

【原 著】

豪雨の出現頻度に注目した梅雨降水の気候学的特徴に関する
探究的授業の開発
(日降水量データを用いた附属中学校での実践)

加藤 内藏進 東 伸彦

Development of a Study Plan on Investigating Climatological Features of the Baiu Precipitation Based
on the Daily Data with Attention to Appearance of Heavy Rainfall Events
(A Report of a Class in Attached Junior High School of Okayama University)

Kuranoshin KATO , Nobuhiko HIGASHI

2013

岡山大学教師教育開発センター紀要 第3号 別冊

Reprinted from Bulletin of Center for Teacher Education
and Development, Okayama University, Vol.3, March 2013

原 著

豪雨の出現頻度に注目した梅雨降水の気候学的特徴に関する

探究的授業の開発 (日降水量データを用いた附属中学校での実践)

加藤 内蔵進^{*1} 東 伸彦^{*2}

梅雨は、アジアモンスーンの影響を顕著に受けた現象の一つである。本研究では、豪雨の起こり方に注目した日降水量データの分析活動や気象衛星画像の観察など通して梅雨について学ぶ学習プランを開発した。これは中学校理科での「日本の四季の天気」に関する探究的要素も含めた授業提案であるが、高等学校の『地学基礎』、『地学』、『地理』における活用も視野に置いた。研究科教員による附属学校園への相互乗り入れ授業の一環として、岡山大学附属中学校1年生を対象に授業実践を行い、結果について検討した。西日本では、東日本と違い、『大雨日』が頻繁に出現することを反映して、気候学的に総降水量が大変多くなる。授業では、そのような特徴の一端を九州の長崎と関東の東京の6～7月における1971～1998年の日降水量の表から読み解く作業・考察を、中心的活動の一つに据えた。

キーワード：『日本の天気』の授業、気象教育、豪雨をもたらす梅雨前線、東アジア気候系、探究的授業

※1 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)

※2 東 伸彦 (岡山大学附属中学校(理科)。現在、倉敷市立連島中学校)

I. はじめに

日本の四季の気象・気候に関する内容は、学習指導要領の改訂に伴い、平成24年度から中学校の理科でも復活した(文部科学省：中学校学習指導要領解説 理科編)。日本の気象・気候は、日々の天気予報、防災、あるいは気候変化等に関連して、日常生活の中でも絶えず我々が接している地学現象である。従って、それらに関する基本的な知見を国民のコモンセンスの一つとして浸透させる必要性は高い。また、新学習指導要領では、理科でも種々の分野の中で、『情報読解力』を培う必要がうたわれており、日本の気象・気候系の実態や関連するメカニズム理解のためには、「実際の気象・気候データや気象・気候図等からどのような事実関係が読み取れるか」という分析・探究的活動も踏まえた授業提案が不可欠となる。このようなデータ分析を伴う活動は、中学校理科の気象分野の学習だけでなく、平成24年度から始まった『地学基礎』における探究的授業の提案にも繋がりうる(蔵田他(2012)もその一例)。

ところで、気象学的視点で見ると、日本の気象・気候の学習には、「単に身近な現象であるから」という意味を遥かに超える面白さがある。日本の気象・気

候の季節サイクルについては、加藤(2009)、加藤・加藤・別役(2009)、加藤・加藤・赤木(2011)、加藤・佐藤他(2011)、加藤他(2012)、等でも触れられているが、それらも踏まえて佐藤・加藤(2012)が作成した科研費の成果報告書では、次のように意義づけられている(本稿の筆者が再編集・修正の上で引用)。

「日本付近の気候系は、地球規模のアジアモンスーンの影響を受けて、春夏秋冬に梅雨と秋雨を含めた六季の季節で特徴づけられる。その中で、暖候期には真夏を挟んで梅雨や秋雨のような顕著な雨季が、また、冬にはシベリアからの強い寒気の吹き出しと日本海側での大雪が見られる。一方、春や秋には、他の中緯度地域と同様に、西から東へと周期的に東進する温帯低気圧・移動性高気圧の影響を受けた天気の移り変わりが見られる。それらの卓越システムの影響が季節毎にかなり異なるので、日本付近では、細かいステップで大きく遷移する季節サイクルを示すことになる。従って、日本付近では、中緯度の『代表選手』である春や秋の天気系の特徴、及び、アジアモンスーンの影響を強く受ける『梅雨～秋雨』と『冬』の両極端のシステムの交代とが、季節サイクルの中でどのように絡み合っているのかを、身近に捉

えることが出来る。それを通じて、生徒は、『中緯度共通のシステム』と『広域モンスーンシステム』という中緯度の気候大循環に関わる二つの異なる本質的因子の個別的な理解が可能になる。また、詳細な『季節の移ろい』に注目することで、それら二つの因子がどのように絡み合っているのか、種々の考察を加える『実験材料』にもなり得る。更に、それを切り口に、多彩な季節感を軸とする文化理解に繋げることが出来る。」

なお、佐藤・加藤(2012)は、和歌に見られる「時雨」の表現にも注目して、秋から冬への季節の遷移を捉える学際的な探究的授業の開発を行い、多彩な季節感を軸とする文化理解教育への発展性も萌芽している(その一部は、論文としても加藤・佐藤他(2011)で発表済み)。しかし、アジアモンスーンの影響を顕著に受ける梅雨や、冬の寒気吹出しと豪雪など、日本の気象・気候のベースとなる現象の基本的な特徴に関して、新たな学問の進展をも反映した探究的授業としての学習プランの提案が必要と考える。

