

根の力を活かす保育ブロック苗

応用地質株式会社
(OYO)

大林直

oobayashi-sunao@oyonet.oyo.co.jp

概要

ウズベキスタンの緑化の課題と保育ブロック苗

中央アジアの国の1つウズベキスタンでは、冬に雨や雪が降り、夏はほぼ雨が降らない。気温が上昇する5月~6月になると水分はどんどん蒸発し、土壌表層は乾燥してしまう(図1) このため、乾燥しやすい土壌表層より深く、水分の安定した地中深くまで苗木の根を伸ばすことが重要となっている。

現地では、土壌環境に合わせ①根がまっすぐ下に伸びやすい樹種の植栽、②酷暑期の灌水、③大苗の深植え等を行っているが、生残率は高くなく補植を繰り返しているのが現状である。

そこで、従来使用される苗木に替わる「保育ブロック苗」の技術開発を行った。保育ブロック苗は、空気根切りによる直根の保護と、水分・養分を含んだ土壌ブロックによる初期成長の促進が期待される。このため、植栽後早期に根を地中深くまで伸長させ、苗木の生残率を高めることができると考えた。

本試験では、ウズベキスタンの「砂地」、「デルタ地帯」、「荒廃山地」の3つの環境条件下で保育ブロック苗の植栽試験を行い、その生残率や生育状況、コストについて検討した。

保育ブロック苗の植栽結果

【全体】3つの環境条件のうち、デルタ地帯では約30%、荒廃山地では90%以上が活着し、夏に降雨のないウズベキスタンでも保育ブロック苗が活用できることが確認された。一方、砂地では植栽後1年でほぼ全個体が枯死し、保育ブロック苗のみでの植栽は困難との結果となった。

【砂地】ヤナギバグミ (*Elaeagnus angustifolia*) を植栽し、ほぼ全個体が枯死する結果となったが、長い間生残していた個体ほど根が地中深くまで伸長しており、**根の伸長が生残率の向上につながる**ことが確認された。1年間生存した個体は60cm以深まで根が伸長していた。

【デルタ地帯】ヤナギバグミの保育ブロック苗とポット苗を植栽したところ、2年後の生残率はともに30%程度であり、**保育ブロック苗による生残率の向上はみられなかった**。一方、データ数は少ないものの、保育ブロック苗の方が樹高成長はよい結果が得られた。

【荒廃山地】トネリコ属 (*Fraxines* sp.) の保育ブロック苗とポット苗を植栽したところポット苗と比べ**保育ブロック苗の根が地中深くまで伸長していた**。

【コスト】保育ブロック苗の植栽コストは、大苗の植栽と比較して、**380円以上安くなる**ことが試算された。一方で、ポット苗と比較して**約50円高くなる**結果となった。



図1 ウズベキスタンの気候 (マクス)

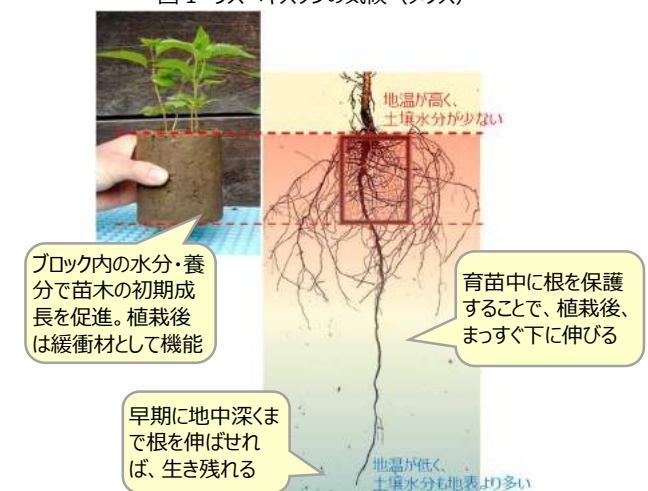


図2 保育ブロック苗と根の伸長

保育ブロック苗の今後の課題

ポット苗と比較して、保育ブロック苗の生残率・樹高成長に有意な差はみられなかった。作成・運搬コストを考慮しつつ、**降水量に合わせた保育ブロックの大きさの検討も必要**と考える。なお、ポット苗と比較し、保育ブロック苗の根の伸長が良好であったことから、今後の生育状況についてもモニタリングを続けることも必要である。

また、砂地では枯死する結果となっており、保水剤等、他の技術との併用による保育ブロック苗の適用範囲の拡大検討も課題である。

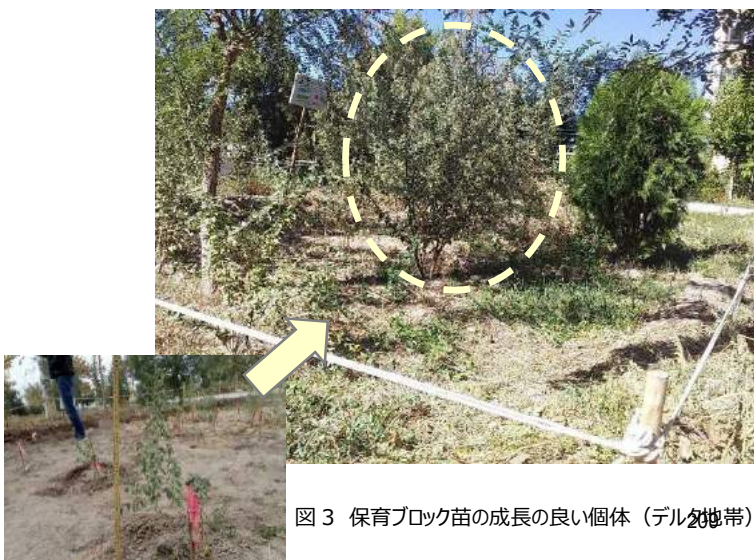
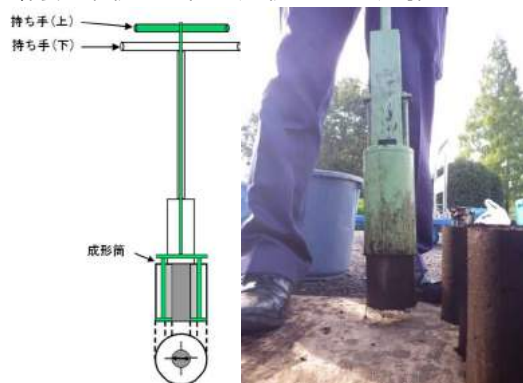


