

九州における風倒木被害の発生リスクに関する研究レビュー<sup>\*1</sup>木上真一郎<sup>\*2</sup> · 村上拓彦<sup>\*3</sup> · 溝上展也<sup>\*3</sup> · 吉田茂二郎<sup>\*3</sup>

木上真一郎・村上拓彦・溝上展也・吉田茂二郎：九州における風倒木被害の発生リスクに関する研究レビュー 九州森林研究 59：292-295, 2006 九州地方の林業地域ではこれまで、毎年襲来する台風により甚大な風倒木被害を受けてきた。この被害の影響により経営が大きく悪化する林業経営体が発生しており、風倒木被害を林業、森林保全上のリスクとして明確に認識し対策を検討すべきといえる。そのためには風倒木被害の要因を明らかにしていくことが重要である。その第一段階として今回は、九州地方における風倒木被害についての過去の論文や報告書などの文献のレビューを行い、九州地方における風倒木被害の傾向を検討することを目的とした。その結果、広葉樹類の耐風力が強い傾向にあることが示唆された。また大径林や強度間伐林分、要間伐林分、間伐直後の林分で被害を受けやすく、南～西向き斜面や南～西側に保護山帯のない開放された地形で被害を受けやすい傾向にあることが示唆された。

キーワード：台風、風倒木被害、被害形態、林分構造、地形条件

## I. はじめに

九州地方の林業地域ではこれまで、毎年襲来する台風により甚大な風倒木被害を受けてきた。この被害の影響により経営が大きく悪化する林業経営体が発生しており(8)、風倒木被害を林業、森林保全上のリスクとして明確に認識し対策を検討すべきといえる。そのためには風倒木被害の要因を明らかにしていくことが重要だと考えられる。その第一段階として今回は、九州地方における風倒木被害についての過去の論文や報告書などの文献のレビューを行い、九州地方における風倒木被害の傾向を検討することを目的とした。

## II. 九州地方に上陸した台風とその規模

台風の激しさを簡単に示す指標として、福眞・櫃間の台風の規模(4)がある。これは気象庁が台風情報として発表する、ある時点の台風の大きさと強さから簡単に計算できるもので、次の式又は表-1で表されるものである。

$$M = I + (R - 2) *$$

ここに

M：台風の規模

I：強さの階級、強い順に、

5, 4, 3, 2, 1とする。

R：大きさの階級、大きい順に、

5, 4, 3, 2, 1とする。

\*：マイナスの場合は0とする。

これにより台風の激しさをその規模から区分することができ、この数十年の台風の上陸時の規模はI～VIに区分することができる(3)。

この指標を用いて、1951年以降に九州に上陸した台風とその規模を表-2に示した。この表-2から規模が4以上の台風はほぼ毎年のように九州地方に上陸しているということが窺える。また1991年の台風17号・19号と1993年の台風13号により多くの森林被害が発生しており、この3つの台風についてはこれまで多くの論文や報告書が発表されている。そのためこの3つの台風による風

表-1. 台風の強さ・大きさを総合した規模M

台風の強さ	台風の強さ				
	ごく小型	小型	中型	大型	超大型
弱い	I	I	II	III	IV
並	II	II	III	IV	V
強い	III	III	IV	V	VI
非常に強い	IV	IV	V	VI	VII
猛烈な	V	V	VI	VII	VIII

倒木被害についてのレビューを行った。

## III. 台風の概要

## 1. 1991年台風第17号

10日9時にマリアナ諸島近海で発生した弱い熱帯低気圧は、北西に進みながら次第に発達し、11日15時に台風第17号となった。

<sup>\*1</sup> Kiue, S., Murakami, T., Mizoue, N., and Yoshida, S.: Research review on risks of the wind-fallen tree damages in Kyushu

<sup>\*2</sup> 九州大学大学院生物資源環境科学府 Grad. Sch. Biores. and Environ. Sci., Kyushu Univ., Fukuoka 812-8581

