造粒技術による分級シラスを用いた植栽用土壌の開発研究

永野三郎　佐々倉賢一　東和朗

株式会社プリンシプル
〒890-0063　鹿児島市鴨池 1 丁目 17 番 8 号
Tel：099-258-3006

要旨

南九州に広く分布するシラスは、養分が少なく透水性が大きいことから農業生産力の低い土壌である。この未利用の天然資源を植生に好適な培土の材料として有効活用することを目的とした。フルイ分級したシラスに PVA を結合材として多孔質の造粒体を作製し、土壌基盤としての評価を行った。シラスを造粒体とすることにより保水性不足などの物理性を改善し、更にその造粒体に肥料を担持含有させることにより養分不足などの化学性の不良点も改善された。コマツナ育成試験によりシラス造粒体が揚水性に優れた培土であり、根張り状態も良く葉長・生体重の育成結果も良い結果が得られた。シラスを造粒した人工培土の有効性が示唆され、農業資材へのシラス活用が期待される。

1. 緒言

シラスは地質学的には約 3 万年前に噴出した入戸火砕流による堆積物の非溶結部を指し、普通シラスと呼ばれ南九州約 4,000Km^2 に及ぶ広大な面積に分布しており、鹿児島湾周辺で厚さ数 10～200ｍのシラス台地を形成し埋蔵量は約 750 億ｍ^3 と推定されている [1)]。シラス台地は火山噴出物とその風化物や腐植物からなる表層土とその下にシラスや火砕流堆積物の溶結凝灰岩などからなる深層部から構成されており [2)]、その透水性が大きいことから水に乏しく古くから無水畑地帯として土地利用がなされてきた [3)]。シラスの特徴は、養分が少なく、土壌の保水性などの物理性、養分の保持力などの化学性もよくない極めて生産力の低い土壌である。シラスは水による浸食性が大きいために [4)] 梅雨や台風時期の土砂災害を引き起こし厄介者扱いであるが、資源として有効利用を目指し鹿児島県内では畜舎床材やシラスブロック、シラス瓦、軽石基盤などの工業資材として活用されている [5)]。本研究は農業分野には不向きとされるシラスを原料として、造粒技術を活用し植生土壌としての活用の可能性を見出すことを目的とし、土性の評価およびコマツナ育成試験による土壌性能評価を行った。

2. 供試培土

表 1 に示すシラス分級品、シラス造粒体、肥料含有シラス造粒体および比較として市販の発泡煉石を用いた。

Table 1　供試土壌

培土の種類	サンプル名	原料	加工方法	含有肥料 N/400cc
シラス分級品	YS-600	YS	YSの600μm以下	0
シラス分級品	YS+600	YS	YSの600μm以上2mm以下	0
シラス分級品	GS-600	GS	GSの600μm以下	0
シラス分級品	PS+600	GS	GSを乾式比重選別装置で分離して回収した軽石質の600μm以上2mm以下	0
シラス造粒体	YSP	YS-600	PVAを結合材とした造粒体の600μm以上2mm以下	0
シラス造粒体	GSP	GS-600	同上	0
シラス造粒体	YSP-0	YS-600	PVAを結合材とした造粒体の600μm以上2.8mm以下	0
肥料含有シラス造粒体	YSP-50	YS-600	PVAと共に肥料を添加混練した造粒体の600μm以上2.8mm以下	50mg
肥料含有シラス造粒体	YSP-100	YS-600	同上	100mg
肥料含有シラス造粒体	YSP-200	YS-600	同上	200mg
発泡煉石	発泡煉石	粘土	粘土を高温焼成した発泡体	0

2.1　シラス分級品

普通シラスは軽石や岩片から粘土にいたる幅広い粒度構成物からなり平均的には約 90%が 2mm 以下である。その比重は 2.4 であり火山ガラス比重 2.2～2.4 とほぼ同じ値を示すことから、2mm 以下の粒径成分の大部分は火山ガラスよりなるとされている [6]。

シラス分級品の原料としては鹿屋市串良産の風化度の異なる 2 種類の普通シラスを用いた。表層部の淡い黄土色を呈したシラスを YS と称し、深層部の灰色のシラスを GS とし、いずれも大小様々な軽石や礫岩などを除去するためにフルイ分級し 2mm 以下のものを用いた。YS と GS の 600μm 以下をそれぞれ YS-600、GS-600 とし、YS の 600μm 以上を YS+600 とした。また、GS を乾式比重選別装置で分離回収した軽石質 [7] の 600μm 以上 2mm 以下の微細軽石を PS+600 とした。

2.2　シラス造粒体

2.2.1　結合材 PVA

シラス造粒体の結合材としてはポリビニルアルコール(PVA:クラレポバール 28-98)を用いた。PVA の一般的な性質は水溶性でありその溶解性は水温の上昇に伴い向上する。酸やアルカリに対して弱条件下では殆ど作用を受けず、熱安定性は 180℃以上の温度で徐々に分解を開始する [8]。PVA は液状のりの材料として大量生産されているため安価であり様々な分野で活用されており、農業分野では水田に入らず散布でき空中に飛散しない使用者に対し安全且つ省力的な水田用除草剤の剤型として近年利用されている。また、造血幹細胞の培養液として高価な血清アルブミンの代替物質として有用であるとの研究成果が近年発表された [9]。このような農業での使用実績および細胞増殖に悪影響を及ぼさない水溶性の結合材として PVA を採用した。

2.2.2　造粒体製造方法

造粒体製造は、600μm以下のシラス分級品とPVA水溶液との混練、その混練物の押出し、団粒の転動造粒のプロセスを経た[10]。YS-600、GS-600に1質量%のPVAを水溶液で加え、更に水を添加し水の総重量がシラスに対し22～25質量%とした配合物を万能攪拌機（KODAIRA-ACM）で混練した。混練物の固さは水分量で調整した。混練物を5mm以下の団粒とし回転パンで転動させ造粒体とした。造粒体は室温放置により乾燥させたあと 85℃で加熱乾燥し硬化を進めた。YS-600とGS-600の造粒体は600μm以上2mm以下にフルイ分級しそれぞれYSP、GSPとした。図1にYSPの顕微鏡写真を示す。造粒体は丸みを帯びた形状であり透明で板状の火山ガラスの微細な粒子が密に詰まった表面を有している。



Fig. 1　YSPの顕微鏡写真

2.3　肥料含有シラス造粒体

肥料含有シラス造粒体とはシラス造粒体に肥料を担持含有したものである。肥料は造粒体に均一に保持させるために液体肥料とし、野菜・草花用として市販されている家庭園芸用複合肥料「液体肥料 6-10-5」を用いた。この液肥は水希釈して使用する仕様であり、その原液に含まれる肥料成分は100g当たり全窒素(N)成分6000mg、水溶性リン酸10000mg、水溶性カリウム5000mgである。

