

## 家畜排泄物中の有害物質低減試験

[平成 17～19 年]

浅海哲夫・丸田里江・岸本康彦・宗 芳光\*・伊藤米人\*<sup>2</sup>・鈴木亜由美\*<sup>3</sup>

(生産資源科・\*小笠原亜熱帯農業センター・\*<sup>2</sup> 青梅畜産センター・\*<sup>3</sup> 商品開発科)

---

【要 約】家畜飼料中の重金属は、豚飼料の銅・亜鉛の含有率が最も高い。排せつふん中の含有率も高く、農地への銅・亜鉛の蓄積が懸念された。そこで、子豚および肥育豚で銅・亜鉛添加量を低減した飼料の給与試験を行った結果、ふん中の銅・亜鉛含量を低減させることができた。子豚および肥育豚の成育への悪影響も見られず標準飼料給与区と有意差なく成長し、と体成績も良好であった。作物への吸収を調査するため、豚ふんと剪定枝の混合堆肥の連用試験を行ったが、作物中の銅・亜鉛含有量(率)は土壌施用堆肥の含有量(率)とは連動しなかった。

---

### 【目 的】

堆肥等の連用施用から、堆肥等に含有される高濃度の重金属類の農地への蓄積が懸念されている。このため、畜種別に飼料を収集し、飼料により系外から導入される重金属量を調査する。中でも、豚の飼料には下痢止めや成育促進のため多量の銅・亜鉛が添加され、その結果、排せつふん中の含有量が多い。そこで飼料中の銅・亜鉛量が多い子豚と排せつふん量が多い肥育豚を対象とし、銅・亜鉛添加低減飼料の給与試験を行い、豚の成育とふん中の銅・亜鉛含量の低減を試験する。更に、豚ふん堆肥を用い、ポット連用試験を行い、作物への影響を探究する。

### 【成果の概要】

#### 1) 濃厚飼料に由来する重金属調査

都内および那須塩原市内農家と青梅センターより乳用牛用 39 点、肉用牛用 5 点、豚用 29 点、採卵鶏用 37 点の飼料を収集し、生育ステージおよび種類別に集計した。収集飼料は硝酸分解、ICP-MS および原子吸光光度計で定量した。畜種別成分含有率の平均値の比較では、銅および亜鉛は豚飼料で高かった(図1)。畜種にかかわらず哺育、育成期の飼料は銅・亜鉛含有率が高い傾向にあった。豚飼料では成育ステージ毎の飼料業界の自主規制値を超えるものもみられた。畜種別の国内総摂取量の概算値をみると、銅は乳用牛、肉用牛、豚でほぼ同程度であり、他の元素は豚や採卵鶏に比べ牛で多い傾向がみられた。(図2)。

今後は豚の銅・亜鉛と同様に他の畜種の重金属についても注意する必要がある。

#### 2) 銅・亜鉛低減飼料給餌試験

① 子豚: 7～8週齢の子豚27頭について銅・亜鉛を日本飼養標準の養分要求量近くまで低減した給与試験を行った。銅・亜鉛低減添加飼料区(2腹, 14 頭)(以下試験区という。)と通常添加飼料区(3腹, 13 頭)(以下, 対照区という。)の2区を設け、2007 年 11 月 16 日から4週給与試験を行い、その間ふん及び飼料の銅・亜鉛分析と子豚の成長状況を調査した。試験区の増体重はやや対照区に劣るが、有意差はなく、肥育期ではほぼ同様の増体重となった。(図3, 図4)。

子豚期の飼料中の銅・亜鉛は日本飼養標準養分要求量を大幅に超える高濃度であった(表 2(2))。その結果、排せつふんは銅で約 700ppm, 亜鉛で約 1,200ppm と極めて高い含有量を示した。子豚期の成育は不安定な要素が多いとはいえ、今後の試験の積み重ねにより子豚飼料

中の銅・亜鉛添加の適正化を図る必要がある(表3(2))。

② 肥育豚:2006 年度試験ではトウキョウX用指定飼料への銅・亜鉛添加量を標準添加量の80%低減(20%区), 無添加(0%区), 標準添加(指定標準飼料, 対照区)の3試験区を設けた。12週齢のトウキョウX豚を各区5頭ずつ供試し, 出荷体重(115kg)まで肥育した。給餌は6月30日より開始した。2007 年度では子豚期の試験に引き続き, 一部の子豚について銅・亜鉛を低減したトウキョウX用指定飼料を給餌し, 肥育期から出荷まで試験を継続した。2006,2007 年度試験とも肥育試験の結果は区間差がなく良好であった。と体検査でも形質も正常であり, トウキョウX独自の格付けも良好であった(表1)。

