

和牛産肉能力間接検定成績（2002年度）

運天和彦 真喜志修 棚原武毅 千葉好夫

I 緒 言

沖縄県畜産試験場では、1983年度より種雄牛の遺伝的能力を判定し、産肉性の向上を行なう目的で和牛種雄牛産肉能力検定を実施している。そこで、2002年度に終了した3頭の種雄牛について、その成績を報告する。

II 検定種雄牛および検定方法

検定を実施した種雄牛は、肉用牛群改良基地育成事業により本県で生産した北福波（きたふくなみ）、安谷美（やすたにみ）および安金美（やすかねみ）の3頭で、その概要は表1のとおりである。

検定期間は、北福波が2001年10月8日から2002年10月7日、安谷美と安金美が2002年2月18日から2003年2月17日である。

検定方法は、全国和牛登録協会の和牛種雄牛産肉能力検定法¹⁾（間接法）により実施した。間接法は、検定する雄牛についてその産子（去勢牛）を364日間肥育し、その間の増体量、飼料要求率および肉質等を調査するもので、今回の検定材料牛は北福波および安谷美産子が8頭、安金美産子が9頭を用いて検定を行なった。

表1 検定種雄牛の概要

名 号		北福波	安谷美	安金美
	登 録 番 号	黒原 3793	黒原 3671	黒原3669
	生 年 月 日	'98.10.10	'97.12.22	'97.7.27
	審 査 得 点	82.3	82.4	83.0
	産 地	平良市	石垣市	伊江村
血 統	父	北国7の8	安福165の9	安波土井
	母	はくあり	ひとひめ	ひさみ
	父方祖父	第7糸桜	安 福	安美土井
	母方祖父	安福165の9	安波土井	北国7の3
体型測定値	体 高 (cm)	144.2	142.0	146.0
	十字部高 (cm)	137.0	132.0	142.4
	体 長 (cm)	174.0	164.0	174.6
	胸 囲 (cm)	217.0	211.0	217.0
	胸 深 (cm)	77.0	74.0	80.0
	胸 幅 (cm)	55.0	55.0	54.0
	尻 長 (cm)	58.0	57.0	55.0
	腰角幅 (cm)	53.0	52.0	55.0
	かん幅 (cm)	51.0	48.0	54.0
	坐骨幅 (cm)	33.0	30.0	35.0
	体 重 (kg)	768.0	686.0	812.0
	測定値年齢 (歳)	4.4	5.2	5.6
	検定終了年月日		2002年10月7日	2003年2月17日

注) 体型測定値は北福波、安谷美および安金美とも2003年3月4日の数値である。

Ⅲ 検 定 成 績

検定成績は表2のとおりである。

1. 増体成績

全期間の1日増体量 (DG) は、北福波が0.91kg、安谷美が0.88kg、安金美が0.95kgであり2000年度 (平成12年度) の全国平均値²⁾ のDG0.93kgに比べて、北福波と安谷美がそれぞれ0.02kgおよび0.05kg軽く、安金美が0.02kg重い。

2. 飼料要求率

飼料要求率 (TDN) は、北福波が6.45、安谷美が6.11、安金美が6.34で3頭とも全国平均値の6.57より優れている。

3. 枝肉成績

枝肉重量は、北福波が332kg、安谷美が323kg、安金美が347kgで3頭とも全国平均値の357kgより軽い。

ロース芯面積は、北福波が48cm²、安谷美が47cm²、安金美が46cm²で全国平均値の47cm²より北福波が1cm²大きく、安金美が1cm²小さい。

バラの厚さは、北福波と安谷美が6.2cmで、全国平均値の6.3cmより0.1cm薄く、安金美が6.8cmと全国平均値より0.5cm厚い。

皮下脂肪厚は、北福波が2.1cm、安谷美と安金美が2.3cmで全国平均値の2.1cmに比べて、安谷美と安金美が0.2cm厚い。

筋間脂肪厚は、北福波と安金美が6.5cm、安谷美が6.4cmで3頭とも全国平均値の5.8cmより厚い。

歩留基準値は、北福波が73.7%、安谷美が73.6%、安金美が73.5%で3頭とも全国平均値の73.4%より高い。

脂肪交雑 (BMS) については、北福波が3.3、安谷美が3.0、安金美が2.2で全国平均値の2.6に比べて、北福波と安谷美がそれぞれ0.7および0.4優れ、安金美が0.4劣る。

4. 成績の判定

上記の成績により、北福波と安谷美は供用種雄牛として選抜された。

表2 検定成績 (検定材料牛の平均値)

名 号		北福波	安谷美	安金美	全国平均値(2000)
日 齢	開 始 時 (日)	258.1	265.6	264.9	
	終 了 時 (日)	622.1	629.6	628.9	629.1
体 重	開 始 時 (kg)	229.3	223.1	244.8	
	終 了 時 (kg)	559.8	543.5	590.9	598.0
1日増体量	全 期 間 (kg)	0.91	0.88	0.95	0.93
終了時の 体型測定値	体 高 (cm)	133.5	130.4	132.0	
	体 長 (cm)	156.0	153.9	156.4	
	胸 囲 (cm)	208.6	206.1	211.2	
飼料摂取量 (現物)	濃厚飼料 (kg)	2419	2203	2548	2620
	粗飼料計 (kg)	771	736	710	745
飼料要求率	T D N	6.45	6.11	6.34	6.57
枝肉成績	枝 肉 重 量 (kg)	332	323	347	357
	ロース芯面積 (cm ²)	48	47	46	47
	バラの厚さ (cm)	6.2	6.2	6.8	6.3
	皮下脂肪厚 (cm)	2.1	2.3	2.3	2.1
	歩留基準値 (%)	73.7	73.6	73.5	73.4
	筋間脂肪厚 (cm)	6.5	6.4	6.5	5.8
	脂肪交雑 (BMS)	3.3	3.0	2.2	2.6

IV 引 用 文 献

- 1) 全国和牛登録協会，2000，和牛登録事務必携，58-66，148-151
- 2) 全国和牛登録協会，2002，和牛種雄牛産肉能力検定成績，3

検定補助：伊藤博志，前田昌哉

付属資料1

和牛産肉能力間接検定成績一覧表 (2002年度)

「北福波」

1. 登録番号：黒原3793 (82.3)
2. 生年月日：1998年10月10日
3. 産地：平良市
4. 繋養場所：沖縄県畜産試験場
5. 検定期間：2001年10月8日から2002年10月7日

6. 血統：

父牛 北国7の8 (島根・大田)	—	祖父牛 第7系桜	—	第14茂
		(島根・仁多)		(岡山・苫田)
	—	祖母牛 きたぐに7	—	晴美
		(島根・大田)		(鳥取・八頭)
母牛 はくあり (沖縄・平良)	—	祖父牛 安福165の9	—	安福
		(岐阜・大野)		(兵庫・美方)
	—	祖母牛 いしかわ	—	安波土井
		(沖縄・平良)		(兵庫・美方)

7. 検定材料牛名簿

番 号		1	2	3	4	5
名 号		眺 望	北福桜	福次郎	健 北	金北福
生年月日		2001.2.9	2001.2.1	2001.1.27	2001.1.22	2001.1.21
血統	母	しのぶ	ひでよ4	ゆきの	やすこ	かねこ
	母の父	中部6	福 桜	晴桜2	姫 桜	金秀土井
	祖母の父	安波土井	糸 秀	紋次郎	糸富士	晴 姫
産 地		伊江村	名護市	宜野座村	今帰仁村	今帰仁村

6	7	8
糸福茂	北福栄	北 福
2001.1.17	2001.1.15	2001.1.9
いとしげ	いっしき	いしまつ
糸 松	高 栄	晴 姫
糸 茂	晴 姫	富士晴
石垣市	平良市	平良市

8. 検定成績

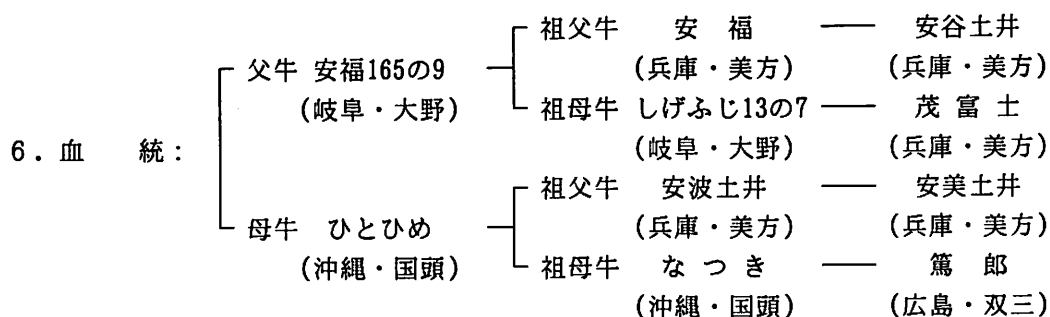
材料牛番号	1	2	3	4	5	6	7	8	平均
開始時日令	241	249	254	259	260	264	266	272	258.1
開始時体重(kg)	254	209	216	238	184	238	256	239	229.3
終了時体重(kg)	644	534	490	610	476	588	544	592	559.8
1日平均増体量(kg)	1.07	0.89	0.75	1.02	0.80	0.96	0.79	0.97	0.91
枝 肉 重 量(kg)	378	314	283	364	284	356	316	359	332
ロース芯面積(cm ²)	61	52	42	49	45	45	40	46	48
ハラの厚さ(cm)	6.7	6.1	5.5	7.0	5.7	6.5	5.6	6.3	6.2
皮下脂肪厚(cm)	2.6	1.5	1.8	1.8	1.8	1.9	2.7	2.5	2.1
歩留基準値(%)	74.8	75.0	73.4	74.3	73.9	73.4	71.9	72.8	73.7
脂肪交雑(BMS)	4.00	4.00	2.67	5.00	2.67	3.00	2.00	2.67	3.3
格 付	A-5	A-5	A-4	A-5	A-5	A-5	B-4	A-5	

付属資料2

和牛産肉能力間接検定成績一覧表(2002年度)

「安谷美」

1. 登録番号：黒原3671(82.4)
2. 生年月日：1997年12月22日
3. 産地：石垣市
4. 繋養場所：沖縄県畜産試験場
5. 検定期間：2002年2月18日から2003年2月17日



7. 検定材料牛名簿

番 号	1	2	3	4	5	
名 号	安谷福	城安谷	浜 美	宙桜23	春谷美	
生年月日	2001.6.25	2001.6.5	2001.6.4	2001.5.30	2001.5.25	
血 統	母 母の父 祖母の父	ふくお 福谷 第3吾妻富士	ぼたん 中部6 晴 姫	ひろなみ 晴 姫 篤 郎	ひめひかり3の3 第5島桜 糸 光	はるひめ 神高福 金 一
産 地	城辺町	伊江村	国頭村	名護市	伊江村	

6	7	8
真理安 2001.5.20	友 安 2001.5.14	桃太郎 2001.5.11
まりこ 晴 姫 富士晴 伊江村	ともみ 糸富士 安波土井 今婦仁村	けいこ 糸 藤 忠 福 伊江村

8. 検定成績

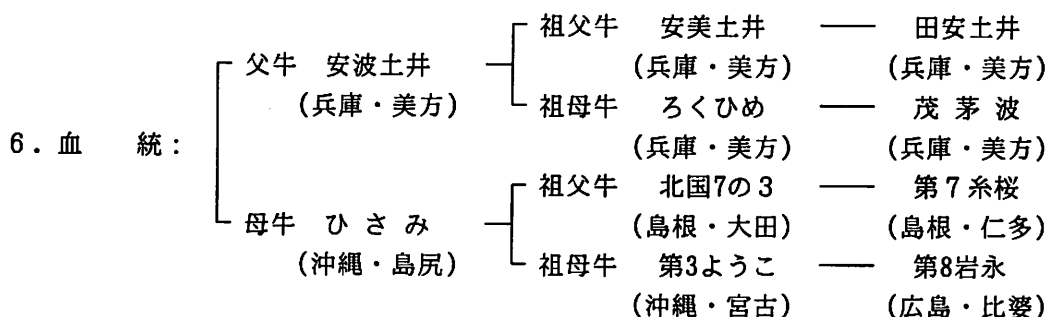
材料牛番号	1	2	3	4	5	6	7	8	平均
開始時日令	238	258	259	264	269	274	280	283	265.6
開始時体重(kg)	216	213	213	223	235	208	210	267	223.1
終了時体重(kg)	564	554	548	570	552	544	476	540	543.5
1日平均増体量(kg)	0.96	0.94	0.92	0.95	0.87	0.92	0.73	0.75	0.88
枝肉重量(kg)	339	335	322	330	330	312	294	322	323
ロース芯面積(cm ²)	46	49	47	43	53	47	49	44	47
ハラの厚さ(cm)	5.5	6.9	5.4	6.1	6.8	5.6	6.4	6.6	6.2
皮下脂肪厚(cm)	1.4	2.1	3.5	3.0	1.8	2.1	2.2	2.2	2.3
歩留基準値(%)	73.6	74.3	71.9	72.3	75.1	73.5	74.4	73.5	73.6
脂肪交雑(BMS)	1.67	3.00	3.00	2.67	4.00	2.33	5.00	2.67	3.00
格 付	8	A-3	A-5	B-4	A-4	A-5	A-4	A-5	A-4

付属資料3

和牛産肉能力間接検定成績一覧表 (2002年度)

「安金美」

1. 登録番号：黒原3669 (83.0)
2. 生年月日：1997年7月27日
3. 産地：伊江村
4. 繫養場所：沖縄県畜産試験場
5. 検定期間：2002年2月18日から2003年2月17日



7. 検定材料牛名簿

番号	1	2	3	4	5	
名号	安福美	谷美	藤金	安花美	晴千代	
生年月日	2001.6.12	2001.6.12	2001.6.8	2001.6.4	2001.6.1	
血統	母	しま96	たにみ	ふなみ	うめはな9	いとちよ
	母の父	糸福	谷水	藤波	花桜	晴姫
	祖母の父	金福3	晴美	糸光	晴美	糸富士
産地	石垣市	石垣市	石垣市	石垣市	石垣市	

6	7	8	9
安系美	安竹美	福金美	安平茂
2001.5.20	2001.5.18	2001.5.18	2001.5.14
いととよ	たけひめ	ひめまつ	かつよ
糸文	金徳	福松波	平茂勝
糸富士	忠福	糸光	忠福
石垣市	石垣市	石垣市	石垣市

8. 検定成績

材料牛番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均
開始時日令	251	251	255	259	262	274	276	276	280	264.9
開始時体重(kg)	243	219	228	258	232	258	260	249	256	244.8
終了時体重(kg)	632	608	546	598	576	616	622	566	554	590.9
1日平均増体量(kg)	1.07	1.07	0.87	0.93	0.95	0.98	0.99	0.87	0.82	0.95
枝肉重量(kg)	365	362	321	346	339	364	362	333	327	347
ロース芯面積(cm ²)	42	56	46	44	50	47	45	40	45	46
ハラの厚さ(cm)	6.6	6.7	6.5	7.5	6.2	7.2	7.0	6.6	6.6	6.8
皮下脂肪厚(cm)	2.6	2.0	2.0	2.3	1.7	2.3	3.1	2.6	2.0	2.3
歩留基準値(%)	72.4	74.9	73.9	73.7	74.3	73.7	72.6	72.5	73.8	73.5
脂肪交雑(BMS)	2.67	1.33	2.00	1.67	3.00	2.33	2.67	1.67	2.67	2.20
格付	A-4	A-3	A-3	A-3	A-5	A-4	A-5	A-3	A-5	

肥育豚の厚脂防止対策試験

(2)茶葉添加飼料による肥育試験

大城まどか 伊禮判 鈴木直人 太田克之
渡久地政康

I 要 約

肥育豚の背脂肪厚低減および未利用資源の有効利用を目的として、茶葉摘採後の整枝作業によってでる副産物の茶葉を用い、茶葉3%区、茶葉1%区および無添加の対照区を設定し、体重約50kgの去勢豚12頭を4頭ずつ配置し肥育試験を行なったところ以下のとおりであった。

1. 1日平均増体重は、茶葉添加割合の増加にともない減少する傾向が認められた。
2. 背脂肪厚（背、腰、3部位平均）は、茶葉添加割合の増加にともない減少する傾向が認められた。
3. 格付「上」の頭数は、茶葉3%区で3頭、茶葉1%区で1頭、対照区で1頭であった。
4. 枝肉価格は、茶葉添加割合の増加にともない高くなる傾向が認められた。

以上のことより、整枝作業によってでる茶葉を肥育豚用飼料に3%添加することによって、1日平均増体重の減少が認められるものの、背脂肪厚の低下により格付が向上し枝肉価格の上昇が認められ、今後茶葉を肥育豚用飼料への添加物として有効利用できると考えられた。

II 緒 言

沖縄県における豚枝肉の格落ち原因の大部分は、厚脂によるもの¹⁾であり、上物率の向上を図るには肥育豚の厚脂防止対策が重要である。

最近の報告^{2, 3)}において、茶葉や茶殻を肥育豚に給与すると背脂肪厚が低下する傾向が認められている。また、茶葉は1番茶、2番茶等の製品の摘採後に整枝作業も行なわれており、その作業によってでる副産物はあまり有効利用されていない。

そこで今回は、肥育豚の背脂肪厚低減および未利用資源の有効利用を目的として、茶葉添加飼料給与による肥育試験を行なったので報告する。

III 材料および方法

1. 試験場所および期間

試験は、沖縄県畜産試験場で2002年4月から同年8月にかけて実施した。

2. 試験区分および飼養管理

市販の肥育豚後期用飼料（TDN78.0%, DCP13.0%）を給与する対照区、対照区の飼料に茶葉を乾物で1%添加する茶葉1%区、3%添加する茶葉3%区の計3区を設定した。飼養管理は、当場の2.7m×3.6mの豚房に群飼し、不断給餌、自由飲水とし、出荷まで供試飼料の給与を行なった。

