

塩基欠乏条件で育成したスギ苗の養分状態と症状

長倉淳子・稲垣昌宏 (森林総研)・重永英年 (森林総研九州)・三浦覚 (森林総研)

要旨: 関東平野のスギ林衰退や、九州広域で発生しているスギ集団葉枯症の原因として、養分の欠乏やアンバランスといった栄養的なストレスの関与が指摘されている。本研究では、塩基欠乏の症状や葉の養分状態を確認するために、カリウム(K)、カルシウム(Ca)、マグネシウム(Mg)が欠乏した液肥を与えてスギ苗木を育成した。処理を開始した当年の秋には、K 欠乏苗は幹に近い旧葉から退色し、Mg 欠乏苗は全体が黄色した後、下葉から赤く変色する個体があった。しかし、欠乏させた塩基の葉中濃度は低いとは限らなかった。

キーワード: 栄養ストレス, 塩基欠乏, 可視症状, スギ, 葉の養分濃度

I はじめに

関東地方平野部のスギ林では1960年代から梢端枯れ、枯死などの衰退が報告されている(5, 10)。衰退の原因として大気汚染物質や水ストレスの影響や栄養ストレスといった仮説が立てられたが、特定するに至っていない。また、九州では近年、樹冠上部の旧葉が赤～黄褐色に変色して枯死・脱落することを特徴とした葉枯れ症状を示すスギの集団的な衰退現象が広域に発生している(2)。発生原因を特定するため、立地や病害の面から調査が進められており、カリウム(K)、カルシウム(Ca)、マグネシウム(Mg)といった塩基のアンバランスやK 欠乏の関与が示唆されている(3)。ヨーロッパでは1970年代に旧葉の黄化を特徴とする森林衰退(主にドイツトウヒ)が広域で発生し、Mg 欠乏が衰退の原因とされた(4)。

一般的な塩基欠乏症状は、K は古い葉のクロロシスおよびネクロシス、Ca は若い葉の枯れ、Mg は古い葉のクロロシスといわれている(6)。スギの塩基欠乏症状については苗木の水耕実験や砂耕実験による報告がいくつかみられるが(7, 9)、必ずしも統一した結果は得られていない。

本研究では、スギの塩基欠乏の症状を確認し、塩基欠乏症状と葉の養分状態との関係を明らかにすることを目的として、K, Ca, Mg が欠乏した培養液を与えてスギ苗木を土耕栽培し、葉色の変化を経時観察するとともに、秋期に当年葉の養分濃度を測定した。

II 材料と方法

茨城県つくば市の森林総合研究所苗畑において播種・育成されたスギ2年生実生苗を材料として用いた。種子は福島県西会津郡西会津町産である。2007年6月、赤玉土小粒を培地とした2,000分の1アールのワグネルポットに苗木を2本ずつ移植した。使用した赤玉土のpH、交換性陽イオン量を表-1に示す。ポットは12個作成し、そのうち9個には透明のアクリルチューブを埋め込んだ。

充分灌水しながら50日間順化させ、その間に完全培養液を2回与えた。2007年7月26日に苗木を3ポットずつ4群に分け、対照区、K 欠乏区、Ca 欠乏区、Mg 欠乏区として処理を開始した。対照区には完全培養液を、欠乏区には各塩基を除いた培養液を2週間に一回与え、他の灌水には純水を用いた。完全培養液の組成を表-2に示す。処理開始1ヶ月後から1～2週間に一回地上部を写真撮影した。苗木の栽培は半透明の屋根によって降水を遮断した野外条件下で行った。処理開始から約4ヶ月後の2007年11月16日に、当年葉を採取し、アクリルチューブからUSB カメラタイプのマイクロスコープを用いて根部を撮影した。その後は純水による灌水のみを行い、2008年2月28日から培養液の灌水を再開し、2008年11月14日に当年葉を採取した。

採取した葉は純水で表面の付着物を洗い落として熱風乾燥した後に粉碎し、養分分析に供した。葉の窒素(N)濃度は、NC アナライザ(NC-900, 住友化学)を用いて測定した。また、過塩素酸と硝酸で湿式灰化した後、ICP 発光分析装置(Optima4300DV, PerkinElmer)を用いてK, Ca, Mg, リン(P)濃度を定量した。

III 結果と考察

1. 葉色の変化 処理開始時(2007年7月)にはすべての個体が緑色で新葉が順調に伸長していた。処理40日後の9月初頭にはMg 欠乏区の1個体が全体に黄褐色になり、徐々に下葉の枝先から赤くなり、9月下旬には全体が赤色になって枯死に至った。Mg 欠乏区の他の個体は緑色のままだった。これまでもスギのMg 欠乏では下葉が赤褐色になることが報告されており(7)、本実験でも同様の症状がみられたといえる。9月下旬にはK 欠乏区の1個体が旧葉から退色しはじめ、枝先は黄緑、旧葉は赤褐色になった。K 欠乏区の他の個体は緑色のままだった。スギのK 欠乏症状では葉が濃緑色になり下葉が茶褐色になることが報告されているが(7)、今回は症状が

