

来歴の異なる草地表層の生産力的特徴*

三 木 直 倫** 奥 村 純 —***

草地表層(0~3 cm)のもつ生産力的特徴を肥培・利用管理など草地の履歴の観点から、ポット試験で検討した。その結果、磷酸蓄積量の少ない表層は収量、磷酸吸収量とも劣った。しかし蓄積量が多い表層でも酸性化した場合には低収を示し、石灰施用によって収量、吸収量とも増大した。つまり草地表層の磷酸生産力の発現は前歴による蓄積量とpHの影響が大きかった。窒素生産力は酸性化した表層で低収傾向を示すものの肥培前歴の影響は小さかった。しかし利用方式では明らかに異なり、放牧地>採草地の関係を示した。放牧地の表層に集積した有機物は、採草地のそれに比較して分解率が高く、易分解性有機物が多かった。一方、表層の生産力は下層土混入率の増加に伴って減少した。以上のことから、前歴の窒素施肥で高収を示していた草地の表層がかならずしも高い生産性を示すとはかぎらず、この原因は表層の酸性化による蓄積磷酸の肥効低下が関与していると考えられた。

緒 論

草地は一度造成すると、その後は長期間にわたって耕起されることなく利用されるため、繰り返される農作業機、放牧牛による踏圧および施肥などにより土壌の理化学性の悪化を招来せしめる。とりわけ草地表層においては、これらが原因で、理学的には土壌のち密化⁴⁾に伴う通気・透水性の変化や水分保持、供給能の低下を引起す。また、化学的には草地に対する施肥がすべて表面散布であることにより、養分分の偏在を顕著ならしめ、これに伴って急速な酸性化と表層からの塩基の溶脱を招く⁸⁾。その結果として施肥磷酸の肥効減少をはじめ、草地の表面に置かれる有機物の集積と分解に関する循環系の停滞など、肥培管理に際する多くの諸問題を引起させると考えられる。このように、草地の表層土壌はdrasticな理化学的影響を受けるため、そこに生育する牧草も当該土壌環境下で順

応せざるをえず、加えて草地の利用方法によっては、その生態系を不安定な状態にさせているのである¹²⁾。これら一連の研究からも理解される通り草地表層の理化学的優劣は牧草の生産性を大きく支配していると考えられるべきであろう。従って、本研究は草地表層の生産力的意義についての検討を試みるものである。

さて、天北地方は典型的な草地酪農地帯として、近年その進展は著しいものがあり、飼養頭数の規模拡大と相まって、草地は高度な生産性が要請されるに至っている。しかしながら現実には荒廃化した草地が多く、これら草地の生産性向上を策することは急務と考える。以上の背景から、筆者らは草地表層の生産力的意義を検討する過程で、まず草地更新時における表層養肥分の意義を究明するために本試験を実施した。

一般に荒廃化した草地の生産性を回復させる方法としては①追播—施肥による植生回復法²⁾、②耕起—再造成による土壌理化学性および植生の根本的改善法、などが考えられている。ここでは本論の主旨に沿い、後者の問題点を研究の対象とした。すなわち、草地を更新する際、経年化する過程で表層に添加された諸成分の実態を把握するとともに、これら成分をいかなる方法で有効化させ更新草地の生産性を向上せしめるかを本稿の主目的とした。これらについて若干の知見を得たので報告する。

1980年9月10日受理

* 本報の一部は、1977年度日本土壤肥料学会北海道支部講演会(1977.12)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)

試験方法

試験 1：各種旧草地表層の養肥分的特徴

旧草地表層とは、更新に際し播種床として利用されやすく、しかも草地上壌学的意味から考えて、肥培管理・利用方式などの履歴の影響をもっとも強く反映すると思われる極く表層 0～3 cm 内外の土壌である。供試した草地表層は、肥培管理の異なる肥料三要素試験地（利用後 6 年目）、草種別（オーチャードグラス優占：利用後 8 年目、ラジノクローバ優占：利用後 4 年目）および利用方式を異にする放牧地、採草地（利用後 14 年目）の 9 種類で、1977 年 5 月上旬に採取した。採取試料は前植生の残株も含めて細断後、1/5,000 αワグ

ネルポットに生土 1.9 kg を充填、無炭カル系と炭カル添加系^{注)}（炭カル 15 g を各ポットに施用）を設け、それぞれに無肥料（以下 F 区と略称）、無窒素（PK 区）、無リン酸（NK 区）、無加里（NP 区）および三要素（NPK 区）の 5 処理を組合わせた。供試草種はイタリアンライグラスで、種子 0.1 g を 6 月 6 日に播種、ガラス室内に設置し、7 月 18 日、8 月 9 日、9 月 1 日および 10 月 7 日に収穫した。標準施肥量は、N-P₂O₅-K₂O を各 0.5 g、硫酸、過石、硫酸の形態で施し、追肥は各 0.2 g を収穫毎に行った。またポットの水管理は 3 回/日、水道水を用いて灌水した。表 1 に供試各土壌の化学性・収量を示したが施肥来歴の影響がうかがわれる。

