

天北地方重粘土草地の生産力と気象, 土壌水分特性の関係*

三木 直倫** 高尾 欽弥*** 西宗 昭**

天北地方重粘土草地の生産力と、主として降水量および土壌水分特性の関係を検討し、当地方草地の生産力変動要因の摘出を試みた。牧草収量は生育期間の積算降水量に大きく支配され、1, 2 番草収量はその生育期間の降水量が150~200mm までは降水量の増加に伴って増加した。一方、降水不足年の牧草収量の低下程度は土壌の保水性にも支配され、有効水分の少ない褐色低地土、疑似グライ土で大きく、有効水分の多い酸性褐色森林土で小さかった。また牧草生育全期間(4月下旬~9月中旬)の降水量がおおむね400mm より少ない年には疑似グライ土の草地は酸性褐色森林土の草地より明らかに低収となった。さらに降水不足年の牧草収量の低下程度は草地の経年数で異なり5年未満<5~10年目<10年以上の順で大きく、10年以上の経年草地は土壌有効水容量が多い土壌でも降水不足年の収量低下が大きかった。この理由として、草地の経年化により漸次養分供給土層が表層に偏り、この土層が降水不足時に過乾状態となり養分供給が低下するためと考えられた。

I 結 言

草地は一度造成されると長期間にわたって利用され、しかも大型農作業機、家畜などの踏圧を受けるため土壌理化学性は経年的に変化しその生産力に影響を与える。同時に、生産力への影響は立地土壌の特性によっても大きく左右される。

天北地方には疑似グライ土をはじめ各種の重粘土が広く分布しており、これら土壌の水分環境や特理的性質については既に生成論的^{1,5,6,16)}、および土地改良の視点^{5,6,7,15)}から多くの報告がある。とりわけ重粘土の典型である疑似グライ土の水分環境の劣悪さが指摘され、この種の土壌の耕地化は排水をはじめとする水分環境の改善が極めて重要であるとされている^{1,15)}。さらに重粘土の物理的特性と牧草生育の関係は大崎らによって種々検討さ

れ、土壌ち密度の増加によって播種当年の収量は低下するが、草地の経年化に伴い土壌ち密度の影響は緩和される方向にあること¹³⁾、また同時に経年草地の牧草根は地表面より5~10cm にその大部分が集中していることも指摘し¹⁴⁾、高収草地でこの傾向がより強いことなど、草地における牧草生育と土壌物理性の関係および施肥位置との関連を論じた。

一方、牧草は融雪直後より旺盛な生育および水消費を示し、他の畑作物の水消費の季節変化とは大きく異なると考えられ、近年の気象変動とりわけ大幅な降水量変動は牧草生育を強く支配することを示唆している。この気象変動と牧草生育の関係については宝示戸ら³⁾、岩間ら⁷⁾によって降水量の多少が天北地方の草地の収量を規制する大きな要因であることが明らかにされている。しかし、その影響の大きさは土壌の有効水分、有効水容量の多寡によって異なることが予想され、さらに草地の経年化に伴う生産力の変化と気象変動の影響との関係は未検討な面が多く、今後の草地維持管理段階での土壌理化学性改善方法を策出するうえで重要な課題と考えられる。

そこで本報では気象変動とくに降水量の年次変

1986年1月27日受理

*本報の一部は、1985年日本土壤肥科学会金沢大会(1985, 4)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)

動と草地生産力の関係、土壌型別の保水性と降水不足年における草地生産力の関係を土壌、草地の経年数別に比較検討し、これらの結果に基づいて天北地方における草地生産力の変動要因と今後、究明すべき問題点の抽出を試みた。

II 試験方法

1. 積算降水量と牧草収量の関係

1973年造成のオーチャードグラス・ラジノクローバ混播草地を供試し、造成2年目より施肥窒素9kgと18kg/10a・年の2水準とし、以降1984年まで処理を継続した。施肥は窒素：硫安、磷酸(10kg/10a・年)：過石、加里(18kg/10a・年)：硫加で年3回均等配分とし、早春、1、2番草刈取り後に行った。刈取りは1番草：6月上～中旬、2番草：8月上～中旬、3番草：9月下旬の3回行った。なお1981年より試験区を2分し、炭カル追肥(炭カル200kg/10a)によるpH改善区と無改善区を設置し、施肥処理を継続した。各番草生育期間の降水量は1番草期間：4月下旬～6月上旬、2番草：6月中旬～8月上旬、3番草：8月中旬～9月中旬の各種算値を用い、他の気象要因も同様に算出した。

2. 天北地方に分布する主要土壌の水分特性

天北地方に分布する主要な4種の土壌(褐色火山性土、酸性褐色森林土、疑似グライ土、褐色低地土)について作土および牧草根が分布する下層

土の中央部より100cc採土管で土壌を採取し、常法により三相分布、吸引法による低pF領域(pF 0～2.7)および遠心法による高pF領域(pF 2.7～4.2)の土壌水分を測定した。有効水容量は作土、下層土を併せた根域土壌に保持し得るpF 1.5～3.8の水分量で示した。

