

汚泥採取場所・時期ならびに炭化処理温度が炭化汚泥の諸特性と陸稲の肥料反応に及ぼす影響

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者	丹羽, 智彦 堀内, 孝次 大場, 伸哉 ほか1名,
巻/号	70巻1号
掲載ページ	p. 105-110
発行年月	2001年3月

収量予測・情報処理・環境

汚泥採取場所・時期ならびに炭化処理温度が炭化汚泥の
諸特性と陸稲の肥料反応に及ぼす影響

丹羽智彦¹⁾・堀内孝次^{*1)}・大場伸哉¹⁾・山本君二²⁾

(¹⁾岐阜大学・²⁾株式会社 TYK)

要旨:炭化汚泥は脱水汚泥に比べて、減量化、無臭化の特徴を有しているが、土壌改良資材あるいは肥料素材としての施用効果については研究例が殆どない。本研究では、下水道脱水汚泥を岐阜市と高鷲村から1998年3月と8月に採取した。炭化汚泥は、脱水汚泥を300~700°Cで炭化処理して作製し、各汚泥の物理・化学特性を測定した。その結果、炭化汚泥の全窒素濃度、EC、C/N比などは、汚泥採取場所、時期、炭化処理温度によって異なった。例えば、全窒素濃度は3~7%までの幅があった。さらに、炭化汚泥に関しては岐阜炭化汚泥に比べて、高鷲炭化汚泥の硬度は2倍、密度は1.5倍であった。この結果、岐阜炭化汚泥は、高鷲炭化汚泥よりも多孔質であることが推測された。また、炭化汚泥の肥料効果を検討するために、1/5000 a ワグネルポットに、岐阜炭化汚泥と高鷲炭化汚泥を施用して陸稲を育てた。施用量は、両汚泥とも全窒素量が3g/ポット、6g/ポットとなるよう調節した。その結果、出芽後30日目の地上部乾物重とSPAD値は、炭化汚泥を多施用した区の方が高い値となった。また、高鷲炭化汚泥を施用した区よりも、岐阜炭化汚泥を施用した区の方が、地上部乾物重とSPAD値は高くなった。このように、全窒素量が同量となるように施用したにもかかわらず陸稲の生育が異なったことは、炭化汚泥の空隙率の違いが原因していると考えられた。炭化汚泥は、成分量や密度、硬度に差があり、これらの要因が土壌施用時に肥効に影響することを明らかにした。

キーワード:下水汚泥、全窒素量、脱水汚泥、炭化汚泥、肥料効果、陸稲。

近年、下水道の整備に伴い産業廃棄物として処理される下水汚泥の量は年々増加傾向にあり、その大部分は埋立処理されている。しかし、汚泥発生量の増加に伴い、最終埋め立て処分地の確保は困難になってきている(盛岡・筒井1998)ため、下水汚泥を再資源化し、廃棄物量を減少させることが汚泥処分法の一つとして期待されている。1996年度のわが国における下水汚泥の発生量は、171万Ds-t/year(乾燥汚泥重量)で、その61%が最終的に埋立処分され、33%が再資源として有効利用されている(盛岡・筒井1998)。有効利用の形態は、農緑地利用、建設資材利用、熱エネルギー利用などである。

下水汚泥には、有機物とともに窒素、リン等の肥効成分が豊富に含まれている(鈴木ら1988, 秋場ら1996)。以前は下水汚泥中に含まれる重金属のため、農緑地への利用が敬遠されていた。しかし近年は、水質に対する公害規制のもと下水汚泥の安全性が確保されてきている。このため、重金属含量などが規制基準値以下で安全性の高い下水汚泥が脱水処理後、コンポスト化、または乾燥処理され、有機質肥料として農緑地に利用されるようになった(堀内ら1998, Mohamedら1999, Wongら1998)。下水汚泥由来の有機質肥料を農地へ投入することは、人間と自然環境との間で窒素やリン等の物質循環を達成する上で重要である。

最近、下水汚泥が発生するメタンガスを利用し、下水汚泥を加熱し、無臭・減量化した炭化汚泥が効率的に生産さ

れるようになってきた。炭化汚泥は粒状であり、運搬や保管がしやすいという特徴を持っている。このため、炭化汚泥の建設資材、融雪剤、脱臭剤などへの利用が検討されているが、炭化汚泥の農緑地への利用も期待されており、炭化汚泥が多孔質で透水性・通気性に優れることから、農緑地土壌の改良効果が期待されている(照沼1998)。

