



用植物來淨化環境

一、緒言

地球上存在有遠自太古由生物所生產之天然資源，亦有近年由於文明之進步，人類所製造出來之多種合成物質，即到處可見之化學物質。在化學產業之發展中，合成物質廣被用為建築材料與家庭用品，該等物質進入住家環境內，對於吾人生活水準之提升，固然有很大貢獻，然而，也對人類浮現重大之問題。例如，汽機車所排放廢氣之公害問題，化學物質材料用於建築所造成之非健康房屋(sick house)症候群，工廠廢水等污染源流入河川，自來水道之污染性化學物質問題等，均有增加之勢。

吾人在日常之生活中，時時並連續的暴露在各種化學物質中，有經口吸收，也有經過皮膚接觸到，此一情況長時間會對人類之存亡造成危機。世界上，有關化學物質對環境污染之問題，層出不窮，如何改進之法，也有很多研究。

◎郭寶章 譯述

國立台灣大學森林系名譽教授

(原著：大平辰朗 / 日本森林綜合研究所、樹木抽出成分研究室主任研究官 / 植物を用いた環境淨化，山林No. 1348，P. 17~26，2000年)

本文乃就這些問題，特別是最近以植物為素材之研究實例，即植物對環境淨化效應之有關研究，加以介紹。

譯者按，植物包括樹木與森林，其對大小物理環境包括氣象上、水文上與土地資源諸因子，具有調整與改進之作用，已見於森林之公益功能要義中。至於利用植物來改善遭受污染之效應，常指住家以外之社區、都市之環境，則屬

於環境保護問題。而用植物來淨化吾人居住住屋之小環境，是近年才發展之新觀念，蓋其功能是

關係到每個人之切身與生活上之健康問題，故將之譯出，本文已獲原作者

大平辰朗先生之同意，希望提供森林界與建築界之參考。



二、植物對於二氧化氮之淨化

各種機動車輛所使用之汽油與輕油等石化燃料，在空氣中燃燒的過程中，伴隨氮素之反應而生成有毒氣體之二氧化氮、一氧化氮及氮氧化合物，這些有毒氣體均是造成酸雨之原因，也是經過光化學氧化劑而變為有毒氣體。最近瞭解，二氧化氮分子在DNA鹽基之反應，能修飾鹽基之構造，而氮氧化合物尚有致癌與突變之誘發性。大氣中二氧化氮濃度逐年有輕微增加之勢，這也成為工業化國家與開發中國家所共同關心之地球規模問題。

植物利用光能，在葉部將二氧化碳同定同化，而製造澱粉，並生成氧氣，已為週知之事。同樣的，植物利用光能將造成問題之二氧化氮予以還元同化，以備製造氨基酸，當然，二氧化氮對植物提供氮肥之利用。日本廣島大學森川氏重視上述機能，曾做過不同植物種類與個體之調查，其包括同化能力高之植物種與個體，包括分布於道路兩側之雜草、樹木與草坪及花壇之草木合計220種，結果對二氧化氮同化能力高之植物屬於菊科之菊唐草(*Ellisiophyllum* sp.)、桉樹(*Eucalyptus* sp.)及相思樹(*Acacia* sp.)等植物，其與最低之鳳梨科(*Ananas* sp.)間差到1,000倍。更詳細之報告指示，同化能力高之植物除

菊科外，而禾本科及鳳梨科植物一般均較低。自然界之植物中對於二氧化氮同化能力是存有較大之差異，不過可藉著人為的育種選擇與基因操作，可能將之提升。

此外，研究已瞭解植物對於二氧化硫等無機大氣污染物而言，也是很重要的沈積源，因之在工廠地區之綠帶或都市內之綠化區，正研究植物對於大氣污染物質濃度的減化。

三、用植物淨化室內空氣

1970年代自從發生能源危機以來，即提倡氣閉式之住宅與大廈之建築形式，導致換氣率降下之原因，而人們卻長時間生活在由化學物質所積聚之環境內。其後，新建的改良式家屋或高樓採用了具有香味之甲醛及其溶劑等為建材，這些材料更引起頭痛與眩暈等症候，嚴重的影響日常生活，而成為各種的社會問題，即所謂非健康房屋症候群。

