

富士癒しの森研究所における 降水量の長期変化傾向

蔵治光一郎^{*1}・齋藤暖生^{*2}・西山教雄^{*2}・辻 良子^{*2}

Long-term trend of precipitation in the Fuji Iyashinomori Woodland Study Center

Koichiro KURAJI^{*1}, Haruo SAITO^{*2}, Norio NISHIYAMA^{*2},
Ryoko TSUJI^{*2}

要旨

都市からも海岸からも遠く離れ、標高約 1,000m の富士山北麓に位置する東京大学富士癒しの森研究所 (FIWSC) において、これまで都市部や東京大学千葉演習林清澄観測所で検出されている降水の長期変化傾向が見られるか検証することを目的として、FIWSC 周辺地域の山梨県及び気象庁の資料も参照しつつ 119 年間の日降水量データセットを作成し、年降水量、季節降水量、大雨、降水日数、少雨月の年間出現数の長期変動傾向について解析した。年降水量には有意な長期変動はなく、季節降水量のうち 3～5 月 (MAM) 降水量に有意な増加傾向が検出された。大雨は有意な長期変動はなかったが近年増加している可能性が示唆された。降水日数、少雨月の年間出現数にも有意な長期変動はなかった。

キーワード：富士癒しの森研究所 (FIWSC), 山中湖, 降水量, 長期変化傾向, 大雨

Abstract

The long-term trend of annual, seasonal, and heavy precipitation and the frequency of dry spells for 119 years in the Fuji Iyashinomori Woodland Study Center (FIWSC) were analyzed. A significant increase was found in the spring (March, April and May - MAM) precipitation whereas no significant trend appeared in the annual, summer, autumn, winter, and heavy precipitation or in the frequency of dry spells.

Keywords: Fuji Iyashinomori Woodland Study Center (FIWSC), Lake Yamanaka, Precipitation, Long-term trend, Heavy Precipitation

*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富士癒しの森研究所

Fuji Iyashinomori Woodland Study Center, The University of Tokyo Forests, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

1. はじめに

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のかを知ることが必要である。文部科学省・気象庁¹⁾は長期間にわたって観測を継続している51地点の気象観測所のデータを用いて過去の日本の降水量の平均的な長期変化傾向を論じている。しかし51地点のほとんどは都道府県庁所在地や地方都市に設けられた観測所であり、都市から遠く離れた地点は少ない。このような問題意識のもと、蔵治ら²⁾は都市から遠く離れた東京大学千葉演習林清澄観測所（以下、清澄）において連続観測された102年間の降水量データを用いて降水量の変化傾向について論じた。その結果、気象庁が51地点のデータをもとに示している長期変化傾向とは異なり、異常少雨の増加傾向が見られず、その原因として海岸から近くまで迫っている標高約300mの丘陵上という清澄の立地条件に起因する局地気候の影響が示唆された。都市から遠く離れた地点の降水量の長期変化傾向は、立地条件の影響を受けることが明らかになったことから、都市から遠く離れ、立地条件が清澄とは異なる地点で観測された降水量の長期変動傾向を解析し、結果を比較検討することは有意義であると考えられた。そこで本研究では、都市からも海岸からも遠く離れ、標高約1,000mの富士山北麓に位置する山中湖の近傍に所在する東京大学演習林富士癒しの森研究所（FIWSC）を対象として、文部科学省・気象庁¹⁾や蔵治ら²⁾が解析対象とした年降水量、季節降水量、年最大日降水量、日降水量1mm以上の降水日数等の長期変化傾向を明らかにすることを目的とした。FIWSCにおいては1953年1月1日に組織的な観測が開始され2014年1月6日に終了している。FIWSCで組織的な観測が開始される前の期間は、FIWSCの周辺地域で山梨県及び気象庁が観測した降水量データを収集し、補正することにより、FIWSCの降水量データを推定した。FIWSCで降水量観測が行われていた期間については、欠測の補完、測定方法の統一のための補正を行い、観測が終了した後の期間については、蔵治ら³⁾が提案した手法によりFIWSCの降水量データを推定した。これらのデータをつなぎ合わせることにより、1901～2019年の119年間の降水量データを作成し、長期変化傾向を解析した。

II. 資料と方法

1. 資料

本研究の対象とするFIWSCのWebサイト（2021年5月6日閲覧）によれば、FIWSCは海洋性の表富士から内陸性の裏富士への移行地帯に当たるため、複雑な気象環境にある。2001～10年の10年間の平均値として、年平均気温は9.1℃、平均年降水量は2,744mm、積雪は比較的少ないが最大積雪深は98cmと年により変動が大きいとされている。本研究では、FIWSCが観測した降水量資料のほか、FIWSCから約4kmの範囲内で山梨県及び気象庁が観測した降水量資料を用いた。用いた資料の全体像を表-1に、観測地点（表-1のa～f）の緯度経度、標高、利用可能データを表-2、位置を図-1に示した。以下、資料番号（表-1の[1]～[11]）の順に概説する。なお、元資料が入手できなかった場合や、元資料において欠測と記載されているケースと、著者らが複数の資料を比較検討して欠測と判断したケースを区別するため、以下では前者を「欠落」、後者を「欠測」と表記する。

資料[1]は、FIWSCが東京大学富士演習林と称していた時代の1953～2007年の毎日の貯留型指示雨量計による観測値を掲載した非公表の「気象月報」⁴⁾の日降水量（観測地点:a）である。

表-1 資料番号と期間区分

Table 1 Information resource number and definition of periods

観測主体	東京大学				山梨県					気象庁	
資料番号※1	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]
観測地点名称※2	山中湖		中野	山中,中野	山中湖					山中	
観測地点※3	a		b		c, d	b, e	d		e	b, d	f
時間分解能	日	6分	日	月※4	日				10分	日	1時間
期間	年										
A	1901~26		△注1								
A	1927~37		○	○		○					
B	1938~39			△注1		○					
B	1940					△注2					
B	1941~43					△注2				△注3	
B	1944					△注2				△注4	
B	1945~50					△注2					
B	1951			△注5		△注2				△注6	
B	1952			△注7		○				△注8	
C	1953	○		△注1		○				△注2	
C	1954	○		△注1		△注3				○	
C	1955	○		△注1	○	△注4				△注5	
C	1956~58	○			○	○				○	
C	1959~61	○				○	○			○	
C	1962	○					○			○	
C	1963~66	○			○		○			○	
C	1967~68	○			○	○	○			○	
C	1969	○						○		●注6	
C	1970~75	○						△注7		●	
C	1976~77	○						○		●	△注8
C	1978~99	△注9						△注10			○
D	2000	△注1	△注2					△注3			○
E	2001	△注1	△注1						△注2		○
E	2002~07	△注1	△注1						○		○
F	2008~13		○						○		○
G	2014~19								○		○

※1 [1]: 富士演習林気象月報 [2]: 富士演習林自動気象観測装置 [3]: 山梨県甲府測候所気象月報・気象略報, 山梨県甲府測候所気象年報 [4]: 山梨県統計書 [5]: 山梨県管理水位雨量観測年報 [6]: 富士山北麓の利水調査とその資料解析(別表) [7]: 富士五湖水位・放流量・雨量・観測表 [8]: 山梨県雨雪量月報 [9]: 山梨県提供データ [10]: 気象庁甲府地方気象台気象月報 [11]: 気象庁アメダス

