

【原 著】

顕著な大雨日の出現状況に注目した
20世紀の梅雨降水変動に関する
探究的授業の開発（九州の長崎を例に）

蔵田 美希 加藤 内藏進 大谷 和男

Development of a Study Plan on Investigating the Long-term Variation of the Baiu
Precipitation during the 20th Century with Attention to Appearance of
the Heavy Rainfall Days at Nagasaki in the Northwestern Part of Kyushu

Miki KURATA , Kuranoshin KATO , Kazuo OTANI

2012

岡山大学教師教育開発センター紀要 第2号 別冊

Reprinted from Bulletin of Center for Teacher Education
and Development, Okayama University, Vol.2, March 2012

原 著

顕著な大雨日の出現状況に注目した 20 世紀の梅雨降水変動に関する 探究的授業の開発 (九州の長崎を例に)

蔵田美希^{*1} 加藤内蔵進^{*2} 大谷和男^{*3}

要旨：梅雨降水量の多い西日本の長崎を例に、20 世紀の梅雨降水変動に関する探究的授業の開発を行った。本学習プランは、高校の『地学基礎』、『地学』、『地理』をも念頭に置いたものであるが、岡山大学教育学部の「生活科内容研究 A」の 1 コマ分を使って研究授業を行い、その結果を分析した。気候学的に梅雨が明ける 7 月後半頃には『無降水日』も多いが、その時期にも主に梅雨前線活動に関連した『顕著な大雨日』がしばしば出現する。授業では、そのような点を探究的に見出すことを目標とし、7 月後半頃の日々の大雨日及び無降水日の出現状況やそれらの梅雨最盛期との違い、7 月後半頃の顕著な大雨日における気圧配置の特徴などを、6～7 月の日々の降水量データ表などに基づき読み取る作業・考察を学習活動の中心に据えた。本稿では、取り扱った現象の特徴、授業の概要、分析結果などについて報告する。

キーワード：『日本の天気』, 気象教育, 梅雨と豪雨の気候学, 20 世紀の気候変動, 探究的気象授業の開発

※1 蔵田美希 (岡山大学教育学部 理科教育専修)

※2 加藤内蔵進 (岡山大学大学院教育学研究科 自然教育学系理科教育講座)

※3 大谷和男 (岡山大学大学院自然科学研究科 先端基礎科学専攻)

I. はじめに

地球温暖化に伴う地域ごとの気候変化応答の解明やそれらに関する知見の普及は社会的にも重要な問題の一つであり、東アジアでは梅雨もそのターゲットとして重要な現象である。日本の降水の年々変化に関連して、気象庁 (2005) が指摘したように、大まかには、近年、年降水量の変動が大きくなっており、降水量の多い年と少ない年とがともに現れやすくなっているという。しかし、顕著な亜熱帯前線帯としての梅雨前線の活動や関連する日本の天候は、アジアモンスーンに伴う低緯度側と中高緯度側双方の広域システムの影響を強く受けるため (Kato 1985, 1987, 1989; 加藤 1997, 2002; Kawamura and Murakami 1998; Ninomiya 1984; Ninomiya and Muraki 1986; Ninomiya and Mizuno 1987; Nakamura and Fukamachi 2004; 中村・深町 2005, 等), 地球温暖化等に対しても複雑な応答をすることが考えられ、そのことも踏まえた理解や普及が必要である。

ところで、中学・高校での気象の単元で扱う日本の気象・気候系の中で、梅雨は重要な現象の一つであり、その特質を深く理解させるための探究的授業の提案は意味深い (中学校では、日本の四季の天気も学

習指導要領で平成 24 年度から復活)。また、気候システムは非線型性が強く一筋縄ではいかない複雑な応答をするが、それを反映した現象の全体像を正しく把握する力の育成も、地学教育・環境教育において不可欠である。また、そのような複雑さを持つ気候系の特徴を多面的に捉える活動は、種々の問題が複雑に絡み合う中での持続可能な社会づくりへ向けた教育、いわば、ESD (Education for Sustainable Development) の一環としても意義深いことと考える。

そこで、今述べたような視点も交えながら『日本の気象・気候』の理解を深めるために、高等学校での『地学基礎』(平成 24 年度より)、『地学』、『地理』等において、「気象データの分析活動」を主体に据えた探究的授業の開発も有意義と考える。このことは、生の気象情報やデータから、その現象の特徴を事実関係としてどう把握していくかという、いわば『情報読解力』を育みつつ地学的視点を高めるという学習活動への格好の素材にもなりうる。

なお、現行の学習指導要領において、梅雨に関しては、小中学校の教科書でも (例えば東京書籍)、発展的内容としての位置づけではあるが、気象衛星画

像等を活用して、梅雨前線降水帯の特徴や梅雨期とその前後の日本の天気に関する教材が提示されている。これらは、春や秋の移動性の高低気圧の周期的な東進・通過に伴う『西から東への天気変化』とかなり違う状況として、児童・生徒が興味を持つ題材であろう。しかし、梅雨に関しては、高等学校の教科書でも、小笠原高気圧とオホーツク海高気圧との境界という見方にとどまっており（アジアモンスーンの影響にも事項としては言及されている場合があるが）、西日本の日々の降水を特徴づける因子までは踏み込まれていない。

ところで、Ninomiya and Mizuno (1987), 加藤 (1997, 2002), 加藤他 (2009), 加藤他 (2011) らの解析や教材開発で述べられているように、西日本側の梅雨前線付近では豪雨の頻出に伴って総降水量も多い。従って、梅雨絡みの探究活動の際には、日々の大雨の発生に関する気候学的側面にも注目させる必要がある。一方、春から梅雨最盛期を経て梅雨明けの時期まで、アジアモンスーンの細かいステップでの遷移に伴って、単に梅雨前線の位置だけでなく、前線の大気構造や降水特性の季節的な違いも大きい (Tian and Yasunari 1996; Kato and Kodama 1992; Kato 1985, 1987, 1989; Kawamura and Murakami 1998; Ninomiya and Muraki 1986; Ninomiya 1989; Ueda et al. 1995; Ueda and Yasunari 1996)。更に、梅雨最盛期から盛夏期にかけては、単に季節進行に伴う変化だけでなく、日本付近の亜熱帯高気圧や梅雨前線の年々変動も大きい (Nitta 1986, 1987; Kurihara and Kawahara 1986; Kurihara and Tsuyuki 1987; Tsuyuki and Kurihara 1989; Sato and Takahashi 2001)。

