

自然災害の誘因と自然素因の視点を踏まえた理科教育の課題： 学習指導要領解説と学術書の分析から

川村教一¹⁾

1) 学会員 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科、教授 博士（理学）
e-mail:norihito@rrm.u-hyogo.ac.jp

Subjects related to inducing primary causes and triggers of natural disasters in science class

Analyzing results of description in “the Course of Study” and academic books

Norihito Kawamura¹⁾

1) Academic member, School of Regional Resource Management, University of Hyogo,
Professor, PhD (science), e-mail:norihito@rrm.u-hyogo.ac.jp

Abstract

One of the goals of disaster prevention education noticed by the Ministry of Education, Sports, and Culture, Japan, is to gain an understanding about causalities of natural disasters. The author thinks that learning views of primary causes and triggers of a natural disaster is an important goal of science education. For examination of inducing such a goal in science class, a description analysis was carried out by way of reading out causalities of natural disasters from the science education part in “the Course of Study” and its guidelines. The author also shows analyzing results of description in academic books on natural disasters for the purpose of preparation of the class. The author found that there is no description on first causes and triggers except tsunamis and floods in government documents related to science education curriculum for the lower secondary school students. Also he points out that primary causes and triggers of a disaster in academic books are described in sediment disasters field but not in volcanic and weather disaster fields. Finally, the author insists that administrators in education should make high consistency between science and disaster prevention education curriculum and specialists should promote teachers’ knowledge about causes of natural disaster by way of publishing.

Keywords: disaster, hazard, primary cause, science education, curriculum

要約

文部科学省による防災教育の目標の一つである自然災害等の原因について理解を深めさせるために、理科教育において災害の誘因と自然素因の組み合わせの視点を学習者に持た

せることが重要であると筆者は考える。そこで本研究では、理科の学習指導要領・解説の記述内容を分析し、誘因と自然素因の視点に立脚した学習を展開するための課題を抽出した。また、教員が教材研究で使用するような自然災害の専門家によって書かれた学術書における、災害の誘因と自然素因の記述状況を分析した。その結果、学習指導要領とその解説には、自然災害の学習における誘因と自然素因に関する視点は、中学校における津波と洪水を除いて見いだせなかった。また、学術書における誘因と自然素因の記述は、土砂災害についてはよく見出せる一方、火山災害や強風害・冷害・干害などの気象災害ではあまり見られなかった。以上のことから、防災教育のねらいと整合性が改善するような理科の教育課程の改善や、教材研究が効率よく行えるように災害現象における誘因と自然素因を扱う学術書の充実が課題として明らかになった。

キーワード：災害現象、自然災害、自然素因、理科教育、教育課程

1. はじめに

学校における教科教育において自然災害や防災に関する内容が強化されつつあるが、教育課程は現代的な防災学の内容を背景としたものになっているのだろうか。林（2011）によると、災害の発生メカニズムについて正しく理解することによって合理的な防災を行える¹⁾。災害の発生については、防災学や地形学では「誘因」と「素因」という2種の要因の組み合わせとして捉える（米谷、2007²⁾；林、2011¹⁾；水谷、2012³⁾；鈴木、2017a⁴⁾、2017b⁵⁾）。自然災害における誘因とは、例えば豪雨のように、破壊を引き起こす力、あるいはきっかけを与える現象である（米谷、2007）²⁾。素因には自然素因（土地素因、防災科学技術研究所自然災害情報室、2010⁶⁾；水谷、2012³⁾；鈴木、2017a⁴⁾の「土地条件」と社会素因があり、誘因が自然素因に作用して災害現象が発生すると、人間・社会に対して直接の被害をもたらすという過程で示される（水谷、2002⁷⁾、2012³⁾）。米谷（2007）²⁾は、防災・減災を可能とするために、誘因の破壊力を減ずること、素因の抵抗力を高めること、被災対象の減少を図ることの3方式を挙げている。また、林（2011）¹⁾は、防災には誘因についての理解を深めること、素因である当該社会の防災力を向上させることの2つの方策が存在するとしているが、水谷（2002）⁷⁾が指摘するように、自然素因についての理解を深めることも重要であると考えられる。なぜならば、土地の災害危険性についての情報は、自然災害の発生過程のすべての段階における対策を立てる上での基礎的事項となる（水谷、2002）⁷⁾からである。

災害のプロセスを理解していない市民が非常に多いとの指摘（重川、2006）⁸⁾がある。また、自然災害に関する教育に従事していると、学習者が災害に対する防災行動をあきらめる場面をしばしば経験する。学習者が災害の誘因となる現象に直面した場面を想像し、被災を免れないものとあきらめてしまうのである。これは、災害の誘因は避けられないが素因は事前に対策できることを知らないために起こる反応かもしれない。このことの改善のために、市民向けには例えば災害エスノグラフィの手法がとられる（重川、2006）⁸⁾。一方、若年者向けには学校教育における取組が基本となる。学校で展開する防災教育において災害の誘因と素因を取り上げることは、学習者自身で取り組める防災（災害の素因の解消・軽減）に気づかせることで、防災行動の改善を促せるのではないかとの研究仮説を提唱する。

本研究では新しい教育課程（平成29、30年告示）を例として、理科の学習指導要領・同解説の記述内容を分析し、誘因と自然素因の視点に立脚した学習を展開するための教育課程上の課題を抽出する。ところで、カリキュラムマネジメントの視点で教員が自然災害の新たな内容を教育課程に導入しようとするとき、教材研究が必要となる。教員が教材研究の際に参考にする情報源の一つが学術書（研究者による大学生以上を读者の対象とした図書）であると考えられる。なぜならば、中学校理科教員を対象とした地震の学習に関するアンケート調査結果（川村・明石、2013）⁹⁾によると、書籍を授業準備のための情報源として用いている割合は低くはなく、自然災害の授業準備にあたり情報源の一つとされているからである。そこで、自然災害に関する学術書の記述内容を分析し、教員が自然災害の誘因と自然素因について授業設計する際の課題を抽出する。このようにして明らかにされた課題の解決を図ることで、

