

# 効率的臭気対策技術の確立

## (1)セルフクリーニング式オガコ養豚における戻し堆肥の混合利用の検討

鈴木直人 稲嶺修 与古田稔

### I 要 約

畜舎内の悪臭発生抑制に効果のあるセルフクリーニング式オガコ養豚において、敷料代の低コスト化を図るため、戻し堆肥とオガコ(1:1)の混合利用について室内試験および実証豚舎で検討したところ以下のとおりであった。

1. 室内試験において、戻し堆肥は豚ふんからのイオウ化合物4物質と低級脂肪酸4物質それぞれの発生をオガコと遜色なく抑制した。また、戻し堆肥とオガコ混合物も同様に抑制した。
2. 実証豚舎内の臭気強度は、2.0~2.3の範囲内で推移し、年間平均2.1であった。
3. 1日1頭当たりオガコと戻し堆肥混合敷料の利用量は、年間平均7.0 lとなった。
4. 戻し堆肥の性状は、カリウム濃度がやや上昇傾向にあったが、他の肥料成分濃度、pH、EC、灰分等に大きな変化はみられなかった。

以上のことより、セルフクリーニング式オガコ養豚において、戻し堆肥とオガコの混合利用は、オガコのみの場合と遜色なく畜舎内の悪臭発生を抑制すると考えられた。

### II 緒 言

県内の畜産環境問題発生件数は、悪臭が約8割を占め、畜種別では養豚への苦情が約6割を占める<sup>1)</sup>状況にある。また、市街化が農村地域に及びつつあることや周辺住民の環境保全意識の向上に伴い、畜産を起因とする悪臭問題は今後ますます増加することが懸念されている。しかし、悪臭対策は非採算部門であり、畜産経営を圧迫することが懸念されることから、低コストで効果的な悪臭対策技術の確立が求められている。そこで本試験では、悪臭対策用資材として、家畜排せつ物処理施設から産出される堆肥、浄化处理水および余剰汚泥等の処理物を利用することで低コスト化を図り、さらにその中に含まれる成分や微生物の作用による効率的な悪臭対策技術の確立を目的とする。

養豚経営における悪臭対策について、伊禮ら<sup>2)</sup>は豚の習性を利用し、ボロを常時豚房外へ排出させるセルフクリーニング式オガコ養豚は、汚水の発生がなく、悪臭発生防止に効果的であると報告している。また、筆者ら<sup>3)</sup>は敷料としての特性について、戻し堆肥はふん尿からのアンモニア発生防止効果に優れるが、吸水性、保水性に乏しく他の敷料との混合利用が良いとしている。そこで、オガコ養豚における戻し堆肥の混合利用について、アンモニア以外の悪臭物質抑制効果を室内試験で検討し、さらに実証豚舎における検討を行ったので報告する。

### III 材料および方法

試験は、戻し堆肥の悪臭物質抑制効果の室内における検討(試験1)および実証豚舎における検討(試験2)を行った。

#### 1. 試験1

##### 1) 供試ふんおよび供試材料

供試ふんは肥育豚(三元交雑種LWD)のふんを供した。供試材料は、針葉樹主体のオガコ(粒径1~5 mm)、豚ふん堆肥(副資材オガコ、粒径5mm以下)を供した。供試ふんおよび供試材料の水分およびpHを表1に示した。

表1 供試ふんおよび供試材料の水分およびpH

材料名	水分 (%)	pH
豚ふん	70.0	6.57
オガコ	29.4	3.97
戻し堆肥	38.4	9.57

## 2) 試験方法

試験は、坂井ら<sup>1)</sup>の方法に準拠し、豚ふん400gと供試材料0.5lを混合後、アクリル製容器（底面積360cm<sup>2</sup>、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（16.5l）内に設置後、空気が漏れないようにふたをし、25℃の恒温室内で連続通気した。通気量は550ml/minとした（図1）。

試料採取は通気開始6時間後に排気チューブ分岐から20l容テドラーバックに回収して分析測定した。

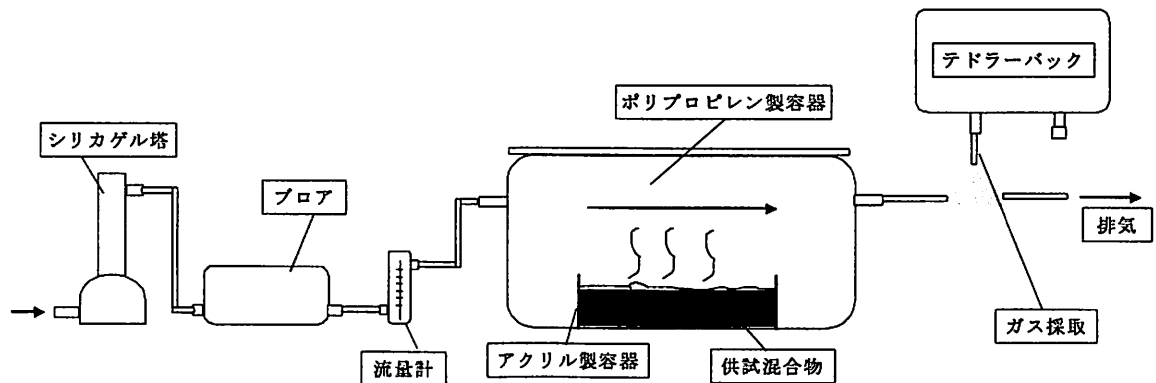


図1 試験装置の概略図

## 3) 試験区分

試験区分を表2に示した。試験区分は豚ふんのみを対照区とし、豚ふんとオガコを混合したオガコ区、豚ふんと戻し堆肥を混合した戻し堆肥区、オガコと戻し堆肥を容積で1:1の割合で混合した材料（混合材料）を豚ふんと混合した混合区とした。供試材料の容積は、メスシリンダーに材料を入れ、床に軽く数回落として詰めた容積とした。

表2 試験区分

区分	材料 (l)			豚ふん (g)	ふん材料混合物pH
	オガコ	戻し堆肥	混合材料		
対照区	—	—	—	400	6.57
オガコ区	0.5(121.9)	—	—	400	6.89
戻し堆肥区	—	0.5(153.7)	—	400	7.70
混合区	—	—	0.5(189.9)	400	7.36

注) ( ) は、現物重量(g)。

## 4) 調査項目

調査項目はイオウ化合物4物質（硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチル）および低級脂肪酸4物質（プロピオン酸、ノルマル酪酸、ノルマル吉草酸、イソ吉草酸）とした。分析はイオウ化合物はFPD付ガスクロマトグラフィー（島津社製GC-14B）、低級脂肪酸はFID付ガスクロマトグラフィー（島津社製GC-14B）により行った。

## 2. 試験2

## 1) 試験期間および場所

実証試験は、2005年4月から2007年1月まで、沖縄県畜産研究センター内のセルフクリーニング式オガコ豚舎（幅2.6m×奥行2.8m×10豚房 図2）で行った。

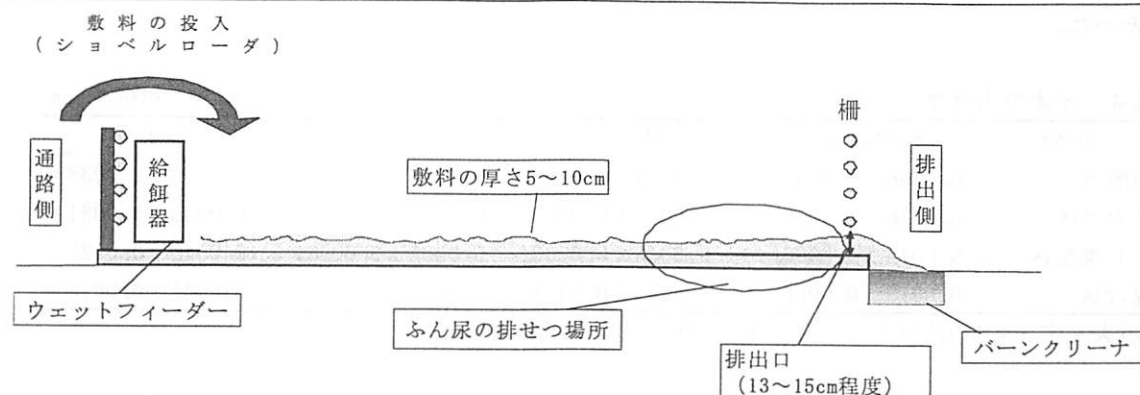


図2 セルフクリーニング式オガコ豚舎の断面図

## 2) 飼養管理および床の管理

収容豚は通常の衛生プログラム<sup>6)</sup>対策後の体重50kg程度の肥育豚で、1豚房に5~11頭収容し体重105 kg程度に達した段階で出荷した。飼養管理は、ウェットフィーダーによる不断給餌、自由飲水とした。敷料は戻し堆肥およびオガコ（針葉樹主体）を1:1の割合で混合し、床の管理は、床面が汚れてきたか、敷料が薄くなった際に適宜フロントローダ（バケット容量0.2m<sup>3</sup>）1杯分を補充した。また、豚房外に排出されたふん尿敷料混合物は、パーンクリーナにより毎日豚舎外に移送した。

## 3) 調査項目および戻し堆肥の調整

調査項目は、豚舎内最高気温、最低気温、飼養密度、敷料利用量、臭気強度、戻し堆肥成分（水分、灰分、EC、pH、肥料成分濃度）とした。最高気温、最低気温は、最高最低気温計により、飼養頭数は毎日豚房内頭数を記録し、月ごとの平均とした。敷料利用量は、1回の補充量をバケット容量の0.2m<sup>3</sup>として算出した。臭気強度は、表3に示す6段階臭気強度表示法による臭気強度<sup>6)</sup>をもとに、測定員（1名）が豚舎内に入った直後に感じた臭気強度を毎日記録した。戻し堆肥の調整は、豚舎外に排出されたふん尿敷料混合物を堆肥舎（堆積高1.5m、無通気）においてフロントローダで週2~3回程度攪拌しながら2ヶ月ほど堆肥化处理し、堆肥温度が外気温と大きく変わらず不快臭が感じられなくなったものを戻し堆肥として活用した。また、試料は、経時的に採取した。戻し堆肥成分の各項目は常法<sup>7)</sup>により測定した。

表3 6段階臭気強度表示法による臭気強度

臭気強度	内 容
0	無臭
1	やっと感知できる弱い臭い（検知閾値）
2	何の臭いかがわかる弱いにおい（認知閾値）
3	楽に感知できる臭い
4	強い臭い
5	強烈な臭い

## IV 結 果

### 1. 試験1

#### 1) イオウ化合物および低級脂肪酸

イオウ化合物濃度を表4、低級脂肪酸濃度を表5に示した。イオウ化合物濃度は硫化水素、メチルメルカプタンおよび硫化メチルについて対照区に比べ、オガコ区、戻し堆肥区および混合区それぞれ顕著な低下がみられた。二硫化メチルについても対照区に比べオガコ区、戻し堆肥区、混合区それぞれ有意差は認められなかったが低下傾向にあった。低級脂肪酸は、対照区に比べ、戻し堆肥区および混合区で各成分について有意に低下した。オガコ区は、対照区に比べノルマル酪酸、ノルマル吉草酸で低い値を示した。プロピオン酸およびイソ吉草酸についても対照区に対し、供試材料を混合した区において低下傾

向にあった。

表4 イオウ化合物 単位：ppm

区分	硫化水素	メチルメルプタン	硫化メチル	二硫化メチル
対照区	0.0336±0.0240 <sub>a</sub>	0.0313±0.0121 <sub>a</sub>	0.0127±0.0076 <sub>a</sub>	0.0060±0.0038
オガコ区	0.0036±0.0010 <sub>a</sub>	0.0018±0.0008 <sub>a</sub>	0.0037±0.0021 <sub>a</sub>	0.0043±0.0031
戻し堆肥区	0.0016±0.0006 <sub>a</sub>	0.0015±0.0005 <sub>a</sub>	0.0033±0.0028 <sub>a</sub>	0.0040±0.0022
混合区	0.0018±0.0006 <sub>a</sub>	0.0075±0.0121 <sub>a</sub>	0.0038±0.0032 <sub>a</sub>	0.0041±0.0010

注)大文字(P<0.01)および小文字(P<0.05) 異符号間に有意差。

表5 低級脂肪酸 単位：ppm

区分	プロピオン酸	ノルマル酪酸	イ吉草酸	ノルマル吉草酸
対照区	0.0153±0.0127 <sub>a</sub>	0.0038±0.0014 <sub>a</sub>	0.0106±0.0084 <sub>a</sub>	0.0027±0.0005 <sub>a</sub>
オガコ区	0.0054±0.0052 <sub>ab</sub>	0.0011±0.0005 <sub>b</sub>	0.0041±0.0048 <sub>ab</sub>	0.0010±0.0005 <sub>b</sub>
戻し堆肥区	0.0012±0.0012 <sub>b</sub>	0.0010±0.0005 <sub>b</sub>	0.0008±0.0002 <sub>b</sub>	0.0008±0.0001 <sub>b</sub>
混合区	0.0002±0.0001 <sub>b</sub>	0.0015±0.0008 <sub>b</sub>	0.0008±0.0003 <sub>b</sub>	0.0009±0.0002 <sub>b</sub>

注)大文字(P<0.01)および小文字(P<0.05) 異符号間に有意差。

## 2. 試験2

### 1) 最高気温、最低気温および臭気強度

各月ごとの豚舎内最高気温平均、最低気温平均および臭気強度平均の推移を図3に示した。月ごとの豚舎内最高気温および最低気温は、ほぼ同様に推移し、月平均で最も気温が高かったのは7月の31.4℃で、最も低かったのは12月の14.3℃であった。月ごとの臭気強度平均は2.0~2.3で推移し、年平均2.1であり、大きな変化はみられなかった。

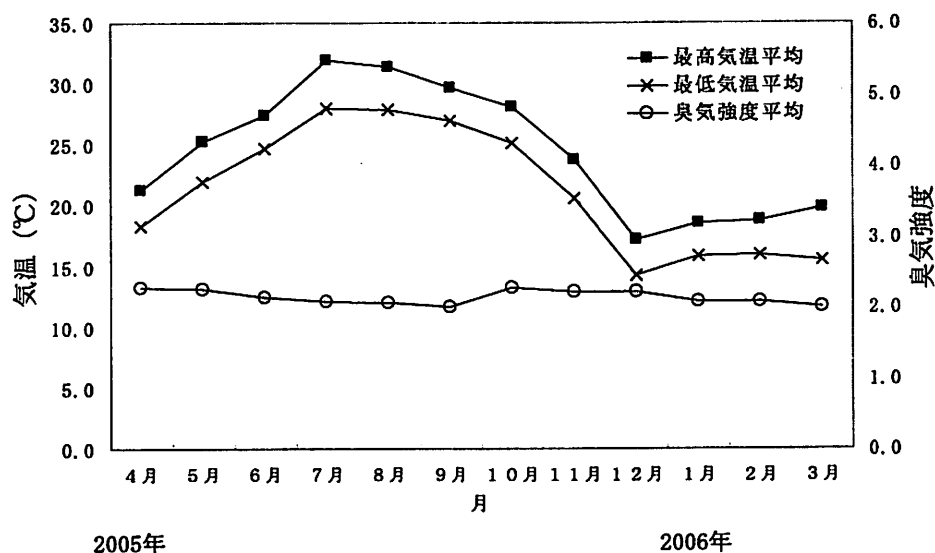


図3 豚舎内気温および臭気強度

### 2) 飼養密度および1日1頭当敷料使用量

飼養密度および1日1頭当敷料使用量を図4に示した。月ごとの平均飼養密度は、0.59~0.94m<sup>3</sup>/頭となり、年間平均飼養密度は0.80m<sup>3</sup>/頭であった。月ごとの1日1頭当敷料使用量は、5.6~9.0ノとなり、年間平均で7.0ノであった。

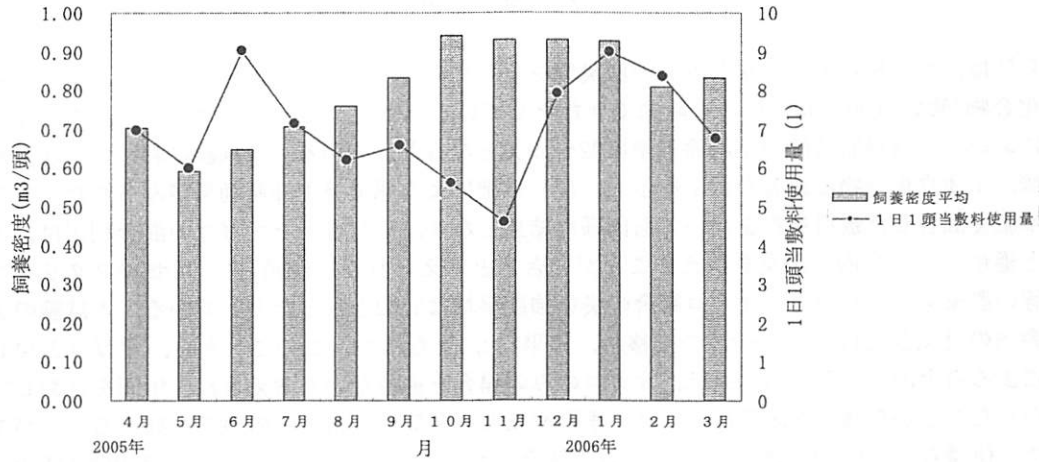


図4 飼養密度および敷料利用量

3) 戻し堆肥成分

pH, 水分, 灰分, ECを図5, 肥料成分を図6に示した。約10ヶ月間の測定期間中pH, 水分, 灰分およびECに大きな変化はみられなかった。肥料成分について, カリウム濃度にやや上昇傾向にあったが, 他肥料成分に試験期間中大きな変動はみられなかった。