梅雨期の降水の年々変動に関して、Endo (2011) は、1901～2009年の37地点における降水量データを用いて梅雨の季節進行の長期変化について解析し、梅雨末期の日本海側の地域で降水の長期的増加傾向を指摘した。しかし、基本的に期間平均値の解析であり、階級別日降水量の寄与などで見た特徴までは言及されていない。そこで本研究では、多降水日の頻出に伴って梅雨最盛期の気候学的な総降水量が多い九州北西部 (Ninomiya and Mizuno 1987, 等) の例として、長崎における1901年以降の約100年分の日降水量データに基づき教材を作成した。本研究では、日本気象学会の全国大会や同関西支部例会等で本研究グループが発表した preliminary results を利用した (加藤他 (2010) 等の口頭発表。詳細な結果について

は現在、取り纏め中である)。

なお、本授業の提案において、情報読解力の訓練という側面も鑑みると、単に梅雨最盛期の基本的な状況ばかりでなく、夏の天候の年々変動の両極端としての、「亜熱帯高気圧に覆われる事例と、梅雨前線が停滞する事例の出現状況の季節的交代や年による違い」に注目させることも有益である。そこで、本研究では、6月後半ではなく7月後半の状況を中心に据える授業とした。

従って授業では、降水量データの分析活動の際に、『多降水日』(本研究では、日降水量50mm以上の日と定義)、その中でも『顕著な大雨日』(日降水量100mm以上の日と定義)に注目するとともに、『無降水日』(日降水量0.0mmの日と定義)の出現状況にも注目した。

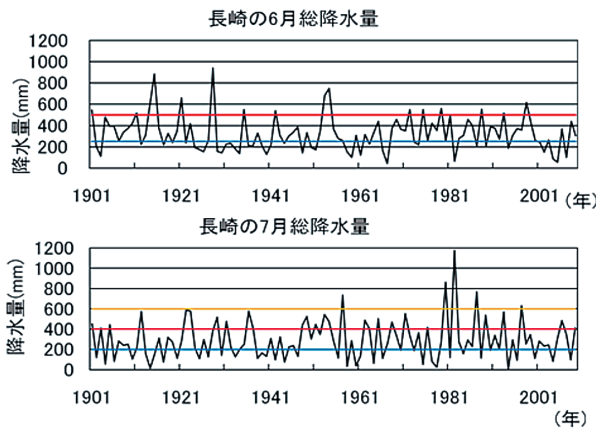
本授業内容は、小学校等の教員を目指す文科系、芸術系の学生にも必要な科学的リテラシーでもあるので、岡山大学教育学部の2011年度前期開講の「生活科内容研究A」(加藤内藏進, 安藤元紀担当。小学校教員免許に必修の科目の一つ)の中に加藤内藏進担当の1回分を使って実施した。この研究授業では、日々の降水データや天気図を活用した学習活動により、梅雨明け頃の時期における日々の降水の振る舞い、多降水日の出現の特徴やその時の日本付近の気圧配置や前線の位置、およびそれらの梅雨最盛期との違いを図から読み取らせる作業を活動の中心に据えた。

II. 西日本の長崎を例とする20世紀の梅雨降水量の長期変動の特徴の概要

授業内容の記述の前に、まず本章では、長崎における6～7月の降水量変動の特徴について、授業で用いた内容を中心に紹介する。本章での図表は、加藤他 (2010) の口頭発表の図表や、補足的に新たに行った解析結果を教材用にアレンジしたものである。なお、加藤他 (2010) や本研究での新たな解析には、気象庁HPに掲載された日本の気象官署における日降水量等の地上気象観測データを、九州の長崎を中心に1901～2009年についてダウンロードして利用した。また、地上天気図に関して、1971～1995年については『天気図集成』、1996～2000年については『気象』(いずれも、日本気象協会刊行)に掲載された、毎日09時(日本標準時)のものを使用した。なお、時刻に関しては、本稿では特に断らない限り、日本標準時で示すことにする。

1901～2009年における6月、7月の月降水量の年々

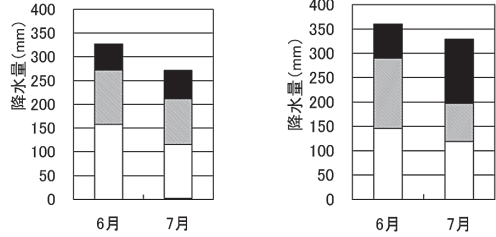
変動の時系列を第 1 図に示す。また、6、7月の長崎における総降水量や、『多降水日』、『顕著な大雨日』のみで積算した総降水量（それらの降水日による寄与）を第 2 図に示す。左図は 1911～1940 年（ほぼ 20 世紀前半）での平均値、右図は 1971～2000 年（ほぼ 20 世紀後半）での平均値である。1971～2000 年についての 6 月後半と 7 月後半とを比較した同様な図を第 3 図に示す。本研究では、1901～1945 年（20 世紀前半）、1956～2000 年（20 世紀後半）についても同様な図を作成した。その結果、20 世紀前半と後半の特徴の違いは、上述の各 30 年間の統計値でもほぼ同様に見出されたので、教材としての簡便性を鑑みて、授業では各 30 年間での比較を行わせた。



第 1 図 長崎における月降水量の年々変動(mm)。上段に 6 月、下段に 7 月を示す。それぞれ[平均値+(標準偏差/2)], [平均値-(標準偏差/2)]に対応する値の目安として、6 月については月降水量 500mm (赤)と 250mm (青)、7 月については 400mm (赤)と 200mm (青)の線を色で示した。更に 7 月については、600mm の線も黄色で示した。

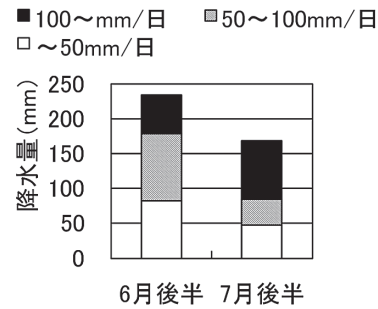
6 月の降水量について、20 世紀前半は、「かなり降水の多い年はあるものの、降水の少ない年の頻度が高い」という年々のばらつきが顕著であった（第 1 図上段）。図は略すが、その年々変動には、50～100 mm/日程度の『多降水日』の寄与を反映していた。例えば、1901～1945 年の 6 月における [平均値+(標準偏差/2)] にほぼ対応する月降水量 500mm 以上の年数は 8 年、[平均値-(標準偏差/2)] に対応する月降水量 250mm 以下の年数は 21 年であり、平均値に対して、比較的小きな値をとる年数がかなり多かった（1956～2000 年では、それぞれ、6 年、12 年）。

