



|                  |                                                                                   |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Title            | 耐酸性菌根菌を活用した強酸性法面緑化適用の可能性                                                          |
| Author(s)        | 田中, 淳; 堀江, 直樹; 江澤, 辰広 他                                                           |
| Citation         | 日本緑化工学会誌, 36(1), 119-122                                                          |
| Issue Date       | 2010-08-31                                                                        |
| Doc URL          | <a href="https://hdl.handle.net/2115/49881">https://hdl.handle.net/2115/49881</a> |
| Type             | journal article                                                                   |
| File Information | Revegetation.pdf                                                                  |



## 耐酸性菌根菌を活用した強酸性法面緑化適用の可能性

田中 淳 <sup>1)</sup>・堀江直樹 <sup>\*2)</sup>・江澤辰広 <sup>3)</sup>・伴 資英 <sup>4)</sup>

1) 元日特建設株式会社

2) 日特建設株式会社

3) 北海道大学大学院農学研究科

4) セントラル硝子株式会社

**摘要:** 強酸性土壌 (pH 2.7~4.7) に生育する植物から分離した耐酸性菌根菌を使用した強酸性法面緑化工法の開発を目指し、実験を行った。pH 3.3~4.0 の強酸性土壌の上に、耐酸性菌根菌を入れたポットのメドハギの生育は、入れないものよりも良好であった。しかし、pH 1.8 ではすべて枯死し、pH 2.5 でも生育は不良となることから、適用できる pH には限界があることが示唆された。また、pH 2.5 を下回る強酸性土壌に適用するため、強アルカリの中和資材と併用した場合でも、耐酸性 VA 菌根菌は、植物の酸性抵抗力を高める効果があることがわかった。以上のことから、耐酸性菌根菌は強酸性土壌の対策資材として有効であると考えられる。

**キーワード:** 強酸性土壌、酸性硫酸塩土壌、VA 菌根菌、AM 菌、RF1 株、軽量発泡コンクリート

### 1. はじめに

強酸性土壌は、緑化困難地として古くから知られており、多くの対策が実施されている。強酸性土壌のうち切土法面で特に問題となるのは、酸性硫酸塩土壌である。酸性硫酸塩土壌は、第三紀・第四紀の海生堆積物の地層を起源とする泥岩や砂岩、あるいは火山活動により硫酸化合物を含む岩石からなっている。これらの土壌は、切土され露出するとパイライトなどの硫化物が、化学的・微生物的酸化反応を伴って硫酸を生じ、強酸性を示す。

酸性硫酸塩土壌は、切土当初は強酸性でなくても空気に触れることで、すぐ酸性化するものもあれば、1 年以上経過して酸性化するものもある。そのため、植生工を施す時に強酸性土壌であることが見過ごされ、生育不良に陥る場合も多い。現在、酸性硫酸塩土壌の潜在的な酸性化の程度を測定する方法は実用化されてきている<sup>1,3)</sup>が、その酸性化のスピードまでを予測することはできない。土木工事の場合工期が決まっており、酸性化の程度とは関係なく潜在的酸性値に合わせた中和材量を施工時に投入するのが通例である。そのため、生育

基盤のアルカリの影響により、生育障害が発生する場合もある。

### 2. 強酸性法面の緑化対策

現在の強酸性土壌法面の緑化方法は、物理的に障害を回避する方法と、化学的に中性化する方法が多い。物理的方法としては、(1) 地山をモルタルやソイルセメント等で覆い、その上に植生基材吹付工を実施する方法<sup>2)</sup>や、20~30 cm の厚い生育基盤を造成して強酸性土壌の影響を回避する方法がある。化学的方法としては、(2) 中和材 (炭酸カルシウムなど) を散布した後に植生基材吹付工を施工したり、(3) 中和材を植生基材吹付工の植生基盤材に混合して吹き付ける方法<sup>3)</sup>が多い。また、緩衝作用の高い、泥炭腐植土・竹炭<sup>4)</sup>、人工ゼオライトなどを使用する方法も化学的方法といえる。