美國環境保護署(EPA)數年前調查，使用微量有問題之化學物質，供為一般的建築材料用於室內裝飾品、壁紙及布等，經過連續的釋出結果，使室內之空氣較之室外增高2~5倍之污染度，且此一現象今後將不斷增多，有必要速謀對策，方法之一即利用植物以發揮功能。

表1 室內植物除去化學物質之效果 (在密閉容器內經24小時) 單位: ppm, %

植物名稱	甲醛			苯			三氯乙烯		
	初期濃度	最終濃度	除去率	初期濃度	最終濃度	除去率	初期濃度	最終濃度	除去率
			(%)			(%)			(%)
大竹蕉 (Mass cane)	20	6	70	14	11	21.4	16	14	12.5
Dracaena massangeana									
(Pot mum)	18	7	61	58	27	53	17	10	41.2
Crysanthemum morifolium									
大丁草 (Gerber daisy)	16	8	50	65	21	67.7	20	13	35
Gerbera jamesonii									
竹蕉 (Warneckei)	8	4	50	27	13	52	20	18	10
Dracaena dermensis									
垂榕 (Fig)	19	10	47.4	20	14	30	19	17	10.5
Ficus benjamina									

(註) 植物自試驗開始到結束, 維持常用溫度; 試驗行於密閉之容器中, 24小時, 溫度30°C, 125呎燭光下。

美國國家航空太空署(NASA)在太空船與太空站為發展一種生活環境系統, 於1973年開始做室內空氣污染之有關研究。研究項目中包括在室內用植物來淨化空氣之系統, 在不同之植物中以室內觀葉植物之淨化效果最優。對於代表性之有害氣體: 苯、甲醛、二氯乙烯經24小時之觀測, 發現植物間對空氣之淨化有不同程度之效果, 也明瞭無一種是萬物植物對每種有毒氣體均有效, 不過發現柚葉藤(Pothos sp.)、蘆薈(Aloe sp.)、大丁草(Gerbera sp.) 菊科一種室內觀葉植物對上述三種污染性化合物有50%以上之淨化功效(表1)。NASA並研究熱帶及溫帶植物, 並對盆栽植物不同部位之效應以及對溫度與溼度之影

響, 亦加以研究。

Wolverton等指出, 不僅研究觀葉植物, 也注意到植物根圈部位所生育之微生物及其淨化能力, 不僅植物尚包括培育植物之活性土壤及土壤中所分布之微生物間, 使淨化效果達到相乘的增進效果。近藤等稱觀葉植物之氣孔能吸收大氣中之甲醛, 使用馬拉巴栗(Pachira sp.)等10種植物比較吸收甲醛之能力, 結果以合果宇(Syngonium sp.)之吸收能力為最強。為進一步設計質量收支之模式, 在一可吸煙之會議室內放置一盆合果宇(總葉面積為0.9m²), 結果室內甲醛之濃度平均降低5%, 因此可確認觀葉植物有改善室內污染之功能。

大藪等為建立一有毒氣體連續觀測

之感應器 (sensor) 系統，調查觀葉植物類對於甲醛、甲苯、阿摩尼亞及煙草之淨化能力，結果，以柚葉藤、虎尾蘭 (Sansevieria sp.) 對於甲醛、阿摩尼亞及煙草用試驗濃度 50 ppm 經過六小時，會達到完全淨化之程度。

