

富士山西斜面の大沢右岸の異なる標高におけるカラマツの樹齢と分布様式

小林卓也¹・梨本 真¹・竹内 亨¹・中野隆志²Distribution and ages of larch (*Larix kaemferi*) in different altitude on the west slope of Mt. Fuji

Takuya KOBAYASHI, Makoto NASHIMOTO, Toru TAKEUCHI, Takashi NAKANO

要 旨

富士山は斜面方位により、樹木限界が異なっていることが知られている。そこで、本研究では、富士山西斜面の剣ヶ峰大沢右岸の異なる標高 (2,000m, 2,300m, 2,900m) におけるカラマツの齡構造と分布の特徴について検討し、標高が低いほど胸高直径の大きな個体が存在することを確認した。また、高標高域へのカラマツの侵入状況について調査し、カラマツの矮生化した個体が標高 3,160m に生育する事を確認した。カラマツの幹が空洞化していたり、一部年輪が欠損していたりする個体については、正確な樹齢を求めることは出来なかったが、カラマツの最高樹齢は、標高 2,300m 地点では最も低く見積もって 436 年、2,900m 地点では 186 年であった。標高 3,010m 以上に生育する孤立個体の樹齢は 64 年であった。標高が高い場所でカラマツの年齢が若いことから、カラマツの分布は低所から高所に向けて広がったと考えられた。標高 2,900m 地点では、樹齢や個体サイズによらず、樹高が 2m から 3m の間にあった。2,300m 地点における最大の胸高直径は 73.2cm であり、胸高直径 5cm から 55cm の範囲において、5cm 間隔の胸高直径の個体数分布には大きな変動は認められなかった。一方、標高 2,000m 地点では、胸高直径が 16.8cm-131.5cm に分布し、胸高直径 60cm 付近にピークを持つ一山型を示した。また、2,900m と 3,000m における種子散布状況を調査した結果、山頂方向への種子散布量が少なく、種子散布がカラマツの上昇を制限する要因になる可能性があると考えた。

キーワード：樹木限界、遷移、樹齢、種子散布

1. はじめに

山体の形成年代が比較的新しい富士山は、約 1 万年前に終了した最後の氷期であるウルム氷期が終了した後に山頂から大規模な噴火が繰り返しており、噴火後の植生の回復の歴史も比較的浅い。また、近隣の高山域から隔離された独立峰であることから、他の山系からの植物の進入経路が限定されている。そのため森林が遷移途上にあり、標高に沿って出現する異なるパターンの植生が、遷移における群落の発達の違いに起因することが指摘されている (Ohsawa 1984)。特に 1707 年に南東斜面で発生した宝永大噴火により植生が影響を受けた地点では、森林限界が温度環境上の標高の上限に一致するとされる $15^{\circ}\text{C}\cdot\text{M}$ の温量指数 (Warmth Index: WI) には至らず、現在も上昇していることが報告されている (丸田・増山 2009)。一方、最近の噴火の影響を受けていない西斜面は、森林限界の標高が最も高く、樹木限界は WI が $15^{\circ}\text{C}\cdot\text{M}$ に近い標高 2,900m に位

置し、気候的な要因により生育限界が支配される状況に達していることが報告されている (岡 1992)。富士山は、標高が高く、山頂高度が植生の標高分布に制限を与えないため、我が国において数少ない、遷移の進行と標高変化に応じた環境傾度が森林限界あるいは樹木限界の挙動を直接的に規定している地点とされている (岡 1992)。また、以上のように特徴的な環境にある上、日本の樹木限界で一般的に見られるハイマツ (*Pinus pumila*) が分布しないことから、先駆樹種であるカラマツ (*Larix kaemferi*) が樹木限界の主要な構成樹種となっている。つまり、亜高山帯林の高木層の主要構成樹種であるカラマツが森林限界移行帯まで連続的に主要構成樹種として存在するとともに、樹種間競争の影響を排除した環境を想定できることから、標高変化による環境傾度とカラマツの標高分布やその経年的な変化との関係を把握することにより、環境変動に対する森林の挙動に関する様々な情報を得ることができると考えられる。

