

草地生態系とその制御

誌名	農林水産技術研究ジャーナル
ISSN	03879240
著者	石田, 良作
巻/号	11巻12号
掲載ページ	p. 6-14
発行年月	1988年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



草地生態系とその制御

石田 良作

ここでは草地生態系の概念、草地生態系におけるエネルギーの流れ、物質の循環、構成生物間関係、飼料畑における問題点、制御に対する技術の関わり等について考える。

1. 草地生態系の概念

草地では、太陽エネルギーを捕らえて有機物を合成する牧草や野草などの植物群集(生産者)、それを採食して乳や肉を生産する家畜などの動物群集(消費者)、消費者の排泄物や植物遺体を分解し、それを植物に再供給する土壌微生物(分解者)の3生物と、これらを取り巻く無機環境とが、相互の関連のもとに作用しあいながら一つの系をなしている。

このなかで、3つの生物は、生産者、消費者、分解者としての機能を果しながら、太陽からのエネルギーを乳・肉などの畜産物に変換するとともに、窒素やリンなどの無機物を循環させ再利用している。

この草地生態系は、栽培や施肥・収穫など、人為による補助エネルギーの投入をできるだけ少なくし、生物の持つ機能を活用しながら家畜生産を上げて行こうとするところに大きな特徴をもっている。このためには、系を構成する3生物が相互にバランスを保ちながらその機能を発揮し、フローや循環を正常に行なうことが必

要である。草地生態系の制御とは、3生物の機能を生かし、草地から最大の家畜生産があげられるよう、系に対し人為による加圧(調整)を行なうことといえる。しかし現実には、家畜に対して草が過剰であったり、不足したり、土壌微生物の分解機能を超えて有機物が土壌に還元されたりして、系の機能に影響を及ぼしていることが多い。

2. 草地生態系におけるエネルギーの流れ

図1に草地生態系におけるエネルギーの流れを模式的に示した。草は太陽エネルギーを捕らえて有機物を合成する。合成された有機物のうち、茎葉などの可食部は家畜に、株・根などの不可食部は植物の生存や再生に用いられる。しかし可食部も、100%家畜に採食されるのではなく、その過程で踏み付け、集草等に多くのロスを生じる。一方、家畜に採食されたエネルギーのうち、数%から10数%は乳や肉となるが、大部分は消化・呼吸・体温維持など、家畜の生存のために消費され、またかなりの部分が糞となって排泄される。糞のエネルギーは土壌微生物によって分解され消失する。

いま、草から家畜に至るエネルギーの量的関係を大久保⁹⁾の試算によって示すと表1のようである。太陽エネルギーは牧草によって有機物として固定されるが、その効率は0.7~1.4%程度、採食されるのはその60~70%、採食された

