

[短 報]

## 牧草サイレージの調製条件とタンパク質分画

原 悟志\*1 藤田眞美子\*2 堂腰 顕\*1 上田 和夫\*1 西村 和行\*1 扇 勉\*1

水分含量 55%以下の牧草サイレージでは、水分含量の低下とともに、溶解性タンパク質割合は減少し、結合性タンパク質、NDF 中タンパク質割合および非分解性タンパク質割合は高まる傾向がみられた。水分含量が 55%を越える場合では、水分含量にともなう変化は少ないと考えられた。出穂期に調製したサイレージに比べて結実期に収穫調製したサイレージでは、溶解性タンパク質割合が少なく、非分解性タンパク質割合は高かった。2 番草は 1 番草（出穂期）に比べて、溶解性タンパク質割合が低く、非分解性タンパク質割合は高かった。ギ酸添加により、溶解性タンパク質割合は低下した。

### 緒 言

飼料タンパク質は、従来、粗タンパク質として評価されていたが、近年、乳牛の消化生理を考慮してさらに、溶解性タンパク質、非分解性タンパク質、結合性タンパク質と区分して飼料給与する試みがなされている。

このような飼料タンパク質の分画については、濃厚飼料ではすでに明らかになっているが、粗飼料、特に、牧草サイレージのタンパク質分画を検討した報告は見られない。粗飼料主体の飼養体系では、乳牛の必要とするタンパク質量の約 40%が粗飼料から供給されることから、牧草サイレージのタンパク質の特性、分画の把握は重要となる。

そこで、本試験では牧草サイレージの利用性向上の一環として、サイレージの水分含量、刈取りステージ、調製形態およびギ酸添加が、牧草サイレージのタンパク質分画に及ぼす影響を明らかにした。

### 試験方法

#### 処理および原料草

試験は次のとおり 2 カ年実施した。

#### 1996 年

処理は刈取ステージ、原料草水分含量およびギ酸添加を要因として図 1 のとおりとした。

チモシー主体牧草（マメ科乾物割合 15%）を、出穂始期（6 月 27 日）および結実期（8 月 7 日）に刈取りし、高水分区は直ちにハーベスタ（設定切断長 10 mm）を用いて収穫した。中・低水分区（設定乾物率、それぞれ 30%、

1999 年 5 月 20 日

\*1 北海道立根釧農業試験場, 086-1153 中標津町

\*2 北海道庁農政部農業改良課, 060-8588 札幌市

図 1 1996 年 試験処理

ステージ	水分含量	ギ酸添加
出穂期 × 結実期	高水分 × 中水分 × 低水分	無添加
		添加

45%) は圃場で予乾し、中水分区は刈取り当日、低水分区は翌日にサイレージ調製した。予乾牧草の一部はさらに屋外で乾草に調製した。

原料草は、120 L 容のコンテナ内で 2 重のビニール袋に詰め込み、脱気し密閉した。1 個あたりの原料草調製量は、乾物 10 kg または 4 kg 程度とした。ギ酸添加区では、原物あたり 0.5% 量のギ酸を、原料草詰め込み時に添加した。サイレージ調製は、各処理毎に 6 反復実施した。

これらのサイレージは、屋外で 40 日以上放置した後開封し試料を採取した。

#### 1997 年

処理は原料草水分含量、番草、細切サイレージとロールサイレージの比較および越冬の影響を要因として図 2

図 2 1997 年 試験処理

調製形態	ステージ	水分含量およびギ酸添加	開封時期
細切サイレージ	1 番草 (出穂期)	高水分	越冬前
		高水分+ギ酸	
	2 番草	中水分	越冬後
		低水分	
ロールサイレージ	1 番草 (出穂期)	高水分	越冬前
		高水分+ギ酸	
	2 番草	中水分	越冬後
		低水分	

のとおりとした。

チモシー主体牧草を、出穂期（7月1日）および2番草を1番草刈取後77日（9月16日）に刈取った。細切サイレージは、全処理とも1個あたり調製量を乾物約10kgとした。ロールサイレージは、細切サイレージと同じ原料を用いてラッピング機でサイレージ調製した。サイレージ調製は、各処理毎に3～7反復実施した。1番草、2番草とも刈取り当日に全てのサイレージ調製を終了した。これらのサイレージは屋外で60日以上放置した後、越冬前および越冬後の翌春に分けて開封し試料を採取した。