1. 財団法人電力中央研究所環境科学研究所
2. 山梨県環境科学研究所

Corresponding author : Takuya KOBAYASHI
E-mail : t-koba@criepi.denken.or.jp

本報告では、環境変化が森林の挙動におよぼす影響に関する基礎的な知見を得るため、富士山西斜面の剣ヶ峰大沢右岸の異なる標高におけるカラマツ高樹齢個体の挙動の特徴について検討した。

2. 調査地点および方法

調査地点は、富士山で最も森林限界の標高が高いとされている西斜面の剣ヶ峰大沢右岸の尾根上に設置した。低標高地点として、富士山でのカラマツの天然分布の下限に近い、1940m～2070m(以下、2,000m地点と記載)、樹木限界周辺地点については、2870m～2940m(以下、2,900m地点と記載)、およびその中間地点として2230m～2340m(以下、2,300m地点と記載)に調査範囲を設定した(図1)。なお、岡(1992)の研究事例に準じて、森林構成種が3mを目安とした高木で連続的に生育できる限界を森林限界、森林構成種自体の生育限界を樹木限界と定義した。調査は2009年および2010年に行った。

カラマツ各個体の標高は、ハンディタイプのGPS(GARMIN社製GPSmap60CSx)により記録するとともに、同軌跡ログおよび登録ポイント位置を日本地形図10m等高線仕様(JapanTOPO-10M)上で検証することにより決定した。なお、高樹齢個体を調査することが必要であることから、ベルトトランセクト法やコードラート法等の面積的な限定を設ける手法は適用せず、谷部を生育環境を区分するための地形的な境界と仮定し、2,000m地点から2,900m地点にかけて連続する尾根上に生育する個体を前述の標高範囲で網羅的に調査した。2300m地点では、剣ヶ峰大沢に沿った斜面にも大径木が確認されたが、樹形が通直であり先駆侵入個体の特徴である下枝の一方方向への極端な伸長等の変形が認められなかったことから、侵入時期が比較的新しいと判断し調査対象から除外した。

さらに、過去に実施された調査(岡1992)以降の樹木限界周辺におけるカラマツの新たな定着の有無を確認するために、樹木限界とされる標高2,900m～3,400m間において、目視により個体の存在の有無を調査した。

個体サイズの指標として、2,000m地点および2,300m地点では胸高直径(高さ1.2m)を測定した。一方、2,900m地点においては、そのほとんどが、丸田・増山(2009)の森林限界移行帯での樹形タイプの分類における立ち上り型

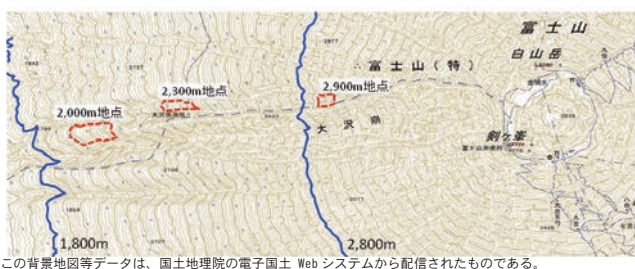


図1 富士山剣ヶ峰大沢の右岸における調査地点
2,000m、2,300m、2,900mに調査地点(赤点線内)を設定し、胸高直径および樹齢を調査した。

の個体であり、匍匐した形態を取ったことから根元直径を測定した。根元直径は、根元周辺の砂礫を除去し、発根部分が特定できた個体についてのみ、発根部分の直上の直径を根元直径として測定した。2,900m地点の樹高は、1mm目盛の金属製巻尺を用いて測定した。また2,900m地点では樹高も測定した。

