

第Ⅳ章 放牧地土壌の養分状態

第Ⅱ章では採草地土壌の養分状態について検討した。軽種馬生産牧場の草地を採草地と放牧地に区分してその割合をみると、放牧地60%、採草地40%で、放牧地面積の割合がやや多い。また、馬は日中のほとんどを放牧地に放され、その多くの時間を採食に費やしている。したがって、放牧地の土壌の養分状態や牧草の飼料成分含有率についても検討する必要がある。

第1節 放牧地の植生の特徴

放牧地は採草地と異なり、牧草は常に馬の喫食を受けている。また、軽種馬の放牧は牧区毎に群が異なり、同一牧区に同一群が終年放牧されている。牛の場合のように、ある牧区に一定期間放牧されると次の牧区に移る輪換放牧の形式はとられていない。したがって、牧草は放牧期間中は絶え間なく馬の喫食を受けている。一部に輪換放牧を採用している牧場もみられるが、多くの牧場は連続放牧の方法を採用している。

放牧地を概観すると、よく採食されている部分と採食されず草丈が長くなっている部分とに分けられる。牛の場合の不食過繁地はパッチ状に点在するが²⁶⁾、馬の放牧地での不食過繁地は島状にエリアを形成している（写真－1、2）。そこで、よく採食されている部分と不食

過繁地を形成している部分に分けて植生を冠部被度で比較した。

1) 方 法

えりも町7筆、様似町20筆、浦河町45筆、三石町35筆、静内町48筆、新冠町60筆、門別町80筆および平取町21筆の放牧地について、その植生を調べた。植生は1㎡のコドロードを用いて、各種の冠部被度を調べた。放牧地の各筆について採食部分および不食過繁地部分の平均的な所2か所を測定した。

2) 結 果

植生を地区別に採食部と不食過繁地に分けて冠部被度を表Ⅳ－1に示した。採食部でもっとも被度が高かったのはシロクローバで、全体の平均で31%であった。次いで、スズメノカタビラで24%であった。ほとんどの放牧地で播種されているチモシーは18%にすぎなかった。この3種で70%を越えていた。不食過繁地は採食部と異なり、チモシーの被度がもっとも高く、全体の平均で38%であった。次いでシロクローバが23%であった。採食部で高かったスズメノカタビラは9%であった。採食部と同様にこの3種で70%であった。しかし、その関係を見ると、採食部ではチモシーに比べシロクローバ、スズメノカタビラの被度が高く、不食過繁地ではチモシーが高

表Ⅳ－1 地区別放牧地の植生（冠部被度：%）

	東 部		中 部		西 部	
	採 食 部	不 食 部	採 食 部	不 食 部	採 食 部	不 食 部
牧 草 類						
チモシー	19.6	41.6	16.2	34.3	17.1	35.9
オーチャードグラス	0.6	8.4	1.4	2.7	1.5	5.7
ベレニアルライグラス	0.1	1.3	0.0	0.0	0.8	0.8
メドウフェスク	0.1	1.3	3.2	3.0	2.7	6.7
ケンタッキーブルーグラス	0.8	2.0	12.8	10.9	12.0	9.1
レッドトップ	0.2	0.0	0.0	0.0	2.6	4.9
リードカナリーグラス	0.0	0.9	0.0	0.4	2.7	1.3
シロクローバ	35.3	27.5	19.0	20.2	34.0	18.6
アカクローバ	—	0.1	—	0.5	—	0.3
雑 草 類						
スズメノカタビラ	33.8	12.6	24.8	9.4	11.3	3.1
オオバコ	2.8	0.2	4.3	1.1	6.0	1.6
タンポポ	1.2	0.8	0.4	0.4	1.2	0.7
ギシギシ	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.8
シバムギ	0.0	0.0	0.8	2.6	0.1	3.1

くなる。牧草類の被度でも採食部に比べて不食過繁地で高くなっている。

地区別にみると、やや異なる植生が観察された。牧草類では東部地区に比べて中部、西部地区ではチモシーの被度がやや低くなり、オーチャードグラス、メドウフェスク、ケンタッキープルーグラス、レッドトップ等の被度が高くなっている。雑草類ではスズメノカタビラが東部から西部にかけて次第に被度が低くなっている。

土壌区分別の植生を表Ⅳ-2に示した。泥炭土の植生が他の土壌と異なり、チモシーの被度が高かった。泥炭土の放牧地は造成後の経過年数が平均で6年であったが他の土壌区分の放牧地は10年以上経過しており、造成後の経過年数が少ない泥炭土の放牧地でチモシーの比率が高くなっている。また、低地土でスズメノカタビラの被度が他に比べて高かった。

表Ⅳ-2-1 土壌区分別放牧地の植生（冠部被度：％）

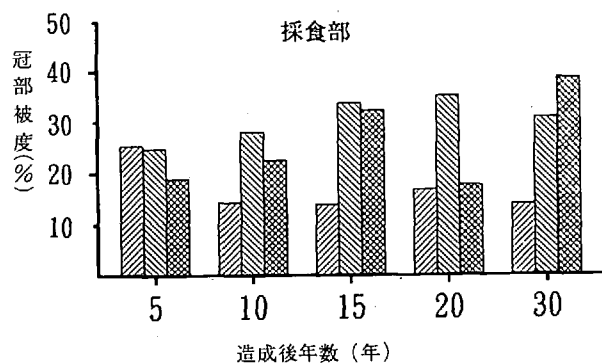
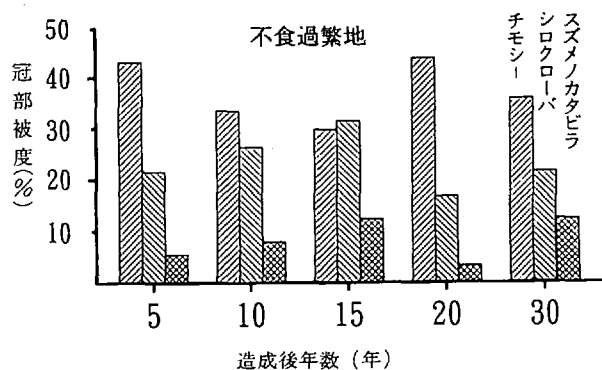
	低 地 土		泥 炭 土		黒 ボ ク 土	
	採 食 部	不 食 部	採 食 部	不 食 部	採 食 部	不 食 部
牧 草 類						
チモシー	17.4	39.6	29.5	50.0	17.9	33.2
オーチャードグラス	0.6	4.9	—	—	1.8	9.8
ペレニアルライグラス	—	—	1.0	6.5	0.9	1.1
メドウフェスク	1.4	3.3	—	—	2.7	5.6
ケンタッキープルーグラス	3.8	4.6	12.0	4.0	12.5	8.9
レッドトップ	0.6	1.2	—	—	1.7	3.6
リードカナリーグラス	—	1.0	—	2.5	0.0	0.1
シロクローバ	29.1	22.5	28.0	24.5	35.2	21.2
アカクローバ	—	0.2	—	—	—	0.1
雑 草 類						
スズメノカタビラ	30.5	12.0	19.0	10.0	12.9	2.9
オオバコ	4.3	0.9	0.5	—	4.5	1.2
タンポポ	1.2	0.9	—	—	0.7	0.3
ギシギシ	—	0.4	—	—	—	0.2
シバムギ	—	1.9	—	—	0.1	1.9

表Ⅳ-2-2 土壌区分別放牧地の植生（冠部被度：％）

	褐色森林土		全 体	
	採 食 部	不 食 部	採 食 部	不 食 部
牧 草 類				
チモシー	15.5	38.1	17.8	37.7
オーチャードグラス	2.0	4.5	1.1	6.2
ペレニアルライグラス	—	2.1	0.3	0.8
メドウフェスク	0.2	—	1.7	3.6
ケンタッキープルーグラス	9.2	10.7	7.4	6.5
レッドトップ	1.5	—	1.0	1.8
リードカナリーグラス	—	2.1	0.0	0.9
シロクローバ	32.7	27.8	31.4	22.8
アカクローバ	—	0.8	—	0.3
雑 草 類				
スズメノカタビラ	22.5	4.9	24.0	8.5
オオバコ	4.3	0.2	4.2	0.9
タンポポ	1.2	0.9	1.0	0.7
ギシギシ	—	—	0.0	0.3
シバムギ	2.0	0.5	0.2	1.7

3) 考 察

日高地方における馬の放牧は牛の放牧方法と異なり、輪換放牧の方法はとられていない。本調査で調べた316筆の放牧地のうち輪換放牧を行っていたのは3%にすぎなかった。一方、放牧地に播種されている草種は一部を除きチモシーである。チモシーは北海道で栽培されているイネ科牧草のなかでは再生が緩慢で放牧より採草用の草種とされている。したがって、連続放牧で一年を通して放牧されることによって播種されたチモシーは次第に衰退し、矮生化したシロクロバとスズメノカタビラが優占することになる。不食過繁地でチモシーの密度が高かったのは喫食されずに残っているためである（写真－3、4）。図Ⅳ－1に採食部と不食過繁地の造成後の経過年数によるチモシー、シロクロバ、スズメノカタビラの被度の変化を示した。採食部のチモシーは年数の経過とともに減少し、シロクロバとスズメノカタビラの被度が高くなる。不食過繁地では経過年数にともなう被度の変化はみられない。一部に再生が劣るチモシーから再生が優れているオーチャードグラスや地下茎で増殖するケンタッキーブルーグラスの利用がみられる。ケンタッキーブルーグラスを利用している放牧地では雑草の侵



図Ⅳ－1. 経年化に伴うチモシー、シロクロバおよびスズメノカタビラの被度の変化

入が少なく良好な植生を維持している（写真－5、6）。放牧利用に適しないチモシーの利用から、乳牛や肉牛の放牧に利用されているケンタッキーブルーグラス、オーチャードグラス、ベレニアルライグラスなどの利用について検討が必要である。

また、不食過繁地が形成されている部分の面積の比率は全体の平均で30%程度であった。不食過繁地の牧草は定期的な掃除刈りで除去されていた。しかし、再生してきた牧草も採食されず、同一部分に再び不食過繁地を形成することが観察される（写真－7）。一方では同一部分が繰り返し採食され、チモシーの衰退による植生の悪化をきたしている。輪換放牧の採用や不食過繁地形成を防ぐ対策を講じることにより放牧地の荒廃を防ぐことが必要であると考えられる。

第2節 放牧地土壌の養分状態

前節でみたように、放牧地の植生は採食されている部分と不食過繁地を形成している部分とではやや異なっている。また、不食過繁地はパッチ状ではなく大きな島状に形成されている。植生の差異や不食過繁地形成の要因を土壌の養分状態から検討した。

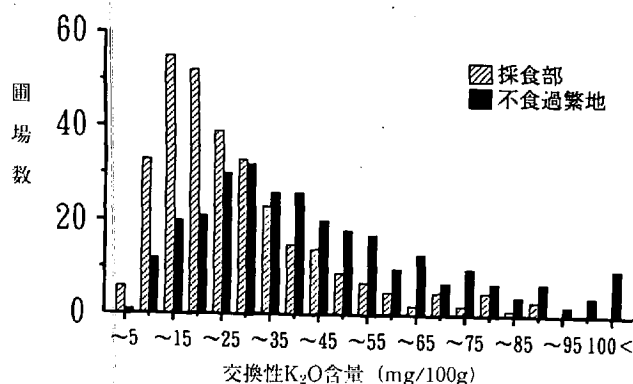
1) 方 法

植生を調べた放牧地について採食されている部分の土壌および不食過繁地の土壌を採取した。土壌の採取方法および分析方法は第Ⅱ章の採草地土壌と同様とした。採取は1991年から1993年にかけて、各年とも5月下旬に行った。

2) 結 果

土壌の交換性塩基含量を土壌区分別に採食部と不食過繁地に分けて表Ⅳ－3に示した。

採食部の交換性石灰含量は85～1160mg/100gと幅広い範囲にあり、平均で370mg/100gであった。交換性苦土含量は5～186mg/100gと、石灰同様幅広い範囲にあり、平均53mg/100gであった。交換性カリ含量は2～87mg/100gの範囲にあり、平均で26mg/100gであった。これらの平均の含有率は第Ⅱ章で示した採草地土壌の交換性塩基含量と大差ない値であった。不食過繁地の交換性塩基含量を平均値でみると、石灰および苦土は採食部とほとんど同じ含量であった。しかし、カリ含量は大きく異なった。不食過繁地の交換性カリ含量は5～235mg/100gの範囲にあり、平均で43mg/100gであった。最大値は採食部の約3倍の含量であり、平均値では1.7倍の含量であった（図Ⅳ－2）。泥炭土ではその差が小さかった。また、泥炭土は各要素とも他の土壌群に比べてやや高い含量であった。



図Ⅳ-2. 採食部と不食過繁地の交換性カリ含量の度数分布

地区別に交換性塩基含量をみると、石灰および苦土含量はえりも町から平取町にかけて、すなわち、日高の東部地区から西部地区にかけて次第に低くなっていく傾向がみられた。これは採草地の土壌と同様の傾向であった。しかし、カリ含量は各地区間の差異は小さかった。

土壌区分別および地区別の土壌 pH, リン酸吸収係数および有効態リン酸含量を表Ⅳ-5, 6に示した。

採食部では pH は4.55~7.28の範囲にあり、平均で5.89であった。不食過繁地でも平均では5.85であり、差はみられなかった。土壌区分別に比較しても採食部と不食過繁地に差はみられなかった。地区間ではえりも町および門別町が他に比べてやや低い値であったが大きな違いはなかった。

表Ⅳ-3 土壌区分別交換性塩基含量 (mg/100g)

		石 灰 (CaO)		苦 土 (MgO)		カ リ (K ₂ O)	
		採食部	不食部	採食部	不食部	採食部	不食部
低地土	平均	377	381	55	58	27	46
	標準偏差	160	171	26	28	17	30
	最大	867	1080	170	184	87	235
	最小	85	83	9	8	4	5
泥炭土	平均	526	484	95	101	41	54
	標準偏差	211	180	39	41	22	38
	最大	873	729	167	165	79	142
	最小	136	114	33	26	7	10
黒ボク土	平均	349	339	43	46	24	39
	標準偏差	201	206	27	27	17	25
	最大	1160	1150	133	135	87	135
	最小	95	84	5	10	2	5
褐色森林土	平均	362	347	69	71	24	30
	標準偏差	125	116	52	49	13	17
	最大	624	647	186	172	56	74
	最小	166	191	9	18	5	6
全 体	平均	370	366	53	57	26	43
	標準偏差	179	183	32	32	17	28
	最大	1160	1150	186	184	87	235
	最小	85	83	5	8	2	5

表Ⅳ-4 地区別交換性塩基含量 (mg/100g)

		石灰 (CaO)		苦土 (MgO)		カリ (K ₂ O)	
		採食部	不食部	採食部	不食部	採食部	不食部
えりも町		584	629	56	66	20	34
様似町		452	454	92	97	24	44
浦河町		494	492	60	62	26	44
三石町		503	470	68	77	29	55
静内町		390	385	57	58	28	36
新冠町		351	353	56	57	27	46
門別町		259	239	40	40	24	40
平取町		193	212	25	37	21	35
平 均		370	366	53	57	26	43

表Ⅳ-5 土壌区分別土壌 pH, リン酸吸収係数および有効態リン酸

		土 壌 pH		リン酸吸収係数		有効態リン酸 (mg/100g)	
		採 食 部	不 食 部	採 食 部	不 食 部	採 食 部	不 食 部
低 地 土	平 均	5.99	5.93	723	728	42.5	48.5
	標準偏差	0.50	0.49	277	297	23.3	25.3
	最 大	7.28	6.89	1292	1492	179.3	179.7
	最 小	4.90	4.75	96	100	6.5	6.0
泥 炭 土	平 均	5.78	5.72	971	886	57.4	50.5
	標準偏差	0.41	0.40	233	222	30.5	25.2
	最 大	6.58	6.18	1595	1226	118.0	98.0
	最 小	5.29	5.09	636	561	17.4	18.0
黒ボク土	平 均	5.77	5.73	1332	1425	41.0	48.9
	標準偏差	0.44	0.44	535	559	24.2	30.6
	最 大	6.90	6.90	2650	2681	128.0	132.5
	最 小	4.55	4.69	154	495	4.9	6.0
褐色森林土	平 均	5.87	5.81	1108	1060	36.1	36.0
	標準偏差	0.39	0.44	237	269	24.7	26.0
	最 大	6.59	6.68	1768	1768	88.0	106.0
	最 小	5.09	4.95	654	718	3.7	4.0
全 体	平 均	5.89	5.84	934	957	41.7	47.5
	標準偏差	0.48	0.48	452	490	24.0	27.5
	最 大	7.28	6.90	2650	2681	179.3	179.7
	最 小	4.55	4.69	96	100	3.7	4.0