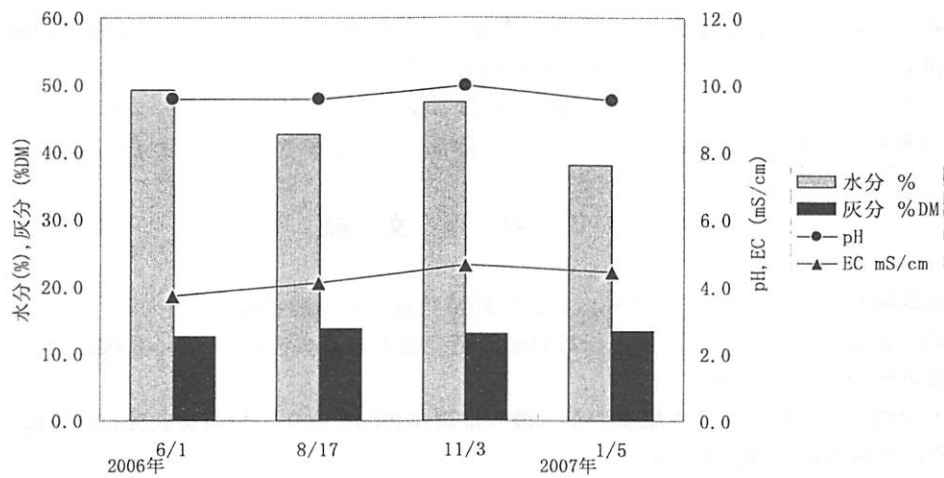


図5 pH, 水分, 灰分およびEC

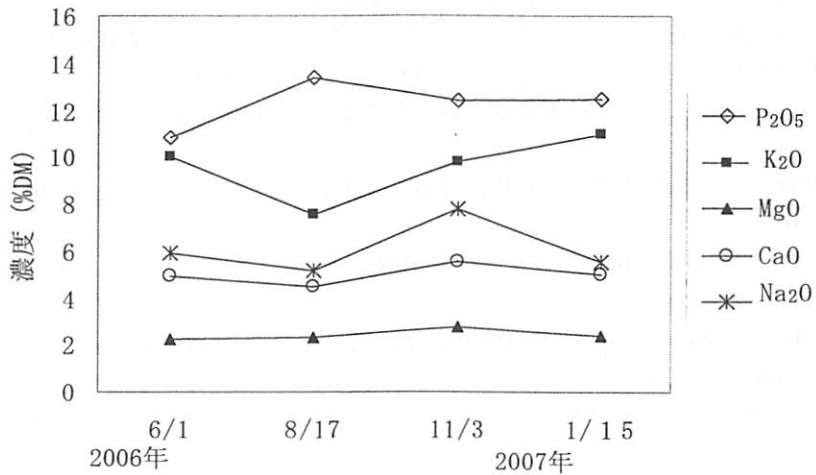


図6 肥料成分

## V 考 察

庄野ら<sup>8)</sup>は、脱臭槽における戻し堆肥の脱臭資材としての活用において、豚ふん完熟堆肥中の通気によりイオウ化合物4物質は90~98%以上を除去できたとしている。また、田中ら<sup>9)</sup>は、牛ふん堆肥化における堆肥脱臭において、低級脂肪酸の平均除去率は22~59%となるとしている。本試験においても戻し堆肥は、低級脂肪酸、イオウ化合物は顕著な低下を示し、戻し堆肥による悪臭発生抑制効果がみられた。また、オガコと戻し堆肥を混合した敷料材料を用いても同様な結果となり、戻し堆肥とオガコの混合利用は、オガコのみとの利用と遜色なく畜舎内の悪臭を抑えることができると考えられた。伊禮ら<sup>10)</sup>はセルフクリーニング式オガコ養豚の農家実証において、オガコ豚舎の臭気強度平均は2.02となったとしている。本試験の実証試験において畜舎内の臭気強度は、2.0~2.3で推移し、年平均2.1となった。このことから、オガコと戻し堆肥の混合利用による畜舎内の悪臭抑制効果は、オガコのみの場合と遜色ないと考えられ、年間をとおして大きな変動がなかったことから適正な床管理により、季節や気温と関係なく畜舎内の悪臭を抑えることができると考えられた。伊禮ら<sup>11)</sup>は、本試験で用いたオガコ豚舎における1日1頭当たりのオガコ利用量は8.9 lで、1日1頭当たりオガコ代金は28円と試算している。本試験の年平均1日1頭当たりのオガコ戻し堆肥混合敷料の利用量は、7.0 lであった。これから、1m<sup>3</sup>当たりのオガコ単価3,100円であること、敷料はオガコと戻し堆肥1:1の混合利用であることから試算すると、1日1頭当たりのオガコ代金は11円となり、オガコ養豚の敷料代金の低コスト化が見込まれた。北條ら<sup>12)</sup>は、牛ふん堆肥を戻し堆肥として繰り返し副資材利用した試験において、各肥料成分濃度がわずかずつ上昇したとしている。本試験においては、カリウム濃度にやや上昇傾向がみられたが、他肥料成分等に戻し堆肥の繰り返し利用による大きな変動や傾向はみられなかった。今回は試験期間が10ヶ月程度と短く、また新たなオガコが半分混入していること等により濃度の上昇が抑えられたものと考えられた。しかしながら、カリウム濃度は上昇傾向にあったことから長期間の繰り返しにより、濃度上昇が確認される可能性がある。今後さらに検討する必要がある。

以上より、セルフクリーニング式オガコ養豚における戻し堆肥とオガコの混合利用は、オガコ養豚と遜色なく畜舎内の悪臭発生を抑制でき、敷料コストも抑えることができると考えられた。

## VI 引 用 文 献

- 1) 沖縄県畜産課編(2005) おきなわの畜産, 17, 沖縄県農林水産部畜産課
- 2) 伊禮判・高江洲義晃・宇地原務・仲宗根實(1995)畜産公害対策試験(1)オガコ養豚における公害発生防止試験, 沖縄畜試研報, 33, 93-98
- 3) 鈴木直人・伊禮判・太田克之・大城まどか・渡久地政康(2002)畜産公害対策試験(15)養豚における戻し堆肥の敷料特性, 沖縄畜試研報, 40, 85-91
- 4) 坂井隆宏・花島大・羽賀清典・鈴木直人(2003)豚ふんと尿の混合が24時間以内の悪臭物質揮散に与える影響, 日豚会誌, 40-2, 39-49
- 5) 沖縄県農林水産部編(2001)沖縄県畜産経営技術指標, 236, 沖縄県農林水産部
- 6) においかおり環境協会編(1996)嗅覚測定法マニュアル, (社)においかおり環境協会
- 7) 日本土壌協会編(1999)堆肥等有機物分析法, 129, 財団法人日本土壌協会
- 8) 庄野俊一・富谷信一・八木広幸(2005)堆肥切り返し時の臭気抑制(堆肥脱臭による悪臭抑制), 鳥取中小研報, 55, 49-54
- 9) 田中章浩・薬師堂謙一・島谷智佳子(2003)堆肥吸着による脱臭システム, 平成14年度九州沖縄農業研究成果情報, 18, 125-126
- 10) 伊禮判・鈴木直人・仲宗根實(2002)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
- 11) 伊禮判・宇地原務・山城倫子・仲宗根實(1996)畜産公害対策試験(3)夏期におけるオガコ養豚の発育成績について, 沖縄畜試研報, 34, 91-100
- 12) 北條亨・神辺佳弘・斎藤忠史・杉本俊昭(2004)戻し堆肥利用環境負荷要因の解明, 栃木畜試研報, 20, 44-52

研究補助：又吉康成, 仲程正巳, 赤嶺圭作

# 豚ふん尿液肥化技術の確立

## (1) 豚舎排水のばっ気処理強度の違いによる肥料成分濃度推移

鈴木直人 稲嶺修 与古田稔

### I 要 約

豚舎排水のばっ気処理による液肥化を目的として、ばっ気処理強度の違いによる肥料成分濃度等の推移について室内試験で比較検討した。試験水槽において10 lの排水をばっ気強度1, 5および9m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>/hrの設定でばっ気処理を行った区とばっ気を行わない無ばっ気区を設定して、12日間3日おきに処理水の肥料成分等濃度を測定したところ以下のとおりであった。

1. pHはばっ気を行った区で3日目以降8以上に上昇傾向を示し、ばっ気強度が強くなるごとに高い値を示した。
2. ばっ気を行った区の揮発アンモニア濃度は日数を経過するごとに上昇傾向を示し、ばっ気強度が強まるごとに高い値を示した。これに伴い全窒素濃度はばっ気が強くなるごとに低下する傾向にあった。
3. リン、カリウム、カルシウム、マグネシウムおよびナトリウム濃度について各区大きな変化はみられなかった。
4. 臭気強度について、無ばっ気区は、4程度でほぼ横並びに推移したのに対し、ばっ気5および9区では3日目に臭気強度3以下、12日目で2以下となり、ばっ気強度1区も約1週間の処理で3程度となった。

以上のことより、豚舎排水のばっ気処理により、窒素は低下する傾向にあるがその他肥料成分はばっ気処理の影響が少ないことが示唆された。また、豚舎排水はばっ気強度が強まるほど早くにおいが低下し、ばっ気強度5程度の処理では、3日間処理で1ランク、12日間で2ランク臭気強度が低下することが考えられた。

### II 緒 言

糞尿・野積といった家畜排泄物の不適切な管理を禁止した「家畜排泄物法」の施行により、多くの養豚農家は排水浄化処理施設を設置して、その処理水を河川や海に放流している。しかし、河川や海への放流の際には「水質汚濁防止法」による基準値が適用される場合があり、このため電気代や凝集剤代等維持コストが高くかかり、養豚農家の経営を圧迫している。また、豚舎排水はこれまでも飼料作物やさとうきび圃場等で、液肥や灌水代わりとして利用されてきているが、しばしば悪臭問題を引き起こしており、耕種農家が利用しにくい状況にある。豚舎排水の肥料資源としての活用を図るためには、悪臭問題を引き起こさず、最低限の処理により肥料成分を残すような液肥化技術の確立が必要である。これまで、主に乳牛スラリーのばっ気処理による臭気低減の研究<sup>1)~4)</sup>は行われているが、豚舎排水の知見が少ない。そこで、豚舎排水の液肥化技術を、養豚農家の状況に対応可能な技術とするため、ばっ気処理強度の違いによる肥料成分濃度等の経時的推移について室内試験により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、2006年8月から2006年12月まで、沖縄県畜産研究センターで行った。

#### 2. 供試排水

沖縄県畜産研究センター内の豚舎に貯留しているふん尿混合排水を0.5mm網目間隔の振動ふるいで固液分離した液分を供した。

#### 3. 試験方法

試験は試験水槽(図1)を用い、25℃の恒温室内で行った。供試排水10 lを試験水槽の亚克力製円筒水槽(直径15cm, 高さ90cm)に投入後、ばっ気量を流量計で調整しながら散気ストーンを通し、12日間連

続通気した。また、発泡を抑えるため、固形消泡剤(アワセンサーH 四国化成工業社製)を上からつり下げた。液体試料は、サンプル採取口から攪拌しながら採取し分析した。気体試料は排気口から直接測定した。試料採取および測定は、それぞれ3日おきに行った。

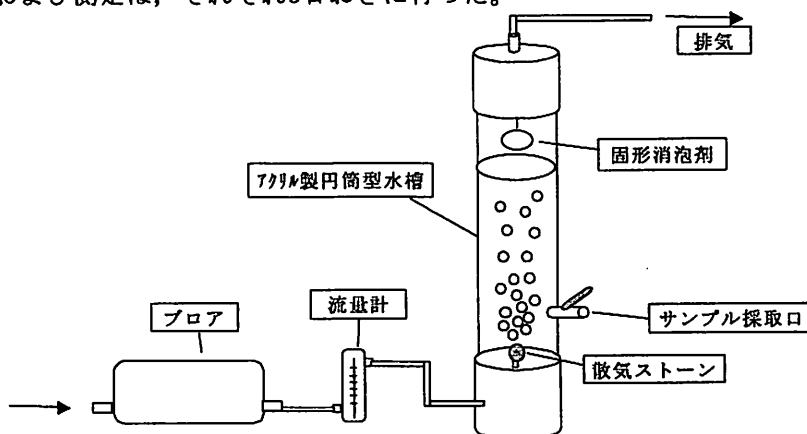


図1 試験水槽の概略図

#### 4. 試験区分

試験区分を表1に示した。試験区分は、ばっ気処理を行なわない無ばっ気区、ばっ気強度をそれぞれ1, 5および9 $\text{m}^3/\text{m}^3/\text{hr}$ で設定したばっ気1区、ばっ気5区、ばっ気9区を設定した。

表1 試験区分

区分	ばっ気強度 ( $\text{m}^3/\text{m}^3/\text{hr}$ )	試験装置でのばっ気量 ( $\text{l}/\text{min}$ )
無ばっ気区	0	0
ばっ気1区	1	0.17
ばっ気5区	5	0.83
ばっ気9区	9	1.50

注1) 「ばっ気強度」は、排水 $1\text{m}^3$ 時間当たりのばっ気量( $\text{m}^3$ )。

2) 「試験装置でのばっ気量」は排水 $10\text{l}$ に対する1分当たりのばっ気量( $\text{l}$ )。

#### 5. 調査項目

調査項目および測定法を表2に示した。調査項目はpH、導電率(EC)、肥料成分、アンモニア態窒素( $\text{NH}_3\text{-N}$ )、酸化態窒素( $\text{NO}_x\text{-N}$ )、揮発アンモニア、臭気強度とした。揮発アンモニアについて、無ばっ気区は測定しなかった。臭気強度は三角フラスコに $100\text{ml}$ の試料を入れ、測定者(2名)がにおいをかぎ、表3に示す6段階臭気強度による臭気強度<sup>6)</sup>をもとに感じた臭気強度を記録した。

表2 調査項目および測定法

調査項目	測定法
pH	pH計(セアソニーター トラートレト社製)
EC	ECメーター(東亜テイク社製)
全窒素(T-N)	紫外線吸光光度法 <sup>5)</sup>
アンモニア態窒素濃度( $\text{NH}_3\text{-N}$ )	アンモニア態窒素メーター
酸化態窒素( $\text{NO}_x\text{-N}$ )	多項目迅速水質分析計(DR2010 HACH社製)
揮発アンモニア	北川式検知管(3L GASTEC社製)
リン( $\text{P}_2\text{O}_5$ )	ペルオキシ二硫酸ナトリウム分解-モリブデン青(アスコルビン酸還元)吸光光度法 <sup>5)</sup>
カリウム( $\text{K}_2\text{O}$ )、ナトリウム( $\text{Na}_2\text{O}$ )、カルシウム( $\text{CaO}$ )、マグネシウム( $\text{MgO}$ )	湿式灰化-原子吸光光度法 <sup>5)</sup>
臭気強度	6段階臭気強度表示法 <sup>6)</sup>



表3 6段階臭気強度表示法による臭気強度

臭気強度	内 容
0	無臭
1	やっと感知できる弱い臭い(検知閾値)
2	何の臭いかわかる弱いにおい(認知閾値)
3	楽に感知できる臭い
4	強い臭い
5	強烈な臭い

#### IV 結果および考察

##### 1. pH, EC

pHの推移を図2, ECの推移を図3に示した。pHは、無ばっ気区がほぼ横並びであったのに対し、ばっ気を行ったばっ気1, 5および9区で有意に高い値を示し、3日目以降8以上で推移した。また、ばっ気強度が強くなるごとにpHが高い値を示す傾向にあった。脇ら<sup>7)</sup>は、ばっ気により排水中の二酸化炭素等無機炭素を追い出すことで、pHが上昇されるとしており、本試験でも同様な原因が考えられる。ECは、無ばっ気区でやや上昇傾向にあり、ばっ気1区はほぼ横並び、ばっ気5区はやや低下傾向、ばっ気9区は9日目まで顕著な低下を示し、それ以降上昇傾向に変わった。

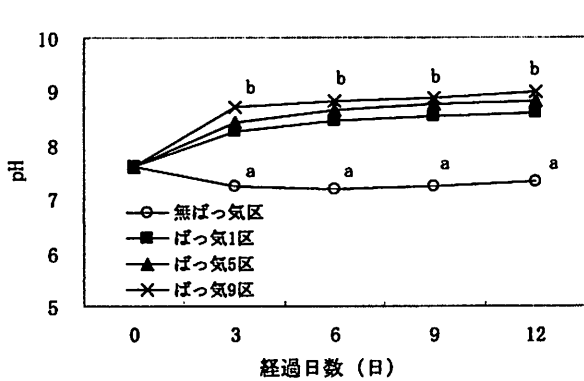


図2 pHの推移

注) 小文字異符号間に有意差 ( $p < 0.05$ )。

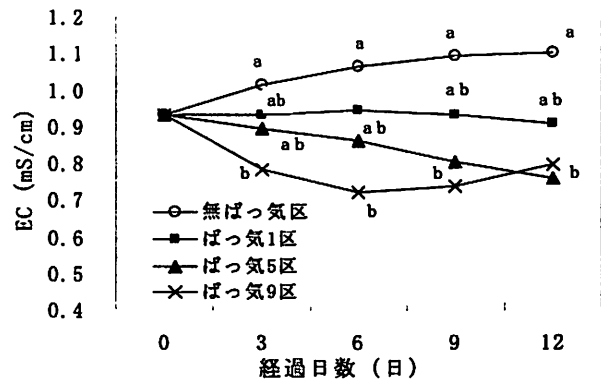


図3 ECの推移

注) 小文字異符号間に有意差 ( $p < 0.05$ )。

##### 2. 窒素成分

揮発アンモニアの推移を図4, 処理水中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度の推移を図5,  $\text{NO}_x\text{-N}$ 濃度の推移を図6およびT-N濃度の推移を図7に示した。窒素成分であり悪臭物質である揮発したアンモニアの濃度は、ばっ気を行った各區は、日数を経過するごとに有意に上昇した。また、ばっ気強度が強まるごとに濃度が上昇する傾向にあった。処理水中の $\text{NH}_3\text{-N}$ について、無ばっ気区は上昇傾向、ばっ気1区はほぼ横並び、ばっ気5区は低下傾向を示し、ばっ気9区は顕著な低下後9日目から上昇傾向に変わった。恵飛須ら<sup>8)</sup>は、ふん尿成分のアンモニア、リン、カリウムおよびナトリウム濃度は、ECの変動と一致したとしている。また、 $\text{NH}_3\text{-N}$ は、ECの推移と同様な傾向を示した。このことより、ばっ気処理中のECは $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度の影響を受けると考えられた。T-Nは有意差は認められなかったが、低下傾向にあり、日数を経過するごと、ばっ気強度が強まるごとに低下する傾向を示した。T-N濃度低下の傾向はアンモニア等の揮発性窒素成分の揮発によると考えられた。 $\text{NO}_x\text{-N}$ は傾向がみられず、 $40\text{mg/l}$ 程度までの低濃度で推移した。

