

戸隠奥社杉並木における近年の樹高成長

小山 泰弘*・林部 直樹**

Tree height growth in recent years in Togakushi Okusha Shine's
Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D.Don) roadside tree

Yasuhiro Koyama*・Naoki Hayashibe**

1. はじめに

神社や仏閣の境内にある社叢と呼ばれる森林の中には、樹齢が高く天然記念物等の指定を受けている場所も多い。天然記念物指定を受けた森林を後世に残していくためには、それぞれの個体を健全に維持する必要がある。生物資源である樹木は、そのうち寿命を迎えるため、社叢のように集団としての森林環境を保全していくためには、現在生育している樹木を適正に保全すること（本間 2007）と、次世代となる後継樹の天然更新（川那部 1990）、当該個体のクローン増殖（三浦ら 2015）などを進める必要がある。次世代の樹木を育成するためには、長い時間がかかるため、現在生育している集団への影響を最小限としながら、補植などに取り組む必要がある。樹木は、若齢期に急激な樹高成長を見せた後、成熟期は樹高の伸長が緩やかになるものの成長を続け、老齢期に入ると樹高成長が限界を迎え、梢端や枝の枯損が発生し、最終的には立木全体が衰弱することで枯死する（R.van Pelt & S.C.Sillett 2008）。つまり、樹高成長を観察することで、樹木の生育段階を推定することができ、老齢期に達した場合は保全が急務となる。若齢期であれば樹高成長の速度が速いので分かりやすいが、成熟期からは成長速度が遅く、また樹頂点が高いために正確な樹高測定は難しく、成長速度が遅くなった高齢の樹木では、樹高成長を正確につかむことが難しい。

長野県長野市戸隠にある戸隠神社奥社周辺には、江戸時代から伐採が禁じられた樹林 51ha があり、1973 年に「戸隠神社奥社社叢」として、長野県の天然記念物に指定された（長野県教育委員会 1977）。この中には、江戸時代初期の 1612 年に整備を開始したとされる（信濃毎日新聞戸隠総合学



図 1 戸隠神社奥社杉並木

術調査実行委員会 1971) 参道があり、その両脇約 500m にわたって続く杉並木は、戸隠神社を象徴する風景として観光的価値も高い（図 1）。

ところが、2017 年 10 月に発生した平成 29 年台風 21 号で、大径のスギが 3 本倒伏したことで、並木全体での樹勢の衰えが心配されるようになった。そこで、2017 年に倒伏したスギのうち 2 個体について、地上 30m 地点より上部について主幹の樹幹解析を行い、近年の樹高成長結果から、戸隠奥社の杉並木の成長について検討したので報告する。

2. 調査地及び調査方法

1) 調査地の概要

調査は、長野県長野市戸隠の戸隠山 (1,904m) の麓、標高 1,250m 付近に位置する戸隠神社奥社参道に植栽された杉並木のスギ (*Cryptomeria japonica* D.Don) を対象とした（図 2）。戸隠神社は、9 世紀の中ごろに創建されたと伝えられる神社で、現在も重要な信仰の場である（信濃毎日新聞戸隠総合学術調査実行委員会 1971）。今回舞台となる奥社参道の杉並木は、1612 年に整備が始まったとされる。その後、1816 年（文化 13 年）に「山内の杉木が