樹齢については、胸高直径が大きく先駆侵入個体に特有な下枝の偏った伸長を示す個体と周辺の小中径木を比較対象として調査した。樹齢の測定は、成長錐(Haglof社製、コア直径5.15mmあるいは10mm)によって採取した年輪コア試料から読み取った。年輪コア試料の採取位置は、原則として発根部分の直上としたが、成長錐を操作する上でハンドルが地面に干渉する等の支障が出る場合や幹表面に明らかな腐朽の形跡が見られる場合は、採取位置を発根部分よりも上部に変更した。2,000m地点および2,300m地点における年輪コア試料採取位置は発根部分の直上から地上0.5mの範囲にばらついたが、2,900m地点では全てが発根部直上となった。なお、幹の内部の一部が腐食しており、年輪コア試料からの樹齢の読み取りが困難な個体があった。このような個体の内、内部が空洞化していない個体に関して、読み取れた年輪数を最低樹齢とした。

豊作年である2009年に、カラマツの種子の散布状況を調べるために、シードトラップを設置した。シードトラップは2,900m地点に2ヶ所と同じ尾根上の標高3,000mに3ヶ所、種子散布が始まる前の2009年8月29日に設置した。2,900m地点のシードトラップは、南東方位の一部を除いたほぼ全周を母樹と成り得る個体に囲まれ、その最短距離も3m程度の場所に設置した。また、標高3,000mの地点は、定着している個体の近傍に設置した。シードトラップは円形で開口部が0.6mのものを用い、各シードトラップは、開口部が水平になるようにし、斜面上部と接する形で設置した。2009年11月27日に種子の回収を行ったが、周辺個体を調べたところ、内部に種子が残存する球果が存在したため、2010年8月19日に2回目の種子の回収を行った。



図2 富士山剣ヶ峰大沢の右岸における調査地点の林内の様子
2,900m地点は斜面に沿って(右上から左下方向に)カラマツが分布

3. 結果および考察

3.1 調査地点の植生の特徴

図2に、各調査地点におけるカラマツの概況を示す。

2,000m 地点は、高木層としてカラマツが優占するが、シラビソ (*Abies veitchii*) が混生し、ダケカンバ (*Betula ermanii*) の大径木やウラジロモミ (*Abies homolepis*) も少数混在した。また、剣ヶ峰大沢側の一部では、イラモミ (*Picea bicolor*) の大径木が認められた。その下層にはナナカマド (*Sorbus commixta*)、マメザクラ (*Prunus incisa*)、ハクサンシャクナゲ (*Rhododendron brachycarpum*)、トウゴクミツバツジ (*Rhododendron wadanum*) が生育した。草本類としてはヒメノガリヤス (*Calamagrostis hakonensis*)、イワノガリヤス (*Calamagrostis purpurea*) などのイネ科植物が優占し、部分的にカニコウモリ (*Cacalia adenostyloides*) やテンニンソウ (*Leucosceptrum japonicum*) などの群落が存在した。カラマツは下枝が一方に大きく張り出した個体と全体が対象型を示す通直な個体が混在したが、遠山 (1966) や岡 (1992) の記載と同様に、崩壊により南側が開けた裸地部分以外にはカラマツ実生は認められなかった。カラマツ稚樹もほとんど認められなかったことから、カラマツ林からシラビソ林へと遷移する段階 (大沢ら 1971; Ohsawa 1984; Nakamura 1985; Tanaka et al. 2008) であると考えられた。

2,300m 地点においては、高木層の優占樹種はカラマツで、ダケカンバが混生するがその数は少なく、シラビソはほとんど存在しなかった。その下層にはナナカマドやハクサンシャクナゲが生育し、草本類はヒメノガリヤスやイワノガリヤスで占められていた。2,000m 地点と同様に下枝が一方に張り出した個体と通直な個体が混在するが、林内にはほとんどカラマツの実生は見られず、剣ヶ峰大沢側の崩壊した尾根の縁の一部に稚樹の生育が認められた。なお、御中道大沢休泊所 (標高 2,317m) から標高約 2,200m の地点間では、尾根上の一部において筋状に表層土壌の侵食が生じていた。

