

加圧脱水処理法により製造される浄水場ケーキが イチゴの育苗と収量に及ぼす影響

太田和宏・北浦健生・伊藤喜誠

Effect of pressure-dehydrated water purification cake on growth of runner plants and yields of strawberry cultivars

Kazuhiro OHTA, Takeo KITAURA, Kisei ITO

摘 要

神奈川県内広域水道企業団の伊勢原浄水場から産出される湿式造粒脱水ケーキ（通称：さがみ粒土）は、本県のイチゴの育苗培土として広く用いられてきたが、浄水場ケーキの処理方法の変更に伴い、製造中止が予定されている。一方、綾瀬浄水場及び相模原浄水場では製造方法が異なる加圧脱水ケーキが産出されている。そこで、加圧脱水ケーキがイチゴの育苗培土として利用できるかどうかを検討するために、本県における主要なイチゴ3品種を供試して、育苗時の苗の生育や収量に及ぼす影響について調査した。

その結果、各浄水場ケーキの理化学的特性に違いがみられた。育苗時の生育は、雨ざらし処理の有無に関わらず、湿式造粒脱水ケーキと比較して加圧脱水ケーキの単体区では生育や収量が劣り、‘さちのか’ではこの傾向が顕著であった。一方、加圧脱水ケーキに十分な雨ざらし処理を行い、園芸培土を25%(v/v)混合した場合は苗の生育が良好となり、収量も湿式造粒脱水ケーキを用いた場合と同等となった。また、園芸培土の混合率が苗の生育に及ぼす影響について調査したところ、0%(v/v)、6.3%(v/v)では生育が劣り、生理障害が認められたが、25%(v/v)では生育が良く、生理障害が認められなかった。また、12.5%(v/v)では軽い生理障害が認められたが、生育は25%(v/v)と同等であった。

以上より、加圧脱水ケーキをイチゴの育苗培土として用いる場合は、単体で使用すると育苗時の苗の生育及び収量が劣ることから、雨ざらし処理の有無に関わらず、園芸培土を12.5%(v/v)より多く混合する必要があることが示唆された。

キーワード：イチゴ、浄水場ケーキ、加圧脱水ケーキ、湿式造粒脱水ケーキ、育苗

Summary

The water purification sludge from Isehara water purification station (wet pellet-dehydrated-cake, Sagami-soil) is widely used in strawberry runner plant cultivation in Kanagawa Prefecture. However, because of a cake production methods will be changed in the near future, the wet pellet-dehydrated-cake will be unavailable. On the contrary, the cake production method has been changed and the new type water purification cake (pressure-dehydrated-cake) is produced in the Ayase and the Sagamihara water purification station. In this study an availability of the new type cake was investigated by estimate their effects on the growth of runner plants and yields of three strawberry cultivars (‘Tochiotome’, ‘Sachinoka’, and ‘Akihime’) which are major cultivars in Kanagawa Prefecture.

The chemical characteristics of each cake were different. Compare with the wet pellet-dehydrated-cake, the growth of runner plants and the yields were inferior when plants were grown with the pure pressure-dehydrated-cake with or without exposure to the rain treatment. This tendency was particularly in ‘Sachinoka’. However, the growth of runner plants and the yields were as much as the wet pellet-dehydrated-cake when plants were grown with the pressure-dehydrated-cake which were exposed to the rain and were mixed 25% (v/v) horticultural soil. The effect of mixed rate of the horticultural

soils to the pressure-dehydrated-cake on plant growth was also investigated. Plant growth was inferior and a physiological disorder was observed when plants were grown with mixed rate of 0% (v/v) and 6.3% (v/v). The physiological disorder was not observed when plants were grown with mixed rate of 25% (v/v). When plants were grown with mixed rate of 12.5% (v/v), although a little physiological disorder was observed, plant growth was as much as those of plant grown with mixed rate of 25% (v/v).

From these results, the pressure-dehydrated-cake is recommended to use with the horticultural soils and mixed rate of the horticultural soil should be more than 12.5% (v/v) when the pressure-dehydrated-cake is used in strawberry runner plant cultivation. Regardless of with or without exposure to the rain treatment, the usage of pure pressure-dehydrated-cake should be avoided because the plant growth and the yields are inferior.

Key words: strawberry, water purification cake, pressure-dehydrated-cake, wet pellet-dehydrated-cake, seedling

緒言

浄水場ケーキは河川や湖沼からの原水を水道水に浄化処理する過程で、浄水場から多量に産出される産業廃棄物である。これらの多くは主に埋め立て処分などに利用されているが、処理費用や処分地の確保の問題から有効な利用方法の確立が求められている。浄水場ケーキは河川の懸濁物質を主成分とする無機質ケーキであるため、土壌改良材や客土資材など農業分野への利用の可能性について検討され、1970年代後半から1980年代にかけて、理化学性の解明や野菜類、花き類の試験栽培が各地で精力的に行われた（戸田ら1977、後藤ら1981、鎌田ら1982、塩川・及川1982、山田・鎌田1983）。しかし、浄水場ケーキは処理方法、凝集剤の種類や有無、産出される場所や時期により理化学的性質や形状が様々であるため、浄水場ケーキの持つ特性を考慮し、浄水場ケーキごと、もしくは作物ごとに利用方法を検討する必要がある。

本県でも神奈川県内広域水道企業団に属する浄水場で浄水場ケーキが産出されている。これらはポリマーと水ガラス添加による湿式造粒脱水ケーキで、脱水、高温乾燥工程を経て産出される。鎌田ら（1982）はこれらを用いて詳細な理化学的分析を行い、作物栽培試験では水稲育苗や野菜類栽培への適応性について調査した。その後、この浄水場ケーキは「さがみ粒土」の名称で流通することとなった。また、佐藤・高橋（1985）はさがみ粒土をイチゴのポット育苗に供試したところ、生育が良く、育苗培土としての適性が高いと判断した。以後、県内のイチゴ農家ではイチゴの育苗にさがみ粒土が広く使われている。

しかし、1970年代から稼働している浄水場の老朽化に伴い、県内の浄水場は汚泥処理施設の改築及び新

設が進められている。このため、これまでの高分子凝集剤処理法から加圧脱水法に製造方法が変更され、綾瀬浄水場及び相模原浄水場では、すでに加圧脱水法により新たな浄水場ケーキ（以下、加圧脱水ケーキ）が産出されている。また、伊勢原浄水場でも、製造方法の変更が予定されており、今後は湿式造粒脱水ケーキが産出されなくなる可能性が高い。

