

[調査報告]

し尿汚泥成分の実態調査と農用地等における有効利用の調査研究

Investigation of the Ingredient of Night Soil Treatment Facilities Sludge and
the Effective Use in Farmland

古賀博昭*、江口正章*、平岡誠**、清水敏秀***

Hiroaki KOGA, Masaaki EGUCHI, Makoto HIRAOKA and Toshihide SHIMIZU

【要 約】汚泥再生処理センターにおいて堆肥化汚泥の農地還元を計画する場合には、品質(安全性等)を把握するとともに、利用者の意志を反映した製品づくりが重要であるが、実態は十分に把握されていない。そこで、し尿汚泥を農地還元する場合の安全性等に関する分析・試験、利用者へのアンケート調査を行い、有効利用するに当たっての課題を検討した。その結果、法基準に基づく製品の安全性は確認されたが、銅及び亜鉛含有量が高くなる傾向が認められた。また、農地還元量を増加させるには、形状、臭気、荷姿、流通方法、出荷時期、情報提供内容等の面で、利用者の意志を反映した製品づくりの重要性が示唆された。

キーワード：汚泥再生処理センター、し尿汚泥、普通肥料、公定規格、農地還元、有効利用

1. はじめに

近年、廃棄物処理を取り巻く情勢は大きく変化しており、平成12年5月には、循環型社会形成推進基本法の成立を始め、各リサイクル法等が体系的に整備され、いわゆる「循環型社会」への本格的な取組が開始された。これにより、廃棄物処理分野においても、より一層の努力が求められることとなった。し尿処理の分野においても、平成9年度に、従来のし尿等の衛生的な処理に加えエネルギー回収や資源の有効利用を図る「汚泥再生処理センター」の国庫補助制度がスタートし、し尿汚泥を資源として活用することがクローズアップされることとなった。汚泥の資源化の技術には、各種技術が提案されているが、研究・実験段階のものが多く、現段階で実用化されているのは堆肥化技術が主体である。しかし、これまでの堆肥化技術は汚泥処理の一環として捉えられてきたことから、利用者のニーズが反映されず普及しない要因となっていた。一方、し尿汚泥を含む有機質肥料の需要は、「土づくり」を中心とした環境と調和のとれた持続的な農業生産の推進

や、有機農産物の需要が高まっていることなどから、需要量の増加が見込まれている。また、平成11年7月に肥料取締法の一部が改正されたことから、し尿汚泥は品質保全の立場から普通肥料に位置づけられ、し尿処理施設側に製品の品質管理や品質表示が求められることとなった。

このような背景から、汚泥再生処理センターにおいて堆肥化汚泥の農地還元を計画する場合には、品質を把握するとともに、利用者の意志を反映した製品づくりが重要と考えられる。そこで、本調査研究では、し尿汚泥の農地還元を行っているし尿処理施設(汚泥再生処理センターを含む)に対し、汚泥の安全性・肥料成分等に関する分析・試験及び利用状況のアンケート調査を行い、し尿汚泥を有効利用するに当たっての課題の抽出等を行うものである。

2. 調査の方法

2. 1 調査対象

し尿汚泥の農地還元を行っているし尿処理施設(汚泥再生処理センターを含む)の中から、汚泥の

* (財) 日本環境衛生センター西日本支局環境工学部

Dept. of Environmental Engineering, West Branch, JESC

** (財) 日本環境衛生センター西日本支局環境科学部

Dept. of Environmental Science, West Branch, JESC

*** (財) 日本環境衛生センター東日本支局環境工学部

Dept. of Environmental Engineering, East Branch, JESC

排出形態の違いにより乾燥汚泥(脱水汚泥含む)として排出している施設を5施設、堆肥化汚泥として排出している施設を5施設選定した。その概要は表-1に示すとおりである。

2.2 調査対象地区

アンケート調査の対象地区は、調査対象し尿処理施設を所管している自治体で表-2に示す10地区である。B、D、E、H及びI地区は人口の密集した都市部とその周辺地域、A、C、F及びJ地区は農村地域、G地区は山間地域である。^{1) 2)}

2.3 調査対象汚泥

安全性・肥料成分等の分析・試験の対象とする汚泥は、し尿処理施設から排出される乾燥汚泥と堆肥化汚泥(以下「製品」という)とその製品の原料となる脱水汚泥とした。製品の内訳は、A、B、C、F及びG施設が乾燥汚泥、D、E、H、I及びJ施設が堆肥化汚泥である。

2.4 調査の方法

調査を①原料及び製品の安全性、肥料成分等に関する調査、②製品の利用状況に関するアンケート調査の2調査に区分し、表-3に示す方法で実施した。

表-1 調査対象し尿処理施設

	A施設	B施設	C施設	F施設	G施設	D施設	E施設	H施設	I施設	J施設
農地還元時の汚泥形態	乾燥	乾燥	脱水、乾燥	乾燥	乾燥	堆肥化	堆肥化	堆肥化	堆肥化	堆肥化
竣工年	1993	1978	1966	1997	1979	1991	1994	1995	1990	1998
稼動年数	8	23	35	4	22	10	7	6	11	3
処理能力(kL/日)	91	130	200	150	20	70	110	133	160	45(生ごみ0.1t/日)
水処理方式	標脱	標脱	嫌気性(2次処理脱窒運転)	高負荷	好気性	膜分離	膜分離	高負荷	標脱	高負荷
凝集分離用無機凝集剤	硫酸バンド	硫酸バンド	硫酸バンド	ポリ硫酸第2鉄	硫酸バンド	塩化第2鉄	—	硫酸バンド	硫酸バンド	塩化第2鉄
汚泥処理方式	脱水、乾燥、焼却	脱水、乾燥	消化:脱水、余剩:脱水、乾燥	脱水、乾燥	脱水、乾燥	脱水、堆肥化	脱水、堆肥化、一部焼却	脱水、堆肥化、一部焼却	脱水、堆肥化、一部焼却	脱水、乾燥、堆肥化、一部焼却
汚泥処理用無機凝集剤	—	—	—	ポリ硫酸第2鉄	—	—	—	—	—	—
浄化槽汚泥混入率※	36%	22%	50%	88%	68%	25%	—	15%	46%	58%
製品汚泥/處理汚泥※	100%	100%	100%	100%	100%	100%	—	89%	29%	100%

※平成11年度実績

表-2 調査対象地区

	A地区	B地区	C地区	F地区	G地区	D地区	E地区	H地区	I地区	J地区
県名	福岡県	福岡県	熊本県	静岡県	群馬県	福岡県	宮崎県	長崎県	山形県	埼玉県
自治体数	3	4	10	3	2	4	1	6	4	2
人口(万人)	5.7	14.7	14.4	9.9	1.2	3.8	13.4	14.5	16.0	3.3
農業地域類型	平地地域 中間地域	都市的地域 平地地域	平地地域 中間地域	平地地域 中間地域	山間地域	都市的地域 中間地域	都市的地域 中間地域	都市的地域 平地地域 中間地域	都市的地域 平地地域 中間地域	平地地域

表-3 調査の方法

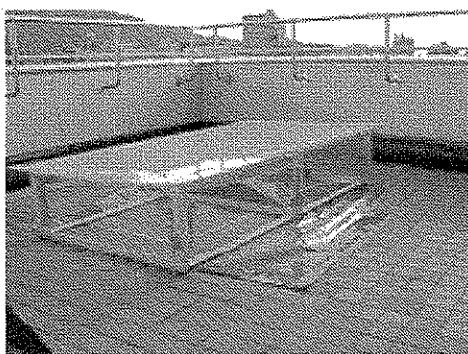
区分	調査対象	調査方法
原料及び製品の安全性・肥料成分等に関する調査	(原料) ・脱水汚泥:10施設(消化汚泥1、余剩汚泥10) (製品) ・乾燥汚泥:5施設 ・堆肥化汚泥:5施設	・表-4「原料分析項目」に示す重金属の溶出試験 ・表-4「製品分析・試験項目」に示す重金属含有量・肥料成分分析・植害試験等 ・植害試験条件:表-5、写真-1に示すとおり
製品の利用状況に関するアンケート調査	・上記調査対象し尿処理施設:10施設 ・上記し尿処理施設が設置されている地区の製品利用者(1地区当たり1~20名)	・9施設:面接調査又は郵便調査(調査票の発送・回収) 1施設:電話による聞き取り調査 ・調査票配布:郵送又はし尿処理施設経由直接配布 ・調査票回収:郵送※調査票は無記名方式 ・回収状況:表-6、図-1に示すとおり