3. 供試豚

供試豚は、当場で生産された約110日齢、体重約50kgの3元交雑種（LW・D）で、3腹12頭の去勢豚を4頭ずつ配置した。

4. 供試茶葉

供試茶葉は、鹿児島県にある独立行政法人野菜茶業研究所で栽培されている紅茶用の品種「べにふうき」の整枝作業によって刈取られものを120℃で1時間乾燥し供試した。供試茶葉の葉と枝の割合は乾物重量比で7:3であり、2mmのふるいを通るように粉碎機で粉碎後、飼料に添加した。供試茶葉の成分は表1に示すとおりである。

表1 供試茶葉の成分(乾物中%)

	水分	粗タンパク質	粗脂肪	粗繊維	粗灰分	カフェイン	カテキン類
茶葉	6.73	19.75	1.67	26.40	5.05	2.48	8.84

注)カフェインおよびカテキン類は、独立行政法人野菜茶業研究所分析値。

5. 調査項目および調査方法

1) 発育成績

発育成績は、肥育日数、1日平均増体重、飼料摂取量および飼料要求率について調査した。

2) 枝肉成績

枝肉成績は、供試豚の体重が100kgに達した時点で順次と殺し、枝肉の解体および測定は豚産肉能力検定実務書⁴⁾に準拠して行なった。調査は、枝肉重量、背脂肪厚、ロース断面積、肉色について行なった。

3) 格付および枝肉価格

調査は、格付および枝肉価格について行なった。枝肉価格については、2001年度は牛海綿状脳症(BSE)の影響で平均生産者価格が上昇したため、2000年度平均生産者価格を用いた。

IV 結 果

1. 発育成績

発育成績を表2に示した。1日平均増体重は、茶葉添加割合の増加にともない減少したが、有意差は認められなかった。飼料要求率は、茶葉添加区で低い傾向が認められた。

表2 発育成績

	供試頭数 (頭)	開始時体重 (kg)	終了時体重 (kg)	肥育日数 (日)	1日平均増体重 (g/日)	飼料摂取量 (kg/日/頭)	飼料 要求率
対 照 区	4	50.3±3.7	108.1±2.9	74.0±21.6	819.7±177.5	2.77	3.55
茶 葉 1 % 区	4	51.1±6.2	104.1±1.7	72.0±11.5	744.7± 76.4	2.45	3.32
茶 葉 3 % 区	4	50.4±4.2	107.5±2.4	82.5±26.3	728.1±152.4	2.32	3.35

注) 飼料摂取量(kg/日/頭)=群の試験期間内摂取量/頭数/肥育日数の平均。

2. 枝肉成績

枝肉成績を表3に示した。枝肉成績は、すべての項目において有意差は認められなかったが、背脂肪厚(背、腰、3部位平均)は、茶葉添加割合の増加にともない薄くなる傾向が認められた。

表3 枝肉成績

	供試頭数 (頭)	枝肉重量 (kg)	背脂肪厚(cm)				ロース断面積 (cm ²)	肉色
			肩	背	腰	3部位平均		
対 照 区	4	74.9±3.2	3.5±0.6	2.4±0.8	3.8±0.5	3.23±0.61	20.6±3.73	2.9±0.3
茶葉1%区	4	71.5±2.4	3.5±0.5	2.3±0.3	3.4±0.4	3.06±0.28	20.5±2.76	3.1±0.3
茶葉3%区	4	74.6±1.4	3.5±0.4	2.0±0.4	3.1±0.4	2.88±0.33	19.9±1.46	2.8±0.3

3. 格付および枝肉価格

格付および枝肉価格を表4に示した。格付は茶葉添加割合の増加にともない向上し、「上」の頭数は茶葉3%区で3頭であった。枝肉価格は、有意差は認められないものの茶葉添加割合の増加にともない高くなる傾向が認められた。

表4 格付および枝肉価格

	供試頭数 (頭)	上 (頭)	中 (頭)	並 (頭)	等外 (頭)	枝肉価格(円/頭)
対 照 区	4	1	1	1	1	24,060±2,519
茶 葉 1 % 区	4	1	2	1	-	24,601±2,480
茶 葉 3 % 区	4	3	1	-	-	27,928±2,049

注) 枝肉価格は2000年度平均生産者価格⁵⁾で、上を385円、中を341円、並を309円、等外を265円とした。

V 考 察

肥育豚の背脂肪厚低減を目的として、茶葉添加飼料給与による肥育試験を行なった。

鈴木ら²⁾は、肥育豚への茶葉添加飼料の給与により、皮下脂肪厚が低下したと報告している。また、桑野ら⁶⁾は、ラットへの緑茶添加飼料の給与により腹腔内脂肪量の低下や脂肪肝の解消がみられ、これらは添加した緑茶のカフェインによる脂質代謝の活性化、タンニン、食物繊維やクロロフィルによる脂質代謝の正常化、その他の緑茶の未知物質による影響およびそれらの相乗作用によるものであると考察している。池ヶ谷⁷⁾は、カフェインを摂取すると皮下脂肪がエネルギー源として優先的に利用され、摂取した炭水化物は、一時的にグリコーゲンとして肝臓や筋肉中に貯えられる量が多くなると述べており、Oksbjergらの報告⁸⁾では、飼料1kgあたり560mgのカフェインを添加した飼料を去勢豚の体重が55kgから100kgに達するまで給与し、皮下脂肪重量を11.6%低減している。

これらのことより、肥育豚への茶葉添加飼料給与による背脂肪厚の低下は、カフェインによる脂質代謝の活性化によるものだと考えられる。

今回の試験においても、茶葉添加飼料の給与により背脂肪厚が薄くなる傾向が認められた。しかし、1日平均増体重の低下にともない、肥育日数の延長がみられた。これは、供試茶葉に枝部が3割含まれており繊維質が多いことや、カフェインの苦み⁹⁾等の原因で、飼料の嗜好性が低下し飼料摂取量が低下したためではないかと考えられた。制限給餌法は不断給餌法より増体は劣るが、一般に体脂肪量が少なくなり、枝肉の厚脂肪と飼料効率が改善される¹⁰⁾が、今回の試験においても同様の結果であり、背脂肪厚の低下が、飼料摂取量の低下およびカフェインによる脂質代謝の活性化の両方の要因によるものか、どちらか一方の要因によるものか明確な特定ができなかった。

今回の試験では、整枝作業によってでる茶葉を肥育豚用飼料に3%添加することによって、1日平均増体重の減少が認められるものの、背脂肪厚が低下し、格付の向上および枝肉価格の上昇が認められ、今後茶葉を肥育豚用飼料への添加物として有効利用できると考えられた。また今後は、増体を損なわない茶葉添加技術の確立、茶葉の添加割合および添加時期、肉質への影響の検討が必要である。

謝 辞

本研究を行なうにあたり、茶葉を提供していただいた独立行政法人野菜茶業研究所の武田善行氏に感謝申し上げます。

VI 引 用 文 献

- 1) 山城倫子・宇地原務・伊禮判・仲宗根實, 1999, 沖縄県における上物豚肉生産に影響する要因の分析(1)養豚一貫経営農家における枝肉出荷成績の年間推移, 沖縄畜試研報, 37, 71-77
- 2) 鈴木啓一・門脇宏・日野正浩・田村勝男, 2000, お茶添加飼料給与が豚の産肉, 肉質に及ぼす影響, 日豚会誌, 37(4), 177
- 3) 坂井隆宏・池田博司・脇屋裕一郎・山下大司, 2000, 肉豚に対する茶がらの給与試験, 佐賀県畜産試験場試験研究成績書, 37, 124-128

-
- 4)日本種豚登録協会, 1991, 豚産肉能力検定実務書, 24-33
 - 5)沖縄県農林水産部畜産課, 2002, おきなわの畜産, 38
 - 6)桑野和民・酒巻千波・押田敏雄・猪股智夫・三田村敏男, 1989, 市販緑茶の直接摂取について(第2報)ラットの生体に及ぼす緑茶粉末の影響, 日本家政学会誌, 40(11), 975-981
 - 7)池ヶ谷賢次郎, 1988, スポーツとカフェイン, 食の科学, 119, 43-48
 - 8)Oksebjerg and M.T.Sorensen, 1995, Separate and combined effects of ephedrine and caffeine on protein and lipid deposition in finishing pigs, *Animal Science*, 60(2), 299-305
 - 9)玉虫文一・富山小太郎・小谷正雄・安藤鋭郎・高橋秀俊・久保亮五・長倉三郎・井上敏, 1971, 岩波理化学事典第3版, 254, 岩波書店
 - 10)農林水産省農林水産技術会議事務局, 1998, 日本飼養標準・豚(1998年度版), 39, 中央畜産会

研究補助：仲程正巳，又吉博樹

琉球在来豚（アグー）を活用した銘柄豚の確立

(1)アグーの体型調査

大城まどか 伊禮判 鈴木直人 太田克之
渡久地政康

I 要 約

県内のアグー42頭について、乳頭数、体重、体長、胸囲、体高、胸深、前幅、胸幅、後幅、管囲および背脂肪厚の調査を行なったところ、その結果は以下のとおりであった。

1. 平均乳頭数は12.4個であった。
2. 発育曲線において、4か月齢の体重は雌雄ともに約40kgで、10か月齢では雄60kg、雌70kgとなり、20か月齢で雌雄ともに約90kgとなった。
3. 成豚の体型は、雄では体重106.0kg、体長112.8cm、胸囲104.4cm、体高62.2cm、胸深35.9cm、前幅34.7cm、胸幅31.1cm、後幅32.9cm、管囲19.4cm、背脂肪厚1.6cmであった。
4. 成豚の体型は、雌では体重115.2kg、体長108.8cm、胸囲113.9cm、体高63.7cm、胸深38.8cm、前幅33.0cm、胸幅30.1cm、後幅33.9cm、管囲18.9cm、背脂肪厚2.2cmであった。

II 緒 言

近年、食肉に対するニーズが多様化しており安全でおいしい豚肉を求める消費者も多く、全国的に肉質等に特色のある品種および系統豚を利用し銘柄化を図っている。本県の豚の飼養頭数は、近年30万頭前後の横這い状態で推移しており¹⁾、今後の生産体制の強化を図るためには、本県の特色を生かした銘柄豚の確立が必要である。本県には戻し交配により復元された琉球在来豚（アグー）²⁾がいるが、その特性についてはあまり知られていない。

そこで今回は、基礎調査としてアグーの体型調査を実施したので報告する。

III 材料および方法

1. 調査豚

調査は、沖縄県畜産試験場（畜試）、沖縄県立北部農林高等学校（北農）、および農家1戸で飼養されているアグー42頭について行なった。なお、調査豚はアグー保存会においてアグーと認定され耳表が装着されたものである。調査豚の代表的な体型を示した雌雄の写真を写真1および写真2に示した。



写真1 琉球在来豚アグー（♂）

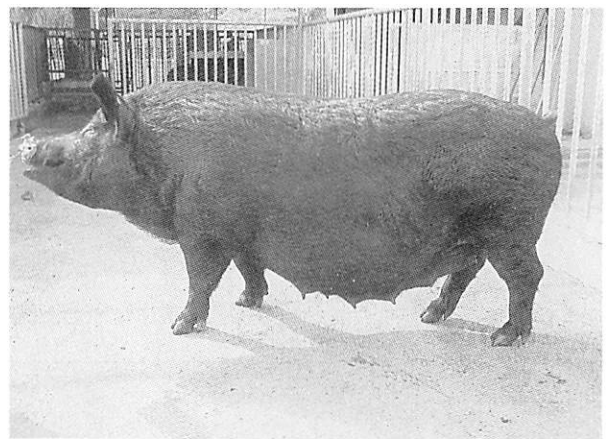


写真2 琉球在来豚アグー（♀）

2. 調査期間

調査は、2002年7月から同年8月にかけて実施した。

3. 調査項目

調査項目は、乳頭数、体重、体長、胸囲、体高、胸深、前幅、胸幅、後幅、管囲および背脂肪厚である。

4. 調査方法

背脂肪厚は体長の1/2部位で正中線から2~3cm離れたところの背脂肪の厚さを超音波家畜生体肉質測定装置（富士平工業社製）により測定した。発育曲線は、Gompertz曲線³⁾ $y=Ka^b$ を用いて作成した。なお、0~60日齢までの体重は、当場の調査豚について過去に測定したデータを用いた。

IV 結果および考察

1. 乳頭数の違いによる頭数分布割合および平均乳頭数

乳頭数の違いによる頭数分布割合および平均乳頭数を表1に示した。乳頭数12個の頭数分布割合が最も高く39.1%で、次いで13個の26.8%、14個の17.1%であった。平均乳頭数は12.4個であった。大石⁴⁾の報告では、品種別の平均乳頭数は、ランドレースで13.8個、大ヨークシャーで13.8個、ハンブシャーで13.3個、デュロックで12.7個となっており、松元ら⁵⁾の報告では、パークシャーの平均乳頭数は13.98個となっている。アグーは、5品種よりも平均乳頭数が少なかった。

表1 乳頭数の違いによる頭数分布割合および平均乳頭数

	乳 頭 数 (個)				
	10	11	12	13	14
頭 数 分 布 (%)	2.4	14.6	39.1	26.8	17.1
平均乳頭数 (個)	12.4±1.0				

2. 体重と月齢の関係

体重と月齢の関係を図2に示した。0~5か月齢までの発育曲線は、雄では $y=59.2 \times 0.02^{0.56^x}$ ($p<0.001$)、雌では $y=53.2 \times 0.01^{0.49^x}$ ($p<0.001$)と表され、5~25か月齢までの発育曲線は、雄では $y=138.1 \times 0.20^{0.93^x}$ ($p<0.001$)、雌では $y=138.1 \times 0.28^{0.94^x}$ ($p<0.001$)と表された。発育曲線において、4か月齢までは雌雄ともに同等の発育を示したが、5か月齢ごろから雌の体重増加が大きくなり、20か月齢以降は雌雄同等の発育に戻った。25か月齢以降は、雌雄ともに発育は停滞した。4か月齢の体重は雌雄ともに約40kgで、10か月齢では雄60kg、雌70kgとなり、20か月齢で雌雄ともに約90kgとなった。

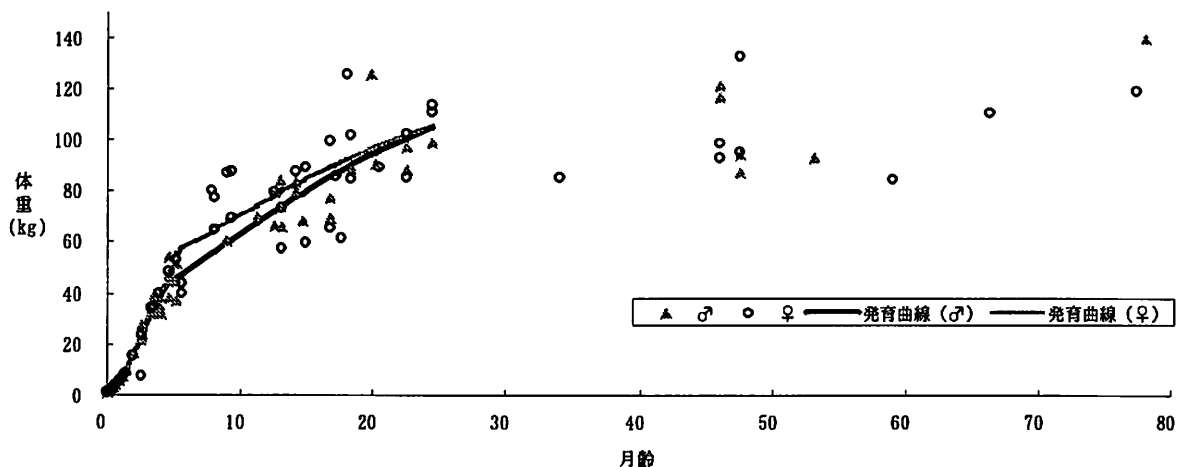


図1 体重と月齢の関係

2. 各部と月齢の関係

各部と月齢の関係を図2～図10に示した。

体長、胸囲、体高、胸深、前幅、胸幅および後幅は、25か月齢まで雌雄ともに月齢の経過にともない増加した。

背脂肪厚において、雄では月齢の経過にともなう増加は認められなかったが、雌では月齢の経過にともない背脂肪厚も増加した。このことから雌では過肥の傾向がみられるため、今後アグーの養分要求量および飼養管理について検討する必要がある。