* 長野県林業総合センター 指導部

〒 399-0711 長野県塩尻市片丘 5739

** 戸隠奥社の社と杉並木を守る会

〒 381-4101 長野県長野市戸隠中社社務所

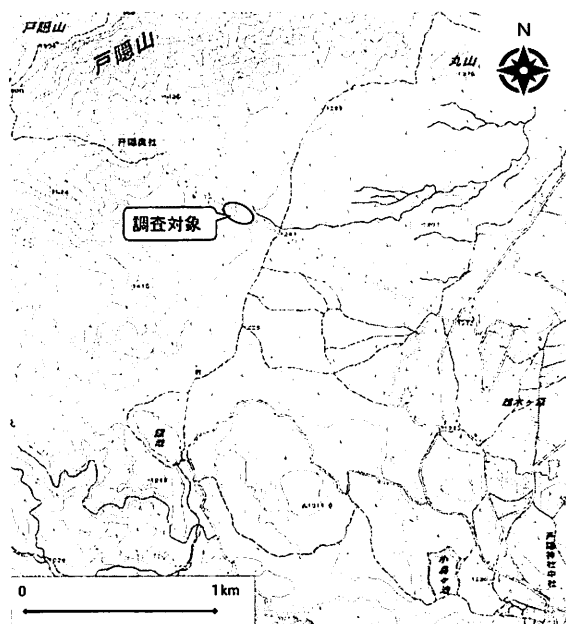


図2 調査地位置図

払底しているのを憂い三院に合して杉苗各院百本宛、宮付近及び自坊内に植えさせ三院および山内の荘厳を図った（信濃毎日新聞戸隠総合学術調査実行委員会 1971）」とされるように、スギ並木の整備は何回かにわたっている。このことを裏付けるように、伊勢湾台風などで過去に発生した風倒木の根元近くにおける年齢数に 148～295 年と幅がある（信濃毎日新聞戸隠総合学術調査実行委員会 1971）。この時の年輪計測法は不明であるが、伊勢湾台風によって集団で倒伏したとされる場所には、根返りしたスギの根株が残されており、この年齢を数えたものではないかと思われる。なお、並木に植栽されているスギは、周辺の戸隠神社境内とともに、クローンが多く見つかっている。実際、中社を代表する三本杉と同一クローンが奥社杉並木の中で見つかるなど、杉並木は挿し木由来で育成されたと考えられている（木村ら 2013）。

2) 調査対象木

調査対象としたスギは、2017 年 10 月 23 日に広い暴風域を伴ったまま静岡県へ上陸し神奈川県や東京都を通過して茨城県沖へ抜けた平成 29 年の台風 21 号により、北からの暴風が吹き付けたことで倒伏した杉並木の個体である。当該台風により杉並木のスギ 3 本のほか、モミ（*Abies homolepis*）とブナ（*Fagus crenata*）が 1 本ずつ折損した。戸隠神社の奥社杉並木は、中心部の 5ha が 2010 年に胸高直径 3cm 以上のスギ全個体の位置と胸高直径が測定されており（木村ら 2013）、2015 年に再測されて

表 1 採取個体の概要

調査 番号	立木 番号	推定樹高 (m)	胸高周囲 (cm)	確認年輪数	測定位置
1	P751	36.6	348	287	樹高 4.8m 地点
2	P488	36.3	320	不明	樹高 20m でも 心材腐朽

いる（中村ら 2018）。さらに、当地区を含む県の天然記念物指定区域内全域では、胸高周囲 300cm を上回る大径木のみではあるが、位置及び樹種、胸高直径の測定が行われている（注 1）。

今回の調査では、平成 29 年の台風 21 号で倒伏したスギ 3 個体のうち、2010 年の調査区内に生育していた P751 と P488 の 2 個体を対象とした。個体番号は、既往の結果（中村ら 2018）を用いた。なお、2 個体共に根株付近は腐朽していたことなどから、今回は近年の樹高成長経過を推定することを目的として、両個体とも地上 30m 地点より上部を調査対象とした。調査木の樹高、胸高直径については、表 1 の通りで、樹高については、幹が折損した後に計測しており、折損位置のずれを考慮して推定値とした。また、樹齢に関しては、No.1 の P751 については、地上高 4.8m 地点で 287 本の年輪が計測できたが、No.2 に関しては、地上 20m 地点まで上がっても心材部が大きく腐朽しており、樹齢の推定はできなかった。

3) 調査方法

奥社杉並木で倒伏した 2 個体は、地上 30m 以上の梢端部分を林業総合センターに持ち込み、立木の成長を見ながら、年輪計測用の円板を作製した。作製した円板の表面を平滑にし、拡大鏡を用いて、中心より 4 方向の年輪幅を一年毎に測定した。これらの測定結果から樹高成長の経過と 30m 以上の梢端部における年間成長量の推移を整理した。

3. 結果

1) 個体の状況

今回調査を行った 2 個体の現地での被害状況を図 3 及び図 4 に示す。

No.1 は、2015 年の測定時に胸高周囲 348cm であり、2010 年次の調査（中村ら 2018）と比較して、5 年間で胸高周囲が 1.5cm 太っていた。一方の No.2 は、2015 年の測定時に 320cm となってお



図3 No.1(P751)の被害状況



図4 No.2(P488)の被害状況



図5 No.1(P751)の地上30m地点の断面

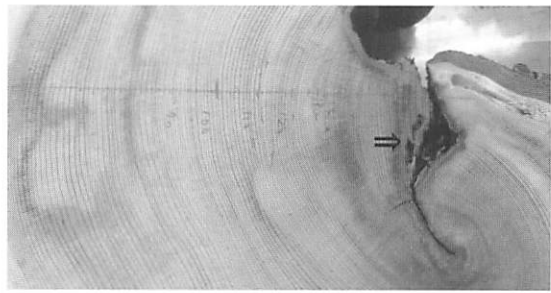


図6 No.1の地上30m地点を拡大した断面

り、こちらは5年間で周囲長が3cm肥大していた。両者とも5年間で肥大成長は続けていたが、今回の台風で幹の途中で折損した。参道の北に位置するNo.1は、参道を完全にふさぐ形で、参道の南側に位置するNo.2は参道側には倒れず、2個体とも同じ南側に向かって倒れていた。

