

ソルガムサイレージの調製と 利用のポイント

宮崎大学農学部 三 秋 尚

I 飼料構造におけるソルガムの位置づけ

西南暖地において粗飼料としてのソルガムはトウモロコシと共存し、南九州では作付面積において比肩している。ここ10年来、トウモロコシホールクロップサイレージの普及は、燎原の野火の勢いで、ソルガムを駆逐するかのようであった。しかしながら、ソルガムが九州において広く栽培されている現状は、あらためて我々に次のことを教えている。ある1つの粗飼料を選択する場合、つまりその生産・利用を介して畜産経営への参加を決定するとき、飼料構造のなかでそれが吟味されるべきこと、そして粗飼料の1つの特性、例えば栄養価(DCP, TDNなどの含量)は粗飼料選択における重要な尺度であっても、それがすべてでないということである。

家畜生産における家畜と飼料の結合は、家畜管理と飼料の生産・貯蔵・給与の各領域にわたり体系化された技術の行使によって効率よく達成されるものである。この場合、「飼料の調達(生産と購入)・貯蔵・給与のシステム」は飼料構造と呼ばれている。自給粗飼料に限ってみれば、飼料構造は、「作付による土地利用方式」と「収穫物の家畜給与方式」の2本柱によって支えられている。この両方式は不可分の関係にあり、ある経営目標をかかげ両方式を統括して確立された技術体系のもとで、個々の粗飼料にそれぞれ生産・利用の分野が与えられる。分解的にみれば、ある飼料構造の技術体系を創造するためには、まず個々の飼料作物について、あらゆる特性が明らかにされなければなら

ない。これらの特性とは、自然環境への対応特性、利用適性、機械化適性、収量性、収穫期(利用時期)、栄養価、採種性(種子の入手)、糞尿還元、経済性などである。

飼料作物の諸特性に関する情報を得たうえで、1年間を単位として、所与の土地、施設、機械、家畜の能力と頭数、労働力、作目などの経営条件のもとで、次の4つの課題が同時に克服できる技術体系を備えた飼料構造が編み出される。4つの技術的課題とは、粗飼料の(1)低コスト生産、(2)量と質の安定的供給、(3)養分の効率的利用のための給与メニュー、(4)飼料給与の省力である。かような視点からソルガムの位置づけについて、2, 3の点にふれてみたい。

a 低コスト生産

ソルガムは、他の栽培粗飼料と同様に、重要な栄養素源である。従って、牛乳生産費の54%、子牛生産費の46%を占める飼料費の低減のために、

表1 ソルガムの1kg当り費用価

飼 料		原 物 1kg当り (円)	TDN含量 (原物中%)	TDN 1kg当り (円)
サイ レー ジ	ソ ル ゴ ー	14.53	12.9 (乳 熟) 16.3 (糊 熟)	112.6 89.1
	ト ウ モ ロ コ シ	26.79	15.4 (黄 熟) 19.5 (早生, 黄熟)	173.9 137.9
	トウモロコシ(北海道)	13.21	19.5 (同 上)	67.7
生 草	ソ ル ゴ ー	12.64	12.1 (出 穂)	104.4
	ス ー ダ ン グ ラ ス	14.18	12.1 (出 穂)	117.2
	ト ウ モ ロ コ シ	14.19	13.0 (乳 熟)	109.1
流飼 通料	配 合 飼 料	64.89	71.2	91.1
	ヘ イ キ ュ ー プ	65.83	52.6	125.1

資料：農水省「昭和58年畜産物生産費調査報告」, 同「日本標準飼料成分表(1980年版)」より作成。

低コスト生産の実現が望まれる。

都府県の牛乳生産におけるソルガムの費用価(地代・利子は含まれないが自家労賃は計上されている)は、表1のとおりである。

ソルゴサイレーズの原物1kg当り費用価は14.53円で、トウモロコシサイレーズの26.79円より著しく安い。生草では、ソルゴ12.64円、スーダングラス14.18円に対しトウモロコシは14.19円で、三者は互いに接近している。栄養価で比較すると、TDN1kg当りの見積り費用価は、TDN含量の設定によって変動するが、ソルゴサイレーズはトウモロコシサイレーズに比べてかなり割安である。しかし、北海道産トウモロコシサイレーズに比較すると著しく高い。しかも流通の粗飼料ヘイキューブ及び乳牛配合飼料のTDN1kg当り購入価格に対しソルガムは割高で、自給の意義が薄れている。低コスト生産の対応が何よりも急務である。

b 量と質の安定的供給

ソルガムは、一般に、サイレーズ用としてソルゴ型、兼用型、子実型の品種が、乾草用としてスーダングラスが、更に青刈用としてスーダン型とソルゴ型の品種が育成されているから、これらの用途別組み合わせにより通年安定的供給が可能である。

