

2006 年度
環境三四郎
堆肥化プロ
ジェクト

[2006 年度 堆肥化実験結果報告書]

この報告書は 2006 年度に環境三四郎 13 期を中心に行った落ち葉堆肥化実験の結果報告と、
実験と並行して得た知識を簡潔にまとめた報告書である。

目次

I. 堆肥化プロジェクトについて	3
II. 実験報告	4
III. 堆肥化について	12
堆肥化の原理	12
堆肥の効果	13
IV. 終わりに	14

I. 堆肥化プロジェクトについて

平成 12 年に始まった堆肥化に関する実験も今回で第 6 回目となりました。毎年、実験を繰り返して落ち葉を堆肥に生まれ変わらせてきましたが、それは駒場全体で出る落ち葉のほんの一部に過ぎません。堆肥化や、または別の方法で駒場の全ての落ち葉を焼却せず有効に活用することが理想だと我々は考えています。

しかし、堆肥化することの意味は落ち葉の有効利用だけではなく、駒場で生ごみの堆肥化を行っている団体との協力や小学生に向けたイベントなどを通して、地域とのつながりを深めることにもあります。また学生がキャンパス内で落ち葉を堆肥化し、捨てられるはずの落ち葉も役に立つことを広く知らせ、一般の学生や教職員のキャンパスの環境についての関心も向上させようとしてきました。

このように、私たち環境三四郎としては、交流という点も重要だと考え今回の実験を行ってきました。できあがった堆肥も学生や地域の方に使っていただき、その目的をある程度は果たせたと考えています。また、本来の実験という点に関しても、これまでの実験より詳細なデータを収集することができ、報告書として質を向上させることができました。

最後になりましたが、今回の堆肥化実験を無事終えることができたのも学部の方々をはじめ、地域の方々など、多くの方々に支えていただいたおかげです。この場を借りて改めて御礼申し上げます。

環境三四郎 13 期 青木えり

Ⅱ. 実験報告

1. 目的

今年度の落ち葉堆肥化実験は

- ・一般に堆肥化しにくいとされるイチョウの葉を堆肥化できないか
- ・生ごみの堆肥を加えることで、落ち葉の堆肥化は促進されるのか

の2点を調べることを目的として行った。

例年のように桜や梅などの落ち葉を単に堆肥化するだけでなく、堆肥化に影響を与える可能性のある要素を混ぜて観察した点が、新しい試みである。

2. 方法

○場所・期間

この実験は、東京大学駒場キャンパスの矢内原公園内に設置した堆肥化ボックスを使用して行った。

実験期間は、2005年12月24日（落ち葉の投入日）～2006年11月18日までである。

・堆肥化ボックスについて

堆肥化ボックスは、約3m四方、高さ約1mの木製のボックスである。枠の上に横板を置き、その上にビニールシートを被せられるようになっている。また手前側の壁は4枚の横板が溝にはまっている形となっていて、はずすことができる。

実験では、放置立て看板を2枚使ってボックス奥のスペースを3つに区切って使った。それぞれ、図書館側(下写真の左側)からA・B・Cブロックとした。



図1:堆肥化ボックス全景

○堆肥の種類

実験の目的を達成するため、3種類の堆肥を作成した。

A:イチョウを混ぜた落ち葉堆肥

B:イチョウ以外の落ち葉堆肥

C:イチョウ以外の落ち葉に、生ごみ堆肥を加えて発酵させた堆肥

* Bは対照実験である。

○作業手順

・投入する落ち葉の計量

落ち葉の体積は、目分量で袋の「いっぱい」「4分の3くらい」「半分くらい」のどれかに当てはめ、それを1袋、3/4袋、1/2袋として換算した。(表1)

