

〈原著論文〉

小中学校における雨が降る様子と雨量を関連付けるための学習教材の開発

佐 竹 靖*

Development of Learning Materials for Elementary and Lower Secondary School Science Classes Aimed at Relating the Appearance of Rain to the Amount of Precipitation

(SATAKE Yasushi)

1. 問題の所在

近年、降雨が誘因となる災害が頻発している。例えば、2021年8月中旬～下旬に、西日本から東日本の広い範囲で続いた記録的な大雨が記憶に新しい。気象庁(2021)によると、この大雨では、総降水量が1400mmを超えた場所もあり、388件の土砂災害、26水系67河川で氾濫・侵食による被害が発生し、12名が亡くなったことが報告されている。このような現状において、児童生徒には、気象情報に関心を持ち、気象現象のしくみを理解し、命を守るための行動に繋がられるような防災リテラシーの向上が喫緊の課題である。

児童生徒がメディア等で日常的に触れている雨に関する情報は、主に天気予報(天気、降水確率、気温、風)や気象警報・注意報、降水量、天気図などである。しかし、児童生徒にとって、実際の雨が降る様子と雨の強さを示す雨量がどの程度結びついているのか疑問である。特に、降雨が誘因となる災害に備えるためには、気象庁やメディアが提供する降水量や雨量の情報から、具体的な雨の強さや降り方をイメージできることが重要であると考えられる。

義務教育段階において、気象に関する学習は系統的に学習される。小学校理科では、第4学年で「天気の様子」、「空気と水の性質」、「雨水の行方と地面の様子」、第5学年で「天気の変化」、「流れる水の働きと土地の変化」を学習する。また、中学校理科では、第2学年「気象とその変化」で扱われ、「気象観測」、「天気の変化」、「日本の気象」、「自然の恵みと気象災害」について学習する。しかし、降水量や雨量を気象要素として扱い、定量的に観測することは明

* 近畿大学教職教育部講師

〔キーワード〕 雨量、映像教材、簡易雨量体験装置、教材開発

記されていない(文部科学省、2017a、2017b)。これでは、実際に降る雨の様子と雨量を関連付けるための学習が十分ではないと考える。松尾・吉本(2021)は、降水を対象にした中学校理科教科書(平成27年検定済)の内容分析を行い、「降水量」や「雨量」を本文で扱っている教科書が、一部の教科書にとどまっている問題点を指摘している。さらに、教科書によって、「降水量」「大雨」「雨量」のような、降水の強さや量に関する言葉の使用頻度や使用箇所が大きく異なることも指摘している。これらは、本研究の課題意識とも重なる。

雨量を視覚的に捉える学習では、簡易雨量計を用いた観測が一般的である(例えば名越・木村、1994)。雨を捉える学習では、上昇気流中に浮かせた水滴の形の観察や、小麦粉に雨滴を受けて雨滴の大きさを測定する教材が一般的である(例えば地学団体研究会、1982、名越・木村、1994)。また、観測結果をもとに、発泡スチロール球を用いた粒径分布モデルを作成し、雨の強さと雨滴の大きさの関係を視覚化した教材が開発されている(吉本・永田、2013)。さらに、児童生徒が持つ雨音の感覚と、雨滴の大きさや雨の強さを関連づけるための雨音簡易観察装置の開発もされている(吉本・松尾、2017)。しかし、実際の雨の観察や観測は、天気によって左右される課題がある。さらに、実際の雨が降る様子と雨の強さを示す雨量を関連付けるための学習教材の開発は、未だ少ない状況である。

2. 研究の目的と方法

そこで、本研究ではまず、文部科学省検定済小・中学校理科教科書の分析と、中学生の雨に関する認識調査を実施することで、現状と課題を明らかにする。さらに、それらをもとに、小・中学校理科で活用できる、実際の雨が降る様子と雨量を関連付けるための学習教材を開発し、提案することを目的とした。

3. 小・中学校理科教科書の分析

現行の文部科学省検定済小・中学校理科の教科書における、降水量や雨量の扱いについて調査した。特に、雨量情報の提示の仕方や観測、定量的な雨量の情報と実際の雨の強さや降り方の関連付けなどに着目した。

小学校理科教科書では「雨の強さや雨量の情報(単位)」、「雨量の観測方法」、「児童による雨量の観測の実施」、「簡易雨量計のしくみと作り方」、「雨量と人の受けるイメージの表」を調査項目として設定した。中学校理科教科書では、「気象要素としての降水量や雨量の扱い」、「降

