

廃棄有機物の堆肥化利用に関する研究

II. 食品産業廃水余剰汚泥の肥料的利用価値について

樽谷 勝, 梅田 裕, 田川 清

STUDIES ON UTILIZATION OF WASTE ORGANICS AS COMPOSTS

II. Availability of sewage sludges from food industries as fertilizer

Masaru KURETANI, Yutaka UMEDA and Kiyoshi TAGAWA

In order to elucidate the availability of sewage sludges from food industries as fertilizers, three kinds of sludges from the seasoned preserve food processing (SP), the bean jam processing plants (BJ) and the other food industries (OF) were examined for their physical and chemical properties and for the effects on growth of vegetables and on the properties of soil when the sludges were applied in cultivated fields. The results obtained were as follows.

- (1) Each of these sludges had a specific color and odour. It contained water in a high content and so it was too sticky to be easily handled.
- (2) SP sludge had a characteristic of high content of total nitrogen and high levels of pH and EC, while BJ sludge had that of high content of sand.
- (3) Soils received the sludges had decreasing tendencies of apparent specific gravity and increasing tendencies of porosity, EC and humus content; especially, a large increase in EC and humus content was observed in the soil applied with SP sludge.
- (4) A good growth was observed in spinaches grown in the fields with the sludges, as compared with that in the non-applied or non-fertilized fields. Successive application of the sludges, however, resulted in the suppressed growth of the vegetables and an extremely suppressed growth was observed in the field applied with SP sludge.
- (5) Growth of radishes in the fields applied with the sludges was better than that of the non-applied or non-fertilized fields. However, root growth was inhibited significantly in the fields received SP or OF sludge in large quantity, and it was also inhibited largely by applying successively with SP sludge by virtue of its high EC.

From these results, it was recognized that the application of sewage sludges from food industries improves somewhat the properties of soil to give rise to the good growth of vegetables. However, the successive application of some kinds of sludges in large quantity is harmful for the growth of vegetables.

食品加工々場から排出される廃水の余剰汚泥の性状, ならびに, これを農耕地に施用した場合の肥料的価値について知る目的で, 3種の余剰汚泥を供試して蔬菜を栽培し, 蔬菜の生育, ならびに土壤の理化学性に及ぼす影響について検討した。

(1) 3種の汚泥は, それぞれ特有の色調, 粘着性, 臭気を有し, ともに水分含量が高く生汚泥のままでは甚だ取り扱いが困難な性状であった。

(2) 佃煮汚泥は T-N 含量は多いが, pH, EC が高く, 食あん汚泥は土砂含量の多いことが特徴的であった。

(3) 汚泥の施用により, 土壤は仮比重が小さくなり, 孔隙率が増加し, EC は高くなり腐植量が多くなる傾向がみられ, とくに佃煮汚泥施用区の EC, 腐植量の増加は顕著であった。

(4) ホウレン草の発育は各汚泥施用区ともに無施用, 無肥料区よりよく, とくに佃煮汚泥施用区では普通堆肥施用区よりも優った。しかし各汚泥とも連年施用によって発育が低下し, とくに佃煮汚泥施用区は最も発育が劣った。

(5) 大根の発育は各汚泥施用区とも無施用無肥料区より優れたが、佃煮汚泥、食品汚泥の多量施用は少量施用より地下部の発育が低下する傾向がみられた。また佃煮汚泥の連年施用は無施用無肥料区より発育が劣った。

以上より、食品加工工場からの余剰汚泥の土壌への施用は、土壌の理化学性をよくし、蔬菜の生育もよくすることが認められたが、汚泥の種類によっては多量の連年施用はむしろ生育を阻害する傾向がみられた。

結 言

すでに産業廃水の活性汚泥法によって生ずる余剰汚泥の肥料的利用には、2つの方向が行われており、その1つは乾燥菌体肥料としての利用であり、他の1つは堆肥化による汚泥堆肥としての利用である⁽¹⁾⁽²⁾。

筆者のうち樽谷、梅田は1976年以来、園芸作土壌の地力培養のために、廃棄有機物の肥料化利用に関する実用的研究を試みてきた。そのうち前報⁽³⁾において木材工業における廃水余剰汚泥及びその堆肥化を試み、それらを2~3種の蔬菜栽培に施用した場合の肥効調査から、供試した余剰汚泥の肥料的利用の可能性と、堆肥化によって余剰汚泥の肥料価値を増進させることの示唆が得られたことを報告した。また、筆者らは特に佃煮産業排出余剰汚泥の活路開拓を目指した肥料的利用の可能性についての若干の検討も行った⁽⁴⁾。

