

経年酸性化草地における施肥窒素の 利用率と土壤窒素供給力*

三木 直倫** 高尾 欽弥***

草地の土壤酸性化に伴う集積有機物の特性と施肥窒素の利用率および土壤窒素供給力について検討した。酸性化した経年草地は粗大有機物の集積量が多く、しかもC/N比の高い未分解な有機物画分の割合が高く、表層土壤での窒素無機化量は著しく低下する特徴を有していた。このような特性をもつ酸性化した経年草地では施肥窒素の利用率および土壤窒素供給力が低下し、明らかに収量低下が認められた。すなわち、土壤pHを高く維持した経年草地の施肥窒素利用率は1, 2, 3番草の順に56, 51, 42%であったが、酸性化草地のそれは54, 43, 27%と特に2, 3番草の利用率低下が著しかった。更に、酸性化草地では施肥後に有機態窒素の増加が著しかった。したがって、酸性化した経年草地では施肥窒素の有機化が多く、かつ還元される有機物分解の停滞によって土壤窒素供給率が劣るものと考えられた。

I 緒 言

一般に草地は一度造成されると長期間利用されるが、牧草収量は経年化に伴って次第に低下することが広く指摘され、これが草地型酪農の基盤である粗飼料確保上の大きな問題点となっている。天北地方の草地では、この収量低下の要因として、土壤の堅密化、酸性化による理化学性の悪化^{5, 13)}、マメ科牧草の早期衰退、低級牧草の増加による植生の悪化¹⁸⁾などがあげられている。このような要因で低収化した草地は牧草の栄養価が劣り、施肥反応性も低い。とりわけ表層土壤の酸性化は蓄積Pの肥効低下⁹⁾、アルミニウム溶出による牧草のP吸収抑制⁵⁾を惹起することが指摘されている。

一方、経年草地の表層には毎年枯死茎葉、根など多量の有機物が還元されてルートマットなど有

機物集積層が形成されることについては既に多くの報告^{3, 12, 14)}があり、これらの有機物利用を考慮した耕起法と土壤Nの肥効発現に関する研究も多い¹⁰⁾。

しかしながら、草地の経年化に伴う表層土壤の酸性化と有機物集積量およびその組成的变化の関係については不明な部分が多い。さらに、この集積した有機物が土壤N供給力ならびに施肥Nの利用効率に及ぼす影響についての検討は草地生産力の向上を策するうえで重要な土壤肥料的課題と考えられる。

以上の観点から、本報では草地の経年化に伴う表層土壤の酸性化が土壤に還元される有機物の量とその分解に及ぼす影響および施肥Nの利用効率に与える影響について検討したので報告する。

II 試験方法

1. 集積有機物の分画

供試した草地は造成後6年目、オーチャードグラス優占のN用量試験を実施している草地である。表層土壤からの有機物採取法は25×25cmの区画で深さ0~2cm内外を掘取り、地表面に存在する未分解な枯死茎葉（以下地表面枯死茎葉と呼ぶ）を

1984年5月31日受理

* 本報の一部は、1983年度日本土壤肥料学会北海道支部大会(1983.12)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)

分離したのち和田らの方法¹⁶⁾に従って以下のとおり有機物を分画した。分画操作は水中で表層土壌から牧草根をゆっくり分離・除去後、土壌懸濁液を5段階の粗い順より重ねたふるいに移し、ふるい上の有機物を水道水で水洗しながら2 mm以上、2~1 mm, 1~0.5 mm, 0.5~0.25 mm, および0.25~0.1 mmの粒径に分画した。さらに各ふるい上の有機物は水中に分散させ、再度土壌を除去した後、その量およびC, N組成を常法により調査した。なお表層に集積した有機物を土壌固有の有機物や腐植と区別し、以下これを有機物と表現する。

2. 土壌 pH の異なる草地造成と N 施肥反応

供試した草地はオーチャードグラス単播の造成5年目の草地で、施肥管理として硫酸および尿素を用い年間N 9 kg/10 aを3回に分し表層土壌のpHを変化させた。共通肥料としてP₂O₅-K₂O: 10-11 kg/10 aを過石、硫加で施用した。つまり、尿素施用によって土壌pHをおおむね5.9前後に維持した草地と硫酸施用によって酸性化を促進させた2草地であり、供試草地の一般化学性および有機物量は表1に示した。この2種の草地にN用量(0, 9, 18 kg/10 a/年)試験を実施した施肥は硫酸、過石(P₂O₅: 10 kg/10 a/年)、硫加(K₂O: N量の1.5倍量)を用い、年間3回に分した。収量調査は1番草6月中旬、2番草8月中旬、3番草9月下旬に行なった。

3. 調査項目・方法

(1) 施肥Nの利用率の調査は試験区(N 9 kg/10 a 1年区)の1部75×75 cm区画に¹⁵N標識硫酸(N 3.15 g/m²/刈取毎)を施用し、分析試料の採取は茎葉部は50×50 cm区画、株、根および地表面の枯死茎葉は25×25 cm区画を採取し分析に供した。

