

肥料木ヤシャブシの荒廃土壌における窒素固定能の測定と緑化への応用技術の考案

千葉大学大学院園芸学研究科 土壌学研究室
松島未和・山田有紀・犬伏和之

1. はじめに

ヤシャブシ(*Alnus firma* Sieb. et Zucc.)は日本で見られるハンノキ属の落葉小高木であり、根部に瘤形状の根粒と呼ばれる組織を持ち、その内部にフランキア菌を共生させている。フランキア菌とは、放線菌であり、大気窒素の固定が可能である。固定した窒素はヤシャブシ本体へ供給され、さらに生態系へ還元されるため、この樹種は肥料木と呼ばれ荒廃地の緑化に適している。(図1)

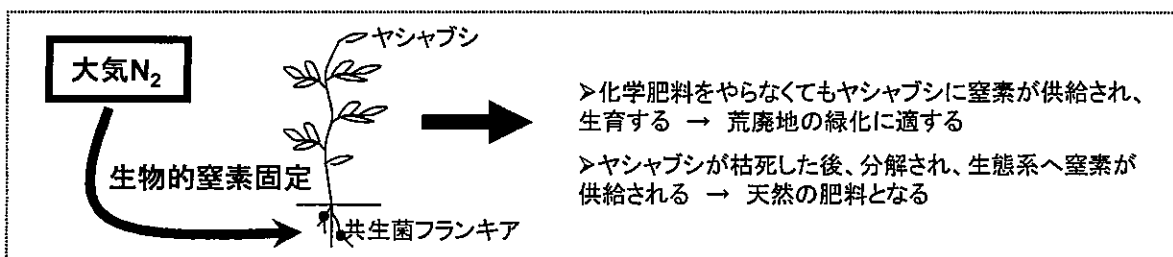


図1 ヤシャブシの緑化における機能

本研究では、まず、ヤシャブシに共生するフランキア菌根粒の窒素固定能を測定すること(アセチレン還元法と窒素安定同位体比を用いた測定)、次に、有機質資材や窒素リン酸カリを含む化学肥料の施用がヤシャブシの苗生育に与える影響を調査すること、を目的とした。

2. 実験材料と方法

本研究において、ヤシャブシを生育するポット試験を行った。試験区は 1) 無施用区、2) 化学肥料区、3) 有機質資材区の3試験区で、2)には速効性の肥料成分を特殊な皮膜でコーティングしたタイムコントロール肥料(窒素、リン酸、カリを含む)を、3)には千葉県内の浄水場で発生する土をベースとして作られた有機質緑化資材を用いた。土壌は千葉県内に位置する表面植生が人為活動により奪われた荒廃地の砂質土壌を用いた。φ200(直径25cm、深さ30cm)ワグネルポットに砂質土壌を充填し、それぞれの資材を適量施用した。その後、オオバヤシャブシの苗木を、1ポットあたり1本移植した。ポット植栽時の苗の平均樹高は46.6cm、幹直径は3.9mmであった。それぞれの試験区を5反復し、計15ポットのヤシャブシ苗を生育させた。

樹木生長量として樹高・幹直径を測定した。樹高の測定は、地表面から樹木頭頂部までの長さを測定した。樹高の測定には折れ尺、幹直径にはノギスを用いて行った。測定はおよそ1か月間隔で行った。また、葉のSPAD値を収穫日に測定した。樹木各枝の先端に近い、完全に展開した葉をランダムに数枚選択し、葉緑素計(コニカミノルタ社製、CHLOROPHYLL METER SPAD-502)を用いて、葉1枚につき3回測定した平均値をその樹木のSPAD値とした。

収穫の際には樹木を土壌から掘り出し、地上部と地下部にわけた。地下部(根)については、根粒が取れないように留意しながら土壌を水道水で洗い流した後、ただちに窒素固定活性の測定に供した。地上部につ

いては葉、枝、幹に分けて 80°C に設定した通風乾燥機に 48 時間入れて乾燥させた。その後、試料をデシケーター内で十分に放熱させてから重量測定を行い、乾物重を求めた。

葉の全窒素および窒素安定同位体比の測定は十分粉碎した葉の粉末を用いて行った。粉末試料を錫カプセル(6mm×4mm)に 3~4mg 入れ、ピンセットで大気中の窒素が封入されないように慎重に封入した。全自動窒素炭素安定同位体比質量分析計(PDZ Europa Ltd. 社製, INTEGRA-CN)を用いて全窒素および窒素の安定同位体存在比を測定した。標準物質として国際標準物質 IAEA-N1 に対して値付けした Glycine で、0.4~1.0mg を用いた。また、標準物質の繰り返し測定による標準偏差は 0.25%, 誤差は 0.16%(n=4)であった。

