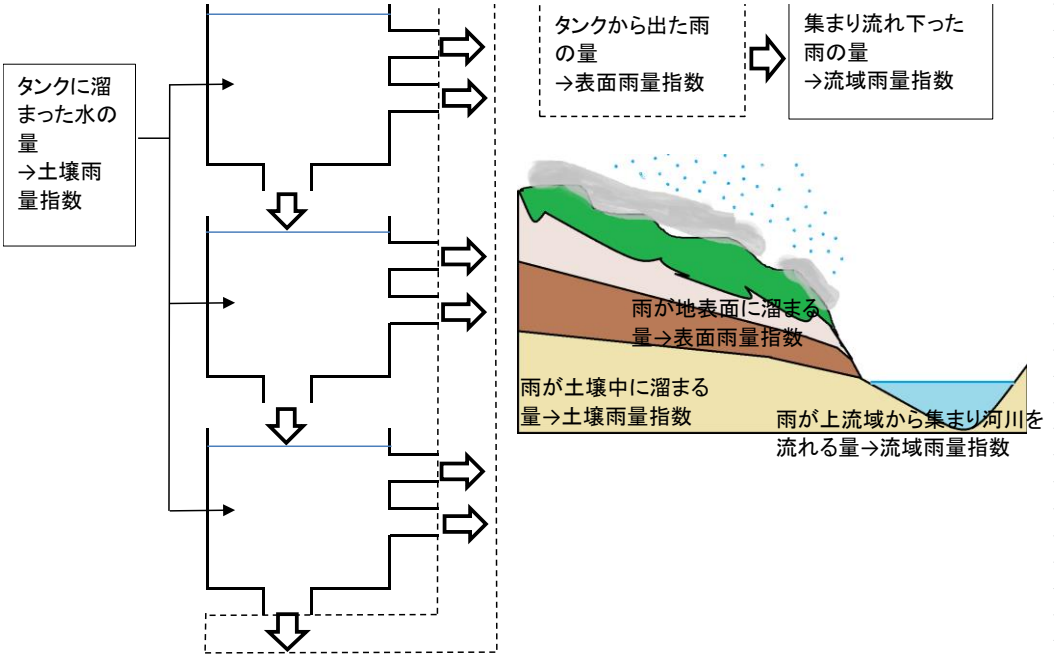


図 5-1　タンクモデル（太田，2018 を参考にして筆者が作成）

タンクモデルは『流域を幾段か（3 段や 4 段の例が多い）のタンクにおきかえ、タンクに 1～2 個の横穴と 1 個の底穴を設けて、「横穴からの流出→河川流出」「底穴からの流出→より深層への浸透」になぞらえたモデル』である（太田，2018）。この考え方は、小学校第 4 学年「B（3）雨水の行方と地面の様子」における「粒の大きさの違いによる水のしみ込み方の違いを調べる」などの活動と関連する。気象に関連した新しい Technology も、小学校での学習内容と共通点を見いだすことができる。これらの学習を踏まえ、中学校の理科で気象観測について取り扱うことで、警報が発令される基準についても理解を深めることができると考えられる（文部科学省，2018f）。小学校、中学校において実施が想定される自然災害に関連した Engineering や Technology の内容は、小学校と中学校における Science（理科）の内容と連動する。

3)Science

Science では、自然災害を引き起こす可能性のある長雨や集中豪雨、台風などの現象のメカニズムを理解することが求められる。例えば、小学校第 5 学年「B（4）天気の変化」では、乱層雲や積乱雲などの雨に関係する雲を取り扱うことや、集中豪雨などの情報から自

然災害に触れることなどの記載がある（文部科学省，2018c)。中学校「自然の恵みと気象災害について」では、台風や前線による大雨・大雪や強風による気象災害について理解したり、自然が人々の豊かな生活に寄与していることに気付かせたりする学習を行う（文部科学省，2018f)。

発達した積乱雲による豪雨は「局地的大雨」と「集中豪雨」に分けられる。この「集中豪雨」の原因として「線状降水帯」がある。近年では、「平成 29 年 7 月九州北部豪雨」「平成 30 年 7 月豪雨」「令和 2 年 7 月豪雨」と「線状降水帯」が原因となった災害が頻発している（気象庁，2017a;気象庁 2018b;日本気象協会，2020)。

気象庁は「線状降水帯」は「次々と発生した発達した雨雲（積乱雲）が列をなした、組織化された積乱雲群によって、数時間にわたってほぼ同じ場所を通過するまたは停滞することで作り出される、線状にのびる長さ 50～300 ㎞程度、幅 20～50 ㎞程度の強い降水をともなう雨域。」と説明している。一方、「局地的大雨」は、「急に強く降り、数十分の短時間に狭い範囲に数十㎜程度の雨量をもたらす雨」と説明している（気象庁，2020)。これら、発生した自然現象の性質により「局地的大雨」は「内水氾濫」に結びつきやすく、「線状降水帯」による集中豪雨は土砂災害や河川の氾濫等の大規模災害に繋がりやすい（荒木, 2017)。

また、「内水氾濫」は、「氾濫型の内水氾濫」「湛水型の内水氾濫」に区別される。氾濫型の内水氾濫は、短時間強雨等により雨水の排水能力が追い付かず発生する浸水であり、河川周辺でなくとも発生する。堪水型の内水氾濫は、本川水位が高いため、周辺の雨水が排水できずに発生する浸水であり、堤防の高い河川周辺で発生する。一方、外水氾濫は、河川の水位が上昇し、堤防を越えたり、破堤したりするなどして、堤防から水があふれ出す現象である。

このように、氾濫の状況は、被害の直接的なきっかけとなる誘因と地形や地質、建物の構造等の素因からなる。自然と人間（社会）との関りを理解する中で、児童・生徒が自分の住む地域の土地条件や建物の構造などを踏まえて、注意すべき自然現象や、それに伴う災害の性質を知る。理科教育において、これらの知識・技能を確認することは、気象災害における、行動選択や意思決定を行う、科学的リテラシー育成に繋がる。

現在、小学校では、「外水氾濫」の取扱いは認められるが、「内水氾濫」や「素因」を学習する機会は見られない。中学校では、「外水氾濫」「内水氾濫」「素因」といった言葉は見られないが、探究的な取組の中で、学習する機会が導出される可能性が考えられる。

近年、局地的な大雨の発生頻度の増加や都市化の進展に伴う雨水の流出量の増加に伴い、内水氾濫の危険性が増加している。このような状況では、小学校から理科教育において、「内水氾濫」や「素因」についても取扱う必要があると考えられる。学校教育において、自分たちの住む地域は、どのような状況に注意しなければならないのか、思考・判断し、行動選択と意思決定を行うことができるだけの、科学的な知識・技能を身に付けさせる必要がある。

4)Mathematics

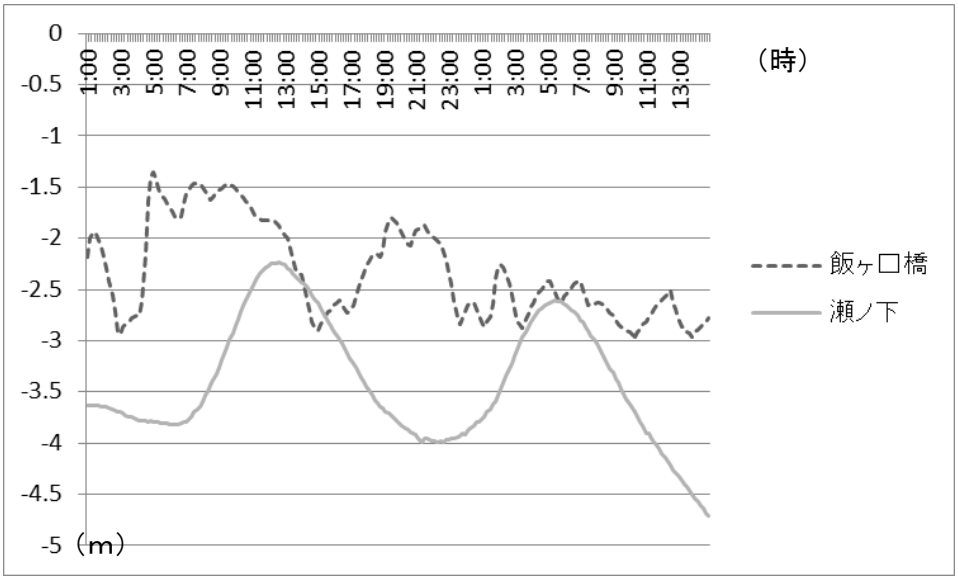


図 5-2　筑後川本流（瀬ノ下）と支流（飯ヶ口橋）における河川の水位

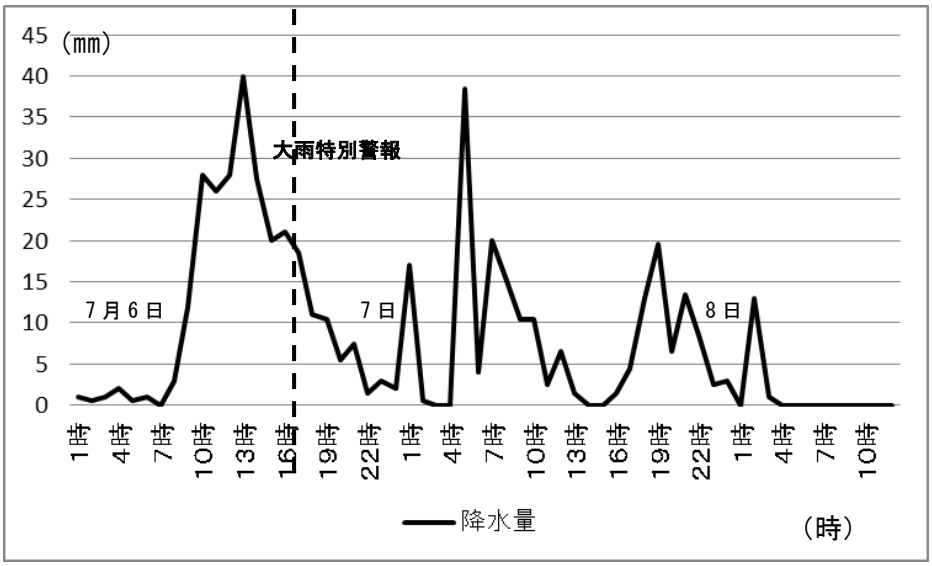


図 5-3 久留米市の 7 月 6 日から 7 月 8 日にかけての降水量

国土交通省は 2018 年 9 月以降、「川の防災情報」を改善し、水位情報と河川のカメラ画像を同一画面で確認することを可能にした（国土交通省，2018)。図 5-2 は、「川の水位情報」を基にして筆者が「Microsoft　EXCEL　2010」を使用して作成した、2020 年 7 月 7 日から 8 日にかけての、福岡県を流れる筑後川支流（飯ヶ口橋）と幹川（瀬ノ下）の水位の変化（堤防までの高さ）を示したグラフである。

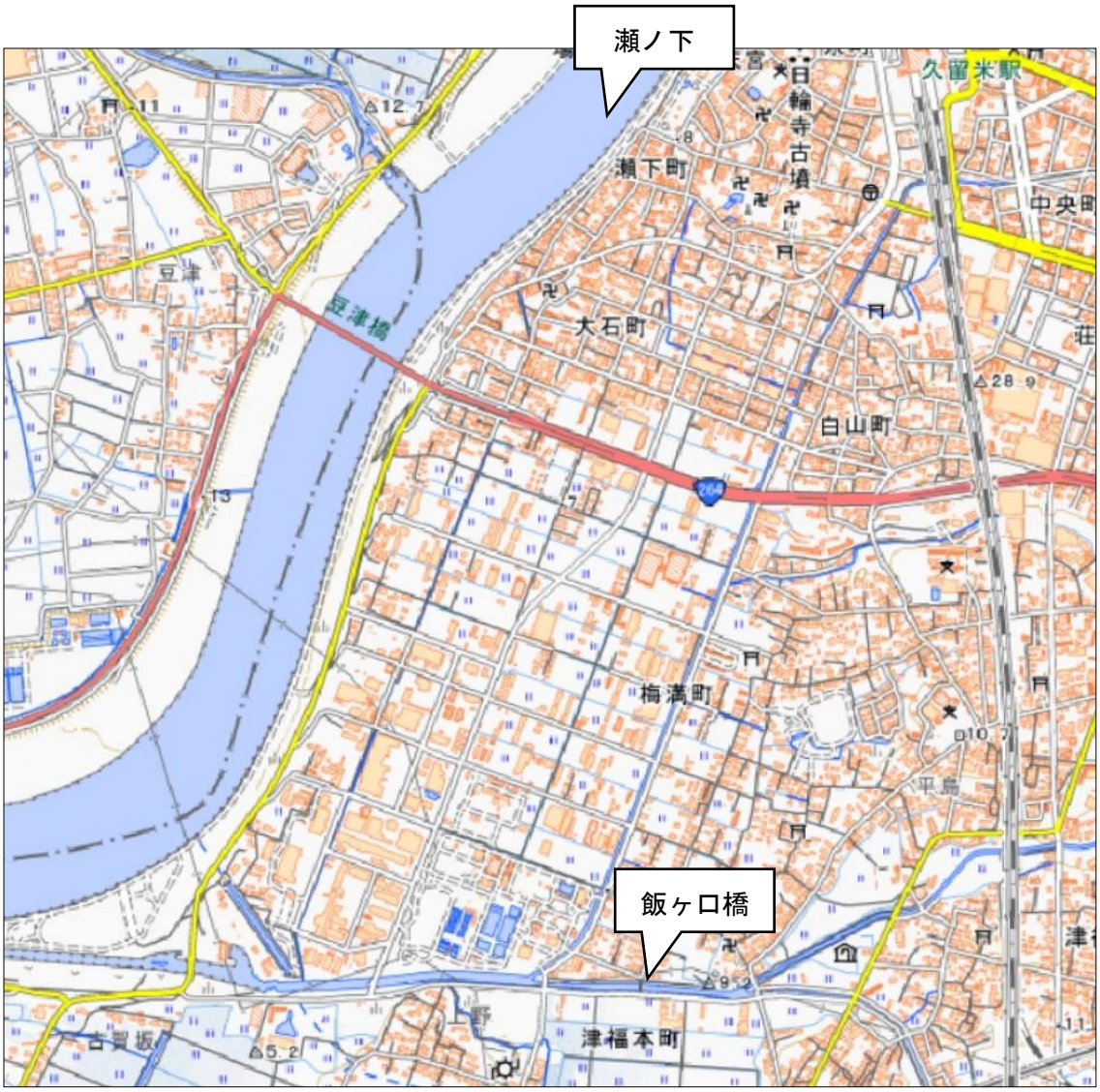


図 5-4　瀬ノ下と飯ヶ口橋の位置

※国土地理院が作成した「令和 2 年 7 月 3 日からの大雨による浸水推定図筑後川水系」（国土地理院，2020）に筆者らが加筆

図 5-3 は、気象庁ホームページの「過去の気象データ検索」を用いて、7 月 6 日から 7 月 8 日 12 時にかけての降水量を「Microsoft　EXCEL　2010」を使用して、折れ線グラフに表した図である。気象庁が福岡県、佐賀県、長崎県に「大雨特別警報」を発表したのは令和 2 年 7 月 6 日、16 時 31 分である。これがわかるように図 5-3 上に点線で示した。

