

# 土壤中に含まれる重金属の林産廃棄物による収着<sup>※</sup>

—木粉、樹皮または製紙カスによる収着—

達山和紀<sup>※※</sup>・江川 宏<sup>※※</sup>・虎谷恭明<sup>※※</sup>  
後藤輝男<sup>※※</sup>・城代 進<sup>※※</sup>・往西弘次<sup>※※</sup>

Kadzunori TATSUYAMA, Hiroshi EGAWA, Yasuaki TORATANI,  
Teruo GOTO, Susumu JODAI and Hirotsugu ONISHI  
Sorption of Heavy Metals in Polluted Soil  
by Forest Product Wastes

—Sorption by Wood Flour, Bark and Paper Mill Waste—

## 緒 言

筆者らは前報において<sup>6)</sup>木粉または樹皮粉を充填したカラムに重金属すなわちカドミウム、銅、鉛の水溶液を注入し、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。さらに、これらの木粉等は、鉱山排水による汚濁水中に置かれた場合、汚濁水中の重金属を収着し濃縮することが明かになった。<sup>7)</sup>そこで、今回は、木粉等によって土壤中に含まれる重金属を収着させ、それが重金属汚染土壌を改良する手段として利用できるかどうか確かめるために、2, 3の予備的な実験を行った。ここにその結果を報告する。

## 実験材料

まず、林産廃棄物として製材廃棄物(ノコクズ、樹皮)および製紙カスを供試した。樹皮は風乾後 Willy mill で粉碎し、各供試廃棄物は 1mm および 2mm のフルイを用いて 1mm以下の細粉と 1~2mmの粗粉に分けた。また、シオジ (*Fraxinus spaethiana* LINGEL-SHEIM) カラマツ (*Larix leptolepis* MURRAG), サワグルミ (*Pterocarya rhoifolia* SIEB, et ZUCC.), ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa* ENDL) およびアスナロ (*Thujopsis dolabrata* SIEB, et ZUCC.) の木粉, シオジ, カラマツ, サワグルミ, およびケヤキ (*Zelkova serrata* MAKINO) の樹皮粉についても実験を行い、これらの風乾材を Willy mill で粉碎し、フルイによ

て 1~2mmの粉末に調製して供試した。重金属はカドミウム、銅および鉛について検討し、それぞれ市販の塩

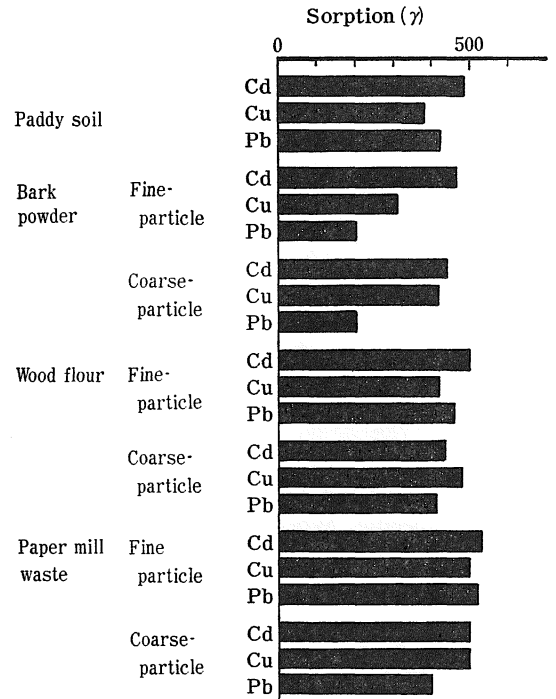


Figure 1. Sorption of heavy metals from the solution containing 500 γ of the metal on 5g of the paddy soil or forest product wastes.

※ Studies on decontamination of physical environment polluted by chemical substance (3).