表-4 性状分析・試験方法

		分析方法
原 料 分 析 項 目	(溶出試験)	
	砒素又はその化合物	JIS K0102 61.2 水素化物発生原子吸光法
	カドミウム又はその化合物	JIS K0102 55.2 電気加熱原子吸光法
	水銀又はその化合物	S46 環告 第59号付表1 原子吸光法
	六価クロム化合物	JIS K0102 65.2.3 電気加熱原子吸光法
	鉛又はその化合物	JIS K0102 54.2 電気加熱原子吸光法
	シアノ化合物	JIS K0102 38.2 ピリジン-ピラゾロン吸光法
製 品 分 析 ・ 試 験 項 目	PCB	S46 環告 第59号付表3 GC法
	有機燐化合物	S49 環告 第64号付表1 GC法
	砒素含有量	肥料分析法(1987年) 5.24.1
	カドミウム含有量	肥料分析法(1987年) 5.6.1
	水銀含有量	肥料分析法(1987年) 5.12.1
	ニッケル含有量	肥料分析法(1987年) 5.21.2
	クロム含有量	肥料分析法(1987年) 5.8.2
	鉛含有量	肥料分析法(1987年) 5.19.1
	窒素全量	肥料分析法(1987年) 4.1.1.2
	りん酸全量(P_2O_5 として)	肥料分析法(1987年) 4.2.3
	カリ全量(K_2O として)	肥料分析法(1987年) 4.3.3
	銅全量	肥料分析法(1987年) 5.18.2
	亜鉛全量	肥料分析法(1987年) 5.1.2
	石灰全量(CaO として)	肥料分析法(1987年) 4.5.1.2
	アルミニウム含有量	下水試験方法 第5編 第3章 第22節 2.(1)
	鉄含有量	肥料分析法(1987年) 5.17.2
	水分	肥料分析法(1987年) 3.1.1
	pH	肥料分析法(1987年) 3.3.1
	電気伝導率(EC)	JIS K 0102 13
	有機物率	肥料分析法(1987年) 3.2.1
	植害試験	農水省農蚕園芸局長通達(59農蚕第1943号)

表-5 植害試験の試験条件

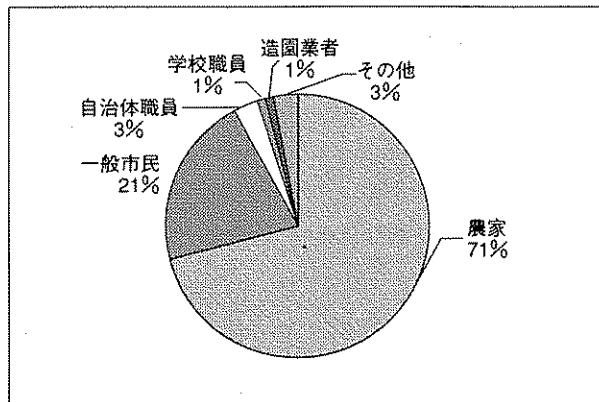
項目	内 容	項目	内 容
試験場所	(財)日本環境衛生センター西日本支局別館 4階(屋外)	供試肥料	乾燥汚泥: A, B, C, F, G 施設 堆肥化汚泥: D, E, H, I, J 施設
試験期間	3週間	对照肥料	なたね油かす粉末
試験容器	ノイバウエルポット	化学肥料	硫酸アンモニア 過りん酸石灰 塩化カリ
供試作物	コマツナ 試験容器当たり20粒は種		
供試土壤	沖積土 試験容器当たり約500ml(風乾土)充填		
項目	内 容		
試験区 及び 施肥量	供試肥料区: 乾燥汚泥又は堆肥化汚泥、及び化学肥料施肥 標準量施用区(T1): Nとして100mgとなる量 2倍量施用区(T2): 標準量の2倍量 3倍量施用区(T3): 標準量の3倍量 4倍量施用区(T4): 標準量の4倍量	+ 化学肥料(標準区と同量) + 化学肥料() + 化学肥料() + 化学肥料()	
	对照肥料区: 油かす粉末及び化学肥料施肥 標準量施用区(S1): Nとして100mgとなる量 2倍量施用区(S2): 標準量の2倍量 3倍量施用区(S3): 標準量の3倍量 4倍量施用区(S4): 標準量の4倍量	+ 化学肥料(標準区と同量) + 化学肥料() + 化学肥料() + 化学肥料()	
	標準区: 化学肥料のみ施肥 N, P_2O_5 , K_2O として、それぞれ25mgに相当する 硫酸アンモニア、過りん酸石灰、塩化カリ		
生育調査	発芽率: 試験容器当たりの発芽数/播種量(20粒) × 100 葉長: 個体当たりの最長葉長の試験容器平均値 生体重: 試験容器当たりの地上部重量		



写真一 植害試験装置

表一6 利用者アンケートの回収状況（地区別）

乾燥汚泥利用			堆肥化汚泥利用				
	配布数	回収数	回収率		配布数	回収数	回収率
A 地区	20	11	55%	D 地区	20	10	50%
B 地区	10	10	100%	E 地区	20	14	70%
C 地区	20	19	95%	H 地区	20	16	80%
F 地区	20	14	70%	I 地区	4	4	100%
G 地区	1	1	100%	J 地区	2	2	100%
小計	71	55	77%	小計	66	46	70%
			全体	137	101	74%	



図一1 利用者アンケート回答者の内訳（職業別）

3. 調査結果

3.1 製品の安全性、肥料成分等に関する調査結果

「肥料取締法」に基づき、し尿汚泥等を普通肥料として登録・流通させる場合に必要な分析・試験項目（公定規格、保証票成分記載項目）に準じて行った。（表-7、表-8）

表一7 し尿処理汚泥肥料等に関する公定規格

含有を許される有害成分の最大量	
ひ素	0.005 (%)
カドミウム	0.0005 (%)
水銀	0.0002 (%)
ニッケル	0.03 (%)
クロム	0.05 (%)
鉛	0.01 (%)
その他の制限事項	
一 金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める総理府令（昭和48年総理府令第5号）の別表一の基準に適合する原材料を使用したものであること。	
二 植害試験の調査を受け害が認められないものであること。	

※有害成分の量は乾物当たりの重量パーセント

表一8 し尿処理汚泥肥料等に添付する保証票の記載項目

保証票
登録番号、肥料の種類、肥料の名称
原料の種類、材料の種類、名称及び使用量
正味重量
生産した年月
生産業者の氏名又は名称及び住所
生産した事業場の名称及び所在地
主要な成分の含有量
窒素全量
りん酸全量
加里全量
銅全量（1kg当たり300mg以上含有する場合に限る）
亜鉛全量（1kg当たり900mg以上含有する場合に限る）
石灰全量（1kg当たり150mg以上含有する場合に限る）
水分（主要な成分の含有量を乾物当たりで表示する場合に記載）
炭素窒素比

3.1.1 安全性等

原料の重金属等溶出試験結果は表-9で示すとおりであり、試験項目は、し尿汚泥に混入が予想

される重金属について行った。その結果は、いずれの項目も基準値を大きく下回っており 10%に満たない。

製品の重金属等含有量分析結果は表-10に示すとおりであり、乾燥汚泥は平均値で砒素 0.0010%、カドミウム 0.00028%、水銀 0.00007%、ニッケル 0.003%、クロム 0.006%、鉛 0.002%、同様に堆肥化汚泥は、砒素 0.0008%、カドミウム 0.00024%、水銀 0.00007%、ニッケル 0.018%、クロム 0.010%、鉛 0.002%で、いずれも基準値以下である。また、乾燥汚泥、堆肥化汚泥に大きな差はみられない。

3. 1. 2 植害試験

製品の植害試験成績をまとめると表-11、写真-2、写真-3に示すとおりである。

発芽の開始は、は種後4日目に見られる。発芽調査時（播種後9日目、10月20日）の発芽率は、乾燥汚泥、堆肥化汚泥とも 91～97%で同様であるが、4倍量施用区（T4）で堆肥化汚泥が若干高くなっている。発芽後の生育状態は、は種後15日目（10月26日）において肥料無施用の標準区に比べて若干劣っているが、収穫時（11月2日）には標準区より生育が良くなっている。標準区の生体重の平均値を 100 とした場合の生体重指数は、乾燥汚泥 116.5～132.3、堆肥化汚泥 116.0～131.3 で同等の生育が認められ、いずれの試験区においても生育上の異常は確認されていない。

以上の結果より、乾燥汚泥、堆肥化汚泥とも大差なく、有害物による植物の生育上の害はないと考えられる。

表-9 原料の重金属等溶出試験結果

		基準値	試料数	平均
砒素又はその化合物	mg/l	0.3	11	0.02
カドミウム又はその化合物	mg/l	0.3	11	0.005>
水銀又はその化合物	mg/l	0.005	11	0.0005>
六価クロム化合物	mg/l	1.5	11	0.05>
鉛又はその化合物	mg/l	0.3	11	0.01
シアノ化合物	mg/l	1	11	0.05>
P C B	mg/l	0.003	11	0.0005>
有機磷化合物	mg/l	1	11	0.1>

※基準値：金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める総理府令（昭和48年総理府令第5号）、別表第1の基準

※数値>：検出限界値未満を表す

※平均値：検出限界値未満は検出限界値で集計

表-10 製品の有害成分含有量分析結果

	基準値	平均		
		全体 (n=10)	乾燥汚泥 (n=5)	堆肥化汚泥 (n=5)
砒素	%	0.005	0.0009	0.0010
カドミウム	%	0.0005	0.00026	0.00028
水銀	%	0.0002	0.00007	0.00007
ニッケル	%	0.03	0.011	0.003
クロム	%	0.05	0.008	0.006
鉛	%	0.01	0.002	0.002