しかし、炭化汚泥の有機質肥料としての施用効果を調べた研究は少ない(照沼1998, 三羽1999)。一般に、下水汚泥は、背景となる住環境(人口, 生活様式, 季節変動)の違いや、下水処理方式によって化学的特性が異なる(広瀬ら1986, 鈴木ら1988)ため、炭化汚泥についても、下水汚泥の特性によって影響される可能性がある。このため、炭化汚泥の品質の差異を、その原料となる下水汚泥の排出地域間で明らかにする必要がある。本研究では、岐阜市と岐阜県郡上郡高鷲村で排出された2種の下水汚泥をもとに生産された炭化汚泥を比較し、下水処理方式による違いと季節変動を調査した。また、炭化汚泥の肥料効果を評価するため、炭化汚泥の化学的・物理的特性が植物の生長にどのような影響を及ぼすかを調べた。

材料と方法

1. 供試汚泥

高鷲村の「ひるがの浄化センター」(回分式活性汚泥法)から、脱水汚泥を1998年3月と8月に採取した。3月に採取された汚泥には2種類あり、その1つは高鷲村の集落

排水に由来するもので、他方はスキー場などの観光地から産出された濃縮汚泥を含んだ集落排水由来のものである。また、8月採取のものは集落排水のみである。以後これらを、それぞれ3月高鷲脱水汚泥、8月高鷲脱水汚泥、3月高鷲(観)脱水汚泥と称する。岐阜市の脱水汚泥は、「岐阜市南部プラント」(ステップ式エアレーション法)から3月と8月に採取した。以後、これらを3月岐阜脱水汚泥と8月岐阜脱水汚泥と称する。なお、岐阜市、高鷲村ともに下水汚泥には、すべて沈降剤として高分子凝集剤が使用されている。

採取した脱水汚泥を適量、黒鉛のつぼに入れ、これを株式会社TYK研究所のつぼ式乾留実験炉で炭化処理した。炭化処理温度は、300°C、400°C、500°C、600°C、700°Cとし、300°Cでは3月高鷲汚泥と3月岐阜汚泥を、300~700°Cでは8月高鷲汚泥と8月岐阜汚泥、400~700°Cでは3月高鷲(観)汚泥をそれぞれ炭化処理した。

2. 汚泥の成分分析

高鷲村および岐阜市の脱水汚泥と各温度で処理された炭化汚泥を、70°Cで3日間乾燥させ粉碎した後、0.5 mmの篩でふるい、含有化学成分を調べた。

分析項目として全窒素濃度、有効態リン酸含量、交換性カリウム含量、硝酸態窒素含量、C/N比、pH、ECを測定した。全窒素濃度は、ケルダール法(ガニング氏変法)により、セミ・マイクロ蒸留装置を用いて測定した。有効態リン酸含量は、Brey NO. 2 準法により分光光度計を用いて波長710 nmで測定した。交換性カリウム含量は、原子吸光光度計を用いて測定した。硝酸態窒素含量は、分光光度計を用いて波長520 nmで測定した。C/N比は、NCアナライザーによる乾式燃焼法により測定した。pH及びECはそれぞれpHメーター、電気伝導度計を用いて測定した。

3. 炭化汚泥の硬度及び密度の比較

3月高鷲300°C炭化汚泥と3月岐阜300°C炭化汚泥を、直径2~3 cmの小粒に粉碎したものをを用いた。汚泥の硬度は、木屋式硬度計を用い、各20反復で測定した。また密度は、予め重さを量った一定量の汚泥を網目の細かいナイロン製の袋に詰め、水一定量入れたメスシリンダーに沈めて体積を6反復で測定し、その後、汚泥の重量と体積から密度を算出した。

4. 炭化汚泥の施用量と陸稲の生育の関係

施用炭化汚泥の肥料効果を見るため、1/5000 a ワグネルポットを用い、これに砂壤土と砂を4:1の割合で混合したものに炭化汚泥を加えて陸稲を栽培した。炭化汚泥は、3月高鷲300°C炭化汚泥と3月岐阜300°C炭化汚泥を、それぞれ直径2~3 cmの小粒に粉碎して施用した。炭化汚泥の施用量は、全窒素3 g相当量(高鷲炭化汚泥

43.5 g、岐阜炭化汚泥60 g)、全窒素6 g相当量(高鷲炭化汚泥87 g、岐阜炭化汚泥120 g)とし、それぞれ3反復で栽培を行った。以後これらを、高鷲3 N区、高鷲6 N区、岐阜3 N区、岐阜6 N区と略す。

