

我が国に分布する天然生スギの起源について

高 桑 進
米 澤 信 道
綱 本 逸 雄
宮 本 水 文

はじめに

京都市左京区大原尾越町にある25ヘクタールの天然林「京女の森」に生育する大杉について、それがいわゆる日本海側に生育するアシウスギなのか、それとも太平洋側に生育する吉野杉に代表されるオモテスギなのかについて興味を持ち調査を重ねてきた^{1, 2)}。

いわゆるアシウスギとオモテスギとは、その針葉の開度の違いが形質的な特徴として広く知られている。すなわち、オモテスギの針葉は開いており、手でつかむとちくちくするに対して、アシウスギの針葉は巻き込んでおりつかんでも痛くないという特徴が知られている。しかしながら、遠山富太郎博士が詳細に針葉の開度を調査・分析された結果、明確に区別することが困難であり針葉の開き具合だけでオモテスギとウラスギを分類できないとしている³⁾。

また、日本海側の多雪地帯に分布するアシウスギの繁殖法としては、実生のみならず伏条更新、立条更新、萌芽更新など多種多様な栄養繁殖をすることが知られている^{4, 7)}。一方、オモテスギは通常は実生や挿し木で繁殖させることが多く、雪による被圧がないので伏条更新は見られないものの、挿し木で繁殖することから枝からの発根（いわゆる伏条更新）がアシウスギと同様に可能であると考えられる。

このような背景から、オモテスギとアシウスギを区別する生理学的、遺伝学的、

あるいは形態的な違いを明確にする必要がある。単に、生育している自然環境だけでオモテスギとかアシウスギという従来の分類法は多くの混乱を招いているのが現状である。

そこで、遠山富太郎博士の針葉開度だけでは分類不可能だったオモテスギとウラスギの新しい分類法として、われわれは典型的なオモテスギとして奈良県吉野郡川上村大字下多古568番地の4に生育する樹齢約400年の本物のヨシノスギと、京都市左京区花背原地町に生育する「花背の天然伏条台杉」として昭和58年に京都市天然記念物に指定された本物のアシウスギの針葉断面形態を比較検討することで、オモテスギとアシウスギの違いを形態学的に明らかにしたいと考え検討を行った。その結果、両者で明確な形態的な違いを見いだしたので報告する。

1. スギの出現と拡大の歴史

スギを含む針葉樹類の祖先はジュラ紀以前にさかのぼるが、現在見られるスギ科の多くは中生代白亜紀の後期、すなわち7千万年前頃に地球上に出現したと考えられる^{4, 5, 7)}。その後スギ (*Crptomeria japonica* D. Don) は第四紀更新世になり日本列島に出現し、更新世の中期から後期になり日本固有種として繁栄してきたと考えられている。日本で最古のスギ属の化石は、第三紀中新世後期の地層から見つかるミヤタスギ (*C. miyataensis*) でスギの祖先と考えられている (図1、2、3参照)。

1-1 最終氷期以後のスギの発展史

約10万年前の花粉分析の結果を図4に示した。最終氷期初期には、九州から東北までスギの花粉が多く出ていることから、スギの森林が繁栄していたことがわかる。スギを中心としたコウヤマキ、ヒノキ科等の温帯性針葉樹が卓越する時代であった。最終氷期に入るとスギが優勢となり、すくなくとも数万年は

スギが優勢な森林が続いたと考えられている⁷⁾。

約4万年前頃の最終氷期亜間氷期には、寒冷な気候となりスギは減少した。この時代の花粉分析の結果を図4に示した。スギは近畿地方で出現率が高く、東北地方でも優勢である。スギが低地から山地にまで広い範囲に広がった。

約2.5万年前から約1.5万年前の最終氷期の最盛期には、それ以前優勢であったスギは多くの地点で急速に減少した。花粉分析の結果から、塚田はこの時代は伊豆半島周辺、若狭湾周辺、屋久島にスギが分布したと述べている。若狭湾沿岸ではモミ属、ツガ属、マツ属等のマツ科針葉樹とカバノキ属が優勢となり、南九州では照葉樹林にスギが伴っていた。九州のスギは、屋久島以外では最終氷期の間に消滅したと思われる。

スギは晩氷期後期に入ると、伊豆半島と若狭湾沿岸で増加して、後氷期には分布を広げた。塚田によれば、最終氷期のスギが日本海側で他種との競争に勝ちスギの分布が拡大した。

後氷期前期の約8000年前には、スギは若狭湾周辺で急激に増加した。特に、丹後半島では1.2～1万年前に優勢になったブナ林に代わり、スギ林が優勢となった。後氷期後期の約2000年前には、スギは中国地方中部を除いた日本海側で急激に増加した。特に標高が600m以下でスギ林が拡大し、標高1500mまで広がった。

