

平成 27 年度

(2016 年 3 月)

卒業論文

題目 「帯広畜産大学精密圃場内の土壌分布」

畜産学部 畜産科学科 環境農学ユニット 環境土壌学研究室

氏名 亀田春香

目次

1. 緒論
2. 調査方法
 - 2-1 試料採取
 - 2-2 実験・調査内容
3. 実験結果と考察
 - 3-1 土壌断面
 - a 精密圃場北東断面
 - b 精密圃場北西断面
 - c 精密圃場南東断面
 - d 精密圃場南西断面
 - e 精密圃場中央断面
 - f 土壌断面の特徴に関するまとめ
 - g 精密圃場全体の表土層
 - 3-2 土壌断面の理化学性
 - a pH
 - b EC
 - c リン酸吸収係数
 - d 可給態リン酸(Bray No.2 準法)
 - e 交換性陽イオン
 - f CEC および塩基飽和度
 - g 有機炭素率および全窒素率
 - h 水分係数
4. 要約

謝辭

引用文献

緒論

帯広畜産大学精密圃場では長年各研究室により試験研究が行われてきた。圃場内の土壌分布と土壌特性は筒木（2014）によるリン吸収係数などの調査により、圃場内の地点毎で大きく異なることが推察された。しかし圃場全体での詳細な土壌調査やそれらの比較は行われておらず、圃場内の土壌分布についてはまだ詳しく研究されていない。そのため本研究では圃場内5ヶ所の土壌断面調査および化学的分析、圃場内12ヶ所の作土層（Ap層）およびB層土壌の化学的分析によって精密圃場内の土壌分布を明らかにすることにした。

2.調査方法

2-1 試料採取

精密圃場の北東（6/26）、北西（10/29）、南東（10/24）、南西（9/2）の4隅および中央付近（2014.10/24）で深さ1m程の試坑を掘り、土壌層位の調査および試料採取を行った。また圃場の北、中央、南の東西のラインから40mおき4か所ずつ計12地点で作土層およびB層から土壌試料を採取し（4/24,4/25,5/19）、図の順に番号を振った。また、圃場外東側の耕作放棄地でも作土層およびB層から試料採取を行った（5/14）。帯広畜産大学施設課作成の圃場図に土壌断面作成地点及び土壌試料採取地点を記入した（図1.6、施設課）。

2-2 調査内容・分析方法

採取した試料は土性（土壌調査ハンドブック）および土色（標準土色帖）を判定した後、50°Cで3・4日乾燥させ、ふるいをかけたものを風乾土としてポリ瓶に保存した。

化学的分析の調査では一般的な項目である、pH（H₂O・KCl・NaF）、EC、可給態リン酸（ブレイ第二準法）、交換性陽イオン（Ca・K・Mg、イオンメーター）の他、リン酸吸収係数（pH7リン酸アンモニウム液法）、CEC（ショーレンベルガー法）、有機態炭素（ボーマン法（重クロムカリ酸化・吸光光度法））、全窒素（硫酸・過酸化水素分解法）を調べ、考察・比較を行った。分析方法は「土壌環境分析法」（土壌環境分析法編集委員会編、1997）に準拠して行った。

3.実験結果と考察

3-1 土壌断面

a. 精密圃場北東（2015年6月26日調査）

表 1.1 精密圃場北東断面の土性・土色

	深さ(cm)	土色	土性	備考
Ap1	0-13	10YR3/4	SiL	
Ap2	13-23	10YR3/4	LC	
Ap3	23-33	2.5YR3/3	L	
2B1	33-44	10YR4/4	CL	
2B2	44-54	10YR4/6	CL	
2B2(黒)		7.5YR3/2	SiL	混在
2B3	54-64	10YR4/4	L	
3B	64-87	10YR4/4	CL	
4A	87-95	7.5YR2/3	SiL	腐植層
4B	95-110		検土壤で確認 小レキ含む	
4C	110-			



図 1.1 精密圃場北東断面写真

北東の断面は約 30 cm まで A 層がある。約 30~80 cm の B 層には黒い腐植質土壌とより色の薄いクレイローム質土壌が斑状に混在していた。その下に厚さ 8 cm の薄い腐植土層が見られた。これらの断面の特徴及び精密圃場における工事記録から、この地点では 87cm より上の A 層 B 層共に盛土されたものであることがわかった。

土壌断面作成地点の緯度と経度は $N42^{\circ} 52.354'$ 、 $E143^{\circ} 10.346'$ である。

表 1-7 北西断面の土壤理化学性

精密圃場北西土壤断面 (2015/10/29)																	
Layer	Depth	Ave. depth	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	pH (NaF)	EC	リン酸吸収係数	可給態リン酸	Ca	K	Mg	CEC	C	N	C/N	塩基飽和度	水分係数
Unit	cm	cm				μ S/cm		mg /100g soil	me/100 g soil	me/100 g soil	me/100 g soil	me/100 g soil	%	%		%	
Ap1	0-15	7.5	6.15	4.89	10.70	81	1395	30.1	7.09	0.79	0.02	22.26	3.98	0.29	13.64	35.5	1.040
Ap2	14-29	21.5	5.91	4.99	10.83	73	1236	27.9	8.06	0.74	0.02	8.09	3.17	0.28	11.44	109.0	1.038
1C	29-35	32	6.09	5.26	10.80	65	1477	1.1	7.59	0.96	0.02	8.27	1.47	0.19	7.83	103.5	1.038
2Bw	33-49	41	6.37	5.53	11.11	68	1907	0.2	8.98	0.67	0.02	9.75				99.1	1.054
3Bw	49-68	58.5	6.50	5.24	10.35	70	1406	0.7	9.00	0.67	0.01	2.02				480.2	1.065
3C	67-87	77	6.41	5.24	10.96	71	1421	2.2	8.30	0.67	0.01	5.53				162.2	1.031
4C	87-115	101	6.46	5.21	10.65	86	1310	4.8	8.23	0.68	0.02	5.14				173.5	1.028

表 1-8 南東断面の土壤理化学性

精密圃場南東土壤断面 (2015/10/24)																	
Layer	Depth	Ave. depth	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	pH (NaF)	EC	リン酸吸収係数	可給態リン酸	Ca	K	Mg	CEC	C	N	C/N	塩基飽和度	水分係数
Unit	cm	cm				μ S/cm		mg /100g soil	me /100g soil	me /100g soil	me /100g soil	me /100g soil	%	%		%	
Ap1	0-18	9	5.80	5.05	9.85	116	1452	19.2	5.74	0.93	0.53	28.73	4.40	0.50	8.75	25.1	1.041
Ap2	18-(33-34)	25.75	5.79	5.00	10.80	119	1463	20.8	5.87	0.87	0.46	14.14	3.91	0.54	7.30	50.9	1.039
2B	33-57	45	6.03	5.20	11.37	56	1634	1.5	5.01	0.77	0.47	21.70	2.75	0.19	14.33	28.8	1.055
3A	57-(58-59)	57.75	6.16	5.20	10.95	71	1384	4.0	5.42	0.73	0.54	14.60	2.28	0.23	10.12	45.9	1.056
3B	(58-59)-63	60.75	6.09	5.34	10.99	70	1837	0.6	5.80	0.77	1.00	17.15				44.2	1.065
3C	63-75	69	6.12	5.09	10.61	47	1534	1.2	5.08	0.82	0.62	15.29				42.6	1.045
4B1	75-88	81.5	6.09	5.11	10.90	56	1480	1.5	4.23	0.82	0.41	12.87				42.4	1.050
4B2	88-100	94	6.04	5.12	10.47	42	1284	4.0	3.05	0.73	0.16	7.89				49.9	1.044
4C	100-120	110	6.00	5.21	9.94	24	585	14.5	2.03	0.54	0.03	9.29				28.1	1.018

表 1-9 南西断面の土壤理化学性

精密圃場南西土壌断面 (2015/9/2)																	
Layer	Depth	Ave. depth	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	pH (NaF)	EC	リン酸 吸収係 数	可給態リ ン酸	Ca	K	Mg	CEC	C	N	C/N	塩基飽 和度	水分係 数
Unit	cm	cm				μ S/cm		mg /100g soil	me/ 100g soil	me/ 100g soil	me/ 100g soil	me/ 100g soil	%	%		%	
Ap1	0-15	7.5	5.77	4.88	9.36	149	1459	28.8	5.90	1.10	0.57	14.69	2.94	0.40	7.44	51.6	1.039
Ap2	15-23	19	5.87	4.91	10.42	199	1438	29.1	6.33	1.45	0.75	16.80	3.06	0.39	7.89	50.8	1.039
Ap3	23-33	28	5.84	4.94	10.15	120	1445	31.1	6.39	1.54	0.62	12.38	2.76	0.60	4.59	69.1	1.041
2B1	33-47	40	5.85	5.16	11	135	1684	5.5	3.70	1.12	0.20	17.24	2.70	0.67	5.62	29.0	1.051
2B2	47-67	57	5.68	5.1	9.79	48	1812	10.1	3.10	0.87	0.06	18.10				22.2	1.049
3BC	67-80	73.5	5.95	5.13	9.79	109	1894	15.2	2.93	0.78	-0.07	13.82				26.3	1.046
3C	80-96	88	5.94	5.12	10.1	96	1819	12.4	2.85	0.73	-0.11	14.60				23.8	1.041
4C	96-110	103	6.03	5.19	10.84	78	1587	12.9	3.21	0.82	0.02	13.43				30.2	1.040

