

原著論文

神戸市におけるマツタケの発生と年による気候の違いとの関係性

中川敏綺¹・大橋唯太^{1*}Relationship between occurrence of Matsutake mushroom
(*Tricholoma matsutake*) and annual climate in Kobe City, western JapanToshiki NAKAGAWA¹ & Yuditaka OHASHI^{1*}

Abstract: In this study, a relationship between occurrence of matsutake mushroom (*Tricholoma matsutake*) and annual climate was investigated by using the data recorded for 37 years from 1983 to 2019 in Kobe City, western Japan. As a result of the monthly correlation analysis, the number of matsutake mushroom increased with higher accumulate precipitation in September and lower average temperature in October. In a short period, the accumulate precipitation larger than 150 mm in the middle period of September and the average temperatures lower than 23.5 °C in the late period of September, and 22 °C in the early period of October induced an increase of matsutake occurrence at a study region in Kobe City.

I. はじめに

マツタケ (*Tricholoma matsutake*) の子実体、いわゆるキノコの発生は、気象環境の影響を強く受けることで知られる。大森(1997)は、1986年から1995年までの10年間、岩手県内でマツタケの発生と降水量・地温の関係性について調査した結果、秋季の地温と降水量がマツタケの豊凶を左右し、特に8月下旬から9月上旬までに降水量が多いとマツタケの発生量が増えることを示した。マツタケの菌糸が子実体の原基を形成する際には多くの水分が必要とされ(例えば、進藤 2009)、年による気象条件の重要性が予想できる。小出(1993)も、長野県内の1982年から1993年までの調査によって、9月の降水量とマツタケの発生本数に高い相関があることを明らかにしている。

衛藤ら(1999)は、30年間という長期のマツタケ調査を広島県内でおこなっている。彼らは、マツタケが実際に発生する場所の地中温度、日当たり、土壌水分量(保水力)の状態が重要であることを指摘したが、いずれの要素も測定は簡単ではない。そのため、気象庁が常時観測する気象データを用いてマツタケの発生と気象条件を関連づけられれば、発生予測の視点からは便利といえる。

本研究では、1983年から2019年までの37年間に、兵庫県神戸市で記録されたマツタケの発生本数に関する資料を入手することができたことから、各年の気候と

の関係性について分析したので、その結果を報告する。

II. 使用データ

1. マツタケの発生本数

兵庫県神戸市在住の中川勝稔氏が、1983年から2019年までの37年間に記録してきたマツタケの発生本数に関する未発表資料を、本研究の解析に用いた。マツタケの発生記録は、神戸市灘区内の特定範囲でおこなわれたもので、1988年の記録が欠測であるが、9月下旬の時期から一日の発生本数が毎日記録されている。場所の標高は 550~650m で尾根地形の斜面、地質は花崗岩質の深成岩、植生はアカマツという特徴をもつ。マツタケの発生の初確認が最も早かった年は9月26日(1984年)、初確認が最も遅かった年は11月4日(2019年)の日付になっている。中川氏が、決まった範囲内で目視によって確認したマツタケの本数が丁寧に記録されており、資料としての信頼性も高いと考える。

2. 気象要素

気象庁の神戸アメダス(神戸地方気象台)で観測された気温と降水量のデータを、本研究の解析に用いた。神戸アメダスは1999年9月に観測露場の移転が生じたため、観測される気象環境が変化した影響が測定データに含まれる恐れがある。特に露場場所の土地利

¹ 岡山理科大学生物地球学部生物地球学科, 〒700-0005 岡山県岡山市北区理大町1-1. Department of Biosphere-Geosphere Science, Faculty of Biosphere-Geosphere Science, Okayama University of Science, 1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama-shi, Okayama 700-0005, Japan.