このように4000年から2000年前にかけてスギは急激に分布を広げて、スギの優勢な森林が拡大した⁷⁾。

この後氷期後期のスギ林が、現在は埋没林として残されている。たとえば、福井県三方郡の黒田低地の

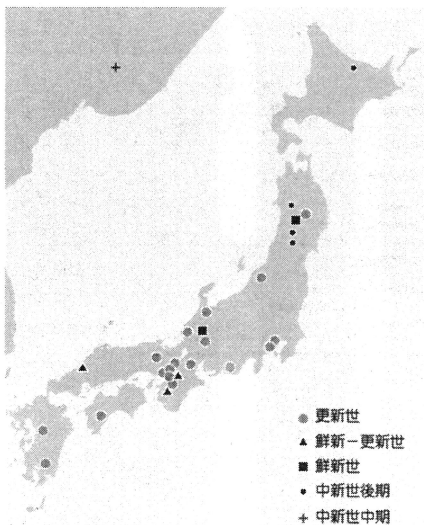


図3 スギ科植物の化石産地⁴⁾

我が国に分布する天然生スギの起源について

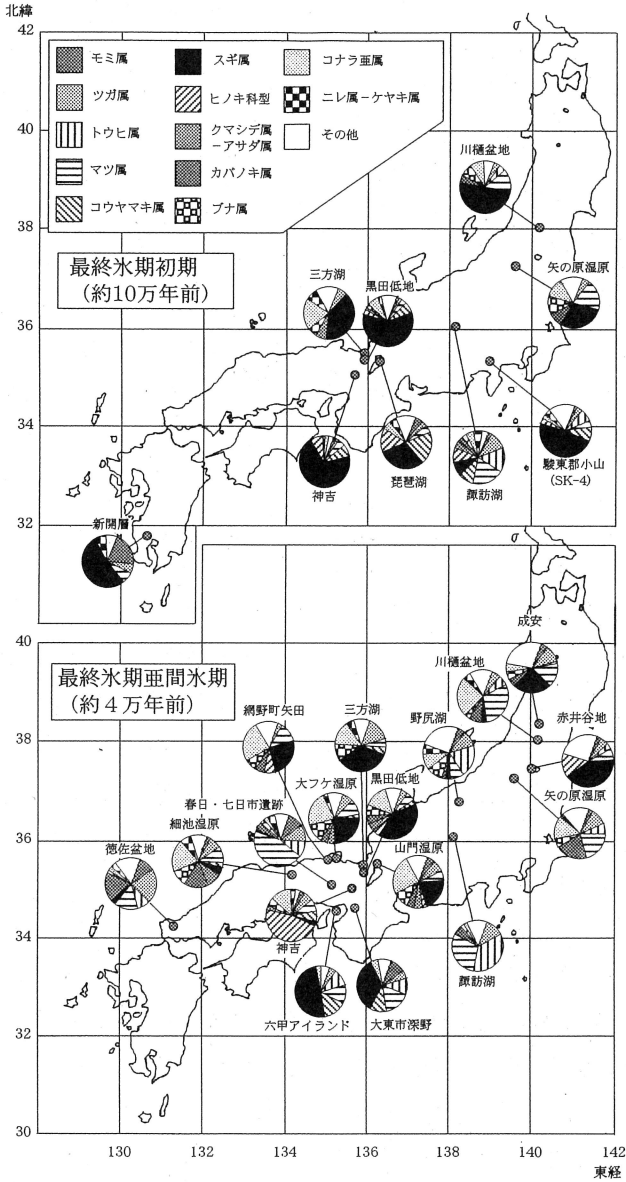


図4 最終氷期初期および亜間氷期の花粉群集⁷⁾

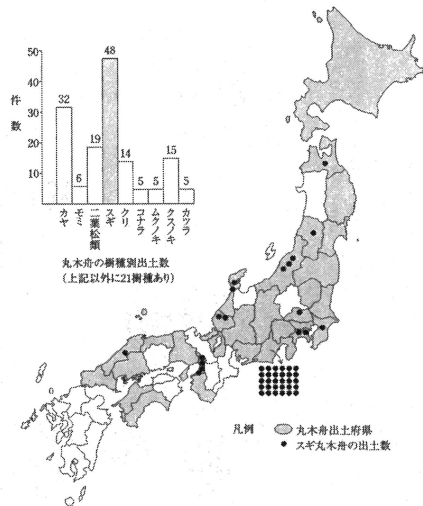


図5 丸木舟の出土府県およびスギ丸木舟出土数⁸⁾

水田下から圃場整備の際に多くの埋没林が発見されているが、これらのスギは1500～3500年前のものである。また、島根県の三瓶山の麓にある三瓶小豆原埋没林も今から約3500年前に大噴火した三瓶山の灰に埋もれた縄文時代の杉である^{4,5)}。同じようなスギの埋没林は、富山県魚津市にある埋没林や敦賀、丹後半島、山口県宇生賀などでも知られている。このように縄文時代以降、スギ材を利用した丸木舟を始め(図5参照)多くの遺物が各地で出土していることは、スギが優勢な森林があったことを反映している⁸⁾。

2. 屋久島の天然生スギ

屋久島は標高800mから900m以上の山地に、スギの原生林がある。屋久島の標高1600mに位置する花江河湿原の花粉分析結果を図6に示した。この結果から、スギ林は少なくとも3000年以前から存在していたことが明らかである。また、約6300年前に鬼界カルデラから噴出した幸屋火砕流下層の泥炭質粘土にはスギ花粉が優勢であることから、鬼界カルデラが噴火した6300年以前にもスギが優

マツなどが急に増加している。これは花江河付近でも人間活動により森林破壊が起こり原生林の二次林化が起こったためであると考えられる。

現在の屋久島は、新生代第三紀の終わりごろの1400万年前に九州の海底から、堆積した熊毛層群の割れ目を破って、花崗岩が隆起し姿を現した。

屋久島には古いものの推定樹齢が2000年から4000年と言われている天然のスギ林がある。日本固有のスギは、台湾のタイワンスギやランダイスギと同じスギ科に属しているが、スギの自然分布は台湾には見られない。最近、沖縄島知念半島の島尻層群上部新里層からスギ、ヒノキの材や花粉の化石が出て来たことで、かつては沖縄付近まで生育していたのではないかと考えられる⁶⁾。島尻層群より年代の新しい地層（120～80万年前）からも多数のスギ属花粉が検出された。

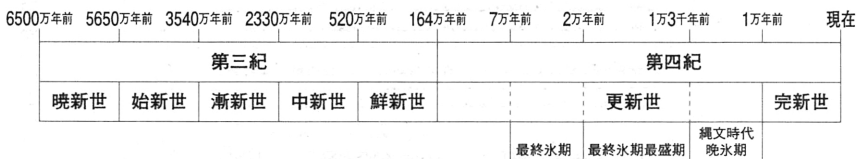


図7 地質年代表

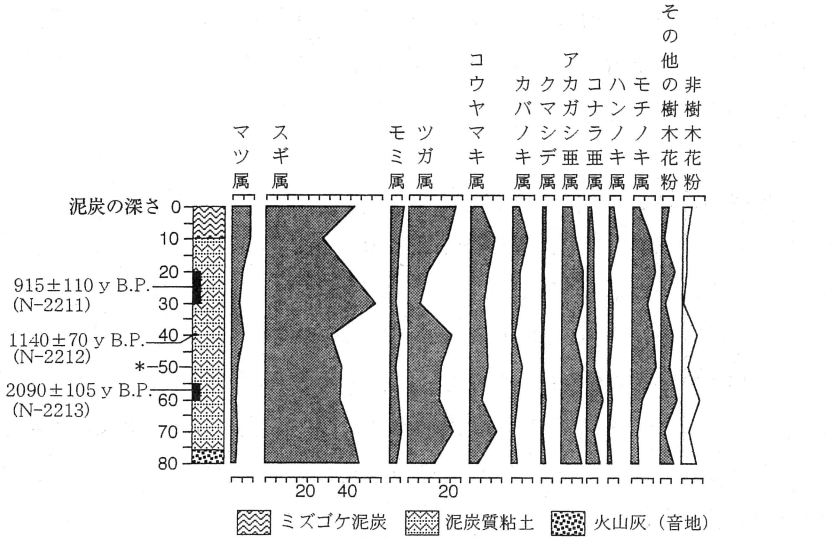
3. 高知県魚梁瀬^{やなせ}の天然生スギ林

高知県安芸郡馬路村には、魚梁瀬スギとして有名な天然生スギ林がある。このスギ林の歴史を、2地点の植生変遷を示す花粉分析結果（図8）から推定してみよう。

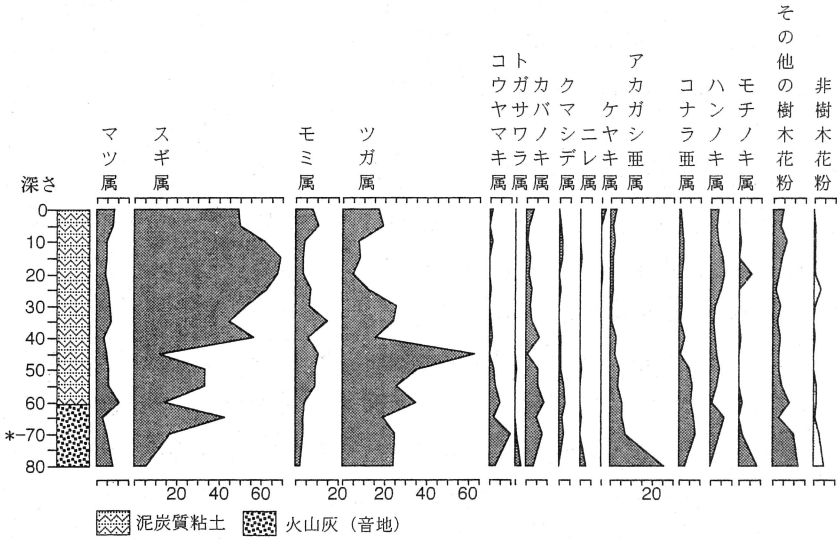
標高1295mにある天狗森では、約3000年前にはスギが優勢となり、モミ、ツガ、コウヤマキ、ミズメ、アカガシ等を伴う森林が存在していたと思われる。標高1084mの千本山では、かつてツガが優勢でスギ、モミ、コウヤマキ、ミズメ、アカガシ等を伴う森林があり、その後スギが優勢な森林へと変化したことが認められる。この植生変化は人間によるスギの植林や保護によると考えられる⁷⁾。

高知市の約1.2万年前の泥炭からスギとハンノキの花粉が最も優勢に出てきて

我が国に分布する天然生スギの起源について



(a) 天狗森 (標高1295m)



(b) 千本山 (標高1084m)