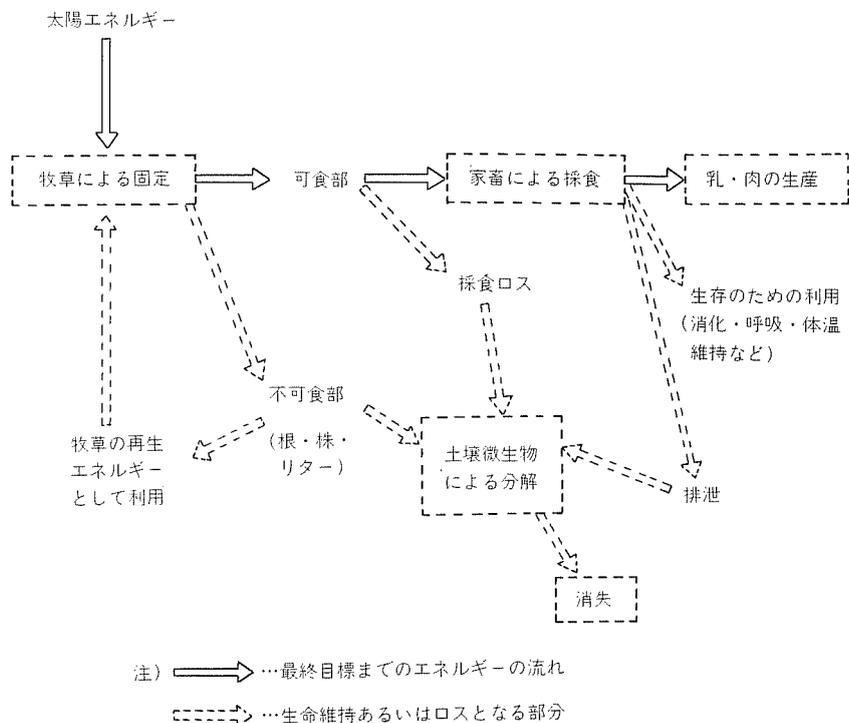


図1 草地生態系におけるエネルギーの流れ

表1 2つのタイプの放牧草地における光エネルギー変換効率の比較(大久保)

オーチャードグラス草地		バヒアグラス草地	
100	日射エネルギー	100	
0.74	植物蓄積エネルギー	1.36	
0.53	可食部エネルギー	0.99	
0.43	採食エネルギー	0.73	
0.34	可消化エネルギー	0.36	
0.28	代謝エネルギー	0.29	
0.05	増体エネルギー	0.02	

エネルギーのうち多くは消化や代謝に消費され、肉となるのは僅か3~8%に過ぎないことが示される。変換効率向上のためには、生産者(草種)の選択が重要であること、一次生産が高くても二次生産(乳・肉)が必ずしも高くない場合があることがうかがえる。

3. 草地生態系における物質の循環

(1) 窒素 育成牛の放牧草地における窒素

循環のモデルを塩見ら⁷⁾によって図2に示した。施肥・天然供給・有機物の分解等によって土壤に供給された窒素は、草によって吸収され、家畜に採食され、一部は畜体に、一部は糞尿として土壤に還元される。糞尿窒素は微生物によって分解され、一部は草に再利用され、一部は流亡あるいは揮散する。

草地生態系の特長は、糞尿成分の牧草による再利用にある。袴田ら¹⁾は放牧区と刈取り区の年収量を比較し、前者は無化学肥料でも3要素区の70%であったが、後者は22%に過ぎず、糞

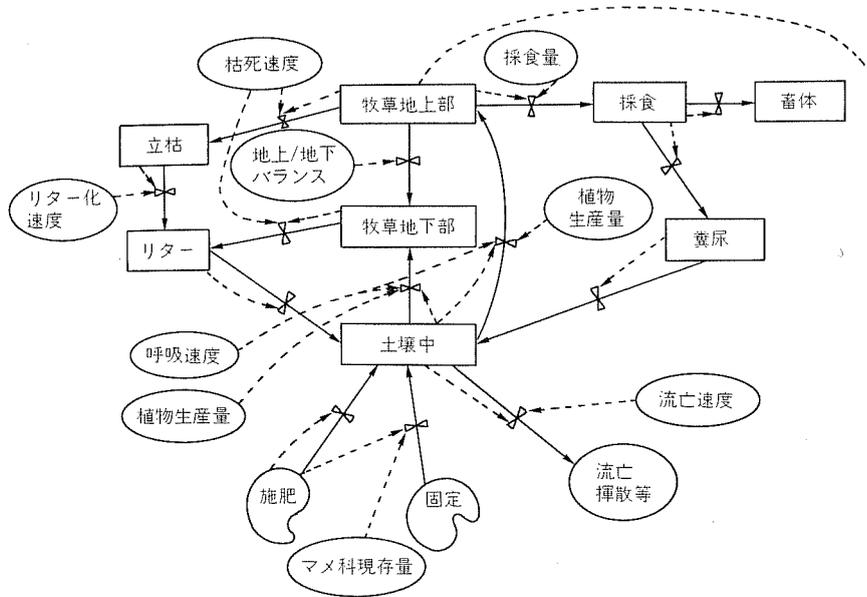


図2 放牧草地におけるNの循環(塩見ら⁷⁾)

尿還元の効果が大いこと、窒素は糞と尿でヘクタール当たり 53kg, リターを含めると 115kg も循環したことを明らかにしている。このように糞尿は、特に窒素とカリの成分含有率も高く量も多い(表2)。しかし放牧草地では、家畜が水飲み場や休息場集るため、糞尿成分の分布は必ずしも一様でなく、また牧草が必要とする時期に散布されるとは限らないなどの問題もある。