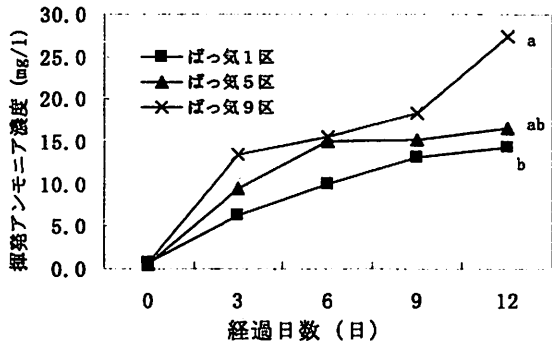


図4 揮発アンモニアの推移  
注) 小文字異符号間に有意差 ( $p < 0.05$ )。

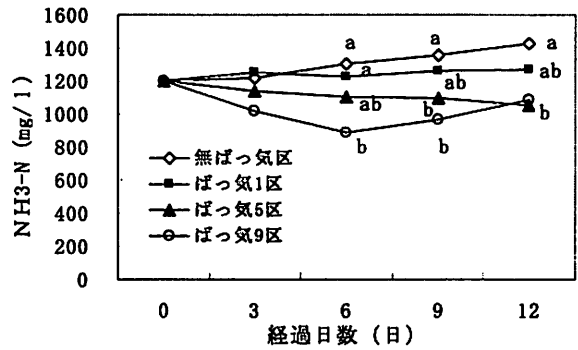


図5 NH<sub>3</sub>-Nの推移  
注) 小文字異符号間に有意差 ( $p < 0.05$ )。

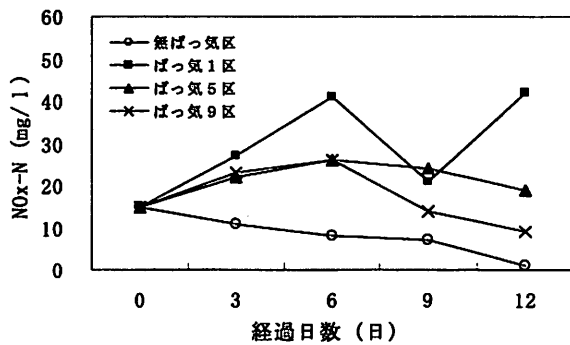


図6 NOx-Nの推移

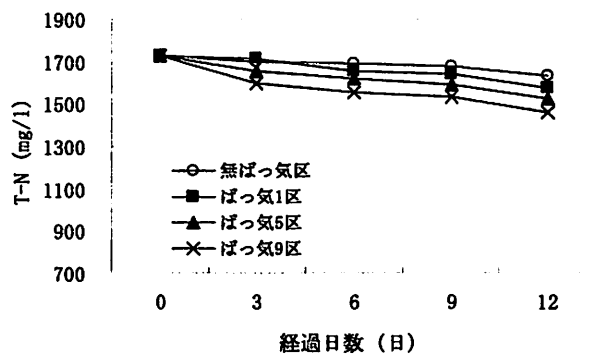


図7 T-Nの推移

### 3. リン成分

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>の推移を図8に示した。P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>は400mg/l程度で各区推移し、ばっ気処理による傾向はみられなかった。

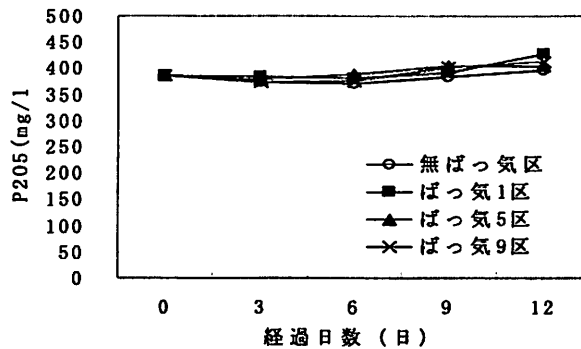


図8 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>の推移

### 4. ミネラル成分

K<sub>2</sub>O, MgO, CaOおよびNa<sub>2</sub>Oの推移について図9, 図10, 図11および図12に示した。各成分に大きな変化およびばっ気強度による傾向はみられず、ばっ気処理による影響は低いと考えられた。

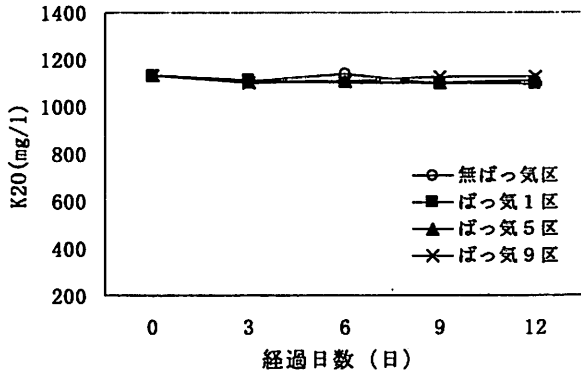


図9 K<sub>2</sub>Oの推移

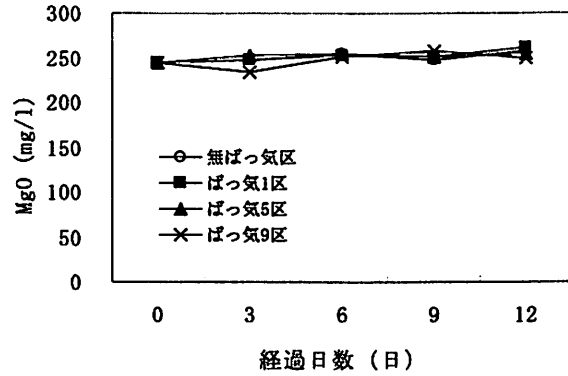


図10 MgOの推移

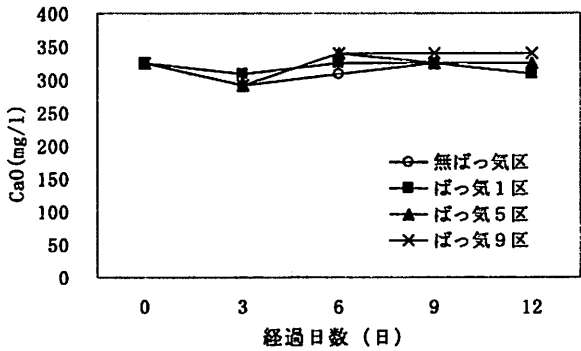


図11 CaOの推移

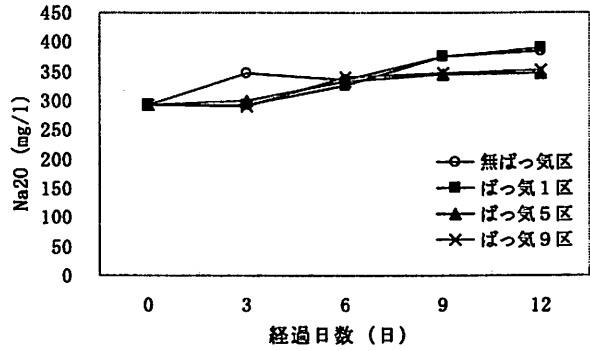


図12 Na<sub>2</sub>Oの推移

5. 臭気強度

臭気強度の推移について図13に示した。処理水から感じる臭気強度は、無ばっ気区では、ほぼ横並びで推移したのに対し、ばっ気を行ったばっ気1, 5および9区では低下傾向にあった。ばっ気5, 9区は試験開始3日目に3以下の値となり、1ランク臭気強度が低下する傾向にあった。ばっ気1区においても、約1週間程度のばっ気処理で1ランク低下することが示唆された。本試験での臭気強度は室内におけるものであり、ばっ気処理された豚ふん尿液肥の圃場散布における臭気強度は今後検討する必要がある。

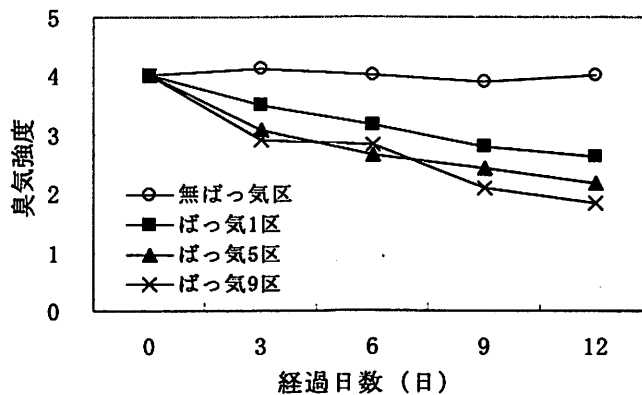


図13 臭気強度の推移

以上のことより、液肥化を目的とした豚舎排水のばっ気処理において、ばっ気が強くなるごとにpHの上昇度が高まり、アンモニア等窒素成分の揮発により処理水中窒素濃度は低下傾向にあった。また、リン、カリウム他肥料成分に大きな濃度変化がみられず、ばっ気処理の影響は少ないと考えられた。また、ばっ気処理によりばっ気強度が強くなるほど臭気強度が低下する傾向にあり、ばっ気強度5程度の処理

においては約3日間処理で1ランク、12日間処理で2ランク臭気強度が下がることが示唆された。

## V 引 用 文 献

- 1) 小柳渉(2004)乳牛ふん尿の処理利用に関する研究, 北信越畜会報, 89, 28-33
- 2) 伊東芳夫・中山雅棋・吉木忠彦・土井克彦・山崎潔蔵(1982)ふん尿の処理・利用に関する試験(1)液状ふん尿の急速腐熟化処理と利用試験, 佐賀畜試研報, 18, 36-46
- 3) 遠藤悟・芹澤俊治・藤井信吾・大庭芳和(2006)簡易ばっ気によるスラリー処理技術の確立, 静岡畜試研報, 31, 47-49
- 4) 小林宙・白石誠・藤井博尚・大家理哉・正吉輝彦・吉田拓司・滝本英二・脇本進行・北村直起(2006), 水田への牛尿多量施用時における臭気対策の検討, 岡山総畜セ研報, 16, 39-49
- 5) 日本下水道協会編(1997)下水試験方法(1997年版), 日本下水道協会
- 6) におい・かおり環境協会編(1996)嗅覚測定法マニュアル, (社)におい・かおり環境協会
- 7) 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
- 8) 恵飛須則明・庄子一成(1997)豚舎からのふん尿汚水成分の時期別変化, 35, 127-132
- 9) 農文協編(2004)曝気を利用した結晶化法による豚舎汚水中リンの除去・回収, 農文協

---

研究補助：又吉康成, 赤嶺圭作

# 沖縄県における暖地型芝草の被覆速度と生育特性

## (2) シーショアパスパラム10月植付け

守川信夫 長利真幸

### I 要 約

沖縄県における暖地型芝草利用の可能性を探るために、シーショアパスパラム (*Paspalum vaginatum* Swartz), センチピードグラス (*Eremochloa ophiuroides* Hack 以下センチピード) とセントオーガスチングラス (*Stenotaphrum secundatum* O. Kuntze 以下セントオーガスチン) を用いて、植付量によりシーショアパスパラム種子 10g/m<sup>2</sup> (シーショア 10g 区), 20g/m<sup>2</sup> (シーショア 20g 区), センチピード種子 10g/m<sup>2</sup> (センチピード区), セントオーガスチンは 2 節発根苗 8 本/m<sup>2</sup> (セントオーガスチン区) の 4 水準により 10 月植付けし、被覆速度と生育特性を調査した。その結果は次のとおりであった。

1. 被覆速度について、シーショア 10g 区および 20g 区は植付 115 日後にそれぞれ 86.8%, 91.5% の被覆率となり、センチピード区は植付 142 日後に 92.5%, セントオーガスチン区は植付 236 日後に 85.2% となりシーショア両区の被覆速度が速かった。

2. 植付後から 1 年間の年間乾物収量は、シーショア 10g 区、シーショア 20g 区、センチピード区およびセントオーガスチン区それぞれ 261.2, 245.0, 190.2, 110.2kg/a であった。また、平均乾物消化率はシーショア 10g 区 67.7%, シーショア 20g 区 67.4%, センチピード区 63.2%, セントオーガスチン区 54.8% とシーショア両区が有意に高い乾物消化率を示した。

### II 結 言

食料・農業・農村基本計画<sup>1)</sup> のなかで良好な景観の形成や消費者と生産者の相互理解を深めることが示されていることから、畜舎施設などの生産現場の環境を整え、景観に配慮する必要性が生じている。また、有機畜産物 JAS 規格<sup>2)</sup> の制定やアニマルウェルフェア<sup>3, 4)</sup> といった動物福祉の考え方が今後の家畜生産に反映されることが予想される。そのような利用場面で暖地型芝草の活用が図られる可能性があるため、沖縄県における基礎的な栽培知見を得ておく必要がある。前報<sup>5)</sup> では、センチピードグラスとセントオーガスチングラスの 6 月植付けにおける被覆速度と生育状況について、両草種とも年内刈りが可能なことやその年間乾物収量などを報告した。今回供試したシーショアパスパラム (和名: サワズメノヒエ) は、おもに海外において海浜や汽水域の緑化、ゴルフ場やスポーツターフに利用されている暖地型芝草である。その特性として耐塩性<sup>6)</sup> や耐冠水性を有し、土壌 pH 適応範囲が広く、また少ない施肥に耐えるといった点<sup>7)</sup> がある。このように有用な特性を持つ草種であるが沖縄県における栽培報告が少ないことから、本報告ではシーショアパスパラム 10 月植付けによる被覆速度と生育特性について報告する。

### III 材料および方法

#### 1. 供試牧草

供試草種を表 1 に示した。

表 1 供試草種

名称	英名	学名
シーショアパスパラム	Sea-shore paspalum	<i>Paspalum vaginatum</i> Swartz
センチピードグラス	Centipedegrass	<i>Eremochloa ophiuroides</i> Hack
セントオーガスチングラス	St. Augustingrass	<i>Stenotaphrum secundatum</i> O. Kuntze

## 2. 試験方法

試験期間は2005年10月15日から2006年10月27日まで、試験は沖縄本島北部の沖縄県畜産研究センターの試験圃場(国頭マージ土壌:赤色度で礫が多い酸性土壌)でおこなった。草種および植付量によりシーショアパステラム種子  $10\text{g}/\text{m}^2$  (シーショア10g区),  $20\text{g}/\text{m}^2$  (シーショア20g区), センチピード種子  $10\text{g}/\text{m}^2$  (センチピード区), セントオーガスチンは2節発根苗  $8\text{本}/\text{m}^2$  (セントオーガスチン区)の4水準を設けた。区は1区  $1\text{m}\times 1\text{m}$ を水準当たり3反復, 乱塊法で配置した。なお区のまわりの通路は  $1\text{m}$ 幅のアグリシートを敷設した。植付期は, 秋期10月植付けとして2005年10月15日に実施した。刈取期は, 出穂がみられ栄養成長がほぼ停止した状態を目安とし約7週間隔で実施した。植付けからおおよそ1年後の2006年10月27日までにシーショア両区, センチピード区はのべ6回, セントオーガスチンで4回の刈取りを行った。また, 追肥として刈取りごとに化成肥料 ( $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=20\%:8\%:12\%$ )を  $40\text{g}/\text{m}^2$ 施用した。

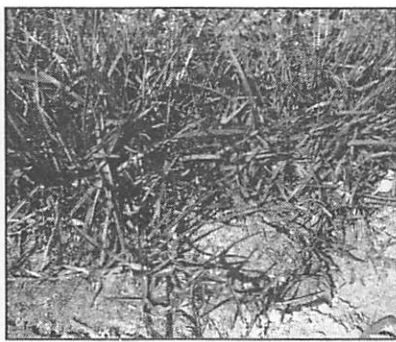
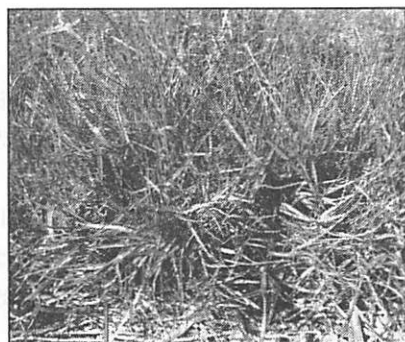


写真1. シーショアパステラム 写真2. センチピードグラス 写真3. セントオーガスチングラス

## 3. 調査方法

暖地型芝草の被覆率は, 区の真上から撮影したデジタル画像を, 画像ソフト WinR00F (Ver3.53)により葉色部分の面積を測定する方法で求めた。測定方式は色相・明度・彩度により判別するHLS方式, H(色相)のしきい値  $55\sim 166$ , L(明度)のしきい値  $0\sim 255$ , S(彩度)のしきい値  $0\sim 255$ の設定で行った。なお被覆率の第1回目調査は, 植付後8週に行いその後約4週間隔で実施した。

生育状況は, 草丈と乾物収量を調査した。刈取りはバリカン式刈払機を用い, 刈取高約  $5\text{cm}$ , 区全面刈りによりおこなった。サンプルは  $72^\circ\text{C}$  48時間通風乾燥をおこない, その乾物率から乾物収量を求めた。分析サンプルは通風乾燥後,  $1\text{mm}$ メッシュ通過サイズに粉碎し乾物消化率をペプシンセルラーゼ法<sup>7)</sup>で求めた。統計処理は一元配置の分散分析により, また有意差判定をFisherの最少有意差法でおこなった。

## IV 結果および考察

### 1. 被覆率の推移

表2に, 被覆率の推移を示した。10月植付けにおいては翌年2月7日(植付後115日)にシーショア10g区, シーショア20g区それぞれ被覆率86.8%, 91.5%とほぼ被覆を完了した。センチピード区は3月6日(植付後142日)で92.5%と被覆した。いっぽう, セントオーガスチン区が, ほぼ被覆状態になったのは6月8日(植付後236日)であった。前報<sup>5)</sup>の6月植付けではセンチピードは8月(植付後73日間)までに81.4%の被覆率を示したが, 冬季を挟んで調査した本試験においてシーショア両区の被覆速度は, センチピード区より速い結果となった。

表2 被覆率の推移 植付日：2005/10/15 (%)

調査日	12/8	2006/1/10	2/7	3/6	4/20	6/8
播種後日数	54日	87日	115日	142日	187日	236日
シーショア 10g 区	33.7±27.4	60.1±24.0	86.8±18.0	94.8±8.1	98.2±0.3	97.1±1.9
シーショア 20g 区	47.7±36.7	65.2±16.2	91.5±5.8	98.0±1.8	97.6±1.8	96.9±0.2
センチピード区	23.6±11.2	48.9±9.1	76.7±5.2	92.5±0.6	97.9±0.4	93.3±3.0
セントオーガスチン区	1.9±1.2	5.7±6.1	14.4±7.3	38.9±8.8	57.9±10.8	85.2±5.6

## 2. 生育状況

表3に草丈の推移を示した。夏季6月、7月の調査ではシーショア両区がセンチピード区、セントオーガスチン区より草丈が高いが、それ以外では有意な差はみられなかった。

表3 草丈の推移 (cm)

調査日	2006/3/6	4/20	6/8	7/24	9/4	10/27
刈取間隔(日)	142	45	49	46	42	53
シーショア 10g 区	18.1	17.9	43.9 <sup>Aa</sup>	38.3 <sup>A</sup>	34.8	20.5
シーショア 20g 区	16.9	19.6	42.7 <sup>a</sup>	36.4 <sup>A</sup>	34.2	21.0
センチピード区	8.7	18.5	33.3 <sup>b</sup>	22.8 <sup>B</sup>	31.3	21.1
セントオーガスチン区	—	—	30.3 <sup>Bb</sup>	20.5 <sup>B</sup>	32.3	21.1

