

沖縄県における主要土壌群草地のミネラル分布

(3) 土壌群別の微量元素含量

新田孝子 仲宗根一哉* 森山高広 池田正治

I 要 約

本県の草地における土壌ミネラルのうち植物の微量元素となるFe、Zn、Cu、Mnの含量について、土壌群別及び島別に調査したところ、以下のとおりであった。

1. 層位別微量元素含量は、全含量で一定の傾向はみられなかったが、置換性含量のうち、特にZn、Mnでは表層で高く、下層になるに従い低くなる傾向があった。
2. Feの全含量は土壌群別の差が見られなかった。Zn、Cu、Mnの全含量は、暗赤色土に比べて、赤色土・黄色土において地点別のばらつきが大きかった。
3. 赤色土・黄色土の置換性Cu、Mn、易還元性Mnでは、全含量との間に高い正の相関が得られ、CuとMnの有効性は全含量の影響を強く受けることが明らかになった。
4. 暗赤色土では、強アルカリ性土壌において、置換性含量の低下が見られた。また、Mnについては土壌の軽度の還元状態で有効性が高まる傾向にあったことから、暗赤色土における微量元素の有効性は、pHや還元状態による影響が大きいことが明らかとなった。
5. 本県において、暗赤色土のほとんどの草地でCu、一部の草地でFe、Zn、赤色土・黄色土の一部でZn、Cu、Mnが、植物の欠乏症発生の限界値より低い値を示し、微量元素の欠乏症が発生する危険性が示唆された。

II 緒 言

牧草の生育にとって必須なミネラルは、主として土壌から供給されるため、草地土壌の性質及びそのミネラル組成を知ることは重要である。草地土壌ミネラルの調査¹⁾は、全国的な視野で行われたこともあり、特に微量元素に関しては、その施肥効果まで検討されている²⁾。

しかし、本県では、普通畑及び未耕地を対象とした微量元素含量についての報告^{3, 4)}や、農用地の重金属類の汚染について報告⁵⁾されたものはあるが、草地土壌を主体とした微量元素の調査は行われていない。

既報^{6, 7)}では、本県の草地における主要土壌群である赤色土・黄色土(国頭マージ)、暗赤色土(島尻マージ)の特性について報告した。今回は、微量元素(Fe、Zn、Cu、Mn)含量について調査したので報告する。

III 材料及び方法

1. 供試土壌

試料の採取地点を表-1及び図-1に示した。供試土壌は、既報^{6, 7)}で用いた沖縄本島北部(以下、本島北部)及び宮古・八重山諸島における草地土壌である。

土壌は2mmのふるいに通した風乾細土と、さらにそれを粉砕機で粉状にしたものを分析に供試した。

* 現沖縄県建設技術センター

2. 分析方法

1) 全含量(Fe, Zn, Cu, Mn)

粉状の試料1gを分解容器に採取し、硝酸10mlを加え、マイクロウェーブ灰化装置(MDS-2000)で分解した。分解液に過酸化水素水5mlを加えて濾過し、50mlに定容後、原子吸光法で測定した。

2) 置換性含量(Fe, Zn, Cu, Mn)

0.1N-塩酸法⁸⁾により浸出し、原子吸光法で測定した。

3) 易還元性Mn含量

中性1N-酢安+0.2%ハイドロキノン液で浸出し、原子吸光法で測定した。

表-1 試料採取地点一覧

島名	地点 No.	地区名 (土壌群名・草地利用法)	島名	地点 No.	地区名 (土壌群名・草地利用法)
宮古島	1	平良市西原 (暗・採)	西表島	18	豊原① (暗・採)
	2	城辺町下北 (暗・採)		19	豊原② (赤・採)
	3	城辺町長間 (暗・採)		20	豊原③ (暗・放)
多良間島	4	空港近辺 (暗・採)		21	由布 (赤・放)
	5	島中央 (暗・採)		22	野原 (黄・放)
	6	島南寄り (暗・放)		23	高那 (黄・採)
石垣島	7	平久保① (黄・野)	与那国島	24	東崎① (黄・野)
	8	平久保② (黄・採)		25	東崎② (黄・野)
	9	伊原間 (赤・放)		26	サンニヌ台① (暗・放)
	10	白保 (暗・採)		27	サンニヌ台② (暗・放)
	11	宮良 (黄・兼)	28	祖納 (暗・採)	
	12	元名蔵 (黄・採)	沖縄本島北部	29	国頭村奥世皮原 (黄・採)
	13	外山田 (暗・採)		30	国頭村楚洲 (赤・採)
14	吉原 (赤・採)	31		国頭村安田 (赤・採)	
黒島	15	学校近辺① (暗・放)	32	大宜味村 (赤・採)	
	16	学校近辺② (暗・放)	33	今帰仁村諸志① (赤・採)	
	17	東筋 (暗・採)	34	今帰仁村諸志② (黄・放)	

