

7. 河川・湖沼の浚渫汚泥および製紙スラッジを利用した 土壤還元型育苗ポットの開発と植栽培土としての 利用に関する研究

要旨

1. 堆積土および浚渫汚泥の農地培土としての有効利用に関する研究
 - 1.1 キュウリの生育に及ぼす影響
 - 1.2 浚渫場所の異なる汚泥培養土におけるレタスの生育
 - 1.3 土壤浸出液がキュウリとコマツナの発芽と胚軸の伸長に及ぼす影響
 - 1.4 土壤の違いがチンゲンサイとコマツナの初期成育に及ぼす影響
 - 1.5 キュウリの生育に及ぼす土壤の違いの影響
 - 1.6 キクの成長に及ぼす供試土壤の違いの影響
 - 1.7 江の口川浚渫汚泥の培養土が樹木の生育に及ぼす影響
2. 土壤の化学的性質と無機と有機成分分析
 - 2.1 目的
 - 2.2 材料および方法
 - 2.3 結果および考察
3. 土壤中の細菌調査
 - 3.1 目的
 - 3.2 材料および方法
 - 3.3 結果および考察
4. 汚泥土壤の抑草作用に関する研究
 - 4.1 目的
 - 4.2 材料および方法
 - 4.3 結果および考察
5. 製紙スラッジの植栽培養土としての再利用に関する研究
 - 5.1 目的
 - 5.2 材料および方法
 - 5.3 結果および考察
6. 製紙スラッジの土壤還元型育苗ポットとしての再利用
 - 6.1 目的
 - 6.2 材料および方法
 - 6.3 結果および考察

要旨

近年、河川湖沼の水質悪化が問題となり環境規制も強化されてきている。水質改善のために底に堆積した汚泥を取り除いて改善が図られることが多々あるが、これらから浚渫される汚泥の処理方法および利用方法が問題となっている。そこで浚渫汚泥の植栽培養土としての利用の可能性について、バーク堆肥等を混合し土壤改良を図ることの必要性と製紙スラッジの育苗ポットとしての利用の可能性について検討した。また河川より浚渫された汚泥に加え、建設現場で発生する排出土およびダム湖底堆積土の利用の可能性についても検討した。早明浦ダム湖の土および数年間堆積した後の仁淀川浚渫汚泥区（製紙スラッジ）は植栽土として単独で使用しても植物の生育に支障を来すことはなく、使用可能であることが示された。一方、須崎建設土および江の口川浚渫汚泥は植物の生育が著しく抑制したことから単独での使用は避けるべきであるが、江の口川浚渫汚泥はバーク堆肥を混合することにより生育が良好となつたことから、江の口川を植栽土として利用する際はバーク堆肥を等量程度混合して利用することが望ましいと思われた。しかし、須崎建設土はバーク堆肥を混合しても生育が抑制されたことから、混合割合についての検討および生育抑制の原因解明の必要がある。また農地培養土としての利用を図るにあたり、重金属など環境の悪化を将来する物質の溶質も考えられ、これらは汚泥の浚渫源やpHなどの土壤の化学的性質で異なることが推察されるので、利用にあたっては十分な注意を要する。また製紙スラッジの特性を生かした土壤還元型育苗ポットは、スラッジ中に植物の生育に抑制的な難水溶性物質の存在が示唆され、炭混入に見られるような改善策を要するが、主成分がセルロースであり、易分解性で成型しやすく、定植後の活着とその後の生育は順調に行われるため、育苗ポットとしての利用が期待できる。

1. 堆積土および浚渫汚泥の農地培土としての有効利用に関する研究

1.1 キュウリの生育に及ぼす影響

1.1.1 緒言

近年、河川湖沼の水質悪化が問題となり環境規制も強化されてきている^{1, 2)}。水質改善のために底に堆積した汚泥を取り除いて改善が図られることが多々あるが、これらから浚渫される汚泥の処理方法および利用方法が問題となっている。そんななか、今までに我々は河川より浚渫された汚泥の植栽培養土としての利用の可能性について検討し、バーク堆肥等を混合し土壤改良を図ることの必要性と製紙スラッジの育苗ポットとしての利用の可能性について報告してきた^{3~5)}。本研究においては河川より浚渫された汚泥に加え、建設現場で発生する排出土およびダム湖底の堆積土の植栽培養土としての利用の可能性についてキュウリを用いて検討した。

1.1.2 材料および方法

材料としてキュウリ‘シャープ1’を供試し、2001年6月11日に山土とバーク堆肥を1:2の割合で混合した培養土（無施肥）を用い、100穴のセルトレイに催芽種子を播種した。育苗中の灌水は、完全培養液を用いて適宜行った。定植は6月18日にエフクリーン展張ハウス内に設置した雨樋（4m

× 20cm × 20cm) を利用したベッドに株間 50cm の 1 条で行った。処理培養土は山土とバーク堆肥を 1 : 2 で混合した培養土を無処理区、高知県伊野町の仁淀川および高知市内を流れる江の口川の浚渫汚泥区とこれらにそれぞれバーク堆肥を等量混合した区、須崎市潮田の建設発生土とこれにバーク堆肥を等量混合した区、早明浦ダム湖上流堆積土の 8 処理区を設けた。なお仁淀川は高知県伊野町に位置し、昔から製紙が盛んな町として知られ、川底には長年にわたり製紙スラッジが堆積している。江の口川は高知市を流れている都市型河川で川底には多量の都市汚泥が堆積している。須崎市潮田は海岸に近い地帯に低泥地帯に位置し、高速道路の建設にともなう土を排出している。早明浦ダム湖は高知県本山町に位置し四国の水がめとも言われているが、降雨時の土砂の流入がダム湖底に多量に堆積している。処理培養土にそれぞれ元肥として N・P・K を各 25kg / 10a、苦土石灰 120kg / 10a を施与した。定植後の灌水は、1 日 1・2 回ホースで行った。調査は定植 24 日後の 7 月 12 日に茎長、葉緑素計 MINOLTA SPAD - 502 を用いた葉色 (SPAD)、葉数、葉と茎の生体重および乾物重、定植 37 日後の 7 月 25 日にも葉色について調査した。処理培養土については試験開始時と終了時の pH と EC を測定し、また試験終了時には土壤成分分析を行った。

1.1.3 結果および考察

茎長は早明浦ダム区で 105.9cm と最長となり、一般土壤として設定した山土+バーク無処理区よりもおよそ 20cm も促進され、江の口川+バーク区、仁淀川区、仁淀川+バーク区においても促進が認められた (表 1.1)。一方、江の口川区および須崎建設発生土区では著しく伸長が抑制された。しかし両汚泥培養土による生長抑制はバーク堆肥を混入することによりいずれも改善され、特に江の口川培養土での効果が際立っており、無処理区の約 5.3 倍となった。茎生体重および乾物重は、茎長と同様に早明浦区、江の口+バーク区、仁淀川区、仁淀川+バーク区で無処理よりも増大し、また江の口川区および須崎建設発生土区におけるバーク堆肥による著しい改善効果が認められた (図 1.1)。茎の乾物率は須崎

表 1.1 浚渫汚泥がキュウリの生育に及ぼす影響

処理培養土	茎			葉			葉+茎	
	茎長 (cm)	乾物重 (g)	乾物率 (%)	葉数	生体重 (g)	乾物重 (g)	乾物率 (%)	乾物重 (g)
山土+バーク	86.4c ^a	5.94c	6.36 b	33.3c	74.3c	12.77cd	17.25b	18.71c
早明浦	105.9e	6.91cd	6.51bc	36.0c	78.8c	13.39cde	17.00b	20.30cd
須崎	22.6a	0.56a	5.48a	9.0a	11.2a	1.75a	15.66a	2.31a
須崎+バーク	57.8b	3.00b	6.45bc	27.0b	37.5b	6.33b	16.84b	9.33b
江の口	18.9a	0.45a	7.14c	7.8a	7.2a	1.07a	14.83a	1.52a
江の口+バーク	99.9de	7.82d	7.19c	34.3c	83.4c	14.79de	17.71b	22.61d
仁淀川	98.1d	6.03c	5.66a	37.8c	75.9c	11.30c	14.87a	17.33c
仁淀川+バーク	90.0c	7.50d	6.75bc	37.3c	83.8c	14.99e	17.88b	22.49d

^a同一アルファベットはダンカン多重検定範囲(5%レベル)において有意差なし 2001 年 7 月 12 日調査

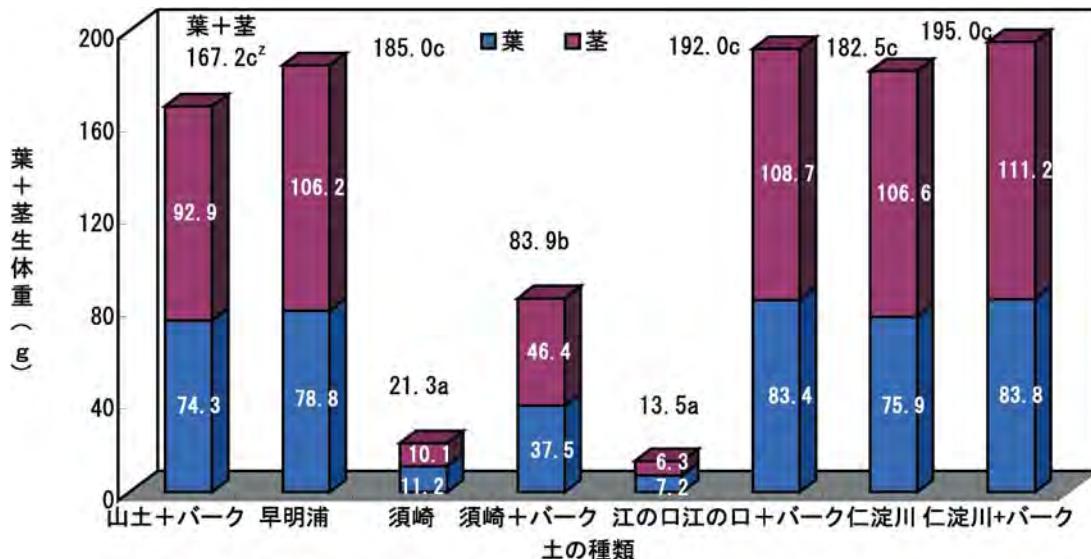


図 1.1 浚渫汚泥がキュウリの生育に及ぼす影響 2001 年 7 月 12 日調査

^z 同一アルファベットはダンカン多重検定範囲 (5 % レベル) において有意差なし

区以外では無処理区よりも高く、江の口+パーク区で 7.19 % と最大となった。葉数は仁淀川区で 37.8 枚と最も多く、仁淀川+パーク区、早明浦区、江の口+パーク区で無処理区よりも展開が促進された。しかし、須崎区では 9.0 枚、江の口区では 7.8 枚と顕著に抑制された。葉の生体重および乾物重は茎と同様な傾向が見られたが、葉数の最も多かった仁淀川区で葉数に対して若干低くなる傾向が見られた(表 1.1)。乾物率は仁淀川+パーク区で 17.88 % と最大となり、また河川土および建設土単用使用区よりもパーク堆肥を混合した区のほうで乾物率が高くなつた。葉色 (SPAD) は生育が顕著に抑制された須崎区で調査 2 回とも最も高くなつた。次いで無処理区よりも生育が良好であった仁淀川区で高くなつた(図 1.2)。しかし、乾物率と異なり、パーク堆肥混合区では単用区よりも低くなる傾向を示した。

