

剪定枝葉堆肥化物の品質向上に関するATP測定法利用の基礎的検討

久保倉 宏一・畑田 宏*・中川 育**・中尾 航大**

福岡市保健環境研究所廃棄物試験研究センター

* 京都大学工学部地球工学科

** 熊本大学工学部物質生命化学科

Basic Examination on Availability of ATP Method for Improving Quality of Tree Pruning Composted Material

Koichi KUBOKURA, Hiroshi HATADA*,
Hagumi NAKAGAWA** and Kota NAKAO**

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

*Undergraduate School of Global Engineering, Kyoto University

**Department of Applied Chemistry and Biochemistry, Kumamoto University

Summary

At the Green Recycling Center of Fukuoka City, twenty seven samples of shredded tree pruning compost were taken based on the piling period and depth from the surface and pH, electric conductivity, water content and ATP luminescence intensity were measured. The results were as follows;

1. The values of pH, electric conductivity and water content for the pilings passed eight months were almost same on the surface and at the center. On the other hand, there were big differences between the surface and the center for the pilings under six months.
2. ATP luminescence intensities of the surface composted materials were higher than in the center for all pilings. It indicated lower microbiological activities at the center of pilings.
3. Comparing ATP luminescence intensities of the surface composted materials, intensities over eight months were lower than under six months.

Key Words : 剪定枝葉 Tree Pruning, 堆肥化 Composting, ATP測定 ATP Measurement,
微生物活性 Microbiological activities

はじめに

福岡市では、焼却工場に搬入される剪定枝を焼却せず、チップ化して堆肥とする緑のリサイクルセンターを平成8年に設置し、現在の処理量は年間約4～5000トンで推移している。同センターでは剪定枝葉をチップ化し、約10～12ヶ月間発酵堆肥化した後、街路樹や公園整備用の土壌改良剤として出荷している。チップ化から堆肥化物の出荷までには、約8～10ヶ月程度必要としているが、製品としての品質は堆肥化物のC/N比を定期的に測定し、概ねN1.5%以上、C/N

比25以下のものを出荷している。

この間、微生物による発酵堆肥化を促進するために、酸素の供給の目的で、約1か月の間隔で堆積山の切返しを行っている。しかし、既報¹⁾により堆積山中の酸素は切返し後に急速に消費され、中心部では嫌気の状態が長く続いていることが分かっており、発酵堆肥化の微生物活性に関する検討が必要とされている。

微生物活性の評価方法としては、寒天平板培養によるコロニー計測法が一般的であるが、判定までに時間を要するという問題点がある。この欠点を補う方法としてATP測定法

が挙げられる。ATP (Adenosine TriPhosphate) は、生物の細胞中に必ず存在するすべての生命活動をつかさどる重要な化学物質であるので、そのATP量を測定することにより微生物量を知ることができる。ATP測定法は結果が短時間で得られ、測定範囲も広いので食品衛生管理分野では広く用いられてきており、更に、繊維製品の抗菌性試験方法としてJIS²⁾にも採用されている。しかし、堆肥化の研究手段としてATP測定を用いた報告^{3, 4)}はまだ数が少ないので、その適用性を探る意味は大きい。

そこで、我々は剪定枝葉破砕物の深さと堆積日数による差異と変化を明らかにすることを試みた。同時に、生物活性指標としてATP測定も行い、剪定枝葉破砕物の堆積山中におけるATP量の分布状況に関する検討を行ったところ興味ある知見が得られたので、その結果を報告する。

実験方法

1. 測定項目および器具

- ・ハンドオーガー：
 - 大起理化工業 DIK-100A-B1(孔径約 7cm)
- ・水分、pH、電気伝導率：
 - 肥料分析法(1992年版)に準拠
- ・ATP測定器：
 - ルミテスターC-100、キッコーマン株式会社製
 - 発光試薬 ATP測定試薬キット(ルシフェール 250プラス)、キッコーマン株式会社製

2. 試料

緑のリサイクルセンターで2005年9月2日に、堆肥化期間が異なる剪定枝葉破砕物の堆積山を対象として試料採取を行なった。堆積山の堆積期間や過去の切返し回数などを表1に示す。