図3 保育ブロック苗の成長の良い個体 (デルタ地帯)

保育ブロック苗ってどんなもの？

現地の材料で保育ブロックを作る

保育ブロックは、主に土、堆肥（有機物）、粘土、化成肥料を混ぜ合わせ、特製の機器（保育ブロック作製器）を用いて成形する。一番初めに保育ブロック作製器を購入、または製造する必要があるが、それ以外はすべて現地で準備できるため、資材の少ない国においても簡単に作ることができる。このため、途上国の人々が自分たちで保育ブロックを作製し、継続して緑化活動を続けていくことが可能である。



保育ブロックの作製器

材料の配合

材料の配合は、容積比で土：堆肥＝1：1をベースに作製する。乾燥した保育ブロックを水に沈めた時、壊れてしまったり、中々吸水しない場合は、土と有機物の割合を変えたり、粘土を加え調整していく。ウズベキスタンのメクスでは、土：牛糞堆肥＝1：1（60L：60L）と粘土 15L で作製した。

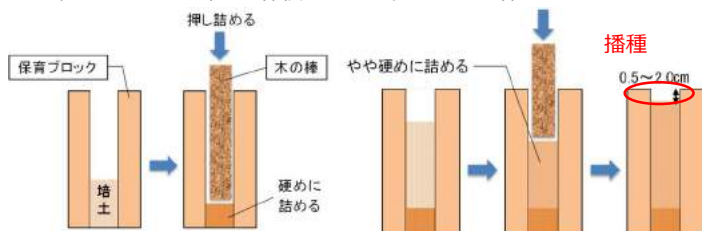
保育ブロック作製のポイント

使用する土や堆肥、粘土は篩（ふるい）を通して石やごみを取り除き、塊になっている材料はほぐしておく。土や粘土に使うふるいの目は 0.5 cm～1.5 cm、堆肥に使うふるいの目は 2.0 cm～3.0 cm が目安である。また、材料はしっかり混ぜ合わせないと壊れやすいブロックになってしまうので注意が必要である。

貫通穴に培土を詰めて播種する

保育ブロックの 1/3 の高さまで貫通穴に培土を入れ、太めの木の棒などで押し詰める。こうすることで、保育ブロックの底から培土が落ちなくなる。その後、更に培土を入れ、今度は苗木の根の伸長を阻害しない硬さで木の棒で優しく詰めていく。一度に大量の培土を入れると、表面の培土だけが締め固まり内部の培土が詰まっていかないため、小まめに培土を入れて詰めるよう注意する。

ウズベキスタンでは、土と堆肥を体積比 1：1 で混ぜたものを培土とした。



保育ブロック苗の育苗は宙に浮かせて

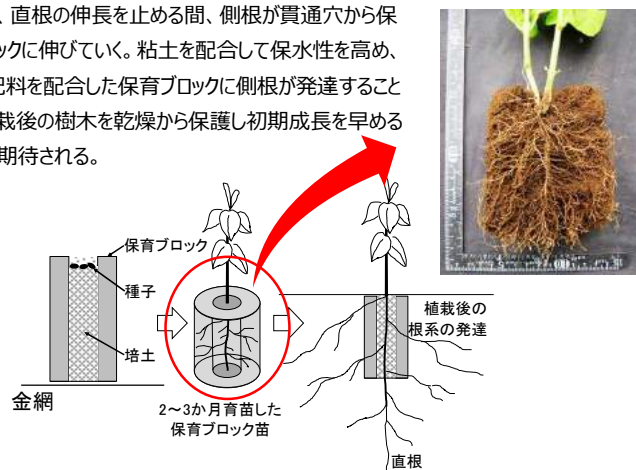
収穫コンテナ等、底がメッシュ状になったケースに新聞紙を敷き、その上に保育ブロックを密着させて並べていく。ケースは地面から少なくとも 10cm 以上浮かせた金網やパイプの上に設置する。地面にケースを直接置くと、根がそのまま地中に伸びていってしまうため注意が必要である。



保育ブロックの仕組み

保育ブロックは、金網などの上に載せて育苗する。樹木の直根は保育ブロックの下まで伸長すると空気に触れ、一時的に成長を止める。この技術は「空気根切り」と呼ばれている。鋏などで物理的に根を切った場合と異なり、空気根切りにより伸長の止まった直根は、植栽後、再び地中深くに向けて真っ直ぐ伸びていく。

また、直根の伸長を止める間、側根が貫通穴から保育ブロックに伸びていく。粘土を配合して保水性を高め、化成肥料を配合した保育ブロックに側根が発達することで、植栽後の樹木を乾燥から保護し初期成長を早める働きが期待される。



長根苗・コンテナ苗との違い

空気根切りによって直根の保護や根のルーピングを防止している苗木は、保育ブロック苗以外にも長根苗やコンテナ苗が知られている。保育ブロック苗はこれらの苗木と何が違うのか？