水量や雨量の説明」、「雨量の観測方法」、「生徒による雨量の観測の実施」、「簡易雨量計のしくみと作り方」、「雨量と人の受けるイメージの表」を調査項目として設定した。なお、「雨量の観測方法」には、アメダス（地域気象観測システム：Automated Meteorological Data Acquisition System）による自動観測についてや、雨量計に触れた観測方法も含むため、分析結果の表3、4では両者を区別できるように表記している。また、「雨量と人の受けるイメージの表」とは、気象庁が雨の強さと降り方について1時間雨量と予報用語、人の受けるイメージを示したものである（表1）（気象庁、2017）。

対象とした教科書は、平成31年文部科学省検定済小学校理科の5社（有馬ほか、2020、霜田ほか、2020、養老ほか、2020、毛利ほか、2020、石浦ほか、2020）と、令和2年文部科学省検定済中学校理科の5社（有馬ほか、2021、霜田ほか、2021、室伏ほか、2021、梶田ほか、2021、大矢ほか、2021）であり、比較できるように小・中学校の両方を出版している教科書に限定した。調査範囲は、小学校理科教科書では、第4学年の「天気の様子」、「空気と水の性質」、「雨水の行方と地面の様子」、第5学年「天気の変化」、「流れる水の働きと土地の変化」に該当する単元とし、中学校理科教科書では第2学年「気象とその変化」に該当する単元とした。また、本研究では、教科書への記載のされかたにも着目するため、教科書の構成要素を表2のように設定した。

表1. 雨量と人の受けるイメージ

1時間雨量 (mm)	予報用語	人の受けるイメージ
10以上～20未満	やや強い雨	ザーザーと降る
20以上～30未満	強い雨	どしゃ降り
30以上～50未満	激しい雨	バケツをひっくり返したように降る
50以上～80未満	非常に激しい雨	滝のように降る（ゴーゴーと降り続く）
80以上～	猛烈な雨	息苦しくなるような圧迫感がある。恐怖を感じる

表2. 本研究で設定した教科書構成要素と定義

教科書の構成要素	定義
本文	主要な単元の学習内容に関する文や図・表（見出しや学習課題、児童生徒が行う観察・実験、本文に引用されている図・表を含む）
資料	枠で囲まれた発展的内容やコラム、観察・実験の方法・技能
欄外の注釈	本文の周辺に配置されている注釈
章末のまとめ	各章末に設定されている用語の説明等
章末単元末問題	章末や単元末に設定されている練習問題

小学校理科教科書の調査結果を表3に示した。本研究が着目する項目は、第5学年の「天気の変化」と「流れる水の働きと土地の変化」に該当する単元において扱われており、第4学年では扱われていなかった。そのため表3は、第5学年の結果のみをまとめている。「天気の変化」に該当する単元では、「雨の強さや雨量の情報（単位）」について、全社でアメダスの雨量情報（1時間降水量分布図）が扱われていた。図中の雨量の単位は、5社中3社が「mm」ではなく「強弱」で表記されていた。「流れる水の働きと土地の変化」に該当する単元では、5社中3社で日ごとの積算雨量を棒グラフで表した図が掲載されており、単位は「mm」が使用されていた。「雨量の観測方法」については、「天気の変化」に該当する単元において扱われているが、すべてアメダスによる観測が行われていることに限定されており、雨量計についての記載はなかった。次に、「児童による雨量の観測の実施」、「簡易雨量計のしくみと作り方」といった、児童自らが雨量を観測することに関わる内容は、全社で記載がなかった。さらに、「雨量と人の受けるイメージの表」は、雨量と実際の雨の強さや降り方のイメージを結びつける上で重要な資料であると考えるが、扱っていたのは1社であった。

これらのことから、小学校理科教科書の紙面上の課題として、アメダスの雨量情報の読み取りについては学ぶが、その情報がどのような観測によってもたらされているかについては学習していないことが示された。さらに、一部の教科書では雨量が「mm」で表されることに触れ

