

極端気象現象の林分への影響と強風および乾燥化の近年の傾向

Influence of extreme climate on stand growth and recent tendency of strong wind and dryness

齊藤哲*1

Satoshi SAITO*1

* 1 森林総合研究所

Forestry and Forest Products Research Institute, Tsukuba, Ibaraki 305-8687

要旨：本研究は乾燥や強風の近年の傾向、およびそれら気象条件の人工林へ及ぼす影響を把握することを目的とし、気象台のデータから乾燥(年降水量、無降水日数、連続乾燥日数)と強風(強度：最大瞬間風速年最大値、頻度：日最大瞬間風速 $\geq 30\text{m/s}$ の年間日数)の近年(乾燥 100 年間、強風 50 年間)の傾向を解析した。またそれら気象条件と、データが公表されている愛知県稲武のヒノキ林の 20 年間の成長・枯死との関係を解析した。年降水量以外いずれの気象条件も期間前期(乾燥：1917-1966 年、強風：1967-1991)に比べ後期(乾燥：1967-2016 年、強風：1992-2016 年)に増加している都市が東日本に多くみられ、極端気象現象の増加にも地域性が示唆された。また、年降水量の増加は顕著でない一方で、無降水日数は全ての都市で増加しており、乾燥と豪雨の 2 極化が進んでいる可能性が示唆された。しかし、解析したヒノキ林では、強風、乾燥とも材積成長や枯死に顕著な影響が確認出来なかった。今回の解析で林分への影響は検出されなかったものの、極端気象現象は増加傾向にあり、今後の森林への影響に注視していく必要がある。

キーワード：最大瞬間風速年最大値、日最大瞬間風速 30m/s 以上の日数、無降水日数、連続乾燥日数、年降水量

Abstract: In order to understand the tendency of extreme climate and its influence on forests, I defined the indices expressing dryness (annual precipitation, no-rain days and continuous dried days) and strong wind (both strength and frequency), and analyzed the relationship between their indices and growth of a forest in Inabu, Aichi prefecture, that their growth data for 20 years were opened in previous study. In most cities, all indices except annual precipitation were larger in late-half periods (1967-2016 for dryness and 1992-2016 for wind) than in early-half periods (1917-1966 for dryness and 1967-1991 for wind). Especially, many cities in eastern Japan showed the increment, indicating the regional characteristics. Although annual precipitation did not increase in many cities, the number of no-rain days increased in all cities. It indicates the polarization of no-rain days and heavy rain days. However, all indices of strong wind and dryness showed little influence of growth and death of trees. Since extreme climate tend to increase, we should pay attention to influence of them on forest, although we could not detect the influence in this study.

Key-word: yearly maximum of instantaneous wind speed, number of days with over 30m/s in instantaneous wind speed, no-rain days, continuous dried days, annual precipitation

I はじめに

近年の気候変動は科学的にも明らかにされており、その森林生態系への影響が懸念されている(1)。森林には生物多様性の維持や木材生産機能など多面的な機能があり、それぞれの機能に応じた影響を考える必要がある。生物多様性への影響に関しては、気温の上昇や降水量の変化により樹木の分布適域が変化すると予測され、分布域のボーダーラインでは絶滅の危険性なども指摘されている(2)。また、気候変動は、平均気温の上昇などの静的な変化だけでなく、台風の強大化や極度の乾燥などの極端現象を引き起こすことも報告されている。こうした極端な

気象現象は森林では攪乱要因のひとつと考えられ、森林動態の一過程である上層木の枯死に伴う次世代への更新にとっても重要である。一方、木材生産機能に関しては生産物の損失や生産能力を低下させるマイナスの影響のみで捉える必要がある(3)。しかし、木材生産機能への影響、特に極端現象の影響に関しては、まだ十分に明らかにされておらず、その影響評価が求められている。

本研究では、近年の日本において、樹木の成長・枯死に影響する可能性のある、極端気象現象が増加傾向あるいは減少傾向にあるか検討することを第一の目的とする。そして、既存の文献で公表されている林分の成長データ

と最寄りの気象条件とを比較し、強風や乾燥が樹木の成長や枯死に及ぼす影響を検討することを第二の目的とする。

II 方法

1. 気象条件 極端気象現象は乾燥と強風を対象とした。乾燥については、年降水量、年間無降水(日降水量が0mm)日数、連続乾燥日数(日降水量が1mm未滿が続いた日数)を指標として用いた。一方、強風の強度および頻度として、最大瞬間風速年最大値および1年間に最大瞬間風速日最大値が30m/s以上を記録した日数をそれぞれ指標とした。樹木に影響がではじめる値は気象庁(http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/kazehyo.html)を参考に瞬間風速30m/sとした。