1 つは、土壌のブロックがあること。保育ブロック苗は根の周りに水分を含んだ土が保護している。このため、乾燥した場所に植栽した際に、土が緩衝材となり、苗木に与える乾燥ストレスを低減してくれる。

もう 1 つは、資材を選ばないこと。長根苗やコンテナ苗では培地にパーミキュライトやココヤシ皮トを使用するのが一般的である。保育ブロック苗は土と堆肥、粘土といった現地で入手可能な資材で作成することができる。

保育ブロック苗を植える

深さ 30cm、直径 30cm 程度の植穴を掘り、保育ブロック苗を植栽する。通常はスコップで植穴を掘るが、砂地や石の多い場所以外ではガソリン式オーガ等での掘削も有効な手法である。また、オーガ等で一度深さ 50cm 前後まで掘り土を柔らかくすることで、根が伸長しやすい環境を整えることができる。



保育ブロック苗の技術開発の意義

乾燥地においても多量の灌水を行えば、樹木を育てることは可能だ。しかし、これは人が永続的に管理しなくては生きられない樹木であり、自然環境を豊かにする本来の緑化とは異なっている。

また、多量の灌水は貴重な資源の浪費であり、コストがかかるため、途上国には大きな負担となる。

このため、乾燥地においては天水によって植物が生存することを前提とし、厳しい環境条件下で生存できる植物群落を造成する緑化技術が必要である。

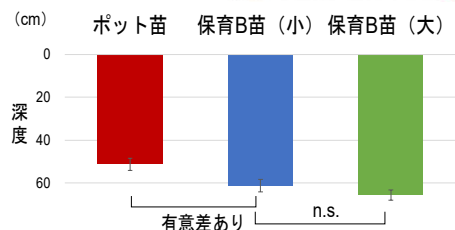
保育ブロック苗は樹木本来の力を使い、早期に水分条件の変動が少ない地中深くまで根を伸ばすことで生残する技術である。本事業においても、植栽直後に数回灌水は行ったものの、従来と比較的少ない灌水量で植栽し、その後の成長を観察した。

乾燥地での保育ブロック苗の成長

環境別の植栽結果

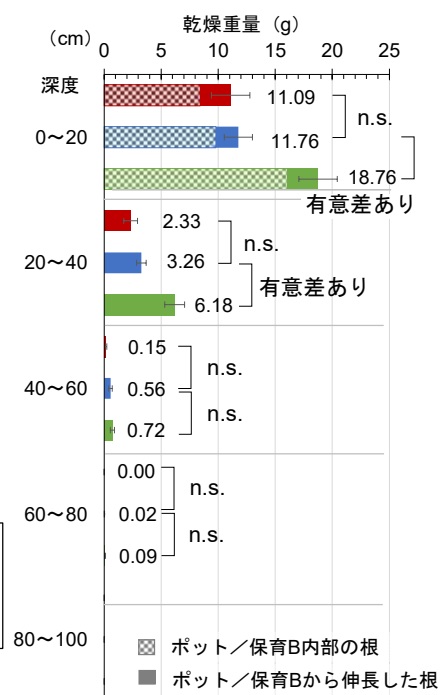
環境	砂地 (砂質砂漠土/年降水量約 100mm)	デルタ地帯 (沖積草原土/年降水量約 100mm)	荒廃山地 (灰色砂漠土/年降水量約 400mm)
現状	- 根が地中深くに伸びやすいサクサウル (<i>Haloxylon</i> sp.) の裸苗を植栽している。 - 薪炭材としてサクサウルの違法伐採が発生している。	- 大苗を植栽し、用水路を用いた灌水を実施している。酷暑期には 3 日に 1 回することもある ※年間に推定 2,000L/本の灌水を行っている。	土の軟らかい 3~4 月に、深さ 50cm ほどの植穴を掘って大苗を植栽しているものの、生残率は 10%~30%と低く、4~5 年の間補植を繰り返している。
共通の課題	生残率の向上		
個別の課題	・サクサウルに替わる経済的価値の高い樹種の植栽	・灌水量・灌水頻度の削減	・運搬・植栽コストの削減
植栽内容	- 家畜の飼料となるヤナギバグミ(<i>Elaeagnus angustifolia</i>)を植栽 2018 年 10 月に、当年生の保育ブロック苗とポット苗を植栽 1 年間で 6 回、計 150L を灌水	- 一般的に植栽されるヤナギバグミ(<i>Elaeagnus angustifolia</i>)を植栽 2018 年 10 月に、当年生の保育ブロック苗(ブロックの大きさが異なる 2 種類)とポット苗を植栽 2018 年 10 月から 2020 年 7 月までの約 2 年間で 7 回、計 225L/本を灌水	- 一般的に植栽されるトネリコ属(<i>Fraxines</i> sp.)を植栽 2019 年 11 月に、当年生の保育ブロック苗(ブロックの大きさが異なる 2 種類)とポット苗を植栽 2019 年 11 月から 2020 年 7 月までのに 3 回、計 35L/本を灌水
植栽結果	- 植栽 1 年後の 2019 年 11 月にはほぼすべての苗木が枯死してしまっただ。 - 長く生残した個体ほど、根が深くまで伸長していた。 - 冬季にネズミによる食害を強く受けてしまった。 ⇒保育ブロック苗は、樹高の低い段階で植栽するため、大苗よりも食害に遭いやすいことが懸念される。	人為的な攪乱により試験本数が減少してしまっただ、植栽 2 年後にポット苗は 14 本中 4 本(約 30%)、保育ブロック苗(小)は 20 本中 6 本(約 30%)、保育ブロック苗(大)は 13 本中 6 本(約 45%)が生残した。 - 保育ブロック苗のうち生育の良い個体では、植栽後 3 年で高さ 2.5m まで成長した。 ⇒従来の大苗植栽よりも少ない灌水量で、苗木が生残することができた	- 保育ブロック苗(小・大)、ポット苗ともに生残率は 90%以上であり、有意差はみられなかった。 - 植栽 2 年後の根の到達深度は、ポット苗が 51cm、保育ブロック苗(小)が 61cm、保育ブロック苗(大)が 65cm と保育ブロック苗の根の発達が良いだった。 - 根の乾燥重量は、深さ 0~40cm において保育ブロック苗(大)が有意に大きかった。