表 1-12 圃場全体の表層土壌（A層およびB層）の理化学性

精密圃場全体の作土層及びB層土壌(2015/6/26)																		
Layer	Depth	Ave .depth	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	pH (NaF)	EC	リン酸吸収係数	可給態リン酸	Ca	K	Mg	CEC	C	N	C/N	塩基飽和度	水分係数	
Unit	cm	cm				μS/cm		mg /100g soil	me/100 g soil	me/100 g soil	me/100 g soil	me/100g soil	%	%		%		
①	A	0-11	5.5	6.42	5.21	11.20	145	1579	10.2	5.55	1.19	0.63	13.0	3.08	0.30	10.09	52.5	1.055
	B	11-31	21	6.06	5.21	10.95	51	1854	2.3	6.91	1.09	0.51	7.5				107.5	1.069
②	A	0-17	8.5	6.71	4.56	10.80	91	1512	31.2	3.70	1.14	0.23	7.4	3.43	0.39	8.78	65.6	1.047
	B	17-		6.63	4.72	10.32	91	1365	3.5	8.58	1.58	0.73	13.8				73.9	1.057
③	A	0-35	17.5	6.69	4.61	10.48	90	1462	23.1	3.85	1.21	0.09	7.0	3.16	0.40	7.98	72.9	1.049
	B	35-		6.65	4.84	11.10	65	2179	1.2	4.17	1.28	0.20	8.6				63.5	1.100
④	1A	0-23	11.5	6.53	4.81	10.98	72	1676	4.6	5.45	0.67	0.26	8.8	3.90	0.42	9.25	70.1	1.059
	2A	23-30	3.5	6.55	4.83	10.88	60	1323	9.1	4.39	0.62	0.18	6.2	3.01	0.27	11.07	80.9	1.041
	B	30-		6.89	5.61	10.90	50	2086	1.1	7.17	0.73	0.41	9.3				85.8	1.090
⑤	A	0-25	12.5	6.32	5.2	10.77	93	1413	31.1	6.88	0.82	0.38	8.9	3.95	0.46	8.55	87.2	1.051
	B	25-		6.49	5.66	10.93	99	1655	1.1	7.11	0.77	0.51	7.8				101.6	1.085
⑥	A	0-35	17.5	6.23	5.11	10.70	104	1293	47.5	6.27	1.42	0.61	7.6	2.57	0.36	7.23	101.3	1.055
	B	35-		6.47	5.45	10.75	99	1282	3.8	4.34	1.45	0.36	7.8				75.0	1.062
⑦	A	0-34	17	5.74	4.41	10.88	97	1539	32.5	7.54	1.79	0.79	11.7	2.58	0.31	8.35	80.5	1.051
	B	34-		5.97	4.52	11.10	72	1683	2.2	6.04	1.93	0.63	12.1				66.5	1.071
⑧	A	0-35	17.5	5.87	4.64	11.01	91	1586	14.2	7.33	0.96	0.64	7.1	2.65	0.22	11.91	118.0	1.048

	BC	35-		6.48	4.66	10.41	51	841	53.1	4.56	0.70	0.23	5.2				101.2	1.022
⑨	A	0-54	27	5.87	4.77	10.88	134	1784	20.5	8.22	1.11	0.80	10.7	2.86	0.51	5.61	87.8	1.055
	B	54-		5.79	4.87	11.01	185	2071	1.0	4.26	0.74	0.47	8.5				59.7	1.080
⑩	A	0-44	22	5.47	4.42	10.21	194	1794	58.5	4.22	1.28	0.84	9.8	3.52	0.33	10.78	57.3	1.054
	B	44		5.51	4.69	10.92	163	2057	2.4	2.96	1.22	0.54	9.0				47.0	1.076
⑪	A	0-48	24	5.95	4.63	10.96	144	1268	58.3	4.18	1.22	0.61	7.0	3.91	0.40	9.78	77.6	1.050
	B	48-		5.72	4.96	10.89	95	1385	2.3	1.89	0.63	0.43	3.5				73.0	1.048
⑫	A	0-22	11	6.2	5.06	10.59	252	1257	42.4	8.29	2.00	0.20	12.9	4.34	0.37	11.72	80.0	1.063
	AB	22-40	9	6.183	5.23	11.36	89	1442	5.0	2.25	1.65	0.51	13.2				29.9	1.068
	C	40-																
圃	A1	0-15	7.5	6.29	5.10	11.20	129	1403	9.8	8.33	4.45	1.19	0.9	2.67	0.29	9.09	78.2	1.056
場	A2	10-15	12.5	5.88	4.77	11.12	104	1236	26.9	8.10	4.85	1.07	0.8	1.69	0.26	6.47	82.9	1.049
外	A3	15-34	28.5	6.15	5.27	11.33	64	1275	12.5	6.56	4.55	0.87	0.3	2.29	0.24	9.60	87.4	1.049
東	B	34-54	44	6.21	5.51	11.11	97	835	0.5	8.11	6.22	0.79	0.7				95.0	1.107

b. 精密圃場北西（2015年10月28日調査）

表 1.2 精密圃場北西断面の土性・土色

	深さ (cm)	平均	土色	土性	硬度
Ap1	0-15	7.5	10YR3/2	L	9
Ap2	14-29	21.5	7.5YR3/2	L	18
1C	29-35	32	10YR4/4	CL	20
2Bw	33-49	41	7.5YR4/4	SL	20
3Bw	49-68	58.5	7.5YR4/4	LiC	18
3C	67-87	77	10YR4/6	LiC	19
4C	87-115	101	10YR4/4	CL	17



図 1.2 精密圃場北西断面写真

北東のような攪乱層や薄い埋没腐植土層はなく、B～C層の土質が粘土よりの傾向があった。A層とB層の層界は平坦で明瞭であったが、A層内にB層上部に濃い褐色の土壌とは異なる明るい色のローム質土壌が含まれていた事から、このA層はいったん剥ぎ取られた後に再び載せられたものであることが推定された。B層以下の層には攪乱は認められず、自然の推積状態のままであった。B層上部の褐色の層位は樽前d火山灰由来と推定された。

土壌断面作成の緯度と経度はN42° 52.36′、E143° 10.30.4′である。

c. 精密圃場南東（2015年10月12日調査）

表 1.3 精密圃場南東断面の土性・土色

	深さ(cm)	土色	土性	備考	硬度
Ap1	0-18	10YR4/2	SL		2
Ap2	18-(33-34)	10YR4/2	L	波状	14
2B	33-57	10YR4/4	CL	腐植土と下層土が斑上に混在	18
3A	57-(58-59)	10YR3/4	SC	薄い腐植層	18
3B	(58-59)-63	10YR5/6	CL		18
3C	63-75	10YR5/6	LiC		18
4B1	75-88	10YR4/6	CL		16
4B2	88-100	10YR5/6	SCL		20
4C	100-120	10YR5/3	S		17



図 1.3 精密圃場南東断面写真

南東断面では深さ約 30~60 cmの B 層に斑状の攪乱層があり、深さ約 60 cmに薄い腐植層が存在していたことから、北東断面と同様の傾向が認められた。A 層と B 層の境界は波状になっていた。北東断面と同様に 57cm よりも上の作土層と B 層は共に盛土されたものと推定された。

土壌断面作成地点の緯度・経度は N42° 52.297´、E143° 10.362´である。

d. 精密圃場南西（2015年9月1日調査）

表 1.4 精密圃場南西断面の土性・土色

	深さ (cm)	土色	土性	硬度	備考
Ap1	0-15	10YR4/4	SiCL	23	
Ap2	15-23	10YR4/3	SiCL	24	
Ap3	23-33	10YR4/3	CL	25	
2B1	33-47	10YR5/8	LiC	23	
2B2	47-67	10YR5/6	SiL	20	
3BC	67-80	10YR5/6	SL	19	
3C	80-96	10YR5/6	LS	19	
4C	96-110	10YR5/6	CL	21	小レキ含



図 1.4 精密圃場南西断面写真

北東や南東のような攪乱層や埋没腐植層は見られなかった。

A層（作土層）とB層の層界は平坦で明瞭であった。精密圃場における地形修正工事の経緯から、この地点の作土層も盛土されたものであることが明瞭である。B層位下の層位には北東断面や南東断面で観察されたような攪乱層や埋没腐植層は認められなかった。しかしB層の色は北西断面と比べると明るい色調であり、土性も埴壤土から砂壤土であった。このことから恵庭ロームよりも深い層位が残され、樽前dや樽前cなどの火山灰土は剥ぎ取られたことが推定された。

土壌断面作成地点の緯度・経度は $N42^{\circ} 52.294'$ 、 $E143^{\circ} 10.287'$ である

e. 精密圃場中央 (2014年10月29日調査)

表 1.5 精密圃場中央付近断面

	層 (cm)	土色	土性
Ap ₁	0 - 15	10YR3/3	L
Ap ₂	15 - 33	10YR3/4	L
2B	33 - 60	10YR4/6	CL
2C	60 - 82	10YR4/4	CL
3A	82 - 85	10YR3/4	SiL
3BC	85 - 107	7.5YR4/4	SiL
4C	107 - 120	10YR5/3	LiC



図 1.5 精密圃場南西断面写真

中央断面では A 層と B_{soil} の層界は平坦明瞭であった。B 層に攪乱層は存在はしなかったが、深さ約 80 cm に 3 cm の埋没腐植層があった。これらのことから、深さ約 80 cm より上にあった以前の A 層 (作土) はいったん剥ぎ取られて (表土処理)、その上に圃場の西の部分で剥ぎ取られた B 層土壌が置かれ (盛土)、更に他の場所に移してあった作度が戻された (表土戻し) と推定された。かつての A 層 (埋没腐植層) 直下の B 層は樽前 d 火山灰由来と考えられる。

土壌断面作成地点の緯度・経度は N42° 52.323´、E143° 10.338´である。

f. 土壌断面の特徴に関するまとめ

精密圃場の東側から中央付近までの B 層下に埋没腐植層が存在していた。南東から北東のラインの約 50~80 cm の深さでは B 層土壌中に所々腐植質土壌が混在していた。