(1) の物理的方法の問題点は、厚い生育基盤の造成が必要であり、化学的対策と比較してコストが高くなることである。化学的方法の問題点は、切土法面では中和材と酸性土壌を耕耘混合することができず、十分な中性化ができないことである。具体的には、(2) のように中和材を強酸性土壌法面へ散布し、中和層を造成した後に植生基材を吹き付ける場合、酸性土壌と植生基材の間にアルカリ性の層ができ、その層が植物の根の伸長を阻害する場合がある。また、(3) のように中和必要量の中和材を植生基材中に混合して使用した場合、植生基材がアルカリ化し、植物の生育を阻害する可能性がある。特に、施工時に酸性化していない酸性硫酸塩土壌法面に用いた場合このような被害が発生することが多い。

そこで筆者らは、耐酸性能力を有する VA 菌根菌を利用する方法を考案した。これは、微生物の力を借りて植物自体に耐酸性を付与することで、強酸性土壌でも植物を健全に生育させる方法である。その結果、投入するアルカリ量を低減させても植物の生育が可能である。また、中和材は徐々に中和効果がなくなるが、植物の根と共生し増殖していく VA 菌根菌は、植物の生長と共に徐々に効果が向上していくことが期

\* 連絡先著者: E-mail : naoki.horie@nittoc.co.jp 〒104-0044 東京都中央区明石町 13-18

表-1 実験に使用した強酸性土壌の性状

| 土壌区分  | 酸性土壌                 |      |                                    |          | 緑化基盤                 |      | 備考                  |
|-------|----------------------|------|------------------------------------|----------|----------------------|------|---------------------|
|       | pH(H <sub>2</sub> O) |      | pH(H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) | EC(mS/m) | pH(H <sub>2</sub> O) |      |                     |
|       | 施工時                  | 74日後 | 施工時                                | 施工時      | 施工時                  | 74日後 |                     |
| pH3.0 | 3.00                 | 2.95 | 2.50                               | 81.9     | 5.24                 | 4.67 |                     |
| pH3.3 | 3.34                 | 3.21 |                                    |          | 5.24                 | 4.61 | pH3.0: pH4.0=2:1で混合 |
| pH3.6 | 3.59                 | 3.45 |                                    |          | 5.24                 | 4.78 | pH3.0: pH4.0=1:2で混合 |
| pH4.0 | 4.01                 | 4.24 | 3.00                               | 50.0     | 5.24                 | 4.51 |                     |

待される。このことは、酸性化が進行したときに酸性対策が必要となる潜在的な酸性硫酸塩土壌に特に有効だと考えられる。

使用する耐酸性 VA 菌根菌は、酸性硫酸塩土壌 (pH (H<sub>2</sub>O) 2.7 ~ 4.8) に生育するススキ (*Miscanthus sinensis* Andersson) の根圏土壌から分離された *Glomus* sp. RF1 株 (MAFF 520086) である。この VA 菌根菌は、rRNA 遺伝子塩基配列の解析結果から、北海道、愛知、および沖縄の酸性硫酸塩土壌の弱酸性～中性土壌に自生する植物から広く検出される。このことから様々な環境に広く分布し、全国の緑化現場で使用しても地域固有の菌類叢を攪乱するなどの影響を及ぼさないものと考えられる。

一般的に、強酸性土壌下でのリンは、アルミニウムや鉄と結合することが知られている。特に耐酸性 VA 菌根菌は、リン吸収を助けることで、強酸性土壌下でも植物の生育に有効な働きを示すものと考えられる。

### 3. 実験方法および結果

#### 3.1 緑化材料としての評価実験

強酸性土壌環境下で耐酸性 VA 菌根菌を使用した場合、植物の生育に与える影響を評価するために実験を行った。長崎県長崎市で採取した pH 3.0 と愛知県幡豆町で採取した pH 4.0 の 2 種類の酸性硫酸塩土壌を混合し、pH 3.3 (長崎: 幡豆=2:1), 3.6 (長崎: 幡豆=1:2), 4.0 (幡豆 100%) に調整した強酸性土壌を用いた。この強酸性土壌を直径 8 cm の小型ポットに 5 cm の厚さにつめ、その上に耐酸性 VA 菌根菌 (胞子量 10 個/cm<sup>2</sup>) を散布した区 (使用区) と、散布しない区 (未使用区) をそれぞれ 3 ポット作成した。その上に緑化基盤材 (パーク堆肥: ピートモス=8:2 でブレンド) に、粉末の酢酸ビニル系樹脂の接合材を 1 kg/m<sup>3</sup> 混合した材料を、吹付時と同様の圧密を加えて 1 cm の厚さに詰めた。各資料の試験ポットには、メドハギ (*Lespedeza cuneata* (Dum.Cours.) G.Don) を 20 粒播種し、温室内で 38 日間栽培後に上位 5 本に調整した。実験は 2007 年 8 月 9 日に開始し、10 月 22 日 (施工 74 日後) に、地上重および掘り取り後の地上重と地下重を測定した。なお地上重、地下重は、掘り取り後 2 日以上、65 度の恒温機で乾燥させたものを測定した。