この製造方法は、前記シラス造粒体製造の混練工程において液肥原液を添加混合し、その混練物を2mmの団粒とし転動造粒、乾燥したものをフルイ分級し600μm以上2.8mm以下のものを回収した。液肥添加量は育成容器に造粒体を 400cc（約 330g）投入した際に容器中の全N成分が 50mg、100mg、200mg となるように設定しそれぞれ YSP-50、YSP-100、YSP-200とし、肥料無添加をYSP-0とした。

2.4　発泡煉石

比較として家庭植物栽培用の市販品（(有) 三浦園芸　Hydro Corn小粒）を用いた。粘土を高温で焼成して発泡させた発泡煉石で水耕栽培の土壌の代わりに使われる。ガラス質の緻密な皮膜に覆われた多孔質体で、殆どは水浮揚する粒であり皮膜が欠損した水に沈む粒も混在していた。2mm以下の粒が少なくサイズ・形状は不揃いであった。

3.　実験方法

3.1　培土の土壌分析、評価

（1）シラスの化学組成、強熱減量、かさ比重、見掛比重

蛍光X線分析法により化学組成を分析し、強熱減量は105℃で12時間以上乾燥させた試料を1000℃で1時間強熱した後の減量から求めた。シラス分級品のかさ比重は、100ml 金属容器にて 200 回タッピングした後のかさ比重を測定し、見掛比重は JIS-A5008のピクノメータ法により測定した。

（2）シラス造粒体の物性（かさ比重・見掛比重・気孔率・吸水率）

アルキメデス法で測定した。85℃で乾燥させた各培土から大きめの造粒体 15 ヶを採取しその総重量を測定後、ビーカー中の水に浸水させ真空ポンプで減圧脱気し、水中および飽水重量を測定し算出した。

（3）シラス造粒体の植栽基盤適性評価分析

YSP の JIS A 1204 に基づいた土の粒度試験、「土壌環境分析法」による植栽基盤適正評価分析をパリノ・サーヴェイ株式会社に依頼した。

（4）容積重・最大容水量

供試培土の容積重、最大容水量を「植物に対する害に関する栽培試験の方法」[11] に準じて測定した。単位容積当たりの土壌重量である容積重は育成容器当たり 400ml の土壌を充填するのでメスシリンダーを用いて 400ml 単位の重量を測定した。乾土が保持できる水分の最大量を表す最大容水量は筋目ありロートに 2 種のろ紙を置き供試培土 50ｇを入れ、表面から同量の水を静かに注ぎその滴下量から保持水量を求め培土重量に対する保持水量の割合で表した。造粒体以外の供試培土も試験前に 85℃乾燥した。

（5）揚水性能比較

シラス分級品とシラス造粒体の湿潤性能を調べるため育成容器底からの水の浸み上がり状態を観察した。

3．2　コマツナ育成試験

試験容器は側面および底面からの根張り状態観察のためにポリエチレンテレフタレート製の透明な外径 130mm×高さ 60mm の容器を用い容器側面は光を遮るために黒色厚紙で覆った。育成試験方法は「植物に対する害に関する栽培試験の方法」[11] に準じた。表 1 の供試培土を 2 グループに分けⅠグループは夏場の 8 月から 9 月に、Ⅱグループは 12 月から 1 月に実施した。表 2 に試験概要を示す。Ⅰグループは造粒体を培土とすることの効果確認を目的にシラス造粒体とシラス分級品との生育比較を行い、同時に肥料を全く与えない場合の生育状態を調査した。Ⅱグループは肥料含有シラス造粒体中の肥料成分が有効に作用することの検証を目的に、元肥を施用したシラス造粒体 YSP-0 および発泡煉石との生育比較を行った。

Table 2　コマツナ育成試験概要

グループ	土壌名	肥料N/400cc	肥料N/400ccの施肥方法および播種後の潅水
Ⅰ	Ⅰ－YSP	100mg	YSPに元肥として水希釈液肥を施用し播種、以降は減水量に応じて給水
	Ⅰ－YS-600	100mg	YS-600に元肥として水希釈液肥を施用し播種、以降は減水量に応じて給水
	Ⅰ－YS+600	100mg	YS+600に元肥として水希釈液肥を施用し播種、以降は減水量に応じて給水
	Ⅰ－GSP	100mg	GSPに元肥として水希釈液肥を施用し播種、以降は減水量に応じて給水
	Ⅰ－PS+600	100mg	PS+600に元肥として水希釈液肥を施用し播種、以降は減水量に応じて給水
	Ⅰ－YSP肥料なし	0mg	YSPに水のみを給水し播種、以降は減水量に応じて給水
Ⅱ	Ⅱ－YSP-0	100mg	YSP-0に元肥として水希釈液肥を施用し播種、以降は減水量に応じて給水
	Ⅱ－YSP-50	50mg	YSP-50に水のみを与え播種、以降は減水量に応じて給水
	Ⅱ－YSP-100	100mg	YSP-100に水のみを与え播種、以降は減水量に応じて給水
	Ⅱ－YSP-200	200mg	YSP-200に水のみを与え播種、以降は減水量に応じて給水
	Ⅱ－発泡煉石	100mg	発泡煉石に元肥として水希釈液肥を施用し播種、以降は減水量に応じて給水

（1） Ⅰグループ育成試験

シラス造粒体 YSP と GSP、シラス分級品 YS-600、YS+600、PS+600 を供試培土とした。元肥として与える液肥は育成試験で標準量とされている試験容器当り N 成分 100mg となるように液肥 1.7ｇを計量し添加した。この液肥量の他成分量は容器当たり水溶性リン酸 170mg、水溶性カリウム 85mg である。容器に液肥と各供試培土の最大容水量の 60%の水を入れよくなじませた後、容積重の供試培土を静かに投入。容器に蓋をして約 3 時間静置し揚水状態を観察した。肥料を与えない育成試験は YSP を培土とした。

土壌表面の湿りを確認後播種し、その位置は図 2 に示したように播種板で土壌表面を平らにし一定間隔の深さ 5mm 程度の穴を 5 ヶ×4 列の計 20 ヶ設け、その穴にコマツナの種を投入し覆土した。種は市販品のサカタのタネ「小松菜」(発芽率 90%以上)を用いた。播種を終えた容器は水分蒸発を押さえる為に蓋で覆い、図 3 に示した LED ライト（JCBritw 社 LED Grow Light）を組み込んだ箱内に配置し 21 日間の育成試験を開始した。照度が約 2700Lux となるように調整し日中 12 時間照射、夜間は照明のない環境に放置した。配置位置による光量の差を考慮して配置を日毎変更した。播種 3 日目には発芽を確認し蓋を外し、以降は蒸散による重量減少を補う潅水を毎日行ないその給水量を記録し、コマツナ生育状態は写真に記録した。なお、給水は葉にかけないように洗浄瓶で株間に行った。5 日目から 10 日目の間は LED 照射を止め自然光での育成を試みたが減水量が天候により大きく変動したため LED 照射に戻した。試験後半の 10 日目以降は生長による蒸散量の増加分を考慮して最大容水量の 60%以上の水を潅水した。生育調査は播種 14 日目と 21 日目に各容器 5 株を選び、1 株の中で最大葉の葉長測定し 5 株の平均を葉長とした。21 日目には葉長測定後、各容器のコマツナを全て根元から収穫しその総重量である生体重を計量した。収穫後の跡地土壌の表面および側面、底面の根張り状態を観察した。