南西の一部の断面では B 層下層に砂土（恵庭ローム）が認められた。

精密圃場では 1969 年に圃場の地形修正工事が行われ、土壌を水平にならした経緯がある(施設課、実験圃場造成工事図面)。まず全体の作土層を除け（表土処理）、南西部分の主として B 層部分を削り取り水平にした後に再び作土層を戻す手法が行われた。南東と北東に見られた攪乱層は、東方の標高が低かったため南西部で削られた B 層土が新たに盛られその時の土に作土層や他地点の腐植質土壌が混じったためと考えられる。南東・北東断面に加え中央断面で見られた埋没腐植土層は盛土が行われる前の作土層の名残と考えられ、多いところで 80cm は新たに土が盛られたことがわかった。

g. 精密圃場全体の表土層

表 1.11 各地点から採取した土壌試料一覧

地点名	層位	深さ (cm)	土色	土性	北側フェンスから	東側フェンスから	
地点①	A	0-11	10YR3/4	L	4.65m	8.2m	
	B	11-31	7.5YR4/4	CL			
地点②	A	0-17	10YR2/3	L	4.65m	48.2m	
	B	17-	10YR4/4	CL			
地点③	A	0-35	10YR2/3	L	4.65m	88.2m	
	B	35-	7.5YR4/4	SiL			
地点④	1A	0-23	10YR3/4	SiL	4.65m	128.2m	
	2A	23-30	10YR2/3	SL			
	B	30-	10YR4/6	L			
地点⑤	A	0-25	10YR2/3	SiL	72.0m	8.2m	
	B	25-	10YR4/4	LiC			
地点⑥	A	0-35	10YR3/3	SCL	72.0m	48.2m	
	B	35-	10YR4/4	SL			
地点⑦	A	0-34	10YR3/3	SiL	72.0m	88.2m	
	B	34-	10YR5/6	LC			
地点⑧	A	0-35	10YR3/4	L	72.0m	128.2m	
	BC	35-	10YR4/4	S			
地点⑨	A	0-54	10YR3/3	L	圃場南フェンスから	5.4m	8.2m
	B	54-	10YR4/4	SiL			
地点⑩	A	0-44	10YR3/3	L		5.4m	48.2m
	B	44-	10YR4/4	SiCL			
地点⑪	A	0-48	10YR3/3	L		5.4m	88.2m
	B	48-	10YR5/6	S			
地点⑫	A	0-22	10YR2/3	CL		5.4m	128.2m
	AB	22-40	10YR5/4	SiCL			
	C	40-		れき層			

作土層とその下の層のみの調査となっているのでローム層が大半を占めたが、地点⑧や地点⑪の B 層に砂土層があった。

3-2. 土壌の理化学性

a. pH

pH(H₂O)は北東及び北西で高く、南西および南東で低かった。中央断面ではこれらの中間的な値であった(図 2.1)。

pH(H₂O)は土壌溶液中の遊離の水素イオン濃度を反映しており、活酸性とも呼ばれる。土壌中の無機物(特に粘土鉱物)と有機物(腐植物質)の含量および組成、塩基(交換性陽イオン)の溶脱の程度、肥料の残存の程度、肥料の残存の程度、施肥窒素に由来する無機態窒素の形態、季節的な降水の程度、土壌微生物の活動など様々な要因を反映して変化する。

本研究で得た試料の pH(H₂O)は中央断面を除いて A 層で低く B 層で高くなる傾向を示し、A 層内では最表層よりも Ap₂ 層か Ap₃ 層で低くなる傾向を示した。A 層の pH(H₂O)が低かったのは腐植物質の含量が高く、降水によって塩基が溶脱し水素イオンやアルミニウムイオンによる飽和度が高いためと考えられる。

B 層の pH(H₂O)は北東断面>北西断面>中央断面≒南東断面>南西断面の順に低くなった。

B 層の pH(H₂O)が A 層よりも高かったのは、B 層に火山灰由来のアロフェンが多く含まれ、アロフェンは弱酸としての性質が強いので pH はそれほど低くないことと、さらに下層の恵庭ローム層においては大陸からの風成塵の塩基状態によっても pH の低下が抑えられているためと考えられる。精密圃場の北側から南側にかけて pH の低下が認められた理由について、現段階ではあまり明らかではないが、土壌母材の組成などに微妙な相違があったことが考えられる。

pH(KCl)は中央以外のどの断面でも A 層が 5.0 以下と低く B 層以降深で上昇する傾向を示した。中央断面では逆に A 層の pH(KCl)が他地点 B 層と同程度で B 層が低下していた(図 2.2)。

pH(KCl)は高濃度の KCl 溶液によって土壌コロイド表面にイオンの保持された H⁺ イオンおよび Al³⁺ イオンが溶液中に溶け出す事による pH であり、潜酸性とも呼ばれる。pH(H₂O)よりも 1.0 以上低くなる。

本研究では A 層で低く B 層で高い傾向は pH(H₂O)とほぼ同様であったが、B 層の pH(KCl)の土壌断面間での差は pH(H₂O)よりも小さくなっていた。中央断面の 70 cm 付近の層位で特に低くなっていたが、この層位の土壌に埋没腐植層が比較的多く含まれていたためと考えられる。

pH(NaF)は北～中央の断面ではどの深さでも 10.5～11.5 の範囲で 11 に近い値

となった。南方土壌断面の A 層では南西・南東ともに 10 となり、特に南西では 40 cm 付近の 2B₁ 層を除き 10.5 以下となった(図 2.3)。

火山灰土中のアロフェンやイモゴライトなどの非晶質・準晶質鉱物の表面には多量のアルミニウムが構造的に存在しており、これに OH 基が結合している。F イオンはこの OH 基と配位子交換し、OH イオンを溶液中に放出する。このため火山灰土では高いアルカリ性を示す。しかし火山灰土以外の非アロフェン質土壌においても、腐植層に含まれるアルミニウムおよび鉄の水酸化物と 2:1 型および 2:1:1 型粘土鉱物の層間に含まれるアルミニウムイオンも NaF と反応して高い pH を示す。本研究の土壌断面の場合は母材が主に新期の火山灰なので高い pH(NaF)値 (>9.2) は土壌中にアロフェンが含まれることを示している。

北東及び北西の断面では pH(NaF)が断面内で一貫して高い傾向にあり、中央断面でも北側の断面よりやや低かったがほぼ一貫して高い傾向を示した。これは各層位で火山灰としての性質が強い事を示している。南東及び南西の断面では pH(NaF)は表層の A 層で相対的に低く、40 cm 付近の B 層で最大値に達していた。アロフェンの生成には 1000 年以上必要とし、また腐植の存在もアロフェンの生成を抑制する事から、これらの南側の断面では何らかの理由によって表層におけるアロフェン含量が低くなったため pH(NaF)が低くなったものと考えられる。

圃場全体の作土層及び B 層土壌の pH の傾向を見ると、断面と同じように pH(H₂O)は北で高く南で低い傾向があり、北西の端の④地点の B 層では最も高い 6.89 という値を示した。ただし南西の端の⑫地点では作土層、B 層共に 6.0 以上と他の同じ南側のラインの他サンプルと比べ高い値となった。pH(KCl)は北側及び中央部東端の①と⑤および南西端の⑫地点で 5.0 よりも高い値を示した。⑫地点は堆肥置き場として使用されることから特殊な状況にあると考えられる。pH(NaF)はすべての地点の A 層および B 層で 10.3~11.4 と非常に高い値を示し、火山灰由来のアロフェンに富んだ土壌であることを示した(表 2)。

