高分子吸水材(SAP)で土壌水分を保持

国際緑化推進センター
（JIFPRO）
高橋正通
masamichi@jifpro.or.jp

概要

乾燥・半乾燥地には保水性の悪い砂質土壌が広く分布しています。植林を成功させるには、**土壌水分の維持が最大の課題**です。

高分子吸水材（Superabsorbent Polymer，**SAP**)はオムツに使われる吸水素材として知られています。**土壌保水材としても市販**されていますが、**効果の科学的検証は少ない**のが現状です。そこで SAP が保持する水分は樹木に有効かどうか、苗木の成長に効果があるかを明らかにしました。

SAP を土壌に混ぜると、**雨や灌水を速やかに吸水し** SAP 内に蓄えるので、**高い土壌水分状態**を維持できました。また、地表面からの**蒸発を抑える効果**もありました。さらに、SAP 内の水は**根が吸水しやすい「有効水」**であることを確認しました。SAP を混合した土壌にスギとヒノキのコンテナ苗を植えたポット試験では、スギに対して**短期間で発根を促進する効果**があり、**灌水を止めても苗木は長く生存**しました。

最近の気候変動により、降雨パターンの変化や砂漠化の進行が報告されています。SAP の施用により、**乾燥による苗木枯死のリスクを低くし**、また、**灌水頻度を減らしてコスト削減**につながる可能性があります。

土壌の種類や植栽樹種によって適正な SAP 濃度や効果は異なります。**コストにも影響**するので、**現地土壌と植栽樹種で効果を確認してから使用計画を**たててください。

苗木の植穴に SAP を混ぜた土壌と土壌水分センサーを埋める（ミャンマー）

SAP の状態と水

多様な SAP 製品

SAP は紙おむつや熱冷まし、芳香剤などに使われています。最も一般的な成分はポリアクリル酸やポリアクリルアミドという高分子化合物です。乾燥状態の SAP はプラスチックと同じような固形物で、それを砕いて大きさ 1mm 程度の粒にそろえて販売されています。水を加えると柔らかくなりゼリーのような状態（ゲル状）に変わります。さらに水を加えるととろみのついたスープ状になります。

土壌の保水用として成分や粒度の異なるさまざまな SAP 製品が販売されています。しかし、使用にあたってのマニュアルなどは整備されておらず、利用者の現場の経験に任されたままです。今回は、ポリアクリル酸を主原料とした SAP を用いて、さまざまな試験を行いました。

SAP1g（左）に、水 50g（中）、300g（右）を加えた

開発者の着眼

乾燥地・半乾燥地には保水性の低い砂質土壌が広く分布しています。砂質土壌の保水性を高めることは農林業や緑化の成功につながるでしょう。SAP は約 50 年前に開発され、世界中で試験研究が行われましたが、実際の現場の技術としてはあまり普及していないようです。

途上国の森林は薪の採取や過放牧による荒廃がとまりません。通常、雨季になってから植林しますが、雨があまり降らなかったり、与えた水が乾いたりして苗木が枯れて思うように活着しないことがあります。植林の時に SAP のような土壌保水材を使うと、灌水量を減らしても、雨が少なくても、土壌が湿って苗木が枯れにくくなる可能性があります。特に最近は気候変動で降水パターンが変化しているので、乾燥による苗木の枯死リスクを回避する対策にもつながります。