表Ⅳ-6 地区別土壌 pH, リン酸吸収係数および有効態リン酸

			土 壌 pH		リン酸吸収係数		有効態リン酸 (mg/100g)	
			採 食 部	不 食 部	採 食 部	不 食 部	採 食 部	不 食 部
え	り	も 町	5.66	5.79	1729	1807	37.8	38.1
様	似	町	6.07	5.95	1148	1168	30.8	36.2
浦	河	町	6.08	6.04	862	818	38.7	44.1
三	石	町	6.13	5.98	672	683	51.2	53.3
静	内	町	5.86	5.89	1020	1078	52.0	54.3
新	冠	町	6.00	5.93	945	988	40.0	46.3
門	別	町	5.61	5.59	—	—	39.7	46.8
平	取	町	5.80	5.76	—	—	33.9	49.1
平		均	5.89	5.85	—	—	41.7	47.5

採食部の有効態リン酸は3.7～179.3mg/100gの範囲にあり、平均で42.0mg/100gであった。不食過繁地では平均で47.7mg/100gであった。土壌区分別では泥炭土が高く、褐色森林土がやや低く、低地土と黒ボク土は同様の値であった。地域別では静内町および三石町が他の地域よりやや高い含量であった。採食部と不食過繁地で地区別および土壌区分別とも大差ない値であった。採草地の平均含量が50mg/100gであったが、変動の幅からみて、放牧地と採草地では大きな違いはないと考えられる。

微量要素の可溶性含有率を地区別、土壌区分別に表Ⅳ-7, 8に示した。採食部の交換性マンガンは0.1～64.6ppmの範囲にあり、平均で9.1ppmであった。不食過繁地は平均で10.8ppmであった。様似町および三石町を除いた地区および土壌区分間で採食部と不食部で違いはなかった。交換性マンガンは地区間で含有率が異なった。えりも町を除き、東部地区から西部地区にかけて次第に低くなる傾向にあった。可溶性銅含有率は採食部で0.0～11.1ppmの範囲にあり、平均で2.41ppmであった。不食過繁地は平均2.34ppmで採食部との違いはなか

った。交換性マンガン同様に地区間で差があり、えりも町がもっとも低かった。えりも町を除いて、東部地区が中部および西部地区に比べてやや高い含有率であった。

可溶性亜鉛含有率は採食部の平均が3.82ppm、不食過繁地の平均が4.23ppmで、土壌区分別、地区別にみても不食過繁地が採食部に比べてやや高い傾向にあった。また、地区間で差があり、東部地区、中部地区、西部地区と次第に低くなっている。

土壌区分間で含有率を比較すると、交換性マンガン含有率は泥炭土>褐色森林土≒低地土>黒ボク土の序列であった。可溶性銅含有率では低地土>泥炭土>褐色森林土>黒ボク土であり、可溶性亜鉛含有率では泥炭土≒低地土>褐色森林土≒黒ボク土であった。各要素とも黒ボク土が低い含有率であった。

ここでは、地区間の違いを土壌を区分しないで比較していることから、例数の多い低地土と黒ボク土について地区別の含有率を表Ⅳ-9、10に示した。交換性マンガンおよび可溶性亜鉛含有率は低地土および黒ボク土とも東部地区から西部地区にかけて次第に低くなっていく傾向がみられた。可溶性銅含有率ではえりも町が黒ボク土で他の地域に比べて低かった点を除いては両土壌とも地区間の含有率に一定の傾向はみられなかった。

3) 考 察

放牧地土壌の養分状態の特徴は牧草がよく採食されている部分と不食過繁地を形成している部分で、交換性カリ含量に大きな差が認められたことである。この違いは地区別でも土壌区分別でも明らかであった。他の成分では採食部と不食過繁地で大きな違いはなく、わずかに可溶性亜鉛が不食過繁地で高い傾向がみられる程度であった。また、不食過繁地の交換性カリ含量の他は採草地土壌の養分含有率とそれほど違いはみられなかった。

成馬は摂取したカリの94%を糞や尿に排泄する⁸⁶⁾。また、馬の放牧地では糞は特定の場所に集中しているこ

とが観察され、糞尿で汚染された牧草は採食が忌避されることが知られている¹²⁷⁾。したがって、不食過繁地の形成は糞尿の集中した排泄による。このため交換性カリ含量も高くなっていると考えられる。牛の放牧地における排糞跡でもカリ含量が高くなることが知られている^{26,69,72)}。倉島⁷⁰⁾は放牧地の交換性カリ含量は21~24mg/100gが適当であるとしている。一般に放牧地は採草地に比べて交換性カリ含量は高くなる¹⁰⁷⁾ことから、放牧地の肥培管理にあたってはカリの施用に留意する必要がある。すでに、放牧地用としてカリを含まない肥料が利用され始めている。

採草地の場合と同様、土壌の養分含量に地区間の違いがみられた。各土壌区分別にわけて地区の違いを比較すると、低地土、黒ボク土とも交換性石灰、苦土含量、交換性マンガンおよび可溶性亜鉛含有率で東部地区から西部地区にかけて次第に低くなっていく傾向があった。例数は少ないが、褐色森林土の交換性苦土含量ではこの関係がより明瞭であった。交換性石灰や苦土含量は土壌改良資材の施用によって影響を受けるが、調査時の施用量では地区間に違いはみられない。したがって、この含量の差異は採草地の場合と同様に土壌本来の供給量に違いがあるためと考えることが出来る。

草地土壌の診断基準では採草地と放牧地は区分されていない。したがって、採草地の同一基準で養分状態をみると、土壌pHは多くの放牧地で基準値内の値であったが、おおよそ20%の放牧地が5.50以下の値であり、酸性を矯正する必要があった。一方で、6.50以上の放牧地が15%あり、7.00以上の放牧地もみられた。これらの放牧地は交換性石灰が著しく高い含量であった。交換性石灰含量は20%の放牧地で500mg/100g以上の含量であった。交換性石灰含量が多くなると、交換性マンガン含有率が低くなり、牧草のマンガン含有率は低くなる傾向にあることから、必要以上に交換性石灰を多くすることは避け

表Ⅳ-7 地区別交換性マンガン、0.1N 塩酸可溶銅および亜鉛含有率 (ppm)

				交 換 性		0.1N 塩酸可溶			
				マンガン		銅		亜 鉛	
				採 食 部	不 食 部	採 食 部	不 食 部	採 食 部	不 食 部
え	り	も	町	8.0	7.7	0.25	0.17	5.23	5.21
様	似	町		14.9	20.7	2.54	2.80	5.27	6.66
浦	河	町		13.7	14.5	3.59	3.34	5.31	5.49
三	石	町		13.8	20.2	3.52	3.33	4.55	4.88
静	内	町		12.6	12.0	2.13	2.14	3.15	3.40
新	冠	町		7.6	8.8	2.10	1.91	3.70	4.00
門	別	町		4.3	5.2	1.85	1.87	3.17	3.60
平	取	町		2.1	3.8	2.11	1.98	2.17	2.98
平		均		9.1	10.8	2.41	2.34	3.82	4.23

表Ⅳ-8 土壌区分別交換性マンガン, 0.1N 塩酸可溶銅および亜鉛含有率 (ppm)

			交 換 性		0.1N 塩酸可溶			
			マンガン		銅		亜 鉛	
			採食部	不食部	採食部	不食部	採食部	不食部
低地土								
平	均		10.0	11.6	3.72	3.51	4.10	4.48
標準	偏差		10.1	9.5	1.90	1.91	1.75	2.07
最	大		64.6	47.3	11.10	10.40	12.50	16.50
最	小		0.1	0.1	0.06	0.00	1.77	1.65
泥炭土								
平	均		19.1	25.9	2.20	2.38	4.41	4.54
標準	偏差		14.7	26.7	1.06	1.31	1.59	1.52
最	大		46.5	96.5	4.30	5.55	6.53	6.69
最	小		1.1	1.8	0.28	0.35	1.64	2.36
黒ボク土								
平	均		6.0	7.3	0.78	0.70	3.36	3.82
標準	偏差		6.9	8.5	1.03	1.00	1.97	2.65
最	大		41.7	67.1	6.26	6.64	13.50	17.19
最	小		0.3	0.5	0.00	0.00	0.85	0.75
褐色森林土								
平	均		12.4	13.9	1.72	1.79	3.90	4.21
標準	偏差		15.6	20.5	1.64	1.79	3.02	2.71
最	大		63.2	101.0	6.38	8.06	11.40	10.50
最	小		0.5	0.4	0.14	0.09	1.17	0.77
全体								
平	均		9.1	10.8	2.41	2.34	3.82	4.23
標準	偏差		10.3	12.2	2.10	2.07	2.00	2.32
最	大		64.6	101.0	11.10	10.40	13.50	17.19
最	小		0.1	0.1	0.00	0.00	0.85	0.75

表Ⅳ-9 地区別交換性マンガン, 0.1N 塩酸可溶銅および亜鉛含有率：低地土 (ppm)

				交 換 性		0.1N 塩酸可溶			
				マンガン		銅		亜 鉛	
				採食部	不食部	採食部	不食部	採食部	不食部
調査	例数								
様似町	6			10.3	18.1	3.49	3.33	4.85	7.15
浦河町	35			11.2	13.0	4.13	3.93	5.16	5.14
三石町	26			13.1	17.9	4.22	3.84	4.73	5.07
静内町	21			15.7	13.9	3.44	3.44	3.20	3.43
新冠町	34			7.5	8.1	3.08	2.86	3.83	4.40
新門別町	27			6.0	7.1	3.91	3.57	3.25	3.57
平取町	7			3.1	4.1	3.72	3.85	2.75	3.46

表Ⅳ-10 地区別交換性マンガン, 0.1N 塩酸可溶銅および亜鉛含有率：黒ボク土 (ppm)

				交 換 性		0.1N 塩酸可溶			
				マンガン		銅		亜 鉛	
				採食部	不食部	採食部	不食部	採食部	不食部
調査	例数								
えりも町	5			8.9	8.0	0.16	0.13	5.19	5.18
様似町	2			23.0	15.3	0.57	0.58	8.95	11.11
浦河町	5			19.4	24.8	0.66	0.52	4.22	5.67
三石町	3			7.6	11.2	0.18	0.20	2.82	3.76
静内町	16			8.3	7.9	1.18	1.19	3.04	3.33
新冠町	26			7.0	9.3	0.80	0.67	3.60	3.53
新門別町	46			3.2	3.7	0.63	0.61	3.20	3.67
平取町	12			1.7	4.1	1.24	0.92	1.99	3.00

るべきである。交換性石灰が多くなっても牧草中のカルシウム含有率は一定以上には高くない。

交換性苦土含量は土壌診断基準に示された値に比べて著しく高い。35mg/100g以上の含量の牧草地は70%を占める。有効態リン酸含量も30mg/100g以上の放牧地が65%以上を占める。交換性苦土含量および有効態リン酸含量と牧草中のマグネシウム、リン含有率との間には相関関係はみられない。基準値として示された値以上になるような肥裁管理は無駄となる。

第3節 不食過繁地形成の防除対策

不食過繁地は放牧地面積の30%以上を占めている。不食過繁地は糞尿の集中した排泄により形成されることは交換性カリ含量の集積や植生調査時の糞の分布の観察で明らかである。

不食過繁地形成を防除するため、生産者は人力で定期的に糞を放牧地から除去する作業を行っている。こうした放牧地では不食過繁地の形成はみられない(写真-8)。

ゼオライト施用による不食過繁地形成防除の効果を検討した。

1) 方法

1.5haの放牧地の不食過繁地の形成部分を図面上に記載した。この放牧地を2等分し、一方にゼオライトを10a当たり200kgを施用した。施用は早春の放牧開始前に行った。ゼオライト施用後、2歳の育成馬を2頭放牧し、ゼオライト施用区と無施用区を牧柵で区分しないで両区とも自由に採食出来るようにした。6月、7月およ

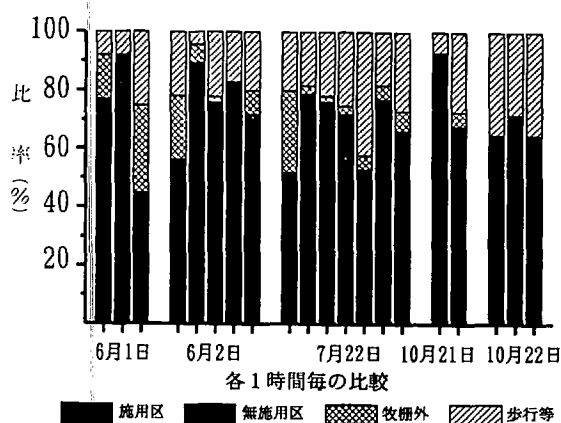
び10月に馬の採食時間をゼオライト施用区と無施用区および牧柵外に分けて、採食以外を歩行等に分けて計測した。

2) 結果および考察

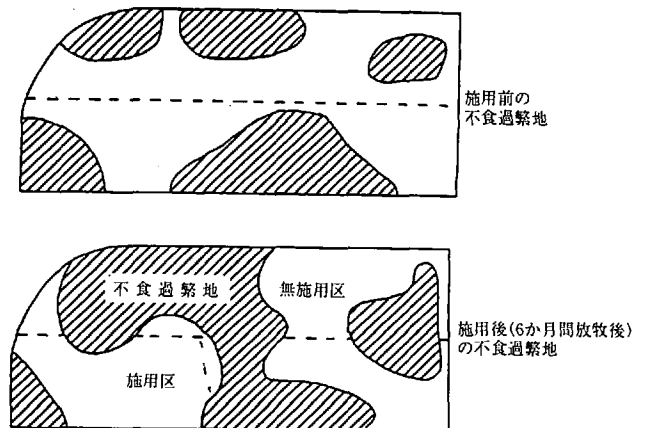
ゼオライト施用区、無施用区および牧柵外での採食時間と歩行等の時間の割合を1時間毎に分けて図IV-3に示した。また、ゼオライト施用前の不食過繁地の形状と施用後6か月間放牧した後の不食過繁地の形状を図IV-4に示した。

施用区と無施用区での採食時間を比較すると、施用区での採食時間が70%以上となった。各1時間毎で比較しても、無施用区での採食時間が長かったのは1時間毎20回の測定で3回であり、ほとんどの時間を施用区で採食していた。ゼオライト施用前の不食過繁地の面積は約51aで施用区が31a、無施用区が20aであった。6か月間放牧後の不食過繁地の面積は約67aで施用区が27a、無施用区が40aとなり、無施用区の不食過繁地の面積は約2倍に広がった。施用区はやや減少した。採食時間の多くを施用区で過ごしていることから、これまでに形成された不食過繁地の牧草もその周辺部から採食され、次第に不食過繁地の形状が変わり、一方、無施用区では採食時間が少ないことから不食過繁地が次第に広がりをもせたと考えられる。

ゼオライトは吸臭材としても利用されている。不食過繁地の形成が糞尿の集中した排泄によることから、ゼオライトの施用によりその臭いを少なくすることによって不食過繁地形成の抑制が可能であることが示唆された。



図IV-3. 施用区および無施用区の採食時間の割合



図IV-4. ゼオライト施用前および施用後の不食過繁地の形成の変化



写真－1 牛の放牧地の不食過繁地



写真－5 ケンタッキーブルーグラスを利用した放牧地



写真－2 馬の放牧地の不食過繁地



写真－6 ケンタッキーブルーグラス放牧地の植生



写真－3 不食過繁地の植生，チモシーの被度が高く雑草の進入が少ない。



写真－7 掃除刈り後の放牧地，緑度の濃い部分が不食過繁地，再びこの部分に不食過繁地が形成される。



写真－4 採食部の植生，矯正化したシロクロバとオオバコの被度が高く，チモシーが衰退している。



写真－8 糞を除去した放牧地

第V章 馬におけるチモシー乾草の栄養価

前章までは草地土壌の養分状態や牧草の成分含有率について検討してきた。馬は牛と同様に飼料の多くを牧草に依存する単胃の草食動物であり、必要とするエネルギーやタンパク質の多くを牧草から摂取する。したがって、摂取する牧草の要素含量を知ることは重要であるが、含有率だけでは合理的な飼料給与を行うことは出来ない。NRC⁸⁷⁾による馬の飼養標準では、エネルギーは可消化エネルギーで要求量が示されている。タンパク質や無機物は全含量で示されている。この飼養標準に基づいて飼料給与を行うためには、給与する飼料の可消化エネルギーを知る必要がある。配合飼料には各栄養素の含量や栄養価が示されているが、飼料の大部分を占める自給飼料の牧草については独自に測定する他に方法はない。

