

漿紙技術雜誌

第七卷 第三期

2003 / 9

目 錄

總論

- 蘇裕昌 戴奧辛化合物的微生物分解 1
- Hubertus Besting 著 造紙工業中多功能的礦土---膨皂土..... 13
周紘緒 譯
- 江慶恭 Heimonen, J, Saarteinen, J. 最新再生纖維製程之發展 19

技術論文

- 彭元興、蔡守昌 防油紙 (二)：製程操作參數及製造實務 29
江哲明、王益真

技術新知

- Jörg Fischer 著 王子富士二號機—五星級的紙板機 41
王益真 編譯

Journal of Pulp and Paper Technology

Volume 7, No.3

2003 / 9

Table of Contents

Review Articles

- Yu-Chang Su Microbial Degradation of Dioxin Compounds 1
- Hubertus Besting A Multi-functional Mineral for Papermaking---Bentonite..... 13
Translator : H. H. Chou
- Kiang C. C., Heimonen, J. and Saarteinen, J.
 Latest Developments in Recycled Fiber Processing 19

Technical Articles

- Yuan-Shing Perng, Louise Tsai, TM Chiang, and Eugene I. Wang
 Greaseproof Paper II. Process Parameters and Production Technologies 29

New Developments

- Jörg Fischer Oji Fuji N-2—the five-star board machine 41
Translator : Eugene I. Wang

戴奧辛化合物的微生物分解

蘇裕昌*

Microbial Degradation of Dioxin Compounds

Yu-Chang Su*

Summary

The concern over emission of dioxins from pulp bleaching has abated, but fair amounts of the environmental toxins are still produced mostly from combustion of waste materials. Bioremediation of these substances have received attention in recent years. The article delineates various types of dioxins and means of their degradation with particular discussion on bioremediation. In addition to bacteria such as *Sphingomonas* spp, various white rot fungi have shown dioxin degrading capability. Highly efficient hybrid strains have been reported.

一、緒言

造紙業的漂白廢水中曾被檢出含有微量的戴奧辛類化合物，一時造成相當大的新聞，但其後各國研究人員對漂白過程中戴奧辛類化合物的生成機制的了解及防治，並利用無元素氯漂白法（ECF; Element Chlorine Free bleaching）或全無氯漂白法（TCF; Total Chlorine Free bleaching）進行紙漿的漂白，造紙業的戴奧辛類化合物已經很少被提及，而且由於最近化學漿的漂白方式漸漸的由含氯漂白轉換至 ECF 漂白，此種漂白方式幾乎不會產生戴奧辛，無論在試驗室及現場都得到論證(大井及中，2003) (大井,2002)(大井等,2002)。但相對的，發生量最大的垃圾焚化或所產生的戴奧辛類化合物，無論是飛灰或燒灰可能造成環境的二次污染，引起深刻的環境及社會問題(宮田，1997a)(宮田，1997b)。表 1 為日本環境廳所調查之日本戴奧辛物質的發生源及發生量，大約每年約有 5kg/年戴奧辛類物質的發生，與製漿造紙工業有關的僅有 3.7g/年。日本每年

生產紙漿 1000 萬噸左右，其中漂白漿約 650 萬噸，其紙漿生產量約為本國的 30 倍。表 2 為日本各種燃燒源所排放戴奧辛之排放濃度。在大氣中放出或廣範圍被污染的土壤，目前沒有有效淨化處理的方法。利用微生物來淨化環境（Bioremediation）的研究最近積極的被進行中(Lamar et al ,1994) (Tachibana et al,1999) (割石,1999)(Kjyoat et al , 2000)，如果能有效利用微生物將污染物分解成使其無毒化，對地球環境的保全有相當大的助益。

二、戴奧辛及其毒性

戴奧辛的主要來源是由高溫燃燒含氯的有機化合物，或經由合成工業經由不同手段所製成。戴奧辛的主要生成反應為 Dibenzo-p-dioxin 的氯化反應或氯化酚的脫鹽酸反應而所生成之二量體(圖 1)。一般而言，戴奧辛是由具有二個苯環，由二個氧原子連結的骨格構造的含氯化合物總稱 Dibenzo-p-Dioxins，常被應用為消毒劑或殺草劑等。

