

九州大学 3 演習林の気象観測データの特徴

山内, 耕司朗
九州大学農学部附属演習林

田代, 直明
九州大学農学研究院

智和, 正明
九州大学農学研究院

片山, 歩美
九州大学農学研究院

他

<https://doi.org/10.15017/7420539>

出版情報 : 九州大学農学部演習林報告. 107, pp.7-15, 2026-03-30. The Kyushu University Forests
バージョン :
権利関係 :



九州大学3演習林の気象観測データの特徴

山内 耕司朗*¹, 田代 直明², 智和 正明², 片山 歩美², 南木 大祐¹,
藤山 美薫¹, 緒方 健人¹, 中村 琢磨¹, 扇 大輔¹, 村田 秀介¹, 久米 朋宣²

本研究は、九州大学が有する北海道、福岡、宮崎の3演習林において、共通プロトコルによる観測が開始された2018年から2024年までの7年間の気象データを整理し、各地域の特性を明らかにしたものである。解析の結果、年平均気温は北海道演習林が6.5℃、福岡演習林が16.6℃、宮崎演習林が10.8℃、年降水量はそれぞれ904.5 mm、1794.2 mm、4385.3 mmであった。特に宮崎演習林では、標高差や地形性降雨等の影響による夏季の集中豪雨が顕著で、7月の平均降水量が北海道の年降水量に匹敵する特異な多雨傾向が示された。気象庁の近隣データとの比較では、気温・降水量ともに有意な正の線形関係が確認され、観測の妥当性と欠測補完の可能性が確認された。ケッペンの気候区分では、北海道演習林は冷帯冬季少雨気候 (Dwb)、福岡演習林は最暖月の温度が22℃を超える温帯湿潤気候 (Cfa)、宮崎演習林は最暖月の温度が22℃を下回る温帯湿潤気候 (Cfb) に分類された。この結果は、北海道演習林の落葉広葉樹林、福岡演習林の常緑広葉樹林、宮崎演習林の中間温帯林といった、各演習林の天然林を構成する植生と概ね一致していた。

This study organized meteorological data from 2018 to 2024 -a seven-year period since observations began using a common protocol- at Kyushu University's three research forests in Hokkaido, Fukuoka, and Miyazaki, clarifying the characteristics of each region. Analysis revealed annual mean temperatures of 6.5°C for the Ashoro Research Forest, 16.6°C for the Kasuya Research Forest, and 10.8°C for the Shiiba Research Forest, with annual precipitation amounts of 904.5 mm, 1794.2 mm, and 4385.3 mm, respectively. Particularly at the Miyazaki Research Forest, summer torrential rains were pronounced due to factors like elevation differences and orographic rainfall, showing a unique heavy rainfall tendency where the average July precipitation equaled Hokkaido's annual precipitation. Comparisons with nearby Japan Meteorological Agency data confirmed a significant positive linear relationship for both temperature and precipitation, validating the observations and confirming the feasibility of missing data imputation. According to the Köppen climate classification, Ashoro Research Forest was classified as a cold temperate winter-dry climate (Dwb), Kasuya Research Forest as a humid temperate climate (Cfa) with the warmest month exceeding 22°C, and Shiiba Research Forest as a humid temperate climate (Cfb) with the warmest month below 22°C. These results generally corresponded to the vegetation constituting the natural forests in each research forest: the deciduous broad-leaved forests in the Hokkaido Research Forest, evergreen broad-leaved forests in the Fukuoka Research Forest, and mid-temperate forests in the Miyazaki Research Forest.

1. はじめに

森林の気象は、樹種の分布や生産性、生態系における物質循環を決定づける重要な要因であり、気象データは森林研究に不可欠な基礎情報である (Campbell & Norman 1998)。演習林のような、特定の植生が管理・保全される研究フィールドでは、国土交通省気象庁が管理する地域気象観測システム (AMeDAS) のような広域のデータ網では捉えきれない、標高や地形に起因する局所的な気象特性の把握が有益である (安藤ら 1989; Nakagawa *et al.* 2020)。特に、山岳地帯に位置する演習林ではその重要性が増す (Shinohara *et al.* 2010; Kao *et al.* 2013; 大槻ら 2022)。このような長期観測データは、演習林という教育・研究フィールドを整備し、その価値を向上させる上で重要な基盤情報となる。

九州大学は、福岡 (糟屋郡篠栗町)、宮崎 (東臼杵郡椎葉村)、北海道 (足寄郡足寄町) という気候や植生が大きく異なる地域に演習林を所有している。これまでは各演習林で個別に気象観測を行い、気象観測データ (以下、観測データ) は九州大学演習林年報等で整理・公表が行われていたが (例えば、緒方ら 2022)、2018年からは統一的手法で観測を開始し、データの品質管理を標準化することで、利用しやすい気象データが蓄積されるように努めている。

本研究の目的は、この統一的に計測された7年間の観測データを整理し、各演習林の観測データの特性を提示することである。具体的には、①10分間隔で計測された気温及び降水量から月データおよび年間値を算定し、②近隣の気象台データとの比較を行い、③ケッペンの気候区分を用いて各演習林の気候型を判別する。また、その気候区分が

Koshiro Yamauchi*, Naoaki Tashiro, Masaaki Chiwa, Ayumi Katayama, Daisuke Nanki, Miku Fujiyama, Taketo Ogata, Takuma Nakamura, Daisuke Ougi, Shusuke Murata, Tomonori Kume.: *Characteristics of Meteorological Observation Data from Kyushu University's Three Research Forests

* 責任著者 (Corresponding author): Email. yamauchi.koshiro.007@m.kyushu-u.ac.jp 〒 811-2415 福岡県糟屋郡篠栗町大字津波黒 394