Junko NAGAKURA, Masahiro INAGAKI (For. and Forest Prod. Res. Inst., Ibaraki 305-8687), Hidetoshi SHIGENAGA (Kyushu Res. Center, FFPRI), Satoru MIURA (FFPRI)

Nutrient status and symptoms in seedlings of Japanese cedar growing under cation deficit conditions.

異なった。Ca 欠乏区では目立った症状はみられなかった。10 月下旬にはすべての処理区で葉色がくすみはじめた。変色した K 欠乏区の個体も含め、翌春には葉色が緑に回復した。処理 2 年目 (2008 年) には処理による顕著な葉色の違いは観察されなかった。

2. 葉の養分濃度 処理開始年 (2007 年) の秋期における葉の塩基濃度への塩基欠乏処理の影響は明らかでなかった (図-1)。対照区は欠乏区に比べて葉の K, Ca, Mg, N, P 濃度が高い傾向がみられた。K 欠乏区は他の処理と比較して K 濃度は低くなかったもの、N, P 濃度が低い傾向があった。K 欠乏区の葉色の変化はこれまでに報告されている K 欠乏の症状と一致しなかったが、K 欠乏区では葉の K 濃度が低下していなかったことから、別の要因による変化であった可能性がある。Ca 欠乏区の Ca 濃度は対照区と同程度だったが、Mg 濃度が低かった。Mg 欠乏区は対照区より Mg 濃度がやや低かった。同一処理区内でも葉の養分濃度は個体差が大きく、分散分析の結果、処理間で有意差はみられたのは 2007 年の Mg 濃度だけだった。

処理 2 年目 (2008 年) の秋期には、K 欠乏区では他の処理区に比べ、有意ではないが K, Mg, N, P 濃度が低い傾向がみられた (図-2)。K 欠乏区の葉は 2007 年にも N, P 濃度が低かったことから、K の不足が N, P の吸収に影響した可能性がある (II)。Ca および Mg 欠乏区の葉の Ca, Mg 濃度は他の処理区と同程度だった。2008 年には、すべての処理区で前年に比べ、N, P 濃度が低かった。この N, P 濃度はスギの苗木の値としてやや低いことから (I, 8), 2008 年には N, P が不足していたと考えられる。そのために成長が制限され、塩基欠乏区でも葉中の塩基濃度が低下しにくかった可能性がある。葉の Ca 濃度は処理区に関わらず、2008 年には 2007 年の 1.5~2 倍に増加していた。Ca は樹体内での移動性が低いため、蓄積されたと考えられる。

3. 根の様子 Ca 欠乏によって砂耕栽培のスギで白根の発育が停止し、黒褐色に変色したことが報告されているが (9), 本試験では Ca 欠乏区を含むすべての処理区で白根がよく伸長しており、枯死根はみあたらなかった。

IV まとめ

本研究では、塩基欠乏条件でスギ苗を育成したが、明瞭な欠乏症状や葉の塩基濃度の低下はみられなかった。Mg 欠乏区では葉の Mg 濃度がやや低下し、苗木全体が黄化した後、下葉から赤く変色した。K 欠乏区では旧葉から退色し、赤褐色に変色したが、葉の K 濃度は低下せず、葉の N, P 濃度が低下した。Ca 欠乏区では目立った症状はみられず葉の Ca 濃度も低下しなかった。

今回、塩基欠乏処理が葉の塩基濃度に反映されにくかったのは、植物体内での移動性が高い K や Mg は不足すると旧葉から当年葉に移動すること (6), 苗木であるため塩基の必要量が少なかったこと、培土に含有される塩基が利用されたこと等が原因と考えられる。今後は当年葉だけでなく旧葉の養分濃度を測定する、土耕法よりも欠乏条件が作りやすい水耕法や砂耕法を用いる等の改善が必要である。

しかし、K 欠乏区で葉の N, P 濃度が低下するなど、K 欠乏によって樹体の養分バランスが崩れることが示唆された。この点についてはさらなる研究が必要と考えられる。また、野外で発生しているスギの衰退と塩基欠乏の関係を明らかにするためには、土壌や植物体の養分状態を把握するだけでなく、施肥によって症状改善がみられるかを確認することも必要だろう。

