

宝満山周辺地域のカドミウム,銅汚染

達山和紀[※]・江川 宏[※]・仙丸 寛[※]・山本広基[※]
石岡 栄^{※※}・斉藤孝一^{※※}

Kadzunori TATSUYAMA[※], Hiroshi EGAWA[※], Hiroshi SENMARU[※],
Hiroki YAMAMOTO[※], Sakae ISHIOKA^{※※} and Koichi SAITO^{※※}
Cadmium and Copper Distributions in Water and Soils
of Mt. Homanzan and Its Neighborhood.

緒 言

松江市郊外に位置する宝満山は慶応元年に旧松江藩によって銅の採掘が開始され、大正7年頃にその最盛期をむかえ、当時は鉱員約500人が働いていたと言われる。ここで産出する鉱石は鉱山周辺で精練され、粗銅の生産がなされていたが昭和に入ってからまもなく閉山された。

1972年、島根県公害課によって宝満山およびその周辺地域の銅による汚染がはじめて公表され、近傍の水田土壌中の銅は最大値 1913ppm、平均値で 1012.9ppm であることが明らかとなった。そのうち、63.61ha の水田が特定有害物質による汚染地域に指定されて土壌改良と内馬川の底土除去、コンクリート面張りなどの汚染防止対策が実施されつつある¹⁾。

さきに筆者らは島根県内の笹ヶ谷旧鉱山周辺地域の砒素、カドミウム、銅による汚染を調査したが³⁾、今回、宝満山周辺で主として農用地以外の地域のカドミウム、銅汚染の実態調査を実施し、さらに意宇川の中海流入口周辺底土のカドミウムおよび銅汚染を調査するとともに、汚染底土に生息する微生物の分離を行なったのでその結果を報告する。

調査および実験方法

1. 調査地域

調査は1975年10月、第1図に示される宝満山とその周辺に点在する池沼、および内馬川、須田川周辺の、川水土壌と、意宇川の中海流入口周辺の川水、底土について

※ 島根大学農学部, Fac. of Agr., Shimane Univ., Matsue 690, JAPAN.

※※ 島根県衛生公害研究所, Shimane-ken Public Health Laboratory, Matsue 690, JAPAN.

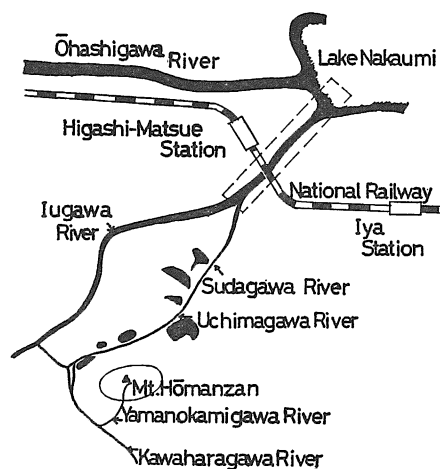


Fig. 1. A sketch map of Mt. Homanzan and its neighborhood—I

実施した。試料の採取地点は第2図のとおりである。すなわち川水15点、土壌14点、池沼の水および土壌7点の試料を採取した。意宇川底土の採取は1976年2月に行い第3図に示す7点で行った。川底の土を採取した地点の水深はそれぞれ1~3では約150cm、4、5では約100cm、6、7では約50cmであった。

2. カドミウムおよび銅の分析法

採取された土壌を風乾し、その10gを25mlの1N塩酸を用い、30°Cで、1時間振とうし、東洋濾紙 No. 2で濾過後濾液を原子吸光分光光度計でカドミウムは2288Å、銅は3247Åで測定し、あらかじめ求めておいた検量直線からそれぞれの濃度を定量した。

