

汚濁水中に含まれる重金属の林産廃棄物による除去[※]

—木粉および樹皮による除去—

達山 和紀^{※※}・江川 宏^{※※}・仙丸 寛^{※※}
後藤 輝男^{※※}・城代 進^{※※}・往西 弘次^{※※}

Kadzunori TATSUYAMA, Hiroshi EGAWA, Hiroshi SENMARU,
Teruo GOTO, Susumu JODAI and Hirotsugu ONISHI

Removal of Heavy Metals from Polluted Water using Forest Products Waste
—Removal by Wood Flour and Bark Powder—

緒 言

2)
前報において、木粉または樹皮粉末を充填したカラムに重金属すなわちカドミウム、銅、鉛の水溶液を流した場合、これらの重金属がカラム内の木粉等に容易に収着されることを報告した。そこで、木粉、樹皮等の木材廃棄物によって汚濁水中の重金属の除去が可能であるかどうか確めるために、島根県鹿足郡津和野町の笹ヶ谷鉱山跡を水源とする笹ヶ谷川および高野川に木粉および樹皮粉末を沈め、実際場面での重金属（カドミウムおよび銅）の収着について検討した結果、2、3の知見が得られたので報告する。

本研究の計画、実施に当って、島根県農林水産部、特に津和野農林改良普及所に御助言と御協力を頂き、また、島根大学大学院農学研究科学生、筒井修、山本好之の両君、ならびに農学部4回生、福山晋、中城巳佐男、虎谷恭明の諸君の協力を得た。記して深謝の意を表したい。

実験材料および方法

実験に用いた木粉等は下記のとおりである。

1. 木粉：アスナロ *Thujaopsis dolabrata* SIEB. et ZUCC., カラマツ *Larix leptolepis* GORD., サワグルミ *Pterocarya rhoifolia* SIEB. et ZUCC., シオジ *Fraxinus spaethiana* LINGELSHEIM, およびヒノキ *Cha-*

maecyparis obtusa ENDL. の風乾材を Wiley mill で粉砕し、フルイで径 1mm~2mm に調製した木粉を用いた。

2. 樹皮：カラマツ *Larix leptolepis* GORD., ケヤキ *Zelkova serrata* (THNB.) MAKINO, サワグルミ *Pterocarya rhoifolia* SIEB. et ZUCC., およびシオジ *Fraxinus spaethiana* LINGELSHEIM の樹皮を木粉と同様の方法で粉砕し、フルイで分けて径 1mm~2mm の粉末として供試した。

現地における木粉および樹皮粉末の設置は以下の2つの方法で行った。

1. 径 5cm の市販の塩化ビニール管を長さ 5cm に切断して所定量 (15~30g) の木粉または樹皮粉末を封入し、両端をナイロン布 (市販の婦人用ストッキング) で第1図に示すような方法で覆った。

2. ナイロン布のみで木粉または樹皮粉末を被覆した。

上記の木粉等を第2図に示す a) 笹ヶ谷鉱山跡廃水口 (笹ヶ谷川, 高野川原流), b) 笹ヶ谷川中流の沈澱池流入地点, c) 高野川の旧内美小学校前, d) 高野川の旧畑迫村役場近辺, の4ヶ所の川中に設置した。設置後、約19時間放置した後に木粉等を回収し、風乾して所定量中に含まれるカドミウム、銅を 0.1N-塩酸で抽出し、日立製原子吸光分光光度計 (508型) で定量した。

その他、木粉等を設置した地点の川水の pH, 温度, 流速等を測定した。なお、川水, 川泥中のカドミウムおよび銅の含有量を測定した。

* Studies on decontamination of physical environment polluted by chemical substances (2).

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

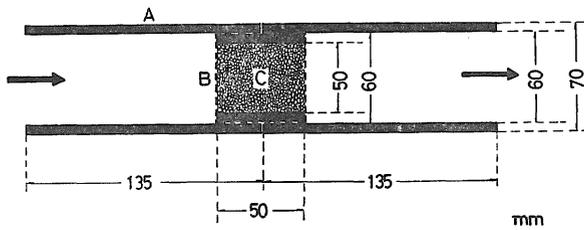


Figure 1. A setting to send wood flour and bark powder to the riverbed.