1 九州大学農学部附属演習林

University Forest, School of Agriculture, Kyushu University, Japan

2 九州大学農学研究院

Faculty of Agriculture, Kyushu University, Japan

実際の植生と整合するか考察する。

2. 方法と解析

2.1. 観測地および観測概要

気象観測は、福岡演習林事務所近傍（観測地名：Kasuya）、宮崎演習林広野地区（観測地名：Shiiba）、北海道演習林拓北地区（観測地名：Ashoro）でそれぞれ行われている（表1）。本論文の付録Rコードでは、観測地名の英語表記（Ashoro, Kasuya, Shiiba）をデータセット名として使用している。観測項目は、気温、湿度、降水量、風速、風向、積雪深（北海道のみ）である。データロガー（CR1000, Campbell Co, UT）を用いて、各気象観測項目を10秒毎に計測し、10分平均値ないし積算値が自動記録されている。月1回ないしそれ以上の頻度で技術職員がデータ回収を行い、毎月の各演習林での研究部会議において、観測データにエラーや欠測等の問題がないかを確認している。本研究では、それらの観測項目において、気候区分に用いられる等その重要度が高い気温および降水量を整理する。

2.2. データ集計及び品質管理

本研究では、各演習林の10分間隔で計測された2018年1月～2024年12月の観測データ（以下、10分データ）を使用した。データの集計にあたり、まず10分データを1日ごとの平均値（以下、日データ）にまとめた。この際、1日の内に3時間以上の欠測値があった日は欠測日として扱った。次に、日データを1ヶ月ごとの平均値（以下、月データ）にまとめる際、5日以上欠測日があった月は欠

測月とした。その後の解析には、月平均気温（日平均気温の月平均）と、月降水量（日降水量の月間積算値）を用いた。また、年平均気温および年間降水量は、12ヶ月のうち1ヶ月でも欠測月を含む年については、当該年の年間値は算定対象から除外した。以上の基準により、欠測月数は、福岡、宮崎、北海道でそれぞれ、2か月、2か月、11か月であり、3演習林のデータ取得率（データが存在する月数/7年の月数（=84か月））はそれぞれ、98%、98%、87%であった。

2.3. 気象台データとの比較

各演習林で得られた観測データの信頼性を検証し、各演習林の近隣で計測された気象データから演習林観測データの欠測期間を補完できるかを確認するため、各演習林の月データを近隣の気象庁管区気象台のデータ（以下、気象台データ）と比較した。気象台データの月値（気温の月平均値、月降水量）は気象庁のウェブサイト（<https://www.data.jma.go.jp/risk/obsdl/index.php>）から取得した。福岡、宮崎、北海道において利用した近隣の気象台は表2のとおりである。月平均気温および月降水量データを用いて、各演習林観測データと気象台データの関係について線形回帰分析を行い、その関係性を評価した。

線形回帰式 $y = a \cdot x + b$ において、 x を気象台の月データ、 y を演習林の月データとして、傾き a と切片 b を算出した。両地点の値が完全に一致した場合、 $a = 1$ 、 $b = 0$ 、 $R^2 = 1.0$ となる。福岡演習林観測データと近隣の気象台データ（福岡および飯塚）の変動パターンは概ね一致し、高い

表1 3演習林の気象観測位置及び観測機器一覧

演習林名	北緯	東経	標高 [m]	観測項目・機器
北海道	43.32344N	143.51953E	412	温湿度センサー（HMP110 バイサラ社） 転倒升式雨量計（WB0017 YDK テクノロジーズ）
福岡	33.63823N	130.51681E	104	温湿度センサー（HMP110） 転倒升式雨量計（CTKF-1-B クリマテック）
宮崎	32.37139N	131.17528E	1,058	温湿度センサー（HMP110） 転倒升式雨量計（CTKF-1-B）

表2 気象庁管区気象台の位置及び観測項目*

地区	気象台名	北緯	東経	標高 [m]	観測項目
北海道	帯広	42° 55.3′	143° 12.7′	38	気温・降水量・日射量・積雪・風向・風速
	足寄	43° 14.6′	143° 33.2′	90	気温・降水量・日射量・風向・風速
福岡	福岡	33° 34.9′	130° 22.5′	3	気温・降水量・日射量・積雪・風向・風速
	飯塚	33° 39.1′	130° 41.6′	37	気温・降水量・日射量・積雪・風向・風速
宮崎	宮崎	31° 56.3′	131° 24.8′	9	気温・降水量・日射量・積雪・風向・風速
	西米良	32° 14.4′	131° 09.1′	260	気温・降水量・日射量・風向・風速
	上椎葉	32° 27.9′	131° 09.4′	420	降水量

※所在地および観測項目は、気象庁ホームページより引用

決定係数 ($R^2 > 0.8$) を示すことが先行研究 (篠原ら 2007 ; Tsuruta *et al.* 2015) で示されている。 R^2 が低い場合 (例えば 0.8 以下) は、計測機器の故障や長期欠測等の問題が発生しておりデータの品質が低下していると考えられる。ただし、地形が複雑であったり、両者の間に標高差があるときは、その限りではない。

2.4. ケッペンの気候区分

各演習林における7年間の月平均気温と月降水量のデータを用いて、1936年に発表されたケッペンの気候区分 (Köppen 1936) に基づき、気候区分を判別した。解析には、統計ソフト R ver.4.1.0 (R Core Team 2025) を使用し、dplyr パッケージ (Wickham *et al.* 2023) に搭載されている case_

when 関数を用いて乾燥限界や気温・降水量の条件を判定するフローチャートを作成した。フローチャートに従い、主要な気候区分 (A, B, C, D, E) から詳細な気候区分までを算出した。解析に用いた R コードは附録に記載した。

3. 結果と考察

3.1. 月平均値の季節変動と年間値

2018年から2024年までの各演習林の年平均気温および年間降水量を表3に示した。北海道演習林の年平均気温の最小値は2018年の6.0℃、最大値は2023年の7.3℃であった。年降水量の最小値は2020年の671.5 mm、最大値は2022年の1,111.0 mmであった。福岡演習林の年平均気

表3 北海道, 福岡, 宮崎演習林の年平均気温, 年降水量

	北海道		福岡		宮崎	
	平均気温 [°C]	降水量 [mm]	平均気温 [°C]	降水量 [mm]	平均気温 [°C]	降水量 [mm]
2018	6.0	1044.5	NA	NA	11.2	NA
2019	6.0	828.5	NA	NA	10.7	4150.5
2020	6.2	671.5	16.2	2257.0	11.4	4583.0
2021	6.5	1020.0	16.6	1853.5	12.3	NA
2022	6.6	1111.0	16.3	1233.0	10.5	4287.0
2023	7.3	861.0	NA	NA	11.1	NA
2024	NA	795.0	17.5	1994.0	11.8	4750.0