図8 高知県の魚梁瀬天狗森(a)と千本山(b)堆積物の花粉分布図⁷⁾

いることから、最終氷期にはスギが存在していたと思われる。しかし、四国地方では日本海側地域のように後氷期にスギの優勢な森林は広がらなかった。その理由は不明である。

4. 秋田県の天然生スギ

秋田県米代川流域一帯の標高700m以下には、スギの天然生林が見られる。この地域はブナが優勢な冷温帯である。

八郎潟の花粉分析結果によれば、約2700年前にスギ、ブナ属、コナラ亜属、ハンノキ属の優勢な森林が形成された⁷⁾。また、八郎潟の北にある一ツ沢堤湿原や能代湿原の花粉分析結果では、約3000年前にはブナ属、コナラ亜属の優勢な冷温帯性落葉広葉樹林であったが、約2000年前にスギが急増して、ブナ属、コナラ亜属の落葉広葉樹林と混生した森林が形成された⁷⁾。

秋田県北部にある柴谷地湿原では約9500年前にはスギは5%近い出現率を示している。下北半島の尻屋崎では8000年前に約5%、5000年前に15%前後の出現率を示し、その後もほぼ10%前後を保っている。このように東北地方北部にもスギが連続的に分布していた可能性が高いと考えられている⁷⁾。

5. 亜高山帯に生育する天然生スギ

富山県の立山猫又山近くの標高2050m付近、秋田県駒ヶ岳付近の標高1100～1360m、乳頭山の1400m、森吉山の1230m、青森県八甲田山逆川岳の1110m付近などに天然生のスギ林が報告されている。

これらのスギ群落は、いずれも冬期に積雪が多いため、スギ群落は雪で寒さから保護されていると考えられている。多雪により、その樹形はほふく型となり、雪圧で接地した枝から発根して繁殖する伏条更新をする。京都市左京区花背に生育するアシウスギも、このような性質や樹形をしている。

青森県南八甲田山地のスギ群落に隣接する湿原の花粉分析結果から、約1700年前以降にミヤマナラ等の群落からアオモリトドマツやハイマツ群落へ移行し

我が国に分布する天然生スギの起源について

たことが示された。少なくとも2000年前から連続してスギ花粉が認められるので、ハイマツやアオモリトドマツの群落が成立する以前からスギが存在していた可能性がある⁷⁾。

最近、NHK テレビで立山スギの年輪を炭素同位体 (^{14}C) で測定した所、約2000年であったと報じられたことから、日本海側の多雪地帯では限界的な生育環境でもスギが生き延びてきたことが示されている。

II. 遺伝子から見た天然生スギの分類

現在、分子系統学では、スギは以下のように位置づけられている。

Pinales — Cupressaceae — Cryptomeria — スギオモテスギ
 マツ目 ヒノキ科 スギ属 変種アシウスギ

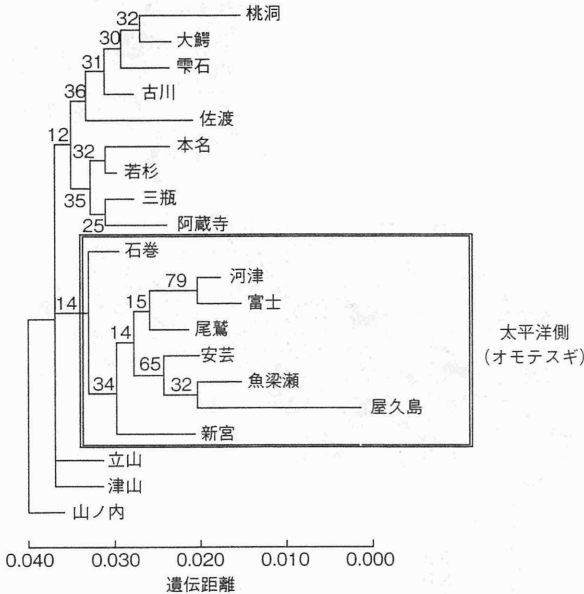


図9 スギの天然林集団の遺伝的分化⁶⁾
 オモテスギとウラスギが遺伝的に分化している。

スギの天然分布は、北は青森県鯨ヶ沢から南は屋久島まで広がっている。スギは降水量が多くて湿潤な土壤に天然分布しているが、今まで述べたように花粉分析の結果から現在の天然分布は4000年ほど前に出来上がったと考えられる。金谷、吉丸らの研究によると、全国212カ所の遺伝子保存林に残されたスギを用いて、遺伝的な多様性と地域間の遺伝的な違いを解析した結果、つぎのような事実が明らかになった⁶⁾。

図9に示されたように、スギの天然林集団の遺伝的分化からいわゆるオモテスギといわれるグループと、日本海側に分布するウラスギグループが違った遺伝子集団に属することが明らかになった。その地域間の遺伝的な違いは、4%だった。どの地域でも96%は同じ変異を持っているが、残りの4%がウラスギ

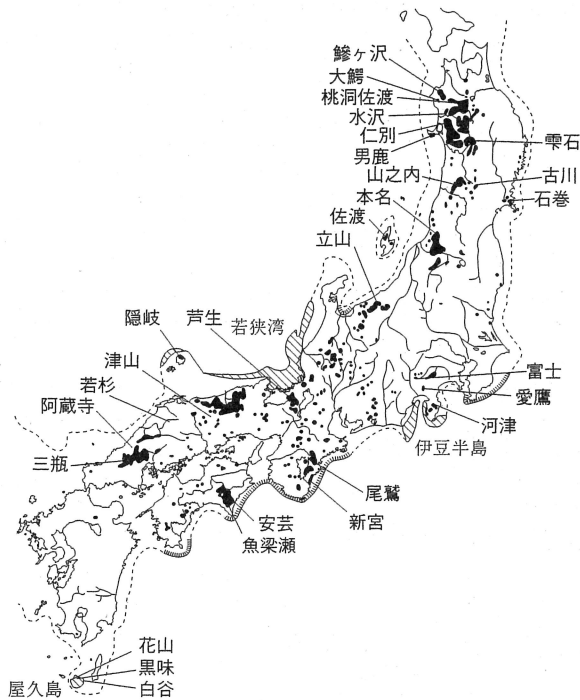


図10 わが国のスギの天然分布と調査地⁶⁾

とオモテスギの違いを作り出していることがわかる。

図9からわかるように、屋久島に生育するヤクスギと同じグループには魚梁瀬、安芸、尾鷲、富士、河津など太平洋岸に生育するスギが含まれる。それに対して、日本海側に生育する秋田杉、佐渡、岡山県の若杉、鳥根県の三瓶等のスギはオモテスギとは違うグループを形成することが明らかである。立山、津山のスギは秋田杉グループとは別のグループに属することがわかった⁶⁾。芦生のスギはどこに位置するかは不明である。

金谷、吉丸らの研究報告を要約すると、一つのオモテスギグループと2つのウラスギグループがあることがわかったが、スギの多様性が表われているといえよう。今後、遺伝子研究によるオモテスギとウラスギの発達史についてより詳細な研究に期待したい。

Ⅲ. 針葉断面から見たアシウスギとオモテスギの違い

1. 調査したアシウスギ

京都市左京区花背の鍋谷山には、京都市指定天然記念物のアシウスギ (*Cryptomeria japonica* D. Don var. *radicans* Nakai) (標高670m、樹高28.2m、根回り15.3m) を含めて、古原久弥氏所有のアシウスギ群落がみられる。この群落に生育するアシウスギ (樹高26.8m) について調査した。

測定は、Ⅰ：上部、Ⅱ：中部、Ⅲ：下部で行い、各高さとも東西南北 (EWSN) の4方位の枝葉を採集し、80%アルコール漬けにした後、測定した。今回用いた方法論は前回論文で述べたものと基本的には同じである。

