東京大学

環境三四郎
落ち葉堆肥化プロジェクト
presents

落ち葉堆肥のすべて

2010秋

マスコット キャラクター
たいひ君

ご自由にお持ち下さい

もくじ

p1　はじめに

p2～p7　堆肥化実験紹介

p8～p27　勉強会資料

p28　やってみよう!

p29　おわりに

はじめに（プロジェクト責任者より）

この冊子を手に取ってくださった皆さん、どうもありがとうございます。
私たち環境三四郎落ち葉堆肥化プロジェクトは、東京大学駒場キャンパスで出る落ち葉を使い、堆肥を作っています。

駒場キャンパスには様々な植物があり、季節の移り変わりとともに私達を楽しませてくれます。一方で、都市にあるキャンパスという条件のため、植物から出た落ち葉は焼却処分されてきました。堆肥化プロジェクトでは、そのような落ち葉から堆肥を作り、土に戻すことでキャンパス内あるいは地域の中で資源の循環システムを構築することを目標に、10年以上にわたり堆肥化実験を続けています。今年は昨年に引き続いての省力化と、銀杏の堆肥化に取り組みました。約1年かけてできた落ち葉堆肥を駒場祭では訪れてくださった方に配布しています。ぜひ100%東大の落ち葉で作った堆肥を使って植物を育ててみてください。

実際に堆肥を作ることに平行して、メンバーには堆肥に関することをそれぞれの興味に従って調べてきてもらいました。冊子の前半は今年の実験内容をまとめたものですが、後半は彼らにその成果を提供してもらったものです。これを読んで皆さんにとって堆肥が身近なものとなってくれれば幸いです。

今年も落ち葉堆肥化実験では環境三四郎のメンバー以外の多くの方にご協力いただきました。目黒区には環境学習公募事業として採用いただき、実験の支援をしていただきました。また地域の市民団体である「こまばリサイクルの会」さんには落ち葉堆肥化実験全般についてのアドバイスや、生ごみの一次発酵の技術支援などをしていただきました。いろいろな方々の助けを受け、今年も駒場祭でこうして発表できるということに感謝し、あいさつとさせていただきます。

2010年度責任者　大内祐貴

落ち葉堆肥ってなんだろう？

■落ち葉堆肥は何に使うの？どんな風に出来上がるの？

元気な植物を育てるには植物が必要としている栄養素を与えてあげることが大事です。手っ取り早い方法としては化学肥料をあげたりしますね。堆肥は肥料の一種で、植物を育てている土に混ぜることにより土が栄養豊富になり、じわじわと栄養分が植物に供給されます。堆肥には自然に生み出された栄養がいっぱいなのです。

落ち葉堆肥は、落ち葉を主な原料とする堆肥です。落ち葉は目に見えない微生物がの働きによってやわらかい湿った土のような堆肥になるのです。微生物は、落ち葉など植物がそのままでは吸収できない有機物を分解して細かくすることにより、植物が吸収できる小さい栄養素がたくさん含まれたやわらかい栄養たっぷりな堆肥を作りあげるのです。

■環境三四郎はなぜ落ち葉堆肥をつくっているの？

堆肥には、家畜の糞尿を利用した「畜糞堆肥」や生ごみを使った「生ごみ堆肥」そして「落ち葉堆肥」などがありますが、なぜ私たち環境三四郎は落ち葉堆肥を作っているのでしょう？その理由は駒場の自然環境にあります。秋から冬にかけて、駒場キャンパスは落ち葉で埋め尽くされます。この落ち葉は、清掃の方々が集めて、車で構外に運び、焼却処分します。落ち葉を燃やすと二酸化炭素がたくさん出てしまいます。自然ならそのまま土に還る落ち葉をわざわざ焼却ごみとして処分するなんてもったいない！私たちはキャンパス内の落ち葉の循環を目指して落ち葉の堆肥化を開始しました。最終的な目標は「キャンパス内の落ち葉をすべて堆肥化」することです。そしてこの目標を達成するために、どうすれば良い堆肥を少ない労力で作れるかを実験しています。

堆肥化実験プロジェクト

たいひ

秋―銀杏が紅葉し、一面黄色の絨毯になるほどの落ち葉が降り積もります。その前には特異な匂いを発する実がたくさん落ちていて、銀杏並木を通るのはちょっと…。という状況でしたが。

切り返しとは？

矢内原公園にある堆肥ボックスに入れられた落ち葉は微生物の働きによってだんだんと堆肥になってゆきます。

微生物の活動が盛んになり温度が上がると積んである落ち葉の中は酸素が無くなってたいがいの微生物は呼吸が出来なってしまいます。そこで、定期的に積んである落ち葉の上下をひっくり返して空気を入れ替える作業をおこないます。この作業のことを「切り返し」と呼びます。

約三週間に一回の切り返しはまず雨よけのためのシートをはがすことから始まります。次にシャベルや鍬（すき）などで落ち葉の山を崩し、上下が逆さになるように積みながら落ち葉が適当な水分を含むようにバケツで水をかけてあげます。水を含んだ落ち葉はかなり重いので意外とこれは重労働です。すべて積み終わったら切り返しは終了です。落ち葉を切り返しているとミミズやダンゴムシなど様々な生き物を発見することがあります。だんだん落ち葉が土に帰ってゆくということが実感できて、活動していると感慨深いです。

【切り返しの様子】

堆肥化実験プロジェクト　たいひ

普段生活していると気が付かないかもしれないけれど、その大量の銀杏の葉も掃き集めている方々がいます。その方たちの協力により、たくさんの落ち葉が集まるのです。

雨・土・光

今年の実験結果

1、目的

キャンパス内のより多くの落ち葉を堆肥化し循環させるためには、堆肥を作るのにかかる手間を減らすことと、様々な種類の落ち葉を堆肥化することが必要です。そこで今年度は、切り返しの回数を減らせないかと、銀杏の葉を上手く堆肥化できないか、をテーマに下記の4検体分の実験を行いました。切り返しの回数が減ればそれだけ堆肥を作るのに必要な手間が減ります。また、一般に堆肥化しづらいとされ、ここ2年扱ってこなかった銀杏の葉を堆肥化し、成分分析を行うことで、銀杏を堆肥化がきちんとできればキャンパス内で扱える落ち葉の種類が増え、より多くの落ち葉を堆肥化できるようになるためです。

2、実験方法

それぞれ次のような条件で実験を行いました。

全てに共通の条件：2月と3月に1度ずつ米ぬかを加えた。切り返しの度に適度な水分量になるよう水を与えた。

A：銀杏と広葉樹をおよそ3:1の割合で混ぜ合わせたもの。上田式発酵システム〝リボンちゃん〟を用いて作った生ゴミ堆肥を15Kg程度加えた。切り返しは2月中旬から7月終わりまで3週間に1度のペースで行った。