このため、安価で手に入りやすい窒素は、系の制御の手段として広く用いられる。家畜生産を高めるためには生産者(草)の機能を高めることが必要であり、このため窒素の増施が手軽な手段となるからである。しかし増施にあたっては、単に植物生産ばかりでなく、家畜生産への影響も考慮することが必要である。図3は、少肥(54.4kg/ha)と多肥(217kg/ha)の2処理を設け、増体までの窒素移動を見たものである¹⁰⁾。N増施により植物生産は増加し、採食も70%以上増加した。しかしこの例の場合、増体に結びついた窒素は少肥の6%増程度に過ぎなかった。

(2) リン 循環の経路は窒素と同様で、牧草

表2 ふん尿成分と1頭の排泄量(松崎著書⁵⁾より)

		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
(屎物中の成分含有率)	牛ふん	0.30	0.25	0.10
	牛尿	0.80	—	1.40
(年合計kg) (1頭当り成分排泄量)	牛ふん	21.9	18.3	7.3
	牛尿	14.6	—	25.5
	計	36.5	18.3	32.8

注) 成分量は1日1頭当り、ふん20kg, 尿5kgとして計算した。

による吸収—採食—骨や肉の形成、排泄—分解—再利用として循環する。しかし、循環の量は窒素より少ない。いま、近藤ら⁴⁾によって牧草地におけるリンの循環量を示すと図4のようである。リンは動物の骨格形成、血液成分として欠くことのできないものであり、牛体での利用率も極めて高いことが示される。

ところで、一般にもよく知られているように、作物に対するリン酸質肥料の利用率は極めて低い。通常5~25%といわれ、残りの75~95%は土壤中で石灰、鉄・アルミニウムなどと結合して難溶性のリン酸化合物に変化する。このため草地においても、循環量だけでは不足であり、リン酸質肥料の補給が必要となる。しかし

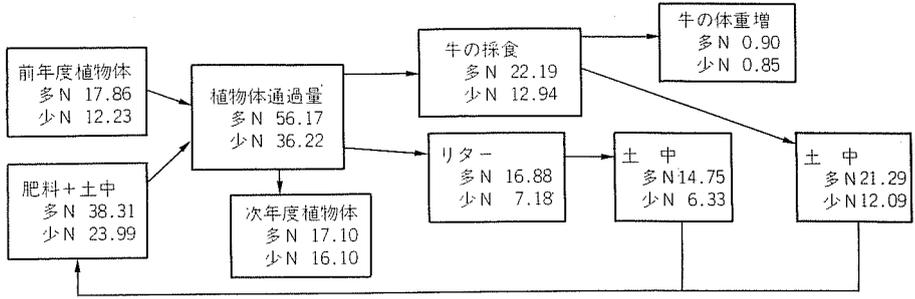


図3 少肥・多肥条件の放牧草地におけるNの移動(塩見ら⁷⁾1988) (単位は $\text{Ng/m}^2/\text{年}$)

