

食品リサイクル肥料の利用促進に向けた
意見交換会
令和2年1月30日
石川県政記しいのき念迎賓館

食品リサイクル肥料の製造とその効果

-食品リサイクルコンポストを中心に-

(一社)日本有機資源協会 会長
東京農業大学名誉教授
牛久保 明邦

コンポスト化とは

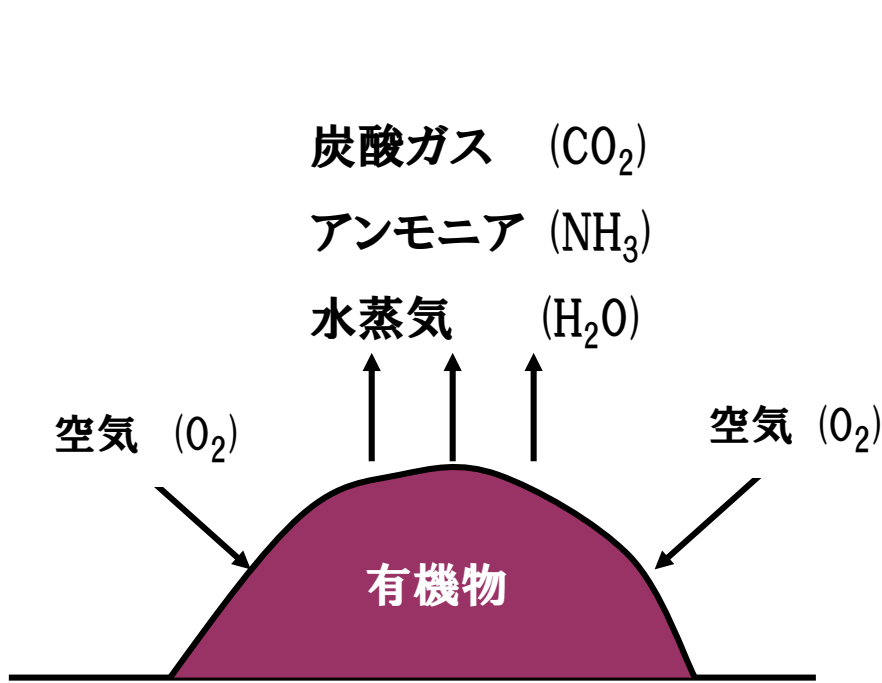
有機物を堆積し、攪拌・通気して好気性条件下において原料中の有機物を好気性微生物により無機物に分解すると共に、分解の際に発生する熱により水分が蒸発し、病原菌・寄生虫や雑草種子等が死滅あるいは、不活性化して安全で衛生的、かつ安定化すること。

コンポスト化の意義

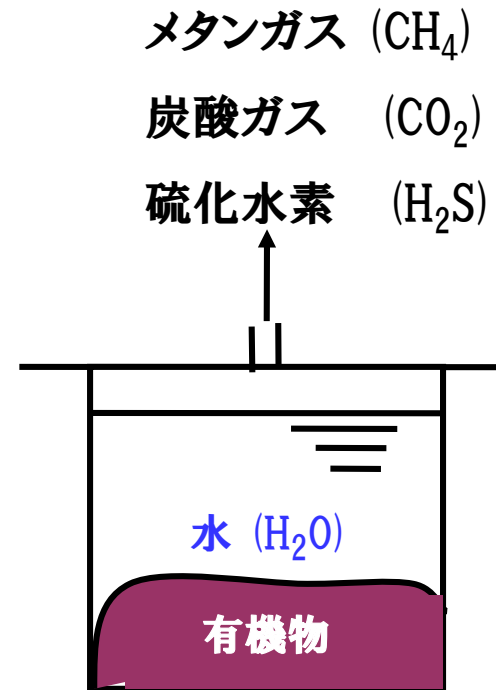
- ① 有機物を分解(無機化)し、汚物感を無くす。
- ② 植物への発酵熱・ガス害および有機酸等による被害を回避。
- ③ 病原菌の死滅、雑草種子の不活性化
- ④ 植物生育や土壌改良に有効とする。
- ⑤ 肥料取締法への適用