図 5-4 は、国土地理院が 7 月 8 日の 16:00 に発行した、筑後川水系の浸水推定図上に瀬ノ下・飯ヶ口橋の位置を示したものである（国土地理院, 2020)。これらの図から、災害時の状況が読み取れる。

まず、図 5-2 と図 5-3 から、7 月 6 日の集中豪雨の後に、河川の増水が始まることがわかる。また、川幅の狭い支流における河川の水位は、降水量と近似する。一方、川幅の広い幹川は、周期的な波模様を描く。さらに、河川により、氾濫する可能性のある水位は異なり、河川のカメラ画像の映像と数値データにより得られた情報を関連付ける学習活動も可能である。これらの情報から増水時の河川の様子について捉える学習活動は、「雨があがったからといって、川の様子を見に行ってはいけない」など、災害時の行動選択に影響を及ぼす知識・理解を獲得させる効果が期待できる。

また、警報発表後に避難を行うことができる時間は、数値情報を基にグラフ化することで、理解を深めることが可能となる。さらに、浸水想定図等の地図データを照らし合わせることにより、土地条件により、どのような災害となったのかを推定する学習も可能となる。本間（2017）が指摘する「避難等の対応行動を促すための防災気象情報が発表され、住民がそれを取得したとしても、その情報が地域や自らの居住地にどのような被害（浸水深等）をもたらす可能性があるのかを十分にイメージできていないことが考えられる」といった課題も、実際に発生した自然災害を STEM の観点に分けて理解し、計画した授業を実施することで解決できる可能性が考えられる。

これらの学習内容は、平成 28 年 12 月 21 日、中央教育審議会答申で述べられた、算数・数学の教育内容の見直しにも関連する。STEM 教育の推進との関連性を踏まえて、「必要なデータを収集して分析し、その傾向を踏まえて課題を解決したり意思決定したりすることが求められている」（中央教育審議会, 2016）の内容は、本事例を具体的な例として示すことができる。

5)Society（社会科）の要素

Engineering は、「人間が作った製品の設計と創造に関する知識の体系であり、問題解決のためのプロセスでもある。」（National Research Council,2014）と定義しているため、Engineering の視点には、人間生活との関連性が求められる。自然の事物・現象面を取扱う理科だけでなく、社会科の学習内容と連動させたカリキュラム・マネジメントの下、Engineering の「問い」を導出させる必要がある。

実際に、自然災害を取扱った、複数の教科や学習内容を統合した取組は、社会（society）の要素や環境（Envilonment）の要素を取り入れた実践が多い。藤岡（2007）が、環境教育から自然災害を取扱う教材として、大阪府河内平野を例とした水害教材によるプログラムを作成している。この授業は、STS 教育「科学(Sciense)、技術(Technology)、社会(Society)」の観点から、授業内容を 3 つの視点に分けて理解している（表 5-2)。

防災気象情報の理解を深める社会科（Society）の内容としては、公開されている災害に

よる被害情報（内閣府, 2021a）を基に、災害発生の前後で、どのようなことが起こるのか、大雨特別警報などの防災気象情報は、どのタイミングで発令されるのかなどを、時系列でまとめるなどの学習内容が想定できる。STEM の要素には含まれていないが、自然災害については社会（Society）の要素を取り入れることで、Science や Mathmatics で取扱う数値データと関連付けて、自然災害の状況をより理解しやすくすることが期待できる。

表 5-2　大阪府河内平野を例とした水害教材によるプログラム　藤岡（2007）から抜粋

主題	授業内容	科学的視点	技術的視点	社会的視点
水害と気象[3]	台風や豪雨と水害	気象災害･日本の四季	気象衛星･情報	経済社会への影響
河内平野の形成と発達[2]	平野や地形の形成古環境と人間生活	侵食･運搬･堆積作用沖積平野の形成	柵･溝　提･堰	稲作農業の伝来
大和川の付け替え[2]	過去の利水や治水	古地形異常気象･干ばつ	河川の分流工事	中央権力の強化
大東水害[2]	都市化された地形改変 河川環境と住民	地史、地形から見た地盤沈下の原因	遊水地、調節池 大規模開発	法律、条例等の制定産業構造の変化
現在の河川整備と治水[1]	現在の水害対策	気象予報河川分類･水系	地下河川･高規格多自然型河川工法	人口、資産集中 親水空間の創成

5.1.4　STEM（S）の観点と安全教育の目標との関り

安全教育の目標（文部科学省, 2019a）と科学（Science)、 技術（Technology)、工学（Engineering)、数学（Mathematics)、そして社会（Society）の関りを示す。

表 5-3 は、STEM Integration K-12 Education（National Research Council,2014）を参考にした自然災害に関わる、Science、Technology、Engineering、Mathematics、Society の定義と想定される学習事例を示したものである。表 5-3 に示した内容と、安全教育の目標を照らし合わせたものが、表 5-4 である。

Science では、「局地的大雨」や「線状降水帯」など、発生する自然現象によって、想定される災害の状況が異なることなどを理解する。自然の事物・現象のメカニズムを理解することは、安全教育の目標の内、「知識・技能」に関わる。Technology では、Science での、自然の事物・現象の理解と「防災・減災」の観点を結び付けた時に、発表される警報の「指標」や、基準となる「土壌雨量指数」「表面雨量指数」「流域雨量指数」を計算するための「タンクモデル」など、実際に災害による被害を減らすための知識・技能が要求される。したがって、ここでも安全教育の目標の内、「知識・技能」と関わると言える。Mathmatics では、災害の状況を「河川の水位情報」や「降水量」をグラフで示し、その傾向を分析する。STEM Integration K-12 Education には、Science と Mathmatics の違いとして、「科学が経験的な証拠によって主張を正当化したり覆したりするのとは異なり、数学の主張は基礎的な仮定に基づいた論理的な議論によって正当化されるのである。」（National Research Council,2014）と示されている。

表 5-3　自然災害に関わる、Science、Technology、Engineering、Mathematics、Society

STEM(S)	STEM Integration K-12 Educationを参考にした定義	具体的な事例
Science	これまで蓄積された知識の体系であると同時に長い時間をかけて蓄積された知識と、新しい知識を生み出す科学的な探求のプロセス	長雨や集中豪雨、台風などの現象のメカニズムを理解する
Technology	災害を防ぐためのシステム全体	警報発表の「指標」を理解する
Engineering	災害の発生を防止、あるいは被害を軽減し、人の生命、身体、財産を守るために人が作った製品の設計と創造に関する知識の体系であり、問題解決のためのプロセス	適切なタイミングでの避難を促す機能を持った製品を考える
Mathematics	量、数、空間の間のパターンと関係を研究する	降水量、水位の変化をグラフから読み取る
Society	（自然と人間生活との繋がりを理解する）	災害発生の前後での出来事を時系列で示す

表 5-4 安全教育の目標と STEM（S）の関連性

安全教育の目標	Science	Technology	Engineering	Mathematics	Society
様々な自然災害や事件・事故等の危険性、安全で安心な社会づくりの意義を理解し、安全な生活を実現するために必要な知識や技能を身に付けていること。（知識・技能）	長雨や集中豪雨、台風などの現象のメカニズムの理解	警報発表の「指標」を理解		降水量、水位の変化をグラフから読み取る	災害発生の前後での出来事を時系列で示す
自らの安全の状況を適切に評価するとともに、必要な情報を収集し、安全な生活を実現するために何が必要かを考え、適切に意思決定し、行動するために必要な力を身に付けていること。（思考力・判断力・表現力等）			適切なタイミングでの避難を促す機能を持った製品を考える		
安全に関する様々な課題に関心を持ち、主体的に自他の安全な生活を実現しようとしたり、安全で安心な社会づくりに貢献しようとしたりする態度を身に付けていること。（学びに向かう力・人間性等）					

これを踏まえると、Mathmatics では、示された数値データと議論は抱含関係にあると言える。この点から、「知識・技能」と「思考力・判断力・表現力」に関わると言える。さらに、Engineering は、Science、Mathmatics、Technology や Society の知識・技能を基にして、適切なタイミングでの避難を促す機能を持った製品を考えるなどの、ものづくりやプログラミングの活動が想定される。ここでは、安全教育の目標の内、安全の状況を適切に評価するとともに、必要な情報を収集し、安全な生活を実現するために必要なものを考える、思考力・判断力・表現力が求められる。さらに、これらの活動は、安全に関する様々

な課題に関心を持ち、主体的に自他の安全な生活を実現しようとしたり、安全で安心な社会づくりに貢献しようとしたりする態度と、思考的に往還する。したがって、安全教育の目標の内、「思考力・判断力・表現力等」と「学びに向かう力・人間性等」と関わる。そして、Society（社会）の学習内容を STEM の観点に含むことで、自然と人間（社会）が関連付けられる。このことが、自然災害に関連した学習を防災・減災教育に繋げることになる。

以上から、STEM(S)（ここでは、STEM 教育に Society の要素を取り入れた教育を STEM(S)と表記する）は、安全教育の目標を達成する可能性があることが示唆できる。

5.1.5 SDGs と STEM 教育

本章では、STEM 教育に Society を取り入れた「STEM(S)」を示したが、STEM 教育には「STEAM 教育」や「STREAM」など、STEM+α がある。また、Envilonment の頭文字を先頭に付けた「E-STEM」などもある。自然災害については、先述したように、社会(Society)や環境（Envilonment）の要素との関連性が強いため、Society や Envilonment の要素を取り入れた STEM+α の展開が期待できると言える。

国内では、温室効果ガス等の排出による温暖化の影響により、大雨の発生回数が増加することが予測されている（気象庁, 2017b)。これは、国際的にも、同じ状況にある。2018 年 10 月 8 日、Intergovernmental Panel on Climate Change（IPCC）は、「Global Warming 1.5℃」と題したレポートを発表した。これには、人為的な要因による気候変動により、特定の地域における干ばつと降水量の増加が予測されていることなどが記載されている（ICPP, 2018)。自然災害の発生率を抑えるためには、人為的な要因による気候変動に目を向け、環境意識を高めることが要求される。その社会的な行動の一つとして、SDGs がある。

SDGs のゴールやターゲットと STEM 教育も関連性が見られる。田中ら（2019）は、全ての国の子どもたちが平等性を保証する目的で、SDGs 達成のためには STEM 教育を強化する必要があることを述べている。

本章で取扱う、防災気象情報の理解についても、SDGs ゴール 13「気候変動及びその影響を軽減するための緊急対策を講じる」(UNDP, 2016）には、気象データと自然災害の早期警報システムへのアクセスを確保することなどの記載があり、本章で示した防災気象情報を理解するといった目的と共通する。このことからも、自然災害に関連した SDG s のための教育には、自然災害を STEM の観点から整理した、STEM 教材開発とその実践が有効な手段になると期待される。

5.1.6 自然災害に関連した日本型 STEM 教育の可能性

現在、アメリカやイギリスだけでなく、様々な国で STEM 教育が実施されている。そして、その状況が報告されている。例えば、トルコ共和国の教育省が作成した、STEM 教育に関する研究報告書には、ヨーロッパ諸国の STEM 教育の実施状況が記載されている(Millî Eğitim Bakanlığı, 2016)。これを見ると「STEM 教育」の枠組みの中で、各国のニーズを考慮した

教育政策、カリキュラムの策定が行われていることがわかる。

2015 年 3 月、宮城県仙台市で第 3 回国連防災世界会議が開催された。その中で、日本の提言により「仙台防災枠組」が採択された。これは、2015 年 9 月に国連サミットで採択された SDG s と連動した、2015 年から 2030 年までの防災行動に関する目標や国際的な指針である。この「仙台防災枠組」には、地域的・国際的なレベルでの協力と永続的なパートナーシップの重要性についての記述がある（UNISDR,2015）。以前より、自然災害の防災・減災に関わる国際社会における日本のリーダーシップの可能性について指摘されてきた（藤岡，2015 など）。現在、国内で毎年のように発生する気象災害の状況からも、自然災害取扱いにおける STEM 教材を国内から世界へ発信していくことは、国際的・地域的な協力の一つとしても、今後日本の貢献が期待できる側面と言える。

また、本章で気象災害を例に、自然災害に関連した STEM 教育の意義について述べたが、火山噴火による災害や地震による災害においても、国や地方公共団体の視点から、総合的な防災・減災を理解するために、STEM 教育が検討できる。例えば、火山噴火による土石流に着目し、それらを STEM の特性から捉えた授業計画の下、自然災害に関連したプログラミング教育で育む資質・能力の育成をねらいとした学習を行うなどが考えられる。Engineering の時間に、火山噴火により、土石流や泥流が発生した時に、その動きを捉えて知らせる非接触型の振動センサーのプログラムなど、自然災害からの減災を目的としたシステム開発を行う授業である。このような、様々な自然災害からの防災・減災を理解する STEM 教材の開発は、今後も求められる自然災害に関連した安全教育の課題の一つになるだろう。

5.2　自然災害に関わるプログラミング教材の活用－防災教育と連動した STEM 教材の開発と実践－

5.2.1　自然災害に関わるプログラミング教材活用の理由

STEM 教育の一つとして防災教育と連動した「プログラミング教育」が期待できる。プログラミング教育で育む資質・能力は、以下のように、知識・技能、思考力・判断力・表現力等、学びに向かう力・人間性等の 3 観点に沿って整理されている。

・身近な生活でコンピュータが活用されていることや、問題の解決には必要な手順があることに気付くこと（知識・技能）
・「プログラミング的思考」を育成すること（思考力・判断力・表現力等）
・コンピュータの働きを、よりよい人生や社会づくりに生かそうとする態度を涵養すること（学びに向かう力・人間性等）

（文部科学省，2016）

小学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説総則編付録 6「防災を含む安全教育」（現代的な諸課題に関する教科等横断的な内容）には、教科の特質に応じた、プログラミングの実施が可能であると記載されている（文部科学省，2018b）。また、令和 3 年 3 月 26 日に

閣議決定された「科学技術・イノベーション基本計画」では、初等中等教育段階から Society5.0 時代の学びを実現していく必要があり、好奇心に基づいた探究力の強化に向け、STEAM 教育など問題発見・課題解決的な学びの充実を図ることが求められた(内閣府,2021b)。これを踏まえて、自然災害を STEM の特性から捉えた授業計画の下、自然災害に関連したプログラミング教育で育む資質・能力の育成をねらいとした教育を実施し、教育的効果を検討する。

5.2.2 STEM の観点から捉えた授業開発

使用するプログラミング教材は、小学生でもプログラミングが可能な「レゴ WeDo2.0」のソフトウェアと連動した「災害学習セット LT（株式会社ナリカ製、以下同製品)」である。

コンピュータが内蔵されたレゴブロック（スマートハブ）を通して、モーター等を動かすプログラムを組むことができる。「レゴ WeDo2.0」には、プロジェクトが用意され、一つに「洪水を防ごう」というプロジェクトが収録されている。これは、小学校第 5 学年「B (3) 流れる水の働きと土地の変化」で活用することを想定している。河川の水量の変化による水門の開閉を制御するプログラムを組むことが可能である。「水門の開閉」という治水のための情報や技術について考え、それを通して、水害を防ぐために思考・判断する場面が想定できる（図 5-5)。

