

# 第 I 章 緒 論

畑作物の生育は気象ならびに土壌条件によって左右されることが多く、その生産は不安定である場合が多い。

土壌の作物生育に及ぼす影響は物理的、化学的、及び生物的な各要因が相錯綜して作用するが、中でも養分の過不足並びに均衡の如何が作物生育に与える影響は極めて大きい。

作物の養分は、いわゆる肥料三要素の他に多くの元素が数えられ、大量必須元素として、石灰、苦土、珪素、硫黄、微量必須元素として、鉄、マンガン、硼素、銅、亜鉛、モリブデンが挙げられる。

これらの元素が潤沢に供給され、しかも相互に均衡を保つことが作物生育に必要な条件であるが、近年これら養分の欠乏による生育障害とくに、石灰、苦土、珪素及び微量必須元素の欠乏による不稔等の生育障害が注目されるに至った。

岩手県下に於いては、噴出源を異にする火山灰土壌が広く分布しておいて、各々性質を異にし、微量要素の欠乏による生育障害も数多く、現在までに苦土、マンガン、硼素等の欠乏による生育障害を認めている。

昭和34年麦類に於て銅欠乏による生育障害が顕著に認められたので、これが欠乏原因の究明とその改良対策について試験研究を継続中であるが、その第一報をここに報告する次第である。

## 第 1 節 銅欠乏に関する研究の推移

我が国に於ける銅についての研究は古から行

なわれているが、その多くは銅鉍害にもとづくもので、微量要素としての銅についての研究は少なく、また銅欠乏土壌についての報告は極めて少ない。

しかし、欧州ではヒースの繁茂しているような荒地の開拓地に於て銅欠乏に由来する病気にエンバクや他の穀類がかかるといわれ、病気の植物では葉の先端が萎黄病になり、穀類では種子ができなくなる。この病気は開墾地病あるいは先端黄化 (yellow-tip) として知られ、初めは泥炭の成分の毒作用のためとされていたが、オランダの SJOLLEMA(1933) によって土壌に硫酸銅を用施し、治ることが確認された。1) その後 PIPER(1942) によって銅欠乏の結果かかる病気になることが確認された。2)

我が国に於ては、徳岡氏<sup>3)</sup>等が小麦の生育に対する銅の影響について植木鉢を用い、土耕試験を行なった結果、20PPm までの添加が小麦の収量を増加せしめたことを認めた。

また、近年、東北大学藤原教授<sup>4)</sup>らは宮城県鳴子町の草地の土壌を用いて、三要素の他に苦土、苦土+銅を添加し、大麦の栽培を行なったところ、銅添加区は無施用に対し、穂重が約 3.5 倍になった。このことについて藤原教授は銅無添加区に銅欠乏の症状は肉眼的に認められなかったが、銅が潜在的に不足していたものと解し、このような銅欠乏土壌の存在を示唆している。さらに、同教授<sup>5)</sup>は東北各地でしばしば観察される不稔について微量要素欠除の水耕栽培の大麦と比較して銅の欠乏であることを確認した。

京都府立大学森田教授<sup>6)</sup>は、黒土に対して銅

の施用試験実施し、明らかにその欠乏を認め得る訳ではないが、しかし潜在的に若干の欠乏状態で、その補給により増収を期待することが可能であり、わが国の酸性の黒土には、このような土壌が多く、銅或いはこれ以外の微量元素の施用によりある程度の増収を収め得るのではないかとしている。

安尾、渡辺氏<sup>7)</sup>らは銅の鉍害と作物の萎黄症状について研究され、銅鉍害は鉍害地のみでなく、果樹園、電話電線下等にもその障害が見られるといわれているが、岩手県胆沢郡の畑作地帯に於て、上記とは逆に電話電線下の麦類の生育が極めて良好なことが認められた。

## 第2節 岩手県に於ける銅欠乏研究の端緒

岩手県の南部、胆沢郡胆沢村、若柳に於て、

火山灰土壌に対する対策試験を小麦を供用して実施したところ、原因不明の不稔にかかり、殆んど収獲皆無のような状態であった。当初立枯病ではないかとの説もあって、昭和31年には試験地を移し実施したが、再び同様な結果になった。したがって昭和32年再度、当若柳中学校の実習圃場内に試験地を設け、同様な試験に着手し、立枯病防除の目的をもって、ブラシコールを散布したが、又も前試験地同様の結果になった。しかし、このとき試験地の一部電話電線下のみは生育良好で、しかも稔実もよいことを発見するにいたった。

そこで、このような現象がこの地方に広く見られるか詳細に調査したところ、電話電線下は何れも生育良好であることが見られた。

そこで、この原因を究明するために、電話電線下の土壌と不稔を起した土壌を採取し分析を行なった。

第1表 分析結果

土 壤	PH		置換酸度 Y <sub>1</sub>	置換性 石 灰	磷 酸 吸 収 力	1 : 10 HCl 可溶 Cu	Total Cu	腐植
	H <sub>2</sub> O	KCl						
被害地土壌	5.55	4.80	2.17	0.22	70.7	8.30	43.5	10.23
電話電線下土壌	5.20	4.60	5.83	0.13	72.8	13.30	59.5	10.96

註 Cu は Carbamate 法による比色定量

この結果よりみると明らかに電話電線下の土壌は Cu 含量が高く、また酸度も高くなっている。このことから一応、銅の不足により不稔が発生するのではないかと考え、確認の目的を以て不稔を起した土壌を採取し、次の方法によって鉢試験を実施した。

5 万分の 1 ワグネルポット

供 用 作 物 小麦ナンブコムギ

昭和33年10月、第2表に見られるような内容を以て、試験を実施した。

銅の添加量については 1 PPm から 15 PPm ま

で 5 PPm の巾で添加し、また不稔には、かなり硼素が関係するものと考え、硼素を添加する区を設けた。

鉄カル、珪カルについては、石灰の関係から銅の不可給化を惹起すると考えたが、一応参考のため区を設けた。

その結果、越冬前後には処理間の差は余り明瞭に見られないが、出穂直前頃より肉眼でも判別できるように生育差がつき、しかも銅欠乏の症状が無添加区に見られてきた。

銅添加に於ては、何れも生育が良好で銅施用

の効果が顕著であった。硼素については当初考  
えたようにはならないで、生育はよくなかった  
が、無添加区に見られたような銅の欠乏症は全

々発現しなかった。以上の収量結果は第3表の  
通りである。

第2表 試 験 設 計 (g/鉢)

区	名	硫酸銅	硼 酸	鉄カル	珪カル	備 考
1	無 添 加	—	—	—	—	N=0.5g/鉢(硫安)
2	Cu 1 ppm	0.015	—	—	—	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> =1.0g/鉢(過石)
3	" 5 "	0.074	—	—	—	K <sub>2</sub> O =0.5g/鉢(塩加)
4	" 10 "	0.147	—	—	—	三要素は各区に上記量
5	" 15 "	0.221	—	—	—	を加用
6	B 1 "	—	0.0214	—	—	
7	" 3 "	—	0.0643	—	—	
8	Cu10ppm+B3ppm	0.147	"	—	—	
9	鉄 カ ル	—	—	3.75	—	
10	珪 カ ル	—	—	—	3.75	

第3表 収 量 (g/鉢)

区	名	全 重	稈 重	穂 重	完全粒重
1	無 添 加	18.5	14.6	3.9	0.28
2	Cu 1 ppm	26.0	12.2	13.8	9.64
3	" 5 "	30.8	14.2	16.6	12.41
4	" 10 "	30.0	13.0	17.0	13.10
5	" 15 "	32.3	14.8	17.5	13.35
6	B 1 "	19.5	13.9	5.7	1.48
7	" 3 "	19.0	13.9	5.2	0.82
8	Cu10ppm+B3ppm	28.5	13.9	14.7	10.40
9	鉄 カ ル	8.6	6.8	1.8	0.06
10	珪 カ ル	10.1	6.8	3.5	1.03

すなわち、銅を添加した区は極めて良好で銅  
の添加効果の著しかったことが知られる。銅の  
添加濃度については、量の増加に従って良好な  
結果となり、どの程度の添加量により負の結果  
が出るのか把握することができなかった。硼素

の施用は外見的には殆んど正常なるものと変り  
はなかったが、穂は全々稔実せず、また、珪カ  
ル、鉄カルは生育収量とも悪かった。

このような試験結果から本土壤は明らかに銅  
欠乏土壌であることが判明した。

## 第Ⅱ章 銅欠乏に関する調査研究

### 第1節 銅欠乏症状の特徴

作物の欠乏症状は、主として大麦、小麦について確認しているが、他の作物については施用効果は充分認められるとしても、症状は確認するに至っていない。大小麦は概ね同様の症状で越冬前並びに越冬直後に於ては、正常なるものとあまり変わりなく、伸長期に入って徐々に草丈の伸びが遅れ出穂期が近づくとつれ上部葉、ことに止葉に異常が目立ってくる。すなわち葉がまくれ丁度こより状となって葉の先端が黄白色に枯れてくる。穂は大低の場合出るが、穂軸が完全に伸びきらず、止葉のすぐ上に穂がつくような状態となったり、穂が葉鞘に半分つまれたような、いわゆる出すくみ状態となる。

しかも、これらの穂は殆んど結実しない。欠乏が極度に進むと畑全面このような状態を呈し収穫皆無の状態になることも珍らしくない。当初胆沢郡胆沢村に於て、電話電線下の土壌と欠

乏地に生育した麦を初めて見たときは、まことに驚異的であった。その生育の外観的、様相は細かい点を除いて無肥料と完全区のように目立つものであった。

### 第2節 銅欠乏土壌の性状並びに分布

#### 1. 銅欠乏土壌の性状

岩手県内に分布する銅欠乏土壌は大部分黒色土壌で腐植に富む壤土～砂壤土の火山灰土壌である。県内に於ける代表的銅欠乏土壌の分析結果を示せば第4表の通りである。

銅の定量は Carbamate 法による比色定量で Total Cu はピロ硫酸加里を加え熔融を行なった。

Total Cu含量は25～60PPmの範囲であって志波氏<sup>9)</sup>の上田市近傍の各種土壌の銅含量に比較して極めて少ない。従って岩手県に於ける銅欠乏は土壌中の銅含量の少ないことに大きな原因があるものと考えられる。

第4表 銅欠乏土壌の銅含量

採 集 地	PH		置 換 度 Y <sub>1</sub>	腐 植 %	磷 酸 吸 収 係 数	置 換 容 量 m. e.	置換性塩基 <sup>mg/100g</sup>			Total CuO ppm
	H <sub>2</sub> O	KCl					CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	
九戸郡 軽米町	5.50	4.99	1.1	8.42	1,440	44.6	177	40	18	26.3
花巻市 笹間町	6.23	5.04	1.7	18.46	2,019	27.7	365	10	16	55.0
和賀郡 和賀町	5.62	4.17	10.8	10.65	1,801	25.0	108	15	37	58.0
胆沢郡 金ヶ崎町	5.51	4.38	10.0	8.21	2,019	29.6	176	18	37	60.0
〃 胆沢村	5.72	4.35	5.4	13.19	1,610	23.7	97	16	7	50.0

#### 2. 銅欠乏土壌の分布

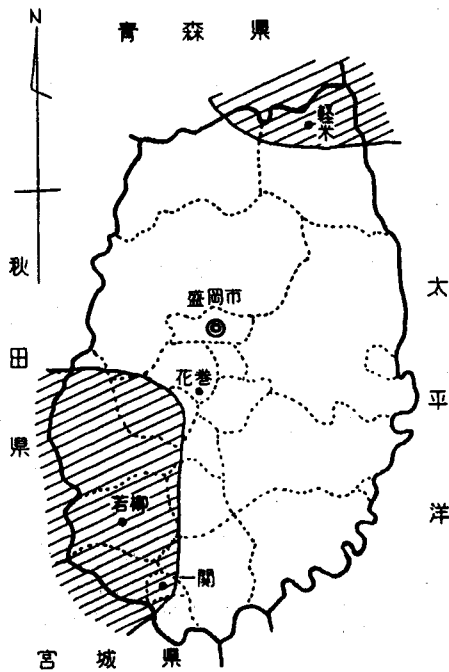
昭和34年からその分布調査を遂次実施中であるが、今のところ最初に発見した、胆沢郡胆沢村

(若柳)を中心にして、北は花巻から一関にいたる奥羽山系よりの、黒色火山灰土壌と、北辺の青森県境に近い九戸郡軽米町を中心とする地

帯であって、いづれも現地試験の結果からも銅施用の効果が大きい。

花巻から南は、焼石嶽の火山灰の影響が強く県北の軽米町周辺は、十和田八甲田系の火山灰の影響が大きいと考えられる。

第1図 銅欠乏土壤の分布図



表層は腐植に富み黒く、その腐植層の厚いものが多い。

イ 胆沢郡胆沢村周辺

前述せるように、胆沢郡胆沢村若柳地方の麦作は電話、電線下のみは良好で、他は極めて不良なところがいたるところに見られ、その現象はまことに驚異的であった。このことはその主体が銅欠乏に起因するものであることがわかったが、さらにその分布範囲を明らかにするためその症状が見やすい麦の生育期、5・6月に重点を置いて昭和34年から現地調査を実施している。