※2 資料に記載された観測地点の名称 資料[4]の観測地点名称は1927~39年中野, 1951~55年山中

※3 a: 東京大学山中寮裏 b: 山中(尋常高等)小学校 c: 中野村役場(1955年移転) d: 杉浦忠睦氏宅 e: 山中湖村役場前湖畔広場隅 f: 富士吉田消防署東部出張所 詳細は表-2参照 資料[6][7]には観測地点が特定できない期間あり, 本文参照

※4 年最大日降水量, 年降水日数(日降水量0.1mm以上)も含む

○: データあり △: データ一部欠落又は欠測 ●: 観測地点d(杉浦忠睦氏宅)のデータ

期間A 注1: 欠落日は本文参照

期間B 注1: 1938年月降水量のみ, 1939年年降水量・年最大日降水量のみ 注2: 欠落期間は本文参照 注3: 1943年に欠落月あり, 本文参照 注4: 4月のみ, 年降水量, 年最大日降水量, 年降水日数(日降水量0.1mm以上及び1.0mm以上)のみ 注5: 年降水量, 年降水日数(日降水量0.1mm以上)のみ 注6: 月降水量・月降水日数(日降水量0.1mm以上及び1.0mm以上), 月最大日降水量のみ 注7: 月降水量・月降水日数(日降水量0.1mm以上)のみ 注8 1,2月欠落

期間C 注1: 地点名山中, 月降水量・月降水日数(日降水量0.1mm以上)のみ 注2: 9月欠落 注3: 1954年4月欠落 注4: 1955年4月欠落 注5: 年報(月降水量, 月最大日降水量, 月降水日数(日降水量0.1mm以上))のみ 注6: 1969年6月26日に観測地点をb地点(山中小学校)からd地点(杉浦忠睦氏宅)に変更 注7: 1973年11月欠落 注8: 1976年3月12日開始, 12月~1977年3月29日欠落 注9: 欠落期間は本文参照 注10: 月報欠落あり, 本文参照

期間D 注1: 欠落期間は本文参照 注2: 12月1日開始 注3: 2月28日終了

期間E 注1: 欠落期間は本文参照 注2: 10月9日開始

表-2 観測地点の位置, 標高, 利用可能データ

Table 2 Location, elevation and available data for each observation point

観測地点	北緯	東経	標高(m)	aとの距離(m)	利用可能データ(日, 月, 年)
a 東京大学山中寮裏 (FIWSCの観測地点)	35°24'27.4"	138°51'51.6"	996	0	1953~2013年
b 山中(尋常高等)小学校	35°25' 28.7"	138°50' 51.7"	986	1,965	1901~44年4月, 1950~69年6月24日
c 中野村役場 (移転前)	35°25' 37.5"	138°52' 20.2"	991	2,742	1955~56年
(移転後)	35°24'37.2"	138°51'40.9"	989	761	
d 杉浦忠睦氏宅	35°25' 3.0"	138°51' 13.2"	985	1,097	1957~58年, 1963~2000年2月
e 山中湖村役場前湖畔広場隅	35°24'37.2"	138°51'49.7"	984	305	2001年10月9日~現在
f 富士吉田消防署東部出張所	35°26'16.1"	138°50'15.6"	992	4,140	1976年3月11日~現在

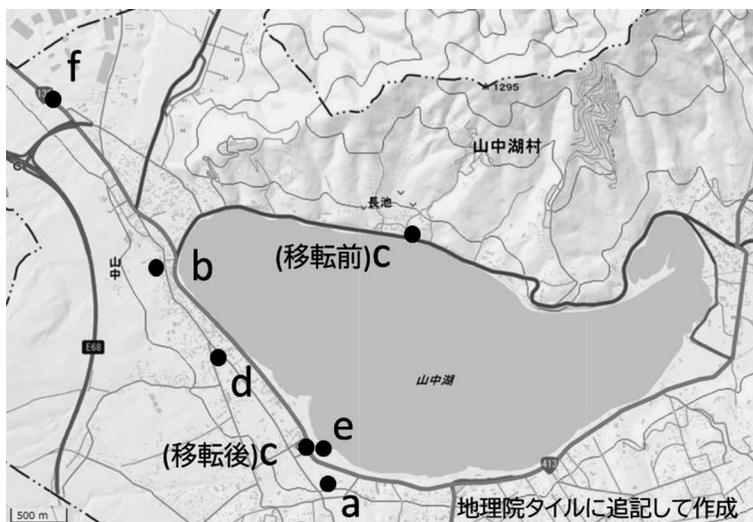


図-1 観測地点の位置

Fig. 1 Map showing observation points

このうち1975年1月1日以降は、気象月報の元データが記載されている観測野帳⁵⁾も保管されていたので、両者を照合し、値が異なっている場合は観測野帳の値を採用した。1953~57年、1959~62年は、降雪日に降水量ではなく降雪深が記載されていた。また1998年1月8日~2月15日、2月23日~3月5日、11月16日~1999年2月26日、12月18日~12月31日、2000年1月12日~2月20日、12月10日~2001年1月24日、1月26日~2月5日、2月24日~8月20日、9月9~11日、2003年2月12日~2月17日、2005年1月1日~2月12日、2月18日~3月11日、2006年1月1日~1月12日は観測を行っていなかった。1953年からの気象年報は雑誌「演習林」にて観測地点名称「山中湖」を付して公表されており、1989年以降は気象月報も雑誌「演習林」及びWebサイトにて公表されている。2001年以降の雑誌「演習林」及びWebサイトでは資料[2]をもとに求めた日界0時の降水量が公表されているが、資料[2]

に欠落が生じた場合には資料 [1] の日界 9 時の値が公表されている³⁾。なお、FIWSC で保管されている最古の気象観測野帳は 1943 年 10 月 13 日のものであるが、1952 年までの記録は断片的にしか残っていなかったため、本研究では使用しなかった。

資料 [2] は、FIWSC (2011 年 6 月 1 日より前は富士演習林) が 2000 年 12 月 1 日～2013 年にヒーターつき転倒マス降水量計 (12 月上旬～4 月上旬にヒーターを使用) により観測・記録した 6 分間降水量 (観測地点: a) である。2001 年 1 月 1 日～3 月 5 日, 11 月 11 日～2002 年 6 月 19 日, 9 月 5 日～10 月 31 日, 2003 年 1 月 1 日～1 月 26 日, 7 月 16 日～9 月 14 日, 2005 年 6 月 1～21 日, 9 月 2 日～10 月 1 日, 2007 年 3 月 2 日～4 月 5 日は欠落していた。本研究では 6 分間降水量を日界 9 時で集計した日降水量を用いた。なお 2001～2013 年の日界 0 時の降水量は気象年報が雑誌「演習林」及び Web サイトで、気象月報が Web サイトで観測地点名称「山中湖」を付して公表されている³⁾。

資料 [3] は、山梨県報の号外として発行された山梨県甲府測候所の 1901～37 年の気象月報・気象略表中の管内降水日表・管内毎日降水量⁶⁾ に報告されている観測地点名称「中野」(観測地点: b (山中尋常小学校, 1921 年に山中尋常高等小学校に改称)) の 0.1mm 刻み日降水量である。1901 年 1 月全日, 2 月 1～22 日, 1902 年 10 月 15 日, 1907 年 1 月 25, 29 日, 3 月 29 日, 7 月 1 日, 8 月 8, 22 日, 11 月 2, 3, 22 日, 1908 年 1 月 30 日, 4 月 8 日, 10 月 30, 31 日は欠落していた。また本資料を補足する情報として、山梨県甲府測候所が発行した 1913～36 年の気象年報⁷⁾ に報告されている観測地点名称「中野」の 0.1mm 刻み月降水量・月最大日降水量も参照した。