これらのことから本報においては、主に食品産業廃水処理の余剰汚泥の活路開拓を推進するために、土壌への還元利用についての肥料的利用性を検討した。

この報告の内容については、園芸学会中四国支部昭和55年度大会研究発表において、その概要を発表した。

材料及び方法

1. 供試汚泥

供試汚泥として、食品産業における工場及び事業場から排出される廃水の、活性汚泥法による余剰汚泥の脱水ケーキで、次の3種を用いた。

(1) 佃煮汚泥

昆布、海苔などの海藻を主材とする佃煮製造工場から廃出される余剰汚泥で、水分82.3%、チッソ6.60%、リン酸2.21%、カリ1.29%のものであり、とくに塩化ナトリウム7.38%を含む。

(2) 食あん汚泥

豆類を主材とする食あん(餡)製造工場の廃出余剰汚泥で、水分81.7%、チッソ0.78%、リン酸0.40%、カリ0.05%のものである。別に珪藻土5.68%を含む。

(3) 食品汚泥

野菜及び畜肉類を主材とする冷凍食品加工工場から廃出される余剰汚泥で、水分89.7%、チッソ8.35%、リン酸5.50%、カリ0.30%のものである。

2. 汚泥の性状と肥料的利用性調査

各供試汚泥の水分、灼熱損失、土砂、全炭素、全チッソ含量及びpH、ECを常法により測定した。さらに外観、取り扱い上の難易、臭気等について感応的調査を行った。

3. 汚泥の肥効調査

(1) 試験区の設定

香川大学農学部附属農場の沖積土壌を客土して造成した畑地圃場において、10a当たり乾物換算で約2トン、5トンの各汚泥ケーキを、前年施用(1978年12月18日施用)と連年施用(1978年12月18日施用及び1979年9月18日に同量を再施用)に大別し、これに対照区として無施用無肥料及び無施用3要素区を設けた。各区とも3m²の2連制とした。

(2) 汚泥施用土壌の理化学性

前年施用(1978年12月18日施用)について、翌年3月28日(施用後約100日)に採土し、汚泥施用土壌の理化学性(仮比重、孔隙率、EC、pH、腐植含量)を常法により調査した。

(3) 野菜の発育、品質等に及ぼす影響

前年施用及び連年施用の両者について、1979年9月28日に日本種ハウレン草「ニューアジア」、大根「宮重総太」を播種し、播種後は追肥を行わず、間引き、中耕、除草の管理を行った。

ホウレン草については11月8日, 大根は12月18日に収穫し, それぞれの発育及び品質等の調査, 観察を行った。

調査結果

1. 汚泥の性状と肥料的利用性

供試の各汚泥は, すでに『有害な産業廃棄物に係る判定規準を定める総理府令』(昭和48年総理府令第5号別表第2)の規制基準に適合し, 肥料化資材として無害であることの認定を得ているものである。

これらの汚泥は, それぞれ特有の色調, 粘着性, 臭気を有し, いずれも水分含量が多く, それをそのままの状態では取り扱いや施用作業には甚だ困難な性状である。

供試汚泥の肥料的利用性からみた性状について, その理化学性を調査した結果は, 第1表のとおりである。

3種類の汚泥のうち, T-C含量は食品汚泥で最も高く約45.6%を示し, 食あん汚泥は約24.4%で比較的低く, 佃煮汚泥は約32%で両者の中間である。T-N含量は佃煮汚泥が最も高い。これをC/N比で見ると佃煮汚泥はその値が小さく, 食品汚泥では比較的大きな値を示した。佃煮汚泥のpH, ECが他の汚泥に比べて高いのは, 汚泥中に含まれるNaCl含量による影響と思われるが, この点は佃煮汚泥の特異な性状であろう。

2. 汚泥の肥効調査

イ. 汚泥施用土壌の理化学性

1978年12月18日施用, 翌年3月18日に採土し調査した汚泥施用土壌の理化学性は, 第2表のとおりである。

汚泥の施用によって土壌の孔隙率は増加し, 各汚泥とも施用量が多いと, 孔隙率も大となる傾向がみられた。また, ECも汚泥施用によって高まるが, 施用量の多い場合により高くなっている。そのうちで特に佃煮汚泥施用におけるECが高いのは, 汚泥素材中のNaCl含量の影響によるものと思われ, これは後述のホウレン草, 大根の発育にも影響を及ぼしているようである。