3. 微生物の分離

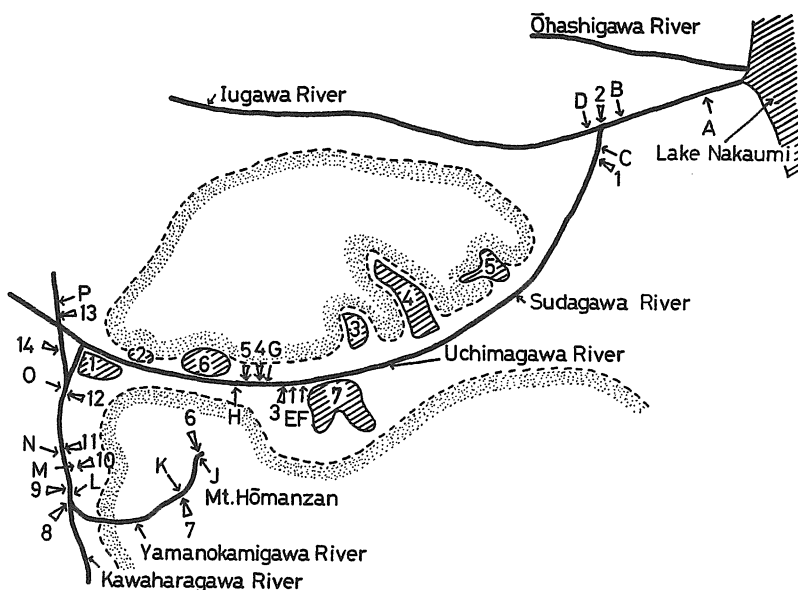


Fig. 2. A sketch map of Mt. Homanzan and its neighborhood—II
The water samples were collected at the points shown by black arrow and the soil samples were collected at the points shown by white arrow.

採取した土壌 5g を秤量し，45ml の殺菌蒸留水で10倍に稀釈し，この 1ml を 9ml の殺菌蒸留水で稀釈して100倍液とした，この 1ml を殺菌ペトリ皿に入れたのち，あらかじめ準備したローズベンガル・ストレプトマイシン加用 PSA 培地 10ml を加えて，固化させ 28°C，4 日後に培地上の糸状菌数を調査した．耐性菌の分離は供試培地に 500ppm の銅を添加した培地を用い，培地上に生育した糸状菌のうち，それぞれ異種と判断される糸状菌はこれを単離保存し，同定に用いた．

実験結果および考察

1. 宝満山周辺河川のカドミウム，銅の分布

第1表に示される山の神川，川原川，須田川の川水のカドミウムの含量は最高 0.007ppm で一般に低い値を示したが銅含量は水質汚濁防止法による排水規準（環境項目）によって定められる 3ppm の値を越える地点があり，最高は 11.52ppm で，これらの値は，さきに筆者らが調査した笹ヶ谷川の汚濁を上まわるものであった．川水中のカドミウムは宝満山々頂を遠ざかるに従って減少する傾向が認められたので，現在でも銅が川水に溶解し，下流へ流出しているものと考えられた．

土壌についての分析結果を第2表に示したが，川水と比較して，カドミウム，銅とも高い値を示しカドミウムが 0.10~1.65 $\mu\text{g/g}$ ，銅は 3.6~592.0 $\mu\text{g/g}$ であった

が，試料の採取地点によってばらつきがあり，内馬川流域の土壌のカドミウム含量が高く，このようなばらつきは川の

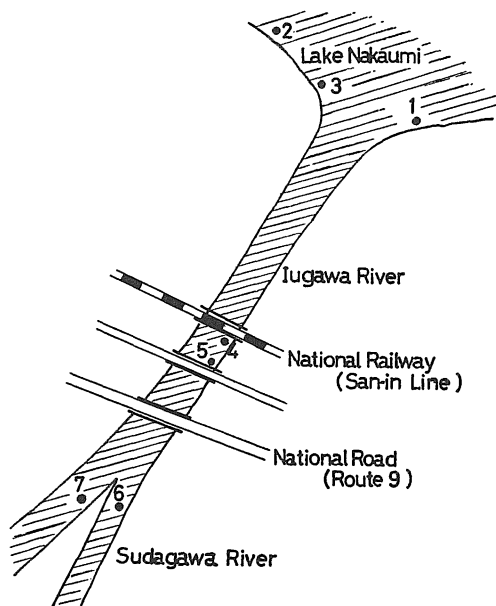


Fig. 3. A sketch map of river-mouth of Iugawa and its neighborhood.
The soil samples of the riverbed were collected at the numbered points.

