

総説

小・中学校理科における洪水氾濫に関する学習の課題

川村 教一¹⁾・吉本 直弘²⁾・岡田 大爾³⁾

Subjects in science education for elementary and lower secondary schools related to flood inundation

Norihito KAWAMURA¹⁾, Naohiro YOSHIMOTO²⁾, and Daiji OKADA³⁾

Abstract

The authors examined efficiency of science classes in elementary and lower secondary schools for reducing flood disaster. An analysis of science curriculum and textbooks and evaluation of the former research related to science education. According to new curriculum standards and guidelines, flood disaster class would be contained in science class. The authors found that the curriculum would not consist of whole natural disaster process, because of lack of study about first trigger and cause of flood such as river geomorphology. To get deeper understanding river flood, developing of teaching materials is needed.

Key words : river, flood inundation, trigger, primary cause, science class, compulsory education

(2022年12月23日受付, 2023年1月28日受理, 2023年3月31日発行)

1) 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科, 〒668-0814 兵庫県豊岡市祥雲寺128

2) 大阪教育大学理数情報教育系, 〒582-8582 大阪府柏原市旭ヶ丘4-698-1

3) 広島国際大学教職教室, 〒739-2695 広島県東広島市黒瀬学園台555-36

1) Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo, 128 Shounji, Toyooka City, Hyogo, 668-0814, Japan

2) Division of Math, Sciences, and Information Technology in Education, Osaka Kyoiku University, 4-698-1 Asahigaoka, Kashiwara, Osaka, 582-8582, Japan

3) Teacher Education Unit, Hiroshima International University, 555-36 Kurosegakuendai, Higashihiroshima City, Hiroshima, 739-2695, Japan

Corresponding author: N. Kawamura, e-mail: norihito@rrm.u-hyogo.ac.jp

はじめに

自然災害の発生には連鎖構造があるとされる(水谷, 2012)。これに従えば水害の場合、誘因(大雨など)が自然素因(地形など)に作用することで災害事象(洪水^{注(1)}や土石流)が発生する。この事象による物質(水や土砂)とエネルギーの急速な移動が社会素因(人間や資産)に作用し、被害が発生することがある。このような連鎖構造に対応させた防災対策として、自然素因と社会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(林, 2011)。これらのうち、学校教育で誘因、自然素因と災害事象の理解の深化を担うのは主に理科教育であり、小学校～高等学校理科の学習内容には災害につながる自然現象が含まれている。このため、減災・防災教育を適切に展開するためには理科の基礎的知識が必要(村越, 2017)という主張が成り立つ。

最近の自然災害の状況に関して、世界の災害発生件数はデータ収集能力が向上した1975年以降、地震・火山災害はおおむね安定しているものの、風水害の発生件数は増加傾向にある(田中, 2008)。文部科学省(2013)によると、戦後、治水事業に取り組んできた成果として洪水による被害は激減した。わが国の水害の特徴を概観するために国土交通省による水害統計調査結果を図1に示す。この図に見られるように、水害による死者数は1945年から1990年までは減少傾向にある一方、1990年ごろ以降は増加傾向にある(国土交通省水管理・国土保全局, 2020)。これに対し牛山(2017)は、1968～2014年の風水害による死者・行方不明者数の変化を警察庁資料に基づいて検討すると、統計的に有意な減少傾向が見られるのは1970年代前半までで、後半以降では増減不明瞭であるが、10年間移動平均値は減少しており、増加傾向は認められないと述べている。しかしながら、短時間強雨や大雨の発生頻度は増加傾向(気

象庁, 2020)にあり、それによる水害の頻発が懸念される。洪水氾濫域(洪水時の河川水位より低い地域)は日本全土の約10%にすぎないが、その地域に人口の約51%、総資産の約75%が集中するため、ひとたび洪水氾濫^{注(2)}が発生すればその被害は深刻なものになる(国土交通省, 2007)。以上のことから、水害に関する学習の重要性は増していると我々は考える。

日本におけるもっとも主要で普遍的な自然災害は、河川洪水によるものである(水谷, 2002)。ところが小学校～高等学校の教員が認知している災害リスクを調査した元吉(2015)によると、校区内の災害で最も頻度が高いと考えられたものは高い方から順に、台風による災害、地震による災害、火災と続き、洪水による災害は第4位である。同様に災害に対する学校の安全性の低さの認知は順に、地震による災害、火災、台風による災害などであり、洪水による災害は第6位である。これらのように、校種を問わず近年における洪水災害のリスクの高まりが教員に適切に認識されているとはいえない状況である。教員の洪水災害リスクに対する認識が地震災害のそれよりも低い場合、理科教育における洪水の取扱いが地震の学習よりも軽んじられる恐れがある。地震災害よりも洪水災害のリスクが高い地域においては、そのような事態は好ましくない。また、児童の洪水についての認識の実態についての最近の報告は、今野・藤田(2011)による小学校4～6年生を対象とした質問紙調査結果の報告がある程度で、他に見当たらない。

以上のように、自然災害のうち水害に関して、教員の意識が高いとは言えず、また児童の認識の実態が十分に明らかにされているとは言えない。そこで本研究では、まず、平成29(2017)年告示の小・中学校学習指導要領や教科書における取り扱い状況、および最近約20年間の洪水氾濫に関する理科教育の研究を整理することで、洪水氾濫の防災に取り