ミャンマー中央乾燥地の植林活動

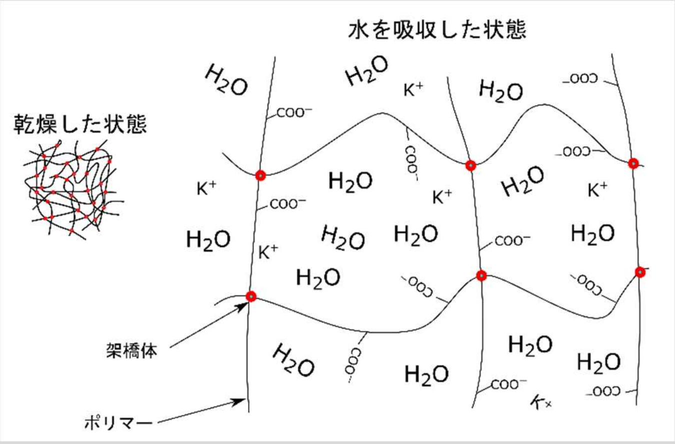
火入れや放牧により植生回復は難しい

植林による森林回復の事例、植栽 2 年目のようす

SAP が吸水する仕組み

高分子のネットに水が浸透

SAP は長い高分子の糸がところどころつながったネット状の構造をしています。水があるとネットが広がり中に水が閉じ込められて保水性を発揮します。高分子にはナトリウムやカリウムがイオン結合しており、SAP 内部は周囲の水よりも塩の濃度が高くなっているため、浸透圧の差により水が自然にネット内に入ってきます。



高橋ほか 2018, 日本森林学会誌 106:229-236

土壌の化学性も改善

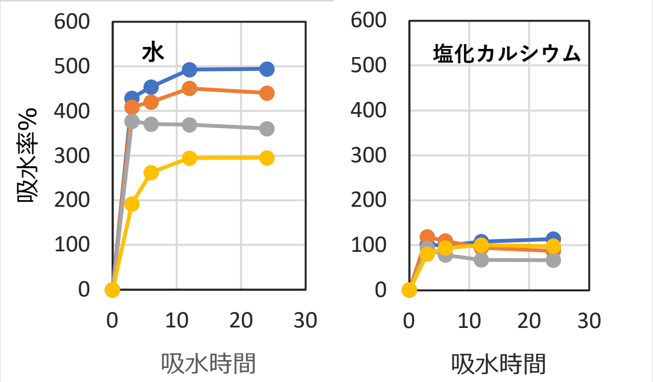
SAP 素材の高分子（ポリアクリル酸）はマイナスに荷電しています。そのため、SAP を添加すると、プラスに帯電しているカルシウムなどのミネラルやアンモニア態窒素などが保持されます。すなわち土壌の陽イオン交換容量（CEC）が大きくなります。砂質土壌は CEC が小さいので、土壌の「水もち」だけでなく、「肥料もち」の向上にも役立ちます。

SAP は 2 時間以内に吸水するが、塩水に弱い

SAP を水に入れると、2 時間程度で最大吸水量の 8 割ほどまで吸水して膨らみます。製品により吸水性は異なりますが、SAP 単品で自重の最大 500 倍（500%）になります。しかし、塩化カルシウムが溶けた溶液では最大でも 100 倍程度で、塩の濃度が高いほど浸透圧差が小さくなり、吸水率は低下しました。

土壌の塩分濃度が高い場合、SAP の性能は低下します。乾燥地には塩類土壌が分布していますので注意が必要です。また、灌漑水の塩分濃度も影響します。電気伝導度計などで塩分を確認したり、植林地の土壌を事前に調べたりしましょう。

塩類土壌や灌漑水の塩分に注意！



SAP の吸水時間と吸水率：水と塩溶液の比較。色の違いは違う製品を示す。

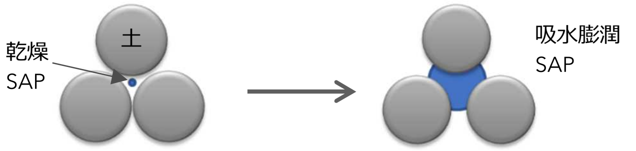
SAP の最適添加量

SAP の吸水膨潤とその制限要因

土壌に SAP を入れる量はどのくらいが適当でしょうか。SAP 添加量を増やすほど土壌水分（土壌含水比）は高くなり保水量はふえました。しかし、SAP 重量に対する吸水率は低下しました。これは土壌粒子のすき間の大きさで膨潤が制限されるためです。