- A: Pipe made of polyvinyl chloride.
- B: Waste pieces from nylon stockings.
- C: Wood flour or bark powder.

実験結果および考察

設置地点の pH, 水温, 流速は第1表に示すとおりで, pH はいずれの地点も 5.4 で酸性を示し, 水温は 11.0°C~17.5°C の範囲であった。流速については笹ヶ谷川原流地点では防災工事の水路に設けられた約 1m² の溜りを木粉等の設置場所としたので測定できず, また, 他の3地点では簡便法として小紙片を流してストップウォッチで一定の距離間の紙片の移動時間を測定したが, 流路の形状がそれぞれ異っており, 設置地点における流速の厳密な比較はできなかった。第2表は設置地点の川水, 第3表は同地点の川泥中に含まれるカドミウムおよび銅の量を示したものである。カドミウム, 銅とも川水中の含量は上流で多く, カドミウムは沈殿池の下流ではほとんど検出できなかった。しかし川泥中にはいずれの地点においてもカドミウム, 銅が含まれており(第3表) 前報の結果と同様, 川泥中にこれらの重金属が多量に蓄積されることが示された。

第4表および第5表は塩ビパイプに封入して川水中に沈めた木粉または樹皮粉末のカドミウム, 銅の収着量を示したものである。第4表に示すとおり, いずれの樹種においても川水中のカドミウムの収着が認められ, 収着量は上流から下流へ下るにしたがって減少した。一般的に木粉よりも樹皮粉末による収着量が大で, 木粉ではサワグルミ, 樹皮ではサワグルミとシオジの粉末による収着が良い成績を示した。川水中のカドミウムの木粉等への濃縮はサワグルミの木粉で 396.7 倍以上, サワグルミの樹皮粉末で 633.3 倍以上, シオジの樹皮粉末で 450.0 倍以上となり, カドミウムの量が検出限界以下の下流に設置された木粉等にもカドミウムの収着が認められた。第5表に示すとおり, 木粉等による川水中の重金属の収着は銅についても認められた。供試木粉の中で

サワグルミの木粉は, カドミウムと同様に銅の収着能力が高く, 樹皮粉末ではケヤキ, ついでシオジの収着能力が高かった。木粉等による銅の収着量の, 川水中の銅の濃度に対する比率は, 木粉等を設置した地点によって異なった。すなわち, 笹ヶ谷川中流の沈殿池流入地点の川水中の銅の濃度は鉾山跡滝水口のそれより低いにもかかわらず, 収着の比率は沈殿池流入地点に設置した木粉等の方がはるかに高い値を示した。このことは, 川水の流速, すなわち, 単位時間当りに木粉等と接触する水の量が水中からの重金属の収着量を左右する大きな要因であることを示し, 流速

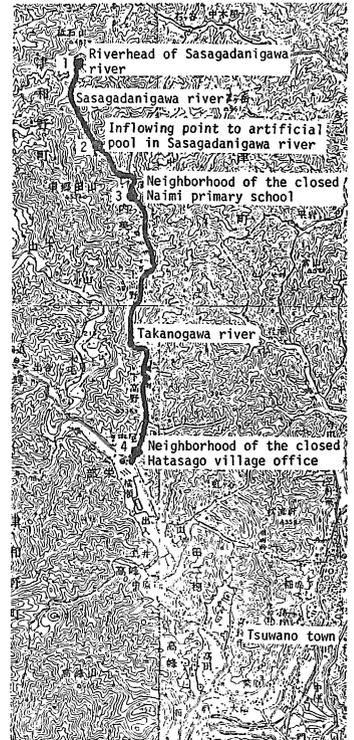


Figure 2. Places where the wood flour and the bark powder were sunk.

Table 1. The pH, temperature, and speed of the running fluid of the water.