収穫時に根全体を観察し、根粒の有無を確認した。根粒の有無は、主根、側根それぞれについて確認した。主根に付いていた根粒はすべて窒素固定活性の測定に供した後、根粒を根から取り外し、重量測定を行った。側根に付いていた根粒は数が多かったため、全体から見て平均的に根粒が付いた部分を3か所選択し、窒素固定活性の測定に供した後、根粒を根から取り外し重量測定を行い、樹木1本分の値に換算した。

根粒の窒素固定活性は、アセチレン還元法(土壤微生物研究会編 1992)を用いて測定した。

3. 結果と考察

ヤシャブシの生長を以下の図 2 に示した。対照区である無施用区に対し、化学肥料区、有機質肥料区では有意に高い高さ生長と直径生長が見られた。よって、両資材とも荒廃土壌におけるヤシャブシの生長を促進させる効果があると結論付けられた。

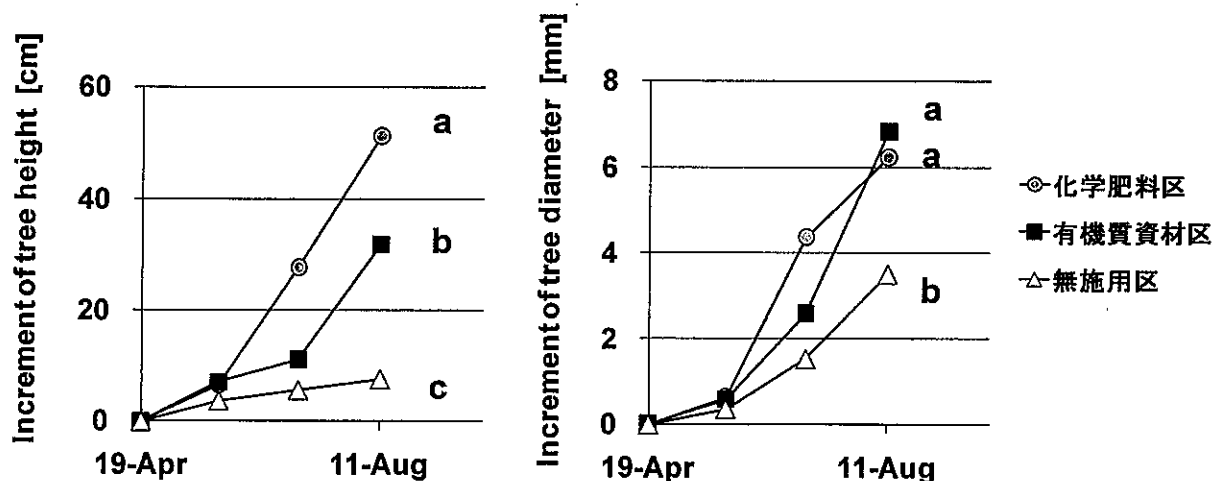


図 2

樹木生長量の経時変化

樹高増加量の経時変化(左), 幹直径増加量の経時変化(右)

n=4~5, エラーバーは標準偏差を表す

次にヤシャブシの葉身の SPAD 値と窒素含有率を以下の図-3 と図-4 に示した。化学肥料区、有機質資材区では、対照区と比較して明らかに葉の緑色が濃く、SPAD 値・窒素含有率もそれを反映した結果となっている。化学肥料区はわずかに有機質資材区を上回ったが、資材として投入したN量は化学肥料区において有機質資材区をはるかに上回る量を投入していることを考えると、有機質資材区のヤシャブシが相当量の窒素固定を行っていたことが推測できる。