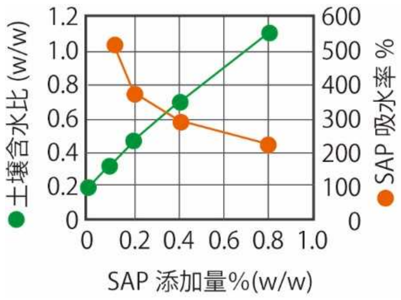
SAP 添加量に対する２つのグラフ（土壌含水比、SAP 吸水率）との関係から最適な添加量を検討しました。砂質土壌の場合、土壌の乾燥重に対して 0.2%～0.4%程度の SAP 添加率が、最も吸水効率よく土壌の保水性を高められることがわかりました。

SAP は土壌粒子のすきまで吸水・膨潤



砂質土壌の場合

SAP0.2～0.4% (重量割合) が最適添加量



試験に用いた砂質土壌では、SAP 添加量と土壌水分●と SAP 添加量と吸水率●との関係から、砂質土壌では最適添加量は 0.2~0.4%が効率よいと判断できます。

粘土質土壌は効果小

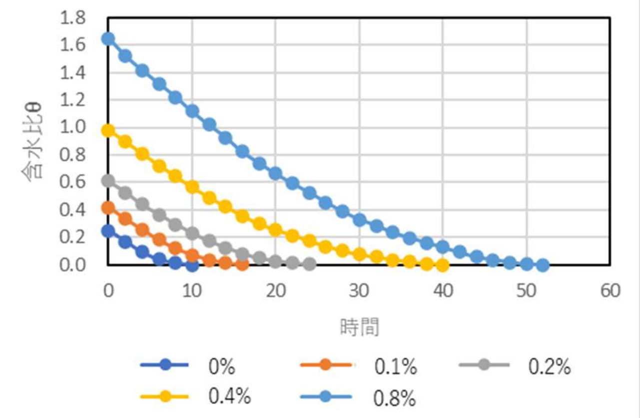
粘土質の土壌は粒子のすき間が小さく、SAP が膨潤するスペースがありません。そのため、SAP の吸水効果は小さくなります。SAP を施用する土壌の土性（粒径組成）を確認しましょう。

SAP 土壌は乾きにくい

土壌からの蒸発はゆっくり

SAP の添加量を変えた 100g の砂をナイロンバックに入れ、60℃のオーブンで乾燥させました。2 時間毎に重さをはかって土壌からの蒸発速度を求めました。SAP を入れると保水量が増え、土壌が乾くまでに時間がかかりました。特に土壌水分が少なくなるほど蒸発速度は遅くなりました。SAP を添加しない土壌にくらべ、SAP0.2%を添加するごとに、完全に土壌が乾燥するまでの時間が約 10 時間遅くなりました。

SAP 添加により土壌が乾きにくくなります。乾燥地は土壌水分の蒸発が激しいですが、SAP を入れると灌水の頻度や量を減らすことができそうです。また、気候変動で降雨の少ない年に植栽してしまっても、その影響を減らせる可能性があります。



