

粗飼料成分に対する一般分析法と Van Soest 法の比較

III. サイレージにおける比較

小島 洋一・岡野 寛治*

YOICHI KOJIMA and KANJI OKANO

Comparison of the ordinary method and the Van Soest method on analysis of roughages

III. Comparison of the methods with silages of different growth stages of soiling oat and Italian ryegrass.

要旨: 前報^{1),2)}に引き続いて、粗飼料の栄養成分を分析しその価値を知ろうとする場合、一般分析法と Van Soest 法の二者間にどのような得失があるかを採取時期の異なる材料で調製されたサイレージにて検討した。

材料はエンバクおよびイタリアン・ライグラスを用いた。前回¹⁾の乾草で比較した試験においては一般分析法の粗繊維と Van Soest 法の NDF および ADF の間に有意な高い相関がみとめられたが、サイレージにした場合には、エンバクで粗繊維と ADF 間に、イタリアン・ライグラスで粗繊維と NDF 間のみのみとめられただけであった。その結果サイレージにした場合には粗繊維から ADF および NDF の値を推定することは、困難であると思われた。

またサイレージ調製中に起る成分とくに繊維質の変化を知る上に Van Soest 法は一般分析法に比較して優れた方法であると考えられた。しかし各成分のエネルギー的な価値を知るためには現時点では一般分析法の方が優れており、今後 Van Soest 法にエネルギー的な配慮を加えねばならないだろう。

I 緒 言

粗飼料の有効な保存法として、サイレージにすることが広く行われている。とくに日本のような乾草調製時期である夏期に湿度が高く、また降雨も多い国においては乾草をつくるにはきわめて不利であるため、粗飼料はサイレージにして保存する場合が多い。一方、今後の世界的な人口の増加によって外国からの穀類の輸入が容易でなくなった場合には、家畜とくに草類を有効に利用出来る反すう動物は今よりもさらに重要な家畜としての位置をしめることになるであろう。その時にはこのせまい国土を十分に利用した飼料生産を考

えねばならず、穀類生産に不向きな土地を利用して粗飼料生産を行い、国内での畜産物の生産量を上げることを考えねばならない。そこで粗飼料の保存法としてサイレージが今後とも日本の畜産物生産にとって重要な手段となり、今後ますますサイレージの生産は増加するものと考えられる。

粗飼料の栄養価を評価する場合、繊維成分および可溶無窒素物の含量がとくに問題とされ、現在一般に用いられている分析法では、粗繊維の定量操作中の希アルカリ液処理によりリグニンの大半が溶脱し、その溶脱したリグニンは可溶無窒素物の分画に入り、反すう動物に与える粗飼料の栄養価を推定する場合きわめて

京都府立大学農学部畜産学研究室

Laboratory of Animal Husbandry, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Kyoto, Japan.

* 現在、滋賀県立短期大学

昭和52年7月29日受理

不備といわなければならない。しかし最近 Van Soest らの提唱した方法ではリグニンの溶脱がほとんど生じない利点があり、粗飼料の栄養価の測定法としてきわめて合理的であると云われている。また今後粗飼料の栄養価の化学的な評価法としての主流をなす手段と考えられている。

サイレージとはその調製時に微生物による発酵を伴うため、その成分におよぼす影響は乾草調製の場合とは異なるものと考えられる。本試験ではエンバクおよびイタリアンライグラスを各生育期ごとに刈り取り、サイレージを調製した場合の栄養成分を従来からの一般分析法 (Weende 法) および最近の Van Soest 法により分析しその評価にどのような差が生じるものか、さらに乾草にした場合と比較して成分的にどのような差が生じるのかを上述の2つの方法で検討しようとするものである。