肥料あるいは土壌改良資材として利用

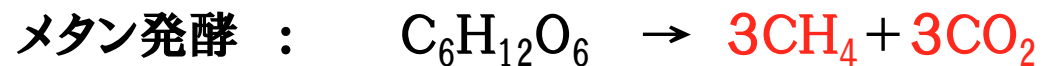
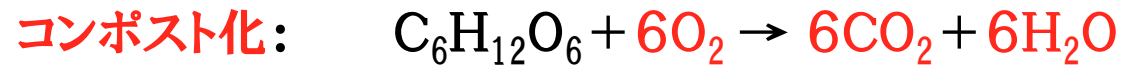
発酵方式の比較



好気性発酵 (コンポスト化)



嫌気性発酵 (メタン発酵)



コンポストに関する用語の説明

C/N比(炭素率)

- ・コンポスト原材料中に含まれる全炭素と全窒素の含有量を化学分析し、全炭素量を全窒素量で割った値。
- ・炭素率ともいい、微生物による分解可能な有機物量を表している。

好気性微生物

- ・酸素の存在下で生育する微生物をいう。
- ・コンポスト化は酸素の存在(好気性)下で好気性微生物により有機物を分解、安定化すること。
- ・嫌気性微生物は対語(メタン発酵)。

腐熟度

- ・コンポスト化過程におけるコンポスト原材量の分解の程度をいう。コンポストの完成度合いは、品質管理や土壌への施用上極めて重要である。
- ・腐熟の程度によって未熟、中熟及び完熟等ともいう。

腐植

- ・土壌中で有機物が微生物により分解と再合成によって作られた暗色無定型の高分子化合物。
- ・生きた生物以外の全ての有機物を指し、土壌中の有機物と同義に用いる。