3. 降水不足年の牧草収量に及ぼす土壌理化学性の影響

天北地方に分布する主要土壌3種(酸性褐色森林土：6カ所、疑似グライ土：3カ所、褐色低地土：4カ所)に立地するオーチャードグラス主体の経年草地を用いて施肥窒素9kg/10a・年の条件で3カ年間試験を実施し、少雨年である1982年(生育期間の積算降水量：298mm/4月下旬～9月中旬)と平年値の降水量を示した1983年(同438mm)の収量比較を行った。施肥および刈取りは試験1に準じた。供試草地の一般理化学性は表1に示した。

また土壌固相率の違いによる牧草収量の変化を知る目的で天北地方の主要土壌である酸性褐色森林土と疑似グライ土を供試してオーチャードグラス主体草地を造成(1977年)し、その後の降水量と収量の関係も併せて検討した。施肥窒素量は1977～1983年まで13kg/10a・年を早春、1、2番草刈取り後に5—4—4kg/10a、1984年以降は窒素15kg/10a・年を3回均等とし施した。磷酸、加里はそれぞれ10、15kg/10a・年で3回均等施肥した。

表1 供試草地の経年数および土壌理化学性、水分特性

土壌	項目 *経年数	国際法 土 性 (作土)	固相率(%)		有効水分(ml/100cc)**			有効水 容量*** (mm/根域)	表層(0～5cm)化学性			備 考 (所在地)
			作 土	下 層 土	作 土	下 層 土	合計		pH(H ₂ O)	T-C(%)	T-N(%)	
酸性褐色 森 林 土	3	CL	49.0	41.0	21.9	13.7	35.6	80	6.24	2.23	0.27	枝幸町風烈布
	4	LiC	46.7	45.4	21.9	15.3	37.2	87	5.33	3.34	0.38	"
	9	CL	38.1	42.3	21.4	15.7	37.1	86	5.08	4.81	0.37	天北農試
	9	CL	42.7	38.8	24.7	22.7	47.4	117	5.87	6.24	0.57	豊富町徳満
	14	CL	43.1	47.7	23.8	20.0	43.8	94	6.76	3.43	0.36	稚内市増幌
疑 似 グライ土	15	LiC	34.7	43.3	26.1	20.3	46.4	115	6.19	7.23	0.49	猿払村芦野
	3	LiC	43.5	44.5	18.3	12.3	30.6	61	7.11	4.06	0.30	猿払村狩別
	4	LiC	53.0	55.0	15.5	7.6	23.6	33	6.15	4.97	0.36	浜頓別町ボン仁達内
	15	SiC	47.0	48.1	18.2	11.6	29.8	29	5.45	2.62	0.18	"
	6	LiC	44.5	40.8	19.7	19.0	38.7	78	6.61	3.06	0.32	歌登町辺毛内
褐 色 低 地 土	8	LiC	57.4	51.7	13.3	18.8	32.1	71	6.10	4.16	0.34	中頓別町兵安
	9	SiC	48.8	44.9	16.4	17.0	33.4	65	6.93	5.76	0.41	"
	11	LiC	47.8	42.0	14.9	15.2	30.1	58	6.08	3.32	0.33	歌登町東歌登

*試験開始時の草地の経過年数 **pF1.5～4.2までの全有効水分

***pF1.5～3.8までの有効水分×根域土層深、但し酸性褐色森林土、低地土は60cm、疑似グライ土は40cmとした。

III 試験結果

1. 気象変動とくに降水量の年次変動と牧草収量の関係

過去11カ年間の気象要因と牧草の番草別収量の年次変動を表2に示した。天北地方の降水量は年次による変動が大きく、とりわけ4月下旬～6月上旬の1番草生育期間(25～220mm)と6月中旬～8月上旬の2番草生育期間(54～357mm)の変動係数がそれぞれ54, 53%と大きい。これに対して8月中旬～9月中旬の3番草生育期間(86～275mm)は変動係数が33%と前2者より小さく比較的安定した降水量を示していた。一方、日照時間は $3 > 2 > 1$ 番草生育期間の順で変動が大きいが、積算降水量の変動に比べてはるかに小さく、積算気温は3気象要因のなかで最も変動が小さかった。このような降水量の変動に伴う牧草収量の変動は窒素施肥量で異なり、窒素9kg区>窒素18kg区の関係が得られ、また番草間では $1 = 3 > 2$ 番草の順で大きかった。

次に各番草の収量とその生育期間内の降水量、平均気温および日照時期の積算値との相関表を表3に示した。各番草の収量は積算気温とはほとんど関係がなく、積算降水量を正の相関関係、積算日照時間とは弱い負の相関関係を示した。そこで牧草収量と最も相関係数の高い積算降水量との関

係を図1に示した。1, 2番草収量はそれぞれ生育期間内の積算降水量に明らかに支配され、次の1次式で表現された。

$$\begin{aligned} &1 \text{ 番草 } \begin{cases} \text{窒素 9 kg 区: } y = 1.22x + 160 (r = 0.66) \\ \text{18 kg 区: } y = 1.41x + 213 (r = 0.87) \end{cases} \\ &2 \text{ 番草 } \begin{cases} \text{窒素 9 kg 区: } y = 0.46x + 149 (r = 0.75) \\ \text{18 kg 区: } y = 0.65x + 215 (r = 0.80) \end{cases} \\ &y: \text{牧草乾物収量 (kg/10a)} \\ &x: \text{積算降水量 (mm)} \end{aligned}$$