学校教育における防災教育の効果の向上を目指すことができる。

2. 防災教育における災害要因の捉え方についての整理

地理教育では、佐藤ほか（1964）¹⁰が挙げた災害の要因（「素因」、「必須要因」、「拡大要因」）の語を用いる例（岩田、2013）¹¹があるが、これらはそれぞれ水谷（2002）⁷の「誘因」、「自然素因」、「社会素因」に近い考え方である。諏訪（2007）¹²が防災教育の視点で言う「素因」は水谷（2002）⁷の社会素因である。これらのように最近の学校教育において「素因」、「要因」の捉え方は一律ではないが（村山、2016）¹³、災害科学の研究では、誘因と自然素因の両面から現象発生過程の研究が行われることが一般的である（例えば地すべり：野崎、2011¹⁴；崖崩れ・土石流：三浦ほか、1999¹⁵；火山・地震災害：内閣府、2019¹⁶）。そこで、本研究では水谷（2002）⁷の示した概念を採用する。

3. 問題の所在

防災手段は、自然現象の制御や災害現象の抑止・緩和などと、土地利用管理、予報・警報など社会素因に関わるものとに大別できる（水谷、2002）⁷。このため、防災教育には自然科学と社会科学の内容が含まれる。学校教育において自然災害を取り扱う教科は、理科と社会科（高等学校の地理歴史を含む）である（文部科学省、2017a、2017b、2017c、2017d、2018a、2018b）¹⁷⁻²²。地理教育の立場からは、防災教育について誘因と素因を踏まえることが必要だと村山（2016）¹³は述べている。社会科の学習内容は、小学校では自然災害への対処や備え（文部科学省、2017b）¹⁸、中学校では地域調査としての防災（文部科学省、2017d）²⁰である。高等学校「地理総合」では自然環境と防災の学習項目がある（文部科学省、2018b）²²。これらのうち、中学校社会科では、学習指導要領解説に「被害を受ける危険性が高い場所の傾向性を、作成した地図等と地形図や関係する主題図と見比べて読み取ることが考えられる。」（文部科学省、2017d）²⁰とあり、自然素因や社会素因を見出させる学習である。また「地理総合」では学習目標の一つに「地域の自然環境の特色と自然災害への備えや対応との関わり」について理解することとあり、自然素因、社会素因と防災を関連づけて理解させることになっている。このように中等教育の社会科・地理の教育課程では、防災の学習で素因を取り上げている。

ところで村山・笠原（2015）²³によると、社会科に携わる教員にとって誘因や地域の素因（特に土地条件）を理解することが難しく、地球科学に関する授業が必要だという。この指摘から、上記のように社会科の教育課程に自然素因が含まれていても、社会科教員には効果的な指導が展開しづらいと推察される。すでに藤岡（2007a）²⁴は、学校での自然災害に関連した防災教育への取り組みにおいて、地学や地理学的基本知識の習得が不可欠であると指摘している。これらのことから、社会科教育だけでなく理科教育でも、自然災害の発生プロセスを理解させる教育の展開が重要であり、そこでは誘因と自然素因の組み合わせの視点を理科教員と学習者に持たせることが必要である。

理科教育における自然素因の導入に関する提案として、木谷・加藤（1990）²⁵による約30年前の中学校理科における地震災害の学習指導案があった。しかし、その実践成果についての報告は知られていない。その後、藤岡（2007b）²⁶は、地震による地盤災害を例に自然の持つ危険性（あるいは自然条件）を教育の中で重視する必要性を主張しており、これは木谷・加藤（1990）²⁵同様に自然素因を教育で取り扱うことと読み取れる。高校における実践経験を踏まえて美澤（2010）²⁷は、防災体制を理解するためには地学と地理のリテラシーの育成が不可欠であると主張しているが、前者については自然現象を知ることと述べるにとどまり、自然素因の必要性にまでは踏み込んでいない。誘因と自然素因の点から学習させた実践報告は、わずかに鹿江・林（2008）²⁸、鹿江（2016）²⁹による中学校での土砂災害の学習例がある。以上のように実践に基づいた理科教育研究はほぼ皆無であり、誘因と素因から自然災害をとらえることが教育課程に照らして理科で可能なのか実証されていない。

4. 研究方法

4.1 自然災害の区分

本報で扱う自然災害の種類は、誘因とそれによって引き起こされる災害に基づいて分類した水谷(2002)⁷⁾を参考に、「気象災害」(河川洪水、内水氾濫、斜面崩壊、土石流、地すべり、なだれ、積雪、風雪、雹、霜、強風、竜巻、高潮、波浪、落雷、森林火災、干ばつ、冷夏)、「地震災害」(震動、液状化現象、津波、斜面崩壊、岩屑流)、「火山災害」(降灰、噴石、溶岩流、火砕流、山体崩壊、泥流、津波)に区分した。

4.2 対象文献

学習指導要領・解説については、小学校～高等学校(文部科学省、2017a、2017c、2018a)^{17)、19)、21)}を参照し、誘因や自然素因についての記述の有無を精査した。