タンパク質や無機物の含有率については比較的容易に測定することが可能となり、様々なサービスが行われている。生産者が希望すれば自家生産飼料のタンパク質や無機物の含量についてはその情報を得ることは可能となった。

しかし、飼料給与の基礎となるエネルギーについては可消化エネルギーの含量が必要である。各要素の可消化量は家畜を用いた消化試験や代謝試験で測定される。

馬の飼料の70%以上は牧草で給与されるが、馬での牧草の採食量や消化率についての情報は著しく少なく、軽種馬の主産地である北海道日高地方で生産された牧草の消化率や栄養価を測定した例はほとんどない。

第1節 チモシー乾草の栄養価および養分摂取量

日高地方の軽種馬生産農家で栽培されている牧草はほとんどがチモシーで、品種別種子販売量からみて、そのうち90%以上が早生品種である。そこで、刈り取り時期を異にしたチモシー早生品種の1番草乾草を用いてその栄養価および養分摂取量を調べた。

1) 試験方法

(1) 供試乾草

日高支庁静内町で、6月上旬から7月下旬までの間に慣行的な方法で収穫、調製されたチモシー1番草乾草8点を供試した。供試した乾草の品種名、収穫日時、施肥量、土壌条件を表V-1に示した。乾草は1988年および1989年に生産されたもので、各々の年に消化試験を行った。

表V-1 供試乾草の品種、収穫日、施肥量および土壌条件

品種	刈取月日	1番草施肥量 (kg/10a)	土壌区分
		N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	
クンプウ	6月8日	5.2-4.0-5.2	黒ボク土
ホクオウ	6月17日	4.0-3.2-4.4	低地土
センボク	6月22日	5.2-4.0-5.2	黒ボク土
センボク	6月28日	5.2-4.0-5.2	黒ボク土
ノサップ	7月1日	5.2-4.0-5.2	黒ボク土
ホクオウ	7月6日	4.0-3.2-4.4	低地土
センボク	7月24日	5.2-4.0-5.2	黒ボク土
センボク	7月28日	5.2-4.0-5.2	黒ボク土

(2) 消化試験

消化試験は軽種馬（サラブレッド種）2頭および交雑種馬（サラブレッド種×ペルシュロン種）1頭の計3頭（平均体重610kg）で、2か年とも同一の馬を用いた。馬を敷料の上にカーベットを敷きつめた単房に入れ、その上で全糞を採取した。乾草を2～3cmに切断し給与した。飼槽の乾草が無くならないように常時補給し、試験期間中の総採食量を測定した。予備期5日間、本期5日間の全糞採取法で行った。Ca剤および食塩を給与し、水は自由に摂取させた。

(3) 分析方法

乾草および糞の一般成分は常法によって行った。細胞壁物質（CW）、酸性デタージェント繊維（ADF）、中性デタージェント繊維（NDF）および酸性デタージェント・リグニン（ADL）はVAN SOESTの方法に準拠⁹⁾した。炭水化物は有機物から粗タンパク質（CP）および粗脂肪を引いた値、ヘミセルロースはNDFからADFを引いた値、細胞内容物（CC）は100からCWを引いた値とした。酵素による成分の分画は阿部¹⁾の方法によった。エネルギーは自動熱量計を用いて測定した。

なお、含有率は乾物中%、エネルギー含量や摂取量、排泄量等も乾物ベースで表示した。

2) 結果

(1) 供試乾草の化学組成

供試した乾草の化学組成を表V-2、3に示した。

粗タンパク質（CP）は5～10%、粗脂肪は1～2%、NDFは66～76%、ADFは35～45%の範囲にあった。同一圃場で定期的に刈り取りを行ってはいないが、刈り取りが遅くなると含有率が低くなる成分はCPで、1日当

たり0.07%低くなった。逆に高くなるのは炭水化物、繊維成分およびリグニンであった。ADFは1日当たり0.15%, リグニンは0.09%高くなった。しかし、粗脂肪とエネルギー含有率には刈り取り時期の違いによる差異はみられなかった。

表V-2 乾草の化学組成 (%)

刈取月日	有機物	CP	粗脂肪	炭水化物	エネルギー
6月 8日	94.7	7.4	1.5	85.8	4.50
6月17日	92.0	8.8	1.5	81.7	4.49
6月22日	91.8	10.2	1.5	80.1	4.48
6月28日	94.6	5.4	1.4	87.8	4.40
7月 1日	94.0	7.6	1.2	85.2	4.42
7月 6日	93.4	5.9	2.3	85.2	4.21
7月24日	94.0	5.2	1.8	87.0	4.46
7月28日	94.7	5.4	1.2	88.1	4.53

注) エネルギーの単位 Mcal/kg

表V-3 乾草の繊維分画の組成 (%)

刈取月日	NDF	ADF	ヘミセル ロース	ADL	ケイ酸
6月 8日	66.2	35.1	31.1	3.8	0.6
6月17日	68.2	40.7	27.5	5.6	1.4
6月22日	68.5	40.6	27.9	4.9	1.7
6月28日	75.6	43.3	32.3	6.3	1.1
7月 1日	69.7	39.2	30.5	6.1	1.1
7月 6日	69.4	41.9	27.5	7.6	1.5
7月24日	74.7	44.7	30.0	8.7	1.8
7月28日	75.6	44.2	31.4	8.4	1.4

(2) 乾草の消化率および栄養価

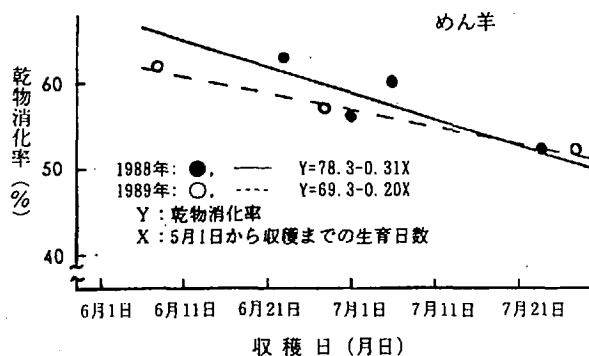
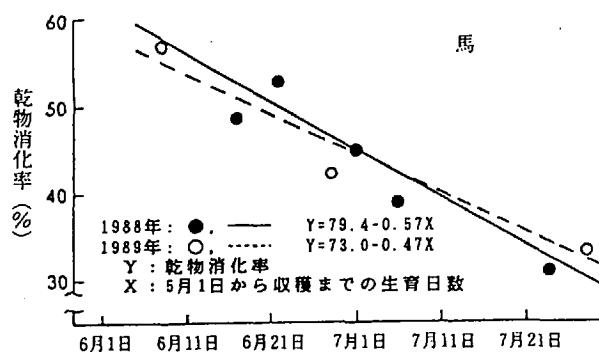
消化率を表V-4に、繊維成分の分画別の消化率を表V-5に示した。

乾物消化率は6月8日に刈り取った乾草では57%であったが、刈り取りが遅くなるにともない低くなり、7月下旬刈り取りの乾草では30%をわずかに越える程度の消化率であった。CPの消化率は59~27%, 炭水化物の消化率は59~34%, エネルギーの消化率は56~31%であった。これらの消化率は刈り取りが遅くなるにともなって低くなり、乾物、CPおよびエネルギーの消化率は1日当たり0.5%低くなった。本来、含有率や消化率の経時的变化を調べる場合には同一圃場から生産された乾草で調査されるべきものであるが、馬での消化試験のように1試料につき数百kgの乾草を必要とする場合には同一草地から経時的に試験試料を得ることは困難である。従って、本試験のように年次をまたがり、生産された草地を異にする乾草を供試せざるを得ない。そのような条件のもとでも、刈り取りが遅れることすなわち収穫時の生

育ステージが進むことにともなう消化率の低下には一定の傾向がみられた。図V-1に示すように、馬およびめん羊とも1988年と1989年とでは刈り取りまでの生育日数と乾物消化率との間の回帰式では係数および定数項がやや異なるものの、2か年のデータを一緒にして論議することが可能であると考えた。しかし、馬とめん羊では傾きに違いがみられ、馬の場合はめん羊に比べて一日当たりの低下割合が大きかった。

表V-4 馬による乾草の消化率 (%)

刈取月日	乾物	CP	粗脂肪	炭水化物	エネルギー
6月 8日	56	59	0	59	56
6月17日	49	53	4	49	46
6月22日	53	55	2	54	50
6月28日	42	27	20	45	40
7月 1日	45	53	3	46	43
7月 6日	39	45	43	44	37
7月24日	31	31	30	34	31
7月28日	33	36	8	35	33



図V-1 1988年および1989年の収穫日と乾物消化率の関係

繊維成分の消化率は乾物消化率と同様に収穫が遅くなるにともない低くなった。分画別ではヘミセルロースの消化率が高く、次いでNDF、ADFがもっとも低かった。

同一の乾草をめん羊で消化試験を行い、反すう家畜と馬の消化率を比較した。めん羊の消化率を表V-6に示した。6月17日刈り取りの乾草はめん羊での消化試験に供試しなかった。めん羊での消化率はCPは馬での消化率と同程度であったが、他の消化率は馬より高い値となっている。乾物、炭水化物、エネルギーの消化率は馬では収穫が遅くなるにともない、20%以上低下するが、めん羊では10%程度である。収穫が遅くなるにともなって消化率が低下する割合は反すう動物であるめん羊と単胃動物である馬で大きな違いがあった。

表V-5 馬による乾草の繊維成分の分画別の消化率(%)

刈取月日	NDF	ADF	ヘミセル ロース
6月 8日	52	48	56
6月17日	43	42	45
6月22日	53	50	57
6月28日	43	39	47
7月 1日	41	35	49
7月 6日	36	32	41
7月24日	30	25	37
7月28日	31	25	36

表V-6 めん羊による乾草の消化率(%)

刈取月日	乾物	CP	粗脂肪	炭水化物	エネルギー
6月 8日	62	56	56	65	61
6月22日	63	56	39	67	60
6月28日	57	46	42	60	55
7月 1日	56	46	41	59	52
7月 6日	60	49	37	63	57
7月24日	52	38	53	55	48
7月28日	52	27	31	55	51

乾草の栄養価を表V-7に示した。可消化粗たんぱく質(DCP)含有率は5.6~1.4%,可消化養分総量(TDN)は54~33%,可消化エネルギー(DE)含量は2.52~1.38Mcal/kgの範囲で、ともに刈り取りが遅い乾草で低かった。DE含量は1日当たり0.02Mcal/kg低下する。CP含有率(X)とDCP含有率(Y)との間には

$$Y = -2.61 + 0.84X \quad (r = 0.966, p < 0.01)$$

の有意な関係があった(図V-2)。EVANS¹⁹⁾、SLADE¹⁰⁴⁾もほぼ同様の関係式を示している。含有率と可消化含有率の間に一次回帰式が成り立つ場合、回帰係

数は真の消化率を示すとされていることから¹²⁴⁾、馬の場合のCPの真の消化率は84%であることが示された。この値は反芻家畜に比べてやや低い値であった⁵⁵⁾。

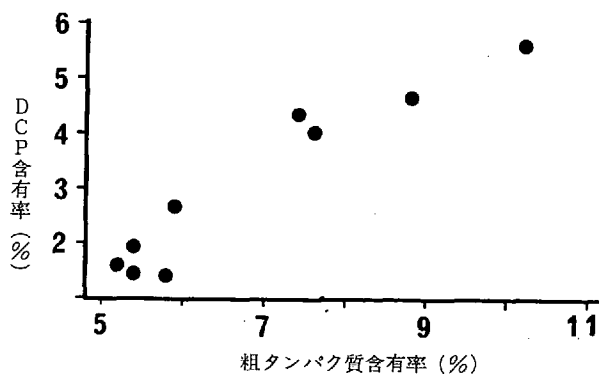
また、可消化エネルギー含量(Y)とADL含有率(X)との間には

$$Y = 3.32 - 0.23X \quad (r = -0.985, p < 0.01)$$

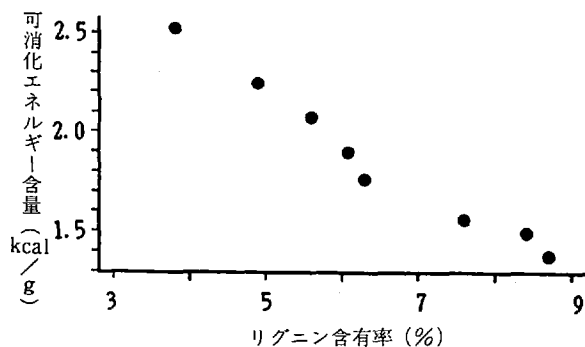
の有意な関係があり(図V-3)、ADL含有率からDE含量の推定が可能であることが示された。

表V-7 馬による乾草の栄養価

刈取月日	DCP (%)	TDN (%)	DE (Mcal/kg)
6月 8日	4.4	54	2.52
6月17日	4.7	45	2.07
6月22日	5.6	49	2.24
6月28日	1.4	42	1.76
7月 1日	4.0	43	1.90
7月 6日	2.6	42	1.56
7月24日	1.6	33	1.38
7月28日	1.9	33	1.49



図V-2 馬における粗タンパク質含有率とDCP含有率の関係



図V-3 馬におけるADL含有率と可消化エネルギー含量の関係

めん羊による乾草の栄養価について表V-8に示した。

CP の消化率にはめん羊と馬に差がみられなかったことから、DCP 含有率ではめん羊と馬では差はみられなかったが、TDN 含有率と DE 含量はめん羊に比べて馬で低くなった。消化率の場合と同様に刈り取りが遅くなるにともなって低下する割合はめん羊で小さかった。

表 V-8 めん羊による乾草の栄養価

刈取月日	DCP (%)	TDN (%)	DE (Mcal/kg)
6月 8日	4.2	62	2.75
6月22日	5.9	61	2.69
6月28日	2.7	57	2.42
7月 1日	3.6	55	2.30
7月 6日	2.7	59	2.40
7月24日	2.4	51	2.14
7月28日	1.5	51	2.31

(3) 乾草からの養分摂取量

消化試験を自由採食で行っているため、採食量を求めることが出来る。この採食量を基に養分摂取量を求め、飼養標準⁸⁷⁾に示された要求量に対する充足率を検討した。飼養標準に示されている体重600kgの繁殖雌馬の養分要求量を表 V-9 に示した。消化試験に供した乾草を体重600kgの雌馬に給与した場合に換算して養分摂取量を表 V-10 に示した。この場合の要求量に対する充足率を表 V-11 に示した。

養分要求量は分娩後3か月間がもっとも多く、1日当たり DE33.7Mcal, CP1,700g である。供試した乾草か

らの摂取量はもっとも多いもので DE29Mcal, CP 1,300g であった。したがって、分娩後3か月間のもっとも養分要求量が多い時期には乾草からだけで必要とする栄養を摂取することは出来ない。無機物ではカルシウムおよびリンは不足する。マグネシウムは概ね充足し、カリウムは逆に過剰となる。離乳までの3か月間の DE は28.9Mcal, CP1,258g である。6月中旬に出穂期までに収穫した乾草であれば DE および CP の要求量を概ね充足することが出来る。カルシウムおよびリンの要求量をも充足することが出来る。妊娠11か月目の要求量についても出穂期に収穫した乾草であれば充足可能である。維持の要求量については6月中に収穫した乾草であれば充足出来る。7月下旬の収穫では維持の要求量を満たすことは困難であることが示された。

各繁殖ステージの養分要求量を含有率として表 V-12 に、乾草の養分含有率を表 V-13 に示した。摂取量からみた場合と同様に分娩後3か月間の DE や CP の必要量を乾草で充足することは困難であるが、離乳までの3か月間や妊娠11か月目の要求量は出穂期までに収穫した乾草であればほぼ充足することが可能である。無機物は生育ステージの他に土壌条件や施肥条件で含有率は変化するため、収穫する時期からだけで判断は出来ないが、カルシウムおよびリンは維持の要求量は充足可能である。マグネシウムおよびカリウムは各ステージとも充足するに足る含有率であった。

表 V-9 繁殖雌馬の養分要求量 (体重600kgの場合)