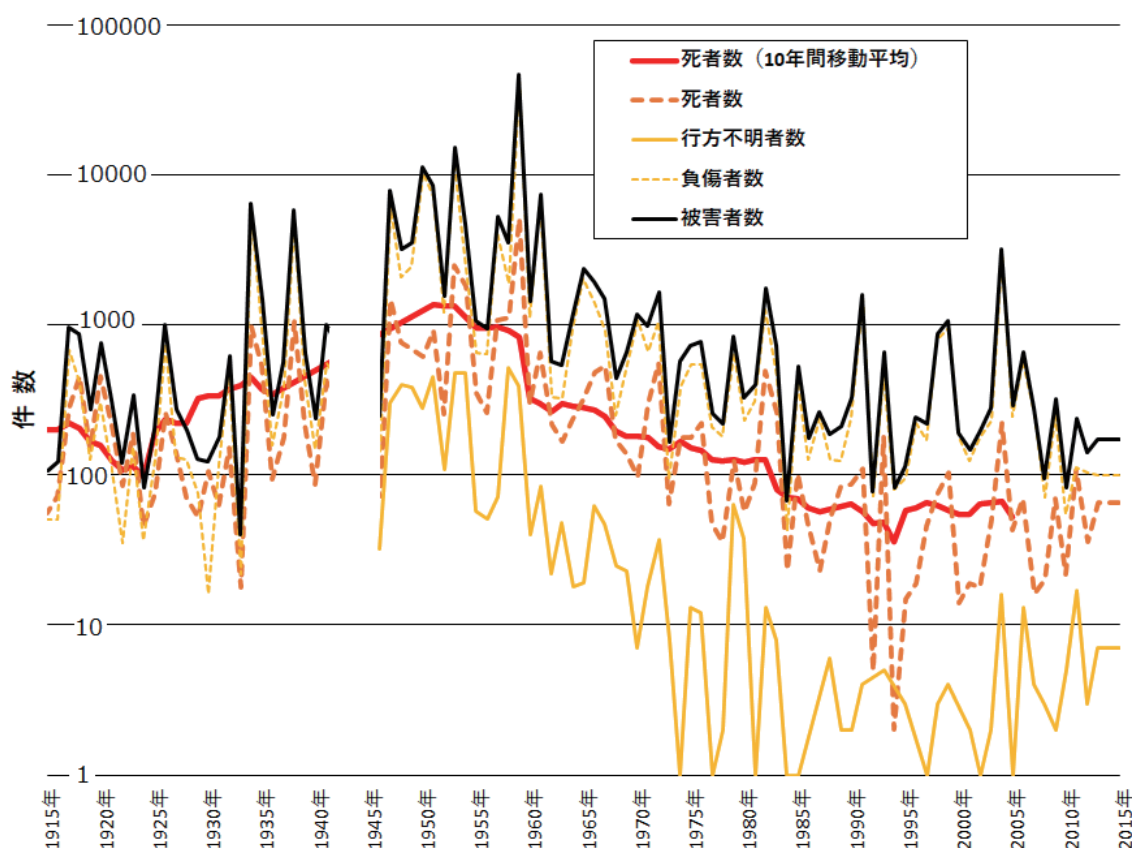


図1 水害統計調査に見る水害被害件数の推移

注:国土交通省による水害統計調査における調査対象は、河川（洪水、内水、高潮、津波等）、海岸（高潮、津波、波浪）、土石流、地すべり、急傾斜地の崩壊による水害である（国土交通省水管理・国土保全局，2020）。

組むために必要な知識のうち理科に関する内容を児童生徒が義務教育終了までに獲得できるかどうかを検討する。その結果を踏まえて、理科教育の内容や教材に関する課題を提示する。本研究は、気候変動に伴い洪水災害の多発化、激甚化が懸念される時代に必要な防災教育につなげるための理科教育の改善を目指すものである。

研究方法

理科の学習指導要領とその解説については、平成29（2017）年告示の小学校（文部科学省，2018a）、中学校（文部科学省，2018b）を参照し、洪水および洪水氾濫についての記述の有無を精査した。また、平成29（2017）年告示の小学校学習指導要領下で用いる出版社6社（A、

B、C、D、E、Fの各社）の第4・5学年理科教科書（有馬ほか，2020a，2020b；石浦ほか，2020a，2020b；毛利ほか，2020a，2020b；村松・石田，2020a，2020b；霜田ほか，2020a，2020b；養老ほか，2020a，2020b），および中学校2年理科教科書（岡村ほか，2015；有馬ほか，2016；細矢ほか，2017；霜田ほか，2017）の本文記述と掲載写真の内容を参照した。

先行研究については系統的に論文を収集するために、インターネットの学術情報の検索エンジンである「Google Scholar」、国立情報学研究所の「CiNii Articles」、および科学技術振興機構の総合学術電子ジャーナルサイト「J-STAGE」により、「理科」、「洪水」、「教育」をキーワードに、2000年から2020年までに発行された論文と学会講演要旨を収集の対象

とした。また、教育実践に関する記事も参考資料として同様に対象とした。検索・収集作業は2020年7月に実施した。収集した論文等から、洪水や洪水氾濫を学ぶ理科教育に関するものを抽出した。

理科における洪水・洪水氾濫の 学習内容の現状と分析

(1) 小学校第4学年における自然災害の種類

1) 学習指導要領解説における自然災害の記述

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，2018a）によると、小学校第4学年における学習項目「(3) 雨水の行方と地面の様子」の学習目標の頭書きでは、「雨水の行方と地面の様子について、流れ方やしみ込み方に着目して、それらと地面の傾きや土の粒の大きさを関係付けて調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。」とあり、理解や技能に関する目標として、「(ア) 水は、高い場所から低い場所へと流れて集まること。」および「(イ) 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。」が示されている。これは、降雨に伴って起きる出水のことを取り上げたものである。出水が見られるとき、1時間当たりの雨量が小さい間は、雨水は地下に浸透するが、雨量が大きくなると地表面に水面が出現し、傾斜があるとその方向に流れ出し、また、地表面上に現れた水面の流れ（地表面流）は、速やかに河道に流入して洪水時の流量の主要部分となる（水谷，2002）。この学習項目では、身近にみられる水循環の一部を雨量の概念を省いて学ぶ、水文学の基礎に位置付けられる。

この学習項目の解説では「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，2018a）

と、自然災害との関連についての学習の例示があるが、必ず学習するように位置づけられてはならず、学ばないこともありうる。また、自然災害の種類については示されていない。後述するように第5学年理科の学習で触れるのは増水時の河岸侵食であるが、第4学年のこの学習項目でどのような種類の自然災害との関連を図るのか不明瞭である。水循環の一部を学ぶ本学習項目での自然災害とは平常時にみられない水の移動や河川の増水に関するものと捉えられる。

