

# 下水汚泥コンポストの農地還元に関する検討(第2報) — 土壌へ投与した下水汚泥コンポストの 分解について —

山田秀和, 服部共生, 木下和二\*

HIDEKAZU YAMADA, TOMOO HATTORI  
and KAZUJI KINOSHITA

Studies on the land application of composted sewage sludges (Part 2) :  
Decomposition of composted sewage sludges after land application.

要旨: 下水汚泥を農地還元して有効利用する場合の汚泥成分の分解を, 京都府洛西浄化センターで製造した下水汚泥コンポストを用いて検討を行った。

1) コンポストと土壌を混和した系から発生するメタンと二酸化炭素を指標にコンポスト及び土壌有機物の分解性について検討を行ったところ, コンポスト添加量の比較的少ない場合には有機物分解の促進が認められたが添加量の増加と共に分解の低下する傾向が認められた。また植物ホルモンの一つであるエチレンの生成が認められた。

2) コンポストと土壌を混和した場合に生成する有機酸類の消長を検討した。混合系から生成する有機酸量は 酢酸>n-酪酸>プロピオン酸>iso-酪酸 の順位を示した。この順位は土壌単独の場合と同じであったが, コンポスト添加に伴って酢酸の生成量は増加し, イネに有害作用を示すn-酪酸の生成量の低下する傾向が認められた。

3) 下水汚泥コンポスト中の窒素成分の無機化が顕著に認められないこと, 及び土壌-コンポスト系に添加した有機窒素化合物のカゼインの無機化が効果的に進まないことが認められた。これは, コンポスト中の多量の重金属類が窒素成分の無機化に関与する微生物の活性を抑制しているためと推察された。

## 結 言

京都府公害対策技術者会議下水道部会の調査研究の一環として, 下水汚泥コンポスト(以下コンポスト)の農地還元に関する基礎的検討を行った。検討結果のうち重金属元素の含有量とその形態変化については前報<sup>1)</sup>で報告した。本報では土壌に混和した場合のコンポストの分解について検討した結果を報告する。

特殊肥料として農地へ投与したコンポストに肥効が期待できるためには, 土壌中でコンポストを構成する有機物が適度に分解し, 窒素, リン等の成分を土壌中に供給することが望ましい。そのためには, コンポストの分解条件や分解過程を把握しておくことが必要となる。そこで, 土壌にコンポストを混和して, 生成する二酸化炭素(CO<sub>2</sub>), メタン(CH<sub>4</sub>), 及び低分子有機酸類等の推移を指標に, コンポストの分解性について検討を行った。さらに, 下水汚泥

京都府立大学農学部土壌学・植物栄養学研究室

Laboratory of Soil Science and Plant Nutrition, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Kyoto, Japan.

\* 現在: 京都府総務部消防防災課

平成元年8月3日受理

コンポスト中の窒素成分の有効性について検討を加えた。

### 実験方法

#### 1) 試料

実験には、京都府洛西浄化センター（京都府長岡京市勝竜寺樋ノ口1）の下水汚泥コンポスト（昭和57年12月製造のロット）の2 mm以下の画分（水分31.8%）と、京都府立大学圃場（京都市左京区下鴨）の沖積水田土壌の風乾土（2 mm以下）を供試した。

コンポストの主要成分と可溶性成分濃度及び土壌の理化学性については前報<sup>1)</sup>で報告した。

#### 2) 実験1（土壌・コンポスト混合系から発生するCO<sub>2</sub>とCH<sub>4</sub>）

土壌とコンポストを重量比で100:0, 97.5:2.5, 95:5, 90:10, 75:25, 50:50及び0:100に混合し、各混合物10gをサンプル瓶（内容積30 ml, 直径30 mm, 高さ45 mm）に採取し、純水を水田条件に対応するように9 ml（A区）または畑条件に対応するように4.5 ml（B区）添加したのちゴム製のダブルキャップで密栓した。これを25℃の暗所下におきインキュベーションを行った。

さらにA, B区の各々について、実験終了時まで完全密閉を続けるC区と、1~3日毎にサンプル瓶内の気相部を新鮮空気で置換するO区の二区を設定した。すなわち実験区として、土壌とコンポストの混合比の異なる7組の各々に、A-C（純水9 mlを添加したA区で、完全密閉を継続するC区を組み合わせたもの）、A-O, B-C及びB-Oの4区を組み合わせた28区（各2連で実施）を設定した。

経時的に、サンプル瓶の気相部の少量をガスタイトシリンジで抜き取り、ガスクロマトグラフ（GC）法でCO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>及びエチレン（C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>）を定量した。