表3. 平成31年文部科学省検定済小学校理科教科書（第5学年）の分析結果
（上段：記載の有無、下段：記載されている構成要素）

項目	単元	A社	B社	C社	D社	E社
雨の強さや雨量の情報（単位）	天気の変化	○ 本文、資料、 章末単元末 問題（強弱）	○ 本文、資料、 章末単元末 問題（強弱）	○ 本文、 資料 (mm)	○ 本文、 資料 (強弱)	○ 本文、資料、 章末単元末 問題（mm）
	流れる水の働きと土地の変化	○ 本文 (mm)	○ 本文 (mm)	○ 資料 (mm)		
雨量の観測方法 （ア：アメダス、 雨：雨量計につ いて）	天気の変化	○ 資料 (ア)	○ 資料 (ア)	○ 資料 (ア)	○ 資料 (ア)	○ 本文 (ア)
児童による雨量 の観測の実施						
簡易雨量計のし くみと作り方	流れる水の働き と土地の変化		○ 本文			
雨量と人の受け るイメージの表						

表4. 令和2年文部科学省検定済中学校理科（第2学年）の分析結果
（上段：記載の有無、下段：記載されている構成要素）

項目	A社	B社	C社	D社	E社
気象要素としての降水量や雨量の扱い	○ 本文	○ 本文		○ 章末のまとめ	○ 本文
降水量や雨量の説明	○ 欄外の注釈	○ 資料		○ 資料	○ 資料
雨量の観測方法 （ア：アメダス、雨：雨量計について）	○ 欄外の注釈、資料 （雨、ア）	○ 資料 （雨、ア）	○ 資料 （ア）	○ 資料 （雨、ア）	○ 資料 （雨、ア）
生徒による雨量の観測の実施					
簡易雨量計のしくみと作り方				○ 章末単元末 問題	○ 資料
雨量と人の受けるイメージの表	○ 本文				

ないまま学習を終えてしまう可能性も示された。

中学校理科教科書の調査結果を表4に示す。5社中3社で、「雨量」が気象要素として「本文」に明記されており、1社は「章末のまとめ」でのみ明記されていた。「降水量や雨量の説明」や「雨量の観測方法」に関しては、「本文」では扱われず、「欄外の注釈」や「資料」等で扱われていた。また、気象観測は、全社で生徒が行う観測として設定されていたが、観測対象となる気象要素は、主に天気や雲量、気温、湿度、気圧、風向・風力であり、降水量や雨量は明記されていなかった。「簡易雨量計のしくみと作り方」は5社中2社で扱われており、「雨量と人の受けるイメージの表」は、扱っていたのは1社のみであった。

これらのことから、中学校理科教科書の紙面上の課題として、降水量や雨量の気象要素としての扱いに差があり、小学校理科教科書と同様に、「生徒による雨量の観測の実施」は、全社で扱われていないことが示された。

児童生徒による雨量の観測は、学習指導要領に明記されていないことや、天候に左右される点、安全や健康に配慮すると教科書で扱うことが難しいのではないかと推察される。しかし、現状メディア等で降水量や雨量の情報が多く発信される中で、義務教育段階において直接雨の観察や雨量の観測を実施せず、降水量や雨量の情報と実際の雨の強さや降り方のイメージが結びつきにくい状況にあることは改善すべきであると考えられる。また、小学校接続の視点では、小学校理科における雨の観察や雨量の観測経験の有無は指導教員の創意工夫に依存しており、雨

量の単位も一貫性がない状況であることを念頭に中学校の気象教育を展開する必要があることが示唆された。

4. 生徒の認識調査の結果

実際の雨が降る様子と雨量がどの程度関連付けられているかを調べるために、2022年度に入学した気象単元を未習のA中学校第1学年(n = 103)を対象に認識調査を行った。調査で明らかにしたい内容は、次の3点である。

- ・時間雨量80mm程度の雨が降っている様子の映像を見せ、時間雨量を推定できるか。
- ・時間雨量から、雨の強さを想像できるか。
- ・「激しい雨」と聞いて、想像している時間雨量。

質問1は、「映像をみて、この雨が1時間降り続いたとすると、雨量は何mmになると思いますか?近い値を選んで下さい。」と設定した。生徒が視聴した映像は、2022年7月27日にA中学校のグラウンドに降る時間雨量80mm(気象庁雨雲レーダーにて推定)を撮影したものである。映像は、グラウンド全体だけでなく、水たまりの波紋や跳ね返り、透明ビニール傘に打ち付ける雨音や雨滴の様子も記録した。動画の長さは20秒間である。回答の選択肢は0mmから300mm以上まで、10mmごとに作成した。結果は、50mmごとに集約した(図1)。質問2は、「天気予報などで、『降水量(1時間雨量)が〇〇mmと予想されています』と聞いて、どのくらいの雨が降るか想像できますか?」と設定した。結果を表5にまとめた。質問3は、「天気予報で、『激しい雨になる見込みです』と予報されていました。『激しい雨』とは、時間雨量が何mmくらいのことを指していると思いますか?近い値を選んで下さい。」と設定した。回答の選択肢と結果の集約は、質問1と同様である(図2)。

