

建材之蟲害、黴菌防制技術研究

內政部建築研究所委託研究之成果報告（104年度）

建材之蟲害、黴菌防制技術研究

內政部建築研究所委託研究之成果報告

中華民國 104 年 11 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

(國科會 GRB 編號)
104301070000G0011

建材之蟲害、黴菌防制技術研究

受委託者：中華木質構造建築協會

研究主持人：王松永

協同主持人：楊德新

研究助理：陳克恭、趙偉成、江上筠

內政部建築研究所委託研究之成果報告

中華民國 104 年 11 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

目次

表次	III
圖次	V
摘要	VII
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 相關文獻資料彙整與分析	3
第二章 研究方法與試驗流程	11
第一節 研究步驟、方法及流程	11
第二節 相關試驗與研究步驟	19
第三章 研究成果與發現	21
第一節 市售相關木質建材之抗蟻性評估	21
第二節 藥劑處理 LVL 之特性評估	22
第三節 藥劑處理實木之特性評估	32
第四節 藥劑處理時木單板之防黴性評估	38
第四章 結論與建議	51
第一節 結論	51
第二節 建議	53
附錄一 期初審查會議意見回應表	55
附錄二 期中審查會議意見回應表	57
附錄三 期中審查會議簽到表	59

附錄四	期末審查會議意見回應表	61
附錄五	期末審查會議簽到表	63
附錄六	第一次專家座談會議意見回應表	65
附錄七	第一次專家座談會議簽到表	69
附錄八	第二次專家座談會議意見回應表	71
附錄九	第二次專家座談會議簽到表	73
附錄十	合板、LVL 於製造時之抗蟲害、黴菌最適化處理流程建議	75
參考書目		77

表次

表 1-1 合板與木心板之游離甲醛釋出量	4
表 1-2 相關文獻易讀對照表	10
表 2-1 預期進度與實際進度對照表	20
表 3-1 市售木質建材之抗蟻性	21
表 3-2 放射松 LVL 添加與未添加賽滅寧藥劑之基礎性能表	23
表 3-3 放射松 LVL 添加與未添加賽滅寧藥劑之抗白蟻性能表現	24
表 3-4 柳桉 LVL 添加與未添加賽滅寧藥劑之基礎性能表現	26
表 3-5 柳桉 LVL 添加與未添加賽滅寧藥劑之抗白蟻性能表現	27
表 3-6 放射松 LVL 添加與未添加硼酸之性能表現	30
表 3-7 放射松 LVL 添入與未添加硼酸藥劑之抗白蟻性能表現	31
表 3-8 放射松實木添加與未添加硼酸藥劑及 ACQ 之性能表現	33
表 3-9 柳桉實木添加與未添加硼酸藥劑及 ACQ 之性能表現	34
表 3-10 硼處理與 ACQ 藥劑處理放射松與柳桉實木之抗白蟻性	35
表 3-11 試驗之防黴劑與添加濃度	38
表 3-12 使用不同防黴處理藥劑之放射松試材黴菌生長面積及防黴性評估	45
表 3-13 使用不同防黴處理藥劑之柳桉試材黴菌生長面積及防黴性評估	46

圖次

圖 2-1 試驗研究步驟	19
圖 3-1 放射松 LVL 添入與未添加賽滅寧藥劑之抗白蟻性能結果	24
圖 3-2 柳桉 LVL 添入與未添加賽滅寧藥劑之抗白蟻性能結果	28
圖 3-3 放射松 LVL 添入與未添加硼酸藥劑之抗白蟻性能結果	31
圖 3-4 放射松實木之抗白蟻性能結果	36
圖 3-5 柳桉實木之抗白蟻性能結果	37
圖 3-6 防黴試驗使用之三種防黴劑	38
圖 3-7 防黴藥劑注入完成之放射松與柳桉單板示意圖	39
圖 3-8 玻片計數格之示意圖	39
圖 3-9 U 型玻棒與試片於試驗中培養皿置入之示意圖	40
圖 3-10 防黴試驗培養皿置於生長箱中之示意圖	40
圖 3-11 以 Tan-A 20 ppm 處理之柳桉 ACQ 試片防黴試驗結果	41
圖 3-12 以 Tan-A 20 ppm 處理放射松 ACQ 試片之防黴試驗結果	42
圖 3-13 以 Tan-A 60 ppm 處理放射松 ACQ 試片之防黴試驗結果	42
圖 3-14 添加 Tan-AM 180 ppm 之放射松 ACQ 處理試片於 28 天時 之生長情形	43
圖 3-15 以 Tan-A 20 ppm 處理放射松 ACQ 試片之防黴試驗結果	47
圖 3-16 以 OIT 75 ppm 處理放射松 ACQ 試片之防黴試驗結果	47
圖 3-17 柳桉處理材之防黴試驗結果	48
圖 3-18 放射松處理材之防黴試驗結果	49

摘 要

關鍵詞：柳桉、防蟲蟻、防黴、單板層積材、裝修用角材

一、研究緣起

近年來，國內常以木質板材之型態做為室內裝修建材使用，特別是合板、木芯板與纖維板等木質板材。依據台灣區合板製造輸出同業公會於 2013 年之統計，近 10 年我國以製材進口量最高（1,313,004 m³/年），合板次之（905,738 m³/年），然若是將合板、木芯合板、纖維板與粒片板等相關木質板類一併計算則達 1,812,094 m³/年，可見我國木質板類消費量之大。但隨著木質板類甲醛釋出量要求之提高（甲醛釋出量平均值 < 1.5 mg/L），在市場上則頻傳地板、壁板、天花板及角材受到嚴重蟲害的抱怨。實際上發生蟲害最主要樹種係進口自熱帶雨林之龍腦香科闊葉樹，尤其以柳安類及部分雜木類為主。而國內近十年來，每年進口木材材積約 650 萬 m³（換算成原木型態）中，來自熱帶雨林之比例各為原木 76.53%、製材品 45.85%、單板 86.74%、合板 98.16%、木心原料及木心板 100% 相當高。因此對這些材料進行藥劑處理再進行加工製造成板材有其必要。

二、研究方法及過程

本研究依 CNS 11818 之規範製成柳桉及放射松單板層積材（Laminated veneer lumber, LVL），並於 LVL 製成單板膠合時於膠合劑內添加不同配比之生物忌避型藥劑（賽滅寧），及利用減壓注入之方式將單板進行硼處理，並比較兩者相較於未處理對照組之基礎性能變化及抗白蟻效能。另一方面，同時依據 CNS 3000 之標準針對柳桉及放射松實木角材進行硼酸及銅烷基銨化合物（Ammoniacal copper quats, ACQ）之加壓注入，評估藥劑之注入對其物理及機械性質的影響與抗白蟻之效能，最後於注入過程內添加防黴藥劑，輔以同時比較材料之黴菌防治效果。

(一)、藥劑處理 LVL 角材之特性評估

藥劑吸收量檢測、密度、含水率、抗彎強度 (MOR)、抗彎彈性模數 (MOE)、壓縮強度、膠合剪力、溫水浸水剝離率、甲醛釋出量、白蟻試驗 (質量損失量、質量損失率、白蟻致死率)。

(二)、藥劑注入實木角材之特性評估

密度、含水率、抗彎強度 (MOR)、抗彎彈性模數 (MOE)、壓縮強度、剪斷強度、白蟻試驗 (質量損失量、質量損失率、白蟻致死率)、防黴試驗 (覆蓋面積、防黴評級)。

三、重要發現

(一)、賽滅寧藥劑之添加量為膠合劑塗佈量之 0.5%，(放射松 0.41kg/m^3 ，柳桉 0.61kg/m^3) 即可達標準所規範之抗白蟻效能評估要求，且不會影響材料之物理及機械性能表現。

(二)、單板經硼酸處理後製成 LVL，相較於對照組仍保有一定之物理、機械性能，且經 ANOVA 檢定分析結果顯示與未處理組並無顯著之差異存在。

(三)、硼酸藥劑處理之 LVL 板材有極佳之抗白蟻能力，藥劑吸收量達 3.5kg/m^3 時，材料之質量損失僅有 0.3%，白蟻致死率可高達 98.7%。

(四)、以硼酸及 ACQ 加壓注入柳桉與放射松實木角材，對其物理、機械性能並無造成顯著影響，且有顯著之抗白蟻效能。

(五)、添加 Tanalith OT45、Tanalith A 與 Tanalith AM 三種防黴劑於 ACQ 與硼酸之單板注入流程中進行防黴試驗，結果顯示相較於未處理組，經防黴藥劑處理之試材黴菌覆蓋面積極低，防黴效果評級為 0 及 1。

四、主要建議事項

建議一：

執行國產材及 MIT 木竹製品驗證計畫，研商木材防蟲處理之推動策略，以提升木製建材之防蟲性能：立即可行建議

主辦單位：中華木質構造建築協會

協辦單位：財團法人台灣建築中心

我國明訂 2016 年 1 月 1 日起禁用 CCA 防腐處理材於各種建築物之木質構材，而本研究之試驗結果已可供目前 CCA 處理角材禁用後之處理法，此外，本研究也確認使用除蟲菊脂類忌避型藥劑（賽滅寧）及硼酸添加於 LVL 板材製程中或以加壓注入方式注入硼酸及 ACQ 藥劑於實木建材內，並不會對成品造成強度之減損（CCA 注入材之酸水解現象），且可降低對自然環境或人體之危害，因此，未來可規劃執行國產材驗證計畫或辦理 MIT 木竹製品驗證，並針對木材防蟲處理之推動策略進行研商，探討是否將防蟲處理納入國產材或 MIT 標章評估項目中。

建議二：

於相關講習會或說明會中，納入建材防蟲處理之議題，進行蟲害防制技術之宣導：
中長期建議

主辦單位：內政部建築研究所

協辦單位：財團法人台灣建築中心

以往木材蟲害之熏蒸藥劑最多使用溴化甲烷(methyl bromide; CH_3Br)，但 1992 年在「破壞臭氧層物質有關蒙特婁議定書締約國會議」，已被指定為破壞臭氧層物質，先進國家在 2004 年已全部不再使用。作為替代藥劑有氟化硫醯(sulfuryl fluoride; SO_2F_2)、氧化乙烯氟化碳(ethylene oxide fluorocarbon)製劑、碘甲烷(methyl iodide; CH_3I)等。但上述藥劑只能作為驅蟲，無法作為防治之用。

本研究結果顯示使用生物忌避型藥劑（賽滅寧）添加於 LVL 膠合層中，僅需 0.5% 即可達有效之抗白蟻功效，此外，添加硼酸藥劑於 LVL 之製程亦可防治白蟻之侵害，延長角材之使用年限。而未來市售裝修用角材均應確實品管，檢定藥劑

之吸收量是否足夠，若不足易造成使用年限之縮短及提高生物性劣化之可能，若添加量過多，則將使製造成本提高，及相關基礎性能下降之風險。未來可於相關講習會或說明會中，納入建材防蟲防黴相關議題，將本研究之成果廣泛推廣宣導，使業界可以提升相關防蟲防黴處理技術。

ABSTRACT

Keywords: lauan, anti-termite performance, anticorrosion, laminated veneer lumber (LVL), sawn lumber for interior applications

I. Introduction

In recent years, wood-based materials, such as plywood, laminated veneer lumber (LVL), lumber-core panels, and fiberboards, have been extensively applied for interior decoration in Taiwan. According to statistical data published by Taiwan Plywood Manufacturers & Exporters Association in 2013, Taiwan imports 1,313,004-m³ lumber products and 905,738-m³ plywood products yearly. Moreover, the total volume of imported wood-based panel products, such as plywood, lumber-core panels, fiberboards, and particleboards, is 1,812,094 m³ yearly, which indicates a large consumption of such panel products. In response to the environmental movement, the acceptable levels of formaldehyde emission from wood-based panel products have been reduced, and the formaldehyde emission is restrained to <1.5 mg/L. Consequently, increasing occurrence of insect-induced wood biological deterioration, which are mostly present in wood floors, walls, and ceiling panels, is reported. Among imported wood species, tropical lauan (*Shorea* spp.) wood is mostly vulnerable to insect attack. However, wood and wood-base products, those imported from tropical areas account for large percentages. Specifically, log, sawn lumber, veneer, plywood, lumber-core materials, and lumber-core panels imported from tropical areas account for 76.53%, 45.85%, 86.74%, 98.16%, and 100% of their kinds, respectively. Therefore, to preservative-treat and reprocess such products to enhance their properties is crucial.

II. Methodologies

In accordance to the Chinese National Standard CNS 11818, LVL samples were fabricated using lauan and radiata pine veneers separately. To enhance the LVL samples' properties and anti-termite performance, two treatments were applied, and the efficacies of the two treatments were then evaluated and compared. In Group A, cypermethrin, a biological insect repellent, was integrated into the adhesive in the process of fabricating the LVL samples. Conversely, a boron-based preservative was pressure-impregnated into the lauan and radiata veneer in Group B before the LVL samples were fabricated.

In addition, with reference to CNS 3000, lauan and radiata pine lumber samples were treated using boron and ammoniacal copper quats (ACQ) in a pressure process. Concurrently, an anticorrosive formula was added. Subsequently, the anti-termite and anticorrosive efficacies of these treatments and the effects of the boron-ACQ treatment on the mechanical properties of the lumber samples were evaluated.

1. Effects of the Treatments on the Properties of the LVL

To evaluate the effects of the aforementioned preservative treatments on the properties of the LVL samples, a series of tests and measurements were conducted to determine the treated samples' absorption of the preservatives, specific gravity, moisture content, modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE), compressive strength, adhesive shear strength, delamination occurrence in warm water, and formaldehyde emission.

2. Effects of the Treatments on the Properties of the Lumber

The same tests and measurements were performed to obtain the specific gravity, moisture content, MOR, MOE, compressive strength, and shear strength of the lauan and radiata pine lumber samples. An anticorrosive test was conducted to assess the samples' infected areas and anticorrosive efficacy grades. Additionally, a termite test was performed to quantify termite mortality, treatment-induced mass loss, and mass losing percentages in both cases.

III. Results

This project concludes that:

1. In Group A, cypermethrin was integrated into the adhesive. To satisfy national regulations regarding anti-termite preservative treatments in wood products, the concentration of the cypermethrin in the cypermethrin-adhesive mixture was determined to be 0.5%. Therefore, the absorption of the cypermethrin in the lauan and radiata pine LVL samples was 0.61 and 0.41 kg/m³ (w/v), respectively. This practice imposed no effects on the physical and mechanical properties of the treated LVL samples.

2. Comparison between Group B and a control group indicated no significant differences existed between the physical and mechanical properties of the boron-treated and untreated LVL samples. This result was verified in an ANOVA analysis.

3. The boron-treated LVL samples in Group B exhibited a favorable anti-termite performance. When the absorption of the boron in the samples reached 3.5 kg/m³, the termite mortality was attained 98.7% while the mass loss was only 0.3%.

4. The boron-ACQ treatment enabled a significant anti-termite efficacy but exerted no significant effects on the physical and mechanical properties of the lauan and radiata pine lumber samples.

5. Three wood anticorrosive preservatives, Tanalith OT45, Tanalith A, and Tanalith AM, were integrated in the boron-ACQ treatment process. The subsequent anticorrosive test indicated that in contrast to the untreated samples in the control group, the treated samples exhibited smaller infection areas while the anticorrosive efficacy scored Grades 0 and 1.

IV. Recommendations

This project comes to the immediate and long-term strategies.

For immediate strategies:

1. The organizers should undertake a program for accrediting Taiwan-made wood and bamboo products and should determine strategies for promoting anti-termite preservative treatments to enhance the immunity of structural wood to termite attack. This recommendation should be executed promptly.

Organizer: Chinese Wood Construction Building Association

Co-organizer: Taiwan Architecture and Building Center

Since January 1, 2016, Taiwan has prohibited the use of chromated copper arsenate preservatives for structural wood treatments. The wood preservative treatment methods proposed in this study provide alternative solutions. Moreover, this study confirmed that both integrating cypermethrin and boron into the LVL production process and pressure-impregnating boron and ACQ into sawn lumber do not reduce the strength of the final wood products. Additionally, both methods exert minimal negative effects on the environment and safety of humans. Therefore, the future efforts should be focused on planning and executing a program for accrediting Taiwan-made wood and bamboo products and on investigating strategies for promoting wood anti-termite preservative treatments. Whether anti-termite preservative treatments must be incorporated into the accreditation program should also be determined.

For long-term strategies:

2. The organizers should integrate topics regarding structural anti-termite preservative treatments into relevant workshops and seminars and should disseminate knowledge and technologies regarding such treatments. This recommendation provides a long-term goal.

Organizer: Architecture and Building Research Institute under the Ministry of the Interior

Co-organizer: Taiwan Architecture and Building Center

Methyl bromide (CH_3Br) was a conventional fumigant largely used to control insect attack in wood. However, methyl bromide was recognized to deplete the stratospheric ozone layer by the *Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer* in 1992. Since then, advanced countries had incrementally reduced methyl bromide consumption and eventually banned the application of methyl bromide by 2004. Consequently, sulfuryl fluoride (SO_2F_2), ethylene oxide

fluorocarbon, and methyl iodide (CH_3I) preservatives were used as alternatives to methyl bromide. But these chemical preservatives can be used to only repel wood-decay insects rather than to prevent insect attack.