	H of water*	Temp. of water**	Speed of the running fluid***
Riverhead of Sasagadanigawa river	5.4	11.0	—****
Inflowing point to artificial pool in Sasagadanigawa river	5.4	17.5	17.1
Neighborhood of the closed Naimi primary school	5.4	17.0	30.0
Neighborhood of the closed Hatasago village office	5.4	17.0	13.0

* determined by test paper.
 ** °C
 *** m/min.
 **** could not determine.

Table 2. Cadmium and copper contents of waters collected from the river.

	Cadmium	Copper
1. Riverhead of Sasagadanigawa river	0.03*	0.91
2. Inflowing point to artificial pool in Sasagadanigawa river	0.00**	0.12
3. Neighborhood of the closed Naimi primary school	0.00	0.035
4. Neighborhood of the closed Hatasago village office	0.00	0.00

* ppm
** less than limit of detection.

Table 3. Cadmium and copper contents of the soils collected from the river bed.

	Cadmium	Copper
1. Riverhead of Sasagadanigawa river	90.0*	7000.0
2. Inflowing point to artificial pool in Sasagadanigawa river	77.5	13250.0
3. Neighborhood of the closed Naimi primary school	8.5	280.0
4. Neighborhood of the closed Hatasago village office	5.25	662.5

* ppm

Table 4. Cadmium taken up by the wood flour and bark powder from the polluted water (1)*

		Places**			
		1	2	3	4
Wood flour	<i>C. obtusa</i>	3.1*** (103.3)****	2.9 ($\leq\infty$)	1.8 ($\leq\infty$)	0.6 ($\leq\infty$)
	<i>F. spaethiana</i>	8.1 (270.0)	3.2 ($\leq\infty$)	1.6 ($\leq\infty$)	0.5 ($\leq\infty$)
	<i>L. leptolepsis</i>	3.6 (120.0)	2.4 ($\leq\infty$)	1.2 ($\leq\infty$)	0.7 ($\leq\infty$)
	<i>P. rhoifolia</i>	11.9 (396.7)	4.9 ($\leq\infty$)	2.8 ($\leq\infty$)	1.3 ($\leq\infty$)
	<i>T. dolabrata</i>	3.7 (123.3)	3.2 ($\leq\infty$)	1.6 ($\leq\infty$)	0.9 ($\leq\infty$)
Bark powder	<i>F. spaethiana</i>	19.0 (633.3)	14.5 ($\leq\infty$)	5.6 ($\leq\infty$)	1.4 ($\leq\infty$)
	<i>L. leptolepsis</i>	2.7 (90.0)	5.6 ($\leq\infty$)	4.7 ($\leq\infty$)	1.6 ($\leq\infty$)
	<i>P. rhoifolia</i>	13.5 (450.0)	7.9 ($\leq\infty$)	3.2 ($\leq\infty$)	0.7 ($\leq\infty$)
	<i>Z. serrata</i>	9.8 (326.7)	9.5 ($\leq\infty$)	5.6 ($\leq\infty$)	1.2 ($\leq\infty$)

* The enclosed wood flour or bark powder in the pipe were used.

- ** 1. Riverhead of Sasagadanigawa river
2. Inflowing point to artificial pool in Sasagadanigawa river.
3. Neighborhood of the closed Naimi primary school.
4. Neighborhood of the closed Hatasago village office.

*** γ/g of dried wood flour or bark powder.
**** Ratio of the cadmium contents to that of the polluted water.

の早い沈殿池流入地点での収着率が鉱山跡廃水口でのそれを上まわったものと考えられた。

第6表および第7表はナイロンの布のみで被覆した木粉または樹皮粉末によるカドミウムおよび銅の吸着量を示したものである。設置した地点は、木粉は塩ビパイプに封入したものと同一地点で樹皮粉末は鉱山跡廃水口のみを設置した。第6, 7表に示すとおり、塩ビパイプに封入した場合と同様にいずれの木粉等にもカドミウム、銅の収着が認められた。ナイロン布のみで被覆した場合、木粉等は塊状になって水流による各粉体の動きが少なく、したがって、汚濁水との接触も塩ビパイプに封入した木等粉に比較して少ないものと考えられ、一般にそのカドミウム、銅の収着量も塩ビパイプに封入した場合に比較して少なかった。しかし、水中における木粉等の動きについては今回の実験のみでは明らかでなく、今後の実験の計画の中で検討すべき課題であると考えられた。