<sup>\*3</sup> 九州大学農学研究院 Fac. Agric., Kyushu Univ., Fukuoka 812-8581

表-2. 九州に上陸した台風とその規模

上陸年数	上陸時の台風 の規模 (M)	上陸地点
1951	10.14	5 串木野市付近
1952	7.15	1 鹿児島湾
1953	6.7	3 八代市付近
1954	8.18	6 鹿児島県西部
	9.7	2 大隈半島
	9.13	6 枕崎市の東
	9.26	4 大隅半島北部
1955	7.16	1 宮崎市付近
	9.29	5 薩摩半島
1956	4.25	1 大隈半島
1957	9.6	5 大隈半島南端
1959	8.8	4 大隈半島
1960	9.2	1 九州北部
1961	7.31	1 日南市
1962	8.21	2 鹿児島県北部
	8.28	1 佐多岬
1963	8.9	4 宮崎大分県境
1964	8.23	4 枕崎市
	9.24	5 佐多岬
1965	8.6	4 熊本市
1966	8.23	3 宮崎市
1967	8.13	1 長崎県北部
1968	8.29	2 薩摩半島
	9.24	3 鹿児島県北西
1969	8.22	4 鹿児島県北西
1970	8.14	5 長崎市
1971	8.5	5 島原半島
	8.29	5 大隈半島
1972	7.23	2 宮崎大分県境
1973	7.25	1 宇土半島
1974	9.8	2 枕崎市
1976	7.25	1 宮崎県
	9.13	5 長崎県
1977	8.24	3 九州南西部
1978	6.20	1 長崎県
	8.2	2 九州西岸
1979	9.3	1 大隈半島
1980	9.11	4 大隈半島南端
1981	6.22	2 長崎県北部
	7.31	3 宮崎県
1982	8.27	5 都井岬付近
1983	9.28	4 長崎市付近
1985	8.31	4 枕崎市
1989	6.24	2 薩摩半島
	7.27	4 大隈半島南部
	9.19	3 大隈半島
1991	9.14	4 長崎市付近
	9.27	6 佐世保市南方
1992	8.8	4 熊本県
1993	7.27	1 大隈半島
	7.30	3 長崎市付近
	9.3	6 薩摩半島南部
1996	8.14	5 熊本市付近
1997	6.28	4 九州北部西岸
	9.16	5 枕崎市付近
1998	10.17	3 枕崎市付近
1999	9.14	1 宮崎県南部
	9.24	4 熊本県北部

13日には、中型で強い勢力まで発達して、沖縄本島を通り北に向きを変え、14日5時半頃に同じ勢力で長崎市付近に上陸した。その後、急速に勢力を弱めながら北東から東北東に進み、山陰、北陸地方を経て14日21時に東北地方で温帯低気圧に変わり、さらに東進した(12)。

長崎市付近に上陸した時の中心気圧は965hPa、中心付近の最大風速は35m/s、暴風半径は110km、強風半径は390kmであった。また最大瞬間風速は熊本県牛深市で47.6m/s、佐賀市で54.3m/sと観測された。

## 2. 1991年台風第19号

13日9時にマーシャル諸島の東で発生した弱い熱帯低気圧は西に進み、16日9時にマーシャル諸島の西で台風第19号となった。台風は発達しながら22日、フィリピンの東で進路を北西に変え、大型で非常に強い勢力となった。26日に宮古島の東を北上した後、進路を北東に変えて、27日16時過ぎに大型で非常に強い勢力を保ちながら佐世保市の南に上陸した。上陸後は加速しながら日本海を北東に進み、28日8時前に大型で強い勢力で渡島半島に再上陸し、28日15時には千島近海で温帯低気圧に変わり、さらに東北東に進んだ(12)。

長崎県佐世保市の南に上陸した時の中心気圧は940hPa、中心付近の最大風速は50m/s、暴風半径はSE330km、NW260km、強風半径はSE750km、NW480kmであった。また最大瞬間風速は長崎市で54.3m/s、大分県日田市で44.4m/sと観測された。

## 3. 1993年台風第13号

29日9時に沖の鳥島の東南東で発生した弱い熱帯低気圧は西に進み、30日9時に沖の鳥島の西で台風第13号となった。台風は発達しながら西に進み、31日夜には進路を北西に変え、引き続き発達を続け、9月2日に大型で非常に強い勢力となって宮古島付近を通過した。その後、南西諸島の西海上をさらに発達しながら北東進し、3日16時前に大型で非常に強い勢力で中心が薩摩半島南部に上陸した。九州南部を縦断し、豊後水道に進み、23時半頃に中型で強い勢力で愛媛県八幡浜市付近に再上陸し、さらに4日1時半頃に同じ勢力で広島県福山市付近に再上陸した。中国地方を横断し、山陰沖に進み、日本海を北東進した後、4日21時に日本海中部で温帯低気圧に変わり、8日3時に同海域で消滅した(13)。

薩摩半島南部に上陸した時の中心気圧は930hPa、中心付近の最大風速は50m/s、暴風半径は170km、強風半径は500kmであった。また最大瞬間風速は鹿児島県枕崎市で55.6m/s、宮崎市で57.9m/sと観測された。

