

栽培地域を異にしたネピアグラスの 乾物収量と可消化乾物収量*

田中重行・伊藤浩司・宮城悦生**・稲永 忍***

(宮崎大学農学部, **琉球大学農学部, ***東京大学農学部付属農場)

平成元年4月17日受理

要 旨: ネピアグラス (*Pennisetum purpureum* Schumach) を那覇, 宮崎及び東京にて, 2段階の刈り取り間隔のもとで栽培し, 葉身及び稈の乾物収量と *in vitro*-可消化乾物収量との関係を調べた。

葉身, 稈ともに, 消化率とリグニン含有率との間には1次回帰で示される有意の負の相関があり, リグニン含有率と収量との関係は双曲線回帰の関係であった。従って, 収量と消化率との間の関係は双曲線回帰の関係であらわされた。しかし, 両回帰式とも曲率は小さく, 直線回帰としても有意であった。消化率は葉身に比べて稈の方が低く, 稈では下部ほど消化率が低かった。稈の各部位とも, 高温であること, 刈り取り間隔が長いこと, 出穂期に近いことにより消化率は低下し, その低下は稈の下部ほど強い傾向があった。しかしこれらの変化は比較的小さいので茎葉の全乾物収量に対する可消化全乾物収量の回帰は正の直線回帰であり, 両収量のこの関係には, 地域, 季節及び刈り取り間隔による変動はあまりなかった。全乾物収量が10 t/haから30 t/haに増大するに伴い乾物消化率は74.3%から60.0%に低下した。平均的な乾物消化率は約65%であり, 暖地型牧草の中では中庸の消化率と推察された。

キーワード: 乾物収量, 可消化乾物収量, 消化率, ネピアグラス, リグニン。

Biological and *in vitro*-Digestible Dry Matter Yields of Napiergrasses Grown at Three Regional Sites in Japan: Shigeyuki TANAKA, Koji ITO, Etsuo MIYAGI* and Shinobu INANAGA** (*Faculty of Agriculture, Miyazaki University, Miyazaki 889-21, Japan; *Faculty of Agriculture, Ryukyu University, Nishihara, Okinawa 903-01, Japan; **Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Tokyo University, Tanashi, Tokyo 188, Japan*)

Abstract: Biological dry matter yield, and *in vitro*-digestibility and its relating plant factors were investigated for the leaf blades and the stems of napiergrasses (*Pennisetum purpureum* Schumach) grown at Naha, Miyazaki and Tokyo under two cutting regimes.

Digestibilities of the leaf blade and the stem were highly correlated with the lignin concentrations. The regressions of lignin concentrations to biological yield in both leaf blade and stem were positive hyperbolic regressions, whereas regressions of digestibility to yield were negative hyperbolic regressions. The leaf blade was more digestible than the stem and the lower parts of the stem were less digestible than its higher parts. High temperatures, long cutting intervals and maturing of plants appeared to lessen the digestibility of the stem. However, the variations of digestibilities mentioned above, were not so large, and the digestible dry matter yields were regressed linearly to the biological dry matter yields with a significant correlation coefficient at 5% level, irrespective of the differences in the regional site, season and cutting interval. An increase of biological dry matter yield from 10 t/ha to 30 t/ha was followed by a decrease of *in vitro*-dry matter digestibility of the whole harvested material from 74.3% to 60.0%. The average digestibility was about 65% and this value was estimated to be intermediate among the tropical grasses.

Key words: Biological dry matter yield, Digestible dry matter yield, *In vitro*-digestibility, Lignin, Napiergrass.