	DE (Mcal/日)	CP	Ca	P (g/日)	Mg	K
維持	19.4	776	24	17	9	30
妊娠11か月目	23.3	1024	44	34	11	37
分娩後3か月間	33.7	1711	67	43	13	55
離乳までの3か月間	28.9	1258	43	27	10	40

表 V-10 乾草からの養分摂取量 (体重600kgの馬に換算)

刈取月日	DE (Mcal/日)	CP	Ca	P (g/日)	Mg	K
6月 8日	26.3	773	20	24	20	215
6月17日	28.9	1230	43	40	15	359
6月22日	28.9	1316	41	33	17	343
6月28日	20.2	619	32	19	32	152
7月 1日	23.8	953	36	30	16	199
7月 6日	21.7	821	32	31	10	262
7月24日	17.2	649	25	22	11	180
7月28日	20.2	732	34	22	30	206

表 V-11 養分充足率 (%)

刈取月日	DE	CP	Ca	P	Mg	K
分娩後 3 か月間						
6月 8日	78	45	30	56	151	390
6月17日	86	72	64	93	117	651
6月22日	86	77	61	77	128	622
6月28日	60	36	48	44	245	276
7月 1日	71	56	54	70	124	361
7月 6日	64	48	48	72	74	474
7月24日	51	38	37	51	85	325
7月28日	60	43	51	51	227	373
離乳までの 3 か月間						
6月 8日	91	61	46	89	190	543
6月17日	100	98	100	148	148	907
6月22日	100	105	95	122	161	866
6月28日	70	49	74	70	309	385
7月 1日	82	76	84	111	157	503
7月 6日	75	65	74	115	93	661
7月24日	60	52	58	81	108	454
7月28日	70	58	79	81	286	520

表 V-12 繁殖雌馬の養分要求量を満たす含量 (乾物中)

	DE	CP	Ca	P	Mg	K
	(Mcal/kg)			%		
維持	2.00	8.0	0.24	0.17	0.09	0.30
妊娠11か月目	2.40	10.6	0.45	0.34	0.11	0.38
分娩後 3 か月間	2.60	13.2	0.52	0.34	0.10	0.42
離乳までの 3 か月間	2.45	11.0	0.36	0.22	0.09	0.33

表 V-13 乾草の養分含有率 (乾物中)

刈取月日	DE	CP	Ca	P	Mg	K
	(Mcal/kg)			%		
6月 8日	2.52	7.4	0.19	0.23	0.19	2.06
6月17日	2.07	8.8	0.31	0.29	0.11	2.57
6月22日	2.24	10.2	0.32	0.26	0.13	2.66
6月28日	1.76	5.4	0.28	0.17	0.28	1.33
7月 1日	1.90	7.6	0.29	0.24	0.13	1.59
7月 6日	1.56	5.9	0.23	0.22	0.07	1.88
7月24日	1.38	5.2	0.20	0.18	0.09	1.44
7月28日	1.49	5.4	0.25	0.16	0.22	1.52

第 2 節 中性デタージェント法による乾物分画の応用

牧草類の栄養価値判定に適した方法として、デタージェント溶液で処理する方法が用いられている^{49,50)}。試料を中性デタージェント溶液で処理して細胞内容物を抽出し、抽出残渣は中性デタージェント維持とするが、これはほとんど細胞壁構成物質からなっている。すなわち、

中性デタージェント溶液で試料を分画すると細胞内容物 (CC) と細胞壁物質 (CW) に分けられる。反芻家畜では牧草乾物を CC および CW に分画し、飼料としての評価を行っている。CC および CW の馬での栄養的な評価および CC および CW について馬の飼料の評価法としての検討を試みた。

第 1 節で供試した乾草の細胞壁物質 (CW) の含有率、消化率、可消化量および不消化量を表 V-14 に、細胞内

容物 (CC) の含有率, 消化率, 可消化量および不消化量を表 V-15 に示した。

CW 含有率は刈り取りが遅くなると高くなり, 消化率は低くなる。可消化 CW 含有率は低くなり, 不消化 CW 含有率は高くなる。反芻家畜では一般に牧草の生育ステージが進み, CW 含有率が高くなっても可消化 CW 含有率はあまり変わらず, 不消化 CW 含有率が高くなるとされている⁵⁵⁾。馬の場合には, 収穫が遅れ, CW 含有率が高くなると不消化 CW 含有率が高くなるだけでなく, 可消化 CW 含有率も低くなることが示された。

また, 不消化 CW 含有率 (X) と乾物消化率 (Y) との間には

$$Y = 90.8 - 1.1X \quad (r = -0.993, p < 0.01)$$

の有意な関係があり, 刈り取りが遅くなり乾物消化率が低下するのは牧草中の不消化 CW 含有率が高くなるためである。すなわち, 牧草の生育ステージが進み乾物収量が多くなるのは不消化 CW の割合が高くなることであり, 可消化部分の収量は多くならないことを示している。ADL 含有率 (X) と CW 消化率 (Y) との間には

$$Y = 73.9 - 5.3X \quad (r = -0.970, p < 0.01)$$

の有意な関係があり, ADL 含有率 (X) と乾物消化率 (Y) との間には

$$Y = 76.3 - 5.1X \quad (r = -0.986, p < 0.01)$$

の有意な関係があった。乾物消化率が刈り取りが遅くなると低くなるのは不消化の CW が増大するためであり, CW の消化率が低くなるのは ADL 含有率が高くなるためであることがわかった。

また, 不消化 CW 含有率 (X) とエネルギー消化率 (Y) との間には

$$Y = 85.3 - 1.0X \quad (r = -0.985, p < 0.01)$$

ADL 含有率 (X) とエネルギー消化率 (Y) との間には

$$Y = 73.7 - 4.9X \quad (r = -0.990, p < 0.01)$$

の有意な関係があり, 刈り取りが遅くなるにともなってエネルギー消化率が低くなるのも ADL 含有率が高くなり不消化の CW 含有率が増すことによることが示された (図 V-4)。

一方, CC 含有率は刈り取りが遅くなるにともなって低くなり, 消化率も低くなる。可消化 CC 含有率も同様に低くなる。不消化 CC 含有率は 6 月 8 日の乾草でやや低い値であったが, 他はほぼ同様の含有率であり, 刈り取りが遅くなってもほぼ一定の値であった。CC 含有率 (X) と可消化 CC 含有率 (Y) との間には

$$Y = -18.4 + 1.18X \quad (r = 0.979, p < 0.01)$$

の有意な関係が得られた。ここでは回帰係数は 1.18 で 1 を越えているが, 馬の場合も CC の真の消化率はほぼ

100% であると考えられた。

表 V-14 細胞壁物質の含有率, 消化率, 可消化量および不消化量

刈取月日	含有率	消化率	可消化量	不消化量
		%		
6月 8日	66.8	52	34.7	32.1
6月17日	68.5	42	28.8	39.7
6月22日	69.0	52	35.9	33.1
6月28日	76.4	42	32.1	44.3
7月 1日	70.0	40	28.0	42.0
7月 6日	69.9	31	21.7	48.2
7月24日	75.5	28	21.1	54.4
7月28日	76.4	30	22.9	53.5

表 V-15 細胞内容物の含有率, 消化率, 可消化量および不消化量

刈取月日	含有率	消化率	可消化量	不消化量
		%		
6月 8日	33.2	67	22.2	11.0
6月17日	31.5	60	18.9	12.6
6月22日	31.0	54	16.7	14.3
6月28日	23.6	41	9.7	13.9
7月 1日	30.0	55	16.5	13.5
7月 6日	30.1	56	16.9	13.2
7月24日	24.5	39	9.6	14.9
7月28日	23.6	44	10.4	13.2

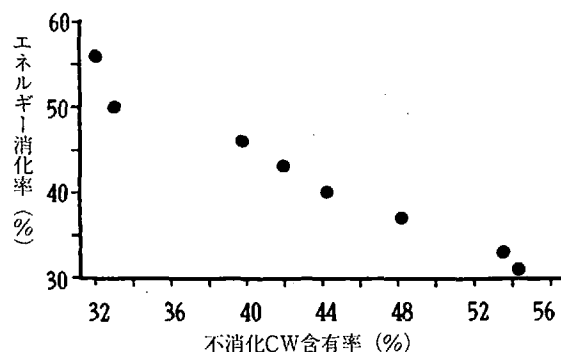


図 V-4 馬における不消化 CW 含有率とエネルギー消化率の関係

馬およびめん羊での乾物, CC, CW の摂取量, 可消化乾物, 可消化 CC, 可消化 CW 摂取量および乾物, CC, CW 排泄量を表 V-16-1, 2, 3 に示した。

馬では刈り取りが遅くなっても乾物摂取量は減少しないが, 消化率が低くなるため可消化乾物摂取量は減少し, 乾物排泄量が増加した。反芻家畜では収穫が遅くなって乾物消化率が低下すると, 乾物摂取量は減少するが, 乾物排泄量はほぼ一定であることが知られている⁵⁵⁾。表 V-16-1 に示したようにめん羊では同様の結果を得た。

しかし、馬では乾物消化率が低下しても乾物摂取量は減少せず、乾物排泄量が増加することがわかった。乾物消化率が低くなっても乾物摂取量が低下しないことが反芻家畜ともっとも異なる点であった。

8点の乾草の馬の平均乾物摂取量は体重100kg当たり2.11kgであった。すなわち体重の2.11%の乾物を摂取した。

馬でのCCの摂取量は刈り取りが遅くなるとCC含有率が低くなるためやや少なくなる傾向にある。可消化CC摂取量はCCの消化率が刈り取りが遅くなると低くなるため少なくなる。しかし、CC排泄量は6月8日刈り取りの乾草でやや少ないものの、概ね一定した量であ

った。反芻家畜の糞中不消化飼料残渣物は唯一植物細胞壁物質からなり、糞を中性デタージェント処理したときの可溶部分は飼料に由来するものではなく、内因性および微生物態排泄物に由来するとされている¹²⁴⁾。めん羊でのCC排泄量は摂取した乾物に対して10~15%、平均13%であった。このことは内因性の排泄物は摂取した乾物の13%に当たる量であることを示し、これまでの反芻家畜での結果と同様であった。めん羊の場合に、CC含有率と可消化CC含有率の回帰式の定数項から推定した内因性の排泄量は11%ではほぼ類似した値であった。馬の場合の摂取した乾物に対するCCの排泄割合は表V-15に示した不消化量にあたり、11~15%、平均で13%であ

表V-16-1 乾物摂取量および排泄量

刈取月日	摂 取 量		可消化乾物摂取量		排 泄 量	
	馬	羊	馬	羊	馬	羊
	(kg/体重100kg)					
6月8日	1.74	2.00	0.97	1.24	0.77	0.76
6月17日	2.33		1.15		1.18	
6月22日	2.15	1.61	1.14	1.01	1.01	0.60
6月28日	1.91	1.54	0.80	0.88	1.11	0.66
7月1日	2.09	1.40	0.94	0.78	1.15	0.62
7月6日	2.32	0.98	0.91	0.59	1.41	0.39
7月24日	2.08	0.92	0.64	0.48	1.44	0.44
7月28日	2.26	1.36	0.76	0.71	1.50	0.65

表V-16-2 CC摂取量および排泄量

刈取月日	摂 取 量		可消化CC摂取量		排 泄 量	
	馬	羊	馬	羊	馬	羊
	(kg/体重100kg)					
6月8日	0.58	0.66	0.39	0.40	0.19	0.26
6月17日	0.73		0.44		0.29	
6月22日	0.67	0.50	0.36	0.26	0.31	0.24
6月28日	0.45	0.36	0.18	0.13	0.27	0.23
7月1日	0.63	0.42	0.34	0.23	0.29	0.19
7月6日	0.70	0.29	0.39	0.19	0.31	0.10
7月24日	0.51	0.22	0.20	0.13	0.31	0.09
7月28日	0.53	0.32	0.23	0.17	0.30	0.15

表V-16-3 CW摂取量および排泄量

刈取月日	摂 取 量		可消化CW摂取量		排 泄 量	
	馬	羊	馬	羊	馬	羊
	(kg/体重100kg)					
6月8日	1.16	1.34	0.60	0.84	0.56	0.50
6月17日	1.60		0.67		0.93	
6月22日	1.48	1.11	0.77	0.77	0.71	0.34
6月28日	1.46	1.18	0.61	0.74	0.85	0.44
7月1日	1.46	0.98	0.58	0.57	0.88	0.41
7月6日	1.62	0.68	0.50	0.40	1.12	0.28
7月24日	1.57	0.69	0.44	0.35	1.13	0.34
7月28日	1.73	1.04	0.52	0.54	1.21	0.50

り、めん羊の場合と同様の値であった。このことから馬の場合も排泄されるCCは内因性および微生物態排泄物に由来すると考えることが出来る。しかし、前述のCC含有率と可消化CC含有率の回帰式

$Y = -18.4 + 1.18X$ の定数項の絶対値18.6は内因性の代謝産物として18.6%排泄されることを示すが、CC排泄量として測定した値とやや異なった。

馬でのCW摂取量および排泄量はCCの場合とやや異なり、乾物の場合と類似している。刈り取りが遅くなると可消化CW摂取量は減少し、CW排泄量が増大する。

第3節 酵素分析法の応用

デタージェント溶液を用いた飼料の評価法とともに、消化酵素を用いた評価法も利用されている。酵素分析によって分画された成分の含有率と分解率を表V-17に示した。この分析法は反芻家畜の飼料について化学的に栄養評価をするために開発されてきた手法であるが、この手法が馬の飼料の評価に応用することが可能であるかどうかを検討した。

CCの有機物部分(OCC)の含有率は31%から18%へ、高消化性繊維(Oa)含有率は15%から8%へと刈り取りが遅くなると低くなった。OCCは1日当たり0.2%、Oaは0.1%低くなった。CWの有機物部分(OCW)の含有率は64%から76%へ、低消化性繊維(Ob)含有率は50%から67%へと刈り取りが遅くなるにともない高くなった。OCWは1日当たり0.2%、Obは0.3%高くなった。これらの含有率と乾物消化率やエネルギー消化率、可消化エネルギー含量との間に密接な関係があった。Ob含有率と乾物消化率、エネルギー消化率および可消化エネルギー含量との間には各々 $r = -0.943$, $r = -0.957$ および $r = -0.945$ の有意な負の相関係数が得られた。OCCおよびOaは消化率や可消化エネルギー含量と正の相関があるが、Obの場合と比べてその絶対値はや

や小さい。OCWは消化率やエネルギー含量と負の相関があるが、Obに比べて相関係数はやや低い。酵素による分解率と乾物消化率との間には有意な相関関係があり、乾物消化率が高いと酵素による分解率が高くなった。

第4節 栄養価の推定法

飼料給与を合理的に行うため、家畜毎に飼養標準が策定されている。日本では馬の飼養標準は作成されていないため、主としてNRCで作成した飼養標準をもとに飼料の給与量等を決めている。この飼養標準ではエネルギーは可消化量として表示されている。したがって、飼料の大部分を占める牧草について可消化エネルギー含量を求める必要がある。

馬における牧草の可消化エネルギーを推定するため、消化試験の結果からいくつかの推定法を試みた。

牧草のADL含有率、低消化性繊維(Ob)含有率、酵素による乾物分解率、酸性デタージェント繊維(ADF)含有率および5月1日から収穫までの生育日数と可消化エネルギー含量(Y)との回帰式を求めた。

$$Y = 3.32 - 0.23X \quad (r = -0.985, X: \text{ADL 含有率})$$

$$Y = -0.63 + 0.06X \quad (r = 0.962, X: \text{酵素分解率})$$

$$Y = 5.48 - 0.06X \quad (r = -0.945, X: \text{Ob 含有率})$$

$$Y = 6.49 - 0.11X \quad (r = -0.886, X: \text{ADF 含有率})$$

$$Y = 3.17 - 0.02X \quad (r = -0.913, X: \text{生育日数})$$

可消化エネルギー含量とADL含有率との間の相関係数は-0.985および回帰からの標準誤差0.07が得られ、もっとも精度よく推定されることが示され、次いで、酵素を用いた分解率およびOb含有率との間には相関係数0.962, -0.945および回帰からの標準誤差0.12, 0.14が得られ、これらの方法でも精度よく推定されることが示された。生産の現場で推定できる簡易な方法として5月1日から収穫までの日数を用いても推定が可能であると考えられた。しかし、これらを推定するためのデータはチモシー早生品種を用いていることから、汎用性をもたせるためには他の草種や品種のデータを加味して改良していくことが必要である。

