

産業廃棄物中間処理に関する研究(Ⅱ)

——木くず破碎処理試料(チップ)の分析——

渡辺 洋一 須貝 敏英 小野 雄策 増田 武司 小林 進

要 旨

廃木材は主に燃料・パルプ原料・パーティクルボード原料等として有効利用されている。しかし、現在排出されている廃木材は、有害な防腐・防虫・防蟻処理剤等を含有している可能性がある。このため、木材の防腐剤として使用されていたトリブチルスズ化合物、有機塩素系農薬、有害金属類及び家屋等の防蟻剤として使用されたクロルデン類等が廃木材破碎施設から排出されるチップ中にどの程度含有しているかを調べた。

木材の分析法については、これまでに報告例がないため、従来から行なわれている食品等の分析法を参考にし、韌性に富む木材の粉砕法や夾雑物の除去方法等について検討を行なった。その結果、木材中の有害物質を良好に測定する方法を開発した。

チップからは、有機塩素系農薬・クロルデン類・ヒ素・銅・クロム等が検出された。また、33検体中5検体からはトリブチルスズ化合物が検出されたが、チップの中に残留していた量は微量であった。現在の廃木材チップの用途及び使用量では、パルプ製造の際の排水や焼却の際の残渣等に注意すれば、環境汚染源となる可能性は少ない。

1 はじめに

近年、森林の減少とそれに伴う二酸化炭素の増加等の問題が地球規模的な環境問題として取り上げられ¹⁾、森林資源保護のため、リサイクルの推進が必要不可欠なものとなってきている。

木質系廃棄物のうち、古紙は再生紙として利用され、建築物解体現場等から排出される廃木材は省エネルギー・省資源の目的で燃料用²⁾・パルプ原料・パーティクルボードの材料等として再利用されている。

他方、排出量の多くを占める建築物由来の廃木材には、寸法安定性・防虫性・防腐性・防火性等を向上させるため、様々な薬剤で処理されたものが多い³⁾。現在排出されている廃木材のほとんどは、木造建築物の耐用年数から推定すると、20年以上前に建設されたものである。従って、有害なためすでに使用禁止になった薬剤で過去に処理されている可能性が高い。さらに、防腐剤等として用いられる薬剤は、効力が長期間持続する必要があるため、残留性が高い。このため、有害

物質が分解あるいは溶出しないまま廃木材中に残留しているおそれがある。

木材処理に主に使用されていた環境汚染物質としては、トリブチルスズ(TBT)化合物・有機塩素系農薬・ヒ素・銅等が挙げられる³⁾。

廃木材のリサイクルの過程では破碎処理が行われる場合が多い。そこで、処理後の木材チップ中にこれら環境汚染物質が残留しているかどうかを調べるため、破碎処理事業所から破碎処理後の木材チップを採取して分析を行った。

なお、これら物質の廃木材における分析例がほとんど見られないため、木材の分析法についても検討した。TBT化合物は船舶・漁網等に使用され、生物濃縮性が問題化しており、魚類等の分析例が多数報告されている^{4~6)}。また、有機塩素系農薬についても、食品中の残留農薬分析がなされているため⁷⁾、これらの分析法を参考に木材チップの分析法を開発した。

2 実験方法

2・1 試料の採取及び調製

現在、県内で木くずの中間処理として、廃木材を破碎処理している事業所9カ所を対象として試料採取を行った。

いずれの事業所においても、チップの使用目的に応じて原料となる廃木材を破碎前に選別しており、また、破碎後のチップも搬出先ごとに分類して貯蔵されている。

チップは、パルプ用・パーティクルボード用・燃料用・ダストとして一般的に区分されている。パルプ用はさらにその用途（クラフト紙，ダンボール等）あるいはチップ受入先の設備に応じて細分されている例が多かった。

チップの製造には、切削（チップパー）と破碎（シュレッダー）の二種類の装置が使用されていた。主な区分と処理の流れを図1に示す。

サンプリングはこれらの区分されているチップごとに行い、試料として合計33検体採取した。

試料調製は次のように行なった。すなわち、採取したチップからプラスチック・紙・石・釘等の異物を取り除き、四分法で採取した後、粉碎機で2mmメッシュの篩を通るまで粉碎し、篩別した試料をさらに2分間粉碎して分析用サンプルとした。

粉碎器には協立理工機製サンプルミルSK-Mを使用した。木材は韌性に富むため、粉碎の際にかなりの発熱を伴う。このため、保冷材で周囲を覆って冷却しながら粉碎した。

2・2 TBT化合物の分析

TBT化合物の分析操作の流れを図2に示した。

2・2・1 抽出

2・1で調製した試料5gを水100mlに十分浸し、膨潤させた後5分間ホモジナイズする。この際、繊維状

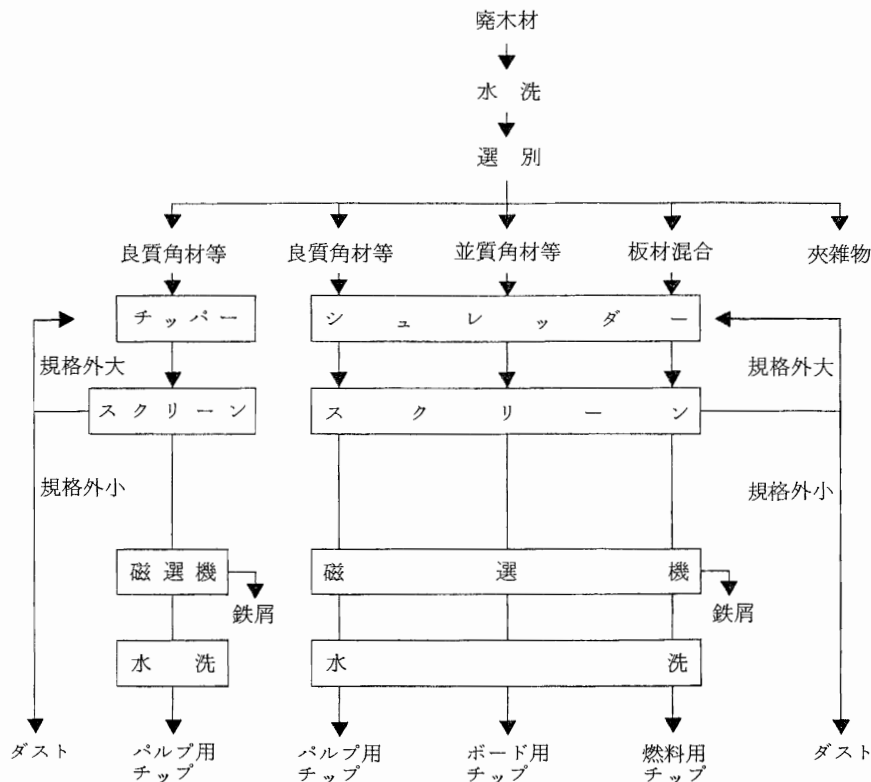


図1 木くず破碎事業所の処理工程とチップの区分

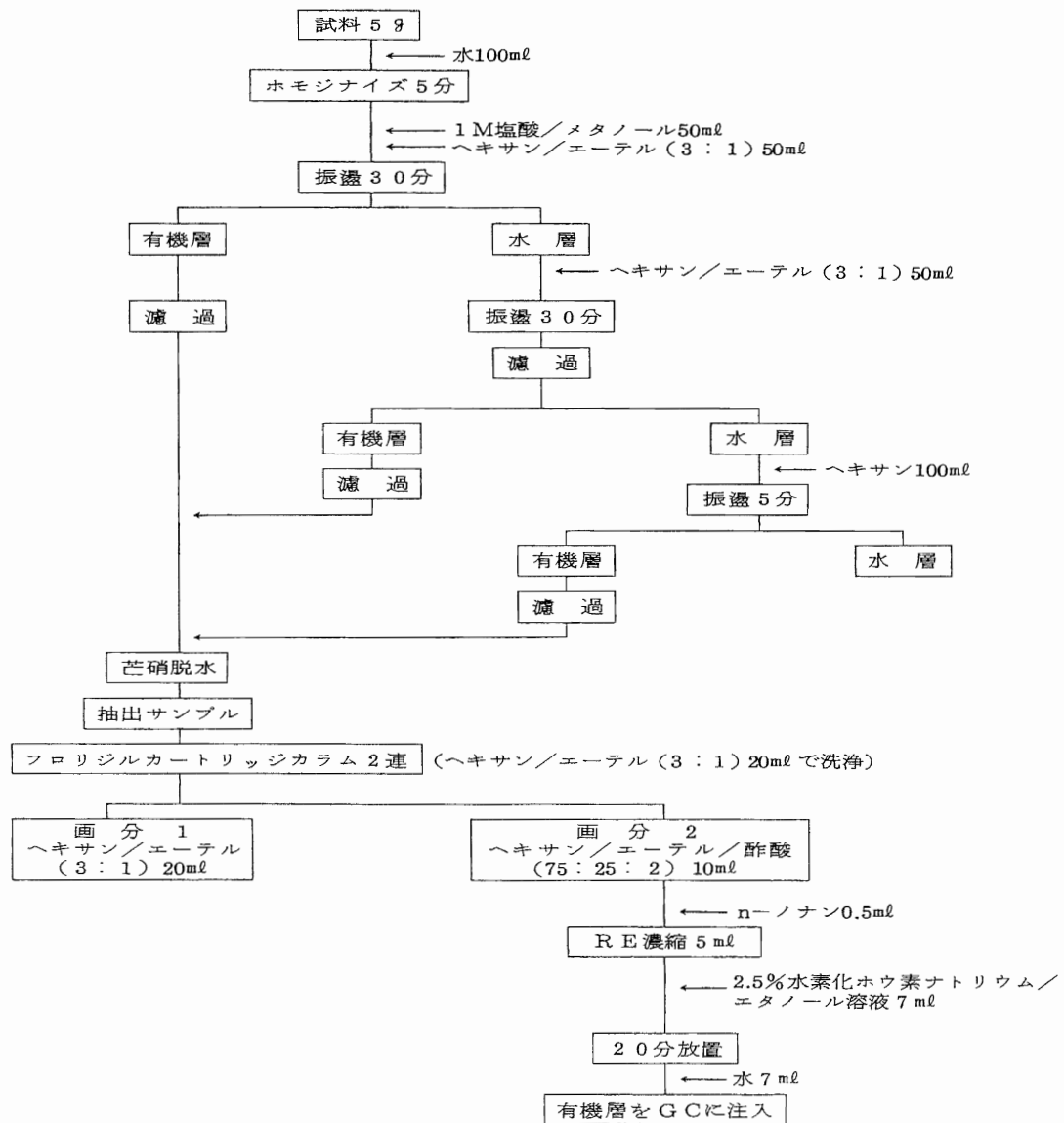


図2 木材チップ中のトリブチルスズ化合物分析フローシート

に分散するまで試料を高速回転でホモジナイズする。この時、かなりの発熱を伴うことから、試料中 TBT 化合物の揮散・分解等を防ぐため、氷水で冷却しながら操作する。ホモジナイザーとしては、ヤマト科学製ウルトラディスペルサーLK-41を使用した。

