

個体密度の異なるオーチャードグラス草地の 収量推移と窒素反応性*

東田修司 ** 高尾欽弥 *** 坂本宣崇 ****

播種量を0.2, 0.5, 2.0kg/10aとして造成したオーチャードグラス草地の個体数は3年目にそれぞれ約30, 50, 70/m²となり、それ以降安定であった。0.2kg区の収穫時の全茎数は造成2年目に2.0kg区の50%前後であったが、経年的にその差は次第に縮まり、5年目に75~85%に達したのち安定化した。年間窒素12kg/10a施用条件での1番草収量は造成2年目において、密度の低い区の茎数が極端に不足していたことから、 $2.0 > 0.5 > 0.2$ kg区であり、3~4年目では密度の低い区の方がより多くの有穂茎を得たことから $2.0 < 0.5 < 0.2$ kg区となり、5年目以降は処理区による収量差が認められなくなった。2, 3番草収量は、茎数不足が反映して、0.2kg区の方が一貫して低い傾向であった。窒素施用量を年間18kg/10a以上にすると、密度の低い区での分けつが促進され、かつ1茎当り重量が増大するので、個体密度の差による収量差は小さくなった。逆に年間窒素6kg/10a施用条件では密度が低い場合の低収性が顕著になった。

緒 言

天北地方のオーチャードグラス主体草地は適切に肥培・利用管理されている限り植生的に極めて安定している。その原因として、当地方は根雪が早く積雪が多いため、土壤凍結による凍害を被ることが少なく、更に、オーチャードグラスはチモシーと異なり、2番草の再生が旺盛であるため雑草との競合性に勝っていることがあげられる。しかしながら、現実には降水不足による発芽不揃いなど草地造成時の要因などによりかなり個体密度の低い草地も存在している。それ故、当地方のオーチャードグラス草地についても個体密度の多少が牧草の生産性に如何なる影響を与えるか検討しておく必要がある。

イネ科牧草の収量は「茎数×1茎重」で決定され、さらに「茎数=個体数×1個体当りの茎数」に分解される。このことは、個体数が少なくても、1個体当りの茎数が確保されれば充分な収量の得られることを意味している。一般に栽植密度の低い場合、光や養水分の競合が緩和して、個体当りの生長量は増大し、それなりに単位面積当りの収量を確保しようとする。特に、栄養体を目的収穫物とする作物では密度にかかわらず収量が一定になる、いわゆる「最終収量一定の法則」が知られている¹⁾。しかし、密度が極端に低い場合は、個体の生長が密度の低さを補償する以前に収穫されてしまうことになるので、この法則にも限界がある。一定の収量を得るための限界となる密度は個々の作物また栽培法によって異なっている。稲、麦の様な1年生作物では、収穫後の刈り株は再び利用されることがないが、牧草のような永年作物では、収穫後も刈り株が次の生長に引き継がれる点が1年生作物と異なっており、密度と収量の関係は個体当りの茎数増に伴って経年的に変化していくと考えられる。このことから永年草地の密度問題は経年過程の中で検討する必要がある。これに関して、Marten, G. C.ら²⁾はアルファルファについて、初年目では播種量による収量差がみられたが、

1984年7月9日受理

* 本報の一部は、1982年および1983年度日本土壤肥科学会北海道支部講演会で発表した。

** 北海道立天北農業試験場, 098-57 枝幸郡浜頓別町緑ヶ丘

*** 同上(現北海道立中央農業試験場, 069-13 夕張郡長沼町)

**** 同上(現北海道立上川農業試験場, 078-02 旭川市永山)

2年目以降は21~129個体/m²の広い密度範囲にわたって収量差のないことを認め、この要因として、密度の低い場合に個体当りの茎数が多くなることをあげている。また、高崎ら¹²⁾も同様の報告を行なっている一方、オーチャードグラスの密度と収量の関係については佐藤ら¹¹⁾、三田村⁷⁾、石田ら⁴⁾が刈り取り回数や施肥量などとの関連で報告を行なっているが、いずれも経年的な観察を行っていない。従って、筆者らは、オーチャードグラスが植生的に安定である天北地方で標準的な密度の草地がどのような収量、収量構成要素の経年推移をたどるかを明らかにし、さらにこれに対して低密度草地の経年変化の特徴解明を行なった。また、窒素の施用は牧草の収量構成要素である1茎重や、茎数に及ぼす影響が大きく、密度と収量の関係を左右する可能性があるため個体密度の異なる草地の窒素反応性の相違点も併せて検討し、天北地方のオーチャードグラス草地の密度問題について若干の知見を得たので報告する。

試験方法

1. 供試圃場の造成と管理

牧草でも他の作物と同様に気象条件により収量や収量構成要素の年次変動が大きい。従って、個体密度と収量の関係を経年的に検討する上で、ある一定の草地を経年的に観察するよりも、年次を変えて造成した草地を同時に比較した方がより高い精度が得られると考え、1977年から1981年にかけて毎年播種量を変えて個体密度の異なるオーチャードグラス草地を造成した。この場合の個体とは1つの種子から発生した何本かの分けつを有する株全体を示す。ごく近くで発芽した複数の個体は経年的な個体の生長により相接することもあるが、明確に識別できる場合はそれを複数個体として取り扱った。播種量の処理は10a当たり0.2、0.5、2.0kg/10aの3段階であり、品種は「キタミドリ」である。なお、当地方のオーチャードグラス標準播種量は2.0kg/10aである。また本試験はすべて天北農試第3圃場(酸性褐色森林土)で行なった。造成前の植生はオーチャードグラスとラジノクローバ主体の荒廃草地である。

