

## 速報

## スギ集団葉枯症の発生林分と隣接未発生林分の土壌\*1

—宮崎県椎葉村の事例—

今矢明宏\*2 · 酒井正治\*2 · 大貫靖浩\*2 · 赤間亮夫\*3

キーワード：スギ，衰退現象，葉枯症状，土壌，養分欠乏

## I. はじめに

宮崎県北部を中心とし、九州各地でも類似の現象が報告されつつあるスギの集団的な衰退現象は、樹冠上部の針葉の黄～赤変にはじまる葉枯症状で、葉量の低下、梢端部の枯損、そして稀ではあるが枯死にいたるものである(6, 9, 11)。その発生要因については、病害(5)、立地(10)等について検討されつつあるが、未だ解明には至っていない。しかし、福里ら(1)の報告した衰退林分での表層土壌の養分状態は、酸性雨等森林衰退モニタリング事業第一期におけるスギ林表層土壌(8)の養分状態と比較して交換性カルシウムが多い割にマグネシウムやカリウムが少なく、養分バランスの欠如や相対的な養分欠乏(7)の可能性を示していた。このような養分欠乏がスギ葉の変色を引き起こすことは苗木での報告(2, 13)でも知られるところであり、養分欠乏やバランスの欠如といった養分ストレスが今回の衰退現象の一因となっていると考えられる。ここでは、被害の著しい林分とその隣接する被害の見られない林分における土壌調査を行い、その養分状態について検討を行った。

## II. 調査地と方法

調査地は宮崎県東臼杵郡椎葉村の松木、大藪地区の民有林である。それぞれの地区において衰退現象の見られる林分(以下、被害発生林分)と隣接する健全とみられる林分(以下、被害未発生林分)を調査した。各林分は林齢35年生以上の林分である。松木調査区は標高1150m、傾斜37～38°、斜面方位SSW～SWの平衡斜面中部に位置し、被害発生林分はチャート、被害未発生林分は石灰岩を主とする表層地質上にあり、この地質界を境に両林分が隣接していた。大藪ではパッチ状に発生、未発生林分が混在しており、調査区の標高は680mで、傾斜、斜面方位は、被害発生林分が35°、Eの山地急斜面中部に、被害未発生林分が22°、NNWの小尾根上に位置していた。両林分とも表層地質は頁岩であった。

各林分において土壌断面調査を行い、各層位から化学分析用試料を採取した。また断面において5000cc採土円筒を用いて根系の分布調査を深さ60cmまで行った。実験室で採取土壌から水洗で根を選別し、風乾後、長さ1cm未満の脱落根ならびに腐朽根、枯死根を除く健全なものに限り、これを生根の直径により2mm未満、2～5mm、5mm以上に区分し、105℃で24時間以上絶乾した後、それぞれ重量を測定した。堆積有機物は各林分3箇所ずつ、50cm×50cmの方形枠を設け採取した。土壌pH(水ならびに1NKCl)は生土について1:2.5の比率で、ガラス電極法にて、電気伝導度(EC)は1:5の比率で電気伝導度計にて、交換性塩基は風乾後の細土について0.05M酢酸アンモニウム及び0.0114M塩化ストロンチウム溶液で抽出後、原子吸光法で測定した(4)。

## III. 結果と考察

## 1. 土壌断面

各林分の土壌断面記載を表-1に示した。松木調査区では、被害発生林分は適潤性褐色森林土でチャートのレキを多く含んでいたが、未発生林分は適潤性褐色森林土(偏乾亜型)で最下層は表層地質である石灰岩に富むが、それより上部の層ではレキが少なく、頁岩も混じっていた。さらに石灰岩土壌としては粘土質でなく、暗色みに欠けていた。これらのことから斜面上部からの異種土壌の混和が考えられた。大藪調査区では、被害発生林分は適潤性褐色森林土で、未発生林分はA層が薄く適潤性黄色系褐色森林土(偏乾亜型)に区分された。両調査区とも、未発生林分でよりシルト質な野外土性を示していた。被害発生林分は未発生林分より適潤性でスギの生育により適しているが、緻密度が高く、下層でより砂質な土性を示していた。

## 2. 根系分布

直径階毎の根系分布を図-1に示した。水や養分の吸収で重要な2mm以下の細根は、被害発生林分では、大藪調査区の0-5cmに少ないのを除き、深さに伴い徐々に減少していた。大藪調

\*1 Imaya, A., Sakai, M., Ohnuki, Y. and Akama, A.: Nutrient status of soils in declining Sugi plantations.