1 M塩酸/メタノール50ml、ヘキサン/エーテル (3 : 1) 50mlを加えて30分間振とうし静置する。この操作によりTBT化合物は塩化トリブチルスズ (TBTC) として抽出される。有機層を分取し、ろ過する。水層にはさらにヘキサン/エーテル (3 : 1) 50mlを加え、同様

に再抽出を行う。有機層を分取した後、水層にヘキサン 100mlを加えて5分間振とうし、その有機層を分取する。これら有機層を合わせて無水硫酸ナトリウムで脱水する。

2・2・2 フロリジルカラムによる精製

セップバックフロリジルカートリッジカラム (以後カートリッジカラムと呼ぶ) を2個直列に連結し、減圧装置に取り付け、ヘキサン/エーテル (3 : 1) 10mlで洗浄する。これに抽出試料を流下してTBTCを保持させ、ヘキサン/エーテル (3 : 1) 20mlで洗浄した後、

ヘキサン/エーテル/酢酸 (75:25:2) 10mlを注入し、カートリッジカラム中に1~2分間含浸させる。最後に注意深く溶出させ、揮散防止のためにn-ノナン0.5mlを添加し、40℃水浴中、ロータリーエバポレーター(RE)で5mlに濃縮する。

2・2・3 水素化

抽出されたTBTCは、水素化を行って水素化トリブチルスズ (TBTH) としてガスクロマトグラフィー (GC) 測定される。この水素化を行うために、抽出液に2.5%水素化ホウ素ナトリウム/エタノール溶液7mlを加え20分間静置後、水7mlを加えて振り混ぜ静置することにより、TBTHが得られる。

この操作により二層に分離した上層のヘキサン層をGC用試料とする。

2・2・4 GC条件

ガスクロマトグラフ： 韓島津製作所製GC-7A
 検出器： ECD (⁶³Ni)
 Current： 1nA
 RANGE： 10
 ATTENUATION： 2⁴~2⁸
 カラム： 10%Thermon-HG, ChromosorbW (AW-DMCS), 80~100 Mesh, 3mm φ×1m ガラスカラム
 温度： カラム恒温槽 165℃
 注入口, 検出器 260℃
 キャリヤガス： 窒素 50ml/min

2・3 有機塩素系農薬の分析

有機塩素系農薬の分析操作の流れを図3に示す。

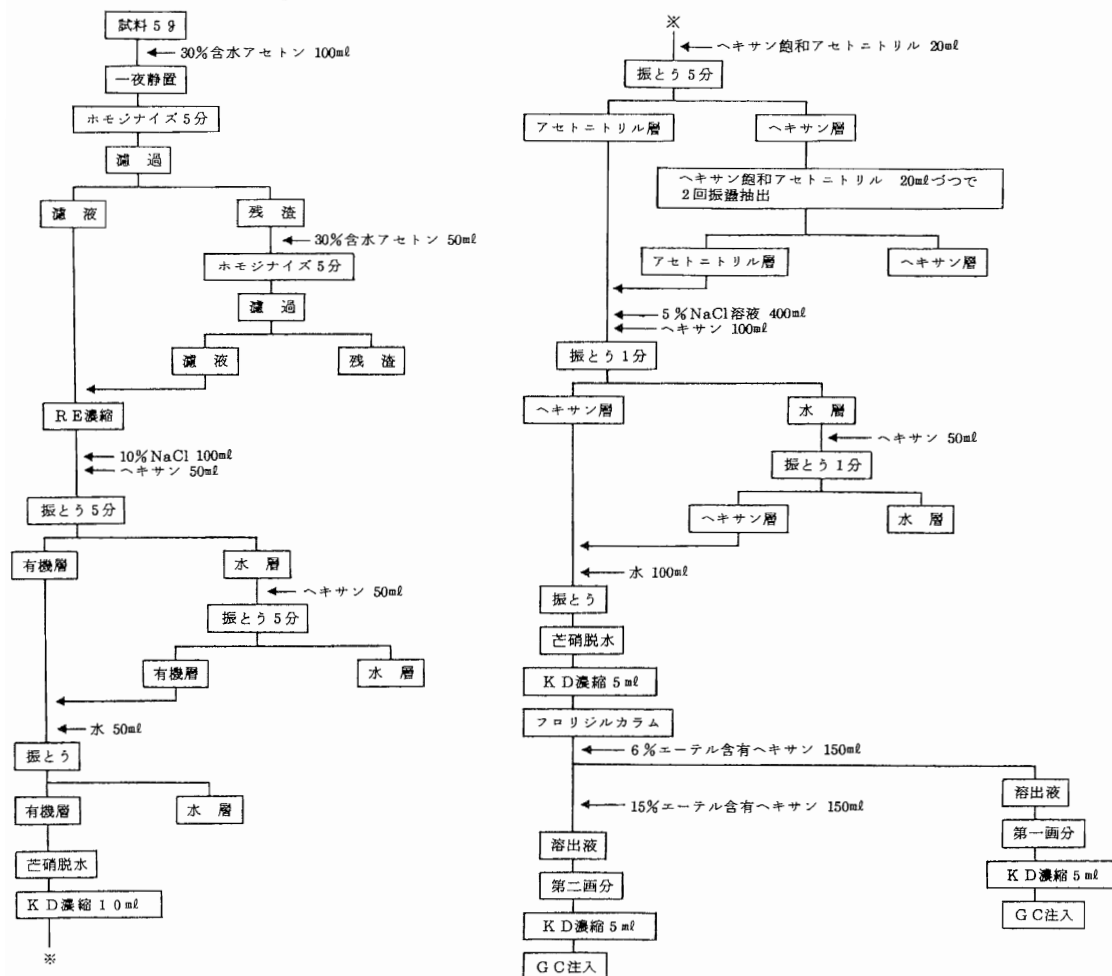


図3 有機塩素系農薬分析フローシート

2・3・1 抽出

2・1で調製した試料5gを30%含水アセトン100mlに含浸させて一夜静置した後、5分間ホモジナイズする。この際、試料が繊維状に分散するよう高速回転でホモジナイズするため、かなりの発熱を伴う。試料中の有機塩素系農薬の揮散・分解等を防ぐため氷水で冷却しながら操作する。

抽出液をガラスウールでろ別した後、残渣に30%含水アセトン50mlを加え、さらに5分間ホモジナイズする。抽出液を合わせて40℃水浴中でRE濃縮し、アセトンを留去する。

残液を10%NaCl100mlの入った300ml分液ロートに取り、ヘキサン50mlで2回、5分間振とう抽出する。有機層を合わせ水50mlで水洗した後、無水硫酸ナトリウムで脱水する。40℃水浴中で10mlにクデルナ・ダーニッシュ (KD) 濃縮する。

2・3・2 ヘキサン-アセトンニトリル分配

濃縮した抽出液をヘキサン飽和アセトンニトリル20mlで3回、5分間振とうし、ヘキサン-アセトンニトリル分配を行う。

アセトンニトリル層を5%NaCl溶液400mlの入った1ℓ分液ロートに取り、ヘキサン100mlを加えて1分間激しく振とうする。さらに水層にヘキサン100mlを加えて再度抽出を行う。1分間振とうし、有機層を合わせ、水100mlで水洗後、無水硫酸ナトリウムで脱水する。40℃水浴中で5mlにKD濃縮する。

2・3・3 フロリジルカラムによる精製

フロリジルを130℃で一夜加熱した後、真空デンケーター中に放冷し、1時間以内にガラスカラム(20mmφ×30cm)にこの20gをヘキサンで湿式充填する。無水硫酸ナトリウム8gをフロリジルの上に積み、ヘキサンの液面を無水硫酸ナトリウムの上面まで下げてから濃縮液を注意深く注入する。カラムをヘキサン5mlで数回洗浄後、6%エーテル含有ヘキサン150mlで溶出する(画分1)。

次に15%エーテル含有ヘキサン150mlで溶出する(画分2)。それぞれの画分に溶出してくる物質を表1に示す。各画分を40℃水浴中で5mlにKD濃縮し、GC測定用試料とする。

表1 各画分の溶出成分

画分	溶出成分	
第一画分	H C H 類	α-HCH, γ-HCH; δ-HCH
	クロルデン類	trans-クロルデン; cis-クロルデン trans-ノナクロル; ヘプタクロル ヘプタクロルエポキシド
	DDT同族体	p,p'-DDE; o,p'-DDD o,p'-DDT; p,p'-DDT
第二画分	ドリン剤	アルドリン; ティルドリン; エンドリン

2・3・4 GC条件

ガスクロマトグラフ: 韓島津製作所製GC-15A

検出器: ECD (⁶³Ni)

Current: 1nA

RANGE: 10

ATTENUATION: 2⁴~2⁶

カラム: DB-1301 メガボアカラム 0.53mmφ×30m 膜厚1.0μm

温度: カラム恒温槽

(160℃で5分間保持後、2℃/minで190℃まで昇温し、さらに5℃/minで230℃まで昇温した後10分間保持した。)