ネピアグラスは乾物生産力の高い牧草として知られており, 我が国においても西表島から東京にわたる地域で, 他の多くの飼料作物・牧草に比べて高い生産力を示している^{3-5,8,9,12,14,16,21}。しかし生育が進むにつれて, 収量に占める稈の比率が高くなるとともに, 稈は下部から次第に硬くなって家畜に採食されない部分が多くなる。この部分は細断により採食も可能となるが, 消化率や栄養価は低いものと推定される。このことはネピアグラスの栽培利用上の難点の一つであり, これまで, 熱帯^{10,17-20}及び我が国

では沖縄¹⁵において, ネピアグラスの栄養価と生育段階, 生育季節或いは刈り取り方法などとの関係を検討した研究がいくつか行なわれている。しかし, 栽培地域或いは収穫部の部位による栄養価の相違及び乾物収量と栄養収量との関係などを検討した研究は少ない。そこで本実験では, 栄養収量構成要因の一つとしての *in vitro*-乾物消化率, 可消化乾物収量について, 栽培地域, 刈り取り間隔, 収穫部の部位による変化などの面から検討することとした。

* 本研究費の一部は文部省科学研究費による。

材料と方法

1. 材料

ネピアグラス (*Pennisetum purpureum* Schumacher) の品種メルケロンを供試し、1986年度に、那覇 (琉球大学農学部)、宮崎 (宮崎大学農学部附属牧場) 及び東京 (東京大学農学部附属農場) の3ヵ所で栽培した。

東京と宮崎では植付け当年の材料を供試し、宮崎では5月6日、東京では5月30日に、それぞれ、7-10葉期の分けつを1株1本植え、畦間、株間ともに50 cm、4株 m^{-2} の栽植密度として植付けた。那覇では植付け後3年目の材料を用いた。実験期間は各地域の生産期間、即ち、那覇は3月上旬から12月上旬まで、宮崎は植付け時から11月下旬まで、東京は同じく10月下旬までとした。

施肥は3地域共通として、10 a 当たり成分換算年間総量で、N: 50kg, P_2O_5 : 30kg, K_2O : 20kgを数回に等量分施した。

その他の管理は、植付け直後の灌水及び除草の他は一切行なわなかった。

刈取り処理区として2処理区を設け、3地域の両刈取り区とも、それぞれ、5×5mの区画1個を供用し、無反復とした。

宮崎、東京では生産終期にのみ刈取り収穫を行なう1回刈り区及び8月上旬と生産終期に収穫する2回刈り区とを設けた。那覇では3回刈り区と4回刈り区とし、3回刈り区は7月1日、8月27日及び11月29日、4回刈り区は5月13日、7月11日、9月17日及び12月3日に刈取りを行なった。これら3地域の間刈取り期日はいずれも気温の季節的变化を参照して設定した。即ち、東京と宮崎では夏の気温最高期のほぼ中間の頃、那覇では気温最高期の初期と後期の頃とし、4回刈り区はこれに春の刈取りを加えた。また、最終刈取り期日は、各地域とも、気温が低下してネピアグラスの生育がほぼ停止する頃とした。

刈取り高さはいずれも地表より約20 cmとした。

以下、1回刈り区の材料を「1回刈り」、その他については刈取りN回次の材料を「N番草」と呼称する。

2. 調査

各刈り取り時に、圃場周縁部4辺の各2列の株を除く中央部の8-10株について、収穫部の葉身、稈 (葉鞘を含む)、枯死部の乾物収量を測定するとともに、栄養価に関する分析を行なった。さらに、生育中庸と判断される5-6本の分けつの稈について、最上位展開葉節以下の部分を長さによりほぼ4等分して、各部分の栄養価に関する分析を行なった。ただし、那覇の材料にいての分析は収穫部全体及び稈の部分別ともに、3回刈り区の3番草及び4回刈り区の2、4番草のみについて行なった。

分析には乾燥試料を用い、一般成分は常法²⁾により、また、中性デタージェント繊維(NDF)、酸性デタージェント繊維(ADF)、リグニン、及び珪酸は蓄試方式³⁾により測定した。*in vitro*-乾物消化率はルーメンジュースを用いて試料を48時間培養した後の残渣のNDFの値をもとに算出した。