調査の方法は、現地に於ける症状の確認と土壤調査並びに植物体を採取しての分析である。

a) 土壤断面調査

第5表 土壤断面調査結果

地点番号	採取位置	層位	厚さ	土性	土色	腐植	礫	備考
1	岩手県胆沢郡胆沢村 若柳 字堰合	I	0 ~ 21	L	帯褐黒	H	○	症状の顕著なものと同様なものを同一圃場より採取 (表土のみ)
		II	21 ~ 50	L	暗黄橙	—	—	
		III	50 <	S	〃	—	—	
2	〃 字五本松	I	0 ~ 35	L	帯褐黒	H	○	
		II	35 <	L	黄橙	—	—	
3	〃 字堰袋	I	0 ~ 37	L	灰褐	H	○	
		II	37 <	L	黄橙	—	○	
4	〃 字上宮沢原	I	0 ~ 14	L	暗褐	H	○	1と同様正常なものについて同一圃場より採取
		II	14 ~ 50	L	〃	H	—	
		III	50 <	CL	黄橙	—	—	
5	〃 字二枚橋	I	0 ~ 20	L	暗褐	H	—	同上
		II	20 <	G		—	○	

本地域は本県南部の奥羽山系寄りの台地で、いわゆる胆沢扇状地の西部に当り胆沢川により発達した河岸段丘である。基岩は新第三紀層、

凝灰岩質沈積岩からなり、土壤は焼石嶽に由来する腐植質火山灰土壤で軽しような壤土～砂壤土である。該当市町村は、胆沢郡胆沢村で旧若

柳村に当る。旧若柳村の畑地は凡そ 300 ha の面積を有し而も畑作地帯と水田地帯は明らかに分れ、旧村出店以西は大體畑作地帯になっている。

### b) 土壤分析

土壤は表土のみ分析を行なった。置換性の銅については志波氏<sup>10)</sup>の方法によった。すなわち、風乾土壤 5 g に 300cc の浸出剤 (1 l 中に 0.05N の KCl と 醋酸 4 cc を含み pH は 3.2) を加え 4 ~ 5 時間振盪、一夜放置後上澄液を採取し Carbamate 法により銅を定量した。1:10HCl 可溶<sup>11)</sup>の銅は風乾土壤一定量に 10 倍量の 1:10 HCl を加え、湯煎上に 3 時間、時々振盪し浸出

を行ない、濾過後濾液を一定量にし、その濾液について銅を定量した。

全銅は土壤 0.5 g にピロ硫酸加里 1 ~ 2 g を加え、熔融後塩酸に溶解、濾過濾液を一定量にし、その濾液について銅の定量を行なった。

置換性銅は 0.09 ~ 0.96 PPM の範囲で一般に銅欠乏発現土壤ほど少ない傾向にあり、又全般に志波氏の上田近傍土壤に比し極めて少ない。

1:10HCl 可溶の銅についても銅欠乏発現土壤ほど含量が少なく、全銅についても同様な傾向にあり、しかも志波氏の上田近傍土壤に比し極めて少ない含量であることが認められた。

第6表 土壤分析成績

地点 番号	被害 程度	PH		置換酸度 Y <sub>1</sub>	置換性 石灰 %	腐植 %	磷酸 吸収 係 数	0.05N -KCl 可溶Cu ppm	1:10HCl可溶		Total CuO ppm
		H <sub>2</sub> O	KCl						Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	CuO ppm	
1	正常	5.20	4.60	5.83	0.13	10.96	2,068	0.96	2.36	16.65	74.5
	甚	5.55	4.80	2.17	0.22	10.23	2,008	0.52	2.95	10.39	54.5
2	〃	5.40	5.30	0.60	0.26	10.96	1,602	0.25	3.14	12.96	60.1
3	〃	5.50	4.75	3.55	0.12	12.95	1,846	0.34	2.70	6.39	61.3
4	〃	5.10	4.50	10.03	0.09	15.66	2,249	0.09	2.78	13.95	66.4
	〃	5.25	4.70	6.08	0.07	13.36	1,886	0.20	3.96	8.64	41.3
5	正常	5.60	4.80	2.09	0.26	10.65	1,906	0.36	4.30	15.27	192.2
	軽微	5.10	4.40	9.83	0.12	10.02	2,090	0.10	4.42	14.40	157.1

### c) 作物体分析

作物体分析は、全窒素並びに銅を除いては、HClO<sub>4</sub> による湿式分解によった。銅は体中含量が少ないので試料 10 g を 550°C にて灰化し、

珪酸分離後濾過洗滌を行ない、珪酸については、HF 処理を行ない、前の濾液に加えた後一定量にし、この濾液について Carbamate 法により定量を行なった。

第7表 作物体分析成績

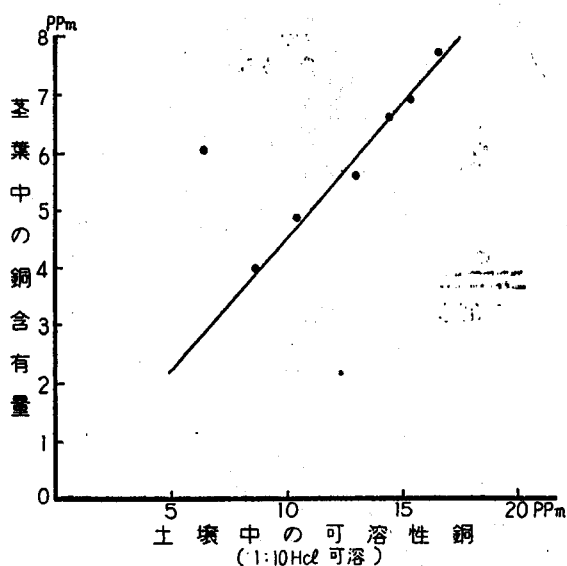
(風乾物中%)

採取 月日	地点 番号	被害 程度	部位	粗灰分	SiO <sub>2</sub>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuO (ppm)
五月 十一 日	2	正常	茎葉	9.55	1.43	—	0.38	3.30	0.45	0.17	0.033	0.011	7.71
		甚	〃	12.25	3.55	—	0.46	4.60	0.63	0.34	0.077	0.005	5.63
	4	〃	〃	8.93	2.33	—	0.45	3.40	0.53	0.26	0.079	0.005	6.05
	4	〃	〃	6.77	1.69	—	0.44	2.60	0.59	0.22	0.060	0.016	4.01

5	正常	〃	9.29	2.03	—	0.53	4.20	0.62	0.16	0.047	0.013	6.89	
	軽微	〃	9.07	1.08	—	0.56	4.90	0.69	0.24	0.046	0.010	6.64	
六月十六日	1	正常	〃	5.91	3.15	0.65	0.22	1.60	0.37	0.12	0.063	0.017	7.67
			穂	3.77	2.08	1.51	0.48	0.75	0.16	0.16	0.023	0.012	5.05
	中	茎葉	6.21	2.45	1.06	0.32	1.95	0.33	0.14	0.047	0.018	6.26	
		穂	4.79	2.84	1.93	0.48	0.80	0.18	0.23	0.024	0.015	4.01	
	甚	茎葉	8.36	3.75	1.69	0.41	2.50	0.39	0.27	—	0.018	4.86	
		穂	9.37	6.42	1.88	0.50	0.95	0.29	0.45	0.045	0.028	5.20	

作物体中の各種成分について分析を行なったが、銅含量と他成分相互の関連については不明で、粗灰分は欠乏症状の甚しいもの程多い傾向にあった。銅含量についても欠乏症状の判然としたもの程その含量は少ない。茎葉中の銅含量と土壌中の可溶性銅(1:10HCl可溶)の間には第2図にみる如く、かなり高い相関がみられた。

第2図 茎葉中の銅含量と土壌中可溶性銅



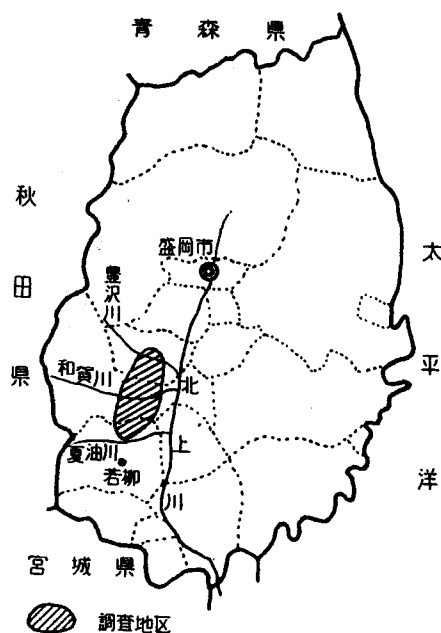
口 胆沢郡金ヶ崎町から花巻市附近まで  
調査地域は本県南部の奥羽山系寄りの洪積台地で該当市町村は胆沢郡金ヶ崎町、和賀郡和賀町、花巻市笹間町である。

全般的に地形はほぼ平坦をなしているが、夏

油川・和賀川・豊沢川等により開析を受け、台地は切れて居り、又東端は北上沖積地と15~20mの断崖をなしている。

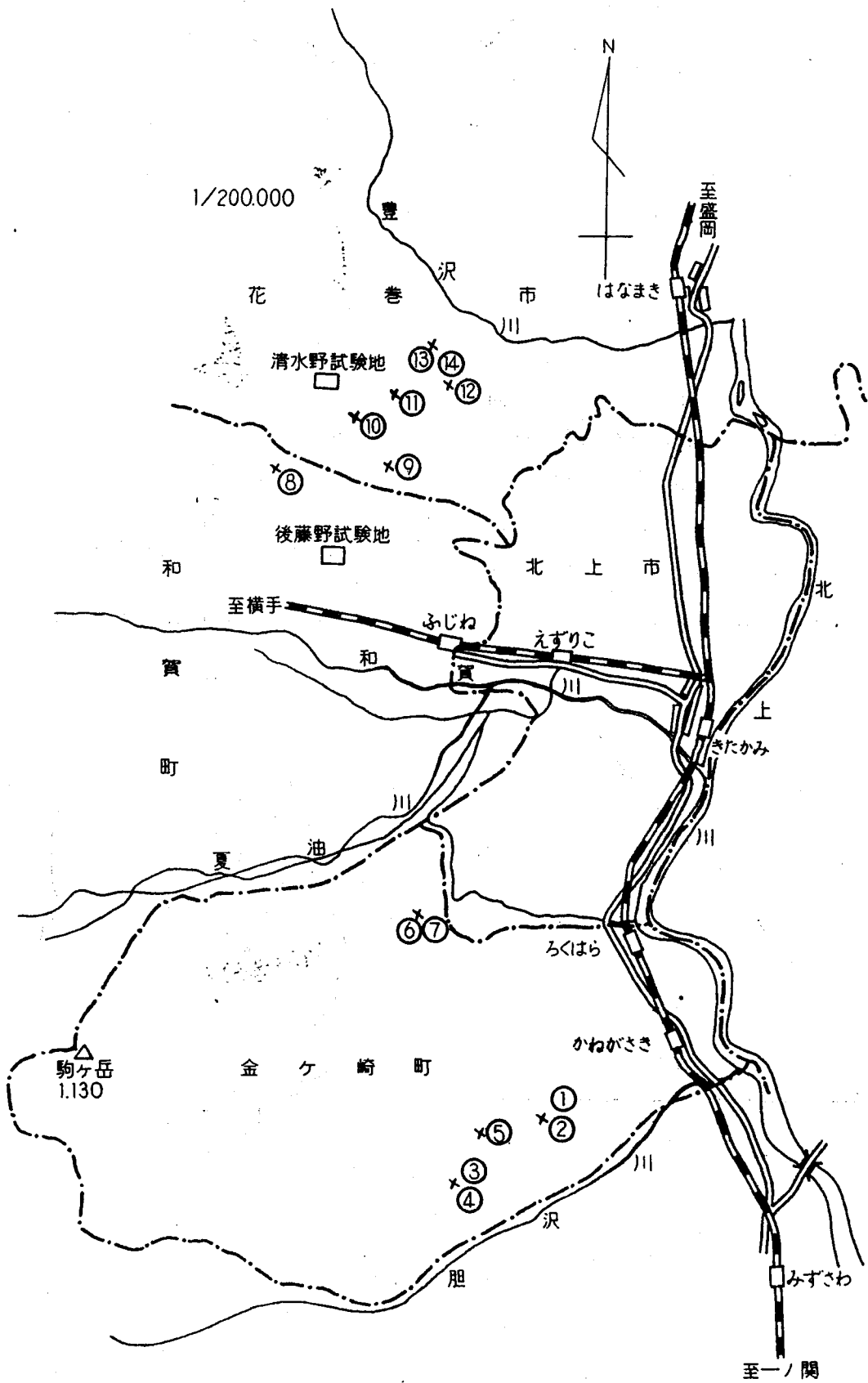
台地の東部は、大部分水田地帯で西部奥羽山系寄りに畑地がひらけている。既耕地もあるが戦後入植の開拓地が大部分を占め、その経営形態は多くは酪農型であるが、畑地の面積は大き

第3図 調査地域の位置



く大体4ha程度を所有している。しかし、土地生産力が低く農家経営は苦しい様である。土壌は表層腐植に頗る富む、やや軽しような壤土で礫も多い火山灰土壌である。下層は腐植に乏しい黄褐色の腐植土~壤土となっている。