これらの個体の樹高成長を確認するため、試験木から円板を採取するために玉切りを行ったところ、No.1は全体として単木に見えたが、30m地点の中央部に大きな腐朽が認められ、その中央部には巻き込みがあり、左右に2本の心が確認できたことから、腐朽の影響で二股木だった時代があったことがわかった(図5)。

外見からは、図5に示すように表面上に小さな凹みが確認できるだけだったが、円板を観察すると、中央部に出来た腐朽が凹型で巻き込みながら成長したのち、3年前に左右がつながって凹部がふさがれていた。

また、30m地点の円板を平滑に整えて観察したところ、図6の矢印に示した地点で、材の色並び

に年輪の広がり方が異なっており、図-6の下に見える心からたどる年輪とはつながらなかった。つまり、矢印よりも内部に見られる年輪は、地上30m地点における心が形成される前に存在していた年輪だった。矢印で示した地点並びにそこにつながる心から枯損時点までの年輪数を数えたところ、167本が確認できた。

今回の調査個体は、2017年10月に折損したことで枯損したが、幹の半分を失うような被害は、その167年前にあたる1850年(嘉永3年)と判断した。つまり、No.1は、1850年に大きな傷を負ったものの、梢端及び一部の枝を失っただけで枯死することではなく、その後再生して現在に至っていた。また、31m地点の円板を確認したところ、31mから上の円板はすべて一つの心しか持っておらず、改めてNo.1の30m地点から31m地点の試験体を確認したところ、太い枝があったと見られる分岐痕が確認されたことから、図6に示した矢印の年に発生した被害により発生した二股の主幹は、その上1m以内で一本の幹は失われ、単幹になっていた。

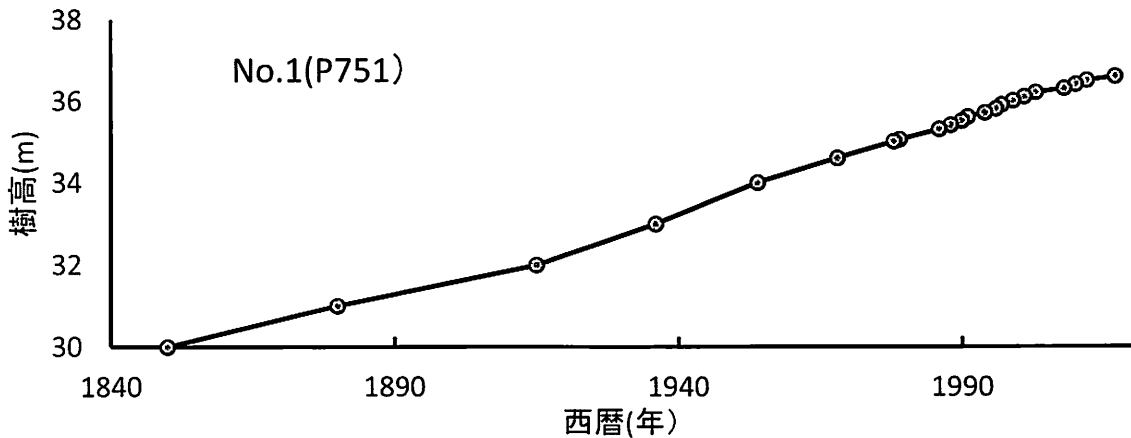


図7 立木 No.1(P751) における地上 30m 以上の樹高成長

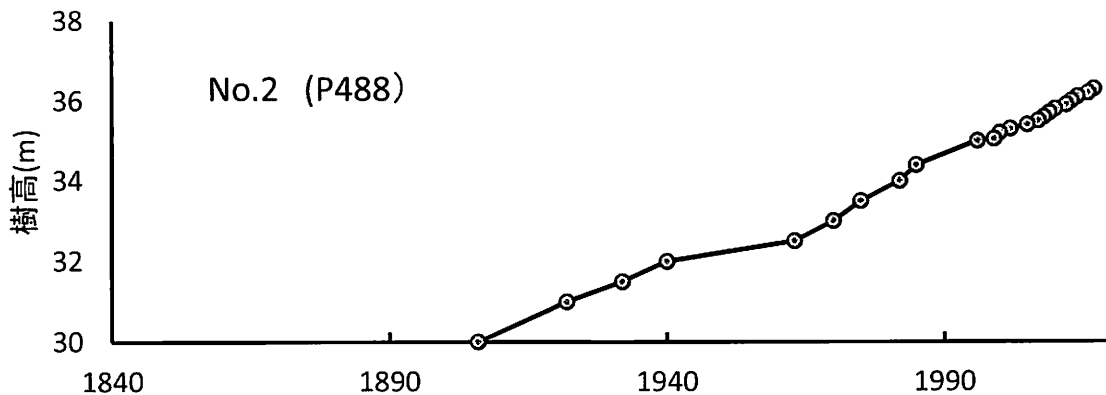


図8 立木 No.2(P488) における地上 30m 以上の樹高成長

なお、1850年に発生した梢端欠損により、被害当時の樹高はわからない。30m地点における被害直前の幹直径は、欠損部分が大きいために正確に測定することはできないものの、欠損前に生きていたと見られる年輪の断片から、平均直径が10cm程度だったと推測した。今回調査した2個体において、平均直径が10cm程度となっている場所の梢端からの長さは、No.1で1.6m、No.2で1.8mだったことから、当時の樹高は32m程度と推定した。

