

ペーパースラッジ灰を用いた客土吹き基盤材の開発

大嶋 泰平*

Taihei Ohshima

1. はじめに

ペーパースラッジ（以下 PS）は、製紙工程から廃棄物として発生する有機汚泥であり、その PS の減容化を目的として焼却処理されたものが PS 灰である。PS の主成分は有機物であるのに対し、焼却処理をした PS 灰の主成分は CaO（生石灰）であり、その割合は約 60% を占める。CaO は土壌を混合し、水を添加すると、カルシウムイオンが土壌粒子と結合し硬化する自硬性の特長を有する。現在 PS 灰は主にセメントに混合利用されているが、筆者は PS 灰を緩勾配の法面緑化工法の一つである客土吹付工の基盤材に適用し、土壌の耐浸食性を高める「接合材」としての利用可否を検討した。本試験では、PS 灰の添加配合を複数比較検討し、既往配合と同等の性能となる条件を検討した。その中に有効な配合条件を確認したため、フィールド試験によって性能の有効性を確認した。

2. 試験概要

2. 1 PS 灰を添加した配合条件の検討

(1) アンモニアガスの発生抑制対策

本試験の事前調査として PS 灰と基盤材の材料であるバーク堆肥や肥料、種子、水を混合した際に、基盤材からアンモニア特有の刺激臭が確認され、施工時の作業性・安全性への影響が懸念された。アンモニアガスの発生原因は PS 灰自身のアルカリ性と肥料に含まれるアンモニア態窒素が反応し、ガス化したものと考えられる。対策として基盤材に含まれる肥料由来のアンモニア態窒素量を減ずることで、アンモニアガスの発生抑制が見込める。そこで本試験では肥料中のアンモニア態窒素量を調整するために、アンモニア態窒素を含む高度化成肥料と窒素分を含まない PK 化成肥料の 2 種類を組み合わせることとした。

(2) 試験条件

基盤材に混合する肥料のアンモニア態窒素の割合は、既往配合と同じ 1.0 倍、半量の 0.5 倍、全く含まない 0.0 倍の 3 条件を設定した。基盤材に添加する PS 灰の量は、筆者が 2023 年に報告した PS 灰を添加した緑化基盤材¹⁾の配合量を参考にバーク堆肥 2,000 L に対し PS 灰 120 kg の添加を基準とした。PS 灰の添加条件は、基準の 120

kg の他に 0.5 倍の 60 kg、1.5 倍の 180 kg の 3 つを設定した。今回の試験では先のアンモニア態窒素の 3 条件と PS 灰の添加量の 3 条件を掛け合わせた 9 試験区、さらに一般的な配合と比較するため、既往配合の 1 条件加えた計 10 試験区とした（表一）。

(3) 試験方法

表一の配合表に従い、各条件の材料を小型ミキサーで混合・攪拌し、265×183×77 mm の育苗コンテナに厚さ 30 mm になるように敷き詰め、試験体を作製した。基盤材作製時に発生するアンモニアガスの濃度測定には、北川式ガス検知器（光明理化学工業社製）を用い、混合直後に基盤材から 15 cm の距離で測定した。作製した試験体は屋外にて 60 日間生育試験を行い、それらを 3 反復実施した。試験開始 2 日後に土壌硬度と土壌 pH、試験終了後に発芽数、草丈を測定し、基盤材の性能を評価した。

2. 2 実証試験

2. 1 にて試験した配合条件のうち、0.0 倍-PS60 区が既往配合と同等レベルの性能であることを確認したため、実証試験を行った。施工場所は、宮城大学構内の法面（法面勾配 1:2、吹付面積 100 m²）にて、施工には実際の吹付に使用される客土吹付機を用い、30 mm 厚で客土吹付を行った（写真一）。試験条件は PS 灰添加配合（0.0 倍-PS60 区）と、既往配合の 2 つとした。吹付施工から 1 か月後に生育調査を実施し、発芽本数、草丈、土壌の硬

表一 PS 灰を添加した客土吹き基盤材の配合表

試験区名	1.0倍 -PS60	1.0倍 -PS120	1.0倍 -PS180	0.5倍 -PS60	0.5倍 -PS120	0.5倍 -PS180	0.0倍 -PS60	0.0倍 -PS120	0.0倍 -PS180	既往 配合
アンモニア態窒素の割合	1.0倍			0.5倍			0.0倍			1.0倍
PS灰の量	60kg	120kg	180kg	60kg	120kg	180kg	60kg	120kg	180kg	-
土壌改良剤 (t)	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
接合材(kg)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0
PS灰(kg)	60	120	180	60	120	180	60	120	180	-
高度化成肥料(kg)	8.0	8.0	8.0	4.0	4.0	4.0	-	-	-	8.0
PK化成肥料(kg)	-	-	-	3.0	3.0	3.0	6.0	6.0	6.0	-
種子(kg)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
添加水 (t)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000