表 1 供試土壌* の一般化学性と前歴草地の収量

前 歴		pH		T-C	T-N	C/N	Ex-bases**			Bray No2	収量(kg/10a)***	
		H ₂ O	KCl	(%)			CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅ **	イネ	マメ
肥料三要素 試験草地	無肥料区	5.85	4.75	10.19	0.72	14.1	237	62.0	70.0	5.8	340	32
	無窒素区	5.75	4.80	10.17	0.86	11.8	337	39.2	116.3	70.6	478	316
	無リン酸区	4.75	3.85	12.14	0.93	13.1	69	16.8	77.5	4.7	594	1
	無加里区	4.85	3.85	11.24	0.83	13.6	149	15.6	51.3	96.6	700	6
	三要素区	4.80	3.80	10.53	0.82	12.9	171	16.8	80.0	122.3	667	15
草 種 別	イネ科優占	4.55	3.75	6.50	0.46	14.2	100	21.2	53.8	70.6		
	マメ科優占	6.25	5.45	6.53	0.53	12.2	379	35.4	112.5	31.7		
利 用 別	放 牧 地	5.65	5.00	12.93	1.21	10.7	570	94.5	150.0	117.7	982	61
	採 草 地	5.75	4.90	10.32	0.94	11.0	415	64.5	137.5	46.0	762	116

* 供試土壌は表層 0～3 cm を採取し、前植生の株・地下部も含む。

** mg/100 g 乾土

*** 昭和 50（1975）年度天北農試草地土壌試験成績書。

注) 所要炭カル量は 4 週間、最大容水量の 60%，30℃での培養実験から算出した。

試験 2：混和される旧草地表層の多寡が牧草収量におよぼす影響

供試した旧草地表層は試験 1 で用いたオーチャードグラス優占草地表層と褐色森林土未耕土の下層土を組合わせ、表 2 に示す 5 段階の混和处理を行った。また混和率 25、75% の 2 処理には炭カル用量（0、5、15 および 30 g/ポット）と肥料三要素試験を組合わせ、その他の処理には炭カル 15 g を施用したのち完全区（NPK 区）を設けた。その他の試験方法は試験 1 に準じた。

なお、ここで使用する用語は前歴の肥料三要素試験草地表層と施肥処理の三要素試験など煩雑なため、供試した旧草地表層の前歴を無肥料、無窒素、放牧地な

どと文字で表現し、それらに対する施肥処理を -F、PK、NPK 区と記号で表わすこととする。

表 2 旧草地表層の混和率（試験 2）

	表層混和率（容量%）				
	0	25	50	75	100
表層土*	—	0.4	0.8	1.2	1.7
下層土*	2.9	2.2	1.5	0.7	—
充填量*	2.9	2.6	2.3	1.9	1.7

* 生土（kg/ポット）但し、ポット容量は砂を用いて 1.5 ℓ とし、表層土、下層土の仮比重をそれぞれ 0.7、1.2 として算出した。

試 験 結 果

1. 各種旧草地表層の養肥分的特徴

1) 経年草地の化学性および養肥分の土層内変化

各種旧草地表層の養肥分的特徴を検討するに先立ち、試料を採取した経年草地における養肥分の土層内分布を調査したが、そのうち肥料三要素試験跡地の結果を図1に示した。これによると、経年草地における養肥分の土層内分布は各要素によって異なる。すなわち、有効態リン酸および有機物は極く表層(0~2 cm)に顕著に集積し、当該層以下の層では極めて少ない。これに対し、加里は施肥来歴を反映し、無加里栽培区は土層全体に置換性加里の減少が認められた。以上の結果は経年草地の施肥が全て表面散布であること、また還元される牧草遺体などの有機物も同様に草地の表面に置かれることなど、草地土壌の特徴を明らかに示している。一方、施肥来歴を異にする草地の一般化学性の土層内変化を図2に示した。これによると窒素施肥の

有無によって化学性が大きく異なり、窒素施肥系列(無リン酸、無加里および三要素区)の極く表層は置換性石灰の減少が著しく、これに伴って pH の低下が顕著であり、前掲表1の結果からも首肯しうるものであった。

2) 施肥来歴を異にする旧草地表層の生産力

このような種々の化学性を具備する草地表層の養肥分の肥効を検討するために、三要素試験跡草地の表層を採取し、ポットによる肥料三要素試験を試み、その結果を表3に掲げた。これによれば、まず旧草地表層の基本的な施肥反応性はNK区の収量に顕著に反映されていた。すなわち、前歴が無リン酸状態であった無肥料、無リン酸区にNK処理を行った場合、NPK区に対する収量指数は無炭カル条件で51と明らかに低収であった。これに対し、前歴に無加里状態であった無肥料、無加里区にNP処理を行っても収量の低下は前述した〔前歴無リン酸~NK〕の関係より小さく、NPK区に対する収量指数は無炭カル条件で66であった。また炭カル添加条件でも同様な傾向を示していた。一方、

