

## 高知県早明浦ダム貯水池内堆積土の農地培土としての有効利用

吉田徹志・福元康文・櫻井克年・山本由徳・田中壮太

高知大学農学部 〒783-8502 南国市物部乙200

## Studies on Sedimentary Soil in the Sameura Dam in Kochi Prefecture for Soil Amendment in Agricultural Field

Tetsushi YOSHIDA, Yasufumi FUKUMOTO, Katsutoshi SAKURAI, Yoshinori YAMAMOTO and Sota TANAKA

Faculty of Agriculture, Kochi University, Nankoku, 783-8502 Japan

## Abstract

The purpose of this study is to investigate the sedimentary soil which could be worth using as soil amendment in agricultural field, in the Sameura Dam in Kochi prefecture (SSD). Chingensai (*Brassica campestris* var. *chinensis*) were cultivated in the green house soil (GHS), GHS mixed with SSD and SSD only. Sweet corn (*Zea mays* L.) were cultivated in the upland field soil (UFS) and in the field coating with the SSD on UFS. The growth and yield of the crops were observed, and the chemical analyses of these samples were investigated among these soil plots. Results suggested that SSD could be useful for dilution of nutrients in the range of optimum crop growth in the salt accumulated soil such as continuous green house soil. Furthermore, SSD could be used as soil dressing to the field that have shallow top soil layer, but it is more necessary to examine the physical properties and status of organic matter of treated field soil because the sand content of SSD was high and the total carbon and nitrogen were low.

**Key Words** : agricultural field, Sameura Dam, sedimentary soil, soil amendment, soil dressing.

## 緒言

高知県早明浦ダムは、吉野川水系における水資源開発の中核をなすもので、洪水調節、農業用水・都市用水の供給および発電を行う多目的ダムである。しかし、利用開始以来、ダム貯水池内に流入する土砂（以下、堆積土）は計画堆砂量を上回っており、昭和53年以降は平均的に毎年約18.3万 $\text{m}^3$ の流入があり、この量は単年度計画堆積量17万 $\text{m}^3$ の8%増の量であることが報告されている<sup>1)</sup>。

貯水池内の有効貯水量を長期間、安定的に確保するために、堆積土を削減する方策について検討が続けられている。その堆積土の有効利用法としては、工業材料としての利用法および農用地への客土や土壌改良資材としての利用法が考えられている。貯水池に自然に流入する堆積土を農用地に還元するという農業の利用法についての研究例はこれまでほとんど見られない。堆積土には農作物生育に有害である重金属や汚染物質などは天然賦与量以上ではなく<sup>2, 3)</sup>、港湾水底土砂などのような脱塩処理の必要もなく<sup>4)</sup>、有効性が確認された場合は大量の利用も見込めるため一石二鳥と考えられる。

早明浦ダム周辺地域では畜産廃棄物が施設畑土壌に多量施用されており、その長期連用のため、土壌環境の不良化により作物の生育障害の事例が多く観察されている。畜産廃棄物の多量施用は、塩基や可給態リン酸の土壌中

への過剰集積<sup>5)</sup>、また、施設の長期連作畑土壌は塩基類の集積傾向をまねく<sup>6)</sup>。その対策として、これらの土壌に堆積土を混入することで、何らかの土壌改良が推察される。以上のような背景において、施設畑で連作される場合の多いチンゲンサイおよび、露地畑での作土層への客土効果を考えた場合について、本地域生産現場で要望のあったスイートコーンを選択し、それぞれ栽培環境の異なる作物の生育・収量について堆積土と従来の栽培土壌との比較検討を行った。そして堆積土利用のための可能性について基礎資料を得ることを目的とした。

## 材料および方法

高知県土佐郡大川村小金滝橋付近の早明浦ダム上流部より堆積土を採取した。採取方法は、20~25cm以上の大きな礫を除くため、スケルトンバケットを使用したパワーショベルで河床の砂礫を掘削し、ダンプカーで高知大学農学部へ搬入した。堆積土は2mm以上の画分（礫率）が重量比で39%含まれ、2mm以下の画分を100%として、砂（粗砂+細砂）、シルト、粘土の重量比は、それぞれ90.9, 2.4, 6.7%であった<sup>7)</sup>。採取した堆積土のpH, EC, 全炭素, 全窒素, 交換性塩基およびトルオーグ・リン酸（可給態リン酸）を分析した。全炭素と全窒素はNCアナライザー（NC-80, 住友化学工業社）で測定した。交換性塩基は土壌を1N酢酸アンモニウム溶液で振とう、ろ