コンポストの製造

コンポスの原材料

- ・各種有機性廃棄物はコンポスの原材料となる
- ・原材料の性状を知った上でコンポスト化を行う

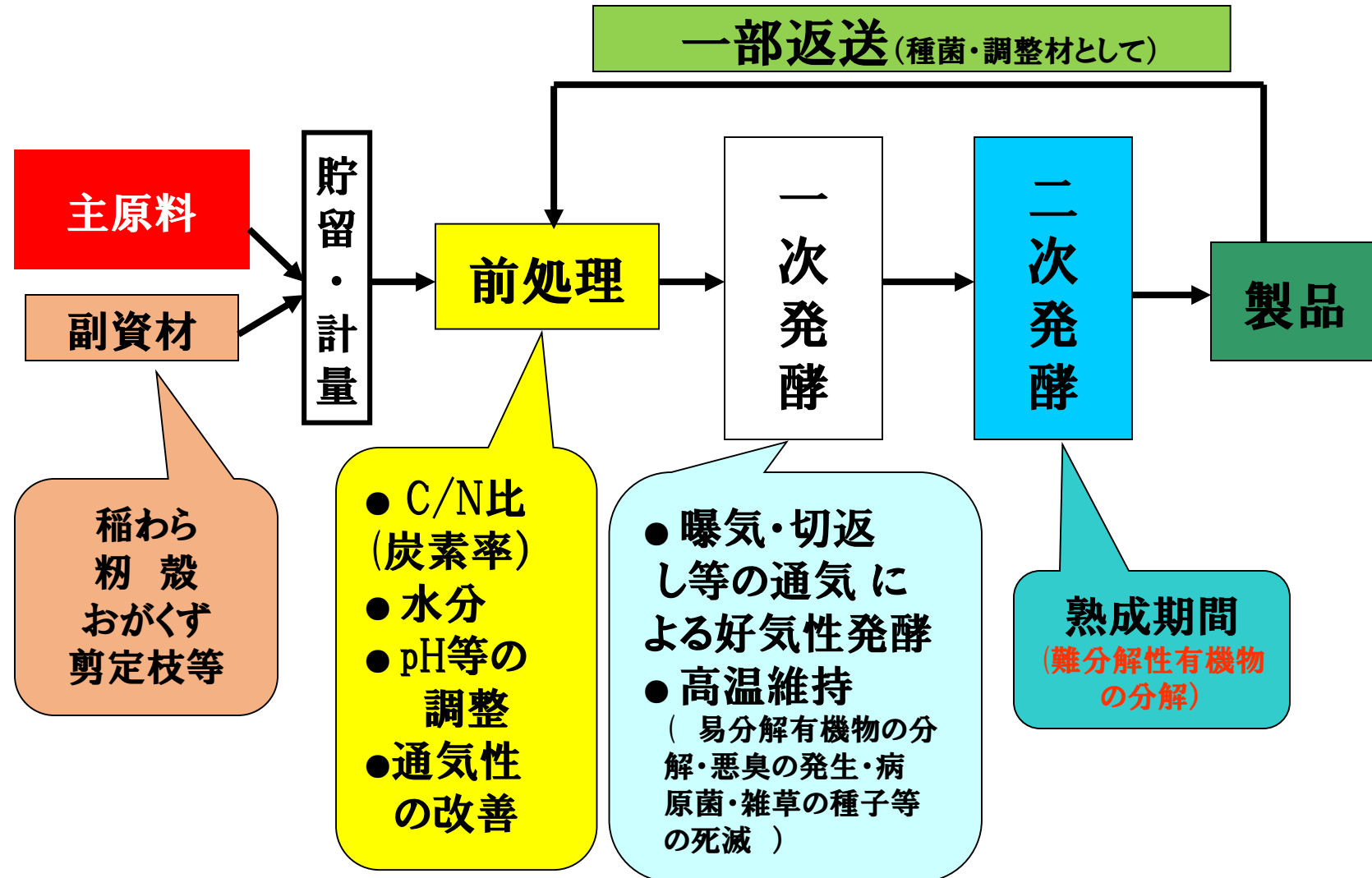
表 原材料別の水分、炭素、窒素量及びC/N比

原料及び副資材の種類		水分 (%)	炭素(C) (乾基準%)	窒素(N) (乾基準%)	C/N比 (-)	
主原料	畜ふん	牛ふん	78~86	30~40	1.5~2.5	15~25
		豚ふん	70~75	40~45	3.0~4.5	10~15
		鶏ふん	40~70	35~40	3.0~4.5	6~10
	ごみ	食品廃棄物(生ごみ)	80~85	30~40	2.0~3.0	10~25
	汚泥	下水汚泥(生汚泥)	60~85	30~40	4.5~6.0	6.5~7.0
		下水汚泥(消化汚泥)	60~85	20~25	2.5~3.0	7.0~9.0
		し尿汚泥	70~85	25~35	3.5~4.5	6.5~8.0
		集落排水汚泥	75~85	20~25	2.5~3.0	7.0~9.0
副資材	もみ殻	10~15	33~39	0.5~0.6	60~72	
	おがくず	30~40	50~55	0.05~0.2	200~1,000	
	バーク	40~50	50~60	0.2~0.6	100~300	
	稲わら	8~12	39~43	0.6~0.7	50~70	

食品残渣の成分的特徴

- ◆ 米飯、パン、麺類など…… **炭水化物に富む**
- ◆ 野菜くず、茶がら、コーヒー粕、おから、油粕、米糠など…… **繊維質に富む**
 - 油粕、米糠は、堆肥化で肥料分を補給する場合の調整資材に適す
 - コーヒー粕は、多孔質で弱酸性であり、アンモニアの発生を抑制する効果
 - 茶がらは、弱酸性で、タンニンなどの影響で土壌中での分解が緩慢
- ◆ 肉類、魚介類、卵など…… **タンパク質、アミノ酸に富む**
 - 肉類や魚介類は、最も腐敗しやすく、悪臭も強烈で取扱が難しい
- ◆ バター、ラード、マヨネーズ、食用油脂、乳製品など…… **脂肪が多い**
- ◆ 漬物、塩漬け魚、ハム、ベーコン、味噌、醤油、食塩など…… **塩分が多い**

コンポスト化の概要



コンポストの発酵方式

発酵装置の概要

	堆積発酵方式	横型発酵方式	縦型発酵方式
主な発酵装置のタイプ	ショベルタイプ うね溝タイプ	パドルタイプ スクープタイプ オーガータイプ	多段パドルタイプ サイロタイプ
切返し方法	ショベルローダー等	パドル・移動スクープ・ オーガーの運転	各段の回転板
エアレーション	底部配管より	発酵槽底部配管より	発酵槽内部配管送 気・上部から排気
発酵期間	60日～90日	20日～30日	20日～30日
特徴	<ul style="list-style-type: none">●施設がシンプル●開放型のため脱臭装置が必要	<ul style="list-style-type: none">●発酵期間が短い●開放型のため大型脱臭装置が必要	<ul style="list-style-type: none">●敷地面積が少ない●建設費が高い