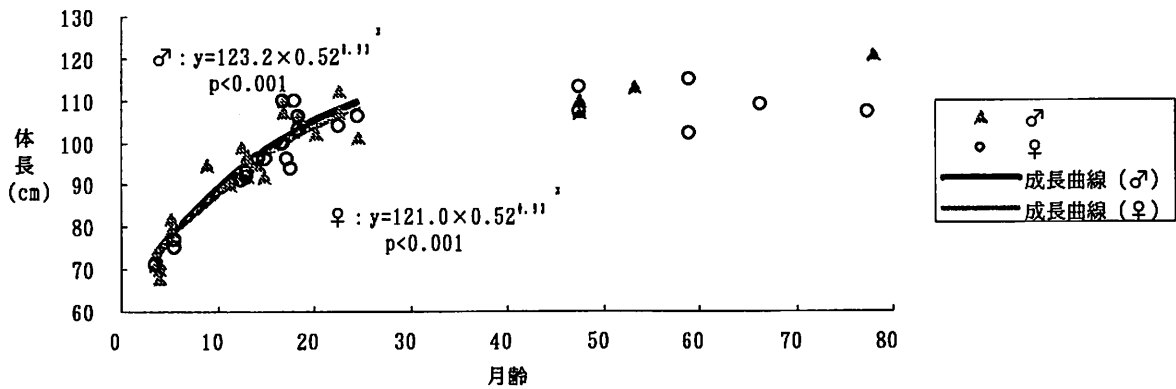


図2 体長と月齢の関係

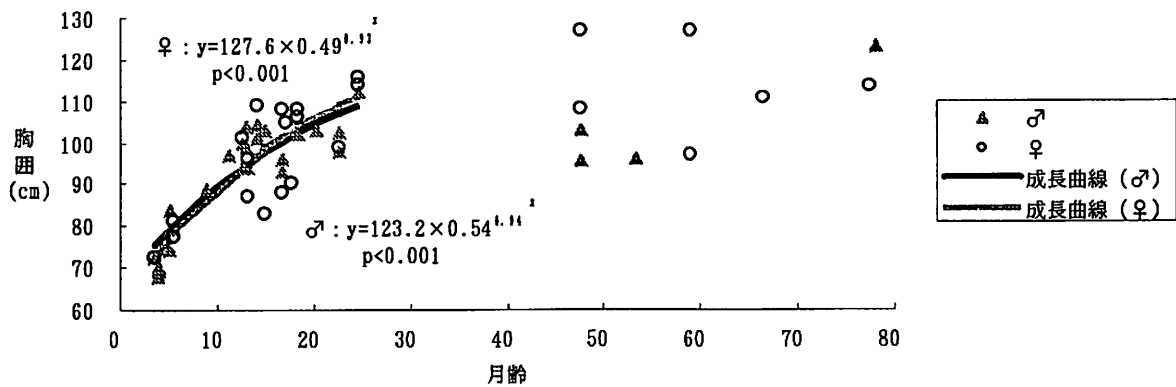


図3 胸囲と月齢の関係

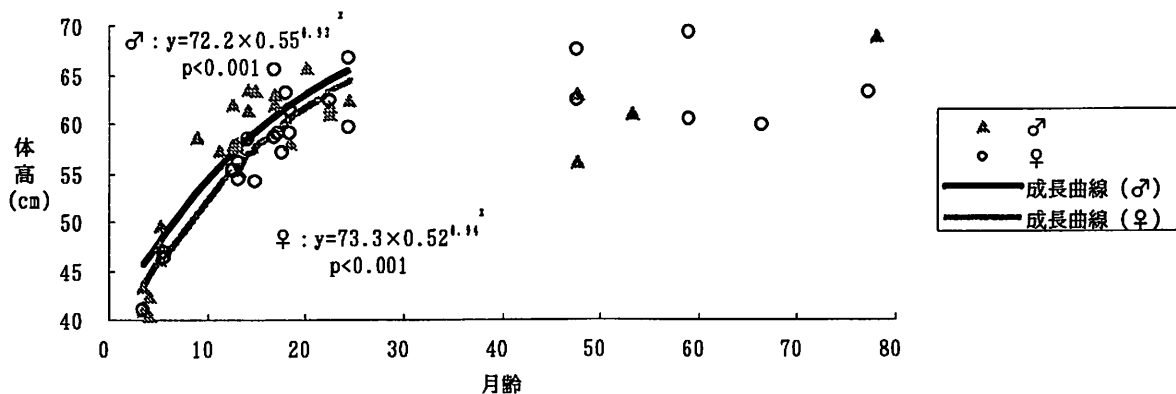


図4 体高と月齢の関係

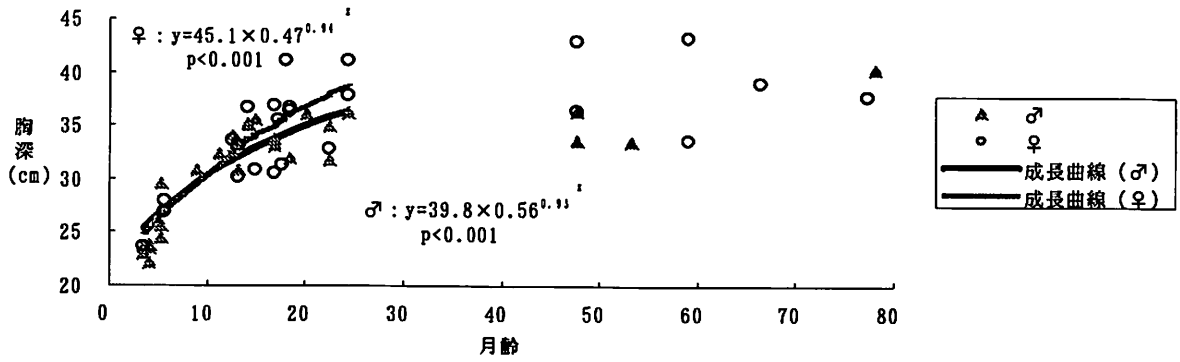


図5 胸深と月齢の関係

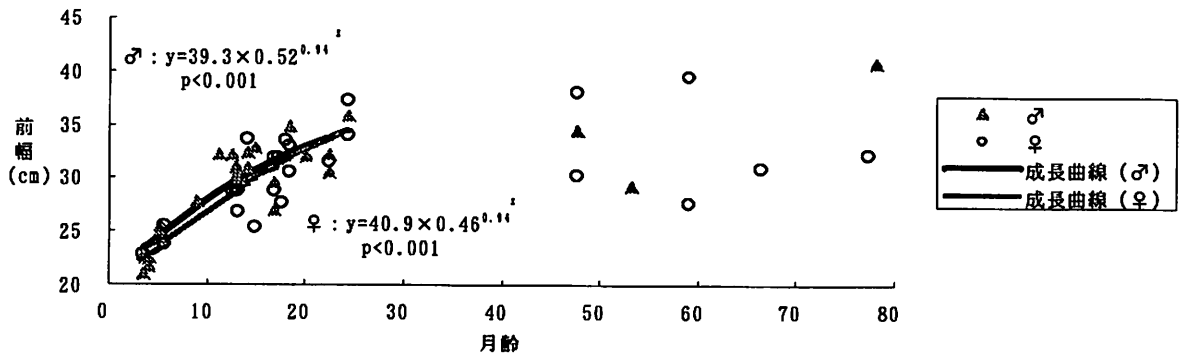


図6 前幅と月齢の関係

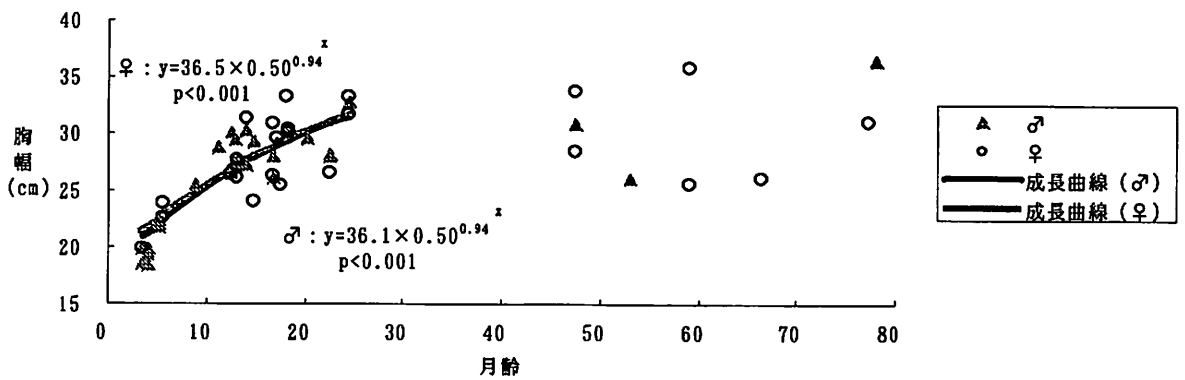


図7 胸幅と月齢の関係

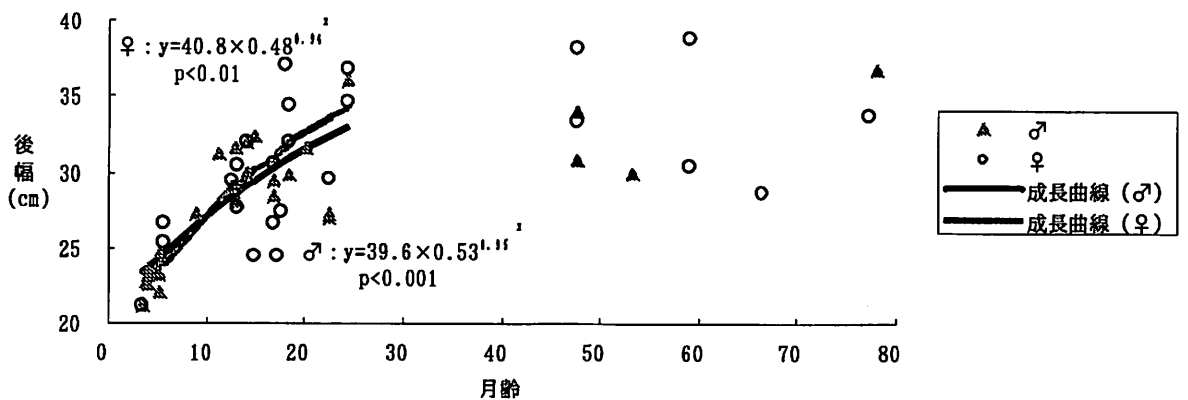


図8 後幅と月齢の関係

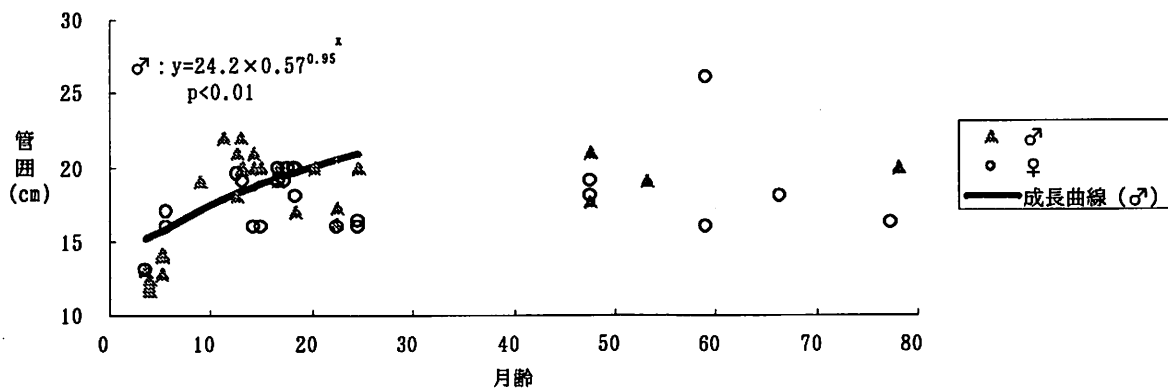


図9 管囲と月齢の関係

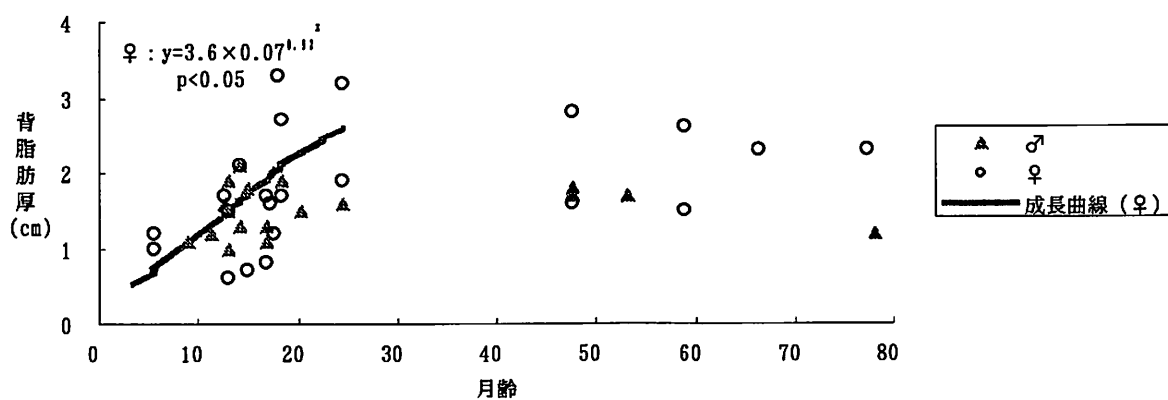


図10 背脂肪厚と月齢の関係

3. 成豚の体型

成豚の体型を表2に示した。25か月齢以降は雌雄ともに発育が停滞したため、25か月齢以上の個体の体型測定値を平均して成豚の体型とした。

雌は体重，胸囲，体高，胸深，後幅および背脂肪厚が雄の値を上回る結果となった。すべての項目において雌雄間に有意な差は認められなかった。

1921年に在来豚の体重は100～120斤（60～72kg）である⁹⁾と報告されている。1924年には，在来豚は体軀が矮小で産肉量が少ないためパークシャー種で改良する⁷⁾と報告されており，現在のアグーは，パークシャー種によって改良された在来豚を戻し交配により復元したものであり，今回の調査結果においても雄112.9kg，雌113.4kgと，1921年当時の在来豚の体重を上回る結果となっており，現在のアグーは原型の在来豚に比べて，肉付きがよくなり体重も増加していると考えられた。

また，1963年に野沢が，比較的在来豚に近いと思われる年齢1歳以上の雌豚28頭について，体高，体長および胸囲の測定を行なっているが，体高65.84cm，体長117.47cm，胸囲121.97cmとなっており⁸⁾，全ての値が今回の測定値を上回っている。野沢のデータは，戻し交配を行ってアグーを復元する以前のものであり，パークシャー種の血が濃く，今回の測定値を上回ったのだと考えられた。

1972年に松元ら⁹⁾は，鹿児島県産，埼玉県産，広島県産および米国産のパークシャー種の種豚登録時（13～14か月齢）の体型測定を行っているが，雄では体重179.0～202.2kg，体長146.1～158.3cm，胸囲130.0～134.7cmとなっており，雌では体重165.2～174.9kg，体長137.8～145.2cm，胸囲131.2～136.6cmとなっている。また英国産パークシャーの管囲¹⁰⁾は，雄では18.2cm，雌では17.5cmと報告されている。これらのことより，パークシャー種にくらべアグーの方が体格はかなり小型であるが，管囲は太い結果となった。

表2 成豚の体型

	♂ (n=4)	♀ (n=6)
体重 (kg)	106.0±28.8	115.2±23.5
体長 (cm)	112.8± 6.0	108.8± 4.7
胸囲 (cm)	104.4±12.9	113.9±11.6
体高 (cm)	62.2± 5.3	63.7± 3.8
胸深 (cm)	35.9± 3.2	38.8± 3.7
前幅 (cm)	34.7± 4.7	33.0± 4.7
胸幅 (cm)	31.1± 4.3	30.1± 4.2
後幅 (cm)	32.9± 3.1	33.9± 4.1
管囲 (cm)	19.4± 1.5	18.9± 3.7
背脂肪厚(cm)	1.6± 0.3	2.2± 0.5

VI 引用文献

- 1)沖縄県農林水産部畜産課, 2002, おきなわの畜産, 5
- 2)宮城吉通, 1998, 沖縄在来豚「アゲー」の復元と沖縄の食文化(1), 畜産コンサルタント, 407,46-50
- 3)吉田実・阿部猛夫, 1987, 畜産における統計的方法, 179, 中央畜産会
- 4)大石有一, 1978, 純粋種豚の能力と雑種利用について, 日豚研誌, 15(3),201-208
- 5)松元計士・永徳正孝・谷口昭二・牧角一栄・宮内泰千代・楠元薩男・西中川駿, 倉谷裕司, 1980, 系統造成豚(パークシャー)の乳頭に関する調査について, 鹿児島畜試研報, 12,152-167
- 6)沖縄県農林水産行政史編集委員会, 1991, 沖縄県農林水産行政史, 10, 759
- 7)沖縄県農林水産行政史編集委員会, 1991, 沖縄県農林水産行政史, 10, 783
- 8)野沢謙, 1967, I. 琉球諸島調査(1)第1次調査(1963年), 日本在来家畜調査団報告,2,32-59
- 9)松元計士・中和田高夫・山下行哉・永徳正孝・牧角一栄, 1975, 豚の系統造成試験 I パークシャーの産地別性能調査, 鹿児島畜試研報, 8,96-102
- 10)松元計士・額川隆・大田均・杉山昇・横山純夫・石神信男・湯ノ口幸一, 1985, パークシャーの性能調査, 鹿児島畜試研報, 17,104-110

研究補助：仲程正巳, 又吉博樹

畜産公害対策試験

(12)回分式活性汚泥浄化処理における間欠曝気の窒素低減効果

伊禮判 鈴木直人 太田克之 大城まどか
渡久地政康

I 要 約

回分式活性汚泥浄化処理における間欠曝気の窒素低減効果を検討するため、浄化処理試験用装置を用い、汚水投入後21時間連続曝気を行なう区を連続区、汚水投入直後に曝気を始め2時間ごとに間欠的な曝気を行う区を間欠A区、および汚水投入2時間後から曝気を始める区を間欠B区と設定した。間欠曝気はそれぞれ、20時間行ない、その後1時間は両区とも曝気を行った。また、各区とも汚水投入後21時間から24時間まで3時間沈殿させた。これらの試験区における窒素低減効果を比較したところ以下のとおりであった。

1. 連続区では、アンモニア性窒素 ($\text{NH}_3\text{-N}$) の低下にともない、硝酸性窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) および亜硝酸性窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$) の増加がみられ、その後、 $\text{NO}_2\text{-N}$ は低下したが、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は持続的に高い値を示した。
2. 間欠A区およびB区では、 $\text{NH}_3\text{-N}$ の曝気時の低下にともない $\text{NO}_3\text{-N}$ および $\text{NO}_2\text{-N}$ の増加がみられ、その後 $\text{NO}_2\text{-N}$ は低下したが $\text{NO}_3\text{-N}$ は増加低減をくり返す硝化・脱窒反応がみられた。
3. 生物化学的酸素要求量 (BOD) 除去率は、3区とも98.7~99.2%であり高い除去率であった。
4. 全窒素 (TN) 除去率は、連続区77.5%、間欠A区88.1%、間欠B区90.5%で連続区に比べ間欠AおよびB区が高く、間欠曝気の影響が認められた。また、間欠A区に比べB区が若干高い値であった。