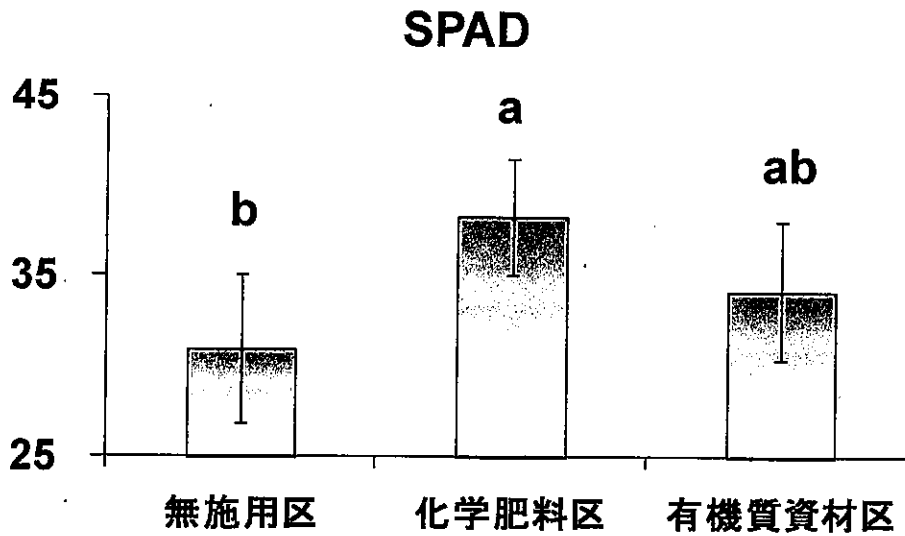


図 3
収穫時の SPAD 値
n=4~5, エラーバーは標準偏差を表す

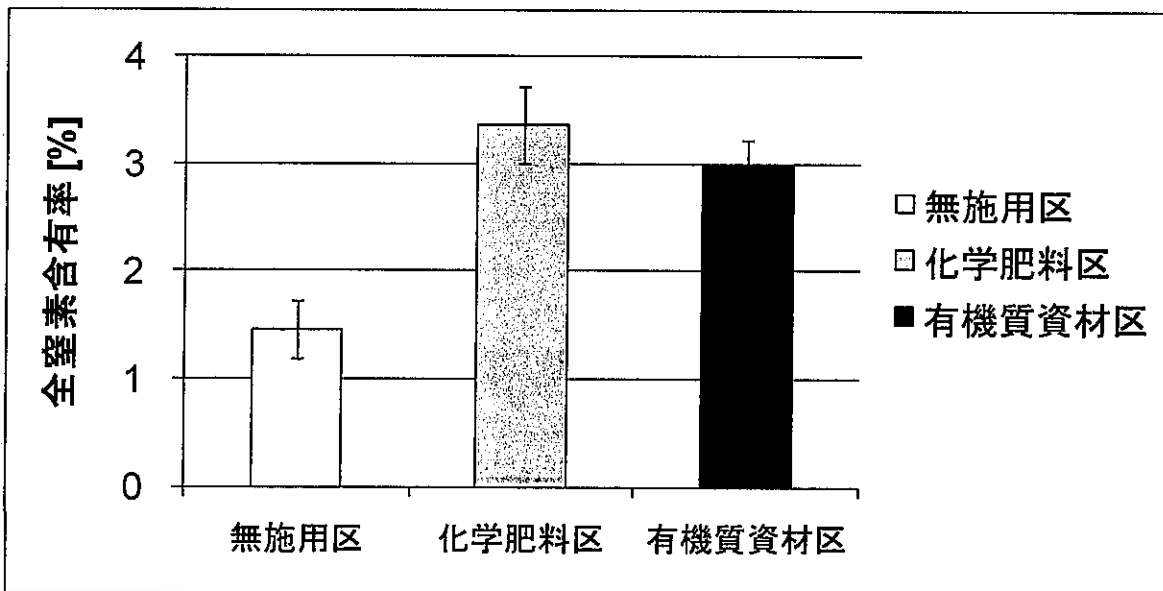


図 4
収穫時の葉の Total-N の値
n=4~5, エラーバーは標準偏差を表す

そこで、各試験区のヤシャブシ試料の根粒数を比較した図 5 を示した。化学肥料区においてほとんど根粒が着生しなかったのに対し、有機質肥料区では有意に多い量の根粒が着生していたことが分かった。また、無施肥区においてもある程度の根粒が着生していたことが分かった。さらに図 6 にアセチレン還元法によって測定されたヤシャブシ一本あたりの窒素固定量の結果を示した。やはり有機質資材区においてヤシャブシ 1 本あたり最も高い窒素固定量が観察された。それに続き無施用区の窒素固定量が多く、根粒数が少なかった化学肥料施用区では最も窒素固定量が少なかった。根粒が行うような生物的窒素固定は、土壌中の窒素濃度が