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

化カドミウム、硫酸銅および酢酸鉛の特級品を用いて各金属の所定の溶液を調製した。土壌は島根大学農学部圃場の水田土壌を風乾し、1mmのフルイにかけて1mm以下のものを供試した。供試各木粉等および土壌のカドミウム、銅、鉛の含有量は第1表に示すとおりである。

汚染土壌の調製は上記の水田土壌100gに各重金属の10ppm水溶液200mlを加えて攪拌し、約20時間室温で放置した後にブフナーの漏斗(内径13cm, 東洋濾紙 No. 2)を用いて過剰の重金属溶液を除き、一部はそのまま風乾して重金属収着土壌とした。残りの土壌はさらにブフナー漏斗上で土壌10g当り100mlの水道水で水洗した後風乾してこれを重金属収着土壌とした。

実験および結果

A. 供試林産廃棄物の重金属収着能

はじめに、重金属水溶液からの供試廃棄物のそれぞれ固有の重金属収着能を水田土壌のそれと比較して測定した。10ppmのカドミウム、銅または鉛の水溶液50ml(重金属量：500 $\gamma$ )に風乾した木粉等または水田土壌の各5g宛を混入、攪拌して約20時間室温で放置したのち、上清液と混入物とに分別した。混入物は風乾したのち収着された重金属量を測定した。重金属量の測定は原子吸光分光光度計(日立製208型)を使用し、上清液については市販の濃塩酸を2~3滴加え、溶液のpHを1以下にして溶液中の重金属濃度を測定した。木粉等および土壌の場合は試験管に風乾重1gの試料をとり、10mlの0.1規定塩酸を加えて試験管用ミキサーで60秒間振とう攪拌したのち、漏斗で濾過して濾液を集めた。残渣にはさらに5mlの0.1規定塩酸を加えて同様

Table 1. Heavy metal contents of the used paddy soil and forest product wastes

			Contents( $\gamma$ /g)		
			Cd	Cu	Pb
Paddy soil			0.3	10.5	7.5
	Saw dust	Fine-particle	0.2	15.8	3.0
		Coarse-particle	0.2	3.8	2.0
Wood flour	<i>F. spaethiana</i> <i>L. leptolepis</i> <i>P. rhoifolia</i> <i>C. obtusa</i> <i>T. dolabrata</i>		0.2	4.1	0.4
			0.2	2.3	0.5
			0.5	3.0	0.5
			0.2	2.3	0.5
			0.3	2.3	0.5
	Sawing waste	Fine-particle	0.3	4.2	1.1
		Coarse-particle	0.3	6.0	1.5
Bark powder	<i>F. spaethiana</i> <i>L. leptolepis</i> <i>P. rhoifolia</i> <i>Z. serrata</i>		0.2	8.0	1.1
			0.3	5.0	1.1
			0.3	2.3	1.5
			0.2	4.5	0.5
Paper mill waste		Fine-particle	0.2	5.4	2.0
		Coarse-particle	0.2	5.3	1.5

Table 2. Sorption of heavy metals from the solution containing 1,000  $\gamma$  of the metal on 5g of forest product wastes in the presence of 5g of paddy soil

		Forest products waste	Paddy soil	Supernatant fluid	
		$\gamma$ (%)	$\gamma$ (%)	$\gamma$ (%)	
Bark powder	Fine-particle	Cd	588(58.8)	366(36.6)	46(4.6)
		Cu	646(64.6)	286(28.6)	68(6.8)
		Pb	485(48.5)	486(48.6)	29(2.9)
	Coarse-particle	Cd	497(49.7)	468(46.8)	35(3.5)
		Cu	563(56.3)	357(35.7)	80(8.0)
		Pb	463(46.3)	507(50.7)	30(3.0)
Saw dust	Fine-particle	Cd	800(80.0)	185(18.5)	15(1.5)
		Cu	842(84.2)	114(11.4)	44(4.4)
		Pb	827(82.7)	133(13.3)	40(4.0)
	Coarse-particle	Cd	576(57.6)	383(38.3)	41(4.1)
		Cu	682(68.2)	283(28.3)	35(3.5)
		Pb	563(56.3)	421(42.1)	16(1.6)
Paper mill waste	Fine-particle	Cd	680(68.0)	292(29.2)	28(2.8)
		Cu	812(81.2)	182(18.2)	6(0.6)
		Pb	821(82.1)	175(17.5)	14(1.4)
	Coarse-particle	Cd	605(60.5)	358(35.8)	37(3.7)
		Cu	660(66.0)	335(33.5)	5(5.0)
		Pb	664(66.4)	332(33.2)	4(4.0)

の方法で重金属を溶出させ、前回の濾液と合せた液について重金属濃度を測定した。濃度は2288Å(カドミウム)、3247Å(銅)および2833Å(鉛)の波長における溶液の吸光度を測定し、あらかじめ準備した検量線によっ