表 1. 燃燒系發生源的戴奧辛排放濃度 (單位: ngTEQ/Nm³)

發生源	調查數	平均值	中央值	最小值~最大值	備考
一般廢棄物焚化設備	19	33.2	6.5	0.00~170	日本環境廳調查資料
產業廢棄物焚化設備	50	50.8	1.6	0.00~2200	"
污泥焚化爐	20	0.743	0.16	0.00~4.3	"
黑液回收鍋爐	5	0.02	0.00	0.00~0.10	"
電器爐	6	2.50	1.6	0.08~7.9	"
電器爐	60	2.81	0.92	0.03~17	日本鋼鐵聯盟調查資料
一般廢棄物焚化設備	1150	28.0	10.6	0.00~990	日本厚生省調查資料

表 2. 不同發生源之戴奧辛排放量 (單位: gTEQ/年)

發生源	排出量	備考
燃燒工程		
一般廢棄物焚化	4300	
工業廢棄物焚化	547~707	
金屬精鍊	250	
石油添加劑 (潤滑油)	20	
二手煙	16	
黑液回收鍋爐	3	
木材廢材焚化	0.2	
汽車排放氣體	0.07	
(小計)	(5140~5300)	
漂白工程		
漂白牛皮漿	0.7	
農藥製造	0.06	
合計	5140~5300	

日本環境廳調查資料

戴奧辛是指具有 dibenzo-p-dioxin 化學骨格構造化合物的通稱, 即在二個苯環中由二個氧原子連結的氯化物其化學構造及其置換基的位置顯示如 (圖 2A)。是指在兩個芳香環上的 1-9 置換位置分別接上 1-8 個氯原子的化合物, 此等類緣化合物總共

8 類共有 75 種 (圖 2), 其中以 2,3,7,8-置換位置被氯原子置換的化合物即 2,3,7,8- Tetrachlorinated dibenzo-p-dioxin (2,3,7,8-TCDD) 的毒性最強, 而且廣泛地在污染源中存在, 因此通稱為戴奧辛。另外尚有二個苯環中由一個氧原子連結的含氯化合物構造的氯化物稱之 (Dibenzofuran) (圖 2B), 其中以 2,3,7,8-TCDF(TetraChloroDibenzoFuran) 的毒性最強, 其毒性也僅有 2,3,7,8-TCDD 毒性的十分之一(宮田, 1997b), 同樣的也有 1 至 8 個置換位置可以被氯原子置換, 異構機物共用 135 種。另外尚有直接由二個苯環連結的 Coplanar Polychlorinated Biphenyls (Co-PCS) 也被納入戴奧辛類 (圖 2C)。即所謂的戴奧辛為此三化合物群的總稱(宮田, 1998)(小野寺, 1992a, b)。

一般, 在歐美及日本等先進國家, 在法規上都以 PCDD, PCDF 兩類化合物群稱之為戴奧辛, 以此二化合物群為法律上的基準值, 或設定值之標準, 而沒有將 PCB 類化合物包含在內。最近世界健康組織(WHO)在變更每天容許攝取基準值時, 也將 Co-PCBs 類化合物納入為管理對象。在最近的將來歐美及日本等先進國家也會將 Co-PCBs 納入管理。