CO<sub>2</sub>の定量には島津3 BT型ガスクロマトグラフ（TCD 装備）を用い、分離カラムとして3 mm×1 mのステンレスカラムに60~80メッシュのSilicagel S1を充填し、130℃で約24時間活性化したものを使用した。分析はカラム温度100℃でヘリウムをキャリアーガスに用い流速55 ml/minで行った。

また、CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>の定量には島津3 BF型ガスクロマトグラフ（FID 装備）を用い、分離カラムには3 mm×2 mのステンレスカラムに60~80メッシュの活性アルミナを充填し110℃で約24時間活性化したものを使用した。分析はカラム温度110℃

で窒素をキャリアーガスに用い、流速25 ml/minで行った。

結果は試料1 g当りから発生するガス量を気体体積で表示した。但し実験誤差を考慮して気体体積の標準状態への換算は行わなかった。

#### 3) 実験2（土壌・コンポスト混合系から生成する有機酸）

土壌とコンポストを重量比で100:0, 90:10, 75:25及び0:100に混合し、各混合物20 gを三角フラスコ（100 ml）に秤取した。各フラスコにグルコース0.2 gと純水を水田条件に対応させて20 mlまたは畑条件に対応させて10 ml加え、ゴム製のダブルキャップでフラスコを密栓したのち、30℃の暗所下に放置してインキュベーションを行った。

インキュベート開始後0, 4, 9, 18, 28及び44日目に土壌・コンポスト混合系から生成したCO<sub>2</sub>と有機酸（酢酸、プロピオン酸、*n*-酪酸、*iso*-酪酸）を定量した。

有機酸の抽出は、フラスコに硫酸と純水を加えて水相を0.25Mの硫酸酸性とし、氷水中で時々振とうしながら約1時間放置して行った。次いで3000 rpmで約15分間遠心分離して上澄液を得、これに内部標準物質として*iso*-吉草酸を添加し、GC法によって有機酸を定量した。

有機酸のGC分析には島津3 BF型を用い、分離カラムとして3 mm×2 mのステンレスカラムに60~80メッシュのShimalite TPAにFAL-Mを10%コートしたものを充填し180℃で24時間活性化して使用した。分析はカラム温度150℃、注入部温度210℃、キャリアーガスの窒素流量22 ml/minの条件で行った。

なお土壌中の低分子有機酸類は（特に腐植含量の高い場合）土壌に吸着されるため、水のみで抽出するのは困難である。そこで遊離の有機酸類を水抽出した後、希硫酸抽出法によって吸着態有機酸を分離定量する試みもある<sup>2),3)</sup>。本実験の操作では、希硫酸で直接抽出するため水溶性と吸着態の有機酸の含量（全有機酸）を抽出していることになる。なお希硫酸抽出でも一回の抽出で有機酸類を完全に抽出することは不可能であるが、本実験では実験操作の簡便化を図るために一回抽出法を採用した。

#### 4) 実験3（土壌・コンポスト混合系の窒素成分の動態）

a) 土壌とコンポストを風乾物重量比が100:0, 95:5, 75:25, 50:50及び0:100で全量10 gになるように大型試験管（24×200 mm）に採取した。これに

純水 10 ml を加えよく混合し、更に純水 10 ml を試験管内壁に付着した試料を洗い落としながら加えた。試験管の口をパラフィンフィルムとアルミニウムホイルでシールしたのち、25 °C の暗所下に放置し、インキュベーションを開始した。

インキュベーション開始後 5, 10, 21, 30 及び 40 日目に、試験管内の全量を 20 % 塩化カリウム (KCl) 溶液 50 ml と純水 30 ml を用いて取り出し、時々かくはんしながら約 1 時間放置した。次いで遠心分離と濾過で KCl 抽出液を分離し、直ちに抽出液中のアモニア態窒素 (NH<sub>4</sub>-N) を水蒸気蒸溜法で定量した。

b) 土壤とコンポストを乾物重量比が 100:0, 99:

1, 95:5 及び 90:10 で全量 10 g になるように大型試験管に採取し、これに有機態窒素源としてカゼイン粉末 50 mg を各試験管に加え、a) と同様にインキュベーションを行った。インキュベーション開始後 5, 11, 16, 22, 32, 53, 75 及び 90 日目に、a) と同様の方法で NH<sub>4</sub>-N を定量した。

### 結果と考察

1) 土壤-コンポスト混合系から生成する CO<sub>2</sub> と CH<sub>4</sub>

土壤-下水汚泥コンポストの混合物から発生する CO<sub>2</sub> と CH<sub>4</sub> の (積算) 生成量の測定結果を第 1 表に示した。

Table. 1 CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> evolved from soil-composted sewage sludge mixtures.