試験開始時、終了時の pH は、ともに須崎潮田建設発生土で高く、江の口川浚渫汚泥において低かつた(表 1.2)。また、江の口川浚渫汚泥は開始時よりも終了時でさらに低くなつてゐたが、その他の培養土では逆に高くなる傾向を示した。なかでも早明浦ダム堆積土と仁淀川浚渫汚泥においては 1 度も上昇してゐた。EC については早明浦ダム堆積土以外においては開始時よりも終了時で低下してゐた。土壤分析においては早明浦ダム堆積土では CEC が顕著に低く、また塩基やリン酸などの養分含有量も低かつたことから砂土に近い性質であることが確認された(表 1.3)。また、須崎建設発生土および江の口川浚渫汚泥区で EC が高かつた原因は CaO 含有量が顕著に高かつたためであると示唆された。しかし、仁淀川浚渫汚泥における CaO 含有量は低かつたことから、河川周辺の環境によって浚渫汚泥の成分は明確に異なることが改めて確認された。

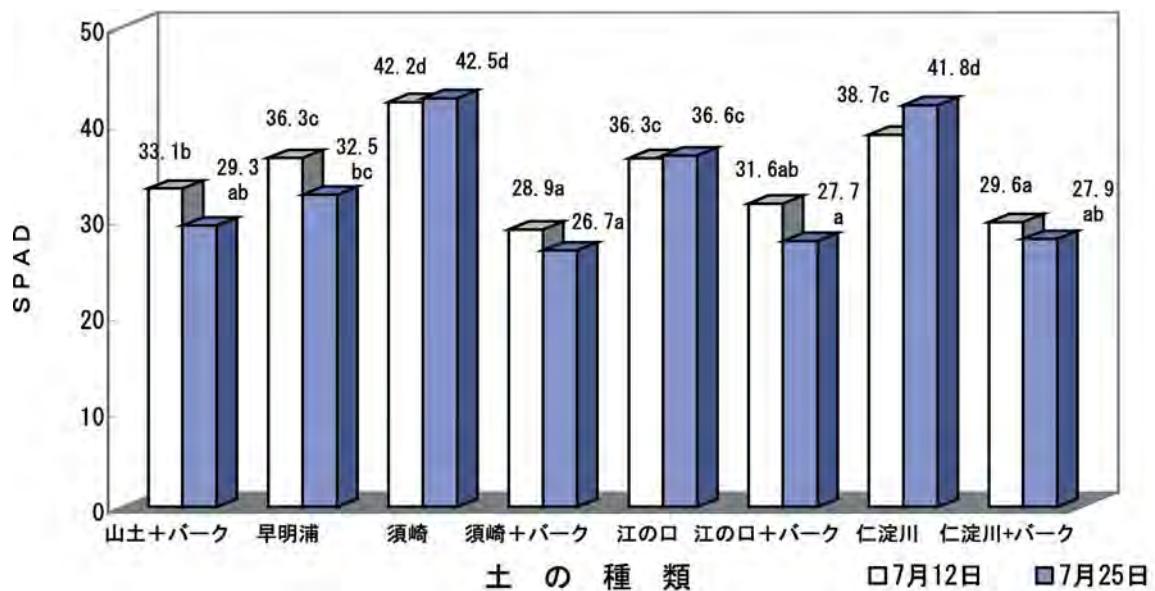


図 1.2 滅渴汚泥がキュウリの葉色 (SPAD) に及ぼす影響 2001 年 7 月 12・25 日調査
^z 同一アルファベットはダンカン多重検定範囲 (5 % レベル) において有意差なし

表 1.2 処理培養土の pH と EC

培養土	pH		EC (dS/m)	
	定植前	終了時	定植前	終了時
山土+パーク堆肥	5.35	5.70	0.231	0.228
早明浦ダム堆積土	5.66	6.50	0.051	0.068
須崎潮田建設発生土	7.59	7.65	2.570	2.080
須崎潮田建設発生土+パーク堆肥	7.36	7.43	2.650	1.541
江の口川滅渴汚泥	4.75	4.31	1.980	1.622
江の口川滅渴汚泥+パーク堆肥	4.69	4.53	2.040	1.662
仁淀川滅渴汚泥	5.03	6.02	0.113	0.108
仁淀川滅渴汚泥+パーク堆肥	5.81	5.95	0.280	0.216

土:水=1:5 で溶出後測定

以上の結果から、早明浦ダム湖の土および仁淀川滅渴汚泥区は植栽土として単独で使用しても植物の生育に支障を来すことではなく、使用可能であることが示された。一方、須崎建設土および江の口川滅渴汚泥はキュウリの生育が著しく抑制したことから単独での使用は避けるべきであるが、江の口川滅渴汚泥はパーク堆肥を混合することにより生育は良好であったことから、江の口川を植栽土として利用する際はパーク堆肥を等量程度混合して利用することが望ましいと思われた。しかし、須崎建設土はパーク堆肥を混合しても pH および EC の値が高く、CaO 含有量も顕著に高く、また生育も顕著に抑制されたことから、パーク堆肥との混合割合についての検討が必要であるが、pH を調整や塩基バランスを整えるような資材や施肥設計を立てる必要があるものと思われた。また、生育抑制の原因を解明する必要がある。

表 1.3 試験終了時の処理培養土の CEC、腐植含有量および土壤無機成分含有量

処理 培養土	CEC	腐植	NO_3	NH_4	P_2O_5	K_2O	MgO	CaO	B	Mn	Cu	Zn	Fe
	(me/100g)	(%)	(mg/100g)						(ppm)				
山土+パーク堆肥	20.9	1.8	0.1	0.4	38.6	25.9	63.2	186.4	0.5	9.20	11.9	8.1	
早明浦ダム堆積土	1.6	1.5	0.4	0.0	5.0	0.2	3.5	44.4	0.0	7.21	5.07	14.4	
須崎潮田建設発生土	12.2	1.6	18.2	0.9	1.2	30.9	16.3	555.2	5.9	0.07	0.04	3.5	
須崎潮田+パーク	—	1.8	0.3	0.0	18.5	37.3	43.9	498.9	—	6.90	14.5	14.8	
江の口川浚渫汚泥	9.8	2.5	0.0	2.0	9.8	4.0	19.1	391.5	0.6	4.03	5.46	18.6	
江の口川+パーク	24.0	2.7	0.2	0.5	55.7	31.3	38.0	382.4	—	8.03	35.4	17.4	
仁淀川浚渫汚泥	6.2	2.5	4.4	0.9	13.7	6.3	5.4	47.2	0.2	3.55	12.9	15.4	
仁淀川+パーク	—	2.5	3.3	0.6	131.7	52.6	57.2	262.9	—	8.40	95.7	9.7	

いずれの供試土壤も農地培養土としての利用をはかるにあたり、重金属など環境の悪化を招来する物質の溶出も考えられ、河川へ流れ込んでくる汚泥源を調査するなど、利用にあたっては十分な注意を要する。

1.1.4 引用文献

- 1) 平井英明・羽賀清典・岡崎正規 (1999) : 第 8 部門環境, 土壤肥料学会誌, 70 (5), 713-724.
- 2) 服部浩之 (1998) : 汚泥施用土壤からの重金属溶質の危険性. 土壤肥料学会誌, 69 (2), 135-143.
- 3) 福元康文・坪内正行・西村安代・島崎一彦 (1999) : 脱水ヘドロの植栽土および農地培土としての再利用に関する研究. 園芸学会雑誌, 68 (2), 132.
- 4) 福元康文・坪内正行・西村安代・島崎一彦 (2000) : 製紙スラッジの植栽土としての再利用に関する研究. 園芸学会雑誌, 69 (1), 123.
- 5) 福元康文・坪内正行・西村安代・島崎一彦 (2000) : 浚渫汚泥の植栽土としての再利用に関する研究(第 3 報). 園芸学会雑誌, 69 (2), 164.

1.2 浚渫場所の異なる汚泥培養土におけるレタスの生育

1.2.1 緒言

前報で河川より浚渫された汚泥に加え、建設現場で発生する排出土およびダム湖底堆積土の植栽培養土としての利用の可能性についてキュウリを用いて検討し、浚渫場所によっては生育抑制が著しく、何らかの改善の必要性があることを指摘した¹⁾。

一方、今までに、カニガラなどの甲殻類から得られるキトサンは、土壤と混和することにより野菜の生育促進に効果があることを明らかにしてきた²⁾。また同様に他の園芸作物でもキトサンの生育促進作用についての報告がなされている^{3~6)}。

そこで今回は、浚渫汚泥を培養土として用いたレタスの生育の比較検討と土壤へのキトサン混和による生育促進効果について報告する。

1.2.2 材料および方法

材料としてレタス‘トップマーク’を供試し、2001年9月21日に育苗用バーク堆肥培養土に播種した。10月9日に6cm黒ビニールポットへ1本ずつ移植した。移植培養土には山土：バーク堆肥=1:2を用い、N:P:K=30kg/10aとなるようCDU化成肥料と苦土石灰120kg/10aを施与した。定植は10月15日にエフクリーン展張ハウス内に設置した雨樋(4m×20cm×20cm)を利用したベッド(図1.3)に株間20cmの1条で行った。処理培養土は山土とバーク堆肥を1:2で混合した培養土を対照とし、製紙汚泥が堆積した仁淀川および都市型汚泥が堆積した江の口川の浚渫汚泥区と、海岸地域に位置する須崎市潮田の建設発生土を用い、これらにそれぞれバーク堆肥を等量混合した区と、早明浦ダム湖上流地域のダム堆積土の8種類を設け、10月9日あらかじめそれぞれの半分の面積に表1.4に示した特性を有するキトサンHを5g/m²土壤混和した合計16処理区を設けた。処理培養土への元肥の施与は行わず、キトサンには7.68%の窒素成分が含まれていたため灌水液は生育に支障を来さないような適濃度に設定した表1.5に示した液肥による灌水を10月19日より1日2回行った。調査は定植88日後の2002年1月11日に全重、結球重を測定し、また結球重と全重の割合から結球率を算出した。



図1.3 雨樋を利用した栽培ベッドおよび栽培風景

表1.4 土壤混和資材キトサンHの含水率と乾物当たりの無機成分含有量

キトサン	含水率	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	B	Mn	Cu	Zn	Fe
	%	ppm									
H	12.0	7.68	0.03	0.00	0.03	0.00	1.14	0.00	0.00	4.55	36.36

表1.5 灌水に用いた液肥の無機成分含有量(ppm)

成分名	N	P	K	Ca	Mg	B	Mn	Cu	Zn	Fe	Mo
含有量	117.5	60.0	204.8	86.3	30.0	1.25	1.25	0.025	0.065	2.775	0.026

