

木材焼却時におけるダイオキシン類生成実態の把握

目 次

研究の要約	92
第 1 章 無機塩素化合物が木材の焼却時におけるダイオキシン類生成に与える 影響の解明	95
第 2 章 木材保存剤・接着剤等の有機化学物質が含まれる木材の焼却時における ダイオキシン類生成実態解明	100

研 究 の 要 約

I 研究年次及び予算区分

研究年次：平成 15 年～17 年（3 か年）

予算区分：運営交付金

II 主任研究者

主 査：領域長 細谷修二（平成 15 年 4 月 1 日～平成 17 年 3 月 31 日）

：主任研究員 池田 努（平成 17 年 4 月 1 日～平成 18 年 3 月 31 日）

副主査：主任研究員 河村文郎

取りまとめ責任者： 池田 努

III 研究場所

森林総合研究所・本所

IV 研究目的

木材の循環利用は炭素の長期固定、地球温暖化防止の観点からもますます重要となっており、今後、その使用量が増加するものと予想される。木材及び木質材料を長期に渡り使用するためには、木材保存処理薬剤の加圧注入処理が有効である。また、木質材料の製造には、接着剤の使用は不可欠である。廃材利用型木質材料にはこれらの薬剤が含まれることが多く、さらに、その木材保存薬剤や接着剤の硬化剤には、塩素が含まれることが多い。天然木にも、微量ではあるが、塩化ナトリウム等の無機塩素や燃焼時にダイオキシンの生成を触媒されている金属イオン類が含まれていることが知られている。

一方、近年廃棄物の焼却によって生成するダイオキシシン類「ポリ塩化ジベンゾ-*p*-ダイオキシシン（PCDD）、ポリ塩化ジベンゾフラン（PCDF）およびコプラナーポリ塩化ビフェニル（Co-PCB）」の環境排出が社会問題となっている。最近、たき火などで枯れ枝や落ち葉を燃やした時に、ダイオキシシンが生成するかどうかといった、森林総研に対する問い合わせが後を絶たない。本研究は、木材の焼却時におけるダイオキシシン類生成実態の把握を目的とする。木材を焼却処理する際のダイオキシシン類生成量の把握を行い、安全性を評価することは、緊急にその対応が求められている社会ニーズである。

V 研究方法

第 1 章 無機塩素化合物が木材の焼却時におけるダイオキシシン類生成に与える影響の解明

スギチップに塩化アンモニウムを加えた木材サンプルを作成し、実証試験炉を用いて燃焼試験を行い、生成したダイオキシシン類の分析を行った。

第 2 章 木材保存剤・接着剤等の有機化学物質が含まれる木材の焼却時におけるダイオキシシン類生成実態解明

市販の木材保存剤、木材塗装剤および木材接着剤が含まれる試験木片を作成し、小型燃焼装置を用いて焼却を行い、生成したダイオキシン類の分析を行った。

VI 研究結果

研 究 計 画 表

課 題 名	担 当	期 間
・無機塩素化合物が木材の焼却時におけるダイオキシン類生成に与える影響の解明	木材化学研 樹木抽出成分研	15～16
・木材保存剤・接着剤等の有機化学物質が含まれる木材の焼却時におけるダイオキシン類生成実態解明	木材化学研 樹木抽出成分研	15～17

第1章 無機塩素化合物が木材の焼却時におけるダイオキシン類生成に与える影響の解明

スギチップに塩化アンモニウムを0.1% (Cl 換算) 添加して焼却した場合、一次燃焼室出口（一次燃焼温度 600-650℃）におけるダイオキシン類排出量は、環境規制値以下であったものの、やや大きな値を示した。しかし、二次燃焼室以降（二次燃焼温度 800-850℃）における排ガス中のダイオキシン類排出量は極めて低い値であり、自然環境に大きなダメージを与える値ではなかった。木材は、プラスチック等と比べると、水分を多く含みさらに熱伝導性も低いために完全燃焼させることが難しい素材であるが、800℃以上の高温で焼却を行い、かつ二次燃焼室を設置して二段焼却を行うことにより、木材の完全燃焼が進み、ある程度無機塩素化合物含有量が高い木材であってもダイオキシン類の排出量を環境規制値以下に抑えられると考えられた。

