

監視カメラを活用した山羊の分娩兆候および行動の調査

安村陸 滝口 收* 金谷晴一** 高木和香子
平良祥***

I 要 約

山羊の繁殖管理に関する知見を得るため、監視カメラにより分娩が始まる時間帯や分娩所要時間、分娩兆候や分娩前後の行動を調査した結果、以下のとおりであった。

1. 供試山羊の分娩開始時刻について、供試山羊の 8 割が 12 時から 16 時の時間帯であった。分娩所要時間の平均について、1 頭目は 15.4 分、2 頭目は 11.4 分であった。後産が娩出する時間は、平均で 144.5 分であった。
2. 全個体に共通する行動として、分娩前に「直立不動」や「歩き回る」行動が認められ、分娩後に「子を舐める」行動が認められた。全個体に共通する行動ではないものの、多くの個体で「穴を掘るしぐさ」や「自身の排尿の匂いを嗅ぐ」行動が確認された。
3. 正常に分娩した個体の「直立不動」や「歩き回る」行動が見られる時間帯の平均値は、分娩前 76.2 分であった。また、正常に分娩した個体では、分娩後 1 分以内に「子を舐める」行動が確認された。
4. 分娩前後に異常が認められた個体では、「直立不動」や「歩き回る」行動が見られる時間帯の平均値は分娩前 112.3 分であり、正常な個体の平均値より 36.1 分早かった。また、分娩後に「子を舐める」行動が 2 分以上かかる、もしくは舐めないことが確認された。
5. 出生後の子山羊で共通する行動およびその時間経過について、平均して 65.6 分に「起立」、94.7 分に「吸乳」することが確認された。起立、吸乳のいずれの行動においても 1 頭目は 2 頭目より経過時間が短い傾向にあった。また、自力で吸乳したすべての子山羊にて尾を振る行動が確認された。

以上のことから、監視カメラを活用することにより、山羊の分娩が始まる時間帯や分娩所要時間、分娩兆候や行動における経過時間などの知見を得ることができた。

II 緒 言

沖縄県では、伝統的な食文化として山羊肉を食べる習慣がある¹⁾ ことから、山羊の飼養頭数は全国で最も多く²⁾、馴染みのある家畜として県内各地で見られる³⁾。しかしながら、山羊の飼養管理は他家畜のように体系化はされておらず、新規就農者は自身の経験により技術を習得していくことがほとんどである。

山羊の飼養管理の中でも分娩前後の繁殖管理は特に重要とされている。山羊は基本的には自然分娩であるが、飼養規模が増えると異常分娩も多くなるため、難産の際は分娩介助のタイミングの見極めや経過時間ごとに必要な補助などが必要である。特に分娩介助のタイミングについては、分娩開始からいつまでに実施すべきなのか、目安となる適切な経過時間はほとんど明らかにされていない。これらの特殊な技術は感覚的に行われていることが多いため、経験の浅い飼養者でも簡易的に繁殖管理ができるよう、基準となる経過時間や分娩兆候、分娩前後の行動などの知見が必要である。

肉用牛においては、繁殖管理に監視カメラを活用することにより生産性の向上や技術の簡易化が図られた事例が多くある^{4~6)} が、同じ反芻動物である山羊においても応用できる可能性がある。

以上のことから、山羊の繁殖管理に関する知見を得るため、分娩兆候や分娩前後の行動を監視カメラにより観察し、分娩が始まる時間帯や分娩所要時間、分娩前後の行動における経過時間を調査したので報告する。

Ⅲ 材料および方法

1. 試験期間および試験場所

1) 試験期間

2023 年 2 月 7 日から 2024 年 1 月 27 日

2) 試験場所および飼養管理

試験場所は畜産研究センターの雌山羊舎とした。飼養管理は、高床式房（3m×2m）にて 2 頭ずつの群飼とし、自由飲水とした。飼料は、オーツ乾草約 1kg および山羊用濃厚飼料 200～500g を 1 日 2 回に分け給与した。

2. 供試山羊

供試山羊の概要を表 1 に示した。供試山羊は月齢 16～56 カ月、未経産もしくは産歴 1～2 回、体重 38.5～68.0kg の雌山羊 8 頭とした。

表 1 供試山羊の概要

供試No.	品種（交雑種）	月齢(月)	産歴(回)	体重(kg)
1	ボア F1	38	2	52.5
2	ボア F1	26	1	51.5
3	ヌビアン F2	13	未経産	38.0
4	日本ザーネン種	26	未経産	59.5
5	ボア種	58	2	48.5
6	ヌビアン F1	26	未経産	68.0
7	ボア種	58	2	49.5
8	ヌビアン F1	23	未経産	57.0

3. 調査方法

1) 監視カメラの設置および記録の保存方法

各山羊房後方の床から 3m 上部（写真 1）に房内すべてが視野に入るよう暗視機能付きの監視カメラ（Xmart 社製）を設置した。監視カメラで撮影した映像は、無線 LAN によりリアルタイムで記録用モニター（写真 2）に送信し保存した（写真 3）。

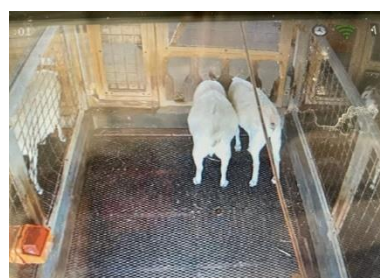


写真 1 監視カメラの位置

写真 2 記録用モニター

写真 3 保存した映像

2) 分娩兆候および分娩前後の行動観察

監視カメラは試験期間中常時設置し、記録した映像データの中から分娩前後 24 時間分の記録を抽出後、分娩開始時間や分娩兆候、分娩前後の行動などを観察し、それぞれの経過時間を調査した。

4. 調査項目

1) 供試山羊の分娩成績

供試山羊の分娩日、分娩回数、分娩頭数を調査した。

2) 供試山羊の分娩開始時刻、所要時間、および後産の娩出時間

供試山羊の分娩兆候ごとの経過時間として、分娩開始時刻、分娩に要した所要時間（以下、分娩所要

時間)、2頭目の分娩所要時間、後産の娩出に要した所要時間を調査した。分娩開始時刻は山羊の努責がカメラによる記録から確認できた時間とした。

3) 供試山羊の分娩前後の行動および経過時間

供試山羊の分娩前後 24 時間で共通する行動を観察し、行動や分娩兆候と経過時間の関係性について検討した。

4) 出生した子山羊の行動における経過時間

出生した子山羊の「立ち上がる」、「吸乳」、その他共通する行動について調査し、行動と経過時間の関係性について検討した。

IV 結 果

1. 分娩成績

供試山羊の分娩成績を表 2 に示した。供試No.1～2 は試験期間内に 2 回分娩し、供試No.3～8 はそれぞれ 1 回分娩した。供試山羊の分娩時期および分娩頭数について、2023 年 2 月に 4 頭、5 から 6 月に 4 頭、11 月に 5 頭、2024 年 1 月に 2 頭であった。なお、11 月に分娩した 4 頭はホルモン処置による季節外繁殖であった。

表 2 山羊の分娩成績

供試No.	1 回目		2 回目	
	分娩日	頭数	分娩日	頭数
1	2023 年 2 月 7 日	2	2023 年 11 月 22 日	1
2	2023 年 2 月 15 日	2	2023 年 11 月 19 日	2
3	2023 年 5 月 25 日	1		
4	2023 年 6 月 3 日	2		
5	2023 年 6 月 6 日	1		
6	2023 年 11 月 17 日	1		
7	2023 年 11 月 21 日	1		
8	2024 年 1 月 26 日	2		

2. 分娩開始時刻、所要時間、および後産の娩出の経過時間

供試山羊の分娩兆候における経過時間を表 3 に示した。供試山羊の分娩開始時刻について、全体の 8 割が 12 時から 16 時の時間帯であった。分娩所要時間の平均について、1 頭目は 15.4 分、2 頭目は 11.4 分であった。後産が娩出する時間について、平均で 144.5 分となった。

また、分娩兆候として、10 頭中 5 頭で尿膜のうや尿膜の露出が認められた。

表 3 山羊の分娩開始時刻，所要時間，および胎盤娩出の経過時間 (分)

供試No.	分娩開始時刻	1 頭目分娩所要時間	2 頭目分娩所要時間	後産の娩出
1 (1 回目)	14:24	6	5	145
1 (2 回目)	12:38	11	—	131
2 (1 回目)	15:53	18	2	150
2 (2 回目)	15:31	5	22	118
3	12:02	50	—	128
4	12:59	9	19	120
5	2:53	10	—	287
6	10:51	10	—	109
7	12:52	149 ^{注)}	—	120
8	14:11	20	9	137
平均		15.4±13.1	11.4±7.8	144.5±49.0

注 1) 分娩介助による異常値のため平均値から除外。

注 2) 分娩兆候として，10 頭中 5 頭で分娩開始前に尿膜のうや尿膜の露出を確認。

注 3) 平均値±標準偏差

3. 分娩前後における供試山羊の行動および経過時間

全個体に共通する行動として，分娩前に「直立不動」や「歩き回る」行動が認められ，分娩後に「子を舐める」行動が確認された。全個体に共通する行動ではないものの，多くの個体で「穴を掘るしぐさ」や「自身の排尿の匂いを嗅ぐ」行動が確認された。

正常に分娩した個体の分娩前後における行動と経過時間を表 4 に示した。「直立不動」や「歩き回る」行動が見られる経過時間の平均値は，分娩前 76.2 分であった。また，すべての個体で分娩後 1 分以内に「子を舐める」行動が確認された。

表 4 正常に分娩した個体の分娩前後における行動および経過時間 (分)

供試No.	分娩前の行動および経過時間	分娩後の行動および経過時間	
	直立不動，歩き回る ^{注 1)}	子を舐める ^{注 2)}	
		1 頭目	2 頭目
1 (1 回目)	-81	1	1
1 (2 回目)	-79	0.1	—
2 (2 回目)	-60	0.1	0.1
3	-118	0.5	—
5	-33	1	0.5
6	-86	0.1	0.1
平均	-76.2±25.8	0.5±0.3	0.4±0.1

注 1) 分娩開始時刻から遡った時間を—により表示。

注 2) 分娩後から経過した時間を表示。

注 3) 平均値±標準偏差

異常が認められた個体の分娩前後における行動および経過時間を表 5 に示した。「直立不動」や「歩き回る」行動が見られる経過時間の平均値は分娩前 112.3 分であり，正常な個体の平均値より 36.1 分早かった。また，分娩後に「子を舐める」行動が 2 分以上かかる，もしくは舐めないことが確認された。

表 5 異常が認められた個体の分娩前後における行動および経過時間 (分)

供試No.	分娩前の行動 および経過時間	分娩後の行動 および経過時間		備考
	直立不動, 歩き回る ^{注1)}	子を舐める ^{注2)}		
		1 頭目	2 頭目	
2(1 回目)	-60	-	0.1	1 頭目は舐めず授乳拒否。
4	-58	17	5	産褥麻痺疑い
7	-168	3	-	難産
8	-163	3	2	難産
平均	-112.3±44.6	7.3±5.7	2.4±1.3	

注 1) 分娩開始時刻から遡った時間を-により表示。

注 2) 分娩から経過した時間を表示

注 3) 平均値±標準偏差

3. 出生後の子山羊における行動および経過時間

出生後の子山羊における行動及び経過時間を表 6 に示した。全個体で共通して「起立」が認められ、No.4 を除いたすべての子山羊で「吸乳」が確認された。No.4 は母山羊が授乳を拒否していたため、飼育者による授乳補助以外での飲乳は確認できなかった。また、自力で飲乳した個体においては、吸乳中に「尾を振る」行動が確認された。

行動の経過時間について、平均して 65.6 分で起立、94.7 分で吸乳することが確認された。起立、吸乳のいずれにおいても 1 頭目が早い傾向にあった。起立が遅れたNo.1 について、吸乳後は発育において他個体との差は認められなかった。

表 6 出生後の子山羊に共通する行動および経過時間 (分)

子山 羊No.	供試No. (母山羊)	性 別	体 重	行動および経過時間		備考
				起立	吸乳	
1	1(1回目)	雄	4.0	416 ^{注)}	439 ^{注)}	肢蹄が通常より弱い
2		雌	3.8	107	146	2 頭目
3	1(2回目)	雄	3.8	41	61	
4	2(1回目)	雄	3.8	89	-	母山羊が授乳拒否
5		雄	3.7	85	84	2 頭目
6	2(2回目)	雄	4.2	27	43	
7		雌	4.1	32	47	2 頭目
8	3	雄	3.8	16	18	
9	4	雄	3.7	69	115	
10		雌	3.5	67	105	2 頭目
11	5	雌	4.5	57	72	
12	6	雄	5.0	81	108	
13	7	雄	3.6	79	148	
14	8	雄	3.5	83	141	
15		雄	3.3	86	143	2 頭目
1 頭目の平均値				60.2±25.1	88.3±43.9	
2 頭目の平均値				75.4±25.1	105.0±37.2	
全個体の平均値				65.6±26.1	94.7±42.3	

注 1) 肢蹄が弱いことによる異常値のため平均から除外。

注 2) 平均値±標準偏差

V 考 察

分娩開始時刻について、日本ザーネン種における分娩の時間帯⁷⁾は6時から12時が51%、12時から18時が31%と午前中に多い傾向にあったが、本調査においては、品種、産歴、季節などに関わりなく80%が12時から16時の時間帯であった。品種や交雑種における遺伝的な要因、気温や光刺激などの環境要因などが影響した可能性がある。

分娩所要時間について、牛の産出期は平均して38分から70分⁸⁾、山羊の産出期は30分から120分とされている⁹⁾が、本試験では正常分娩の約9割が20分以内に分娩しており、供試No.3が最長で50分要している。引き続きの調査により正確な分娩所要時間を把握することで、分娩介助の判断基準となる経過時間を示すことが可能であると考ええる。

分娩時の行動について、分娩開始の約60分から120分前に「直立不動、歩き回る」行動が確認された。肉用牛においては、弱い陣痛が開始すると痛みからしきりに畜舎内を歩き回ることが知られている¹⁰⁾が、本調査で見られた山羊の行動についても陣痛から引き起こされる行動の可能性がある。

山羊の身体的な分娩兆候として、尾の付け根部分がゆるむ、乳房が肥大化する、腹部の膨らみが下方に移動するなどが知られている¹¹⁾が、本試験によって山羊の分娩直前の行動やその経過時間などの知見が得られた。

分娩後の行動について、正常に分娩した個体のすべてが分娩後1分以内に子山羊を舐めたが、異常が認められた個体は子山羊を舐める行為が遅れるもしくは舐めないことが確認された。このことから、分娩後1分以内に子山羊を舐めない母山羊は、その後の経過を慎重に観察することで分娩後の事故が軽減できる可能性がある。

供試No.2について、1頭目と2頭目の分娩間隔が短いことから1頭目を舐める時間的猶予がなく、その後1頭目のみを授乳拒否している。そのため、母山羊が子を舐めることは、自ら分娩した子を判断するための要因の一つである可能性がある。また、家畜行動学理論においては、牛が子を舐めることは母性本能による生理的行動の中でも特に重要とされ¹²⁾、子の呼吸や排便の促進、血液循環を活性化させる効果がある¹³⁾が、同じ反芻動物である山羊においても、「舐める」という生理的行動によりそれらの行動が促進されている可能性がある。

出生後の子山羊の行動および時間経過について、異常があった1頭を除きすべての個体が110分以内に起立し、150分以内に吸乳することが確認された。健康な子牛は120分以内に起立し哺乳欲を示すが、自力で哺乳できない場合は6時間を目安に授乳を補助することが望ましいとされる¹⁴⁾。本調査では、子山羊でも子牛に近い経過時間で起立し哺乳することが確認できたが、今後さらに検証することで、子牛同様に飼育者による適正な授乳補助のタイミングを示すことが可能であると考ええる。

自力で吸乳した子山羊では、吸乳中に尾を振ることが確認された。しかしながら、母山羊の乳量が少ない場合は吸乳中の子山羊の尾の振りが弱く、吸乳後も乳を催促する回数が多かったため、尾の振りの強弱は子山羊の満足度を示している可能性がある。今後、子山羊の尾の振りの回数や乳を催促する回数などの行動を調査することで、子山羊の発育との関連性が明らかになると考えられる。

以上のことから、山羊の分娩兆候および行動を監視カメラにより記録し観察することで、分娩が始まる時間帯や分娩所要時間、分娩前後の行動やその経過時間、子山羊の出生後の行動やその経過時間などの知見が得られた。今後も引き続きデータを蓄積していき、経験の浅い飼養者でも簡易的に山羊の繁殖管理ができるよう、適切な経過時間ごとの分娩補助や授乳補助のタイミングを示す必要がある。

VI 引 用 文 献

- 1) 平川宗隆(2003)沖縄のヤギ文化誌, 16-24, (有)ボーダーインク
- 2) 農林水産省畜産局畜産振興課(2022)めん羊・山羊をめぐる情勢,
https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kikaku/tikusan_sogo/attach/pdf/sonota-11.pdf
- 3) 渡嘉敷綏宝(1984)沖縄の山羊, 24-25, 那覇出版社
- 4) 白根英治(2018)分娩監視システム導入農家の生産性向上への取り組み, 大分県西部振興局生産流通部, <https://www.pref.oita.jp/uploaded/attachment/199428.pdf>

- 5) 谷原礼諭(2017)畜産農家を支援する繁殖管理システムの開発, 畜産技術, **743**, 29-32
- 6) 杉野文章・笹栗康・金森昭人・元島敏美(2019)画像認識技術を活用した分娩予測システムの開発と実証, 宮崎県畜産試験場研究報告, **30**, 14-17
- 7) 独立行政法人家畜改良センター長野牧場業務課(2016)山羊分娩の時間帯について,
http://www.nlbc.go.jp/nagano/kachikubumon/yagi_bunben/
- 8) Doornbos. D. E, Bellows. R. A, Burfening. P. J, Knapp. B. W (1981) Effects of damage, prepartum nutrition and duration of labor on productivity and postpartum reproduction in beef females, *Journal of Animal Science*, **59**(1), 1-10
- 9) 独立行政法人家畜改良センター長野牧場業務課(2007)山羊の飼養管理マニュアル, 3-4, 独立行政法人家畜改良センター企画調整部企画調整課
- 10) 堂地修(2018)牛の繁殖生理, 酪農ジャーナル電子版,
<https://rp.rakuno.ac.jp/archives/feature/207.html>
- 11) 中西良孝(2005)めん羊・山羊技術ハンドブック, 145, 社団法人畜産技術協会
- 12) 三村耕・森田琢磨(1980)家畜管理学, 142, 株式会社養賢堂
- 13) 日産合成工業株式会社学術・開発部(2015)リッキングとグルーミング, 酪農豆知識, **103**, 1-2
- 14) 岡山県総合畜産センター(2009)岡山県和牛子牛飼育マニュアル人工哺乳の手引き, 10, (社)岡山県畜産協会

スマート機器を活用した山羊繁殖技術の確立

(1) 耳標型センサーを活用した山羊の体温変動の調査

安村陸 滝口収* 金谷晴一** 高木和香子

I 要 約

スマート機器を活用した山羊繁殖技術の確立を図るため、耳標型センサーにより山羊の繁殖季節における体温変動を調査した結果、以下のとおりであった。

1. 耳標型センサーにおける耳介温度と体温計における直腸温度の相関係数について、0.641 と中適度の相関が認められた。
2. 耳標型センサーにより山羊の日中の体温変動を調査したところ、平均して 36.5～37.9℃の間で推移し、8時から13時にかけて体温が上昇後、13時から16時まで高値を維持し、17時以降に体温が低下する傾向が認められた。
3. 耳標型センサーにおける山羊の発情前後の体温変動について、発情の2日前に35.8℃まで低下し、発情日に36.7℃まで上昇後、発情の2日後には平常時に近い36.1℃前後で推移した。
4. 発情前後における前3日間の同時刻平均値と体温の差について、発情の1日前は-0.554、発情日は0.994となっており、差は1.55と1℃以上の差が認められたことから、耳標型センサーが山羊の発情検知に活用できる可能性が示唆された。

以上のことから、山羊の繁殖時期における耳標型センサーの精度および体温変動が明らかになり、発情検知への可能性について示唆された。

II 緒 言

沖縄県では、伝統的な食文化として山羊肉を食べる習慣がある¹⁾ことから、古くより山羊肉の需要は多く、近年は海外からの観光客向けのハラルフードとして全国的にも山羊肉の需要が高まっている²⁾。しかし、沖縄県内の山羊肉の自給率は4割程度であり、県外においても国内消費のほとんどが輸入肉であることから、需要に対し供給が不足している状況にある³⁾。これらのことから、生産規模の拡大に向けた肉用山羊の多頭飼育技術の確立が求められている。

肉用山羊の多頭飼育においては、繁殖管理の一つであり、熟練が必要な発情の発見が重要である。同じ反芻動物である肉用牛の発情発見においては、基本的な生理的パラメーターである体温変化を確認することが有効であるとされている^{4～5)}が、直腸温の定期的な測定は手間がかかることから、リモートセンサーを活用した「牛温恵」や「牛歩」などの製品が開発され利用されている。さらに、耳に耳標型のセンサーを装着することにより牛をセンシングする技術も開発されており⁶⁾、これらのICTを活用した繁殖管理は、同じ反芻動物である山羊においても応用できる可能性がある。

そこで、本試験では、ICTを活用した山羊繁殖技術の確立を図るため、開発中の山羊用耳標型センサー（以下、耳標型センサー）を用いて、山羊の発情兆候と体温変化の関係性について検討したので報告する。

III 材料および方法

1. 試験期間および試験場所

1) 試験期間および試験場所

2023年8月8日から11月6日までの期間とし、試験場所は畜産研究センター雌山羊舎とした。

2) 飼養管理

開口幅2×奥行3mの高床式の山羊房で単飼もしくは2頭の群飼とした。飼料はオーツ乾草と山羊用濃厚飼料を1日2回に分け給与し、自由飲水とした。

* (株) アルセンス **九州大学

2. 供試山羊

供試山羊の概要を表 1 に示した。供試山羊はザーネン種，交雑種，ボア種の月齢 22～68 カ月，体重 49.0～65.5kg の雌山羊 8 頭とした。

表 1 供試山羊の概要

供試No.	品種	月齢(月)	体重(kg)
1	日本ザーネン	68	65.5
2	交雑種	43	53.5
3	交雑種	22	57.0
4	交雑種	43	51.5
5	交雑種	33	63.5
6	交雑種	32	55.0
7	ボア種	64	49.5
8	ボア種	64	49.0

3. 試験方法

1) 耳標型センサーの機能

測定には開発中の耳標型センサー（アルセンス社製，写真 1）を用いた。太陽電池を搭載しているため充電は不要であり，測定されたデータは自動で山羊舎に設置されている端末を介しネットワーク上に保存される仕様とした。また，温度に対する上下変動の値とされる温度表示精度（以下，温度精度）は $\pm 0.7^{\circ}\text{C}$ とした。

2) 測定部位および方法

耳標型センサーによる測定部位は耳介の表面温度とし，測定頻度は 10 分から 30 分とした。直腸温度の測定には動物用体温計（Sunnay 社製）を用い，朝と夕の 1 日 2 回測定した。

3) 耳標型センサーの装着方法および装着する期間

耳標型センサーは，山羊用のアプリケーションおよびイヤータグにより供試山羊の耳介に装着した（写真 2）。耳標型センサーを装着する期間は，各個体の最初の発情確認日から起算し約 7 週間とした。なお，1 日の体温変動を調査するため，8 月 14 日のみ全個体同時に装着した。

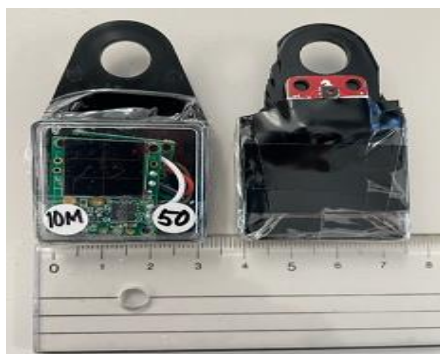


写真 1 耳標型センサー



写真 2 装着後の様子

4. 調査項目

1) 耳標型センサーおよび体温計の測定値における月ごとの平均値

耳標型センサーおよび直腸温度の測定値から，月ごとの平均値を算出した。

2) 耳標型センサーと体温計の相関

耳標型センサーと体温計の相関は，同じ特徴の耳（長く垂れ下がり，耳標型センサーを覆い隠す形状）を持つ交雑種において，耳標型センサーの装着期間が重複する複数の個体から検討した。直腸温度を測定した時刻と同じ時間帯における耳標型センサーの測定値から近い値を抽出し，相関分析を行った。

3) 耳標型センサーにおける日中（8時から18時）の体温変動

耳標型センサーにより、全ての供試山羊における日中の体温変動を調査した。なお、調査日は8月14日とした。

4) 山羊の発情前後における体温変化

耳標型センサーにより、発情前後5日間の日別および2時間ごとにおける山羊の体温変動を調査した。また、発情検知への有効性を検討するため、発情前後における前3日間の同時刻平均値と体温の差を算出した。