四、樹木對甲醛之減輕效果

近藤等認為銀杏 (Ginkgo biloba) 對甲醛有除去之效果，曾選用了 9 種落葉性闊葉樹、常綠性闊葉樹及針葉樹，以檢測樹木對於甲醛之吸收率，

結果各樹種群吸收率之高低依次為落葉性闊葉樹種 > 常綠性闊葉樹種 > 針葉樹種，經證實凡生理的呼吸率高之植物，其對甲醛之吸收率亦高。各樹種 (群) 之甲醛吸收率示如表 2。

依表 2 所示，對甲醛吸收率高之植物為意大利黑楊、洋槐及三角楓，同時瞭解當光量高時，植物對甲醛之吸收率亦高，植物在行使光合作用過程中，吸收甲醛並將之分解，當甲醛之濃度愈高時，相對的吸收率亦增高，最高能吸收

表 2 落葉性闊葉樹、常綠性闊葉樹及針葉樹各種對甲醛之吸收率

樹種	樣本數	吸收率 (ng/dm ² /hr/ppb)
落葉性闊葉樹		
意大利黑楊 (Populus nigra var italica)	8	137± 14.4
洋槐 (Robinia pseudoacacia)	8	113± 28.5
三角楓 (Acer formosana)	11	56.1± 8.2
春榆 (Ulmus propinqua)	8	55.2± 10.2
常綠性闊葉樹		
山茶 (Camellia japonica)	9	46.2± 11.6
白櫟 (Quercus myrsinaefolia)	9	44.0± 7.9
針葉樹		
黎巴嫩雪松 (Cedrus libani)	8	25.7± 1.7
日本黑松 (Pinus thunbergii)	8	8.6± 1.8
銀杏 (Ginkgo biloba)	8	44.3± 8.9
(註) 甲醛之試驗溫度：65 ~ 78ppb		
光量：PPFD: 1,000 μ mol of photons / m ² / sec		

達 2,000ppb 之濃度，而也表示這些樹種對於甲醛之耐性亦較高。

在改善室內之環境方面，機械的換氣與排氣是常用的方法，但不能完全有效。所以，用植物來分解污染物質，使變為無毒性，具有較強之淨化空氣效能，如何加以利用，是愈來愈重要了。

五、利用木材使甲醛低減化

木材是多孔性結構，故有吸濕性及斷熱性之功能。依含有成分之不同，又有抑制發黴及除壁蝕之效果，且木材中

所含有毒之化學物質極少，是一種健康的生物性材料。黑山等研究木材對於甲醛確有減輕之功效，惟木材在吸收後也會釋放出微量之甲醛，但確能吸收相當量之甲醛存在木材中，試驗結果（表3）顯示，建材如白柳桉、紅柳桉、柳杉、羅漢柏及花柏等，其木材之吸收率在42.8～68.9%範圍內變動，而以白柳桉之吸收率為最高，一旦吸收後再放出（率）多高達31.6%，少者僅為3.5%，除合板試材外一般木材之吸收率均高於放出率為其特性。蓋木材對於甲醛之化學成分及分解成分具有捕捉之作用。

六、樹木精油類對於有害物質之除去

已知樹木精油類(essential oils)具有抗發黴與殺壁蝨之特性，及使吾人感到身心爽快之功能，除平靜氣氛外，尚有消臭與脫臭之作用，例如扁柏與冷杉之葉部精油是代表性之除臭劑，可除去阿摩尼亞、二氧化硫及二氧化氮等，

表3 各種木材對於甲醛之吸、放出量

建材名稱	吸收率(%)	再放出率(%)
白柳桉(<i>Shorea</i> sp.)	68.9	3.5
紅柳桉(<i>Shorea</i> sp.)	38.4	26.8
柳杉(<i>Cryptomeria japonica</i>)	45.3	26.4
羅漢柏(<i>Thuopsis dolabrata</i>)	42.8	26.4
花柏(<i>Chamaecyparis pisifera</i>)	55.6	31.6
合板材1	14.3	88.2
合板材2	17.4	83.1

