

通気管を用いたせん定枝破砕物の発酵促進効果の検討

富田弘樹・久保倉宏一・草野陽子

福岡市保健環境研究所廃棄物試験研究センター

Effect of Fermentation Promotion Using Tree Pruning Chips with an Aeration Pipe

Hiroki TOMITA, Koichi KUBOKURA and Yoko KUSANO

Waste Research Center, Fukuoka City Institute for Hygiene and the Environment

Summary

An aeration pipe was set up in a pile of tree pruning chips in Fukuoka City Green Recycling Center, to see the effect on fermentation promotion. The results were as follows:

1. The surroundings central area in the pile with an aeration pipe, showed that aerobic fermentation was promoted, though the temperature at the center decreased.
2. Methane was detected in several places except for the central part of the pile with an aeration pipe.
3. The concentration of oxygen at the center of the pile without an aeration pipe soon after scooping up was lowered in a short time.
4. The C/N ratio of the tree pruning chip compost with an aeration pipe was reduced in a short term.
5. A high correlation was obtained between minerals and the C/N ratio used as well as an index of making compost.

Key Words : せん定枝破砕物 Tree Pruning Chips , 通気管 Aeration Pipe , メタン Methane
好氣的発酵 Aerobic Fermentation , 切り返し Scooping Up , C / N比 C/N ratio

は じ め に

福岡市では、地球環境保護のため、ごみ減量及びリサイクルを推進して「循環型社会」の実現を目指している。福岡市緑のリサイクルセンターは、それまでは焼却されていたせん定樹木を再資源化するために、平成8年クリーンパーク・東部内に建設された。せん定樹木は、破砕してチップ化された後、再生ヤード内に堆積され、好氣的発酵を促進するために水分調整を行いながら約1か月間隔の切り返しが行われる。その後、約10か月から12か月の間発酵堆肥化された後、土壌改良材として再利用されている¹⁾。

有機資源のコンポスト化には多種類の微生物が関与していることはよく知られており、細菌類の役割は重要なものである。細菌は、酸素の利用の仕方により3群に分類され、増殖に酸素を要求する「偏性好気性菌」、酸素に関係なく発育する「通性嫌気性菌」、酸素があると発育できない「偏性嫌気性菌」がある。好気性菌は、酸素呼吸を行う

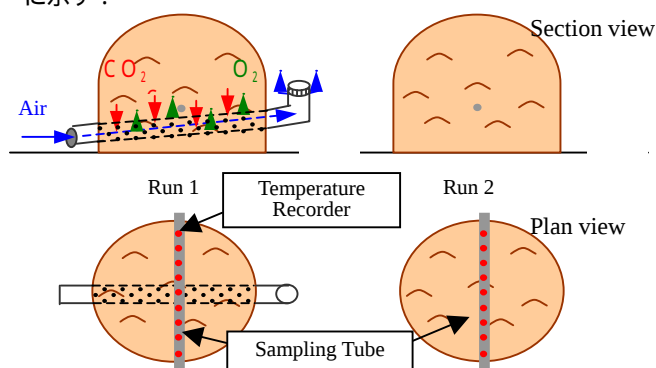
事で効率良くエネルギー生産を行い、基質の分解、コンポスト化を進めるだけでなく、悪臭物質の放出も少ないという利点を持つ²⁾。

木材等の植物資材はリグニンを含み、その堆肥化には食品廃棄物と比較すると時間を要するため、せん定枝破砕物の堆肥化を促進させる方法として強制送気による方法が報告されている³⁾が、日常管理面での困難が予想される。そこで、電気エネルギーを全く使用しない方法として、通気管をせん定枝破砕物堆積山中に設置して発酵促進効果の検討を行うため、通気管の有無により堆積山中の温度分布、堆積山からの発生ガス及び堆肥化の目安となるC/N比の違いを検討したので報告する。

方法

1. 調査概要

平成16年5月から平成17年4月までの12か月間,せん定枝破砕物の堆積山の中に通気管,小型温度記録計及びガス測定用チューブをFig.1のとおり設置し,堆積山中の温度分布,堆積山からの発生ガスの組成及び堆肥化物の性状等の分析を行った。また,調査に用いた実験機器材等をTable 1に示す。



