

銅害地土壌に関する研究 (第1報)

銅鉱山付近の土壌並びに河川水の銅含有量について

小柴尚博[※]・佐野豊[※]

Naohiro KOSHIBA and Yutaka SANO

The Studies on the Copper-Poisoned Soils (Part 1)
On the Copper Contents of the Soils and
Water of the Rivers near the Copper Mine.

はじめに

本報告で述べる銅害地は島根県八東郡東出雲町内馬地区に位置する宝満山に由来するものである。この宝満山には銅を産出し、古く明治時代に開発され、その後、途中閉山され、最近再び開発が進められようとしている。

この銅鉱山より流出した水が水田に入ると、水稻に被害が発生するので、古くより土木工事が行なわれて、排水路が造られているが、大雨ごとに排水路の水が付近の水田に流入して水稻に被害を与えている。

1965年、1967年に排水路付近の水田に銅害と推定される被害が現われ、東出雲町役場の要請があったので調査を行なった。水稻に被害の現われた場所は直接排水路から水が流入したところはもち論のこと、その他のところにも見られ、この排水路付近の水田一帯にはすでに銅が相当量沈積しており、何らかの条件により被害が現われるように考えられた。被害の状況は分けつが少なくなり、生育が停止し、茎葉は黄化し、甚しい時には枯死寸前の状態になる。また被害の現われる場所は大体一定しているが、確定しておらず、1966年には銅害は全然見られなかった。

また、この地方では常時水田を湛水しておけば被害は少なく、水田土壌を乾燥したり、天地返しをしたりすると銅害が現われるという事が経験的に知られている。

以上述べたように、銅鉱山付近の水田における銅の被害の現われ方に種々疑問とすべき点があり、この疑問を解明するために本研究に着手した。本報告では、鉱山付近の土壌並びに河川水の銅の含有量について検討を行なったので、報告する。

1. 供試土壌並びに河川水

鉱山付近の水稻に被害の発生している水田土壌並びに被害の発生していない水田土壌各々2点、雑草の全然生育していない畦畔土壌4点、鉱山跡付近の原野土壌2点、鉱山跡付近に分布している精錬滓1点、比較対照のために銅鉱山の影響の少ないと推定された原野土壌1点、また銅鉱山とは無関係の一般の水田土壌2点の総計14点の土壌を分析に供試した。本分析ではすべて風乾した試料を用いた。

河川水は杭口より湧出する水、鉱山より流出する内馬川の上流並びに下流の水、鉱山の影響を受けていない別の水系の須田川と内馬川の合流した水、須田川の水、比較対照のため、島根農科大学前の乃白川の水の総計6点を分析に供試した。

2. 実験方法

土壌中の銅は可給態並びに全銅について定量を行なった。

a) 可給態銅

可給態銅の浸出は HIBBARD, P. L.⁴⁾の方法により行ない、銅の定量は CHENG, K. L. and BRAY, R. H.²⁾の Na-diethyldithiocarbamate 法によって行った。

b) 全銅

全銅の浸出は BOGG, H. M. and ALBEN, A. B.¹⁾の方法によって行ない、銅の定量は前項と同様である。

河川水中の銅の定量は一定の試水を採取し、土壌の場合と同様な方法によって行なった。

3. 実験結果並びに考察

土壌中の可給態並びに全銅の分析結果は第1表に示す

※ 農芸化学教室

第1表 土壌中の可給態並びに全銅の含有量

(乾土当り Cu ppm)

土の区分	土壌の種類	被害の有無	可給態銅	全銅
鉍山付近の土壌	水田土壌	有	1460.0	2841.7
	"	"	359.8	836.3
	"	無	585.7	1556.4
	"	"	425.5	1391.0
	畦畔土壌	有	1067.8	1713.5
	"	"	410.6	902.9
	"	"	618.1	1223.1
	"	"	356.4	817.4
	鉍山跡付近の原野土壌	—	18.3	69.8
	"	—	13.5	932.6
精錬滓 銅鉍山の影響の少ない原野土壌	精錬滓	—	173.5	1235.7
	銅鉍山の影響の少ない原野土壌	—	14.8	154.3
対土照壌	水田土壌	無	5.5	27.4
	"	"	3.9	44.5

とおりである。水田土壌について見ると、可給態銅は359.8—1460.0 ppm、全銅は836.3—2841.7 ppmであり、水稻の被害の有無と可給態銅の含有量とは関係がない。畦畔土壌では可給態銅は356.4—1067.8 ppm、全銅は817.4—1713.5 ppmである。鉍山跡付近の原野土壌では可給態銅は13.5—18.3 ppm、全銅は69.8—932.6 ppmである。鉍山の影響の少ないと推定された原野土壌では可給態銅は14.8 ppm、全銅は154.3 ppmである。精錬滓では可給態銅は173.5 ppm、全銅は1235.7 ppmである。鉍山とは無関係の一般の水田土壌では可給態銅は3.9—5.5 ppm、全銅は27.4—44.5 ppmである。