学術書については、1974年から2012年に発行された我が国の自然災害を主題としたもののうち、入手・閲覧可能であった書籍から誘因や自然素因についての記述と考えられる箇所を抽出した。精査したが明確な記載がなかった書籍については本研究では言及しない。この結果、のべ21冊(気象災害12冊、地震災害5冊、火山災害4冊)を本研究では取り上げる。該当箇所の抽出方法の具体は次の通りである。

誘因は、「誘因」(中村二郎、1974;中村三郎、1974;山口、1974;松本、1994;古谷、1996;水谷、2002、2012)^{30-34)、7)、3)}、「直接的な現象」(木下、1996)³⁵⁾、「直接原因」(石井、1996)³⁶⁾、「原因」(水谷、2002)⁷⁾などの記述を抜き出した。自然素因については「素因」(中村二郎、1974;中村三郎、1974;山口、1974;松本、1994;古谷、1996;石井、1996)^{30-34)、36)}、「発生要因」(大矢、1996)³⁷⁾、「基本的素因」・「土地素因」(水谷、2002)⁷⁾のほか、「被害を受けやすい土地」(若松、1996)³⁸⁾、「災害発生場」(木下、1996)³⁵⁾、「主要因」・「危険場所」・「常襲地」・「危険海湾」・「危険域」(水谷、2002)⁷⁾の記述がある箇所を抽出した。なお冷害、干ばつ、雪氷災害について素因に関する用語が使用されていない場合(水谷、2002)⁷⁾、筆者が判断して記述内容を分類した。

5. 理科の学習指導要領・解説にみる自然災害の誘因と自然素因

5.1 小学校

5.1.1 第4学年

理科学習指導要領解説(文部科学省、2017a)¹⁷⁾によると、学習項目「(3) 雨水の行方と地面の様子」において児童に理解させる目標の一つが、「水は、高い場所から低い場所へと流れて集まること。」で、解説では以下のような自然災害との関連についての学習の例示がある。

日常生活との関連として、ここでの学習が排水の仕組みに生かされていることや、雨水が川へと流れ込むことに触れることで、自然災害との関連を図ることも考えられる。(文部科学省、2017a)¹⁷⁾

ここでいう自然災害は、後述するように第5学年で学習する水害のことを指していると推察される。このことから、流水と洪水には関係があることに触れられるが、因果関係まで踏み込んでいるようには読みとれない。

5.1.2 第5学年

学習項目「(3) 流れる水の働きと土地の変化」における目標の一つが「(ウ) 雨の降り方によって、流れる水の速さや量は変わり、増水により土地の様子が大きく変化する可能性があること。」となっている¹⁷⁾。この学習内容に関して解説では以下のように記されており、雨量の多さが洪水をもたらす因果関係に触れる。

日常生活との関連としては、長雨や集中豪雨がもたらす川の増水による自然災害に触れるようにする。

また、学習項目「(4) 天気の変化」では、天気の変化が予想できることに関連して、台風に伴う自然災害についても触れることになっている。さらに解説¹⁷⁾では以下のように、台風だけでなく大雨に伴う災害も触れるようになっている。

日常生活との関連としては、長雨や集中豪雨、台風などの気象情報から、自然災害に触れるようにする。

ここでは大雨に伴う災害現象を例示できるが、「触れる」という軽い扱いとされていることから、災

害発生との因果関係は学習できない。

5.1.3 第6学年

学習項目「(4) 土地のつくりと変化」では、火山噴火や地震に伴う土地の変化の学習において、自然災害にも触れることとなっている¹⁷⁾。

日常生活との関連としては、火山の噴火や地震がもたらす自然災害に触れるようにする。その際、映像、図書などの資料を基に調べ、過去に起こった火山の活動や大きな地震によって土地が変化したことや将来にも起こる可能性があることを捉えるようにする。

このように、現象を学んだあとにこれらが災害の誘因となることを学ぶ単元構成になっている。

5.2 中学校

5.2.1 第1学年

火山・地震の学習である「(2) 大地の成り立ちと変化」の学習項目「(イ) 自然の恵みと火山災害・地震災害」の目標は、「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。」である。このことに関して解説（文部科学省、2017c）¹⁹⁾では、以下のように例示されている。

火山災害を扱う際は、例えば、ハザードマップなどから、集落や田畑、森林などに予想される被害を読み取る学習が考えられる。

地震災害を扱う際は、資料を基に地震によって生じた現象と被害の特徴との関係を整理させることが考えられる。例えば、津波については、その発生の基になる地震の規模や、震源の位置、沿岸の地形の特徴と被害の関係を整理させることが考えられる。

火山災害に関して例示された学習はハザードマップの読図にとどまっているが、津波に関しては沿岸地形といった自然素因を扱うことが例示されている。

5.2.2 第2学年

「(4) 気象とその変化」の学習項目「(イ) 自然の恵みと気象災害」の目標では、「気象現象がもたらす恵みと気象災害について調べ、これらを天気の変化や日本の気象と関連付けて理解すること。」とあり、解説には以下のように例示されている（文部科学省、2017c）¹⁹⁾。

例えば、台風について扱う場合は、被害をもたらした過去の台風の特徴を取り上げるとともに、台風の進路に基づいて強風や高潮などによる災害の発生した状況を整理させる学習が考えられる。また、洪水について扱う場合は、気象庁が発表する各種情報や警報などを取り上げるとともに、洪水の記録や資料などから災害を起こした大雨、融雪などの特徴、浸水地域と土地の特徴などを整理させる学習が考えられる。

台風についての災害発生状況とは風速や潮位などの大気・海洋現象（誘因）のことで、自然素因まで触れなくてもよいように読み取れる。洪水について浸水地域の自然素因を扱うことが例示されている。