第2章 木材保存剤、接着剤等の有機化学物質が含まれる木材の焼却時におけるダイオキシン類生成実態解明

市販の木材保存剤の焼却試験の結果、排出されたダイオキシン類およびコプラナーPCB 類の毒性を示す毒性等量 (TEQ) は、0.003、0.7、1.9 (pg-TEQ/g) と大変小さい値であった。また市販の木材塗装剤においても、コプラナーPCB の排出量はやや多かったものの毒性等量は、1.6、5.5 (pg-TEQ/g) と小さい値であり、自然環境にほとんど影響を与えないと考えられるレベルであった。

一方、接着剤が含まれる合板の燃焼試験では、水溶性フェノール樹脂接着剤の0.17 (pg-TEQ/g) に対し、ユリア樹脂接着剤では22 (pg-TEQ/g)、メラミンユリア樹脂接着剤では200 (pg-TEQ/g) とやや高い値を示した。ユリア樹脂接着剤およびメラミンユリア樹脂接着剤では硬化剤として塩化アンモニウムが使用されるが、この塩化アンモニウム中に含まれる塩素がダイオキシン類生成の増加に寄与したと考えられた。しかし、最も高い値を示したメラミンユリア樹脂接着剤であっても環境規制値を超える値ではなく、また石油系プラスチック材料であるポリ塩化ビニルの47,000 (pg-TEQ/g) と比較してもはるかに小さい値であった。したがって、800℃以上の高温で、木材の完全燃焼が進む状態で焼却されるのであれば、現在市販されている木材保存剤、木材塗装剤、木材用接着剤等の化学物質が含まれる木材を焼却しても、環境基準値を超えるダイオキシン

類は発生しないと考えられた。

VII 今後の問題点

第1章 無機塩素化合物が木材の焼却時におけるダイオキシン類生成に与える影響の解明

木材は、プラスチック等に比べると、水分を多く含みさらに熱伝導性も低いために完全燃焼させることが難しい素材である。このために、焼却する木材の状態（形、大きさ、含水率）や焼却炉の構造および性能が、ダイオキシン類の生成に影響を与える可能性がある。今後はこの点に関して、より詳細に検討する必要がある。

第2章 接着剤・木材保存剤等の有機化学物質が含まれる木材の焼却時におけるダイオキシン類生成実態解明

木材保存剤、木材塗装剤および接着剤には非常に多くの種類が存在するために、今回は各々における代表的な製品を選び出し焼却試験を行った。本来は全ての製品に対して分析を行うことが好ましいが、ダイオキシン分析は大変複雑であり、高額な費用と長期の分析日数を要するために、分析数を増やすことが難しい。このために、もう少し簡易的な手法で、ダイオキシン類生成への関与を明らかにできる手法を開発する必要がある。

VIII 研究発表

なし

IX 研究担当者

第1章

河村文郎、池田努、細谷修二

第2章

池田努、河村文郎

第1章 無機塩素化合物が木材の焼却時におけるダイオキシン類

生成に与える影響の解明

ア 研究目的

木材には塩化ナトリウム等の無機塩素化合物が含まれるために、焼却によりダイオキシン類が生成する可能性がある。しかし、通常の天然木に含まれる無機塩素化合物量は極めて微量であるために、焼却によりダイオキシン類が生成したとしても、その量は自然環境に影響を与えない程度の極めて少ない量であると考えられる。一方、木材の流通過程で海水貯木が行われる場合があるが、このような海水貯木された木材の中には、海水中の塩化ナトリウムが取り込まれることにより、天然木を大きく上回る量の無機塩素化合物が含まれるものも存在する。このような無機塩素化合物含有量の高い木材の焼却が行われた場合には、多量のダイオキシン類が生成する可能性がある。木材の焼却過程でダイオキシン類が生成することを報告した例はあるが¹⁾、極めて少なくさらに、ダイオキシン類が発生する場合の焼却温度や塩素濃度等はほとんど明らかにされていない。

そこで本研究では、無機塩素化合物がダイオキシン類の生成に与える影響を明らかにするために、高濃度の無機塩素化合物を含む木材を人工的に作り出して焼却を行い、生成したダイオキシン類の分析を行った。

イ 研究方法

1 試験材料

海水貯木材に相当する高濃度の無機塩素が含まれる木材は、スギチップ（約30×30×5 mm）に塩化アンモニウム水溶液を加えた後、室温下で風乾させることにより調製した。塩化アンモニウム添加量は、0.1%（Cl換算）であり、このスギ材20kgを焼却用試験材料とした。天然材に含まれる塩素濃度には、樹種や樹木の生育環境により差があると考えられる。スギの場合では、25～450 ppmであることが報告されており、今回用いた材は0.1%（1000 ppm）であるために、通常の天然材の2～40倍程度の塩素が含まれたと考えられた。