結果と考察

1. 気象条件及び材料の生育

調査期間中の気温、日射量の平均値及び降水量の積算値を第1表に示した。各地域の各気象要因ともほぼ年平均みに経過した。日射量と降水量は南の地域ほど高い値を示した。ただし、宮崎では、8月4日から23日にかけての期間は、降雨量が2.0 mmで、一時的に強い乾燥状態となった。気温は那覇が最も高いが、宮崎に比べて東京の方がやや高くなった。これは、東京の栽培期間に5月と11月が入らないためである。6月から10月までの宮崎の平均気温は24.6°Cであり、東京の値よりも高い。

平均気温は各地域とも C_4 -植物の生育適温以下であり、また、ネピアグラスは他の C_4 型牧草に比べて多くの水分を必要とする¹⁾ので、気象要因の点では南の地域ほどネピアグラスの生産に有利となっているが、気象要因の地域差と1回刈りの収量の地域差との関連性は弱い^{4,5,8)}。

材料の生育は各地域ともほぼ正常であり、台風害、病虫害などの生育障害は殆どなかった。

第1表 実験期間中の気象条件。

	栽培期間 の日数	平均気温 (°C)	平均日射量 ($cal\ cm^{-2}day^{-1}$)	降水量 ¹⁾ (mm)
那覇	278	25.1	393.6	1393
宮崎	198	23.2	356.6	1325
東京	152	23.9	274.1	601

1) 実験期間中の総量。

注) 農林水産省畜産試験場試料No 56-1, 新しい飼料分析法とその応用. 14-24 (1981) .

第2表 茎葉の全乾物収量.

		刈り取り期日				年間合計
		1 番草	2 番草	3 番草	4 番草	
那 覇	3 回刈り区	7 月 1 日	8 月 27 日	11 月 29 日		
	4 回刈り区	5 月 13 日	7 月 11 日	9 月 17 日	12 月 3 日	
宮 崎	1 回刈り区	11 月 20 日				
	2 回刈り区	8 月 6 日	11 月 20 日			
東 京	1 回刈り区	10 月 29 日				
	2 回刈り区	8 月 7 日	10 月 29 日			
乾 物 収 量 (t h a ⁻¹)						
那 覇	3 回刈り区	35.3	17.0	17.3		69.6
	4 回刈り区	11.3	13.6	19.5	7.9	52.3
宮 崎	1 回刈り区	28.2				28.2
	2 回刈り区	10.6	11.8			22.4
東 京	1 回刈り区	35.4				35.4
	2 回刈り区	10.8	7.5			18.3

1) 刈り取り部の枯死部を除く収量.