第5節 考 察

チモシーの乾物消化率や可消化エネルギー含量は収穫時の生育ステージに大きく影響されることが明きらかで、消化率や可消化エネルギー含量は収穫が遅くなるほど低下する。馬での乾物消化率は1日あたり0.5%低下することが示された。消化率や栄養価の低下は収穫が遅くなることが主たる原因である¹⁴⁾。この低下の割合は反芻家畜と比べて大きい。とくに違いが大きかったのは炭水

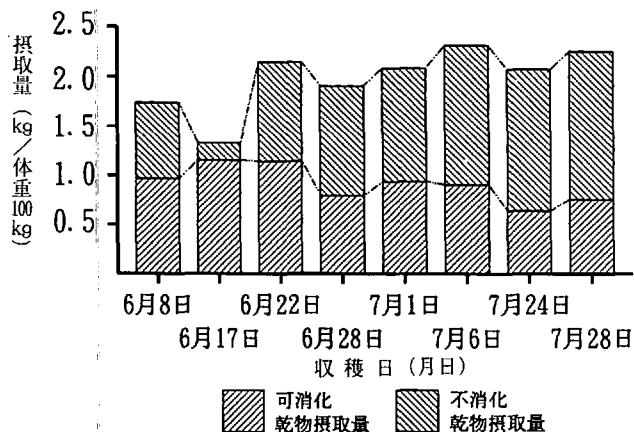
表V-17 酵素による分画および酵素分解率(%)

刈取月日	酵素による分画				酵素による 乾物分解率
	OCC	OCW	Oa	Ob	
6月18日	30.7	64.0	14.5	49.5	52.4
6月17日	22.4	69.6	13.3	56.3	43.4
6月22日	22.0	69.8	14.6	55.2	44.3
6月28日	20.1	74.5	9.6	64.9	37.8
7月1日	24.4	69.6	9.3	60.3	39.5
7月6日	22.6	70.8	9.8	61.0	38.6
7月24日	17.9	76.1	9.3	66.8	32.5
7月28日	19.7	75.0	7.9	67.1	35.6

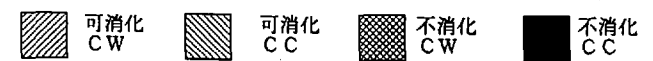
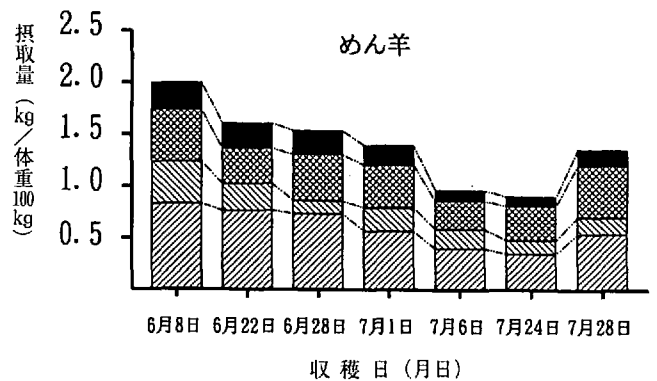
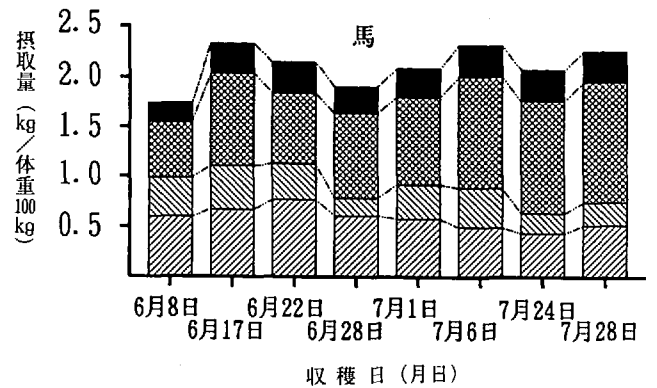
化物や ADF, NDF などの繊維成分に分画される成分であった。UDEN¹²⁰⁾ や VANDER NOOT¹²²⁾ は馬は反芻家畜に比べて繊維成分の消化率が低いことを報告している。収穫が遅く、生育ステージが進むとチモシーの繊維成分の含有率が高くなり、馬では消化率が低下する。反芻家畜の第1胃での消化能力と草食単胃動物の盲腸の消化能力の差異と考えることが出来る。

消化試験における乾物摂取量から算出した栄養摂取量をみると、出穂期までに収穫したチモシー乾草であれば繁殖雌馬の妊娠期や離乳前3か月間のエネルギー要求量や粗タンパク質要求量を満たすことが出来る。しかし、栄養要求量の多い分娩後3か月間の要求量を満たすのは困難である。FONNESBECK²⁰⁾ はマメ科牧草はイネ科牧草より採食量が多いとしており、タンパク質やカルシウムの要求量を満たすためにも積極的な利用が必要である。

粗飼料を評価する場合、消化率や栄養価は重要な要因である。しかし、採食量も重要な要因である。反芻家畜では消化率の高い粗飼料は採食量が多くなることが示されている⁸⁾。本試験でもめん羊では消化率の高いチモシーの採食量は多くなった。これに反して、馬の場合は消化率と採食量の間には関係がみられず、消化率に関係なく一定量を採食することが示された。図V-5に示すように、収穫が遅くなり乾物消化率が低くなっても乾物摂取量は変わらず、可消化乾物摂取量が減少し、不消化乾物摂取量が多くなる。乾物を可消化CCおよびCW、不消化CCおよびCWに分画してみると、図V-6に示すように、可消化CWおよびCCの摂取量が減少し、不消化CW摂取量が増加する。反芻家畜と大きく異なる点であった。



図V-5. 馬における乾物摂取量に占める可消化乾物および不消化乾物摂取量



図V-6. 馬およびめん羊における可消化CW, CC摂取量および不消化CW, CC摂取量

飼料の評価法として反芻家畜ではデタージェント分析法や酵素分析法が採用されている。これらの方法は馬の飼料の栄養評価法として反芻家畜の場合と同様に採用されると考えられた。

合理的な飼料管理を行うためには飼料の栄養価を評価する必要がある。とくに可消化エネルギー含量の評価が必要である。このため、いくつかの可消化エネルギー含量推定法が提案されている^{21, 123)}。NRCの飼料成分表に示されている可消化エネルギー含量はFONNESBECK²¹⁾によって示された推定式を用いて算出した含量を掲載している。酵素分析やデタージェント分析によって可消化エネルギーを推定することが可能であると考えた。

第Ⅵ章 総 合 論 議

北海道日高地方は日本の軽種馬生産の80%を占める一大産地であり、日高支庁管内の農業粗生産額の70%以上が軽種馬生産で占められている。この地方では北海道開拓開始時から馬の生産が行われてきた。昭和30年代後半からサラブレッドの生産が急速に発展し、最盛期には年間10,000頭以上が生産された。しかし、近年生産調整や競馬の国際化にともないより一層の経営コストの低減が求められている。

軽種馬生産主産地の日高地方の草地に関する系統的研究は少なく、牧草生産や飼料給与は生産者が長年の経験を頼りに行っていた。普及、指導機関も十分な活動が出来ていなかった。

1. 草地土壌の養分状態と牧草の飼料成分含有率

北海道における草地の維持管理は土壌診断に基づき施肥設計を行うことが出来る。このための土壌および作物栄養の診断基準や北海道施肥標準が農林水産省北海道農業試験場、北海道立各農業試験場および北海道農政部農業改良課によって策定されている。草地酪農地帯では定期的な土壌診断や診断に基づく施肥設計が公的機関や各団体で行うようになってきた。

日高地方の採草地土壌の養分状態の特徴は地区によって養分含量が異なることである。すなわち、交換性塩基含量や微量元素含有率、リン酸吸収係数が地区によって異なり、東部地区から西部地区にかけて次第に低くなっていることである。交換性塩基含量や有効態リン酸含量は施肥管理によっても影響されるが、地区間差は土壌の肥培管理の差異では説明されない特徴ある傾向があった。

交換性石灰含量はえりも町がやや低い含量であるが、東部地区である様似町、浦河町、三石町から中部地区、西部地区にかけて次第に低くなっている。土壌を区分しないで、単に町毎の平均でその差異が認められる。そこで、土壌区分別に比較すると、低地土および黒ボク土とも東部地区から西部地区にかけて交換性石灰含量は低下することが明瞭に認められた。交換性苦土含量も石灰と同様に東部地区から西部地区にかけて低下するが、東部地区の三石町が著しく高くなるという特徴もみられた。交換性カリ含量には地区による差はみられなかった。しかし、黒ボク土のリン酸吸収係数は東部地区から西部地区にかけて低くなった。微量元素含有率をみると、全含有率ではセレン、銅、マンガン、亜鉛含有率とともに東

部から西部地区にかけて低くなる傾向にある。リン酸吸収係数や微量元素の全含有率など施肥管理によってはあまり差異が生じない項目で地区間に違いが認められた。地区による違いは土壌本来の供給量に差異があることを示している。

これらの地区の土壌の母材となっているのは変成岩と火山灰である。この地区を覆っている火山灰は樽前山、恵庭岳、有珠山からの降灰や支笏降下物からなる。門別町や平取町の多くは樽前a層に覆われている。樽前a層の降灰は1739年とされる。草地の土壌をみると、下層には粗粒で褐色の軽石状の灰が堆積している。表層も腐植の少ない褐色で粒子の荒い土壌となっている。新冠の中央以北までは同様の土壌が分布している。新冠中央以南から静内町さらに東部地区にかけて樽前b層や有珠b層が覆っており、東部ほど薄く、その下層には支笏降下物が堆積している。支笏降下物は23,000年前の降灰物であり、腐植含量の高いローム質の土壌となっている。さらに、地区により地質構造帯が異なっている。東部地区では塩基性岩からなる神居古潭帯や日高帯が分布している。これらの風化物が火山灰とともに堆積し土壌を生成している。土壌養分含量の地区間の傾きはこの構造帯の分布や火山灰の分布状況と一致している。

一方、土壌養分状態を草地の土壌診断基準に照らしてみると、各要素とも基準値を越えている例が多かった。土壌区分別に診断基準は異なるが、交換性石灰含量は低地土では200mg/100g以上とされている。東部地区では交換性石灰の平均は480mg/100gとかなり高い含量となっている。土壌pHも6.00と高い。しかし、牧草中のカルシウム含有率は交換性石灰含量が400mg/100g以上では石灰含量にともなって高くない。逆に、交換性石灰含量が高く、土壌pHが高い場合には牧草中のマンガン含有率が低くなるなど、負の効果が確認された。したがって、必要以上に交換性石灰含量を高くすることは無駄な施用となっているだけでなく負の効果があることから、土壌診断基準にあった含量に止めることが必要である。中部地区でも同様のことが言える。西部地区では比較的良好な含量であった。土壌改良資材の利用量は地区毎に差異はない。東部地区で高くなっているのは土壌本来の供給量が多いためと考えられることから、定期的な土壌診断に基づいて交換性石灰が過剰にならないように注意する必要がある。

交換性苦土含量についても地区間に違いがみられた。とくに東部地区で高い含量であった。日高地方は変成岩地帯で蛇紋岩の露頭がみられる地域もある。様似町のアポイ岳は蛇紋岩で覆われ、特異な植生がみられることで知られている¹¹⁸⁾。また、三石町では海岸近くに蛇紋岩の台地が存在している⁶²⁾。蛇紋岩はマグネシウムおよびニッケル含量が高い⁸⁰⁾。草地の土壌を採取する際にも蛇紋岩片が散見された。交換性苦土含量の地区間の違いはこの蛇紋岩の存在が影響している。さらに、草地造成時の土壌改良資材としてヨウリンの施用が多く行われている。また、昭和50年代初頭、各地でマグネシウム欠乏による障害が家畜にみられ、苦土入化成肥料が施用されるようになった。現在施用している多くの化成肥料が苦土入りであることも原因していると考えられる。

有効態リン酸含量は地区間の差は小さく、石灰や苦土でみられた地区による違いは認められない。しかし、全般にその含量は高く、土壌診断基準に示された含量を越えている草地が多かった。有効態リン酸含量が高いため、他の養分の吸収を抑制しているようなケースは認められなかったが、必要以上に高くする必要はない。牧草中のリン含有率は馬が必要とする量を含んでおり、また、有効態リン酸がある量以上に高くなっても牧草中のリン含有率は高まらない。草地造成時に土壌改良資材として多量のヨウリンが施用され、追肥でも施用されている。リン酸の施用は牧草中の水溶性糖分含量を高め、家畜の嗜好性も高まり、採食量が多くなるとされ¹⁰²⁾、リン酸施用を多くしている一因とも考えられる。

チモシーの全窒素および無機成分含有率は牧草が正常に生育するために必要な含有率の範囲にあり、欠乏や過剰が問題となる含有率はみられない。しかし、牧草の家畜の飼料として茎葉が繰り返し利用される植物である。したがって、家畜が必要とする栄養を十分供給できる含有率であることが望まれる。このために検討基準としてNRCの飼養標準を用いた。NRCの飼養標準は馬の体重を基準とし、育成、運動の強弱、妊娠のステージなどに区分して可消化エネルギー、粗タンパク質、カルシウム、リン、マグネシウム、カリウム、ビタミンAについて1日当たりの要求量を示している。この要求量をもとに、給与される飼料全体として必要な含有率が示されている。馬の様々な生育段階で給与する粗飼料と濃厚飼料の比率が異なるが、成馬では給与飼料の70%程度は乾草を主体した粗飼料である。成馬の維持の飼料は乾草を100%給与するよう設計されている。したがって、維持の要求量を満たすことが牧草に求められる下限の成分含有率と考えることとした。可消化量で示されているのはエネルギー

だけであり、その他は全含有率である。

成馬の維持の粗タンパク質要求量は8%である。全窒素として1.28%に相当する。泌乳中の馬の要求量をもっとも高く、13.2%である。日高全体のチモシーの平均含有率は7.7%、全窒素で1.23%である。チモシーの70%は飼養標準で示された維持量以下の含有率であった。試料採取が出穂前期であったが、生産者の乾草調製時期は試料採取時より遅い。したがって、給与されているチモシー乾草の粗タンパク質含有率はさらに低い可能性がある。チモシー1番草出穂期の粗タンパク質含有率は日本標準飼料成分表では約10%となっている。また、北海道におけるチモシー1番草の出穂期における粗タンパク質も10%あるいは10%以上の含有率である^{55,56)}。これらに比べると日高のチモシーの粗タンパク質含有率はやや低い値となった。また、日高地方のチモシーの粗タンパク質含有率は馬の飼料としてみた場合にも低い。牧草の粗タンパク質含有率は窒素施用量に大きく影響される。日高中部地区の平均の窒素施用量は年間6.9kg/10a、西部地区で7.8kg/10aであった。北海道施肥標準に示されたチモシー主体草地では年間の施用量は12kg/10aとされている。施肥標準に示された量の2/3以下の施用量である。窒素施用量が少ないことが粗タンパク質含有率を低くしている要因の一つであろう。しかし、多くの生産者は窒素施肥量の多い牧草は馬の嗜好性が劣ると考えている。また、チモシーは窒素施用量が多くなると倒伏が危惧される。このため、粗タンパク質を高めるためにはマメ科牧草を利用することが有効である。

同様にカルシウム含有率をみると、成馬の維持量0.24%を満たしていないチモシーは約50%であった。泌乳中の要求量をもっとも高く0.52%である。チモシーのカルシウム含有率は概ね0.2~0.4%であることから、妊娠中や泌乳中の要求量を満たすことは困難である。この対策としてはカルシウム含有率の高いマメ科牧草の利用が有効である。カルシウム含有率を高めるため石灰の多量施用が実施されているが、石灰の施用でチモシーのカルシウム含有率を高めることには限界があり、必要以上の石灰施用はマンガン含有率の低下を引き起こすことからさけるべきである。

2. 土壌および牧草中の微量元素

微量元素で大きな問題は馬に明らかな欠乏症の発生がみられることである。典型的な例としてセレン欠乏による白筋症である^{2,36)}。最近では銅および亜鉛欠乏による骨異常の発生も報告されている⁴⁾。しかし、チモシーの微量元素含有率のデータは少なく、日本標準飼料成分表⁹¹⁾