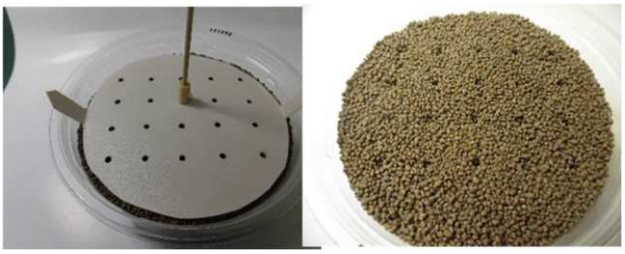


Fig. 2 播種位置決めと播種後の状況



Fig. 3 育成試験状況

（2） Ⅱグループ育成試験

乾燥時期となり湿度が低いことを考慮して播種時の水量を増やし最大容水量の 80%とした。肥料含有シラス造粒体（YSP-50、YSP-100、YSP-200）の培土においては播種前に水のみを投与し、肥料無添加 YSP-0 と発泡煉石はⅠグループ育成試験の手順と同様に元肥の液肥と水とを施用した。造粒体では 3 時間放置後には土壌表面の湿りを確認出来たが、人工培土は 15 時間経過後も湿りが認められず、容器底に水たまりが出来無いことを確認しながら全体が湿った外観になるまで少しずつ散水し最終的に最大容水量の 117%となった。Ⅰグループ育成試験と同様な手順で播種し日中 12 時間の LED ラ

イト照射による 21 日間の育成試験、生育調査、根観察を行った。

4.結果と考察

4.1　シラス原料の物性

YS と GS の化学組成と強熱減量の結果を表 3 に示す。YS は GS に比べ SiO_2 が約 2.6%少なく Al_2O_3、Fe_2O_3 は約 0.5%多くなっており、また強熱減量（Ig.loss）も多いことから、YS は GS より風化が進んだシラスであり火山ガラスが主体であるものの火山ガラスが風化して生成したアロフェンや粘土鉱物を多く含んでいると考えられる[12)]。YS を原料とした造粒体は GS を用いた造粒体より粘土成分が多いと言える。

Table 3　シラス原料の化学組成と強熱減量

シラス	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	Ig.loss
YS	71.39	0.23	12.76	2.05	0.06	0.38	1.51	3.45	3.64	0.02	3.24
GS	73.05	0.19	12.02	1.46	0.05	0.25	1.41	3.79	3.84	0.03	2.60

4.2　シラス分級品およびシラス造粒体の物性

シラス分級品のかさ比重と見掛比重は、YS-600 が 1.22 と 2.34、GS-600 が 1.20 と 2.24 であった。YS-600 の方がいずれも大きく微粒の粘土成分量の影響と考えられる。

シラス造粒体および肥料含有シラス造粒体の物性を表 4 に示す。いずれも気孔率 42～52%､吸水率 32～51%の多孔体となっている。YSP、GSP はシラス分級品のかさ比重、見掛比重より小さくなっており､気孔率は 47%､52%と大きく吸水率も 41%、51%であり、造粒体に加工することで、独立気孔と連通気孔を有する軽量の多孔体となっていることが判る。YSP は GSP より若干緻密であり原料の物性を反映していると思われる｡YSP に比べ YSP-0、50、100、200 は、かさ比重が大きく気孔率が小さく緻密である。これは造粒体製造工程において押出しの団粒サイズを小さくしたためにシラス粒子の詰まりが密になったと考えられる。

Table 4　造粒体の物性

造粒体	かさ比重	見掛比重	気孔率	吸水率
YSP	1.14	2.14	47%	41%
GSP	1.02	2.13	52%	51%
YSP-0	1.26	2.19	42%	34%
YSP-50	1.27	2.21	42%	33%
YSP-100	1.28	2.19	42%	32%
YSP-200	1.23	2.17	43%	35%

4.3　シラス造粒体の植栽基盤適性評価分析

YSP の粒度試験結果および植栽基盤適正評価分析結果を図 4、表 5 に示す。図 4 から粒子の平均サイズは 1.2mm 程度であった。粒子の大きさから判定される土としての分類は細土その中でも細砂に分類される[12)]。

土壌分析で実施した項目は「緑化事業における植栽基盤整備マニュアル」の分析項目必要性一覧表[13)]の重量度ランク分けされた項目から、必ず実施すべき項目（◎印）においては全窒素以外は全ての項目、実施が望ましい項目（○印）および必要に応じて実施する項目（△印）から補足となる項目を選択実施した。

土壌の物理性評価において粒度試験（◎）結果から細砂に分類され[13]三相分布（△）の固相率は40%以下で鉱物土壌の「優良」の範疇にあり[14]、造粒体の構造上空隙もあり液相・気相が確保されることから、総合的に植栽基盤として「良」と判定される。飽和透水係数（◎）と有効水分（◎）は、いずれも「優良」であった[14]。これらの結果から“水持ち（保水性）・水はけ（透水性）が良く、程よい空隙（通気性）がある土”と言える。

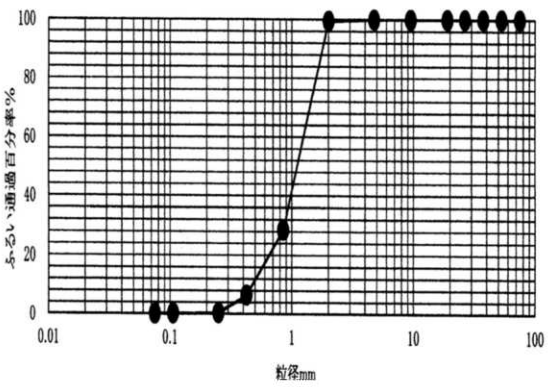


Fig.4　YSPの粒度（粒径加算曲線）

Table 5　シラス造粒体YSPの土壌分析結果

分析項目			単位	測定値	分析方法
pH(H_2O)				8.1	ｶﾞﾗｽ電極法「土壌環境分析法」
[液温]			[℃]	[18]	
電気伝導率(EC)			dS/m	0.02	電気伝導率計法(1:5水浸出法)「土壌環境分析法」
陽ｲｵﾝ交換容量(CEC)			$cmol_c/kg$*	3.6	ｼｮｰﾚﾝﾍﾞﾙｶﾞｰ法「土壌環境分析法」
※飽和透水係数			m/s	1.1×10^{-3}	定水位法「土壌環境分析法」
※体積含水率		pF1.8	vol%	29.8	加圧板法−遠心法−乾燥法「土壌標準分析・測定法」
		pF3.0		16.2	
※有効水分 pF1.8-3.0			L/m^3	136	【特記事項】(3)参照
※仮比重			Mg/m^3*	0.82	【特記事項】(4)参照
※三相分布	固相率		vol%	33.9	加圧板処理ー実容積法「土壌環境分析法」
	液相率	pF1.8		29.8	
	気相率	pF1.8		36.3	
粒度試験				別紙参照	土の粒度試験方法(篩分け法のみ)「JIS A 1204」