土壌pHについては特に顕著な傾向は見られない。腐植含量は汚泥施用によって増加し, 佃煮汚泥施用土壌では他に比べて明らかに増加していることがみられた。

ロ. 野菜の発育, 品質等に及ぼす影響

ホウレン草, 大根の発育及び品質について調査した結果は, 第3表, 第4表のとおりである。

第1表 供試余剰汚泥の肥料的利用性における性状

	水分 %	灼熱損失 %	土砂 %	T-C %	T-N %	C/N	pH	EC ^{mg/cm}	摘要
佃煮汚泥	79.2	70.2	29.8	31.90	5.95	5.36	8.30	8.30	NaClを7.38%含有。
食あん汚泥	84.9	56.6	43.4	24.35	3.75	6.49	6.75	2.46	珪藻土を5.68%含有。
食品汚泥	88.9	81.1	18.9	45.55	4.90	9.30	7.20	4.97	動物性有機物を含む。

第2表 汚泥施用土壌の理化学性 (畑地, 沖積土壌)

	仮比重	孔隙率 (%)	EC ($\mu\text{v/cm}$)	pH		腐植 (%)	
				H ₂ O	KCl		
無施用対照区	1.17	53.94	73.0	7.10	6.35	2.03	
佃煮汚泥区	2t	1.14	54.22	815.0	6.95	6.35	4.49
	5t	1.10	55.47	847.5	7.40	6.60	4.55
食あん汚泥区	2t	1.13	55.51	178.5	6.60	6.15	2.94
	5t	1.10	56.35	228.5	6.60	6.10	3.21
食品汚泥区	2t	1.13	55.16	214.5	6.80	6.20	3.17
	5t	1.12	55.20	354.0	7.40	6.70	3.56

注: 1978年12月18日施用, 1979年3月28日採土調査。

第3表 汚泥施用栽培ホウレン草の発育状態 (1個体当たり)

		葉 数	最長葉長	地上部重 (葉重)	地下根重 (根重)	1株重
無施用・無肥料区		14.5 枚	21.0 cm	16.5 g	2.0 g	18.5 g
無施用・3要素区		18.2	27.8	37.6	2.8	40.4
前 年 施 用 連 年 施 用	普通堆肥区	2 t	23.7	20.1	1.3	21.4
		5 t	21.8	23.3	2.0	25.3
	佃煮汚泥区	2 t	23.1	21.0	1.0	22.0
		5 t	23.8	38.3	1.8	40.1
	食あん汚泥区	2 t	20.5	20.5	2.0	22.5
		5 t	23.0	19.8	1.3	21.0
	食品汚泥区	2 t	23.7	23.4	1.9	25.3
		5 t	24.9	28.0	2.2	30.2
連 年 施 用	普通堆肥区	2 t	25.5	22.7	1.4	24.1
		5 t	23.9	23.0	1.5	24.5
	佃煮汚泥区	2 t	16.2	8.5	1.0	9.5
		5 t	15.0	8.8	0.6	9.4
	食あん汚泥区	2 t	19.2	13.3	1.0	14.3
		5 t	31.0	22.6	2.0	24.6
	食品汚泥区	2 t	25.2	17.1	1.1	18.3
		5 t	24.6	18.3	1.0	19.3

注: 2t 10a 当たり乾物換算で約 2t 相当量を施用。 5t 10a 当たり乾物換算で約 5t 相当量を施用。

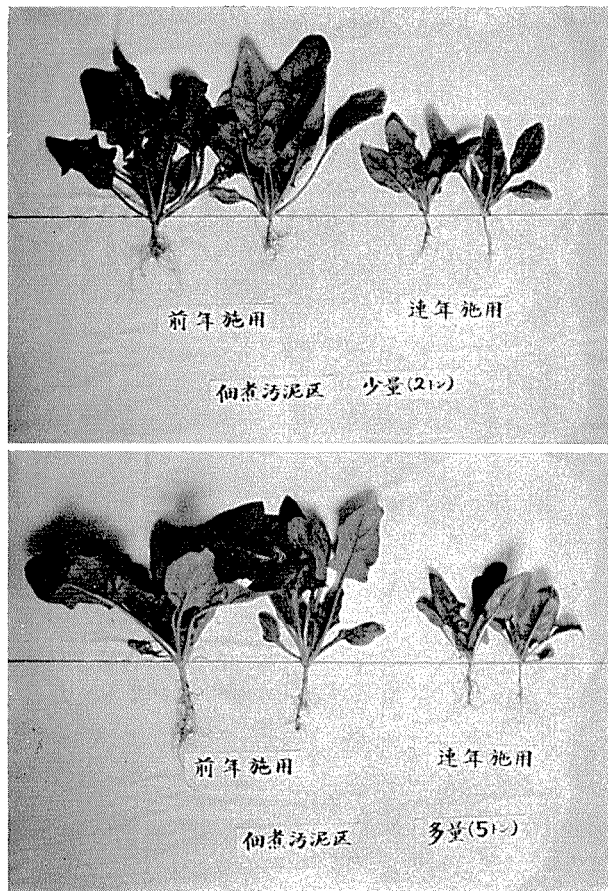
第4表 汚泥施用栽培大根の発育及び品質 (1個体当たり)