注入口: 250℃

検出器: 270℃

キャリアーガス: ヘリウム 10ml/min

メイクアップガス: 窒素 40ml/min

2・4 有害金属の分析

2・4・1 分解操作

試料の分解は湿式酸分解法のうち、三混酸分解法⁸⁾により行った。フローシートを図4に示す。

2・1で調製した試料5gをトルビーカーに採り、硝酸10mlを加えて硝酸煙がでなくなるまで砂浴上で加熱する。次に、三混酸(硝酸:過塩素酸:硫酸=20:5:2)10mlを加えてさらに加熱する。硫酸の白煙があがったら冷却し、塩酸5mlを加えて加熱溶解する。水10mlを加えてさらに加熱溶解した後、ろ紙(5種B)で濾過し、50mlにメスアップする。

なお、ひ素測定用には試料5gをトルビーカーに採り、JIS-K0102の硫硝酸分解法により分解した。

2・4・2 測定

Fe・Mn・Cr・Zn・Na・Kは、試料液を直接原子吸光光度法で測定した。Ca・Mgは試料液を1%ランタン溶液とした後、原子吸光光度法で測定した。Cd・

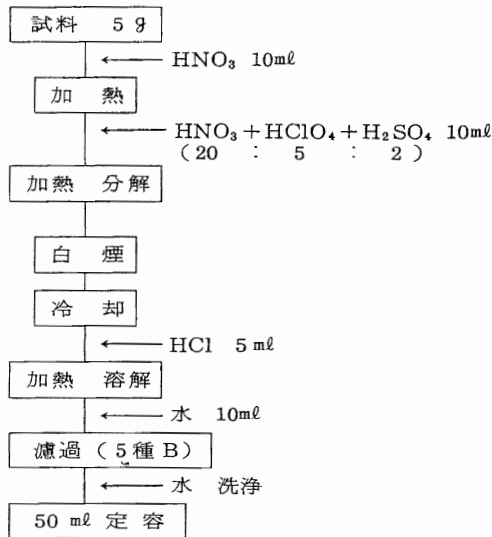


図4 三混酸分解法

Pb・Ni・Cuはジエチルジチオカルバミン酸ナトリウム-メチルイソブチルケトン抽出法にて抽出後、原子吸光度法により測定した。

AsはJIS-K0102ジエチルジチオカルバミン酸銀吸光度法により測定した。

3 実験結果と考察

3・1 試料の外観

採取したチップの大きさ、汚れの程度、夾雑物について調べたところ、表2に示すように再利用の用途により、汚れの程度に差が見られた。

バルブ用のチップは、角材等の比較的良質の廃木材を原料としてチップ化されたものが多く、外観のきれいな試料であった。他方、燃料用のチップでは、原料に占める板材等の割合が大きく、汚れの目立つものや

表2 廃木材チップの性状

事務所	試料 No.	チップの区分 (用途)	チップの大きさ			汚れの程度			夾雑物等
			大	中	小	少	中	著	
A	1	バルブ用 A	12	59	29				紙, 石, 布, 塗料, 金属屑, 化粧合板, 土
	2	バルブ用 B	58	30	12		90	10	
	3	ボード用	42	37	21		80	20	
	4	燃料用	52	31	17		100		
	5	ダスト			100				
B	6	ボード用	65	24	11	90	10		プラスチック, 化粧合板, 塗料
	7	燃料用	70	25	5	10	70	20	
C	8	バルブ用 A	51	23	26	10	70	20	プラスチック ビニール, 紙, 塗料, 化粧合板
	9	バルブ用 B	47	30	23		40	60	
	10	燃料用	33	34	33		30	70	
D	11	ダスト			100		20	80	化粧合板, 石, 紙
	12	バルブ用 A	55	32	13		75	25	
	13	バルブ用 B	35	39	26		40	60	
	14	ボード用	44	38	18	10	85	5	
E	15	燃料用	19	25	56		50	50	塗料, 化粧合板, 樹脂, 土 土砂
	16	燃料用	28	38	34	20	40	40	
F	17	ダスト			100	20	40	40	塗料
	18	バルブ用 A	34	44	22		75	25	
	19	バルブ用 B	18	59	21	90	10		
G	20	燃料用	12	37	49	2	5	93	化粧合板, 紙, 塗料 石
	21	バルブ用	17	51	32	90	10		
	22	燃料用	29	47	24		40	60	
	23	燃料用	47	40	13		75	25	
H	24	ダスト			100		20	80	塗料 電線, プラスチック, 紙, コールタール
	25	バルブ用 A	36	47	17	25	50	25	
	26	バルブ用 B	56	41	3	20	40	40	
	27	バルブ用 C	20	32	48	10	30	60	
	28	ボード用	28	42	30	34	33	33	
I	29	ダスト			100	90	10		塗料 紙, 糸, 塗料, 化粧合板
	30	バルブ用 A	28	37	35		75	25	
	31	バルブ用 B	32	40	28		90	10	
	32	燃料用	20	40	40		25	75	
	33	ダスト			100	20	20	60	

- 注) 1 バルブ用チップのA, B, Cは搬出先の区分で, Aが一番良質, 以下B, C, と続く。
 2 チップの大きさの区分は大が25.4mmメッシュ以上, 中が11.1~25.4mm, 小が11.1mmメッシュ未満。
 3 チップの汚れの程度は, 「少」はほとんど汚れがないもの, 「中」は泥等の付着・風化等で汚れているが材質は悪くないもの, 「著」は黒っぽく炭化しかけているものやベニヤ材等

ベニヤ材等の混入したものが多かった。

破碎後のスクリーンによる選別の際、微細な物はダストとして分別される。このダスト中には木材表面に付着していたと見られる土壌等の粉末状不純物が混入している場合が多かった。

また、チップに混入している異物としては釘等の鉄屑・銅線・石・紙・布・プラスチック・ビニール等があり、泥や塗料の付着しているものもあったが、いずれも極微量であった。分析は、化粧合板・塗料等付着物・異物などを取り除いた試料について行った。

3・2 TBT化合物

3・2・1 カートリッジカラムによる精製

TBTCはフロリジル⁵⁾、イオン交換樹脂⁴⁾等を用いたカラムクロマトグラフィーで精製を行う方法が採られている。TBTCはフロリジルに対する吸着が強いので、容量の小さいカートリッジカラムでも精製が可能と考えられる。そこで、カートリッジカラムを用いて精製を行なった近本らの方法¹⁰⁾を参考に、抽出後の濃縮操作なしに直接カートリッジカラムで精製を行った。

カートリッジカラムにおけるTBTCの保持率を検討したところ、表3のような結果を得た。すなわち、TBTCをヘキサン/エーテル(3:1)溶液で希釈し、1 mg/ℓとしたものを5 ml (TBTCとして0.005 mg)及び同様に0.01 mg/ℓ溶液としたものを500 ml (TBTCと

して0.005 mg)カートリッジカラムに流し、その保持率を比較した。その結果、TBTC 1 mg/ℓ溶液 5 mlでは保持率90%と良好であったが、0.01 mg/ℓ溶液 500 mlでは保持率84%、64%と再現性が悪く、保持率も良くなかった。

また、廃木材チップを粉碎した試料のヘキサン/エーテル(3:1)抽出液にTBTC 0.01 mg/ℓ溶液 500 mlを添加して同様の実験を行なったところ、保持率は30%と著しく悪かった。

そこで、カートリッジカラムを2本直列につなぎ、同様の実験を行なった。TBTC 0.01 mg/ℓ溶液を500 ml流した場合でも、また、TBTC溶液を廃木材の抽出液に添加した場合でも90%程度の高い保持率が得られた。

さらに、カートリッジカラムの上段と下段のそれぞれの保持率を測定して、カラム保持容量を調べた。TBTC溶液を廃木材抽出液に添加した場合では約60%のTBTCが上段のカートリッジカラムから溶脱していることがわかった。これは、サンプルに含まれる夾雑物により、上段のフロリジルの保持能力が減少したためと推察される。

この結果から、カートリッジカラムの保持容量を増やすため、2連で使用することにした。

また、TBTCをカートリッジカラムから溶出させる溶離液にはヘキサン/エーテル溶液に酢酸を添加して用いるが、溶離液中の酢酸濃度が高い程溶離液の量が少なくてすむことが分かった(5%では5 ml, 2%で

表3 フロリジルカートリッジカラムによるTBTCの保持

処 理 方 法	添加量 (mg)	濃度 (mg/ℓ)	注入量 (ml)	回収量 (mg)	回収率 (%)	
カートリッジ一つで処理	ヘキサン/エーテル(3:1)溶液にTBTCを添加した場合	0.005	0.01	500	0.0042	84
		0.005	0.01	500	0.0032	64
		0.005	1.0	5	0.0045	90
木くず抽出液にTBTCを添加した場合	0.005	0.01	500	0.0016	32	
カートリッジ二つで処理	ヘキサン/エーテル(3:1)溶液にTBTCを添加した場合	0.005	0.01	500	0.0044	88
		0.005	0.01	500	0.0045	90
		0.005	1.0	5	0.0047	94
木くず抽出液にTBTCを添加した場合	0.005	0.01	500	0.0044	88	

注) 1 フロリジルカートリッジカラムとしてセップバックフロリジルカートリッジ(0.9 g充填)を用いた。
2 木くず抽出液は、ヘキサン/エーテル(3:1)溶液

は10ml, 1%では20mlの溶離液が必要)。

3・2・2 水素化

竹内らは⁶⁾TBT化合物を塩化物のままGCに注入して測定しているが, サンプル注入のたびに塩酸-アセトン溶液を注入してカラムへの吸着を防ぐ必要があった。他方, 飯島ら⁹⁾はTBTHとしてGCに注入したほうが感度が良く, 検出器温度の影響も少ないと報告している。そこで, ここでは水素化によりTBTHとして測定することとした。

TBTCのカートリッジカラムからの溶出には溶離溶媒に酸を添加する必要がある。このため, 添加した酢酸や塩酸が水素化に与える妨害を見るため, 再現性について実験を行った。その結果, 酢酸や塩酸が存在すると図5に示すように再現性が得られなかった。この

ため, 薄い酢酸溶液(2%)で溶出させ, 揮散防止のためn-ノナン0.5mlを添加してRE濃縮し, 酢酸を除去した後水素化を行なったところ, 再現性は良好であった。