注) 暗: 暗赤色土、赤: 赤色土、黄: 黄色土、採: 採草地、放: 牧草地 (人工草地)、兼: 兼用地、野: 野草地 (自然草地)

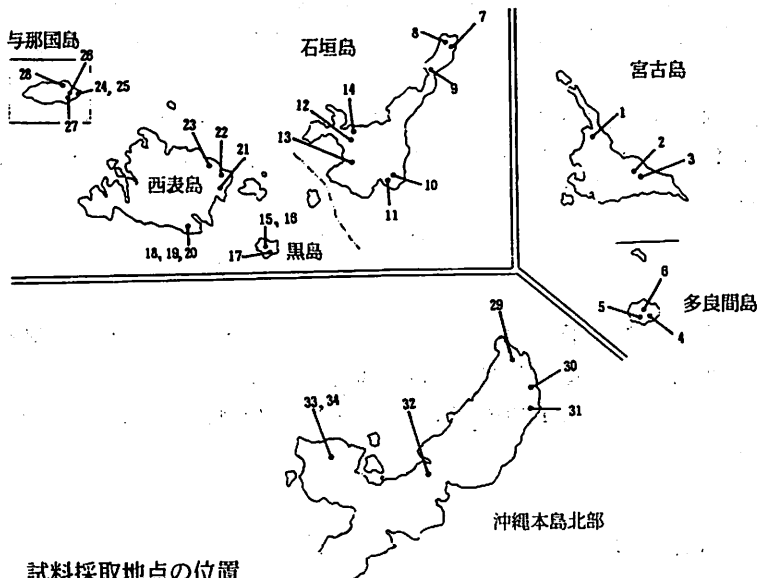


図-1 試料採取地点の位置

IV 結 果

1. 土壌群別の微量元素含量

1) 鉄(Fe)

Feの全含量と置換性含量を、土壌群別に図-2に示した。全含量は赤色土・黄色土、暗赤色土ともに7%以下に分布し、土壌群別の違いは見られなかった。しかし、置換性含量については、赤色土・黄色土が暗赤色土に比べて高い傾向にあった。暗赤色土では、N.D.(値が検出されない)~40ppmに集中する地点が多いのに対して、赤色土・黄色土では10~800ppmの広範囲に分布していた。

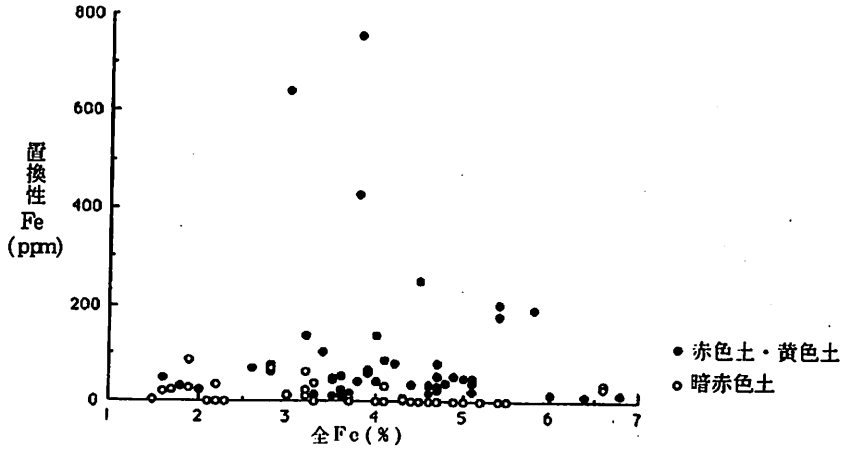


図-2 土壌中Feの全含量と置換性含量

2) 亜鉛(Zn)