総雨量に対する階級別日降水量の寄与(1911～1940年平均) 総雨量に対する階級別日降水量の寄与(1971～2000年平均)



第 2 図 (左)1911～1940 年、(右)1971～2000 年で平均した、6 月と 7 月におけるそれぞれの総降水量に対する階級別日降水量の寄与の比較。

総雨量に対する階級別日降水量の寄与(1971～2000年平均)



第 3 図 第 2 図(右)と同様。但し、6 月後半と 7 月後半とを比較。

一方、Endo (2011) が指摘したように、20 世紀後半には 7 月の平均降水量と年々変動ともに増加していた（第 1 図下段）。例えば、月降水量 200mm 以下の年数は 1901～1945 年も、1956～2000 年も 18 年あったのに対し、1956～2000 年には、月降水量 600mm 以上の年も 5 年出現するなど（1901～1945 年では該当年なし）、少雨年と極端な多雨年双方とも出現しやすくなっていた。また、そのような 20 世紀後半での 7 月降水量の平均値と年々変動の傾向の変化は、『多降水日』や『顕著な大雨日』の総降水量への寄与の平均的增加やその年々変動の大きさの増大を反映していた（加藤他 2010）。



第4図 1971～2000年の7月後半の長崎における『顕著な大雨日』13事例における地上天気図(09時)、『天気図集成』及び『気象』から引用。各事例の長崎における日降水量(mm)も示した。これらも教材として授業で配布した。

興味深いことに、7月の総降水量は6月ほど大きくないのに、『顕著な大雨日』（日降水量100mm以上の日）の総降水量への寄与は6月に比べてかなり大きく、その特徴は、20世紀後半でより顕著であった（第2図）。20世紀後半において、平年では梅雨最盛期に入る6月後半と、梅雨明けになることも少なくない7月後半とを比較すると、7月の平均として見られた特徴は、7月後半に特に明瞭であった。

第1表 長崎における20世紀前半と後半の6月後半、7月後半にみられた、(上段) 顕著な大雨日の出現日数、(中段) 無降水日の出現日数の割合、(下段) 顕著な大雨日で平均した日降水量。1911～1940年と1971～2000年での集計結果の比較を示す。

顕著な大雨日の出現日数

	1911～1940年	1971～2000年
6月後半	8日／450日	12日／450日
7月後半	9日／480日	13日／480日

無降水日の出現日数の割合

	1911～1940年	1971～2000年
6月後半	33.3%	43.3%
7月後半	61.7%	69.6%

顕著な大雨日の平均降水量

	1911～1940年	1971～2000年
6月後半	158.4mm	138.8mm
7月後半	120.5mm	194.7mm

長崎における6月後半、7月後半の顕著な大雨日の出現日数、無降水日の出現日数の割合、顕著な大雨日について平均した日降水量について、1911～1940年と1971～2000年での集計結果を第1表に示す。1971～2000年の7月後半に『顕著な大雨日』が13日あった。これら全事例の地上天気図(09時)を第4図に示す。

1976年7月19日、1989年7月28日、1991年7月29日の事例では、長崎が台風の閉じた等圧線で囲まれる領域(おそらく風も強い)に位置しており、台風の直接的影響に伴う大雨がもたらされたものと考えられる。しかし、その他の事例では、梅雨前線が九州付近に位置していた。なお、1999年7月29日の事例では、長崎は太平洋高気圧(小笠原高気圧)の西縁部で、更に北方の梅雨前線への水蒸気輸送の通り道に位置していた(これも、梅雨前線の活動に関連したものみなせる)。

以上のように、平年だと梅雨が明けることも多い7

月後半における『顕著な大雨日』でも、台風の影響による大雨よりというよりも梅雨前線の活動に関連した事例が多く、その割合は8割近くを占めていた点が注目される。

また、7月後半には、『無降水日』の出現頻度は6月後半よりもかなり多かったが、『顕著な大雨日』も少なくなかった(第1表)。この特徴は20世紀前半よりも後半に顕著であった。興味深いことに、20世紀後半には、『顕著な大雨日』で平均した降水量も、7月後半には6月後半に比べてかなり多かった。

以上のように、(1)6月には、20世紀前半に少雨の年が多いことを反映した非対称的な年々変動が見られたこと、(2)7月は無降水日が多い時期であるが、主に梅雨前線の活動に関連した『顕著な大雨日』の降水の寄与によって月降水量が多い年も少なくなき、そのような特徴は20世紀前半よりも後半に明瞭であったことが、20世紀を通した6～7月の降水量変動の特徴として集約される。

Ⅲ. 授業の概要

本研究での授業の概要は以下の通りである。なお、「生活科内容研究A」の加藤担当分の講義では、生活科における児童の活動の「舞台装置」となる季節サイクル・季節感や地域の自然環境などについての学生自身の興味や見識を深めるために、①日本の季節サイクルと気候特性(モンスーンアジアの中で)、②梅雨と台風(気象災害と恵みの雨)、③東アジア独特な季節サイクルの中で(自然環境や生活との関わり)、④東アジア独特な季節サイクルの中で(文化との関わり)、⑤異常気象や気候変化と生活、⑥天気予報の仕組みと気象情報、等の話題提供を行った(各項目毎にかけた時間は、必ずしも均等ではない)。

本時は、その前回までに加藤が行った、豪雨をもたらす梅雨前線の特徴と降水特性(『多降水日』の寄与にも注目)、及び、それへのアジアモンスーンの影響についての講義内容を踏まえて実施された。