## IV. 風倒木被害の状況

### 1. 樹種ごとの被害形態

スギは、他の樹種と比べ被害を受けやすいという特徴がみられた(6, 18)。また品種間で被害形態に明確な差が認められ、被害形態は根返り型と折損型に大別された。スギ品種のうち、オビアカは根返り・傾き型の被害形態が多くみられ、被害発生率は低いという特徴がみられた。ウラセバル・クモトオシは折損型の被害形態が多くみられ、激害を受けるという特徴がみられた。ヤブクグリ・アヤスギ・メアサは根返り・傾き型の被害形態が多くみられ、被害率は高いという特徴がみられた(6, 10, 11, 20, 22)。

このようにスギの品種においては、浅根性で材に粘りがあり成長の遅い品種では根返り型が、深根性で成長の早い品種では折損型が多く見られる傾向にあった。またこれらの品種による被害形態や被害率の違いは、根株強度の強弱も一因として示唆されているが、基本的には材質特性によるところが大きいと考えられていた(1, 10)。しかし品種ごとの被害形態や被害率に関する結果は文献により異なっている点もみられた(2, 9, 14, 18, 23)。そのため樹種による被害形態の違いは今後、解析を深めていく必要があると考えられる。

ヒノキは、スギに比べ被害を受けにくいという特徴がみられた(6, 18)。しかし台風13号での事例においては、被害率がスギよりもヒノキの方が高いという結果となっていた(11)。また被害形態としては土壌の浅いところでは倒伏型が多くみられ、土壌の深いところでは折損型が多くみられた。このように土壌の深さにより被害形態が異なっていた(6, 11, 18)。また葉の変色という被害も報告されている。これは林冠の一部が褐色になっているもので、葉が擦れあうことによる損傷や枝の基部の損傷などといった物理的な要因だと考えられていた(6, 11, 16)。

マツは、スギやヒノキに比べ若干被害を受けにくいという特徴がみられた。また被害形態は折損型に属するようであった(6, 10)。

広葉樹は、針葉樹に比べ被害を受けにくいという特徴がみられた。これは広葉樹が一般的に、葉が引きちぎられる事によって、風の抵抗を減らし樹幹が折れるような致命的な被害を受けずに済んだためだと考えられる。そのため暴風被害を受けにくい造林樹種であると考えられる(22)。また落葉広葉樹では、強風で早めに枝葉を吹き飛ばされ身軽になるため、被害が軽い傾向があった。常緑広葉樹では、土壌の深さの違いにより倒伏型と折損型の両方のタイプがみられたが、大きな枝だけが折れ主幹は生き延びているものも多かった(6, 10, 11, 22)。

## 2. 林分構造

### 1) 胸高直径

胸高直径22cm以上の中目や30cm以上の大径林では被害が相対的に増加することが認められた。これは柔軟性の高い幼若木に被害が少なく、材質強度の面で高い安定を示す高齢木で被害が多くみられたということを示しており、雪害の場合と逆の傾向にあった。樹木の全般的な傾向として、胸高直径の大きい林分は林齢の高い林分、つまり林分高の高い林分ということの意味する。そのため高齢林では風圧が強く、風心が上方に偏倚するため被害が高かったのではないかと考えられる(5, 10)。また形状比が70以上の林分では被害率が高くなり、樹幹長比が60%を超えると被害率が低くなるという傾向にあった(11)。

### 2) 林分疎密度

疎な林分より密な林分で被害率が高くなっていた。また高密度になるほど被害率が高くなる傾向にあった(10)。過密な林分では形状比、収量比数が高いため林分的にも単木的にも風に対して弱い構造を持っていることが窺われた。また収量比数が中庸(0.65~0.84)では被害率が低く、過疎および過密な林分では被害率が高くなるという報告もあった(11)。ここで林分密度が低い林分というのは強度間伐林分や複層林であると考えられる。しかし複層林に関しては耐風力が弱いとは一概に言えないというような報

告もある(7)。そのため複層林に関しては今後、詳細な分析が必要だと考えられる。

### 3) 間伐履歴

間伐後1~2年経過した林分で被害が最も大きく、間伐後6年以上経過した林分では被害が小さかった。また疎な林分で被害が小さく、無間伐状態の過密林分では被害が大きくなる傾向にあったという結果になっていた(10, 22)。そのため間伐を早めに実施し、低密度林で管理することが風に対しての安定性を高めることになると考えられる。