2 焼却試験

焼却には、森林総合研究所所有の実証試験炉を用いた（表1-1）。焼却炉内の温度条件は表1-2に示したとおりであり、焼却炉中の4カ所において、焼却中に発生した排ガスのサンプリングを行い（図1-1）、回収した排ガス中に含まれるダイオキシン類およびコプラナーPCBの分析を行った。排ガスの分析は、総理府令第67号で定められた方法（平成11年12月27日）、JIS K 0311：1999「排ガス中のダイオキシン類及びコプラナーPCBの測定方法」に基づいて行った。

ウ 結果

焼却により生じた排ガス中のダイオキシン類濃度は、一次燃焼室出口は他の場所を大きく上回る数値を示したが、それ以外の場所では極めて低い値であった（表1-3）。一般的には、焼却時の

燃焼温度は 800℃以上が好ましいとされているが、今回の実験における一次燃焼室の焼却温度は 600～650℃であり、800℃を大きく下回る温度であった。このために、一次燃焼室出口におけるダイオキシン類の生成量がやや多かったと考えられた。しかし、二次燃焼室の焼却温度は 800～850℃と十分に高い温度であったために、一次燃焼室で生成したダイオキシン類のほとんどは二次燃焼室で分解され、二次燃焼室以降のサイクロン集塵機出口、冷却装置出口、バグフィルタ出口では、ダイオキシン類濃度は極めて低かったと考えられた。自然環境に放出される直前であるバグフィルタ出口におけるダイオキシン類濃度は、ダイオキシン類毒性等量 (TEQ) で表すと 0.031 という極めて低い値であり、自然環境に影響を与えるレベルではなかった。

産業廃棄物焼却施設には、排ガス中のダイオキシン類濃度に一定の規制値が定められている (表 1-4)。規制値は、焼却炉の規模や建設された時期により異なるが、今回の実験で用いた焼却炉は、焼却室の処理能力が 2t/h 未満の新設炉の基準に該当する。したがって、本焼却炉の環境規制値は、5ng-TEQ/m³N である。

エ 考察

焼却温度が 600～650℃であった一次燃焼室では、ダイオキシン類の生成がやや多かった一方で、800℃以上で焼却が行われた二次燃焼室以降では、ダイオキシン類の検出量はごくわずかであった。これは、一次燃焼の過程でいくらかダイオキシン類が生成したものの、二次燃焼によりこのほとんどが分解されたためと考えられた。ダイオキシン類の生成を抑制することのできる焼却温度は、一般には 800℃以上であると考えられているが、今回の実験より、1000ppm という非常に高い濃度で無機塩素化合物が含まれる木材の場合でも、800℃以上で焼却を行えば、ダイオキシン類の生成量を問題のないレベルにまで抑えられることが確認された。

今回の実験で用いた焼却炉の環境規制値は 5ng-TEQ/m³N であるために、一次燃焼室出口で測定された 1.4ng-TEQ/m³N の値は、環境規制値を上回る数値ではない。しかし木材は、プラスチック等に比べ熱伝導性が低く水分もある程度含まれるために、焼却される木材の状態によっては、もう少し多量のダイオキシン類が生成する可能性がある。このために安全性の点から、焼却は 800℃以上で行うことが望ましいと言える。また本焼却炉のように、二段の燃焼室を備えた焼却炉では、初段の焼却が十分に進まなかった場合でも、後段の焼却がその点を補うことができるために、安全性が大幅に増す。

以上の点より、二段の燃焼室を備えた焼却炉を使用し、800℃以上の高温で焼却を行えば、高濃度の無機塩素化合物が含まれる木材の焼却を行っても、規制値を超えるダイオキシン類が生成することはほとんどないと考えられた。

オ 今後の問題点

木材は、プラスチック等に比べると、水分を多く含みさらに熱伝導性も低いために完全燃焼させることが難しい素材である。このために、焼却される木材の状態 (形、大きさ、含水率) により、ダイオキシン類の生成量が変化する可能性がある。今後は、木材の状態の違いが、ダイオキシン類の生成にどの程度影響を与えるかを詳細に検討する必要がある。