箱型通風堆積發酵方式



横型発酵方式



開放式直線型発酵方式
(ロータリー攪拌装置)



開放式エンドレス発酵方式
(ロータリー攪拌装置)

縦型発酵方式



コンポスト化成否の鍵は前処理にあり

前処理のポイント

C/N比(炭素率)の調整

コンポスト原料の有機物性状の指標。主原料と副資材・返送コンポスト等でC/N比を30以下にする。

水分の調整

食品循環資源は水分含有量が高く、好氣的条件を維持するため副資材等で55～65%程度に調整する。

通気性の改善

好気性微生物の生息環境を適正に保つため、原材料の粒径や物理性を副資材等で通気性改善する。

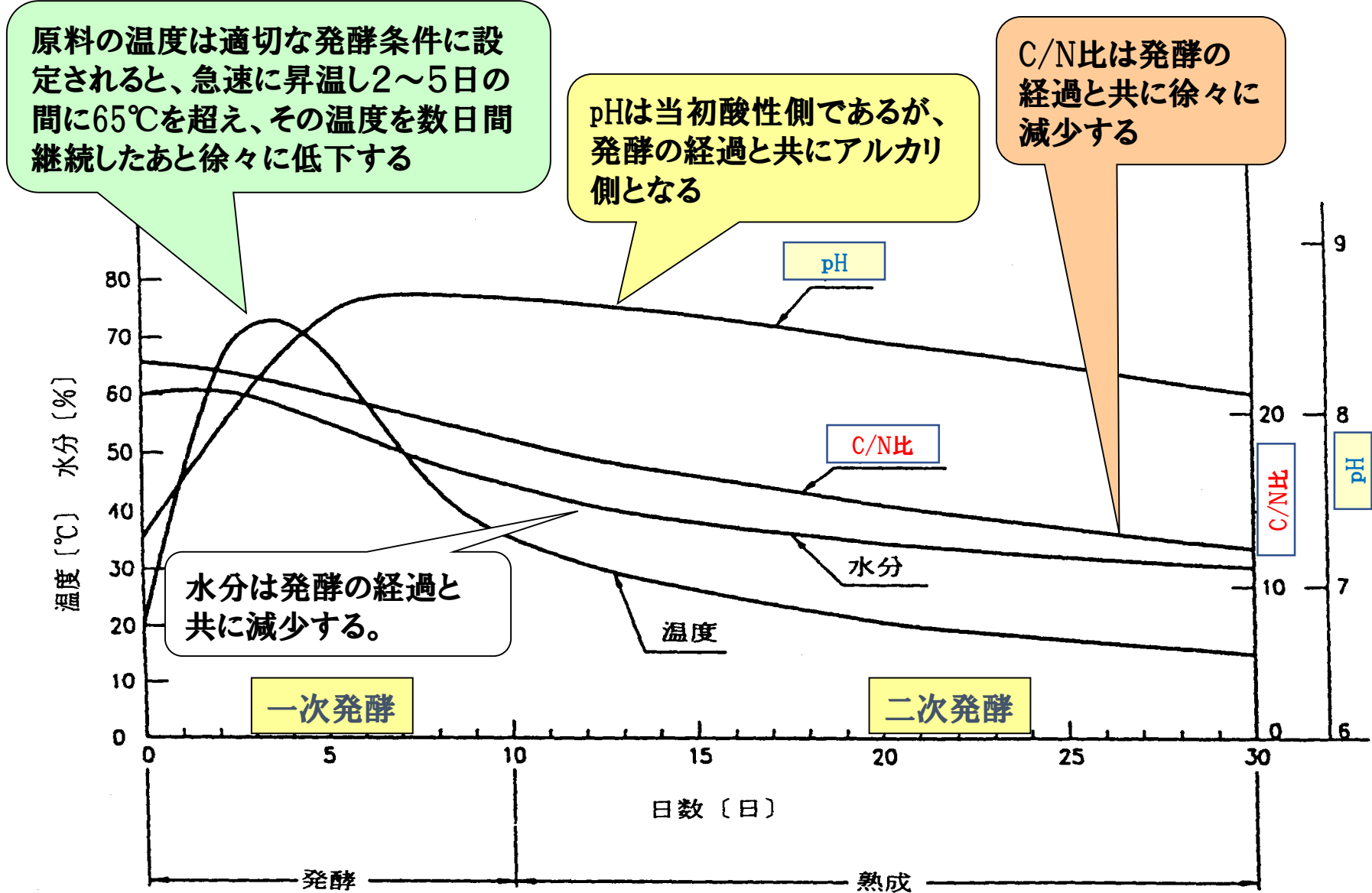
pH条件

発酵に最適なpHは、ほぼ中性（通常は、酸性領域のpH4～6程度）。

混合条件

主原料・副資材・返送コンポスト等原材料の混合が十分であること。

発酵過程の推移



発酵過程

一次発酵(発酵)と二次発酵(熟成)があるが、その移行の時期は明確には区分できない。

一次発酵

- ・ 易分解性有機物(炭水化物やたんぱく質など)の分解
- ・ 一次発酵期間は、10～14日間(機械式発酵方式)
- ・ この期間に発酵温度が65℃を超える
- ・ 一次発酵の終了の目安は、品温が外気温程度まで低下

二次発酵

- ・ 難分解性有機物(ヘミセルロース、セルロースなど)の分解
- ・ 二次発酵期間は、28～60日間(野積み式、通気あり)
- ・ 発酵温度が、外気温程度まで低下し、安定状態となる
- ・ 原料の原形が見られないなど外観が明確に変化
- ・ 堆積した発酵物の表面近くの内部にカビや放線菌による白帯状の模様がみら