第4図 採取地点図





## a) 土壤断面調査

本地域も前記同様焼石嶽に由来する火山灰の影響を強く受けている。土壤は腐植に頗る富む黒色の火山灰土壤で土性は壤土～埴壤土であ

る。下層は黄褐色の埴壤土～埴土で浮石を混入するところもある。又、表層より礫が多く混入され、下層に大礫の礫層となっている地帯もみられる。

第8表 土壤断面調査結果

採取地点番号	採取位置並に耕作者名	層位	層厚	土性	土色	腐植	礫	採取植物名
1	胆沢郡金ヶ崎町永岡	I	0 ~ 25	CL	暗 褐	H	—	小 麦
2	字下谷地 不 明	II	25 ~ 45	CL	暗 黄 褐	VH	—	
		III	45 <	L	黄 褐	—	—	
3	“ “	I	0 ~ 22	CL	暗 褐	H	—	“
4	字野崎 柴田幸太郎	II	22 ~ 70	CL	黄 褐	—	—	
		III	70 <	SL	“	—	—	
5	“ “	I	0 ~ 28	CL	暗 褐	H	—	“
	字永沢 佐藤辰雄	II	28 <	CL	黄 褐	—	—	
6	“ “ 六原	I	0 ~ 30	L	暗 褐	H	—	“
7	字金森 千葉卯平	II	30 <	C	黄 褐	—	—	
8	和賀郡和賀町横川目	I	0 ~ 25	CL	黒 褐	H	○	“
	字大槻 伊藤	II	25 <	CL	黄 褐	—	○	
9	花巻市笹間町字栃内	I	0 ~ 40	CL	黒	H	○	“
	不 明	II	40 ~ 70	C	暗 黄 褐	VH	○	
		III	70 <	C	黄 褐	—	○	
10	“ “ 字横志田	I	0 ~ 80	L	暗 褐	H	—	ライ麦
	不 明	II	80 <	CL	黒 褐	H	—	
11	“ “ “	I	0 ~ 38	CL	黒 褐	H	○	小 麦
	高橋 行雄	II	38 <	CL	暗 褐	H	○	
12	“ “ 字 轟	I	0 ~ 15	SL	暗 褐	H	—	“
	不 明	II	15 ~ 50	CL	黒 褐	H	—	
		III	50 ~ 70	CL	暗 褐	H	○	
		IV	70 <	L	黄 褐	—	○	
13	“ 太田町清水	I	0 ~ 30	SL	暗 褐	H	○	“
14	不 明	II	30 <	—	—	—	礫 層	

## b) 土壤分析

土壤は表土のみ分析を行ない、その結果は第9表の通りである。銅の定量は Carbamate 法

に依って行ない、全銅並びに 1:10HCl 可溶銅は前記同様に行なった。

土壤は、全般に塩基に欠乏した酸性の土壤で

腐植含量も極めて高く、燐酸吸収係数も一般に 地方同様に欠乏症発現土壤はその含量が何れも高い。1:10HCl 可溶の銅についても前記胆沢 低く、全銅についても同様な結果である。

第9表 土 壤 分 析 成 績

採取地 No.	PH		腐植 %	燐酸吸 取係数	置換性塩基mg/100g			置換容量 m.e	1:10 HCl可溶 CuOppm	T-CuO ppm
	H <sub>2</sub> O	KCl			CaO	MgO	K <sub>2</sub> O			
1	4.93	4.25	10.91	1,800	42	4	29	24.0	7.0	67.6
2	5.94	4.70	7.44	1,360	253	28	22	21.2	12.0	65.1
3	7.25	6.12	10.87	1,640	642	23	22	15.6	5.8	40.1
4	7.20	5.99	7.92	1,480	610	6	20	24.0	7.8	67.6
5	4.69	4.22	12.94	1,720	107	30	42	25.6	7.3	43.8
6	6.25	4.99	11.68	1,720	292	28	35	24.0	10.8	62.6
7	5.11	4.42	13.23	1,720	135	24	48	24.4	8.3	47.6
8	5.65	4.50	15.25	1,680	121	5	30	19.6	16.8	60.1
9	5.30	4.45	18.43	1,560	191	87	27	21.2	7.5	37.6
10	5.09	4.00	8.31	920	96	24	26	18.8	21.0	70.1
11	5.05	4.12	16.50	1,040	101	16	43	26.8	14.8	46.3
12	4.90	4.10	6.96	840	75	26	25	14.0	18.0	53.8
13	5.20	4.40	4.94	360	62	24	16	9.2	20.0	60.1
14	5.30	4.28	5.32	400	148	28	18	9.6	21.8	58.8

## c) 作物体分析

第10表 作物体分析成績

(対乾物)

採取地点 No.	種 類	SiO <sub>2</sub> %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %	CaO %	MgO %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ppm	CuO ppm	被害度
1	小 麦	0.60	2.58	0.41	2.22	0.39	0.12	0.080	78	3.80	中
2	〃	1.37	1.56	0.37	2.06	0.45	0.18	0.092	73	4.66	正
3	〃	1.43	1.41	0.40	2.50	0.28	0.13	0.081	34	4.85	中
4	〃	1.30	0.95	0.23	1.95	0.25	0.15	0.075	47	4.79	中
5	〃	1.37	3.56	0.56	3.14	0.58	0.18	0.116	161	4.29	中
6	〃	1.12	1.65	0.36	2.32	0.35	0.14	0.081	56	7.17	正
7	〃	0.83	2.09	0.44	3.20	0.40	0.18	0.067	148	6.32	微
8	〃	1.23	1.81	0.32	2.77	0.36	0.18	0.080	151	5.53	中
9	〃	1.28	2.37	0.57	3.04	0.77	0.19	0.070	122	4.37	甚
11	〃	1.55	1.65	0.46	2.76	0.33	0.16	0.066	157	3.27	甚
12	〃	1.07	1.54	0.26	3.31	0.75	0.23	0.102	136	5.64	中
13	〃	1.16	1.29	0.55	3.25	0.33	0.10	0.067	123	5.95	中
14	〃	1.07	1.09	0.52	3.21	0.38	0.14	0.055	129	4.92	中

全般に銅含量は低い、欠乏症状発現したもの程その含量は低い。他の成分との関連は認められない。但しNとSiO<sub>2</sub>については欠乏症状発現したものはその含量が高い傾向の様に考えられる。

ハ 九戸郡軽米町周辺

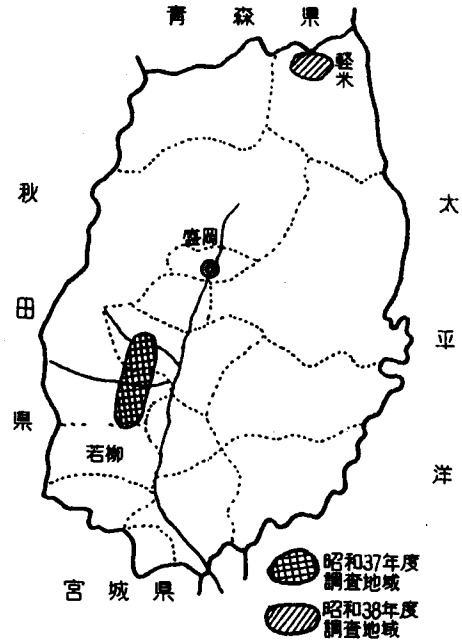
調査地域は本県北東部青森県と境を接する九戸郡軽米町である。

一般に波状丘陵状を示す地形であって、水田より畑面積が多く、畑に対する依存度が高い地帯である。土壌は火山灰土壌で十和田、八甲田系の降灰物と考えられて居り、下層に30cm前後の厚さを有する浮石層を狭在し、表土は腐植に類するとむ黒色の壤土である。

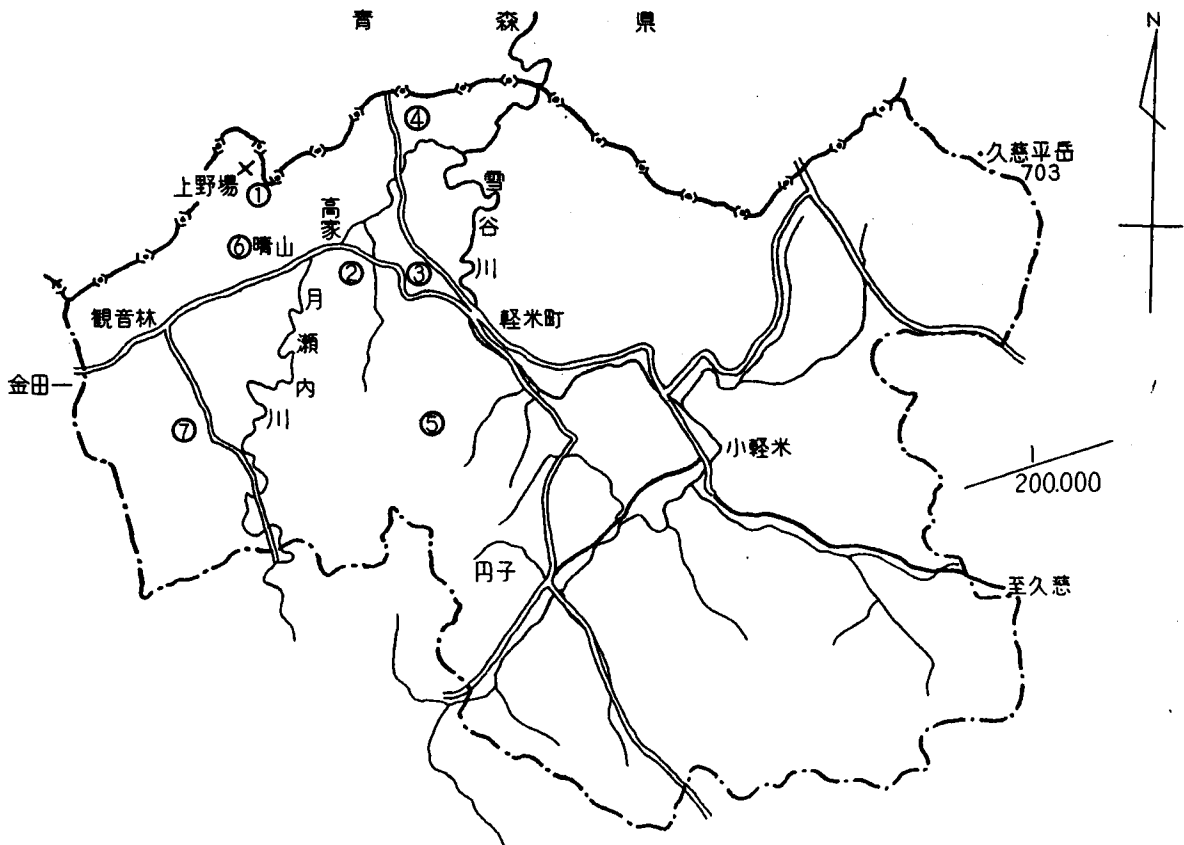
本地帯も大分以前より銅欠乏が麦類に発生していた模様であるが、原因が判明せず、その対策に苦慮していた。しかし、畑に対する依存度が高いため、放棄する事も出来ず、小麦では種

々品種を変え栽培し、被害の著しいナンブコムギから被害程度のやや少ないキタカミコムギを栽培するようになっている。

第5図 調査地域の位置



第6図 採取地点図



## a) 土 壤 分 析

土壌は全般に腐植に頗る富む壤土～砂壤土で黒色が極めて軽しような火山灰土壌である。下層には浮石層の出現するところもみられる。

pH は5.2～6.1の範囲にあるが、酸度はやや

高い。銅については、分析法は前記同様に行なった。可溶性銅並びに全銅は欠乏症状発現した土壌程その含量は少ない傾向にあるが、全般に銅含量は低い。

第11表 土 壤 分 析 成 績

採取地点 No.	欠乏程度	PH		置換酸度 Y <sub>1</sub>	腐植 %	磷酸吸収係数	塩基置換容量 m.e	置換性塩基 mg/100g			1:10HCl Soluble CuO ppm	Total CuO ppm
		H <sub>2</sub> O	KCl					CaO	MgO	K <sub>2</sub> O		
1	A	5.7	5.0	3.8	11.22	1,160	51.2	299	32	30	17.0	53
	B	5.8	5.1	4.5	11.01	1,160	57.0	299	50	30	14.4	32
2	A	5.5	4.9	6.1	12.49	1,070	50.5	283	24	32	21.6	46
	B	5.4	4.8	11.1	13.33	740	53.8	260	44	45	22.8	53
3	A	5.6	5.1	4.5	3.81	796	36.9	194	38	23	13.6	41
	B	6.1	5.1	4.7	7.41	980	55.7	199	28	26	13.0	42
4	A	5.8	4.9	5.1	16.19	1,180	60.9	427	28	26	17.0	64
	B	5.6	4.8	5.9	12.91	1,090	58.3	371	16	26	14.4	46
5	C	5.2	4.9	5.1	17.99	1,098	60.5	352	22	20	11.6	44
	A	5.8	5.2	3.2	8.25	920	43.4	260	36	19	15.8	52
	B	5.3	5.0	6.7	9.74	820	44.0	377	32	34	16.4	50
6	A	6.1	5.2	4.5	7.20	1,060	42.1	277	32	20	17.4	48
	B	6.1	5.3	5.9	5.93	1,100	44.7	355	36	44	15.2	53
7	A	5.7	5.1	6.7	8.68	820	42.7	222	28	31	10.8	43

註 欠乏程度 A 軽微～健全 B 中程度 C 甚

## b) 作物体分析

採取した作物体については、前記同様に各種成分について分析を行なった。

SiO<sub>2</sub> 並びに N 含量は何れも欠乏症発現株が

高く、銅含量については、欠乏症発現した株は少ない傾向にある。

他の成分については、判然とした傾向は認め難い。

第12表 作物体分析成績

(対乾物)

採取地点 No.	種類	欠乏程度	SiO <sub>2</sub> %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %	CaO %	MgO %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ppm	CuO ppm
1	小麦	A	5.00	1.58	0.42	1.32	0.43	0.17	0.069	96	4.04
		B	5.78	2.01	0.56	1.48	0.40	0.24	0.099	82	3.44
2	"	A	4.87	1.93	0.40	1.65	0.36	0.20	0.062	95	4.51
		B	6.59	2.00	0.36	1.57	0.46	0.21	0.068	84	4.09