Znの全含量と置換性含量を、土壌群別に図-3に示した。全含量は、赤色土・黄色土で20~700 ppmまでの広範囲に分布しており、地点別でかなりばらつきが見られた。一方、暗赤色土ではすべての地点で200ppm以下であった。置換性含量は両土壌群ともに、ほとんどが10ppm以下に分布しており、特に暗赤色土ではN.D.やT (値がわずかに検出される)を示す地点も見られた。

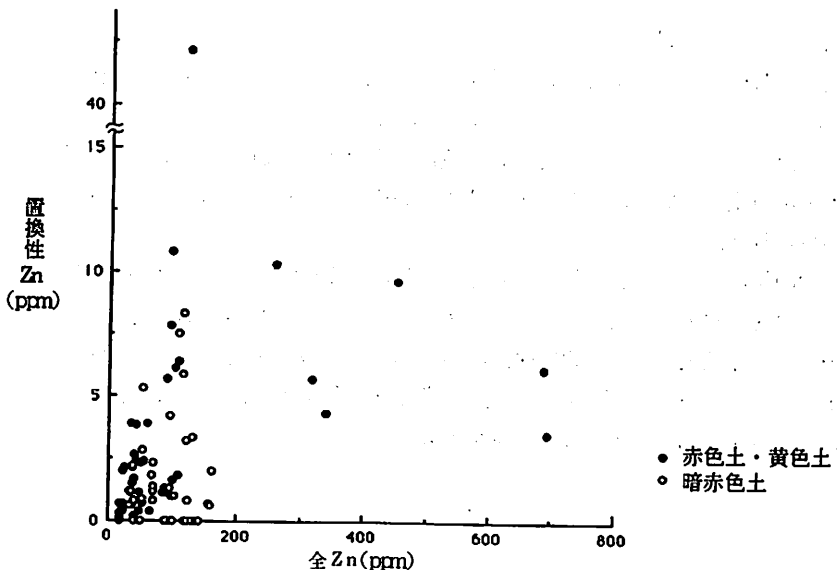


図-3 土壌中Znの全含量と置換性含量

3) 銅(Cu)

Cuの全含量と置換性含量を、土壌群別に図-4に示した。全含量は赤色土・黄色土で10~200 ppmの広範囲に分布し、地点間でばらつきが見られた。一方、暗赤色土ではすべての地点で80 ppm以下を示し、地点間の差が小さかった。赤色土・黄色土の置換性含量は、暗赤色土より高い傾向が見られた。また、全含量との間に高い相関($r=0.808$)が得られ、全含量が高いと置換性含量も高くなる傾向を示した。暗赤色土の置換性含量は、すべて3ppm以下であり、N.D.あるいはTを示す地点も見られた。また、赤色土・黄色土のような相関関係は得られなかった。

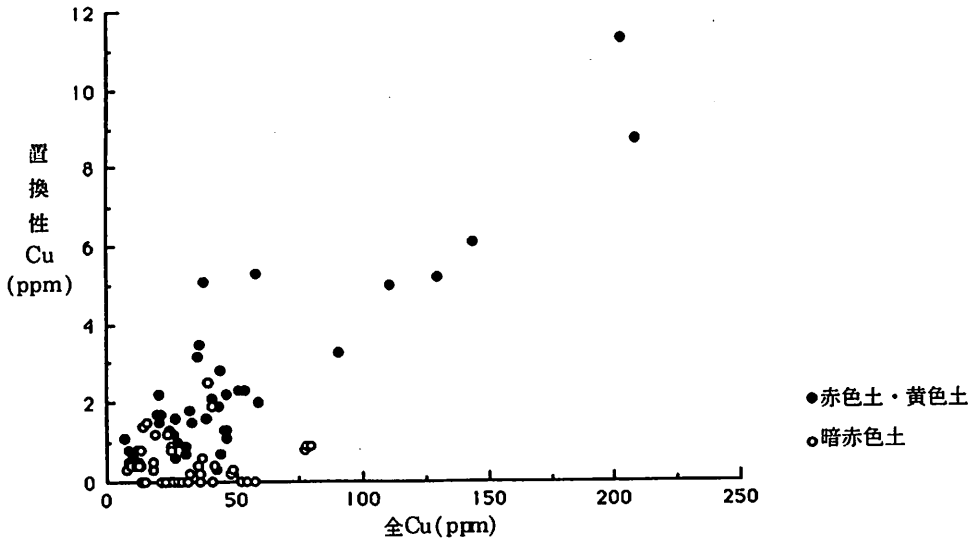


図-4 土壤中Cuの全含量と置換性含量

4) マンガン(Mn)

