

家畜ふんたい肥のフローチャート式腐熟判定法と腐熟の現状

古川農業試験場

1 取り上げた理由

家畜ふんたい肥を農地へ施用するにあたって、たい肥が未熟であると様々な生育障害や難防除雑草害を招くため、家畜ふんたい肥の腐熟判定は重要である。普及に移す技術80号の「二酸化炭素放出速度の簡易推定による家畜ふん堆肥の腐熟度判定法」では、易分解性有機物量について測定する判定法を普及に移したが、ここでは窒素飢餓の危険性と生育阻害物質についても併せて総合的に判定できる、家畜ふんたい肥腐熟判定フローチャートを作成した。また、県内の大規模たい肥施設（広域たい肥センター、集落のたい肥施設、多飼養畜産農家・業者）でつくられている家畜ふんたい肥の現状について、腐熟度の視点から調査したので、併せて普及技術とする。

2 普及技術

1) フローチャート方式の腐熟判定では、①易分解性有機物の消長は、簡易CO₂測定法（普及に移す技術80号）で、②窒素飢餓の危険性についてはCN比（熊田1977，原田1983）で、③フェノール性酸や有機酸等の生育阻害物質についてはコマツナ発芽試験で測定し、図1のフローチャートのyes/noにより腐熟，未熟を判断する。

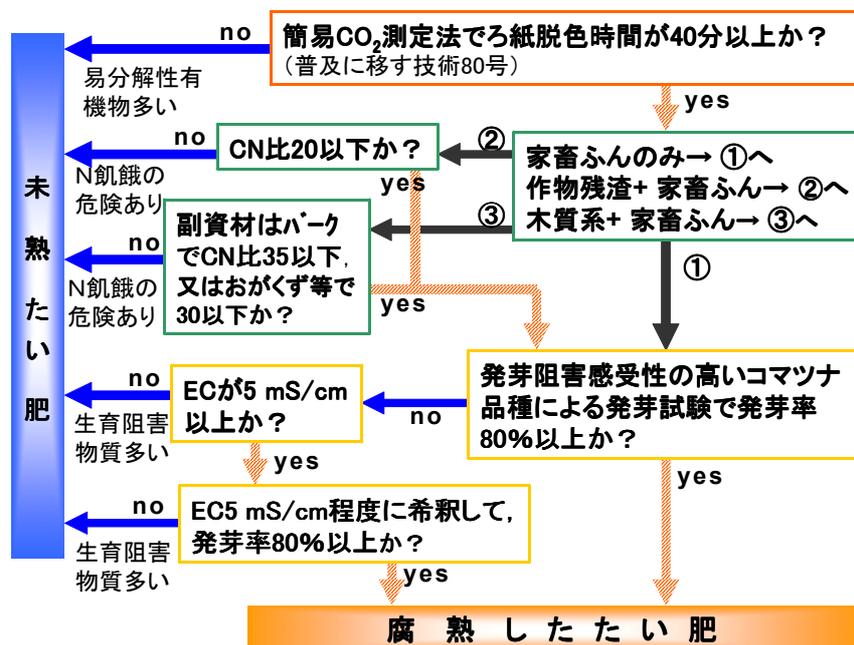


図1 腐熟判定フローチャート

- a 易分解性有機物の判定法である簡易CO₂測定は、pH指示薬の色の変化を利用した簡易な手法である（図2）。方法は以下に示す（詳細は普及に移す技術80号）。
- a) 必要な材料および試薬は、2×2 cmのろ紙、0.05 mol/LのNaOH（調整済み市販品）、フェノールフタレイン液（フェノールフタレイン0.5 gにエタノール90 mLを加え蒸留水で100 mLに定容）、水、UMサンプルびん（100 mL容）、35℃培養用恒温器、秤、ピンセット、ビーカー、標準色（大日本インキNo. 2017）、時計。

