

北海道蛇紋岩質土壤の化学的特性に関する研究

第1報 土壤と植物中のニッケルとモリブデン含有量の差異

水野直治†

STUDIES ON CHEMICAL CHARACTERISTICS OF SERPENTINE SOIL IN HOKKAIDO

1. The Difference of Contents of Nickel and Molybdenum in Plants and Soils

Naoharu MIZUNO

土壤の置換性 Ni は土壤の上昇 pH により反比例的に減少する。また植物体内の Ni 濃度もそれに伴って減少し、生育障害も消失してくる。植物体の Ni 濃度は土壤の置換性 Ni が同一であっても植物の種類によって大差があり、生育障害は植物別 Ni 吸収濃度に関係なく、植物体の Ni 濃度が置換性 Ni に対し正比例的に増減する植物で障害が大きい。蛇紋岩土壤中の全 Mo 含有量は沖積土と大差ないが、可給態 Mo は少なく、植物体 Mo 濃度も少ない。特に生育障害の大きかったアルファルファの Mo 濃度は著しく少ない。

I 緒言

蛇紋岩または Mg 含有量の高い岩石に由来する土壤に、特徴的な生育障害が存在することが古くより知られている。1926年に GORDON⁵⁾らによって報告された蛇紋岩質土壤の特徴は pH が高く、有効なイオンが少ないとされ、窒素や磷酸の添加により植物生育は促進され、加里の添加によって根部の発達をみたが、大麦に対する Mg の効果はなかったとされている。その後も種々研究がなされ、近年においては土壤中に存在する重金属が注目され、特に Ni, Cr^{10) 11)}による害であるとする報告があり、CROOKE²⁾らは Ni の影響を Fe の吸収と関係づけた研究報告をしている。一方大塚ら¹⁴⁾によると静岡県や徳島市の蛇紋岩質土壤地帯では金属の直接の過剰害とは考えがたく、Zn 欠

乏や Mo 欠乏であるとの意見もある。

北海道においても日高南端から稚内にかけて本道を縦断する蛇紋岩地帯が存在するため、昭和35年からこれらの蛇紋岩質土壤について増田らによって調査研究がすすめられてきた。この研究によると生育障害の原因は Cr に起因するとの説はうすれ、Ni による障害であることがほぼ確定的とされている。また Ni の形態については 1N 醋酸アンモニウムで抽出される Ni との関係が深いことも同時に明らかにされてきている。

本報は生育障害についても若干触れるが、この場合土壤環境および植物の種類によって Ni と Mo 含量にどのような差異が生ずるか検討を加えることにする。

ここでとり上げた Ni はクラーク数 0.01 で、植物に対する生理作用の研究は少なく、一部 Ni と Zn の拮抗的生理作用から推測して必須要素の可

† 中央農業試験場

能性を述べた藤原⁹⁾の研究がある。障害作用については HUNTER, VERGNANO¹⁰⁾ら多くの報告がある。Mo はクラーク数 1.3×10^{-9} で、植物体内での生理作用については硝酸還元酵素 (Nitrate reductase) の一構成成分であることが NICHOLAS¹³⁾らによって明らかにされてから活発な研究¹⁾がなされている。一方反芻動物は Mo 中毒によって銅欠乏症をおこすといわれ林^{6) 7) 8)}ら多数の報告がなされている。

なお土壌および作物の分析にあたっては、元北海道大学理学部化学教室林謙次郎氏のご指導におうところが多い。本論文の構成および校正には農林省北海道農業試験場天野洋司技官の助言と援助をいただいた。また研究にあたっては、北海道立中央農業試験場長谷部俊雄化学部長、同後藤計二科長、同平井義孝、同小林莊司、同八木詔純氏の各研究員に、実験には幌加内地区農業改良普及所高田所長、田中、山本両技師の援助をいただいた。ここに深く感謝の意を表するしだいである。

II 実験および試料採取

1 実験方法

実験は洪積蛇紋岩質土壌（以下蛇紋岩土壌という）地帯の現地試験（北海道雨竜郡幌加内町）と Ni を人為的に添加した沖積土（札幌市琴似町発寒川沖積土 10kg 当り 4.0g の $\text{NiSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ）によるポット試験の 2 試験で構成されている。ポットは素焼無底土管（内径 24×高さ 30cm）を土中にうめ、できるだけ自然状態に近い形で各種植物を栽培した。