Soil: compost (incubation condition)*	CO <sub>2</sub> evolved; $\mu\text{l/g-sample}$						CH <sub>4</sub> evolved; $\text{nl/g-sample}$						
	Incubation time (days)						Incubation time (days)						
	1	2	3	5	8	12	1	2	3	5	8	12	
100 : 0 (AO)	31	88	154	286	464	612	12	48	167	2330	10770	11870	
	(AC)	31	83	107	206	316	12	56	191	2050	11360	17240	
	(BO)	159	287	372	498	620	715	12	18	31	64	69	102
	(BC)	159	246	289	361	432	430	12	15	144	627	3140	13830
97.5:2.5 (AO)	30	84	151	284	453	621	16	89	254	2840	14090	16750	
	(AC)	30	79	122	204	290	313	16	116	304	2370	12440	28260
	(BO)	147	285	391	562	765	953	21	46	70	702	739	780
	(BC)	147	227	287	361	429	471	21	16	101	582	979	11990
95 : 5 (AO)	31	84	148	270	430	594	20	88	232	1620	10820	16690	
	(AC)	31	77	116	208	289	341	20	111	284	1940	9850	24590
	(BO)	167	302	405	572	820	1050	13	18	28	47	53	78
	(BC)	167	221	274	361	410	462	13	18	69	133	864	9110
90 : 10 (AO)	31	84	153	268	444	598	29	110	273	1390	9400	28850	
	(AC)	31	87	126	212	334	342	29	112	313	1720	8010	23300
	(BO)	179	290	432	615	857	1120	18	31	46	53	67	123
	(BC)	179	246	286	351	420	422	18	18	41	141	728	7610
75 : 25 (AO)	33	89	153	289	490	728	36	105	176	400	1130	4610	
	(AC)	33	78	100	201	266	283	36	128	190	432	1610	4580
	(BO)	162	317	455	657	953	1190	12	21	32	39	47	55
	(BC)	162	226	239	321	343	349	12	21	37	41	51	127
50 : 50 (AO)	28	72	122	230	416	648	18	35	53	73	125	235	
	(AC)	28	56	83	161	178	207	12	27	43	64	110	260
	(BO)	127	255	384	565	810	989	12	17	26	33	38	53
	(BC)	127	155	175	209	242	247	12	11	16	13	18	76
0 : 100 (AO)	18	43	80	172	308	460	8	12	19	25	30	39	
	(AC)	18	35	49	75	88	96	8	6	11	9	8	10
	(BO)	36	88	154	254	373	482	10	15	28	35	39	53
	(BC)	36	57	66	83	119	119	10	9	16	8	2	53

\* A, B, O and C indicate incubation conditions: A, incubated at water-logged condition. B, incubated at field-moist condition. O, Headspace air of flasks containing soil-compost mixture was exchanged with fresh air every 2 or 3 days. C. The headspace air was not exchanged to the end of the incubation experiment.

CO<sub>2</sub>が有機物の好氣的分解の結果生成することから予想されるとおり、CO<sub>2</sub>の生成量は空気の供給を遮断したC系に比べ、空気供給を受けるO系で多い。また湛水系のA系に比べ空気拡散の容易な畑条件のB系で多い。C系の場合、インキュベーション第8日目以後は、サンプル瓶内の気相空気が消費されるためか、CO<sub>2</sub>の生成は殆どみられない。これに比べO系の場合には、断続的ではあるが新鮮空気の供給を受けるためCO<sub>2</sub>の生成は直線的に増加している。このO系は、コンポストを農地へ投与する条件にほぼ対応しており、空気の供給を受ければコンポストは比較的速やかに分解が始めることが予想される。

しかし有機物含量が3.2%の土壤から発生するCO<sub>2</sub>に比べ、強熱減量が66.3%で土壤に比べはるかに多量の有機物を含むコンポストから発生するCO<sub>2</sub>量は少ない。これはコンポスト化の過程で易分解性有機物の大部分が分解され残留する易分解性有機物が少ないためであろう。

CH<sub>4</sub>の生成はCO<sub>2</sub>の生成とは逆でかなり系の酸化還元電位の低下した還元的な条件下で生成する。分析結果もCO<sub>2</sub>と対照的で畑条件のB区に比べ湛水条件のA区で、また断続的に空気供給を受けるO区に比べ密閉区のC区で、いずれもCH<sub>4</sub>生成量が多い。

