

1. 3. 5 RUN2における汚泥収支

RUN2の汚泥収支を図1-8に示す。

施設からは 30m^3 の余剰汚泥が発生していたが、移動式脱水車を5時間運転することにより、 $2,560\text{ kg}$ の脱水汚泥となった。さらに、脱水汚泥の全量を炭化し、 230 kg の炭化汚泥へと減量した。また、脱水汚泥中のSS量が 466 kg であったことから、炭化による汚泥減量率は 50.6% であった。仮に、燃焼時間10時間における本炭化装置の処理限界である 325 kg の投入を行うとすると、8回の作業で $2,560\text{ kg}$ の脱水汚泥の全量を炭化処理することとなる。すなわち、実処理人口が約580人の処理施設の余剰汚泥は、1回/月の脱水車による脱水及び8回/月の本炭化装置による炭化で処理が可能であることが明らかとなった。

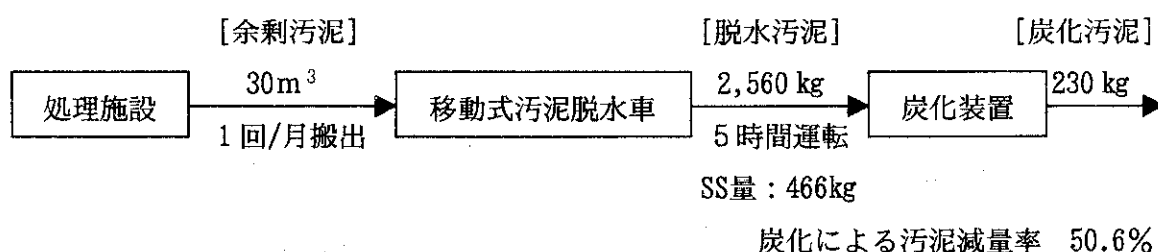


図1-8 汚泥収支

1. 3. 6 汚泥の乾燥、炭化にともなう構造変化

図1-9に固体高分解能 ^{13}C -NMR スペクトルを示した。これらのスペクトルは CP/MAS モードで測定した。CP/MAS モードでは分子の硬い部分を強調して観測する方法であるので、図1-9のスペクトルに現れている信号は炭化の進んだ部分を見ていることになる。

一般に、高分解能 ^{13}C -NMR スペクトルでは、約 $20\sim 40\text{ ppm}$ の信号は主にメチル、メチレンなどのアルキル系飽和炭素、 $60\sim 90\text{ ppm}$ の信号は主に水酸基、エーテル酸素などの酸素原子に結合したアルキル系炭素、 $110\sim 140\text{ ppm}$ の信号はアルケン、芳香族炭素などの二重結合に参与した炭素、 $160\sim 200\text{ ppm}$ の信号は主にカルボニル、カルボキシル炭素に帰属される。汚泥に含まれる炭素含有化合物として予測されるもののうち、多いと思われるものは各種脂肪酸とセルロースなどの炭水化物を主体とする植物繊維である。脂肪酸のアルキル鎖炭素は約 $20\sim 40\text{ ppm}$ の範囲に、カルボキシル炭素は $160\sim 200\text{ ppm}$ に信号を示す。また、セルロース、デンプンなどの多糖とこれらに由来するオリゴ糖は $70\sim 90\text{ ppm}$ と $100\sim 110\text{ ppm}$ の範囲に信号を示す。

図1-9中、試料1のスペクトルでは約 $20\sim 40\text{ ppm}$ と $70\sim 90\text{ ppm}$ の信号が相対的に強い。これに対して、試料2、3、4、5を炭化室最高温度が高くなり、乾燥と炭化が進むにつれて 100 ppm 以下の領域の信号の強度が減少し、 100 ppm 以上の領域の信号が相対的に大きくなっている。表1-1によれば、乾燥と炭化度が低い試料1は著しく高いTOC値を示し、

水溶性の低分子量有機化合物を多く含むことがわかる。これに対して炭化室最高温度が高くなり、乾燥と炭化が進むにつれて TOC 値は極端に小さくなる。固体高分解能 ^{13}C -NMR と TOC の結果から、乾燥と炭化の進行につれて揮発性、水溶性の低分子量有機化合物が先ず急速に失われ、ついで炭水化物が減少し、逆に酸素原子に結合した炭素、あるいは不飽和結合、芳香族性炭素が増加していることが分かる。汚泥の炭化処理により、有機物は不飽和結合炭素、芳香族系炭素、カルボニル、カルボキシル炭素から成る化学構造に変化することがわかった。固体高分解能 ^{13}C -NMR により汚泥の炭化に伴う化学構造変化を追跡できることがわかった。