草地造成と播種はいずれも5月下旬に行ない、その際、炭カル；200kg/10a、重焼燐；20kg/10a、草地化成3号(N-P₂O₅-K₂O、8-11-8%)；50

kg/10aを施用した。発芽揃期は6月上旬から中旬であり、その後7月中旬の掃除刈りを経て9月中旬に収穫を行なった。2年月以降、収穫は6月上旬、8月上旬、9月下旬の3回行なった。施肥は早春および1、2番草収穫直後に草地化成3号を用いて1回当り窒素4 kg/10a、年間12kg/10a(P₂O₅、K₂Oはそれぞれ年間16.5、12kg/10a)施用した。

2. 調査項目

上記の草地に対して1978~1983年に収量調査を行なった。1982年には各番草毎に1茎重、茎数などを調査した。越冬前の調査は1979年と1982年に行なった。その他、適宜必要な調査を行なった。

3. N用量試験

1983年には茎数形成段階の異なる3年目、7年目草地の播種量0.2kg/10a区と同2.0kg/10a区でN用量試験を行なった。N施用量は年間6、12、18、24kg/10aの4段階で、早春、1番刈り後、2番刈り後に均等に施用した。

試験結果

1. 標準的な個体密度を有する草地の収量・茎数の経年変化

図1に1977および1978年に2.0kg/10aの標準播

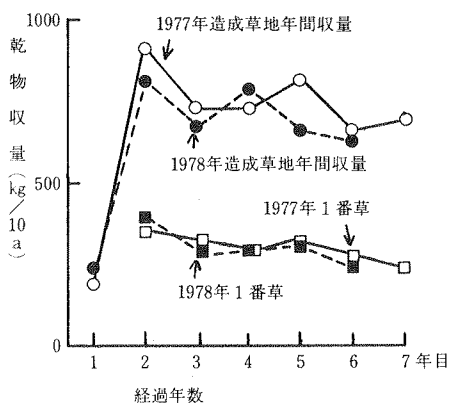


図1 乾物収量の経年変化

種量で造成した草地の乾物収量の経年推移を示した。播種年には掃除刈り後に収穫を1度行なったのみなので収量は200kg/10a程度であった。2年目になると収量は800~1000kg/10aの極大値を示し、その後経年的に漸減の傾向を示した。1番草の収量も年間合計収量とほぼ同様に経年化により

僅かではあるが減少していた。図2に茎数の経年の推移を示し、参考に0.2kg区の茎数も併記した。

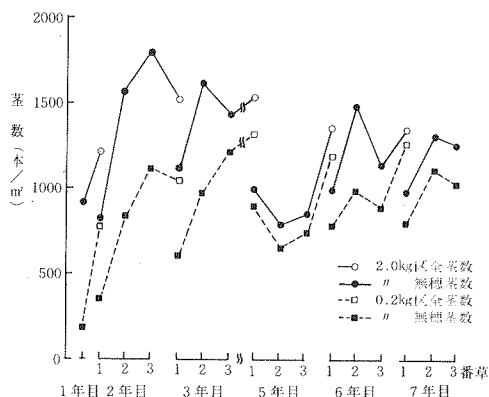


図2 収穫時茎数の経年変化

ここでは2.0kg区の茎数が2年目の3番草で極大となることが特徴的であった。すなわち、2.0kg区の茎数は播種年の越冬前にすでに1000本/m²近くになっており、2年目3番草では1800本/m²にまで達したが、その後漸減して、5年目以降では1500本/m²を超えることがなかった。一方、0.2kg区の茎数は造成年に500本/m²程度であり、2.0kg区のように極大値を示さず、2年目の3番草以降、700~1200本/m²を前後していた。それ故、2.0kg区と0.2kg区との茎数差は造成3年目から6年目にかけて次第に縮小していった。

表1 雑草率の推移 (生重%)

造成年	播種量 (kg/10a)	経過年数 (年)						
		1	2	3	4	5	6	7
1977	0.2	88	16	—	9	6	13	20
	0.5	72	12	—	11	3	11	12
	2.0	43	7	—	6	4	6	11
1978	0.2	49	—	14	9	15	22	—
	0.5	38	—	9	6	7	8	—
	2.0	21	—	5	3	4	16	—

オーチャードグラス草地の植生的な安定さを示すために1977年と1978年造成草地の雑草割合の推移を表1に示した。初年目は1年生広葉雑草の侵入により雑草割合は2.0kg区でも40%を超えることがあったが、2年目以降はほとんど10%以内にとどまっていた。一方、0.2kg区は2.0kg区より雑草割合が明らかに高い傾向を示したが、これも20

%以上になることは稀であった。特に1977年造成草地では初年目80%を越えていたものが、翌年には18%まで低下していたことから、本地域でのオーチャードグラスの競合力の強さを伺うことができる。