This study discovered that integrating 0.5% cypermethrin into the adhesive can achieve favorable anti-termite performance in the LVL samples. Moreover, the addition of boron in the LVL production process can effectively prevent termite attack, thereby elongating the lifespan of LVL. This study recommended to execute wood product quality control in future interior decorating markets and to ensure appropriate concentration of preservatives applied. Because inadequate preservative concentration may cause severe biological deterioration and thus shorten the lifespan of wood products; conversely, excessive addition of preservatives is associated with increase in costs and decrease in the properties of wood products. Therefore, topics regarding structural anti-termite and -fungi preservative treatments should be addressed in relevant workshops and seminars. Furthermore, the outcomes of this study should be broadly disseminated to enhance practitioners' knowledge regarding such treatments.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

一、研究目的與背景

木材是一種生物資源材料，亦被視為 21 世紀對地球環境最為柔和、衝擊最小之生態材料或綠色材料，特別是在京都議定書生效後，綠色材料對於降低溫室氣體具有極為重要的影響。木質建材為取自永續經營森林之生物材料，於生長期間藉由光合作用將自大氣中吸入之 CO_2 ，轉變成有機質碳水化合物固定在樹體內部。伐採製成木製品，其會持續的固定在木材內，1 公噸木材可固定 0.5 公噸碳。又木質建材之加工為低耗能，故低碳排放，所以其「碳足跡」甚低，以國產材之製材、合板、單板層積材、集成材等之「產品碳足跡」為 $-541.5\text{kg/m}^3 \sim -1,111.0\text{kg/m}^3$ ，為負值，此意味著木質建材為碳貯藏型材料，多量使用木質建材可符合低碳綠建築環境之目標。

目前國內常以木質板材之型態做為室內裝修建材使用，特別是合板、木芯板與纖維板等木質板材。依據台灣區合板製造輸出同業公會於 2013 年之統計，近 10 年我國以製材進口量最高（ $1,313,004\text{ m}^3/\text{年}$ ），合板次之（ $905,738\text{ m}^3/\text{年}$ ），然若是將合板、木芯合板、纖維板與粒片板等相關木質板類一併計算則達 $1,812,094\text{ m}^3/\text{年}$ ，可見我國木質板類消費量之大。以木材工業而言，木質板類加工常用之膠合劑為尿素甲醛樹脂、三聚氰胺甲醛樹脂與酚甲醛樹脂，均以甲醛為原料，在一定條件下進行加成與聚合反應而製成膠合劑，因此使用此類膠合劑進行木質板類之膠合作業，於未來使用時均有甲醛釋出之虞。有鑑於現代人一天當中有 90% 的時間在室內環境中渡過，故室內空氣品質與個人的健康息息相關。而甲醛氣體除了具刺激性，更是國際間列入致癌因子，其雖有殺蟲蟻能力，但對國人健康亦造成嚴重危害。因此標準檢驗局於 2007 年將木質板材列入應施檢驗產品，規定甲醛釋出量平均值 1.5 mg/L (F_3)，方能進口或製造而於市場上銷售。

而在 MIT 微笑標章木質製品更訂在 F_2 (平均值 0.5 mg/L)，綠建材標章係為甲醛逸散速率 $\leq 0.05 \text{ mg/m}^2\text{hr}$ ，以符合我國室內（與國際接軌）環境品質。但隨著甲醛釋出量的降低，在市場上則頻傳地板、壁板、天花板及角材受到嚴重蟲害的抱怨。童信和與楊詩弘（2012）針對室內裝修設計施工之木作工程產生的蟲害原因探討指出，以蟲害產生與寄居場所的常態性而言與木作工程之關聯性最大，其調查民國 98 年 1 月至民國 101 年 1 月止之結果指出室內裝修木作工程中，發現白蟻最多者為木質地板（角材），次為木作裝潢壁面及天花板、家具等，調查亦指出蟲卵易寄生於木材製品之部位依序為角材（35%）、木心板（21%）、合板（21%）、木質地板（21%），再以比例最高之角材進行蟲卵容易寄生調查分析結果顯示，大陸 LVL 角材佔 31%，未處理柳桉角材佔 17%，台灣製 LVL 角材佔 17%，杉木角材佔 14%，防腐角材佔 7%，熱處理角材最低，僅 1.5%。實際上發生蟲害最主要樹種係進口自熱帶雨林之龍腦香科闊葉樹，尤其以柳桉類及部分雜木類為主。而國內近十年來，每年進口木材材積約 650 萬 m^3 （換算成原木型態）中，來自熱帶雨林之比例各為原木 76.53%、製材品 45.85%、單板 86.74%、合板 98.16%、木心原料及木心板 100% 相當高。因此對這些材料進行藥劑處理再進行加工製造成板材有其必要。

因此，內政部建築研究所擬扮演結合產、官、學各界之橋樑，讓產、官、學各界在試驗基礎下，研擬木質建材之蟲害、黴菌防制技術，希冀能透過研究成果解決目前業界與消費者使用木質建材之課題。

第二節 相關文獻資料彙整與分析

一、傳統木質材料之抗蟲蟻模式與常見問題

合板、單板層積材過去對於蟲蟻危害之狀態，事實上較少聽聞，其原因可能與木質板材中之甲醛釋出量有關，而木質板類游離甲醛氣體之釋出可由兩方面說明，一為熱硬化期間甲醛之釋出。熱壓期間，樹脂中部分的游離甲醛可進一步行聚合或架橋反應，亦有部分則因化學因素而與水蒸氣同時被釋放，此現象包括醚鍵結轉變成次甲基鏈架橋。Meyer (1979) 指出在熱壓期間，被釋出的甲醛約為樹脂之總游離甲醛量的 10-20%，此包括散失在空氣中的部分，而後者即為日後板材游離甲醛釋出之來源之一。另一來源為硬化樹脂之甲醛釋出，會受到硬化樹脂大部分性質及表面性質、膠合層和木材之界面複雜變化的影響。楊德新等 (2006) 曾就國內國產與進口之木質板材甲醛釋出量進行調查，結果指出取樣於國內南部 13 家合板工廠之合板與木芯合板中，僅一工廠所產合板能符合中國國家標準之 F₁ 級 (0.3 mg/L 以下)，如表 1-1 所示。其餘者均過高無法符合 F₃ 級 (1.5 mg/L 以下)，唯甲醛氣體具有刺激性，木質板材裝設於居家裝潢中，不僅影響室內空氣品質，更直接影響居住者之健康，引起人體器官之發炎及過敏，甚而致癌，免疫力降低之所謂「Sick house syndrome」的問題 (王松永, 2002、2003)。因此，2007 年經濟部標準檢驗局將木質板類之甲醛釋出量列為應施檢項目，並透過 CNS 國家標準之訂定，目前唯有甲醛釋出量在 1.5 mg/L 以下之板材，方能進口或製造而於市場上販售。唯近年常耳聞此類低甲醛合板之防蟲蟻性不佳等市場傳言，然國際癌症研究署 (International Agency for Research on Cancer, IARC) 已將甲醛列為一級致癌因子，其雖有殺蟲蟻能力，但對國人健康亦造成嚴重危害，世界各國均對其使用加以限制，如日本以 F_{☆☆☆☆} 因應，WHO 則將室內甲醛濃度目標值訂於 100 ug/m³ 以下。因此，在考量室內甲醛氣體濃度必須降低之情形下，木質板材於室內使用時，考慮其防蟲蟻處理等課題是非常重要的。

表 1-1 合板與木心板之游離甲醛釋出量 (楊德新等, 2006)

公司 編號	層數	密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	玻璃乾燥器法 F (mg/L)			種類	生產地
				第一次	第二次	第三次		
A	3	0.84	13.58	21.59	17.25	9.42	闊葉樹合板	台灣
B	5	0.54	11.86	21.68	21.23	21.6	合板	台灣
C	7	0.54	12.49	21.3	20.31	17.59	合板	台灣
D	5	0.5	9.58	21.64	-	-	針葉樹合板	台灣
E	5	0.48	9.93	-	0.27	0.29	針葉樹合板	台灣
F	5	0.5	7.38	-	9.01	4.51	針葉樹合板	台灣
G	3	0.36	10.58	17.52	18.99	15.52	木芯合板	台灣
H	5	0.35	10.96	15.73	19.68	8.53	木芯合板	台灣
I	3	0.65	11.58	1.3	0.27	4.48	合板	印尼
J	3	0.47	13.04	8.89	9.22	9.64	合板	印尼
K	3	0.57	12.22	5.15	18.46	17.26	合板	馬來西亞
L	7	0.56	13.02	21.56	21.55	21.82	合板	大陸
M	5	0.46	11.66	21.83	20.58	21.39	木芯合板	大陸

(資料來源：楊德新等, 2006, 國產與進口木質板類游離甲醛釋出量之現況調查。林產工業 25(3))

另外，於過去研究中，王振瀾等 (1993) 調查白蟻防治藥劑主要為陶斯松、次為除蟲菊類，而使用鉻化砷酸銅 (Chromated copper arsenate, CCA) 類防腐藥劑注入木質材料可提供強效之抗腐朽效能及足夠的抗白蟻能力，Grace (1998) 之報告中曾指出以 CCA 處理之放射松僅需 0.5 kg/m³ 之藥劑吸收量即可使材料於白蟻試驗後的質量損失達 2.5% 以下，相較於對照組之 80% 質量損失，性能提升近 30 倍之多。而所謂的 CCA 防腐藥劑係以銅、鉻、砷元素為主之水溶性防腐藥劑，過去於全世界普遍的受使用，其組成成分中之銅與砷具有優異的耐腐朽與抗白蟻功效，且鉻可與木材成分組成反應以固著藥劑，減少了木材處理後之藥劑流失性，木材經 CCA 處理後可使處理材在大部分的環境下免於腐朽菌與昆蟲之危害。因此，過去 CCA 廣泛地被應用於遊樂設施與小木屋之防腐處理上 (Garraway and Evans, 1984; Nicholas and Preston, 1984; Jellison *et al.*, 1997; Porandowski *et al.*, 1998)，且因其藥效可長達數十年之久，國內亦多應用於室內裝修用角材之處理。然而，由於 CCA 其成分中的鉻與砷是人體致癌與環境重金屬污染之主要因子，近年來 CCA 已經陸續被許多先進國家所禁止使用 (Sanders and Windom, 1980; Sanders and

Riedel, 1987 ; Weis and Weis, 1992a, b, 1996, 1999)，我國亦公告於 2016 年 1 月 1 日起將停止其運用在木材防腐領域中，因此，尋找合適之替代藥劑，及思考如何提升木材之抗白蟻及抗腐朽效能便為現今一重要之課題。

二、現行之木質材料改質方法與其抗蟲蟻及抗腐朽效能

鑒於上述之過量甲醛釋出及 CCA 型防腐藥劑對環境之危害與使用的限制，近年來研究之革新大略發展出以下幾類木質材料之改質方法，以利提升其抗蟲蟻及抗腐朽與抗黴之能力，其中包括熱處理 (Heat treatment)，及藥劑處理與樹脂注入處理等。

以樹脂注入處理的方式進行木質板類之改質，係透過真空加壓之模式將樹脂灌注於細胞腔內，而樹脂將會與材料內之羥基反應，並降低材料之吸濕性能，同時於細胞壁內硬化架橋，成三次元網狀結構，增強材料之剛性，提升機械性能以及抗生物降解之效益，如酚甲醛樹脂 (Phenol formaldehyde resin, PF) 注入之柳杉擁有極佳之抗腐朽能力，對於白腐菌與褐腐菌之質量損失僅 1%，明顯高於未處理者之 36-54%，而在抗白蟻性試驗中，放射松注入材之質量損失為 3%，白蟻死亡率為 30%，亦明顯高於未注入材的 19-25%與 4-7%，顯示除吸水性能降低不利於菌類生存外，白蟻亦可能因無法消化 PF 注入之纖維素成分，因飢餓而死滅 (王松永, 2012)。莊保伸一 (2006) 曾進行利用 PF 樹脂減壓注入於單板，待乾燥後再以 PF 樹脂進行 9 層之單板層積材 (Laminated veneer lumber, LVL) 製造，並評估其防腐與防蟻性能。結果指出，PF 處理單板之 LVL 防腐性依單板樹種不同而異，PF 處理重量增加率達 20% 之放射松及柳杉單板層積材對於褐腐菌 (*Tyromyces palustris*) 及白腐菌 (*Coriolus versicolor*) 之質量減少率僅為 1%，但重量增加率 10% 之落葉松 PF 處理單板層積材對於褐腐菌之質量減少率為 14-18%。此外，平均分子量為 170 之 PF 處理之柳杉或北美鐵杉木材，其重量增加率 10%，即可抑制褐腐菌與白腐菌之劣化，但山毛櫸欲抑制此兩種腐朽菌所引起之劣化則重量增加率需達 20%。

另一方面，熱處理製程被考量為環保改質木材與木質板材之方式，蕭于祐和

林亞立（2012）以楊木製成之單板進行 180°C、2 小時之熱處理後製成 LVL，並評估與未處理者之抗白蟻、抗黴菌及抗腐朽效能；首先於抗發黴之效果上，經熱處理之材料於氣乾環境下並無黴菌之滋長，依 AWPA E24-06 標準評級為 0 級，然未處理者則有些許之發黴情況產生，評級為 2。而抗腐朽菌之試驗結果中熱處理材針對褐腐菌之抑菌效果最佳，質量損失率甚至達 2.95%，已通過 CNS 6717 木材防腐劑性能基準規定之 3%，另外在白腐菌的抑制上雖效果仍較未處理者為佳，但質量損失均超過 10%。最後在白蟻試驗部分發現，熱處理材質量損失高率達 26.19%，明顯高於未處理者之 14.77%，顯示熱處理材由於吸濕性與平衡含水率較低、不利於黴菌及腐朽菌之生長，具有一定之抗生物降解成效。另一方面，若針對熱處理之溫度與時間進行抗腐朽效能之比較，隨著熱處理溫度之提高與時間之拉長，無論是白腐菌與褐腐菌，材料之質量損失均亦隨之降低（Menezzi *et al.*, 2008）。Hadi *et al.*（2012）以煙燻法處理柳杉進行抗白蟻性評估指出，經煙燻 3-15 天處理後，柳杉木材進行白蟻試驗之質量損失率為 0.8~2.6%，相較於未處理組之 45.4% 改善許多。

三、木質材料之抗蟲蟻效能

除上述之木質材料改質方式外，一直以來最直接且最有效益之方式即是以環保型藥劑或防腐藥劑進行木材與木質建材之改質。而在防腐藥劑部分，為取代遭禁用之 CCA 藥劑，近年多以水溶性防腐藥劑—銅烷基銨化合物（Copper, Ammonium Quat, ACQ）作為使用。然經過藥劑注入改質之材料，其可能因藥劑本身之填充作用，而使材料物理、機械性質提高，但亦可能受製程時之高溫高壓或藥劑本身之 pH 值影響而使材料性能下降，如過往研究指出，以 CCA 防腐藥劑注入之木質材料，其抗彎強度性能將有所減低（Yildiz *et al.*, 2004），推論係與其釋出之酸性物質有關。而以 ACQ 藥劑所注入之木質材料卻無此類情形產生，無論是實木之注入，或以 LVL 製程單板所進行之注入均可發現此類型藥劑並不會對材質有所影響，注入材之含水率、吸濕特性等物理性質與抗彎強度、表面硬度等機械特性均與未處理之對照組無異（Freeman and McIntyre, 2008；Shukla and Kamdem, 2012）。

另一方面，ACQ 防腐藥劑除了多用於戶外用材之防腐功效外，亦有多篇文獻指出其擁有極佳之抗白蟻能力，李鴻麟等人（2005）即利用滿細胞法進行各類市售防腐藥劑注入，並依 AWPA E1-97 之標準針對材料之抗白蟻效能進行評估。試驗結果得知，於白蟻飼養四周後，以 2%ACQ 藥劑處理之試塊其質量損失僅 1.51%，而白蟻致死率已達 100%，此效能評級與 CCA 處理之試樣相當。此外，本研究團隊亦曾以不同之針葉樹種注入不同含量之 ACQ 後進行抗白蟻試驗之探討，試驗結果可見未處理者之質量損失約在 12-14% 間，又隨著藥劑處理量提高，抗蟻性隨之提升，ACQ 含量達 1.2% 時，材料之質量損失已降至 0.3-0.8%，而白蟻致死量上，未注入者僅 10-30%，相反地，ACQ 注入材最高已達致死量 100% 的效果 (Lin *et al.*, 2009)。

木質材料除了於戶外使用時因容易受蟲蟻或腐朽菌侵襲而添加防腐藥劑外，於室內使用之場合亦因其易燃特性，故常於木質板類中添入防火藥劑，其中硼酸係種較為常見之防火藥劑，其不僅有一定之防火功效，且亦可作為防蟲之藥劑使用。在我國國家標準中，CNS 1349 (2011) 普通合板標準指出防蟲處理藥劑可以硼酸進行，而在 CNS 3000 (2011) 加壓注入防腐處理木材中指出，危害等級為 K2 之環境，硼酸藥劑吸收量適合基準為 8 kg/m^3 ，賴玟融與楊德新 (2013) 曾就硼酸處理單板層積材吸收量達 K1 等級 (1.2 kg/m^3 以上) 與 K2 等級 (8 kg/m^3) 者，進行抗白蟻性試驗，結果指出硼酸藥劑吸收量達 1.8 kg/m^3 之單板層積材，其抗白蟻性不佳，而硼酸藥劑吸收量達 8 kg/m^3 者，雖有極佳之抗蟻性，但膠合性能卻無法符合標準，而與此類似之現象亦有國外文獻指出 LVL 單板注入硼酸後材料之壓縮強度、抗彎強度與剪斷強度相較於對照組均有顯著之下降，其下降比率分別為 19-36%、31-33% 及 16-25% (Ozcifci *et al.*, 2007)，此現象之產生除了上述之膠合性能不佳外，亦可能與硼酸對纖維成分之酸水解有關。而在實木之硼酸藥劑注入中，同樣於過往文獻可見機械性能之降低情況，Toker 等人 (2009) 針對不同藥劑留存量所造成之影響進行研究，由其結果得知，隨硼酸含量之增加，木質材料之抗彎強度與抗彎彈性模數均有明顯之下降。另一方面，雖木質板類經硼酸注入後將有一定之物理、機械性質缺陷存在，然其抗白蟻之能力亦隨著注入量之增加，

而有顯著之提升，Usta 等人 (2009) 之報告中提及使用與纖維重量比 1.5% 之硼酸進行纖維改質所製成之 MDF 板類，其於白蟻試驗兩週時之白蟻致死率已達 100%。因此，於抗蟲蟻板類之研發上，若能有效調控適當硼酸之配比，將可限制材料強度性能之減低，並同時達到抗白蟻之標準規範。

除了上述抗蟲蟻類藥劑外，市面上亦有許多人工合成之忌避型防蟲藥劑可供使用，此類藥劑之特點除了可散發特定之氣味使蟲蟻類不易靠近外，另一特性係只需極低之添加量即可達到抗蟲蟻之效能規範，其中，合成除蟲菊酯類之氯氰菊酯-賽滅寧 (Cypermethrin) 即屬此一類別之藥劑，文獻指出賽滅寧之用途於過去大多使用在土壤中白蟻之防治，其可減低蟲蟻之侵入可能，亦可噴灑於受蟻害之區域，使白蟻之鑽孔滲透深度下降，避免危害之擴散，此外，此型藥劑造成白蟻之致死率極高，且效能可持續 10 個月之久 (Richman *et al.*, 2006)。本次研究中亦選取賽滅寧做為其中一種抗蟲蟻藥劑，係以極低之添加含量添入於 LVL 製程時之膠合劑中，盼其應用於木質材料中亦可達到理想之抗白蟻效能。

