

蹄耕法造成草地のみミズの生態

Species, Number and Weight of Earthworms in Hoof-Cultivated Pastures

小林 信也* 斉藤万之助**

Nobuya KOBAYASHI and Mannosuke SAITO

未耕地、機械造成草地を対照として、蹄耕法で造成された造成年次の異なる草地において、みミズの種類、棲息密度および生体重の変化を3年間調査し、次のような結果を得た。

みミズは未耕地では種類、個体数も少ないが、機械造成草地、さらに蹄耕法造成草地で種類、個体数および生体重も増加が認められた。3年間の調査では造成年次による一定の傾向がなく、地点間差異が大きく、いずれの地点とも調査年による変動が大きかった。優占種は未耕地ではサクラみミズ、機械造成草地ではムラサキツリみミズ、蹄耕法造成草地では圃場で異なり、ヒトツモンみミズ、ムラサキツリみミズあるいはヒトツモンみミズとサクラみミズであった。

《蹄耕法造成草地；みミズ》

We investigated the species, number and weight of earthworms once a year (September-October) for 3 years in hoof-cultivated pastures different in cultivated year, and once in the last study year in forest and a mechanically established meadow as controls.

Species and number of the worms were found in the following order ; in the forest < in the mechanically established meadow < in the hoof-cultivated pastures. The number and weight markedly varied depending on study sites with no relation to the cultivated year and showed great yearly fluctuation in the hoof-cultivated pastures. The dominant species were *A. japonica* in the forest, *D. octaedra* in the mechanically established meadow, and *P. hilgendorfi*, *D. octaedra* or *P. hilgendorfi* and *A. japonica* in the hoof-cultivated pastures where the dominants differed from field to field.

Keywords : hoof cultivation, earthworm.

はじめに

19世紀中ごろのダーウィンの研究以来、みミズが土壌生成や土壌中でのエネルギーと物質環境に大きな役割を果たしていることが明らかにされている¹⁾。みミズの働き²⁾は2つに大別され、第1は地表や地中の植物遺体の粉碎であり、第2は土壌中での摂食や移動などによる土壌の耕耘や団粒化、有機物と無機物の混合などである。この2つの働きは土壌の理化学的性質をさまざまに変化させ、植物の生長に大きな影響を与え、同時に土壌中に

棲息する動植物群の質的・量的変化にも関係し、それらはまた相互に影響をおよぼすようになる。

みミズは動物分類上、環形動物貧毛類 (Oligochaeta) に属し、世界および日本における分布は次のようである^{1,3)}。世界的には6科、日本ではナガみミズ科、ジュズイみミズ科、ツリみミズ科およびフトみミズの4科が棲息している。日本には70—80種のフトみミズ科が棲息し、北海道内では16種類が記録されている。他方、ツリみミズ科7種類は北海道内に分布するが、このうち、2種類はまだ本州から記録がない。フトみミズ科はアジア、アフリカに多く、ツリみミズ科はヨーロッパに多い。南

*土壌保全研究室主任研究員 **同室長

日本ではフトミミズ科の種類が圧倒的に多く、北にいくにつれてその数は減少する。一方、ツリミミズ科は逆の傾向を示す。

1962年草地農業技術援助のため来日したニュージーランド草地研究所長シアーズ博士の勧告により、北海道開発局では土壤保全研究室を中心に、1963年から1966年まで道内の主要な土壌でミミズの種類、棲息数、生体重の季節変動やそれと土地利用との関係など調査し^{4,11,12,13)}、次のようなことを明らかにした。道内にはフトミミズ科6種、ツリミミズ科6種の12種類が分布し、個体数は未耕地より草地で多い。種類によって棲息場所が異なり、ササ地ではサクラミミズが優勢でムラサキツリミミズ、フトミミズ類はわずかであり、草地では5—6種が棲息し、造成後の経過に伴いサクラミミズは減少し、ムラサキツリミミズ、フトミミズ類が増加する。また、開墾30年以上経過した古い草地ではクロイロツリミミズが侵入してくる。さらに、ニュージーランドで移植に用いられたクロイロツリミミズ(*A. caliginosa*)を、分布が認められなかった根釧農業試験場の草地に移植を試みた。