【特記事項】
(1)　単位はSI単位を基本に表示(但し、組成割合を示す項目は%表示)。単位の*印は乾土あたり。
(2)　※印は、JIS A 1210のﾓｰﾙﾄﾞ(容量:1000cm^3)に自然含水状態の試料(含水率　5g/kg)を1層12.5cmで詰め、2.5kgﾗﾝﾏｰにより落下高10cm、回数10回の条件で突固め、その中心部から100mlｺｱｻﾝﾌﾟﾗｰで採取した試料を用いて測定した。
(3)　有効水分pF1.8-3.0は、(体積含水率pF1.8ー体積含水率pF3.0)×10で表示。
(4)　仮比重は有効水分測定検体における測定値。

土壌の化学性評価においてｐH(H_2O)（◎）は、“可”の範囲4.5～8.0を外れている[13]。極端に高い値ではないが、土壌ｐHに対する植物の成育状況判定は「酸性を好む植物には生育の不調が現れる可能性がある」とされている[13]。YSPの構成物からはアルカリ性になる要因がなく今後検証する必要がある。電気伝導度（○）は0.1ds/m以下と「不良」であり養分不足と判定され、また、陽イオン交換容量△も6cmol(+)/kg以下で「不良」であり保肥性不足と判定された[14]。これらの養分不足・保肥性不足はYSPの構成物から予想される結果であり、植栽基盤としては栄養分を保持させる技術開発の必要性が示唆された。

4.4　容積重・最大容水量

表 6 に示したとおり容積重の最大は YS-600 であり最小は PS+600 である。最大容水量の最大は PS+600 であり最小は発泡煉石である。Ⅰグループ生育試験の供試培土の顕微鏡写真を図 5 に示す。PS+600 は細かな軽石であり形状も様々で充填性が悪いため容積重が小さく、多孔体であるため最大容水量が大きくなると考えられる。YS-600 は細かいシラス粒子が密に詰まるため容積重は大きくなり、粒子間隙が狭く毛細管現象で水が溜まりやすいと考えられる。YS+600 は小粒の砂利と軽石が混じっており形状も角張っているため充填時の粒子間隙が広く、YS-600 より容積重も最大容水量も小さくなったと思われる。YSP、GSP は多孔体であることから YS-600 より容積重は小さく最大容水量は大きくなっている。各シラス造粒体の値は表 4 に示した造粒体の物性と相関があり、かさ比重が大きい程容積重は重く、気孔率・吸水率が高い程最大容水量は大きい傾向がある。

Table 6　容積重と最大容水量

グループ	供試培土	容積重 g/400ml	最大容水量 対土壌%
Ⅰ	YSP	312	52
	YS-600	404	47
	YS+600	392	42
	GSP	272	57
	PS+600	212	80
Ⅱ	YSP-0	325	42
	YSP-50	325	39
	YSP-100	325	39
	YSP-200	325	34
	発泡煉石	244	15

発泡煉石の内部は隔壁で仕切られた空洞で表面は溶融層で覆われている。形状は歪で 2mm 以下の粒子が殆どないことから充填が粗となり容積重は小さく、粒子間隙が広いため表面付着水しか保水は期待できずその結果最大容水量は小さく YSP-0 の半分以下であった。



Fig. 5　供試培土の顕微鏡写真

4.5　揚水性比較

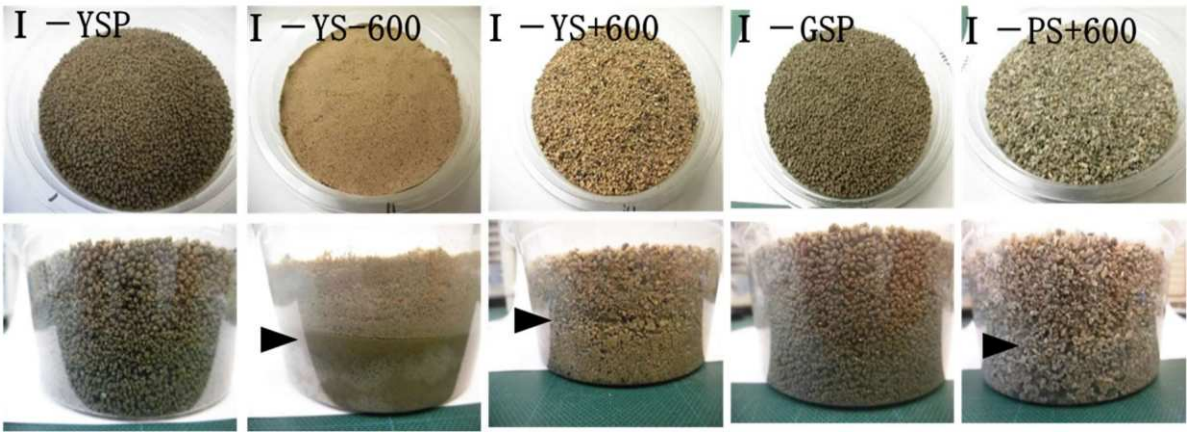


Fig. 6　播種前の水浸み上がり状態　（ ▶ ：境界層）

図 6 にⅠグループ育成試験の播種前土壌表面と側面の写真を示す。土壌表面はいずれも湿ってはいるが側面において違いがあった。シラス造粒体Ⅰ-YSP、GSP は容器底から表面まで均一であるが、シラス分級品では層が生じており特にⅠ-YS-600、YS+600 では層間に空隙が観察された。水が余剰にある状態で投入した土壌は水を充分吸収できるが余剰水がなくなると粒子接点を通しての水の拡散となる。多孔質のシラス造粒体は吸水性に富むため粒子接点を通して水の浸透がなされ周囲の粒子に水が行き渡り均一化される。それに対し、シラス分級品の場合は水を多量に取り込んだ固まりの上に充填された粉末は、接している固まり表面から水を毛細管現象で吸い上げるために固まり部の粒子間隙が狭まり凝縮して容積差が生じ、その結果空隙が出来たと考えられる。PS+600 は多孔体で容水量は大きいが形状が歪で粒子充填性が悪く接点が少ないために水の拡散が悪く層が出来たと思われる。水の浸み上がり状態の差からシラス造粒体は揚水性能に優れていることが分かった。