なお2番草生育期間で積算降水量が200mmを越した2カ年、3試料を除いた時の回帰式は窒素9kg区で $y = 1.09x + 80$ ($r = 0.88$)、窒素18kg区で $y = 1.24x + 144$ ($r = 0.88$)であった。しかし、3番草収量については降水量が必ずしも支配要因として作用していなかった。

一方、年間合計収量は1, 2番草合計収量が全体の70～75%を構成するため、降水量と比較的高い相関関係(窒素9kg区: $r = 0.57$, 窒素18kg区: $r = 0.72$)が認められ、各番草の最高収量が得られる生育期間内の積算降水量は1, 2番草:各150～200mm, 3番草:150mm前後、年間で450～550mm程度であった。

他方、各番草生育期間内の積算降水量と牧草体成分含有率の関係を図2に示した。生育期間の積算降水量に含有率が支配される成分は磷酸と加里であり、これら成分は1, 2番草時の降水量が少

表2 過去11年間の気象と牧草収量の変動(1974～1984)

項 目		1 番 草 (4月下旬～6月上旬)			2 番 草 (6月中旬～8月上旬)			3 番 草 (8月中旬～9月中旬)			年 間 合 計 (4月下旬～9月中旬)		
		平均	S. D	C. V	平均	S. D	C. V	平均	S. D	C. V	平均	S. D	C. V
気 象 要 因	降水量 (mm)	104	56	54	165	87	53	181	60	33	449	153	34
	気 温 (°C)	431	36	8	940	107	11	688	40	6	2,060	138	7
	日照時間 (h)	3,396	471	14	3,777	683	18	2,584	535	21	9,757	1,491	15
乾 物 収 量*	N 9 kg施肥**	288	99	34	224	60	27	169	58	34	679	172	25
	N18kg施肥**	360	86	24	312	72	23	246	60	24	919	152	17

*kg/10a **kg/10a・年

表3 各番草収量と気象要因の相関係数

施肥N 番 草	N 9 kg 施肥				N18kg 施肥			
	1	2	3 番草	年間合計	1	2	3 番草	年間合計
降 水 量	0.655	0.746	0.267	0.570	0.869	0.804	0.444	0.721
気 温	0.099	0.049	-0.057	0.001	-0.091	0.208	-0.091	-0.049
日 照 時 間	-0.171	-0.614	-0.284	-0.444	-0.192	-0.524	-0.231	-0.519

(n=11年間15試料)

ない年次で低含有率を示した。しかし、窒素含有率は積算降水量と明瞭な関係が認められなかった。

2. 天北地方に分布する主要土壌の理学的特性、有効水量と牧草生育

天北地方に分布する主要土壌の理学的特性および有効水量は表4に示した。主要土壌の理学的性

状は土壌型によって大きく異なり、pF1.5における固相率は褐色火山性土>酸性褐色森林土>褐色低地土>疑似グライ土の順で大きく、気相率は逆の傾向にあった。一方、各土壌のpF1.5~3.8までの有効水分は固相率と逆の関係を示し、牧草根の分布する土層深を考慮した有効水容量は褐色火山性土の130mmから疑似グライ土の36mm程度と

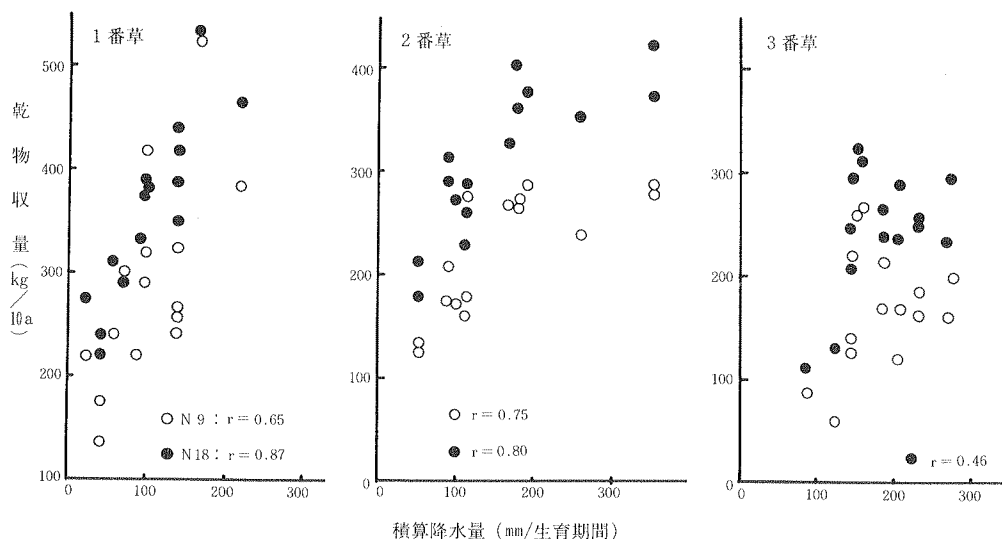


図1 牧草生育期間の積算降水量と収量の関係 (1974~1984)