カ 要約

海水貯木等により、高濃度の無機塩素化合物が含まれる木材を焼却した場合には、多量のダイオキシン類が生成する可能性がある。本研究では、無機塩素化合物がダイオキシン類の生成に与える影響を明らかにするために、高濃度の無機塩素化合物が含まれる木材を人工的に作り焼却を行い、生成したダイオキシン類の分析を行った。

この結果、焼却により生じた排ガス中のダイオキシン濃度は、焼却温度がやや低い 600～650℃であった一次燃焼室出口ではやや高い値を示したが、焼却温度が十分な高さの 800～850℃であった二次燃焼室以降では、極めて低い値しか示さなかった。したがって、1000ppm 程度の高い濃度で無機塩素化合物が含まれる木材であっても、800℃以上で焼却を行えば、ダイオキシン類の生成量を問題のないレベルにまで抑えられることが確認された。

二段の燃焼室を備えた焼却炉を使用し、800℃以上の高温で焼却を行えば、高濃度の無機塩素化合物が含まれる木材の焼却を行っても、規制値を超えるダイオキシン類が生成することはほとんどないと考えられた。

キ 引用文献

- 1) 安原昭夫、形見武男、橋本俊次、中宮邦近（2002. 12）産業廃棄物の焼却処理に伴うダイオキシン類の発生挙動解明と抑制技術の開発に関する研究，第二回廃棄物処理科学研究発表会要旨，テーマ番号 16

（河村文郎、池田努、細谷修二）

表 1-1. 焼却炉データ

形式	連続投入式
火床面積	0.48 m ²
一次燃焼室容積	0.90 m ³
二次燃焼室容積	0.93 m ³
焼却能力	20 kg/hour

表 1-2. 焼却炉内温度条件

	温度 (°C)
一次燃焼室	600 ～ 650
二次燃焼室	800 ～ 850
サイクロン集塵機出口排ガス	742
冷却装置出口排ガス	128
バグフィルタ出口排ガス	88

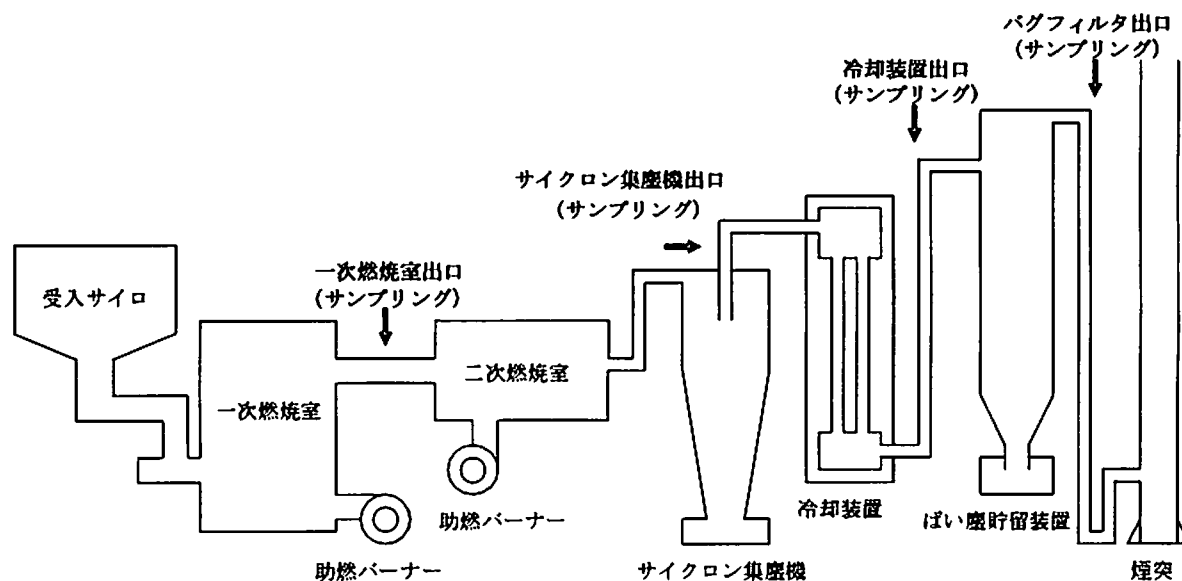


図 1-1. 実証試験炉フロー図および排ガスサンプリング箇所

表 1-3. 排ガス中のダイオキシン類濃度

ダイオキシン類毒性等量 (TEQ)	
(ng-TEQ/m ³ N)	
一次燃焼室出口	1.4
サイクロン集塵機出口	0.008
冷却装置出口	0.038
バグフィルタ出口	0.031