\*2 森林総合研究所九州支所 Kyushu Res. Center. For. Forest Prod. Res. Inst., Kumamoto 860-0862

\*3 林野庁研究普及課 Forestry Agency, Tokyo 100-8952

表-1. 土壌断面記載

## 断面番号: 松木1 (被害発生林分)

林野土壌の分類 (1975): 適潤性褐色森林土

調査年月日: 2004年6月22日 調査者: 今矢明宏・大貫靖浩・酒井正治

調査地点: 宮崎県東臼杵郡椎葉村下福良字松木 (北緯131° 7' 34", 東経32° 30' 3")

地質・母材: チャート 地形: 平衡山地急斜面中部 傾斜: 37° 斜面方位: S38W 標高: 1150m

## 【断面記載】

L: 1-0 cm, 0.7kgm<sup>-2</sup>

A: 0-10cm, 湿のとき極暗褐色 (7.5YR 2/3), SiCL, 強度の小団粒状構造と中度の小垂角塊状構造, 湿のとき非常に砕け易い, 緻密度11.6, 細小根含む, 中大根まれ, チャート風化中角礫乏し, 層界平坦判然。

AB: 10-22cm, 湿のとき暗褐色 (7.5YR 3/3), SiCL, 強度の中垂角塊状構造と強度の小団粒状構造, 湿のとき非常に砕け易い, 緻密度14.6, 細小根含む, 中大根まれ, チャート風化大から粗大角礫含む, 層界波状判然。

Bw: 22-50cm, 湿のとき褐色 (7.5YR 4/3), CL, 弱度の中垂角塊状構造, 湿のとき非常に砕け易い, 緻密度14.2, 細小中根乏し, 大根まれ, チャート風化粗大角礫富む, 層界平坦判然。

BC 1: 50-75cm, 湿のとき褐色 (7.5YR 4/4), CL, 構造なし, 湿のとき非常に砕け易い, 緻密度13, 細小根まれ, チャート風化粗大角礫すこぶる富む, 層界平坦漸変。

BC 2: 75-100+ cm, 湿のとき褐色 (7.5YR 4/6), SC, 構造なし, 湿のとき非常に砕け易い, 緻密度15.6, 細小根まれ, チャート風化粗大角礫すこぶる富む。

## 断面番号: 松木2 (被害未発生林分)

林野土壌の分類 (1975): 適潤性褐色森林土 (偏乾亜型)

調査年月日: 2004年7月13日 調査者: 今矢明宏・酒井正治

調査地点: 宮崎県東臼杵郡椎葉村下福良字松木 (北緯131° 7' 30", 東経32° 30' 4")

地質・母材: 石灰岩 地形: 平衡山地急斜面中部 傾斜: 38° 斜面方位: S26W 標高: 1150m

## 【断面記載】

L: 6-0 cm, 1.3kgm<sup>-2</sup>

A 1: 0-5 cm, 湿のとき黒褐色 (7.5YR 3/2), SiCL, 強度の微小団粒状構造, 粗しよう, 緻密度2.6, 細小根乏し, 中大根まれ, 頁岩風化小から中垂角礫まれ, 層界平坦判然。

A 2: 5-18cm, 湿のとき暗褐色 (7.5YR 3/3), SiCL, 強度の中垂角塊状構造, 湿のとき非常に砕け易い, 緻密度9.8, 細小根含む, 中根乏し, 頁岩風化小垂角礫まれ, 層界平坦判然。