施肥は慣行に従った。

両試験とも石灰施用区（現地は炭酸石灰 10a 当たり 900kg、ポットは土壌 10kg 当たり 60g、一部の作物に瓶を用いたが、Ni、Ca もポットと同割合）と無施用区を作り、土壌 pH に差をつけ、2 連制で試験を行なった。これによって土壌の pH の相異による植物の Ni 吸収含量の差異を求めた。

2 試料採取

試料採取は燕麦のみ収穫期で、ほかよ 8 月下旬に行なった。蛇紋岩の洪積土壌は小面積においても均一性が望めないため、土壌と植物の採取は同時に同一地点より採集し、両者間の誤差をできるだけ少なくするよう注意した。

3 分析法

植物体は乾燥粉碎し、試料 5g をとり、硫硝酸分解後 100ml に定容。

土壌は風乾後 2mm 篩別を行ない、次のように処理する。

a 置換性 Ni: 1N 醋酸アンモニウム (pH 7.0) で浸出。土壌 10g に浸出液 100ml を加え、時々振とうしつつ 24 時間放置後濾過し使用。

b 有効態 Mo: 一般的に行なわれている pH 3.3 の修酸アンモニウムを用いる方法によった。

c 全 Ni, Mo: 風乾土壌 2g を 20g の炭酸ソーダと共に 900~950°C で溶融し、塩酸溶液に溶解後珪酸分離を行ない、100ml に定容。

4 定量法

Ni: dimethylglyoxime¹⁷⁾ による吸光光度法。

原理は中性あるいはアルカリ性の溶液中で Ni と反応して赤色の Ni-dimethylglyoxime のコロイドを生じ、これを有機溶媒にて抽出して妨害イオンから分離する。弱塩酸溶液で逆抽出し、臭素で酸化して NH_4OH で中和後再び dimethylglyoxime を加え赤褐色に発色させるものである。

本実験に使用した試薬とその調製法は次のとおりである。

1) ジメチルグリオキシム: dimethylglyoxime 1g を ethylalcohol 100ml に溶解する。この溶液は安定である。

2) クエン酸: citric acid 100g を水に溶かし、1ℓとする。

3) 臭素水: bromine 飽和水として使用。

4) chloroform

5) 標準溶液: 0.1N HCl。

これは次のようにして準備する。

$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 4.05g を 1ℓ に溶解し、さらにこの溶液 10ml を 1ℓ に溶解して使用する。

この標準液は 1ml 中に 10μg の Ni を含む。

定量は Ni 100μg 以内におさまるよう試料溶液を 5~20ml 分取し、クエン酸 5ml 加えた後 NH_4OH で pH 7.5 以上とする。これを分液漏斗に移し、2ml の dimethylglyoxime を加え、2~3ml の chloroform で 3 回抽出する。Ni-dimethylglyoxime 錯塩を含む chloroform は別の分液漏斗に集めて、1:30 NH_4OH 洗滌する。1:30 NH_4OH は

1~2ml の chloroform で洗い、さきに抽出した chloroform に chloroform 相を集合する。さらに chloroform 抽出液は 0.5 N HCl 5 ml で 2 回抽出して Ni は HCl 溶液に移行し飽和臭素水 1 ml を加えて酸化させる。これを 2 ml の NH_4OH で中和後 1 ml の dimethylglyoxime を添加して発色させ 25ml に定容後波長 445m μ にて吸光度を測定する。

Mo : ammonium thiocyanate¹⁵⁾¹⁶⁾ による吸光度法を本実験に使用した。試薬とその調製法 (Purvis¹⁵⁾, 山崎²⁰⁾) は次のとおりである。

1) 塩化第一錫 : SnCl_2 20 g に Conc. HCl 20ml を加え溶解し、水で 200ml とする。これは使用の都度調製する。すでに指摘されているように、抽出液白濁の原因は著者の実験によると SnCl_2 の品質に起因する場合が多いので、最上質の試薬を使用するよう注意した。