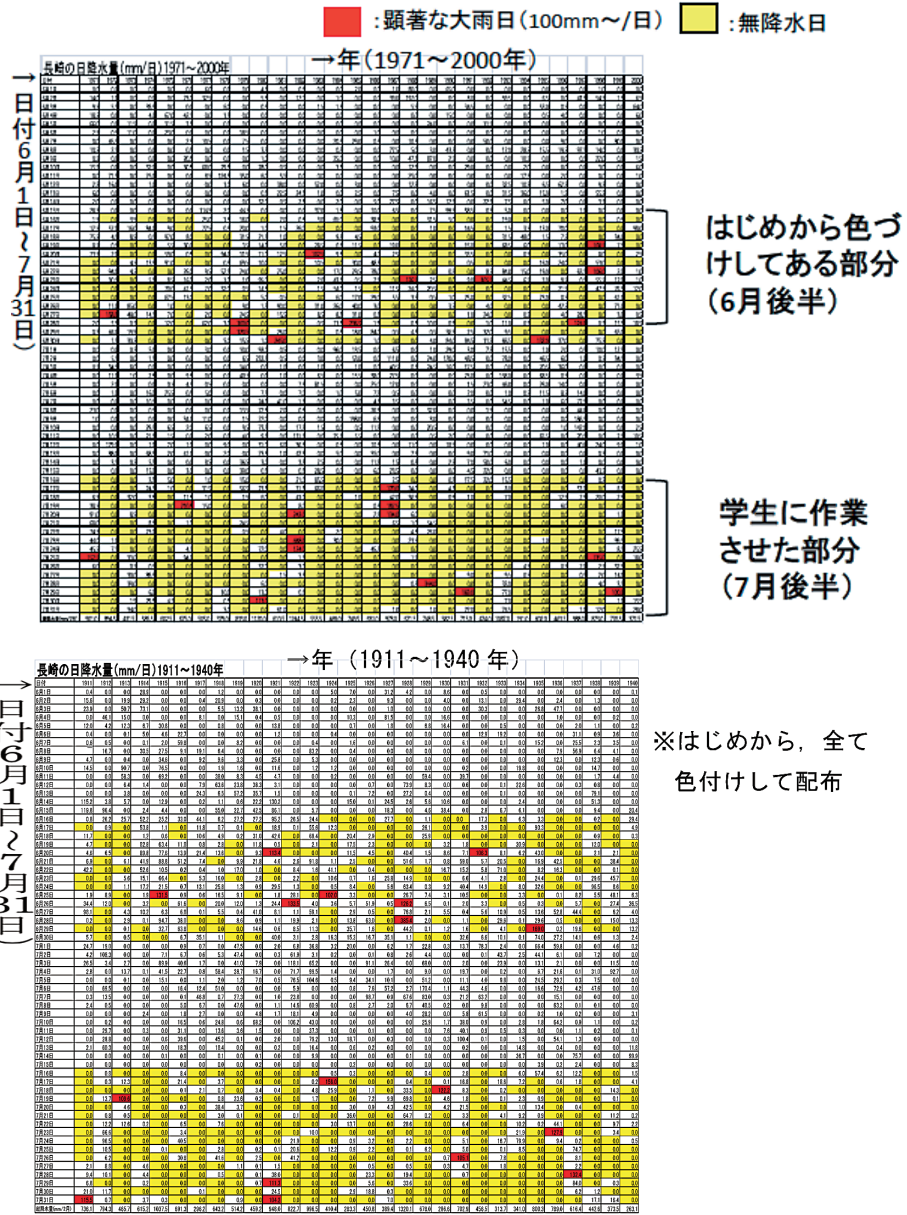
対象: 岡山大学教育学部「生活科内容研究A」(担当教員:加藤内蔵進(専門:気象学)と安藤元紀(専門:動物学))の加藤担当分。受講者84人

日時: 2011年6月15日 第1限目(8:40～10:10)

授業者: 蔵田美希(T1, ゲスト) 加藤内蔵進(T2, 授業担当教員)

テーマ: 「梅雨の季節進行の位置づけの中での降水量の年々変動の特徴を、気象データからつかもう」

指導目標：気象データに基づき、梅雨期の季節進行の位置づけの中で降水量の年々変動の特徴を捉える。



第5図 学習活動②で用いた日降水量の表。上段が1971~2000年、下段が1911~1940年。詳細は本文を参照。

学習活動の流れ：

長崎における1911~1940年、1971~2000年の日降水量データ等に基づき教材を作製した(Ⅱ.では、基本的には、本時の学習活動で教材として配布した図表に基づき概説してある)。主な学習活動は次のとおりである。

- ① 月降水量の長期変化の時系列に基づく、6月、7月の違い(長期変化・大雨日の寄与)の概観。
- ② 日降水量値の表(縦方向に日付、横方向に年)に

基づく、上記年間の6月後半、及び、7月後半における『顕著な大雨日』(日雨量100mm以上)の出現日をマークし、それらの頻度を数える実習。

- ③ 7月後半の顕著な大雨日について、各事例における地上天気図で見た気圧配置の特徴について、台風本体による降水か、梅雨前線活動等に関連した降水かを検討する実習(第4図の内容)。
- ④ ②で配布した表の『無降水日』(降水なし、ある

いは日雨量 0.0mm の日) に該当する日付の欄の色塗り作業、及び、その出現頻度を『視覚的に』他の期間と比較する実習。

⑤ 以上を総括し、「平均的には梅雨が明ける年も多い 7 月後半ごろには (特に 20 世紀後半), 『無降水日』も多い中で、主に梅雨前線に関連して『顕著な大雨日』も出現するという特徴が見られた」という事実の関係を纏める。

なお、最後に地球温暖化等に伴う地域規模での気候変化を理解する際の基礎的知見として、今回の授業のように、日々の降水などの現象の起こり方についても、季節経過の位置づけの中で捉えることが重要である点を加藤がコメントして、授業を終えた。



『顕著な大雨日』の天気図パターンの検討



『顕著な大雨日』の天気図パターンの検討



『顕著な大雨日』の天気図パターンの解説



『顕著な大雨日』や『無降水日』の色塗り

第 6 図 学習活動の様子。

学習活動②に関する補足：

学習活動②で配布したワークシートのうち、日降水量の表に若干の説明を追加したものを第 5 図に示す。1911～1940 年については、6 月後半、7 月後半ともに、無降水日を黄色、『顕著な大雨日』を赤で、該当するコラムに着色した表を配布した。1971～2000 年については、6 月後半には同様な着色を行う一方で、7 月後半については着色していない表を配布し、その期間について『顕著な大雨日』を赤で着色させて、日数をカウントさせた。