重さは、バネ秤で袋ごと吊るし、kg単位で量った。ただし、明らかに雨水が入っている袋は重さを量らなかった。

・落ち葉の投入

12月24日、堆肥化ボックスに落ち葉を投入した。この時点ではイチョウ以外の落ち葉、および落ち葉のみを投入し、まだ生ごみ堆肥は投入しなかった。

・繰り返し

繰り返しは、2週間に1回を目安に、1月15日～7月6日までに11回行った。

繰り返しの手順は以下のとおりである。

1. ボックス奥に寄せてある落ち葉を、スコップで手前側に寄せる。
2. 次の3点の作業を並行して行いながら、落ち葉を奥に積みなおす。
 - (1) 途中3～5回程度に分けてホースで水をかける。
 - (2) Cのみ生ごみ堆肥を適宜ふりかけ、偏らないようにスコップで落ち葉と混ぜ合わせた。
 - (3) 発酵温度を上げるため、ぬかを加えて生ごみ堆肥と同じように混ぜ合わせた。

・熟成

繰り返しのなくなった7月以降は熟成期間として特に何もしなかった。

・駒場祭用に堆肥を袋詰めした11月18日をもって実験を終了した。

・記録

実験ノートに、日時・参加者・作業の内容・落ち葉の温度・において、堆肥化ボックスの中で発見した生物などの特記事項を記録した。また作業の様子を写真におさ

めた。

温度は棒状の温度計を用い、落ち葉の奥のほうの一番温度が高そうな部分を測った。

・生ごみ堆肥について

実験に使用した生ごみ堆肥は、「駒場リサイクルの会」にご協力をいただき用意した。

駒場リサイクルの会は、2週に1回家庭の生ごみを持ち寄り、「リボンちゃん」という機械により堆肥に変えている。その活動日に合わせて、駒場食堂で頂いた生ごみを持参し、一緒に堆肥化していただいた。そして出来た堆肥の一部を分けてもらったため、落ち葉に混ぜ込んだ生ごみ堆肥は、基本的に駒場地域の家庭の生ごみとなる。

3. 結果と分析

○使用した落ち葉の種類・量

落ち葉の種類はイチョウ以外については特に指定せず、提供していただいた収集袋の落ち葉の中から、イチョウの入っていないものを選んだ。

落ち葉の量は、いくつかの理由により正確な値ではないが、次の体積と重さが目安となる。

表1：各ブロックに投入した落ち葉の総量

ブロック	体積(1袋900相当)	重量
A (内イチョウ)	20.25袋分 (4.5袋分)	130kg (39kg)
B	18.25袋分	92kg
C	19.75袋分	119kg

ブロックにより落ち葉の体積、重量にばらつきがあるのは、各ブロックがいっぱいになるまで落ち葉を積み上げていったためである。

※落ち葉は1回では投入しきれず、2回に分けて行った。2回目はA4+1/2袋、B2+1/4袋、C3袋を加え、その分も上の表に加えている。

¹ ①投入した落ち葉以外に、前年度の実験の落ち葉が残っており、それも一緒に混ぜたため。各ブロック3袋分くらい ②明らかに雨水が入っている袋は重さを量らず、体積のみ記録したため。使用した74袋のうち、13袋が該当する。

○観察結果:実験開始から繰り返し終了(7月6日)

この間、3種類の落ち葉は「におい」を除いて(後述する)ほぼ同じように変化し、イチョウ・生ごみ堆肥による堆肥化の進捗への影響はあまりないと考えられる。

・温度

繰り返し期間中の温度の変化を図2に示す。

グラフから分かるように、3種類の堆肥の温度は毎回かなり近い値となり、変化のパターンも同じである。また、回ごとの順位も入れ替わっていて、あるブロックが常に他のブロックより少しだけ高温だということもなかった。

温度差が小さい原因としては、(1)ブロックごとの発酵が同じように進んでいった、(2)仕切りの板を通して熱が移動し、ボックス内部が平衡に近い状態になっていた、の2つが考えられる。しかし(2)が正しければ、中央のBブロックはいつもAとCの中間の温度となるはずであるが、実際にはそうならなかった。熱の移動は必ず起こっているが、温度差を小さくする要因としてはあまり重要ではなかったといえる。