3	"	A	3.86	2.24	0.58	2.14	0.50	0.17	0.091	119	9.85
		B	6.47	2.87	0.64	2.20	0.50	0.16	0.068	110	3.89
4	"	A	3.31	1.80	0.53	2.02	0.52	0.22	0.047	94	5.40
		B	6.26	2.14	0.58	2.07	0.62	0.22	0.090	97	4.70
5	"	C	6.47	2.40	0.44	2.06	0.72	0.28	0.143	97	3.73
		A	6.49	2.48	0.61	2.35	0.69	0.22	0.091	108	5.48
		B	6.97	2.88	0.65	2.40	0.63	0.17	0.072	108	5.00
6	"	A	8.36	1.63	0.37	1.44	0.48	0.16	0.060	60	7.29
		B	6.95	1.92	0.47	1.92	0.50	0.18	0.067	72	5.71
7	"	A	3.89	1.95	0.37	1.69	0.35	0.18	0.052	83	5.45

第3節 銅欠乏土壤の改良対策

1. 銅の土壤施用並びに施用量

銅欠乏土壤に対する改良対策として、銅を施用することが最も適切かつ有効であるが、その

施用量については、不明であるので、その施用効果の確認と施用適量を把握する目的を以て、試験を実施した。試験は、胆沢郡胆沢村若柳に於て実施し、土壤は胆沢川により発達した河岸段丘上の火山灰土壤で腐植に富む黒色の土壤で土性は砂壤土で極めて軽しょうである。

第13表 試験地土壤の化学特性

層位	PH		置換度 Y <sub>1</sub>	腐植 %	磷酸吸 収係数	置換量 m.e	置換性塩基mg/100g			N/5 HCl可溶 mg/100g		Total CuO ppm
	H <sub>2</sub> O	KCl					CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
I	5.7	4.3	5.4	13.2	1,619	23.7	97.0	16.0	7.0	3.50	36.3	55
II	5.4	4.6	8.0	8.1	1,676	19.1	79.0	21.0	20.0	0.44	11.3	58
III	5.7	4.6	8.8	0.8	1,448	11.5	72.0	18.0	10.0	0.95	79.5	50

第14表 銅 施 用 量 試 験 (胆沢村若柳五本松 昭34)

区 名	欠乏程度	生 育						収 量		
		草 丈			7. 8			全 重 Kg	子実重 Kg	同左比率 %
		12.1 cm	3.17 cm	5. 2 cm	稈 長 cm	穂 長 cm	穂 数 本			
1 無 処 理	卅	22.3	18.5	43.2	69.1	8.6	3.1	331.0	6.9	3.4
2 硫 酸 銅 2 Kg	+	23.1	18.3	48.4	83.8	9.0	3.0	847.5	202.8	100.0
3 " 4 Kg	○	23.1	18.8	51.2	87.0	9.3	3.3	864.0	250.8	123.7
4 " 6 Kg	○	21.0	17.6	46.9	83.7	9.0	3.1	849.0	240.3	118.5
5 " 8 Kg	○	22.0	16.4	46.1	82.9	8.9	3.6	787.5	226.8	111.8
6 炭 カ ル	卅	23.7	17.6	45.9	69.2	8.5	2.4	318.0	10.5	5.2
7 P倍硫酸銅 4 Kg	○	23.8	17.7	50.6	87.0	9.1	3.3	1,101.0	295.8	145.9
8 銅 鈹 滓	卅	25.2	19.8	52.1	79.6	8.8	3.1	694.5	104.6	51.6

備考 (1) 供試作物 小麦 ナンブコムギ (2) 1区10m<sup>2</sup>2連 (3) 施肥量 N(硫安) 9.5Kg  
 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(過石) 12.0Kg K<sub>2</sub>O(塩加) 8.0Kg (4) 炭カル PH6.2中和量 (5) 銅鋳滓112.5Kg(ラ  
 サ工業) (6) 播種 9月26日

試験結果によれば、銅の施用効果は顕著であつた。銅欠乏の症状は越冬前並びに直後に於ては全々みられないが、穂孕初期から発現し始め殊に無処理炭カル区に於て著しく発現した。

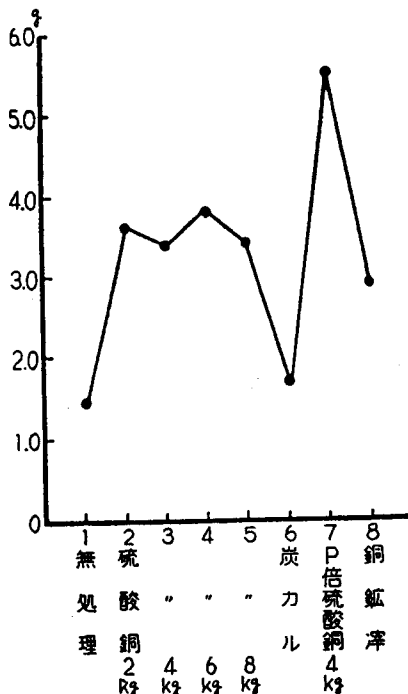
銅の施用量間にも若干生育差が見られ、生育収量ともに硫酸銅 4 Kg区が優つた。又火山灰土壤であるため、磷酸増量の効果も著しく銅との併用に於て著しかった。炭カルの施用は銅欠乏を助長することが明らかな様であり、銅鋳害はそれ自体の銅含有量が少なく、多量に施す事により、その効果は認められる。

銅の吸収量と施用量との間には明瞭なる相関はみられないが、施用した区は何れも銅の吸収量は増大し、殊に磷酸増量区に於てその生育順調なものと相俟つて吸収量の増加が著しい。無処理並びに炭カル区は著しく吸収量が少ない。

又銅の施用量による茎葉中の各要素の成分含

第7図 処理による銅の吸収量(茎葉)

昭35. 7. 8

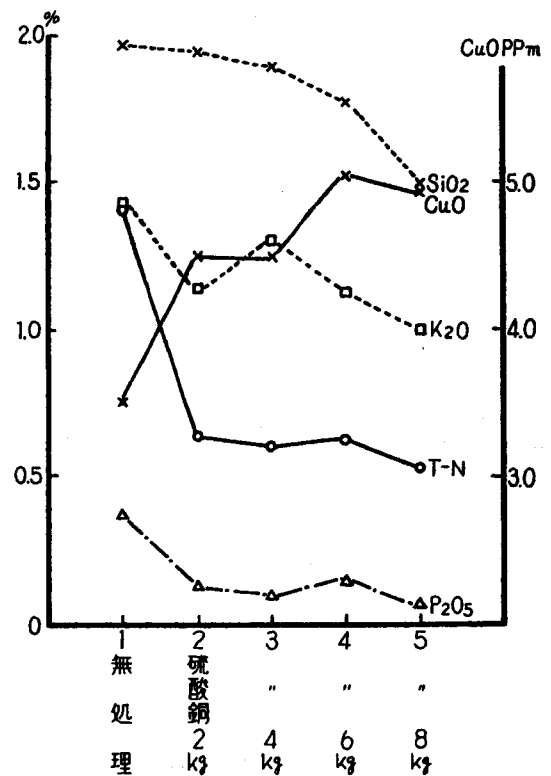


量をみれば、第7図の如く SiO<sub>2</sub>. N. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. K<sub>2</sub>O 等何れも施用量の増加に伴い、含有率の低下がみられ、特にNについては無処理が異常に濃度が高く、その低下率も大きい。逆に銅については、その施用量の増加に従い含有量の増加がみられた。

以上の結果より施用量の適量は、ほぼ 4 Kgと推定でき、それ以上の施用量はむしろ過剰となり、減収の傾向を示した。

第8図 銅施用量と各要素含有率(茎葉)

昭35. 7. 8



## 2. 銅の持続効果

銅の土壤施用の場合、1作毎に銅を施用しなければならぬか、或いは1年1回の施用で充分か、又1回の施用により何作、何年その効果が持続するかを判定する目的を以て、前記施用

量試験を麦作のみ5ヶ年間継続残効試験を実施した。但し本報告では3ヶ年のみの中間的なものであって、未だ試験継続中である。麦作のみ行なっては厳密な意味の持続効果の判定にはな

らないが、持続性を早急に或程度判定する目的で、試験を実施した。

土壌条件は前記同様であり、銅のみは残効とし三要素は毎作同量施用した。

第15表 残効1年目調査成績(昭35)

区名	生				育			収量(10a)		
	12.15		3.29		6.27			全重Kg	子実重Kg	同左率%
	草丈cm	茎数本	草丈cm	茎数本	稈長cm	穂長cm	穂数本			
1 無処理	14.8	165.0	11.5	163.0	54.1	7.4	25.8	126.0	49.5	53.2
2 硫酸銅2Kg	14.5	176.5	12.0	182.0	63.2	7.8	66.0	264.0	93.0	100.0
3 " 4Kg	15.6	170.0	13.9	189.3	72.3	8.1	78.5	459.0	187.5	201.7
4 " 6Kg	14.5	136.0	12.3	172.8	62.1	7.7	66.8	354.0	130.5	140.3
5 " 8Kg	15.3	166.5	10.6	165.3	63.9	7.5	66.0	366.0	150.0	161.3

第16表 残効2年目調査成績(昭36)

区名	生				育			収量(10a)		
	11.17		5.15		6.26			全重Kg	子実重Kg	同左率%
	草丈cm	茎数本	草丈cm	茎数本	稈長cm	穂長cm	穂数本			
1 無処理	16.3	129.0	41.4	—	—	—	—	—	—	—
2 硫酸銅2Kg	15.6	113.3	45.2	—	60.3	8.8	71.8	165.0	42.0	100.0
3 " 4Kg	16.5	94.8	59.8	—	77.6	9.1	86.3	408.0	156.0	371.4
4 " 6Kg	13.9	134.0	46.7	—	63.9	8.5	69.3	402.0	156.0	371.4
5 " 8Kg	15.6	150.3	57.0	—	66.7	8.6	81.5	235.5	67.5	160.7

第17表 残効3年目調査成績(昭37)

区名	生				育			収量(10a)		
	11.30		5.21		7.4			全重Kg	子実重Kg	同左率%
	草丈cm	茎数本	草丈cm	茎数本	稈長cm	穂長cm	穂数本			
1 無処理	15.7	—	32.4	—	—	—	—	—	—	—
2 硫酸銅2Kg	14.5	—	49.4	—	59.5	8.0	50.5	147.8	37.5	100.0
3 " 4Kg	17.0	—	67.2	—	75.5	8.9	80.0	458.3	186.8	498.1
4 " 6Kg	14.8	—	50.2	—	66.8	8.5	69.5	245.3	99.8	266.1
5 " 8Kg	15.4	—	52.8	—	66.5	8.0	64.5	304.5	126.8	338.1

3ヶ年間の中間結果であるが、3ヶ年とも硫酸銅4Kg施用区が最も優り残効々果の高いことも判明した。2Kg施用区では残効1年目にすでに銅欠乏症状がかなり発現し、3年目に於て

は区全部が欠乏症状を示した。4Kg以上の施用では3年目に至るも欠乏症状の発現はみられないが、6Kg以上ではむしろ過剰のためか3年目に至るも4Kg施用区以上の生育収量を示すには

至らなかった。

以上の結果より中間的であるが、麦作3年目でも適量の施用であれば持続効果の高い事が確認できた。

しかし、現実に即しての持続効果の判定は、極めて困難であるが、大きな休閑期を入れずに輪作体系下に於ける持続効果については今後に残された問題と考えられる。

### 3. 銅の施用時期並びに施用方法

銅欠乏土壌に対して、銅の施用が最も有効か

つ適切であると考えられるが、その施用時期は従来基肥と同時に施用する方法により試験を行なって来た。しかし、その施用時期の有効な範囲を把握すると同時に、基肥と同様に条施又は耕起前全面撒布混和後作条、施肥、播種を行なう両者の比較を行なう事が緊要と考え、下記により試験を実施した。試験は花巻市笹間町に於て行なった。土壌は洪積台地上の火山灰土壌で腐植に頗る富む黒色の壤土でその化学的特性は第18表の通りである。

第18表 試験地土壌の化学的特性 (昭36)

層位	PH		置換度 Y <sub>1</sub>	腐植 %	磷酸吸 収係数	置換量 m.e	置換性塩基mg/100g			N 5/HCl可溶 mg/100g		Total CuO ppm
	H <sub>2</sub> O	KCl					CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
I	6.2	5.0	1.7	18.5	2,016	27.7	365.0	10.0	16.4	0.88	16.3	55
II	5.9	4.9	2.8	2.1	2,329	11.2	72.0	11.0	16.0	0.69	40.0	60

第19表 銅の施用時期並びに施用法試験 (花巻市笹間町 昭36)

区名	生 育						収 量 (10a)			
	12.7		4.4		6.29		全 重 Kg	子実重 Kg	同 比 %	
	草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本	稈長 cm	穂長 cm				穂数 本
1 無 処 理	19.3	254.5	10.4	173.5	41.3	5.5	37.0	63.8	0.8	0.9
2 硫酸銅条施	16.7	200.5	11.9	176.3	73.0	7.9	70.0	391.5	84.0	100.0
3 硫酸銅施用A	17.8	297.5	10.3	160.0	58.3	7.5	58.0	286.5	33.0	39.3
4 " B	17.9	205.3	9.8	162.0	44.7	6.6	47.0	126.0	13.5	16.1
5 " C	18.7	188.5	9.9	165.5	36.8	5.6	36.5	73.5	1.1	1.3
6 硫酸銅全面撒布	19.6	210.5	12.1	241.0	75.3	7.8	85.3	468.0	87.0	103.6