高い場合、活性が低いことが知られている。今回の化学肥料区においては、樹木の生育に十分量の窒素が土壌中に存在していたため、根粒がほとんど着生しなかったと考えられる。有機質資材区では、投入窒素量が低かったために旺盛な窒素固定活性が見られ、結果として生長量も化学肥料施用区に見劣りしなかったため、実験で用いたような荒廃土壌においてヤシャブシで緑化を試みる際には、窒素を多く含む化学肥料よりも、窒素含有量の低い有機質資材を用いることが環境にもやさしく、経済的で、十分な緑化効果が得られると考えられる。また、生長の速度が遅くても緑化に支障が無い場合には、このような緑化資材を投入しなかったとしても、今回の実験の無施用区で得られたような生長が得られ、貧栄養な土壌でもヤシャブシは十分生存できると結論付けられる。

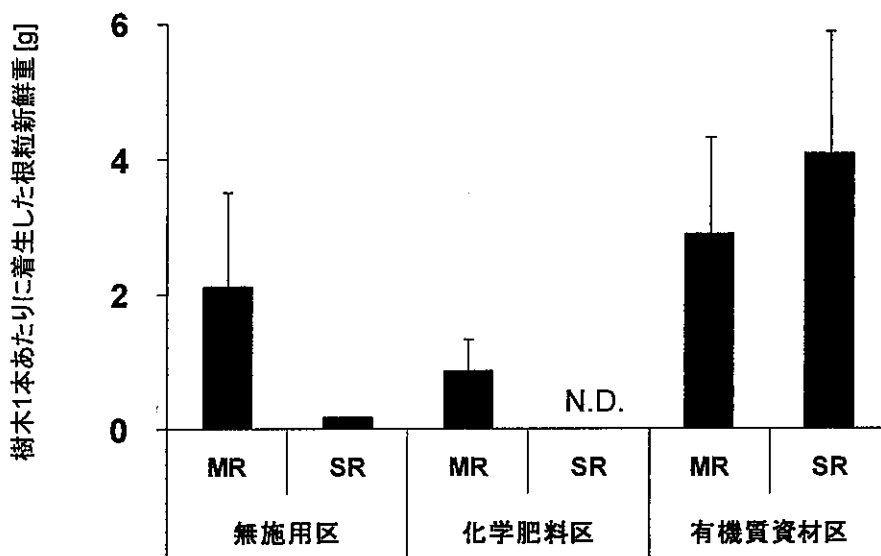


図 5

各試験区の根粒新鮮重(MR は主根, SR は側根に付いた根粒を示す)

n=1~5, エラーバーは標準偏差を表す,

N.D.は根粒着生が見られなかったことを示す

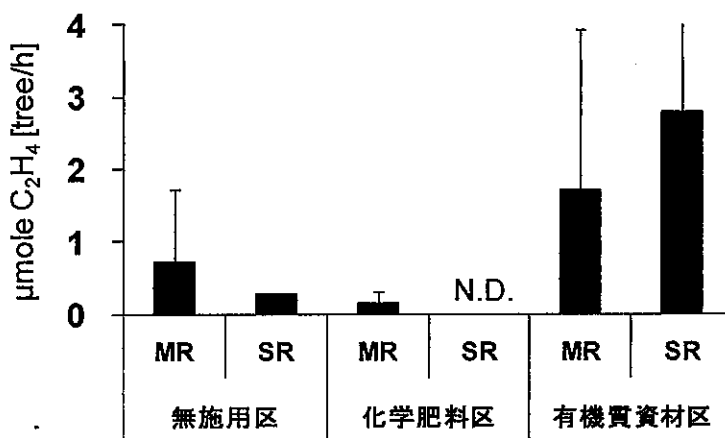


図 6

樹木 1 本あたりの窒素固定活性(MR は主根, SR は側根に付いた根粒を示す)

n=5, エラーバーは標準偏差を表す

N.D.は根粒着生が見られなかったために活性を測定できなかったことを示す

最後に葉身の窒素安定同位体比の測定結果を図 7 に示した。窒素固定が多く見られた無施用区・有機質資材区では $\delta^{15}\text{N}$ 値が 0‰ に近かったのに対し、化学肥料窒素からの窒素供給に頼っていたと考えられる化学肥料区では -2.5‰ 付近の値を示した。大気中の窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値が 0‰ であり、生物的窒素固定においては同位体分別がほぼ無いことが過去の研究により分かっている。よって、無施用区、有機質資材区においては、根粒の窒素固定に窒素供給を頼っていたことが図 7 より推測できる。一方化学肥料中の窒素の安定同位体比は製造工程の差により -5 から +5‰ の間に分布するといわれており、今回の実験における化学肥料区のヤシャブシの葉身中の窒素同位体比は使用した化学肥料中窒素の同位体比に引きずられる形で対照区よりも低い値を取ったものと考えられた。