*Correspondence: Yuditaka OHASHI, Email: ohashi@big.ous.ac.jp

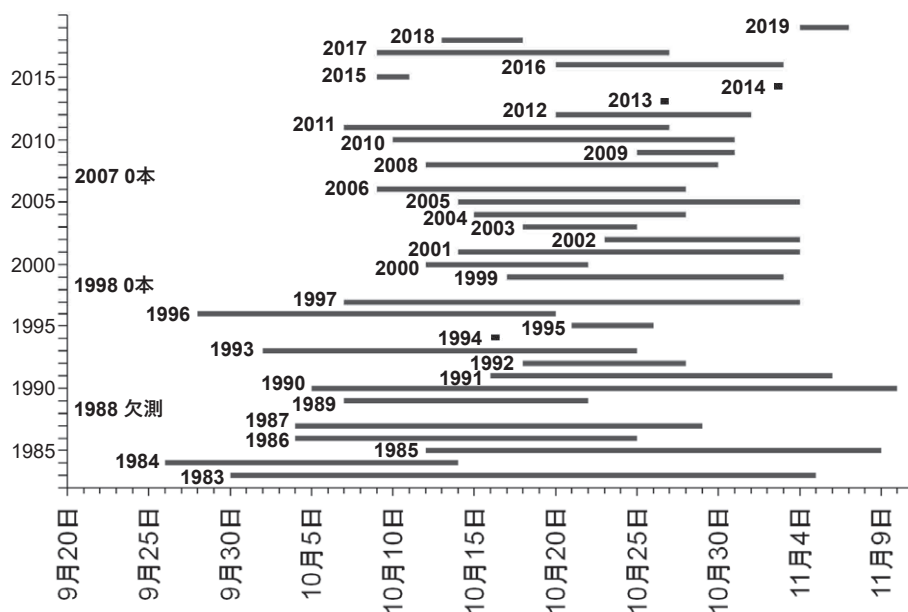


図 1. 1983～2019年にマツタケの発生が確認された期間. 各年について、発生が最初に確認された日から最後に確認された日までを横棒で表した. ただし1988年は欠測.

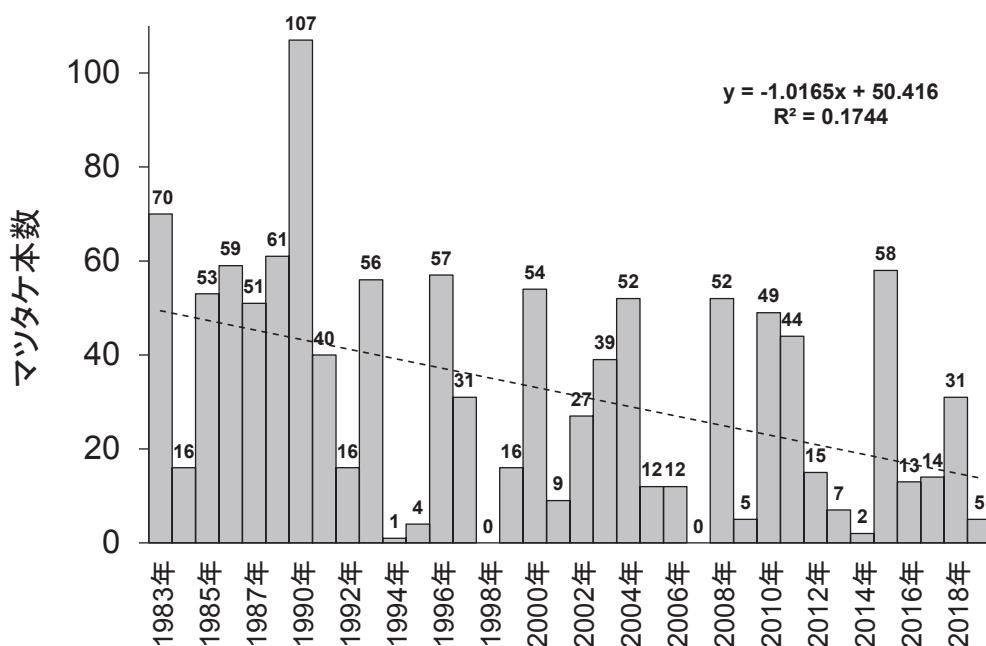


図 2. 1983～2019年に確認されたマツタケの発生本数. 破線は発生本数の経年変化を示す回帰直線. ただし欠測の1988年を除く.

用など、地表面状態の変化に地上気温は応答しやすいため(例えば、志藤ら 2015), 時間方向に対する解析に際して注意が必要となる. 一方で降水量は、神戸アメダス移転前後の場所の直線距離が約 3 km であったため、移転による影響はほとんど生じていないと考えられる. この移転による影響の有無については、Wilcoxon の順位和検定を用いて統計的に示すことにする.