これらのことから、温度で見ると、落ち葉が発酵する過程でのイチョウと生ごみ堆肥の影響はあまりなかったと考えられる。

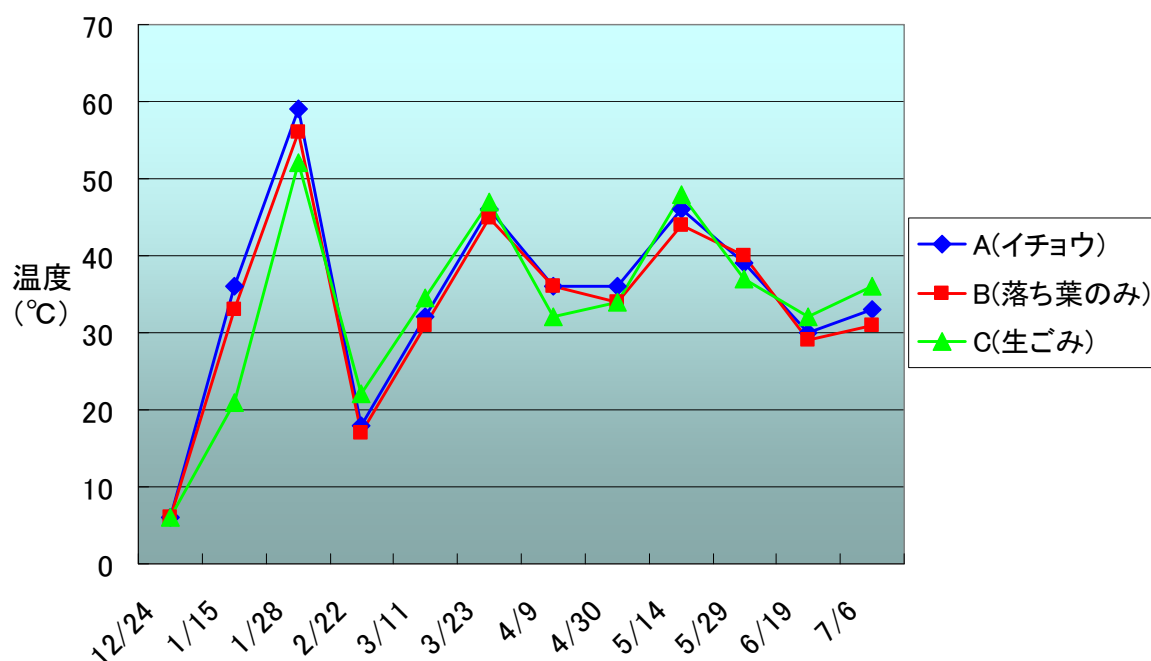


図2：落ち葉の温度変化

ちなみに一般的な堆肥化の温度変化(一度高温に上がって、徐々に下がる)の形とは異なりジグザグ形になっているが、これは以下のことが原因と考えている。

- ・2月22日に温度が急に下がっているのは、1月28日の切り返しで与えた水分が不十分で、蒸発により水分が不足して発酵が止まってしまったためである。
- ・3月11日は温度計を紛失したため、記録がない。グラフでは前後の値の中間の値となっている
- ・以上から、水分が十分与えられていれば、2月22日、3月11日はもっと高温だったと考えられる
- ・5月14日に温度が上昇しているのは、その前回の作業でぬかを加えたためである

・外観

落ち葉の色は、切り返し期間を通して徐々に黒く変化していった。(実験開始時、Aのイチヨウの黄色い葉が目立っていたが、すぐに茶色く変色し他の落ち葉と変わらなくなった。)

切り返しの初期～中期(5月中頃まで)には、白いカビのようなものが散見された。これは、ABC全てのブロックで見られた。また色の変化と同時に、落ち葉の形も徐々に崩れていった。

・におい

においに関しては、ブロックにより差が見られた。Aでは動物園で感じられるような特徴的な臭いが出たのに対し、B,Cでは特になかった。これは、明らかにイチヨウに含まれる成分が関係していると思われる。

・生物など

実験中に落ち葉の中から植物の芽(もやし)がでてきたり、ミミズやダンゴムシ、カミキリムシ、アリなどの虫が多く出た。ただし、アリの巣がBブロックにでき、切り返しで破壊された後も再生したこと以外は、残念ながらどこに何がいたかは記録されていない。

○観察結果：実験終了時点(11月18日)