試験結果として、強酸性土壌の性状を表-1 に示す。74 日後の酸性値は、pH 3.3 に調整した土壌は pH 3.21, pH 3.6 に

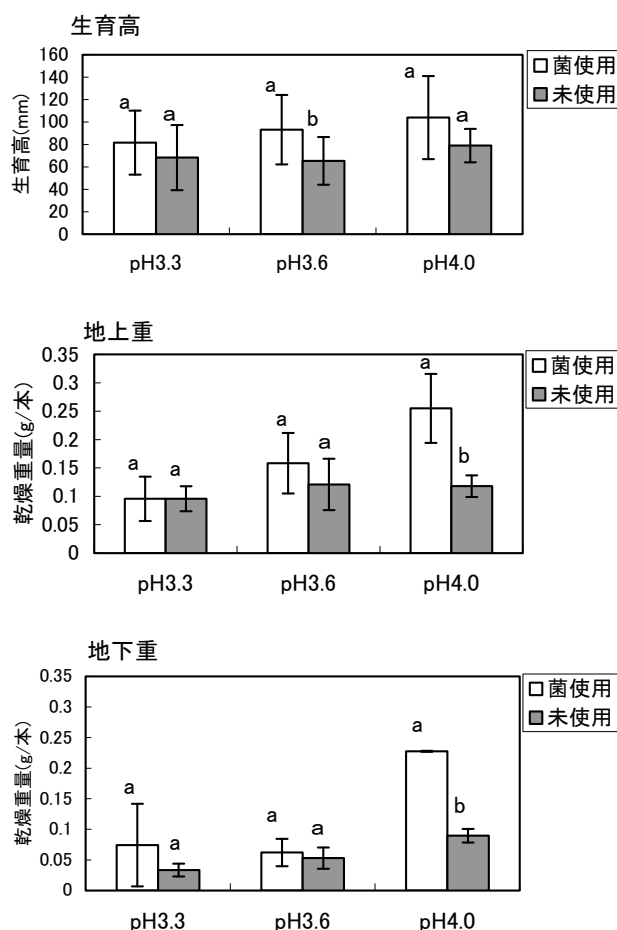


図-1 耐酸性 VA 菌根菌メドハギの生長に及ぼす影響 (74 日後) 異なるアルファベットは有意差が認められたことを示す

調整した土壌は pH 3.45, pH 4.0 に調整した土壌は pH 4.24 で、試験区でも、試験終了時まで pH が大きく変動することはなかった。また、強酸性土壌の上部に造成した pH 5.24 の植生基盤は、pH 3.3 の強酸性土壌上では pH 4.61, pH 3.6 の強酸性土壌上では pH 4.78, pH 4.0 強酸性土壌上では pH 4.51 とそれぞれ酸性化が進行していたが、いずれの試験区も植物の生育に影響が及ぶと考えられる pH 4.0 よりも中性側であった。

実験結果として 74 日後の生育高、地上重、地下重を図-1 に示す。生育高は、使用区が、pH 3.3, 3.6, 4.0 すべての強酸性土壌条件で、未使用区よりも高い傾向があり、pH 3.6 の

強酸性土壌では有意差 ( $p < 0.05$ ) が認められた。地上重および地下重も pH 3.3, 3.6, 4.0 すべての強酸性土壌条件で使用区が、未使用区と比較して高い傾向を示し、pH 4.0 では地上重 ( $p < 0.05$ )、地下重 ( $p < 0.01$ ) に有意差が認められた。また、掘り取った根にトリパンブルー染色を行って菌根形成の有無を確認したところ、使用区はすべての強酸性土壌条件で感染が確認されたが、未使用区は感染が確認されなかった。