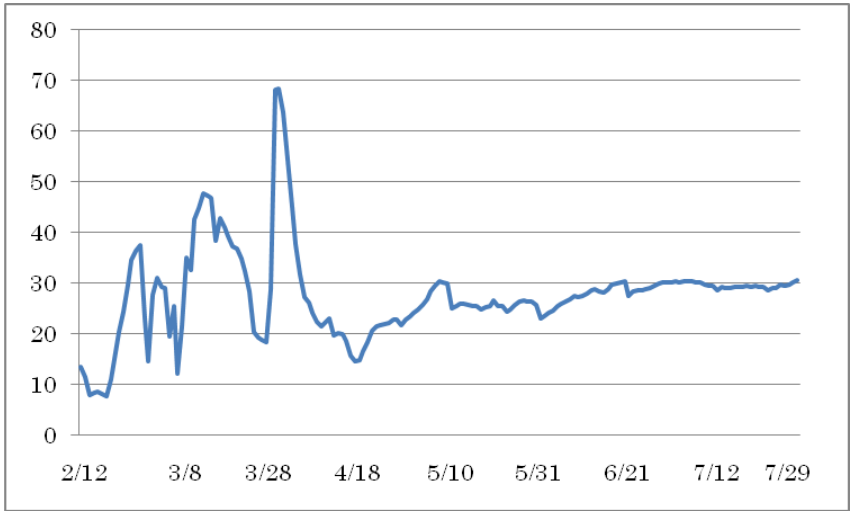
B：広葉樹の落ち葉を用いて2月中旬から3週間に1度のペースで7月終わりまで切り返しを続けた。

C：広葉樹の落ち葉を用いて2月中旬から3週間に1度のペースで5月終わりまで切り返しをするが、それ以後は7月終わりまで代わりにパイプを差し込み空気を送った。

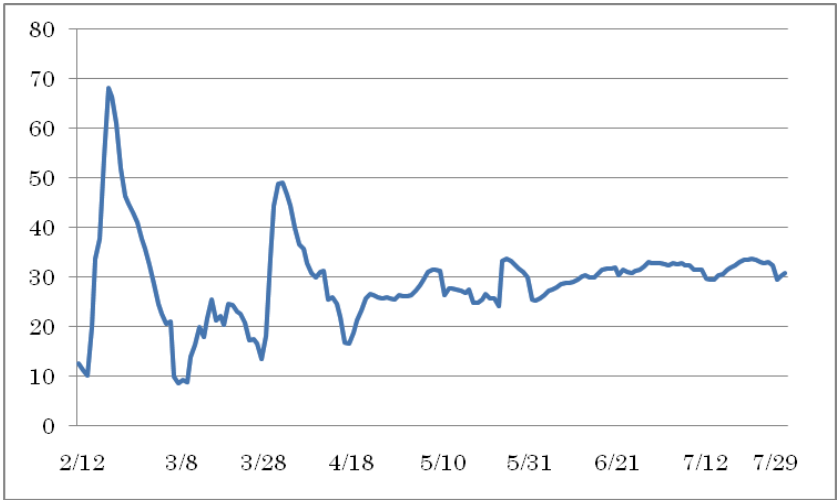
D：広葉樹の落ち葉を用いて2月中旬から3週間に1度のペースで5月終わりまで切り返しをするが、それ以後は水分供給のみ行い、切り返しは行わない。

今年の実験結果

①通常の広葉樹の落ち葉堆肥(B)



②銀杏の落ち葉堆肥(A)



実験開始初期には、切り返しや米ぬかを加えることで温度が劇的に上昇することがわかる。(グラフの日付は切り返しを行った日。)

今年の実験結果

4、成分調査の結果

今年は株式会社クレアテラに依頼して、落ち葉堆肥の成分分析を行った。

	リン(g/kg)	窒素(g/kg)	カリウム(g/kg)	C/N比	炭素(g/kg)	CEC(cmol/kg)
実験A	4.26	11.6	4.79	16.3	189	―
実験B	3.64	11.9	2.53	16.6	198	96.8
実験C	4.96	15.4	4.09	19.5	300	―
実験D	5.59	16.5	4.03	18.7	308	112

CECとは塩基交換容量の略で、土壌の生産性を規定する指標の一つ。外部から(例えば雨や肥料によって)土壌に供給されたリンや窒素などの栄養分をどれだけ捕まえておけるかを表している。これにより、土壌中の養分の過不足が判断される。

銀杏を使った堆肥は他の広葉樹のみの堆肥と比べてカリウムがやや多いが、化学成分上ほぼ同じ堆肥となった。

一般にC/N比は15～25がよいとされているので、今回できた堆肥はどれもかなり良いものと言える。

CとDにはあまり違いが見られなかった。また、両者は全体的に養分の数値が大きいが、これは単位重量当たりの数値であるため、逆に酸素の量が少なく、酸化物が少ないのではないかとも考えられる。

＊全て乾物重量による値である。

5、考察

今年度は銀杏の堆肥化にも取り組んだが、温度変化や成分分析の上では、広葉樹の堆肥とほとんど同じ性質を示した。

切り返しのたびに落ち葉堆肥の温度を測る。菌がうまく働いていると、もわぁ～と湯気が立つほどに温度が上がっていて嬉しい。

実験結果

ただ、実物をみると、銀杏の堆肥は一部に葉が重なり合い硬く固まってしまう傾向があった。しかしそれに注意すれば心配されていた臭いなどもなく十分使える落ち葉堆肥になったと言える。
また、切り返しの頻度を、後半に少なくする実験では、頻度を調整した後の温度変化はどれもほとんど同じであった。従来から5月以降は切り返しをしても温度上昇がほとんど起こらないことはわかっており、温度条件として両者に違いはなかった。成分分析の結果においてもどれも数値の上では落ち葉堆肥としては良い物ができたと言えよう。しかし、実物はやや異なる見た目となった。切り返しの頻度を最後まで3週間に1度としたものは落ち葉の原形がほとんどなく、土のように細かいが、頻度を少なくしたものは落ち葉の原形がかなり残っているのが見て取れた。
今回は、偶然に切り返しを3週間に1度行い続ける落ち葉には春から夏にかけ雨水が自由に入る状況となった。普段は切り返し以外は殆ど水が入らない構造になっているが、どちらの方が良いのか考え直す必要があるように感じた。葉の原形が目に見えてなくなり始めるのは5月の後半から7月にかけてであるが、その時期に切り返しは減らすとしても、水分の管理を適切にしてやることで分解がより進みやすくなるのではないだろうか。
また、検体CとDは成分上よく似ており、見た目にもあまり違いが見られなかった。今回のポンプは使い方が悪かったため、ほとんど効果を観測できなかったと考えられる。
一般に、化学的性質を調べる成分分析は試料調製の過程で落ち葉を粉々に砕く必要がある。今回の分析では乾燥もさせた。そのため、見た目の違いと数値の違いに若干のギャップが生じる。作るからには「良い堆肥」を目指しているものの、その判断にはあいまいな部分も残る。ある程度細かい部分は「使い方」でカバーするのがよいだろう。