戴奧辛化合物的微生物分解

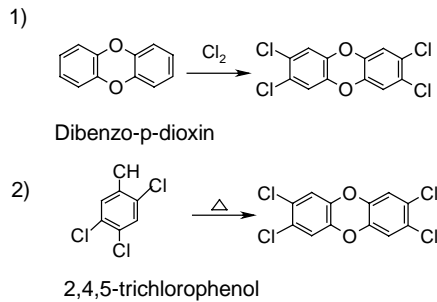


圖 1.主要的戴奧辛生成反應

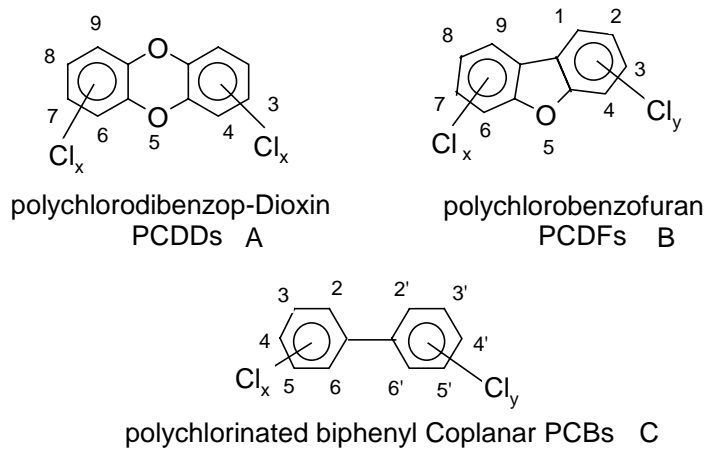


圖 2.戴奧辛類化合物的構造

戴奧辛與其類緣化合物的種類(包含 Co-PCBs)，共有為 222 種，各化合物中目前所知以 2,3,7,8-TCDD 的毒性最強，而且常被用來做毒性基準，如毒性等價係數(TEF: Toxic Evaluate Factor)、毒性等量(TEQ; Toxic Equivalent)等，將戴奧辛類緣化合物的毒性，換算成等量 2,3,7,8-TCDD* 的毒性表現之量，以為計量之標準(表 3)。戴奧辛類緣化合物的毒性與其化學構造有密切的關係，置換基的位置上全部被氯原子置換，或完全沒有被置換者，均沒有顯示任何毒性。即戴奧辛化合物依原子的置換個數，置換位置其毒性有很大的變化。已知具四個氯置換基的戴奧辛 2,3,7,8-TCDD 的毒性最強，但同樣

具四個置換基的戴奧辛的毒性 1,3,6,8-TCDD 的毒性卻很弱。不同化學骨格構造但同樣在 2,3,7,8 具四個氯置換基，如 2,3,7,8-PCDF 其毒性則約為 2,3,7,8-TCDD 的十分之一。表 4 則為戴奧辛及其類緣化合物對老鼠及白老鼠的半數致死量。完全沒有氯置換的 dibenzo-p-dioxin 及全部被氯置換的,2,3,4,6,7,8,八個氯置換之戴奧辛其毒性極低，2,3,7,8,四氯化物的毒素最高。置換數比 4 高或比 4 小的毒性隨之減小。毒性隨化合物而異，因此評估時換算成 2,3,7,8-TCDD 全部之毒性後評估(宮田,1998)。

表 3.NATO 各國對 Dioxin 及其類緣化合物的毒性評估(以 2,3,7,8-TCDD 為基準之 TEF 值)

氯原子各數	化合物名	TEF	化合物名	TEF
4	T4CDD		T4CDF	
	2,3,7,8-	1	2,3,7,8-	0.1
	1,3,6,8-	0	1,3,6,8-	0
	1,3,7,9-	0	其他	0
	其他	0		
5	P5CDD		P5CDF	
	1,2,3,7,8-	0.5	1,2,3,7,8-	0.05
	其他	0	2,3,4,7,8-	0.5
			其他	0
6	H6CDD		H6CDF	
	1,2,3,4,7,8-	0.1	1,2,3,4,7,8-	0.1
	1,2,3,6,7,8-	0.1	1,2,3,6,7,8-	0.1
	1,2,3,7,8,9-	0.1	1,2,3,7,8,9-	0.1
	其他	0	2,3,4,6,7,8-	0.1
			其他	0
7	H7CDD		H7CDF	
	1,2,3,4,6,7,8-	0.01	1,2,3,4,6,7,8-	0.01
	其他	0	1,2,3,4,7,8,9-	0.01
			其他	0
8	O8CDD	0.001	O8CDF	0.001

三、戴奧辛化合物的分解方法

戴奧辛化合物的分解方法大略可分為 燃燒分解法 光分解法 化學分解法 微生物分解法等。

1. 燃燒分解法

(1) 完全燃燒法 (溶融固化處理法)

完全燃燒法是在焚化時以燃燒氣體保持焚化室在 1250~1450°C 的高溫條件下，將戴奧辛類、多環芳香

環的碳氫化合物等有機物完全燃燒，以抑制燃燒時戴奧辛類等有毒物質再形成(宮田,1998)。而且，在此高溫下無機物會溶融化變成玻璃物質的固結灰渣。99%的戴奧辛類雖可被分解但焚化設備價格高昂，焚化所需費用高等。但以此法處理之最終廢棄物為固結狀的灰渣，最終掩埋處理後戴奧辛類、鎘等重金屬也幾乎不會溶出是此法之優點。