注) 区間別の大文字・異文字間で1%水準、小文字・異文字間で5%水準の有意差あり。

表4に植付けから1年間の乾物収量の推移を示した。10月植付けにおいてシーショア両区とセンチピード区は、3月から収量調査を実施し10月までに6回の刈取りを実施した。セントオーガスチン区は被覆速度が冬季に停滞したため、6月からの収量調査となり4回の刈取りを行った。6月調査ではシーショア両区とセンチピード区は、セントオーガスチン区より有意に収量が多く、また7月の調査においてシーショア両区の乾物収量は、センチピード区とセントオーガスチン区より有意に高かった。1年間の合計ではシーショア 10g 区が 261.2kg/a、シーショア 20g 区が 245.0kg/a と他の区と比較して有意に収量が多かった。前報におけるセンチピード 2年目の乾物収量は 214.2kg/a、今回の結果では 190.2kg/a であったことからシーショアパスパラムの乾物生産性が高いことがわかった。セントオーガスチン区は、10月植付けでは翌年6月からの収穫となり 110.2kg/a の乾物生産があった。

表4 乾物収量の推移 (kg/a)

調査日	2006/3/6	4/20	6/8	7/24	9/4	10/27	合計
刈取間隔(日)	142	45	49	46	42	53	
シーショア 10g 区	15.5	25.9	59.7 <sup>A</sup>	67.2 <sup>A</sup>	52.5	40.5	261.2 <sup>Aa</sup>
シーショア 20g 区	13.3	28.9	56.7 <sup>A</sup>	61.2 <sup>A</sup>	49.9	35.0	245.0 <sup>A</sup>
センチピード区	4.8	24.3	45.7 <sup>A</sup>	31.7 <sup>B</sup>	48.5	35.2	190.2 <sup>b</sup>
セントオーガスチン区	—	—	15.3 <sup>B</sup>	22.5 <sup>B</sup>	38.9	33.6	110.2 <sup>Bc</sup>

注) 区間別の大文字・異文字間で1%、小文字・異文字間で5%水準の有意差あり。

表5に乾物消化率の推移を示した。乾物消化率の平均は、シーショア 10g 区、シーショア 20g 区、センチピード区、セントオーガスチン区それぞれ 69.9%、69.3%、66.2%、55.3%で草種により有意な差がみられた。またシーショア両区は、すべての調査時において60%以上の高い乾物消化率を示した。3月、4月のシーショア両区とセンチピード区は、74.4~85.8%と非常に高い乾物消化率を示した。このことは被覆が完了して間もないため、茎部が少なく消化率の高い葉部の比率が高いことが要因であると推察された。

表5 乾物消化率の推移 (%DM)

調査日	2006/3/6	4/20	6/8	7/24	9/4	10/27	平均
刈取間隔 (日)	142	45	49	46	42	53	
シーショア 10g 区	74.4	84.0	67.0 <sup>Ab</sup>	65.9 <sup>A</sup>	63.3 <sup>A</sup>	64.7 <sup>A</sup>	69.9 <sup>A</sup>
シーショア 20g 区	74.5	81.5	64.2 <sup>A</sup>	65.9 <sup>A</sup>	65.0 <sup>Ab</sup>	64.7 <sup>A</sup>	69.3 <sup>Ab</sup>
センチピード区	75.0	85.8	61.0 <sup>b</sup>	59.9 <sup>B</sup>	58.8 <sup>b</sup>	56.5 <sup>B</sup>	66.2 <sup>Bb</sup>
セントオーガスチン区	—	—	56.6 <sup>B</sup>	57.6 <sup>B</sup>	55.1 <sup>B</sup>	51.9 <sup>C</sup>	55.3 <sup>C</sup>

注) 区間別の大文字・異文字間で1%, 小文字・異文字間で5%水準の有意差あり。

可消化乾物収量について表6に示した。前述したようにシーショア両区が高い乾物収量と消化率を示したことから、6月、7月調査および合計で他の草種と有意な差がみられた。

表6 可消化乾物収量の推移 (kg/a)

調査日	2006/3/6	4/20	6/8	7/24	9/4	10/27	合計
刈取間隔 (日)	142	45	49	46	42	53	
シーショア 10g 区	11.5	21.8	57.9 <sup>A</sup>	44.3 <sup>A</sup>	33.2	26.2	194.9 <sup>Ab</sup>
シーショア 20g 区	9.9	23.6	36.4 <sup>Ab</sup>	40.3 <sup>A</sup>	32.4	22.6	165.2 <sup>Ab</sup>
センチピード区	3.6	20.8	27.9 <sup>Bb</sup>	19.0 <sup>B</sup>	28.5	19.9	119.7 <sup>b</sup>
セントオーガスチン区	—	—	8.7 <sup>Bc</sup>	13.0 <sup>B</sup>	21.4	17.4	60.5 <sup>B</sup>

注) 区間別の大文字・異文字間で1%, 小文字・異文字間で5%水準の有意差あり。

シーショアパスパラムの播種量については、10g/m<sup>2</sup>と20g/m<sup>2</sup>では被覆率は同程度であり、また乾物収量、乾物消化率、可消化乾物収量において有意な差がないことから、播種量は10g/m<sup>2</sup>でよいと考えられた。

10月植付けによりシーショアパスパラムは翌春3月頃、センチピードグラスは4月頃、セントオーガスチングラスは6月頃までに被覆が進み、採草利用可能であることがわかった。特にシーショアパスパラムは、乾物収量および乾物消化率に優れた草種であることが明らかになったことから、島嶼県沖縄における新しい暖地型芝草種として期待できることが示唆された。

## V 引用文献

- 1) 閣議決定(2005)食料・農業・農村基本計画
- 2) 阿部亮(2005)有機畜産を考える, 養豚の友, 8月号, 22-25
- 3) 宮崎昭(2004)肉用牛に快適な飼育環境を, 日本の肉牛, 3月号, 4-15
- 4) 近藤誠司(2005)日本における家畜福祉のあり方, 酪農総研, 305, 2-5
- 5) 守川信夫・長利真幸・望月智代・當真嗣平(2005)沖縄県における暖地型芝草の被覆速度と成育特性(1)センチピードグラスとセントオーガスチングラス6月植付け, 沖縄畜研センター研報, 43, 38-41
- 6) Duncan R. R. and Carrow R. N. (1999) Seashore Paspalum: The Environmental Turfgrass, 62-65, Wiley
- 7) Trenholm L. E. and Unruh J. B. (2002) Seashore Paspalum for Florida Lawns, *Institute of Food and Agricultural Sciences*, University of Florida, CIR1244, 1-5,
- 8) Goto I. and Minson D. J. (1977) Prediction of the dry matter digestibility of tropical grasses using a pepsin-cellulase assay, *Animal Feed Science and technology*, 2, 247-253



# ロールベールの乾物率と重量の関係

## (1) 直径120cmローラー式外巻きロールベールの事例

守川信夫 長利真幸

### I 要 約

予乾調製作業による乾物率の変化とロールベール重量の関係をあきらかにするため、直径120cmローラー式外巻きロールベールによって収穫調製されたロールベールの乾物率と重量について調査した。その結果は次のとおりであった。

1. ロールベールの乾物率(x)と重量(y)について、 $y=700.82e^{-0.0114x}$  ( $R^2=0.8912$ ) の式で表された。
2. 乾物率 $80\pm 5\%$ において、最大乾物密度 ( $\text{kgDM}/\text{m}^3$ ) は $182.2\pm 12.7$ を示した。

### II 緒 言

2005年に策定された食料・農業・農村基本計画<sup>1)</sup>に基づき自給飼料増産運動が展開されている。自給粗飼料の収穫調製方法はロールベール乾草、ロールベールラップサイレージという形態が主であるが、収穫された牧草の乾物率、機種や梱包方式によってロールベール重量は異なり、単位面積あたりに生産されるロールベール個数も変動すると考えられる。そこで今回直径120cmローラー式外巻きロールベールによって成形された暖地型牧草の乾物率とロールベール重量の関係について調査したので報告する。

### III 材料および方法

#### 1. 調査材料

2002年5月15日から2007年1月15日までの間に沖縄本島北部の沖縄県畜産研究センターの圃場において収穫調製されたロールベールを調査材料とした。ロールベール原材料草種と個数は、暖地型牧草であるパンゴラグラス(トランスバーラ)91個、ギニアグラス(ナツユタカ)65個、セタリア(カズングラ)16個、ローズグラス(アサツユ)10個、計182個を用いた。なお使用したロールベールはClaas社製Rollant46(カッティング機能無し)を用い、ロールベール成形完了の判断はロールベール付属のインジケータにより行った。

#### 2. 調査方法

収穫調製されたロールベールの重量は、重量計(MP-1010型Tru-Test社製・計測単位1kg)により測定した。ロールベール重量測定後、電動ドリル式コアサンプラー(パイプ内径22mm、全長467mm)を用いて乾物率測定のためのサンプルの採取を行った。サンプル採取箇所はロールベール側面中位の高さで4方位、外壁から中心部に向かって43cmの深さまで穿孔して行った。サンプルは72℃48時間通風乾燥により乾物率を測定した。乾物率とロールベール重量からロールベール乾物重量をもとめ、ロールベール直径×高さが120cm×120cmであることからロールベールの容積を $1.36\text{m}^3$ と換算し、ロールベールの乾物密度( $\text{kgDM}/\text{m}^3$ )を求めた。これらの調査から乾物率とロールベール重量の関係について検討した。

### IV 結果および考察

#### 1. ロールベールの乾物率と重量の関係

表1に乾物率10%刻みでクラス分けしたロールベールの重量を示した。乾物率60%以上のロールベールと比較して、乾物率20~50%クラスのロールベールの重量の標準偏差が大きい。これは材料草の水分が高いことからロールベールの成形室に取り込まれる牧草量の影響を受けやすいことによると考えられた。

表1 ロールベール重量

乾物率	平均重量 kg	n
20±5%	534.1 ± 51.7	63
30±5%	512.3 ± 48.7	39
40±5%	488.6 ± 43.7	29
50±5%	382.3 ± 89.8	3
60±5%	354.0 ± 25.9	5
70±5%	342.7 ± 33.6	7
80±5%	299.3 ± 22.4	4
90±5%	247.3 ± 26.5	32
		計 182

ロールベールの乾物率と重量をもとに、指数近似曲線を当てはめてみたものが図1である。指数近似曲線では  $y=700.82e^{-0.0114x}$  ( $R^2=0.8912$ ) で表された。それによればロールベール重量は、乾物率 20%で 558kg, 40%で 444kg, 60%で 354kg, 80%で 282kg, 90%で 251kg であるが、乾物率 90%前後の乾草状態（破線円囲み）での傾き具合から不適合な様子が見える。そこでロールベールの乾物率と密度の関係を検討した。

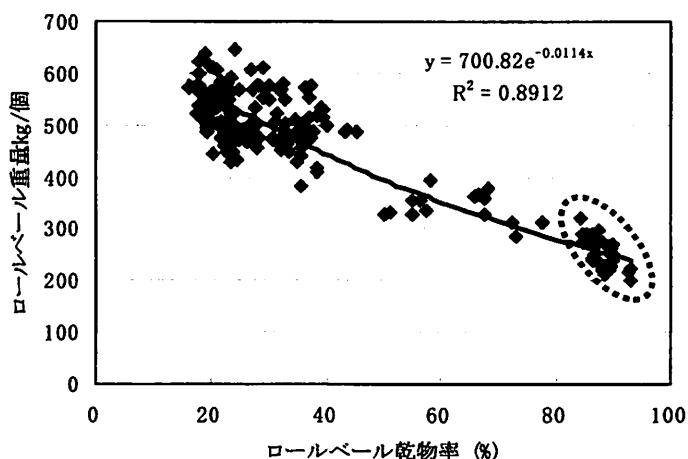


図1 ロールベールの乾物率と重量の関係

図2にロールベールの乾物率と密度 ( $\text{kgDM}/\text{m}^3$ ) の関係を示した。密度の傾きは3つの傾向が示され、一つ目は乾物率50%程度までの範囲、二つ目は乾物率50~80%程度の範囲、三つ目は乾物率80%以上の範囲において密度の傾きに特徴がみられる。乾物率50%あたりから密度の傾きが低くなる傾向がみられ、糸川ら<sup>2)</sup>も含水分率が低いほど平均乾物密度は高くなるが、50%を割るとほぼ横ばいになることを報告している。

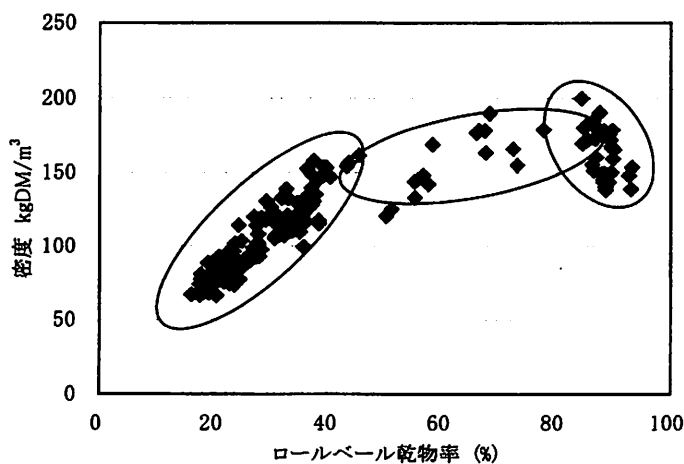


図2 ロールベールの乾物率と密度の関係

表2に乾物率10%刻みでクラス分けしたロールペールの乾物率と密度について示した。乾物率20±5%で密度は82.1, 乾物率80±5%で182.2と最も密度が高くなり, さらに乾物率90±5%では逆に160.9と密度が低下した。この乾物率90±5%水準時の密度違いが, 図1におけるロールペール重量の傾きの違いにあらわれていると考えられた。

表2 ロールペール密度

乾物率	密度 (kgDM/m <sup>3</sup> )	n
20±5%	82.1 ± 9.6	63
30±5%	112.9 ± 13.1	39
40±5%	134.2 ± 15.1	29
50±5%	135.9 ± 22.5	3
60±5%	147.3 ± 13.4	5
70±5%	172.7 ± 11.8	7
80±5%	182.2 ± 12.7	4
90±5%	160.9 ± 15.5	32
		計 182

このように乾物率によりロールペール重量は変化し, また機種や成形圧力の違いによりロールペール重量は変動することが考えられることから, ロールペール調製コストを算出するための基礎資料としては, さらにデータを積み重ねる必要がある。なお乾物率60~70%水準は, 自然発火の恐れがあることが報告<sup>3)</sup>されており, サイレージの乾物率は60%未満に, 乾草の乾物率は80%以上に調製する旨留意する必要がある。

## V 引用文献

- 1) 閣議決定(2005)食料・農業・農村基本計画
- 2) 糸川信弘・本田善文・小林亮英(1995)ラップサイロの特性および調製貯蔵条件と発酵品質, 日草誌, 40, 478-487
- 3) 杉本亘之(1989)牧草の自然発火およびくん炭化防止対策, 畜産の研究, 1279-1284, 養賢堂

研究補助：小濱健徳, 竹内千夏

## 栄養系繁殖牧草を用いた草地造成法の検討

### (5) 植付前の耕うん回数が栄養系繁殖牧草の定着に及ぼす影響

花ヶ崎敬資 望月智代\* 守川信夫 長利真幸  
与古田稔

#### I 要 約

栄養系繁殖牧草であるパンゴラグラス品種トランスパーラ (Tr) を用いて植付前の耕うん回数が定着に及ぼす影響を検討するため、播き苗区とセルトレイ苗区でそれぞれ耕うんの回数を1, 2, 3回にして合計6水準設定し基底被度, 密度, 乾物収量, および草丈を調査した(2004年から2006年)ところ, 結果は以下のとおりとなった。

1. 基底被度の平均値は播き苗区では, 耕うん3回で最も高く25%であった(1回と3回で $p<0.05$ )。また, セル苗区では, 耕うん2回で最も高く15%であった(有意差なし)。
2. 密度の平均値は播き苗区では, 耕うん3回で最も高く133株/㎡であった(1回と2, 3回で $p<0.05$ )。また, セル苗区では, 耕うん2回で最も高く96株/㎡だった(1回と2回で $p<0.05$ )。
3. 合計乾物収量は播き苗区では, 耕うん3回で最も高く4509kg/10aであった(有意差なし)。セル苗区では, 耕うん2回で最も高く2594kg/10aであった(有意差なし)。

以上のことから, 本試験では, 播き苗区耕うん3回で最も密な草地を造成することができ, セル苗区では, 耕うん2回が適することが示唆された。

#### II 結 言

Trは種子繁殖せず, ほふく茎の伸長により増殖していく栄養系繁殖牧草である<sup>1)</sup>。また本草種は沖縄県の奨励品種に選定<sup>2)</sup>されており, 生産性, 栄養価および永続性に優れている<sup>3, 4)</sup>ことから, 普及拡大を推奨している品種である。Trは草地造成の際, 栄養茎を散布しロータリーで鋤き込んで, 鎮圧ローラーで鎮圧する方法が増殖法の一つとして挙げられる<sup>1)</sup>。この方法は, 大規模な草地造成を行う場合に適しているが, 栄養茎散布後の土壌の水分状態が影響し, 散布苗の定着が不安定となる。いっぽう, 発根苗は栄養茎を散布するよりも干ばつに耐えること, また既存の草地に植付けることにより, 簡易的な更新ができるメリットが考えられる。安定的で栄養系繁殖の特性を活かした草地造成法を確立していくため, これまでTrとジャイアントスターグラス(Gs)を用いた発根率と根の成育状況の調査<sup>5)</sup>, Trの植付方法と植付密度の違いによる被度の変化<sup>6)</sup>, セルトレイ苗の効率的な育苗条件の検討,<sup>7)</sup> および, Trとローズグラスの混播による草地化<sup>8)</sup>を検討してきた。

ところで, 沖縄県の草地では, 造成から数年が経過し生産性が低下した地域が見られる<sup>9)</sup>。しかし, 草地造成の際, 全面耕起による更新では労力や時間がかかるとともに, その期間には収量が得られないことが懸念される。そこで, 部分的な更新を行うために, 除草剤を用いないで耕うんによる簡易な草地造成法の検討を試みた。

沖縄県の主要な農産物であるサトウキビはTrと同じ栄養系繁殖する作物であるが, 植付け前に耕うんして土を破砕することにより収量が増加することが知られている<sup>10)</sup>。大原ら<sup>11)</sup>によると, 碎土整地作業を丁寧に行うことが大切であり, 碎土の回数を多くすることで牧草導入後の草生も一般に良好としている。また, 三好ら<sup>12)</sup>の報告によると, 5月の耕うんでは耕うん回数が多いほど雑草抑制効果が高く, 3回までの結果では3回耕が最も効果が高いとしている。そこで本試験では, Trにおいてロータリー耕で雑草地の前植生を抑制して簡易に植付ける方法を検討する。具体的には, 播き苗法とセルトレイ苗法のそれぞれにおいて, ロータリー耕の回数を1, 2, 3回の水準に設定しTrの定着への影響を調査した。