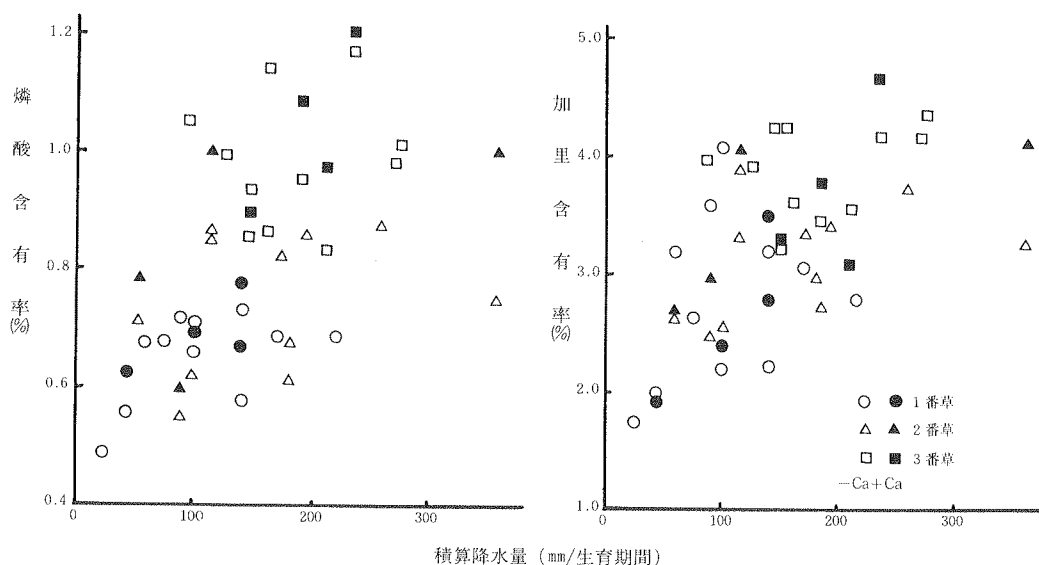


図2 各番草生育期間の降水量と牧草体磷酸、加里含有率の関係

表4 天北地方に分布する主要土壌の理化学性と水分特性

項目 土壌型	土層深 (cm)	三相分布(%)		pF-水分率(vol/%)			有効水容量**** (mm/土層)	生育可能 日数*****	備 考 (調査点数)
		固相	気相***	1.5~2.7	~3.8	~4.2			
褐色火山性土	0~20	32.6	6.8	9.2	18.3	26.7	36	130	5
	20~80	31.4	11.0	7.6	15.7	21.1	94		
酸性褐色森林土 (シルト岩質) (安山岩質)	0~20	39.1	6.6	8.6	17.9	22.9	36	88	7
	20~60	40.1	9.2	6.4	13.0	17.8	52		
	0~20	44.0	5.8	6.4	13.1	18.6	26	65	7
	20~60	42.4	8.6	4.7	9.7	14.4	39		
疑似グライ土 (典型) (暗色表層)	0~15	48.6	2.9	4.7	12.1	16.5	18	36	13
	15~40	51.5	3.1	2.6	7.0	11.1	18		
	0~20	40.2	7.2	6.1	13.1	18.3	26	41	6
	20~40	48.5	3.3	2.3	7.3	11.9	15		
褐色低地土*	0~20	48.2	2.9	4.4	10.4	17.0	21	68	7
	20~60	44.9	4.8	3.9	11.8	17.5	47		
火山性土** (根釧地方)	0~20	32.5	3.5	9.1	20.0	25.2	40	188	2
	20~80	26.0	14.0	9.0	24.7	31.1	148		

*一部灰色低地土も含む。 **黒色，厚層黒色火山性土の平均。 ***pF1.5時の気相

****pF1.5~3.8までの根域の有効水容量

*****日平均蒸散量3.5mm/日とした時の土壌有効水容量の水分で牧草が生育できる日数

土壌型によって大きな差が認められた。さらに同一土壌の酸性褐色森林土型であっても天北地方北部（主に豊富，稚内）に分布するシルト岩風化物を母材とするものと天北地方南部（主に枝幸，歌登）に分布する安山岩風化物を母材とするものとは有効水容量が明らかに異なり，前者が後者より優れる傾向にあった。これら天北地方に分布する主要土壌に比較して，根釧地方に分布する火山性土（表4に付記）はpF1.5~3.8までの有効水分が極めて大きく，有効水容量は190mm程度と水分供給力としては明らかに優れており，当地方土壌の水分供給力の劣悪性が認識される。

一方，天北地方の主要土壌に立地する草地の収量を降水不足年（1982年）と平常年（1983年）で比較し，土壌別および草地の経年数別に分けて表5に示した。まず降水不足年の平常年に対する収量指数を土壌別にみると，降水不足年の収量指数は酸性褐色森林土>疑似グライ土±褐色低地土の順で小さく，根域の有効水容量の大小関係と同順となった。これを草地の経年数でみると，草地の経年化によって収量低下が認められると同時に，降水不足年の収量指数は5年未満草地>5~10年目草地>10年以上草地の順で小さくなり，古い草地ほど降水不足年での収量低下が大きい傾向に