II 試験方法

本学農場においてエンバクおよびイタリアン・ライグラスを栽培し試料とした。エンバクは昭和45年11月10日に播種し、幼穂期 (昭和46年4月14日)、節間伸長期 (同年4月28日)、穂ばらみ期 (同年5月17日)、開花期 (同年6月2日) および乳熟期 (同年6月18日) に刈りとり供試した。イタリアン・ライグラスは昭和45年10月30日に播種し、幼穂期 (昭和46年4月14日)、節間伸長期 (同年4月28日)、穂ばらみ期 (同年5月10日)、出穂期 (同年5月17日) および開花期 (同年6月2日) に刈り取り供試した。刈り取り方法は各期任意に5区画 (1区画1m²) を刈り取り、それらの中から任意に1束1kgのものを5束作り、通風乾燥器で70°Cで16時間乾燥し各束の乾物重を平均して乾物重量とした。サイレージの調製は前記の刈り取った青草

第1表 サイレージ調製前の試料の一般分析法による分析結果

刈取期	水分	乾物 (%)					
		粗蛋白質	粗脂肪	可溶無窒素物	粗繊維	粗灰分	
エンバク	幼穂期	87.20	19.90	5.31	42.87	20.45	11.48
	節間伸長期	88.35	14.92	2.93	41.04	29.99	11.12
	穂ばらみ期	83.94	9.20	3.12	46.70	31.38	9.61
	開花期	83.40	7.16	2.46	44.41	37.43	8.54
	乳熟期	73.04	5.56	3.03	50.60	34.23	6.59
イタリアンライグラス	幼穂期	85.50	16.12	5.05	46.78	20.75	11.31
	節間伸長期	85.30	12.83	3.45	43.06	30.04	10.63
	穂ばらみ期	81.24	7.94	2.76	47.16	32.62	9.53
	出穂期	79.70	8.47	2.56	43.94	34.57	10.45
	開花期	74.10	7.28	2.03	44.36	35.34	11.00

第2表 サイレージ調製後の試料の一般分析法による分析結果

刈取期	水分	乾物 (%)					
		粗蛋白質	粗脂肪	可溶無窒素物	粗繊維	粗灰分	
エンバク	幼穂期	85.00	20.05	11.78	35.11	25.82	7.24
	節間伸長期	86.46	15.31	6.10	38.23	28.33	12.03
	穂ばらみ期	89.38	7.42	5.05	33.85	38.72	14.98
	開花期	86.67	5.64	4.36	39.68	39.91	10.42
	乳熟期	68.96	6.76	4.41	46.65	34.67	7.52
イタリアンライグラス	幼穂期	89.56	15.06	7.61	26.68	33.68	16.98
	節間伸長期	87.29	10.09	6.07	32.86	37.49	13.48
	穂ばらみ期	86.87	9.41	5.06	35.42	37.45	12.67
	出穂期	84.17	7.98	4.29	33.53	42.13	12.07
	開花期	83.33	8.48	4.29	35.60	40.31	11.33

を押し切りによって約 3 cm ～ 5 cm の長さに切断し、よく混合し、総量 5 kg を 5 重のビニール袋に詰めこんだ。吸引ポンプにて脱気し厚いビニール製の肥料袋でさらにおおい密封して本学農場に深さ 1 m の穴を掘り、埋草した。埋めこみ後 60 日を経たらビニール袋を掘り出し、各ビニール袋からサイレージとなったものを取り出し、pH を測定³⁾した後サイレージの品質の評価⁴⁾のための分析⁵⁾に供するまで小さなビニール袋に入れて -24℃ のストッカー内に保存した。

また掘り出したビニール袋から 600g づつ 4 サンプル採取し、これを通風乾燥器にて 70℃ 16 時間乾燥した後各サンプルの乾物量を測定し、次に粉碎して分析に供した。これらの試料について従来の一般分析法⁶⁾による各成分を定量し、さらに NDF および ADF を Van Soest の方法^{7), 8)}によって定量した。

III 試験結果

各生育時期のエンバクおよびイタリアンライグラスの乾草およびサイレージの一般分析法による分析結果は第 1 表および第 2 表のごとくである。

またそれを Van Soest 法にて分析した結果は第 3 表および第 4 表のごとくであり、さらに Van Soest 法と一般分析法の成分分画の比較を第 1 図に示してある。