この結果から、耐酸性 VA 菌根菌は、強酸性土壌の環境下で植物の生長を助ける働きがあるが、pH 3.3 の強酸性土壌環境では、生育に有意な差が認められないことから、効果の発現する pH 領域が存在すると思われる。

### 3.2 効果発現 pH 領域実験

耐酸性 VA 菌根菌の効果が確認できる pH 領域を確認するため、以下の実験を行った。4 mm の篩いを通った pH 6.8 のマサ土 1000 cc に 15 % の希硫酸を 100 g、10 % の希硫酸を 100 g、5 % の希硫酸を 100 g それぞれ混合し、pH 1.8, 2.5, 3.5 の 3 段階の疑似強酸性土壌を用意した。1/5000 a のワグネルポットに、10 mm の篩いに残った pH 6.8 のマサ土を排水土壌層として 10 cm つめ、その上に用意した疑似強酸性土壌を 5 cm つめた。さらに、耐酸性 VA 菌根菌資材 (胞子量を 1.5 個/cm<sup>2</sup> 相当) を散布した後、緑化基盤材 (バーク堆肥 : ピートモス = 8 : 2 でブレンド) に、粉末の酢酸ビニル系樹脂の接合材を 1 kg/m<sup>3</sup>、高度化成肥料 (15-15-15) を 4 kg/m<sup>3</sup> 混合した植生基盤吹付工の材料を吹付時と同様の圧密を行い 5 cm の厚みに造成した。各試験ポットには、メドハギを 20 粒播種し、植生基盤材が乾燥しない程度に適時散水を行った。実施場所は、滋賀県東近江市きぬがさ町のガラス室内で行った。実験は 2008 年 6 月 19 日に開始し、11 月 26 日 (施工 160 日後) に掘り取り、上位 5 本を 2 日以上 65 度の恒温機で乾燥させた後、地上重と地下重を測定した。

実験結果として施工 160 日後の地上重、地下重を図-2 に示す。地上重、地下重共に pH 6.8 > pH 3.5 > pH 2.5 と強酸性になるにしたがい重量が低下した。pH 1.8 の疑似酸性土壌では、発芽したものの施工 100 日前後ですべて枯死した。pH 6.8 の疑似酸性土壌での地上重は、1.064 g/本と pH 3.5 の 0.661 g/本と比較して約 1.6 倍 ( $p < 0.05$ )、pH 2.5 の 0.267 g/本の約 4.0 倍 ( $p < 0.01$ ) である。pH 3.5 の疑似酸性土壌での地上重は、pH 2.5 の約 2.5 倍 ( $p < 0.05$ ) であった。pH 6.8 の土壌での地下重 0.869 g/本では、pH 2.5 の 0.320 g/本の約 2.7 倍 ( $p < 0.01$ ) であったが、pH 3.5 の地下重 0.639 g/本に対して約 1.4 倍と有意差はない。pH 3.5 の疑似酸性土壌での地下重は、pH 2.5 の約 2.0 倍 ( $p < 0.05$ ) であった。以上のことから、耐酸性 VA 菌根菌は、pH 2.5 程度までは効果が確認できるが、使用は pH 3.5 以上の土壌で有効であると考えられる。

