

② 自然教育園における暖候期の 短時間強雨特性

金井優佳*・赤坂郁美*・遠藤拓洋**・矢野 亮**

Characteristics on short-time heavy rainfall in the Institute for
Nature Study during the warm season

Yuuka Kanai*, Ikumi Akasaka*, Takumi Endo**, Makoto Yano**

はじめに

赤坂ほか(2018)では、自然教育園で観測された1990年以降の日降水量データを用いて、年降水量や月降水量に関する経年変化傾向を中心に報告した。結果として、1990年代後半頃から、自然教育園の年降水量や月降水量100mmを超える月の数に若干の増加傾向がみられることを示した。しかし、より短時間の降水特性については十分に調査されていない。

一方、首都圏における暖候期の短時間強雨には増加傾向がみられるとの報告がある。例えば、藤部(1998)は1979～1994年を対象に、東京都区内5地点(大手町、練馬、世田谷、新木場、羽田)とその周辺における1時間降水量や降水頻度の変化傾向を調査した。その結果、首都圏の降水は東京都心を中心として暖候期の正午から夕方にかけて多く、特に5mm/時以上の強雨が増加していることが明らかとなった。

自然教育園においても近年、強雨の際には土嚢を設置するなどの対策を行っている(図1)。藤部(1998)のような既存研究と解析期間を揃えて比較分析をすることは難しいものの、自然教育園における短時間強雨特性を把握することは、今後の強雨の発生条件や経年変化傾向をとらえていく上で重要である。そこで本稿では、2014年以降の10分降水量や1時間降水量を分析することで、自然教育園における短時間強雨の特徴について報告する。

使用データと調査方法

自然教育園の正門西側の食草園において観測された2014年1月～2018年9月の10分降水量データを使用した(図1)。降水量の10分値から1時間降水量も算出して使用した。なお、2014年3月

*専修大学, Senshu University

**国立科学博物館附属自然教育園, Institute for Nature study, National Museum of Nature and Science

11日16:00～6月3日12:00のデータは欠測のため、2015年6月1日～2016年6月9日のデータは測定誤差が大きくなっていた可能性があるため使用していない。

本稿では、短時間強雨を「局地性の高い、短時間に降る強雨」とし、暖候期の午後(12～20時)に10分間降水量が5mm以上となった事例を抽出した。藤部(1998)では、5mm/時を超える場合を強い降水として扱っているため、より短い時間でこの値を超えるような場合を、特に降水強度の強い事例であると考えた。自然教育園の近くに位置する東京管区气象台(以下、大手町)の降水量、日照時間、気温の10分値、気象庁の地上天気図も使用し、抽出した強雨事例日の大気環境場や降水の特徴を把握し、その中から短時間強雨事例を選定した。また、自然教育園で短時間強雨が発生した際の降水の空間分布特性を把握するために、気象庁の1kmメッシュ全国合成レーダーエコー強度データ(10分値)を用いた。自然教育園で短時間強雨が発生した時刻を含む前後30分の降水エコー強度を重ね合わせて、平均エコー強度分布図を作成した。