苗木の種類による根の発達の違い(植栽地: 荒廃山地、植栽 2 年後)



左上: 掘り取った苗木の根系
左下: 苗木別の根の到達深度
右: 深さ別の根の乾燥重量

※Welch's t-test ($p < 0.05$)
保育ブロック苗(小)との比較



高分子保水剤との併用の可能性

荒廃山地では、植穴の土を改良することで、保育ブロック苗の効果を高めることができなかと考え、土壌に園芸用の高分子保水剤（アクリル酸重合体部分ナトリウム塩架橋物）と吹付工で用いられる団粒化剤（アニオン系線状有機化合物）を混合し、保育ブロック苗を植栽した。

現場での掘り取りでは、保水剤区の根が良好に伸長しているのが観察された。根の平均到達深度に有意な差はみられなかったが、保水剤との併用で、より早く根を地中深くまで伸ばせる可能性があり、今後、土壌への添加量等さらなる検討が必要である。なお、団粒化剤は土を泥状にして添加するため、乾燥した際に硬く固まり、根の伸長を阻害してしまった。

※本試験では、保水剤 300g に 30L の水を吸水させ、植穴 1 つに対し吸水させた保水剤 0.6L を混合させた



根の先端

※混合区：保水剤・団粒化剤両方を混合

保育ブロック苗のコストは？

アングレンの荒廃山地において従来植栽されている大苗と保育ブロック苗の、植栽に係るコストを計算した。大苗は植えるまでに約 720 円/本かかり、生残率は 10～30%前後のため 5 回ほど補植する必要がある。このため、大苗の植付にはおおよそ 1200 円～1500 円/の費用が必要となる。一方、保育ブロック苗は植えるまでに約 335 円/本しかからない。また、本事業での生残率は 95～100%となっているため、補植のほぼ必要ない。このため、保育ブロック苗を使うことで費用を抑えることができる可能性がある。

現地の規則にも注意が必要

ウズベキスタンでは樹高 2.5～3m 以上、本数 500 本/ha になると「森林」として国に登録される。また、登録されるまでは管理し続けなくてはならない。

保育ブロック苗の成長は、植栽した場所の気象条件に左右されるため、2.5m 以上になるまで数年かかる可能性があることも考慮してから、植栽する必要があるだろう。

	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目～
従来の大苗	播種	育苗・床替	育苗	育苗・床替	育苗	育苗・植付
	育苗コスト 684.4円				植付コスト 34.5円	補植コスト 500～1,500円
						計718.9～円/本
保育ブロック苗	ブロック作製・播種	育苗・植付	管理	管理	管理	
	育苗コスト 151.1円	植付コスト 30.7円	管理コスト 153.3円			計335.1円/本
ポット苗	播種	育苗・植付	管理	管理	管理	
	育苗コスト 97.4円	植付コスト 30.7円	管理コスト 153.3円			計281.4円/本

※林業委員会からの聞き取り結果、本事業での作業量から算出した値であり、育苗・植栽条件によって金額は異なる

※育苗施設、運搬費や基盤整備等の費用は入っていない

※管理は除草作業や灌水を想定している。

他地域への適用可能性・課題

保育ブロック苗は樹木本来の力を使い、早期に水分条件の良い地中深くまで根を伸ばす技術である。このため、植栽後に根を伸ばす環境・期間があれば、降水量の少ない地域でも適用できる緑化技術と考えている。本業務においても年降水量約 100mm のヌクス（沖積草原土）において、植栽後 3 年で平均樹高は 250cm まで育てることができた。また、これまでの植栽事例においても、春季～夏季に降雨のある独貴特ラ（中国・内モンゴル自治区）では、年降水量が約 260mm の中、植栽 1 年後に約 80%の生残率が得られている。

一方で、植栽直後に厳しい乾燥に晒されれば、根を伸ばすことができずヌクス（砂質砂漠土）のように枯死してしまう。本事業の対象地としたウズベキスタンのように夏季に降水のない地域では、植栽直後の灌水管理の拡充や、マルチング、高分子保水剤及び団粒化剤を使用した土壌改良との併用等も十分検討したうえで、保育ブロック苗を導入していくことが必要である。

植栽環境	試験地	月平均（℃）		年降水量（mm）	降雨型	年間水分 欠乏量（mm）	乾燥度 指数	樹種	生残率 （約1年後）
		最高気温	最低気温						
荒廃山地	百花山（北京）	27.5	-13.3	512	冬乾燥 夏雨	-518.0	0.51	<i>Prunus sibirica</i> ヤマアズナ	80%以上
	アングレン	32.8	-4.4	560	夏乾燥 冬雨	-764.8	0.47	<i>Fraxinus</i> sp. トネリコ属	94.7%
荒廃地	東ウジムチン（内モンゴル）	29.1	-26.7	231	冬乾燥 夏雨	-704.5	0.25	<i>Ulmus pumila</i> ニレ <i>Prunus sibirica</i> 山杏	97.8% 34.6%
	独貴特ラ（内モンゴル）	31.8	-17.1	262	冬乾燥 夏雨	-876.2	0.23	<i>Lycium</i> sp. クコ	約80%
砂質砂漠土	ヌクス	36.7	-8.1	117	夏乾燥 冬雨	-1135.2	0.09	<i>Elaeagnus angustifolia</i> ヤナギバグミ	約2%（砂質砂漠土） 45%（沖積草原土）