表 1-4. 産業廃棄物焼却施設規制値

焼却室の処理能力	新設炉の基準 (H9.12.1施行)	既設炉の基準	
		(H10.12.1～H14.11.30)	(H14.12.1以降)
4t/h 以上	0.1ng-TEQ/m ³ N	80ng-TEQ/m ³ N	1ng-TEQ/m ³ N
2t/h 以上 4t/h 未満	1ng-TEQ/m ³ N	80ng-TEQ/m ³ N	5ng-TEQ/m ³ N
2t/h 未満	5ng-TEQ/m ³ N	80ng-TEQ/m ³ N	10ng-TEQ/m ³ N

第2章 木材保存剤・接着剤等の有機化学物質が含まれる木材の

焼却時におけるダイオキシン類生成実態解明

ア 研究目的

焼却によりダイオキシン類が生成するためには、ダイオキシン骨格の供給源となる有機化合物の他に、塩素源が必要である。天然木の場合には、塩素源となり得る無機・有機塩素化合物の含有量が少ないために、ダイオキシン類が生成したとしても極めて微量であり、自然環境に対するダメージを心配する必要はほとんどない。しかし木材保存剤や接着剤等の化学物質が含まれる建築解体材の場合には、ダイオキシン類生成のために十分な量の塩素源が存在すると推定される場合がある。建築解体材の焼却によりダイオキシン類が生成したことを報告した例はあるものの¹⁾、非常に数が少なく、またどのような種類の化学物質がどの程度ダイオキシン類の生成に寄与するかについては、これまでほとんど明らかにされていない。

本研究では、保存剤や接着剤等の木材産業で使用される化学物質が、どの程度ダイオキシン類の生成に関与するかを明らかにすることを目的とし、それぞれの化学物質が含まれる試験片を作成し800℃で焼却を行った後、排ガス中に含まれるダイオキシン類の分析を行った。

イ 研究方法

1 試験材料

1-1 木材保存剤

市販の木材保存剤を使用した。ラワン板(310×310×2.5 mm)の両面に薬剤を塗布し、室温下で乾燥させた。この処理を二度行った。板を小片(50×10×2.5 mm)に切断した後、約10gを焼却試験に用いた(表2-1)。

1-2 木材塗装剤

市販の木材塗装剤を使用した。ラワン板(310×310×2.5 mm)の両面に薬剤を塗布し、室温下で乾燥させた。この処理を三度行った。板を小片(50×10×2.5 mm)に切断した後、約10gを焼却試験に用いた。

1-3 木材接着剤

市販の木材接着剤を使用した。ラワン板(310×310×2.5 mm)を用いて三層合板を作成し、合板を小片(50×10×2.5 mm)に切断した後、約10gを焼却試験に用いた。

1-4 比較用試験体

上記試験材料との比較のために、薬剤および接着剤を加えないラワン板と、ポリ塩化ビニルそれぞれについて、同様の焼却試験を行った。

2 焼却試験

小型燃焼試験装置を用いて800℃で焼却を行い、焼却過程で発生した全ての排ガスを回収し、この中に含まれたダイオキシン類(PCDFs、PCDDs)およびコプラナーPCB類(Co-PCBs)(図2-1)を、総理府例第67号で定められた方法に基づき測定した。

ウ 結果

ダイオキシン類およびコプラナーPCB 類の毒性を示す毒性等量 (TEQ) の単位として通常 (ng-TEQ) が用いられるが、本研究では小さい値に対応するために (pg-TEQ、1ng=1,000pg) を用いた (表 2-2)。

木材保存剤の焼却試験の結果、毒性等量は、0.003、0.7、1.9 (pg-TEQ/g) と大変小さい値であった。また木材塗装剤においても、コプラナーPCB 類の排出量はやや多かったものの毒性等量は、1.6、5.5 (pg-TEQ/g) と小さい値であり、自然環境にほとんど影響を与えないと考えられるレベルであった。