5.2.3 第3学年

「(7) 自然と人間」の学習項目「(ア) 生物と環境」の「地域の自然災害」の目標には、「地域の自然災害について、総合的に調べ、自然と人間との関わり方について認識すること。」とあり、解説には以下のように例示されている（文部科学省、2017c）¹⁹⁾。

例えば、活断層の存在、津波の痕跡や資料、火山灰の分布、洪水の痕跡などを基にして、生じた自然現象と被害との関係を認識させ、ハザードマップなどを基にその被害を最小限に食い止める方法を考察させるような学習が考えられる。

自然現象と被害の関係の認識とは、因果関係のことではないかと推察される。ハザードマップを用いた学習では、社会素因よりも自然素因に注目させて防災効果を高める方法の考察をさせるのではないかと考えられる。

5.3 高等学校

高等学校「地学基礎」では、「(イ) 地球の環境」のうち「日本の自然環境」において、自然災害の予測や防災については、地域の自然災害の特徴を理解させたり、予測された被害を低減させる取り組みを立案させることが学習内容として学習指導要領解説に例示されている（文部科学省、2018a）²¹⁾。その

際、自然素因の存在に気づかせるなどの記述はない。

5.4 誘因と自然素因の取り扱い状況

自然災害のうち、気象（洪水、強風）、地震、火山の各災害は、小学校～高等学校の学習指導要領解説中に例示として登場する。一方、気候に関するような気象災害（干ばつなど）は取り扱わない。自然災害については現象の記述が大半で、誘因と自然素因の視点で自然災害の過程を扱う学習項目は大変少なかった。小学校では、第5学年の学習において大雨が誘因となる水害について学ぶ。一方、自然素因についてまで踏み込めるような学習内容にはなっていない。第6学年の火山噴火や地震に伴う自然災害の学習では、現象の因果関係を学べる。中学校では、素因と誘因を述べている学習項目は津波と洪水に少数例が見られるだけである。これは、改訂前の学習指導要領解説（文部科学省、2008）³⁹⁾には見られないことから、最近の地震災害（津波）や洪水による発災が背景にあると推察される。しかし、自然災害の発生プロセスを系統的に理解させる教育課程にはなっていない。

6. 学術書に見る自然災害の誘因と自然素因

6.1 地震災害

表1に誘因および自然素因の記述状況をまとめて示す。網羅的な例には、若松(1996)³⁸⁾、水谷(2002)⁷⁾の著書があるが、誘因としての震動は本文に記述されていない場合が多い。また表1を見ると各種災害の自然素因として大半が小地形について示されている。都司(2008)⁴⁰⁾の著書による津波を除き、後述する洪水や斜面崩壊と比べると記述がやや具体性に乏しい傾向にある。

6.2 火山災害

火山災害について、誘因と自然素因の両方に言及したのは4例のみで、多くは一方しか触れられていない（表2）。降下火山灰や山体崩壊による災害の自然素因は概括的な記述にとどまっている。小規模な火砕流、溶岩流、泥流、火山ガスについては、小地形が自然素因として示されている。

6.3 気象災害

6.3.1 洪水

高潮（水谷、2002）⁷⁾を除いて、自然素因の具体的な記述が見られる（表3）。これは、洪水は地域性の特に大きい現象である（水谷、2012）³⁾からと推察される。記述される素因は、河川や平野の中・小地形である。特に水谷(2002)⁷⁾は、素因を小地形レベルで具体的に示している。また、誘因は大雨などとされることが多いが、高潮は木下(1996)³⁵⁾により洪水の誘因、水谷(2002、2012)^{7)、3)}により災害現象として示されており、研究者により解釈が異なる。

表1 学術書に見る地震災害の自然素因と誘因
水谷(2007)⁴¹⁾以外の文献番号は本文参照

現象	(震動に伴う現象)		地盤強震動・液状化		液状化	液状化	津波	津波	津波	斜面崩壊・岩屑流
文献	若松(1996)		水谷(2002)		水谷(2007)	水谷(2012)	水谷(2002)	都司(2008)	水谷(2012)	水谷(2002)
素因	軟弱地盤	沖積層(粘土、シルト、砂、泥炭)	震源距離	地形に密接に関連	海岸埋立地	地下水位が高い地形	湾の幅の減少度	V字型湾の最奥部	リアス海岸	15° -25° くらいの緩やかな斜面でも発生
	異種地盤・地層の厚さの異なる地盤		地盤条件		旧河川敷・旧河道		水深の低下度	等深線が沖に向かって舌状に突き出ている海岸	小さい直線状海岸	
	ゆるい砂地盤	高い地下水位					岬の先端付近、あるいは岬の先端を回り込んだ背後の海岸			
	盛土地盤	特に沢筋					スカート海域の大きな孤島内湾の固有振動の「腹」に当たる点			
誘因	(記載なし)		(記載なし)		(記載なし)	(記載なし)	海底下での地震 海底火山噴火 崩壊土砂の海中突入	(記載なし)	海溝型巨大地震	地震動

表2 学術書に見る火山災害に関する現象の自然素因と誘因
土井(2008)⁴²⁾、井田(2008)⁴³⁾以外の文献番号は本文参照

現象	火砕流(雲仙火山)		火砕流 噴煙柱崩壊型	火砕流 溶岩崩落型	降下火山灰 風向	火砕物の降下・堆積	噴出物から直接受ける災害	噴出物の浮遊や降下	噴出物などの流れ
文献	大矢(1996)		水谷(2012)		大矢(1996)	水谷(2012)	土井(2008)	井田(2008)	井田(2008)
素因	地形	火口付近の火山斜面、火山麓扇状地、谷や河川沿いの低い場所など	火山周辺。ほとんど地形の影響を受けない。	主として谷間		(火口からの距離)	(火口近く、風下)	(記載なし)	(記載なし)
	誘因	高粘性マグマ中の揮発性物質の急激な噴出	火砕物とガスの混合物の落下	溶岩のドームの崩壊	(記載なし)	(記載なし)	噴火	爆発、噴煙の上昇と広がり	溶岩・火砕物の流出、火砕物の噴出や堆積、山体崩壊、火山ガスの噴出