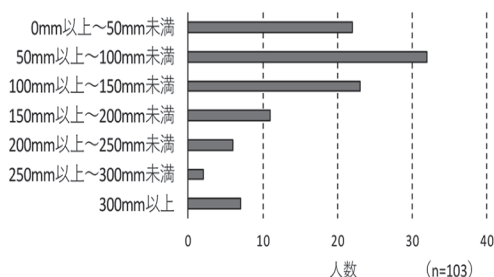


図1. 質問1の回答

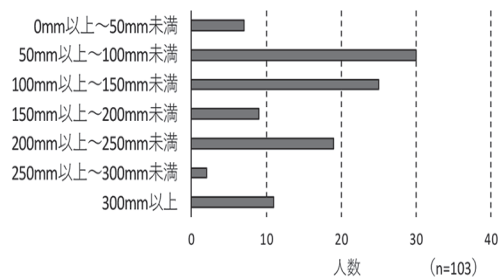


図2. 質問3の回答

図1から、およそ正しい範囲を選択している生徒は31.1%にとどまった。また、表5からは68.9%が、否定的な回答をしている。これらのことから、生徒にとって実際に降る雨の様子と、雨量の値が十分に結びついていない実態が示された。さらに、図2の回答の選択にばらつきがあることから、生徒は「激しい雨」と聞いたときに、様々な雨量を想像していることも明らかとなった。気象庁では、予報用語としての「激しい雨」を表1のように定義づけている。したがって、正しい選択をしている生徒は6.8%にとどまった。

本調査で対象とした生徒は、小学校で現行の理科教科書で学んできた生徒である。本調査の結果からも、実際の雨が降る様子と雨量が十分には結びついていない現状が明らかとなった。

5. 教材について

そこで、本研究では、実際の雨が降る様子と雨の強さを示す雨量を関連付けることをねらいとして、以下の2つの教材を開発した。

教材1：実際に雨が降る様子の映像教材

教材2：簡易雨量体験装置

教材1で、実際の雨が降る様子を視覚的・聴覚的に観察し、任意の雨量を再現できる教材2において、教室内で教材1と同様の雨量を体験できれば、実際の雨が降る様子と雨量を関連付けることができるのではないかと考えた。

5-1. 教材1：実際に雨が降る様子の映像教材

時間雨量1mm～80mmの雨が降る様子を撮影した(表6)。時間雨量は、気象庁雨雲レーダー画像から推定した。生徒が日常目にする雨の様子と関連させやすいように、水たまりの波紋や、透明ビニール傘に打ちつける水滴の様子、音なども併せて記録した。

表5. 質問2の回答

選択肢	割合 (%)
よく想像できる	3.9
ある程度想像できる	27.2
あまり想像できない	59.2
まったく想像できない	9.7

表6. 実際に雨が降る様子の映像教材

時間雨量	記録日	記録場所
1～2mm	2023.06.11	奈良市
4～8mm	2023.06.02	奈良市
16～24mm	2023.06.02	奈良市
80mm～	2022.07.27	奈良市

5-2. 教材2：簡易雨量体験装置

一般に、防災学習等で活用される降水体験車などは、大掛かりなものが多く、通常の授業の中で活用することは難しい。そこで本装置は、ホームセンターなどで入手が可能な材料を用いて作成できる簡易雨量体験装置を開発した。本装置は、傘をさした生徒が、1名入ることが可能な大きさ（縦60cm×横90cm×高さ180cm）で設計した（図3）。天井部分の分解は難しいが、柱の部分は容易に分解できるため、一般の乗用車に積載して輸送が可能である。ノズルは、水滴の滴下量をネジで調節可能な植木鉢用自動給水キャップを使用し、上部タンクの水深10cmの時に約1秒間に1滴ずつ落ちるように調節した（図4）。ノズルは、1列あたり11個あり、それらを14列配置した。上部タンクは2つあり、1つあたり7列のノズルに接続されている（図5）。従って、片方のタンクに水を入れた場合と両方入れた場合で、約2倍の雨量が再現できるようにした。さらに、上部タンクの水深によって雨量を調整可能にした。