土壤にコンポストを混和して適当な温度と水分条

件下に放置すると、土壤微生物によって土壤有機物やコンポスト有機物が分解を受けたり、あるいはコンポストの添加量が多量になるとコンポスト中の重金属等の有害成分のため微生物活動が遅滞し有機物の分解が抑制を受けることが予想される。

そこで有機物の分解に及ぼすコンポスト添加の影響を評価するため、土壤とコンポスト間には各々の構成有機物の分解に相互作用がないと考え、CO<sub>2</sub>やCH<sub>4</sub>生成量は土壤とコンポストの混合量比だけで定まるものと仮定して計算したガス生成量と、実測値との差を求めてみた。

たとえばインキュベーション第12日目のB-O区で土壤とコンポスト比が90:10のCO<sub>2</sub>量を、B-O区の土壤100%区のCO<sub>2</sub>生成量(μl/g-sample)715とコンポスト100%区の482から、 $715 \times 0.9 + 482 \times 0.1 = 692$ と計算した。この値と実測値1120との差428を求めた。この差が正(負)を示す場合、土壤とコンポストの混和によって有機物の分解が促進(抑制)されたと考えることが出来る。但し、分解が促進または抑制を受ける有機物が土壤有機物由来かコンポストの構成有機物由来かを区分することはできない。

インキュベーション第12日目の時点での、CO<sub>2</sub>及びCH<sub>4</sub>の実測値と計算値との差を求め、その結果を第1図に示した。

CO<sub>2</sub>の場合、B-C区のコンポスト添加が25%

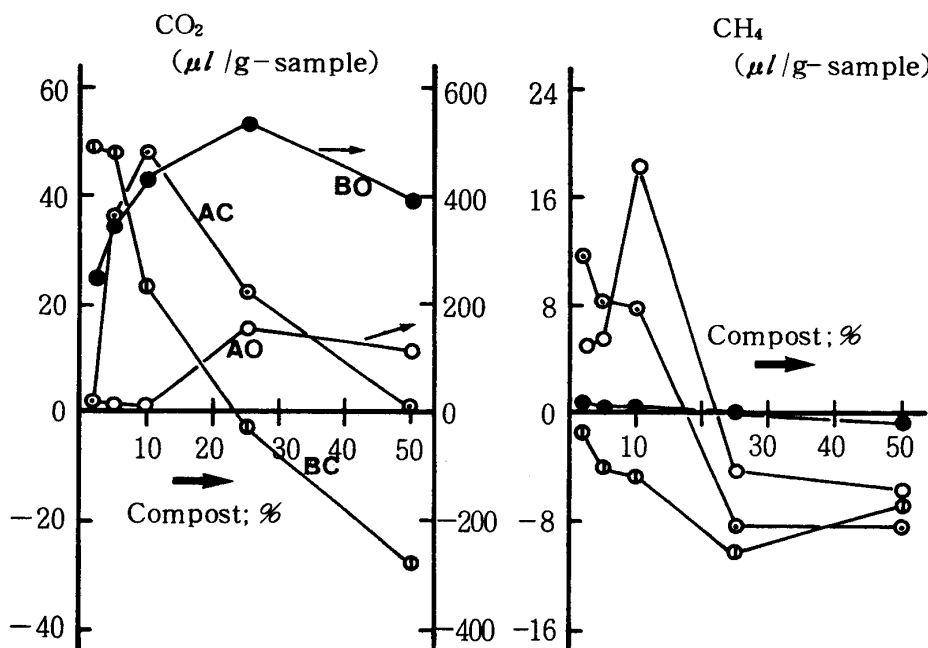


Fig. 1 Effect of the amount of compost added to soil on the evolution of carbon dioxide and methane.

AO, AC, BO, and BC were the same as those indicated in Table 1.

と50%区以外は、いずれも実測値と計算値の差は正で、土壌とコンポストの混和によって有機物の分解が促進されることを示している。しかし分解の程度は実験区及びコンポストの混和量で異なり、B-C区以外はいずれもコンポスト添加量が増大すると共にCO<sub>2</sub>生成量も高まり、A-C区ではコンポスト10%添加区で、A-O区及びB-O区では25%区で最大を示し、以後低下する。コンポスト添加量が多いとコンポスト中の含有重金属類が微生物活動を抑制し、CO<sub>2</sub>生成量を低下させるのであろう。