※n：試料数

※含有量はいずれも乾物当たりの量

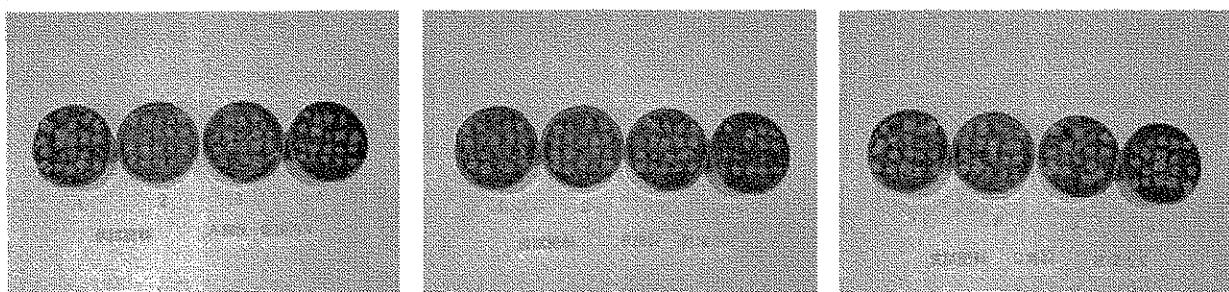
表-11 製品の植害試験成績

試験区		発芽調査成績			生育調査成績				異常性状
		10月18日	10月19日	10月20日	10月26日	葉長 (cm)	葉長 (cm)	生体重 (g/鉢)	生体重 指数
乾燥汚泥 ^{※1}	T ₁	96	96	96	7.0	13.1	31.7	116.5	なし
	T ₂	97	97	97	7.2	14.6	35.3	129.8	
	T ₃	90	91	92	6.6	14.4	35.0	128.5	
	T ₄	90	90	91	7.0	15.1	36.0	132.3	
堆肥化汚泥 ^{※2}	T ₁	93	93	65	7.1	13.5	31.5	116.0	なし
	T ₂	91	91	94	7.1	14.3	33.0	121.4	
	T ₃	88	88	91	7.1	14.7	35.7	131.3	
	T ₄	95	96	97	6.5	13.9	34.2	125.7	
対照肥料 油かす	S ₁	90	90	90	5.8	13.2	28.5	104.7	なし
	S ₂	95	95	95	5.7	13.1	28.7	105.6	
	S ₃	90	90	90	4.9	12.0	22.0	81.0	
	S ₄	65	70	89	4.4	8.6	14.1	52.0	
標準区	B-1	100	100	100	7.5	12.0	27.8	102.3	なし
	B-2	95	95	95	7.6	12.2	26.6	97.7	
	平均	98	98	98	7.6	12.1	27.2	(100)	

※1：A、B、C、F、G施設の平均値

※2：D、E、H、I、J施設の平均値

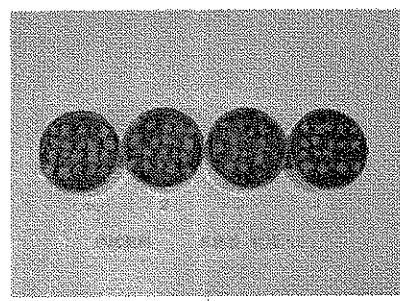
(供試肥料区：乾燥汚泥)



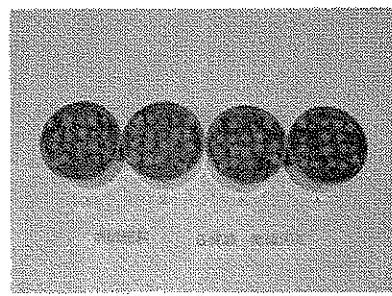
A 施設

B 施設

C 施設

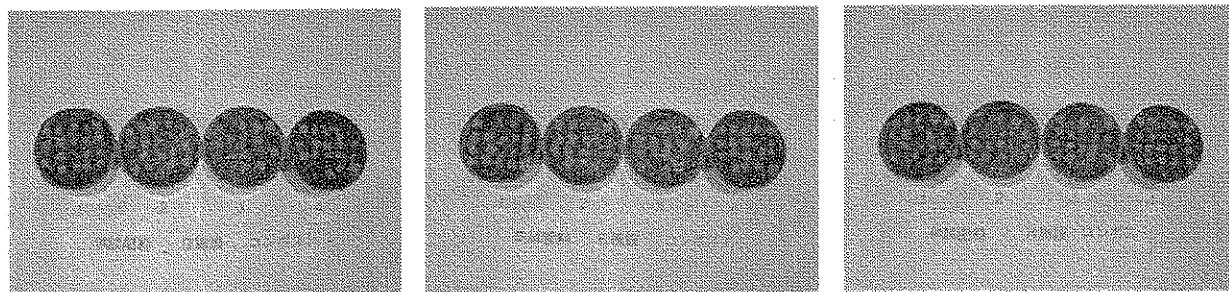


F 施設



G 施設

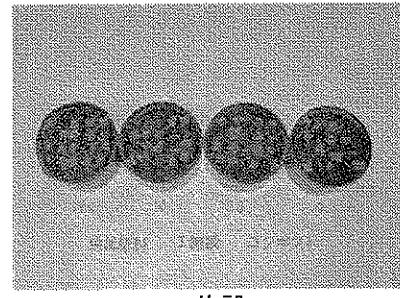
(供試肥料区：堆肥化汚泥)



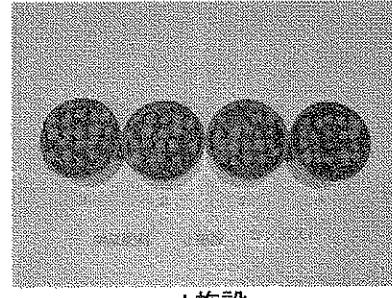
D 施設

E 施設

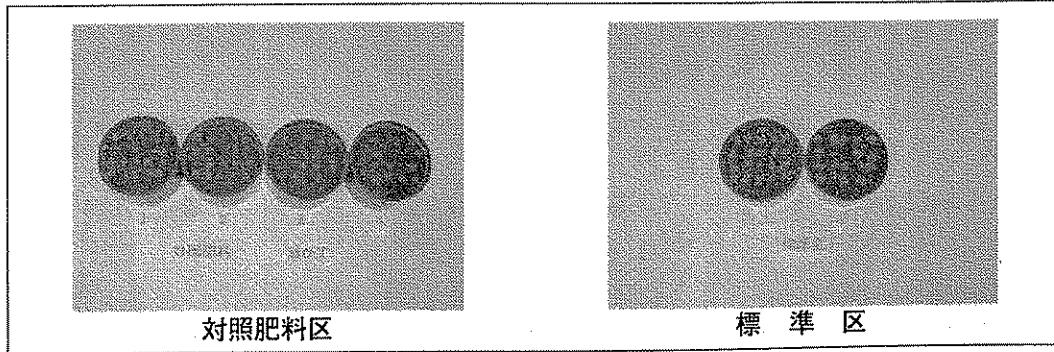
H 施設



I 施設



J 施設



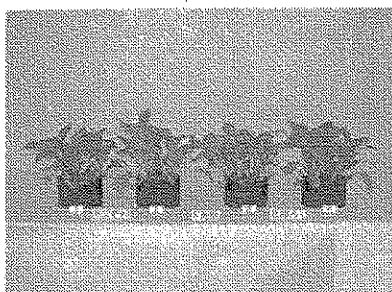
対照肥料区

標準区

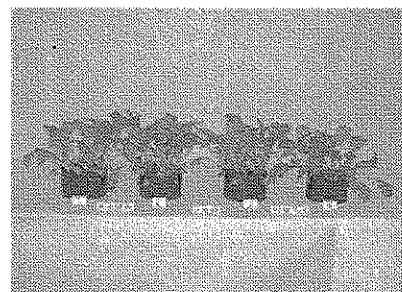
※ 10月18日撮影

写真一 2 発芽状況

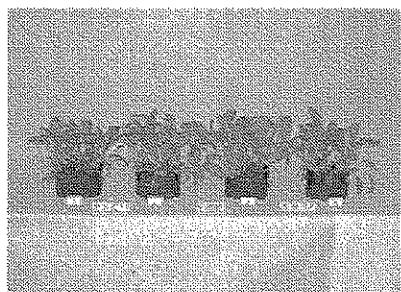
(供試肥料区：乾燥汚泥)