備考 (1) 供試作物 小麦ナンブコムギ (2) 1区10m<sup>2</sup>2連 (3) 施肥量 N(硫安) 9.5Kg

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(過石) 15.0Kg K<sub>2</sub>O(塩加) 8.0Kg (4) 銅施用 A=4月4日 B=5月11日 C=5月

29日 (5) 硫酸銅施用量 10a当り4Kg

銅欠乏土壌に対しては、硫酸銅を基肥と同時に施用する事が最も望ましい方法であるが、基肥と同時に施用が出来得なかった場合にも何時施用すればよいか、この試験結果より明らかである。即ち施用時期が遅れば遅れるほど生育収量とも著しく劣った結果であり、施用時期としてはできるだけ早めに施用すれば、欠乏程度の

軽減をはかりうる事が確認された。

茎葉を採取分析した結果は第8図の通りで、各要素とも無処理並びに硫酸銅施用時期の遅れたもの程その含有率は高くなる傾向にあり、銅欠乏症状の激甚なるもの程三要素含有率の異常に高くなる結果を示した。

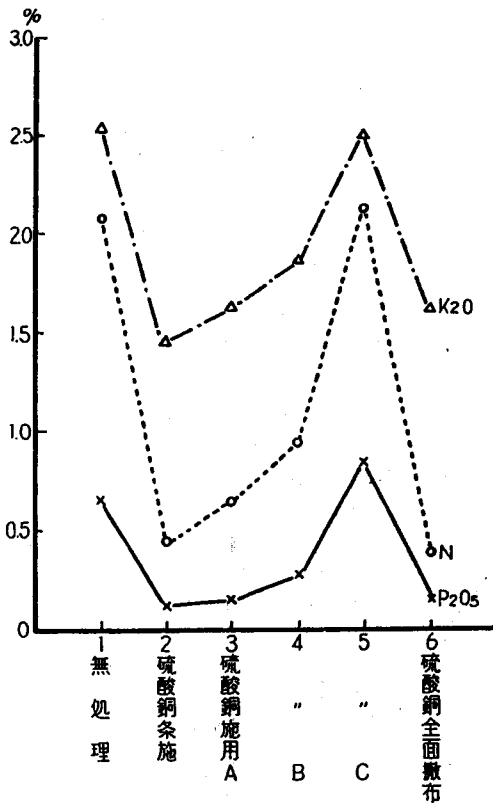
又、銅の吸収量については第10図の通り欠乏



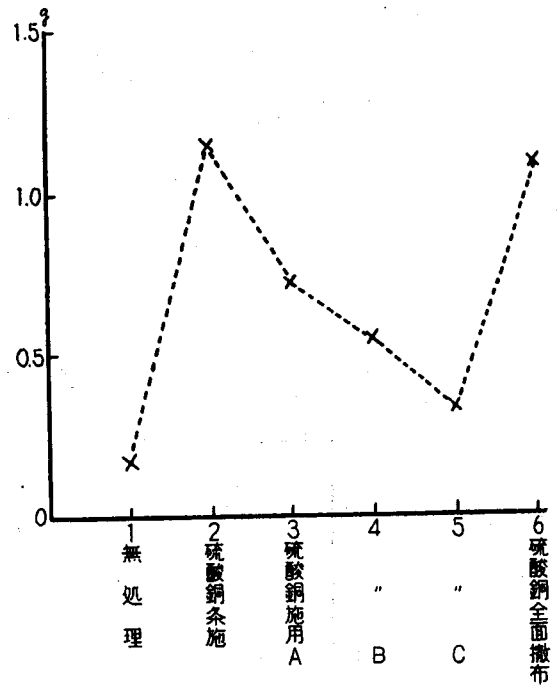
症状の甚しいもの程吸収量は少なく、即ち基肥と同時施用したもの程その吸収量は高く、施用時期の遅れたもの程その吸収量は減少する傾向にあった。

又銅の施用方法については、条施、全面撒布ともその効果に優劣はみられなかった。但し輪作等のことを考慮に入れるならば、尙今後の検討に俟つ必要がある。

第9図 茎葉に於ける三要素含有率(乾物)



第10図 銅 吸 收 量 (茎葉)



4. 銅の葉面撒布

銅欠乏土壤の改良対策には銅の土壤施用が最も良いが、これらの対策の講じられ得ない場合の手段としての葉面撒布も一つの対策として考慮する必要があり、この目的を以て胆沢郡金ヶ

崎町に於て現地試験を実施した。

土壤は黒色の火山灰土壤で、腐植に富む植壤土で礫に富む。土壤の化学的特性は第20表の通りである。

第20表 試験地土壤の化学的特性(昭36)

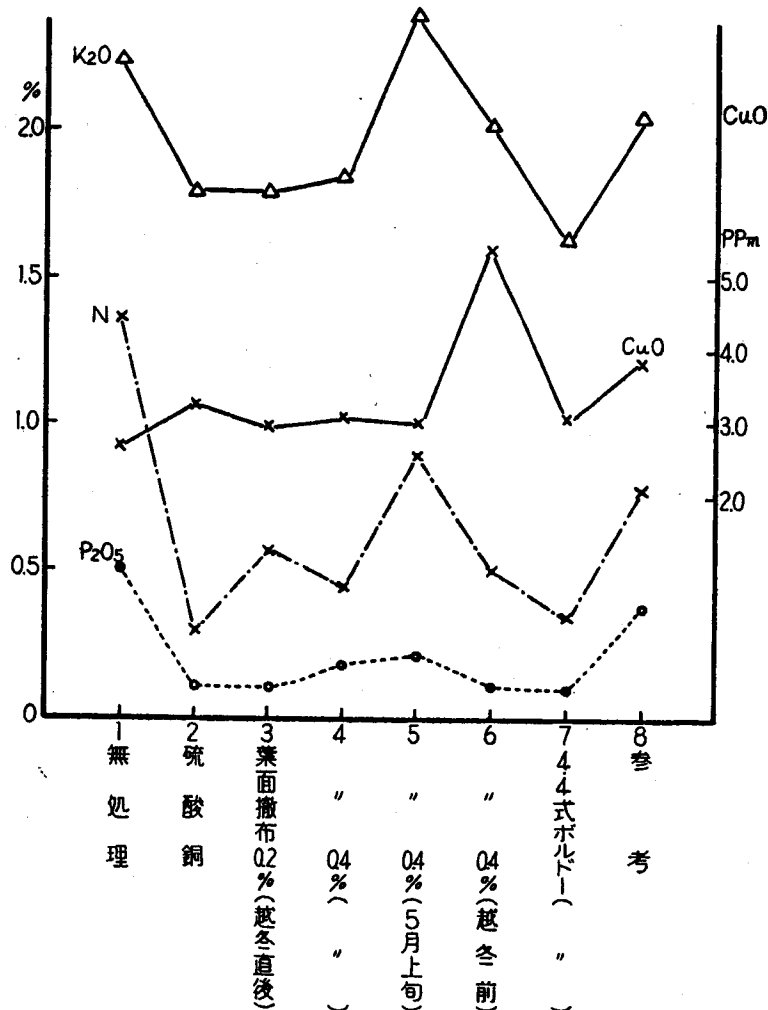
層位	PH		置換度 Y <sub>1</sub>	腐植 %	磷酸吸 収係数	置換 容量 m.e	置換性塩基mg/100g			N/5 HCl可溶 mg/100g		Total CuO ppm
	H <sub>2</sub> O	KCl					CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
I	5.5	4.4	10.0	8.2	2,016	29.6	176.0	18.0	36.9	2.6	57.5	60
II	5.3	4.3	45.6	1.1	1,704	19.1	77.0	8.0	22.6	0.7	135.0	55

第21表 銅の葉面撒布に関する試験 (胆沢郡金ヶ崎町 昭36)

区名	生				育			収量 (10a)		
	12.7		4.4		6.29			全重 Kg	子実重 Kg	同左 比率 %
	草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本			
1 無処理	19.0	232.3	11.9	178.3	46.9	6.8	53.5	163.5	39.0	2.9
2 硫酸銅	19.3	207.8	11.8	176.0	70.5	8.5	83.3	385.5	136.5	100.0
3 葉面撒布 0.2% (越冬直後)	18.9	215.5	12.1	169.5	67.6	8.2	70.3	388.5	136.5	100.0
3 " 0.4% (越冬直後)	19.3	178.3	12.0	181.5	67.4	8.4	69.8	414.0	141.0	103.3
5 " 0.4% (5月上旬)	20.6	244.3	12.6	189.8	54.9	7.9	56.8	235.5	78.0	57.2
6 " 0.4% (越冬前)	21.2	255.0	11.1	177.0	58.3	7.9	71.3	463.5	175.5	128.5
7 4.4式ボルドー (越冬前)	19.5	263.3	11.8	197.0	63.9	8.1	71.0	363.0	121.5	89.0
8 参考	19.3	233.3	10.9	162.3	60.2	7.9	63.5	207.0	52.5	38.5

備考 (1) 供試作物 小麦ナンブコムギ (2) 1区10m<sup>2</sup>2連 (3) 施肥量 N(硫安) 9.5Kg  
 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(過石) 15.0Kg K<sub>2</sub>O(塩加) 8.0Kg (4) 硫酸銅 4 Kg/10a (5) 葉面撒布 硫酸銅各濃  
 度区当り 1 ℓ 撒布 (6) 4.4式ボルドー 区当り 1 ℓ 撒布 (7) 参考サマ 3回撒布 (葉面撒布剤と  
 して市販) 1,000倍液 1 ℓ

第11図 茎葉中銅含有率と三要素含有率 (乾物)



試験は区内に防雪柵を設けられたため若干乱れたが、しかし大きな影響はなく、越冬後は支障なく経過した。

試験結果より葉面撒布の効果も極めて高いことが認められた。すなわち、銅の土壌施用に比しても殆んど同等或はそれ以上の生育収量を示した。

撒布時期についてみるならば、土壌施用の場合同様に早く撒布することが効果的である。しかし、葉面撒布の目的よりして越冬後の撒布でも充分その目的は達せられるが、5月上旬では時期を失した感があり、その目的を達せられないようである。

これは収穫後の茎葉中の分析結果よりしても推察しうるところである。すなわち、銅濃度はさして変りはないが、他の三要素含有率が無処理等と同様高く明らかに異常であったと認めうる。

撒布濃度については、2種の濃度のみの検定に終わったため判然としないが、本試験結果では0.2、0.4%の濃度の差には余り大きな影響はない

ものと考えられる。葉害については、撒布後何れも若干蒙ったが詳細については不明である。

4・4式ボルドー撒布によっても、かなり被害を軽減できうるということが認められ、従ってかかる銅欠乏地帯に於ては雪腐病防除もかねてボルドーを撒布することは大いに意義のあるところと考えられる。

5. 銅と石灰との関連

石灰と微量要素、特にマンガン、硼素等に於いては石灰との拮抗関係の存在が知られているところであるが、銅についても一般にそのように考えられている点があるので、この相互の関係について明らかにする必要があるものと考えられる。従来知られているマンガンと石灰の如く石灰の加用により土壌の反応が中性からアルカリ性に傾くと置換性マンガンは、難溶性のマンガンに変化するが、銅についてもこの様な関係があるものと考えられるので、この点を明らかにすべく試験を実施した。試験は和賀郡和賀町岩崎に於て行ない、土壌は洪積台地上の黒色の火山灰土壌で腐植に頗る富む軽しような壤土である。

第22表 試験地土壌の化学的特性(昭35)

層位	PH		置換度 Y <sub>1</sub>	腐植 %	磷酸吸 収係数	置換 量 m.e	置換性塩基mg/100g			N/5HCl可溶 mg/100g		Total CuO ppm
	H <sub>2</sub> O	KCl					CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
I	5.6	4.2	10.8	10.7	1,789	25.0	108.0	15.0	37.0	1.63	53.8	58
II	9.0	4.3	14.9	3.5	1,931	16.8	97.0	10.0	17.0	0.69	108.8	49

第23表 銅と石灰の相関試験(初年目昭35 和賀郡和賀町岩崎)

区名	生 育						収 量 (10a)			
	12.7		4.4		7.7		全重 Kg	子実重 Kg	同左比率 %	
	草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本	稈長 cm	穂長 cm				穂数 本
1 無 処 理	22.2	242.8	13.1	184.5	70.4	8.3	61.3	382.5	118.5	50.4
2 硫 酸 銅 4 Kg	18.3	223.3	13.5	191.5	83.3	9.1	76.5	583.5	235.5	100.0
3 PH4.5 "	19.7	226.8	14.5	188.8	84.7	9.2	78.5	568.5	237.0	100.6
4 PH5.5 "	19.8	223.5	14.1	183.3	86.2	9.1	89.5	603.0	252.0	107.1
5 PH6.0 "	20.8	221.3	14.9	204.3	88.8	9.3	86.3	643.5	270.0	114.6
6 PH6.5 "	21.1	227.3	14.7	210.3	87.7	9.1	86.5	682.5	285.0	121.1
7 PH7.0 "	20.5	231.8	14.9	220.3	89.1	9.4	92.3	663.0	276.0	117.2

第24表 銅と石灰の相関試験（2年目残効 昭36和賀郡和賀町岩崎）

区名	生				育			取量 (10a)		
	11. 24		5. 16		7. 4			全重 Kg	子実重 Kg	同左比率 %
	草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本			
1 無処理	22.5	6.4	66.8	—	81.3	8.8	79.3	394.5	114.0	41.3
2 硫酸銅 4Kg	20.5	4.9	69.5	—	91.0	9.6	86.0	699.0	276.0	100.0
3 PH4.5 "	21.7	7.6	69.1	—	91.7	9.5	100.3	709.5	285.0	103.3
4 PH5.5 "	22.0	5.7	71.8	—	94.1	9.7	97.8	715.5	306.0	110.9
5 PH6.0 "	22.5	6.2	71.2	—	85.9	10.0	94.5	834.0	337.5	122.3
6 PH6.5 "	22.8	5.4	72.2	—	95.7	9.7	99.0	853.5	327.0	118.5
7 PH7.0 "	24.8	5.7	71.7	—	95.6	9.7	95.3	846.0	339.0	122.8