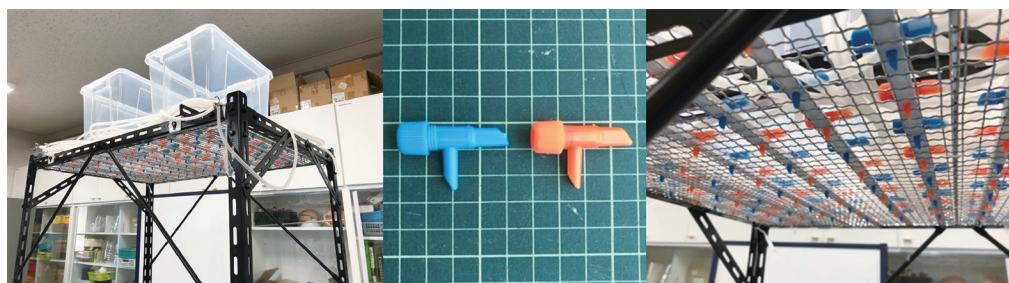


図3. 簡易雨量体験装置

図4. ノズル

図5. ノズルの列

5-3. 簡易雨量体験装置の自然降雨の再現性に関する検討

簡易雨量計を用いて雨量を測定したところ、上部タンクの水深を10cmにした際、タンク1つでは時間雨量36mm、2つでは時間雨量96mmの雨量を再現できた。

次に、水滴の大きさを吉本・松尾（2017）を参考に算出した。以下の通りである。

- ① 図6のような装置を組み、水滴を生成する。
- ② 電子天秤（OHAUS TA：最小表示0.01g）にビーカー（200ml）を置き、ゼロ調整を行う。

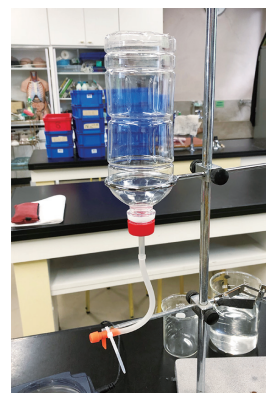


図6. 水滴を生成する装置

- ③ 50滴の水滴を滴下し、水の質量を計測する。
- ④ デジタル温度計 (HI98509 HANNA) で水温を測定する。
- ⑤ 1滴あたりの質量を算出して、水滴の球等価直径の平均値を算出する。
- ⑥ ①～⑤を5回繰り返し、その平均値を求める。
- ⑦ 5つのノズルで⑤を求める。

球等価直径とは、扁平な形状の水滴と等しい体積を持つ球の直径である。⑤は式 (1) を用いて算出した。水滴の球等価直径を R (cm) とし、1滴あたりの体積を V (cm³)、 $\pi = 3.142$ とした。

$$R = \sqrt[3]{3V / 4\pi} \dots \dots \dots (1)$$

また、1滴あたりの体積は式 (2) で求められる。1滴あたりの質量を m (g)、水の密度を ρ (g/cm³) とした。

$$V = m / \rho \dots \dots \dots (2)$$

水の密度 ρ (g/cm³) は、温度で異なる。今回の測定では、水温が24.7～24.8℃の範囲であった。Kell (1975) によれば、1気圧24℃の水の密度は 0.9972965g/cm³ であり、25℃の水の密度は 0.9970449g/cm³ であった。

そこで、本研究では、水の密度を 0.997g/cm³ に設定した。本研究の精度上、十分であると判断した。

結果を表7に示した。表7から、ノズル1～5が生成する水滴の球等価直径は、4.5～4.6mm であることがわかった。一般に、直径0.5mm 以上の水滴を雨とよぶ。また、

表7. 本装置が生成する水滴の球等価直径

	ノズル内径 (mm)	球等価直径 平均値 (mm)	標準偏差
ノズル1 (オレンジ)	2.95	4.62	0.01
ノズル2 (オレンジ)	2.95	4.52	0.03
ノズル3 (オレンジ)	2.95	4.56	0.03
ノズル4 (青)	2.95	4.53	0.02
ノズル5 (青)	2.95	4.52	0.03