現象	溶岩流	溶岩流による災害	火山泥流	山体崩壊	火山ガス	火山ガス	地震、山体の変形、地熱変化	物理的な衝撃や変動
文献	大矢(1996)	土井(2008)	水谷(2012)	水谷(2012)	土井(2008)	水谷(2012)	土井(2008)	井田(2008)
素因	谷や河川沿いに流出	(記載なし)	谷底を流下	大型成層火山	(記載なし)	地形の低所	(記載なし)	(記載なし)
誘因	(記載なし)	噴火	噴火、噴火後の強雨	噴火、地震	噴火	(記載なし)	マグマの貫入、流体の移動	爆発に伴う衝撃波・音波、マグマの活動

表3 学術書に見る洪水の自然素因と誘因
文献番号は本文参照

現象	(全般)	河川洪水(破堤・越流)	河川洪水	内水氾濫	高潮
文献	木下(1996)	水谷(2002)	水谷(2012)	水谷(2002、2012)	水谷(2002、2012)
素因	流域の平面形状	河道の屈曲	山地内の谷底平野	後背低地・旧河道・旧沼沢地	南に向かって開口する水深の小さい奥深い湾
	流れの方向	支流との合流	氾濫平野の微地形の配列と傾斜方向	砂州・砂丘によって閉ざされた海岸低地・谷底低地	
	地形	河道幅の急減	三角州	開発の進んだ丘陵地・台地内の谷底低地(注)	
	河川密度	河床勾配の急減	海岸平野の低湿地	台地上の凹地・浅い谷	
	地質	週水域における急勾配、盆地と狭窄部の連続	天井川への移行地点 旧河川の締め切り箇所	地盤沈下域・ゼロメートル地帯・干拓地	
植生	高いと洪水流出が速い	堤防に接して池のある箇所			
誘因	大雨	流量・水位の増加	(記載なし)	当該地区への流入量が流出量を上回る	台風
	融雪				
	結氷				
	高潮				
注		素因については地形に関するもののみを抽出		陸地内侵入についての条件も記されているが省略	

6.3.2 斜面崩壊

表4に示したように、学術書の多くで誘因・自然素因とも具体的に記述されている。斜面崩壊は、碎屑物が形成されやすい地質環境と急傾斜地(小地形)が自然素因であり、大雨が誘因となる(表4)。地すべりについても素因(地質と小地形)が詳細に記述されているが(表4(続き))、誘因と自然素因のつながりに触れているのは古谷(1992)³⁴⁾だけであり、他の文献は本文を精読して、読者が誘因と自然素因の関連性を見出す必要がある。また、地すべりは、新第三紀より新しい泥岩層で構成されている山体の場合にはすべり面上の地下水位の上昇が引き金となるし、固結度の低い砂岩層の場合には強震動による液状化現象が誘因となるが(佐々ほか、2005)⁴⁴⁾、このことについて簡潔に書かれた学術書は見出せなかった。

表4 学術書に見る斜面崩壊の自然素因と誘因
文献番号は本文参照

現象	土砂災害	崖崩れ	崩壊	斜面崩壊	斜面崩壊	土石流
文献	石井(1996)	中村二郎(1974)	駒村(1992)	水谷(2002)	水谷(2012)	水谷(2002)
素因	地質	地質 大部分は表土層	地形 20°以上の急斜面	岩石・地層の構成と性質	地形 傾斜角30°以上、遷急点のある斜面、窪んだ谷型の斜面、上方に広い緩傾斜地を持つ斜面	山崩れが起こりやすい山地
	地形	地形 斜面の勾配30°を超え、高さ5m以上の地層	植生 浅根性の場合には表土崩壊の原因	傾斜角30°-70°の範囲の斜面	地層 表土層の厚いところ、表土層の厚さの変化が大きいところ、透水性が大きく違う地層が重なっているところ、流れ盤の地層	急勾配区間(15°-20°以上)が長い
誘因	豪雨	降雨	降雨強度	大雨	大雨	大雨
	雪	高い累積雨量、多い時間雨量	地震	地震		
	地震					
	火山噴火					
風波	海岸における侵食					

表4 (続き)
駒村 (1992)⁴⁷⁾、藤田 (1999)⁴⁸⁾、大八木 (2007)⁴⁹⁾ 以外の文献番号は本文参照

現象 文献	地すべり 中村(1974)・山口 (1974)	地すべり 駒村(1992)	地すべり 松本(1994)	地すべり 古谷(1996)	地すべり 藤田(1999)	地すべり 水谷(2002)	地すべり 大八木(2007)
素因	(記載なし)	地質 特定の地質・地質構造が多い 地形 緩傾斜面、特に上部に台地状の地形を持つ場合	地質 特に新第三紀中新世の地層 温泉 温泉余土	地質：構成物質とその構造 地形：斜面形 地震が誘因の場合 地震が誘因の場合	物質要因 地質体の岩相・構造、斜面構成物質の物性、地下水 場の要因 斜面の形態など	傾斜角 30° - 70° の範囲の斜面 浸透水・地表水の集水性 岩石・地層の構成と性質	地層の初生的性質 破碎・風化・変質作用
誘因	地形変化 河岸や海岸における侵食 地震動 含水量の変化 地下水の影響 融雪 その他 降雨	地下水による影響	(記載なし)	集中豪雨 融雪に起因する地下水の増加 地震	(記載なし)	地下水の増加 長雨、融雪 地震	斜面物質を移動させようとする力とその変化 抵抗する力の減少 斜面上部への載荷、斜面の傾動など 河川など流水による下刻・側方侵食、急激な斜面形成