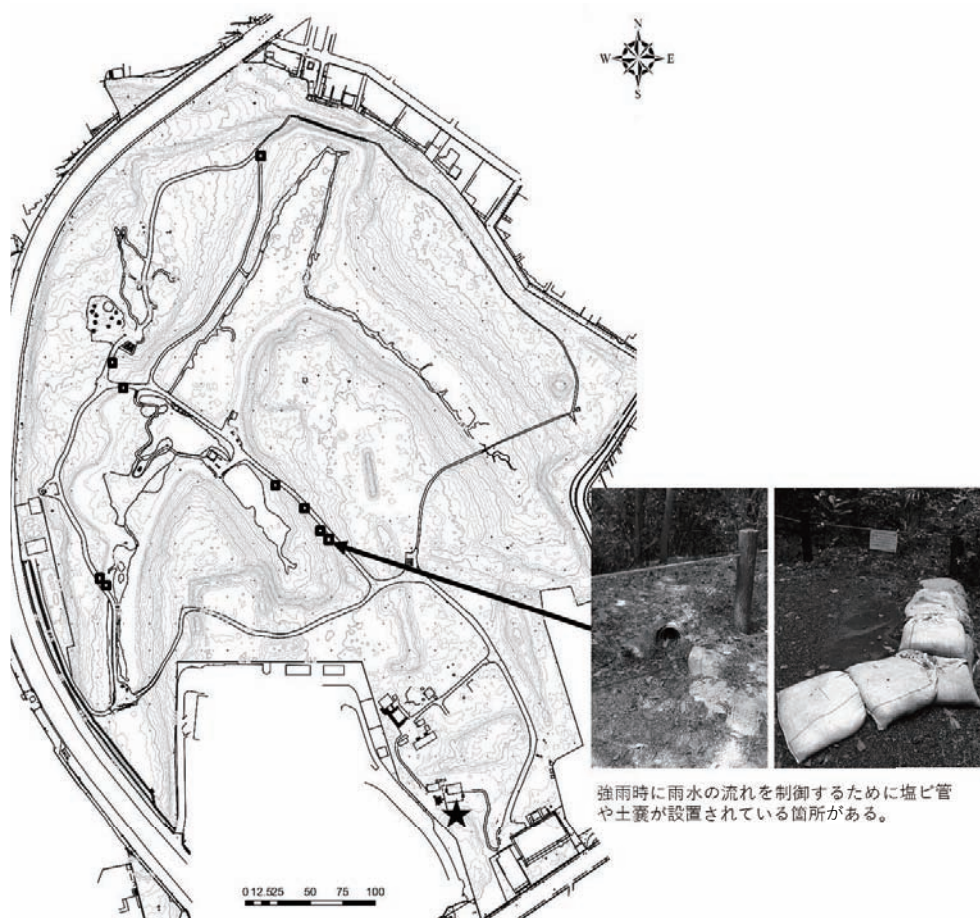


図1 自然教育園の降水量観測点

★は降水量の観測地点、□は塩ビ管や土嚢などの雨に関する対策が見られた地点。塩ビ管や土嚢の位置は2018年5月と6月に確認したものをプロットした。土嚢の位置や数は年や時期により変わる。

結 果

自然教育園における短時間強雨の発生時期と発生時間帯

一般的に、短時間強雨は局所性の高い降雨であることが知られている。そこで、まず短時間強雨が発生しやすい時期や時間帯を調べるために、自然教育園から6km北に離れた位置にある大手町の降水との同時性について検討した。自然教育園と大手町の10分間降水量変動に関する月別の相関係数を図2に示す。いずれの年も概ね7月から9月にかけて相関が低く、特に2014年7月と9月の相関係数は0.4を下回っている(図2)。一方、その他の時期には2018年2月を除き、0.8以上の正相関が

