

## 農産物の安全性を加味した都内産堆肥の利用技術の開発

[平成 14～19 年度]

丸田里江・吉田優子・益永利久<sup>a</sup>・加藤哲郎

(生産資源科)<sup>a</sup> 現島しょ農水センター八丈

---

【要約】畜種や製造方法により堆肥の成分や肥効は異なるが、堆肥施用量は肥効が高く含有率の高い成分により算出すると土壤への負荷を軽減できる。堆肥を 2kg/m<sup>2</sup> 以上施用すると葉菜類へのカドミウムや亜鉛の吸収を抑制できる。土壤の保肥力や有機物を増加させる堆肥の能力が吸収の低下に関与している。堆肥の施用を中断するとカドミウムの吸収が増加する危険性があるため、堆肥は定期的に適量を施用するのが望ましい。

---

### 【目的】

堆肥は土壤の諸性質を改善する効果を持ち、また物質循環に寄与する上で利用の推進が期待されている。しかし化学肥料と同様、適切に利用しないと土壤の成分バランスを崩し、地下水汚染や作物体中の硝酸性窒素蓄積の原因となる。また堆肥の長期施用により土壤中の微量金属が蓄積する可能性があることが数多く報告されている。堆肥の成分や肥効は製品ごとに異なるため、個々に土壤劣化や作物汚染を回避するための適正施用量や対処法の検討が求められる。そこで都内で生産・流通している家畜ふんを主体とした堆肥を対象とし、成分および窒素の肥効、微量金属の吸収について検討し、適切な利用法を確立する。

### 【成果の概要】

- 1) 成分: 1999 年～2002 年にかけて多摩地域の代表的な畜産農家 36 件より堆肥を採取し、定法により成分を分析した。豚ふん、鶏ふんの窒素含有率は牛ふんに比べ高い傾向にあった。また肥育牛は搾乳牛に比べて粗飼料が多く給餌されており、窒素含有率は搾乳牛 > 肥育牛であった。炭素含有率および C/N 比は牛ふん > 豚ふん > 鶏ふんの傾向にあった。窒素や炭素含有率は木質資材混合や固液分離の有無による差はみられず、堆積期間等にも影響すると考えられた。リン酸含有率は鶏ふん > 豚ふん > 牛ふん、カリ含有率は鶏ふん > 牛ふん ≒ 豚ふんの順に高かった。木質資材の混合や固液分離によりリン酸やカリ含有率が低下する傾向がみられた。窒素・リン酸・カリの成分バランスをみると牛ふんは平型、豚ふん、鶏ふんは山型が多い傾向がみられた。堆肥中の窒素に比べリン酸やカリは一般的に肥効が高いため、堆肥の施用許容量はリン酸、カリの含有率に依存すると考えられた。銅含有率は豚ふん > 鶏ふん > 牛ふんの順に、亜鉛含有率は鶏ふん ≒ 豚ふん > 牛ふんの順で高かった。銅含有率は木質素材の混合や固液分離による差異はみられず、亜鉛含有率は低下する傾向がみられた (表 1)。
- 2) 窒素の肥効: 成分分析を行った同一堆肥において、窒素の無機化パターンをビン培養法により測定し、反応速度論にあてはめて 25℃換算式を算出した。土壤施用時における全窒素中の初期窒素溶出率は牛ふんで -0.7～12.7%、豚ふんで 2.5～12.7%、鶏ふんで 9.6～28.0% と鶏ふんで高い傾向にあった (表 1)。牛ふんの窒素の無機化は概して低く、木質資材を混合したほうがより低くなった。豚ふんは牛ふんに比べて肥効が高いといわれるが、今回採取した試料中には木質資材混合の影響で無機化が低く、施用した作に肥効

が期待できない種類もみられた。鶏ふんの無機化は牛ふん、豚ふんに比べて高く、また発酵物に比べて乾燥物が高い傾向にあったが、高いものでも 25℃換算・40 日間で 15%程度と全体的に低かった（図 1）。鶏ふん中の尿酸態窒素をみると平均 92mg/kg、最大 293mg/kg であり、文献値の 8500~14200mg/kg（愛知，2002 年）と比較しても少なく、製造過程で尿酸の分解が進んだために窒素の肥効が低いことがわかった（図表省略）。