2) 教科書における洪水・洪水氾濫の記述

表1に各社教科書の洪水・洪水氾濫の記述状況をまとめて示す。A, B, Fの各社教科書では洪水氾濫が取り上げられている。A社では、参考欄（本文に関連する独立した記述欄）に「川の水があふれるひ害」との記述があり、洪水発生時に堤防を越えて水があふれ流れる越流（外水氾濫）を取り上げている。B社では、参考欄の「雨のとき水がたまりやすい場所」で、低地や地下空間に雨水が流入して冠水する内水氾濫の例が写真と図で示されている。同様にF社では、参考欄の「雨水によるさい害をふせぐ」で地下空間への雨水の流入を防ぐ工夫が写真で示されている。またF社教科書の参考欄には、洪水について、山地における降水が一度に低地に水が流れ集まるとの記述がある。洪水とは、河川の水位の上昇、もしくは外水氾濫である。しかし、洪水がどのような現象であるかは明確に説明されていない。第5学年理科の流水の働きで築山に水を流して川を流れる水のモデル実験（B, E, Fの各社の教科書掲載）が行われることを考えると、この参考欄は上位学年の内容を発展的に取り入れたものであり、洪水の理解を第4学年児童全員に目指したものではないと考えられる。

C, Dの両社の教科書では洪水による自然災害の記述はない。C社の教科書では大雨による土砂災害（地すべり，土石流，がけくずれ）が図により示されているが、それぞれの

表1 小学校第4学年理科教科書における洪水・洪水氾濫の記載の概要

出版社	A	B	C	D	E	F
水害記述の項目*1	参考(資料)	発展(調べてみよう!)	参考(地面や水と私たちのくらし)		参考	参考(雨水によるさい害をふせぐ)
水害の種類	洪水による災害	洪水による災害	土砂災害		洪水による災害	洪水による災害
水害を引き起こした現象や水害の写真・図の内容	台風の雨による川の洪水(写真)	水のたまったアンダーパス(図)・地下道(写真)	土石流, 地すべり, がけ崩れ(図, 写真)		なし	なし
水害対策の写真・図の内容	地下調節池	地下鉄駅の地上入り口の止水板・階段・扉	なし		調整池	地下鉄駅の地上入り口の止水板・階段, 多目的遊水地
「洪水」・「氾濫」の言葉の有無<記述場所>*2	なし	なし	なし		なし	こう水*3<文>
水害の誘因の記述<記述場所>	一度にたくさんの雨水が流れこんだとき<文>	雨(雨のとき水がたまりやすい場所)<図, 写真>	雨が大量にふる<文>		大雨が降る<文>	雨がたくさんふる<文>
水害の素因の記述<記述場所>	川底がコンクリートでできている<文>	低い場所<文>	山の斜面<文>		道路などがほそくされること<文>	土地の低いところ<文>

*1 本文, 参考(本文に関連する内容), 発展(学習指導要領に含まれない内容)に区分した。

*2 文, 図, 写真に区分した。

*3 洪水の説明は記されていない。

現象についての説明は記載されていない。

3) 取り上げるべき自然災害の種類

以上のように, 教科書で取り上げられている自然災害には, 洪水氾濫の災害, 土砂災害がみられた。教科書分析の論点は, 「雨水の行方と地面の様子」の学習の目的が, 河川の源頭部(源流付近)の現象の理解なのか, 流域の縮尺モデルの理解なのかである。前者であれば, 土で覆われた校庭での雨上がりの水の動きや分布を土地の勾配と関係づけて, 降水によりもたらされた地表水などが川の流水となることを理解させることができる。この場合の自然災害とは, C社の教科書のように気象災害としての土砂災害が考えられる。一方, 本学習の教材(校庭で観察する地表の現象)を流域の事物・現象を縮小した科学モデル(縮尺モデル^{注(3)}: 川村ほか, 2019)とみなした場合, 校庭で観察する地表の水の動きと流れ込む川をそれぞれ支流と本流の川になぞらえることができれば, この学習の自然災

害として河川の洪水氾濫を取り上げることも可能になる。その際, 第3学年社会科での川の学習内容を想起させる必要がある。なぜならば小学校第3学年の社会科の学習の目標に, 「市の地形に着目して, 身近な地域や市の様子を捉え, 場所による違いを考え, 表現すること。」があり, 学習指導要領解説によると, 「土地の低いところや高いところ, 広々と開けた土地や山々に囲まれた土地, 川の流れているところや海に面したところなどの地形の様子について調べること」とされているからである(文部科学省, 2018c)。そこで川真田(2018)は, 平成20(2008)年告示の学習指導要領下の小学校第4学年理科の授業において水害を教材とした際に, 地形の学習を導入することで自然素因と水害の関係を学習内容に取り入れた単元を設計した。しかし, 素因についての学習後の児童の理解状況については評価がなされておらず, 学習の成果は明らかにされていない。

地形の科学モデルの教育における有効性は、発達心理学の視点からも検討される必要がある。地表の事物・現象を縮尺した科学モデル（縮尺モデル）を第4学年児童が山地や川の地形に適用できることを示した発達心理学の視点に基づいた先行研究は見当たらない。科学モデルを児童が受け入れられるとする研究の裏付けがないとすれば、本学習項目で自然災害の学習を行うことの有効性が不明であることになる。

以上のことから、本学習項目において自然災害との関連を図る場合、河川上流部における現象による災害が教育課程編成上、ふさわしいものと考えられる。ただし、土砂災害は雨水の浸透という地表下の目に見えない空間での水の移動に関わるものであり、その学習のためには土壌構成粒子と透水性の関係についてのモデル実験（川村ほか、2020）などにより、土壌の構成粒子の粒度と透水性の関係を児童が理解していることが前提である。また、一部の教科書には地下空間への防水など内水氾濫に関する防災が取り上げられている。地下街のような地下空間の冠水は内水氾濫に当たるが、これは中学校でも一切扱わないことから、小学校では写真提示などによる紹介にとどめることは適切であると考えられる。

(2) 小学校第5学年における洪水・洪水氾濫に関する学習

1) 学習指導要領解説における洪水の記述

学習項目「(3) 流れる水の働きと土地の変化」における解説（文部科学省, 2018a）では、「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。」とあり、洪水による自然災害を軽く扱う。川の水深がより深いと流速がより速くなること^{注(4)}の学習を踏まえ、増水による流速の増大から起こる河岸の侵食^{注(5)}を取り上げることが想定される。此松(2018)はこの学習項目は洪水につながられると述べているが、堤体の侵食による破堤のことを指