備考 (1) 供試作物 小麦ナンブコムギ (2) 1区10m<sup>2</sup>2連

(3) 施肥量 N (硫酸) 9.5Kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (過石) 15.0Kg K<sub>2</sub>O (塩加) 8.0Kg

(4) 処理 無処理区を除き全区に硫酸銅 4 Kg、炭カルは夫々のPHに相当する量を添加、ともに2年目は残効

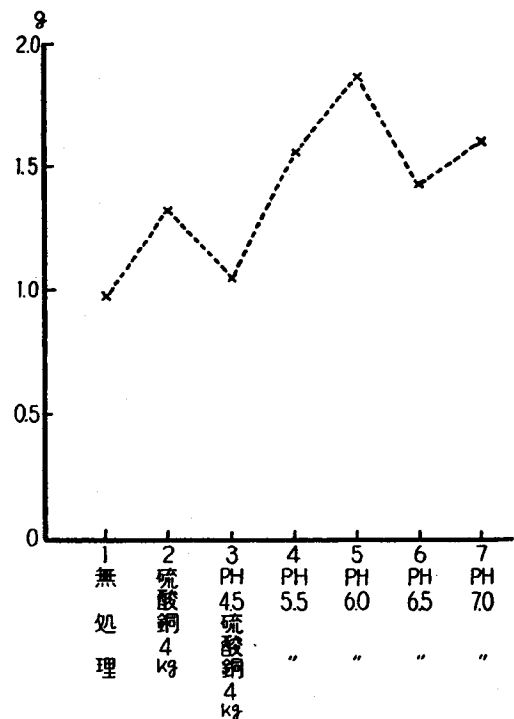
PH4.5 (28.8Kg) PH5.5 (107.4Kg) PH6.0 (272.4Kg) PH6.5 (343.3Kg)  
PH7.0 (483.3Kg)

石灰の添加により pH の増加を図ったわけであるが、実際には予定した通りに pH が上昇しなかった点にも原因があるとも考えられるが、本試験結果よりは石灰と銅との関係についてはこの程度の pH の範囲に於ては銅の不可給化は起らず、むしろ石灰の添加により増収の傾向にあった。このことはかかる銅欠乏地帯の土壤は火山灰土壤で、しかも後述する如く苦土欠乏の発現しやすい土壤であり、この様な土壤では反応を適正に保持することが土壤管理上極めて重

要なことを示したものとみることができる。

石灰の添加により増収の傾向にあったことは試験結果からも明らかであるが、第12図にみられる如く銅の吸収量も増加の傾向にあり、生育の良好であることが認められる。

第12図 茎葉における銅の吸収量



第25表 PH の測定 (昭35)

区名	12.7		4.4		7.7	
	H <sub>2</sub> O	KCl	H <sub>2</sub> O	KCl	H <sub>2</sub> O	KCl
1 無処理	5.70	4.46	5.65	4.50	5.55	4.41
2 硫酸銅 4Kg	5.70	4.39	5.44	4.49	5.51	4.46
3 PH4.5 "	5.61	4.46	5.89	4.65	5.69	4.59
4 PH5.5 "	6.06	5.03	6.21	4.83	6.03	4.88
5 PH6.0 "	6.17	4.95	6.33	5.27	6.20	5.10
6 PH6.5 "	6.27	5.14	6.27	5.29	6.18	5.08
7 PH7.0 "	7.14	5.94	6.45	5.62	6.69	5.71

## 6. 銅苦、土の併用

本県における銅欠乏地帯は、殆んど火山灰土壌で、しかも酸性土壌地帯であるため、苦土欠乏が発現しやすく、銅欠乏と苦土欠乏が同一地帯にみられる。従って土壌の反応を適正に維持することは、この種の土壌管理上最も重要なことと考えられる。

銅欠乏地帯の土壌は、可溶性の銅に欠乏する

ばかりでなく、苦土、その他の塩基にも当然欠乏しているとみられるので、かかる土壌における畑生産のより増収並びに安定を図ることが緊要であり、この目的を以て本試験を実施した。

試験は花巻市と軽米町の2ヶ所を選び、何れの試験地も火山灰土壌で黒色の軽しような土壌である。試験地土壌の特性は第26表並びに第27表の通りである。

第26表 試験地土壌の化学的特性(花巻市笹間町 昭36)

層位	PH		置換度 Y <sub>1</sub>	腐植 %	磷酸吸 収係数	置換 容量 m.e	置換性塩基mg/100g			N/5HCl可溶 mg/100g		Total CuO ppm
	H <sub>2</sub> O	KCl					CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
I	6.2	5.0	1.7	18.5	2,016	27.7	365	10.0	16.4	0.9	16.3	55
II	5.9	4.9	2.8	2.1	2,357	11.2	72	11.0	16.0	0.7	40.0	60

第27表 試験地土壌の化学的特性(九戸郡軽米町 昭37)

層位	PH		置換度 Y <sub>1</sub>	腐植 %	磷酸吸 収係数	置換 容量 m.e	置換性塩基mg/100g			Total CuO ppm
	H <sub>2</sub> O	KCl					CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	
I	5.5	5.0	1.1	8.4	1,440	44.6	177	40	18	26
II	6.0	5.6	0.4	4.5	2,100	28.5	133	32	6	49

第28表 銅と苦土の併用試験(花巻市笹間町 昭36)

区名	生 育						収 量 (10a)		
	11. 24		5.17	7. 3			全 重 Kg	子 実 重 Kg	同左比率 %
	草 丈 cm	茎 数 本	草 丈 cm	稈 長 cm	穂 長 cm	穂 数 本			
1 無 処 理	18.6	4.1	46.2	49.9	7.2	45.5	82.0	6.0	9.5
2 P倍・硫酸銅+ 硫酸苦土	25.1	5.8	68.6	88.3	9.6	112.0	718.5	270.0	428.6
3 硫酸銅+硫 苦	20.6	4.5	66.9	81.4	9.1	95.0	520.5	178.5	283.3
4 硫 酸・苦 土	22.2	4.7	50.1	56.8	7.8	56.8	147.0	4.5	7.1
5 溶 磷	21.7	4.4	47.9	51.4	6.8	58.8	135.0	12.0	19.0
6 硫 酸 銅	13.8	4.1	49.9	65.0	7.8	65.5	204.0	63.0	100.0
7 硫 酸 銅 多 量	11.1	1.5	39.2	53.1	7.3	44.5	102.0	27.0	42.9

備考 (1) 供試作物 小麦ナンブコムギ (2) 1区10m<sup>2</sup>2連 (3) 施肥量 N(硫安) 9.5Kg  
P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(過石) 15.0Kg K<sub>2</sub>O(塩加) 8.0Kg (4) 硫酸銅 4Kg 多量15Kg (5) 硫酸苦土40Kg

生育初期における苦土の効果は顕著であったが、後期に於ては銅の効果は顕著である。従ってかかる地帯に於ては明らかに銅が大きな制限因子となっている。銅添加に於ける苦土の施用

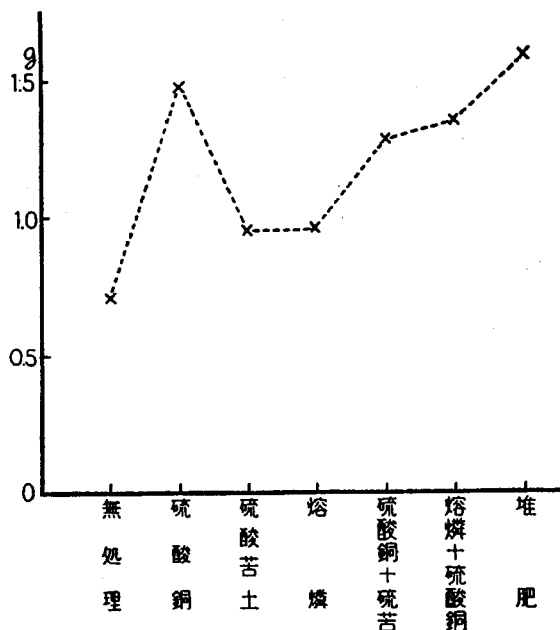
効果は大きく、硫酸銅単用に比し大巾な増収を示した。又火山灰土壌であるため磷酸増施の効果も大きい。硫酸銅多量区は生育初期から生育が阻害され、過剰害が顕著にみられた。

第29表 銅と苦土の併用試験(九戸郡軽米町 昭37)

区名	生			育			収量 (10 a)		
	草丈 cm			7. 15			全重 Kg	子実重 Kg	同左比率 %
	12. 14	4. 22	5. 20	稈長 cm	穂長 cm	穂数本			
1 無処理	16.8	19.7	56.8	59.3	7.5	84.3	253.2	38.3	12.2
2 硫酸銅	16.5	20.8	69.3	76.9	9.3	85.3	726.0	314.3	100.0
3 硫酸苦土	16.2	20.4	63.2	63.3	8.1	95.8	286.5	36.3	11.5
4 熔燐	15.4	18.7	51.9	60.9	7.9	93.0	245.3	61.5	19.6
5 硫酸銅+硫酸苦土	16.3	22.6	70.0	81.1	9.3	99.0	720.0	312.8	99.5
6 熔燐+硫酸銅	15.0	19.2	65.5	74.0	9.0	76.5	598.5	251.3	80.0
7 堆肥	17.0	20.5	63.2	67.0	8.6	111.0	350.3	31.6	10.1

備考 (1) 供試作物 小麦ナンブコムギ (2) 1区10m<sup>2</sup>2連 (3) 施肥量 N(硫安) 10.0Kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(過石) 15.0Kg K<sub>2</sub>O(塩加) 8.0Kg (4) 硫酸銅 3.0Kg (5) 硫酸苦土 40.0Kg (6) 堆肥 1,000Kg

第13図 茎葉における銅の吸収量



本試験地に於ても銅の効果は顕著である。第13図によっても銅添加区は何れもその吸収量が増加している。堆肥区に於て吸収量が増加しているが、この点については、検討の要があるものと考えられる。苦土添加は前記試験同様初期の生育は良好であるが、銅の吸収が阻害されるために、後期に於て欠乏症状が発現し、減収を来たした。

7. 大小麦における銅欠乏に対する抵抗性

銅欠乏の症状は、大・小麦において特に判然とする。しかし、これらの品種の中には銅欠乏に対する抵抗性の強弱がみられるので、その抵抗の差異を検知する目的を以て、前記胆沢村若柳において現地試験を行なった。

供試品種並びにその特性は、第30表、第31表の通りである。

第30表 小麦供試品種の特性

品 種 名	倒伏の難易	耐寒性	耐雪性	耐肥性	脱粒の難易	草 型	穂 型	芒無 の長 有短	穂 発 芽 性	耐病性				特 性
										白 渋	赤 サビ	赤 カビ	萎 縮	
1 ナンプコムギ (農林82号)	難	強	強	強	難	閉 立	錐	有 短	中	強	中	強	中	中稈やや早熟で耐雪性強く良質多収である。赤サビ病萎縮病に弱い。
2 ヒツミコムギ (農林88号)	難	強	中強	強	やや易	散	棒	有 微	中	強	強	中 の弱	やや弱	中稈晩熟で耐雪性やや強く多収粒は粉質である。株は開き間作に不適。萎縮病に弱い。
3 キタカミコムギ (農林97号)	難	強	中強	強	やや難	やや開	棒 錐	有 長	中	強	中	強	強	中稈、中晩生、株は、わずかに開き極多収性である。間作にはやや適。
4 農林27号	難	強	中	中	やや難	やや散	棒	有 長	中	強	中	中	強	長稈やや晩熟で良質多収である。やや耐雪性が弱い。

第31表 大麦供試品種の特性

品 種 名	倒伏の難易	耐寒性	耐雪性	耐肥性	脱粒の難易	草 型	穂 型	芒無 の多 有少	耐病性		特 性
									白 渋	小 サビ	
5 会津2号	やや難	中強	中強	強	易	閉 立	六 条	有 中	中	中	中稈、中熟、良質多収である。雲紋病にやや弱い。
6 岩手メンシュアリー2号	易	強	強	やや弱	やや弱	やや散	四 条	有 長		中	長稈、晩熟で耐寒、耐雪性強く良質多収であるが、倒伏しやすい。瘠地に適す。
7 岩手大麦1号	中	強	強	中	やや難	閉 立	六 条	有 長		中	長稈、晩熟で耐雪性強く良質多収である。
8 細稈2号	中	強	強	中	やや難	やや散	四 条	有 長	中	中	長稈やや晩熟、耐雪性強く山間多雪地向。倒伏し易い。
9 ショウキムギ	難	強	強	強	易	閉 立	六 条	有 中		中	中稈、中熟、強稈。耐肥性強く良質多収である。
10 会津7号	難	中強	中強	強	難	閉 立	六 条	有 中	中	中	中稈、早熟、裏作用にも良い。良質多収であるが脱芒し難い。