切り返しを重ねるごとに、落ち葉から堆肥に変わっていくのが良く分かります。カサカサからツブツブ、しっとりへ。だんだんと土のような感じになっていくのです。

堆肥ができるまで

ここから先はメンバーが調査した情報を発表します。

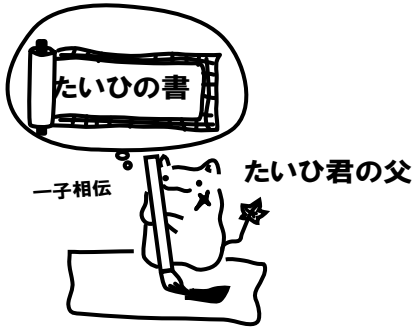
堆肥ができるまで

文責：後藤祐平

1、おおまかな流れ

堆肥ができるまでの流れはおおまかに分けて以下の4つです。

材料集め・・・・①
↓
混ぜる・・・・・・②
↓
切り返し・・・・・③
↓
出来上がり・・・④



2、細かい説明

①材料集め

まずは材料集めからです。一般的な堆肥には、生ゴミや畜糞などが材料として使われます。私たち環境三四郎が行っている堆肥化プロジェクトでは、駒場キャンパスの「落ち葉」を材料にして堆肥を作っています。ということで、ここでは落ち葉を材料とした堆肥について説明します。

基本的に落ち葉堆肥に用いる落ち葉は広葉樹の物がよいです。針葉樹や銀杏、竹の葉などは堆肥化しにくいから使わない方がよいです。あと、広葉樹でもつばき、珊瑚樹、泰山木など肉厚で艶のある葉っぱもかなり堆肥化しにくいようです。

今作っている堆肥には米ぬかも入っています。米ぬかは落ち葉の発酵を促進します。

②混ぜる

まず、堆肥ボックス（枠）を作ります。そこに①で集めた材料を積み上げます。このとき、材料は幅1m、高さ1m程度に積み上げます。（長さはできるだけ長く）最低でも1立方メートルぐらいのを作ると、微生物による物質分解のときの断熱効果が期待できます。

葉の分解が進むにつれて、昆虫たちも住み始めます。ミミズに蟻など。大きいのが出てくるとみんなで騒いで取り囲んだり、デジカメで撮影したりします。

堆肥ができるまで

③切り返し

そもそも堆肥の時に活躍する微生物たちのほとんどは好気性の細菌です。彼らは酸素を使って落ち葉を分解するので、堆肥の中に酸素を適切に供給する切り返し（攪拌作業）は重要です。攪拌作業を行わずに材料を堆積するのみでも堆肥はできますが、発酵速度も遅く出来上がりもあまりよろしくないです。さらに、切り返しを定期的に行うことにより未分解の有機物が微生物へと供給されるためにスムーズに発酵が進みます。

また切り返しの時に堆肥の水分調節も行う必要があります。水分が少ないと微生物の繁殖が抑えられ、また水分が多すぎても空気の通りが悪くなり前述した好気性細菌の活動が抑えられます。理想的な水分率は諸説ありますが、60パーセントぐらいが最適なようです。

※ここで、堆肥の温度変化と微生物の関係についても触れておきます。

堆肥化は、微生物の活動により有機物を分解することであり、Ⅰ分解は糖分解期（20～40℃）、Ⅱ繊維分解期（40～70℃）、Ⅲリグニン分解期（20～30℃）の三段階に分かれます。以下それぞれの説明です。

Ⅰ、糖分解期

堆肥化の初期段階では、堆肥の原料である新鮮な有機物に含まれる糖やアミノ酸などの比較的分解されやすい物質が分解されます。分解は好気的に（酸素を使って）行われ、生育の早い中温細菌（糸状菌や好気細菌）が主として活動し、この過程でこれらの微生物の呼吸熱によって発熱が起こります。（20～40℃）

徐々に完成していく堆肥。葉の形が分からなくなるくらいまでになると、切り返しの作業は終わります。これから、駒場祭まで十分休ませます。

堆肥ができるまで

Ⅱ 繊維分解期

温度が高まるとセルロースなどの植物の繊維が分解される繊維分解期となります。セルロースは、リグニンやヘミセルロースなどで保護されており、なかでもヘミセルロースは、セルロースとリグニンの結合組織的役割をもっているため、これを効率よく分解する必要があります。
この時期は、堆肥の温度が60℃以上になり、他の一般の微生物は活動できず、耐熱性菌群や芽胞菌群などの高温菌（高い温度で生きる菌）が働きます。高温性好気性の放線菌（サーモアクチノミセテス等）がヘミセルロースを分解し、セルロースをむきだしにします。このとき酸素を盛んに消費するため周囲が酸素不足となります。そこに嫌気性のセルロース分解菌（クロストリジウム等）の働く場ができます。

このようにして好気性菌と嫌気性菌の役割分担が成り立ち、繊維質の分解が進みます。また、この段階の高温によりほとんどの病原体や雑草種子が死滅します。そのため堆肥から臭いにおいが消えます。

Ⅲ リグニン分解期

分解が進むと有機物の量が減ってきて、好気性細菌の活動が衰えることによって堆肥の温度がゆっくりと下がってきます。このころからリグニンや不溶解性窒素化合物などの分解されにくい物質の分解が始まります。リグニンの分解は主として真菌類の仕事ですが、この時期は繊維成分の中間分解物があり、堆肥の品温も低下して他の微生物も生育しやすい環境となっているため、多種類の微生物が活動します（放線菌など）。さらに、微生物が多くなると、それを食べるトビムシやミミズなどの小動物が見れるようになります。