資料 [4] は、山梨県統計書に掲載されている気象年報⁸⁾ に報告されている観測地点名称「中野」(1951 年以降は観測地点名称「山中」) の 1901～21, 1924～37 年の月降水量・月最大日降水量, 1938 年の月降水量, 1939 年の年降水量・年最大日降水量, 1951 年の年降水量, 1952～55 年の 0.1mm 刻み月降水量である。観測地点は明記されていなかった。1902～37 年の値は資料 [3] と、1951～55 年の値は資料 [10] とそれぞれ同じであった。このことから、観測地点は全期間を通じて山中尋常高等小学校 (1941 年に山中国民学校に、1947 年に山中小学校に改称) と特定できた。なお、資料 [4] は 1956 年以降も存在するが、後述する資料 [10] と同じ値が報告されているため本研究では使用しなかった。

資料 [5] は、山梨県が発行した「山梨県管理水位雨量観測年報」⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾ のうち 1955～58 年及び 1963～68 年に報告されている観測地点名称「山中湖」の 0.1mm 刻み日降水量である。このうち 1963～68 年は、固体降水を含めた値と、液体降水のみの日降水量がそれぞれ報告されている。観測者は 1955～56 年が中野村役場職員, 1957～58 年が杉浦忠睦氏, 1963～68 年が杉浦忠男氏となっていた。観測地点は明記されていないが、1963～68 年の値は資料 [7] と、1967～68 年の値は後述する資料 [8] と同じであった。一方、1955～59 年の値は資料 [4] と、1956～58 年及び 1963～68 年の値は資料 [10] と、それぞれ同じではなかった。このことから、観測地点は 1955～56 年が c (中野村役場), 1957～58 年及び 1963～68 年が d (杉浦忠睦氏宅) と推測され、杉浦忠男氏は杉浦忠睦氏の誤記と推測された。中野村役場は 1955 年に長池地区から現在の山中湖村役場がある地点へ移動しており、c 地点が役場の移動とともに移動したかどうかは不明であるため、c 地点で観測されたと推測された資料は本研究では使用しなかった。

資料 [6] は、山梨県が観測し、「富士山北麓の利水調査とその資料解析 (別表) 富士五湖水位・放流量・雨量表 昭和 2 年～昭和 36 年」¹⁴⁾ に報告されている 1927～61 年の観測地点名称「山中湖」の日降水量である。値は 0.1mm 刻みである。1940 年 12 月 8～31 日, 1941 年 11 月 1～

30日, 1943年10月4日～12月31日, 1944年4月1～30日, 1947年12月1～31日, 1950年8月11～20日, 1951年1月1～10日は欠落していた。本資料は全体を通じて、観測地点の場所が明記されていないが、1927～37年の値は資料[3]と、1927～38年及び1955～56年の値は資料[4]と、1941～42年, 1954年5～12月及び1957～61年の値は資料[10]と、それぞれ同じであった。一方, 1943～44年及び1951～54年3月の値は資料[8]と同じではなかった。このことから, 本研究では1927～42年, 1954年5～12月及び1957～61年の観測地点をb, 1955～56年の観測地点をcと特定(1939～40年は推測)した。1943～54年3月の観測地点は特定できなかったのが本研究では資料を使用しなかった。

資料[7]は, 山梨県企画管理室開発計画班が作成した「富士五湖 水位・放流量・雨量・観測表」¹⁵⁾に報告されている1959～68年の観測地点名称「山中湖」の日降水量である。本資料は資料[6]と同様, 全体を通じて, 観測地点の場所が明記されていない。1959～62年の値は資料[6], 1959～61年の値は資料[10], 1963～68年の値は資料[5], 1967～68年の値は資料[8]と同じであった。このことから, 1959～61年の観測地点はb, 1963～68年はdと特定(1963～66年は推測)した。1962年の観測地点は特定できなかったのが本研究では資料を使用しなかった。

資料[8]は, 山梨県の1967年1月～2000年2月の「雨雪量月報」¹⁶⁾に記載された観測地点名称「山中湖」(観測地点:d)の日降水量である。観測者は全期間を通じて「杉浦」と記載されていた。値は1998年2月9日まで0.1mm刻み, 2月10日以降0.5mm刻みであった。1967～68年の値は資料[3][5]と同じ, 1969年6月26日～77年の値は資料[10]の元データであった。1973年11月, 1991年3月, 同6月, 1992年12月, 1993年1～3月, 1994年8月, 1995年2月, 1996年2月は月報が欠落していた。

資料[9]は, 山梨県治水課が転倒マス降水量計で観測した観測地点名称「山中湖」(観測地点:e(山中湖村役場前湖畔広場隅))のうち, 山梨県治水課から提供を受けた2001年10月9日～2019年の10分間降水量(整数)である。本研究では日界9時で集計した日降水量を用いた。降水量計にヒーターがついていなかった³⁾ため, 年降水量, 年降水日数データは採用しなかった。

資料[10]は, 1938年に中央气象台(1956年7月1日以降, 気象庁)に移管された甲府測候所(1957年9月以降, 甲府地方气象台に改称)が発行した1941～44年の区内降水月報¹⁷⁾, 1950～51年の区内気象年報¹⁸⁾及び1951～77年の気象月報¹⁹⁾に報告されている観測地点名称「山中」(観測地点:1941～69年6月24日:b, 1969年6月25日～77年:d)の0.1mm刻み(1958年5月1日以降, 整数)の日降水量である。1943年1, 3, 4, 5, 7月, 1944年4月以外のすべての月, 1945～49年, 1952年1, 2月, 1953年9月の気象月報は欠落していた。また1944年4月は月降水量・月最大日降水量・月降水日数(日降水量0.1mm以上及び1.0mm以上), 1950～51年は月降水量・月最大日降水量・月降水日数(日降水量0.1mm以上)のみが得られ, 日降水量は得られなかった。

資料[11]は, 1976年3月11日に観測が開始され現在まで継続されている気象庁地域気象観測システム(AMeDAS:Automated Meteorological Data Acquisition System)の観測地点名称「山中」(観測地点:f(富士吉田消防署東部出張所))の毎時降水量である。気象庁Webサイトに2020年5月4日にアクセスし, 時間降水量データをダウンロードし, 日界9時で集計した日降水量を用いた。観測地点は山中湖から約2km離れており, 降水量も観測地点aやeで観測された降水量より少ないことがすでに明らかになっている³⁾ことから, 本研究では参考資料として使用した。

2. 方法

本研究では、FIWSC の過去の観測資料のうち、55 年間の長期連続観測が行われ、観測野帳（1975 年以降のみ）と気象月報の原本がともに参照できる資料 [1] を最も信頼できる資料とみなした。資料 [1] の開始前、終了後、観測中でデータが欠落または欠測の期間のうち他の資料が存在する期間は、他の資料の降水量から換算することにより補完した。換算式は、観測時刻（データの日界）の違いの影響を避けるため、資料 [1] の日降水量と他の資料の日降水量がともにゼロである日を区切りとして合計し、その降水量が資料 [1] で 10mm 以上となった場合の 2 地点の降水量から、原点を通る回帰直線により求めた。原点を通る換算式を採用した理由は、任意の時間刻み（日降水量、複数日降水量、月降水量など）に適用可能とするためである。この手法では、換算式を作成した期間及び適用した期間を通じて換算式が変化しないことを仮定している。

$$P_{a1} = 1.203 \times P_b \quad R^2 = 0.9654 \quad n = 49 \quad (1956 \sim 57 \text{ 年}) \quad (1)$$

$$P_{a1} = 1.0523 \times P_d \quad R^2 = 0.992 \quad n = 79 \quad (1975 \sim 77 \text{ 年}) \quad (2)$$