出来上ったサイレージについて常法³⁾にて pH を測定し、また有機酸をフリーク法⁹⁾によって定量し第 5 表に示した。

IV 考察

調製されたサイレージの一般分析法による分析結果(第 2 表)によれば、エンバクおよびイタリアン・ライグラスともに水分は生育が進んだものほど少なくなっており、また粗蛋白質、粗脂肪は生育が進むと少なくなっている。また可溶無窒素物および粗繊維は生育が進んだものほどその割合が増加する傾向があった。

一方、調製されたサイレージの Van Soest 法による分析結果(第 4 表)によれば、主に細胞内容物であるペクチンやでんぷん、非蛋白態窒素や可溶性蛋白質およびその他水溶性物質などを含んでおり反すう動物がきわめて早く反すう胃内で分解を行う中性デタージェントで溶出してしまう NDS は植物の生育とともにそのサイレージ中にしめる割合は減少していつている。一方繊維成分をあらわしている NDF は植物の生育とともにそのサイレージ中の割合は増加しており、とくにイタリアン・ライグラスにおいて著しい。また NDF から ADF を差し引いた値、すなわち主にヘミセル

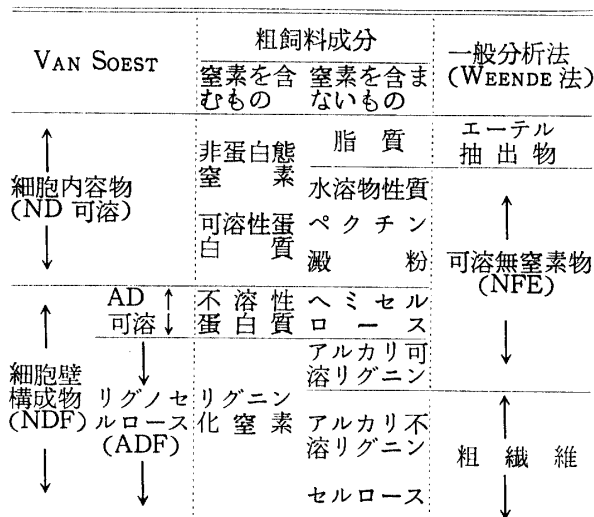
第 3 表 サイレージ調製前の試料の Van Soest 法による分析結果(乾物%)

刈取期		NDS	NDF	NDF-ADF	ADF
		(主に細胞内容物)	(主にヘミセルロース)		
エンバク	幼穂期	45.98	42.54	17.63	24.91
	節間伸長期	34.59	54.29	22.08	32.21
	穂ばらみ期	32.17	58.22	21.34	36.88
	開花期	20.55	70.91	27.29	43.62
イタリアンライグラス	乳熟期	24.98	68.43	28.82	39.61
	幼穂期	42.21	46.48	20.96	25.52
	節間伸長期	33.47	55.90	22.36	33.54
	穂ばらみ期	34.56	55.91	20.77	35.14
出穂期	出穂期	28.39	61.16	22.43	38.73
	開花期	27.23	61.77	23.73	38.04

第 4 表 サイレージ調製後の試料の Van Soest 法による分析結果(乾物%)

刈取期		NDS	NDF	NDF-ADF	ADF
		(主に細胞内容物)	(主にヘミセルロース)		
エンバク	幼穂期	50.00	42.76	14.63	28.13
	節間伸長期	35.04	52.93	18.60	34.33
	穂ばらみ期	25.91	59.11	15.75	43.36
	開花期	19.37	70.21	24.81	45.40
イタリアンライグラス	乳熟期	20.94	71.54	30.69	40.85
	幼穂期	33.37	49.65	14.52	35.13
	節間伸長期	24.87	61.65	18.00	43.65
	穂ばらみ期	24.18	63.15	19.85	43.30
出穂期	出穂期	21.92	66.01	21.21	44.80
	開花期	19.97	68.70	22.47	46.23