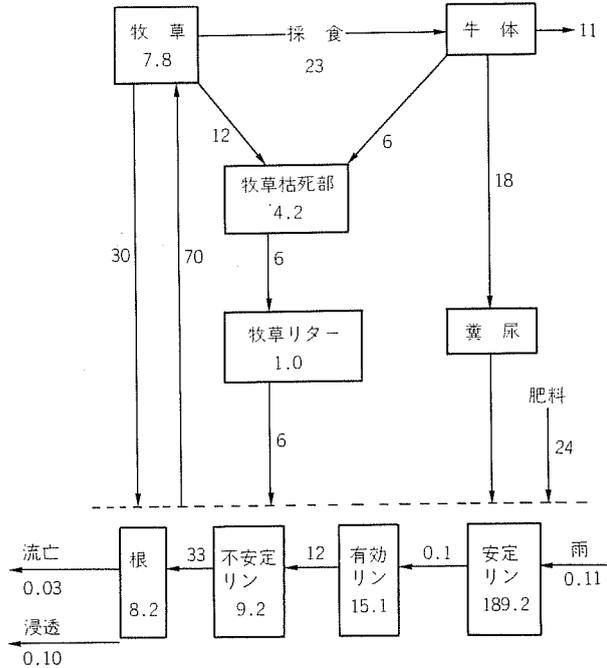


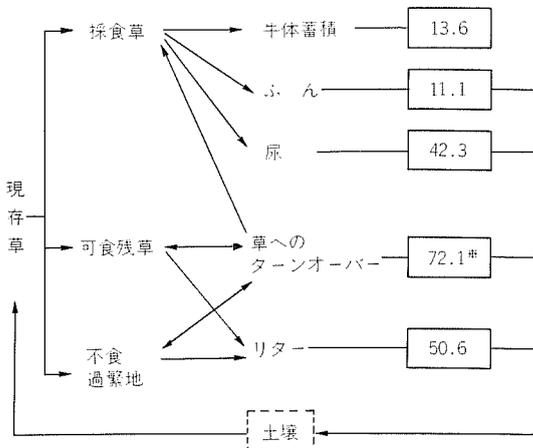
図4 放牧草地におけるリンの循環(近藤ら⁴⁾1985, 単位は kg/ha , kg/ha/year)

リンは有限な資源であり、リンの循環効率向上のためには、溶解菌を利用した難溶性のリンの可溶化・開放、および土壌中のリンのVA菌根菌による利用等について研究が進められているが、これらはさらに進められることが望まれる。

(3) カリ 循環の経路は窒素と同様である。しかし、表2にも示されるように、糞尿中の量が多く循環量もリンより著しく多い。いま、袴田²⁾によって計算された育成牛放牧草地におけるカリの循環量を示すと図5のようである。

牧草現存量(地上部可食量)のうち、実際に家畜に採食されるのは70%、このうち畜体への蓄積は20%で、80%までが糞尿として排泄され、特に尿からが排泄量の79%を占めていることが示される。

カリは植物にとっては代謝に、家畜にとっても体液の浸透圧や塩基の平衡、代謝に欠くことの出来ない成分として重要である。しかし糞尿が過剰に施用されると、植物にも過剰に吸収され、過剰に家畜体内に入る。この過程でカリの過剰は植物にとってはCa・Mg等の吸収を妨



注) ※ 4回の放牧における持越量の合計

図5 育成牛用放牧草地におけるKの循環 (袴田²⁾1986, 年間の合計量, kgk/ha)

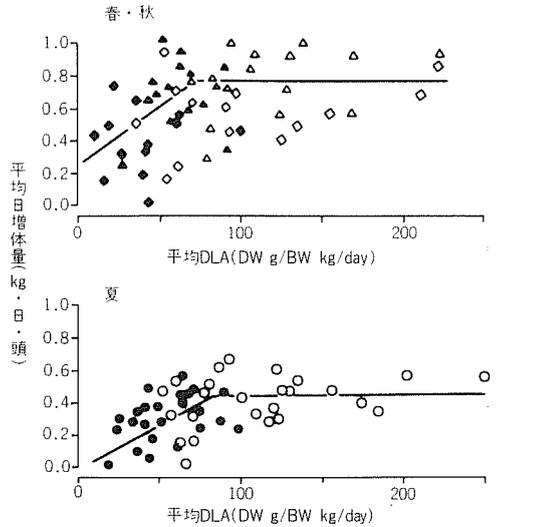
げ、家畜にあってはNaの排泄を促進する。このため生態系の中でカリは、リンとは逆に減量した循環(減肥)が望まれる。