そこで、本研究では、伊勢原浄水場由来の湿式造粒脱水ケーキと異なる製造過程で作られた綾瀬浄水場及び相模原浄水場由来の新たな加圧脱水ケーキについて、その理化学的特性を調べるとともに、県内で栽培されているイチゴの主要3品種を用いて育苗時の苗の生育や収量に及ぼす影響について調査し、育苗培土としての利用の可能性を検討した。

材料及び方法

1. 浄水場ケーキの理化学的特性

供試した浄水場ケーキは伊勢原浄水場ケーキ（湿式造粒脱水ケーキ、以下伊勢原）、綾瀬浄水場ケーキ（加圧脱水ケーキ、以下綾瀬）及び相模原浄水場ケーキ（加圧脱水ケーキ、以下相模原）の3種類を用いた。浄水場ケーキは2007年2月13日に採取した。イチゴの育苗培土として浄水場ケーキを利用するためには、多量に含有される無機態窒素や他の成分を除去しておく必要がある。採取後、浄水場ケーキを二つに分けて、一方は屋内で雨に当たらないようにし（雨ざらし処理前）、残りに雨ざらし処理をした。雨ざらし処理は2007年2月26日より同年7月11日まで、寒冷紗（商品名：サンサンネット、1mm目合い）の上に高さ30cm程度の平積みにした状態で野外に放置した。その間の降水量は神奈川県農林水産情報センター気象観測情報データベースによると453.5mmであった。7月9日

に EC を測定した結果、肥料成分が除去されていないと判断したため、7月11日に井戸水を用いて降雨1500mm相当を灌水処理した。その後、7月13日に再び EC を測定したところ、肥料成分が除去されていることが確認されたので、雨ざらし処理後の浄水場ケーキとして試験に供試した。

理化学的特性の評価を行うため、各ケーキを風乾し、粉碎後、2mmのふるいに通したものを分析に用いた。pHはガラス電極法、ECは電気伝導度法により測定した。全窒素と全炭素は元素分析計（日本シーベルヘグナー varioMAX CN）により測定した。可給態リン酸はトルオーグ法、NH₄-NとNO₃-Nはフローインジェクション法（アクアラボ FA-100）により測定した。CECはショーレンベルガー法、交換性マンガン及び交換性塩基は原子吸光光度法（HITACHI ZA-2000）により測定した。

2. 浄水場ケーキが育苗時の苗の生育に及ぼす影響

イチゴは‘とちおとめ’、‘さちのか’及び‘章姫’の3品種を供試した。浄水場ケーキを用いた育苗培土の試験区は、伊勢原、綾瀬、相模原それぞれの雨ざらし処理前単体区、雨ざらし処理後単体区、雨ざらし処理後に混合資材として市販園芸培土（与作 V1号（N:P₂O₅:K₂O=500:4400:400mg/L）、以下園芸培土）を25%（v/v）混合した混合区（浄水場ケーキ：園芸培土=3:1）を準備し、計9区を設定した。子株はポット受けとし、‘とちおとめ’は2007年7月25日、‘さちのか’は同年7月17日、‘章姫’は同年7月23日にそれぞれ本葉2枚程度展開しているものを3.5号黒ポットに採苗した。採苗時に雨ざらし処理後単体区及び混合区にIB化成S1号をポット当たりそれぞれ3粒及び2粒ずつ施与し、雨ざらし処理前単体区以外は各区ともポット当たり窒素で約150mgとした。8月13日にランナーを切り離すと同時に、すべての株にIB化成S1号をポット当たり2粒ずつ（窒素で約100mg）施与した。灌水は株元灌水で行い、土の乾燥状態に応じて1日1～3回行った。育苗時の苗の生育については、9月11日に各区10株ずつ調査した。

3. 定植後の開花、生育及び収量に及ぼす影響

育苗した苗を生育調査後の2007年9月18日に神奈川県農業技術センター内のガラス温室に畝幅120cm、株間25cmの2条植えで各区10株、反復なしで定植した。元肥は10a当たりN:P₂O₅:K₂O=20:25:20kgとし、

追肥は尿素複合液肥2号（N:P₂O₅:K₂O=10:4:8）を3週間ごとに計7回施与し、追肥量はN:P₂O₅:K₂O=7:3:5kgであった。10月19日に黒マルチで被覆した。本圃定植後、出蕾した頂果房の第1花が開花した日を開花日とし、各区全体の20%が開花した日を開花開始期とした。また、定植後の生育調査は頂果房の収穫が最盛期となる時期に行い、‘とちおとめ’と‘章姫’は2008年1月7日、‘さちのか’は同年2月13日に各区10株ずつ調査した。収穫開始日は収穫を開始した日とし、収量は収穫開始日から2008年4月30日までの累計とした。

4. 園芸培土の混合率が苗の生育に及ぼす影響

雨ざらし処理後の相模原浄水場ケーキを供試した。混合資材として園芸培土（与作 V1号）を用い、混合割合は、0%（v/v）（ケーキ単体）、6.3%（v/v）（ケーキ：園芸培土=15:1）、12.5%（v/v）（ケーキ：園芸培土=7:1）、25%（v/v）（ケーキ：園芸培土=3:1）の計4区を設定した。品種は‘さちのか’を供試した。2008年8月5日に本葉2枚程度展開した子株を3.5号黒ポットに採苗し、8月19日にランナーを切り離すと同時に、IB化成S1号をポット当たり各区3粒ずつ（窒素で約150mg）施与した。灌水は株元灌水で行い、土の乾燥状態に応じて1日1～3回行った。育苗時の苗の生育については、9月30日に各区8株ずつ調査した。

結果

1. 浄水場ケーキの理化学的特性

図1に各浄水場ケーキの形状を示した。伊勢原は丸い粒状で、やや細かい粒子も混ざっているのに対し、綾瀬は扁平で大粒の粒形が多く、伊勢原と比べてやや黒色であった。相模原は綾瀬と製造方法は同じであるが、やや丸みを帯びた粒形であり、形状は伊勢原に近かった。