### Ⅲ 材料および方法

#### 1. 試験期間および試験地

試験期間：2003年4月30日から2006年11月8日

試験地：沖縄県畜産研究センター圃場

#### 2. 試験方法

##### 1) セルトレイ苗の育苗

セルトレイは1穴のサイズが縦3cm×横3cm×深さ4cmの128穴のものを使用し、培養土として市販の播種用培土(タキイ種苗株式会社)を使用した。このセルトレイに培養土を敷き詰め、茎を挿しやすいようにあらかじめかん水した。次にTrの栄養茎を、茎の中間部から2節つけて切り出した後、下部節が培養土に約1cm埋まるようにセルトレイへ1本ずつ茎挿しして、露地にて30から40日間育苗した。育苗中におけるかん水は培養土が保湿状態を保つように、1日当たり2mmで行った。

##### 2) ロータリーによる耕うん

雑草をロータリーで耕うんして試験区とした。1回目の耕うん(1, 2, 3区)が4月30日, 2回目(2, 3区)が5月7日, 3回目(3区)が5月13日に行った。

##### 3) 試験区および圃場への植付方法

試験区は播き苗で耕うん回数1回が播き苗1区, 2回が播き苗2区, 3回が播き苗3区, セル苗で耕うん回数1回がセル苗1区, 2回がセル苗2区, 3回がセル苗3区として計6水準設け, 1区面積8㎡(2m×4m)を3反復設置した。

播き苗では, Tr 栄養茎は草丈が約50cmのものを刈取って細断せずに用いた。植付けは, Tr 栄養茎を散布しロータリーで鋤き込んで, 鎮圧ローラーで鎮圧した。セル苗では, 1)で説明したセルトレイ苗を用い, 試験区に穴を開け苗ごと植付けた。なお, 植付けは2004年5月24日に行った。

##### 4) 植付量および播種量

播き苗法: Tr 栄養茎を100kg/10a

セルトレイ苗移植法: セルトレイ苗を1株/㎡

##### 5) 調査項目

刈取りごとに基底被度(%), 密度(株/㎡), 乾物収量(kg/10a), 草丈(cm)について調査を行った。

##### 6) 有意差検定

基底被度, 密度, 草丈は, 2004, 2005, 2004から2005, および全体の平均について播き苗1, 2, 3区, セル苗1, 2, 3区でFisherの最小有意差法により検定を行った。

乾物収量は, 2004, 2005, 2004から2005, および全体の合計について播き苗1, 2, 3区, セル苗1, 2, 3区でFisherの最小有意差法により検定を行った。

#### 3. 調査方法

1回目を2004年7月27日に, それ以降は40から60日ごとに調査を行った。刈取りには50cm×50cmのコドラートを用いた。草丈を刈取時に1区当たり8カ所測定した後, コドラート内の草を刈取った。刈取った草をTrとその他に分けて72℃で48時間乾燥後, 乾物率を求めて乾物収量を算出した。密度については, 刈取後にコドラート内のTrとその他の株数をそれぞれ計測し, ㎡当たりの株数を算出して密度とした。基底被度については, 縦横10cmで格子状に区切ったコドラートを用いて株の大きさを調査して図面に描き, それを画像としてパソコンに取り込んだ後, 画像処理解析ソフトWin ROOFの画像処理によって計測した。

### Ⅳ 結果

図1に調査期間中の月平均気温および合計降水量を示した。2004年は6月から台風の接近によりまとまった雨となった。また, 月平均気温は平年並み, もしくは平年より高めであった。2005年は2月に長雨が続き, 6月では記録的な多雨となり日照不足となった。7月以降は台風の接近が少なかったこともあり小雨傾向が続いた。また, 月平均気温は, 3月および12月で平年値を下回った。2006年は7月に日照

りが続き、降雨量が少なかった。また、月平均気温は平年より高い月が多かった。

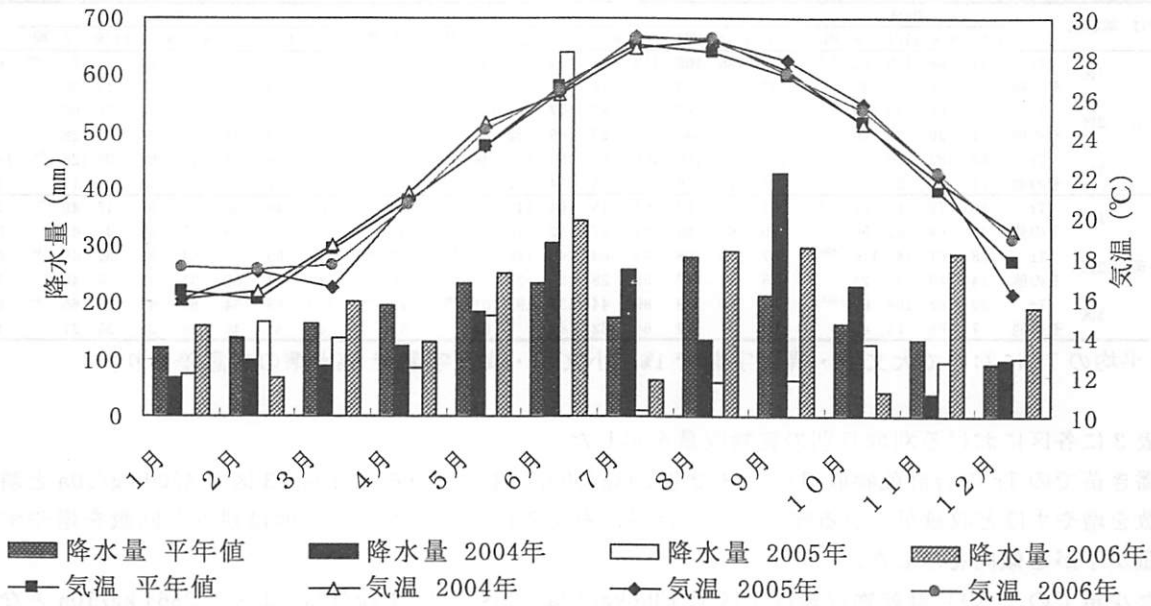


図1 調査期間中の月平均気温および合計降水量（観測地：名護）

表1に各区における刈取日別の基底被度を示した。

播き苗での Tr の全体平均は、1区で16%、2区で22%、3区で25%と耕うん回数を増やすほど被度が上がる傾向を示した（1区と3区で  $p < 0.05$ ）。

セル苗での Tr の全体平均は1区で9%、2区で15%、3区で14%となり、1区に比べて2区で被度が上がったが有意差はなかった。3区は2区とほぼ同等だった。

年ごとの平均は、どの区も2004年から2005年にかけて被度が上がり、2006年で下がった。2004年から2005年の平均では播き苗2区で26%、3区で28%に達した。

表1 各区における刈取日別の基底被度

植付け 試験区	2004														2005					2004~5		2006					全体平均	
	7/27 9/8 11/1				平均	1/6 3/14 4/28 6/20				8/5 9/28		12/5	平均	2/7	4/6 6/7 8/1 9/11 11/8				平均									
	Tr	その他	Tr	その他	Tr	その他	Tr	その他	Tr	その他	Tr	その他	Tr	その他	Tr	その他	Tr	その他										
播き苗	1区	Tr	10	13	18	14	ABCab	20	21	21	24	16	20	12	19	BCb	18	BCb	23	11	9	9	12	10	12	ABab	16	bc
	1区	その他	4	11	6	7		2	21	18	9	13	9	12	12		11		8	7	10	9	8	9	9		10	
	2区	Tr	15	19	27	20	A a	19	33	33	31	32	27	24	28	ABa	26	ABa	30	14	14	11	12	13	16	ABab	22	Ab
	2区	その他	3	2	3	3		29	5	33	9	9	8	9	15		11		5	6	8	9	7	10	8		10	
	3区	Tr	6	21	33	20	AB a	27	35	32	37	37	34	17	31	A a	28	A a	32	16	15	14	19	20	19	A a	25	An
	3区	その他	3	2	4	3		31	18	32	4	6	3	10	15		11		3	2	5	2	1	2	3		8	
セル苗	1区	Tr	2	9	9	7	C c	9	8	13	11	5	15	23	12	C b	10	BCc	18	6	5	4	5	4	7	B b	9	Bc
	1区	その他	5	10	12	9		7	11	16	13	15	15	7	12		11		15	12	13	17	17	19	16		12	
	2区	Tr	4	16	18	13	BC bc	11	18	21	20	22	21	27	20	BCb	18	B b	19	8	5	9	9	9	10	ABb	15	c
	2区	その他	4	3	7	5		8	6	13	14	13	11	6	10		9		11	12	15	12	11	18	13		10	
	3区	Tr	2	7	17	9	BC bc	15	11	13	17	19	24	32	19	BCb	16	BCbc	20	9	8	8	9	13	11	ABab	14	c
	3区	その他	8	10	12	10		6	12	23	14	14	9	2	11		11		10	8	12	13	16	11	12		11	

注) 平均の Tr において大文字・異文字間で1%、小文字・異文字間で5%水準の有意差あり。

表2に各区における刈取日別の密度を示した。

播き苗での Tr の全体平均は、1区で86株/m<sup>2</sup>、2区で134株/m<sup>2</sup>、3区で141株/m<sup>2</sup>と耕うん回数を増やすほど密度が上がる傾向を示した（1区と2、3区で  $p < 0.05$ ）。しかし、その他は耕うん回数を増やすほど密度が下がる傾向を示した。

セル苗での Tr の全体平均は1区で56株/m<sup>2</sup>、2区で104株/m<sup>2</sup>、3区で81株/m<sup>2</sup>となり、1区に比べて2区で密度が上がったものの3区は2区に比べ下がった（1区と2区で  $p < 0.05$ ）。

年ごとの平均は、どの区も2004年から2005年にかけて密度が上がる、または同等で2006年には下が

った。

表2 各区における刈取日別の密度

(株/m<sup>2</sup>)

植付け 試験区	2004				2005				2004~5		2006				全体平均							
	7/27	9/8	11/1	平均	1/6	3/14	4/28	6/20	8/5	9/28	12/5	平均	平均	2/7		4/6	6/7	8/1	9/11	11/8	平均	
1区	Tr	41	96	108	82 <sup>Bb</sup>	119	105	105	113	45	119	73	97 <sup>Bcd</sup>	92 <sup>Bc</sup>	128	71	67	67	69	47	75 <sup>abc</sup>	86 <sup>cd</sup>
	その他	31	76	41	49	37	27	39	35	19	45	49	36	40	41	32	47	27	13	19	30	37
播き苗 2区	Tr	71	168	193	144 <sup>A*</sup>	175	153	166	182	82	177	151	155 <sup>A*</sup>	152 <sup>A</sup>	206	102	90	89	71	71	105 <sup>ab</sup>	134 <sup>An</sup>
	その他	21	20	20	20	36	51	40	51	23	45	42	41	35	22	23	34	30	18	30	26	32
3区	Tr	65	183	199	149 <sup>A*</sup>	187	129	160	165	87	206	100	148 <sup>ABab</sup>	148 <sup>A</sup>	203	135	105	111	106	108	128 <sup>An</sup>	141 <sup>An</sup>
	その他	17	17	21	18	13	11	16	19	13	14	51	20	19	13	11	25	11	4	4	11	17
1区	Tr	16	79	61	52 <sup>Cc</sup>	61	79	68	63	15	104	113	72 <sup>Cd</sup>	66 <sup>C</sup>	82	48	36	28	31	17	40 <sup>Bc</sup>	56 <sup>Bd</sup>
	その他	43	64	62	56	70	61	59	63	37	82	25	57	57	58	38	39	35	33	47	42	52
セル苗 2区	Tr	38	167	142	116 <sup>ABb</sup>	167	139	108	99	64	145	198	131 <sup>ABabc</sup>	127 <sup>AB</sup>	115	69	37	64	56	50	65 <sup>bc</sup>	104 <sup>abc</sup>
	その他	14	19	38	24	25	41	47	55	28	56	35	41	36	52	51	52	31	18	36	40	37
3区	Tr	30	63	108	67 <sup>Bcb</sup>	87	80	78	89	44	133	193	101 <sup>ABcd</sup>	91 <sup>Bc</sup>	100	83	54	55	49	52	66 <sup>bc</sup>	81 <sup>bcd</sup>
	その他	7	64	75	49	68	71	77	64	32	42	7	52	51	49	51	45	26	26	25	37	46

注) 平均の Tr において大文字・異文字間で 1%, 小文字・異文字間で 5%水準の有意差あり。

表3に各区における刈取日別の乾物収量を示した。

播き苗での Tr の合計乾物収量は 1 区で 2924kg/10a, 2 区で 3766 kg/10a, 3 区で 4509 kg/10a と耕うん回数を増やすほど収量が上がる傾向を示したが、有意差はなかった。その他は耕うん回数を増やすほど収量が下がる傾向を示した。

セル苗での Tr の合計乾物収量は 1 区で 1356kg/10a, 2 区で 2594 kg/10a, 3 区で 2564 kg/10a となった(有意差なし)。

表3 各区における刈取日別の乾物収量

(kg/10a)

植付け 試験区	2004				2005				2004~5		2006				全体合計							
	7/27	9/8	11/1	合計	1/6	3/14	4/28	6/20	8/5	9/28	12/5	合計	合計	2/7		4/6	6/7	8/1	9/11	11/8	合計	
1区	Tr	204	198	300	702 <sup>Bb</sup>	118	125	165	247	185	266	159	1255 <sup>ab</sup>	1957 <sup>abc</sup>	94	151	261	145	226	90	967 <sup>abc</sup>	2924 <sup>abc</sup>
	その他	144	156	122	422	108	82	105	231	162	285	139	1112	1534	76	137	202	149	77	114	755	2289
播き苗 2区	Tr	177	317	406	900 <sup>ABa</sup>	200	259	286	372	195	250	227	1789 <sup>a</sup>	2689 <sup>Abb</sup>	146	255	300	152	152	72	1077 <sup>ab</sup>	3766 <sup>Abb</sup>
	その他	26	42	29	97	18	11	14	113	87	182	85	510	607	11	44	126	99	88	81	449	1056
3区	Tr	234	357	421	1012 <sup>A*</sup>	175	201	279	393	300	380	277	2005 <sup>Aa</sup>	3017 <sup>Aa</sup>	171	288	336	267	248	182	1492 <sup>Aa</sup>	4509 <sup>Aa</sup>
	その他	35	51	48	134	50	38	40	93	72	55	52	400	534	5	21	110	53	17	51	257	791
1区	Tr	26	125	125	276 <sup>Cc</sup>	79	85	90	89	115	132	61	651 <sup>Bb</sup>	927 <sup>Bc</sup>	64	88	132	45	81	19	429 <sup>Bc</sup>	1356 <sup>Bcd</sup>
	その他	279	218	377	874	138	97	170	313	239	266	194	1417	2291	83	176	324	267	222	194	1266	3557
セル苗 2区	Tr	82	281	265	628 <sup>Bb</sup>	202	164	139	186	191	185	164	1221 <sup>ab</sup>	1849 <sup>bc</sup>	114	138	165	146	132	50	745 <sup>bc</sup>	2594 <sup>bc</sup>
	その他	82	72	91	245	26	59	124	271	181	254	109	1024	1269	66	146	228	163	178	127	908	2177
3区	Tr	73	104	189	366 <sup>Cc</sup>	78	110	142	170	252	227	191	1170 <sup>ab</sup>	1536 <sup>c</sup>	108	215	298	161	156	90	1028 <sup>abc</sup>	2564 <sup>bc</sup>
	その他	133	248	220	601	122	111	94	268	198	220	155	1168	1769	50	83	164	192	206	157	852	2621

注) 合計の Tr において大文字・異文字間で 1%, 小文字・異文字間で 5%水準の有意差あり。

表4に各区における刈取日別の草丈を示した。1 回目の草丈はばらつきがあり、播き苗の方がセル苗に比べ高い傾向があるものの、2 回目以降は同等の値を推移した。

表4 各区における刈取日別の草丈

(cm)

植付け 試験区	2004				2005				2004~5		2006				全体平均							
	7/27	9/8	11/1	平均	1/6	3/14	4/28	6/20	8/5	9/28	12/5	平均	平均	2/7		4/6	6/7	8/1	9/11	11/8	平均	
1区	Tr	58	44	51	51 <sup>*</sup>	29	26	35	62	41	51	39	40 <sup>b</sup>	44 <sup>b</sup>	22	25	58	41	41	28	36	41
	その他	51	49	52	51 <sup>*</sup>	32	30	38	60	39	48	41	41	44	24	27	50	36	39	25	35 <sup>b</sup>	40 <sup>b</sup>
播き苗 2区	Tr	55	46	50	50	33	30	37	63	46	53	43	44 <sup>*</sup>	46 <sup>Aa</sup>	25	28	57	40	41	28	37	42 <sup>*</sup>
	その他	44	43	51	46 <sup>b</sup>	28	24	36	64	48	52	36	41	43 <sup>Bb</sup>	22	25	60	41	46	29	37 <sup>*</sup>	41
セル苗 2区	Tr	43	49	55	49	29	29	35	65	46	48	40	42	44	25	26	59	38	43	28	38	41
	その他	48	47	49	48	24	30	34	62	45	52	43	41	43 <sup>b</sup>	24	29	61	42	43	28	38 <sup>*</sup>	41

注) 平均の Tr において大文字・異文字間で 1%, 小文字・異文字間で 5%水準の有意差あり。

## V 考察

基底被度、密度、収量の結果において、播き苗区では 1, 2, 3 区と耕うん回数を増やすごとに成績が高くなる傾向を示した。セル苗区では 1 区より 2 区で成績が高くなったものの、3 区では 2 区とほぼ同等か、または下がる結果を示した。

望月ら<sup>6)</sup>は、草地化するために必要な Tr の植付けについて、播き苗法が植付密度 100g/cm<sup>2</sup>以上、セル苗法が植付密度 1 株/m<sup>2</sup>以上と報告した。この条件では本試験において、Tr の植付けは播き苗法がセル苗法よりも密な草地を造成でき、耕うん回数が多いほどその差が大きくなった。