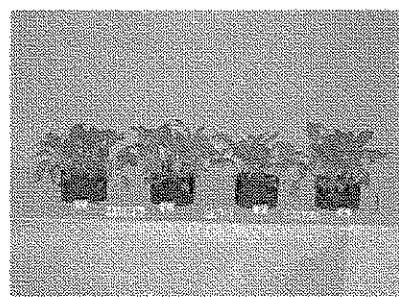
A 施設



B 施設



C 施設

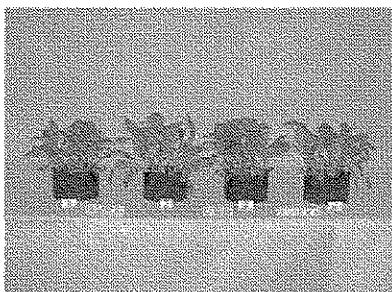


F 施設

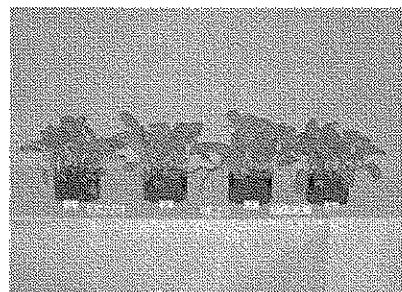


G 施設

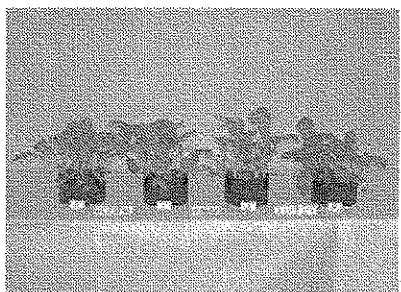
(供試肥料区：堆肥化汚泥)



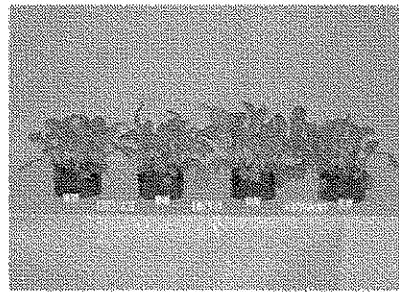
D 施設



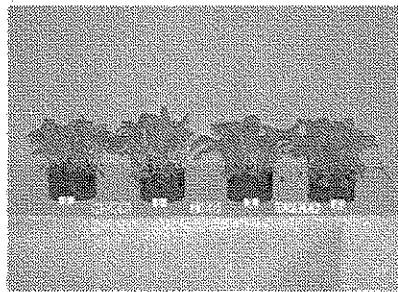
E 施設



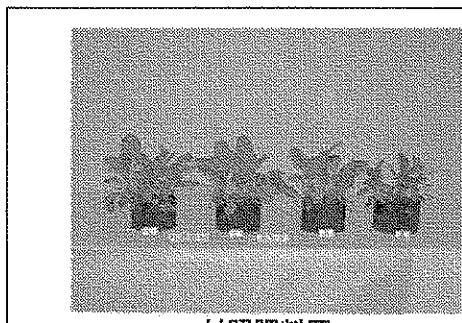
H 施設



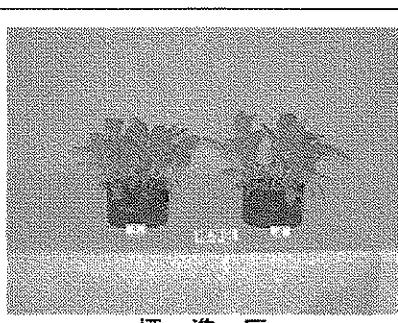
I 施設



J 施設



对照肥料区



標準区

※ 11月1日撮影

写真-3 生育状況

3. 1. 3 肥料成分等

肥料成分等の分析結果は表-12、pH、有機物率及びその他分析結果結果は、表-13、表-14に示すとおりである。

1) 三要素

三要素(窒素、りん酸、カリ)の含有量分析結果(平均値)をみると、乾燥汚泥は窒素全量5.7%、りん酸全量7.0%、カリ全量0.4%、堆肥化汚泥は窒素全量6.8%、りん酸全量6.8%、カリ全量0.8%であり、乾燥汚泥と堆肥化汚泥でほとんど差がみられない。他の事例³⁾と比較しても大差は見られず、一般に利用されている堆きゅう肥など有機質資材と比べると、家畜糞尿や草木質を原料にするものより窒素全量、りん酸全量が高く、カリ全量が低い傾向がみられる。⁴⁾

2) 銅、亜鉛、石灰

銅、亜鉛、石灰は、いずれも植物にとって必要な栄養素であるが、主に銅及び亜鉛は、土壤に高濃度に蓄積されると作物の生育に影響を及ぼすおそれがあるため、また、石灰は、アルカリ分の過剰施用による作物への影響を防止するために、一定量以上含有する場合には、使用者に注意を喚起する意味で表示が求められている。

銅、亜鉛、石灰の含有量分析結果(平均値)をみると、乾燥汚泥は、銅全量256mg/kg、亜鉛全量1,172mg/kg、石灰全量3.9mg/kg、堆肥化汚泥は、銅全量240mg/kg、亜鉛全量960mg/kg、石灰全量4.1mg/kgであり、亜鉛全量は、乾燥汚泥、堆肥化汚泥とともに、表示基準値を超えており、銅も表示基準値に近い値である。ただし、有機質肥料等品質保全研究会推奨基準⁵⁾の銅及び亜鉛含有量(それぞれ600mg/kg以下、1800mg/kg以下)は満足している。

以上より、乾燥汚泥、堆肥化汚泥共に、推奨肥料としての品質を満足する製品が得られる可能性が高いと言える。しかしながら、銅、亜鉛の含有量表示が必要となる可能性も高く、施用にあたっては、土壤中の銅、亜鉛量等に配慮が必要であることを利用者に正しく(正確に)理解してもらうような努力がし尿処理施設側にも必要と考えられる。

3) その他

pH、有機物率、アルミニウム含有量、鉄含有

量については、公定規格、保証票記載項目としては定められていないが参考までに分析を行った。pH及び有機物率の分析結果は表-13のとおりであり、pHは乾燥汚泥、堆肥化汚泥ともにほぼ中性、有機物率は、乾燥汚泥が65%、堆肥化汚泥が63%である。また、アルミニウムや鉄の含有量は、し尿処理施設の水処理工程、汚泥処理工程で使用する無機凝集剤(硫酸アルミニウム、硫酸第二鉄など)由来の金属塩の影響を受けると考えられる。分析結果は表-14のとおりであり、アルミニ系凝集剤使用時のアルミニウム36,667mg/kg、鉄系凝集剤使用時の鉄32,667mg/kgで、他の凝集剤を使用した場合の5~6倍程度になっている。

表-12 製品の肥料成分等分析結果

表示基準	平均			
	全体 (n=10)	乾燥汚泥 (n=5)	堆肥化汚泥 (n=5)	
窒素全量 %	必須	6.3	5.7	6.8
りん酸全量 (P ₂ O ₅ として) %	必須	6.9	7.0	6.8
カリ全量 (K ₂ Oとして) %	必須	0.6	0.4	0.8
銅全量 mg/kg	300以上 の場合	248	256	240
亜鉛全量 mg/kg	900以上 の場合	1,066	1,172	960
石灰全量 % (CaOとして)	15以上の 場合	4.0	3.9	4.1
水分 %	乾物表示 の場合	28.4	26.5	30.3

* n : 試料数

* 表示基準 : 保証票への記載が必要となる場合の基準。水分は主要成分量の表示を乾物当たりで表示する場合に記載が必要

* 表中の含有量はいずれも乾物量当たりの量

表-13 製品のpH、有機物率

	平均		
	全体 (n=10)	乾燥汚泥 (n=5)	堆肥化汚泥 (n=5)
pH %	7.1	7.0	7.2
有機物率 %	64	65	63

* n : 試料数

表-14 製品のアルミ、鉄含有量(添加無機凝集剤別)

	平均	
	アルミニウム (n=6)	鉄系 (n=3)
アルミニウム mg/kg	36,667	6,267
鉄 mg/kg	5,983	32,667

* n : 試料数

3.2 製品の利用状況に関するアンケート調査結果

3.2.1 製品の仕様

製品の形状、臭気、搬出形態（荷姿）、価格等をまとめると表-15に示すとおりである。

1) 形状、臭気

製品は各施設とも造粒や成形を行っておらず、乾燥機や堆肥化装置で処理した汚泥をそのまま製品化している。形状は乾燥汚泥が粒状（1～5mm）、堆肥化汚泥が粒状（2～10mm）又は粉状であり、堆肥化汚泥はばらつきが大きい。臭気は搬出から利用するまでの期間、保存環境、利用者の感覚などにより一定でないため一概に判断することは難しいが、あえて評価を試みると、乾燥汚泥は「低」～「高」でばらつきがあり、堆肥化汚泥は「中」で安定している。

2) 搬出形態（荷姿）

乾燥施設では「ばら（包装を行わない）」、「袋詰め」或いは「両方」を採用している場合があるが、堆肥化施設では全て「袋詰め」を行っている。袋詰めの場合、大半は袋をし尿処理施設側で用意しているが、A地区では利用者が用意し繰り返し使用する方法をとっている。1袋当たりの重量は、取り扱い易いよう10～18kgとしているが、A地区では利用者の要望により40kgと重くなっている。