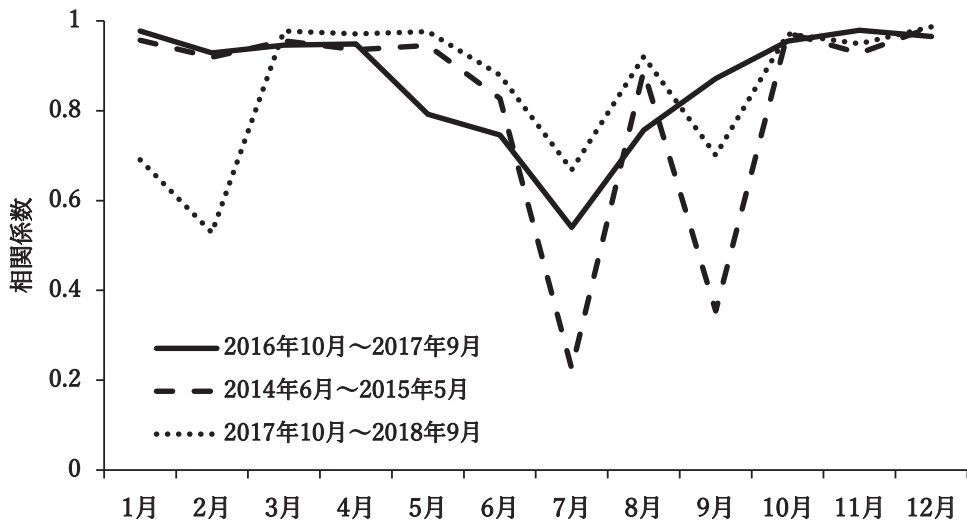


図2 自然教育園と大手町における10分間降水量の月別相関係数

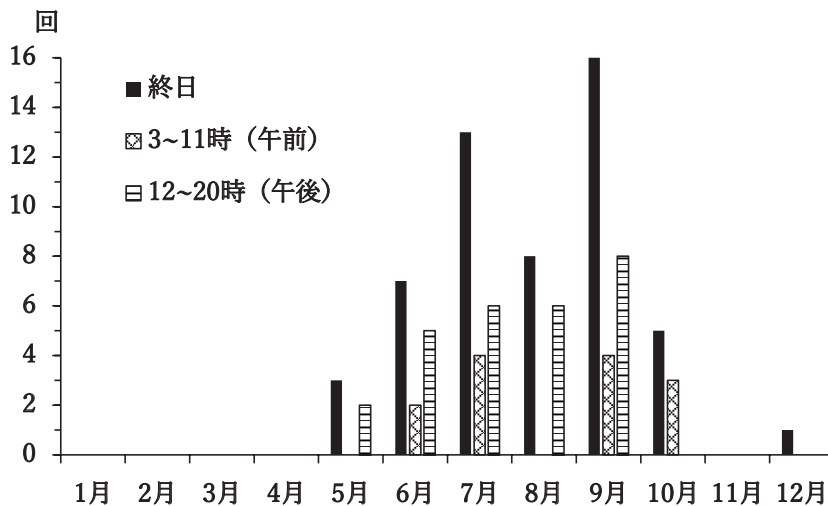


図3 自然教育園と大手町で1時間降水量の差が5mm以上あった事例の月別・時間帯別の頻度

示されている。7月から9月にかけては2地点間の降水の同時性が低い傾向にあるため、局地性の高い短時間強雨が多く発生する時期である可能性が高い。

次に、図2の結果をふまえて、短時間強雨の発生時期と時間帯に関してさらに検討するために、自然教育園と大手町の1時間降水量の差が5mm以上あった場合の頻度を月別、時間帯別に示す(図3)。大手町との1時間降水量差が5mm以上となる事例は主に5~10月にみられ、6~9月を中心に頻度が高くなっている。特に9月の頻度は16回(平均値の4倍)と高い傾向にある。時間帯別でみると、6~9月は午前(3~11時)よりも午後(12~20時)の頻度が高い点に特徴がある。以上の結果より、6~9月の午後に局所性の高い短時間強雨が多く発生していると考えられるため、本稿では6~9月を「暖候期」として、暖候期午後の強雨を抽出することとした。

表1 自然教育園で暖候期午後に10分降水量5mm以上を観測した事例(集計期間:2014~2018年)