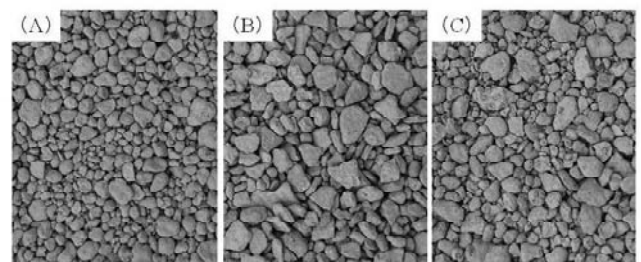


図1 各浄水場ケーキの形状
(A) 伊勢原, (B) 綾瀬, (C) 相模原

表 1 各浄水場ケーキの理化学的特性^z

浄水場 ケーキ	雨ざらし 処理	pH (H ₂ O)	EC (dS/m)	全窒素 (%)	有機炭素 (%)	NH ₄ -N (mg/100g)	NO ₃ -N (mg/100g)	可給態 P ₂ O ₅ (mg/100g)	CEC (meq)
伊勢原	前	6.8	0.48	0.55	8.18	17.4	1.9	4.9	40.9
伊勢原	後	6.8	0.2	0.49	7.95	1.6	2.0	6.2	39.9
綾瀬	前	6.4	0.52	0.61	11.06	9.9	0.5	1.5	21.3
綾瀬	後	6.6	0.25	0.61	10.86	7.5	1.0	1.0	23.6
相模原	前	6.7	0.79	0.44	6.89	25.6	21.8	2.7	34.6
相模原	後	6.9	0.24	0.35	5.85	4.3	1.4	2.5	32.2

浄水場 ケーキ	雨ざらし 処理	交換性塩基(mg/100g)				塩基飽和度(%)				交換性 Mn (mg/kg)	
		CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O		合計
伊勢原	前	677	87	36	179	74	10	4	20	107	129
伊勢原	後	685	87	38	55	77	10	4	6	97	8
綾瀬	前	325	21	19	12	68	5	4	2	79	193
綾瀬	後	276	18	20	9	52	3	4	2	61	168
相模原	前	848	49	30	19	109	6	4	2	122	137
相模原	後	677	42	30	19	94	6	4	3	106	108

z: 成分量は乾物換算で表示

表 1 に各浄水場ケーキの雨ざらし処理前後における理化学的特性を示した。pH は雨ざらし処理により 0.0 ~ 0.2 程度上昇した。また、EC は 0.48 ~ 0.79dS/m から 0.20 ~ 0.24dS/m と 52 ~ 60%減少した。アンモニア態窒素は 9.9 ~ 25.6mg/100g から 1.6 ~ 7.5mg/100g、硝酸態窒素は 0.5 ~ 21.8mg/100g から 1.0 ~ 2.0mg/100g となった。交換性塩基類ではカルシウム含量が他の塩基類と比べて相対的に高かった。また、雨ざらし処理前のナトリウム含量は、綾瀬、相模原のケーキにそれぞれ 12, 19mg/100g 含まれていたのに対し、伊勢原では雨ざらし前の値が 179mg/100g と明らかに高かったが、雨ざらし処理後は 55mg/100g となり、69%減少した。ケーキ中に含まれる交換性マンガン含量は綾瀬が最も高く、次いで、相模原、伊勢原の順であった。また、伊勢原（湿式造粒脱水ケーキ）と綾瀬及び相模原（加圧脱水ケーキ）の雨ざらし処理前後の交換性マンガンの値に顕著な差がみられた。すなわち、綾瀬、相模原の雨ざらし処理前のケーキに含まれる交換性マンガン含量はそれぞれ 193, 137mg/kg であったが、雨ざらし処理により 168, 108mg/kg とそれぞれ 13%, 21%しか減少しなかった。これに対し、伊勢原では 129mg/kg から 8mg/kg となり、94%減少した。

2. 浄水場ケーキが育苗時の苗の生育に及ぼす影響

上記の浄水場ケーキを雨ざらし処理前単体、雨ざらし処理後単体もしくは雨ざらし処理後単体と園芸培土を 25% (v/v) 混合したものを育苗培土に用いて育苗した場合の生育特性を表 2 ~ 4 に示した。なお、以後の結果において、特に断りのない限り、雨ざらし処理前単体区と雨ざらし処理後単体区をまとめて単体区と表した。葉数は、単体区では綾瀬と相模原が 5.5 ~ 6.9 枚、伊勢原が 6.8 ~ 7.4 枚であったが、混合区では 7.1 ~ 8.0 枚となり、綾瀬と相模原の単体区に対し、伊勢原単体区は 0.5 枚程度、混合区では 1 枚程度、葉の展開枚数が多かった。‘とちおとめ’と‘さちのか’の場合、葉柄長は単体区で 6.3 ~ 7.8cm、混合区で 9.1 ~ 11.1cm、葉身長は単体区で 6.0 ~ 7.5cm、混合区で 8.3 ~ 9.4cm、また、‘章姫’の場合、葉柄長は単体区で 8.8 ~ 12.6cm、混合区で 12.8 ~ 14.5cm、葉身長は単体区で 6.6 ~ 8.6cm、混合区で 8.6 ~ 9.4cm となり、いずれの品種も単体区より混合区で葉身長と葉柄長が大きかった。クラウン径は、各品種とも単体区で 8.8 ~ 11.3mm、混合区で 10.4 ~ 11.5mm と混合区でやや太い傾向がみられた。葉色はいずれの品種も同様の傾向が認められた。すなわち、伊勢原及び相模原では単体区と混合区で差がみられなかった。綾瀬では単体区