※ NA は欠測を表す

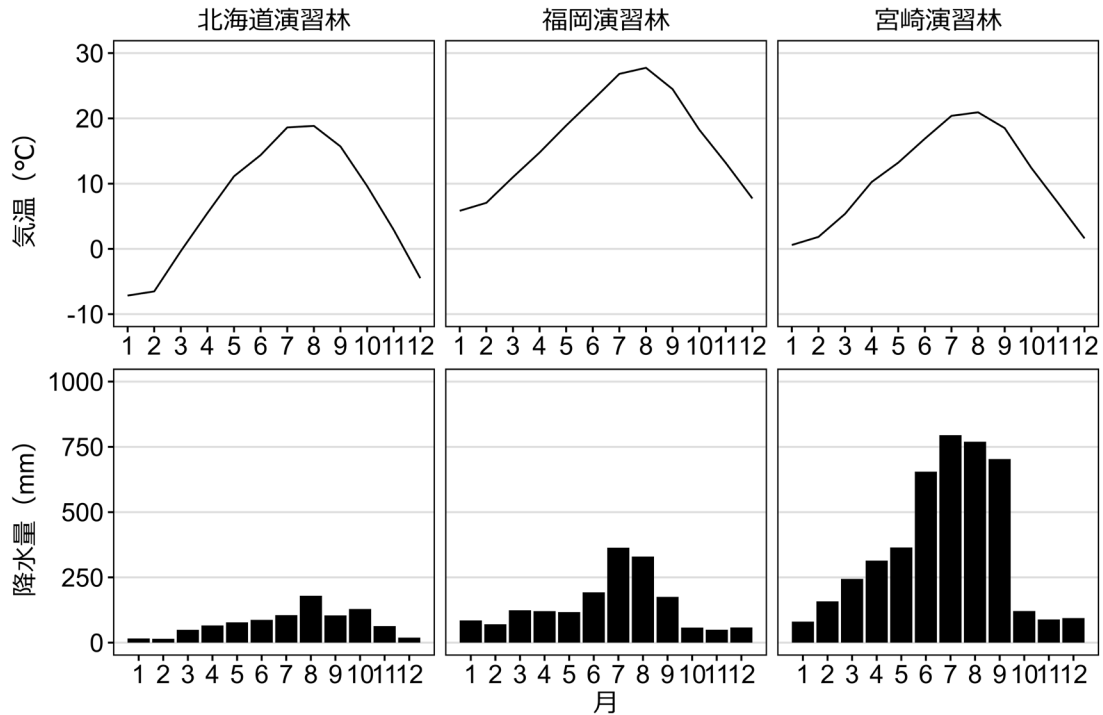


図1 北海道, 福岡, 宮崎演習林の気温と降水量の季節変動 (月値の7年平均値)

温の最小値は2020年の16.2℃、最大値は2024年の17.5℃であった。年降水量の最小値は2022年の1,233.0 mm、最大値は2020年の2,257.0 mmであった。宮崎演習林の年平均気温の最小値は2022年の10.5℃、最大値は2021年の12.3℃であった。年降水量の最小値は2019年の4,150.5 mm、最大値は2024年の4,750.0 mmであった。

図1に3演習林の月平均値の気温と降水量の季節変動を示す。北海道演習林では、北海道の冬季(12月~2月)の月平均気温は氷点下で、特に1月は-7.2℃であった(表4)。降水量は年間を通じて比較的少なく、月降水量が200 mm

以下であった。夏季は7月と8月に気温が最も高くなるが、月平均気温は20℃未満であった。7年間の年平均気温は6.5℃、年間降水量は904.5 mmであった。

福岡演習林は夏季の平均気温が高く、8月は27.8℃であった。月降水量は年間を通して50 mm程度を超えて比較的安定しており、年間を通じて北海道演習林よりも高い値を示した。7年間の年平均気温は16.6℃、年間降水量は1794.2 mmであった。

宮崎演習林は、3演習林の中で最も降水量が多く、特に夏季の6月から9月にかけて集中豪雨が頻繁に発生し、7

表4 北海道、福岡、宮崎演習林の月平均気温、月降水量および7年平均値

北海道 月平均気温 (°C)									北海道 月降水量 (mm)								
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Mean		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Mean
Jan	-6.21	-7.19	-5.94	-8.19	-6.82	-8.57	NA	-7.15	Jan	11.0	8.0	10.0	30.0	31.0	4.0	18.0	16.0
Feb	-7.67	-6.59	-6.00	-5.92	-6.00	-6.92	NA	-6.51	Feb	2.5	8.0	23.0	38.0	12.0	14.5	3.5	14.5
Mar	-0.57	-1.19	-0.09	0.80	-0.54	1.67	-2.44	-0.34	Mar	95.0	14.5	58.0	38.0	31.5	45.0	61.0	49.0
Apr	5.65	4.76	2.68	4.77	6.48	6.30	7.85	5.50	Apr	30.5	28.5	96.5	111.0	5.5	103.0	85.0	65.7
May	10.44	13.23	10.82	9.78	11.58	11.10	10.95	11.13	May	91.0	99.5	51.5	74.0	146.0	30.0	51.5	77.6
Jun	13.03	13.27	14.62	15.65	13.17	15.70	15.19	14.38	Jun	94.0	82.0	69.0	83.0	169.5	55.0	59.0	87.4
Jul	17.29	17.00	16.92	19.39	18.81	20.20	20.68	18.61	Jul	232.5	82.5	37.0	36.5	159.0	105.0	86.0	105.5
Aug	16.97	17.58	19.50	17.80	18.10	21.41	20.58	18.85	Aug	216.0	214.0	110.0	152.5	279.5	150.5	136.0	179.8
Sep	14.88	15.58	15.30	14.07	16.00	17.82	16.25	15.70	Sep	103.5	75.5	69.5	105.0	90.0	201.0	85.0	104.2
Oct	9.60	9.61	9.48	9.01	9.26	9.78	10.74	9.64	Oct	108.0	164.5	137.0	119.5	116.0	82.5	175.0	128.9
Nov	3.05	0.57	2.69	3.82	3.67	3.71	2.74	2.89	Nov	38.5	37.0	10.0	203.0	33.0	59.5	32.0	59.0
Dec	-4.42	-4.45	-5.31	-3.43	-4.66	-4.69	-5.67	-4.66	Dec	22.0	14.5	0.0	29.5	38.0	11.0	3.0	16.9