IV 結 果

1. 耳標型センサーおよび体温計の測定値における月ごとの平均値

耳標型センサーおよび体温計の測定値における月ごとの平均値を表2に示した。耳標型センサーの平均値は37.1℃、体温計の平均値は39.0℃であり、差は1.9℃であった。また、耳標型センサーは体温計よりばらつきが大きい傾向にあり、夏期（8月）より秋期（10月）の方が耳標型センサーと体温計の差が大きい傾向にあった。

表2 耳標型センサーおよび体温計の測定値における月ごとの平均値 (℃)

	8月	9月	10月	平均値
耳標型センサー(耳介)	37.2±1.3	37.2±1.3	36.6±1.4	37.1±1.3
体温計(直腸)	39.2±0.4	39.0±0.3	38.9±0.3	39.0±0.4
差	2.0	1.8	2.3	1.9

注) 平均値±標準偏差

2. 耳標型センサーにと体温計の測定値における相関

耳標型センサーと体温計の相関を図1に示した。相関分析は、耳標型センサーの装着期間が重複したNo.2, 3, 5, 6の計4頭（装着時期：8月から9月）の測定値から行った。相関係数は0.641と中適度の相関が認められた。

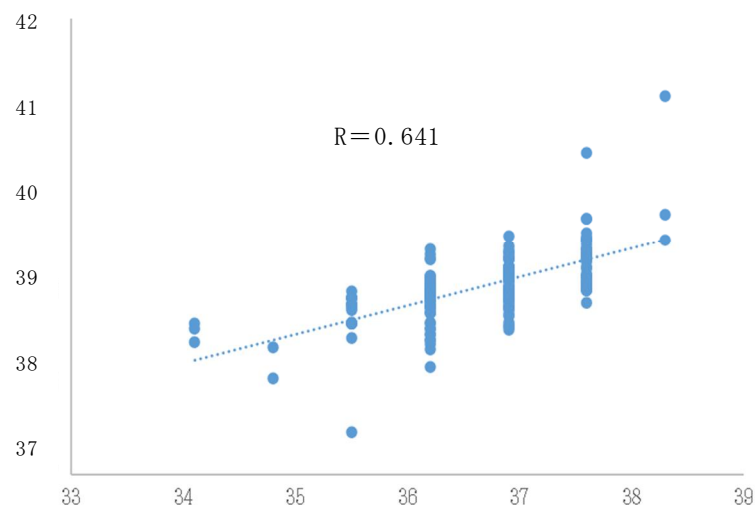


図1 耳標型センサーと体温計の測定値における相関

3. 耳標型センサーによる日中の体温変動

耳標型センサーにおける日中の体温変動を図2に示した。山羊の日中の体温は、平均して36.5～37.9℃の範囲で推移した。8時から13時にかけて体温が上昇後、13時から16時まで高値で維持し、17時以降に下降する傾向が見られた。

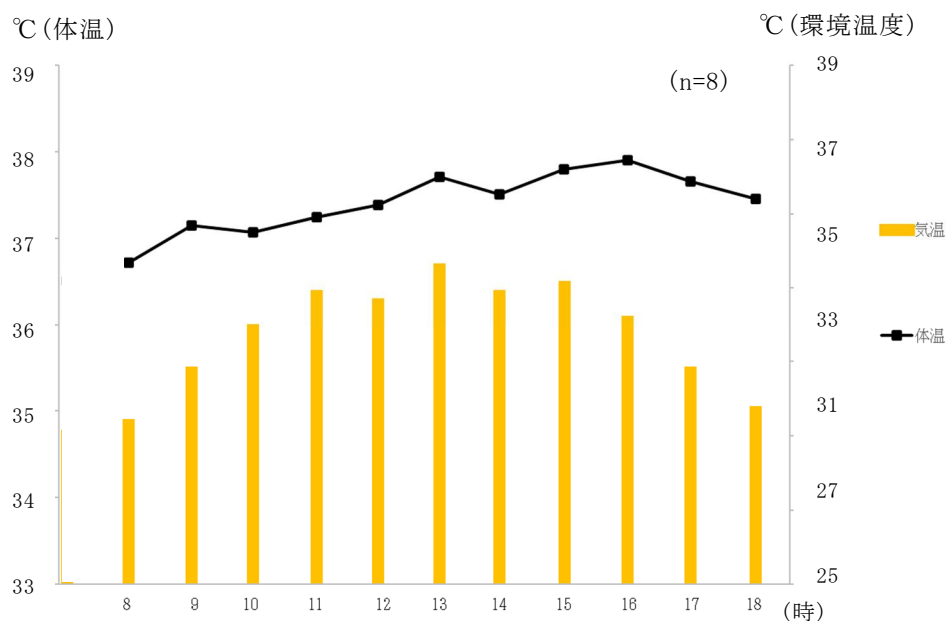


図2 耳標型センサーによる8時から18時までの体温変動
(調査日：2023年8月14日)

4. 山羊の発情前後の体温変動

1) 発情前後5日間における体温変動

山羊の発情前後における体温変動を図3に示した。発情の2日から3日前に35.8～36.0℃まで低下し、発情日に36.7℃まで上昇後、発情の2日から4日後には平常時に近い36.1～36.2℃の間で推移した。

2) 発情前後5日間における2時間ごとの体温変動

発情前後における2時間ごとの体温変動を図4に示した。最も低い個体では33.5～36.9℃、高い個体では36.2～38.3℃と個体ごとのばらつきが認められたものの、共通して発情時に体温が上昇することが認められた。全個体の平均値について、発情の2日前に35.9℃まで低下し、発情時に最大で37.2℃まで上昇しており、日別の体温変動よりも大きな差が認められた。

3) 耳標型センサーにおける日中(8時から18時)の体温変動

発情前後における前3日間の同時刻平均値と体温の差を図5に示した。発情2日前に-0.554℃まで低下し、発情後に0.994℃まで上昇することが認められた。

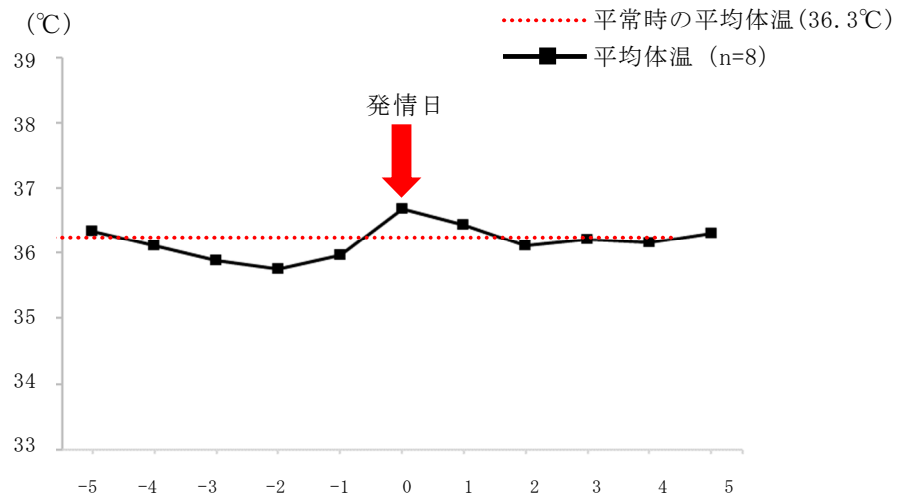


図3 発情前後5日間における体温変動

注) 発情日を0日として前後5日間

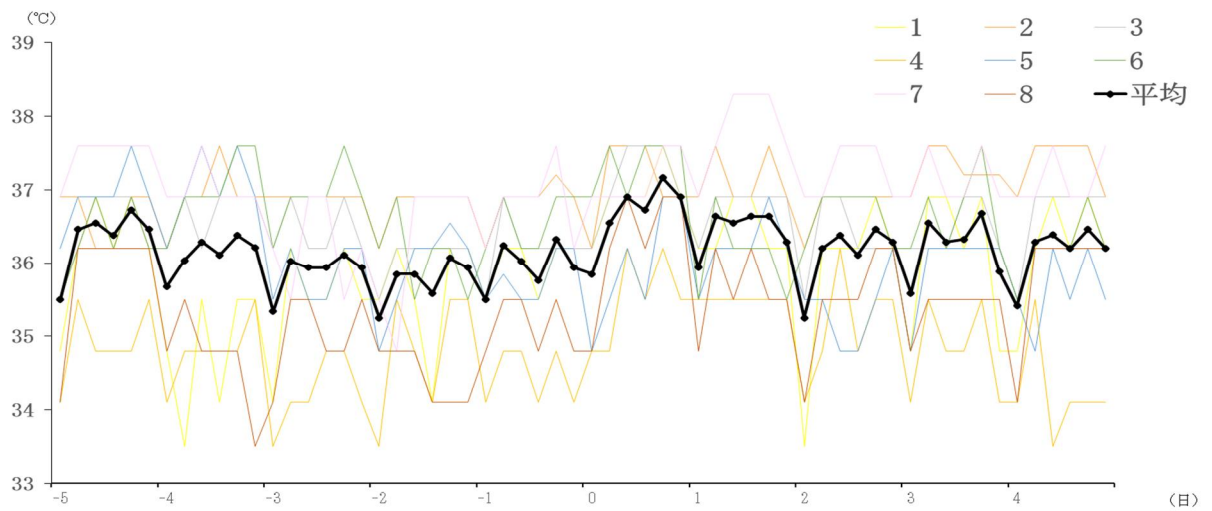


図4 発情前後5日間における2時間ごとの体温変動

注) 前3日間の同時刻平均値と体温の差

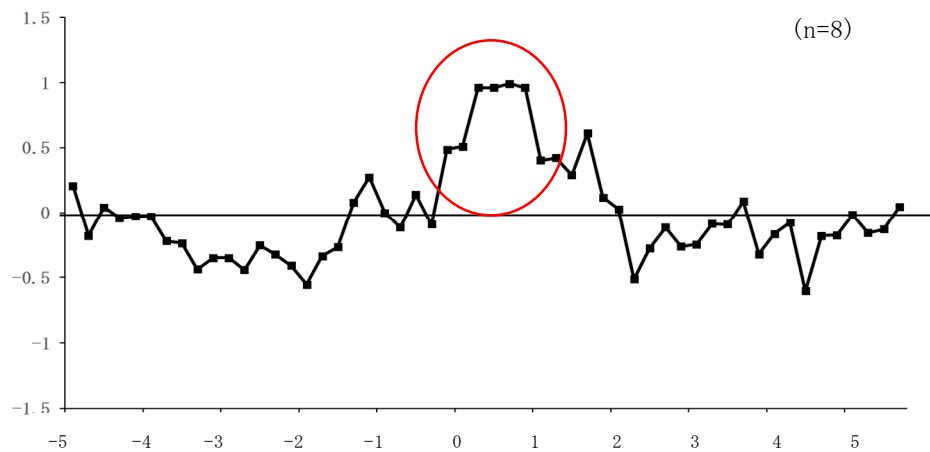


図5 発情前後における前3日間の同時刻平均値と体温の差

注) 発情日を0日として前後5日間

V 考 察

肉用牛では、臍内と外耳道の測定値における相関が 0.780~0.940 と高い相関が認められている⁷⁾が、本試験による山羊の直腸温度と外耳の測定値は 0.641 と中適度の相関が認められた。肉用牛より低かった要因として、耳標型センサーの装着位置の違いが影響した可能性がある。相関分析を行った 4 頭のうち 1 頭で耳標型センサーの重みによる壊死が認められたため、装着位置を耳介中心から下部に変更した。そのため、耳介表面の測定温度に差があったと考える。今後、耳標型センサーを軽量に改良し、装着位置を耳介中心に揃え再度検証することにより、相関係数が改善できる可能性がある。

また、肉用牛では環境温度が下がる冬季は外耳道と臍内温度の相関がなくなることが明らかになっている⁷⁾が、山羊の繁殖時期は秋期に限定されているため、気温の低下による相関への影響は少ないと考える。

耳標型センサーの測定温度の範囲について、低い個体では 33.5~36.9℃、高い個体では 36.2~38.3℃と個体ごとのばらつきが認められたが、品種ごとに耳の形状が違ったことが影響したと考える。ザーネン種は耳が短く直立しているため、耳標型センサーは常に剥き出しになっているが、ボア種および交雑種は耳が長く垂れ下がる特徴から、耳標型センサーが耳に覆われている。そのため、耳介表面の測定温度に差が認められた可能性がある。

山羊の日中の体温変動について、環境温度の変動にともない山羊の体温も変動する傾向が認められたが、今後、畜舎の環境温度と耳標型センサーの測定温度の範囲について検討することで、高い精度で繁殖管理に活用できる可能性がある。また、肉用牛では耳標型センサーにより牛をセンシングする技術が開発⁶⁾されているが、山羊においても、高熱や低体温時など広い範囲での耳介温度を測定することで、疾病の早期発見への有効性を検討できる可能性がある。

肉用牛の発情前後の体温変動について、発情の 2 日前より体温が低下し、発情日に体温が上昇、発情後に再度体温が低下することが明らかになっている⁸⁾。山羊においては、発情 3 日前より体温が低下し、発情日に体温が上昇することは確認できたが、発情後に体温が低下することは認められなかった。しかしながら、個体ごとの発情前後の体温変動で発情後に体温が低下する個体が複数存在したことから、今後耳標型センサーとあわせて直腸温度での体温変動を調査することで、牛と同様の体温の変化が認められる可能性がある。

肉用牛の体温では、環境温度の急激な変動などの外的要因の影響を受けるため、発情に伴う変動のみを抽出することは難しいとされている。そのため、発情検知には前 3 日間の同時刻平均値と体温の差を使用することが有効である⁹⁾。本試験における前 3 日間の同時刻平均値と体温の差では、発情の 2 日前に -0.554、発情日に 0.994 となっており、その差は 1.55 と 1℃以上の差が認められた。このことから、耳標型センサーは気温などの外的要因の影響を受けることなく山羊の発情検知へ活用できる可能性が示唆された。

以上のことから、山羊の繁殖時期における耳標型センサーの精度や体温変動が明らかになり、発情検知へ活用できる可能性が示唆された。今後は、山羊の分娩時期である春期における耳標型センサーの精度および分娩前後の体温変動について検討し、山羊の分娩兆候の早期発見への有効性を示すことで、スマート機器を活用した山羊の繁殖管理技術の確立を図る。

なお、本研究は伊藤記念財団令和 5 年度研究助成事業により実施した。

謝 辞

本研究を行うにあたり、伊藤記念財団令和 5 年度研究助成事業により研究費を助成いただいた公益財団法人伊藤記念財団に深く感謝いたします。

VI 引 用 文 献

- 1) 平川宗隆(2003)沖縄のヤギ文化誌, 16-24, (有)ボーダーインク
- 2) 農林水産省畜産局畜産振興課(2022)めん羊・山羊をめぐる情勢,

https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kikaku/tikusan_sogo/attach/pdf/sonota-11.pdf

3) 沖縄県農林水産部畜産課(2022)おきなわの畜産, 18

4) 三浦雅史・阪谷美樹・松山秀一・中村翔(2019)牛尾部腹側体表温の測定に基づく分娩予知技術,
https://www.naro.go.jp/project/results/4th_laboratory/nilgs/2019/nilgs19_s04.html

5) 阪谷美樹(2017)ウシ膣温度変化は黄体の状態と発情強度とに関連がある, 畜産技術, 2017 年, 6, 6-9

6) 滝口収 (2019)耳標に貼り付けたセンサーから牛をセンシングする技術を開発,
http://exvmw-smf001.ext.pref.okinawa.jp/tempbox/tempbox/attach/id/1_00443368

7) 武石秀一・井上一之・木下正徳・松井英徳・野々下雅彦・石田睦夫・池田哲・佐藤哲哉・小田原幸夫・利光政彦(2006)牛体温の常時監視システムの開発, 大分県産業科学センター平成 17 年試験成績報告書, 35, 47

8) 伊藤隆・小番真姫子(1999)肉用牛の発情における体温変動, 東北農業研究所, 52, 129-130

9) 吉岡耕治・檜垣彰吾・岡田浩尚・三浦亮太郎(2017)体表温の変動から牛の発情を検知する,
https://www.naro.go.jp/project/results/4th_laboratory/niah/2017/niah17_s18.html

研究補助：仲宗根安利

牛用膣内留置型ホルモン製剤を活用した 山羊の季節外繁殖の検討

安村陸 高木和香子

I 要 約

簡易的なホルモン処置における山羊の季節外繁殖の事例を得るため、牛用の膣内留置型ホルモン製剤（以下、牛用シダー）から山羊用の CIDR（以下、山羊シダー）を作成し、ホルモン処置による発情誘起を実施したところ、以下のとおりであった。

1. 供試山羊 5 頭中 4 頭で発情を確認し、発情した 4 頭に雄山羊による自然交配を行ったところ、4 頭が受胎し、5 頭の子山羊を分娩した。
2. 本試験の季節外繁殖と通常の季節繁殖の成績を比較したところ、妊娠期間は通常より 3.5 日長く、受胎率は同じ 80%，平均産子数は 0.4 頭減少した。しかしながら、年間の生産頭数は 7 頭から 12 頭に増加した。
3. 分娩前後の母体において、過度の消瘦や分娩事故などはなく、子山羊 1 頭あたりの体重の減少や虚弱なども認められなかった。

以上のことから、牛用シダーを用いたホルモン処置によって、山羊の発情誘起および季節外繁殖の事例を得ることができた。

II 緒 言

山羊は、品種により繁殖特性が異なり、ザーネン種などのヨーロッパ伝来の品種は季節繁殖する¹⁾とされ、シバヤギおよびトカラヤギは周年繁殖する特徴があるとされている^{2, 3)}。本県で飼養されている山羊のほとんどが交雑種であるが、外貌や体型等はザーネン種に類似しており、繁殖特性においても基本的には季節繁殖性を示すことが多い。しかしながら、低照度処置や早期離乳、雄山羊の乗駕などの飼養管理面における発情誘起処置により、季節外に繁殖する事例が報告されている^{4, 5)}。また、山羊用の膣内留置型ホルモン製剤である「CIDR-G」および妊馬血清性腺刺激ホルモン（以下、PMSG）を併用することにより、高い確率で発情を誘起できることが報告されている^{6, 7)}が、「CIDR-G」は国内で認可されていないため、入手が困難である。

そこで、本試験では、牛用シダーを用いたホルモン処置による山羊の季節外繁殖について検討したので報告する。

III 材料および方法

1. 試験期間および試験場所

1) 試験期間

2023 年 6 月 7 日から 6 月 20 日にホルモン処理および交配を行い、同年 11 月 16 日から 22 日に分娩を確認した。

2) 試験場所および飼養管理

試験場所は畜産研究センター雌山羊舎とした。飼養管理は、高床式房（3m×2m）にて 2 頭の群飼とし、飼料はオーツ乾草と山羊用濃厚飼料を 1 日 2 回に分け給与し、自由飲水とした。

2. 供試山羊

供試山羊の概要を表 1 に示した。供試山羊は月齢 26～58 カ月、産歴 1～2 回、体重 49.5～68.5kg の雌山羊であり、うち 4 頭が試験を実施した 2023 年の春に分娩している。なお、供試 No.1 は 2022 年の繁殖季節にて発情が確認されず、2023 年春の分娩はなかったため、前回の分娩日を記載している。

表 1 供試山羊の概要

供試No.	品種	月齢(月)	産歴(回)	前回の分娩日	体重(kg)
1	ボア種	58	2	2021 年 3 月 1 日	49.5
2	交雑種	38	2	2023 年 2 月 7 日	52.5
3	交雑種	35	2	2023 年 2 月 7 日	68.5
4	交雑種	26	1	2023 年 2 月 14 日	51.5
5	交雑種	26	1	2023 年 2 月 14 日	60.0

3. 試験方法

1) 山羊シダーの作成

牛用シダー（ゾエティス・ジャパン製）20g に対し黄体ホルモン 1.9g が全体に満遍なく含まれているとし、山羊シダー3.5g に黄体ホルモンが 0.33g（CIDR-G と同量）となるよう計量および分割した。分割後の 1 偏をさらに 3 偏に分割し、根元を釣り糸で縛ることで山羊シダーを作成した（写真 1）。

2) 発情誘起処理の手法

注射器に作成した山羊シダーを縛り口が逆方向となるよう装填（写真 2）し、雌山羊の膣内に挿入した（写真 3）。挿入後、脱落を防ぐため人差し指で山羊シダーを膣深部に押し込んだ。

雌山羊への膣内挿入を 1 日目とし、8 日目に PMSG を 500IU 筋肉内に注射し、10 日目に山羊シダーを除去後、11 日から 12 日目に発情の確認を行った。

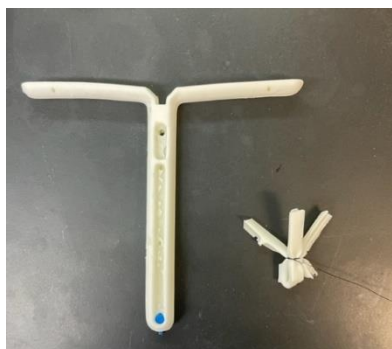


写真 1 牛用シダー(左)と
山羊シダー(右)

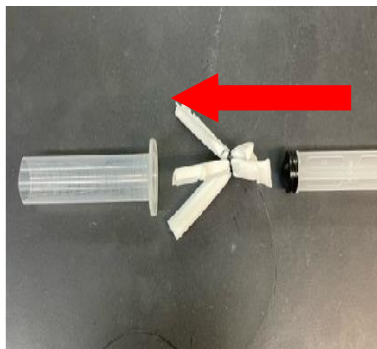


写真 2 注射器への装填



写真 3 山羊シダー挿入の様子

3) 種付け、妊娠鑑定および妊娠中の飼養管理

発情が確認できた個体は雄山羊により自然交配を行った。妊娠鑑定はノンリターン法および交配から 40 日前後に超音波映像診断により行い、妊娠が確認できた個体は妊娠の各ステージに応じ適正な飼料給与を行った。

4. 調査項目

1) 発情の鑑定

発情の項目および強度を表 2 に示した。発情行動の項目は、「尾を振る」、「外陰部の膨張および粘液量増加」、「鳴き騒ぐ」、「雄へ興味を示す」の 4 項目とし、発情の強度は、雌の発情行動の度合いから ++, +, ± の 3 段階で評価⁴⁾した。発情鑑定は朝昼夕の 1 日 3 回行い、発情行動および強度にて ++ もしくは + が 2 つ以上認められた際に発情の発現とした。

表 2 発情の項目および強度

強度/発情兆候	尾を振る	鳴き騒ぐ	外陰部の膨張 粘液量増加	雄に興味を示す
++	頻繁に見られる	頻繁に見られる	大きく膨張し、多量の粘液が見られる	雄をなめ回す、雄の前で放尿する
+	複数回見られる	複数回見られる	通常より膨張し、少量の粘液が見られる	雄に近づく、体をなすりつける
±	全く見られない	全く見られない	粘液、膨張ともに全く見られない	雄に興味を示さない

2) 頭数、受胎頭数および平均産子数

発情頭数は供試山羊のうち発情の発現を確認した頭数とし、受胎頭数は種付けした山羊のうち受胎を確認した頭数とした。平均産子数は、分娩した子山羊の頭数を供試山羊の頭数で除して算出した。また、各項目において通常の繁殖季節（以下、通常繁殖）の分娩成績との比較を行った。

IV 結 果

1. 発情の発現及び強度

発情の発現および強度を表 3 に示した。山羊シダーは挿入期間中に脱落することなく、子宮内膜炎などの疾病も認められなかった。供試山羊 5 頭中 4 頭にて発情を確認し、発情した 4 頭のうち No.3 以外すべてにおいて発情項目および強度が ++ であった。No.1 は 2022 秋期の通常繁殖期では発情の発現が確認できなかったものの、本試験においては、発情項目および強度のすべてが ++ であった。No.3 は「尾を振る」、「外陰部の腫れ」が確認できたものの、「鳴き騒ぐ」、「雄に興味を示す」が認められなかった。No.5 は発情兆候が確認できず、雄の乗駕も許容しなかった。

「雄に興味を示す」の項目では、個体によって発情兆候に違いが見られ、雄に体をすりつける、雄を舐める、雄の前で放尿するなどの行動が観察された。

表 3 発情の発現および強度

供試 No.	発情の発現	発情項目および強度			
		尾を振る	鳴き騒ぐ	外陰部の膨張 粘液量増加	雄に興味を示す
1	発情	++	++	++	++
2	発情	++	++	++	++
3	発情（微発情）	+	±	+	±
4	発情	++	++	++	++
5	非発情	±	±	±	±

2. 発情頭数、受胎頭数、妊娠期間、分娩頭数および平均産子数

ホルモン処置による季節外繁殖と通常繁殖における繁殖成績を表 4 に示した。5 頭中 4 頭が発情し、発情を確認した 4 頭に種付けしたところ、4 頭すべてが受胎し 5 頭の子山羊を分娩した。

妊娠期間について、通常繁殖の 149.3 日に対し、ホルモン処置による季節外繁殖は 152.8 日と 3.5 日長かった。また、分娩頭数および平均産子数を比較すると、季節外繁殖は通常繁殖より分娩頭数が 2 頭減少し、平均産子数は 0.4 頭減少した。しかしながら、季節外繁殖と通常繁殖を合計すると分娩頭数が 12 頭、平均産子数が 2.4 頭となり、年間の生産頭数は約 1.7 倍向上した。