1.2.3 結果および考察

気温は日中がやや高めに推移したが低温は保たれ、比較的冷涼な気温を好むレタスの生育にとっても何ら支障は無いか、むしろ好適な環境での気温に維持された（図 1.4）。

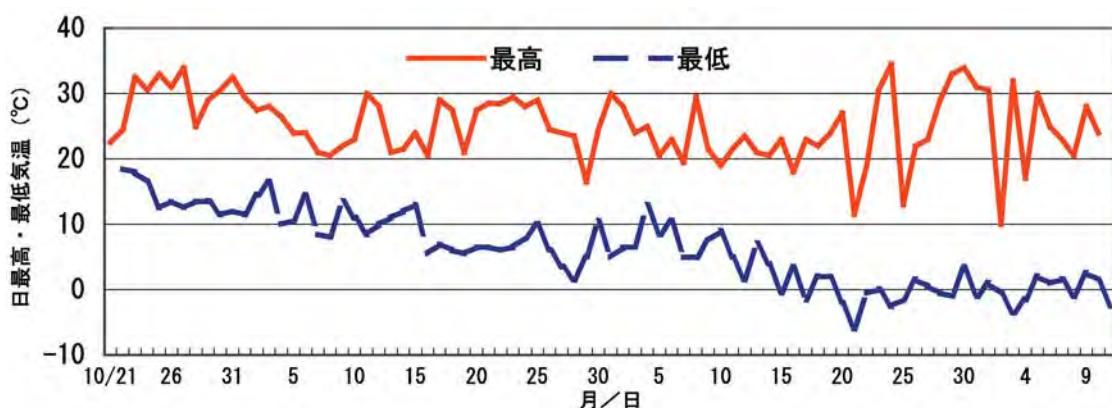


図 1.4 栽培期間中のハウス内日最高・最低気温の変化

表 1.6 浚渫場所の異なる汚泥へのバーク堆肥とキトサン添加がレタスの生育に及ぼす影響

浚渫場所	バーク	キトサン	全重 (g)	結球重 (g)	結球率 (%)
山 土	有	無	880 efg ^z	648 def	73.7 a
		有	972 g	715 f	74.4 a
	無	無	734 cd	532 abc	72.5 a
		有	770 cde	552 abcd	72.0 a
須 崎	有	無	826 cdef	610 cde	74.0 a
		有	851 defg	603 cde	70.7 a
	無	無	699 bc	515 abc	73.3 a
		有	768 cde	566 bcd	73.3 a
仁 淀 川	有	無	767 cde	564 bcd	73.8 a
		有	834 cdefg	595 cde	71.7 a
	無	無	562 a	458 a	81.5 b
		有	586 ab	476 ab	81.5 b
江の口川	有	無	755 cd	566 bcd	75.2 a
		有	851 defg	653 def	76.6 ab
	無	無	799 cdef	592 cde	74.0 a
		有	910 fg	686 ef	75.6 ab

^z同一アルファベットはダントン多重検定範囲(5%レベル)において有意差なし

2002.1.11 調査

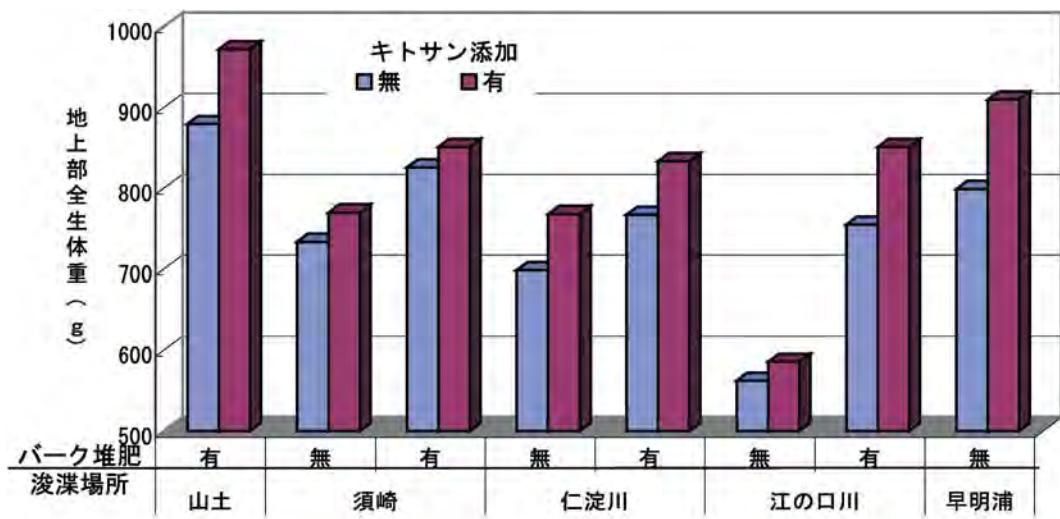


図 1.5 浚渫場所の異なる汚泥におけるキトサンおよびバーカ堆肥の添加がレタスの生育に及ぼす影響

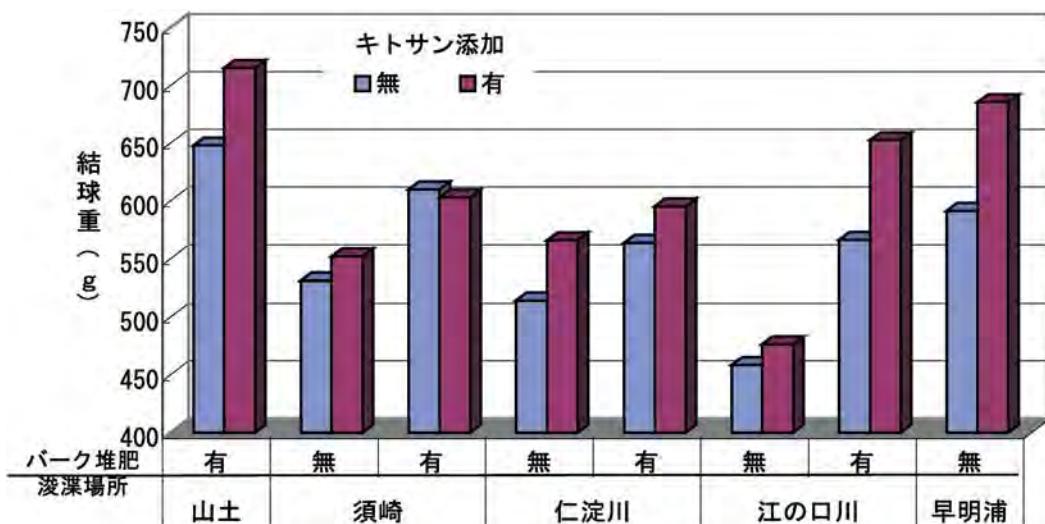


図 1.6 浚渫場所の異なる汚泥におけるキトサンおよびバーカ堆肥の添加がレタスの結球に及ぼす影響

表 1.6、図 1.5 と図 1.6 で明らかなように、早明浦ダム堆積土でのレタスの地上部重と結球重は山土の対照区に次いで良好となった。早明浦ダム堆積土での生育が対照区よりやや劣ったのは堆積土が砂質土壤で CEC が低く、表 1.5 に示した液肥で灌水を行っても土壤としての養分保持力に欠けていたためにやや養分不足となり生育に差異が生じたと思われた。

堆肥の施与は浚渫土において土壤改良効果が高く、生育を促進した。このことは堆肥からの養分の補給とともに土壤の緩衝作用と保肥力の高まりによるものと思われ、堆肥施与は浚渫汚泥の土壤改良に寄与した。またいずれの培養土でもキトサンを土壤混和することで生育は促進された。この促進効果は、土壤微生物の働きによりキトサンが分解され、含まれていた有機態窒素が無機化されて植物が吸収したこととキトサンが根の活力向上に寄与したため²⁾と思われた。

結球率は生育が最も劣った江の口川のバーカ堆肥施与無区で高かったが、生育の不良に基づくものな

ので、効果的ではない。

以上より、野菜の生育にとって、早明浦ダム堆積土は他の汚泥培養土より優れ、その利用価値が高いことが明らかとなり、その利用の可能性が示唆された。ただし、客土としてはそのままの利用で全然問題は無いと思われるが、堆積土をそのまま育苗用培養土として利用する場合は、レタスの生育が山土対照区よりやや劣る傾向が見られたことからわかるように、土壤の保肥力に欠けるので肥培管理に十分な注意が必要と思われた。

早明浦ダム堆積土は今後、園芸用培養土あるいは客土用土壤として利活用するための詳細な栽培試験が必要である。

1.2.4 引用文献

- 1) 福元康文・西村安代・吉田徹志・齊藤優太 (2002) : 堆積土および浚渫汚泥の農地培土としての有効利用に関する研究(第4報). 園学中国四国支部要旨, **71** (2), 573.
- 2) 福元康文・坪内正行・西村安代・島崎一彦 (2003) : 野菜の生育に及ぼすキトサンの効果的利用法に関する研究(第1報) キトサンの土壤混和率について. キチン・キトサン研究, 印刷中.
- 3) Ohta, K., A. Taniguchi, N. Konishi, T. Hosoki(1999) : Chitosan treatment affects plant growth and flower quality in *eustoma grandiflorum*. *HortScience*, **34**, 233-234.
- 4) Ohta, K., T. Asao, T. Hosoki(2001) : Effects of chitosan treatments on seedling growth, chitinase activity and flower quality in *eustoma grandiflorum*(Raf.)Shinn. 'Kairyu wakamurasaki'. *J.Hortic.Sci.and Biotech.*, **76**, 612-614.
- 5) Ohta, K., H. Atarashi, Y. Shimatani, T. Asao(2000) : Effects of chitosan with or without on seedling growth, chitinase activity and flower quality in *eustoma grandiflorum*(Raf.) Shinn. 'Kairyu wakamurasaki'. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, **69**, 63-65.
- 6) 太田勝巳, 岡田薰, 今崎一治, 細木高志 (2002) : 数種園芸作物の栽培用土としての廃瓦の利用について. 園学雑, **1**, 255-258.

1.3 土壤浸出液がキュウリとコマツナの発芽と胚軸の伸長に及ぼす影響

1.3.1 目的

汚泥土壤からの雨水による無機養分流失を想定し、キュウリとコマツナの発芽と胚軸の伸長に及ぼす影響について、江の口川浚渫汚泥、石手川浚渫汚泥、未耕地山土、一般栽培養土壤の4種の土壤からの浸出液を用いて比較試験し、汚泥からの浸出液が植物の生育に及ぼす影響について浸出時間を変えて調査した。

1.3.2 材料および方法

キュウリとコマツナを供試し、表1.7に示した5種類の土壤からの浸出液が発芽とその後の胚軸伸長に及ぼす影響について調査した。浸出液は蒸留水に供試土壤を入れ、1分間および48時間浸した後、ろ過し、そのろ液を用い、また蒸留水を対照区として設けた。発芽試験は1997年11月15日、シャー

レ内にろ紙を敷き、処理液を適量染み込ませた後に 30 粒／シャーレ播種し、2 反復で行った。管理は人工気象室内で行い温度は 25 °C で一定、日長は 16hr. に設定した。

表 1.7 供試土壤

採土場所	備 考
イチゴハウス	高知大学 北ハウス生育普通
江の口川浚渫汚泥 新	1997 年 11 月産出 ピニール被覆
江の口川浚渫汚泥 旧	1996 年産出 野積み
石手川浚渫汚泥	1997 年 9 月産出 ピニール被覆
山 土	1997 年産出未耕地土壤 ピニール被覆

また浸出時間を変えて得られた 2 つの浸出液については、ろ過した後、ろ液について、P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Zn、Cu、Na の 9 元素を分析した。分析方法について、P はバナドモリブデン酸法、その他の元素は原子炎光光度法で行った。

1.3.3 結果および考察

コマツナの発芽率は、江の口川汚泥の土壤浸出液では播種 1 日後に多少抑制される傾向が認められたが、2 日後以降は有意な差異は認められなかった（表 1.8）。なおキュウリでは処理間に差異は認められなかった。