4. 草と家畜との関係

草地生態系が系としてのバランスを保ちながら最終目標である家畜生産を高めるためには、特に生産者(草)と消費者(家畜)との量的・質的バランスが必要である。

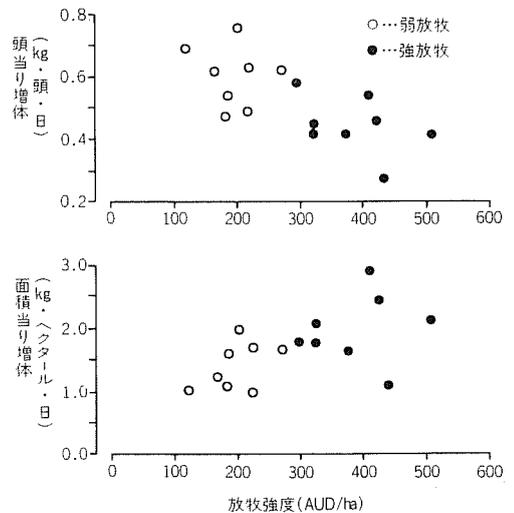
まず、量的な関係を、牛に対する草の供給量と家畜の増体との関係、草地における家畜頭数と家畜増体量との関係を高橋ら⁸⁾によってみると図6・7のようである。

一定の家畜に対して可食草量(Daily Leaf Allowance)が多ければ家畜の増体も多い。しかし、草量を必要量の5倍にしても増体が5倍になるわけではない。1日1頭の牛が採食できる草量には限界があり、それ以上を供給しても無駄になる。図6では春・秋で70、夏で85 g/Bwk/日以上では増体が見られないのがそれである。それでは、草に見合うだけ家畜頭数を増やせば良いということになる。この場合はある程度までは、家畜体重、草の利用率ともに向上するが、頭数を増やし続けると1頭当りの供



注) △…4月, ▲…5月, ○…7月, ●…8月, ◇…9月, ◆…10月

図6 日平均可食草量(DLA)と日増体量との関係 (高橋ら⁸⁾1988)



注) 上段…1頭当り, 下段…草地面積当り

図7 放牧強度と家畜生産量との関係 (高橋ら⁸⁾1988)

給量は次第に減少し、家畜の増体は低下する(図7上)。しかし、生産目標を1頭当りの増体でなく、草地面積当りの増体量と考えると、面積当りの増体量は、頭数と1頭当り増体量との積であるから、1頭の増体量は少なくとも頭数

を増加させることによって面積当りの増体量を増加させることができる。図7上では1頭当りの増体は100~200AUDで多いが、面積当りの増体量(図7下)は400~500AUD/haで最大となっていることが示される。

以上はいわば一般的なこととして理解できるが、現実には、現在多く用いられている寒地型牧草は、5~7月には旺盛な生育を示すが夏には生育が劣る。これに対して家畜は季節の推移とともに採食量が増加する。そこで、この量的アンバランスを是正するため、余剰草の一時貯蔵技術、不足時までの立ち毛貯蔵技術などがとられる(図8)。

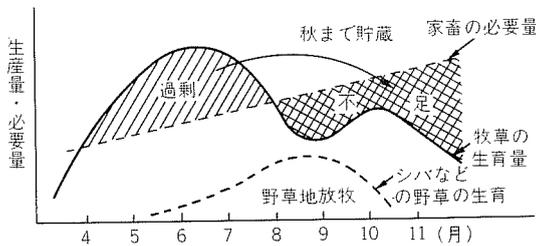


図8 草一家畜系における季節的過不足対策技術

一方、草の質も家畜生産までの流れの量や変換効率に大きな影響を及ぼす。その1は、消化率を含めた草の栄養価の問題であり、2は嗜好性、3は供給の多様さ(色々な草を採食させるの意)の問題である。1は、表1にも見られるように細胞壁の厚さ、含有成分、光合成産物の貯蔵形態等の差異が影響し、2は草に含まれる芳香成分・化学物質等が関与する。3は一種類の飼料の連続給与よりも多様な飼料が消化性を向上させることが知られており、混播が奨められる所以でもある。また、1~3ともに草質は単に草種ばかりでなく、季節や栽培条件によって変化し、これらは直ちに草から家畜に至る系の流れに影響する。