て算出した。各試料中の重金属量 (γ) は下記の計算式によって算出したが、各試料とも第1表で示される重金属含有量を差引いたものをそれぞれの収着量とした。

上清液中の重金属量

=濃度 (ppm) × 液量 (ml)

木粉等または土壌に収着された重金属量

=濃度 (ppm) × 試料1g中の重金属溶出に使用された塩酸量 (15ml) × 試料の風乾重 (g)

第1図に示すとおり、各試料ともカドミウムについて優れた収着能を示し、供試した条件下でカドミウムのほぼ全量を収着したが、銅および鉛については樹皮粉の収着能が劣るようであった。一般に、製紙カスの重金属収着能がもっとも優れており、ついでノコクズ、樹皮粉の順であった。

次に供試木粉等を土壌と共存させた状態でのこれらの木粉等の重金属収着能を測定した。10ppmのカドミウム、銅または鉛の水溶液100ml (重金属量: 1000γ) に5gの木粉等と5gの水田土壌を同時に混入し、ガラス棒で十分攪拌して約20時間室温で静置した。その後、上清液、木粉等、および土壌を層別に分別し、前記と同様の方法で各層に含まれる重金属量を測定した (第2表)。なお、木粉等の層と土壌の層とは両者の比重の差を利用して分別したが、木粉等の種類によって土壌層との境界が明瞭でないものがあつた。したがって各層に含まれる重金属濃度の実測値から算出される重金属量の合計は供試された重金属量と必ずしも一致しない場合があつた。そこで、各層の合計が供試重金属量と一致するように、各層の重金属

Table 3. Sorption of heavy metals from 10g of the paddy soil<sup>※</sup> polluted by the metal on 2g of the forest product wastes-I

			Paddy soil		Forest product wastes	Supernatant fluid
			Start	After treatment		
Bark powder	Fine-particle	Cd	260 <sup>※※</sup>	138.3(53.2) <sup>※※※</sup>	120.7	1.0
		Cu	230	83.7(36.4)	144.7	1.6
		Pb	190	66.3(34.9)	122.9	0.8
	Coarse-particle	Cd	260	171.1(65.8)	87.9	1.0
		Cu	230	135.9(59.1)	93.2	0.9
		Pb	190	80.2(42.2)	108.5	1.3
Saw dust	Fine-particle	Cd	260	198.4(76.3)	60.8	0.8
		Cu	230	126.2(54.9)	130.3	0.5
		Pb	190	91.6(48.2)	97.1	1.3
	Coarse-particle	Cd	260	194.7(74.9)	65.0	0.3
		Cu	230	162.9(70.8)	66.2	0.9
		Pb	190	120.4(63.4)	69.2	0.4
Paper mill waste	Fine-particle	Cd	260	102.4(39.4)	157.3	0.3
		Cu	230	79.8(34.7)	150.0	0.2
		Pb	190	105.8(55.7)	83.4	0.8
	Coarse-particle	Cd	260	176.0(67.7)	83.5	0.5
		Cu	230	131.8(57.3)	98.0	0.2
		Pb	190	146.3(77.0)	42.6	1.1

※ Paddy soil polluted artificially by the metal was used.

※※ Unite : γ

※※※ Percent of the metal content remaining in the paddy soil.

Table 4. Sorption of heavy metals from 10g of the paddy soil<sup>※</sup> polluted by the metal on 2g of the forest product wastes-II

			Paddy soil		Forest product wastes	Supernatant fluid
			Start	After treatment		
Bark powder	Fine-particle	Cd	180 <sup>※※</sup>	77.4(43.0) <sup>※※※</sup>	101.9	0.7
		Cu	210	98.9(47.1)	110.0	1.1
		Pb	140	73.6(52.6)	65.0	1.4
	Coarse-particle	Cd	180	106.6(59.2)	72.5	0.9
		Cu	210	157.7(75.1)	51.0	1.3
		Pb	140	76.1(54.4)	61.5	2.4
Saw dust	Fine-particle	Cd	180	98.7(54.8)	80.6	0.7
		Cu	210	111.6(53.1)	97.2	1.2
		Pb	140	63.0(45.0)	72.8	4.2
	Coarse-particle	Cd	180	137.9(76.6)	41.9	0.2
		Cu	210	155.0(73.8)	54.4	0.6
		Pb	140	107.0(76.4)	32.3	0.7
Paper mill waste	Fine-particle	Cd	180	64.1(35.6)	115.5	0.4
		Cu	210	118.1(56.2)	91.1	0.8
		Pb	140	84.0(60.0)	54.7	1.3
	Coarse-particle	Cd	180	108.3(60.2)	71.5	0.2
		Cu	210	69.5(33.1)	140.1	0.4
		Pb	140	75.5(53.2)	64.0	1.5