④出来上がり

たいひ完成！！

堆肥化実験プロジェクト

たいひ

駒場祭ー完成した堆肥を袋詰めし、配ります。堆肥が花壇などに入れられて活躍できることを祈っています。そしてまた落ち葉は降り積もるのでした。

堆肥の使い方

文責：石川種俊

様々なメリットを持つ堆肥ですが、正しく使用しないと効果半減どころか全く効果を発揮しません。そこで堆肥の正しい使い方、堆肥を使用する際の注意点をいくつか挙げてみます。

まず、堆肥だけで植物を育てることは出来ません。堆肥というのは畑の土の状態を植物の育成に好ましい状態に変えるものです。土がはじめにあって、そこに堆肥を混ぜ込むように使用します。畑の場合は堆肥を全体的に撒いて、表面から5～7cmの深さまでよく混ぜ、プランターの場合は土と堆肥の割合を8対2くらいにして全体が均一になるように混ぜます。こうすることでただの土よりも微生物が多くなり、土を柔らかくする、土壌内の水分量を適切に保持するといった効果を簡単に得ることができます。土が柔らかくなると土の中に酸素が取り込まれ、植物は丈夫な根を作ります。また、堆肥を土に撒いたらすぐに混ぜ合わせてください。散布したまま長時間放置しておくと微生物が弱ってしまいます。

堆肥と肥料を同時に使用するときは、肥料の使用量を少なくした方が良いでしょう。堆肥には僅かですが肥料成分が含まれています。土壌改良効果など、肥料効果以外にも多くの効用を持つ堆肥の量を減らすことはもったいないです。

堆肥を使用した畑では次の年も同じ植物を育てることが出来ます。堆肥の肥料供給効果、地力の維持効果によって連作障害を防ぐ役割もあります。その際は毎年堆肥を追加してください。

堆肥化実験プロジェクト

たいひ

今のところ落ち葉をすべて堆肥にすることはできません。余った落ち葉でやきいもができちゃったり？

落ち葉堆肥に適した品種

文責：山本健吾

この項では、落ち葉堆肥を作る際にどの品種の落ち葉を使うのがよいのかについて検証していきたいと思う。

世間一般には、落ち葉堆肥には広葉樹が適しており、針葉樹や銀杏などは適していないとされている。これは科学的に正しいのだろうか。

当然ながら施肥は土に養分を加えるために行うのだが、その養分をただの落ち葉から得ようとすると以下のような問題が生じる。

・分解するのに時間がかかる。
・窒素成分が少ない。
・成分が不均一で、またかさばるので田畑に施しにくい。

これらのことからまずは落ち葉を人為的に発酵・分解させる（＝堆肥化する）必要がある。

落ち葉の発酵で活躍するのは微生物である（ということは、発酵は厳密には人為ではない）。微生物は栄養分として炭素や窒素を取り入れるのだが、その取り入れる比率が決まっている。微生物が窒素を1取り込むとき、炭素を25～40消費する。

つまり、C／N比（炭素含量を窒素含量で割った値。炭素率とも呼ばれる）が25から40のとき分解がうまい具合に進むのである。C／N比がそれ以上になると分解速度が鈍る。

堆肥化実験プロジェクト

たいひ

これは堆肥化実験プロジェクトの冊子ですが、環境三四郎には他にもたくさんのプロジェクトがあります。ちょっとだけ紹介していきますね。

落ち葉堆肥に適した品種

主な有機物のC／N比（%）

有機物名	全炭素	全チッソ	炭素率（C／N比）
麦稈	40～45	0.5～0.7	60～80
イナワラ	40～45	0.7～0.9	50～60
落ち葉	40～45	0.8～1.5	30～50
牛糞	35～40	1.5～2.0	15～20
豚糞	40～45	4.0～4.5	8～10
鶏糞	30～35	5.0～5.5	6～8
糸状菌			9～10
細菌、放線菌			5～6

「農業技術大系　土壌施肥編　第7―1巻
堆肥づくりの基本と応用　藤原俊六郎」より

ここで、主な有機物のC／N比の表を上に示す。落ち葉は30～50と、低めの部類なら微生物にとって都合が良いことが分かる。
30～50と値にばらつきがあるのは、広葉樹と針葉樹の違いである。
一般に落葉広葉樹はC／N比30、針葉樹のそれは50である。
針葉樹は微生物にとってC／N比が高いので、堆肥化に不向きなのだ。

※植物の育成に適しているC／N比は10

しかし針葉樹で堆肥を作れない訳ではない。要は分解速度が遅いのがネックになるのだから、C／N比の小さい糞を混ぜることで全体のC／N比を減らせば、分解速度は向上する。（完全な落ち葉堆肥ではないが）さらに、落ち葉を砕いて表面積を増やすことも分解速度向上につながる。

また、葉から微生物の生育を阻害する物質を出すサクラやモミジも堆肥には不適である。他に落ち葉堆肥に不向きなものとしては、葉に厚みがあるためどうしても分解速度が落ちてしまう照葉樹がある。

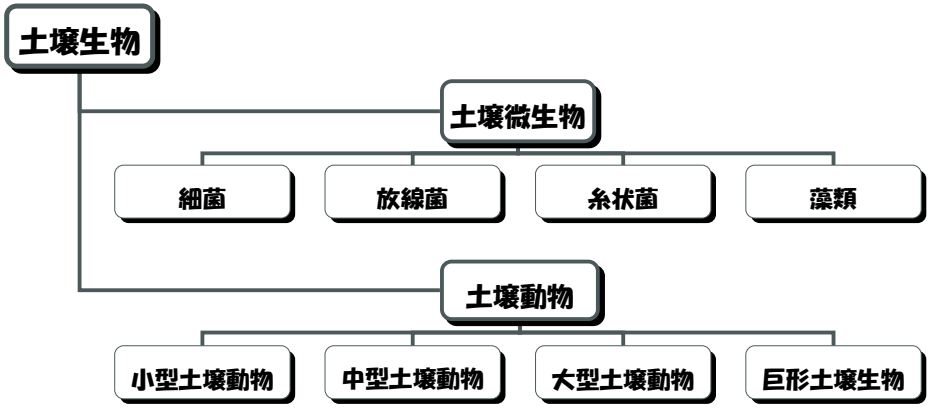
ちなみに、詳しくは書かないが、イチョウ葉堆肥の製造方法は確立されており、すでに特許を取得している。

土壌生物とその働き

文責：室田健人

Ⅰ土壌生物って？

一般に土壌中にすむ生物を土壌生物と呼びますが、大きさなどで分けると以下のようになります。



※巨形土壌動物は大型土壌動物に含まれる場合もあります。

Ⅱ土壌微生物について

(1)種類

①細菌…大きさが1マイクロメートルほどの単細胞生物です。
②放線菌…細菌と糸状菌の間のような形。堆肥ができる際に大活躍します。
③糸状菌…上の二つと違い、細胞核などがある真核生物です。キノコもこれ。
④藻類…原核生物なのでミトコンドリアを持っていませんが、代わりにクロロフィル（葉緑素）を使って光合成します。