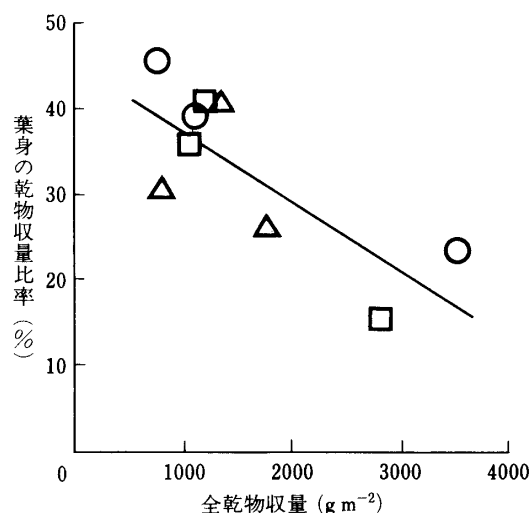
2. 乾物収量

第2表に、枯死部を除く茎葉の全乾物収量を示した。

那覇の年間収量は宮崎及び東京に比べて大きかった。また、宮崎と東京の収量を比較すると、1回刈りの収量は東京の方が大きい値を示した。植付け当年の1回刈りについての過去数年間の平均茎葉乾物収量⁴⁾は、那覇：34.0、宮崎：30.4、東京：32.1 t ha⁻¹、これに枯死部を加えた全乾物収量は那覇：37.5、宮崎：36.0、東京：34.7 t ha⁻¹であり、生産力は3地域に大差ない。従って、本実験の場合、年間収量は各刈り取り区とも那覇の値が他の2地域に比べて大きかったのは、主として、宮崎と東京の材料は当年の植付けであるのに対して那覇の材料は植付け後3年目の材料であるとともに、生産期間が長いことによると推察された。また宮崎の収量が東京に比べて小さかった理由は明らかでないが、前述の宮崎における一時的な強い乾燥によるものと推察される。

2回刈り区の1番草の収量は宮崎と東京とで大差なかったが、2番草は宮崎の方が大きかった。即ち、植付け当年の8月以後の再生草については、北の地域ほど気温が低いことによって生産性が低い傾向がある⁵⁾。

各刈り取り区の年間収量を比較すると、各地域とも少回刈りの方が大きかった。南九州以北での生産期間は5月以後の約6ヵ月に限られるので、刈り取り回数が多くなると収量が低下し易い。生産期間が3月から11月にわたる那覇においても年間収量は



第1図 茎葉の全乾物収量と葉身の乾物収量比率¹⁾との関係。

1) 葉身と稈の合計乾物収量に対する葉身乾物収量の比率

△：那覇，□：宮崎，○：東京。

$r = -0.781^* (p < 0.05)$.

3回刈りに比べて4回刈りの方が小さかった。しかし、年間の葉身収量は多回刈りの方が大きく、茎葉の全収量中の葉身収量の比率は、全収量の少ない多回刈りの方が高い傾向があった(第1図)。

3. *in vitro*-乾物消化率及び *in vitro*-可消化乾物収量

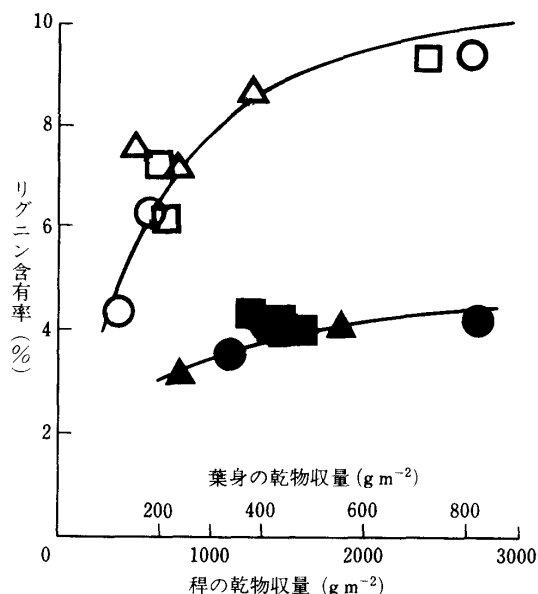
第3表に示すように、稈の乾物消化率は体内成分の多くとの間に1%又は5%水準の有意な相関を示したが、リグニン含有率との間の相関係数が最も高かった。しかし葉身の場合は、調査点数が少ないことにもよると思われるが、リグニン含有率のみが消

第3表 各種化学成分の含有率と *in vitro*-乾物消化率との相関。

	粗蛋白	粗脂肪	粗繊維	粗灰分	NFE	NDF ¹⁾	ADF ²⁾	リグニン
葉身	0.339	0.228	-0.272	0.030	-0.071	-0.528	-0.472	-0.902**
稈	0.650	0.391	-0.748*	0.700*	-0.652	-0.703*	-0.858*	-0.953**

** : p<0.01, * : p<0.05.

1) : 中性デタージェント繊維, 2) : 酸性デタージェント繊維.