過後, 溶出された塩基を原子吸光分光光度計 (AA-610S, 島津製作所社) で測定した. 可給態リン酸は土壌を0.002N硫酸溶液で振とう, ろ過後, 溶出されたリン酸をモリブデンブルー発色法により分光光度計 (UV-1200, 島津製作所社) で測定した.

試験1では, 農学部ビニルハウス内の栽培用ドレンベッド (上部長5m × 56cm, 最深部長30cm) でチンゲンサイを栽培した. 処理区は, ダム堆積土壌区 (以下, 堆積土区), バーク堆肥と山土を2:1に混合し, 窒素, リン酸, カリを成分としてそれぞれ250kg ha<sup>-1</sup> (くみあいCDU複合燐加安S555) と苦土石灰1,000kg ha<sup>-1</sup> (くみあい苦土炭酸石灰) を施用したメロン一作後の土壌 (以下, 施設畑土) とダム堆積土を体積比で1:1に混合した土壌区 (以下, 混合土区) および施設畑土区の3区を設けた. 第1回目の施肥は2001年1月29日に窒素, リン酸, カリをそれぞれ250kg ha<sup>-1</sup> (前述肥料) と苦土石灰1,200kg ha<sup>-1</sup> (前述肥料) をそれぞれの区に施用し, 2月7日に播種した. 各区とも株間14cm, 条間14cmで4条植 (1条35株) とし, 栽培期間中の灌水量は, 各区1日当たり約6L, 1回を基準とし, 天候の状態により, 乾燥時には2~3回各区に等量灌水した. 4月9日に収穫し, 地上部新鮮重と最大葉の葉緑素値 (SPAD値) を葉緑素計 (SPAD-502, ミノルタカメラ社) で測定した. 第2回目も前回同様の栽培条件で, 4月28日に施肥, 5月2日に播種し, 6月5日に収穫した. 第3回目も同様の栽培条件で, 10月30日施肥, 11月12日播種し, 12月28日に収穫した. 第1回目の施肥前と栽培後の表層 (0~5cm) 土壌を各区任意の5地点でそれぞれ約50g採取し, よく混合し測定試料とした. 土壌pH, EC, 交換性塩基, トルオーグ・リン酸 (可給態リン酸) は前述の方法で分析した. また, 第2回目栽培のチンゲンサイ地上部各区6株について, 乾燥後, 粉碎し硫酸, 過酸化水素水で分解後, セミマイクロ・ケルダール法で窒素含有率を測定した.

試験2では, 高知大学農学部内の露地普通畑に堆積土無投入区の無処理区および堆積土を10cm上乘せした客土区 (以下, 客土区) の2区を設け (各区6.2×1.7m, 2反復), スイートコーン (品種: 'ハニーバンタム') の生育・収量を比較した. 施肥量は窒素, リン酸, カリをそれぞれ250kg ha<sup>-1</sup> (前述肥料) と苦土石灰1,500kg ha<sup>-1</sup> (前述肥料) を施用した. 播種および定植はそれぞれ4月25日, 5月4日に行い, 条間50cm, 株間25cmで, 3条植 (1条25株) とした. 定植後, 1週間毎に各処理区30株の草丈を調査し, 6月14日に各区12株の地上部の乾燥重を測定した. 7月10日に各処理区30株の雌穂を収穫し, 雌穂長, 雌穂周および雌穂重を測定した. また果実の糖度を糖度計 (デジタル糖度計PR-1, アタゴ社) で測定した. 施肥前には表層 (0~5cm) の土壌, 栽培後には上層 (0~5cm), 下層 (5~10cm) の土壌を採取し, 前述の方法でpH, EC, 交換性塩基, 可給態リン酸を測定した.