第 1 図 Van Soest 法と一般分析法の成分分画の比較



第5表 サ イ レ ー ジ の 品 質

	刈 取 期	pH	総 酸 量 (mg 当量)	総酸に対する各酸の%			評点	等級
				乳酸	酢酸	酪酸		
エン バ ク	幼 穂 期	3.94	55.96	61.3	38.7	0	88	優
	節 間 伸 長 期	4.62	21.76	35.3	62.0	2.7	83	優
	穂 ば ら み 期	4.90	40.66	19.7	77.0	3.3	35	中
	開 花 期	4.50	58.01	72.2	27.8	0	95	優
	乳 熟 期	4.91	40.19	43.8	45.2	11.0	45	可
イ タ リ ア ン ・ ラ イ グ ラ ス	幼 穂 期	5.20	—	—	—	—	—	—
	節 間 伸 長 期	5.30	37.62	30.1	46.0	23.8	30	中
	穂 ば ら み 期	5.05	42.62	37.5	40.6	21.8	30	中
	出 穂 期	5.00	49.82	34.3	38.9	26.8	35	中
	開 花 期	4.76	46.03	33.7	49.2	17.0	40	中

ローズからなるものは、NDFと同様に植物の生育とともにその割合を増加している。主にリグノセルローズであるADFにおいても植物の生育とともにサイレージ中にしめる含量は増加しており、これらサイレージ中の繊維成分の植物の生育ともなう増加は、反すう動物が分解利用出来るヘミセルローズの増加と反すう動物でもほとんど分解利用出来ないリグニンとセルローズの結合物であるリグノセルローズの双方の増加によるものであることが判断出来る。

以上の2つの分析方法による分析結果から得られる知見は、反すう動物にとって分解の容易である部分、すなわち一般分析法においては粗蛋白質、粗脂肪および可溶無窒素物の全体は生育とともに、エンバクでは穂ばらみ期まで減少しその後増加している。この結果をVan Soest法によるNDSの結果と比較してみると、その割合の増減の様子はかなり異なる。すなわちNDSにおいては植物の生育とともにその割合は減少しており、前述の一般分析法による結果の傾向とはかなり異っている。このことはエンバクにおいて一般分析法による易利用性の成分のうち粗蛋白質および粗脂肪が植物の生育とともに減少しているのに対して、糖、でんぷんなどを含む可溶無窒素物が増加の傾向を示したことによるものであると考えられる。エンバクサイレージにおける生育時期の経過ともなうNDSの減少が反すう動物にとって分解し易い成分の減少を示すものとすれば、一般分析法による結果からその点を正しく判断することは出来ない。堀井ら¹⁰⁾はVan Soest法について検討した結果、NDFはほとんど無視しうる誤差で細胞壁構成物質に相当することを認めている、従ってNDSの値は反すう動物にとって極めて分解利用し易い成分の割合を正確に示していると思われる。

さらにイタリアン・ライグラスのサイレージにおいても一般分析法とVan Soest法による分析結果から得られる知見にはエンバクの場合よりもさらに著しい違いがみられる。このような易利用性の成分に対する二法による粗蛋白質、粗脂肪および可溶性無窒素物の区分中に反すう動物にとってかなり分解利用しにくい区分が含まれているためではないかと考えられる。例えば可溶無窒素物中に粗繊維定量の際アルカリ処理によってリグニンが溶脱され可溶性無窒素物に含まれることはよく知られている。従って反すう動物が利用するサイレージの場合には反すう胃内での分解の難易でその飼料の特性を判断する機会が多く、その点を重視するならばVan Soest法を用いる方が一般分析法を用いるよりも適確な判断が出来るものと考えられる。