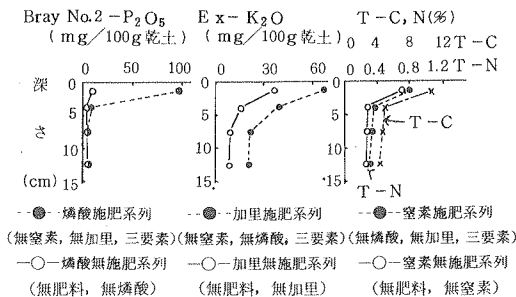


図1 経年草地における養肥分の垂直分布
(肥料三要素試験跡地)

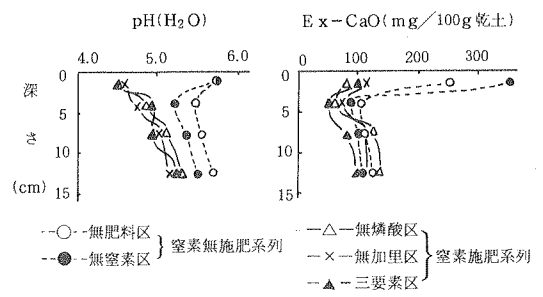


図2 施肥処理による化学性の垂直変化
(肥料三要素試験跡地)

表3 肥料三要素試験草地表層の生産性

施肥処理		無炭カル処理					炭カル添加処理				
		-F	PK	NK	NP	NPK	-F	PK	NK	NP	NPK
収 量 (g / ポット)	無肥料区	6.0	5.8	15.9	18.4	24.2	7.7	6.3	15.9	23.1	28.4
	無窒素区	7.6	9.0	26.8	22.5	30.4	8.5	8.6	29.7	27.3	30.6
	無リン酸区	5.1	6.3	8.5	12.8	16.8	7.0	5.8	15.3	20.0	25.0
	無加里区	4.4	6.2	14.0	12.4	18.7	5.9	6.1	22.8	18.8	24.4
	三要素区	5.0	6.1	21.0	14.3	19.9	6.3	6.5	25.2	20.9	25.1
収量指数 (%)	無肥料区	25	24	66	76	100	27	22	56	81	100
	無窒素区	25	30	88	76	100	28	28	97	89	100
	無リン酸区	30	38	51	76	100	28	23	61	80	100
	無加里区	24	33	75	66	100	24	27	93	78	100
	三要素区	25	31	106	72	100	25	26	100	83	100

表 4 前歴施肥の有無が牧草の P_2O_5 , K_2O 吸収量に及ぼす影響

(mg/ポット)

前 歴 施 肥 処 理	P_2O_5				K_2O			
	無 炭 カ ル		炭カル添加		無 炭 カ ル		炭カル添加	
	NK	NPK	NK	NPK	NP	NPK	NP	NPK
無施肥系列* (A)	54	117	72	166	340	842	348	931
施肥系列** (B)	200	244	259	309	415	1,114	434	1,139
A/B (比)	27	48	28	54	82	76	80	82

* { 磷酸無施肥系列：無肥料，無磷酸跡地

{ 加里無施肥系列：無肥料，無加里跡地

** { 磷酸施肥系列：無窒素，無加里，三要素跡地

{ 加里施肥系列：無窒素，無磷酸，三要素跡地

これらに対する NK, NP, NPK 処理区の P_2O_5 , K_2O 吸収量平均値

これら両成分の差異を牧草の吸収量から検討し，その結果を表 4 に示した。 P_2O_5 吸収量は収量と同様に前歴の磷酸施肥の有無を顕著に反映した。すなわち磷酸無施肥系列（無肥料，無磷酸区）に対する NK 処理区の P_2O_5 吸収量は磷酸施肥系列（無窒素，無加里，三要素区）に対する NK 処理区のその 28% 前後にすぎず，また NPK 処理区においても前歴磷酸施肥の有無を顕著に反映していた。ところが K_2O 吸収量は前歴無加里系列と加里施肥系列の草地表層間には大差がなく，NPK 区でも類似した結果が得られた。

一方，前掲表 3 に示された PK 区の収量指数は 22～38 の間にあり，実収量では前歴無窒素区で 9 g 前後と若干高いほかは 5.8～6.5 g の範囲で，前歴の施肥処理に関係がなかった。また，同様に NPK 区の収量について前歴の施肥管理の違いから比較検討すると，収量に影響を及ぼす施肥要素は前歴窒素施肥の有無にのみ認められ，前歴無窒素系列（無肥料，無窒素区）>前歴窒素施肥系列（無磷酸，無加里，三要素区）の関係にあった。そしてこの両者の差は炭カル添加によって縮小した。

表 5 炭カル添加による増収効果

(炭カル添加
無炭カル 収量比)

前 歴 施 肥 処 理	-N 処理系列		+N 処理系列		
	-F	PK	NK	NP	NPK
無肥料区	128	109	100	126	117
無窒素区	112	95	111	102	101
無磷酸区	137	92	180	156	149
無加里区	134	106	161	152	129
三要素区	126	107	119	146	126