3・2・3 GC分離カラムの選択

有機スズ化合物はカラム充填剤への吸着性が非常に強いので, 測定の再現性が得にくい。このため, 充填剤の選定や吸着防止に種々の工夫がなされている。

有機スズ化合物の測定用カラムとして, Ultra-1キャピラリーカラム⁴⁾・OV-225⁵⁾・Thermon-Hg⁶⁾等が用いられている。有機スズ化合物のうち, 木材防腐剤として主に使用されていたのはTBT化合物であるので³⁾, TBT化合物の測定に適したカラムを検討した。

飯島らは⁹⁾, 有機スズ化合物測定のカラム条件等に

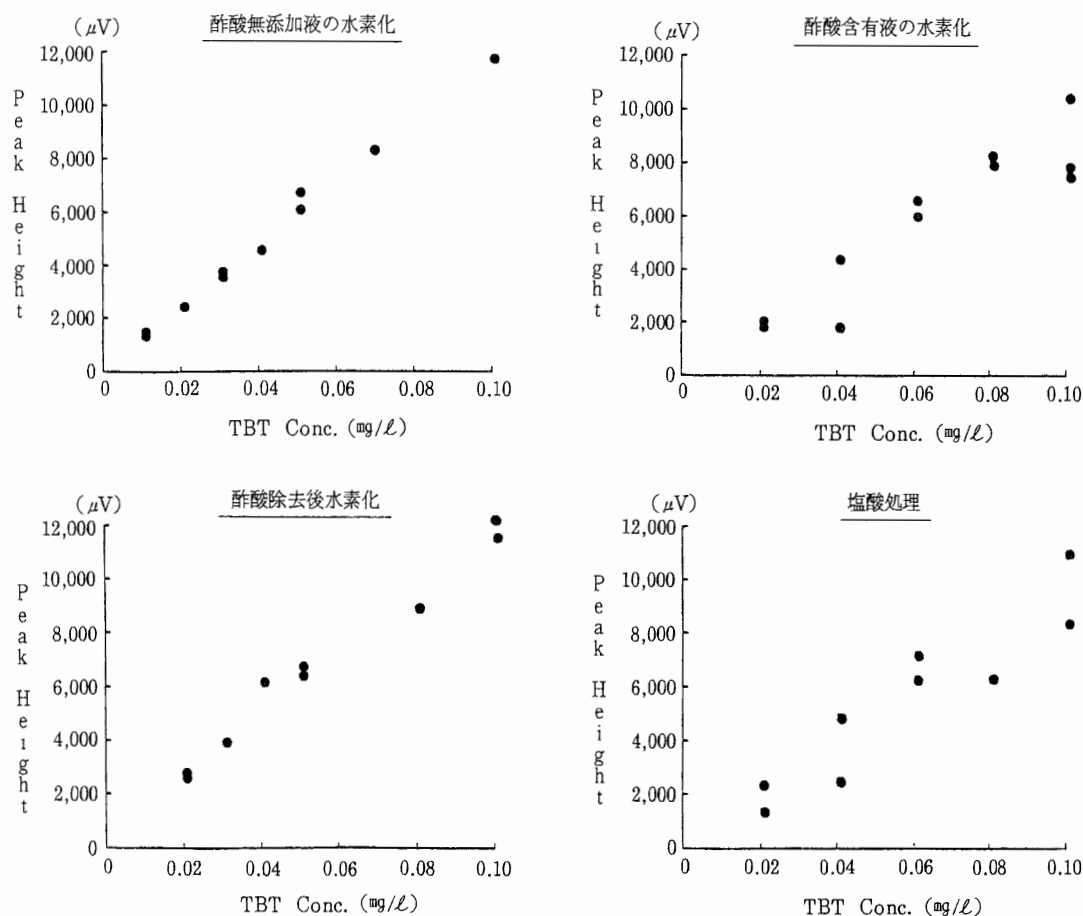


図5 トリブチルスズ化合物の水素化

ついて検討しており、Thermon-Hg, KOCL-Snで良好な結果を得ている。そこで、TBT化合物の分析に最適なカラムを選択するために、これらのカラムを比較検討したところ、図6に示すように、Thermon-Hgでピーク形状・再現性とも良好なクロマトグラムが得られ、短時間の測定が可能であった。

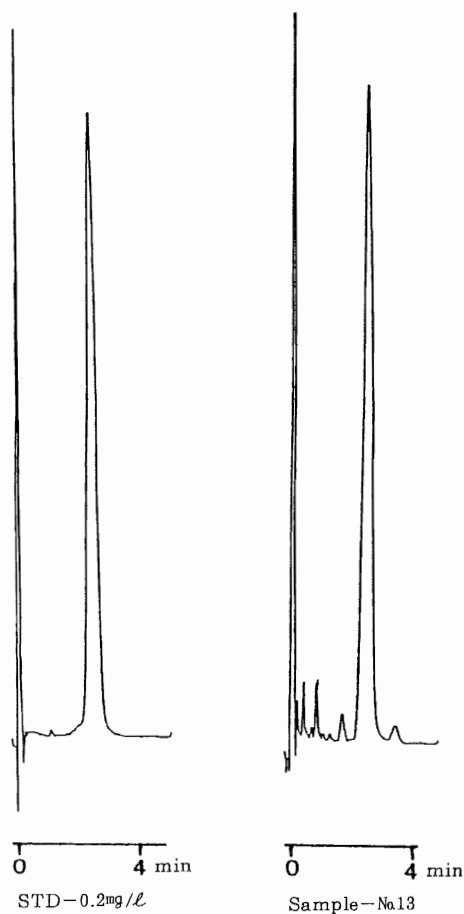


図6 TBTHのガスクロマトグラム

装置および測定条件
 ガスクロマトグラフ： 株式会社島津製作所製GC-7A
 検出器： ECD (^{63}Ni)
 カラム： 10%Thermon-HG,
 ChromosorbW, (AW-DMCS), 80~100Mesh
 3mm ϕ × 1 m ガラスカラム
 温度： カラム恒温槽 165℃
 注入口, 検出器 260℃
 キャリヤーガス： 窒素 50ml/min

3・2・4 添加回収試験

試料の外観検査の結果から、汚れの程度により試料を3つ選んで、添加回収試験を行った。試料No.11は破砕機のスクリーンで選別されたダストであり、汚れが目立つものである。試料No.13はパルプ用のチップとしては比較的汚れており、ベニヤ材等も混入しているものである。試料No.21はパルプ用チップの中でも外観のきれいなものである。

粉碎後のこれらの試料にTBTC 0.5 μg をヘキサン 5 mlに溶かして含浸させた後、2・2の操作を行って回収率を調べた。その結果、表4に示すように回収率は88%~126%と良好であった。

表4 添加回収試験結果

サンプルNo.	添加量 (μg)	回収量 (μg)	回収率 (%)
BLANK(水)	0	0	—
	0.5	0.44	88
No. 11	0	0.01	—
	0.5	0.48	94
No. 13	0	0.37	—
	0.5	1.0	126
No. 21	0	0	—
	0.5	0.48	96

3・2・5 廃木材試料測定結果

廃木材試料の測定結果を表5に示す。33検体中5検体でTBT化合物が0.01~1.6mg/kgの濃度範囲で検出された。検出された試料は特定の事業所(2事業所)に集中していることから、特定の搬入元からの廃材に含まれていた可能性が高い。

環境庁の調査結果によれば¹¹⁾、魚介類等の43%にTBT化合物が含まれており、その濃度は0.05~1.3mg/kg(昭和62年度)で、船舶・漁網等からの汚染が問題になっている。このため、TBT化合物は平成2年9月までに化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律(化審法)に基づき、TBTは第一種特定化学物質に、その他は第二種特定化学物質や指定化学物質として指定されており、その取り扱いに規制が加えられている。

木材チップの用途は燃料やパルプ原料であるため魚介類汚染のような直接的な人体への影響は少ないと考えられる。TBT化合物に対する規制により、将来的にはTBT化合物含有廃材は減少するが、木材の防腐処理等に用いられた場合、廃材となるまでに20年以

表5 廃木材チップ中のトリブチルスズ化合物

事業所	試料No.	チップの用途	TBT化合物含有量 (乾重量当たりmg/kg)
A	1	バルブ用 A	ND
	2	バルブ用 B	ND
	3	ボ ー ド 用	ND
	4	燃 料 用	ND
	5	ダ ス ト	ND
B	6	ボ ー ド 用	ND
	7	燃 料 用	ND
C	8	バルブ用 A	ND
	9	バルブ用 B	0.01
	10	燃 料 用	1.6
D	11	ダ ス ト	0.02
	12	バルブ用 A	0.05
	13	バルブ用 B	0.37
	14	ボ ー ド 用	ND
E	15	燃 料 用	Tr
	16	燃 料 用	ND
	17	ダ ス ト	ND
F	18	バルブ用 A	ND
	19	バルブ用 B	ND
	20	燃 料 用	ND
G	21	バルブ用	ND
	22	燃 料 用	ND
	23	燃 料 用	ND
	24	ダ ス ト	Tr
H	25	バルブ用 A	ND
	26	バルブ用 B	ND
	27	バルブ用 C	ND
	28	ボ ー ド 用	ND
	29	ダ ス ト	ND
I	30	バルブ用 A	ND
	31	バルブ用 B	ND
	32	燃 料 用	ND
	33	ダ ス ト	ND

上の期間がある場合が多いため、今後もしばらくの間、廃木材に含有されるおそれがある。

3・3 有機塩素系農薬

3・3・1 GC分離カラム

GCにより有機塩素系農薬を測定するには、通常OV-17+OV-210, DEGS-H₃PO₄等のバックドカラムが用いられている⁷⁾。しかし、クロルデン類を含めた同時分析を行おうとする場合には、バックドカラムでは分離が困難となるため、キャピラリーカラムを用いる必要がある。クロルデン類については、DB-5・DB-17¹²⁾・ULBON HR-1701¹³⁾等の微～中極性キャピラリーカラムを用いて分析を行なった例が報告されている。