なお¹⁵Nの分析は昭和通商株式会社に依頼した。

(2) 牧草のN吸収経過は施肥後15~20日間隔で25×25 cm区画を掘取り、茎葉、株、根および地表面枯死茎葉を測定した。

(3) 施肥Nの土壌中での動態は50×50 cm区画に粉碎硫酸を施肥し、経時的に土壌(0~5 cm)を採取した。無機態Nは生土を用いN-K₂SO₄抽出により有機態Nは風乾土を用いP緩衝液pH 7.0抽出⁴⁾により測定した。なお有機態Nの測定方法はM/15 KH₂PO₄: M/15 Na₂HPO₄ = 2:3の混合液を用い土:液比1:5で2時間振とう、遠心分離後抽出液の全NとNH₄-Nを測定し、その差を有機態Nとした。

III 試験結果

1. 表層の集積有機物量とそのC, N組成

経年草地(造成後6年目、N用量試験実施草地)の地表面枯死茎葉および物理画分による表層0~2 m土層の有機物量とそのC, N組成を表2に示した。なお地表面枯死茎葉と2 mm以上の有機物分画との違いは、前者は地表面に存在する枯死茎葉を示し、後者は0~2 cm土層内の枯死茎葉基部及び根を示す(単に枯死茎葉と表現した場合はこの両者を含む)。

供試草地の0.1 mm以上の有機物は904 g/m²と多量に存在し、地表面枯死茎葉も含めると1,192 g/m²にもおよんだ。その粒径別の割合は2 mm以上画分が全体の35%を占め、ついで0.25~0.1 mmの細粒画分が28%で、中間の画分の割合は37%であった。またT-C含量は2 mm以上画分から順次粒径が細くなるにつれて低下し、T-N含量は2~1 mm画分を頂点とする山型の含量分布を示した。

表1. 供試草地の表層土壌の化学性と有機物量

草地	層序 (cm)	項目 pH (H ₂ O)	置換性塩基*			Bray* No 2 P ₂ O	有機物(g/100 cm ³)		
			CaO	MgO	K ₂ O		> 1 mm	1~0.25	0.25~0.1
対照草地	0~2	5.88	222	14.3	19.5	48.5	3.41	1.14	2.71
	2~5	6.28	255	11.0	7.0	5.3	(47)	(16)	(37)
酸性化草地	0~2	5.20	118	7.3	11.8	70.0	4.46	2.04	1.49
	2~5	6.01	212	7.8	5.6	7.4	(55)	(26)	(19)

* mg/100 g 乾土, ** () 粒径別分布割合

従って各画分のC/N比は粒径が細くなるにつれて低下し、観察による分解程度とよく一致していた。

次に、これら有機物量とその性状を表層土壤のpHと対応させて表3に示した。0.1mm以上の有機物量は明らかに表層土壤のpHに影響され、pHが高い草地では1,058g/m²であるのに対し、pH低下の著しい草地では1,350g/m²と土壤のpH低下に伴って有機物量が漸増していた。これを更に粒径別の分布割合で見ると、表層土壤のpHが5.5以上の草地では地表面枯死茎葉と2mm以上画分の含量は41~45%であるのに対し、pHが5.0以下の草地のそれは55~59%と明らかに増加していた。一方、分解の進んだ0.5~0.1mmの細粒画分の割合は逆にpHが高い草地で明らかに高く、草地表層の酸性化によって牧草の枯死茎葉、根など還元された有機物の分解が明らかに抑制されていた。また有機物のN含有量は表層土壤のpH低下に伴い15g/m²から23g/m²と54%も増加し、しかも酸性化によって未分解な地表面枯死茎葉、2mm以上画分のN含有量が高まるなど有機物の分布割合と同様の傾向を示した。

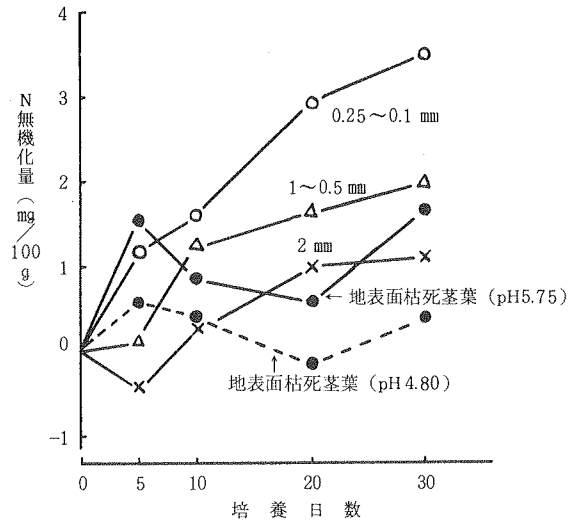


図1. 各粒径別有機物のN無機化量

培養条件：乾土10g当り有機物-C50mgおよび硫酸-N2mg添加，ほ場含水量で培養，有機物無添加区との差からN無機化量を算出した。

表2. 経年草地表層の有機物量とその性状

項目	粒径	地表面 枯死茎葉	0~2cm土層内の有機物画分(mm)					合計
			>2	2-1	1~0.5	0.5~0.25	0.25~0.1	
有機物量 (g/m ²)		288	316 (35.0)*	61 (6.7)	124 (13.7)	149 (16.5)	254 (28.1)	904 (100)
C (%)		36.2	40.5	34.8	30.3	26.4	18.4	
N (%)		1.44	1.71	2.00	1.88	1.62	1.26	
C/N		25.1	23.7	17.4	16.1	16.3	14.6	