ついで，牧草収量に及ぼす炭カル添加の効果を前掲表 3 から算出し，その結果を表 5 に示した。すなわち，同効果を各施肥処理間で比較すると，前歴無窒素系列では $-F > NP > NPK > NK > PK$ であり，かつ処理間の差が小さかった。これに対して前歴窒素施肥系列では $NK > NP > NPK \geq -F > PK$ の順であり，さらに各処理間差は 92～180 にもおよび，前歴無窒素系列の 95～128 より明らかに大きかった。また炭カル添加による増収効果は，大部分の区において -N 処理系列（-F, PK 区）より +N 処理系列（NK, NP, NPK 区）が高く，とくに前歴窒素施肥系列でのそれは顕著であった。さらにこの内容を検討する意味で，牧草の成分吸収量についても前述と同様に炭カル添加の効果を算出した。すなわち N, P_2O_5 , K_2O 吸収量について当該成分の欠除処理区と NPK 区について求め，表 6 に掲げた。その結果，炭カル添加による各成分の吸収量増加割合は， P_2O_5 吸収量で圧倒的に高く，ついで K_2O , N の順となった。このことから，炭カル添加による収量増加の主要因は，土壌 pH の改善に伴う P_2O_5 含有率の上昇が関与しているものと示唆される。

表 6 牧草の成分吸収量に及ぼす炭カル添加の効果

(炭カル添加
無炭カル 成分吸収量比)

前 歴 施 肥 処 理	N		P_2O_5		K_2O	
	PK	NPK	NK	NPK	NP	NPK
無肥料区	111	84	100	114	112	112
無窒素区	107	85	92	102	111	87
無磷酸区	96	118	199	191	94	126
無加里区	106	95	182	161	124	109
三要素区	106	88	157	138	106	105

3) 草種を異にする草地表層の生産力

草種を異にする草地表層（オーチャードおよびラジノクロバ各優占草地：以下OG, LCと略す）を供試した肥料試験の牧草収量および炭カル添加に伴う増収効果を表7に示した。施肥処理による収量傾向は、既述した肥料三要素試験跡地のそれと同一傾向を示したが、実収量はLC優占草地よりもOG優占草地の方が低収であった。それゆえOG優占草地では炭カル添加による増収効果が明らかに大きく、とくに+N処理系列（NK, NP, NPK区）で著しかった。この理由

は、LC優占草地では窒素施肥が行われないので、草地表層のpH、置換性塩基など化学性が良好に保持されていた結果（表1）と考えられる。そしてこの関係は肥料三要素試験跡地における前歴窒素施肥の有無の傾向からも首肯しうるものであった。

4) 利用方式の異なる草地表層の生産力

つぎに施肥管理が同一条件の放牧地と採草地（両草地とも年5回利用）を用い、利用方式の違いが、当該草地表層の生産力に及ぼす影響を検討した。

両草地の特徴について述べると、表1に既掲したよ

表7 草種の異なる草地表層の牧草収量

(g/ポット)

前歴 施肥処理	炭カル処理	オーチャード優占草地表層			クロバ優占草地表層		
		無炭カル(A)	炭カル添加(B)	B/A	無炭カル(A)	炭カル添加(B)	B/A
-F		3.2 (20)	5.5 (23)	172	5.0 (20)	5.0 (19)	100
PK		4.7 (30)	5.8 (24)	123	5.7 (23)	7.1 (26)	125
NK		13.7 (87)	21.5 (88)	157	22.9 (91)	23.1 (86)	101
NP		10.9 (69)	18.3 (75)	168	23.3 (92)	23.1 (86)	99
NPK		15.8 (100)	24.3 (100)	154	25.2 (100)	26.8 (100)	106

注) () 収量指数 (対NPK比)

表8 利用方式の異なる草地表層の牧草収量

(g/ポット)

前歴 施肥処理	無炭カル					炭カル添加				
	-F	PK	NK	NP	NPK	-F	PK	NK	NP	NPK
放牧地(A)	10.4	10.7	25.2	22.3	27.0	11.5	12.6	29.2	26.0	29.3
採草地(B)	7.1	7.6	25.8	22.4	26.2	7.6	8.6	26.1	23.9	27.3
A/B*	146	141	98	100	103	151	147	112	109	107

* 収量比

表9 利用方式の異なる草地表層に集積した有機物の分解性

1) CO₂発生量

供試土壌	培養後21日間			培養後42日間		
	CO ₂ (mg/100g乾土)	CO ₂ -C (%)	CO ₂ -C/T-C (%)	CO ₂ (mg/100g乾土)	CO ₂ -C (%)	CO ₂ -C/T-C (%)
放牧地	2,488	679	5.3	4,305	1,175	9.1
採草地	1,585	411	4.0	2,417	660	6.6

2) N無機化量 (mg/100g乾土/30日間)

供試土壌	培養前			培養後			N無機 化量	熱水抽出有機物*		
	NH ₄	NO ₃	合計	NH ₄	NO ₃	合計		C	N	C/N
放牧地	6.81	30.72	37.03	5.66	73.27	78.93	41.90	389	51.6	7.5
採草地	7.01	5.85	12.86	11.98	29.76	41.74	28.88	329	38.2	8.6

* Waksmanの近似分析法に準拠した (mg/100g乾土)