III. 結果と考察

1. マツタケの発生本数

マツタケの発生記録について、図 1 に発生を確認できた期間、図 2 に発生本数の経年変化をそれぞれ示す. 概観すると、1983～1997年は 9 月下旬から 10 月上旬までにマツタケの発生記録が始まる年が多いが、それ以降の年になると 9 月中旬に確認できた記録はなく、10 月上旬または中旬がほとんどである. マツタケ発生の確認が終わる時期は、1983・1985・1990・1991 年では 11 月上旬までであったが、10 月中旬がほとんどであった. ま

(a) 9月平均値

(b) 10月平均値

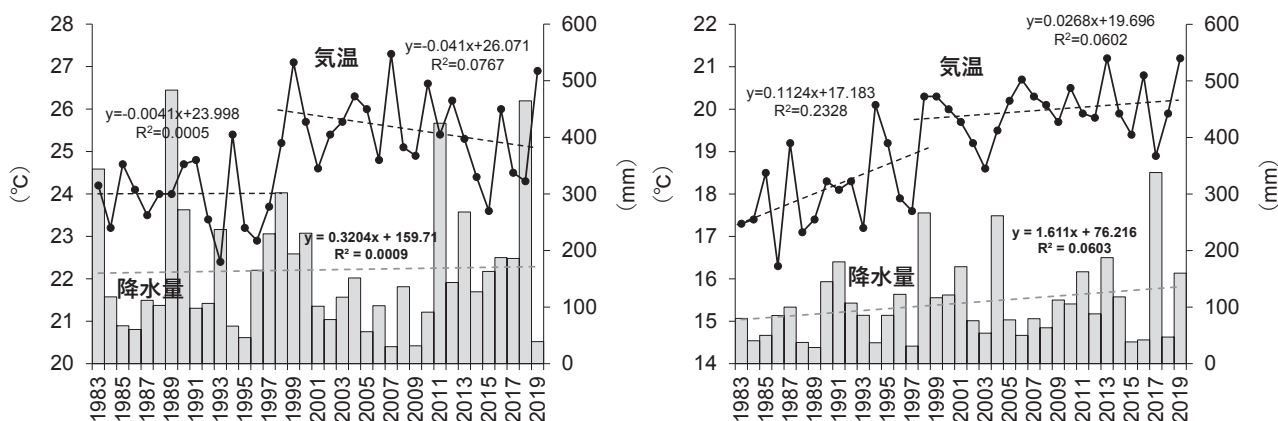


図3. (a) 9月と(b) 10月における平均気温と降水量の経年変化(1983~2019年). 破線は回帰直線であるが, 気温に対しては観測露場の移転前1998年までと, 移転後1999年からで回帰を分けておこなった. (a)と(b)で気温のグラフ縦軸の範囲が異なっていることに注意.

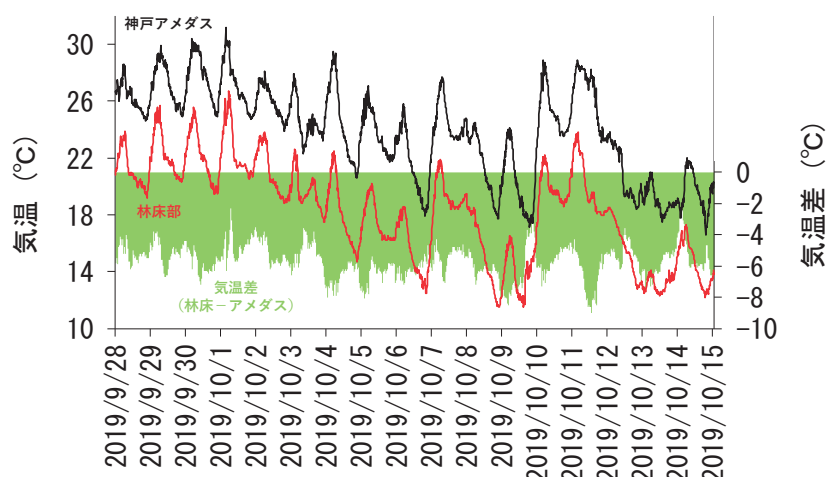


図4. 2019年9月28日~10月15日におけるマツタケ発生場所の林床部で測定した気温(赤線), 神戸アメダスで観測された気温(黒線)およびその気温差(林床部-アメダス; 緑)の時間変化.

た, 1983・1985・1990・1991年では発生期間が長かったが, 近年では短い年が増えている.