日本付近は、本来は亜熱帯高圧帯に対応して砂漠になってもおかしくない緯度帯付近に位置するにも関わらず、北日本を除き、モンスーンの影響を受けた梅雨や秋雨等の現象に関連して豊富な降水がある(なお、日本海側では、冬の降雪も加わる)。例えば、梅雨前線の南方の亜熱帯高気圧域は、南アジアのモンスーンに伴う広域の低圧部の東縁にあたるため、梅雨前線へ向う下層の強い南風が維持され、多量の水蒸気が梅雨前線帯に向かって輸送されている。このことが、特に西日本以西の梅雨前線帯での多量の降水(熱帯収束帯に匹敵)をまかなっている。しかも、下層に水蒸気を多量に含む不安定な空気が梅雨前線へ輸送されているため、西日本以西における前線帯での多量の降水は、積乱雲の集団に伴う集中豪雨としてもたらされることが多い。また、特に大陸側の梅雨前線の北西方は中国乾燥地域の地面加熱の影響で、高温・乾燥した気団が存在する。一方、梅雨前線北方がオホーツク海気団の侵入によって安定な成層となりやすい東日本側では、激しい降水の頻度は少なく、総降水量も多くない(Kato 1985, 1987, 1989; 加藤 1997, 1998, 2002; Ninomiya 1984, 1989, 2000; Ninomiya and Mizuno 1987; Ninomiya and Muraki 1986, 等)。

このような、「豪雨」、「東西の違い」などもキーワードとした梅雨前線に関する的確な知見の普及は、豪雨や渇水等の気象災害の視点から重要な知見である

だけでなく、平均的な中緯度の降水系(大きな南北の温度差を反映した温帯低気圧)との違いを意識させるという意味で、大変興味深いものである。

しかし、高等学校の地学や理科総合B(学習指導要領の現行への改定前)、「日本の天気」が学習指導要領から削除される前の中学校理科の教科書、等において、梅雨前線は、小笠原気団(あるいは小笠原高気圧)とオホーツク海気団(あるいはオホーツク海高気圧)との「境界」としての位置づけに留まり、「豪雨」、「東西の違い」などの生活実感とも密接に絡む梅雨降水の重要な特徴や、それに関わるアジアモンスーンの影響の取り上げ方が不十分であったと考える(高校地学では、アジアモンスーンと梅雨との関わりや、降水の東西差について、多少は触れられるようになってきたが)。また、温暖化に伴う日本の気候変化の予測や理解に関する普及をはかる際にも、総降水量だけでなく降水の『質』にも注目しながら現象を捉える視点の育成は重要である。

日降水量、あるいは日降雪量、日最高気温、毎日の天気等、日々のデータを用いて気候変動あるいは季節経過を捉える探究的活動を含む授業の提案に関する報告は、加藤・加藤・別役(2009)、加藤・加藤・赤木(2011)、加藤・佐藤他(2011)、蔵田他(2012)でもなされている。また、加藤他(2012)は、多降水日の出現状況とその時の気象システムの特徴に注目して日本の季節サイクルを見通す授業の開発へ向けた、気象学的知見の整理も行っている。しかし、これらへの応用的視点の『基礎・基本』としても、「日本の天気」でアジアモンスーンの影響が最も顕著に現れる現象の一つとして、前述の梅雨最盛期の気候学的特徴を扱う意義は大きい。

そこで本研究では、梅雨前線付近における大雨の起こり方の西日本と東日本との違いに関する気候学的特徴を把握し、モンスーン役割にも目を向ける契機とするために、日降水量データの簡単な分析作業を含む探究的授業の開発を行った。提案した授業の実践は、学部から附属学校園への乗り入れ授業の一環として、附属中学校1年生を対象に行った。本稿では、その授業の特徴や教材、学習活動の概要を述べるとともに、実践結果の分析を行う。なお、本研究で提案する授業は、高等学校の『地学基礎』や『地学』、あるいは、中学校や高等学校での『地理』でも活用出来るものとする。

II. 学習プランの提示と授業の概要

1. 学習プランの特徴について

加藤（1998）は、九州の長崎では、日降水量50mm以上の日（I. で引用した文献の多くは『多降水日』と呼んだが、ここでは、より平易な用語として『大雨日』と呼ぶ）が梅雨期の6,7月で平均4.0日出現し（東京では1.0日足らず）、そのような『大雨日』の寄与を反映して、6,7月の総降水量が関東の東京に比べて約450mmも多いこと等を解説した（1978～1987年の統計に基づく。なお、Ninomiya and Mizuno（1987）による1951～1980年の統計結果も参照）。

ところで、このような現象に関しては、直接的な実験や観察、観測を軸にした探究が出来ないため、『お話』だけで終わり実感としての理解に至らない危険性もあろう。従って、データの簡単な分析作業という活動を経て上述のような特徴を生徒が見出せるような、生データの編集に基づく教材の作成と授業の構成が必要である。

そこで本研究で提案する授業では、各気象官署の地上気象データに基づき編集した日降水量の表を教材として、生徒が手作業で集計・分析を行うことにより、梅雨期の雨の降り方の特徴を見出す学習活動を中心に据えた学習プランを提示した（生データは、気象庁のHP（無料）あるいは気象業務支援センター提供のCD-ROM等（有償。実費）で容易に入手可能）。なお、加藤・加藤・別役（2009）、加藤・加藤・赤木（2011）、加藤・佐藤他（2011）、蔵田他（2012）でも、日降水量、日降雪量、日最高気温、天気等の、対象とする時期や現象の違いに応じて必要な生データを編集した表が、有効に利用されている。