福岡 月平均気温 (°C)									福岡 月降水量 (mm)								
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Mean		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Mean
Jan	4.07	NA	7.95	5.59	5.12	5.67	6.62	5.84	Jan	89.5	NA	149.5	45.0	36.5	107.5	83.0	85.2
Feb	4.55	7.70	8.00	8.61	4.50	7.51	8.58	7.06	Feb	43.5	49.5	77.0	76.5	20.0	66.0	162.0	70.6
Mar	10.46	10.19	10.85	11.96	11.25	12.06	10.17	10.99	Mar	154.0	87.5	161.0	119.0	91.5	89.5	167.5	124.3
Apr	10.59	13.82	12.14	15.00	14.89	15.32	16.59	14.76	Apr	69.0	95.5	95.5	84.5	126.5	207.5	167.0	120.8
May	NA	19.19	18.92	18.90	18.81	18.83	18.74	18.90	May	NA	48.0	159.5	59.0	39.0	259.0	137.5	117.0
Jun	22.42	21.87	23.63	22.97	23.53	22.85	22.45	22.82	Jun	258.0	118.0	371.5	55.5	117.0	189.5	239.0	192.6
Jul	27.10	25.22	24.41	27.14	27.27	27.34	29.26	26.82	Jul	510.0	314.0	770.0	61.5	138.5	562.5	190.0	363.8
Aug	28.39	26.69	28.30	26.19	27.88	28.03	28.77	27.75	Aug	82.0	493.0	88.5	906.0	277.5	188.5	272.5	329.7
Sep	23.17	24.55	22.83	24.26	24.25	25.33	26.99	24.48	Sep	194.0	107.0	260.0	237.0	267.5	86.5	74.5	175.2
Oct	17.18	18.83	17.36	18.96	17.74	17.47	20.43	18.28	Oct	49.0	111.5	52.0	17.5	58.5	17.0	98.0	57.6
Nov	12.58	13.06	13.48	12.23	14.51	NA	14.21	13.35	Nov	6.0	34.0	29.0	149.0	29.5	NA	360.5	101.3
Dec	8.79	8.76	6.49	7.60	6.07	8.65	7.30	7.67	Dec	64.0	110.0	43.5	43.0	31.0	58.0	42.5	56.0

宮崎 月平均気温 (°C)									宮崎 月降水量 (mm)								
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Mean		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Mean
Jan	NA	0.52	2.17	NA	-0.35	-0.26	0.95	0.60	Jan	NA	59.0	151.0	NA	64.5	94.0	35.5	80.8
Feb	-1.09	3.10	2.55	NA	-1.05	2.37	5.16	1.84	Feb	0.0	197.0	189.0	NA	35.5	199.5	327.0	158.0
Mar	5.94	4.64	NA	NA	5.81	NA	5.09	5.37	Mar	0.0	250.5	NA	NA	235.0	NA	491.5	244.3
Apr	NA	9.04	NA	NA	10.45	9.47	12.03	10.25	Apr	NA	199.0	NA	NA	292.0	345.5	420.0	314.1
May	NA	12.48	13.80	13.54	13.05	13.23	13.20	13.22	May	NA	262.0	385.0	670.0	178.5	318.5	374.0	364.7
Jun	NA	16.35	17.69	16.40	17.08	16.97	16.86	16.89	Jun	NA	624.0	881.5	299.0	540.0	767.0	818.5	655.0
Jul	20.76	19.10	19.29	NA	20.68	20.70	21.78	20.39	Jul	566.0	977.0	1458.5	NA	731.5	546.0	488.5	794.6
Aug	20.77	20.24	21.61	19.99	21.44	20.76	21.70	20.93	Aug	NA	665.0	173.0	1052.5	204.5	1529.0	993.5	769.6
Sep	17.99	18.84	17.08	18.15	18.53	19.40	19.61	18.51	Sep	NA	567.5	1110.0	261.0	1805.0	135.5	341.0	703.3
Oct	10.94	13.85	11.61	12.25	11.80	10.63	15.85	12.42	Oct	NA	133.0	78.0	62.0	59.0	86.5	308.5	121.2
Nov	NA	6.86	7.69	5.40	8.67	6.70	8.99	7.39	Nov	NA	43.0	126.5	115.0	94.5	65.5	144.0	98.1
Dec	3.34	3.12	0.55	0.63	0.12	1.98	0.70	1.49	Dec	172.0	173.5	30.5	49.5	47.0	91.5	8.0	81.7

※ NA は欠測を表す

月の月降水量は794.6 mmに達した。これは、北海道演習林の年間降水量に匹敵する数値である。気温は福岡演習林と類似した温暖な傾向を示し、夏季の月平均気温は20℃を超え、北海道演習林よりも温暖でありながら、福岡演習林よりも低い傾向がみられた。7年間の年平均気温は10.8℃、年間降水量は4385.4 mmであった。

3.2. 気象台データとの比較

演習林および、それぞれの近隣の気象庁気象台の観測値を重ね合わせて比較した結果を図2に示す。3演習林の観測値は、いずれの地点においても気象台の観測値と概ね同様の年周期と変動傾向を示した。このデータ間の関係性を定量的に評価するため、演習林と気象台の月平均気温および月降水量の線形回帰解析を行い、その結果を図3に示した。北海道、福岡、宮崎の3演習林における気温と降水量のいずれの回帰分析においても、気象台データと観測データの決定係数は0.9以上であった。これは、3演習林の観測データと気象台データの変動パターンが概ね一致していることを意味しており、演習林の気象観測が気象台と同様、概ね良好に行われていることを示唆している。特に、平野部に位置する福岡演習林と、標高差が比較的小さい北海道演習林では、気象台データとの高い相関が確認された。