マツタケの発生本数は, 多い年は50本以上, 少ない年は1桁の記録となっている. 年(x)に対する発生本数(y)の一次回帰は, (決定係数は小さいが)近年ほど少なくなる傾向が表れている. これは, 記録の前半期間1983~1991年に本数の多い年が継続し, 1991年以降は極端に本数の少ない年が増えたことが理由である.

2. 月平均気温・降水量

マツタケの発生期間に対応する9月と10月の月平均気温と降水量を, 図3に示す. 月平均気温については, 両月とも1998年以前と1999年以降で観測露場の移転に伴う気温レベルの違いが認められたため, Wilcoxonの順位和検定をおこなったところ, 9・10月とも危険率1%で月平均気温の不連続性が統計的に示された. この

点を除けば, 気温が経年的に上昇または低下している様子は明瞭ではなかった. 降水量についても両月とも長期的な増減傾向は認められなかった. また, 1999年前後の移転による降水量の不連続性は, Wilcoxon検定から統計的に有意でなかったため, 降水量については観測露場の移転による影響が現れていないと考えられる. 一方で, 月平均気温も降水量も年による変動が大きく, 月平均気温は10月のほうが9月よりも5~6℃低く, 降水量も少ない傾向がみられた.

本研究では気象庁アメダスが観測する気温と降水量を解析したが, 本来はマツタケの発生場所の気象環境が発生本数に直接関わる. そこで2019年9月28日から10月15日までの期間に, マツタケの発生場所において林床部の気温を実際に測定し, 神戸アメダスで観測された気温との違いを確認してみた(図4). 林床部の気温は, マツタケに近い地表から20cmほどの高さで