- b) サンプルしたたい肥は「強く握ったとき指の間から水がしみ出す程度」に水分調整し、20～30℃程度の温度で1日馴化させる。たい肥が乾燥していたり、冷蔵保存していた場合は馴化期間を2日にする。
- c) 培養実験当日に50 mLの0.05 mol/L NaOH に2 mLのフェノールフタレイン液を加えた紅色液を作成し、密栓しておく。
- d) 馴化後のたい肥をUMサンプルびんに10 g計る。2×2 cmのろ紙を紅色液に浸してピンセットで取り出し、滴を軽く振り落としてから瓶の内壁面に密着させ、サンプルびんの蓋をする。
- e) 35℃で培養する(図3)。ろ紙色はCO₂放出速度が早いと、早く脱色する。培養40分後のろ紙色を確認し、標準色より色が濃い場合は、腐熟したたい肥と判定する。
- b) 窒素飢餓の危険性の判断基準となる分析値CN比は、副資材によって以下のように分ける。
- a) 水分調整に戻したい肥だけを使用するような家畜ふんのみきたい肥では、未熟でもCN比は低いので(原田1983)、窒素飢餓の心配はなく、判定の必要はない。
- b) 作物残渣を副資材とした木質系を含まない家畜ふんたい肥はCN比20以下で、窒素飢餓の危険性はない(熊田1977, 原田1983)。
- c) 木質系を副資材としたたい肥では、副資材がパークの場合はCN比35以下(河田1981)、おがくず等その他の場合は30以下(豊川1997, 伊達2007)が推奨される。
- c) 生育阻害物質の有無を測定するコマツナ発芽試験では、発芽率80%以上が必要である(藤原1999, 2000)。発芽試験は以下の方法で行う。
- a) 現物たい肥10gを60℃熱水100 mLで60℃3時間培養抽出する(堆肥等有機物分析法, (財)日本土壌協会, p214～216)。抽出液はガーゼでろ過し、ろ紙を敷いた9 cm φシャーレに8 mLとる。ろ紙上にコマツナを50粒播種、27℃40時間培養後の発芽数を測定し、発芽率=たい肥抽出液での発芽数/蒸留水での発芽数×100 を得る。
- b) コマツナ品種は、発芽阻害感受性が高い「黒みすぎ」、「ひとみ」、「八丁」、「さおり」、「健美」、「極楽天」、「よかった菜」、「グリーンフライト」、「黒波」が適している(図5)。「グリーンフライト」は、阻害物質の有機酸(低級脂肪酸)を良く判定する(図6)。
- c) 塩類濃度が著しく高いたい肥では、発芽阻害物質を発芽試験で判定できない場合がある。EC5 mS/cmより高い場合は5 mS/cm程度に希釈する(図7)。
- 2) フローチャート方式の腐熟判定により、宮城県内の大規模たい肥施設で製造された家畜ふんたい肥を判定する(表1)と、以下の特徴が見られる。
- a) 現状ではおよそ6～7割が腐熟したたい肥である。
- b) 現物水分が60%以上と多かったり、ハンドリング(取り扱い)が悪いような外観品質が悪いたい肥は1～2割であり、8割は外観品質に問題ない。
- c) 外観品質が良いたい肥の中に、十分腐熟する前に乾燥してしまい、易分解性有機物が残っている未熟たい肥がみられる。
- 3) 大規模たい肥施設で製造された未熟な家畜ふんたい肥の腐熟度を向上させ、様々な障害を防ぐための対策は、以下のとおりである。
- a) 主に豚ふんたい肥や鶏ふんたい肥で、外観品質が良いが十分腐熟してないたい肥が散見される。簡易CO₂測定法により易分解性有機物の有無を判定し、著しく未熟の場合は水分を加えて再度腐熟させる必要がある。また、牛ふんと混合してたい肥化すると、腐熟が進みやすい(表1)。
- b) 耕種農家が家畜ふんたい肥を使用する場合は、ハンドリングが良いたい肥であっても、腐熟判定してから、腐熟したたい肥を使用するのが望ましい。