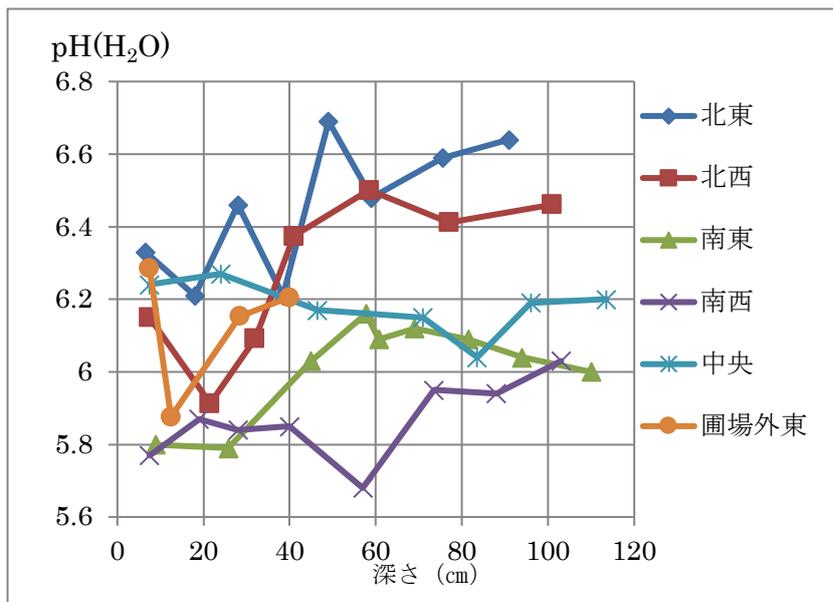


図 2.1 各土壌断面における pH(H₂O)の変化

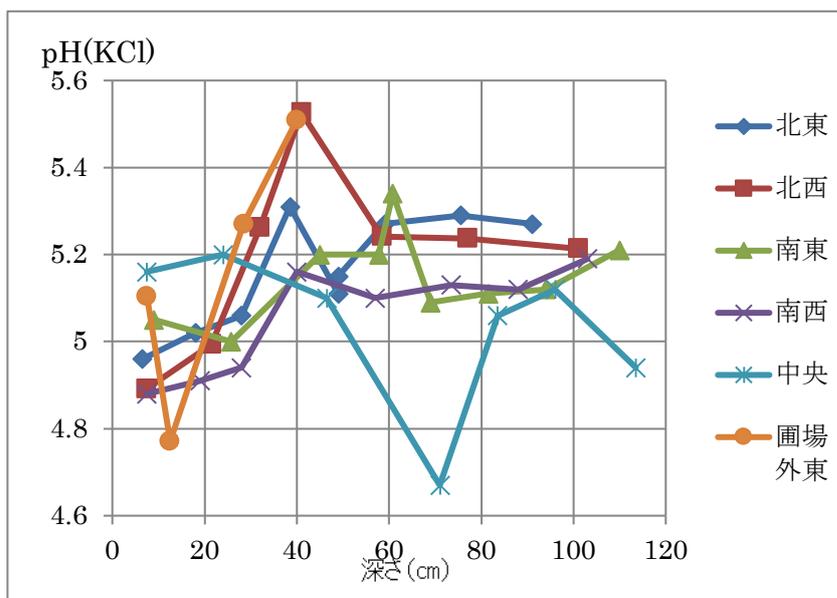


図 2.2 各土壌断面における pH(KCl)の変化

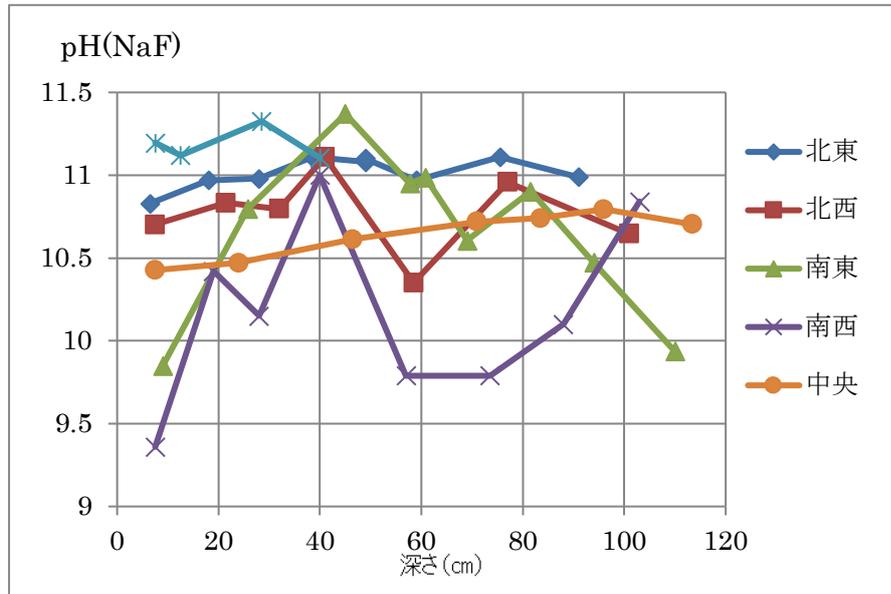


図 2.3 各土壌断面における pH(NaF) の変化

表 2 圃場全体における pH(H₂O, KCl, NaF) の分布

地点名	①		②		③		④		⑤		⑥	
層位	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
H ₂ O	6.42	6.06	6.71	6.63	6.69	6.65	6.54	6.89	6.32	6.49	6.23	6.47
KCl	5.21	5.21	4.56	4.72	4.61	4.84	4.82	5.61	5.20	5.66	5.11	5.45
NaF	11.2	11.0	10.8	10.3	10.5	11.1	10.9	10.9	10.8	10.9	10.7	10.8

地点名	⑦		⑧		⑨		⑩		⑪		⑫	
層位	A	B	AB	BC	A	B	A	B	A	B	A	AB
H ₂ O	5.74	5.97	5.87	6.48	5.87	5.79	5.47	5.51	5.95	5.72	6.20	6.18
KCl	4.41	4.52	4.64	4.66	4.77	4.87	4.42	4.69	4.63	4.96	5.06	5.23
NaF	10.8	11.1	11.0	10.4	10.9	11.0	10.2	10.9	11.0	10.9	10.6	11.4

b. 電気伝導度(EC)

南西断面 A 層と中央断面 4C 層は EC が他よりも高く、それ以外は $100 \mu \text{ S/cm}$ 前後と全体的に低い値であった。特に北西断面はどの層位も $60 \sim 80 \mu \text{ S/cm}$ と低い値を示した。南西断面では最高値だった A₂ 層と最低値の 2B₂ 層で $150 \mu \text{ S/cm}$ の差があった。南西断面では A₃ 層の土壤硬度が 25 と非常に高かったことから塩類の下方への溶脱が進めなかったものと考えられる(図 3)。

圃場全体を見ると南側の⑨~⑫地点では北に比べ高い傾向があり、⑫で特に高かった。ただし北東の①地点の A 層でも極所的に高く、北西の端の④地点では 12 カ所の中で最も低かった。また断面地点の結果と同様に全体的に $200 \mu \text{ S/cm}$ 以下の低い値であった(表 3)。

精密圃場で測定された土壤の EC 値は畑土壤としてはそれほど高くはなかった。EC 値はその圃場に施肥された肥料の残量を反映したものと考えられる。中央および南東の断面は 10 月に調査したのでその年に施肥された肥料の残量を反映している。北東断面は 2015 年 6 月に土壤断面を作成し土壤試料を採取したが、当該年も前年も作物が栽培されておらず EC が高くなる要因は特にない。北東断面に近い①地点の EC が高かったのは何らかの偶発的要因によると考えられる。

南西断面は 2015 年 9 月に試料採取を行ったが、この地点は 2015 年からトラクターの走行試験地として使用されており、特に施肥は行われていない。しかし毎年圃場に散布する堆肥を一時的に置く場所に近いため EC 値が高くなったものと考えられる。

採取した地点が耕作に使用されている・いないの如何に関わらず、EC 値は全体的に低い値を示した。積極的に施肥が行われていた中央断面や毎年 3 年生の学生実習(植物生産学実習 I)が行われている付近の⑩地点と⑪地点では比較的高い値であったが、腐植質黒ボク土の果菜と葉・根菜基準値(植えつけ時、全国農業協同組合)の両方の範囲である $200 \sim 800 \mu \text{ S/cm}$ には及ばなかった。一時的に堆肥が置かれ、使用後のポットの土が廃棄される⑫地点やその付近の南西断面の地点で $200 \mu \text{ S/cm}$ を超す結果となった。逆に北西方面では全体表土層試料・断面試料共に低い傾向が見られた。

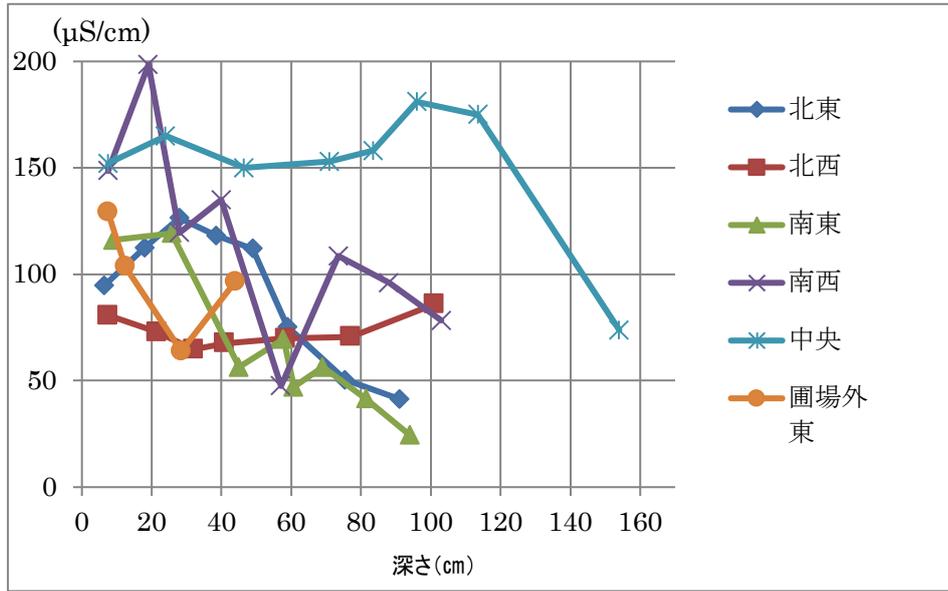


図3 各土壌断面における EC の変化

表3 圃場全体における EC の分布

地点名	①		②		③		④			⑤		⑥	
層名	A	B	A	B	A	B	1A	2A	B	A	B	A	B
EC (μ S/cm)	144.6	51.3	91.4	91.2	90	64.6	72.3	59.5	50.4	93	99	104	98.5

地点名	⑦		⑧		⑨		⑩		⑪		⑫	
層名	A	B	AB	BC	A	B	A	B	A	B	A	AB
EC (μ S/cm)	97.1	71.8	90.7	50.5	134.4	184.6	193.6	163	144	94.5	252	89.1

c. リン酸吸収係数

土壌断面を構成する各層位の土壌のリン酸吸収係数ではA層は1500に近い値でB層以深がそれよりも高い値となった。多くの土壌層位は淡色黒ボク土の標準的値である1500~2000から外れることは無かった。しかし砂質の沖積土壌層であった南東断面4C層では非常に低い値を示した。北西断面のA層は1400と少し低く、中央断面では他の地点よりも全体的に低く特にA層が約1100と極めて低かった(図4)。