うに、糞尿、残草が全て還元される放牧地表層では全炭素、全窒素とも採草地のそれを上廻っており、収量についても前者が勝っていた。一方、pH、置換性塩基含量は近似した状態にあった。

このような利用方式の異なる草地表層を用いた試験の結果を表8に示した。これによると、いずれの施肥処理区においても放牧地表層の収量が勝っており、とりわけ-F、PK区など-N処理系で大きな差を示した。そこで両草地の窒素生産力に因与する有機物の性質について若干の検討を試みた。すなわち、供試した表層土壌の有機物分解の難易性について、無機化される炭酸ガス態としての炭素（以下 $\text{CO}_2\text{-C}$ と略す）および無機化N量を測定し、この結果を表9に示した。測定方法は田辺の方法¹⁾に従い、乾土40g相当の生土を500ml容振とう瓶に採取し、最大容水量の60%の水分率、30℃保温条件下で培養し、発生する炭酸ガスを水酸化ナトリウムで捕集、塩酸で滴定した。なお測定条件としては、培養期間の前半では12時間、後半には24時間閉塞状態として炭酸ガスを測定、24時間当りの発生量を算出、この操作を培養開始初期で2日間隔、後期に4～5日間隔、計42日間にわたって測定し、炭酸ガス発生量を積算値として表わした。また、同時に30日間の無機化N量も測定した。その結果、42日間の培養期間中に無機化される $\text{CO}_2\text{-C}$ 量は放牧地表層で1,175mg/100g乾土であるのに対し、採草地では660mg/100g乾土に過ぎなかった。さらに全炭素に対する $\text{CO}_2\text{-C}$ の無機化率は、放牧地で9.1%と採草地の6.4%を大きく上廻っていた。つぎに有機物分解に伴う無機化N量は、 $\text{CO}_2\text{-C}$ 無機化量の大きい放牧地表層が明らかに高い値を示した。また、両草地表層に生成される無機態Nの形態は、草地の利用方式によって明らかに異なり、放牧地表層では $\text{NO}_3\text{-N}$ が圧倒的に

多いのに対し、採草地では $\text{NH}_4\text{-N}$ が比較的多く生成されていた。一方、表層有機物の組成を検討する意味で、熱水抽出有機物をWaksmanの近似分析法¹¹⁾で測定した結果、易分解性C、N含量は放牧地表層で多く、そのC/N比も採草地のそれより小さかった。このことは放牧地表層に還元される有機物量が多く、しかも易分解性の性質を有しているといえる。

以上のように利用方式によって草地表層に集積する有機物の量的・質的差異を生じせしめ、これが表層土壌の窒素生産力に影響したものと考えられる。

2. 混和される旧草地表層の多寡が牧草生育に及ぼす影響

旧草地表層の養肥分的特徴が牧草生育に及ぼす影響は、下層土との混和比率、例えば耕起深によっても当然変化することが予測される。この点について、表層と下層土との混和比率を5段階に変化させ、表10の結果をえた。表層混和率が高まることによって牧草収量は明らかに増加していた。この増収要因を成分含有率、とくにNと P_2O_5 について調査した結果が表11である。表層混和率が成分含有率に顕著に影響を与える要素は P_2O_5 であり、表層混和率の増加に伴って直線的に上昇した。一方、N含有率には一定の傾向が認められず、この原因には牧草生育に必要な窒素が十分に施肥されていたためであろう。この点について表層混和率25%と75%の2系列を用い、炭カル用量と三要素試験を組

表10 表層混和率の違いによる牧草収量 (g/ポット)

	表層混和率 (vol %)				
	0	25	50	75	100
収 量*	42.6	47.6	47.3	49.6	50.0
(指数)	100	112	110	116	117

* NPK区 (炭カル15g/ポット)

表11 表層混和率の違いによる牧草成分含有率の変化

成 分 番 草	N (%)				P_2O_5 (%)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
0	5.36	3.80	2.72	3.86	0.96	0.83	0.44	0.40
25	4.49	3.24	2.89	4.02	0.87	1.04	0.57	0.54
50	4.68	4.16	3.96	4.06	1.27	1.22	0.68	0.88
75	4.10	3.34	2.84	3.81	0.97	1.35	0.80	0.73
100	3.61	3.95	3.90	3.76	1.48	1.85	1.11	0.81

NPK区 (炭カル15g/ポット)

表12 表層混和率と炭カル用量の牧草収量に及ぼす影響

		表層混和率 25 %				表層混和率 75 %			
		炭カル用量 (g /ポット)							
施肥処理		0	5	15	30	0	5	15	30
収 量 (g /ポット)	－F	1.5	1.4	2.8	4.3	4.1	5.0	6.6	7.6
	PK	3.0	2.8	3.8	4.5	7.0	6.8	8.1	9.0
	NK	17.8	27.0	35.0	36.0	30.9	40.4	46.0	50.8
	NPK	34.1	38.5	49.6	51.1	35.8	43.6	49.6	52.5
同 指 数	－F	4	4	6	8	11	11	13	14
	PK	9	7	8	9	20	16	16	17
	NK	52	70	74	70	86	93	93	97
	NPK	100	100	100	100	100	100	100	100