4.6　Ⅰグループ育成試験結果

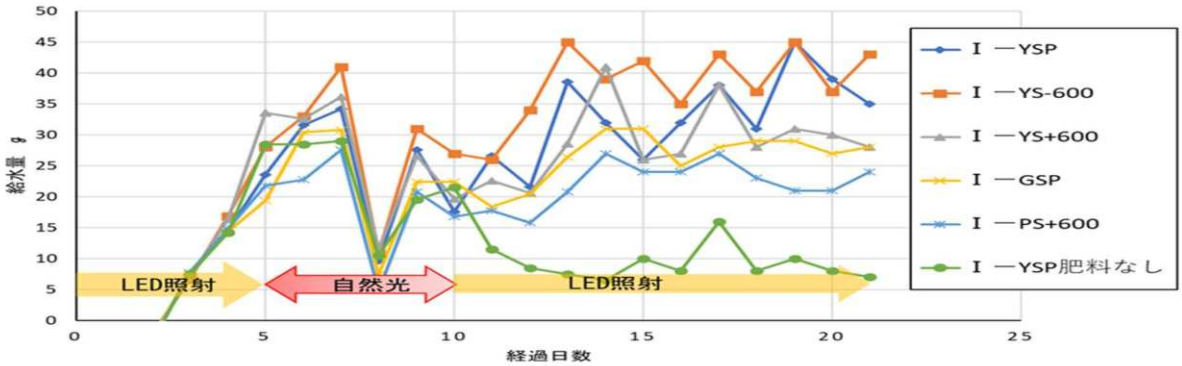


Fig. 7　Ⅰグループ育成試験　給水量の推移

図 7 に給水量の推移を示す。10 日目以降土壌による差が現れ子葉の生長に差が観られるようになった。育成期間全体の給水量は多い方から YS-600、YSP＞YS+600、GSP＞PS+600＞YSP 肥料なしの 4 つに分けられ、YSP 肥料なしは殆ど増えなかった。

図 8 は播種 3 日目、14 日目、21 日目の生育状況写真である。3 日目にはいずれの土壌でも 20 ヶ全て発芽していたが､SY-600 土壌の子葉は他より小さくシラス覆土を持ち上げて発芽した穴が観察された。その他の土壌では図 9 に示すように根毛をまとった根を露出している子葉が観察された。根毛は根の表面に生える細かな毛であり「土壌中の水分や無機栄養分を体内に取



Fig. 8　コマツナ生育状況

り込む」、「植物体を支える」、「土壌の微生物と相互作用を行う」といった様々な役割を果たしている[15)]。播種が浅かったために根毛に囲われた粒が動き子葉が倒れたものと思われる。YS-600 はシラス粒子が密に詰まった表面であり且つ土壌下部が水分豊富であるため根が下に伸び安定した状態で発芽したと予想される。



Fig.9　YSP の発芽状況

表 7 は生育調査結果である。播種 14 日目では葉長の大きな差はないが、21 日目になると YSP が大きく生長し次いで YS-600、YS+600≒GSP、PS+600 の順であり、生体重は重い方から YS-600、YSP、YS+600≒GSP、PS+600 の順であった。

Table 7　Ⅰグループの生育調査結果

供試土壌	14日目葉長測定（茎～葉先）5株 mm						21日目葉長測定（茎～葉先）5株 mm						収穫
	1	2	3	4	5	**平均**	1	2	3	4	5	**平均**	生体重ｇ
Ⅰ－YSP	80	86	102	86	93	**89**	116	126	130	147	142	**132**	17.7
Ⅰ－YS-600	94	104	100	90	83	**94**	121	120	118	135	127	**124**	18.7
Ⅰ－YS+600	100	82	90	93	103	**94**	115	100	120	128	110	**115**	15.1
Ⅰ－GSP	95	90	100	86	80	**90**	110	105	125	110	120	**114**	14.9
Ⅰ－PS+600	90	80	80	90	80	**84**	105	120	100	103	95	**105**	10.7
Ⅰ－YSP肥料なし	32	40	38	32	25	**33**	45	40	38	42	39	**41**	1.7