2,900m 地点は、立上り型の個体で形成されたカラマツが優占する群落、ミヤマハンノキ (*Alnus maximowiczii*) が優占する群落、草本類群落、スコリアが露出した裸地が入り組んで存在した。また、木本類としてはミネヤナギ (*Salix reinii*)、コケモモ (*Vaccinium vitis-idaea*) がパッチ状の群落を形成し、溶岩が露出する場所にはイワヒゲ (*Cassiope lycopodioides*) が認められた。草本類としては、ヒメノガリヤス、フジハタザオ (*Arabis serrata*)、ミヤマキンバイ (*Potentilla matsumurae*)、コタヌキラン (*Carex doenitzii*) などが分布した。カラマツ群落内にはカラマツの実生や稚樹は認められなかったが、群落周辺のスコリアが堆積した部分には発芽間もない実生および発芽後数年を経過していると思われる稚樹ならびに、主幹の成長が長期的に阻害されていると思われる矮生型の孤立木が認められた。なお、尾根の西側に接する前沢内では、2,900m 地点の下端付近から低標高方向に向けて、樹高 30cm 程度までのサイズの不

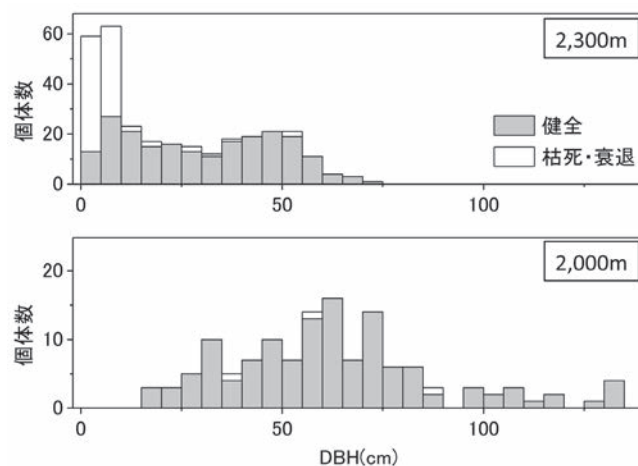


図3 標高 2,000m および 2,300m におけるカラマツの胸高直径の頻度分布 5cm 幅で個体の出現頻度を示した。

均質なカラマツ個体が多数認められた。

以上のように、2,000m、2,300m の各調査地点において、下枝が一方に張り出す等、過去に強風等の影響によりマット状の樹形だった痕跡を残すカラマツ個体が見られたことから、それぞれの地点においてカラマツの侵入初期の個体が残存していることが明らかになった。

3.2 カラマツの胸高直径および根元直径の分布

図3に 2,000m 地点および 2,300m 地点における 5cm 毎の胸高直径の度数分布を示す。なお、2,000m 地点および 2,300m 地点に関しては、樹高が胸高に満たない個体は調査対象としなかった。また、2,900m 地点については、根元が特定できた個体のみを調査したため、対象木の根元直径に偏りが生じている可能性があることから、その出現頻度分布は解析しなかった。

2,000m 地点では胸高以上の個体は 130 本存在し、その内の 3 本は枯死個体であった。生存個体の胸高直径の最小値は 16.8cm、最大値は、131.5cm であった。平均値は 62.9cm、中央は 60.8cm であった。0cm から 15cm のサイズクラスの個体は全く見られず、大きく見ると 60cm 付近にピークがある一山型となった。なお、強風や倒木等による物理的な損傷を除いて、枝先の枯れ等の樹勢の低下や枯死の兆候を示す衰退した個体は認められなかった。カラマツの実生や稚樹、サイズの小さい個体が存在しないことから、本地点では今後遷移が進み、シラビソなど常緑針葉樹が優占する亜高山帯針葉樹林に遷移していくものと考えられた。

