

機関番号：82105

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20780124

研究課題名（和文） 石灰岩地帯に生育する樹木の生理特性と採石跡地の緑化技術への応用

研究課題名（英文） Physiological characteristics of trees grown on the limestone area and application to revegetation of the site of mine.

研究代表者

香山 雅純 (MASAZUMI KAYAMA)

独立行政法人森林総合研究所・九州支所・主任研究員

研究者番号：60435584

研究成果の概要（和文）：本研究は、石灰岩地帯に生育するクスノキ科 4 種とブナ科樹木 2 種を石灰石の採掘跡地で緑化試験を行った。クスノキ科樹木は 4 樹種とも採石跡地で順調に成長したが、石灰岩の落石量の多い地域では、クスノキの成長が抑制されたが、シロダモは成長が抑制されなかった。ブナ科樹木では、外生菌根菌であるツチグリとニセショウロを接種した 4 樹種の実生を石灰質土壌に植栽した。ツチグリを接種したウラジロガシとアラカシは特に成長が促進された。

研究成果の概要（英文）：We practiced the revegetation test of the site of limestone mine using four *Lauraceae* and two *Fagaceae* woody species. These species were distributed on the limestone area. Four *Lauraceae* species planted on the site of limestone mine accelerated their growth. However, *Cinnamomum camphora* was suppressed its growth at the block where large amount of limestone were fallen. Growth of *Neolitsea sericea* was not suppressed its growth at this block. Seedlings of four *Fagaceae* were inoculated two species of ectomycorrhiza (*Astraeus* sp. and *Scleroderma* sp.). Two *Quercus salicina* and *glauca* inoculated *Astraeus* accelerated their growth.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：石灰岩、緑化、共生菌、耐性機構

1. 研究開始当初の背景

我が国には、石灰岩地帯が点在し、石灰岩地帯には石灰石を採掘する鉱山も各地に点在し、稼働している。石灰石の鉱山が存在する石灰岩地帯は、高い pH の影響で鉄などの微量元素の吸収阻害がおき、リンがカルシウムと強固に結合しているため植物に吸収されず欠乏しやすい環境である。このことから、通常の植物の生育は阻害され、石灰石を採掘

した跡地は自然状態で植生回復をするのが困難である。したがって、石灰岩地帯に分布し、養分環境に高い適応性を有した樹木を用いて緑化するのが望ましい。しかし、我が国の石灰岩地帯の植物に関する研究は構成種に関する研究がほとんどであり、栄養生理学的に検証した研究は現在まで行われておらず、なぜこれらの植物が石灰岩地帯に生育できるのかという原因は解明されていない。

2. 研究の目的

本研究では、3年間で石灰岩地帯に生育する樹木の土壌要因に対する環境適応能力を、石灰岩地帯に生育している成木と、実生より育てた苗木を用いて解明する。そして、実際に石灰石の採掘跡地において苗木を植栽し、植栽後の成長特性を検討する。まず1年目に石灰岩地帯に分布する樹木の栄養生理学的な特性を非石灰岩地帯に分布する同じ種と比較し検討する。そして、2年目に石灰岩地帯に分布する樹種の苗木を用いた植栽実験を行い、実際の採石跡地に植栽を行い、成長を比較、検討する。また、この植栽実験では外生菌根菌を苗木に接種し、成長促進効果も検討する。3年目は、採石跡地に移植した苗木の成長や養分動態を測定し、緑化樹としての適合性を検討する。

3. 研究の方法

石灰岩地帯に分布する樹木の栄養生理学的な特性は、九州における代表的な石灰岩地帯である福岡県北九州市の北九州国定公園、平尾台の千仏鍾乳洞付近に分布しているヤブニッケイとシロダモを対象にした。また、非石灰岩地帯の調査地として、平尾台から約8km離れた褐色森林土の中谷国有林、頂吉地域も対象にした。そして、光合成特性と養分動態を比較、検討した。

採石跡地における植栽実験は、大分県津久見市内で石灰石を採掘する(株)戸高鋳業社の石灰石鉱山の敷地で実施した。対象樹種は、付近の石灰岩地帯に分布するクスノキ、シロダモ、タブノキ、ヤブニッケイの計4樹種を対象とした。2009年5月に5×20mの敷地で石灰岩の壁面に隣接した地域に、石灰岩地帯の土壌を1mほど盛り土した試験区を設定し、6ブロックに分割した。そして、クスノキ科の4樹種の苗木を、各ブロックに20本ずつ植栽した。移植後、2010年7月にクスノキ科4樹種の苗木を1ブロックにつき各4本ずつサンプリングを行い、養分動態を検討した。