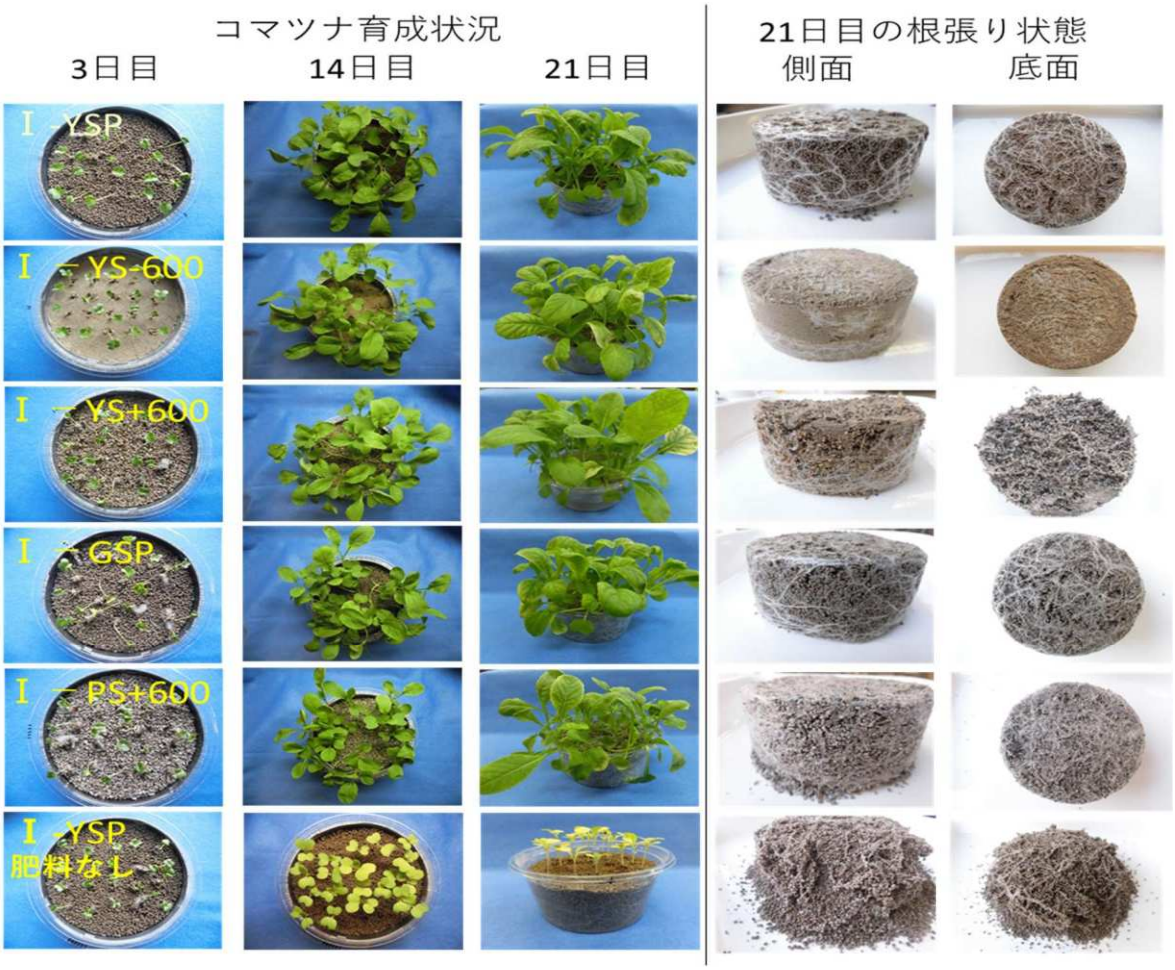


Fig. 10　コマツナ生育状況および収穫後の土壌の根張り状態

図 10 は供試土壌ごとの育成開始 3 日目、14 日目、21 日目の生育状況および収穫を終えた土壌の根張り状況を観察した。播種 10 日目頃から本葉の生長が始まり経過日数とともに成長し、21 日目には SY-600 と SY+600 においては本葉の一部黄化が認められた。YSP 肥料なしでは 21 日経過しても殆ど成長せず更に子葉の黄化が認められ、生育に必要な養分が YSP にはないことが分かる。

根張り状態は YSP、GSP、PS+600 の多孔体粒の土壌では根が縦横無尽に張っているのに対し、YS-600 では容器下部に集中しており、播種前に層分離が生じていたことと関連し容器底部の水分が多い層で密に発達していることが分かる。図 11 は収穫途中のシラス分級品の YS-600 土壌と多孔質粒からなる土壌の 1 例としての GSP 土壌の表面写真である。後者は発達した根毛が表面を覆っており、土壌表面の粒からも水分や養分を得るために生長していることが分かる。

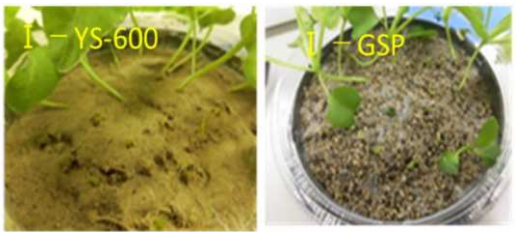


Fig. 11　21 日目の収穫途中の土壌表面

4.7　Ⅱグループ育成試験結果

図 12 に給水量の推移を示す。気温の高い時期に実施したⅠグループ育成試験の給水量（図 7）と比べ全体的に少ない。造粒体（YSP シリーズ）と発泡煉石では大きく異なり前者は 10 日経過した頃から給水量が増加したのに対し、後者の給水量は僅かな増加にとどまり造粒体の３分の１程度であった。

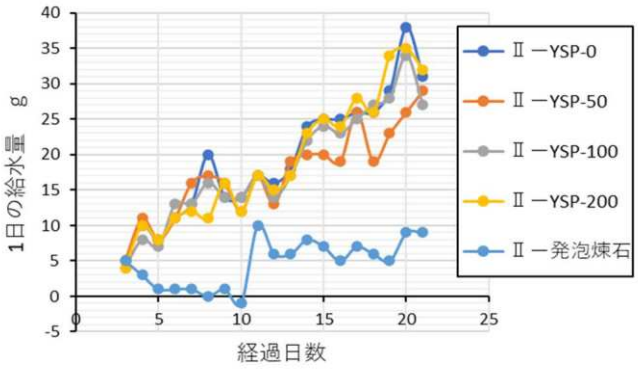


Fig. 12　Ⅱグループ育成試験　給水量の推移

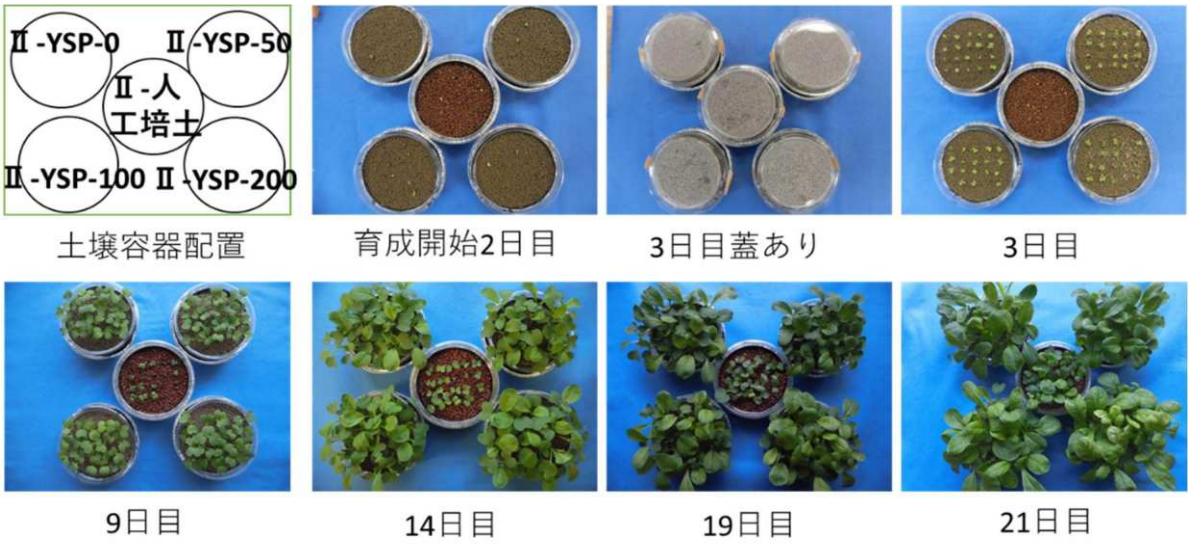


Fig. 13　Ⅱグループ生育状況

図 13 に生育状況写真を示す。発泡煉石以外は 2 日目には発芽が確認され 3 日目には播種した 20 ヶ全てが発芽しており覆い蓋を外した。蓋内面は結露しており水分が充分な発芽環境であることが分かる。播種の深さを 10mm と深くしたので倒れた芽はなく、10 日頃までは子葉が生長し 12 日目頃から本葉の生長も活発となった。



Fig. 14　側面観察

発泡煉石においては全数発芽まで 11 日を要し、蓋を外した後も子葉の成長は遅く株の生育バラツキが大きかった。図 14 は発泡煉石の 9 日目の容器を側面から観察した写真であり、給水は少ないが容器下部内壁には水滴が付着しており生育環境として水分は充分にあると判断される。