Mnの全含量と置換性含量を、土壌群別に図-5に示した。また、全含量と易還元性含量についても同様に図-6に示した。

赤色土・黄色土の全含量は、10~2200ppmの広範囲に分布しており、地点別のばらつきがみられた。暗赤色土の全含量は100~1300ppmに分布しており、赤色土・黄色土に比べてばらつきが小さかった。置換性含量については両土壌群で違いが見られず、400ppm以下を示した。また、赤色土・黄色土において、全含量との間に高い相関($r=0.667$)が得られたが、暗赤色土では相関関係が得られなかった。

土壌中のMnについては、容易に還元され置換性Mnに変化する易還元性Mnの存在が知られており、それを植物の有効態とすることが多い。易還元性含量は、置換性含量より高い値を示す地点が多く、暗赤色土において置換性含量2.5ppm以下であった地点も80~400ppmを示した。また、両土壌群とも全含量との間に高い相関(赤色土・黄色土では $r=0.951$ 、暗赤色土では $r=0.752$)が得られ、全含量が高いほど高くなる傾向を示した。

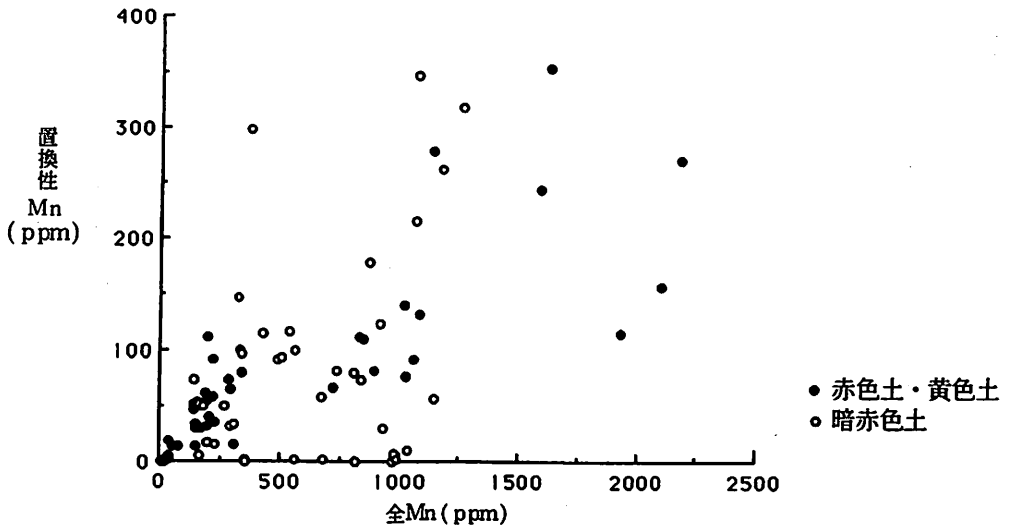


図-5 土壤中Mnの全含量と置換性含量

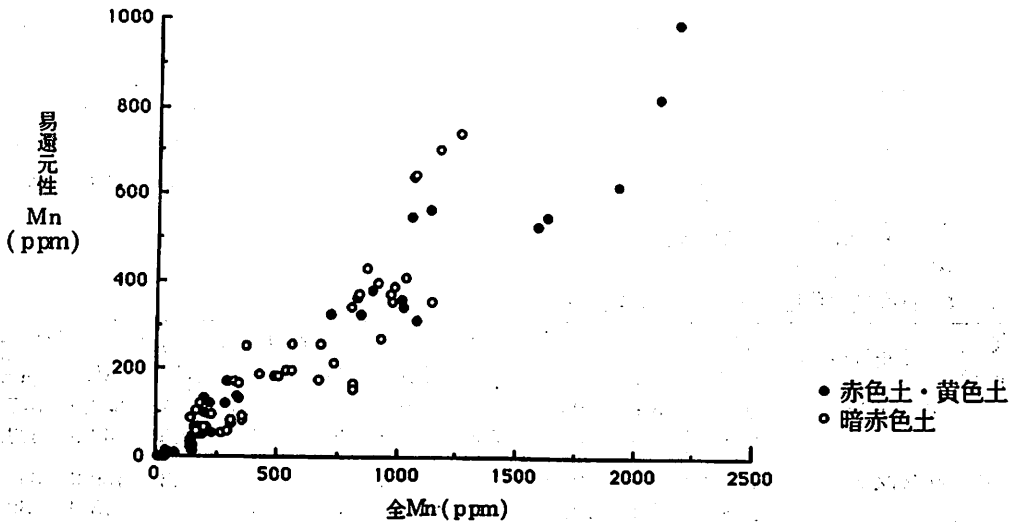


図-6 土壤中Mnの全含量と易還元性含量

2. 微量元素含量の島別及び層位別の傾向

島別の草地土壌の微量元素含量を表-2~8に示した。

赤色土・黄色土においては本島北部、与那国島のZn、Mnで、全含量、置換性含量とも少ない傾向を示すのに対し、石垣島、西表島では地点間のばらつきが大きかった。西表島ではCuについても同様の傾向を示した。一方、暗赤色土においては、島別による全含量の差は見られなかった。宮古島、多良間島、黒島では、Zn、Cu、Mnの置換性含量が少なく、特に多良間島でN.D.やTを示す地点が多かった。

層位別の微量元素の全含量については、採取地点、要素によって異なり、一定の傾向はみられなかった。一方、置換性含量のうち、特にZn、Mnは第1層で高く、第2、第3層になるに従い低くなる傾向にあった。

表-2 宮古島の草地土壌の微量元素含量