2) チオシアン酸アンモニウム : NH_4CNS 10g を水に溶かし 100ml とする。

3) 塩化第二鉄 : $\text{FeCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 49 g を水に溶かし 1 l とする。

4) 硝酸ソーダ : NaNO_3 42.5 g を水に溶かし 100ml とする。

5) isopropylether : 調製した SnCl_2 , NH_4CNS 溶液および水をそれぞれ同量を分液漏斗にとり、その全液量の 10 倍の isopropylether を加え振とうし調製する。これは定量の行なう日ごとに準備する。

6) 標準溶液 : MoO_3 0.150 g を 10ml の 1N-NaOH に溶かし、dil. HCl でわずかに酸性にして水で 1 l に定容する。本溶液 20ml をさらに 1 l

にうすめたものは 1 ml 中に 2 μ g の Mo を含む。

定量には 供試液の適量 (5~20 μ g の Mo 範囲) を 150~200ml 容の分液漏斗にとり、1 ml の FeCl_2 溶液、1ml の NaNO_3 溶液、さらに 5ml の NH_4CNS 溶液、5 ml の SnCl_2 溶液を順次添加する。 SnCl_2 添加の都度十分振とう後、10ml の isopropylether を加え 1 分間 (ほぼ 100 回) 激しく振とうする。静置後、水の相を排除して isopropylether 相を 1 cm セルに移し、波長 475 m μ で吸光度を測定する。

定量に使用する水はすべて再蒸溜水を使用した。

III 実験結果

1 全 Ni および Mo

実験土壌における全 Ni, Mo 含有量は Tab. 1 のとおりである。蛇紋岩土壌の全 Ni は平均 650 ppm, 蛇紋岩一次風化基岩で 1,740 ppm ある。全 Mo 含有量は蛇紋岩土壌, 沖積土ともに約 2 ppm 程度である。ただ蛇紋岩の残積土および風化基岩と末風化基岩との三者間に大差がみられる。すなわち残積土においては平均 10ppm の高含有量を示しているながら、すぐ下層の風化基岩は洪積土にはほぼ等しい 1.8 ppm 程度である。しかしさらに下層の未風化基岩は再び増加し、平均 7.3 ppm である。

2 土壌反応と置換性 Ni の関係

得られた結果は Fig. 1 に示す。置換性 Ni は土壌 pH の上昇にしたがい反比例して減少する。

沖積土に硫酸ニッケルを添加した場合の置換性 Ni 含有量の変化を Fig. 2 に示す。

Tab. 1 Contents of total Ni and Mo in various soils and rocks

Sample	Total Ni ppm		Total Mo ppm	
	Range	Average of 5 samples	Range	Average of 5 samples
Diluvial soil.derived from serpentine	400~ 750	650	1.0 ~3.0	2.0
Alluvial soil.derived from andesite	20~ 30	25	1.5 ~3.0	2.1
Residual soil.derived from serpentine	800~ 1,000	830	9.0~11.0	10.0
Serpentine.somewhat weathered	1,650~1,800	1,700	1.7 ~2.0	1.8
Serpentine.unweathered	1,250~1,800	1,650	6.2 ~8.0	7.3

Fig. 1 Relation between soil pH and exchangeable Ni contents in serpentine soils

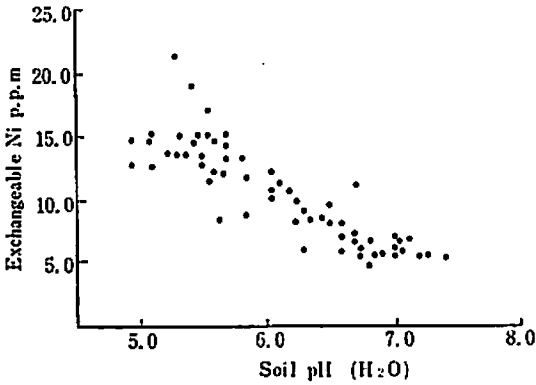
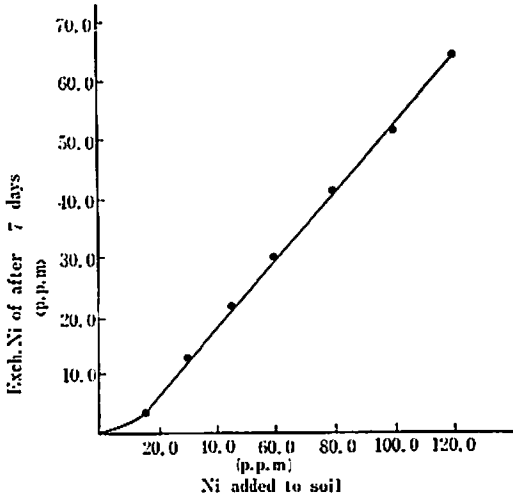