6.3.3 その他

雪氷災害（なだれ、積雪）、風害、気候に関する災害（干ばつ、冷夏）などが水谷（2002）⁷⁾により挙げられている（表5）。この表を見ると自然素因については、風害を除きほとんど記述されていない。風害においても中地形レベルの漠然とした記述である。

6.3.4 自然素因の記述状況の差異

表1～5を概観して見いだせるように、地震災害や気象災害のうち洪水や斜面崩壊は誘因と自然素因の記述がおおむね具体的であるのに対し、火山災害、気象災害のうち雪氷災害、干ばつや冷夏については自然素因が明確に記載されていない。水谷（2002）⁷⁾は洪水や斜面崩壊は、「土地素因に規定されて小地域ごと、場所ごとに異なる」としている。つまり、地震災害や水害などの自然要因の多くは中・小地形レベルのものである。

表5 学術書に見る雪氷災害に関する現象、強風、気候に関する災害の自然素因と誘因
文献番号は本文参照

現象 文献	雪氷災害 水谷(2002)	雹害 米谷(2007)	雷害 米谷(2007)	強風害 水谷(2002)	たつ巻 水谷(2002、2012)	冷害 水谷(2002)	冷害 米谷(2007)	干ばつ 水谷(2002)	干害 米谷(2007)
素因	(記載なし)	(記載なし)	(記載なし)	地形	海岸、平野	北海道、東北の太平洋岸(北東気流型)、北日本あるいは日本全域(北西気流型)	(記載なし)	(記載なし)	(記載なし)
誘因	多量の降雪・積雪 南岸沖の東進、いわゆる2つ玉低気圧の発達、西高東低の気圧配置	春雷	雷雨	台風 発達した低気圧	低気圧・前線 台風 寒気流入・雷	低温 気圧配置 日照不足 気圧配置	長い梅雨寒、冷夏	少雨 夏型気圧配置の持続	空梅雨、猛暑

火山災害はハザードマップに示されるように明確に災害予測がなされていることから、自然素因は明らかになっているはずである。気象災害について、饒村（2002）⁴⁵⁾は詳細に分類してそれぞれの誘因を解説しているが、自然素因への言及はほとんど見出せない。水谷（2012）³⁾によると、強風の災害には土地素因はあまり関係しない。これは、小地形レベルでは自然素因があまり見出せないものと解釈できる。ところで、雪氷災害については、日本海側で大雪になりやすく太平洋側と比べ、雪氷災害が多く発生する。瀬戸内海沿岸は、四国山地と中国山地に南北を挟まれ、周辺と比べ降水量が少ない傾向にあるため、例えば香川県は干ばつになりやすい。冷夏についてはヤマセが吹いたとき、災害になるのは山脈の風上側である（防災科学技術研究所自然災害情報室、2010、2013）^{6)、46)}。これらはいずれも山地・山脈という中地形が災害の自然素因といえるが、素因として明確に記述した学術書は見出せなかった。

洪水や斜面崩壊、溶岩流は地表付近を水や地殻構成物質が重力により急速に移動する現象に伴うもので、小地形の特徴が現象の有無に大きく関わるのに対し、大気中の物質の移動が関わる火山灰の降灰、冷夏、干ばつや雪氷害では、中地形レベルの特徴も関係してくる。自然素因として小地形が関係する過去の災害現象は、その発生の有無が明確でかつ地形をもとに予測しやすい。一方、大気中の物質の移動による中地形が関わる災害現象は、発生範囲を明確に線引きすることが困難な場合、具体的に記述しにくいかもしれない。このため、自然素因として言及されにくい可能性がある。

7. 議論

7.1 理科教育課程における自然素因に関する視点の欠如

理科の新しい学習指導要領では、中学校第3学年でハザードマップを用いて自然素因を読み取る学習、また高等学校「地学基礎」で自然災害の減災を立案する学習がある。しかし、これらの学習前に自然素因の概念の獲得に関する学習は明示されていない。小学校の学習指導要領でも同様である。一方、先述のように、中学校社会科や高等学校「地理総合」では素因を踏まえて防災を考えさせるカリキュラムになっている。災害の発生については、現代的な防災学や地形学では「誘因」と「素因」の組み合わせとして捉えること（米谷、2007²⁾ほか）を踏まえると、理科の教育課程に見る災害現象のプロセスに関する学習指導は遅れていると言える。現状では、中学校第1学年の社会科での素因を含む学習を踏まえ、第3学年の理科で素因を想起させてハザードマップを用いた学習の展開になり、教科と学年をまたいでいる点で学習成果につながるのかどうか不安がある。

7.2 学術書における自然素因に関する記述の不足

自然災害に関する学術書で誘因と自然素因の両者の視点で解説しているものは、斜面崩壊については多く見出せた。一方、火山災害や干ばつ、冷夏などの気象災害ではあまり見られない。学術書の多数は誘因となる現象を記述しているが、自然素因の視点まで言及した書籍が少ない。これらの書籍を参照した理科教員は、防災教育の教材研究において災害現象の羅列的な知識の獲得にとどまってしまう、災害プロセスを踏まえた自然災害の理解にまで深まらない恐れがある。