2. 授業の概要

テーマ：「毎日の雨量データから、モンスーンアジアにおける梅雨前線での大雨の起こり方を調べよう」

対象者：岡山大学附属中学校第1学年（全5クラス。各クラスで1校時分。各クラス40名足らず）

日時：2007年12月17日（火）第2～4校時目（それぞれ、A,E,B組）、及び、18日（水）第1,3校時目（それぞれ、D,C組。各50分）

授業者：加藤内蔵進（T1）、東伸彦（T2）

指導目標：

- (1) 日降水量データの集計作業を通して、梅雨前線での豪雨に関する降水の実態や東西の違いを捉える。
- (2) そのような梅雨降水の特徴に対するアジアモンスーンの影響の大きさを知り、日本の気象・気候に

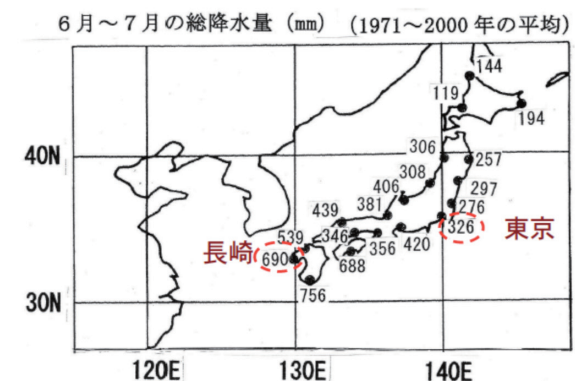
影響を及ぼす広域場への関心も高める。

学習活動：

- ① 導入や、降水量の数字と直感的イメージの対応
- ② 梅雨期の『大雨日』の日数の東西の違いに関する日降水量データの分析
- ③ 梅雨前線での多量の降水活動に対するアジアモンスーンの影響の解説（気象衛星ひまわりの全球画像動画の観察も含む）

生徒の気象に関する知識：

中学校での気象の単元は、通常、第2学年の後半に学習するので、生徒たちの気象に関する知見は、基本的には小学校5年の単元での学習のままである。従ってここでは、「メカニズム」よりも、日本の気象・気候に関する本質的特徴を示す「事実」の把握に重点を置いた。理科の学習では、「どうして？」という因果関係に関する考察が重要な分野も多いが、種々の要因がしかも非線形的に（相乗効果で）絡み合うことで特徴づけられる気象・気候系の理解においては、『『どうなっているのか？』という『事実関係』を的確に捉える』こと自体が、「どうして？」と並んで、探究や学習の重要な目的になりうるからである。



第1図 6, 7月の総降水量（mm）。1971～2000年の平均。理科年表に基づく。

3. 主な学習活動の内容

- ① 導入や、降水量の数字と直感的イメージの対応

梅雨期の総降水量が西日本と東日本でかなり異なる点を説明した（第1図）。その後、直径1mの幼児の水遊び用プールを教卓の上に乗せ、それに雨量100mm分、つまり、10cmの深さにするのに、バケツ何杯ぐらいの水が必要か？という発問を行って、「降水量何ミリ」という数値と、その降水の量についての感覚的イメージとの対応を考えさせた（第2図（左））。そして、西日本と東日本との総降水量の違いが日々のどのような降水の違いを反映しているのか

を調べるために、降水量 50mm 以上の日（『大雨日』）や 100mm 以上の日（『極端な大雨日』）の出現状況について注目することを述べた。



第2図（左）は学習活動①の様子、（右）は学習活動②で生徒が大雨日の日数をカウントしている様子。

② 梅雨期の『大雨日』の日数の東西の違いに関する日降水量データの分析

本章の1. で述べたような気象庁提供の日降水量データを本研究で編集し、長崎と東京における1971～1998年の28年分の毎日の値をプリントした資料を各班に配布した（全部で8班（ほぼ4名で1班））。第1表にその例を示す。本研究と同じ作業を行った大学での授業（加藤・加藤・赤木2011）と違って、作業時間を短縮し、かつ、トータルとしては十分な統計期間を確保するため、28年を7年毎に分割し、1971～1977の7年間で2つの班、同様に1978～1984、1985～1991、1992～1998年の各7年間でそれぞれ2つずつの班が担当し、①で述べた『大雨日』や『極端な大雨日』の日数をカウントさせた（第2図（右））。班の中での各個人の分担は特に一律には指示しなかった。

担当した7年間の集計結果の各班からの報告を、加藤がパソコンのエクセルの表に入力して教卓横のスクリーンに表示した（第2表）。2つの班で同一期間の結果を比べることにより集計ミスがないかチェックするとともに、全ての班の集計結果が出たら、28年間の平均値も表示されるように、予め計算式を入力しておいた。

第2表の結果をもとに、長崎と東京での『大雨日』、『極端な大雨日』の日数の違いで分かったことをまとめさせ、更に、それらの降水日の総降水量への寄与を当方で集計した結果も提示した（第3表。少し、統計期間を広げたものであるが）。そして、「長崎（九州）では、平均的には、6,7月で計4～5回もの『大雨日』が毎年のように出現し、そのような日の寄与で、東京（東日本）よりも、梅雨期全体の降水量が300mm以上も多くなる。」との纏めを行った。また、参考までに、降水量の年々変動が大きい点にも言及した。

第1表 配布した日降水量の表。1978～1984年の長崎に関するものを例示。授業では、他期間、及び、東京についての同様な表もセットとして配布した。なお、表を見やすくするために、小数点の位置もそろえて表示した。