3) 堆肥の施用と葉菜類への微量金属の吸収：施用量を変えて 2 種の堆肥を 7 年間連用した表層腐植質黒ボク土圃場に、1998 年秋作より 2kg/m<sup>2</sup> の連用継続区（連用区）と施用停止区を設けた。2006 年にコマツナとハウレンソウ、2007 年にハウレンソウを栽培し、作物生育と微量金属含有率、土壤化学性との関連を調査した。

供試堆肥には亜鉛、銅、ほう素、カドミウム、鉛などの微量金属が含まれていた（表 2）。しかし土壤全カドミウムは 1.0mg/kg 程度と堆肥施用前歴や施用量の有無による差はなく、16 年間の堆肥連用で土壤カドミウムの増加は確認できなかった（図表省略）。

コマツナ「夏楽天」、ハウレンソウ「パレード」中の亜鉛含有率は施用停止区に比べ連用区で低くなる傾向にあり、前歴の堆肥施用量には影響しなかった。コマツナとハウレンソウを比較するとコマツナの含有率が低くなった（図 2）。ハウレンソウ中のカドミウム含有率は施用停止区に比べ連用区で低くなる傾向にあり、栽培直前の堆肥の施用が吸収を抑制する可能性が示唆された。また前歴の堆肥施用量が多いほどカドミウムの含有率が低下した。「パレード」と「トラッド」では「トラッド」の含有率が低く、カドミウムの吸収能に品種間差が認められた（図 3）。

ハウレンソウ中のカドミウム含有率と土壤中 0.1M 塩酸可溶性カドミウムは比例関係にあった（図 4）。陽イオン交換容量や全炭素が上昇するとハウレンソウ中のカドミウム含有率が減少する傾向にあった（図 4）。堆肥施用により陽イオン交換容量や全炭素は増加するが（図表省略）、この堆肥の機能がハウレンソウのカドミウム吸収を抑制したと考えられた。土壤中の 0.1M 塩酸可溶性カドミウムの変化をみると、堆肥 A、B 共に 1998 年までの前歴堆肥施用に比例して減少傾向にあった。また堆肥の前歴施用量が 2.5、5、10kg/m<sup>2</sup> では堆肥の施用を停止すると増加する傾向にあった。堆肥の施用を停止すると植物体中のカドミウムの吸収が促進されるといわれるが、塩酸可溶性カドミウムの変化が一要因であると考えられた（図 5）。

4) 以上より、堆肥の成分含有率や窒素の肥効は原料となる家畜ふんの畜種や製造工程、副資材等によりある程度は分類でき、堆肥の施用量は窒素の無機化率よりもリン酸、カリ等の肥効の高い多量成分の含有率により算出することが望ましいことがわかった。乾物リン酸含有率から算出すると 10%程度で 0.5kg/m<sup>2</sup>、5%で 1.0kg/m<sup>2</sup>、2.5%で 2.0kg/m<sup>2</sup>程度が施用許容量であった。また 2kg/m<sup>2</sup>以上の堆肥の施用によりハウレンソウやコマツナによるカドミウムや亜鉛の吸収は抑制された。このうちカドミウム吸収抑制率は前歴の堆肥施用量が多いほど高く、堆肥の持つ土壤の保肥力や有機物を増加させる能力が吸収の低下に関与していると推察した。堆肥の施用を停止すると土壤からのカドミウムの溶出が増加するため、作物体へのカドミウムの吸収を増加させる可能性があることから、堆肥は定期的に適量を施用していくのが望ましいと考えられた。