四、木質材料之抗腐朽與抗黴效能

上述藥劑除了於文獻與研究中提及之抗白蟻功效外，於市售注入板材中亦十分注重其抵抗腐朽菌之效能，由於木質板材今日之使用已不再侷限於室內裝修用材，許多戶外鋪板以及輕型結構用材，因其美麗之外觀紋路及一定程度之比強度值，已逐漸利用經改質處理之實木或木質板類作為替代，目的不外乎希望增進材料之耐生物劣化能力，及延長使用之年限。

然木材使用於戶外環境不若於室內環境中情況單純，高溫高濕之氣候變化及生物性侵襲將對材料造成不可恢復之缺陷損害，其中，腐朽菌之侵入將明顯影響材料之外觀、並可能降低其使用性及強度性質，因此，各國之戶外用材標準規範中多清楚劃分注入藥劑之使用級別、添加量，並明訂外觀或強度損失情形作為腐朽程度之評判標準。Shi 等人 (2007) 即針對以 ACQ 防腐藥劑注入後之黃楊木、傑克松、白楊木及歐洲赤松進行接種褐腐菌 (*Gloeophyllum trabeum*) 後的效能評估，其評級標準係依 AWP A E10-01 之規範測定材料之質量損失。試驗結果得知未注入

或以熱處理進行改質之樹種，於腐朽試驗後之質量損失分別達 11.6-68.5% 及 8.68-40.7%，而經 ACQ 藥劑注入者其質量損失則僅 0.78-4.65%，明顯低於前述兩者，可見此類藥劑有卓越之抗腐朽效能。另一方面 Tascioglu 等人（2013）亦進行類似之防腐試驗評估，同樣係以 ACQ 防腐藥劑作為注入基質，其所使用材料則針對不同木質板類作為研究方向，包括針、闊葉樹合板、粒片板、中密度纖維板及定向粒片板，其於製程時添入藥劑，並評判不同板類於藥劑注入後之抗腐朽能力。而評估標準則依 AWPA E7 所規範，進行 36 個月之戶外腐朽試驗後，將材料依序以 0 至 10 分級，分別表示由完全腐朽至材質完整之外觀型態評判。試驗結果顯示無論何種木質板材類經 ACQ 藥劑注入後，均可保持等級 10 之完整狀態達 3 年之久，然未處理之試樣則大多於第二年之後，開始呈現腐朽之情況。

另一方面，前段中提及之硼酸藥劑除了有部分抗白蟻功效及可作為防火藥劑使用外，文獻中亦曾針對其抗腐朽效能進行了深度評估，Kartal 等人（2007）即將硼酸等不同類別硼系藥劑注入於單板後製成合板板材，並裁切後予以施行腐朽試驗，評判其質量損失情形。相較於未注入之對照組接種褐腐菌(*Fomitopsis palustris*) 與白腐菌 (*Trametes versicolor*) 12 週後，其質量損失均超過 15% 之多，硼系藥劑注入合板均有明顯之抗腐朽效能顯現，其中又以硼酸注入之板材擁有最低之質量損失，無論係何菌種其損失率均不超過 5%，且隨吸收量之增加，抵禦腐朽之效能亦隨之提升，此外，若以 AWPA D2017 之評級標準進行評估，利用硼酸注入改質之合板已達最高等級之高效抵抗級別，顯示除市售水溶性金屬離子化合物所合成之防腐藥劑外，硼系化合物亦可作為一有效之抗腐朽改質藥劑。而本篇研究報告中係依照我國 CNS 3000 之加壓注入處理規範，將放射松及柳桉實木與 LVL 進行藥劑之注入處理，使用之藥劑包括硼酸藥劑、ACQ 防腐藥劑與加入在膠合劑中之賽滅寧忌避型防蟲用藥，試驗標的之藥劑吸收量則按 CNS 14730 之標準施行量測，並依循 CNS 11818 及 CNS 3000 之表列規定選擇適用環境當下之評級標準，取達對應吸收量之試樣分別依照 CNS 15697 與 CNS 15756 進行後續之抗腐朽性能試驗、抗白蟻功效之量測及抗黴性評估。

表 1-2 相關文獻易讀對照表

藥劑 評估項目	ACQ	Boric acid	Cypermethrin
物理與機械強度特性	Freeman and McIntyre (2008) Shukla and Kamdem (2012)	Ozcifci <i>et al.</i> (2007) Toker <i>et al.</i> (2009)	—
抗蟲蟻及防霉特性	李鴻麟等 (2005) Lin <i>et al.</i> (2009)	賴玟融、楊德新 (2012) Usta <i>et al.</i> (2009)	王振瀾 (1993) Richman <i>et al.</i> (2006)

第二章 研究方法與試驗流程

第一節 研究步驟、方法及流程

一、防蟲蟻與防黴性木質建材之研發

本研究以作為合板及單板層積材 (Laminated veneer lumber, LVL) 之柳桉與放射松單板，及柳桉與放射松實木角材為研究對象。抗蟲蟻藥劑之選擇，係依單板與角材採用不同藥劑，選用適合於單板處理及膠合層處理之硼酸、賽滅寧 (Cypermethrin) 兩種，而實木角材則選用 CNS14495 中適合於加壓注入處理之硼酸與銅烷基銨化合物 (Ammoniacal copper quats, ACQ) 防腐劑。抗黴劑則選用可混合在抗蟲蟻劑與防腐劑使用之 TANALITH[®] 系列抗黴劑 (Tanalith OT45、Tanalith A 與 Tanalith AM)。

(一)、生物忌避型藥劑之添加

使用美國 Arch Wood Protection 公司生產之生物忌避型藥劑，品名為 Glusect，其主要有效成分為合成除蟲菊酯類之氯氰菊酯-賽滅寧 (Cypermethrin)，處理方法是將藥劑添加至膠合劑中，利用藥劑之忌避性來防治白蟻侵害，此型藥劑除了有良好之防蟲蟻性能，且可確保與膠合劑之相容性，在高溫與高壓之膠合生產條件下仍具有良好的穩定性。藥劑含量為佈膠量所占之百分比，放射松 LVL 之藥劑添加量為 0.5% 與 1.0%，柳桉 LVL 之藥劑添加量則為 0.5%、1.0% 及 1.5%，最後再以一次加工模式共同製成防蟲蟻、防黴 LVL。

(二)、硼酸處理

使用硼酸以重量百分比之 2% 調製之硼酸水溶液，將單板以減壓方式進行處理，其中將防黴劑 TANALITH[®] 系列，依不同濃度與比例混入處理流程內。減壓處理流程為將壓力下降至 10 kPa 以下，並維持其壓力時間為 10 min，時間結束時將壓力回復至標準大氣壓，接著取出試驗材料計算其吸收量，如

式(1)，再製成 LVL 板材後，並依序進行物理與機械性質試驗及抗白蟻等生物劣化性評估，最終與未處理對照組比較兩者之差異。

$$\text{藥劑吸收量}(\text{kg}/\text{m}^3)=\frac{C}{V} \quad (1)$$

C：藥劑含有量 (mg)、V：所採取分析用試料之絕乾體積 (cm³)

(三)、單板層積材之研製

單板選用放射松(*Pinus radiate*, Radiata pine)單板與柳桉(*Shorea spp.*, Lauan)單板兩種國內常用於 LVL 角材製造之樹種，其製程如次：

1、放射松單板層積材

單板尺寸為 500 mm × 500 mm × 2.7 mm，以尿素甲醛樹脂 (Urea formaldehyde, UF)(木膠公司，型號 #670)進行雙面佈膠後(佈膠量為 114.5 g/m²)，以熱壓機進行熱壓成型，其溫度、壓力與時間分別為 120°C、0.98 MPa 與 1 min/mm，層積數為 11 層，LVL 製成後移至 20°C，65%RH 環境調濕 3 週後，方可進行後續試驗。

2、柳桉單板層積材

單板尺寸為 500 mm × 500 mm × 3.4 mm，以尿素甲醛樹脂 (Urea formaldehyde, UF)(木膠公司，型號 #670)進行雙面佈膠後(佈膠量為 214 g/m²)，以熱壓機進行熱壓成型，其溫度、壓力與時間分別為 120°C、0.98 MPa 與 1 min/mm，層積數為 11 層，LVL 製成後移至 20°C，65%RH 環境調濕 3 週後，方可進行後續試驗。

(四)、硼酸與 ACQ 處理實木角材

實木角材方面，依 CNS 3000 規定加壓注入處理方法，先將防黴劑分別依不同比例添加在硼酸，或 ACQ 藥劑中，再將尺寸 33 mm × 27 mm × 2000 mm 之柳桉及放射松實木角材放入注入槽後，減壓至 660 mmHg，減壓時間為 30 min，接著

維持減壓狀態下注入硼酸藥劑或 ACQ 藥劑，使注入槽充滿化學藥劑並維持減壓狀態 30 min，最後將注入槽加壓使壓力維持 8 kgf/cm²，持壓 30 min。加壓流程結束後，使壓力恢復至標準大氣壓，並排出注入槽中之藥劑水溶液，取出材料後計算其吸收量，其中硼酸之吸收量應達 K2 級別，而 ACQ 藥劑之吸收量為 K3 等級，達上述標準之材料將其放置在 20°C、65%RH 之環境調濕 3 個星期，方可進行後續性質試驗。

二、防蟲蟻與防黴性木質建材之檢測

(一)、材料之物理性質測定

1、密度試驗

將各試樣 LVL 與實木依據 CNS 451 之標準，裁切成適當之大小，置於溫度 20°C，65%RH 之恆溫恆濕室中進行調濕處理約 3 星期達平衡狀態取出，並量測其調濕後之尺寸及質量，將質量除以體積得其 LVL 之密度，單位為 (kg/m³)，如下公式(2)所示。

$$\text{密度 (kg/m}^3\text{)} = \frac{m_1}{V_1} \quad (2)$$

m_1 ：調濕後之質量 (kg)， V_1 ：調濕後之體積 (m³)

2、含水率試驗

將各試樣 LVL 與實木依 CNS 11818 與 CNS 452 之標準，裁切成適當大小，同上述密度試驗將調濕後之試材秤重所得質量 (m_1)，接著置於(103 ± 2)°C 烘箱中乾燥至絕乾質量 (m_2)，依下列公式(3)計算含水率，單位為 (%)。

$$\text{含水率 (\%)} = \frac{(m_1 - m_2)}{m_2} \times 100 \quad (3)$$

m_1 ：調濕後之質量 (g)， m_2 ：絕乾質量 (g)

3、膠合性能浸水剝離試驗

依 CNS 11818 標準，從各試樣單板層積材中切取邊長 75 mm 之正方形試片各四片，將試片浸入 $(70 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ 溫水中 2 hr 後，移置 $(60 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ 之烘箱中，直到試片含水率降至 8% 以下，其後，測定試片之 4 個側面之剝離長度，並計算在同一膠合層之剝離長度總和。

4、甲醛釋放量

依 CNS 11818 之規範，進行 LVL 之甲醛釋放量試驗。

(1)、試片製作：從各試樣單板層積材之長度方向距端部 5 cm 以上之內側部位，保持橫斷面尺度狀態下，採取表面積為 450 cm^2 (兩橫斷面除外)，作為試片，以鋁質膠帶或石蠟密封試片兩橫斷面。

(2)、試片養護：從同一單板層積材試樣所採取之試片，各以塑膠 (PE) 袋密封之，在溫度調節成 $(20 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ 之恆溫箱內，進行 1 天以上之試片養護處理。

(3)、試藥之調製：乙醯丙酮-醋酸銨:取 150 醋酸銨以蒸餾水 800 mL 溶解後，加入 3 mL 冰醋酸及 2 mL 乙醯丙酮，充分搖盪混合後，再加入蒸餾水稀釋至 1000 mL，並裝入褐色瓶中，調製用之試藥應全部採試藥級。

(4)、甲醛之捕集：在內容量約 40 L 之壓克力樹脂製成試驗容器底部，放置一個內徑 57 mm，高度 55 ~ 60 mm 之聚丙烯製之捕集甲醛之水容器，並於此容器內置入 20 mL 蒸餾水，於其上面放置試片，將其放置在溫度為 $(20 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ 之環境下 24 小時，使蒸餾水吸收釋出之甲醛，作為試料溶液。同時以一容器僅放置蒸餾水做為空白組。

(5)、甲醛濃度定量法：試料溶液之甲醛濃度，依乙醯丙酮法利用光電分光光度計或可供測定波長在約 412 nm 之光電比色計，進行比色定量。取 10 mL 試料溶液至於 50 ~ 100 mL 附有玻璃栓之錐形燒瓶中，隨即加入 10 mL 乙醯丙酮-醋酸銨溶液，充分搖盪之。加栓後在 $(65 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 之水浴中加溫 10 分鐘，作檢定液。測定檢定液之吸光度，從檢量線求出試料溶液之甲醛釋放量 (mg/L)，算式如式(4)所示。

$$G = f \times (A_d - A_b) \quad (4)$$

G ：試片中甲醛釋出量(mg/L)， A_d ：試料溶液之吸光度， A_b ：空白試驗(蒸餾水)之吸光度， f ：檢量線之斜率 (mg/L)

(二)、材料之機械性質測定

1、抗彎強度試驗

試材之抗彎強度試驗依 CNS 454 之標準採中央集中載重法，跨距設定為材料厚度之 14 倍，並設定載重方向為與膠合層垂直，後以 5 mm/min 之載重速度進行，而抗彎強度 (Modulus of rupture, MOR) 與抗彎彈性模數 (Modulus of elasticity, MOE) 之計算方式如下列公式(5)及(6)。

$$\text{MOR (MPa)} = \frac{3P_m \times l}{2ah^2} \quad (5)$$

$$\text{MOE (GPa)} = \frac{\Delta P \times l^3}{4\Delta y \times ah^3} \quad (6)$$

P_m ：最大載重 (N)， l ：跨距 (mm)， ΔP ：比例限度內上限載重與下限載重之差值 (N)， Δy ： ΔP 相對之跨距中央之彎曲變形量 (mm)， h ：試體斷面平行壓力之邊長 (mm)， a ：試體斷面垂直壓力之邊長 (mm)

2、剪斷強度

依照 CNS 455 之標準進行 LVL 及實木之剪斷試驗，試材之剪斷方向為平行木理，其中 LVL 試材之剪斷位置為膠合層，使用之載重速度為 5 mm/min，而剪斷強度的計算方式如下列公式(7)所示。

$$\text{剪斷強度 (MPa)} = \frac{P_{max}}{aL} \quad (7)$$

P_{max} ：破壞載重 (N)， a ：試體寬度 (mm)， L ：剪力面長度 (mm)

3、抗壓強度

將材料依製成厚度裁切為正方形斷面，而纖維方向長度為橫斷面邊長之 2~4 倍之直方體，依據 CNS 453 之標準，於載重速度為 5 mm/min 下進行抗壓試驗，而抗壓強度之計算方式如公式(8)所示。

$$\text{抗壓強度 (MPa)} = \frac{P_{\max}}{A} \quad (8)$$

P_{\max} ：最大載重 (N)， A ：試體之斷面積 (mm^2)

4、木螺釘保持力

取直徑 2.7 mm 及長度 16 mm 之木螺釘垂直旋入於試材，旋入木螺釘前，應先鑽以直徑 2 mm，深度 3 mm 之導引孔。再者，將製備完成之試材固定於萬能強度試驗機上，以 2 mm/min 之引拔速度，垂直拔起木螺釘，測定及記錄其最大引拔載重作為木螺釘保持力 (N)。

(三)、抗白蟻試驗

1、試驗前置準備

使用直徑為 8 cm、高為 13 cm 之玻璃瓶做為白蟻試驗用容器，並在瓶蓋上鑽 4 個小孔，接著在玻璃容器中放置 100 g 之培養土，再以鋁箔將瓶蓋包覆，最後置於滅菌釜內在 121°C、1.5 大氣壓下進行滅菌 20 min，待滅完菌之玻璃瓶放置一星期後方可進行抗白蟻試驗。

2、抗白蟻之試驗流程

參考 JWPS-TW-G.1 (2004) 與 CNS 15756 之標準進行抗白蟻試驗，試驗所使用白蟻為台灣家白蟻 (*Coptotermes formosanus* Shiraki)，欲進行試驗之試材尺寸應裁切為 6 cm³，並須於試驗前放置在(60 ± 2)°C 烘箱乾燥 48 h，待滅菌完成後移除玻璃瓶內上方的鋁箔，並添加 20 g 蒸餾水及放入適當大小之鐵絲網，接著將試材置於鐵絲網上，選取活力較佳之 150 隻工蟻及 15 隻兵蟻後一同放入玻璃瓶內並封

蓋，最後將其擺放於 $(28 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 之生物生長箱內以黑暗環境靜置3週，其間每隔一週拍照記錄，試驗結束時再將試材清理乾淨並置於 $(60 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 烘箱乾燥48 h，依下列公式(9)~(11)計算材料之質量損失量、質量損失率及白蟻致死率。

$$\text{質量損失量 (mg)} = M_1 - M_2 \quad (9)$$

式中， M_1 ：試驗前質量 (mg)， M_2 ：試驗後質量 (mg)

$$\text{質量損失率 (\%)} = \frac{(M_1 - M_2)}{M_1} \times 100 \quad (10)$$

式中， M_1 ：試驗前質量 (mg)， M_2 ：試驗後質量 (mg)

$$\text{白蟻死亡率 (\%)} = \frac{\text{試驗期間白蟻死亡數}}{150} \times 100 \quad (11)$$

(四)、抗黴試驗

1、試材準備

將各式處理試樣與對照組材料裁切為 $100 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ 之大小，並置於 20°C 、 $65\% \text{RH}$ 之恆溫恆濕環境中2週，之後以高壓滅菌釜進行滅菌作業，取出之材料放入已打入馬鈴薯瓊脂並經過乾燥定型之 15 cm 塑膠培養基內，其中，試片與馬鈴薯瓊脂間須以U型玻棒予以間隔。