SAP濃度の異なる砂からの蒸発による重量減少。SAPないと10時間で乾燥しましたが、0.8% では乾燥までに52時間かかりました。

SAP の水は植物が吸収しやすい

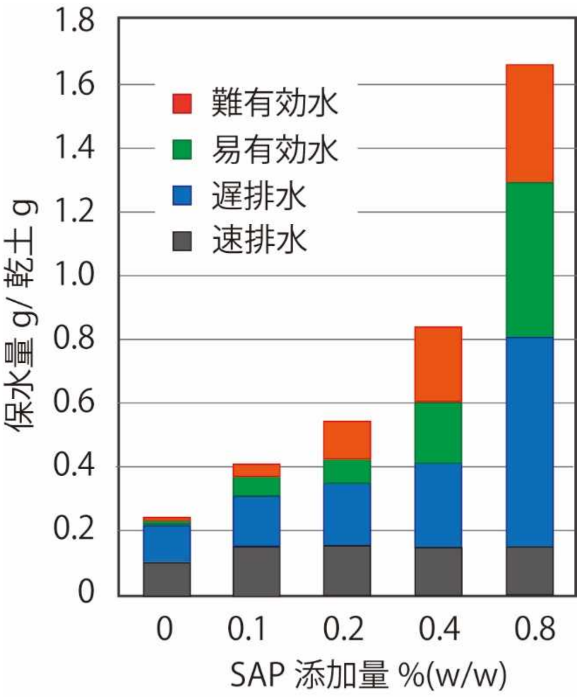
SAP の添加により排水が抑えられ有効性が長続きする

SAP は水をすばやく吸収するので、吸水力が強すぎて、植物根が利用できないのではという懸念があります。根の吸水力で SAP 内の水を利用できるかどうかを土壌物理試験の測定装置で調べました。

降雨や灌水後、速やかに土壌から排水される水分（速排水）は、短期間でなくなるので有効性には限りがあります。SAP を添加するとゆっくりと排水されるので（遅排水）、有効性が長続きします。

SAP 内に保持されている水分の保持力を測定すると、植物が容易に利用できる成分（遅排水と易有効水）が約 7 割を占めていました。SAP に強く保持され植物が利用しにくい水分（難有効水）の割合は 2 割程度でした。SAP 中の水は植物が吸収しやすい水分であり、苗木に利用されます。

ミャンマー中央乾燥地における植林風景



土壌への SAP 添加量と保水された水の有効性

ミャンマー中央乾燥地の土壌断面写真。
周辺には水はけは良いが保水性の悪い砂質土壌が広く分布している。
（断面のスケールは 130cm）

土壌断面の掘削

SAP は根の発根を促し、乾燥時の枯れを防ぐ

苗木は発根量をふやし、枯れにくい

日本の造林樹種（スギとヒノキ）で SAP の効果を調べるポット試験を行いました。川砂に SAP を添加した培養土にスギとヒノキのコンテナ苗を植えて、灌水しながら育てました。

川砂は保水性がなく、灌水直後の土壌の含水率は約 15%(v/v)で、その後、排水と根による吸水により最低 5%まで下がりました。SAP を添加したポットは灌水直後の含水率が 23～35%で途中に灌水せずとも 10～20%で維持されました。

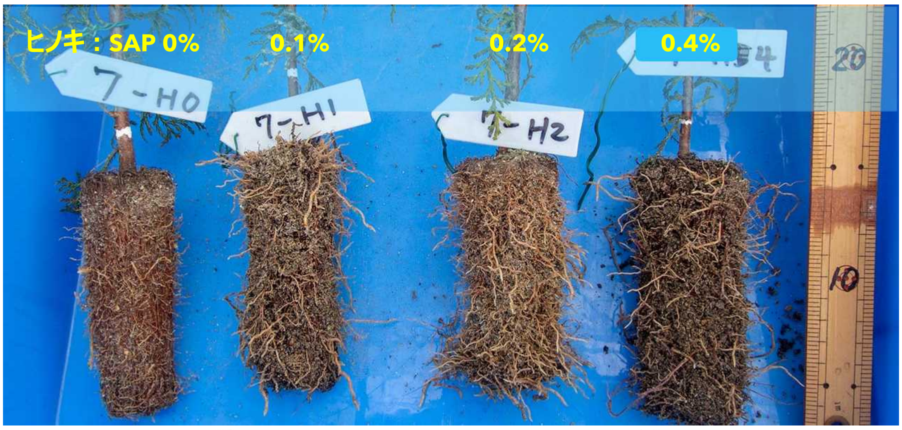
2 週間育成後、ポットから苗木を取り出してみると、SAP を添加したポットの方が根はよく伸びていました（右写真）。