### 分析方法

採取したサイレージは、通風乾燥（60°C、48時間）および凍結乾燥し分析に供した。原料草およびサイレージの一般化学組成は、通風乾燥した試料を用いて常法により分析した。タンパク質分画は凍結乾燥した試料を用い、結合性タンパク質、溶解性タンパク質およびNDF中のタンパク質（以下、NDFIPと略す。）を Licitra らの方法<sup>2)</sup>、非分解性タンパク質は Roe らの方法<sup>3)</sup>により分析した。

有意差の検定は、2または3の要因毎に2または3元配置で統計処理し、主効果の値として最小二乗平均値を用いた。結果および考察では、各要因毎にとりまとめて示した。

## 結果および考察

### 1. 原料草のタンパク質分画

サイレージ原料草および乾草の化学成分およびタンパク質分画を表1示した。

表1 原料草の化学成分およびタンパク質分画 (1996, 1997)

年次	刈取 ステージ	水分 区分	化学成分			タンパク質分画			
			DM	CP	NDF	CPb	NDFIP	CPs	CPu
		%	—%DM—			—%CP—			
1996	出穂期	高水分	14.9	17.2	57.1	5	15	48	26
		中水分	28.7	16.3	56.9	5	16	56	25
		低水分	41.1	16.5	59.4	5	17	55	28
		(乾草)	73.0	14.0	63.3	6	34	22	35
	結実期	高水分	21.8	13.5	60.8	9	16	54	30
		中水分	32.4	14.5	64.5	11	20	49	31
		低水分	49.0	12.2	66.5	14	30	44	39
		(乾草)	85.1	15.3	65.0	8	35	34	39
1997	1番草 (出穂期)	高水分	26.2	14.7	60.8	4	21	39	40
		中水分	31.8	13.9	65.3	5	24	41	34
		低水分	43.7	14.3	64.6	6	28	40	41
		(乾草)	90.7	11.5	72.2	9	51	26	34
	2番草	高水分	24.2	16.2	59.7	5	32	39	42
		低水分	48.2	13.5	60.7	7	32	39	38

CPb：結合性タンパク質，NDFIP：NDF中タンパク質  
CPs：溶解性タンパク質，CPu：非分解性タンパク質

いずれの原料草においても水分含量の低下にともない、結合性タンパク質およびNDFIP割合は増加し、予乾過程でタンパク質の一部が繊維と結合する傾向がみられた。乾草は、サイレージ原料草に比べて、溶解性タンパク質割合は低く、非分解性蛋白質は高い値を示した。一方、サイレージ原料草では、溶解性タンパク質および非分解性タンパク質割合は水分含量低下にともなう一定の傾向はみられなかった。これは、予乾過程で一部のタンパク質は繊維と結合するものの、一方では、予乾中に原料草のタンパク質が分解される<sup>4)</sup>ためと考えられる。

### 2. 水分含量

概して水分含量の低いサイレージほど、NDFIP割合が高く、溶解性タンパク質割合は低い傾向がみられた。一方、1996年出穂期調製サイレージでは、水分含量にともなう一定の傾向はみられなかった（表2）。

サイレージの水分含量が低い場合には、サイレージ発酵は抑制され、溶解性タンパク質割合が低下する。この発酵抑制が生じる水分含量は55～60%以下とされている<sup>4)</sup>。本試験の全成績をとりまとめて、サイレージの乾物率毎に集計した結果を図2に示す。

本試験においても、水分含量55%以下で溶解性タンパク質割合の低下がみられている。このことから、水分含量55%以下ではサイレージ発酵が抑制された結果として、溶解性タンパク質の低下が生じると考えられる。なお、水分含量が55%以上である高水分および中水分サイレージでは水分含量がタンパク質分画に及ぼす影響は少ないと推測される。

### 3. 原料草の刈取ステージ

出穂期に調製したサイレージの溶解性タンパク質および

表2 水分含量がサイレージのタンパク質分画に及ぼす影響

調製形態	原料草	水分含量	CPb	NDFIP	CPs	CPu
細切サイレージ						
—%CP—						
1996	出穂期	高水分	4	12a	60a	25a
		中水分	4	11a	64b	23b
		低水分	4	15b	60a	24ab
	結実期	高水分	10a	14a	57a	32
		中水分	6b	16b	57a	30
		低水分	7b	24c	50b	34
1997	1番草 (出穂期)	高水分	5	11a	66a	25a
		中水分	6	16b	59b	26ab
		低水分	6b	16b	60b	29b
	2番草	高水分	6a	13a	63a	29a
		中水分	9b	23b	54b	38b
		低水分	9b	23b	54b	38b
ロールサイレージ						
1番草 (出穂期)	中水分	8	19	60	32	
	低水分	8	21	55	34	