表2 各浄水場ケーキで育苗した場合のイチゴ‘とちおとめ’の生育特性

浄水場 ケーキ	雨ざらし処理 混合有無 ^z	葉数 (枚)	葉柄長 (cm)	葉身長 (cm)	クラウン径 (mm)	葉色 ^y (SPAD 値)	障害の 有無
伊勢原	前単体区	7.4 ab ^x	7.8 bcd	7.5 cd	10.0 ab	44.7 ab	無
綾瀬	前単体区	6.8 c	7.1 d	6.8 de	9.7 b	43.0 ab	無
相模原	前単体区	6.6 c	6.5 d	6.5 e	9.8 ab	44.4 ab	無
伊勢原	後単体区	7.1 abc	7.5 bcd	7.2 de	9.7 b	46.2 a	無
綾瀬	後単体区	6.9 bc	6.8 d	7.0 de	9.5 b	42.0 b	無
相模原	後単体区	6.8 bc	7.4 cd	7.2 de	9.7 b	45.3 ab	無
伊勢原	後混合区	7.7 a	10.4 a	9.4 a	11.3 a	44.9 ab	無
綾瀬	後混合区	7.2 abc	9.1 abc	8.5 ab	10.6 ab	45.4 ab	無
相模原	後混合区	7.3 abc	9.2 ab	8.4 bc	10.4 ab	44.8 ab	無

z: 「後混合区」は本文中で「混合区」と表した

y: 葉緑素計 (SPAD-502) で測定

x: 異なるアルファベットは Tukey の多重検定により 5%水準で有意差あり

表3 各浄水場ケーキで育苗した場合のイチゴ‘さちのか’の生育特性

浄水場 ケーキ	雨ざらし処理 混合有無 ^z	葉数 (枚)	葉柄長 (cm)	葉身長 (cm)	クラウン径 (mm)	葉色 ^y (SPAD 値)	障害の 有無
伊勢原	前単体区	6.8 cd ^x	6.8 b	7.1 c	10.7 a	38.9 bc	無
綾瀬	前単体区	6.1 d	7.2 b	6.2 cd	9.1 bc	35.6 c	有
相模原	前単体区	6.5 d	6.5 b	6.3 cd	9.2 bc	42.7 a	有
伊勢原	後単体区	7.2 bc	7.7 b	7.3 bc	10.2 ab	43.0 a	無
綾瀬	後単体区	6.3 d	6.3 b	6.0 d	8.8 c	36.9 c	有
相模原	後単体区	6.2 d	6.4 b	6.0 d	9.2 bc	41.5 ab	有
伊勢原	後混合区	8.0 a	11.1 a	8.7 a	11.5 a	41.6 ab	無
綾瀬	後混合区	7.9 ab	9.9 a	8.3 ab	10.6 a	42.4 ab	無
相模原	後混合区	7.7 ab	10.6 a	8.6 a	11.1 a	42.3 ab	無

z: 「後混合区」は本文中で「混合区」と表した

y: 葉緑素計 (SPAD-502) で測定

x: 異なるアルファベットは Tukey の多重検定により 5%水準で有意差あり

表4 各浄水場ケーキで育苗した場合のイチゴ‘章姫’の生育特性

浄水場 ケーキ	雨ざらし処理 混合有無 ^z	葉数 (枚)	葉柄長 (cm)	葉身長 (cm)	クラウン径 (mm)	葉色 ^y (SPAD 値)	障害の 有無
伊勢原	前単体区	6.9 ab ^x	12.6 ab	8.6 abc	11.3 a	41.6 abc	無
綾瀬	前単体区	5.5 c	10.1 c	6.6 e	9.1 c	39.6 c	無
相模原	前単体区	6.3 b	9.5 c	7.6 bcde	10.1 bc	44.1 ab	無
伊勢原	後単体区	6.8 ab	10.7 bc	8.2 abcd	10.8 ab	44.3 ab	無
綾瀬	後単体区	6.3 b	8.8 c	6.8 de	9.4 c	41.4 bc	無
相模原	後単体区	6.3 b	9.9 c	7.6 cde	10.8 ab	44.4 ab	無
伊勢原	後混合区	7.2 a	14.5 a	9.4 a	11.5 a	44.3 ab	無
綾瀬	後混合区	7.2 a	12.8 ab	8.6 abc	11.0 ab	45.7 a	無
相模原	後混合区	7.1 a	13.3 a	8.9 ab	11.2 ab	45.6 a	無

z: 「後混合区」は本文中で「混合区」と表した

y: 葉緑素計 (SPAD-502) で測定

x: 異なるアルファベットは Tukey の多重検定により 5%水準で有意差あり

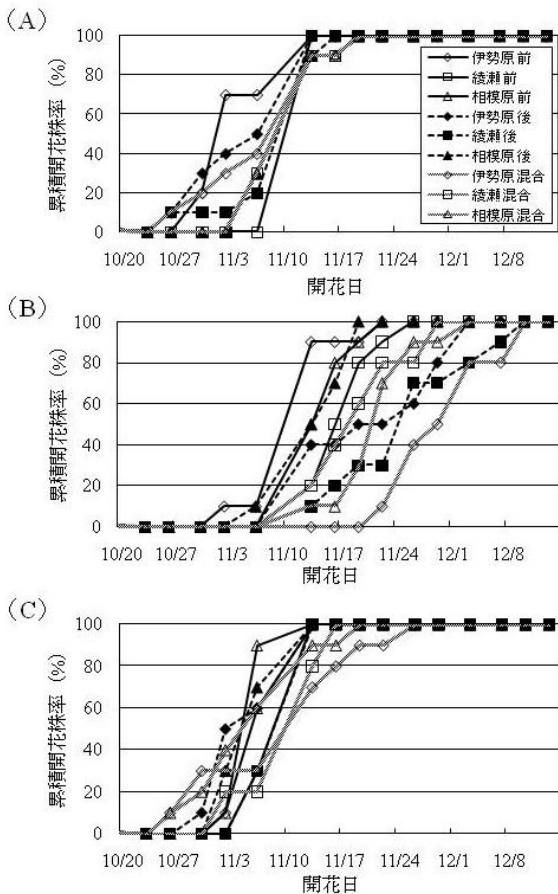


図2 各浄水場ケーキで育苗したときの累積開花株率 (A) とちおとめ, (B) さちのか, (C) 章姫

で葉色が極端に低かったが、混合区では高かった。さらに、‘さちのか’では綾瀬及び相模原の単体区で、葉脈が赤紫色を呈し、葉脈間が褐変する生理障害が認められた。しかし、伊勢原の単体区及び混合区ではこの症状は認められなかった。なお、‘とちおとめ’と‘章姫’ではすべての区でこの症状は認められなかった。

3. 定植後の開花、成育及び収量に及ぼす影響

定植後に各区それぞれの株における開花日を記録し、累積開花率の推移を調査した (図 2)。

‘とちおとめ’及び‘章姫’は10月下旬から開花し始め、11月中旬にはほとんどの株が開花した。一方、‘さちのか’の開花はやや遅く、11月上旬から開花し始め、12月中旬に全個体が開花した。開花時期と浄水場ケーキの種類、雨ざらし処理の有無、園芸培土の混合に一定の傾向はみられなかった。