(2)はたらき

土壌にある落ち葉や枯れた枝、動物の死骸などの有機物を分解して、植物が根から吸収できるような無機物へと変えます。このはたらきは、微生物自体以外にも微生物中から出てきた酵素（土壌酵素）も有機物を分解します。それ以外には窒素を大気と土壌の間で形を変えて循環させたり、土壌に入った人工物を分解する働きがあります。

土壌生物とその働き

Ⅲ土壌動物について
(1)種類
①小型土壌動物(体長0.2mm以下)…土壌の水がある場所にすんでいます。アメーバ、ワムシなど。
②中型土壌動物(体長0.2～2mm)…とにかく土壌中にいっぱいいる。トビムシ、ダニなど。
③大型土壌動物(体長2mm～2cm)…アリ、クモ、ヤスデ、ハサミムシ、ダンゴムシなど。
④巨形土壌動物(体長2cm以上)…トカゲ、ヘビ、ミミズなどの脊椎動物やミミズなど。

(2)はたらき
・土壌動物のうち、小型、中型土壌動物の多くは微生物やカビを主に食べ、土壌中の微生物の数を調整しています。これらの動物はそれぞれ食べる微生物が異なる(餌選択性)ため、餌となる微生物以外の微生物の数が相対的に増えたり、逆に摂食されることでその微生物の成長が早まることもあります(代償成長)。

・落ち葉は固く消化しにくいので、微生物も土壌動物もそのままでは栄養を得られません。そこで、まず丈夫なあごを持つ大型土壌動物が落ち葉を食べ、その体内にいる微生物が分泌する酵素によって(一部)消化します。さらにその動物が出す糞は柔らかくなっているので、それを微生物がえさとして分解する、という風に相互に協力しているのです。

・ミミズやヤスデ、シロアリなどの大型土壌動物は土を掘り、巣を作り(アリ塚など)、糞を出す(ミミズの糞塚など)ことで土壌の構造を変え、通気性や保水性を上げるなどの様々な影響を与えています。

堆肥化実験プロジェクト　たいひ

来年は、駒場の環境をテーマに、4月から開講できるように議論を重ねています。自然豊かな駒場キャンパスならではの講義を目指して頑張ります。

微生物の働き

文責：小林祐一朗

堆肥は、落ち葉・藁・木片などの植物の死骸や動物の糞を、ミミズや様々な微生物が分解・発酵したものです。ここでは、落ち葉堆肥ができていく過程とできた後で、特にどのような微生物がどういった役割を果たしているのかを見ていきたいと思います。

(0) その前に…

どの生物の体も、主に水・タンパク質・糖類・脂質・DNAやRNA・無機塩(食塩や、カリウム、マグネシウムなどのミネラル)からできています。このうち、糖類と脂質はC(炭素)・H(水素)・O(酸素)からできていますが、タンパク質の原料となるアミノ酸にはこれらのほかにN(窒素)やS(硫黄)が含まれています。他に、DNA・RNAにはP(リン)が含まれます。植物は光のエネルギーにより空気中のCO_2を糖類に変えることで、炭素は取り込めますが、他の元素は土中から吸い上げるしかないので、農業ではそうした元素(よく言われる「リン・窒素・カリ(カリウム)」など)を肥料の形で植物に与えています。

(1) 水をかけると微生物が動きだす

落ち葉は最初乾燥しているので、様々な微生物が付着していても不活発にしか活動していません。しかし、この落ち葉を一箇所に集めて水を含ませると、微生物が活発に動き始めます。このため、堆肥を作るときには常に充分に水を含ませておくことが欠かせません。

微生物には大きく分けて、酸素を利用せず有機物を不完全に分解する嫌気性細菌と、酸素を利用して糖類・脂質などを最終的に二酸化炭素にまで酸化・分解する好気性細菌、それにカビやキノコなどの菌類があります。嫌気性細菌には、酪酸・ブタノールといった腐敗生成物を出すものもあるため、これを抑制することを目的に、「切り返し」をして中に酸素を行きわたらせ、嫌気性細菌より好気性の微生物が増殖しやすいようにします。切り返しには、比較的乾燥している堆肥表面に水分を戻す役割もあります。

＝エコプロジェクト＝
学園祭委員会の「エコプロジェクト」というところで学園祭における環境負荷対策に取り組んでいます。ごみをできるだけ減らす仕組み作りを心掛けています。

微生物の働き

この他に、乾燥や雑草の種子の発芽(雑草は栄養元素をもっていってしまう)を抑えるため、堆肥にはブルーシートをかぶせます。

(2) 熱が出る

発酵・分解によって微生物はエネルギーを得て活動・増殖します。堆肥を作りはじめてすぐのときには、植物の細胞外に溶け出た糖類をエネルギー源とする細菌が、同時に溶け出たアミノ酸を使って急速に増殖します。このときに使われたエネルギーは最終的に熱となって放出され、堆肥の温度は60度以上まで上がってしまいます。そのため、堆肥の内部では高温で増殖する細菌(高温菌)のみが生き残り、昆虫、雑草の種、植物の病気を引き起こす微生物などは生き残れません。

(3) 分解しにくい物質

植物の細胞は、分解しにくいヘミセルロースに包まれたセルロース(ブドウ糖が化学的につながったもので、紙の主成分)に包まれていて、ここに同じく分解しにくいリグニンも混ざっています。また、葉の表面を覆うワックス状のクチクラも分解しにくい物質の一つです。

高温菌の中にはヘミセルロースを分解する放線菌の一種があり、これによりセルロースがむきだしになります。この細菌は好気性のため酸素を消費して、まわりで嫌気性細菌のセルロース分解菌がはたらきやすい環境をつくります。このようにして、高温のときにヘミセルロース・セルロースが分解されていき、植物細胞の中身が外に出ていくようになります。

(4) 切り返しを繰り返す

切り返しをすると、堆肥の温度が下がるとともに酸素と水が堆肥に行きわたり、好気性細菌が再び活発になって細胞の中身が分解されていきます。この熱によりまた堆肥が高温になっていくので、さらに切り返しをします。

堆肥化実験プロジェクト

たいひ

今年の駒場祭でも裏方で頑張っています。エコブースの展示やごみ集積場の運営に携わっています。
ごみステーションではきちんとした分別をお願いします。

微生物の働き

これを繰り返すと、元々あった糖類やセルロース、脂質などは二酸化炭素となって外へ逃げていく一方で、微生物が使う、窒素を含むアミノ酸やリンなどは堆肥の中に残り、結果としてそうした栄養の濃度が高くなっていきます。