力学的に直径 10mm 以上の雨滴は見られない (日本気象予報士会、1998)。また、通常の雨の雨滴は直径 1～2 mm が多く、大粒の雨では直径 2～4 mm、夕立の雨では直径 4～6 mm であるとされる (日本気象予報士会、2008、吉本・松尾、2017)。従って本装置の生成する水滴は、自然降雨の雨滴の中でも大きい方に含まれ、夕立の雨で観測されるような大きさに相当するといえる。

5-4. 簡易雨量体験装置の限界性

本装置は、時間雨量 36mm と 96mm という「激しい雨」と「猛烈な雨」の雨量を再現することができた。さらに、生成する水滴の大きさも、自然降雨の範囲内である。しかし、実際に透明ビニール傘をさして中に入ると、傘を滴る水の様子や付着する水滴の様子は、実際の雨の様子の映像教材と概ね一致するが、雨音の大きさについては小さく感じた。これは、水滴の落下速度に関係していると考えられる。自然降雨では、雨滴の落下速度は終端落下速度に達していると考えられる。終端落下速度とは、雨滴にはたらく重力と空気抵抗がつりあい、落下速度が一定となった時の速度である (小倉、1984)。Mason (1971) によると、本装置が生成する球等価直径 4.5～4.6mm の水滴の落下速度は、1気圧20℃の空気中において 9.03m/s と示されている。しかし、球等価直径 4.5～4.6mm の水滴が終端落下速度に到達するためには、少なくとも 15～20m の高さから落下させる必要がある (例えば石川ほか、1998)。

また、自然降雨では、雨滴の大きさは一定ではなく、その雨滴粒径分布は多様である (例えば菊池・小林、1989、山田ほか、1996、吉本・永田、2013)。しかし、本装置の再現できる水滴の大きさは一定である。

6. 考 察

現行の文部科学省検定済小・中学校理科の教科書を分析した結果、雨の観察や降水量や雨量の観測が明記されていない紙面上の課題や、中学校理科教科書の雨量の気象要素としての扱いに差があることなどが示された。さらに、生徒の認識調査の結果からも、実際の雨が降る様子と雨量が十分には結びついていない現状が明らかとなった。

雨量の情報と実際の雨の強さや降り方の関連付けを図るためには、実際に雨が降っている時に、雨量情報を確認し、雨滴の観察や簡易雨量計を用いた観測などを行うことが最も望ましいと考える。しかし、授業に合わせて雨が降ることはなく、決まった雨量を期待することもでき

ない。加えて、児童生徒の安全や健康への配慮等を考えると、通常のカリキュラムの中に、雨滴の観察や雨量の観測を位置付けることは難しい。このような現状の中で、本研究の教材は、天気によって左右されず、時間雨量1～2mmの雨から災害につながるような時間雨量80mmを超える猛烈な雨までの観察を可能とし、室内での雨量体験も可能とした意義は大きい。

例えば、小学校理科では、第5学年の「天気の変化」に該当する単元において、アメダスでの雨量情報について触れる場面がある。その場面で、映像教材の観察や、簡易雨量体験装置内に入って雨量の違いを感覚的に体験するなどの活用が考えられる。そうすれば、後の「流れる水の働きと土地の変化」に該当する単元において、雨量と災害に関する学習の理解がより深まるのではないかと推察する。また、中学校理科では、気象要素の観測場面において、映像教材の観察や雨量体験に加え、簡易雨量計を用いた雨量の測定や、測定した時間雨量からグラウンドの面積に降雨する水の全体量を算出する学習などを行うことが考えられる。たとえ感覚的に小さな値に感じられる雨量でも、地域の河川流域全体に降る水量で考えると、甚大な量になることが容易に実感できると推察される。

しかし、簡易雨量体験装置の活用では、雨滴の終端落下速度の再現に限界があるため、注意が必要である。完全な再現ができない部分について、敢えて児童生徒に問うて考えさせることも、自然降雨への深い理解につながるのではないかと考える。

7. まとめと今後の課題

本研究の結果、次のような成果が得られた。

- 小学校理科教科書の紙面上の課題として、アメダスの雨量情報の読み取りに傾倒し、実際の雨量の観測方法が扱われていないことや、雨量の単位も一貫性がない状況であることが示された。また、児童による雨の観察や雨量の観測は扱われていないことが示された。
- 中学校理科教科書の紙面上の課題として、降水量や雨量の気象要素としての扱いに差があり、生徒による雨の観察や雨量の観測は扱われていないことが示された。
- 本研究が開発した教材は、天気によって左右されず、時間雨量1～2mmの雨から災害につながる時間雨量80mmを超える猛烈な雨までの観察を可能とし、室内での雨量体験も可能とした。