II 緒 言

近年、畜産に起因する環境汚染問題に対する関心が高まる中、1999年施行された「家畜排泄物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」は、2004年には罰則規定の適用が開始するなど畜産農家にとっては大変厳しい状況となっており、家畜ふん尿の適正な処理技術の開発に対する要望が高まっている。

前報¹⁾で、低コストで簡易な家畜ふん尿処理技術に関する報告をしたが、家畜ふん尿汚水中窒素等の低減についてもさらに検討する必要がある。

そこで今回、嫌気条件と好気条件を交互にくり返す間欠曝気法²⁾を利用した回分式活性汚泥法における効率的な窒素除去法を検討したので報告する。

III 材料および方法

1. 浄化処理試験用装置

浄化処理試験用装置の概図を図1に示した。

浄化処理試験用装置は、24時間タイマーで曝気時間を制御し、エアレーション用ポンプからの空気量は流量調節機能付き流量計で調整した。浄化用水槽は直径15cmの円筒形で有効容量は6lである。また、水槽中の活性汚泥を均一にするためマグネチックスターラーで活性汚泥が沈殿しない程度にゆっくりと攪拌し、水面からの酸素の溶解を防ぐため、発泡スチロールを水面に浮かべた。

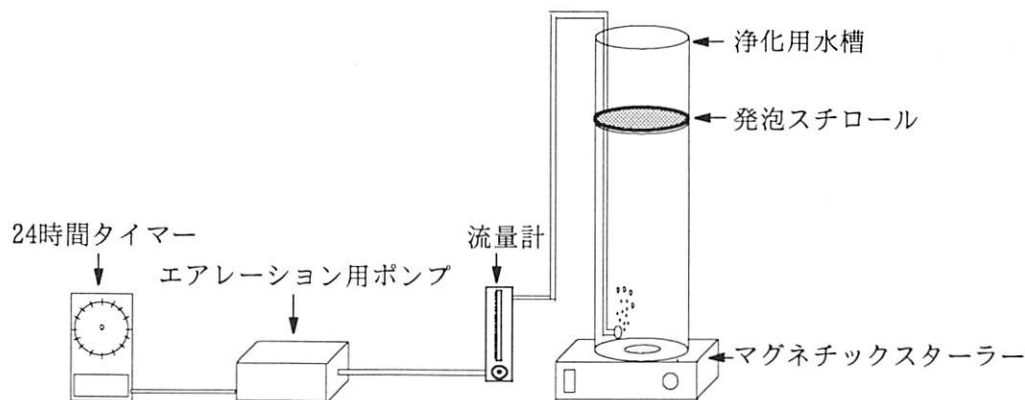


図1 浄化処理試験用装置の概図

2. 供試汚水

供試汚水は、沖縄県畜産試験場の代謝試験用ケージで飼養した肥育豚（体重約80kg）のふんおよび尿を採取し、重量比でふん1に対し尿2の割合で混合したものを用いた。浄化用水槽への投入汚水はBODが2000mg/l程度になるように水道水で希釈した。

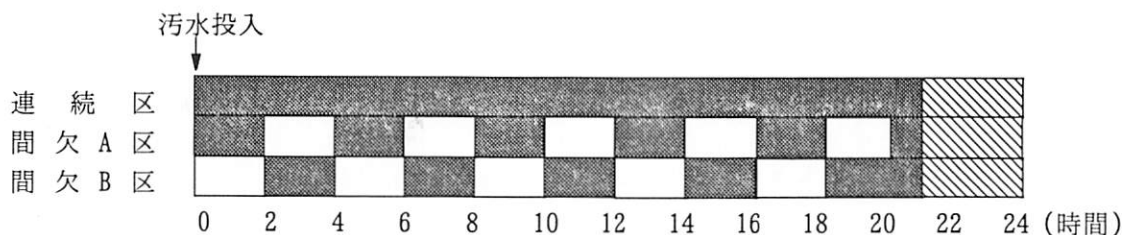
3. 試験区分および試験方法

試験区分を表1に、各試験区における曝気運転方式のタイムチャートを図2に示した。

汚水投入後21時間連続曝気を行なう区を連続区、汚水投入直後に曝気を始め2時間ごとに間欠的な曝気を行う区を間欠A区、および汚水投入2時間後から間欠的な曝気を始める区を間欠B区と設定した。間欠曝気はそれぞれ、20時間行ない、その後1時間は両区とも曝気を行った。また、各区とも汚水投入後21時間から24時間まで3時間の沈殿時間を設けた。曝気量、活性汚泥浮遊物（MLSS）濃度およびBOD容積負荷は、3区とも同様に1.0 l/min, 6000mg/l, 0.4kg/m³·dayとした。試験は、各試験区2反復で行ない、当场で採取した活性汚泥を馴致期間として3日間連続曝気後開始した。

表1 試験区分

	連続区	間欠A区	間欠B区
曝気時間 (hr)	21	11	11
曝気停止時間 (hr)	0	10	10
沈殿時間 (hr)	3	3	3
曝気量 (l/min)	1.0	1.0	1.0
M L S S (mg/l)	6000	6000	6000
BOD容積負荷 (kg/m ³ ·day)	0.4	0.4	0.4



注) 図中の ■ は曝気, □ は停止, ▨ は沈殿を示す。

図2 各試験区における曝気運転方式のタイムチャート

1. 調査項目および分析方法

1) 各試験区におけるNH₃-N, NO₃-N, NO₂-Nの推移

窒素の処理過程を確認するため、各試験区におけるNH₃-N, NO₃-N, NO₂-Nの推移を調査した。原水投入時を0時間とし、24時間後まで2時間おきに各試験区の活性汚泥混合液を採取し、遠心分離後、0.2μmのメ

ンブランフィルターでろ過を行い分析用試料とした。NH₃-Nはアンモニア性窒素メーター (MT-1型) で、NO₃-NおよびNO₂-Nは多項目迅速水質分析計 (DR/2010) で分析した。

2) 投入汚水および24時間後処理水 (処理水) の性状

投入汚水および処理水の性状を比較するため、各試験区の投入汚水および処理水のBODとTNを調査した。BODは、BOD自動測定機 (BODTrak) で測定し、TNはNO₃-N、NO₂-Nおよびケルダール窒素 (TKN) を多項目迅速水質分析計で分析し、その総和とした。

IV 結果および考察

1. 各試験区におけるNH₃-N、NO₃-N、NO₂-Nの推移

各試験区におけるNH₃-N、NO₃-N、NO₂-Nの推移を図3に示した。

連続区では、NH₃-Nの低下にともない、NO₃-NおよびNO₂-Nの増加がみられ、その後NO₂-Nは低下したが、NO₃-Nは持続的に高い値を示した。

間欠A区およびB区では、NH₃-Nの曝気時の低下にともないNO₃-NおよびNO₂-Nの増加がみられ、その後NO₂-Nは低下したがNO₃-Nは増加低減をくり返す傾向がみられた。一般に³⁾ 活性汚泥法において、窒素は好気的環境では有機性窒素がNH₃-N、NO₂-Nを経てNO₃-Nまで酸化し (硝化反応)、嫌気的環境ではNO₃-Nを還元しN₂ガスとして大気中に脱窒素する (脱窒反応) といわれている。今回の試験では間欠AおよびB区において硝化・脱窒反応が交互に認められた。

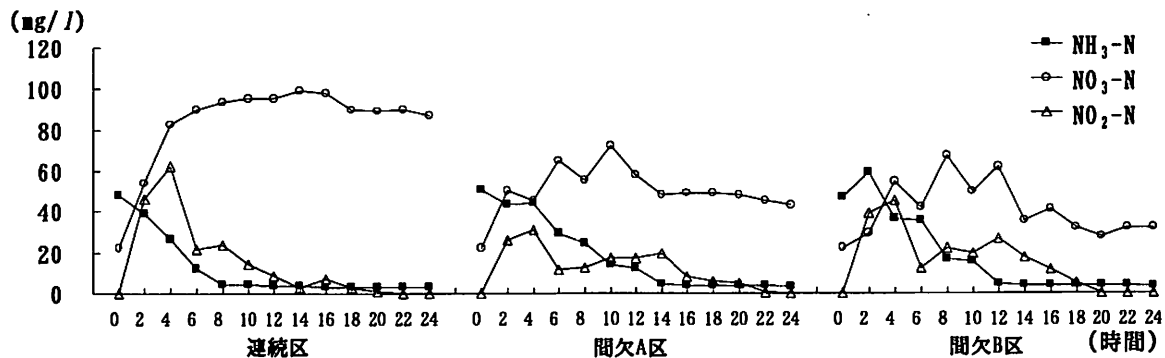


図3 各試験区におけるNH₃-N、NO₃-N、NO₂-Nの推移

2. 投入汚水および処理水の性状

投入汚水および処理水の性状を表2に示した。

BODは、投入汚水が2150mg/lであったのに対し、連続区、間欠A区、間欠B区の処理水はそれぞれ28.0、22.0、18.0mg/lであり、BOD除去率は、98.7、99.0、99.2%で3区とも高い除去率であった。

TNは、投入汚水が415mg/lであったのに対し、連続区、間欠A区、間欠B区の処理水はそれぞれ93.4、49.4、39.6mg/lであり、TN除去率は、77.5%、88.1%、90.5%で、連続区に比べ間欠AおよびB区の除去率が高く、間欠曝気効果が認められた。また、間欠A区に比べB区が若干高い値であった。脱窒菌は酸素存在下では硝酸があっても酸素を優先的に利用するので低酸素条件が必要で、電子供与体として有機物を利用するので有機物が多いほど脱窒は進む⁵⁾とされ、今回の試験において間欠A区に比べB区のTN除去率が若干高かったことは、汚水投入後に曝気が停止しているため、低酸素条件で有機物が多量に存在することから、汚水投入以前より残存するNO₃-Nの脱窒を促進したためであると考えられる。

また、家畜尿汚水は窒素濃度が高く、TN/BOD比が0.2~0.4の範囲であり、0.15程度までは浄化処理が可能であるが、それ以上では、容易ではない⁴⁾とされている。今回用いた投入汚水は、TN/BOD比が0.19であり、一般的には難しい条件であったが、間欠区において硝化・脱窒反応も認められ、効率的な窒素の処理が行われた。今後はTN/BOD比をさらに高くした場合の検討や、BOD容積負荷およびMLSS濃度の違いによる検討も必要である。

表2 投入汚水および処理水の性状

	投入汚水	処 理 水		
		連続区	間欠A区	間欠B区
BOD (mg/l)	2150	28.0 (98.7)	22.0 (99.0)	18.0 (99.2)
T N (mg/l)	415	93.4 (77.5)	49.4 (88.1)	39.6 (90.5)

注) () 内数値は除去率を示し、単位は%である。

V 引 用 文 献

- 1) 伊禮判・宇地原務・山城倫子・仲宗根實, 1999, (6)酸化溝型回分式活性汚泥法による高濃度豚舎汚水の低コスト処理試験, 37, 78-83
- 2) 環境保全対策研究会編, 1997, 水質汚濁対策の基礎知識, 96, 社団法人産業環境管理協会
- 3) 羽賀清典, 1998, 廃棄物と資源, 押田敏雄編, 養賢堂, 畜産環境保全論, 82-83
- 4) 羽賀清典, 1998, 廃棄物と資源, 押田敏雄編, 養賢堂, 畜産環境保全論, 33
- 5) 財団法人畜産環境整備機構編, 1998, 家畜ふん尿処理・利用の手引き, 185

研究補助：仲程正巳，又吉博樹

畜産公害対策試験

(13) 砂ろ床における脱水汚泥除去作業の効率化

太田克之 伊禮判 鈴木直人 大城まどか
渡久地政康

I 要 約

酸化溝型回分式活性汚泥法において余剰汚泥処理に砂ろ床を用いる場合は、余剰汚泥を14日間かけて水分70%まで重力脱水し手作業で汚泥除去を行なう。今回の試験では作業を効率化するため、汚泥の重力脱水を水分90%程度までとして除去作業を人力で行なう手作業区およびスキッドステアローダー（3SD K4, バケット容量0.2m³）を用いた機械作業区で比較検討し、また、室内試験により脱水期間の検討を行なったところ、その結果は次のとおりであった。

1. 機械作業区（357.6秒）は手作業区（967.2秒）に比べ平均作業時間が1%水準で有意に短かった。
2. 機械作業区は手作業区に比べ疲労度が低かった。
3. 脱水汚泥を水分90%程度まで脱水するのに必要な期間は3日間であった。

以上より、砂ろ床からの汚泥除去作業を機械化し、汚泥の重力脱水を水分90%程度までとすることで、労働時間の短縮、疲労の軽減、脱水期間の短縮および施設規模の縮小が可能である。

II 緒 言

活性汚泥法により污水浄化処理を行う場合、処理過程で活性汚泥微生物が増殖するため、余剰汚泥を引き抜く行程が必要である。余剰汚泥は砂ろ床や汚泥脱水機等を用いて脱水し、堆肥化するのが一般的である^{1, 2)}。汚泥脱水機は価格が高く³⁾構造も複雑であるが、砂ろ床は簡易であるため故障やそれに伴う出費等も比較的少ない。しかしながら、砂ろ床の場合は汚泥除去作業は手作業で行なうため、かなりの重労働である^{1, 4)}。また、余剰汚泥は通常14日間かけて水分70%まで重力脱水するため、設計計算上14日分の余剰汚泥量を見込んで施設規模を算定する⁵⁾。

今回の試験では労働時間の短縮、疲労の軽減、脱水期間の短縮および施設規模の縮小を目的とし、水分90%程度まで脱水した汚泥の除去作業を、手作業および機械作業で比較検討したので報告する。

III 材料および方法

1. 試験期間

試験は2002年12月から2003年2月まで実施した。

2. 試験方法

1) 試験 I

試験 I は沖縄県畜産試験場内の砂ろ床（図1）で行なった。供試砂ろ床は、間口117cm、奥行き500cm、高さ100cmの片側を開放した槽であり、取り外しが可能なせき板を設け、スキッドステアローダー（ローダー）が乗り入れるためのスロープおよびローダーが走行するための足場を設置した。



図1 砂ろ床の概要

試験区は、スコップと一輪車(容積64l)を用いて作業を行なった区を手作業区とし、ローダーを用いて作業を行なった区を機械作業区とした。活性汚泥は、沖縄県畜産試験場内の酸化溝型回分式活性汚泥浄化槽⁶⁾より供試した。除去作業は、砂ろ床においてろ過された残渣(脱水汚泥)の水分が90%程度になった時点で行なった。脱水汚泥は木綿豆腐程度の固さの固形物で総重量約350kgであった。作業時間は砂ろ床内の脱水汚泥全量を約15m離れた堆肥舎に運び積み下ろすまでとした。被験者は男性5名で、手作業および機械作業をそれぞれ1回ずつ行なった。

活性汚泥浮遊物(MLSS)濃度は活性汚泥を砂ろ床に投入する直前に測定した。投入高はMLSSが6kg/m³になるようにMLSS濃度より算出した。投入した活性汚泥のMLSS濃度、投入高および作業当日の脱水汚泥水分の平均値を表1に示した。MLSS濃度は手作業区が16225mg/l、機械作業区が16029mg/l、投入高は両区とも37cm、脱水汚泥水分は手作業区90.5%、機械作業区90.7%と、ほぼ同じ条件であった。

表1 MLSS濃度、投入高および脱水汚泥水分の平均値

試験区分	MLSS濃度 (mg/l)	投入高 (cm)	投入汚泥水分 (%)	脱水汚泥水分 (%)
手作業区	16225	37	98.4	90.5
機械作業区	16029	37	98.4	90.7

2) 試験 II

試験 I では砂ろ床が露天で天候の影響を受けたため脱水期間が3~11日と幅があった。試験 II では室内において砂ろ過装置を用いて試験を行ない、天候の影響を受けずに重力脱水を行なった場合の脱水期間を調査した。供試砂ろ過装置は、直径15cm長さ100cmのアクリルの筒にアクリル板で底を取り付け底から水が抜けるように加工した容器に、砂を30cm充填した。活性汚泥は、沖縄県畜産試験場内の酸化溝型回分式活性汚泥浄化槽⁶⁾より供試した。活性汚泥はMLSSが6kg/m³になるように投入した。活性汚泥を投入した翌日から毎日脱水汚泥の水分を測定した。試験は3反復行なった。

3. 調査項目

1) 試験 I

試験 I の調査項目はMLSS濃度、活性汚泥投入高、脱水汚泥水分、作業時間および疲労度とした。MLSS濃度は遠心分離法で行ない、水分は常法⁷⁾により測定した。疲労度は独自に5段階評価で設定し作業終了時の疲労の度合いを被験者自ら評価させた。疲労度は1が全く疲れなかった、2があまり疲れなかった、3がやや疲れた、4が疲れたが休憩は必要ない、5が休憩を必要とするほど疲れたとした。作業者は作業開始前に1時間休憩した状態から作業を開始した。

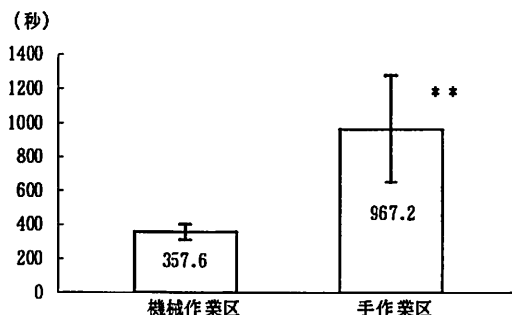
2) 試験 II

試験 II の調査項目は脱水汚泥水分とした。水分は常法⁷⁾により測定した。

IV 結 果

1. 試験 I

作業時間の平均値を図2に示した。機械作業区は357.6秒(5分57秒)、手作業区は967.2秒(16分7秒)であり、両区間に1%水準の有意差が認められた。



注) ** 1%水準の有意差有り

図2 作業時間の平均値

被験者A～Eの機械作業区および手作業区の疲労度を表2に示した。全ての被験者において、手作業区が機械作業区に比べ疲労度が高かった。

疲労度	1	2	3	4	5
機械作業区	5	—	—	—	—
手作業区	—	1	—	2	2

2. 試験II

砂ろ過装置を用いた室内試験における脱水汚泥の水分変化を図3に示した。脱水汚泥の水分は、砂ろ過装置に投入後3日目までに90.5%まで減少し、その後減少が緩やかになった。