年/月/日	時刻	10分降水量 (mm)	日照時間	強雨直前の気温低下 (強雨発生前1時間)	非降水継続時間	降水の継続時間
■2014/6/6	20:20	6.0	0時間(終日雨)	-0.7°C		
●2014/6/29	16:30	16.5	2時間21分	-5.2°C	大:9時間以上、 自:9時間以上	大:16:10→16:50(40分)、 自:16:30→16:50(20分)
	16:40	29.0				
●2014/7/24	20:00	6.0	2時間16分	-2.8°C	前後に降水なし	大:19:10→20:40(1時間30分)、 自:19:10→21:10(2時間)
●2014/7/27	15:30	7.0	8時間53分	-4.2°C	前後に降水なし	大:15:30→15:40(20分)、 自:15:30(10分)
▲2014/8/10	18:30	8.5	7分	-2.3°C	大:5時間、 自:4時間50分	大:18:10→19:00(50分)、 自:18:10→19:10(1時間)
●2016/7/14	19:30	5.0	3時間49分	-3.8°C	大:前後に降水なし、 自:前後に降水なし	大:18:30→20:30(2時間)、 自:18:50→20:20(1時間30分)
	19:40	7.0				
	19:50	5.5				
	20:00	6.0				
●2016/8/18	14:40	7.5	1時間4分	-4°C	大:7時間40分、 自:8時間20分	大:13:30→16:30(3時間)、 自:13:20→16:40(3時間20分)
	14:50	5.0				
	16:20	8.5				
	16:30	6.0				
■2016/8/22	16:00	5.0	0時間(終日雨)	-1.7°C		
●2017/7/29	20:20	5.5	2時間53分	-2°C	前後に降水なし	大:17:10→20:30(3時間20分)、 自:17:30→20:50(3時間20分)
●2017/8/19	17:40	8.5	1時間54分	-2.4°C	前に降水なし	大:17:00→17:50(50分)、 自:17:30→18:20(50分)
	17:50	7.0				
■2017/9/22	19:50	5.0	1時間9分	-3.2°C	前に降水なし	大:14:10→24:00(9時間50分)、 自:15:30→24:00(8時間30分)
	20:00	6.0				
■2018/6/10	17:30	5.5	0時間(終日雨)	-0.9°C		
■2018/7/28	17:50	5.0	6分	-2.2°C	大:3時間、 自:前に降水なし	大:14:40→18:50(4時間10分)、 自:17:50→24:00(6時間10分)
●2018/8/27	20:30	12.0	9時間48分	-3°C	前後に降水なし	大:20:00→20:20(20分)、 自:20:20→20:40(20分)
	20:40	9.5				

●:短時間強雨, ▲:台風による短時間強雨, ■:その他の強雨. 暖候期は6~9月, 午後は12~20時間と気温は大手町の観測値. 非降水継続時間は, 強雨発生前に1mm/10分以上の降水が継続して確認

2014～2018年暖候期の自然教育園における短時間強雨の特徴

2014～2018年の暖候期午後（12～20時）に強雨（10分あたり5mm以上の降水）を観測した事例として、14事例が抽出された（表1）。全事例のうち、台風による短時間強雨が1事例、前線などの影響で終日雨であった日の強雨が5事例（以下、その他の強雨）あり、これらを除く8事例を短時間強雨の事例と判断した。このように判断した理由について、短時間強雨が観測された日の日照時間、強雨発生前1時間の気温変化、降水の継続時間、非降水継続時間（強雨発生前に1mm/10分を超える降水が連続して確認されなかった時間数）の点から述べる。