そこで、微極性のDB-1301メガボアカラム(内径

0.53mm)を用いて、全量注入法による有機塩素系農薬の多成分一斉分析について検討した。その結果、図7に示すように、アルドリンと δ -HCHが重なった以外は良好な分離を示すクロマトグラムを得ることができた。

3・3・2 添加回収実験

有機塩素系農薬及びクロルデン類の混合ヘキサン溶液を30%含水アセトン100mlに添加し、2・3の操作を行い回収率を調べた。その結果、表6のように60～85%程度の回収率であった。このように回収率が低かった理由として、ホモジナイズの際の揮散及び抽出の際のロスが考えられる。

表6 有機塩素系農薬の添加回収試験結果

化 合 物 名	添加量 (μ g)	回収量 (μ g)	回収率 (%)
γ -HCH	0.08	0.06	75.0
ヘプタクロルエポキシド	0.10	0.07	70.0
trans-クロルデン	0.10	0.06	60.0
cis-クロルデン	0.10	0.07	70.0
trans-ノナクロル	0.10	0.06	60.0
ディルドリン	0.08	0.05	62.5
エンドリン	0.20	0.15	75.0
p, p'-DDE	0.08	0.05	62.5
p, p'-DDD	0.14	0.12	85.7
p, p'-DDT	0.15	0.12	80.0

3・3・3 廃木材試料測定結果

有機塩素系農薬やクロルデン類は木材の防腐・防虫処理等にも使用されていた。これら物質の、過去における使用状況を概観すると、HCH類とDDT同族体は農薬として使用されたが、昭和46年以降使用が中止されている。DDTについては、昭和56年10月に第一種特定化学物質に指定されたため製造・輸入・使用が制限され、事実上使用されなくなった。

クロルデン類は、白蟻用防蟻剤・木材防腐剤等として使用されていたが、昭和61年9月第一種特定化学物質に指定された。

ドリル剤は、農薬として用いられていたが、昭和46年以降、生産・使用が中止された。しかし、その後もディルドリンの場合は、昭和56年10月に第一種特定化学物質に指定されるまで、白蟻用防蟻剤として使用されていた。

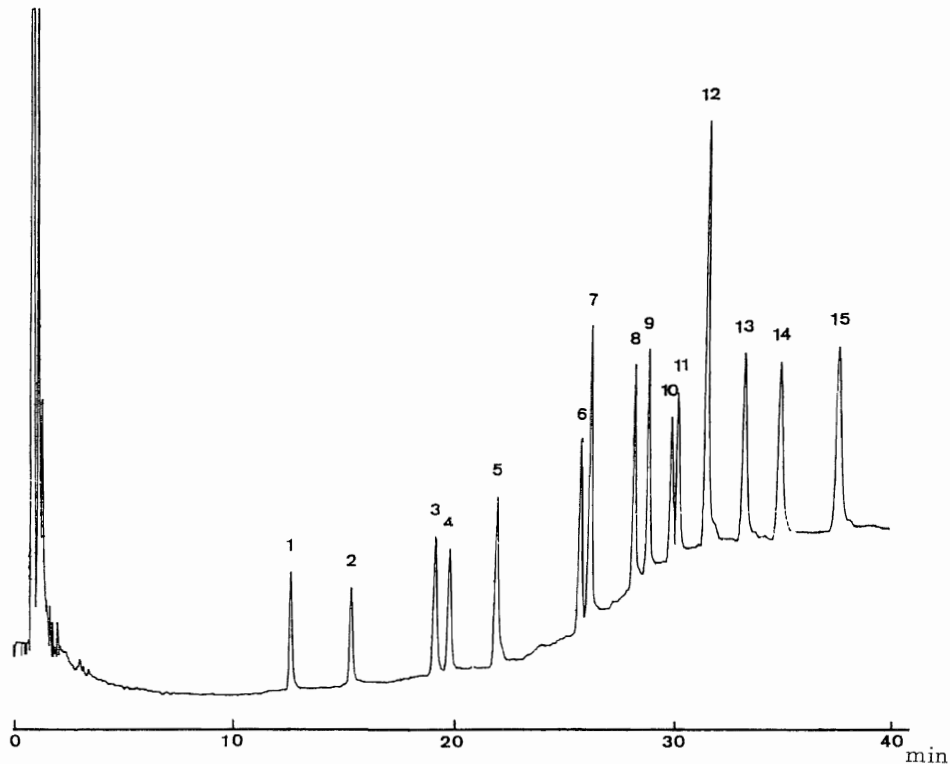


図7 有機塩素系農薬混合標準のガスクロマトグラム

装置及び測定条件

ガスクロマトグラフ：島津GC-15A
 検出器：ECD (⁶³Ni)
 カラム：DB-1301メガボアカラム0.53mm
 φ×30m 膜厚1.0μm
 温度：カラム恒温槽 160℃5min~2℃/min
 昇温~190℃~5℃/min
 昇温~230℃ 10min
 注入口 250℃
 検出器 270℃
 キャリヤーガス：ヘリウム 10ml/min
 メイクアップガス：窒素 40ml/min

Peak Number	Compound
1	α-HCH
2	γ-HCH
3	ヘプタクロル
4	β-HCH
5	δ-HCH, アルドリン
6	オキソクロルデン
7	ヘプタクロルエポキシド
8	trans-クロルデン
9	cis-クロルデン
10	DDE
11	ディルドリン
12	エンドリン
13	o, p'-DDT
14	p, p'-DDD
15	p, p'-DDT

他方、木造建築物の耐用年数は20年以上と言われており、現在排出されている廃木材には、製材時の防腐処理及び家屋等建築後の防蟻処理等で、これらの有機塩素系農薬等が使用されていたものと思われる。

廃木材破碎試料33検体について、HCH類・クロルデン類・DDT同族体・ドリン剤の分析を行なったところ、表7に示すようにγ-HCH・p,p'-DDT・ディルドリン・クロルデン等の検出率が高かった。粉碎試料乾重量当たりの含有量はHCH類でND~0.25mg/kg、

DDT同族体でND~1.1mg/kg、ドリン剤でND~1.65mg/kg、クロルデン類でND~0.22mg/kgであった。

この結果をチップの用途別に平均してみると、図8に示すように、パルプ用では全体的に含有量が少なく、ボード用や燃料用で多くなっている。なお、ボード用ではディルドリンが異常に高い値を示した。しかし、図9に示すように、ディルドリンが高濃度で検出されたのは1検体だけである。今回の試料ではボード用は4検体しかないため、平均値が高くなったものである。

表 7-1 廃木材チップの有機塩素系農薬含有量

№	(HCH類) (乾物当たり mg/kg)				
	α-HCH	β-HCH	γ-HCH	δ-HCH	HCH類
1	ND	ND	0.03	ND	0.03
2	ND	ND	ND	ND	ND
3	ND	ND	0.05	ND	0.05
4	0.12	ND	0.07	ND	0.19
5	ND	ND	0.05	ND	0.05
6	0.08	ND	0.11	ND	0.14
7	0.02	ND	0.05	ND	0.05
8	ND	ND	ND	ND	ND
9	ND	ND	0.01	ND	0.01
10	ND	ND	0.02	ND	0.02
11	ND	ND	0.02	ND	0.02
12	ND	ND	0.07	ND	0.07
13	ND	ND	0.03	ND	0.03
14	ND	ND	0.07	ND	0.07
15	ND	ND	0.05	ND	0.05
16	ND	ND	0.04	ND	0.04
17	ND	ND	0.04	ND	0.04
18	ND	ND	0.09	ND	0.09
19	ND	ND	ND	ND	ND
20	0.01	ND	0.07	ND	0.08
21	ND	ND	0.03	ND	0.03
22	ND	ND	0.07	ND	0.07
23	ND	ND	0.01	ND	0.01
24	ND	ND	0.07	ND	0.07
25	ND	ND	0.03	ND	0.03
26	ND	ND	ND	ND	ND
27	ND	ND	0.08	ND	0.08
28	ND	ND	0.05	ND	0.05
29	ND	ND	0.06	ND	0.06
30	ND	ND	0.09	ND	0.09
31	0.01	ND	0.08	ND	0.09
32	ND	ND	0.25	ND	0.25
33	ND	ND	0.07	ND	0.07
検出率	15.1%	-	87.8%	-	87.8%
最大	0.12	-	0.25	-	0.25
最小	ND	-	ND	-	ND
平均	0.005	-	0.053	-	0.058

表 7-2 廃木材チップの有機塩素系農薬含有量

№	(クロルデン類) (乾物当たり mg/kg)					
	ヘプタクロル	ヘプタクロルエポキシド	trans-クロルデン	cis-クロルデン	trans-ノナクロル	クロルデン類
1	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3	0.09	ND	0.17	0.06	0.06	0.37
4	ND	ND	0.04	0.03	0.02	0.09
5	0.03	ND	0.19	0.17	0.15	0.54
6	ND	ND	0.05	0.05	0.04	0.14
7	ND	ND	0.12	0.11	0.11	0.34
8	ND	ND	ND	ND	ND	ND
9	ND	ND	ND	ND	ND	ND
10	ND	ND	0.01	0.01	ND	0.02
11	ND	ND	0.02	0.02	0.01	0.05
12	ND	ND	0.03	0.02	0.01	0.06
13	ND	ND	0.03	ND	0.03	0.06
14	ND	ND	ND	ND	ND	ND
15	ND	ND	0.18	0.15	0.15	0.48
16	ND	0.03	ND	ND	ND	0.03
17	ND	ND	0.05	0.02	0.02	0.07
18	ND	ND	0.10	0.08	0.06	0.24
19	ND	ND	ND	ND	ND	ND
20	ND	ND	0.14	0.12	0.12	0.38
21	ND	ND	0.20	0.18	0.17	0.55
22	ND	ND	0.01	0.01	0.01	0.03
23	ND	ND	0.22	0.20	0.21	0.63
24	ND	ND	0.11	0.09	ND	0.20
25	ND	ND	0.05	0.03	0.04	0.10
26	ND	ND	ND	ND	ND	ND
27	ND	ND	0.03	0.03	0.02	0.08
28	ND	ND	0.13	0.06	0.11	0.30
29	ND	ND	0.11	0.10	0.09	0.30
30	ND	ND	0.02	ND	ND	0.02
31	ND	ND	0.05	0.03	0.03	0.11
32	ND	ND	0.04	0.04	0.03	0.11
33	ND	ND	0.05	ND	ND	0.05
検出率	6.0%	3.0%	75.7%	66.6%	63.6%	78.7%
最大	0.09	0.03	0.22	0.20	0.21	0.63
最小	ND	ND	ND	ND	ND	ND
平均	0.003	0.0009	0.063	0.048	0.044	0.15