学習活動③に関する補足：

配布した各事例の天気図について (第 4 図。但し、横置のシートで配布)、台風の中心の位置を黄色で、梅雨前線の位置を赤でマークさせた上で、

- 1) 九州付近に台風が存在している、
- 2) 九州付近に梅雨前線が位置している、
- 3) 梅雨前線は九州付近には見られないが九州が小笠原高気圧の西縁に位置して、九州に湿った南風が侵入しやすい気圧配置になっている、

のいずれのパターンに該当するか考察させた。それをもとに、当該 13 事例のうち、2) が主であることを確認させた。

学習活動④に関する補足：

1971～2000 年の 7 月後半に関して、『無降水日』を黄色で着色させた。その黄色が塗られている面積や日々の持続性を、期間全体を通して視覚的に把握させ、同じ年間の 6 月後半の特徴と比較させたり (季節進行の視点から)、1911～1940 年の 7 月後半と比較させた (20 世紀の中での変化の視点から)。

なお、授業の時間の制約のため、無降水日の日数に関しては、当方でカウントした結果をパワーポイントで提示し、配布したワークシートの表に書き取らせた。

IV. 授業の成果と今後の課題

1. ワークシートの質問項目

授業の数日後に回収した、本授業に関するまとめの小レポートとしてのワークシート記述内容をもとに、授業の成果や課題を分析した。ワークシートの質問内容は 5 項目であったが、本研究での分析対象としたものは、次の (1)～(3) とした。

- (1) 梅雨期の降水について季節進行による現象の違いや年々変動に関連して授業のデータ分析から分かった印象深い事実を書いてください。

(2) 日常生活の中でこれまでに自分が感じていた梅雨のイメージに対して今日の授業で新たに分かったことについて、説明してください。

(3) 今日の内容をふまえると、普通の年だと梅雨が明ける7月後半の季節のイメージは、どのようなものになりますか。イラストなどを使ってもいいので自由に表現してみてください。

2. 個々の内容に関する記述内容の集計結果（質問項目(1)と(2)）

授業内容の個々の柱に関する理解度を把握するため、質問項目(1)、(2)についての学生の記述内容を分析した。同等な内容が、受講者によって(1)で記述されていたり(2)で記述されていたりしたので、(1)、(2)の内容を一括して集計した。ポイントとなる事実に関する主な記述内容を抜粋あるいは要約し、その記述を行っていた人数もカウントして以下に示す（受講者（小レポート提出者）84名あたりの割合も括弧内に示した（%））。なお、同一学生が(1)、(2)で同様な点を記述していた場合、1件とカウントした。また、1人の学生が複数内容を記述した場合は、内容毎に別々にカウントした。授業の内容を比較的確に捉えられた例、内容を誤解していると考えられる例も、以下に紹介する。

（記述内容の集計結果）

- (a) 7月後半でも台風ではなく梅雨の影響で大雨が降る。：17名（20.2%）
- (b) 7月後半も顕著な大雨日が出現し、6月後半より激しい雨が降る。：40名（47.6%）
- (c) 6月後半より7月後半は無降水日が多くなる。：24名（11.9%）
- (d) 20世紀後半は前半より顕著な大雨日が多くなり、激しい雨が降る。：41名（48.8%）
- (e) 20世紀後半は前半より無降水日が多くなる。：15名（17.9%）
- (f) 季節進行による現象の違い((b)と(c)の記述あり)：19名（22.6%）
- (g) 年々変動による現象の違い((d)と(e)の記述あり)：15名（17.9%）
- (h) 大雨について((b)と(d)の記述あり)：20名（23.8%）
- (i) 無降水日について((c)と(e)の記述あり)：9名（10.7%）
- (j) 大雨と無降水日について季節進行を位置づけとした年々変動の違い

((b)～(e)の全て記述あり)：9名（10.7%）

(k) (a)～(j)のいずれかに該当する授業内容からわかる事実を把握できた人数：74名（88.1%）

(l) その他（無回答、誤った内容の記述等）：10名（11.9%）

（具体的に捉えた例）

・梅雨明けのイメージがある7月後半にも大雨が多く、その原因は梅雨前線である。また、20世紀後半になるにしたがって、7月の無降水日と降水日の差が激しくなっている。

・降水日については6月後半が多く、7月後半は減っているが、大雨の日数は7月後半でも6月後半と同じくらいみられ、梅雨前線はまだまだおとろえていないことが分かった。

・20世紀後半になって、大雨の降る日と無降水日とのメリハリが強くなっている。

（誤解例）

・6月のほうが降水量が多いと思っていたけど、7月のほうが降水量が多かった。

・年を追うごとに雨の日、降水量が増えていく。

3. 7月後半の季節の捉え方に関する記述内容の集計結果（質問項目(3)）

7月後半の季節の捉え方を把握するために、質問項目(3)に対する記述内容を2.と同様に集計した。その結果を以下に示す。なお、イラストの形で表現されていたものも、その内容に基づき記述事項として集計した（多くの学生は、イラストも使って表現していた）。授業内容のポイントをそれなりにうまく踏まえていた学生のイラスト例を、第7図に示した。

（記述内容の集計結果）

- (a) 7月後半は激しい雨が降る：67名（79.8%）
- (b) 6月より無降水日（晴れた暑い日）が多い：67名（79.8%）
- (c) 7月後半は無降水日（晴れた暑い日）が何日も続く：17名（20.2%）
- (d) 7月後半は台風でなく梅雨の影響による大雨が降る：7名（8.3%）
- (e) 誤解した回答：4名（4.8%）
- (f) (a)と(b)、あるいは、(a)と(c)の事実が指摘されている回答：63名（75%）
- (g) (f)のなかで7月後半についてより具体的に表現されている回答：23名（27.4%）