本試験では、除草剤を用いずロータリー耕による簡易な方法で、前植生を抑制し Tr の草地を造成することを目的とした。望月ら<sup>6)</sup>の報告によると、播き苗区、セル苗区のどちらの基底被度も 2004 年から 2005 年の平均で 26%であった。本試験での基底被度の 2004 年から 2005 年の平均は、播き苗 2 区で 26%、播き苗 3 区で 28%に達しており、この期間では高い成績を示した。全体の平均では、播き苗 3 区が 25%で 26%と同等の値を示し、播き苗 2 区が 22%で 26%に近い値を示した。2006 年は全体的に生産性が落ちており結果が悪かったが、この理由として、7 月あたりに日照りが何日も続き成長が遅れたことが考えられる。セル苗区ではいずれの区でも平均が 26%に達しておらず、密な草地を造成できなかった。望月ら<sup>6)</sup>によると、植付密度 1 株/m<sup>2</sup>のセル苗法では水平方向へ伸長して土壌を覆っていくため、植付密度 100g/cm<sup>2</sup>の播き苗法より被覆に時間を要すると報告している。そのようなことから、本試験においてもセル苗法では雑草の侵入を受けやすく、密な草地を造成することができなかったと考えられる。よって、セル苗法で草地を造成する場合、植付け密度をさらに高く設定して植付けを行う必要がある。

## VI 引用文献

- 1) 沖縄県畜産試験場(1999)牧草・飼料作物栽培の手引き, 46
- 2) 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, 1-2
- 3) 嘉陽稔・川本康博・庄子一成(1996) *Digitaria* 属の 3 草種の生育特性と生産性の比較, 沖縄畜試研報, 34, 101-104
- 4) 嘉陽稔・川本康博・庄子一成(1997) *Digitaria* 属 3 草種の草高の違いによる栄養価の比較, 沖縄畜試研報, 35, 113-117
- 5) 望月智代・守川信夫・長利真幸・當眞嗣平(2003) 栄養系繁殖牧草を用いた草地造成法の検討(1) 栄養茎からの発根率および根の生育状況, 沖縄畜試研報, 41, 99-102
- 6) 望月智代・守川信夫・長利真幸・當眞嗣平(2004) 栄養系繁殖牧草を用いた草地造成法の検討(2) トランスペーラの植付密度が被度に及ぼす影響, 沖縄畜試研報, 42, 32-36
- 7) 望月智代・守川信夫・長利真幸・當眞嗣平(2005) 栄養系繁殖牧草を用いた草地造成法の検討(3) セルトレイを用いた効率的な育苗条件の検討, 沖縄畜試研報, 43, 42-45
- 8) 望月智代・守川信夫・長利真幸・當眞嗣平(2005) 栄養系繁殖牧草を用いた草地造成法の検討(4) トランスペーラとローズグラスの混播による草地化の検討, 沖縄畜試研報, 43, 46-51
- 9) 川本康博(2004) 持続的な周年利用草地のための造成技術と維持管理—南西諸島での事例を中心に—, *Grassland Science*, 50(1), 90-98
- 10) さとうきび収穫機械化研修資料 昭和 53 年沖縄県農林水産部, 69
- 11) 大原久友(1965) 草地学概論, 117-118, 明文書房
- 12) 三好祐二・池田定男(1981) 暖地における飼料作物の総合的雑草防除体系確立試験 2. 耕種技術による雑草防除対策試験(1) 耕耘方法と雑草発生の多少, 長崎畜試研報, 88-105



# 導入暖地型牧草の適応品種選定試験（2001～2005年）

## (2) 可消化乾物収量および粗タンパク質収量の比較

花ヶ崎敬資 望月智代\* 守川信夫 長利真幸  
 眞眞嗣平\*\* 眞境名元次\*\*\*

### I 要 約

沖縄県における新たな導入暖地型牧草の適応品種選定を行うため沖縄本島北部の国頭マージ土壌で、沖縄県の奨励品種を6品種含めた合計18品種について、可消化乾物収量と粗タンパク質収量の栄養価調査を行った。合計可消化乾物収量では、シグナルグラスが6697kg/10a、セタリア「カズングラ」が6091kg/10a、セタリア「パープルピジョン」が6023kg/10a、ギニアグラス「ガットン」が5973kg/10a、クリーピングシグナルが5354kg/10aであり、調査した品種の中で高い値を示した。また、合計粗タンパク質収量においてもシグナルグラスが1424kg/10a、ギニアグラス「ガットン」が1329kg/10a、セタリア「カズングラ」が1255 kg/10a、セタリア「パープルピジョン」が1245kg/10a、クリーピングシグナルが1147kg/10aであり、調査した品種の中で高い値を示した。

以上のことから、前回報告<sup>1)</sup>した収量調査および今回の栄養価調査において、導入暖地型牧草として有望な品種はシグナルグラス、セタリア「パープルピジョン」、セタリア「カズングラ」、クリーピングシグナルが挙げられた。

### II 緒 言

沖縄県は亜熱帯海洋性気候に属しており、台風や干ばつなどの自然災害が多く見られ、他県には見られない特殊な土壌が分布している<sup>2)</sup>。今後の沖縄県の肉用牛生産振興には、自給飼料増産と品質向上が重要な課題とされている<sup>2)</sup>なか、一般的に栄養価が低いといわれている暖地型牧草<sup>3)</sup>の高位生産のためには、本県の気象・土壌条件に適した品種を選定する必要がある。これまで19草種45品種の牧草が沖縄県の奨励品種に選定されている<sup>4)</sup>が、採草・放牧などの利用目的に合わせた草種・品種を地域ごとに新たに導入することが望ましい。前回の報告で望月ら<sup>1)</sup>が、沖縄本島北部の国頭マージ土壌において、沖縄県の奨励品種や検討品種、計18品種を用い乾物生産性について報告した。本報では引き続き、同じ品種を用いて可消化乾物収量と粗タンパク質収量の栄養価調査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地

試験期間は2001年10月から2005年11月、試験地は沖縄県畜産研究センターの圃場にて調査を行った。土壌は、沖縄本島北部に分布する国頭マージ土壌で、礫が多く有機物に乏しい細粒赤色土である。

#### 2. 試験方法

##### 1) 試験区および区制

1区面積6m<sup>2</sup> (2m×3m)の3反復（ブルーコーチは2反復）で、乱塊法により試験区を設置した。

##### 2) 調査項目

可消化乾物収量、粗タンパク質収量

##### 3) 調査方法

刈取り：地際から約10cmで、4月から10月では40日ごとに、11月から3月では50から60日ごとに全区一斉に行った。2002年6月から2005年5月（計23回）まで刈取りを行った。

栄養価調査：粗タンパク質含有率をケルダール法<sup>5)</sup>により、乾物消化率をペプシンセルラーゼ法<sup>6)</sup>

により分析した。乾物収量、乾物消化率および粗タンパク質含有率の値から、合計可消化乾物収量と合計粗タンパク質収量を算出した。

### 3. 供試品種

供試品種として、沖縄県の奨励品種を6品種含めた合計18品種を供試した(表1)。

表1 供試品種

	草種・品種名	学名	品種
イネ科 牧草	シグナルグラス	<i>Bracharia decumbens</i>	Basilisk
	クリーピングシグナル	<i>Bracharia humidicola</i>	
	ブッフエルグラス「USA」	<i>Cechrus ciliaris</i>	American
	ブッフエルグラス「ピオーエラ」	<i>Cechrus ciliaris</i>	Biloela
	ローズグラス「カリーデ」(奨励品種)	<i>Chloris gayana</i>	Callide
	ローズグラス「カタンボラ」(奨励品種)	<i>Chloris gayana</i>	Katambora
	ジャイアントスターグラス(奨励品種)	<i>Cynodon nelemfuensis</i>	
	パンゴラグラス「トランスバーラ」(奨励品種)	<i>Digitaria eriantha</i>	Transvala
	ジャラグラス	<i>Digitaria milanjana</i>	Jarra
	ブルーコーチ	<i>Digitaria didactyla</i>	QLD Blue Couch
	モラセスグラス	<i>Melinis minutiflora</i>	
	ギニアグラス「ガットン」(奨励品種)	<i>Panicum maximum</i>	Gatton Panic
	ダリスグラス	<i>Paspalum dilatatum</i>	
	セタリア「カズングラ」	<i>Setaria sphacelata</i>	Kazungula
マメ科 牧草	パープルピジョン	<i>Setaria incrassata</i>	
	グライシン「チナル」(奨励品種)	<i>Neonotonia wightii</i>	Tinaroo
	クサネム「リー」	<i>Aeschynomene falcata</i>	Lee
	クサネム「グレン」	<i>Aeschynomene americana</i>	Glenn

### 4. 耕種概要

#### 1) 播種および掃除刈り

播種量および植付本数を、ブルーコーチとモラセスグラスは417g/a、トランスバーラとジャイアントスターグラスは4本/m<sup>2</sup>、それ以外の草種は278g/aとした。播種は2001年10月11日に行い、栄養系繁殖牧草であるトランスバーラおよびジャイアントスターグラスは2001年10月29日に植付けた。掃除刈りは2001年12月26日と2002年4月4日の2回行った。なお、ローズグラスカタンボラは発芽不良で、2002年4月22日に再播種を行ったため、掃除刈りなしで調査を開始した。

#### 2) 施肥量および施肥法

各試験区とも基肥としてN、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>Oそれぞれ5.0、2.0、3.0kg/a(牧草専用1号)を施肥した。追肥は各試験区とも掃除刈りおよび刈取調査後に、N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>Oそれぞれ7.0、3.9、5.4kg/a(尿素磷加安肥料804)を施用した。

## IV 結果

### 1. 試験経過の概要

#### 1) 2001年10月から2002年

播種を行った2001年10月から2002年前半は、月平均気温は平年並か、やや高めであったが、降水量は少なかった。また、2002年は台風の接近数も例年と比べて多かったため、夏期の降水量は高めであった。モラセスグラスは2002年6月21日以降の株枯れにより調査が不可能となったが、その他の草種については順調に生育した。

#### 2) 2003年

月平均気温は平年値より高い傾向で、2003年1月から9月ごろまで小雨が続き、干ばつの傾向を示し

た。マメ科牧草であるクサネム「リー」とクサネム「グレン」は2002年の冬期から生育が低下し、そのまま衰退してしまつたため、2003年の刈取りから調査を中止した。

### 3) 2004年

2004年5月まで月降水量が平年を下回り、小雨傾向が続いたが、6月から台風の接近によりまとまった雨となった。また月平均気温は平年並み、もしくは平年より高めであった。

### 4) 2005年

2005年は2月に長雨が続き、梅雨期間では記録的な多雨となり日照不足となった。7月以降は台風の接近が少なかったこともあり小雨傾向が続き、月平均気温も平年を上回った。収量は前年と比較して、若干低下した。

## 2. 栄養価調査結果

表1に各年次における平均乾物消化率を示した。平均乾物消化率においては、グライシン「チナール」の60.1%が最も高く、次いでジャラグラスが57.7%、ブルーコーチが54.4%であった。シグナルグラス、セタリア「パープルピジョン」、セタリア「カズングラ」、クリーピングシグナルはそれぞれ53.0、52.2、51.0、51.2%であり、ギニアグラス「ガットン」の52.1%と同等の値を示した。

表1 各年次における平均乾物消化率(%)

品種名	2002年	2003年	2004年	2005年	合計
	平均乾物 消化率(%)	平均乾物 消化率(%)	平均乾物 消化率(%)	平均乾物 消化率(%)	平均乾物 消化率(%)
シグナルグラス	53.6	54.5	52.6	51.4	53.0
クリーピングシグナル	53.8	52.4	49.1	49.4	51.2
ブッフエルグラス「USA」	53.8	54.3	50.7	53.4	53.1
ブッフエルグラス「ピオーエラ」	56.3	54.1	50.7	55.8	54.2
ローズ「カリーデ」(奨)	52.1	53.0	49.3	51.4	51.5
ローズ「カタンボラ」(奨)	47.9	49.1	49.4	46.1	48.1
ジャイアントスター(奨)	49.6	50.1	47.4	49.7	49.2
トランスパーラ(奨)	50.4	53.0	51.5	54.5	52.4
ジャラグラス	57.1	55.8	57.0	60.7	57.7
ブルーコーチ	54.0	54.5	54.2	54.7	54.4
ギニアグラス「ガットン」(奨)	51.5	50.9	51.2	54.6	52.1
ダリスグラス	49.8	49.5	47.0	47.2	48.4
セタリア「カズングラ」	53.4	53.4	52.6	49.4	52.2
セタリア「パープルピジョン」	53.4	51.0	51.0	48.4	51.0
グライシン「チナール」(奨)	60.4	61.4	60.4	58.2	60.1
クサネム「リー」	56.1	-	-	-	-
クサネム「グレン」	52.7	-	-	-	-

注) (奨) は奨励品種

表2に各年次における平均粗タンパク質含有率を示した。平均粗タンパク質含有率においては、グライシン「チナール」の17.9%が最も高く、次いでブルーコーチが13.4%、ジャイアントスターグラスが12.4%であった。シグナルグラス、セタリア「パープルピジョン」、セタリア「カズングラ」、クリーピングシグナルはそれぞれ11.6、10.6、11.0、11.3%であり、ギニアグラス「ガットン」の11.8%と同等の値を示した。

表2 各年次における平均粗タンパク質含有率(%)

品種名	2002年	2003年	2004年	2005年	合計
	平均粗タンパク質含有率(%)	平均粗タンパク質含有率(%)	平均粗タンパク質含有率(%)	平均粗タンパク質含有率(%)	平均粗タンパク質含有率(%)
シグナルグラス	12.4	10.9	11.1	11.9	11.6
クリーピングシグナル	13.0	10.8	10.0	11.4	11.3
ブッフエルグラス「USA」	11.0	9.6	9.5	11.9	10.5
ブッフエルグラス「ピオーエラ」	11.5	10.3	9.8	12.1	10.9
ローズ「カリーデ」(奨)	11.3	10.1	9.9	10.3	10.4
ローズ「カタンボラ」(奨)	11.2	10.5	9.9	9.9	10.4
ジャイアントスター(奨)	13.1	12.1	11.4	12.8	12.4
トランスパーラ(奨)	12.1	10.8	9.9	10.9	10.9
ジャラグラス	12.2	11.4	10.5	12.6	11.7
ブルーコーチ	14.4	13.2	12.9	13.1	13.4
ギニアグラス「ガットン」(奨)	12.6	11.7	10.3	12.7	11.8
ダリスグラス	12.4	12.0	11.3	11.4	11.8
セタリア「カズングラ」	12.2	11.3	10.1	10.2	11.0
セタリア「パープルビジョン」	11.3	10.7	10.1	10.4	10.6
グライシン「チナール」(奨)	19.6	18.1	17.7	16.3	17.9
クサネム「リー」	21.3	-	-	-	-
クサネム「グレン」	18.3	-	-	-	-

注) (奨) は奨励品種

表3に各年次における合計可消化乾物収量と対標比を示した。合計可消化乾物収量では、シグナルグラス 6697kg/10a, セタリア「カズングラ」 6091kg/10a, セタリア「パープルビジョン」 6023kg/10a, ギニアグラス「ガットン」 5973kg/10a で高い値を示した。また、クリーピングシグナルもこれらに続いて 5354kg/10a と高い値を示した。

表3 各年次における合計可消化乾物収量(kg/10a)と対標比(%)

品種名	2002年		2003年		2004年		2005年		合計	
	合計可消化乾物収量(kg/10a)	対標比(%)	合計可消化乾物収量(kg/10a)	対標比(%)	合計可消化乾物収量(kg/10a)	対標比(%)	合計可消化乾物収量(kg/10a)	対標比(%)	合計可消化乾物収量(kg/10a)	対標比(%)
シグナルグラス	1142	133	2555	145	2203	139	797	148	6697	141
クリーピングシグナル	903	105	1745	99	2000	126	706	131	5354	113
ブッフエルグラス「USA」	1011	118	1592	90	1682	106	349	65	4634	98
ブッフエルグラス「ピオーエラ」	1058	123	1769	100	1984	125	429	80	5240	110
ローズ「カリーデ」(奨)	1026	120	1986	112	1805	114	638	118	5455	115
ローズ「カタンボラ」(奨)	857	100	1767	100	1587	100	539	100	4750	100
ジャイアントスター(奨)	958	112	1705	96	1781	112	463	86	4907	103
トランスパーラ(奨)	831	97	1610	91	1855	117	551	102	4847	102
ジャラグラス	794	93	1445	82	1567	99	443	82	4249	89
ブルーコーチ	610	71	1466	83	1323	83	476	88	3875	82
ギニアグラス「ガットン」(奨)	1071	125	2172	123	2156	136	574	106	5973	126
ダリスグラス	483	56	941	53	894	56	429	80	2747	58
セタリア「カズングラ」	855	100	2214	125	2137	135	885	164	6091	128
セタリア「パープルビジョン」	913	107	2215	125	2125	134	770	143	6023	127
グライシン「チナール」(奨)	695	81	1252	71	1129	71	291	54	3367	71
クサネム「リー」	545	64	-	-	-	-	-	-	-	-
クサネム「グレン」	574	67	-	-	-	-	-	-	-	-

注1) 対標比は標準品種をローズグラス「カタンボラ」とし、その値を100にして算出した。

注2) (奨) は奨励品種

表4に各年次における合計粗タンパク質収量と対標比を示した。合計粗タンパク質収量においてもシ

グナルグラスが 1424kg/10a と最も高かった。セタリア「カズングラ」とセタリア「パープルビジョン」はそれぞれ 1255, 1245kg/10a の値で、ギニアグラス「ガットン」(1329kg/10a) と同等な値を示した。また、クリーピングシグナルは 1148kg/10a であった。

表 4 各年次における合計粗タンパク質収量 (kg/10a) と対標比 (%)

品種名	2002年		2003年		2004年		2005年		合計	
	合計粗タンパク質収量 (kg/10a)	対標比 (%)	合計粗タンパク質収量 (kg/10a)	対標比 (%)	合計粗タンパク質収量 (kg/10a)	対標比 (%)	合計粗タンパク質収量 (kg/10a)	対標比 (%)	合計粗タンパク質収量 (kg/10a)	対標比 (%)
シグナルグラス	263	131	514	136	463	137	184	159	1424	138
クリーピングシグナル	218	108	361	96	406	120	163	141	1148	111
ブッフエルグラス「USA」	206	102	282	75	316	93	78	67	882	85
ブッフエルグラス「ピオーエラ」	216	107	336	89	384	113	93	80	1029	100
ローズ「カリーデ」(奨)	223	111	379	100	364	107	128	110	1094	106
ローズ「カタンボラ」(奨)	201	100	378	100	339	100	116	100	1034	100
ジャイアントスター(奨)	252	125	410	108	430	127	119	103	1211	117
トランスパーラ(奨)	199	99	327	87	358	106	110	95	994	96
ジャラグラス	170	85	296	78	290	86	92	79	848	82
ブルーコーチ	163	81	355	94	314	93	114	98	946	91
ギニアグラス「ガットン」(奨)	262	130	501	133	433	128	133	115	1329	129
ダリスグラス	120	60	229	61	216	64	104	90	669	65
セタリア「カズングラ」	195	97	468	124	410	121	182	157	1255	121
セタリア「パープルビジョン」	192	96	466	123	422	124	165	142	1245	120
グライシン「チナール」(奨)	225	112	368	97	331	98	82	71	1006	97
クサネム「リー」	207	103	-	-	-	-	-	-	-	-
クサネム「グレン」	200	100	-	-	-	-	-	-	-	-

