

クリンカアッシュの植生土としての適用性に関する検討

山口大学大学院 学生会員 ○竹内智哉
山口大学大学院 正会員 吉本憲正
山口大学大学院 正会員 兵動正幸

1. はじめに

現在、我が国の発電は約3割を石炭火力が占め、重要なエネルギー供給の役割を担っている。近年では石油の枯渇化や価格不安定の問題により、代替エネルギーとして安定供給が可能な石炭の需要が増加しており、それに伴い石炭灰発生量も増加傾向にある。石炭灰のひとつであるクリンカアッシュ（以下CA）は、多孔質で軽量、保水性・排水性が良好といった特徴を持つ。しかし、クリンカアッシュの保水性・排水性について詳細に調べられた事例は少ない。また、土木分野における植生については、規模の大きさや不規則な雨水等により水分量をコントロールすることは困難で、なるべく自然状態に任せて生育させることが望ましいと考えられる。そこで本研究では、CAの持つ保水性・排水性を植物の生育条件の観点から調べた。その中で、実際に植物を用いて植生調査を行い、CAの植生土としての適用性について検討した。

表 - 1 用いた試料の物理的性質

	ρ_s g/cm ³	ρ_d g/cm ³	$\rho_{d\max}$ g/cm ³	d_{50} mm	Uc -	Ar -	Rc -
C.A.a	1.773	0.872	0.969	2.228	13.8	1.398	1.665
C.A.b	1.949	0.919	1.021	0.562	16.9	1.412	2.004
C.A.c	1.864	1.022	1.135	1.174	16.5	1.508	1.508
C.A.d	1.926	0.895	0.994	2.563	36.4	1.550	1.572
G.C.A.	2.286	0.901	1.001	-	-	-	-
U-Masado	2.639	1.629	1.810	0.509	1.1	1.445	1.251

表 - 2 生育条件の各試験結果

	C.A.a	C.A.b	C.A.c	C.A.d	G.C.A.	U-Masado	適正範囲
k cm/s	3.6×10^{-2}	3.2×10^{-2}	3.4×10^{-2}	3.4×10^{-2}	1.2×10^{-4}	8.9×10^{-4}	$10^{-4} \sim 10^{-1}$ cm/sec
G _c %	52.59	28.14	34.79	47.24	0.00	0.00	40%未満
AM L/m ³	26.57	181.65	111.14	85.20	27.08	26.91	値が大きいと良い
pH	8.107	7.504	7.542	8.265	8.921	6.390	4.5～8.0の範囲
EC ds/m	0.271	0.222	0.094	0.025	1.703	0.025	0.5ds/m未満

2. 用いた試料

試料は各発電施設のCA（C.A.a～d）、比較材料としてフライアッシュにセメントを添加して作製した造粒石炭灰（G.C.A.）、自然砂である（U-Masado）を用いた。各試料の物理的性質を表-1に示す。なお、本研究に用いた試料の密度は水の流入によるコラップス等の密度変化を避けるため全てD_c=90%で管理した。

3. 生育条件による検討

CAの植生土としての適用性を判断する上で必要な土壌に関する生育条件¹⁾は、透水係数:k、礫分含有率:G_c、有効水分量:AM、pH、電気伝導度:ECがある。生育条件の試験結果を表-2

に示す。kは定水位透水試験より、動水勾配0.3～0.5の範囲で値を得た。一般の植物ではk:10⁻⁴～10⁻¹cm/s、屋上緑化では10⁻²～10⁻¹cm/sが適正範囲と言われている。G_cは絶乾土壌をふるい分けし得られたもので、40%以上で乾燥や保肥力不足を引き起こす可能性がある。有効水分量はAMで表され、メンブレンディスクフィルター（AEV値:90kPa、孔径:0.45μm、厚さ:140μm）を用いた保水性試験により取得した。AMはpF値が1.7～2.3の範囲で根が水を吸い上げるのにストレスを与えないといわれている。AMは図-1に示す水分特性曲線からpF値に対応した有効水分となる飽和度を求め、体積当りの水分量に変換した値を用いている。大きい値を示すものほど保水性が良い。pHは4.5～8.0の範囲を超えた場合、ECは0.5ds/m以上で生育不良を引き起こす可能性がある。CAは透水係数が $3.2 \times 10^{-2} \sim 3.6 \times 10^{-2}$ cm/sと比較材料に比べ透水性が非常に良く、特に屋上緑化に適用性があるという値を示した。C.A.b～C.A.dはさらに保水性も良いが、C.A.aは最も透水性が良いものの、保水性は悪いといえる。理由としてG_cが高いことが影響していると考えられ、乾燥しやすい