有害物質之種類不同，脫臭率亦有差異，但任何精油對於有害物質均有相當程度之消除功用（表4）。

如表4所示，對二氧化硫而言，在精油濃度5%之扁柏（葉、材）及冷杉之葉油均能發揮100%之脫臭率。而對阿摩尼亞用10%以上之扁柏葉精油濃度，其脫臭率均已超出50%，而以100%濃度之扁柏葉部精油，其脫臭率甚至高達97%，冷杉葉油及羅漢柏材油其脫臭率分別也高到96%及94%，即精油之濃度愈高時，其脫臭之效果亦愈強也，各樹種5

表4 樹木精油對有毒氣體之脫臭能

精油之種類	阿摩尼亞				二氧化硫	二氧化氮
精油/乙醇濃度(%)	5	10	50	100	5	5
扁柏葉油(<i>Chamaecyparis abrusa</i>)	26	57	74	97	100	44
冷杉葉油(<i>Abies suchalinensis</i>)	24	47	68	96	100	40
扁柏材油	14	—	—	—	100	49
羅漢柏材油	—	34	63	94	—	—

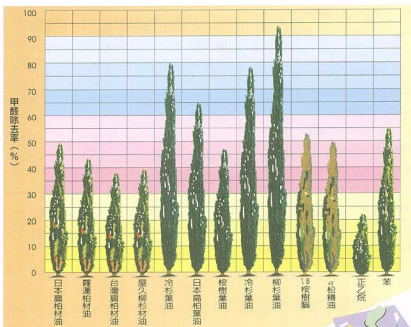


圖 1 用樹木精油成分去除甲醛

除去率 (%) = $\frac{[\text{基板濃度} (\mu\text{g}/\text{m}^3) - \text{精油成分通過後之濃度} (\mu\text{g}/\text{m}^3)]}{[\text{基板濃度} (\mu\text{g}/\text{m}^3)]} \times 100$

%濃度之精油對二氧化氮也均顯示近 50 %之脫臭能。有關精油脫臭之機制目前尚在研究中，可能是一種隱藏 (masking) 效應與精油成分之一種反應。

其次，就上述用樹木精油以除去室內空氣污染物之代表性有害物質甲醛效果示如圖 1。

據大平等研究，選用 11 種之樹木之葉油、材油及精油構成物質，以觀測其

對甲醛之除去(率)效

果。一般言之，均有不同程度之功能，但葉精油均較材精油之除去率為高，此應為可以想像之事實。樹木之精油因樹種及部位(葉、材、樹皮等)而使組成成分及含量有所不同，故其香氣之活性應該也不相同。一般葉油含低沸點成分較多，其能使人感到爽適，而材油以中沸點至高沸點之物質較多，比較安定。由此推測，精油對於甲醛之除去率有所差

異，乃因精油類之組成分不同所致。據圖1所示，以柳杉葉油及冷杉葉油之除去率高達80%~90%，表示其對甲醛除去之效果為最佳。

精油類之吸著作用其細微機制，至今尚欠明瞭，經對精油組成分之烯類之反應性等加以調查，此對上述機制之瞭解，可能有些貢獻。瞭解此機制後作為精油利用法之基礎去製造甲醛之捕臭劑，以及環糊劑(cyclodextrine)等各種呈精油反應之包接化合物，到適用化階段可能尚有其他方法，也有在發展用濾過器放在身邊用為空氣清潔機等，但一直到確定有效之用途前，對於柳杉葉、冷杉葉、雲杉葉等精油去除甲醛之顯著功能，不宜忽視，應定為森林資源之一項貴重且有效之利用方法。