※ Polluted soil was used after washing by water.

※※ Unite : γ

※※※ Percent of the metal content remaining in the paddy soil.

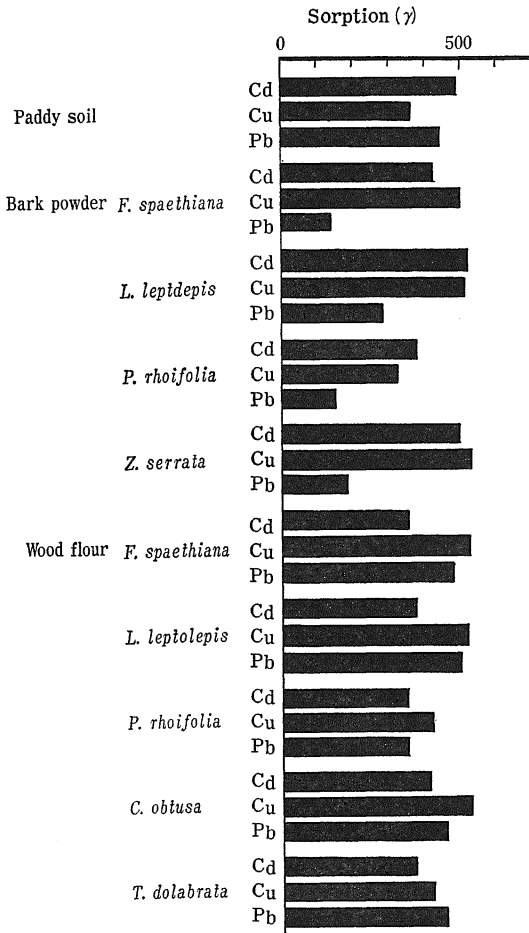


Figure 2. Sorption of heavy metals from the solution containing 500  $\gamma$  of the metal on 5g of the paddy soil, bark powder or wood flour.

濃度の比率で数値を補正して表示した。第2表に示すとおり、溶液中の重金属の大部分は木粉等および土壤に収着され、また、木粉等による収着量は土壤による収着量と同程度かまたはそれを上回る成績を示した。特に、ノコズ、製紙カスのそれぞれ細粉は土壤が共存する条件下においても優れた重金属収着能を示すものと考えられた。

**B. 供試林産廃棄物による土壤収着重金属の収着**

上記の実験によって、供試した木粉等は土壤と共存している場合でも多量の重金属をその溶液中から収着することがわかったが、木粉等を実際の汚染水田等へ施用する場合は土壤にすでに収着されている重金属を対象にした木粉等の収着能を検討しなければならない。そこで、あらかじめ人為的に重金属で汚染させた土壤を準備し、これに木粉等を混入してその重金属収着能を測定した。

第3表は重金属収着土壤を用いた実験の成績である。また、第4表には重金属吸着土壤、すなわち上記の土壤を水洗し、風乾した土壤を用いた場合の木粉等による重金属収着量を示した。供試土壤中の重金属量の測定値は重金属収着土壤においてはカドミウム、銅または鉛がそれぞれ 260 $\gamma$ 、230 $\gamma$ 、190 $\gamma$  であり、水洗後の土壤ではそれぞれ 180 $\gamma$ 、210 $\gamma$ 、140 $\gamma$  であった。供試土壤と木粉等は試験管の中で接触させた。すなわち、内径 3cm の試験管に汚染土壤 10g と木粉等 2g を入れて混合し、これに蒸留水 20ml を注いで試験管用ミキサーで 180秒間振動を与えて攪拌したのち 20時間静置した。その後、上記混合物は上清液、木粉等および土壤の各層に分け、木粉等および土壤は風乾して重金属の収着量または残留量を測定した。成績は重金属の種類と供試木粉等との組合せによって異なるが、第3表に示すとおりいずれの場合でも汚染土壤に収着されていた重金属の一部は木粉等に収着され、汚染土壤中の重金属量の減少が認められた。特に、製紙カス細粉との接触によって土壤中のカドミウム、銅はそれぞれ当初の収着量の39.4%、34.7%に減少し、鉛の量も当初の55.7%に低下した。木粉等によるこのような重金属の収着は、重金属吸着土壤を供試した場合も認められ、第4表に示すとおり樹皮粉とカドミウムまたは銅、ノコズ細粉と鉛、製紙カス細粉とカドミウム、また、製紙カス粗粉と銅、の各組合せでいずれも土壤中の重金属量を当初収着量の50%以下に減少させた。

