

秋田スギ天然林における 2001 年から 10 年間の成長特性

秋田県農林水産技術センター森林技術センター 澤田智志
(独) 森林総合研究所 西園朋広

1. はじめに

秋田県は国有林から生産された天然秋田スギの木材を利用することにより、日本を代表する木材産業都市を米代川流域に発展させてきた。この天然秋田スギ資源も近年では枯渇し、天然林は保護林など一部が残されているのみとなっている。その一方で、国有林では明治から大正にかけて植栽された 100 年前後の高齢級の人工林が存在し、将来の天然スギに代わる資源として期待されている。また、戦後造林されたスギ人工林も林齢が 50 年を超えるようになり、これらの人工林で長伐期施業を行う動きも出てきている。現在の人工林を天然スギのような付加価値の高い森林に育成するためには、天然林の成長特性を把握し、長伐期林の育成に向けた管理技術を確立する必要がある。天然スギに関する研究はそのほとんどが更新方法や老齢期の限られた期間が対象となっていたのに対し、10 年ほど前から 80 年以上の長期間におよぶ成長量の解析結果が報告されるようになってきた（西園ら、2006；澤田ら、2007）。本報告では 1924 年に森林総合研究所により天然林の間伐調査地が設定され、2001 年に調査地の再現と毎木調査が行われた天然林試験地で、10 年後の成長量調査を行った結果を報告する。また、簡易気球による林分の撮影などの状況も紹介しながら、250 年を超える天然スギ林分の実態を観察した結果も報告する。

2. 研究方法

秋田県上小阿仁村大字大林字上大内沢の丘陵地の台地（標高約 160m）に位置するスギ天然林（上大内沢国有林 133 林班ろ小班）は、上大内沢天然林 B 種収穫試験地に設定され、1924 年と 1948 年に間伐が実施されている。1924 年の調査地が設定されてから 10 回にわたり成長量調査が行われてきた。収穫試験地は 1986 年に廃止され、その後自然観察教育林に指定され、現在に至っている。この天然林では、2003 年には（独）国立科学博物館（東京都上野公園内）の要望により 1 本の個体が伐採され、円板とその解析結果が同博物館で展示されている。本研究では、天然林内に設定された 2 つの試験地において、2001 年と 2011 年に毎木調査を行った。この天然林内に設定した試験地は 1924 年から調査が行われてきた面積 1.077ha の収穫試験地と、2001 年に新たに設定した面積 1.00ha の試験地（以下、この試験地を”21 世紀試験地“と記す）の 2 つがある。21 世紀試験地を設定した後で収穫試験地が発見されたため、この 2 つの試験地は約 0.4ha の部分が重なった状態で位置している。

2 つの試験地内のスギおよび広葉樹の樹高はレーザー距離計インパルス 200 により 10cm 単位で測定し、直径は直径巻尺により 0.1cm 単位で測定した。スギおよび広葉樹とも胸高直径 5cm 以上の個体を測定した。また、ヘリウムを充てんした簡易気球“く

まげら 250 号” (村上ら、2008) により、デジタルカメラで 2010～2011 年にかけて天然林の上空からの画像や樹冠部の画像撮影に成功したので、その様子を紹介する。

3. 結果及び考察

(1) 空撮画像による現状把握

近年グーグルなどの人工衛星画像が手軽に閲覧できるようになり、森林の状態を上空から観察できるようになってきた。しかしながら、人工衛星による画像は解像度が粗く森林の詳細な状況を把握するためには航空機などによる特別な撮影が必要である。一般的に航空機による撮影は高額なコストがかかるため、安易に実施することは難しかった。今回使用した空撮装置で上空 200m から天然林を撮影すると、図 1 のように、天然林と人工林を構成するスギの樹冠の大きさの違いがよくわかる。この画像からも天然スギでは緑葉をつけた樹冠の表面積が大きく、1 個体当たりの光合成量が大きいことが推察される。また、空撮装置に搭載したカメラを横方向で撮影することにより、地上からは観察できなかった樹木の階層別の形態を、あたかも森林内に観測タワーを設置したかのように、観察できることが明らかになった。このようにして、天然林の樹冠部を撮影したところ、先端部は丸い形状の個体が多いことが確認された。この画像は 2011 年の林分調査時の樹高測定時の樹冠最上部を判断する基準としても活用することができた。