一方、反すう胃内での分解が遅い部分の多少の判断は一般分析法においては粗繊維区分の多少で判断されるが、Van Soest法においては繊維質全体をNDFとし、さらにそれをヘミセルローズ区分(NDF-ADF)およびリグノセルローズ区分(ADF)さらにADF中のリグニンを定量することによってセルローズ区分とリグニンに分けることが出来る。このようなVan Soest法における分解の難易度に従っての区分は、一般分析法による粗繊維単一区分よりも極めて反すう動物に対しては合理的であると云える。さらに一般分析法により粗繊維区分にはアルカリ可溶性リグニンが含まれないことを考え合わせると一般分析法による繊維成分の分析結果は極めて正確度を欠くことになる。この試験においても一般分析法の分析結果からは植物の生育時期が進むとともにそのサイレージは繊維成分が増加することは判断出来る、またこの繊維含量の増加はVan Soest法によるNDFの割合の増加と平行し、全

繊維成分に対しては二方法から同一の知見を得ることが出来る。しかし Van Soest 法では全繊維成分の増加はヘミセルロース区分およびリグノセルロース区分が共に増加したものであることがさらに判断出来る利点があり、また ADF 中のリグニンを分析すればさらに細い知見を得ることが出来るであろう。

そこでさらに NDS, NDF および ADF に対する一般分析の各成分の相互関係を知るために相関係数をもとめてその有意性を検討してみると、エンバクでは ADF ↔粗繊維 : $r=0.9803$ ($P<0.01$), イタリアンライグラスで NDF ↔可溶無窒素物 : $r=0.9426$ ($P<0.05$), NDF ↔粗繊維 : $r=0.9028$ ($P<0.05$), ADF 可溶無窒素物 : $r=0.9423$ ($P<0.05$) 以外に有意性はみとめられなかった。前回の乾草の場合の試験では NDF と ADF および粗繊維の分析値間に有意な高い相関がみとめられたのに対して今回のサイレージにした試験の場合、一般分析法による分析結果から、Van Soest 法による分析結果を推定することはかなり困難なようである。

サイレージが出来上るまでにはいくつもの段階の生化学的変化が起ることが知られている。詰め込み直後の植物細胞の呼吸による炭酸ガスの発生、炭水化物の消費による熱の発生、コリ型菌による発酵に続く乳酸菌の活動などによる変化が起り、詰め込み材料の変化が停止状態になるまでは約20日の日数を要する。これらの微生物その他による生化学的変化によって、詰め込み時の材料の栄養成分がサイレージになった時にはかなりの変化を受けていることが考えられる。当然それらの変化は詰め込み前の栄養成分およびサイレージになったものの栄養成分を分析し比較することによって検討されるべきであるがその分析方法として一般分析法による場合が多い。そこでサイレージ調製中の変化を一般分析法および Van Soest 法にて検討し、この2つの分析法によって栄養成分の変化がどの様に把握されるか比較検討してみた。まず一般分析法の結果(第1表・第2表)によればエンバク、イタリアン・ライグラスともに粗脂肪の割合が増加し、可溶無窒素物が減少している。また粗繊維においてはエンバクでは一定の傾向がみとめられないが、イタリアン・ライグラスではその割合が増加している。一方、Van Soest 法によれば NDS および NDF-ADF (ヘミセルロース)の割合が減少の傾向を示し、ADF は増加している。イタリアン・ライグラスはエンバクの場合に比較してきわめて明確に増減の傾向が表われており、NDS および NDF-ADF (ヘミセルロース)の割合が減少し、NDF および ADF の割合が増加している。以上