#### 【成果の活用・留意点】

1) 本報告は表層腐植質黒ボク土における試験成果であり、都内腐植質または多腐植質黒

ボク土に应用できる。

2) 都における施肥基準や土壌診断基準を改定する際の資料として活用する。

3) 土壌中の微量金属の動態と堆肥施用との関連性について、別途微量金属の吸収低減効果に寄与する要因を検討する必要がある。

【具体的データ】

表1 代表的な都内生産家畜ふん堆肥の成分

(平均值, 乾物あたり)

畜種	固液分離	木質資材混合	戸数	現物水分 (%)	pH*	電気伝導度 (mS/cm)	窒素 (%)	初期窒素溶出率 (%)	炭素 (%)	C/N	リン酸 (%)	カリ (%)	石灰 (%)	苦土 (%)	ナトリウム (%)	銅 (mg/kg)	亜鉛 (mg/kg)	
牛 肥育	×	○	4	67.3	7.8	1.86	2.6	1.9	40.5	16.2	2.6	2.2	2.5	1.2	0.2	37	134	
	搾乳	○	○	1	70.5	8.5	3.67	2.6	-0.7	45.1	17.4	1.1	2.4	2.2	0.9	0.3	21	134
		○	×	6	65.6	8.3	4.67	3.0	4.9	40.1	14.1	2.1	2.8	4.2	1.2	0.5	33	166
		×	○	5	49.3	8.6	5.33	3.0	5.3	41.0	14.5	2.4	3.3	3.3	1.4	0.5	58	236
		×	×	5	38.6	7.7	4.00	2.2	7.1	30.8	16.8	1.5	2.6	2.6	1.4	0.3	39	144
豚	○	×	1	18.8	8.6	4.49	3.4	9.9	34.8	9.8	8.0	2.8	7.1	2.3	0.6	304	680	
	×	○	4	39.8	8.1	4.62	3.0	-	37.3	15.1	4.2	2.5	3.5	1.3	0.5	135	408	
鶏 乾燥	×	×	7	14.5	8.2	6.65	3.4	14.1	34.0	10.1	7.6	4.4	17.9	1.5	0.6	77	501	
	発酵	×	×	2	20.0	9.6	6.17	3.1	12.6	28.5	9.4	8.3	4.6	21.7	2.1	0.6	71	587
	×	○	1	24.5	9.7	6.21	2.6	10.0	26.3	10.0	11.3	5.4	19.0	1.6	0.8	110	622	