表1 宮城県内の大規模たい肥施設で製造されたたい肥^{※1}の腐熟判定

畜種	副資材 ^{※2}	たい肥生産者	pH	外観品質		ろ紙脱色時間(簡易CO ₂ 測定)(分)	CN比	コマツナ発芽率(%)	たい肥抽出液のEC(mS/cm)	EC5 mS/cmに希釈後発芽率(%)	腐熟判定結果 ^{※4}
				現物水分(%)	ハンドリング ^{※3}						
牛	籾殻, おがくず	たい肥センターor集団, 集落	9.3	70.9	悪	66	18.7	100	2.6		◎
牛	稲わら, 籾殻	たい肥センターor集団, 集落	8.7	54.0	良	44	19.5	96	5.7	— ^{※5}	◎
牛	稲わら, 籾殻	たい肥センターor集団, 集落	9.1	69.2	良	63	14.9	93	4.0		◎
牛	野菜くず他	たい肥センターor集団, 集落	8.3	44.4	良	20	18.2	67	4.0		×
牛	籾殻他	多飼養農家or業者	7.4	59.2	良	180	8.4	96	2.8		◎
牛	籾殻他	多飼養農家or業者	7.9	59.5	良	180	8.5	92	1.8		◎
牛	稲わら	多飼養農家or業者	9.2	32.4	良	35	10.3	90	4.1		×
牛	木材チップ, パーク他	多飼養農家or業者	9.2	67.9	良	65	18.9	92	1.4		◎
牛	籾殻, 稲わら	多飼養農家or業者	9.0	66.6	良	38	11.5	88	2.6		×
牛	籾殻	多飼養農家or業者	9.2	58.7	良	42	13.1	90	1.7		○
牛	籾殻	多飼養農家or業者	7.3	55.7	良	118	11.0	93	4.8		◎
牛	おがくず, パーク	多飼養農家or業者	6.4	61.0	良	80	34.7	102	0.7		◎
牛	籾殻, 木粉	多飼養農家or業者	9.7	44.0	悪	43	15.0	83	3.4		○
牛	籾殻, パーク	多飼養農家or業者	9.0	38.4	良	63	17.1	97	3.3		◎
豚	おがくず他	多飼養農家or業者	9.0	32.6	良	45	16.6	86	2.7		◎
豚		たい肥センターor集団, 集落	9.2	39.3	良	42	20.3	94	2.5		○
豚		たい肥センターor集団, 集落	8.6	20.3	良	33	9.4	54	4.0		×
豚	籾殻, おがくず	たい肥センターor集団, 集落	8.9	31.0	良	38	11.2	90	4.6		×
豚		多飼養農家or業者	8.9	29.7	良	31	7.5	50	4.5		×
豚	籾殻	多飼養農家or業者	8.8	19.6	良	22	8.1	61	5.6	87	×
豚		多飼養農家or業者	8.5	20.6	良	32	7.2	24	6.7	83	×
鶏		多飼養農家or業者	9.0	17.3	良	78	10.0	77	5.9	81	○
鶏		多飼養農家or業者	9.4	11.2	良	42	11.6	86	5.3		○
鶏		多飼養農家or業者	6.2	20.4	良	24	10.0	1	6.5	65	×
牛豚	籾殻	たい肥センターor集団, 集落	9.2	28.3	良	78	10.0	94	5.0		◎
牛豚	籾殻, おがくず	たい肥センターor集団, 集落	8.8	50.6	良	59	14.5	96	5.0		◎
牛豚	籾殻, おがくず	たい肥センターor集団, 集落	8.7	35.5	良	65	15.7	96	2.9		◎
牛豚	籾殻, おがくず	たい肥センターor集団, 集落	7.7	50.1	良	106	14.2	94	3.2		◎
牛豚	籾殻, おがくず	たい肥センターor集団, 集落	7.5	38.6	良	64	12.1	84	6.5	91	◎
牛鶏	籾殻	たい肥センターor集団, 集落	9.3	34.1	良	28	13.6	77	5.5	88	×
牛鶏	籾殻, おがくず	たい肥センターor集団, 集落	9.0	45.6	良	43	13.9	89	3.6		○
牛鶏	籾殻, おがくず	たい肥センターor集団, 集落	8.7	26.8	良	78	16.0	94	4.7		◎
豚牛	おがくず, 稲わら他	たい肥センターor集団, 集落	8.1	38.7	良	125	15.5	85	4.2		◎
鶏豚	パーク	たい肥センターor集団, 集落	9.0	42.9	良	77	21.8	92	1.4		◎
鶏豚		たい肥センターor集団, 集落	8.9	26.0	良	20	12.1	65	6.3	91	×
牛豚鶏	籾殻	たい肥センターor集団, 集落	9.0	40.3	良	66	15.4	97	4.0		◎

※1 たい肥は平成14~18年に採取した。

※2 太赤字の副資材は木質系。

※3 ハンドリング「悪」は固まり状, べたつく等の理由で均一に散布できないもの。

※4 判定結果は腐熟度判定フローチャートによる評価, ◎:腐熟たい肥, ○:腐熟に判定されるが未熟傾向の残るたい肥, ×:未熟たい肥。

※5 EC5 mS/cm以上だが, 発芽試験における発芽率が高く, 希釈は不要。

※6 腐熟の判定に合格しない, 腐熟に判定されるが, 境界域

3 利活用の留意点

- 1) 明らかに臭気の強いたい肥, 粗大有機物のわらが原型をとどめるようなたい肥は未熟であるので, 腐熟判定を行う必要はない。
- 2) 易分解性有機物量を判断する簡易CO₂測定法は, 水分を減じなければ水分調整できない高水分のたい肥には適応しない。このような高水分たい肥は未熟である可能性が高い。
- 3) 現状を調査した家畜ふんたい肥のCN比は, 木質系を含まないもので, ほぼ20以下, おがくず等の木質系を含むたい肥で30以下, パークを含むたい肥でも35以下と腐熟の判定基準内である(表1)。したがって, 大規模たい肥施設において製造過程を終えた製品たい肥は, CN比のデータがなくてもおおよその診断をしてよい。
- 4) 簡易CO₂測定におけるろ紙脱色時間の基準値40分は, コマツナ発芽率とCO₂放出速度の相関式から求めているので, 簡易CO₂測定を合格したたい肥のほとんどは, コマツナ発芽試験に合格する。したがって, パークやおがくず等木質系副資材の添加割合が低いたい肥であれば, 発芽率を調べなくても診断できる。

