

# 蛇紋岩土壌におけるグイマツ雑種 F<sub>1</sub> 利用の可能性 — 窒素沈着量の増加を考慮した苗木植栽試験 —

笠 小春<sup>1)</sup>, 渡辺 誠<sup>2)</sup>, 高木健太郎<sup>3)</sup>, 小池 孝良<sup>4)</sup>

## はじめに

蛇紋岩由来の土壌（以下、蛇紋岩土壌）は、北は天塩地方から南は日高地方まで、北海道の背骨のように南北に分布しています（図）<sup>(5)</sup>。蛇紋岩土壌は超塩基性で貧栄養性であり、ニッケル過剰やマグネシウム過剰などの特徴をもつことから、生育できる植物種や成長が制限されます<sup>(1)</sup>。蛇紋岩土壌に適応した植物群は「蛇紋岩植生」とも呼ばれ、テシオコザクラやアポイマンテマなどがあります。しかし、蛇紋岩土壌地帯では土砂崩れなどによる崩壊地が多いため、樹木の植栽による早期の土壌安定化が必要です。

カラマツ属は乾燥や貧栄養に耐えて生育できるという特長を持つことから、緑化樹としても活用されています<sup>(15)</sup>。また、道内での植栽を行うに当

たり、野鼠害が少なく成長が速いというグイマツ雑種 F<sub>1</sub>（グイマツ×カラマツ、以下、F<sub>1</sub>）は緑化樹としても好適であると考えられます。そこで、森林が消失した蛇紋岩土壌地帯での緑化に対する F<sub>1</sub> の有用性を検討することとしました。なお、F<sub>1</sub> に関する詳しい説明は2008年刊行の『北海道における林木育種と森林遺伝資源』をご覧ください<sup>(4)</sup>。

窒素は三大肥料要素（窒素・リン・カリウム）の一つであり、窒素が加われば樹木の成長は促進されると考えられていました。しかし、欧州などの事例から、過剰な窒素は樹木の成長を抑制することが解ってきました<sup>(6)</sup>。また、大気から降水などによってもたらされる窒素の量が近年増加を続けていることから、土壌 pH の低下が起こることがあります。蛇紋岩由来の土壌を含む農地で窒素施肥を行った場合、土壌 pH の低下に伴いニッケル過剰害が顕在化することが指摘されています<sup>(9,13)</sup>。よって、蛇紋岩土壌では大気から供給される窒素量（以下、窒素沈着量）の増加による、土壌 pH の低下に注意が必要です。

窒素沈着量の増加は、人為的に窒素を付加することで模倣することが可能です。本稿では、F<sub>1</sub> の苗木を蛇紋岩土壌に植栽し、土壌に硫酸アンモニウム（硫安）を加えることで、将来的に起こる可能性がある高窒素沈着量を模した実験における F<sub>1</sub> の成長について調べた成果を報告します。

## 材料と方法

実験は、天塩郡幌延町にある北海道大学北方生物圏フィールド科学センター天塩研究林235林班（北緯45°06′，東経142°12′，標高110m）で行いました。この林班内では褐色森林土と蛇紋岩土壌が断層によって分離し隣接しています。蛇紋岩土壌での植栽を検討する上で、同じ気象条件におい