にも示されていない。

土壌中の微量元素含有率は牧草に欠乏症の発生が危惧されるような低い含有率はみられなかった。わずかに、黒ボク土で可溶性銅含有率が低いことが挙げられる程度であった。しかし、牧草の銅含有率は土壌区分間で差はみられなかった。作物では小麦で銅欠乏の発生が認められているが、この場合の銅含有率より牧草の銅含有率ははるかに高い。銅欠乏に関係する Cu/Fe 値は0.1以上のものが多い。これらのことから土壌中の可溶性銅含有率が0.5ppm 以下であってもチモシーには銅欠乏の発生はないと考えられる。

チモシーは植物体として各要素に欠乏症の発生がみられるような低い含有率ではないが、馬の飼料としてみると各微量元素とも必要量を満たさないことが明かであった。セレン、銅および亜鉛含有率はほとんど必要量を満たさず、マンガン含有率でも約半数が必要量を満たしていなかった。これらの中で、マンガン含有率は草地管理で改善が可能であることが明らかとなった。すなわち、マンガン含有率が低いチモシーは土壌の交換性石灰が多く、土壌 pH が高い草地で生産されたものであった。交換性石灰が土壌診断基準に示された基準値内にあればマンガン含有率は概ね必要量とされる40ppm 以上の含有率であることから、必要以上の石灰の施用は避けるべきであると考えられた。土壌 pH の高い草地では窒素質肥料として塩安のような生理的酸性肥料の利用によってマンガンの吸収を高めることが可能であった。他の要素では土壌改良資材の利用や肥培管理によって含有率を高めることは困難である。銅含有率の高い豚糞尿スラリーの施用によって牧草の銅含有率は高くなることが示されている⁷⁾。トウモロコシの例では硫酸亜鉛の施用によって亜鉛欠乏症の発生を予防している。また、セレン酸塩の施用によって牧草中のセレン含有率が高くなることが知られている。これらの要素はその施用によって牧草中の含有率を高めることが可能である。しかし、土壌の違いによる施用法や施用量などの検討は十分に行われていないので、土壌の診断基準とともに、施肥対応について検討が必要となっている。

一方、チモシーの品種間や品種内の個体間で微量元素含有率に違いのあることが示された。オーチャードグラスのナトリウム含有率は品種間に違いがあり⁷⁵⁾、育種によって含有率を高めることが可能であることが示されている。また、マグネシウム含有率も品種間に差異があり、その違いがめん羊の血清中のマグネシウム含量に影響すると報告されている^{85,97)}。チモシーにおいても微量元素含有率に品種間の違いや品種内の変異が存在する

ことが本研究で示されたが、このことからみて育種改良によって微量元素の含有率を高く出来ると考えられる。

3. 放牧地土壌の特徴と不食過繁地の形成

放牧地の土壌養分の特徴は不食過繁地を形成している部分では交換性カリ含量が採食されている部分の約2倍の含量であったことである。採食部位の土壌の交換性カリ含量は採草地土壌の交換性カリ含量と同程度であった。交換性カリ以外の養分の含量は採草地とほとんど同じであった。また、地区間や土壌区分間の養分含量の違いも採草地と同様であった。交換性カリ含量の違いからみて不食過繁地の形成は糞尿の集中した排泄によることが明かであった。厩肥の施用は交換性カリ含量を高くする⁶³⁾。牛の放牧地でも不食過繁地の形成はみられるが、不食過繁地はパッチ状に点在し、糞尿の排泄された跡に形成されている。馬の場合は糞尿の排泄場所が特定され、草のよく伸びた場所に排泄するとの指摘もある¹²⁷⁾。そこに不食過繁地はエリアとして形成されるのが特徴である。この不食過繁地形成を防ぐため、糞を定期的に放牧地より排除している例がみられ、これらの放牧地では明瞭な不食過繁地の形成はみられていない。したがって、糞尿の排泄場所に不食過繁地が形成されることは明らかである。放牧地へのゼオライトの施用が不食過繁地形成を防ぐ効果のあることが示された。ゼオライトの吸臭作用によって糞尿の臭いが薄まり、採食しやすくしていると考えた。

採食されている部分と不食過繁地では植生が著しく異なることが認められた。日高の馬の放牧地では牛のような輪換放牧を採用している例は少なく、ほとんどは連続放牧である。また、ほとんどの放牧地はチモシーが利用されている。チモシーは北海道で利用されているイネ科牧草のなかでは再生が劣る草種である。連続放牧が行われ、かつ採食部分が特定されているため、チモシーが衰退し、雑草の進入や矮生化したシロクロバが優先すると考えられる。このため、ケンタッキーブルーグラスのような放牧に適応する草種の利用が推奨されており（日高支庁：軽種馬生産技術参考資料 第2集）、ケンタッキーブルーグラス草地の造成方法³³⁾や利用方法の検討がなされている¹⁶⁾。本実験結果からも軽種馬生産牧場でのケンタッキーブルーグラスの放牧地が造成され、造成利用技術の確立とともに積極的な利用が望まれる。

4. 馬における牧草の栄養価

馬における牧草の栄養価は反芻家畜と同様に収穫時の生育ステージが大きく影響する。生育ステージが進むに

ともなう消化率や可消化エネルギー含量の低下は反芻家畜に比べて大きい。日高地方では、もっとも多く利用されているチモシー早生品種の出穂期は6月中旬である。この時期に収穫した乾草であれば繁殖雌馬の分娩後3か月間を除いた時期の可消化エネルギーやタンパク質の要求量をほぼ充足できる。しかし、収穫は天候にも左右され、長い時間を要する。北海道で優良品種として登録されているチモシー品種は極早生品種から極晩生品種まで7品種登録されている。これらの品種を日高地方に当てはめると、出穂期は6月上旬から7月上旬まで約1か月間あり、その間を概ね1週間の間隔で出穂期の異なる品種が利用できる。現在、利用されている品種は早生品種に片寄り過ぎていることから、熟期を異にした品種の利用が必要である。

牧草の栄養価を考える場合、馬と反芻家畜で基本的に異なるのは採食量であった。反芻家畜では消化率の高い牧草は採食量が多く、消化率が低くなると採食量が少なくなる⁸⁾。このため、産乳量の多い乳牛では必要な栄養を摂取させるためより消化率の高い牧草が求められる⁵⁶⁾。採食量が減少すると産乳量に影響する。しかし、馬では消化率が低くなっても採食量の減少はみられず一定量を採食する。さらに、乳牛のように牧草の品質の良否が生産物に直接には反映しない。このため、軽種馬生産牧場では牧草の生産に十分な吟味がなされず、栄養価の低い牧草が給与されていたと考えられる。

わが国では馬の飼養標準は作成されていない。このため、アメリカ合衆国で作成された飼養標準を応用している。飼養標準に基づき飼料給与を行うためには給与する飼料のエネルギー、粗タンパク質、無機物およびビタミンの測定が必要である。この内、可消化量で示されているのはエネルギーである。可消化エネルギーを推定する方法としてデータジェント分析法や酵素分析法が馬の飼料としてのチモシーにも適応できることが本研究で確認されるとともに、生産者が簡易に推定する方法として収穫日も目安になることも本研究で示された。

5. 生産地への応用

軽種馬生産の主産地である日高地方の草地の管理や利用方法について生産者は経験を頼りに行っているのが現状であった。草地土壌の養分状態や牧草の栄養価が明らかにされたことで、様々な対応や改善がみられるようになってきた。

牧草の栄養価は反芻家畜に給与する場合に比べて低く、また、栄養価が低下する原因は収穫が遅いことにあることを本研究で示すことができた。この結果、軽種馬生産牧場においても乾草の収穫時期が早くなり、良質な乾草調製に取り組まれるようになってきた。乾草調製は天候に左右されるため年による変動がみられるものの、1番草の収穫時期が早くなってきた。収穫開始時期では大きな違いはないが、収穫が終了する時期は本成果が公表される前に比較して約3週間早くなった(日高支庁：定期作況報告書)。

一方、草地土壌の養分状態や牧草の飼料成分含有率を知ることは合理的な草地管理、飼料給与にとって重要である。本研究で草地土壌の問題点および牧草の飼料成分含有率の過不足が明らかになった。これらの成果をもとに、財団法人軽種馬育成調教センターが事業主体となって、軽種馬生産農家を対象とした土壌診断、診断に基づく施肥設計および乾草の飼料成分の分析事業が1993年度より開始された。全国の軽種馬生産農家を対象としたこの事業は1993年12月末現在で牧草373点、土壌542点の分析が行われ、生産者にデータが還元され、農業改良普及所等の指導機関を通して有効に活用されつつある。競馬の自由化にともない、生産地では「より強い馬づくり」が強調されている。このため、飼料の大半を占める牧草は馬の栄養要求量を満たすものであることが求められる。良質な牧草生産には合理的な草地管理は欠かすことの出来ない要因である。また、生産された乾草の栄養価値を勘案した飼料給与が必要である。したがって、この研究成果を取り入れて発足した土壌診断、飼料分析事業が飼料生産の改善に寄与し、軽種馬生産の生産性向上に貢献することを期待したい。

摘 要

日本における軽種馬の主産地である北海道日高地方の草地土壌の化学性、微量元素含有率およびチモシーの飼料成分含有率を調べ、土壌の養分状態と牧草の成分含有率の関係を検討した。また、生産されたチモシーの飼料成分含有率を馬の養分要求量に照らして検討するとともに、含有率を改善する方策を検討した。日高地方で生産された乾草を用いて、馬における乾草の栄養価についても検討した。

1. 採草地土壌の化学性

1) 日高地方を東部、中部および西部の3地区に区分して土壌の化学性をみると、低地土では、交換性石灰およびカリ含量、リン酸吸収係数、土壌pHは東部地区から西部地区にかけて低くなる傾向を示していた。交換性苦土含量は東部および西部地区に比べて中部地区が低い含量であった。有効態リン酸は中部地区が他より高い含量であった。黒ボク土では、低地土と同様に交換性石灰およびカリ含量は東部地区から西部地区にかけて次第に低くなった。有効態リン酸も低地土と同様に中部地区が高い含量であった。交換性苦土は低地土と異なり東部地区から西部地区にかけて次第に低くなっている。

このように、交換性苦土含量で低地土と黒ボク土でやや異なるものの、交換性塩基含量は東部地区>中部地区>西部地区の関係がみられた。同様の傾向はリン酸吸収係数でもみられた。

2) 土壌を低地土、泥炭土、黒ボク土および褐色森林土に4区分して養分状態をみると、交換性石灰含量は泥炭土がもっとも高く、黒ボク土が低かった。交換性苦土は泥炭土、褐色森林土が高く黒ボク土が低かった。有効態リン酸含量は低地土が他の土壌より高い含量であった。

3) 土壌の養分含量を表層と下層で比較すると、有効態リン酸は下層より表層で含量が高かった。交換性石灰も表層が下層に比べてやや高い含量であった。おき土を行っている草地は黒ボク土でみられ、リン酸吸収係数および交換性苦土含量で表層と下層で異なった。

4) 土壌診断基準に照らしてみると、交換性石灰、交換性苦土および有効態リン酸含量は高い草地が多く、減肥が可能な草地が多かった。地区別では交換性石灰および苦土は東部地区で、有効態リン酸は中部地区で可能であった。土壌区分別では泥炭土の交換性石灰および苦土、褐色森林土の交換性苦土で可能であった。

2. 採草地土壌の微量元素含量

1) 土壌区分別に微量元素をみると、全セレン含有率は低地土が他の土壌に比べて低い含量であった。可溶性セレン含有率は逆に低地土が高い傾向がみられた。可溶性セレン含有率は遊離酸化鉄含有率と負の相関関係にあった。全銅含有率は低地土が高く、黒ボク土が低い値を示した。可溶性銅含有率は黒ボク土が低地土や泥炭土に比べて低く、褐色森林土でも低かった。黒ボク土では0.5ppm以下の含有率の草地が多かった。全マンガンは低地土が他の土壌より高い含有率であった。可溶性マンガンは泥炭土がもっとも高い含有率で、次いで低地土であった。全亜鉛含有率は低地土がもっとも高く、黒ボク土が低かった。可溶性亜鉛は黒ボク土が他の土壌に比べて低い含有率であった。

2) 微量元素含有率を地区別に比較すると、各要素とも全含有率は東部地区から西部地区にかけて次第に低くなっていく傾向がみられた。この地区間の違いは土壌区分別でもその傾向がみられ、セレンおよびマンガンでその傾向が強かった。可溶性含有率でも同様の傾向がみられた。土壌区分別では低地土では可溶性銅を除きその傾向が明瞭であった。黒ボク土では可溶性マンガンでその傾向がみられた。

3) 表層と下層の微量元素含有率をみると、全含有率では土壌区分別および地区別でも差はみられなかった。しかし、交換性マンガン含有率では差がみられ、土壌区分別および地区別にみても下層に比べて表層で高くなった。概ね表層は下層の2倍の含有率であった。他の可溶性微量元素含有率には表層と下層に差はみられなかった。

4) 交換性塩基含量、リン酸吸収係数と同様に微量元素含有率でも東部地区から西部地区にかけて次第に低くなっていく傾向がみられた。日高地方は地区によって覆っている火山灰は降灰時期や噴出源の火山が異なる。また、表層地質をみると構造帯が異なる。これらの違いが土壌の養分含量が地区によって異なる要因となっていると考えられた。

3. チモシーの飼料成分含有率

1) チモシーの粗タンパク質、無機成分および微量元素含有率を成馬の維持の要求量を満たす含有率を基準にして検討した。粗タンパク質の維持の要求量を満たす含有率は8.0%であるが、調べたチモシーの70%は8.0%以下

の含有率であった。同様に、カルシウム含有率は約半数のチモシーが維持量を満たす含有率に至っていなかった。リン、マグネシウムは概ね維持量を満たす含有率であった。カリウムは馬の要求量に対して約6倍の含有率であった。

2) 土壌の養分状態との関連をみると、交換性石灰含量が高くなってもチモシーのカルシウム含有率は一定の含有率以上には高くならなかった。マグネシウムおよびリンも同様に交換性苦土および有効態リン酸含量が高くなっても含有率は高くならなかった。

3) 粗タンパク質および無機成分含有率は土壌区分間あるいは地区間に違いはみられず、土壌の養分状態の土壌区分間、地区間の違いを反映していなかった。

4) 微量元素含有率はチモシーに欠乏症や過剰症が発生するような含有率ではなかったが、馬の飼料としてみると不足する例が多かった。もっとも不足していたのはセレンであり、馬の飼料としての必要量0.1ppmに対して平均で0.017ppmで約1/5の含有率であった。馬の白筋症発生の一因となる含有率であった。

5) 銅含有率は平均で7.5ppmであった。チモシーの約90%は馬の飼料としての必要量10ppm以下の含有率であった。亜鉛含有率は平均で21ppmであり、銅と同様にチモシーの90%は馬の飼料としての必要量40ppm以下の含有率であった。銅および亜鉛含有率は馬の骨端症発生をもたらす恐れのある含有率を示した。

6) マンガン含有率は平均で46ppmで馬の飼料としての必要量40ppm以上の値を示した。しかし、40ppm以下のチモシーも約半数みられ、これらは土壌の交換性石灰含量が高く、pHの高い草地で生産されたチモシーであった。

7) 施肥の差異により含有率に違いがみられた成分はマンガンであった。土壌pHが低くなるような施肥条件でマンガン含有率は高くなった。交換性石灰が多くマンガン含有率が低い草地では塩安のような生理的酸性肥料が有効であった。

8) チモシーの飼料成分含有率に品種間の違いがみられ、育種的方法で含有率を改善出来る可能性が示唆された。

4. 放牧地の植生と土壌の養分状態

1) 馬の放牧地は不食過繁地が島状にエリアとして形成される。不食過繁地ではチモシーが優占しているが、よく採食されている部分はチモシーが衰退して、スズメノカラビラや矮生化したシロクロバが優占していた。日高地方の馬の放牧地は連続放牧として利用されているため、これがチモシー衰退の原因となっている。

2) 土壌の養分状態をみると、交換性カリが採食部と不食過繁地で異なり、糞尿が集中的に排泄される不食過繁地で高くなり、採食部の1.7倍の含量であった。他の要素では採食部と不食過繁地で差はみられず、採草地と同様の含量であった。

3) 不食過繁地形成の防除にゼオライトの施用が効果的であることが示唆された。

5. 馬におけるチモシー乾草の栄養価

1) 乾草の消化率や栄養価の低下は収穫の遅れがもっとも大きく影響していた。収穫の遅れに伴う栄養価の低下の程度は反芻家畜に比べて大きく、乾物消化率は1日あたり0.5%低下する。