Bw 1: 18-40cm, 湿のとき暗褐色 (7.5YR 3/4), SiCL, 弱度の大垂角塊状構造, 湿のとき非常に砕け易い, 緻密度8.4, 細小根乏し, 中根まれ, 頁岩及び石灰岩風化中垂角礫まれ, 層界平坦判然。

Bw 2: 40-68cm, 湿のとき褐色 (7.5YR 4/4), SiCL, 非常に弱度の大垂角塊状構造, 湿のとき非常に砕け易い, 緻密度11.6, 細小根乏し, 中根まれ, 頁岩及び石灰岩風化中から大垂角礫まれ, 層界平坦判然。

Bw 3: 68-100+ cm, 湿のとき褐色 (7.5YR 4/4), CL, 中度の大垂角塊状構造, 湿のとき非常に砕け易い, 緻密度14, 細小中根まれ, 石灰岩風化粗大から巨垂角から垂門礫富む。

## 断面番号: 大藪1 (被害発生林分)

林野土壌の分類 (1975): 適潤性褐色森林土

調査年月日: 2004年8月2日 調査者: 今矢明宏・大貫靖浩・酒井正治

調査地点: 宮崎県東臼杵郡椎葉村大河内字大藪 (北緯131° 9' 12", 東経32° 19' 24")

地質・母材: 頁岩 地形: 山地凹型急斜面中部 傾斜: 35° 斜面方位: N84E 標高: 680m

## 【断面記載】

L: 11-7 cm, L, F 合せて1.7kgm<sup>-2</sup>

F: 7-0 cm

A 1: 0-5 cm, 湿のとき黒褐色 (10YR 2/3), SiCL, 中度の小垂角塊状構造, 非常に弱度的小団粒状構造, 湿のとき非常に砕け易い, 緻密度8.2, 細小根乏し, 頁岩風化中角礫乏し, 層界平坦判然。

A 2: 5-35cm, 湿のとき暗褐色 (10YR 3/3), SiL, 中度の小垂角塊状構造, 湿のとき非常に砕け易い, 緻密度16.8, 細小根乏し, 中根乏し, 頁岩風化大から粗大角礫含む, 層界波状判然。

Bw: 35-50cm, 湿のとき褐色 (10YR 4/4), SCL, 非常に弱度微小から小垂角塊状構造, 湿のとき非常に砕け易い, 緻密度13.4, 細小根乏し, 中根まれ, 頁岩風化大から粗大角礫含む, 層界平坦漸変。

CB: 50-67cm, 湿のときに黄褐色 (10YR 5/3), SL, 構造なし, 緻密度16, 細小根まれ, 頁岩風化大から粗大角礫富む, 層界波状漸変。

C: 67-100+ cm, 湿のとき褐色 (10YR 4/6), SL, 構造なし, 緻密度18.2, 頁岩風化粗大から巨角礫すこぶる富む。

## 断面番号: 大藪2 (被害未発生林分)

林野土壌の分類 (1975): 適潤性黄色系褐色森林土 (偏乾亜型)

調査年月日: 2004年8月9日 調査者: 今矢明宏・大貫靖浩・酒井正治

調査地点: 宮崎県東臼杵郡椎葉村大河内字大藪 (北緯131° 9' 11", 東経32° 19' 24")

地質・母材: 頁岩 地形: 尾根 傾斜: 22° 斜面方位: N30W 標高: 680m

## 【断面記載】

L: 8-3 cm, L, F 合せて2.2kgm<sup>-2</sup>

F: 3-0 cm

A: 0-5 cm, 湿のとき暗褐色 (10YR 3/3), SiL, 中度の小垂角塊状構造, 弱度微小単粒状構造, 湿のとき非常に砕け易い, 緻密度14.2, 細小根富む, 中根乏し, 頁岩風化小から大角礫含む, 層界平坦判然。