戴奧辛化合物的微生物分解

表 4. 戴奧辛類綠化合物對白鼠、老鼠的急性毒性

置換位置	半數致死量 (ug/kg)	
	白鼠	老鼠
無置換		> 50×10 ³ (ip)
2,8	> 3×10 ⁵	
2,3,7	29,444	> 3×10 ³
2,3,7,8	0.6~2.0	283.7
1,2,3,7,8	3.1	337.5
1,2,4,7,8	1125	> 5×10 ³
1,2,3,4,7,8	72.5	825
1,2,3,6,7,8	71~100	1250
1,2,3,7,8,9	60~100	> 1440
1,2,3,4,6,7,8	> 600	
1,2,3,4,6,7,8,9		> 4×10 ⁴

(2) 熱分解處理法 (加熱脫氯處理)

熱分解處理法是在低氧的條件下，加熱將戴奧辛化合物類脫氯，最終將其完全分解。此法雖戴奧辛類的分解率可高達 95%，但熱分解時加熱溫度及氧氣濃度的控制相當困難。反應後必須急速冷卻，以免戴奧辛類化合物的再生成，而且處理後飛灰(不會形成固結灰渣)的掩埋後會有戴奧辛或其他重金屬溶出的危險。

(3) 造粒燒結法

造粒燒結法是利用上法燒成的飛灰中加入微粉碳與水壓製成粒狀後在 1100°C 的高溫下燒結而成。此法可行性較高，已有小型試驗工場運轉。另外在焚化垃圾所產生含有戴奧辛之煙氣，放入大氣前利用金屬氧化物做為融媒來分解戴奧辛或將其無毒化的方法(分解率 99%以上)也被開發成功。

2. 光分解法

戴奧辛光分解法即利用太陽光或紫外線光將戴奧辛分解的方法。要完全分解 2,3,7,8-TCDD 太陽光需要 24 小時，紫外線光需要 8 小時，最近也有科

學家利用光觸媒即在二氧化鈦(TiO₂)的存在光照射下即可將有機物分解的方法)，將戴奧辛除去。

3、化學分解法

化學分解法主要是以超臨界水的分解，水在高溫高壓下(臨界壓力、臨界溫度)下稱之超臨界水，此種物質既不是氣體也不是液體性質。具有氧化(分解)戴奧辛化合物的能力，以此法處理戴奧辛僅在 30 分鐘內即可完全分解戴奧辛。此法已接近實用化的階段，近年附設有超臨界水處理含戴奧辛的飛灰之垃圾焚化設備，已有市售產品的出現。

4、微生物分解法

在室外環境污染雖濃度低但範圍廣的戴奧辛污染解決法以微生物法最為有效。

四、戴奧辛化合物的微生物分解

利用生物來進行環境的淨化即稱之 bioremediation。近年也相當盛行如能利用將環境污染物無毒化，或污染物質分解，將對地球環境有正面的功效，而且對環境污染物質有絕對的去除功效。分解戴奧辛的方法有很多較主要的分解力式有燃燒法、光分解法、化學分解法、微生物分解法等。各法均有其處的條件及優缺點、不同的分解效率。但對分布區很廣、低濃度戴奧辛的分解以微生物法較為有效及較為可行。如果有有效的篩選管理微生物應該有可以有效去除土壤中戴奧辛。一般以微生物分解戴奧辛不僅需要長時間，且分解性低，但前人研究之結果顯示分解速率低但其不無可行性。

(1) 土壤的自療作用

土壤中戴奧辛化合物的分解，依土壤中微生物的種類、分布及微生物的量所左右。美國學者 Kearney(1972) 在美國馬利藍州在土壤中添加 1 Oppm 的 2,3,7,8-TCDD，探討經過一定時間後戴奧辛分解的比率，結果顯示在行約 350 天之後約有

30-44%的戴奧辛化合物被分解，其分解主要原因是來自土壤中的微生物，結果顯示土壤中的2,3,7,8-TCDD的半衰期為10-12年，在湖的底層則為約550-590日(宮田, 1998)。