（具体的に捉えた例）

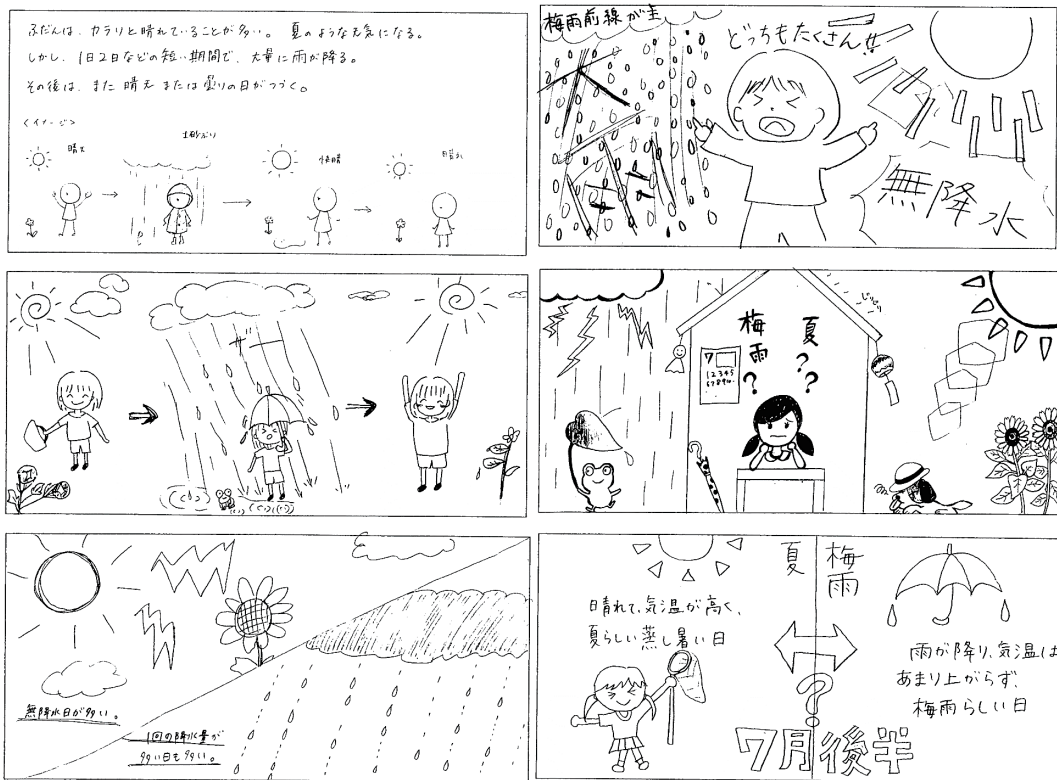
- ・ 7 月後半の 2/3 ほど晴れの日であるが雨が降る日はまとまって降るようなイメージ。
- ・ 普段は夏のようにからりと晴れている天気になるが、1 日、2 日などの短い期間で、大量に雨が降る（*この内容は、第 7 図左側の上段に例示したイラスト内に記述されていた文章である）。
- ・ 梅雨前線の影響による激しい大雨が降る日と、無降水日ともに多い時期となる。
- ・ 大雨の日もあれば、真夏のような猛暑の日もあり梅雨と真夏が混在している時期。
- ・ 基本的には晴れの日が多いが、いきなり豪雨になることもあり得るため、必ずしも安定した天気が続く季節だとは断定しにくい。

(誤解例)

- ・ 7 月後半は日雨量 100mm 以上の日が少し多いがこれは台風の影響が大きいものと考えられる。

- ・ 雨が多くじめじめしている。

なお、学生が描いたイラスト例について（第 7 図）、左側の 3 枚からは、7 月後半頃には無降水日が多いが激しい雨が降る日も出現することが、また、右側の 3 枚からは、7 月後半頃は大雨も無降水日も多く、夏と梅雨が混在する季節であることが表現されているように見える。また、雨の強さに関しても、雨とともに描かれた雷、大変大きく描かれた雨粒（雨滴の直径は、普通大きいものでも数 mm 程度であるので、イラストの雨滴の大きさは科学的にはあり得ないが、現象全体のイメージとしては分かりやすい）、あるいは、足元の雨粒の跳ね返り、などの描写から、この時期に激しい降水イベント（集中豪雨タイプの大雨）もしばしば起き得ることを、学生がイメージして表現したものと考えられる。



第 7 図 ワークシート質問項目 (3) に関する 7 月後半の季節のイメージに関するイラスト例。

4. 授業の成果や問題点についての考察

2. でまとめた質問事項 (1), (2) に関する記述で、顕著な大雨日、無降水日、季節進行、年々変動などいずれかの事実について理解し、記述している学生 (2. の回答 (a) ~ (j) のいずれかに該当する学生) は実人数で 74 名おり、(全体の 88.1%)、授業で取り上

げた個別的な重要なポイントの幾つかは、多くの学生が捉えることができたものと考えられる。

その中でも、(f), (g) のように「大雨と無降水日どちらも増えている」という事実を把握できた学生は 25 名 (全体の 30%) おり、さらに (j) のように季節進行、年々変動双方の視点から「20 世紀後半の 7 月後半に

大雨と無降水日ともに増えている」という事実を記述できた学生は9名（全体の10%）みられた。このように、一部の学生は、「20世紀後半の7月後半という季節は、『顕著な大雨の出現』と『高頻度での無降水日の出現』がともに起こりやすかった」という突っ込んだ事実を捉えることができたものと考えられる。

更に、3. で集計したように、普通は梅雨が明けることも多い7月後半の季節のイメージに関して、大雨と無降水日をセットでみた特徴、あるいは、梅雨期の中の6月後半との違い、20世紀の長期変化の位置づけの中での事実、について記述あるいはイラスト等で示したものが63名あった（全体の75%。3. の(f)に該当する学生）。そのなかでもさらに詳細な記述がされている学生は23名（全体の27.4%）あった（3. の(g)）。例えば、7月後半について、「降水のコントラストが大きい」、「天気メリハリがある」、「夏と梅雨が混在した時期」などの表現も見られた。以上のように、わずか6～7月という2ヶ月の間でも、「季節進行に伴って6月後半と7月後半の特徴の違いは小さくないこと、そういう中で7月後半にも「梅雨前線活動の影響を受けた『顕著な大雨』は決して珍しくないこと」、に注目させるきっかけになった点は、本研究の成果であると考えられる。

しかし、(1)～(3)の質問項目を通して、「6月の方が降水量が多いと思っていたけど、7月の方が多かった」や、「(7月後半は)雨が多くじめじめしている」の記述例のように、『大雨の寄与』と『総降水量』を混同したり、学習活動で主に扱った『顕著な大雨』を、『普通の雨』と認識したまま実習を行っていたと考えられる学生もみられ、一筋縄ではいかない現象の事実関係をいかに的確に捉えさせるかに関する、更なる工夫の必要性も示唆された。