一方CH<sub>4</sub>の場合は、CO<sub>2</sub>とは対照的で、有機物の分解促進と抑制が顕著に認められる。湛水区のA-O区、A-C区の場合、CH<sub>4</sub>生成はコンポスト添加量が10%以下では促進を受け、25%以上になると著しい抑制を受けている。土壌や堆積物からのCH<sub>4</sub>生成は、その前駆体である酢酸CH<sub>3</sub>COOHの生成とそれに続くCH<sub>3</sub>COOHの脱炭酸(CH<sub>4</sub>生成)の二つのプロセスからなる。CH<sub>3</sub>COOHの脱炭酸反応は海水のような高塩中では抑制を受けることが知られている<sup>4)</sup>。供試したコンポストには多量の可溶性塩類が含まれ<sup>1)</sup>、土壌に多量のコンポストを混和し湛水すると、湛水系はコンポストから溶出する塩類のため高い塩濃度を示し、そのためCH<sub>4</sub>生成の第2段の反応が抑制され、CH<sub>4</sub>生成量が低下するものと考えられる。

B-O区は断続的に酸素供給を受け、かつ畑地条件のため還元が進まないためか、CH<sub>4</sub>生成量の増減は殆どみられない。またB-C区では、コンポスト添加量が2.5~50%のすべてについてCH<sub>4</sub>の生成が抑制を受けている。

なお土壌-コンポスト系からCH<sub>4</sub>以外にも微量のエタン(C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)、プロパン(C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>等の生成が認められた。このうちC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>は植物ホルモンの一種で微量で落葉促進、呼吸促進、花芽形成、発芽促進、成熟促進等の作用を示すことが知られている。土壌からも土壌有機物や土壌に添加した有機物の分解にともなって発生し<sup>5)</sup>、植物生育に影響していることが指摘されている。

そこでコンポストの農地投与に伴うC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>の生成を予備的に検討するため、実験1のCH<sub>4</sub>やCO<sub>2</sub>の場合とほぼ同様の実験区を設け、約20℃でインキュベーションを25日間続けた後の気相内のC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>を測定した。

C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>の生成量(nl/g-sample)は、A区とB区の間で大差なく、A,B区を平均すると土壌100%区の5.55に対して、コンポスト5%添加区で7.33、

10%添加区で6.42と増加する傾向が認められた。

土壌からのC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>生成は湛水直後の数日間に急増し、以後は他の成分に変化するといわれている。今回の結果は、経時変化も明らかでなく、インキュベーション25日後の結果で、ガス成分の散逸や生成したC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>の分解等の可能性も考えられる。しかし土壌にコンポストを添加すると、分解に伴ってC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>の生成することが指摘できる。

## 2) 土壌-コンポスト混合系で生成する有機酸類

各種の有機物が分解されピルビン酸を經由して有機酸が生成されるが、生成される有機酸の種類と量は微生物種と環境条件により異なる。通常、土壌から生成する主な有機酸は蟻酸、乳酸、酢酸、プロピオン酸、酪酸、吉草酸等で、これらのうち生成量は酢酸が最も多く、イネに対する有害性では酪酸が著しい<sup>6)</sup>。これらの有機酸のうち本研究では生成量の比較的多い、酢酸、プロピオン酸、*iso*-酪酸、*n*-酪酸の4種の有機酸を対象にその消長を検討した。

有機酸とCO<sub>2</sub>生成量の測定結果を第2表に示した。

有機酸の生成量は実験区やインキュベーション時間によっても異なるが、A,B区とも概ね、酢酸>*n*-酪酸>プロピオン酸>*iso*-酪酸の順である。酢酸の生成量が最も多いのは、各種の有機酸発酵にともなって生成されるためである。

プロピオン酸の生成量は酪酸のその約1/10と少ない。これは、酪酸発酵は有機酸発酵の中でも最も酸化還元電位の低い条件で起こるのに対し、プロピオン酸発酵は比較的Ehの高い嫌気条件下で起こるという生成条件の差を反映したものであろう。A区とB区を比較すると、有機酸及びCO<sub>2</sub>の生成量に実験1のCH<sub>4</sub>やCO<sub>2</sub>の場合ほどの大差はみられない。これはグルコースの添加によってB区の還元化がA区とほぼ同じ程度に達したためと考えられる。しかし還元化のスピードは、両区で若干差がみられる。たとえば、酢酸が最大生成量を示す時間をみるとA区ではインキュベーション9日目であるがB区ではインキュベーション18~28日目である。この差異は、水分条件を畑条件に対応させたB区に比べ水田条件に対応させたA区の還元化のスピードがより速いことを反映したものと考えられる。

実験2は、実験1とインキュベーション温度等が異なるため、両者の結果を単純に比較できない。しかし例えばCO<sub>2</sub>生成量を比べると、両者間にはインキュベーション温度の差異に起因すると考えられる以上の差がみられる。系にグルコースを添加した

Table. 2 Organic acids and CO<sub>2</sub> formed from soil-composted sewage sludge mixtures.