2,300m 地点では、胸高以上の個体が 303 本存在し、その内の 92 本は枯死個体であった。枯死および枝先の枯れ等の衰退により生死が判定できなかった個体を除いた健全と考えられる個体の胸高直径の最小値は 2.7cm、最大値は 73.2cm であった。また、これらの個体の胸高直径の平均値は 30.1cm、中央値は 30.3cm であった。一方、枯死および衰退が認められる個体の胸高直径は 1.5cm ~ 55.0cm に

分布したが、平均値 7.4cm、中央値 5.0cm であり、枯死および衰退が小径木に集中する傾向が認められた。健全な個体の胸高直径は、5cm から 55cm まではほとんど一定であったが、細かく見ると 5cm ~ 10cm および、45cm ~ 50cm の階級にピークをもつ連続した 2 山型の分布を示した。本調査では、調査区内の胸高以下の個体について調査していないため、サイズ分布についての網羅的な議論はできないが、小径木や後述するように若い個体が多く見られることから、発達段階にある林であると考えられた。

図 4 に 2,900m 地点における調査可能個体における根元直径と樹高の関係について示した。根元直径の調査対象とした個体数は 20 本であり、根元直径の最小値は 17.8cm、最大値は 46.0cm であった。また、樹高の最小値は 1.8m、最大 3.1m であった。根元の埋没量が最も大きな個体では、土壌表面から発根部分までの深さが 48cm に達した。根元直径と樹高との間には一定の傾向は認められなかった。1987 年 ~ 1989 年の調査に基づく岡 (1992) の報告では、標高 2,900m に生育するカラマツの最高樹高は 1m 内外とされており、今回の調査結果からは約 20 年間で 2m 程度の樹高伸長が生じたこととなる。

3.3 標高と樹齢との関係

いずれの地点においても大径木を中心に、根元付近の年輪中心部分が腐敗している個体の割合が高く、年輪中心部まで連続した年輪コア試料採取ができた個体に限って、解析対象とすることとした。これらの個体には、中心部まで連続した年輪が採取出来たものの、途中で腐敗などにより年輪が欠損しているもの（年輪を読み取ることができない状態）も含めた。以下において、途中年輪が欠損しているものを一部年輪欠損個体、その年齢を最低樹齢と記載する。なお、2,000m 地点では、大径木のほとんどの個体において、

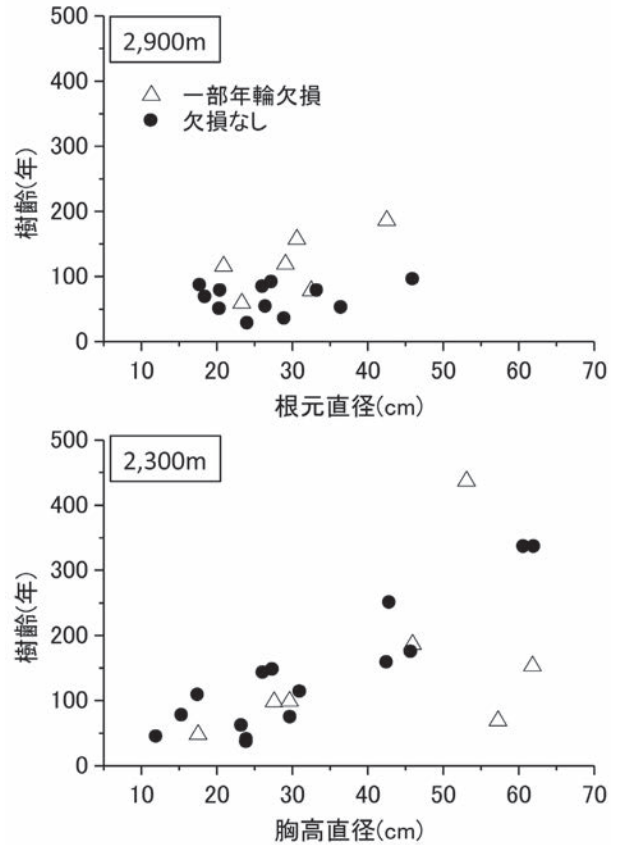


図 5 標高 2,300m および 2,900m におけるカラマツの幹径と樹齢の関係
胸高直径あるいは根元直径と成長錐で採取した年輪コア試料を用いて評価した樹齢との関係。試料採取時に年輪が破断した場合でも、連続性が確認できた場合には解析対象に含めた（一部年輪欠損）。