切り返し終了時点では大きな差は見られなかったが、熟成期間を経た後では、ブロックにより外見上の違いが現れた。

Cブロックの堆肥が非常に細かくなっていたのに対し、Aはあまり変わらないままであり、Bは両者の中間くらいの大きさだった。A、Bの堆肥はよく見れば落ち葉の断片が見えるが、Cの表面以外のよく発酵した部分では、落ち葉とは分からないくらいであった。

色については、CのものがA、Bに比べて少し黒味が強いように感じた。

○成分分析

上記のように外見上の違いが現れ、堆肥として使用した場合の効果や影響にも差があるのではと考えられたため、できた堆肥について詳しく調べる必要があった。

堆肥の性質を分析する方法について、農学部の妹尾啓史先生にお尋ねし、土壌の調査を専門としている「クレアテラ」という会社を紹介していただいた。

クレアテラの方と相談した上で、A, B, Cの各堆肥について「全窒素」「全炭素」の調査を依頼した。(資料1、2)

試 験 報 告 書				
			第0701010134号	
			平成19年 3月23日	
東京大学 環境三四郎 御中				
御依頼を受けました試料の試験結果は 下記のとおりであることを報告します。				
件 名	堆肥の成分調査について			
検体数	3			
		計量証明事業登録番号第708号 株式会社 クレアテラ 東京都世田谷区松原1-39-18 電話 03-(5500) 8288 (直)		
試 験 項 目	単 位	堆肥A (イチョウ入り)	堆肥B (イチョウ以外の落 葉のみ)	堆肥C (生ごみ堆肥入り)
全炭素	g/kg	220	241	216
全窒素	g/kg	16.1	16.9	15.2
炭素率 (C/N比)	-	13.6	14.2	14.2

資料1：全炭素及び全窒素の調査報告

試 験 報 告 書 株式会社 クレアテラ		第0701010134号 平成19年 3月23日
試 験 項 目	試 験 方 法	
全炭素	堆肥等有機物分析法 II.3.(1)A. 乾式燃焼法	
全窒素	堆肥等有機物分析法 II.3.(2)A. 乾式燃焼法	
炭素率 (C/N比)	全炭素または有機炭素と全窒素より計算	

資料2：全炭素及び全窒素の調査方法

4. 実験中の記録

実験ノートより、繰り返しとその他の作業の記録をまとめた。(表2)

表2：実験ノートの記録

日時	作業内容	温度			作業内容／特記事項
		A	B	C	
12月14日	落ち葉の回収				<ul style="list-style-type: none"> ・1号館パンシヨップ前に積んであった落ち葉の袋を堆肥化ボックスまで運んだ。 (経理課施設係の酒井さんにトラックを出していただいた。)
12月24日	落ち葉投入				<ul style="list-style-type: none"> ・放置立て看板を使い、ボックスを3つのブロックに区切った ・落ち葉の体積、重量を記録しながら落ち葉をボックスに投入した。 ・投入しながら、落ち葉に水をかけた
1月15日	繰り返し (1回目)	36	33	21	<ul style="list-style-type: none"> ・ぬかを加えた ☆イチョウが茶色く変色していた ☆Aから「動物園のような」臭いが発生していた ☆全体に、所々白いもの(カビ?)がついていた
1月28日	繰り返し(2)	59	56	52	<ul style="list-style-type: none"> ・Cに生ごみ堆肥を加えた ☆所々、乾いた部分があった ☆全体に黒っぽくなった ☆Aの臭いは変わらない(「牧場のにおいがする」) ☆カビらしきものは消えた ☆ぬかの塊がいくつか発掘された→砕いてまぜた