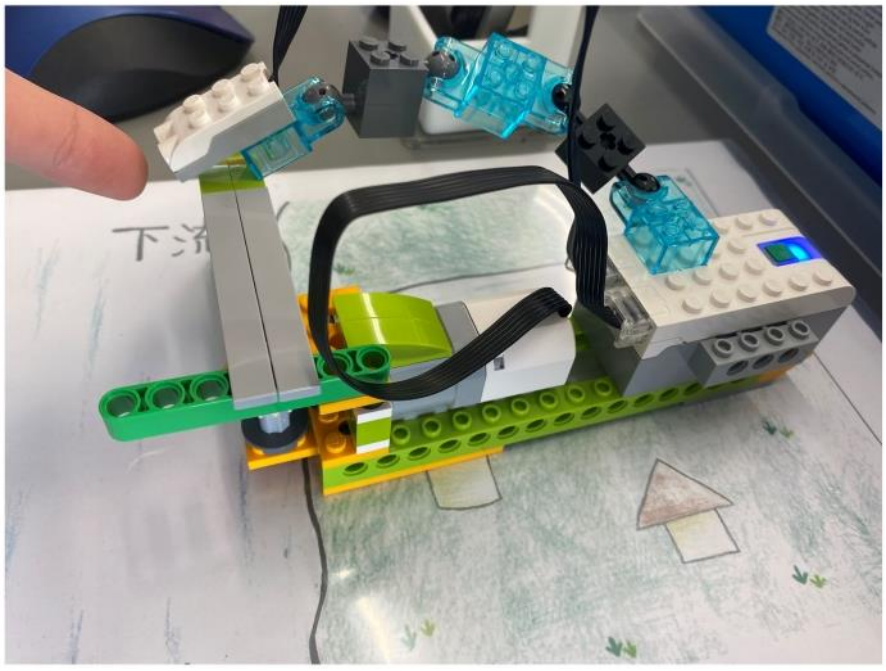


図 5-5 「災害学習セット LT」を活用した学習の様子

本章では、令和元年東日本台風時の岩淵水門を題材として「災害学習セット LT」を使用した学習場面を設定し（表 5-5)、授業実践から教育的効果を検討した。

最初に、プログラミングの操作方法に慣れさせるために、「洪水を防ごう」のプロジェク

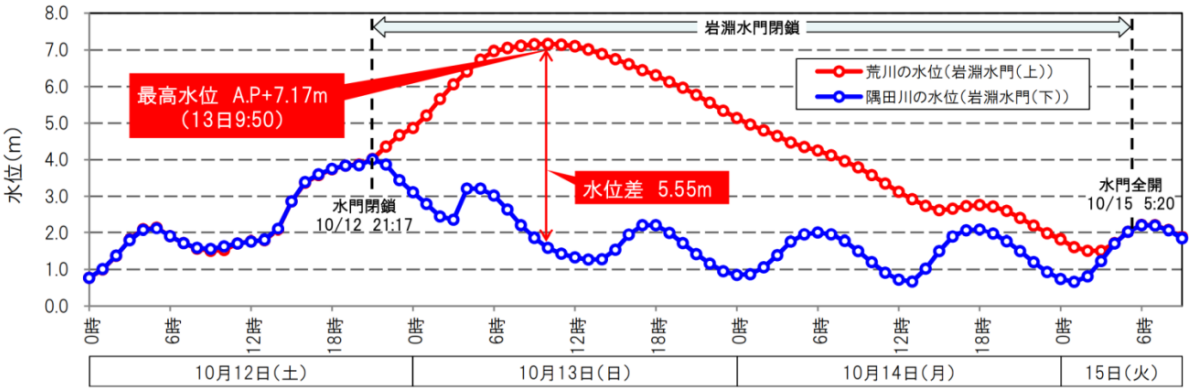


図 5-6　岩淵水門（上）【荒川側】と岩淵水門（下）【隅田川側】の水位（荒川下流河川事務所，2020 から抜粋）

トに従い、コンピュータ画面上で「モーターのパワー」や「モーターが回転する方向」などのアイコンを繋げたプログラムと連動して、レゴブロックのモーターが回転し、レゴブロックの水門が開閉することを体験させながら理解させた。

さらに、荒川と隅田川に見立てた絵の上に、レゴで作成した岩淵水門を置き、図 5-6 に示す、令和元年東日本台風時、10 月 12 日（土）から 10 月 15 日（火）までの荒川の水位と隅田川の水位の変化のグラフ（荒川下流河川事務所，2020）を基にして、令和元年東日本台風時に岩淵水門が閉じた時間と同じ時間だけ、レゴブロックで作成した岩淵水門を閉じるプログラムを作成するように指示した。プログラム上の 1 秒間を、実際の 1 時間と見なした。

その後、物体の動きを感知するモーションセンサーか、傾きを感知するチルトセンサーを用いて、「荒川の水が隅田川に流入し、隅田川の堤防を越水しないように、岩淵水門を自動で閉じる。」という目標を設定し、安全に水門を開閉できるプログラミングを行うことを伝えた。センサーの取り付け部分は、レゴブロックで自作させた（図 5-5)。尚、児童がグラフ等(図 5-6)から読み取る実際の水位の高さを、河川のモデルに置きかえて考える際に、実際の 1m をモデル上の 1cm として考えることを全体に指示した。

5.2.3　発生した自然災害を教材とした授業計画

令和元年東日本台風発生時の荒川と隅田川を分ける岩淵水門を教材とした授業を計画した（表 5-5)。計画した授業は、令和 3 年 3 月中旬に、小学校第 5 学年の児童 29 名を対象として、全 12 時間で実施した。

まず、令和元年東日本台風発生時の、荒川、隅田川、岩淵水門に関連した内容を、Science・Technology・Engineering・Mathematics の 4 つの観点に分け、学習場面を設定した。また、児童が学習文脈を設定する場面を導入とし、4 つの観点に含まれない基礎的な知識・技能を習得する場面を Basics として、学習計画の初めに設定した。

Science と Engineering は、小学校第 5 学年「B (3) 流れる水の働きと土地の変化」の授業時間に実施した。Mathematics は、小学校第 4 学年「D (1) ア(イ)折れ線グラフの特徴とその用い方を理解すること」の復習として実施した。また、導入・Basics・Technology は、総合的な学習の時間に実施した。

導入では、自然災害の一つに洪水があることを確認した。そして、Basics では、洪水を防ぐための設備の一つに、水門があることを確認し、荒川と隅田川を分ける岩淵水門とその周りの様子について調べる学習を行った。Science では、教科書（石浦ほか, 2020）を使用し、小学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説理科編に示されている「(3) 流れる水の働きと土地の変化」の内容を取り扱った。また、令和元年東日本台風発生時の、荒川と隅田川の様子を写した写真を基に、水の流れの変化について、「いつもの河川」「大雨時：隅田川の水位が荒川の水位よりも高い時」「大雨時：荒川の水位が隅田川の水位よりも高い時」で、どのように違うのかについて話し合う活動を行ない、水門の役割について理解した。

表 5-5　令和元年東日本台風発生時の、荒川、隅田川、岩淵水門に関連した内容を、Science・Technology・Engineering・Mathematics の 4 つの観点に分けた授業計画
※Engineering がプログラミングを通した学習活動、太字・下線部が、教育的効果の検討を行った活動

STEM	時間	学習内容	学習活動
導入	0.1	水門とは何か、水門の役割について知る。	・自然災害の一つに「水害」があることを確認する。
Basics	0.9		・洪水を防ぐためのいくつかの方法について調べる。 ・洪水を防ぐ手立ての一つに「水門」があることを知る。 ・「水門」に注目し、荒川と隅田川に位置する岩淵水門について調べる。
Science	4	上流・中流・下流で川と川原の石、川や川岸の違いについて調べる。	・映像を基にして、上流・中流・下流の様子の違いについてノートにまとめる。 ・地面に水を流し、侵食・運搬・堆積について調べる。 ・水は土地の低いところに流れることに気が付く。
	3	水量の違いによる地形の変化について調べる。	・水量を変えて、土に水を流す活動を通して、土の削られ方や運ばれる土の量の違いについて調べる。 ・短時間で多くの雨が降ると川の水量が急激に増加することに気が付く。 ・川は、本流と支流があわさることで、上流よりも下流の水量が多く、多くの雨が降ると下流の水量が増えて、水位が高くなることに気が付く。 ・川の水の量が増えると、川の流れる速さも速くなることに気が付く。 ・川の流れが速くなると、侵食と運搬が大きくなることについて気が付く。 ・地すべり、がけ崩れ、土石流、洪水などの現象について知る。 ・水の流れの変化について、「いつもの河川」「大雨時:隅田川の水位が荒川の水位よりも高い時」「大雨時:荒川の水位が隅田川の水位よりも高い時」で、どのように違うのかを考える。 ・水門の開閉が水量(水位)の増減に与える効果を理解する。
Technology	1	・水門をどのように開閉しているのかについて調べる。 ・水門は自動で開閉できるのかなど、水門に関わる新しいテクノロジーについて調べる。	・岩淵水門が開閉する様子について,資料や映像を用いて確認する。 ・資料やインターネットを用いて、水門を開閉する新しい技術について調べ、情報を共有する。 ・水位の上昇を感知して、センサーで知らせるシステムなどについて知る。
Mathematics	1	・河川の水位の変化のグラフを読み取ることができる。 ・洪水が発生する水位の高さについて多様的な状況を勘案して考える。	・令和元年10月台風第19号時の複数の場所での河川の水位の変化について、グラフから読み取る。 ・洪水が発生する可能性が考えられる水位の高さは、場所によって異なることを知る。 ・水位の高さと水防警報発令状況の関係について、令和元年10月12日から15日の間の岩淵水門(荒川側)と岩淵水門(隅田川側)の水位の変化のグラフから読み取る。
Engineering	**2**	・令和元年10月台風19号の時の荒川の水位と隅田川の水位の変化のグラフを読み取り、岩淵水門を閉じるプログラムを作成する。	・「災害学習セットLT」を活用し、「6. 洪水を防ごう」のプロジェクトに従い、プログラミングの方法と、それに伴う水門の動き方を確認する。 ・「災害学習セットLT」を活用し、令和元年東日本台風時に岩淵水門が閉じた時間と同じ時間だけ、レゴブロックで作成した岩淵水門を閉じさせるプログラムを作成する。 **・モーションセンサーか、傾きを感知するチルトセンサーを用いて、「荒川の水が隅田川に流入し、隅田川の堤防を越水しないように、岩淵水門を自動で閉じる。」という目標を設定し、安全に水門を開閉することができるプログラミングを行う。**

Technology では、岩淵水門が開閉する様子について資料や映像を確認し、「災害発生時に、人が水門まで行き、実際に水門を閉じるのか。自動で操作する方法は無いのか。」といった児童の持つ疑問を基にして、水門を開閉する新しいシステム等についてインターネットを

用いた調べ学習を行った。

Mathematics では、令和元年 10 月台風第 19 号時の複数の場所での河川の水位の変化についてグラフから読み取った。具体的には、洪水が発生する水位の高さは、場所によっても異なることを理解した。また、水位の高さと水防警報発表状況の関係について、東日本台風時の岩淵水門（荒川側）と岩淵水門（隅田川側）の水位の変化のグラフ（図 5-6）と水防警報発表に関連した資料から読み取る活動などを行った（水防警報とは、国土交通大臣又は都道府県知事が、洪水等により国民経済上重大又は相当な損害が生じるおそれがあると認めて指定した河川等について、災害が起こるおそれがあるとき、水防を行う必要がある旨を警告して行う発表をいう)。

その後、Engineering の時間に、一班 4、5 名の学習班に、「レゴ WeDo2.0」のソフトウェアがダウンロードされているパソコン 1 台と「災害学習セット LT」1 つを配布し、令和元年東日本台風時の岩淵水門を題材とした、自然災害時の情報活用能力に関する資質・能力の獲得を目指した、プログラミング教育を実施した。荒川と隅田川に見立てた絵の上に、レゴで作成した岩淵水門を設置する。「荒川の水が隅田川に流入し、隅田川の堤防を越水しないように、岩淵水門を自動で閉じる。」という目標を設定し、スマートハブにセンサーを付けて、水門の開閉を自動化するプログラムを作成する。センサーの取り付けについては川の流れる向きや荒川の水位と隅田川の水位の変化のグラフ（図 5-6）から得られた情報を踏まえてレゴブロックで自作する（図 5-5)。

5.2.4　授業評価の方法

プログラミング教育で育む資質・能力の三つの柱を授業目標として捉えると「知識及び技能」、「思考力・判断力・表現力等」、「主体的に学習に取り組む態度」となる。これを踏まえて「水門の開閉」という操作の観点から、4 つの授業目標（表 5-6）を設定した。

知識・技能は、洪水を防ぐために、水門を閉じることの意義を理解する科学的な知識の側面と、プログラミングを行う技能の側面が明確に分かれているため、知識と技能の 2 つに分けて、目標を設定した。

分析の方法は、学習場面の児童の発話を IC レコーダーとビデオカメラで記録し、プロトコルデータを、4 つの目標（表 5-6）に即して分析する。

表 5-6　発話プロトコルの評価

視点	目標
目標①	水門の開閉により、水位を調節し、洪水を防げることを知っている（知識)。
目標②	水門の開閉により、水位を調節し、洪水を防ぐプログラミングができる（技能)。
目標③	水門の開閉を通して、洪水が起こらないようなプログラミングを考えている（思考力・判断力・表現力)。

目標④	多角的に情報を検討し、より災害を避けることができるように改善しようとしている（主体的に学習に取り組む態度)。

5.2.5　結果

1)目標①から目標④に関連性のある発言の出現

図 5-7 は、1 班から 6 班まで、各目標に関連のある発言の出現推移を示している。

これを見ると、2、5 班は目標①から目標④の全ての目標に関連がある発言が見られる。1、3、4、6 班は、目標②、③、④に関連がある発言が見られ、目標①に関連のある発言は見られない。但し、目標①についての学習内容は、Science の時間に取り扱っており、プログラミング教育の実施時において新たに知識を確認する内容ではない。そのため、プログラミング教育実施時には、児童の発言中に表出されなかったと考えられる。また、目標②は、全ての班で達成された。さらに、目標③及び④も、全ての班で関連のある発言が見られ、自然災害時の情報活用能力に関する資質・能力の獲得を目指した、プログラミング教育により達成できる可能性が示唆できる。