していると推察される。

2) 教科書における洪水・洪水氾濫の記述

表2に各社教科書の洪水・洪水氾濫の記述状況をまとめて示す。教科書の記述をみると、A, C, Fの各社は「こう水」、E社は「はんらん」、B, Dの両社は双方の用語を用いているが、いずれも現象の説明や定義には触れていない。また災害については、B, E, Fの各社の教科書は、洪水で氾濫した様子の写真を掲載している。A, Cの両社は外水氾濫（「川の外に水があふれる」）を本文で記述している。D社は「川と災害」の節で、洪水氾濫の被災写真や防災施設（砂防堰堤、コンクリートブロック等からなる水制、ダム・遊水池）の写真を掲載しているほか、資料として流路の付け替えの事例を紹介している。また同社は発展的な学習として、雨量と川の水位の時間変化の関係についてデータをもとに考えさせる水文学的な教材を掲載している。A社の教科書は、雨量と水位の日変化の関係を水文学の面から探究的に学ぶ展開である。この部分では、河岸侵食や洪水氾濫の写真が示されている。

3) 教科書記述の問題点

表2に示すように、「こう水」および「はんらん」の現象の説明について、理科教科書ではほとんど触れていない。あるいはA社のように河川の水位の上昇と外水氾濫の双方の意味でつかわれている。これらの言葉がどのような現象を指すのか明確にしないまま本文で使用されており、誤概念を誘導したり強化したりする例（小瀧・川村, 2014）があることから、洪水や洪水氾濫に関する教科書の記述状況の適切さを明らかにする必要がある。

(3) 小学校第5学年の教材の注意点

洪水氾濫の授業に関する先行研究が若干見出され、これらから教材選定の注意点や課題が見出せるので以下に取り上げる。

1) 洪水氾濫の災害誌教材を使用する場合の注意点

地域の災害誌の教材化は、児童に自然災害を身近なものに感じさせることができる可能性がある。金子（2013）は、理科の授業で5学年児童に、地域の河川の水害を取り上げて

流水の働きと洪水の関係を結び付けさせようとしたが、発災時の実際の破堤箇所は水衝部（川のカーブの外側）ではなかったために流水の働きの学習内容を生かした展開とはなら

表2 小学校第5学年理科教科書における洪水・洪水氾濫の記載の概要

出版社	A	B	C	D	E	F
水害記述の項目*1	本文	本文	本文	本文	本文	本文
水害の種類	洪水による災害	洪水による災害	洪水による災害	洪水による災害	洪水による災害	洪水による災害
水害を引き起こした現象や水害の写真・図の内容	洪水：こわされた橋（写真）、けずられた岸（写真）、けずられた道路（写真）*3；外水氾濫：土地の浸水（写真）*3	洪水：雪どけでふえた川の水（写真）；外水氾濫：川のはんらん（写真）；水害：こわされた橋（写真）、けずられた川岸（写真）	外水氾濫：大雨で川からあふれた水による被害（写真）	洪水：川の水に流された橋（写真）；外水氾濫：はんらんした川（写真）、川の水がはんらんして流れ出した道路（写真）、川から運ばれた土に埋もれた車（写真）	洪水：道路がけずりとられたあと（写真）；外水氾濫：川のはんらん（写真）、けずりとられたてい防（写真）、水をかぶった田畑（写真）	洪水：大雨で増えた水によってこわされたてい防・橋（写真）、大雨で川の水量が増えて、川原が水につかったようす（写真）；外水氾濫：川の水がふえて、洪水が起きているようす（写真）、こう水が起き、救助活動が行われているようす（写真）、大雨で川の水量が増え、水につかった町のようす（写真）
水害対策の写真・図の内容	多目的遊水地、砂防ダム、ダム、川のライブカメラ、洪水ハザードマップ	ブロック、コンクリートのていぼう、地下放水路、遊水池	砂防ダム、護岸、河川じき、遊水池、水害防風林、ダム、地下のきよ大な水そう	ダム、ブロック、さ防えんてい、遊水池、道路下のトンネル	さぼうダム、護岸ブロック、てい防、川底にたまった土や石を取りのぞく工事	護岸、ダム、さ防ダム、ブロック
「洪水」「氾濫」の言葉の有無<記述場所>*2	こう水*4<文>	はんらん*5<写真とグラフのタイトル>、こう水*5ハザードマップ<図のタイトル>	洪水*5<文>	こうずいなどの災害*7<文>、はんらん<写真タイトル>	はんらん*5<写真タイトル>	こう水<写真タイトル>、見出し、（台風の学習欄の児童のセリフ）>
水害の誘因の記述<記述場所>	洪水の誘因：台風などで雨が短い時間に多くふったり、長い時間ふり続いたりしたとき。<文>	大雨がふったりすると、川の水が川の水が増えて、流れる水のはたらきが大きくなり、災害が起きることがあります。<文>	大雨で川の水が増え、流れる水のはたらきが大きくなります。山の中から平地に、大量の水が一度に流れ込み、川岸をけずったり、川の外に水があふれたりして、災害がおこることがあります。<文>	大雨などで川の水量が増えて、流れる水のはたらきが大きくなると、こう水などの災害が起こって、（以下略）<文>	雨が短い時間に多量にふったり、長い時間ふり続いたりすると、災害を起こし、（以下略）<文>	雨が降り続いたり、台風などで大雨が降ったりすると、川の水がふえて、災害が起き、（略）。<文>
水害の素因の記述<記述場所>	洪水の誘因：かたむきが急で流れの速い川。川底に水がしみこみにくくなっている。<文>	なし	森や田畑が減って、コンクリートの地面やほそされた道路<参考の文>	曲がりくねった川<参考の文>、山で木々をたくさんばつ採すると（略）土が下流にたまって、<参考の文>		なし
台風の学習で登場する水害につながる現象	川がはんらんして、こう水が起こったようす。大雨などによって起こった土砂くずれ。<参考の写真のタイトル>	大雨による川のはんらん*5<写真のタイトル>、大雨による土砂くずれ<写真のタイトル>	大雨による川の増水で流された橋<写真のタイトル>、大雨で川からあふれた水につかった町<写真のタイトル>、大雨による土砂くずれ*6<写真のタイトル>	こうずいや山くずれなどの災害*7<文>、台風によるこうずい<写真のタイトル>、台風による山くずれ<写真のタイトル>	大雨ではんらんした川<写真のタイトル>、大雨でくずれた山<写真のタイトル>	台風による大雨で起こったこう水<写真のタイトル>、くずれた山のがけ<写真のタイトル>