合わせ、表12の結果をえた。まずPK区の収量指数は、表層25%系列で7～9、75%系列で16～20の範囲と小さく、表層混和率の増加に伴って収量は増加しているものの、前項で述べた各種旧草地表層におけるPK区の収量指数が28～38前後と小さかったことから理解される。一方、NK区の収量は表層混和率の大きい75%系列で明らかに高く、25%系列のNK区の収量指数が52～70、平均68であるのに対し、75%系列では86～97、平均93を示し、ほぼNPK区の収量に匹敵していた。つぎに炭カル用量に対する牧草収量の変化をみると、PK区の収量は炭カル用量に伴って増加する傾向が認められるものの、その増加割合は無炭カル区に対し、表層25%系列で93、127、150、また75%系列でも97、116、123と概して小さかった。ところがNK区の収量指数は無炭カル区を基準にして炭カル用量の増加に伴い表層25%系列で152、197、202と極めて大きく、75%系列においても131、149、164と炭カル添加の効果が顕著であった。この結果は先に述べた各種旧草地表層のNK区の炭カル添加による増収効果が大きかった事実と一致するものであった。

考 察

草地はその利用過程で種々の理化学的変化を受け、しかも表層ほどその変化は急激である。今までの試験結果を通じ、この草地表層の具備する諸性質が、その草地の生産力を支配する一つの要因になっているものと考えられることから、草地表層のもつ生産力の意義と役割を明らかにする目的で本試験を開始した。そこで、まず更新に際する草地表層の生産力の諸特性を理解することを本研究の緒口とした。

そもそも草地の更新は、今まで使用していた草地土壌を耕起もしくは攪拌して新しい播種床層を造成することから始まる。つまり、新しい播種床層に取込まれるであろう旧草地表層は、かつて肥培・利用管理の来歴を受け、しかも前植生や植物遺体をも含む土壌である。

今回実施した試験結果から次の点が明らかになった。すなわち、

1. 旧草地表層に蓄積した諸成分の牧草生産に示す肥効は、その草地の履歴によって特徴的な傾向を示す。
2. 経年過程で旧草地表層に集積した有機物の分解に由来する窒素的生産力の差は、主に利用方式の異なる草地で明らかであった。
3. 旧草地表層の肥効は、更新時に混和される下層土との混和程度によって異なり、とくにNK処理の収量に大きく現われた。

そこでこれらの問題を中心に考察を加えたい。

まず第1の結果について、かつて肥料三要素試験を実施していた草地表層土壌を供試した試験から、蓄積した磷酸の多寡が直接、牧草収量に反映していた。このことは天北地域に分布する鉾質土壌の磷酸供給力に乏しいことが原因であって、前歴に無磷酸状態の草地では表層の蓄積磷酸が極めて少なく、このような草地表層を用いた場合、磷酸生産力は当地域の未耕地とほぼ類似した状態に止まっていた。一方、表層に蓄積された加里の肥効は前歴無加里状態の草地であっても、NP処理区の収量はそれほど低下しない。この理由について考えてみると、当地域に分布する土壌の加里供給力が大きく、このことが肥料三要素試験当時の無加里栽培であっても収量および当該成分の吸収量は三要

素区のそれと同程度に維持されていたこと、さらに作物体および牧草遺体からの加里溶出率が高く⁵⁾、これが表層に加里を富化させ、かつ供給していたこと、などが考えられる。しかしながら図 1 に示したように、無加里状態で長期間、草地を利用するならば土層全体の加里供給力を低下せしめることになり、いわゆる高加里土壌であっても土壌の加里供給力のみで牧草の生育を保証することは不可能と考えられる。

次に牧草収量を大きく支配する窒素施肥が旧草地表層の生産力に及ぼす影響について検討してみたい。すなわち、施肥窒素により多収をえていた草地でも、更新に際してその表層の生産力は NPK 処理区の収量で認められるように、必ずしも高いとはかぎらず、その表層の化学性に支配されていた。つまり、草地の収量が窒素施肥によって維持されていたとしても、この間に草地表層は施肥によって置換性石灰の溶脱や、それに伴う pH の低下、還元された牧草遺体を主とする有機物循環の停滞など、土壌環境は悪化の一途を辿っていたことを物語っている。そこで、この試験結果を土壌 pH 改善の面から検討すると、炭カル添加による増収効果 (+Ca/-Ca 収量比) は前歴で窒素施肥されていた草地で極めて高く (表 5)、しかも、+N 処理系列で著しかった。つまり、-N 処理系列の収量指数が 22~38 と小さく (表 3)、また炭カル添加の効果が小