\*: 1:10にて測定

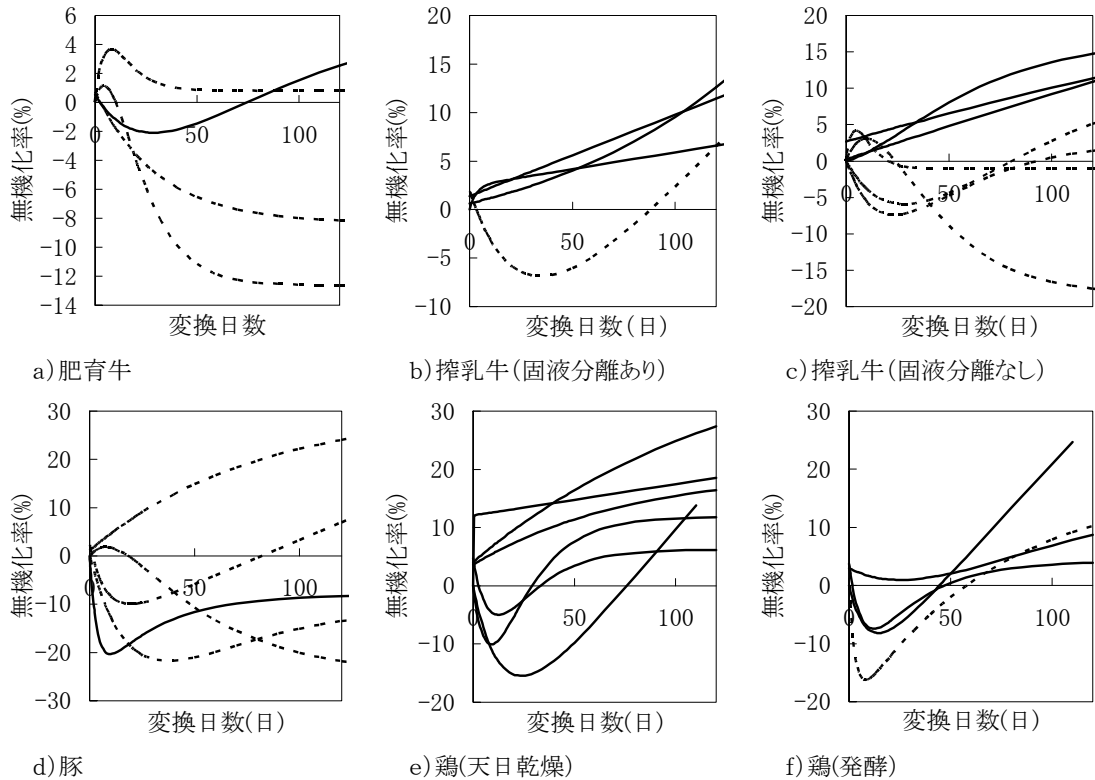


図1 各種家畜分堆肥中の窒素の無機化パターン (反応速度論へのあてはめ, 25°C換算値)  
(ビン培養法 注:点線は木質資材が混合されているもの)

表2 供試堆肥の成分

(乾物あたり)

堆肥名	堆肥の種類	現物水分 (%)	C (%)	N (%)	C/N	P (%)	K (%)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	B (mg/kg)	Cd (mg/kg)	As (mg/kg)
A	鶏ふんおがくず堆肥	59.4	42.1	1.5	28.6	0.2	0.4	432	89	31.4	48.2	0.6	2.6
B	牛ふん剪定枝チップ堆肥	68.0	33.8	2.6	12.8	0.8	0.7	499	206	77.1	93.4	1.3	2.3

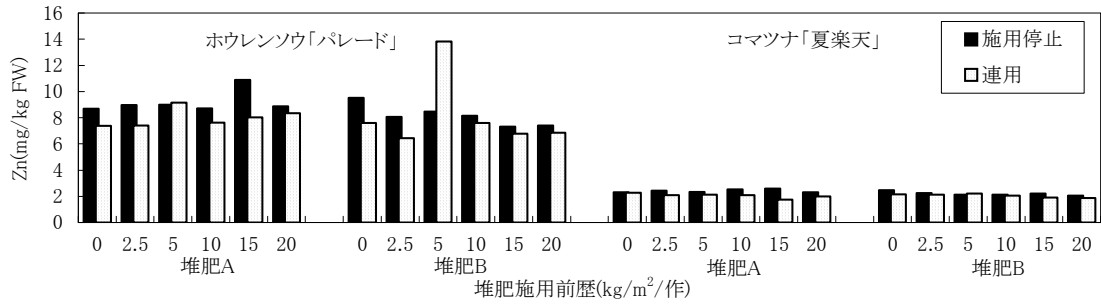


図2 コマツナ・ホウレンソウ中の亜鉛含有率(2006年度)