5. 草地生態系の維持と集約度

前項では、草から家畜に至る系の量と質の間

題について述べたが、我が国の草地ではいま一つの大きな問題に系のレベルがある。草地生態系における循環や流れの集約度の問題である。

平坦で狭い草地などでは、草一家畜の系におけるフローや循環量を多くし、面積当りの生産性を高めようとする考えがある。草地試験場では、時間制限放牧などによりホルスタイン育成牛でヘクタール当り1,000kgの増体を実証した⁹⁾。一般の牧場ではヘクタール500kgでもかなり高いと考えられるので、1,000kgは極めて高い価である。これは、施肥による草量の向上、マメ科導入による草質の改善、余剰草の一時貯蔵などの技術に負うところが大きい。しかしそのためには、刈り取り、施肥、短期の輪換等に補助エネルギーを必要とし、パドックに集積される糞尿も物質循環の面から問題となる。しかしエネルギーフロー・物質循環の効率は高い。

これと対象的なのが、ヘクタール当り1頭程度あるいはそれ以下の粗放放牧である。もちろん集約と粗放との間には立地条件に応じた無数の段階がある。

ヘクタール1頭程度の粗放なレベルで系を循環させるのは山地傾斜地等で野草を利用した放牧に多い。この系では集約放牧とは逆にインプットエネルギーの投入を出来るだけ押えて生産をあげようとする。Cost-Minimum-Grazingである。この系では家畜生産のコストは低く抑えられるが、草質も劣る場合が多く、また草量が少ないため、採食のための歩行量が多くなり、草から家畜への変換効率が低く、家畜の増体も劣る欠点がある。

我が国の山地傾斜地で家畜を飼養する場合、山地の飼料資源の活用は大いに奨められるが、同時に、放牧に伴う土砂・糞尿成分流出の防止や水土保持などの環境保全、草地景観の維持などが家畜生産以上に要求される。

このため、沢などの水路における樹木の伐採を出来るだけ抑え、草地も土壌表面を耕起しない造成法がとられる。牧草を導入するときも株を形成する長草型牧草は不向きで、ほふく枝を

もって地表を覆う短草型牧草が必要である。裸地の発生が土壌侵食を増加させるからである。しかしこの短草型は、その生産構造から長草型より生産量が低い。また、保全上の配慮から計画面積の100%に放牧することはできない。したがって、山地傾斜地では、より低い粗放なレベルでフローや循環を行なわせることになる。

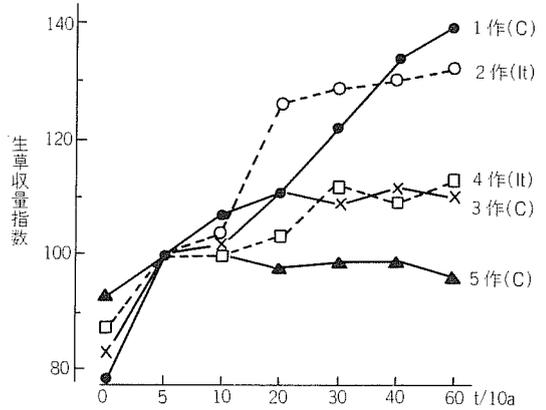
環境を保全しながら多収を実現するのは理想である。しかし、同時に全ての機能を満足させることは出来ない。立地条件に応じ、どの機能にウエイトをおいて系を循環させるかを検討し、それによって技術を選択することが必要となる。

6. 糞尿還元 - 分解 - 再利用過程

この過程では、特に多頭飼育の集約畜産農家で問題が大きい。

現在、我が国の畜産は著しく多頭化が進んでいる。しかし、それに見合う飼料作物栽培面積の増加は著しく立ち遅れている。

一般に、トウモロコシ-イタリアンライグラスなどの飼料作物1年2作体系では、年間16 ton/ha程度の栄養(TDN)生産があり、それを6~7000kgの泌乳牛の粗飼料として給与すると、1haで6~7頭の乳牛が飼養できる。一方、乳牛1頭が1年に排泄する糞尿は約10トンで、これを飼料畑に散布するときは、15~20a程度が限界と考えられる(図9参照)。したがって、1haの飼料畑で5~6頭の飼養であれば、物質循環や土壌微生物の分解能からはバランスがとれていることになる。しかし、最近は、とくに内地で、1戸当たりの飼養頭数が増加する反面、飼料作物の栽培面積は増加せず、1頭当りの栽培面積が少ないため(表3)、糞尿が土壌の分解能を越えて畑に還元されている。このため生産された飼料作物は $\text{NO}_3\text{-N}$ が過剰に蓄積されたり、ミネラルのアンバランスがみられたりして、家畜に対する栄養供給の面で大きな障害となっている。特に肥育牛の飼養においては粗飼料で全期間を飼育しないため、1頭当りの