RANDALL¹⁾らは銅の廃鉱山の雨水試料および鉛バッテリープラントの排液を実験室に持ち帰り、樹皮カラムを通過させることによって銅および鉛の濃度を水質汚濁の規制基準以下に低下させている。筆者らの実験は汚濁河川の現地でもしかも流量に比較して極めて少量の木粉等を浸漬したものである。これが汚濁水の重金属の濃度に直ちに影響をおよぼすものではないが、汚濁水中のカドミウム、銅は木粉等に数百倍~数千倍に濃縮され収着²⁾されることが明らかになった。前報の成績から判断すると、木粉等の適切な浸漬方法を検討することによって収着される重金属の量はさらに増加するものと考えられる。林産廃棄物の利用は油廃棄物の回収についても検討されてお⁴⁾り、今後、注視すべき課題であろう。

摘 要

汚濁水に含まれる重金属の林産廃棄物による除去について検討した。木粉または樹皮粉末を、鉱山排水によって汚濁している川に19時間浸漬したのち回収し、

原子吸光分光光度計によって重金属の収着量を測定した。その結果、たとえばシオジの樹皮粉末は 0.03ppm のカドミウムを含む汚濁水から乾量 1g 当り 19.0γ のカドミウムを収着し、ケヤキの樹皮粉末は 0.12ppm の銅を含む汚濁水から 472.0γ の銅を収着していることがわかった。林産廃棄物による水質汚濁物の除去の実用化は、なお検討すべき問題が残されているが、今後、注視すべき課題であろう。

引用文献

1. RANDALL, J. M., R. L. BERMAN, V. GARRETT, and A. C. WAISS, Jr. : Forest Products Journal., 24 (9) : 80-84, 1974.
2. 達山和紀・江川 宏・仙丸 宏・後藤輝男・城代 進・往西弘次：島根大農研報 9 : 58-62, 1975.
3. 達山和紀・江川 宏・山本広基・仙丸 寛：日本菌学会報 16 : 69-78, 1975.
4. WOLFGANG G. Glasser and Fu-Shou LIN : Forest Products Journal., 24 (9) : 87-91, 1974.

Table 5. Copper taken up by the wood flour and bark powder from the polluted water (1)*

		Places**			
		1	2	3	4
Wood flour	<i>C. obtusa</i>	217.9*** (239.5)****	277.9 (2315.8)	48.4 (1382.9)	20.4 (≤∞)
	<i>F. spaethiana</i>	297.2 (326.6)	237.2 (1976.7)	24.2 (691.4)	15.7 (≤∞)
	<i>L. leptolepsis</i>	367.7 (404.1)	297.7 (2480.8)	24.4 (691.4)	19.7 (≤∞)
	<i>P. rhoifolia</i>	488.1 (536.4)	333.1 (2775.8)	39.6 (1131.4)	33.6 (≤∞)
	<i>T. dolabrata</i>	318.1 (349.6)	228.1 (1900.8)	28.1 (802.9)	27.1 (≤∞)
Bark powder	<i>F. spaethiana</i>	185.2 (203.5)	405.2 (3376.7)	43.2 (1234.3)	19.2 (≤∞)
	<i>L. leptolepsis</i>	116.6 (128.1)	351.6 (2930.0)	62.1 (1774.3)	27.6 (≤∞)
	<i>P. rhoifolia</i>	147.7 (162.3)	222.7 (1855.8)	27.2 (777.1)	8.7 (≤∞)
	<i>Z. serrata</i>	427.0 (469.2)	472.0 (3933.3)	68.0 (1942.9)	18.0 (≤∞)

* The enclosed wood flour or bark powder in the pipe were used.