陸稲(品種:ユメノハタモチ)をポットに5粒ずつ播種し、30°Cに設定したバイオロン内で栽培した。出芽後30日目に、地上部乾物重と、最上位展開葉の葉身中央部のSPAD値を測定した。なお、SPAD値の測定にはミノルタ葉緑素計SPAD-501を用いた。

結 果

1. 汚泥の成分分析

本研究に供試した、採取場所、採取月、処理方法の異なる脱水汚泥と炭化汚泥の化学特性を第1表に示した。

採取地ごとの脱水汚泥と、それに由来する300°C炭化汚泥との間で、各種成分を比較してみると、その採取地とは無関係に両種の汚泥の間にはほぼ一定の関係が認められた(第1表)。その一例として、第1図に8月に高鷲村で得られた脱水汚泥と、その300°C炭化汚泥との化学特性比較の結果を示す。単位重量あたりの全窒素濃度と炭素濃度は、採取場所に関係なく、炭化汚泥の方が高かった。しかし、交換性カリウム含量、硝酸態窒素含量およびECについては、低かった。pHとC/N比については、脱水汚泥と炭化汚泥の間で顕著な差は認められなかった。

次に、下水処理方式の異なる高鷲村と岐阜市との間で、各種汚泥の化学特性を比べた。3月の300°C炭化汚泥では、岐阜汚泥のECと交換性カリウム含量が、高鷲汚泥のそれぞれ2.88倍と13.7倍に対し、硝酸態窒素含量は0.20倍と少なかった。他の化学特性は両採取地間で比較的類似していた(第2図)。8月の300°C炭化汚泥についても、3月の場合と同様に岐阜汚泥のEC、交換性カリウム含量が、高鷲汚泥のそれぞれ3.67倍、2.27倍あり、採取地間に大きな差があったが、他の化学特性については同程度であった(第1表)。3月の脱水汚泥では、岐阜汚泥のC/N比が高鷲汚泥の1.7倍あり、また硝酸態窒素含量は0.54倍、全窒素濃度は0.59倍であったが、他の化学特性は比較的よく類似していた。8月の脱水汚泥については、岐阜汚泥のECとC/N比が、高鷲汚泥のそれぞれ2.13倍と1.57倍あり、一方、硝酸態窒素含量は0.39倍であった。

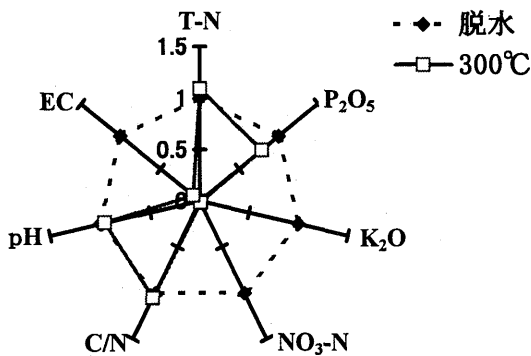
3月と8月の採取汚泥を比較すると、脱水汚泥では、岐阜市、高鷲村ともECと硝酸態窒素含量の変動が大きかった(第1表)。炭化汚泥については、両採取地とも3月より8月で有効態リン酸含量、交換性カリウム含量と硝酸態窒素含量が低かった。このように、採取時期の違いによって、脱水汚泥と炭化汚泥の化学特性が異なった。

炭化処理温度による各成分の変動をみると、全窒素濃度、有効態リン酸含量、交換性カリウム含量、C/N比に特徴的な傾向があることがわかった。すなわち、8月の高

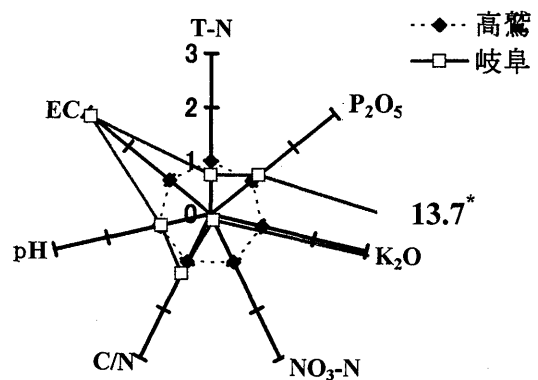
第1表 脱水汚泥および炭化汚泥の各種成分.