地点 番号	調査地区名	深さ (cm)	全含量(ppm)				置換性含量(ppm)				易還元性 Mn (ppm)
			Fe	Zn	Cu	Mn	Fe	Zn	Cu	Mn	
1	平良市 西原	0~5	6.6	160.7	77.6	266.1	26.8	2.1	0.9	50.7	55.4
		5~10	6.6	158.3	77.0	295.3	32.8	0.6	0.8	31.9	59.7
		10~20	6.6	157.4	79.4	303.8	31.4	0.7	0.9	34.1	82.2
2	城辺町 下北	0~5	5.4	130.7	48.9	558.6	0.5	3.3	0.3	99.5	196.5
		5~10	5.5	124.9	47.9	733.9	0.6	0.8	0.2	82.2	213.2
		10~20	5.5	124.6	54.3	926.8	1.2	N.D.	N.D.	29.4	269.3
3	城辺町 長間	0~10	5.2	137.1	52.1	815.6	T	N.D.	N.D.	0.1	153.4
		10~20	5.2	131.6	57.5	810.0	N.D.	N.D.	N.D.	0.1	167.7

注1) Feの全含量の単位は%

2) N.D.:Not Data 検出されない

3) T:trace わずかに検出される

表-3 多良間島の草地土壌の微量元素含量

地点 番号	調査地区名	深さ (cm)	全含量(ppm)				置換性含量(ppm)				易還元性 Mn (ppm)
			Fe	Zn	Cu	Mn	Fe	Zn	Cu	Mn	
4	空港近辺	0~10	5.0	123.1	37.4	985.8	N.D.	N.D.	N.D.	1.2	385.3
		10~20	4.7	118.2	40.8	969.3	0.1	N.D.	N.D.	0.4	370.4
5	島南寄り	0~10	3.7	89.4	25.6	356.1	N.D.	N.D.	N.D.	1.1	84.5
		10~20	3.7	140.5	29.4	357.4	N.D.	N.D.	N.D.	0.8	91.5
6	島中央	0~10	3.7	95.5	21.1	560.8	5.5	1.4	T	2.4	256.9
		10~20	4.0	98.5	22.7	680.6	T	N.D.	N.D.	1.6	257.4