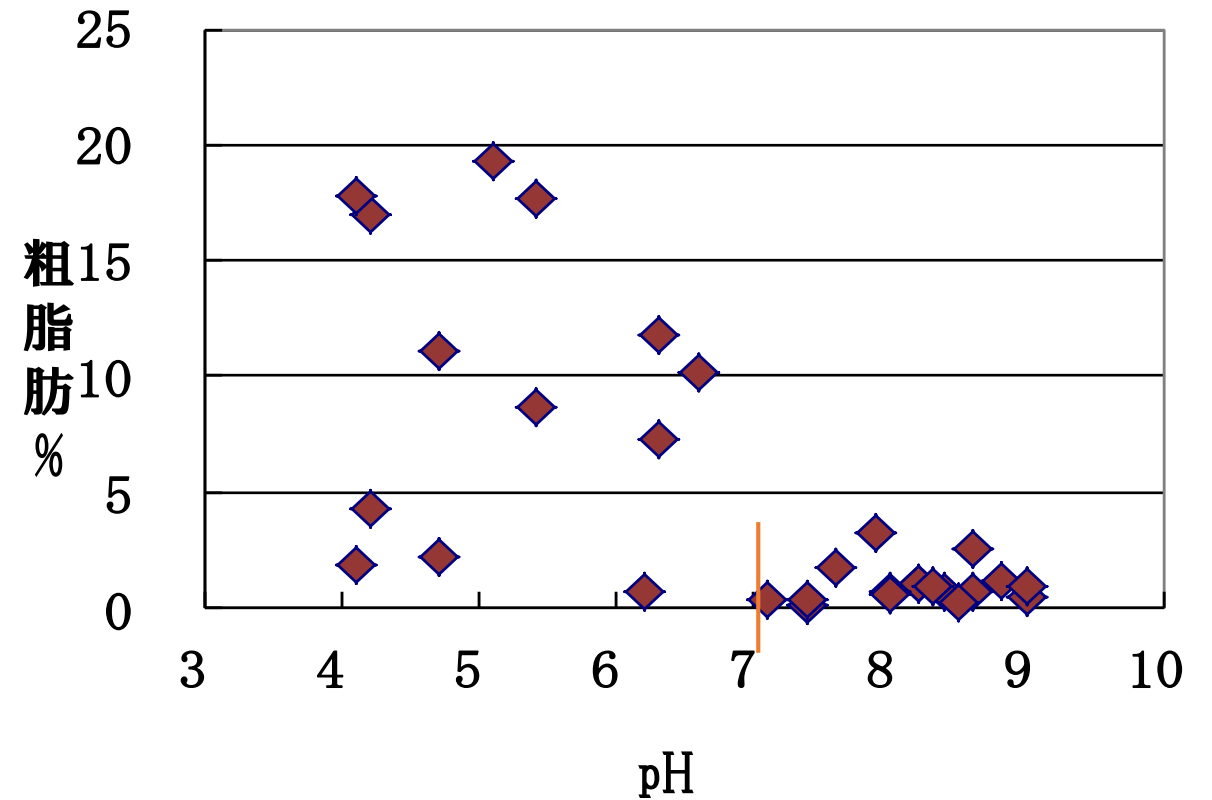
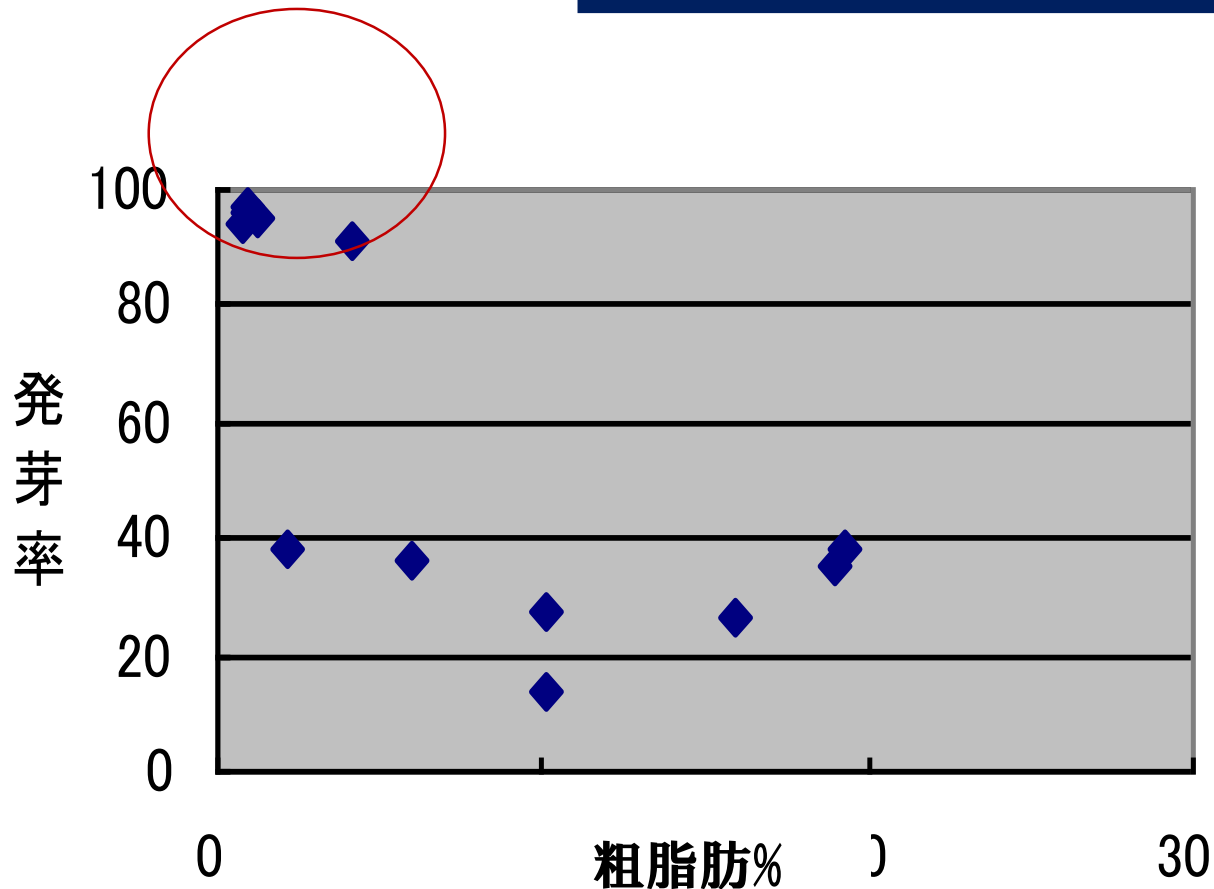
食品廃棄物のコンポスト化における留意点

- ① 食品廃棄物の内容や割合は、地域特性や季節によって大きく変動
 - ・ 家畜ふん尿と比較して好気性発酵が進み難く嫌気性発酵になりがち
- ② 食品廃棄物の水分、塩分及び油分は、コンポスト化の三大悪か？
 - ・ 水分は、副資材で調整可能
 - ・ 高塩分の食品廃棄物には注意・・・副資材で希釈
 - ・ 油分は、微生物のエネルギー源
- ③ 発酵期間中の悪臭の発生と脱臭に関すること
 - ・ 発酵に伴いガスが発生する。臭気対策を考える必要がある
 - ・ 悪臭(硫化水素等)の発生は、嫌気性発酵に由来する
- ④ 腐熟度の判断(完成時期の見極め)
 - ・ 温度測定・発生ガス測定・炭素率・植物試験等による判定
- ⑤ 原料由来による品質のバラツキを防ぐ
 - ・ 品質が不均一にならぬように堆肥のブレンドや品質基準を設定