今回の調査では、地上30m以下については調査を行っていないため、1850年における被害の程度については、検証することができないものの、梢が折損し、内部が大きく腐朽していたとしても、160年にわたって健全に生育し、時間はかかっているが、幹もきちんと癒合していたことも判った。

2) 樹高成長経過

今回の年輪解析から得られた、試験木の成長経過

を図7及び8に示す。

なお、No.1に関しては、30m地点の円板が二股だったが、二股の原因となる梢端の折損が1850年に発生していたことから、これを起源とし、31m以上の成長を示した(図7)。No.2に関しては、30m地点から年輪解析を行った際に計測できた年輪数を示した(図8)。

図7に示したNo.1は、1850年の被害で梢端を失ったが、その30年後に樹高31mまで回復した後、着実に成長を続け1999年に36mに達し、最終的には36.6mで2017年に倒伏した。30m地点から枯死するまでの平均樹高成長量は年4.1cmで、ここ150年以上にわたって大きな変化は見られなかった。

図8に示したNo.2は、111年前の1906年に樹高30mに達した後、1940年から1963年まで成長が一時的に停滞したものの、その後1982年までに回復し34mに到達した。その後も順調に生育し、

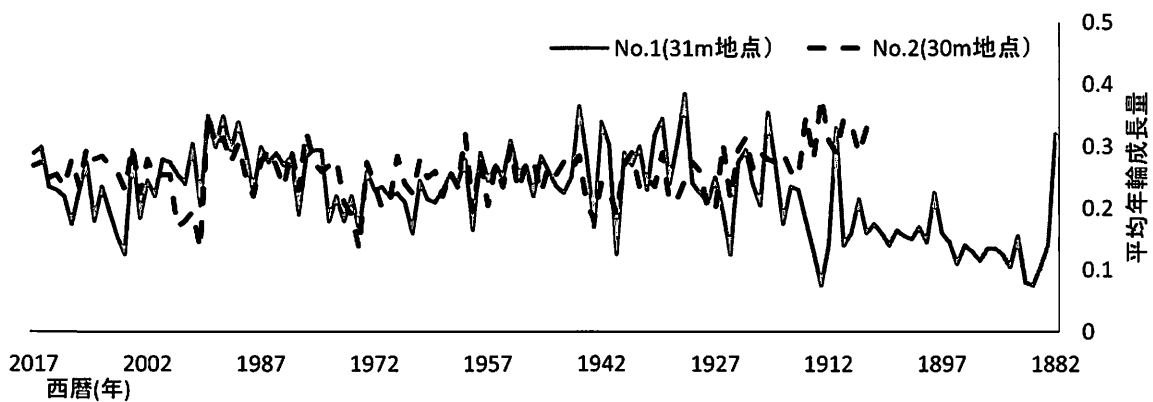


図9 樹高 31m (No.1)、樹高 30m (No.2) 地点における年肥大成長量

1996年に35mに達し、最終的には36.3mで倒伏した。30m地点から枯死するまでの平均樹高成長量は、年5.5cmで、1940～1950年代にかけて若干成長停滞が認められたものの、その傾向は一時的なもので、100年間にわたって一定の成長を見せているという点では、No.1と変わらなかった。

3) 肥大成長経過

樹幹の年輪解析では、樹高成長のほかに、肥大成長や材積成長も確認することができる。とはいえ、今回は、樹高30mより上部しか試験体を解析していないことや、心材部の大半が腐朽していることなどから、立木全体の材積成長量を把握することは難しい。そこで、近年の年間肥大成長を確認するため、採取できた円板の中で最も年輪数が多い円板を用いて、年間成長量を比較した。なお、今回採取した円板のうち、最も低い場所となるのは地上30m地点であるが、No.1については、30m地点が二股であったため、31m地点で解析した。今回、樹齢が高いNo.1は、1882年から、No.2については1907年からの成長経過を確認できた(図9)。年間の年輪成長量は、0.1cmから0.4cmと年によってばらつきはあるものの、2個体が共通して生育してきたここ100年間の間に衰退するような傾向は観察されず、安定して成長していた。また、両個体を並べみると、100年ほど前の1910年～1925年頃までは、樹齢の若いNo.2のほうが良好な肥大成長をしている傾向が感じられたが、その後は両者とも同じような年成長量を見せていることから、その年の気象条件によって肥大成長量に差が出たものと考えられた。