ソルガムは、トウモロコシに比べて、「水分適応性が大で、耐乾性と耐湿性とを兼備し、水田転換畑でも生育し、再生力を有し、倒伏に強く、作柄が安定している」(熊井：本誌、32(3)、1~3、1984)なので、早ばつや台風災害が多発する南九州において優れているのは周知のとおりである。しかも、これらの生育特性に加えて、次項で述べる作期の移動によって、ソルガムの栽培適地は拡大し、利用時期が延長され、その量の増産が期待できる。またサイレーズや乾草の調製技術の向上により、質の安定的供給も可能である。

C 作付計画における弾力性

乾草用あるいは青刈用ソルガムは、5月に入り気温が15℃前後に上昇した時期に播種し、7月から11月にかけて数回刈取りができる。サイレーズ用ソルガムも5月播きして夏と秋の2回収穫し、いずれもサイレーズ用、あるいは雀の被害を避けて

一番草を青刈り、二番草をサイレーズに供用できる。また8月に夏播きして10~11月に収穫しサイレーズ用、あるいは立毛乾草貯蔵利用することもできる。

播種期の幅が春から夏にわたることは、前作冬作物のイタリアンライグラス、エンバクなどを最大限に利用でき、また麦類やイタリアンライグラスを秋に早播きして年内利用することもできる。トウモロコシもまた春から夏に播種できるが、6月に入ってから播種ではデンプンの蓄積が低下し、また春と夏の2回播き2期作では連作障害の危険がある。ソルガムの夏播きは早期稲の後作立毛播き利用、あるいは早播きトウモロコシの後作に適し、トウモロコシの連作障害を回避しうる(新海：本誌32(3)、12~16、1984)。

年間の作付体系の組み立ての上で、ソルガムの導入は、その多面的利用性、土地の高度利用性、栽培の省力性、労働力の配分などの面から極めて高い評価が与えられる。

d 飼料特性

(1) 栄養比からみた特性

乳牛や肉用牛に対する飼料給与の設計は、「日本飼養標準」に示される体の維持、牛乳生産、増体(育成、肥育)、妊娠の生理条件別養分要求量に基づいて行われる。この標準の維持飼料の養分要求量は粗飼料給与の最低線を示すものであるが、栄養価の高い良質粗飼料は生産飼料の養分要求量のある程度分担し代替することができる。

給与飼料はDCPとTDNの要求量を満たし、かつ両成分のバランスが適正に保たれることが大切である。表2の家畜が要求する栄養比 $(\frac{TDN}{DCP}-1)$ はこのことを意味する。この点は、生産飼料としての濃厚飼料にとって重要であるが、高品質粗飼料にとっても関心を払うべき問題である。

粗飼料生産が量産から栄養生産の段階に移り、飼料費節減の決め手として自給粗飼料に大きな期待がかけられている現在、栄養価の向上と共にその栄養価を効率よく畜産物へ転換する給与法が注目されている。

粗飼料が濃厚飼料と配合されるとき、粗飼料の栄養のかたよりは濃厚飼料の選択・組み合わせによって調整される。しかし、この場合に、粗飼料

の栄養比が牛の要求にあっていて濃厚飼料の組み合わせは極めて簡単になる利点がある。一方、粗飼料のみ給与される時には問題が起る。例えば、維持期の肉用牛成雌牛にトウモロコシホールクロップサイレージのみ給与すると TDN 過剰給与となり、養分のロスと共に過肥・繁殖障害を起しやす。粗飼料の養分の有効利用上栄養比は大切な尺度である。

表3は、ソルガムの養分含量と栄養比を示したものである。青刈り飼料作物の栄養生長期の栄養比は5前後であるが、生殖生長期に入ると10以上になる。しかし、スーダングラスは、牧草と同様に、出穂期においても10以下で、伸長期から出穂期にかけて5~8の範囲内にある。一方、ソルゴー型やスーダン型ソルガムは出穂期以降糊熟期まで10~14の栄養比を示す。