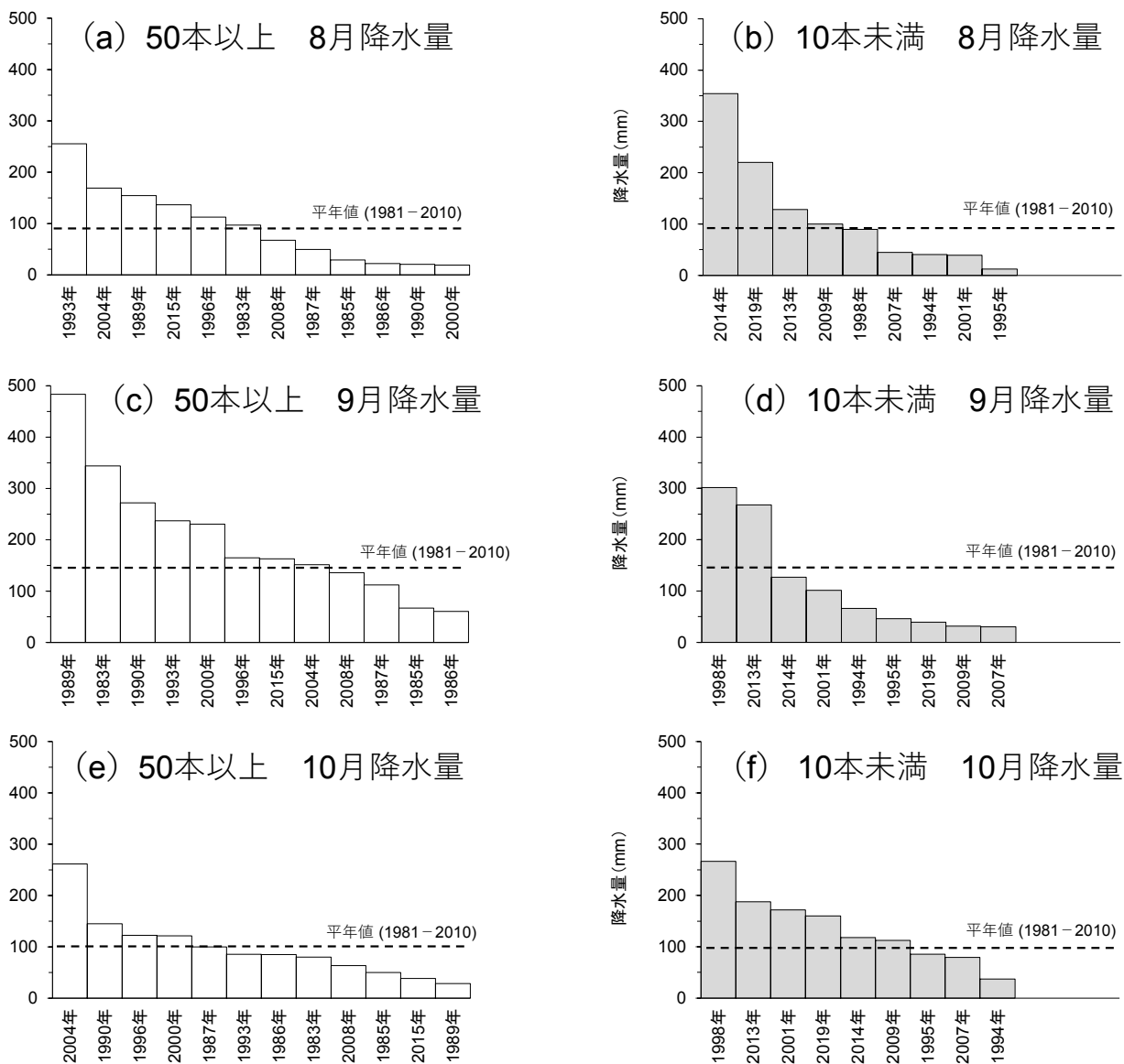


図5. 1983～2019年におけるマツタケの発生が、(a, c, e) 50本以上確認された年と(b, d, f) 10本未満の年における(a, b) 8月・(c, d) 9月・(e, f) 10月の降水量。降水量が多く記録された年の順に並べ、平年値(1981～2010年の30年間)を破線で示した。

測定した。図4に示すように、アメダスと林床部の気温変動は、ほぼ同じ振る舞いをしていた。一方で、気温の絶対値には大きな差が現れており、実際にマツタケが発生する環境温度が1日を通して神戸アメダスよりも4℃以上低くなっている。ただし、先述のように変動自体はお互いにかなり一致しているため、本研究でアメダスの観測気温を用いても結果の解釈には問題ない。また、本来ならば降水量の違いも調べるべきであったが、残念ながら現地での観測ができなかった。しかし、地表面状態の影響を強く受ける気温と違って降水は、上空の広範囲から発生する現象であるため、林床部における降水量の多寡は、神戸アメダスで観測される降水量と相関が高いと考える。

3. マツタケの発生本数と気象条件の関係性

マツタケが多く発生した年と少なかった年の降水量

と月平均気温を比較した結果を、図5および図6に示す。ここでは、50本以上を「多かった年」、10本未満を「少なかった年」と定義して、8～10月の各月における降水量または平均気温を値が高い順に並べた。降水量(図5)は1983～2019年のすべての年を対象としたが、気温(図6)は観測露場の移転の影響を考え、2000年以降の年を対象とした。また各図には、平年値(1981～2010年の30年間)も破線で示した。

降水量で明らかに違いがみられたのは9月(図5 c・d)で、マツタケの多かった年の12年のうち8年で平年値よりも降水量が多く観測されていた。年によっては100～350mmも、平年値に比べて降水量が多くなっている。一方、マツタケの少なかった年の9年のうち7年で降水量が平年値に比べて少なく、年によっては平年値を100mm以上も下回っていた。前述したように、多くの年は10月になって発生の確認が始まることから、その