4 考察

1) 樹齢の推定

今回調査を行った2個体とも、表1に示したように根元年齢は不明だったので、今回の調査結果から樹齢の推定を試みた。

地上4.8m地点の年輪数が287年だったNo.1は、地上30m地点で167本以上の年輪が見られ、このときに樹高32mに達していた。樹木の樹高は、その土地の生産力によって異なるが、長野県日本海側のスギ人工林における樹高曲線(長野県1998)では、最も土地生産力が高い林分の最大樹高は、32m程度とされている。つまり、2個体ともに樹高36mを超えていた戸隠の杉並木は、県内でもトップクラスで、土地生産力が非常に高い場所と判断できた。土地生産力の高い立地に植栽されたスギが、樹高5mに達するまでの林齢は、雪が無い場合には数年で達するが、多雪地域で若齢期に根元が曲がるために成長が遅くなる。この部分を加味したとしても、15年程度で樹高5mには達する(長野県1998)と見込まれる。つまり、No.1の樹齢は、4.8m地点で測定できた287年に5mに達するまでの15年を加え、約300年生と判断した。このことからNo.1は、1700年代初頭に植栽され、1850年(嘉永3年)に樹高32mまで達したところで梢端が大きく破損したものの、枯死することなく、その後も健全に成長を続け、2017年に36.6mに到達したところで台風の被害を受けて倒伏した個体だった。

No.2は、地上高20mの地点まで心材が腐朽しており、林齢の推定ができなかった。しかし、地上30m地点における年輪数が111年だった。これだけでは、樹齢の推定はできなかったが、最も土地生産力の高い県内スギ林では、80年生で樹高30mを超えること(長野県1998)や、No.1が、前述

するように 300 年生と推定され、折損被害を受けた 130 年生頃に 32m に達しており、4 ～ 5cm の樹高成長を続けていたと考えると、樹齢が不明であった No.2 についても植栽から 100 年以内で 30m に到達していたと想像できる。つまり、地上 30m 地点に到達したのが 111 年前であり、植栽から 100 年以内で樹高 30m に達すると考えると、No.2 の樹齢は 200 年程度と推定した。今から 201 年前の 1816 年には、先の述べた（信濃毎日新聞戸隠総合学術調査実行委員会 1971）ように、宮及び自坊内にスギを補植しており、No.2 は、このときの植栽木と思われた。

いずれにしても今回調査した 2 個体は、200 年生と 300 年生であり、両個体共 1612 年に始まったとされる杉並木の整備当初に植栽された個体ではなかった。半世紀ほど前に行われた調査（信濃毎日新聞戸隠総合学術調査実行委員会 1971）において、伐根齢 295 年の個体があった。伊勢湾台風の際には、根返り倒伏して枯死した被害木が複数存在し、この跡は現在も確認できる。戸隠学術総合調査における年輪調査を行った個体の枯死年については記載がないが、1959 年の伊勢湾台風の被害木である可能性が高く、仮にその後、調査報告書が発行された前年の 1970 年までの間に枯死したとしても、被害木が植栽されたのは 1660 年代と推定できる。これらの結果だけを見れば、1612 年頃の植栽木が枯死したという証拠はなく、もしかしたら整備当初の個体はすでに失われた可能性が浮上する。しかし、奥社杉並木中心部の調査結果（中村ら 2018）を見ると、胸高直径 110cm の No.1 でも、スギ並木の中で平均的な太さである。スギ並木構成木の最大級個体は、胸高直径 150 ～ 180cm（中村ら 2018）であり、これらが複数見られることから、このサイズの個体の多くが、整備当初からの生残木で、これ以下の個体が主に補植個体と思われた。

2) 杉並木は老齢化しているのか

今回調査を行った 2 個体は 200 年生と 300 年生で、整備当初からの生き残りではなかったが、心材は腐朽していたことを考えると、樹勢が衰えたとの印象を受けやすい。しかし、樹高成長の結果（図 7 及び 8）や直径成長の結果（図 9）を見ても、樹高成長や肥大成長に衰えは見られない。特に樹高成長に関しては測定できた 100 年ないしは 160 年前から現在までの期間で、ほぼ直線的に樹高を伸ばし続けており、成長速度が年間数 cm と非常に小さいも

の、成長が停滞する傾向が見られない。つまり、今回の調査木はいずれも樹高成長が続き、樹高が低下する老齢期には達していないといえる。また、樹高だけが無理に成長しているだけではなく、図 9 に見られるように、肥大成長量も年変動はあるものの、健全な成長が現在まで続いている。