ただし、 P_{a1} ：資料 [1] の a 地点の降水量、 P_b ：b 地点の降水量、 P_d ：d 地点の降水量

FIWSC の値として資料 [2] を使用する 2000 年以降については、降水量計の深さを超える積雪があった場合は、資料 [9] の降水量は過小評価となるが、降水量計の深さを超える積雪がなかった場合は、ヒーターの熱による蒸発の影響で、資料 [11] の降水量は過小評価となることが見いだされている³⁾ ことを踏まえ、3 か月（12～2 月、3～5 月、6～8 月、9～11 月、以下、それぞれ DJF, MAM, JJA, SON とする）ごとに換算式を作成した。

$$P_{a1} = 1.0476 \times P_{a2} \quad R^2 = 0.9985 \quad n = 24 \quad (2001 \sim 07 \text{ 年の DJF 期間}) \quad (3)$$

$$P_{a1} = 1.0338 \times P_{a2} \quad R^2 = 0.9978 \quad n = 51 \quad (2001 \sim 07 \text{ 年の MAM 期間}) \quad (4)$$

$$P_{a1} = 1.0338 \times P_{a2} \quad R^2 = 0.9993 \quad n = 44 \quad (2001 \sim 07 \text{ 年の JJA 期間}) \quad (5)$$

$$P_{a1} = 1.0394 \times P_{a2} \quad R^2 = 0.9994 \quad n = 47 \quad (2001 \sim 07 \text{ 年の SON 降水量}) \quad (6)$$

ただし、 P_{a2} ：資料 [2] の a 地点の降水量

研究対象とするデータの期間を以下の期間 A～期間 G の 7 期間に区分し（表-1）、期間ごとに資料 [1] の日降水量、季節降水量、年降水量、年最大日降水量、年降水日数を以下に示す方法で推定した。なお以下では特に断らない限り降水日数とは日降水量 1.0mm 以上の日の数と定義する。

期間 A：1901～37 年

(1) 式の P_b に資料 [3] の日降水量を入れて資料 [1] の日降水量を推定した。欠測のあった 1901, 02, 07, 08 年の年降水量及び年最大日降水量を資料 [1] に報告されている山梨県内の周辺地点の日降水量から推測できるか検討したところ、いずれの欠測も年最大日降水量には影響しないが、年降水量には無視できない影響があると推測されたため、これらの年の年降水量は欠測とし、年最大日降水量は欠測日を除いた日降水量から (1) 式により求めた。年降水日数は、資料 [1] と [10] の日降水量データがそろっている期間（1953～68 年）の値に有意な相関がなく、他に推定する手法が見出せなかったため、解析対象から外した。

期間 B：1938～52年

資料 [10] の日降水量が利用可能な 1941～42 年及び 1952 年 3～12 月は、(1) 式の P_b に資料 [10] の日降水量を入れて資料 [1] の日降水量を推定した。資料 [6] が [10] と同じ地点 a で観測されていると推定される 1938～40 年は、(1) 式の P_b に資料 [6] の日降水量を入れて資料 [1] の日降水量を推定した。1943～51 年は資料 [6] の観測地点が特定できなかったため、1943～49 年は欠測とし、1950～51 年は資料 [10] の月降水量・年最大日降水量を (1) 式の P_b に入れて月降水量・年最大日降水量を求めた。1952 年 1～2 月は資料 [8] が得られなかったため、(2) 式の P_b に資料 [4] の月降水量を入れて資料 [1] の月降水量を推定し、年降水量及び季節降水量を求めた。1952 年の年最大日降水量は資料 [4] から 1, 2 月には生起していないと判断し、3～12 月の値から求めた。年降水日数は期間 A と同じ理由により解析対象から外した。

期間 C：1953～99年

資料 [1] の日降水量を基本とした。欠落日及び欠測日について、1953～66 年は (1) 式の P_b に資料 [10] の値を、1967～99 年は (2) 式の P_d に資料 [8] の値を入れることによりそれぞれ補完した。ここで欠測日は以下の①～③のいずれかの条件を満たす日と定義した。①資料 [1] の日降水量がゼロで、補完に用いる資料 [8] または [10] の日降水量が 10mm 以上の場合、②資料 [1] に降雪が記録されているか、降雪深が示されているかのいずれかで、降水量が示されていない場合、③資料 [1] の日降水量に対して、補完に用いる資料の日降水量が 10 倍以上の場合。

期間 D：2000年

資料 [1] の日降水量を基本とした。1～2 月は期間 C と同様の方法で欠測日を特定し、(2) 式の P_d に資料 [8] の値を入れることにより補完した。3～11 月は、資料 [11] の値を参照して欠測なしと判断した。12 月は資料 [1] の日降水量がゼロで資料 [2] の日降水量 (日界 9 時) がゼロでない日はすべて欠測とみなし、(3) 式の P_{a2} に資料 [2] の値を入れることにより補完した。

期間 E：2001～07年

資料 [1] の日降水量を基本とした。資料 [2] と比較して資料 [1] が欠測と判断される場合は、(3)～(6) 式により補完した。2001 年 1 月 1 日～1 月 24 日、1 月 26 日～2 月 5 日、2 月 24 日～3 月 5 日は資料 [1] [2] とともに欠測であったため、これらの日については資料 [11] から推定することとし、2001～07 年の DJF の日降水量から導いた (7) 式により補完した。

$$P_{a1} = 1.2351 \times P_f \quad R^2 = 0.9505 \quad n = 24 \quad (2001 \sim 07 \text{ 年の DJF 期間}) \quad (7)$$

ただし、 P_f : f 地点の降水量

期間 F：2008～13年

資料 [1] の値はないため、資料 [2] の日降水量を (3)～(6) 式に入れて資料 [1] の日降水量を推定した。

期間 G : 2014 ~ 19 年

FIWSC での観測は終了しており、降水量の推定に利用可能な資料は [9] [11] のみである。蔵治ら³⁾は、DJF では資料 [9] がヒーターなし、資料 [11] がヒーターありの降水量計を使用していることから、降水量計の深さを超える積雪があった場合は、資料 [9] の降水量は過小評価となるが、降水量計の深さを超える積雪がなかった場合は、ヒーターの熱による蒸発の影響で、資料 [11] の降水量は過小評価となることを指摘している。そこで資料 [11] の DJF 降水量が資料 [9] の DJF 降水量より大きい場合は資料 [11] の DJF 降水量から資料 [2] の DJF 降水量に換算する (8) 式を本研究で新たに作成し、小さい場合は資料 [9] の DJF 降水量から資料 [2] の DJF 降水量に換算する蔵治ら³⁾が導いた (9) 式を用いて、資料 [2] の DJF 降水量 (Ps_{a2}) を推定した。MAM, JJA, SON はそれぞれ蔵治ら³⁾が導いた (10)~(12) 式を用いて資料 [9] の季節降水量から資料 [2] の季節降水量 (Ps_{a2}) を推定した。こうして得られた資料 [2] の季節降水量 (Ps_{a2}) から本研究で新たに作成した換算式 (13)~(16) 式を用いて資料 [1] の季節降水量 (Ps_{a1}) に換算した。