また、本圃での生育について調査したところ、

表5 イチゴ‘とちおとめ’の定植後の本圃における生育特性

浄水場 ケーキ	雨ざらし処理 混合有無 ^z	草勢	葉柄長 (cm)	葉身長 (cm)	花房長 ^y (cm)
伊勢原	前単体区	やや弱	11.4 ab ^x	9.8 a	32.0 ab
綾瀬	前単体区	やや弱	10.4 abc	9.4 a	27.4 c
相模原	前単体区	やや弱	10.2 abc	9.6 a	27.3 c
伊勢原	後単体区	中	10.4 abc	10.5 a	30.7 abc
綾瀬	後単体区	やや弱	10.0 bc	9.8 a	29.3 abc
相模原	後単体区	やや弱	9.8 c	9.4 a	28.3 bc
伊勢原	後混合区	中	11.3 abc	10.2 a	32.5 a
綾瀬	後混合区	中	11.4 ab	10.1 a	32.7 a
相模原	後混合区	中	11.5 a	10.0 a	30.2 abc

z: 「後混合区」は本文中で「混合区」と表した

y: 頂果房の基部から最も遠い果実の先端までの長さ

x: 異なるアルファベットは Tukey の多重検定により 5%水準で有意差あり

表6 イチゴ‘さちのか’の定植後の本圃における生育特性

浄水場 ケーキ	雨ざらし処理 混合有無 ^z	草勢	葉柄長 (cm)	葉身長 (cm)	花房長 ^y (cm)
伊勢原	前単体区	やや弱	7.9 bc ^x	6.3 bc	24.6 bc
綾瀬	前単体区	弱	7.6 c	6.0 c	23.6 c
相模原	前単体区	弱	7.9 bc	6.4 abc	25.3 abc
伊勢原	後単体区	中	9.8 a	7.3 a	27.6 a
綾瀬	後単体区	弱	7.3 c	6.0 c	23.0 c
相模原	後単体区	やや弱	8.0 bc	6.2 c	25.1 abc
伊勢原	後混合区	やや強	10.3 a	6.8 abc	27.5 a
綾瀬	後混合区	中	9.1 ab	7.2 ab	25.5 abc
相模原	後混合区	中	9.7 a	6.8 abc	27.2 ab

z: 「後混合区」は本文中で「混合区」と表した

y: 頂果房の基部から最も遠い果実の先端までの長さ

x: 異なるアルファベットは Tukey の多重検定により 5%水準で有意差あり

表7 イチゴ‘章姫’の定植後の本圃における生育特性

浄水場 ケーキ	雨ざらし処理 混合有無 ^z	草勢	葉柄長 (cm)	葉身長 (cm)	花房長 ^y (cm)
伊勢原	前単体区	強	17.5 a ^x	12.9 a	36.4 abc
綾瀬	前単体区	強	16.1 a	11.2 a	34.3 c
相模原	前単体区	強	16.3 a	11.1 a	35.1 bc
伊勢原	後単体区	強	18.3 a	11.7 a	39.2 a
綾瀬	後単体区	強	17.1 a	11.2 a	34.6 bc
相模原	後単体区	強	17.7 a	12.3 a	35.4 abc
伊勢原	後混合区	強	17.8 a	12.1 a	36.7 abc
綾瀬	後混合区	強	18.0 a	11.1 a	38.4 ab
相模原	後混合区	強	17.9 a	11.7 a	39.0 a

z: 「後混合区」は本文中で「混合区」と表した

y: 頂果房の基部から最も遠い果実の先端までの長さ

x: 異なるアルファベットは Tukey の多重検定により 5%水準で有意差あり

‘とちおとめ’では単体区で草勢がやや弱く、混合区で中程度であった。葉柄長は草勢に対応しており、草勢が弱いものは短かったが、葉身長に育苗時の培土の違いによる差はみられなかった。花房長は、綾瀬と相模原の単体区で27.3～29.3cmであったのに対し、伊勢原のすべての処理区及び綾瀬、相模原の混合区では30.2～32.7cmとやや長かった(表5)。「さちのか」では育苗時の苗の生育差が定植後の本圃の生育に大きく影響した。草勢は、綾瀬、相模原の雨ざらし処理前及び処理後単体区で弱く、次いで、伊勢原の雨ざらし処理前単体区、伊勢原の雨ざらし処理後単体区及び綾瀬、相模原の混合区の順で強く、伊勢原の混合区が最も草勢が強かった。葉柄長は、すべての雨ざらし処理前単体区と綾瀬、相模原の雨ざらし処理後単体区では7.3～8.0cmであったのに対し、伊勢原の雨ざらし処理後単体区及び混合区では9.1～10.3cmとなり、やや長かった(表6)。また「章姫」では各区において草勢、葉柄長、葉身長に差がみられなかったが、綾瀬、相模原の単体区で花房長が1～2cm程度短かった(表7)。収穫開始は開花開始期に対応しており、浄水場ケーキ間や雨ざらし処理の有無、培土の混合よりも品種の違いによる差が認められた(表8～10)。

収量については、単体区で少なく、混合区で多い傾向がみられた。単体区では伊勢原、相模原、綾瀬の順で多かったが、混合区では浄水場ケーキ間で差がほとんどみられなかった。「とちおとめ」と「さちのか」では単体区が少ない傾向がみられ、特に「さちのか」で顕著であった。一方、「章姫」では単体区における収量の減少は少なかった(図3、表8～10)。また、各品種とも商品果率や1果重に及ぼす浄水場ケーキの影響はみられなかった(表8～10)。

4. 園芸培土の混合率が苗の生育に及ぼす影響

園芸培土の混合率が苗の生育に及ぼす影響について、相模原浄水場ケーキと「さちのか」を用いて調査した結果を表11に示した。混合率が高いほど、葉数が多く、葉柄長と葉身長が長く、クラウン径が太く、生育が旺盛となった。地上部重、根重についても混合率が高いほど重かった。また、0%区、6.3%区では葉脈が赤紫色を呈し、葉脈間が褐変する生理障害が認められたが、12.5%区では葉の表面に黒色斑点症状を生じたものの、0%区や6.3%区で認められたような褐変症状は観察されなかった。25%区では褐変や黒色斑点症状は認められなかった。