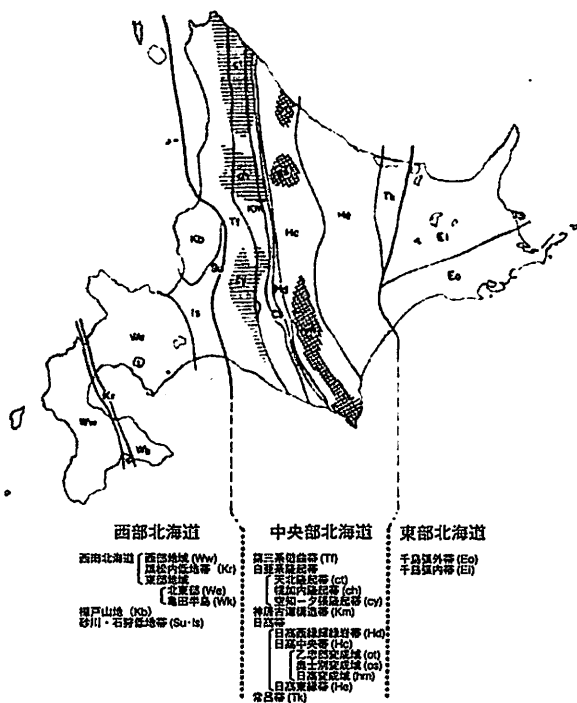


図-1 北海道地質構造分布図  
(北海道地下資源調査所 1980)

褐色森林土でも植栽実験を行い、両地での成長を比較することとしました(写真)。2007年5月に1年生のF<sub>1</sub>苗木を植栽しました。翌春、各土壤に設置した苗畑に、硫酸を散布する窒素付加区と、何も行わない対照区を設置しました。各年の総窒素付加量は、天塩研究林で2005年に観測された窒素沈着量の10倍量である47kg窒素・haとしました。

2009年7月末に携帯型赤外線光合成蒸散測定装置(LI6400, LI-COR社製)を用いて、光を十分に当てた状態での純光合成速度を測定しました。2009年9月上旬に植栽時からのF<sub>1</sub>の生残率、乾燥重量を測定しました。収穫した苗木の針葉および土壤に含まれる窒素、ニッケル、マグネシウムの濃度を測定しました。土壤に関してはpHおよび含水率の測定も行いました。



写真一 蛇紋岩土壤の苗木の様子

## 結果と考察

### 1 蛇紋岩土壤におけるF<sub>1</sub>の生残・成長

2007年5月の植栽時から2009年9月までの期間のF<sub>1</sub>の生残率は褐色森林土で93%、蛇紋岩土壤で94%と、どちらも高い値を示しました。針葉・幹・根の乾重量、純光合成速度は、褐色森林土において有意に高く、針葉および土壤のマグネシウム濃度、含水率は、蛇紋岩土壤で有意に高い値となりました。

一般に水分が多すぎる土壤では根の呼吸が抑制されるため、葉量など地上部の成長が制限されます。

また、過剰なマグネシウムは、カルシウムなど同じ正の電荷を持つ他の元素の吸収を阻害する要

因となり、養分バランスの崩れを引き起こします。これらのことから、蛇紋岩土壤で成長が抑制される要因は、高い含水率および高いマグネシウム濃度という蛇紋岩土壤の理化学的特性であると考えられます<sup>(1)</sup>。一方で、蛇紋岩土壤におけるF<sub>1</sub>の個体乾重量は蛇紋岩土壤地帯の原植生であるアカエゾマツよりも大きかった(香山2006<sup>(8)</sup>との比較)ことから、緑化樹としてのF<sub>1</sub>の有用性は示されたと考えられます。

### 2 蛇紋岩土壤での窒素付加がF<sub>1</sub>の成長と光合成に与える影響

針葉の窒素濃度は、いずれの土壤でも窒素付加によって高くなりました。乾重量、光合成速度は、蛇紋岩土壤での窒素付加により低下傾向を示しました。

また、蛇紋岩土壤での窒素付加により土壤pHが有意に低下し、土壤の可給態ニッケル濃度が有意に増加しました。また、針葉に含まれるニッケル濃度は、蛇紋岩土壤における窒素付加で他処理区に比べて有意に高く、ニッケル濃度が高い個体ほど気孔が閉じ気味になっていることが示されました。したがって、蛇紋岩土壤における窒素付加で成長や光合成が抑制傾向にあった原因として、ニッケル過剰害が考えられます。ニッケル過剰害の症状として既に指摘されている気孔閉鎖が光合成作用を低下させ<sup>(7)</sup>、結果として成長の低下を引き起こしたと考えられるためです。