* 粒径別分布割合 (%)

表3. 表層土壤pHの違いによる有機物とN含有量

土壤 (0~2cm)	項目 画分*	有機物量 (g/m ²)				同左分布割合 (%)			N含有量 (g/m ²)	同左分布割合 (%)		
		1	2	3	合計	1	2	3		1	2	3
5.75		429	137	492	1,058	40.6	12.9	46.5	15.1	42.4	15.8	41.6
5.65		508	157	455	1,120	45.4	14.0	40.7	18.3	48.8	16.9	34.3
5.05		600	188	376	1,164	51.5	16.1	32.3	17.4	48.1	21.5	30.5
4.80		745	195	329	1,269	58.7	16.4	25.9	19.7	56.9	19.2	24.0
4.40		736	249	365	1,350	54.6	18.4	27.0	23.2	56.5	21.1	22.4

* 1 ; 地表面枯死茎葉 + 2mm以上画分, 2 ; 2~0.5mm, 3 ; 0.5~0.1mm

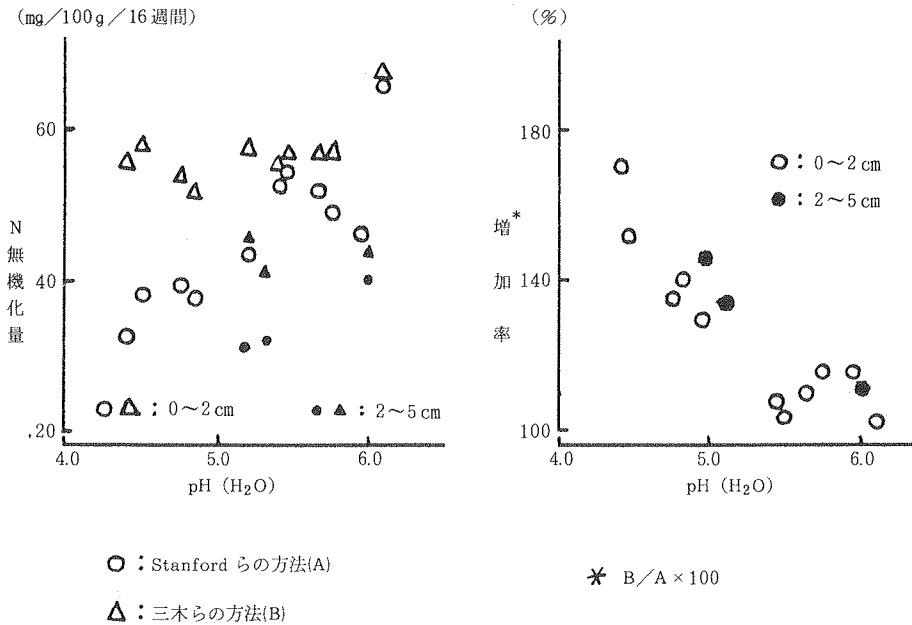


図2. 表層土壌のN無機化量に及ぼす pH の影響

一方、各粒径別有機物のN無機化過程を図1に示した。用いた試料は pH 5.75 区の地表面枯死茎 (C/N : 23), 2 mm 以上 (C/N : 26), 1 ~ 0.5 mm (C/N : 17), 0.25 ~ 0.1 mm (C/N : 15) と pH 4.80 区の地表面枯死茎葉 (C/N : 30) である。この結果、有機物のN無機化量は細粒な画分の方が多く、粒径が大きくなるに従ってN無機化量は低下する傾向を示していた。これに対して地表面枯死茎葉は表層土層内の有機物と異なり、培養初期にNの無機化が一時的に起こり、培養10日目から20日目にかけてN無機化量は初期の値より低下しNの有機化が認められた。酸性化草地 (pH 4.8) の地表面枯死茎葉も同様の経過をたどったが、N無機化量は低い水準で推移し、Nの有機化が著しかった。なお、C/N比の高い地表面枯死茎葉で培養初期にN無機化が一時的に起こった理由は、比較的分解の進んだ部分と未分解部分が混在しており、これらを同一枯死茎葉試料として取扱ったためと推定される。

他方、表層土壌 (0 ~ 2 cm) のN無機化量と pH の関係を Stanford らの方法¹⁵⁾ と三木らの方法⁸⁾ に準拠した洗滌培養法で検討し、その結果を図2に示した。なお Stanford らの方法では培養期間

中の土壌 pH の変化が少なく供試土壌の pH がほぼ維持されるのに対し、三木らの方法は洗滌時に飽和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 液を用いることによって供試土壌の pH を中性付近に改善される特徴がある。供試土壌の pH が維持される Stanford らの洗滌培養法では酸性化土壌のN無機化量は明らかに減少した。ところが土壌 pH が改善される三木らの洗滌培養法ではN無機化量は供試土壌の pH に支配されずほぼ一定となり、pH 改善に伴うN無機化量の増加率は酸性化した表層土壌で著しく大きかった。このことは、つまり表層土壌のN無機化に及ぼす pH の影響が如何に大きいかを明らかに示すものである。

2. 土壌 pH の異なる経年草地の N 施肥反応

次に、表層土壌の pH の違いが経年草地の施肥 N 反応性に及ぼす影響を検討し、その結果を表4に示した。なお、ここでは表層土壌の pH を高く維持した経年草地を「対照草地」と記し、酸性化した経年草地と比較検討した。