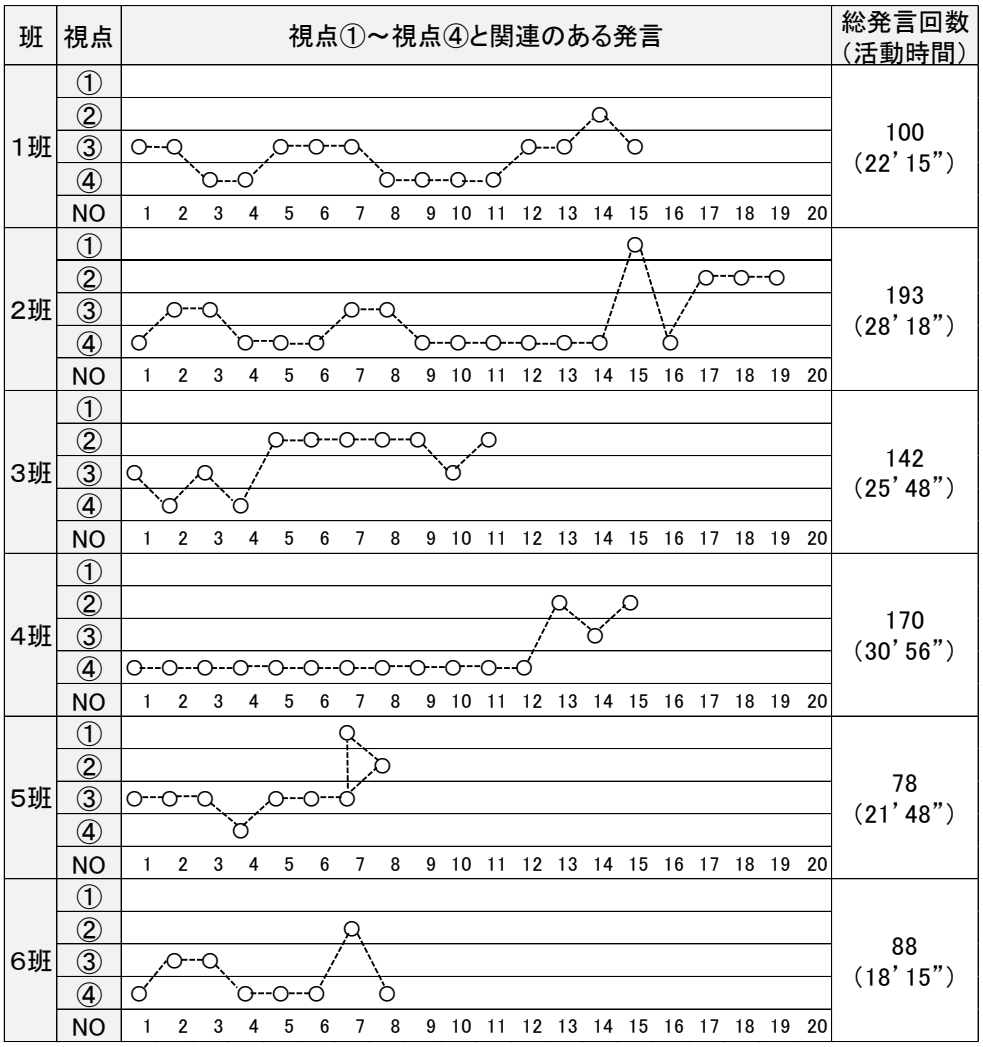


図 5-7　目標①から目標④の出現推移

2) 発話プロトコルの概要理解

「災害学習セット LT」を使用した学習時の 1 班から 6 班の児童の発話を文字で書き起こしたプロトコルデータを用いて、共起ネットワーク図を作成し、サブグラフ検出（modularity）を行った。ソフトは、テキストマイニングツール「KHCoder」を用いた。

総抽出語数は 8,175、その内、2,652 語が分析に使用する語であった。また、異なり語数は 791 で、この内 583 語が分析の対象となる語であった。語の最小出現数は 5、集合の類似度を測る指標は Jaccard 係数を使用し、Jaccard 係数 0.1 以上を描写した共起ネットワーク図を作成した（図 5-8）。

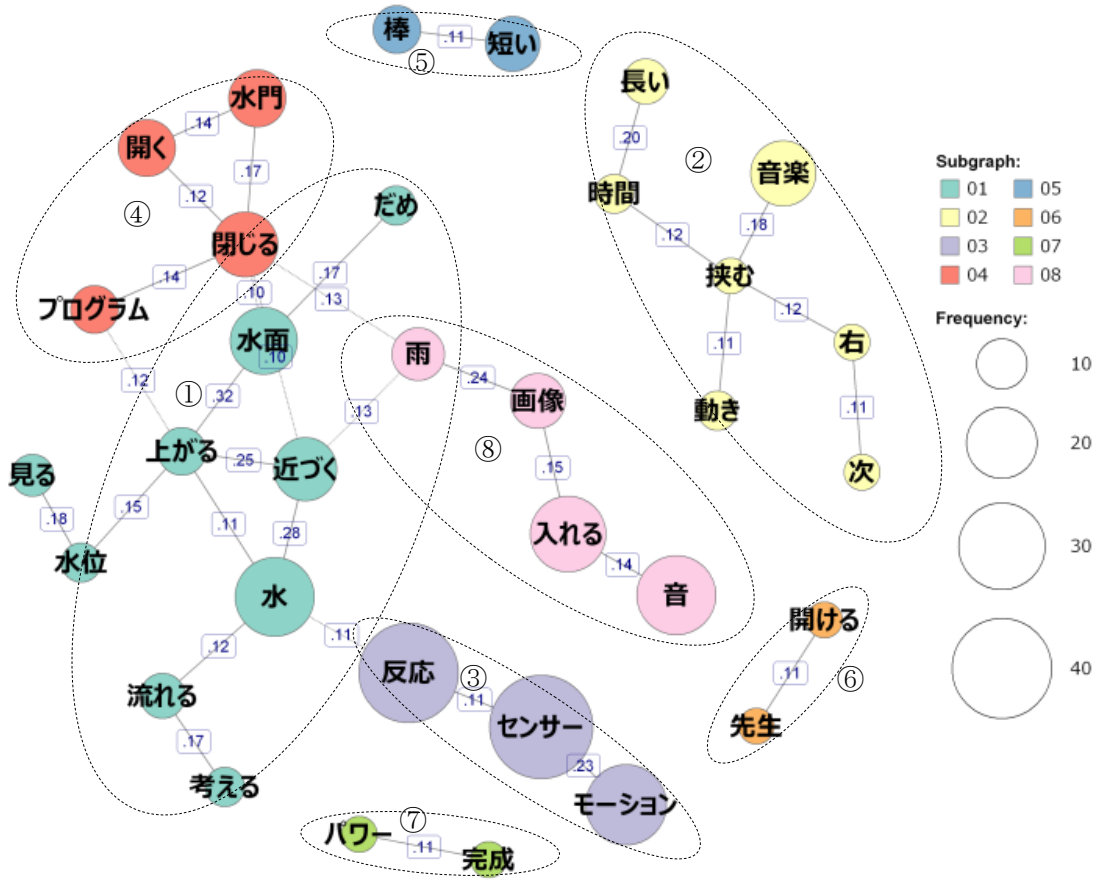


図 5-8　共起ネットワーク・サブグラフ検出（modularity）

※図中の①～⑧までのグループごとに囲んだ楕円は、筆者が追加したものである。

図 5-8 では、modularity によるサブグラフでは、8 個のグループが示されている。①と③と④と⑧は、互いに繋がりを持つグループである。これらについて、語の用いられ方を調べる、KWIC コンコーダンス機能を使用して検討する。④の「水門」「開く」「閉じる」「プログラム」は、「水門」の語を用いて水門の開閉プログラムに関連した発言は 13 確認された。①の、「水面」「上がる」「近づく」「水位」「見る」「水」「流れる」「考える」などは「水面」という語を用いて、水面と水の流れる方向や水位の変化を関連付けた発言が 18 確認さ

れた。⑧の「雨」「画像」「入れる」「音」は、「入れる」の語を使用し、雨画像、音（警報）などのアイコンを入れるプログラムの作成に関連した発言が 23 確認された。③の「反応」「センサー」「モーション」は、「センサー」という語が使われた 43 の発言の内、モーションセンサーで反応させることについての発言が 7 確認できた。

他のグループを見ると、②では、「挟む」の語が「動き」「時間」「右」「音楽」とネットワークを有しているが、それぞれの語の出現回数は低い。「動き」「時間」「音楽」の語は、プログラミングで選択するアイコンを示している。「右」の語が使用された会話は 5 つあり、全て水門のモーターの回転方向に関する文脈で使われている。「次」の語は特定の語との結びつきはない。

3)各目標に当てはまる発言の出現過程

表 5-7　1 班の NO.7、8（図 5-7）に示された発言前後の発話プロトコル

発話者	プロトコル
C	ここにセンサーを置いて、ここに水が近づいたら閉まるみたいな感じ。ここが動くようにしなければいけなくて、水は上流から下流に流れるから、この方向に水が近づいてくるように置かなければならなくて、水面をセンサーに近づけると反応するのだ。(目標③)
D	ここに反応するのか。
C	これ、だめじゃない。これ、こう閉じると水面にぶつかる。(目標④)

目標③と目標④に注目し、検討する。

表 5-7 は、図 5-7 の 1 班 NO.7、8 に当たる発話プロトコルである。目標③に当たる「C：水は上流から下流に流れるから、この方向に水が近づいてくるように置かなければならなくて。」は、その後の「C：これ、だめじゃない。これ、こう閉じると水面にぶつかる。」の発言と連動している。つまり、思考力・判断力・表現力を駆使し主体的に取り組む態度が実現されている。このことから、目標③「思考力・判断力・表現力」と目標④「主体的に学習に取り組む態度」は、思考的な往還をしながら活動がおこなわれている。

表 5-8　5 班の NO.7、8（図 5-7）に当たる発言前後の発話プロトコル

発話者	プロトコル
T	やってみよう。水面が上がります。おー。水面が下がりました。
V	水面が上昇した時にあけちゃだめだよ。(目標①と③)
X	水面が上がった時に反応した。
X	いんじゃない。できたね。(目標②)

はじめに目標③に着目する。

表 5-8 は、図 5-7 の 5 班 NO.7、8 に当たる発言前後の発話プロトコルである。「V：水面が上昇した時にあけちゃだめだよ。」は水門を閉じることにより洪水を防ぐことを理解し、洪水を起こさないためのプログラミングを考えていると捉える。従って、目標①と③に沿った発言である。水面がセンサーに近づくことで反応し、水門を閉じるシステムについて

考えている発言は、他の班にも見られる。

表 5-9 は、図 5-7 の 4 班 NO.14、15 に当たる発言前後の発話プロトコルであり、表 5-9 は、図 5-7 の 3 班 NO.9、10、に当たる発言前後の発話プロトコルである。

表 5-9 の「P：川の水があがったら反応するのだから。」という発言や表 5-10 の「J：実際に水面があがってくる速さを考えよう。」の発言から、水位が上昇した様子と、レゴブロックで作成した水門に設置してあるセンサーに反応させる様子を関連付けて考えることができていることがわかる。

このことから、児童は自然災害に関わるプログラミング教材を活用することで、水門の開閉により、水位を調節し、洪水を防ぐという知識を有していれば、実際の大雨時の水位の上昇と関連付けて、センサーを使用して水面の上昇を感知し、水門を閉じるプログラムを作成することが可能であることわかる。

表 5-9　4 班の NO.14、15（図 5-7）に示された発言前後の発話プロトコル

発話者	プロトコル
P	とりあえずやってみよう。スタート押している？センサーだからさ、ずっと近づいていたら反応しないでしょ。川の水があがったら反応するのだから。どう、きた？（目標③）
O	反応しない。
P	一回止めるか。
Q	あっ、いけた。いけた、いけた。（目標②）

表 5-10　3 班の NO.9、10（図 5-7）に示された発言前後の発話プロトコル

発話者	プロトコル
J	それが延長のやつですか。逆に低くなるか。これで、こうして、こうやってつければ。これで、ここを測ればいいんだよ。これでオッケーのはず。
M	センサーが反応しないな。おおー、反応した。（目標②）
J	最初からやるとダメなんだよ。動きに反応するから、実際に水面があがってくる速さを考えよう。（目標③）

次に目標④に着目する。

表 5-11 は、図 5-7 の 2 班 NO.9、10、11 発言前後の発話プロトコルである。「E：上流で、下流だから。実験結果から考えると、ここ、こっちに流れるよね。ちょっと待って、これ丁度高さ 4 ㎝だけど、どこからの 4 ㎝で付けるか。」は、川の流れる方向、水位の高さといった複数の情報を基に、水害を避けるように対応しようとしている発言であり、目標④に沿った発言である。川の水が流れる向きは、Science で学習した知識である。また、4cm というのは、Mathematics で学習した令和元年 10 月 12 日から 15 日の間の岩淵水門（荒川側）と岩淵水門（隅田川側）の水位の変化のグラフ（図 5-6）における水門を閉鎖した時の水位が 4m であることを根拠としている。

表 5-11　2 班の NO.9、10、11（図 5-7）に示された発言前後の発話プロトコル

発話者	プロトコル
E	水が下に、この方向からこなければいけない。
G	どっちから波がくるか。どこら辺からくるんだっけ？
E	上流で、下流だから。実験結果から考えると、ここ、こっちに流れるよね。ちょっと待って、これ丁度高さ 4 ㎝だけど、どこからの 4 ㎝で付けるか。（目標④）
G	高さ 4 ㎝？これをどうやってつけるか。何を？どうやってって？（目標④）
F	くっつけるっていうか、置く？
E	置く？水面に？くっつけなきゃだめじゃない？今のままじゃ流されていくよ。（目標④）

したがって、技術・工学（Technology, Engineering）を用いたプログラミング教育実施時にも理科（Science）や算数（Mathematics）で学習した知識・技能を活用していることがわかる。

表 5-12 は、図 5-7 の 1 班 NO.3、4 に当たる発言前後の発話プロトコルである。「A：閉じるときに、この音を入れれば？警報、8 番か。」は、音に着目して、より災害を避けることができるように改善しようとしている発言であり、目標④に沿った発言と言える。

表 5-12　1 班の NO.3、4（図 5-7）に示された発言前後の発話プロトコル

発話者	プロトコル
B	警報じゃん、これでいいな水、こっち警報系
D	これ水で、これ警報、その後水？
A	閉じるときに、この音を入れれば？警報、8 番か。（目標④）
B	警報だ警報。これで閉まるから、警報を入れて、安全じゃない？（目標④）

表 5-13 は、図 5-7 の 6 班 NO.1 に当たる発話前後の発話プロトコルであり、門の開閉時に音をつけることで、被害を減らそうとしている。したがって、プログラミングを通し、水門の開閉だけでなく、音など他の災害を防ぐ手立てを考えることも可能であると言える。

表 5-13　6 班の NO.1（図 5-7）に示された発話前後の発話プロトコル

発話者	プロトコル
a	1 番から聴く？
b	とりあえず最後まで流す？
Y	短すぎても逆に駄目じゃない。すぐに閉まっちゃうよ。門が。だから、これでいいんじゃない。危険を知らせられるし。（目標④）

5.2.6　考察とまとめ

令和元年東日本台風発生時の、荒川、隅田川、岩淵水門に関連した内容を STEM の観点から捉えた学習を計画し、Engineering の時間に「災害学習セット LT」を活用したプログラ

ミング学習を実施した。そして、活動の様子について、自然災害に関連した予測情報と科学技術についての「知識」と「技能」及び治水に関する問題解決・探究に対する「思考力・判断力・表現力等」、情報を適切に活用し、災害を減らそうとする「主体的に学習に取り組む態度」の4つの目標から分析した。

その結果、全ての学習班で、レゴの水門を開閉させるプログラミングを行うことができ、プログラミング教育により、自然災害に関連した知識・技能を基にして、情報を適切に活用し、災害を減らそうとする「思考力・判断力・表現力」や「主体的に取り組む態度」を培うことが可能であったと言える。また、「思考力・判断力・表現力」と「主体的に学習に取り組む態度」は、思考的な往還をしながら取り組んでいることも確認された。