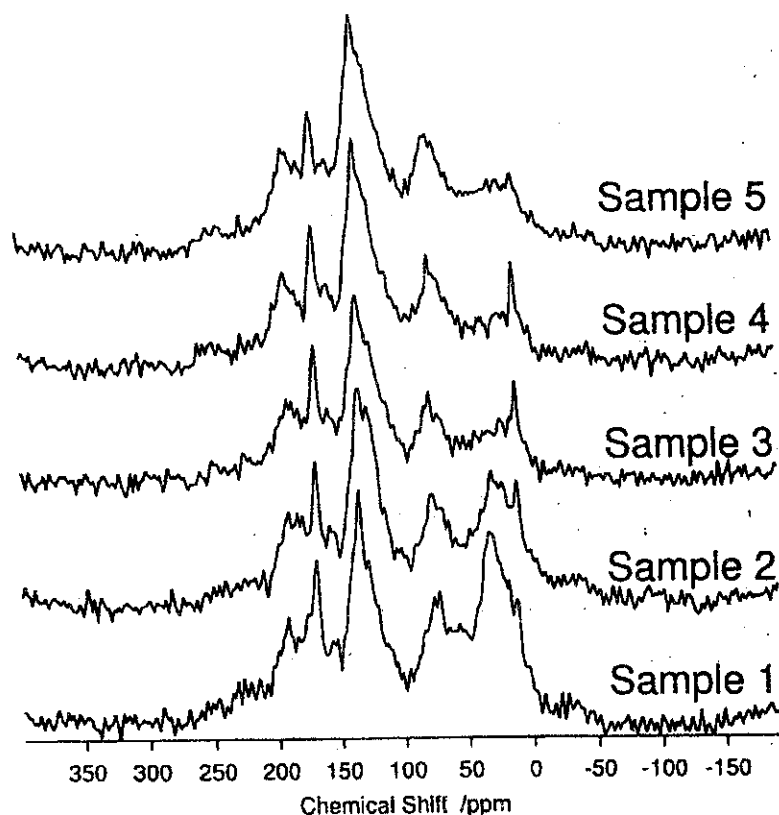


図 1-9 乾燥、炭化処理汚泥の CP/MAS 固体高分解能 ^{13}C -NMR スペクトル

1.3.7 炭化汚泥の物性

炭化汚泥の物性について、表 1-8 に示す。

炭化汚泥の比表面積は $1.7\sim 11.5\text{m}^2/\text{g}$ 、細孔容積は $0.016\sim 0.057\text{cc}/\text{g}$ であり、溶出 TOC が低いほど比表面積は広く、細孔容積は大きくなっていった。また、平均細孔直径は $196\sim 377\text{\AA}$ であり、溶出 TOC が低いほど平均細孔直径は小さくなっていった。

以上のことから、炭化汚泥の物性は、炭化の進行に伴い、径の小さい細孔が多数形成され、細孔容積及び比表面積が大きくなることが明らかとなった。また、農工研資料中の汚

泥炭と比較すると、比表面積は広く、細孔容積は大きくなっていた。

カラメル脱色性能は、RUN1-3 及び RUN1-4 では認められなかったが、RUN2-3 及び No.4 については 9.9% 及び 8.8% の除去性能が認められた。

表 1 - 8 炭化汚泥の物性

	炭化汚泥				農業工学研究所資料							
	No.1 RUN1-3	No.2 RUN1-4	No.3 RUN2-3	No.4 —	ハナ炭	汚泥炭	稲わら炭	モミ炭	排水機場 厨芥炭	牛糞炭	楮黒炭	活性炭
汚泥投入量(kg)	525	300	265	100								
燃焼時間(時間)	9.25	7.50	10.00	8.75	4.50	8.25	2.17	3.67	3.50	5.00		
炭化室温度(°C)	165	275	385	355								
溶出 TOC(mg/L)	320.5	32.2	2.4	4.4								
かさ比重(g/mL)	0.79	0.59	0.66	0.58	0.23	0.65	0.24	0.31	0.38	0.32	0.34	
pH	4.8	4.9	5.6	6.2	6.8	8.5	9.8	8.7	8.0	8.2	9.8	
比表面積(m ² /g)	1.7	6.0	9.8	11.5	32.9	2.4	5.6	3.5	3.4	2.2	154.0	
細孔容積(cc/g)	0.016	0.044	0.051	0.057	0.04	0.02	0.03	0.02	0.03	0.01	0.12	
平均細孔直径(Å)	377	292	208	196	52	273	231	227	361	235	30	
カラメル脱色性能(%)	0	0	9.9	8.8								
発火点(°C)	485	555	>600	>600								
COD 溶出量(mg/g)	3.21	0.32	0.02	0.04	1.00	6.90	2.80	1.70	1.40	11.00	0.10	0.07

1. 4 まとめ

脱水及び炭化に関する実験結果を以下にまとめる。

- ①炭化により、汚泥の約 50% が減量化した。
- ②炭化室温度と燃焼時間は、炭化汚泥の性状に大きく影響していた。
- ③炭化の良否の判断には、溶出 TOC の測定が有効であった。
- ④脱水汚泥 1 kg の炭化には、2 分以上の燃焼時間が必要であった。
- ⑤10 時間の燃焼で処理可能な汚泥量は 325 kg であり、30m³ の余剰汚泥は、5 時間/月の脱水と 8 回/月の炭化で処理が可能であった。
- ⑥浄化槽汚泥を乾燥、炭化処理した時に起こる化学変化を固体高分解能 ¹³C-NMR により調べた結果、炭化処理によりアルキル飽和炭素が減少し、酸素原子に結合した炭素、あるいは不飽和結合、芳香族性炭素が増加していることがわかった。また、固体高分解能 ¹³C-NMR により汚泥の燃結に伴う化学構造変化を追跡できることがわかった。
- ⑦炭化汚泥の物性は、炭化の進行に伴い、径の小さい細孔が多数形成され、細孔容積及

び比表面積が大きくなることが明らかとなった。

[参考文献]

1) 農業工学研究所農地整備部, 平成10年度 農地整備研究会資料, 平成11年3月24日

[学会発表]

岡部他, 第21回全国都市清掃研究発表会, 平成12年2月3日

第2章 汚泥処理過程及び再生物の衛生的安全性の評価に関する検討

2.1 はじめに

厚生科学研究「浄化槽等の汚泥の減量・減容及び再生技術に関する研究」について実施項目の中、「汚泥処理過程及び再生物の衛生的安全性の評価に関する検討」を担当した。

ポリオウイルスは経口感染し、腸管と脊髄灰白質で増殖するウイルスである。増殖したウイルスは糞便中に多量に排出され新たな感染源となること、また感染後、小児麻痺を後遺症とすることから重要かつ代表的な腸管ウイルスである。分担者は、これまで浄化槽等の各種汚泥が、し尿に由来する微生物、特にポリオウイルス等、糞便に排出される腸管ウイルスによって汚染される危険性について検討してきた。これらのウイルスは、1.汚泥に大量に結合すること、2.結合により安定化すること、3.流入する溶液のアルカリ化あるいは塩濃度上昇により感染力を保持したまま容易に汚泥から遊離することから、汚泥再生利用時において注意すべき点と考えられた。