※気象データは基本として、世界の天候データツール（気象庁）を参照した

※乾燥度指数に使用した蒸発散量は概算のため、乾燥度指数を気候区分には当てはめていない

詳細は報告書をご参照ください（<https://jifpro.or.jp/tpps/category/report/>）

林野庁補助事業 途上国森林再生技術普及事業

バイオチャー(炭)で土壌改良 in Africa

日本森林技術協会 (JAFTA)
相川真一
aikawas@jafta.or.jp

概要

試験の背景と目的

コンゴ民主共和国では、自然林の伐採による薪炭生産や焼畑による農業が営まれており、同国の森林減少・劣化の大きな要因となっています。また、アフリカ大陸のサバンナ地域は人口密度、人口増加率の高いエリアであり、今後の人口増加に伴うエネルギー（薪炭）、食料需要の急増により、さらに多くの森林が失われると予想される状況にあります。

森林減少を抑制しつつ、人口増加に応える薪炭、食料生産を行うためには、過度な利用により環境が劣化しつつある地域を、アグロフォレストリーなどで農林業を組み合わせ持続的に利用していく必要があります。そこで、荒廃の進むサバンナ地域でアグロフォレストリーを行うために、バイオチャーの施用により土壌を改良する技術開発を行いました。

バイオチャーとは、生物資源（バイオマス）を低酸素濃度下で加熱することで得られる炭化物（チャー）です。この資料ではバイオチャーの施用方法、施用による効果、コストについてご紹介します。

結果と課題

現地で入手可能な原料から作成したバイオチャーの物理性、化学性を分析し、バイオチャーによる土壌の保水性、保肥力の改善が可能であることが確認できました。

また現地でのアグロフォレストリー試験地により、バイオチャーの施用が土壌の保水性を改善し、一部の樹種の成長や、キャッサバの収穫量を向上させる効果があることを確認しました。

しかし今後の課題として、育成する樹種、作物に合わせた施用を検討すること、効果の持続性についての検証が必要なこと、コスト低減のために施用量や作業システムの改良が必要であること等が認識されました。



植栽試験地へのバイオチャー施用

土壌改良の技術が必要です –アグロフォレストリーによる森林保全・食料生産を目指して–

サバンナ地域の荒廃が進んでいます。…何とかできないの？

焼畑等の移動耕作は、十分な休閑期を設ければ持続可能な土地利用とされるが、コンゴ民主共和国のサバンナ地域では、長年に渡る過度の利用により土地の荒廃が進行しており、ある程度の休閑期においても植生が十分に再生せず、元の植生よりも貧弱な草地のまま休閑地となっている場所が多く見られる。

このような荒廃地は Arenosols と呼ばれる砂質土壌が分布する地域に多く見られ、これらの地域で木本種の定着、成長を阻害する自然的制限要因は、主に土壌有機物が失われたことで栄養塩や、土壌水分の保持能力が低下したことによるものと考えられる。

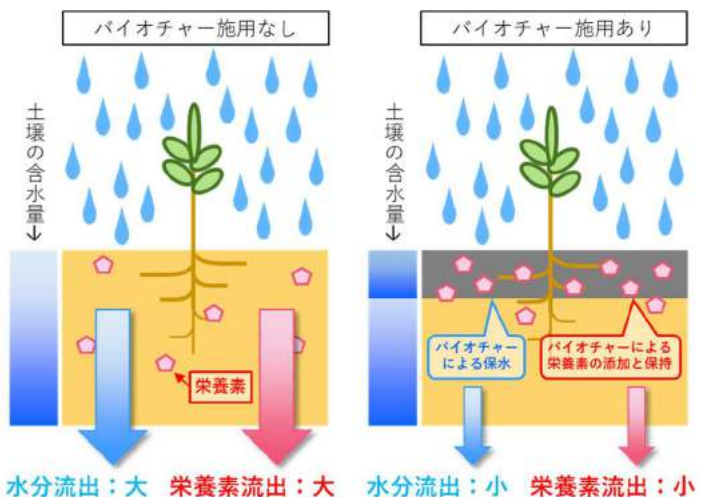
アグロフォレストリーは土地利用サイクルを適正化し、土壌の回復を促しつつ農林業生産を行うことができる、持続可能性の高い土地利用形態である。しかし、貧栄養な砂質土壌でアグロフォレストリーを成立させるためには、土壌の保水性、保肥力を改善することが重要と思われる。



木本種のない草本サバンナの景観

バイオチャーで土壌の保肥力、保水性を改善する

砂質土壌のサバンナ地域でのアグロフォレストリーを実現するために、我々が着目したのは、バイオチャーによる土壌改良である。現地の砂質土壌の乏しい保肥力、保水力を補うことで、生産性の向上が可能になると考えた。



開発者の着眼

焼畑は現地で一般的に用いられている耕作技術ですが、耕作を2年程度行った後は休閑地に戻されており、焼畑による土壌改良効果はごく短期で失われるようでした。そこで、より長期間に渡って効果を発揮することを期待してバイオチャーの利用を考えました。

土壌中でバイオチャーは長期に渡って残存することが知られており、IPCCの2019年改良ガイドラインでは、600℃以上で炭化した木炭の100年後の炭素残存率は89%となっています。

また焼畑による草木灰の施用が農業生産を増加させることは、現地でもよく知られているため、植物性原料を炭化させたバイオチャー（同じような原料で、焼き方を変えたもの）の施用は現地の農民にとって理解しやすく、受け入れやすい技術になるだろうとの期待もありました。

技術開発の意義

FAOの世界森林資源評価2020によれば、アフリカは2010～2020年にかけて世界で最も森林減少の大きい地域となっています。国別でみてもコンゴ民主共和国は、ブラジルについて世界第2位の森林減少面積を示しています。