表5 降水不足年の牧草収量に及ぼす土壌型，経年数の影響

区 分			土 壌 型			経 年 数		
			酸性褐色森 林土(6)*	疑似グライ 土(3)	褐色低地土 (4)	5 年 未 満 (4)	5 ～ 10 年 (5)	10 年 以 上 (4)
項目	年次		範囲					
	1982 (298mm**)	平均	429～789 613	351～946 627	513～707 614	585～946 737	510～723 630	351～599 479
乾 物 量 (kg/10a)	1983 (438mm**)	範囲	608～835 715	602～1,448 903	737～1,068 917	664～1,448 900	608～1,068 830	602～961 729
	1982/1983収量指数		範囲	61～98 86	55～88 71	56～77 67	66～98 86	66～87 77

*筆数 **4月下旬~9月中旬までの降水量：天北農試観測

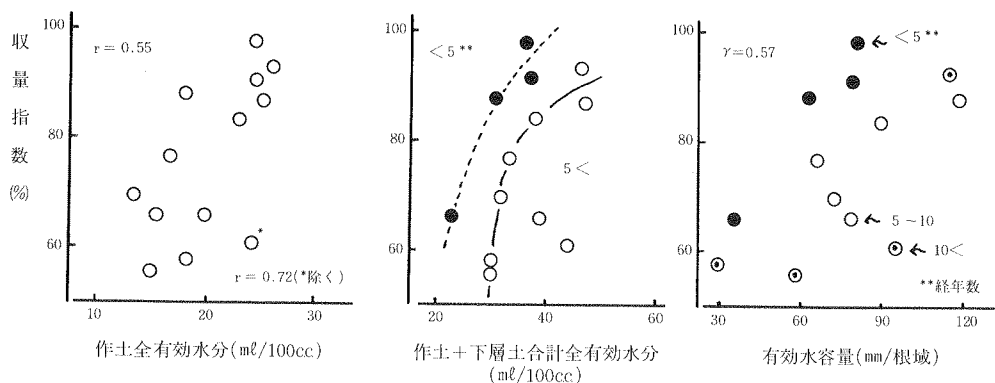


図3 降水不足年(1982年)の平常年(1983年)に対する収量指数と土壌水分特性の関係

表6 降水不足による牧草収量の低下と土壌型との関係

項 目 年 次	1 番 草 + 2 番 草 合 計				年 間 合 計			
	降水量 (mm)	収量(kg/10a)		PsG*** BF	降水量 (mm)	収量(kg/10a)		PsG BF
		BF**	PsG**			BF	PsG	
1978	387	821	788	96	543	1,096	1,111	101
1979*	255	642	494	77	341	751	599	80
1980*	157	615	713	116	282	745	850	114
1981	497	592	600	101	730	746	805	108
1982*	153	575	449	78	298	681	533	81
1983	250	492	533	108	438	709	713	101
1984*	135	463	381	82	343	582	484	83

*降水不足年 **BF: 酸性褐色森林土, PsG: 疑似グライ土

***PsG/BF: 疑似グライ土の収量指数 (対酸性褐色森林土)

あった。この降水不足年の収量低下を立地土壌の水分特性との関係で検討し図3に示した。作土の全有効水分が少ない土壌では明らかに降水不足年の収量指数が小さく、これを作土と牧草根が分布する下層土の合計した全有効水分との関係でみると、経年数が5年未満の草地とそれ以上の経年草地では明らかに異なり、5年未満の草地では全有効水分が少ない土壌でも収量指数の低下は比較的小さい傾向を示した。また経年数が10年以上の草地では根域の有効水容量とほとんど無関係に降水不足時の収量指数の低下が大きかった。このことは、古い経年草地での降水不足時の収量低下が単に土壌の有効水分など水供給の影響だけでなく他の要因も関与していることが示唆される。

他方、天北地方の代表的土壌である酸性褐色森

林土と疑似グライ土に立地する同一造成、肥培管理条件の草地を比較し、その収量と降水量との関係を表6に示した。両土壌とも降水量の多寡によって牧草収量は影響され、降水不足年での収量低下が認められた。また疑似グライ土に立地する草地の収量は1979, 82, 84年のように降水量が少ない年次で酸性褐色森林土草地より明らかに低く、酸性褐色森林土草地の収量に対して1+2番草合計収量で77~82%, 年間合計収量でも80~83%しか得られなかった。このことは降水不足による牧草収量の低下が土壌理学的の劣悪な疑似グライ土で大きかった表5の結果と一致する。しかし、1980年のように降水量が前年(1979年)より少ないにもかかわらず、牧草収量が疑似グライ土>酸性褐色森林土であったことは、1979年の