圃場内各地点で採取した表層土壌の土壌リン酸吸収係数は断面の結果と同様の傾向を示した。A層では約1500、B層ではそれよりも高い値となった。⑪、⑥、⑦、②の中央寄りの地点ではA層とB層の差が少ないかB層よりもA層で高い値を示した。南西の⑫地点でも低い値であった(表4)。

圃場の多くの地点は黒ボク土の標準的値(A層1500~B層2000)を示したが、圃場南西の作土層や中央断面とその付近の作土層では低い値を示した。この傾向は局所的で広がりは見られなかった。

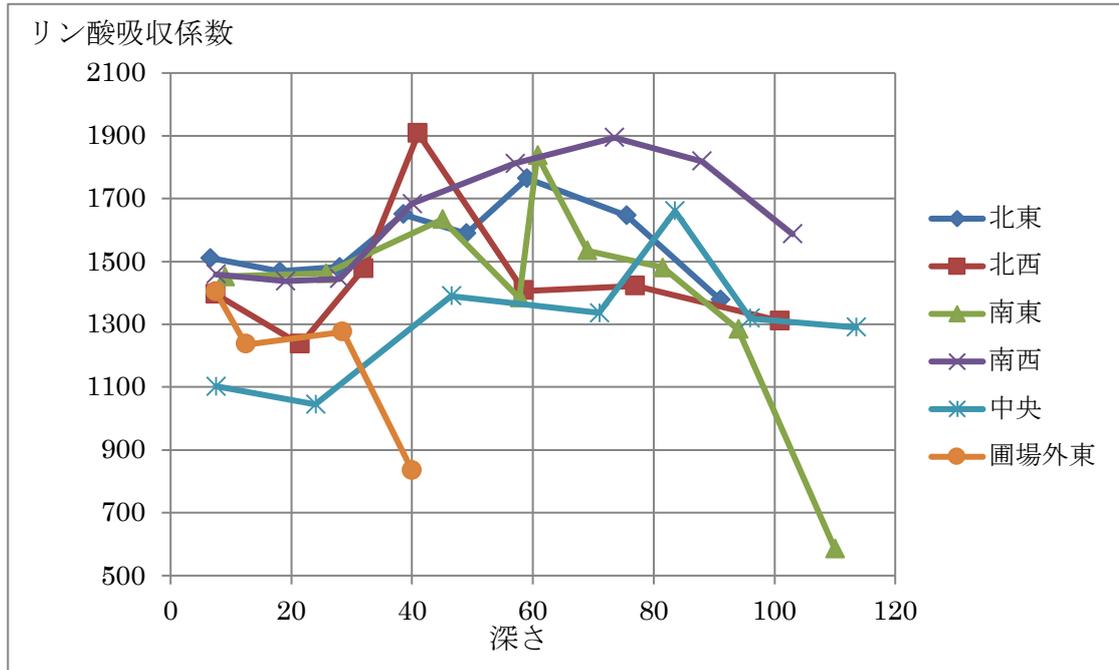


図4 各土壌断面におけるリン酸吸収係数の変化

表4 圃場全体におけるリン酸吸収係数の分布

地点名	①		②		③		④			⑤		⑥	
層位	A	B	A	B	A	B	1A	2A	B	B	A	A	B
係数	1579	1854	1512	1365	1462	2179	1676	1323	2086	1413	1655	1293	1282

地点名	⑦		⑧		⑨		⑩		⑪		⑫	
層位	A	B	AB	BC	A	B	A	B	A	B	A	AB
係数	1539	1683	1586	841	1784	2071	1794	2057	1268	1385	1257	1442

d. 可給態リン酸(BrayNo.2 準法)

BrayNo.2 準法による可給態リン酸は、南東断面の A 層で約 20 mg/100g 乾土、中央断面の A 層でも約 45 mg/100g 乾土で、長期間施肥が行われていない圃場外東では最も低い 10 mg/100g 乾土であった。B 層上部ではすべての断面においてアロフェンによるリン酸の固定が強いので可給態リン酸は非常に低かった。下方の層位では沖積層の影響を受けてリン酸の固定力が弱くなるため、可給態リン酸が高くなった(図 5)。

圃場内各地点の可給態リン酸は北東の①地点で低い値が得られた他、北西端の④地点では 10 mg/100g 乾土を下回る結果となった。断面毎の結果で最も高かった中央断面に近い⑥地点は中央断面 A 層と同程度の高い値を示した。また、3 年生の実習で毎年使用される⑩・⑪地点では約 60 mg/100g 乾土と相対的に高い値を示していた。南西の⑫地点でも比較的高い値を示し、これは堆肥の影響と考えられた(表 5)。

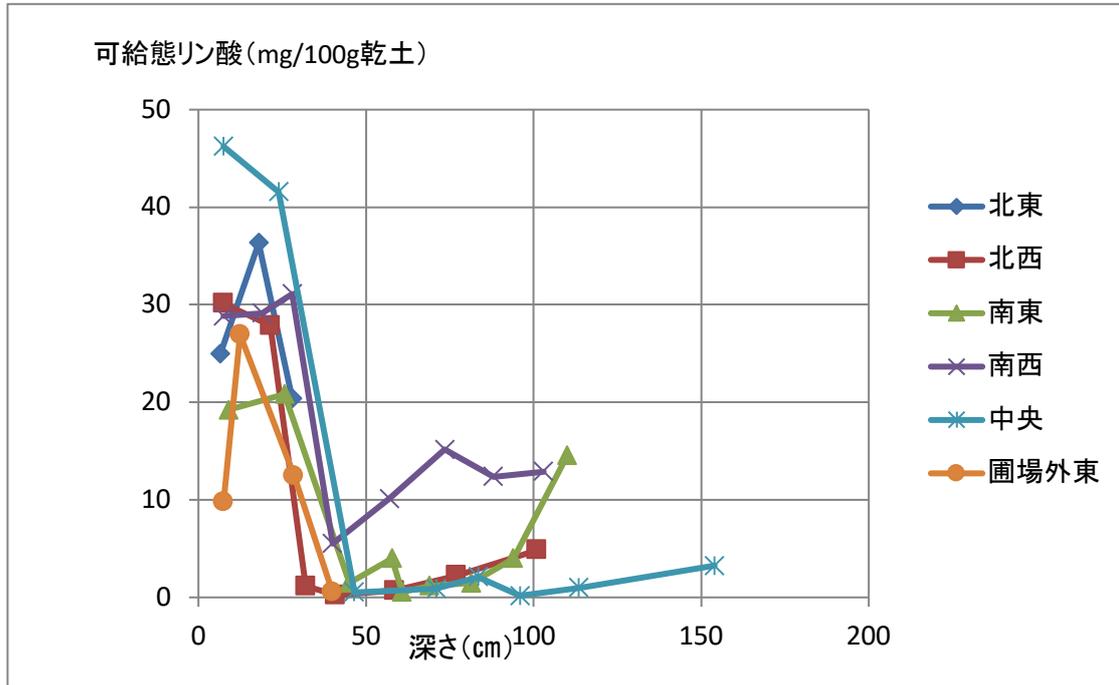


図 5 各土壌断面における可給態リン酸(BrayNo.2 準法)の変化

表 5 圃場全体における可給態リン酸(BrayNo.2 準法)の分布

地点名	①		②		③		④			⑤		⑥	
層名	A	B	A	B	A	B	1A	2A	B	Ap	B	Ap	B
mg/100g 乾土	10.20	2.31	31.23	3.54	23.08	1.17	4.59	9.15	1.09	31.12	1.07	47.52	3.75

地点名	⑦		⑧		⑨		⑩		⑪		⑫	
層名	A	B	AB	BC	A	B	A	B	A	B	A	AB
mg/100g 乾土	32.47	2.20	14.19	53.15	20.49	0.96	58.53	2.42	58.28	2.33	42.39	5.01

e. 交換性陽イオン

交換性カルシウムは北東で最も高く中央断面の A 層も比較的高い値を示した。北西断面では A 層よりも B 層以深の層位の方が高い値となり、また北東断面の A₁ 層から A₃ 層にかけても下層の方が高く、溶脱が起きている事がわかった。南東および南西断面の A 層はほぼ同じ値であり、圃場の北側で高く南側で低い傾向を示した(図 6.1)。

交換性カリウムは中央断面の上部層位で最も高く、南西断面がこれに続き、他は同程度の値であった。他よりも高い値であった中央断面と南西断面では 50 cm 以深では他の断面と同程度に減少していた(図 6.2)。

交換性マグネシウムは全体を通して中央断面の一部を除き土壤診断基準値よりも低かった。北西断面は全ての層位を通していても低い値となり、A 層と B 層に差が見られなかった。南東断面では A 層と B 層で差は見られなかったが 3B 層のみ突出して高かった。中央、北東、南西の断面では A 層の方が B 層よりも高かった(図 6.3)。

圃場全体での分布をみると交換性カルシウムは中央ラインがやや高く、南西の⑫地点 A 層が最も高い値となった。南のラインは⑨地点を除き B 層は 2.0~3.9 の間と低い値となった。①、②、③、④、⑤、⑦、⑨地点で A 層よりも B 層の方が高い値を示した。地点別に見ると北側のラインではすべての地点で A 層よりも B 層の交換性カルシウムが高かった。中央のラインでは⑤地点で B 層の方が高い値を示した。

交換性カリウムは中央断面に近い⑥、⑦地点で高く、南西の⑫地点でも高い値となった。②、⑦地点で B 層の方が高く、①、③、④、⑤、⑥、⑩地点で+0.5 の同程度の値であった。

交換性マグネシウムは圃場内の分布に顕著な傾向が認められなかった。南のラインでは東側の⑨、⑩地点、中央ラインでは西側の⑦、⑧地点、北のラインでは東側の①地点が高い傾向にあった。②、③、④、⑤、⑫地点では B 層で増加していた。(表 6)