2. 個体密度の異なる草地生産性の経年変化

まず、本試験で用いた播種条件により、どの程度の個体密度を有する草地が造成されたかを1982年越冬前の調査結果から示す (図3)。初期の個

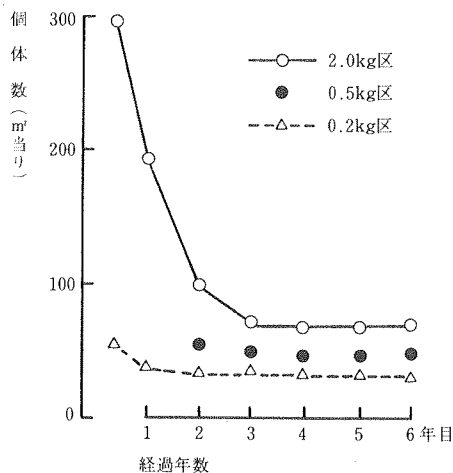


図3 株数の経年変化

体数は実際には造成年の気象条件により多少変動していたが、いずれの播種年度でも造成3年目以降では0.2kg、0.5kg、2.0kg区の個体密度がそれぞれ約30、50、70個体/m²となって、それ以後ほぼその水準を維持していた。

次に、このようにして造成された草地の個々の個体が経年化過程でどのような生長をたどるか検討を進める。株の生長の1指標として図4に個体の直径別分布割合を示した。1年目は0.2kg区、2.0kg区ともほとんどの個体が直径6cm以下であった。これが3、5年目になると0.2kg区では直径9cm以上の大きな個体が頻出するのに対して、2.0kg区では直径9cmに達しているものはごく僅かにすぎなかった。0.5kg区については特に図示しなかったが両者の中間に位置づけられていた。0.2kg区の各個体の直径の増大は収量構成要素の1つである茎数にも反映しており、図5に示すように、0.2kg区の越冬前1個体当り茎数は常に2.0kg区より高水準であった。しかし、単位面

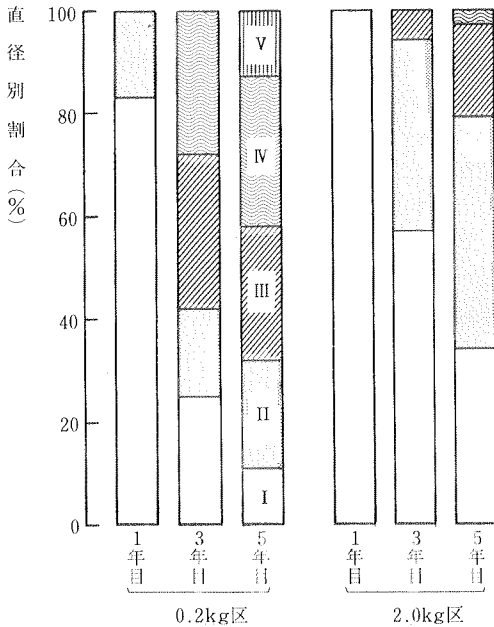


図4 直径別の個体数割合。I : 1~3 cm, II : 4~6 cm, III : 7~9 cm, IV : 10~12 cm, V : 13cm以上。

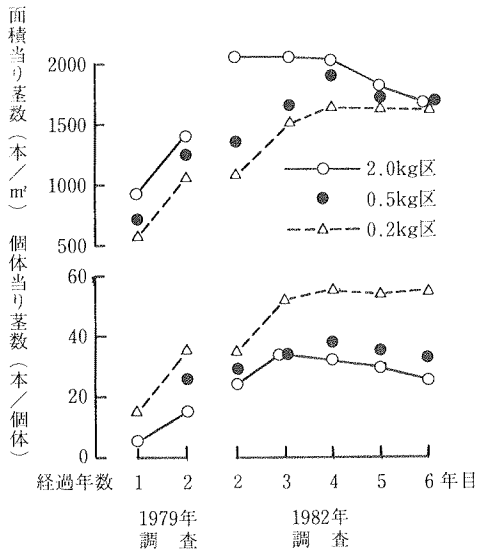


図5 越冬前茎数の経年推移

積当りの茎数は逆に造成後3年目までは個体密度が低い方が明らかに低く、密度による茎数の差が消失するのは5年目以降であった。

このような経年化過程における個体の生長が、密度の異なる草地の収量に如何なる影響を及ぼした

表2 0.2kg区収量の経年変化 (2.0kg区を100とした比で表示)

調査年度	草地の経過年数(年)					
	2	3	4	5	6	7
1978	91					
1979	90	103				
年間合計収量	1980	76	98	100		
	1981	82	106	90	95	
	1982	97	91	98	92	97
	1983		95	92	96	91
	平均	87	97		94	93
1978	84					
1979	98	107				
1番草収量	1980	69	111	125		
	1981	79	124	93	91	
	1982	105	98	107	93	100
	1983		111	103	111	102
	平均	87	109		100	102
2・3番草収量	1978	95				
	1979	82	99			
	1980	82	86	82		
	1981	84	91	89	97	
	1982	91	84	89	91	94
	1983		87	87	96	86
	平均	87	88		90	88

かについて概察する。表2に2.0kg区に対する0.2kg区の1番草, 2・3番草合計, 年間合計それぞれの乾物収量比を示した。これによると0.2kg区の収量の経年推移を造成2年目, 3~4年目, 5~7年目の3つの時期に区分することができる。まず, 造成2年目の0.2kg区収量は2.0kg区に比べ各番草とも劣っており, 当然年間合計収量も劣っていた。3~4年目になると0.2kg区の1番草収量は2.0kg区より勝ったが, 2・3番草収量が低いため相殺されて, 年間合計収量はほぼ同程度であった。さらに経年化が進んで5~7年目になると, 1番草収量は2.0kg区と同等になった。一方, 2・3番草は依然として低収であるので, 年間収量は2.0kg区より若干劣るようになった。同様に0.5kg区の2.0kg区に対する収量比の推移を表3に示した。これによると, 2年目の年間合計収量は2.0kg区より低い傾向であったが, 3年目以降はほぼ同等であった。