$$Ps_{a2} = 1.1361 \times Ps_f + 50.249 \quad R^2 = 0.9304 \quad n = 10$$

(2004 年 11 月 ~ 14 年 2 月の DJF 期間, ただし, $Ps_f > Ps_e$ のとき) (8)

$$Ps_{a2} = 0.8563 \times Ps_e + 97.157 \quad R^2 = 0.9167 \quad n = 10$$

(2004 年 11 月 ~ 14 年 2 月の DJF 期間, ただし, $Ps_f < Ps_e$ のとき) (9)

$$Ps_{a2} = 1.1539 \times Ps_e - 45.473 \quad R^2 = 0.9671 \quad n = 9$$

(2004 ~ 07, 09 ~ 13 年の MAM 期間) (10)

$$Ps_{a2} = 1.0209 \times Ps_e + 22.913 \quad R^2 = 0.9852 \quad n = 9$$

(2004 ~ 09, 11 ~ 13 年の JJA 期間) (11)

$$Ps_{a2} = 0.9365 \times Ps_e + 30.757 \quad R^2 = 0.9978 \quad n = 8$$

(2004 ~ 06, 08 ~ 09, 11 ~ 13 年の SON 期間) (12)

$$Ps_{a1} = 1.0368 \times Ps_{a2} + 3.6115 \quad R^2 = 0.9973 \quad n = 6 \quad (2003 \sim 08 \text{ 年の DJF 期間}) \quad (13)$$

$$Ps_{a1} = 1.0391 \times Ps_{a2} + 3.8181 \quad R^2 = 0.9967 \quad n = 5 \quad (2003 \sim 07 \text{ 年の MAM 期間}) \quad (14)$$

$$Ps_{a1} = 1.0374 \times Ps_{a2} + 0.8977 \quad R^2 = 0.999 \quad n = 7 \quad (2001 \sim 07 \text{ 年の JJA 期間}) \quad (15)$$

$$Ps_{a1} = 1.0389 \times Ps_{a2} + 2.5817 \quad R^2 = 0.999 \quad n = 7 \quad (2002 \sim 07 \text{ 年の SON 期間}) \quad (16)$$

ただし, Ps_{a2} : 資料 [2] の a 地点の季節降水量, Ps_f : f 地点の季節降水量, Ps_e : e 地点の季節降水量, Ps_{a1} : 資料 [1] の a 地点の季節降水量

このようにして求めた季節降水量から年降水量を求めるため、DJF 降水量に対して、換算式を適用した資料 [9] 又は [11] の値で比例配分することにより、12 月降水量と 1 ~ 2 月の降水量を求めた。

年降水量年最大日降水量の推定は、資料 [2] の日降水量が 150mm より大きい日について資料 [7] の日降水量から資料 [2] の日降水量を推定する蔵治ら³⁾が導いた式を、資料 [7] と資料 [2] の年最大日降水量の関係式に読み替えた (17) 式を用いて、資料 [2] の年最大日降水量を推定し、そこから資料 [2] の年最大日降水量を資料 [1] の年最大日降水量に換算する換算式 (18) を新たに作成して求めた。

$$Pmax_{a2} = 0.7568 \times Pmax_e + 54.933 \quad R^2 = 0.9186 \quad n = 17 \quad (17)$$

$$Pmax_{a1} = 1.034 \times Pmax_{a2} + 6.3676 \quad R^2 = 0.9848 \quad n = 6 \quad (2002 \sim 04, 06 \sim 08 \text{年}) \quad (18)$$

ただし、 $Pmax_{a2}$ ：資料 [2] の a 地点の年最大日降水量、 $Pmax_e$ ：e 地点の年最大日降水量、 $Pmax_{a1}$ ：資料 [1] の a 地点の年最大日降水量

年降水日数については、2003～13年の11年間の資料 [9] と資料 [11] の年降水日数と、資料 [1] の年降水日数の関係を検討したところ、資料 [9] の年降水日数よりも資料 [11] の年降水日数の相関が高かったため、新たな換算式 (19) を作成して資料 [2] の年降水日数を推定し、これをそのまま資料 [1] の年降水日数の推定値とした。なお資料 [9] の年降水日数よりも資料 [11] の年降水日数の相関係数が大きかった理由は、地点 e の降水量計にはヒーターがついていないため、降雪の際に降水日数を正確に観測できていないことが原因と推測される。

$$NP_{a2} = 0.845 \times NP_f + 24.687 \quad R^2 = 0.9412 \quad n = 11 \quad (19)$$

ただし、 NP_{a2} ：資料 [2] の a 地点の年降水日数、 NP_f ：f 地点の年降水日数

III. 結果と考察

1. 年降水量の長期変化傾向

山中湖の1903～2019年の117年間の年降水量観測値・推定値（うち欠測が10年）の長期変化を図-2に示す。平均年降水量は3,004mmであった。年降水量にMann-Kendall検定を行ったところ、増加や減少の有意なトレンドはなかった。文部科学省・気象庁¹⁾によれば、全国51観測地点における1901～2019年の年降水量の平均（地点ごとの年降水量の基準値からの偏差を平

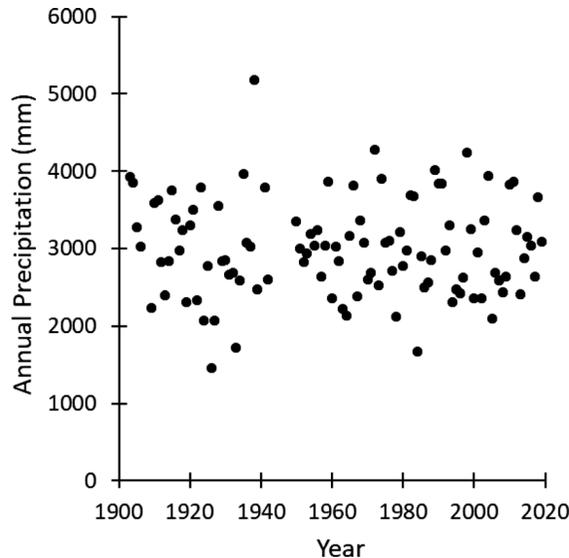


図-2 1903～2019年のFIWSCの年降水量

Fig. 2 Long-term trend of annual precipitation at FIWSC from 1903 to 2019

均した値)には統計的に有意な長期変化傾向は見られず、地方ごとに平均した値も同様である。また蔵治ら²⁾によれば、都市から離れた千葉演習林清澄地点の1918～2019年の降水量データから年降水量には統計的に有意な長期変化傾向は見られない。本研究の結果はこれらの結果と整合しており、年降水量に長期変化傾向が見られないことは、都市周辺地域でも都市から遠く離れた地点でも共通していることが示唆された。