また、国連の推計による同国の人口増加については、2050年には2020年比で約2.2倍、2100年には約4.0倍の人口となる見通しが示されており、人口とともに増加する燃料、食料需要を満たす手段を講じなければ、森林減少がさらに加速することは確実な情勢です。

バイオチャーを活用したアグロフォレストリーにより持続可能な土地利用で燃料、食料生産を行うことは、地域住民の生活を守り、森林減少を抑制し、炭素貯留によるCO₂削減も期待できる、非常に多くのメリットのある取り組みです。

どんなバイオチャーで、どのような土壌改良が可能なのか？

バイオチャーの原料、焼き加減による効果の違いは？

バイオチャーの性質は、原料や焼き加減によって異なる。原料による違いとしては、一般に動物系のバイオマス（家畜排泄物等）はリン等の栄養塩に富み、植物系のバイオマス（木材、農業残渣等）は孔隙の多いバイオチャーとなる。焼き加減については、炭化度の低いバイオチャー（半炭）の方が保肥力（陽イオン交換容量：CEC）は高く、炭化度の高いバイオチャー（炭）は保水性が高い（孔隙量が大きい）傾向にある。

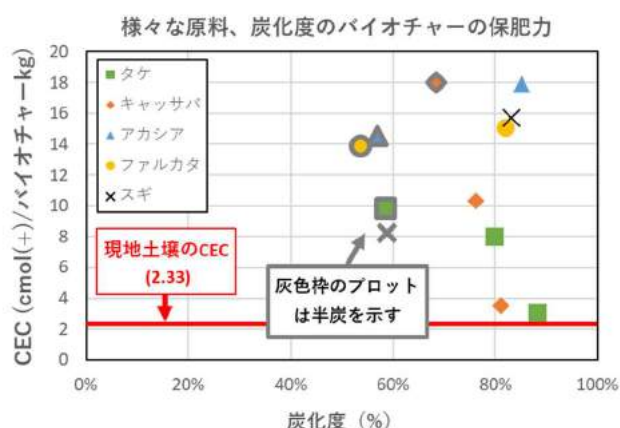
どのような土壌改良を目的として、どのようなバイオチャーを施用するのか、対象地の状況や植栽する樹木、栽培する作物に合わせたバイオチャーの利用を検討する必要がある。



バイオチャーの化学性～保肥力への効果

保肥力の指標となる陽イオン交換容量（CEC）は、多くの原料、焼き加減（炭化度）のバイオチャーで現地土壌よりも高い値を示した。このことから、バイオチャーの施用は土壌の保肥力の改善に役立つものと考えられる。

これらのバイオチャーを 2.0kg/m² 施用した場合、現地土壌表層（0～10cm）の保肥力を、2～11%向上させることができる。



原料と焼き加減で変わるバイオチャーの性質

本試験及び既存の文献資料から整理した、バイオチャーの原料、焼き加減によるメリット○、デメリット×は、下表のとおりである。

	原料かさ密度小	原料かさ密度大
半炭 (低炭化度)	○保肥力が高い ○保水力が高い ○原料あたりの効果高い ○土壌中での分解が遅い △pH は酸性 ×大量生産技術がない	○保肥力が高い △保水力はあまり高くない ○原料あたりの効果高い ○土壌中での分解が遅い △pH は酸性 ×大量生産技術がない ×燃料需要と競合
炭 (高炭化度)	△保肥力は低い場合あり ○保水力が高い ●分解が非常に遅い △pH はアルカリ性	△保肥力は低い場合あり △保水力はあまり高くない ●分解が非常に遅い △pH はアルカリ性 ×燃料需要と競合

これらの原料や焼き加減により性質の異なるバイオチャーを、目的に合わせて利用することが肝要です。

未利用資源を活用する！



現地において、家庭燃料等に利用されているバイオマス資源をバイオチャーの原料とした場合、既存の利用ニーズとの競合が発生します。そういった競合を避けるため、現地で未利用の資源を利用できれば好都合です。

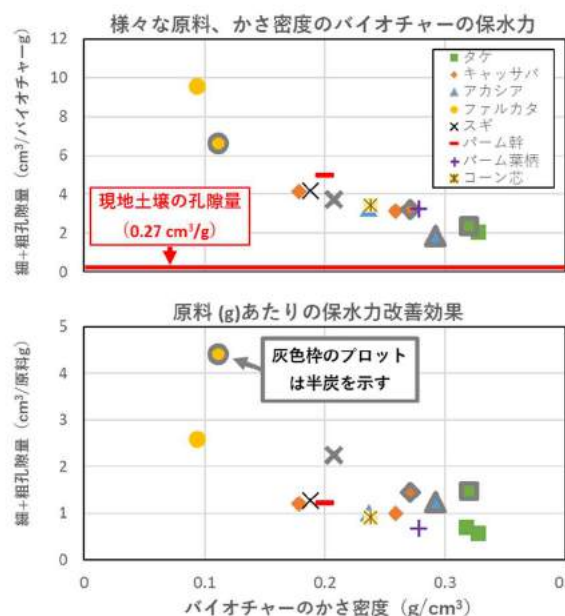
本試験では、コンゴ民主共和国サバナ地域で入手可能な未利用バイオマス資源として、タケ、キャッサバ茎、トモロコシ芯、オイルパームの幹・葉柄を収集、炭化し、土壌改良材としての性能を比較しました。

バイオチャーの物理性～保水力への効果

バイオチャーは多孔質な構造を持ち、その微細な孔隙に水を保持する事ができる。保水力の指標となる細孔隙量+粗孔隙量は多くの原料、かさ密度のバイオチャーで現地土壌よりも著しく高い値を示した。