注 1) 対標比は標準品種をローズグラス「カタンボラ」とし、その値を 100 にして算出した。

注 2) (奨) は奨励品種

## V 考 察

前回の報告<sup>1)</sup>で、シグナルグラス、セタリア「カズングラ」、セタリア「パープルビジョン」、クリーピングシグナルの 4 品種が合計乾物収量において有望であることを報告した。栄養価調査においても乾物収量と同様の傾向を示し、これら 4 品種は良好な結果が得られた。

シグナルグラスは、奨励品種のギニアグラス「ガットン」に比べ乾物収量、可消化乾物収量、粗タンパク質収量の全ての項目で多収であり、今回調査した品種の中では最も有望であった。

セタリア「パープルビジョン」、セタリア「カズングラ」はギニアグラス「ガットン」に比べ、全ての項目で同程度の収量があった。また、このセタリア属の 2 品種は、今までの奨励品種にはない新しい草種(セタリア属)であるため、今後の利用が期待される。

クリーピングシグナルは、密な草地を形成するほふく型の牧草である<sup>2)</sup>が、同様のほふく型で奨励品種のジャイアントスターグラスやトランスパーラ<sup>3)</sup>と比較して特に可消化乾物収量が高いことから利用価値は高いと考えられる。

シグナルグラスとクリーピングシグナルは同じブラキアリア属であり、ブラキアリア属は干ばつに対する耐性が非常に強いことが知られている<sup>4)</sup>。現段階では、ブラキアリア属の中では、パラグラスのみが沖縄県の奨励品種に選定されている。そこで、沖縄県では、干ばつ耐性の高い牧草への要求が高いことを考慮して、今後ブラキアリア属の沖縄県での適応性をさらに検討していく必要がある。

## VI 引 用 文 献

- 1) 望月智代・守川信夫・長利真幸・當眞嗣平・真境名元次(2005)導入暖地型牧草の適応品種選定試験(2001～2005年)(1)成育特性および乾物収量の比較, 沖縄県畜産研究センター研報, 43, 30-36

- 
- 2) 沖縄県畜産試験場(1999) 牧草・飼料作物栽培の手引き, i-7
  - 3) 江原薫(1973) 飼料作物・草地の研究, 養賢堂, 326-336
  - 4) 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, 1-2
  - 5) 自給飼料品質評価研究会, 2001, 改訂粗飼料の品質評価ガイドブック, 日本草地畜産種子協会
  - 6) Goto I and Minson DJ(1977) Prediction of the dry matter digestibility of tropical grasses using a pepsin-cellulase assay, *Animal Feed Science and technology*, 2, 247-253
  - 7) 社団法人国際農林業協力協会(1998) 熱帯の飼料作物, 35-41
  - 8) 沖縄県畜産試験場(1999) 牧草・飼料作物栽培の手引き, 46-49
- 

研究補助：小濱健徳，竹内千夏，平良樹史，具志堅興司

付表1 各草種における調査日別の乾物消化率

調査年月日	(DMI)																	
	シグナル グラス	クリーピング シグナル グラス	ブッフエ ル グラス・USA ビローエラ	ブッフエ ル グラス	ローズグラス カリデー	ローズグラス カタンボラ	ローズグラス ジャイアント スターグラス	トランス パーラ	ジャラグラスブルーコーチ	ネニアグラス ガットン	ダリスグラス	セタリア カズンダラ	パープル ビジョン	グライシン チナル	クサネム リー	クサネム グレン		
2002年	6/21	54.5	52.1	55.5	56.6	53.5	47.8	53.2	49.3	56.7	49.4	47.5	49.9	54.1	54.9	61.9	58.8	55.5
	7/31	52.8	52.2	51.2	53.8	52.3	48.3	50.1	49.7	60.5	54.8	50.9	53.1	51.5	50.7	60.1	58.5	61.1
	9/10	52.5	52.5	53.4	55.4	53.9	49.2	45.5	54.2	54.7	57.0	53.7	45.8	51.7	52.4	52.9	54.9	47.5
	10/22	52.6	53.7	52.9	55.1	47.0	43.2	50.2	49.4	54.8	53.0	51.8	48.5	52.9	53.2	62.5	55.5	49.8
	12/11	59.6	64.0	57.2	62.3	57.2	53.0	54.4	51.3	62.3	66.0	61.2	53.4	62.0	61.9	65.3	48.5	45.6
年平均	53.6	53.8	53.8	56.3	52.1	47.9	49.6	50.4	57.1	54.0	51.5	49.8	53.4	53.4	60.4	56.1	52.7	
2003年	2/10	61.0	56.0	67.7	70.0	59.8	60.1	61.7	68.4	66.9	64.7	64.6	56.2	64.1	61.9	63.8		
	4/3	60.8	54.9	62.6	60.8	55.5	54.9	59.0	60.7	58.4	64.3	62.0	63.0	62.9	62.7	66.7		
	5/13	56.9	57.0	57.2	59.5	56.4	48.9	52.1	56.4	68.0	62.4	58.4	57.4	56.6	55.2	63.6		
	6/24	52.9	53.1	54.3	55.4	52.9	48.2	51.0	54.6	58.1	50.6	50.1	45.0	53.0	50.5	62.1		
	8/14	51.3	47.9	53.9	51.7	50.2	49.7	46.7	48.6	50.1	49.7	47.2	46.8	47.5	45.5	56.9		
9/24	56.3	52.8	52.3	50.3	53.3	47.2	48.2	49.9	55.6	51.7	47.8	44.4	52.1	49.6	61.6			
11/12	56.5	54.8	54.1	55.3	49.7	45.8	52.0	55.9	60.9	57.0	53.2	49.4	57.7	55.8	64.2			
年平均	54.5	52.4	54.3	54.1	53.0	49.1	50.1	53.0	55.8	54.5	50.9	49.5	53.4	51.0	61.7			
2004年	1/08	60.3	55.9	63.8	63.8	58.3	56.8	56.7	60.6	64.2	62.1	62.0	50.9	63.1	65.2	64.0		
	3/08	63.8	58.3	67.2	71.0	60.3	59.7	61.3	66.8	63.5	65.4	65.2	60.2	68.0	66.9	68.6		
	4/20	57.5	60.1	54.8	56.3	54.4	49.4	49.0	54.5	67.3	55.9	60.4	60.6	59.5	59.2	63.0		
	6/03	47.5	44.8	46.8	47.4	45.6	39.6	45.3	46.4	55.4	50.5	42.5	38.8	42.9	42.1	54.3		
	7/13	52.5	46.1	47.3	45.9	45.7	48.9	44.8	51.3	57.4	54.6	50.6	45.6	48.9	45.4	59.9		
8/25	46.4	44.2	46.9	46.6	45.4	42.9	42.6	46.2	52.5	52.0	47.1	43.0	48.5	46.5	59.9			
10/12	54.4	51.4	50.3	51.1	52.0	44.7	44.0	52.8	52.2	53.7	49.4	45.9	54.7	51.7	60.7			
12/13	52.1	49.2	47.8	47.9	46.6	42.5	46.5	49.6	59.0	55.2	53.5	52.6	54.2	53.0	61.8			
年平均	52.6	49.1	50.7	50.7	49.3	49.4	47.4	51.5	57.0	54.2	51.2	47.0	52.6	51.0	60.4			
2005年	2/14	57.6	54.6	62.9	66.7	60.2	59.5	59.7	64.3	72.8	61.6	63.7	56.3	63.3	64.0	63.1		
	4/14	61.2	56.8	56.8	57.5	56.0	50.0	51.8	54.2	62.8	57.1	58.2	56.1	53.6	52.9	63.6		
	5/31	46.8	45.6	50.3	50.9	46.8	41.9	46.9	51.5	57.7	52.1	49.4	41.9	44.4	42.0	55.1		
	年平均	51.4	49.4	53.4	55.8	51.4	46.1	49.7	54.5	60.7	54.7	54.6	47.2	49.4	48.4	58.2		

付表2 各草種における調査日別の粗タンパク質含有率

(%DM)

調査年月日	シグナル グラス	クリーピング シグナル	ブッフエル グラス・USA	ブッフエル グラス ピオーエラ	ローズグラス カリーデ	ローズグラス カタンボラ	ジャイアント スターグラス	トランス パーラ	ジャラグラス	ブルーコーチ	ギニアグラス ガットン	ダリスグラス	セタリア カズングラ	パープル ビジョン	グライシン チナール	クサネム リー	クサネム グレン	
2002年	6/21	13.4	12.2	11.4	11.7	11.3	10.8	14.4	11.7	12.2	13.8	12.7	12.0	13.0	11.7	18.5	23.0	19.0
	7/31	10.4	10.2	8.4	9.0	9.5	8.8	11.0	9.9	10.0	10.7	9.7	10.5	9.6	8.8	17.8	18.7	19.5
	9/10	11.3	12.6	10.6	10.9	11.2	11.9	11.0	12.8	11.8	16.5	13.2	11.3	11.7	10.6	17.9	19.9	16.1
	10/22	12.6	14.9	11.3	12.9	11.2	11.6	14.7	12.8	13.3	15.7	13.3	14.0	12.3	12.5	22.0	21.8	18.5
	12/11	17.5	16.7	15.9	14.7	16.2	15.0	18.9	20.1	19.2	20.8	19.2	18.1	16.8	16.7	25.3	19.9	16.9
	年平均	12.4	13.0	11.0	11.5	11.3	11.2	13.1	12.1	12.2	14.4	12.6	12.4	12.2	11.3	19.6	21.3	18.3
2003年	2/10	17.8	17.4	17.9	18.6	15.7	16.1	18.5	18.4	18.5	19.4	18.8	17.8	18.8	18.3	20.5		
	4/3	17.0	17.7	16.0	16.5	14.8	14.5	17.8	15.9	19.9	17.3	17.6	17.8	15.6	15.2	22.0		
	5/13	11.1	12.9	10.9	11.7	10.3	10.1	11.8	9.9	12.9	12.8	12.3	11.6	10.4	10.4	15.8		
	6/24	11.0	10.8	8.8	9.5	9.8	10.4	11.3	10.3	10.0	11.4	10.5	10.3	10.3	9.7	19.3		
	8/14	8.5	8.5	8.7	8.9	7.9	9.6	11.1	9.0	8.5	11.1	8.8	9.6	8.0	7.4	15.7		
	9/24	12.0	10.3	9.4	10.3	10.6	9.7	11.1	11.6	16.7	16.2	16.1	16.8	15.9	16.0	19.9		
	11/12	12.2	12.0	10.6	10.8	10.8	10.8	13.7	12.8	13.8	14.8	11.6	15.3	11.6	11.0	21.1		
年平均	10.9	10.8	9.6	10.3	10.1	10.5	12.1	10.8	11.4	13.2	11.7	12.0	11.3	10.7	18.1			
2004年	1/08	17.0	13.5	14.5	14.7	15.0	15.0	16.7	15.2	16.9	15.6	15.7	16.6	15.7	15.7	21.3		
	3/08	18.0	16.6	17.2	18.6	14.3	14.1	16.1	15.9	20.0	18.2	17.1	18.5	16.1	16.3	22.1		
	4/20	12.6	14.0	11.6	12.0	11.0	10.8	12.4	12.1	14.1	14.0	13.4	13.4	11.5	11.6	16.7		
	6/03	8.9	8.8	8.9	9.5	8.8	8.2	10.8	9.1	9.6	11.4	8.7	8.8	7.6	8.4	17.0		
	7/13	10.8	8.1	8.2	8.6	8.8	8.7	9.3	7.5	8.7	11.5	8.4	11.8	9.0	8.4	17.1		
	8/25	8.6	8.1	7.7	7.7	8.1	8.8	9.0	8.0	9.0	13.0	8.0	8.5	7.7	8.0	17.8		
	10/12	11.1	9.4	8.2	8.9	10.1	10.0	10.4	8.5	9.3	12.2	9.2	12.7	10.0	9.4	16.2		
	12/13	10.9	10.8	8.3	8.5	9.4	9.1	12.0	10.6	12.7	13.8	10.6	15.3	10.3	10.9	18.0		
年平均	11.1	10.0	9.5	9.8	9.9	9.9	11.4	9.9	10.5	12.9	10.3	11.3	10.1	10.1	17.7			
2005年	2/14	18.0	16.7	17.4	19.7	16.7	16.0	19.3	18.0	21.5	19.7	19.1	18.1	16.4	17.1	22.4		
	4/14	17.8	16.6	14.7	11.4	11.0	11.0	14.9	12.4	16.8	14.3	13.8	13.9	12.6	13.1	18.6		
	5/31	8.6	8.4	9.2	9.9	8.4	8.2	10.7	8.2	10.0	10.8	9.7	9.4	7.7	7.3	13.6		
	年平均	11.9	11.4	11.9	12.1	10.3	9.9	12.8	10.9	12.6	13.1	12.7	11.4	10.2	10.4	16.3		



付表3 各草種における調査日別の可消化乾物収量 (kg/10a)

調査年月日	シグナルグラス	クリーピングシグナルグラス	ブッフエルクラス・USA	ブッフエルクラス	ピオーエラ	ローズグラスカリデー	ローズグラス	カタンボラ	ジャイエントスターグラス	トランスハムラ	ジャラグラス	ブルーコーチ	ギニアグラス	タリスグラス	セタリア	カスングラ	パープルビジョン	グライシンチナール	クサネムリー	クサネムクレン	
2002年																					
6/21	241	273	326	298	275	211	252	241	267	138	241	195	205	214	249	199	295				
7/31	224	133	217	219	209	184	159	197	166	154	288	84	168	208	111	62	38				
9/10	296	226	189	218	233	213	290	174	184	133	202	96	211	228	111	103	90				
10/22	287	175	183	182	209	152	191	180	133	142	249	74	175	180	181	139	137				
12/11	93	96	96	141	100	96	66	39	44	43	91	34	96	83	44	41	15				
年間計	1142	903	1011	1058	1026	857	958	831	794	610	1071	483	855	913	695	545	574				
2003年																					
2/10	17	12	5	9	35	37	17	14	1	21	36	11	28	31	8						
4/3	153	81	51	72	152	161	149	148	19	160	122	100	194	196	57						
05/13	430	285	223	267	392	334	245	292	187	319	317	206	432	411	306						
06/24	546	383	307	345	430	350	312	352	348	320	473	236	448	431	253						
08/14	716	453	456	471	470	474	473	414	497	336	636	250	526	598	263						
09/24	363	350	328	344	317	272	332	280	284	226	372	104	366	352	220						
11/12	331	180	223	261	191	139	179	111	109	85	216	34	221	195	145						
年間計	2555	1745	1592	1769	1986	1767	1705	1610	1445	1466	2172	941	2214	2215	1252						
2004年																					
01/08	135	162	192	226	113	105	180	164	99	105	183	40	155	170	94						
03/08	105	39	55	70	147	163	146	118	30	63	132	42	202	169	68						
04/20	450	341	247	236	306	303	323	283	210	211	329	240	398	393	175						
06/03	475	493	296	325	373	310	247	303	353	316	373	268	391	392	211						
07/13	265	298	225	286	234	217	263	315	305	193	340	98	259	270	158						
08/25	234	285	223	290	232	190	250	284	280	184	317	92	257	277	158						
10/12	267	246	261	309	201	162	237	225	199	138	273	61	269	275	174						
12/13	272	136	183	242	198	136	136	164	90	114	208	53	207	179	92						
年間計	2203	2000	1682	1984	1805	1587	1781	1855	1567	1323	2156	894	2137	2125	1129						
2005年																					
2/14	116	123	64	92	104	91	83	111	72	87	129	43	173	167	65						
4/14	211	162	102	151	199	146	96	130	66	128	168	141	225	209	65						
5/31	470	420	182	186	335	303	284	310	304	261	277	245	487	394	161						
年間計	797	706	349	429	638	539	463	551	443	476	574	429	885	770	291						

付表4 各草種における調査日別の合計粗タンパク質収量

調査年月日	(kg/10a)																	
	シグナル グラス	クリーピング シグナル	ブッフエ グラス・USA	ブッフエ グラス	ピオーエラ	ローズグラス カリデ	ローズグラス カタンボラ	ロースグラス スターグラス	ジャイアント スターグラス	トランス ハラ	ジャラグラス ブルコーチ	ギニアグラス ガクトン	タリスグラス カズンダラ	セタリア カズンダラ	パープル ビジョン	グライシン チナール	クサネム リー	クサネム クレン
2002年	59	64	67	61	58	48	68	57	57	57	57	65	47	49	46	74	78	101
	44	26	36	37	38	34	35	39	39	27	30	55	17	31	36	33	20	12
	64	54	37	43	48	51	70	41	41	40	38	49	24	48	46	37	37	30
	69	49	39	42	50	41	56	47	47	32	42	64	21	40	42	64	55	51
	27	25	27	33	28	27	23	15	15	13	14	29	11	26	22	17	17	6
年間計	263	218	206	216	223	201	252	199	199	170	163	262	120	195	192	225	207	200
2003年	5	4	1	2	9	10	5	4	4	0	6	10	4	8	9	3		
	43	26	13	19	40	42	45	39	39	6	43	35	28	48	47	19		
	84	65	42	52	71	69	55	51	51	36	66	67	42	79	77	76		
	114	78	49	59	80	76	69	66	66	60	72	99	54	87	83	79		
	119	81	73	81	74	92	112	77	77	84	75	118	51	89	97	73		
	77	68	59	70	63	56	77	65	65	86	71	125	39	112	114	71		
	72	40	44	51	41	33	47	25	25	25	22	47	10	44	39	48		
年間計	514	361	282	336	379	378	410	327	327	296	355	501	229	468	466	368		
2004年	38	39	44	52	29	28	53	41	41	26	26	46	13	39	41	31		
	30	11	14	18	35	38	38	28	28	9	17	35	13	48	41	22		
	98	79	52	50	62	66	81	63	63	44	53	73	53	77	77	46		
	89	97	56	65	72	64	59	59	59	61	71	77	61	70	78	66		
	54	52	39	54	45	38	55	46	46	46	41	56	25	48	50	45		
	43	52	37	48	41	39	53	49	49	48	46	54	18	41	48	47		
	54	45	43	54	39	36	56	36	36	36	31	51	17	49	50	46		
	57	30	32	43	40	29	35	35	35	19	28	41	15	39	37	27		
年間計	463	406	316	384	364	339	430	358	358	290	314	433	216	410	422	331		
2005年	36	38	18	27	29	24	27	31	31	21	28	39	14	45	45	23		
	61	47	26	30	39	32	28	30	30	18	32	40	35	53	52	19		
	86	78	33	36	60	59	65	49	49	53	54	55	55	85	69	40		
年間計	184	163	78	93	128	116	119	110	110	92	114	133	104	182	165	82		