昨年度は、このウイルスと汚泥の結合機序解明の一端として、結合モデル実験系について検討し、静電的結合が大きな役割を果たしていることを明らかにした。

今年度は、さらに結合機序の解明を進めるため、感染ウイルス粒子の電荷（等電点）を測定した。さらに、実際の浄化槽への流入ウイルス量を推定するため、ポリオウイルスの糞便への排泄量を測定した。

2.2 等電点電気泳動による感染ウイルス粒子の電荷測定

ウイルスが汚泥に結合する機序は不明であるが、溶出可能であることから静電的な結合性が考えられ、その電荷を測定する必要がある。ウイルスは巨大分子であるため、通常のアクリルアミドゲルを用いることはできない。そこで、セファデックスカラムをウイルス用泳動担体として用い、感染性粒子の等電点を測定、検討することとした。

2.2.1 材料と方法

指標ウイルスとして、ポリオウイルス Sabin 1 型株（弱毒株）を Vero 細胞（アフリカミドリザル腎由来）で増殖させたものを用い、ウイルス定量には Vero 細胞による TCID₅₀ 法を用いた。

セファデックス (G-75) に Ampholine (Preblended pH3.5-9.5 for IEF、濃度 2%) を添加、高圧蒸気滅菌した。これをベッドボリューム (4.5mL) 相当量とり、寒天とセロファン膜で栓をした直径 7mm、高さ 150mm のカラムに充填し、泳動カラムを用意した。等電点電気泳動装置の上部電極液（陰性溶液）には 0.05M NaOH を、下部電極液（陽性溶液）には 0.01M H₃PO₄ を用いた。これに、ウイルス 10⁸ PFU/0.1mL を添加し、電圧 200V で 1 時間、電圧 300V 13 時間、電圧 500V で 1 時間で等電点電気泳動を行った。泳動後、カラムを

フリーザー (-80°C) に入れてセファデックスを凍らせ、5mm の間隔で切断した。切断した各セファデックス断片に 0.5mL の DW を加え、室温で 1 時間放置した後、各セファデックス断片について pH を測定した。また、TCID₅₀ 法によりウイルスの力価を測定した。

2. 2. 2 結果と考察

ウイルスの汚泥への吸着機構を知る目的で、ウイルスの電荷について検討した。各セファデックス断片の pH を●で、TCID₅₀ 法によるウイルスの力価を○で示した (図 2-1)。Ampholine をセファデックスに添加して作製したカラムは pH10.8 から pH3.1 までの pH 勾配を形成した。また、TCID₅₀ 測定によりポリオウイルスは pH4.2 から pH4.4 の範囲に多く存在することが判った。しかし、先に、ウイルスの汚泥吸着モデルとしてイオン交換樹脂について検討した結果では、陽イオン交換樹脂は添加ウイルスの 98.9% を吸着した。そのため、陽イオンカラムに吸着されるポリオウイルスは陽性に荷電していると考えられた。

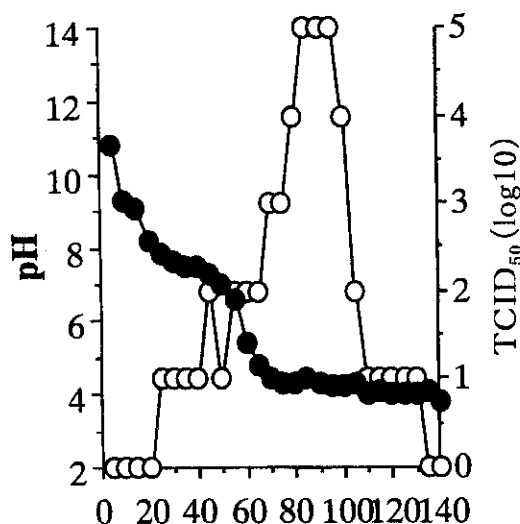


図 2-1 ポリオウイルスの電荷測定

左縦軸はセファデックス断片の pH (●)、右縦軸は感染ウイルス量 (○) を、横軸は上部電極層からの距離(mm)を示す。
感染性ポリオウイルスが pH4.2~pH4.4 の範囲に多く存在する。

今回の実験結果では、ポリオウイルスが pH4.2 から pH4.4 の範囲に多く存在しており、逆に、ウイルスは、緩衝液 (PBS (-)、pH7.2) 中では陰性に荷電していると考えられた。これらのことから、ウイルス粒子が単体で汚泥に結合するのではなく、ウイルスと汚泥を結ぶ何らかの因子が介在している可能性が示唆された。ウイルスと汚泥を介在する因子の存在を確認すべく、(1) 等電点電気泳動後のウイルスが陽イオン樹脂に結合するか、また、(2) 陽イオン樹脂に結合し遊離させたウイルスがどのような等電点を示すかを検討

したが、いずれも等電点電気泳動後のウイルス感染力の低下が著しく、感染力測定法では困難であった。

ウイルスと汚泥を介在する因子については、Ca・Mg イオンが考えられる。ポリオウイルスは高濃度 Ca・Mg 溶液により熱安定性が著しく増加する現象がある。このことから、Ca・Mg イオンはポリオウイルスに結合する能力があり、かつ、ウイルスの安定化因子である。Ca・Mg イオンがウイルスと汚泥を介在する因子か否か今後検討が必要であり、これが解明されれば、汚泥へのウイルス結合機序解明につながると考えられる。