表7 降水不足年の牧草の窒素吸収量，含有率と翌年の牧草収量

年次 項目 土壤	1974年					1980年			
	N吸収量(kg/10a)				3 番草 N含有率(%)	乾物収量(kg/10a)			
	1	2	3 番草	合 計		1	2	3 番草	合 計
BF*	6.05	4.76	3.00	13.81	2.75	343	272	130	745
PsG*	5.35	3.38	3.45	12.18	3.25	399	314	137	850
PsG/BF**	88	71	115	88	118	116	115	105	114

*, **表6に同じ

牧草生育が降水不足により疑似グライ土草地で顕著に抑制され、施肥窒素および土壌窒素が十分利用されずに土壌および牧草の貯蔵部位に残存し、これが翌春の1番草、2番草草生育に利用されたためと考えられる(表7)。

IV 考 察

草地は毎年耕起されることなく利用されるため、その生産力は立地土壌の特性に大きく支配される。この生産力阻害要因の抽出とその解析は今後の改善対策を検討するうえで重要な意義をもつと考えられる。今回の試験結果から天北地方の草地生産力の変動要因として、牧草生育期間の積算降水量の年次変動がすこぶる大きいこと、これに加えて立地土壌の水分供給能力が極めて貧弱であることが指摘し得た。そこでこの2大要因と牧草生育の関係について考察を加え、今後の問題点を考えてみた。

1. 気象要因と牧草生育

本試験の結果、牧草収量は生育期間の積算降水量と密接な関係にあることが認められた。これは牧草が融雪直後から生育を開始し、5月下旬から

6月上旬にかけて Spring flash と呼ばれる節間伸長を伴った旺盛な生育を示すことから、草地では早春より多量の水を必要とするためである。これに対し一般畑作物では6月後半ないし7月前半までの乾物生産量は牧草より明らかに少なく、畑作物の水消費の季節変化と牧草のそれとは著しく異なると考えられる。そこで過去11年間牧草収量と積算降水量の関係が極めて密接であった窒素18 kg/10a・年施肥区での牧草の要水量および日平均蒸散量を概算してみると表8に示すように、1番草生育期間で要水量469~662平均534ml/g 乾物、日平均蒸散量2.26~6.16平均3.84mm/日、2番草生育期間でそれぞれ252~951平均508ml/g 乾物、0.90~5.95平均2.80mm/日となった。佐久間ら¹⁷⁾は北海道中央部の十勝熔結凝灰岩の残積性風化殻を母材とする中粒質の酸性褐色森林土に立地するオーチャードグラス、チモシー主体のマメ科混播草地で日蒸散量を調査した結果、2番草で2.5 mm/日、3番草で2.0mm/日(要水量はそれぞれ370~440, 330~380ml/g・乾物)であったと報告し、また林²⁾によればオーチャードグラス・ラジノクローバ混播草地の要水量は300~500ml/g・乾物

表8 オーチャードグラス主体草地の水消費と乾物生産効率

項目 施肥N	水 消 費			乾物生産効率*****	
	要水量**	CGR***	日蒸散量****	降 水	土壌有効水
一番草	9	—	5.75	—	1.22 1.82
	18	534	7.21	3.84	1.41 2.42
	18/9*	—	125	—	116 133
二番草	9	—	3.73	—	0.46 1.69
	18	508	5.20	2.80	0.60 2.44
	18/9*	—	139	—	130 145

*施肥N 9 kg 区に対するN18kg 区の指数, **ml/g・乾物

g 乾物/日, *mm/日, *****水1 mm当りの乾物生産量 g 乾物/mm水

であったと報告している。今回得られた結果はこれら報告よりやや高い要水量となったが、これは降水量を全て有効水と仮定して算出したためである。

次に、降水および土壌有効水 1 mm 当りの乾物生産効率（牧草収量と積算降水量の関係式、 $y = ax + b$ の 1 次式より a : 降水 1 mm 当り、 b : 土壌有効水 1 mm 当りとして求めた）を窒素施肥量で比較してみると、降水 1 mm 当りの乾物生産効率は 1, 2 番草とも窒素 18 kg 区が 9 kg 区に対してそれぞれ 16, 30% 高く、また土壌有効水 1 mm 当りの乾物生産効率は 1, 2 番草とも窒素 18 kg 区が 9 kg 区に対してそれぞれ 33, 45% 高かった。これらの結果は窒素少肥条件では牧草の生育にとって水の他に窒素も制限因子として働くため、降水や土壌有効水を十分利用しえないと考えられる。とくに 1 番草時の乾物収量と積算降水量の相関係数が窒素 18 kg 区 ($r = 0.87$) > 窒素 9 kg 区 ($r = 0.65$) と窒素少肥区で低いことは、草地の経年化に伴う土壌窒素供給力の漸減により、牧草への窒素供給量が制限因子となり牧草収量が経年的に減少する¹⁰⁾ことに起因していると考えられる。これに対し、窒素多肥区で土壌有効水当りの乾物生産効率が高い要因として、まず前述の経年化に伴う土壌窒素の漸減部分を施肥窒素で補うことにより窒素吸収不足による牧草生育の抑制が小さいこと、さらに牧草の窒素栄養が良好で、かつ牧草根系の発達により土壌水分の利用効率が高まった¹¹⁾ことなどが原因と想定される。