### 蛇紋岩土壤地域におけるF<sub>1</sub>利用方法の提案

以上の結果を踏まえ、蛇紋岩土壤にF<sub>1</sub>を導入する方法について考えてみます。なお、下記の方法は植栽実験で得られた知見に加えて、過去の他の植物に関して行われた知見を基礎に、著者らが提案するものです。

#### 1 F<sub>1</sub>の活用法～特性を活かした植栽場所～

本実験による考察からは外れますが、研究林における議論の中から生まれたF<sub>1</sub>の活用法を提案します。現場での参考となれば幸いです。

F<sub>1</sub>が落葉性であること、成長が速いことから、既存の蛇紋岩土壤においてアカエゾマツによる造林が不調である地域に生きた「防風柵」として導入することを提案します。例えば、天塩研究林の中の峰試験地(アカエゾマツ植栽)では、冬の寒風により雪上にある部分の針葉が損失してしまう

ために、アカエゾマツの生育不良が起こっています。そこで、アカエゾマツの間にF<sub>1</sub>を列状に植栽します。冬季、F<sub>1</sub>は着葉こそありませんが、幹枝により風の勢いを減じることができるので、アカエゾマツへの風の影響を小さくすることができます。F<sub>1</sub>自身は冬には落葉しているため寒風の影響は小さいと考えられます。

## 2 蛇紋岩土壌の特徴を緩和する方法

土壌の含水率の高さは、土粒子が細かく緊密になっていることに由来すると考えられます。高いマグネシウム濃度に対しては、他の無機塩類が十分に吸収される条件を整えることが必要と考えます。

高含水率対策として、植栽木の周りに排水用の溝を入れることが有効であると考えます。また、両者への対策として、炭や有機物を土壌に導入することを提案します。特に炭は、無機塩類の供給、物理性の改善だけでなく、土壌微生物の住みかとしての役割も果たすため、樹木の成長促進に寄与すると考えられています<sup>(9)</sup>。また、後述する土壌pHの上昇にも寄与します。

## 3 ニッケル過剰害への対策

ニッケル過剰害は土壌pHの低下に伴って激しくなるため、対策として最も容易な方法は石灰の散布です<sup>(2)</sup>。また、土壌有機物が多い時<sup>(14)</sup>、或いは窒素、リン酸、マグネシウム、鉄などが十分に存在する時に、ニッケル過剰害は抑制されるという報告があります<sup>(1)</sup>。

例えば植栽前に地拵えを行う際、鉍質土壌を裸出させて植栽するのではなく、地表の植生を粉砕して土壌に鋤き込むという方法が考えられます。有機物は溶出したニッケルとキレート（錯体）を形成し、不溶化する効果があるとされているためです<sup>(2)</sup>。また、炭にはpH上昇の効果がある上、無数に存在する孔隙に保持する窒素、リン、カルシウム、マグネシウムを植物に供給する効果もあります。このような炭の性質から考えると、炭の施与にはニッケル過剰害の緩和だけでなく、樹木の成長促進効果も期待できるかも知れません。

## おわりに

蛇紋岩土壌におけるグイマツ雑種F<sub>1</sub>の成長は、褐色森林土には劣るものの、原植生であるアカエゾマツよりも良好でした。しかし、蛇紋岩土

壌に窒素沈着の多量な増加がみられた場合、土壌pHの低下に伴って溶出したニッケルが植物体内に過剰に蓄積し、成長が抑制されることが明らかとなりました。

樹木は移動できないため、環境変動の影響をそのまま、しかも蓄積的に受け続けます。さらに、環境変動には本稿で取り上げた窒素沈着量の増加だけでなく、二酸化炭素濃度の増加、大気汚染物質の一つであるオゾン（地表から上空10km付近に存在する対流圏オゾン）濃度の増加などがあり、それらが複合的に関わることもあります。また、土壌条件によって変動環境に対する樹木の応答は異なるという指摘があります<sup>(12)</sup>。したがって、樹木に対する変動環境の影響を調べようとすると、変動環境と北海道各所に分布する特殊土壌を含めた土壌条件、さらに各地の気候を組み合わせ、数限りない実験が必要になります。本稿で明らかにした結果は、氷山の一角であると言わざるを得ません。

