

論文

房総半島清澄山系の降水特性（Ⅲ） —清澄観測点における 102 年間の年降水量、 月別・季節別降水量、大雨、少雨の 長期変化傾向—

蔵治光一郎^{*1}・鶴見康幸^{*2}・塚越剛史^{*2}・阿達康眞^{*2}

Precipitation Characteristics in the Kiyosumi Range of Boso Peninsula (III) — Long-term trend of annual, seasonal, monthly and heavy precipitation and dry spells over 102 years in Kiyosumi —

Koichiro KURAJI^{*1}, Yasuyuki TSURUMI^{*2}, Takeshi TSUKAGOSHI^{*2}, Yasumasa ADACHI^{*2}

1. はじめに

2019 年の台風 19 号，2018 年の西日本豪雨，2017 年の九州北部豪雨，2015 年の関東・東北豪雨など，近年，大雨による水害や土砂災害が頻発している。大雨による災害への対応を検討するためには，近年の大雨が過去の日本の降水量の長期変化傾向の中でどのように位置づけられるかを知ることが必要である。気象庁³⁾は過去の日本の降水量の長期変化傾向を報告している。ここでは，降水量は，気温に比べて地点による変動が大きく，変化傾向の解析にはより多くの観測点を必要とするため，観測データの均質性が長期間継続している観測地点を日本全国から 51 地点選出して解析を行っている。しかし 51 地点のうち 30 地点は県庁所在地で，他の 21 地点もおおむね地方都市に位置しており，都市から離れた地点はほとんど含まれていない。また千葉県内の観測点は含まれていないなど，地域的な偏りがみられる。

東京大学千葉演習林清澄気象観測所（以下，清澄）(35° 09' 33.1" N 140° 08' 45.6" E) では，1904 年から降水量を観測しているが，通年の観測記録が連続して残されているのは 1918 年以降であり，2019 年の年末で 102 年を迎えた。前々報⁴⁾は清澄の 1904 年から 1996 年までの年降水量を再計算した値を表に示した。前報⁵⁾では期間を 2000 年まで延長し，新たに発見された資料等をもとに再々計算した値を表に示した。さらに 1918～96 年の 79 年間の日降水量データを用いて，順位別日降水量，季節別降水量，大雨の変化傾向について解析した。

本報では，データ解析期間を前報の 79 年間に加えて，1997 年から 2019 年まで 23 年間延長し，欠測を補完した 1918～2019 年の 102 年間のデータを用いて，年降水量，季節別降水量，大雨，

*1 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林企画部
Executive Office, The University of Tokyo Forests, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

*2 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林千葉演習林
The University of Tokyo Chiba Forest, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

少雨の長期変化傾向について検証し、気象庁が選定した 51 地点が 1 つもない千葉県の、都市から遠く離れた観測地点において、近年の降水が過去の降水量の長期変化傾向の中でどのように位置づけられるかを知ることが目的とする。

Ⅱ. 2001～2019 年における観測方法の変遷

2000 年にすべての地方演習林の気象観測装置が Campbell 社マイクロロガー CR10X をベースとした装置に更新され、2001 年 1 月 1 日から雑誌「演習林」誌上にて印刷公表されるデータとして、この装置による観測値が用いられるようになった。

この変更以降、2019 年までの清澄の降水量の観測方法について表-1 に示す。

表-1 2000～2019 年における清澄の降水量観測方法
Table1 Observation method of precipitation in Kiyosumi from 2000 to 2019

年	月	日	事由
2000	10	25	Campbell社マイクロロガーCR10Xをベースとした装置に付随する転倒マス雨量計(以下、メイン雨量計)が設置され、降水量の観測開始
2000	11	1	「演習林」に報告する気象月報の値をCR10Xの記録値に切り替え
2001	1	10	サーモダックEによる観測を中止
2010	8	31	指示雨量計による観測の中止
2012	7	18	転倒マス雨量計+電接計記録紙による観測の中止
2015	9	20	メイン雨量計の不調により降水量が欠測となる
2016	4	5	転倒マス雨量計(サブ)による観測開始
2016	5	31	メイン雨量計の基礎工事完了、観測再開