第2図 葉身及び稈における乾物収量とリグニン含有率との関係。

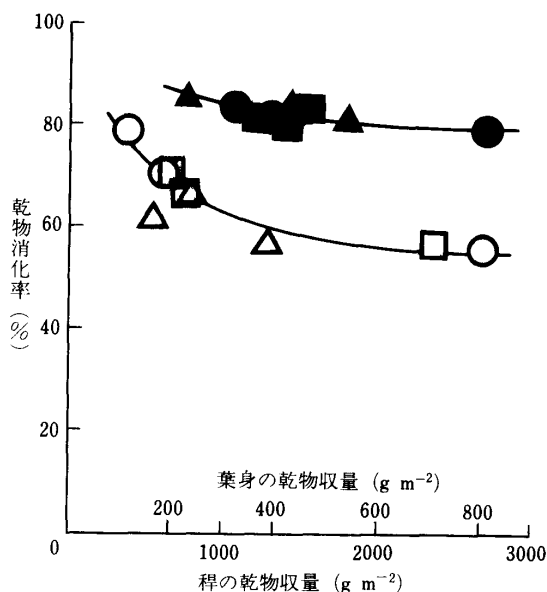
△▲：那覇，□■：宮崎，○●：東京。

黒点：葉身，白点：稈。

収量 (X) に対するリグニン含有率 (Y) の回帰式：

$$\text{葉身} : Y = 0.038 X / (1 + 0.008 X), \\ R^2 = 0.605^* (p < 0.05).$$

$$\text{稈} : Y = 0.020 X / (1 + 0.002 X), \\ R^2 = 0.762^{**} (p < 0.01).$$



第3図 葉身及び稈における乾物収量と *in vitro*-乾物消化率との関係。

△▲：那覇，□■：宮崎，○●：東京。

黒点：葉身，白点：稈。

収量 (X) に対する消化率 (Y) の回帰式：

$$\text{葉身} : Y = 2067.2 / X + 77.4, \\ R^2 = 0.805^{**} (p < 0.01).$$

$$\text{稈} : Y = 10391.6 / X + 51.8, \\ R^2 = 0.787^{**} (p < 0.01).$$

化率と有意な相関を示した。

このように、葉身、稈ともに消化率との関係はリグニン含有率が最も強いとみなされるので、収量とリグニン含有率との関係を第2図に示した。

同図にみられるように、葉身、稈ともに、リグニン含有率は乾物収量の増加に対して飽和型の変化を示し、葉身の方がリグニン含有率は低く、収量の増大に伴う変化も小さかった。両者の関係は直線回帰としても有意であったが双曲線回帰の方が回帰式の寄与率は高かった。双曲線回帰式からリグニン含有率の上限を推定すると、葉身では約4.8%、稈では約10%である。

乾物収量とリグニン含有率の間には、本来、直接的な関係はないと考えられ、生育の進みあるいは

環境条件によっては、乾物生産速度の高低に拘らずリグニン含有率は増大し得るであろう。しかし多くの場合、乾物収量も生育日数との関係が強い。とくにネピアグラス⁷⁾の場合は、植付け或いは刈り取りの後、ある程度生育が進むと茎数の増加は少なくなり、主として1茎重の増大により、株の生育が停止するまで稈の収量は増大を続ける。そのため、第2図にみられたように、稈の収量とリグニン含有率との間に特定の関係が生じ、その関係には地域或いは季節による相違はあまりなかった。他方、葉身の場合は、収量の増大は緑葉の蓄積によるのであるから、Agingの進んだ葉の比率が高くなって、全葉の平均リグニン含有率も増大したと推察される。しかし葉の場合は、新旧の交代がつねに行なわれている点が

第4表 稈の部位別¹⁾の *in vitro*-乾物消化率.