(2) 細菌對戴奧辛的分解

細菌對戴奧辛也有分解能力，Wi1kes 等人 (Monna et al, 1993) (Wi1kes et al.,1996) 探討對 sphingomonas 屬細菌對戴奧辛的分解能。發現氯原子置換基的多寡與分解效率有關，1 個氯置換基時的分解效率高達 60-100%，二個置換基為 10-80%，三個置換基以上則無法分解。另外，依據 Kelecka (Klecka et al : 1974)指出自 Pseudomonas 菌中分離出對低氯原子置換度戴奧辛高分解能的菌株。

(3) 木材腐朽菌對戴奧辛的分解

木材腐朽菌也能分解多種的難分解的有機化合物，因此 Valli 等 (Valli et al,1992) 嘗試以 *P. chrysosporium* 分解 2,7-DCDD(0.25 μmole)，發現經過 27 天的處理後，約有 50%左右的戴奧辛被分解。Takeda 等 (Takeda et al.,1996) 則以 *P. chrysosporium* 及 *P.sordida* 處理低濃度 (500pg) 的對高氯原子置換度戴奧辛類化合物，在經過 14 天的處理後有 40-60%被分解。因此證實木材腐朽菌可以應用在處理戴奧辛等污染物的分解上，只要分解效率夠快都有應用的可能。Tachibana 等 (橘等, 1996) (伊藤等,1997) 開發戴奧辛分解菌的篩選方法，自 401 株菌株中篩選出 3 株分解效率高的菌株，並配合已知菌株 *P. chrysosporium* 及 *C. veriscolor*，在經過 15-30 天的培養下可以分解 24-85%戴奧辛。其結果顯示如圖 3。所用戴奧辛濃度遠超過 Vali 等所採之濃度的 15-50 倍，而且其分解速率提高約 2 倍(約在一半時間內即可完成)內以上結果。顯示只要有快速分解菌株在短時間內，可能完全分解戴奧辛化合物。另外 Kiyota 及橘等 (Kiyota et al,2000) 也利用細胞融合的手法造出戴奧辛快速分解菌，以篩選出

的快速分解菌，配合 *P. chrysosporium* 融合之菌株在 15-30 天內戴奧辛的分解率高達 94%，顯示以細胞融合的手法可製造出具有快速分解能的戴奧辛分解菌(Kiyota et al., 2000)(圖 4)。

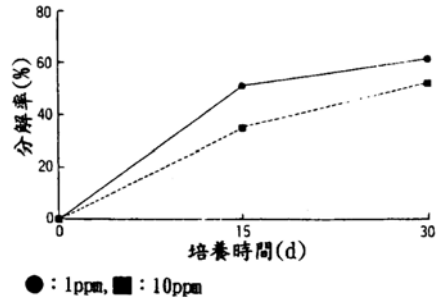


圖 3.天然篩選菌對土壤中 2,7-DCDD 分解率的變化

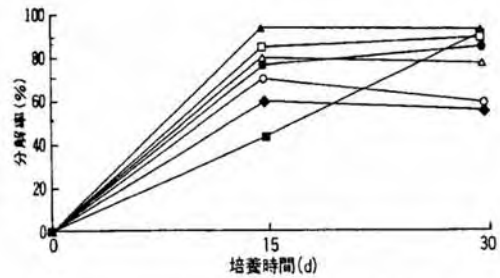


圖 4.天然篩選及經細胞融合菌對 2,7,DCDD(0.25mM) 的分解(橘, 1996)

木材質腐朽菌對戴奧辛時分解時推定 PCDD 之分解路徑如圖 5(橘等,1996)，路徑是 首先反應基質與酵素反應，使芳香環上的氯原脫離，接著氯原子與碳原子間的鍵結開裂形成蒽醌 Quinone，Quinone 的還原，使芳香環開裂，最後形成二氧化碳及無機氯原子。PCDF 的分解路徑也被闡明(大川等 1999)，但不同氯置換戴奧辛之分解機制可能不同，因此其酵素系的作用也因此不同，有待進一步的探討。