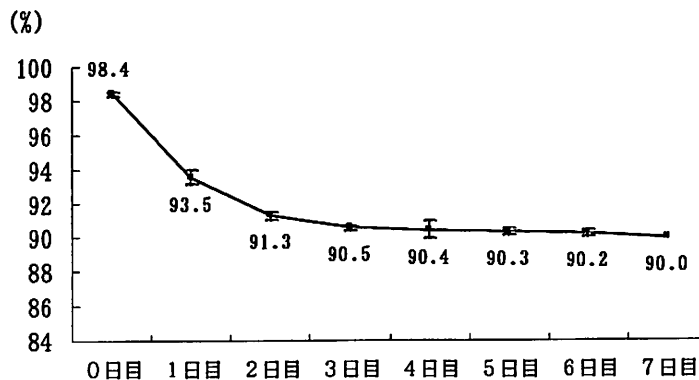


図3 室内試験における脱水汚泥の水分変化

V 考 察

1. 試験I

毎日大量に発生する余剰汚泥の処理は汚泥脱水機に頼らざるを得ないが、高価格が畜産農家への導入を妨げるとともに、過去の導入例を見ても凝集剤・電力費用と運転管理労力に対応できない例が多く見られる³⁾。いっぽう、砂ろ床は簡易で低コストであるため故障やそれに伴う出費等は比較的少ない。しかしながら、砂ろ床の場合は汚泥除去作業を手作業で行なうため重労働である⁴⁾。

試験Iでは、機械作業区は手作業区よりも平均作業時間が短かく、疲労も軽度であった。手作業区の作業時間および疲労度は、被験者によってかなりの差があった。いっぽう、機械作業区は作業時間および疲労度ともに被験者による差はみられなかった。このことから、作業者の体力次第では機械化を行なう必要性の有無が分かるところであるが、機械作業の場合は体力に影響されないため、機械をあつかえる者なら誰でも同じように作業することが可能であった。

2. 試験II

砂ろ床は、肥育豚1000頭を越えるような大規模経営では施設費と管理労力が過大となる¹⁾ことが指摘されているが、これは砂ろ床の施設規模が大きくなるため、作業員を増やすか同じ人数で過重労働を強いることになるからである。酸化溝型回分式活性汚泥法では、余剰汚泥は通常14日間かけて水分70%まで重力脱水するので、設計計算上14日分の余剰汚泥量を見込んだ施設規模を算定する⁵⁾。したがって、重力脱水に要する期間を短縮できれば施設規模を縮小することが可能である。

試験Iにおいては水分90%程度の脱水汚泥の除去作業が十分に可能であった。また試験IIにおいては3日間の脱水期間で水分が90%程度となった。これらのことを踏まえて脱水汚泥を水分90%程度で除去することを前提に肥育豚1000頭規模の農家を例に砂ろ床の規模を試算⁶⁾したところ、汚泥の脱水期間を14日間で計算した場合は31.3m³、3日間で計算した場合は6.7m³となった。

以上より、砂ろ床からの汚泥除去作業を機械化することにより、労働時間の短縮および疲労の軽減が可能であり、また、汚泥の重力脱水を水分90%程度までとすることで、脱水期間の短縮および施設規模

の縮小が可能であることが確認された。ただし、砂ろ床の処理能力は天候により大きく左右される¹⁾ので、脱水期間を短縮する場合は砂ろ床に屋根をかけ内部に雨が入り込まない条件が必要である。

今回の試験では砂ろ床の目づまりに関する耐久性についての試験は行っておらず今後の課題である。また、水分90%の汚泥を堆肥化する場合には水分調整用副資材の確保など相応の対応が必要である。

V 引 用 文 献

- 1)財団法人畜産環境整備機構，1998，家畜ふん尿処理利用の手引き，24-25，財団法人畜産環境整備機構
- 2)財団法人畜産環境整備機構，1998，家畜ふん尿処理利用の手引き，147，財団法人畜産環境整備機構
- 3)押田敏雄・柿市徳英・羽賀清典，1998，畜産環境保全論，66，養賢堂
- 4)財団法人畜産環境整備機構，1998，家畜ふん尿処理利用の手引き，49，財団法人畜産環境整備機構
- 5)押田敏雄・柿市徳英・羽賀清典，1998，畜産環境保全論，51，養賢堂
- 6)伊禮判・宇地原務・山城倫子・仲宗根實，1999，畜産公害対策試験(6)酸化溝型回分式活性汚泥法による高濃度豚舎汚水の低コスト処理試験，沖縄畜試研報，37，78-83
- 7)財団法人日本土壌協会，2001，堆肥等有機物分析法，18，財団法人日本土壌協会
- 8)財団法人畜産環境整備機構，2001，畜産環境アドバイザー養成研修会資料，135-142，財団法人畜産環境整備機構

研究補助：又吉博樹，仲程正巳

畜産公害対策試験

(14) 茶殻および古紙の堆肥化副資材としての特性

太田克之 伊禮判 鈴木直人 大城まどか
渡久地政康

I 要 約

堆肥化における代表的な水分調整用副資材（副資材）であるオガコ、飲料水メーカーで産業廃棄物となっている茶殻および5mm角程度に破碎された古紙について、副資材としての代替性を検討するため、物理化学性状および豚ふんと混合し堆肥化に用いた場合の特性を調査したところ、以下の結果であった。

1. 堆肥の含水率は、オガコを混合した堆肥に比べ茶殻および古紙を混合した堆肥が下回った。
2. 堆肥の品温は、茶殻を混合した堆肥および古紙を混合した堆肥が70℃程度まで上昇した。
3. 堆肥中の有機物は、茶殻を混合した堆肥および古紙を混合した堆肥がオガコを混合した堆肥よりも減少していた。
4. 茶殻を混合した堆肥においては、アンモニアを堆肥中に留め、徐々に放出する特徴があった。

以上のことより、茶殻および古紙は副資材としてオガコの代替利用をする上で遜色がないものと判断された。

II 緒 言

オガコは家畜ふん尿の堆肥化における代表的な副資材のうちのひとつである^{1, 2)}が、全国的にコストと安定供給に課題があり代替資材が模索されている。いっぽう県内の大手清涼飲料水メーカー4社を調査したところ原料茶葉で年間約314t分の茶殻が排出されており、現在は各社とも抽出後の水分を含んだ状態で処分業者に引き渡している。また、平成14年から県内でも5mm角程度に破碎された古紙（古紙）の製造販売が始まり、古紙が入手しやすくなった。本試験では、さんびん茶の茶殻および古紙について、副資材としての代替性を検討するため、物理化学性状および副資材として堆肥化に用いた場合の特性を調査したので報告する。

III 材料および方法

1. 試験場所および期間

試験は、沖縄県畜産試験場内の25℃恒温室で行ない、2002年10月から11月まで実施した。

2. 供試資材

オガコは針葉樹主体のオガコを用いた。茶殻は飲料水メーカーから廃棄されたものを用いたが、抽出直後の高水分の状態であったため1週間風乾して用いた。古紙は市販の5mm角程度に破碎されたものを用いた。

供試資材の物理化学性状を表1に示した。水分はオガコが若干高く、灰分は古紙、茶殻、オガコの順に高く、容積重の値は古紙がオガコおよび茶殻に比べ低く、pHは古紙、茶殻、オガコの順に高かった。

表1 供試資材の物理化学性状

資材名	水分 (%)	灰分 (%DM)	容積重 (kg/l)	pH
オガコ	14.31	0.24	0.23	3.5
茶 殻	8.57	3.94	0.25	5.2
古 紙	7.23	6.49	0.07	7.4

3. 試験区分および副資材混合量

試験区分および混合量を表2に示した。試験区は混合した副資材により、オガコ区、茶殻区および古紙区とした。副資材は乾物重量が同量になるように、オガコ、茶殻および古紙それぞれ503 g、472 gおよび465 gを豚ふん3000 gと混合した。

表2 試験区分および副資材混合量

区 分	豚ふん (g)	副資材 (g)	混 合 物	
			水分 (%)	容積重 (kg/l)
オガコ区	3000(970)	503(431)	60.0	0.40
茶 殻 区	3000(970)	472(431)	59.6	0.40
古 紙 区	3000(970)	465(431)	59.6	0.28

注) 豚ふんおよび副資材の()は、乾物重量を示した。

4. 試験方法

豚ふん3000 gとオガコ503 g、茶殻472 gおよび古紙465 gをそれぞれ混合し、混合物を小型堆肥化実験装置(富士平工業社製)に詰め込み、0.45 l/minの通気で4週間発酵させた。切り返しは週に1度、計3回行った。堆肥の品温は温度記録計で20分に1回測定した。小型堆肥化実験装置から排出される気体中のアンモニア濃度は毎日14時に測定した。堆肥サンプルは毎回切り返した後に採取し分析に供した。試験は1回のみ行なった。

5. 調査項目

調査項目は、水分、容積重、品温、アンモニア濃度、アンモニア性窒素濃度、pHおよび有機物割合とした。

水分は常法³⁾により測定した。アンモニア濃度は小型堆肥化装置の排出口側の排気を北川式検知管で測定した。アンモニア性窒素は塩化カリウム液浸出-蒸留法⁴⁾で測定した。pHは塩化カリウム液浸出後pHメーターで測定⁵⁾した。有機物は乾物重量から灰分を差し引いて算出した。

IV 結 果

1. 堆肥の水分

堆肥の水分を図1に示した。茶殻区は経時的な水分含量の減少が大きかった。オガコ区および茶殻区では第4週の減少量が小さかった。試験終了時の水分は、オガコ区が49%、茶殻区が38%、古紙区が43%であった。

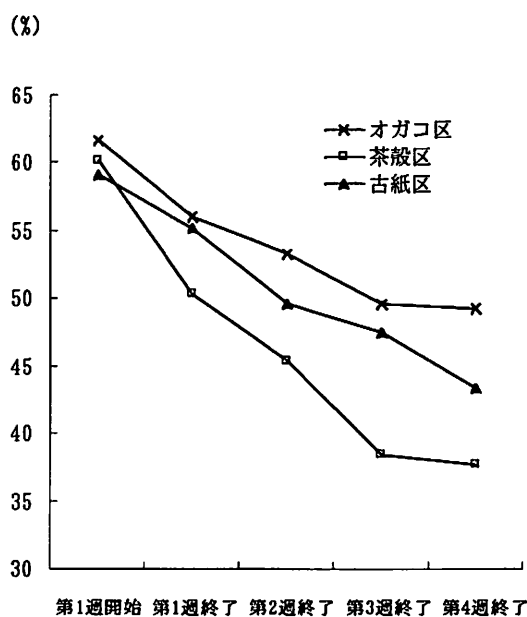


図1 堆肥の水分

2. 堆肥の容積重

各週の開始時および終了時の容積重を図2に示した。第1週において茶殻区は容積重の減少が最も顕著であった。オガコ区および茶殻区では各期間値は下降していたが古紙区は第3週まで期間値が上昇していた。全期間をとおして茶殻区は350kg/l前後、古紙区は280kg/l前後の範囲で推移したが、オガコ区は第2週終了まで茶殻区と同程度、第3週開始以降は古紙区と同程度の範囲で推移した。

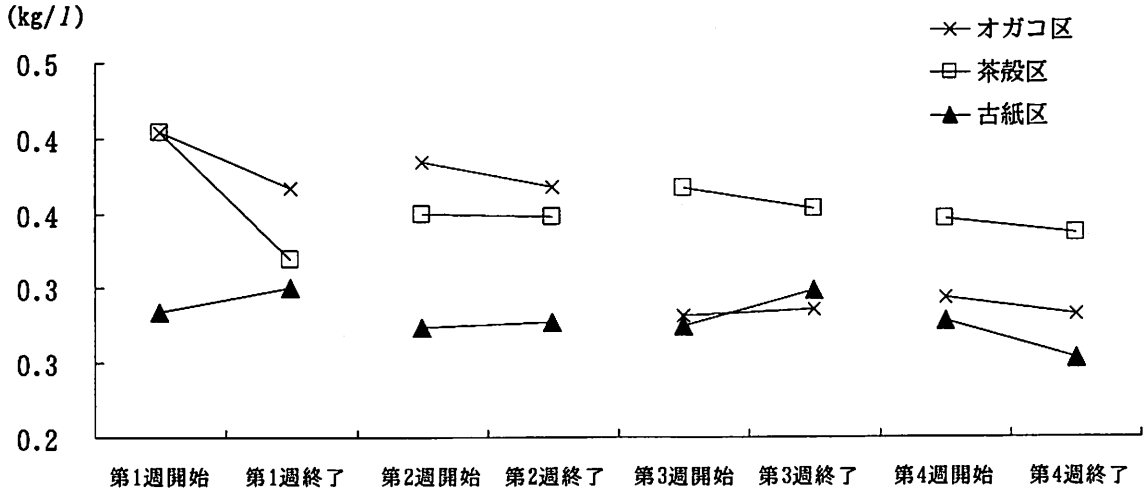


図2 堆肥の容積重

3. 堆肥の品温

堆肥の品温を図3に示した。第1週は高い順に古紙区が69.6℃、オガコ区が67.8℃、茶殻区が67.1℃まで上昇し、第2週は高い順に古紙区が71.5℃、茶殻区が64.4℃、オガコ区は58.3℃まで上昇した。また、各区とも3, 第4週は1, 第2週に比べ低い温度で推移し、高い順に古紙区、オガコ区、茶殻区であった。

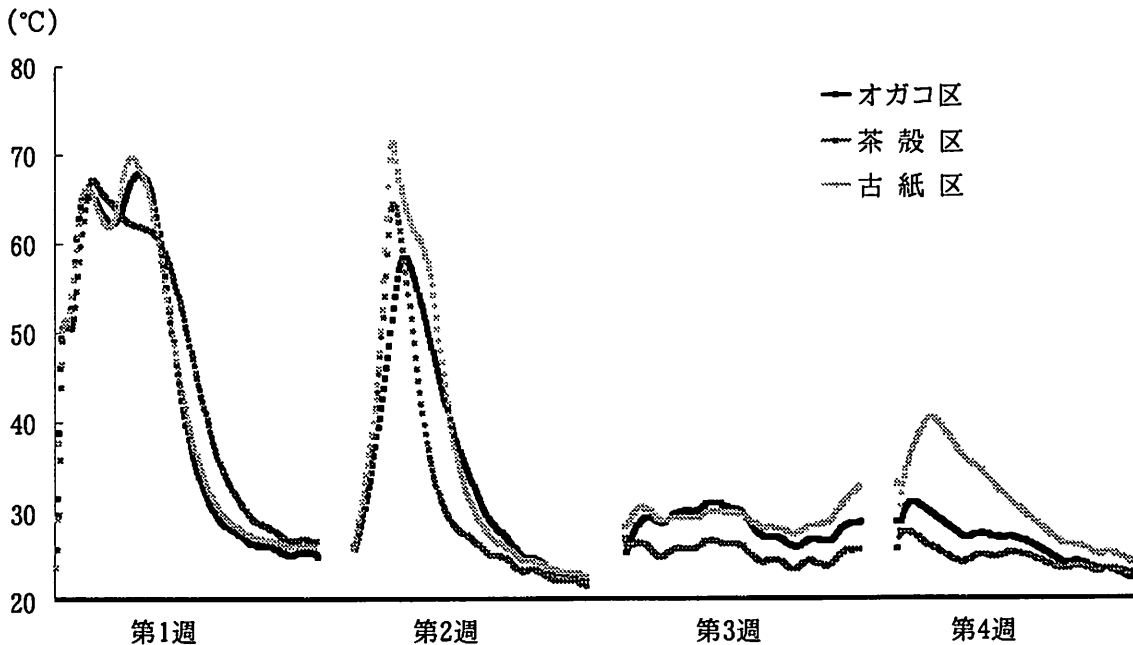


図3 堆肥の品温

4. 気体中のアンモニア濃度

小型堆肥化装置から排出される気体中のアンモニア濃度の推移を図4に示した。第1週のピークはオガコ区が最も高く、古紙区の約2倍、茶殻区の約5倍であった。第2週のピークは茶殻区が最も高く、オガコ区が最も低かった。第3週および第4週は各区とも低濃度で推移した。

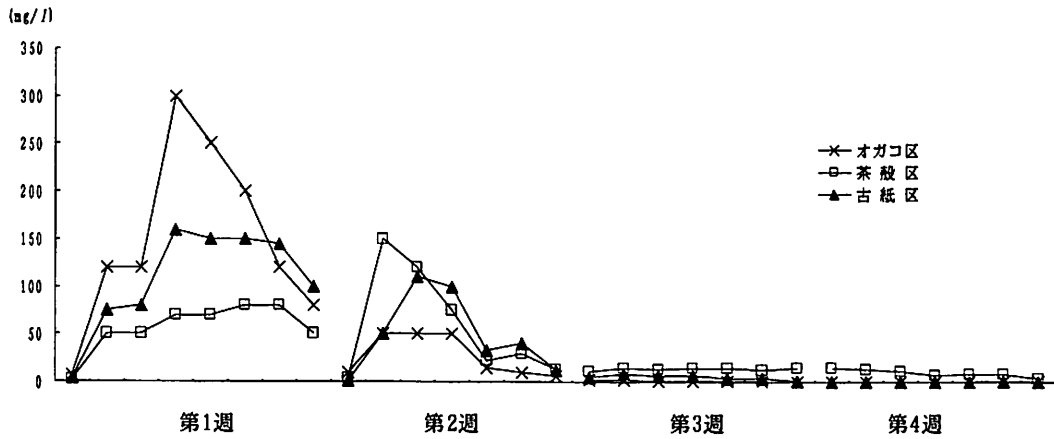


図4 気体中のアンモニア濃度

5. 堆肥中のアンモニア性窒素濃度

堆肥中のアンモニア性窒素濃度の推移を図5に示した。茶殻区では第3週まで増加し、その後減少した。オガコ区および古紙区では第2週まで増加し、その後減少した。全期間として茶殻区は他の2区に比べ高濃度で推移した。