国営草地開発事業三石中央地区(1989年完了)の蹄耕法で造成された草地では、機械造成された草地よりミミズの種類、棲息数が豊富なことが観察された。そこで、未耕地、機械造成草地を対照として、造成年次の異なる蹄耕法で造成した草地において、ミミズの種類、棲息数を1987—1989年の3年間調査した。

1. 調査地の自然条件

調査した三石中央地区は、草地造成面積402.6haのうち、地形条件の悪い126.3haが蹄耕法で造成されている。蹄耕法で造成された圃場(以下、蹄耕法造成区と呼ぶ)は地形が非常に開析されており、傾斜は17—39度ときわめて急峻である。原植生はイタヤ、ナラを主体とする広葉樹林(2,100本/ha)であったが、造成前年に伐採搬出された。林床はクマイザザが密生しているが、生育状況は場所によって異なる。

土壌はTa-b/Us-c/泥岩風化帯を母材とする火山灰表層酸性褐色森林土で、Ta-b, Us-cからなる火山灰は壤土、砂壤土で構成された層位が20cmあり、泥岩母材の部位は軽塩土である。

蹄耕法造成区は立木を伐採搬出後、刈払い集積したササを火入れして播種床造成を行い、土壌改良資材散布、施肥および播種後、肉牛で踏圧放牧を行うという方式で造成している。

対照とした機械造成した圃場(以下、機械造成区と呼ぶ)は波状性に富むが、蹄耕法造成区より地形はなだらかである。抜根作業により表層10cm内外が圃場外に

持去られ、残った火山灰層も下層と混合して、表層の物理性は蹄耕法造成区と著しく異なっている。

2. 調査法

1982年、1983年および1985年蹄耕法造成区は1987—1989年の3カ年間、1987年蹄耕法造成区、1983年機械造成区および未耕地は1989年のみ調査した。調査時期は9月下旬—10月上旬である。蹄耕法造成区での調査は尾根に近い斜面上部、5—10m下方の斜面中央部、さらに10—15m下がった斜面下部の計3カ所、機械造成区では中央部および下部の2カ所とした。未耕地は3カ所で調査した。調査面積は50×50cm=0.25m²とし、深さ約20cmまでの土壌をビニールシート上にスコップで掘り起こし、ミミズを手で採集した。ミミズの種類は形態的特徴および性的表徴から判断し分類した。個体の成熟、未成熟の判定は環帯(卵包を形成する働きをもつ器官)の有無によった。生体重の測定は、全個体について1988年が採集当日および翌日、1989は当日に行った。1987年は測定しなかった。個体数、生体量はm²当たりで表示した。

土壌は未耕地、1983年に機械および蹄耕法で造成した圃場で1984年調査した。分析項目および分析法は次のようである。粒径組成: Jeffries 処理—ビベット法、pH: ガラス電極法(土液比1:2.5)、腐植: 乾式燃焼法(堀場炭素分析装置)、窒素: ケルダール法、CEC・交換性塩基: ショーレンベルガー法・蒸留法・原子吸光法、容積重・三相比: 実容積法。

3. 調査結果

(1) 土壌の理化学性(表-1, 2)

表土のpHは未耕地では5.2—5.3、炭カル散布により機械造成区は6.4まで上昇するが、蹄耕法造成区では最表層が5.9でやや酸性矯正されているが、それ以下は徐々にpHが低くなり、未耕地と変わなくなる。腐植は機械造成区が表土移動や下層との混和で未耕地の約1/2の6.5%である。窒素も腐植と同様の傾向を示す。交換性のCa, MgおよびKは炭カル、熔燐、施肥の影響で機械造成区、蹄耕法造成区的最表層が増加している。容積重は機械造成区が表土移動や造成時の作業機械の走行で、未耕地の2倍程度に増加している。蹄耕法造成区は未耕地表土がほぼ残されているので、牛の放牧の影響で未耕地よりやや高い程度である。