表 8 に生育調査結果を示す。施肥量による生育の差は 14 日目では余りないが 21 日目には顕著となり、施肥量が多いほど生体重は重くなった。葉長と生体重の順位が一致しないが葉数が影響したと考えられる。容器あたり N 成分 100mg であるⅡ-YSP-0 とⅡ-YSP-100 では生育の差はなく、造粒体製造時に含有させた養分が十分に機能していることが確認された。発泡煉石での生育は遅く子葉の成長で止まってしまった。図 12 に示した給水量の推移は日々の変動はあるものの葉長測定結果と同傾向であり、葉の成長に伴い蒸散量が増加していることが分かる。根張り状態観察写真を図 15 に示す。造粒体（YSP シリーズ）では施肥量および与え方の違いに関係なく土壌全体に根が張っているのに対し、発泡煉石では殆ど分岐することなく粒間を根が伸びているのが観察された。

Table 8　Ⅱグループの生育調査結果

供試土壌	14日目葉長（茎～葉先）6株　単位 mm							21日目葉長（茎～葉先）6株　単位 mm							収穫
	1	2	3	4	5	6	**平均**	1	2	3	4	5	6	**平均**	生体重ｇ
Ⅱ－YSP-0	68	50	44	46	65	60	**56**	85	90	93	93	100	98	**93**	15.4
Ⅱ－YSP-50	48	50	45	47	50	55	**49**	70	83	70	62	82	77	**74**	11.1
Ⅱ－YSP-100	60	54	55	63	50	66	**58**	120	93	82	100	95	76	**94**	15.6
Ⅱ－YSP-200	53	47	48	50	60	60	**53**	95	95	100	90	80	92	**92**	18.7
Ⅱ－発泡煉石	－	－	－	－	－	－	－	55	58	52	41	38	52	**49**	3.7

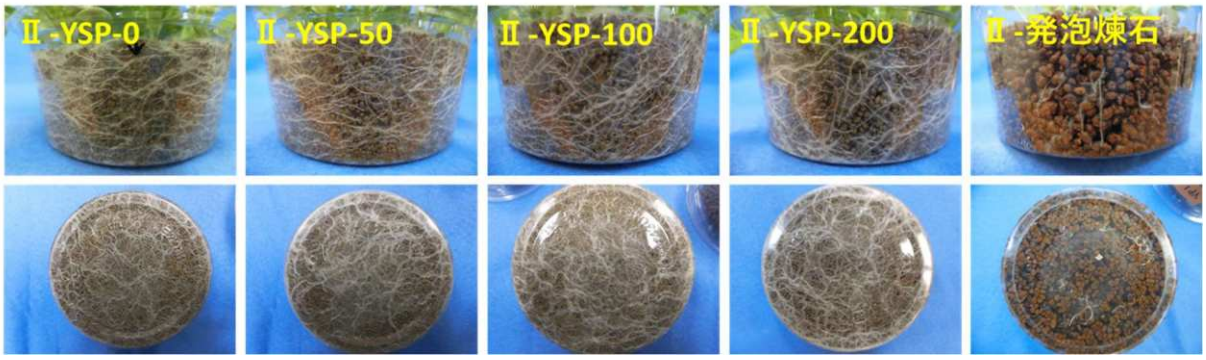


Fig. 15　21 日目の根張り状態

収穫後の土壌を水に浸して解し出来るだけ根を切らないように丁寧に土壌を洗い落としたⅡ-YSP-100 とⅡ-発泡煉石での根を図 16 に示す。前者は多量の根毛を生やした長い側根が複雑に分岐しているが、後者は側根の分岐も少なく根毛も短いものであった。発泡煉石の粒表面は水で濡れてはいるものの粒が粗く粒間隙が広いため毛細管現象による揚水が不十分であり水分や養分の吸収が出来ず生育が遅れることになったと予想される。

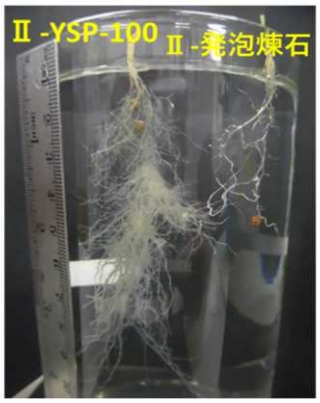


Fig. 16　水に浸した根

図 17 に収穫後の土壌表面の写真を示す。造粒体土壌では容器ごとの差はあるが土壌表面に多量の根毛が露出していた。土壌表面の造粒体からも水分や養分を吸収していることが分かる。図 18 はⅡ-YSP-0 とⅡ-YSP-50 土壌表面の顕微鏡観察写真である。造粒体表面に長く伸びた無数の根毛が観察された。造粒体表面はシラス粒子が密に詰まってはいるが微視的には粒子間隙の穴が多数あり、その穴を通して造粒体内に染み込んだ水分や養分を吸収すると共に安定化のために全方位に根毛が伸びたと予想される。

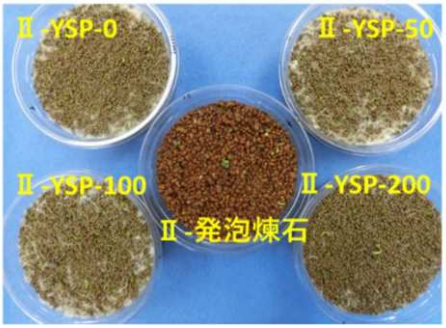


Fig. 17　収穫後の土壌表面

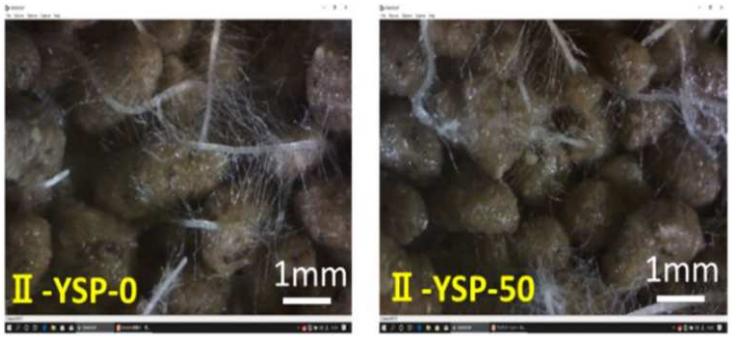


Fig. 18　シラス造粒体および肥料含有シラス造粒の土壌表面の根毛

4.8　シラス造粒体の培土としての性能

播種前の施水量と日々の給水量の合計を全水量とし育成時期が異なるⅠとⅡのグループの生育調査結果との相関性を検討した。試験容器(400cc)当たりの肥料 N 成分量と培土で分類した。全水量と葉長および全水量と生体重の関係をそれぞれ図 19、20 に示す。点線は肥料 N 成分 100mg に限定した黒塗り点の近似線で、相関係数はそれぞれ 0.92 と 0.82 であり、生育は全水量と相関性が高いことが分かる。比較のため N 成分量の異なる培土を中白抜き点で示した。近似線と各分類の位置関係を比較すると、シラス造粒体はシラス分級品より上に位置する傾向があり、一定全水量下での成長が良い傾向が見られた。これは、造粒体の保水特性により植物の根から効率よく吸水されたためと考えられる。N 成分量の違いにより、特に生体重がこの近似線の上下に位置が大きくズレることから、肥料添加量が収穫量に大きく影響することを確認した。シラス造粒体は保水性があり且つ粒子内にも粒子間にも空気相を持つことが出来るため根の成長