山本・内山²⁰⁾は、気象庁 Web サイトで公表されている降水量データに基づき、山中湖から約14km離れた河口湖の1930～1960年、1961～2006年の平均年降水量はそれぞれ1,663mm、1,517mmであり、約9%少なかったことを報告している。本研究で算出した山中湖の1930～1960年(うち8年は欠測)、1961～2006年の平均年降水量はそれぞれ3,048mm、2,975mmであり、約2%少なかったが、山本・内山²⁰⁾が指摘しているほど大きな差はなく、また8年間の欠測年の影響が大きいと単純な比較はできない。また山本・内山²⁰⁾は、河口湖の2007～2016年の平均年降水量は1,534mmで、1961～2006年の1,517mmと大差ない、としているが、本研究で算出した山中湖の2007～2016年の平均年降水量は3,006mmで、1961～2006年の2,975mmよりも29mm(約1%)多かった。これまで河口湖で指摘されていた降水量の減少傾向や大差ない傾向は、山中湖には必ずしも当てはまらない可能性が示された。その理由として、山中湖の平均年降水量は河口湖よりも概ね1,500mm大きく、年降水量の変動や長期変化傾向を支配する降水メカニズムも異なっていることが考えられた。山中湖では、河口湖では発生しにくい何らかの降水メカニズムが卓越しており、そのような降水が、河口湖で指摘された長期変化傾向を打ち消すように作用をしていると考えられた。降水メカニズムの詳細な分析については本研究の範囲を超えており、今後、より時間分解能の細かいデータやより広い範囲のデータを収集して解析する必要がある。

2. 季節降水量の長期変化傾向

山中湖の1901年3月から2019年11月までの119年間(DJFは118年間)の月降水量をもとに求めた季節降水量観測値・推定値(うち欠測はMAM, JJA, SON, DJFそれぞれ9, 8, 9, 11年)にMann-Kendall検定を行ったところ、MAM降水量のみ信頼度水準95%で有意な増加傾向にあり(図-3, $p = 0.050$)、回帰直線の傾きは100年につきプラス120mmであった。他の季節降水量(図-4, 5, 6)には有意な傾向は見出されなかった。より詳細な情報を得るため、月降水量の推定値が得られないG期間を除く1901～2013年の3～5月の月降水量についても同様の解析を行ったところ、5月の月降水量に信頼度水準95%($p = 0.047$)で有意な増加傾向が検出された。3月及び4月も増加傾向にあったが統計的に有意な傾向ではなかった。回帰直線の傾きは4, 5, 6月でそれぞれ100年につきプラス38, 33, 56mmであった。

文部科学省・気象庁¹⁾によれば、全国51観測地点における1901～2019年の季節降水量には統計的に有意な長期変化傾向は見られない。また蔵治ら²⁾によれば清澄の1918～2019年の季節降水量には統計的に有意な長期変化傾向は見られない。3月から5月にかけての降水量の増加傾向は、全国的には見られない傾向であり、そのような傾向が山中湖で検出された理由については現時点では不明である。

山本・内山²⁰⁾は、河口湖の約100年間の降水量と湖水位のデータを解析し、春から秋にかけての降水量の減少により、河口湖では1961年以降、概して水位低下が起りやすい傾向にあったと結論づけている。しかし本研究からは、山中湖の春の降水量は逆に増加しており、春から秋

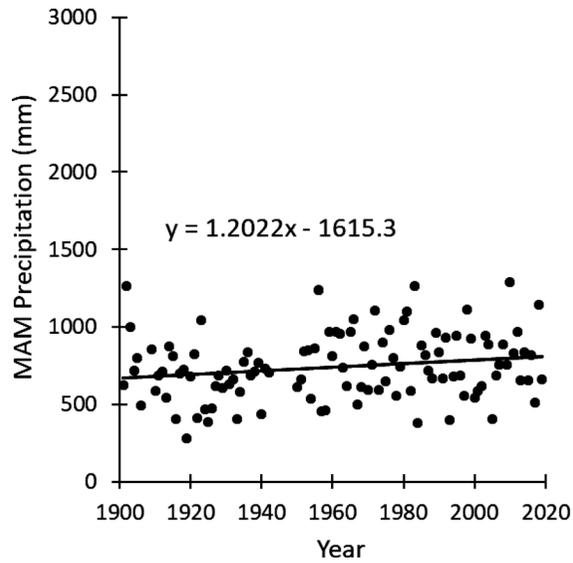


図-3 1901～2019年のFIWSCのMAM降水量。図中の直線と式は線形回帰直線とその式

Fig. 3 Long-term trend of the MAM precipitation at FIWSC from 1901 to 2019. The solid line and the equation indicate the linear regression line and equation, respectively.

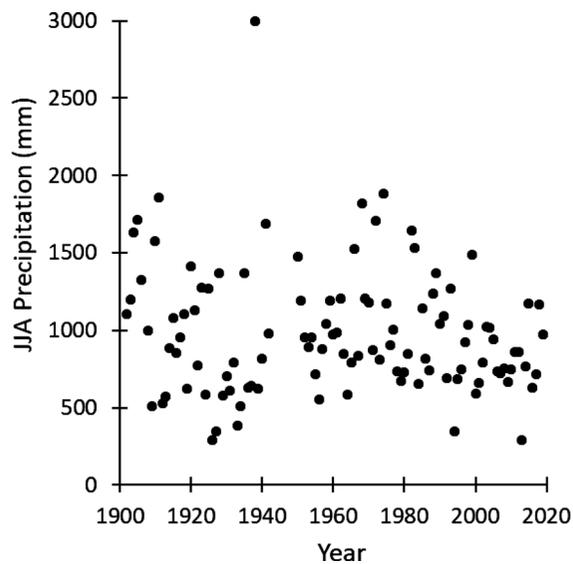


図-4 1902～2019年のFIWSCのJJA降水量

Fig. 4 Long-term trend of the JJA precipitation at FIWSC from 1902 to 2019

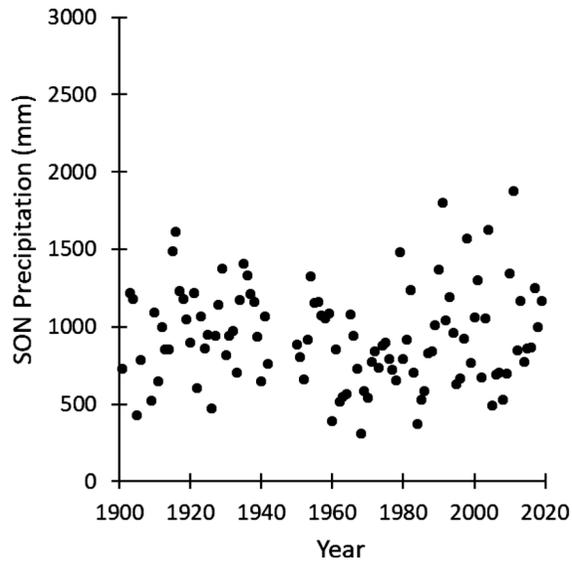


図-5 1901～2019年のFIWSCのSON降水量

Fig. 5 Long-term trend of the SON precipitation at FIWSC from 1901 to 2019

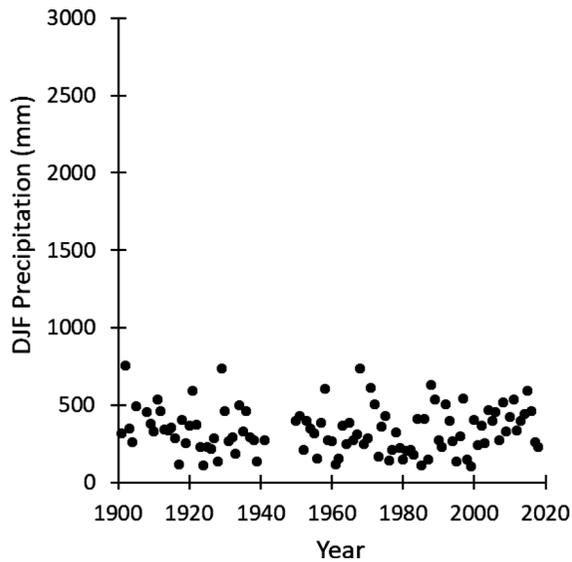


図-6 1901～2019年のFIWSCのDJF降水量

Fig. 6 Long-term trend of the DJF precipitation at FIWSC from 1901 to 2019

にかけて降水量が減少している傾向は見出されなかった。気象庁の Web サイトで公表されている河口湖の 1933～2019 年の MAM 降水量, 3～5 月降水量に Mann-Kendall 検定を行ったところ, 4 月のみ有意な減少傾向が見出され, 回帰直線の傾きは 100 年につきマイナス 32mm であり, 季節降水量や月降水量についても山中湖と河口湖の長期変化傾向は同じではないことが裏付けられた。