### 3.3 中和材混合実験

一般的に酸性硫酸塩土壌は、pH 3.5 を下回る値を示すことも多いが、このような環境下では、耐酸性 VA 菌根菌の効果

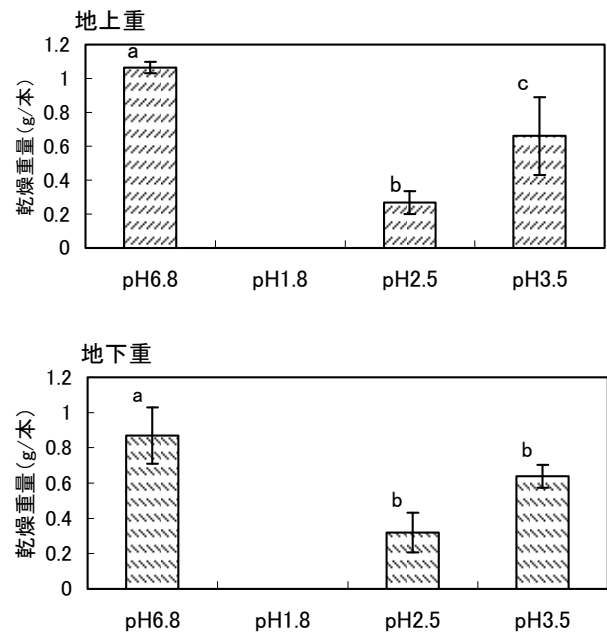


図-2 土壌酸度がメドハギの生長量に及ぼす影響(160 日後)  
異なるアルファベットは有意差が認められたことを示す

表-2 各資材の pH

|              | pH(H <sub>2</sub> O) | 備考               |
|--------------|----------------------|------------------|
| 緑化基盤材        | 5.4                  |                  |
| 中和材          | 9.6                  |                  |
| 緑化基盤材に中和材に混合 | 5.8                  | 混合量 = 20g/1000cc |

が発揮されにくいと予想された。そこで、中和材を併用し、土壌 pH を若干中性化した効果と影響について実験した。前述と同様の方法で用意した pH 2.5 に調整した疑似酸性土壌を用い、(1) 中和材を使用しないもの (ナシ区)、(2) 植生基盤材中に混合するもの (混合区)、(3) 酸性土壌の上に散布するもの (散布区) の 3 つの施工方法を用い、中和材の使用量は、1 kg/m<sup>2</sup> 相当とした。なお各要因に、耐酸性 VA 菌根菌資材 (胞子量を 1.5 個/cm<sup>2</sup> 相当) の使用の有無を加えた合計 6 試験区を設定した。また、実験の繰り返しは 3 とした。使用した中和材は、軽量発泡コンクリートを 3 mm 以下に粉砕したもの (pH 9.6) を用いた。播種量、実施場所、管理方法は、前述の効果発現 pH 領域実験と同じである。表-3 に、中和材、植生基盤材、および植生基盤材に中和材 1 kg/m<sup>2</sup> 相当を混合した場合の pH を示す。実験は、2008 年 6 月 19 日に開始し、2009 年 10 月 13 日 (施工 481 日後) に掘り取り、上位 5 本を 2 日以上 65 度の恒温機で乾燥させた後、地上重、地下重を測定した。

実験結果としての地下重、地上重を図-3 に示す。耐酸性 VA 菌根菌資材を使用した試験区の地上重および地下重は、耐酸性 VA 菌根菌資材を使用しない試験区よりもすべて重

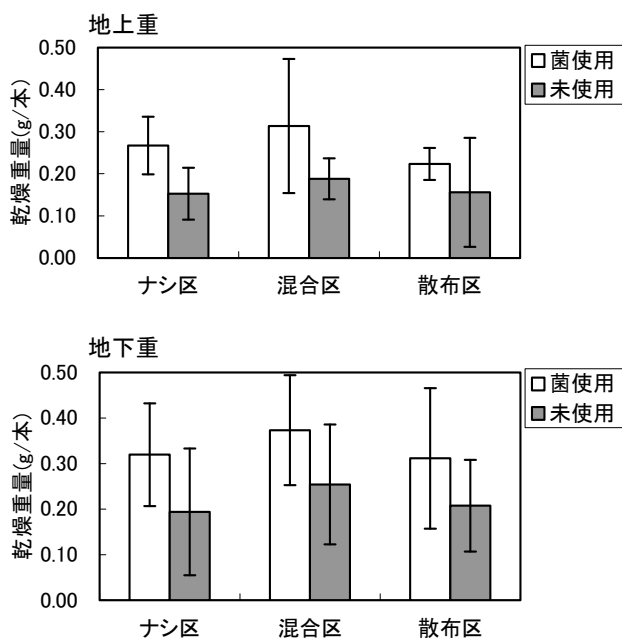


図-3 耐酸性 VA 菌根菌の使用と中和材使用方法の違い

表-3 耐酸性 VA 菌根菌資材と中和材の使用法との関連性

|           | 自由度 | 乾燥地上重   | 乾燥地下重 |
|-----------|-----|---------|-------|
| VA菌根菌の有無  | 1   | 0.0417* | n.s.  |
| 中和材の使用法   | 2   | n.s.    | n.s.  |
| VA菌根菌×中和材 | 2   | n.s.    | n.s.  |