比較的古くからデータがある46都市の地方気象台のデータを解析対象とし、気象庁がWeb上で公開しているデータを利用した(<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>, 2017年12月27日閲覧)。降水量は1917~2016年の100年間の、風速は1967~2016年の50年間の毎日のデータを解析した。そして解析期間の前期(降水量は1917~1966年、風速は1967~1991年)と後期(降水量は1967~2016年、風速は1992~2016年)の平均値を都市ごとに比較した。

解析対象の期間中、降水量に関しては観測装置の変更等によるデータの不連続性が生じることはなかったが(<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, 2017年12月27日閲覧)、最大瞬間風速は2007年12月4日以降、全ての気象台で計算基準が0.25秒間隔の瞬間値から3秒間の平均値に変更され、値が約10%小さくなった(<http://www.jma.go.jp/jma/press/0710/26a/syunkan1026.pdf>, 2017年12月27日閲覧)。そこで解析では2007年12月4日以降の最大瞬間風速の値を0.9で割り変更前の条件に揃えて解析に使用した。

2. 林分成長 林分成長はSUMIDA *et al.*(6)が公開した名古屋大学稲武演習林のヒノキ林の20年間のデータを利用した。初期の林分状態は胸高周囲長平均値22.4cm、樹高7.4m、立木密度7,400本/haであった(6)。1977年(21年生)から1996年まで毎年測定された胸高周囲長と樹高の値からD²H(胸高直径二乗×樹高, m³)を個体ごとに算出し、その成長量の1個体あたりの平均値を年ごとに求めた。初期のプロット内の個体数は146個体であったが、20年間通して生存した92個体のみを成長量の計算の対象とした。

最寄りの気象データとして、降水量は稲武(アメダス)の、風速は名古屋地方気象台のデータ(1978~1996年)を収集

した。そして成長量(D²H)と年降水量、無降水日数との関係を、また各年の枯死数(Nd)と最大瞬間風速年最大値または連続乾燥日数との関係を解析した。

III 結果

1. 極端気象現象の傾向 年降水量、年間無降水日数および連続乾燥日数の近年100年のうちの前期(1917-1966年)と後期(1967-2016年)の平均値を比較した結果を表-1に示す。前期よりも後期で年降水量が減少した都市が33都市あり、そのうち有意差がみられたのは日本海側の5都市(秋田、山形、福井、松江)であった。逆に増加した都市は13都市で、そのうち有意差がみられたのは京都のみであった。

年間無降水日数の差は全ての都市において後期が有意に大きく、その差は11~53日の範囲であった。増加日数は長野、福島、山形、松江、仙台の順に多かった(表-1)。連続乾燥日数は減少が18都市、増加が26都市、変化なしが2都市(表-1)あり、そのうち、宮古、福島、水戸、長野で有意に増加し、有意に減少した都市はなかった。

強風の強さの指標である最大瞬間風速年最大値の50年間の平均は、最大34.5m/s(鹿児島)、最小21.6m/s(山形)であった。その50年を前期(1967-1991年)と後期(1992~2016年)に分けて比較した結果を表-1に示す。前期に比べ後期で減少した都市は5都市であった。ほかの41都市は増加し、うち20都市で有意差がみられたが、中国、四国、九州(岡山、長崎、熊本、大分の4都市)よりも神戸以東(16都市)に多かった。

最大瞬間風速日最大値が30m/s以上を記録した日数の平均値をみると、前期より後期に減少したところは前橋、下関の2都市のみで、10都市は変化なし、残りの34都市が増加していた。そのうち12都市が有意であったがそれらは鹿児島以外、すべて神戸以東の都市であった。

2. 林分成長と気象条件 解析した林分の成長量(D²H)と、年降水量および無降水日数との関係を図-1に示す。個体成長量の平均値は19年間で $4.41 \times 10^{-3} \sim 7.43 \times 10^{-3} \text{m}^3/\text{yr}$ の範囲であった。D²Hと年降水量、無降水日数のいずれの組合せでも両者のピアソンの積率相関係数の絶対値は0.36以下で有意な相関はみられなかった。

次に枯死数(Nd)と最大瞬間風速年最大値または連続乾燥日数との関係を図-2に示す。枯死数も、最大瞬間風速年最大値、連続乾燥日数のいずれの指標に対してもピアソンの積率相関係数の絶対値は0.25以下で有意ではなかった。

表-1. 主要都市の長期気象条件における前半と後半の
期間平均値の差(後半-前半)

Table 1. Difference of mean weather indices between
early- and late- half period at each city (average in
late-period minus one in early-period).