引用文献

- (1) 赤間亮夫・西本哲昭・溝口岳男 (1996) 土壌化学的要素による栄養ストレスとスギの生育. 森林立地 **38** : 123-132.
- (2) 今矢明宏・重永英年 (2006) スギ集団葉枯症の発生地域とその特徴. 九州森林研究 **59** : 247-248.
- (3) 今矢明宏・重永英年 (2008) スギ集団葉枯症の発生地域とその土壌養分状態. 九州森林研究 **61** : 146-147.
- (4) 国際食糧農業協会編 (1996) 樹木と森林の衰退. 125pp., 東京.
- (5) 松本陽介・小池信哉・河原崎里子・上村章・原山尚徳・伊藤江利子・吉永秀一郎・大貫靖浩・志知幸治・奥田史郎・石田厚・埤田宏 (2002) 関東平野における樹木衰退の 1999 年~2001 年の状況. 森林立地 **44** : 53-62.
- (6) MARSCHNER, H (1995) Mineral nutrition of higher plants. 889pp., Academic press.
- (7) 宮崎榊 (1957) 苗木育成法. 424pp., 高陽書院., 東京.
- (8) NAKAJI, T., FUKAMI, M., DOKIYA, Y. and IZUTA, T. (2001) Effects of high nitrogen load on growth, photosynthesis and nutrient status of *Cryptomeria japonica* and *Pinus densiflora* seedlings. *Trees* **15**:453-461.
- (9) 塘隆男 (1962) わが国主要造林樹種の栄養および施肥に関する基礎的研究. 林試研報 **137** : 1-158.
- (10) 山家義人 (1978) 都市域における環境悪化の指標としての樹木衰退と微生物相の変動. 林試研報 **30**:119-129.
- (11) ZHANG, F., NIU, J., ZHANG, W., CHEN, X., LI, C., YUAN, L., XIE, J. (2010) Potassium nutrition of crops under varied regimes of nitrogen supply. *Plant and Soil* **335**:21-34.