一方、接着剤が含まれる合板の焼却試験では、水溶性フェノール樹脂接着剤の 0.17 (pg-TEQ/g) に対し、ユリア樹脂接着剤では 22 (pg-TEQ/g)、メラミンユリア樹脂接着剤では 200 (pg-TEQ/g) とやや高い値を示した。ユリア樹脂接着剤およびメラミンユリア樹脂接着剤では硬化剤として塩化アンモニウムが使用されるが、この塩化アンモニウム中に含まれる塩素がダイオキシン類生成の増加に寄与したと考えられた。しかし、最も高い値を示したメラミンユリア樹脂接着剤であっても、石油系プラスチック材料であるポリ塩化ビニルの 47,000 (pg-TEQ/g) と比較してはるかに小さい値であった。

エ 考察

建築解体材の焼却により高濃度のダイオキシン類が検出された例では、木材保存剤に含まれるペンタクロロフェノール (PCP) やクロルデン等の有機塩素化合物が、ダイオキシン類の生成に深く関与したことが推定される。有機塩素化合物は、ダイオキシン類の生成過程における塩素源として働くことが十分に考えられる。今回の焼却試験では、試験を行った木材保存剤三検体全てにおいて、排出されたダイオキシン類およびコプラナーPCB 類は少なく毒性等量も大変低い値であったが、この原因は、現在市販されている木材保存剤は、以前の物と比べて、ダイオキシン類の生成に深く関与する有機塩素化合物の含有量が大幅に低下しているためであると考えられた。法の改正により、PCP やクロルデン等多くの有機塩素化合物の使用および販売が禁止されたが、この影響が大きいと推定された。

木材塗装剤では、コプラナーPCB 類の生成量がやや多かったが、ほとんどが毒性値の低い異性体であったために毒性等量は低い値であった。塗装剤中のどの成分がコプラナーPCB 類の生成に関与したかについては不明であった。

木材用接着剤では、接着剤の種類により結果に差が生じた。水溶性フェノール接着剤では、ダイオキシン類の生成量は大変低い値であったが、ユリアおよびメラミンユリア接着剤では、それよりもやや高い値を示した。これは、硬化剤として使用された塩化アンモニウムが原因であると考えられた。塩化アンモニウムや塩化ナトリウム等の無機塩素化合物がダイオキシン類の生成における塩素源として深く関与することが知られている。しかし、最も高い値を示したメラミンユリア樹脂接着剤であっても、石油系プラスチック材料であるポリ塩化ビニルの 47,000 (pg-TEQ/g) と比較してはるかに小さい値であり、環境規制値を超える値ではないと考えられた。

以上の結果より、800℃以上の高温で、木材の完全燃焼が進む状態で焼却されるのであれば、現在市販されている木材保存剤、木材塗装剤、木材用接着剤等の化学物質が含まれる木材を焼却しても、環境基準値を超えるダイオキシン類は発生しないと考えられた。

オ 今後の問題点

木材保存剤、木材塗装剤および接着剤には非常に多くの種類が存在するために、今回は各々における代表的な製品を選び出し焼却試験を行った。本来は全ての製品に対して分析を行うことが好ましいが、ダイオキシン分析は大変複雑であり、高額な費用と長期の分析日数を要するために、分析数を増やすことが難しい。このために、もう少し簡易的な手法で、ダイオキシン類生成への関与を明らかにできる手法を開発する必要がある。

カ 要約

木材保存剤や接着剤等の化学物質が含まれる建築解体材の場合には、ダイオキシン類生成のために十分な量の塩素源が存在すると推定される場合があり、実際に建築解体材の焼却によりダイオキシン類が生成したことを報告した例もある。しかし報告例は非常に少なく、またどのような種類の化学物質がどの程度ダイオキシン類の生成に寄与するかについては、これまでほとんど明らかにされていない。本研究では、保存剤や接着剤等の木材産業で使用される化学物質が、どの程度ダイオキシン類の生成に関与するかを明らかにすることを目的とした。

今回の焼却試験では、試験を行った木材保存剤三検体全てにおいて、排出されたダイオキシン類およびコプラナーPCB類は少なく毒性等量も大変低い値であったが、この原因は、現在市販されている木材保存剤は、以前の物と比べて、ダイオキシン類の生成に深く関与する有機塩素化合物の含有量が大幅に低下しているためであると考えられた。

木材塗装剤では、コプラナーPCB類の生成量がやや多かったが、ほとんどが毒性値の低い異性体であったために毒性等量は低い値であった。塗装剤中のどの成分がコプラナーPCB類の生成に関与したかについては不明であった。