		地上部重 (葉重)	地下部重 (根重)	大根の太さ (頸部直径)	大根切口断面 貫通度(8mm針)	根汁糖度 (屈折計示度)
無施用・無肥料区		200.0 g	666.7 g	61.1 mm	7.9	6.3 %
無施用・3要素区		313.3	1,046.7	69.8	7.4	6.1
前 年 施 用 連 年 施 用	普通堆肥区	2 t	1,270.0	74.8	8.0	6.0
		5 t	680.0	62.9	7.8	5.9
	佃煮汚泥区	2 t	833.0	64.6	7.8	6.1
		5 t	626.7	61.6	8.0	6.7
	食あん汚泥区	2 t	876.7	66.9	8.2	6.9
		5 t	1,060.0	71.3	7.2	6.5
	食品汚泥区	2 t	1,120.0	72.2	7.0	6.3
		5 t	933.3	69.2	7.5	6.2
連 年 施 用	普通堆肥区	2 t	543.3	65.4	7.7	5.7
		5 t	1,073.3	70.3	7.9	5.6
	佃煮汚泥区	2 t	403.3	58.4	7.9	6.7
		5 t	163.3	44.6	7.9	7.5
	食あん汚泥区	2 t	976.7	67.2	7.2	6.1
		5 t	853.3	65.4	6.9	5.7
	食品汚泥区	2 t	973.3	66.5	7.8	6.5
		5 t	1,090.0	69.3	7.6	6.6

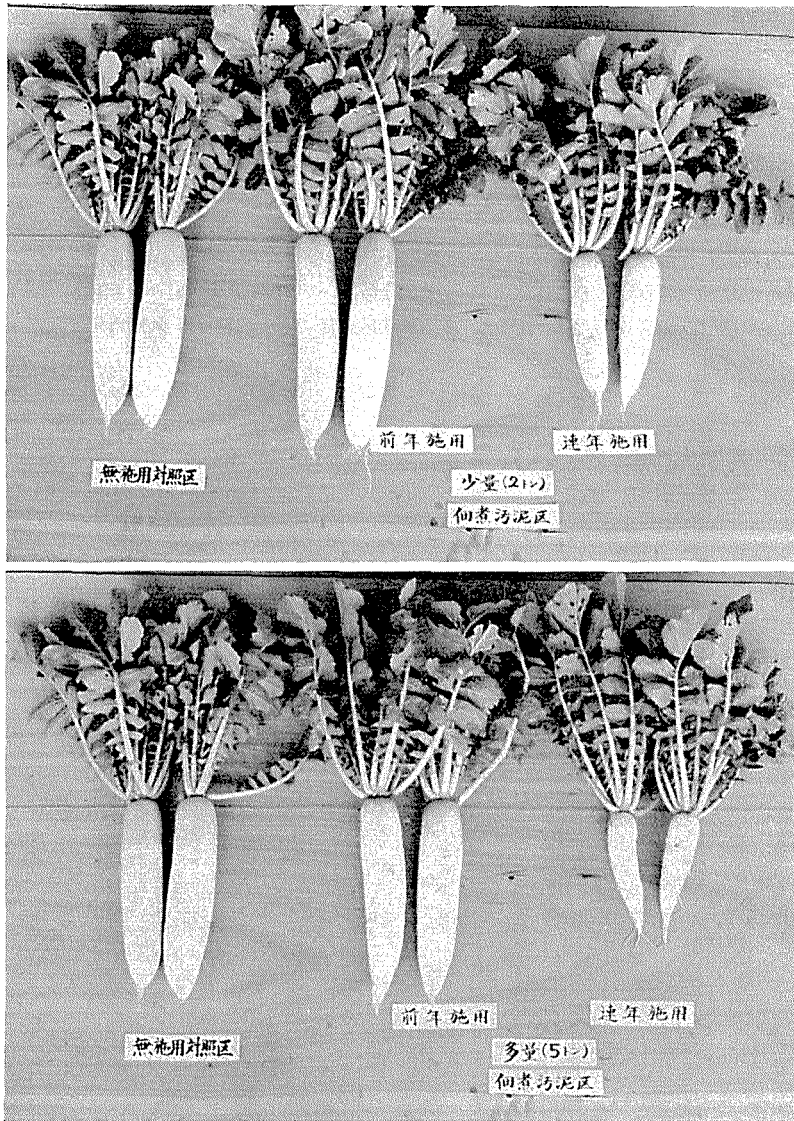
注: 2t 10a 当たり乾物換算で約 2t 相当量を施用。 5t 10a 当たり乾物換算で約 5t 相当量を施用。