表 4 ホルモン処置による季節外繁殖と通常季節における繁殖成績

	供試山羊 (頭)	発情頭数 ^{注)} (頭)	受胎頭数 (頭)	妊娠期間 (日)	分娩頭数 (頭)	平均産子数 (頭)
季節外繁殖 (試験期間)	5	4	4	152.8	5	1.0
通常繁殖 (2023 年春期)	5	4	4	149.3	7	1.4
合計 (年間)	-	-	-	-	12	2.4

注) 季節外繁殖の無発情個体はNo.5, 通常繁殖の無発情個体はNo.1。

V 考 察

山羊は通常、長日である夏期から短日へと切り替わる秋期に繁殖行動を起こし、冬期の妊娠期間を経て、子山羊の育成に適した春期に分娩する季節繁殖動物である¹⁾。しかし、人為的に発情を誘起することにより、通常の繁殖季節以外での繁殖する事例が多く報告されている。

本試験と類似した手法として、膣内に黄体ホルモンを練りこんだスポンジを挿入する「膣内クリーム法」により山羊の発情誘起を行った事例がある⁸⁾。この手法では、3 回のホルモン処理により供試山羊 7 頭中 5 頭が受胎しているが、本試験では、スポンジの代替として牛用シダーを活用することで、1 回のホルモン処理により 5 頭中 4 頭が受胎し、同程度の受胎率が確認された。

本試験において、ホルモン処理による季節外繁殖は通常繁殖より妊娠期間が 3.5 日長くなることを確認したが、品種や産子の性別、飼養管理などが妊娠期間に影響した可能性がある。肉用牛では分娩季節、産子の性別、親の系統、飼養管理などが妊娠期間に影響することが明らかになっている⁹⁾が、山羊ではほとんど明らかにされていないため、今後さらなる検証が必要である。

本センターでは、2018 年にニュージーランドより山羊の肉用品種「ボア種」を導入しており、繁殖および改良に取り組んでいる。ボア種は本来周年繁殖性であるとされているが、亜熱帯気候である沖縄県では季節繁殖性を示す傾向にある¹⁰⁾。また、県内で多く見られるザーネン系の交雑種と違い、発情兆候が微弱なため発情の発見が困難である。本試験においては、前回の繁殖季節に発情の発現を確認できなかったボア種にホルモン処理を行うことにより、明瞭な発情兆候が認められた。さらに、本試験以外にも、繁殖期に発情の発現が確認できなかったボア種 2 頭に同様の手法でホルモン処理を行うことで、繁殖に成功したことを確認している。これらのことから、ホルモン処理を行うことでボア種などの発情兆候が微弱である山羊においても明瞭な発情を誘起することが可能となり、生産性の向上に繋がる可能性が示唆された。

いっぽう、肉用牛では、発情時にシダーによる処置を開始すると発情の発現率が低下することが報告されている¹¹⁾が、山羊においても同様の可能性があるため、繁殖季節にシダーによる同期化を行う際には、さらなる検証が必要である。

本試験における母体および子山羊への影響として、過排卵誘起による 3 頭以上の分娩により、子山羊 1 頭あたりの体重の減少や虚弱、母体の過度な消瘦などが考えられたが、分娩した 4 頭中 3 頭が単子であったことから、通常繁殖との大きな違いは認められなかった。本試験では、すべての供試山羊に同量の PMSG を投与しているが、供試山羊の体重は 49.5kg～68.5kg とばらつきがある。そのため、個体によっては適正量を投与できずに平均産子数が通常繁殖より低下した可能性がある。今後は、PMSG の投与量について検討することで、分娩する子山羊の産子数や母体への影響が明らかになると考える。

本試験では、試験研究に供するため牛用シダーを山羊に用いているが、薬事法上生産現場での実用化はできないため、試験研究や繁殖障害の山羊への治療などの活用が見込まれると考える。

VI 引 用 文 献

- 1) 三上仁志(2005)ヤギ, 正田陽一編, 社団法人畜産技術協会, 世界家畜系統事典, 222-223
- 2) 渡嘉敷綏宝(1984)沖縄の山羊, 57-58
- 3) 森裕司・前多敬一郎(1987)季節繁殖の内分泌機構, 家畜繁殖研究会, 33-5, 1-10

- 4) 安村陸・鈴木直人(2017)肉用山羊の有効な繁殖技術の確立(1)分娩後の発情誘起による季節外繁殖の検討, 沖縄畜研研報, **55**, 27-32
- 5) 砂川勝徳(2020)ヤギの科学と亜熱帯における大型山羊の生産技術, 214-215, 新星出版株式会社
- 6) 独立行政法人家畜改良センター長野牧場業務課(2007)山羊の繁殖マニュアル, 9, 15, 36-37 独立行政法人家畜改良センター企画調整部企画調整課
- 7) 山手憲俊・山崎美恵・玉田尋通・稲葉俊夫・澤田勉(2002)分娩後早期授乳中に経膣的にプロジェステロンで前処置したシバヤギにおける低単位量 hCG による妊娠可能な発情の誘起効果, *The Journal of reproduction and development*, **48-5**, 497-504, *Japanese Society of Animal Reproduction*
- 8) 寺岡杏奈(2022)TREATMENT OF GOATS 山羊の診療, 83-85, モリモト印刷
- 9) 土江博(2021)菅内黒毛和種繁殖牛の妊娠期間に及ぼす要因について,
http://exvmw-smf001.ext.pref.okinawa.jp/tempbox/tempbox/attach/id/1_00420337
- 10) 沖縄県おきなわ山羊生産振興対策事業 (2018) 山羊繁殖管理マニュアル, 2
- 11) 農研機構 (2006) 肉用牛で発情日に CIDR の処置を開始すると発情同期化効果は低下する,
<https://www.naro.affrc.go.jp/org/tarc/seika/jyouhou/H18/to06005.html>

沖縄県における交雑山羊の体重調査

安村陸 玉城政信* 高木和香子

I 要 約

山羊の雑種交配についての知見を得るため、県内の5経営体で飼養されている2020年4月から2023年10月の間に出生した山羊159頭の体重を調査した結果、以下のとおりであった。

1. 調査対象山羊における月齢ごとの体重について、雄は出生時4.0 kg、6カ月齢時32.7kg、12カ月齢時57.9kg、18カ月齢時68.3kgであった。雌は出生時3.6 kg、6カ月齢時30.0kg、12カ月齢時51.0kg、18カ月齢時60.5kgであった。

2. 雄の交雑山羊における月齢ごとの体重について、生時体重はヌビアン種とザーネン種の交雑山羊が4.4kgと最も重く、ボア種と在来種の交雑山羊が2.7kgと他の交雑山羊より有意($P<0.01$)に軽かった。6カ月齢時はザーネン種が40.5kgと最も重く、ボア系交雑山羊(31.0kg)との間に有意差($P<0.05$)が認められた。12カ月齢時および18カ月齢時は、ヌビアン種とザーネン種の交雑山羊が75.8kgと最も重かった。

3. 雌の交雑山羊における月齢ごとの体重について、生時体重はヌビアン種とザーネン種の交雑山羊が4.1kgと最も重かった。6カ月齢時はヌビアン種とザーネン種の交雑山羊が36.0kgと最も重く、ヌビアン種とボア種(30.2kg)、ヌビアン種系交雑種(28.4kg)、ボア系交雑種(27.6kg)などの交雑山羊との間に有意差が認められた。12カ月齢時にはヌビアン種とザーネン種の交雑山羊が55.2kgと最も重く、18カ月齢時にはボア系交雑山羊が62.9kgと最も重かった。

II 緒 言

山羊は15世紀に沖縄県に伝来したとされ¹⁾、飼養管理の容易さや経営コストが他家畜より少ないことなどの理由から、県内各地で飼養されている。近年の山羊飼養頭数はやや減少傾向にあるものの、1万頭前後で推移しており、依然として飼養頭数は全国で最も多い²⁾。

沖縄県の在来山羊の体重はもともと20 kg程度と小柄³⁾であったが、1926年以降、肉量の増加を目的に長野県より日本ザーネン種が導入され交配された。太平洋戦争後の1947年から50年には、アジア救済連盟よりザーネン種、ヌビアン種、トッケンブルグ種など2809頭の山羊が導入された⁴⁾。さらに、肉用種であるボア種が1999年に米国から、2008年にニュージーランドから導入⁵⁾されており、これらの品種の交配による雑種化が進んでいると考えられる。しかしながら、近年の県内で飼養されている山羊の体重などは玉城ら⁶⁾によって報告されているものの、多くの品種を導入してきた山羊の雑種交配における知見はほとんど明らかになっていない。

肉用豚においては、交配種による豚肉生産が一般的である。純粋種よりも発育が良く、斉一性が高いなどの利点があるからである。なかでも、ランドレース種の雌と大ヨークシャー種を交配した雌に、留め雄としてデュロック種を掛け合わせる三元交配が広く普及している⁷⁾。山羊においても雑種交配による山羊の大型化が確認されている⁵⁾ことから、品種の掛け合わせによる影響を調査することで生産性が向上する可能性がある。

以上のことから、山羊の雑種交配における体重への影響についての知見を得るため、交雑山羊の月齢ごとの体重を調査したので報告する。

III 材料および方法

1. 調査期間

調査期間は2020年4月から2023年10月の間とした。

*琉球大学農学部非常勤講師

2. 供試山羊

供試山羊は、沖縄県畜産研究センター、琉球大学農学部附属亜熱帯フィールド科学教育研究センターおよび農家などの計5経営体で2020年4月から2023年4月までに出生した159頭を用いた。

3. 調査項目

1) 調査対象山羊における月齢ごとの体重

調査対象山羊の出生月日は出生届から求めた。調査対象の月齢は、出生時（出生から1日以内の値）、6カ月齢時（173日から193日齢間の値）、12カ月齢時（350日から380日齢間の値）、18カ月齢時（533日から563日齢間の値）とした。

2) 交雑山羊における月齢ごとの体重

交雑山羊の掛け合わせを表1に示した。山羊の交配は、父山羊がヌビアン種、ザーネン種、ボア種の3品種とし、母山羊がザーネン種、ボア種、ヌビアン種×交雑種(以下、NC)、ヌビアン種×ザーネン種(以下、NZ)、ザーネン種×交雑種(以下、ZC)、ヌビアン種系交雑種(以下、NNC)、ボア系交雑種(以下、BC)、在来種とした。得られたデータは、エクセル統計2010 for Windows (株式会社社会情報サービス東京) を用いて解析した。月齢ごとの同性間の体重比較は、多重比較検定により行った。

また、ザーネン種は、独立行政法人家畜改良センター茨城牧場長野支所（以下家畜改良センター）のデータ⁸⁾との比較を行った。

表1 交雑山羊の掛け合わせ

父	母	交雑山羊（子）
ヌビアン種（N）	NC	N×NC
	Z	N×Z
	ZC	N×ZC
	B	N×B
ザーネン種（Z）	Z	Z
	ZC	Z×ZC
	NZ	Z×NZ
	BC	Z×BC
	NNC	Z×NNC
ボア種（B）	BC	B×BC
	在来種	B×在来種

IV 結 果

1. 調査対象山羊における月齢ごとの体重

調査対象山羊における月齢ごとの体重を表2に示した。雄は出生時 4.0 kg から6カ月齢時 32.7kg, 12カ月齢時 57.9kg, 18カ月齢時には 68.3kg となり、出生時の 17.1 倍に増加した。雌は出生時 3.6 kg から6カ月齢時 30.0kg, 12カ月齢時 51.0kg, 18カ月齢時には 60.5kg となり、出生時の 16.8 倍に増加した。

表2 調査対象山羊における月齢ごとの体重

(kg)

項目	雄(n=87)				雌(n=72)			
	生時	6カ月齢	12カ月齢	18カ月齢	生時	6カ月齢	12カ月齢	18カ月齢
体重	4.0±0.8	32.7±6.9	57.9±16.1	68.3±15.8	3.6±0.6	30.0±5.1	51.0±9.4	60.5±10.8
n	44	52	44	42	57	62	40	25

2. 雄の交雑山羊における月齢ごとの体重

雄の交雑山羊における月齢ごとの体重を表3に示した。生時体重はN×Zが4.4kgと最も重く、ボア種雄と在来種雌（以下、B×在来種）の交雑は2.7kgと他の交雑より有意（ $P<0.01$ ）に軽かった。

6カ月齢時は、ザーネン種が40.5kgと最も重く、B×BC（31.0kg）との間に有意差（ $P<0.05$ ）が認められた。12カ月齢時では、N×Zが72.4kgと最も重く、次いでZ×ZCが69.2kgとなった。18カ月齢時では、N×ZCが75.8kgと最も重かった。次いでB×BCが73.6kg、ザーネン種が73.1kgと大きく、その他の交雑種は70kg未満であった。

N×ZやN×ZCなどのヌビアン種とザーネン種の交雑山羊と純系品種のヌビアン種雄（12カ月齢時43.0kg、18カ月齢時60.0kg⁹⁾）を比較すると、いずれも15.0kg以上交雑山羊が上回った。

ザーネン種について、6カ月齢時40.5kg、12カ月齢時61.4kg、18カ月齢時73.1kgとなったが、家畜改良センターのザーネン種雄の6カ月齢時38.1kg、12カ月齢時59.2kg、18カ月齢時88.0kgと比較すると、6カ月齢時は0.9kg、12カ月齢時は2.2kg上回り、18カ月齢時は14.9kg下回った。

表3 雄(去勢含む)の交雑山羊における月齢ごとの体重

(kg)

交雑山羊	生 時		6 カ月 齢		12 カ月 齢		18 カ月 齢	
	n	体 重	n	体 重	n	体 重	n	体 重
N×NC			8	31.0±3.7	3	59.9±13.4 ^a		
N×Z	3	4.4±0.2 ^A	3	34.5±5.9 ^{ab}	3	72.4±1.1 ^A		
N×ZC							5	75.8±22.0 ^a
N×B	5	3.8±0.2 ^A	5	35.5±3.5 ^A	3	58.8±9.5		
Z	5	4.1±0.6 ^A	5	40.5±5.3 ^{Aa}	7	61.4±11.7 ^A	6	73.1±8.4 ^a
Z×ZC					4	69.2±6.2 ^A	3	69.6±5.0
Z×NZ							4	61.6±4.7
Z×BC							4	62.7±6.5
						54.0±16.1		
B×BC	17	3.8±0.5 ^A	15	31.0±7.4 ^b	11	^a	7	73.6±17.2 ^a
B×在来種	5	2.7±0.4 ^B	5	22.1±2.7 ^{Bc}	5	31.1±9.3 ^{Bb}	4	41.8±7.8 ^b

注1) nが3以上を掲載。

注2) 同列の異符号間に有意差(大文字： $P<0.01$ ，小文字： $P<0.05$)あり。

3. 雌の交雑山羊における月齢ごとの体重

雌の交雑山羊における月齢ごとの体重を表4に示した。生時体重はN×ZCが4.1kgと最も重く、次いでN×Zが3.9kgとなった。いずれの値にも有意差は認められなかった。

6カ月齢時では、生時と同様にN×ZCが36.0kgと最も重く、次いでN×Zが35.8kgであった。これら2つの交雑山羊は、N×B（30.2kg）、N×NC（28.4kg）、Z×NNC（27.0kg）、B×BC（27.6kg）より有意に重かった。

12カ月齢時では、N×Zが55.2kgと最も重く、次いでN×ZCが54.1kgとなった。18カ月齢時では、B×BCが62.9kgと重かった。

ザーネン種について、6カ月齢時30.8kg、18カ月齢時56.5kgとなったが、いずれも家畜改良センターの成績である6カ月齢時36.7kg、18カ月齢時62.1kgを下回った。

表4 雌の交雑山羊における月齢ごとの体重

(kg)

交雑山羊	生 時		6 カ月 齢		12 カ月 齢		18 カ月 齢	
	n	体 重	n	体 重	n	体 重	n	体 重
N×NC	9	3.4±0.4	11	28.4±3.2 ^b	5	48.8±7.5		
N×Z	5	3.9±0.8	5	35.8±3.2 ^a	4	55.2±6.1		
N×ZC	5	4.1±0.7	5	36.0±7.0 ^a	4	54.1±15.7	3	54.7±5.9
N×B	15	3.4±0.3	15	30.2±2.0	9	53.2±10.7		
Z	3	3.5±0.3	6	30.8±3.1			3	56.5±7.5
Z×NNC	4	3.6±0.4	4	27.0±1.7 ^b	4	44.8±2.8		
B×BC	11	3.5±0.7	10	27.6±6.8 ^b	8	53.1±9.3	8	62.9±11.7

注1) n が3以上を掲載。

注2) 同列の異符号間に有意差(P<0.05)あり。

V 考 察

新城ら¹⁰⁾は1975年から1976年における県内の肉用雑種山羊12カ月齢以上の体重について、雌が31.4kg、雄が32.9kgと報告しているが、本調査では、12カ月齢時点で雌が約1.6倍の51.0kg、雄が約1.8倍の57.9kgであった。体重が増えている要因としては、飼養管理技術が向上したことや、県外より導入された日本ザーネン種、ボア種、ヌビアン種などと在来山羊が交雑し、大型山羊の選抜が進んだことによると考えられる。

砂川ら⁵⁾は、ヌビアン種の外貌的特徴（白色で鼻梁が凸隆し耳が大きく垂下する）を持つ交雑山羊とザーネン種の掛け合わせを、大型山羊の優占系統「ヌビアン種系統」としている。しかし、これまでにヌビアン種の純系品種を用いた交配に関する調査や研究はなく、その詳細は不明である。

純系品種を用いた本調査において、ヌビアン種、ザーネン種、ボア系交雑山羊(B×BC)、在来山羊などより、ヌビアン種とザーネン種の交雑山羊(N×ZやN×ZCなど)の体重が重い傾向にあることが明らかになった。このことから、純系品種のヌビアン種とザーネン種の交配は、雑種交配による山羊の大型化に影響する可能性がある。

純系品種のザーネン種について、雄、雌のいずれにおいても、18カ月齢で家畜改良センターの数値を下回っている。恒温動物では、同じ種でも寒冷な地域に生息するものほど体重が大きくなるとされている¹¹⁾が、本調査においても、同様に気温などの環境要因が影響した可能性が考えられる。

以上のことから、山羊の雑種交配における体重の知見が得られた。沖縄県では12月から18カ月齢での山羊肉が好まれている¹²⁾ため、12カ月齢時以上のデータは限られている状況にあるが、今後も引き続き山羊の雑種交配の影響を明らかにすることで、山羊農家の収益性向上に資すると考える。

V 引 用 文 献

- 1) 渡嘉敷綏宝(1984)沖縄の山羊, 12-14, 那覇出版社
- 2) 沖縄県農林水産部畜産課(2022)おきなわの畜産, 120
- 3) 新城明久(2009)琉球在来家畜の保存と活用, 日本暖地畜産学会報(1), 52, 5-9
- 4) 琉球政府経済局畜産課(1964)琉球の畜産, 60
- 5) 砂川勝徳(2020)山羊の科学と亜熱帯における大型山羊の生産技術, 254-256, 新星出版
- 6) 阿部亮(2019)農学基礎セミナー 新版家畜飼育の基礎, 77-79, 農文協
- 7) 玉城政信・平良祥・竹信晴斗・松本さやか・宮城正男・喜納愛理・村田正将・屋良朝宣(2023)沖縄での肉用雑種山羊の体型値について, 沖縄畜産研究会誌, 58, 27-33
- 8) 独立行政法人家畜改良センター(2002)家畜改良センター技術マニュアル6 山羊の飼養管理マニュアル, 12-13, 独立行政法人家畜改良センター企画調整部企画調整課

- 9) 平良祥・大竹里佳・片桐慶人(2021)山羊純系品種(ヌビアン種およびボア種)における調査成績, 沖縄県畜研研報, **59**, 29-31
- 10) 新城明久・宮城満・下地孝志(1978)沖縄肉用山羊の飼養実態, 外部形態学的遺伝形質および体型, 日本畜産学会報(6), **49**, 413-419
- 11) 巖佐庸 (2013) 岩波生物学辞典, 1280, 岩波書店
- 12) 沖縄県 (2016) 肉用山羊肥育技術マニュアル, 6

ヌビアン種における液状精液の性状および受胎率調査

安村陸 高木和香子 平良祥*

I 要 約

乳肉兼用山羊「ヌビアン種」の精液性状および受胎率を調査したところ、その結果は次のとおりであった。

1. 精液量、pH、精子数、精子活力、精子生存指数、異常精子数はそれぞれ1.1ml、7.0、26.6億/ml、85.0%、93.1、7.5%であった。
2. ヌビアン種精液は、無臭で帯黄緑色であり、すべての精液にて集団的渦状運動が確認された。
3. ヌビアン種精液の液状精液における日別の生存率について、保存後1日目から4日目までは80%～50%以上で推移するものの、5日目以降は50%以下となる個体がいることから、液状精液として安定的に活用できるのは4日目までであることが示唆された。
4. ヌビアン種の液状精液における人工授精の受胎率は、66.1%であった。

II 緒 言

乳用山羊ヌビアン種は1947年から50年にかけて、アジア救済連盟により戦後の食糧難解消を目的に沖縄県に導入された¹⁾。しかし、そのほとんどが在来山羊と交雑されたことにより、2023年現在、国内にて確認されているヌビアンの純系品種は、2018年に沖縄県が導入した雄3頭のみである²⁾。そのため、品種としての特性や知見はほとんど明らかにされていないが、県内で飼養されている大型山羊のほとんどがヌビアン種に類似した外貌を持つことから、山羊の大型化に影響している可能性がある。これらのことから、近年、山羊生産の現場では、ヌビアン種の普及を期待する声が多い状況にある。

これまで沖縄県は、凍結精液によりヌビアン種の普及を試みたものの、凍結精液による山羊への人工授精は技術の習得が困難であり、さらに受胎率が低い³⁾ことから、より簡易的かつ受胎率の高い液状精液⁴⁾への期待が高まっている。

そこで、本研究では未だ明らかにされていないヌビアン種の精液性状を調査し、液状精液における保存日数および受胎率について検討したので、その結果を報告する。

III 材料および方法

1. 試験期間および場所

精液性状の検査は2023年9月1日から11月16日とし、受胎率の調査は2021年8月17日から2023年11月10日のデータを用いた。調査場所は畜産研究センターおよび県内山羊農家12戸とした。

2. 供試山羊

精液性状の調査には、沖縄県が2019年にニュージーランドより導入したヌビアン種3頭を種雄山羊として供した。なお、供試山羊の年齢は試験開始時点で5歳であり、種山羊の共用における耐用年数の目安とされる4歳⁵⁾を過ぎている。

液状精液の受胎率調査には、県内の山羊農家12戸にて飼養されている雌山羊32頭を用いた。

3. 試験方法

1) 山羊精液の採取および処理方法

山羊精液は人工膣による横取り法にて採取した。精液性状調査に供する精液は、山羊用希釈液により5倍に希釈し市販冷蔵庫(4℃)で保管した。受胎率の調査に供する精液は、山羊用希釈液もしくは豚用市販希釈液により5倍に希釈し同様の方法で保管した。

2) 精液性状の検査方法

精液性状の検査は、期間内に5反復行った。

肉眼的検査として精液量、色調、臭気、集団的渦状運動(雲霧状)を目視にて検査し、スタンダード

* 現沖縄県農林水産部畜産課

pH試験紙（6.4～8.4）を用いてpH測定を実施した。

顕微鏡的検査として精子数、精子活力、異常精子数を検査した。精子数は血球計算盤（トーマ社製）に2000倍希釈した精液検体を滴下し、200倍率の光学顕微鏡により計算室内の精子数を数取器で数え算出した。精子活力や生存指数は家畜人工授精講習会テキスト⁶⁾に準じて算出し、異常精子検査はカルボル・フクシン法で行った。

3) 受胎率の調査方法

畜産研究センターおよび県内の山羊農家12戸にて飼養されている雌山羊32頭に、飼養者による液状精液の人工授精を行い、受胎率および分娩頭数を調査した。

4) 人工授精の手法

注入器具は、牛用シース管を30cm長に切断し、5mlシリンジにセットしたものを用いた。人工授精は、液状精液をシース管内に2ml吸引し、保定した雌山羊の膣深部に注入する手法により実施した。

4. 調査項目

1) 精液性状

肉眼的検査を精液量、色調、臭気、集団的渦状運動（雲霧状）、pH測定とし、顕微鏡的検査を精子数、精子活力、精子生存指数、異常精子数とした。

2) 液状精液の生存率

精液を採取した日の翌日から起算し、1から7日目の精子生存率を調査した。検査は200倍希釈にした精液検体を31℃のウォーターバスで5分間温め、10μlループ&ニードルにより精子活力検査盤に移した後、38℃の加温プレート付き顕微鏡200倍率で顕鏡した。生存率は、焦点の合う上下深度2ヵ所それぞれの精子割合から活力+++を示す生存率を目視により判定した。

3) 受胎率および産子数

受胎率は供試山羊のうち受胎が確認できた山羊の割合とし、産子数は供試山羊の分娩頭数とした。

IV 結果および考察

1. ヌビアン種の精液性状

1) 精液量、pH、精子数、活力、生存指数、および異常精子数

ヌビアン種の精液性状を表1に示した。ヌビアン種の精液性状について、精液量、pH、精子数、精子活力、生存指数、異常精子はそれぞれ1.1ml、7.0、26.6億/ml、85.0%、93.1、7.5%であった。