2月22日	切り返し(3)	18	17	22	<ul style="list-style-type: none"> ・Cに生ごみ堆肥を加えた ・水を多めにかけた ☆全体にかなり乾いていた ☆臭いはそれほどない ☆何かのもやしを発見した
3月11日	切り返し(4)	—	—	—	<ul style="list-style-type: none"> ・温度計を紛失したため、温度記録なし ☆全体に白っぽく、葉がもろくなった
3月23日	切り返し(5)	46	45	47	<ul style="list-style-type: none"> ☆多少ムラがあったが、ほどよく湿っていた ☆Cに、カビと思われる白っぽい葉が見られた
4月8, 9日	切り返し(6)	36	36	32	<ul style="list-style-type: none"> ・Bのみ8日に行った ☆ボックス内の地面にきのこが生えた ☆虫がいろいろでた(ミミズ、カミキリムシ、ダンゴムシなど)
4月30日	切り返し(7)	36	34	34	<ul style="list-style-type: none"> ・ぬかを加えた(20kgを3等分) ☆虫・・・ミミズ、何かのさなぎ
5月14日	切り返し(8)	46	44	48	<ul style="list-style-type: none"> ☆Bの落ち葉に、アリが巣を作っていた ☆虫・・・アリ、ミミズ
5月29日	切り返し(9)	39	40	37	<ul style="list-style-type: none"> ☆色が、こげ茶よりさらに黒くなった ☆もやしの数が減ってきた ☆アリの巣が再生していた
6月19日	切り返し(10)	30	29	32	<ul style="list-style-type: none"> ☆葉の形がほとんど崩れてなくなっていた
7月6日	切り返し(11)	33	31	36	切り返し終了

Ⅲ. 堆肥化について

堆肥化の原理

堆肥とは、落ち葉や家畜糞尿などの有機物が原料であり、それが分解途中にあるものおよび分解されたものを指す。有機物は分解されることで二酸化炭素や水、そしてアンモニウムイオン、カリウムイオン、カルシウムイオンなどの養分となるので、これらが植物の成長を促進する。

有機物の分解過程においては、発熱発酵を促進する好気性微生物が働き、60～70 度に発熱し、雑草の種子や病原菌などを死滅させる。と同時に、有害な成分やガスを分解する。そして、養分を生成する。すぐに分解されなかった有機物は農地にまかれてから、土壌微生物により徐々に分解される。そのため堆肥中には作物にすぐに効く即効性の肥料養分から徐々に効く緩効性の養分までが万遍よく含まれているのである。

次に、微生物による有機物の分解過程を詳しく見てみる。有機物中の堆肥化処理は主に好気性微生物によって行われる。微生物にとって、有機物中の炭素はエネルギー源として、たんぱく質を構成する窒素は栄養源として欠くことのできない成分である。微生物による分解が進むにつれて、有機物における炭素率（C/N比）は単調に 10 に近づいていく。これは、窒素含量の多い有機物はたんぱく質をアンモニアガスに変えて気散させ、炭素含量の多い有機物は有機炭素を炭酸ガスに変化させて気散させながら、有機物として安定な炭素率 10 前後の腐植物質（≒堆肥）に変化するためである。

このとき、どのような微生物が働き、温度変化はどのようになるのだろうか。

温度をたどるとはじめは急激に上昇して、徐々に下がって行き完成に至る。温度が急激に上昇する段階を 1 次発酵、その後温度が下がってからの段階を 2 次発酵と呼ぶ。働く菌が段階により異なる。（以下の図のように分解を 3 段階にわけて説明する場合も多い。ここで述べる 1 次発酵が以下の初期に、2 次発酵が中期にあたる、堆肥完成後の緩やかな分解が後期となる。）

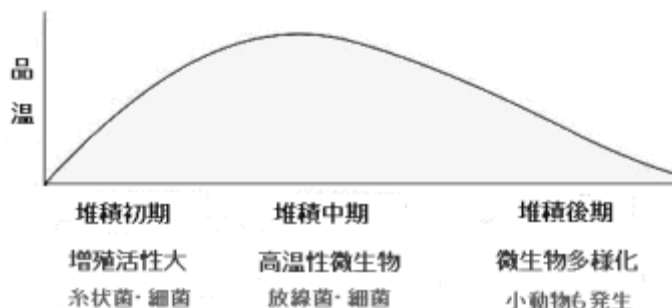


図 3：堆肥化における微生物の変化

(三重県農業技術情報システム www.mate.pref.mie.jp/.../kisotishiki/taihi2.htm)

1次発酵では微生物に分解されやすい糖類や酪酸、酢酸など水に溶けやすい低分子の有機物が分解される。このとき60～70度の温度になる。1次発酵初期では中温性の細菌や糸状菌がはたらく。1次発酵中～後期では好熱性の細菌や糸状菌、放線菌がはたらく。