表 7-3 廃木材チップの有機塩素系農薬含有量

№	(DDT同族体) (乾物当たり mg/kg)				
	p,p'-DDE	o,p'-DDD	o,p'-DDT	p,p'-DDT	DDT同族体
1	ND	ND	ND	ND	ND
2	ND	ND	ND	ND	ND
3	ND	ND	ND	ND	ND
4	ND	ND	ND	0.08	0.08
5	ND	ND	ND	ND	ND
6	ND	ND	ND	0.10	0.10
7	ND	ND	ND	ND	ND
8	ND	ND	ND	0.22	0.22
9	ND	ND	ND	0.07	0.07
10	ND	ND	ND	ND	ND
11	ND	ND	ND	1.1	1.1
12	ND	ND	ND	0.04	0.04
13	ND	ND	ND	ND	ND
14	ND	ND	ND	0.02	0.02
15	0.02	ND	0.01	0.14	0.17
16	ND	ND	ND	ND	ND
17	ND	ND	ND	0.04	0.04
18	ND	ND	ND	0.04	0.04
19	ND	ND	ND	ND	ND
20	ND	ND	0.08	0.73	0.81
21	ND	ND	ND	ND	ND
22	ND	ND	ND	ND	ND
23	ND	ND	0.02	0.03	0.05
24	ND	ND	ND	ND	ND
25	ND	ND	ND	0.02	0.02
26	ND	ND	ND	ND	ND
27	ND	ND	ND	ND	ND
28	ND	ND	ND	ND	ND
29	0.08	ND	ND	0.15	0.23
30	ND	ND	ND	ND	ND
31	ND	ND	0.01	0.09	0.10
32	ND	ND	0.01	0.09	0.10
33	ND	ND	ND	ND	ND
検出率	6.0%	-	15.1%	48.4%	48.4%
最大	0.08	-	0.08	1.1	1.1
最小	ND	-	ND	ND	ND
平均	0.003	-	0.003	0.089	0.096

表 7-4 廃木材チップの有機塩素系農薬含有量

№	(ドリノ剤) (乾物当たり mg/kg)			
	アルドリノ	デルドリノ	エンドリン	ドリノ剤
1	ND	ND	0.04	0.04
2	ND	ND	ND	ND
3	ND	ND	ND	ND
4	0.01	0.02	ND	0.03
5	0.01	0.03	0.33	0.37
6	0.10	0.03	ND	0.13
7	0.02	ND	ND	0.02
8	ND	ND	ND	ND
9	ND	ND	ND	ND
10	ND	ND	ND	ND
11	ND	ND	ND	ND
12	0.02	0.13	ND	0.15
13	ND	ND	ND	ND
14	ND	1.5	0.15	1.65
15	ND	0.1	ND	0.10
16	ND	ND	ND	ND
17	ND	0.04	ND	0.04
18	ND	0.02	ND	0.02
19	ND	0.01	ND	0.01
20	ND	0.03	ND	0.03
21	ND	0.01	0.11	0.12
22	ND	0.02	ND	0.02
23	ND	ND	ND	ND
24	ND	0.04	ND	0.04
25	ND	0.02	ND	0.02
26	ND	ND	ND	ND
27	ND	0.08	ND	0.08
28	ND	0.06	ND	0.06
29	ND	0.44	ND	0.44
30	ND	0.08	ND	0.08
31	ND	0.02	0.05	0.07
32	ND	0.02	ND	0.02
33	ND	0.10	ND	0.10
検出率	15.1%	63.6%	15.1%	69.6%
最大値	0.10	1.5	0.33	1.65
最小値	ND	ND	ND	ND
平均値	0.004	0.085	0.020	0.11

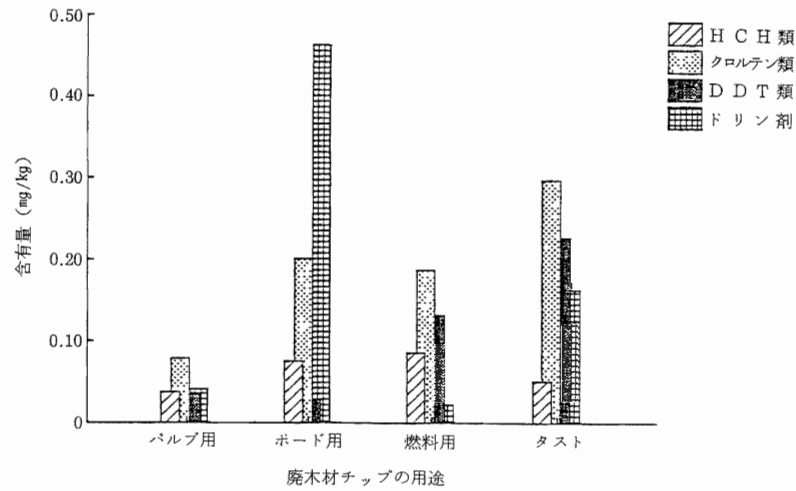


図8 廃木材チップ中の有機塩素系農薬-1 (チップの用途別平均含有量)

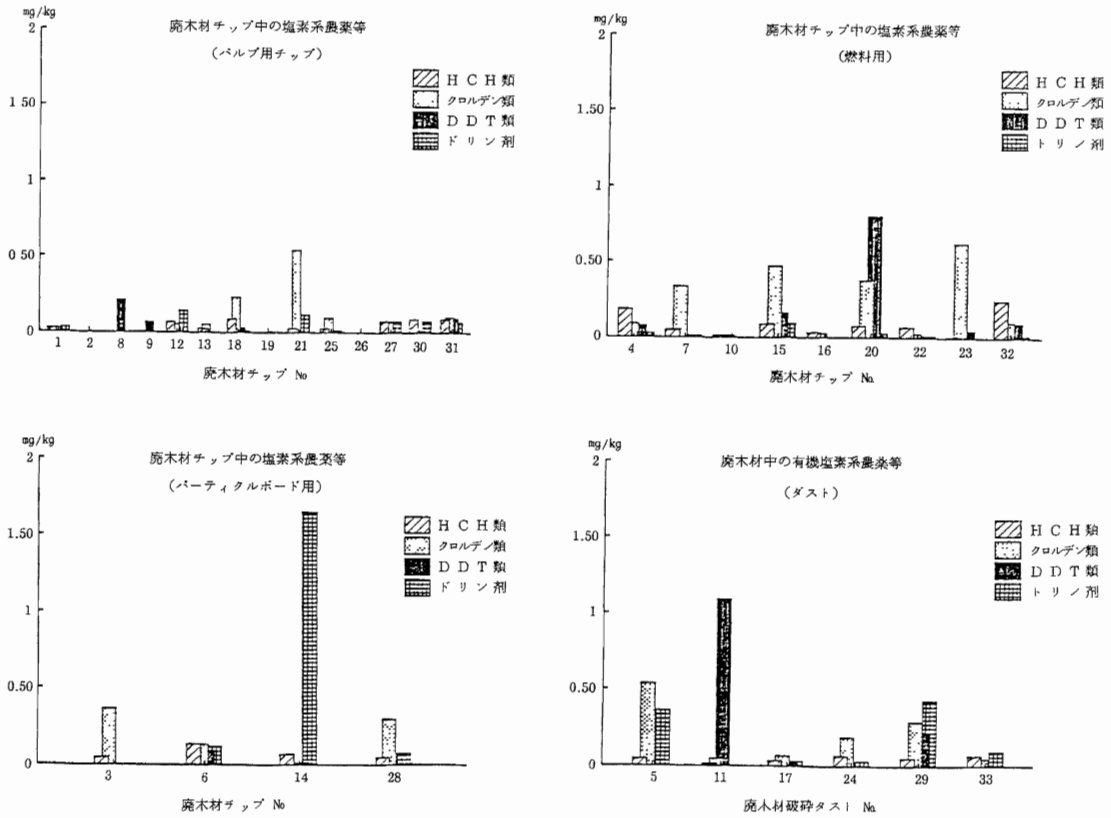


図9 廃木材チップ中の有機塩素系農薬-2

ところで、廃木材チップの用途のうち、パルプ用のほとんどはダンボール・クラフト紙等の厚紙用に用いられるので、製紙工場で熱処理、機械処理あるいは薬品処理等によりパルプ化される¹⁴⁾。

廃木材チップは主に熱処理・機械処理によるパルプ化に使用されると推察されるが、有機塩素化合物のパルプへの残留や排水への移行については今後調査の必要があると考えられる。特に、アルカリ等で蒸解するクラフト法等、化学処理によるパルプ化に使用する場合には、有機塩素化合物等が処理過程で溶出・分解される可能性が高いと思われる。

ダンボール等の厚紙・パーティクルボード等は最終的に焼却処理される場合が多いので、パルプ中の残留物及びボード用チップの環境影響については次に述べる燃料用チップと同様に考えられる。

燃料用に用いた場合には、廃ガス中に有機塩素系農薬の分解生成物が含まれる可能性があるが、生成する可能性のある有害物質の内、最も毒性の高い物質としてダイオキシン類が挙げられる。ダイオキシン類については、都市ゴミ焼却施設からの発生が問題になっており、対策が検討されているところである。しかし、平岡¹⁵⁾による、我が国におけるダイオキシン類についての排出量概算結果では、木材・廃材の焼却からは年間0.008kg、濃度は0.25 μg/Nm³で、都市ゴミ焼却の排出量（年間173～1,060kg、濃度0.59～3.6 μg/Nm³）の1/20,000～130,000にすぎないため、環境汚染に対する寄与率は小さいとみられる。