### 3. 地形条件

被害規模が小規模(5ha未満)の被害地の地形的分布状況では、南斜面や南西斜面に被害が集中していた。また被害規模が中規模以上(5~25ha)の被害地の立地的特徴では、小規模の被害地の地形的分布状況とほぼ同じ傾向がみられた(10, 11, 15, 19, 21, 22)。そのため風倒木被害の発生が地形的要因と極めて大きく係わりがあることが窺われた。被害規模が大規模(25ha以上)の被害地の地形的特徴としては、南斜面や南西斜面、南~西側に向かった開けた地形、山脈の北側斜面の高所、台地状の平坦な地形、円錐形の山の中腹、山麓地帯という特徴がみられた(6, 10, 11, 21, 22)。しかし同じ地形であれば全て被害が起こるというわけではなく、林分条件や防風の状態にも影響されることが窺われた。

### 4. その他の森林被害要因

樹冠直径のばらつきが大きい林分では被害率が高くなっていた。樹冠直径のばらつきが大きいということは、樹冠上部に凹凸があるということを示している。そのため凹部で渦流が生じ、被害が発生したのではないかと推察される(5)。また鹿児島県では、戦後の拡大造林政策の中で林地肥培が比較的大規模に行われていた。これは県や森林組合の指導のもとに過去に行われたものである。この林地肥培の行われた林分での被害が高かったため、この政策により林分の耐風力が極端に弱くなったと考えられる(11)。

## V. おわりに

今回の研究によってスギ、ヒノキなどの針葉樹類に対し広葉樹類は耐風力が強い傾向にあることが示唆された。また林分的には大径林や強度間伐林分、要間伐林分、間伐直後の林分で被害を受けやすい傾向にあるということが示唆された。地形的には台風の主風(南~西)方向と一致する南~西向き斜面や、南~西側に保護山帯のない開放された地形で被害を受けやすい傾向にあるということが示唆された。

しかしスギ品種ごとの被害形態や被害率の違い、複層林での耐風力については様々な報告があった。そのため今後これらのことについての解析が必要だと考えられる。また今回文献のレビューを行った中で、林分条件や地形因子などの要素の中でどの要素が最も風倒木被害の要因になっているのかということについての総合的な解析の行われている文献があまりみられなかった。そのためどの要素が最も風倒木被害に影響を与えているのかということについての多変量解析が今後必要だと考えられる。また強風害の発生には最大瞬間風速が大きく影響しているという報告がある(17)。しかし最大瞬間風速の違いによる風倒木被害発生の違い

についての研究を行っている文献はほとんどみられなかった。そのため最大瞬間風速の違いによる風倒木被害発生の違いについての解析も必要だと考えられる。

### 引用文献

- (1) 千葉幸弘 (1993), 日林誌, 75 (4) : 372-374.
  - (2) 力益實・本村光義 (1993), 日林九支研論集, 46 : 271-272.
  - (3) 福眞吉美 (1993), 気象庁研究時報, 45 (5) : 159-176.
  - (4) 福眞吉美・櫃間道夫 (1991), 気象, 1991年5月 (409) : 11438-11440.
  - (5) 福永寛之ほか (1993), 九大演報, 69 : 13-30.
  - (6) 福岡県林業試験場 (1992), 研究資料, 18 : 1-89.
  - (7) 藤森隆郎 (1992), 林業技術, 599 : 19-20.
  - (8) 後藤康次 (1992), 木材工業, 47 (5) : 228-232.
  - (9) 諫本信義 (1993), 林木の育種, 167 : 1-7.
  - (10) 諫本信義・高宮立身 (1992), 森林立地, 34 (2) : 98-105.
  - (11) 石井 弘 (1996), 平成7年度科学研究費補助金一般研究 (C) 研究成果報告書 : 1-84.
  - (12) 気象庁 (1991), 気象要覧, 第1105号 : 1-84.
  - (13) 気象庁 (1993), 気象要覧, 第1128号 : 1-90.
  - (14) 宮原文彦ほか (1993), 日林九支研論集, 46 : 277-278.
  - (15) 宮本邦明ほか (1992), 新砂防, 45 (3) : 18-23.
  - (16) 村本康治ほか (1998), 森林立地, 40 (1) : 27-32.
  - (17) 仲吉一行・西辻和也 (1993), 気象庁研究時報, 45 (5) : 177-188.
  - (18) 野田 亮 (1993), 森林立地, 35 (1) : 50-59.
  - (19) 野田 亮ほか (1993), 日林九支研論集, 46 : 279-280.
  - (20) 岡野哲郎・伊藤哲 (1993), 九大演報, 68 : 1-10.
  - (21) 酒井正治ほか (1993), 日林九支研論集, 46 : 283-286.
  - (22) 台風19号等災害復旧対策調査検討委員会 (1993), 平成3年台風19号等災害復旧対策調査報告書 : 1-65.
  - (23) 矢幡 久 (1993), 日林九支研論集, 46 : 273-274.
- (2005年11月14日 受付 : 2005年12月5日 受理)