8. 課題

8.1 教育課程と教材開発に関する課題

文部科学省（2013）⁵⁰⁾で防災教育の目標として、自然災害等の現状、原因及び減災などについて理解を深めさせることを掲げているが、その際に自然素因を取り上げることは、理科の教育課程において津波と洪水しか展開できないことが明らかになった。このことの改善のためには、教育課程の改訂やカリキュラムマネジメントによる展開の工夫が必要である。

自然素因をも学ぶ学習を理科において取り入れようとしても、授業時間数が限られるので我が国各地でみられる自然災害の自然素因をすべて取り上げることはできず、地域のものに限られる。地域の自然災害の教材に関し、小～高等学校教員に対する火山噴火の授業を例としたアンケート調査結果を見ると、完成された教材である視聴覚教材の提供を求める反応が高く、教材を開発するための素材を求める反応は低かった（川村、2012）⁵¹⁾。このことから、教員自身による自然災害の教材開発は広く行われてい

ないと推測される。また学術書の記述には自然素因に言及されているものが少なかった。本研究で提案する自然素因の視点から展開する理科の授業推進のためには、教材開発を誰が行いどのように教員へ提供するのかが大きな課題である。その点、地方自治体等により発行されているハザードマップは有用な教材となる可能性がある。

8.2 災害現象における誘因と自然素因についての普及活動の推進

学術書でも災害現象の分野によっては、誘因と自然素因の視点で解説しているものが少ないことが明らかになった。これでは教員がカリキュラムマネジメントによる自然災害プロセスの教育への導入に取り組もうとしても改善にはつながらない。これに対して防災科学技術研究所自然災害情報室（2010、2013）^{6)、46)}による小冊子は、高潮については、「発生機構」の項目で誘因について、「危険海岸」の項目で自然素因についても触れているなどの点で本研究において取り上げた学術書と比べ充実しているが、それでも雪氷災害や冷夏、干ばつの自然素因の記述は明確ではない。この冊子は Web サイトでダウンロード可能であるが、研究機関などによるこのような普及活動を通じて災害プロセスについて理科教員向けに情報提供することは、新たな学術書の出版よりも容易であろう。

9. おわりに

本研究で論じたように、理科の教育課程は現代的な防災学の内容を背景としたものになっているとはいえない。その解決のためには教育課程の改善とともに、自然災害の学習指導に意欲的に取り組もうとする理科教員のための、地域の自然災害の教材開発推進が求められる。現在使用されている教科書やハザードマップなどの素材を分析し、災害現象の誘因と自然素因を指導するために必要な教材開発についての基礎研究が必要である。

謝辞

本論文作成に当たっては、粗稿段階で藤岡達也博士（滋賀大学大学院教育学研究科）および吉本直弘博士（大阪教育大学教育学部）からご指摘をいただき、内容の改善を図ることができた。また、匿名の査読者からのご指摘は表現の改善につながった。本研究の一部は、JSPS 科研費基盤研究（B）課題番号 20H01749（代表者 川村教一）および河川財団による令和 2 年度河川基金の財政的援助を受けた。ご支援くださった関係各位に感謝する。

参考文献

- 1) 林 春男（2011）、1.2.3 災害連鎖、寶 馨・戸田圭一・橋本 学（編）、自然災害と防災の辞典、丸善出版、18-21.
- 2) 米谷恒春（2007）、4. 気象災害、岡田嘉充（編）、自然災害の事典、朝倉書店、253-339.
- 3) 水谷武司（2012）、自然災害の予測と対策—地形・地盤条件を基軸として—、朝倉書店、306.
- 4) 鈴木隆介（2017a）、素因、日本地形学連合（編）、地形の辞典、朝倉書店、477.
- 5) 鈴木隆介（2017b）、誘因、日本地形学連合（編）、地形の辞典、朝倉書店、874.
- 6) 防災科学技術研究所自然災害情報室（2010）、防災科学テキスト—自然災害のしくみを知る—、防災科学技術研究所自然災害情報室、38.
- 7) 水谷武司（2002）、自然災害と防災の科学、東京大学出版会、207.
- 8) 重川希志依（2006）、第 12 章 社会の防災力とコミュニティ、辻本哲郎（編）、豪雨・洪水災害の減災に向けて ソフト対策とハード整備の一体化、技法堂出版、275-289.
- 9) 川村教一・明石和大（2013）、中学校理科教員の津波とその学習に関する認識：2010 年および 2011 年の秋田県におけるアンケート調査から、地学教育、66、3、73-86.
- 10) 佐藤武夫・奥田 謙・高橋 裕（1964）、災害論、勁草書房、349.
- 11) 岩田 貢（2013）、地理的防災教育のすすめ、山脇正資（編）、防災教育のすすめ—災害事例から学ぶ—、古今書院、1-8.
- 12) 諏訪清二（2007）、第 3 章 防災教育でどのような人間を育てるか、夢みる防災教育、晃洋書房、