Soil : compost	Organic acid (me/100g-sample) or CO <sub>2</sub> (ml/g-sample)	Incubated at water-logged condition						Incubated at field-moist condition					
		Incubation time (days)						Incubation time (days)					
		0	4	9	18	28	44	0	4	9	18	28	44
100: 0	acetic acid	0.06	4.7	2.2	3.1	1.3	0	0.06	1.4	2.1	2.2	2.7	0.80
	propionic acid	0	0	0.45	0.44	0.48	0	0	0	0.40	0.41	0.47	0.20
	iso-butyric acid	0	0	0.36	0.39	0.47	0	0	0	0.32	0.33	0.41	0
	n-butyric acid	0	2.7	2.6	2.3	1.9	0	0	2.5	2.3	1.0	0.8	0
	CO <sub>2</sub>	0	1.35	1.00	0.45	0.35	0.80	0	1.35	0.95	0.70	0.55	0.90
90: 10	acetic acid	0.12	0.78	6.7	2.5	1.4	0.40	0.12	1.68	3.6	5.0	5.1	0.55
	propionic acid	0	0	0.48	0.46	0.43	0	0	0	0.46	0.51	0.56	0
	iso-butyric acid	0	0	0.31	0	0	0	0	0	0.26	0.29	0.29	0
	n-butyric acid	0	0.02	0.15	0	0	0	0	0.60	0.55	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	0	1.35	1.00	0.90	0.70	1.00	0	1.30	0.95	0.80	0.60	1.10
75: 25	acetic acid	0.12	3.9	6.6	2.8	1.6	0.70	0.12	3.45	6.1	6.7	5.8	0
	propionic acid	0.10	0	0.51	0.22	0.47	0.42	0.08	0	0.56	0.55	0.52	0
	iso-butyric acid	0	0	0.27	0	0.11	0	0	0	0.31	0.29	0.25	0
	n-butyric acid	0	1.45	0	0	0	0	0	1.45	1.1	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	0	1.35	1.10	1.25	0.60	1.00	0	1.40	0.85	0.75	0.60	1.30
0:100	acetic acid	0.17	3.65	5.6	5.1	0.45	0	0.17	3.1	4.5	4.8	5.9	0.4
	propionic acid	0	0	0.58	0	0	0	0	0	0.62	0.56	0	0
	iso-butyric acid	0	0	0.12	0	0	0	0	0	0.27	0	0	0
	n-butyric acid	0	0	0	0	0	0	0	0	0.35	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	0	1.00	1.20	1.20	1.10	1.50	0	1.10	1.00	0.75	0.70	1.35