**C. 木粉等の樹種による重金属収着能の優劣**

上記までの実験で、各種の林産廃棄物すなわち、樹種不詳の樹皮粉、ノコズや製紙カスの粉末がいずれも重金属を収着して汚染土壤中の重金属量を減少させたが、その程度は供試木粉等の種類によって異なることがわかった。木粉等によるこのような重金属の収着能は樹種によっても異なる<sup>4)7)</sup>ことが考えられたので、第1表に示した各種の木片等から木粉等を調製して供試し、その重金属収着能を検討した。木粉等はいずれも 1~2mm の粉末として供試した。その他の実験の方法はすべて前項までの実験と同じである。

第2図に示すとおり、供試した木粉等のいずれの樹種においても水溶液中からの重金属の収着が認められたが、収着量については供試木粉等および重金属の種類によって異っており、一般に樹皮粉は鉛の収着能が木粉等より劣る傾向があった。

水田土壤と共存している場合の重金属収着能は、第5表に示すとおり樹皮粉、木粉ともシオジから調製したものが優れており、また、カラマツ、サワグルミ、ヒノキの木粉も優れた収着能を示した。供試した重金属の種類

Table 5. Sorption of heavy metals from the solution containing 1,000  $\gamma$  of the metal on 5g of the used sample in the presence of 5g of paddy soil

		Wood flour or bark powder	Paddy soil	Supernatant fluid
		$\gamma$ (%)	$\gamma$ (%)	$\gamma$ (%)
Bark powder	<i>F. spaethiana</i>	Cd 716(71.6)	244(24.4)	40( 4.0)
		Cu 667(66.7)	217(21.7)	116(11.6)
		Pb 498(49.8)	490(49.0)	12( 1.2)
	<i>L. leptolepis</i>	Cd 407(40.7)	571(57.1)	22( 2.2)
		Cu 670(67.0)	313(31.3)	17( 1.7)
		Pb 415(41.5)	573(57.3)	12( 1.2)
	<i>P. rhoifolia</i>	Cd 354(35.4)	577(57.7)	69( 6.9)
		Cu 545(54.5)	401(40.1)	54( 5.4)
		Pb 197(19.7)	706(70.6)	97( 9.7)
	<i>Z. serrata</i>	Cd 543(54.3)	428(42.8)	29( 2.9)
		Cu 640(64.0)	303(30.3)	57( 5.7)
		Pb 372(37.2)	553(55.3)	75( 7.5)
Wood flour	<i>F. spaethiana</i>	Cd 474(47.4)	487(48.7)	39( 3.9)
		Cu 595(59.5)	351(35.1)	54( 5.4)
		Pb 555(55.5)	437(43.7)	8( 0.8)
	<i>L. leptolepis</i>	Cd 462(46.2)	491(49.1)	47( 4.7)
		Cu 720(72.0)	272(27.2)	8( 0.8)
		Pb 623(62.3)	374(37.4)	3( 0.3)
	<i>P. rhoifolia</i>	Cd 662(66.2)	282(28.2)	56( 5.6)
		Cu 599(59.9)	356(35.6)	45( 4.5)
		Pb 578(57.8)	408(40.8)	14( 1.4)
	<i>C. obtusa</i>	Cd 543(54.3)	420(42.0)	37( 3.7)
		Cu 597(59.7)	378(37.8)	25( 2.5)
		Pb 710(71.0)	281(28.1)	9( 0.9)
<i>T. dolabrata</i>	Cd 295(29.5)	653(65.3)	52( 5.2)	
	Cu 491(49.1)	468(46.8)	41( 4.1)	
	Pb 506(50.6)	466(46.6)	28( 2.8)	