近年、奥社への参拝客が増加したことで、並木のスギに対する樹勢への影響が心配され（中村ら 2018）、植栽から長い年月が経ったことで、杉並木自体が老齢化も危惧されていたが、今回の結果はこれを支持しなかった。

実際、高齢スギの成長に関しては、秋田県に生育する 150 ～ 300 年程度の天然林でも肥大成長は続き（西園ら 2006、澤田ら 2007、井上ら 2016）、250 年程度のスギ林でも樹高成長が続いている（澤田・西園 2012）との報告がある。中には、170 年生で樹高成長が止まった（國崎・松井 2011）との報告もあるが、このケースはほとんど手入れをしていない人工林で、立木が混み合ったことで、枝下高が上昇し樹冠葉量が少なくなったことが原因ではないかと指摘されている。このことからすれば、戸隠神社奥社の杉並木は、図 1 に示すように連続して並木が成立しており、見た目には混み合っている印象があるものの、成長停滞を引き起こすような下枝の枯損や葉量の減少が発生するような過密ではないと思われた。

また、今回の調査から戸隠奥社の炭並木は、100 年程度で樹高 30m に達していたことから、奥社の社叢は、スギの生育地として県内でもトップクラスの土地生産力を持っているといえた。長野県内におけるスギの植栽は標高 1,000m 以下が望ましいとされ（長野県 2008）、奥社の杉並木は標高が高く寒冷なため成長が悪いことが危惧される。しかし、今回の結果から樹高 50m を超えるような良好な成長を示す秋田杉と同様に良好な成長が可能で、300 年を経過してもまだまだ成熟期であり、老齢期に入っていないと判断できた。

3) 腐朽の影響

今回、調査対象となった倒伏木は、伊勢湾台風以来のまとまった数の倒木で、倒木の全てに心材までの腐朽があったことで、腐朽による倒伏への心配が高まった（中村ら 2108）。確かに、心材が腐朽している立木は、樹体内部が腐朽によって空洞化するため、強風等が吹き付けると強度不足に陥ることは考えられる。しかもスギは、ヒノキに比べれば幹に

被害を受けることで腐朽による材質劣化が進みやすい樹種であることが指摘されており（岡田・小山 2004）、幹の傷が大きい場合には腐朽しやすい可能性がある（岡田ら 2015）。こうしたことから判断すれば、何らかの原因で心材部が腐朽している立木は、倒伏の危険性があるといえる。しかしながら、今回の調査結果において、No.1 の個体が、167 年前に梢端部から大きく欠損する被害を受けたまま成長を続け、160 年をかけて幹の癒合を行っていた（図 5）ことは、注目すべきである。この当時、No.1 の個体は、樹高成長が盛んな若齢期と言える 50 年生（長野県林務部 1988）を遙かに超え、成熟期に達した 130 年生であったと思われるが、この段階であっても、その後 167 年間にわたって健全に成長し、樹体が癒合したことを考えると、傷を受けたとしてもすぐに枯死するとは考えにくい。加えて、根元部が腐朽していた 2 個体ともに、ここ 100 年間の樹高成長ならびに肥大成長には停滞傾向は認められず、腐朽が原因で立木の樹勢を衰退させる可能性は低いと思われた。

4) 倒伏の危険性

戸隠奥社の杉並木に関しては、樹勢の衰えが心配されたため、県の天然記念物である奥社の社叢の保護と継承に向けて「戸隠奥社の杜と杉並木を守る会」が発足した。今回、社叢の保存管理を検討するための基礎調査の途中で、平成 29 年の台風 21 号により伊勢湾台風以来といわれる複数本の倒伏があったことで、その心配がさらに大きくなった（中村ら 2018）。

地球温暖化の影響によって、伊勢湾台風や平成 29 年の台風 21 号のような、非常に大型で強風を伴う台風が発生する可能性が高まっている可能性はある。しかし、今回調査を行った No.1 は、植栽から 130 年程度が経過し、樹高 32m に達した 1850 年（嘉永 3 年）に、梢端を中心に大きな幹折れが発生したにもかかわらず、その後 150 年以上にわたって健全な生育を見せていた。1850 年の風水害の記録を検索すると、旧暦 7 月 23 日に千曲川で洪水が発生し、塩崎村で水量が 1 丈 3 尺となり、沿岸に被害が出たとの記載がある（長野市史 2004）。この時の洪水は長野県内だけでなく千曲川下流の十日町や小千谷、長岡でも発生しており、大規模な洪水だったことがうかがえる（信濃川工事事務所 1982）。さらに、この年は、旧暦の 6 月 3 日と 8 月 7 日にも千曲川の洪水が起きており（信濃川工