採取地*1	処理*2	T-N(%)	T-C(%)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	K ₂ O(mg/kg)	NO ₃ -N(mg/kg)	C/N	pH	EC(ms/cm)	
3月	高鷺	脱水	6.80	37.13	698.1	38.06	3.84	5.46	5.36	2.30
		300°C	6.88	39.84	1026.9	2.41	0.05	5.79	6.31	0.17
	岐阜	脱水	4.00	37.20	1165.0	23.62	2.08	9.30	6.25	1.69
		300°C	5.04	36.39	1210.5	33.05	0.07	7.22	6.00	0.49
	高鷺(観)	脱水	6.48	35.64	1074.9	36.49	1.41	5.50	6.12	1.53
		400°C	4.55	34.58	864.8	0.16	0.05	7.60	6.77	0.05
		500°C	4.47	29.73	1084.9	15.92	0.07	6.65	6.65	0.13
600°C		3.86	30.30	1071.6	10.23	0.17	7.85	6.59	0.15	
	700°C	3.18	29.80	1105.5	7.50	0.15	9.37	6.66	0.17	
8月	高鷺	脱水	6.13	35.06	930.9	24.68	0.96	5.72	6.54	1.36
		300°C	6.68	40.21	711.2	0.30	0.02	6.02	6.24	0.12
		400°C	5.50	36.74	672.4	0.33	0.04	6.68	6.29	0.05
		500°C	4.77	31.24	992.9	7.08	0.03	6.55	6.46	0.13
		600°C	4.52	33.36	854.1	3.33	0.03	7.38	6.70	0.15
		700°C	4.07	36.87	835.3	2.06	0.02	9.06	6.94	0.17
		岐阜	脱水	4.34	38.97	841.0	29.24	0.38	8.98	5.42
	300°C		4.76	40.22	507.3	0.68	0.00	8.45	5.88	0.44
	400°C		4.27	34.07	928.4	9.50	0.00	7.98	5.95	0.82
	500°C		4.05	32.36	1024.7	13.59	0.00	7.99	6.22	0.76
	600°C		3.57	32.74	1103.6	6.43	0.00	9.17	6.96	0.20
	700°C		2.79	35.43	1058.3	4.50	0.00	12.70	6.95	0.18
	L.S.D(5%)		0.16	1.57	68.7	0.42	0.01	0.20	0.11	0.08

- *1: 高鷺-岐阜県高鷺村の「ひるがの浄化センター」(回分式活性汚泥法) から採取したもので、高鷺村の集落排水由来のもの。
 : 岐阜-岐阜県岐阜市の「岐阜市南部プラント」(ステップ式エアレーション法) から採取したもの。
 : 高鷺(観)-岐阜県高鷺村の「ひるがの浄化センター」(回分式活性汚泥法) から採取したもので、高鷺村の集落排水にスキー場などの観光地から産出された濃縮汚泥を含んだもの。
- *2: 温度は炭化処理温度を示す。