表層土壌が酸性化した草地の牧草収量は明らかに低下しているが、その低下割合は施肥 N 量が少ない処理区ほど大きく、酸性化草地の収量指数は N 0 kg : 76, N 9 kg : 88, N 18 kg : 96 であった。さ

表 4. 土壤 pH の異なる経年草地の N 施肥反応

草地	pH _(0~2cm)	年次	N 用量 項目 (kg/10a/年)	乾物収量 (kg/10 a)				1 番草時 出穂茎数 (本/nf)	成分吸収量 (kg/10 a)	
				1 番草	2 番草	3 番草	合 計		N	P ₂ O ₅
対 照 草 地	5.9	1981	9	329	225	168	722	—	14.1	5.8
			0	150	67	40	257	263	4.5	2.4
		1982	9	290	255	168	713	421	14.1	5.6
			18	374	330	252	956	418	20.8	7.2
酸 性 化 草 地*	5.2	1981	9	87	111	85	94	—	88	88
			0	77	77	71	76	86	76	80
		1982	9	97	86	78	88	83	81	80
			18	93	101	93	96	75	92	83

* 酸性化草地は対照草地に対する指数で示した。

表 5. 土壤 pH の異なる経年草地の施肥 N 利用率

項目	番草 部位 草地	1		2		3	
		対 照	酸性化	対 照	酸性化	対 照	酸性化
利 用 率(%)	茎 葉	56.3	54.2	50.6	43.2	42.4	27.0
	株	5.9	6.4	8.2	5.5	9.6	7.6
	根	14.2	14.6	12.6	10.7	11.1	8.3
	計	76.4	75.2	71.4	59.4	63.1	42.9
枯 死	茎 葉*	6.7	8.0	11.7	13.7	13.2	11.0
回 収	率**	83.1	83.2	83.1	73.1	74.6	53.9

* 地表面および茎基部の枯死茎葉の施肥 N 吸収率

(1981, 2年の平均 %)

** 利用率と枯死茎葉* の合計

らに牧草生育の特徴として酸性化草地の 1 番草の出穂茎数が対照草地の 75~86% と顕著に少なかった。なお、酸性化草地の高 N 施肥水準区の収量が対照草地の収量と大差なかったのは供試した酸性化草地の表層土壤 pH が 5.2 と比較的高く、この pH 条件では有害なアルミニウムの溶出が少なかった⁶⁾ためと推定される。

そこでこの酸性化した経年草地の収量低下の要因を解析するため施肥 N の利用率を検討し表 5 に示した。草地の経年過程で pH を 5.8 前後に維持した対照草地の施肥 N 利用率を番草間で比較すると 1 番草が最も高く施肥 N の 56% が茎葉部に吸収され、ついで 2 番草 51%、3 番草 42% の順となった。また株、根を含めた施肥 N の利用率は 1, 2 および 3 番草それぞれ 76, 71, 63% であった。一方、地表面に脱落した枯死茎葉および枯死茎基部におけ

る施肥 N の吸収利用率はそれとは逆に 1 番草は 7% 前後であったが、2, 3 番草は 12~13% と高い結果が得られた。これら両者の合計を施肥 N の回収率とすると、1 番草 = 2 番草 83% > 3 番草 75% であった。これに対し、酸性化した経年草地の地上部茎葉の施肥 N 利用率は 1 番草が 54% と対照草地のそれと遜色ないが、2, 3 番草の利用率はそれぞれ 43%, 27% であり、対照草地の施肥 N 利用率より明らかに劣っていた、また、地表面に脱落した枯死茎葉および枯死茎基部の吸収利用率は対照草地のそれより 1, 2 番草で 1~2% 高かった。したがって、酸性化した経年草地の施肥 N の回収率は 1, 2 および 3 番草でそれぞれ 83, 73, 54% となり、2, 3 番草の施肥 N の利用率が 3 番草のそれより劣っていた。