分析した内容について共起ネットワーク図（図5-8）の①、③、④、⑧に着目する。④は、「水門」という語を使用して水門の開閉プログラムに関連した内容の発言が13ある。①は、「水面」という語を使用して、水の流れる方向や水位の情報などに関連した発話が18ある。⑧は、雨画像や音を入れるプログラムの作成に関連した発言が23ある。③は、モーションセンサーで反応させることについて話し合われた発言が7ある。これらが、互いに繋がりあっていることから、理科（Science）や算数（Mathematics）で学習した水の流れる方向や水位の情報などの知識・技能と水位の情報を感知するセンサーについての知識、実際にプログラミングを行うなどの、技術・工学（Technology、Engineering）は連動していることが推測される。

実際に、KWICコンコーダンス機能を使用して、「センサー」という語の用いられ方を調べると、「センサー」という語が使われた43の発言の内、26が水の流れる方向や水位の上昇とセンサーの反応を関連付けて、水門を閉じようとする発言であった。児童は、令和元年10月12日から15日の間の岩淵水門（荒川側）と岩淵水門（隅田川側）の水位の変化のグラフ（図5-6）から、令和元年10月12日（土）に岩淵水門が閉じた時の水位を読み取り、レゴブロックのセンサーの高さを決めたり、川が上流から下流に流れることを踏まえて、レゴブロックのセンサーの向きを整えたりしていた。

水門を開閉させるセンサーについてはTechnologyの時間に、実際にセンサーで開閉するシステムなどを調べ、児童同士で情報交換を行っていた。そのため、「災害学習セットLT」を用い、センサーを使った水門の開閉を行うシステムを作成する時にも理解しやすかったと考えられる。防災・減災のシステムを理解するためには、このような、自然災害を削減するための科学技術の働きなど、技術・工学の内容理解も必要であると言える。

これらのことから、プログラミング教材を活用することで、自然災害に関連した体系的な防災教育が可能であることが示唆できる。

共起ネットワーク図(図5-8)の②では、「挟む」の語と「音楽」「動き」「時間」「右」の語が結びつき、これに関連して児童の発話プロトコル分析を行った結果、水門の開閉時に警報を鳴らすなど、水門の開閉以外でも、プログラミングを通して、児童が災害を防ぐ手立てを考えることが可能であることも示された。

5.2.7 結語

本章では、自然災害からの防災教育に関連したSTEM教育の在り方について検討した。

はじめに、防災気象情報の理解を深めることを目的とした教育内容を例に、実際に発生した自然災害をSTEMの4つの観点に分けて整理し、カリキュラム・マネジメントの下、学習の計画を示した。そして、STEM 教育の課題として、防災・減災教育を取り上げることの意義について検討した。その結果、次のことが理解された。

一つは、実際に発生した自然災害をSTEMの観点に分けて整理した学習計画の下、実施する授業は、発表された警報が地域や自らの居住地にどのような被害（浸水深等）をもたらす可能性があるのかをイメージできる教材として成立する可能性を示すことができた。これにより、警報の理解を促進し、住民の円滑な避難行動に繋がる可能性が示唆できる。但し、本章ではEngineeringでの活動を中学校の技術「Cエネルギー変換の技術」や「D情報の技術」において「適切なタイミングでの避難を促す機能を持った製品を考える」といった活動を仮定したが、この場合は、先述したように小学校・中学校の学習内容を繋ぐ必要がある。学習内容によっては、小・中学校の繋がりを意識したカリキュラム・マネジメントが要求される。教育的効果を実証するためには、同じ児童・生徒に対して、本章で示したカリキュラム・マネジメントを通した授業実践を行い、授業における継続した教育的効果の検討が求められるが、本章では、教材化の提案に留まった。教育的効果の検討は今後の課題と言える。

二つ目は、自然災害からの防災教育については、自然と人間（社会）との関連性が求められるため、社会科（Society）の要素も加える必要がある。さらに、SDGsの理解を目的にしたSTEM教育実践などでは、Envilonment（環境）の要素も検討する必要がある。

三つ目は、自然災害取扱いのためのSTEM教育により、安全教育の目標を達成する可能性があることを示唆できることである。

四つ目は、STEM 教育は、各国のニーズを考慮した教育政策、カリキュラムの策定が行われている。国際社会における防災・減災教育に関する日本の貢献可能性を踏まえると、自然災害取扱いにおけるSTEM教材を開発し、身近な気象災害を理解するための新たな防災教育の観点を世界に発信することは、日本に期待されることの一つと言える。

次に、自然災害に関連した内容をSTEMの観点から捉えた学習計画の下、Engineeringの時間に、「災害学習セット LT（株式会社ナリカ）」を使用し、岩淵水門に見立てたレゴの水門の開閉をプログラミングする活動を行い、その教育的効果を検討した。その結果、プログラミング教育により、自然災害に関連した知識・技能を基にして、情報を適切に活用し、災害を減らそうとする「思考力・判断力・表現力」や「主体的に取り組む態度」を培うことが可能であることなどが示唆された。ただ、実践の結果は、児童のパソコン技術等の影響を受けることも予想される。授業実践を重ね、教材活用の効果について詳細に検討を重ねることが求められる。

防災は科学技術の働きが大きく、防災教育についても被害を減らす技術・工学を知るこ

とが求められる（内閣府，2021）。自然の事物・現象に関する理解と連動した、防災に関連した技術・工学へのアプローチは小学校段階の理科教育にも期待される。

さらに、防災を含む安全教育（現代的な諸課題に関する教科横断的な教育内容）では、他教科との関連性が示されている。本章で取扱ったように算数(Mathematics)についても、計測データの蓄積・グラフ化などの知識・技能が求められる。自然の事物・現象を理科と算数の視点から捉え、関連付けることが必要であり、この点でもSTEM教育の意義がある。

また、STEM 教育は、各国のニーズを考慮した教育政策、カリキュラムの策定が行われている。自然災害取扱いにおけるSTEM教材を開発し、身近な気象災害を理解するための新たな防災教育の観点を発信することは、日本の特色の一つと言える。

第 6 章　まとめ

6.1　科学的リテラシー育成を踏まえた防災・減災教育の在り方

本論文では、科学的リテラシー育成を基盤としたこれからの時代に求められる人材育成の具体的な内容・方法として、理科教育を軸とした、防災・減災教育の在り方を検討した。

第 1 章では、問題点を明確にする目的から、近年の理科教育における自然災害取扱いの現状と課題についてまとめた。

その結果、OECD・PISA2000 年調査以降の科学的リテラシーを育成する視点の定着、国連防災世界会議や UN/DESD などの国際的な動向が影響し、平成 20 年告示学習指導要領からは、理科教育における自然災害の取扱いを、人間生活との関わりの中でも捉えるように拡大したことなどを理解することができた。また、平成 29 年告示学習指導要領では、理科教育と防災教育との関連性に一層の充実が見られることや、カリキュラム・マネジメント的な視点で「災害」を捉える見方が明確化されたことなども理解された。これらの分析・考察から 3 つの課題を示すことができた。

一つは、理科教育の中で扱う自然災害に関連した内容が、人間生活との関連性を重視するため、従来、社会科で学習していた「災害を防ぐ社会の仕組み」などの内容と重複する部分が増え、理科と社会における自然災害の取り扱いの連動性が求められる点である。

二つ目は、文部科学省内において、教科を取り扱う部局と学校安全（災害安全）を取り扱う部局が異なっているため、教育現場において、理科や社会などの教科による学習内容と災害安全とが繋がっていない現状の改善である。

三つ目は、日本の貢献が考えられる国際的な動向から国連の「持続可能な社会を築く」という目的の中で、防災教育は ESD とも強い関連があり、理科教育の内容・方法を中心とした取組は SDGs とも大きく関わる。そのため、今後の日本国内における自然災害からの防災教育を前進させるためには、ESD や SDGs のゴールやターゲットに即した教育内容・方法、教材の開発が求められることである。

第 2 章では、理科教育で求められる自然災害に関連した資質・能力を理解するために、学習指導要領の改訂に影響を与えている、「OECD・PISA の科学的リテラシー」と「IEA・TIMSS の理科」で「自然災害」に関連した調査問題から、理科教育における自然災害に関連した資質・能力を整理し、「安全に関する資質・能力」（文部科学省，2019a）との対応関係を明らかにした。その結果、「OECD・PISA の科学的リテラシー」の出題問題から解釈できる、自然災害に関連して身に付けることが求められる資質・能力は、「安全に関する資質・能力（文部科学省，2019a）の内、「知識・技能」と「思考力・判断力・表現力等」と一致することが示された。また、「IEA・TIMSS の理科」の出題問題から解釈できる、自然災害に関連して身に付けることが求められる資質・能力は、「安全に関する資質・能力（文部科学省，2019a）の内、「適切に意思決定し、行動するために必要な力（思考力・判断力・表現力）」以外の文脈とは一致することが認められた。したがって、科学的リテラシー育成を踏まえた理科

教育における自然災害に関連した学習の充実は、安全に関する資質・能力（文部科学省，2019a）の内、「知識・技能」と「思考力・判断力・表現力等」の育成に貢献できる可能性が示された。

一方、本論文で調査した範囲において、IEA・TIMSS の理科問題から、安全に関する資質・能力（文部科学省，2019a）の内、「適切に意思決定し行動するために必要な力（思考力・判断力・表現力)」は認められなかったことは、序章に示した「何のために避難するのかなど、科学的な根拠を基にして、災害時の行動を選択することができる力を育成することが求められる」（藤岡，2019）ことなど、国内における防災教育上の課題とも一致する。

これらを踏まえ、第 3 章では、理科の授業で安全に関する資質・能力（文部科学省，2019a）の内、「自らの安全の状況を適切に評価するとともに、必要な情報を収集し、安全な生活を実現するために何が必要かを考え、適切に意思決定し、行動するために必要な力を身に付けていること（思考力・判断力・表現力等)」のねらいに則した教材の開発及び実践を行い、その教育的効果を検討した。具体的には、大雨による災害を想定して開発した教材を小学校第 5 学年「B（3）流れる水の働きと土地の変化」で実施し、その教育効果を検討した。

その結果、教材を活用した話し合い活動によって、子どもたちは、授業で習得した自然災害に関連する「知識・技能」を基に、自分たちの安全の状況について適切に評価したり、自らの行動を選択するために必要な情報を整理・確認したりできることがわかった。また、行動選択のための適切な合意形成には、知識を基にした状況判断や話し合いが不可欠であることや、知識・技能が十分でなければ、「思考力・判断力・表現力等」の内、状況の適切な評価や行動選択の育成に繋がらないなどの示唆を得ることができた。

これらの具体的な知識・技能は、「自然の事物・現象に対する科学的な理解や災害の発生メカニズムなど」や「社会や人間生活と関連した「災害安全」に関する知識」であり、教科での学習内容と災害安全とを繋げた教育実践の一例を示すことでできた。

第 4 章では、第 1 章で示した、国際的な動向の中で、防災教育は ESD との関連が強く、理科教育学において、ESD や SDGs と関連させた防災教育の取組を実施することが求められるといった課題を踏まえ、自然と人間、人間と人間（社会）の関わり・つながりを考える防災教育について、検討した。具体的には、中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説理科編において、地域の自然を調べる手立てとして、「自然の恵みと火山災害・地震災害」と「自然と人間」の単元で、図書館や科学館、博物館の他に、ジオパークを活用することが記載された背景から、自然災害に関する学習におけるジオパークの活用について、活用方法や期待される教育的効果、実践上の留意点などについて整理して示した。その結果、日本のジオパークを活用した自然災害に関連した教育内容は、日本のイニシアチブが期待できる内容であることや、カリキュラム・マネジメントの視点から、理科授業でジオパークを活用した取組を行うことで、ESD、SDGs など複数のねらいを達成できる相乗的な効果が期待できることなどを示すことができた。

さらに、小・中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説総則編の付録 6 に記載されてい

る、防災を含む安全に関する教育（現代的な諸課題に関する教科等横断的な教育内容）で示されているカリキュラム・マネジメントの具体的な取組として、SDGs ゴール 11「都市と人間居住を包括的、安全、弾力的、持続可能なものにする」を核とし、SDGs の狙いに沿った教材を開発した。そして、その教材を使った授業の教育的効果を、安全教育の目標（文部科学省，2019a）に照らして検討した。その結果、子どもたちが理科や社会科で学んだ知識・技能を活用し、思考力・判断力・表現力を駆使して水害を軽減する方法を考えていることが理解できた。また、避難場所が安全な場所に設置しているのかを自ら判断するなどの学習場面も想定できることが示唆され、教科教育と避難訓練などの、学校行事、特別活動を繋ぐ教材としても期待できることがわかった。さらに、開発した教材を活用した授業実践を通して、SDGs ゴール 11 だけでなく、SDGs6.6、SDGs12.8 など、他の SDGs のターゲットの達成にも貢献できる可能性を示すことができた。

第 5 章では、新たな自然災害に関連した学習の展開として、気象災害に関連した STEM 教育について取扱った。まず、理科で、自然災害を STEM の観点から捉えることの意義を検討した。具体的な事例として、防災気象情報の理解を目的に、防災気象情報発令時の状況をイメージするといった題材を取扱い、近年発生した自然災害を Science、Technology、Engineering、Mathematics の 4 つの観点に分けて整理した。その上で、自然の事物・現象のメカニズムを捉えようとする理科教育と、災害からの被害を減らすための手立てを学ぶ、防災・減災教育が必然的に結びつき、防災気象情報発令時の状況をイメージできる可能性について考察した。その結果、実際に発生した自然災害を STEM の観点に分けて整理した学習計画の下、実施する授業は、発表された警報が地域や自らの居住地にどのような被害（浸水深等）をもたらす可能性があるのかをイメージできる可能性が示唆できた。また、防災気象情報の理解を目的とした STEM 教育は、安全教育の目標（文部科学省，2019）を達成することができる可能性を示すことができた。さらに、自然災害に関連した STEM 教育には、STEM の 4 つの観点の他に、社会（Society）の要素が重要であることが理解された。

次に、自然災害に関連したプログラミング教育で育む資質・能力の育成をねらいとした教育プログラムの開発を行った。「レゴ WeDo2.0」のソフトウェアと連動する教材を活用した授業を実施し、その実践の教育的効果を検討した。具体的には、学習者は水門の開閉により、水位を調節し、洪水を防ぐことを理解する。これを基に大雨時の水位の上昇と関連付け、動作に反応するセンサーを使用し、水面の上昇を感知し、水門を閉じるプログラムを作成する授業を実践した。その結果、自然災害に関連した「知識・技能」を踏まえ、情報を適切に活用し、災害を減らそうとするプログラミング教育のねらいとしての「思考力・判断力・表現力」や「主体的に学習に取り組む態度」を培うことが可能であることが示唆された。また、学習者は理科（Science）や算数（Mathematics）で学習した知識・技能を、技術・工学（Technology、Engineering）を用いたプログラミング教育実施時にも活用していることがわかり、STEM 教育の展開例となった。