牧草の収量は先述したように単位面積当りの茎

表3 0.5kg区収量の経年変化(2.0kg区に対する比で表示)

番 草	経 過 年 数		
	2 年 月	3~4年目	5~7年目
年間合計	93	99	98
1 番 草	96	102	98
2・3番草	90	97	98

数と1茎重により決定されているが、以下個体密度の異なる草地でこれらの収量構成要素が経年的にどの様に遷移したかについて示す。まず、1番草は他の番草とは異なり、長日植物であるオーチャードグラスにとって日長反応による生殖生長を伴う番草であるので、生殖生長茎、すなわち有穂茎の節間伸長により著しい乾物増加がみられる。そこで、1番草の収量構成要素は有穂茎、無

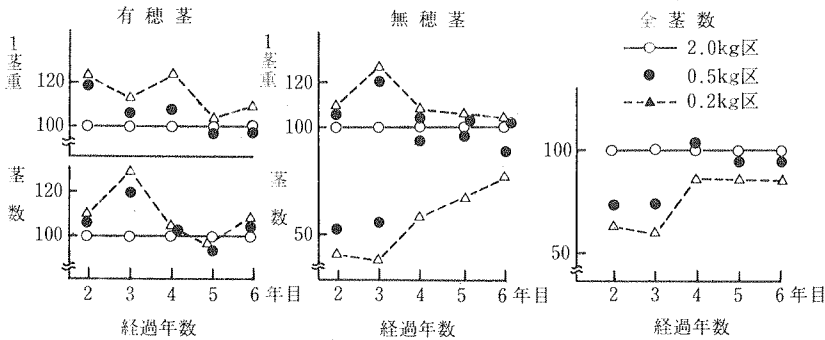


図6 1番草の茎数・1茎重推移(2.0kg区を100として表示)

穂茎に分けて、それぞれの平均1茎重(以下「1茎重」と略す)と茎数、さらに有穂・無穂茎の合計茎数を図6に示した。いずれも2.0kg区を100とした比で表わした。全茎数は2年目に0.2kg区、

0.5kg区が2.0kg区のそれぞれ60、70%程度であったが、4年目以降いずれも80%以上になり、その差が縮まった。無穂茎数の推移は全茎数とおおむね類似していた。しかし、無穂茎の1茎重は茎数とは逆に、2~3年目に0.2kg区で高まったが、4年目以降その差はなくなった。有穂茎は1茎重・茎数とも造成当初低密度区で高かったが、やはりこの差も経年化とともに縮少した。つぎに、図7に2・3番草の1茎重・茎数を示した。これも、1番草の無穂茎と同様に造成後2~3年目は低密度区の方が相対的に茎数が少なく、1茎重は大きい、その程度は5~6年目になると小さくなっていた。

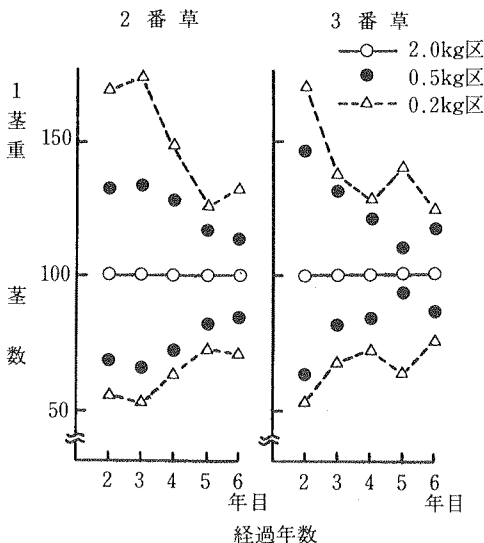


図7 2・3番草の茎数・1茎重の推移(2.0kg区を100として表示)

3. 個体密度の異なる草地の窒素反応性

窒素栄養条件の良否は当然牧草の茎数、1茎重に与える影響が大であり、前述の密度と収量の関係を左右する可能性があると思われる。そこで造成3年目と7年目の播種量0.2kgと2.0kg/10aで造成した草地の窒素反応性を検討した。2・3番草の収量は低窒素施肥条件では明らかに0.2kg区の方が低かった。しかし、施肥窒素量が18kg/10a以上の高水準になると0.2kg区の収量は2.0kg区に匹

敵するか、又は上回るような傾向すら伺えた。(図8)。年間合計収量も低窒素施肥条件では0.2kg区の方が相対的に低収であったが、高窒素施肥水準になると両者には大差がなくなっていた。図9に窒素施肥に伴う2番草収量構成要素の変化を示す。造成3年目、7年目の両草地とも1茎重は窒素施肥量を増すと直線的に増大したが、茎数は両草地とも窒素施用量が18kg/10a以上になると頭