今後、これら有機塩素系農薬で処理された木材の廃材は減少していくと推察される。しかし、規制の最も遅かったクロルデン類は、主に防蟻剤として建築物の建築の際や建築後に大量に使用された（一戸当たり数kg）場合が多く、木材部分だけでなく周辺の土壌にも散布された。このため、建築物の解体跡地の利用法には注意が必要である。

他方、クロルデン類による広範な環境汚染が指摘されており^{16～19)}、人体からの検出例もある^{20・21)}。鈴木ら²²⁾によれば、白蟻防除剤としてクロルデンを散布した家屋の室内空气中にクロルデン類が検出され、室内空气中のクロルデン類濃度は4年ぐらいで減少することが示されている。このことから、家屋に用いられた木材に含まれるクロルデン類は、廃棄物として排出される以前に減少していると思われる。

3・4 有害金属等

廃木材チップ中に含有される有害金属として、防腐剤として使用されたCCA（クロム・砒素・銅の混合物）及びPF（クロム・ひ素・アンチモンの混合物）等が考えられる。この他にクレオソート油等も使用されているが、建築物の土台等への使用量は圧倒的にCCAの方が多く、CCAの使用量はクレオソート油の数10倍、PFの1万倍以上にのぼっている（昭和60年現在）²³⁾。

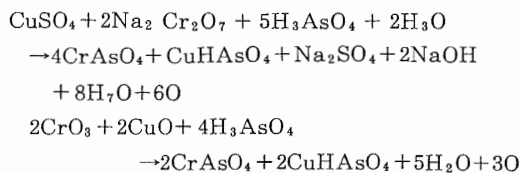
CCAは、昭和38年にJIS規格が制定され、昭和40年頃から急激に普及した。木造建築物の耐用年数は20年以上と言われるので、現在排出されている廃木材には初期のCCA処理木材が混入し始めたところであろうと推察される。

CCAもPFもクロム・ひ素を数10%含んでおり、CCAでは銅も数10%含まれている²⁴⁾。PFに含まれるアンチモンは極微量であり、PF自体の残留性も低いので、廃木材中に残留する可能性は低いと考えられる。

処理時の注入量はCCA・PF共に約300kg/m³（水溶液濃度1.2%（酸化物））である。注入されるCCA量から、クロム・砒素・銅の注入量を計算すると、それぞれ約0.5～1 kg/m³注入されることから、木材の比重を1.5 g/cm³とすると330mg/kg～660mg/kgとなる。

廃木材破碎試料中の金属濃度を表8に示す。

クロム・ひ素・銅の含有量はダストで非常に高濃度のものであった。しかし、製品のチップ中には乾重量当たりで、クロムが19～320mg/kg、銅で2.2～71mg/kg、ひ素ではND～14mg/kgであった。今回の分析では含有量を測定したが、CCAでは次式のような反応によって水に不溶性の化合物となるので²³⁾、環境水中への溶出の恐れは少ないと考えられる。



チップの用途別に金属類の含有量を見ると、図10に示すように、銅・亜鉛・クロム・ひ素等はパルプ用やボード用チップに比べて、燃料用で多くなっている。

他方、ダストでは銅・亜鉛・クロム等の含有量が非常に多いが、ダストには分別が困難な土壌等の付着物が多く混入しており、この付着物に含まれていた可能性がある。しかし、ダスト発生量はチップ生産量の約3%に過ぎないことから、あまり問題とはならないと

表8 廃木材チップの金属含有量

(乾物当たり mg/kg)									(乾物当たり mg/kg)							
試料No.	T-Hg	As	Cu	Zn	Cr	Cd	Pb		試料No.	Fe	Mn	Ni	Na	K	Ca	Mg
1	0.01	0.3	3.6	16	77	0.04	6.6		1	560	60	38	150	590	870	180
2	0.04	0.2	4.3	50	50	0.17	6.5		2	530	30	34	220	900	1,200	210
3	0.04	0.4	7.0	89	42	0.05	6.6		3	500	31	23	210	870	1,100	180
4	0.02	ND	5.0	37	27	0.14	10		4	350	35	14	43	840	1,400	210
5	0.01	4.4	9.9	61	26	0.14	5.1		5	880	27	6.0	170	840	1,300	240
6	0.01	0.3	2.1	21	33	0.05	3.1		6	690	35	19	160	590	1,200	180
7	0.01	0.5	5.3	52	77	0.04	9.7		7	800	44	33	360	960	1,700	250
8	ND	0.2	2.1	13	19	0.03	2.2		8	440	20	16	200	320	600	110
9	ND	0.1	2.6	33	33	0.07	15		9	550	54	21	340	830	3,600	240
10	ND	14	4.3	37	27	0.03	5.3		10	500	43	11	590	870	4,000	280
11	0.02	1.3	15	470	180	0.27	110		11	5,200	130	100	830	1,700	20,000	1,100
12	0.01	ND	2.4	27	33	0.03	5.0		12	360	37	17	180	1,000	1,200	200
13	0.02	0.4	5.8	56	32	0.07	15		13	820	49	19	570	1,000	5,200	310
14	0.01	ND	4.7	29	72	0.04	35		14	730	52	36	220	950	1,500	180
15	0.03	0.8	12	170	120	0.29	82		15	2,600	71	53	600	1,000	8,100	590
16	0.04	ND	8.5	130	65	0.11	32		16	1,200	45	30	380	970	4,000	350
17	0.52	5.4	91	730	460	0.73	150		17	13,000	180	210	690	1,300	18,000	1,700
18	0.03	1.6	5.4	77	130	0.07	10		18	1,300	61	60	320	810	1,700	270
19	0.05	0.6	3.2	25	72	0.04	3.4		19	3,600	41	35	98	850	740	150
20	0.06	2.7	57	740	320	1.0	150		20	8,500	130	150	680	1,200	16,000	1,300
21	0.01	10	13	15	38	0.04	8.9		21	230	54	5.7	160	670	970	170
22	0.02	0.8	5.7	40	36	0.06	17		22	640	38	19	400	670	3,700	280
23	0.02	0.8	5.8	25	90	0.04	8.2		23	610	43	44	250	610	1,200	180
24	0.06	7.7	140	530	390	0.52	87		24	8,300	150	180	770	1,400	19,000	2,000
25	0.02	2.1	5.6	19	35	0.06	2.9		25	520	62	21	110	560	950	180
26	0.02	0.9	3.3	41	77	0.04	1.5		26	500	15	36	78	2,200	7,500	450
27	0.02	0.2	3.1	52	39	0.05	9.6		27	770	45	23	440	790	4,200	290
28	0.02	0.7	4.1	150	38	0.83	44		28	760	43	16	360	940	3,000	340
29	0.03	30	24	28	100	0.06	9.9		29	1,000	75	12	140	680	1,200	210
30	0.03	1.6	3.0	150	96	0.06	3.9		30	690	45	47	200	910	1,300	220
31	0.12	0.9	3.2	60	22	0.06	8.1		31	580	44	12	180	760	1,600	260
32	0.03	11	71	122	110	0.12	31		32	2,200	76	65	620	1,000	10,000	620
33	0.01	0.4	6,700	3,400	170	0.90	360		33	3,800	76	100	410	1,200	11,000	810

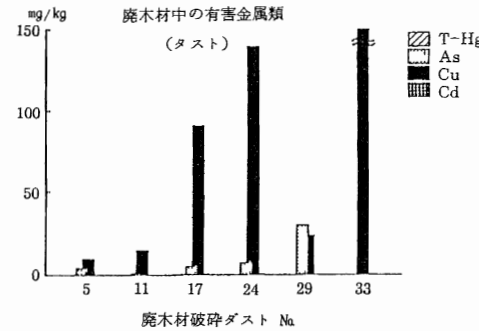
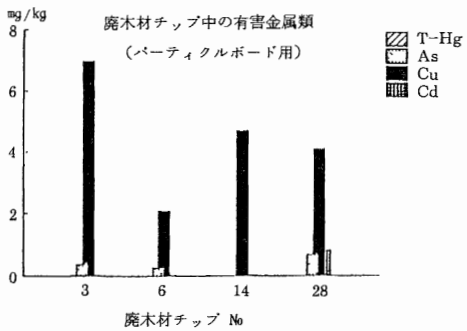
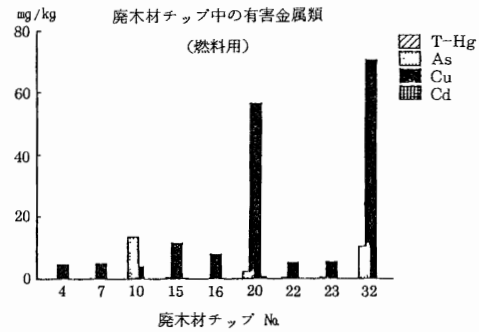
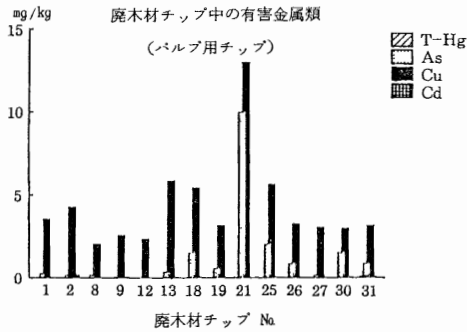