### 結果および考察

粒度の分析結果から, 堆積土は河床に堆積した状態で多くの礫を含み, 非常に粗い土性をもっており, 粘土やシルトといった微細画分のほとんどない砂という粒度組成であった. また, 堆積土の全炭素, 全窒素はそれぞれ2.3, 0.2g kg<sup>-1</sup>であり, 有機物含有量が非常に低い値であった (第1表).

試験1のチンゲンサイ栽培結果を第2表に示した. 各区とも4条で栽培し, 各条よりサンプルを採取し, 地上部新鮮重量を測定したが, 第1回と第2回目の栽培では外側の2条に生育にムラがあったため, 内側の2条 (各条8株) の株について比較した. 第3回目では各区とも全条より生育中庸な26株を採取した. 第1回目の収量は, 株当たり新鮮重が堆積土区で181g, 混合土区で305g, 施設畑土区が198gであり, 混合土区は堆積土区の約1.7倍, 施設畑土区の約1.5倍の収量が得られた. 第2, 3回目の収量についても, 第1回目と同様の傾向がみられ,

第1表 採取した堆積土のpH, EC, 全炭素, 全窒素および無機成分含有量

pH (H <sub>2</sub> O)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	全炭素 (g kg <sup>-1</sup> )	全窒素 (g kg <sup>-1</sup> )	交換性 (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )				可給態リン酸 (mg kg <sup>-1</sup> )
				Ca	Mg	K	Na	
7.04	0.067	2.3	0.2	1.14	0.21	0.05	0.04	79

第2表 各処理区におけるチンゲンサイの収量とSPAD値

処理区	1回目		2回目		3回目		1回目	2回目	3回目
	4月9日収穫 <sup>a</sup> (g/株)	同左比 (%)	6月5日収穫 <sup>a</sup> (g/株)	同左比 (%)	12月28日収穫 <sup>a</sup> (g/株)	同左比 (%)	4月9日収穫 <sup>b</sup>	6月5日収穫 <sup>b</sup>	12月28日収穫 <sup>b</sup>
堆積土区	181.3b <sup>a</sup>	100	131.6b	100	89.4b	100	43.7b	40.8a	45.9a
混合土区	305.0a	168	188.7a	143	175.0a	196	42.9b	35.0b	37.8b
施設畑土区	198.0b	109	151.0b	115	154.1a	172	46.6a	33.9b	37.1b

<sup>a</sup>調査株: 4月9日 16株, 6月5日 16株, 12月28日 26株/区.

<sup>b</sup>調査株: 4月9日, 6月5日 20株, 12月28日 24株/区.

<sup>c</sup>異なったアルファベット間には5%レベルで有意差あり (ダンカンの多重検定).

混合土区では、それぞれ堆積土区の約1.4倍、2.0倍で有意な差が認められた。また、若干ではあるが施設畑土区の約1.2倍、1.1倍の収量増であり、各回とも混合土区の生育が最高となった。

チンゲンサイの品質の一つとしての SPAD 値（第1回、2回目は20株/区、第3回目は24株/区調査）は、第1回目の栽培で、施設畑土区が最も高く、次いで堆積土区、混合土区の順であった。第2、3回目では、堆積土区が最高値を示し、混合土区、施設畑土区の順であり、各時期の栽培で区間に一定の傾向はみられなかったが、株重の小さい堆積土区が高い傾向がみられた（第2表）。

3回の栽培において、生長速度が速く、区間の重量差が他の栽培時と比較して小さかった第2回目の地上部乾物について窒素含有率を測定した。その結果、堆積土区、混合土区、施設畑土区におけるチンゲンサイ地上部の窒素含有率は、それぞれ46.1、41.9、42.7 g kg<sup>-1</sup>で、堆積土区は他区より有意に高くなった。水稻葉身の窒素含有率と SPAD 値には正の関係があることが報告されているが<sup>8)</sup>、本研究においても、乾物当たりの窒素含有率が高かった堆積土区は SPAD 値が高い傾向が認められた。第1回目の SPAD 値は施設畑土区で、第2、3回目では堆積土区の値が高くなり、栽培時期によって傾向が異なったが、混合土区と施設畑土区では葉色による品質に差異はないものと考えられた。さらに、第2回目に測定した窒素含有率から株当たりの吸収量を計算すると、混合土区の窒素吸収量が最高値を示し、混合土区を100%とすると、堆積土区が71%、施設畑土区で83%の吸収量になり、第2回目の測定結果のみではあるが、窒素吸収において混合土区の生育環境が最適であったと考えられた。後述するように、施設畑土区では、土壤中の塩基類など