木材用接着剤では、接着剤の種類により結果に差が生じ、水溶性フェノール接着剤では、ダイオキシン類の生成量は大変低い値であったが、ユリアおよびメラミンユリア接着剤では、それよりもやや高い値を示した。これは、硬化剤として使用された塩化アンモニウムが原因であると考えられた。しかし、最も高い値を示したメラミンユリア樹脂接着剤であっても、石油系プラスチック材料であるポリ塩化ビニルの47,000 (pg-TEQ/g)と比較してはるかに小さい値であり、環境規制値を超える値ではないと考えられた。

以上の結果より、800℃以上の高温で、木材の完全燃焼が進む状態で焼却されるのであれば、現在市販されている木材保存剤、木材塗装剤、木材用接着剤等の化学物質が含まれる木材を焼却しても、環境基準値を超えるダイオキシン類は発生しないと考えられた。

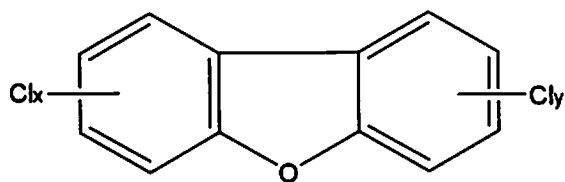
キ 引用文献

- 1) 安原昭夫、形見武男、橋本俊次、中宮邦近 (2002. 12) 産業廃棄物の焼却処理に伴うダイオキシン類の発生挙動解明と抑制技術の開発に関する研究, 第二回廃棄物処理科学研究発表会要旨, テーマ番号 16

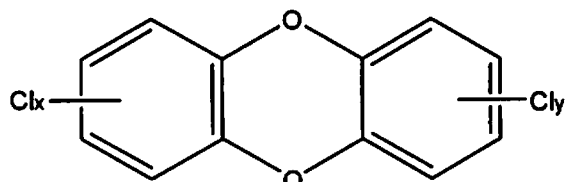
(池田努、河村文郎)

表 2-1. 焼却試験に用いた試験材料

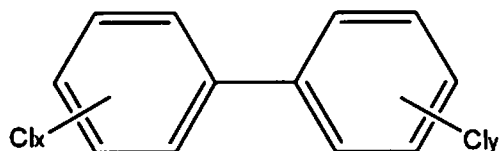
	燃焼試験サンプル総重量 (g)	薬剤・接着剤量 (g)
保存剤① (防腐剤・防虫剤・防かび剤混合タイプ)	11.8	1.8
保存剤② (防腐剤・防虫剤・防かび剤混合タイプ)	11.5	1.5
保存剤③ (防腐剤のみ)	12.3	2.3
塗装剤① (ウレタン樹脂系)	11.3	1.3
塗装剤② (アルキド樹脂系)	11.4	1.4
接着剤① (水溶性フェノール、特類F☆☆☆☆合板用)	10.3	1.3
接着剤② (メラミンユリア、一類F☆☆☆☆合板用)	10.0	1.3
接着剤③ (ユリア、二類F☆☆☆☆合板用)	10.3	1.4
ラワン板	10.0	-
ポリ塩化ビニル (試薬として市販されている物)	10.0	10.0



ポリクロロジベンゾフラン
(PCDFs)



ポリクロロジベンゾ-*p*-ダイオキシン
(PCDDs)



ポリクロロビフェニル
(PCBs)

図 2-1. ダイオキシン類およびコプラナーPCB 類の化学構造

表 2・2. 燃焼排ガス中に含まれたダイオキシン類およびコプラナーPCB 類量

	PCDFs	PCDDs (pg/g)	Co-PCBs	毒性等量 (TEQ) (pg-TEQ/g) ¹
保存剤①	17.1	8.8	39.7	0.70
保存剤②	21.7	8.9	46.2	1.9
保存剤③	2.6	5.0	29.1	0.003
塗装剤①	13.2	55.6	4,461	5.5
塗装剤②	9.9	1.6	820	1.6
接着剤①	8.4	5.5	24.6	0.17
接着剤②	78.0	144	62.6	22
接着剤③	2,143	324	24.6	200
ラワン材 (ブランク)	13.0	24.7	23.1	3.8
ポリ塩化ビニル	448,600	76,400	63,100	47,000

¹ 燃焼試験サンプルあたりの毒性等量