10分降水量の最大値が観測された時刻とその値（mm）	最大降水量の時間差（自然教育園－大手町）	日降水量（mm）	日降水量差（自然教育園－大手町）	天気図の特徴
大：15:50（4.5mm）20:20（4.5mm）、 自：20:20（6mm）	0分	大：123.5、 自：141.0	17.5	前線が停滞。
大：16:20（6mm）、 自：16:40（29mm）	20分	大：27.5、 自：61.5	34	前線有り。
大：19:50（1.5mm）、 自：20:00（6mm）	10分	大：7.0、 自：24.5	17.5	高気圧に覆われる。 台風が北上。
大：15:30（1.5mm）15:40（1.5mm）、 自：15:30（7mm）	0分・10分	大：3.0、 自：7.5	4.5	関東甲信で猛暑日。
大：18:20（7mm）、 自：18:30（8.5mm）	10分	大：45.0、 自：53.0	8	台風
大：19:20（5mm）、 自：19:40（7mm）	20分	大：21.0、 自：33.5	12.5	前線有り。
大：13:40（6.5mm）15:30（5mm）、 自：14:40（7.5mm）16:20（8.5mm）	50分・1時間	大：66.0、 自：41.5	-24.5	北日本に前線停滞。
大：16:20（6mm）、 自：16:00（5mm）	-20分	大：106.5、 自：117.0	10.5	台風
大：19:40（2mm）、 自：20:20（5.5mm）	40分	大：16.0、 自：23.5	7.5	高気圧に覆われる。 台風が北上。
大：17:20（5mm）、 自：17:40（8.5mm）	20分	大：17.0、 自：23.5	6.5	温かく湿った空気の 流入。
大：15:10（2mm）、 自：20:00（6mm）	4時間50分	大：20.5、 自：31	10.5	高気圧に覆われる。 台風が北上。
大：18:40（3mm）、 自：17:30（5.5mm）	-50分	大：31.0、 自：41.5	10.5	高気圧・停滞前線
大：17:00（5mm）、 自：20:00（6mm）	3時間	大：52.0、 自：31.0	-21	台風
大：20:10（7mm）、 自：20:30（12mm）	20分	大：16.0、 自：31.5	15.5	停滞前線南側は 猛暑日。

を指す。表内の「大」は大手町、「自」は自然教育園の観測値を意味する。日照されなかった時間を意味する。

短時間強雨が発生する場合には、日照が1時間以上観測されていたが、それ以外の事例では日照0時間か10分未満の場合がほとんどであった。また、強雨の発生直前には全事例で気温低下がみられた。特に短時間強雨の発生直前の気温低下は大きく、大手町では最大で5.2℃、最低で2℃、平均で約3.5℃の気温低下がみられた。表1の短時間強雨事例のうち、10分間降水量が最も多かった2014年6月29日における気温と降水量の変化を図4に示す。大手町では、10時頃から15時過ぎまで日照が観測されており、この間に気温が1時間あたり最大で3.1℃上昇している(図4上)。その後、15時から16時頃にかけて大手町と自然教育園で共に気温が急低下し、自然教育園では最大で1時間あたり約5℃の気温低下がみられた(図4下)。気温低下直後に、自然教育園では5mm/10分を超える強雨が20分間降った。強雨の発生前には、このように大きく気温が低下する点に特徴がある。