そのうち特に佃煮汚泥区におけるハウレン草及び大根の発育状態を比較すると、第1図及び第2図のとおりである。まず、これをハウレン草について、前年施用の葉長及び1株重の発育状態をみると、無施用無肥料区に較べれば各汚泥区ともに優れ、普通堆肥区に劣らない発育状態を示した。なかでも佃煮汚泥区及び食品汚泥区の5トン施用では、無施用の3要素区に較べてもあまり劣らない発育を示し、佃煮汚泥5トン施用区では特に他に優れて良い発育を示した。これに対して連年施用の場合には、各汚泥区とも概して普通堆肥施用区よりも劣り、特に佃煮汚泥区では2トン、5トン施用の両区とも発育が劣った(第1図)。

次に大根についてみるに、前年施用の2トン施用区では、各汚泥施用区とも無施用無肥料区に較べると、はるかに優れた発育を示したが、無施用3要素区に較べると佃煮汚泥及び食あん汚泥の両区ではやや劣った。5トン施用区についてみると、佃煮汚泥区の発育が劣り、食あん汚泥及び食品汚泥の両区は無施用3要素区に劣らない発育状態を示した。この傾向は連年施用の場合にもみられるが、特に佃煮汚泥区では2トン、5トン施用ともに著しく発育が劣った(第2図)。



第1図 佃煮汚泥施用ハウレン草の発育状態



第2図 佃煮汚泥施用大根の發育状態

考 察

農耕地土壌の理化学性の改善及び地力増進をはかり、さらには土壤管理の能率、効果を高めるために、有機物資材の施用が重要視されていることは、今更論を新たにする必要はなからう。そこで近時、都市ゴミ、下水汚泥さらには廃水処理余剰汚泥などの有機物資源の見直しから、それらを農耕地へ還元利用しようとする意図をもった研究や試みが多くみられるようになった。

高橋⁽²⁾は、都市廃棄物中の下水汚泥を畑作物に対する施用試験の中から、蔬菜類に施用した事例において、葉菜類に対する下水汚泥の施用は、例外なく生育を良好にし、同時に収量を増大させる効果が大きいことを認め、葉菜類に対しても収量、品質の向上に効果のあることを認めているが、根菜類に対しては、あまり効果のみられない事例が多く、効果のみられた事例でも、施用量があまり多くない所に限界が認められた。と述べている。更に畑作物に対する下水汚泥の施用適量は、水稻に比べて全般に高いが作物の種類によって異なり、おむね作物のチッソ成分に対す

る感応と要求量からみて、チッソ要求量の多い作物ほど、汚泥施用の適量が多い傾向にあることを認めている。

吉野⁽⁵⁾の記述によれば、有機性産業廃棄物としての土壤還元利用の考え方について、汚泥（都市下水やし尿を処理した場合にできる汚泥）やコンポスト（都市ゴミの処理物）は、その内容にもよるが化学肥料や堆きゅう肥、家畜ふん尿とともに農業にとっては貴重な有機質資材であるとし、大切な有機物を土壤改良の資材として有意義に利用したいものであるとしており、化学肥料の正しい施用方法と同時に、汚泥やコンポスト等の有機物の活用の途を開拓することが急務であることを指摘している。

この場合、土壤還元の施用量については、作物の生育、収量、品質に支障がなく、土壤の理化学的諸性質に悪影響がなければ、公害問題を起さない限りにおいて、施用量を増すことも可能であると述べている。

しかし、このような指摘や記述にもうかがわれるように、汚泥の土壤還元利用に当たって留意すべき事項のうち、特に有害物質の有無と、それが及ぼす影響のほかに、土壤の理化学性及び作物の發育、収量、品質に及ぼす影響についての留意が必要とされる。