事事務所 1982）、これを裏付けるように松代領の損毛石高を示す資料（長野市史 2004）を見ても、被害が発生した 1850 年（嘉永 3 年）は、「夏中たびたび出水、秋中大風雨」と書かれており、台風の襲来が多かったことがうかがえる。江戸時代には気象庁が存在しなかったため、台風の進路などは判らないが、伊勢湾台風の被害が大きかった東海地方の記録をたどると、嘉永 3 年の旧暦 7 月から 9 月にかけて 3 階の暴風雨に襲われ、最初が 7 月 21 ～ 22 日、2 回目が 8 月 3 日～ 10 日、3 回目が 9 月 2 日～ 3 日だったという。中でも 3 回目の暴風雨では、伊勢湾に高潮が発生して海水が入ったとの記載もあり、伊勢湾台風と似た被害であることが推定される（注 2）。2 回目の大雨では名古屋市内の河川が氾濫した（注 3）とされており、この年に大きな台風が複数襲来していたことが読み取れる。

今回確認できた No.1 の梢端の折損が、どの台風によるものかは定かではないが、伊勢湾で高潮が発生し、長野県内でも暴風雨が吹き荒れたことで発生したことは想像に難くない。ただし、こうした大規模な風害が発生したとしても、No.1 は梢端の折損でとどまり、その後枯死せずに 150 年以上健全な状態で成長し続けたことは注目すべきであろう。しかも成長する中で折損した梢端の痕跡を完全に隠すことができるまで成長を続け、最終的には大きな傷をふさぐことができていたことや、300 年を経過しても未だに健全な成長を続けていることを考えると、一気に大量枯死を引き起こす可能性は低いと思われる。

今回の倒伏が、伊勢湾台風以来の被害だったとしても、戸隠奥社の杉並木が形成された 400 年前から今日までの間に、嘉永 3 年や伊勢湾台風のような超大型の暴風雨は吹き荒れたことは何回もあったと思われる。このときに耐えた個体が今回確認できたことで、今後も同様の暴風雨が吹き荒れたとしても、生き残る可能性が高いことや、胸高直径 1m 以上となる大径のスギ 228 本が少なくとも 200 ～ 400 年という広い幅を持った異齢林であること、さらに今回の被害で倒伏した個体が、200 年生と 300 年生という林齢と無関係に倒れたという諸条件を考えると、心材が大きく腐朽しているなどの影響で、個体単位での倒伏の危険性は否定できないものの、集団としては未だに健全な状態を保っているのではないかと思われた。

5 まとめと今後の課題

2017 年 10 月に発生した平成 29 年台風 21 号によって、戸隠神社奥社杉並木で倒伏した 2 本のスギを対象として樹高 30m から梢端までの樹幹解析したところ、戸隠神社のスギは、非常に良好な成長を示し、100 年で樹高 30m に達すること、100 年生以降は年間 4 ～ 5cm 程度の緩やかな状態ではあるが、300 年生であっても着実に樹高成長を続け、その間の肥大成長も衰えないことが確認できた。

しかも、今回の倒伏したうちの 1 個体は、130 年生前後で梢端を失う幹折れ被害を受けており、こうした被害によって心材部が腐朽していたとしてもその後 160 年以上に渡って健全な成長を続けており、根元からの倒伏がなければまだまだ良好に生育していたことが想像できた。

とはいえ、現実には今回のように倒伏被害は発生しており、参道に倒れたことを考えると、人的被害が発生する危険性もあることから、一定の対策を講じる必要性はある。

戸隠神社では、2017 年に発生した立木の倒伏を受けて、材内の腐朽に伴う非破壊で行うことができる空洞調査を行った（注 4）。この結果によると、調査を行ったスギのうち、3 分の 1 の個体が、断面積割合で見た場合に、50%以上が腐朽してしまっていると診断されており、根元が空洞化した個体も見られるなど心配な状況も発生している。加えて、根系の発達状況を確認した結果でも参道側の根系の発達が悪いとの指摘（注 5）もある。今回調査を行った倒伏木は、いずれも参道に位置し、心材部が大きく腐朽していた個体であったが、成長への影響は確認できなかったことから、こうした結果があったとしてもすぐに樹勢を衰えさせるものではないと思われる。

ただし、こうした状態が長期間にわたると、今回の調査で発現しなかった成長への影響が発現し、樹齢を衰えさせる危険性は考えられるが、何らかの対策を講じたことで別の環境変化が起き、思わぬことにつながる可能性もあることから、慎重に検討することが肝心である。

これまでの記録から見て、伊勢湾台風規模の巨大な台風による強風等が押し寄せなければ、複数個体が一気に倒れる可能性は低いことや、過去に何回も補植を続けたことで、並木としてはそろっているが、同齡林ではなく異齡林であることから、緊急的に対策を取る必要性は低いと思われる。

また、今回の結果から、奥社杉並木の立地環境がスギの生育にとって最適であり、植栽から 100 年

程度で樹高 30m に達すると推定されること、300 年生であってもまだまだ成長を続けていること、を考えると、数百年後に衰退する危険を考慮して長期的な視点で保全策を講じていくことが重要であろう。