Ⅲ. 用いたデータ

前々報、前報の計算においては、全期間を通じて、0.1mm 刻みで観測された指示雨量計の値を基本としていた。しかし 2010 年に指示雨量計による観測が廃止されたことから、本報では指示雨量計による観測に欠測が生じ始めた 1997 年から 2019 年までの期間は、指示雨量計の値ではなく公表値^{6)～28)}を使用することとした。この間の日降水量の公表値は、1 転倒 0.5mm の転倒マス雨量計で観測された 0.5mm 括約の値である。転倒マス雨量計で降水量を観測する場合、マス内に残存した雨水が蒸発することによる過小評価が生じるため、観測値は指示雨量計で観測された降水量よりも小さくなることが知られている。そこで 1918～1996 年の日降水量として、前報で用いた日降水量の値を 0.5mm 括約で切り捨てた値を用いることとした。前々報で、転倒マス雨量計の値を公表していた 1992～94 年の指示雨量計の 0.1mm 括約の年降水量は公表値より 16.7～30.9mm 大きかったことを報告したが、この期間の指示雨量計による日降水量を 0.5mm 括約で切り捨てた値により計算される年降水量と公表値の差は -14.0～1.0mm の範囲に入っており、両者の差がさらに小さくなったことから、指示雨量計による日降水量の値を 0.5mm 括約で切り捨てた値を用いることは妥当であると判断された。この 102 年間、日降水量データの日界は、1918～30 年及び 1933 年 4 月～1952 年が午前 10 時、1931～33 年 3 月が午後 2 時、1953～1996 年が午前 9 時、1997～2019 年が深夜 0 時であったが、本研究では日界が変わることによる影響はないもの

と仮定した。

1997 年以降の公表値において以下の日の日降水量が欠測として報告されている。欠測日数は 2013 年以降特に多く、2013、14、15、16 年がそれぞれ 15、16、160、96 日となっている。

1999 年 3 月 19～22 日、3 月 30～31 日、4 月 10～11 日、10 月 15 日

2000 年 2 月 8 日

2001 年 5 月 16～28 日

2004 年 3 月 18～20 日

2013 年 8 月 14～28 日

2014 年 3 月 30 日～4 月 14 日

2015 年 5 月 18～21 日、29～30 日、7 月 7～9 日、19～9 月 4 日、9 月 20 日～12 月 31 日

2016 年 1 月 1 日～4 月 5 日

そこで本研究では、清澄山系に千葉県安房土木事務所が設置した観測点（35° 09′ 37.7″ N 140° 08′ 53.9″ E）で観測された降水量データを用いて欠測を補完することとした。この地点と清澄との直線距離は約 220m であり、両者はほぼ同じ降水量を観測しているとみなせる。

欠測の補完は以下の方法で行った。

- ①安房土木事務所の降水量データが欠測でない場合は、それをそのまま補完値とする。

安房土木事務所の降水量データは 1mm 括約で提供されているため、0.5mm 括約の公表値を補完するには不適切であるが、他に適切な方法がないため、この方法を採用する。このため、欠測日数が特に多い 2015、2016 年の降水量は過小評価される可能性がある。

- ②安房土木事務所の観測データが欠測の場合は、札郷（東大演習林）、鴨川（気象庁）、勝浦（気象庁）の 3 地点の観測データを参考に決定する。

このケースに該当したのは以下の日である。

2015 年 9 月 4 日は、札郷、鴨川が 8.0mm、勝浦が 6.0mm であったため、8.0mm とした。10 月 23 日、11 月 5～7 日は、札郷、勝浦、鴨川とも 0.0mm であったために 0.0mm とした。11 月 8、9 日は、札郷、勝浦がそれぞれ 23.0mm、8.5mm、鴨川はそれぞれ 26.5mm、10.5mm であったため、23.0mm、8.5mm とした。

2016 年 2 月 7 日は、札郷が 1.5mm、鴨川、勝浦がいずれも 2.0mm であったため、2.0mm とした。

IV. 結果と考察

1. 年降水量の長期変化傾向

前報では、清澄の 1918～1996 年の 79 年間の平均年降水量は 2284.0mm であったが、同じ期間で日降水量を 0.5mm 括約とした値の平均年降水量は 2257.1mm であった。一方、1997～2019 年の 23 年間の平均年降水量はそれより 54.3mm 小さい 2202.8mm であり、1918～2019 年の 102 年間の平均年降水量は 2244.9mm となった。1918～2019 年の 102 年間の年降水量に Mann-Kendall 検定²⁾を行ったところ有意なトレンドはなかった。前々報では、1918～1996 年の 79 年間の年降水量に有意なトレンドはなかったことを報告しているが、1918～2019 年の 102 年間を対象とした本研究でも同様の結果が得られた。