(2) ミミズの種類別棲息数および生体重

今回の調査で見いだされたミミズはフトミミズ科で2種類、ツリミミズ科3種類、計5種類で、その特徴^{3,10)}および造成法と分布の関係は表-3のようである。フトミミズ科のミミズは、道内に分布するミミズの中では大型

表-1 土壌の理化学性 (1984年6月採土)

造成法	層厚 (cm)	粒径組成 2mm以下(%)				土性	pH H ₂ O	腐植 含量 (%)	全 窒素 (%)	C/N	CEC (m.e./100g)	交換性塩基 (m.e./100g)					塩基 飽和度 (%)
		粗砂	細砂	シルト	粘土							Ca	Mg	K	Na	全塩基	
未耕地	0-15	38.8	25.7	21.7	13.8	L	5.3	11.3	0.38	17	23.0	5.08	1.54	0.37	0.28	7.27	32
	15-20	62.2	14.8	19.7	3.3	SL	5.2	6.7	0.17	22	14.7	4.32	0.68	0.15	0.31	5.46	37
	20-30	14.9	17.8	34.6	32.7	LiC	5.2	0.5	0.02	19	27.3	3.56	1.78	0.18	0.34	5.86	21
機械造成区*	0-15	16.8	25.5	21.7	36.1	LiC	6.4	6.5	0.20	18	36.5	22.58	6.38	2.41	0.42	31.79	87
蹄耕法造成区*	0-2.5						5.9	27.4	0.95	16	53.1	26.63	5.73	2.09	0.42	34.87	66
	2.5-5.0						5.5	18.6	0.68	16	34.7	8.42	1.23	0.44	0.39	10.48	30
	5.0-7.5						5.4	13.7	0.51	16	28.9	5.84	1.44	0.31	0.26	7.85	27
	7.5-10.0						5.3	10.4	0.24	25	22.4	3.47	0.97	0.27	0.35	5.06	23

*1983年造成。

表-2 土壌の物理性 (1984年9月採土)

造成法	層厚 (cm)	容積重 (g/cm ³)	三相比 (vol%)			水分飽和度 (%)
			固相	液相	気相	
未耕地	0-10	0.44	18.3	50.4	31.3	61.7
機械造成区*	0-10	1.09	42.9	49.0	8.1	85.8
蹄耕法造成区*	0-10	0.49	21.9	61.1	17.0	78.1

*1983年造成。

に属している。見いだされたツリミズ科のうち、バライロツリミズはツリミズ科の中では大きい方であるが、フトミズ科のヒトツモンミズよりやや小さい。ムラサキツリミズは小型で生体重はヒトツモンミズの1/100程度、サクラミズはヒトツモンミズとムラサキミズの中間程度の大きさである。ヒトツモンミズおよびフトスジミズは1年性で春にふ化し、9-10月までに成熟し、11月ころまでに産卵し、死滅する。ツリミズ科では大部分が越冬し、数年棲息する。ムラサキツリミズは表層近くの1-2cmに多く、その他のミズは表層から10cm程度までに大部分が分布している。

未耕地ではツリミズ科2種類(サクラミズおよびムラサキツリミズ)、機械造成区ではこのほかにヒトツモンミズ、蹄耕法造成区ではさらにフトスジミズおよびバライロツリミズが見いだされる地点もあり、蹄耕法造成区でミズの種類が多くなる傾向にあった。ただし、以下に述べるように、表-3のすべての種類が未耕地、機械造成区あるいは蹄耕法造成区に分布するのではなく、地点、年次により異なっている。