\*: $p<0.05$ , n.s.:有意差なし

かった。ナシ区では、耐酸性 VA 菌根菌資材を使用した区が、未使用区と比較して地上部で 1.8 倍、地下部で 1.68 倍であった。混合区では、耐酸性 VA 菌根菌資材を使用した区が、未使用区と比較して地上部で 1.63 倍、地下部で 1.48 倍であった。散布区では、耐酸性 VA 菌根菌資材を使用した区が、未使用区と比較して地上部で 1.38 倍、地下部で 1.48 倍であった。

耐酸性 VA 菌根菌資材を入れたナシ区および混合区、散布区の地上重および地下重では、混合区の重量が、ナシ区や散布区と比較して若干高い値を示す傾向にある。これは、散布区は、中和材を疑似酸性土壌と植生基材の境目に散布するのに対し、混合区は中和材が基盤材中に均一に混合される。そのため、有機質が多い緑化基盤材の緩衝作用によってアルカリ成分も長期間保持でき、強酸性の影響を緩和したのではないかと考えられる。

施工 481 日後の地上重、地下重を、中和材の利用方法、および耐酸性 VA 菌根菌資材の利用の有無を要因として分散分析を行った (表-3)。耐酸性 VA 菌根菌資材の有無は、地上重に対して有意であったが、地下重に関しては、影響は認められなかった。また、中和材の使用法および耐酸性 VA 菌根菌資材の有無と中和材の使用法との相互作用に関しても、有意差は認められなかった。また強アルカリの中和材と併用しても、酸性条件下に分布する耐酸性 VA 菌根菌に影響を与えず、植物の酸性抵抗力を高めることがわかった。

散布区では、部分的に pH9.0 を越す強アルカリの層ができるが、根はこの層を通り抜け、強酸性土壌に到達していた。また、この根には、菌根が形成されていたことから、耐酸性 VA 菌根菌は、中性域から弱アルカリ域でも植物の生育に良好な影響を与える可能性もある。

#### 4. まとめおよび今後の課題

耐酸性 VA 菌根菌の法面緑化への適用を検討するために、3 つの実験を行った結果、次のことがわかった。

- (1) 耐酸性 VA 菌根菌は強酸性土壌の法面緑化材料として使用が可能である。
- (2) 耐酸性 VA 菌根菌の効果が発現できる pH はおおそ 3.5 以上である。
- (3) 強アルカリの中和材資材と併用しても効果が確認できるため、pH が 3.5 以下の強酸性土壌には、中和材を併用して耐酸性 VA 菌根菌を施用することが効果的である。

現在、群馬県や静岡県の法面において、施工を実施している。いずれも施工後の日数が浅く、現在までのところ耐酸性 VA 菌根菌の影響を評価するのは困難であるが、今後、経年的な追跡調査を行った上で報告する予定である。

#### 引用文献

- 1) 長谷川秀三・大津洋介・岩永安正・栗原昭司 (1994) 酸性硫酸塩土壌の過酸化水素水による簡易 pH 測定法について、日本緑化工学会誌, 20 (2) : 116-122.
- 2) 中野裕司 (1996) 極々強酸性法面の緑化対策工について、日本緑化工学会誌, 22 (2) : 117-125.
- 3) 日本道路公団 試験研究所 緑化試験研究室 (1997) 強酸性のり面等の改良に関する検討 試験研究所技術資料第 711 号, 17-19.
- 4) 田中賢治・朝日伸彦・杉本弘道・長山泰秀 (2007) 有機物の化学的緩衝能力を用いた極強酸性土壌緑化、日本緑化工学会誌, 33 (1) : 215-218.
- 5) 吉田 寛・古田智昭・福永健司 (2003) 貝殻廃棄物を利用した酸性雨・強酸性土壌地の緑化、日本緑化工学会誌, 28 (4) : 512-519.

(2010. 7. 24 受理)