表 1.8 土壤浸出液がキュウリとコマツナの発芽率に及ぼす影響 （発芽率：%）

浸出時間	採取場所＼播種後日数	キュウリ			コマツナ		
		1	2	3	1	2	3
1 分間	イチゴハウス	93.3	100.0	100.0	96.7	96.7	96.7
	江の口川新	76.7	96.7	96.7	90.0	93.3	96.7
	江の口川旧	60.0	83.3	83.3	96.7	100.0	100.0
	石手川	90.0	96.7	96.7	96.7	100.0	100.0
	山土	73.3	96.7	100.0	86.7	96.7	96.7
48 時間	イチゴハウス	63.3	96.7	96.7	96.7	100.0	100.0
	江の口川新	63.3	100.0	100.0	70.0	90.0	90.0
	江の口川旧	40.0	83.3	83.3	90.0	93.3	100.0
	石手川	86.7	100.0	100.0	83.3	96.7	100.0
	山土	66.7	93.3	93.3	93.3	100.0	100.0
	蒸留水(対照)	76.7	93.3	96.7	96.7	96.7	100.0

1 シャーレ 30 粒の 2 反復 温度条件:25°C 日長条件:16 時間

胚軸長は、両供試植物ともに蒸留水対照区と比べて江の口川汚泥新と石手川汚泥浸出液で促進された（表 1.9）。キュウリでは山土浸出液と蒸留水との差異が見られなかったのを除き、1 分間浸出液よりも

浸出時間が長い 24 時間浸出液で促進作用が大きい傾向にあった。またコマツナでも同様に山土浸出液は蒸留水区と差異が認められなかつたが、その他の土壤浸出液は有意に促進した。しかし浸出時間の違いでは江の川汚泥新区で浸出時間が 1 分間で促進作用が大きくなつた以外は、時間の違いによる有意な差異は認められなかつた。

表 1.9 土壤浸出液がキュウリとコマツナの胚軸の伸長に及ぼす影響 (cm)

品種 採取場所＼浸出時間	キュウリ		コマツナ	
	1分間	48時間	1分間	48時間
イチゴハウス	2.51cd ^a	2.79a	1.82ab	1.95a
江の口川新	2.39cde	2.73a	1.88a	1.86ab
江の口川旧	2.33de	2.40cde	1.84ab	1.60cd
石手川	2.54bc	2.69ab	1.70bc	1.81ab
山土	2.26e	2.39cde	1.48de	1.32e
蒸留水 (対照)	2.29e		1.30e	

調査：播種後 4 日目 1 シャーレ 30 粒の 2 反復 温度条件:25°C 光条件:16 時間日長

^a 同列同アルファベットはダンカン多重範囲検定(5%レヘル)において有意差なし

土壤浸出液の無機成分については表 1.10 と表 1.11 に示した。汚泥は Ca と Na の溶出が多く、特に浸出時間が長くなると高濃度となつた。またその他の無機要素も多少なりとも溶出が確認されたが極微量であった。江の口川汚泥の浸出液は新と旧で異なつており、1 分間と浸出時間が短い時は新よりも旧で溶出量が多くなつていてことから、時間経過とともに汚泥中の有機物が分解されて、無機となり水に溶けやすくなつたことが示唆された。無機成分分析結果から汚泥浸出液による胚軸伸長促進は各種無機塩類の溶出によるものであることがうかがえた。

表 1.10 土壤 1 分間抽出後の浸出液の無機成分 (ppm)

処理区	P	K	Ca	Mg	F e	Mn	Z n	C u	N a
イチゴハウス	20.086	9.64	11.51	3.30	4.42	0.060	0.029	0.007	4.12
江の口川新	0.233	3.44	50.00	7.32	0.00	0.000	0.007	0.000	32.58
江の口川旧	0.268	4.28	236.02	8.23	0.05	0.079	0.126	0.009	7.89
石手川	0.714	2.06	129.11	2.27	0.02	0.000	0.005	0.000	38.46
山土	0.446	0.67	0.99	0.58	0.09	0.012	0.005	0.000	3.19
水道水	0.223	1.02	23.36	2.05	0.01	0.000	0.010	0.000	6.69

表 1.11 土壤 48 時間抽出後の浸出液の無機成分 (ppm)

処理区	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	Na
イチゴハウス	29.018	19.82	22.37	8.51	11.71	0.085	0.055	0.012	8.29
江の口川新	0.536	14.52	252.30	37.26	0.00	0.024	0.024	0.015	146.70
江の口川旧	0.446	7.43	276.64	20.66	0.06	0.006	0.019	0.021	13.25
石手川	0.357	5.91	271.71	4.65	0.05	0.000	0.010	0.015	93.54
山土	0.223	0.65	0.33	0.68	0.00	0.012	0.000	0.000	4.52
水道水	0.223	1.02	23.36	2.05	0.01	0.000	0.010	0.000	6.69

1.4 土壤の違いがチンゲンサイとコマツナの初期成育に及ぼす影響

1.4.1 目的

江の口川と石手川の浚渫汚泥土壤が葉菜類栽培の培養土としての可能性について、未耕地山土との比較を行った。

1.4.2 材料および方法

チンゲンサイとコマツナを供試し、江の口川浚渫汚泥、石手川浚渫汚泥、山土と山土+バーク堆肥の4種土壤を200穴トレイに充填し、1997年11月15日に播種後、ガラスハウス内で栽培管理した。12月19日に初期成育を調査するため、葉面積、地上部乾物重、最大葉の縦横長を測定した。

1.4.3 結果および考察

チンゲンサイとコマツナとともに初期生育は江の口川汚泥の培養土で有意に促進され、山土培養土区に比べ地上部乾物重、葉面積ともに著しく促進された（表1.12、表1.13）。

葉内無機成分については表1.14、表1.15に示したように、江の口川および石手川区においては山土区や山土+バーク区と比較してチンゲンサイとコマツナの葉内Cu含有率が高く、コマツナにおいてはCa含有率も高くなっていた。

表 1.12 土壤の違いがチングンサイの初期生育に及ぼす影響

土の種類	葉面積	地上部乾物重	最大葉	
	(cm ² /株)	(gm/株)	縦(cm)	横(cm)
江の口川新	29.61a ^z	0.100a	4.49a	2.83a
石手川	17.03b	0.056b	3.92b	2.35b
山土	16.19b	0.048bc	3.95b	2.32b
山土+バーク	14.16c	0.038c	4.01b	2.34b

^z同列同アルファベットはダンカン多重範囲検定(5%レベル)において有意差なし

播種:1997.11.15 調査日:1997.12.19

表 1.13 土壤の違いがコマツナの初期生育に及ぼす影響

土の種類	葉面積	地上部乾物重	最大葉	
	(cm ² /株)	(gm/株)	縦(cm)	横(cm)
江の口川新	53.16a ^z	0.126a	5.22a	4.25a
石手川	14.07c	0.048b	3.90c	2.66c
山土	20.02b	0.054b	4.49b	3.15b
山土+バーク	15.85c	0.046b	3.78c	2.81c

^z同列同アルファベットはダンカン多重範囲検定(5%レベル)において有意差なし

播種:1997.11.15 調査日:1997.12.19

表 1.14 土壤の違いがチングンサイの葉内無機成分含有率に及ぼす影響

	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
	(% D. W.)				(ppm D. W.)			
江の口川 新	0.33	5.97	2.13	0.56	506.0	64.0	904.8	16.2
石手川	0.43	0.14	0.01	0.28	252.3	148.3	419.0	8.5
山土	0.75	2.13	1.21	1.03	436.4	260.8	549.2	6.4
山土+バーク	1.77	7.33	1.45	0.75	493.1	114.0	926.1	8.7

表 1.15 土壤の違いがコマツナの葉内無機成分含有率に及ぼす影響

	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
	(% D. W.)				(ppm D. W.)			
江の口川 新	0.32	5.78	2.45	0.64	287.1	61.3	843.5	17.2
石手川	0.71	6.64	3.37	0.43	371.1	192.9	506.3	10.6
山土	0.49	5.34	1.22	1.21	763.4	291.1	543.9	6.8
山土+バーク	1.60	6.16	1.64	0.86	369.4	118.2	745.9	6.9

1.5 キュウリの生育に及ぼす土壤の違いの影響

1.5.1 目的

江の口川と石手川の浚渫汚泥土壤が果菜類栽培の培養土としての可能性について、未耕地山土との比較検討を行った。

1.5.2 材料および方法

1997年（新）と1996年（旧）に浚渫した江の口川汚泥、1997年に浚渫した石手川汚泥と山土の合計4種類の土壤を用いてパーク堆肥混用と液肥散布処理を加えた表1.16に示した合計16処理区を設けた。材料としてキュウリ‘津春1号’を供試し、1998年2月8日に播種、育成後1/5000aワグネルポットに定植してガラス温室で育成した。同年3月17日に葉面積、SPAD（葉色）、茎と葉の乾物重を測定し、生育に及ぼす影響について調査した。

なお本試験に供試したパーク堆肥の混入比は供試土壤と1:1で、パークには肥料分が混入されている。液肥処理にはN:P:Kを成分濃度としてそれぞれ約120:60:200ppm含有の培養液を用いて行った。

表1.16 処理区の概要

表示	採土場所	採土年	パーク堆肥	液肥
江・新	江の口川	1997年11月産		
江・新・堆	江の口川	1997年11月産	+ パーク堆肥	
江・新・堆・肥	江の口川	1997年11月産	+ パーク堆肥	+ 液肥
江・旧	江の口川	1996年産		
江・旧・堆	江の口川	1996年産	+ パーク堆肥	
江・旧・堆・肥	江の口川	1996年産	+ パーク堆肥	+ 液肥
石	石手川	1997年9月産		
石・堆	石手川	1997年9月産	+ パーク堆肥	
石・堆・肥	石手川	1997年9月産	+ パーク堆肥	+ 液肥
山	山土	1997年産		
山・堆	山土	1997年産	+ パーク堆肥	
山・堆・肥	山土	1997年産	+ パーク堆肥	+ 液肥

土:パーク堆肥は容積比=1:1、なおパーク堆肥にはN成分約2Kg/aを混入

液肥は大塚液肥1、2、5号を用い、N成分として120ppmを含むように調整

1.5.3 結果および考察

表 1.17 で示したように、培養土に堆肥や液肥を施与しなかった土壤のみにおけるキュウリの生育は江の口川の旧と新汚泥区において旺盛で、葉面積は山土区のそれぞれ約 15.6、9.5 倍となった。この傾向は培養土に液肥のみを施与した処理区にあっても同様であった。しかしながら肥料分を含有したバーク堆肥と 1:1 に混合すると、液肥施与の有無にかかわらず、山土区と汚泥区の差異はなくなり、むしろ山土区で優れる傾向にあった。これは汚泥に含有されている Ca 塩、Na 塩に肥料塩が加味される塩が過剰気味となつたためと思われ、脱水汚泥使用の場合は、塩の種類と量に配慮する必要があろう。