腐熟度の判定方法

腐熟度判定法	判定項目	分析方法例
微生物活性から判定	堆積物の温度	熱伝対法、温度計による測定
	BOD(生物化学的酸素消費量)	BOD(下水道試験法)測定法
	酸素活性	
	ガス発生量	検知管測定、ガスクロマトグラフ
生物を用いた判定	発芽試験 (コマツナ)	
	幼植物試験 (コマツナ)	
	ミミズを用試験	
	花粉管成長テスト	
物性判定	物体色	
	粒度分布 (ふるい分け残さ重量)	
腐植物質による判定	円形ろ紙クロマトグラフィー	
	腐植物質含有量	
化学特性判定	C//N比 (炭素率)	炭素・窒素測定法、CNコーダー
	硝酸イオン検出	電極法、比色法(下水道試験法)
	EC (電気伝導度)測定	電極法
	pH (水素イオン濃度指数)	電極法(pHメーター)
	CEC (陽イオン交換容量)	振とう簡易測定法

粗脂肪と発芽率、pHとの関係



◆ 粗脂肪含量との関係では、**5%以上**は、発芽不良

◆ 肉類等蛋白質含有率や脂肪の割合が高い原料の場合は、より好气的条件にする。

◆ 一般に、食品廃棄物を原料とした堆肥化の場合、脂肪酸の発生が多く、**pHが低下**する。

◆ 粗脂肪含量が5%以下の場合には、**pH7以上**

食品リサイクルコンポストの分析結果

区分	水分 (%)	pH	EC mS/cm	炭素 (%)	C/N比	窒素 (%)	リン酸 (%)	加里 (%)	石灰 (%)	苦土 (%)	粗脂肪 (%)	食塩 (%)
最大値	66.9	9.1	23.2	52.1	22.9	7.10	5.17	2.86	13.10	1.83	19.27	5.56
最小値	8.2	4.1	0.4	11.9	6.2	0.71	0.09	0.13	0.25	0.03	0.09	0.15
平均	29.1	6.9	6.2	33.3	13.5	2.72	1.94	1.50	2.72	0.65	4.86	1.59

(注) 試料点数 30点、成分は、乾物当たり

区分	堆肥の種類	成分的特性
家畜ふん関係	牛ふん堆肥	加里がやや高い。堆肥の分解はやや遅い
	豚ふん堆肥	リン酸が高い。堆肥の分解はやや早い。
	鶏ふん堆肥	リン酸が高い。採卵鶏堆肥についてはリン酸とともにカルシウムが高い。堆肥の分解はやや早い。
食品関係	食品リサイクル堆肥 (現物中10%以上食品廃棄物を含む)	窒素がやや多く、リン酸・加里が低い。 堆肥の分解は平均的 …… 肥料効果、有機物の効果
林業関係	バーク堆肥	窒素、リン酸、加里の全てが低い。堆肥の分解は遅い。
排水汚泥関係	下水汚泥コンポスト (普通肥料)	窒素、リン酸が高く、加里が低い。堆肥の分解は早い。

食品リサイクル堆肥 (FR) 認証制度



食品リサイクル製品識別マーク

このマークは、認証基準に基づいて食品循環資源からつくられた肥料、この肥料を使用した農産物、この農産物を使用した加工食品につけられるマーク

食品リサイクル肥料認証要件

- ① 堆肥製造の発酵過程における「発酵温度」が表面から深さ30cm層の温度が60℃以上連続7日間以上または発酵設備内混合物の温度が65℃以上で48時間保持
- ② コンポストの熱抽出法(コマツナ種子使用)による「発芽率」が80%以上
- ③ 食品循環資源*の原材料混合が容積比または重量比で10%以上混合(堆肥については戻し堆肥を除く)
- ④ 堆肥に異物が混入していないこと。