CPb：結合性タンパク質，NDFIP：NDF中タンパク質  
CPs：溶解性タンパク質，CPu：非分解性タンパク質  
最小二乗平均値，異文字間に有意差あり（p<0.05）

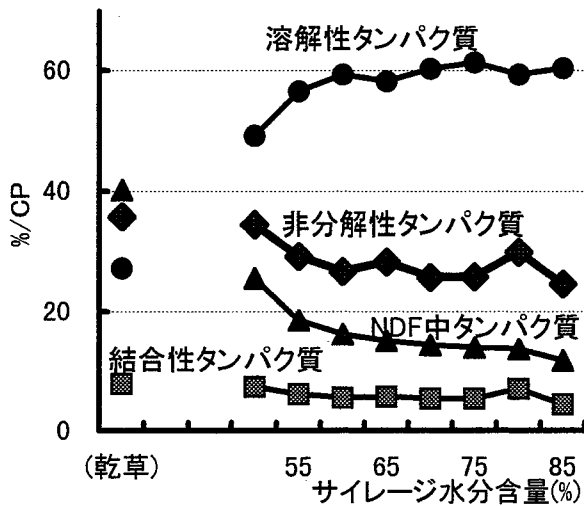


図3 サイレージ水分含量とタンパク質分画

非分解性タンパク質割合は、61%および24%であった。これに対し、結実期に収穫調製したサイレージは、溶解性タンパク質割合は54%、非分解性タンパク質割合は31%と、原料草のステージの進行によりタンパク質分画は変化した(表3)。

細切サイレージでは、2番草は1番草に比べて非分解性タンパク質割合のみが高かった。一方、ロールサイレージのタンパク質分画は、原料草により異なり、2番草は1番草に比べて溶解性タンパク質割合が低く、非分解性タンパク質割合は高かった。2番草の原料草は、1番草に比べてNDFIP割合が高く、繊維と結合したタンパク質含量が多く、このことが非分解性タンパク質割合を高くしたと推測される。

表3 刈り取りステージがタンパク質分画に及ぼす影響

区分	原料草	CPb	NDFIP	CPs	CPu
————— %CP —————					
細切サイレージ					
1996	出穂期	4a	13a	61a	24a
	結実期	7b	18b	54b	31b
1997	1番草(出穂期)	6	18	57	29a
	2番草	7	19	56	33b
ロールサイレージ					
1997	1番草(出穂期)	7a	16a	62a	28a
	2番草	10b	24b	52b	38b

CPb：結合性タンパク質，NDFIP：NDF中タンパク質  
CPs：溶解性タンパク質，CPu：非分解性タンパク質  
最小二乗平均値，異文字間に有意差あり (p<0.05)

4. ギ酸の添加効果

1996年出穂期に調製したサイレージでは、タンパク質分画に有意な差はみられなかった。一方、1996年結実期および1997年の出穂期における添加試験では、ギ酸添加区は無添加区に比べてNDFIP割合が高く、溶解性タン

表4 ギ酸添加がサイレージのタンパク質分画に及ぼす影響

区分	ギ酸	CPb	NDFIP	CPs	CPu
————— %CP —————					
1996					
出穂期	無添加	5	12	62	25
	添加	4	13	60	24
結実期	無添加	8	17a	56a	33
	添加	8	19b	54b	31
1997					
出穂期	無添加	6	12a	65a	27
	添加	6	16b	57b	30

CPb：結合性タンパク質，NDFIP：NDF中タンパク質  
CPs：溶解性タンパク質，CPu：非分解性タンパク質  
最小二乗平均値，異文字間に有意差あり (p<0.05)

パク質割合は低かった(表4)。

ギ酸は、サイレージ発酵過程に生じるタンパク質分解を抑制することはすでに知られている。本試験では、一部効果が明瞭に現れなかったが、ギ酸添加により原料草のタンパク質分解が抑制された結果として、溶解性タンパク質割合は低下すると考えられる。

5. サイレージの貯蔵期間

細切サイレージでは、タンパク質分画に及ぼす貯蔵期間の影響はみられなかった(表5)。中水分ロールサイレージのタンパク質分画は、利用時期で異なり、越冬前利用に比べて越冬後利用では、溶解性タンパク質は低く、非分解性タンパク質は高かった。中水分ロールサイレージにおける溶解性タンパク質割合の低下については、越冬前に比べて越冬後でCP含量の低下および乾物率の増加がみられていることから、タンパク質の流失が生じたことが原因と考えられた。