2) 反芻家畜では消化率の低い乾草は採食量が低下するが、馬では消化率が低くなっても採食量は一定で、可消化乾物摂取量が低下し、乾物排泄量が多くなる。このことが反芻家畜と著しく異なるところであった。

3) 反芻家畜の飼料の評価に活用されているデタージェント分析法や酵素分析法は馬の飼料の評価にも活用出来ることが示された。

4) チモシーの可消化エネルギー含量推定にリグニン含有率が利用出来ることが示された。生産者が簡易に推定する方法として収穫した日時も活用出来ることが示された。

謝

辞

本論文をまとめるにあたり、東京大学農学部教授茅野充男博士ならびに元北海道立中央農業試験場環境資源部主任研究員水野直治博士（現：酪農学園大学教授）には、終始有益なご指導とご鞭撻をいただき、かつ詳細な本文の校閲を頂いた。ここに謹んで謝意を表する。また、東京大学農学部教授野口 忠博士、同教授森 敏博士、同教授松本 聡博士、同教授山口素直博士には本論文のとりまとめに際して有益なご助言をいただいた。

本研究は昭和63年から平成5年までの間に北海道立中央農業試験場において実施したものである。この間北海道立中央農業試験場畜産部主任研究員石栗敏機博士（現：北海道立新得畜産試験場生産技術部長）、同畜産科長吉田 悟氏（現：北海道立新得畜産試験場生産技術部主任研究員）、同畜産科研究員上出 純氏には調査ならびに分析にあたり終始ご協力と励ましを頂いた。この間元北海道立中央農業試験場畜産部長平山秀介氏、元同和泉康史博士、前同清水良彦氏（現：北海道立根釧農業試験場長）および研究参事米田裕紀氏には終始励ましを頂いた。また、北海道立中央農業試験場環境化学部主任研究員鎌田賢一博士、前同沢口正利博士（現：北海道立中央農業試験場環境化学部長）には終始有益なご助言と励ましを頂いた。

本研究実施にあたり、日高支庁管内の調査および試料

採取にあたって、日高東部地区農業改良普及所調整主查出村忠章氏、同改良普及員石井友美子氏、元同原 恵作氏（現：軽種馬育成調教センター）、日高中部地区農業改良普及所調整主查石田光義氏 元同改良普及員菅原敏治氏（現：十勝南部地区農業改良普及所）、日高西部地区農業改良普及所調整主查岩倉静男氏、同改良普及員内田真人氏、元同改良普及員三浦康雄氏（現：北根室地区農業改良普及所）には多大なご協力を頂いた。馬での消化試験の実施にあたり、ハイジ牧場代表取締役金川幹司氏（北海道長沼町）には快く試験家畜を供して頂き、試験実施にあたり同牧場職員山田光之氏には試験期間中の家畜管理にご協力を頂いた。消化試験用試料は農林水産省家畜改良センター新冠牧場より提供して頂いた。北海道立北見農業試験場牧草科長下小路英男氏、同牧草科研究員吉澤 晃氏には試料採取にあたり多大なご協力を頂いた。また、試料の分析、圃場管理ならびに試験家畜管理には北海道立中央農業試験場畜産部臨時農業技能員芦崎ユリ子氏、同大串照子氏、同亀田京子氏のご協力を頂いた。

本研究は試験費用の一部を日本中央競馬会競走馬総合研究所ならびに財団法人軽種馬育成調教センターから援助を頂いて実施したものである。

以上の各位、団体に対して心より感謝の意を表します。

文 献

1. 阿部 亮：炭水化物成分を中心とした飼料分析法とその飼料栄養評価法への応用，畜産試験場研究資料，第2号，p.16～34 (1988)
2. 赤坂秀人：馬のセレン欠乏症候群と対処について，北海道しゃくなげ会会報，32，80～84 (1993)
3. 朝井 洋・畠山 弘・永田雄三：北海道日高地方における軽種馬生産牧場の土壌および牧草成分，日競研報，24，6～13 (1987)
4. 朝井 洋・水野豊香・山本 修・藤川洋史：小馬の骨端症発生率からみた銅および亜鉛の必要量，日畜会報，64，1193～1200 (1993)
5. 浅川征男・串崎光男・石塚潤爾：草地におけるセレンの分布と動態に関する試験（第1報），わが国の主要草地における牧草のセレン含量について，土肥誌，48，287～292 (1977)
6. 浅川征男・串崎光男・石塚潤爾：草地におけるセレンの分布と動態に関する試験（第2報），わが国の主要草地における土壌のセレン含量について，土肥誌，48，293～296 (1977)
7. BATEY, A., C. BERRYMAN, C. LINE : The disposal of copper-enriched pig-manure slurry on grassland. *J. Br. Grassld.*, 23, 139～143 (1972)
8. BLAXTER, K. L., F. W. WAINMAN and R. S. WILSON : The regulation of food intake by sheep. *Anim. Prod.*, 3, 51～61 (1961)
9. 牧草・飼料作物栄養価問題検討委員会編：牧草・飼料作物の栄養価評価の手引，p.1～71，北農会，札幌 (1991)
10. BRIDGES, C. H., J. E. WOMACK and E. D. HARRIS : Considerations of copper metabolism in osteochondrosis of suckling foals. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 185, 173～178 (1984)
11. BRIDGES, C. H. and E. D. HARRIS : Experimental induced cartilaginous fractures (osteochondritis dissecans) in foals fed low-copper diets. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 193, 215～221 (1988)
12. CHARLOT, G., 曾根興三・田中元治訳：定性分析化学 II，p.516～518，共立全書，東京 (1968)
13. CARTER, D. L., C. W. ROBBINS, and M. J. BROWNS : Effect of phosphorus fertilization on the selenium concentration in alfalfa (*Medicago sativa*). *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 36, 624～628 (1972)
14. DARLINGTON, J. M. and T. V. HERSHBERGER : Effect of forage maturity on digestibility, intake and nutritive value of alfalfa, timothy and orchard-grass by equine. *J. Anim. Sci.*, 27, 1572～1576 (1968)
15. DAVIES, E. B. and J. H. WATKINSON : Uptake of native and applied selenium by pasture species. *N. Z. J. agric. Res.* 9, 317～327 (1966)
16. 出口健三郎・澤田嘉昭・佐藤尚親：単播および混播条件における地下茎型イネ科牧草の植生推移，北草研報，26，136～139 (1992)
17. 土壌養分測定法委員会編：土壌養分分析法，p.329～330，養賢堂，東京 (1973)
18. 土壌標準分析・測定法委員会編：土壌標準分析・測定法，p.221～224，博友社，東京 (1986)
19. EVANS, J. L. : Forages for horses. In : HEATH, M. E., R. F. BARNES and D. S. METCALFE (ed), Forages, 4th ed., p.597～604, The Iowa State University Press, Iowa, U. S. A. (1985)
20. FONNESBECK, P. V., R. K. LYDMAN, G. W. VANDER NOOT and L. D. SYMONS : Digestibility of the proximate nutrients of forage by horses. *J. Anim. Sci.*, 26, 1039～1045 (1967)
21. FONNESBECK, P. V. : Estimating digestible energy and TDN for horses with chemical analysis of feeds. *J. Anim. Sci.*, 53 (Suppl. 1), 241～242 (Abstract) (1981)
22. GISSEL-NIELSEN, G. : Uptake and distribution of added selenite and selenate by barley and red clover as influenced by sulphur. *J. Sci. Fd Agric.*, 24, 649～655 (1973)
23. GISSEL-NIELSEN, G. : Selenium concentration in danish forage crops. *Acta Agriculture Scandinavica*, 25, 216～220 (1975)
24. GISSEL-NIELSEN, G. U. C. GUPTA, M. LAMAND and T. WESTERMARCK : Selenium in soils and plants and its importance in livestock and human nutrition. *Advance in Agronomy*, 37, 397～460 (1984)
25. GRANT, A. B. : Pasture top-dressing with sele-

- nium. *N. Z. J. agric. Res.*, 8, 681~690 (1965)
26. 袴田共之・平島利昭・奥村純一：極寒冷地域における放牧草地の維持管理法 第2報 排泄ふん中の窒素，りん酸，カリの土壌への移行，北海道立農試集報，24，82~92 (1971)
27. 袴田共之：放牧草地における乳用育成牛排泄物の肥料的評価に関する研究，北海道立農試報告，55号，p. 1~73 (1986)
28. 長谷部俊雄・水野直治：北海道網走地方にみられる麦類の生育異常に関する研究 第1報 発生地分布とその土壌的特性ならびに予備的対策試験，北海道立農試集報，19，63~79 (1969)
29. 長谷部俊雄・宮脇 忠・水野直治：北海道網走地方にみられる麦類の生育異常に関する研究 第2報 醸造用大麦に対する硫酸銅施用効果と土壌化学性との関係，北海道立農試集報，21，103~111 (1970)
30. 橋本 均：北海道の耕地土壌Q & A [Ⅱ] -土壌の種類，分布や土壌図に関する質疑応答集- 北農，60(2)，36~48 (1993)
31. 橋本 均・志賀弘行：北海道土壌区一覧，北海道立農業試験場資料，21号，1~123 北海道立中央農業試験場 (1993)
32. 早川康夫・橋本久夫：根釧地方火山灰地における草地土壌の理化学的特性とその施肥法に関する研究，北海道立農試集報，4，9~19 (1959)
33. 早川嘉彦：KBとPRの混播の可否の検討-軽種馬用放牧地に関する研究-，北草研報，27，91~93 (1993)
34. HEWITT, E. J. and T. A. SMITH, 鈴木米三・高橋英一訳：植物の無機栄養，p. 1~27，理工学社，東京 (1979)
35. 日高軽種馬農業協同組合・北海道農業試験場：調査報告書日高地方における草地のミネラル分布，p. 1~38 (1976)
36. 樋口 徹：子馬の白筋症，獣医畜産新報，46(2)，130~134 (1993)
37. 平島利昭：根釧地方における永年放牧草地の維持管理に関する研究，北海道立農試報告，27号，p. 1~97 (1978)
38. 北海道馬産史編集委員会：蹄跡つめあと，p. 543~553，デーリイマン社，札幌 (1983)
39. 北海道日高支庁：ひだかの農業，p. 1~54 (1993)
40. 北海道農業試験場：北海道農業技術研究史，p. 421~429 (1967)
41. 北海道農業試験場：北海道農業試験場土壌調査報告，第27編，日高支庁土壌調査報告，p. 1~177 (1982)
42. 北海道農業試験場・北海道立中央農業試験場・北海道立上川農業試験場・北海道立道南農業試験場・北海道立十勝農業試験場・北海道立根釧農業試験場・北海道立北見農業試験場・北海道立天北農業試験場・北海道農政部農業改良課：土壌および作物栄養の診断基準-改訂版-，p. 1~50 (1989)
43. 北海道農業試験場・北海道立中央農業試験場・北海道立上川農業試験場・北海道立道南農業試験場・北海道立十勝農業試験場・北海道立根釧農業試験場・北海道立北見農業試験場・北海道立天北農業試験場・北海道農政部農業改良課：土壌診断に基づく施肥対応，p. 13~15 (1989)
44. 北海道農政部：北海道施肥標準，p. 1~45 (1989)
45. 北海道農政部：平成4年度 北海道農業統計，p. 82 (1993)
46. 北海道農政部酪農畜産課：北海道牧草・飼料作物優良品種一覧表，p. 1~5 (1993)
47. 北海道立地下資源調査所：1 北海道の地質と資源 I 北海道の地質，p. 8~50 (1980)
48. 北農会：北海道牧草優良品種の解説，北農研究シリーズIX，p. 39~51 (1985)
49. 堀井 聰・阿部 亮：粗飼料の細胞膜構成物質に関する研究 I. 細胞膜構成物質としての Neutral Detergent Fiber の性質の検討，畜産試験場研究報告，23，83~87 (1970)
50. 堀井 聰・阿部 亮：粗飼料の細胞膜構成物質に関する研究 III. 細胞膜構成物質としての Acid Detergent Fiber の性質の検討，畜産試験場研究報告，25，63~68 (1972)
51. 古谷政道：チモシー育種における in-vitro 乾物消化率の選抜に関する研究，北海道立農試報告，63号，p. 1~68 (1987)
52. 一条 茂・長谷川光弘・金 徳煥・木俣俊治・小川寿美雄・小西辰雄：子牛の白筋症に関する臨床ならびに臨床病理学的所見，日獣会誌，34，573~579 (1981)
53. 一条 茂・稲田一郎・納 敏・内田英二・更科孝夫・村瀬武義・内杉春生・宮越 誠・府川幸雄・田中一郎：子牛の白筋症に関する臨床ならびに臨床病理学的所見 II. 白筋症発病牛舎における同居子牛の血液の生化学的検査所見について，日獣会誌，37，145~150 (1984)
54. 五十嵐義任・柴田幸雄・湊 弘：馬のグラスサイレージ給与試験，北農，33(10)，35~39 (1966)
55. 石栗敏機：牧草の消化・採食特性の生育時期別変動，北海道立農試報告，75号，p. 1~86 (1991)

56. 和泉康史：サイレージ多給による搾乳牛の飼養技術に関する研究，北海道立農試報告，69号，p. 1～77 (1988)
57. 鎌田賢一・平井義孝：北海道網走地方に分布するおもな火山性土壌の化学性と微量元素含量，土肥誌，56(4)，328～335 (1985)
58. 鎌田賢一・土岐和夫：たん水土壤中のマンガンの動向と水稻の生育（第1報）マンガンの硫酸塩ならびに塩化物添加が土壌成分と水稻の生育におよぼす影響，土肥誌，50(6)，487～493 (1979)
59. 鎌田賢一：北海道の農耕地における重金属問題に関する研究，北海道立農試報告，44号，p. 1～79 (1983)
60. 木村 武・倉島健次：牧草のカルシウムとマグネシウム吸収に及ぼす土壌中のこれら塩基の相互作用，土肥誌，54，281～287 (1983)
61. 小林義之・小原道郎・宮内紀一・浜崎和雄・原楨紀・辻 藤吾：オーチャードグラス単播草地の維持に及ぼすリン酸と石灰の追肥効果について，草地試研報，10，96～105 (1977)
62. 国土庁土地局：土地分類図01（北海道Ⅱ），土地分類図付属資料，北海道Ⅱ（日高），p. 1～11 (1976)
63. 近藤 熙・石井和夫・杉原 進：混播草地に対する牛ふん厩肥の連年多量施用，東北農試研報，60，41～62 (1979)
64. 近藤秀雄・原楨 紀：北海道における牧草のミネラル組成 第1報 道内の若干草地における1番草の窒素，燐，加里，カルシウム，マグネシウム及びナトリウム含量について，北海道農試研究報告，118，81～92 (1977)
65. 近藤秀雄・原楨 紀：北海道における牧草のミネラル組成 第2報 道内の若干草地における1番草のFe，Mn，Cu，Zn，B，Mo，Co並びにNi含量について，北海道農試研究報告，118，93～103 (1977)
66. 越野正義：土壌-植物-動物系におけるセレンの動態，微量元素・化学物質と農業生態系，農林水産省農業環境技術研究所編，p. 212～233，養賢堂，東京 (1990)
67. 小山雄生・宮本 進・須藤まどか・菊池武昭・高橋政義・久馬 忠：土壌-植物-家畜系におけるセレンの動態について，土肥誌，55(5)，395～399 (1984)
68. KUBOTA, J., W. H. ALLWAY, D. L. CARTER, E. E. CARY, and V. A. LAZAR: Selenium in Crops in the United States in Relation to Selenium-Responsive Diseases of Animals. *J. AGR. FOOD CHEM.*, 15(3), 448～453 (1967)
69. 倉島健次：山地傾斜地の放牧草地における土壌塩基の分布と牧草の塩基組成 I. 放牧草地における土壌塩基の分布，日草誌 25(4)，346～353 (1980)
70. 倉島健次：山地傾斜地の放牧草地における土壌塩基の分布と牧草の塩基組成 II. 牧草の塩基含有率とそのバランス，日草誌，25(4)，354～361 (1980)
71. LEWIS, L. D., 尾高福松訳，永田雄三監修：調整シリーズ 馬の飼養管理，p. 22～28，日本中央競馬会 (1983)
72. MACDIARMID, B. N. and B. R. WATKIN: The Cattle dung patch 2. Effect of a dung patch on the chemical status of the soil, and ammonia nitrogen losses from the patch. *J. Br. Grassld Soc.*, 27, 43～48 (1972)
73. MAETA, Y., S. YOSHIDA, A. KAMIDE and T. ISHIGURI: Effect of cutting time on digestibility, intake and nutritive value of timothy (*Pheleum pratense*) hay in horses. *Jpn. J. Equine Sci.*, 3(2), 137～142 (1992)
74. 松中照夫：寒冷・寡照地域のチモシー草地に対する窒素施肥法に関する研究，北海道立農試報告，62号，p. 1～72 (1987)
75. MIKA, V.: Sodium, Potassium and calcium concentrations in varieties of *Dactylis glomerata*. *Grass and Forage Science*, 37, 321～325 (1982)
76. 南 松雄・古山芳広・土居晃郎：亜鉛欠乏に起因する玉ねぎの生育障害，北海道立農試集報，23，20～30 (1971)
77. 南山 豊：泥炭地におけるアルファルファの窒素欠乏について，北農，37(5)，35～38 (1970)
78. 水野直治：希塩酸による土壌中銅抽出の限界，土肥誌，47(6)，251～256 (1976)
79. 水野直治・兼田裕光・鎌田賢一・目黒孝司・土岐和夫・後藤計二：北海道農用地の土壌成分，北海道立農業試験場資料，第8号，p. 1～62，北海道立中央農業試験場 (1977)
80. 水野直治：蛇紋岩質土壌の化学的特性と農作物の生理障害に関する研究，北海道立農試報告，第29号，p. 1～79 (1979)
81. 水野直治・南 松雄：硫酸-過酸水素水による農作物中のN，K，Mg，Ca，Fe，Mn定量のための迅速前処理法，土肥誌，51(5)，418～420 (1980)
82. 水野直治・鎌田賢一・稲津 脩：三笠市丘陵地帯のコムギの銅欠乏と不稔発生条件，土肥誌，52(4)，334～338 (1981)