他方、積算降水量の少ない年次の 1, 2 番草では牧草の磷酸、加里含有率が低い傾向を示した。尾形ら¹²⁾は水分ストレス条件下での耐性、無機成分含有率の変動には草種間差が存在すること、とくに無機成分では磷酸含有率が低下することを指摘し、これには草種間の根量、根の養水分吸収能力の差に原因していると推察している。また降水不足時に低含有率を示す理由の 1 つに当該土壌中有効態養分は施肥位置である草地表層 0 ~ 2 cm 程度の部位にしか富化されず¹³⁾、加えて加里は牧草の収奪量が多く経年的に表層以下の根域土層全体の加里供給力が低下し、必然的に養分供給土層が表層部分に集中することから、降水不足により当該養分の富化されている表層土壌が過乾状態に陥り養分吸収が抑制されるためと推定される。こ

のことは、降水不足時にはこのように土壌からの養分供給が不足するか、あるいは表層土壌の酸性化などによって養分の吸収が抑制されるような草地では牧草体の低磷酸、低加里含有率によって収量低下が増幅される可能性が示唆される。

2. 土壌水分特性と草地生産力の関係

天北地方に分布する各種土壌の成因、理化学性、土壌水分特性については既に多くの報告があり、重粘土の理学的劣悪性が広く認識されている。

今回の調査結果から天北地方重粘土の根域の有効水容量は根釧地方の火山性土に比較して非常に少ないことが明らかとなった。すなわち、根域の有効水容量は宗谷北部に分布する褐色火山性土で根釧地方火山性土の 68%、酸性褐色森林土で 35 ~ 47%、疑似グライ土では 19 ~ 23% 程度に過ぎない。また表 8 で求めた日平均蒸散量の平均値約 3.5 mm/日（1 番草 : 3.8 mm, 2 番草 : 2.8 mm/日）を用いて根域の有効水容量の水分で牧草の生育が保証される日数を概算すると、根釧地方の火山性土が約 54 日程度あるのに対し、褐色火山性土が約 36 日、酸性褐色森林土で約 19 ~ 25 日、疑似グライ土では約 10 ~ 12 日程度と極めて少ない。岩間¹⁴⁾は典型的疑似グライ土で連続旱天が 2 週間以上になると有効土層（深さ 50 cm）中に保持されている迅速有効水分がほぼ消費されつくし、牧草生育が停滞することを報告しており、天北地方に分布する重粘土の大部分が劣悪な水分環境下にあることが認識されよう。

一方、この土壌の違いによる有効水分、根域の有効水容量の多少は降水不足年における牧草収量の低下の程度と密接に関連していた。すなわち、降水不足年の収量低下は土壌有効水分の少ない疑似グライ土、褐色低地土で大きく、逆に有効水分のやや多い酸性褐色森林土では小さい傾向が得られ、根域の有効水容量の土壌型間差と一致した。しかし、造成後の経年数の大きな草地は根域の有効水容量の多少に関係なく降水不足年の収量低下が大きかった。このことは、古い経年草地では牧草根の分布が表層に集中し¹⁵⁾、かつ土壌窒素給源としての有機物、施肥磷酸など養肥分がこの層に蓄積する¹⁶⁾が、降水不足時にはこの表層が過乾に陥り牧草の養水分吸収が阻害されるためと考えられる。さらに施肥養分の吸収が牧草の水分吸収に伴わない¹⁷⁾ことなども原因として推定される。

他方、草地管理来歴の同一な酸性褐色森林土と疑似グライ土草地の収量を比較した結果、両草地とも降水不足年で収量低下が起こるが牧草生育全期間の積算降水量が400mmを下廻る、すなわち1日当り約3mmより降水量が少ない年には疑似グライ土草地は酸性褐色森林土草地より明らかに収量が低下した。このことは1日の平均降水量が約3mm以下の条件では土壤の水分供給力の差によって牧草収量が影響されることを示唆している。しかし降水不足によって牧草生育が抑制され施肥窒素および土壤易分解性窒素が残存した状態で越冬した翌春の牧草収量は降水不足条件でも必ずしも低下しなかった(表7)など、草地の越冬前の肥培管理と翌春の降水不足条件下での牧草生育の関係は気象変動の影響を緩和させる1つの手段として検討する必要がある。

最後に降水量の年次変動と草地生産力の関係について今後の究明すべき問題点を考えてみた。まず牧草側の問題として、牧草の水利用は土壤の水分状態や根群の吸水能力などによって異なり、さらに牧草の栄養状態とも密接に関係することが予想される。今後は草種、窒素施肥量などと乾物生産速度、日蒸散量、要水量との関係を検討する必要がある。一方、土壌側の問題として、天北地方に分布する各種土壌の分布はhydro catena的变化を示す場合が多く、水の横移動に伴う水分供給力の変動、排水過程での水供給と草地生産力の関連を明らかにする必要がある。