これらのバイオチャーを 2.0kg/m² 施用した場合、現地土壌表層（0～10cm）の保水力を、9～49%向上させることができる。

また、かさ密度の低いバイオチャーの方が保水力は高いが、原料 1g あたりの保水性改善効果は炭よりも半炭で大きくなった。



草木灰と木炭（バイオチャー）の違いとは？

焼畑により土壌に添加される草木灰と、木炭（バイオチャー）の性質はどのような点が異なるのでしょうか？

草木灰の pH はアルカリ性です。カリウム、カルシウム、リン等を多く含有することが知られていますが、その含有量は原料によりバラツキがあります。

木炭の pH は低炭化度では酸性、高炭化度ではアルカリ性となります。栄養塩の含有量は原料により異なり、特に低炭化度では保肥力の向上を期待できます。草木灰と異なり多孔質の構造を保持しているため、保水性の向上も期待することができます。

バイオチャー施用の方法とその効果 ～植栽木への効果～

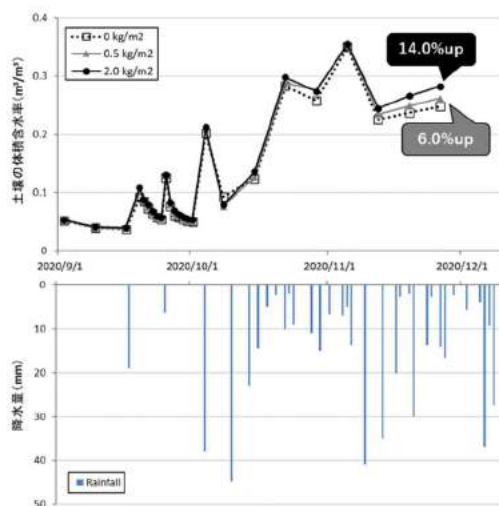
-バイオチャーの施用方法

- 現地のアグロフォレストリー試験地では、雨期の初めにバイオチャーを施用した。
- バイオチャーは、現地で入手が容易なアカシアの木炭（炭化度：約 91%）を使用し、粉碎して土壌表層にすき込んだ。
- 施用量は無施用を含めて 3 段階（0kg/m²、0.5kg/m²、2.0kg/m²）とし、施用量による効果の違いを検証した。



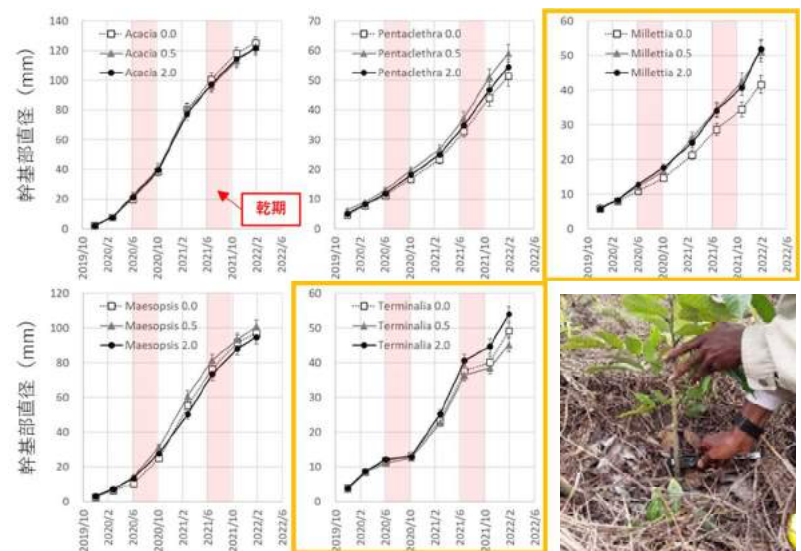
-土壌保水性への効果

- バイオチャー施用区画で、**土壌含水率が上昇**した。
- 0.5kg/m² 施用区：無施用区より 6.0% 上昇
2.0kg/m² 施用区：無施用区より 14.0% 上昇



-植栽木の成長（幹の直径成長）への効果

- バイオチャー施用区画で**成長が増加する樹種がみられた**（Milletia、Terminalia）。
- 成長に違いが見られない樹種もみられた（Acacia など）。



Acacia mangium

- マメ科
- 窒素固定を行う
- 貧栄養土壌でも育つ
- 現地で、造林事例有り（コントロールとして選択）
- 用途：薪炭材



Pentaclethra eetveldeana

- マメ科
- 窒素固定を行う
- 貧栄養土壌でも育つ
- 用途：食用イモムシ採取



Milletia laurentii

- マメ科
- 窒素固定を行う
- 熱帯雨林～木本サバンナに分布
- **肥沃で、湿った土壌を好む**
- 用途：高級木材

→成長にバイオチャーの効果あり



Maesopsis eminii

- クロウメモドキ科
- 4 ヶ月までの乾期に耐える
- 土壌が深く、肥沃で湿った砂質壤土を好む
- 用途：建材、薪炭材



Terminalia superba

- シクンシ科
- 4 ヶ月の乾期がある地域に分布
- **砂質土壌では、長い乾期は苦手**
- **根は浅い**
- 用途：家具、薪炭材

→成長にバイオチャーの効果あり



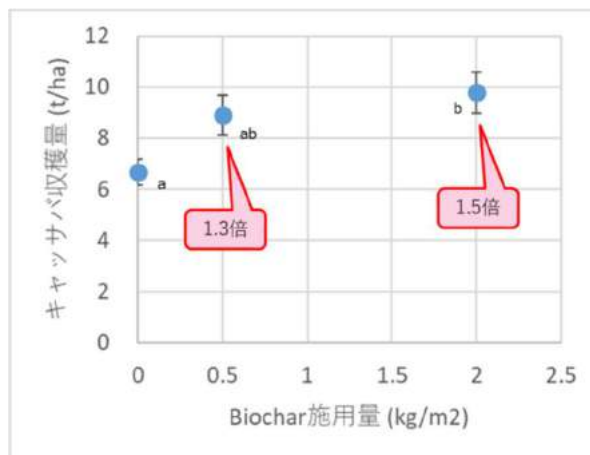
何故これらの樹種を選んだか？

植栽樹種の選定にあたっては、現地で利用ニーズがあることを重視しました。アカシアは薪炭生産のためにサバンナ地域でも植林されていますが、人口密度の低い地方ではニーズが縮小します。そのため、薪炭以外の用途で利用される樹種も含めて、多様な樹種を選定しました。