造成年次、造成法別および地点ごとに調査年次ごとの種類別の棲息密度および生体重を表-4に示す。ここで、フトミズ科の2種類は形態的にほぼ同一であり、またフトスジミズの個体がきわめて少ないことから、ヒト

ツモンミズとして表示する。さらに、バライロツリミズは1989年調査(1982年蹄耕法造成区の斜面下部)での1個体のみであったので、ヒトツモンミズに含めた。

未耕地はミズの種類、個体数が貧弱でミズの見いだせない地点もあり、種類、個体数、生体重とも少なかった。機械造成区では個体数が増加し、斜面中部ではムラサキツリミズのみであったが、斜面下部ではヒトツモンミズ、サクラミズ、ムラサキツリミズの3種が出現し、生体重も多かった。

1982年蹄耕法造成区の1987年調査で、ヒトツモンミズの個体数は48-116個体/m²で調査した中では最も多かった。3地点とも成熟個体の割合が低い。サクラミズ、ムラサキツリミズは、個体数が少なかった。1988、1989年はヒトツモンミズの個体数が減少して、サクラミズがやや増加していた。1989年は傾斜下部の土壌水分のやや多い地点で、ヒトツモンミズおよびサクラミズが多かった。特に、個体数の42%をヒトツモンミズが占めたため、生体重は最も多く100.4g/m²であった。

1983年蹄耕法造成区の1987年調査では、3カ年の調査で最も多い個体数を示していた。特にムラサキツリミズの個体数が多く、下部では500個体/m²に達していた。また、中部でサクラミズが144個体/m²と非常に多く、ヒトツモンミズが少なかった。1988、1989年はムラサキツリミズの個体数が1987年の1/2程度に減少するが、各地点とも100個体/m²以上であった。1989年には地点による変化は少なかった。個体数は、ムラサキツリミズ>サクラミズ>ヒトツモンミズの順であった。ただし、ヒトツモンミズは3年間斜面上部では見いだせなかった。各調査年の斜面部位によるバラツキも2.4倍程度で、比較的变化が少なかった。ヒトツモンミズの個体数が少ないことから、生体重は40g/m²以下であった。

表-3 ミミズの種類と特徴および造成法と出現種

科	種	体長 (mm)	体幅 (mm)	生体重 (g)	生存期間	未耕地	機械造成区	蹄耕法造成区
フトミミズ (Megascoleidae)	ヒトミモンミミズ(Pheretima hilgendorfi (Michaen))	85-200	5-9	3-6	1年生		○	○
	フトスジミミズ(Pheretima vittata Goto and Hatai)	100-180	6-8	3-6	1年生			○
ツリミミズ (Lumbricidae)	バライロツリミミズ(Eisenia rosea (Savigny))	100-135	6-7	2-5	越年性			○
	サクラミミズ(Allobophora japonica Michaelsen)	40-130	2-5	0.3-0.6	越年性	○	○	○
	ムラサキツリミミズ(Dehdrobaena octaedra (Savigny))	25-60	2-5	0.03-0.06	越年性	○	○	○

表-4 ミミズの棲息数および生体重(個体数/m², g/m²)