Table 1. Cadmium and copper contents in the water collected from the rivers.*

Collecting points	Metal contents (ppm)	
	Cadmium	Copper
A	≦0.001	≦0.01
B	≦0.001	≦0.01
C	≦0.001	≦0.01
D	≦0.001	≦0.01
E	≦0.005	1.12
F	≦0.001	0.04
G	0.004	1.15
H	0.007	11.52
J	0.004	6.36
K	0.005	2.14
L	0.003	1.80
M	≦0.001	0.06
N	0.000	0.00
O	≦0.001	0.06
P	≦0.001	0.05

* Collected at Oct. 1975.

Table 2. Cadmium and copper contents in the soil collected from the bed of the rivers.*

Collecting points	Metal contents (μg/dried soil g)	
	Cadmium	Copper
1	0.25	32.0
2	0.25	3.6
3	0.85	324.0
4	0.15	114.0
5	0.25	168.0
6	0.45	84.0
7	0.10	144.0
8	0.45	102.0
9	0.35	592.0
10	0.45	20.4
11	0.30	108.0
12	0.35	84.0
13	0.35	78.0
14	1.65	34.2

* Collected at Oct. 1975.

地形や底土の土性などの違いによるものと考えられた。

2. 宝満山周辺池沼のカドミウム、銅の分布

宝満山周辺の大小7ヶ所の池沼(第2図)を調査対象とし、これらの池沼の水および底泥中のカドミウムおよび銅含有量を測定した。この結果を第3表に示した。池沼の水中のカドミウムおよび銅の含有量は、一般に川水中のそれより少なく、カドミウムで0.005ppm、銅で0.04ppmの最高値にとどまった。これらの重金属の土壌中の含有量も池沼番号3および7の池沼を除いて一般に河川の底土より低い値を示した。No. 3およびNo. 7の池においてカドミウムおよび銅ともに他の池沼の含有量より多い理由は明らかでないが、過去において鉱さい

Table 3. Cadmium and copper contents in the samples collected from ponds or swamps in the neighborhood of Mt. Homanzan.*

Collecting points (pond or swamp No.)	Metal contents in soil (μg/dried soil g)		Metal contents in water (ppm)	
	Cadmium	Copper	Cadmium	Copper
1	0.50	194.0	0.000	0.012
2	≦0.30	20.9	0.005	—
3	≦1.13	253.7	0.000	0.007
4	≦0.30	47.8	0.000	0.008
5	≦0.30	50.7	0.000	0.006
6	≦0.30	34.9	≦0.001	0.020
7	0.35	324.0	≦0.001	0.040

* Collected at Oct. 1975.

Table 4. Cadmium and copper contents in the soil collected from the bed of river-mouth of Iugawa and its neighborhood.*

Collecting points	Depth from river bed (cm)	Metal contents (μg/dried soil g)	
		Cadmium	Copper
1 (sludge)	0-5	1.935	76.22
	5-10	2.242	84.06
	10-15	1.436	66.49
	15-20	0.517	10.86
	20-25	0.307	11.02
2 (sludge)	0-5	2.330	159.29
	5-10	1.732	128.52
	10-15	2.069	131.11
	15-20	2.549	144.70
	20-25	1.685	119.10
3 (sandy sludge)	25-30	1.716	144.27
	0-5	1.193	100.64
	5-10	0.620	24.96
	10-15	0.861	14.35
	15-20	0.610	1.33
4 (sandy sludge)	20-25	0.596	1.88
	25-30	0.467	5.60
	0-5	1.265	49.43
	5-10	1.376	94.57
	10-15	1.085	54.00
5 (sludge)	15-20	0.689	11.62
	20-25	0.711	13.57
	25-30	0.767	116.13
	30-35	0.567	127.48
	35-40	0.657	25.49
6 (sand)	0-5	1.223	137.55
	5-10	1.282	190.93
	10-15	1.013	149.09
7 (sludge)	0-5	0.199	89.38
	5-10	0.316	79.07
	10-15	0.143	46.61
	15-20	0.184	71.06
7 (sludge)	0-5	1.728	83.61
	5-10	1.111	54.79
	10-15	1.371	64.40
	15-20	0.808	50.74
	20-25	0.445	30.96

* Collected at Feb. 1976.