*1 本文、参考（本文に関連する内容）、発展（学習指導要領に含まれない内容）に区分した。
 *2 文、図、写真に区分した。
 *3 洪水の用語が、水位の上昇を示す場合と外水氾濫の双方で使用されている。
 *4 「こう水」の説明はない。（本文に「川の水の量が増えて、こう水が起こりやすくなります。」と記されている。）
 *5 「はんらん」、「こう水」の説明は記されていない。
 *6 土石流の写真
 *7 災害につながる現象を「災害」と述べている。
 *8 資料に「川の水がいきなり増え、てい防が切れてしまうことがあるので、（略）はんらんを防ぎます。」と記されている

なかった。破堤は、越水、浸透、侵食、崩壊を原因として発生する（末次，2008；水谷，2012）。また、破堤が起こりやすい河道地形は、屈曲部、支流との合流地点、河道の狭窄部などである（水谷，2012）。身近な川における自然災害のうち、「流水の働き」の学習をもとに説明できる事例を中心に取り上げることは、児童に学習内容を深めさせる良い学習となりうるだろう。その際、「流水の働き」の学習をもとに自然堤防の破堤個所の一部を予測することは可能であるが、破堤の実態は多様であることの注意が必要である。

2) 洪水氾濫のモデル実験教材の価格

川村ほか（2018）は、特別支援学校小学部の高学年児童に対し理科的な授業を実践するために、洪水氾濫を再現できる児童モデル実験を用意して自由に操作させたところ、児童は洪水氾濫を防ぐことに集中する様子が観察された。これは少人数クラスであったため可能な実践であった。本モデル実験は砂などの代わりに比較的密度の小さいメラミン粒子を使用しているが、費用が高価であることから本装置が広く普及するには至っていない。

3) 社会科と理科の教材の差異

勝野ほか（2019）は理科の単元の中で洪水を取り上げているが、治水やダムを教材としており、事実上社会科の学習となっている。また、小学校第5学年理科教科書のうちE社では、防災対策として土木工事の紹介にとどまっており、それらの工夫がなぜ効果的なのか理科の学習内容に基づいて理解するような構成にはなっておらず、社会科的な施設紹介にとどまっている。これらは、理科の学習指導要領で「自然災害に触れる」と示されている部分を実践しようとしたものの、何らかの制約があって防災施設の科学的な工夫を学ばせることには至らなかったと考えられる。第5学年の理科に限らず、防災にかかわる理科の教材の在り方を議論する必要がある。

(4) 中学校理科における洪水に関する教材

1) 学習指導要領解説における洪水の記述

第2学年「(4) 気象とその変化」の学習項目「(エ) 自然の恵みと気象災害」では洪水について扱うことができる。また第3学年の「(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」の解説には「洪水」が例示されている（文部科学省，2008，2018b）。しかしながら、洪水を学習のために直接観察することは不可能であり、教材は小学校理科のように写真が中心になることが想定される。

2) 洪水氾濫のモデル実験教材の効果と課題

観察の代替的な教材にはモデル実験装置がある。対象は第1学年生徒ではあるが、鈴木ほか（2018）は、発展的な授業で川村ほか（2018）と同様のモデル実験装置を用いて洪水氾濫の防災につなげる実践を行った。生徒に協働して実験に取り組みさせた指導法の効果を検証したところ、多様な意見が出たグループでは防災上適切な結論を導くことができた。しかし、先述のように本モデル実験装置が高価であり、広く普及させるためにはこのことの克服が必要である。ただこれ以上は、洪水に関する最近の理科の教育実践研究は本研究で採った収集方法では見出せず、洪水の効果的な学習のための研究が進んでいるとは言えない。

(5) 小・中学校における誘因・自然素因・災害事象の取り扱い

災害の誘因、素因、災害事象といった連鎖の過程（米谷，2007；林，2011；水谷，2012ほか）のうち、理科教育では河川の洪水氾濫の現象はもちろん、誘因と自然素因を系統的に理解させる教育課程であることが望ましい（川村，2020）。洪水氾濫の自然素因は、主として河川に関する中地形・小地形である（例：木下，1996；水谷，2002，2012）。また、誘因は大雨や融雪（木下，1996）とされる。平成29（2017）年告示の理科の小学校学習指導要領解説（文部科学省，2018a）によると、先述のように小学校第5学年で、長雨や大雨がもたらす河川の水位の増大による自然災害

を簡単に学習することから、雨量と河川の水位の高さの因果関係には踏み込まないと解釈される。洪水の学習が登場するのは中学校で、第2学年「(4) 気象とその変化」の学習項目「(エ) 自然の恵みと気象災害」の解説では、次のように洪水の誘因と洪水氾濫の素因に言及している。

「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。」(文部科学省, 2018b)。

また、第3学年の「(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」の解説に例示された洪水の痕跡を教材とした学習では、「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」とある(文部科学省, 2018b)。先述の第2学年の解説の表記から「洪水」とは洪水氾濫のことであり、自然現象と被害の関係とは、災害事象と誘因、自然素因と社会素因を指すと推察される。また第2学年の解説では大雨、融雪の特徴とあることから、誘因は大雨・長雨、積雪期以降の温度上昇の双方を指していると考えられる。また、解説には防災・減災についてハザードマップをもとに考察させる学習とある。自然災害の連鎖構造(水谷, 2012)を踏まえると、理科では、自然素因、災害事象に関する対策を考察することが期待されるが解説にはそこまで記述されておらず、前章の(3)節、3)項で挙げたように理科で防災と社会素因の関わりを大きく取り上げる一因になっている可能性がある。