造成年次 造成区	地点	1987年調査					1988年調査					1989年調査				
		P	J	D	計		P	J	D	計	生体重	P	J	D	計	生体重 (vol%)
未耕地	1															
	2															
	3															
	平均															
1983年 機械造成区	中															
	下															
	平均															
	平均															
1982年 蹄耕法造成区	上	48(8)	0	12(12)	60	8(4)	8(4)	4(0)	4(0)	16	8.4	4(0)	8(0)	4(4)	16	2.0
	中	116(16)	0	4(4)	120	16(16)	16(16)	16(0)	4(0)	36	23.2	0	12(0)	20(0)	32	4.4
	下	72(20)	4(4)	16(16)	92	22(22)	8(0)	8(0)	8(0)	38	45.2	32(28)	32(4)	12(8)	76	2.4
	平均	79(15)	1(1)	11(11)	91	15(14)	9(0)	5(0)	5(0)	30	25.6	12(9)	17(1)	12(4)	41	70.9
1983年 蹄耕法造成区	上	0	8(0)	224(160)	232	0	16(0)	136(48)	152	12.8	0	0	16(0)	100(36)	116	13.6
	中	4(4)	144(0)	372(188)	520	0	20(0)	120(40)	140	11.2	4(4)	4(4)	32(0)	268(136)	304	39.2
	下	24(24)	24(4)	500(264)	548	16(16)	8(0)	204(60)	228	35.2	35.2	4(4)	36(0)	151(59)	191	38.0
	平均	9(9)	59(1)	365(204)	433	5(5)	15(0)	153(49)	173	19.7	19.7	3(3)	28(0)	173(77)	204	30.3
1985年 蹄耕法造成区	上	14(8)	4(0)	0	18	24(24)	48(8)	0	72	68.0	4(4)	4(4)	0	0	4	7.6
	中	20(8)	4(0)	0	24	20(12)	8(0)	0	28	34.0	8(4)	8(0)	8(0)	0	16	15.6
	下	16(8)	48(0)	0	64	28(28)	36(0)	0	64	69.6	16(12)	16(4)	16(4)	0	32	59.5
	平均	17(8)	19(0)	0	36	24(21)	31(3)	0	55	57.2	9(7)	9(7)	8(1)	0	17	52.5
1987年 蹄耕法造成区	上															
	中															
	下															
	平均															
1987年 蹄耕法造成区	上															
	中															
	下															
	平均															

P: ヒトミモンミミズ, J: サクラミミズ, D: ムラサキツリミミズ, ()は成熟個体数を示す。

1985 年蹄耕法造成区は、3 年間ともヒトツモンミミズとサクラミミズの個体数がほぼ等しいが、サクラミミズがやや多い程度であり、年変化も少なかった。特徴的なことは、ムラサキツリミミズは見いだせないことであった。1982 年蹄耕法造成区同様、下部で個体数および生体重が多くなっていた。

1987 年蹄耕法造成区は 1 年だけの調査であるが、3 種類が出現し、個体数ではムラサキツリミミズ>サクラミミズ>ヒトツモンミミズであり、全体の個体数も 104—268 個体/m² で棲息密度は高いが、生体重はヒトツモンミミズの割合が低いと小さく、地点間の不均一性も比較的小さかった。1989 年には表土の水分も測定しているが、斜面上部より下部で多くなる傾向はなく、個体数も土壌水分とはあまり関係がなさそうである。表-4 の水分の相違程度では、ミミズの生育に差をもたらさないのかも知れない。

個体数は造成年次による一定の傾向がなく、3 カ年の調査では 1983 年蹄耕法造成区で最も多く、1982 年蹄耕法造成区、1985 年蹄耕法造成区で少なかった。造成年次、地点により種類、個体数が大きく異なることも明らかである。また、いずれの地点とも調査年による変動が大きいといえる。

ミミズの個体数の優占種は未耕地ではサクラミミズ、最も古い 1982 年蹄耕法造成区ではヒトツモンミミズ、機械造成区と蹄耕法造成区の 2 圃場ではムラサキツリミミズであった。ヒトツモンミミズとサクラミミズがほぼ同数の 1985 年蹄耕法造成区の圃場では、ムラサキツリミミズは見いだせなかった。一方、生体重は個体数が少なくても大型のヒトツモンミミズの重量に支配され、2.4—100.4 g/m² であった。

蹄耕法造成区の 30 調査地点のヒトツモンミミズ、サクラミミズ、ムラサキツリミミズの棲息密度をヒストグラムで示すと、図-1 のようになる。ヒトツモンミミズ、サクラミミズおよびムラサキツリミミズの平均個体数はそれぞれ 18, 21, 72 個体/m² で、ムラサキツリミミズはヒトツモンミミズの 4 倍の棲息密度である。変動係数(CV)は 3 種とも 100% 以上で大きかった。この図からも地点、調査年による棲息密度の変動の大きいことが明らかである。