戴奧辛化合物的微生物分解

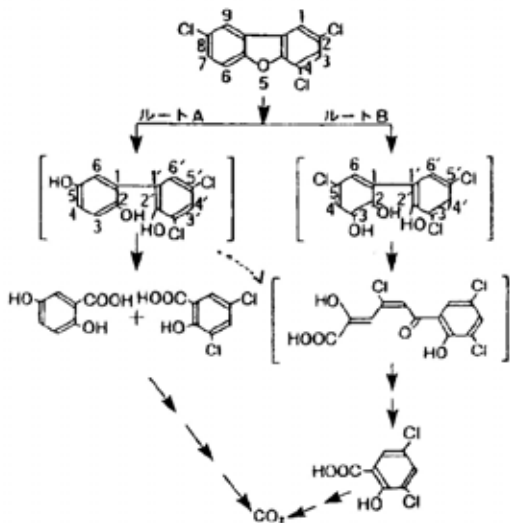


圖 5.以戴奧辛分解菌進行 2,4,8-TCDF 的分解時之分解路徑

五、紙漿中戴奧辛的分析法

紙及紙漿工業在製造中可能會在漂白工程中形成戴奧辛化合物，經多人研究戴奧辛是在氯漂段形成，主要的證據是在氯水漂液及漂白紙漿中可測出戴奧辛類綠化合物(阿部, 1991)。圖 6 為目前已確立之戴奧辛分析，定量法之流程圖，測定之範圍，靈敏度、信賴度則依所應用之 GC-MS 及分析操作法而異，紙、紙漿及廢水中戴奧辛量為 ppt 程度，因而需具備能精確測定 $0.1\sim 0.01\text{pg}(\text{pg}=1\times 10^{-12}\text{g})$ 戴奧辛化合物量之 GC-MS。因為其為超微量的分析及有各種異構物實驗室之前處理，後處理等相當困難並需花費大量的分析費用。

分析操作法也依分析機構各有不同，例如抽出時用何種溶劑，抽出時間多久？濃縮之方法？酸處理時酸之濃度多少呢？矽膠管柱用矽膠幾克呢？用何種溶劑，多少時間沖提呢？此等數據、方法均與分析機關之數據之信賴度及精確度有關。以下就瑞典製漿造紙研究所之分析法中重點簡單說明。看起

來像是很單純之操作但確立此操作法已發下大量之費用及心血。

分析操作：將一定量之風乾紙漿裝入脂肪抽出器，添加內部標準溶液 $100\ \mu\text{L}$ toluene 於紙漿中後，以乙醇進行萃取，萃取 48 小時後抽出一中加入 4 滴 n-tetradecane 做為戴奧辛保持劑後，已減壓濃縮器在減壓下 35°C 進行濃縮，濃縮至 $1\ \mu\text{L}$ 為止。

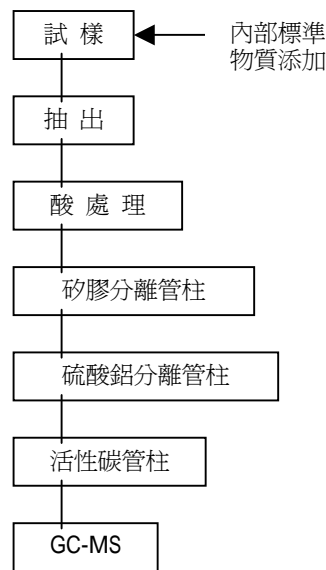


圖 6. 戴奧辛的分析程序圖

此濃縮液再以正己烷溶解稀釋後，以三種層析管柱進行精製即以順序矽膠、硫酸鋁、活性碳將試樣精製。精製後之試樣再加入 $10\ \mu\text{L}$ n-tetradecane 在毒氣室內風乾後，調製分析試料，分析用試樣加入 $\text{C}_{13}\text{-1, 2, 3, 7, 8-PCDF}$ 為內部標準後以 HRGC-MS (高分解能 HR GC-MS) 分析。由標準物質 $\text{C}_{13}\text{-1, 2, 3, 7, 8-PCDF}$ 之回收率可知試樣中之戴奧辛被抽出保持之情形。加入 n-tetradecane 做為保持劑時約有 90% 以上之回收率。由對照實驗、污染之有無，內部標準之回收率可確定分析之精密度。

如上述戴奧辛有非常多之異構物存在，如何將此等異構體有效分離、定量是分析之重點，以瑞典造紙研究所(STFI)設備能將 24 種四個置換氯之 TCDDs 異構物中之 14 種分離定量之，5 個置換氯原