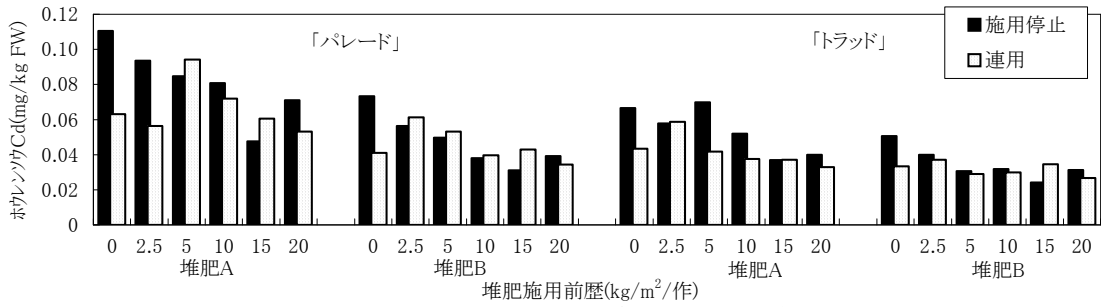
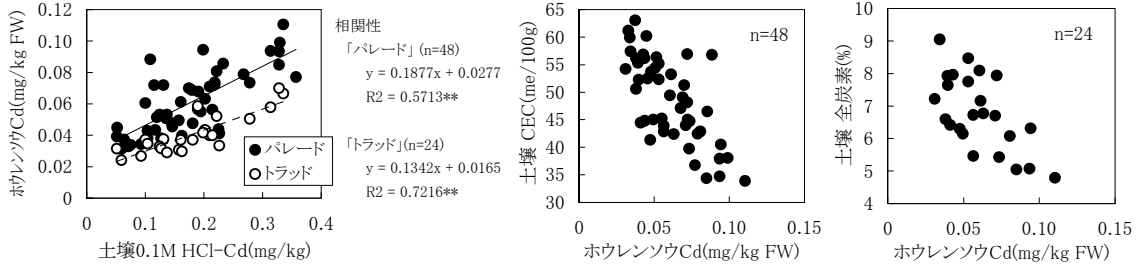
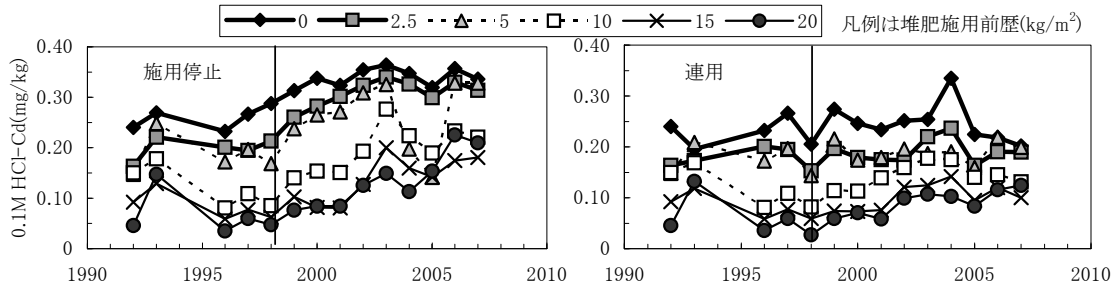


図3 ホウレンソウのカドミウム含有率(2007年度)

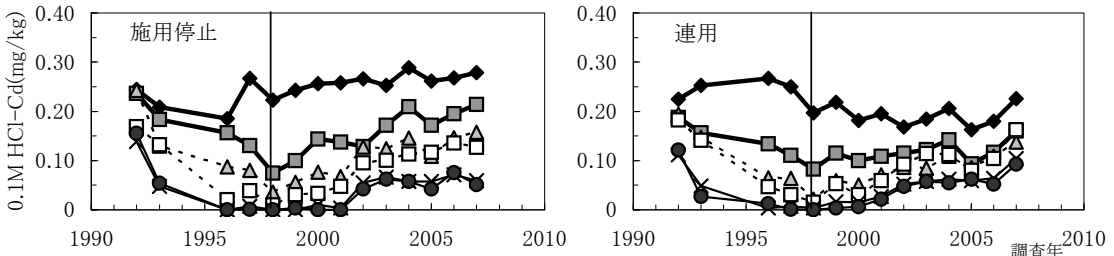


- 1) 塩酸可溶性カドミウム      2) 陽イオン交換容量      3) 全炭素

図4 ホウレンソウのカドミウム含有率と土壌化学性との関係



1) 堆肥A(鶏ふんおがくず堆肥)



2) 堆肥B(牛ふん剪定枝チップ堆肥)

図5 土壌中塩酸可溶性カドミウムの推移

【発表資料】

- ・平成 14, 15, 18 年度 成果情報, 平成 14, 19 年度 研究速報
- ・平成 20 年度土壌肥料学会関東支部大会で講演