図1 上大内沢天然林と人工林



図2 上大内沢天然林樹冠部の様子

(2) 10 年間の林分蓄積量の推移

2001 年の全木調査を行った時は面積 3.85ha の天然林に 708 本の天然スギが成立し、7,283 m³ の総蓄積を有していることが確認された。

21 世紀試験地では地上高 2～4m で二股になった個体が 2 本あったが、その材積は 2001 年の調査では 1 本として計算を行った。しかし、今回の調査ではより正確な材積を測定するため、二股木の材積の測定を行った。二股木は二股になった 2 本の幹と二股以下の台の部分で構成されるが、二股以下の台部分を観察すると円ではなく楕円に近い形状になっていることが確認された (図 3)。そのため、二股以下の台部分は楕円柱として計算を行った。

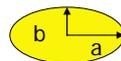
楕円の面積は長軸の半径を a、短軸の半径を b とすると以下の式で求められる。

$$S = \pi ab \quad \dots \textcircled{1}$$

この①式を使って楕円錐として二股以下の部分の材積を計算した。二股以上の材積については、単木として二股になった部分の直径を測定し、高さから二股高の部分差し引いた樹高で材積を計算した。その結果、林内の最大木であった No. 40 という二股木は、図 3 に示したように樹高 56.0m、胸高直径 229.1cm として単木で材積を計算すると 68.67m³ となったものが、二股木として計算すると 50.87m³ となり、材積で 26% 減少することが確認された。



- 2001年調査時の最大木
 - 21世紀試験地内No.40
 - 樹高56.0m、DBH229.1cm
 - 二股高 4.5m
 - 材積(1本として)68.67m³
- 二股木の特徴
 - 二股以下は楕円の形状に近い
 - 円と楕円では面積が異なる
 - 材積(二股木で)50.87m³
 - 内訳(二股以上18.1m³×2本+二股以下14.7m³)



面積 $S = \pi ab$

図3 二股木の特徴と材積の測定

以上の結果を参考に、21世紀試験地については2001年と2011年調査時の林分材積は調査地内に生育する2本の二股木の材積を修正して計算を行った。

2001年と2011年の林分の概要を表1に示した。収穫試験地は2001年の調査時は平均樹高41.8m、平均胸高直径87.8cm、本数密度158本/ha、材積1,643 m³/haであり、2011年の調査時には平均樹高42.3m、平均胸高直径91.8cm、本数密度156本/ha、材積1,757 m³/haとなった。21世紀試験地は平均樹高44.6m、平均胸高直径93.1cm、本数密度152本/ha、材積1,974 m³/haであり、2011年の調査では平均樹高45.7m、平均胸高直径97.2cm、本数密度149本/ha、材積2,120 m³/haとなった。本天然林の亜高木層はトチノキを主体とした広葉樹で構成されており、21世紀試験地での胸高直径5cm以上の広葉樹は169本/ha成立し、平均樹高13.8m、平均胸高直径18.6cm、材積68 m³/haである。

	2001本数	2001平均樹高(m)	2001平均枝下高(m)	2001平均胸高直径(cm)	2001材積(m ³ /ha)	2011本数	2011平均樹高(m)	2011平均枝下高(m)	2011平均胸高直径(cm)	2011材積(m ³ /ha)
21世紀試験地スギ(1.0ha)	152	44.6	24.7	93.1	1973.8	149	45.7	25.2	97.2	2120.6
(同上)広葉樹	147	13.6	6.2	19.2	55.9	169	13.8		18.6	67.6
収穫試験地スギ(1.077ha)	158	41.8	22.4	87.8	1643.3	156	42.3	21.6	91.8	1756.6
スギ(3.85ha)	710	42.8	24.7	85.0	7283.8					