ミミズの成熟個体の占める割合は、ヒトツモンミミズが 30—90% の範囲で、個体数の多かった 1987 年が低かった。サクラミミズでは 2—5 % で成熟割合が低いが、年変化は小さかった。ムラサキツリミミズは 26—57 % で、これらのほぼ中間の値であった。

4. 考察

ミミズの種類や個体数は土地利用形態が影響し、草地

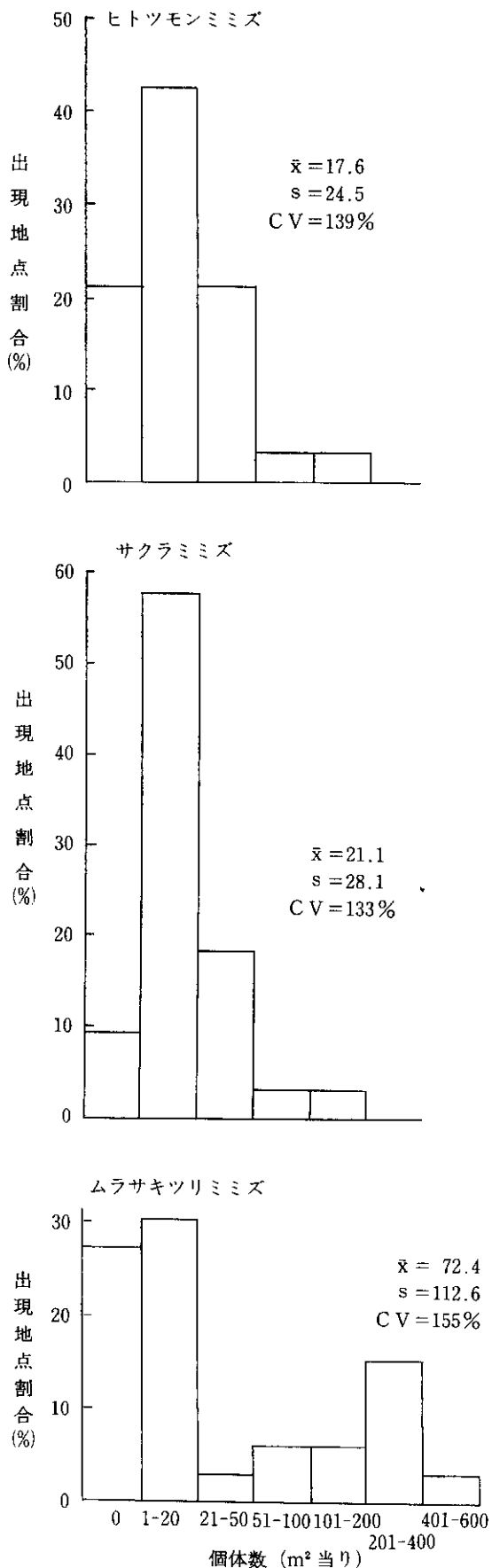


図-1 蹄耕法造成区30地点の個体数の変動

では林地や畑地より多く、季節変動、年変動の大きいことが知られている^{5,11,12,13)}。渡辺⁷⁾らによると、普通畑のロータリ耕における砕土前に比べ砕土後は耕起砕土による機械的な死滅で、ミミズの個体数は1/5程度に減少する。また、可給態窒素や通気性などが影響するとされている⁶⁾。今回の調査でも、ミミズの種類、個体数は未耕地<機械造成区<蹄耕法造成区であった。未耕地と蹄耕法造成区は土壌物理的な条件はそれほど変わらないが、土壌改良資材や肥料の施用が蹄耕法造成区でのミミズの棲息に好影響を与えたものと思われる。機械造成区で種類および個体数の少ない原因は、造成作業による表層の圃場外への持ちだし、耕起砕土鎮圧による土壌の締固めなど物理性の悪化、ミミズ食物となる有機物の減少などがあげられよう。