飼料添加物中の銅・亜鉛を低減しても, 配合飼料は飼料原料から由来する銅・亜鉛を含有する。このため, 対照区に対する低減割合の値はこれに規定され変化する。2006, 2007 年度年度の対照区に対する低減割合は表2のとおりである。

排せつふんは 2006 年度は肥育期間中2週に1回, 各試験区画の約 1 日分を混合縮分して採取し, 調整後, 原子吸光光度計で測定した。2007 年度は1ヵ月に1回, 計3回採取し分析に供した。対照区の銅・亜鉛含有量は両年度ともほぼ同様の値であった(表3)。

以上から, 肥育豚では飼料中の銅・亜鉛添加量を減らしても豚の増体重やと体成績に影響はなく, ふん中の銅・亜鉛含量も低減することを確認した。

3) 銅・亜鉛低減堆肥の施用試験:腐植質黒ボク土(漸移層)に 2006 年度試験から製造した豚ふん・剪定枝混合堆肥(容量比1:1)堆肥を水分50%換算で10aあたり1.0, 2.0 tに相当する2区を設け, それぞれに施肥基準量に相当する化学肥料を添加し, 1/5000aワグネルポットで連用試験を行った。

供試堆肥の銅・亜鉛含有率の減少傾向は排せつ豚ふんの減少と同傾向であったが堆肥の銅・亜鉛の値が高い原因は副資材剪定枝中の銅・亜鉛含有量の影響である(表3(1), 表5)。収量調査結果では, 1作目(以下, Iと言う)で同一堆肥区では2.0 t/10a区(以下, 2.0と言う)が1.0 t/10a区(以下, 1.0と言う)に勝っていたにもかかわらず, 2作目(以下, IIと言う)では1.0より下まわっている。この原因は, IIでは堆肥分解にともなう窒素の有機化がわずかながら生じ, 収量に影響したものと考えられる(表5)。Iの跡地について銅・亜鉛全量および0.1M塩酸可溶性部分について分析したが, 0.1M塩酸可溶部分は極めて少なく, かつ添加堆肥との相関性はなかった(図5)。

コマツナ(現物)の含有率は, Iでは銅, 亜鉛とも全ての区ではほぼ同値であったが, IIでは銅は若干量増加, 亜鉛では増減しているものの, IとIIの差は明瞭ではない。窒素の有機化による収量への影響がコマツナの銅・亜鉛吸収量に影響を与えたものと考えられる(表6)。

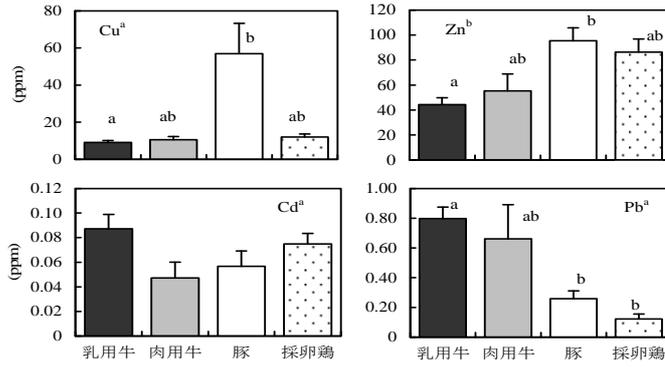
以上の結果, 土壌施用堆肥の銅・亜鉛含有量(率)とコマツナへの含有量(率)は連動せず, また, 土壌の0.1M塩酸可溶性部分の量とコマツナ中含有量との間に関係があると思われたが, 本試験では明らかではない。今後の継続調査が必要である(表6)。

#### 【成果の活用留意点】

- 1 都内畜産農家で銅・亜鉛低減肥育試験行い, その結果を全畜産農家, および飼料製造業者までに広げ, 豚ふん施用からの銅・亜鉛の農地への蓄積を防ぐ。
- 2 土壌条件を考慮しながら堆肥連用試験を行い, 作物への銅・亜鉛吸収の詳細な検討を行う。