Run 1	The pile with an aeration pipe
Run 2	The pile without an aeration pipe

Fig.1 Situation of the pile of the tree pruning chips

Table 1 Tools and materials used for experiment

Aeration Pipe	
Material	Hard vinyl chloride
Length	6000mm
Diameter	100mm
Size of holes	10mm
Interval of holes	5mm
(four places on the circumference)	
Sampling Tube	
Material	Nylon
Length	50 ~ 500mm
Diameter	4mm
Temperature Recorder	
Product Name	Thermocron (OnSolution PTY Ltd.)
Records Interval	60min
The piles of Tree Pruning Chips	
Amount	27t
Diameter	6000mm

2. 調査方法

堆肥化物の性状調査及び温度分布測定は,Table 2に示す約1か月間隔の繰り返し時にサンプリング及び小型温度記録計の回収を行い,ガス測定は適宜行った。なお,小型温度記録計は,堆積山中のガスサンプリングに用いた Fig.2に示す空気孔を設けたスチロール製容器中に入れ,中心部を0mとし0.5m間隔で-2.5m~+2.5mの11か所に配置した。

Table 2 Date of scooping up the piles

Scooping up	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Date	5/28	6/25	7/22	8/23	9/22	10/19	11/18	12/15	1/17	2/14	3/15	4/12

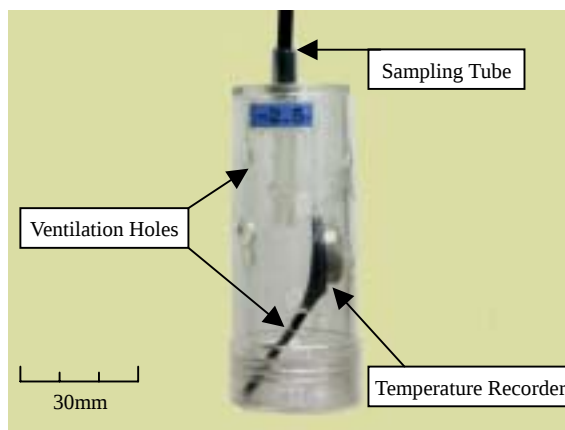


Fig.2 Container of styrene with ventilation holes

3. 調査項目

堆積山の温度経時変化及び温度分布

堆積山発生ガス濃度経時変化

：酸素濃度(%) ,メタン濃度(%)
二酸化炭素濃度(%)

堆肥化物の性状

：灰分(%) ,C(%) ,N(%) ,pH ,
EC(S/m) pH,ECは10倍懸濁液

4. 分析条件

ガスクロマトグラフ YANACO G3800

データ処理ソフト SIC Chromatocorder21

オートサンプラー GL Science GS-5000A

カラム MS-5A 60/80, 3mmid×2.0m (SUS)
in : Porapak-T 50/80, 3mmid×1.5m
out : 抵抗管, 0.2mmid×0.4m

ガス流量 40mL/min (He)

カラム温度 45

検出器 TCD

検出器温度 120

注入力 約1mL (サンプルループ)