現在の洪水・洪水氾濫に関する 学習の課題

(1) 小学校第4学年理科における自然災害の 学習の位置づけの明確化

前章の(1)節で第4学年理科教科書の記述内容を分析して明らかになったように、「雨水の行方と地面の様子」と関連づけて自然災害を学べるが、自然災害の内容を掲載するか、またどのような災害を教材とするかは教科書会社によってかなり差異がある。差異が生じる背景が教科書会社の編集上の工夫であれば問題はないと考えるが、本事項の差異は学習指導要領解説理科編において、「自然災害との関連を図ることも考えられる」とあり自然災害の学習の位置づけが弱く、学習内容として災害の種類が示されていないことに起因している。本項目での学習内容と自然災害の関連を一層明確にすれば、防災学習に活かすことができると考えられる。

(2) 教育課程における洪水・洪水氾濫の学習 の位置づけの強化

前章の(5)節で見たように、洪水・洪水氾濫に関する誘因と素因は、中学校第2～3学年の学習を通じて認識させることができる教育課程となっている。一方で、気象災害について洪水・洪水氾濫以外を取り上げて学習を終えることもできるようになっている。水谷(2002)が述べているように、日本におけるもっとも主要で普遍的な自然災害は河川洪水によるものであることを踏まえると、洪水・洪水氾濫の学習について必須の内容とするなど、理科教育課程上の位置づけを強化することが望ましいと考えられる。

(3) 洪水氾濫の素因に関する学習の教育課程 上の課題

洪水氾濫の誘因と自然素因を扱う学習は、平成20年告示の中学校学習指導要領解説理科編(文部科学省, 2008)にも示されていたが、これまで問題点は指摘されていなかった。

た。今回明らかになった教育課程上の課題は、自然素因に関する学習の系統性が不十分なことと、洪水発生仕組みの学習が位置付けられていないことである。前者に関しては本項で、後者に関しては次項で議論する。

洪水氾濫を気象分野で学ぶ際、自然素因である中地形や小地形に関する学習（「浸水地域と土地の特徴などを整理させる学習」）を学習者は終えていることが望ましい。しかし、小・中学校理科において、平野の河川地形の学習は含まれていない（文部科学省，2018a，2018b）。中学校社会の地理的分野においては、「C 日本の様々な地域」の中の「(1) 地域調査の手法」の学習展開例に水害と地形の関係が示されているが、「(2) 日本の地域的特色と地域区分」で解説されている自然地形では、平野を流れる河川の微地形・小地形を扱うことにはなっていない（文部科学省，2018d）。このため、自然堤防、後背湿地、旧河道といった地形用語は学習しない（山神，2018）。以上のように、自然素因である河川地形についての学習の教育課程上の位置づけが不明確である。このため、鈴木ほか（2018）の試行的な理科の実践では、授業において学校周辺の河川に関する地形を学習させる必要があった。

洪水氾濫による災害の過程を系統的に学べるように教育課程が編成されているとは言えないのは、前節で指摘したように洪水・洪水氾濫の学習は気象災害の選択肢の一つであるため、教育内容に系統性を持たせることができないのではないかと考えられる。

(4) 災害事象としての洪水の科学的学習の課題

洪水氾濫による水害の大きさを鑑みるに、洪水は流域の水が集まって起こり、洪水氾濫は川を流れる水の流速と水深に関係があることを理解することは重要であると考えが、小・中学校の理科にはこのことを科学的に学ぶ学習項目がない。その背景には、基礎的な河川水理学と水文科学の内容がわが国の理科

教育課程にほとんど含まれていないことがあると考える。洪水、つまり河川の水位上昇は、流量、河道の形状、粗度（地表面の抵抗：水谷，2002；河道の流れに対するなめらかさ：中尾，2014）に規制されるが、降水から洪水氾濫に至る過程は複雑である（末次，2008）。洪水発生過程の再現のために、河川工学の分野では水の貯留機能（連続した蛇行区間、広い高水敷、樹木群など）を持つ大河川では貯留関数法が、洪水調節機能を持たない中小河川では合理式（平均降雨強度、流域面積、流出係数から流量を算出する式）がよく用いられる（水谷，2002；末次，2008）。先述の小学校第5学年教科書掲載の探究的な学習（1時間当たりの雨量と水位の関係）は合理式を踏まえたものであるが、この式は大きな流域には適用しがたい（水谷，2002）。このため中小河川を対象にしないと関係を見出すことが児童生徒には難しいと予想される。理科で洪水の仕組みを取り上げるとき、大河川ではなく中小河川を例として降雨強度と流域面積が水位に関係することを見出す学習が適切であり、その際、モデル実験による学習も可能だと考える。児童生徒の理解が進むように、洪水氾濫発生複雑な過程を単純化したモデルを開発することが必要である。局地的な大雨が頻発すると流域が比較的狭い中小河川での洪水が多発する恐れもあることから（国土交通省，2013）、このような学習は今後重要である。

(5) 洪水の誘因としての雨量の学習の導入

中学校理科学習指導要領（文部科学省，2018b）の第2分野「(4) 気象とその変化」の「ア 気象観測」の学習項目には雨に関する観測が含まれていない。「(イ) 前線の通過と天気の変化について」の解説において、「短時間の比較的強い降雨」といった表現が出てくるとどまり、雨量の概念は学ぶ機会がない。旧教育課程（文部科学省，2008）も同じで、教科書をみると雨量の解説は本文中に4社中1社、図表やその説明文に雨量や雨量計が記さ

れている例が3社である。生徒全員が雨量の概念を理科では学んではいない現状がある。他方、中学校社会科で降水量を学ぶ（文部科学省，2018d）。大きな雨量は、洪水災害や土砂災害の誘因であり、災害の予測には欠かせない物理量である。例えば、記録的短時間大雨情報は、雨量の実況情報であるが、発表された市町村では土砂災害が良く発生している（向井・牛山，2018）。雨に関する気象災害の発生機構や適切な防災気象情報を理解するため、雨量の概念を持つことは日本人にとっては極めて重要であると考えられる。小・中学校理科の教育課程に雨量の学習を位置づけるとともに、直接観測ではなく代替的な方法で雨量を児童生徒全員が学ぶ機会を設定する等の検討が必要である。