場所	那覇	宮崎	東京	那覇	宮崎	東京	那覇	宮崎	東京
材料	2番草	1番草	1番草	4番草	2番草	2番草	3番草	1回刈り	1回刈り
刈取り期日	7月11日	8月6日	8月7日	12月3日	11月20日	10月29日	11月29日	11月20日	10月29日
生育日数	59	92	69	77	106	83	94	198	152
<i>in vitro</i> -乾物消化率 (%)									
最上位	79.8	76.4	78.3	71.4	82.9	79.6	68.8	73.2	73.8
中上位	73.9	69.2	73.7	57.4	76.1	77.3	63.8	62.0	58.1
中下位	68.2	69.2	67.8	58.8	71.7	74.0	54.1	53.1	44.3
最下位	63.9	64.3	61.2	59.0	66.6	72.3	46.3	46.9	47.4

1) 稈の最上位展開葉節以下の部分を長さにより4等分した。

稈とは相違し、リグニン含有率が低いとともに収量の増大に伴う変化も小さかった。さらにネピアグラスは、葉の展開後の日数の経過に伴う光合成活性の低下が他の暖地型牧草の一部に比べて緩慢な^{6),11)}ことから、葉の老化の進みが遅く、それに伴ってリグニン含有率の増大も緩慢なことが推察される。

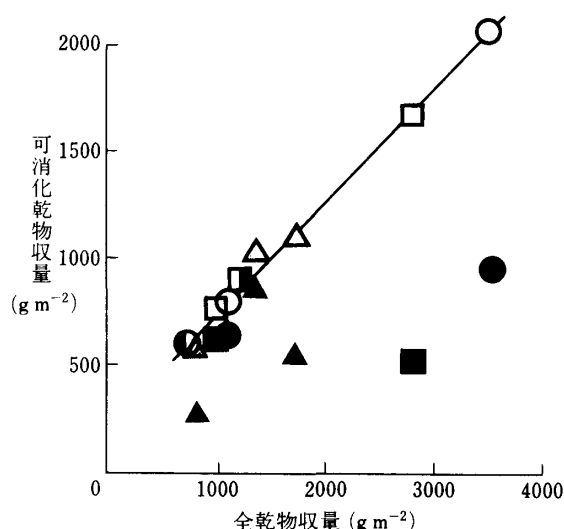
収量と消化率との間の上記の関係及び前述のようにリグニン含有率に対する消化率の回帰は直線回帰であったから、収量に対する消化率の回帰は葉身、稈ともに双曲線回帰となった。(第3図)。いずれも直線回帰としても回帰は有意であったが、双曲線回帰の方が回帰式の寄与率は高かった。稈に比べて葉身の方が消化率は高く、双曲線回帰式により消化率の下限を推定すると、葉身では約77%、稈では約52%である。葉身、稈ともに収量と消化率との関係には地域及び季節による相違はあまりなかった。

第4表に稈の乾物消化率を部位別に示した。

各地域の材料について部位間を比較すると、東京の1回刈り及び那覇の4番草には不規則な点がみられたが、各地域とも、稈の下部ほど消化率は低い傾向があった。

秋の材料について、宮崎及び東京の1回刈りと2番草とを比較すると、各部位とも消化率は2番草の方が高く、材料による相違は稈の下部ほど大きかった。即ち、生育日数が長いほど稈の消化率は低くなった。しかし稈の最上部は各材料とも同程度に「若い」状態であるにも拘らず、1回刈りの方が明らかに低かった。1回刈りは一部の分けつが穂孕みに達していたことから、出穂期に近付くと稈の消化率は低下することが示唆される。那覇では、4番草の中上位の値が異常に低いが、この点を除くと宮崎及び東京の場合と同様の傾向であった。

地域差は、夏の材料には殆どなかった。秋の材料においても、宮崎と東京との間には明瞭な地域差はみられなかった。しかし那覇の3番草は、宮崎及び



第4図 茎葉の全乾物収量と *in vitro*-可消化乾物収量との関係。

△▲：那覇，□■：宮崎，○●：東京，
白点：収穫部全体の可消化乾物収量。
全乾物収量 (X) に対する可消化乾物収量 (Y) の回帰式：
 $Y = 0.528 X + 215$ ，
 $R^2 = 0.990^{**}$ ($p < 0.01$)。
黒点：乾物消化率が65%未満の部分を除いた場合の可消化乾物収量。