2. 測定法

1. 枝葉を上部・中部・下部に分け、さらに、方角を確認し、サンプリングする。
2. 枝葉は即80%エタノールに浸け固定する。

3. 測定

- a. エタノールから枝葉を取り出し、前年枝の長さ、幅を測定する。
- b. 前年枝中央部の針葉6本を選び長さと同先端の高さを測定する。
- c. ニワトコの芯に柄付針で穴を開け、針葉を先端を奥にして、入れる。
- d. カミソリで、針葉の中央手前から切片をつくる。中央部の位置は、(針葉の基部-先端間距離) × 1/2 で計算、中央の切片を特定する。
- e. 0.1mm 方眼付スライドガラスの上に切片を載せ、実態顕微鏡下で、針葉中央断面切片の縦長と横長を測定する。
- f. c から f の作業を、1本の前年枝についた6本の針葉について行う。
- g. 以上の操作を5本の前年枝について行い、合計30ケのデータを得る。そして、平均値、最大値、最小値、標準偏差などを求める。
- h. 測定する形質は、①前年枝の春～秋伸長部の長さ、②前年枝の春～秋伸長部の最大幅 [mm]、③針葉の基部-先端間距離 [mm]、④針葉の先端の高さ [mm]、⑤針葉中央断面の縦長 (たてちょう) [mm]、⑥針葉中央断面の横長 (よこちょう) [mm] の6つである。

3. 結果

○方位による差異:春～秋伸長部の長さ、最大幅は、西側で大きい。これに対して、南側では小さい傾向がある。南側のものほど、コンパクトな葉をつける。

表1 前年枝の春～秋伸長部の長さ、最大幅

	上部一北		上部一東		上部一南		上部一西	
	伸長部の長さ [mm]	最大幅 [mm]	伸長部の長さ [mm]	最大幅 [mm]	伸長部の長さ [mm]	最大幅 [mm]	伸長部の長さ [mm]	最大幅 [mm]
合計	128	33.5	148	35.1	128	35	152	37.3
個数	5	5	5	5	5	5	5	5
最大	28	7.0	32	7.8	26	7.4	33	7.8
最小	22	6.5	26	6.2	25	6.8	27	7.1
平均値	25.6	6.7	29.6	7.02	25.6	7.0	30.4	7.46
標準偏差	2.30	0.212	2.19	0.593	0.54	0.234	2.40	0.250

我が国に分布する天然生スギの起源について

	中部一北		中部一東		中部一南		中部一西	
	伸長部の長さ [mm]	最大幅 [mm]	伸長部の長さ [mm]	最大幅 [mm]	伸長部の長さ [mm]	最大幅 [mm]	伸長部の長さ [mm]	最大幅 [mm]
合計	204	47.4	149	47.1	168	41.3	211	49.1
個数	5	5	5	5	5	5	5	5
最大	45	10.3	31	10.2	36	8.8	45	12
最小	35	9.0	28	8.9	31	7.7	40	8.9
平均値	40.8	9.48	29.8	9.42	33.6	8.26	42.2	9.82
標準偏差	3.63	0.506	1.30	0.535	2.30	0.427	1.92	1.331

	下部一東		下部一南	
	伸長部の長さ [mm]	最大幅 [mm]	伸長部の長さ [mm]	最大幅 [mm]
合計	197	58.8	194	50.9
個数	5	5	5	5
最大	42	13	44	10.7
最小	36	9.9	35	9.4
平均値	39.4	11.76	38.8	10.18
標準偏差	3.13	1.238	3.42	0.501

○高さによる差異

高さが上部から下部に下がるにつれ春～秋伸長部の長さは、大きくなっている。つまり、東側の枝葉（平均値）で見ると、29.6mm→29.8mm→39.4mmとなり、南側の枝葉で見ると、25.6mm→33.6mm→38.3mmと大きくなっている。同様に、最大幅も下部のものほど大きくなっている。上部では最大幅6.2～7.8mmと8mm未満であったが、下部では最大幅9.4～13.0mmとなっている。

表2 針葉基部・先端間の距離、先端の高さ

	上部一北		上部一東		上部一南		上部一西	
	基部-先端間距離 [mm]	先端の高さ [mm]	基部-先端間距離 [mm]	先端の高さ [mm]	基部-先端間距離 [mm]	先端の高さ [mm]	基部-先端間距離 [mm]	先端の高さ [mm]
合計	229.7	80.9	260.3	90.1	233.8	86.7	279.9	78.0
個数	30	30	30	30	30	30	30	30
最大	8.3	3.3	9.2	4.2	8.8	3.3	10.0	3.3
最小	6.9	2.0	8.3	2	7	2.4	8.7	1.7
平均値	7.65	2.69	8.67	3.00	7.79	2.89	9.33	2.60
標準偏差	0.404	0.352	0.214	0.537	0.429	0.248	0.350	0.475

	中部一北		中部一東		中部一南		中部一西	
	基部-先端間距離 [mm]	先端の高さ [mm]	基部-先端間距離 [mm]	先端の高さ [mm]	基部-先端間距離 [mm]	先端の高さ [mm]	基部-先端間距離 [mm]	先端の高さ [mm]
合計	334.3	96.4	285.1	111.2	307.8	91.5	356.9	99.5
個数	30	30	30	30	30	30	30	30
最大	12.2	4.1	10.1	4.2	11.1	4.2	12.5	5.3
最小	9.5	2.2	9.0	2.7	9.4	1.4	11.0	2.0
平均値	11.14	3.21	9.50	3.70	10.26	3.05	11.89	3.31
標準偏差	0.713	0.528	0.267	0.417	0.456	0.686	0.389	0.676

	下部一東		下部一南	
	基部-先端間距離 [mm]	先端の高さ [mm]	基部-先端間距離 [mm]	先端の高さ [mm]
合計	349.8	134.3	357.3	102.7
個数	30	30	30	30
最大	13.6	7.5	13.0	4.8
最小	10.2	2.8	11.0	1.9
平均値	11.66	4.47	11.91	3.42
標準偏差	0.884	1.125	0.596	0.581

○方位による差異：基部-先端間距離はほぼ針葉の長さに相当するが、中部・上部とも西側で大きい。しかし、先端の高さはより短い針葉をもつ東側の方が大きい。これは、西側では長い針葉をもつが軸側に湾曲するためである。

南側の針葉は、短い針葉をつけ、先端の高さは低い傾向が認められる。

- 高さによる差異：高さが上部から下部に下がるにつれ基部—先端間距離は大きくなり、先端の高さも大きくなっている。基部—先端間距離は、東側の枝葉（平均値）で見ると、8.67mm → 9.50mm → 11.66mm となり、南側の枝葉で見ると、7.79mm → 10.26mm → 11.91mm と大きくなっている。同様に、先端の高さも下部のものほど大きくなっている。東側の枝葉（平均値）で見ると、3.00mm → 3.70mm → 4.47mm となり、南側の枝葉で見ると、2.89mm → 3.05mm → 3.42mm と大きくなっている。

表3 針葉中央断面の横長と縦長

	上部—北		上部—東		上部—南		上部—西	
	中央断面縦長 [mm]	中央断面横長 [mm]	中央断面縦長 [mm]	中央断面横長 [mm]	中央断面縦長 [mm]	中央断面横長 [mm]	中央断面縦長 [mm]	中央断面横長 [mm]
合計	27.57	31.11	27.99	3.11	28.55	33.14	29.56	33.28
個数	30	30	30	30	30	30	30	30
最大	1.02	1.15	1.04	1.21	1.04	1.24	1.06	1.22
最小	0.83	0.95	0.86	1.01	0.87	1	0.9	1.03
平均値	0.919	1.037	0.933	1.103	0.951	1.104	0.985	1.109
標準偏差	0.0402	0.0510	0.0432	0.0543	0.0468	0.0610	0.0418	0.0442

	中部—北		中部—東		中部—南		中部—西	
	中央断面縦長 [mm]	中央断面横長 [mm]	中央断面縦長 [mm]	中央断面横長 [mm]	中央断面縦長 [mm]	中央断面横長 [mm]	中央断面縦長 [mm]	中央断面横長 [mm]
合計	31.72	28	28.55	31.166	29.14	29.43	30.56	26.86
個数	30	30	30	30	30	30	30	30
最大	1.20	1.04	1.07	1.15	1.11	1.1	1.16	1.03
最小	0.90	0.84	0.85	0.95	0.87	0.87	0.92	0.8
平均値	1.057	0.933	0.933	1.038	0.971	1.104	1.018	1.109
標準偏差	0.0697	0.0603	0.0553	0.0532	0.0657	0.0613	0.0564	0.0625