2、孢子懸濁液之配置

將長滿黴菌之培養皿內滴入數滴無菌水，以取樣匙背面輕刮培養基表面以帶起菌絲或孢子（輕壓破孢子囊），將附有黴菌之無菌水倒入以裝無菌水之噴灑瓶內，作為孢子懸濁液。為求孢子懸濁液之孢子數量相當，將懸濁液滴在有界線之計數器上，蓋上蓋玻片後以顯微鏡觀察5大格之孢子數目（每1大格16小格），計算其孢子懸浮液之孢子濃度。

3、使用之黴菌菌種

- (1)、第一群 (*Aspergillus niger*)
- (2)、第二群 (*Penicillium citrinum*)
- (3)、第三群 (*Rhizopus oryzae*)
- (4)、第四群 (*Cladosporium cladosporioides*)
- (5)、第五群 (*Chaetomium globosum*)

4、抗黴試驗之操作

將盛裝試樣之培養基置於無菌操作台中，以噴灑瓶向試樣表面噴灑含黴菌孢子之水溶液，需固定每盤之按壓次數，接著以封口膜(Parafilm)密封之，並置於 28°C 的生長箱中，待 4 週後取出評斷抗黴效果。

5、抗黴效能之評估

材料從生長箱與培養基取出後，以目視評估之方式評判黴菌之生長面積，共分三個級別進行評級，0 級為在試料或試片之接種部分，觀察不到菌絲之發育，1 級則為觀察到菌絲發育部分之面積不超過試片全面積之 1/3，而 2 級為觀察到菌絲發育部分之面積超過試片全面積之 1/3 者。

第二節 相關試驗與研究步驟

相關試驗與研究步驟如圖 2-1 所示。

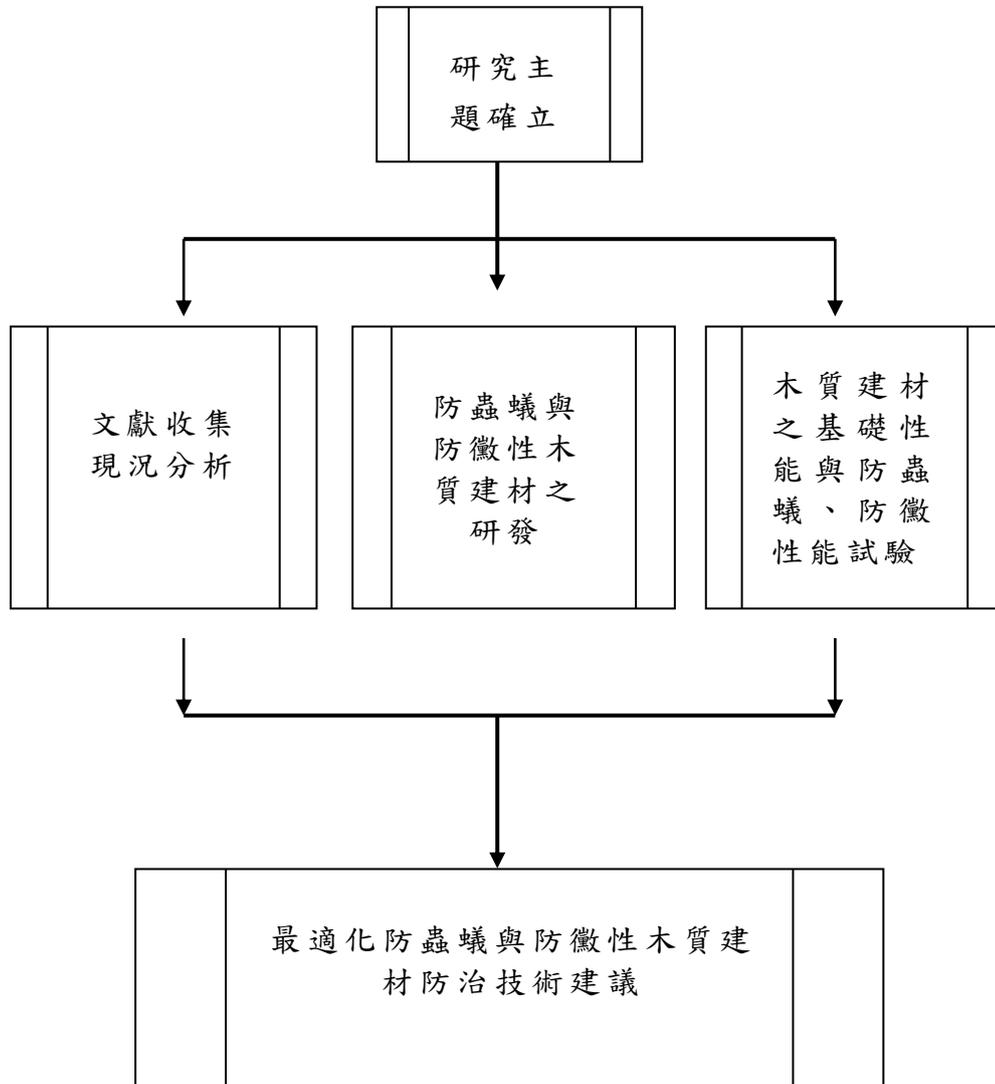


圖 2-1 試驗研究步驟。

(資料來源：本研究之試驗結果)

表 2-1 預期進度與實際進度對照表

月次 施行 項目	第 1 個月	第 2 個月	第 3 個月	第 4 個月	第 5 個月	第 6 個月	第 7 個月	第 8 個月	第 9 個月	第 10 個月	第 11 個月
相關文獻 收集與市 場現況調 查	■	■	■								
合板及單 板層積材 研製	■	■	■	■							
柳安、放 射松實木 角材研製		■	■	■	■						
物理與機 械性質試 驗		■	■	■	■						
抗白蟻性 試驗			■	■	■	■	■				
抗黴性試 驗						■	■	■	■	■	
期中報告 撰寫及繳 交					■	■					
期末報告 撰寫及繳 交									■	■	
成果報告 撰寫及繳 交										■	■
第一次專 家座談							■				
第二次專 家座談									■		
預定進度 (累積數)	10	20	30	40	50	60	70	80	87	97	100

■：預定進度排程；■：實際進度

(資料來源：本研究之試驗結果)

第三章 研究成果與發現

第一節 市售相關木質建材之抗蟻性評估

為瞭解國內木質建材消費市場所使用之木質建材之抗蟻性，本研究以市售之木質建材（合板、單板層積材、木芯合板與實木角材）進行白蟻試驗，其結果如表 3-1 所示。由表中數值可以發現，以無選擇性之白蟻試驗結果，市售合板、木芯合板、單板層積材與實木角材，不論其甲醛釋出量為 F₂ 或 F₃ 級，均無法符合國家標準中所訂定之質量損失率 3% 以下之規定，質量損失亦均高於 200 mg，因此若此類建材於室內使用遭遇白蟻危害時，將無抵抗性，木質建材之抗蟻性實為目前亟需考量之議題。

一般認為甲醛有殺蟲效果，但依本實驗結果，F₁ 至 F₃ 木質建材對於白蟻均無殺蟻效果。雖然 F₃ (1.5mg/L) 甲醛釋出量為 F₁ (0.3 mg/L) 之 5 倍。考量到國內室內環境品質的要求，為維護居住者之健康，今後木質建材之甲醛釋出量惟有降低，而不可能提高。因此，惟有如後述考慮以對環境友善，人們健康不受影響之防蟲、抗蟻處理法，以達到防蟲、抗蟻效果。

表 3-1 市售木質建材之抗蟻性

條件	質量損失量 (mg)	質量損失率 (%)	白蟻致死率 (%)	甲醛等級
LVL(放射松)	252.0 (21.4)	7.7 (0.9)	27.7 (6.3)	F ₂
LVL(柳桉)	247.5 (22.8)	5.6 (0.6)	29.5 (3.1)	F ₂
LVL(柳桉)	256.4 (24.7)	5.8 (0.6)	22.7 (7.4)	F ₃
合板(放射松)	296.6 (56.6)	15.0 (3.7)	14.7 (9.4)	F ₃
合板(放射松)	260.4 (75.9)	12.1 (3.3)	17.8 (10.0)	F ₃
合板(放射松)	478.9 (41.7)	11.7 (1.4)	12.9 (6.7)	F ₃
合板(放射松)	300.1 (28.0)	16.6 (1.4)	7.3 (1.8)	F ₂
MDF	349.8 (64.5)	6.4 (1.2)	14.2 (2.0)	F ₃
木心板	214.7 (23.7)	9.2 (1.0)	35.3 (3.1)	F ₃
實木(放射松)	222.4 (8.8)	23.1 (1.4)	27.8 (1.4)	
實木(南方松)	287.8 (35.6)	11.0 (1.3)	10.7 (3.5)	

第二節 藥劑處理 LVL 之特性評估

一、LVL 添加忌避型藥劑 (賽滅寧) 之特性評估

(一)、放射松 LVL 添加忌避型藥劑 (賽滅寧) 之基礎性質

賽滅寧 (Cypermethrin) 係屬一種忌避型除蟲菊脂類生物制劑，坊間過去之用途主要使用於噴灑在土壤中，以防治蟲蟻之危害，其優點係以極少量之添入配比比便可達到極高之生物抑制功效，而於本研究中則將此類藥劑以極少量之比例添加在製板過程之膠合劑中，其藥劑含量如表 3-2 所示，僅占膠合劑重量比 0.5% 與 1.0%。為求藥劑添入後不影響材料之基礎性能與膠合強度，以下進行一系列之物理與機械性能測定，由表中可見未添加藥劑之普通放射松 LVL，其密度值與含水率分別為 562.7 kg/m³ 及 11.4%。而添入膠合劑重量比 0.5% 及 1.0% 賽滅寧之 LVL 板材其密度值則為 569.1 kg/m³、564.1 kg/m³，含水率之部分無論有否添加藥劑，其無顯著變化存在，由 ANOVA 統計分析結果亦可見添加藥劑之 LVL 板材其基礎性質相較於未處理對照組並無顯著差異。

另一方面，於 LVL 添加藥劑後之強度性能上，未處理之 LVL 試樣其抗彎強度、抗彎彈性模數、抗壓強度與木螺釘保持力分別為 83.5 MPa、9.0 GPa、48.4 MPa 與 847.2 N，經 ANOVA 統計分析結果可見，添加賽滅寧藥劑於膠合層內之 LVL 其強度性質與未處理組間並無差異存在，顯示藥劑之添加並不會影響膠合劑與木材單板間之膠結能力。由膠合剪力結果可知，未處理組為 13.8 MPa，藥劑添入量 0.5% 與 1.0% 之 LVL 型態則為 13.8 MPa、12.6 MPa，統計結果得知並無顯著之差異性，顯示添入賽滅寧於膠合劑內並不會使 LVL 有脫層之現象產生，同時由浸水剝離試驗可再度驗證 LVL 仍保有足夠之膠合能力，此外，由於本試驗係使用低甲醛型 UF 樹脂，故所製成之 LVL，經甲醛釋出量試驗，其值約 0.43~0.45 mg/L，可達到 CNS 11818 規範中 F₂ 等級。

表 3-2 放射松 LVL 添加與未添加賽滅寧藥劑之基礎性能表現

條件	密度 (kg/m ³)	含水率 (%)	抗彎強度		抗壓強度 (MPa)	膠合剪 斷強度 (MPa)	木螺釘 保持力 (N)	剝離 率 (%)	甲醛 釋出量 (mg/L)	甲醛 等級
			MOR (MPa)	MOE (GPa)						
未處理	562.7 ^a (27.2)	11.4 ^a (0.6)	83.5 ^a (7.0)	9.0 ^a (0.6)	48.4 ^a (2.1)	13.8 ^a (0.8)	847.2 ^a (44.3)	0	0.44 ^a (0.03)	F ₂
0.5% (0.41kg/m ³)	569.1 ^a (21.5)	11.3 ^a (0.4)	82.7 ^a (6.4)	8.6 ^a (0.7)	49.3 ^a (2.5)	13.8 ^a (1.2)	858.2 ^a (56.0)	0	0.45 ^a (0.02)	F ₂
1.0% (0.8kg/m ³)	564.1 ^a (30.0)	11.3 ^a (0.5)	83.0 ^a (5.7)	9.1 ^a (0.3)	49.5 ^a (3.3)	12.6 ^a (1.2)	871.0 ^a (98.1)	0	0.43 ^a (0.02)	F ₂

註 1：Different letters (a) in a given row indicate significant differences at the 0.05 level by Tukey's test and ANOVA.

The values in parentheses () is standard deviation.

樣本數 n = 30

註 2：本實驗放射松 LVL，使用厚度 2.7mm 單板，單面佈膠量 114.5g/m²，雙面佈膠，共 11 層構造，LVL 厚度為 28cm，膠合劑中添加 0.5% 賽滅寧，換算成 0.41 kg/m³，添加 1.0% 賽滅寧，換算成 0.82 kg/m³。

(資料來源：本研究之試驗結果)

(二)、放射松 LVL 添加忌避型藥劑 (賽滅寧) 之抗白蟻能力

本試驗參考 JWPS-TW-G.1 (2004) 與 CNS 15756 標準進行，表 3-3 顯示未處理組 LVL 與兩組經 0.5% 與 1.0% 賽滅寧藥劑處理之 LVL 的抗白蟻試驗結果，由未處理組 LVL 質量損失量 252.0 mg，可知本次試驗之白蟻具有相當之活性 (當質量損失量大於 200 mg 時，視為白蟻具有活力)。試驗結果指出，當藥劑添加量為 0.5% 與 1.0% 時，其質量損失率由 7.8% 下降至 1.8% 與 0.7%，經 ANOVA 分析與同質性檢定結果具有顯著差異，顯示使用賽滅寧藥劑添加後其具有相當良好之抗蟻性，依 CNS 15756 標準規定，當質量損失率達 3% 以下時具有抗蟻效果，因此本試驗結果可知放射松 LVL 之藥劑添加量達 0.5% 時，即可達到其要求，同時再由圖 3-1 (c-f) 亦可驗證 LVL 添加 0.5% 以上之賽滅寧藥劑後，相較於對照組，無侵蝕蟲

孔及蟻道之產生。故綜合以上結果推論，添加賽滅寧生物制劑於試樣膠合劑內並不會影響材料之基礎物理及機械特性，且所製成之抗蟲蟻類型木質板類具有高效之抵禦白蟻功效。

表 3-3 放射松 LVL 添加與未添加賽滅寧藥劑之抗白蟻性能表現

條件	質量損失量 (mg)	質量損失率 (%)	白蟻致死率 (%)
未處理	252.0 (21.4) ^c	7.8 (0.2) ^c	27.7 (6.3) ^a
0.5%	61.7 (9.8) ^b	1.8 (0.3) ^b	27.8 (2.5) ^a
1.0%	22.8 (5.1) ^a	0.7 (0.1) ^a	34.7 (3.4) ^a

註 1：Different letters (a) in a given row indicate significant differences at the 0.05 level by Tukey's test and ANOVA.

The values in parentheses () is standard deviation.

樣本數 n = 10

註 2：如表 3-2 條件說明

(資料來源：本研究之試驗結果)

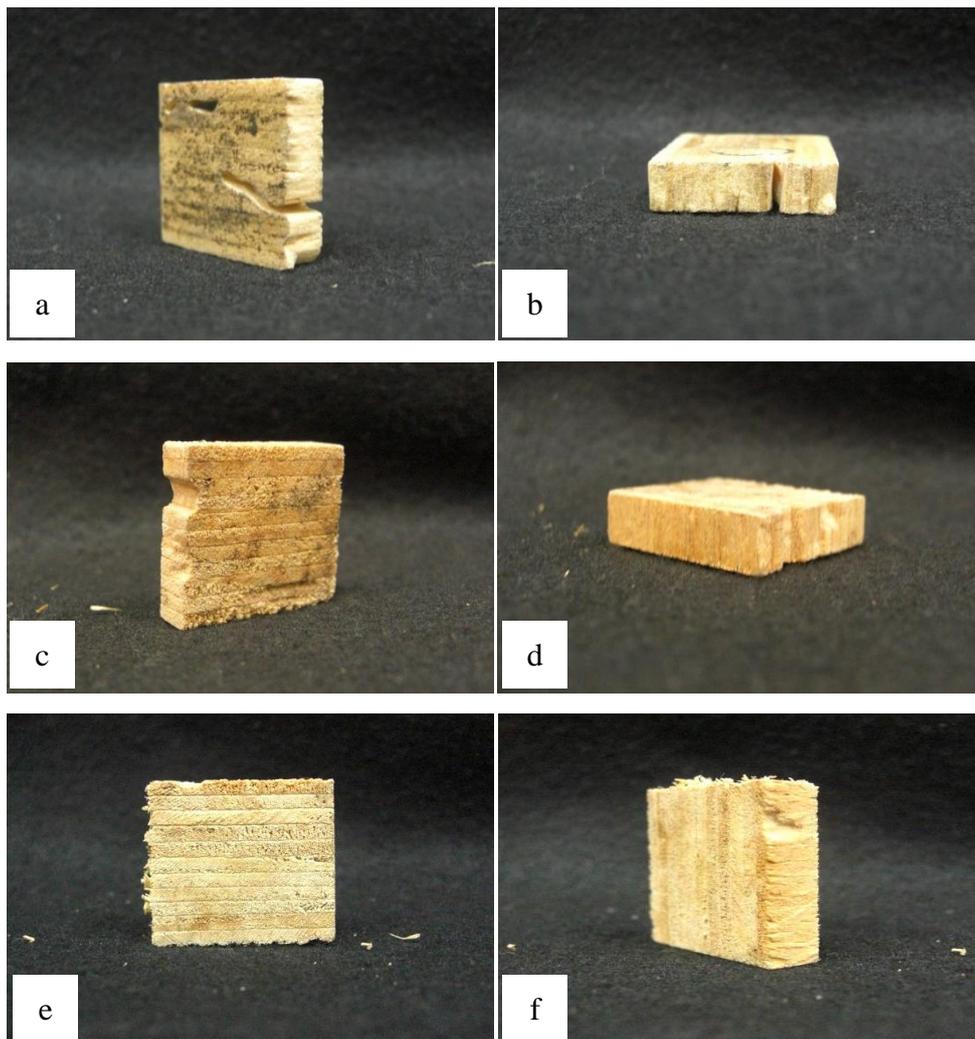


圖 3-1 放射松 LVL 添入與未添加賽滅寧藥劑之抗白蟻性能結果(a、b)未處理；(c、

d) 藥劑量 0.5% ; (e、f) 藥劑量 1.0%。(資料來源：本研究拍攝)