さかったこと (表 5) を併せて考えると、+N 処理で炭カル添加による増収効果が大きかった理由は、牧草生育に十分な窒素が添加され、窒素が制限要因として働かなかったためと考えられ、その結果、炭カル添加に伴う増収効果は主に蓄積磷酸の肥効が発現されたものと推察される。すなわち、図 3 に示したように旧草地表層の蓄積磷酸が多量に存在しても、表層土壌の pH が低下していたオーチャードグラス優占草地、無加里および三要素区表層では無炭カル条件の場合、蓄積磷酸量が収量および当該成分の吸収量に直接反映していない。ところが炭カル添加条件では収量、磷酸吸収量とも顕著に増加していた。これらの事実から、窒素施肥によって収量が維持されていた経年草地の表層が更新・再草地化時点では多収を示すとはかぎらず、その直接の要因は旧草地表層に多量に蓄積された磷酸が牧草の発芽定着および初期生育に有効に作用しなかったためである。そしてこの蓄積磷酸の多寡は磷酸供給力に乏しい当地域鉾質土の下層土の混入程度によっても強く影響されることになろう。

次に第 2 の旧草地表層に集積する有機物の質的問題について考えてみたい。一般に草地では表層に多量の有機物が集積することが認められている^{3, 9)}。しかしながらこの有機物が集積する作土層の窒素的生産力は未耕地のそれより劣ること、さらにこの現象は地下水

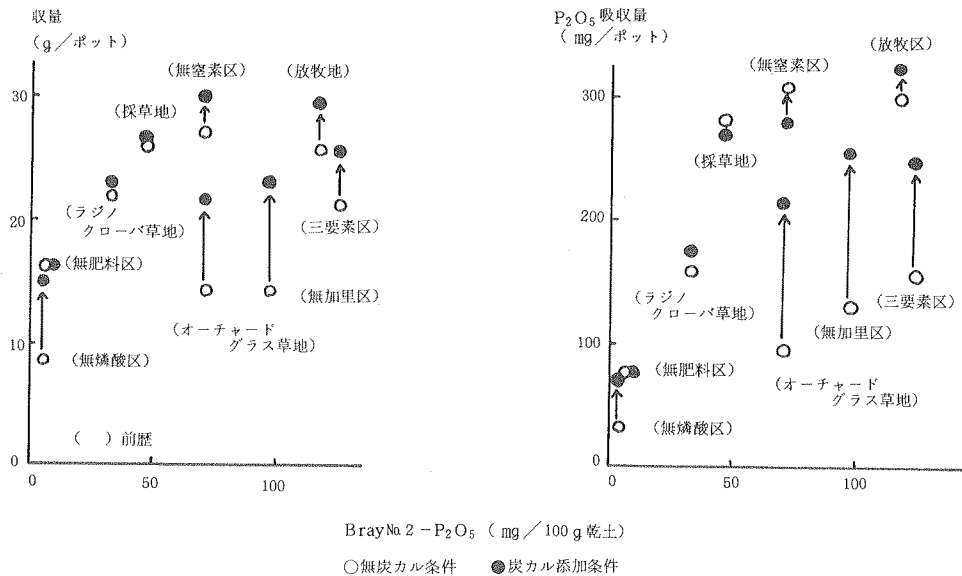


図 3 旧草地表層の蓄積磷酸量と牧草収量および P₂O₅ 吸収量との関係 (NK 処理区)

土壤型ほど顕著であることが筆者の1人⁶⁾によって明らかにされているところである。

今回、供試した各種旧草地表層の有機物分解に伴う窒素生産力の差異は、利用方式の異なる放牧地と採草地を比較することにより確認した。すなわち放牧地表層に集積する有機物のC、N無機化量は採草地のそれより明らかに高いこと、また熱水抽出処理によって示された易分解性有機物量が放牧地表層で多く、しかもそのC/N比は小さかった、ことなど、集積する有機物の量的・質的相違が放牧地、採草地両表層の窒素生産力に差を生じせしめた原因と考えられた。そして、この事実は家畜による糞尿および残草に由来する窒素の還元量が放牧地で非常に多いことから理解されよう。また培養実験で放出された無機態窒素の形態について、放牧地表層から放出される無機態窒素の大部分が NO_3^- -Nであるのに対し、採草地のそれは NH_4^+ -Nもかなりの部分を占めていた。一般に経年草地では表層に多量の易分解性有機物が集積することによって硝酸化作用が抑制されることが認められており^{3, 7)}、採草地の NH_4^+ -N生成が多かったことから説明する。一方、放牧地表層では易分解性有機物が多量に存在するにもかかわらず NO_3^- -N生成が旺盛であった事実は、前述した放牧地に還元される糞尿に基づくウレアーゼ活性が高い¹⁰⁾ことに由来するものと考えられる。一方、肥培管理の異なる肥料三要素試験跡草地表層の窒素生産力を比較してみると、前歴に窒素施肥が行われて表層の化学性が悪化していた草地ほど有機物量は多かったにもかかわらず窒素生産力は小さかった。この原因としては表層に集積する有機物の組成的差異およびそれに影響される分解の難易性などの問題が考えられる。さらに更新時における窒素肥効発現は、前植生および草地表層に集積する有機物など、種々の形態で作土層に取込まれることになり、これら有機物の量・質の両面で影響されるものと推察され今後の重要な検討課題である。