# 近赤外分析法による暖地型牧草の成分および栄養価の推定

## (5) 沖縄県主要暖地型牧草 4 草種を用いた粗タンパク質含有率および乾物消化率の統一検量線作成

長利真幸 守川信夫 當眞嗣平\* 望月智代\*\*

### I 要 約

暖地型牧草の成分と栄養価を迅速に測定するために、沖縄県主要暖地型牧草であるギニアグラス、パンゴラグラス（品種：トランスパーラ）、ジャイアントスターグラス、ローズグラス（品種：カタンボラ）の 4 草種試料 400 点を用い、近赤外分析法(NIRS)による統一検量線の作成および推定精度の検証を行った。分析項目は粗タンパク質(CP)含有率と乾物消化率、試料サイズは粉碎試料(1 mm)と細断試料(200~300 mm)、検量線の作成方法については線形重回帰分析(MLR)と部分最小二乗法による回帰分析(PLS)を用いて比較検討した。

1. CP について、MLR を用いた検量線の推定精度は粉碎試料で  $r=0.979$ ,  $SDP=0.80$ ,  $EI=8.71\%$ , 細断試料で  $r=0.974$ ,  $SDP=0.88$ ,  $EI=9.58\%$  となった。PLS を用いた検量線の推定精度は、粉碎試料で  $r=0.990$ ,  $SDP=0.57$ ,  $EI=6.20\%$ , 細断試料で  $r=0.979$ ,  $SDP=0.78$ ,  $EI=8.49\%$  となり、PLS が MLR より高い推定精度を得た。

2. 乾物消化率について、MLR を用いた検量線の推定精度は粉碎試料で  $r=0.950$ ,  $SDP=2.56$ ,  $EI=14.97\%$  細断試料で  $r=0.944$ ,  $SDP=2.71$ ,  $EI=15.84\%$  となった。PLS を用いた検量線の推定精度は、粉碎試料で  $r=0.964$ ,  $SDP=2.18$ ,  $EI=12.74\%$ , 細断試料で  $r=0.949$ ,  $SDP=2.60$ ,  $EI=15.20\%$  となり、PLS が MLR より高い推定精度を得た。

3. 試料サイズについては、CP、乾物消化率ともに粉碎試料を用いた検量線がより高い精度を示したが、細断試料においても十分な精度を得ることができた。

4. 沖縄県主要暖地型牧草 4 草種を用いた統一検量線においても、単草種で作成した検量線と同等の推定精度を得た。

### II 結 言

NIRS は非破壊的な分析法であることから、迅速かつ同時に多成分の分析が可能であること、試薬・薬品が不要であり安価であること、化学分析に比べて高度な分析技術を必要としないことなど多くの利点を持つため、早くから飼料分析に応用され実用化されている。

著書らは<sup>1~4)</sup>、NIRS を用いてギニアグラス、トランスパーラ、ジャイアントスターグラス、ローズグラスの CP およびペプシンセルラーゼ法による乾物消化率(*in vitro*)での検量線を作成し、高い推定精度を得た。しかし、農家の草地では 2 草種以上の牧草を混播している例もあり、複数の草種を混合させた状態での推定精度についても検討する必要がある。本報では、上記の沖縄県主要暖地型牧草 4 草種すべての試料を用い、CP と乾物消化率についての統一検量線を作成し、その推定精度を検証した。加えてサンプルの粉碎作業を省力化するために粉碎試料と、細断試料について比較検討したので報告する。

### III 材料および方法

#### 1. 供試試料および調製

供試試料であるギニアグラス、トランスパーラ、ジャイアントスターグラス、ローズグラスは本試験場(国頭マーヅ土壌)で、圃場、生育ステージ、刈取間隔を変えて採取した 400 点を用い、化学分析値の成分範囲が同程度になるように検量線作成用試料 240 点と検定用試料 160 点に分けた。試料は 200~300 mm に細断し、縮分したものを 2 つに分け 72℃ で 48 時間乾燥させた後、片方はカッティングミル(1 mm メ

ッシュ)にて粉碎し、もう一方はそのまま細断試料とした。

## 2. 分析方法

乾物消化率はペプシンセルラーゼ法<sup>5)</sup>、CPはケルダール法<sup>6)</sup>により求めた。

## 3. 検量線の作成

近赤外分光光度計はNIRSystem社 Model-6500型を用いて1100nm~2500nmの波長のスペクトルを測定し、得られた原スペクトルについては2次微分処理(微分条件:GAPO, Segment20)を行った。粉碎試料は標準セルを用いた反射法による2回の反復測定、細断試料は長方形型セルを用いた反射法による3回の反復測定<sup>7, 8)</sup>を行った。検量線作成についてはNSASソフトウェアを用い、MLRとPLSの2種類の方法で行った。

MLRは成分由来の官能基が持つ吸収波長を説明変数として用いる重回帰分析である。波長については、尖突なピークは避け、波長の変化に対して安定した幅の広い吸収帯を選択<sup>9)</sup>した。また、補正のための波長を追加していき、第1波長から第4波長までの組み合わせにて、検量線の候補を作成した。

PLSは多変量解析法である主成分分析法を応用した方法で、全波長域における少数の無相関な主成分(因子)を説明変数として用いる解析法である。因子の選択についてはNSASソフトウェアを用いた。

## 4. 検量線の検定

作成した検量線は検定用試料40点により推定精度の検証を行い、最適な検量線を決定した。推定精度の検証は、検定試料を未知飼料とした検量線の推定値と化学分析値の相関係数(r)、推定誤差の標準偏差(SDP)、および推定精度の評価指数であるEI<sup>10)</sup>を用いて比較した。

# IV 結果および考察

供試試料の成分範囲を表1に示した。検量線の検定においては、検量線を作成した試料と同様な種類・レンジを持った試料群を用いることが最良とされている。今回の供試試料では、CPでの検量線作成用および検定用試料の成分レンジについては19.23%, 18.38%, 乾物消化率では35.99%, 34.21%と幅広いレンジが得られた。

表1 供試試料の成分範囲(%DM)

検量線 作成用試料	分析項目	n	最小値	最大値	レンジ	平均	SD
	CP	240	4.68	23.91	19.23	11.42	4.05
IVDMD	240	39.16	75.15	35.99	55.50	8.55	
検定用試料	分析項目	n	最小値	最大値	レンジ	平均	SD
	CP	160	4.88	23.26	18.38	11.15	3.86
IVDMD	160	39.74	73.95	34.21	54.80	8.22	

注1) CP:粗タンパク質含有率

2) IVDMD:乾物消化率(*in vitro*)

3) レンジ:最大値-最小値

MLRおよびPLSによる検量線作成結果を表2に示した。MLRによる検量線ではCPの粉碎試料で3波長、細断試料で4波長、乾物消化率では各4波長を選択したものが最良の検量線となった。波長についてはCPの粉碎試料で2164nm、細断試料で2188nmを第1波長に選択しており、これらはタンパク質の代表的な吸収がある<sup>11, 12)</sup>とされている波長付近であった。乾物消化率では、粉碎試料でタンパク質の代表的な吸収付近である2188nmを第1波長に、細断試料でリグニンの吸収があるとされる波長付近<sup>12, 13)</sup>1670nmを第1波長に選択した。リグニンは粗繊維の主たる構成物質で、植物の生長が進むとともに増大し、消化率とは負の相関を示すとされていること<sup>14)</sup>から乾物消化率と密接に関係があると思われる。

PLSによる検量線においては、CPの粉碎試料で因子数7、細断試料で8、乾物消化率の粉碎試料で因子数8、細断試料で9を選択した検量線が最良であった。

表2 MLRおよびPLSによる検量線の作成結果

項目	試料サイズ	MLR法						PLS法		
		使用波長 (nm)				r	SEC	因子数	r	SEC
		1	2	3	4					
CP	粉碎	2164	2106	1982		0.983	0.74	7	0.992	0.52
CP	細断	2188	2120	1664	1150	0.978	0.86	8	0.989	0.61
IVDMD	粉碎	2188	1676	1350	2212	0.958	2.46	8	0.972	2.03
IVDMD	細断	1670	1718	2268	1198	0.952	2.63	9	0.962	2.37

注1) MLR：線形重回帰分析

2) PLS：部分最小二乗法による回帰分析

3) r：検量線作成における相関係数

4) SEC：検量線における標準誤差

MLR および PLS により作成した検量線の推定精度を表3に示した。MLR を用いた CP での検量線の推定精度は、粉碎試料で  $r=0.979$ ,  $SDP=0.80$ , 細断試料で  $r=0.974$ ,  $SDP=0.88$ , 乾物消化率では、粉碎試料で  $r=0.950$ ,  $SDP=2.56$ , 細断試料で  $r=0.944$ ,  $SDP=2.71$  となった。

MLR においては推定する目的成分の吸収波長とされる波長を選択することが重要であり、CP についてはこれに準じる結果で、高い推定精度を得た。乾物消化率のように多くの物質が関与したものでは、検量線に用いる波長の特定は難しいとされているが、今回の検量線作成では、タンパク質およびリグニンを中心とした繊維成分の波長を選択する事によって十分な推定精度を得ることができた。これら CP および乾物消化率における波長の選択や推定精度については、前報<sup>1~4)</sup>にて報告した各草種での検量線と同様の傾向を示した。

PLS を用いた CP での検量線の推定精度は、粉碎試料で  $r=0.990$ ,  $SDP=0.57$ , 細断試料で  $r=0.979$ ,  $SDP=0.78$ , 乾物消化率では粉碎試料で  $r=0.964$ ,  $SDP=2.18$ , 細断試料で  $r=0.949$ ,  $SDP=2.60$  となった。MLR に比べ PLS では解析に用いる情報量を飛躍的に増やすことができ、物質由来の吸収とノイズを分離し易く、オーバーフィッティングが避けられる<sup>7)</sup>等の利点が挙げられている。そのため、牧草の栄養成分項目に関係なく PLS を用いた検量線の報告は多数あり<sup>15~17)</sup>, 比較的精度の高い検量線が作成できるとされている。

MLR と PLS を推定精度で比較すると、試料サイズ(粉碎・細断)や測定項目(CP・乾物消化率)において、PLS で作成した検量線が  $SDP$ ,  $r$  とともに優れた結果となった。これらは前報<sup>1~4)</sup>にて報告した各草種での検量線と同様の傾向であった。PLS において作成した検量線における NIR 値と化学分析値との関係を図1に示した。図1のように CP, 乾物消化率について、NIRS 推定値と化学分析値との間に高い相関が確認できた。

表3 検定試料におけるMLRおよびPLSによる検量線の推定精度

項目	試料サイズ	MLR				PLS			
		r	SDP	EI	評価	r	SDP	EI	評価
CP	粉碎	0.979	0.80	8.71	A	0.990	0.57	6.20	A
CP	細断	0.974	0.88	9.58	A	0.979	0.78	8.49	A
IVDMD	粉碎	0.950	2.56	14.97	B	0.964	2.18	12.74	B
IVDMD	細断	0.944	2.71	15.84	B	0.949	2.60	15.20	B

注1) MLR：線形重回帰分析

2) PLS：部分最小二乗法による回帰分析

3) r：検量線検定における相関係数

4) SDP：検量線の検定における標準誤差

5)  $EI=2 \times SDP / \text{レンジ} \times 100$  (%)

A=very good (~12.4) B=good (12.5~24.9) C=fair (25.0~37.4) D=poor (37.5~49.9)

E=very poor (50.0~)

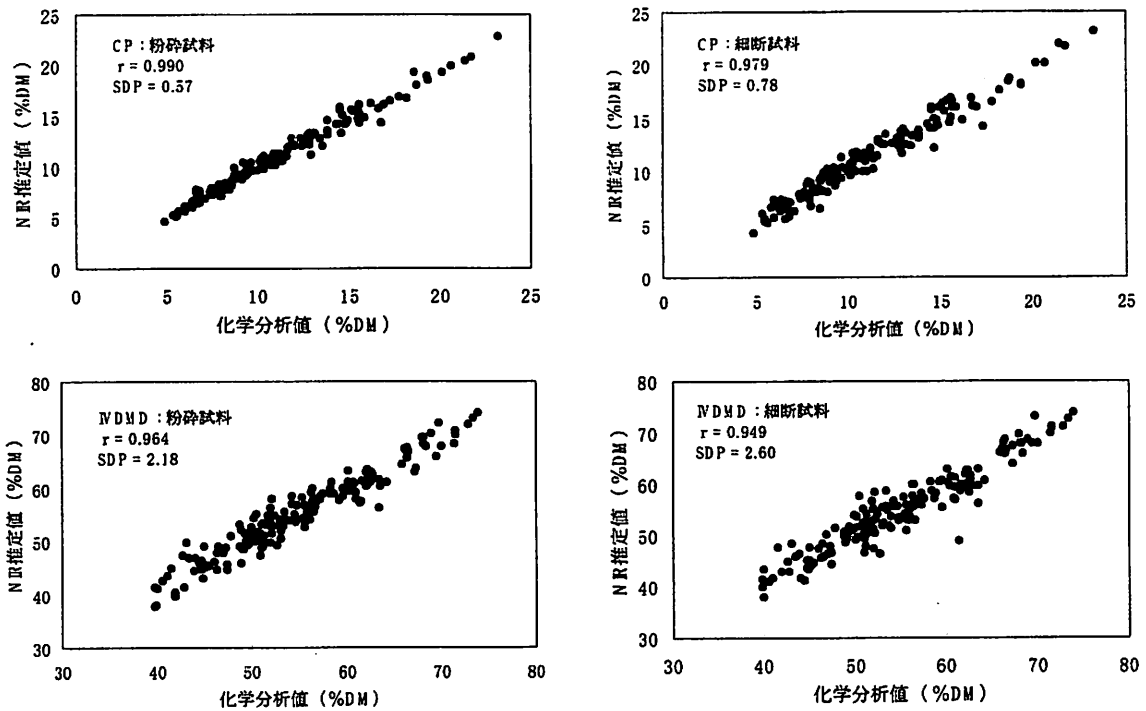


図1 PLSにより作成した検量線の検定用試料におけるNIRS値と化学分析値との関係  
注) 供試試料は4草種160点について行い、すべてプロットした。

推定精度の評価指数であるEIにおいて、粉砕試料によるCPの検量線ではMLRで8.71%、PLSでは6.20%、細断試料においてもMLRで9.58%、PLSで8.49%と、すべてにおいてA評価となった。粉砕試料による乾物消化率については、MLRで14.97%、PLSでは12.74%、細断試料においてもMLRで15.84%、PLSで15.20%と、すべてにおいてB評価であった。以上の結果は、前報<sup>1~4)</sup>にて報告した各草種でのEIと比較しても大きな差はなく、実用に耐えうる十分な推定精度であったと考えられる。

## V 引用文献

- 1) 長利真幸・守川信夫・當眞嗣平・望月智代(2003)近赤外分析法による暖地型牧草の成分および栄養価の推定(1)ギニアグラスにおける粗タンパク質含有率および乾物消化率の検量線作成, 沖縄畜試研報, 41, 113-117
- 2) 長利真幸・守川信夫・當眞嗣平・望月智代(2003)近赤外分析法による暖地型牧草の成分および栄養価の推定(2)パンゴラグラスにおける粗タンパク質含有率および乾物消化率の検量線作成, 沖縄畜試研報, 41, 118-122
- 3) 長利真幸・守川信夫・當眞嗣平・望月智代(2004)近赤外分析法による暖地型牧草の成分および栄養価の推定(3)ジャイアントスターグラスにおける粗タンパク質含有率および乾物消化率の検量線作成, 沖縄畜試研報, 42, 37-41
- 4) 長利真幸・守川信夫・當眞嗣平・望月智代(2004)近赤外分析法による暖地型牧草の成分および栄養価の推定(4)ローズグラスにおける粗タンパク質含有率および乾物消化率の検量線作成, 沖縄畜試研報, 42, 42-46
- 5) Goto, I. and D. J. Minson(1977) Prediction of the dry matter digestibility of tropical grasses using a pepsin-cellulase assay, *Animal Feed Science and Technology*, 2, 247-253
- 6) 自給飼料品質評価研究会(2001)改訂粗飼料品質評価ガイドブック, 日本草地畜産種子協会, 8-9

- 7) 自給飼料品質評価研究会(2001)改訂粗飼料品質評価ガイドブック, 日本草地畜産種子協会, 53-69
- 8) 水野和彦・榊原敏之・杉田紳一・中山貞夫(1998)近赤外線反射測定法(NIRS)によるオーチャードグラス未粉碎試料の化学分析および分解率の簡易推定法, 日本草地学会誌, 44(別), 266-267
- 9) 甘利雅弘・阿部亮・田野良衛・柁木茂彦・芹沢駿治・古賀照章(1987)近赤外分析法による粗飼料の成分分析と栄養価の推定法Ⅰ. キャリブレーションの精度と未知飼料の推定精度, 日本草地学会誌, 33(3), 219-226
- 10) 水野和彦・石栗敏機・近藤恒夫・加藤忠司(1988)近赤外線反射率測定法による乾草の成分および栄養価の推定Ⅰ. 成分および栄養価の推定精度とその評価, 草地試験場研究報告, 38, 35-46
- 11) ニレコ-NIRS システムズ(1994)近赤外分光分析法技術資料Ⅲ, 18-19
- 12) 自給飼料品質評価研究会(2001)改訂粗飼料品質評価ガイドブック, 日本草地畜産種子協会, 61
- 13) 甘利雅弘・阿部亮・河野澄夫・趙爽光(1991)近赤外スペクトルにおける粗飼料中の繊維性成分の吸収特性, 畜産試験場研究報告, 51, 17-27
- 14) 阿部亮(1988)炭水化物成分を中心とした飼料分析法とその飼料栄養価評価法への応用 3)酸性デタージェント繊維とリグニン定量, 畜産試験場研究資料第2号, 23-29
- 15) 垣内一明・脇大作・町田豊・千葉明宏(2000)飼料作物の品質評価法の確立 第2報. 近赤外分析におけるローズグラス中の硝酸態窒素の検量線作成, 鹿児島県畜産試験場研究報告, 33, 55-57
- 16) 梅田剛利・小山太・高椋久次郎(2001)近赤外分光法による肉牛ふん堆肥の無機塩類含量の推定, 福岡県農業総合試験場研究報告, 20, 105-108
- 17) 金谷千津子・丸山富美子・清水雅代・赤江静雄・斉藤堅伸・石崎和彦・土屋いずみ・清水政浩・平尾賢一(1999)近赤外分析法による粗飼料の中性デタージェント繊維(NDF)の推定精度, 富山県畜産試験場研究報告, 14, 29-31

---

研究補助：小浜健徳，竹内千夏，平良樹史，具志堅興司