2. 月別・季節別降水量の長期変化傾向

1918～2019 年の 102 年間の月降水量及び季節別降水量（3～5 月、6～8 月、9～11 月、12～

月の各3か月間降水量)に Mann-Kendall 検定を行ったところ有意なトレンドはなかった。前報では、1918～1996年の79年間の季節別降水量に有意なトレンドはなかったことを報告しているが、1918～2019年の102年間を対象とした本研究でも同様の結果が得られた。

平均月降水量を1918～96年と1997～2019年で比較すると、1月は88.3mmから105.9mmに約20%増加し、8月は166.8mmから127.4mmへ約24%減少していた。前報では、統計的に有意な傾向ではないものの、春夏の降水量が増加、秋冬の降水量が減少していたが、本研究により、1997～2019年の23年間は、その前の79年間の傾向とは逆に、冬の1月の降水量が増加し、夏の8月の降水量が減少していたことが示された。

3. 大雨の長期変化傾向

1918～2019年の102年間の日降水量データを年ごとに大きい順に並べ替え、各順位の降水量に Mann-Kendall 検定を行ったところ、上位1～20位について有意な傾向は見出されなかった。102年間に5回行われた日界変更の影響をできるだけ避けるため、年最大2日間降水量についても同様の検定を行ったが、やはり有意な傾向は見出されなかった。前報では、上位1～3位については有意な増加トレンドが検出されていたが、本研究では前報とは異なる結果となった。

1918～2019年に清澄で観測された日降水量及び2日間降水量の上位5位までを表-2に示す。確率年の計算には降水量の極値の統計分布として一般化極値分布を仮定した。

日降水量50mm以上の降水日の総降水量が年降水量に占める割合の変化傾向を図-1に示した。この関係に Mann-Kendall 検定を行ったところ信頼度水準95%で有意な増加傾向にあり($p=0.023$)、回帰直線の傾きは100年でプラス6.6% (前報では6.2%)であった。

気象庁³⁾は、51地点の日降水量100mm以上及び日降水量200mm以上の日数は、1901～2018年の118年間で、100年につきそれぞれ0.29日及び0.04日、増加している(信頼度水準99%で統計的に有意)としている。また、51地点の月降水量における異常多雨(1901～2018年の118

表-2 清澄で過去に観測された大雨

Table2 Heavy precipitation events observed in Kiyosumi

日降水量				
順位	降水量mm	生起日	確率年	事象
1位	295	1945年8月22日	140	台風
2位	261	1924年9月16日	49	台風
3位	248.5	2019年10月25日	34	台風21号と低気圧
4位	237	1960年8月20日	24	台風14号
5位	228	2004年10月9日	18	台風22号
2日間降水量				
順位	降水量mm	生起日	確率年	事象
1位	373	1971年9月6～7日	60	台風25号
2位	360	1960年8月19～20日	47	台風14号
3位	357.5	1996年9月21～22日	45	台風17号
4位	353	2004年10月8～9日	41	台風22号
5位	331	1989年7月31～8月1日	27	台風11・12号

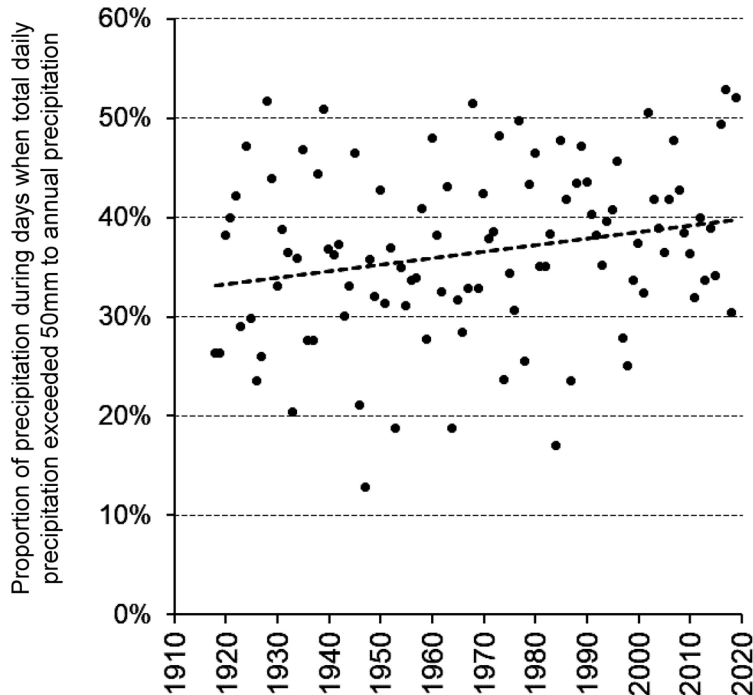


図-1 日降水量 50mm 以上の降水日の総降水量が年降水量に占める割合の長期変化傾向

Fig.1 Long-term trend of the proportion of precipitation during days when total daily precipitation exceeded 50mm to annual precipitation