V. まとめ

(1) 地球温暖化等に伴う梅雨降水の変化の理解や予測、その知見の普及は社会的にも重要な問題である、(2) 梅雨は『日本の天気』の理解の上でも重要な現象である、(3) 梅雨降水の質の経年変化は、「複雑さも混じった自然現象の実態を、種々のデータから把握する」という『情報読解力』育成のための格好の教材例になりうる、という背景を踏まえて、20世紀を通じた梅雨降水変動の把握をテーマとする高校や大学での地学・環境教育に関する授業開発研究を行った（高校の『地学』や『地学基礎』での探究的授業提案をも念頭に置いた）。

具体的には、集中豪雨の頻出に伴う梅雨期の降水量が大変大きな九州北西部の長崎を例に、「平均的には梅雨が明ける年も多い7月後半頃には（特に20世紀後半）、『無降水日』も多い中で、主に梅雨前線活動に関連した『顕著な大雨日』もしばしば出現する。」という点を、探究活動で見出させたいポイントとした。授業で使用する教材の検討の際には、加藤他（2010）の preliminary results 等を踏まえた。考案した授業の成果や今後の課題の検討のため、岡山大学教育学部の「生活科内容研究A」（担当：加藤内藏進・安藤元紀）の1コマを使って実践し、授業結果を分析した。

学習活動としては、6～7月の長年の日降水量のデータ表等に基づき、7月後半頃の日々の大雨日及び無降水日の出現状況やそれらの梅雨最盛期（6月後半～）との違いや、7月後半頃の顕著な大雨日における気圧配置の特徴などに関して、図から読み取るための作業を行わせ（表の当該日の色塗り作業や日数のカウント、前線等を色でマークしながら天気図の情報を読み取る、等）、結果として分かる事実関係を考察させた。

授業の結果、多くの学生は、上記の特徴をそれなりに把握出来ており、7月後半の独特な季節感を的確に捉えていた学生も一部には見られた。しかし、『顕著な大雨』に伴う降水量と期間全体の『総降水』との混同、「顕著なイベント」と「平均的事実」との混同も少なからず見られるなど、指導法の更なる工夫の必要性も示唆された。また、本研究では十分取り上げなかったが、季節経過の中で大雨イベントの位置づけなど、「季節平均的な現象」と「日々の現象」といった相異なる時間スケール間の関係の捉え方についても、今後は更なる検討が必要と考える。以上のような問題点は残されたものの、今回の試行は、日々の降水現象と季節の変わり方の双方に注目した気候の年々変動を捉える切り口を、学生に示した機会として意義深いものと考えられる。

ところで、気象庁（2005、「異常気象レポート2005」）によれば、地球温暖化が進行した場合、日本列島付近では、夏になっても梅雨前線の影響を受けやすくなって、夏の総降水量や強い雨が增加する可能性を指摘している。一方では、全球的な温暖化に対応して、西南日本は高温傾向だが東北日本は低温という、いわゆる『北冷西暑』の傾向が見られるようになったとの指摘もある（谷貝2005）。なお、梅雨前線の北東側のシステムとして、また、冷夏時には8

月でも東北日本を中心に大きな影響を与えるオホーツク海高気圧の形成に対して、周辺の海域に比べてユーラシア大陸の季節的な大きな昇温が重要な基本場となっているという (Nakamura and Fukamachi 2004; 中村・深町 2005; 木本 2005, 他)。

温暖化した場合、個々の年の梅雨前線や北太平洋高気圧、オホーツク海高気圧等の影響がどのようになるのか、現在、年々の変動性も含めて詳細な研究がなされている段階であり、まだ確定的なことは述べられない。しかし、もしも、夏に梅雨前線を挟んだ南北のシステムのコントラストが日本付近で大きくなったとしたら、そのいずれのシステムの支配下に入るか、あるいは両者のシステムの境界付近に位置するかによって、日本列島の天候は大きく変動しうるであろう。

今回の授業で注目した 7 月後半頃は、梅雨期から盛夏期への変わり目にあたるので、降水の平均的傾向や年々の変動性が長期的に変化しているとしたら、生データに基づく単純な集計によっても、その現象の重要な切り口を生徒・学生が見出すチャンスは十分あり得よう。つまり、生徒・学生が、探究的授業の結果として、気象学自体に関する本格的な研究へ繋がる情報をも見出せるかも知れないという醍醐味を孕んでいることになる。

従って、探究の方法やその過程における考察の進め方などを学ばせる『探究的授業』においては、学問的に良く分かっている内容ばかりでなく、逆に、今回の素材としたような、まだ確定的な事実関係すらきちんと記載されていないような現象でも、比較的簡単な作業だけで「専門家が詳細に調べる価値があると考えるような切り口の発掘」に繋がり得るようなテーマを、敢えて取り上げる意味があると考える。特に、気候変動など、地学分野で興味の対象とする内容は、教科書等である程度おなじみの現象でも、よく考えると、『事実関係すら』よく分かっていない事象は多い。従って、地学分野における探究的授業においては、生徒・学生の比較的簡単な活動によっても、そのような醍醐味を味わってもらえるチャンスは大きく、そのことが、更なる意欲の向上にも繋がりうるものと考えている。

【謝辞】

本研究は、科研費(基盤研究(A))「データレスキューによる 20 世紀におけるアジアモンスーン気候の復元」(平成 20～22 年度、研究代表者:松本淳、課題番号:

20240075) の補助を受けて行った解析結果をベースに、科研費(基盤研究(B))「日本付近の気候系の広域季節サイクルの中でみた日々の降水コントラストと年々の変動」(平成 21～23 年度、研究代表者:加藤内蔵進、課題番号:21300336)の一環として更なる解析を行いながら、学校現場を通じた成果普及に関わる授業開発研究を行ったものである。

【引用文献】

Endo, H.: Long-term changes of seasonal progress in Baiu rainfall using 109 years (1901-2009) daily station data. SOLA, 7, 5-8, 2011.

Kato, K.: On the abrupt change in the structure of the Baiu front over the China continent in late May of 1979. J. Meteor. Soc. Japan, 63, 20-36, 1985.

Kato, K.: Air mass transformation over the semiarid region around North China and abrupt change in the structure of the Baiu front in early summer. J. Meteor. Soc. Japan, 65, 737-750, 1987.

Kato, K.: Seasonal transition of the lower-level circulation systems around the Baiu front in China in 1979 and its relation to the Northern Summer Monsoon. J. Meteor. Soc. Japan, 67, 249-265, 1989.