(5) 菌類(カビ)が主役になる

しばらくすると、切り返しをしても温度があまり高くならないようになります。このとき、表面に生き残っていた菌類が堆肥内部でも増殖できるようになり、菌類の一種である白色腐朽菌(シイタケ、エノキタケ、マイタケもこの一種)がリグニンを最初に分解します。嫌気性の細菌の中には、ある程度分解されたリグニンなら分解・利用できるものがあり、こうした細菌もリグニン分解を促進します。また、褐色腐朽菌(サルノコシカケがこの一種)は、残ったヘミセルロース・セルロースを分解し、さらにクチクラも、分解できる酵素を持った一部の微生物によって分解されます。これによって落ち葉がぼろぼろになり、形が崩れれます

また、この段階では微生物の死骸などを栄養源として、ミミズや昆虫が堆肥の中で繁殖します。

(6) 土になじませると…

時間がたつにつれてリグニンは分解されていきますが、その中でも特に分解しにくい部分(「腐植」と呼ばれる)は堆肥中に残ります。土と堆肥を混ぜてしばらく放置しておくと、細かい土の粒子が堆肥中の腐植や微生物・微生物の死骸などとくっついていき、隙間の多い大きな粒(「土壌団粒」)をつくります。土壌団粒の豊富な土は、その隙間に適切な水分量を保っておく能力に優れています。実際、堆肥を混ぜていない土は雨が降ったときに比較的につぶれて固まりやすいのがわかります。また、この他に通気性も良く、植物が育ちやすい土だといえます。このように、堆肥には土の性質を改善する効果もあるのです。

微生物の働き

(7) 栄養が少しずつ出る

堆肥中の腐植にはまだ分解できる部分が残されていて、それがゆっくり分解される過程で、窒素などの栄養が植物の根から吸収できる形で出てきます。このことで、長期間にわたって肥料としての効果が続くことになります。

(8) おわりに

以上のように、堆肥づくりの過程ではいろいろな微生物が活動しています。しかし、実はその他にミミズも、糞として地表に堆肥を持って行き堆肥全体を混ぜるという大きな役割を果たしています。

堆肥化の過程で様々な生き物がかかわっていることを考えると、堆肥は自然の恵みといえるかもしれません。ただ、栄養を多く必要とする植物の場合、堆肥だけでは肥料が足りないこともあります。そうした場合には化学肥料が必要になります。堆肥は、その使い方をよく知った上で使うのが良いでしょう。

堆肥化実験プロジェクト　たいひ

＝ビラプロジェクト＝

春になると新入生の勧誘のために大量のビラが配られます。しかし現状では残ったり捨てられたビラは焼却処分になっています。ビラプロジェクトは、こうしたビラの量を減らすことを主な目的として、今年発足しました。

堆肥のできる速さについて

文責：壇正人

1. 植物の堆肥化の目的

新鮮有機物（微生物に分解されていない植物体や動物体などの未分解有機物）に含まれる窒素やリンは肥料として使用可能なものである。しかし、植物体などの新鮮有機物は窒素やリンの含有率が少なく、肥料効果も期待できない。そのため、微生物による分解を利用して炭素を減らし、相対的に窒素やリンの含有率を上げることで、肥料効果を上げていこうというのが、堆肥化である。新鮮有機物を土壌に直接施用すると、微生物の増殖により、窒素不足になり、作物が枯れてしまうので、堆肥化は作物のある土壌の外で行う必要がある。

2. 堆肥化で行われていること

上に述べたように、堆肥化の過程では、窒素とリンの含有率をあげるために、微生物による炭素化合物の分解が行われている。新鮮有機物を堆積すると、新鮮有機物には炭水化物、タンパク質、脂肪といった微生物のエサが多くふくまれているがゆえに、微生物が大繁殖してくる。微生物の行う好気的分解によって、多量に含まれる炭素化合物は二酸化炭素と水蒸気となり拡散する。一方窒素やリンは微生物に取り込まれるが、その微生物が死ねば他の微生物に分解されることで繰り返し利用される。こうした過程によって、窒素やリンの含有率は上昇していく。

3. 植物質材料から堆肥ができる速さについて

以上より、堆肥を早く完成させるためには、微生物の働きをより活発にすれば良いといえそうである。
植物質材料だけを堆積して堆肥をつくろうとすると、材料中の窒素が少ないために微生物による分解が遅く、完成までに6カ月以上かかる。

堆肥のできる速さについて

具体的には、堆肥化開始時点において、C/N比が25～40にあれば堆肥化はスムーズに進行するが、40を超えていると堆肥化の過程で窒素が不足するといわれている。この場合、家畜ふんや窒素肥料を加えることによって、C/N比をあらかじめ下げておく(逆に、家畜ふんから堆肥をつくろうとするときは、植物質の副資材を添加してC/N比を上げている)。窒素肥料を添加して、微生物による分解を早めたものを、速成堆肥という。

また、植物質材料には炭水化物などといった、一般の微生物が容易に分解できる「易分解性有機物」と、葉や茎の組織の表面を覆っている高分子層などの、一般の微生物では分解しにくい「難分解性有機物」が存在する。難分解性有機物を分解できる微生物の多くはカビであり、難分解性有機物が分解されることによって、微生物が組織内部を直接分解できれば、堆肥化が早まることから、堆肥のできる速さにはカビなどの、難分解性有機物を分解することのできる微生物も大きく関わっているといえる。

他に、堆肥化の過程で重要なものとしては、水分があげられる。乾燥している堆肥材料には多量の微生物が付着しているが、水分不足のために多くが休止状態にある。水をかけて湿らせることで、微生物が増殖してくるが、水分含有率が高いと通気性が悪くなって好気性微生物が有機物分解を行えなくなる。堆肥化の適切な水分含有率は40～65%といわれている。また、堆積物の内部と表面では環境が異なり、内部では酸素が、表面では水分がそれぞれ不足しやすい。そのため、堆肥化を早く進めるためには、適切な切り返しと散水も必要である。

堆肥化実験プロジェクト

たいひ

=架け箸=
東大の演習林で出る間伐材を高級感あふれる塗り箸として商品化しています！ 東大の生協で販売し販売していますよ！

堆肥の歴史

文責：白川さゆり

有機物を微生物によって完全に分解した肥料を、堆肥という。これが有効利用できることは、はるか昔から知られていた。例えば、畜糞が植物の成長を促すというのは、ギリシャ・ローマ時代に鳥や牛、馬、ヤギ、羊の糞を使った農業者が発見したのだと考えられている。また、1世紀にエルダーのプライニーという人が緑肥 の価値と灰（カリウムが豊富）の有用性を研究した。このように堆肥の歴史は古い。