(注) 二股木の材積修正後の林分材積

2001年からの10年間で、収穫試験地は平均樹高0.5m、平均胸高直径で4.0cmの成長を続けており、21世紀試験地のスギの平均樹高で1.0m、平均胸高直径で3.4cmの成長を続けていた。これは、年輪幅では1.7~2.0mmの成長が維持されていることになる。林分材積は21世紀試験地で147m³/haの材積が増えており、10年間の材積増加率7.4%であった。収穫試験地も133.3m³/haの材積が増えており、10年間の材積増加率は6.9%であった。

(3)天然林の構造と成長因子

上大内沢天然林の林分構造を21世紀試験地で解析すると上層を天然スギが占め、亜高木から低木層は広葉樹が占めている。広葉樹はトチノキが約5割を占め、その他広葉樹としてブナ、サワグルミ、ホオノキ、カエデ類など20種の広葉樹が生育している。2011年までの10年間で、トチノキやカエデ類などを主体とした低木が新たに侵入している。スギ、広葉樹ともに2001年の調査と比較すると、樹高分布は高い方向に若干ながら推移している(図4)。また、スギの樹高と胸高直径の間には樹高が高くなるほど胸高直径のサイズも大きくなる傾向にあったものの、胸高直径は太くなくても樹高は50m程度で頭打ちになっていた(図5)。

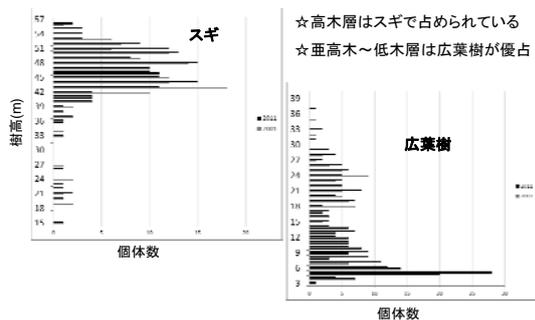


図4 21世紀試験地での樹高分布の推移

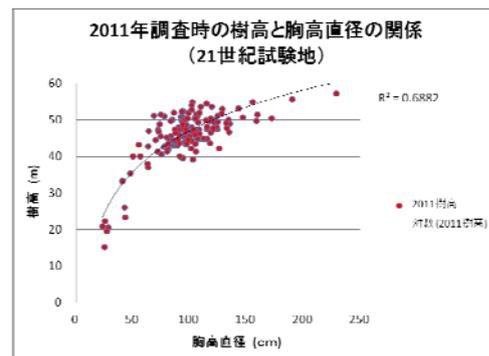
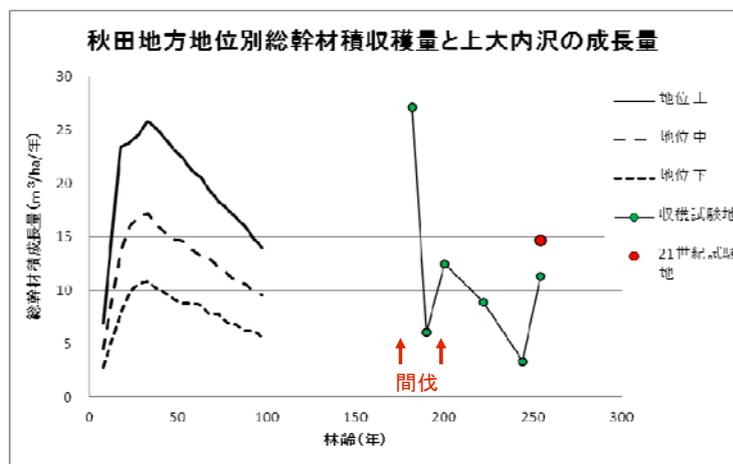