第1図 8月高鷺脱水汚泥の各成分含有量に及ぼす炭化処理(300°C)の影響。
 脱水汚泥の分析値を1とした相対値。

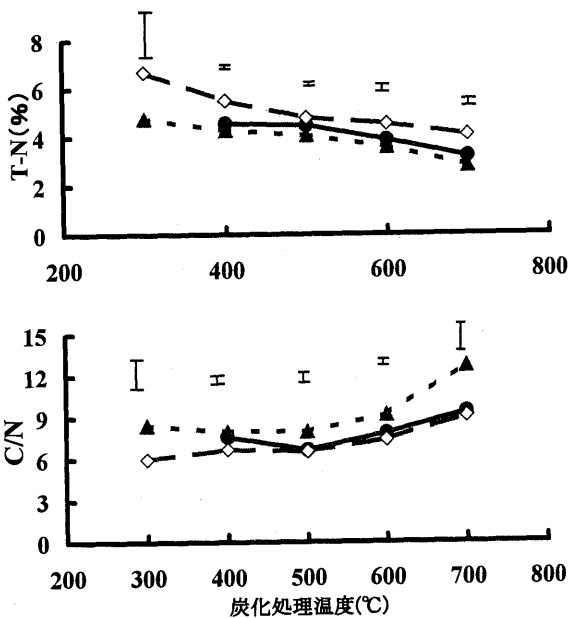


第2図 3月300°C炭化汚泥の採取場所による各成分含有量の比較。
 高鷺村汚泥の分析値を1とした相対値。*岐阜市K20=13.7。

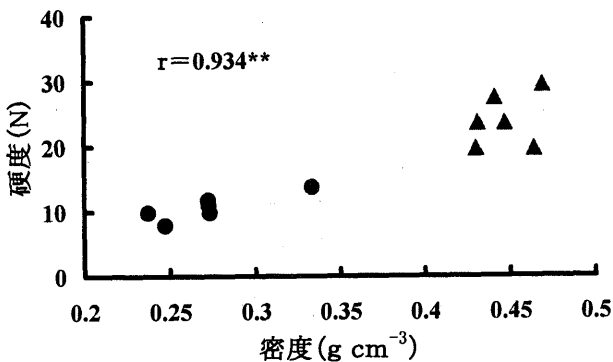
鷺脱水汚泥の全窒素濃度は6.13%であったが、300°Cで炭化処理すると6.68%と一旦上昇し、さらに炭化処理温度を上げると徐々に減少した(第3図)。700°Cでの炭化処理では全窒素濃度は4.07%であり、これは300°C炭化処理より2.6%も少ない値であった(第3図)。有効態リン酸含量と交換性カリウム含量は、300~400°Cで炭化処理すると汚泥中の成分量が一旦減少し、その後500°Cで上昇した(第1表)。さらに炭化処理温度を上げると、有効態リン酸含量では大きな変化はなかったが、交換性カリウム含量では再び減少し、700°C炭化汚泥では脱水汚泥の20%以下に減少した。C/N比は、炭化処理温度の上昇に伴っ

て徐々に高くなり、特に600~700°Cで顕著であった(第3図)。全炭素濃度については、約30~40%の間で温度の上昇と共に変動が見られたが、一定の傾向はなかった(第1表)。

全窒素濃度とC/N比との間には有意な負の相関関係があった(第4図)が、全炭素濃度とC/N比との間に相関はなかった。このことは、炭化処理温度の上昇に伴うC/N比の増加は、主に燃焼による汚泥中の全窒素の減少によるものであることを示す。



第3図 全窒素濃度およびC/N比に及ぼす炭化処理温度の影響
縦棒はL.S.D. (5%)を示す。



第5図 3月300°C炭化汚泥における硬度と密度との相関関係。

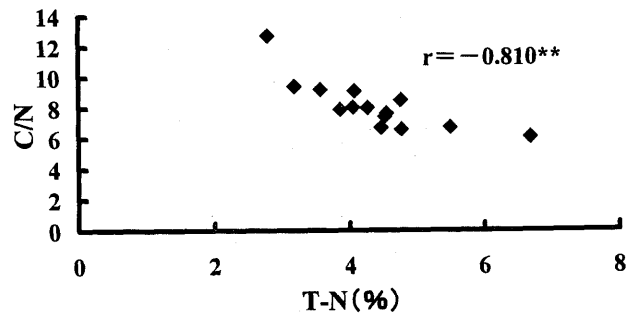
●: 岐阜炭化汚泥, ▲: 高鷲炭化汚泥を示す。
**は1%の危険率で相関があることを示す。

2. 炭化汚泥の硬度及び密度の比較

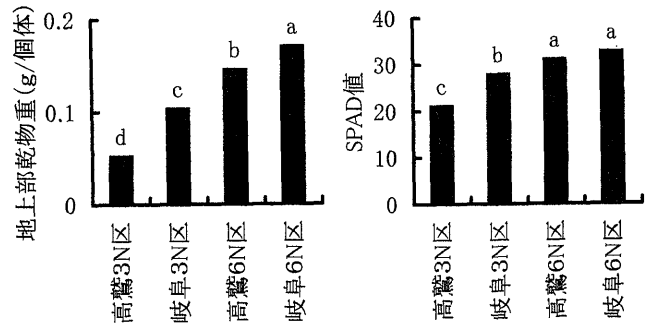
300°C炭化汚泥の硬度を測定したところ、岐阜汚泥は平均10.9 Nであったが、高鷲汚泥は平均23.1 Nで前者に比べ約2倍硬かった。密度については、高鷲汚泥が平均0.447 g cm⁻³で、岐阜汚泥の0.281 g cm⁻³に比べて約1.5倍高く、密な構造であった。岐阜汚泥の密度が高鷲汚泥に比べ低かったということは、岐阜汚泥の空隙率が多く、より多孔質であったことを示す。硬度と密度の間には正の相関関係がみられ、密度の高い汚泥が硬いことがわかった(第5図)。