Fig. 2 Activity of Ni added to alluvial soil as $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

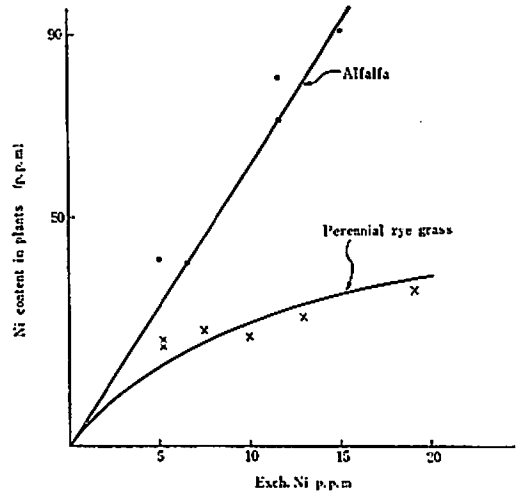


実験は土壌を25℃で畑地状態の水分を保ち、1週間後の置換性 Ni を測定したものである。これによると添加された Ni は1週間以内に半量まで低下するが、その後2週間を経過してもほとんど変化しない。

3 置換性 Ni と植物体 Ni 濃度との関係

得られた結果を Tab. 2 に示す。燕麥の Ni 濃度は置換性と比例関係にあると増田¹²⁾は報告しているが、本実験においても植物の Ni 吸収濃度は置換性 Ni とほとんど正比例的関係を示す。この場合に置換性の増大に伴って Plant Ni/ex.Ni が

Fig. 3 Relation between exchangeable Ni in soils and Ni contents in plants



減少するもの、すなわち植物の Ni 吸収に抑制力が多少考えられるものとそうでないものが存在する (Fig. 3 参照)。

また植物体内 Ni 濃度と置換性 Ni との比が 1:1 から 15:1 までに蓄積されるものがあり、植物別に個体差は大きい。

沖積土に Ni を添加してのポット試験は、蛇紋岩土壌の生育障害が Ni によって引き起こされる現象であるとの仮定から発足したものである。本試験によると置換性 Ni および植物の吸収濃度が蛇紋岩土壌と同程度である場合、植物の生育は沖積土の方が全般的に著しく阻害される。馬鈴薯とてん菜等の生育障害による生育の遅延はその後期においては回復してきたが、現地でかなり Ni に強い牧草類まで大きな阻害を受けた。pH の低い区は全植物にわたって発芽の遅延と初期生育の障害がみられ、その症状は蛇紋岩土壌地帯特有の黄化および白化現象の外に磷酸欠乏に類似した症状を併発した。

4 モリブデン含量

土壌中の有効態 Mo と植物体 Mo 含量は Tab. 3 のとおりである。蛇紋岩土壌の有効態 Mo は 0.10 ~ 0.30 ppm の範囲で平均 0.21 ppm である。一方沖積土は 0.25 ~ 0.75 ppm で平均 0.41 ppm あり、約 2 倍に相当する。植物体 Mo 含量にもこの

傾向があり、蛇紋岩土壌の植物は沖積土の植物の
ほぼ 1/2 程度で、オーチャードグラスを除いては
1.0 ppm をこえない。

アルファルファは蛇紋岩土壌で著しい生育障害
がみられ、これは石灰の施用で軽減するが、この
場合の Mo 含有量は大幅に増大している。

Tab. 2 Relation between Ni contents in plants and yield of eleven crops various soil pH.