の結果から、サイレージにすることによる全損失を考えないで出来上ったものの成分割合の変化だけを問題にすれば、一般分析法では脂質は増加し、でんぷん質は減少したことになる。またイタリアン・ライグラスのみを考えれば、脂質および繊維質の割合が増加、可溶無窒素物が減少している。これらの一般分析法による結果は、サイレージにすることによって、蛋白質と脂質およびでんぷん質の3者を加えた易利用性部分は全体的には減少することを示しており、一方 Van Soest 法では、このことは NDS の減少となって現れている。またサイレージにすることによる粗繊維の割合の増加は NDF の増加と平行している。しかしながら、この増加した繊維質はサイレージ調製前のものより反すう動物にとって明らかに消化しにくいものであることが NDF-ADF (ヘミセルロース)の割合の減少、ADF (リグノセルロース)の割合の増加から Van Soest 法によると推定することが出来る。しかしながら、この様に両分析法によるサイレージ調製にともなう栄養成分の変化の推定はかなり相似しており相異点は Van Soest 法がより正確に細かに繊維成分の分解の難易性を推察出来ることである。このことは前報で、またこの試験で前述した一般分析法の繊維の分析結果と Van Soest 法の繊維の分析結果の差異に関することと同一の一般分析法に欠ける点である。

サイレージはその調製の良し悪しによって、かなり品質が左右されることがみとめられている。そこでこの試験において調整されたサイレージの品質に関して調査した結果が第5表である。なおイタリアン・ライグラスの幼穂期のはサンプル分析時の不手際から分析値を示すことが出来なかった。第5表によれば、イタリアン・ライグラスはエンバクに比較して全般的に品質が悪い。これは pH が高いこと、有機酸のうち酪酸の割合が多いことによるものである。しかしイタリアンライグラスにおいては品質は良くないがすべて同一評点であり、すべての生育期の材料が同様な発酵をうけたことを示している。これは一般分析法および Van Soest 法によって分析された栄養成分のサイレージにすることによる変化が、各成分ともすべての生育期で同じ傾向を示していたことから推察できる。一方エンバクにおいてはサイレージの品質が生育期によってまちまちであり、各生育期の材料が同一の発酵をうけていないことを示しており、サイレージにすることによる栄養成分の変化の両分析法による分析値の割合の増減が生育期によって一定していなかったことから推察できる。

以上の結果から反すう動物に与える粗飼料としての

サイレージの価値を知るための分析法として一般分析法に比較して Van Soest 法はかなり優れた点をもっていると考えられるが、現時点では Van Soest 法による分析結果から各成分のエネルギー的な価値を充分知ることは出来ず、この点では一般分析法の方が有利である。今後 Van Soest 法の各成分のエネルギー的な評価を行い、各成分またその粗飼料全体のエネルギー的な価値を判断出来る方法を研究して行くことが必要であろう。

引用文献

- 1) 小島 洋一・宇佐川 明・国松 豊・小松 明德 (1976) 京都府大学報・農, 28 :76.
- 2) 小島 洋一・坂東敏克・国松 豊・小松 明德 (1976) 京都府大学報・農, 28 :81.
- 3) 森本 宏 (1971) 動物栄養試験法, 413. 養賢堂, 東京.
- 4) 森本 宏 (1971) 動物栄養試験法, 425. 養賢堂, 東京.
- 5) 森本 宏 (1971) 動物栄養試験法, 419. 養賢堂, 東京.
- 6) 加藤 正信 (1965) 畜産学実験と実習, 272. 養賢堂, 東京.
- 7) Van Soest P. J. (1963) J. of A. O. A. C. 46 :823.
- 8) Van Soest P. J. (1967) J. of A. O. A. C. 50 :50.
- 9) 堀井 聡・阿部 亮 (1970) 畜試研報 23 :83.

Summary

An experiment was conducted to compare the Van Soest method to the ordinary method in analysis of roughage. Soiling oat and Italian ryegrass silages which had been ensiled at different stages of growth were used.

The Van Soest method was superior to the ordinary method in estimation nutritional availability and nutritional changes of silages especially in the

fiber fraction. Although significantly high correlations between the crude fiber and NFE, and crude fiber and ADF were recognized in the previous experiment with the hay only two cases crude fiber and ADF in soiling oat and crude fiber and NFE in Italian ryegrass were significantly related in the present experiment with silages.