注1) Feの全含量の単位は%

2) N.D.:Not Data 検出されない

3) T:trace わずかに検出される

表-4 石垣島の草地土壌の微量元素含量

地点 番号	調査地区名	深さ (cm)	全含量(ppm)				置換性含量(ppm)				易還元性 Mn (ppm)
			Fe	Zn	Cu	Mn	Fe	Zn	Cu	Mn	
7	平久保①	0~10	3.6	94.7	35.4	1630.9	11.4	10.8	3.2	353.9	547.5
		10~20	3.5	95.9	35.8	1589.4	10.3	7.8	3.5	242.9	523.3
8	平久保②	0~10	5.0	102.6	53.5	1018.4	48.3	6.1	2.3	139.9	355.2
		10~20	5.1	109.2	51.1	1023.3	49.0	6.4	2.3	75.9	339.3
9	伊原間	0~10	4.1	87.6	46.1	328.5	85.2	1.3	2.2	99.7	138.1
		10~20	3.9	87.8	44.1	338.9	64.4	1.1	2.8	80.2	135.9
10	白保	0~10	3.3	70.3	25.4	488.5	36.6	0.8	0.8	91.3	185.5
		10~20	3.2	70.7	24.9	669.3	9.8	1.2	0.9	59.0	176.3
11	宮良	0~10	5.1	65.4	44.4	1060.6	21.3	0.4	0.7	92.3	545.1
		10~20	4.6	65.4	42.3	716.4	16.4	0.4	0.3	67.2	321.5
12	元名蔵 (公社元名蔵)	0~10	3.5	91.9	31.9	1139.2	48.1	5.7	1.8	278.0	562.1
		10~20	3.7	85.5	32.7	1076.7	18.5	1.1	1.5	132.1	309.2
13	外山田 (公社外山田)	0~10	1.6	37.8	13.3	320.5	21.6	2.2	0.8	146.9	174.2
		10~20	1.6	34.7	12.4	340.4	4.5	1.2	0.4	96.1	167.8
14	吉原	0~10	2.7	40.1	10.2	222.8	68.2	1.7	0.7	91.6	121.5
		10~20	3.4	50.6	11.8	289.2	101.0	2.3	0.8	65.5	170.5

注1) Feの全含量の単位は%

表-5 黒島の草地土壌の微量要素含量

地点 番号	調査地区名	深さ (cm)	全含量(ppm)				置換性含量(ppm)				易還元性 Mn (ppm)
			Fe	Zn	Cu	Mn	Fe	Zn	Cu	Mn	
15	学校近辺①	0~10	4.3	108.0	36.2	1071.0	2.7	7.5	0.2	346.4	641.0
		10~20	4.9	104.5	36.7	1067.6	1.3	1.0	0.6	215.3	638.2
16	学校近辺②	0~10	4.1	96.3	32.3	1263.6	1.6	4.3	0.2	318.7	739.2
		10~20	4.5	100.7	35.4	1173.4	0.9	1.0	0.5	262.3	700.8
17	東筋	0~10	3.3	91.3	27.7	975.4	N.D.	N.D.	T	7.3	351.6
		10~20	4.6	100.7	36.2	1030.8	N.D.	N.D.	T	10.5	406.0

注1) Feの全含量の単位は%
 2) N.D.:Not Data 検出されない
 3) T:trace わずかに検出される

表-6 西表島の草地土壌の微量要素含量

地点 番号	調査地区名	深さ (cm)	全含量(ppm)				置換性含量(ppm)				易還元性 Mn (ppm)
			Fe	Zn	Cu	Mn	Fe	Zn	Cu	Mn	
18	豊原①	0~5	2.8	52.3	12.1	142.7	67.4	0.9	0.4	73.2	89.1
		5~10	2.0	40.3	9.3	168.8	28.5	0.8	0.4	51.6	104.6
		10~20	1.7	33.7	7.7	178.5	22.6	0.6	0.3	50.6	122.3
19	豊原②	0~5	3.1	38.4	11.4	38.0	641.3	2.1	0.5	17.6	13.9
		5~10	3.2	36.8	12.8	37.0	137.4	0.6	0.5	4.9	3.1
		10~20	3.6	41.4	13.4	41.2	49.9	0.2	0.4	2.1	1.2
20	豊原③	0~5	2.2	48.4	14.0	195.4	N.D.	N.D.	N.D.	14.9	66.5
		5~10	2.3	51.0	15.0	228.0	N.D.	N.D.	T	15.3	98.5
		10~20	2.1	41.4	13.4	169.1	N.D.	N.D.	N.D.	5.8	60.7
21	由布	0~5	4.7	98.6	24.3	842.9	31.4	1.0	N.D.	109.3	324.0
		5~10	4.9	99.8	24.2	830.6	49.8	1.6	1.3	112.3	359.3
		10~20	5.1	109.0	27.6	892.8	38.6	1.8	1.0	81.7	378.7
22	野原	0~5	6.0	258.1	90.1	2184.6	13.1	10.3	3.3	270.7	987.1
		5~10	6.4	317.1	111.1	2105.9	11.7	5.7	5.0	156.0	818.1
		10~20	6.8	341.0	129.6	1931.6	14.9	4.3	5.2	114.9	616.4
23	高那	0~5	4.7	452.1	203.1	157.8	52.8	9.6	11.3	52.8	67.2
		5~10	4.8	688.3	208.7	173.0	38.3	6.1	8.7	30.0	50.8
		10~20	4.0	694.2	144.2	151.5	39.8	3.5	6.1	30.6	45.0