子中之 PCDDs 中之 11 種分離定量。表 5 為自工廠取得之漂白紙漿中戴奧辛含有量之定量結果。戴奧辛之異構物雖多但可測出戴奧辛之種類則相當有限。

表 5.漂白紙漿中戴奧辛類化合物的含有量

同族體、異性體	含有量 pg/g	同族體、異性體	含有量 pg/g
Tetra-CDD		Tetra-CDF	
1368	4.2	1368	—
1379	2.6	1468	—
1369	—	2468	—
1247/1248/1378/1469	0.9	1246/47/1346/47/78	1.0
1246/1249/1268	—	1379/1367/1248/1348	—
1478	—	1268/1478/1267	6.5
1279	—	1237/1369	—
1269/1236/1234	—	2369/467/1469/679/238/6	5.0
1237/1238	—	1278	22
2378	10.6	1349/1267	—
1239	—	2378/46/47/48/1249/79	57
1278	—	2367	—
1267	—	3467/1269	—
1289	—	1239	—
	—	1289	—
Penta-CDD		Penta-CDF	
12468/12479	13	12468/13468	—
12489	—	13678	+
12368	20	12368/467/478/13478/67	—
12478	+	23469/14678/13479	—
12379	+	13469	4.2
12369	—	12479	—
12489/12467	—	23468/12347/12346/12469	—
12347	—	12348	—
12346	—	12378	2.2

戴奧辛化合物的微生物分解

12378	—	12367	—
12367	—	12678/23489/12379	—
12389	—	23478/12679/12369	5.0
		23467/12489	—
		12349	—
		12389	—
<hr/>		<hr/>	
Hexa-CDD		Hexa-CDF	
124679/124689	—	123468	—
123468	—	134678/124678	—
123679/123689	—	134679	—
123469	3.5	124689	—
123478	—	123467/123478	—
123678	—	123678	—
123789/123467	—	123479	—
		123469/123679	—
		123689	—
		234678	—
		123789/123489	—
<hr/>		<hr/>	
Hepta-CDD		Hepta-CDF	
1234679	3.4	1234678	—
1234678	5.8	1234679	—
		1234689	—
		1234789	—
<hr/>		<hr/>	
Octa-CDD		Octa-CDF	
12346789	9.2	12346789	9.8

(阿部,1991)

六、結語

本研究室在這幾年來除對微生物降解木片之製漿評估(蘇裕昌, 2000)也對造紙應用微生物之篩選(Su and Wang, 2003)付出相當大的努力, 也在嘗試篩選出對漂白效果之菌株, 將此等菌株進行戴奧辛分

解試驗之預備試驗在二週~三週而得到 50~70% 左右的戴奧辛去除率(蘇, 2003), 因而認為有價值進一步進行篩選之工作, 期能在溫度較高溼度較高的台灣地篩出較美國、日本分解速率之菌株而對戴奧辛的實際分解有提升效率之助益。