携帯型ガス測定器 Drager Multiwam

酸素 電気化学式センサー

二酸化炭素 赤外線式センサー

結果および考察

1. 堆積山の温度経時変化及び温度分布

発酵開始から発酵終了まで約1年間の堆積山中の温度変化を Fig.3に示す。Run 1の+0.0mを除いた測定地点は,

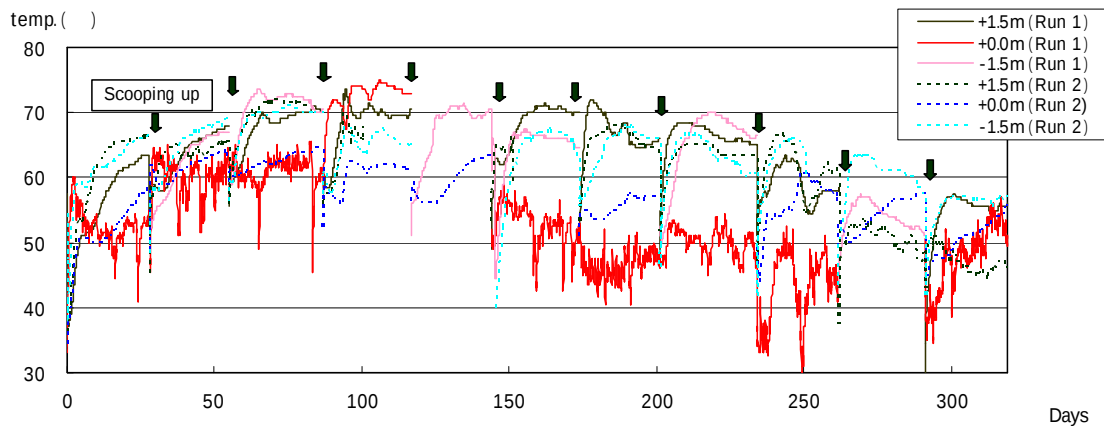


Fig.3 Temperature change of the piles

切り返し時に温度が下がり、温度が上昇した後、徐々に下降するパターンを繰り返していた。全体的に見ると、発酵開始後4か月を頂点とする山形となっていた。Run 1の+0.0m地点については、通気管に接しているため、外気温の影響を受けて激しい温度変化を繰り返していた。これは、通気管内の空気がよく換気されているということである。Run 2の+0.0m地点は、切り返し2回目以降は切り返しを行っても温度上昇は他の測定地点に比べて小さかった。

また、堆積山中の温度の水平分布の例として、2回目の切り返し10日後(8/1 12:00)の堆積山中の温度分布をFig.4に示す。切り返し後の急激な温度上昇が落ち着く頃には、Run 1は鋭角なM字型の温度分布で、Run 2は滑らかなM字型の温度分布となった。Run 1の中心部が鋭角に落ち込んでいるのは、山の中心部で通気管により外気との熱交換が行われたためであり、Run 2の中心部が滑らかに落ち込んでいるのは、酸素が十分でなく好気的発酵が弱くなっていると考えられる。中心部を除いた測定地点において、Run 2よりRun 1の温度が高くなっているのは、通気管により好気的発酵が進んでいると考えられる。

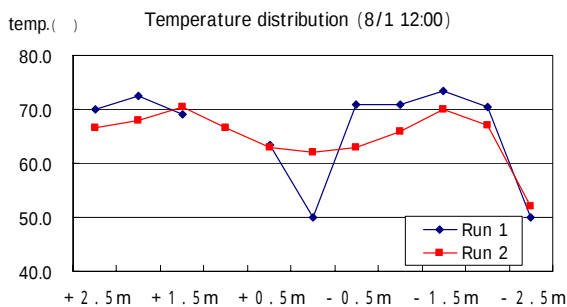


Fig.4 Typical temperature distribution of the piles ten days after scooping up

2. 堆積山発生ガス濃度経時変化

10/15 (140日後) から2/28 (276日後) までの堆積山中の酸素濃度変化をFig.5に、メタン濃度変化をFig.6に示す。

これまで各地で実施されているせん定枝の堆肥化については、分解された有機物は二酸化炭素と水になり放出されているといわれている。しかし、今回の調査の結果、堆積山中よりメタンの発生が確認された。Run 2のメタン濃度が高く、酸素濃度が低かった。特にRun 2の+0.0m地点では、メタン濃度が10%を超える事もあったが、実験日数が進むにつれ低くなっていった。