東京の1回刈りに比べて生育日数はかなり短いですが消化率は同程度であった。また那覇の4番草の生育日数は、東京の2番草と同程度であり、宮崎の2番草に比べるとかなり短いにも拘らず、消化率は那覇の4番草の方が明らかに低かった。これらのことから、温度が高いと消化率が低下し易いことが示される。高温の影響として、消化率に対する直接的な影響¹³⁾と、高温下では生殖生長への転換が早まることなどの生育上の変化に伴って消化率の低下が生ずる間接的な影響とが考えられる。

以上のように、稈の下部ほど消化率は低いが、消化率と家畜の嗜好性との関係については、本実験からは明らかでなかった。Wilsieら²⁰⁾は、ネピアグラス

では稈の最上位展開葉節から約5節下位までの部分が家畜に「好まれる」とした。この区分を宮崎及び東京の1回刈りに適用すると、第4表の最上位に相当する。またWilliamら¹⁹⁾は、ネピアグラスの葉茎全体の *in vitro*-消化率が70%以上であれば、消化率としては家畜の生産上、十分な値であるとみなしている。これに準拠すると、本実験における葉身の消化率は約80%であり、葉身収量の比率を25%とすれば、茎葉全体の消化率が70%以上となるためには、稈の消化率としては66.7%以上を必要とする。この値は稈の平均値として表示された値であるから、66.7%以下の部分を除くものではないが、少なくとも65%以上の消化率を示す部分は家畜に好まれるとみなされる。その部分は、第4表から、宮崎及び東京の2番草ではすべての部分、那覇の2番草、宮崎及び東京の1番草では最下位を除く部分、那覇の3、4番草、宮崎及び東京の1回刈りでは最上位のみと推定される。

最後に、茎葉の全乾物収量と可消化乾物収量との関係を第4図に示した。

両者の関係はほぼ直線的な関係であり、この関係には地域、季節及び刈り取り間隔による相違は殆どなかった。前述のように、消化率は稈に比べて葉身の方が高く、全収量が多いほど全収量中の葉身収量の比率は低かった。また、稈及び葉身ともに収量と消化率との関係は双曲線回帰であった。しかし、この双曲線回帰式の曲率は小さく、また、葉身収量の比率はあまり高くないために、全収量と可消化収量との間にほぼ直線的な関係があらわれたのであろう。

第4図の回帰式から、茎葉全体の収量と消化率との関係を推定すると、収量が $10 \text{ t ha}^{-1} \sim 30 \text{ t ha}^{-1}$ に増大するに伴い、消化率は74.3%から60.0%に低下する。従って、収量の増大に伴って、可消化収量は増大するが家畜の嗜好性はわるくなると思われる。平均消化率は約65%であり、この値は多くのC₄型牧草の値¹³⁾の中では中庸の値である。

家畜の嗜好性を考慮して、稈の可消化収量を前述の家畜に好まれる部分に限定すると、第4図に併示したように、乾物収量の増大は必ずしも「限定可消化収量」の増大を伴わない。宮崎における「限定可消化収量」は収量とは無関係にほぼ一定となり、2回刈りの合計値は、1回刈りに比べて大きく、約2倍であった。東京では収量が大きいと「限定可消化収量」も大きい傾向がみられたが、2回刈りの合計

値は1回刈りに比べて大きかった。那覇では両者の間に一定傾向の関係はみられない。このように「限定可消化収量」からみると、宮崎及び東京では、年間2回刈りが実用的な刈り取り方法とみなされる。しかし、これらの考察は、客観的に把握できない家畜の嗜好性をもとに行なったものであり、飼料価値の面から乾物収量を詳細に評価することは困難である。