3歳前後のボア種5頭における精液性状⁷⁾（以下、ボア種）は、精液量、pH、精子数、精子活力、異常精子がそれぞれ1.4ml、7.0、32.0億/ml、73.0%、5.9%であり、山羊の平均的な精液性状^{3,8)}（以下、山羊平均）は、精液量、pH、精子数、異常精子がそれぞれ1.0ml、6.8、19.6億/ml、5.9%とされている。

精液量、pHをボア種および山羊平均と比較すると、ヌビアン種の精液量はボア種より0.3ml少ないものの山羊平均に近い値であり、pHはボア種と同様の7.0で山羊平均の6.8に近い値であった。

精子数をボア種および山羊平均と比較すると、ヌビアン種はボア種より5.4億/ml少なかったものの、山羊平均より7.0億/ml多かった。ボア種より少なかった要因として、加齢による精子数の減少が影響した可能性がある。

精子活力をボア種と比較すると、ヌビアン種はボア種より12.0%高かった。品種による遺伝的要因や精液を採取した時期が精子活力に影響した可能性がある。

異常精子をボア種および山羊平均と比較すると、ボア種より1.6%高かったものの、山羊平均より14.5%低いことから正常の範囲内であると考ええる。

表 1 ヌビアン種の精液性状

個体No.	1	2	3	平均値
生年月日	2018/7/20	2019/1/28	2018/12/22	
精液量 (ml)	1.0±0.4	1.2±0.4	1.1±0.3	1.1±0.4
pH	7.0±0.1	7.1±0.1	6.9±0.1	7.0±0.2
精子数 (億/ml)	28.5±12.1	30.2±8.3	21.2±7.0	26.6±10.2
精子活力 ^{注1)} (%)	87.1±3.6	85.0±5.8	82.9±6.5	85.0±5.7
生存指数	94.5±2.4	93.0±4.4	91.8±3.7	93.1±3.8
異常精子 (%)	9.8±3.0	6.9±1.5	5.7±0.6	7.5±2.6

注 1) +++の活力を表示。

注 2) 平均値±標準偏差

2) 色調, 臭気, 集団的渦状運動

ヌビアン種の精液はすべて帯黄緑色であり（写真1），ボア種（写真2）と比較し色調が濃い傾向にあった。山羊の精のう腺は黄緑色を呈しているため，精液の色素は帯黄緑色が一般的である⁸⁾が，ヌビアン種の精液もその範疇であると考える。精液の黄色素はリボフラビンによるとされているが，受胎率への影響はないとされる⁹⁾。

臭気は無臭であり，すべての精液において集団的渦状運動を肉眼で確認することができた。



写真 1 ヌビアン種精液の色調

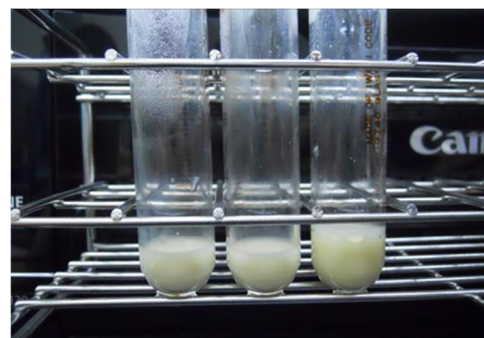


写真 2 ボア種精液の色調

3) 液状精液の生存率

ヌビアン種の液状精液における日別の生存率を表2に示した。牛凍結精液の場合，生存率の目安として融解時に+++35以上が適する⁶⁾とされており，山羊新鮮精液では，生存率50%以下は不適³⁾であるとの報告がある。ヌビアン種の液状精液は，4日目までは全個体の生存率が50%以上であることから，保存から4日目までは安定的に人工授精に活用できることが示唆された。

No.3について，精液性状が悪く生存率は3日目以降のばらつきが大きいため，液状精液として活用する際は，他個体より取扱いに注意する必要がある。

守川ら¹⁰⁾の報告によると，2歳の交雑種山羊4頭における液状精液の生存率は，保存から4日目が61.0%，7日目が42.1%とされているが，本試験ではそれらを下回る値であった。

表2 ヌビアン種の液状精液における日別の生存率 (%)

個体No.	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目
1	83.5±4.5	81.3±4.7	78.3±8.5	67.5±7.4	49.5±12.0	40.0±16.6	16.0±18.7
2	82.5±3.7	80.0±2.4	78.3±6.2	66.5±5.4	63.5±4.5	54.8±6.0	24.0±10.0
3	75.5±9.7	61.3±4.7	59.5±12.4	54.0±14.1	48.5±15.4	38.5±10.8	18.0±8.29
平均値	80.5±6.0	74.0±10.4	66.8±12.4	59.4±13.5	51.0±15.2	38.4±18.8	19.3±15.7

注) 平均値±標準偏差

2. 液状精液による受胎確認

ヌビアン種の液状精液による人工授精の受胎頭数、受胎率および分娩頭数を表3に示した。山羊の凍結精液における子宮頸管浅部への人工授精受胎率27.0%³⁾と比較すると、すべての個体で倍以上の受胎率であった。しかしながら、No.3のみ受胎率が60%以下となっており、精液性状が悪かったことが影響した可能性がある。

表3 ヌビアン種の液状精液による人工授精の受胎頭数、受胎率および分娩頭数

個体No.	供試山羊	受胎頭数	受胎率 (%)	分娩頭数
1	10	8	80.0	16
2	11	7	63.6	12
3	11	6	54.5	13
合計(平均)	32	21	66.1	41

以上のことから、ヌビアン種の液状精液の性状や受胎率が明らかになり、保存から4日目までは安定的に種付けに活用できることが示唆された。今後、ヌビアン種液状精液における適正な希釈倍率や保存温度を調査することで、さらなる受胎率の向上や普及への有効性などを検討する。

V 引用文献

- 1) 渡嘉敷綏宝(1984) 沖縄の山羊, 17, 那覇出版社
- 2) 沖縄県畜産課, 平成31年度沖縄山羊振興協議会第1回改良推進ワーキングチーム資料
- 3) (独)家畜改良センター長野牧場(2007) 山羊の繁殖マニュアル, 家畜改良センター技術マニュアル, 10, 16-31
- 4) 農林水産省畜産局畜産振興課(2022) めん羊・山羊をめぐる情勢, https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kikaku/tikusan_sogo/attach/pdf/sonota-11.pdf
- 5) おきなわ山羊生産振興対策事業(2018) 山羊経営技術指標, 1-10
- 6) (社)日本人工授精師協会(2015) 家畜人工授精講習会テキスト(家畜人工授精編), 288-289
- 7) 千葉好夫・野中克治・貝賀眞俊(2012) 亜熱帯における「ボア種」の精液性状, 沖縄畜研研報, 50, 37-40
- 8) (社)日本人工授精師協会(2010) 家畜人工授精講習会テキスト, 313
- 9) 小笠晃・山内亮・大地隆温・高村礼・須川章夫(1962) 種雄牛繁殖障害の診断における精液検査の意義について, 日本獣医師会雑誌, 15, 177-181
- 10) 守川信夫・山城存・大竹里佳(2019) 山羊液状精液における簡易な調製法の検討, 沖縄畜研研報, 57, 9-12

ソルガム類の品種比較試験

細井伸浩 比嘉直志

I 要 約

沖縄県での今後のソルガム類栽培利用の参考とするため、2023年6月から11月まで市販の8品種について調査した。乾物収量については、スーダンタイプではリッチスーダン、次いでロールスイート BMR、ソルゴタイプでは元気ソルゴ、次いでテキサスグリーンが多収であったが品種間に有意な差はなかった。

II 緒 言

ソルガム類は多収の自給粗飼料として国内では西日本を中心に広く栽培利用されており、特に九州での利用が多い。しかし沖縄県内での作付は令和3年時点でおよそ2.5haであり、あまり利用されていない。牧草に比べて乾燥しづらく青刈りやバンカーサイレージによる給与に向くが、ディスクモアとロールベールによる収穫体系での利用に関する報告¹⁾もある。近年は再生力等の生産性の改良された品種が流通しており今後の作付拡大が期待される。今後の沖縄県での、導入・普及の資料とするため、ロールベール収穫が可能とされるものから8品種について生育特性や収量性の調査を実施したので報告する。

III 材料および方法

1. 試験期間および実施場所

2023年6月から11月まで、国頭郡今帰仁村の沖縄県畜産研究センター圃場にて実施した。

2. 供試品種

供試品種は表1のとおり、スーダンタイプ5種とソルゴタイプ3種の流通品種で行った。

表1 供試品種

流通名	分類	早晩生
ロールスイートBMR	スーダンタイプ	極早生
リッチスーダン	スーダンタイプ	早生
ソフトスーダン	スーダンタイプ	晩生
ドライスーダン	スーダンタイプ	早中生
まきまきスーダン	スーダンタイプ	晩生
雪印ハイブリッドソルゴ	ソルゴタイプ	早生
テキサスグリーン	ソルゴタイプ	早生
元気ソルゴ	ソルゴタイプ	早生

3. 試験区

1区9m²(3m×3m)とし、3反復乱塊法で実施した。調査区は試験区周囲の幅0.6mを除いた3.24m²(1.8m×1.8m)とした。

4. 播種期および収穫期

播種は2023年6月5日に行い、収穫は晩生品種の草丈が1.5mを上回るのを待って行った。1番草が7月19日、2番草が9月20日、3番草が11月29日であった。

5. 播種量および播種法

播種量は雪印ハイブリッドソルゴおよびテキサスグリーンが6kg/10a、その他は8kg/10aに設定し、

散播後に耕運機で軽く覆土し、ホイローローダーで鎮圧した。

6. 施肥量

基肥は $N-P_2O_5-K_2O=10-7.2-6$ (kg/10a) , 追肥は収穫毎に $N-P_2O_5-K_2O=5-0-5$ (kg/10a) , 堆肥は施用しなかった。

7. 成分分析 (参考)

粗タンパク質含量 (CP)、可消化養分総量 (TDN) および WSC (水溶性糖) について、3 反復の各試験区から同量を採取混合した各品種 1 サンプルについて、近赤外線分析を実施した。

IV 結果および考察

1. 試験期間中の気象概要 (付図参照)

栽培期間中の総雨量は平年より 100mm 程度多かったが、旬ごとの比較では 6 月中旬と 8 月上旬以外のすべての期間で平年を下回った。なお 6 月中旬に梅雨の集中豪雨、8 月上旬に台風 6 号による暴風雨があった。台風は 1 番草刈取りから 13 日後に来襲し、東シナ海で折り返して同 16 日後に再接近したため作物は長時間の風雨に曝された。平均気温は平年であれば 9 月から低下傾向であるが、2023 年は 10 月上旬まで 28℃ を上回っていた。日照時間は 8 月下旬以降ほぼすべての期間で平年値を上回った。

2. 草丈および稈径

草丈はリッチスーダンやドライスーダンが高く、ハイブリッドソルゴーや晩生品種であるソフトスーダンとまきまきスーダンで低い結果となった (表 2)。なお品種間の有意な差はなかった。

稈径はハイブリッドソルゴーが最も太く、ドライスーダンが最も細かった。

表 2 草丈および稈径

流通名	草丈(cm)			稈径(mm)		
	1番草	2番草	3番草	1番草	2番草	3番草
ロールスイートBMR	185	166	181	5.5	7.0	5.9
リッチスーダン	192	182	184	4.6 b	6.0	5.9
ソフトスーダン	177	161	163	4.9 b	6.0	5.7 b
ドライスーダン	194	186	187	4.4 b	4.7	5.2 b
まきまきスーダン	179	153	163	5.9	6.6	6.2
雪印ハイブリッドソルゴー	163	114	114	7.9 a	7.9	8.5 a
テキサスグリーン	200	163	171	5.7	6.4	6.5
元気ソルゴー	192	157	182	5.1	5.1	5.5 b
平均	185	160	168	5.5	6.2	6.2

注) 縦列のアルファベット異文字間に有意差あり ($p < 0.05$, Tukey)。

3. 病害、虫害および倒伏

病害は 1 番草および 3 番草においては軽微であり、2 番草において耐病性の低いと思われる品種で広範に観察された (表 3)。その際ソフトスーダン以外の 7 品種で紫斑点病、まきまきスーダンおよびドライスーダンにすす紋病とみられる病害が観察された。この時期 (9 月) に病害の広がる傾向は栗田の報告²⁾と一致していた。

栽培期間を通じて、大きな収量減となるような虫害はみられず、殺虫剤は使用しなかった。

8 月上旬の台風時接近にはすべての品種が倒伏したがその後立ち上がり、その他の時期の倒伏はみられなかった。

表 3 病害

	1番草	2番草	3番草
流通名	(7/19)	(9/20)	(11/29)
ロールスイートBMR	2.0	2.0	2.0
リッチスーダン	2.0	2.0	2.0
ソフトスーダン	2.0	1.0	2.0
ドライスーダン	2.0	4.3	2.3
まきまきスーダン	2.0	2.7	2.0
雪印ハイブリッドソルゴー	2.0	2.0	2.0
テキサスグリーン	2.0	1.3	2.0
元気ソルゴー	2.0	2.0	2.0
平均	2.0	2.2	2.0

注) 評点法 1 (無) ~ 9 (甚)

4. 乾物率および乾物収量

乾物率はすべての品種で番草が後になるほど高くなった。ドライスーダンと元気ソルゴーが最も高く、収量の高いリッチスーダンは最も低くなったが品種間に有意な差はなかった (表 4)。浅井の報告¹⁾ではディスクモアとロールペーラによる収穫体系では、サイレージの酪酸生成を防ぐため目標水分を 50% 以下にすることが求められる。しかし今回の各番草における乾物率の最大値と最小値の差は 3~5% 程度と小さく、品種選択によって予乾日数を減らすことは困難であろうと思われた。

乾物収量は 1 番草 > 3 番草 > 2 番草の順であった。2 番草の収量がすべての品種で落ち込んだ理由として、1 番草刈取後に襲来した台風の影響が大きいと思われる。品種別ではリッチスーダンが最も多収であり、ハイブリッドソルゴーが最も少なくなった。なお品種間の有意な差はなかった。

表 4 乾物率および乾物収量

流通名	乾物率(%)				乾物収量(Kg/10a)					
	1番草	2番草	3番草	平均	1番草	2番草	3番草	合計	SD	対照比
ロールスイートBMR	16.2	20.2	29.1	21.8	703	421	683	1,808	204	116
リッチスーダン	16.7	19.9	26.4	21.0	826	520	741	2,087	122	134
ソフトスーダン	17.0	18.5	31.6	22.4	575	309	536	1,420	125	91
ドライスーダン	18.2	21.5	27.8	22.5	744	369	432	1,545	121	99
まきまきスーダン	15.6	18.6	29.2	21.1	604	293	587	1,484	234	95
雪印ハイブリッドソルゴー	15.0	20.1	28.6	21.2	645	136	241	1,021	123	66
テキサスグリーン	15.8	21.0	27.8	21.5	679	283	593	1,556	162	100
元気ソルゴー	17.1	22.1	28.2	22.5	718	462	682	1,862	366	120
平均	16.4	20.2	28.6	21.8	687	349	562	1,598	182	

5. 粗たんぱく質含量 (CP) および CP 収量

CP 含量はロールスイート BMR が最も高く、元気ソルゴーが最も低い (表 5)。CP 収量の品種間差は大きく、リッチスーダンやロールスイート BMR が高く、雪印ハイブリッドソルゴーや晩生品種で低い。

表5 粗たんぱく質含量 (CP) および CP 収量

流通名	CP(%)				CP収量(Kg/10a)				
	1番草	2番草	3番草	平均	1番草	2番草	3番草	合計	対照比
ロールスイートBMR	9.6	8.7	9.1	9.1	67	37	62	165	147
リッチスーダン	9.5	8.3	6.3	8.0	78	43	47	168	150
ソフトスーダン	7.1	7.7	5.7	6.8	41	24	31	97	87
ドライスーダン	8.3	8.9	6.6	7.9	62	33	29	123	109
まきまきスーダン	7.8	8.3	6.1	7.4	47	24	36	110	98
雪印ハイブリッドソルゴー	8.5	8.0	7.3	7.9	55	11	18	81	72
テキサスグリーン	8.6	6.6	6.3	7.2	58	19	37	112	100
元気ソルゴー	6.9	6.4	6.3	6.5	50	30	43	122	109
平均	8.3	7.9	6.7	7.6	57	27	38	122	

6. 可消化養分総量 (TDN) および TDN 収量

TDNは概ね刈取番草による差は小さかったが、晩生品種では3番草で上昇した(表6)。品種別ではロールスイートBMRと雪印ハイブリッドソルゴーが高くなった。

TDN収量はリッチスーダン、ロールスイートBMRおよび元気ソルゴーが他品種に大きく差をつけた。

表6 可消化養分総量 (TDN) および TDN 収量

流通名	TDN(%)				TDN収量(Kg/10a)				
	1番草	2番草	3番草	平均	1番草	2番草	3番草	合計	対照比
ロールスイートBMR	59	60	60	60	415	253	410	1,078	122
リッチスーダン	56	55	58	56	463	286	430	1,176	133
ソフトスーダン	55	56	61	57	316	173	327	814	92
ドライスーダン	55	53	53	54	409	196	229	829	94
まきまきスーダン	56	56	60	57	338	164	352	851	96
雪印ハイブリッドソルゴー	59	59	61	60	381	80	147	609	69
テキサスグリーン	55	56	59	57	373	159	350	882	100
元気ソルゴー	55	58	59	57	395	268	403	1,068	121
平均	56	57	59	57	386	197	331	913	

7. WSC (水溶性糖)

多くの品種で刈取が後になるほどWSCは高くなった(表7)。ソルゴータイプはスーダンタイプより高く、品種別では最も高いのがハイブリッドソルゴー、最も低いのはドライスーダンであった。なお粗飼料中の糖含量はサイレージの発酵品質や嗜好性に影響する。

表 7 WSC（水溶性糖）

流通名	WSC(%)			
	1番草	2番草	3番草	平均
ロールスイートBMR	5.0	8.9	8.9	7.6
リッチスーダン	2.8	6.8	12.4	7.3
ソフトスーダン	5.0	5.1	12.4	7.5
ドライスーダン	4.6	3.9	6.1	4.9
まきまきスーダン	5.8	4.5	12.7	7.7
雪印ハイブリッドソルゴー	4.8	8.8	13.3	9.0
テキサスグリーン	4.2	8.7	12.1	8.3
元気ソルゴー	4.8	8.3	11.9	8.3
平均	4.6	6.9	11.2	7.6

8. まとめ

1年間（収穫3回）の栽培を通じての品種の評価は以下のとおりであった。

ロールスイート BMR は、品質・収量ともに優れていた。

リッチスーダンは乾物収量、CP 収量および TDN 収量が 8 品種中 1 位であり、品質も良好であった。

ドライスーダンは病害の発生および WSC の低い点に注意を要する。

雪印ハイブリッドソルゴーは TDN や WSC は高いが、2 番草以降の収量が低かった。

テキサスグリーンはこれといった欠点がない。播種量を増やすことで増収に期待できると思われた。

元気ソルゴーは乾物収量と TDN 収量に優れていた。

晩生の 2 品種については、今回の調査においては目立った長所は確認できなかった。

今後は、今回の調査で好成績だった品種と寒地型牧草による周年栽培や、ディスクモアとロールペールによる収穫体系の実証が必要である。

謝 辞

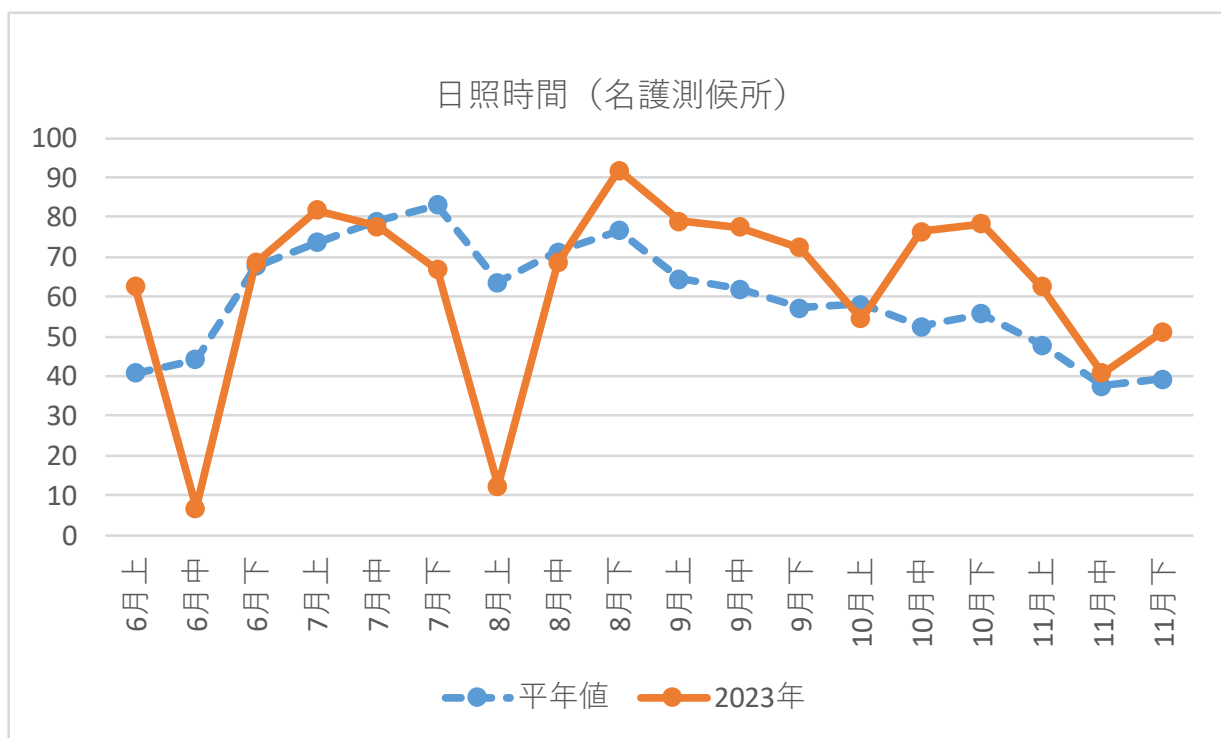
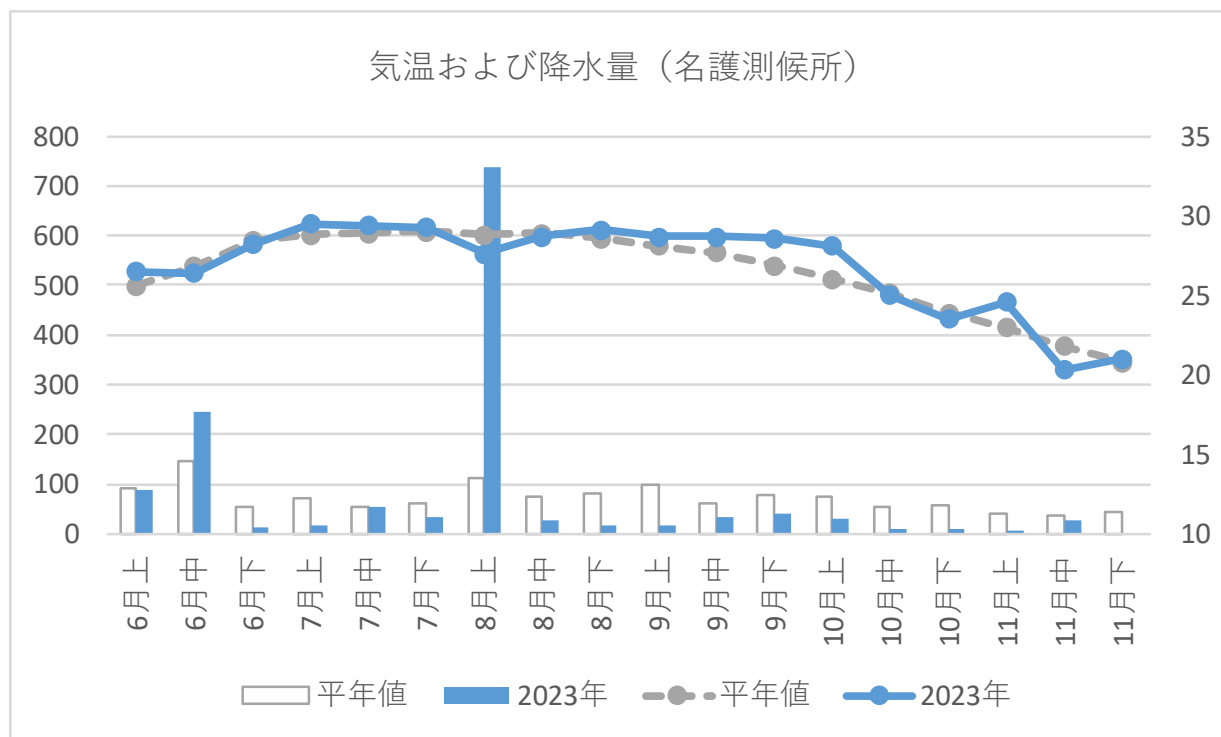
ソルガム類の栽培について多くのアドバイスをいただいた、全国酪農業協同組合連合会の久保園弘技術顧問に深く感謝いたします。