日本では飛鳥時代にレンゲソウを緑肥として利用していた記録が残っている。平安時代になると田に肥料が入れられるようになった。使われたのは山野の草やそれを灰にしたもの、さらに牛が農耕に利用されたことから厩肥 も用いられた。

室町時代になるとヨーロッパでは輪作が広まると同時に、人間の労力による耕地への養分補給、すなわち「肥料」の投入も進められた。肥料源としては身近な荷車などで運べる程度の距離にあるいろいろな自然物が利用された。いわゆる自給肥料である。植物質の材料としては近くに森や林のあるところでは落ち葉が、海に近いところでは海藻が用いられた。ドーバー海峡付近の島々では、16世紀ごろ海藻をワラとともに堆肥にして、小麦、じゃがいもなどの栽培に利用していたという記録がある。

堆肥の歴史

日本でも海藻は江戸時代にはかなり使用されていた。もともとは山野から遠い海辺の農家が植物質の肥料源として用いたものであるが、最近は有機農業ブームにのって、アルギット、ハイケルプなどの商品名で再登場している。

対して、野草の利用は日本では刈敷 として有名であり、中世における主要な肥料であった。国土の7割が山で占められている、などの地理的な理由から農民は山林をはじめ、路傍などのあらゆるところから草を刈り取って耕地に投入した。ヨーロッパと異なり草の再生が容易であるという自然にめぐまれている一方で、家畜が少なかった日本では、草刈、運搬、施用に多大な労力を要する刈敷農法で地力を支えてきた。この頃から耕地の外の草地は田畑への刈敷の供給源として重要性を持つようになった。そして村落の共有物として共同で利用するという、入会地の慣習が生まれた。

また、穀物類の収穫残渣であるワラは、ヨーロッパでは舎飼の家畜の敷ワラとして用いられた後、糞尿とともに厩肥として施用されることが多かったのに対して、日本では燃料として利用されたり、ワラ工品に用いられたりと、そのままで耕地に還元されることは少なかった。しかし、燃やした後の灰は丹念に集めて施用され、これはのちに草木灰肥料として売買されるようになった。

さらに緑肥は、窒素固定をするマメ科植物などの肥効の高いものを肥料用に栽培するもので、自給肥料としては進んだものである。日本では肥料の需要の高まった江戸時代の中頃から栽培されるようになった。

学生のほかにも地域の方々からも家具を回収しました。町によくある「リサイクルショップ」というやつです。正しくは「リユースショップ」だと思うんだけれども･･･

堆肥の歴史

日本は暖寒二流に洗われる島国で、平地には乏しいけれども海岸線はきわめて長い。このことは近海漁業に適しており、漁獲に恵まれていた。しかしながら漁業は農業あるいは牧畜業に比べても計画的経営がしにくい。しかも現代のような保蔵設備のなかった時代では、とれすぎた魚の処置に困ったであろうことは想像に難くない。そこで、腐った雑魚を田へ捨てたところ米がよくとれるようになった。この経験がもとになって、商品価値のなくなった魚や、魚油を絞ったあとの粕を肥料として使うようになった。17世紀ごろから各地で商業的農業が発達し、肥料の需要が高まったが、菜種油粕とともに干鰯や魚粕などの魚肥も、菜種や綿や藍草の栽培、さらには水稲にも購入肥料として多量に用いられるようになった。干鰯は江戸時代の代表的な商品の1つになっている。
明治時代になっても魚肥とくにニシン粕が販売肥料として増加傾向にあった。化学肥料が農家で利用されるようになるのは明治30年代ごろからである。

一人当たりの耕地面積は世界平均で今世紀半ばでは0．48haあったのだが、今世紀末には0．25haに半減することが予想されている。これは食糧確保のために土地生産性を倍増しなければならないことを示している。食糧問題解決の策として、また、普通ならば廃棄物として処理されてしまうものの有効利用方法として、堆肥に関する研究、活動が増えればいいと思う。

堆肥化実験プロジェクト

たいひ

三四郎のメンバーはサークルをかけもちしている人がほとんどなので、ミーティングをする曜日を決めるのも一苦労です。毎回真剣な話し合いが行われます。

堆肥の種類

文責：幸谷勇作

堆肥とは「わら・落葉などを積み重ね、腐らせて作った肥料。つみごえ。」（デジタル大辞泉より）というふうに定義されています。有機肥料やコンポストと同義で使われる場合もあります。堆肥は農作物に様々な効果をもたらすため、古来から知恵を絞って作成されてきました。この記事では原料別に堆肥の種類を紹介していきます。

1. 家畜の糞や敷藁

家畜の糞や、敷藁を堆肥化する例は古くから見られました。中世の日本では、武士が軍事用に飼育していた馬の糞から作成した堆肥（厩肥）を領民の田畑で肥料にしていたといわれています。現在でも広く行われています。

2. 生ごみ

近年、ごみの減量化と合わせて生ごみの堆肥化を勧める自治体が増えました。家庭でもコンポスターなどを使用して簡単にできることから認知が進んでいます。

3. おがくず・わらなど

農林業で発生する廃棄物を利用しても堆肥が作られています。そのほかの原料に加えて使用することも多いようです。

4. 落ち葉

ご存知、環境三四郎が作る堆肥は落ち葉が主原料です。生ごみやおがくずなども添加しています。

5. 下肥

人間の糞尿を原料とするのは古くは14世紀の二条河原落書にも見られ、近代までの大都市ではよく行われていました。現代においても、下水汚泥の堆肥化が行われている例があります。

堆肥の種類

＜コラム：糞尿輸送＞

下肥の利用が拡大したのは、日本における都市化の進展とも関係があります。江戸時代に都市が発達し始めると、都市住民の糞尿を周辺農村の農民が買い取る事例がみられるようになりました。そうしてできた下肥を用いて作物を栽培し、都市へ売りに出ていたわけです。（これが「江戸時代は循環型社会であった」と言われる所以です。）これは主に人力輸送、具体的には大八車などで行われていました。

明治維新後に近代社会の基盤が構築されましたが、大都市であっても下水道・浄化槽の整備は遅れていたため、昭和の中ごろまでは糞尿を周辺農村へ運ぶ事例が見られました。これらの輸送は基本的にトラックなどで行われていましたが、一部で鉄軌道を使用した事例が存在します。