なお、ミミズとpHの関係は次のようである。クロイロツリミミズでその出現範囲はpH 5.8—8.3の土壌であり、最適のpHは7.0—7.8である。また、ムラサキツリミミズは耐酸性であるが、クロイロツリミミズ、バライロツリミミズは非耐酸性である⁷⁾。北海道開発局の調査^{4,11,12,13)}ではクロイロツリミミズはpH 5.3—7.3の範囲で棲息しており、ムラサキツリミミズもほぼこの範囲である。したがって、pHが5—7程度であれば制限因子にならないと思われ、調査対象とした土壌pHはこの範囲にある。

次に蹄耕法造成区のミミズの種類、個体数を考えてみる。ミミズの棲息数は変動が大きい、平均値で北海道開発局の調査¹¹⁾の採草および放牧草地と比較すると、ヒトツモンミミズは0.8倍、サクラミミズでは1.2倍、ムラサキツリミミズが16%であった。ヒトツモンミミズとサクラミミズは、ほぼ同程度の棲息密度といえる。ムラサキツリミミズは、1985年蹄耕法造成区で3カ年の調査期間中見いだせなかったためである。地点により優占種は異なるが、3年間の調査での出現頻度はサクラミミズ、ヒトツモンミミズ、ムラサキツリミミズの順である。北海道開発局の調査^{4,11,12,13)}でも、同様な結果が得られている。

ミミズの棲息数の季節変化、年変化は大きく、その変動要因は主に気温、地温、降水量、土壌水分である⁵⁾。また、種類により水分環境の影響が異なっている。ヒトツモンミミズは春にふ化して晩秋に死滅する1年生のミミズで、成長期の7—9月の土壌水分に棲息密度が影響される³⁾。サクラミミズは、北海道開発局の季節変動調査¹¹⁾では7—8月の干ばつに係わらず、個体数の変動が少なかった。ムラサキツリミミズは牧草の根際に分布し、サクラミミズと同様水分変化に強い。本調査でも棲息数の年変動が大きいこととともに、種類、棲息数は造成年次による一定の傾向がなく、地点間差異が大きいことが明

らかである。

図-2は、調査した3カ年の月別の降水量を示したものである。1987年には7—9月の降水量が非常に多かった。しかし、1982年、1983年蹄耕法造成区では、他の年よりヒトツモンミミズが多いが、1985年蹄耕法造成区では1988年の方が1987年より若干多くなっている。したがって、年変動が大きいことは明らかであるが、図-2のような年による降水量の相違がミミズの棲息にどのように影響したか、必ずしも明らかでない。また、土壌水分の相違の影響も明らかでない。ミミズは他の土壌動物とともに棲息しており、季節変動、年変動や地点間差異の要因は気象条件に加えて、これらの動物や食物などの土壌的要因や生物的要因も加わっていることによるものと思われる。

機械造成草地での調査⁵⁾によると、ミミズは種類によって生活史が定まっているが、年変動がかなりある。この調査の蹄耕法造成区でも同様であり、ヒトツモンミミズの未成熟個体が1987年に異常に多いことに表われている。

サクラミミズは草地造成の経過に伴い減少することが明らかにされているが³⁾、本調査では1982年、1983年および1985年蹄耕法造成区の各圃場での年変化が異なり、造成経過に伴い明らかな減少傾向は見られない。このように、7—8年目の蹄耕法造成区でもサクラミミズの減少が認められないのは、蹄耕法造成が棲息環境の急激な変化を伴わないことによるものと思われる。ミミズの種類の組合わせや優占種は、草地造成後2—3年で各地点においてほぼ決まって、その後数年間は多少の増減があるものの大幅な変化はみられないように思われる。