図5 21世紀試験地における樹高と胸高直径の関係



(注) 幹材積成長量は調査期間の総成長量を調査期間で割った値

図6 天然林の材積成長量の人工林収穫表との比較

図6には、収穫試験地ならびに21世紀試験地の幹材積成長量を秋田地方スギ人工林収穫表の地位別期間成長量と比較して示した。収穫試験地のこれまでの調査結果も参考のために表示したが、秋田地方スギ収穫表では30年を過ぎる頃から地位に関わらず期間成長量が高齢級に行くほど低下する傾向にあるのに対して、天然林は2011年の調査では秋田地方スギ収穫表と比較すると、収穫表の高齢級での地位中～上の成長を続けていたことが明らかとなった。収穫試験地の90年に及ぶ観測結果も図に加えて表示してみると、林分の材積成長量の変動が大きいことと、200年前後の天然林でも間伐によりその後の材積成長量が増加に転じることが明らかとなった。ただし、収穫試験地で2001年の幹材積成長量に対して2011年の成長量が増加に転じた要因については、さらなる解析が必要である。いずれにしても、秋田スギ天然林は250年を過ぎた現在でも肥大成長を主体とした旺盛な成長を続けていることが確認された。

2011年調査時の残存木の10年間の平均材積成長量は21世紀試験地で 1.08m^3 、収穫試験地で 1.10m^3 と個体の材積成長量でも50年生の造林スギの平均材積 1m^3 に匹敵する成長を10年間で行っていたことが確認された。澤田ら(2007)は、2003年に収穫試験地内の1個体を樹幹解析し、解析木の100～250年の年間で 0.1m^3 以上の材積成長量が続いているという個体レベルでの解析結果を報告しているが、今回の調査結果は、林分レベルでも高い材積成長量が続いていることを確認する結果が得られた。

通常、樹木は大径木になるほど年輪幅が狭くなる傾向にあるにもかかわらず、このように高い材積成長量が持続される要因はどこにあるのだろうか。図7には10年前に樹高40m胸高直径50cmだった個体が、現在樹高41m、胸高直径55cmに成長したものとして、直径、胸高断面積、材積で成長量を比較した結果を示した。10年間で直径 r が10%増加した場合、胸高断面積は21%、材積は21.8%の増加となっている。断面積と材積では増加率に差がほとんど見られないので、直径と胸高断面積に注目して成長量を比較すると次のようになる。10年前の半径を r 、現在の直径の増加率を a とすると、現在の半径は $r(1+a)$ となり、10年後の断面積 S は②式、断面積増加率 S' は③式で表すことができる。

$$S = \pi (r(1+a))^2 = \pi r^2 (1+2a+a^2) \quad \dots \textcircled{2}$$

$$S' = (1+a)^2 = 1+2a+a^2 \quad \dots \textcircled{3}$$

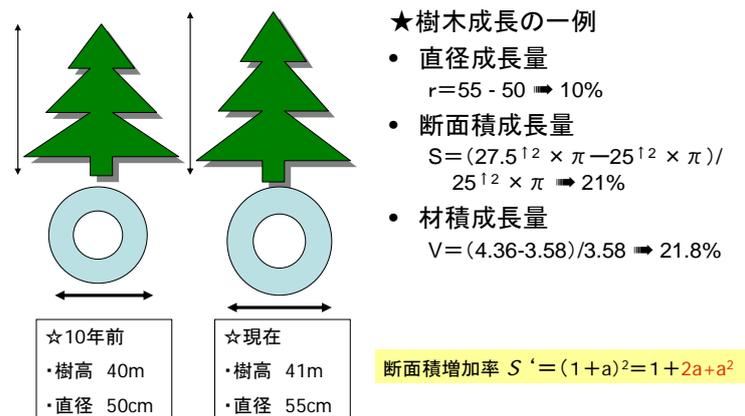
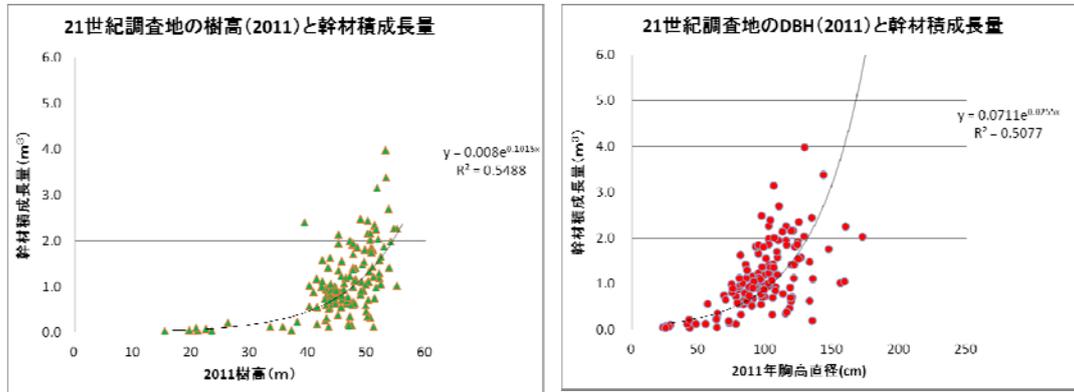