		Serpentine soil				Alluvial soil (NiSO ₄ ·7H ₂ O 4.0g/10kg·soil)			
		pH (H ₂ O)	Ni ppm in plant	Plant Ni ex Ni	Rate of Yield	pH (H ₂ O)	Ni ppm in Plant	Plant Ni ex Ni	Rate of yield
Timothy	1	6.90	15.0	2.8	1.00	7.70	8.4	3.5	1.00
	2	6.20	17.3	1.7	0.76	7.65	8.4	2.3	1.15
	3	5.85	21.0	1.6	1.02	5.60	21.0	1.8	0.62
	4	5.35	35.8	1.6	0.98	5.60	26.3	1.1	0.48
Perennial ryegrass	1	6.85	43.0	8.1	1.00	7.55	9.5	2.2	1.00
	2	6.60	47.0	6.8	1.60	7.15	14.7	3.3	1.02
	3	5.70	55.0	4.2	1.63	5.70	53.8	3.4	0.63
	4	5.53	63.0	3.7	1.42	5.65	47.3	2.3	0.69
Orchard grass	1	7.20	35.0	6.4	1.00	7.65	12.6	3.4	1.00
	2	6.70	36.5	5.1	1.45	7.50	11.0	3.4	0.58
	3	6.45	35.0	5.1	1.35	5.80	46.0	4.4	0.44
	4	5.70	38.0	2.5	0.94	5.65	54.0	2.2	0.47
Red clover	1	7.10	58.0	8.9	1.00	7.65	16.8	5.3	1.00
	2	7.25	77.0	14.5	0.75	7.30	14.7	2.6	0.82
	3	6.05	79.0	7.5	0.75	5.85	31.5	2.4	0.21
	4	5.50	113.0	7.5	0.92	5.45	41.5	1.4	0.14
Ladino clover	1	7.00	76.0	14.3	1.00	7.70	13.3	3.6	1.00
	2	7.00	69.0	11.9	0.91	7.45	9.5	3.7	0.92
	3	5.60	104.0	8.7	0.54	5.75	27.3	1.7	0.29
	4	5.45	146.0	7.7	0.59	5.65	31.5	1.7	0.21
Alfalfa	1	6.70	39.0	6.0	1.00	7.50	14.7	3.5	1.00
	2	5.85	72.7	6.3	0.92	7.45	12.6	3.2	0.86
	3	5.85	81.0	7.0	0.32	5.95	18.0	1.2	0.14
	4	5.55	90.5	6.0	0.45	5.70	25.2	1.3	0.21
Oat (Stalks & leaves)	1	6.33	9.0	1.0	1.00	7.70	5.3	1.7	1.00
	2	6.05	12.6	1.3	0.92	7.50	6.0	1.4	0.92
	3	5.70	13.7	1.0	0.64	5.35	30.0	2.1	0.12
	4	5.45	17.5	1.2	0.56	5.20	30.5	1.2	0.12
Sugar beet (leaves)	1	6.60	84.0	14.5	1.00	7.55	30.5	6.9	1.00
	2	6.05	146.0	12.7	1.08	7.45	27.4	4.4	0.90
	3	5.65	115.0	10.9	1.30	5.55	32.4	2.8	0.40
	4	4.90	130.0	11.2	0.70	5.50	28.5	1.9	0.69
Potato (Stalks & leaves)	1	7.00	82.0	11.9	1.00	7.15	27.4	6.2	1.00
	2	6.60	81.0	10.3	1.54	7.55	30.4	6.5	1.20
	3	5.30	94.0	7.0	1.34	5.85	28.5	2.9	0.50
	4	5.10	110.0	7.4	1.46	5.65	32.0	2.5	0.80
Bean (Stalks & leaves)	1	7.05	48.0	8.3	1.00	7.75	12.6	4.8	1.00
	2	6.30	48.0	8.3	1.33	7.65	9.5	3.1	0.94
	3	5.50	93.5	7.4	0.06	5.55	24.2	10.7	0.08
	4	5.60	100.0	8.3	0.10	5.65	18.3	12.0	0.06
Soybean (Stalks & leaves)	1	6.85	32.0	5.1	1.00	7.70	11.0	2.3	1.00
	2	6.45	40.0	4.8	1.13	7.55	6.3	1.3	0.98
	3	5.67	44.0	3.7	0.96	5.80	21.0	1.0	0.60
	4	5.08	59.0	3.6	0.73	5.80	24.2	1.5	0.25

Tab. 3 Relation between Mo contents in plants and available Mo contents in soils in various soil pH.