	日降水量 mm/日 長崎 1971-2001						
	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
6/1	0.0	0.0	4.5	0.0	0.5	0.0	0.0
6/2	0.0	0.0	5.5	0.0	12.0	0.0	1.0
6/3	6.0	0.0	0.5	0.0	0.0	1.5	1.5
6/4	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6/5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6/6	0.0	18.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6/7	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	20.5
6/8	0.0	1.5	3.5	0.0	0.0	0.0	0.5
6/9	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	25.0
6/10	29.5	0.0	28.0	0.5	0.0	0.0	3.5
6/11	124.5	35.0	6.0	5.5	0.0	0.0	0.0
6/12	1.0	6.0	0.0	38.0	0.0	52.0	0.0
6/13	0.0	0.0	0.5	22.5	24.5	1.0	0.0
6/14	0.0	0.0	32.0	0.5	2.5	0.0	2.0
6/15	2.0	44.5	0.0	0.0	0.0	37.0	1.5
6/16	1.5	16.0	0.0	2.0	0.5	3.0	65.0
6/17	0.5	20.0	1.0	1.5	26.0	0.0	0.0
6/18	0.0	31.5	21.5	1.0	0.0	0.0	9.5
6/19	0.0	3.5	14.0	5.0	0.0	28.5	0.5
6/20	94.0	11.5	11.0	12.5	0.0	102.5	9.5
6/21	0.5	69.5	10.0	0.0	0.0	10.5	0.0
6/22	52.5	24.0	0.0	25.0	0.0	0.0	17.0
6/23	1.0	1.0	95.0	0.0	0.0	2.0	43.5
6/24	32.0	0.5	14.5	0.0	0.0	1.5	54.0
6/25	0.0	0.0	5.0	0.5	0.0	0.0	6.0
6/26	0.0	9.0	1.5	90.0	0.0	31.0	26.0
6/27	0.0	24.5	0.0	15.5	0.0	8.5	8.5
6/28	3.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.5	13.5
6/29	0.0	120.5	0.0	26.0	0.0	0.0	0.5
6/30	5.0	15.5	1.0	245.0	0.0	0.0	0.0
7/1	0.0	10.0	93.0	0.5	0.0	0.0	96.0
7/2	0.0	6.5	233.5	0.5	0.0	3.0	0.0
7/3	0.0	14.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0
7/4	0.0	40.5	0.0	1.0	0.0	6.5	0.0
7/5	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	81.5	0.0
7/6	0.0	0.0	7.5	0.0	7.0	0.0	1.0
7/7	0.0	0.0	24.0	41.0	1.5	0.0	0.0
7/8	0.0	13.5	72.5	2.0	0.5	0.0	0.0
7/9	0.0	1.5	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7/10	0.0	9.5	73.5	0.0	17.5	1.5	0.0
7/11	0.0	4.0	9.5	0.0	131.5	0.0	25.5
7/12	9.0	0.0	31.0	6.0	36.5	0.0	0.5
7/13	2.0	0.0	23.5	1.0	47.5	0.0	5.0
7/14	0.0	36.5	3.0	0.0	3.5	2.5	0.0
7/15	0.0	39.0	0.5	0.0	0.5	28.5	0.0
7/16	0.0	15.0	0.0	0.0	21.0	85.5	0.0
7/17	0.0	56.5	23.5	0.0	31.5	66.0	0.0
7/18	0.0	1.5	6.0	0.0	41.0	0.0	0.0
7/19	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0	0.0
7/20	0.0	0.0	0.0	0.0	243.0	0.0	0.0
7/21	0.0	24.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7/22	0.0	0.5	0.0	4.0	0.0	0.0	2.0
7/23	0.0	0.0	0.0	0.0	448.0	0.0	30.0
7/24	0.0	0.0	72.0	0.0	124.0	0.0	0.0
7/25	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0
7/26	0.0	0.0	37.0	0.0	3.0	0.0	0.0
7/27	0.0	0.0	0.0	1.5	3.5	0.0	0.0
7/28	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7/29	10.0	0.0	13.0	0.0	0.5	0.0	0.0
7/30	0.5	0.0	113.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7/31	3.0	0.0	0.0	61.0	0.0	0.0	0.0
長崎							
総降水日数(日/2月)	20	35	38	27	27	22	27
50mm/日以上の日数							
100mm/日以上の日数							

第2表 集計のまとめの表（各班が担当した7年間毎の集計結果を入力後のもの）。なお、『大雨日』の集計値は、『極端な大雨日』も含んでいる。

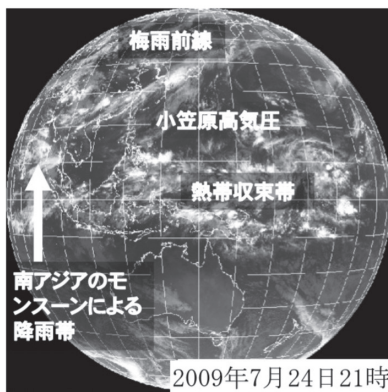
前半のまとめ（1971年～1998年の6～7月における「大雨日」の日数）

		長崎				東京			
		50mm/日以上		100mm/日以上		50mm/日以上		100mm/日以上	
総日数 (かっこ内は、その期間の平均日数)	1971-1977	28	28	5	5	6	6	2	2
	1978-1984	29	29	11	11	4	4	0	0
	1985-1991	26	26	11	11	4	4	0	0
	1992-1999	36	36	9	9	11	11	0	0
合計日数(日)		119		36		25		2	
平均日数(日/2ヶ月)		4.3		1.3		0.9		0.1	

第3表 1971～2001年で平均した6～7月の総降水量、及び、『大雨日』（50mm/日以上）、『極端な大雨日』（100mm/日以上）における降水量の寄与。なお、『大雨日』の集計値は、『極端な大雨日』も含んでいる。

6～7月の降水量(1971年～2001年の統計)

	31年平均	31年標準偏差
長崎		
総降水量(mm)	685	239
降水量(50mm/日以上)	420	219
降水量(100mm/日以上)	196	209
東京		
総降水量(mm)	322	119
降水量(50mm/日以上)	73	81
降水量(100mm/日以上)	18	57