以上、本研究では、学校教育において、科学的リテラシー育成の観点から、理科教育を

軸とした、自然災害に関連した防災教育の在り方について論じた。これらの研究成果から、国際世界に貢献可能な日本型防災・減災教育の在り方についてまとめる。

6.2 日本型防災・減災教育

図 6-1 は、科学的リテラシー育成を踏まえた、安全教育（防災教育）の在り方を示した図である。横軸には、安全教育の目標（文部科学省，2019a）と小学校・中学校における各教科での学習内容の一部を記載している。縦軸には、本論文で示した科学的リテラシー育成を踏まえた、以下に示す安全教育（防災教育）の 3 つの学習内容を示した。

一つは、災害発生時に、被害を減らすための行動などについて、自然災害に関連した知識・技能を駆使し、自然災害発生時の行動選択を行う力など、思考・判断・表現する力の育成を目指す内容である。これには、自然の事物・現象のメカニズム、災害発生時の状況やその土地の環境や地形、防災気象情報など複合的な知識・技能を育成することが求められる。現在の学校教育においては、理科と社会科、保健体育などで自然災害に関連した学習内容が重複する場面も多く、自然災害の取扱いが十分に連動していない課題も見られる。そのためにも、実際に発生した自然災害の事例を基にして、明確な学習目的に沿い、カリキュラム・マネジメントを通した学習計画を立てる必要がある。

二つ目は、「持続可能性」という視点から、自然と人間、人間と人間（社会）との関り・つながりに対する理解を深める内容である。地震、津波、火山活動、大雨などは、自然の事物・現象に過ぎない。現象が発生した場で、人間生活が行われていた場合に、人間の利益が損なわれた時に災害となる。また、発生する自然現象により、時間的・空間的な見方が異なるため、それぞれの自然現象の時間的・空間的なスケールを理解する必要がある。これらを理解するための手立てとして、ジオパークを活用した授業が考えられる。教室の中と野外のフィールドの両方で、自然との関わり方について、知識・技能を基に、思考・判断・表現する場所を設定することが自然と人間、人間と人間（社会）との関り・つながりに対する深い理解に繋がると考えている。

さらに、防災・減災に関わる総合的な科学技術の理解には、発生した自然災害を、理科（Science）、工学（Technology）、技術（Engineering）、算数（Mathematics）の観点から捉えた STEM 教育、そして、STEM 教育の一つとして防災教育と連動した「プログラミング教育」がある。これらを、学校教育の中で実施していくことで、現在の防災教育上の課題にも向き合うことができると考える。

これらの学習内容を、カリキュラム・マネジメントを通して、教室で実験等を通して学習する「座学」とジオパークなど、野外に出て学習する「フィールドワーク」に分けて実施し、学習効果の最大化を図る。そのため、図 6-1 では、3 つの学習内容において、「座学」と「フィールドワーク」を記載した。安全教育の目標及び各教科での学習内容の目標に沿い、学習形態を選択することが求められる。本論文で示した通り、ジオパークなど、地域の施設や人材の活用を教育課程に位置づけることで、教員だけでは限界があったフィール

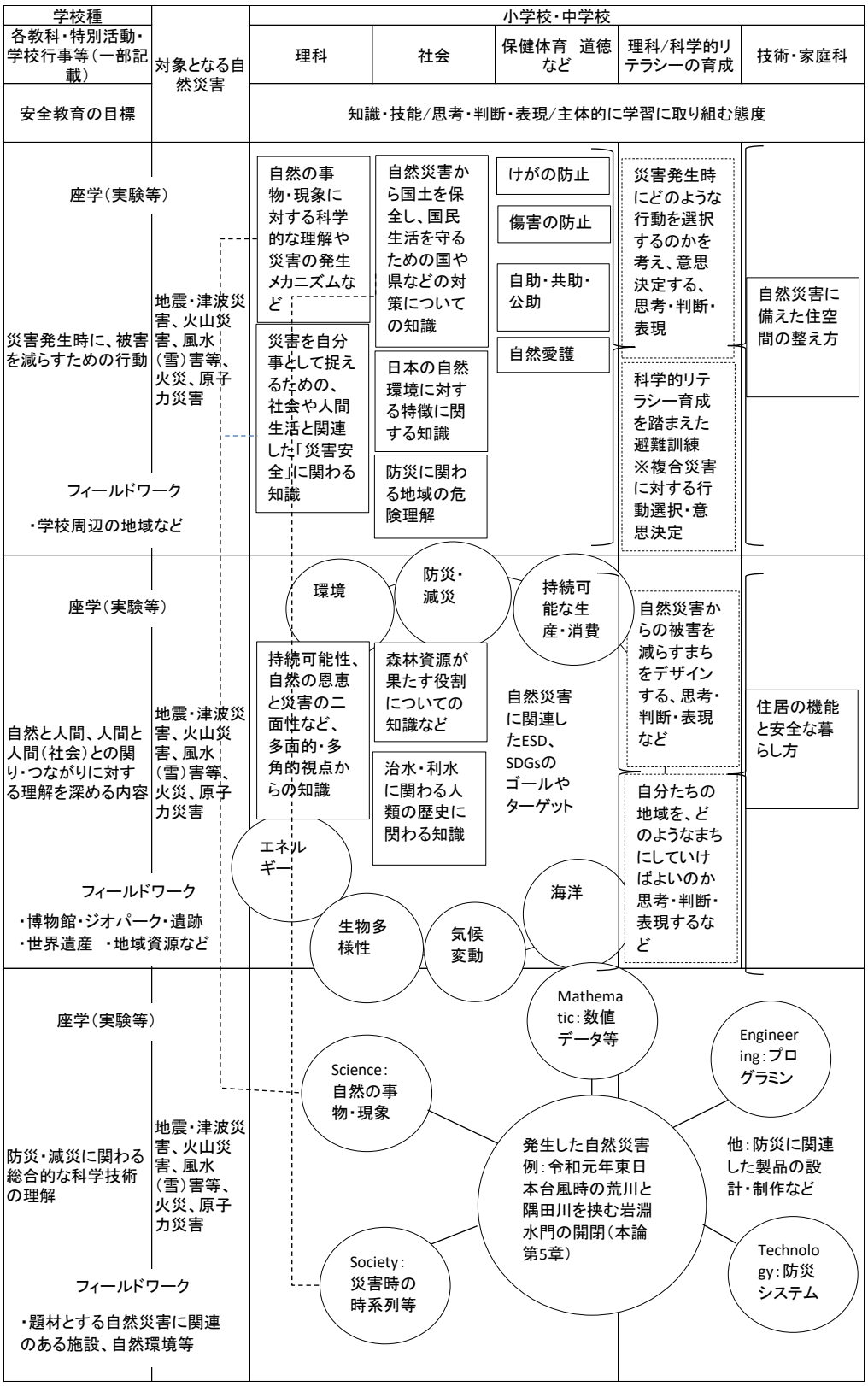


図 6-1　科学的リテラシー育成を踏まえた安全教育（防災教育）の在り方

ドワークを学校教育に取り入れることが期待できる。

また、本研究では主に気象災害について取り上げたが、当然のことながら、地震災害や火山災害、土砂災害などについての取扱いも、科学的リテラシー育成の観点から、発生する自然の事物・現象の特徴に応じて検討する必要がある。安全教育の目標を踏まえ、小学校と中学校の両方での各教科における学習内容を見据えたカリキュラム・マネジメントの下、授業計画を立てる必要がある。特に、自然災害は、様々な自然の事物・現象が複合的に発生する、複合災害への対応も考えなければならない。実際に、平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震では、山古志村（現長岡市）を中心とした地域で、地震により多くの箇所で崩壊や地すべりが発生した。芋川流域では大規模な河道閉塞が発生し、その影響から人家が水没するなどの被害が生じた（内閣府, 2008)。また、平成 28 年（2016 年）熊本地震では、地震による影響で大規模な土砂災害が発生している(内閣府, 2019)。実際に発生した自然災害を教材とし、複合的な災害にも対応できる資質・能力を培う必要があり、そのための教育内容・方法及び教材の開発も今後の課題となる。

これら、科学的リテラシー育成を踏まえた防災・減災教育の在り方が、本論文で示した、国内における安全教育（防災教育）上の課題解決を踏まえた、日本型防災・減災教育である。

さらに、2022 年 1 月 15 日、海底火山フンガトンガ・フンガハアパイ火山の噴火による降灰、津波によりトンガ全人口の 84%が被災するなどの甚大な被害を受けたが（GOVERNMENT OF TONGA, 2022)、自然災害の被害は、アジア及び環太平洋地域においても深刻であり、地域の状況に応じた安全教育（防災教育）の取組が求められる。この点は、国連防災世界会議など、国際的な動向を踏まえると、日本の貢献可能性が期待される。本研究で示す科学的リテラシー育成を踏まえた学校教育における防災教育実践を、アジア及び環太平洋地域の状況と照らし合わせ、共通点と差異を見出す中で、自然災害からの安全教育（防災教育）の在り方を示すことを通して、日本の貢献可能性を検討することに繋がると考えている。

最後に、本論文を執筆している最中にも、新型コロナウイルス感染拡大の影響によるデモや噂の流布など、日本人の科学的リテラシー育成に対する課題が浮き彫りにされる多くの出来事が散見された。世の中で広がる様々な情報について、妥当性を検討すると共に、学校教育の中で学習した科学的な知識を活用し、自らの行動選択に生かす、思考力・判断力・表現力を育成することが求められる。科学的リテラシー育成の観点は、今後多発することが予測される自然災害から身を守ることや、ICT の活用により飛躍的に高まることが予想できる情報選択と意思決定など、これからの社会を生き抜く上で、全ての国民に対して必要な資質・能力であり、今後も継続的な研究を行うことが求められる。

引用文献

Asian Disaster Center(ADRC)「Disaster information」Retrieved from https://www.adrc.asia/latest/(accessed 2021.09.21)

新井健一（2018)「これまでのSTEM教育と今後の展望」『STEM教育研究』1, 3-7.

荒川下流河川事務所（2020)「令和元年10月台風第19号による荒川下流管内の出水状況等について」, 1-13. Retrieved from https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000759404.pdf（accessed 2021.05.05)

浅間山ジオパーク推進協議会(2021)「浅間山山麓ジオパーク基本計画」,22. Retrieved from https://mtasama.com/wp-content/uploads/2021/08/94374a3f582d9079da04b22638415c5d.pdf(accessed 2021.07.05)

阿蘇ジオパーク推進協議会（2021)「阿蘇ジオパーク基本計画書」,33. Retrieved from http://aso-geopark.jp/plan/plan_202105.pdf(accessed 2021.08.20)

荒木健太郎（2017)「豪雨のメカニズムと水害対策－降水の観測・予測から浸水対策、自然災害に強いまちづくりまで－」株式会社エヌ・ティー・エス, 17－27.

磐梯山ジオパーク協議会「磐梯山ジオパーク」Retrieved from https://www.bandaisan-geo.com/(accessed 2021.08.20)

Bybee,R.(2013)「The case for STEM education.National Science Teachers Association press」34.

防災教育開発機構(2009)「防災教育支援事業平成20年度報告書－大震災が生んだ新たな防災教育を全国に普及－」7. Retrieved from https://jishin.go.jp/main/bosai/kyoiku-shien/02hyogo/20_hyogo.pdf（accessed 2019.09.22)

藤岡達也(1999)「理科教材としての河川に関する諸問題の考察－洪水・水害と河川堆積物を中心として－」『理科教育学研究』第40巻,第2号, 1－9.

藤岡達也(2001)「「理科学習」と「総合的な学習」との連携を踏まえた「自然災害に関する学習」や「防災教育」について ： 兵庫県南部地震以後の動向を中心として」『理科教育学研究』第41巻, 第3号,13-20.

藤岡達也(2007)「沖積平野における水害・治水についての教材・プログラム開発－大阪府河内平野での自然災害の歴史性を例として－」『環境教育からみた自然災害・自然景観』協同出版, 92.

藤岡達也(2011)「ジオパークにみる自然の二面性（火山災害と温泉)」『環境教育と地域観光資源』, 学文社, 29.

藤岡達也・沼口菜摘・五十嵐素子（2012)「地域の自然の二面性を重視したジオパーク活用の意義と課題」『日本科学教育研究会研究報告』27(4),35-40.

藤岡達也ほか9名(2012)「小学校5年生・6年生理科学習副読本－感じて確かめて伝えよう糸魚川ユネスコ世界ジオパーク糸魚川市教育委員会, 1-24.
藤岡達也(2014)「ジオパークと自然災害」『生きる力を育む学校防災Ⅱ』, 協同出版, 9-13.
藤岡達也(2015)「ポストUNDESD（国連持続可能な開発のための教育の10年）における防災教育」『環境教育』第24巻,第3号,40－47.
藤岡達也(2016)「持続可能な社会と地域防災，学校防災－繰り返される自然災害の防災教育の現状と展望－」『第四紀研究』55(4),175-183.
藤岡達也（2019)「科学的リテラシー育成と自然災害に関する防災・減災、復興教育」『初等教育資料』No.981,164-169.
藤岡達也（2020)「近年の自然災害に関する学校防災・危機管理の動向」『近年の自然災害と学校防災Ⅰ』協同出版, 26.
藤岡達也（2021)「SDGsと防災教育－持続可能な社会をつくるための自然理解－」大修館書店, 1-197.
復興庁(2018)「東日本大震災からの復興の状況に関する報告」Retrieved from http://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/20181130_kokkaihoukoku.pdf（accessed 2019.06.28)
GOVERNMENT OF TONGA (2022)「MEDIA RELEASE “Second Official Update of the Hunga-Tonga-Hunga-Ha’apai Volcanic Eruption”」Retrieved from https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Media%20Release_21_01_2022_%E2%80%9CSecond%20Official%20Update%20of%20the%20Hunga-Tonga-Hunga-Ha%E2%80%99apai%20Volcanic%20Eruption%E2%80%9D.pdf (accessed2022.3.1)
GLOBAL GEOPARKS NETWORK (2008)「The Osnabruck Declaration」Retrieved from http://www.globalgeopark.org/Portals/1/01-News_Events/0808120snabrueck%20Declaration1.pdf(accessed2019.10.12)
GLOBAL GEOPARKS NETWORK (2010)「各国のジオパークがユネスコの支援を得て世界ジオパークネットワーク(GGN)に参加するためのガイドラインと基準」, 1-14. Retrieved from https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fjgc.geopark.jp%2Ffiles%2FGGNguidelineJ.doc(accessed2019.10.12)
本間基寛（2017)「気象・災害情報に対する住民の受容特性について」『安全工学』56（6）,424-429.
萩ジオパーク推進協議会「萩ジオパーク」Retrieved from https://hagi-geopark.jp/(accessed 2021.08.02)
箱根ジオパーク推進協議会事務局「箱根ジオパーク」Retrieved from https://www.hakone-geopark.jp/(accessed 2021.08.20)
長谷川宏一(2018)「地学教育ニュースNo.22－箱根ジオパークを舞台にした教科横断型（地学・地理）野外巡検授業の展開－」『地学教育』71（1), 23-24.