都市	年降水 量 (mm)	年間無 降水日 数(日)	連続 乾燥日 数 (日)	最大瞬 間風速 年最大 値 (m/s)	瞬間風 速 30m/s 以上日 数(日)
札幌	-4	35***	1.8	6.2***	1.2***
青森	-68	35***	0.8	3*	0.6*
秋田	-112*	36***	-0.1	1.9	1.7**
宮古	17	29***	2.4*	2.1	0.3
山形	-83*	40***	0.2	2.2*	0
仙台	49	36***	1.3	4.1***	1.7***
福島	-26	42***	3.2***	0.2	0
水戸	-75	32***	2.4*	2.1*	0
宇都宮	-28	29***	1.2	5.4***	0.5**
前橋	-48	23***	-0.2	-0.1	-0.1
甲府	-77	22***	-0.4	2.8***	0.3*
熊谷	-30	27***	-0.5	1	0
新潟	13	29***	0.5	0.4	0.1
長野	8	53***	2.8**	0.5	0
東京	-52	27***	-1.2	2.4*	0.7
勝浦	-103	33***	-1	4.7**	1.5***
横浜	8	24***	-0.4	3.9**	1**
富山	-78	25***	0.6	2.7*	0.2
金沢	-132	28***	0.5	9.2***	3.6***
福井	-132*	31***	-0.3	0.9	0.1
静岡	-10	19***	1.3	1.4	0.2
名古屋	10	26***	-0.5	1.4	0.2
岐阜	43	28***	0.9	3.2*	0.3
津	-85	29***	0.8	6**	1.1**
京都	186***	11***	0	1.6	0
彦根	-46	29***	0.3	3*	0.2
奈良	-90	28***	-0.7	-1.5	0
和歌山	-71	29***	1.4	5.1**	2***
大阪	-19	24***	-1.6	-0.2	0
神戸	-65	30***	0.6	2.5	0.4
岡山	14	25***	-1.2	5.6***	0.4
広島	-44	27***	0.6	2.9	0.2
鳥取	-124	32***	-0.7	0.5	0
松江	-187*	37***	-1.4	1.2	0.7
下関	-4	31***	-0.1	-1.7	-0.4

表-1 つづき

多度津	-40	30***	1.2	0.1	0.2
徳島	-16	30***	0.7	3.2	0.3
松山	-21	26***	0	0.8	0
高知	30	26***	0.6	-0.7	0.2
福岡	-33	32***	-0.8	2.4	0.4
佐賀	-3	30***	0.3	4.4	0.3
長崎	-69	37***	2.2	3.5*	0.2
熊本	100	27***	-0.7	4.5*	0.2
大分	26	23***	-1.5	4*	0.3
宮崎	-78	22***	1.1	4	0.3
鹿児島	52	30***	0.7	5.8	0.8*

印は有意差(: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001, t-test).

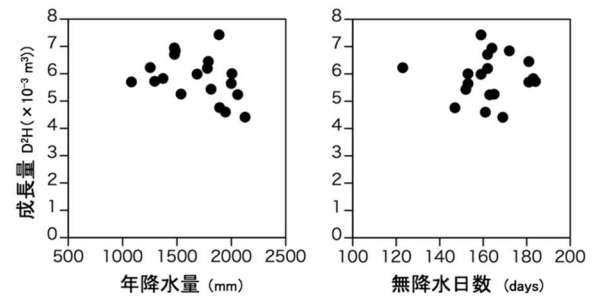


図-1. 林分成長量(D²H)と年降水量および無降水日数との関係

Fig.1 Relationship between growth (D²H) and annual precipitation or no-rain days

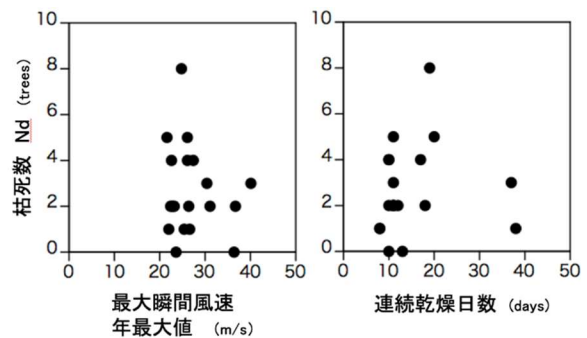


図-2. 枯死数(Nd)と最大瞬間風速年最大値および、連続乾燥日数との関係

Fig.2 Relationship between the number of dead trees (Nd) and yearly maximum of instantaneous wind speed or continuous drying days