表3 ソルガムの養分含量と栄養比

飼料	生育段階	原物の乾物含量(%)	乾物中含量(%)		栄養比	
			DCP	TDN		
サイレージ	ソルガム (スイートソルガム) (ソルゴーなど)	出穂~開花	21.4	5.1	56.1	10.0
		乳熟	22.4	4.9	57.6	10.7
	トウモロコシ	糊熟	28.1	3.9	58.0	13.8
		黄熟	23.4	4.7	65.8	13.0
乾草	スーダングラス	黄熟(早生)	27.9	5.0	69.9	12.9
		出穂	90.7	6.6	58.3	7.8
	ソルガム (スイートソルガム) (ソルゴーなど)	出穂前	14.9	8.1	69.8	7.6
		出穂	20.3	5.4	59.6	10.0
開花		22.5	4.9	56.9	10.6	
草	スーダングラス	出穂前	14.8	11.5	68.9	5.0
		出穂	19.7	6.6	61.4	8.3

資料：農水省「日本標準飼料成分表(1980年版)」より作成。

表4 ソルゴーサイレージとトウモロコシサイレージの産乳価値の比較(宮崎大農)

区分	サイレージ	生育段階	水分(%)	乾物中含量(%)		フリーク ク評点	サイレージ 乾物摂取量 (kg/日)	4%FCM 乳量 (kg/日)	乳成分(%)			粗効 率(%)
				DCP	TDN				脂肪	蛋白質	SNF	
I	ソルゴー(ハイブリッド)	乳熟	78.1	4.7	59.5	88	11.2	12.6	3.83	2.49	8.07	25.4
	トウモロコシ(スノーデント2)	黄熟	74.7	5.0	56.7	98	9.9	12.9	4.08	2.43	8.00	28.2
II	ソルゴー(ハイブリッド)	糊熟	75.6	5.6	63.3	92	8.0	13.0	3.56	2.48	7.98	28.0
	トウモロコシ(スノーデント2)	黄熟	73.1	4.2	69.7	99	11.7	18.2	3.99	2.67	8.30	29.6

注：飼料給与はサイレージを自由採取(残飼15%)、濃厚飼料を乳量の1/5(I)と1/5(II)相当量、ハイキューブを1日2kg。

資料：Iは昭和56~58年度科研費研究成果報告書より作成、IIは未発表資料より。

表2 乳牛・肉用牛の給与飼料中の養分含量と栄養比

牛の生理的條件		体重 (kg)	乾物 摂取量 (kg/日)	乾物中含量(%)		栄養比	
				DCP	TDN		
乳牛 (成雌牛)	維持	600	9.0	3.6	51	13.1	
	妊娠末期	600	11.6	4.6	58	11.6	
	乳量 (脂肪率 3.5%)	1日10kg	600	14.4	5.4	53	8.8
		" 20	600	16.2	7.6	66	7.6
		" 30	600	20.4	8.5	69	7.1
" 40		600	22.2	9.9	77	6.7	
肉用牛	維持	450	6.0	4.0	51	11.7	
	妊娠末期	450	6.0	5.5	67	11.1	
	授乳期	6.0	10.0	92	8.2		
		10.8*	5.5	51			
	育成牛	250	6.9	8.7	70	7.0	
350		8.0*	7.4	65	7.7		

注：*印は和牛の乾物摂取量は体重の1.4~2.7%といわれているので、妊娠・授乳中は摂取量が増加することを考慮して増量した。

資料：農水省「日本飼養標準、乳牛(1974年版)、肉用牛(1975年版)」より作成。

表2と表3の栄養比をすり合わせると、粗飼料単一給与のとき、スーダングラスは産乳や育成用として、ソルゴー型とスーダン型ソルガムは維持用あるいは妊娠末期用として特色づけられる。

(ロ) 産乳価値からみた特性

ソルガムサイレージは栄養比からすれば維持飼料として優れているが、生産飼料として濃厚飼料補給のもとでの産乳価値をトウモロコシサイレージと比較検討した成績の一部を表4に示した。

実験Iは、台風によりトウモロコシの子実部が飛散し、TDN含量はソルゴーより低く、産乳量には両サイレージ間に差がみられなかった。実験IIは、両作物とも正常な生育を

とげ、TDN 含量はトウモロコシが高く、産乳量、乳蛋白、SNF などにおいてトウモロコシサイレージ区がまさった。海外における類似の実験においても、トウモロコシサイレージの産乳価値が高い結果の報告が多い（日草九支報，15（1），15-24，1984）。