8.20 豪雨災害における避難対策等検証部会（2015）「平成 26 年 8 月 20 日の豪雨災害避難対策等に係る検証結果」Retrieved from http://www.city.hiroshima.lg.jp/shobou/bousai/260820/01honpen.pdf(accessed 2019.07.15)

平成 29 年 7 月九州北部豪雨災害を踏まえた避難に関する検討委員会（2017）「平成 29 年 7 月九州北部豪雨の被害状況」Retrieved from http://www.bousai.go.jp/fusuigai/kyusyu_hinan/pdf/dai1kai/siryo2.pdf(accessed 2019.07.13)

平成 30 年 7 月豪雨による水害・土砂災害からの避難に関するワーキンググループ（2018）「平成 30 年 7 月豪雨を踏まえた水害・土砂災害からの避難のあり方について（報告)」Retrieved from http://www.bousai.go.jp/fusuigai/suigai_dosyaworking/pdf/honbun.pdf(accessed 2019.07.22)

樋口耕一（2014）「社会調査のための計量テキスト分析【第 2 版】内容分析の継承と発展を目指して」株式会社ナカニシア出版, 1-251.

姫島村役場「姫島村」Retrieved from https://www.himeshima.jp/geopark/(accessed 2021.08.21)

Intergovernmental Panel on Climate Change：ICPP（2018）「Global Warning of 1.5℃」1-616.

石浦章一ほか（2020）「流れる水のはたらき」『わくわく　理科 5』新興出版社啓林館（株), 1-192.

磯﨑哲夫・磯﨑尚子(2021)「日本型 STEM 教育の構築に向けての理論的研究－比較教育学的視座からの分析を通して－」『科学教育研究』45（2）,142-154.

板垣修・加藤拓磨・服部敦（2014）「大規模氾濫時における近隣の中高層建物への避難による人的被害低減対策の有効性」『土木技術資料』56(12),26-29.

糸魚川市（2020）「子ども一貫教育基本計画」Retrieved from https://www.city.itoigawa.lg.jp/5143.htm（accessed2019.07.22)

糸魚川ジオパーク協議会（2021）「糸魚川ユネスコ世界ジオパーク」Retrieved from https://geo-itoigawa.com/(accessed 2019.07.22)

伊豆大島ジオパーク推進委員会（2011）「海と森と火山を楽しめる島伊豆大島ジオパーク」Retrieved from http://www.izu-oshima.or.jp/geopark/geopark/aboutus.html(accessed 2021.08.20)

伊豆半島ジオパーク推進協議会（2012）「伊豆半島ジオパーク構想日本ジオパークネットワーク加盟申請書」,1-30. Retrieved from https://izugeopark.org/wp/wp-content/uploads/2012/05/izupen_geopark_jgn_app.pdf(accessed 2021.07.21)

持続可能な開発のための教育に関する関係省庁連絡会議（2021）『我が国における「持続可能な開発のための教育（ESD）」に関する実施計画（第２期 ESD 国内実施計画）』1－14.
常総市水害対策検証委員会（2016）「平成 27 年常総市鬼怒川水害対応に関する検証報告書－わがこととして災害に備えるために－」, 1-92.
片田敏孝(2019)「自ら判断し，主体的に生き抜く力を育む防災教育」『初等教育資料』No.981,8-11.
木村優里・原口るみ・大谷忠(2021)「実社会・実生活の問題解決という文脈を導入した STEM 教育型理科授業のデザインに関する研究」『科学教育研究』45（2), 184-193.
霧島ジオパーク推進連絡協議会事務局「霧島ジオパーク」Retrieved from http://www.mct.ne.jp/users/kiri-geopark/about/index.html(accessed 2021.08.22)
気象庁(2015)「災害時気象報告－平成 27 年９月関東・東北豪雨及び 平成 27 年台風第 18 号による大雨等－」Retrieved from http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/saigaiji/saigaiji_2015/saigaiji_201501.pdf（accessed 2019.07.13)
気象庁（2017a)「災害時気象報告－平成 29 年７月九州北部豪雨及び６月７日から７月 27 日までの梅雨前線等による大雨等－」Retrieved from https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/saigaiji/saigaiji_2017/saigaiji_201801.pdf(accessed 2020.1.6)
気象庁（2017b)「地球温暖化予測情報第９巻－IPCC の RCP8.5 シナリオを用いた非静力学地域気候モデルによる日本の気候変化予測－」27. http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/saigaiji/saigaiji_2017/saigaiji_201801.pdf（accessed 2020.7.23)
気象庁(2018a)「気象庁が名称を定めた気象・地震・火山現象一覧」Retrieved from https://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/meishou/meishou_ichiran.html（accessed 2019.05.10)
気象庁(2018b)「災害時気象報告平成 30 年７月豪雨及び５月 20 日から７月 10 日までの梅雨前線等による大雨等」『災害時自然現象報告書』第２号, 1－328. http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/saigaiji/saigaiji_2018/saigaiji_201902.pdf（accessed 2020.7.23)
気象庁(2020)「気象庁が天気予報等で用いる天気用語」(2021 年６月現在) https://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/yougo_hp/mokuji.html(accessed 2022.1.3)
国土交通省（2018)「河川水位情報がまとめてみられるようになりました～危機管理型水位計と通常水位計の水位情報をまとめて表示～」https://www.mlit.go.jp/common/001255707.pdf（accessed 2020.7.22)
国土政策局広域地方政策課（2020)「別添２　令和２年度第３回防災・減災対策等強化事業推進費執行地区一覧表」Retrieved from

https://www.mlit.go.jp/common/001374985.pdf(accessed2020.1.6)
国土地理院(2020)「令和2年7月3日からの大雨による浸水推定図筑後川水系　筑後川2」https://www1.gsi.go.jp/geowww/saigai/202007/shinsui/07_shinsui_chikugo_kurume02.pdf（2020年7月23日閲覧）
国立研究開発法人防災科学技術研究所(2013)「防災科学テキストー自然災害の発生機構・危険予測・防災対応ー（改訂版)」1.
Retrieved from
http://dil.bosai.go.jp/workshop/pdf/bosaikagaku-text-new.pdf(accessed 2020,8,15)
国立教育政策研究所編著(1998)「小学校の算数教育・理科教育の国際比較-第3回国際数学・理科教育調査最終報告書」『国立教育研究所紀要』No128, 1－316.
国立教育政策研究所監訳(2007)「PISA2006年調査評価の枠組みーOECD生徒の学習到達度調査」ぎょうせい, 1-177.
国立教育政策研究所（2009)「TIMSS2007理科教育の国際比較ー国際数学・理科教育動向調査の2007年調査報告書ー」
Retrieved from
http://www.nier.go.jp/timss/2007/report_sci.pdf(accessed 2020.8.13)
国立教育政策研究所編著（2013)「TIMSS2011理科教育の国際比較ー国際数学・理科教育動向調査の2011年調査報告書」明石書店, 3－305.
国立教育政策研究所教育課程研究センター(2014)「環境教育指導資料[幼稚園・小学校編]」, 4p.
国立教育政策研究所(2015)「生きるための知識と技能6　OECD生徒の学習到達度評価(PISA)ー2015年調査国際結果報告書」明石書店,70.
国立教育政策研究所編著（2017)「TIMSS2015理科教育の国際比較ー国際数学・理科教育動向調査の2015年調査報告書」明石書店, 19-305, 5－404.
国立教育政策研究所（2020)「学習評価の在り方ハンドブック小中学校編」,1-12.
国際連合（2019)「GLOBAL SUSTAINABLE DEVELOPMENT REPORT2019;THE FUTURE IN NOW SCIENCE FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT」Retrieved from https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/24797GSDR_report_2019.pdf（accessed 2021.5.26)
河本大地（2016)「ESD（持続可能な開発のための教育）とジオパーク教育」『地学雑誌』125(6),893-906.
小山真人・鈴木雄介(2016)「ジオパークは地域の防災にどのように貢献すべきか？」『2016年度日本地理学会春季学術大会』403.
熊谷誠（2015)「ジオパークと学校教育の持続的な連携体制の確立に向けてー白滝ジオパークと白滝小学校における「石育学習」の実践例ー」『地学教育』68（2), 101-102.

栗原市役所 商工観光部 ジオパーク推進室「栗駒山麓ジオパーク」Retrieved from https://www.kuriharacity.jp/geopark/(accessed 2021.08.20)
Li Yeping,Wang ke,Froyd JeffreyE(2020). Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications. International of Journal of STEM Education, 1-16.
Margaret Honey,Greg Pearson,and Heidi Schweingruber,Editors(2014). STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research: National Research Council,1-166. Retrieved from https://www.nap.edu/read/18612/chapter/1(accessed 2021.11.16)
三笠ジオパーク推進協議会「三笠ジオパーク」Retrived from https://www.city.mikasa.hokkaido.jp/geopark/(accessed 2021.05.23)
南アルプス(中央構造線エリア)ジオパーク協議会(2017)「南アルプスジオパーク」Retrived from https://minamialps-geopark.jp/(acsessed 2021.0918)
MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI (2016) : STEM Eğitimi Raporu, 1－81. http://scientix.meb.gov.tr/images/upload/Event_10/Gallery/STEM%20Education%20Report.pdf (2020 年 7 月 24 日閲覧)
Mine 秋吉台ジオパーク推進協議会「Mine 秋吉台」Retrived from http://mine-geo.com/(accessed 2021.07.20)
三島村ジオパーク推進連絡協議会(2015)「三島村・鬼界カルデラジオパーク申請書」,1-22. Retrived from http://geomishima.jp/wp-content/uploads/2020/02/application.pdf(accessed 2021.07.14)
三好雅也・畑中健徳・吉川博輔・藤井純子・馬渡秀夫・小林暉・内山田朋弥・山本博文 (2019)「マグマ生成実験を活用したジオパークの小学校における火山教室」『地学教育』71 (3), 57-69.
文部科学省(2008a)「小学校学習指導要領解説理科編」大日本図書,52.
文部科学省(2008b)「中学校学習指導要領解説理科編」大日本図書,1-133.
文部科学省(2010) 「生きる力」をはぐくむ学校での安全教育」, 1-248.
文部科学省(2012a)「学校防災マニュアル (地震・津波災害) 作成の手引き」, 6.
文部科学省(2012b)「学校安全の推進に関する計画」, 1-30.
文部科学省(2012c)「東日本大震災を受けた防災教育・防災管理等に関する有識者会議、最終報告」, 1-11.
文部科学省(2013a)「学校防災のための参考資料「生きる力」を育む防災教育の展開」,1-189.
文部科学省(2013b)「平成 24 年度実践的防災教育総合支援事業成果報告書」, 1-59.
文部科学省(2016)「小学校段階における論理的思考力や創造性, 問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議」

Retrieved from https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm (accessed 2021.05.19)
文部科学省(2017)「第2次学校安全の推進に関する計画」, 1-30.
文部科学省(2018a)「小学校学習指導要領」東洋館出版社,1－263
文部科学省(2018b)「小学校学習指導要領（平成29年告示）解説総則編」, 東洋館出版社, 1－263.
文部科学省(2018c)「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, 1－167.
文部科学省(2018d)「小学校学習指導要領（平成29年告示）解説社会編」日本文教, 1-217.
文部科学省(2018e)「中学校学習指導要領(平成29年告示)解説総則編」東山書房, 1-245.
文部科学省(2018f)「中学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編」学校図書,1-245.
文部科学省(2018g)「中学校学習指導要領(平成29年告示)解説社会編」東洋館出版, 1-237.
文部科学省(2018h)「中学校学習指導要領（平成29年告示）解説技術・家庭編」開隆堂, 1-167.
文部科学省(2018i)「学校の危機管理マニュアル作成の手引」,36-38.
文部科学省(2019a)「学校安全資料「生きる力」をはぐくむ学校での安全教育」, 1-116.
文部科学省(2019b)「小学校, 中学校, 高等学校及び特別支援学校等における児童生徒の学習評価及び指導要録の改善等について（通知)」
文部省(1989a)「小学校指導書理科編」教育出版株式会社,1-116.
文部省(1989b)「中学校指導書理科編」学校図書株式会社,99.
文部省(1999a)「小学校学習指導要領解説理科編」東洋館出版社,8.
文部省(1999b)「中学校学習指導要領解説理科編」大日本図書,1-164.
村越真・小山真人・河合美保（2016)「地震による抜き打ち避難訓練は臨機応変な避難行動を促進するか？」『安全教育学研究』16（1), 3-13.
室戸ジオパーク推進協議会（2010)「Muroto Geopark Japan 世界ジオパークネットワーク加盟書」,1-47.
苗場山麓ジオパーク推進協議会「苗場山麓ジオパーク」Retrieved from https://naeba-geo.org/(accessed 2021.08.20)
内閣府（2008)「災害対応資料集　2004年（平成16年）新潟県中越地震・新潟県」Retrieved from http://www.bousai.go.jp/kaigirep/houkokusho/hukkousesaku/saigaitaiou/output_html_1/case200404.html(accessed 2022.2.28)
内閣府（2019)「災害復興対策事例集　2016年（平成28年熊本地震)」Retrieved from http://www.bousai.go.jp/kaigirep/houkokusho/hukkousesaku/saigaitaiou/output_html_1/pdf/201601-1.pdf(accessed 2022.2.28)

内閣府（2021a）「令和２年７月豪雨による被害状況等について」,1-90.Retrieved from http://www.bousai.go.jp/updates/r2_07ooame/pdf/r20703_ooame_40.pdf(accessed 2021.12.28)
内閣府（2021b）「科学技術・イノベーション基本計画（令和３年３月 26 日閣議決定)」, 30. Retrieved from https://www.mext.go.jp/kaigisiryo/content/000106542.pdf （accessed 2021.05.09)
中川理絵（2016）「栗原市におけるジオパークを活用した防災・減災教育」『地域構想学研究教育報告』, ７号, 85-88.
南紀熊野ジオパーク推進協議会事務局(2020)「南紀熊野ジオパーク教育普及事業」 Retrieved from https://nankikumanogeo.jp/geo_theme/project/(accessed 2021.07.21)
中澤静男・田渕五十生(2014)「ESD で育てたい価値観と能力」『教育実践開発研究センター研究紀要』23, 65-73.
National Research Council(2014).STEM integration in K-12 education : Status,prospects,and an agenda for research.National Academy Press,14.
日本ジオパーク委員会(2008)「第１回日本ジオパーク委員会議事録」, 3 Retrieved from https://jgc.geopark.jp/files/gijiroku001.pdf (accessed 2021.05.09)
日本ジオパークネットワーク（2015)「学校教育調査の結果」Retrieved from https://geopark.jp/activity/research/p20151002.html(accessed 2021.05.09)
日本ジオパークネットワーク(2018a)「教育コンテンツ調査②教育旅行受入れプログラム」 Retrieved from https://geopark.jp/activity/research/ed2018/search02.pdf （accessed 2021.05.09)
日本ジオパークネットワーク（2018b)「教育コンテンツ調査③教育ツール（実験道具, 副教材等)」Retrieved from https://geopark.jp/activity/research/ed2018/search03.pdf(accessed 2021.06.21)
日本ジオパークネットワーク(2018c)「教育旅行ニーズ調査」Retrieved from https://geopark.jp/activity/research/n2018.html(accessed 2021.05.09)
日本ジオパークネットワーク(2021a)「日本ジオパークネットワークとは」Retrieved from https://geopark.jp/jgn/index.html(accessed 2021.07.09)
日本ジオパークネットワーク（2021b)「長崎県島原半島ジオパーク」Retrieved from https://geopark.jp/geopark/shimabara/(accessed 2021.08.20)
日本ジオパークネットワーク（2021c)「恐竜渓谷ふくい勝山ジオパーク」Retrieved from https://geopark.jp/geopark/fukui/(accessed 2021.08.20)
日本ジオパーク委員会（2021)「ジオパークとは」Retrieved from https://jgc.geopark.jp/whatsgeopark/index.html(accessed 2021.08.20)
日本環境教育学会（2013)「東日本大震災後の環境教育.東洋館出版社」, 209.