2.3 ポリオウイルスの糞便への排泄量測定

実際の浄化槽への流入ウイルス量を推定するため、ポリオウイルスの糞便への排泄量を限界希釈 RT-PCR で測定した。

2.3.1 材料と方法

RT-PCR は、Takara RT-PCR kit(codeW019B)を用い、Tsai ら¹⁾の方法に準じた。検出プライマーには、F (5'-ACGGACACCCAAAGTA-3') と R (5'-AGCACTTCTGTTTCCC-3') を用い、増幅産物は 394bp と予想された。増幅条件は、RT 反応を 25°C・10 分、42°C・30 分、4°C・5 分とし、PCR サイクルを 95°C・2 分 1 回、95°C・1 分、55°C・1 分、72°C・1 分を 40 回、72°C・7 分 1 回とした。PCR 陽性を示す最高希釈倍率の逆数を測定数値とし、PCR Unit で表した。

ポリオウイルス弱毒株を経口投与された乳児（男児生後 6 ヶ月）から、投与 14 日後に糞便を採取した。糞便 1 g に 9mL の PBS(-)を添加攪拌、10000rpm・10 分遠心後、上清を 10^{-1} から 10^{-6} 濃度まで希釈し、その 2 μ L を RT-PCR に用いた。

2.3.2 結果と考察

ポリオウイルスの弱毒株は、乳幼児にワクチンとして経口投与され、腸管で増殖したウイルスは糞便に排泄され、浄化槽等の施設に流入している。

ワクチン経口投与 14 日後の乳児糞便を材料として測定したところ、10% 乳剤の 10^{-4} 濃度、2 μ L(2mg)からウイルス遺伝子が検出された（図 2-2 レーン 10^{-4} ）。これを換算すると 5×10^7 PCR unit/g 以上、1 日当たりの糞便量を 100 g として 5×10^9 PCR unit/day 以上排泄されていることになる。数百粒子で感染が成立することから、この数値は感染量としては極めて多量である。

浄化槽に流入する平均的糞便量は統計がないが、生活排水 BOD 負荷の 30%はし尿であり、13g/人・日との資料がある²⁾。人口 10 万の都市では 1,300 kg/日の流入であり、この中に含まれるウイルスは相当多量と思われるが、具体的に測定したデータはない。今後、実際の浄化槽から回収した汚泥でウイルス検出を試み、ウイルス流入量を実測する必要がある。

ある。

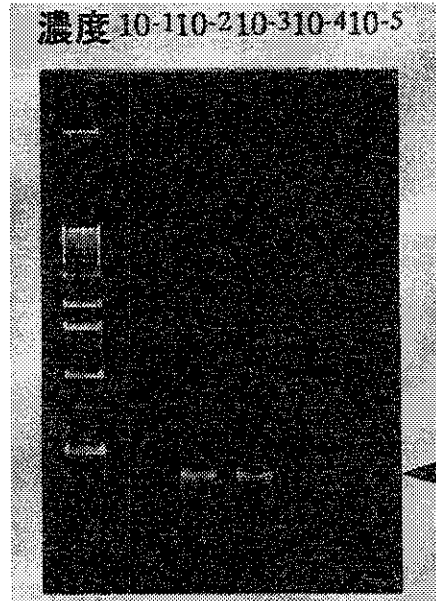


図 2-2 ポリオウイラスの糞便への排泄量測定

ワクチン経口投与 14 日後の乳児糞便乳剤を 10^{-1} から 10^{-5} 希釈し検出した。 10% 糞便乳剤の 10^{-1} 濃度、 $2 \mu\text{L}(2\text{mg})$ からウイルス遺伝子が検出された (レーン 10^{-1})。これを換算すると 5×10^7 PCR unit/g 以上、1 日当たりの糞便量を 100g として 5×10^9 PCR unit/day 以上排泄されていることになる。レーン 10^{-1} では、ウイルス濃度が高くなるが糞便中の阻害因子濃度も高くなり、かえって検出が阻害されている。

2.4 まとめ

ポリオウイラスの等電点は $\text{pH}4.2 \sim \text{pH}4.4$ であり、緩衝液 (PBS (-)、 $\text{pH}7.2$) 中では陰性荷電していると考えられた。吸着モデルの結果はウイルスの陽性荷電を示していたことから、ウイルス粒子が単体で汚泥に結合するのではなく、ウイルスと汚泥を結ぶ何らかの因子が介在している可能性が示唆された。

実際の浄化槽への流入ウイルス量を推定するため、ワクチン経口投与 14 日後の乳児糞便を材料として測定した。ポリオウイラスの糞便への排泄量は 5×10^7 PCR unit/g 以上の排泄量であり、限界希釈 RT-PCR 法で迅速に検出できた。

2.5 今後の計画

ウイルスの汚泥結合現象の解明については、ウイルスと汚泥の介在物質を明らかにする必要がある。具体的には、キレート剤等によるイオン除去がモデルへの結合活性にどのような影響を及ぼすかを測定することが必要である。

浄化槽への流入ウイルス量を推定するためには、実際の浄化槽から回収した汚泥でウイルス検出を試み、ウイルス流入量を実測する必要がある。

参考文献

- 1) Tsai et al. *Appl. Environ. Microbiol.*, 60(7), pp2400-2407, 1994
- 2) 川村清史 生活排水 国立公衆衛生院教材 (特水 01-14) pp1-19.