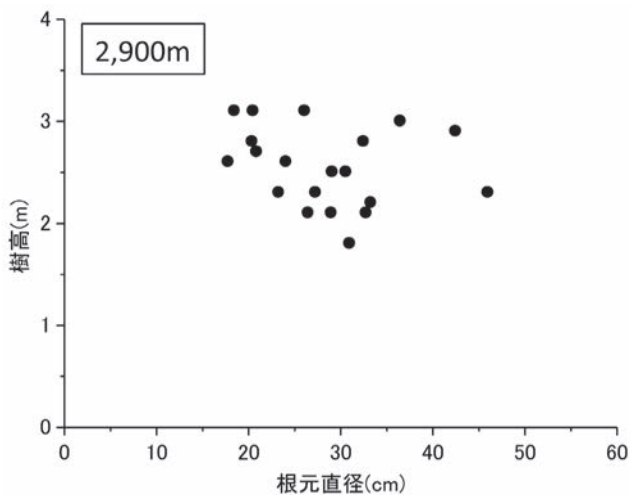


図 4 標高 2,900m におけるカラマツの根元直径と樹高の関係
標高 2,900m では根元が砂礫に埋没した個体が多く、根元が特定できた個体のみを調査対象とした。試料採取時に年輪が破断した場合でも、連続性が確認できた個体は解析対象に含めた（一部年輪欠損）。

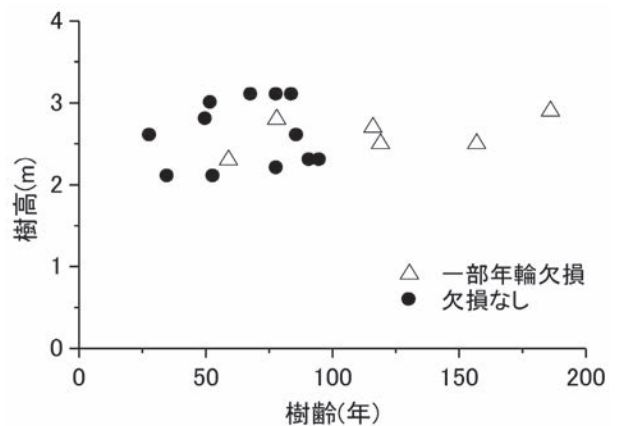


図 6 標高 2,900m におけるカラマツの樹齢と樹高の関係
成長錐で採取した年輪コア試料を用いて評価した樹齢と樹高との関係。試料採取時に年輪が破断した場合でも、連続性が確認できた個体は解析対象に含めた（一部年輪欠損）。

年輪内部が腐敗あるいは空洞化したり、幹の一部が表面まで枯損したりしていたため、樹齢の解析の対象から除外した。

図5に2,300m地点および2,900m調査地点における胸高直径あるいは根元直径と樹齢および推定樹齢の関係を示す。2,300m地点では、胸高直径が大きくなると出現する樹齢の上限値が高くなる傾向が認められた。しかしながら、必ずしも胸高直径が大きい個体の樹齢が高くなる傾向は見られなかった。2,300m地点の最高樹齢は胸高直径53.1cmの個体における推定樹齢437年であった(年輪コア試料採取高:地上0.3m)。また、樹齢解析の対象個体の中で最も大きい胸高直径62.1cmの個体の樹齢は336年であり(年輪コア試料採取高:地上0.3m)、両者の樹齢には約100年の差異が認められた。2,900m地点では、根元直径と樹齢の間には一定の傾向は認められなかった。同地点の最高樹齢は根元直径42.5cmの個体における推定樹齢186年、樹齢解析の対象個体の中で最も大きな根元直径46.9cmの個体の樹齢は95年であり、両者の間には約90年の差異が認められた。図6に2,900m地点の樹齢と樹高との関係を示す。胸高直径と樹高の関係と同様に、樹齢および推定樹