3. 大雨の長期変化傾向

1901～2019 年の 119 年間から欠測の 7 年間を除いた 112 年間の年最大日降水量の観測値・推定値の長期変化を図-7 に示す。平均年最大日降水量は 228mm であった。年最大日降水量に Mann-Kendall 検定を行ったところ, 有意な傾向はなかった。蔵治ら²⁾ は清澄の 102 年間の年最大日降水量に有意な変化傾向が見られないことを示しており, 本研究も同様の結果であった。

文部科学省・気象庁¹⁾ は, 全国 51 観測地点における 1901～2019 年の日降水量 100mm 以上及び 200mm 以上の平均日数 (各年の年間日数の合計を有効地点数の合計で割った値) は 1901～2019 年の 119 年間でいずれも増加しており, 統計期間の初めの 30 年間 (1901～1930 年) と最近の 30 年 (1990～2019 年) を比較すると, それぞれ, 約 1.4 倍と約 1.7 倍に増えているとしている。山中湖の 1901～2013 年から 7 年間の欠測年を除く 106 年について, 日降水量 100mm 以上及び 200mm 以上の日数に Mann-Kendall 検定を行ったところ, 統計的に有意な傾向はなかった。その一方で, 初め (1901～30 年) 及び最近 (1990～2013 年) の平均を比較すると, 日降水量 100mm 以上の日数は 5.5 日から 5.4 日へ減少し, 200mm 以上の日数は, 1.1 日から 1.4 日へ増加していることがわかった。統計的に有意ではないものの, 文部科学省・気象庁¹⁾ の 51 地点のデータで全国の平均として示された大雨の増加傾向は, 山中湖でも認められた。

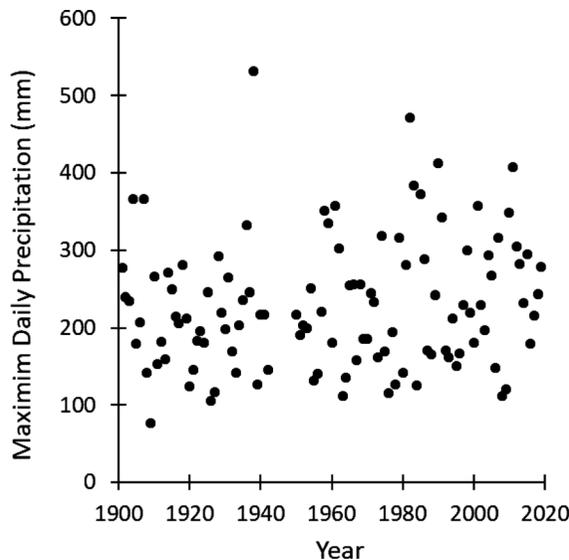


図-7 1901～2019年のFIWSCの年最大日降水量

Fig. 7 Long-term trend of the annual maximum daily precipitation at FIWSC from 1901 to 2019

気象庁²¹⁾は、全国 51 観測地点における 1901～2019 年の 119 年間の月降水量の多い方から 1～4 位の値の平均年間出現数（各年の 1～4 位の出現数の合計を有効地点数の合計で割った値（1 地点あたりの出現数））には変化傾向が見られないとしている。山中湖の連続して欠測がなかった 1950～2013 年の 64 年間の月降水量における異常多雨の多い方から 1～4 位の値の年間出現数に Mann-Kendall 検定を行ったところ、有意な変化傾向はなかった。

山本・内山²⁰⁾は、河口湖において 1930 年以降に発生した 3 回の大規模な水位上昇はいずれも月降水量で 750mm を超えるような降水イベントに対応しており、台風等による短期的な降水がこれら急激な水位上昇の主要因であることを示唆している。山中湖の 1930～2013 年から欠測年を除いた 77 年間の月降水量のうち 750mm を超えた月は 6～10 月に計 19 回あったが、長期変化傾向は認められなかった。同じ期間で月降水量が 1,000mm を超えた月は 8～10 月に計 7 回あったが、そのうち 3 回は 1998～2013 年の 16 年間に起きていた。一方、気象庁が Web サイトで公表している河口湖の 1933～2019 年の月降水量が 750mm を超えたのは 1935、1938 及び 1983 年の 3 回のみであり、1984 年以降は発生していなかった。大雨の発生頻度という観点からも、山中湖は河口湖とは長期変化傾向が異なっており、大雨をもたらすメカニズムが異なっていることがその一因として考えられる。

なお、山中湖の 1901～2019 年の欠測月を除く月降水量の最大値は 1938 年 8 月の 1677.6mm、年最大日降水量は同じく 1938 年 8 月 2 日の 531.7mm だった。図-4 及び図-7 には、1938 年の JJA 降水量（2996.8mm）及び年最大日降水量（5178.0mm）が、それぞれ突出した値として現れている。

4. 降水日数の長期変化傾向

山中湖の 1953～2019 年の 67 年間の年降水日数に Mann-Kendall 検定を行ったところ、統計的に有意な傾向はなかった。文部科学省・気象庁¹⁾によれば、全国 51 地点における 1901～2019 年の日降水量 1.0 mm 以上の日の平均日数（各年の年間日数の合計を有効地点数の合計で割った値）は減少しており、減少率は 100 年当たり 9.5 日であった。また蔵治ら²⁾によれば清澄における 1918～2019 年の 102 年間のデータから、日降水量が 1.0mm 以上の日数は統計的に有意な減少傾向を示しており、減少率は 100 年につき 9.4 日であった。解析対象期間の違いの影響を除くため、清澄の 1953～2019 年の 67 年間の 1.0mm 以上の日数に Mann-Kendall 検定を行ったところ、信頼度水準 95% で有意な減少傾向にあり（ $p = 0.062$ ）、減少率は 100 年あたり 17.6 日だった。

文部科学省・気象庁¹⁾は、4℃ 上昇シナリオ（RCP8.5）の場合、21 世紀末（2076～2095 年平均）における日降水量 1.0mm 未満の日（無降水日）の日数は、20 世紀末（1980～1999 年平均）と比べてほぼ全国的に有意に増加すると予測している。この予測は、観測データにおける降水日数の有意な減少傾向とも整合することから、予測される増加傾向の確信度は高いとしている¹⁾。全国 51 地点の平均値及び清澄で見られた過去の無降水日の日数の有意な増加傾向が、山中湖で見られなかった理由は、夏季に湖面と湖岸での温度差が大きくなることによる湖陸風循環²²⁾や、周辺の山岳からの斜面風などの局地循環が、山中湖周辺域の局地的な対流性降水を励起ないし増幅する効果³⁾などの山地特有の降水メカニズムが、無降水日の日数を支配しているためではないかと推測される。