注) (C)…トウモロコシ, (It)…イタリアン

図9 ふん尿の大量連用と飼料作物収量の推移 (橋元³⁾1976)

表3 家畜に対する飼料作物作付面積(単位 a)

地域	乳牛1頭当り 作付面積	肉牛1頭当り 作付面積
北海道	53	37
東北	23	8
関東東山	8	3
北陸	10	3
東海	6	2
近畿	4	2
中国	10	5
四国	5	2
九州	10	8

(乳牛…61年, 肉牛…60年, 畜産局自給飼料課資料より)

飼料作物の作付面積が少なく問題が大きい。

飼料畑を糞尿捨て場のように利用し、大量に還元すれば収量が低下する(図9)ばかりでなく、Kの過剰, Ca・Mgの吸収不足, K/Ca+Mg比の高い飼料となり(図10)、家畜の発育にも支障を生ずる。

多頭化の方向を制御しないで、飼料生産-家畜飼養-糞尿還元-再利用過程での物質循環のバランスを保持し、家畜に健康な粗飼料を給与するためには、乳牛の場合でも現在の飼料作物の作付面積を府県については2~5倍に拡大するか、糞尿を系外に搬出するしかない。面積拡大については、基盤整備問題を別にしても、労

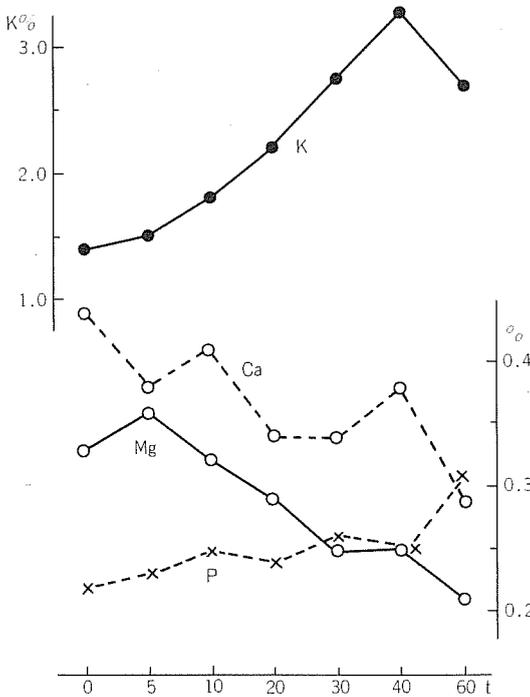


図10 第9作トウモロコシの無機成分(DM)
(橋元³⁾1976)

力上の問題が大きいため、集団化や、より省力的な作物の選択が必要となる。また、系外への搬出については、特に、肉用牛飼養の場合はその飼養上の特性から、大規模になれば1戸の農家で解決することは困難であり、地域ごとに有機物処理センターなどの施設を整備し、耕種農家・園芸農家を含め、地域農業全体のなかで循環を図っていくことが必要である。ただこの場合でも、糞については処理が比較的容易で系外への搬出も容易であるが、尿については大量処理が困難であり、なお問題が残されている。

7. 草地生態系の制御

草地生態系の制御とは、草地生態系における3生物がその機能を発揮し、エネルギーフローや物質循環が効率よく行なえるよう系に人為圧を加えること、またそのために系のレベルに応じて技術を選択することといえる。

すでに述べたように草地生態系を構成する3生物の量的・質的關係は一定ではなく、絶えず過不足を生じている。生産者としての草に例をとれば、現在我が国で主として用いられている寒地型牧草は図8のような季節生産性を示すため、家畜の要求量とのアンバランスが大きい。家畜に対する草の要求量を過不足なく調整し循環させるためには、過剰な時期に一時貯蔵する技術、夏に野草地を利用する技術等が重要であり、これらはすでに各地で実施されている。