3. 炭化汚泥の施用量と陸稲の生育の関係

炭化汚泥の陸稲への施用効果を見ると、高鷲3N区と岐阜3N区の両3N区の平均地上部乾物重が0.073 gに対して、高鷲6N区と岐阜6N区の両6N区は平均



第4図 炭化汚泥における全窒素濃度とC/N比との相関関係。
**は1%の危険率で相関があることを示す。



第6図 炭化汚泥の施用量による陸稲の生育調査値の比較。
同一アルファベット間にはLSD法により5%水準で有意差がないことを示す。

0.157 gと有意に高かった(第6図)。特に高鷲村の処理区でその差が顕著であり、6N区は3N区の約3倍の重量であった。

全窒素量が同量となるように調整して汚泥を施用した処理区間でみると、岐阜市のものの方が高鷲村のものよりも高い値を示した。高鷲3N区に比べ岐阜3N区は約2倍高く、また高鷲6N区に比べ岐阜6N区は約1.25倍高かった。このように、全窒素量が同量となるよう施用したにもかかわらず、汚泥の産出地間で生育に差が見られたことは興味深い。

SPAD値については、高鷲3N区が最小値を示し、次に岐阜3N区<高鷲3N区<岐阜6N区の順になった。ただし、高鷲6N区と岐阜市6N区のSPAD値間には、有意差はなかった(第6図)。

以上のことから、岐阜6N区の陸稲が他の処理区と比較して葉色が濃く、地上部乾物重も大きく、最も旺盛な生育を示していたことがわかった。

考 察

脱水汚泥と炭化汚泥の肥効成分を比較したところ、脱水汚泥、炭化汚泥(300°C)とも全窒素、有効態リン酸、交換性カリウムの肥料成分に著しい差がなく(第1表)、また特に同一産地の脱水汚泥と炭化汚泥の比較では類似性がさらに高かった。しかし、脱水汚泥の成分特性は、汚泥の採取地(下水処理方式)、採取時期によって異なったため、

第2表 各種成分の比較.

	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O
脱水汚泥	4~6.8%	700~1150ppm	23~38ppm
炭化汚泥	3~7%	500~1200ppm	0.3~30ppm
堆厩肥 ¹⁾	1.0~2.3%	0.3~0.9%	1.4~3.9%
化学肥料 ²⁾	6~20%	7~26%	7~20%

1) 土壤・植物栄養・環境辞典, 博友社.

2) 全国高等学校農場協会.

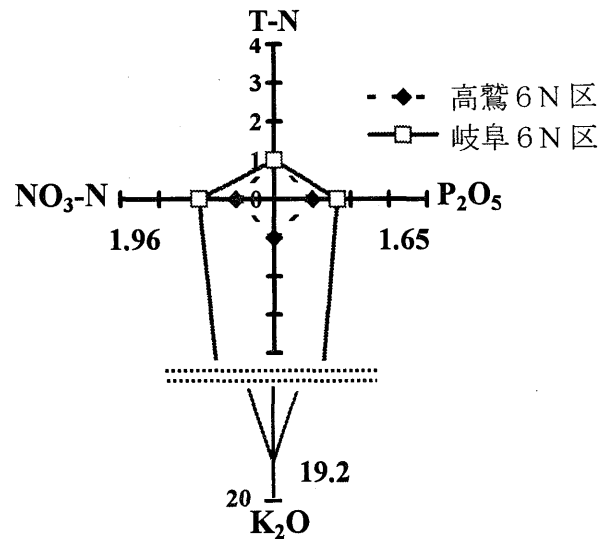
成分特性の異なる下水汚泥から作出された炭化汚泥の成分特性も, 採取地間や採取時期で異なることが分かった.

炭化処理温度による成分の変動をみると, 炭化処理温度が300°Cから700°Cに上がるにしたがって, 全窒素濃度が低下した. これは, 高温での炭化処理により窒素を含む有機化合物などが焼失したためと考えられる. C/N比は, 炭化処理温度300°Cで約6であり, 処理温度の上昇によって700°Cで約13であった. 炭化汚泥のC/N比の上昇は, 主に高温での全窒素濃度の低下によるものである. 一般に, 肥料ならびに下水汚泥コンポストとしてのC/N比は, 20以下が適当とされている(秋場ら1996)ことから, 炭化汚泥のC/N比は肥料としては適当な範囲にある.