別に収着能のもっとも高いものは、カドミウムについてはシオジの樹皮粉であったが、銅についても同様であり鉛についてはヒノキの木粉が良い成績を示した。

第6表および第7表は、重金属収着土壌または重金属吸着土壌中の重金属が、混入された木粉等によってどの程度収着されるかを示したものである。カドミウム収着土壌を供試した場合はサワグルミ、ケヤキ樹皮粉の成績が良く、銅収着土壌ではシオジとサワグルミの樹皮粉、鉛収着土壌ではケヤキの樹皮粉が優れており、一般に、樹皮粉が木粉よりも良い成績を示した。また、重金属吸着土壌を供試した場合は、カドミウムに対してはケヤキの樹皮粉、銅に対してはサワグルミの木粉、また、鉛に対してはサワグルミの木粉がそれぞれもっとも優れた収着能を示した。

**D. 林産廃棄物による土壌処理の回数と重金属汚染土壌の改良効果**

前項までの実験によって重金属汚染土壌への木粉等の混入とその回収が土壌中の重金属量を減少させることが

わかったが、このような処理の効果を高める手段の一つとして、処理の回数と土壌中の重金属残留量との関係について検討した。

供試木粉等はノコブの細粉 (<1mm) を使い、前記の方法にしたがって汚染土壌(カドミウム: 230 $\gamma$ /土壌 10g) に毎回 2g 宛を処理した。第8表に示すとおり、1回の処理ではなお80%のカドミウムが土壌中に残留したが、処理の回数をふやすにしたがって土壌中のカドミウム量は減少し、4回の処理で当初のカドミウム量の50%まで低下させることができた。

**考 察**

林産廃棄物は各種の汚染物質を収着することが知られており、これを汚濁水の浄化に利用することが試みられている<sup>4,8,9,10</sup>。水質の汚濁物質としてもっとも関心が持たれているのは重金属である。先に、筆者らも、2, 3の林産廃棄物による重金属の収着について実験し、その結果を報告した<sup>6,7</sup>。

わが国における土壌の汚染は、農業用水の汚濁に起因する水田土壌の重金属汚染がその面積も広くもっとも大きな問題となっている。この対策としては、従来、耕地の排土、客土、種々の土壌改良資材の投入や、高等植物に吸収させて土壌中の重金属を除去する試みも行われて<sup>5</sup>いるが、なお十分な改良手段となっていない。また、イオン交換樹脂の利用は必要に応じて汚濁水の浄化には役立っているが、これを土壌改良に使用することは経費等の点で問題があらう。そこで筆者らは、林産廃棄物の優れた重金属収着能に着目し、これら廃棄物による土壌改良の可能性について2, 3の予備的な実験を行った。成績を総括すると、林産廃棄物の種類、形状、供試樹種によって効果にかなりの差は認められるが、この実験の範囲では、いずれの場合も土壌に収着されている重金属の一部を供試した木粉等が収着し、土壌中の重金属量を減少させることがわかった。特に、製紙カスの細粉、雑樹皮の細粉と、樹種別ではシオジ、サワグルミ、ケヤキのそれぞれ樹皮粉の収着能が優れていた。今回の実験結果だけでは、木粉等による重金属の収着機構について考察

するに至らないが、これらの成績は廃物の有効利用という観点からも注目されるべきものであろう

本文ですでのべたとおり、木粉等と土壌との分別は供試した木粉等の種類によって難易があった。ノコクズの粗粉、カラマツの樹皮粉は分別が比較的容易であり、雑樹皮の細粉やサワグルミの樹皮粉などは困難な部類であったが、今回の実験は小規模な予備試験であったので、混合物を入れた容器に振動を与えることでおおよその分別が可能であった。しかし、実際の水田などで実施する場合の木粉等の回収には相当な困難が予想され、回収方法の検討は、林産廃物を汚染土壌の改良に利用するに当たっての今後のもっとも大きな研究課題であろう。また、今一つの大きな課題は、回収した木粉等の処理をどのように行うかということである。処理の方法を誤まれば環境の二次汚染につながる恐れがある。これらの課題は重金属収着能を高めるための木粉等<sup>1,2,3)</sup>の加工を検討するに当たっても、常に念頭に置かれるべきものであろう。