打ち若しくは減少の傾向となった。なお、3番草も同様の傾向であった。

考 察

1. オーチャードグラス草地の生産性の経年変化

まず、天北地方におけるオーチャードグラス草地の生産性の経年推移について考察を行なう。牧草の収量は造成2年目で最大に達し、3年目には乾物100kg内外の収量低下をみた後、経年化に伴って次第に僅かずつ低下していく傾向がみられた。茎数もそれと対応して、2年目にピークを有していた。このような造成2年目での収量の高まりは、三木ら⁶⁾が指摘したように、前植生の遺体や造成前に草地表層に蓄積した有機物が耕起・かく拌によって分解促進され、窒素の供給量が増大したことによってもたらされたと考えられる。すなわち、この時点では施肥量以上の窒素供給があったことになる。それ故、2年目から3年目にかけての牧草収量、茎数の低下は、造成及び更新によるプラスアルファ的な窒素供給量が低減したためと理解すべきであろう。この造成及び更新によるプラスアルファ的な窒素は2年目までに全部が発現してしまうわけではなく、3年目以降も漸減していくとはいえ一部は残存しているものと考えられ、この分を消去すると、純粋な意味での経年化による牧草収量の低下が起こっているかを本試験の結果から判断することは困難である。茎数も同様に経年化により低下したとみるより、更新により有効化された前植生に由来する養肥分の供給量が3年目以降漸減し、5～6年目に至って、年間12kg/10aの窒素施用量に対応した水準に復帰したと考えるべきであろう。0.2kg区は造成当初茎数が充分でなかったため、2～3年目はいわば茎数形成の途上にあり、茎数のピークが認められなかった。換言すると、0.2kg区は初～2年目における茎数が充分でなかったため、更新時に発現される窒素を効率的に利用できなかったことになる。ちなみに、1977年造成草地が1～5年目までに吸収した窒素の合計量は10a当り0.2, 0.5, 2.0kg区でそれぞれ60.6, 61.8, 64.6kgであり、個体密度の低い処理区ほど低い値を示した。

一般に草地の生産性は経年化により次第に低下すると言われており、その要因としては①土壌のち密化、通気・透水性不良など物理性の悪化、②

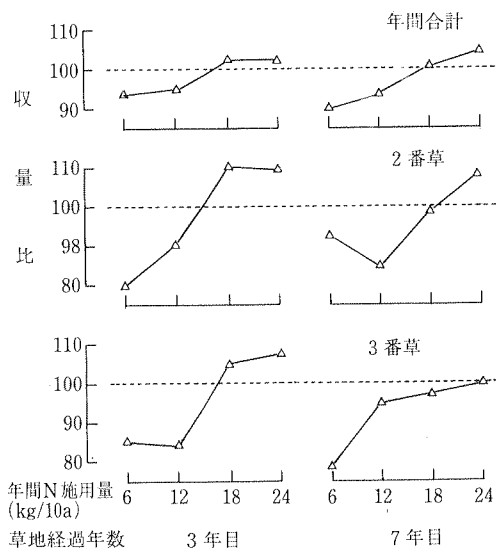


図8 低密度草地の収量の窒素反応性 (2.0kg区を100とした比で表示)

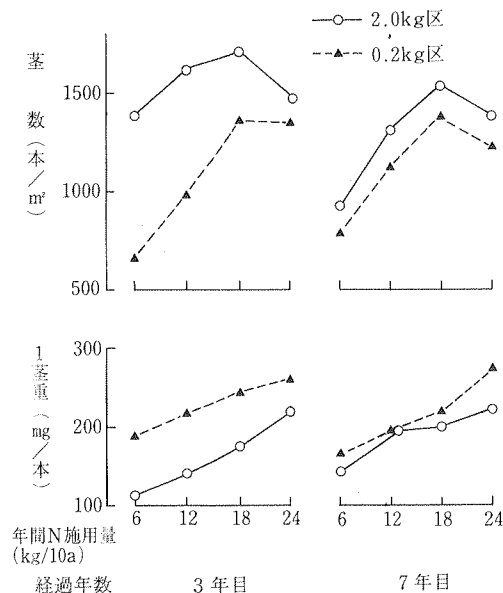


図9 2番草収量構成要素の窒素反応性

pHの低下・養分不足など化学性の悪化、③低級牧草・雑草侵入など植生の悪化などが指摘されている。根釧地方で行なわれた実態調査の結果では、経年化による収量の低下が、かなり明確に認められており、その要因は主に主草種がチモシーであることによる植生の悪化であった³⁾。先にも述べたように、天北地方におけるオーチャードグラス草地は適切に肥培・利用管理が行われている限り植生的に植めて安定である。本試験でも3年目以降、個体数の減少は認められず(図3)、経年的な雑草割合の増加も認められなかった(表1)。また、土壌pHの低下については、宝示戸ら²⁾によるとpH5.0以下(0~2 cm土層)で始めて収量に影響が出ると報告されているが、本試験では随伴アンオンの少ない化成肥料が使用されていたことから、7年目草地でもpH5.3(0~2 cm土層)であり、pHが主体的に収量を低下せしめたる要因にはなっていない。物理性の面では、大崎ら⁸⁾によると土壌の固相割合が46%を越えると減収要因となるとされている。本試験の場合、大型機械の走行が少なく、しかも土壌物理的な問題点の比較的小さい褐色森林土で試験を実施した関係から、造成7年目になっても固相率は42%程度であった。このように本圃場では植生、土壌の化学性・物理性とも阻害要因として顕在化していない。一般に、天北地方におけるオーチャードグラス採草地は特に褐色森林土に立地している場合、極端に粗悪な管理条件下に置かれないう限り、更新時に発現される養分枯渇を除くと、経年的な収量の低下は顕著でない場合が多い。