VI 引 用 文 献

- 1) 浅井貴之，高消化性スーダン型ソルガム「涼風」の栽培と収穫・調製法，平成 28 年度 自給飼料利用研究会資料，19-28
- 2) 栗田夏子ほか（2018）ソルガムとイタリアンライグラスの耐病品種による栽培体系の検討(3) 耐病性早生ソルガム「九州交 7 号」の品種特性，沖縄畜研研報，56，45-48

研究補助：仲程正巳，宜保永堅，金城守，久高玄

資料



豚熱防疫措置後の汚水処理施設における処理能力の検討

(2) 原汚水と活性汚泥への消毒実施後の浄化処理に関する室内実験

審晶 高木和香子 鈴木直人 片桐慶人*

I 要 約

豚熱防疫消毒措置後の養豚排水処理再開の目安とするため、活性汚泥および豚舎排水への消毒薬添加による汚水処理への影響について、室内試験にて検討したところ以下のとおりであった。

1. 生物化学的酸素要求量(BOD)値 1216~12910mg/l、浮遊物質(SS)値 1540~20220mg/l の原汚水 2000ml に、クエン酸を添加したところ、pH5 以下到達時の添加量は、4.0~16.5g であった。また、緩衝作用により静置後 12 日~25 日間で pH6.5~7.5 の中性程度に戻った。さらに、原汚水 SS 値とクエン酸添加量および pH 中性到達日数に正の相関がみられた。

2. クエン酸および消石灰による消毒後、緩衝作用により中性程度に戻った原汚水、活性汚泥を用い、消毒しなかった区を対照区として、0.1kg/m³ の低負荷運転で 24 日間浄化処理試験を行ったところ、全ての区で pH, BOD, SS とともに一般排水基準以下の範囲内で推移した。

3. NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N は、対照区が低い水準で推移したのに対し、消毒を実施したクエン酸区、消石灰区で、それぞれ高い値で推移した。

以上のことから、原汚水および活性汚泥は、消毒後、緩衝作用により中性に戻っていれば、低負荷の浄化処理で、pH, BOD, SS は一般排水基準値以下で推移し、再開できることが示唆された。

II 緒 言

特定家畜伝染病の 1 つである「豚熱」は、2018 年に我が国で 26 年ぶりに確認されて以降、沖縄県内においても 2020 年に発生し約 1 万 2000 頭が殺処分されたほか、現在も依然として全国的な発生が続いている。防疫措置では、消毒による封じ込め作業や静置が行われ、その後清浄性確認により経営が再開される。防疫措置時の消毒作業は、豚舎内だけでなく原水貯留槽や汚水ピット内の豚舎排水、浄化槽内の活性汚泥でも行われ、経営再開時のふん尿処理にどのような影響が出るか、知見が少なく不明な点が多い。前報で、二宮ら¹⁾は、浄化槽における 163 日間の運転停止後に、BOD 容積負荷 0.14~0.27kg/m³・日の低負荷条件下において、約 1 週間で BOD 除去能が回復し、約 2 週間で窒素除去能が回復したと報告している。本研究では、豚舎排水およびばっ気槽への消毒後の経営再開時の豚舎排水浄化処理について、室内試験にて検討したので報告する。

III 材料および方法

1. 試験期間および試験場所

試験 1 は、2022 年（令和 4 年）8 月から令和 6 年 2 月まで、試験 2 は、2023 年（令和 5 年）12 月から 2024 年（令和 6 年）1 月まで沖縄県畜産研究センター施設内で実施した。

2. 供試材料

原汚水は、当センター豚舎から発生したふん尿混合汚水またはふん尿分離汚水を振動ふるい（網目間隔 5mm）を通したものを供した。また、活性汚泥は、当センターの豚舎排水浄化槽内の活性汚泥を供した。さらに、消毒薬は、消石灰（拓南製鐵社製）およびクエン酸（磐田化学工業社製）とし、消石灰は粉状、クエン酸は 50%水溶液を供した。

3. 方法

1) 試験 1 原汚水および活性汚泥への消毒薬の添加量および緩衝作用の検討

クエン酸は 2l 容ビーカーに 2l の原汚水あるいは活性汚泥を入れ、スターラーで攪拌しながらクエン酸 50%水溶液を滴下し、pH の到達目標を 5 以下²⁾ とし、かつ 5 分間維持したときの添加量を測定した。

消石灰は 3 つのビーカーにそれぞれ 200ml の原汚水を入れ、1g, 2g および 6g の消石灰をそれぞれ添加

*現滋賀県家畜保健衛生所

後、スターラーで10分間攪拌した。また、津田³⁾は、ウィルスはpHに対して抵抗性でpH5～10では比較的安定的としていることから到達目標を11以上として測定した。

また、消毒後の緩衝作用について検討するため、それぞれのpHに到達した原污水および活性汚泥をそれぞれ2lのPP容器に入れて静置した。また、活性汚泥については、静置のほか、別にエアレーションも行い、pHが6.5～7.5の中性程度になるまで毎日測定した。

2) 試験2 排水および活性汚泥消毒後の浄化処理室内試験

試験2に係る室内試験装置の概略図を図1に示した。室内試験は、透明アクリル製パイプを加工した15l容水槽に、活性汚泥を活性汚泥濃度(MLSS)約5000mg/lとなるように調整後投入し、散気ストーンで下から流量計(RK1650 コフロック社製)で送風量を0.25l/minに調整しながら、ばっ気した。ばっ気時間は、爪折タイマー(PT77, Revex 社製)で制御し、21時間連続ばっ気、3時間停止を24日間繰り返した(図2)。豚舎排水投入は、あらかじめ生物化学的酸素要求量(BOD)を測定し、BOD容積負荷が約0.1 kg/m³となるように調整し、試料採取後、ばっ気開始前に投入した。また、排水を静置している期間の活性汚泥は、21時間連続ばっ気、3時間停止のエアレーションを行った(図2)。

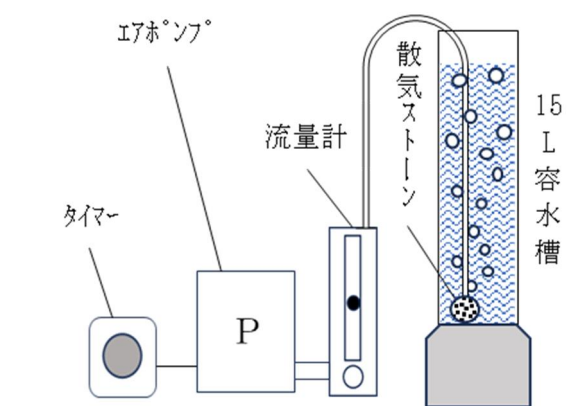


図1 室内試験装置の概略図

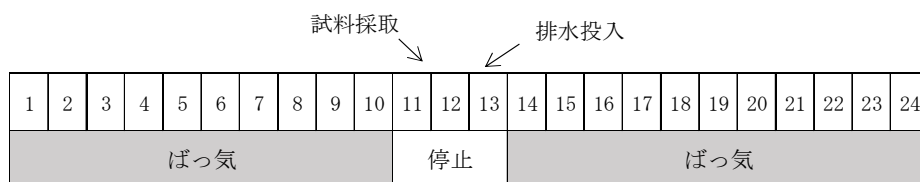


図2 ばっ気のスケジュール

4. 試験区分

試験2の試験区分は、クエン酸区、消石灰区および対照区とした。クエン酸区および消石灰区は、原污水および活性汚泥に、クエン酸をpH5以下になるまで、消石灰を0.5%相当量⁴⁾をそれぞれ添加した後、静置して、緩衝作用により中性程度に戻ったものを供した区とした。また、対照区は消毒薬を添加しない区とした。

5. 調査項目

試験1の調査項目は、目標pH到達までの消毒薬添加量、緩衝作用によりpH6.5～7.5の中性程度に戻るまでの日数とした。pHは、pH計(HORIBA社製)で測定した。

試験2の調査項目は、水槽内の水温、pHおよび溶存酸素濃度(DO)、活性汚泥のMLSSおよび活性容量指標(SVI)、浄化処理水の生物化学的酸素要求量(BOD)、浮遊物質(SS)、アンモニア性窒素(NH₄-N)、亜硝酸性窒素(NO₂-N)および硝酸性窒素(NO₃-N)とした。試料採取および測定は、毎日ばっ気停止中に行い、DOは、ばっ気停止直前の水槽内を隔膜式溶存酸素計(ID-150 飯島電子工業社製)で測定した。MLSSは、遠心分離法⁵⁾、SVIは、活性汚泥沈殿率(SV)とMLSSから、 $SVI = SV \div MLSS \times 10000$ の数式で算出した。BOD

は圧力センサ式 BOD 自動測定器(BODtrak II HACH 社製)、SS は、ガラスろ紙法⁶⁾、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ および $\text{NO}_3\text{-N}$ は、単項目水質計(デジタルパケットテスト 共立理化学研究所)でそれぞれ測定した。

IV 結果および考察

1. 試験 1

1) 消毒薬の添加量

原汚水の BOD および SS と、pH5 到達時のクエン酸添加量の関係を図 3 に示した。

試験した原汚水の BOD 値は 1216～12910mg/l であり、pH5 到達時のクエン酸添加量には、弱い正の相関 ($r=0.58$) がみられた。原汚水の SS 値は、1540～20220mg/l であり、クエン酸添加量には、強い正の相関 ($r=0.83$) がみられ、1%相当量添加未満で pH5 以下に達した。また、原汚水 2l に対するクエン酸添加量は、約 4.0～16.5g(0.2～0.8%(W/V))であり、原汚水 1t に換算すると、クエン酸はそれぞれ 2kg～8.3kg 添加することとなった。

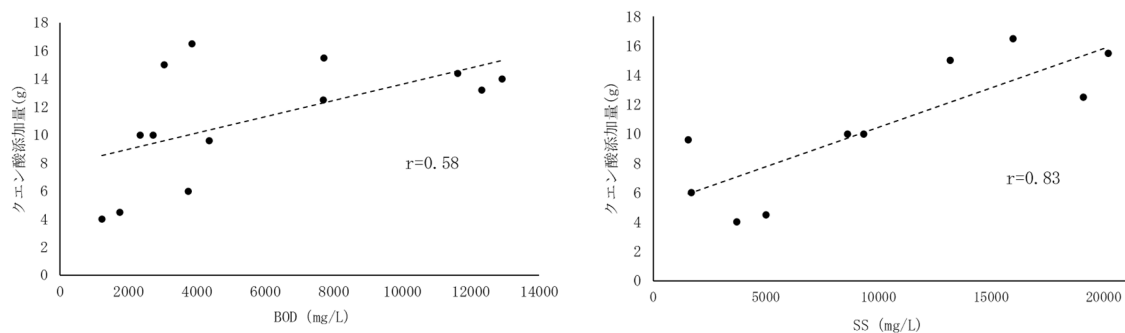


図 3 原汚水 BOD および SS と pH5 到達時のクエン酸添加量の関係

原汚水 BOD および SS と pH 到達時の消石灰添加量を表 1 に示した。原汚水の BOD は 1672～13053mg/l, SS は、3300～43200mg/l, であったが、原汚水量に対し、1g (0.5%相当量)、2g (1%相当量) では、原水濃度に関係なく pH11 に到達しなかった。6g (3%相当量) 添加では、一部の原汚水で pH11 に到達したものの、BOD や SS 濃度による傾向はみられず、6g 添加した試料の状態は白濁しており、消石灰が溶解しきれていない状況であった。

表 1 原汚水 BOD および SS と pH11 到達の有無と消石灰添加量

	A			B			C			D			E		
	1g	2g	6g	1g	2g	6g	1g	2g	6g	1g	2g	6g	1g	2g	6g
pH11に到達	×	×	×	×	×	○	×	×	○	×	×	×	×	×	×
BOD(mg/L)	13053			6289			1672			1881			2546		
SS(mg/L)	43260			10140			4040			3300			6640		

MLSS と目標 pH 到達時のクエン酸および消石灰添加量の関係を図 4 に示した。

MLSS とクエン酸添加量は MLSS が高まるほど添加量が増える傾向にあり、強い正の相関 ($r=0.90$) がみられた。いっぽう、MLSS と消石灰添加量に相関はみられなかった。

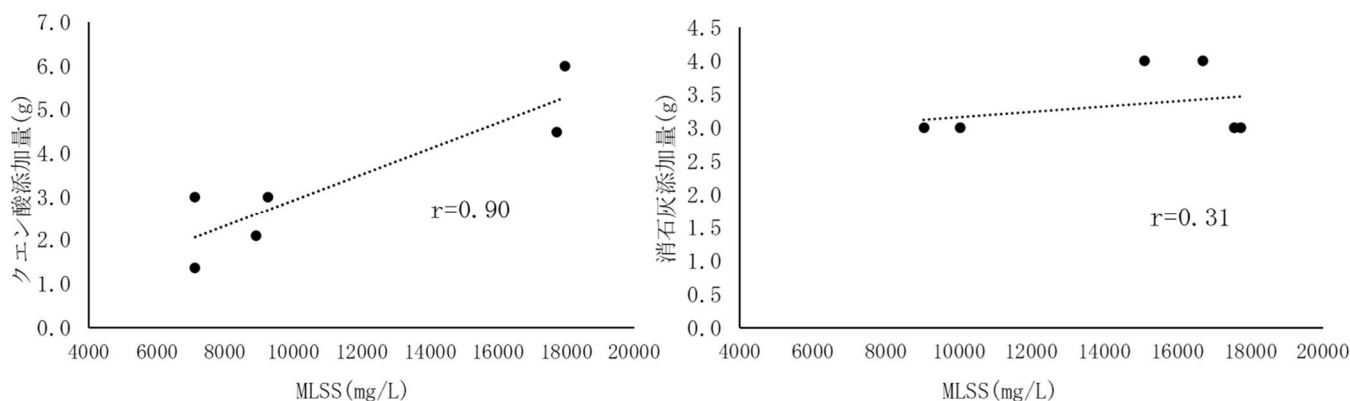


図 4 MLSS と目標 pH 到達時のクエン酸および消石灰添加量の関係

2) 緩衝作用の検討

クエン酸添加における原污水 BOD と pH 到達日数の関係を図 5 に示した。クエン酸添加により pH5 以下とした原污水は、pH 変化に対抗する緩衝作用の働きなどにより、中性程度に戻った。試験に供した原污水の BOD 値は、約 1216~12910mg/l であり、相関 ($r=0.23$) がみられなかった。原污水の SS 値は、1540~20220 mg/l であり、強い正の相関 ($r=0.72$) がみられた。緩衝作用による pH 中性到達日数は、約 12 日~25 日間となった。

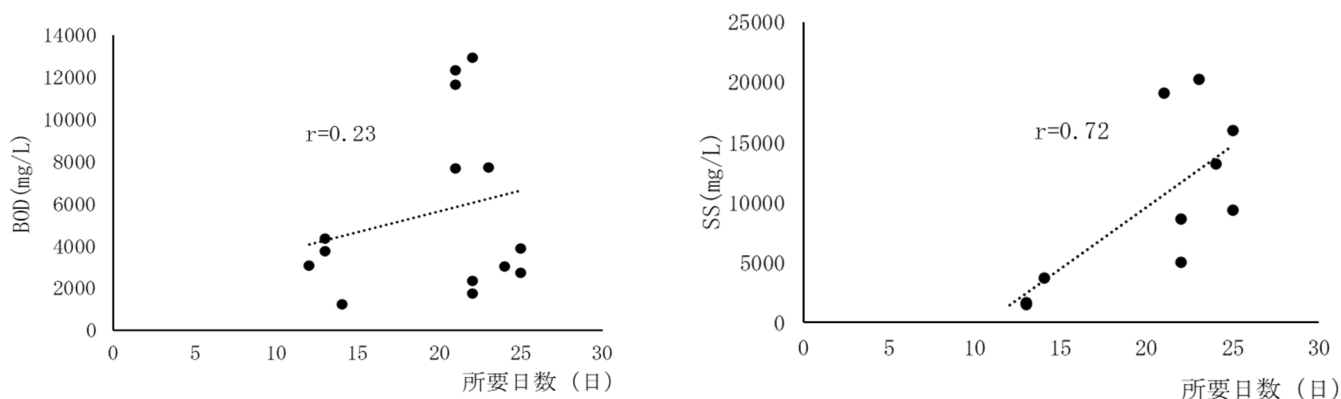


図 5 原污水 BOD とクエン酸区の中性到達日数の関係

活性汚泥における消毒薬添加後の MLSS と pH 中性到達日数の関係を図 6 に示した。クエン酸では、pH 中性に到達した日数は 1~6 日間であり、エアレーションを行うと MLSS 濃度に関係なく、1 日後に pH は中性程度に到達した。また、消石灰では、pH8 程度まで下がったその後、pH は上昇し、本試験では pH 中性に戻ることはなかった。

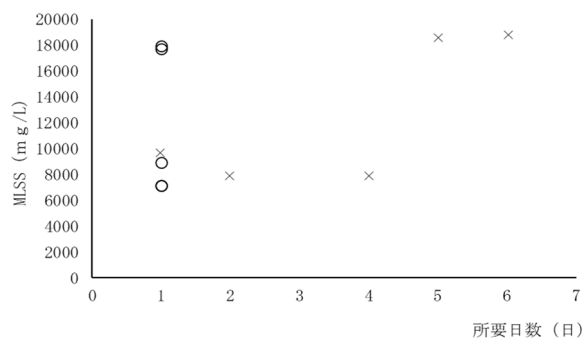


図 6 活性汚泥の MLSS とクエン酸区 pH 中性到達日数の関係

本試験では、消毒薬の原污水や活性汚泥への添加量や緩衝傾向について検討し、クエン酸添加については、傾向を確認することができた、いっぽう、消石灰により、pH をコントロールすることは困難であった。そのため、原污水への消石灰添加においては、水温や成分などその他の要因による緩衝作用の影響が考えられ、今後検討する必要がある。また、消石灰の多量の添加は、処理槽の底や、機器に消石灰が固着するなどの影響が懸念される。

2. 試験 2

1) 水槽内の水温、pH および DO

水槽内の水温を図 7、pH を図 8、DO を図 9 に示した。本試験における水温は、各区ほぼ同値で、20℃前後で推移した。pH は各区おおむね 7.3～8.1 の範囲で推移しており、各区に大きな変動はみられなかった。DO は、対照区で試験開始時 5～6mg/l から徐々に低下したのに対し、クエン酸区、消石灰区とも 4～8mg/l の範囲内で推移し、大きな変動はみられなかった。浄化処理におけるばっ気停止直前の DO 値は、ばっ気によって送り込んだ酸素のうち、消費されなかった余りの酸素を意味している⁷⁾とされる。本試験では、低負荷運転で検証しており、早い段階で処理が終わっているか、クエン酸区および消石灰区では、酸素を消費する活性汚泥微生物が少ないことが考えられる。

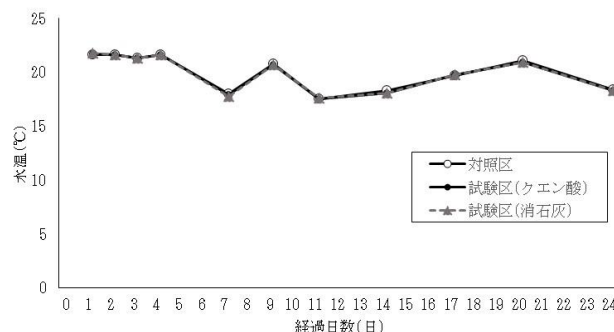


図 7 水温の推移

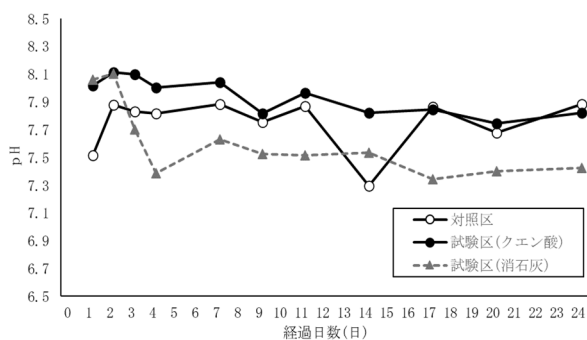


図 8 pH の推移

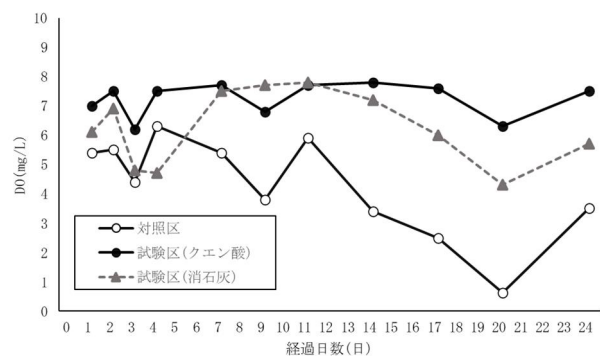


図 9 DO の推移

2) 活性汚泥の MLSS および SVI

活性汚泥の MLSS を図 10、SVI を図 11 に示した。MLSS は、10 日目まで各区 2000～5000mg/l の水準で推移したが、10 日目以降、クエン酸区および消石灰区は MLSS 濃度が急激に上昇した。SVI は、対照区に対し、おおむねクエン酸区が高く、消石灰区が低い値で推移した。SVI は、ばっ気槽内の活性汚泥の微生物活動の良否、沈降性を示す指標の 1 つで、100～150 の範囲が標準⁸⁾とされており、数値が高くなるほど沈降しにくくなっていることを示す。本試験では各区標準値より、100mg/g 以下の低い水準となった。SVI 値から推察すると対照区に比べ、クエン酸区では活性汚泥の沈降がしにくく、消石灰区では沈降しやすいことが推察される。このことから、消毒により活性汚泥に、何らかの物理化学的あるいは生物的影響があったことが考えられた。

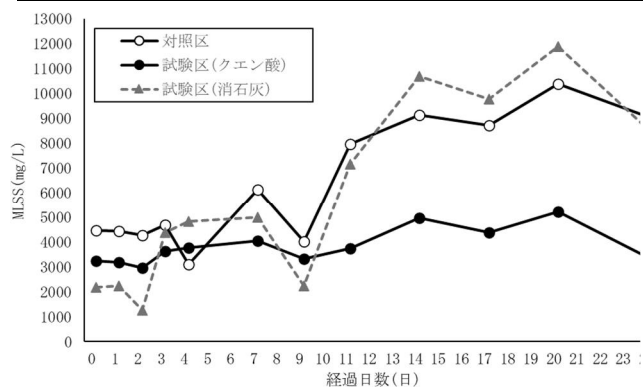


図 10 MLSS の推移

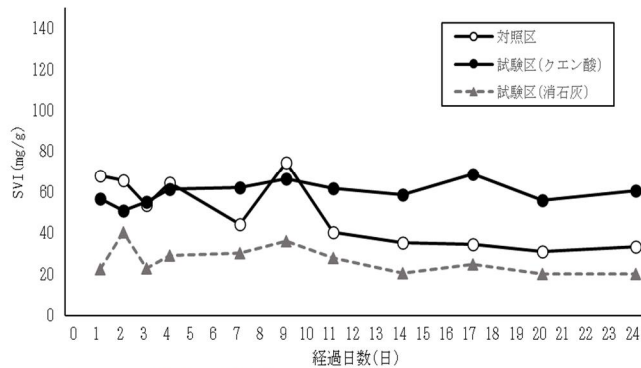


図 11 SVI の推移

3) 浄化処理水の BOD および SS

浄化処理水の BOD の推移を図 12, SS の推移を図 13 に示した。BOD は、消石灰区、クエン酸区、対照区の順に低い値で推移した。各区約 20~100mg/l の範囲内で推移しており、水質汚濁法の一般排水基準値 120mg/l 以下であった。SS は対照区が低い値で推移し、クエン酸区、消石灰区の順に高い値で推移した。SS についても各区 0~140mg/l の範囲内で推移しており、一般排水基準値 150mg/l 以下であった。これらのことから、クエン酸あるいは消石灰での消毒後、活性汚泥と原污水の pH が中性に戻っていた場合には、低負荷運転であれば、浄化槽を再開しても処理水が悪化しないことが示唆された。