表 1.17 キュウリの生育に及ぼす土壤の違いの影響

土壤の種類	葉面積 (c m ²)	SPAD 値	乾物重		地上部 総乾物重 (g)
			葉 (g)	茎 (g)	
江の口川・新	84.63d ²	29.53d	0.45b	0.12c	0.57b
江の口川・新・堆肥	376.98ab	47.98abc	1.76a	0.42ab	2.18a
江の口川・新・液肥	236.54c	43.08d	1.10b	0.20bc	1.30b
江の口川・新・堆肥・液肥	457.55ab	51.53ab	2.19a	0.51a	2.70a
江の口川・旧	139.36c	29.58d	0.48b	0.10c	0.58b
江の口川・旧・堆肥	387.79ab	47.00bc	1.91a	0.41ab	2.32a
江の口川・旧・液肥	228.20c	45.33cd	0.94b	0.45a	1.39b
江の口川・旧・堆肥・液肥	427.64b	46.20cd	2.01a	0.44a	2.45a
石手川	19.04e	31.38d	0.18c	0.07cd	0.25c
石手川・堆肥	359.28b	51.10ab	1.79a	0.37b	2.16a
石手川・液肥	113.61d	44.60cd	0.61c	0.09c	0.70c
石手川・堆肥・液肥	422.62b	48.90bc	2.02a	0.40ab	2.42a
山土	8.91e	44.23c	0.13c	0.04d	0.17c
山土・堆肥	414.81a	51.60a	1.99a	0.43a	2.42a
山土・液肥	12.68e	54.05a	0.18d	0.02c	0.20d
山土・堆肥・液肥	497.27a	48.78bc	2.25a	0.55a	2.80a

² 同列同アルファベットはダンカン多重範囲検定(5%レベル)において有意差なし

栽培条件: 1/5000a ワグネルポット使用、ガラス温室、播種: 1998.2.8、調査日: 1998.3.17

1.6 キクの成長に及ぼす供試土壤の違いの影響

1.6.1 目的

浚渫汚泥土壤の花卉のキク栽培の可能性について、未耕地山土との比較を行った。

1.6.2 材料および方法

キクの挿し苗を供試し、処理培養土として江の口川浚渫汚泥、江の口川浚渫汚泥+バーク堆肥（混合比 1:1）、山土+バーク堆肥（混合比 1:1）の 3 処理区を設け、生育に及ぼす影響について調査した。栽培には径 15cm のポリポット用いて行った。なお施肥と消毒は適宜行い、栽培期間は 60 日とし調査に供した。

1.6.3 結果および考察

図 1.7 に示したように、キクの茎長にみられる生育は汚泥+バーク区で有意に促進された。なお汚泥単独では初期成育が幾分遅延する傾向にあったが、その後成育回復傾向が認められ、調査時には山土+バーク区と同程度となった。また生育や茎葉に異常は認められず、培養土としての利用の可能性が示唆された。

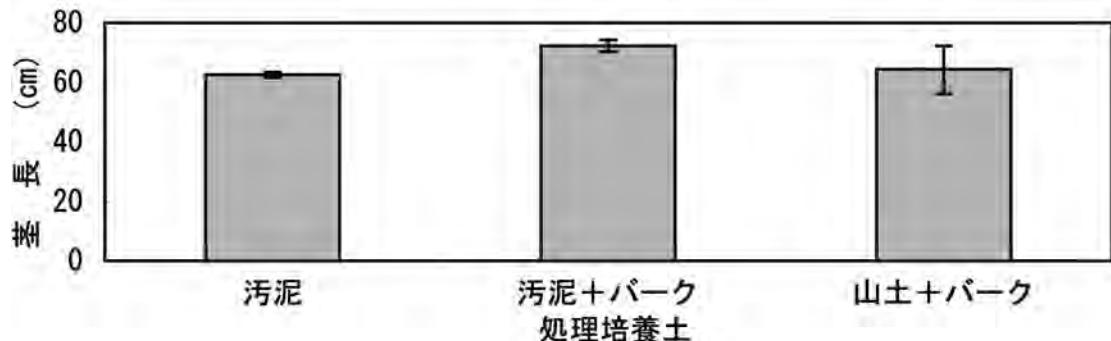


図 1.7 江の口川浚渫汚泥がキクの生育に及ぼす影響

1.7 江の口川浚渫汚泥の培養土が樹木の生育に及ぼす影響

1.7.1 目的

江の口川浚渫汚泥土壤を植栽土として用いる場合における樹木栽培の可能性について、未耕地山土との比較を行った。

1.7.2 材料および方法

江の口川浚渫汚泥、浚渫汚泥+バーク堆肥（混合割合 1:1）、浚渫汚泥+土壤改良剤（混合割合 1:1）、浚渫汚泥+バーク堆肥+土壤改良剤（混合割合 1:1:1）、山土+バーク堆肥（混合割合 1:1）の 5 種類の処理培養土を充填した容量 30l のプラスチック容器に、ケヤキ、クスノキとモミジを定植し、生育比較試験を行った。なお、ケヤキとクスノキの栽培期間は 200 日、モミジは 1 年間栽培をした。

1.7.3 結果および考察

表 1.18 に示したように、ケヤキとクスノキの生育において培養土の違いの影響は認められず、汚泥単独と汚泥にバークを混入した場合も、伸長と枝葉には障害は認められず順調な生育が認められた。

表 1.18 江の口川汚泥の培養土がケヤキとクスノキの生育に及ぼす影響

培養土	ケヤキ		クス	
	茎長(cm)	地上部重(g)	茎長(cm)	地上部重(g)
汚泥	121.5	278.0	29.0	223.0
汚泥+バーク	129.0	243.0	35.3	281.0
汚泥+土壤改良剤	84.5	232.0	15.5	190.0
汚泥+バーク+土壤改良剤	155.5	211.0	24.0	191.0
山土+バーク	160.3	252.0	31.0	299.0

植物材料は 30L 容量のプラスチック製容器に定植、処理開始時：1996 年 5 月 7 日、栽培期間：200 日

土：バーク = 1 : 1、汚泥は 1996 年江の口川産

茎長は処理終了時の長さから処理開始時の長さを減じた伸長量、地上部重は実験終了時の重量

モミジは山土区と比較して、脱水汚泥区で成育が順調で、秋の紅葉は遅れ気味になった（データ省略）。このことは汚泥土壤に含有する有機物と無機物質によるものと思われた。

2. 土壤の化学的性質と無機と有機成分分析

2.1 目的

江の口川浚渫汚泥、石手川浚渫汚泥と未耕地山土、ハウス栽培土壤を比較するため、化学的特性について調査した。

2.2 材料および方法

表 2.1 に示した 6 種類の土壤を供試し、土壤の pH、EC、腐植、塩置換容量、NH₄-N、NO₃-N、P₂O₅、りん酸吸収係数、CaO、MgO、K₂O、比重、含水率と水銀、鉛、ヒ素、亜鉛について調査した。

表 2.1 サンプリング土壤の詳細

土壤の種類	採取年、場所・備考
イチゴ栽培ハウス	1997 年、高知大学北ハウス・生育普通
メロン栽培ハウス	1997 年、高知大学 4 号ハウス・生育不良
江の口川浚渫汚泥 新	1997 年 11 月、江の口川・ビニール被覆
江の口川浚渫汚泥 旧	1996 年、江の口川・野積み
石手川浚渫汚泥	1997 年 9 月、石手川・ビニール被覆
山土	1997 年、未耕地土壤・ビニール被覆

2.3 結果および考察

供試土壤の性質と成分分析は表 2.2 と表 2.3 に示した。江の口川と石手川の脱水汚泥の pH 値は高い傾向にあったが、雨水にさらされ約 2 年間経過した江の口川の浚渫汚泥はハウス土壤と同じくらいまでに低下した。なお表 2.4 に示したように採土直後の pH は 8 以上とかなり高かった。EC は石手川が 0.97、江の口川の新、旧はそれぞれ 2.49、2.41 と非常に高い値を示した。汚泥の腐植はいずれも少なく、塩基置換容量も少なめであったが、特に石手川汚泥では 3.5 と低かった。また江の口川汚泥の EC 上昇は CaO と MgO が多量に含有されていたためと思われる。江の口川脱水汚泥土壤に含まれている水銀、鉛、ヒ素、亜鉛はそれぞれ 0.005 未満、0.05 未満、0.01 未満、0.1 未満となった。

表 2.2 供試土壤の土性

土壤の種類	pH		EC (d S/cm)	腐植 (%)	塩基置換容量 (me/100g 乾土)
	(H ₂ O)	(KC 1)			
イチゴハウス	7.0	6.3	0.20	3.8	14.0
メロンハウス	6.7	6.4	0.42	4.3	12.5
江の口川・新	7.2	7.0	2.49	1.6	10.0
江の口川・旧	6.7	6.6	2.41	1.9	13.5
石手川	7.9	7.2	0.97	1.1	3.5
山 土	7.1	3.7	0.03	1.8	10.0

表 2.3 供試土壤の無機成分含有量 (mg/100g 乾土)

土壤の種類	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P ₂ O ₅	リン酸 吸収係数	CaO	MgO	K ₂ O
イチゴハウス	7.0	23.5	89.9	1500	380	55.4	41.1
メロンハウス	10.0	28.0	103.0	1450	461	56.3	53.1
江の口川・新	10.0	16.5	29.8	1900	992	61.0	29.5
江の口川・旧	9.5	23.5	33.6	2250	1201	51.5	31.7
石手川	6.0	23.5	7.2	1200	915	7.5	4.3
山 土	2.5	19.0	2.5	1400	84	50.7	20.1

表 2.4 江の口川浚渫汚泥の土質調査

分析項目	検定結果	
	サンプル1	サンプル2
pH	8.5	8.7
みかけ比重	1.362	1.478
真比重	2.568	2.562
含水率 (%)	56.5	46.7
強熱減量 (%)	12.4	12.3
水銀又は同化合物 (mg/l)	0.0005 未満	0.0005 未満
鉛又は同化合物 (mg/l)	0.05 未満	0.05 未満
ヒ素又は同化合物 (mg/l)	0.01 未満	0.01 未満
亜鉛又は同化合物 (mg/l)	0.1 未満	0.1 未満

1996年度サンプル・1996年1月5日調査, pHは重量比で土:水=1:3

水銀から亜鉛までの分析試料と溶媒(pH=6.0)の重量体積比が10%となるようにし、6時間の振とう調整後測定

3. 土壤中の細菌調査

3.1 目的

浚渫汚泥と一般蔬菜栽培土壤、未耕地山土との土壤細菌の比較を行い、細菌汚染度について調査した。

3.2 材料および方法

栽培実験に供した土壤の土壤細菌について供試土壤 10gm を滅菌水 90ml に懸濁して 30min. 浸透後、その懸濁液 0.5ml をプレーティングした後、糸状菌数とバクテリア数について調査した。なおカビとバクテリアの調査には江の口川浚渫汚泥、大根栽培赤土土壤とトマト隔離栽培土壤の3種類を1996年にサンプリングし、糸状菌の調査には表 2.1 に示した土壤を1998年1月22日にサンプリングした。

3.3 結果および考察

表 3.1 に示したように、江の口川浚渫汚泥土壤は明らかに他の一般栽培土壤に比べ、カビとバクテリアが少なかった。

表 3.1 江の口川汚泥と栽培土壤の土壤細菌数 1996.2.1 調査

土種	栽培植物	カビ	バクテリア
赤土畳土	大根	3×10^4 cfu	7×10^5 cfu
隔離ベッド田土	トマト	6×10^4 cfu	7×10^6 cfu
江の口川浚渫汚泥		4×10^2 cfu	1×10^4 cfu

また同様に表3.2でも明らかのように、石手川浚渫汚泥、江の口川浚渫汚泥はともに未耕地土壤の山土と同様に糸状菌数が少なく、2年間戸外に放置されたままの江の口川汚泥でもその菌数はイチゴハウスとメロンハウス土壤に比べ少なかった。したがって場合によっては土壤消毒の不要な場合も想定できる。