注1) Feの全含量の単位は%
 2) N.D.:Not Data 検出されない
 3) T:trace わずかに検出される

表-7 与那国島の草地土壌の微量要素含量

地点 番号	調査地区名	深さ (cm)	全含量(ppm)				置換性含量(ppm)				易還元性 Mn (ppm)
			Fe	Zn	Cu	Mn	Fe	Zn	Cu	Mn	
24	東崎①	0~5	1.6	37.1	12.2	197.1	46.8	1.5	0.8	55.1	100.6
		5~10	1.8	36.4	8.4	195.6	31.3	1.1	0.8	31.2	56.3
		10~20	2.0	46.7	8.3	305.1	23.4	0.4	0.5	15.5	76.2
25	東崎②	0~5	2.8	54.5	19.7	284.6	75.8	2.4	1.7	73.0	122.9
		5~10	2.8	49.0	20.1	230.6	60.2	1.1	1.5	34.5	53.0
		10~20	3.5	52.8	25.7	152.5	43.5	0.7	1.2	13.8	13.6
26	サンニヌ台①	0~5	3.0	69.5	18.1	532.4	8.8	2.3	0.5	117.3	197.3
		5~10	3.0	69.3	18.1	502.4	12.0	1.8	0.3	93.1	184.9
		10~20	3.2	71.5	19.0	423.9	60.1	1.4	1.2	114.3	189.1
27	サンニヌ台②	0~5	1.9	52.8	13.9	374.1	85.2	5.3	1.4	297.8	253.9
		5~10	2.2	53.0	15.6	802.0	35.8	2.8	1.5	80.2	341.4
		10~20	3.2	71.5	23.9	1144.9	23.5	1.4	1.2	56.1	353.9
28	祖納	0~5	4.1	116.0	39.5	869.2	30.5	8.3	2.5	178.2	428.2
		5~10	4.3	117.2	40.6	913.0	8.3	5.9	1.9	123.0	395.3
		10~20	4.4	120.9	41.5	838.4	0.8	3.2	0.4	72.9	369.0

注1) Feの全含量の単位は%

表-8 沖縄本島北部の草地土壌の微量要素含量

地点 番号	調査地区名	深さ (cm)	全含量(ppm)				置換性含量(ppm)				易還元性 Mn (ppm)
			Fe	Zn	Cu	Mn	Fe	Zn	Cu	Mn	
29	国頭村 奥世皮原	0~5	4.8	33.1	58.9	148.5	79.7	1.2	2.0	52.4	26.3
		5~10	4.4	22.0	45.8	152.5	35.7	0.5	1.4	33.2	27.0
		10~20	4.7	18.8	46.7	78.2	24.1	0.3	1.1	13.6	8.5
30	国頭村 楚洲	0~5	3.3	122.4	58.5	218.9	12.8	42.1	5.3	57.7	96.6
		5~10	3.2	60.7	46.6	201.2	11.4	3.9	1.3	40.3	65.2
		10~20	3.6	35.3	37.7	188.7	28.4	3.9	5.1	52.5	49.4
31	国頭村 安田	0~5	3.8	25.0	21.6	200.6	426.0	2.1	1.7	111.5	133.3
		5~10	3.9	23.2	20.7	187.7	58.2	0.7	2.2	61.9	67.6
		10~20	3.8	22.3	26.8	171.2	40.2	0.4	1.6	50.4	67.1
32	大宜味村	0~5	4.5	16.5	30.9	9.8	248.8	0.7	0.9	0.8	0.4
		5~10	4.6	17.1	30.6	9.0	33.8	0.1	0.7	0.2	T
		10~20	4.6	17.2	27.0	10.1	30.3	T	0.6	0.7	0.2
33	今帰仁村 諸志 (畜試①)	0~5	5.4	42.9	38.3	139.4	176.5	3.8	1.6	51.5	33.8
		5~10	5.4	41.1	40.5	145.2	201.3	2.6	2.1	51.6	38.3
		10~20	5.8	43.8	43.7	140.2	189.9	2.4	1.9	47.3	23.0
34	今帰仁村 諸志 (畜試②)	0~5	3.8	22.0	7.1	52.5	755.6	2.0	1.1	13.9	10.0
		5~10	4.0	19.5	8.7	26.4	137.2	0.3	0.4	1.0	0.6
		10~20	4.2	22.0	10.6	25.0	77.8	0.4	0.4	0.7	1.5