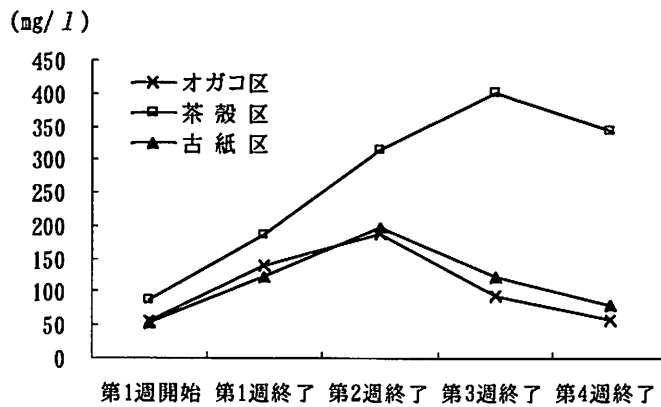


図5 堆肥中のアンモニア性窒素濃度

6. 堆肥中のpH

堆肥中のpHの推移を図6に示した。各区において、pHは第2週まで上昇し、第3週以降は下降した。オガコ区および古紙区のpHは、第2週までほぼ同様に推移し、第3週以降は古紙区がオガコ区よりも低く推移した。茶殻区のpHは第2週まで他の区より低く推移し、第3週以降は他の区より高く推移した。

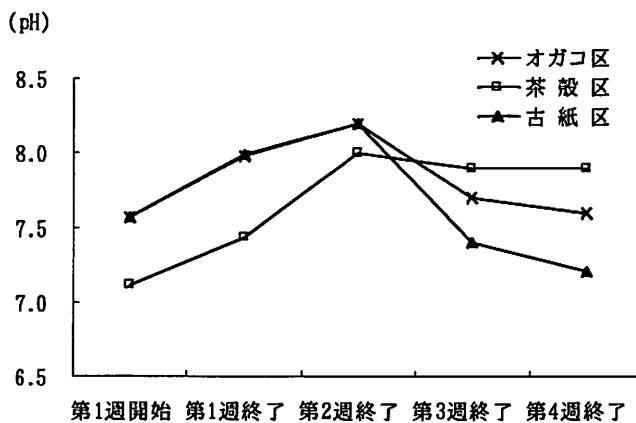


図6 堆肥中のpH

7. 有機物割合

堆肥の乾物中の有機物割合を図7に示した。有機物割合は各区とも経時的に減少した。試験開始時から第4週終了時までには最も減少した古紙区でマイナス7.5ポイント程度だった。

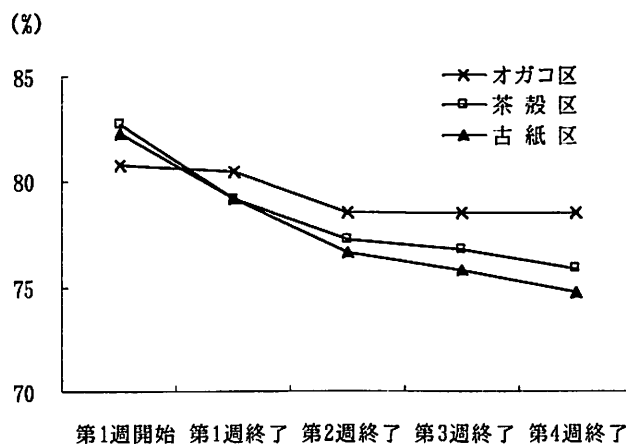


図7 堆肥中の有機物割合

V 考 察

堆肥は適度に水分が少なく汚物感のないものが求められる¹⁾。今回の試験における堆肥中の水分は、オガコ区に比べ他の2区が下回っており、堆肥化過程における水分の低下に関しては茶殻区、古紙区ともよい結果であった。堆肥の容積重は第1週から第3週まで古紙区の期間値が増加した。これは水分蒸発等による重量の減少に対し容積の減少割合が大きいためであるが、古紙は弾力性に欠け空隙を保持できない⁶⁾といわれており堆肥中に嫌気的な部分が生じやすくなることが懸念される。堆肥の品温は、各区とも最大で70℃程度まで上昇しており、微生物活動による堆肥化が正常に行われていることが確認された⁷⁾。堆肥中の有機物は、茶殻区および古紙区はオガコ区に比べ減少の割合が大きく、有機物の分解が進んでいることが確認された。

以上のことより、茶殻および古紙は副資材としてオガコの代替利用をする上でおおむね良好であると判断された。

茶殻区の気体中アンモニア濃度は、第1週より第2週のピークが高く特異的であり、第3週および第4週は他の2区より高い値で推移した。全期間のピークを比較すると茶殻区は他の2区よりもピークの値が低く、ピークの持続日数も短かった。また、堆肥中のアンモニア性窒素濃度から、試験期間中として、茶殻区が他の2区より多くのアンモニア性窒素を堆肥中に蓄積していたことが確認された。第2週終了から第4週終了までの茶殻区のpHはアンモニアが堆肥中から放出されるのに十分な値であった⁸⁾。これらのことから茶殻区は他の試験区とは異なり、アンモニアを一気に放出せず徐々に放出しているとみられ、アンモニアが堆肥中の水分以外の何らかの物質に吸着されている可能性が示唆された。

以上のことより、茶殻を副資材として利用した場合には、初期のアンモニアの揮発を抑え、アンモニア性窒素を堆肥中に留めつつ徐々に放出する作用があると思われるが、今回の試験においてその理由については不明であった。発酵初期の繰り返し時などに発生する大量のアンモニア臭気を、ある程度抑制する効果が期待できる。

VI 引 用 文 献

- 1)財団法人畜産環境整備機構, 1998, 家畜ふん尿処理利用の手引き, 9, 財団法人畜産環境整備機構
- 2)社団法人中央畜産会, 2001, 堆肥化施設設計マニュアル, 5, 社団法人中央畜産会
- 3)財団法人日本土壌協会, 2001, 堆肥等有機物分析法, 18, 財団法人日本土壌協会
- 4)土壌分析法編集委員会編, 1997, 土壌環境分析法, 241-243, 博友社
- 5)土壌分析法編集委員会編, 1997, 土壌環境分析法, 196, 博友社

-
- 6) 杉山恵, 1993, 紙資源の再利用敷料化の可能性, 畜産コンサルタント, 343, 39-45
 - 7) 社団法人中央畜産会, 2001, 堆肥化施設設計マニュアル, 12, 社団法人中央畜産会
 - 8) 財団法人畜産環境整備機構, 1998, 家畜ふん尿処理利用の手引き, 79, 財団法人畜産環境整備機構
-

研究補助：又吉博樹, 仲程正巳

畜産公害対策試験

(15) 養豚における戻し堆肥の敷料特性

鈴木直人 伊禮判 太田克之 大城まどか
渡久地政康

I 要 約

養豚において、堆肥を敷料や堆肥化副資材として用いる戻し堆肥の畜産環境対策面の特性を検討するため、敷料としてオガコおよび古紙、戻し堆肥として100%豚ふん堆肥、オガコ堆肥、古紙堆肥を用いて試験を行なった。豚ふん尿にオガコ、古紙および戻し堆肥をそれぞれ混合したオガコ区、古紙区および戻し堆肥区について、アンモニア発生濃度および量を比較し、また、戻し堆肥と敷料の混合によるアンモニア発生防止効果および保水性への影響を、戻し堆肥をオガコ堆肥、敷料をオガコにした場合と戻し堆肥を古紙堆肥、敷料を古紙とした場合についてそれぞれ比較検討したところ以下のとおりであった。

1. 最大容水量、容水量について戻し堆肥はオガコ、古紙に比べ低い値であり吸水性、保水性に乏しかった。
2. アンモニアについて、戻し堆肥区はオガコ区、古紙区に比べ低い濃度で推移した。また、アンモニア揮発量も少なかった。
3. 戻し堆肥と敷料の混合によるアンモニア発生防止効果は、オガコ堆肥とオガコ、古紙堆肥と古紙の場合ともに戻し堆肥の割合が多くなるほど高まる傾向にあった。また、混合物の容水量はともに敷料の割合が多くなるほど高まる傾向にあった。

以上より戻し堆肥は、敷料として豚ふん尿と混ざった場合オガコや古紙に比べアンモニアの発生を防止する効果に優れるが、吸水性、保水性に乏しいため、戻し堆肥のみ使用するより敷料と混合利用するのがよいと考えられた。

II 緒 言

県内において、畜産経営による環境汚染問題発生件数の約7割が養豚経営による¹⁾ものであり、そのほとんどは悪臭と水質汚濁である。養豚におけるオガコ敷料の利用は、悪臭を抑制し汚水を発生させないため畜産環境対策面で効果的な飼養方法である。しかし、オガコはコストと安定供給に課題があり、当試験場においても代替敷料の検討を行なってきた^{2~4)}。戻し堆肥の敷料利用について、大坪ら⁵⁾は、乳牛に対してストレス付加が少なく、オガコの代替資材として利用価値が高い敷料であるとしている。また、細田ら⁶⁾は、戻し堆肥の敷料利用により環境性乳房炎が減少したとして衛生面での効果を認めている。さらに戻し堆肥は、自家生産すれば入手しやすくなり、敷料を用いる養豚の低コスト化につながると考えられる。しかし、戻し堆肥について養豚における畜産環境対策面からの報告は少ない。そこで、戻し堆肥の敷料特性について、オガコおよび古紙と比較検討したので報告する。

III 材料および方法

1. 試験期間および場所

試験は2002年9月から2003年2月に沖縄県畜産試験場で実施した。

2. 試験区分、混合量および豚ふん尿性状

1) 試験1

試験1ではオガコ、古紙および戻し堆肥のアンモニア発生防止効果を比較した。区分および混合量を表1に示した。戻し堆肥は副資材の影響を取り除くため100%豚ふん堆肥とした。また、敷料を用いない対照区を設定した。材料1.5 lを豚ふん400 gと豚尿800 gにそれぞれの材料を混合し比較した。試験は、2反復行なった。

表1 試験1の区分および混合量

区分	材 料 (l)			豚ふん (g 糞)	豚尿 (g 糞)
	オガコ	古紙	100%豚ふん堆肥		
対照区	—	—	—	400	800
オガコ区	1.5 (345)	—	—	400	800
古紙区	—	1.5 (105)	—	400	800
戻し堆肥区	—	—	1.5 (750)	400	800

注) () 内の数値は現物重量 (g)。

2) 試験2

試験2では、戻し堆肥と敷料の混合によるアンモニア発生防止効果および保水性について検討した。戻し堆肥と敷料を容積比で1:0 (1区), 2:1 (2区), 1:1 (3区), 1:2 (4区) の割合で混ぜたもの1 lを、豚ふん400 gおよび豚尿800 gと混合し比較した。戻し堆肥をオガコ堆肥、敷料をオガコとした試験をオガコ試験、戻し堆肥を古紙堆肥、敷料を古紙とした試験を古紙試験とした。

オガコ試験および古紙試験の区分および混合量を表2, 表3に示した。試験は、各試験2反復ずつ行なった。

表2 オガコ試験の区分および混合量

区分	材 料			豚ふん (g 糞)	豚尿 (g 糞)
	オガコ堆肥 : オガコ	容積 (l)	重量 (g 糞)		
1区	1 : 0	1.0	344	400	800
2区	2 : 1	1.0	295	400	800
3区	1 : 1	1.0	273	400	800
4区	1 : 2	1.0	251	400	800

表3 古紙試験の区分および混合量

区分	材 料			豚ふん (g 糞)	豚尿 (g 糞)
	古紙堆肥 : 古紙	容積 (l)	重量 (g 糞)		
1区	1 : 0	1.0	258	400	800
2区	2 : 1	1.0	182	400	800
3区	1 : 1	1.0	164	400	800
4区	1 : 2	1.0	122	400	800

3. 供試材料および供試豚ふん尿

敷料は、針葉樹主体のオガコ (粒径1~5mm), 新聞紙主体の破砕古紙 (粒径5mm程度) を供試した。戻し堆肥としては、100%豚ふん堆肥, オガコを副資材として豚ふんと混合 (豚ふん6.0kg, オガコ1.0kg) し堆肥化したオガコ堆肥および破砕古紙を副資材として使用した (豚ふん6.0kg, オガコ0.9kg) 古紙堆肥を供試した。また、供試材料は、水分条件を同じにするためそれぞれ風乾した。戻し堆肥の100%豚ふん堆肥, オガコ堆肥および古紙堆肥は、切り返しや水分添加により発熱しなくなったものを供試した。

豚ふん尿は、代謝ケージに收容した肥育豚の1日分のふん尿を分離採取し、試験に供した。

供試材料の物理性状を表4, 供試豚ふん尿の性状を表5に示した。容水量は福光⁷⁾のショートストキングを用いた方法、アンモニア態窒素は塩化カリウム浸出⁸⁾後アンモニア態窒素メーターで測定した。最大容水量⁹⁾, 水分¹⁰⁾, 容積重¹¹⁾, pH¹²⁾および窒素含量¹³⁾はそれぞれ常法により測定した。材料の最大容水量, 容水量は古紙が最も高く、ついでオガコであり戻し堆肥の100%堆肥, オガコ堆肥および古紙堆肥は、敷料に比べ低い値であった。また、戻し堆肥は、敷料に比べ窒素含量が高かった。

表4 供試材料の物理性状

材料名	水分 (%)	容積重 (kg/l)	最大容水量 (%)	容水量 (%)	pH	窒素含量 (%物)	アンモニア態窒素 (%物)
オガコ	11.2	0.23	438.2	298.2	3.57	0.05	0.008
古紙	5.3	0.07	1005.1	392.9	8.19	0.09	0.011
100%豚ふん堆肥	15.1	0.50	234.6	178.8	7.79	2.83	0.081
オガコ堆肥	11.4	0.34	282.7	199.1	7.28	2.18	0.068
古紙堆肥	12.3	0.26	354.8	256.7	7.53	2.67	0.068

表5 供試豚ふん尿の性状

試験名		水分 (%)	窒素含量 (%物)	アンモニア態窒素 (%物)	pH
試験1	豚ふん	70.6	1.09	0.18	6.61
	豚尿	—	0.76	0.27	9.35
試験2 (オガコ試験)	豚ふん	68.4	1.13	0.19	6.34
	豚尿	—	0.82	0.50	9.37
試験2 (古紙試験)	豚ふん	68.9	1.10	0.20	6.73
	豚尿	—	0.77	0.26	9.20

4. 試験方法

アンモニア発生防止効果は、試験1, 2とも同じ方法で行った。試験装置の概図を図1に示した。豚ふん尿と供試材料を混合後、アクリル製容器（底面積360cm²、深さ6cm）に表面が平らになるように充填し、ポリプロピレン製容器（16.5 l）内に設置後、空気が漏れないようにふたをし、25°Cの恒温室内で連続通気した。通気量は550ml/min、通気時間は72時間とした。アンモニア濃度は排出空気をコネクターで分岐し、北川式検知管で12時間おきに測定した。アンモニア揮発量はアンモニア捕集容器内の2N硫酸（250ml）に排出空気を72時間通し、捕集したアンモニアをケルダール法¹³⁾で測定した。試験開始および終了時の供試混合物の pH およびアンモニア態窒素量は、塩化カリウム液で浸出⁹⁾後それぞれ pH メーターおよびアンモニア態窒素メーターで測定した。また、試験2については各区材料の容水量を福光⁸⁾のショートストックングを用いた方法で求めた。

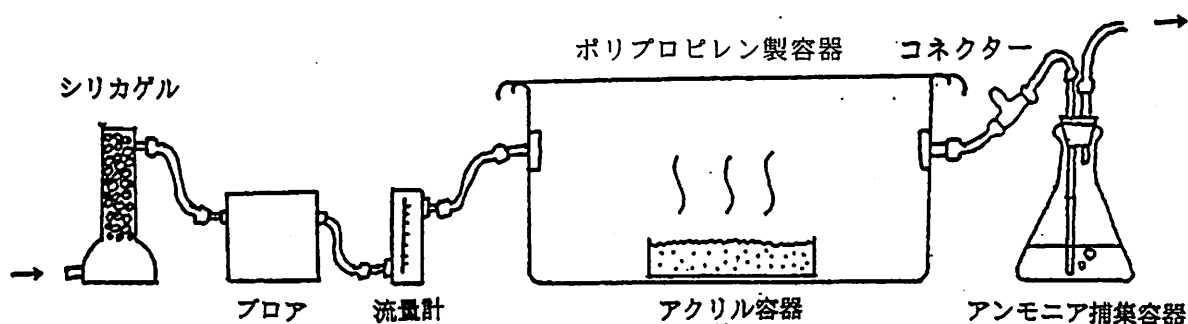


図1 試験装置の概図

IV 結 果

1. 試験1

アンモニア濃度の推移を図2, アンモニア揮発量を図3に示した。

アンモニア濃度は各区12時間後に急激に上昇し, その後緩やかに推移した。対照区に比べオガコ区および戻し堆肥区はそれぞれ低いアンモニア濃度で推移した。古紙区は, 対照区に比べ若干低い濃度で推移したものの, ほとんど差が認められなかった。また, アンモニア揮発量は対照区85.5mg, オガコ区55.1mg, 古紙区76.8mg, 戻し堆肥区21.8mgとなり, 戻し堆肥区が最も低かった。