また草と家畜の系では草質も重要である。特に採食に関わる問題については単に消化率・栄養含量からだけでなく、採食の意思決定機構・採食に関わる草と家畜との関係・採食を高める育種的・栽培的技術等についての研究が必要である。

また、最近では、草地生態系における循環や調整をより効率よく実施させるため、コンピューターによる予測と処理が試みられている。すでに草や飼料作物の季節的な生長量や家畜に対する必要量を予測する技術、草地における植生の変化を予測する技術等が開発されている。これらが実用化すれば草地生態系におけるフローや循環はさらに効率よく行なえることになる。

さらに最近では草地における植生相互の関係や、家畜の採食における嗜好物質について化学生態学の面からのアプローチが試みられている。この研究はまだ実用の域には達していないが、解明や実用化はそれほど遠い将来のことではない。

現在進められている家畜と草の量的・質的關係の調整技術に加え、コンピューターによる予測と制御の技術が発展し、さらに草間、家畜間、草と家畜間に関わる化学物質の解明による制御技術が開発され、これらの3技術が実用化すれば草地生態系もより人為のもとに制御されることとなろう。

(草地試験場 生態部長)

引用文献

- 1) 袴田共之・平島利昭(1978): 放牧草地の養分

- 循環と施肥管理法に関する研究, 日草誌 24, 4
8-56
- 2) 袴田共之 (1986): 放牧草地における乳用育成牛排泄物の肥料的評価に関する研究 北海道立農業試験場報告 55
 - 3) 橋元秀教 (1976): 家畜ふん尿の大量連続施用における問題点 畜産の研究 30, 199-204
 - 4) 近藤 熙・高橋繁男・秋山 侃・塩見正衛 (1985): 放牧草地におけるリンの流れ 草地試験報 31, 1-17
 - 5) 松崎敏英 (1980): 家畜ふん尿の利用と処理 農山漁村文化協会
 - 6) 大久保忠且 (1983): 生態システムとしての放牧草地とその研究の方法. 草地生態系の解明と制御 38-50
 - 7) Masae SHIYOMI, N. KOYAMA, M. TUIKI, T. AKIYAMA and S. TAKAHASHI (1988): A Preliminary Study of Nitrogen Dynamics in a Grazing pasture Ecosystem. Bull. Natl. Grassl. Res. Inst. 39, 24-39
 - 8) 高橋繁男・秋山 侃・塩見正衛・大久保忠且 (1988): 混播放牧草地の生産力 草地試験報 38, 14-23
 - 9) 草地試験場放牧管理研究室 (1988): 昭和62年度試験研究成果概要
 - 10) 草地試験場生態システム研究室 (1987): 昭和61年度成果概要

〔図書案内〕

農作物病害事典

岸 國平 編

全国農村教育協会発行

A 4版・943頁 全頁アート紙使用 定価28,000円
〒110 東京都台東区台東1-26-6 (植調会館)

☎ 03(833)1821(代) 振替 東京1-97736

病気を正しく防除するには病気を正しく診断することが肝要である。作物の種類によっては、これまでも立派な診断の手引きが出版されているが、本書は一冊であらゆる作物のすべての病気が診断できることを願って、全国農村教育協会が創立30周年記念事業の一環として出版したものである。

本書では食用作物、特用作物、野菜、花き、果樹、観賞用樹木と重要な牧草を対象に、日本有用植物病名目録ならびに日本植物病理学会報追録に記載されている全ての病気3,550余種が取り上

げられている。各病気について病徴、病原、伝染について簡明に記述されるとともに、診断に便利なように、できる限り病害ごとに1, 2枚の病徴のカラー写真が入れているのが、大きな特徴である。

また、本書では最も新しい情報に基づいて病原菌の学名が採用されており、巻末には本邦に発生する全不完全菌類91属の形態と属の特徴が記載されている。さらに宿主、病名、病原菌の学名別の検索表がつけられている。

執筆は農水省、都道府県、大学、企業等あらゆる方面の第一線で活躍中の研究者113名が分担し、現場に立った場合を想定して記述されている。したがって、研究者はもちろん、現場で指導・普及に当たっておられる技術者、行政担当者、あるいは農学を志す学生の方々にとって必携の書である。また、図書館、研究室等には是非備えておきたい本である。