ソルガムサイレージの給与時には、濃厚飼料による養分の充足，牧乾草の併給などトウモロコシサイレージと異なる給与メニューが必要である。

近年，ホールクロップサイレージとして兼用型ソルガムが注目されている。穂重割合 30%以上を目標とした兼用型ソルガムには，その子実部のデンプンが高 TDN（60%以上）に貢献することを期待されている。しかしながら，羊による消化試験の結果は，兼用型と茎葉型のソルガム間に TDN 含量の差はほとんどないことが報告されている（愛媛大農：日草誌，31（別），182-183，1985。宮崎大農：宮大農報，30(2)，123~130，1983）。また，牛に給与したとき，ソルガムの未消化子実の糞中への排泄量は子実の充実とともに増加する（前出の日草九支報）から，ソルガムホールクロップサイレージの高 TDN への期待は薄いように思われる。なお，収穫期における雀による子実の食害，秋における麦角の発症などの問題も存在している。今後の検討課題である。

II ソルガムサイレージの調製

a サイレージ調製の基本

サイレージとは，水分の多い生草がサイロ内の嫌氣的条件下で発酵により，嗜好性と貯蔵性を獲得した発酵飼料である。発酵の主役は乳酸菌であるが，発酵の過程で好気性微生物が生育し，嫌氣的条件下で酪酸菌の増殖をみることもある。乳酸発酵が順調に進行するためには，乳酸菌の生育を助長し，あるいは不良微生物の生育を抑制することが必要で，これらにかかわる条件は，(1)サイロ内の酸素，(2)材料の水分，(3)材料の糖分，(4)貯蔵温度であり，サイレージ調製技術とは，これら諸条件のコントロールである。

図 1 は，これらの諸条件の関与のもとで営まれる発酵の概要を図式化したものである。

サイロに埋蔵された材料は，収穫後もサイロ内の酸素を使って呼吸し，材料の糖を分解して炭酸ガスと水を作り，温度が上昇する。同時に，植物自体の蛋白質分解酵素によって，蛋白質はアミノ酸に分解される。また，好気性細菌もサイロ内酸素を消費し，糖を分解して少量の酢酸，乳酸のほかメタンガス，炭酸ガスなどを生成する。この好氣的発酵期の期間は短いほどよく，このためには，サイロの早期完全密封と材料の切断と踏圧による

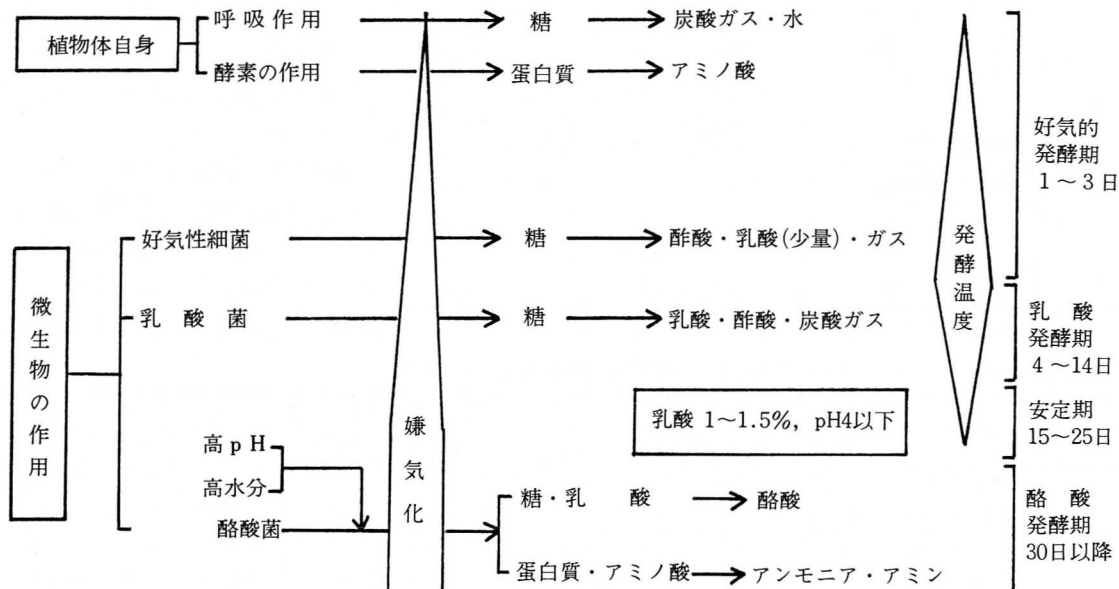


図 1 サイレージの発酵経過の模式図

サイロ内酸素の追い出しが大切である。

サイロ内酸素が減少し、嫌気的條件が整えられるにしたがって好気性細菌に代って乳酸菌の増殖が始まる。材料に付着する乳酸菌は、材料の汁液中の糖分を消費して生育し、乳酸を生成する。当初は乳酸球菌が増殖し、酸性化とともに桿菌（ラクトバチルス・プランタラムなど）が代って生育し、活発に乳酸を生成する。この過程は乳酸発酵期で、上昇したサイロ内温度はやがて下降する。