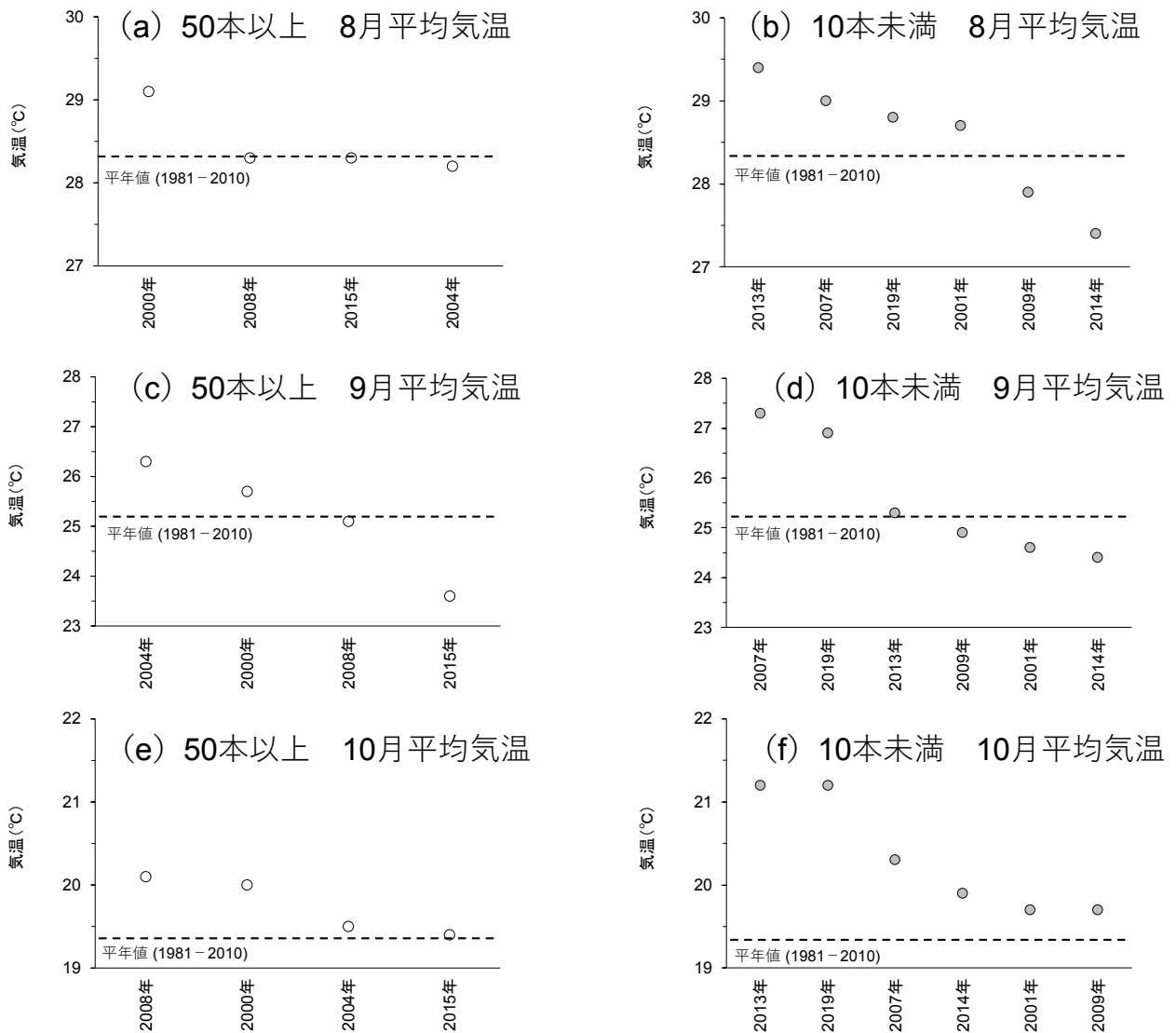


図6. 2000~2019年におけるマツタケの発生が、(a, c, e) 50本以上確認された年と (b, d, f) 10本未満の年における (a, b) 8月・(c, d) 9月・(e, f) 10月の平均気温。平均気温が高い年の順に並べ、平年値(1981~2010年の30年間)を破線で示した。

直前の月に当たる9月の降水量が多くなることがマツタケ子実体の成長に好条件だと考えられる。

気温(図6)については、8月(図6 a・b)と10月(図6 e・f)の月平均気温がマツタケの多寡に関係していることが推測される。マツタケが多かった年の4年のうち3年で8月平均気温が平年並みであったが、マツタケの少なかった年には6年のうち4年で8月平均気温が平年よりも高かった(高い年では1℃以上)。10月平均気温はより顕著で、マツタケの少なかった年は6年すべてで平年よりも高かった(高い年では2℃近く)。8月の平均気温が高かった2007年や2013年は記録的な猛暑の年として有名であり、夏の高温化が秋のマツタケの成長に悪影響を及ぼしたと考えられる。マツタケの子実体の原基は、菌糸が19℃前後の温度刺激で形成され始めるといわれ、地中温度がこれより低くなる必要がある(小川・浜田1975, 大森1989, 1997)。一方、10月はほとんどの年でマツタケの発生確認時期に当たるが、最

も高温であった2013年と2019年は発生確認が10月下旬と11月以降にみられた。

以上の結果を踏まえて、年による気候の違いとマツタケの発生との関係性について、より定量的な分析を試みた。図6で関連が示唆された9月降水量・8月平均気温・10月平均気温とマツタケの発生本数とのピアソン積率相関(r)を、図7にまとめた。図6と同様に、降水量は1983~2019年、月平均気温に対しては2000~2019年を対象とした。相関図において、マツタケの本数は、9月の降水量に対して正の相関($r = +0.367, p < 0.05$; 図7 a), 10月の平均気温に対しては負の相関($r = -0.337$; 図7 c)を示した。