** 1. Riverhead of Sasagadanigawa river.

2. Inflowing point to artificial pool in Sasagadanigawa river.

3. Neighborhood of the closed Naimi primary school.

4. Neighborhood of the closed Hatasago village office.

*** γ/g of dried wood flour or bark powder.

**** Ratio of the copper contents to that of the polluted water.

Table 6. Cadmium taken up by the wood flour and bark powder from the polluted water (2)*

		Places**			
		1	2	3	4
Wood flour	<i>C. obtusa</i>	2.40*** (80.0)****	2.36 (≤∞)	0.92 (≤∞)	0.18 (≤∞)
	<i>F. spaethiana</i>	3.50 (116.7)	2.33 (≤∞)	1.22 (≤∞)	0.25 (≤∞)
	<i>L. leptolepsis</i>	2.78 (92.7)	2.36 (≤∞)	1.20 (≤∞)	0.00 (≤∞)
	<i>P. rhoifolia</i>	5.20 (173.3)	2.90 (≤∞)	3.28 (≤∞)	0.70 (≤∞)
	<i>T. dolabrata</i>	3.10 (103.3)	2.72 (≤∞)	1.58 (≤∞)	0.30 (≤∞)
Bark powder	<i>F. spaethiana</i>	6.20 (206.7)	—	—	—
	<i>L. leptolepsis</i>	5.00 (116.7)	—	—	—
	<i>P. rhoifolia</i>	5.90 (196.7)	—	—	—
	<i>Z. serrata</i>	5.65 (188.3)	—	—	—

* The wrapped wood flour or bark powder in a piece of nylon cloth were used.

** 1. Riverhead of Sasagadanigawa river.

2. Inflowing point to artificial pool in Sasagadanigawa river.

3. Neighborhood of the closed Naimi primary school.

4. Neighborhood of the closed Hatasago village office.

*** γ/g of dried wood flour or bark powder.

**** Ratio of the cadmium contents to that of the polluted water.

Table 7. Copper taken up by the wood flour and bark powder from the polluted water (2)*

		Places**			
		1	2	3	4
Wood flour	<i>C. obtusa</i>	117.85*** (129.5)****	42.35 (352.9)	12.35 (325.9)	2.20 ($\leq\infty$)
	<i>F. spaethiana</i>	117.20 (128.8)	42.70 (355.8)	13.20 (377.1)	3.65 ($\leq\infty$)
	<i>L. leptolepsis</i>	177.67 (195.2)	93.67 (780.6)	17.17 (490.6)	4.12 ($\leq\infty$)
	<i>P. rhoifolia</i>	398.10 (437.5)	23.60 (196.7)	48.10 (1374.3)	10.10 ($\leq\infty$)
	<i>T. dolabrata</i>	178.05 (195.7)	52.55 (437.9)	24.85 (710.0)	2.25 ($\leq\infty$)
Bark powder	<i>F. spaethiana</i>	160.20 (170.6)	—	—	—
	<i>L. leptolepsis</i>	181.55 (199.5)	—	—	—
	<i>P. rhoifolia</i>	64.67 (71.1)	—	—	—
	<i>Z. serrata</i>	102.00 (112.1)	—	—	—

* The wrapped wood flour or bark powder in a piece of nylon cloth were used.

- ** 1. Riverhead of Sasagadanigawa river.
 2. Inflowing point to artificial pool in Sasagadanigawa river.
 3. Neighborhood of the closed Naimi primary school.
 4. Neighborhood of the closed Hatasago village office.

*** γ/g of dried wood flour or bark powder.

**** Ratio of the copper contents to that of the polluted water.

Summary

Removal of heavy metals from the polluted water by the use of forest products waste were studied. The forest products waste, wood flour or bark powder, were dipped in the river polluted by mining waste water. After dipping for about 19 hour, they were collected and the heavy metals taken up them were determined using atomic absorption spectrophotometer. Bark powder of *Fraxinus spaethiana*, for example, took up 19.0 γ of cadmium per 1g of dried bark powder from the polluted water containing 0.03ppm of cadmium, and the powder of *Zelkova serrata* took up 472.0 γ of copper per 1g of the powder from the water containing 0.12ppm of copper. These experimental results indicate the possibility of utilization of forest products waste to remove of heavy metals from the polluted water in spite of severe restriction to put into practical use.