乳酸の生成量が1~1.5%、pHが4.2以下になると不良細菌類の活動は急激に低下し、サイロ内の諸変化は一応安定状態となり安定期に入る。この段階は埋蔵後15~25日ころに到来する。

しかし、乳酸生成量が不足し、pHが高い場合、つまり材料の糖分が少なく乳酸発酵が活発でなく、かつ高水分のとき酪酸菌が増殖し、乳酸や残存の糖を消費して酪酸を生成し、更に蛋白質やアミノ酸をアンモニアやアミンに変える。これは酪酸発酵と呼ばれ、サイレージは悪臭を放ち、材料のエネルギーや養分の損失は大きく、家畜の嗜好性は悪く、生理障害が起りやすい。酪酸菌の生育適温は30~40℃で乳酸菌の適温より高いから、サイロ内外の高温度も発酵品質を劣化させる。

先にあげた4つの条件は互いに関係するもので、それらの相互関係を大山らは表5のように示し、左側にあるものほど重要な優先的役割を果たす。早期に密封が完全に行われれば、水分70%以下の材料は酪酸菌の生育は抑制され、温度に関係なく発酵品質は良質である。

この場合、高水分材料では、糖含量が乾物中12%以上であれば温度に関係なく良質サイレージが得られるが、9~11%では温度の低いときに限って発酵品質は良い。密封が不十分なときは、高水分材料は、糖含量の高い場合にのみ良質サイレージが作られる。

b ソルガムサイレージ調製のポイント

表5 良質サイレージの調製条件

密 封	水 分	糖	温 度	サイレージの発酵品質
良 好 (早期密封, 十分)	低	一 多	— —	○ ○
	高	中	低 高	○ ×
不 良 (密封遅延, 不十分)	低	少 —	— —	×
	高	多 中 少	— — —	○ ×

注：— 影響しない，○ 良好，× 不良
資料：高野信雄：サイレージ調製給与の理論と展開，41頁，日本草地協会，1984。

(イ) 収穫期とサイレージの品質

高品質サイレージとは、発酵品質が優れていることに加えて、栄養価の高いことを意味する。栄養価の高い材料を選び、サイレージ調製の基本を守れば、高品質サイレージは容易に調達できるはずであるが、現実には栄養価の高い材料と良質のサイレージ発酵とが結びつかない場合が起りうる。

ソルガムサイレージは、ホールクロップサイレージと茎葉サイレージに分けられる。ホールクロップサイレージは兼用型ソルガムを用い、収穫適期は穂重割合の高い糊熟から黄熟の時期とされている。このステージでは乳酸菌の増殖に十分な糖分が含まれ、また栄養価も既に乳熟期からこれらのステージにかけて大きく変わらない。

一方、茎葉サイレージの場合、品種などによっ

表6 ソルガムの可溶性炭水化物(糖)含量 (乾物中%)

分析場所	草型・型	品 種	1 番 草		2 番 草	
			生育段階	含 量	生育段階	含 量
※ 神 奈 川 畜 試	ソルゴー型	雪印ハイブリッド	出 穂 揃	12.7	出 穂 期	17.0
		ヒロミドリ	出 穂 始	11.7	出 穂 始	18.2
	スーダン型	セ ン ダ チ	開 花 期	8.7	乳 熟 期	11.4
		スイートソルゴー	出 穂 揃	8.7	開 花 期	13.0
		パイオニア 988	出 穂 揃	7.4	開 花 期	10.1
※※ 九州農試 畑作部			伸 長 期 (草丈1m以上)	穂 孕 期	糊 熟 期	完 熟 期
	グレイン型	N K 310	5.5	8.3	11.5	19.4
	ソルゴー型	43 — 42	5.4	8.3	12.6	16.7
	スーダン型	スイートソルゴー	5.4	10.0	13.1	17.2