加藤内蔵進:日本の降水環境-モンスーンアジアの中の日本-。環境制御, 第 19 号, 5-20, 1997。

加藤内蔵進:梅雨。キーワード気象の事典(朝倉書店), 新田尚, 他 編, 221-226, 2002。

加藤内蔵進・加藤晴子・別役昭夫:東アジア気候環境とその変調を捉える視点の育成へ向けた学際的授業開発の取り組み(多彩な季節感を接点に)。環境制御, 第 30 号, 9-20, 2009。

加藤内蔵進・加藤晴子・赤木里香子:日本の気候系を軸とする教育学部生への教科横断的授業について(「くらしと環境」における多彩な季節感を接点とした取り組み)。岡山大学教師教育開発センター紀要, 1, 9-27, 2011。

Kato, K. and Y. Kodama: Formation of the quasi-stationary Baiu front to the south of the Japan Islands in early May of 1979. J. Meteor. Soc. Japan, 70, 631-647, 1992.

加藤内蔵進・蔵田美希・大谷和男:20 世紀における九州北西部の梅雨降水量の変動-長崎の日別データの解析を例に-。2010 年関西支部例会要旨集, 第 121 号(日本気象学会関西支部), 66-69, 2010。

- Kawamura, R. and T. Murakami: Baiu near Japan and its relation to summer monsoons over southeast Asia and the western North Pacific. *J. Meteor. Soc. Japan*, 76, 619-639, 1998.
- 木本昌秀：欧州熱波と日本の冷夏 2003。2004 年度春季大会シンポジウム「2003 年の日本の冷夏-異常気象をどこまで理解予測できるか-」の報告, *天気*, 52, 608-612, 2005。
- 気象庁：異常気象レポート 2005-近年における世界の異常気象と気候変動～その実態と見通し～(VII), 全 382 頁, 2005。
- Kurihara, K. and M. Kawahara, 1986: Extremes of East Asian weather during the post ENSO years of 1983/1984 - severe cold winter and hot dry summer. *J. Meteor. Soc. Japan*, 64, 493-503.
- Kurihara, K. and T. Tsuyuki, 1987: Development of the barotropic high around Japan and its association with Rossby wave-like propagations over the North Pacific: Analysis of August 1984. *J. Meteor. Soc. Japan*, 65, 237-246.
- 中村 尚・深町知宏：オホーツク海高気圧の成因と予測への鍵。2004 年度春季大会シンポジウム「2003 年の日本の冷夏-異常気象をどこまで理解予測できるか-」の報告, *天気*, 52, 591-598, 2005。
- Nakamura, H. and T. Fukamachi: Evolution and dynamics of summertime blocking over the Far East and the associated surface Okhotsk high. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 130, 1213-1233, 2004.
- Ninomiya, K.: Characteristics of the Baiu front as a predominant subtropical front in the summer northern hemisphere. *J. Meteor. Soc. Japan*, 62, 880-894, 1984.
- Ninomiya, K.: Cloud distribution over East Asia during Baiu period in 1979. *J. Meteor. Soc. Japan*, 67, 639-658, 1989.
- Ninomiya, K., and K. Mizuno: Variations of Baiu precipitation over Japan in 1951-1980 and large-scale characteristics of wet and dry Baiu. *J. Meteor. Soc. Japan*, 65, 115-127, 1987.
- Ninomiya, K and H. Muraki: Large-scale circulations over East Asia during Baiu period of 1979. *J. Meteor. Soc. Japan*, 59, 409-429, 1986.
- Nitta, T., 1986: Long-term variations of cloud amount in the western Pacific regions. *J. Meteor. Soc. Japan*, 64, 895-991.
- Nitta, T., 1987: Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the Northern Hemisphere summer circulation. *J. Meteor. Soc. Japan*, 65, 373-390.
- Sato, N. and M. Takahashi: Long-term variations of the Baiu frontal zone and midsummer weather in Japan. *J. Meteor. Soc. Japan*, 79, 759-770, 2001.
- Tian, S. F. and T. Yasunari: Climatological aspects and mechanism of Spring Persistent Rains over Central China. *J. Meteor. Soc. Japan*, 76, 57-71, 1998.
- Tsuyuki, T. and K. Kurihara, 1989: Impact of convective activity in the western tropical Pacific on the East Asian summer circulation. *J. Meteor. Soc. Japan*, 67, 231-247.
- Ueda, H. and T. Yasunari : Maturing process of summer monsoon over the western North Pacific - A coupled Ocean/Atmosphere system. *J. Meteor. Soc. Japan*, 74, 493-508, 1996.
- Ueda, H., T. Yasunari and R. Kawamura: Abrupt seasonal change of large-scale convective activity over the western Pacific in the Northern Summer. *J. Meteor. Soc. Japan*, 73, 795-809, 1995.
- 谷貝勇:地球温暖化の影響を受ける台風, 前線, オホーツク海高気圧について。 *グロースベッター*, 43, 45-55, 2005。

Title: Development of a Study Plan on Investigating the Long-term Variation of the Baiu Precipitation during the 20th Century with Attention to Appearance of the Heavy Rainfall Days at Nagasaki in the Northwestern Part of Kyushu

Miki KURATA (Faculty of Education, Okayama University)

Kuranoshin KATO (Graduate School of Education, Okayama University)

Kazuo OTANI (Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University)

Abstract:

A study plan for high school or bachelor students on investigating the long-term variation of the Baiu precipitation during the 20th century was developed with attention to appearance frequency of the heavy rainfall days at Nagasaki in the northwestern part of Kyushu. Around the latter half of July, although the appearance frequency of the “non-precipitation days” increases, the “extremely heavy rainfall days” with more than 100 mm/day appear in association with the activity of the Baiu front, as frequently as in the latter half of June. Besides, the total precipitation and its year-to-year variability there increased in the latter half of the 20th century. The proposed study plan in the present paper deals with the above features on the precipitation variation. In order to examine validity of the study plan, the class was performed in the Faculty of Education of Okayama University. The present paper summarized the results of the analyses on the variability of the Baiu precipitation at Nagasaki used for the study materials of this class firstly. Secondly, we introduced the outline of the class. Finally the results of the class were reported.

Keywords: Weather systems around Japan, Meteorological Education, Dynamic climatology on the heavy precipitation in the Baiu season, Climate variability in the 20th century, Development of a study plan on investigating the climate variability.