一方で、宮崎演習林の観測データは、宮崎演習林よりも低標高に位置する気象台のデータといくつかの差異が見られた。気温については、標高約1,000 mに位置する観測地点が、海沿いで標高がほぼ0 mの気象台よりも年間を通じて平均気温が低い傾向を示した。一般的に標高が100 m上昇するごとに気温は約0.6℃低下するため、この標高差が大きな要因であると考えられる。この点については、山岳

地における気温の垂直分布を分析した先行研究(上治・山川2014)でも同様の傾向が報告されており、気温が標高と高い相関を示すことが確認されている。

また、降水量の観測データが気象台データと大きく異なることは、降水量が地形などの微小な要因に強く影響されることを示唆している。特に、宮崎演習林のような山岳地帯では、地形性降雨と呼ばれる現象によって降水が強化されていると考えられる。この点は、山地で発生した線状降水帯が平地よりも多量の降水をもたらすという先行研究(神辺ら2024)によっても裏付けられる。

したがって、これらの結果から、演習林の観測データは信頼性が高い一方で、気象台データから演習林観測データを補完する際には、標高や地形といった局所的な要因が観測値に与える影響を考慮する必要があることが示された。

3.3. ケッペンの気候区分

フローチャートによる気候区分判定の結果、北海道演習林は冷帯冬季少雨気候(Dwb)、福岡演習林は最暖月が22℃を超える温帯湿潤気候(Cfa)、宮崎演習林は最暖月が22℃を下回る温帯湿潤気候(Cfb)に分類された。これらの結果は、九州大学の3演習林が、暖温帯から冷温帯・亜寒帯に至る日本の主要な気候帯に幅広くまたがる異なる気候を有していることを明確に示している。ケッペンの気候区分は、気温と降水量という基本的なデータに基づいており、森林の樹種構成や植生分布を考察する上での重要な指標となる。

北海道演習林のDwb気候は、「最も寒い月の平均気温が-3℃未満」かつ「冬季の降水量が夏季降水量の1/10未満」というケッペンの基準に基づいている。ケッペンの気候区