第3章 汚水処理及びコンポスト化過程における

微生物叢検索及び分離菌の性状解析に関する研究

3.1 はじめに

汚水の処理及び汚泥などのコンポスト化は微生物学的処理として扱われているが、微生物の動態及び微生物の機能に関しては不明な点も多い。これまでわれわれは、汚水処理過程やコンポスト化過程における微生物叢の変化を解析してきたが、今回はコンポスト中での特定の微生物の消長を追跡することを目的に接種菌に対する溶菌性ファージの消長を観察した。また、汚泥などのコンポスト化では悪臭の発生が問題となるため、コンポスト化過程における悪臭物質分解微生物の検索を行った。

3.2 溶菌性ファージを利用した細菌のコンポスト中における動態解析

コンポストから分離した細菌である MH2 をコンポストに接種し、MH2 溶菌性ファージを検索することによってその動態を追跡した。

接種菌には下水道汚泥コンポストから分離した細菌 MH2 を供試し、コンポスト装置には内容積約 6 m³ の強制通気方式密閉型コンポスト装置を用いた。

発酵試験は以下のように実施した。

1) 第1回発酵試験

下水道汚泥由来種コンポスト#0を 3.9t、下水道汚泥脱水ケーキ 1.7tを混合し、コンポスト化。製品コンポスト#1を 4t得た。

2) 第2回発酵試験

製品コンポスト#1を 2t、下水道汚泥脱水ケーキ 1.05tを混合し、コンポスト化。製品コンポスト#2を 2.4t得た。

3) 第3回発酵試験

製品コンポスト#1を 2t、下水道汚泥脱水ケーキ 1.05tを混合し、MH2 培養液を 5 (10⁷個/mL) 接種し、発酵。製品コンポスト#3を 2.4t得た。

4) 第4回発酵試験

製品コンポスト#2を 1.2t、下水道汚泥由来種コンポスト#0を 0.5t、下水道汚泥脱水ケーキ 0.5tを混合し加え、発酵を行った。製品コンポスト#4を 1.t得た。

5) 第5回発酵試験

製品コンポスト#2を 1.2t、下水道汚泥由来種コンポスト#0を 0.5t、下水道汚泥脱水ケーキ 0.5tを混合し、MH2 培養液 5 接種し、発酵。製品コンポスト#5を 2.4t得た。

6) 第6回発酵試験

製品コンポスト#3を 1.9t、下水道汚泥脱水ケーキを 1.1tを混合し、MH2 培養液 5 を接種し、発酵させた。

ファージは以下の方法で検出した。試料に対して3倍重量の誘出液を加えて攪拌し、室温で90分放置した。誘出液には1%NaCl、0.1%ほう酸水溶液を混合し、NaOHでpH10としたものを用いた。放置後、試料の一部を遠心分離(12000rpm、5分、4℃)し、上清を0.45μmのフィルターを用いて無菌ろ過し、この液を用いてブランクアッセイを行った。上記の濾過液とMH2とを、溶解した軟寒天に混合し、寒天平板上に重層して培養した。ファージによって溶菌した部分が、比較的透明な円形の溶菌域(ブランク)を形成するため、そのブランク数を計数して、試料1gあたりのブランク形成単位(plaque-forming unit)PFUを求めた。

発酵試験によって以下の結果を得た。

1) 第3回発酵実験：(表3-1)

原料となる種コンポストはMH2を接種しないで作製したものであったが、これからはファージは検出されなかった。MH2接種後の発酵では、第1次～第3次発酵のいずれもファージが検出された。このことはMH2菌株が発酵過程で増殖したことを示唆するものと考えられた。

表3-1 第3回実験結果

細菌数測定結果 (CFU/mL)			
	総菌数	大腸菌数	球菌数
脱水ケーキ	5.9×10^{11}	2.4×10^9	5.0×10^6
製品コンポスト (#1)	2.5×10^{12}	$< 5.0 \times 10^3$	5.0×10^2
第1次発酵	1.5×10^{13}	2.5×10^5	2.5×10^4
第2次発酵	7.8×10^9	8.0×10^6	2.5×10^5
第3次発酵	4.3×10^{12}	4.1×10^7	$< 5.0 \times 10^2$
第3回完成	1.4×10^{10}	1.8×10^7	2.0×10^4
全有機炭素量 (mg/L)			
	全有機炭素		
脱水ケーキ	6950		
製品コンポスト (#1)	4940		
第1次発酵	7467		
第2次発酵	4650		
第3次発酵	4555		

2) 第4回発酵実験：(表3-2)

原料にはMH2を含まない種コンポストを用いてMH2を接種せずに発酵を行ったが、発

酵過程からファージが検出された。これは第3回の発酵実験終了後に発酵槽の滅菌処理は行っていないため、内壁等に残存していたMH2が増殖した可能性が考えられる。

表3-2 第4回実験結果

細菌数測定結果 (CFU/mL)

	総菌数	大腸菌数	球菌数
脱水ケーキ	1.2×10^{10}	6.5×10^4	2.4×10^7
製品コンポスト (#2)	3.2×10^9	6.4×10^5	5.0×10^5
種汚泥スーパーソイル	2.8×10^{10}	3.0×10^7	2.4×10^7
第1次発酵	1.3×10^{12}	1.2×10^7	3.0×10^5
第2次発酵	1.1×10^{12}	1.7×10^6	2.2×10^5
第3次発酵	1.2×10^{12}	3.0×10^6	2.3×10^5

全有機炭素量 (mg/L)

全有機炭素

脱水ケーキ	5115
種汚泥スーパーソイル	6705
製品コンポスト (#2)	4084
第1次発酵	3205
第2次発酵	3242
第3次発酵	3335

3) 第5回発酵実験：(表3-3)

種コンポストからはファージは検出されなかった。MH2 接種後の発酵過程からはファージが検出され、2次及び3次発酵でその数が多い傾向が見られた。MH2 は中温菌であるため、高温となる1次発酵で増殖が悪いことが予想され、そのために、ファージが少ないものと考えられた。