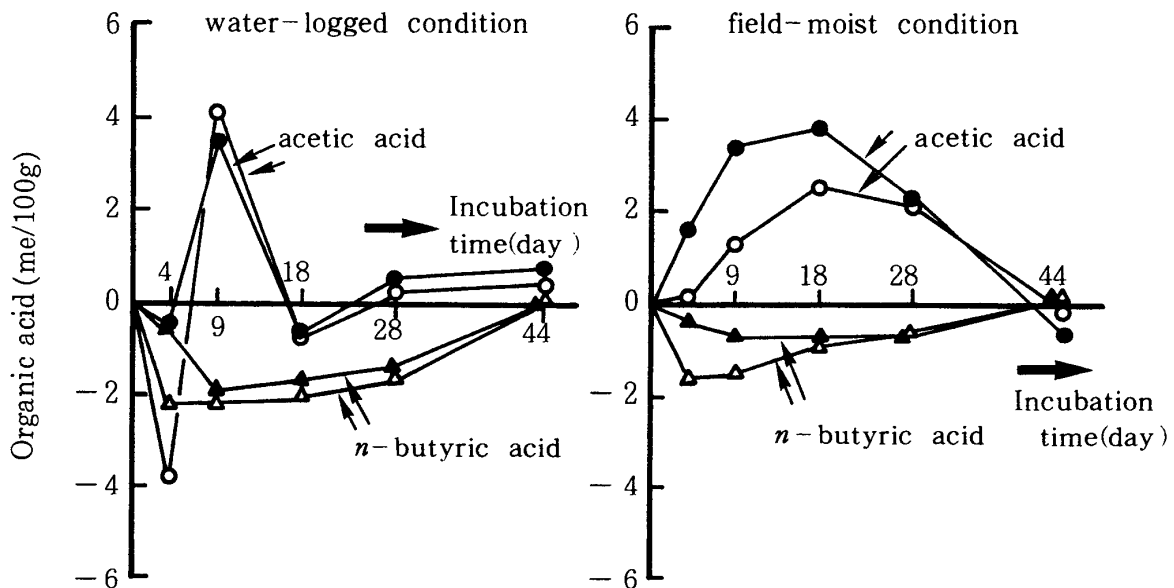


Fig. 2 Effect of the addition of compost to soil on the formation of acetic and n-butyric acids.

○, △; soil/compost=90/10, ●, ▲; soil/compost=75/25.

Table. 3  $\text{NH}_4\text{-N}$  (mg/g-sample) formed from soil-composted sewage sludge mixtures.

Soil: compost	Incubation time (days)				
	5	10	21	30	40
100 : 0	0.10	0.12	0.14	0.16	0.16
95 : 5	0.62	0.62	0.63	0.48	0.53
90 : 10	1.14	1.13	1.10	1.20	1.22
75 : 25	2.75	2.72	2.67	2.79	2.82
50 : 50	5.50	5.32	5.62	5.48	5.36
0 : 100	10.1	10.0	10.2	10.1	10.4

実験2の $\text{CO}_2$ 生成量は実験1に比べ明らかに多い。恐らく添加したグルコースの分解に由来する $\text{CO}_2$ が加算しているためと考えられる。従って有機酸もかなりの部分がグルコースに由来していると推測される。

イネに対する害作用のもっとも著しい酪酸の生成量は、A,B区ともに土壤100%区で多く、たとえばA区のn-酪酸の全生成量は9.5me/100gである。しかしコンポストの混和によって減少し、例えばコンポスト10%添加のA区の全生成量は0.17 me/100gである。

そこでコンポストの混和によるn-酪酸と酢酸の生成量の推移を検討するため、第1図の $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ の場合と同様の計算を行い、その結果を第2図に示した。

第2図から、土壤とコンポストの混和によって酢酸の生成は促進され、n-酪酸はA,B区とも生成が抑制されているのが認められる。n-酪酸の生成が抑制を受ける理由については明らかではないが、コンポストに含まれる多量の重金属類等が酪酸発酵に影響を及ぼしているのではないと思われる。

この結果から、土壤へコンポストを投与すれば、イネに対する有害性の著しい酪酸の生成を抑制できる可能性がある。

### 3) 土壤とコンポストの混和に伴う窒素成分の動態

実験aの結果を第3表に示した。土壤100%の場合は、生成する $\text{NH}_4\text{-N}$ は少量であるがインキュベート時間とともに増加し、土壤有機物が湛水で無機化したことを示している。一方、コンポストを添加した場合には、5日目から多量の $\text{NH}_4\text{-N}$ が検出される。検出量はコンポスト添加量に比例しているが、その量が経時的に増加する傾向は認められない。発生する $\text{NH}_4\text{-N}$ 量が経時的に増加しないことから、検出される窒素は、コンポスト中の有機態窒素

成分が無機化した結果と考えるよりも、コンポスト中の無機態窒素（あるいは比較的加水分解しやすい例えば凝集剤成分等の有機態窒素成分）が単に溶出したにすぎないとも考えられる。

この $\text{NH}_4\text{-N}$ として検出される窒素量のコンポスト中の全窒素量に対する割合は約42%となり、コンポスト中にはかなり多量の可給態化しやすい窒素成分が含まれていることになる。一方、インキュベートに伴って $\text{NH}_4\text{-N}$ の増加が認められないことから残りの約57%の窒素は湛水でほとんど無機化しないものと考えられる。

無機化しない理由として二つの可能性が考えられる。一つはコンポスト中の窒素が極めて安定な形態で存在し容易に微生物によって資化されない可能性、他は無機化できないほど安定ではないがコンポスト中の多量の重金属類が微生物活動を抑制し、その結果有機物を資化できない可能性である。

そこで、実験bでは有機窒素化合物として分解の比較的容易なカゼインを土壤-コンポスト系に添加して、コンポスト中の主に重金属類がカゼインの無機化に及ぼす影響を検討した。実験結果を第4表に示した。

第4表の $\alpha$ は生成する $\text{NH}_4\text{-N}$ の全量を、また $\beta$ は $\alpha$ からコンポストに由来する可溶性窒素分を差し引いた結果を示している。

コンポスト0%でカゼインの分解は最も多く、10日目で最大一定の値を示している。カゼイン中の窒素量を16%とし、土壤100%の場合のカゼインの無機化率を求めると89%になる。

一方、コンポストが加わると、添加量の増加と共にカゼインの無機化率は低下し、コンポスト添加率が1%の時最大約74%に、5%で最大約50%、そして10%では最大約11%となる。また無機化のパターンは、コンポスト0%区と1%区はほぼ平行で、

Table. 4 Effect of composted sewage sludge additions on mineralization of organic nitrogen compound (casein).