外生菌根菌の接種試験は、森林総合研究所九州支所内に設けられた自然光型ファイトトロン内で実施した。対照樹種としては、石灰岩地帯において分布が確認されているウラジロガシとアラカシを対象とした。また、石灰岩地帯にあまり分布しないシラカシとシイノキも併せて対象にした。これら4樹種の実生に培養したツチグリとニセショウロの菌体の接種を行った。なお、接種を行わない実生も準備した。これらの実生を約1年間育成させた後、石灰石鉱山で採取、滅菌した石灰質土壌を詰めたポットへ2009年5月

(シラカシとシイノキは2010年5月)にそれぞれ10個体ずつ移植し、2ヶ所のファイトトロンで半年間育成した。なお、残った実生10個体は移植せずに実験開始時にサンプリングした。実験終了直前に光合成速度と気孔コンダクタンスを測定した。実験終了後は、実生のサンプリングを行い、外生菌根菌の感染状況と乾重量、養分動態を測定した。

4. 研究成果

ヤブニッケイとシロダモの光飽和時における最大光合成速度は、石灰岩地帯と褐色森林土の個体間に有意な差はなかった(図1)。

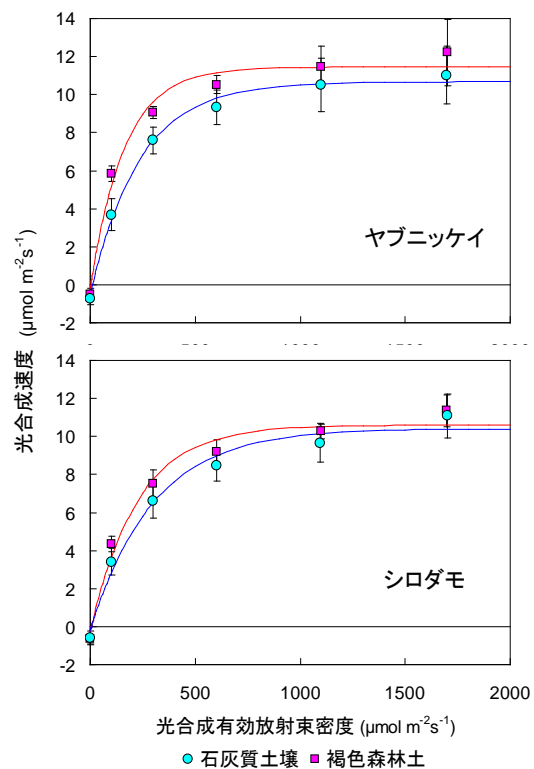


図1 異なる土壌に生育するヤブニッケイとシロダモの光-光合成曲線

しかし、光-光合成曲線を検討すると、石灰岩地帯のヤブニッケイは $100 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ あたりの暗い光環境における光合成速度が低く、初期勾配の傾きが小さくなった。また、葉内の窒素、リン濃度はヤブニッケイ、シロダモとも石灰岩地帯と褐色森林土の個体間に有意な差はなく、これらの養分の吸収は抑制されていないと考えられた。しかし、石灰岩地帯のヤブニッケイはカリウムとクロロフィル濃度が有意に減少しており、高濃度のカルシウムの影響を受けていると考えられた。以上の結果から、シロダモの方がヤブニッケイよりも石灰岩地帯の養分環境に対する適応能力は高いと考えられる。

平成21年度に石灰岩地帯の試験地に植栽した

クスノキ科樹木4樹種の植栽前の総乾重量は、クスノキが18g、シロダモが16g、タブノキが44g、ヤブニッケイが25gであった。クスノキ科の苗木はいずれの樹種も活着し、試験地にて順調に成長した。2010年7月の時点での4樹種の全平均総乾重量は、クスノキが112g、シロダモが55g、タブノキが83g、ヤブニッケイが62gに増加した。しかし、図2の通り、総乾重量はブロックごとに大きく異なっていた。特にクスノキはAブロックでは44gと有意に軽かったのに対し、Fブロックでは151gと最も重かった。タブノキも同様にAブロックの総乾重量が一番軽かった。ヤブニッケイはFブロックの総乾重量が重かったが、他のブロックは有意な差はなかった。シロダモのみ、ブロックの間に有意な総乾重量の差は認められなかった。

壁面側

A		B		C	
Cc	44	Cc	96	Cc	123
Ns	52	Ns	47	Ns	57
Mt	50	Mt	79	Mt	89
Cj	57	Cj	44	Cj	68
D		E		F	
Cc	116	Cc	145	Cc	151
Ns	54	Ns	60	Ns	62
Mt	81	Mt	115	Mt	84
Cj	45	Cj	65	Cj	96

道路側

図2 石灰岩の採石跡地に設定した試験区6ブロックに植栽したクスノキ科4樹種の平均総乾重量(2010年7月、g)。Ccはクスノキ、Nsはシロダモ、Mtはタブノキ、Cjはヤブニッケイを示す。上部の3ブロックは石灰岩の壁面に近い。