3) 価格

調査施設のうち6施設では製品を無料としているが、4施設では1袋当たり100～350円の範囲である。無料としている理由には、利用者の確保

や汚泥処理経費の削減をあげているが、し尿処理施設側でのコスト、製品の市場価値、需要等を正確に把握できていないことが、価格設定ができない理由と推測される。また、仮にコストが算定できた場合、利用者に受け入れられないような価格設定となる可能性も考えられる。

3.2.2 流通方法

流通方法をまとめると表-16に示すとおりであり、製品の製造、在庫管理、利用者との対応、引き渡し（販売）等をすべてし尿処理施設で行う「製造・流通一体型」と、流通部分を外部に委託する「製造・流通分離型」に大別されるが、前者が大半である。また、利用者への制限条件には、利用対象者の指定、1回当たりの利用可能量、事前手続き（予約制）、引き渡しまでの待機期間、引き渡し日指定、運搬方法などがあるが、条件の程度は需給バランス、施設側の運転体制などで決められているものと考えられる。

3.2.3 需給動向

1) 経年変化

近年の利用量の変化をまとめると表-17に示すとおりである。A及びB施設で「減少」し、他の施設では「増加」或いは「変化なし」である。増加理由は、「利用者数増加」やし尿処理量の増加により「汚泥処理量自体が増加」したことをあげてる。一方減少理由は、最大の利用者である「農家の経済状態悪化」による利用者数の減少、「利用者が必要な時に製品を提供できない」など外的要因である経済情勢と流通方法の問題点をあげている。

表-15 製品の仕様

	A施設	B施設	C施設	F施設	G施設	D施設	E施設	H施設	I施設	J施設
形状	粒状	粒状	粒状	粒状	粒状	粉状	粉状	粒状	粒状	粉状
粒径（mm程度）	2	2～5	1～2	3	5	—	—	2～10	2～3	—
臭気	低	高	低	中	高	中	中	中	中	中
搬出形態（荷姿）	袋詰め+ばら	ばら	ばら	袋詰め	ばら	袋詰め	袋詰め	袋詰め	販売委託先で袋詰め	袋詰め
1袋当重量（kg）	40	—	—	15	—	15	—	18	15	10
価格	無料	無料	無料	100円/袋	無料	無料	100円/袋	無料	350円/袋	100円/袋
価格根拠				袋代程度			袋代程度		袋代+添加物経費	袋代程度
無料理由	汚泥処理費の削減	利用者確保	利用者確保	—	汚泥処理費の削減、利用者確保	利用者確保	—	利用者確保	—	—

※臭気：（財）日本環境衛生センターで採取したサンプルを嗅覚により低・中・高の3段階評価

表-16 流通方法

	A施設	B施設	C施設	F施設	G施設	D施設	E施設	H施設	I施設	J施設
運営形態	製造流通一体(利用者と直接取引)	製造流通一体(利用者と直接取引)	製造流通一体(利用者と直接取引)	製造流通一体(利用者と直接取引)	製造流通一体(利用者と直接取引)	製造流通一体(利用者と直接取引)	製造流通一体(利用者と直接取引)	製造流通一体(利用者と直接取引)	製造流通分離(委託販売)	製造流通一体(利用者と直接取引)
対象者条件	なし	原則制限なし・需要期には地区居住者優先	地区居住者に限る	なし	なし	なし	なし	地区居住者優先	—	地区居住者に限る
利用者に対する制限条件	1回当たり利用量	原則なし	農繁期あり	あり			あり		あり	50袋まで
事前手続き	電話受付	農繁期は予約、農閑期はなし	なし	なし	定期受付	なし		原則電話受付	—	電話受付
受付～引き渡しの待機期間	1週間以内	農繁期は1～4週間	なし	なし	1週間以内	なし		1～3ヶ月	—	1～3ヶ月
引き渡し日	特定日のみ	月～金曜	月～金曜	月～土曜	月～金曜	なし、休日直対応		月～土曜	—	月～金曜
運搬方法	利用者運搬	利用者運搬・配達	利用者運搬・配達	利用者運搬・配達	定期配達	利用者運搬		利用者運搬	—	利用者運搬
製品に関する情報提供	成分表記布	利用者要求時のみ成分表記布	しらせていない	成分表記布	知らせていらない	成分表記布		成分表記布	成分表記布	成分表記布

表-17 利用量の変化

	A施設	B施設	C施設	F施設	G施設	D施設	E施設	H施設	I施設	J施設
製造量(t/年)	236	457	348	421	50	166		357	157	8
余剰率	39%	0%	0%	16%	0%	0%		16%	24%	0%
利用量の変化	減少	減少	増加	増加	変化なし	増加	増加	増加	変化なし	変化なし
増加理由	—	—	利用者数増加	汚泥処理量増加	—	利用者数増加		利用者数増加	—	—
減少理由	農家の経済状況悪化	農家の経済状況悪化・利用者が必要なとき提供できない	—	—	—	—		—	—	—

※余剰率：製造量に対する余剰量の割合

※製造量、余剰率は平成11年度実績

2) 季節変化

① 供給側

製造した製品は、いったんストック後利用者へ引き渡されるが、絶対的な需要量が少ない場合や作物への施用時期などによっては余剰量が発生する。余剰量が発生しているのは4施設であり、製造量に対する余剰量の割合（以下「余剰率」という）は年間で16～39%（表-17）で、月別では図-2に示すとおり、3、11及び12月期に余剰率が増加している。

② 需要側

製品の施用時期をまとめると図-3に示すとおりである。全体では、年間を通じて施用され

ているが、5月及び9月にピークがみられる。作物別では、3～5月をピークとするパターン1（稲、いも類・豆類、果実的野菜等）、5月前後及び9月をピークとするパターン2（根菜類、葉茎菜類、工芸作物等）、5～6月が多く年間を通して変動の少ないパターン3（花、緑化木）に大別できる。製品の施用目的は、調査地区のほとんどが関東以西であることから、多くの作物は2～5月頃に土づくり及び元肥、7～10月頃に元肥或いは追肥用⁶⁾として施用していると推測される。このように、需要量は、作物の種類、気候条件及び使用目的等により変動するものと考えられる。