Mo contents of serpentine soil				Mo contents of alluvial soil			
	Plant	Available in soil	pH H ₂ O		Plant	Available in soil	pH H ₂ O
	ppm	ppm			ppm	ppm	
Perennial ryegrass	0.84	0.25	6.85	Ladino clover	0.44	0.40	7.70
	0.74	0.20	6.60		1.44	0.45	7.45
	0.48	0.20	6.30		0.64	0.30	5.75
	0.40	0.25	5.70		2.92	0.35	5.65
	0.44	0.25	5.53				
Alfalfa	0.74	0.30	6.70	Alfalfa	0.74	0.30	7.50
	0.56	0.20	7.40		1.10	0.50	7.45
	0.16	0.10	5.85		1.32	0.40	5.95
	0.16	0.20	5.85		0.96	0.50	5.70
	0.10	0.20	5.55				
Red clover	0.50	0.15	7.25	Red clover	1.76	0.40	7.65
	0.68	0.20	7.10		1.40	0.45	7.30
	0.44	0.20	6.05		0.44	0.30	5.85
	0.20	0.15	5.50		0.48	0.30	5.45
Orchard grass	0.92	0.30	7.20	Orchard grass	2.40	0.75	7.65
	1.12	0.15	6.70		3.20	0.30	7.50
	0.48	0.25	6.45		1.80	0.70	5.80
	0.56	0.25	5.70		4.80	0.40	5.65
Potato (stalks & leaves)	0.60	0.25	7.00				
	0.70	0.15	6.60				
	0.68	0.25	5.30				
	0.74	0.25	5.10				

IV 考 察

1 全 Ni および Mo について

土壌および蛇紋岩石中の Ni 含有量は黒田¹¹⁾によって報告された本邦の花崗質岩石中の Ni 分布値や、クラーク数に比較して著しく高い。これは Mg の高含有量とあわせて蛇紋岩の1つの特徴である。

それに比較して全 Mo 含有量は、蛇紋岩質土と沖積土の差は認められず、平均 2 ppm の含有量でクラーク数の 1/7 にすぎない。ただ蛇紋岩残積土の平均 10 ppm および未風化基岩の 7.3 ppm は高い含有量である。Ni に起因して発生するとみ

られる生育障害は蛇紋岩に由来する洪積土や沖積土および蛇紋岩土壌を客土した泥炭土などの湿潤な地帯では観察されたが、この残積土地帯 (pH 5.6 ex Ni 10.5 ppm 風化基岩の ex Ni ppm 未風化基岩 16.0 ppm.) では生育障害が発見できなかった。この原因は単に湿性のみによるものか、それとも高含有量を示す Mo によるものかは、風化基岩の低 Mo の原因ともあわせ再検討したい。

蛇紋岩の Mo について分析された既往の成績としては、山崎²⁰⁾らのものがあり、国内産の10点について分析しているが、産地により大差があったと報告している。

2 土壌反応と置換性 Ni の関係について

Niは理論的に pH 7.2 でほとんど水酸化物となって沈殿する性質を持っており¹⁸⁾ 置換性 Ni においてもほぼ同様な動きがみられるが、実際には pH 7.5 付近でも若干抽出されうる。CROOKE⁹⁾によると土壌中の Ni は pH 6~7 で沈殿するといっている。しかし置換性 Ni の最高値は本現地試験の pH 5.35 で 21.3 ppm であったが、増田¹²⁾らの調査では pH 6.1 で 45.8 ppm という値を報告しており、このようなことは Ni の絶対量および土壌の湿性程度などにもより、実際は pH 7.5 以上でないと完全な沈殿は望めないようである。