クスノキとタブノキの総乾重量が軽かったAブロックでは、壁面の石灰岩から多くの落石が確認された。2010年12月時点での石灰石の落下量は最も少なかったFブロックが1.7kgに対して、Aブロック11.8kgもあった。そして、クスノキは根のカルシウム濃度と総乾重量との間に有意な負の相関が存在し、Aブロックの個体は多くのカルシウムを吸収して、成長が抑制されたと考えられる。タブノキには顕著な傾向が認められなかった。

一方、有意な総乾重量の差は認められなかったシロダモは、根から高濃度のリンが検出された。一番根のリン濃度が低かったクスノキの $113 \mu \text{mol g}^{-1}$ に対して、シロダモは $653 \mu \text{mol g}^{-1}$ ものリン濃度を示した。一般的に、リンは石灰岩地

帯のような高pHな環境では吸収が阻害される傾向があることから、シロダモはリンを吸収する能力が特異的に高く、リンの欠乏による成長阻害を受けていなかったと考えられる。本実験結果から、クスノキ科4樹種の中ではシロダモが最も石灰岩の採石跡地における緑化樹として適合していると考えられた。

実験前のシイ・カシ実生の総乾重量は、いずれの樹種も処理区間の差はなかった(図3)。

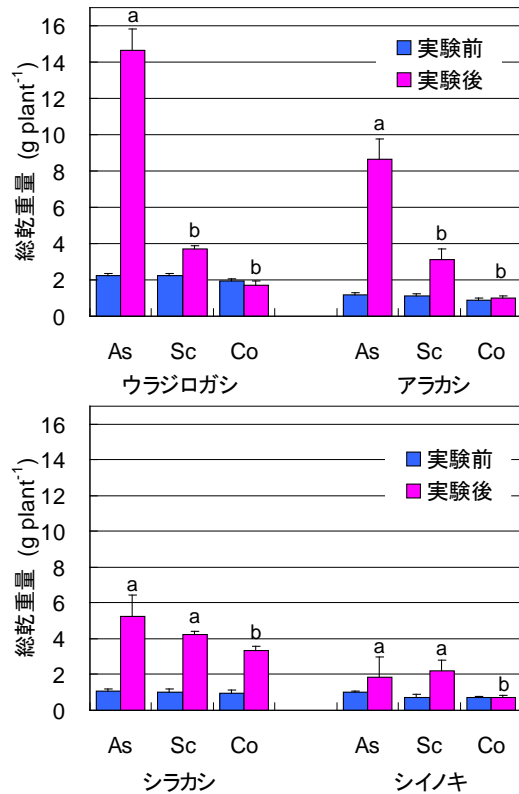


図3 異なる菌種を接種したシイ・カシ実生の実験前と実験後の総乾重量(上図-ウラジロガシ・アラカシ、下図-シラカシ・シイノキ)

各処理区のアルファベットはAs-ツチグリ、Sc-ニセショウロ、Co-非接種を示す。また、各値の異なるアルファベットを含む値間には有意差があることを示す。

実験後のシイ・カシ実生の乾重量はウラジロガシ、アラカシはツチグリを接種した実生では大きく増加した。一方、ニセショウロを接種した実生は両樹種ともあまり大きく成長できず、ツチグリを接種した個体より有意に乾重量は軽かった。シラカシとシイノキはツチグリ・ニセショウロとも非接種と比較して総乾重量は有意に重かった。ツチグリを接種した実生で総乾重量を比較すると、ウラジロガシが最も乾重量が重く、次いでアラカシ、シラカシと続き、シイノキの乾重量は最も軽かった。いずれの樹種も非接種の個体はほとんど成長することすらできず、葉の乾重量は

多くの葉が落葉した結果、実験前より軽くなった。外生菌根菌の感染率は、実験前においてはツチグリを接種した実生で65%以上、ニセショウロを接種した実生で40%以上であったが、実験終了時には感染率は低下した。特にニセショウロを接種したウラジロガシとアラカシでは約15%と大きく低下した。光飽和時における最大光合成速度 (P_{sat}) は、ウラジロガシ、アラカシはツチグリを接種した個体で高かった (図4)。気孔コンダクタ