が過剰傾向のため、窒素吸収量が劣り、生育が混合土区より低下したのではないかと考えられた。また、堆積土区の窒素吸収量が最も低かったが、堆積土区では水分保持力が弱く、栽培用ベッド底部から灌水後の排水量が各栽培時期とも他区より多く、今回のような隔離床での基肥重点栽培では施肥成分の流亡が比較的速いことが推察され、窒素吸収が抑制されたため、低収量になった一因と考えられた。

第3表に施肥前と栽培後の土壌分析結果を示した。各土壌の栽培前と栽培後の傾向に大きな変化はなかったが、交換性塩基と可給態リン酸含量は、堆積土区と施設畑土区では顕著な差異が見られ、混合土区ではいずれもその中間的な値を示した。施設畑土区の交換性 Ca、Mg、K は、高知県佐川町の施設イチゴ栽培歴1～25年のハウス土壌20点の平均値より高い値であり<sup>9)</sup>、施肥成分が高濃度に集積した土壌と考えられたが、堆積土との混合によりチンゲンサイの生育土壌環境に好影響を及ぼしたと考えられた。このことは、若澤ら<sup>4)</sup>は田子の浦港水底土砂の堆積処理土を利用した作物生育の検討をして、堆積処理土を山土に75%混合することにより、チンゲンサイの相対的な収量は山土のみの場合より増加したが、堆積処理土のみでは低下するため、土壌改良の必要性があることを報告しているのと同様な結果となった。また、土壌 pH の差によるチンゲンサイの生育に影響は見られなかった。

試験2のスイートコーン草丈は、定植後20日頃より処理区間差が見られるようになり、以後、収穫期まで客土区がやや高く推移したが、収穫期（6月25日）の草丈は無処理区と客土区それぞれ224、229cmであり、有意差は見られなかった。第4表にスイートコーンの生育量と品

第3表 各処理区におけるチンゲンサイ栽培（1回目）土壌のpH、ECおよび無機成分含有量

採取時期	処理区	pH	EC	交換性 (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )				可給態リン酸
		(H <sub>2</sub> O)	(dS m <sup>-1</sup> )	Ca	Mg	K	Na	(mg kg <sup>-1</sup> )
栽培前	堆積土区	6.35	0.055	0.92	0.09	0.03	0.02	71
	混合土区	5.63	0.435	9.10	2.22	0.79	0.35	387
	施設畑土区	5.13	1.020	17.00	5.59	2.18	0.98	1280
栽培後	堆積土区	6.13	0.076	1.35	0.10	0.04	0.02	140
	混合土区	5.94	0.232	8.38	1.60	0.21	0.15	387
	施設畑土区	5.31	1.070	24.30	6.29	1.86	0.94	1750

表層0～5cm土壌を採取した。

第4表 各処理区におけるスイートコーンの地上部乾物重と雌穂の収量と品質

処理区	地上部乾物重 <sup>2</sup> (g/株) (6月14日採取)				雌穂 <sup>3</sup> の収量と品質 (7月10日採取)			
	主茎幹重	主茎葉身重	分枝重	全株重	雌穂長 (cm)	雌穂周 (cm)	雌穂重 (g/個)	子実糖度 (%)
無処理区	34.9a <sup>*</sup>	23.3a	10.6a	68.8a	21.4a	19.0a	360a	14.5a
客土区	37.9a	20.7b	5.2a	63.8a	21.1a	18.6a	340a	14.4a