を促進させ培土として有効に作用したと考えられる。

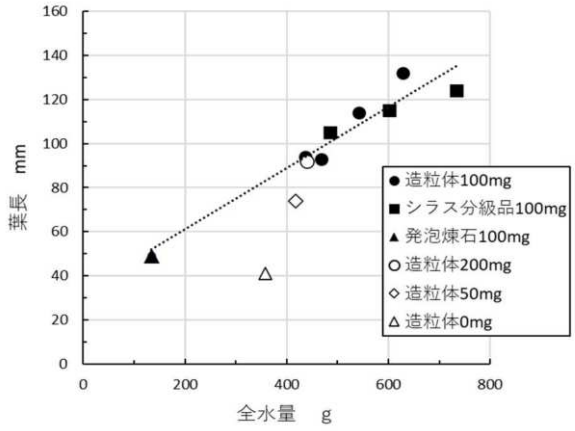


Fig. 19　全水量と葉長との関係

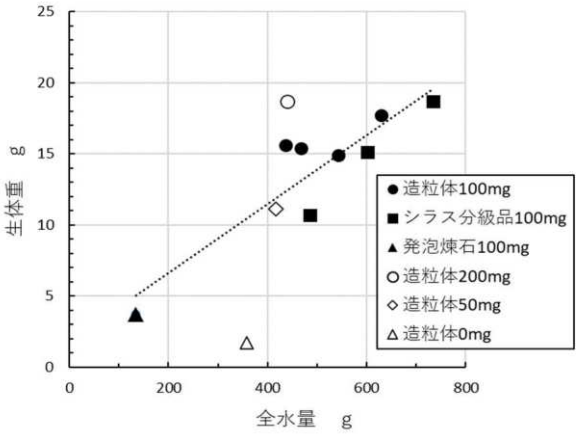


Fig. 20　全水量と生体重の関係

5.　まとめ

PVA を結合材とした火山ガラスを主成分とするシラス造粒体は植物育成土壌として有効であることが示唆された。保水性に乏しく農業には不向きとされるシラスを多孔質の造粒体とすることで保水性を持たせ、更に肥料成分を担持含有させることが有効であることを確認した。シラス造粒体は 42～52%の気孔率、32～51%の吸水率を有し、揚水性に優れ土壌全体に水が行き渡り易く根張りも良いことが示された。シラス分級品、シラス造粒体、肥料を担持させた肥料含有シラス造粒体、発泡煉石を供試培土としたコマツナ育成試験の結果、シラス造粒体を培土としたものは葉長、生体重とも良好であった。肥料含有シラス造粒体培土では潅水だけで充分に生育し造粒体中の肥料成分が有効に作用していることが確認された。無害な結合材を用いた造粒技術により自然素材のシラスが環境にやさしい人工培土となることが期待される。

6. 謝辞

本研究を進めるにあたり、研究助成を頂いたサンケイ科学振興財団に深く感謝の意を表します。ご指導を頂いた鹿児島県工業技術センターシラス研究開発室の袖山研一室長に厚くお礼申し上げます。

引用文献

1)　横山勝三：シラス学　九州南部の巨大火砕流堆積物，古今書院、pp.177、2003
2)　地盤工学会「土質試験の方法と解説」改訂編集委員会：土質試験の方法と解説（第一回改訂版)、(社) 地盤工学会、pp.779、2000
3)　農業土木工学会：南部九州の特殊土壌地帯の農業開発、農業土木工学会誌、63、6、pp.601、1995

4) 農業土木工学会:シラス土壌の実態と農地保全対策について､農業土木工学会誌、46、3、pp. 171、1978
5) 袖山研一、目　義雄：火山噴出物を用いた機能性材料、材料（Journal of the Society of Inorganic Materials, Japan）、19，pp. 44-50、2012
6) 岩松　暉、福重安雄、郡山　榮：シラスの応用地質学的諸問題、地学雑誌、98、4、pp. 390-391、1989
7) 袖山研一、友寄　篤、野口貴文、東　和朗：乾式比重選別と分級によるシラスの建築材料への全量活用、材料、66、8、pp. 574-581、2017
8) 株式会社クラレ:クラレポバールカタログ
9) 「液体のりで造血幹細胞の増幅に成功」2019 年 5 月 30 日　東京大学プレリリース記事　https://www.ims.u-tokyo.ac.jp/imsut/content/900004347.pdf
10) 特願 2019-147935「多孔質造粒体及びその製造方法」東和朗，(株)プリンシプル
11) (独）農林水産消費安全技術センター：植物に対する害に関する栽培試験の方法・解説（2017）http://210.190.115.165/ffis/fert/obj/sub9_8_2017.pdf
12) 友寄　篤、野口貴文、袖山研一、東　和朗：火山ガラス微粉末と粘土微粉末の粉体特性と流動性に与える影響、セメント・コンクリート論文集、72、pp. 438-445
13) (財）日本緑化センター：植栽基盤整備技術マニュアル、pp. 114-120、
14) (社)日本造園学会：緑化事業における植栽基盤整備マニュアル、ランドスケープ研究、63、3、pp. 230-232、2000
15) 武田征士　Nature Careers 特集記事　「植物の根が細長く成長するしくみを解明！」　2008 年 5 月 8 日　https://www.natureasia.com/ja-jp/jobs/tokushu/detail/86

Research and development of the vegetation soil made by classified Shirasu using granulating technology

Saburou Nagano,　Ken-ichi Sasakura,　Kazurou Higashi

Principle Co.,Ltd,　1-17-8 kamoike, Kagoshima, 890-0063, Japan
Tel; 099-258-3006

Abstract

Shirasu is distributed in the southern Kyushu widely, and the agricultural productivity is low by the poor nutrients and the high water permeability. The utilization method of Shirasu for vegetation soil was studied. The granulated porous grains were made by classified Shirasu using PVA as binder, and their performance for vegetation soil were evaluated. The physical disadvantage such as the water retention of Shirasu was improved by granulating, and the chemical disadvantage such as the lack of nutrients was improved by containing fertilizer in the granulated bodies. The excellent water soaking performance of granulating grains was revealed, and the good results of planting of Japanese mustard spinach were brought. In this study, the effectiveness of granulating Shirasu was suggested, and the utilization of Shirasu for agricultural materials was expected.