83. 水野直治・鎌田賢一・山田 進：泥炭地土壌におけるコムギの銅欠乏，土肥誌，52(5)，381～384 (1981)
84. 水野直治・前田善夫：北海道日高東部の軽種馬生産牧場の土壌と牧草中の鉄とマンガン含有率，日草誌，37(2)，226～230 (1991)
85. MOSELEY, G and D. H. BAKER : The efficacy of a high magnesium grass cultivar in controlling hypomagnesaemia in grazing animals. *Grass and Forage Science*, 46, 375～380 (1991)
86. 内藤元男監修：畜産大事典，p. 1045，養賢堂，東京 (1989)
87. National Research Council : Nutrient Requirements of Horses, 5th rev. ed., p. 1～100, National Academy Press, Washington, D. C. (1989)
88. 日本中央競馬会競走馬総合研究所：牧場管理のための手引き I. p. 10～32 (1984)
89. 農業技術体系：畜産編 1 馬 基礎編，p. 87，養賢堂，東京 (1978)
90. 野村晋一：サラブレッド，p. 85～91，新潮選書，新潮社，東京 (1985)
91. 農林水産省農林水産技術会議事務局編：日本標準飼料成分表(1987年版)，p. 132～140，中央畜産会(1987)
92. 納 敏・一条 茂・三宅拓夫・更科孝夫：心筋型白筋症に関する臨床ならびに臨床病理学的所見，日獣会誌，41，702～706 (1988)
93. 尾形 保・小林義之・田野良衛：草類のミネラル組成に及ぼす土壌条件と肥培管理に関する研究 II. 微量要素の草種間差異，草地試研報，2，29～35(1973)
94. 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，北海道立農試報告，第22号，p. 1～107 (1973)
95. 雑賀 優：オーチャードグラスの品種改良に関する育種学的研究，北海道農試研究報告，129，25～92 (1981)
96. SAIGA, S., M. KIKUCHI, and K. WATANABE : Variation in the mineral elements concentrations among cultivars of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.). *J. Japan Grassl. Sci.*, 38(2), 175～182 (1992)
97. SAIGA, S., M. HIGASHIYAMA, S. TOYODA and A. SHIGA : Effect of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) cultivars with different mineral levels on serum mineral concentrations in grazing sheep. *J. Japan. Grassl. Sci.*, 38(3), 294～301 (1992)
98. 三枝俊哉・松原一實・能代昌雄：火山性土に立地した草地のリン酸肥沃度に対応したリン酸施肥量，土肥誌，61(5)，522～525 (1990)
99. 三枝俊哉・菊地晃二・近藤 熙：根釧地方の火山性土における草地のカリ肥沃度に基づくカリ施肥対応，北海道立農試集報，60，99～109 (1990)
100. 三枝俊哉・松原一實・能代昌雄：根釧地方の火山性土における草地のリン酸肥沃度に基づくリン酸施肥対応，北海道立農試集報，60，111～124 (1990)
101. 坂本宣崇：高緯度積雪地帯におけるオーチャードグラスの周年管理に関する栄養生理的研究，北海道立農試報告，48号，p. 1～58 (1984)
102. 佐藤康夫・早川康夫：放牧草地の施肥管理と家畜の行動，北海道農試研究報告，107，17～25 (1974)
103. 関口久雄：ホウレンソウのマンガン欠乏とその対策，土肥誌，59(1)，108～111 (1988)
104. SLADE, L. M. and D. W. ROBINSON : Nitrogen metabolism in nonruminant herbivores. II. Comparative aspects of protein digestion. *J. Anim. Sci.*, 30, 761～763 (1970)
105. 篠原 功・原田 勇：草地農業における無機 balance に関する研究 (第2報) 牧草体内の無機 balance の変動と土壌および家畜の関連についての考察，酪農大紀要，6，283～303 (1976)
106. 杉本昌仁・佐藤幸信・川崎 勉：北海道和種馬における乾草とエンバクの消化率，新得畜試研究報告，20，11～18 (1993)
107. SUZUKI, A., K. SUGAWARA and I. ITO : Difference in potassium between grazing and cutting grasslands. *J. Japan Grassl. Sci.*, 36(4), 404～410 (1991)
108. 高木 浩史・串崎光雄：作物における亜鉛栄養に関する研究，農業技術研究所報告 B，第28号，75～118 (1976)
109. 高橋英一・吉野 実・前田正男：新版原色作物の要素欠乏・過剰症，p. 1～218，農山漁村文化協会，東京 (1980)
110. 高橋良平・一色貞之・林 昌利・三保玄城・中川浩・武隈俊和・佐藤勝典：黒毛和種子牛における白筋症の発生例，日獣会誌，37，779～783 (1984)
111. 高橋達児：本邦草地の無機栄養および牧草の無機品質に関する諸問題 1. 概況および窒素，リン，カリについて，日草誌，23(3)，259～266 (1977)
112. 高橋達児：本邦草地の無機栄養および牧草の無機品質に関する諸問題 2. カルシウム，マグネシウ

- ムおよびナトリウムについて, 日草誌, 23(4), 370~385 (1978)
113. 高橋達児: 本邦草地の無機栄養および牧草の無機品質に関する諸問題 3. 鉄, マンガンおよび亜鉛について, 日草誌, 24(1), 74~82 (1978)
114. 高橋達児: 本邦草地の無機栄養および牧草の無機品質に関する諸問題 4. 銅およびほう素について, 日草誌, 24(2), 177~184 (1978)
115. 鷹野 保: 北海道根室釧路地方産粗飼料の飼料価値とその評価法に関する研究, 北海道立農試報告, 21号, p. 1~68 (1972)
116. 土屋一成: 農業資材多投に伴う作物栄養学的諸問題 1. 野菜および畑作物の要素過剰の実態, 土肥誌, 61(1), 98~103 (1990)
117. 山田秀和・服部共生・松田 聡・山本 博・宮村 岳志: 耕地土壌の全セレンと可溶性セレンについて, 土肥誌, 61(4), 353~360 (1990)
118. 山中二男: 蛇紋岩地帯の植物, 北沢右三・吉良竜夫・宝月欣二・森下正明・門司正三・山本護太郎編, 自然と生態学者の目, p. 127~132, 共立出版, 東京 (1977)
119. 横井義雄・菊池晃二: 十勝地方におけるトウモロコシの亜鉛欠乏に関する研究 第1報 トウモロコシの亜鉛欠乏とその実態について, 北農, 44(7), 11~27 (1977)
120. UDEN, P. and P. J. VAN SOEST: Comparative digestion of timothy (*Pheleum pratense*) fiber by ruminants, equines and rabbits. *Br. J. Nutr.*, 47, 267~272 (1982)
121. ULRICH, J. M. and A. SHRIFT: Selenium absorption by excised astragalus roots. *Plant Physiol.*, 43, 14~20 (1968)
122. VANDER NOOT, G. W. and E. B. GILBREATH: Comparative digestibility of components of forages by geldings and steers. *J. Anim. Sci.*, 31, 351~355 (1970)
123. VANDER NOOT, G. W. and J. R. TROUT: Prediction of digestible components of forages by equines, *J. Anim. Sci.*, 33(1), 38~41 (1971)
124. VAN SOEST, P. J.: Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. *J. Anim. Sci.*, 26, 119~128 (1967)
125. 脇本 隆: 混播牧草の集団構成に関する研究 VI イネ科草種の組み合わせを異にした混播草地の草収量と草種構成に関する地域間相異, 北海道立農試集報, 27, 42~53 (1973)
126. WHITEHEAD, D. C.: Nutrient minerals in grassland herbage. Commonwealth Agricultural Bureaux, p. 1~58 (1966)
127. ウィリアム・C・ミラー, 下飯坂 隆訳: 牧場におけるサラブレッドの管理要覧, 日本軽種馬協会 p. 1~13 (1976)

Summary

Chemical Composition and Nutritive Values of Hay for Horse in Relation to Chemical Properties of Grassland Soil in Hokkaido Horse Breeding Farms

Yoshio MAETA

A great number of horse breeding farms are located in Hidaka district of Hokkaido, the northern part of Japan. About nine thousands of foals, which is about 80% of foal production in Japan, are produced every year in this district. Most of herbage cultivated for horse feeding are early varieties of timothy in this area. However, there is little information on chemical properties of grassland soil, chemical composition and nutritive values of timothy yielded in this area for horse feeding.

This experiments were carried out to measure chemical contents and nutritive values of hay and chemical properties of grassland soil in Hidaka district.

1. Chemical properties of grassland soil in Hidaka district.

Hidaka district is divided into three areas (the western parts, the central parts and the eastern parts). There are many soil groups in the district. In this experiment, soil groups were divided into Lowland Soils, Peat Soils, Andosols and Brown Forest Soils.

The average value of exchangeable CaO in Lowland Soils, Peat Soils, Andosols and Brown Forest Soils were 351, 491, 319 and 387mg/100g, respectively, and averaged 348mg/100g. The average value of exchangeable MgO in these soils were 67, 81, 37 and 79mg/100g, respectively, with the average 56mg/100g. The average value of exchangeable K₂O in these soils were 25, 21, 16 and 22mg/100g, respectively, with the average 20mg/100g. The average value of Bray No2 P₂O₅ in these soils were 59, 42, 44 and 38mg/100g, respectively, and averaged 50mg/100g. The average value of phosphate absorption coefficient in these soils were 621, 997, 1172 and 1063, respectively, and

averaged 918.

In case of Lowland Soils the exchangeable CaO and K₂O concentrations, phosphate absorption coefficient and soil pH at the eastern parts of this district were higher, and following those at the central parts and those at the western parts. Similarly, the exchangeable CaO and K₂O contents in Andosols at the eastern parts were higher than those at another parts.

The exchangeable cation concentrations and phosphate absorption coefficient were generally higher at the eastern parts, those at the central parts followed this, and those at the western parts were lower.

The total Se concentrations of soils ranged from 0.01 to 1.77ppm, and averaged 0.419ppm. The total Se concentrations in Lowland Soils were lower than those in another soil groups. Conversely, soluble Se concentrations in Lowland Soils were lower than those in another soil groups.

A significant relationship was found between the concentrations of total Se and free-iron oxide in soils.

The exchangeable Mn concentrations of soils ranged from 0.8 to 85.9ppm, with the average 16.7ppm. The exchangeable Mn concentrations in peat Soils were higher, following those in Lowland Soils. There was no correlation between the total Mn and the exchangeable Mn. However, the exchangeable Mn was decreased proportionally with the increasing soil pH.

The soluble Cu concentrations of soils ranged from 0.03 to 13.24ppm, and averaged 2.53ppm. The soluble Cu concentrations in Andosols were lower than those in Lowland Soils and Peat Soils. Most of the samples for soluble Cu concentration in Andosols were below 0.5ppm. The soluble Cu concentrations was decreased with the increasing phosphate absorp-

tion coefficient. The soluble Cu concentrations was less than 1 ppm, when the phosphate absorption coefficient was more than 1400.

The soluble Zn concentrations of soils ranged from 0.57 to 15.99ppm, and averaged 3.56ppm. There was a few soil samples that contained soluble Zn lower than 1.5ppm. The soluble Zn concentrations in Andosols were lower than those in another soil groups.

The total Se, Cu, Mn and Zn concentrations at the eastern parts were higher, those at the central parts followed this, and those at the western parts were lower. These were similar to the concentrations of exchangeable cation and phosphate absorption coefficient.

2. Chemical contents of timothy

It is recommended that crude protein and mineral contents of timothy are satisfied the nutrients requirements in maintenance of horses.

The crude protein contents in timothy ranged from 5.1 to 19.0%, with the average 7.7%. The contents in more than 60% of samples were below 8.0%. The calcium contents in timothy ranged from 0.11 to 0.90%, and averaged 0.28%. The contents in more than half of samples were below 0.25%. The phosphorus contents in those ranged from 0.12 to 0.52%, and averaged 0.29%. The magnesium contents in those ranged from 0.06 to 0.41%, with the average 0.14%. The K contents in those ranged from 1.10 to 2.84%, and averaged 1.95%.

The calcium contents in timothy increased with the exchangeable CaO contents increase in soils. But in the case of a great deal of the exchangeable CaO contents in soils, a significant relationship was not found between Ca% in timothy and the exchangeable CaO contents in soils.

Similarly, a significant relationship was not found between P% in timothy and the available phosphate content in soils and Mg% in timothy and the exchangeable MgO content in soils.

The Se concentrations in timothy ranged from 0.000 to 0.328ppm, with average 0.017ppm. The concent-

rations in timothy in more than 90% of samples were below 0.05ppm. The concentrations in timothy collected at Lowland soil group were higher than those of timothy at Andosols and Brown Forest Soils. No significant relationship was found between total Se concentrations in soils and Se concentrations in timothy; though relatively higher Se concentrations were likely in timothy which collected on the soils containing low levels of total Se. There was also a significant relationship between the concentrations in timothy and phosphate absorption coefficient of soils.

The Mn concentrations in timothy ranged from 1 to 128ppm, with average 46ppm. There was a large deviation in Mn concentration. One third of the samples contained Mn less than 20ppm. The Mn concentration in timothy had no correlation with the total Mn in soils, but a high correlation with the exchangeable Mn in soils.

The Cu concentrations in timothy ranged from 2.3 to 29.0ppm, and averaged 7.5ppm. Cu concentrations in the timothy had no correlation with the concentrations of soluble Cu in the soils. Cu concentrations in those were a half compared with adequate concentrations in rations for horse.

The Zn concentrations in timothy ranged from 5 to 109ppm, and averaged 21ppm. The Zn concentrations in timothy in more than 90% of samples were below 40ppm. Zn concentrations in the timothy had no correlation with the concentrations of soluble Zn in the soils.

3. Digestibility, intake and nutritive value of timothy hay

In horses, the dry matter digestibility of hay decreased as the harvest time was delayed; the digestibility of hay harvested on June 8 was 57%, whereas that harvested during late July was about 30%. Similarly, digestibility of crude protein, acid detergent fiber and energy of hay decreased with maturity advancement. Significant relationships were found between the digestibilities in dry matter, in energy and the growing period. As the harvest time was delayed these digestibilities decreased to 0.5% unit per day. Digestible energy of hay also decreased considerably,

ranging from 2.52 to 1.41kcal/g, with advancing maturity. There was no relationship between the dry matter intake and dry matter digestibility of hay.

A significant relationship was found between the digestible energy content and acid detergent lignin. The calculated regression equation for these factors was found to be $Y=3.32-0.23X$ ($r=-0.985$); Y is digestible

energy content and X is acid detergent lignin content.

In sheep, digestibilities of dry matter and nutrients and digestible energy of hay decreased with maturity advancement as well. However, the rate of decrease in digestibility with maturity advancement was less than that of digestibilities in horses.