<sup>2</sup>調査株：12株/区。

<sup>3</sup>調査雌穂：30個体/区。

<sup>\*</sup>異なったアルファベット間は5%レベルで有意差あり（ダンカンの多重検定）。

第5表 各処理区におけるスイートコーン栽培土壌のpH, ECおよび無機成分含有量

採取時期	処理区	pH (H <sub>2</sub> O)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	交換性 (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )				可給態リン酸 (mg kg <sup>-1</sup> )
				Ca	Mg	K	Na	
栽培前 <sup>z</sup>	無処理区	6.17b <sup>x</sup>	0.119a	6.48a	1.89a	0.72a	0.04a	602a
	客土区	6.59a	0.157a	2.16b	0.36b	0.38b	0.06a	314b
栽培後 <sup>y</sup>	無処理区 上層	6.31	0.072	5.93	1.72	0.71	0.02	630
	無処理区 下層	6.27	0.071	6.26	1.87	0.41	0.07	632
	客土区 上層	6.47	0.065	3.18	0.19	0.30	0.01	360
	客土区 下層	6.58	0.065	3.35	0.81	0.22	0.06	341

<sup>z</sup> 上層; 0~5cm (n=4).<sup>y</sup> 上層; 0~5cm, 下層; 5~10cm (n=2).<sup>x</sup> 異なったアルファベット間は5%レベルで有意差あり (ダンカンの多重検定).

質について示した. 6月14日 (移植後40日) に採取した主茎葉身重は, 客土区が有意に高く, 主茎幹重は客土区が高く, 分枝重および全株重は無処理区が客土区に比べてやや高かった. しかしながら, これらに対する両区の有意な差は認められなかった. 雌穂の大きさ (雌穂長, 雌穂周) はわずかに無処理区が大きく, 雌穂重は20g無処理区が重い傾向が認められたが有意な差ではなかった. またスイートコーンの栽培例として, 三浦・渡邊は普通畑での2年間の栽培試験結果で, 雌穂生重はそれぞれ205~296, 340~380g/株であったことを報告しているが<sup>10)</sup>, 本結果では340~360g/株であり, 収量性においては両土壌区ともスイートコーンの栽培上で問題はなく, 生育環境に不良な影響を及ぼしたとは考えられなかった. 子実糖度は無処理区が14.5%, 客土区は14.4%であり, 処理区間に差は見られず, いずれも高糖度子実が得られた.

スイートコーン栽培前と栽培後の土壌分析結果, 交換性塩基, 可給態リン酸は無処理区が高い値を示した (第5表). 試験1のチンゲンサイの栽培試験と同様, 無処理区 (対照土壌区) の塩基, リン酸含有量などが高い場合, 堆積土による希釈効果が有効であるとともに, 圃場の作土層を厚くする目的でも客土資材として利用可能であると考えられた.

以上の結果, チンゲンサイの各栽培期間により最高収量は異なったが, 堆積土と施設畑土を混合することにより, 生育環境に好影響を及ぼしたと考えられ, 他区と比較して高収量が得られた. 近年, 長期間の集約的連作栽培による施肥成分の集積した現状が高知県内でもすでに報告されている<sup>11)</sup>. このような連作によって交換性塩基や可給態リン酸含量の集積傾向が顕著である圃場へ希釈効果を目的として堆積土を混入することにより, 土壌の化学的性質の改善になることが考えられた.

スイートコーンの栽培では, 堆積土の上乗せ客土区においても無処理区との収量に差異は見られず, 作物生育の阻害要因は認められなかった. 従来の作土層が浅い圃場の場合, 堆積土を客土することによる集積施肥成分の

希釈効果とともに, 土壌物理性の改良効果が期待されるが, 長期の継続調査が必要である.

本研究で使用した堆積土は砂土の割合が多く, 保水力が弱く, 通排水が良好なことから, そのような条件を好む作目の栽培条件に適しているとも考えられるが, 一方で施肥成分の流出が速いことが推察され, 今後, 利用する堆積土の粒度組成によっては, 施肥効率向上を目的とした養液土耕栽培や追肥の使用など, 施肥栽培方法の検討もすべきである. また, 一般に土壌改良を行う上では, 下層土の通気・排水が適切になるような土壌改良を考慮して客土を行うことが必要であり<sup>12)</sup>, 本研究で用いている堆積土に関しても同様の注意が必要であると推察された. さらに, 全炭素と全窒素含有量が低い堆積土を客土材料に利用する場合は, 熟畑化のため堆肥などの施用が不可欠であると考えられた.