摘 要

汚染土壌中の重金属の林産廃物による除去について検討した。林産廃物としては、製材廃物、または数種の樹種の木片から調製した樹皮粉、ノコクズと、製紙カスを供試した。これらの木粉等は、いずれも水溶液中の重金属、すなわちカドミウム、銅、鉛を良く収着した。供試木粉等の各 2g を 10g の人為汚染土壌と混合し、これに 20ml の蒸留水を加えて 180秒間振とう攪拌し、20時間の静置後に上清液と木粉等、土壌を分別し、それぞれに含まれる重金属量を原子吸光分光光度計を用いて測定した結果、供試木粉等は土壌に収着されている重金属を収着し、土壌中の重金属量を減少させることがわかった。木粉等による土壌の処理は、回数を重ねることによってその効果が高められた。

引 用 文 献

1. 平林靖彦・村山敏博：日本木材学会，第25回大会研究発表要旨：158，1975。
2. 越島哲夫・田中龍太郎・米田護・村木永之介：日本木材学会，第25回大会研究発表要旨：157，1975。
3. 森田光博・坂田功：日本木材学会，第25回大会研究発表要旨：159，1975。
4. RANDALL J. M., R. L. BERMANN, V. GARRETT, and A. C. WAISS, Jr.: Forest Products J., 24 (9) : 80-84, 1974.
5. 田崎忠良・西田弘之・腰塚昭温・手島忠広：環境科学総合研究会，第1回研究発表会予稿集，148-149，1975。
6. 達山和紀・江川宏・仙丸寛・後藤輝男・城代進・往西弘次：島根大農研報，9 : 58-62，1975。
7. 達山和紀・江川宏・仙丸寛・後藤輝男・城代進・往西弘次：島根大農研報，9 : 63-67，1975。

Table 6. Sorption of heavy metals from 10g of the paddy soil<sup>※</sup> polluted by the metal on 2g of wood flour or bark powder—I

			Paddy soil		Wood flour or bark powder	Supernatant fluid
			Start	After treatment		
Bark powder	<i>F. spaethiana</i>	Cd	260 <sup>※※</sup>	121.7(46.8) <sup>※※※</sup>	137.0	1.3
		Cu	230	88.8(38.6)	139.1	2.1
		Pb	190	125.5(66.1)	63.5	1.0
	<i>L. leptolepis</i>	Cd	260	221.0(85.0)	38.7	0.3
		Cu	230	180.3(78.4)	49.2	0.5
		Pb	190	122.3(64.4)	66.7	1.0
	<i>P. rhoifolia</i>	Cd	260	102.7(39.5)	156.5	0.8
		Cu	230	86.3(37.5)	141.6	2.1
		Pb	190	113.6(59.8)	74.9	1.5
	<i>Z. serrata</i>	Cd	260	97.0(37.3)	162.0	1.0
		Cu	230	116.6(50.7)	111.6	1.8
		Pb	190	68.2(35.9)	119.9	1.9
Wood flour	<i>F. spaethiana</i>	Cd	260	187.2(72.0)	72.5	0.3
		Cu	230	82.1(35.7)	145.8	2.1
		Pb	190	87.2(45.9)	101.3	1.5
	<i>L. leptolepis</i>	Cd	260	217.2(79.9)	52.3	0.5
		Cu	230	118.2(51.4)	110.2	1.6
		Pb	190	90.3(47.5)	98.0	1.7
	<i>P. rhoifolia</i>	Cd	260	165.3(63.6)	94.4	0.3
		Cu	230	144.7(62.9)	84.6	0.7
		Pb	190	128.1(67.4)	60.6	1.3
	<i>C. obtusa</i>	Cd	260	178.3(68.6)	81.4	0.3
		Cu	230	110.4(48.0)	116.4	3.2
		Pb	190	141.2(74.3)	47.3	1.5
<i>T. dolabrata</i>	Cd	260	218.4(84.0)	41.3	0.3	
	Cu	230	130.6(56.8)	98.0	1.4	
	Pb	190	81.3(42.8)	106.4	2.3	

※ Paddy soil polluted artificially by the metal was used.  
 ※※ Unit : γ  
 ※※※ Percent of the metal content remaining in the paddy soil.