謝辞

なお、最後になりますが、本調査にあたっては、戸隠神社ならびに戸隠奥社の杜と杉並木を守る会の協力により試験体の提供を戴くことができました。また、試験体の作製並びに円板の解析にあたっては、長野県林業総合センターの田中功二氏、村上やよい氏、百瀬浩行氏らの協力を得ましたので、この場を借りて感謝申し上げます。

注

- 1) 奥社の杜をつなぐ、<https://www.togakushi-jinja.jp/okusha/>（2019 年 1 月 19 日確認）
- 2) 歴史災害から見る名古屋〔江戸時代〕、<http://www.city.nagoya.jp/bosaikikikanri/cmsfiles/contents/0000076/76734/01.pdf>（2019 年 1 月 22 日確認）
- 3) 防災情報新聞、2010 年 8 月の周年災害／日本の災害・防災年表（「周年災害」リンク集）http://www.bosaijoho.jp/reading/years/item_6059.html（2019 年 1 月 22 日確認）
- 4) 戸隠奥社杉並木「半分以上腐朽・空洞」3 分の 1 35 本調査報告 保全対応急ぐ必要、2017 年 12 月 13 日付け信濃毎日新聞。
- 5) 奥社のスギ並木、生育に問題県天然記念物、戸隠神社が初の掘削調査 観光客増影響裏付け 保存計画へ反映、2018 年 7 月 4 日付け信濃毎日新聞。

引用文献

- 本間暁 (2007) 特別史跡及び特別天然記念物 日光杉並木街道並木寄進碑（天然記念物保全の最前線）、樹木医学研究 11、89-96。
- 井上みずき・石川雄一・星崎和彦・高階史章・松下通也・蒔田明史 (2016) 天然秋田スギ個体の肥大成長に土壌深・土壌水分・光・隣接木との競争が与える影響、日林誌 98：101-107。
- 川那部三郎 (1990) ウツクシマツ (*Pinus densiflora* f.

- umbraculifera) の更新と保育に関する研究：天然生稚樹の消長と下層植生、京都大学演習林報告 62: 55-64
- 木村恵・中村千賀・林部直樹・小山泰弘・津村義彦 (2013) 戸隠神社奥社社叢林に生育するスギの遺伝的多様性と遺伝的特性、日林誌 95、173—181.
- 國崎貴嗣・松井沙織 (2011) 粗放管理されたスギ高齡林における簡便な個体管理指標の探索、岩大演報 42. 45-56.
- 三浦真弘・長谷部辰高・千葉信隆 (2015) 東北地方における希少樹種の保全、樹木医学研究 19: 41-45.
- 長野県教育委員会 (1977) 長野県指定文化財調査報告第八集、96pp.
- 長野県林務部 (1998) 枝打ち指針 改訂版—優良材生産と健全な森林をめざして、66pp.
- 長野県林務部 (2008) 「災害に強い森林づくり指針」解説、280pp.
- 長野市誌編さん委員会 (2004) 長野市誌 4 巻歴史編 近世 2、914pp.
- 中村千賀・林部直樹・田辺智隆 (2018) 戸隠神社奥社社叢林における毎木調査の記録、長野県植物研究会誌 51、3-12.
- 西園朋広・澤田智志・栗屋義雄 (2006) 秋田地方における高齡天然スギ林の林分構造と成長推移、日林誌 88: 8-14.
- 岡田充弘・小山泰弘 (2004) 野生獣類による被害防除のための適正な個体数管理と生息環境技術に関する調査、長野県林業総合センター研究報告 18、11-18.
- 岡田充弘・大矢信次郎・清水香代・小山泰弘 (2015) シカなどの獣類による森林被害に対する総合的対策に関する研究、長野県林業総合センター研究報告 29、17-39.
- Robert Van Pelt、Stephen C Sillett (2008) Crown development of coastal *Pseudotsuga pseudotsugae* Menziesii, including a conceptual model for tall conifers. *Ecological Monographs* 78(2)、283-311.
- 澤田智志・西園朋広・栗屋義雄・野堀義弘 (2007) 秋田スギ天然林を構成する個体の成長解析、日林誌 89: 200-207.
- 澤田智志・西園朋広 (2012) 秋田スギ天然林における 2001 年から 10 年間の成長特性、東北森林管理局 平成 23 年度森林・林業技術交流発表集、167—173.
- 信濃川工事事務所 (1982) 信濃川の氾濫—江戸時代—、建設省北陸地方建設局信濃川工事事務所監修発行、142pp.
- 信濃毎日新聞社戸隠総合調査学術調査実行委員会 (1971) 戸隠—総合学術報告書、信濃毎日新聞社 .534pp.