このような条件での牧草の密度問題は冬枯れが激しく分けつロスの大きい地帯や、夏期の雑草との競合でオーチャードグラスが必ずしも優位でない地帯とは趣きを異にするものと思われる。

2. 個体密度の異なる草地の生産性

次に、個体密度の異なる草地の生産性の経年変化に係わる要因について検討を加える。

一般に、どの作物でも個体密度が低くなれば光や養水分の競合が減少して、個体当りの収量構成要素が増大し、それなりに一定の生育量を確保しようとする。このことをオーチャードグラスのようなイネ科牧草に当てはめると、個体密度の少ない場合は個体当りの茎数増加でカバーし、茎数が少ない場合は1茎重の増大でカバーするという2

重の補償機構が考えられる。しかし、個体密度が極端に低い場合はこの補償作用にも限界がある。ここで、一定の収量を得るための下限の密度を「限界密度」と呼ぶことにする。この限界密度を規制する要因の1つに生育が始まってから収穫されるまでの期間があげられる。すなわち、個体密度が低い場合は単位面積当りの初期生育が必然的に小さくなるので、生育が始まってから収穫されるまでの期間が充分長くないと、初期の生育量の差を解消する以前に収穫されることになる。この期間は1年生作物の場合、当然は種または移植してから収穫までである。イネ科牧草の場合、1茎重の増大による収量補償は1年生作物と同様に、は種または再生から収穫までに行なわれる。他方、収穫後も刈り株は次の生育に受け継がれるので、茎数増による収量補償は種から次の更新まで、長期間にわたって進行することになる。これらの期間の長短が、低密度処理が高密度処理の収量へ追い付くことができるか否かを左右している。限界密度を規制するもう1つの要因として生長の速度があげられる。定められた生育期間内では、単位時間当りの生育量を大きくするような処理をほどこせば、限界密度より低くなるであろう。以上の前提に立って、密度と収量の関係の経年変化について論議をすすめる。

一般に、栄養体を取獲目的物とする作物では広い密度範囲で収量が一定であるとされている⁹⁾。しかし、本試験では以下の3局面で2.0kg区と0.2、0.5kg区との間に収量差を生じた。①造成2年目草地の収量は各番草とも個体密度の低い方が低かった。②3~4年目の1番草収量は個体密度の高い方が低かった。③2、3番草の収量は低密度の方が低かった。

まず、①は0.2kg区および0.5kg区で単位面積当りの茎数が不足していたことに帰せられるであろう。前述のように個体密度が低い場合はまず個体当りの茎数増により収量構成要素を確保しようとするが、造成2年目ではその茎数形成の期間が充分でなく、次の段階の1茎重増によっても収量を完全に補償しきれなかったと説明できる。そこで、越冬前に何本の茎を有していれば翌年充分な収量をあげ得るかを検討するため、1979年造成草地を例にとって越冬前の茎数と翌年収量の関係を図10に示した。これによると造成1年目の越冬前

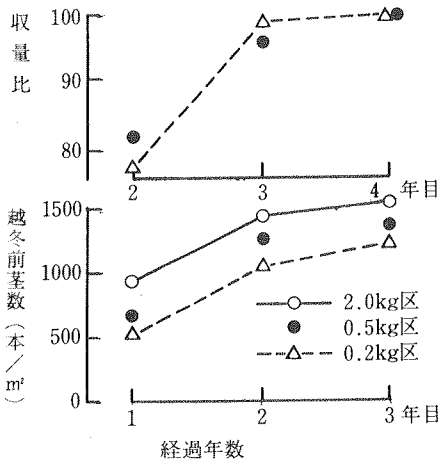


図10 越冬前茎数と翌年収量の関係(収量は2.0kg区を100とした年間合計収量の比で示した。)

茎数が500本/m²程度であった0.2kg区の2年目収量は2.0kg区の80%以下であり、650本/m²であった0.5kg区では80%を僅かに越える程度であったが、前年度の越冬前茎数が1000本/m²以上になる3年目には、両区ともほぼ2.0kg区なみの収量となった。このことから越冬前には約1000本/m²程度の茎数が必要であり、個体密度の低い草地に対する収量向上策としてはまず、茎数の増加促進が必要である。これに関して、窒素施用量を増加させると、分けつが促進されることが知られている¹⁰⁾。本試験の窒素用量試験の結果でも(図9)、0.2kg区の単位面積当り茎数が2.0kg区に比べ大きく劣っている3年目草地において、窒素6kg施用条件下では0.2kg区の茎数は2.0kg区の50%以下であるが、窒素施用水準が高まれば、その差は著しく縮小されていた。このことから、充分量の窒素を施用することは個体密度の低い草地の単位面積当り茎数を増加させる上で有効な対策であるといえる。

②の現象は0.2kg区の有穂茎が2.0kg区より多く、かつ1茎重が高いことからもたらされている(図6)。有穂茎は言うまでもなく、生理的に旺盛な節間伸長を示すので、牧草の乾物生産に寄与すること大である。1982年の場合、1番草の有穂茎の平均1茎重が500mg(乾物)前後であったのに対し、無穂茎のそれは100mg前後であった。従って有穂茎の多寡が収量を左右する大きな要因となっている。この有穂茎を増加させるためには2つの