交換性カルシウムは北東断面を除き土壤診断基準値 (12.2~18.3me/100g) よりも低く、交換性カリウムは基準値 (0.32~0.64me/100g) よりも多く、交換性マグネシウムは中央断面を除き基準値 (1.24~2.23me/100g) よりも低かった。

北西断面および③、④地点で 3 種類の交換性陽イオン共に特に低い傾向が認められた。南西端の⑫地点では交換性カルシウム・カリウムは高かったが交換性マグネシウムは他の地点と比べ低かった。

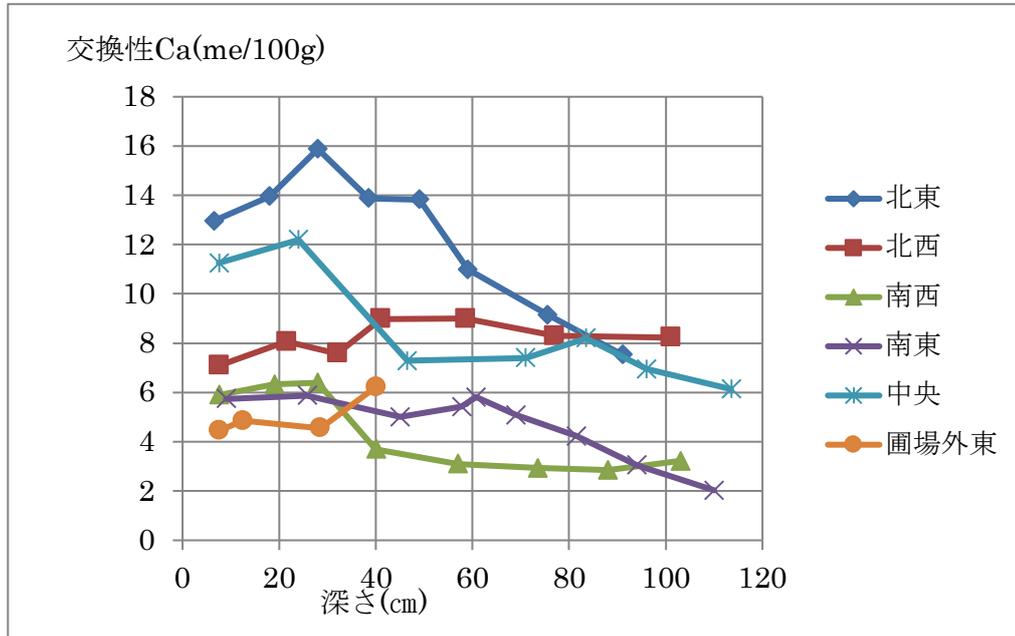


図 6.1 各土壌断面における交換性カルシウムの変化

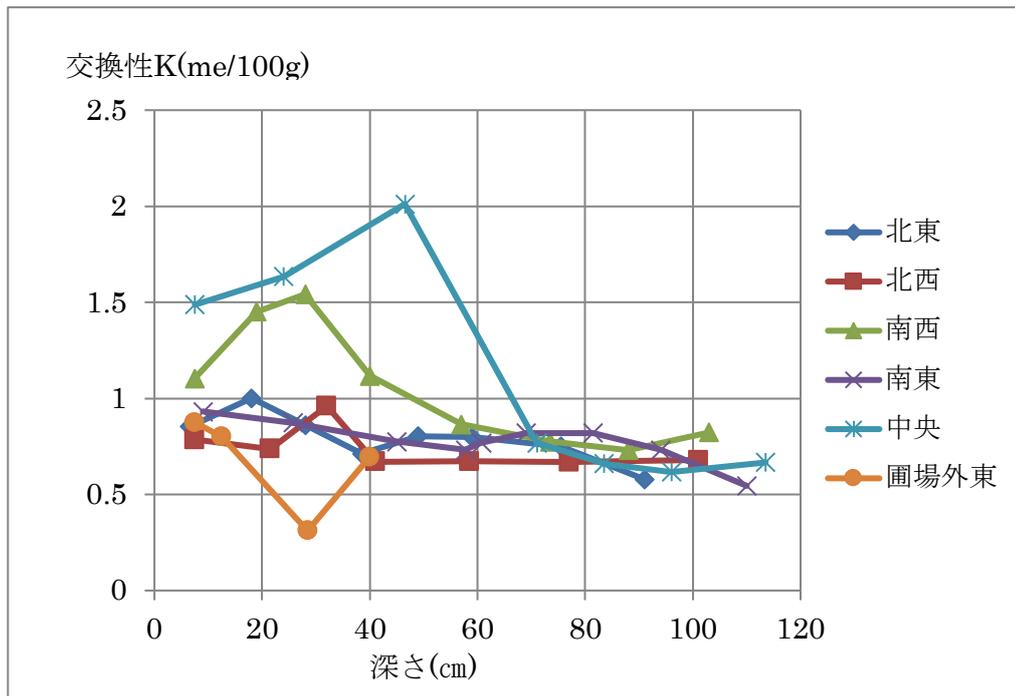


図 6.2 各土壌断面における交換性カリウムの変化

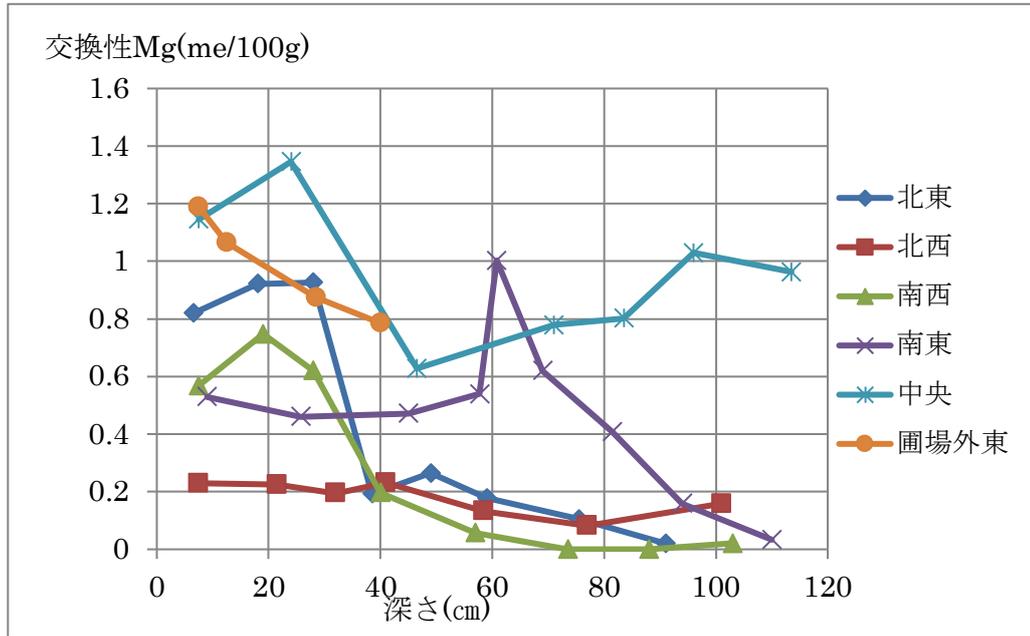


図 6.3 各土壌断面における交換性マグネシウムの変化

表 6 圃場全体における交換性陽イオンの分布

地点名	①		②		③		④			⑤		⑥	
層名	A	B	A	B	A	B	1A	2A	B	A	B	A	B
Ca ²⁺	5.55	6.91	3.70	8.58	3.85	4.17	5.45	4.39	7.17	6.88	7.11	6.27	4.34
K ⁺	1.19	1.09	1.14	1.58	1.21	1.28	0.67	0.62	0.73	0.82	0.77	1.42	1.45
Mg ⁺	0.63	0.51	0.23	0.73	0.09	0.20	0.26	0.18	0.41	0.38	0.51	0.61	0.36

地点名	⑦		⑧		⑨		⑩		⑪		⑫	
層名	A	B	AB	BC	A	B	A	B	A		A	AB
Ca ²⁺	7.54	6.04	7.33	4.56	8.22	4.26	4.22	2.96	4.18	1.89	8.29	2.25
K ⁺	1.79	1.93	0.96	0.70	1.11	0.74	1.28	1.22	1.22	0.63	2.00	1.65
Mg ⁺	0.79	0.63	0.64	0.23	0.80	0.47	0.84	0.54	0.61	0.43	0.20	0.51

f. CEC および塩基飽和度

f-1. CEC

北西と南東の断面でA₁層のCECが特に高かったが、その他の地点ではA層とそれ以降の層に特筆すべき差は見られず、ほぼ横ばいであった。CECは南側から中央にかけての土壌断面で高く、北東及び北西の断面で低い傾向が認められ、圃場の北側と南側で母材が異なる可能性も示唆された(図7.1)。

圃場内の各地点ではどの地点も低い傾向が見られたが、①、⑦、⑨、⑩、⑫地点は比較的高く、②、③、④、⑥、⑦、⑫地点ではA層よりもB層で高い傾向にあった(表7.1)。