炭化汚泥の肥料としての可能性を検討するため, 堆厩肥ならびに化学肥料の肥料成分との比較を行った(第2表). 市販の一般的な化学肥料(全国高等学校農場協会1979)と, 堆厩肥(松坂ら1998)に比べて炭化汚泥は, 堆厩肥より1.5倍以上の全窒素量を含んでおり, 化学肥料よりはやや少ない. また, 有効態リン酸は, 堆厩肥よりやや低く, 交換性カリウムは, ほとんど含まれていなかった. 照沼(1998)は, 炭化汚泥には空隙が多く, 土壤改良資材として利用可能であることを報告している. 今回用いた炭化汚泥は, 窒素濃度が堆厩肥よりも高く, 窒素供給源と, 炭化汚泥内の空隙率が大きいなど土壤改良資材としての二面性があり, 化学肥料と堆厩肥との中間的な特徴をもっている.

炭化汚泥量を増施し, 陸稲の生長の変化を調べたところ, 多施用(6gN/ポット)で高い生育量を示した(第6図). しかし, 同一施用量であっても, 岐阜炭化汚泥の方が高鷲炭化汚泥の場合よりも地上部乾物重, SPAD値ともに高くなった. このように, 全窒素量を同量施用したにもかかわらず, 生育が異なったのは, 炭化汚泥に含まれる有効態窒素量やそれ以外の成分量などの要因が関係していると考えられる.

このことに関しては, 以下の3点が考えられる. 1つは, 土壤中に占める炭化汚泥量の違いである. 岐阜300°C炭化汚泥は, 高鷲300°C炭化汚泥に比べ全窒素含量は少ない. このため, 全窒素が同量となるように施用した時, 6N区での炭化汚泥の施用量は, 高鷲区で87g, 岐阜区で120gとなり, 高鷲区に比べて岐阜区の施用量は約1.4倍



第7図 高鷲6N区と岐阜市6N区の投入成分量の比較. 高鷲6N区の投入成分量を1とした相対値.

多かった. 三羽(1999)と照沼(1998)は, 炭化汚泥が土壤の透水性を高め, 気相率を大きくし, 土壤の通気性, 保水性, 保肥性などの物理性を改善する優秀な材料であることを指摘している. このことから, 多くの炭化汚泥を施用した岐阜区では, 土壤中に占める気相や液相の割合がより増加し, 陸稲の生育が促進したと考えられる.

また, 岐阜区の施用量が高鷲区に比べ約1.4倍多かったため, 岐阜区では窒素以外の成分がより多く施用された可能性がある. 岐阜炭化汚泥と高鷲炭化汚泥の有効態リン酸含量は, それぞれ1210.5 mg kg⁻¹と1026.9 mg kg⁻¹で, 1.18倍多かった. また交換性カリウム含量は, 33.05 mg kg⁻¹と2.41 mg kg⁻¹で, 13.7倍であった. ポットへの炭化汚泥投入量は, 岐阜区が高鷲区より1.4倍多かったため, 実際ポットへ投入された有効態リン酸は岐阜区で高鷲区より1.65倍多く, また交換性カリウムは19.2倍であった(第7図). このため, 岐阜区は全窒素投入量が高鷲区と同じであっても, 有効態リン酸および交換性カリウムの投入量が多く, そのことが陸稲の生育を大きくさせた可能性がある.

さらに, 炭化汚泥から肥料成分を放出する速度の違いがある. 炭化汚泥には, 硝酸態窒素はほとんど含まれておらず(第1表), また他の無機態窒素については測定していないが, ECが低いため, 炭化汚泥中の含有量は低いと推察される(藤原ら1998). このため, 植物が炭化汚泥から硝酸態窒素などの肥料成分を吸収するには, 肥料成分が微生物などにより炭化汚泥から放出される必要があると考えられる. 炭化汚泥の硬度と密度に関する実験から, 岐阜300°C炭化汚泥の方が高鷲炭化汚泥より空隙率が多く, 多孔質で柔らかかった. このことは, 岐阜炭化汚泥の方が微生物にとって棲息しやすい環境であり, これらの微生物による有機成分の分解が容易であり, 陸稲の生育が促進され

たと推察される。このことは、岐阜区の植物体の方が高鷺区のものより葉の SPAD 値が高かったことと一致する。

以上より、下水汚泥の化学成分は排出される場所（下水処理方式）や時期により異なり、それに由来する炭化汚泥もその影響を大きく受けることが明らかになった。このため、炭化汚泥間にもその化学的分子量や物理的密度・硬度に差があり、このことが陸稲の生育に対する、炭化汚泥施用の肥効程度に大きく影響することを明らかにした。今後、土壌改良資材や緩効性肥料としての特徴を活かした炭化汚泥の農緑地や園芸用培土などへの活用が期待できる。