さらに、月よりも短い旬単位でも、気温・降水量とマツタケ本数の相関を調べてみた(表1)。その結果、マツタケの本数が9月中旬の降水量と統計的に有意な正の相関($r = +0.386, p < 0.05$)、9月下旬・10月上旬の平均気温と有意な負の相関($r = -0.494$ および -0.480 ,

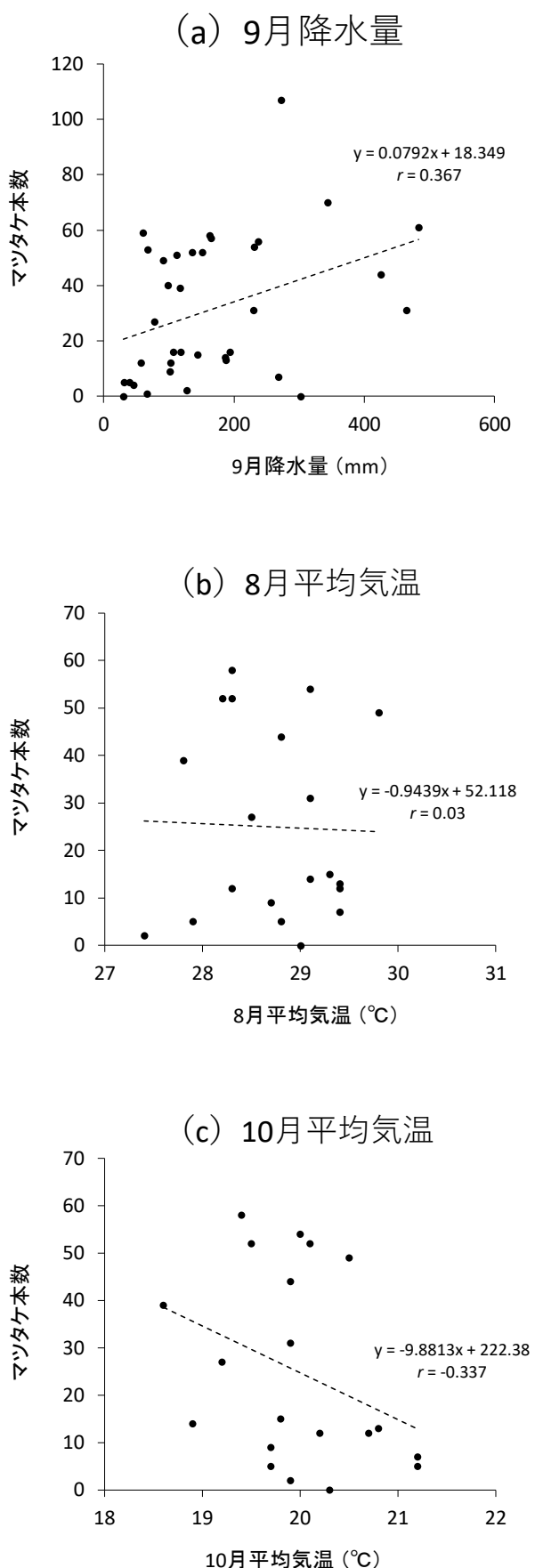


図7. (a) 9月降水量・(b) 8月平均気温・(c) 10月平均気温とマツタケの発生本数とのピアソン積率相関(r). (a)は1983~2019年, (b)と(c)は2000~2019年. 破線は回帰直線.

いずれも $p < 0.05$)を, より強くもつことがわかる. 前述の月単位でみた結果とあわせると, 相関分析から, 神戸市の気候では9月に200mm以上, 特に9月中旬の期間に150mm以上と降水量が集中すること, 10月に平均気温20℃以下, 特に9月下旬に23.5℃以下で10月上旬に22℃以下の平均気温であることが, マツタケの発生を増加させる条件として特定された. この数字は神戸アメダスで観測された気象条件で, 実際のマツタケ林床環境に相当しない点に注意が必要であるが, 気象庁の常時観測データをもとにマツタケの発生量が特定の気象条件で関連付けられたことから, 発生予測への利用可能性が期待できる.