#### 【発表資料】

平成18年度 成果情報

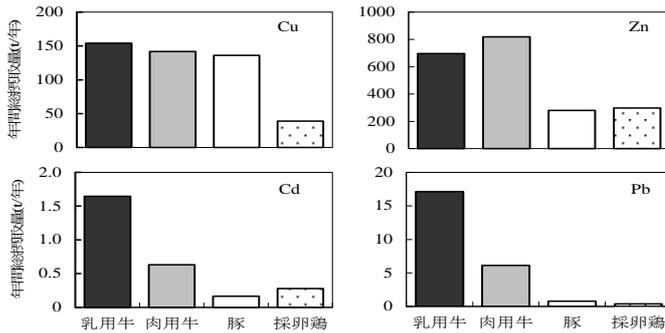


a: Cu, Cd, Pb  
異なるアルファベットは  
クラスカル・ウォリス検定,  
Scheffeの多重比較法で1%有意

b: Zn  
異なるアルファベットは  
Fisherの最小有意差法で  
1%有意

注) グラフの I は標準誤差を示す  
試料数は乳用牛37, 肉用牛8,  
豚13, 採卵鶏8

図1 飼料中の重金属含有率(平均値)



定量結果と「日本飼養標準」,  
平成 17 年畜産物生産費,  
畜産統計(平成 18 年2月1日  
現在)」等の文献値を用い  
て家畜の摂取量を概算で  
算出したもの

図2 国内における家畜の総重金属摂取量

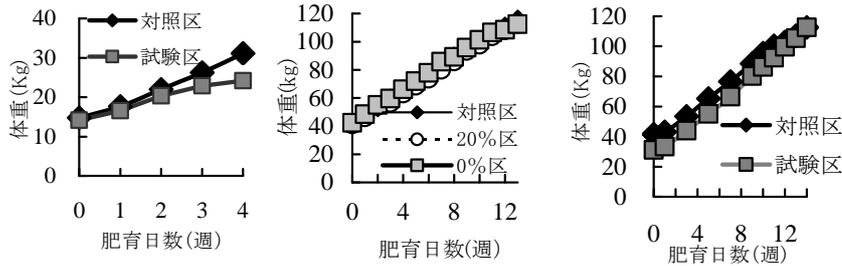


図3 子豚の体重変動

図4 肥育期豚の体重変動

表1 肥育試験結果

試験区	と畜日齢 (日)	日増体重 (kg/日)	飼料摂取量 (kg/日)	飼料 要求率	枝肉重量 (kg)	背脂肪厚 (cm)	
						銅	亜鉛
2006 年度	対照区	181.5 ± 4.0 <sup>a</sup>	0.66 ± 0.01	3.54	4.32	75.3	2.6 ± 0.5
	20%区	181.8 ± 7.4	0.66 ± 0.03	3.49	4.22	75.0	2.8 ± 0.4
	0%区	179.4 ± 9.1	0.66 ± 0.03	3.38	4.03	74.8	2.9 ± 0.4
2007 年度	対照区	195.6 ± 12.5	0.73 ± 0.08	3.07	4.27	74.2	/
	試験区 <sup>b</sup>	186.5 ± 7.0	0.84 ± 0.07	2.99	4.11	72.0	

a) 平均値±標準偏差 b) 飼料添加物の量を銅0, 亜鉛50%低減(16,000ppm)した飼料を給与。

表2 飼料の重金属含有率

試験区	(1) 2006年度		(2) 2007年度							
	含有率(乾物ppm)		対照区に対する割合(%)		区分	含有率(現物ppm)		対照区に対する割合(%)		
	亜鉛	銅	亜鉛	銅		銅	亜鉛	銅	亜鉛	
対照区	57.2 ± 7.2 <sup>a</sup>	14.0 ± 3.8	100.0	100.0	子豚用	対照区	120.9	207.5	100.0	100.0
20%区	40.8 ± 4.2	9.8 ± 3.7	71.4	69.6		試験区 <sup>b</sup>	12.0	76.0	9.9	36.6
0%区	33.8 ± 3.8	7.3 ± 3.1	59.1	52.2		肥育豚用	対照区	11.5	53.3	100.0
					試験区 <sup>c</sup>		6.3	43.2	54.8	81.1

a) 平均値±標準偏差

a) 供試飼料は20Kg入り3袋から採取し、同量をよく混合して、1mm以下に粉碎。

b) 飼料添加物量の添加量を銅0, 亜鉛50ppmに低減した飼料。

c) 飼料添加物中の量を銅0, 亜鉛16,000ppmに低減した飼料。

表3 排せつふん中重金属の含有率と日排出量

(1) 2006年度

試験区	日ふん量 (kg/日/頭)	重金属含有率 (乾物ppm)				対照区に対する割合 (%)		日排出量 (mg/日/頭)	
		亜鉛 <sup>a</sup>		銅 <sup>a</sup>		亜鉛	銅	亜鉛	銅
対照区	0.76 ± 0.12 <sup>b</sup>	177.4 ± 24.8	a	37.1 ± 9.8	a	100.0	100.0	135.7	28.6
20%区	0.66 ± 0.13	138.0 ± 22.5	b	26.2 ± 4.3	b	78.8	72.5	89.1	17.5
0%区	0.72 ± 0.14	115.9 ± 21.3	b	23.8 ± 5.3	b	66.4	64.9	84.2	17.3