写真一 実機による吹付の様子

* 技術研究所環境技術グループ

度と pH の項目を測定し性能を評価した。

3. 試験結果および考察

3. 1 PS 灰を添加した配合条件の検討結果

PS 灰を添加した区のアンモニアガスの発生量は、アンモニア態窒素の割合が 0.0 倍の 3 試験区で確認されなかった（図一1）。発芽数は、0.0 倍-PS60 区、0.0 倍-PS120 区の条件で既往配合区と同等となることを確認し、またアンモニアガス濃度と発芽数には負の相関が見られた（図一2）。緑化基盤材としての土壌硬度の至適範囲は 10～25 mm とされており、全ての試験区で範囲内であることを確認した。土壌硬度は PS 灰の量が増えるに従い高まる傾向であり、PS60 区は既往配合区と同等レベルとなった（図一3）。土壌 pH は 6～8 の中性域を至適範囲とするが、PS 灰を添加した区では総じて 10～11 のアルカリ性を呈した（データ略）。ただし pH が高くとも発芽している試験区もあることから、植生の生長に大きな影響はないと考えられる。

以上より基盤材作製時のアンモニアガスの発生を抑え、既往条件と同等の性能を有する配合は 0.0 倍-PS60 区であることを確認した。

3. 2 実証試験

表一2 に実証試験結果を整理した。PS 灰を添加した基盤材も既往配合と同様に吹付機にて施工できること、吹付作業中のアンモニアガスは発生せず、作業性も問題ないことも確認した。施工 1 か月後の植生調査では、生育は既往配合と同等であり、土壌 pH は中性域まで低下した。pH の低下の原因は降雨の影響によるものと考えられる。施工に掛かるコストは土壌を固める接合材は材料全体の約 3% であり、それを PS 灰に置き換えることによって 2.5% の材料費の削減効果が得られる。

以上より、PS 灰を添加した客土吹き基盤材は既往配合と同等の性能を有することを確認した。

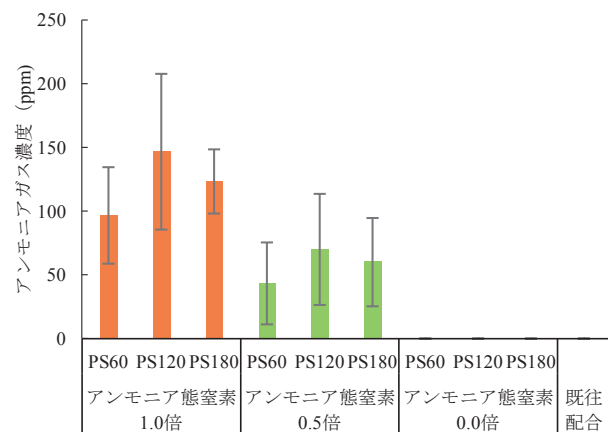
4. まとめ

今回、PS 灰を再活用した客土吹き基盤材の有効な配合を確認した。2023 年の成果と併せると、緩～急勾配の法面緑化工の全てに PS 灰を使用できることが分かり、廃棄物である PS 灰の活用幅を広げることができた。今後も引き続き生育の調査を行い、性能評価を行っていく。

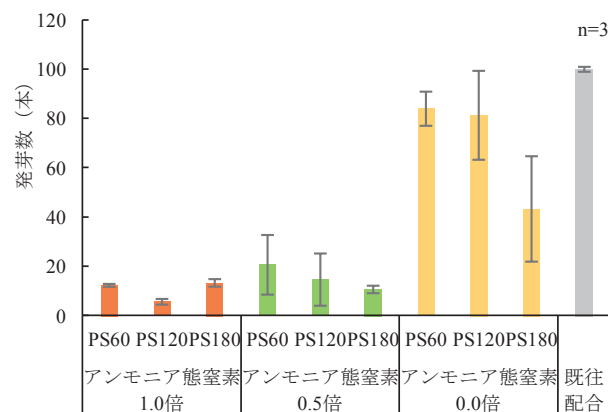
謝辞。 本研究開発は、宮城大学との共同研究の成果の一部である。本研究にあたり、ご指導を賜った北辻政文教授に心より感謝の意を表します。

参考文献

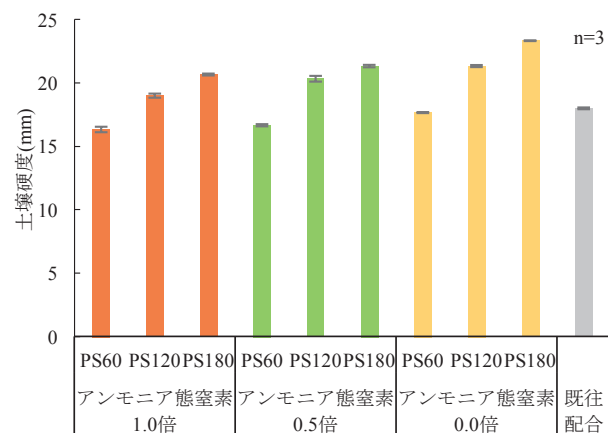
- 1) 大嶋 泰平：ペーパースラッジ灰を用いた環境配慮型緑化基盤材の開発，西松建設技報 VOL. 46, 2023 年。



図一1 各試験区のアンモニアガスの発生量の差異



図二 各試験区の発芽数の差異



図三 各試験区の土壌硬度の差異

表一2 フィールド試験の結果

項目	PS灰添加配合	既往配合	評価
アンモニアガスの発生	無し	無し	同等
発芽数 (50×50cm区画)	1,875 本	2,250 本	同等
草丈	1.29 cm/本	0.89 cm/本	良好
土壌硬度	14 mm	20 mm	同等
pH	6.92	5.79	同等
施工性 (資材投入～吹付終了)	76 分/100m ²	73 分/100m ²	同等
材料コスト	-2.5%	-	良好