次に、酸性化した経年草地の施肥 N 利用率が対

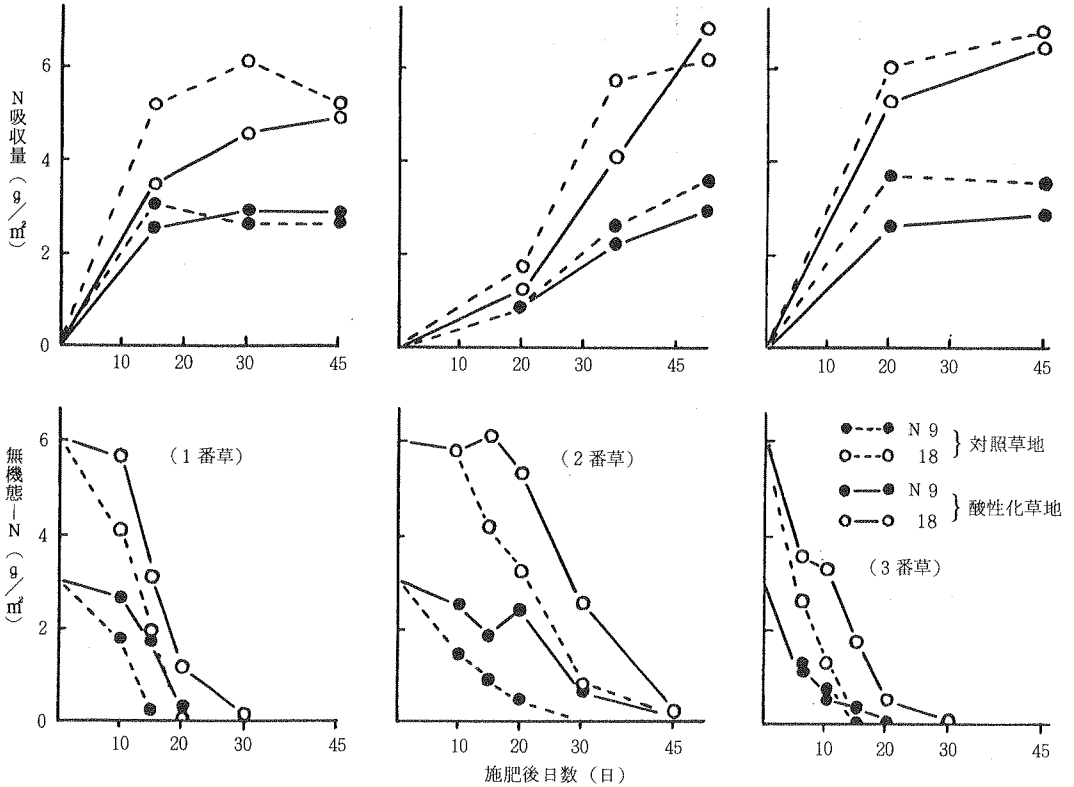


図3. 牧草によるN吸収と土壤中無機態-Nの経時変化 (N 0 kg区の値を差引いた)

照草地のそれよりも劣った原因について若干の検討を行なった。最初に牧草のN吸収推移と土壤中の無機態Nの経時変化を調査し図3に示した。なお2番草の生育は降水不足のため再生が遅れた。

対照草地の牧草地上部(茎葉+株部)のN吸収はおおむね生育前半(施肥後15~20日)までに施肥Nの大部分を吸収していた。それに伴い土壤中の無機態NはN 9 kg区で施肥後15日, N 18 kg区で同20日までには消失することが認められた。一方, 酸性化した経年草地では生育前半の地上部N吸収が対照草地のそれより少なく, 以後刈取り時まで低く推移した。また土壤中の無機態Nは対照草地よりも酸性化草地の方が高く推移し, 消失時期が遅れた。

このような無機態Nの消長に対して有機態N含量(P緩衝液 pH 7.0抽出)の経時変化を図4に示した。表層土壤の有機態N含量はN施肥によっていずれの草地でも増加し, 施肥Nの一部が有機化

されている事実が明らかであった。しかし対照草地では施肥後一時的に増加した有機態Nは各番草刈取り時には施肥直前の有機態N含量を下廻っており, 有機化された施肥Nの再無機化が比較的速やかに進行することが示唆された。一方, 酸性化草地ではN施肥後の有機態Nの増加量が対照草地のそれよりも明らかに多く, しかも, 増加した有機態N含量が各番草の生育後半まで高水準で維持されていた。このことは酸性化草地では有機化された施肥Nの再無機化が対照草地のそれよりも遅延することを意味するものと考えられる。これら施肥Nの土壤中での消長から, 酸性化草地では生育初期の牧草の施肥N吸収速度が対照草地でのそれより小さく, 無機Nが生育後半まで存在すると同時に有機化された施肥Nの再無機化が遅れ土壤中に残存することが明らかとなった。

一方, 各番草刈取り時の枯死茎葉のN含有量を調査した結果を表6に示した。枯死茎葉のN含有

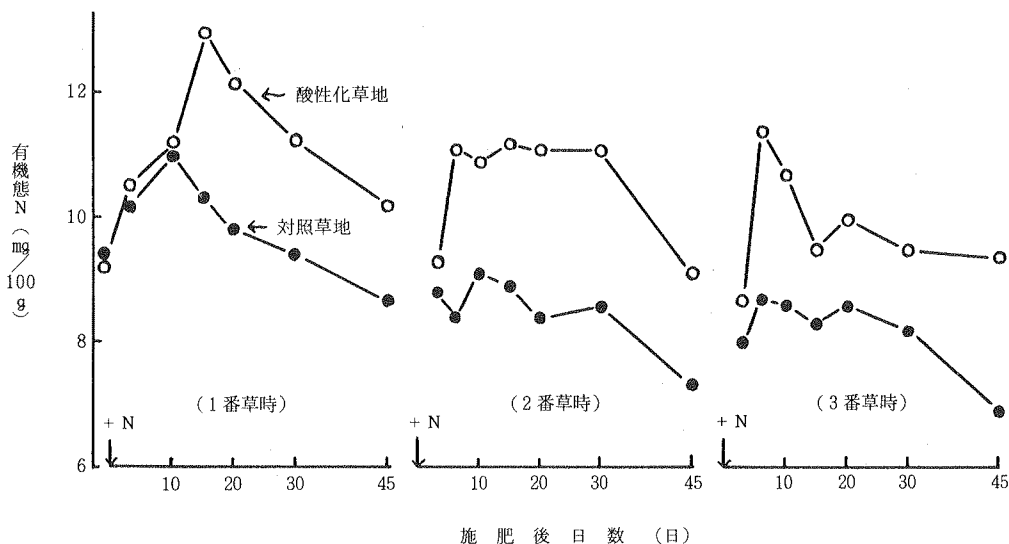


図4. 土壤有機態N含量 (P-緩衝液抽出) の経時変化 (0~5cm土壌: N18kg/10a/年区)