第3図 梅雨最盛期の気象衛星ひまわりの全球画像の例。なお、授業で提示した2007年7月6日21時の画像は白黒では見づらい表示だったので、同様な特徴が見られた2009年7月24日21時の例を示す（気象庁HP掲載の図に基づき、本研究で注釈等を付した）。なお、画像の事例の九州北部の豪雨に関する対応するレーダーアメダス合成図や10分雨量の時系列は、加藤他（2012）にも例示されている。

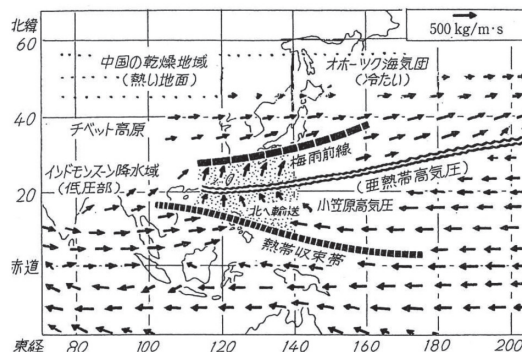
③ 梅雨前線での多量の降水活動に対するアジアモンスーンの影響の解説

②の学習活動で得られた梅雨降水の特徴が、アジアモンスーンとどのように関わっているのかを知るために、まず、日本気象協会編集の気象衛星ひまわりの1時間毎の全球画像の動画を見せ（1994年6月後半頃の梅雨雲帯と南アジアや熱帯西太平洋域の雲域の特徴を観察させるとともに、その6月前半から後半への変化にも注目させる）、梅雨前線の季節的北上やそれと南アジア域や熱帯西太平洋域でのモンスーンに伴う雲域の様子を生徒たちに観察させた（授業で示した動画や静止画とは別の時期であるが、上述の特徴が見られた全球画像の例を第3図に示す）。

それを踏まえて、

- ・梅雨前線への水輸送の強力なポンプを作るモンスーンの役割（第4図）、
- ・そのような水輸送によって、単に雨が多くなるだけでなく積乱雲の集団による頻繁な集中豪雨の形で降ること、
- ・本当は砂漠になってもおかしくないのに（亜熱帯高圧帯に準じる緯度だから）モンスーンの影響でこれだけ雨が降ること、

などを、予め加藤が用意したパワーポイントを用いて解説した。



第4図 日本列島付近での梅雨前線活動が活発な時期における850hPa面（地上約1.5km）での水蒸気輸送の分布の模式図。Kodama(1992)を改変した加藤(1998)より引用。

Ⅲ. 授業実践結果の分析・考察

1. データ分析作業中の生徒の様子

集計作業に関しては、役割分担等についての班の中での話し合いも促すため、特に一定の方法の指示はしなかった。但し、最初のクラスでは、集計作業に予想外の長い時間を要した。作業中に机間を見回ると、生徒によっては該当日をまずマーカーで塗っ

た(あるいは印をつけた)上でカウントを始めていた。しかし、配布した表を見ながらそのままカウントし、途中で分からなくなったり間違えたりして頻繁に教え直す生徒も見受けられた。十分時間がある場合には、効率的なカウントの方法も生徒に発見させる方が望ましいと考えるが、今回の授業では時間が限られていたので、次の時間からは、カウントの際に前者のような方法がある旨、作業開始前に説明を加えた。

第2図(右)に写真を例示したように、生徒たちは真剣な目つきで『大雨日』や『極端な大雨日』のカウント作業を行っていた。しかも、作業中に、日々の降水量の値が具体的にどのくらいだったのか、関心を持ちながら表を見ていた生徒も少なからずいた点は注目される。

例えば、第1表に例示されるように、「長崎豪雨」のあった1982年7月23日に日雨量が約450mmもあったこと(長崎市で、夕方に、わずか約4時間の間に400mmを超える豪雨があり、「眼鏡橋」が流された)、7年間の中に、日降水量200mmぐらゐの日が何回も表れていたこと、などにそれぞれ驚きの声が上がっていた。逆に、「東京では0ばかり」という班内での発言も耳にした(該当する大雨日の出現が殆どない、あるいは、年によっては降水量0.0mmの日ばかり続いたりする意味だと考えられる。そのいずれの話であるかについては、授業者は明確に把握出来なかったが)。以上のように、『大雨日』や『極端な大雨日』のカウントを行う活動は、集計結果から気候学的な特徴を捉えられることを知るだけでなく、まさに「時間をかけてデータを眺める」ことを通して、生徒が上述のような梅雨期の日々の興味深い降水現象の存在に気づく重要な機会となったものと考えられる。つまり、上述の生徒の様子から、このような探究活動では、単に機械的にデータの集計計算をさせるだけでなく、生徒がその作業の過程で生データをじっくりと眺めざるを得ないような『時間稼ぎの仕掛け』が組み込まれることの重要性も示唆している。

2. ワークシートの分析

① 質問項目

授業後に、以下の質問項目に関するワークシートに記述してもらい、後日回収した(解答スペースも含め、全体でA4版1枚分)。

【講義内容に関する記載】

(1) 西日本と東日本(長崎と東京)における梅雨期の雨の降り方には、どのような違いがありましたか?