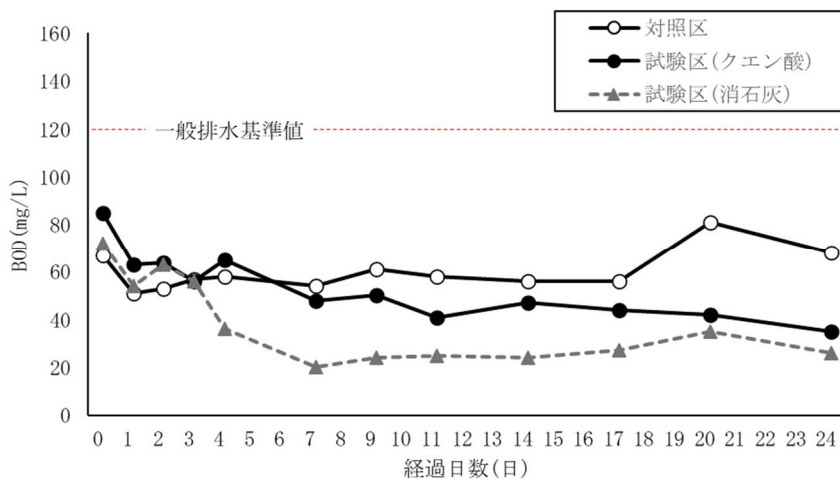


図 12 BOD の推移

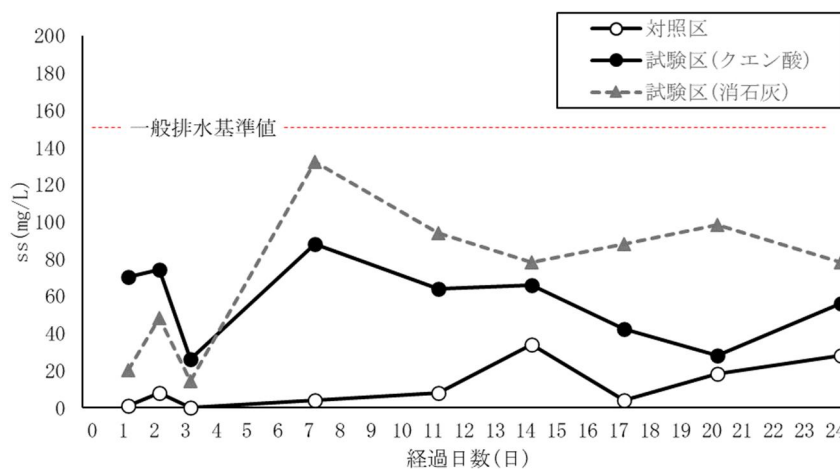
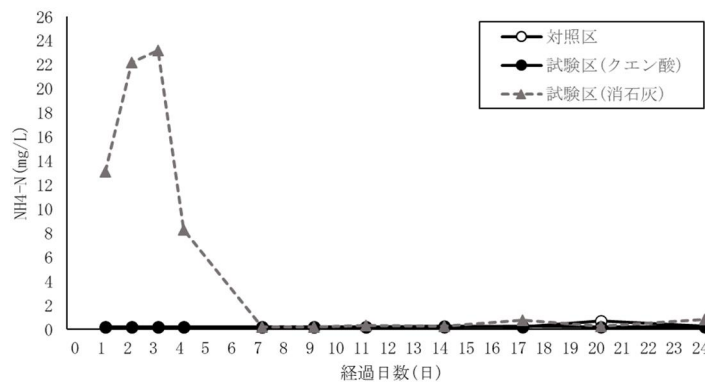
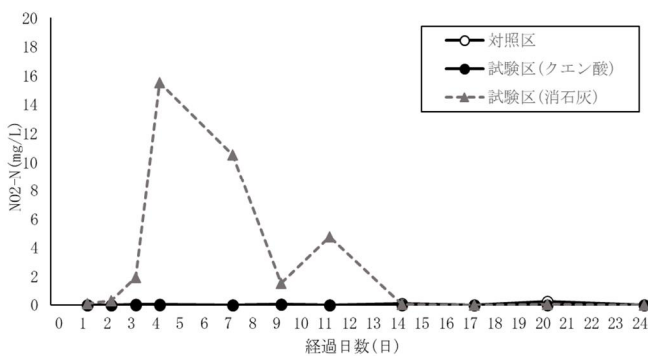
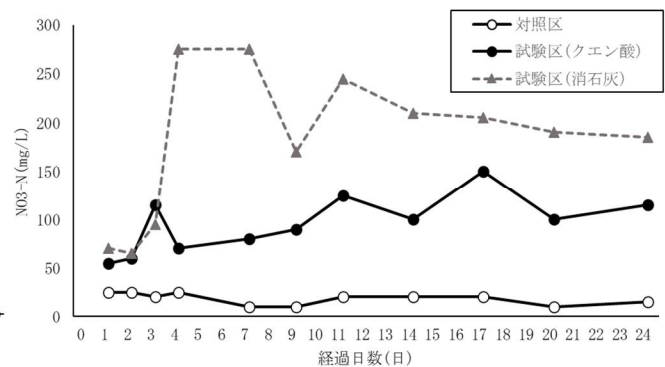


図 13 SS の推移

4) 浄化処理水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ および $\text{NO}_3\text{-N}$

$\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の推移を図 14～16 に示した。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ について、対照区、クエン酸区ではほぼ 0 に近い水準で推移したが、消石灰区では $\text{NH}_4\text{-N}$ で 7 日目までに最大で 24mg/L 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ で 14 日目までに最大 16mg/L とやや高い数値を示し、10 日目で降ほぼ 0mg/L で推移した。 $\text{NO}_3\text{-N}$ は、対照区で全期間 20mg/L 以内で推移したのに対し、クエン酸区で $60\sim 160\text{mg/L}$ 、消石灰区では $60\sim 280\text{mg/L}$ と高い水準で推移した。対照区は、窒素 3 態それぞれが低い水準で推移したのに対し、消毒した消石灰区、クエン酸区では硝酸性窒素濃度が高く推移しており、特に消石灰区では窒素 3 態全ての項目で高い値を示しており、硝化・脱窒細菌が死滅するなど消毒によって影響を受けたことが考えられた。

図 1 4 $\text{NH}_4\text{-N}$ の推移図 1 5 $\text{NO}_2\text{-N}$ の推移図 1 6 $\text{NO}_3\text{-N}$ の推移

本試験では、当初、活性汚泥および豚舎排水に消毒薬を添加直後から浄化処理に取り組んだが、浄化されず排水を投入する毎に、活性汚泥、処理水の状態が悪化し、基準値まで改善する見込みがたたなくなったことから、試験を中止した。消毒実施後に静置したところ、クエン酸区、消石灰区ともに pH が徐々に中性方向に向かう緩衝作用がみられたため、浄化処理に影響が少ないと考えられる中性程度まで戻った時点から、浄化処理試験を低負荷運転で試験を実施した。また、試験 1 の消毒薬の添加量の検討において、消石灰は緩衝作用により pH11 まで上げることは困難であり、11 まで到達するにはかなり多くの量を添加する必要があったため、本試験では 0.5%相当を添加し、静置により中性程度に戻した試料で検討した。その結果、pH、BOD、SS とともに処理水は、水質汚濁防止法の一般排水基準値を遵守できる水準で推移した。このことから、消毒後中性にもどしてから、低負荷運転を行うことにより処理が可能であることが示唆された。いっぽう、活性汚泥や窒素 3 態については、消毒の影響がその後の浄化処理に出る可能性があり、今後検討する必要がある。

V 引用文献

- 1) 二宮恵介・普照恭多・平良祥・伊佐常暢・片桐慶人(2020)豚熱防疫措置後の汚水処理における処理能力の検討(1)長期ばっ気停止が豚舎排水処理に及ぼす影響、沖縄畜研研報, 58, 43-46
- 2) 農林水産省消費・安全局動物衛生課(2012)口蹄疫ウィルスに汚染された家畜排せつ物等の処理に関する

る防疫作業マニュアル, 5

3) 津田知幸(2021)豚熱とアフリカ豚熱ー豚とイノシシの最強の家畜伝染病ー, モダンメディア, **67-5**, 3

4) 農林水産大臣公表(2020)豚熱に関する特定家畜伝染病防疫指針, 47

5) (社)日本下水道協会(2012)下水試験方法上巻, 269-270

6) (社)日本下水道協会(2012)下水試験方法上巻, 270-271

7) 中村作二郎(2003)養豚場の排水処理-浄化槽の設計・日常管理とトラブルシューティング-, 187-192

8) (財)畜産環境整備機構(2004)家畜ふん尿処理施設の設計・審査技術, 163

硬質塩化ビニル樹脂製気液混合器を活用した泡沫分離方法 の養豚排水への適用の検討

審晶 細井伸浩 高木和香子 鈴木直人

I 要 約

硬質塩化ビニル(以下、PVC)製の安価な気液混合器を活用した泡沫分離器を作製し、豚舎排水の原汚水、余剰汚泥、濁りのある浄化処理水からの懸濁物除去について検討したところ、以下のとおりであった。

1. 余剰汚泥および浄化処理水では、安定的な泡沫が形成されず、分離できなかった。
2. 原汚水では、処理経過 1 時間後に、SS で 64.6%, BOD で 19.1%それぞれ低下した。
3. 原汚水 $\text{NH}_4\text{-N}$ は、濃度低下がみられなかった。

以上のことから、泡沫分離の養豚排水での適用については、余剰汚泥、浄化処理水では泡沫分離による懸濁物除去が困難であるが、原汚水においては、懸濁物を除去することができ、安価な対策技術となる可能性が示唆された。

II 緒 言

沖縄県内の養豚において、家畜排せつ物は排水の形態で畜舎から排出され、多くは浄化処理し河川に放流している。本県では、特徴的にふん尿混合の高濃度な排水が多く、浄化槽に高負荷となっていること、余剰汚泥処理が高コストとなっていること、冬季に活性汚泥が崩れ、放流水に濁りが生じるなどの課題が残されており、安価な対策技術の開発が求められている。いっぽう、鈴木ら¹⁾は、海水魚の養殖においてプロテインスキマーと称する飼育水浄化方法(泡沫分別または、泡沫分離ともいう)が提案され、低濃度の懸濁物や溶解性の界面活性物質の除去に効果的であるとしている。また、沖縄県水産海洋技術センター石垣支所では、PVC 製の安価な気液混合器の作製方法が開発され、気液混合器が形成した微細な気泡(ファインバブル)により、泡沫分離による飼育水からの懸濁物除去にも利用できることを報告している²⁾。

そこで、安価な PVC 製気液混合器を用いた泡沫分離法の養豚排水への適用の可能性について検討したので報告する。

III 材料および方法

1. 試験期間および試験場所

試験は、2023 年(令和 5 年)10 月から 11 月まで、畜産研究センター内施設(屋外)で実施した。

2. 供試材料

供試材料は、原汚水、余剰汚泥、浄化処理水とした。原汚水は、沖縄県畜産研究センター内の豚舎から排出された排水を振動ふるい(網目間隔 5mm)で固液分離したもの、余剰汚泥は、当センター豚舎排水浄化槽内の活性汚泥を静置沈殿し、上澄み液を除去して濃度を高めたもの、浄化処理水は、上記、浄化槽から放流している浄化処理水に、少量の原汚水を添加し濁りを付けたものとした。

3. 方法

試験に用いた PVC 製気液混合器の概略を図 1 に、泡沫分離器の概略を図 2 に示した。PVC 製気液混合器と泡沫分離器は、沖縄県水産海洋技術センター石垣支所が作製した方法²⁾に準拠して作製した。

気液混合器は、PVC 製の異径ソケット(13-20mm 径)、伸縮継手(ユニオン II 型 25mm 径)、キャップ (13mm 径)、ソケット(20mm 径)により作製し、キャップ先端に 10mm 径のベンチュリのど部、伸縮継手側面に 5mm 径の吸気口をそれぞれ穴あけした(図 1)。また、泡沫分離器は、100l 容タンク (タマローリー AV-100)、塩ビスクリーンバルブソケット(75mm 径)および塩ビパイプ(75mm 径)により作製し、圧力による水漏れを防ぐため、タンクとアクリルパイプの接合部にはゴムパッキンを装着した。安定泡沫層は視認でき

る様に透明アクリル製パイプ(75mm 径)を用いた。200L 容タンクから、水中ポンプ(RMG-3000 RYOBI 社製)で供試材料を吸い上げ、図1のPVC製気液混合器を通して、ファインバブルを発生させ、安定泡沫層に送水した。また、気液混合器に金属製エアチューブ用コック(6mm 径)を取り付け、エアポンプ(CD-85 テクノ高槻社製)で空気を送風した。

懸濁物が付着した泡沫は、安定泡沫層内で新たに発生した泡沫により押上げられ、塩ビパイプ(50mm 径)をとおして排出した。また、泡沫の多くは液状に戻って 100L 容タンクに貯まり、ボールバルブで調整しながら、塩ビパイプ(30mm 径)で 200L 容タンクに戻し循環させ、継続的に除去した(図2)。試験は3反復行った。

なお、作製材料費は、PVC 製気液混合器で約 500 円、泡沫分離器で約 72,000 円(うち、ポンプ等機械費約 34,000 円)となった。

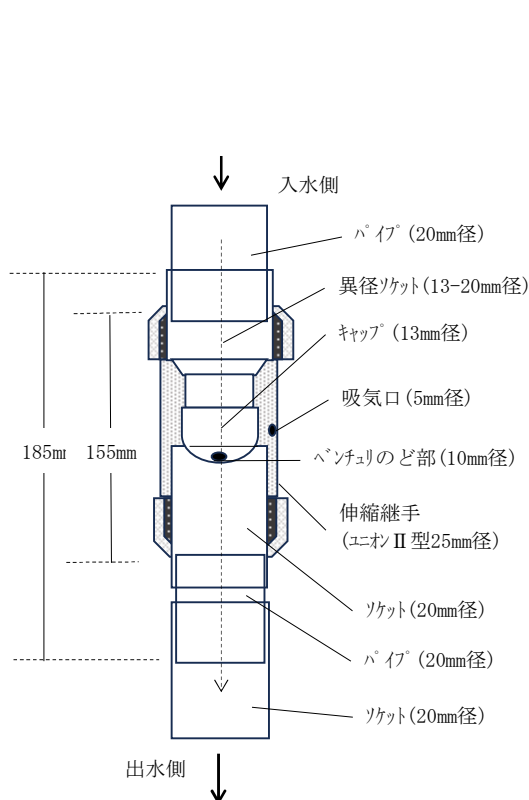


図1 PVC製気液混合器の概略

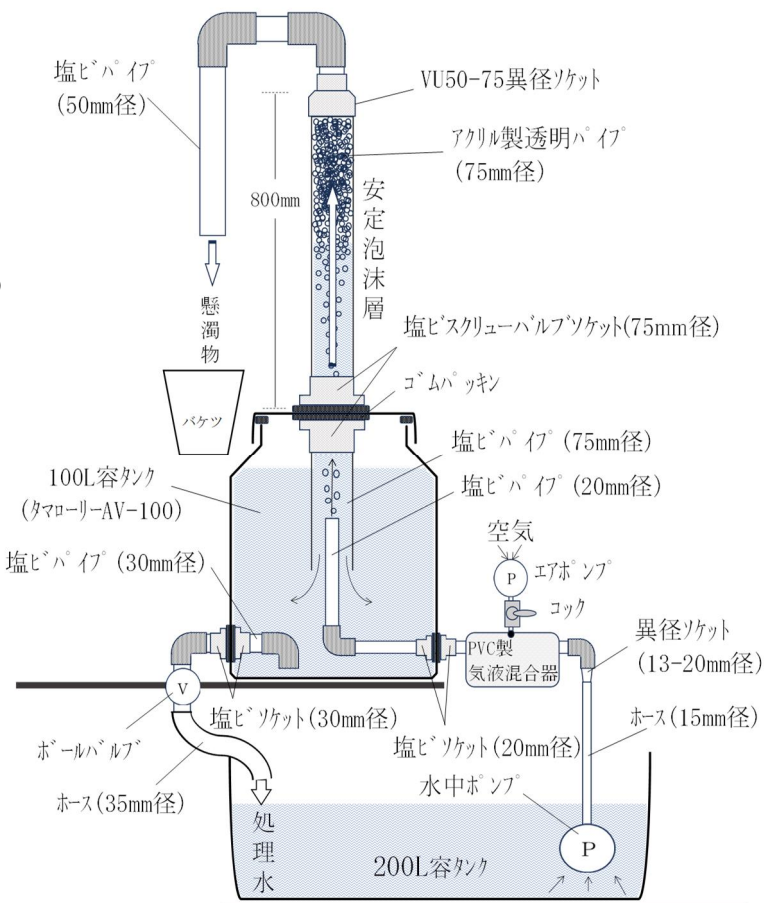


図2 泡沫分離器の概略

4. 調査項目

調査項目は、泡沫形成状況、泡沫分離前後の浮遊物質(SS)、遠心分離後上澄み液のSS、生物化学的酸素要求量(BOD)、アンモニア性窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)、pHとした。SSの分析方法は、遠心分離法³⁾とした。試料採取は、200L 容タンク内の処理水を試験開始時(0時間)、1時間後、4時間後、6時間後の時間経過ごとに採取し、分析に供した。遠心分離後上澄み液のSSは、3000rpm10分間遠心分離した上澄み液を吸光光度計(DR2010 HACH 社製)で、BODは、圧力センサ式BOD自動測定器(BODtrak II HACH 社製)で、アンモニア性窒素は、単項目水質計(デジタルバックテスト 共立理化学研究所)で、pHはpH計(ガラス電極法 卓上型 9615S-10D HORIBA 社製)でそれぞれ測定した。

IV 結果

1. 泡沫形成状況

泡沫形成状況および懸濁物排出状況を写真1から4に示した。余剰汚泥および浄化処理水については、

安定的な泡沫が形成されず泡沫分離ができなかった。

このため、以下は原汚水の泡沫分離の結果について記す。



写真1 泡沫形成状況(原汚水)



写真2 懸濁物排出状況(原汚水)



写真3 泡沫形成状況(余剰汚泥)



写真4 泡沫形成状況(浄化处理水)

2. SS 濃度の推移および除去率

原汚水 SS の推移を図 3，遠心分離後上澄み液の SS の推移を図 4 に示した。原汚水の SS 濃度は、 3785mg/l であり，経過時間 1，4，6 時間後にそれぞれ 1341.5mg/l ， 2270mg/l ， 2585mg/l となった。また，それぞれの除去率は，64.6%，40.0%，31.7% となった。いっぽう，遠心分離後の上澄み液の SS は，時間経過ごとに数値が高まる傾向にあり，原汚水 335.5mg/l から，6 時間後には 508.5mg/l と原汚水の約 1.5 倍の濃度となった。

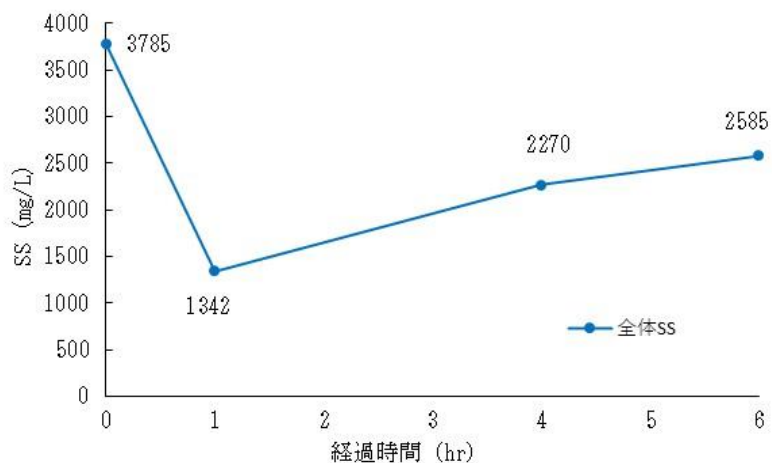


図3 原污水 SS の推移

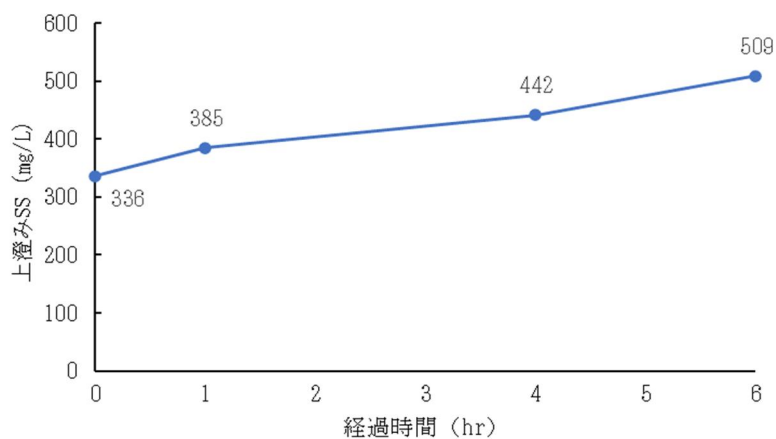


図4 原污水上澄み SS の推移

3. 原污水 BOD の推移および除去率

原污水 BOD の推移を図 5 に示した。原污水 BOD は、処理開始 1 時間経過後まで急激に低下し、その後 6 時間経過後までは緩やかに低下した。除去率は、原污水と比べ 1 時間経過後 19.1%，4 時間後 27.5%，6 時間経過後に 28.3%であった。

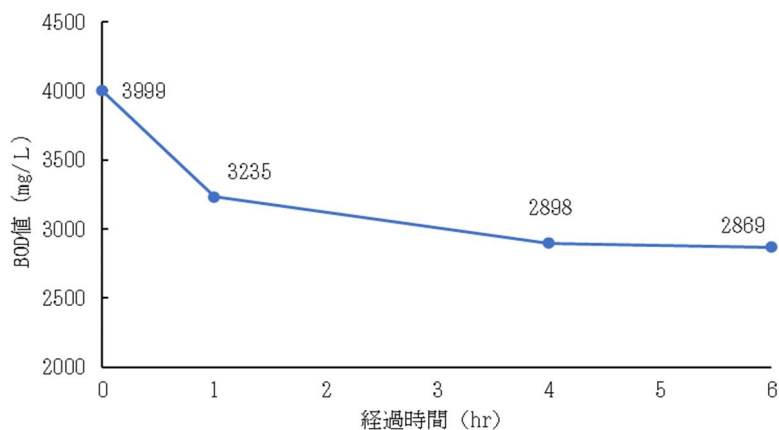


図5 原污水 BOD の推移

4. 原汚水の $\text{NH}_4\text{-N}$ および pH の推移

$\text{NH}_4\text{-N}$ および pH の推移を図 6 に示した。原汚水の $\text{NH}_4\text{-N}$ は 668mg/l で、やや減少したが、おおむね横ばいで推移した。原汚水の pH は、7.66 で、時間経過ごとにやや上昇したものの、おおむね横ばいで推移し、6 時間経過後は、8.02 となった。

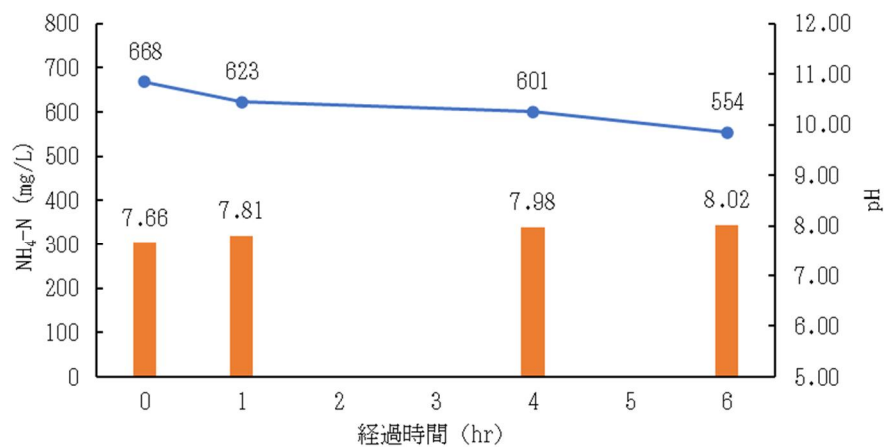


図 6 原汚水の $\text{NH}_4\text{-N}$ および pH の推移

V 考 察

本試験では、原汚水だけでなく、余剰汚泥や濁りの残る浄化処理水中の懸濁物の泡沫分離除去についても検討した。しかし、余剰汚泥や浄化処理水では泡沫分離槽において安定的な泡沫が形成されず、除去を行うことができなかった。泡沫分離により排水中の懸濁物を除去するには、排水内でファインバブルを発生させるだけでなく、消えない泡沫により安定泡沫槽内の泡を押し上げる必要がある。鈴木ら¹⁾は濁度除去能を支配する要因として、粘質物濃度、pH および塩類濃度が重要としており、余剰汚泥や浄化処理水ではこれらの条件が整っていなかったことが考えられた。

そこで、本試験では、処理水を循環する方式により、処理経過 1、4、6 時間での原汚水の懸濁物除去について検討した。原汚水の SS 除去は、最も除去率が高かったのは経過 1 時間後であり SS 濃度は、処理開始時 3785.0mg/l から 1341.5mg/l まで低下し、除去率は約 65%の除去率となった。しかし、その後の SS 濃度は高まり、除去率が低下する傾向にあった。また、遠心分離後の上澄み液の SS 濃度は、時間を経過するごとに高まる傾向にあり、豚舎排水の原汚水における長時間の泡沫分離処理では、新たなコロイド状の懸濁物を産出してしまう可能性が示唆された。

原汚水の BOD は、1 時間経過後まで最も急激に低下し、その後も緩やかに低下した。処理開始時 3999.0mg/l に対し、1 時間経過後に 3234.5mg/l と約 20%、6 時間経過後に 2868.5mg/l で約 30%の除去率となった。これは、ふるいで分離できず、静置すると沈殿するような微細な固形分が除去されたことによる影響が考えられた。

$\text{NH}_4\text{-N}$ は、ほぼ横ばいで推移し、除去傾向はみられなかった。 $\text{NH}_4\text{-N}$ は、水溶性窒素でありファインバブルに付着することなくほとんど除去されていないものと考えられた。また、pH は、時間が経過するごとに上昇傾向にあった。脇ら⁵⁾は、ばっ気により排水中の二酸化炭素等無機態炭素を追い出すことにより pH が上昇されるとしており、本試験においてもファインバブルにより無機態炭素が追い出され、同様の現象が起こったものと考えられた。