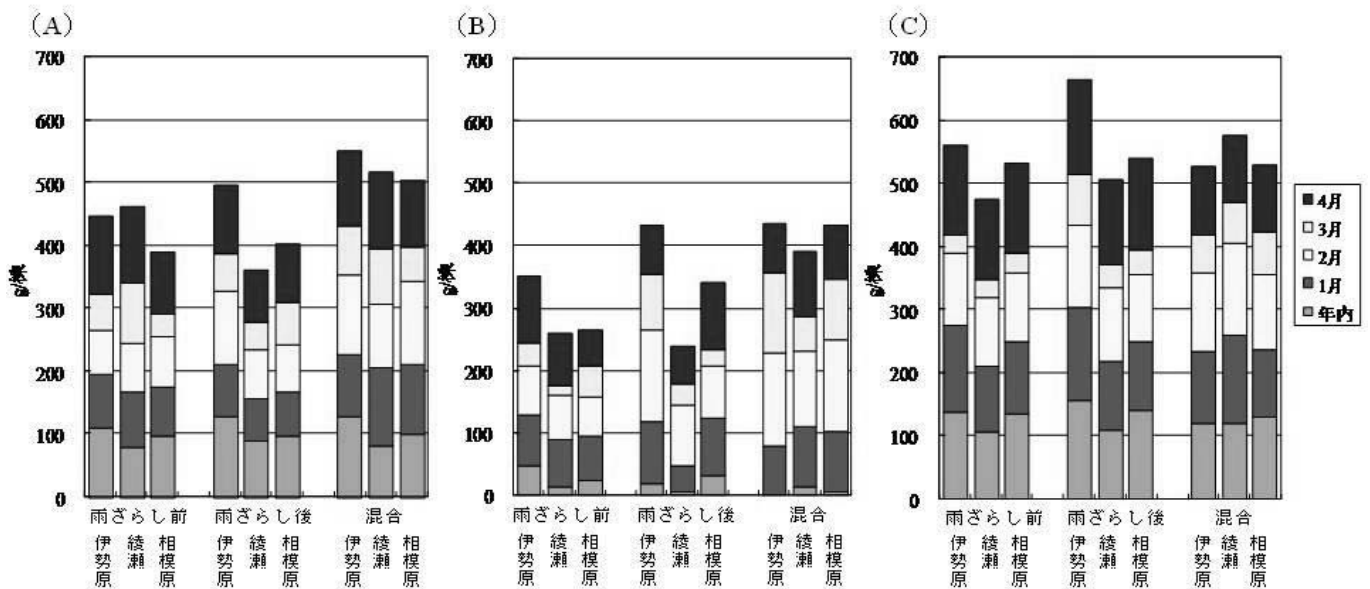


図3 各浄水場ケーキで育苗したときの月別商品果収量
(A) とちおとめ, (B) さちのか, (C) 章姫

表 8 各浄水場ケーキで育苗したイチゴ‘とちおとめ’の開花盛期, 収穫開始日, 収量, 果実特性

浄水場 ケーキ	雨ざらし処理 混合有無 ^z	開花 開始期	収穫 開始日	総収量 (g/株)	商品果率 ^y (%)	商品果1果重 (g)	全果1果重 (g)
伊勢原	前単体区	10/30	12/4	485	91.9	13.6	12.3
綾瀬	前単体区	11/9	12/11	492	93.9	16.0	14.0
相模原	前単体区	11/6	12/7	414	94.4	14.4	13.0
伊勢原	後単体区	10/30	11/26	524	94.8	15.5	13.9
綾瀬	後単体区	11/6	12/7	386	93.4	14.7	13.5
相模原	後単体区	11/6	12/7	425	94.5	13.9	12.9
伊勢原	後混合区	10/30	11/26	572	96.5	14.3	13.6
綾瀬	後混合区	11/6	12/7	541	95.4	15.0	13.7
相模原	後混合区	10/30	12/7	539	93.5	15.3	13.6

z: 「後混合区」は本文中で「混合区」と表した

y: 5g 以上の商品果と奇形果

表 9 各浄水場ケーキで育苗したイチゴ‘さちのか’の開花盛期, 収穫開始日, 収量, 果実特性

浄水場 ケーキ	雨ざらし処理 混合有無 ^z	開花 開始期	収穫 開始日	総収量 (g/株)	商品果率 ^y (%)	商品果1果重 (g)	全果1果重 (g)
伊勢原	前単体区	11/9	12/18	405	86.5	12.1	10.2
綾瀬	前単体区	11/13	12/21	308	84.3	12.0	9.5
相模原	前単体区	11/13	12/21	339	78.0	12.9	9.9
伊勢原	後単体区	11/9	12/21	499	86.7	13.3	11.4
綾瀬	後単体区	11/16	12/28	273	87.2	11.8	9.5
相模原	後単体区	11/9	12/14	384	88.6	12.5	10.8
伊勢原	後混合区	11/26	1/8	506	86.0	15.1	12.4
綾瀬	後混合区	11/13	12/21	441	88.8	13.4	11.3
相模原	後混合区	11/19	12/28	492	88.1	13.4	11.1

z: 「後混合区」は本文中で「混合区」と表した

y: 5g 以上の商品果と奇形果

表 10 各浄水場ケーキで育苗したイチゴ‘章姫’の開花盛期, 収穫開始日, 収量, 果実特性

浄水場 ケーキ	雨ざらし処理 混合有無 ^z	開花 開始期	収穫 開始日	総収量 (g/株)	商品果率 ^y (%)	商品果1果重 (g)	全果1果重 (g)
伊勢原	前単体区	11/2	12/4	597	93.9	12.7	11.3
綾瀬	前単体区	11/2	12/7	502	94.6	12.2	11.0
相模原	前単体区	11/2	12/7	564	94.3	12.3	11.2
伊勢原	後単体区	10/30	11/29	717	92.8	13.3	11.8
綾瀬	後単体区	11/2	12/4	545	92.9	12.7	11.1
相模原	後単体区	10/30	11/26	578	93.3	12.9	11.6
伊勢原	後混合区	10/26	11/26	573	91.8	12.7	11.4
綾瀬	後混合区	10/30	11/26	617	93.7	13.0	11.8
相模原	後混合区	10/26	11/26	569	93.2	12.6	11.2