注1) Feの全含量の単位は%

2) T: trace わずかに検出される

V 考 察

Fe、Mn、Zn、Cu は、酸性条件下では有効性が増し、アルカリ性条件下では低下すると言われている^{9、10)}。宮古島、多良間島、黒島、西表島の暗赤色土では、置換性含量が低く、特にFe、Zn、CuにおいてはN.D.あるいはTを示す地点も見られた。これらの地点は既報^{6、7)}の調査によると、すべてpH 8以上の強アルカリ性土壌であったことから、pHの影響で微量元素の有効性が低下したものと考えられる。

また、宮古島や多良間島では、置換性Mnで2.5ppm以下の低い値を示す地点が見られた。しかし、これらの地点では、易還元性Mnが80ppm以上存在しており、軽度の還元状態、例えば過湿や微生物による有機物の分解時に、置換性Mnが増加してくるものと考えられた。

土壌群別に微量元素の全含量と置換性含量及び易還元性Mn含量の関係を求めたが、高い相関が得られたのは、赤色土・黄色土の置換性Cu、Mn、両土壌群の易還元性Mnであった。このことは、全含量が微量元素の有効性を決定する1因子であり、特に赤色土・黄色土のCuとMnにおいては、その影響が大きいことを示している。一方、暗赤色土では、易還元性Mn以外に全含量との相関関係がほとんど得られず、微量元素の有効性はpHや還元状態に影響されるところが大きいと思われる。

植物における微量元素の要求量は少ないものの、不足すると種々の欠乏症を起こし、生育が著しく阻害される。植物が欠乏症を起こす土壌中の微量元素の限界値については、置換性Fe 4~8ppm、置換性Mn 2~3ppm(易還元性は50~60ppm)とする報告¹¹⁾や、置換性Zn 0.5~0.9ppm、置換性Cu 0.9~1.6ppmとする報告¹⁰⁾がある。微量元素の欠乏症は、他養分との拮抗作用、植物の養分吸収力、土壌の物理性等、様々な要因があるため置換性含量のみでは判断できないが、一つの指標となると考えられる。暗赤色土のほとんどの草地で置換性Cuは限界値よりも低く、宮古島、多良間島、黒島、西表島の暗赤色土の一部では、置換性Fe、Znにおいても限界値より低い値を示した。また、与那国島、本島北部の赤色土・黄色土の一部では、微量元素の有効性が高まる酸性土壌であるにもかかわらず、置換性Zn、Cu、Mnが限界値より低い値を示した。このように、置換性含量を目安にした場合、本県の一部の草地で、微量元素の欠乏症が発生する危険性が示唆された。

VI 引用文献

- 1) 農林省農林水産技術会議事務局、1978、草地におけるミネラル分布と動態に関する研究、研究成果106
- 2) 牧草肥料研究会、1975、牧草に対する微量元素・特殊成分の施肥効果
- 3) 鎮西忠茂、1956、琉球土壌の微量元素に関する研究、琉球大学農家政学部学術報告、2、106~117
- 4) 吉野昭夫、1988、微量元素の母材・段丘別賦存量とその挙動、熱帯農研集報、60、217~230
- 5) 国吉清、1982、沖縄県農用地における重金属類の土壌抽出濃度及び作物体中含有量について、沖縄県農業試験場研究報告、8、51~55
- 6) 新田孝子 外2名、1991、沖縄県における主要土壌群草地のミネラル分布、(1) 宮古諸島・八重山諸島における草地土壌の特性、沖縄畜試研報、29、119~129
- 7) 新田孝子 外2名、1992、沖縄県における主要土壌群草地のミネラル分布 (2) 沖縄本島北部における草地土壌の特性、沖縄畜試研報、30、87~91
- 8) 農林水産技術会議事務局、1972、土壌および作物体中の重金属の分析法(1)、土肥誌、43(7)、264~270
- 9) 高井康雄・三好洋、1988、土壌通論、45~46、朝倉書店
- 10) 山崎伝、1981、微量元素と多量要素 土壌・作物の診断・対策、72~77、博友社
- 11) 高橋英一、外2名、1984、作物の要素欠乏・過剰症、219~244、農山漁村文化協会