以上の結果より、鉍山付近の水田並びに畦畔の土壌は他の土壌に比較して可給態銅を著しく多量に含み、鉍山とは無関係の一般の水田土壌の50倍以上の含有量を示す。また、全銅についても精錬滓を除く他のいずれの土壌よりも著しく多量に含み、その含有量は一般の水田土壌の約50倍に達する。鉍山跡付近の原野土壌では可給態銅の含有量は比較的少なく、これは恐らく溶脱作用の結果、流亡したものと推察されるが、全銅はかなり多量に蓄積されている場合もある。また鉍山の影響の少ないと推定された原野土壌では可給態銅の含有量は少ないが、全銅は比較的少量に蓄積されている。

7,8) 斎藤は秋田県下の多数の銅害水田について、著者等と同様な浸出方法によって可給態並びに全銅を調査した。それによると、可給態銅は52.3—310.0 ppmであり、全銅は137.2—1199.7 ppmである。この結果と比較すると、著者等の供試した水田並びに畦畔の土壌中⁵⁾には可給態並びに全銅は著しく多量に存在する。細田は沖積埴

土を用いて、銅の添加量と水稻の被害について研究し、土壌に対して銅をCuとして100 ppm以上添加すると、明らかに有害作用が現われ、500 ppmでは完全に枯死した。徳岡、諸岡等は第3紀砂質頁岩質の細壊土を用いて、細田と同様な実験を行なった。それによると、土壌に対して50 ppmの銅(Cuとして)添加は標準区に比較して生育が劣り、200 ppm以上添加したものは移植後24日目に枯死した。これ等の結果より推察すると、銅の有害作用が現われる濃度は土壌の種類によって異なるが、50—100 ppm(Cuとして)位で明らかに有害作用が存在するようである。しかしながら、これ等の実験では、供試土壌中に存在する可給態銅の含有量は示されていないので、著者等の調査した可給態銅の含有量と必ずしも比較することは出来ない。そこで、著者等の用いた可給態銅の浸出方法によって添加した銅がどの程度浸出されるのかを検討する必要があり、次のような実験を行なった。即ち、土性の異なる3種類の一般の水田土壌にCuとして100 ppm並びに200 ppmとなるよう

第2表 添加した銅の浸出性
(浸出量は乾土当り Cu ppm)

土壌番号	100 ppm 添加した場合の銅の浸出量		200 ppm 添加した場合の銅の浸出量	
	同左浸出率	同左浸出率	同左浸出率	同左浸出率
1305A	91.1	91.1%	180.6	90.3%
1601A	81.3	81.3	168.6	84.3
102B	80.1	80.1	160.0	80.0

第3表 河川水中の銅の含有量

		(Cu ppm)	
河川の区分	銅山の影響の有無	採取地点	銅
鉾山付近の河川	有	杭口の水	2.080
		内馬川の上流	2.060
		〃 下流	1.320
		須田川と内馬川の合流した地点	0.860
	無	須田川の下流	0.025
対河照川	無	乃白川の下流	0.013

に CuSO_4 を添加し、直ちに可給態銅の浸出を行なった。その結果を示せば、第2表のとおりである。

その結果によると、100 ppm 並びに 200 ppm 添加ともに 1305A 土壌では他の土壌に比較して添加した銅は可給態銅としてやゝ多量に浸出される傾向が見られるが、いずれの土壌も添加された銅の 80% 以上が可給態として浸出された。この結果より推察すると、著者等の調査した水田並びに畦畔の土壌中の可給態銅はその大部分が浸出されたことになる。したがって、これ等の土壌は水稻に有害作用を与えるのに十分な量の銅を含有しており、いわゆる銅害水田に相当するものといえる。しかしながら、すでに示したように、水田土壌では被害の発生したものと被害の発生していなかったものとを比較した場合、各々の可給態銅の含有量は明確な差異を示さず、必ずしも実際の圃場の水稻の生育状態とは一致しなかった。別に報告する予定であるが、湛水状態下に土壌を保ち、還元状態を促進させると可給態銅は減少し、また土壌を風乾処理すると可給態銅は増大するという実験結果より推察すると、実際の圃場のような水田状態下の可給態銅の含有量は本実験のように風乾処理した土壌で得た値とは異なり、その結果、実際の圃場の水稻の生育状態と一致しなかったものと推察される。したがって、実際の圃場より採取した原土を分析に供試すればこれ等の関係はより明確に示されるものと思われる。ともあれ、著者等の調査した鉾山付近の水田土壌は銅の可給態化を促進する条件さえ与えられれば、銅による被害の発生する可能性を十分に保持する土壌であると云える。