表3.2 土壤の違いによる土壤細菌調査 1998.2.20 調査

土壤サンプリング場所	糸状菌数
イチゴハウス栽培土	+++++
メロンハウス栽培土	++++)
江の口川汚泥 新	±
江の口川汚泥 旧	++
石手川汚泥	+
山土	±

評価は-, ±, +, ++, +++, +++++, ++++++の7段階で少→多を示す。

4. 汚泥土壤の抑草作用に関する研究

4.1 目的

道路建設時における入れ土に雑草がはびこり作業を困難にしている。そこで道路建設時における利用の可能性を調べるために、浚渫汚泥土壤と未耕地山土との雑草抑草作用の比較を行った。

4.2 材料および方法

江の口川浚渫汚泥と未耕地山土を供試した。それぞれ面積を1m²とした10cmと20cmの厚さに掘り下げて供試土壤に入れ換えた4処理区と盛土した4処理区の合計8処理区を設け、雑草発生数と土壤硬度について調査した。なお土壤硬度は山中式土壤硬度計により計測した。なお処理開始は1997年7月19日で調査日は1998年3月17日に行った。

4.3 結果および考察

表4.1から明らかなように、脱水汚泥の雑草発生と生育抑制作用は山土のそれより劣った。しかし汚泥土壤中には生存している雑草の種子はほとんど認められず、ハウス内の試験では雑草の発生は全然見られなかった。本試験は試験地の周りが雑草の繁茂している所であったのでこのような結果なったものと思われる。種子の飛来混入が無ければ雑草の発生は無いと思われる所以、場所によっては利用可能なことも考えられるが、種子が飛来すれば発生しやすいことから、当初の目的とは異なるが、脱水汚泥の栽培土壤としての可能性を示唆する結果となった。調査終了時の土壤硬度は土盛の形態如何にかかわらず脱水汚泥では6kg/c m²以上と高く、いったん土を固めるとその硬度には持続性が認められた。山土では10cmと20cm厚区で低い値となり、雨水の流入により当初の硬度が低下し、土壤が軟弱化したものと推察された。

表 4.1 土壤の違いが土壤硬度と植生に及ぼす影響

土壤の種類	処理の仕方	土壤硬度	雑草発生株数	
		kg/cm ²	前年株	新株
山 土	10cm・厚	1.92d ²	0	19
	20cm・厚	2.46d	3	29
	10cm・盛	6.10c	1	8
	20cm・盛	9.40a	0	0
平均		4.97	4.0	14.0
江の口川 浚渫汚泥	10cm・厚	6.46bc	21	58
	20cm・厚	6.50bc	10	39
	10cm・盛	6.28c	17	52
	20cm・盛	8.30ab	8	16
平均		6.89	14.0	41.3

² 同列同アルファベットはダンカン多重範囲検定(5%レベル)において有意差なし
 調査区画面積=1 m² 厚:掘りの深さを表示 盛:盛り土の高さを表示
 処理開始日:1997.7.19 調査日:1998.3.17

5. 製紙スラッジの植栽培養土としての再利用に関する研究

5.1 目的

近年河川湖沼の水質汚染に対し厳しい規制がなされるようになってきた。一方、汚濁している河川湖沼の水質浄化については、その必要性が理解されていながら、長年にわたり底部に堆積してきた汚濁物質の除去技術の困難さと、その後のヘドロ処理の問題などで、遅々として進んでない現状にある。前報では都市型河川と一般河川について、無機固化剤土壤改良法により搬出された脱水ヘドロの特性と、植栽培養土としての再利用の可能性について言及し、その有用性について報告した。今回は高知県仁淀川の川底に長年にわたり堆積してきた製紙スラッジの特性と、その植栽培養土としての再利用法について検討した。

5.2 材料および方法

実験 1) 仁淀川製紙スラッジの理化学特性：土質の特性および、水銀、鉛、ヒ素、カドミウム、鉄、亜鉛の含有量と環境庁告示の産業廃棄物に含まれる検定方法に従った溶出試験から溶出値を測定した。

実験 2) 仁淀川製紙スラッジ培養土がピーマンの生育に及ぼす影響：‘京ゆたか’を1998年4月1日に播種して育苗後、仁淀川製紙スラッジおよび、比較として江の口川・石手川から浚渫した汚泥と対照として川砂を供試し、合計4種類の培養土をそれぞれ充填した1/20000aのワグネルポットに移植し、生育比較試験を行った。生育調査は8月3日を行い、その後器官別の無機分析に供した。

実験3) 仁淀川製紙スラッジと山土の混合割合がキュウリの生育に及ぼす影響：‘シャープ1’を1998年10月3日に播種し育苗後、山土とスラッジを容積比で10:0、8:2、6:4、4:6、2:8、0:10に混合した培養土を、1/5000aのワグネルポットに充填後移植した。施肥は全処理区N、P、Kをそれぞれ3Kg/a、苦土石灰12Kg/aとした。生育調査は11月18日に行い、葉は無機分析に供した。また実験終了時に土壤のpHとECの調査を行った。

5.3 結果および考察

実験1：本実験で供試した河川の浚渫汚泥は図5.1に示した。仁淀川製紙スラッジはセルロースを主成分とし、pHは7.8以上の高値を示した（表5.1）。鉄は含有量で高い値を示したが、その他の水銀、鉛、ヒ素、カドミウム等有害金属の浸出液値は、土壤汚染と農用地土壤保全のための環境基準値以下であった。

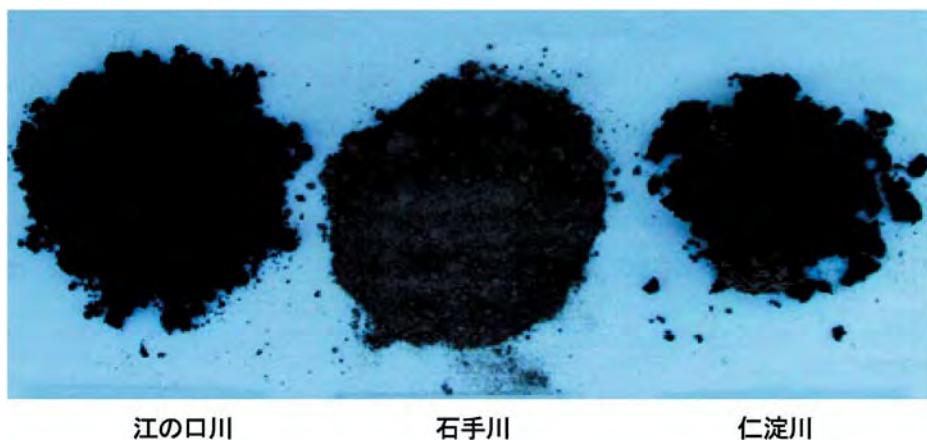


図5.1 河川別浚渫汚泥

表5.1 仁淀川製紙スラッジの土質調査

分析項目	仁淀川製紙スラッジ		江の口川 (都市型河川) (mg/1)	金属等を含む 産業廃棄物に 係わる判定基準 (mg/1)
	含有量 (mg/Kg)	溶出量 (mg/1)		
pH	7.8	9.6	8.6	—
見かけ比重	—	—	1.420	—
真比重	1.18	1.26	2.565	—
含水率 (%)	69.6	61.2	51.6	—
強熱減量 (%)	41.8	27.6	12.4	—
水銀又は同化物	0.2未満	0.0005未満	0.0005未満	0.005
鉛又は同化物	15.3	0.03未満	0.05未満	0.3
ヒ素又は同化物	4.0	0.03未満	0.01未満	0.3
カドミウム又は同化物	0.2	0.03未満	0.01未満	0.3
鉄および同化物	192000	2.21	—	20mg/100g乾土
亜鉛又は同化物	104.7	0.03未満	0.1未満	

実験 2：河川別浚渫汚泥によりピーマンの生育差は大きく、江の口川培養土区の生育は、川砂を培養土とした対照区より旺盛であった（図 5.2）。逆に仁淀川製紙スラッジ培養土では地上部、地下部ともに著しい生育抑制が認められ、最も生育が良好であった江の口川培養土区のそれぞれ 13.2 %、12.0 %となり、果実の収量も 14.0 %まで低下した（図 5.3）。葉内の無機成分含有率は江の口川スラッジ培養土区で Ca が特に低く、Mg も低い傾向にあったが、逆に Na は高かった（表 5.2）。しかしスラッジ中に多量に含まれていた Fe はそれほど高くなかった。なお製紙スラッジの培養土は主成分のセルロースの分解が進み、容積が実験開始時の約 2/3 まで低下した。