(つづく)

	下部一東		下部一南	
	中央断面縦長 [mm]	中央断面横長 [mm]	中央断面縦長 [mm]	中央断面横長 [mm]
合計	32.92	27.99	30.9	26.21
個数	30	30	30	30
最大	1.19	1.02	1.18	0.96
最小	0.99	0.78	0.92	0.80
平均値	1.097	0.933	1.030	0.873
標準偏差	0.0614	0.0535	0.061364	0.0379

○方位による差異：上部では、すべての方位で、針葉中央断面の形が横長＞縦長となっている。これは、オモテスギには見られない非常に顕著な特徴で、アシウスギの形質として注目される。縦長／横長の値が小さいのは、東側（0.845）、南側（0.861）である。上部では、縦長、横長ともに、大きさは西＞南＞東＞北の順になる。北側で縦、横の断面がともに小さな葉をつけている。中部では、東側で、針葉中央断面の形が横長＞縦長となり、縦長／横長の値は0.898となっている。これも、オモテスギには見られない特徴である。縦長／横長の値は、南側（0.861）、西側（0.917）、北側（1.132）である。北側ではすべての針葉が縦長型断面をもつ。

中部では、縦長の大きさは、北＞西＞南＞東の順になる。横長の大きさは、西＞南＞東＞北の順である。北側では縦長が大きく、横長は小さいという傾向が認められる。

下部は北側、西側の枝葉はなく、東側と南側の測定データを比較した。東側、南側ともに、縦長、横長ともに大きさは東＞南となっている。縦長／横長の値は、東側（1.175）、南側（1.179）で、すべての針葉が縦長型断面をもち、中部の北側断面よりもさらに縦長傾向が認められる。

○高さによる差異：高さが上部から下部に下がるにつれ横長型→中間型→縦長型の針葉断面をもつことが判明した。とりわけ、上部の4方位と中部一南側

ですべての針葉が横長型断面を示している点、アシウスギの針葉形態の特徴として、注目される。

中部では、針葉断面は中間型が見られ、下部ではすべて縦長型となっている。

4. 考察

アシウスギ（サンプルは京都市左京区花背鍋谷山の巨木）の上部は、すべて横長型で、散布図をみると、横長は0.95～1.22mmの範囲で、1対1の直線から離れる変異域を占める（図11参照）。

図14のヨシノスギ（サンプルは奈良県吉野郡川上村下多古、標高600mにある樹高38.4m、幹周3.95mの巨木）の上部変異域とはまったく重ならない不連続な変異域を占める。また、ヨシノスギの針葉断面は、上部に於いて縦長型も混在する中間型を含んでおり、この点でも区別できる。したがって、アシウスギとオモテスギの各品種は、林冠上部の針葉でも明確に区別できる。

アシウスギ中部は、中部－東が横長型、中部－南は中間型、中部－北と中部－西は縦長型である。ヨシノスギでは、中部方位別では、いずれの方位でもすべての針葉断面が横長型となることはない。（図12参照）

アシウスギ下部は北側と西側は枝を欠き、東側と南側のみ測定。下部－東と下部－南はすべて縦長型。下部～上部へと次第に変異域が推移する（図13参照）。

ヨシノスギは上部－東側のみが完全な横長型。上部－北と上部－南は横長型が多いものの縦長型も混じる。上部－西では、縦長型が横長型よりも多い。ヨシノスギの上部全体の変異域は、横長0.71～0.92mmの範囲で、アシウスギ上部に比べ小さく、また1対1の直線に近い変異域を占める。（図14参照）

アシウスギ（上部・中部・下部）とヨシノスギ（上部・中上部・中下部、ヨシノスギは下部に枝葉をつけない）の変異域（図15）は、全体としても、ほぼ重ならない。アシウスギの中部－南の一部がヨシノスギの中下部－南の一部と重なるのみである。

しかし、京女大杉（サンプルは京都市左京区尾越の京女の森、標高800mにあ

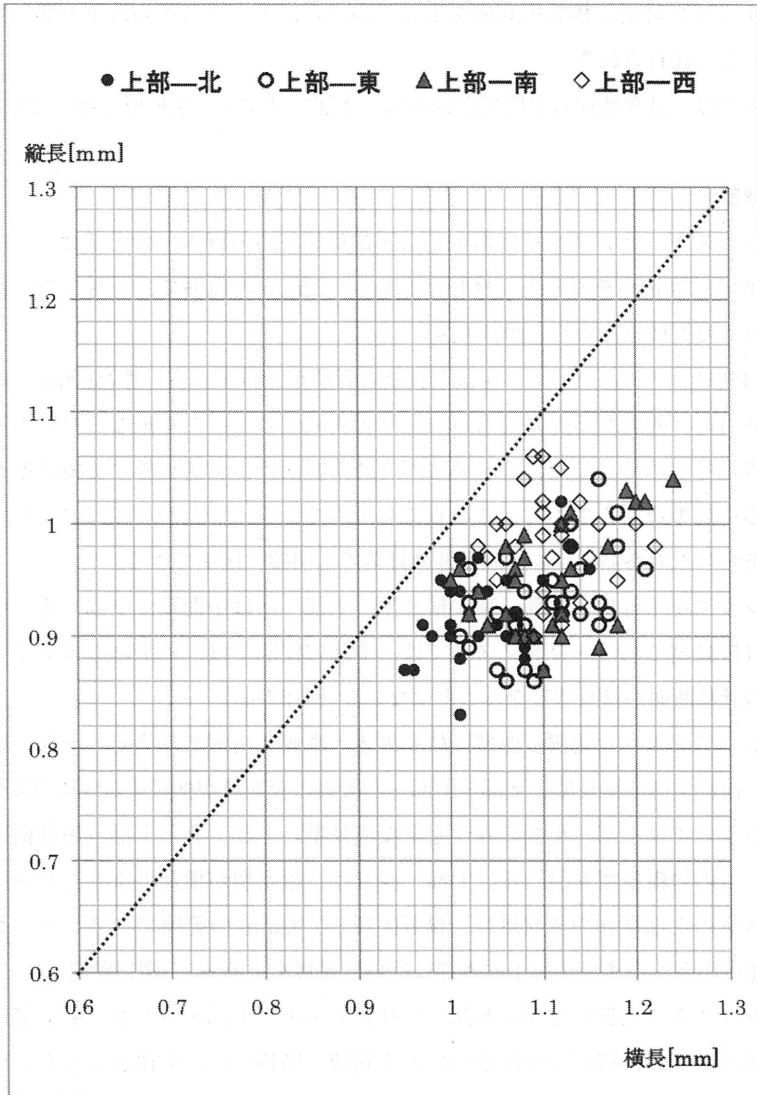
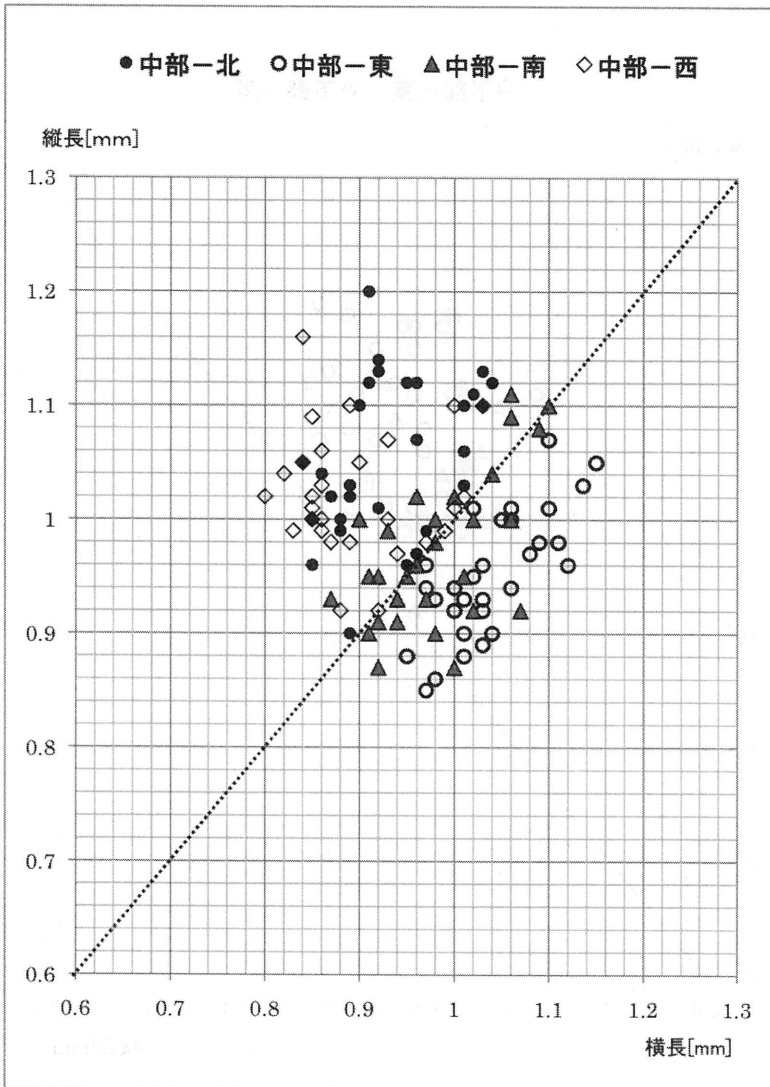