表6. 各番草刈取り時の枯死茎葉量とそのN含有量

草地	番草 N用量 項目	1			2			3		
		乾物	N含有量	差*	乾物	N含有量	差*	乾物	N含有量	差*
対照草地	0	190	2.41	—	269	3.19	—	190	2.33	—
	9	195	2.33	(-0.1)	274	3.60	(+0.4)	290	3.68	(+1.4)
	18	214	2.60	(+0.2)	315	4.04	(+0.9)	307	4.17	(+1.8)
酸性化草地	0	243	2.90	—	278	3.13	—	241	2.82	—
	9	239	3.15	(+0.3)	403	4.81	(+1.7)	364	4.80	(+2.0)
	18	232	3.02	(+0.1)	412	5.25	(+2.1)	385	5.17	(+2.4)

* N 0 kg区のN含有量との差を示す。

(1982年 kg/10a)

量はいずれの番草刈取り時でも酸性化草地の方が対照草地よりも明らかに多く、表3に示した土壌pHの違いによる有機物量とそのN含有量の結果と一致した。またN施肥の増加による枯死茎葉のN含有量の増加程度は1番草刈取り時では僅かであったが、施肥N利用率が劣った(表5)2,3番草刈取り時では顕著に増加していた。酸性化草地の場合、1番草刈取り時のN含有量の増加程度は対照草地と同程度であったが、2,3番草刈取り時のそれは明らかに対照草地を上廻っていた。

3. 経年草地での土壌のN供給力

各番草の茎葉部が吸収したNの給源別供給量とその割合を表7に示した。1年間に牧草茎葉部が

吸収したNの給源別割合は施肥Nから34, 35%, 土壌から65, 66%で構成されていた。これを各番草ごとにとみると、施肥Nからの吸収は1番草>2番草>3番草の順に大きく、逆に土壌Nからの吸収割合は1番草62~63%, 2番草65~68%, 3番草69~72%であり、積算地温(各番草の生育期間における積算地温は1番草: 500℃, 2番草665℃, 3番草: 820℃, 天北農試観測の10cm地温から算出した)が高まるにつれて土壌N由来の構成率が高まった。一方、酸性化草地での各給源別N吸収量についてみると、1番草は施肥N由来が対照草地のそれに対して97%とはほぼ同程度であったが土壌N由来は対照草地の90%と明らかに土壌から

表7. 土壌 pH の異なる経年草地の給源別N吸収量 (茎葉部 kg/10a)

草地 項目 番草	対 照 草 地 (A)			酸 性 化 草 地 (B)			B/A 指 数		
	吸収N	施肥N	土壌N	吸収N	施肥N	土壌N	吸収N	施肥N	土壌N
1	4.79	1.77	3.02 (63)	4.44	1.71	2.73 (62)	93	97	90
2	4.89	1.53	3.30 (68)	3.90	1.36	2.54 (65)	80	86	77
3	4.26	1.34	2.92 (69)	2.99	0.85	2.14 (72)	70	63	73
合 計	13.94	4.70	9.24 (66)	11.33	3.92	2.41 (65)	81	83	80

() 内数字は吸収Nに対する土壌Nの割合を示す (%)。

(1981, 2年平均)

表8. 経年草地における土壌N供給量*の季節変化 (1981, 2年平均)

生育期間 積算地温(°C)	1 番草時	2 番草時	3 番草時	越冬前生育時**	合 計
対 照 草 地	1.1	2.8	2.5	0.9	7.3
酸 性 化 草 地	0.4	1.9	2.3	0.4	5.0

* 各生育期間における刈取り時の茎葉, 株, 根のN量から施肥N吸収量 (茎葉, 株, 根の合計) および施肥前の株, 根のN量を差引いて求めた (kg/10a)。

** 越冬時の地上部 (茎葉, 株) N量から3番草刈取り後の株部N量を差引いて求めた (kg/10a)。

のN供給が劣っていた。また2番草時では施肥N由来のものは対照草地の77%とさらに低く、酸性化草地の土壌N供給力が劣っていた。しかし3番草では施肥由来が対照草地の63%と明らかに低く、土壌からのN供給が73%と1, 2番草とは逆に施肥Nからの供給が対照草地のそれより低下していた。

そこで土壌からのN供給量の季節変化を茎葉部, 株部および根部を合せた牧草のN吸収量から算出し表8に示した。また前述した各番草生育期間における積算地温も併記した。各番草の生育期間における土壌のN供給量は積算地温に支配され、積算地温の高い2, 3番草生育期間がそれぞれ約2.8, 2.5kg/10aと高く、ついで1番草生育期間が約1.1kg/10a, 越冬前生育期間が約0.9kg/10aの順となった。一方、酸性化草地では積算地温の最も高い3番草時の土壌N供給量は約2.3kg/10aと対照草地のそれと大差ないが、1, 2番草生育期間でそれぞれ約0.4kg, 1.9kg/10aと少なく、越冬前生育期間では約0.4kg/10aと対照草地の半分程度であった。