F<sub>1</sub>による造林のみに限らず、木材生産をはじめとした森林の多目的機能の恩恵を将来的にも受け続けるためには、樹木が健全に成長することが可能な環境を維持することが必要です。林木の成長に不利益を及ぼす環境変化は、林業のみならず社会の問題として取り組む必要があると言えるでしょう。

なお、本稿はRyu (2010)<sup>(10)</sup>に加筆してまとめたものであります。

<sup>(1)</sup>北海道大学農学院、<sup>(2)</sup>日本学術振興会、<sup>(3)</sup>北海道大学北方生物圏フィールド科学センター、<sup>(4)</sup>北海道大学農学研究院

## 謝辞

本稿作成に当たり、ご指導・ご協力下さった北海道大学フィールド科学センター北管理部および天塩研究林の教員、技術職員ならびに技術補佐員の皆様へこころより感謝申し上げます。また、北海道大学農学部造林学分野をはじめ、議論に加わって下さった全ての皆様へ感謝いたします。

## 引用文献

- (1) Brooks R. R. : Serpentine and its vegetation. Dioscorides Press, Portland, Oregon, 1987
- (2) Crooke W. M. et al. : Effect of soil reaction on uptake

- of nickel from serpentine soil, *Soil Science* 81, 269~276, 1956
- (3) Glaser B et al (2002) Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal-a review. *Biological Fertility of Soil* 35 : 219-230
- (4) 北海道林木育種協会：カラマツ精英樹選抜育種とグイマツとの交雑育種の経過。“北海道における林木育種と森林遺伝資源”，北海道林木育種協会監修，江別，36~46，2008
- (5) 北海道地下資源調査所，北海道の地質と資源Ⅰ。“北海道の地質”，北海道立地下資源調査所，札幌，9，1980
- (6) 伊豆田猛：樹木に対する窒素過剰の影響。伊豆田猛編著，“植物と環境ストレス”，コロナ社，東京，65~87，2006
- (7) Jones M. D. and Hutchinson T. C. : Nickel toxicity in mycorrhizal birch seedlings infected with *Lactarius rufus* or *Scleroderma flavidum* I. Effects on growth, photosynthesis, respiration and transpiration. *New Phytol.* 108, 451~459, 1988
- (8) 香山雅純：トウヒ属樹木の蛇紋岩土壌における適応機構の解明と環境修復に関する研究。北海道大学演習林報告63, 33~78, 2006
- (9) 水野直治：蛇紋岩質土壌におけるニッケル過剰。“北海道農業と土壌肥料1987”，日本土壌肥科学会北海道支部編，財団法人北農会，462~466，1987
- (10) Ryu K: The effects of nitrogen deposition on the growth of hybrid larch F<sub>1</sub> grown on the serpentine soil. Master Thesis, Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, 2010
- (11) 笠小春・渡辺誠・高木健太郎・野村陸・小池孝良：グイマツ雑種 F<sub>1</sub> の光合成と成長に与える窒素付加の影響—処理二年目の応答—。日林北支論5817~20, 2010
- (12) Ryu K et al. : Ecophysiological responses of the larch species in northern Japan to environmental changes as a base of afforestation. *Landscape and Ecological Engineering* 5, 99-106, 2009
- (13) 宍戸信貞・石田哲也：蛇紋岩質土壌におけるニッケル (Ni) 障害。開発土木研究所月報559, 33~37, 1999
- (14) 山田健四 (1999) 蛇紋岩土壌における土壌撈乱強度と二次林の成長。日本森林学会誌81, 291~297, 1999
- (15) Zhang P. et al. : China's forest policy for the 21 st century. *Science* 288, 2135~2136, 2000

Title : Trial for Efficient Use of Hybrid Larch F<sub>1</sub> to Serpentine Soil by Planting Examination Considering about Nitrogen Deposition

RYU Koharu, WATANABE Makoto, TAKAGI Kentaro and KOIKE Takayoshi