図11. アシウスギ上部針葉断面の縦長と横長



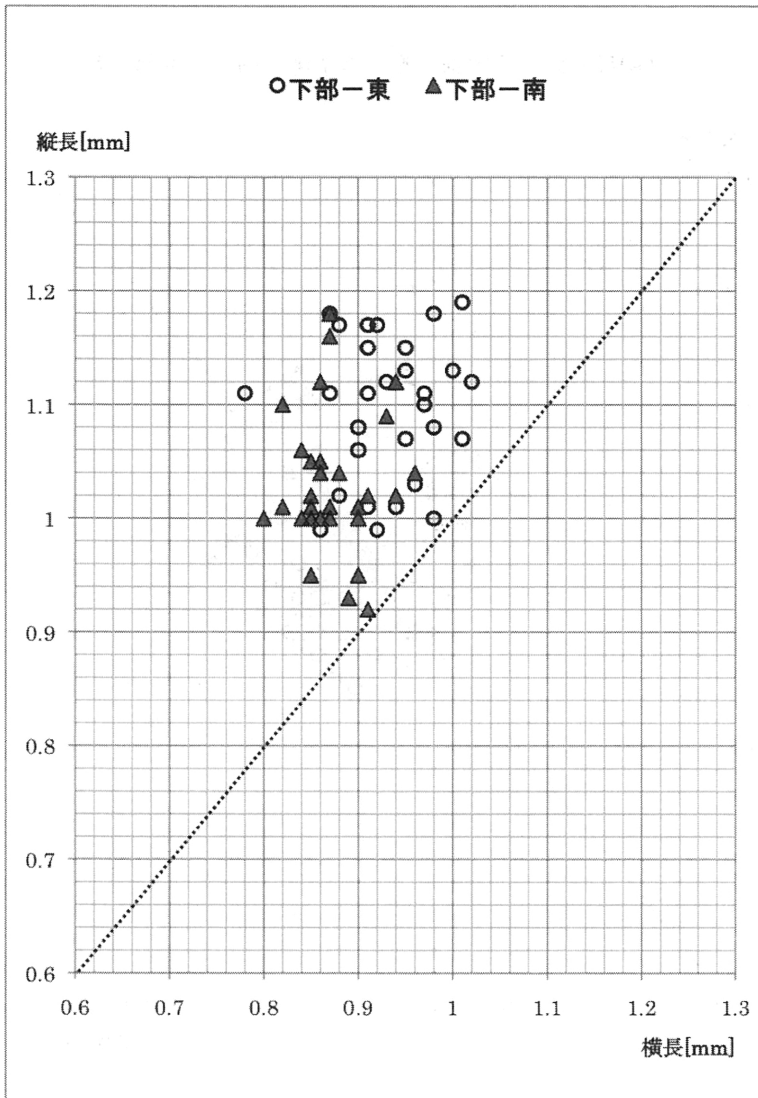


図13. アシウスギ下部針葉断面の縦長と横長

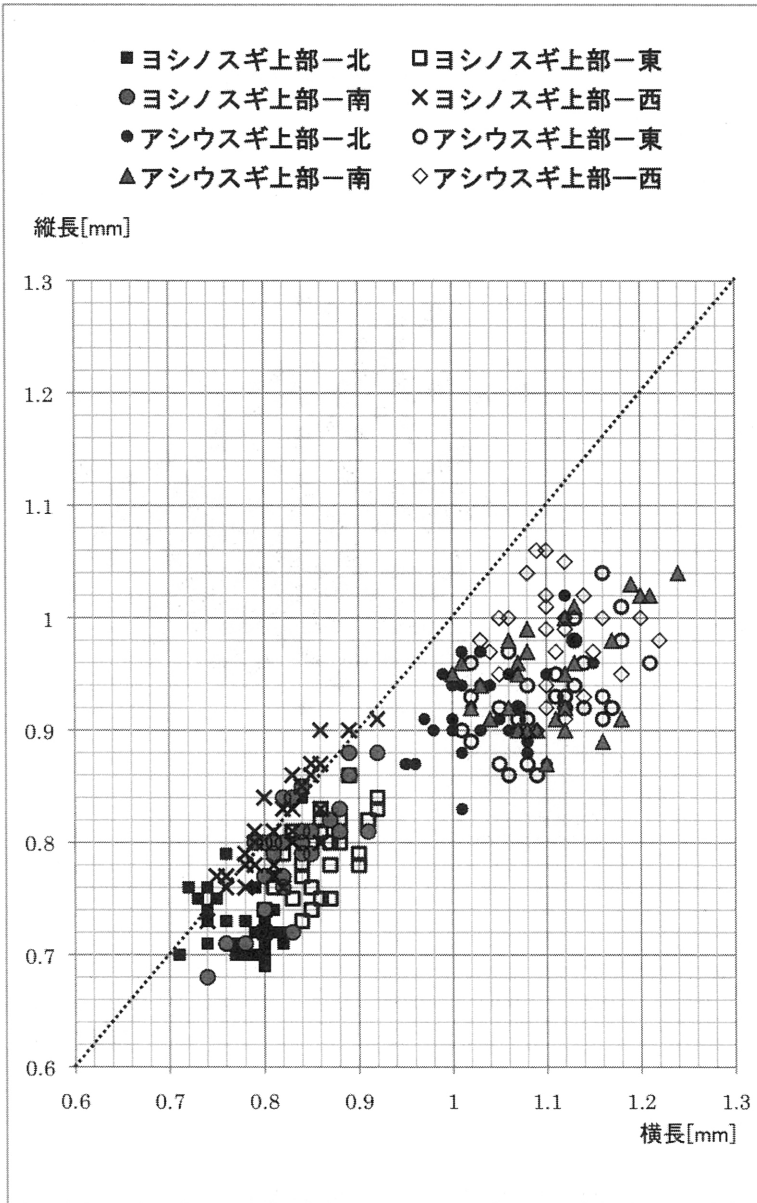


図14. アシウスギとヨシノスギの上部針葉断面の比較

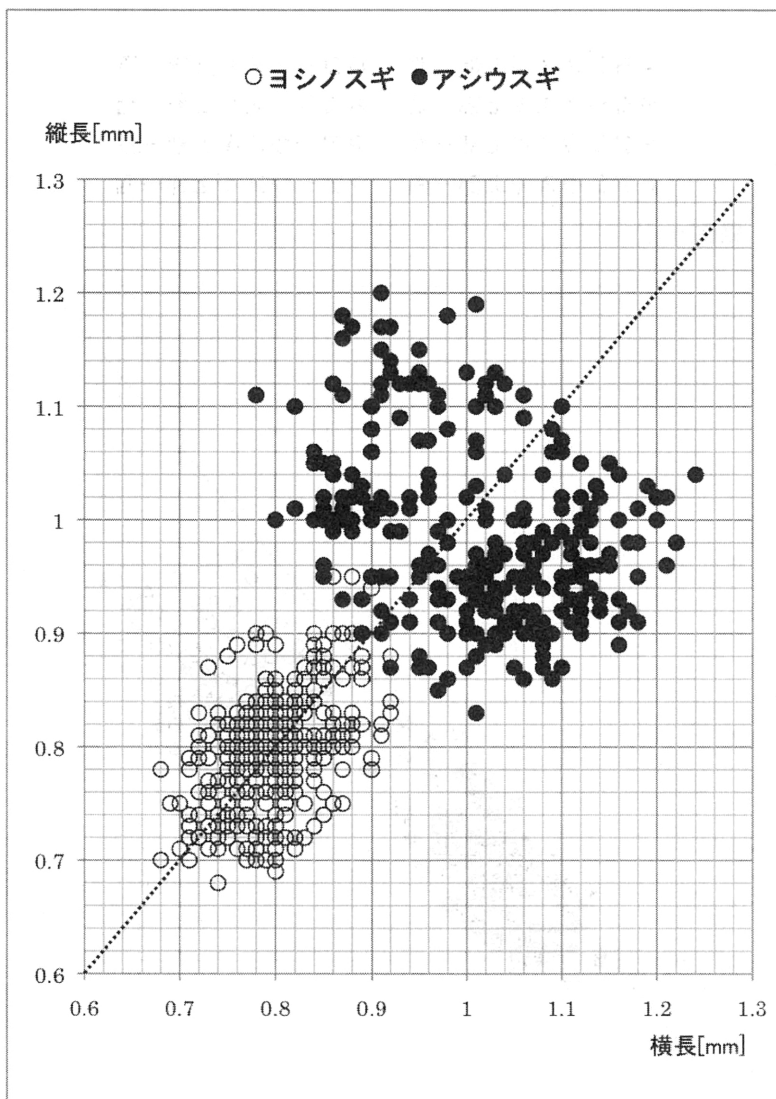


図15. アシウスギとヨシノスギの針葉断面の比較

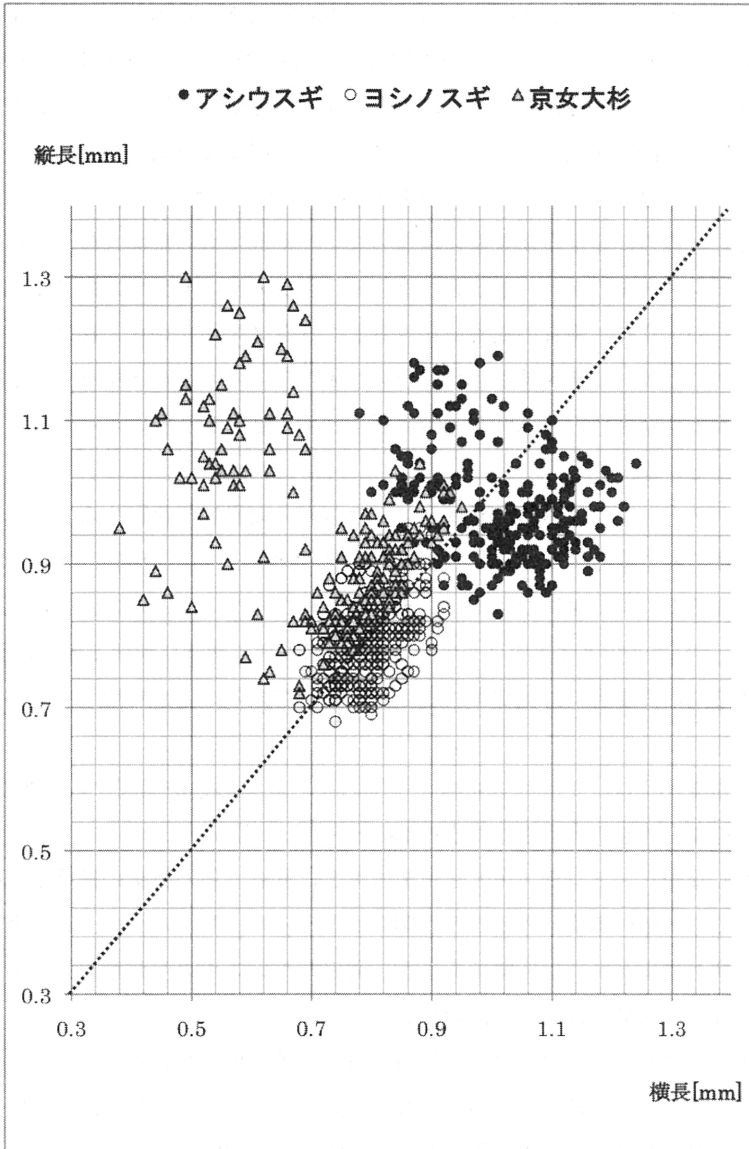


図16. アシウスギ・ヨシノスギ・京女大杉の針葉断面の比較

る樹高17.6m、幹周7.3mの巨木)では、縦長型の大きな針葉をつける。京女大杉のデータを入れて、比較した(図16参照)。京女大杉の測定方法は、中央部断面の切片をつくり実態顕微鏡下で測定する現在の方法とは異なり、デジタルノギスを用いて直接測定している。ヨシノスギの下部には枝葉がなく、京女大杉の下部には枝葉がある。しかし、京女大杉の林冠上部葉は、縦長：横長=1：1に近いものの、完全な横長型にはならない。それでも、京女大杉の上部・中部葉はヨシノスギの上部・中部葉と重なる。京女大杉の下部葉は縦長で大型になる。このように、両者の変異域をみると、ヨシノスギと京女大杉は上部・中部葉において互いに変異域が重なり合い、オモテスギの系統と見なすことができる。事実京女大杉の下部針葉先端は鋭く、手に触れると痛いオモテスギの特徴を持っている。