z: 「後混合区」は本文中で「混合区」と表した

y: 5g 以上の商品果と奇形果

表 11 相模原浄水場ケーキに対する園芸培土の混合率がイチゴ‘さちのか’の苗の生育に及ぼす影響^{xy}

園芸培土 混合率(%)	葉数 (枚)	葉柄長 (cm)	葉身長 (cm)	クラウン径 (mm)	葉色 (SPAD 値)	地上部重 (g)	根重 (g)	備考
0	6.0 c ^x	5.3 b	5.1 c	8.8 c	38.9 b	5.6 b	6.6 c	葉脈間が褐変症状
6.3	7.2 b	5.8 b	6.2 b	9.5 c	42.2 ab	8.4 b	9.6 b	葉脈間が褐変症状
12.5	7.9 ab	7.6 a	7.7 a	10.6 b	43.1 ab	12.9 a	14.4 a	葉脈間に黒色斑点症状
25	8.4 a	7.9 a	8.3 a	11.5 a	43.5 a	15.4 a	14.7 a	なし

z: 相模原浄水場ケーキは雨ざらし処理後のものを使用, 市販園芸培土は与作 V1 号, 調査日は 2008 年 9 月 30 日

y: 生育期間: 2008/8/5 ~ 9/30, 56 日間育苗

x: 異なるアルファベットは Tukey の多重検定により 5%水準で有意差あり

考 察

本研究では加圧脱水ケーキを用いて, 理化学的特性及びイチゴの育苗培土としての利用の可能性について検討した。

加圧脱水ケーキの理化学的特性は, 湿式造粒脱水ケーキと比較して違いがみられた(表 1)。まず, 交換性塩基類の中でナトリウム含量が湿式造粒脱水ケーキは高く, 加圧脱水ケーキは低いことがあげられる。湿式造粒脱水ケーキは水道水を精製する過程でポリマーと水ガラスを添加し, 凝集させることで懸濁物質を取り除く。一方, 加圧脱水ケーキは凝集剤を添加することなしに加圧, 脱水する。湿式造粒脱水ケーキに添加する水ガラスの主成分はケイ酸ナトリウムである。この水ガラスの添加の有無がナトリウム含量の違いに起因していると考えられ, この結果は鎌田ら(1982)の結果とも一致する。

浄水場ケーキのマンガン含量が高いのは, 戸田・山口(1983)や後藤ら(1986)により, 河川の原水中に含まれるマンガンが沈殿槽内に蓄積したためであることが報告されている。綾瀬浄水場ケーキが他の 2 つのケーキと比べて交換性マンガン含量が高いのは, 綾瀬浄水場は相模川水系, 伊勢原浄水場と相模原浄水場は酒匂川水系にあり, 水系の違いによる可能性が考えられる。また, 浄水場ケーキは脱水処理前に濃縮されるため, ここでの滞留期間が長いと交換性マンガン含量が高くなる。一方, 湿式造粒脱水ケーキと加圧脱水ケーキには雨ざらし処理前後の交換性マンガン含量にも違いがみられた。一般的に土壌中のマンガンは好気条件下でマンガン酸化物として存在する。牧野(2001)

は, 土壌乾燥によりマンガン酸化物が減少し, 交換性マンガンが増加すること, これらの現象は微生物遺体由来の糖によるマンガン酸化物の溶解反応に起因することを明らかにしている。また, 東ら(1974)は, 土壌を加熱することでマンガンの溶出量が増加し, 加熱温度が 200 の場合にマンガンの溶出量が最大となることを報告している。以上から, 浄水場ケーキは野外に放置される雨ざらし処理により, 乾燥状態と湿潤状態を繰り返すことで, マンガンが溶出しやすい状態となり, 降雨によってマンガンは溶出する。また, 湿式造粒脱水ケーキは脱水後, 乾燥させる過程で 200 まで加熱するが, 加圧脱水ケーキは製造過程で 100 までしか加熱しない。この製造過程における加熱温度の違いがマンガンの溶出しやすさに影響を及ぼし, 本研究における交換性マンガン含量の差異となったと推測される。

イチゴの育苗培土として浄水場ケーキを用いた場合の苗の生育について調査した結果, 園芸培土を 25% (v/v) 混合することで加圧脱水ケーキの混合区は湿式造粒脱水ケーキの混合区と同等の生育を示したが, 雨ざらし処理前及び処理後の加圧脱水ケーキを単体で用いた場合は, 混合区に比べ, 生育がやや劣った。この傾向は本実験で供試した 3 品種すべてで認められ, 品種では‘さちのか’が最も生育差が大きく, 次いで‘とちおとめ’, ‘章姫’となった(表 2~4)。

一般には窒素成分が多いと生育が旺盛になるといわれているが, 窒素成分を同等にした雨ざらし処理後単体区と混合区で比較した場合, 混合区の方が生育が良いことから, 窒素成分以外が生育差の要因として考えられる。戸田ら(1980)によると, 浄水場ケーキはリ

ン酸吸収係数が高く、有効リン酸含量が少ないので、リン酸の施肥量を増加させる必要があること、また、庄下ら (1988) は浄水場ケーキを用いたイチゴのポット育苗において、リン酸の施与量が多いほど生育がよくなることを報告している。本試験で混合資材として用いた園芸培土は与作 V1 号であるが、この培土の肥料成分は $N:P_2O_5:K_2O=500:4400:400\text{mg/L}$ とリン酸が多く配合されている。このように、リン酸含量が多いことが、単体区と比べて混合区で生育が助長された原因であると考えられる。

‘さちのか’では、雨ざらし処理前及び処理後の加圧脱水ケーキを単体で用いた場合、葉脈が赤紫色を呈し、葉脈間が褐変する生理障害が認められた (表 3)。また、加圧脱水ケーキに対する園芸培土の混合率を変化させて調査したところ、同様の症状が認められた (表 11)。このように、‘さちのか’で特異的にみられた症状はマンガン過剰症によるものと推測される。混合率試験の 12.5% (v/v) の混合区でみられた黒色斑点症状は、典型的なマンガン過剰症であり、単体区でみられた葉脈間の褐変症状は過度の過剰障害と思われる。表 1 で示したとおり、湿式造粒脱水ケーキと加圧脱水ケーキの間にはマンガンの溶出程度に差があり、これにより雨ざらし処理後の加圧脱水ケーキ中にマンガンの多量に残留したため、単体区でマンガン過剰症が強度に発症し、湿式造粒脱水ケーキでは発症しなかったと考えられる。一方、混合区でマンガン過剰症が発症しなかった原因としては、園芸培土中に存在する多量のリン酸によるマンガンの不溶性化合物形成や園芸培土による希釈効果などが推測される。