年間で各月における月降水量の多い方から 1～4 位の値) の年間出現数には変化傾向が見られないとしている。清澄における 1918～2019 年の 102 年間の日降水量 100mm 以上及び日降水量 200mm 以上の日数の変化傾向を Mann-Kendall 検定で調べたところ、有意な傾向は見出されなかった。また 1918～2019 年の 102 年間の月降水量の多い方から 1～4 位の値を異常多雨と定義し、各月における異常多雨の出現数を年ごとに合計した数の変化傾向を Mann-Kendall 検定で調べたところ、やはり有意な傾向は見出されなかった。

日降水量 50mm 以上の降水日の総降水量が年降水量に占める割合が、統計的に有意な増加傾向にあることが見出されたことから、全国的に示されている大雨の長期変化傾向が、房総半島清澄山系でも当てはまる可能性が示唆された。異常多雨の出現数には有意な傾向がみられないという結果も、全国的に示されている結果と同様であった。一方、日降水量 100mm 以上及び日降水量 200mm 以上の日数には、全国的に示されている増加傾向は検出されなかった。その原因は不明であるが、遠藤ら¹⁾のレビューが指摘した、1970 年以降の日本における豪雨の増加傾向が、地球温暖化のような長期的変化を反映したものなのか、あるいは数十年スケールでの自然変動を反映したものであるのか、現状での判断は困難であるという解釈は、本研究によっても支持された。

4. 降水日数の長期変化傾向

気象庁³⁾は、51地点の日降水量1.0mm以上の日数は1901～2018年の118年間でマイナス9.6日の減少傾向にある（信頼度水準99%で統計的に有意）としている。清澄における1918～2019年の102年間の日降水量1.0mm以上の日数の変化傾向を図-2に示した。この関係をMann-Kendall検定で調べたところ、信頼度水準90%で有意な減少傾向にあり（ $p=0.060$ ）、回帰直線の傾きは100年でマイナス9.4日であった。弱い降水も含めた降水日数が減少する傾向を示していることは、気象庁³⁾の示した全国的な長期変化傾向と共通していた。

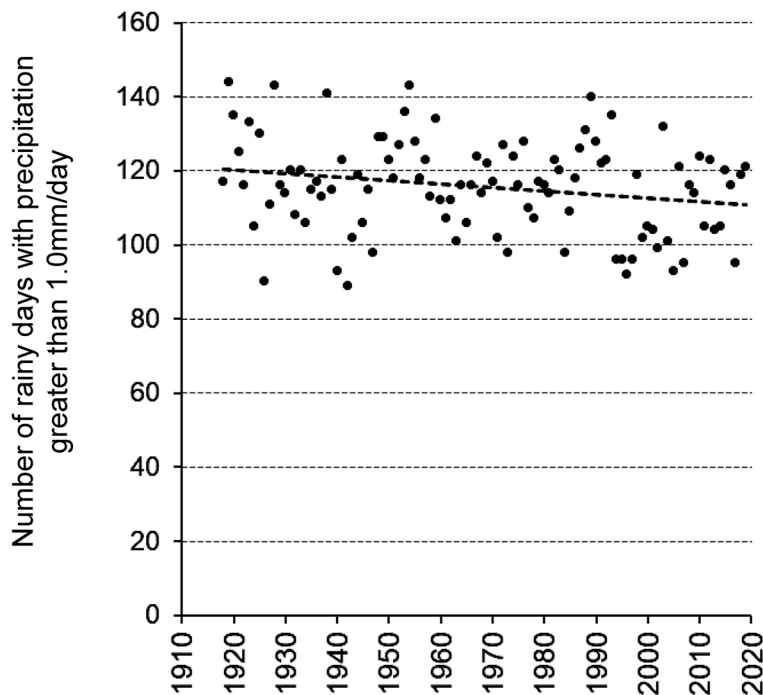


図-2 日降水量1mm以上の日数の長期変化傾向

Fig.2 Long-term trend of the number of rainy days with precipitation greater than 1.0mm/day