第32表 供 試 条 件

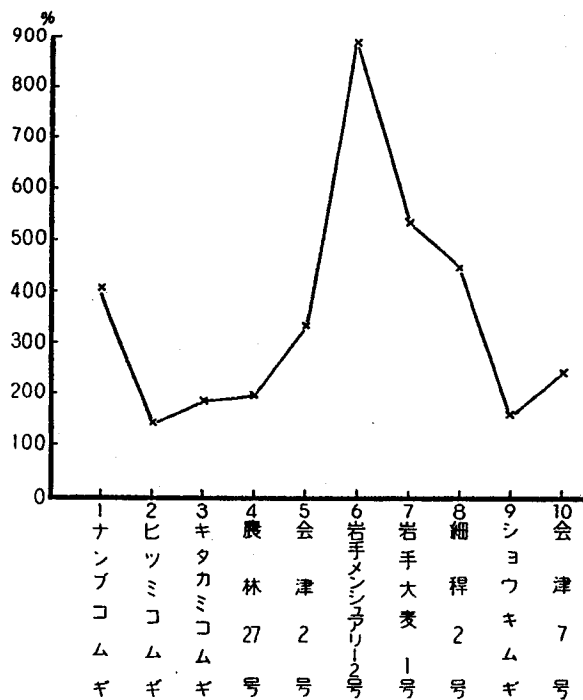
区 名	施 肥 量				備 考
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	硫酸銅	
1 硫酸銅添加	9.5 (7.5+2.0)	15.0	8.0	4.0	N=硫酸 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> =過石 K <sub>2</sub> O=塩加
2 無 添 加	"	"	"	—	

第33表 銅欠乏抵抗性品種間差異に関する試験 (昭36)

種 類	品 種 名	銅 添 加						無 添 加					
		生 育 (6.26)			収 量			生 育 (6.26)			収 量		
		稈長 cm	穂長 cm	穂数 本	全重 Kg	子実重 Kg	比率 %	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本	全重 Kg	子実重 Kg	比率 %
小 麦	ナンブコムギ	80.5	9.2	113.5	564.0	216.0	100.0	65.4	8.6	78.0	240.0	52.5	100.0
	ヒツミコムギ	88.6	9.4	92.0	648.0	246.0	113.9	75.2	9.1	84.0	510.0	168.0	320.0
	キタカミコムギ	81.1	9.3	75.0	498.0	216.0	100.0	70.6	9.5	59.0	297.0	114.0	217.1
	農 林 27 号	90.0	8.0	78.0	576.0	208.5	96.5	80.7	9.1	102.0	376.5	104.0	198.1
大 麦	会 津 2 号	73.3	4.4	77.0	429.0	171.0	93.4	61.4	5.4	49.0	177.0	51.0	45.3
	岩手メンシュア リー2号	95.5	8.0	109.0	568.5	241.5	132.0	61.6	8.5	37.5	130.5	27.0	24.0
	岩手大麦1号	97.2	4.3	96.0	400.5	162.0	88.5	60.9	7.4	41.0	204.0	30.0	26.6
	細 稈 2 号	92.7	7.3	95.0	919.5	387.0	211.5	74.5	7.2	83.0	315.0	85.5	76.0
	ショウキムギ	74.1	4.5	103.0	379.5	183.0	100.0	66.1	4.8	76.0	300.0	112.5	100.0
	会 津 7 号	65.2	4.3	73.5	265.5	105.0	57.4	49.8	3.6	48.0	142.5	43.0	38.2

備 考 (1) 1区10m<sup>2</sup> 2連 (2) 穂数 50cm間

第14図 銅添加による増収率。





本試験の結果、銅無添加の場合は何れの品種もかなり欠乏症が激しく発現し、収量もかなりの低収を示した。しかし、銅欠乏に対する反応は品種によってかなりの差異がみられた。すなわち、小麦に於ては、ヒツミコムギが最も抵抗性強く、収量も高く、次いでキタカミ、農林27号の順でナンブは最も弱かった。大麦に於てはショウキムギが最も抵抗性強く、次いで細稈2号、会津2号の順で、他はほぼ同様に極めて抵抗性が弱い結果であった。又銅添加による増収率は第13図に見る如く、小麦に於てはナンブコムギが最も高く、他は増収率が低い、大麦に於ては岩手メンシュアリー2号が最も高く、90%近い増収を示した。次いで岩手大麦1号、細稈2号の順で増収割合が高かった。

#### 8. えん麦、なたね、大豆に対する銅の施用

#### 効果

銅欠乏の症状は、大・小麦について判然としている。又えん麦についてはC.S.Piper<sup>12)</sup>等により詳細に報告されているところであり、又亜麻トマトルーサン等についても特有な欠乏症状の報告がなされている。しかし、本県における畑作物でも作付面積の大きいなたね、大豆等については余り知られていない。従ってこれらの作物が銅欠乏土壌にどのように反応するか、又銅を施用した場合の作物の反応はどうか、を検知する目的を以て試験を実施した。

#### えん麦

えん麦については、前述のごとくすでに欠乏症状について詳細な報告があるが、確認の目的を以て植木鉢試験を行なった。

第34表 えん麦に対する銅施用効果（胆沢郡胆沢村若柳土壌）

区 名	8. 6				収 量 g/pot			
	稈 長 cm	穂 長 cm	穂 数 本	全 重	同左比率	稈 重	子実重	同左比率
1 無 処 理	58.0	8.9	1.2	19.2	71.9	12.7	6.4	54.7
2 硫 酸 銅 0.15g	76.3	10.9	1.0	26.7	100.0	14.2	11.7	100.0
3 " 0.30g	75.6	11.6	1.0	25.7	96.2	14.4	11.3	96.6
4 " 0.45g	69.4	12.1	1.0	27.5	103.0	15.0	12.3	105.1
5 硫酸銅+硫酸苦土	56.6	9.7	1.0	26.9	100.7	14.1	12.2	104.2
6 硫 酸 苦 土	54.5	8.5	1.3	25.0	93.6	16.0	7.9	67.5

備考 (1) 供試土壌 若柳土壌 (2) 供試品種 前進 (3) 5万分の1ワグネルポット2連  
 (4) 施肥量 N(硫安) 0.5g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(過石) 1.0g K<sub>2</sub>O(塩加) 0.5g (5) 硫酸銅 0.15g  
 0.3g、0.4g (6) 硫酸苦土 30g

本試験に供試した若柳土壌に於ても前述の如く苦土欠乏が屢々発現する。殊に生育初期に於て明瞭にクロロシスがみられる。従って本土壌に於ても銅ばかりでなく、苦土の施用にも留意が必要と思われたので苦土との併用についても試験した。

試験の結果は、第34表の通りで、銅施用の効

果は顕著であった。無処理に於ては欠乏症状が発現し、欠乏症は大・小麦と殆んど同様に上部葉が、こより状にまくれ、いわゆる Yellow Tip を示した。

又、苦土の効果も初期にはかなりみられたが後期には銅欠乏にかかり劣った。

# なたね

なたねについては、従来硼素欠乏に関する研究が多くなされているが、銅についての例は不明である。従って銅欠乏土壤に対して、どのような反応を示し、又銅添加によりその効果が認められるかを検知する目的を以て試験を行なっ

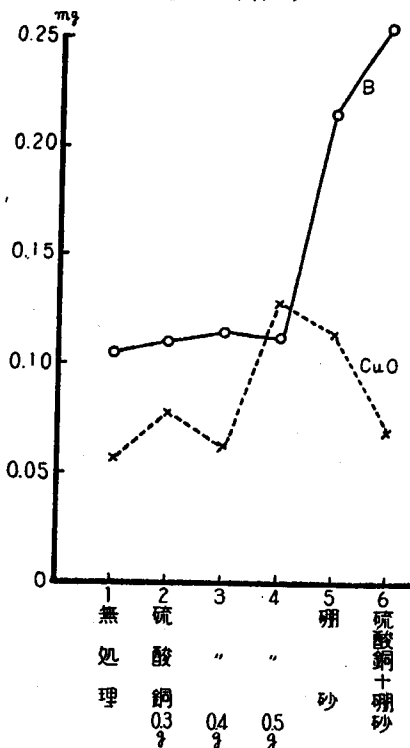
た。試験は植木鉢を用い、供試土壤は胆沢郡胆沢村若柳より採取した。現地において、なたねは大分作付されているが、銅欠乏に由来する徴候については不明で、むしろ硼素欠乏が散見される。従って試験に当って、硼素についても同時に行なった。土壤は前記（銅の土壤施用）に同じである。

第35表 なたねに対する銅施用効果（胆沢郡胆沢村若柳土壤 昭36）

区名	草丈 cm		成熟期			抽苔期 月日	開花期	全重 g	稈重 g	総分枝数 本	子実重 g	同左比率 %
	3月25日	5月2日	草丈 cm	第一次 分枝数	穂長 cm							
1 無処理	6.9	31.3	62.3	9.0	17.0	3.28	5.3	25.6	19.5	14.0	0.8	38.1
2 硫酸銅 0.30	14.8	57.2	72.5	15.3	9.8	26	1	27.3	21.0	18.3	2.1	100.0
3 " 0.40	15.5	57.8	79.0	14.0	21.5	26	1	35.8	22.6	22.3	7.0	333.5
4 " 0.50	15.3	60.8	85.5	15.0	12.8	25	4.28	42.8	25.7	28.0	9.3	443.0
5 硼砂	24.0	83.2	91.5	15.7	25.8	25	26	57.7	24.7	16.7	22.1	1,053.0
6 硫酸銅+硼砂	22.0	80.0	89.0	15.3	28.2	25	25	55.3	24.0	16.3	20.3	967.0

備考 (1) 供試土壤 胆沢郡胆沢村若柳 (2) 供試品種 アブクマ (3) 試験規模 2万分の1ワグネルポット 3連 (4) 施肥量 N(硫安) 1.0g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(過石) 3.0g K<sub>2</sub>O(塩加) 1.0g (5) 硫酸銅 0.3g、0.4g、0.5g (夫々ポット当り) 6は0.3g (6) 硼砂 0.065g (7) 定植 11月4日

第15図 茎葉部に於ける銅と硼素の吸収量(昭36)



試験結果は第35表の通りで、無処理区は初期から生育不良であった。銅添加区は添加量が多くなるにつれて若干生育は良好であったが、硼素欠乏にかかり、収量は激減した。硼素添加区は何れも初期から生育良好で硼素の添加効果は著しかった。

収穫後茎葉部の銅と硼素の吸収量を測定したが、硼素ではその添加区において著しく吸収しているが、他は吸収量が極めて少ない。

一方、銅については添加量のふえるにつれて吸収量が増加する傾向にあるが、硼砂のみの添加によっても銅の吸収量が多くなっている。

又茎葉部の分析結果は第36表の通りで、Nについては生育収量ともに不良であったもの程濃度が高い傾向にあり、特に無処理においてはNのみならず、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.K<sub>2</sub>O.MgO. Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>においても異常に含有率が高かった。

第36表 収穫後に於ける茎葉部の分析結果（対乾物）

区名	茎葉部 (6.5 採取)								
	T-N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %	MgO %	Mn <sub>2</sub> O <sub>8</sub> ppm	Fe <sub>2</sub> O <sub>8</sub> %	B ppm	CuO ppm	
1 無処理	3.05	0.62	3.98	0.049	83.5	0.164	5.4	2.99	
2 硫酸銅 0.30	0.60	0.44	3.13	0.229	61.8	0.075	5.3	3.79	
3 " 0.40	0.54	0.27	3.12	0.286	61.9	0.057	5.1	2.87	
4 " 0.50	0.33	0.23	3.49	0.203	58.2	0.025	4.4	5.02	
5 硼砂	0.33	0.32	3.59	0.204	111.4	0.025	8.8	4.66	
6 硫酸銅+硼砂	0.32	0.11	3.50	0.111	55.3	0.013	10.7	2.93	

なたねについては、銅よりむしろ硼素欠乏の因子が大きく働き、全般の生育収量ともに硼素に支配される面が多かった。しかし、銅についても僅かであるが、効果は認められた。

## 大豆

大豆における銅の施用効果並びに銅欠乏土壌における生育状況を検知する目的で本試験を実施した。供試土壌は前記（なたね）同様であるが、本地帯はネマトーダの被害も大きいので供

試品種には抵抗性の強いネマシラズを用いた。

試験結果は第37表の通り銅の施用効果は認められた。しかし、生育期間中における観察では殆んど差がみられず、また表からも明らかな如く、生育差は余り大きくない。無処理区においても欠乏症らしきものを認めることができなかった。

収量結果においては明らかに差がみられ、銅を添加した区は何れも増収し、しかも添加量の増大に伴い収量も増加の傾向にある。

第37表 大豆に対する銅施用効果（胆沢郡胆沢村若柳土壌 昭37）

区名	37年7月17日			37年11月5日 g/pot					
	茎長 cm	節数	分枝数本	茎長 cm	全重	同左比率	稈重	子実重	同左比率
1 無処理	41.5	8.0	1.5	65.5	44.5	74.2	15.3	17.1	71.2
2 硫酸銅 0.3g	45.5	8.5	1.8	71.3	60.0	100.0	17.7	24.0	100.0
3 " 0.6g	42.3	8.3	1.5	69.5	61.0	101.6	17.5	27.3	113.7
4 " 0.9g	40.1	8.0	1.0	67.8	65.5	109.2	17.5	30.0	125.0

備考 (1) 供試品種 ネマシラズ (2) 2万分の1ワグネルポット2連 (3) 供試土壌 胆沢郡胆沢村若柳 (4) 施肥量 N(硫酸) 0.3g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(過石) 2.0g K<sub>2</sub>O(塩加) 2.0g (5) 硫酸銅 0.3g・0.6g・0.9g (夫々ポット当り)