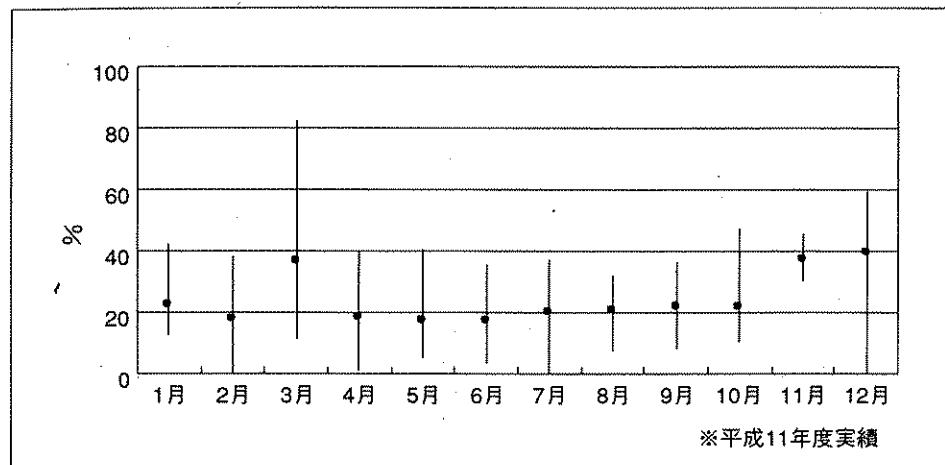


図-2 余剰率の推移（月別）

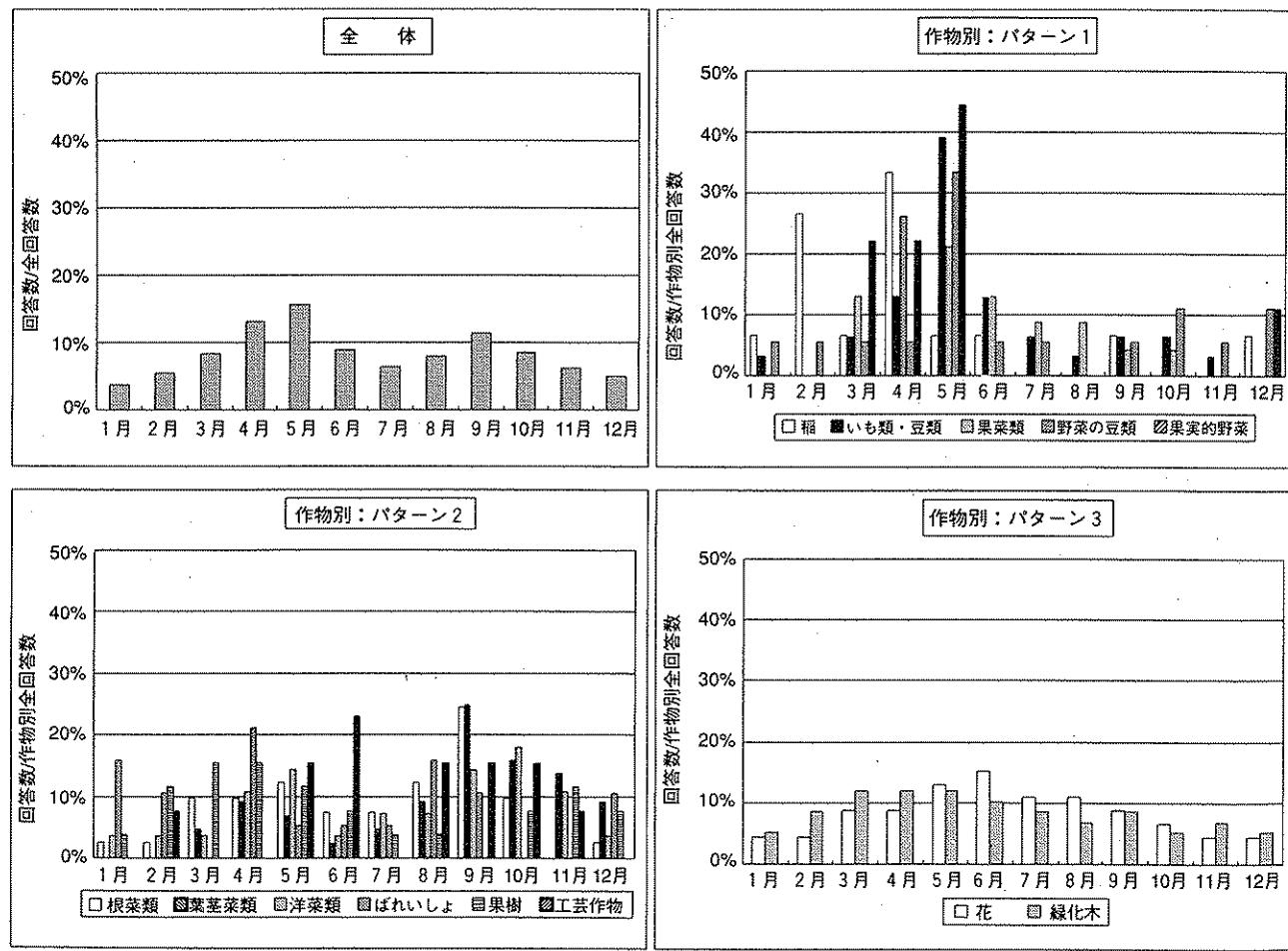


図-3 施用時期

3. 2. 4 施用量

製品の施用量を集計すると表-18、表-19に示すとおりである。

年間施用量と作付面積から10a当たり施肥量を

推定すると、全体で1,771kg/10a・年である。土づくり資材の標準的な散布量(2,000~3,000kg/10a²¹⁾)に比べ少ないが、し尿処理施設での取引量に制限が設定されている場合があることから、実

需要量は集計値より多くなると推測される。製品の形態別では、乾燥汚泥1,430kg/10a・年、堆肥化汚泥2,216kg/10a・年で、堆肥化汚泥が多い。この傾向は農家で顕著であり、堆肥化汚泥のほうが有機質肥料としてより信頼されているためと推測される。作物別では、「稲」が170kg/10a・年で最も少なく、「果実的野菜」、「果樹」等が500kg/10a・年前後、「いも類・豆類」、「根菜類」、「葉茎菜類」、「果菜類」等が1,000～2,000kg/10a・年程度であり、施用量は、作物の種類によって大きく変動すると考えられる。

表-18 10a当たりの施用量の結果

(kg/10a・年)

	全体		乾燥汚泥		堆肥化汚泥	
	回答数	平均	回答数	平均	回答数	平均
全体	69	1,771	39	1,430	30	2,216
農家	52	1,313	32	812	20	2,115
一般市民	10	2,613	2	3,210	8	2,464

表-19 10a当たりの施用量の結果(作物別)

(kg/10a・年)

	有効回答数	平均		有効回答数	平均
稲	4	170	ばれいしょ	8	1,525
麦類	0	—	果樹	7	547
いも類・豆類	8	1,486	工芸作物	5	344
根菜類	10	1,611	桑	0	—
葉茎菜類	12	1,683	飼料作物	0	—
果菜類	7	2,106	花	3	2,478
野菜の豆類	4	7,013	緑化木	4	1,063
果実的野菜	5	484	芝	0	—
洋菜類	5	385			

3.2.5 施用方法

製品の施用・加工方法をまとめると図-4、図-5に示すとおりである。施用方法は「そのまま使用」53～54%、「加工後使用」37～40%、「両方」4～7%であり、乾燥汚泥、堆肥化汚泥とも同様の傾向がみられる。加工する場合の方法には、製品を更に発酵させる「放置」と肥料成分を調整する「他の堆肥、有機肥料と混合」があり、「放置」には、単独で発酵させる方法と他の堆肥、有機肥料と混合し発酵させる方法がある。乾燥汚泥は、「放置」及び「他の堆肥、有機肥料と混合後放置」する場合が多く、放置期間も長くなる傾向が伺える(表-20)。

このことから、乾燥汚泥は、有機質肥料として「そのまま使用」する他、堆肥の原料としての需要もあるといえる。ただし、農家の堆肥作りが行われなくなれば、減少する需要であるともいえる。

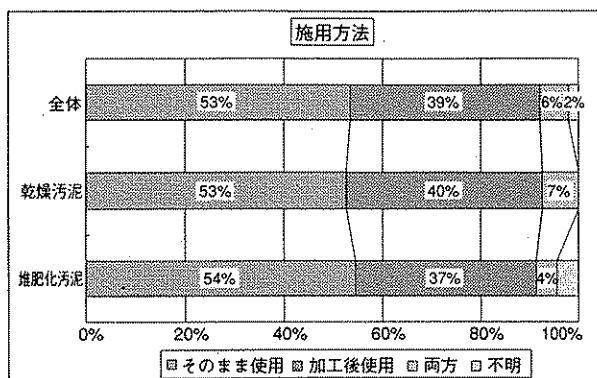


図-4 施用方法

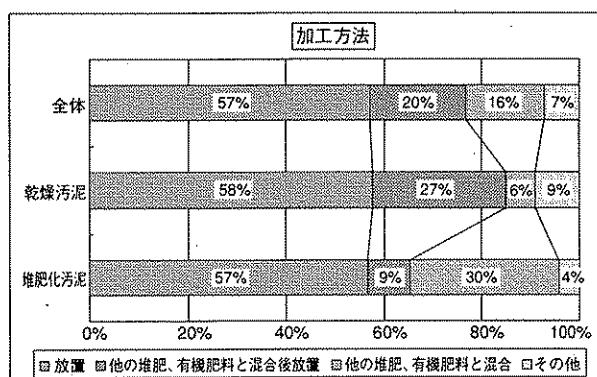


図-5 加工方法

表-20 放置期間

(ヶ月)

	全体		乾燥汚泥		堆肥化汚泥	
	回答数	平均	回答数	平均	回答数	平均
製品を単独で放置	26	4.6	14	5.5	12	3.6
他の堆肥、有機肥料と混合後放置	10	11.3	9	12.3	1	2.0

3.2.6 使用感

製品の使用感をまとめると図-6、図-7に示すとおりである。良かったとする点では、「肥料効果」、「肥料代節約」、「収穫量増加」、「土壌改良材効果」が高く、他の調査事例³⁾と同様な結果であり、施用効果や経済性の面では一定の満足感が得られている。なお、収穫量については、堆肥化汚泥の方が「増加する」と回答する割合が高い。

一方、悪かったとする点は少ないが、乾燥汚泥、堆肥化汚泥とも「悪臭がある」が突出して

おり、特に乾燥汚泥で顕著である。堆肥化汚泥では「必要量の確保が困難」をあげており、堆肥化施設では受付から製品引き渡しまで1~3ヶ月を要する場合があることが原因と考えられる。