(三)、柳桉 LVL 添加忌避型藥劑 (賽滅寧) 之基礎性質

同樣係 LVL 添加賽滅寧之性質研究，本研究除了使用放射松單板製成外，亦使用另一常見闊葉樹—柳桉，製成 LVL 板材後評估其經藥劑添加後之性質變化及抗白蟻之功效。過去文獻曾指出柳桉本身具有較好之抗白蟻功效(王振瀾等,1993;林天書等,1996)，由於其密度較普遍針葉樹高，且抽出成分及樹脂含量多，故屬較具抗蟲蟻危害之樹種，因此，常見於家具裝潢工業上或是角材的使用，本試驗盼可在低藥劑添加量下，使用對環境較為友善之生物制劑，添入於柳桉 LVL 製程中，以提升其抗生物劣化性能。

表 3-4 顯示柳桉 LVL 添加 0.5%、1.0%與 1.5%之賽滅寧藥劑於膠合劑中後與未添加組的基礎性質比較，由表中可見未添加藥劑組之密度值為 733.6 kg/m^3 ，含水率則為 11.6%，而藥劑添加量 0.5%、1.0%與 1.5%者之密度值亦與未添加組相近，分別為 729.5 kg/m^3 、 735.9 kg/m^3 及 731.8 kg/m^3 ，由上述結果顯示試材之密度並未隨賽滅寧藥劑於膠合劑內之添加或隨添加量之不同而有所改變，同樣地，於 ANOVA 統計分析結果顯示無論藥劑之添加配比為何，試材之含水率均與未添加組無顯著差異性存在。

另一方面，於表 3-4 同時顯示柳桉 LVL 於不同配比之賽滅寧添加量與未處理組之機械性質變化，首先在未處理試樣中，其抗彎強度、抗彎性模數、抗壓強度及木螺釘保持力分別為 113.4 MPa、13.4 GPa、64.8 MPa 與 1226.5 N，而添加不同藥劑配比之柳桉 LVL 板材，其各項機械性能量測值上與未處理者並未有明顯之差距，且經 ANOVA 檢定分析結果亦顯示試樣並未因藥劑添入量多寡而有不同之趨勢存在，此現象與前述之放射松 LVL 結果相同。再者，無論有否添入賽滅寧藥劑於膠合層中，各類型柳桉 LVL 之膠合剪力均介於 14—16 MPa 之間，差異性並不顯著，此現象解釋藥劑之添加並不會影響木質材料與膠合劑間的膠合能力，亦不會使膠合層間產生缺陷及脫膠的現象，而表中各類 LVL 之剝離率均為 0 同樣可為膠合性能之留存作最佳之佐證。此外，柳桉 LVL 亦使用低甲醛型 UF 樹脂所製成，因此其甲醛釋出量均會低於 0.3 mg/L ，屬於 CNS 11818 規範中之 F₁ 等級。綜合上

述結果可推斷此類忌避型生物制劑同樣可適用於闊葉樹單板所製成之 LVL，且對於木質板類之各項特性無明顯之影響。

表 3-4 柳桉 LVL 添加與未添加賽滅寧藥劑之基礎性能表現

條件	密度 (kg/m ³)	含水率 (%)	抗彎強度		抗壓強度 (MPa)	膠合剪斷 強度 (MPa)	木螺釘 保持力 (N)	剝離 率 (%)	甲醛 釋出量 (mg/L)
			MOR (MPa)	MOE (GPa)					
未處理	733.6 ^a (17.1)	11.6 ^a (0.1)	113.4 ^a (6.9)	13.4 ^a (1.1)	64.8 ^a (2.2)	15.2 ^a (1.8)	1226.5 ^a (3.5)	0	0.12 ^a (0.03)
0.5% (0.61 kg/m ³)	729.5 ^a (13.2)	11.7 ^a (0.2)	113.5 ^a (9.9)	13.1 ^a (1.2)	65.1 ^a (4.0)	16.1 ^a (4.0)	1174.0 ^a (77.8)	0	0.14 ^{ab} (0.02)
1.0% (1.22 kg/m ³)	735.9 ^a (12.6)	11.7 ^a (0.3)	114.4 ^a (4.5)	14.1 ^a (0.5)	62.0 ^a (5.1)	14.1 ^a (2.2)	1192.6 ^a (84.3)	0	0.15 ^{ab} (0.02)
1.5% (1.83 kg/m ³)	731.8 ^a (15.8)	11.6 ^a (0.4)	113.8 ^a (7.9)	13.9 ^a (0.9)	65.1 ^a (4.4)	15.8 ^a (2.0)	1198.0 ^a (97.3)	0	0.17 ^b (0.01)

註 1：Different letters (a) in a given row indicate significant differences at the 0.05 level by Tukey's test and ANOVA.

The values in parentheses () is standard deviation.

樣本數 n = 30

註 2：本實驗柳桉 LVL，使用厚度 3.3mm 單板，單面佈膠量 53.5g/m²，雙面佈膠，共 11 層構造，LVL 厚度為 35cm。膠合劑中添加 0.5% 賽滅寧，換算成 0.61 kg/m³，添加 1.0%，換算成 1.22 kg/m³，添加 1.5%，換算成 1.83 kg/m³。

(資料來源：本研究之試驗結果)

(四)、柳桉 LVL 添加忌避型藥劑 (賽滅寧) 之抗白蟻能力

試驗同樣依據 JWPS-TW-G.1 (2004) 與 CNS 15756 標準所進行，表 3-5 詳列未處理之柳桉 LVL 及添加忌避型防蟲藥劑 (賽滅寧) 後材料之白蟻試驗結果，表內顯示未處理組 LVL 質量損失量達 261.4 mg，據標準內要求此試驗之白蟻具有足

夠之活力。試驗結果指出，藥劑添加量由 0.5% 提升至 1.5% 時，相較於未處理組，

質量損失率自 5.9% 依序降至 2.9%、1.7% 與 0.6%，ANOVA 分析與同質性檢定結果顯示具有顯著之差異，且隨著藥劑添加量的增加，LVL 抵抗白蟻之能力亦隨之提升。同時對照 CNS 15756 之標準，當藥劑添加量達 0.5% 即具有極佳之抗白蟻效果，再者，相同之趨勢可藉圖 3-2 (a-h) 中相印證，圖中明顯可見未添加藥劑之 LVL 試塊有顯著之白蟻侵蝕情況，然隨著藥劑之添加，試塊僅邊緣部分產生些許破損，顯示賽滅寧藥劑添加於膠合劑中可有效增進柳桉 LVL 之抗蟲蟻能力。

表 3-5 柳桉 LVL 添加與未添加賽滅寧藥劑之抗白蟻性能表現

條件	質量損失量 (mg)	質量損失率 (%)	白蟻致死率 (%)
未處理	261.4 (8.5) ^d	5.9 (0.3) ^d	27.6 (2.1) ^a
0.5%	124.0 (18.5) ^c	2.9 (0.4) ^c	30.9 (10.8) ^a
1.0%	73.1 (4.6) ^b	1.7 (0.1) ^b	33.3 (2.9) ^a
1.5%	25.2 (7.8) ^a	0.6 (0.2) ^a	39.3 (5.5) ^a

註 1：Different letters (a) in a given row indicate significant differences at the 0.05 level by Tukey's test and ANOVA.

The values in parentheses () is standard deviation.

樣本數 n = 10

註 2：如表 3-4 條件說明

(資料來源：本研究之試驗結果)

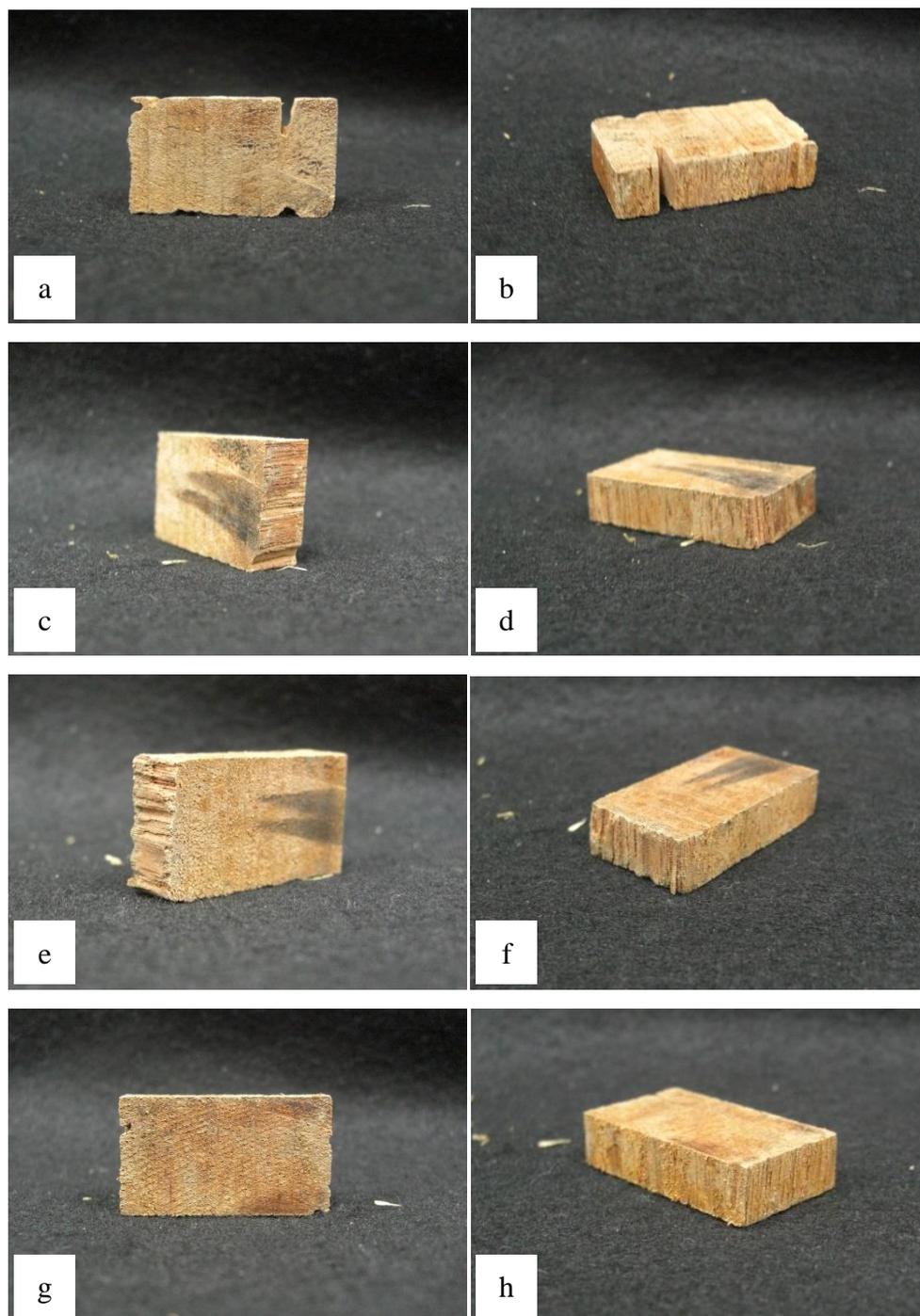


圖 3-2 柳桉 LVL 添入與未添加賽滅寧藥劑之抗白蟻性能結果 (a、b) 未處理；(c、d) 藥劑量 0.5%；(e、f) 藥劑量 1.0%；(g、h) 藥劑量 1.5%。
(資料來源：本研究拍攝)

二、硼酸處理 LVL 之特性評估

(一)、放射松 LVL 添加硼酸藥劑之基礎性質

硼系化合物於過去大多用作防火藥劑，然除了防火功效外，其亦有防蟲防腐之效力，因此本次研究依 CNS 3000 之規定進行單板硼酸藥劑之注入處理，並探討其抗白蟻之能力。過往研究曾指出硼酸藥劑之淋失性高，因此較不合適使用於戶外用材之防腐，於國家標準 CNS 3000 號標準中，硼酸藥劑之吸收量規範僅有 K1 及 K2 兩級別，吸收量分別要求達 1.2 kg/m^3 與 8 kg/m^3 。而本次研究係以減壓注入法進行單板硼酸藥劑之注入處理，由於本研究團隊過去曾探討硼酸直接添加於膠合劑中，並採一次加工法熱壓製成型 LVL，評估其抗白蟻能力，試驗結果指出 K1 等級者之抗白蟻效能未達標準，又 K2 等級之材料雖有極佳之抗白蟻能力，然膠合強度卻有不足之現象（賴玟融與楊德新，2013），因此，於本次研究中將以減壓處理法，使單板藥劑之吸收量介於 K1 及 K2 等級之間，盼求達到抗白蟻功效外，亦避免過度之強度減損。

表 3-6 為硼酸處理放射松 LVL 之基本物理與機械性質，由表 3-6 可知，單板經硼酸處理後製成 LVL，其密度及含水率均有些許上升之趨勢，其中含水率之上升可能係因硼酸藥劑具較高之吸濕性能有關，但整體而言，其含水率在 10% 以下符合 CNS 11818 含水率 14% 以下之要求。

另一方面，表中亦顯示放射松 LVL 於注入硼酸前後之機械性質變化，由過去文獻指出經過硼處理之木質材料，其強度值將有顯著之下降情況，Simsek 等人（2013）之報告中曾提及木材經硼酸注入後其抗壓強度下降了 10% 左右，而抗彎彈性模數與抗彎強度則分別下降近 10% 與 15%，然此強度減低之趨勢與藥劑之留存量有極大之相關，上述文獻所測得之藥劑吸收量已高達 20 kg/m^3 以上，屬偏高之注入模式，故大量之酸性物質將於材料注入與製程中使木質成分受酸水解之影響，進而減低成品之強度性能，然本次所進行之試驗與藥劑吸收量僅 3.5 kg/m^3 ，對於 LVL 強度性能之減損將有限，如表中所示，無論有否經過硼處理，材料之抗彎彈性模數與木螺釘保持力近乎相近，此外，於抗彎強度與抗壓強度部分，數值

由處理前之 70.1 MPa、39.8 MPa 經硼處理後上升至 91.8 MPa 與 52.1 MPa，此現象係因材料於硼處理並乾燥後將產生結晶構造於材料內部與表層，此類晶體結構可能大量留存於縱向之管胞內，故使材料之抗彎強度與抗壓強度有所提升（Winandy and Rowell, 1984；Colakoglu et al., 2003）。而本研究團隊曾指出較高之硼酸添加量將影響材料之膠合能力，然本篇報告所使用之藥劑吸收值較低，因此較無此項疑慮，如表 3-6 中所列，注入硼酸藥劑前後，LVL 之膠合剪力並無顯著之變化得以印證。

表 3-6 放射松 LVL 添加與未添加硼酸之性能表現

條件	密度 (kg/m ³)	含水率 (%)	抗彎強度		抗壓強度 (MPa)	膠合剪力 (MPa)	木螺釘 保持力 (N)	剝離率 (%)	甲醛 釋放量 (mg/L)
			MOE (GPa)	MOR (MPa)					
未處理	503.6 (21.5)	9.1 (0.1)	8.9 (0.7)	70.1 (1.6)	39.8 (4.5)	10.7 (3.4)	851.8 (143.0)	0	0.44 (0.03)
硼處理	521.7 (39.7)	9.9 (0.2)	8.9 (0.9)	91.8 (10.0)	52.1 (4.7)	11.1 (3.1)	856.8 (103.2)	0	0.41 (0.04)

The values in parentheses () is standard deviation.

樣本數 n = 30

（資料來源：本研究之試驗結果）

放射松單板經硼處理後之抗白蟻效能結果如表 3-7 所示，結果顯示單板未處理組之 LVL 經 3 週白蟻試驗，其質量損失量均超過 200 mg，表示本次試驗之白蟻具有相當之活力，而硼酸處理單板 LVL，其質量損失率僅 0.3%，遠低於未處理組之 10.1%，亦符合 CNS 15756 標準之 3% 以下，顯示單板經硼處理後，其抗蟻性顯著增加。本處理方式與賽滅寧忌避劑型藥劑有不同之試驗結果，本處理白蟻之致死率近達 98.7%，顯示硼酸對白蟻而言具有一定之毒殺作用，又於圖 3-3 (a-d) 可見未處理組受食害所產生之孔洞極多，相反地，硼處理之材料完整且無缺損，相較之下明顯驗證單板經硼酸處理，當藥劑吸收量 3.5 kg/m³ 時，可達到極佳之抗蟲蟻能力，且並未對材料之物理或機械性能造成負面之影響。

表 3-7 放射松 LVL 添入與未添加硼酸藥劑之抗白蟻性能表現

條件	吸收量 (kg/m ³)	質量損失量 (mg)	質量損失率 (%)	白蟻致死率 (%)
未處理	—	208.9 (5.5)	10.1 (0.6)	7.8 (0.4)
硼處理	3.5 (0.8)	6.8 (1.7)	0.3 (0.1)	98.7 (1.8)

The values in parentheses () is standard deviation.