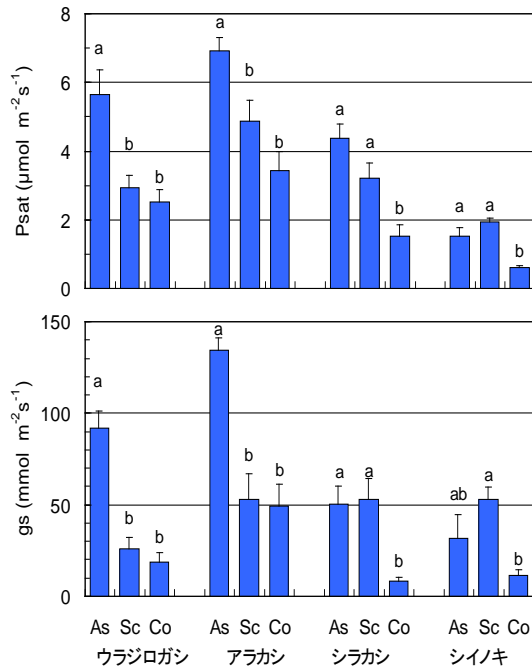


図3 異なる菌種を接種したシイ・カシ実生の光飽和時における最大光合成速度 (P_{sat}, 上図)と気孔コンダクタンス(g_s, 下図)

ンスの値 (g_s)も、ツチグリを接種した個体で高くなり、気孔がよく開いていた (表4)。シラカシとシイノキはツチグリ・ニセショウロとも非接種と比較して光合成速度は高かったが、ツチグリを接種したウラジロガシやアラカシよりも低い傾向を示した。光合成速度と正の相関を示す葉内の窒素濃度は、いずれの樹種も高い光合成速度を示したツチグリ接種の個体は低かった。そのことから、ツチグリを接種した実生の高い光合成能力は、葉内窒素濃度からは説明できない。一方、ツチグリを接種した実生は高い気孔コンダクタンスを示しており (図4)、これが高い光合成能力につながったと推察される。外生菌根の形成は、養分だけでなく、水分の吸収機能も向上させる。ツチグリを接種した実生の光飽和時において、気孔を閉鎖されることなく高いコンダクタンスを示したのは、ツチグリの菌根形成によって水分吸収機能が向上しているためと推察される。さらに、ウラジロガシはツチグリを接種した実生の葉内

の総リン量は有意に高く、総乾重量とよく似た傾向を示した (図5) 外生菌根菌から分泌

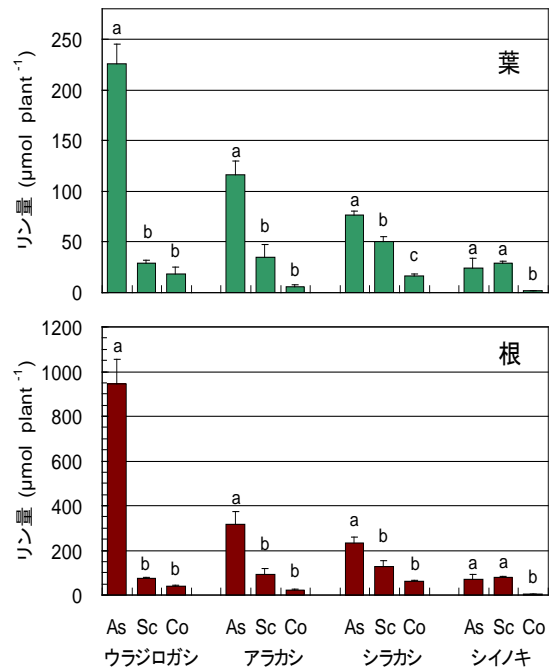


図5 異なる菌種を接種したシイ・カシ実生の葉内 (上図)と根内 (下図) のリン量

分泌する有機酸は、カルシウムと結合し、不溶化しているリンを溶かす働きがあることから、特にツチグリを接種したウラジロガシやアラカシは、有機酸等の放出によって不溶化しているリンを溶出し、実生が大量に吸収できたと推察される。その他の元素として、植物体中のカルシウム濃度はいずれも高かったが、有意な傾向を示さない樹種が多く、成長等に与える影響は少なかったと考えられる。これらの結果から、特にツチグリを接種したウラジロガシとアラカシは採石跡地の緑化に有効な樹種であると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① 香山雅純、山中高史、青木菜保子、石灰質土壤に植栽されたカシ2種の外生菌根菌の接種効果、九州森林研究、査読有、64巻、印刷中 (掲載確定)

[学会発表] (計3件)

- ① 香山雅純、山中高史、青木菜保子、シイ・カシ類4種における石灰質土壤への順化能力、日本生態学会、2011、札幌コンベンションセンター (札幌市)

- ②香山雅純、青木菜保子、藤田 徹、山口哲也、石灰石鉱山に植栽されたクスノキ科 4 樹種の成長特性、日本森林学会、2011、静岡大学（静岡市）
- ③香山雅純、石灰岩地帯に生育する常緑広葉樹の生理特性、日本生態学会、2009、盛岡市民文化ホール（盛岡市）

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ffpri-kys.affrc.go.jp/nenpo/nenpo.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

香山 雅純 (KAYAMA MASAZUMI)

独立行政法人森林総合研究所・九州支所・主任研究員

研究者番号：60435584