(問い合わせ先: 古川農業試験場土壌肥料部 電話0229-26-5107)

4 背景となった主要な試験研究

1) 研究課題名及び研究期間

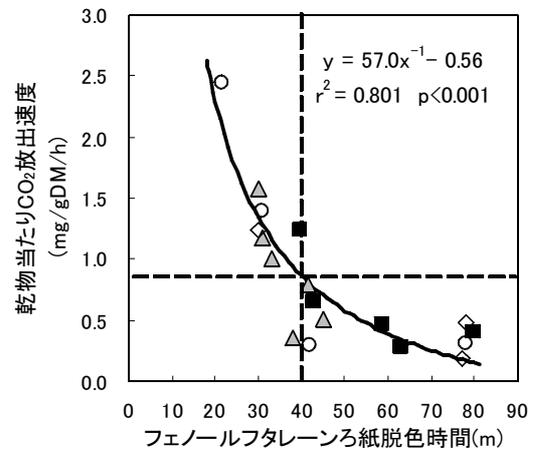
土壌機能増進事業 平成12～16年

土壌機能のための有機資源施用基準の策定 平成17～18年

2) 参考データ

a たい肥のCO₂放出速度は、フェノールフタレインろ紙脱色時間と相関が高く、簡易CO₂測定法として有効である(図2)。未熟たい肥の基準値と考えられるCO₂放出速度0.8 mg/gDM/h以上(データ省略)のたい肥は、ろ紙脱色時間40分未満のたい肥である(図2)。

b CO₂放出速度0.8 mg/gDM/h以上の易分解性有機物が多いたい肥(左側)では、培養40分後のろ紙色が標準色より白くなる(図3)。



■牛ふんたい肥 △豚ふんたい肥
○鶏ふんたい肥 ◇混合ふんたい肥
図2 たい肥のCO₂放出量とろ紙脱色時間



図3 フェノールフタレインの色変化を利用したCO₂放出速度簡易測定

- c 易分解性有機物が多く、未熟と判定されたたい肥(ろ紙脱色時間40分以下)でコマツナを栽培すると、生育が阻害された(図4)。
- d コマツナ発芽試験では、各たい肥における発芽率の平均値が、図中○の品種で低い。よって○印の品種で発芽阻害感受性が高い(図5)。
- e 「グリーンフライト」は、ECが高くて良く発芽するが、低級脂肪酸を判定しやすい(図6)。



図4 簡易CO₂測定法によるたい肥判定結果とコマツナの生育

- ※1 コマツナ(品種:極楽天)播種後21日
※2 各ポットに窒素成分で300mgの堆肥を施用

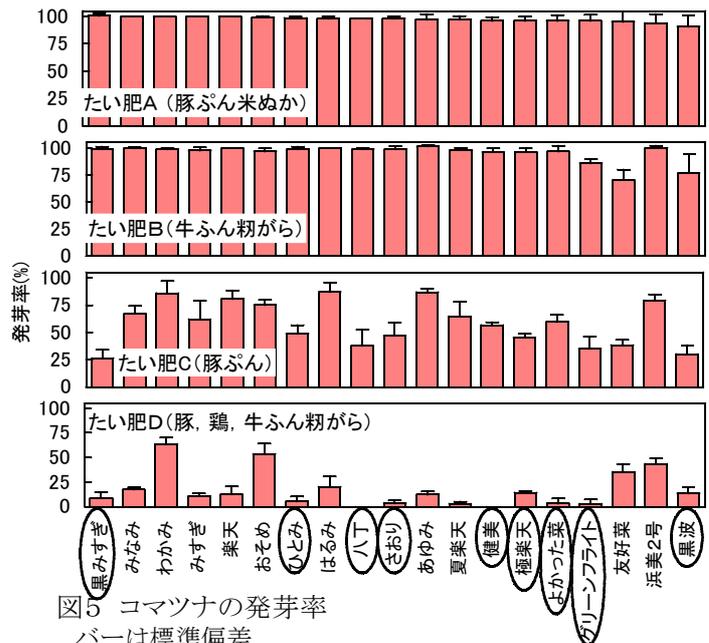


図5 コマツナの発芽率
バーは標準偏差

- ※たい肥A:EC5.1 mS/cm, pH7.4, CN比10.4,
たい肥B:EC4.2 mS/cm, pH8.0, CN比11.9,
たい肥C:EC7.1 mS/cm, pH7.3, CN比7.5,
たい肥B:EC7.9 mS/cm, pH7.1, CN比10.4,