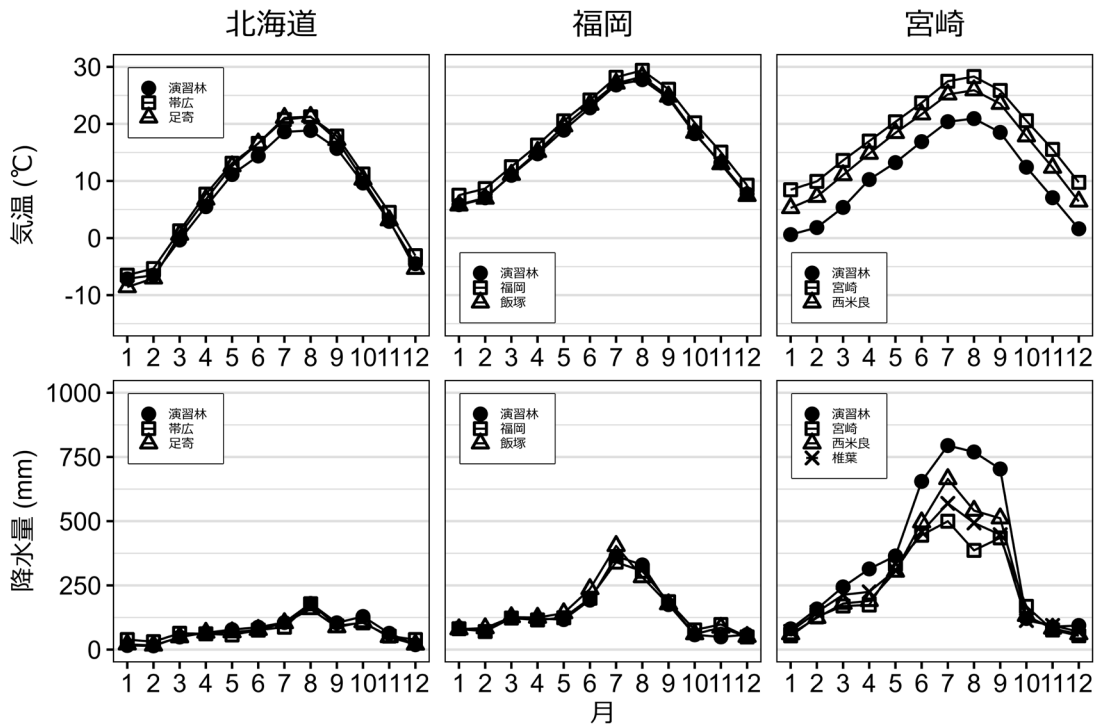


図2 北海道、福岡、宮崎演習林および気象台データの気温と降水量の季節変動

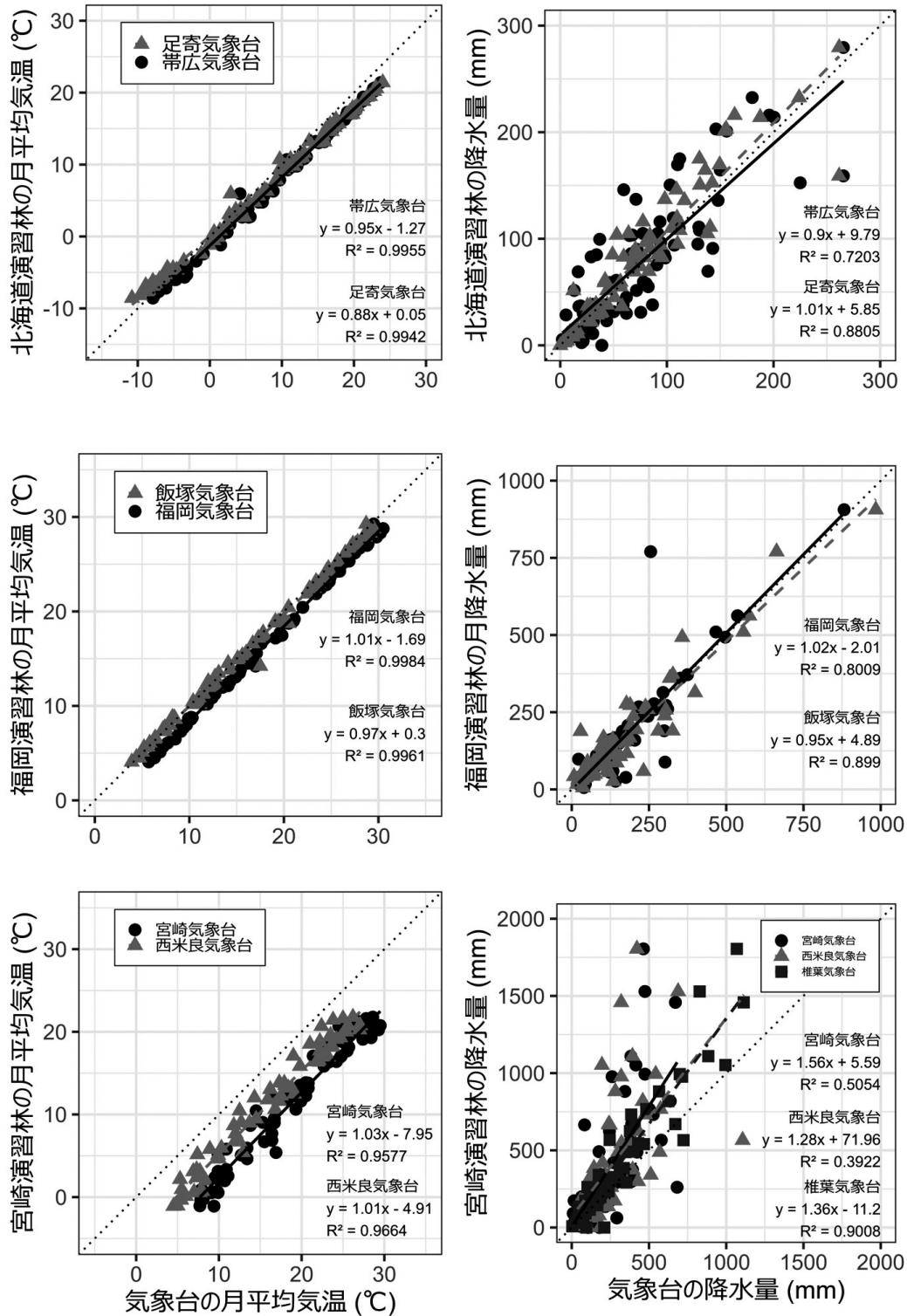


図3 気温および降水量の北海道，福岡，宮崎演習林と気象台データの比較

分は日本国内の気候を区別するのに適さないという意見もあるが（宮本 2009），本研究で Dwb 気候に区分された北海道演習林は，北海道の気候で一般的に見られる冬季の多湿な傾向（Dfb 気候）とは異なるという特徴をケッペンの気

候区分で抽出することができた。この気候型に対応するバイオームは針葉樹林，針広混交林，落葉広葉樹林などがある。北海道演習林ではエゾマツ・トドマツ等の針葉樹の自然分布は確認されていないが，ミズナラやシナノキなど落

葉広葉樹林が優占しており、ケッペンの気候区分と概ね整合的であった。

福岡演習林は Cfa 気候に分類され、「最も暖かい月の平均気温が 22℃以上」という特徴を示し、温暖で夏季が多湿となる日本の代表的な気候帯に位置づけられる。この気候型に対応する植生は常緑広葉樹林であり、シイ、カシ、タブノキといった常緑樹が福岡演習林内でも数多くみられるため、ケッペンの気候区分と整合的であった。

一方、宮崎演習林は Cfb 気候に分類され、福岡と同様に温帯に属するものの、「最も暖かい月の平均気温が 10℃以上 22℃未満」であった。Cfa と Dfb の移行帯に位置づけられる Cfb 気候は、ブナやミズナラを主体とする中間温帯や冷温帯の植生の分布と関連が深いとされている(宮本 2009)。実際に、宮崎演習林内の標高 1,000 m 帯ではこれらの樹種が広く分布しており、宮崎演習林が九州地方の暖温帯とは異なる、中間温帯的な気候・植生環境を有していることが示唆された。

総じて、各演習林の気候区分は、その地理的・地形的な位置づけを反映した結果となった。そして、それぞれの気候区分と植生の関係は、気象が樹種の分布を決定づける重要な要因であるという先行研究(Campbell & Norman 1998)の知見と一致するものであった。これらの結果から、九州大学の3演習林は日本の多様な気候区分の特徴を捉えており、今後も多様な森林タイプを有する調査研究の拠点として、重要な役割を果たすと期待できる。

4. 結論

本研究は、九州大学の3つの演習林における7年間の長期気象観測データを用いて、

- 1) 各演習林の月平均気温および月降水量を集計し、季節変動特性を明らかにした。また、月平均気温および月降水量の年間値を算定した。宮崎演習林では、夏季に月雨量が 700 mm を超えるという特徴があり、その値は北海道演習林の年降水量に匹敵した。
- 2) 各演習林の観測データは、近隣の気象台データと直線関係を持つことが示され、演習林の気象観測が概ね良好な状態にあること、欠測期間を気象台データから補完できることが示された。しかし、宮崎演習林では、低標高地域の気象台データとのズレが見られ、標高差による気温の垂直分布や、地形性降雨といった山岳地帯特有の要因が両者の関係に影響していることが示唆された。
- 3) ケッペンの気候区分に基づき3演習林の気候型を判別した結果、各演習林は異なる気候型(Dwb, Cfa, Cfb)に判別され、それぞれの気候型が実際の植生と整合的であることが示された。

今後の課題として、平年値の算出には30年程度の計測が不可欠であり(気象庁 2024)、今後もこれまでと同様ないしそれ以上の品質を維持して観測を継続することが挙げられる。特に、宮崎演習林では欠測期間が他の2演習林より多いという問題があった。近年、宮崎演習林では衛星通

信を用いたクラウド型遠隔気象観測システムの開発を実施している。また、北海道演習林では携帯端末を利用したデータ通信を行っている。このような新しい情報技術を活用し、持続可能な気象観測のあり方を継続的に模索していく必要がある。