その他には、「重い」、「形状が悪い」、「施設に行くのが面倒」など、製品の仕様や運搬方法に関連するものがある。

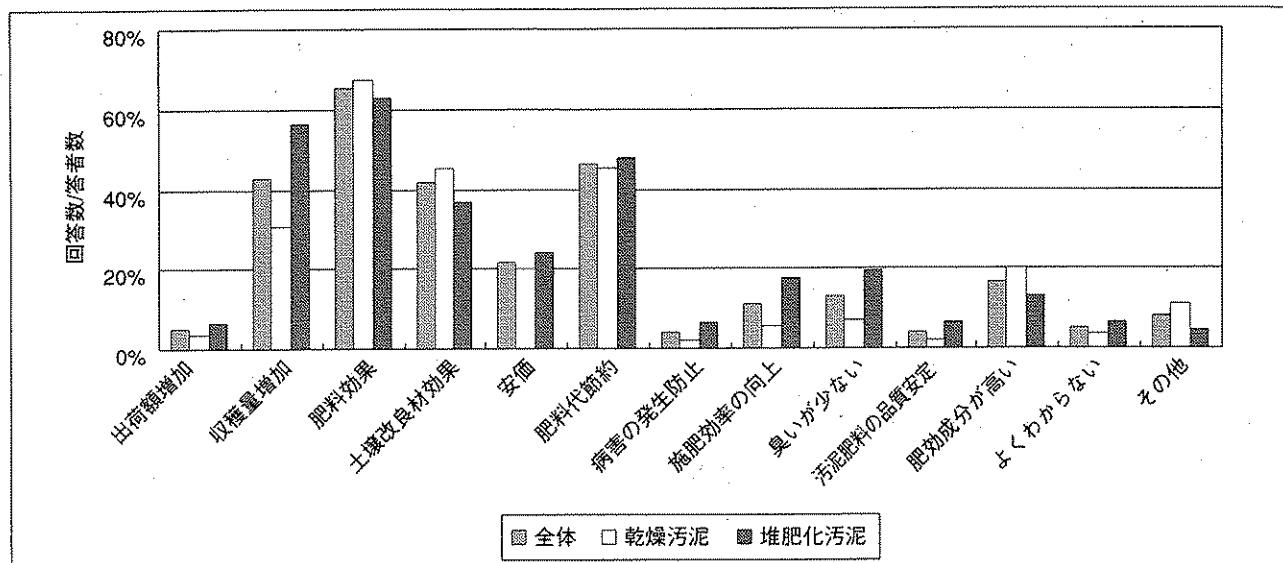


図-6 製品の使用感（良かった点）

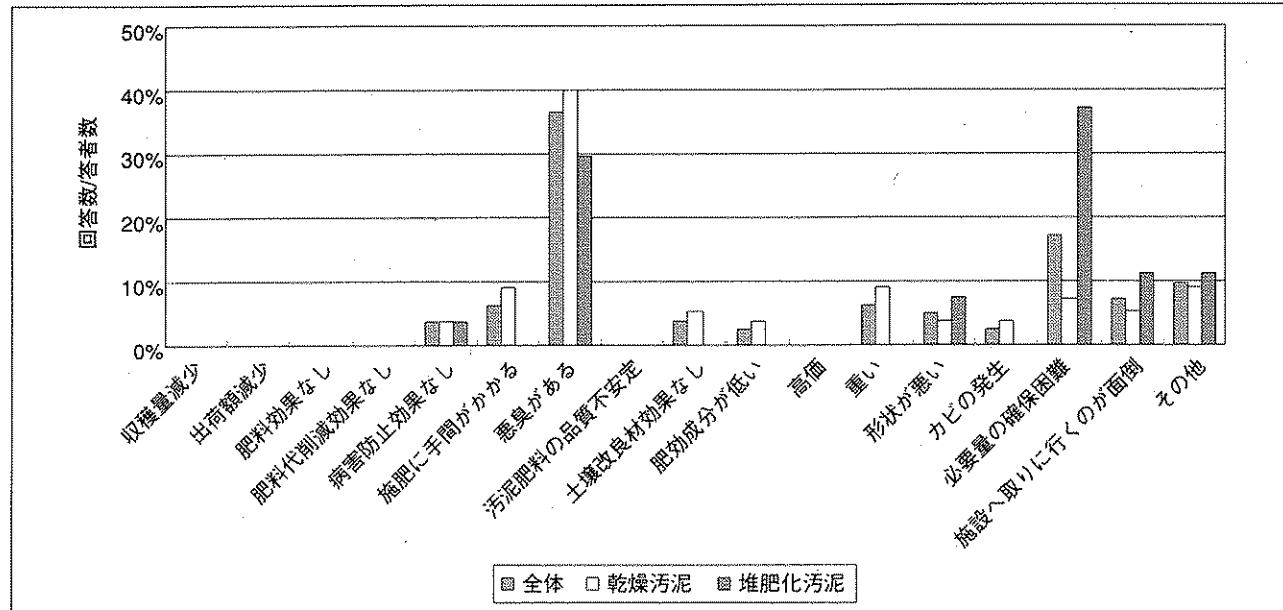


図-7 製品の使用感（悪かった点）

3. 2. 7 價格感

製品の価格は図-8に示すとおりであり、「無料」66%、「有料」34%である。有料の場合の価格感をまとめると図-9に示すとおりであり、全体では「安い」と「適正」を合わせると88%で、

大半は価格に満足しているが、一般市民の場合は「わからない」が20%あり、農家に比べ価格に関する意識は低いと推測される。有料化又は価格上昇時の対応をまとめると図-10に示すとおりであり、「継続使用」4%、「適正価格時継続

使用」62%、「中止」1%である。利用者は、有料であっても利用する意志はあるが価格次第であり、利用者側の「適正価格」をどのように把握し、設定するかが課題といえる。

3. 2. 8 PR活動

し尿処理施設が行っている製品のPR活動をまとめると表-21のとおりであり、「広報誌の活用」、「試供品の配布」、「施設見学者へのPR」などを行っている。C及びD施設では、当初行っていたが、現在余剰量が無いため行っていない。

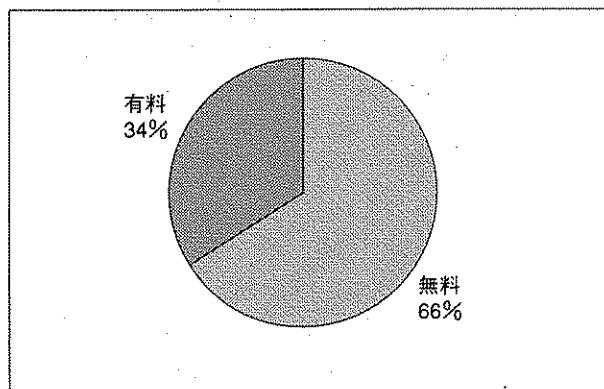


図-8 価 格

方、利用者の製品情報源の内訳は図-11に示すとおりである。「自治体の広報誌」21%、「組合等の広報誌」10%、「農協の広報誌」1%、「近隣の農家」45%であり、情報の伝達は、し尿処理施設側の発信より、農家間の連絡網（いわゆる「口コミ」）によるところが大きいと推測される。

製品に関する情報は、7施設で肥料成分表を配布しているが、利用者からは「重金属、化学物質、ダイオキシン等含有成分に不安がある」、「製品の使用方法を教えてほしい」など更なる情報提供を求める声がある。

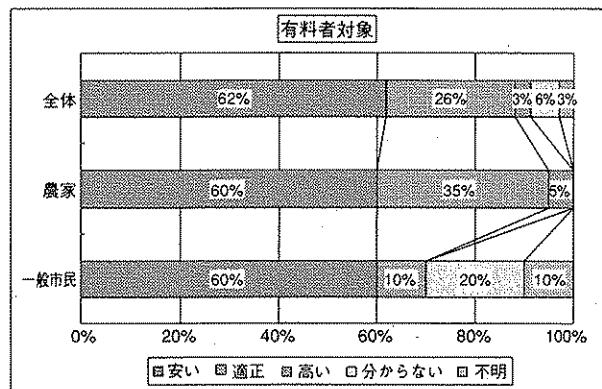


図-9 利用者の価格感

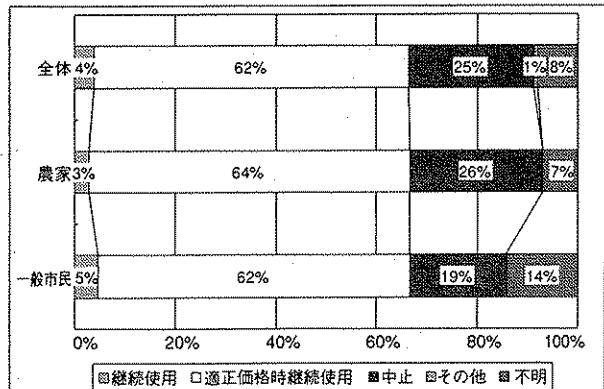


図-10 有料化・価格上昇時の対応

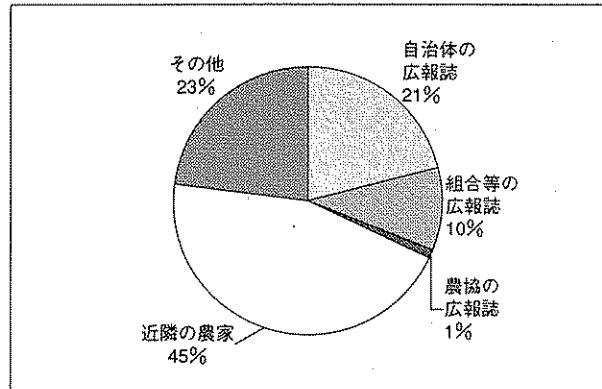


図-11 利用者の製品情報源

表-21 し尿処理施設のPR活動

PR活動の内容	A施設	B施設	C施設	F施設	G施設	D施設	E施設	H施設	I施設	J施設
PR活動の内容	自治体広報誌、有線放送の活用	—	—	自治体広報誌の活用、試供品の配布	—	—	—	施設見学者へのPR	施設公開時に展示、販売	—
製品に関する情報提供	成分表配布	利用者要求時のみ成分表配布	知らせていません	成分表配布	知らせていません	成分表配布	—	成分表配布	成分表配布	成分表配布