日本気象協会（2020）「令和２年７月豪雨における大雨の特徴－線状降水帯異例の 11 時間以上継続」
https://www.jwa.or.jp/wp-content/uploads/2020/07/71aee6f49711dc5f518133fa8652ea8c-1.pdf（accessed 2020.7.24）
日本理科教育学会（2012）「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，1－305.
西岡伸紀・藤岡達也・松本容史子・丸山美貴（2014）「小・中学校における養護教諭及び保健室の防災に関する役割－「備え」に関する重要性の意識と実施状況、及びそれらの関連要因－」『安全教育学研究』14（1），3-12.
大谷忠(2021)「STEM/STEAM 教育をどう考えればよいか－諸外国の動向と日本の現状を通して－」『科学教育研究』45(2),93-102.
OECD(2006)「Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy A FRAMEWORK FOR PISA 2006」Retrieved from
https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264026407-en.pdf?expires=1632195022&id=id&accname=guest&checksum=E03AB616928CB17D81D9557D9E357D41(accessed 2021.09.21)
OECD(2015)「PISA2015 RELEASED FIELD TRIAL COGNITIVE ITEMS」
Retrieved from
https://www.oecd.org/pisa/test/PISA2015-Released-FT-Cognitive-Items.pdf（accessed 2020.8.30）
男鹿市教育研究所（2013）「男鹿市ジオパーク学習センター体験プログラム活用事例集」.1-31 Retrieved from
http://www.oga-ogata-geo.jp/wp-content/themes/twentythirteen/img/page/support_education/geopark_csae.pdf(accessed 2021.08.20)
隠岐ユネスコ世界ジオパーク推進協議会(2013)「人と自然をつなぐ島隠岐ユネスコ世界ジオパーク」Retrieved from http://www.oki-geopark.jp/activities/(accessed 2021.08.21)
おおいた豊後大野ジオパーク推進協議会（2017）「おおいた豊後大野ジオパーク基本計画」,1-15.
太田琢磨（2018）「土壌雨量指数・表面雨量指数・流域雨量指数の概要と基準の設定方法について，気象等の情報に関する講習会」
太田琢磨・牧原康隆（2019）「浸水害及び洪水害の軽減に向けた技術開発と危険度分布情報の社会への提供―2018 年度岸保・立平賞受賞記念講演－」『天気』66 巻，11 号，723－742.
佐渡ジオパーク推進協議会「佐渡ジオパーク」Retrieved from
https://sado-geopark.com/(accessed 2021.08.20)
桜井愛子・徳山英里子・佐藤健・村山良之（2014）「石巻市の小学校における「復興マップ

づくり」の実践」『安全教育学研究』14 (1), 47-61.
様似町アポイ岳ジオパーク推進協議会(2020)「アポイ岳ジオパークのテーマ」Retrieved from https://www.apoi-geopark.jp/geopark/theme.html(accessed 2019.06.27)
山陰海岸ジオパーク推進協議会 (2020)「ユネスコ世界ジオパーク山陰海岸ジオパーク基本計画&行動計画」. 1－19. Retrieved from https://sanin-geo.jp/know/wp-content/uploads/sites/2/2020/04/5dda0ea2e2a8aa799d65bf92e0d96a1e.pdf(accessed 2020.08.30)
三陸ジオパーク推進協議会「三陸ジオパーク」Retrieved from https://sanriku-geo.com/(accessed 2021.06.24)
猿田祐嗣(2010)「TIMSS 理科の論述型式問題に対する解答に見る日本の児童・生徒の特徴－TIMSS の調査枠組みから見た学力の捉え方の変遷について－」『日本科学教育学会研究会研究報告』25(2),39-42.
佐藤真太郎・藤岡達也 (2020)「近年の理科教育における自然災害の取扱いの現状と課題－平成に発生した自然災害と学習指導要領改訂等から捉えた理科教育への影響－」『理科教育学研究』第 60 巻, 第 3 号,569-577.
桜島・錦江湾ジオパーク推進協議会「桜島・錦江湾ジオパーク」Retrieved from http://www.sakurajima-kinkowan-geo.jp/(accessed 2021.08.21)
仙台市立七郷小学校(2017)「平成 28 年度研究開発実施報告書 (要約)」Retrieved from http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afieldfile/2017/09/07/1395109_007.pdf(accessed 2019.06.27)
四国西予ジオパーク推進協議会「四国西予ジオパーク」Retrieved from http://seiyo-geo.jp/geoguide/(accessed 2021.08.20)
島原半島世界ジオパーク(2012)「島原宣言」Retrieved from https://geopark.jp/about/pdf/geoparks2012_jp.pdf(accsessed 2020.8.20)
白山手取川ジオパーク推進協議会「白山手取川ジオパーク」Retrieved from https://hakusan-geo.jp/about/(accessed 2021.08.20)
鈴木猛康・上石勲・橋本隆雄・山本吉道(2018)「防災工学」理工図書, 2.
島根半島・宍道湖中海 (国引き) ジオパーク推進協議会 (2021)「島根半島・宍道湖中海ジオパーク」Retrieved from https://kunibiki-geopark.jp/contact(accessed 2021.07.03)
下北ジオパーク推進協議会 (2021)「下北ジオパーク推進計画」,1-49.
下仁田町　ジオパーク下仁田協議会 (2011)「下仁田ジオパーク基本構想～世界ジオパークで再発見・ふるさとの魅力～」,22. Retrieved from https://www.shimonita-geopark.jp/panphlet/data/kihon.pdf(accessed 2021.08.20)
白滝ジオパーク推進協議会 (2016)「白滝ジオパーク基本計画 2016」,1-24. Retrieved from file:///C:/Users/shint/Downloads/masterplan2016all.pdf(accessed 2021.08.20)
髙木秀雄 (2012)「三陸にジオパークを－未来のいのちを守るために－」早稲田大学出版部,

1-84.
高橋泰道・土本遥加（2016）「島原半島ジオパークを活用した理科授業の現状と課題」『日本科学教育学会研究会研究報告』30（8），67-72.
竹之内耕（2016）「ジオパークの視点を導入した学校教育と社会教育の進展－糸魚川ユネスコ世界ジオパークを例に－」『地学雑誌』125（6），795-812.
瀧本家康・佐藤鋭一（2019）「中学校における地学分野の野外観察実施の現状と教員の意識―神戸市を事例として―」『地学教育』71(3),83-96.
田中慎一郎・田口晋平・吉田和弘・Alejandra Cardini・萱本伸子・森下弘道（2019）.Transforming Education towards Equitable Quality Education to Achieve the SDGs」:2030 Agenda for Sustainable Development,1-11.
田代直幸(2008)「理科における学習指導要領の改訂～科学的リテラシーの観点から～」『科学教育研究』第 32 巻,第 4 号,305-311.
立山黒部ジオパーク協会（2020)『ジオ学習』 Retrieved from https://tatekuro.jp/enjoy/study.php(accessed 2021.09.21)
立山黒部ジオパーク協会「立山黒部ジオパーク」Retrieved from https://tatekuro.jp/(accessed 2021.09.21)
寺井邦久（2011)「島原半島ジオパークを活用した防災教育」『日本火山学会講演予稿集』2011，4.
The United Nations Office for Disaster Risk Reduction(2015):Sendai Framework for Disaster Risk Reduction2015-2030,1-37.
東京書籍株式会社（2014)「新編新しい理科 5 年」70－89.
洞爺湖有珠山ジオパーク(2021a)「洞爺湖有珠山ジオパークの活動に関連する SDGs の項目」Retrieved from https://www.toya-usu-geopark.org/wp-content/uploads/2019/10/SDGs_komoku.pdf(accessed 2021.09.13)
洞爺湖有珠山ジオパーク（2021b):「地元学校向け減災教育」Retrieved from https://www.toya-usu-geopark.org/edu-2(accessed 2021.08.21)
洞爺湖有珠山ジオパーク（2021c)「洞爺湖有珠山ジオパーク」Retrieved from https://www.toya-usu-geopark.org/(accessed 2021.08.21)
秩父まるごとジオパーク推進協議会事務局「ジオパーク秩父」Retrieved from https://www.chichibu-geo.com/about/(accessed 2021.08.21)
とかち鹿追ジオパーク推進協議会「とかち鹿追ジオパーク」Retrieved from https://www.shikaoi-story.jp/(accessed 2021.08.20)
中央教育審議会（2016)「幼稚園，小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申)」，42,143.
中央教育審議会(2021)「令和の日本型学校教育」の構築を目指して～全ての子供たちの可

能性を引き出す，個別最適な学びと，協働的な学びの実現～（答申）」，文部科学省，56-58.
筑波山地域ジオパーク推進協議会（2016）「筑波山地域ジオパーク構想関東平野に抱かれた山と湖～自然と人をつなぐ石・土・水～日本ジオパーク申請書」，1-30. Retrieved from https://www.tsukuba-geopark.jp/data/doc/1592444579_doc_16_2.pdf(accessed 2021.08.15)
鳥海山・飛島ジオパーク 推進協議会事務局「鳥海山・飛鳥ジオパーク」Retrieved from https://chokaitobishima.com/(accessed 2021.07.21)
銚子ジオパーク推進協議会「教育旅行・校外学習体験見学プログラム」Retrieved from http://www.choshi-geopark.jp/file/education.pdf(accessed 2021.08.20)
United Nations Development Programme(2016)「UNDP SUPPORT TO THE IMPLEMENTATION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOAL13」1－15. file:///C:/Users/shint/Downloads/13-Climate%2520Action-Feb%25202017%20(2).pdf (accessed 2020.7.26)
UNESCO(2016)「STATUTES OF THE INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND GEOPARKS PROGRAMME」Retrieved from http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/IGGP_IGCP_UGG_Statutes_Guidelines_EN.pdf(accessed 2021.09.12)
UNESCO(2017a):Education for Sustainable Development Goals:Learning Objective,Retrieved from https://www.unesco.de/sites/default/files/2018-08/unesco_education_for_sustainable_development_goals.pdf (accessed 2021.5.30)
UNESCO(2017b)「UNESCO Global Geoparks contributing to the Sustainable Development Goals,celebrating earth heritage, sustaining local communities」16. Retrieved from https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247741(accessed 2021.09.12)
United Nations(2002)「Plan of Implementation of the World Summit on Sustainable Development」Retrieved from http://ec.europa.eu/environment//archives/wssd/documents/wssd_impl_plan.pdf(accessed 2019.06.27)
UNITED Nations(2015)「Transforming our world:the 2030 Agenda for Sustainable Development」Retrieved from https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/pdf/000101401.pdf(accessed 2021.6.10)
Vasquez,J.,Sneider,C.,Comer,M.(2013).GRADES3-8STEM Lesson Essentials-Integrating Science,Technology,Engineering,and Mathematics:HEINEMANN,60.
山本隆太・五島政一（2014）「ジオパーク教育の体系化に向けたジオパーク版「持続可能な発展のための教育」フレームワークの開発」『糸魚川市博物館研究報告』第3号，43-57.

山本隆太（2018）「ESD－SDGs の文脈におけるジオパーク教育の理論と実践」『日本地理学会発表要旨集』2018a 巻，721.
八峰白神ジオパーク推進協議会「八峰白神ジオパーク」Retrieved from http://www.shirakami.or.jp/~happo-sh-geo/(accessed 2021.07.20)
横山光（2013）「火山防災学習からジオパーク学習へ」『地学教育と科学運動』69 号，27-34.
横山光（2018）「洞爺湖有珠山ジオパーク野外学習テキスト－有珠山で，大地の変化を感じてこよう－」洞爺湖有珠山ジオパーク推進協議会，1-19.
吉田綾（2019）「SDGs 達成に向けて日本が果たす役割」『環境技術』48(5)，240－244.
湯沢市ジオパーク推進協議会(2016)「第 2 次ゆざわジオパーク構想」,1-19. Retrieved from http://www.yuzawageopark.com/file/themeGuide201604.pdf(accessed 2021.06.20)

謝辞

本研究をすすめるにあたり、多くの方々のご支援とご協力を賜りましたことをここに記し、感謝の言葉とさせていただきます。

主指導教官である、滋賀大学、藤岡達也先生には、私が兵庫教育大学大学院学校教育学研究科博士課程に進学を決めた時から、現職の教員である立場を理解していただき、大変親身になって相談に乗っていただきました。その後も、私が埼玉県在住であるということを配慮していただき、ご指導を頂く際には、藤岡先生が東京で仕事がある時に、時間を都合していただき、指導を受けさせていただきました。学会誌へ投稿する論文を作成する際には、私が研究者として独り立ちできるように、時に厳しく、しかし大変温かい励ましの言葉を頂きました。3 年間のご指導を通して、研究者としての生き方を教えていただきました。ここに記して、改めて感謝の意を表します。本当にありがとうございました。

また、副指導教官である滋賀大学、徳田陽明先生と兵庫教育大学、渋江靖弘先生、山本智一先生には、私が現職の教員であるために、講義や演習の時間などをご配慮いただいた上で、数多くのご指導を賜りました。また、より良い研究となるための、有益かつ大変示唆に富むご教示をいただきました。厚くお礼申し上げます。

さらに、兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科共同プロジェクト研究「近年の自然災害を踏まえた防災、減災教育と学校危機管理の構築」のメンバーの先生方、科研費研究集会「日本における防災、減災及び復興に関する教育の体系化と持続可能な国際社会への貢献」に参加された先生方には、自然災害に関連した防災教育について、様々なお考えを聞かせていただきました。研究の参考にさせていただきました。ありがとうございました。

そして、いつも私の授業を受けてくれる小学校の子どもたち、「理科が楽しい」と言ってくれること、とても励みになります。ありがとう。

最後に、妻の美由紀には、私の研究生活をいつでも見守り、支えてもらいました。日々の楽しい生活があればこそ、論文を書くことができました。とても感謝しています。本当

にありがとうございます。そして、息子の蒼良と娘の優杏、二人の存在が頑張るための原動力になっています。本当にいつもありがとう。

多くの方々にお世話になり、論文を書くことが出来ました。改めて、お礼申し上げます。本当にありがとうございました。

私は、岩手県花巻市に生まれ、宮城県で育ちました。火山噴火からの防災・減災教育に取り組んだ大学院修士課程を 2010 年 3 月に修了し、2010 年 4 月より埼玉県で小学校の教員となり、防災・減災教育の授業実践に取り組んでいました。そのような中、2011 年 3 月 11 日に東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）が発生しました。震災後、津波に流された故郷の街を見ながら、私にできることは何かを真剣に考えました。そして、防災・減災教育の研究で貢献できるように努力することを決めました。本研究の成果が、将来に発生する自然災害からの防災・減災に少しでも寄与できることを祈念いたします。

佐藤　真太郎