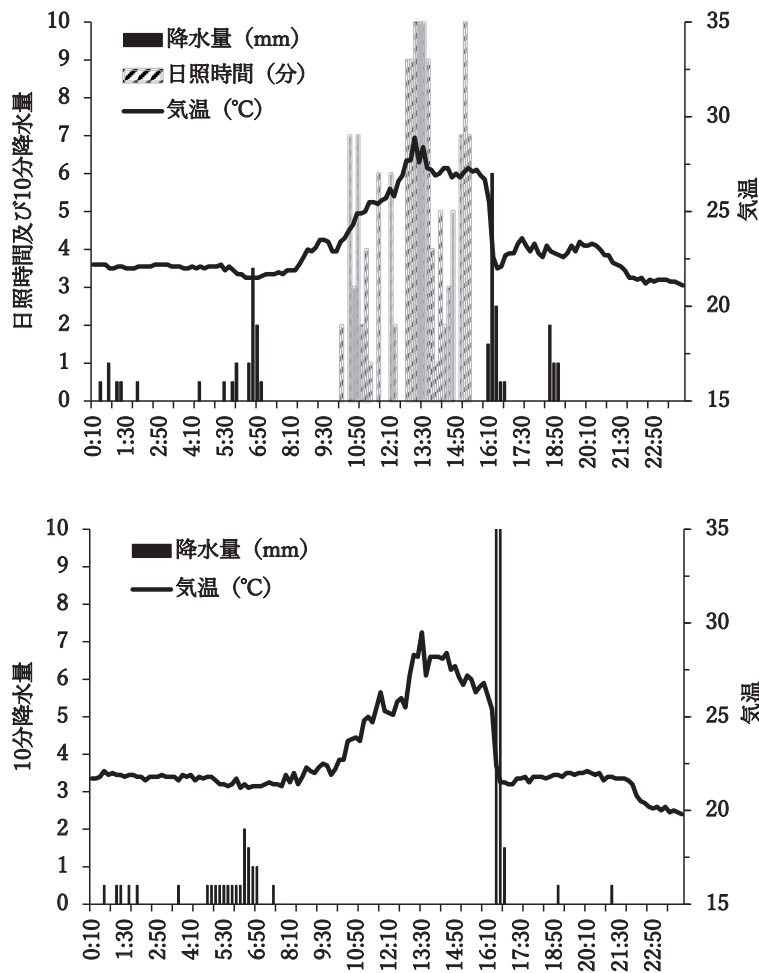


図4 2014年6月29日の日照時間、降水量、気温、日照時間の日変化(10分値)

上: 大手町, 下: 自然教育園. 自然教育園のグラフには日照時間の値はない.

下図の16:20と16:30の10分降水量はそれぞれ16.5mmと29.0mmであったが、グラフでは軸の最大値にあわせ、10mmで示した.

降水継続時間をみると、短時間強雨の場合は4時間以内で、降水が長く続かないのに対し、その他の強雨では6時間以上もしくは終日雨の場合がほとんどであった。非降水継続時間も短時間強雨では最低7時間以上あった。また、自然教育園で短時間強雨があった日の日降水量をみると、最小値が7.5mmであることから、日降水量が10mmに満たない日にも短時間強雨が発生している場合があることもわかった。

以上をまとめると、自然教育園で短時間強雨が観測される場合には、①強雨発生前に大手町で日照が1時間以上あり、②発生直前に2°Cを超える気温低下がみられる傾向にある。加えて、③降水継続時間は4時間以内、④非降水継続時間は7時間以上であった。

また、1事例を除く全強雨事例において、自然教育園における10分降水量の最大値は大手町よりも大きいという結果を得た(表1)。菅原(2001)によると、自然教育園の年降水量の平年値(1971~2000年平均)は大手町よりも150mmほど少ない。しかし本稿の調査から、2014~2018年の暖候期午後の強雨事例に着目した場合には、大手町よりも自然教育園における10分降水量の最大値の方