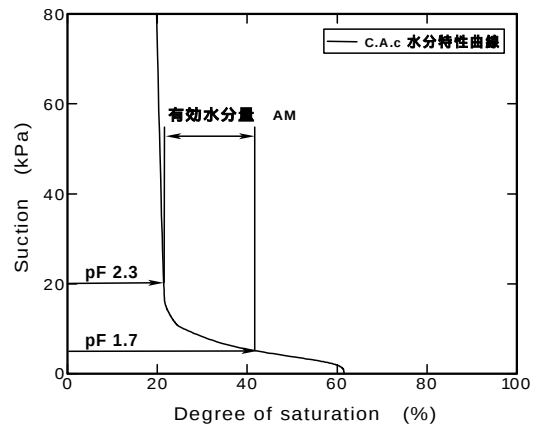


図 - 1 水分特性曲線と有効水分量の求め方

い材料といえる。植物にとって水分は重要な要素であり，適切な水分量を長期間保水する土が植生土としての適用性があると考えられ，CA は適用性が高いと思われる。

4. 植生調査

植生調査では一般的な観葉植物としてポトスを用いた。ポトスは耐寒性があり，成長が早く，比較的同条件で調査を開始できるという理由から選定した。調査には鉢を2つ用意し，一方にポトスを植生し，もう一方には同じ密度の土のみを入れ土壤水分計を挿入して誘電率を測定し，飽和度に換算して1ヶ月間のデータを得た。植物の生育を判断するため，鉢の底辺からポトスの最頂部までの高さを測定し，調査開始日の正午の値を0日目の値とし，それに対する変化割合を生育率として用いた。C.A.bとU-Masadoの植生調査結果について，1ヶ月間の飽和度の推移を図-2に，1ヶ月間の生育率の推移を図-3に示す。ある程度成長させた後，乾燥過程として水をやらない期間を長くとしたのは降雨が頻繁には起こらないことを想定したためである。湿潤過程において飽和度が高い状態で維持されていると，生育率は安定して高くなるが，乾燥過程で飽和度が下がると生育率も下がってゆく。また，生育率の低下の傾向がC.A.bとU-Masadoで異なり，保水性の良し悪しの影響を受けていると思われる。30日目の生育率と飽和度の関係を図-4に示す。この結果を考察すると飽和度が高い状態で保持されている土ほど生育率が高い。また，C.A.b，C.A.d，G.C.A.は，過酷な乾燥過程を2回与えても初期の生育率を維持している。この結果からC.A.b，C.A.d，G.C.A.は植生に適しているといえる。

5. 排水能力調査

定水位透水試験結果よりCAはG.C.A.，U-Masadoより透水性が良いことを示したが，これは飽和状態での透水性であるため，不飽和での透水性の定量化が必要となる。そこで，簡易な装置を用いた排水能力調査を行った。直径5cm，高さ15cmの円柱の亚克力容器の底部に5mmの穴をあけ，絶乾状態の試料を用いて直径5cm，高さ10cmの供試体を作製した。この調査では上部から150gの水の投入し，短時間での排水能力として，1時間での排水量を指標として用いた。調査結果を図-5に示す。グラフの傾向をみると，不飽和状態での排水性は飽和状態での透水性と傾向が異なり，また，2時間経過後でもC.A.cは49.09g，G.C.A.は38.48gの水が土の表面に残り，排水性が悪い結果となった。ここでは，植生土壌では不飽和状態が続くと考えられるため，排水能力調査結果の1時間の排水量を排水性の能力と捉え，検討に用いた。植生調査における30日目の飽和度と排水能力調査の排水量の関係を図-6に示す。自然砂である