4) 第6回発酵実験：(表3-4)

MH2 を接種して作製した種コンポストからはファージが検出されたが、脱水ケーキからは検出されなかった。1次発酵では発酵の進行過程でファージが検出されなくなった。これは品温の上昇に伴って、MH2 の多くが死滅した結果と考えられる。2次及び3次発酵においてはファージが検出され、これはコンポスト装置の温度むらなどによって生残したMH2 が再び増殖した結果と考えられる。

表3-3 第5回実験結果

細菌数測定結果 (CFU/mL)

	総菌数	大腸菌数	球菌数
脱水ケーキ	2.5×10^{11}	2.3×10^6	1.4×10^6
製品コンポスト (#2)	9.3×10^{11}	1.7×10^7	6.0×10^6
種汚泥スーパーソイル			
第1次発酵	1.2×10^{12}	9.5×10^6	1.2×10^6
第2次発酵	1.6×10^{12}	2.6×10^8	1.1×10^6
第3次発酵	3.5×10^{12}	4.0×10^6	3.0×10^5

全有機炭素量 (mg/L)

全有機炭素

	(mg/L)
脱水ケーキ	5300
製品コンポスト (#2)	3978
種汚泥スーパーソイル	
第1次発酵	5210
第2次発酵	4080
第3次発酵	4786

表3-4 第6回実験結果

細菌数測定結果 (CFU/mL)

	総菌数	大腸菌数	球菌数
脱水ケーキ	1.1×10^{12}	2.5×10^3	9.8×10^3
種コンポスト (#3)	2.9×10^7	1.2×10^4	$1.0 \times 10^2 >$
第1次発酵	1.0×10^7	2.0×10^3	2.0×10^2
第2次発酵	2.0×10^{11}	1.9×10^5	2.2×10^3
第3次発酵	3.8×10^9	6.5×10^4	1.2×10^3

全有機炭素量 (mg/L)

全有機炭素

	(mg/L)	(mg/L)
脱水ケーキ	6584	403
種コンポスト (#3)	4000	197
第1次発酵	6180	207
第2次発酵	4422	212
第3次発酵	4894	214

以上の結果をまとめると、MH2 未接種の種コンポストや下水道汚泥脱水ケーキ中にはファージが存在しないことから、コンポスト化過程での MH2 溶菌性ファージの増殖は MH2 がコンポスト内で増殖していることを強く支持するものと考えられる。しかし、ファージの MH2 に対する特異性、ファージのコンポスト内における生存時間など検討しなければならない点は残されており、今後研究を継続する予定である。

3. 3 コンポストから分離したスカトール及びインドール分解性通性嫌気性菌の性状解析

インドール及びスカトール（3メチルインドール）は下水道汚泥や排泄物の悪臭成分である。われわれは、これらを分解する能力を有する細菌を好気及び嫌気の両条件で分離して、その性状を調べてきたが、これまでに分離菌の中で通性嫌気性の増殖を示すものが最も多いことを明らかにした。今回は、分離した通性嫌気性菌のインドール及びスカトールの分解能を検索した。

コンポストから分離した細菌の中から、通性嫌気性グラム陰性桿菌を供試した。分離株の Y-07 株に対してはインドールを、S-29 株に対してはスカトールを基質として加えて、好気条件下及び嫌気条件下で培養した。いずれの株も良好な基質分解能を示した（表 3-5）。

表 3-5 分離した通性嫌気性菌のインドール及びスカトール分解能
(mg/L、37°C、2日間)

株	基質	好気条件	嫌気条件
Y-07	インドール	38.96	10.59
S-29	スカトール	13.75	4.10

これらの株を通常のコンポスト化過程で検出される濃度以上のインドール及びスカトールの存在下で培養したところ、両株とも良好な増殖を示した。

グルコース存在下での基質利用性を観察したところ、Y-07 株は培養開始直後からインドールとグルコースを同時に利用したが、S-29 株はグルコースを初めに利用し、グルコース消費後にスカトールの分解を開始した（図 3-1～2）。