の投入が行われたか、あるいは鉱山からの汚濁水の流入が著しかったものと考えられた。

3. 意宇川河口周辺のカドミウム，銅の分布

宝満山の鉱廃水による土壌の汚染は意宇川の下流および中海まで及んでいることが考えられたので，第3図に示した7地点で底土を採取し，表層から5cm ずつに分けてカドミウムおよび銅を定量した。結果は第4表に示すとおりであった。カドミウム含量は一般に銅のそれより少なかったが，そのうちで比較的多く検出された地点は1，2，5，7の4地点で，とくに表層に近い土壌中の含有量が高い傾向を示し，上流からの汚濁水の流入による汚染の堆積を示すものと考えられた。銅の含量は2と5の地点で高く，この場合も一般に表層が高い含量を示した。カドミウム，銅の含量は採取地点によって異なり，その理由は明らかでないが，汚染の原因となる汚濁水の，採取地点における流量や土質の違いによって，土壌に吸着された重金属量が当然異なるものと考えられ，また中海干拓（揖屋工区）の作業過程の川底の攪拌などによって，汚染土の分布が不均一になったことも考えられる。したがって汚染の分布については，なお検討しなければならぬが，宝満山の鉱廃水による土壌汚染は相当広範囲にわたっているものと考えられた。

4. 汚染土壌中の微生物相

さきに筆者らは，島根県内の笹ヶ谷鉱山周辺土壌³⁾や平田市河下地区の汚染土壌²⁾中の微生物相の調査を実施したが，今回の調査においても一部の汚染土壌について予備的な調査を行い糸状菌の分離を行った。

第5表に河川の底土等から分離された銅耐性菌（銅：500ppm）の数を示した。2，3の地点を除いて，多数の銅耐性菌が分離されたが，試料の採取地点によって土壌の

Table 5. Numbers of copper-resistant fungi isolated from the soil collected from the bed of the rivers.*

Collecting points	Numbers of copper-resistant fungi
1	0
2	1536
4	13834
5	403
6	5142
7	872
8	399
9	0
10	1342
11	11421
12	2839
13	3888
14	3957
15	1178

* Collected at Oct. 1975.

Table 6. Numbers of fungi isolated from the soil collected from the bed of river-mouth of Iugawa and its neighborhood.*

Collecting points	Depth from riverbed (cm)	Nos. of isolated fungi ($\times 10^2$ /dried soil g)	Species of isolated fungi
1	0-5	1.17	<i>Trichoderma</i> sp., <i>P. oxalicum</i>
	5-10	1.25	Unidentified fungi
	10-15	0.00	
	15-20	0.00	
	20-25	0.00	
2	0-5	16.20	<i>Trichoderma</i> sp.
	5-10	7.82	<i>Penicillium</i> sp.
	10-15	4.77	<i>Trichoderma</i> sp., <i>Gliocladium</i> sp.
	15-20	8.15	<i>P. commune</i>
	20-25	0.00	(<i>Gonatobotrys</i> sp., <i>Trichoderma</i> sp.)**
	25-30	0.00	
3	0-5	9.53	<i>Trichoderma</i> sp., <i>Penicillium</i> sp.
	5-10	3.54	<i>Gliocladium</i> sp.
	10-15	0.00	
	15-20	0.00	
	20-25	0.80	<i>Penicillium</i> sp.
	25-30	0.00	
4	0-5	0.00	(<i>P. waksmani</i>)**
	5-10	0.00	
	10-15	0.00	
	15-20	0.00	
	20-25	0.00	
	25-30	0.00	
	30-35	0.00	
35-40	0.00	(<i>P. crysogenum</i>)**	
5	0-5	34.06	<i>Trichoderma</i> sp., <i>Aspergillus niger</i>
	5-10	12.57	<i>Trichoderma</i> sp., <i>Talaromyces</i> sp.
	10-15	1.95	Unidentified fungi
6	0-5	17.21	<i>Trichoderma</i> sp.
	5-10	15.81	<i>Trichoderma</i> sp.
	10-15	1.27	Unidentified fungi
	15-20	0.00	
7	0-5	62.43	<i>P. oxalicum</i> , <i>P. javanicum</i> , <i>Trichoderma</i> sp., <i>Fusarium</i> sp.
	5-10	42.88	<i>Penicillium</i> sp., <i>Aspergillus</i> sp., <i>Trichoderma</i> sp.
	10-15	25.95	<i>Trichoderma</i> sp., <i>Gliocladium</i> sp., <i>P. commune</i>
	15-20	32.29	<i>Trichoderma</i> sp., <i>Epicoccum</i> sp., <i>Penicillium</i> sp.
	20-25	3.56	<i>P. commune</i>

* Collected at Feb. 1976.