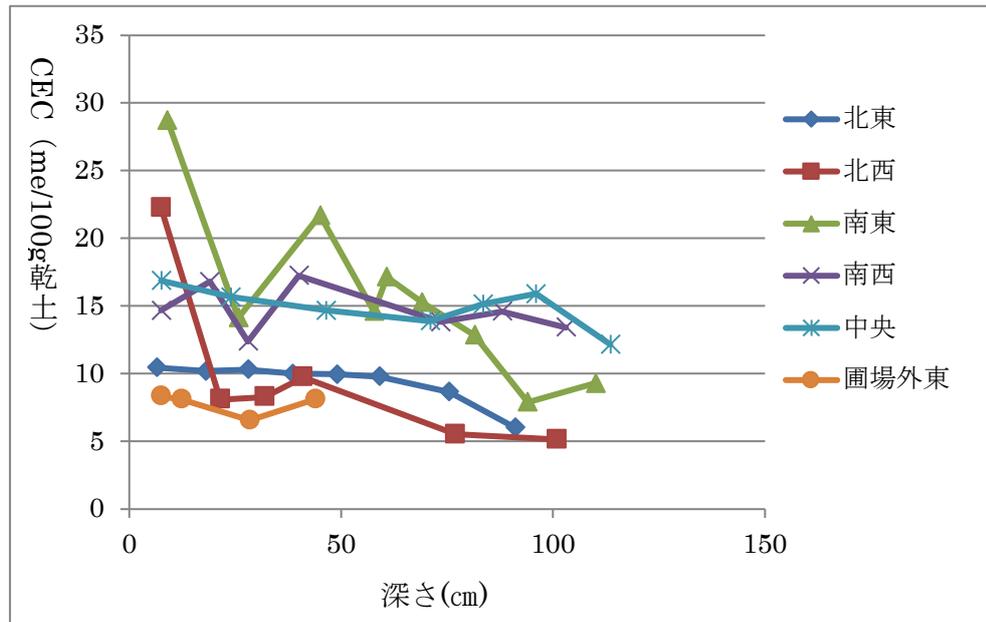


図 7.1 各土壌断面における CEC の変化

表 7.1 圃場全体における CEC の分布

地点名	①		②		③		④			⑤		⑥	
層名	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4.1A	4.2A	4B	5Ap	5B	6Ap	6B
CECme /100g	12.95	7.49	7.42	13.84	6.95	8.62	8.78	6.22	9.26	8.87	7.80	7.65	7.77

地点名	⑦		⑧		⑨		⑩		⑪		⑫	
層名	7Ap	7B	8AB	8BC	9Ap	9B	10Ap	10B	11Ap	11B	12Ap	12AB
CECme /100g	11.68	12.09	7.08	5.22	10.73	8.45	9.75	9.00	7.02	3.51	12.90	13.23

f-2. 塩基飽和度

断面ごとの測定結果は北東・北西の断面で 100% を超す高すぎる結果となり、南東・南西の断面ではほとんどが 50% を割る低すぎる結果となった。北西の 3B 層では 480% と明らかに異常な値を示した(図 7.2)。

全体の表土層の測定結果は断面に比べると正常な値が得られたが 100% を超えた層もあった(表 7.2)。

全体を通した値が CEC として適正な値とならず、前節でまとめた交換性陽イオンの合計値よりも低く・高くなりすぎる地点も多かった。これは実験の行程で不備があったためと考えられ、今後の課題として再度の実験が必要である。また、交換性陽イオンの結果で溶脱が見られた地点は CEC でも同様の傾向が得られる箇所もあった。

塩基飽和度として計算すると正常な値を得られた試料が少なく、各実験項目の再測定が望まれる。

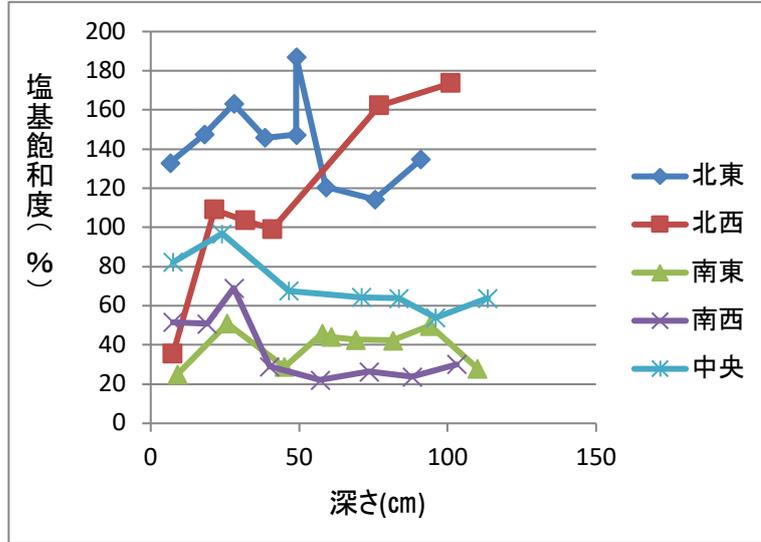


図 7.2 各土壌断面における塩基飽和度の変化

表 7.2 圃場全体における塩基飽和度の分布

地点名	①		②		③		④			⑤		⑥	
層名	A	B	A	B	A	B	1A	2A	B	A	B	Ap	B
塩基飽和度(%)	52.53	107.49	65.55	73.91	72.94	63.53	70.08	80.85	85.77	87.23	101.61	101.33	74.99

地点名	⑦		⑧		⑨		⑩		⑪		⑫	
層名	Ap	B	AB	BC	A	B	A	B	A	B	A	AB
塩基飽和度(%)	80.49	66.47	117.96	101.19	87.78	59.72	57.27	47.03	77.65	72.95	79.98	29.89

g. 有機炭素および全窒素含有率

炭素含量は南東断面の全ての層位で他の土壌断面より高い値を示した。10 cm程の深さでは北東、南西、中央断面が同程度で、北西断面がどの層でも最低だった。北東断面ではA₁層の炭素含量のみが約3.6%と高く、それより深い層位では北西の同じ層位の値とほぼ同程度であった。南西および中央断面は同程度の炭素含量を示した(図 8.1)。

窒素含量は南東断面が他地点と比べ高い値を示した。南西断面ではA₃層の窒素含量が突出して高かったがA₁層は北東と同程度で、北東はA₁層以降の層は大きく下がり、北西の同じ層位の値と同程度であった。北西は4つの地点の中で最低の値を示した。なお、中央付近断面の試料の測定は行っていない(図 8.2)。

C/N比としてまとめると南西が特に低かった(図 8.3)。

圃場全体での分布をみると炭素含量は南側ラインの、特に中央から西の⑩、⑪、⑫地点で高かった。中央ラインでの東端の⑤地点を除き低く、北のラインでは北西の④地点のA層の炭素含量が高かった(表 8)。

窒素含量は④、⑤、⑨、⑪地点で他と比較して高く、①、⑦、⑧地点は比較的低かった。

C/N比は西側の④、⑧、⑫地点で比較的高く、⑥、⑨地点では特に低い値を示した(表 8)。

炭素含量と窒素含量の間にはある程度の相関性が得られたが(図 8.4)C/N比として見るとかなりの変動が認められた。これは炭素含量あるいは窒素含量の定量値の不確かさに由来すると思われ、今後の再測定が望まれる。