バイオチャー施用の方法とその効果 ～農作物への効果～

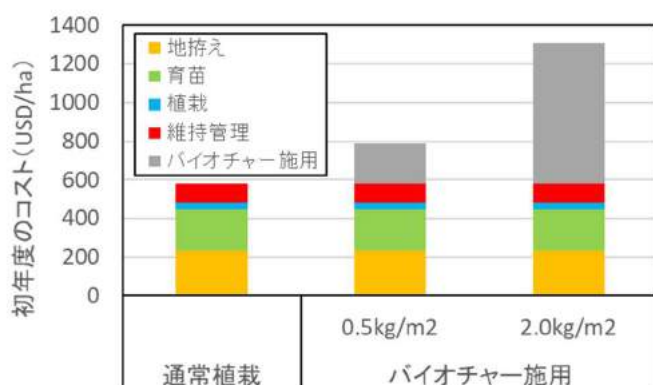
-キャッサバの収穫量への効果

- バイオチャー施用区画では、**キャッサバの収穫量が大きく増加**した。1 回あたり **343USD/ha（施用量 0.5kg/m²）**、**484USD/ha（施用量 2.0kg/m²）** の収入増につながる。
- アグロフォレストリー1 サイクルで、アカシアの植栽区では、キャッサバの耕作は 1 回のみ（樹冠が閉鎖するため）、その他の樹種の植栽区では、2 回の耕作が可能となる。



技術適用のためのコスト

- バイオチャーの施用を行うことで、通常の植栽と比較して、**206USD/ha（施用量 0.5kg/m²）**、**727USD/ha（施用量 2.0kg/m²）** のコストが増加する。
- 施用量 0.5kg/m² ではキャッサバ収穫 1 回、2.0kg/m² ではキャッサバ収穫 2 回以下（上記の収入増が持続する場合）で通常植栽よりも利益が大きくなる。



コスト低減のための課題は？

バイオチャーの施用を行うことで増加するコストは、①原料バイオマスの収集、②炭焼き、③粉碎、④施用の 4 項目です。

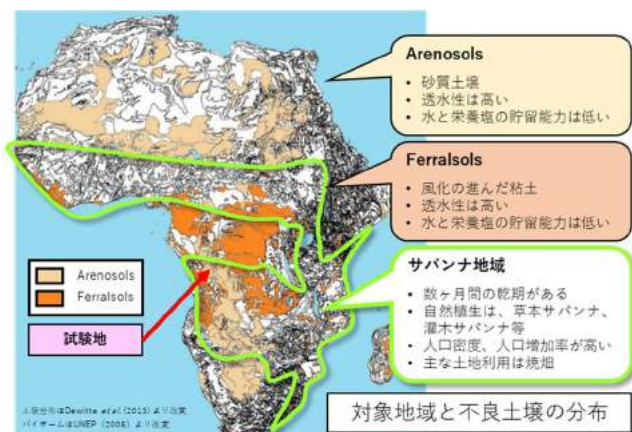
これらのコストを低減するためには、

- ①収集：今回の試算ではバイオチャー施用コストの 65%を占めます。生活の中で自然に集まる原料（トウモロコシ芯、キャッサバ茎など）を利用することで、コストを削減できます。
- ②炭焼き：日常生活の一部として燃料生産のための炭焼きは行われているため、そのついでに土壌改良用のバイオチャーも作成できるとよいでしょう。
- ③粉碎：施用コストの 23%を占めます。多量のバイオチャー粉碎は、人力では辛いので、チップパーや車両の利用等、何らかの機械化を検討する必要があります。
- ④施用：地帯えのついでに行うような、一貫作業システムで作業を行えば、手間を減らすことができそうです。

また、左記のとおり、施用量を最小限とすること、効果の持続時間の長いバイオチャーを用いることも非常に重要です。

他地域への適用可能性・課題

この試験は、不良土壌（Arenosols）の分布するサバンナ地域での土壌改良技術を開発するために実施しました。現地には、もう一つ Ferralsols という不良土壌が広く分布しています。Ferralsols も保水力、保肥力が低い土壌であるため、バイオチャーによる土壌改良が可能と期待できます。



ただし、バイオチャーの施用にあたっては、以下の点に留意が必要です。

- **土壌や、栽培する植物の特徴に合わせて**、改良すべき土壌の性質を検討
- 調達可能な未利用バイオマス資源から**最適な原料を選定**する
- **目的に合わせた焼き加減、施用量**を検討

バイオチャー施用のさらなる可能性

近年、土壌へのバイオチャーの施用は、本試験の目的である「生産性向上のための土壌改良」以外の用途においても世界的な注目を集めています。

炭素隔離、すなわち温暖化対策として土壌にバイオチャーを添加することが認められ、その算定方法が 2019 年改良 IPCC ガイドラインに記載されたためです。

バイオチャーの施用は、近年の森林減少が著しいコンゴ民主共和国あるいはアフリカ大陸のサバンナ地域において、温暖化対策としての効果も期待できます。