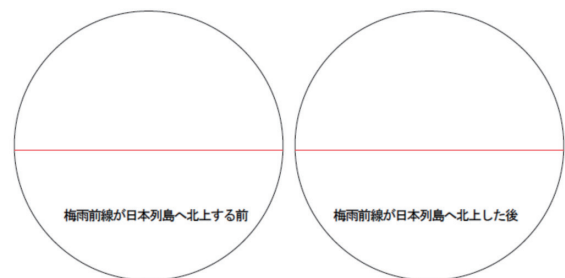
できれば具体的に書いて下さい。

(2) 梅雨のしくみに関連して、この授業を受けてわかったことについて書いて下さい。

(3) その他、この授業を受けて面白かったこと、意外に思ったこと、興味を持ったこと、わからなかったこと、その他の感想などあれば、何でもいいので書いて下さい。

【気象衛星の画像でみた平均的な雲の分布の比較】

学習活動③における気象衛星の全球画像の動画の観察の際に、第5図のように梅雨前線が日本列島付近へ北上した時期の広域の雲分布の特徴や、それ以前の時期の特徴との違いについてイメージ図を描かせた(全体でA4用紙の縦置のワークシートで上部1/3のスペース)。



梅雨前線が北上して日本列島付近に停滞しやすくなった時期: 月 日頃

第5図 ワークシートの広域雲分布に関する部分

② 記載内容の検討

Ⅲ. 1. で述べたように、1日目のクラスでは(特に先に行ったクラスで)、データの集計作業に要する時間が全体として長引き、学習活動③の内容を短縮せざるを得なかった。そこで、データ集計作業がよりスムーズに行えるようになった2日目の授業(D組とC組。計76名分のワークシートを回収)について、分析を行った。

(a) 質問項目(1): 6~7月の降水の特徴

●総降水量の東西の違いの記述が出来た生徒:

定性的50名(66%), 定量的なことも含めた記述16名(21%) (以上合計66名(87%))

●大雨の出現頻度の東西の違いを記述出来た生徒:

定性的41名(54%), 定量的なことも含めた記述14名(18%) (以上合計55名(72%))

従って、日降水量データの集計作業を行った内容に関しては、定性的には概ね生徒は把握出来たものと考えられる。例えば、「西日本には、東日本より大雨(50mm以上または100mm以上)の日がものすごく多いため、東日本は300mmくらいなのに対し、西日

本は600mmくらい降る」とか、「西日本の方が降水量が多くて東日本の倍以上も差がある。西日本では6,7月で4～5回の『大雨日』が出現し、東京よりも300mm以上も多くなる」の記述のように、今回のデータで分かる降水の気候学としての全体像を、かなりの確に表現出来た生徒もいた。但し、定性的な記述に留まった生徒も多く、もう少し具体的な数値を用いた表現が出来るような把握が定着するように工夫する必要も分かった。

なお、Ⅲ. 1. で述べた点にも関係するかも知れないが、長崎の最高値448mm/日を指摘した生徒が2人、東京の最高値は100mm/日程度しかないことを指摘した生徒が3名おり（うち、1人は両方とも指摘）、大雨の極値の違いにも、一部の生徒の関心が向いたと考えられる点は興味深い。また、文章ではなく数値を列挙しただけではあるが、日降水量の極値を、長崎、東京双方の4つの期間それぞれについて挙げた生徒も3名おり、自分たちの班が分担した以外の期間のデータも、関心を持って眺めていたことがわかる（長崎の極値は、1971～77年：210.5mm、78～84年：448mm、85～91年：344mm、92～98年：186.5mm、東京では、71～77年：103mm、78～84年：81mm、85～91年：96mm、92～98年：81.5mm）。

(b) 気象衛星画像の動画で捉えた広域雲分布と梅雨雲帯との関係

気象衛星画像でみた広域雲分布と梅雨雲帯（梅雨前線に対応する雲帯）に関する模式図的スケッチで、以下の(A)～(C)の特徴を捉えたものの数を数えた（(a)と同様、76名のワークシートより）。また、第6図に、生徒が描いたものの例を示す。

(A) 梅雨雲帯が日本列島に北上した時期に、スケッチでも雲帯が日本列島にかかるようになった変化が表現されている。

(B) 梅雨雲帯が日本列島に北上時に、南アジアのモンスーン開始に伴う雲域が拡大・北上した様子が表現されている。

(C) 梅雨雲帯が日本列島に北上時に、西太平洋の熱帯・亜熱帯域での熱帯収束帯に対応する雲帯が強化あるいは北上した様子が表現されている。

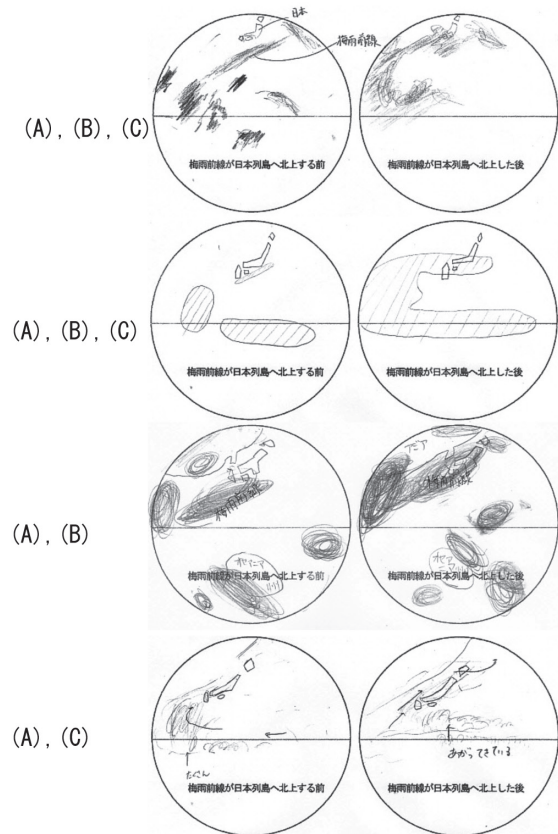
生徒が描いた中で、(A)～(C)の各項目を踏まえた図と考えられるものは、それぞれの項目、次の通りであった。