表5 貯蔵期間がサイレージのタンパク質分画に及ぼす影響

区分	利用時期	CPb	NDFIP	CPs	CPu
————— %CP —————					
細切サイレージ	越冬前	6	16	60	28
	越冬後	6	15	60	26
ロールサイレージ	越冬前	8	19	60a	31a
	越冬後	9	21	54b	35b

CPb：結合性タンパク質，NDFIP：NDF中タンパク質  
CPs：溶解性タンパク質，CPu：非分解性タンパク質  
最小二乗平均値，異文字間に有意差あり (p<0.05)

6. サイレージの調製形態

いずれのタンパク質分画においても、サイレージの調製形態の違いによる差はみられなかった(表6)。

本試験で検討したサイレージの調製条件の影響をまとめて表7に示した。

表6 サイレージの調製形態がタンパク質分画に及ぼす影響

調製形態	CPb	%CP		
		NDFIP	CPs	CPu
細切サイレージ	6	16	59	27
ロールサイレージ	7	16	62	28

CPb：結合性タンパク質，NDFIP：NDF 中タンパク質  
CPs：溶解性タンパク質，CPu：非分解性タンパク質  
最小二乗平均値

表7 サイレージのタンパク質分画に及ぼす各種要因とその影響

要因	CPb	NDFIP	CPs	CPu
水分含量 55%以上	—	—	—	—
低下 55%以下	↑	↑	↓	↑
原料草 ステージの進行	↑	↑	↓	↑
2番草/1番草	↑	↑	↓	↑
ギ酸添加	—	↑	↓	—
利用時期 越冬後/越冬前	—	↑	↓	↑
調製形態 ロール/細切	—	—	—	—

CPb：結合性タンパク質，NDFIP：NDF 中タンパク質  
CPs：溶解性タンパク質，CPu：非分解性タンパク質  
↑：増加，↓：低下，—：変化なし

本試験で調製したサイレージの結合性タンパク質，溶解性タンパク質および非分解性タンパク質割合の最小および最大値は，それぞれ，4～10%，49～65%および23～37%であり，タンパク質分画はサイレージの調製条件により変動した。

原料草のステージの影響は，他の要因に比べて大きく作用し，結実期の溶解性タンパク質割合は，出穂期に比べて7ポイント，また，ロールサイレージでは，2番草は1番草に比べて10ポイント低かった。水分含量に関しては，低水分サイレージでは，サイレージ発酵が抑制される結果として，溶解性タンパク質割合は低下した。一方，55%以上の水分含量では，発酵抑制効果はわずかであり，水分含量がタンパク質分画に及ぼす影響は少ないと考えられた。ギ酸の添加効果については，本試験ではギ酸を添加しない場合であっても発酵品質は良好であったため，一部明瞭な効果が現れなかったが，ギ酸にはサイレージ発酵過程で生じるタンパク質分解を抑制する効果があることは広く知られており<sup>4)</sup>，ギ酸添加により溶解性タンパク質は低下するものと考えられる。

タンパク質分画は，排汁への流出および蓄積によっても影響されると考えられる。今後は，実用規模で排汁の有無等を含めて検討する必要がある。また，非分解性タンパク質は，酵素法により分析した。この分析方法は，現在のところ確立された方法とはいえず，in vivo，または，ナイロンバッグ法を用いてより詳細に検討する必要があると考えられる。

## 引用文献

- 1) National Research Council. "Nutrient requirements of Beef Cattle (7th revised ed.)". National Academy Press. Washington, D. C. 1996.
- 2) Licitra G. et al., "Standardization of procedures for nitrogen fraction of ruminant feeds". Animal Feed Science Technology. 57, 347-358 (1996).
- 3) Roe M.B. et al., "Techniques for measuring protein fractions in feedstuffs". Proceedings of Cornell Nutrition Conference. Cornell Univ. Ithaca. 1990.
- 4) Peter McDobald et al., "サイレージの生化学. 第2版". デーリィ・ジャパン社. 東京. 1991.

## The Effect of Ensiling Methodology on the Protein Fractions of Grass Silage

Satoshi HRA\*, Fujita MMIKO, Akira DOKOSHI, Kazuo UEDA, Kazuyuki NISHIMURA, Tsutomu OHGI

\* Hokkaido Prefect. Konsen Agric. Exp. Stn., Nakashibetsu, Hokkaido, 086-1153 Japan.