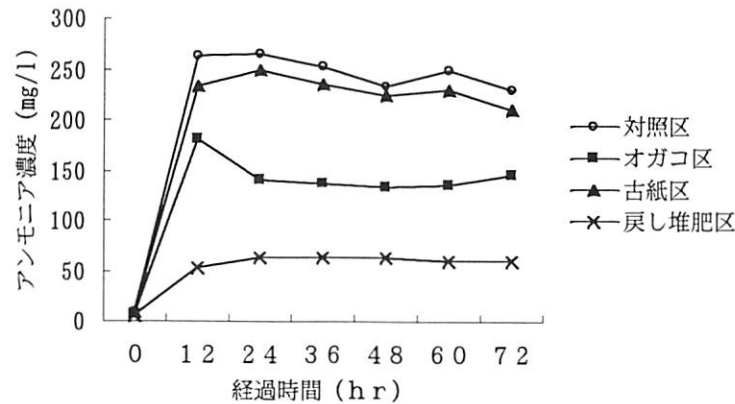


図2 アンモニア濃度の推移

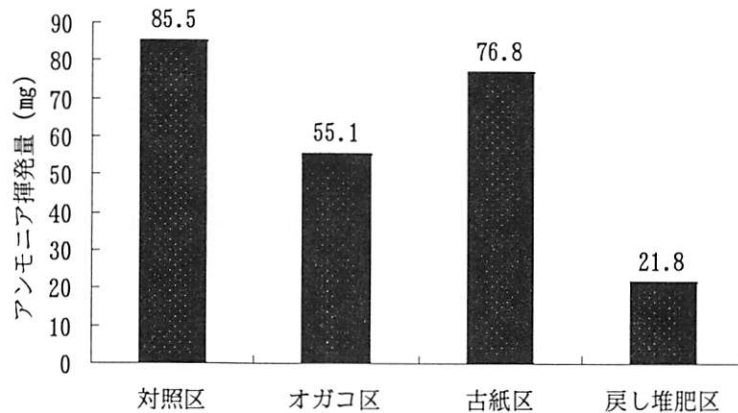


図3 アンモニア揮発量

供試混合物中の pH およびアンモニア態窒素量をそれぞれ表6, 表7に示した。

供試混合物の pH は, 各区開始および終了時ともに8以上のアルカリ性を示し, 大きな変化はみられなかった。戻し堆肥区は他区に比べ若干低かった。供試混合物のアンモニア態窒素量について開始時は, 戻し堆肥区が最も高い値を示し, 他の区についてはほぼ同じ値を示した。終了時は各区上昇したがオガコ区が最も低く, 次いで古紙区, 対照区, 戻し堆肥区の順に高い量を示した。

表6 供試混合物のpH

区分	開始時	終了時
対照区	8.74	8.50
オガコ区	8.70	8.85
古紙区	8.76	8.56
戻し堆肥区	8.49	8.19

表7 供試混合物のアンモニア態窒素量 (mg)

区分	開始時	終了時	差
対照区	3637	6233	2596
オガコ区	3449	5083	1634
古紙区	3506	6077	2571
戻し堆肥区	4570	6514	1944

2. 試験2

オガコ試験および古紙試験のアンモニア濃度の推移を図4および図5, アンモニア揮発量を図6および図7に示した。

アンモニア濃度は, 試験1の結果と同様各区12時間後に急激に上昇し, その後緩やかに推移した。アンモニアはオガコ試験, 古紙試験ともに戻し堆肥の割合が多くなるほど低い濃度で推移した。アンモニア揮発量も同様な傾向であった。

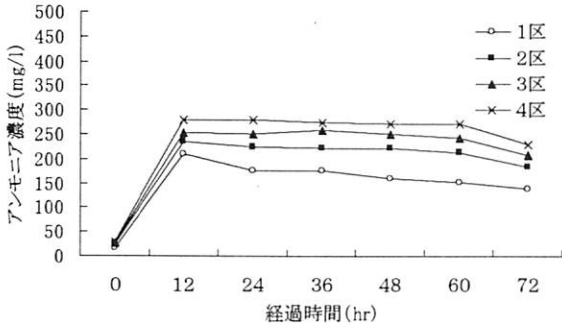


図4 アンモニア濃度の推移 (オガコ試験)

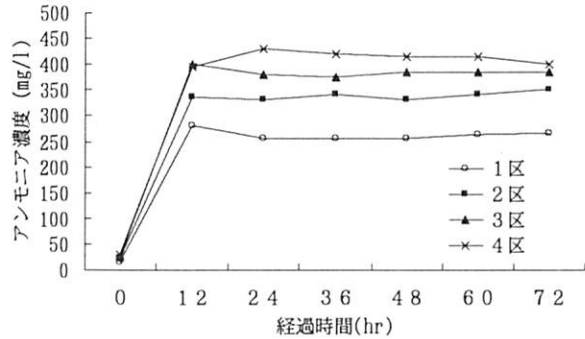


図5 アンモニア濃度の推移 (古紙試験)

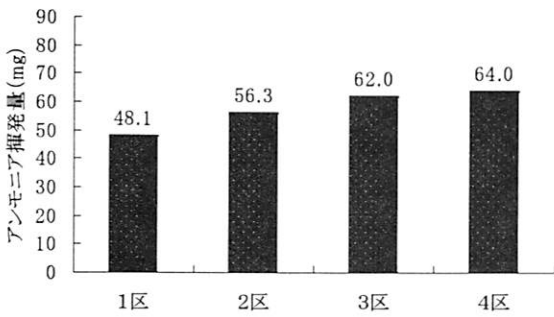


図6 アンモニア揮発量 (オガコ試験)

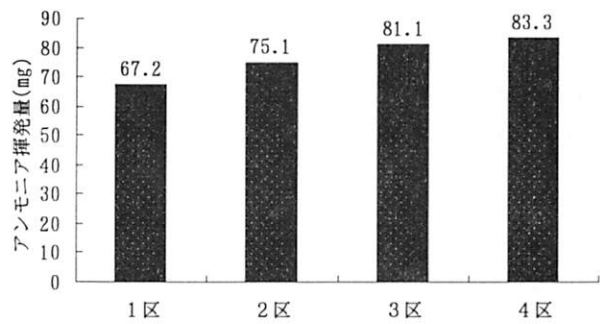


図7 アンモニア揮発量 (古紙試験)

オガコ試験および古紙試験の容水量を図8および図9に示した。

容水量は, 両試験とも敷料の割合が多くなるほど高まる傾向にあった。また, 古紙試験の方がオガコ試験に比べ容水量の上昇度合いが高かった。

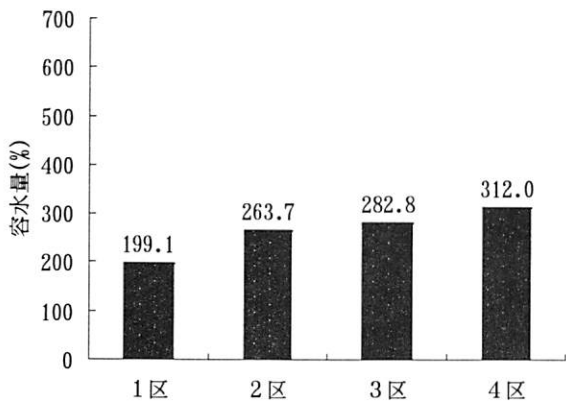


図8 容水量 (オガコ試験)

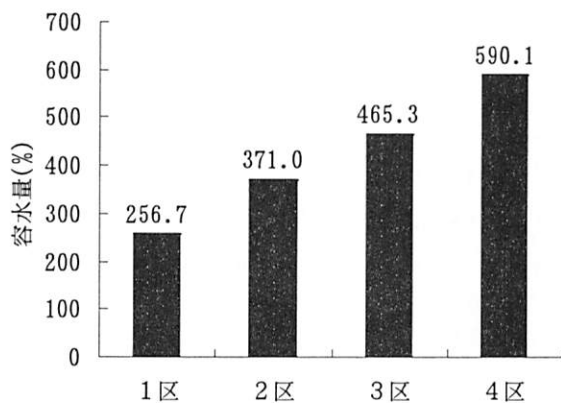


図9 容水量 (古紙試験)

V 考 察

豚は他の家畜に比べふん排泄量に対して尿排泄量が多い¹⁴⁾特徴があるため、敷料の吸水性および保水性は汚水を発生させない点で重要な性状である。供試材料の最大容水量および容水量を比較すると古紙、オガコ、古紙堆肥、オガコ堆肥、100%豚ふん堆肥の順に両性状とも高い値を示しており、戻し堆肥の100%堆肥、オガコ堆肥および古紙堆肥はオガコ、古紙に比べ吸水性および保水性に乏しい資材であると考えられた。

試験1において、戻し堆肥区が最もアンモニアの揮発を抑えておりアンモニア発生防止効果に優れていた。また試験2においても、オガコ試験、古紙試験それぞれオガコ堆肥、古紙堆肥の割合が多くなるほどアンモニアの発生は抑えられる傾向にあった。これらのことから戻し堆肥は敷料として使用した場合オガコおよび古紙に比べアンモニア発生の防止効果に優れていると考えられた。しかし、戻し堆肥がアンモニアの発生を防止した原因については、今回の試験では確認できなかった。

森ら¹⁵⁾は堆肥化における戻し堆肥の利用において、戻すごとにミネラル成分の濃縮が認められたとしている。また、武内ら¹⁶⁾は戻しにより植物に必要な塩分をも濃縮する事になるため施用の際に注意が必要であるとしている。戻し堆肥のみを使用し続けた場合は、塩類の濃縮により圃場還元の際、作物や牧草に障害を与える可能性もある。

以上より、戻し堆肥は、敷料利用においてオガコおよび古紙に比べアンモニア発生の防止効果に優れているが、吸水性および保水性に乏しい資材であると考えられ、オガコや古紙等の吸水性、保水性のよい資材と混合し塩類の濃縮を抑えながら使用するのがよいと考えられた。

戻し堆肥を敷料として活用するには、豚が戻し堆肥を採食することが考えられるため安全性や肥育成績への影響を確認する必要がある。また、セルフクリーニングオガコ養豚方式で戻し堆肥を活用するには、戻し堆肥とふん尿の混合物が泥濁化せずうまく排出されなければならないため確認する必要がある。

VI 引 用 文 献

- 1) 沖縄県農林水産部畜産課, 2002, おきなわの畜産, 85
- 2) 伊禮判・宇地原務・山城倫子・仲宗根實, 1998, 畜産公害対策試験(5)ピートモス敷料の悪臭低減効果, 沖縄畜試研報, 36, 85-90
- 3) 伊禮判・鈴木直人・仲宗根實, 2000, 畜産公害対策試験(7)セルフクリーニング式オガコ養豚の実証試験および古紙敷料の検討, 沖縄畜試研報, 38, 50-55
- 4) 鈴木直人・花島大・黒田和孝・羽賀清典・坂井隆宏, 2001, 畜産公害対策試験(10)養豚におけるバガスの敷料としての特性, 沖縄畜試研報, 39, 56-59
- 5) 大坪祐子・山下大司・大崎浩尚, 1999, V. フリーストール・ミルクパーラーの順応性—フリーストール牛舎における敷料の検討—, 佐賀畜試試験研究成績書, 36, 16-19
- 6) 細田紀子・渡辺工一, 1997, 環境性乳房炎の予防—一次発酵堆肥の敷料利用—, 畜産の研究, 51, 290-294
- 7) 福光健二, 1979, 促成堆肥調製に関する試験 (第Ⅲ報 水分調節材の吸水と吸臭力について), 群馬畜試研報, 18, 140-144
- 8) 日本土壌協会, 2000, 堆肥等有機物分析法, 23~25, 日本土壌協会
- 9) 土壌環境分析法編集委員会編, 1997, 土壌環境分析法, 50, 博友社
- 10) 日本土壌協会, 2000, 堆肥等有機物分析法, 18, 日本土壌協会
- 11) 中央畜産会, 2000, 堆肥化施設設計マニュアル, 26~27, 中央畜産会
- 12) 土壌環境分析法編集委員会編, 1997, 土壌環境分析法, 195~197, 博友社
- 13) 土壌環境分析法編集委員会編, 1997, 土壌環境分析法, 233~239, 博友社
- 14) 押田敏夫・柿市徳英・羽賀清典共編, 1998, 畜産環境保全論, 26, 養賢堂
- 15) 森浩一郎・鈴々木昭一・生駒エレナ・森永弘文, 2002, 酪農経営における戻し堆肥利用の検討, 鹿児島畜試研報, 35, 45-51

16) 武内徹郎・中西隆男, 1997, 戻し堆肥による乳牛ふん堆肥の発酵促進, 徳島畜試研報, 38, 118-121

研究補助：又吉博樹, 仲程正巳

牛ふん堆肥施用がジャイアントスターグラス草地造成初期の 生育性・生産性と品質および土壌成分に及ぼす影響

真境名元次 宮丸直子* 与古田稔

I 要 約

牛ふん堆肥施用が牧草と土壌に及ぼす影響を調査するため、基肥として牛ふんオガコ堆肥を 0.5, 1.0, 1.5t/a にそれぞれ化学肥料 $N:P_2O_5:K_2O=0.5:0.5:0.5\text{kg/a}$ を併用した区と、化学肥料のみで N を 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5kg/a にそれぞれ $P_2O_5:K_2O=0.5:0.5\text{kg/a}$ を投入した区、そして無施肥の区の合計 9 試験区を設定しジャイアントスターグラスの栽培試験を行なった。また、土壌中における牛ふんオガコ堆肥の分解状況を調査するため、栽培試験と並行して埋設試験を行なった。その結果は以下のとおりであった。

1. 堆肥を施用した区においてジャイアントスターグラスの被覆状況が良好で、また、堆肥 1.0t 区および堆肥 1.5t 区は堆肥無施用の区に比較して収量が多かった。
2. 堆肥の施用量の増加にともなって牧草中のミネラルの不均衡が顕著になり、また硝酸態窒素含量が増加する傾向がみられた。
3. 埋設試験により土壌中堆肥の重量および炭素残存率は同様な減少傾向がみられたが、窒素残存率は埋設時よりも若干増加した値のまま 4 ヶ月目まで推移し、5 ヶ月目で埋設時よりも若干減少した。

以上のことから、堆肥を施用することでジャイアントスターグラスの生育性・生産性が良好になる傾向がみられたが、飼料としての品質悪化が懸念された。また、土壌中堆肥の重量および炭素量は同様の減少傾向であったが、窒素量は 4 ヶ月目まで減少することはなかった。

II 緒 言

近年畜産経営の規模拡大にともない適正な家畜排せつ物の管理および資源としての有効利用が困難になりつつあるなかで、環境三法の施行によりこれらの適正管理と有機物資源としての利用促進がいつそう求められている。いっぽう家畜排せつ物の多量施用にともない、飼料作物におけるミネラルの不均衡や硝酸態窒素含量の増加により家畜の疾病や中毒が懸念されはじめている^{1, 2)}。家畜排せつ物およびその有効利用に関するこれらの問題に対応していくためには、土壌への堆肥施用による多面的な影響を把握する必要がある。一般に土壌への堆肥施用は作物生育にとって良好であり、生産性も向上することが知られている。そこで本試験においては、堆肥施用によるジャイアントスターグラスへの生育性・生産性と品質そして土壌成分に及ぼす影響と堆肥の土壌中での分解状況について調査した。

III 材料および方法

1. 試験地および試験期間

2002 年 7 月から 12 月まで、当試験場の圃場（国頭マージ土壌）において実施した。試験開始前の供試圃場の土壌成分を表 1 に示した。

表 1 供試圃場の土壌成分

pH (H ₂ O)	電気伝導率 (KCl)	全炭素 (%)	全窒素 (%)	C/N比	可給態リン酸 (mg P ₂ O ₅ /100g ⁻¹)	
7.0	6.2	0.188	1.23	0.11	11.0	27.1

2. 供試堆肥

供試堆肥は当試験場で生産されたもので、発酵期間が約3ヵ月間の牛ふんオガコ堆肥を用いた。供試堆肥の乾物当たりの成分値を表2に示した。堆肥は全炭素37.51%、全窒素1.70%、C/N比22.1%であった。

乾物率	全炭素	全窒素	C/N比	P ₂ O ₅	CaO	MgO	K ₂ O
40.5	37.51	1.70	22.1	0.88	2.69	0.34	1.19

3. 試験方法

1) 試験Ⅰ：栽培試験

表3に示した基肥の異なる区を設け、1区面積9㎡(3m×3m)の3反復乱塊法で配置し、区の違いが草丈および合計乾物収量に対する影響を調べるためにTukey-Kramer検定を行なった。7月18日に堆肥および化学肥料を施用し、7月23日にジャイアントスターグラスの株(4株/㎡)を移植した。なおジャイアントスターグラスの株は、ほふく茎を約1ヵ月間ポット(3cm×3cm, 深さ5cm)にて育苗したものを1株とした。堆肥の施用は土壌表面に散布後、深さ約20cmで土壌と混和し、化学肥料の施用は堆肥の施用後に表面散布した。

ジャイアントスターグラスの植付けから2週間ごとに10週までの冠部被度の推移により被覆状況を調査した。10月3日および11月25日の調査では、草丈を測定し地際から約10cmで刈取り72℃、48時間の乾燥により乾物収量を求めた。収穫物のカリウム(K)、カルシウム(Ca)、マグネシウム(Mg)含量を測定しK/(Ca+Mg)の当量比を求めた。各ミネラルの分析は公定法³⁾の湿式灰化法により行なった。また、収穫物の硝酸態窒素濃度を反射式光度計(RQフレックスプラス)を用いて測定した。2番刈り後の各区の土壌試料において、pHおよび電気伝導率そしてトルオグ法⁴⁾による可給態リン酸を測定した。

施肥状況として1番刈りまでは基肥のみで栽培し、1番刈り後に栽培基準⁵⁾に準じて全ての区に化学肥料でN:P₂O₅:K₂O=1.0:0.4:0.8kg/aを施用した。