4. 考察

製造者（し尿処理施設）の最終目標は、製造した製品をすべて農地還元し、資源化することにあるが、製造側の一方的な論理で成り立つものではなく、利用者が存在して初めて成立するものである。したがって、良好な需給バランスを保つために、利用者を確保することが重要であり、その意志を尊重することができるかが成否のポイントとなる。調査結果から、農地還元を実施する場合に検討すべき課題を次のとおり整理する。

- ① 製品の安全性等の確保
- ② 使用感を前提とした仕様
- ③ 効率的な流通方法の確立
- ④ 需給動向の把握
- ⑤ 積極的な情報提供

4. 1 製品の安全性等の確保

農地還元を行っているし尿汚泥を、肥料取締法に基づき普通肥料として登録・流通させる場合に必要な分析・試験項目に準じて分析・試験を行ったところ、公定規格項目については、乾燥汚泥、堆肥化汚泥とも大差なく、有害成分とされる重金属等は、原料、製品とも法基準を満足していた。また、植害試験では、発芽や生育上の害は認められず、法基準に基づく製品の安全性は確認できた。保証票成分記載項目については、三要素（窒素、りん酸、加里）は、家畜糞尿や草木質の有機質資材に比べ窒素全量、りん酸全量が高く加里全量が低い傾向がみられた。亜鉛含有量は表示基準より高く、銅含有量も表示基準に近い値であった。銅や亜鉛が土壤に高濃度に蓄積された場合は、作物の生育に影響を及ぼす恐れがある。今回の植害試験では、植害は認められず、また、推奨基準⁵⁾を満足しいることから、施用によりただちに問題が生じることはないと考えられるが、多量施用、長期連用する場合には、総投入量を把握するなど一定の配慮が必要な場合もあると推測される。

4. 2 使用感を前提とした仕様

製品の土壤改良材や肥料としての効果は、利用者に認められているが、形状、臭気、搬出形態、価格などについては検討が必要と考えられる。

4. 2. 1 形状

調査結果では、乾燥機や堆肥化装置で処理され

た製品をそのまま利用しているが、利用者からは形状への不満を指摘される場合があった。形状は、取扱の容易性、施用後の飛散防止の面からは粒状が望まれ、特に機械散布を考慮すれば粒状であることが必須で、粒径や強度等にも配慮が必要となろう。従って、造粒装置を導入する等製品の形状に配慮した製造システムの検討が必要と考えられる。

4. 2. 2 臭気

製品の使用感を左右する最も大きな要素であり、特に乾燥汚泥の臭気を指摘する声が多くあった。臭気（悪臭）は、利用者に不快感を与えるばかりでなく、都市近郊では周辺住民からの苦情の要因となるため、極力排除する必要があると考えられる。排除方法には、少量であれば臭気成分の吸着剤としてゼオライトや腐植質土壌を混合する方法もあるが、根本的には臭気の発生が少ない堆肥化汚泥を利用することが有効と考えられる。ただし、未成熟な堆肥の場合は、アンモニア臭等が問題となることがあり、成熟度（発酵日数等）にも配慮が必要であろう。

4. 2. 3 搬出形態（荷姿）

大規模農家は、一度に大量に利用するのでばら積みを、小規模農家や一般市民は、少量で取り扱いの容易な袋詰めを好むと考えられ、調査結果の1袋当たりの重量は10～18kgであった。また、袋詰めは、臭気対策の面で有効である。いずれにしろ想定する利用者の職種やニーズを把握した上で形態や袋詰め重量を決定する必要あると考えられる。

4. 2. 4 価格

製品の価格は袋代程度（100円程度）の場合が多く、製品そのものは無料である。し尿処理施設の運転費用等は自治体が負担しているが、これを価格に転嫁する場合には、利用者に受け入れられるものでなければならない。調査結果では、有料化及び価格上昇に対して利用者は「継続使用」及び「適正価格時継続使用」との意見が66%を占めており、利用者にとっての適正価格であれば一定の合意が得られると推測される。従って、価格を設定する場合には、流通コストや競合する有機質資材の市場価格等を把握し、検討すべきであろう。

4. 3 効率的な流通方法の確立

「製造・流通一体型」は、需要があるものは農地還元を行うが、余剰分は最終処分を行うという廃棄物処理の視点を前提としている。このため、流通部分は付隨的で、施設側の都合が優先される。この結果、利用者へは種々の制限条件が付加されることになり、需要拡大が阻害される要因を含んでいる。この点「製造・流通分離型」は、流通部分が独立しており、利用者のニーズに答えやすいが、流通連携先を確保することが課題となる。

のことから、まず、自治体、農業関連団体等の連携による「製造・流通分離型」について検討すべきであり、「製造・流通一体型」を行う場合には、し尿処理施設内の設備、人員配置等を十分検討し、制限条件をどの程度緩和できるかがポイントとなる。

4. 4 需給動向の把握

製品の需要期は、作物の種類、気候条件、使用目的などによって異なるが、調査結果では5月及び9月にピークがみられた。需要量は利用者の職種、作物の種類によって左右され、特に作物の種類では「根菜類」は「稲」の10倍程度の利用量であった。また、施用方法には製品を再度発酵させた後に施用する場合があり、製品の入手から施用までに5~11ヶ月程度の差があった。このように、製品の需要は季節により変動するが、余剰量を発生させないために、利用者が必要な時期に遅滞なく製品を提供できるよう、需要状況に合わせた出荷計画を検討することが重要になる。従って、農地還元想定地区の作物の種類、耕作面積、利用者の職種などから需要時期、需要量を予測し、非需要期間のストックスペースの確保や、長期間のストックが予想される場合には品質が変動しない貯蔵方法について検討しておく必要がある。

4. 5 積極的な情報提供

農地還元を円滑に進めるには、利用者に製品の安全性や有効性を認知してもらうとともに、信頼を得ることが重要である。調査結果では、自治体広報誌などの媒体や施設見学をきっかけとした広報活動を行い、利用時には肥料成分表を配布しているが、利用者が必要としているは、重金属や化学物質による土壤や作物汚染の影響や、作物への具体的な製品の施用方法など専門的知識を必要とする情報である。利用者が専門家としての農家を多く情報源としてい

ることからみても、し尿処理施設からの情報で、製品の信頼性が確保されているとはいがたい。従って、農業関連団体との連携により情報の蓄積を行い、積極的な情報提供を行うとともに、作物毎に具体的な施用方法、留意事項等を示した施用マニュアルを作成できるような体制を構築することも必要と考えられる。

5. まとめ

- ① 製品の法基準に基づく安全性は、乾燥汚泥、堆肥化汚泥とも確認されたが、亜鉛含有量は表示基準より高くなっていた。調査結果では植害は認められなかったが、浄化槽汚泥や生ごみ等の有機性廃棄物量の処理割合等によって、含有量の変動が考えられることから、今後とも定期的な調査が必要と考えられる。
- ② 製品の仕様では、形状、排出形態等は、利用者の要望に配慮することが重要である。なお、臭氣（悪臭）は、堆肥化を行うことにより解消されると考えられる。価格については、無料でなくても適正価格であれば利用者の合意形成は図られると推測される。
- ③ 流通方法は、自治体や農業関連団体等との連携による製造・流通分離型を優先させ、製造・流通一体型の場合は利用者への制限条件の緩和を検討する必要があると考えられる。
- ④ 製品の需要には、作物の種類、気候条件、使用目的などにより季節変動があるため、事前に予測を行い、非需要期のストックスペースや品質に配慮した貯蔵方法について検討する必要がある。
- ⑤ 利用者の信頼を得るために、要望を把握し答えていくシステムを構築することが必要と考えられる。

謝辞

本調査研究の遂行にあたり助言を頂きました福岡県農業総合試験場生産環境研究所化学部作物栄養研究室、また供試試料の提供並びにアンケート調査にご協力頂きましたし尿処理施設技術管理者並びに関係者の方々に深く感謝の意を表すものです。また、本研究は、当センター研究奨励金制度による助成を受けて実施されました。

参考文献

- 1) 農林水産省 (2002) : グラフと統計でみる地域の姿, 農林水産情報センターホームページ
- 2) 市町村自治研究会編: 全国市町村要覧(平成13年版), 第一法規
- 3) 有機質資源化推進会議編 (1997) : 有機廃棄物資源化辞典, 農文協, p166
- 4) 松崎敏英 (1996): 土と堆肥と有機物, 家の光協会, p185
- 5) 有機質肥料等推奨基準に係る認証要領、平成6年3月：全国農協中央会
- 6) 加藤哲郎 (1997) : 用土と肥料の選び方・使い方, 農文協, p114 ~ 155
- 7) 農耕と園芸編集部編: 野菜栽培技術データ集, 誠文堂新光社, p42
- 8) 環境事業団 (1994) : 有機性廃棄物(汚泥、動植物性残渣等)の有効利用技術について調査研究報告書④, いんだすと, Vol9, No9, p54 ~ 56