* 食品循環資源とは、食品廃棄物のうち飼料及び肥料等の原料に有効利用されるもの

コンポストの施用効果

コンポストの肥効成分

コンポストは、原料や副資材に由来して窒素 (N)、リン酸 (P_2O_5)、加里 (K_2O) の肥料の三要素を含んでいるばかりでなく、これ以外に微量成分として鉄 (Fe)、マンガン (Mn)、カルシウム (Ca) などのミネラル成分を多量に含有している。

化学肥料は目的成分しか含有していない

例えば、硫酸アンモニウム ($(NH_4)_2SO_4$) は、アンモニア態窒素 (NH_4^+-N) を含有するのみ (目的肥料)

3要素の植物への効果

窒素： 葉を茂らす
リン酸： 花や実を充実させ
加里： 根や植物全体を育成

コンポスト(有機物)の施用効果の発現

コンポストの施用
(有機物)

土壤中で3~5年経過後
堆肥の実力が発揮される

腐植化

腐植

年間施用量の約1/3
が無機化(肥料化)さ
れる。(遅効性)

「腐植」とは、「土壤中において分解過程の動植物の遺体と暗色無定形の高分子物質」をいう。

腐植（土壌中の有機物）の機能性による区分

腐植

栄養腐植

耐久腐植

土壌微生物によって容易に分解される部分をいう。

- ① この分解によって**肥料成分**が放出される
- ② 土壌微生物の活性を高め、**団粒構造の形成を促進**する

土壌生物の分解に対して安定な物質。

- ① 長期間土壌中に留まり、**土色**に**関与**（黒味を帯びてくる）
- ② **陽イオン**や**水分**を**吸着保持**
- ③ **緩衝能**（土壌pHの変化を妨げる）を有する物質となる

腐植（コンポスト） 土壌中での機能 ①

化学性の改良（土壌改良効果）

腐植

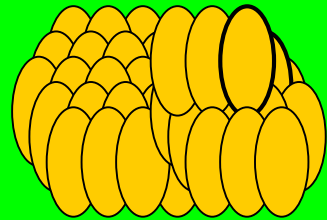
- ① 肥料成分とミネラルの供給
- ② 陽イオン交換容量 (CEC) の増大
- ③ 緩衝能 (酸性化抑制)
- ④ キレート作用によるアルミニウムの活性阻害・リン酸固定の抑制

腐植（コンポスト） 土壌中での機能 ②

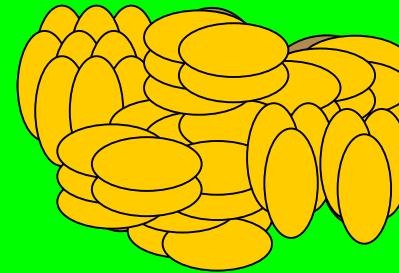
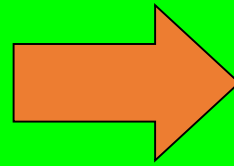
物理性の改良（土壌改良効果）

腐植

① 単粒構造より団粒構造の形成（根の伸長が良好になる）



単粒構造



団粒構造

② 保水性・離水性の向上 ③ 通気性の改良

④ 保温性の向上

腐植（コンポスト） 土壌中での機能 ③

生物相の改良（土壌改良効果）

腐植

土壌微生物・土壌動物数が増加

土壌微生物は、土壌から栄養を摂取するだけでなく、

- ①菌根菌、根粒菌のように根と共生し養分吸収の向上。
- ②微生物の分泌物が根の生長を高める。
- ③土壌病原菌の進入を阻害する。

食品リサイクルコンポストの土壌病原抑止力

食品廃棄物を原料としたコンポストについて原料配合割合の異なるFR認証合格コンポストについて土壌病原抑止力を測定した。

その結果、食品廃棄物の割合が、20%程度のコンポストの土壌病原抑止力が50%であるのに対し、その割合が50%程度のコンポストでは80%前後であった。

参考：家畜ふん(鶏・牛)の平均50%程度*

[土壌病原抑止力測定方法]

フザリウム菌と土壌、コンポスト等の資材の各希釈液を同時に培地で30℃、一週間培養。比較対照として滅菌水のみを設ける。一週間培養後、希釈倍率ごとにフザリウム菌の菌糸伸長域を測定(最大伸長域と最小伸長液域)し、数値化する。

* (一財)日本土壌協会 「品質の良い食品リサイクル堆肥製造の手引き」 平成27年3月 より