f たい肥の塩類濃度がEC5 mS/cm以上でも発芽率80%以上となるたい肥は多いが、EC6 mS/cm以上では80%以下のたい肥が多くなり、EC6 mS/cm以上で塩類による阻害が著しい。また、塩類の影響は受けるもののEC5 mS/cm程度であれば、未熟の可能性が高い未完成たい肥の発芽率は80%以下、完成たい肥の発芽率は80%以上となり、阻害物質の判断ができる。(図7)。

g 現状を調査したたい肥の判定結果は、◎が53%、○が17%、×が31%、水分60%以上もしくはハンドリングが悪いたい肥は17% (表1)。鶏ふん、豚ふんたい肥では未熟が散見されるが、外観品質は良い。鶏ふんや豚ふんを原料としていても、牛豚ふんたい肥、牛鶏ふんたい肥 (牛ふん量が多いもの) では腐熟しているものが多い (表1)。

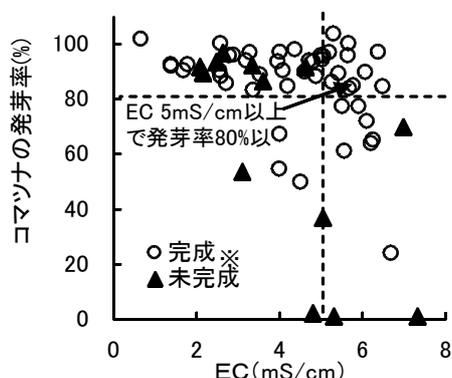


図7 たい肥のECとコマツナ(品種よかつた菜)の発芽率の関係

※完成:製造過程が終了したたい肥
未完成:製造過程途中のたい肥

3) 発表論文等

a 関連する普及に移す技術

a) 二酸化炭素放出速度の簡易推定による家畜ふん堆肥の腐熟度判定, 普及に移す技術80号

b その他

a) 熊谷千冬, 山口武則:家畜ふん堆肥品質評価における発芽試験検定植物の品種間差異, 土肥誌, 75, 355~358 (2004)

b) 熊谷千冬, 齋藤公夫, 畑中篤, 瀧典明, 三枝正彦:二酸化炭素放出速度を基にした家畜ふん堆肥の簡易腐熟度判定法, 土肥誌, 76, 435~440 (2005)

c) CO₂放出速度を指標とした家畜ふん堆肥の簡易腐熟度判定法, 平成17年度東北農業研究成果情報

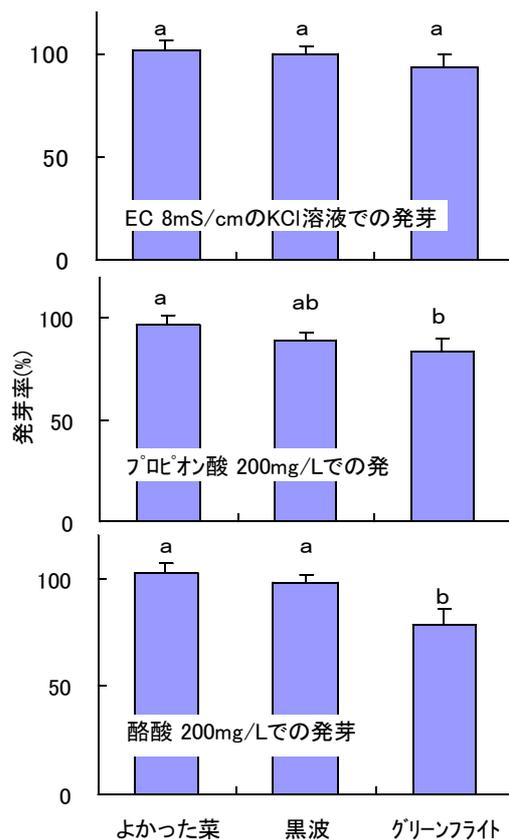


図6 高EC溶液および低級脂肪酸(プロピオン酸, 酪酸)溶液におけるコマツナ発芽への影響
バーは標準偏差
各溶液ごとの異なる英小文字間にはTukey法により5%水準で有意差がある。