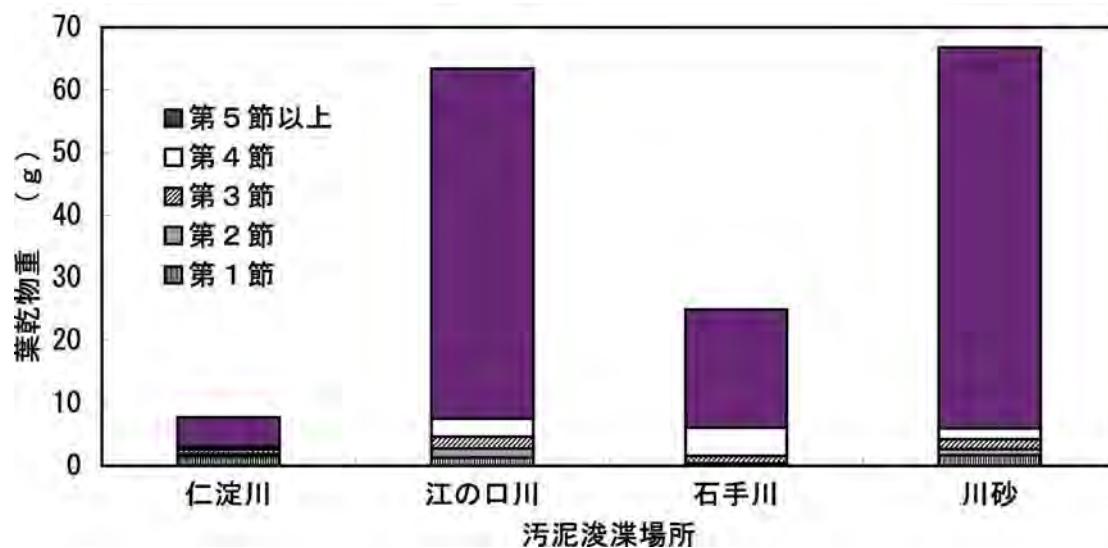


図 5.2 仁淀川製紙スラッジ培土がピーマンの生育に及ぼす影響

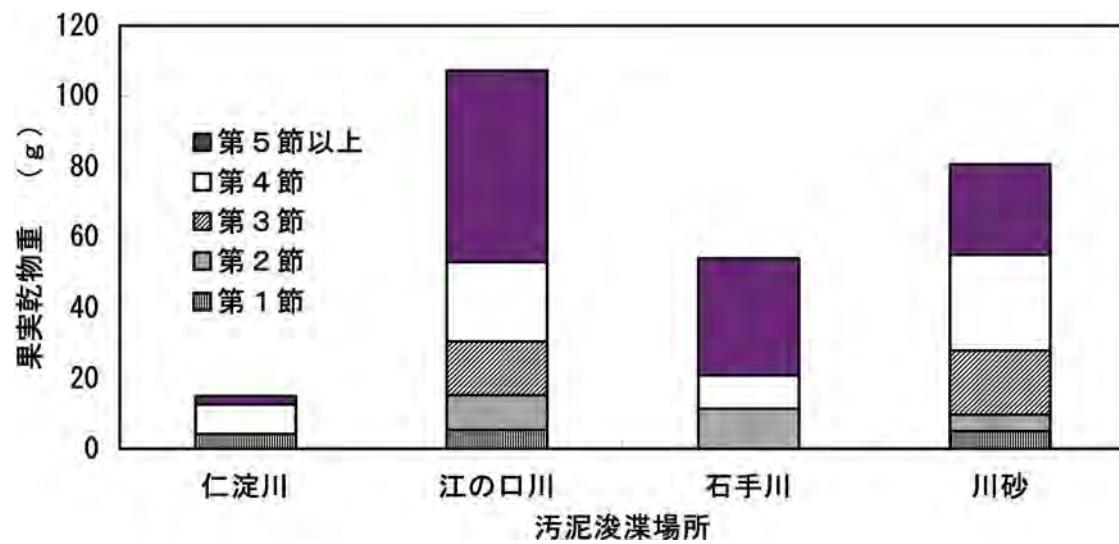


図 5.3 仁淀川製紙スラッジ培土がピーマンの果実肥大に及ぼす影響

表 5.2 仁淀川製紙スラッジ培養土がピーマンの葉と果実内無機成分含有率に及ぼす影響

培養土	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	Na	
	(%)					(ppm)				
葉	仁淀川	0.27	6.45	1.25	0.60	268.9	267.1	183.1	11.7	509.1
	江の口川	0.22	7.11	4.28	0.97	309.9	299.5	97.8	11.9	315.1
	石手川	0.24	7.18	3.70	0.98	219.7	64.4	261.4	13.4	364.1
果	川砂	0.22	7.23	4.61	1.03	233.3	160.9	47.7	9.8	283.5
	仁淀川	0.41	4.62	0.03	0.29	62.7	22.3	30.0	0.7	285.9
	江の口川	0.29	3.36	0.05	0.17	49.8	18.2	20.5	2.4	282.8
実	石手川	0.21	3.06	0.04	0.17	39.0	7.2	42.9	1.3	374.9
	川砂	0.32	3.62	0.05	0.17	58.9	12.6	15.3	2.2	315.4

*数値は乾物当たりの値

供試品種‘京ゆたか’、4月1日播種、8月3日生育調査

実験3：キュウリの茎長に見られる生育は、山土と仁淀川製紙スラッジの混合割合が8:2の処理区で良好となり、対照としたパーク堆肥混合区との有意差は認められなかった（表5.3）。

表 5.3 仁淀川浚渫汚泥と山土の混合割合がキュウリの生育に及ぼす影響

土 壤	混合割合 (容積比)	草丈 (cm)	SPAD 値	葉面積 (cm ²)		試験終了時	
				上位葉	下位葉	pH	EC (dS/m)
土:ヘドロ	10:0	53.4 ez	49.7 a	150.11 c	805.14 c	4.9	0.10
	8:2	79.7 ab	49.6 a	372.64 ab	1028.79 b	5.7	0.90
	6:4	76.0 bc	38.7 b	183.49 bc	816.91 c	7.1	1.41
	4:6	72.8 bcd	35.6 b	210.44 bc	906.31 bc	7.3	1.88
	2:8	65.2 d	37.6 b	149.60 c	806.19 c	7.5	1.93
	0:10	67.0 cd	36.1 b	216.17 bc	843.79 bc	7.4	2.11
土:パーク	6:4	87.2 a	48.4 a	572.91 a	1220.22 a	5.1	0.27

しかし、その他の混合割合ではいずれも生育は低下し、葉のSPAD値も低かった。土壌のpHとEC値はスラッジの混入割合が高くなるにつれ高くなり、最高値が7.5と2.11となった。キュウリの葉内無機成分含有量は表5.4と表5.5に示した。葉内無機成分含有率は、スラッジのみの区でも前実験同様Feはそれほど高くなかった。

表 5.4 山土と仁淀川スラッジ培養土の混合割合がキュウリの葉内無機成分含有率に及ぼす影響
(% D.W.)

培養土	混合割合 (容積比)	上位葉				下位葉			
		P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg
土:ヘドロ	10:0	0.33	2.50	0.49	0.49	0.55	2.31	0.74	0.67
	8:2	0.35	2.13	1.96	0.88	0.53	2.22	5.96	1.52
	6:4	0.38	2.21	1.36	0.92	0.62	1.82	4.73	0.56
	4:6	0.40	2.17	1.55	0.85	0.76	1.93	5.19	0.31
	2:8	0.38	2.24	1.69	0.51	0.70	1.83	5.42	0.61
	0:10	0.48	2.07	1.53	0.36	0.89	1.98	6.89	0.43
土:パーク	6:4	0.65	2.63	0.74	0.50	0.68	3.08	1.95	0.79

表 5.5 山土と仁淀川スラッジ培養土の混合割合がキュウリの葉内無機成分含有率に及ぼす影響
(ppm D.W.)

培養土	混合割合 (容積比)	上位葉					下位葉				
		F e	Mn	Z n	C u	N a	F e	Mn	Z n	C u	N a
土:ヘドロ	10:0	195.6	242.4	64.5	9.9	360.2	1393.7	476.0	82.1	7.7	430.8
	8:2	306.1	348.4	63.1	14.1	415.7	549.4	730.5	64.5	11.5	630.4
	6:4	268.1	52.4	58.8	7.4	419.7	295.0	125.2	54.6	6.8	328.2
	4:6	169.9	42.4	61.5	9.0	405.3	196.6	73.3	57.4	7.0	277.2
	2:8	142.2	29.5	69.5	12.4	908.2	175.7	47.0	63.5	8.0	282.6
	0:10	138.7	28.3	70.4	12.5	354.4	333.1	39.5	83.2	9.6	256.3
土:パーク	6:4	271.7	159.9	105.5	8.0	330.3	782.4	293.2	172.2	9.2	519.6

以上より、製紙スラッジは都市型河川の江の口川スラッジと異なり、植物の生育に抑制的であり、スラッジ中に有害物質の難水溶性物質の存在が示唆されたが、今後植栽培養土としての利用には、有害物質の除去あるいは中和か、土に少量混入して希釀利用することが望ましいと思われた。また主成分がセルロースであり成型しやすいことより、育苗ポットの試作を行い、その利用開発を検討する必要がある。

6. 製紙スラッジの土壤還元型育苗ポットとしての再利用

6.1 目的

河川湖沼の水質浄化については、その必要性が理解されていながら、河川の環境基準達成率 (BOD) は 81 %と前年同様で、湖沼の環境基準達成率 (COD) に至っては僅か 40.9 %に過ぎず、過去 25 年間ほぼ同レベルに低迷しており、早急な浄化対策が望まれている。我々は前報までに都市型河川と一般河

川については底部に堆積した汚泥の特性とその植栽培養土としての有効再利用について言及し、また仁淀川の製紙スラッジについてはその培養土としての利用の困難性について報告した。今回は製紙スラッジの特性を生かした土壤還元型育苗ポット(図6.1)としての再利用法について、培養土に都市汚泥を利用した場合を含め検討した。

6.2 材料および方法

実験1) キュウリの生育への影響：‘シャープ1’の催芽種子を2000年12月17日に製紙スラッジより作成した径10.5cmの試作ポットとビニールポットに播種した。培養土として山土:バーク堆肥=1:1に施肥した土と無施肥の都市型川からの浚渫汚泥(江の口川)を充填した4処理区を設け、50日後の2月5日に初期生育を調査した。また2001年1月5日に川砂を詰めた1/2000aのワグネルポットに同苗を定植し、昼夜を27.5°C~20.0°Cに調節したファイトトローン内で生育試験を行った。灌水には液肥を用い、定植後64日目の3月10日に調査を行った。

実験2) トマトの生育への影響：‘瑞健’を2001年3月8日に播種し、育苗後4月3日に実験1同様のポットと炭入製紙スラッジ製ポットと径8.0cmのジフィポットの4種ポットに培養土としてそれぞれに施肥済のバークと無施肥汚泥を供試した8区に移植した。移植苗は4月27日に山土:バーク堆肥=1:1の土を詰めた1/2000aワグネルポットとハウス内本圃に定植し、活着とその後の生育について調査した。

実験3) ナデシコの生育への影響：‘スイート ウィリアム’を2001年11月5日に播種、実験2同様のポットと培養土に4月10日に定植後、適宜液肥灌水を行い、7月2日調査した。

6.3 結果および考察

実験1：キュウリ本葉2枚展開時における初期生育状況を図6.1に示した。キュウリの初期生育は製紙スラッジ製の試作ポットでは抑制され、汚泥培養土では一層その抑制は助長された(図6.2、図6.3、表6.1)。しかしワグネルポットに定植後、試作ポットからの根の発生は良く、生育は徐々に回復し、定植後64日目には果実重では他区に及ばなかったものの、茎葉重は処理区間で差異がほとんど認められなくなった(表6.1)。なお汚泥培養土の生育遅延は養分不足によるものと思われた。