樣本數 n = 10

(資料來源：本研究之試驗結果)

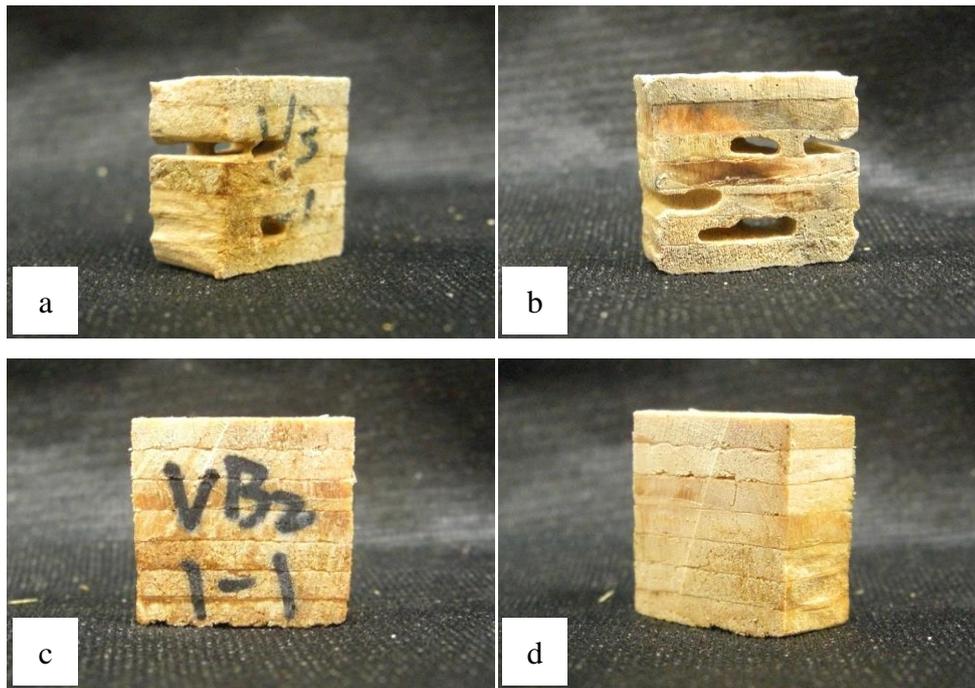


圖 3-3 放射松 LVL 添入與未添加硼酸藥劑之抗白蟻性能結果 (a、b) 未處理；(c、d) 藥劑量 3.5 kg/m³。

(資料來源：本研究拍攝)

第三節 藥劑處理實木之特性評估

一、不同藥劑處理放射松實木之基礎性質

除 LVL 角材外，實木角材亦常使用於室內裝修用料，然我國地處亞熱帶，屬高溫潮濕之氣候環境，因此木質材料長期使用時容易孳生蟲蟻及產生腐朽或黴害，為求外觀之保持及強度性能之留存，過去常使用多種防腐藥劑、除菌劑或生物制劑於角材類用料上，而本研究係探討以加壓注入之模式，依 CNS 3000 之規範注入 ACQ 及硼酸於實木角材中，並加以評斷藥劑添加前後對材料性質之影響。

表 3-8 顯示放射松實木經硼處理及添加 ACQ 防腐藥劑後之各項物理及機械性質，表中可見未處理組之密度值與含水率分別為 507.05 kg/m^3 、 13.79% 。而經硼處理之實木角材為 521.14 kg/m^3 、 13.85% ，添加 ACQ 藥劑組則為 493.29 kg/m^3 、 10.76% 。另一方面，於機械強度之性能表現中，未處理組之抗彎彈性模數、抗彎強度、壓縮強度與剪斷強度分別為 7.89 GPa 、 71.83 MPa 、 39.64 MPa 及 14.99 MPa ，而放射松實木經硼處理後之各項強度性能與未處理組近乎一致，ANOVA 分析及同質性檢定結果亦顯示無顯著之差異存在。然以 ACQ 防腐藥劑注入之材料，其抗彎彈性模數及抗彎強度與未處理組相較下有偏高之趨勢，且經統計分析結果得知有部分之差異性，造成此現象之原因推論與 ACQ 注入材含水率偏低有關。

表 3-8 放射松實木添加與未添加硼酸藥劑及 ACQ 之性能表現

編號	密度 (kg/m ³)	含水率 (%)	MOE (Gpa)	MOR (MPa)	壓縮強度 (MPa)	剪斷強度 (MPa)
未處理	507.05 ^a (38.19)	13.79 ^b (0.49)	7.89 ^a (1.64)	71.83 ^a (11.41)	39.64 ^a (4.75)	14.99 ^a (3.31)
硼處理	521.14 ^a (55.58)	13.85 ^b (0.07)	8.11 ^a (1.16)	76.83 ^a (10.22)	42.39 ^a (6.30)	14.49 ^a (3.88)
ACQ	493.29 ^a (45.91)	10.76 ^a (0.06)	9.99 ^b (1.25)	88.61 ^b (9.52)	43.30 ^a (5.82)	14.15 ^a (3.64)

Different letters (a) in a given row indicate significant differences at the 0.05 level by Tukey's test and ANOVA.

The values in parentheses () is standard deviation.

樣本數 n = 30

(資料來源：本研究之試驗結果)

二、不同藥劑處理柳桉實木之基礎性質

為與前述之單板層積材進行相互比較，本試驗亦進行了柳桉實木之藥劑注入，試驗同樣以 CNS 3000 之標準施作加壓注入流程，並依據標準內所規定之室內裝修用材藥劑標定吸收量，調控制程之壓力與時間，使柳桉實木之硼酸藥劑吸收量達 K1—K2 (1.2 kg/m³—8 kg/m³) 等級間，而 ACQ 防腐藥劑之吸收量則是達 K2—K3 (1.3 kg/m³—2.4 kg/m³) 之級距內。

表 3-9 顯示柳桉實木經硼酸與 ACQ 藥劑注入後之物理及機械性質變化，表中可見未處理組試樣之密度值與含水率分別為 624.10 kg/m³、10.92%，而硼酸與 ACQ 藥劑注入材則分別介於 612.91 kg/m³—622.58 kg/m³ 及 11.32%—10.44%。經 ANOVA 分析及同質性檢定結果顯示三者並無顯著之差異，換言之，以硼酸藥劑及 ACQ 對柳桉進行改質並不會影響其物理性質表現。另一方面，未處理組之抗彎彈性模數、抗彎強度、壓縮強度與剪斷強度值分別為 12.17 GPa、96.26 MPa、47.84 MPa 及 10.20 MPa，而上述之數據呈現與經硼酸及 ACQ 藥劑注入的柳桉實木角材近乎一致，且經 ANOVA 分析結果顯示並無差異性存在。故綜括而論，為製成抗蟲蟻且具抗腐朽能力之實木角材，依規定之藥劑吸收量，以硼酸及 ACQ 防腐藥劑進行

加壓注入後，其密度值及含水率並無明顯之變化且並不會造成機械性能之下降情形。

表 3-9 柳桉實木添加與未添加硼酸藥劑及 ACQ 之性能表現

編號	密度 (kg/m ³)	含水率 (%)	MOE (Gpa)	MOR (MPa)	壓縮強度 (MPa)	剪斷強度 (MPa)
未處理	624.10 ^a (46.56)	10.92 ^a (0.71)	12.17 ^a (4.19)	96.26 ^a (21.99)	47.84 ^a (10.51)	10.20 ^a (2.67)
硼處理	612.91 ^a (42.36)	11.32 ^a (0.01)	11.48 ^a (4.56)	92.01 ^a (20.17)	45.52 ^a (8.56)	9.34 ^a (2.47)
ACQ	622.58 ^a (50.31)	10.44 ^a (0.19)	11.09 ^a (4.18)	92.62 ^a (24.30)	47.99 ^a (7.18)	9.31 ^a (1.27)

Different letters in a given row indicate significant differences at the 0.05 level by Tukey's test and ANOVA.

The values in parentheses () is standard deviation.

樣本數 n = 30

(資料來源：本研究之試驗結果)

三、不同藥劑處放射松與柳桉實木之抗蟻性評估

表 3-9 為經硼酸與 ACQ 藥劑處理放射松與柳桉實木之抗白蟻性。就未處理組而言，經 21 天白蟻試驗結果，放射松實木之質量損失量達 354.9 mg，高於柳桉實木之質量損失率(123.3 mg)；放射松與柳桉實木之質量損失率分別為 17.6% 與 4.1%，明顯可見放射松實木較柳桉實木之抗蟻性為差，此可能係木材之密度及其化學抽出成分所致，由圖 3-4 與圖 3-5 可見放射松實木之白蟻食害區域多為春材帶，因此除試材邊緣外，試材內部上可見其食害；但在柳桉實木方面，則較無此趨勢。儘管如此，兩者在未進行任何藥劑處理下，其抗蟻性均無法符合國家標準之要求(質量損失率在 3% 以下)。

因此在經硼酸與 ACQ 藥劑處理後，可以發現無論是放射松或是柳桉實木，其質量損失率均能在 3% 以下，符合國家標準要求。其中，又以硼酸與 ACQ 藥劑處理之柳桉實木處理材，質量損失率較低(0.3-0.6%)；另就白蟻致死率視之，未處理組白蟻致死率約 8.9-25.6%，硼處理組均高達 95.6-100.0%，明顯亦有高於 ACQ

藥劑處理組之趨勢，顯示以硼處理者，較高之白蟻致死率亦可能為造成較低之質量損失率之原因。

表 3-10 硼處理與 ACQ 藥劑處理放射松與柳桉實木之抗白蟻性

樹種	條件	質量損失量 (mg)	質量損失率(%)	白蟻致死率 (%)
放射松	未處理	354.9 (11.4) ^b	17.6 (1.4) ^b	8.9 (2.8) ^a
	硼處理	10.7 (4.1) ^a	1.1 (0.4) ^a	100 (0.0) ^c
	ACQ	29.6 (6.8) ^a	1.5 (0.4) ^a	46.9 (10.0) ^b
柳桉	未處理	123.3 (14.1) ^b	4.1 (0.3) ^b	25.6 (3.4) ^a
	硼處理	19.3 (4.4) ^a	0.6(0.1) ^a	95.6 (7.1) ^c
	ACQ	9.5 (4.8) ^a	0.3 (0.1) ^a	54.7 (13.3) ^b

Different letters in a given row indicate significant differences at the 0.05 level by Tukey's test and ANOVA.

The values in parentheses () is standard deviation.

樣本數 n = 10

(資料來源：本研究之試驗結果)

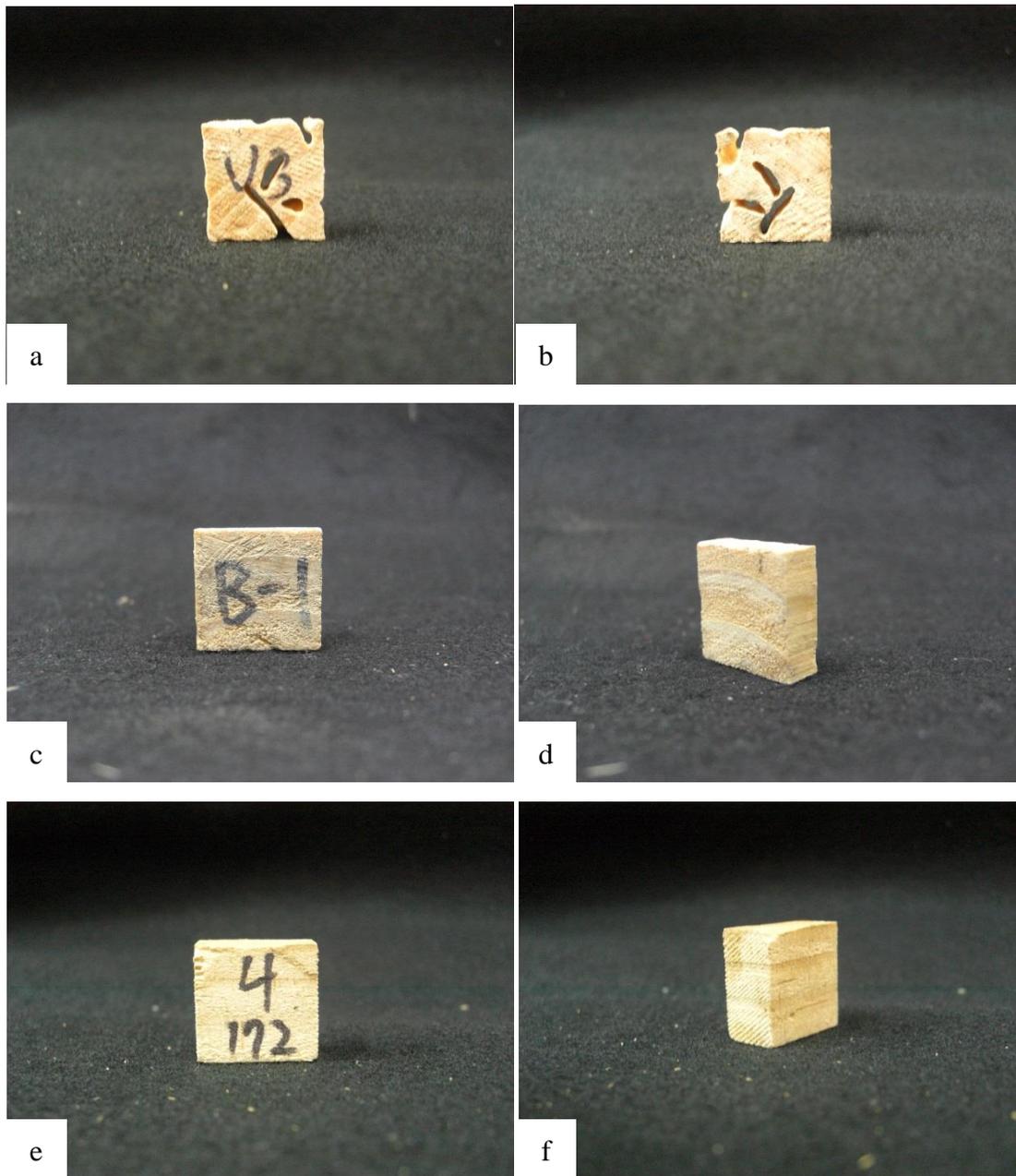


圖 3-4 放射松實木之抗白蟻性能結果 (a、b) 未處理；(c、d) 硼處理；
(e、f) ACQ 藥劑處理。

(資料來源：本研究拍攝)

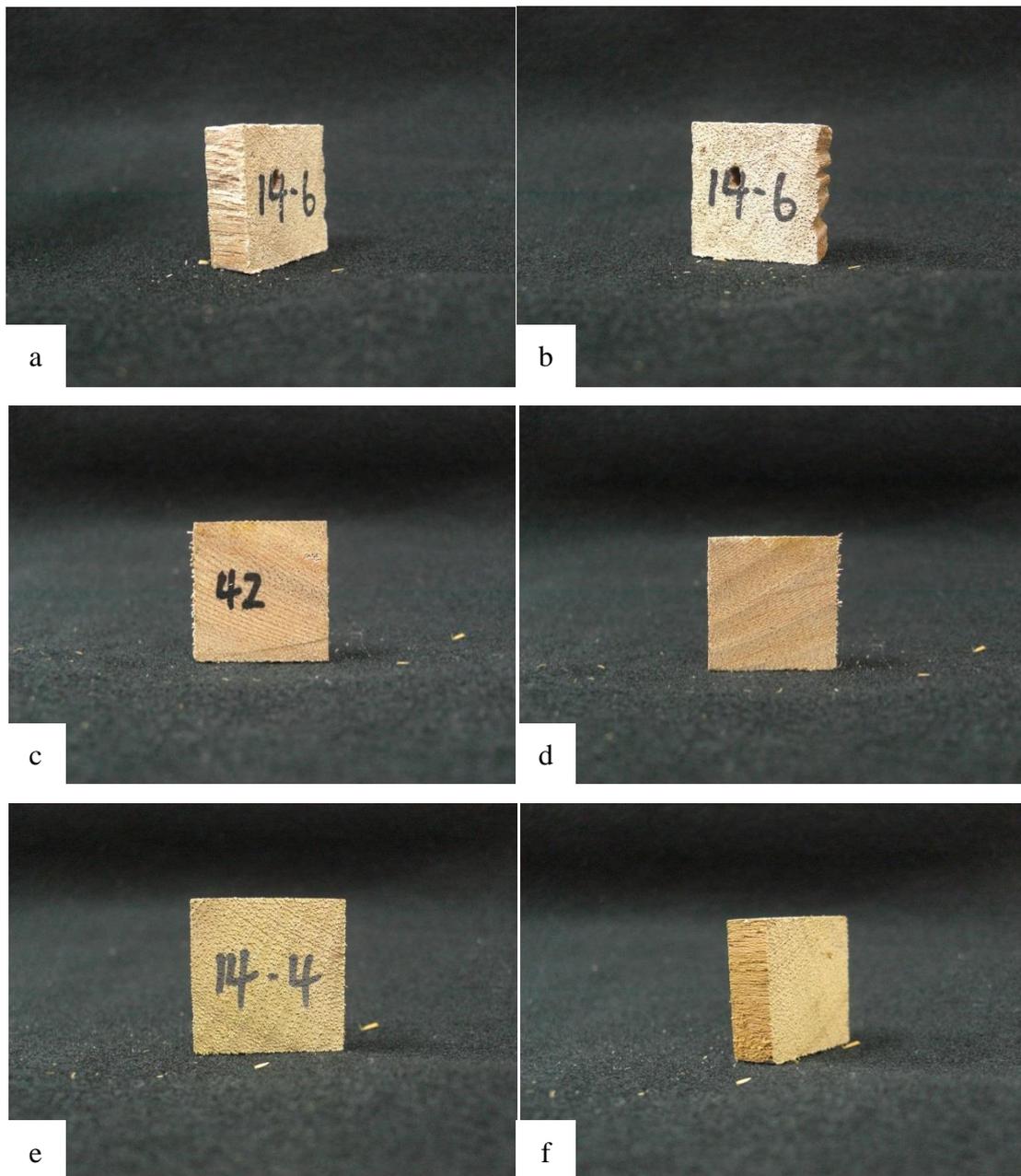


圖 3-5 柳桉實木之抗白蟻性能結果 (a、b) 未處理；(c、d) 硼處理；
(e、f) ACQ 藥劑處理。

(資料來源：本研究拍攝)

第四節 藥劑處理實木單板之防黴性評估

一、防黴試驗之試材前處理與實際操作流程

試驗使用放射松 (*Pinus radiata*) 與柳桉 (*Shorea spp.*) 單板，預先裁切為尺寸 15 (W) × 100 (L) × 5 (H) mm³ 之試片，將圖 3-6 之 Tanalith OT45、Tanalith A 與 Tanalith AM 防黴劑依表 3-11 預設的條件添入 ACQ 和硼酸藥劑中，進行試材之藥劑注入作業，所使用之防黴劑與濃度如表 11 所示，注入完成後放置於大氣環境中乾燥，如圖 3-7 所示，每條件進行 10 重複。



圖 3-6 防黴試驗使用之三種防黴劑。

(資料來源：本研究拍攝)

表 3-11 試驗之防黴劑與添加濃度

防黴劑種類	有效成分濃度 (ppm)		
Tanalith OT45 (OIT)			
有效成分：OIT	75	150	300
有效成分比例：45%			
Tanalith A (Tan-A)			
有效成分：CIT/CMIT	20	40	60
有效成分比例：14%			
Tanalith AM (Tan-AM)			
有效成分：OIT+CIT/CMIT	90	180	290
有效成分比例：5+1%			