3 置換性 Ni と植物体 Ni 濃度について

植物別に Ni による生育障害を比較した場合、Ni 吸収濃度の絶対値にはあまり関係がなく、むしろ植物体 Ni 含量が土壌中の置換性 Ni と一次関数的に正比例するか否かが重要な要素となっているようである。一例として Fig. 3 に示すように、アルファルファ、燕麥、菜豆のように置換性 Ni と植物体 Ni 濃度とが、ある一定の比で一次関的に変化する植物では生育障害も大きい、ペレニアルライグラス、オーチャードグラス、アカクローバ、馬鈴薯のように置換性 Ni の増加ともなって植物体 Ni 濃度との比が漸減してくる植物には生育の障害が少ない。

現在のところ、何故植物の種類によって Ni 吸収率に大差があるのかその理由は明らかでない。しかし、置換性 Ni の増大に伴って吸収率が漸減する植物ほど生育障害が少ないことは、ほかの要素、特に Ni と類似した物理化学的性質を持つ微量重金属との平衡関係からもその理由が十分考えられる。CROOKE⁹⁾は Fe : Ni 比をもって燕麥の障害発生の一要因であると報告しているが、いずれにせよほかの重金属類ともあわせて究明すべき問題と考える。

沖積土に硫酸ニッケルを添加した場合の著しい生育障害はこの原因について明らかでないが、活性の Ni と磷酸が反応して水に溶けない磷酸ニッケルのような二次生成物のできることも考えられる。なおこの点は再検討したい。

4 モリブデン含量による影響について

Mo の吸収は土壌の反応が中性からアルカリ側

になったときに著しく増大することはすでに知られているが、この実験においても蛇紋岩土壌で低 pH の場合に、アルファルファの Mo 含量は著しく低かった。すなわち pH 5.55 の場合の Mo 吸収量はわずか 0.10 ppm にすぎないが pH 6.7 から 7.4 においてはいずれも 0.50 ppm をこえている。一方馬鈴薯の場合は pH 5.0 から 7.0 の範囲にあっても Mo 吸収濃度は 0.60 から 0.75 ppm と個体差はほとんどなく、収量においても同様に土壌反応の影響はみられない。このように植物によって Mo に対する反応が敏感なものと同感なものがあり、一般に酸性に弱い作物では酸性に強い作物よりも Mo 施用効果が顕著にあらわれるとされている⁹⁾。アルファルファでは土壌 pH の上昇による Mo 効果が十分考えられ、反対に原土の場合のように酸性土壌では Mo 欠乏の発生度合¹⁰⁾の高まるのは当然と考える。このようにアルファルファが Mo の効果を顕著にあらわすということはすでに林ら⁹⁾によっても指摘されている。

ここで行なった有効態 Mo 抽出方法による Mo 含量と植物に吸収された Mo 含量との相関においては、蛇紋岩土壌と沖積土別の差はみられても、植物別にみた場合は明瞭な関係がみられないので検討の要があると考えられる。

V 摘 要

1 蛇紋岩質洪積土の平均全 Ni 含有量は 650 ppm あった。基岩の全 Ni は 1,200~1,800 ppm の高含有量を示した。全 Mo は蛇紋岩質洪積土と沖積土では大差なく、平均 2 ppm であった。しかし有効態のものは沖積土の約 2 分の 1 で 0.2 ppm しかなく、このことから特に中性からその付近を好む植物には Mo 欠乏の発生が考えられる。

2 植物の吸収 Ni 濃度は土壌の置換性 Ni と密接な相関を示したが、吸収 Ni と置換性 Ni との比は 1:1 から 15:1 と植物別に大差があった。置換性 Ni と吸収 Ni がある一定の比を保ったまま正比例する植物は生育障害を受けやすく、置換性 Ni が高まるにつれてこの比率が漸減する植物は Ni の障害に強かった。