IV 考 察

草地は普通畑と異なり造成後は長期間不耕起のまま利用・管理されるので、牧草の脱落茎葉, 枯死茎基部, 根部および刈取り残渣などの有機物が年々地表および表層部分に還元, 富化される。これら還元された有機物は、草地の経年化過程で集積と分解が同時併行的に進行し、その結果、表層集積型をたどることが本試験でも明らかとなった。一方、草地は経年化に伴い表層から次第に土壌の酸性化が進行する傾向にあることが報告されている⁵⁾。このような表層土壌の酸性化は土壌Nの供給力を大きく規制する有機物の集積量とその組成にまで影響が及んでいた。すなわち、牧草刈取りごとの枯死茎葉などの有機物還元量は収量に支配されるものの酸性化草地では若干少ない程度¹⁾であるにもかかわらず、その分解が遅いため逆に有機物集積量が多くなり、しかもC/N比の高い未分解な画分が多い。さらに、表層土壌(0~2cm)での有機物分解によるN無機化量は土壌pHに支配され、表層土壌のpHが5.5付近を下廻るとN無機化量は顕著に低下している。

以上のように土壌のpH環境は経年草地表層に

集積する有機物の諸特性および表層土壌のN無機化特性に影響を与え、これらの特性が施肥Nの利用効率や土壌N供給量等にも影響するところが大きいと考えられるので、この点を中心にして論議を進めることとする。

一般に草地での施肥N利用率は31~54%^{2, 7)}であり、脱窒揮散および流亡による施肥Nの損失は少ないことが報告されている^{1, 2, 17)}。本試験の施肥N利用率は27~56%であり既往の報告と大差なかった。一方、本試験の施肥N利用率を番草別に比較すると、土壌pHを5.8前後に維持した対照草地では1番草56%、2番草51%、3番草41%、酸性化草地ではそれぞれ54、43、27%であり、両者とも2、3番草の施肥N利用率が1番草のそれより低く、この傾向は酸性化草地で著しかった。まず、この2、3番草の施肥N利用率が低下する現象を表層に集積する有機物の特性と併せて考えてみると、地表面枯死茎葉などC/N比の高い有機物画分は一時的なNの有機化をひき起こす。このことは一般的に有機物のC/N比が20以上であれば添加Nの有機化が起こる⁴⁾との報告と一致する。この有機物の分解は温度の他に水分、pH、添加N量によっても異なるが、ここでは温度(特に地温)との関係に焦点をとってみると、当天北地域の早春施肥時の10cm地温は4℃前後であるから有機物の分解が殆ど起こらないため施肥Nの有機化も小さい。しかし、1、2番草刈取り後の地温はそれぞれ13℃、19℃前後と上昇するため微生物活性の増大による有機物分解が高まり、施肥Nの有機化が大きくなるものと考えられる。つまり表5に示したように有機物として還元された枯死茎葉のN含有量(施肥N由来)は1、2、3番草刈取り時でそれぞれ7、12、13%と地温が上昇する2、3番草刈取り時で高いことと一致し、枯死茎葉などの有機物分解に伴う施肥Nの有機化がその利用率を低下させた主要因と考えられる。

次に酸性化草地の2、3番草の施肥N利用率が対照草地のそれよりも低い原因について考察してみる。本試験で得られた結果から、①酸性化草地では対照草地に比して牧草の生育前半のN吸収量が劣り、②施肥後の有機態N含量の増加が対照草地よりも明らかに多く、③枯死茎葉に保有された

N量が対照草地のそれより多かった。これらの現象と酸性化草地に集積した有機物の特性を考え併せると、酸性化草地では未分解でC/N比の高い画分が多いことから施肥Nの有機化が対照草地のそれより大きくなると想定され、このことが牧草の施肥N利用率を低下せしめたものと考えられた。

一方、経年草地における土壌のN供給力を考察してみる。牧草茎葉部が吸収したN量のうち土壌N由来部分が65%内外を占めていた、しかし、本試験では根部に含まれた施肥由来Nの一部は次の番草の茎葉部へ転流することを考慮していないこと、また、施肥当年の施肥N利用率が43~54%であった場合に翌年以降4年目までそれぞれ5~10%、1~2%および1%前後吸収されることが指摘されている²⁾。このように経年草地では前番草の施肥Nおよびそれ以前の経年過程で施肥されたNの一部が循環、再供給されるので単年度の成績ではあたかも土壌Nが多量に供給されているかのようにみなされがちである。この施肥Nの循環、再供給が土壌環境の悪化によって停滞すれば経年草地の生産力低下を招来すると考えられる。つまり、草地のN供給力は枯死茎葉、根など草地表層に集積した有機物の量およびそのN量だけで評価されるべきでなく、これらの有機物が持つNが施肥Nと連鎖しながら円滑に循環再供給されるか否かが大きな問題であり、酸性化草地では施肥Nの肥効低下に加えて、経年的に還元される有機物の分解が抑制されるのでNの循環も停滞し、集積有機物とそのN量が多大であっても生産性への寄与率が低いことになる。