まとめ

本研究では、洪水氾濫に伴う自然災害の防災に科学的に取り組めるよう、災害の発生過程のうち自然科学に関する内容、特に誘因や自然素因を児童生徒が義務教育終了までに理科の学習において理解できるかどうかを、小・中学校学習指導要領および解説、教科書の記述内容を分析して検討した。その結果、平成29（2017）年告示の学習指導要領解説では、洪水・洪水氾濫の誘因と自然素因を学ぶ機会が明記されたが、例示として示される場合が多く、教育課程は自然災害の過程を系統的に学べるように編成されているとは言えなかった。また、理科教育の実践に関する先行研究を収集して成果と課題を検討したが、観察・実験に基づいた探究的な実践事例は、中学校の授業でモデル実験を取り入れた例が見られる程度で、小・中学校における研究成果の蓄積がなお必要である。

おわりに

平成29年告示の理科の学習指導要領に

なって、理科において自然災害の学習が充実したことは防災教育の推進において有利な状況である。しかしながら、洪水や洪水氾濫に関する学習の系統性や内容の不十分さが見出された。次期の教育課程の改訂までの間は、不十分な点を総合的な学習の時間等で補って学習を深めることが考えられるが、洪水氾濫に関する知識は国民全体にとって必要であることを考えると、本来は義務教育において系統性のある教育課程とするべきである。洪水や洪水氾濫に関する教育実践研究が少ないことも踏まえ、今後は学習内容の構成、教材、指導法の実践的な研究を充実させることで、よりよい水害の防災教育が展開されることを強く期待する。

注

- (1) 本研究においては、「洪水」を降雨や融雪により河川の水位や流量が異常に増える現象（椎葉，2009）とする。
- (2) 本研究においては、「洪水氾濫」を、河川を流れる洪水が堤防によって守られる堤防の内側の土地にあふれて広がる氾濫（外水氾濫）、および雨の排水不良によって生じる氾濫（内水氾濫）の双方を指す（立川，2009）ものとする。
- (3) 縮尺モデルとは、自然の事物を実際の大きさよりも縮小もしくは拡大したものを指す。
- (4) 平均流速は溪深（流水断面積を水に接する河床の長さで割った値）の2/3乗に比例することを示した、いわゆるマンニングの式（中尾，2014）を指す。
- (5) 流水が流れの中の物体に及ぼす流動圧力は、流速の2乗と水深との積で与えられる（水谷，2002）。

謝 辞

粗稿に対して甲南大学理工学部の林慶一教授からご指摘をいただき、本稿は著しく改善

された。また宇都宮大学共同教育学部の瀧本家康助教からもご助言をいただいた。2名の匿名査読者からは建設的なご意見をいただき、論文の表現を改善することができた。文献収集に当たっては正木詔一氏、秋田大学教育文化学部講師 田口瑞穂氏の協力を得た。岡田寛明氏には教科書分析の下調べをお願いした。本研究の一部は、JSPS 科研費 20H01749 (代表者 川村教一), 20K20850 (代表者 清水壽一郎) および河川財団による令和 2・4 年度河川基金の財政的支援を受けた。ご支援・ご協力くださった関係各位に感謝する。

文 献

- 有馬朗人ほか 62 名 (2016) 新版理科の世界 2 (平成 26 年度文部科学省検定済教科書 中学校理科用)。大日本図書, 東京, 304p.
- 有馬朗人ほか 58 名 (2020a) たのしい理科 4 年 (平成 30 年度文部科学省検定済教科書 小学校理科用)。大日本図書, 東京, 222p.
- 有馬朗人ほか 58 名 (2020b) たのしい理科 5 年 (平成 30 年度文部科学省検定済教科書 小学校理科用)。大日本図書, 190p.
- 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, 東京, 18-21.
- 細矢治夫ほか 27 名 (2017) 自然の探究 中学校理科 2 (平成 26 年度文部科学省検定済教科書 中学校理科用)。教育出版, 東京, 276p.
- 石浦章一ほか 105 名 (2020a) わくわく理科 4 (平成 30 年度文部科学省検定済教科書 小学校理科用)。啓林館, 大阪, 203p.
- 石浦章一ほか 105 名 (2020b) わくわく理科 5 (平成 30 年度文部科学省検定済教科書 小学校理科用)。啓林館, 大阪, 195p.
- 金子純一 (2013) 小学校における ESD の視点を取り入れた理科指導の工夫—洪水と放射線の問題を考える—。教育実践研究, 23, 133-138.
- 勝野 孝・勝田長貴・川上紳一 (2019) 実感を伴った理解と児童の思考を大切に理科の学習: 小学校第 5 学年「流れる水の働き」における実践。岐阜大学教育学部研究報告 自然科学, 43, 39-47.
- 川真田早苗 (2018) 徳島県吉野川中流水害頻発地域の小学校における「生きる力」を育成する防災教育の実践学的研究。兵庫教育大学大学院連合学校教育研究科 鳴門教育大学大学院 学位論文, 133p. [<http://id.nii.ac.jp/1624/00028626/>] (2020 年 10 月 29 日閲覧)
- 川村教一 (2020) 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。防災教育学研究, 1, 93-105.
- 川村教一・松井香菜子・山下清次・田口瑞穂 (2020) 大学生向けの雨水浸透のモデル実験教材開発と教育実践。秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要, No. 42, 77-86.
- 川村教一・長沼侑生・中田咲紀 (2019) 教員養成課程学生を対象とした月のモデル実験の実践: 縮尺モデルと概念モデルを用いた実践から。秋田大学教育文化学部研究紀要 教育科学, No. 74, 21-27.
- 川村教一・鈴木 創・山下清次・山谷美樹 (2018) 特別支援学校児童に対する理科の授業実践の成果: モデル実験装置を用いた流水の働きと洪水対策の学習。秋田大学教育文化学部研究紀要 教育科学, No. 73, 11-18.
- 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, 東京, 161-207.
- 小瀧健吾・川村教一 (2014) 児童の河川砂成因認識に対する教科書記述の影響: 児童への質問紙調査をもとに。秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要, No. 36, 11-20.
- 此松昌彦 (2018) 理科新学習指導要領からの防災教育。和歌山大学災害科学教育研究セ