5. 少雨月の年間出現数の長期変化傾向

気象庁²¹⁾は全国51地点の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位の値の月(以下、少雨月)の平均年間出現数(各年の1～4位の出現数の合計を有効地点数の合計で割った値(1地点あたりの出現数))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。山中湖の連続して欠測がなかった1950～2013年の64年間で少雨月の年間出現数にMann-Kendall検定を行ったところ、有意な傾向はなかった。蔵治ら²⁾は清澄における1918～2019年の102年間で少雨月の年間出現数に有意な傾向はなかったことを報告している。文部科学省・気象庁¹⁾が示した少雨月の年間出現数の長期変化傾向が見られないことは清澄と山中湖で共通していた。蔵治ら²⁾は、清澄で少雨月の年間出現数の長期変化傾向が見られない要因を、清澄が海岸近くまで迫っている房総丘陵の頂上近くにあり、年間を通じて少雨月が発生しにくい条件にあるためと推測している。山中湖は富士山北麓の中でも特に降水量が多い場所であり、清澄と同様、年間を通じて少雨月が発生しにくい地形条件にあることが、少雨月の年間出現数の増加傾向が見られない原因の一つではないかと考えられる。また気象庁²¹⁾は大都市の多くで降水量や大雨の有意な長期変化傾向は見られておらず、都市化の影響は確認できていないとしているが、気象庁が長期変化傾向の解析対象としている全国51地点の多くは都市部にあり、年平均した相対湿度の低下率は、都市化率が高い地点ほど大きくなる傾向がある¹⁾ことから、都市部から遠く離れた清澄や山中湖周辺地域で少雨月の年間出現数の増加傾向が見られない原因の一つとして、少雨月の発生に及ぼす都市部の乾燥化の影響が無視できるためである可能性もある。

IV. 結論

本研究の目的は、都市からも海岸からも遠く離れ、標高約1,000mの富士山北麓に位置する山中湖の周辺地域に位置するFIWSCで、FIWSC、山梨県及び気象庁が観測した降水量データを用いて、FIWSCの降水量の長期変化傾向を明らかにすることであった。FIWSC周辺地域の6地点で119年間にわたり観測されてきた11種類の資料を用いて、FIWSCにおける119年間の日降水量データを作成し、年降水量、季節降水量、大雨、降水日数、少雨月の年間出現数の長期変化傾向を調べた。その結果、統計的に有意な変化傾向が見られたのはMAM降水量のみであり、大雨(日降水量100mm以上及び200mm以上の日数)、降水日数、少雨月の年間出現数については全国51地点平均と、また降水日数については清澄と、長期変化傾向が異なっていた。また山中湖の季節降水量や大雨(日降水量750mm以上)の長期変化傾向は約14km離れた河口湖の長期変化傾向とは異なっていた。MAM降水量の増加傾向や、全国51地点平均及び清澄、河口湖との長期変化傾向の違いをもたらす要因の一つとして、立地条件に起因する局地循環の寄与が推測された。

近年、FIWSCとその周辺地域では、1日より短い時間解像度の気象観測データが得られるようになってきているため、そういったデータを解析しつつ、河口湖をはじめとする周辺地域のデータと詳細に比較検討することで、FIWSCとその周辺地域に独特の降水メカニズムを特定していくことが今後の課題である。また、本論文で引用した気象庁の51地点の平均的な変化傾向を、地点ごとの地理的、地形的特徴を踏まえ、平均的な変化傾向とは異なる変化傾向をする地点を抽出し、その原因について検討することも必要である。

謝辞

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。本論文で使用した富士癒しの森研究所の1953～2013年の61年間のデータは、研究所の歴代教職員の日々の業務に支えられて得られたものであり、特にご尽力いただいた千島茂、藤原章雄、村瀬一隆、算用子麻未、山本清龍の諸氏に深甚なる謝意を表す。山梨県が観測した降水量データ及び降水量観測のメタデータをご提供いただいた山梨県国土整備部治水課に感謝する。紙媒体の資料に記録されている過去の観測データの収集や閲覧に多大なる便宜を図っていただいた気象庁図書館、気象庁甲府地方気象台、山梨県立図書館、山梨県県民情報センター、東京大学農学生命科学図書館に深甚なる謝意を表す。山中小学校長、山中湖中学校長、山中湖村文化財審議会会長を歴任される傍ら、少なくとも1957～2000年の44年間にわたりご自宅の敷地内で降水量観測を続けられ、長年の山中湖水理観測員としての功績により建設大臣賞を授賞された(故)杉浦忠睦氏が記録された降水量データがなければ、本論文をまとめることはできなかった。長期にわたり職務に対する強い責任感と不撓不屈の精神をもって観測業務に専念された(故)杉浦忠睦氏の功績に、心から謝意を表す。

引用文献

- 1) 文部科学省・気象庁(2020)日本の気候変動2020—大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書—(詳細版). 263pp.
- 2) 蔵治光一郎・鶴見康幸・塚越剛史・阿達康真(2020)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—.東京大学農学部演習林報告,143,1-9.
- 3) 蔵治光一郎・藤原章雄・村瀬一隆・西山教雄・齋藤暖生・辻良子・山本清龍(2021)富士癒しの森研究所における降水量の推定.東京大学農学部演習林報告,144:49-62.
- 4) 東京大学富士演習林(1953～2007)気象月報,非公表資料
- 5) 東京大学富士演習林(1975～2019)気象観測野帳,非公表資料
- 6) 山梨県(1901～37)管内降水日表・管内毎日降水量,山梨県報号外
- 7) 山梨県甲府測候所(1913～36)気象年報,山梨県報号外
- 8) 山梨県(1901～21・1924～39・1951～55)降水量年報,山梨県統計書
- 9) 山梨県(1958)山梨県管理水位雨量観測年報(昭和30年～昭和31年),164pp.
- 10) 山梨県(1962)山梨県管理水位雨量観測年報(昭和32年～昭和33年),172pp.
- 11) 山梨県(1966)山梨県管理水位雨量観測年報(昭和38年～昭和39年),127pp.
- 12) 山梨県(1967)山梨県管理水位雨量観測年報(昭和40年～昭和41年),129pp.
- 13) 山梨県(1969)山梨県管理水位雨量観測年報(昭和42年～昭和43年),119pp.
- 14) 箭内寛治(1962)富士山北麓の利水調査とその資料解析(別表)富士五湖水位・放流量・雨量表 昭和2年～昭和36年,136pp.
- 15) 山梨県(1970)富士五湖 水位・放流量・雨量・観測表,53pp.
- 16) 山梨県(1967～2000)雨雪量月報,非公表資料(山梨県情報公開条例第12条第1項の規定により2020年10月20日閲覧)
- 17) 甲府測候所(1941～44)区内気象月報
- 18) 甲府測候所(1950～51)区内気象年報
- 19) 甲府測候所(1957年9月に甲府地方気象台に改称)(1951～77)山梨県気象月報
- 20) 山本真也・内山高(2018)河口湖における過去100年間の降水量と湖水位変動.都留文科大学研究紀要88:131-141.
- 21) 気象庁(2019)気候変動監視レポート2018.気象庁:87pp.
- 22) 加藤隆之・日下博幸(2012)山中湖で観測された気流の三層構造の発生メカニズム.日本気象学会2012

年度秋季大会予稿集：212-212.

(2021年3月5日受付)

(2021年5月19日受理)