このように発生するメタンが、全量大気中に放出されているわけではないが、せん定枝が堆肥化される過程でメタンが放出されている事が判明したので、今後その放出量の

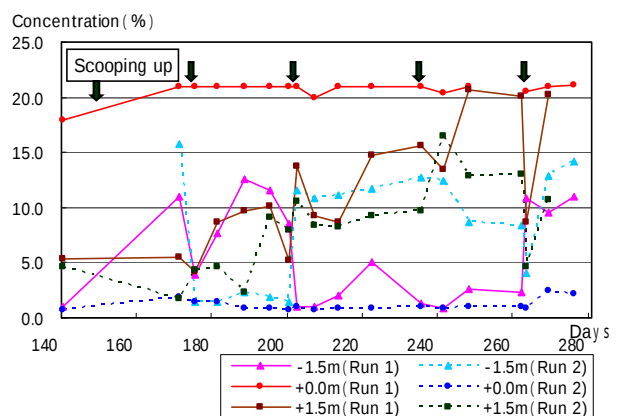


Fig.5 Concentration change of oxygen

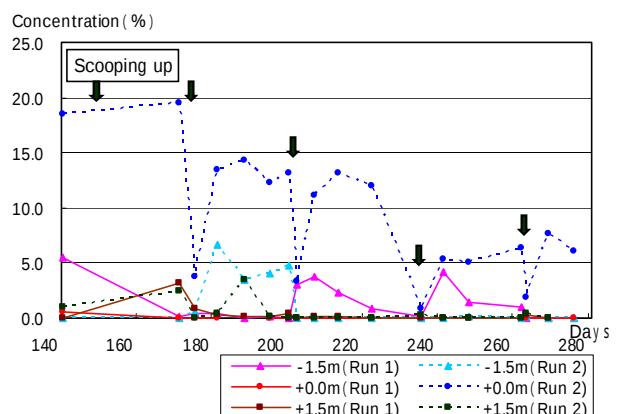


Fig.6 Concentration change of methane

調査が必要であると考えられる。

また、好氣的発酵には酸素が必要であり、Run 1の+0.0 m地点は通気管に接しているため、酸素濃度20%が確保できているが、他の地点の酸素濃度は非常に低く、好氣性発酵は起こりにくい状態であると示唆された。

しかし、Run 1では酸素濃度がRun 2の2倍以上が確保できており、逆にメタン濃度は半分以下と低いレベルであることから、通気管の効果はその近傍0.5～1.0mまで有効であると考えられる。

切り返しによる内部への酸素供給がどのくらい有効であるかを判断するため、切り直し直後(10/19, Run 2)の堆積山中心部の酸素と二酸化炭素の濃度変化を携帯型ガス測定器で測定した結果をFig.7に示す。切り直し直後には酸素濃度は15%を超えており、空気の供給効果がみられたが、約30分後には5%以下になっており、翌日には約1%まで低下し、堆積山中の酸素が急速に消費され、好氣的発酵条件ではなかった。

現在緑のリサイクルセンターで行われている月1回の切り直し作業は、堆積山内部に酸素を供給して好氣的発酵を促進させることが目的である。しかし、この結果によると、その効果は約1時間程度しか続かず、発酵促進には更に酸素の供給が必要であると考えられた。これらのことから、好氣的発酵による堆肥化促進には、通気管の利用や切り直し作業の回数増加等の運転管理方法の変更が必要であることが示唆された。

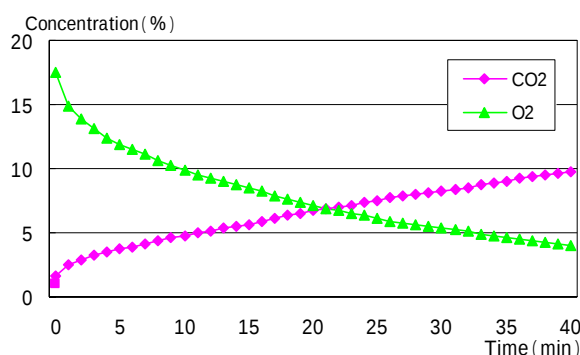


Fig.7 Typical concentration change of carbon dioxide and oxygen after scooping up (10/19, Run 2)

3. 堆肥化物の性状

堆積山作成時と切り直し時にサンプリングした堆肥化物分析結果をTable 3に示す。

通常、せん定枝破砕物の堆肥化には堆積期間10か月程度必要であり、Run 1, Run 2とも4回目の切り直しまではC/N比、灰分等に大きな違いは見られず、pHは酸性を示した。5回目を過ぎると、Run 1, Run 2ともpHが急激に上昇した後、8.3～9.3と安定していた。また、Run 1の方が灰分は高く、C/N比は低くなっていた。

当市では、せん定枝破砕物の発酵堆肥化物の出荷目安は

Table 3 Analytical results of the tree pruning chip compost

Scooping up	Run 1					
	E C (S/m)	pH	Ash (%)	C (%)	N (%)	CN ratio
0	-	-	10.2	45.2	1.06	43
1	0.099	4.5	8.7	45.0	1.01	45
2	0.077	4.9	10.6	45.5	1.16	40
3	0.056	5.4	12.3	44.4	1.18	38
4	0.059	4.8	18.4	41.1	1.13	36
5	0.029	8.3	15.1	45.5	1.47	31
6	0.029	8.8	15.4	45.7	1.53	30
7	0.023	8.4	18.1	42.5	1.65	26
8	0.041	8.7	20.1	43.6	1.85	24
9	0.035	8.8	20.1	44.0	1.86	24
10	0.039	8.9	22.5	41.6	1.91	22
11	0.042	9.2	22.7	40.9	1.99	21