条件が必要である。1つは越冬前、あるいはそれに続く起生期に充実した茎を数多く持つことである。これに関して坂本¹⁰⁾は、早春の起生期に乾物重27mg以上の茎が1番草で有穂茎になると報告している。もう1つは、それらの茎に起生期以降充分な養水分や光が与えられることである。本試験の3～4年目草地でこれらの条件について検討すると、各々の茎にとって春以降の生育は、個体密度の低い方が単位面積当りの茎数が少なく、光および養水分の競合が小さいので有利である。越冬前も同様に養水分競合のより小さい低密度側の方が個々の茎にとって翌年出穂するのに充分な態勢を確保する確率は大きいであろう。ちなみに3年目、4年目草地の前年越冬前1茎重についてみると、2.0kg区でそれぞれ62, 58mg(乾物重)であったのに対し、0.2kg区のそれは83, 76mgと2.0kg区を大きく上廻っていた。このことが、3～4年目において個体密度の低い区ほど、有穂茎数を増やし、ひいては1番草収量を高くした要因と考えられる。

しかし、密度の低い処理区の各々の個体は図4に示すように経年過程で平面的に広がり、それに伴って個体当りの茎数を増して、図6に示されるように、5～6年目に至って2.0kg区との単位面積当りの茎数較差がかなり縮小された。茎数較差が小さくなったことは光や養水分競合等の生育環境条件も近似してくることを意味する。従って、個体密度のより低い区ほど多くの有穂茎を持ち得るといった優位性も失われ、これが5年目以降個体密度による1番草収量の差が消失した要因であろう。

このように牧草は勿論栄養体を収穫する作物であるが、有穂茎の多寡が1番草収量を大きく左右している以上、1番草における密度と収量の関係は有穂茎あるいは穂そのものを収穫目的物としている他の禾本科作物、たとえば麦類などのそれと類似しており、最大収量の得られる最適な茎数の密度が存在していると考えられる。

次に、③の現象について考察を進める。2・3番草は1番草とは異なり、純粹に栄養体を収穫目的物としている。これが前述の密度・収量一定の法則にあてはまらなかった要因として、2・3番草の収穫が牧草の栄養価や年間合計収量を堪案して、生育が量大になる前に行なわれていることが一因

としておげられる。すなわち、単位面積当りの茎数が低く、空間的に余裕のある0.2kg および0.5 kg 区が2.0kg 区との差をまだ縮めようとしている時点で収穫が行なわれている可能性がある。このような条件下では前述のように必然的に茎数に制約のある個体密度の低い区はその茎数に応じて高い1茎重を有しているものの(図7), 収量差を完全に解消しきれない。これは前に述べた第1の要因である生育が始まってから収穫されるまでの期間が短かすぎて、密度による収量差が招来されたと言える。これに対しては、第2の要因である生育速度を窒素増施により速めることが対策として考えられる。この観点から窒素用量試験の結果をみると、高窒素施用条件下の0.2kg 区2・3番草収量は2.0kg 区に追いついているのみならず、さらにはそれを凌駕している場合すらあった(図8)。本試験では生育中の調査を行なわなかったが、2・3番草の1茎重は窒素施用により明らかに高まっており(図9), これは窒素増施が再生時からの生長を旺盛にして、その結果、0.2kg 区の1茎重を増大させたものと理解できる。

また、高窒素施用条件で2.0kg 区に比し、0.2kg 区の収量が優った原因は以下のように考えられる。窒素の施用は1茎重の増大とともに分けつを促進して茎数の増加ももたらしたものと思われる。しかし、窒素用量24kg 区では同18kg 区より茎数を減じており、その程度は2.0kg 区の方がより大きかった(図9)。窒素用量24kg 区といえども、茎相互の競合がまだ小さな再生期には茎数を増加させていると思われるが、収穫期に至る以前に1茎重の増大による競合激化のため枯死茎を生じさせ、収穫時点では窒素用量18kg 区に比べ茎数を増加させなかったと考えられる。この生育途中の枯死茎は乾物生産の上からは大きなロスと考えられる。生育中の茎数の消長については特に調査を行なわなかったが、上記のロスは2.0kg 区でより大きいはずであり、このため2.0kg 区の収量が相対的に低くなったのであろう。

表4に0.2kg 区と2.0kg 区をこみにした2, 3番草収量と茎数の相関係数を示す。年間窒素施用量が12kg/10a 以下では収量と茎数は高い相関関係にあったが、窒素レベルが高くなると相関は低下した。3番草では窒素18kg レベルでもまだある程度の相関を有しているが、これは3番草生育の

表4 N用量別の収量と茎数の相関係数
(0.2kg区と2.0kg区をこみにして算出)

N施用量 (kg/10a)	収量との相関係数	
	2番草	3番草
6	0.744	0.791
12	0.789	0.905
18	0.386	0.747
24	0.402	0.395

後半になると低温のため1茎重の伸びが抑制されるからであろう。このように個体密度が低く、単位面積当りの茎数に制約のある0.2kg 区の2, 3番草でも十分な窒素施用を行なうことにより、標準播種量である2.0kg 区に勝るとも劣らない収量を得ることができた。