Bw 1: 5-32cm, 湿のとき褐色 (10YR 4/4), SiL, 弱度小垂角塊状構造, 湿のとき非常に砕け易い, 緻密度11.2, 細小根富む, 中根乏し, 大根まれ, 頁岩風化大から粗大角礫含む, 層界平坦判然。

Bw 2: 32-50cm, 湿のとき褐色 (10YR 4/6), SiL, 弱度小垂角塊状構造, 湿のとき非常に砕け易い, 緻密度8.4, 細小根富む, 中根乏し, 大根まれ, 頁岩風化小から大角礫含む, 層界平坦判然。

CB: 50-65cm, 湿のとき褐色 (10YR 4/6), CL, 弱度小垂角塊状構造, 緻密度4.6, 湿のとき非常に砕け易い, 細小根含む, 中根乏し, 大根まれ, 頁岩風化粗大角礫富む, 層界平坦判然。

R: 65-80+ cm, 頁岩風化巨角礫支配的, 細小根まれ。



松木1 (被害発生林分) 松木2 (被害未発生林分) 大藪1 (被害発生林分) 大藪2 (被害未発生林分)

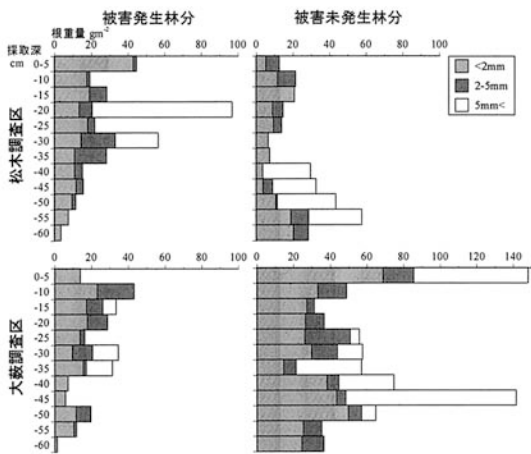


図-1. 根系分布

査区では、根株部に転石によるキズを受けた個体が多数確認されており、地表面の激しい攪乱が最表層の根を衰弱させたと考えられた。これらの林分では表層部で脱落、腐朽根として除外されたものも多く、これも含めると細根は表層集中型の分布を示すといえる。一方、被害未発生林分では、大藪で最表層の細根量が多くなってはいるが、主にレキ層の上部に相当する深さに集中して分布していた。また未発生林分では調査区により細根量が大きく異なり、松木調査区で少なく、大藪調査区では脱落、腐朽根も含め多くなっていた。これは松木が石灰岩由来の土壤で養分となるカルシウムが多いこと、大藪が尾根部で乾燥傾向が強く、また黄色系亜群に区分されたように貧栄養であることが関係していると考えられた。これに対し被害発生林分では両調査区の細根量、分布様式に大きな差異はなく、被害発生林分における根系展開因子の類似性を示唆していると考えられた。

### 3. 土壌化学性

土壌の化学性を図-2に示した。石灰岩土壤である松木被害未発生林分が土壌pH(水)で6~7、KClで5~6と高いが、これ以外の林分は水で4.6前後、KClで3~4と違いは認められなかった。松木被害未発生林分は最表層で最下層に近い高い値を示し、第二層位で最も低く、以降深さに伴い徐々に高くなっていった。その他の林分では表層で低く深さに伴い徐々に高くなっていったが、その変化量は小さかった。これらのpHは九州の平均値よりは低いものの、その範囲内であった(12)。またECは松木被害未発生林分、大藪被害発生林分のそれぞれ最表層で高いものの、第二層位以下ではどの林分もほぼ同じ範囲を示し、深さによる変化もほとんど認められなかった。

交換性塩基については、松木調査区では被害未発生林分が高く、母材である石灰岩を反映して特にカルシウムに富んでいた。大藪調査区では被害発生林分の表層で高いほかは、林分間の差異は認められなかった。また交換性カリウムにみられる林分間の差異は、カルシウムやマグネシウムと比べ小さく、被害発生要因としては考えにくい。交換性塩基の断面内垂直分布様式は被害発生の有無に拘わらず、樹幹流や落葉からの供給により最表層で高く、第二層位以下では深さに伴う変化をほぼ示さなかった。