図10-1 廃木材チップ中の金属類含有量

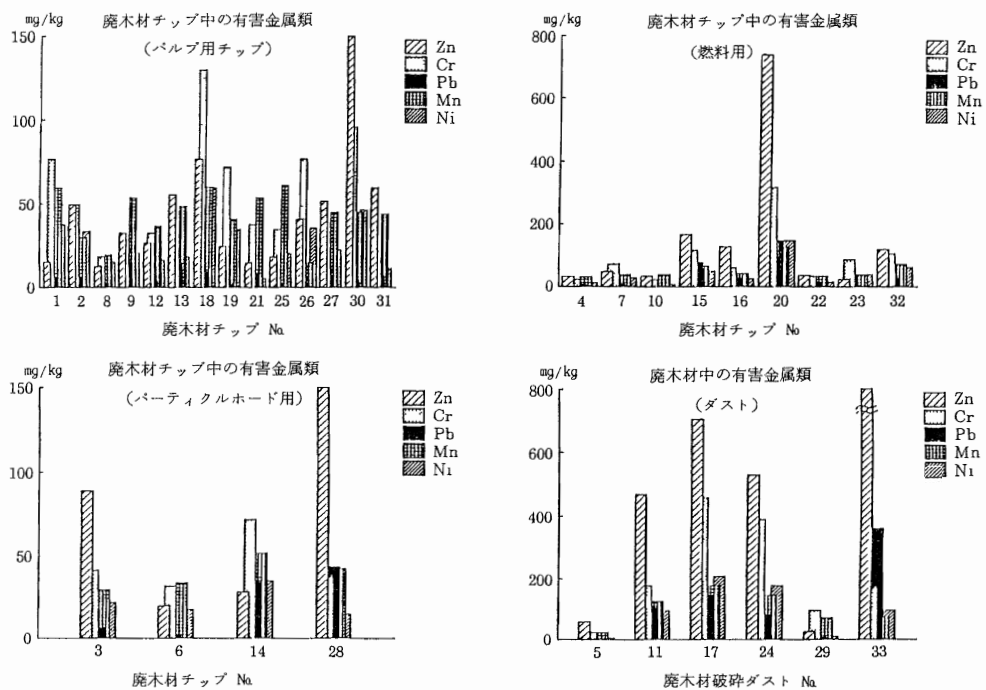


図10-1 廃木材チップ中の金属類含有量

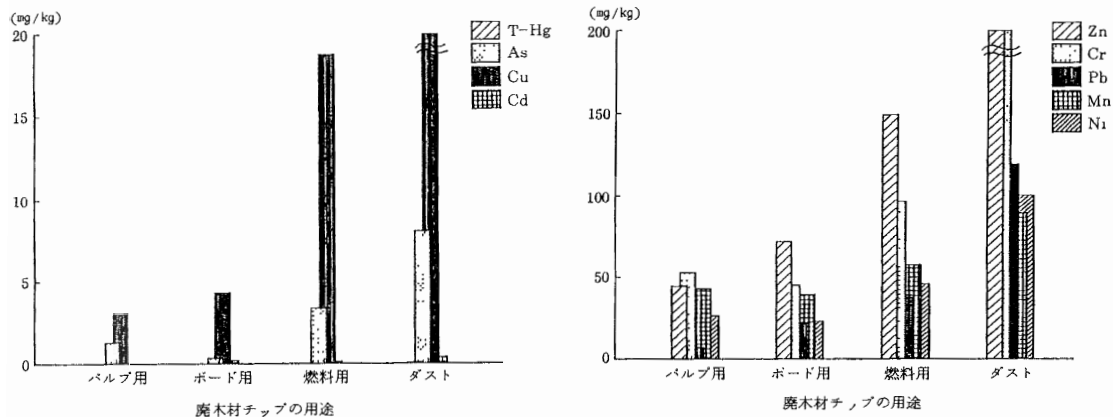


図10-2 廃木材チップ中の金属類含有量 (用途別平均値)

考えられるが、焼却処理される場合が多いので、焼却処理施設の残渣等には注意する必要があると考えられる。

4 まとめ

廃木材のリサイクルは森林保護の面から重要であり、今後も再利用の推進が期待されている。しかし、過去

において薬剤処理されたものが排出される可能性が高い。このため、廃木材に残留する有害物質の実態を把握する必要がある。

そこで、廃木材中の有害物質の測定法を検討し、埼玉県内の木くず破砕事業所から廃木材チップを採取して分析を行った。

その結果以下のようなことがわかった。

- (1) 抽出効率を上げるためには試料を粉碎・ホモジナ

イズする必要がある。しかし、この操作に伴い発生する熱による分析対象物質の揮散・熱分解の恐れがあるため、冷却が必要である。従って、木材の靱性に耐え、揮発しないような構造の粉碎器を選定することが極めて重要である。

- (2) TBT化合物の精製操作にフロリジルカートリッジカラムを2連で用いたところ、容易な操作で高い回収率が得られた。
- (3) TBT化合物の場合には、塩化物として抽出したものを水素化して測定した。溶離溶媒に添加した酢酸は水素化の妨害となるため、水素化を行う際にはこれを除去する必要がある。
- (4) 有機塩素系農薬の測定に当たっては、DB-1301メガボアカラムを用いた測定により、分離・ピーク形状等良好なクロマトグラムが得られた。
- (5) TBT化合物は廃木材試料33検体中5検体で検出され(検出率15%)、その濃度は粉碎試料乾重量当たりND~1.6mg/kgであった。
- (6) HCH類・DDT同族体・ドリソ剤・クロルデン類について測定を行ったところ、ほとんどの試料から微量検出された。検出率の高かったのは、*γ*-HCH・*trans*-クロルデン・*cis*-クロルデン・*trans*-ノナクロル・ディルドリン・*p,p'*-DDT等で、その濃度は粉碎試料乾重量当たりそれぞれ次のようであった。

γ-HCH (ND~0.25mg/kg)

trans-クロルデン (ND~0.22mg/kg)

cis-クロルデン (ND~0.20mg/kg)

trans-ノナクロル (ND~0.21mg/kg)

ディルドリン (ND~1.5mg/kg)

p,p'-DDT (ND~1.1mg/kg)

チップの用途別にみると、パルプ用のものは他の用途のものに比べて含有量が低かった。

- (7) 廃木材中の有害金属類を分析したところ、ひ素・銅・クロム・鉛等が検出された。クロムで19~320mg/kg、銅で2.2~71mg/kg、ひ素ではND~14mg/kgであった。用途別にみると、パルプ用・ボード用のチップよりも、燃料用のチップで含有量が多かった。また、ダストの中には大量に有害金属等を含むものがあつた。
- (8) 現在、木材チップ生産量に占める廃木材チップの割合は1.5%に満たない量であり(昭和63年現在)²⁵⁾、生産量の経年変化もほぼ横這いである。今後も飛躍的な増加は考え難いので、パルプ製造の排水処理や

木くずの焼却残渣等の処理に注意すれば、現在実施されている再利用の用途では、環境汚染源となる可能性は少ないと考えられる。

- (9) 有機塩素系農薬の生産や使用の中止及び化審法による使用規制により、廃木材中に含まれる有害物質も減少していくと思われる。ただし、新たな用途を開発する際には、微量の有害物質を含んでいることを念頭におく必要があるであろう。
- (10) 現在、木材の防腐・防虫・防蟻処理等に用いられている薬剤としては、クレオソート油、フェノール類、CCA(但し、最近では毒性を考慮して砒素化合物の代わりにホウ素化合物やフッ素化合物を添加している。)、PF、ナフテン酸銅及び8-オキシキノリノール銅等が挙げられる。将来的には、これら薬剤の残留する廃木材が排出されるおそれがあるため、今後検討が必要である。

参考文献

- 1) 埼玉県環境管理課：埼玉県環境白書(1990)
- 2) 中小企業庁：公害防止、エネルギー利用改善事例集、1985
- 3) 農林水産省林業試験場編：木材工業ハンドブック、丸善、(1973)
- 4) 高見勝重ら：ガスクロマトグラフィーによる魚介類中のトリフェニルスズ及びトリブチルスズ化合物の定量、分析化学、**37**、449~455、1988
- 5) 竹内正博ら：臭化水素酸カラムを用いるガスクロマトグラフィーによる魚介類試料中のトリブチルスズ及びトリフェニルスズ化合物の定量、分析化学、**38**、522~528、1989
- 6) 竹内正博ら：電子捕獲型検出器を用いるガスクロマトグラフィーによる魚介類中のトリブチルスズ化合物の定量、分析化学、**36**、138~142、1987
- 7) 加藤誠哉、後藤真康：残留農薬分析法、ソフトサイエンス社、1980
- 8) 小野雄策ら：環境汚染調査における金属抽出法に関する研究(第1報)、埼玉県公害センター年報、[12]、163~173、1985
- 9) 飯島正雄ら：有機スズ化合物のGC測定時におけるカラム条件等の検討、埼玉県衛生研究所所報、[22]、52~55、1988
- 10) 近本武次ら：フロリジルカートリッジを前処理に利用したガスクロマトグラフィーによる魚類中のト

- リブチルスズ化合物の定量, 食品衛生誌, **29**, 141
~145, 1988
- 11) 環境庁保健調査室: 化学物質と環境, 1988
 - 12) 渡辺正敏, 安藤良: クロルデンによる環境汚染,
名古屋市公害研究所報, [16], 41~47, 1986
 - 13) 大金由夫ら: キャピラリーガスクロマトグラフィ
ーによる有機塩素系農薬の分析 (第一報), 仙台市
衛生試験所報, [16], 267~273, 1986
 - 14) 農林水産省林業試験場編: 木材工業ハンドブック,
丸善, (1982)
 - 15) 平岡正勝: 廃棄物処理におけるダイオキシン類の
生成と制御, 廃棄物学会誌, **1**, 20~37, 1990
 - 16) 大城善昇: クロルデンと環境汚染(1), 沖縄県公害
衛生所報, [14], 1~15, 1981
 - 17) 大城善昇ら: クロルデンと環境汚染(2), 沖縄県公
害衛生所報, [16], 58~63, 1982
 - 18) 渡辺正敏, 安藤良: クロルデンによる環境汚染,
名古屋市公害研究所報, [16], 41~47, 1986
 - 19) 藤田淳二ら: 化学物質に関する調査研究 (第 2
報), 香川県公害研究センター所報, [11], 9~12,
1986
 - 20) 大城善昇ら: 沖縄県におけるクロルデンの人体汚
染, 沖縄県公害衛生所報, [20], 77~86, 1986
 - 21) 大城善昇ら: 皮脂を用いたクロルデンの人体汚染
モニタリングの試み, 沖縄県公害衛生所報, [18],
101~104, 1984
 - 22) 鈴木茂ら: 家屋の白蟻防除処理によるクロルデン
類の都市大気及び家屋内空気汚染, 川崎市公害研究
所年報, [15], 28~31, 1988
 - 23) (社)日本機械工業連合会: 防腐木くずの処理技術
に関する調査研究報告書, 12~14, 1986
 - 24) 日本規格協会: JIS-K1554, 1985
 - 25) 農林水産省統計情報部: 木材需給報告書, 41,
1988