齢と樹高の間には一定の関係は認められず、樹高は、樹齢や幹の生長量で決定されているものではないと考えた。Maruta(1996)は、富士山森林限界におけるカラマツ樹高伸長の抑制が冬季の季節風に伴う飛散砂礫による損傷に起因するものであるとともに、カラマツ個体間の相互作用による風速の減衰効果によりその損傷が減少し、樹高伸長の増加が生じることを報告している。なお、2,900m地点の樹齢100年未満の個体でも3mに生長しており、樹木限界では、先駆的に進入した個体による風速の減衰効果により、新たに侵入した個体の樹高伸長成長が増大した可能性が示唆された。

3.4 森林限界上部における分布現状

岡(1992)の報告で樹木限界とされた2,900m以上の標高地点での目視による稚樹および実生のセンサスにより、標高2,950m付近において矮生型のカラマツの小群落を確認するとともに、標高3,010m～3,060mの範囲において地上高約40cm～60cmの矮生型を示す5個体を確認した(図7)。

同標高範囲においては、調査対象とした尾根の右側に位置する前沢右岸にも、複数の矮生型の個体が単木の状態で分布する様子が認められた。さらに、3,110mにおいて地上高130cm前後の個体3本、3,160mにおいて地上高38cmの個体を1本ずつ確認した。標高3,010mに生育する個体について、樹齢を調査した結果、64年生であることが明らかになった。ここで確認された個体の多くは、露出した岩や小規模な崖状地形の基部に位置しており、強風から守られるとともに、上方からの砂礫の移動・被覆や生息基部の土壌層の移動抑制等により生育が可能になったものと考えられた。

また、標高2,940m、3,010mにおいて出芽後数年～当年生と思われる実生をそれぞれ1個体ずつ確認した。いずれの実生も、露出した岩の斜面下側の細かいスコリア堆積物上に生育していた。2010年時点では、両個体とも胚軸が露出した状態であったが、2011年に確認したところ3,010mの個体は胚軸が砂礫に埋まり針葉のみが地上部に露出した状態であった。このような地点では、生育地点自体の土壌が流れにくく安定している半面、外部から移動・堆積する砂礫の影響を受けやすく、伸長成長に比較して砂礫の堆積速度が速い場合、砂礫中に埋没し枯死に至るものと考えられた。

標高3,160m～3,400mの区間においては、細かな砂礫が堆積した岩の隙間や露出した岩の基部等を中心にオンタデ、コタヌキラン、イワヒゲ等の生育が確認されたが、カラマツの実生、稚樹ともに確認できなかった。

以上のように、岡(1992)と比較して、標高2,900m地点で樹高がさらに上昇していること、さらに上部にもカラマツの新規侵入個体が見られることから、気候的に森林限界に近い標高までカラマツ林が見られる富士山西斜面においても、現在、森林限界や樹木限界が上昇していることが明らかになった。