- ンター研究報告, 2, 29-34.
- 今野弘平・藤田静作 (2011) 洪水に関する認識と小学校理科「流れる水の働き」の学習の関連性について—児童対象のアンケート調査から—. 日本科学教育学会研究会研究報告, 26, No. 3, 65-68.
- 水谷武司 (2002) 自然災害と防災の科学. 東京大学出版会, 東京, 207p.
- 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, 東京, 306p.
- 文部科学省 (2008) 中学校学習指導要領解説 理科編. 大日本図書, 東京, 149p.
- 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, 223p.
[<https://anzenkyouiku.mext.go.jp/mextshiryou/data/saigai03.pdf>] (2020年10月29日閲覧)
- 文部科学省 (2018a) 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, 東京, 167p.
- 文部科学省 (2018b) 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, 東京, 217p.
- 文部科学省 (2018c) 中学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説 理科編. 学校図書, 東京, 183p.
- 文部科学省 (2018d) 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, 東京, 237p.
- 元吉忠博 (2015) 防災教育に対する教師の知識と態度. 社会安全学研究, 5, 3-13.
- 毛利 衛ほか101名 (2020a) 新しい理科4 (平成30年度文部科学省検定済教科書小学校理科用). 東京書籍, 東京, 212p.
- 毛利 衛ほか101名 (2020b) 新しい理科5 (平成30年度文部科学省検定済教科書小学校理科用). 東京書籍, 東京, 180p.
- 向井利明・牛山素行 (2018) 記録的短時間大雨情報の変遷及び災害発生率. 災害情報, 16, 163-178.
- 村越 真 (2017) 安全教育の課題と21世紀型能力. 教科開発学論集, No. 5, 123-133.
- 村松和久・石田周治 (2020a) 楽しい理科4年 (平成30年度文部科学省検定済教科書小学校理科用). 信濃教育出版社, 長野, 186p.
- 村松和久・石田周治 (2020b) たのしい理科5年 (平成30年度文部科学省検定済教科書小学校理科用). 信濃教育出版社, 長野, 152p.
- 中尾忠彦 (2014) 河川工学の基礎と防災. 成山堂, 東京, 185p.
- 岡村定矩ほか50名 (2015) 新しい科学2 (平成26年度文部科学省検定済教科書中学校理科用). 東京書籍, 東京, 286p.
- 椎葉充晴 (2009) 洪水. 高橋 裕ほか (編), 川の百科事典, 丸善, 東京, 313-314.
- 霜田光一ほか30名 (2017) 中学校科学2 (平成26年度文部科学省検定済教科書中学校理科用). 学校図書, 東京, 304p.
- 霜田光一ほか45名 (2020a) みんなと学ぶ小学校理科4年 (平成30年度文部科学省検定済教科書小学校理科用). 学校図書, 東京, 204p.
- 霜田光一ほか45名 (2020b) みんなと学ぶ小学校理科5年 (平成30年度文部科学省検定済教科書小学校理科用). 学校図書, 東京, 192p.
- 末次忠司 (2008) 第2章 川の基礎知識と災害危険性の見方. 水防ハンドブック編集委員会 (編), 実務者のための水防ハンドブック, 技報堂出版, 東京, 21-47.
- 鈴木 創・川村教一・山下清次 (2018) 洪水災害とその水防に関する教育実践の成果と課題: 河川モデル実験と野外実習を中心とした中学生向け学習の例. 秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要, No. 40, 95-105.
- 立川康人 (2009) 洪水氾濫. 高橋 裕ほか (編), 川の百科事典, 丸善, 東京, 315.
- 田中泰雄 (2008) 海外の災害関係者の教育と災害軽減の枠組み. 岩崎信彦・林 勲男・

- 村井雅清（編），災害と共に生きる文化と教育，昭和堂，京都，267-279.
- 牛山素行（2017）日本の風水害人的被害の経年変化に関する基礎的研究．土木学会論文集 B1（水工学），73，I_1369-I_1374.
- 山神達也（2018）中学校社会科地理的分野の教科書における自然災害と防災の記述について．和歌山大学教育学部紀要，68，No. 2，63-70.
- 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，東京，253-339.
- 養老孟司ほか 33 名（2020a）未来をひらく小学理科 4 年（平成 30 年度文部科学省検定済教科書小学校理科用）．教育出版，東京，240p.
- 養老孟司ほか 33 名（2020b）未来をひらく小学理科 5 年（平成 30 年度文部科学省検定済教科書小学校理科用）．教育出版，東京，228p.

30 年版水害統計，明治以降の水害被害額等の推移（表－44）．（2020 年 10 月 17 日閲覧）

要 旨

水害の防災の推進を目的として，小・中学校の理科の教育課程と教科書の分析，および洪水氾濫に関する教育実践の先行研究の評価を行った．平成 29 年告示の学習指導要領により，洪水氾濫に関する学習が理科で可能になった．ただし，洪水氾濫の誘因および自然素因としての平野の河川地形について科学的に学習する機会はなく，自然災害の過程を科学的に学習する教育課程にはなっていない．児童生徒に河川氾濫をより深く理解させるためには，まず教育課程の改善が必要である．

キーワード：河川，洪水氾濫，誘因，素因，理科，義務教育

付 記

- [https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/monitor/2019/pdf/ccmr2019_all.pdf] 気象庁（2020）気候変動監視レポート 2019，90p．（2020 年 10 月 26 日閲覧）
- [https://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/bousai/saigai/kiroku/suigai/suigai_1-1-4.html] 国土交通省（2007）第 1 章 最近の水害実態 1-1 異常気象と水害，水害対策を考える．（2020 年 10 月 29 日閲覧）
- [https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/past_shinngikai/shinngikai/shakai/050124/pdf/ref_1.pdf] 国土交通省（2013）総合的な豪雨災害対策についての緊急提言及び豪雨災害対策アクションプランの概要（平成 16 年 12 月）．（2020 年 10 月 29 日閲覧）
- [<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00600590&tstat=000001138606>] 国土交通省水管理・国土保全局（2020）平成