a) a:異なるアルファベットはFisherの最小有意差法で1%有意。 b) 平均値±標準偏差,値は乾物値。

(2) 2007年度

	供試頭数	日ふん量 (Kg/日/頭)	重金属含有率(乾物ppm)				対照区に対する割合(%)		日排出量(mg/日/頭)	
			銅		亜鉛		銅	亜鉛	銅	亜鉛
子豚 対照区	13	0.46 ± 0.02 <sup>a</sup>	719.5 ± 61.7	1163.6 ± 140.8	100.0	100.0	71.5	115.3		
子豚 試験区	14	0.52 ± 0.08	107.0 ± 26.3	423.5 ± 26.2	55.5	26.7	10.2	38.9		
肥育豚 対照区	5	3.08 ± 0.07	35.0 ± 5.7	180.1 ± 18.3	100.0	100.0	23.7	124.4		
肥育豚 試験区	5	2.75 ± 0.03	22.2 ± 1.9	142.7 ± 9.0	63.4	79.2	14.7	94.6		

a) 平均値±標準偏差

表4 供試堆肥の銅・亜鉛含有率とポット中の含有量

	水分(%)	含有率(乾物ppm)		含有率(50%水分換算ppm)		施用量1.0 t/10a区		施用量2.0 t/10a区	
		銅	亜鉛	銅	亜鉛	銅mg/ポット	亜鉛mg/ポット	銅mg/ポット	亜鉛mg/ポット
対照区堆肥	13.5	108.9	446.5	54.4	223.3	1.1	4.5	2.2	8.9
20%区堆肥	13.3	73.1	315.9	36.6	158.0	0.7	3.2	1.5	6.3
0%区堆肥	15.3	61.0	242.8	30.5	121.4	0.6	2.4	1.2	4.9

表5 豚ふん堆肥連用の収量調査結果

	生体重(g/株)		最大葉長(cm)		葉色	
	I	II	I	II	I	II
対照 1.0	9.0	24.0	18.5	23.9	47.9	45.7
対照 2.0	12.8	23.6	19.8	22.5	51.7	47.3
20% 1.0	8.0	21.0	17.1	22.7	44.7	46.5
20% 2.0	13.1	16.8	20.2	20.4	53.7	42.2
0% 1.0	6.8	22.5	16.8	23.3	46.1	46.9
0% 2.0	13.7	18.0	20.5	20.5	51.5	44.0

a) 対照 1.0:対照区1 t/10a, 対照 2.0:対照区2 t/10aをいう。以下の区も同様。

b) I : 1作目, II : 2作目

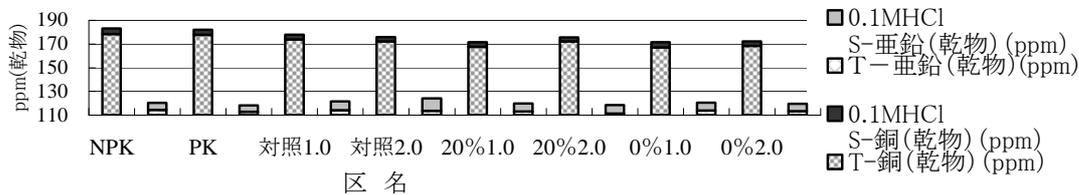


図5 栽培1作跡地土壌の銅・亜鉛全量と可給態(0.1M HCl可溶性(S))銅・亜鉛量

表6 コマツナの1作、2作目の銅・亜鉛含有率と1作目の土壌中可給態量中の割合

	コマツナ中含有量/土壌中可給態量(0.1M HCl可溶)(%)		コマツナ中の含有率(ppm)			
	I		I		II	
	銅	亜鉛	銅	亜鉛	銅	亜鉛
対1.0	0.38	1.70	0.60	5.07	0.60	3.44
対2.0	0.54	1.57	0.55	4.70	0.62	4.99
20%1.0	0.32	1.64	0.55	4.91	0.61	4.04
20%2.0	0.47	2.28	0.45	4.53	0.54	3.95
0%1.0	0.26	1.40	0.58	4.93	0.70	4.93
0%2.0	0.52	2.99	0.50	4.72	0.71	6.41