5. 少雨の長期変化傾向

気象庁³⁾は、51地点の月降水量における異常少雨（1901～2018年の118年間で各月における月降水量の少ない方から1～4位の値）の年間出現数は信頼度水準99%で統計的に有意な増加傾向にあるとしている。清澄における1918～2019年の102年間の月降水量の少ない方から1～4位の値を異常少雨と定義し、各月における異常少雨の出現数を年ごとに合計した数の変化傾向をMann-Kendall検定で調べたところ有意な変化傾向は見出されなかった。2012～19年の8年間は異常少雨を観測した年はなかった。降水日数が減少傾向にあるにもかかわらず、気象庁³⁾が全国的な長期変化傾向として示している異常少雨の増加傾向が見られなかった理由は、清澄が海岸近くまで迫っている房総丘陵の頂上近くであり、年間を通じて少雨が発生しにくい条件にあるた

め、各月における異常少雨の出現数を年ごとに合計した値の変化傾向が全国的な傾向と異なっていたためと推測される。

V. 結論

近年の降水が過去の降水量の長期変化傾向の中でどのように位置づけられるかを知ることが目的として、清澄における 102 年間のデータを解析し、月降水量、季節別降水量、順位別日降水量、最大 2 日間降水量、降水日数、異常多雨、異常少雨等の長期変化傾向について解析した。その結果、次のことがわかった。

- 1) 月降水量、季節別降水量、順位別日降水量、最大 2 日間降水量のいずれも、統計的に有意な長期変化傾向はみられなかった。
- 2) 日降水量 50mm 以上の降水日の総降水量が年降水量に占める割合は統計的に有意な増加傾向にあり、増加率は 100 年間で 6.6% であった。
- 3) 日降水量 1.0mm 以上の降水日数は、統計的に有意な減少傾向にあり、減少率は 100 年間でマイナス 9.4 日であった。
- 4) 異常少雨の出現数には長期変化傾向が見られなかった。

謝辞

1904 年から始められ現在に至っている清澄での長期降水量観測は、歴代の千葉演習林の教職員の絶え間ない努力により達成された偉業である。特に清澄作業所に配属された歴代職員及び千葉演習林歴代気象担当者の努力によるところが大きく、ここに記して謝意を表する。欠測補完に不可欠であった観測データを快くご提供いただいた千葉県県土整備部河川環境課防災対策室に感謝申し上げる。本論文は、東京大学演習林に 2009 年 5 月 27 日に設置された研究推進委員会気象データ解析研究会の成果の一部である。

引用文献

- 1) 遠藤伸彦・松本淳・山本奈美・福島あずさ・赤坂郁美（2007）世界における降水量と降水特性の長期変化、地学雑誌 116 (6) : 824-835.
- 2) Hirsch, R. M., Slack, J. R. and Richard A. Smith (1982) Techniques of Trend Analysis for Monthly Water Quality Data, Water Resources Research 18(1): 107-121.
- 3) 気象庁（2019）気候変動監視レポート 2018. 気象庁 : 87pp.
- 4) 蔵治光一郎・山中千恵子・永島利夫・軽込勉・則定真利子（1998）房総半島清澄山系の降雨特性（Ⅰ）：清澄観測点における平均降雨量の算定。東大演報 99 : 235-243.
- 5) 蔵治光一郎・山中千恵子・永島利夫・唐鎌勇・鈴木誠（2002）房総半島清澄山系の降雨特性（Ⅱ）：清澄観測点における季節別降水量と大雨の経年変化。東大演報 108 : 1-12.
- 6) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林（2001）東京大学演習林気象報告（自 1999 年 1 月至 1999 年 12 月）。演習林（東大）40 : 29-156.
- 7) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林（2002）東京大学演習林気象報告（自 2000 年 1 月至 2000 年 12 月）。演習林（東大）41 : 123-250.
- 8) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林（2003）東京大学演習林気象報告（自 2001 年 1 月至 2001 年 12 月）。演習林（東大）42 : 209-231.
- 9) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林（2005）東京大学演習林気象報告【修正版】（自 2002 年 1 月至 2002 年 12 月）。演習林（東大）44 : 277-299.
- 10) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林（2005）東京大学演習林気象報告（自 2003 年 1 月至