先行研究(大森1997)の岩手県では, 8月下旬から9月上旬までの降水量が多ければマツタケの発生量も増え, これは本研究の神戸市よりも半月以上早い時期に当たる. 既述したように, マツタケの原基が作られるためには地中温度が低下する温度刺激が必要とされ, 夏に冷涼な気候をもつ岩手県のほうがマツタケの成長時期が早いと考えられる. 実際に岩手(盛岡市)の月平均気温の平年値は, 7月21.8℃, 8月23.4℃, 9月18.7℃であるが, 神戸市の場合には7月26.8℃, 8月28.3℃, 25.2℃と, 気温はかなり異なる.

一方で, 先行研究(小出1993)の長野県の調査地は, 標高が800mの山地で岩手県に近い冷涼な夏の気候をもつが, マツタケの発生量はやや遅い時期の降水量と相関がみられた. 古川ら(2016)も, 同じ調査地に加え, 長野県上田市や松本市(標高700~800m)で2010~2014年の近年に調査をおこなっているが, 特に9月下旬の降水量がマツタケの発生に重要であったことを示している. 7~9月の上田市や松本市の月間降水量の平年値を気象庁の観測データから調べてみると7月130mm台, 8月90mm台, 9月140~150mm台であり, 岩手(盛岡市)で7月185.5mm, 8月は183.3mm, 9月は160.3mmよりも神戸(7月152.1mm, 8月90.9mm, 9月144.6mm)の降水量に近く, 夏の降水量が少ないために長野県でも神戸市と同様に9月の降水量が重要となってくるものと考えられる.

謝辞

貴重な記録資料を快くご提供くださった中川勝稔氏に, 心より感謝申し上げます.

引用文献

- 衛藤慎也・田辺紘毅・坂田勉・川上嘉章・山本忠義・枯木熊人・板橋正人(1999) 甲山試験場における30年間のマツタケ発生に関する調査結果. 広島県林業技術センター研究報告 31: 44-55.
- 古川仁・増野和彦・竹内嘉江(2016) 地球温暖化に適応したマツタケ発生林施業法の開発. 長野県林業総

表 1. 8～10月の旬別における (a) 降水量・(b) 平均気温とマツタケの発生本数とのピアソン積率相関係数. (a)は1983～2019年, (b)は2000～2019年. *印は危険率5%で有意であることを示す.

(a) 降水量	上旬 (1~10日)	中旬 (11~20日)	下旬 (21~30,31日)
8月	-0.216	+0.178	-0.099
9月	+0.102	+0.386*	+0.206
10月	+0.020	-0.101	-0.125

(b) 気温	上旬 (1~10日)	中旬 (11~20日)	下旬 (21~30,31日)
8月	+0.139	-0.331	+0.128
9月	+0.024	+0.142	-0.494*
10月	-0.480*	+0.144	-0.175

合センター研究報告 30: 87-100.

小出博志(1993) 今年の気象条件とマツタケの発生状況. 技術情報(長野県林業総合センター) 85: 6-8.

小川真・浜田稔(1975) 純粋培養によるマツタケ子実体原基の形成. 日本菌学会会報 16(4): 406-415.

大森久夫(1989) マツタケの増殖に関する調査 - マツタケの発生と気象 -. 岩手県林業試験場成果報告 22: 91-95.

大森久夫(1997) 岩手県におけるマツタケの発生と気象的要因. 岩手県林業技術センター研究報告 7: 67-72.

進藤克実(2009) マツタケの人工栽培に関する研究 - 非滅菌環境下での菌根合成法の確立と界面活性剤による菌糸体成長促進作用の検討 -. 東京大学博士論文.

志藤文武・青柳暁典・清野直子・藤部文昭・山本哲(2015) 植栽・構造物が気温観測統計値に及ぼす

影響 - 東京(大手町)における通年観測 -. 天気 62(5): 403-409.

要約

本研究では, 1983年から2019年までの37年間に兵庫県神戸市内で記録されたマツタケの発生本数の資料をもとに, マツタケの発生と年による気候の違いとの関係性について調べた. 月単位でみた相関分析からは, 9月の積算降水量が多い年と, 10月の平均気温が低い年にマツタケの発生本数が多くなる傾向が示唆された. より短い期間である旬別にみると, 9月中旬の期間に150mm以上の降水量, 9月下旬の平均気温が23.5℃以下, 10月上旬の平均気温が22℃以下となる気候条件が, 本調査地でマツタケの発生を増加させることが統計的に示唆された.

(2020年9月20日受理)