以上のことから、PVC 製気液混合器を活用した泡沫分離の養豚排水の適用については、余剰汚泥や浄化処理水では安定的な泡沫の形成ができず、分離できなかったが、原汚水については、SS で約 6～7 割、BOD で約 2～3 割程度の除去ができ、安価な対策技術となる可能性が示唆された。

なお、除去した懸濁物は、液状に戻ってしまうため、処理方法の検討が今後必要である。

謝 辞

本研究における気液混合器，泡沫分離器の作製にあたり，資料提供およびご協力いただいた農林水産部水産課山内岬氏に感謝いたします。

VI 引 用 文 献

- 1) 鈴木祥広・丸山俊朗(2000)魚類の体表面粘質物を利用した泡沫分離法による懸濁物除去に関する基礎的研究，水環境学会誌，**23**，181-186
- 2) 沖縄県農林水産部(2018)平成 29 年度普及に移す技術の概要
- 3) (社)日本下水道協会(2012)下水試験方法上巻，117-118
- 4) (社)日本下水道協会(2012)下水試験方法上巻，165-166
- 5) 脇信利・近藤久幸・西田政司(1987)エアレーションによる消化槽脱離液からのリン除去の検討，用水と排水，**29**，636-640

高濃度酸素の送風による家畜ふん堆肥化促進効果の検討

審晶 二宮恵介* 高木和香子 中川鉄水**

I 要 約

水素エネルギー生成時に副産物として発生する酸素の有効利用を目的に、家畜ふん堆肥化過程において高濃度酸素を含有する空気を送風した場合の堆肥化促進効果について、小型堆肥化実験装置を用いて検討したところ以下のとおりであった。

1. 堆肥品温の最大値は、高濃度酸素を送風した各区でやや高い値を示したが、大きな品温上昇効果はみられなかった。
2. 有機物残存率は、堆肥化1週間後までは高濃度酸素を送風した区で低い値を示したが、3週間後では、酸素濃度による傾向および大きな促進効果はみられなかった。
3. 揮発アンモニアは、各区1週間後までにピークを示し、最大値は、対照区 1500ppm, 25%区 840ppm, 50%区 800ppm, 90%区 500ppm と対照区に比べ、高濃度酸素を送風した区では、数値が低い傾向を示した。

以上より、家畜ふん堆肥化過程において、高濃度酸素の送風による堆肥化への、有機物の分解という観点では大きな促進効果はみられなかったが、堆肥化過程で多く揮発するアンモニアを抑制し、堆肥内に固定化する可能性が示唆された。

II 緒 言

近年、脱炭素化の取り組みの1つとして、水素エネルギーの活用が期待されている。水素生成法の1つに水を電気分解する方法があるが、その際、副次的に酸素が発生する。この副生酸素は、ボンベ化、酸素バー、陸上養殖などの活用が検討されているものの十分に活用されていないため、他の利用が模索されているところである。

いっぽう、家畜ふんの堆肥化の主役は、空気（酸素）を好む好気性微生物であり、空気を嫌う嫌気性微生物よりも有機物の分解速度が格段に速く、分解に伴う発酵熱によって堆肥の温度を上昇させる¹⁾。このため、堆肥の生産現場では、通気性を良くするための水分調整副資材の混合や堆積物下からの送風などが行われている。これら原理を踏まえると、高濃度の酸素を含む空気を堆積物下から送風した場合、堆肥化が促進され、品温のさらなる上昇や完熟までの期間が縮小する効果が期待される。しかし、高濃度酸素を堆肥化で活用した知見は少ない。そこで、高濃度酸素を含む空気を送風した場合の堆肥化への影響について小型堆肥化試験装置を用いて検討を行ったので報告する。

III 材料および方法

1. 試験期間および試験場所

試験は、2020年（令和2年）11月から12月まで、畜産研究センター施設内で実施した。

2. 方法

試験は、豚ふんと水分調整用副資材の粉碎剪定枝を7:1の割合で混合した混合物3.5kgを、小型堆肥化実験装置（かぐやひめ 富士平工業社製）に表面が平らになるように充填し、室温で同装置の吸気と酸素濃縮器（MAFmini T&C社製）で発生させた酸素濃度を調整した空気を下から流量計で0.4l/minとなるように調整しながら通気した（写真1）。また、1週間ごとに、装置内部の堆肥を取り出し、切り返しおよび試料採取を行った。試験は、21日間、1反復行った。

3. 試験区分

試験区分は、小型堆肥化実験装置付属のエアポンプと酸素濃縮器により、酸素濃度を25%, 50%, 90%に調整し、それぞれ25%区、50%区、90%区とした。また、エアポンプのみを対照区（酸素濃度約20%）とした。

*現宮古農林水産振興センター農業改良普及課

**琉球大学

4. 調査項目

調査項目は、入排気の酸素濃度、堆肥品温、堆肥水分含量、堆肥有機物残存率、堆肥腐熟度、揮発アンモニア濃度、堆肥窒素三態とした。

入排気中の酸素濃度は、酸素濃度計（CY-12C BMGIANT 社製）で、酸素濃度調整後の入気と小型堆肥化実験装置からの排気をそれぞれ毎日測定した。堆肥の品温はデータロガー式温度計（おんどとり TR-72Ui T&D 社製）で 1 時間おきに測定した。堆肥水分含量は、採取した試料を常法で分析した。堆肥有機物残存率は、採取した試料全体量から水分と灰分を差し引いて、有機物含量を算出し、開始時の有機物含量を 100 として比較した。揮発アンモニア濃度は、堆肥化装置排気中のアンモニアを検知管（3L, 3M, 3HM ガステック社製）で毎日測定した。堆肥中のアンモニウム態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素（窒素三態）は、採取した試料を単項目水質計（デジタルパックテスト 共立理化学研究所社製）で分析した。堆肥腐熟度は、採取した試料を堆肥熟度判定器（コンポテスター 富士平工業社製）で測定した。



写真 1 試験装置の配置状況

IV 結果および考察

1. 入排気の酸素濃度

小型堆肥化実験装置への入気および排気中の酸素濃度の推移について、図 1 から図 4 に示した。入排気の酸素濃度の差を図 5 に示した。入気および排気中の酸素濃度の差は、各区堆肥化開始直後が最も大きく、7 日目の切り返し後、10 日目で一時的に消費されたが、ほとんど差はみられなくなった。試験開始直後の入排気の酸素濃度差は、対照区、25%区、50%区、90%区でそれぞれ 14pt, 19pt, 38pt, 57pt となり、送風酸素濃度が高まるほど、差が大きい傾向を示した。

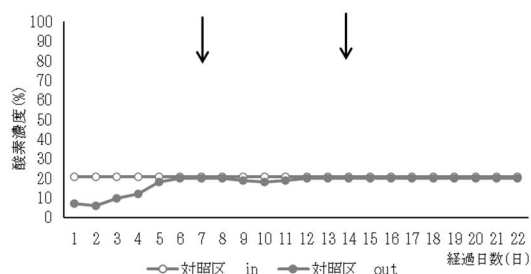


図 1 入排気の酸素濃度の推移（対照区）

注）↓は切り返し

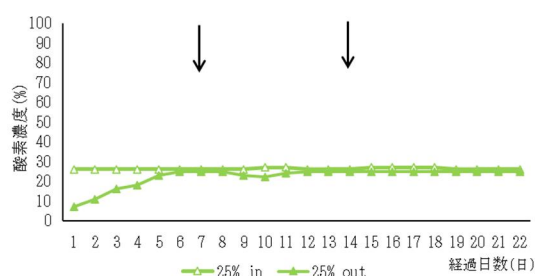


図 2 入排気の酸素濃度の推移（25%区）

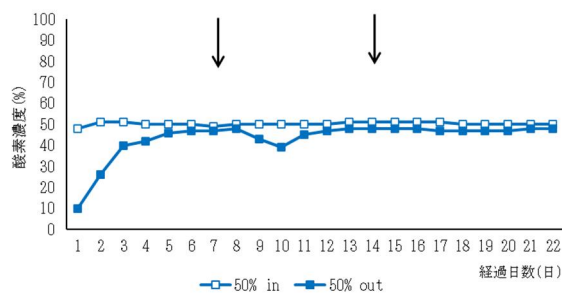


図3 入排気の酸素濃度の推移（50%区）

注）↓は切り返し

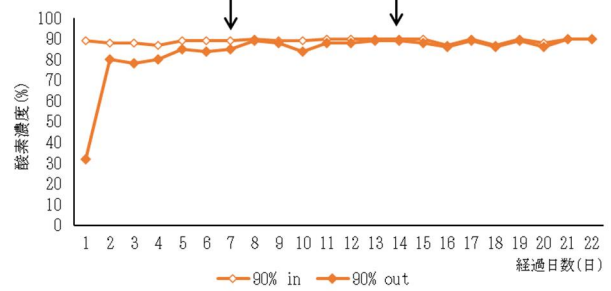


図4 入排気の酸素濃度の推移（90%区）

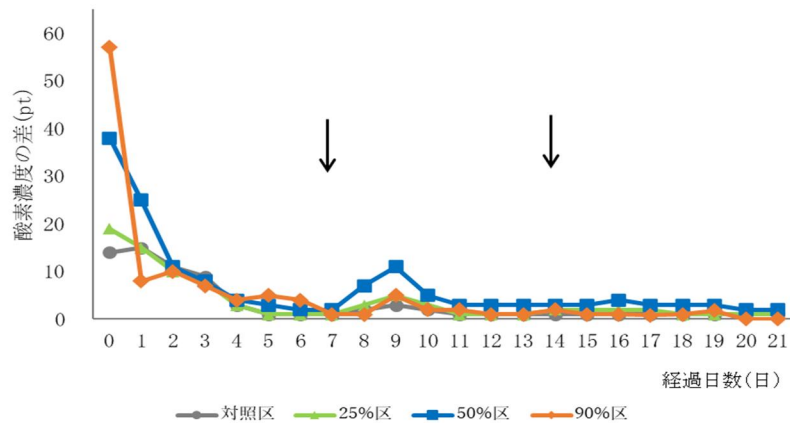


図5 入排気の酸素濃度の差

注）↓は切り返し

2. 堆肥水分含量

堆肥水分含量の推移を図6に示した。3週間後では、54%から58%の範囲内となり、各区に大きな差はみられなかった。

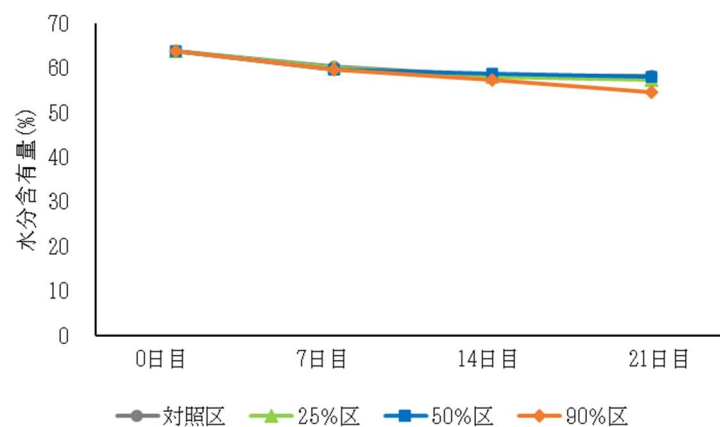


図6 水分含量の推移

3. 堆肥品温

堆肥品温の推移を、図7に示した。各区試験中の堆肥品温の最大値は、対照区 66.0℃、25%区 67.2℃、50%区 70.3℃、90%区 68.9℃であった。切り返し後の品温上昇においても、50%区の値が最も高い値を示した。ただし、初期の升温速度は、酸素濃度が高いほど速い傾向にあった。

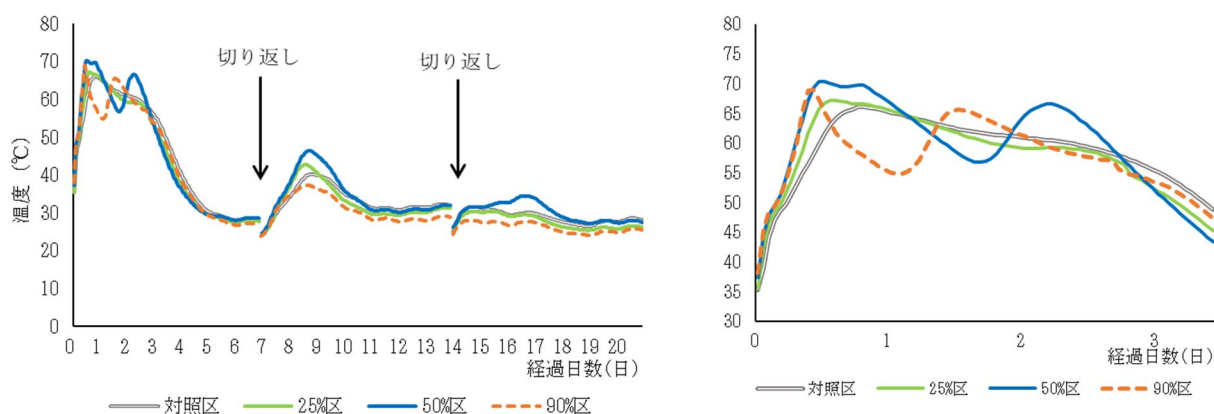


図7 堆肥品温の推移（左：全期間，右：初期）

4. 有機物残存率

有機物残存率の推移を図8に示した。有機物残存率は、堆肥化試験開始時の有機物含量を100とした場合の比率であり、数値が低いほど堆肥化が促進されたことが考えられる。有機物残存率は、1週間後までは90%区が最も低い値を示したが、3週間後には50%区が低い値となった。しかし、高濃度酸素供給の有無による傾向はなく、有機物の分解という観点では、酸素濃度による堆肥化促進効果はみられなかった。

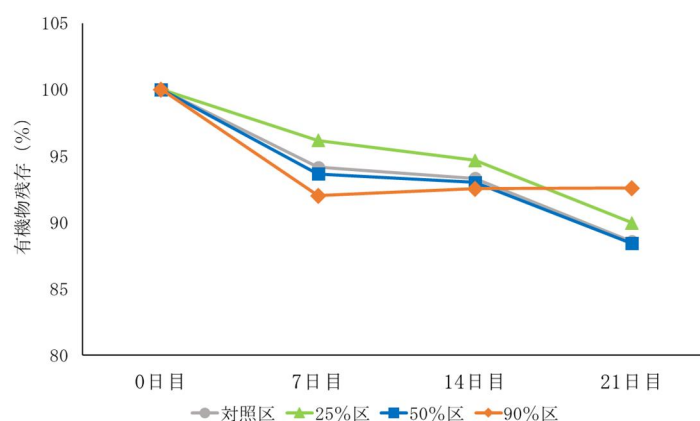


図8 有機物残存率の推移

5. 堆肥腐熟度

堆肥腐熟度の推移を図9に示した。コンポテスターによる堆肥の腐熟度は、堆肥1g当たりの酸素消費量 μg で示され、酸素消費量が少ないほど、腐熟度合いが進んでいると考えられる。堆肥腐熟度は、各区同様に推移し、試験開始時約 $30 \mu\text{g/g/min}$ から1週間後には、約 $5 \mu\text{g/g/min}$ と急激に減少したのち、3週間後まで差はみられなかった。

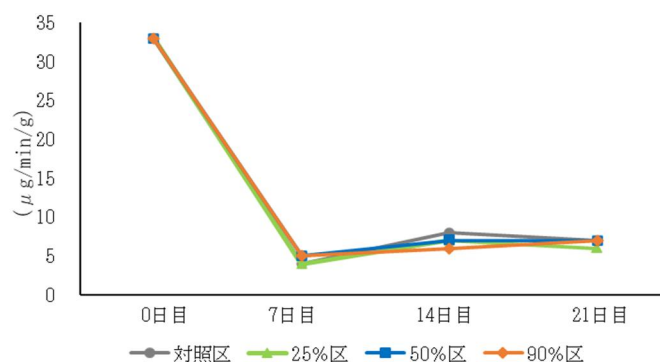


図9 堆肥腐熟度の推移

6. 揮発アンモニア濃度と堆肥中の硝酸性窒素濃度

揮発アンモニア濃度の推移を図 10、堆肥中の窒素三態濃度の推移を図 11 に示した。揮発アンモニア濃度は、各区 1 回目切り返しの 7 日目までに最大値を示し、最大値は、対照区 1500ppm、25%区 840ppm、50%区 800ppm、90%区 500ppm と高濃度酸素を送風した各区それぞれ、対照区と比べ、供給酸素濃度が高まるほどピーク時の値が低くなる傾向を示した。

堆肥中の窒素三態は、90%区が対照区と比べ、高い値で推移したが、25%区と 50%区では傾向がみられなかった。高濃度酸素の供給により、揮発アンモニアのピーク時の濃度が低くなった原因は、不明であるが、堆肥中のアンモニアの一部が高濃度酸素の供給で硝化し、揮発するアンモニアの濃度が抑えられたことが考えられた。

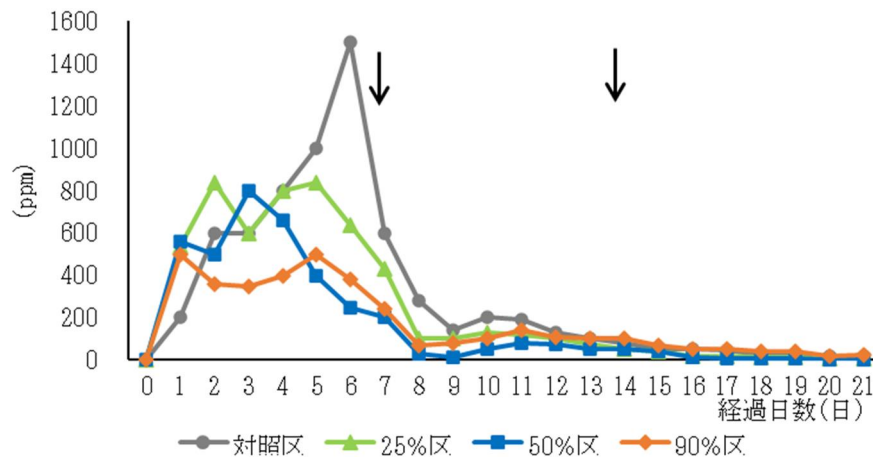


図 10 揮発アンモニア濃度の推移

注) ↓は切り返し

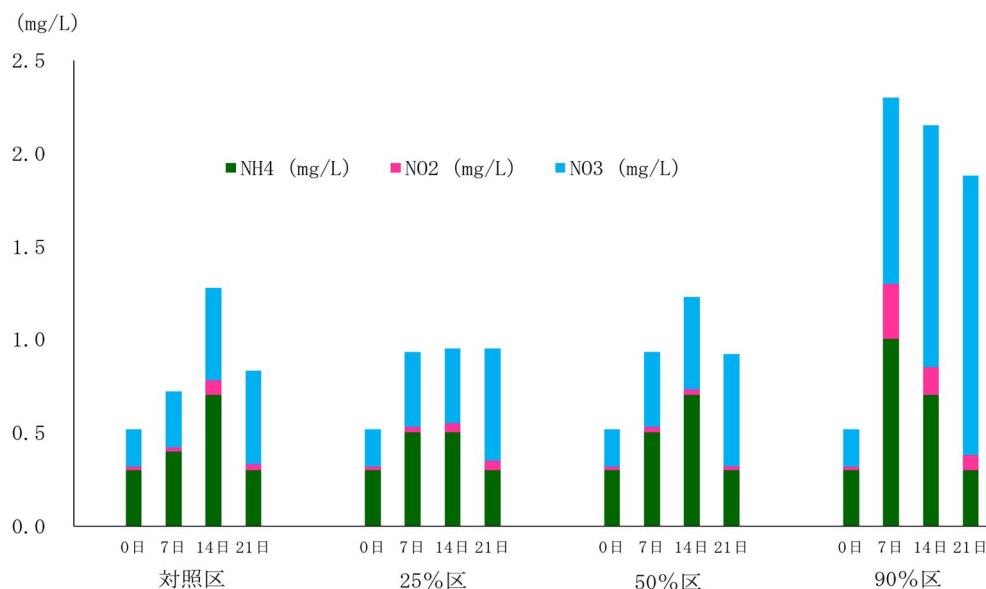


図 11 堆肥中の窒素三態濃度の推移

以上のことから、小型堆肥化実験装置による検証では、高濃度酸素の送風による堆肥化過程において、有機物の分解という観点では、酸素濃度による傾向や大きな促進効果はみられなかった。いっぽう、堆肥化過程で多く揮発するアンモニアを抑制し、堆肥内に固定化する可能性が示唆された。

謝 辞

本研究における堆肥分析の測定にご協力いただいた,琉球大学波平氏に感謝いたします。

V 引 用 文 献

- 1) 農文協編 (2004) 畜産環境大辞典第 2 版, 53-54

「特殊肥料等入り指定混合肥料」の利用による 暖地型牧草栽培の化学肥料代替に関する考察

(1) 「特殊肥料等入り指定混合肥料」の畜種別製品製造原価シミュレーション

恩田寛

I 要 約

「特殊肥料等入り指定混合肥料」の利用による暖地型牧草栽培の化学肥料代替の可能性を提示することを目的に、「特殊肥料等入り指定混合肥料」の畜種別製品製造原価について、家畜ふん堆肥と化学肥料を混合してペレット圧縮成型する混合方式と、家畜ふん堆肥のみをペレット圧縮成型して BB (Bulk Blending) 肥料と配合する配合方式をシミュレートしたところ、以下のとおりであった。

1. 牧草用化学肥料 20kg 入り 1 袋あたり肥料成分量（窒素 4.0kg, リン酸 1.6kg, カリ 2.4kg）と同じ有効成分量を暖地型牧草に供給するのに必要な「特殊肥料等入り指定混合肥料」の畜種別製品製造原価は、配合方式が混合方式に比べ 21~30%低減されると試算された。畜種別ではいずれもブロイラーがもっとも低く、次いで採卵鶏、豚、肉用牛、乳用牛の順であった。

2. 牧草用化学肥料 20kg 入り 1 袋あたり肥料成分量（窒素 4.0kg, リン酸 1.6kg, カリ 2.4kg）と同じ有効成分量を暖地型牧草に供給するのに必要な「特殊肥料等入り指定混合肥料」の畜種別製品現物重量は、配合方式が混合方式に比べ 10~12%小さくなると試算された。畜種別ではいずれも採卵鶏がもっとも小さく、次いでブロイラー、豚、肉用牛、乳用牛の順であった。

以上のことから「特殊肥料等入り指定混合肥料」の利用による暖地型牧草栽培の化学肥料代替は、製品製造原価が低く、製品現物重量が小さい配合方式に経済的メリットがあることが示唆された。また、畜種別では、ブロイラーや採卵鶏に経済的メリットがあることが示唆された。

II 緒 言

近年、世界的な穀物需要の増加やエネルギー価格の上昇、ロシアによるウクライナ侵攻等の影響により、化学肥料の原料価格が大幅に上昇し、肥料価格は高騰している。また、わが国は 2021 年に持続可能な食料システムの構築に向けた「みどりの食料システム戦略」を策定し、2050 年までに輸入原料や化石燃料を原料とした化学肥料の使用量を 30%低減することを目指している。

いっぽう、家畜ふん堆肥には、肥料効果と土づくり効果があるが、本県の採草地で栽培されている暖地型牧草は永年生であるため、基肥としての家畜ふん堆肥利用は、草地更新時に限定される。また、追肥としての家畜ふん堆肥利用は、肥料成分の不均衡により施肥管理が難しいのに加え、施肥作業に労力を要するため、利用拡大には課題がある。

2020 年に「肥料取締法」が「肥料の品質の確保等に関する法律」に改正され、従来に比べ配合規制が緩和された「特殊肥料等入り指定混合肥料」の製造が可能になった。本改正により、家畜ふん堆肥等の特殊肥料と化学肥料を混合することが可能になり、肥料成分の均衡化により施肥管理が容易になるとともに、ペレット圧縮成型により施肥作業の省力化が可能になり、暖地型牧草栽培における追肥利用が期待される。

そこで本稿では、「特殊肥料等入り指定混合肥料」の利用による暖地型牧草栽培の化学肥料代替の可能性を提示することを目的に、「特殊肥料等入り指定混合肥料」の畜種別製品製造原価について、家畜ふん堆肥と化学肥料を混合してペレット圧縮成型する混合方式と、家畜ふん堆肥のみをペレット圧縮成型して BB (Bulk Blending) 肥料と配合する配合方式のシミュレーションを試みたので報告する。

Ⅲ 材料および方法

1. 設計諸元

1) 堆肥製造工程に係る設計諸元

はじめに、本稿では「みどりの食料システム戦略」に準じて、すべての畜種で「特殊肥料等入り指定混合肥料」の利用により暖地型牧草栽培における化学肥料の成分施用量（窒素，リン酸，カリ）を 30% 代替する設定とした。「特殊肥料等入り指定混合肥料」の原料として用いる畜種別の家畜ふん尿水分¹⁾を表 1 に、堆肥製造工程にて製造された畜種別の家畜ふん堆肥成分組成²⁾を表 2 に示した。