- 103-126.
- 13) 村山良之 (2016)、地理学から見た自然災害と防災教育、日本地理学会発表要旨集 2016 年度日本地理学会秋季学術大会. DOI https://doi.org/10.14866/ajg.2016a.0_100135
 - 14) 野崎 保 (2011)、地すべり因子と地すべり発生プロセス—地すべりの初生と評価に関する研究小委員会における議論から—、応用地質、52、5、168-175.
 - 15) 三浦 清・阿南修司・藤本 睦・新見 健・植田哲司・岡村 護 (1999)、1999.6.29 広島・呉土砂災害速報—花崗岩地域における土砂災害—、応用地質、40、5、316-321.
 - 16) 内閣府 (2019)、令和元年版 防災白書、日経印刷、265.
http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h31/honbun/2b_2s_05_00.html
 - 17) 文部科学省 (2017a)、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、167.
 - 18) 文部科学省 (2017b)、小学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 社会編、日本文教出版、217.
 - 19) 文部科学省 (2017c)、中学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 理科編、学校図書、183.
 - 20) 文部科学省 (2017d)、中学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 社会編、東洋館出版社、237.
 - 21) 文部科学省 (2018a)、高等学校学習指導要領 (平成 30 年告示) 解説 理科編 理数編、実教出版、232.
 - 22) 文部科学省 (2018b)、高等学校学習指導要領 (平成 30 年告示) 解説 地理歴史編、東洋館出版社、451.
 - 23) 村山良之・笠原慎一郎 (2015)、学校の防災教育と防災管理の自校化—学校防災支援からあらためてみえてきた課題—、日本地理学会発表要旨集 2015 年度日本地理学会春季学術大会.
DOI https://doi.org/10.14866/ajg.2015s.0_100244
 - 24) 藤岡達也 (2007a)、1 自然災害に関する防災・減災教育と環境教育、藤岡達也 (編)、環境教育から見た自然災害・自然景観、協同出版、76-87.
 - 25) 木谷要治・加藤裕之 (1990)、理科で防災をどう教えるか、東洋館出版社、193.
 - 26) 藤岡達也 (2007b)、1 環境教育の視点から捉えた都市化地域の地震災害、藤岡達也 (編)、環境教育から見た自然災害・自然景観、協同出版、6-17.
 - 27) 美澤綾子 (2010)、高等学校地学と防災・減災教育：2つの実践から見えてきたこと、日本地理学会発表要旨集 2010s(0)、7-7.
 - 28) 鹿江宏明・林 武広 (2008)、地学事象の関連づけを中心とした土砂災害の学習、地学教育、61、6、177-186.
 - 29) 鹿江宏明 (2016)、中学校での授業実践例、檜垣大助ほか (編)、土砂災害と防災教育—いのちを守る判断・行動・備え—、朝倉書店、48-52.
 - 30) 中村二郎 (1974)、第 9 章 崖崩れの実態とその対策、地すべり・山崩れ、大明堂、115-125.
 - 31) 中村二郎 (1974)、1. 地形変化、地すべり・山崩れ、大明堂、10.
 - 32) 山口真一 (1974)、第 3 章 地すべり運動を生ずる要因、地すべり・山崩れ、大明堂、10-13.
 - 33) 松本俊幸 (1994)、地すべりと山 (崖) 崩れ、地学団体研究会 (編)、自然と人間 新版地学教育講座 16 巻、東海大学出版会、104-111.
 - 34) 古谷尊彦 (1996)、ランドスライド—地すべり災害の諸相—、古今書院、213.
 - 35) 木下武雄 (1996)、第 6 章 洪水を知る・防ぐ、自然災害を知る・防ぐ 第二版、古今書院、161-207.
 - 36) 石井弓夫 (1996)、第 7 章 土砂災害を知る・防ぐ、自然災害を知る・防ぐ 第二版、古今書院、208-249.
 - 37) 大矢雅彦 (1996)、第 3 章 火山災害を知る・防ぐ、自然災害を知る・防ぐ 第二版、古今書院、59-84.
 - 38) 若松加寿江 (1996)、第 6 章 地震災害を知る・防ぐ、自然災害を知る・防ぐ 第二版、古今書院、10-58.

- 39) 文部科学省 (2013)、中学校学習指導要領解説 理科編、大日本図書、133.
- 40) 都司嘉宣 (2008)、2.4 津波とその災害、藤井敏嗣・瀬戸一起 (編)、地震・津波と火山の事典、丸善、61-86.
- 41) 水谷武司 (2007)、2. 地震災害－防災対策の視点から、岡田嘉充 (編)、自然災害の事典、朝倉書店、93-161.
- 42) 土井恵治 (2008)、3.7 火山活動による災害、藤井敏嗣・瀬戸一起 (編)、地震・津波と火山の事典、丸善、135-151.
- 43) 井田喜明 (2008)、12.1 火山災害の種類と実態、下鶴大輔・荒牧重雄・井田喜明・中田節也 (編)、火山の事典 第2版、朝倉書店、360-370.
- 44) 佐々恭二・福岡 浩・汪 発武・王 功耀 (2005)、2004年新潟県中越地震による斜面災害－再活動地すべりにおける地震時高速地すべり発生・運動機構－、京都大学防災研究所年報、第48号A、171-189.
- 45) 饒村 曜 (2002)、気象災害の予測と対策、オーム社、186.
- 46) 防災科学技術研究所自然災害情報室 (2013)、防災科学テキスト－自然災害の発生機構・危険予測・防災対応－ (改訂版)、防災科学技術研究所自然災害情報室、46.
- 47) 駒村富士弥 (1992)、地すべりの定義、分類、斜面の土砂移動現象 (砂防学講座)、山海堂、194-197.
- 48) 藤田 崇 (1999)、斜面変動と地質、斜面変動の素因研究の系譜、斜面地質学－その研究動向と今後の展望、日本応用地質学会、15-17.
- 49) 大八木規夫 (2007)、6. 土砂災害、岡田嘉充 (編)、自然災害の事典、朝倉書店、439-539.
- 50) 文部科学省 (2013)、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 改訂版、文部科学省、223. <https://anzenkyouiku.mext.go.jp/mextshiryoudata/saigai03.pdf>
- 51) 川村教一 (2012)、火山噴火と災害の教材に関する実態とニーズ：2011年霧島山新燃岳噴火についての教員アンケートから、地学教育、65、97-106.

(受理：2020年6月30日)

(掲載決定：2020年8月1日)