松木調査区では交換性塩基の少なさと被害の発生が一致しており、衰退現象が養分欠乏によって引き起こされていることを示唆

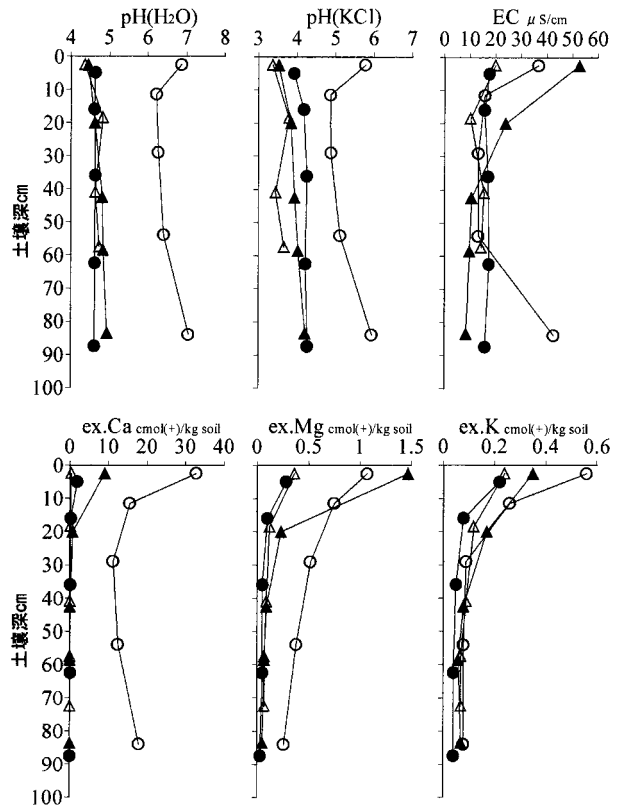


図-2. 土壌の化学性

松木調査区；●被害発生林分，○：被害未発生林分  
大藪調査区；▲被害発生林分，△：被害未発生林分

していた。一方、大藪調査区では表層部に十分な交換性塩基が存在する林分のように被害が発生していた。これは前述したように、この林分では表層部の細根が地表面の攪乱によって衰弱しており、十分な機能を果たさず、第二層位以下には交換性塩基が少ないことから、養分欠乏状態となったと考えられた。一方、被害未発生林分は養分状態で発生林分に劣るが、境界木であることから品種が異なる可能性があり、それによって被害が発生しないということも考えられ、この点については今後の検討を要する。

また、養分ストレスとしては、欠乏のほかにバランスの崩壊や欠如が考えられる。図-3には、養分バランスとして交換性カリウムに対するカルシウムとマグネシウムの関係を全国スギ林表層土壌(8)と合せて示した。生育良好なスギ林土壌の養分バランスは、点線で示したように、カリウムを1としたとき、カルシウム15、マグネシウム2.5と報告されている(3)。これに対し調査区では、松木被害未発生林分と大藪被害発生林分の表層を除き、カルシウム0.7~8.4、マグネシウム1.0~1.5と低くなっていた。一方、松木被害未発生林分ではカリウムとマグネシウム間のバランスは良いものの、カルシウムが60~220と非常に高く、相対的なカリウム、マグネシウム欠乏を引き起こしてもおかしくない状態にあった。このように養分バランスの欠如も認められたが、これと被害発生の有無との関係は認められなかった。全国スギ林表層土壌(8)や伊藤(3)の報告と比較し、交換性塩基量が著しく少ないことから、養分バランスの欠如よりも絶対的な養分欠乏が、被害発生により強く影響しているものと考えられた。