ヨシノスギと京女大杉の変異域とアシウスギの変異域を比較すると、林冠上部ではまったく重なりがなく、明確な違いが認められる。中部葉については、一部重なるが、下部葉については、まったく重ならないことが分かった。このことは、アシウスギとオモテスギでも、上部葉において明確に判別できることと、下部葉をつける場合には下部葉に於いても判別できることが判明した(図16参照)。

遠山富太郎氏は、アシウスギもオモテスギと針葉形態が連続することから、針葉の角度の測定では両者が区別が出来ないことを明らかにした。

しかしながら、アシウスギとオモテスギとは林冠上部の枝葉の針葉中央断面を用いても明確に識別できることが明らかとなった。したがって、高さ別と方位別のサンプルがあれば完璧であるが、測定したいスギの下部葉がある場合下部葉でも識別可能であることが判明した。

マイクロサテライトマーカーを使用した遺伝子配列の解析結果からも、オモテスギとウラスギの違いが明らかとなっているが、スギの針葉断面の違いからもオモテスギとアシウスギの違いを区別できるこの測定法は各地のアシウスギ類似のスギの正体の解明やスギの品種の系統分析にも有効なものであるといえ

る。従来は明確にできなかったオモテスギとウラスギの区別を可能とする本測定法は特筆すべきである。

5. スギの繁殖特性について

現在、天然生のスギは北緯40度の青森県鯉ヶ沢から北緯35度の屋久島まで水平分布している。垂直分布を見ると、和歌山県新宮市浮島の0 m から、富山県立山剣岳の標高2050m まで分布している。