堆積土採取に際して, ダム上流部の採取場所によっては巨大礫の多い場所もあり, 客土などに利用する場合に礫を分別する必要がある. 効率の良い分別方法とともに, 堆積土と分離した礫の利用法についても今後の検討課題である.

## 摘 要

早明浦ダム貯水池内に堆積する堆積土を農用地培土として利用できるかどうかを調査するために, チンゲンサイとスイートコーンを用いて従来の畑土壌と比較した. チンゲンサイについては, 堆積土, これまで利用していた施設畑土壌と堆積土を等量混合した区 (混合区) および施設畑土区の3区を比較した場合, 混合区で最高の収量が得られた. 以上の結果から, 堆積土の混入や客土によって土壌の希釈改善効果が期待され, それによって土壌水分の適正な保持力および土壌の化学的性質が改善されることが考えられた. また, スイートコーンについては, 無処理の対照区と堆積土の客土区との生育経過および雌穂収穫量と子実糖度などに差異はなく, 堆積土の利用により土壌改良は可能であると推察された.

**キーワード：**客土，早明浦ダム，堆積土，土壤改良資材，農用地

## 謝 辞

本研究を遂行するにあたり，水資源公団池田総合管理所，株式会社西日本科学技術研究所，高知県嶺北農業改良普及センターの関係者の皆様にご協力をいただいた。また，本稿の作成にあたり，高知県農業技術センターの谷口 尚技術次長に貴重な助言を賜った。ここに記して深く謝意を表します。

## 引用文献

- 1) 水資源公団池田総合管理所（株式会社・西日本科学技術研究所）. 1998. 平成9年度早明浦ダム堆積土有効利用検討業務報告書. p. 11.
  - 2) 早川 修・渡辺紀元. 1990. 下水汚泥焼却灰の多量施用が作物の生育と重金属吸収に及ぼす影響. 土肥誌. 61: 557-564.
  - 3) 水資源公団池田総合管理所. 2002. 第3回早明浦ダム堆積土の農地培土としての有効利用に関する検討会資料. p. 93-94.
  - 4) 若澤秀幸・岡田長久・高林征治・白谷良輔・石井邦彦. 1998. 水底土砂を素材とした人工培土の理化学性と作物生育に対する効果. 土肥誌. 69: 195-200.
  - 5) 松元 順. 1999. 畜産集中地域における家畜ふん尿処理・利用の現状と展望. 土肥誌. 70: 487-492.
  - 6) 土屋一成. 1990. 農業資材多投に伴う作物栄養学的諸問題 1 野菜および畑作物の要素過剰の実態. 土肥誌. 61: 98-103.
  - 7) 水資源公団池田総合管理所. 2000. 平成11年度早明浦ダム貯水池内堆積土活用実験 第2回検討会資料. p. 5-6.
  - 8) 松田裕之・森 静香・藤井弘志・安藤 豊・横山克至・小南 力. 2001. 幼穂形成期の追肥窒素量の違いが登熟期間の光合成や根の活性におよぼす影響. 土肥誌. 72: 667-672.
  - 9) 岩崎貢三・竹尾優子・田中壮太・桜井克年. 2001. 環境保全型農業導入前後における施設栽培土壌の養分集積実態の比較. 土肥誌. 72: 265-267.
  - 10) 三浦重典・渡邊好昭. 2002. マメ科牧草リピングマルチ条件下で栽培したスイートコーンの生育及び収量. 日作紀. 71: 36-42.
  - 11) 吉川義一・吉田徹志・山中 律. 1985. 施設畑土壌における養分集積実態 イチゴ連作土壌についての一調査. 高知大学学術研究報告. 34: 9-27.
  - 12) 在原克之・渡辺春朗. 1997. 河川底質客入造成田における水稻の生育障害の実態. 土肥誌. 68: 103-110.
- (受付 2002年11月10日, 受理 2003年7月2日)