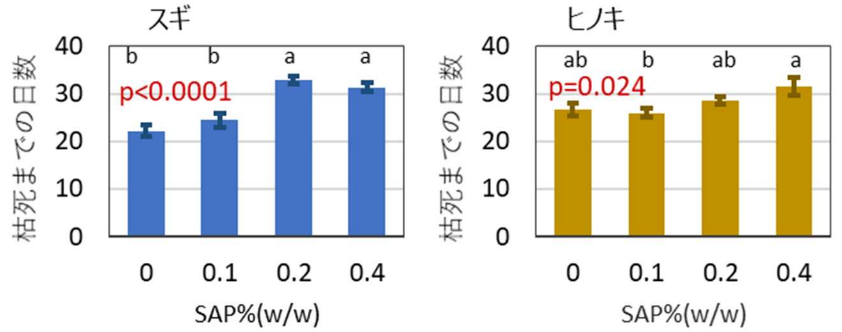
4 週間後の根量は、スギの場合、SAP 0.2%以上で統計的に有意な発根量が確認できました。ヒノキも SAP 添加により発根が促進される傾向がみられましたが、スギほど明瞭な差はありませんでした。

１ヶ月育てた苗木の灌水をとめて、枯死までの日数を調べました。スギでは SAP を入れないポットより 0.2%以上入れたポットの苗木の方が、約 10 日長く生存しました。ヒノキも延びる傾向がありましたが、統計差は明瞭ではありませんでした。

スギとヒノキは土壌水分に対する生理特性が異なることが知られています。樹種によって SAP に対する反応が異なるようです。

今回の試験は研究蓄積が十分にある日本の造林樹種を使いました。途上国では苗木の研究例が少なく、国によって植栽樹種も違います。できるだけ現地の樹種と土壌を用いて SAP 添加試験をして、発根状態などを確認しましょう。2 週間程度で判断できます。





灌水停止後、乾燥により苗木が枯死するまでの日数

SAP のコストと課題

SAP の追加コスト

SAP 施用の追加のコストを試算しました。製品により価格は異なり、1kg あたり 900 円～1800 円です。土壌 1kg に対し SAP0.2%とすると 1.8 円～3.6 円です。ポット試験では土壌 2kg 使い 3.6～7.2 円でした。ミャンマーの 30cm 立方の大きな植穴は土壌 35kg で 63～126 円になります。植穴の大きさや濃度は現地の土壌や管理方法、気象条件で決めてください。

土壌 1kg あたり 2～4 円で計算

SAP の施用方法

SAP 施用は植穴の土壌に粉末で混ぜる方法と、水を加えたゲルを高圧ポンプで土壌に注入する方法があり、それぞれに特徴があります。前者は施用しやすいですが別途水を用意します。後者は大規模な産業植林で使用され、成木への灌水にも使われています。経費や現地の事情に合わせて選択します。

SAP の課題

SAP が有効な樹種かどうかは、現地で確認する必要があります。施用の場所や深さについての検討も必要でしょう。製品の価格差も大きく、コストと効果の見極めるための試験と解析が望まれます。

最後になりますが、ポリアクリル酸の SAP は石油製品です。生分解性の SAP も開発され商品化が検討されています。環境負荷を考えると、効果の持続性と生分解速度の兼ね合いが課題となるでしょう。

参考文献： 1) 高橋ほか 2018 日本森林学会誌 100:229-236 林業・緑化分野における高吸水性高分子流の利用, 2) 高橋ら 2020 森林立地学会誌 62: 51-59 高吸水性高分子樹脂を添加した土壌の物理・科学・生物性，3) 高橋 2020 海外の森林と林業 107:23-27 高級性高分子樹脂（SAP）の植林への利用―SAP の利用と現場における土壌水分の変化―