本圃定植後の開花状況について調査した結果、湿式造粒脱水ケーキと比較して、加圧脱水ケーキで開花は遅延しなかった (図 2, 表 8 ~ 10)。庄下ら (1988) は、浄水場ケーキを用いたイチゴのポット育苗において、窒素施肥量と灌水量の組み合わせ試験では花芽分化程度や本圃での出蕾・開花に遅延がみられたが、有機資材の配合試験では出蕾・開花遅延がみられなかったことを報告している。イチゴは窒素成分の過多により、花芽分化が抑制されることが知られている。浄水場ケーキは凝集剤であるポリマーのイミド化による NH_3-N の放出、動植物の遺体もしくは菌体により、有機態窒素が無機化されることで (鎌田ら 1982)、植物に利用される無機態窒素の含量が高く、イチゴの花芽分化及

び開花遅延を引き起こす可能性がある。しかし、雨ざらし処理及び育苗期間の灌水により無機態窒素が十分に溶出するので (庄下ら 1988)、イチゴの開花遅延がみられなかったと考えられた。

本圃での生育については育苗時の苗の生育が大きな影響を及ぼした (表 5 ~ 7)。育苗中の苗は育苗培土だけから養分を吸収するのに対し、定植後は根が伸長し、本圃土壌から養分を吸収するため、相対的にリン酸の吸収量が増加し、マンガンの吸収量が減少する。このため、生育に好適な条件となり、定植後の生育は単体区でも混合区でも大差がなくなったと考えられた。しかし、‘さちのか’の加圧脱水ケーキの単体区では育苗時の根重が劣ることから (表 11)、本圃定植後に養分の吸収が他の区より劣り、結果として本圃での生育が劣ったと考えられた。

収量については、加圧脱水ケーキを単体で育苗に使用した場合に、やや少なかったが、園芸培土を混合することで、湿式造粒脱水ケーキの混合区と同等となった (図 3)。これは、育苗期や本圃における生育と対応しており、収量は育苗期の苗や定植後の株の状態に影響されると考えられた。また、園芸培土を 25% (v/v) 混合することで、加圧脱水ケーキでも障害が認められなくなることが示された。

以上の結果から、加圧脱水ケーキをイチゴの育苗培土として用いる場合は、過剰な無機態窒素や交換性マンガンの溶出を促すために、1 年程度の雨ざらし処理を必要とすること、加圧脱水ケーキを単体で使用すると苗の生育及び収量が劣ることから、雨ざらし処理の有無に関わらず、園芸培土を容積で 12.5% (v/v) より多く混合する必要があることが示唆された。また、品種の特徴として、‘さちのか’が加圧脱水ケーキに含まれるマンガンに対する感受性が高く、マンガン過剰症が発症しやすい品種であることが推察された。

今後の課題としては、本試験では混合資材として市販園芸培土の与作 V1 号しか検討していないので、他の混合資材及びリン酸施肥量についてさらなる検討が必要であると考えられた。

謝 辞

本報告を作成するにあたり東北大学大学院農学研究科園芸学分野西山学助教には御校閲の労をとっていただいた。また、本研究の遂行にあたり、JA 全農神奈

川県本部島村寿枝氏には各浄水場ケーキの手配をしていただいた。神奈川県農業技術センター野菜作物研究部小池勉技能技師，和田秀克技能技師，伊藤本子農芸技能員，宮川春花農芸技能員，小清水規農芸技能員と皆様には供試作物の栽培管理及び調査にご助力いただいた。ここに記して感謝の意を表する。

引用文献

- 東俊雄・野地五十二郎・彦田隆幸. 1974. マンガン，コバルト，銅および亜鉛の溶解性におよぼす土壌加熱の影響. 土肥誌. 45 : 352-358.
- 後藤逸男・諸岡千秋・蜷木翠. 1981. 浄水スラッジの農業利用に関する研究 (第 1 報). 東京農業大学農学集報. 25 : 229-247.
- 後藤逸男・村本謙治・蜷木翠. 1986. 浄水場発生土の農業利用に関する研究 (第 5 報). 発生土中のマンガンの挙動. 東京農業大学農学集報. 30 : 308-317.
- 鎌田春海・山田裕ら. 1982. 浄水汚泥の農業利用に関する研究開発. 神奈川農総研報. 123 : 1-80.
- 牧野知之. 2001. 土壌中におけるマンガンの酸化還元機能と動態. 農環研報. 20 : 107-161.
- 佐藤紀男・高橋基. 1985. 促成イチゴのポット育苗に関する試験. 神奈川園試研報. 32 : 12-20.
- 塩川光洲・及川慶一. 1982. 仙台市浄水道浄水汚泥 (遠心凍結脱水処理) の農業利用に関する研究. 第 2 報 浄水汚泥における各種作物の栽培試験成績について. 宮城農セ研報. 49 : 59-67.
- 庄下正昭・西岡忠史・藪田信次・児玉幸弘. 1988. 浄水ケーキの農業利用に関する研究. 第 2 報 野菜育苗培土への利用. 三重農技セ研報. 16 : 21-31.
- 戸田鉦一・中野直・生杉佳弘・東上剛. 1977. 浄水汚泥の農業利用について. PPM. 12 : 16-27.
- 戸田鉦一・戸波多美子・大森瑩一・安田典夫・広瀬和久・石川裕一・米野泰滋. 1980. 浄水汚泥の農業利用に関する研究 (予報). 物理・化学性について. 三重農技セ研報. 8 : 73-80.
- 戸田鉦一・山口省吾. 1983. 浄水汚泥の培土としての利用. 浄水処理ケーキ 特性と農業利用の問題点. p : 81-118. 博友社. 東京.
- 山田裕・鎌田春海. 1983. 石灰処理浄水汚泥の農業利用. 神奈川農総研報. 124 : 57-82.