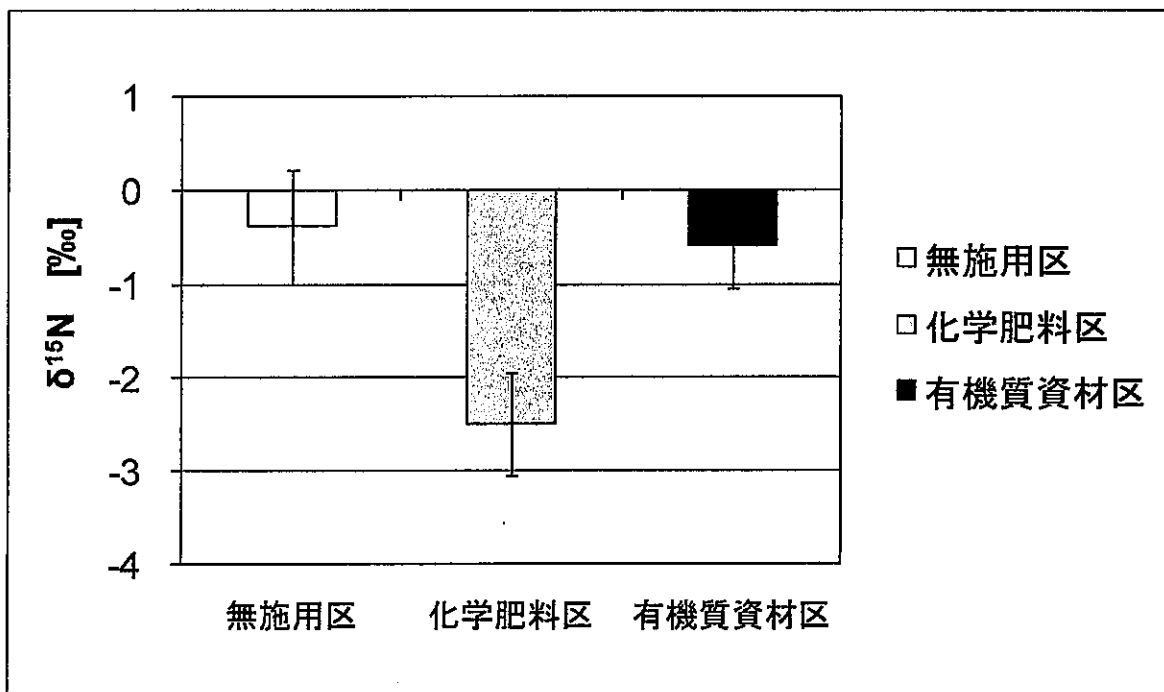


図 7

収穫時の葉身の $\delta^{15}\text{N}$ の値

4. 結論

本研究の目的であるヤシャブシ根粒の窒素固定活性の測定について、アセチレン還元で測定することに成功し、その結果化学肥料を施用した土壌においてはほとんど根粒自体を着けず、また窒素固定をほとんど行っていないことがわかった。貧栄養な荒廃地土壌において、ヤシャブシは資材の投与なしでも生存することが可能で、しかも自らの窒素固定能により、窒素蓄積が可能であることが分かった。窒素含有率の低い(1%以下)有機質資材を土壌に投入し、ヤシャブシ苗を植樹することにより、何も施用しない荒廃地土壌で育てた場合の 2 倍ほどの直径生長を得られることから、荒廃地にヤシャブシを移植して緑化し、かつ初期生長を速めたい場合には、有機質肥料の投入が有用であることが分かった。最後に、葉身の窒素安定同位体比から読み取ることができる植物の窒素固定状況が、アセチレン還元法で測定した値と矛盾しなかったことから、フランキアと共生した植物の窒素固定状況を調査する際にも窒素安定同位体比を利用可能であることが示唆された。

謝辞: 本研究が公益信託エスペック地球環境研究・技術基金平成 20 年度助成金により遂行できたことを心より感謝いたします。