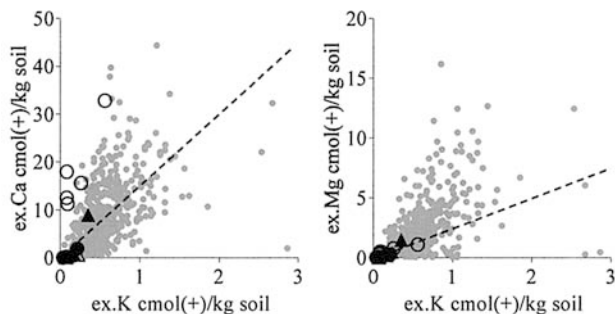


図-3. 交換性塩基のバランス  
 松木調査区；●：被害発生林分，○：被害未発生林分  
 大森調査区；▲：被害発生林分，△：被害未発生林分  
 ●：酸性雨等森林衰退モニタリング事業第1期（スギ林）

このように同一地区内の被害発生林分と隣接する被害未発生林分の養分状態の比較から、とくに松木地区では、衰退現象の一因が養分ストレスによるものであることが示唆された。しかし、これらの養分状態によって実際に養分欠乏が起こるものであるかは生理的な面から検討する必要がある。また九州の土壤は、被害発生林分ほどではないものの、全国と比較して交換性塩基に乏しい傾向にあることから (12)、今後の被害の拡大について注視していく必要がある。

#### IV. まとめ

スギの集団的な衰退現象がみられる宮崎県椎葉村において、被害発生林分と隣接した未発生林分の土壤を調査した。被害発生林分は適潤性褐色森林土でスギ適地であるが、被害未発生林分と比べ土壤の緻密度が高く、下層ほど砂質な土性を示し、細根が表層に集中分布するといった特徴を有していた。またその交換性塩基類はバランスの悪さもさることながら、絶対的な欠乏状態を示し

ており、これが衰退現象の一因であることが示唆された。

しかしながら、被害発生は生育良好な林分で多く、生育初期～中期にかけては養分欠乏を起こしていたとは考えられない。この潜在的な養分欠乏状態が影響し始めるのは、中壮齢林になってからと考えられるが、長伐期化でこのような林分が多くなり、被害が顕在化したのか、台風や干ばつ等、他の環境要因が誘因となったのかは定かでなく、今後の検討を要する。

なお、本研究は森林総合研究所運営交付金プロジェクト（課題番号：200305）として行われた。また、宮崎県林業技術センターの讚井孝義氏、黒木逸郎氏、福里和朗氏には調査地の選定に対し多大なる協力と助言を得た。森林総合研究所の長倉淳子氏にはスギの養分欠乏に対して文献の紹介と助言を得た。また山林所有者には調査にあたり快諾頂いた。ここに合せて謝意を表する。

#### 引用文献

- (1) 福里和朗・松下啓太 (2004) 九州森林研究57: 258-260.
- (2) 生原喜久雄・相場芳憲 (1978) 日林誌60: 41-48.
- (3) 伊藤忠夫 (1976) 茨城林試研報9: 66-67.
- (4) 亀和田國彦・柴田和幸 (1997) 土肥誌68: 61-64.
- (5) 黒木逸郎・讚井孝義 (2004) 九州森林研究57: 233-234.
- (6) 黒木逸郎 (2004) 林業みやざき2004-7: 10.
- (7) 増田芳雄 (1988) 植物生理学, 386pp, 培風館, 東京.
- (8) 林野庁 (1997) 酸性雨等森林被害モニタリング事業報告書, 74pp.
- (9) 讚井孝義・西村五月 (2001) 日林九支研論54: 103-104.
- (10) 讚井孝義・黒木逸郎 (2004) 九州森林研究57: 235-238.
- (11) 讚井孝義 (2004) 森林防疫53: 66-76.
- (12) 佐々木重行ほか (2001) 森林立地43: 45-52.
- (13) 塘隆男 (1962) 林試研報137: 1-158.

(2004年11月8日 受付; 2004年11月29日 受理)