## 第4節 考察及び論議

作物の銅欠乏の原因は、①土壌中における可溶性銅の欠乏、②石灰過剰による pH の増大、③他の要素との拮抗作用等が考えられるようである。

ある。

土壌中における可溶性銅の欠乏は、全銅の不足もその一因と考えられるが、土壌有機物とも密接な関連があると思われる。

M. H. Miller 13) らによれば土壌に堆肥や堆肥抽出液を加えた場合に有効な亜鉛や銅が減少

した事を認めた。又 S.K.Tobia 14)らは $\text{Cu}^{++}$ を含む土壌溶液と有機物によるCu複合体を含むMorgan抽出液とをDowex-50(Na)に通じた場合 $\text{Cu}^{++}$ は置換されるが、Cu複合体は置換されずに通過したことを認めた。塚本15)らは銅鉍害地に於て堆肥、紫雲英の添加により銅鉍害を軽減せしめ得た事を報告している。

以上の如く、銅と有機物にはかなり密接な関係にあり、しかもこれらの結合はかなり安定したものと見ることが出来るようである。又、石灰過剰による銅の不可給化は銅鉍害地に石灰の効果のあるところからもうなずける点ではあるが、三井16)らは渡良瀬川銅鉍害地における調査に於て石灰施用による高pHはむしろ陸稲の萎黄症状を増大しているとしている。

尙三井17)18)らは銅、鉄、マンガンの三者間の拮抗作用について試験し、銅が低濃度の場合には、稲に於ては拮抗作用として働き、鉄の吸収移動が阻害され、麦に於ては微量元素的な効果として、鉄、マンガンの吸収は促進され、高濃度になると何れも代謝阻害作用として両者の吸収は阻害される。稲と麦で傾向の異なるのは体内における銅、酵素、鉄酵素の占める位置の相異によるものと推論している。

以上によって考察すれば、岩手県下に発現した銅欠乏の主たる原因は、土壌中における有効銅の欠乏に基因するものと考えられるが、しかし、欠乏地の調査結果にみる通り、胆沢村周辺における調査では第2図に見る通り、土壌中の可溶性銅と茎葉中の銅含量は極めて高い相関を示したが、他の花巻以南の奥羽山系寄りの台地並びに九戸郡軽米町における調査結果では、この相関が低く、更に検討を加える必要がある。しかし、調査地域の土壌についてみるならば、何れも軽鬆な火山灰土壌で腐植含量も高い方であり、前述の如く土壌腐植と銅との結合に

よる可溶性銅の減少も一応考えられるところであるが、例外的に腐植含量の低い所でも欠乏症状がみられる所から銅欠乏を腐植との関連についてのみに限定する事は異論の余地があるようにも考えられる。

石灰との関連については、調査結果に見る通りpHは低く、石灰過剰による銅の不可給化は考えられない。しかし、石灰を過施した場合にこのような現象が起り得るとすれば、畑作の肥培管理上極めて重要なことと考えられるが、本研究に於てはpHを7.0にまで炭カルによって上昇せしめたが、かかる銅の不可給化は起らずむしろ増収の傾向であり、銅の吸収量も増加することが認められた。

銅欠乏に対する対策の第1は銅を補給する事であろう。

E.J.Russell 19)によればFloridaの大湿地帯において一般に硫酸銅をエーカー当り250ポンド、ヨーロッパのある泥炭地では50ポンド、Michigan泥炭地では約10ポンド、銅を含んでいるが、不可給化している南オーストラリアの或る石灰質の砂地では25ポンド、西オーストラリアの砂質土壌で2 1/2ポンドの施用を行なっているという。本研究において硫酸銅の施用適量を検討した結果では10アール当り4Kgの施用で充分と考えられる。

銅の補給方法としては、土壌施用と葉面撒布とが考えられる。而して土壌施用の場合には全面撒布、条施の2つがあげられるが、効果の点に於ては相異はみられないが、持続効果は少なくとも3~4年あるものと考えられるので、その間の輪作を考慮すれば、それらの効果に相異があろうとも考えられる。

葉面撒布の効果もかなり顕著である。試験結果によれば、銅の吸収率も高く、効率が高いことが認められるが、銅欠乏の場合その症状は越

冬後の出穂前に発現するので撒布の時期が問題で症状が発現してからの撒布は効果がないと思われる。従って撒布する時期はなるべく早いことが必要となる。この結果は、銅の土壤施用の場合の施用時期についても同様で、試験の結果からも早期に施用すれば効果が高いことが認められた。

又かかる酸性の火山灰地帯においては、磷酸増施の効果も高く、苦土との併用に於て尙効果が高いことが判明した。

銅欠乏に対する大・小麦の品種間の抵抗性は試験結果より明らかな如く、夫々抵抗性に差異があることが知られ、小麦に於てはナンブコムギ、大麦に於ては岩手メンシュアリー2号が最も抵抗性が弱かったが、品種の早晚との関連は余り明らかではない。また大・小麦に限らず他の作物えん麦、なたね、大豆等について銅欠乏に対する反応並びに銅の施用効果について試験したが、えん麦については前述の通り Piper の詳細な報告があるが、それと同様な欠乏症状が発現し、又銅の施用効果が高かった。

L. G. Nelson 20) らによれば、泥炭土壤に多くの作物を栽培した場合にえん麦は銅を施用しなかった場合にはエーカー当り1ブッシェルの収量がなく、銅添加により64ブッシェルの収量をあげ、赤だいこんでは5倍の収量になったとし、えん麦は最も銅を必要とする作物としている。

又 Piper は、他の作物小麦、亜麻、トマト、ルーサン等の水耕栽培による銅欠乏の症状について報告している。本研究ではなたねと大豆について銅欠乏土壤に対する Pot 試験を行なったが、両作物とも欠乏症状については不明であったが、何れも収量は銅添加により若干の増加を示した。しかし、なたねは銅よりも硼素に強い反応を示し、供試土壤は硼素にも欠乏してい

ることを示した。

すでに述べたように、岩手県下には広く銅欠乏土壤が分布し、これらの土壤は軽鬆な火山灰土壤で銅のみの補給によってもかなり増収を期待することは可能であるが、磷酸の増施に伴い苦土、硼素等の微量要素を総合的に施用し、畑作の生産をより増収安定化することが重要と考えられるが、銅と他の微量要素の相互関係並びに有機物 pH 等との関連についても尙今後の検討が必要である。

## 第5節 摘 要

岩手県下に発現した銅欠乏について、欠乏症状の特徴、銅欠乏土壤の性状並びに分布、改良対策に関して行なった試験研究を要約すれば次のようである。

- 1) 銅欠乏症状の特徴は、特に麦類において顕著にみられる。症状は出穂前頃より発現し、上部葉がこより状にまくれ、しかも尖端は黄白色になり、所謂 Yellow tip を示す。
- 2) 麦類の中、大・小麦、えん麦は欠乏症状が発現しやすく、大・小麦の品種間には、銅欠乏に対する抵抗性に明らかに差異が認められる。
- 3) なたね、大豆は外見的に欠乏症状は判然としないが、銅施用効果は認められる。
- 4) 銅欠乏土壤は県内に広く分布していることが判明し、これらの土壤は何れも可溶性銅に著しく欠乏しているが、銅のみでなく苦土、硼素等にも欠乏している。
- 5) 銅欠乏の対策として硫酸銅の 4 Kg/10 a を土壤施用によりほぼ完全に回復し、しかも持続効果は少なくとも3~4年はあるものと考えられる。
- 6) 銅欠乏に対して硫酸銅を基肥と同時に施用

- し得なかった場合にはなるべく早く施用することが銅欠乏の被害を軽減できる。
- 7) 硫酸銅の土壤施用の場合、条施と全面撒布には効果に差は認められない。
- 8) 銅欠乏に対し硫酸銅の葉面撒布も効果が高いが、撒布はなるべく早く行なうこと。又撒布濃度は0.4%までしか試験を行なわなかったが余り高い濃度では薬害の危険がある。
- 9) 銅添加の場合炭カルにより pH を 7.0 近くまで上昇せしめても銅の不可給化による欠乏症状は発現しなかった。
- 以上銅欠乏に関する研究を第1報として報告した次第であるが、不備な点及び今後に残された問題点が多くあるので、これらについては引き続き研究を続行し、第2報以下に報告したい所存である。

## 参 考 文 献

- 1) W. Stiles : Trace Elements in plants and Animals による。
- 2) 同 上
- 3) 徳岡松雄、魚秀辰：小麦の生育に対する銅の影響について、日土肥誌14. 622. 1940
- 4) 藤原彰夫：微量元素に関する研究、東北大学農学部1957
- 5) 藤原彰夫：黒ぼく土壌における作物の銅欠症について：開拓地における生産力阻害要因別地力保全対策（農林省農地局 昭39）
- 6) 森田修二：黒土に対する微量元素の効果について：同 上
- 7) 安尾正元、渡辺敏夫：銅の鉍害と作物の萎黄症状について：日土肥誌、講要Ⅰ、1. 1955
- 9) 志波清時：土壌及び緑葉中の微量元素含量について第1報銅含量、日土肥誌22.26. 1951
- 10) 志波清時：同 上
- 11) Snell and Snell : Colorimetric methods of Analysis に依る。
- 12) C.S.Piper : Investigation on copper deficiency in plants, J. Agric. Sci. 32. 143~78
- 13) M.H.Miller and A.J.Ohlogge: Water-soluble chelating agents in organic materials : II. Influence of chelate-containing materials on the availability of trace metals to plants : Soil. Sci. Soc. Amer. Proc 22. 228-231 1958
- 14) S.K.Tobia and A.S.Hanna : Effect of copper sulphate added to irrigation water on copper status of Egyptian Soil : 2 Free and complexed copper. Soil Sci. 92. 123~126. 1961

- 15) 塚本正一郎、藤井有文、佐々木高、新堀孝子：銅鉍害地土壤に対する有機物料の効果、日  
土肥誌、講要Ⅰ. 2. 1955
- 16) 三井進午、天正清、熊沢喜久雄、藤田哲、矢崎仁也  
：作物体の鉄、マンガン代謝に及ぼす銅の影響について（第1報）  
日土肥誌 28. 505~507 1958
- 17) 三井進午、熊沢喜久雄、矢崎仁也  
：作物体の鉄、マンガン代謝に及ぼす銅の影響について（第2報）  
日土肥誌 31. 451~454 1960
- 18) 三井進午、矢崎仁也、熊沢喜久雄  
： 同 上 (第3報)  
日土肥誌 31. 455~458 1960
- 19) E. J. Russell：植物生育と土壤（藤原彰夫、大平幸次、黒沢諦、堤道雄、小島邦彦共訳）  
に依る。
- 20) L. G. Nelson, K. C. Berger, and H. J. Andries  
：Copper requirements and deficiency symptoms of a number of  
field and vegetable crops.  
Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 20, 69~72, 1956
- 21) 中野信夫、黒沢順平、岩手県における麦類に対する銅欠乏の被害状況とその対策  
農業及園芸 37. 1738~1742 昭32

## Studies on the Copper defficient soil (part1)

### Summary

Studies have been carried out since 1959 concerning the copper defficient soil found in Wakayanagi district. The results obtained are summarized as follows:

- 1) The typical symptom of copper defficiency of wheat and barley was a failure of the lately emerged leaves to unroll their blades. They turned, a short time after, yellow at the tip and then died. Formerly emerged leaves, however, were still green and healthy.
- 2) Wheat, barley and oat were very sensitive for copper defficiency as compared to upland- rice, rape and soybean. The sensitivity of wheat and barley was, moreover, considerably different with their varieties.
- 3) Although rape and soybean showed no symptom of copper defficiency, the yeild of grain was increased by adding copper.
- 4) Copper defficient soils were found distributing on a wide area of the south-west and north part of Iwate Prefecture. They were defficient in available magnesium and boron as well as in copper.
- 5) The symptom of copper defficiency of plants was recovered completely by the application of copper sulphate in the rate of 4 kg per 10 a.  
The effect of applied copper continued for at least several years.
- 6) The effect of copper sulphate was larger when applied in early stage of plant growth than in later stages.
- 7) Band application of copper sulphate did not differ in effect with broadcast application.
- 8) Spraying of the dilute solution of copper sulphate on young plant was also sufficiently effective.
- 9) When The soil was neutralized with calcium carbonate to about PH 7 after the application of copper sulphate, no symptom of copper defficiency was observed on the plants,





### 1. 小麦における銅欠乏症

銅欠乏症状の典型的なものである、葉がこより状となり、しかも尖端が黄化枯死する。

出穂直前の症状

(1959.5 撮影)

胆沢郡胆沢村若柳



## 2. 大麦における銅欠乏症

小麦同様に葉がまくれ尖端が黄化枯死している。出穂後であるが穂軸が伸びきらずしかも白穂の状態の花としての機能が失われている。

(1959.6 撮 影)

胆 沢 郡 胆 沢 村 若 柳



### 3. 電話電線下の状況

電話電線下の小麦は出穂も完全にし、しかも黄色に登熟しかかっているが離れると草丈も低く色ずきが悪い。

(1959.6 撮影)

胆沢郡胆沢村若柳



#### 4. 出穂前における被害状況（小麦）

激しい所ではこの様に畑全面に yellow tip の症状を呈する。

（1959.5 撮影）

胆沢郡胆沢村若柳



#### 5. 激甚な症状(大麦)

大麦の出穂直前の頃の激しい欠乏症状である。

この様な状況になればこのままで出穂するが全部不稔となる  
分蘖子には枯死するのでもでて穂数を減ずる。

(1959.6 撮 影)

胆 沢 郡 胆 沢 村 若 柳



6. 登熟期における激しい欠乏症状（小麦）

小麦の登熟期に於ける欠乏病状である。分蘖は殆んど枯死し主稈のみの状態となる。穂は出すくみ状態を呈する。

（1959.6 撮 影）

胆 沢 郡 胆 沢 村 若 柳