ところで、蹄耕法造成草地の生産性は北海道開発局の調査²⁾によると、機械造成草地と変わらない。むしろ、表層に不良下層土が混入しないため、永続性があるという例もある。しかし、現在蹄耕法が適用されているのは主として傾斜地であり、施肥や利用管理が不適正のために、草生が衰退しているところもまた多いとされている。渡

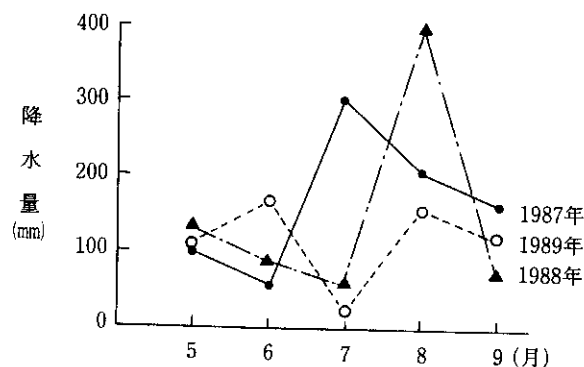


図-2 月別降水量

辺⁶⁾によると、ミミズは1日に生体重の1—3倍の糞粒を排出する。その年間の量は20—60 t/ha、層厚にして2—6 mmになる。糞粒は団粒であり、飼育土と排出土(糞粒)の化学分析の結果 pH、炭素、窒素、Ca および Mg はわずかであるが増加している。また、ミミズの死体は急速に分解され、養分を放出する。一方、ミミズは土壤に穴を掘る作用で気相率が増大し、通気性が改善され、通水性は4—10%も増加するといわれる⁶⁾。このように、蹄耕法造成区でミミズの棲息密度が大きいことは、土壤環境が機械造成区より良好なことを意味し、適切な肥培管理や放牧管理がなされるならば、蹄耕法造成区においても牧草の安定多収が期待できると思われる。

参 考 文 献

- 1) 青木淳一(1973): 土壤動物学, 北隆館, p.382—386.
- 2) 北海道開発局(1978): 草地造成工法(不耕起法)に関する調査報告書, p.64—65.
- 3) 北海道開発局(1965): 昭和39年度地中動物による草地土壤保全調査報告書.
- 4) 小林信也, 吉田恵治, 佐藤拓次郎(1964): 牧草地におけるミミズの分布と生態について, 第7回北海道開発局技術研究発表会論文集, p.1—5.
- 5) 中村好男(1974): 草地のミミズの生態, 土と微生物, 15・16合併号, p.77—90.
- 6) E. W. Russell (1973): Soil conditions and Plant growth (10th ed.) p.196—205, Longman, London.
- 7) 渡辺治郎, 西宗昭, 小川和夫, 石田博(1987): 重粘性土壤における簡易耕の導入, 北海道農試研報, 148, 147—149.
- 8) 渡辺弘之(1971): 森林における大型土壤動物の落葉粉碎と土壤耕転に関する研究—ミミズ類を主として—, p.58—67, (学位論文).
- 9) 渡辺弘之(1983): 土壤動物のはたらき, 海鳴社, p.58—61.
- 10) 山口英二(1962): 北海道産の陸棲みみずについて, 「生物教材の開拓」第2号, p.16—34.
- 11) 吉田恵治, 松野正, 小林信也(1965): 牧草地における土壤動物の分布と生態について(第2報), 第8回北海道開発局技術研究発表会論文集, p.536—540.
- 12) 吉田恵治, 松野正, 小林信也(1966): 牧草地における土壤動物の分布と生態について(第3報), 第9回北海道開発局技術研究発表会論文集, p.640—643.
- 13) 吉田恵治, 松野正, 小林信也(1967): 牧草地における土壤動物の分布と生態について(第4報), 第10回北海道開発局技術研究発表会論文集, p.549—553.

*

*

*