七、樹木樹皮成分對有害物質之除去

樹木之樹皮中富含單寧與多元酚成分，此與飲茶中之澀味來自兒茶素(catechin)屬於同類之化合物。大原等研究發現樹皮中所含縮合型單寧具有吸著蛋白質、重金屬及消臭之功能值得重視，遂對於樹木吸著惡臭氣體如阿摩尼亞、甲醛、乙醛等能力，加以研究，對阿摩尼亞而言，以相思樹單寧(acacia tannin)效果為最好，而以兒茶素之吸著能為最低，反之對甲醛而言，兒茶素及松單寧(pine tannin)之吸著效果為最顯著，而相思樹單寧之吸著能卻較低也。

八、木質系炭素材料對有害物質之除去

用木材製造木炭是木材之再利用或森林資源有效利用之重要課題，只要有場所與工具，幾乎任何人都會製炭，因

表5 各種木炭對環境污染物質之除去率

		除去率(%)			
		2,2-雙對酚甲烷		對壬基酚	酸酐
試驗液濃度ppm		5	0.05	5	5
木	柳杉(Cryptomeria japonica)	52	98	88	90
	赤松(Pinus densiflora)	96	98	98	98
	柞木(Quercus serrata)	73	96	83	85
炭	苦竹(Phyllostachy reticulata)	10	30	15	20
	活性炭(椰子殼)	100	100	99.5	100

(註) 木炭之尺寸: 10 < mesh < 5

此，製炭是一項容易之作業。木炭之多孔性構造，具有優異之保水功能與物質之吸著能（absorption capacity）。若採木炭放置在空氣中或水中，能消除其中之有害物質，具體之例常見在河川用木炭以達到淨化水質之作用。

最近有一環境賀爾蒙（environmental hormone），指戴奧辛、PCB、DDT等有毒物質，能造成生物的生殖的障礙，甚至不能生育者之問題（與營養化有關，即在河川集水區之土地利用時，撒布大量之肥料與農藥，污染了水質，但適度之施肥對河川不啻添加賀爾蒙作用）。環境賀爾蒙常存在於河川之中，依實驗室之研究結果顯示，赤松及柳杉之木炭對於代表性之環境賀爾蒙有除去之效果，就對於濃度 0.05ppm 之 2,2- 雙對酚甲烷而言，柳杉、赤松及柞樹等樹種木炭可達到 95% 以上之除去率，市面上售賣之活性炭也具有相同之除去效果，當 2,2- 雙對酚甲烷之濃度高到 100 倍時，赤松木炭之吸著率也會高到 96%。柳杉與赤松木炭對於對壬基酚、酸酯等也有 90% 超高之吸著率（表 5）。是故木炭乃除去水中環境賀爾蒙之最有效方法。

根據有馬等對於空氣中之有害物質加以除去之研究，其就製材所存留之廢材柳杉、竹及粒片板再利用，以不同之

溫度製成木炭，而調木炭對甲醛之吸著能，當炭化之溫度愈高時，其吸著能亦愈強，其中尤以柳杉木炭之吸著能為最大。因之，用高溫製成之木炭為室內環境之淨化法，是有其可能性。

九、後記

以上是依據最近之研究實例，所證實植物及其材料製品對於大氣中以室內之空氣環境，與河川之水環境中有有害物質之污染有除去之功能，加以介紹。由於人類所追求之便利條件，普遍的使用化學物質，所造成之污染結果，已危害到人類自身之生存，必速謀減低之策，在如此發達之近代社會，為了使化學物質之低減化，是花費了很多時間，但若不能有效落實，必造成生活上之困擾。植物較之人類較早出現在地球，是經過長期的殘酷環境所演化下來，因之，植物所面對之環境較人類所遭遇者為嚴苛，瞭解植物之生活與潛在能力對人身之影響，並加以利用，會深深感到植物之偉大。但實際上植物一直並未被人類認真的且尊重的加以利用，今後，實應多多瞭解植物之特性與功能，將其納入吾人之生存與生活中，確有必要性。

（本文引用文獻共有日文 20 篇，因台灣不易查到，故省略不排，有必要者請與譯述者聯絡。）