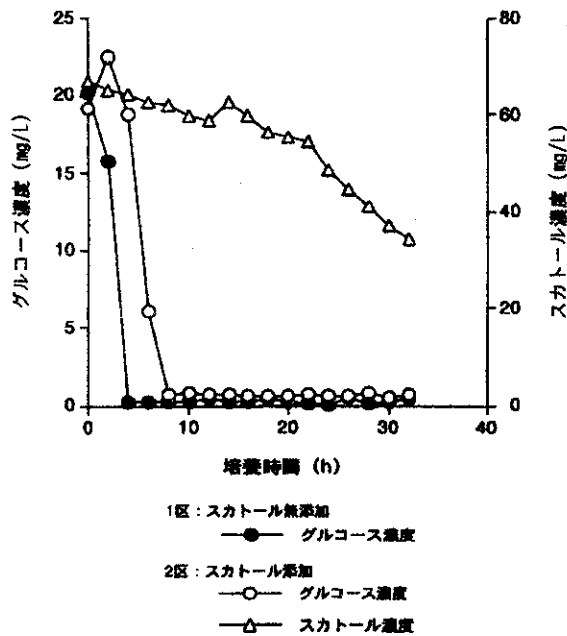


図3-1 S-29株の生育過程における
スクトール及びグルコース消費

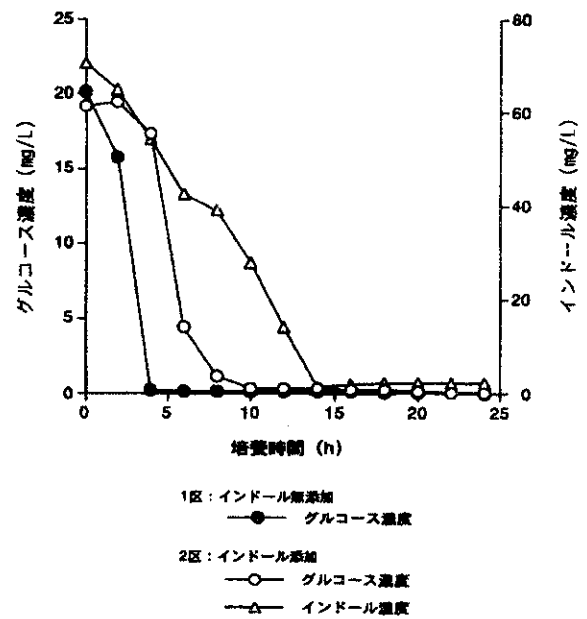


図3-2 Y-07株の生育における
インドール及びグルコース消費

以上の結果は、コンポスト中には好気、嫌気いずれの条件下でもインドールやスクトールを分解できる通性嫌気性菌が存在することを示すものであった。一般的にはコンポスト化過程は好気性の処理過程であるとして扱われているが、その気相は複雑であり、通気によって供給される酸素は速やかに消費されて容易に嫌気状態に遷移することが想起され、コンポスト化過程は通性嫌気性菌にとって有利な棲息条件であるものと思われる。

第4章 浄化槽汚泥と化学肥料との比較に関する研究

4.1 はじめに

近年、日本の農業が抱える問題として、天候に左右されやすく、外国産の安い野菜の輸入により価格が低下しているため、経済的に不安定であり、また、重労働など生産環境が悪く、それにより、農業離れ(一次産業従事者の減少)や、農業の高齢化などの問題が起きている。

そのため、道路整備の遅れた利便性の悪い農地から休耕地化が進み、今ある耕地面積を維持することが困難になりつつある。一度放置された農地は雑草の種の侵入など再び農地として利用することは困難である。

肥料としての化学肥料とは別に、農地を維持する上で一年間に10aあたり4tの有機資材(牛糞、鶏糞、豚糞、腐葉土、コンポストなど)の投入が推奨されている。

しかし、最近、収益性が悪く、また悪臭などの苦情により畜産業を維持することが困難になってきており、畜産業を辞める農家が増えている。この様なことから、畜糞などの有機資材が得難くなってきた。

また、使いやすく(臭いもなく、軽量)、土壌改良効果も高い有機資材として畜糞を扱うためには、完全にコンポスト化された畜糞を扱う必要がある。

しかし、都市近郊における農業では小規模経営が多いため、費用のかかる完全なコンポストの入手は難しく、未熟なコンポストや乾燥物しか入手できない。

一方、北海道などの牧畜が盛んな地域では、余剰の畜糞が野積にされたまま放置されるなど、有機資材の循環がうまくいっていない。

有機資材として、完全にコンポスト化されていない生の(出したてほやほやの)畜糞は強い臭気を発するため、作業員や周辺住民への配慮もあり、扱い難しく、加えて生の有機資材は多量の水分を含むため重く、畑に蒔く作業も重労働となるため扱い難い。

しかし、有機資材の投入により、土壌は微生物の活動により耐久腐植が形成され団粒構造が形成されるので、保水性や保肥力の向上性が認められる。そのため、地力を維持しつつ環境や人間に優しい農業を行うには、有機資材を農地に投入する必要がある。

そこで、北海道で問題になっている牛糞の利用、有機資材の完全なコンポスト化、化学肥料による補正(速効性、遅効性、微量成分補正、殺菌剤などによる病害虫予防)、乾燥による軽量化と輸送性(流通)の向上、都市における有機資材不足の解決、有機資材投入による土壌改良など様々な問題を満たし、実際の農業に利用可能であると考えられる方法として、有機資材を成型しポットに加工して利用する方法を考え出した。

成型鉢は従来のポリポットの代わりとなり、手軽に有機質肥料が使え、根域だけに肥料成分が入れられる根圏域局所施肥法が行える。また、セルトレーやビニールポットの使い回しによる病気の伝播が生じない、肥料の撒きむらによる生育むらが慣行法より少

ないことなどの利点が考えられる。

そこで、この成型鉢を農業に導入したときに採算が合うかを実際に白菜、ブロッコリー、トマトを栽培し農業規模での実験を行った。

4. 2 材料及び方法

4. 2. 1 白菜栽培

(1) 供試作物

品種(白菜)：無双(早生種)、金将(中晩生)(タキイ交配)

：大福 85(中晩生種)(東北交配)

(2) 試験区の設定

育苗法の違いによる作物生産の影響と、肥料施肥法の違いによる作物生産の違いの調査を行った。なお、セル苗とは、128(8×16)穴セルトレーに、ピートモス(腐葉土)を入れ、種を1粒ずつ蒔き本葉が4~5枚になった時の苗のことを言い、この苗を定植した区画をセル苗区と呼ぶ事にする。(又この区画を慣行法に従い栽培を行い比較のための標準区とした)。

ポリ鉢苗とは、本葉が2~3枚になったときのセル苗をポリ鉢(8号サイズ)に赤土(三嶋市玉沢産)を用いて定植した苗をさらに2週間ほど育苗し、畑に定植した区をポリ鉢区と呼ぶ事にする。成型鉢は、本葉が2~3枚になった時のセル苗を成型鉢(8号サイズ)に赤土(三嶋市玉沢産)を用いて定植した苗を2週間さらに2週間育苗し、畑に定植した区を成型鉢区と呼ぶ事にする。