今後の課題として、本教材を小・中学校での実践で活用し、その効果を検証する必要がある。また、本研究では、簡易雨量体験装置の雨量の調節をタンクの切り替えのみで行った。さ

らに水位の調整等を加え、再現できる雨量を増やす必要がある。また、ノズルの変更等を行い、水滴の大きさを調整する機能を追加するなど、自然降雨に近づけるための改良も必要である。

付 記

本研究は、科研費(22H04044)による助成を受けて行った。

参考・引用文献

有馬朗人ほか58名(2020)「楽しい理科4年、5年」、大日本図書

有馬朗人ほか70名(2021)「理科の世界2」、大日本図書

気象庁(2021)「気象庁報道発表」 <https://www.jma.go.jp/jma/press/2109/13a/kentoukai20210913.pdf> (2023年9月26日参照)

気象庁(2017)リーフレット「雨と風(雨と風の階級表)」 https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/amekaze/amekaze_omote.png (2023年9月23日参照)

石川忠晴・林尚志・鶴田泰士(1998)「雨滴音と雨粒諸元の関係に関する可視化実験」、可視化情報、18(69)、pp.45-52

石浦章一ほか106名(2020)「わくわく理科4、5」啓林館

梶田隆章ほか134名(2021)「新しい科学2」、東京書籍

Kell, G. S (1975) "Density, Thermal Expansivity, and compressibility of liquid water from 0° to 150° C : correlations and tables for atmospheric pressure and saturation reviewed and expressed on 1968 temperature scale." J Chem Eng Data (Journal of Chemical & Engineering Data), 20(1), pp.97-105

菊地勝弘・小林利章(1989)「水のタイプと雨滴粒度分布の関係:(雨滴の気候学;その1)」北海道大学地球物理学研究報告、52、pp.33-54

Mason, B. J (1971) "The Physics of Clouds, 2nd edition", Oxford

松尾亮太郎・吉本直弘(2021)「降水を対象にした中学校理科教科書の内容分析—第2学年『気象とその変化』について—」、地学教育、第73巻、第4号、pp.55-69

文部科学省(2017a)「小学校学習指導要領(平成29年告示)」

文部科学省(2017b)「中学校学習指導要領(平成29年告示)」

- 毛利衛ほか101名 (2020)「新しい理科 4、5」、東京書籍
- 室伏きみ子ほか34名 (2021)「自然の探究中学校理科 2」、教育出版
- 名越利行・木村龍治 (1994)「気象の教室 6 気象の教え方学び方」、東京大学出版会 217p
- 日本気象予報士会 (1998)「気象科学事典」、東京書籍
- 日本気象予報士会 (2008)「気象予報士ハンドブック」、オーム社
- 大矢禎一ほか147名 (2021)「未来へひろがるサイエンス 2」、啓林館
- 小倉義光 (1984)「一般気象学」、東京大学出版社
- 佐竹 靖 (2023)「雨の映像と簡易降水量体験装置を併用した学習教材の開発 ―雨が降る様子
と降水量を実感を伴いながら関連づけることをねらいとして―、日本理科教育学会全国
大会発表論文集、21、p.208
- 霜田光一ほか45名 (2020)「みんなと学ぶ小学校理科 4 年、5 年」、学校図書
- 霜田光一ほか33名 (2021)「中学校科学 2」、学校図書
- 地学団体研究会「自然を調しらべる地学シリーズ」編集委員会 (編集顧問：佐藤明達・丸山健
人) (1982)「自然を調べる地学シリーズ 1 星と天気」、東海大学出版会
- 山田正・日比野忠史・鈴木敦・蓑島弥成・中津川誠 (1996)「新しいタイプのレーザー雨滴計の
開発とこれを用いた降雨の雨滴粒径分布の観測」土木学会論文集、539(II-35)、pp.15-30
- 養老孟司ほか33名 (2020)「未来をひらく小学理科 4 年、5 年」、教育出版
- 吉本直弘・永田佳奈子 (2013)「雨の強さと雨滴の大きさの関係を可視化する模型教材の開発」
大阪教育大学紀要、第 V 部門教科教育、62(1)、pp.21-29
- 吉本直弘・松尾亮太郎 (2017)「雨滴の大きさの違いを捉える雨音の簡易観察装置の開発」地学
教育、70(1)、pp.1-13