表 1 畜種別の家畜ふん尿の水分 単位：%

畜種	ふん尿水分	備考
乳用牛	89.2	乳量 8,700kg/年・日
肉用牛	81.0	
豚	75.0	肥育豚・畜舎内ふん尿分離
採卵鶏	60.0	ウインドレス鶏舎（予乾装置付）
ブロイラー	35.0	

表 2 畜種別の家畜ふん堆肥成分 単位：%DM

	全窒素	リン酸 (P ₂ O ₅)	カリ (K ₂ O)
乳用牛	2.2	1.8	2.8
肉用牛	2.2	2.5	2.7
豚	3.5	5.6	2.7
採卵鶏	2.9	6.2	3.6
ブロイラー	3.8	4.2	3.6

畜種別の家畜ふん堆肥の肥効率³⁾を表 3 に示した。畜種別堆肥の全窒素含有率に基づき肥効率を設定し、家畜ふん堆肥成分量に肥効率を乗じて、有効成分量（化学肥料成分量相当）を算出した。

表 3 畜種別の家畜ふん堆肥の肥効率 単位：%

	窒素	リン酸	カリ
乳用牛	30	80	90
肉用牛	30	80	90
豚	30	80	90
採卵鶏	50	80	90
ブロイラー	50	80	90

2) ペレット製造工程に係る設計諸元

本稿では「特殊肥料等入り指定混合肥料」のペレット製造工程は、家畜ふん堆肥と化学肥料を混合してペレット圧縮成型する混合方式と、家畜ふん堆肥のみをペレット圧縮成型して BB (Bulk Blending) 肥料と配合する配合方式の 2 パターンを設定した。



写真 1 混合方式製品イメージ



写真 2 配合方式製品イメージ

「特殊肥料等入り指定混合肥料」の原料として用いる化学肥料（BB 肥料）および慣行で暖地型牧草栽培に利用されている牧草用化学肥料の成分組成を表 4 に示した。窒素肥料において、水木らは、家畜ふん堆肥と尿素的の混合で尿素的の混合割合が 30%を超えると、吸湿による造粒後の膨化・固化が著しく、ペレットの形状を維持できなかったと報告している⁴⁾。また、小山らは尿素的添加により堆肥の pH が上昇することで、アンモニア揮散が促進され、添加窒素の 22%が損失したと報告⁵⁾していることから、窒素肥料は硫酸を選択した。また、リン酸肥料において、リン酸アンモニアは吸湿性が高いことから造粒後の膨化・固化が想定され、BM ようりんはアルカリ性で、pH 上昇に伴うアンモニア揮散を誘発することが想定されるため、過リン酸石灰を選択した。カリ肥料においては、塩化カリを選択した。

表 4 化学肥料（BB肥料）の肥料成分			単位：%DM
	窒素	リン酸	カリ
硫酸	21	－	－
過リン酸石灰	－	17	－
塩化カリ	－	－	60
牧草用化学肥料	20	8	12

ペレット製造工程に係る設計諸元を表 5 に示した。本稿では、ペレット製造工程において、造粒機に木質チップや堆肥の固まりなどが混入するのを防ぐため、乾燥堆肥をトロンメル式ふるい機で篩がけする設定にした。本多らは、ブレンナー屑（鋸くず）と発泡スチロール片を副資材にした堆肥をトロンメル方式ふるい機で篩がけした分離製品堆肥回収率は、牛ふん堆肥で約 50%、鶏ふん堆肥で約 65%であったと報告している⁶⁾。いっぽう、本多らは堆肥の水分が低くなり粘性が少なくなることで、篩別分離性能は高まるとも報告している⁶⁾。本多らの試験で篩がけした牛ふん堆肥の水分は 66.5%、鶏ふん堆肥の水分は 35.5%と、いずれも本稿で設定した乾燥堆肥の水分 20%に比べ高いため、篩がけ原料回収率は本多らの試験の分離製品堆肥回収率より高くなることが推察される。そこで、本稿ではすべての畜種で、篩がけ原料回収率を 70%で設定した。

大森らは、牛ふん堆肥と硫酸の混合において、アンモニア揮散による窒素の損失は 4%であった報告している⁷⁾。高橋らは、窒素肥料無添加のペレットでの窒素損失率は 1%であったが、牛ふん堆肥と窒素肥料の混合において、硫酸添加の窒素損失率は 10～19%であったと報告している⁸⁾。そこで本稿では混合方式において、家畜ふん堆肥と化学肥料の混合における窒素損失率は、これまでの知見が 4～19%であることからその中間の 12%で設定し、配合方式においては 1%で設定した。また、大森らは、牛ふん堆肥と硫酸の混合において、リン酸およびカリの損失率はいずれも 1%以下で、堆肥の圧縮成型に伴う損失はなかったと報告⁷⁾していることから、本稿ではリン酸損失率、カリ損失率はいずれも 1%で設定した。

水木らは、「混合堆肥複合肥料」において、製造歩留まりは、家畜ふん堆肥と窒素肥料の組み合わせや窒素肥料の混合割合により傾向が異なり、牛ふん堆肥は硫酸の混合割合が 10～30%での製造歩留まりは 70～80%程度、鶏ふん堆肥は硫酸の混合割合が 10～50%での製造歩留まりは 70～85%程度であったと報告している⁴⁾。いっぽう、牛ふん堆肥のみの製造歩留まりは 95%程度、鶏ふん堆肥のみの歩留まりは 80%程度であったとも報告している⁴⁾。さらに、保存試験に供したすべての試験区でペレット圧縮成型後の保存における残存率は 95%以上であったと報告している⁴⁾。そこで本稿では、混合方式における製造歩留まりを 70%で設定し、配合方式における製造歩留まりを 80%で設定した。また、ペレット圧縮成型後の保存時における残存率を 95%で設定した。

表 5 ペレット製造工程に係る設計諸元

	混合方式	配合方式
回転ふるい機原料回収率	70%	70%
窒素損失率	12%	1%
リン酸損失率	1%	1%
カリ損失率	1%	1%
造粒機処理能力※	80%	80%
ペレット製造歩留まり	70%	80%
圧縮成型後ペレット残存率	95%	95%

注) カタログ最大処理能力比

2. 「特殊肥料等入り指定混合肥料」の製品製造工程

本稿でシミュレートした「特殊肥料等入り指定混合肥料」の製品製造工程を図 1 に示した。堆肥製造工程は、「沖縄県畜産経営技術指標（以下、県指標）⁹⁾」の酪農経営の堆肥化処理方式に準じて、開放直線型の発酵槽で堆肥化処理する設定とした。発酵槽の堆積厚は 0.5m、ブローアによる通気は無し、堆積物表面からの水蒸発量を $1.5\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{日}$ とした。また、水分調整材となる副資材は、戻し堆肥を使用し、堆積物表面からの水蒸発量が低下する冬期 3 ヶ月は戻し堆肥の全量を夏期に貯蔵していた乾燥堆肥でまかなうことにした。ペレット製造工程は、堆肥製造工程で調製された乾燥堆肥を天日乾燥ハウスで水分 20%まで予備乾燥させる設定とし、天日乾燥ハウスの堆積厚は 0.3m、堆積物表面からの水蒸発量を $3.0\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{日}$ とした。混合方式は、水分 20%の乾燥堆肥をトロンメル式ふるい機（網目間隔 4mm）で篩がけた後に、ドラムミキサーで化学肥料と成分調整混合し、ローラー・ディスクダイ方式の造粒機でペレット圧縮成型（直径 5mm、長さ 6mm）する製造工程とした。配合方式は、水分 20%の乾燥堆肥をトロンメル式ふるい機（網目間隔 4mm）で篩がけた後に、ローラー・ディスクダイ方式の造粒機でペレット圧縮成型（直径 5mm、長さ 6mm）し、天日乾燥ハウスでペレット水分を 10%まで予備乾燥させた後にドラムミキサーで BB 肥料と成分調整配合する製造工程とした。なお、ペレット水分を 10%まで予備乾燥させる天日乾燥ハウスの堆積厚は 0.3m、堆積物表面からの水蒸発量を $1.5\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{日}$ とした。

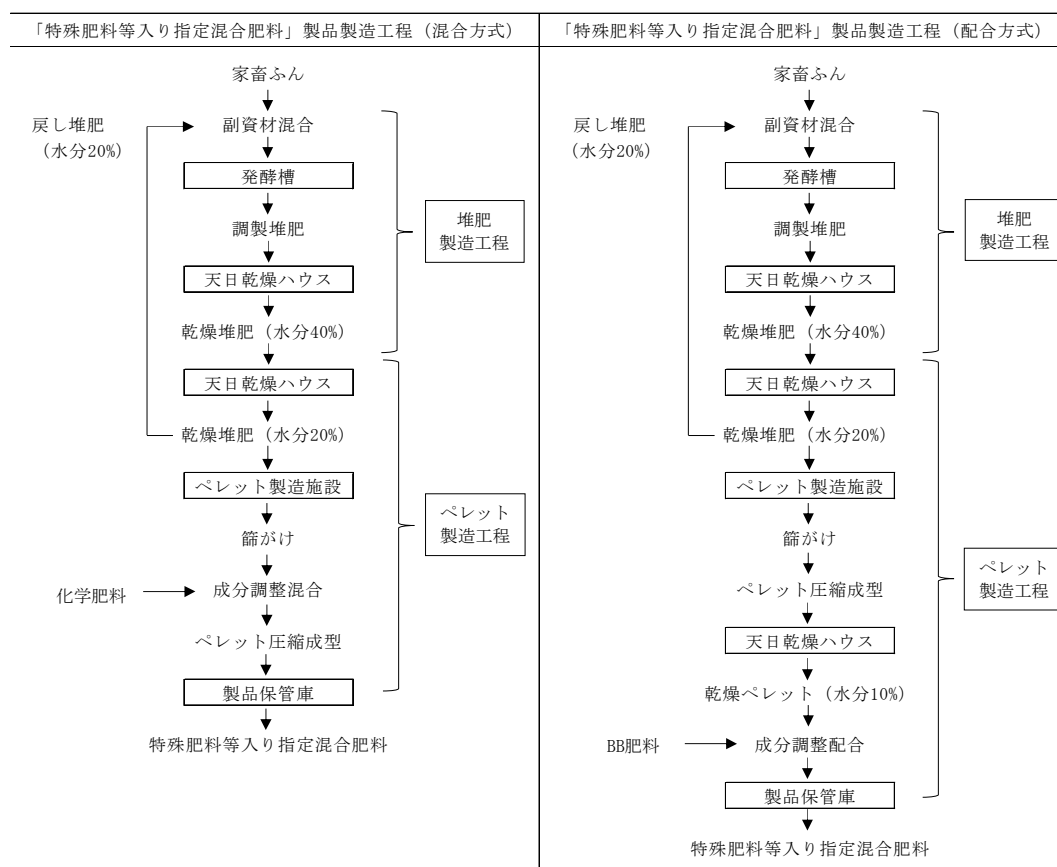


図 1 特殊肥料等入り指定混合肥料の製品製造工程

3. 「特殊肥料等入り指定混合肥料」の製品製造原価試算方法

製品製造原価は、製品製造に要した原価の合計であり、材料費、労務費、経費で構成される。本稿では、牧草用化学肥料 20kg 入り 1 袋あたり肥料成分量（窒素 4.0kg、リン酸 1.6kg、カリ 2.4 kg）と同じ有効成分量を供給するのに必要な「特殊肥料等入り指定混合肥料」を製品 1 袋と設定した。「特殊肥料等入り指定混合肥料」の畜種別製品製造原価のうち、材料費の肥料費（硫安、過リン酸石灰、塩化カリ）は、2023 年 12 月時点の沖縄本島での 20kg 入り 1 袋あたり販売単価に、混合・配合必要量を乗じて試算した。労務費の賃金手当、経費の修繕費（施設、機械）、動力光熱費（燃料代）、減価償却費（施設、機械）、租税公課（固定資産税）は、県指標に基づき試算した。また、経費のうち動力光熱費（電気代）

は2023年12月時点の沖縄電力の電気料金（高圧電力）で試算し、トロンメル式ふるい機での篩がけ、成分調整混合、ペレット圧縮成型に係る減価償却費（機械）は、造粒機メーカーに整備費用を調査して試算した。なお、「特殊肥料等入り指定混合肥料」の畜種別製品製造原価の試算にあたり、操業度差異が生じないようにするため、すべての畜種でペレット圧縮成型に係る作業時間が8.0時間（うち造粒機稼働時間6.4時間、うち段取時間1.6時間）になるよう堆肥化処理必要量を算出した。また、期首、期末における材料および仕掛品の棚卸高は無いものとした。

IV 結果および考察

1. 「特殊肥料等入り指定混合肥料」の畜種別製品製造原価

「特殊肥料等入り指定混合肥料」の混合方式における畜種別製品製造原価を表6-1に、配合方式における畜種別製品製造原価を表6-2に示した。牧草用化学肥料20kg入り1袋あたり肥料成分量（窒素4.0kg、リン酸1.6kg、カリ2.4kg）と同じ有効成分量を暖地型牧草に供給するのに必要な「特殊肥料等入り指定混合肥料」の畜種別製品製造原価は、配合方式が混合方式に比べ21～30%低減されると試算された。畜種別の製品製造原価は、いずれもブロイラーがもっとも低く、次いで採卵鶏、豚、肉用牛、乳用牛の順であった。「特殊肥料等入り指定混合肥料」の利用による暖地型牧草栽培の化学肥料代替は、製品製造原価が低い配合方式に経済的メリットがあることが示唆された。また、畜種別では、ブロイラーや採卵鶏に経済的メリットがあることが示唆された。いっぽう、「特殊肥料等入り指定混合肥料」の畜種別製品製造原価は、牧草用化学肥料の販売価格に比べ混合方式が141～361%、配合方式が99%～284%になると試算された。製品製造原価に販売費および一般管理費、販売利益を加算したのが販売価格であり、本稿で試算された「特殊肥料等入り指定混合肥料」の製品製造原価と、牧草用化学肥料の販売価格の差を鑑みると、「特殊肥料等入り指定混合肥料」の利用による暖地型牧草栽培の化学肥料代替には、製品製造原価の低減が不可欠であることが推察される。

表6-1 「特殊肥料等入り指定混合肥料（混合方式）」の畜種別製品製造原価 単位：円/袋

		乳用牛	肉用牛	豚	採卵鶏	ブロイラー
材料費	肥料費	3,227	3,107	2,840	2,901	3,067
労務費	賃金手当	213	197	143	128	139
経費	修繕費	306	125	71	43	36
	動力光熱費	709	533	369	303	312
	減価償却費	5,110	1,976	1,133	635	490
	租税公課	924	328	190	92	55
		10,489	6,266	4,746	4,102	4,099
牧草用化学肥料販売価格比		361%	216%	163%	141%	141%

注1) 「特殊肥料等入り指定混合肥料」の有効成分量（窒素4.0kg、リン酸1.6kg、カリ2.4kg）

2) 牧草用化学肥料の2023年12月時点の販売価格（2,906円/袋・20kg）

表6-2 「特殊肥料等入り指定混合肥料（配合方式）」の畜種別製品製造原価 単位：円/袋

		乳用牛	肉用牛	豚	採卵鶏	ブロイラー
材料費	肥料費	2,359	2,245	2,071	2,120	2,222
労務費	賃金手当	130	120	75	62	71
経費	修繕費	242	97	51	28	24
	動力光熱費	495	355	214	157	166
	減価償却費	4,224	1,594	876	458	350
	租税公課	812	284	163	78	50
		8,262	4,695	3,450	2,903	2,883
牧草用化学肥料販売価格比		284%	162%	119%	100%	99%

注1) 「特殊肥料等入り指定混合肥料」の有効成分量（窒素4.0kg、リン酸1.6kg、カリ2.4kg）

2) 牧草用化学肥料の2023年12月時点の販売価格（2,906円/袋・20kg）

2. 「特殊肥料等入り指定混合肥料」の畜種別製品製造量

「特殊肥料等入り指定混合肥料」の混合方式における畜種別製品製造量を表 7-1 に、配合方式における畜種別製品製造量を表 7-2 に示した。牧草用化学肥料 20kg 入り 1 袋あたり肥料成分量（窒素 4.0kg, リン酸 1.6kg, カリ 2.4kg）と同じ有効成分量を暖地型牧草に供給するのに必要な「特殊肥料等入り指定混合肥料」の畜種別製品現物重量は、配合方式が混合方式に比べ 10～12%小さくなると試算された。また、配合方式は混合方式に比べ 1 日あたり製造製品数が 164～207%多くなることから、配合方式は混合方式に比べ経済的メリットがあることが示唆された。畜種別では採卵鶏やブロイラーに経済的メリットがあることが示唆された。いっぽう、「特殊肥料等入り指定混合肥料」の畜種別製品現物重量は、牧草用化学肥料の現物重量に比べ混合方式が 281～465%, 配合方式が 250～412%と、いずれも大きくなると試算された。そのため、暖地型牧草採草地の面積あたり施肥重量は増加し、草地管理に係る労務費や、草地管理機械の動力光熱費、修繕費など暖地型牧草栽培に係る生産費が増加することが推察される。今後は、「特殊肥料等入り指定混合肥料」の畜種別製品容積重 (kg/m³) を調査し、施肥作業効率や暖地型牧草栽培に係る生産費を検証する必要がある。

表 7-1 「特殊肥料等入り指定混合肥料（混合方式）」の畜種別製品製造量

畜種	製品 製造量 (kg/日)	1袋あたり 製品重量 (kg/袋)	1日あたり 製造製品数 (袋/日)	牧草用化学肥料 現物重量比 (製品重量/化学肥料重量)
乳用牛	3,405	93	37	465%
肉用牛	3,405	86	40	431%
豚	3,405	63	54	313%
採卵鶏	3,405	56	61	281%
ブロイラー	3,405	61	56	304%

注1) 「特殊肥料等入り指定混合肥料」1袋あたり有効成分量（窒素4.0kg, リン酸1.6kg, カリ2.4kg）

2) 牧草用化学肥料の現物重量20kg/袋、肥料成分量（窒素4.0kg, リン酸1.6kg, カリ2.4kg）

表 7-2 「特殊肥料等入り指定混合肥料（配合方式）」の畜種別製品製造量

畜種	製品 製造量 (kg/日)	1袋あたり 製品重量 (kg/袋)	1日あたり 製造製品数 (袋/日)	牧草用化学肥料 現物重量比 (製品重量/化学肥料重量)
乳用牛	4,930	82	60	412%
肉用牛	4,993	77	65	385%
豚	5,759	55	104	277%
採卵鶏	6,283	50	126	250%
ブロイラー	5,974	55	109	274%

注1) 「特殊肥料等入り指定混合肥料」1袋あたり有効成分量（窒素4.0kg, リン酸1.6kg, カリ2.4kg）

2) 牧草用化学肥料の現物重量20kg/袋、肥料成分量（窒素4.0kg, リン酸1.6kg, カリ2.4kg）

3. 「特殊肥料等入り指定混合肥料」の畜種別製品製造原価の増加要因分析

「特殊肥料等入り指定混合肥料」の畜種別製品製造原価の混合方式における増加要因を表 8-1 に、配合方式における増加要因を表 8-2 に示した。混合方式においては、ペレット圧縮成型に係る製造歩減りがもっとも製品製造原価を増加させる要因であった。混合方式では、家畜ふん堆肥と化学肥料を混合してペレット圧縮成型するため、製造歩減りによる化学肥料のロスが製品製造原価を増加させた。配合方式においては、トロンメル式ふるい機での篩がけ原料損失がもっとも製品製造原価を増加させる要因であった。篩がけ原料損失は一定量発生すると推察されるが、トロンメル式ふるい機に投入する堆肥の水分により篩別分離性能が増減することが報告⁶⁾ されていることから、天日乾燥ハウスでの予備乾燥が重要になる。いっぽう、配合方式では、家畜ふん堆肥のみをペレット圧縮成型した後に、BB 肥料と成分調整配合するため、化学肥料のロスは小さかった。また、配合方式では、家畜ふん堆肥のみでペレット圧縮成型するため、肥料成分の損失も小さくなることから、ペレット製造工程は配合方式に経済的メリットがあることが推察される。

表 8－1 畜種別製品製造原価（混合方式）の増加要因分析

単位：円/袋

	乳用牛	肉用牛	豚	採卵鶏	ブロイラー
篩がけ原料損失	1,760	780	479	305	260
肥料成分損失	379	282	242	224	226
製造歩減り	2,566	1,577	1,222	1,079	1,080
保存時損失	426	262	203	179	180
	5,131	2,901	2,146	1,787	1,746

表 8－2 畜種別製品製造原価（配合方式）の増加要因分析

単位：円/袋

	乳用牛	肉用牛	豚	採卵鶏	ブロイラー
篩がけ原料損失	1,453	602	342	192	165
肥料成分損失	29	40	28	29	30
製造歩減り	975	408	232	131	115
保存時損失	252	103	58	35	28
	2,709	1,153	660	387	338

以上のことから、「特殊肥料等入り指定混合肥料」の利用による暖地型牧草の化学肥料代替は、製品製造原価が低く、製品現物重量が小さいと試算された配合方式に経済的メリットがあることが示唆された。また、畜種別では、ブロイラーや採卵鶏に経済的メリットがあることが示唆された。今後は、「特殊肥料等入り指定混合肥料」の製品製造原価を増加させる要因である、篩いがけ原料損失やペレット圧縮成型に係る製造歩減りなど、仕損・減損について検証する必要がある。また、製品製造原価に占める肥料費の割合が大きいことから、発電所などから排出される木質バイオマス燃焼灰など未利用資源を肥料原料に利用することで、製品製造原価の低減が可能か検討することも必要である。さらに、本稿では「特殊肥料等入り指定混合肥料」について肥料効果のみで経済的評価を行ったが、「特殊肥料等入り指定混合肥料」には肥料効果に加え、土づくり効果が期待されることから、暖地型牧草栽培における追肥利用の土づくり効果を検証し、土づくり効果を含めた経済的評価を行う必要がある。

V 引 用 文 献

- 1) 財団法人畜産環境整備機構(2004)家畜ふん尿処理施設の設計・審査技術, 10-11, 財団法人畜産環境整備機構
- 2) 一般財団法人畜産環境整備機構(2022)堆肥化施設設計・維持管理マニュアル, 229, 一般財団法人畜産環境整備機構
- 3) 金子文宜(2007)平成 19 年度たい肥施用コーディネーター養成研修講義テキスト(2), 51, 財団法人農業技術協会
- 4) 水木剛・白石誠・大家理哉・鷺尾建紀(2015)新規格肥料「混合堆肥複合肥料」の製造技術の検討, 岡山県農林総合センター畜産研究所研究報告, 5, 1-8
- 5) 小山太・福田憲和(2004)牛糞堆肥のエクストルーダによる成型化, 福岡県農業総合試験場研究報告, 23, 88-92
- 6) 本多勝男・小菅栄二・池田勝俊・石川嘉彦(1990)資材回収・再利用方式による家畜ふんの堆肥化試験, 神奈川県畜産試験場研究報告, 80, 1-31
- 7) 大森誉紀・横田仁子(2016)牛糞堆肥に硫酸アンモニウムを混合しペレット化した硫酸混合堆肥の開発, 愛媛県農林水産研究報告, 8, 43-49
- 8) 高橋朋子・鈴木睦美・山田正幸・松本尚子(2007)家畜ふんペレット堆肥の肥効特性, 群馬県畜産試験場研究報告, 14, 82-90
- 9) 沖縄県農林水産部(2023)沖縄県畜産経営技術指標(第7版), 171-180, 沖縄県農林水産部

職 員 一 覧
(2024 年 3 月現在)

所 長		鈴木 直人
企画管理班	班 長	恩田 寛
	研究主幹	知念 司
	主 任	山城 勇太
	主 事	平良 優光
	農林水産技能員	宜保 永堅
	農林水産技能員	仲宗根安利
	農林水産技能員	久田 友美
	農林水産技能員	宮城 広明
	農林水産技能員	玉本 博之
	農林水産技能員	仲程 正巳
	農林水産技能員	平良 樹史
	農林水産技能員	山城 一也
	農林水産技能員（再）	伊藝 博志
	農林水産技能員（再）	照屋 剛
	農林水産技能員（再）	仲宗根正弘
	農林水産技能員（再）	又吉 博樹
育種改良班	班 長	比嘉 直志
	主任研究員	小山裕美子
	主任研究員	細井 伸浩
	主任研究員	棚原 武毅
	研究員	光部 柳子
	研究員	堺 龍樹
	研究員	玉城 侑樹
	主 事	上里ゆかり
飼養・環境班	班 長	高木和香子
	研究員	普照 恭多
	研究員	安村 陸
	研究員	村上 賢太
	主 事	審 晶

2023 年度（令和 5 年度）編集委員会

編集委員長	恩田	寛
事務局長	知念	司
編集委員	小山	裕美子
編集委員	堺	龍樹
編集委員	玉城	侑樹
編集委員	村上	賢太
編集委員	審	晶

沖縄県畜産研究センター試験研究報告第 61 号

令和 6 年 3 月 31 日発行

編 集 沖縄県畜産研究センター試験研究報告編集委員会
発 行 沖縄県畜産研究センター
〒905-0426 沖縄県国頭郡今帰仁村字諸志 2009-5
TEL 0980-56-5142
FAX 0980-56-4803
E-mail xx049410@pref.okinawa.lg.jp（代表）