謝辞

本研究に使用した長期的な気象観測データの取得と維持にあたり、九州大学農学部附属演習林の職員の皆様には多大なご尽力をいただきました。特に観測期間の2018年から2024年にかけて、現地での観測機器の維持管理、データ採取と記録、および蓄積作業にご従事いただいた歴代の職員の方々に、心より感謝の意を表します。

引用文献

- 安藤 信・登尾久嗣・窪田順平・川那辺三郎(1989) 芦生演習林の気象観測資料の解析(1) —事務所構内と長治谷の観測所の比較解析を中心に— 森林研究 61 巻: 25-45
- Campbell GS, Norman JM (1998) An introduction to environmental biophysics. Springer, New York
- 上治雄介・山川陽祐(2014) 筑波大学井川演習林における気温の空間分布特性. 筑波大農林技研 第2号: 31-39
- 神辺大地・大屋祐太・山田朋人(2024) 日本周辺域で発生した線状降水帯がもたらす雨量に対する地形の影響評価. 水文・水資源学会 2024 年度研究発表会要旨集 PS-1-30
- Kao S-C, Kume T, Komatsu H, Liang W-L (2013) Spatial and temporal variations in rainfall characteristics in mountainous and lowland areas in Taiwan. Hydrol. Process. 27, 2651-2658
- Köppen, W. (1936) : Das geographische System der Klimate. Handbuch der Klimatologie, 1 (Teil C) : 1-44
- 気象庁(2024) 気象観測統計指針. 第5章
気象庁ホームページ <https://www.data.jma.go.jp/risk/obsdl/index.php> (2025年8月8日最終アクセス)
- 九州大学演習林年報 <https://www.forest.kyushu-u.ac.jp/information/nenpou/> (2025年10月7日最終アクセス)
- 宮本昌幸(2009) 東北地方北部から北海道地方におけるケッペンの気候区分の再検討. 地理学論集 No.84: 111-117
- Nakagawa H, Hasegawa A, Hayashi D, Furuta M, Kishimoto Y, Miyagi Y, Ohashi K, Okabe Y, Yamauchi T, Ishihara MI. (2020) Long-term monthly climate data at the forest stations of Kyoto University. Ecological Research 35: 733-741
- 緒方健人・久米朋宣・片山歩美・井上幸子(2022) 九州大学早良実習場長期気象観測データの整理統合. 九州大学演習林報告 103: 21-28
- 大槻真由・樋口篤志・広瀬民志(2022) 我が国における降水量標高依存性とその地域性. 水文・水資源学会誌 35 (6) 376-390

Core Team (2025) . _R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.

Shinohara, Y, Kume T, Komatsu H, Otsuki K (2010) Spatial and temporal variations in summer precipitation in Japanese mountain areas. *Hydrological Processes* 24, 1844-1855

篠原慶規・小松光・大槻恭一 (2007) 日最高, 最低気温から全天日射量を推定する方法—日本への適用可能性—. *水文・水資源学会誌* 20 : 462-469

Tsuruta K, Komatsu H, Kume T, Shinohara Y, Otsuki K (2015) Canopy transpiration in two Japanese cypress forests with contrasting structures. *J For Res* 20: 464-47

Wickham H, François R, Henry L, Müller K, Vaughan D (2023) . *dplyr: A Grammar of Data Manipulation*. R package version 1.1.4. doi:10.32614/CRAN.package.dplyr, URL: <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>.