(資料來源：本研究之試驗)

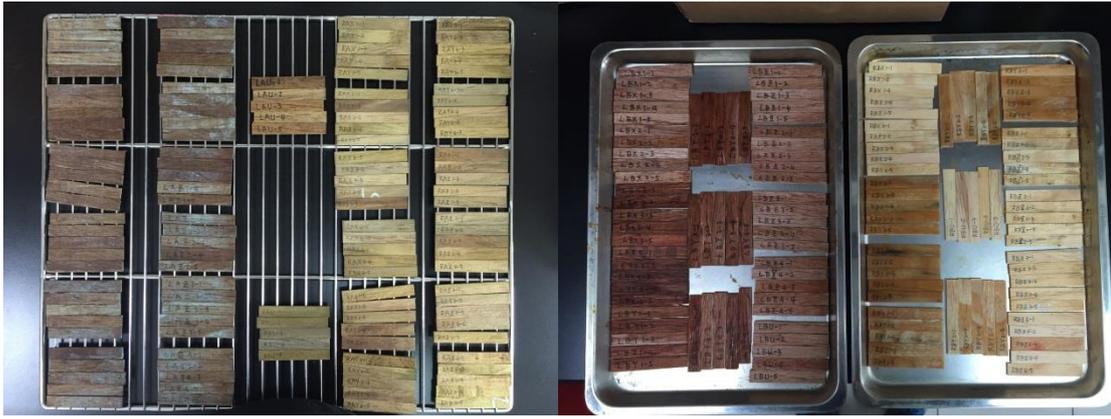


圖 3-7 防黴藥劑注入完成之放射松與柳桉單板示意圖。

(資料來源：本研究拍攝)

試驗前，需選擇黴菌生長覆蓋 90% 之培養皿，作為生長良好之試驗株用於試驗。將培養皿中之黴菌以無菌水（水經滅菌後冷卻）輕刮，以光學顯微鏡觀察並計算玻片中之孢子數，如圖 3-8 所示意，計算孢子數時採公式 12 之直接計數法，以放大 100 倍顯微鏡檢視計數器，隨機選取 5 個大方格進行計數，計算 16 個小方格之孢子總數（若孢子落於邊界，則左方及上方邊界之孢子不予計算），再以無菌水調整孢子懸浮液濃度至 10^6 級後備用。

$$\text{懸浮孢子密度 (個/ml)} = \frac{\text{隨機 5 大格孢子總數} \times 5}{0.1} \times 1000 \quad (12)$$

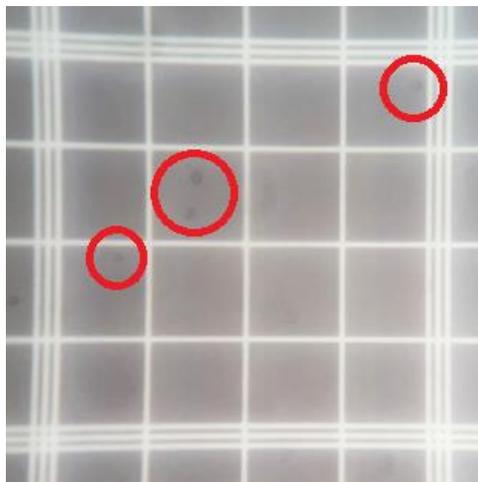


圖 3-8 玻片計數格之示意圖（一大格孢子數量為 4 顆）。

(資料來源：本研究拍攝)

接著參照日本木竹材之黴菌抵抗性試驗法之高壓蒸氣滅菌法和馬鈴薯葡萄糖培養基（市售乾燥培養基）進行實驗器材和培養基的滅菌。滅菌完成後，將培養皿注入 25 ml 之馬鈴薯葡萄糖培養基，待冷卻後如圖 3-9 中於培養皿中置入 U 型玻棒和試片，試片分別為 ACQ-K3 或硼酸-K2 防腐處理試片和未處理試片，並以滅菌過之噴霧器噴灑孢子懸濁液，再以石蠟紙封存，置入生長箱中進行試驗，如圖 3-10 所示。試驗進行中時，以每 2-3 日一次搖晃培養皿，使培養皿內孢子飄散於試片上。



圖 3-9 U 型玻棒與試片於試驗中培養皿置入之示意圖。

（資料來源：本研究拍攝）



圖 3-10 防黴試驗培養皿置於生長箱中之示意圖。

（資料來源：本研究拍攝）

二、不同藥劑處放射松與理柳桉單板之防黴性評估

圖 3-11a、3-11b 顯示分別為黴菌生長 7 天和 14 天之結果，培養皿中左邊為未處理之柳桉試片，右邊為柳桉以 Tan-A 20 ppm 處理之 ACQ 試片，從圖中可以看到其黴菌生長越漸緻密，且於 28 天時未處理之柳桉單板上已有明顯的黴菌菌落，如圖 3-11c 所示。

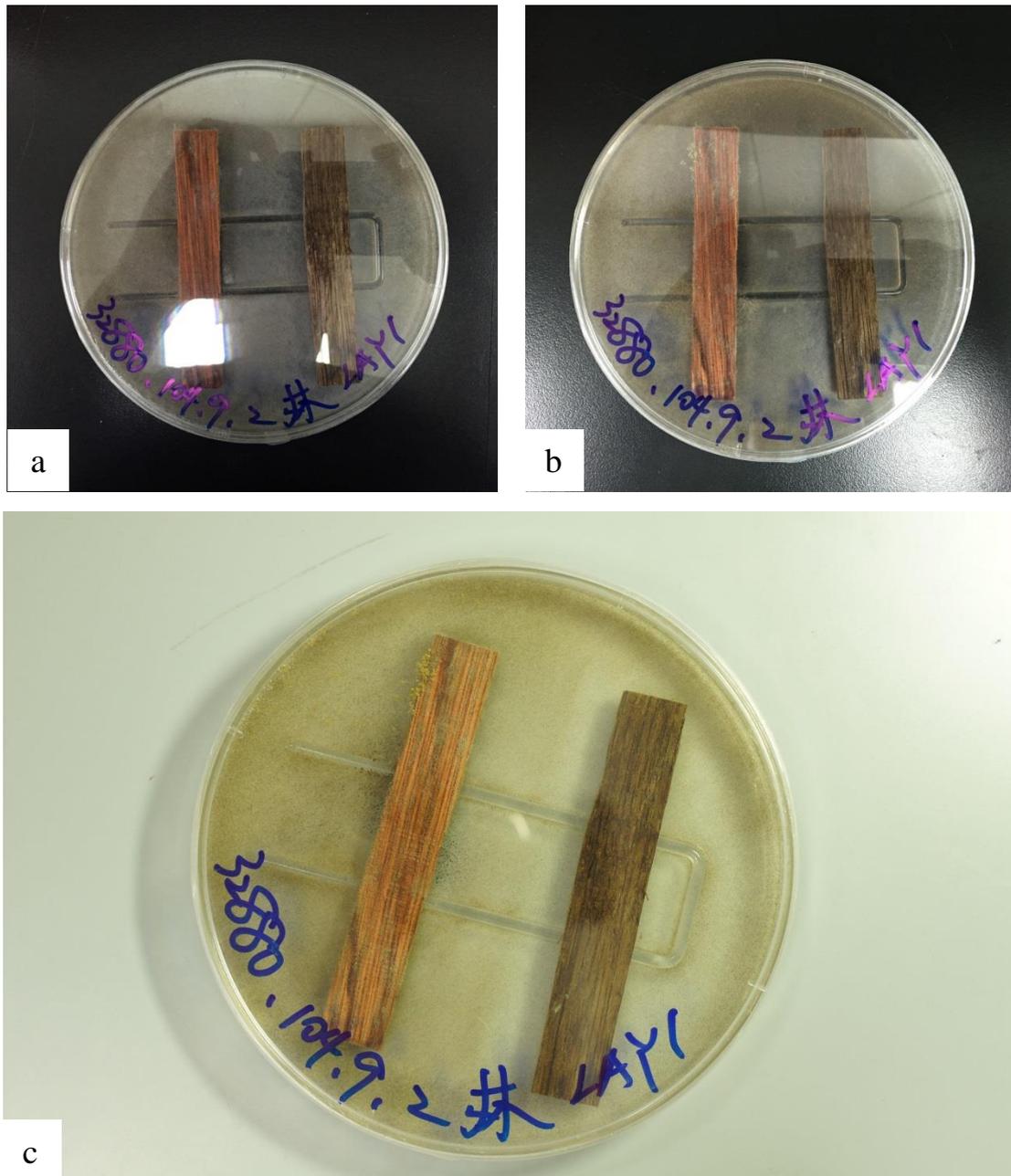


圖 3-11 以 Tan-A 20 ppm 處理之柳桉 ACQ 試片防黴試驗結果。(a) 7 日；(b) 14 日；(c) 28 日。

(資料來源：本研究拍攝)

圖 3-12a、3-12b 以及圖 3-13a、3-13b 分別為 Tan-A 20 ppm 與 60 ppm 添加於 ACQ 處理放射松試片之黴菌生長 0 天和 28 天之結果，培養皿中左邊為未處理之放射松試片，右邊為放射松以 Tan-A 20 和 60 ppm 處理之 ACQ 試片，從圖中可以看到其黴菌生長越漸緻密，且於 28 天時未處理之放射松單板上已有明顯的黴菌菌落，如圖 3-13 所示。

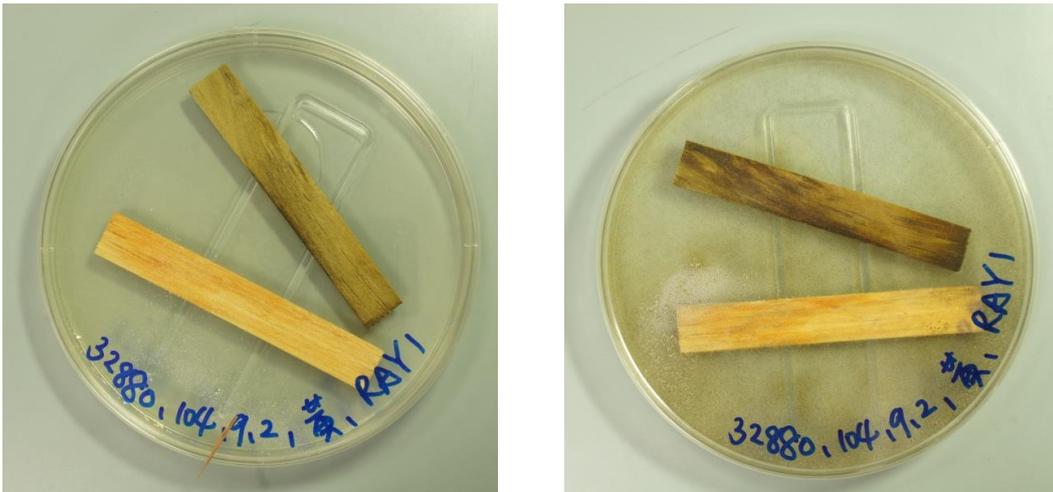


圖 3-12 以 Tan-A 20 ppm 處理放射松 ACQ 試片之防黴試驗結果。(a) 0 日；(b) 28 日。

(資料來源：本研究拍攝)

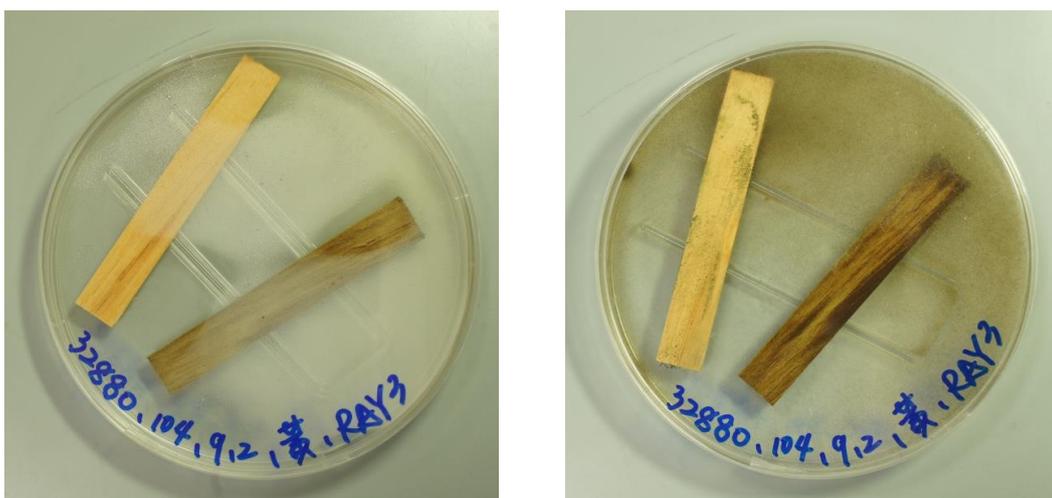


圖 3-13 以 Tan-A 60 ppm 處理放射松 ACQ 試片之防黴試驗結果。(a) 0 日；(b) 28 日。

(資料來源：本研究拍攝)

經 28 天試驗結束後觀察試片表面，並評估其黴菌覆蓋面積。以圖 3-14 為例，左方為未處理之放射松試片，右方為添加 Tan-AM 至 180 ppm 之 ACQ 放射松試片，可以明顯發現對照組有明顯的黴菌生長，除試片右側黴菌覆蓋外，其試片左側有細微菌絲覆蓋，其黴菌覆蓋面積紀錄為 100%。



圖 3-14 添加 Tan-AM 180 ppm 之放射松 ACQ 處理試片於 28 天時之生長情形。

(資料來源：本研究拍攝)

表 3-12 與表 3-13 分別為放射松與柳桉處理材經 28 天黴菌試驗後，將培養皿取出拍照並記錄黴菌覆蓋面積和防黴等級結果。由表 3-12 可以發現放射松之硼酸處理材於未添加防黴劑時，亦未受到黴菌影響。放射松 ACQ 處理材在未添加防黴劑時，其黴菌覆蓋面積為 $13 \pm 15\%$ ，相較於對照組之未處理材 ($83 \pm 29\%$) 為低，而在添加防黴劑後，若添加 75 (OIT)、20 (Tan-A) 和 90 (Tan-AM) ppm 時，其黴菌生長面積與未添加防黴劑者相近，而提高添加量時黴菌生長面積則明顯的下降，惟其防黴等級皆為 1。而由表 3-13 也可以發現，柳桉硼酸處理材於未添加防黴劑時，亦未受到黴菌影響，其 ACQ 柳桉處理材在未添加防黴劑時其面積為 $17 \pm 29\%$ ，相較於對照組之未處理材 ($93 \pm 6\%$) 為低，而添加較低量之防黴劑時，其黴菌生長面積與未添加之柳桉 ACQ 處理材相近，且隨添加量增加，有明顯之防黴效果，惟其防黴等級皆為 1 以下。

表 3-12 使用不同防黴處理藥劑之放射松試材黴菌生長面積及防黴性評估

樹種	防腐條件	防黴劑	濃度 (ppm)	對照組 生長面積 (%)	處理組 生長面積 (%)	防黴 等級	處理組覆蓋面積 樣本數比例(%)		防黴 等級	
							1/3 以下	1/3 以上		
放射松		未添加	-	83(29)	13(15)	1	90	10	2	
			75	90(0)	20(26)	1	80	20	2	
		OIT	150	73(31)	7(6)	1	100	0	2	
			300	70(20)	7(6)	1	100	0	2	
		ACQ-K3	Tan-A	20	97(6)	20(35)	1	70	30	2
				40	83(6)	3(6)	1	100	0	2
				60	67(21)	7(6)	1	100	0	2
			Tan-AM	90	77(21)	27(12)	1	60	40	2
				180	97(6)	10(17)	1	90	10	2
				290	97(6)	3(6)	1	100	0	2
		硼酸-K2	未添加	-	87(15)	0(0)	0	100	0	2
				75	60(26)	0(0)	0	100	0	2
			OIT	150	73(38)	0(0)	0	100	0	2
				300	70(10)	0(0)	0	100	0	2
			Tan-A	20	63(25)	0(0)	0	100	0	2
				40	53(6)	0(0)	0	100	0	2
				60	93(6)	0(0)	0	100	0	2
				90	77(12)	0(0)	0	100	0	2
Tan-AM	180			100(0)	0(0)	0	100	0	2	
	290			90(10)	0(0)	0	100	0	2	

樣本數 n = 10

(資料來源：本研究之試驗結果)

表 3-13 使用不同防黴處理藥劑之柳桉試材黴菌生長面積及防黴性評估

樹種	防腐條件	防黴劑	濃度 (ppm)	對照組 生長面積 (%)	處理組 生長面積 (%)	防黴 等級	處理組覆蓋面積 樣本數比例(%)		防黴 等級	
							1/3 以下	1/3 以上		
柳桉	ACQ-K3	未添加	-	93(6)	17(29)	1	70	30	2	
			75	57(15)	7(6)	1	100	0	2	
			OIT	150	87(23)	7(6)	1	100	0	2
		OIT	300	93(6)	0(0)	0	100	0	2	
			Tan-A	20	83(21)	15(21)	1	80	20	2
				40	90(0)	0(0)	0	100	0	2
		60		93(12)	7(6)	1	100	0	2	
		Tan-AM	90	87(12)	10(0)	1	100	0	2	
			180	83(6)	0(0)	0	100	0	2	
			270	100(0)	5(7)	1	100	0	2	
		硼酸-K2	未添加	-	100(0)	0(0)	0	100	0	2
				75	97(6)	0(0)	0	100	0	2
	OIT			150	90(0)	0(0)	0	100	0	2
	OIT		300	90(10)	0(0)	0	100	0	2	
			Tan-A	20	100(0)	0(0)	0	100	0	2
				40	87(15)	0(0)	0	100	0	2
	60	93(6)		0(0)	0	100	0	2		
	Tan-AM	90	100(0)	0(0)	0	100	0	2		
180		90(0)	0(0)	0	100	0	2			
270		73(21)	0(0)	0	100	0	2			

樣本數 n = 10

(資料來源：本研究之試驗結果)

圖 3-15 為 Tan-A 20 ppm 處理之放射松 ACQ 試片防黴試驗試驗後試片表面照片，可以看到有菌絲及黑色孢子囊散佈，顯示 Tanalith A 注入量 20 ppm 時表面仍有黴菌生長。而圖 3-16 為 OIT 75 ppm 處理之放射松 ACQ 試片防黴試驗試驗後試片表面照片，可以明顯看出未處理對照組有明顯的黴菌覆蓋，而經 OIT 75 ppm 處理之放射松 ACQ 試片則無黴菌覆蓋現象，圖 3-17 與圖 3-18 則分別為柳桉與放射松處理材之防黴試驗結果，