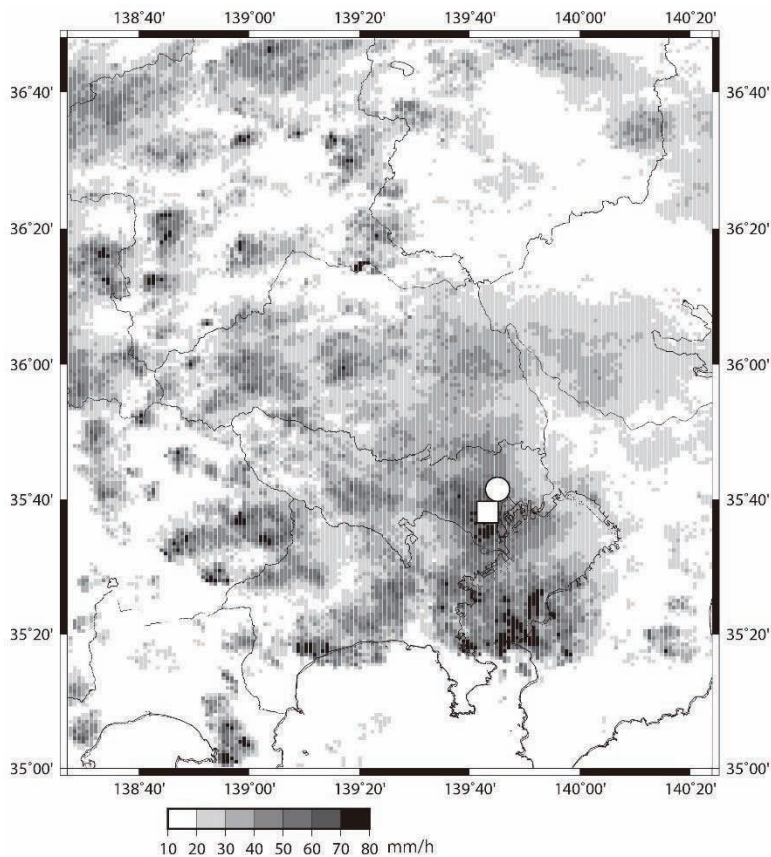


図5 自然教育園で短時間強雨が発生した時刻前後の平均エコー強度分布

発生時刻のおよそ前後30分のエコー強度を平均した。自然教育園(□)と大手町(○)の位置も参考に示した。

が大きい傾向にあることがわかった。加えて、自然教育園と大手町における強雨発生時刻の差をみると、台風や前線などの大規模擾乱による強雨の場合にはその差は0分～4時間まで幅がある。しかし、短時間強雨の場合には、自然教育園での降水の発生時刻が大手町よりも10～60分遅いという傾向がみられた。

次に、自然教育園で短時間強雨が観測された時刻の前後30分で平均したエコー強度分布を図5に示す。自然教育園周辺に強雨域がみられ、自然教育園を含む都区部西側や八王子周辺、東京湾沿岸域（横浜、木更津など）にも強雨域が広がっている。一方、自然教育園の北（埼玉県南東部付近）では、エコー強度は20～40mm/時ほど先に述べたエリアよりも値が小さくなっている。強雨の発現には地域性があることも示唆されるが、強雨発生エリアの地域特性に関しては更なる調査が必要である。

ま と め

短時間強雨を「局地性が高く、短時間に降る強雨」と定義して、2014～2018年に自然教育園で観測された10分降水量を用いて短時間強雨の特徴を分析した。結果として、10分もしくは1時間降水量でみた場合には、暖候期（6～9月）午後（12～20時）に大手町との間に降水量差が生じる強雨事例が多いことがわかった。特に7月と9月にその特徴が顕著にみられたため、この時期の午後に局地性の高い短時間強雨が多く発生する傾向にあることがわかった。

次に、2014～2018年の暖候期午後を対象に、5mm/10分を超える強雨事例を抽出した結果、14事例が抽出された。各事例は「短時間強雨」、「台風による短時間強雨」、「前線などの影響により終日雨が降り続いた際の強雨」に大別された。これらの強雨が観測された際の大気環境場を整理した結果、自然教育園で短時間強雨が観測される場合には、①大手町で日照が1時間以上観測され、②強雨発生直前に2℃を超える気温低下あり、③降水継続時間は4時間以内、④非降水継続時間は7時間以上であるという特徴が認められた。加えて、短時間強雨事例では、自然教育園における10分降水量の最大値が大手町よりも大きく、強雨発生時刻は大手町より10～60分遅いこともわかった。

自然教育園で短時間強雨が観測された時間帯には、都区部西側、八王子周辺、自然教育園南の東京湾沿岸域でも強雨域の広がりがみられた。

引 用 文 献

- 赤坂郁美・遠藤拓洋・渡邊眞紀子・矢野 亮. 2018. 自然教育園における1990年以降の降水特性と
その変化. 自然教育園報告, 49:41-48.
- 菅原十一. 2001. 自然教育園の微気象（第8報）過去30年間の気温、湿度、降水量の平均値の変化.
自然教育園報告, 33:411-423.
- 藤部文昭. 1998. 東京における降水の空間偏差と経年変化の実態—都市効果についての検討—. 天気,
45:7-18.