附録

```
# --- 演習林と観測地名の対応関係 ---
# 本文中の演習林名とコード内の観測地名の対応は以下の通り
# 北海道演習林 (Hokkaido) : Ashoro
# 福岡演習林 (Fukuoka) : Kasuya
# 宮崎演習林 (Miyazaki) : Shiiba

# --- 使用したデータ ---
# 各データフレーム (d_arf, d_krf, d_srf) の構造は共通で、以下の列を含む
# Location : 観測地名の略称 (arf, krf, srf)
# month : 月 (1月から12月)
# temp : 月平均気温 (°C) - (2018-2024年の7年間の月別平均値)
# rain : 月降水量 (mm) - (2018-2024年の7年間の月別平均値)

d_arf <- data.frame ( Location = "arf", month = 1:12,
  temp = c (-7.15, -6.51, -0.34, 5.50, 11.13, 14.38, 18.61, 18.85,
    15.70, 9.64, 2.92, -4.49) ,
  rain = c (16.00, 14.50, 49.00, 65.71, 77.64, 87.36, 105.50,
    179.79, 104.21, 128.93, 63.50, 19.17) )
d_krf <- data.frame ( Location = "krf", month = 1:12,
  temp = c (5.84, 7.06, 10.99, 14.76, 18.90, 22.82, 26.82, 27.75,
    24.48, 18.28, 13.17, 7.73) ,
  rain = c (85.17, 70.64, 124.29, 120.79, 117.00, 192.64, 363.79,
    329.71, 175.21, 57.64, 49.50, 58.25) )
d_srf <- data.frame ( Location = "srf", month = 1:12,
  temp = c (0.60, 1.84, 5.37, 10.25, 13.22, 16.89, 20.39, 20.93,
    18.51, 12.42, 7.07, 1.62) ,
  rain = c (80.80, 158.00, 244.25, 314.13, 364.67, 655.00,
    794.58, 769.58, 703.33, 121.17, 88.90, 94.00) )
```

```
#R コード
library (dplyr)
# 必要なパッケージの読み込み
koppen_class_full <- function (temp_vector, rain_vector) {
  # 月平均気温と月降水量のベクトルを入力として受け取る関数を koppen_class_full と定義する

  # --- 1. 判定に必要な変数の計算 ---
  t_ann <- mean (temp_vector) # 年平均気温を計算
  p_ann <- sum (rain_vector) # 年間降水量を計算
  t_warmest <- max (temp_vector) # 最も暖かい月の平均気温を計算
  t_coldest <- min (temp_vector) # 最も寒い月の平均気温を計算
  p_summer_months <- rain_vector [4:9] # 4 ~ 9月の降水量を夏季降水量として指定
  p_winter_months <- rain_vector [c (1:3, 10:12)] # 10 ~ 12月、1 ~ 3月の降水量を冬季降水量として指定
  p_summer <- sum (p_summer_months) # 夏季降水量の計算
  p_winter <- sum (p_winter_months) # 冬季降水量の計算

  # --- 2. 乾燥限界の定数 c と乾燥限界 P_threshold を計算 ---
  c_val <- case_when (
    p_winter >= 3 * p_summer ~ 0,
    # 冬季降水量が夏季降水量の3倍以上なら定数 c は 0
    p_summer >= 10 * p_winter ~ 280,
    # 夏季降水量が冬季降水量の10倍以上なら定数 c は 280
    TRUE ~ 140) # 上記以外なら定数 c は 140
  p_threshold <- 20 * t_ann + c_val # 乾燥限界の計算

  # --- 3. 主要な気候帯 (koppen_main) を判定 ---
  # case_when 関数は上から順に条件を評価するため、判定順序が重要
  koppen_main <- case_when (
    t_warmest < 10 ~ "E", # 最も暖かい月の平均気温が 10°C 未満なら "E"
    p_ann < p_threshold ~ "B", # 年間降水量が乾燥限界未満なら "B"
    t_coldest >= 18 ~ "A", # 最も寒い月の平均気温が 18°C 以上なら "A"
    t_coldest >= -3 & t_coldest < 18 & t_warmest >= 10 ~ "C",
    # 最も寒い月の平均気温が -3°C 以上 18°C 未満かつ、最も暖かい月の平均気温が 10°C 以上なら "C"
    t_coldest < -3 & t_warmest >= 10 ~ "D",
    # 最も寒い月の平均気温が -3°C 未満かつ、最も暖かい月の平均気温が 10°C 以上なら "D"
    TRUE ~ "Unknown") # それ以外は "Unknown" と記す

  # --- 4. 降水による下位区分 (koppen_sub_precip) を判定 ---
```

```

koppen_sub_precip <- case_when (
  koppen_main == "A" & min (rain_vector) >= 60 ~ "f",
  # 主要区分が A かつ、最も少ない降水量が 60mm 以上なら "f"
  koppen_main == "A" & p_ann >= 25 * min (rain_vector) ~ "m",
  # 主要区分が A かつ、年間降水量が、最も少ない降水量の 25 倍以上なら "m"
  koppen_main == "A" ~ "w",
  # 主要区分が A かつ下位区分が "f" か "m" 以外なら "w"
  koppen_main == "B" & p_ann < p_threshold / 2 ~ "W",
  # 主要区分が B かつ、年間降水量が乾燥限界の 1/2 未満なら "W"
  koppen_main == "B" ~ "S",
  # 主要区分が B かつ、下位区分が W に当てはまらないなら "S"
  (koppen_main %in% c ("C", "D")) & min (p_summer_months) < 30 & max (p_winter_months) >= 3 * min (p_summer_months) ~ "s",
  # 主要区分が C か D かつ、夏季の中で最も少ない降水量が 30mm 未満かつ、冬季の最も多い降水量が、夏季の最も少ない降水量の 3 倍以上なら "s"
  (koppen_main %in% c ("C", "D")) & min (p_winter_months) < 30 & max (p_summer_months) >= 10 * min (p_winter_months) ~ "w",
  # 主要区分が C か D かつ、冬季の中で最も少ない降水量が 30mm 未満かつ、夏季の最も多い降水量が、冬季の最も少ない降水量の 10 倍以上なら "w"
  (koppen_main %in% c ("C", "D")) ~ "f",
  # 主要区分が C か D かつ、下位区分が "s" でも "w" でもない場合は "f"
  TRUE ~ "")
#E 気候には降水による下位区分はないため空白

# --- 5. 気温による下位区分 (koppen_sub_temp) を判定 ---
koppen_sub_temp <- case_when (
  koppen_main == "B" & t_ann >= 18 ~ "h", # B 気候で年平均気温が 18℃ 以上なら "h"
  koppen_main == "B" & t_ann < 18 ~ "k", # B 気候で年平均気温が 18℃ 未満なら "k"
  koppen_main %in% c ("C", "D") & t_warmest >= 22 ~ "a",
  # 主要区分が C か D かつ、最も暖かい月の平均気温が 22℃ 以上なら "a"
  koppen_main %in% c ("C", "D") & t_warmest >= 10 & t_warmest < 22 & sum (temp_vector >= 10) >= 4 ~ "b",
  # 主要区分が C か D かつ、最も暖かい月の平均気温が 10℃ 以上で 22℃ 未満かつ、月平均気温が 10℃ 以上の月が 4 ヶ月以上なら "b"
  koppen_main %in% c ("C", "D") & t_warmest >= 10 & sum (temp_vector >= 10) < 4 ~ "c",
  # 主要区分が C か D かつ、最も暖かい月の平均気温が 10℃

```

```

 以上かつ、月平均気温が 10℃ 以上の月が 4 ヶ月未満なら "c"
  koppen_main == "D" & t_coldest < -38 ~ "d",
  # 主要区分が D かつ、最も寒い月の平均気温が -38℃ 未満なら "d"
  koppen_main == "E" & t_warmest >= 0 ~ "T",
  # 主要区分が E かつ、最も暖かい月の平均気温が 0℃ 以上なら "T"
  koppen_main == "E" & t_warmest < 0 ~ "F",
  # 主要区分が E かつ、最も暖かい月の平均気温が 0℃ 未満なら "F"
  TRUE ~ "")
#A 気候には降水による下位区分はないため空白

```

```

# --- 6. 最終的なケッペン分類を作成 ---
return (paste0 (koppen_main, koppen_sub_precip, koppen_sub_temp)) }
# 3,4,5 で判定したそれぞれの区分を並べて表記するように指定

```

```

# --- 7. 上記の関数を実行 ---
koppen_final_code <- koppen_class_full (d_arf$temp, d_arf$rain)
# コード内の「d_arf」の部分将该データのデータフレーム名に変えることでそれぞれ判定
print (koppen_final_code)

```

```

# --- 実行結果
北海道足寄町 (arf) Dwb 冷帯冬季少雨気候
福岡県糟屋郡 (krf) Cfa 最暖月が 22℃ を超える温帯湿潤気候
宮崎県椎葉村 (srf) Cfb 最暖月が 22℃ を下回る温帯湿潤気候

```

(2025 年 10 月 20 日受付：2026 年 1 月 23 日受理)