表1 試料採取を行なった剪定枝葉堆積山の概要

No	堆積開始日	堆積量(t)	堆積日数	総切返し回数	切返し後日数
1	2004/04/02	59	509	16	30
2	2004/09/09	55	352	12	27
3	2004/11/23	56	278	9	20
4	2005/03/31	56	151	5	14
5	2005/05/03	55	118	3	11
6	2005/07/30	56	31	1	8

深さ毎の試料は、堆積山上部よりハンドオーガーを使用して、図1のとおり表層から深さ2.0mまで0.5m毎に図2のように採取した。採取量は、深さ約15cm程度の柱状に1kg程度としたが、深さ0.0mについては一番外側の

表面を薄く除去して試料を採取した。

なお、破砕処理後の経過日数が少ない No5 および No6 の堆積山は内部の破砕物がまだ新鮮であるためハンドオーガーで2mまで掘り進むことができなかったため、それぞれ深さ1.5mと1.0mまでのサンプリングとした。

3. 試料調整法および測定法

水分は、試料約100gを用いて105℃乾燥法で測定した。

pH、電気伝導率、ATPの測定は、採取した試料20gを500mLポリ容器に採り精製水を加えて全量を200mLとして、10分間振とう抽出しNo1ろ紙でろ過したものを用いて行なった。

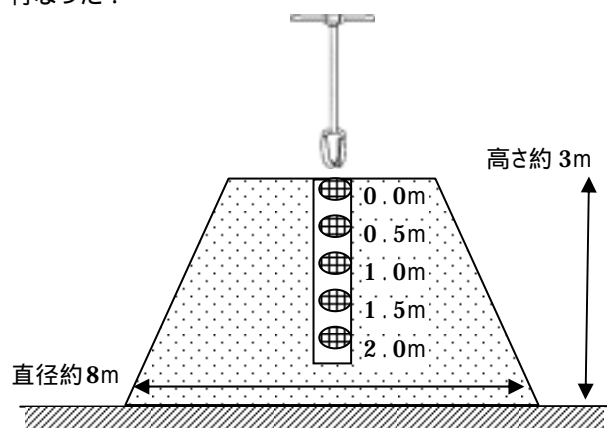


図1 剪定枝葉破砕物の堆積山概要と堆肥化物採取位置



図2 ハンドオーガーを用いたサンプリングの様子

4. ATP測定法

抽出・ろ過処理した試料溶液100μLをルミチューブに採取し、同量のATP抽出試薬を添加しミキサーで攪拌した。20秒後に100μLの発光試薬を添加し数秒攪拌した上で、20秒以内にルミテスターC-100にてATP発光量(RLU)を測定した。

結果および考察

水分、pH、電気伝導率、ATP 発光量の測定結果を表 2 に示す。

表 2 堆積山中の剪定枝葉破砕物の性状分析結果

No	深さ (m)	水分(%)	pH	電気伝導率 (S / m)	ATP発光量 (RLU)
1	0.0	64.9	8.9	0.027	75,000
	0.5	67.7	8.7	0.035	21,000
	1.0	68.3	8.8	0.037	11,000
	1.5	68.1	8.8	0.041	4,500
	2.0	67.8	8.5	0.045	5,000
2	0.0	64.7	8.9	0.028	96,000
	0.5	67.2	8.6	0.040	56,000
	1.0	68.3	8.9	0.048	5,000
	1.5	66.3	8.7	0.054	2,200
	2.0	67.4	8.6	0.052	5,100
3	0.0	65.5	8.7	0.048	82,000
	0.5	65.7	8.9	0.065	2,400
	1.0	65.0	9.0	0.066	2,600
	1.5	65.3	9.0	0.064	3,200
	2.0	64.9	9.0	0.063	1,000
4	0.0	64.0	7.5	0.019	300,000
	0.5	60.2	6.6	0.048	3,700
	1.0	58.6	4.8	0.074	4,300
	1.5	60.9	5.2	0.089	380
	2.0	61.3	5.6	0.084	430
5	0.0	59.9	7.0	0.027	193,000
	0.5	58.5	4.9	0.084	6,300
	1.0	60.0	4.4	0.092	260
	1.5	55.9	5.0	0.085	8,600
6	0.0	35.4	5.9	0.067	248,000
	0.5	43.0	4.2	0.124	1,535
	1.0	47.4	4.4	0.111	5,127