(A) : 68人 (89%), (B) : 32人 (42%)

(C) : 24人 (32%), (B)と(C)両方 : 16人 (21%)

* (B)か(C)の少なくとも一方 : 40人 (53%)

多くの生徒が(A)について描いていたのは、比較する期間の定義のようなものなので当然であろうが、10%の生徒には、スケッチの意義が伝わっていなかった点にも注意が必要であろう。さて、日本列島へ梅雨前線が北上・停滞する季節の到来が、南アジアのモンスーン雲域((B))や熱帯西太平洋の雲域((C))の変化と連動している点を、具体的なイメージとして捉えられた生徒が(B)の現象については2/5, (C)については1/3おり、双方に連動した現象をイメージ出来た生徒も20%程度いた。また、少なくとも一方はイメージ出来た生徒は半分を少し超えていたので、それなりの成果であったと考える。



第6図 生徒によるスケッチ例。梅雨雲帯が日本列島にかかる前の季節を左側、梅雨最盛期を右側に示す。図の左端の記号は、生徒の図から読み取れる前述の(A)～(C)の項目。なお、上から2段目のように、かなり模式化されたものでも、その特徴が捉えられたものは、当該図として集計した。

なお、梅雨最盛期に入る前には、日本付近を低気圧の雲域が通過後、東西に伸びる雲帯が南西諸島に

南下して停滞する、というサイクルを繰り返す (Kato and Kodama 1992; Hirasawa et al. 1995)。そのような時期に関して、「雲が南へと移動している」とのコメントを図に付した生徒が2名いた(図略)。これは、授業で触れてないにもかかわらず雲の動画をよく観察していた点が注目される。梅雨前線の「準定常性」も併せて捉える授業の際には、まさに、このような視点が必要なためである。

(c) 印象深かったこと、等：

生徒が、この授業を受けて意外だったり印象に残ったりしたことのうち、(ア)降水の東西差、(イ)梅雨降水の大きさ、(ウ)梅雨活動の他地域との関係(モンスーンとの関係等)、に関して記述を集計した。

その結果、(ア)26人(34%)、(イ)7人(9%)、(ウ)16人(21%)であった。梅雨といっても西日本と東日本で降り方が相当異なるというのは、生徒たちが初めて具体的に認識出来た事実であり、例えば「同じ日本でも東と西だけで雨の降る量や降り方まで違うなんて、おどろいたけれど、おもしろかった」という記述に見られるように、インパクトが大変大きかったものと考えられる。更には、今回は東西の違いに関わる因子については明確には触れなかったが、「東西の違いがどうして生じるのか、また、そもそも梅雨前線がどのようにして出来るのか」という疑問も記述する等、生徒の興味・関心が広がったようである。

また、梅雨といっても単に雨が降りやすい季節というだけの認識に留まらず、(特に西日本では)「豪雨がいかに起きやすいか」をデータ分析から把握出来た点も、大きなインパクトになり得たものと考えられる。その際に、今回の授業で降水量(雨量)という数字の意味について実感出来たと述べた生徒も6名いた(特に具体的な記述例:「降水量50mm, 100mm, そんなのたいしたことじゃないじゃん」とテレビを見て思っていたけれど、1㎡に100mmの深さにするためには、100Lいるということがわかって驚いた)。授業での日本の気象・気候の特徴の把握のためにはデータ分析作業が不可欠な場合も少なくないが、上述の点は、「数字の持つ定量的実感」をどのように認識させながら分析活動を行わせるか、の重要性も示しているものと考ええる。

また、(ウ)の記述も20%程度おり、具体的には、「沙漠になってもおかしくないのに梅雨がある」、「チベット高原から梅雨前線の雲に繋がっている」、「モンスーンの影響による下層南風が梅雨前線へ水蒸気を輸送」

等の趣旨の記述があった(これらは、記載内容を筆者が要約)。これらは、本授業が、梅雨がモンスーン等の広域的な場の影響を強く受けている点を意識させる契機になった点も示唆している。

IV. まとめ

梅雨は、アジアモンスーンの影響を顕著に受けた現象の一つである。本研究では、豪雨の起こり方に注目した日降水量データの分析活動や気象衛星画像の観察などを通して梅雨について学ぶ学習プランを開発した。これは中学校理科での「日本の四季の天気」に関する探究的要素も含めた授業提案であるが、高等学校の『地学基礎』、『地学』、『地理』における活用も視野に置いた。研究科教員による附属学校園への相互乗り入れ授業の一環として、岡山大学附属中学校1年生を対象に授業実践を行い、結果について検討した。

西日本では、東日本と違い、『大雨日』が頻繁に出現することを反映して、気候学的に総降水量が大変多くなる。授業では、九州の長崎と関東の東京の6~7月における1971~1998年の日降水量の表から、『大雨日』(日降水量50mm以上の日)、『極端な大雨日』(日降水量100mm以上の日)の出現頻度を集計する作業を活動の中心に据えるとともに、気象衛星ひまわりの全球画像の動画を観察させ、日本列島での梅雨最盛期に入る前後での南アジアや熱帯西太平洋域での雲域と梅雨雲域との関連にも注目させた。

授業実践の結果、西日本と東日本の総降水量や大雨の起こり方の違いが大きいことに関して、定性的な記述も含めると、かなりの生徒が把握出来ていた。但し、より定量的なイメージを多くの生徒が抱けるような工夫が更に必要であることが分かった。また、気象衛星の全球画像の観察から、半数強の生徒は、日本列島の梅雨最盛期に入る際に、南アジアもしくは熱帯西太平洋域のモンスーンに伴う広域の雲域の変化もイメージ出来ており、少なくとも、梅雨がモンスーンアジア広域での大気システムに連動した現象であることへの注意を喚起出来たものと考えられる。