** Isolated from the sediment mixing directly with the medium.

性状が異なるので、これらの菌数の多少と汚染の程度との関係は明らかにできなかった。第6表は第3図に示した意宇川河口近辺の底土から分離された糸状菌数で、いずれの地点においても、深層から分離される菌数は減少し、全く分離できない場合もあった。深層に糸状菌の少ないのはその嫌気的な環境によるものと考え

られる。重金属汚染の程度は土壌採取地点による極端な違いがないので汚染と菌数との直接の関係は認められなかった。第4図は分離された糸状菌を土壌の層位ごとに表示したもので、重金属耐性の強い *P. waksmani* が汚染の著しい表層から分離され、また一般に *Penicillium* 属菌が多いことは、さきの笹ヶ谷鉱山周辺地域での調査結果と一致するが今回の調査での微生物の分離件数が不十分であるので、宝満山地域における重金属による土壌汚染と微生物相との関係については、なお検討が必要である。

摘 要

宝満山とその近傍における重金属汚染の分布を知るために、同地区の河川等から水および土壌を採取し、試料中のカドミウムと銅の含量を測定した。河川等の水に含まれるカドミウム、銅の量は宝満山廃鉱からの距離とともに減少したが、土壌中の含量は中海へ流入する意宇川

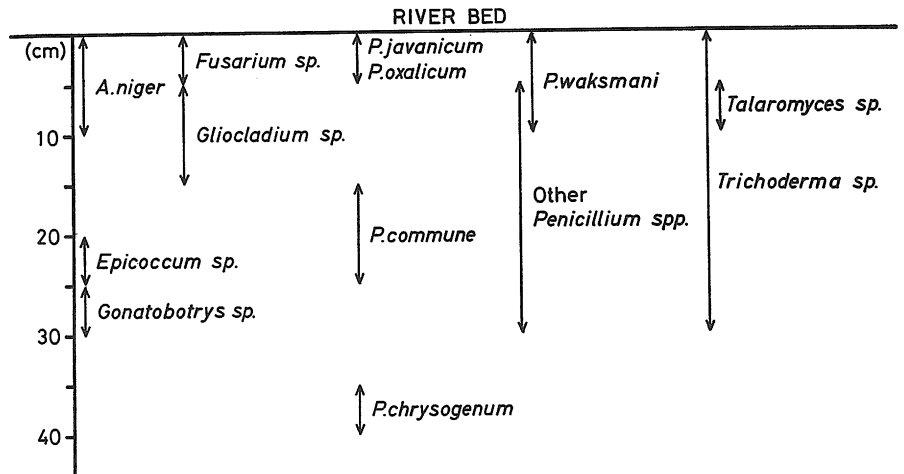


Fig.4. Vertical distribution of fungi in the soil of the river-mouth of Iugawa and its neighborhood

河口近辺においてもかなりの値を示した。供試土壌の重金属含量とこれらの土壌から分離される糸状菌数との間には一定の関係は見出せなかった。

引用文献

1. 島根県林業課：宝満山鉱山鉱害防止工事（測量及試験）報告書 国土防災技術株式会社 1976, p. 1～16
2. 達山和紀・江川 宏・山本広基・井上啓一：日本菌学会会報 15：246-250, 1974.
3. 達山和紀・江川 宏・山本広基・仙丸 寛：日本菌学会会報 16：67-78, 1975.
4. TATSUYAMA, K., H. EGAWA, H. SENMARU, H. YAMAMOTO, S. ISHIOKA, T. TAMATSUKURI, and K. SAITO: *Experientia* 31: 1037-1038, 1975.

Summary

Water and soil samples were collected from Homanzan mine fields and its neighborhood, and cadmium and copper contents in the samples were measured with an atomic absorption spectrophotometer to clarify the distributions of heavy metals in the area. The contents of the heavy metals in the water collected along the stream taking its rise among the abandoned mine fields decreased with distance from the riverhead. However, considerable amounts of the heavy metals were detected even from the bed soil of the river-mouth flowing into Lake Nakaumi. No correlation was found between the number of the fungi isolated from the samples and the heavy metals contents in the samples.