引用文献

1. Bogdan, A.V. 1965. Tropical Pasture and Fodder Plants (Grasses and Legumes). Longman, London. 233-241.
2. 堀井聡・倉田陽平・林弥太郎 1971. 一般成分分析法. 森本宏編, 動物栄養実験法. 養賢堂, 東京. 280-298.
3. 井出迫金一 1961. 有望な南方型牧草栽培について. 日草誌 7: 146-150.
4. 伊藤浩司・稲永忍 1988. ネピアグラスの乾物生産に関する研究. 第1報 東京と宮崎における乾物生産力及び生長パラメーターの比較. 日作紀 57: 90-96.
5. 伊藤浩司・村田吉男・稲永忍・大久保忠旦・武田友四郎・沼口寛次・宮城悦生・星野正生 1988. ————. 第2報 東京以南の6地域における乾物生産力. 日作紀 57: 424-430.
6. 伊藤浩司・稲永忍 1988. ————. 第3報 東京及び宮崎における葉位別の個葉の面積及び光-光合成関係. 日作紀 57: 431-437.
7. ————. 1988. ————. 第4報 葉の生長と乾物生産に及ぼす温度の直接的影響と後作用. 日作紀 57: 699-707.
8. 伊藤浩司・他 1989. ————. 第5報 収穫部各部の乾物収量の地域差. 日作紀 59: 印刷中.
9. 北村征生・阿部二郎・堀端俊造 1982. 南西諸島におけるイネ科飼料作物の栽培と利用. 1. ローズグラス, ギニアグラス及びネピアグラスの乾物収量におよぼす刈取間隔および生育季節の影響. 日草誌 28: 33-40.
10. Little, S., J. Vicente and F. Abruna 1959. Yield and protein content of irrigated napiergrass, guineagrass and pangolagrass as affected by nitrogen fertilization. Agron. J. 51: 111-113.
11. Ludlow, M.M. and G.L. Wilson 1971. Photosynthesis of tropical pasture plants III. Leaf age. Aust. J. Biol. Sci., 24: 1077-1087.
12. 松岡匡一・野田博 1966. Napiergrass (*Pennisetum purpureum* Schumach) の特性について. 熱帯農業 9: 211-215.
13. Minson, D. J. and M.N. McLeod 1970. The digestibility of temperate and tropical grasses. Proc. XI Int. Grassl. Congr., 719-722.
14. 宮城悦生 1980. ネピアグラス (*Pennisetum purpureum* Schumach) の生産におよぼす栽植密度の

- 影響. 琉大農学報 27: 293-301.
15. ——— 1983. ネピアグラス (*Pennisetum purpureum* Schumach) の生産性及び飼料価値に関する研究. 2. 窒素施用が栄養価値に及ぼす影響. 日草誌 29: 232-240.
 16. 讚井芳胤 1961. ネピアグラスの栽培利用法. 農及園 36: 663-666.
 17. Vicente-Chandler, J., S. Silva and J. Figarella 1959. The effect of nitrogen fertilization and frequency of cutting on the yield and composition of three tropical grasses. Agron. J. 51: 202-206.
 18. Watkins, J. M. and M. Lewy-Van Severen 1951. Effect of frequency and height of cutting on the yield, stand and protein content of some forage in El Salvador. Agron. J. 43: 291-296.
 19. William, M. J., J. Guerrero and D. Pezo 1973. Cell-wall constituents and *in vitro* digestibility of napiergrass (*Pennisetum purpureum*). J. Anim. Sci., 37: 1255-1261.
 20. Wilsie, C. P., E. K. Akamine and M. Takahashi 1940. Effect of frequency of cutting on the growth, yield, and composition of napier grass. J. Am. Soc. Agron. 32: 266-273.
 21. 安江多輔・沢野定憲・加藤善二・堀内孝次 1976. ネピアグラス (*Pennisetum purpureum* Schumach) の1年生作物としての栽培利用について. 日草誌 22: 78-85.