引用文献

- 秋場勝彦ら 1996. 下水汚泥の農地・緑地利用マニュアル. 下水汚泥資源利用協議会, 東京. 24-28, 83.
- 藤原俊六郎・安西徹朗・小川吉雄・加藤哲郎 1998. 土壌肥料用語事典. 農山漁村文化協会, 東京. 78-78
- 広瀬和久・石川裕一・米野泰滋・戸田鮎一・児玉幸弘 1986. 下水汚泥の農業利用に関する研究. (第1報) 下水汚泥の品質と施用実態について. 三重農技研報 14: 61-70.
- 堀内孝次・武田玲香 1998. 作物の生育に及ぼす地力維持素材としての下水処理汚泥の施用効果. 日作紀東海支部会報 125: 9-12.
- 松坂泰明・栗原淳・越野正義 1998. 土壌・植物栄養・環境辞典. 博友社, 東京 288-288.
- 三羽宏明 1999. 日本下水道事業団における下水汚泥資源化技術 20年のあゆみ. 再生と利用. 下水汚泥資源利用協議会誌. 82: 51-59.
- Mohamed H. Abd-Alla, F. Yan and S. Schubert 1999. Effect of sewage sludge application on nodulation, nitrogen fixation, and plant growth of faba bean, soybean, and lupin. *J. Appl. Bot.* 73: 69-75.
- 森岡泰裕・筒井誠二 1998. 下水汚泥有効利用の現状と課題について. 第11回下水汚泥の有効利用に関するセミナー講演概要集. 日本下水道協会, 東京. 1-3.
- 鈴木則夫・松浦英之・羽根田利吉・山下春吉・大石達明 1988. 下水汚泥の農業利用に関する研究. 静岡農試研報 33: 45-56.
- 照沼誠 1998. 炭化汚泥の有効利用. 再生と利用. 下水汚泥資源利用協議会誌 78: 50-56.
- Wong, J.W.C., K.M. Lai, M. Fang and K.K. Ma 1998. Effect of sewage sludge amendment on soil microbial activity and nutrient mineralization. *Environ. Int.* 24: 935-943.
- 全国高等学校農場協会 1979. 農業必携. 全国高等学校農場協会出版部, 東京. 151-152.

Chemical and Physical Properties of Carbonized Sewage Sludge Produced at Various Collection Sites, Seasons and Carbonizing Temperatures and Their Fertilizer Effect on Upland Rice Growth: Tomohiko NIWA¹⁾, Takatsugu HORIUCHI^{*1)}, Sinya OBA¹⁾ and Kunji YAMAMOTO²⁾ (¹⁾*Fac. of Agr., Gifu Univ., Gifu 501-1193, Japan*; ²⁾*Environment Creation Research & Development center, TYK Co.*)

Abstract: Carbonized sewage sludge has more advantages in terms of storage and transportation than dewatered sewage sludge, but no detailed studies have so far been conducted on the former. Dewatered sewage sludge was collected from Gifu City and Takasu Village in Gifu Prefecture. The dewatered sewage sludge was heated to several temperature ranges (300-700 °C) to produce the carbonized sewage sludge. Then, their chemical and physical properties were measured. Total nitrogen, EC, C/N ratio, etc. were found to vary with the site and time of collection, and the carbonizing temperature. For example, the total nitrogen content varied from 3% to 7%. Furthermore, the carbonized sewage sludge from Takasu Village was two times harder and 1.5 times denser than that from Gifu City. Thus, the carbonized sewage sludge from Gifu City was higher in porosity than that obtained from Takasu Village. Upland rice, grown in 1/5000a Wagner pot, was used as an indicator for evaluating the effect of the fertilizer. The rice seeds were sown in the pots with different amounts of 300°C carbonized sewage sludge, 3 g and 6 g of total nitrogen per pot. Thirty days after sowing, top dry weight and SPAD (Soil & Plant Analyzer Development: measurement apparatus for chlorophyll content) value were higher in the sewage sludge from Gifu City compared with that from Takasu Village. The observed difference in fertilizer effect between the two sewage sludges on rice growth may be explained by their difference in chemical properties and porosity amount.

Key words: Carbonized sewage sludge, Dewatered sewage sludge, Fertilizer effect, Sewage sludge, Total nitrogen, Upland rice.