以上のことから、オーチャードグラス主体の経年草地では年間の施肥N量のうち41~50%が牧草茎葉部に吸収されてほ場から持出されるが、それ以外の施肥Nの大部分は、茎基部、根と枯死茎葉などの有機物および土壌に保有されることになる。それ故、これらに保有されたNの循環再供給量の多少が経年草地の生産性を左右することになる。すなわち、草地の経年化に伴う表層土壌の酸性化は牧草による施肥Nの利用率を低下させると同時にNの循環再供給を低下せしめると判断された。

謝 辞 本研究の遂行に際し、元天北農試土壌肥料科研究職員山神正弘氏(現中央農試)には

御協力と有益な御助言を頂いた。また、天北農業試験場長南松雄博士並びに中央農業試験場大垣昭一化学部長には懇切丁寧な御指導と御校閲をいただき、中央農業試験場阿部登畜産部長にも御校閲をいただいた。各位に深く謝意を表する。

引用文献

- 1) Allison, F.E.. "The fate of nitrogen applied to soils". *Adv. Agron.* **18**, 219-258 (1966).
- 2) Dowdell, R.J.; Morrison, J.; Hood, A.E.M. "The fate of nitrogen applied to grassland: Uptake by plants, Immobilization into soil organic matter and Losses by leaching and Denitrification". In: *The role of nitrogen in intensive grassland production. Proc. of an International Symposium of the European Grassland Federation, Wageningen.* 1980. p. 129-136.
- 3) 早川康夫, 橋本久夫. "根鋤地方の牧野改良. II. 牧野に堆積する植物遺体, 腐朽物質とこれが草地造成に及ぼす影響". *北海道立農試集報.* **12**, 23-36 (1963).
- 4) 樋口太重. "土壌中における施用窒素の有機化と再無機化". *農技研報告.* **B 34**, 1-81 (1983).
- 5) 宝示戸雅之, 佐藤辰四郎, 高尾欽弥. "草地土壌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).
- 6) 今井弘樹. "土壌 pH 測定の実際的意義". *北海道土壌肥料研究通信. 第26回シンポジウム特集号,* 1-16 (1979).
- 7) 倉島健次, 木村武, 畠中哲哉. "草地土壌における窒素の動態に関する研究. I. 経年草地における施肥窒素の利用率". *日本土壌肥科学会講演要旨集.* **27**, 108 (1981).
- 8) 三木和夫, 出井嘉光. "畑土壌の窒素供給力に関する研究. I. 畑土壌の可給態窒素の測定法の検討". *東海近畿農試研報.* **14**, 55-67 (1965).
- 9) 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).
- 10) 三木直倫, 高尾欽弥. "草地更新に際する土壌肥料の諸問題. III. 耕起法の違いによるN肥効発現". *日本土壌肥科学会講演要旨集.* **26**, 227 (1981).
- 11) 三木直倫, 高尾欽弥. 未発表資料.
- 12) 野村琥. "根鋤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).
- 13) 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. 土壌密度と牧草生育の関係". *北海道立農試集報.* **27**, 77-88 (1973).
- 14) 沢田泰男, 五十嵐孝典, 小梁川忠士, 本橋裕. "永年草地における土壌理化学性の変化". *北海道農試彙報.* **77**, 68-77 (1962).
- 15) Stanford, G.; Smith, S.J. "Nitrogen mineralization potentials of soils". *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **36**, 465-472 (1972).
- 16) 和田秀徳, 金沢晋二郎. "土壌有機物の物理分画法(第1報)". *土肥誌.* **41**, 273-280 (1970).
- 17) Whitehead, D. C. "The role of nitrogen in grassland productivity". *Commonwealth Agri. Bureaux, England.* 1970. p. 1-58.
- 18) 山神正弘. "生態的観点からみた草地の生産性". *北海道土壌肥料研究通信. 第25回シンポジウム特集号,* 13-27 (1978).

Uptake of Fertilizer Nitrogen by Orchard grass swards in defferent of soil acidity

Naomichi MIKI* and Kinya TAKAO**

Summary

This study was carried out on an acidified and non-acidified orchard grass swards. Its purpose was to clarify the characteristics of accumulated organic residue, and its effect upon the uptake of fertilizer and soil nitrogen by grass. This experiment used ^{15}N -labelled nitrogen in the form of ammonium sulfate. The results are summarized as follow:

1) Large amounts of organic residue were accumulated in the surface of acidified swards. Furthermore, the propotion of undecomposed residue with a wide C/N ratio, increased with acidifying intensity. In the acidified surface layer, the mineralization of soil nitrogen clearly decreased.

2) Both the yield of grass, and the amounts of uptake of fertilizer and soil nitrogen, decreased in the acidified sward. The recoveries of fertilizer nitrogen in the non-acidified sward were 56, 51, and 42 per cent, which correspond respectively to the 1st, 2nd, and 3rd cuttings. Also in the acidified sward, it was recognized that a similar recovery was obtained at the 1st cutting. However, recoveries, of both the 2nd and 3rd cuttings, decreased more in comparison to the corresponding non-acidified sward.

3) The immobilized fertilizer nitrogen by the organic residue increased in summer. Moreover the organic soil nitrogen extracted by the phosphate buffer solution (pH 7) increased noticeably after nitrogen was applied in the acidified sward.

From these results, it was concluded that both remineralization of immobilized fertilizer nitrogen, and soil nitrogen derived from the decomposition of returned organic residue were important factors on the productivity of swards.

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

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