本実験における供試汚泥は、高橋⁽²⁾が扱っている下水汚泥とは、その生成源及び肥料的性状を異にするものである。しかし、本実験の結果において供試汚泥の肥料的性状の差が示めすように、どんな汚泥でもすべてが肥料的利用性が高いとは断定し難い。また、一般的に汚泥の施用が土壤還元の有効な結果をもたらすのものであるとしても、本実験における5トン相当量/10a当たりの施用量のように、極端な多量施用は土壤ECの過高ばかりでなく、供試作物の發育障害や収量、品質の低下が明らかにみられる。この点、本実験の佃煮汚泥施用の場合に、肥料的成分（T-N含量）が高く、pHもあまり高くなく、肥料的利用価値が高いものであると思われるが、ECにおいてきわめて高い値を示し、さらにはNaClの含量が多いことは、必ずしも肥料的利用上、良好な条件をもった汚泥であるとは云い難い。すなわち、このことは供試作物ハウレン草及び大根の栽培結果において、供試余剰汚泥のうち特に佃煮汚泥の連年施用の場合にみられる（第1図、第2図）ところである。

汚泥肥料の土壤中における分解と無機化については栗原⁽⁶⁾、大羽⁽⁷⁾の報告によると、ナタネ その他有機質肥料と同じで、良好な条件の下では比較的速やかであるが、一般的には緩遅効的であるとされている。本実験の場合、前年施用の場合は概して連年施用の場合に比べて、供試作物の發育や品質が優れたことは、余剰汚泥の施用後の土壤中での分解、無機化と、それが土壤の理化学性に及ぼす影響差によるものと推慮される。特に多量施用（5トン区）の連年施用では、施用量の過剰とともに土壤中での分解、無機化の遅延が、土壤の理化学性並びに作物の發育及び品質に対して、悪影響を及ぼしたものであると思われる。

以上のように、本実験においても余剰汚泥の肥料的利用については、施用量とともに施用方法（期間）の問題が重要であることがうかがわれる。つまり、汚泥の肥料的利用の場合に、汚泥そのものを施用するよりも、コンポスト化して利用するほうが安全であり、また合理的であるといえよう。

しかし、本実験の結果が示すように食品産業廃水の余剰汚泥も、下水汚泥に優るとも劣らない肥料的価値と、その施用、利用に際しては一般的な留意のほかに、余剰汚泥の性状、特性にもとづく合理的利用法の検討が必要であると思われる。

謝 辞

本研究の遂行に当たり、汚泥の提供を賜った小豆島佃煮協同組合（香川県小豆郡内海町）、山清株式会社（香川県綾歌郡綾上町）、大川食品コンビナート（香川県大川郡長尾町）の各社に対し、厚くお礼を申し上げる。また、本学部附属農場の伊藤博允技官らの協力をいただき、さらにこれら廃棄有機物の肥料化利用に関する一連の研究遂行に対して、昭和54年度文部省科学研究費補助金の交付をいただいた。併わせてここに深甚の謝意を表する。

引 用 文 献

- | | |
|--|--|
| (1) 栗原 淳: 余剰汚泥の植物生育に及ぼす影響、汚泥の緑農地還元肥料化対策資料集、フジテクノシステム、170~188 (1976)。 | 日土肥誌、50、273-284 (1979) |
| (2) 高橋和司: 都市廃棄物の特性と作物への施用効果、 | (3) 樽谷 勝, 梅田 裕: 廃棄有機物の堆肥化利用に関する研究、I 木材工業における廃水の余剰汚泥について、香大農学報、32 (1) 55-63 (1980)。 |

- (4) 樽谷 勝, 梅田 裕, 田川 清: 余剰汚泥の肥料としての利用研究, 香川県中小企業団体中央会の補助事業による昭和53年度活路開拓調査指導事業報告書, 小豆島佃煮協同組合, 43-47 (1979)。
- (5) 吉野 実: 有機性産業廃棄物の各種作物への土壌還元利用と施用上の問題点, 農および園, 53(9), 1083-1089 (1978)。
- (6) 栗原 淳: 余剰汚泥の植物生育に及ぼす影響, 汚泥の緑農地還元肥料化対策資料集, フジテクノシステム, 170-188 (1976)。
- (7) 大羽 裕: 下水汚泥の土壌中における分解過程の検討, 下水汚泥の農用地利用に関する調査, 日本土壤協会, 53-60 (1979)。

(1980年10月31日 受理)