2次発酵では1次発酵では分解されなかった、セルロースなどの高分子の有機物が徐々に分解され堆肥は徐々に熟成される。2次発酵では再び中温性の細菌や糸状菌がはたらく。

発酵がほぼ終わり、堆肥の温度が外気温に近づき切り返しをしても温度が上がらなくなれば堆肥のできあがり。このとき炭素率は15～20になっているのが好ましい。

堆肥の効果

植物が養分を吸収できるのは、根から1mm程度の範囲であると言われている。土中の肥料分を有効に吸収する為には、根の周りの土壌菌が植物の根から養分をもらう代わりに、無数の菌糸を延ばし養分を根に運んでもらう助けが不可欠である。土壌に有機堆肥を混ぜることにより土壌の団粒化²が進み、結果、植物の根がよく発達するからこそ植物の生育が活発になる。だからこそ、植物の根と微生物が共生する条件改善には有機堆肥が有効となる。

また、肥料としての堆肥の性質を、化学肥料と比べて述べると、上記の団粒構造を形成することに加えて、化学肥料は植物に必要な養分を、より純粋な形で多く含み、施肥するとすぐに植物に吸収される。一方、堆肥はもともと「微生物分解の残り物」なので、植物がすぐに利用できる栄養分はあまりない。堆肥に含まれる肥料成分のうちカリは無機体で存在しているが、窒素とリンは有機化合物に組み込まれた有機体のものが多く、土の中で微生物に分解されて無機体になりはじめて堆肥効果を発揮する。それゆえに、化学肥料は雨などで流れてしまい早くなくなってしまうが、堆肥は流失しにくく、長い時間効果が持続する。

参考文献：

「生ごみ堆肥リサイクル」、岩田進午・松崎敏英、家の光協会（2001）

「堆肥の作り方・使い方—原理から実際まで」、藤原俊六郎、農山漁村文化協会（2003）

²団粒構造 良い土の条件で、土が団子状態（0.1～数mmの小さな団子。土が単粒状態で詰まっていたはいけない。）になって排水性、保水性、通気性に優れている。単粒構造から、団粒構造、高次の団粒構造へとすすむ団粒の大きさの変化に伴って、土中の隙間の大きさの分布もばらばらとなり、植物の生育上好ましい。

IV. 終わりに

この頃、循環型社会ということが叫ばれていますが、「循環型」とは何なのでしょう。このようなことを考える時、落ち葉や食物を堆肥化するというのは、それ自身の効果以上に、多くの人々にわかりやすい恰好の教材となるのではないのでしょうか。今回、駒場小学校の4年生に簡単な授業をさせていただきましたが、子供たちに「落ち葉が落ちて、また土になり、木を育てるんだよ。」（少し正確ではないですが。）という説明と、分解途中の葉が入った作りかけの堆肥を見せると、非常に新鮮な驚きを返してくれました。理念だけ、理屈だけではなく身近なところにある「循環」を、ほんの一部でも伝えられたのではないかと感じています。

はじめに述べたとおり、交流や発信はもとより、駒場の落ち葉の有効活用、効果的な堆肥化の方法・知識という点でもまだまだ多くの課題を抱えています。よって、今後も試行錯誤を重ねながら、多くの人との関わりを大切にし、駒場での堆肥化実験に取り組み続けていければと思っています。今後とも暖かく見守っていただけると幸いです。

どうぞ今後ともご協力をよろしくお願いいたします。

13期 青木えり³

メンバー：13期

加藤紳也(責任者)、青木えり、安藤達也、小泉賢一、鈴木悟司、守谷修

³最後になりますが、Ⅲ章で示した知識・知見は、文献等によるメンバーのための自主調査です。今回は、同じく落ち葉を堆肥化しようと試みる人、興味を持った人に参考になるのではないかと考え、これらの結果を本報告書に掲載しましたが、あくまでも参考程度にとどめてください。このように、各自が勉強会として調査した内容を今回つなぎ合わせる形になったため、参考文献が不明確であったり、文体の違いがあったりと至らない点、見苦しい点が多々ありますが、そちらもご容赦くださいますようお願いいたします。

編集 13期 青木えり