以上の結果から、オーチャードグラス草地の個体密度と収量の関係におよぼす窒素施用の意義についてまとめてみる。窒素の施肥は1つに分けつを促進し、茎数を増加させ、他に個々の成長を促して、1茎重を高める働きがある。前者から、特に茎数形成途上にある1～3年目の低密度草地には十分な窒素施用を行ない、個体の充実・茎数の確保を図ることの有効性が指摘された。また、後者から、茎数の制約が顕在化しやすい低密度草地の2・3番草に対し、窒素を増施して1茎重を高め、標準密度である2.0kg 区と遜色ない収量を得ることができた。本試験で供試した最も密度の低い30個体/m²の草地は、単位面積当りの茎数が十分に確保される以前の造成1～2年目に低収であり、また経過年数にかかわらず2, 3番草も低収であるという問題点を持っていたが十分な窒素施用を行なうことにより、3年目以降標準的な個体密度の草地と同等の収量を得ることができた。

謝辞 本報告の御校閲と貴重な御指導をいただいた當場々長南松雄博士と大垣昭一化学部長、阿部登畜産部長に謝意を表する。

引用文献

- 1) Donald, C.M. "Competition among crop and pasture plants". *Advances in Agronomy*. 15, 1-114 (1963).
- 2) 宝示戸雅之, 佐藤辰四郎, 高尾欽弘, "草地の酸性化に伴うアルミニウム溶出と牧草生育". 北海道立農試集報. 50, 43-53 (1983).
- 3) 北海道立根釧農業試験場, "植生からみた根室地方

- の採草地における更新指標”, 北海道農業試験合議試料, (1982).
- 4) 石田良作, 嶋村匡後, 及川棟雄, “人工草地の植生構造, 第4報 オーチャードグラス人工群落における基底被度と収量の関係について”, 日草誌, 20, 125-129 (1974).
 - 5) Marten, G.C.; Hueg, Jr.W.F. “Density of alfalfa plant as a criterion for estimation productivity of an alfalfa-bromgrass mixture on fertile soil”. *Agron.J.* 55, 343-344 (1963).
 - 6) 三木直倫, 奥村純一, “来歴の異なる草地表層の生産力的特徴”, 北海道立農試集報, 46, 1-11 (1981).
 - 7) 三田村 強, “個体密度の異なるオーチャードグラス草地における生産性”, 東北大農研報, 20, 217-256 (1969).
 - 8) 大崎亥佐雄, 奥村純一, “根圏土壌の理化学性が牧草生育に及ぼす影響, 第1報 土壌ち密度と牧草生育との関係”, 北海道立農試集報, 27, 77-88 (1973).
 - 9) 坂本宣崇, 奥村純一, “牧草の周年栄養生理と肥培管理に関する研究, 第2報 秋施肥の持つ意義”, 北海道立農試集報, 40, 40-50 (1978).
 - 10) 坂本宣崇, “牧草の周年栄養生理と施肥管理”, 草地土壌試験成績書, 北海道立北農業試験場, 1979, p.44-78.
 - 11) 佐藤 庚, 西村 格, 伊藤睦泰, “草地の密度維持に関する生態生理学的研究, 第5報 単一クローンで作ったオーチャードグラス草地における栽植密度, 窒素施用量, 刈り取り回数が分けつの消長および収量に及ぼす影響”, 日草誌, 13, 128-142 (1967).
 - 12) 高崎康夫, 高橋直秀, 横山 珖, “アルファルファ草地の生産生態に関する研究, 第1報 栽植密度を異にするアルファルファ草地の収量と個体数の変動”, 日作紀, 39, 144-149 (1970).

The Effects of the Plant Density and Nitrogen Application on the Productivity of Orchardgrass Swards in the Tenpoku District

Shuji HIGASHIDA* Kinya TAKAO**
and Nobumitsu SAKAMOTO***

Summary

The changes in productivity of cut swards of orchardgrass "Dactylis glomera L.cv. Kitamidori" at the three sow rates and the effects of nitrogen application on them were studied for over 7 years in the Tenpoku district where orchardgrass is markedly persistent. The swards were harvested three times each year except the 1st year when they were harvested only once. Seed rates of 0.2, 0.5, and 2.0kg/10a gave 30, 50, and 70 plants/m² respectively, until the 3rd year. Furthermore, no decrease of plant density was observed. In the 2nd year, the total number of tillers at the 0.2kg-plot was about 50% of that of the 2.0kg-plot which accepted as common seeding rate for this region. The difference of tiller numbers was decreased by growth of each plant. Finally, in the 5th year, tiller number at the 0.2kg-plot reached 75 to 85% of that at the 2.0kg-plot. Under the application of 12kg-N/10a/year in the 2nd year, the yield of the 1st cutting was higher as the sow rate increased. The trend was reversed in the 3rd to 4th year, and in the 5th to 7th year, plant density had no significant effect on yields. The yields of the 2nd and 3rd cuttings were higher with density over 7 year period. The lower yields of the 2nd and 3rd cutting at the lower density plot were overcome by raising the nitrogen application up to 18kg/10a/year. On the contrary, insufficient nitrogen application amplified the deficiency of the lower density plot.

*Hokkaido Prefectural Tenpoku Agricultural Experiment Station, Hamatonbetsu, Hokkaido, 098-57, Japan.

**Hokkaido Prefectural Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-13, Japan.

***Hokkaido Prefectural Kamikawa Agricultural Experiment Station, Asahikawa, Hokkaido, 078-02, Japan.