1. 水分

表面と内部の水分差を堆積期間で見ると、期間が短い No6 では 12 ポイントであったが、それ以外の山では 5 ポイント以内であり、期間が長い方が差は小さかった。堆肥化における切返し工程の一つの目的として品質均一化が挙げられるが、この点からすると堆積日数が大きいものは十分均一化されており切返しの効果が確認できる。

剪定枝葉破砕物の堆肥化工程では、破砕後に水を添加して約 60%の水分に調整して堆積を開始しているが、No6 では 50%以下に低下している。適度な水分は微生物発酵に重要であるので、堆積開始当初の十分な水分管理が必要であると考えられる。

2. pH および電気伝導率

剪定枝葉堆破砕物の pH と深さの関係を図 3 に示すが、pH は堆積期間 200 日を超える No1, 2, 3 では全ての深さで pH8 以上の値で、深さによる差異はなかった。一方、No4, 5, 6 では堆積期間が長いほど全体的に高い pH を示し、また表面の pH が内部よりも高かった。一方、電気伝導率については pH と逆の傾向を示し、堆積期間が長くなるにつれて低下していく傾向があった。

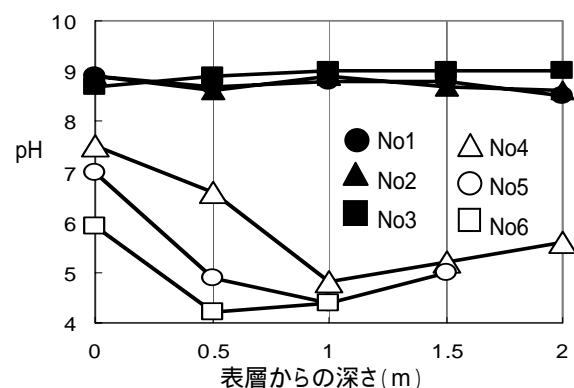


図 3 剪定枝葉堆積山中の深さと pH の関係

この pH 変化については、破砕された直後の剪定枝葉にはフェノールや有機酸などが含まれるため酸性を示すが、堆積中に発酵分解を受けて有機酸が次第に消失していき、逆にアンモニアが蓄積されていくためアルカリ性となることが知られている⁵⁾。従って、深さによる pH 変化より、発酵初期における剪定枝葉破砕物の発酵堆肥化は表面に近いところから進行しているように考えられる。

pH と電気伝導率の関係は図 4 のとおりである。

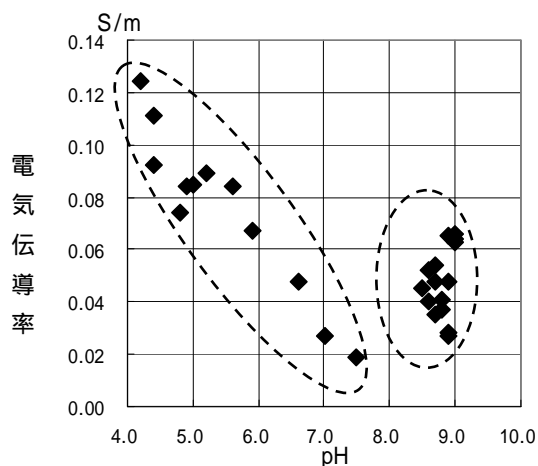


図 4 剪定枝葉堆積山中の pH と電気伝導率の関係
●: 堆積山 No1 ~ 3, ○: 堆積山 No4 ~ 6

図中 の部分は、pH 上昇に伴い導電率が直線的に低下しているので発酵堆肥化が大きな速度で進行していると一次発酵期と考えられる。一方、図中 の部分では pH

と導電率はほぼ同じ値であり、安定した二次発酵期(熟成期)に入っていると考えられる。

3. ATP発光量

ATP 蛍光発光を利用方法には、細胞内外の ATP の分別測定、標準 ATP を用いた ATP 絶対量測定や菌細胞当たりの ATP 量を利用した菌数換算などの方法がある。しかし、ATP の多くは細胞内 ATP であるので、今回は全 ATP を測定することとした。また、堆積山中の細菌数分布を相対的に求めることで微生物活性を評価することができるので、ATP 発光量をそのまま用いた。