図7 個体サイズと成長因子の関係

③式の断面積増加率に注目すると、直径が10%増えると断面積は21%増え、直径が20%増えると断面積は44%増え、直径が50%増えると断面積は125%増えるという関係があり、直径の増加率が大きくなるほど断面積や材積は直径の倍以上の増加をすることが数式で示すことができる。樹木は肥大成長と共に樹高も成長するため、最終的な成長量は材積で判断するべきであるが、高齢級になりある程度の大きさになると樹高成長が頭打ちになるため、断面積成長量と幹材積成長量の間にはあまり差が見られなくなるものと推定される。ただし、本天然林のように樹高50mを超えるような高齢級で樹高成長が良好となる傾向は秋田地方特有の特質であり、他の地域との高齢級の材積成長量の違いを判断する場合は樹高を含めて評価する必要がある。

以上の結果をもとに、21世紀試験地で断面積の代わりに幹材積成長量を基準として樹高および胸高直径との関係を見ると、図8に示したように幹材積成長量は指数曲線で近似した時の決定係数が2011年樹高に対して0.549、2011年胸高直径に対して0.508と高い相関が得られた。これは、10年間の直径成長量を2011年の胸高直径と指数曲線で近似した時の決定係数0.151よりも高い相関が得られた。



(注)10年間の成長量が減少した個体や、二股木は除外して表示

図8 材積成長量と樹高およびDBHとの関係

4. おわりに

我々は 2001 年に上大内沢天然林の収穫試験地の発見と天然林の学術的な調査を開始することができた。その後 10 年間で天然林を構成する樹齢 255 年という高齢な個体の樹幹解析や、空撮による樹冠の観察を行うとともに、2011 年には 10 年後の成長量調査を行い、天然秋田スギの成長に関する貴重なデータを採取した。この一連の調査から、森林の長期観測の重要性について改めてその価値を実感させられた。このような成果を得られたのは、上大内沢天然林に収穫試験地を設定された寺崎渡先生と、森林総合研究所東北支所の諸先輩のご努力の賜物であり、試験地調査に関わられた関係者諸氏に敬意を表す。また、この調査は森林を管理する東北森林管理局の全面的なご協力により実施できたものであり、関係者の皆様にはこの場を借りてお礼を申し上げます。

5. 引用文献

澤田智志・西園朋広・粟屋善雄・野堀嘉裕：秋田スギ天然林を構成する個体の成長解析、日本森林学会誌 89(3)、2007

西園朋広・澤田智志・粟屋善雄：秋田地方における天然スギの林分構造と成長の推移、日本森林学会誌 88(1)、2006

村上敏文・小林浩幸・井沢憲行・山下伸夫・池永幸子・内田智子・好野奈美子：雑草調査に役立つ簡易気球（ひばりは見た！）、東北の雑草 8、2008