Soil : compost		NH <sub>4</sub> -N formed (mg/g-sample)							
		Incubation time (days)							
		5	11	16	22	32	53	75	90
100 : 0	$\alpha, \beta^*$	0.44	0.61	0.59	0.63	0.64	0.64	0.52	0.53
99 : 1	$\alpha$	0.60	0.72	0.75	0.74	0.75	0.75	0.48	0.55
	$\beta$	0.38	0.50	0.53	0.52	0.53	0.53	0.26	0.33
95 : 5	$\alpha$	1.27	1.39	1.33	1.38	1.39	1.45	1.24	1.29
	$\beta$	0.18	0.30	0.24	0.29	0.30	0.36	0.14	0.20
90 : 10	$\alpha$	2.11	2.15	2.08	2.15	2.18	2.24	2.27	1.78
	$\beta$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.08	0.00

\*  $\alpha$ , total amount of NH<sub>4</sub>-N formed from soil-composted sewage sludge mixtures.  $\beta$ , amount of NH<sub>4</sub>-N derived from the decomposition of casein added to soil-composted sewage sludge mixtures.

インキュベーション約10日目で最大無機化率を示すが、コンポスト添加率が增大すると共に最大無機化率を示す時期が遅れ5%添加区では約50日目に、10%添加区では約75日目となる。即ちコンポストの存在によって、カゼインの無機化は量的にも時間的にも著しい抑制を受けることが認められる。恐らくコンポスト中の多量の重金属類がカゼインの無機化に関与する微生物の異常環境への適応と活性を抑制しているものと考えられる。

本実験は長期間湛水を継続した特殊な場合の結果であるが、この実験結果を考えると、コンポスト中に多量の有機態窒素が含まれていても、それが無機化し可給態化するか否かについて疑問が残る。

### 引用文献

- 1) 山田秀和・服部共生・木場寛典(1988): 下水汚泥コンポストの農地還元に関する検討(第1報) - 下水汚泥コンポストの重金属含有量と土壤還元に伴う重金属の形態変化 -, 京都府立大学学術報告・農学, 第40号, 48~54
- 2) 山根一郎・佐藤和夫(1966): 水田土壤中の有機酸の定量法(第1報) Wiseman-Irvin法とその改良, 土肥誌, 37, 321~325
- 3) 山根一郎・佐藤和夫(1966): 同上(第2報) 土壤よりの有機酸の分離と定量, 土肥誌, 37, 326~333
- 4) 小山忠四郎(1980): 生物地球化学-環境科学への基礎と応用-, 東海大学出版会
- 5) 中野るり子・鍛塚昭三(1978): 湛水土壌のエ

チレンの生成・分解に関する研究(第2報) 湛水初期におけるエチレンおよびメタンの生成, 土肥誌, 49, 501~506

- 6) Chandrasekaran S. and Tomio Yoshida (1973): Effect of organic acid transformations in submerged soils on the growth of the rice plant, *Soil Sci. Plant Nutri.*, 19, 39~45

### Summary

Decomposition of composted sewage sludge (compost) obtained from the Rakusai waste water treatment center, Kyoto Prefecture, was examined to study the land application of sewage sludge.

Formation of gaseous carbon dioxide CO<sub>2</sub>, methane CH<sub>4</sub> and organic acids from a mixture of a soil and the compost was determined to estimate the decomposition of organic components contained in the mixture. Decomposition of the organic components was stimulated by the addition of a small amount of the compost. However, the decomposition was depressed with increasing the amount of the compost added to the soil. Small amount of ethylene C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, one of plant hormones, was also identified as one of the products from the mixture. The order of amount of organic acids formed was: acetic acid > n-butyric



acid  $\gg$  propionic acid  $>$  *iso*-butyric acid. This order was the same as that from the soil, but by adding the compost to the soil, the amount of acetic acid formed increased and

that of *n*-butyric acid decreased. Moreover, inhibition of the mineralization of nitrogen compounds was recognized by the addition of the compost to the soil.