資料：※ デーリィ・ジャパン社「サイロとサイレージ」164頁，1978。
※※ 沢田ほか：九州農業研究，37号，214-216，1975。

て多少の差異はみられるが、春播き一番草サイレージの発酵品質は、一般的に穂孕期から出穂期ころまで劣質であり、乳熟期から安定して良質となる。二番草の発酵品質は穂孕期から良質である(川関：日草誌，22(別1)，1~4，1976)。このことは、表6に示すソルガムの糖含量とステージとの関係から理解できる。しかし、栄養価は穂孕期に高く、その後は低下して乳熟から糊熟期には余り変動しない結果が報告されている(川関：畜産の研究，30(3)，421~425，1976)。従って茎葉ソルガムは、発酵品質の良いサイレージの安定的量を望むのであれば、ソルゴー型あるいはスーダン型ソルガムの乳熟~糊熟期に収穫し、そのまま埋蔵すればよい。高い栄養価を望み穂孕期ころに収穫するのであれば、埋蔵時に、糖分の添加物として糟糠類、糖蜜飼料、ビートパルプなどを10%くらい加える必要がある。

最近、糖分の不足する材料に、それと共に乳酸菌培養物(ラクトバチルス・プランタラム)を添加することに関心もたれている。この乳酸菌は乳酸生成力が強く、発酵の初期からの増殖により不良微生物の生育が早期に抑圧され、一方、生成された乳酸は家畜に代謝されやすく、更に高品質サイレージが調製されるという期待が寄せられている。今後の課題である。

(ロ) 切断と発酵品質及び採食性

ソルガムサイレージは、茎が硬く、家畜の採食性が劣ることは常に経験することである。このため、埋蔵時に細切断することが望ましく、細切断によって家畜の乾物摂取量及び採食率が向上するとともに発酵品質が改善される(川関：前掲の文献)。切断長は1~2 cmが推奨され、従って、収穫機はフレール型ハーベスタよりシリンダ型ハーベスタ(あるいは、サイレージカッター)が優れている。

ホールクロップサイレージの場合にも細切断は発酵品質、サイレージの埋蔵密度、採食量及び消化率に好影響を与える。切断の長さは1 cmが適当とされている。ちなみに、トウモロコシでは0.5~1 cmである。トウモロコシホールクロップサイレージの場合の0.5 cmの細切断は、乳牛による未消化子実の糞中への排泄をおさえ、デンプンの消化率

の向上に役立つとされている。ソルガムの場合には、子実の大きさ、雌穂の形状などから、この効果は余り期待できない。むしろ子実の圧砕の効果に期待がかけられる。すなわち、黄熟期の子実の圧砕は、サイレージのTDN含量を向上し、TDN摂取量も増加しているが、糊熟期にはこれらの効果は認められていない(九州農試：九州農業研究，41，117~118，1980)。グレイン型あるいは兼用型ソルガムの子実を圧砕することは現場での作業では不可能に近いから、収穫期を糊熟期とし切断長を1 cmとするのが現実的対応である。

ソルガムサイレージ調製のポイントは、ソルゴー型あるいはスーダン型ソルガム品種を用い、乳熟から糊熟期に収穫し、細切断して埋蔵し、直ちに密封し、日陰のもとで貯蔵することである。穂孕期から出穂期の材料を用いる場合は、フスマや米糠を10%程度埋蔵時に添加すると良質発酵品質のものが安定的に調製できる。

III ソルガムサイレージの課題

ソルガムは、生育シーズン中一、二番草のサイレージ調製が可能であるが、各番草は生育環境をかなり異にする。それぞれの番草の収穫ステージをいつにするかは、飼料構造のあり様にかかわることであるけれど、基本的にはソルガムの消化性、採食性、土地生産性の三面から決定される。つまり、1シーズン10 a当りの「乾物収量×TDN含有率×採食率」の最大値が追求される。これは穂孕期から糊熟期にわたる各生育ステージの組み合わせの中に答が見出されよう。この答を得る過程においてエネルギーの損失を最少限度に阻止しうるサイレージ発酵の制御があらためて問われる。そして、次の対応は、乳牛や肉用牛によるサイレージの飼養効果の評価である。最後の、あるいは最初かもしれないが、テーマは、低コストサイレージ生産への挑戦で、これには技術的側面と生産組織の側面がある。

ソルガムサイレージの重要性が再認識されるなかで、古くて新しい課題が山積みされている。これらの課題に対し、畜産農家と指導・研究機関との提携による効率的な対応が、厳しい農業情勢のもとで、いま早急に求められていると思う。