調査した ATP 発光量と深さの関係を片対数目盛りで図 5 に示すが、全堆積山で表層の ATP 発光量が、深部ほど急激に低下していた。また、表層 ATP 発光量を堆積期間で比較すると、No4～6 のそれは No1～3 の 2 倍以上であるので、微生物活性も No4～6 の方が同じだけ高いと考えられる。しかし、No4～6 においても、表層 ATP 発光量が高いが、内部では No1～3 と同じレベルに低下していた。従って、堆積山の内部での微生物活性は表層と比較すると顕著に低下しており、同様に細菌数も内部では低下していると考えられる。これは、既報¹⁾の堆積山内部では酸素濃度が 5%以下に低下し、更に温度も低下しているという結果と一致している。このように、堆積山の微生物活性評価に ATP 発光量利用の可能性が分かった。しかし、今回サンプリングした堆積山は切返し後の日数条件が異なるため、今後はその条件などについても検討が必要であると思われる。

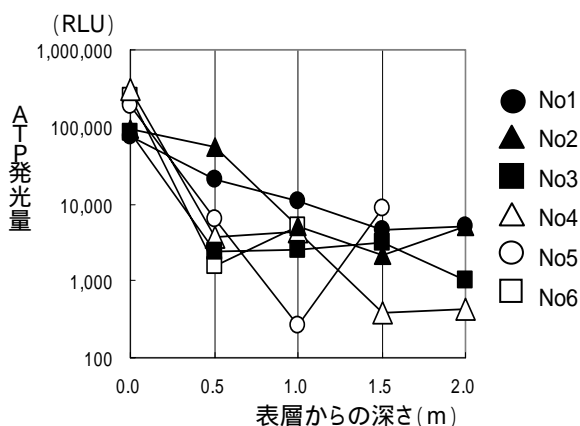


図 5 剪定枝葉堆積山中の深さと ATP 発光量の関係

今回測定を行なった pH、電気伝電率、水分および ATP 発光量の結果より、剪定枝葉破碎物の変化は堆積期間 6～8 ヶ月を境としてその前後で大きな違いがあった。6～8 ヶ月以前では各項目の変化は大きいですが、その後は緩慢になるとともに、微生物活性は堆積山内部では極端に低下していると考えられた。このことから、現在の定期的

な月 1 回の切返しを堆積期間に応じて切返し間隔を変更する管理方法が、効率的堆肥化の方策として提案できる。

まとめ

福岡市緑のリサイクルセンターにおいて堆積発酵中の剪定枝葉堆肥化物の性状を、堆積日数と表層からの深さに基づいて調査を行った。堆肥化物の性状は、pH、電気伝電率、水分と ATP 発光量を測定した結果、以下のことが分かった。

1. 堆積約 6 ヶ月以内の堆積山の表層と内部では、測定した 4 項目について大きな差があった。
2. 堆積約 8 ヶ月を過ぎた堆積山では、深さにより違いは見られず、堆積山は均一状態であると考えられた。
3. ATP 発光量については、全ての堆積山で表層よりも中心部が低値となっていたので、微生物活性が中心部で低くなっていると考えられた。
4. 堆積開始後約 6 ヶ月までは表層の ATP 発光量は増加していたが、それ以降は表層でも ATP 発光量が低下しており、発酵分解速度が低下していると考えられた。
5. 堆積開始初期に堆積山の表層と内部で性状の違いが大きくかつ微生物活性が表層で大きいことから、初期の堆積山管理が重要であることが分かった。
6. ATP 発光量測定による評価法は、剪定枝葉堆肥化物試験においても微生物活性を迅速に測定する簡易な手法として活用できると考えられた。

本調査は、平成 17 年度インターンシップ夏季実習の一環として行なった。

文 献

- 1) 富田 弘樹 他：通気管を用いたせん定枝破碎物の発酵促進効果の検討、福岡市保環研所報、30、74-78、2005
- 2) JIS L1902：繊維製品の抗菌性試験方法・抗菌効果
- 3) 黒ボク土ブドウ園の各種土壌管理と ATP 法による微生物バイオマスの変動、日土肥学会要旨、40、1994
- 4) 多田 清志 他：嫌気性消化汚泥の効率的コンポスト化に関する研究、北見工業大学地域共同研究センター年報、2002 年度版
- 5) 有機質資源化協議会：資源化大事典、農山漁村文化協議会、1997 年