第3点として、前記1、2の旧草地表層の養肥分的諸特性は、更新時に作土層内に混入する下層土の割合によっても大きく支配される。つまり、天北地域に分布する鈣質土の下層土は養肥分的に極めて貧困なため、旧草地表層の取扱い方法の如何によっては更新草地の生産性が直接影響されることになる。換言するならば、更新時の耕起法の選択によっては旧草地表層の

諸特性を直接反映するか、または大部分を隠蔽してしまうものと推論される。

以上の諸結果から、旧草地表層のもつ生産力的内容は、経年過程を通じて表層に蓄積された磷酸と有機物に由来する窒素に集約され、これら成分の肥効は前歴草地の肥培・利用管理によって異なった発現様相を呈する。従って、更新草地の生産性を高めるうえで、この養肥分的に富む表層土壌を利用することが有効な基本方策と言える。しかしながら経年草地の生産性を支配する要因は土壌の理化学性および草地の植生状態などが考えられ、実際、草地を更新する場合、これら支配要因の抽出とそれに対応した更新方式の確立が急務であり、旧草地表層の処遇は個々の生産性支配要因によって変化せざるをえない。

以上、草地更新を念頭に入れながら、草地表層についてその生産力の意義を論じた。緒論でも述べたように、草地表層の特性解明は、更新時点に限らず、経年草地ひいては草地土壌の生産性を支配する表層土壌の特性解明へ演繹しうるものと考えられる。

謝 辞

本報告の取りまとめにあたり、当场土壌肥料科高尾欽弥科長には御指導と便宜をお計りいただいた。また本報告の御校閲と貴重な御指導をいただいた当場後藤計二場長並びに北海道立中央農業試験場環境保全部長南松雄博士に謝意を表する。

引用文献

- 1) 土壤生物研究会編，“土壤微生物実験法”，養賢堂，1975，273 p.
- 2) 早川康夫，“根釧地方火山灰地における牧草地土壌の理化学的特徴とその施肥法に関する試験，X，永年牧草地の改善策について”，北海道立農試集報，16，21—31（1967）.
- 3) 野村 號，“根釧地方における草地の環境と牧草生育との関連について，II，永年草地における土壌と草勢のうごき”，北海道立農試集報，24，93—104（1971）.
- 4) 大崎玄佐雄，奥村純一，“根圏土壌の理化学性が牧草生育に及ぼす影響，I，土壌ち密度と牧草生育の関係”，北海道立農試集報，27，77—88（1973）.
- 5) 小川和夫，草野 秀，“降水によって作物体から溶

- 出する成分”. 日土肥誌. **46**, 437-446 (1975).
- 6) 奥村純一. “天北地方に分布する各種土壌とそれに対応する草地造成・管理の基本方式”. 北海道立天北農業試験場, 1973. 107 p. (北海道立農試報告第22号).
- 7) Robinson, J. B., “Nitrification in a New Zealand soil”. *Plant and Soil*, **19**, 173-183 (1963).
- 8) 佐藤辰四郎. “根圏土壌の化学性と牧草生育, 草地をめぐる諸問題”. 北海道土肥研究通信. (第21回シンポジウム特集号) 23-32 (1974).
- 9) Schnitzer, M; Khan, S. U. “Soil organic Matter”. *Developments in Soil Science* 8. Elsevier Scientific Publishing Company. New York. 1978. p. 173-271.
- 10) 関口久雄, 奥村純一. “草地の放牧利用が2, 3の土壌成分と収量に及ぼす影響”. 北農. (7), 20-29 (1971).
- 11) Stevenson, F. J. “Gross chemical fractionation of organic matter” In C. A. Black et al. ed. *Methods of Soil Analysis, Part 2*. Am. Soc. Agric. Madison, Wisconsin, 1965. p. 1409-1421.
- 12) 山神正弘. “生態的観点からみた草地の生産性, 北海道における気候および土壌と作物生産との関係”. 北海道土肥研究通信, 第25回シンポジウム特集号, 13-27 (1978).

Characteristics of Grassland Surface Horizons Different in Past Career

Naomichi MIKI* and Jun-ichi OKUMURA**

Summary

Fertilizer experiments were conducted by a pot cultivation method, using 9 kinds of surface horizons of grassland at depths from 0 to 3 cm, to clarify the characteristics of productivity of the surface horizon, from a viewpoint of its past career such as fertilization and usage management.

The results obtained are summarized as follows:

1. The yield of grass and amount of P uptake were low in the surface horizon small in amount of accumulated P. However, even in the surface horizon large in amount of accumulated P, if it was acidified, a grass yield decreased, but both the grass yield and amount of P uptake increased when lime was applied.

2. An effect of fertilization management was slight on productivity of N of the surface horizon, though it varied obviously with the usage of the pasture, the grazing pasture showing a larger productivity than the hay harvesting pasture. Organic matter accumulating in the grazing pasture was higher both in content of easily decompositional fractions and degree of decomposition than that in the hay harvesting pasture.

3. Productivity of the surface horizon decreased with increasing ratio of mixture of the lower layer of grassland.

It follows from the foregoing that the surface horizon which gives a high yield as the result of N application is not always high in productivity. One of the reasons for it may be attributed to lowering effectiveness of accumulated P because of acidification of the surface horizon.

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

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