また、栽培管理は慣行法とした

栽培地：三嶋市谷田錦が丘

播種日：平成11年度9月3日

定植日：平成11年度9月25,26日

収穫日：平成11年12月17日~

1区画：46.2m² (6.6×7.0m) 畦間65cm×10 株間50cm×14 条状に定植

セル苗区：鶏糞750kg/580m² 全層施肥

化学肥料60kg すじ撒き(追肥として30kg/10a)

100kg/10a (N=7kg, P=8kg, K=6kg)

ポリ鉢区：鶏糞750kg/580m² 全層施肥

化学肥料60kg すじ撒き(追肥として30kg/10a)

100 kg/10 a (N = 7 kg, P = 8 kg, K = 6 kg)

成型鉢区： 鶏糞 750 kg/580m² 全層施肥

化学肥料 60 kg すじ撒き (追肥として 30 kg/10a)

成型鉢 (一株当たり 1 個：

牛糞及び汚泥の堆肥整形物)

直径 8cm, 深さ 5cm, (8号ポットサイズ相当)

土壌調整剤は各区画に 25 kg全層施肥を施した

・粒状苦土石灰 100 kg/10 a (アルカリ分 54.0% 可溶性苦土 15.0%)

大福セル苗区	大福ポリ鉢区	大福 成型鉢区
金賞セル苗区	金賞ポリ鉢区	金賞成型鉢区
無双セル苗区	無双ポリ鉢区	無双成型鉢区

図 4-1 無双, 金将, 大福 85 栽培の栽培区配置図

試験区は、対照区をセル苗区とし、栽培管理は標準耕種法とし、防除、除草は適時行った。収穫調査は、区画中央とし (対象：5 畦 5 株)、平成 11 年 12 月 14 日～区画ごとの収量を調査した。

4. 2. 2 ブロッコリー栽培

(1) 供試作物

品種 (ブロッコリー) : ビックドーム(晩生種), 直緑(中晩生種),

緑苗(早生種) (タキイ交配)

(2) 試験区の設定

肥料区の設定は、白菜と同様にセル苗区、ポリ鉢区、成型鉢区を設けたが、ブロッコリーについては成型鉢補正区を設けた。成型鉢補正区は、成型鉢で足りない肥料成分を化学肥料で補正した物である。

栽培地：三嶋市竹倉字下大久保 2 3 8

播種日：平成 11 年 9 月 03 日

定植日：平成11年9月21, 27, 28日, 10月5日

収穫日：平成12年1月7日～

1区画：72.6m² (6.6×11.0m) 畦間65cm×10 株間50cm×22 条状に定植

セル苗区： 牛糞2,000 kg/693m² 全層施肥
化学肥料80 kg すじ撒き (追肥として40 kg/10a)
100 kg/10a (N：7 kg, P：8 kg, K：6 kg)

ポリ鉢区： 牛糞2,000 kg/693m² 全層施肥
化学肥料80 kg すじ撒き (追肥として40 kg/10a)
100 kg/10a (N：7 kg, P：8 kg, K：6 kg)

成型鉢区： 牛糞2,000 kg/693m² 全層施肥
化学肥料80 kg すじ撒き (追肥として40 kg/10a)
100 kg/10a (N：7 kg, P：8 kg, K：6 kg)

成型鉢 (一株当たり1個：

牛糞及び汚泥の堆肥整形物)

直径8cm, 深さ5cm, (8号ポットサイズ相当)

成型鉢補正区：牛糞2,000 kg/693m² 全層施肥
化学肥料80 kg すじ撒き (追肥として40 kg/10a)
成型鉢 (一株当たり1個：

牛糞及び汚泥+化学肥料の混入整形物)

直径8cm, 深さ5cm, (8号ポットサイズ相当)

土壌調整剤は各区画に25 kg全層施肥を施した

・粒状苦土石灰 100 kg/10a (アルカリ分54.0% 可溶性苦土 15.0%)

セル苗区 ビックドーム	ポリ鉢区 ビックドーム	成型鉢区 ビックドーム	成型鉢補正区 ビックドーム
セル苗区 直緑	ポリ鉢区 直緑	成型鉢区 直緑	成型鉢補正区 緑区
セル苗区 緑苗	ポリ鉢区 緑苗	成型鉢区 緑苗	成型鉢補正区 緑区

図4-2 ビックドーム, 直緑, 緑苗栽培の栽培区配置図

試験区は、対照区をセル苗区とし、栽培管理は標準耕種法とし、防除、除草は適時行った。収穫調査は区画ごとに行い、平成12年1月7日～区画ごとの収量を調査した。

4.2.3 トマト栽培

(1) 供試作物

品種(トマト)：ロマノVF, ロマノVFN (アメリカ産)

(2) 試験区の設定

栽培地：三嶋市竹倉字大久保259-1

播種日：平成11年7月20日

定植日：平成11年8月13, 14日

収穫日：平成11年10月10日

1区画：160m² (20×8m) 畦間150cm×10 黒ポリマルチ
株間75cm×10 条状に定植

ロマノVF 化学肥料区	ロマノVF 成型鉢区	ロマノVNF 化学肥料区	ロマノVNF 成型鉢区
----------------	---------------	-----------------	----------------

図4-3 ロマノVF, ロマノVNF栽培における圃場の肥料区配置図

化学肥料区：一株当たり化学肥料20g (N:P:K=7:8:6 /10a)
100kg/10a (N:7kg, P:8kg, K:6kg)

成型鉢区：一株当たり成型鉢1個
(牛糞及び汚泥の堆肥整形物)
直径8cm, 深さ5cm, (8号ポットサイズ相当)
+ 化学肥料15g (N:P:K=7:8:6 /10a)
100kg/10a (N:7kg, P:8kg, K:6kg)