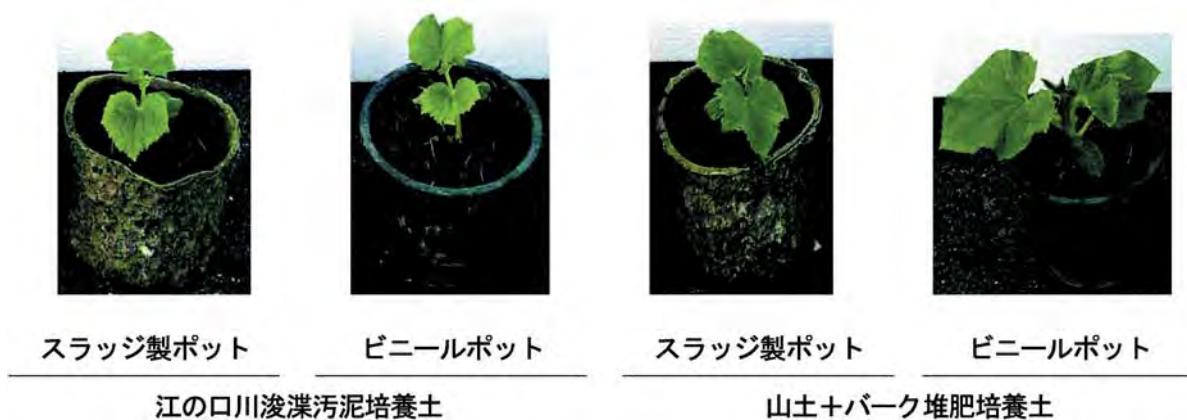


図6.1 育苗期における栽培風景



図 6.2 初期生育調査時（2月5日）におけるキュウリの葉の生育状況

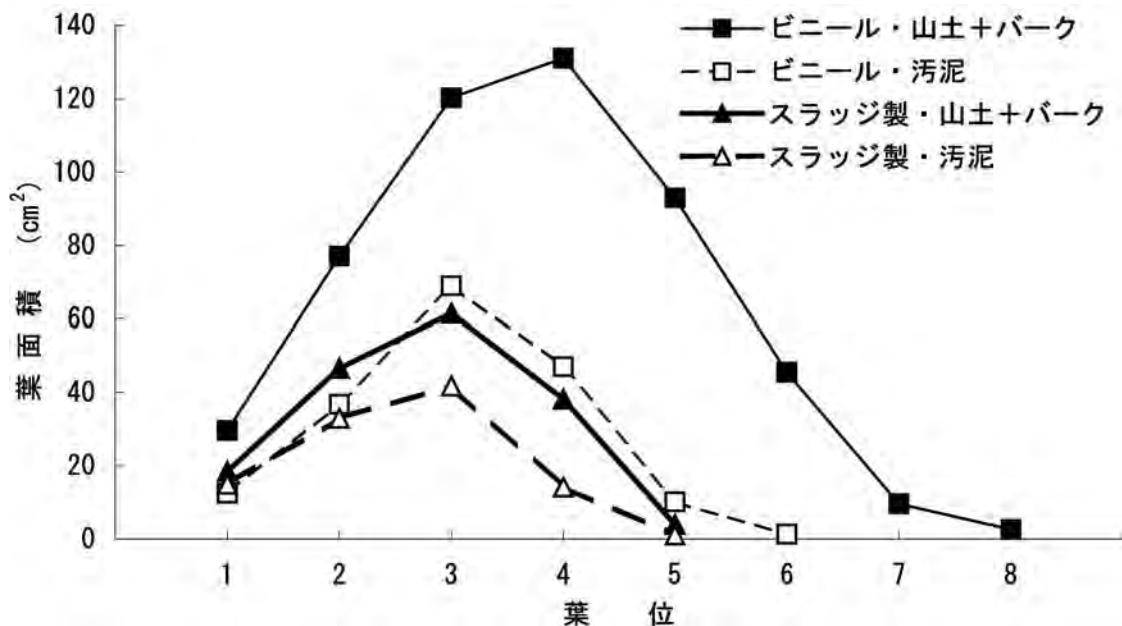


図 6.3 スラッジ製ポットと汚泥培養土がキュウリの葉面積に及ぼす影響 2月5日調査

表 6.1 スラッジ製ポットと汚泥培養土がキュウリの生育に及ぼす影響

培養土	ポット	2月5日調査(播種後50日目)					3月10日調査(定植後64日目)				
		葉数	総葉面積 (cm²)	茎長 (cm)	乾物重 (g)			茎長 (cm)	乾物重 (g)		
					葉	茎	合計		葉	茎	果実
汚泥	汚泥	5	105.24	9.5	0.33	0.12	0.45	174.0	21.2	10.0	22.3 53.5
	ビニール	6	177.08	21.0	0.44	0.18	0.62	153.0	20.9	8.1	41.2 70.2
山土+	汚泥	5	168.77	17.5	0.54	0.17	0.71	184.0	22.5	12.5	1.4 36.4
	バーク	ビニール	8	508.81	36.5	1.44	0.64	2.08	183.5	24.3	11.7 24.8 60.8

実験2:トマト苗の生育はキュウリ同様試作ポットでは、葉数、葉面積、葉乾物重いずれも抑制された(図6.4、図6.5、表6.2)。しかし炭入ポットではその抑制がいくぶん解除される傾向にあった。培養土では汚泥がバークより抑制されたがこれは養分量の差異によるものであろう。一方ワグネルポット定植後の生育はいずれも順調に生育した(表6.3)。この傾向は本圃定植でも同様であった。



培養土	汚泥	バーク	汚泥	バーク	汚泥	バーク	汚泥	バーク
ポット	ビニール		スラッジ		炭入りスラッジ		ジフィ	

図6.4 製紙スラッジ製ポットと汚泥で栽培したトマトの生育状況(播種50日目)

表6.2 製紙スラッジ製ポットと汚泥培養土がトマトの生育に及ぼす影響(播種50日目)

ポット	培養土	SPAD	葉数	葉面積 合計 (cm ² /株)	葉乾物重 (g)	乾物重 /葉面積 (g/cm ²)	茎長 (cm)	茎乾物重 (g)	単位 乾物重 (mg/cm)
ビニール	バーク	38.4 c ^a	7.0 a	588.97 a	2.05 a	3.47 c	17.6 a	0.84 a	48.29 a
	汚泥	41.6 bc	5.9 bc	102.57 de	0.42 e	4.17 b	7.3 de	0.13 de	18.13 d
スラッジ	バーク	38.0 c	6.0 b	213.58 c	1.01 c	4.71 ab	10.9 c	0.38 c	34.43 b
	汚泥	46.1 a	4.8 de	58.49 ef	0.29 ef	4.95 a	5.9 ef	0.09 de	14.47 d
炭入り スラッジ	バーク	38.3 c	6.1 b	292.86 b	1.32 b	4.53 ab	14.3 b	0.51 b	34.93 b
	汚泥	43.9 ab	5.1 cde	72.28 ef	0.31 ef	4.32 ab	6.4 de	0.09 de	14.56 d
ジフィ	バーク	40.7 bc	5.5 bcd	142.56 d	0.70 d	4.88 ab	8.1 d	0.20 d	24.99 c
	汚泥	47.3 a	4.5 e	38.14 f	0.18 f	4.66 ab	4.1 f	0.06 e	14.02 d

^a 同列同アルファベットはダンカン多重範囲検定(5%レベル)において有意差なし

表 6.3 製紙スラッジ製育苗ポットと汚泥培養土で育苗したトマトの定植後の生育

ポット	培養土	茎長 (cm)	乾物重 (g)					
			葉		茎		果実	葉+茎+果実
			上位	下位	上位	下位	第1果房	
ビニール	パーク	80.0 ^a _z	9.80cd	9.61a	6.74abc	7.84a	5.73ab	40.70a
	汚泥	70.3c	12.70a	5.64d	7.70a	4.79d	4.80b	35.63b
スラッジ	パーク	70.2c	11.16abcd	7.71bc	5.82cd	6.60b	6.16ab	37.55ab
	汚泥	59.7d	12.01ab	6.25cd	6.20bcd	4.88d	2.35c	31.68c
炭入り	パーク	76.3b	11.98ab	8.76ab	7.11ab	6.21bc	6.50a	41.12a
	汚泥	59.7d	9.59d	6.75cd	5.12d	5.33cd	3.04c	29.83c
ジフィ	パーク	67.5c	10.47bcd	5.60d	5.17d	4.18d	5.77ab	31.18c
	汚泥	62.3d	11.64abc	5.49d	5.91cd	4.27d	2.60c	29.91c

z : 同列同アルファベットはダンカン多重検定 (5% レベル) において有意差なし。

上位 ; 第1果房節位より上、下位 ; 第1果房節位より下

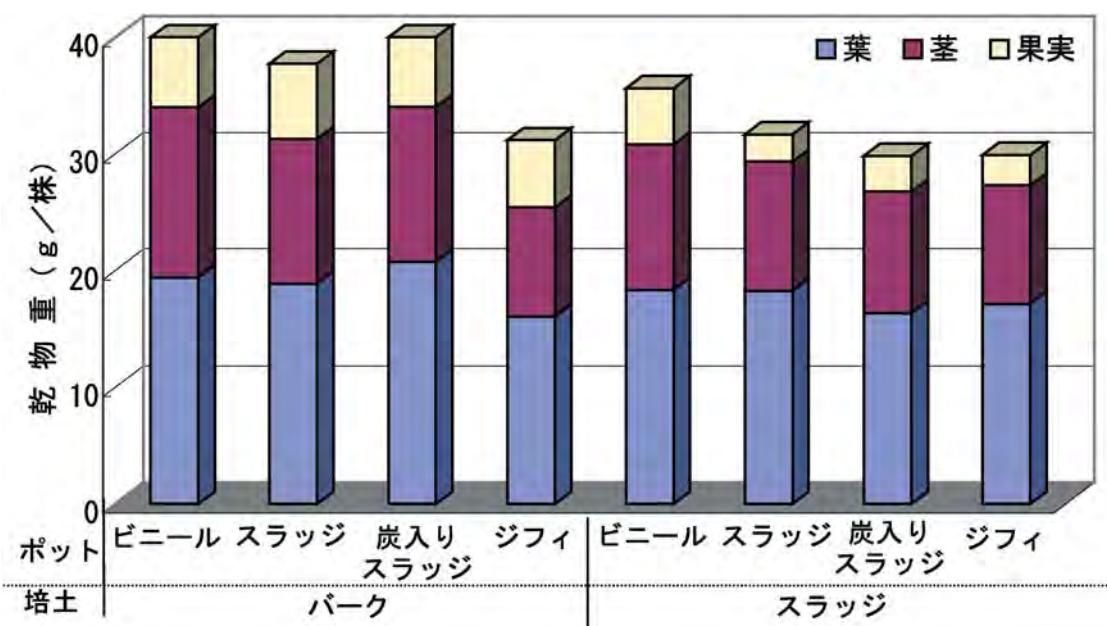


図 6.5 製紙スラッジ製育苗ポットと汚泥培土がトマト苗の乾物重に及ぼす影響

実験3：ナデシコの生育は径の小さいジフィポット区を除き、ポット、培養土間で大きな差異は認められなかった（図6.6、図6.7）。

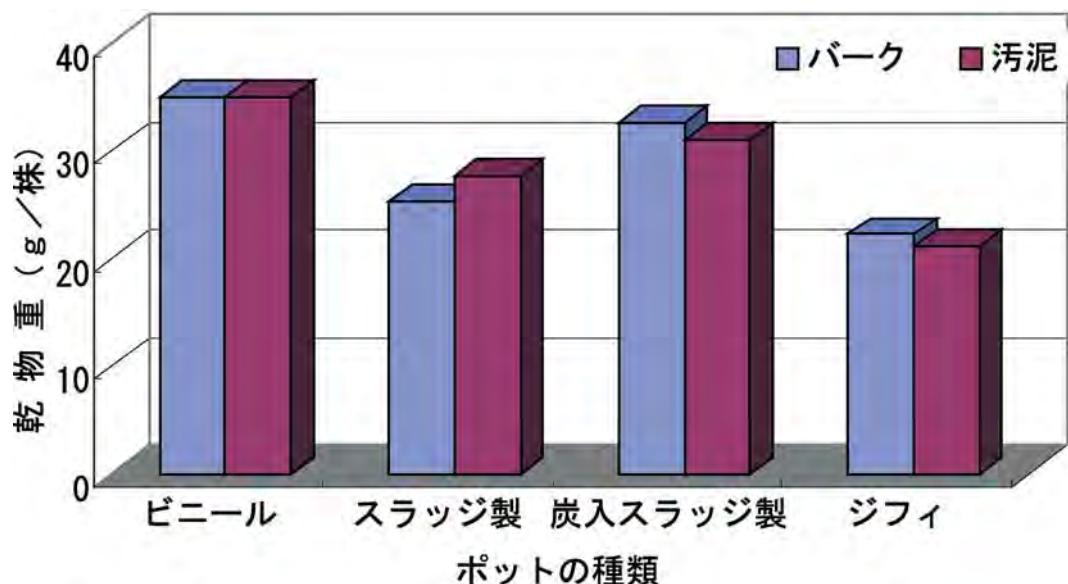


図6.6 製紙スラッジ製ポットと汚泥培土がナデシコの生育に及ぼす影響



図6.7 製紙スラッジ製ポットと汚泥で栽培したナデシコの生育状況

以上より、製紙スラッジ製土壤還元型育苗ポットは、スラッジ中に植物の生育に抑制的な難水溶性物質の存在が示唆され、炭混入に見られるような改善策を要するが、主成分がセルロースであり、易分解性で成型しやすく、定植後の活着とその後の生育は順調に行われるため、育苗ポットとしての利用は多いに期待できる。