表3 試験区分および施用基肥

試験区分	堆肥(t/a)	化学肥料(kg/a)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
無施肥区	0	0	0	0
堆肥0.5t区	0.5	0.5	0.5	0.5
堆肥1.0t区	1.0	0.5	0.5	0.5
堆肥1.5t区	1.5	0.5	0.5	0.5
N0.5kg区	0	0.5	0.5	0.5
N1.0kg区	0	1.0	0.5	0.5
N1.5kg区	0	1.5	0.5	0.5
N2.0kg区	0	2.0	0.5	0.5
N2.5kg区	0	2.5	0.5	0.5

2) 試験Ⅱ：埋設試験

堆肥の土壌中での分解を調査するため、埋設法⁶⁾による試験を行なった。堆肥と圃場から採取した土壌を混合した試料、および対照として土壌のみの試料をガラス繊維ろ紙に包んでジャイアントスターグラス植付け日と同一の7月23日に約10cmの深さでそれぞれ3反復で埋設した。試料の回収は8月23日から12月23日まで、1ヵ月間隔で回収して重量、全炭素および全窒素の減少量を調査した。

なお、供試圃場は栽培試験と同一圃場内で、堆肥も栽培試験と同一のものを供した。

IV 結果

1. 被覆状況

ジャイアントスターグラスの株移植から2週間ごと10週目(1番刈り)までの被度の推移を図1に示した。全体的に見ると4週から8週にかけて被度が大きく変化していた。4週および6週では堆肥1.5t区>堆肥1.0t区>堆肥0.5t区の順に高い値で推移しており、8週では堆肥を施用した区にN2.0kg区を含めた4区が被度90%以上に達していた。いっぽう無施肥区、N0.5kg区、N2.5kg区の3区は全体的に低い値で推移しており10週で比較しても、無施肥区およびN0.5kg区だけは被度90%未満であり、特に無施肥区だけは大きく離れ約77%であった。

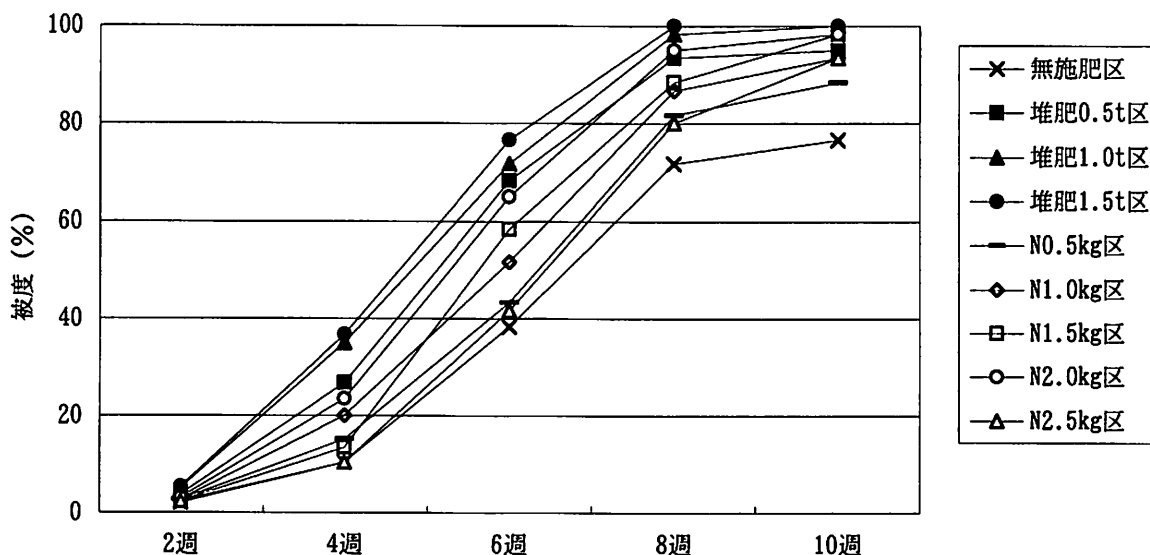


図1 被度の推移

2. 草丈

1番草および2番草の草丈を表4に示した。

無施肥区は1番草および2番草ともに最も草丈が低かった。1番草における最も高い草丈は堆肥1.5t区でつぎにN1.5kg区であり、無施肥区と堆肥1.5t区との間に1%水準で有意差が認められ、無施肥区とN1.5kg区との間に5%水準で有意差が認められた。2番草における最も高い草丈は堆肥1.0t区であったが、2番草におけるどの区間にも有意差は認められなかった。

表4 草丈 (cm)

試験区分	1番草	2番草
無施肥区	65.3 ± 3.4 Aa	47.1 ± 4.1
堆肥0.5t区	76.8 ± 7.9 ABab	57.5 ± 2.5
堆肥1.0t区	80.8 ± 0.8 ABab	65.5 ± 4.8
堆肥1.5t区	85.0 ± 1.3 Bb	63.2 ± 5.0
N0.5kg区	73.2 ± 4.7 ABab	52.2 ± 10.3
N1.0kg区	78.6 ± 7.1 ABab	52.3 ± 4.3
N1.5kg区	81.7 ± 5.3 ABb	62.2 ± 9.5
N2.0kg区	79.6 ± 4.7 ABab	63.9 ± 1.6
N2.5kg区	73.9 ± 4.0 ABab	57.4 ± 6.6

注1) 異なる大文字間に1%水準で有意差あり。

2) 異なる小文字間に5%水準で有意差あり。

3. 乾物収量

1 番草および 2 番草の合計乾物収量を図 2 に示した。

無施肥区は最も収量が少なく約 27kg/a で、全体では堆肥 1.0t 区および堆肥 1.5t 区が約 58kg/a と収量が最も多かった。堆肥無施用の区では N1.5kg 区および N2.0kg 区が約 50kg/a で多く、基肥として最も化学肥料の窒素を多く投入した N2.5kg 区は約 41kg/a であった。無施肥区と堆肥 1.0t 区および堆肥 1.5t 区との間に 1%水準で有意差が認められた。

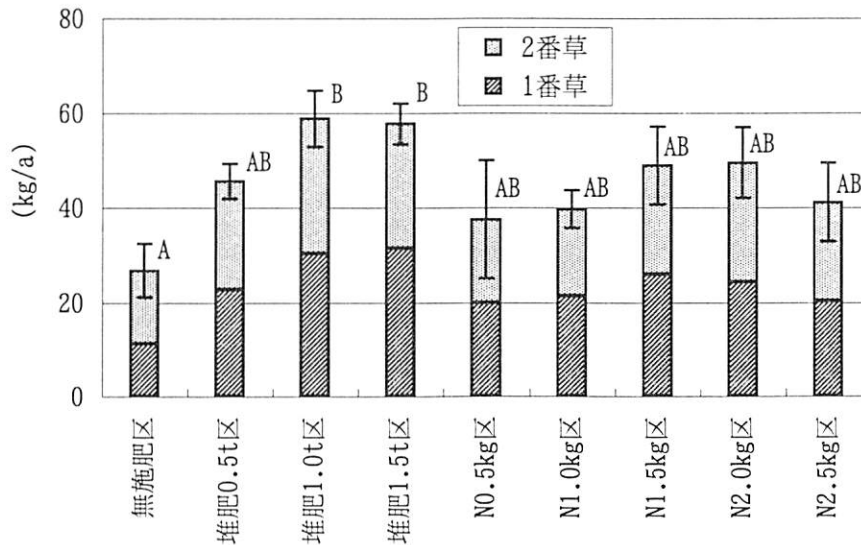


図 2 1 番草および 2 番草の合計乾物収量

注 1) 異なる文字間に 1%水準で有意差あり。

4. 牧草のミネラルバランスおよび硝酸態窒素濃度

1 番草および 2 番草における乾物当たりの K, Ca, Mg の含量とそのミネラルバランスおよび硝酸態窒素濃度を表 5 に示した。1 番草における K/(Ca+Mg) 当量比は 1.85 から 2.22 の範囲で、試験区分による明確な傾向は認められなかった。2 番草では 1.24 から 1.53 の範囲であり 1 番草に比較して全体的に低い値で、2 番草のみでみると堆肥 1.5t 区 > 堆肥 1.0t 区 > 堆肥 0.5t 区の順に高い値を示した。

硝酸態窒素濃度は 1 番草および 2 番草のほとんどの区で 0.1% 未満であったが、2 番草における堆肥 0.5t 区、堆肥 1.0t 区、堆肥 1.5t 区において 0.1% より高い値であった。その傾向は 2 番草の K/(Ca+Mg) 当量比と同様に堆肥 1.5t 区 > 堆肥 1.0t 区 > 堆肥 0.5t 区の順に高い値であった。

表 5 収穫された牧草のミネラルおよびそのバランスと硝酸態窒素濃度 (% DM)

試験区分	1 番草					2 番草				
	K	Ca	Mg	K/(Ca+Mg)	硝酸態窒素	K	Ca	Mg	K/(Ca+Mg)	硝酸態窒素
無施肥区	2.63	0.45	0.16	1.89	0.03	2.58	0.61	0.28	1.24	0.08
堆肥 0.5t 区	2.60	0.41	0.15	2.04	0.02	2.88	0.59	0.28	1.40	0.15
堆肥 1.0t 区	2.74	0.40	0.14	2.22	0.02	2.91	0.58	0.27	1.45	0.19
堆肥 1.5t 区	2.61	0.38	0.15	2.16	0.02	3.00	0.54	0.28	1.53	0.22
N0.5kg 区	2.71	0.46	0.16	1.93	0.03	2.59	0.59	0.26	1.31	0.07
N1.0kg 区	2.88	0.44	0.15	2.12	0.04	2.59	0.58	0.26	1.33	0.05
N1.5kg 区	2.80	0.43	0.15	2.12	0.02	2.55	0.58	0.27	1.28	0.08
N2.0kg 区	2.82	0.43	0.14	2.19	0.03	2.64	0.60	0.27	1.30	0.10
N2.5kg 区	2.52	0.44	0.16	1.85	0.01	2.59	0.61	0.27	1.26	0.06

注) K/(Ca+Mg) は当量比

5. 2番刈り後の土壌成分

2番刈り後の各区から採取した土壌のpH、電気伝導率および可給態リン酸の値を表6に示した。pH(H₂O)およびpH(KCl)は全区において7.1および6.2付近であり、また電気伝導率においても試験区分による大きな差は見られなかった。可給態リン酸においては堆肥1.5t区>堆肥1.0t区>堆肥0.5t区の順で高く、その他の区における明確な傾向は認められなかった。

表6 2番刈り後の土壌分析

試験区分	pH		電気伝導率 (dS m ⁻¹)	可給態リン酸 (mgP ₂ O ₅ 100g ⁻¹)
	(H ₂ O)	(KCl)		
無施肥区	7.1	6.3	0.144	31.8
堆肥0.5t区	7.1	6.3	0.162	57.8
堆肥1.0t区	7.1	6.2	0.203	88.9
堆肥1.5t区	7.0	6.2	0.236	164.7
N0.5kg区	7.2	6.2	0.144	20.0
N1.0kg区	7.2	6.2	0.154	79.0
N1.5kg区	7.1	6.2	0.154	50.2
N2.0kg区	7.1	6.2	0.159	59.8
N2.5kg区	7.2	6.2	0.121	56.7

6. 埋設試験による堆肥の炭素、窒素および重量残存率

埋設試験による埋設堆肥の炭素量、窒素量および重量を1として1ヵ月ごとの残存率の推移を図3に示した。また参考として栽培試験における植付けと刈取り日を図中に示した。

重量および炭素残存率は同様の傾向で、10月23日(3ヵ月目)の時点まで比較的減少量が大きく、その後緩やかな減少を示した。いっぽう窒素残存率は11月23日(4ヵ月目)まで1以上で推移しており12月23日(5ヵ月目)になって残存率が1以下になった。

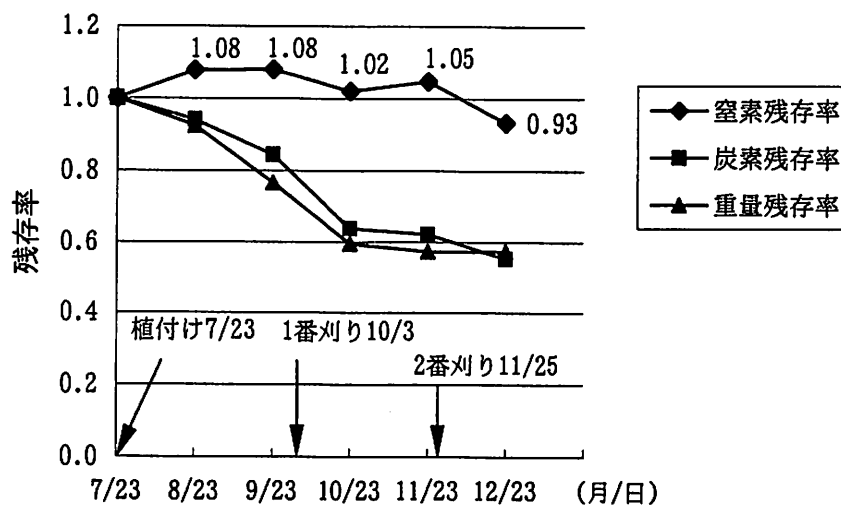


図3 堆肥の炭素、窒素および重量残存率の推移

V 考 察

被覆状況において堆肥を投入した区は被度が高い値で推移する傾向があったことから、堆肥の投入により生育が良好となり、収穫までの期間も短縮される可能性が示唆された。

1 番草と 2 番草の草丈を比較すると、堆肥を施用した区では堆肥 1.0t 区と堆肥 1.5t 区が高く、堆肥無施用の区では N1.5kg 区と N2.0kg 区が高かった。これらの試験区間の草丈に有意な差は認められなかったが、合計乾物収量において堆肥無施用の区の最大収量は約 50kg/a であったのに対して堆肥 1.0t 区と堆肥 1.5t 区は同程度で約 58kg/a であったことから、基肥に窒素肥料を多量施用するよりも堆肥を 1.0～1.5t/a 施用することにより増収が期待できると考えられた。

埋設試験の結果では 1 番草の栽培期間において窒素残存率が 1 以上であり、2 番草の栽培期間では、それより若干低くなっていた。埋設試験は植物根や土壌動物の侵入を防止して行なうため、実際の条件よりも分解率を過小評価する傾向があるが⁶⁾、そのことを考慮しても、1 番草への窒素はほとんど供給されておらず、2 番草の生育期間の後半で供給され始めたと考えられた。これは、堆肥を施用した区において 2 番草の硝酸態窒素濃度が増加したことと一致する。堆肥の施用による生育性および生産性への効果は窒素養分の影響が大きいと予想されていた。しかし、埋設試験の結果から 1 番刈りまでは堆肥からの窒素はほとんど供給されておらず、逆に窒素残存率が 1 以上となり、土壌微生物により土壌窒素の有機化が起きている状態と考えられたが、堆肥を施用した区の生育性および生産性は良好であった。そこで 2 番刈り後に採取した土壌の成分について検討したところ、pH および電気伝導率において大きな変化は認められなかったが、可給態リン酸においては堆肥の施用量にともない増加する傾向がみられた。これらから、堆肥からの養分としての影響を考えるならば、窒素よりもリン酸の影響が大きい可能性が示唆された。また、土壌は一般に化学性だけでなく物理性と生物性とに分けてとらえられ、この三つが複雑に作用し合って土壌の特徴を形成している。土壌中への有機物の供給は土壌の物理性および生物性を改善し、土壌の団粒化が促進され、生産性の高い土壌となることが知られている^{7, 8)}。施用堆肥は乾物で約 40%の炭素含量があり、有機物が豊富であったと考えられ、堆肥を施用した区では今後も収量増の傾向が持続すると考えられた。

牧草の品質としてはミネラルバランスにも注意が必要であり、牧草の K/(Ca+Mg)当量比に対するグラスタニーの発生率 (%) の目安は 1.40 以下で 0%, 1.41～1.80 で 0.06%, 1.81～2.20 で 1.70%, 2.21～2.26 で 5.1%であると示されている⁹⁾。1 番草における K/(Ca+Mg)当量比が 1.85～2.22 の範囲であるのに対して、2 番草では 1.40～1.53 であった。2 番草が低くなったのは Ca および Mg 含量の増加によるものであるが、その原因は推測できなかった。また 2 番草の中で堆肥を施用した区において K 含量の増加により K/(Ca+Mg)当量比がその他の区より高くなった。K 含量の増加は堆肥由来のものと考えられた。これらによりグラスタニーの発生率は 1 番草の方が高い傾向を示し、2 番草においては堆肥の投入量の増加にともなって発生する可能性が高まる傾向があった。

VI 引用文献

- 1) 原田久富美・須永義人・畠中哲哉, 2001, トウモロコシ(*Zea mays* L.)の養分濃度の品種間差異, 日草誌, 47(3), 289-295
- 2) 原田久富美・畠中哲哉・杉原進, 1996, 窒素多量施用条件下のトウモロコシ(*Zea mays* L.)の硝酸態窒素含量, 日草誌, 41(4), 352-356
- 3) 自給飼料品質評価研究会編, 2001, 粗飼料の品質評価ガイドブック, 20-23
- 4) 土壌環境分析法編集委員会編, 2000, 土壌環境分析法, 267-269, 博友社
- 5) 沖縄県農林水産部畜産課, 1998, 沖縄県牧草飼料作物奨励品種の特性及び栽培基準, 5
- 6) 財団法人日本土壌協会, 2000, 堆肥等有機物分析法, 168-171
- 7) 船引真吾, 1972, 新編土壌学講義, 81-83, 養賢堂
- 8) 武田健, 2002, 新しい土壌診断と施肥設計, 農文協
- 9) 六本木和夫, 2001, 植物栄養編生理障害, 藤原俊六郎ら, 農文協, 土壌肥料用語辞典, 142