なお、これらの梅雨前線での豪雨に関連した降水の気候学的特徴(東西の降水の違いも含めて)や、アジアモンスーンとの関わりの視点に触れたことで、身近に触れている筈の現象でも、生徒たちがその実態やメカニズムを知って新鮮な驚きの念を持つ学習となりうる事が感じられた。また、本研究のように、

生徒たちが生データに触れて考えを巡らす『時間稼ぎ』の仕掛けを用意することも、気象・気候の学習においては有効ではないかと考える。

ところで、一般に、季節固有の現象のプロセスまで正確に理解させようとする、高校・大学レベルの物理等の力も必要な場合が多く、中高校では難しい面も少なくない。しかし、季節の現象は生徒たちが身近に目にしている現象であるだけに、エッセンスをきちんと捉えさせる必要がある。メカニズムが難しいからと言って、間違った事実を把握することだけは避ける必要がある。そのためにも、メカニズム自体はかなり難しい話でも、『事実関係』やその事実の持つ面白さを的確に捉えられるような簡単なデータ分析作業を組み込んだ授業を、日本の各季節の主要な現象について構築することは有用である。つまり、「生データからの分析のように見えて、実は作業への生徒の負担は小さいというような」処理の流れを教師側が工夫することにより、『事実の把握』という点では地学現象の核心に迫る体験が可能ではないかと考える。本研究に引き続き、今後、季節サイクル中の主要な現象を題材とする授業開発も更に行いたい。

【謝辞】

本研究は、平成19年度（2007年度）に行った研究授業をもとに、科研費（挑戦的萌芽研究）「多彩な季節感を育む東アジア気候系とその変調を捉える「眼」の育成へ向けた学際研究」（平成20～22年度、代表者：加藤内蔵進、課題番号：20650132）、及び、科研費（挑戦的萌芽研究）「東アジア気候環境の成り立ちと多彩な季節感を軸とするESD学習プラン開発の学際研究」（平成23～25年度、代表者：加藤内蔵進、課題番号：23650510）の補助を受け、授業の分析や更なる学習プランの改善についての検討を行ったものである。

【引用文献】

Hirasawa, N., K. Kato and T. Takeda: Abrupt change in the characteristics of the cloud zone in subtropical East Asia around the middle of May. *J. Meteor. Soc. Japan*, 73, 221-239, 1995.

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.: Airmass 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, 19, 5-20, 1997。

加藤内蔵進：梅雨のメカニズムと日本。特集「雨の大切な役割」。子供の科学, 61(6), 26-29, 1998。

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：小学5年の「西から東へ移り変わる天気」の学習に関する気候学的背景の理解のための教育学部生への講義。岡山大学教育実践総合センター紀要, 9, 83-96, 2009。

加藤内蔵進・赤木里香子・加藤晴子・大谷和男・西村奈那子・光畑俊輝・森塚望・佐藤紗里, 2012：多彩な季節感を育む日本の気候環境に関する大学での学際的授業（暖候期の降水の季節変化に注目して）。環境制御, 34, 25-35, 2012。

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, 31, 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・佐藤紗里・加藤晴子・赤木里香子・末石範子・森泰三・入江泉：多彩な季節感を育む日本の気候環境に関する学際的授業の取り組み（秋から冬への遷移期に注目して）。環境制御, 33, 20-34, 2011。

Kodama, Y.: Large-scale common features of subtropical precipitation zones (the Baiu Frontal Zone, the SPCZ, and the SACZ). Part I: Characteristics of subtropical frontal zones. *J. Meteor. Soc. Japan*, 70, 813-836, 1992.

蔵田美希・加藤内蔵進・大谷和男：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）。岡山大学教師教育開発センター紀要, 2, 1-13, 2012。

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.: Large- and meso- α -scale characteristics of Meiyu front associated with intense rainfalls in 1-10 July 1991. *J. Meteor. Soc. Japan*, 78, 141-157, 2000.

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.

佐藤紗里・加藤内藏進：日本の秋から冬への遷移期の気象特性と古典文学にみる季節感に関する学際的授業の開発。平成23年度～25年度科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金（挑戦的萌芽研究））「東アジア気候環境の成り立ちと多彩な季節感を軸とするESD学習プラン開発の学際研究」研究成果報告・普及書 No.1, 全86頁, 2012。

Title: Development of a Study Plan on Investigating Climatological Features of the Baiu Precipitation Based on the Daily Data with Attention to Appearance of Heavy Rainfall Events (A Report of a Class in Attached Junior High School of Okayama University)

Kuranoshin KATO (Graduate School of Education, Okayama University)

Nobuhiko HIGASHI (Attached Junior High School of Okayama University)

Abstract:

In East Asia the significant rainy season called the “Baiu” appears in early summer greatly influenced by the Asian summer monsoon system. In the western part of the Japan Islands, much more frequent appearance of the heavy rainfall events results in the larger amount of total precipitation in the mature stage of the Baiu season than in the eastern part. The present study developed a study plan for junior high school on the Baiu system with an activity of investigating climatological features of the Baiu precipitation based on the daily data with attention to appearance frequency of the heavy rainfall events. This is for the science class in junior high school, but can be modified for the earth science or geography in high school. In order to examine validity of this study plan, the class was performed in the Attached Junior High School of Okayama University. The present paper reports the outline of the class and the results of the class.

Keywords: Study plan on the weather systems around Japan, Meteorological education, Dynamic climatology on the heavy precipitation in the Baiu season, Climate systems in East Asia, Class with research-like activity