Table 7. Sorption of heavy metals from 10g of paddy soil<sup>※</sup> polluted by the metal on 2g of wood flour or bark powder—II

		Paddy soil		Wood flour or bark powder	Supernatant fluid	
		Start	After treatment			
Bark powder	<i>F. spaethiana</i>	Cd 180 <sup>※※※</sup>	54.7(30.4) <sup>※※※</sup>	123.6	1.7	
		Cu 210	129.8(61.8)	78.5	1.7	
		Pb 140	87.2(62.3)	50.1	2.7	
	<i>L. leptolepis</i>	Cd 180	130.7(72.6)	49.1	0.2	
		Cu 210	168.0(80.0)	41.4	0.6	
		Pb 140	99.2(70.8)	39.3	1.5	
	<i>P. rhoifolia</i>	Cd 180	67.1(37.3)	112.4	0.5	
		Cu 210	114.7(54.6)	92.6	2.7	
		Pb 140	74.5(53.2)	63.3	2.2	
	<i>Z. serrata</i>	Cd 180	48.6(27.0)	130.5	0.9	
		Cu 210	119.9(57.1)	88.2	1.9	
		Pb 140	58.8(42.0)	79.1	2.1	
	Wood flour	<i>F. spaethiana</i>	Cd 180	75.6(42.0)	103.7	0.7
			Cu 210	137.9(65.7)	71.0	1.1
			Pb 140	57.1(40.8)	77.0	5.9
		<i>L. leptolepis</i>	Cd 180	121.5(67.5)	58.0	0.5
			Cu 210	120.1(57.2)	87.8	2.1
			Pb 140	66.2(47.3)	72.7	1.1
<i>P. rhoifolia</i>		Cd 180	83.5(46.4)	96.1	0.4	
		Cu 210	166.1(79.1)	43.3	0.6	
		Pb 140	86.1(61.5)	50.4	3.5	
<i>C. obtusa</i>		Cd 180	79.9(44.4)	99.9	0.2	
		Cu 210	92.8(44.2)	116.1	1.1	
		Pb 140	54.3(38.8)	84.6	1.1	
<i>T. dolabrata</i>		Cd 180	100.3(55.7)	79.0	0.7	
		Cu 210	124.9(59.5)	81.1	4.0	
		Pb 140	57.8(41.3)	81.2	1.0	

※ Polluted soil was used after washing by water.  
 ※※ Unit :  $\gamma$   
 ※※※ Percent of the metal content remaining in the paddy soil.

Table 8. Cadmium content remaining in the paddy soil after the treatments with the wood flour

The number of the times of the treatment	Cadmium content Rate	
0	230.0	1
1	184.0	0.80
2	154.1	0.67
3	138.0	0.60
4	115.0	0.50

Ten g of the paddy soil containing 230  $\gamma$  of the metal was used. Two g of fine-particle saw dust was used per one time.

8. 上原徹・往西弘次・城代進・後藤輝男・福山晋：日本木材学会第26回大会講演要旨集，21，1976.
9. WAISS A. C., M. E. WILLEY, J. A. KUHNLE, A. L. POTTER, and R. M. MC CREADY : J. Env. Quality, 2 : 369—371, 1973.

10. WOLFGANG G. G., and FU-SHOU LIN : Forest Products J., 24 (9) : 87—91, 1974.

### Summary

Removal of heavy metals from the polluted soil by the use of forest product wastes was studied. Wood flour and bark powder available from saw dust or blocks of several species of wood, and powder of paper mill waste were prepared for the tests. All of the samples tested in this study took up a considerable quantity of cadmium, copper or lead from the metal solutions. Two g of each sample were mixed with 10 g of the polluted paddy soil, and the mixture were shaken with 20 ml of water for 180 min. Twenty hours after the shaking,

the mixture was separated into 3 parts, that is, the sample, the paddy soil and the supernatant fluid, and the heavy metal content in each part was determined using an atomic absorption spectrophotometer. Under this experimental conditions, the tested sample took up the metals even from the paddy soil, and the metal content remaining in the paddy soil decreased gradually by the repeat of the mixing with fresh forest product wastes.