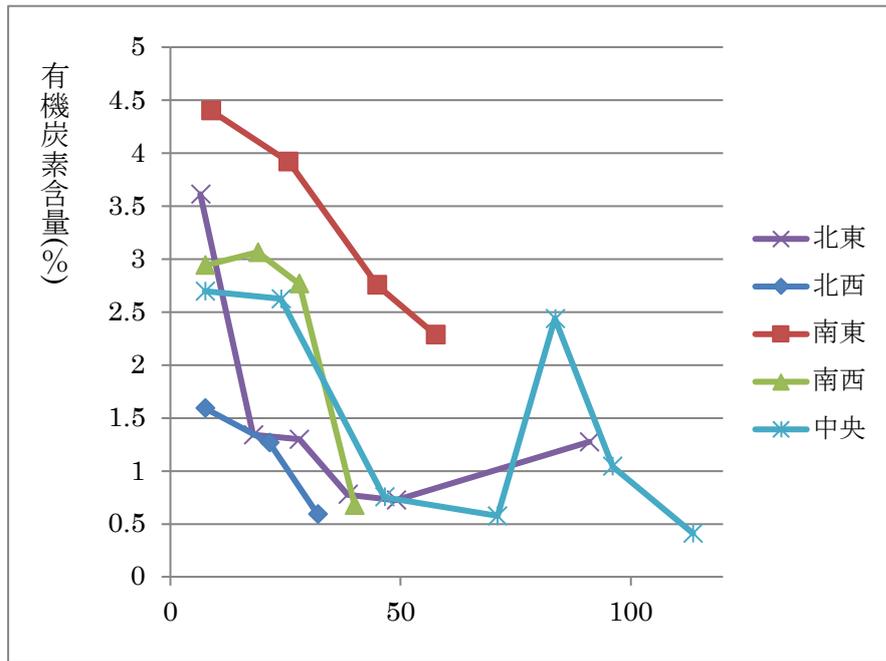


図 8.1 各土壌断面における有機炭素含量の変化

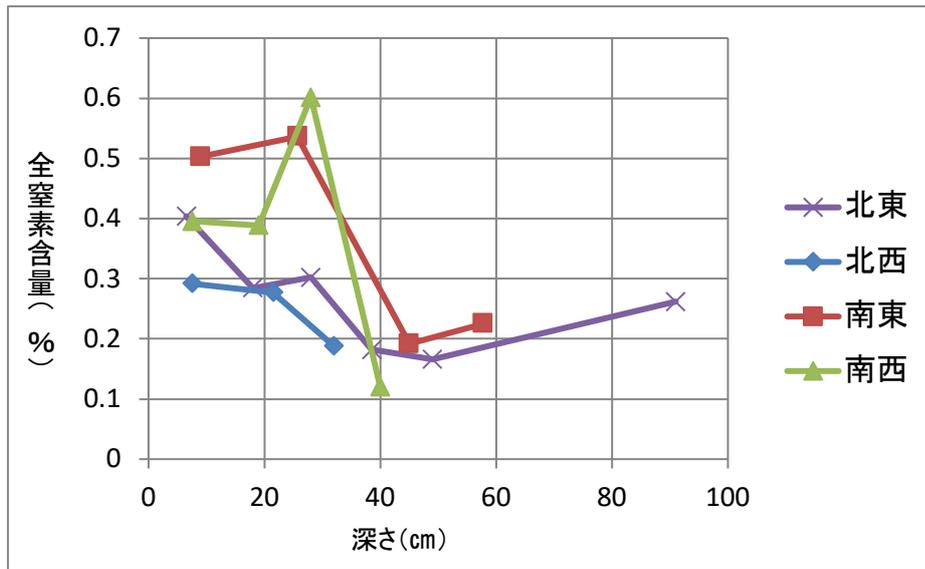


図 8.2 各土壌断面における全窒素含量の変化

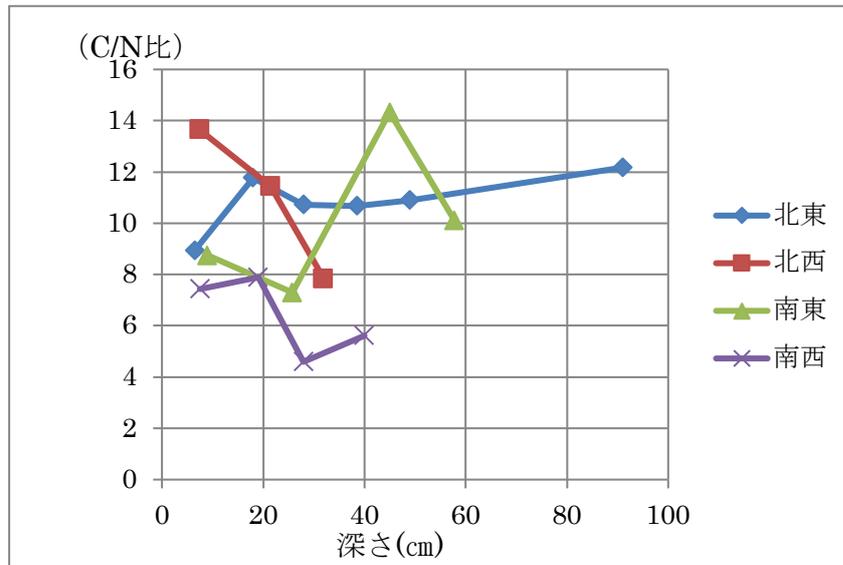


図 8.3 各土壌断面における C/N 比の変化

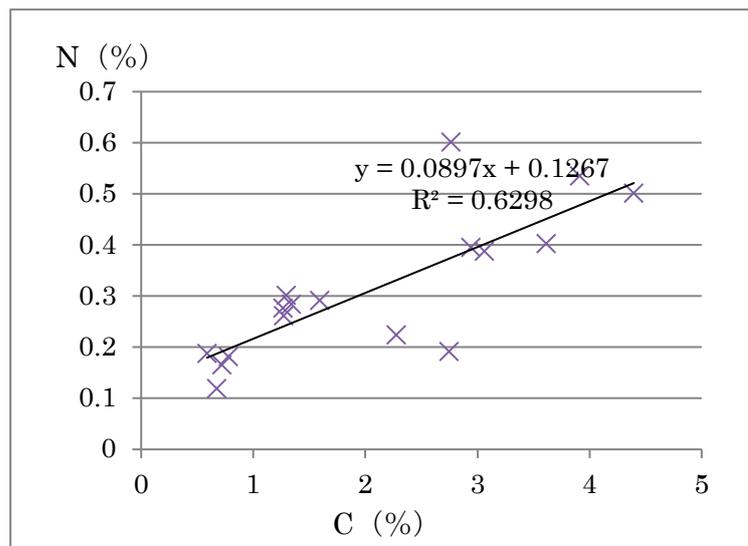


図 8.4 C と N の相関

表 8 圃場全体における有機態炭素および全窒素含量の分布

地点名	①	②	③	④		⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
層名	A	A	A	1A	2A	A	A	A	AB	A	A	A	A
C(%)	3.08	3.43	3.16	3.90	3.01	3.95	2.57	2.58	2.65	2.86	3.52	3.91	4.34
N(%)	0.30	0.39	0.40	0.42	0.27	0.46	0.36	0.31	0.22	0.51	0.33	0.40	0.37
C/N	10.09	8.78	7.98	9.25	11.07	8.55	7.23	8.35	11.91	5.61	10.78	9.78	11.72

h. 水分係数

各測定値を風乾土当たりの値から乾土当たりの値に変換するため、水分係数を測定した。なお、本論文図表に示した値は風乾土当たりの値である。

4. 要約

帯広畜産大学精密圃場では長年各研究室により試験研究が行われている。しかし作物の生育具合や過去の土壌調査の経験から圃場内の位置によって土壌分布が異なることが推察されたため、圃場内の4隅と中央で土壌断面調査を行い、また圃場の北側、中央、南側における東西のライン状で約40 cmおきに作土層(A層)およびB層の土壌を採取し、理化学性の分析や土性および土色の判定を行った。

精密圃場では昭和44年(1966年)に地形修正工事が行われた。それによるとまず圃場全体の作土層の土壌が厚さ20 cmに渡って削り取られて別の場所に移され、その後圃場の西側半分の主に南側から週奥部にかけての標高の高かった部分の下層土(B層)が削り取られて、圃場東側の標高が低かった部分に埋め戻された。そして圃場全体の標高を平均化した後に、取り分けておいた作土層の土壌を表層に20 cmの厚さで戻した。

そのため圃場東側ではB層の部分の土壌に攪乱された様子が観察され、また昭和44年以前のA層土壌の内削り取られずに残った部分が埋没腐植土層として残存していた。

pHはpH(H₂O)、pH(KCl)、pH(NaF)を測定した。pH(H₂O)およびpH(KCl)は特に作土層で酸性化が著しいことを示し、pH(NaF)は圃場全体にわたってアロフェン質火山灰土が主体であるが、南西部に火山灰土の性質が弱い区域が存在した。

ECは全体的に低く、圃場の利用方法や作物の違いによって差が現れた。

リン酸吸収係数は圃場全体にわたって淡色黒ボク土にとって典型的な1500~2000の範囲であったが、中央断面の作土層とその下層で黒ボク土としてはやや低めの値を示した。

可給態リン酸(BrayNo.2準法)は施肥の盛んな圃場中央では比較的高く、また毎年学生実習が行われる地点周辺でも高かった。

交換性陽イオンは傾向として中央のラインで高い値を示し、圃場に撒く堆肥が毎年置かれる箇所付近でも高いことが示された。北側など一部の地点ではA層よりもB層の方が値が高かった。

CECは北側で低く南側で高い傾向が得られ、A層よりもB層の方で値が高かった地点が交換性陽イオンと一部重なった。

有機炭素・全窒素含有率は南東断面で最も高く、北西断面で最も低い傾向が得られた。

pHは北側で高く南側で低い傾向があつたが全体的に土壌診断基準値から大きく外れてはいなかった。EC、可給態リン酸は逆に南側で値が高い

傾向にあり、交換性陽イオンは中央で高い傾向を示した。炭素含量は中央のラインで低く、窒素含量は大きな変化は無かった。

精密圃場は地点により利用形態や作物の移動などの条件が異なるが、調査により土壌の性質の違いが認められ、土壌修正工事が行われていたことが判明するなど、精密圃場の土壌を様々な観点から解明することができた。今後更なる調査を行えば、圃場のより一層有効な活用が可能になるだろう。

謝礼

本研究を指導し、論文を校閲していただいた筒木潔教授および昭和 44 年に行われた精密圃場の地形修正工事に関する資料を探し出し提供していただいた本学施設課の高橋定道様に厚くお礼申し上げます。

引用文献

北海道肥料ガイド 2015（北海道農政部）

土壤環境分析法（土壤環境分析法編集委員会編）

帯広畜産大学精密圃場内の土壌分布

亀田春香(指導教員:筒木潔)

【目的】帯広畜産大学精密圃場では長年各研究室により試験研究が行われてきたが、圃場内の土壌分布と土壌特性は圃場内の地点毎に大きく異なることが推察された。しかしこの点についてはまだ詳しく研究されていない。そのため本研究では圃場の土壌断面調査および表層土壌の化学的分析によって精密圃場内の土壌分布を明らかにすることを目的とした。

【方法】精密圃場の北東、北西、南東、南西の4隅および中央付近で深さ1m程の試坑を掘り、土壌層位の調査および試料採取を行った。また圃場の北、中央、南の東西のラインから40mおき4か所ずつ計12地点で作土層およびB層から土壌試料を採取した。採取した土壌試料について一般理化学性の測定を行った。

【結果】土壌断面の特徴として、北東、中央および南東の土壌断面では深さ80cm付近に薄い埋没A層が認められ、その上位にあるB層では腐植とB層土壌が入り混じるような攪乱が認められた。北西及び南西断面ではこのような傾向は認められなかった。 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ は南東の断面とその周辺の表層土で低い傾向にあった。それに対して $\text{pH}(\text{KCl})$ は地点間の差が少なかった。リン酸吸収係数は大部分の作土層で火山灰土として標準的な値を示したが、中央断面のA層で約1000と黒ボク土としては低い値を示した。可給態リン酸は北西の表層で一部著しく低かったが、毎年3年生の学生実習で使用される南側中央の作土層では高い数値を示した。その他中央断面とその付近の作土層でも高い数値を示した。交換性陽イオンのうち Ca^{2+} は北東断面で他よりも高く、 K^+ は中央断面で高かった。 Mg^{2+} は地点間で一定の傾向が見られずばらつきが大きかった。CECは南東と南西および中央の断面で高く、北東と北西の断面が低くなる傾向があった。作土層の有機態炭素は南東断面が最も高く北東断面、南西断面と続き、北西断面が最も低かった。