IV 考察

極端気象現象は今回の解析からも増加傾向が確認された。近年 100 年の降水量の解析からも乾燥化が進んでいる傾向がみられた。特に雨の降らない日は明瞭に増加していた(表-1)。年間降水量に大きな変化がみられなかった都市が多い(表-1)ことから、無降水と豪雨の 2 極化が進んでいる可能性もある。樹木の生残・成長にとっては長期間の乾燥が大きく影響すると考えられるが、連続乾燥日数の増減は県によって異なった。しかし、広域的傾向をみると、北日本で増加している都市が多く、将来的な乾燥化の進行程度も地域によって異なることが考えられる。

また、近年の台風の発生数に明瞭な長期変化傾向はみられないとの結果も報告されているが(3)、日本に影響の少ない台風も含めた全発生数ではなく、都市で実際に記録された風速ベースの前後半に分けた解析では、頻度、強度ともに増加する都市が多かった(表-1)。

一方、こうした気象現象の林分の成長への影響をみると、今回対象とした林分において成長や枯死に大きく影響しているという現象は確認出来なかった。今回その理由までは特定できなかったが、可能性としては以下のことが考えられる。まず、今回解析した期間(1978~1996 年)の気象条件の変動幅では影響が小さい可能性が考えられる。例えば、名古屋地方気象台では 1977~1996 年間に最大瞬間風速年最大値 が 30m/s 以上とならなかった年が 15 年あり(図-2)、強風頻度の影響を検出する解析には十分とはいえなかった。ほかの理由として、気象台と調査地が離れていることが気象条件の影響を検出できなかった一因である可能性もある。最大瞬間風速は地形や風向きなどにより大きく異なり(7)、観測された気象データが対象林分の気象条件を十分に反映していないことも考えられる。また、20 年間の林分内の樹木の自己間引きによる密度効果の変化も影響している可能性もある。このような気象台と調査値の距離や自己間引きの影響に関しては今後検討していく必要がある。しかし、樹木の枯死は風速に大きく左右されたという事例報告(5)もあり、表-1 からも強風の強度、頻度は全国的にも増加傾向にあることから今後成長や枯死への影響に注意する必要がある。

今回の解析では林分への影響は顕著に検出されなかったが、極端現象は強風、乾燥とも増加する傾向がみられ、さらにその増加傾向も地域性がみられることが示唆された。地域によっては、近い将来森林への影響がでてくる可能性も考えられる。森林への影響が出始める初期のうちに検知することが重要であり、そのためにも森林の状態を長期的にモニタリングする体制が必要であろう。

謝辞：本研究は、農林水産省委託プロジェクト研究「農林水産分野における気候変動対応のための研究開発」、および国立研究開発法人森林研究・整備機構所内委託プロジェクト「気象害リスクの評価手法に関する研究」の支援を受けて実施した。解析初期の段階で森林総合研究所 荒木眞岳氏、壁谷大介氏、田中憲蔵氏、井上裕太氏、北岡哲氏、千葉県農林総合研究センター森林研究所荒木功介氏に有益なコメントを頂いた。ここに感謝の意を表します。

引用文献

- (1) IPCC (2007) Climate Change 2007: Mitigation of climate change. Working Group III contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 851 pp
- (2) 諫本信義・高宮立身(1992)1991 年 9 月台風 19 号に発生した大分県における森林被害の要因解析. 大分県林試研報 18 : 1-43
- (3) 気象庁(2017)気候変動監視レポート 2016. 気象庁, 東京, 90pp
- (4) MATSUI, T., TAKAHASHI, K., TANAKA, N., HIJIOKA, Y., HORIKAWA, M., YAGIHASHI, T., HARASAWA, H. (2009) Evaluation of habitat sustainability and vulnerability for beech (*Fagus crenata*) forests under 110 hypothetical climatic change scenarios in Japan. Applied Vegetation Science 12 : 328-339
- (5) 齊藤哲・永淵修・中澤暦・金谷整一・新山馨(2017)宮崎県綾町の照葉樹林群落の動態と影響する様々な環境要因との関係. 環境科学会誌 30 : 190-202
- (6) SUMIDA, A., MIYAURA, T., TORII, H. (2013) Relationships of tree height and diameter at breast height revisited: analyses of stem growth using 20-year data of an even-aged *Chamaecyparis obtusa* stand. Tree Physiology 33 : 106-118
- (7) 内田孝紀・水永博己・齊藤 哲・上村佳奈・木下裕子・丸山敬(2010)森林・林業分野における風害シミュレーション - 数値風況予測技術(CFD)によるアプローチ-. 森林立地, 52 : 67-77