天然生スギは、日本海側では主にブナ等の冷温帯落葉広葉樹と混交し、太平

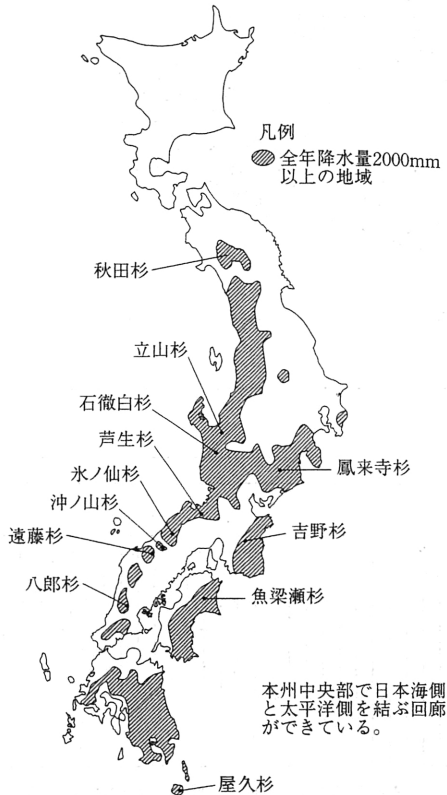


図17 全年降水量2000ミリ以上の地域と代表的な天然杉¹³⁾

我が国に分布する天然生スギの起源について

洋側ではモミ、ツガ、ヒノキなどの温帯性針葉樹と混交する。スギは暖温帯から亜高山帯まで広く分布し、気温に対する適応能が広い。スギの分布密度が高い地方は、日本海側で2000年間降水量が2000～2500ミリメートル、太平洋側では3000～3500mmであり、スギは降水量の多い地域に自生する（図17参照）。塚田は花粉分析により、スギの分布可能域を、月平均気温0℃以上で月の降水量の総和が1000mm以上の地域であると述べている（図17）。

スギは、人工林では弱湿褐色森林土（BE型土壌）と呼ばれる、山腹斜面下部に見られる水分、養分の供給が十分で水はけの良い土壌で最も良く生育することが知られている。しかし、このような立地にはトチノキやサワグルミといった落葉広葉樹が優勢となるため、天然林ではスギは斜面中部よりも上部に分布することが多い。スギ天然林は、乾性褐色森林土（BB型土壌）や乾性あるいは湿性のポドソル土壌に分布している。

吉良竜夫のあたたかさの指数でみると、スギは75から140に分布することがわかる（図18参照）同じあたたかさの指数には、アスナロ、サワラ、ヒノキ、カヤ、アベマキ、シラカシ、クヌギ、ウラジロガシ、モチノキが生育する。暖温帯から冷温帯にかけての地域である。

スギは繁殖戦略としては、種子による実生だけでなく、伏条更新、萌芽更新、立条更新などさまざまな栄養繁殖を行うことで亜高山帯から暖温帯までの広い環境で生存することができる針葉樹である。また、スギ天然生林の林床にはほとんどと言っていいくらいに実生がみられないが、切り株等に苔が生えた場所には実生が育っているのを観察することが多い。また、林道の崩壊しているむき出しの斜面でも実生が沢山育っていることから、有機物が多い林床では実生は育たず、無菌的な環境となる苔や赤土の裸地で発芽して分布を広げることが出来るようである。

6. スギと日本人の生活

多くの遺跡の発掘調査結果から、古代人がどのような木を使っていたかを見

ると、スギが必ず含まれていることがわかる⁸⁾。

木製品に使われていた樹種を、多い順に並べると、

柱：ヒノキ、モミ、コウヤマキ、カヤ、イヌマキ、ケヤキなど

舟：スギ、カヤ、二葉のマツ類、クスノキ、クリなど

棺：コウヤマキ、ヒノキ、スギなど

弓：カヤ、イヌガヤ、イヌマキ、イチイ、ケヤキ、ヤマグワなど

農具：カシ類、クヌギ類など

容器：ヒノキ、スギ、ケヤキ、クスノキ、ヤマグワ、クリ、トチノキなど

櫛：イスノキ、ツゲなど

祭祀具：ヒノキ、スギ、コウヤマキ、ツゲ、シイノキなど

紡織具：ヒノキ、スギ、カシ類など

発火具：スギ、ヒノキ、シャシャンボ、タブノキ、ウツギなど

以上に見られるように、スギがよく使われていることがわかる。縄文人は身近に生育していたスギを生活の道具に利用していたことがわかる。

おわりに

およそ7千万年前頃に地球上に出現したスギの仲間針葉樹類は、第四紀の水河期となると第三紀の温暖な気候に適応した植物群が姿を消して行くなか、スギは第四紀更新世になり日本列島に出現し、更新世の中期から後期になり繁栄してきたと考えられる。最初は日本列島全体に広がって繁殖したスギは、寒冷な時期に一旦後退したあと再び繁殖に適した土壌や気候を求めて広がり、現在のような年間降水量が2000ミリを超える地域に生育するようになったと考えられる。その過程で、日本海側の寒冷であるが多雪地帯に適応した生理生態的な特性をもつアシウスギに代表されるスギと、現在屋久島で生育している温暖で多雨な気候である太平洋側に適応したヤクスギで代表されるスギに遺伝的に分化したことが明らかとなった。

今回、京都市天然記念物指定のアシウスギの針葉は、樹冠の上部では横長型で、中部で横長型と縦長型が混在し、下部では縦長型を示したが、その変異域はオモテスギの系統であるヨシノスギとは明らかに重ならない。したがって、針葉断面の計測から両者を区別することが可能であることが明らかとなった。また、京女の大杉はアシウスギが生育する日本海側の多雪地域に生育しているながらオモテスギタイプの針葉を持つことが明らかとなった。

本研究で明らかとなったオモテスギとアシウスギの針葉断面の形態的な差異は極めて重要であり、従来指摘されてこなかった点である。また、天然生スギのマイクロサテライトマーカー遺伝子解析で見いだされたオモテスギグループといわゆるウラスギグループの4%の違いは直接的には針葉形態とは関係しないが、スギー元論を支持しない事実の1つであるといえる。

したがって、今後さらに多くのスギについて、針葉断面の縦横比の計測を行い比較検討することが大切である。

なお、本研究は平成21年度京都女子大学宗教文化研究所共同研究費によるものである。

謝辞：京都市指定天然記念物のアシウスギ群落の調査を許可頂いた所有者である古原久弥氏に感謝いたします。また、アシウスギのサンプルの採集をして頂いたツリークライマーの田中誉人氏と藤井かすみさんにも感謝致します。

参考文献

- 1) 高桑進、米澤信道、網本逸雄、宮本水文、宮野純次 (2009) 京都北におけるアシウスギとオモテスギの分布調査～スギの針葉の新しい計測法の開発～ 京都女子大学宗教・文化研究所『研究紀要』22, p.17-42
- 2) 高桑進、米澤信道、網本逸雄、宮本水文 (2010) 日本列島におけるスギの分布状況と針葉の形態変化について 京都女子大学宗教・文化研究所『研究紀要』23, p.1-33

- 3) 遠山富太郎 (1976) スギのきた道 中公新書
- 4) 島根県立三瓶自然館 (2002) スギと日本文化
- 5) 島根県立三瓶自然館 (2005) 三瓶小豆原埋没林—よみがえる縄文文化のタイムカプセル
- 6) 金谷整一、吉丸博志編 (2007) 屋久島の森のすがた p.37-81 文一総合出版
- 7) 安田喜憲、三好教文編 (1998) 図説 日本列島植生史 p.207-223 朝倉書店
- 8) 鈴木三男 (2002) 日本人と木の分化 p.43-72 八坂書房
- 9) 木質科学研究所編 (2001) 木材なんでも小事典 講談社
- 10) 林弥栄 (1951) 日本産主要樹種の天然分布 (スギの天然分布概説) 林業試験場研究報告 p.48-168
- 11) 村井三郎 (1947) 東北地方の主要造林樹種と其の変種問題 国土建設造林技術講演集 青森林友会 p.131-151
- 12) 中井猛ノ進 (1941) 植物学ヲ学ブモノハ一度ハ京大ノ芦生演習林ヲ見ルベシ植物研究
- 13) 吉良竜夫 (1977) 生態学からみた自然 河出書房新社

〈キーワード〉

天然生スギ、オモテスギ、ウラスギ