謝辞 本報告をとりまとめるにあたり、前天北農業試験場大崎玄佐雄氏(現十勝農業試験場土壌肥料科長)、佐藤辰四郎氏(現北見農業試験場専技室)、坂本宣崇博士(現上川農業試験場)、山神正弘氏(現中央農業試験場)および天北農業試験場東田修司、宝示戸雅之氏の各位に御協力、御助言をいただいた。根釧地方火山性土の採取には根釧農業試験場木曾誠二氏に御協力いただいた。また天北農場長斎藤亘博士、中央農業試験場化学部大垣昭一郎氏には懇切丁寧な御校閲と御指導をいただいた。各位に深く謝意を表する。

引用文献

- 1) 重粘地グループ“北海道北部の土壌—重粘性土壌の生成、分類と土地改良”北海道開発局, 1967,

- p 1-195.
- 2) 林満“北海道における主要牧草の水分生理”北海道開発局, 1974
- 3) 宝示戸雅之, 坂本宣崇, 高尾欽弥, “天北地方のオーチャードグラス主体草地における気象要因と乾物生産”, 北農, 48 (8), 1-10, (1981).
- 4) 宝示戸雅之, 西宗昭 “オーチャードグラス草地のN反応性”, 日土肥誌講要旨集, 31, 205 (1985).
- 5) 北海道開発局, “重粘土—その分布と特性—”特殊土壌農地化調査試料1, 1972, p 1-37.
- 6) 北海道開発局, “北海道の特殊土壌—生成・分布と土地改良”特殊土壌農地化調査報告書, 1979, p 207-299.
- 7) 岩間秀矩, “疑似グライ土の水分環境と排水の特徴”, ペドロジスト, 24, 144-156 (1980)
- 8) 岩間秀矩, 渡辺治郎, 小川和夫, “寒冷地域における重粘土草地の灌漑, (I)北海道オホーツク海沿岸地域における重粘土の水分特性と牧草の生育”, 農土誌, 51, 197-203 (1982)
- 9) 岩間秀矩, 渡辺治郎, 小川和夫, “同上, (II)とくに草地に対する少量灌漑の意義について”, 農土誌, 51, 485-493 (1982).
- 10) 三木直倫, “草地畜産系における窒素循環とその管理上の問題点, 北海道農業における窒素の循環と有効利用”, 北海道土肥研究通信, 第31回シンポジウム特集号, 17-32 (1984).
- 11) 三木直倫, 佐藤辰四郎, “草地における表面施肥”, “施肥位置と栽培技術”, 日本土壌肥料学会編, 博友社, 1982, p 49-91.
- 12) 尾形昭逸, 実岡寛文, 松本勝士, “暖地型飼料作物の水ストレス耐性機構の解析, I. 圃場条件下における水ストレス耐性の草種間差”, 日草誌, 31, 34-42, (1985).
- 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) 大崎玄佐雄, 奥村純一, 関口久雄, “同上, II, 鈣質土壌における牧草根の発達”, 北海道立農試集報, 32, 35-44, (1975).
- 15) 斎藤万之助, “北海道の重粘土”, ペドロジスト, 16, 114-119, (1972).
- 16) 佐久間敏雄, “重粘性土壌の生成過程における物理的因子の役割”, 近代農業における土壌肥料の研究, 第4集, 日本土壌肥料学会編, 養賢堂, 1973, p 13-26.
- 17) 佐久間敏雄, 小林信也, 吉田亨, “畑地における水分および熱の動態, 第1報牧草畑の熱収支と蒸発散量”, 日土肥誌, 46, 507-513, (1975).

The Effects of Annual and Seasonal Change in Precipitation and Soil Water Retentivity on the Grassland Productivity in Tenpoku District

Naomichi MIKI*, Kinya TAKAO**
and Akira NISHIMUNE

Summary

These studies were carried out to clarify the effects of annual and seasonal change of precipitation and soil water retentivity on the yields of orchard grass swards in Tenpoku district. For this purpose, we had monitored the grass yields and meteorological factor such as temperature, precipitation and sunshine hour at a certain grassland for 11 years, and discuss the relationships among them. In addition to that, we studied the relationships between grass yields and soil water retentivity in some different soil types.

The results obtained are summarized as follows :

- 1) The grass yield was closely related to precipitation in the growth period and the maximum yield of 1st and 2nd cut were obtained with 150-200mm of precipitation in each growth period. But yield of 3rd cut was not clearly related to precipitation.
- 2) Grass yield decreased with an amount of precipitation such trend was more evident in Pseudogley and Alluvial soil which were smaller water retentivity than Acid brown forest soil. Grass yield in Pseudogley soil were obviously decreased than that in Acid brown forest soil when the precipitation of whole growth period was less than 400mm.
- 3) A degree of yield decrease of an old permanent sward, which has been used for more than 10 years, was not clearly related to an amount of soil available water in the case of the restricted precipitation, it indicates that the limiting factor of grass yield for old permanent sward was not only the amount of precipitation but also an uptake of nutrients, because surface horizon of grassland where fertilizers are placed and a large amount of nutrient is accumulated, was heavily dried up in small rainfall season.

From these results, it was concluded that one of the reason which are responsible for the unstability of grassland productivity is a wide range of annual precipitation and a small amount of soil water retentivity in Tenpoku district.

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

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