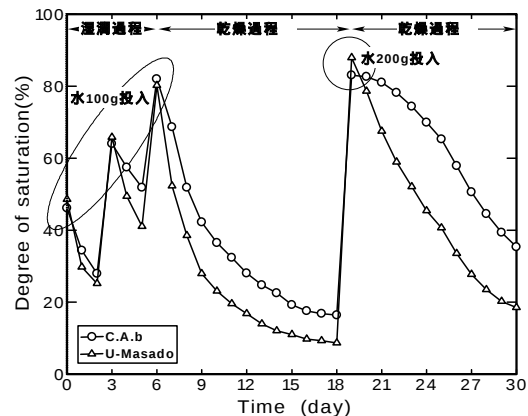


図 - 2 1ヶ月間の飽和度の推移

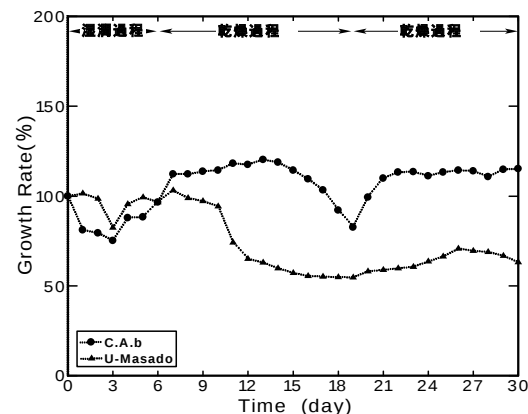


図 - 3 1ヶ月間の生育率の推移

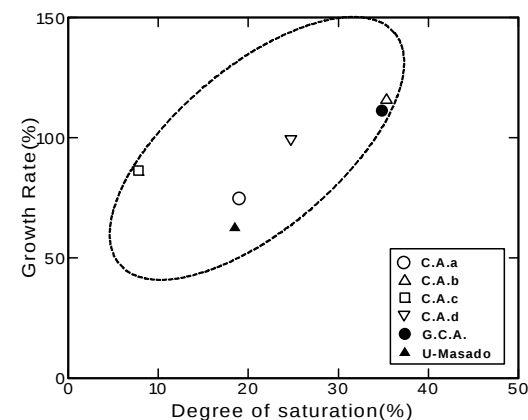


図 - 4 30日目の生育率と飽和度

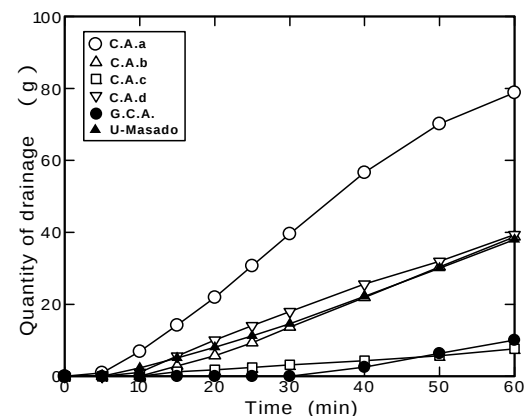


図 - 5 1時間の排水量

U-Masado を基準に考えると，C.A.b，C.A.d，G.C.A.が高い飽和度を維持するため一般的な植生に適し，さらに C.A.b，C.A.d は不飽和での排水性も良いので，重量制限のある屋上緑化にも向いている．また，C.A.a と C.A.c は 30 日目の飽和度が低く，植生土としてはあまり向いていないといえる．C.A.a は排水性材料としての有効利用の可能性はある．

6．まとめ

CA は生育条件を物理的，化学的にも生育不良を起こさない範囲で満たし，植生土として適用できるといえる．特に C.A.b，C.A.d については必要以上の水分は速やかに排水され，植物にとって適切な水分を長期間保持することがわかった．さらに，軽量な土であるので，重さが制限され乾燥しやすい屋上緑化に用いる土壌としての適用性もある．今回の研究成果では，CA は屋上緑化に向いているもの，排水性材料に向いているものというように炭種によって適用の用途が様々であることがわかった．そこで，なぜそのような違いが生じるのかを粒子特性の違いといった観点からの調査や，今回は排水能力調査を行って不飽和状態の排水性を表現したが，不飽和での透水係数を求めたり，Mualem モデルの式を用いて比透水係数を算出し，より詳細な検討を行うことも今後の課題としたい．

【謝辞】

本研究は，（株）エネルギー・エコ・マテリアの中下明文氏，池田陵志氏ならびに中国電力（株）吉岡一郎氏，横田英嗣氏のご協力によりクリンカアッシュの試料を提供していただき実施した．記して謝意を表する次第である．

【参考文献】

1) 土質工学会：緑化・植栽工の基礎と応用 / 土質工学会編，土質基礎工学ライブラリー，pp.68～73，1981

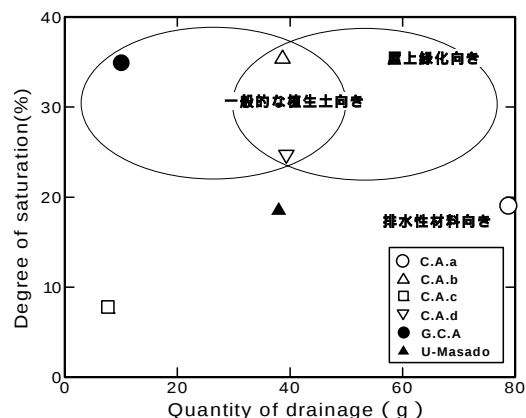


図 - 6 30 日目飽和度と排水能力調査の排水量