次に、河川水中の銅の含有量についての分析結果を示せば、第3表のとおりである。杭口の水は 2.080 ppm の銅を含有し、内馬川では、その上流の水は 2.060 ppm、下流の水は 1.320 ppm であり、下流に行くにしたがって減少する。須田川と内馬川の合流した地点の水は 0.860 ppm であった。須田川の水は 0.025 ppm の含有量を示

した。

半谷によると、本邦河川水中の銅の平均濃度は 0.0014 ppm であり、著者等が比較対照として選んだ乃白川では 0.013 ppm であった。これ等の結果と比較すると、今回調査した鉾山より直接に流出する内馬川や須田川と内馬川の合流した地点の水は銅を著しく多量に含んでいる。鉾山より直接に流出しない須田川の水は銅の含有量は上述の水に比較すると著しく少ない。春日井は水稻の水耕試験で銅の被害濃度は 0.6 ppm であると述べ、さらに徳岡、徐等は 0.5 ppm で被害は著しいと述べている。したがって、鉾山の影響を受けているいずれの河川水中にも、水耕試験で得られた被害濃度以上の銅が含まれているが、特に須田川と内馬川の合流した水を灌漑用水として使用する場合には、その受益面積が広大であるために注意すべきであると云える。

要 約

島根県八束郡東出雲町の宝満山鉾山付近に分布する水田土壌、畦畔土壌、原野土壌、精錬滓並びに河川水中の銅の含有量について、水稻に対する被害の観点から、検討を行なった。その結果は次のようである。

- 1) 水田並びに畦畔の土壌の可給態銅の含有量は 356.4—1460.0 ppm であり、他のいずれの土壌よりも多量に存在する。この可給態銅の含有量より推察すると、本土壌は水稻に被害を与えるのに十分な量の銅を含む。
- 2) 水田土壌において、被害の発生したものと被害の発生しなかったものとを比較すると、可給態銅の含有量は明確な差異を示さなかった。
- 3) 水田並びに畦畔の土壌の全銅の含有量は 817.4—2841.7 ppm であり、精錬滓を除く他のいずれの土壌よりも多量に存在する。
- 4) 河川水中の銅の含有量は杭口の水では 2.080 ppm、内馬川の上流では 2.060 ppm、下流では 1.320 ppm である。須田川と内馬川の合流した地点の水は 0.860 ppm である。

引用文献

- 1) Bogg, H. M. and Alben, A. B.: Ind. and Eng. chem. 8: 97—99 (1936)
- 2) Cheng, K. L. and Bray, R. H.: Anal. chem. 25: 655—659 (1953)
- 3) 半谷高久: 化学, 21: 1125—1130 (1966)
- 4) Hibbard, P. L.: Soil Sci. 49: 63—72 (1940)
- 5) 細田克己: 土肥誌, 16: 459—466 (1942)
- 6) 春日井新一郎: 土肥誌, 10: 63—66 (1936)

- 7) 齊藤喜亮：秋田大学学芸学部研究紀要，No. 6：1—5(1955) 7(1961)
9) 徳岡松雄・諸岡等：熱農誌，9：339—349(1937)
- 8) 齊藤喜亮：秋田大学学芸学部研究紀要：No.9：1— 10) 徳岡松雄・徐水泉：熱農誌，10：9—15(1938)

Summary

The copper contents of the various soils, namely paddyland soils, pathway soils between them, waste land soils and the slag, and water of the rivers near the copper mine of the Mt. Homan, locating at Higashi-Izumo Town in Shimane prefecture, were studied in connection with the occurrence of the paddy rice injury. The results were as follows :

1). The available copper contents of the paddyland soils and the pathway soils between them were 356.4—1460.0 ppm and were higher than other soils. It was estimated that those soils contained the available copper sufficient for the occurrence of the paddy rice injury.

2). As to the paddyland soils, the available copper contents of the injured soils did not differ from those of the non-injured ones.

3). The total copper contents of the paddyland soils and the pathway soils between them were 817.4—2841.7 ppm and were higher than other soils without the slag.

4). The copper content of water in the entrance of the tunnel was 2.080 ppm. That of the Uchima River was 2.060 ppm in the upper stream and 1.320 ppm in the downstream. That of the confluenced place of the Suda and Uchima River was 0.860 ppm.