- 2003 年 12 月). 演習林 (東大) 44 : 301-323.
- 11) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林 (2006) 東京大学演習林気象報告 (自 2004 年 1 月至 2004 年 12 月). 演習林 (東大) 45 : 271-295.
 - 12) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林 (2007) 東京大学演習林気象報告 (自 2005 年 1 月至 2005 年 12 月). 演習林 (東大) 46 : 371-394.
 - 13) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林 (2008) 東京大学演習林気象報告 (自 2006 年 1 月至 2006 年 12 月). 演習林 (東大) 47 : 83-105.
 - 14) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林 (2009) 東京大学演習林気象報告 (自 2007 年 1 月至 2007 年 12 月). 演習林 (東大) 48 : 133-155.
 - 15) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林 (2010) 東京大学演習林気象報告 (自 2008 年 1 月至 2008 年 12 月). 演習林 (東大) 49 : 43-65.
 - 16) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林 (2011) 東京大学演習林気象報告 (自 2009 年 1 月至 2009 年 12 月). 演習林 (東大) 50 : 73-98.
 - 17) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林 (2012) 東京大学演習林気象報告 (自 2010 年 1 月至 2010 年 12 月). 演習林 (東大) 52 : 319-350.
 - 18) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林 (2013) 東京大学演習林気象報告 (自 2011 年 1 月至 2011 年 12 月). 演習林 (東大) 53 : 195-220.
 - 19) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林 (2020) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林気象観測データ. http://www.uf.a.u-tokyo.ac.jp/research_division/data/kishou/index.html (2020 年 4 月 24 日閲覧)
 - 20) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林基盤データ整備委員会気象部門 (2014) 東京大学演習林気象報告 (自 2012 年 1 月至 2012 年 12 月). 演習林 (東大) 55 : 163-186.
 - 21) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林基盤データ整備委員会気象部門 (2015) 東京大学演習林気象報告 (自 2013 年 1 月至 2013 年 12 月). 演習林 (東大) 57 : 319-342.
 - 22) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林基盤データ整備委員会気象部門 (2016) 東京大学演習林気象報告 (自 2014 年 1 月至 2014 年 12 月). 演習林 (東大) 58 : 239-259.
 - 23) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林基盤データ整備委員会気象部門 (2017) 東京大学演習林気象報告 (自 2015 年 1 月至 2015 年 12 月). 演習林 (東大) 59 : 255-283.
 - 24) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林基盤データ整備委員会気象部門 (2018) 東京大学演習林気象報告 (自 2016 年 1 月至 2016 年 12 月). 演習林 (東大) 60 : 101-120.
 - 25) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林基盤データ整備委員会気象部門 (2019) 東京大学演習林気象報告 (自 2017 年 1 月至 2017 年 12 月). 演習林 (東大) 61 : 117-147.
 - 26) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林基盤データ整備委員会気象部門 (2020) 東京大学演習林気象報告 (自 2018 年 1 月至 2018 年 12 月). 演習林 (東大) 62 : 115-161.
 - 27) 東京大学農学部附属演習林 (1999) 東京大学演習林気象報告 (自 1997 年 1 月至 1997 年 12 月). 演習林 (東大) 38 : 147-274.
 - 28) 東京大学農学部附属演習林 (2000) 東京大学演習林気象報告 (自 1998 年 1 月至 1998 年 12 月). 演習林 (東大) 39 : 59-186.

(2020 年 4 月 28 日受付)

(2020 年 7 月 15 日受理)

要旨

房総半島清澄山系の降水特性を明らかにする研究の一環として、千葉演習林清澄観測所における年降水量、月別・季節別降水量、大雨、少雨の長期変化傾向を解析した。1918 年から 2019 年までの 102 年間のデータを用いた。日降水量 50mm 以上の降水量が年降水量に占める割合は統計的に有意な増加傾向にあった。日降水量 1.0mm 以上の降水日数は統計的に有意な減少傾向にあった。

キーワード：降水特性，清澄山系，長期変化傾向，大雨

Summary

As part of the research concerning precipitation characteristics in the Kiyosumi Range in the Boso Peninsula, the long-term trend of annual, seasonal, monthly and heavy precipitation and dry spells over 102 years at the Kiyosumi Weather Station was analyzed. One hundred-and-two years daily precipitation records from 1918 to 2019 were used. An increase was found in the proportion of precipitation during days when total daily precipitation exceeded 50mm to annual precipitation. The number of rainy days with precipitation greater than 1.0mm/day decreased.

Keywords: Precipitation characteristics, Kiyosumi Range, Long-term trend, Heavy precipitation