文 献

- 1) 赤堀四郎, 1957; 酵素研究法3. p.507.
- 2) CROOKE, W.M., 1955; Further aspects of the relationship between nickel toxicity and iron supply. *Ann. Appl. Biol.*, 43, 465~476.
- 3) CROOKE, W.M., 1956; Effect of reaction on uptake of nickel from serpentine soil. *Soil Sci.*, 81, 269~276
- 4) 藤原彰夫, 菊地武三, 1950; 微量要素に関する研究 第1報 NiおよびZnについて 21, 37~40.
- 5) GORDON, A & LIPMAN, C.B., 1926; Why are serpentine and other magnesian soils infertile?. *Soil Sci.*, 22, 291~302.
- 6) 林 英夫, 1955; 牛のモリブデン中毒に関する研究 第1報 現地中毒牛に関する観察および牡糞えのモリブデン並びに銅投与試験 中国農試報告 2,3,109~132
- 7) _____, 1956; _____ 第2報 成牡牛へのモリブデンおよび銅投与試験 中国農試報告 3, 1, 199~214.
- 8) _____, 八幡策郎, 1957; モリブデナイトおよび石灰の施用がラヂノクローバーの生育および2, 3の組成分におよぼす影響について 3, 2, 577~587
- 9) _____, _____, 1958; 牛のモリブデン中毒に関する研究 第3報 モリブデン鉱毒地帯およびその他の地区の草類, 土壌および水のモリブデン並びに銅の含量 中国農試報告 3, 2, 556~562
- 10) HUNTER, J. G. & VERGNAND, O., 1952; Nickel toxicity in plants. *Ann. Appl. Biol.*, 39, 279~284
- 11) 黒田一郎, 牛来正夫, 1956; 花コウ岩に関する地球化学的研究 第4報 本邦産花コウ質岩中の鉛およびニッケル分布 日本化学雑誌, 77, 1129~1142
- 12) 増田敏春, 佐藤亮八, 1961; 蛇紋岩土壌における作物生育障害について, 予報 土壌ならびに生育障害実態調査 道農試集8, 37~48.
- 13) NICHOLAS, J. D., & NASON, A., 1954; Mechanism of action of nitrate reductase from neurospora. *J. Biol. Chem.*, 211, 183~197.
- 14) 大塚恭司, 高橋幸雄, 1962; 蛇紋岩地帯における柑橘の生育障害(II) —柑橘のモリブデン欠乏— 土肥講演要旨, 8, 39,
- 15) PURVIS, E.R., & PETERSON, N.K., 1956; Methods of soil and plant analyses for molybdenum. *Soil Sci.*, 81, 223~228
- 16) SANDELL, E. B., 1959; Colorimetric Determination of Traces of metals. 3, 640~664.
- 17) _____, _____, 3, 665~681
- 18) シャルロー, G. (付根興三, 田中元治訳). 定性分析化学II p. 286 共立全書
- 19) SOAN, B.D. & SAUNDER, D.H., 1959; Nickel and chromium toxicity of serpentine soil in Southern Rhodesia. *Soil Sci.*, 88, 322~330
- 20) 山崎伝, 清野馨, 青葉幸二, 足立正己, 1961; 燐鉱石, 蛇紋岩および熔成燐肥, 燐酸石灰などに含まれるモリブデン (Mo) について. 北陸農試報告 2,25~40

Summary

The nickel and molybdenum contents of some plants, soils and rocks in a serpentine area were determined.

The diluvial soils derived from serpentine contained 400 to 750 ppm of total nickel, and 1.0 to 3.0 ppm of total molybdenum, and 5 to 22 ppm of exchangeable nickel extracted by 1 N ammonium acetate, and 0.15 to 0.3 ppm of available molybdenum extracted by pH 3.3 ammonium oxalate solution.

Nickel absorption by red clover, ladino clover, sugar beet and potato were high, and the ratios of Ni/ex Ni of these plants was 7-15/1, while the ratios of timothy and oat were 1-3/1.

Amounts of nickel absorption of alfalfa, perennial ryegrass, orchard grass, bean and soybean were medium. Molybdenum contents of plants ranged from 0.10 ppm to 1.15 ppm on the serpentine soil.

Molybdenum absorption of alfalfa was affected by soil pH, while orchard grass and potato were not.

On the alluvial soil, molybdenum contents of plants were higher than on the serpentine soil and ranged from 0.4 ppm to 5.0 ppm.