鉄軌道による糞尿輸送は、従前の「都市の糞尿を農村へもたらす」というかたちで始まりましたが、太平洋戦争により性格が変化しました。これは戦局の悪化に伴い物資が不足し、汲み取りや運搬、投棄に用いていたトラックや船を稼働させることができなくなったためで、東京都が1944年に運輸通信省（のちの国鉄）と民営鉄道数社に運搬要請をしたという記録が残っています。また、京都市でも市内の糞尿を郊外に輸送し、不足する食糧増産に充てるという目的の下、糞尿輸送が行われています。

しかし、鉄道による糞尿輸送は悪臭など衛生面での問題が大きく、戦後復興に伴い鉄道で輸送する必要が薄れた、化学肥料の使用が広まった、などの理由により衰退し、1950年代には消滅したといわれています。

堆肥化実験プロジェクト

たいひ

環境三四郎の活動は、駒場にとどまりません。
最近は本郷に進学してから活動に励む人も増えてきました。

堆肥の種類

その中でも、西武鉄道の糞尿輸送は当時の社長堤康次郎が意欲的だったため、積極的な投資が行われ、記録も多く残っています。堤は、昵懇の仲だった東京都長官（当時）から糞尿輸送を要請された際に、「屎尿を海洋投棄するのは海産物を汚染する。それに対して屎尿を農村に持って行って肥料にすれば安全な野菜が出来る上、都市と農村の間で循環が生まれて自然の摂理に背かない」という考え方から快諾した、と著書で述べています。

西武鉄道では改造により肥溜を設置した貨車を準備し、1944年から糞尿輸送を開始しました。この際、都心側の駅（新宿線井荻駅付近、池袋線江古田駅付近）に積込所を、郊外の駅（新宿線田無・東小平・東村山、国分寺線小川、池袋線清瀬・狭山ヶ丘・高麗の各駅）に運んだ糞尿を農民が回収に来るまで保管する貯留槽を設置しています。

堤は貯留槽の設置数増大、帰路に野菜を輸送する、所沢駅付近への「糞・尿分離工場」設置などの計画を立てましたが、前述のように徐々に糞尿の「人気」がなくなり、運んだ糞尿を持て余すようになったため、この計画は断念され、輸送自体も1951年には休止され、その後廃止されました。

堆肥化プロジェクト

たいひ

堆肥の切り返しを行うたびにたくさんの写真を撮っています。中には変顔とか、関係のない写真もたくさん。…いい思い出です。

家庭でできる生ごみ堆肥

家庭では毎日多くの生ごみが出ますよね。それを堆肥にすることができたら素敵だと思いませんか？ 今回私たちが作った堆肥を使ってみてその効果を実感できたら、ぜひご家庭でも作ってみてください。

【必要なもの】

バケツ、腐葉土、米ぬか、生ごみ、シャベル、木綿布、ゴム

【作り方】

１、まずはバケツに生ごみを投入します。この時生ごみの水分はなるべく切っておくようにしましょう。

２、バケツに腐葉土(事前に乾燥させておくとgood!)や米ぬかを入れます。少なくとも生ごみと同量程度は入れましょう。

３、腐葉土や米ぬかと生ごみをよく混ぜ合わせます。

４、かき混ぜた状態のままでは、生ゴミ臭がするので、その上に更に腐葉土や米ぬかをかけて臭いがしないようにします。バケツの口は木綿布で覆い、風で飛ばないようにゴムでしばります。バケツのフタは雨に濡れそうな時以外はしなくて大丈夫です。バケツのフタをきっちりはめると水分の蒸発の妨げになりますので、必ず空気の出入りができるように隙間をあけましょう。水分をきっちり飛ばさないと腐ってしまいます！

次回の生ゴミは、この４の段階の上に投入することになります。そして１～４のプロセスを繰り返します。バケツが一杯になったらその後は新しいバケツを用意しましょう。一杯になったバケツは好気性微生物の活動を活発にするために、また水分を飛ばすために、最低でも週に一度はシャベルを使ってよく攪拌しましょう。生ごみが完全に消えて堆肥化するまでには夏で一ヶ月、冬で三ヶ月程度かかります。

☆ Let’s try 生ごみ堆肥 ☆

堆肥化プロジェクト たいひ

何をやるにもまず身近から。特に東大のキャンパスは大きく、環境負荷も相当なもの。キャンパスで活動することで他の学生に環境問題について考えてもらうきっかけにもなるかも。

おわりに

最後までこの長い堆肥のお話に付き合ってくださりありがとうございます。私達の活動や堆肥のことについて少しでも知っていただけたでしょうか？

私たちは環境問題について、学生らしい観点で、できる範囲で、活動に取り組んでいます。「地球温暖化」とか「生物多様性」などと聞くと、つかみ所のない遠い世界の話に感じてしまいがちです。しかし、それらの環境問題はすべて私たちの普段の生活を見つめ直すことを必要としています。身近な所へ、興味のある場所や物へ、目を向けてみてください。今日、帰ったら何をしますか？家でどんな「もの」を使いますか？どんな「自然」に触れていますか？どんな電車に乗っていますか？…。落ち葉堆肥のように、皆さんの足元にエコなアイディアは転がっているものです。

最後に1年間を振り返り、この堆肥化実験プロジェクトは本当にたくさんの人たちの善意と協力に支えられて成り立っているのだと強く感じています。環境三四郎のメンバーはもちろんのこと、大学の方、地域の方、など様々な人の協力がなければここまでやることはできませんでした。ご協力いただいた皆さんには心からお礼を申し上げます。

身体を使って、ときに頭も使って、環境問題にとことん取り組んでいきたいと思っています。これからも環境三四郎をよろしくお願いします。

環境三四郎の落ち葉堆肥実験に関するご質問などがありましたら以下のお問い合わせ先までご連絡ください。
お問い合わせ先：info@sanshiro.ne.jp

環境三四郎 落ち葉堆肥化プロジェクト 2010年度責任者　大内祐貴

堆肥化実験プロジェクト たいひ

堆肥化実験プロジェクトも、まずはキャンパスの環境からスタートしました。落ち葉がすべて堆肥化されること、そしてこの活動が世の中に広がっていくことを目標にこれからも頑張ります。

堆肥のすべて2010秋

2010年11月20日
初版第１刷発行

編集：小林祐一朗
室田健人
大内祐貴

印刷：ゲスプリ

原稿提供者：石川種俊、
内島健太、大内祐貴、
幸谷勇作、小林祐一朗、
後藤祐平、白川さゆり、
壇正人、室田健人、
山本健吾