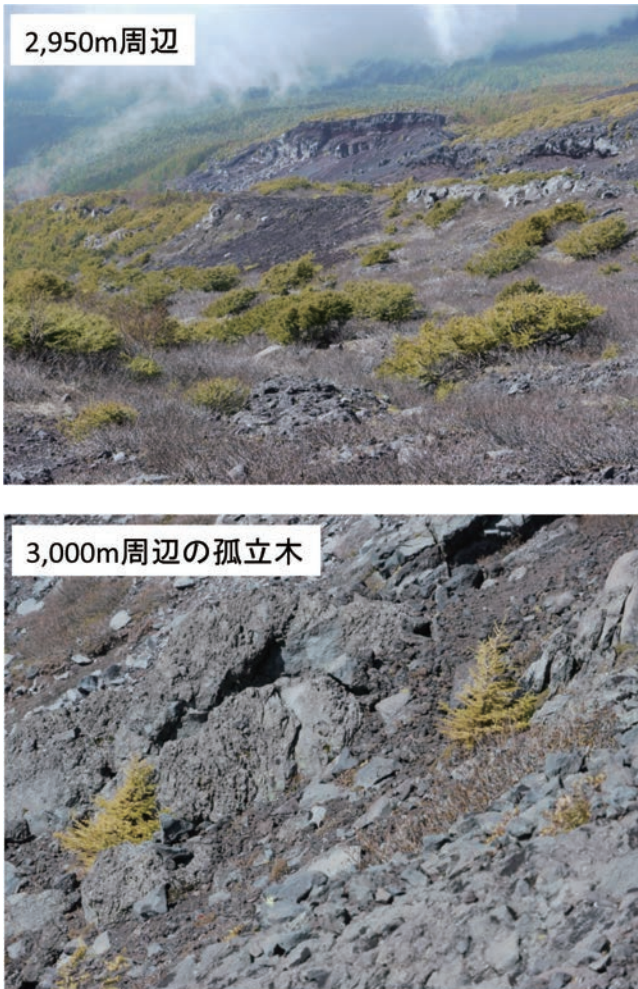


図7 樹木限界付近におけるカラマツの分布状態

3.5 高標高域への種子散布状況

2009年に生産・散布された種子に対して、2,900m地点では2個のシードトラップにおいてそれぞれ、16粒、21粒のカラマツ種子が捕捉された。一方、標高3,000mでは、いずれの地点でもシードトラップ内にカラマツの種子は捕捉されなかった。2009年が成り年に当たったにもかかわらず、標高2,900m付近で生産された種子の多くは、高標高域(山頂方向)には散布されなかった可能性が考えられる。種子分散範囲は風向と風速によって決定されると考えられるが、種子生産の豊凶と種子散布時期の風況の同期の有無が、樹木の山頂方向への移動を規定する大きな要因となっている可能性が示唆された。

謝辞

本研究における現地調査を実施するにあたり、調査機材の運搬をはじめとする種々の作業に御助力いただいた株式会社セレスの皆さまに深く感謝の意を表します。

引用文献

梶勝次(1974)カラマツの胚珠の発育と種子不稔性. 北海道林業試験場報告, 12, 昭和49年10月
Maruta M. (1996) Winter water relations of timberline larch (*Larix leptolepis*) on Mt.Fuji. *Trees* 11,119-126

丸田恵美子・増山賢俊(2009) 富士山南斜面における森林限界の上昇メカニズム. 富士山研究, 3, 1-12
Nakamura T. Forest succession in the subalpine region of Mt.Fuji, Japan. *Vegetatio*, 64, 15-27
大沢雅彦・鈴木三男・渡辺隆一・入倉清次・阿部葉子(1971) 富士山における垂直分布帯の形成過程. 「富士山」(津屋弘達ら編), 371-421. 富士急行, 東京.
Ohsawa, M. (1984) Differentiation of vegetation zones and species strategies in the subalpine region of Mt.Fuji. *Vegetatio*, 57, 15-52
岡秀一(1992) 富士山西斜面における樹木限界の群落構造とその動態. 地理評 69A-8, 587-602
岡秀一・大賀宣彦・管野洋光(1992) 富士山北西斜面七太郎尾根におけるカラマツ低木林の成立と斜面形成. 第四紀研究, 31, 213-220
Tanaka A, Yamamura Y, Nakano T (2008) Effects of forest-floor avalanche disturbance on the structure and dynamics of a subalpine forest near the forest limit on Mt. Fuji. *Ecol Res* 23,71-81
遠山三樹夫(1966) 富士山の亞高山帯針葉樹林: 富士山の森林植生 第IV報. 北海道大学農学部邦文紀要, 6(1), 1-33