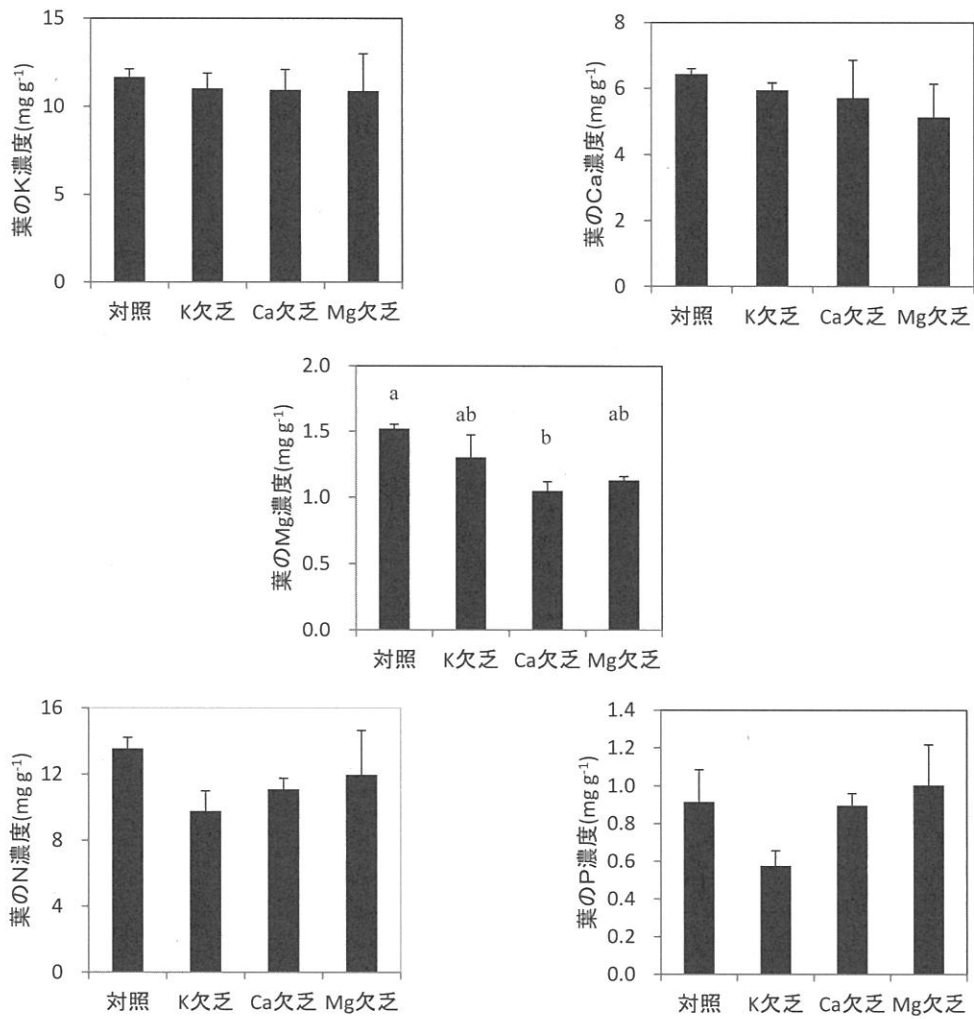
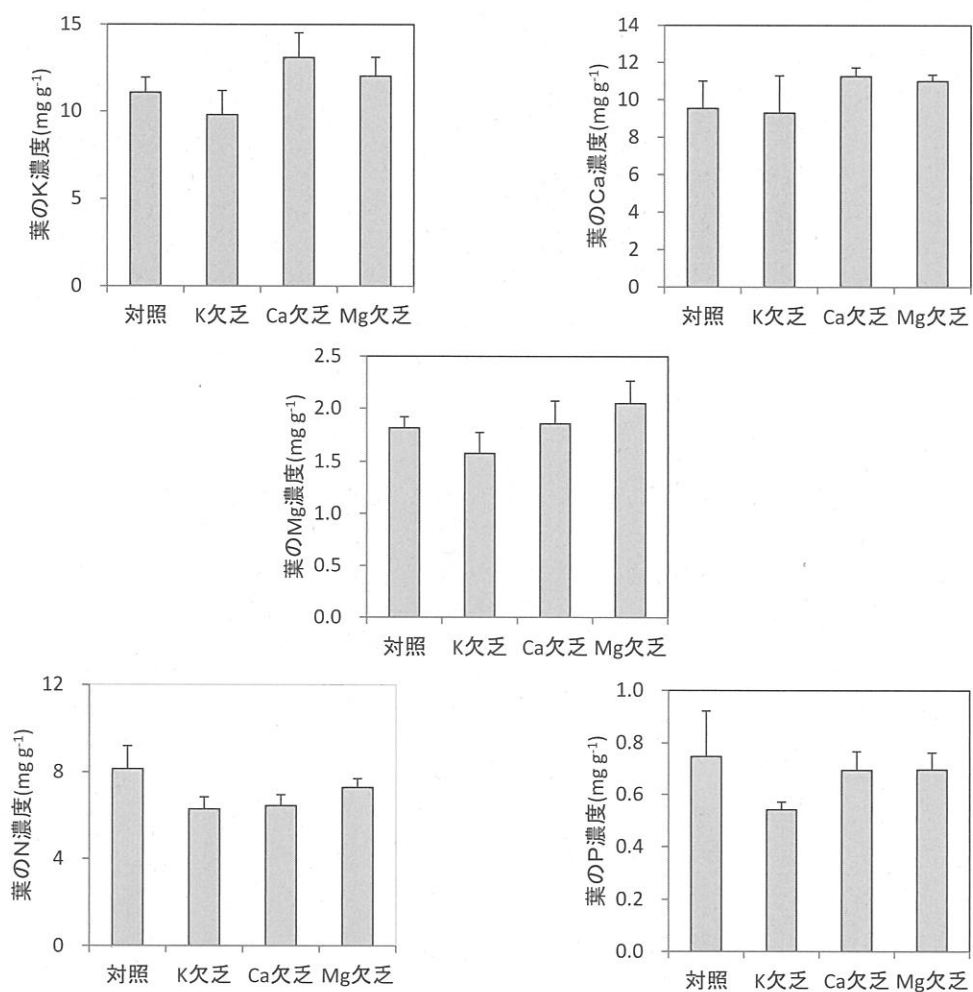


図-1. 処理開始年(2007年)の秋期における葉の養分濃度 (平均値±SE, 異なるアルファベットは有意に異なる, P<0.05)

表-1. 赤玉土のpH, 交換性陽イオン量

	pH(H ₂ O)	交換性Al ³⁺	交換性K ⁺	交換性Na ⁺	交換性Ca ²⁺	交換性Mg ²⁺
		(mg 100g ⁻¹)				
赤玉土	5.3	0.7	10.9	0.9	23.3	2.2



図－２． 処理2年目(2008年) の秋期における葉の養分濃度 (平均値±SE)

表－２． 完全培養液の組成と使用した試薬

元素	濃度 mg L ⁻¹	試薬
N	50	NH ₄ NO ₃
P	15	NaH ₂ PO ₄ · 2H ₂ O
K	25	KCl
Ca	14	CaCl ₂ · 2H ₂ O
Mg	6.0	MgSO ₄ · 7H ₂ O
Fe	3.3	Fe-EDTA
Cu	0.03	Cu-EDTA
Zn	0.03	Zn-EDTA
Mn	0.02	Mn-EDTA
B	0.35	H ₃ BO ₃
Mo	0.08	Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O