七、参考文献

1. Kiyota, K., Tobita M., Yamaguchi Y., Koyama, T., Yasumoto S., Hara, K., Itoh, K., Tachobana, S., 2000 Biodegradation of dioxins by fungi having ability for degradation of dioxins. Proceedings of Intl Sym on Environ friendly and emerging technol for a sustainable pulp and paper industry pp.347-350
2. Keaney, P.C., Woolson, E. A., Ellington, C. P. 1972 Persistence and Metabolism of Chlorodioxins in Soils. Environ. Sci. Technol.. 6(12) 1017-1019
3. Klecka, G. M., Gibson, D. T., 1979 Metabolism of Dibenzo-p-dioxin by *Pseudomonas* species. Biochem. 180, 639 - 645
4. Lamar, R. T., Davis, M. W., Dietrich, D. M., Glaser, J.A. 1994 Treatment of a Pentachlorophenol-and Creosote-Contaminated Soil Using the Lignin-Degrading fungus *Phanerochaete sordida*; A Field Demonstration, (Soil). Biol. Biochem.. 26(11) 1603-1611
5. Monna, L., Omori, L., Kondo, T., 1993 Microbial Degradation of Dibenzofuran, Fluorene and Dibenzo-p-Dioxin by *Staphylococcus auriculaeus* DBF63 Appl. Environ. Microbiol. 59(1) 285-289
6. Su, Yu-chang and I-Chen Wang 2003 Screening of fungi for pulping and papermaking application. Submitted to Taiwan J For Sci
7. Takada, S., Nakamura, M., Matsuda, T., Kondo, R., Sakai, K. 1996 Degradation of Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans by the White Rot Fungus *Phanerochaete sordida* YK-624. Appl. Environ. Microbiol, 62(12) 4323-4328
8. Valli, K., Warilshi, H. Gold, M. H., 1992 Degradation of 2,7-Dichlorodibenzo-p-Dioxin by the Lignin-Degrading Basidiomycetes *Phanerochaete chrysosporium*. J. Bacteriology, 174(7)2131-2137
9. Wilkes, H., Wittich, R.M., Timmis, K. N., Fortnagel, P., Francke, W. 1996 Degradation of Chlorinated Dibenzofurans and Dibenzo-p-Dioxins by *Sphingomonas* sp. Strain RWI. Appl. Environ. Microbiol. 62 (2) 367 - 371
10. Wittich, R.-M., Wilkes, H., Sinnwell, V., Francice, W., Fortnagel, P. 1992 Metabolism of Dibenzo-p-Dioxin by *Sphingomonas* sp. Strain RWI. Appl. Environ. Microbiol., 58(3) 1005-1010
11. 橘燦郎, 大川浩樹, 伊藤和貴, 沖 妙, 平林達也: 1996 木材腐朽菌によるバイオレメディエーション(I)ダイオキシン分解能を有する菌のスクリーニングおよび選抜した菌と数種の木材腐朽菌による2,7-ジクロロジベンゾ-p-ダイオキシンの分解。紙パ技協誌, 50(12):806 - 18150
12. 伊藤和貴, 大川浩樹, 橘燦郎, 平林達也: 1997 木材腐朽菌によるバイオレメディエーション(II)ダイオキシン分解菌の酵素活性と2,7-Dichlorodibenzo-p-Dioxinとの関連およびダイオキシン分解菌のスクリーニング法の改良。紙パ技協誌, 51(11) 1759-1768
13. 大川浩樹, 伊藤和貴, 橘燦郎: 1999 木材腐朽菌によるバイオレメディエーション(III)ダイオキシン分解菌による2,4,8-トリクロロジベンゾフランの分解, 紙パ技協誌 53(8)1054-1062
14. 小野寺祐夫 1992a ダイオキシンの発生機構と対策(I), ALPHA・No.5, 2-9
15. 小野寺祐夫 1992b ダイオキシンの発生機構と対策(2), ALPHA・No.6, 2-10
16. 宮田秀明 1997a ダイオキシンの化学細胞と毒性, 化学, 52(10) 15-18
17. 宮田秀明 1997b データで見るダイオキシン, 化学, 52(10) 29-30

戴奥辛化合物的微生物分解

- 18.宮田秀明 1998 よくわかるダイオキシン汚染，合同出版，pp26—28
- 19.割石博之 1999 ラッカーゼを用いるダイオキシンの分解方法 特開平 11—211651
- 20.蘇裕昌 2000 微生物降解木片的製漿評估 台灣林業科學 15(2)257-266
- 21.蘇裕昌 2002 未發表數據
- 22.蘇裕昌 2003 未發表數據
- 23.大井 洋，細谷 修二，真柄 謙吾 2002 広葉樹材酸素漂白クラフトパルプの二酸化塩素漂白におけるダイオキシン類の水準，紙パ技協誌 56 (10) 92—98
24. 大井 洋 2002 広葉樹材酸素漂白ラフトパルプの二酸化塩素漂白におけるダイオキシン類の水準 紙パ技協誌 56 (9) 83—92
- 25.大井 洋，中 惠一 2003 ECF 漂白の環境改善効果 紙パ技協誌 57 (7) 31—37
- 26.阿部 善作 1991 さらしパルプ製造に伴うダイオキシン類 ALPHA (5) : 47-55
-
- *蘇裕昌 行政院農業委員會林業試驗所木材纖維組 研究員兼組長
- *Dr. Yu-Chang Su, Senior Scientist and Head of Division of Wood Cellulose, Taiwan Forestry Research Institute, Council of Agriculture.

俣

(廣告)

台灣荒川化學工業股份有限公司

換拼現成底片