Scooping up	Run 2					
	E C (S/m)	pH	Ash (%)	C (%)	N (%)	CN ratio
0	-	-	8.2	44.9	1.07	42
1	0.074	4.6	10.3	45.4	1.04	44
2	0.082	4.5	10.6	47.2	1.13	42
3	0.092	3.8	12.1	44.0	1.07	41
4	0.044	5.8	13.0	44.2	1.19	37
5	0.029	8.5	12.9	46.1	1.29	36
6	0.038	8.8	14.1	45.9	1.44	32
7	0.027	8.4	16.4	42.8	1.41	30
8	0.021	8.4	15.6	44.7	1.76	25
9	0.031	8.6	13.9	42.0	1.70	25
10	0.028	8.9	21.1	42.0	1.76	24
11	0.030	9.3	21.4	41.4	1.91	22

C/N比が25以下としているが、本実験においてはRun 1, Run 2とも8回目の切り直し時にはC/N比は25以下になっていた。

現在、堆肥の品質は、熟成度、夾雑物量、化学性状、土壌中の分解性、肥効成分含有量、有害物質含有量、衛生性及び作物の生育性等で評価されている⁴⁾。それらのうちC/N比は、熟成度や土壌中の分解性にも関係する重要な指標であるが、その分析には時間がかかる。そこで、C/N比に変わる指標として灰分の有用性を検討するため、C/N比と灰分の関係調べ、その散布図をFig.8に示す。

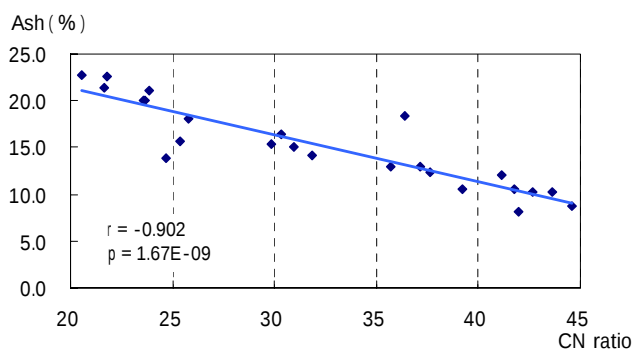


Fig.8 Scatter plot of ash and C/N ratio

C / N比と灰分の相関係数が-0.902，有意確率も1%を大きく下回り高い相関が得られたため，灰分を指標とする方法が示唆された．

今後，堆肥化物の出荷可否の判定を行う場合，まず灰分を測定し，灰分15%以上になった場合のみC / N比を測定する管理方法などが考えられる．

まとめ

福岡市緑のリサイクルセンターに堆積されているせん定枝破碎物堆積山中に通気管を設置し，常時空気の流通を図ることにより，発酵促進効果を調査した結果，以下のことが判明した．

- 1．通気管を設置すると中心部の温度が低下するが，その周囲は好氣的発酵が促進されていた．
- 2．好氣的発酵には酸素が必要だが，通気管有りの中心部付近を除く数か所でメタンが検出し，酸素濃度も低いため，好氣的発酵は起こりにくい状態であった．
- 3．切り返し直後の通気管を設置していない山の中心部の酸素濃度は，短時間で低くなっており，好氣的発酵条件ではなかった．
- 4．通気管を設置した山の堆肥化物は，設置しない山の

堆肥化物に比べ，短期間でC / N比が下がっており，通気管設置の効果が見られた．

5．堆肥化の指標としてはC / N比がよく用いられているが，C N比と灰分について高い相関が得られた．

（謝辞）

約1年間にわたる本調査中，せん定枝破碎物堆積山中に通気管を設置するにあたり，多大なるご協力をいただいた(株)都市環境の野瀬所長を始めとする職員の方々に深く感謝いたします．

文献

- 1) 月刊廃棄物編集部：剪定枝の堆肥化と廃木材の再生利用を推進，月刊廃棄物，7，52～53，2004
- 2) 保科定頼：コンポストにおける細菌の役割，環境技術，22，31-33，1993
- 3) 吉村正敬，他：剪定枝葉チップの堆肥化における通気の効果，農作業研究，35(1)，17～24，2000
- 4) 藤田賢二：コンポスト化技術，146，技報堂出版，1993