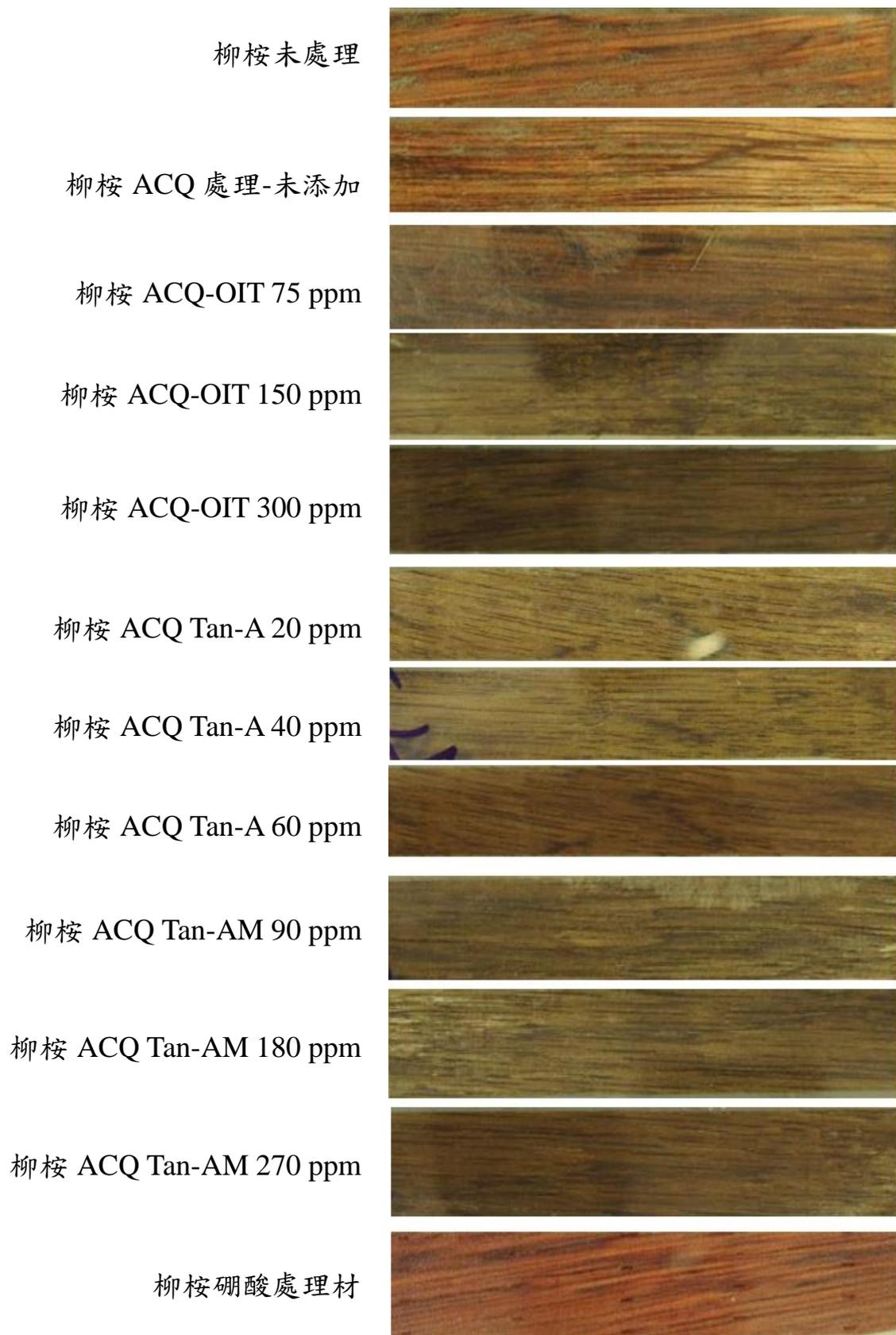


圖 3-17 柳桉處理材之防黴試驗結果。

(資料來源：本研究拍攝)

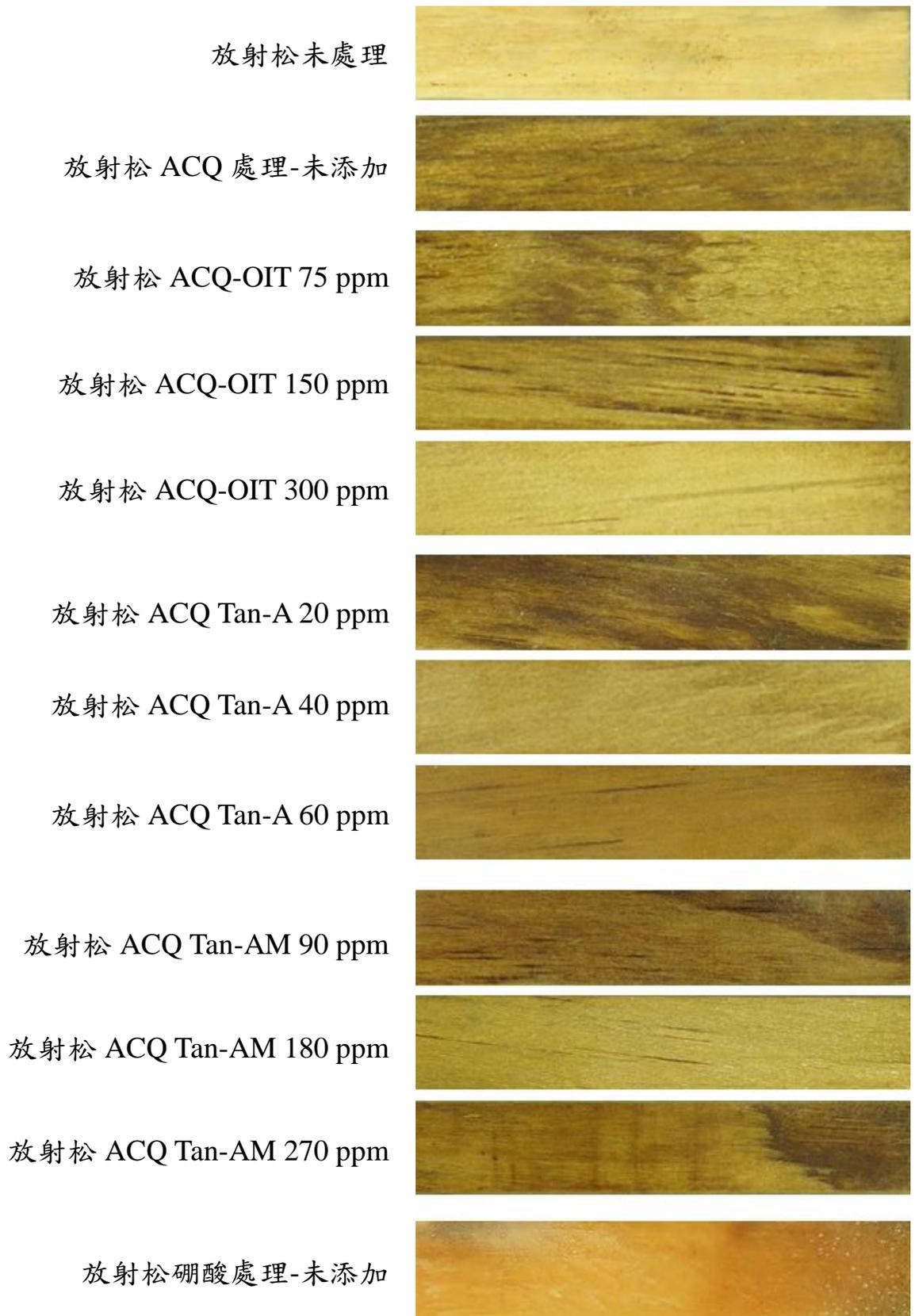


圖 3-18 放射松處理材之防黴試驗結果。

(資料來源：本研究拍攝)

第四章 結論與建議

第一節 結論

本研究之目的盼可以科學方法製成具備抗蟲蟻、抗腐朽及抗黴效能之木質角材，試驗係於實木或製造 LVL 之單板內添加忌避型生物制劑及利用硼酸與 ACQ 藥劑注入，取代過去使用 CCA、五氯酚或雜酚油等對環境及人體有害之防腐藥劑添加材，並將上述製程施作於近年來常使用之進口木料柳桉及放射松當中，並針對其基礎性質、抗白蟻效能進行評估。

試驗結果顯示，添加忌避型藥劑（賽滅寧）於製造 LVL 之單板的膠合劑中，並不會對材料之物理性質與機械特性造成影響，且製成之 LVL 成品擁有足夠之膠合性能，無脫膠及剝離之現象。此外，無論係使用放射松單板或柳桉單板作為成板基材，僅需添加 0.5%（放射松 0.41kg/m^3 、柳桉 0.61kg/m^3 ）之賽滅寧藥劑於膠合劑中，即可達到 CNS 15756 抗白蟻試驗規範所標定之質量損失率 3% 以下的標準，換言之，使用此除蟲菊脂類生物制劑除了不影響成板性能外，僅需極少之添加量便可達到足夠之抗白蟻功效。

另一方面，以硼酸藥劑處理 LVL 製成單板系屬另一類有效之藥劑改質方式，此試驗主要藉減壓注入之模式將硼酸添加於單板中，並進行熱壓製成 LVL 板材。經硼處理之 LVL 板類相較於未處理組並未有密度及含水率之顯著變化，而在機械性質之測定上，兩者亦無顯著之差異存在。此外，3 週之白蟻試驗中，硼處理之 LVL 板材擁有極低之質量損失率（0.3%），低於未處理組 30 倍之多，同時亦具有極高之白蟻致死率（98.7%）。綜合上述結果顯示，以硼系化合物處理之 LVL 板材並無物理及機械性能下降之疑慮，且此類材料蘊含極佳之抗白蟻功效。

同樣係藥劑注入的改質模式，本研究亦進行柳桉及放射松實木之藥劑注入，依我國國家標準 CNS 3000 號之規範，以加壓注入之方式於實木中注入硼酸及 ACQ 防腐藥劑，並評斷其對於木質材料之基礎性能影響。結果顯示，相較於未處理組，於實木內注入硼酸及 ACQ 藥劑對材料之物理及機械性能上無明顯之數值變化，且

經 ANOVA 分析後得知三者無顯著之差異性存在。此外，依 CNS 15756 之標準所進行的抗白蟻試驗結果顯示，相較於未處理的試材，經 ACQ 與硼酸注入後者有顯著之抗白蟻能力，其質量損失均低於 3% 以下。

最後，在實木單板之防黴試驗效能評估上，試材於 ACQ 及硼酸藥劑注入過程中，同時添加防黴藥劑 Tanalith OT45、Tanalith A 與 Tanalith AM。試驗結果顯示，未添加防黴藥劑者於試驗 28 日後，均有明顯的黴菌菌落產生及黴菌覆蓋情形，然放射松與柳桉 ACQ 處理材經上述三種防黴藥劑添加後，可有效抑制黴菌於其表面之生長。此外，放射松與柳桉硼酸處理材本身即具有良好之抗黴效果。

第二節 建議

建議一：

執行國產材及 MIT 木竹製品驗證計畫，研商木材防蟲處理之推動策略，以提升木製建材之防蟲性能：立即可行建議

主辦單位：中華木質構造建築協會

協辦單位：財團法人台灣建築中心

我國明訂 2016 年 1 月 1 日起禁用 CCA 防腐處理材於各種建築物之木質構材，而本研究之試驗結果已可供目前 CCA 處理角材禁用後之處理法，此外，本研究也確認使用除蟲菊脂類忌避型藥劑（賽滅寧）及硼酸添加於 LVL 板材製程中或以加壓注入方式注入硼酸及 ACQ 藥劑於實木建材內，並不會對成品造成強度之減損（CCA 注入材之酸水解現象），且可降低對自然環境或人體之危害，因此，未來可規劃執行國產材驗證計畫或辦理 MIT 木竹製品驗證，並針對木材防蟲處理之推動策略進行研商，探討是否將防蟲處理納入國產材或 MIT 標章評估項目中。

建議二：

於相關講習會或說明會中，納入建材防蟲處理之議題，進行蟲害防制技術之宣導：
中長期建議

主辦單位：內政部建築研究所

協辦單位：財團法人台灣建築中心

以往木材蟲害之熏蒸藥劑最多使用溴化甲烷(methyl bromide; CH_3Br)，但 1992 年在「破壞臭氧層物質有關蒙特婁議定書締約國會議」，已被指定為破壞臭氧層物質，先進國家在 2004 年已全部不再使用。作為替代藥劑有氟化硫醯(sulfuryl fluoride; SO_2F_2)、氧化乙烯氟化碳(ethylene oxide fluorocarbon)製劑、碘甲烷(methyliodide; CH_3I)等。但上述藥劑只能作為驅蟲，無法作為防治之用。

本研究結果顯示使用生物忌避型藥劑（賽滅寧）添加於 LVL 膠合層中，僅需 0.5% 即可達有效之抗白蟻功效，此外，添加硼酸藥劑於 LVL 之製程亦可防治白蟻

之侵害，延長角材之使用年限。而未來市售裝修用角材均應確實品管，檢定藥劑之吸收量是否足夠，若不足易造成使用年限之縮短及提高生物性劣化之可能，若添加量過多，則將使製造成本提高，及相關基礎性能下降之風險。未來可於相關講習會或說明會中，納入建材防蟲防黴相關議題，將本研究之成果廣泛推廣宣導，使業界可以提升相關防蟲防黴處理技術。

附錄一

期初審查會議意見回應表

項次	審查意見	執行單位回應
1	<ol style="list-style-type: none"> 1. 現有健康綠建材由於甲醛含量較低，是否會引起蟲害，為當前重要議題，可否納入研究探討。 2. 本案設定之環境條件為何？是否考慮地面、浴室等場所潮濕、陰暗、不通風之狀況。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究一重點項目即是目前市況，木質板材常有蟲蟻危害之情事，因此本研究將針對市售木質綠建材以及一般木質建材進行試驗，探討甲醛釋出量對於木質板材蟲蟻危害之影響。 2. 本研究一重點項目即是目前市況，木質板材常有蟲蟻危害之情事，因此本研究將針對市售木質綠建材以及一般木質建材進行試驗，探討甲醛釋出量對於木質板材蟲蟻危害之影響。
2	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究案考量到致癌因子甲醛於室內之釋放，故蟲害、黴菌防制技術之研究亦應考慮膠合劑（甲醛）使用之相關問題。 2. 研究計畫人員皆為兼任，且分隔台北台中兩地，應考量計畫執行時配合方式。 3. 參與人力資料（第 28 頁）為 8 人，而人事費編列為 5 人，並不相符，請說明。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 目前國內生產與進口之木質板材多以甲醛系膠合劑為主，因此甲醛釋出問題仍無法避免，唯在國家標準之修訂後，目前木質板材均以低於 1.5 mg/L 之甲醛釋出量，方可於市場上販售，因此低甲醛系膠合劑可符合目前板材膠合要求；另在膠合劑中/單板上進行防蟲蟻藥劑之處理，其最終除需達到防蟲蟻之性能要求外，亦需符合國家標準中之基本要求，因此，對於合板、LVL 之膠合性能，將一併考量。 2. 本計畫由中華木質構造建築協會與中興大學研究團隊組成，計畫研究人員每週定期開會與討論相關試驗之進度與結果，在計畫執行與配合上能符合計畫所需。 3. 參與人力中，5 位研究人員編列人事費，其餘人員為不支薪之研究人員，主要在協助本研究計畫之進行。
3	<ol style="list-style-type: none"> 1. 殺蟲藥劑注入建材（角材、夾板等）其對人體健康之影響（如地板應用與嬰幼兒的觸地使用），請補充說明。 2. 試驗最適化藥劑之建材種類之選樣及建築應用，請予以說明。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 藥劑之處理與添加，其最終產品均不與人體皮膚直接接觸，因此，並無上述顧慮。 2. 建材之種類為合板、單板層積材與實木角材三大類；其中，合板多用為裝修壁板與地板基材，單板層積材、實木角材

	<p>3. 試驗工作為本研究重點，材料費僅編列 10 萬元，是否偏低。</p>	<p>則用為壁板與地板角材鋪設，三者均為室內裝修中之主要用材。</p> <p>3. 材料費主要為藥劑與單板用，其中，單板亦委請相關業者提供目前市場上常用之單板種類進行研究，以符合現況；同時研究成果亦可直接應用於工業生產。</p>
<p>4</p>	<p>1. 本案未來的研究成果，將對綠建材標章的木質材料防蟲、防黴之需求性，提出解決策略，相當具重要性。</p> <p>2. 本研究成果對於古蹟木構造的防腐防蟲技術，是否可以結合運用？以有效解決現有工法技術之瓶頸。</p>	<p>1. 謝謝委員肯定，本案將提出木質建材防蟲、防黴之防制技術，供政府與業界參考。謝謝委員肯定，本案將提出木質建材防蟲、防黴之防制技術，供政府與業界參考。</p> <p>2. 目前本研究主要針對木質建材，如合板、單板層積材與實木角材進行試驗，對於古蹟木構造所用建築用材稍有不同，唯在實木角材之應用結果上，可轉移為實木構件之評估。</p>
<p>5</p>	<p>1. 本研究採用環保型藥劑進行建材改質，若採以 ACQ 注入橋樑材料進行防蟲或防黴處理，在基本性質（如耐久性、材料結構、強度等）是否有所影響。</p> <p>2. 防蟲或防黴處理，對建材膠合後之性能實驗值會影響多少</p>	<p>1. 本計畫已規劃經 ACQ 加壓注入防腐之處理材進行其基本性質試驗，以瞭解木材因吸收防腐劑而造成強度的減低程度。一般認為防腐處理材之強度及彈性模數較未處理材減低約 10%是可接受的。</p> <p>2. 防蟲與防黴處理之最適化條件，即是希望能找出木質板材於處理後，亦不會影響到其膠合性能的藥劑含量，現階段尚無法提出具體的實驗值。而實際上實驗值就是本計畫擬尋找的數值</p>

附錄二

期中審查會議意見回應表

出席人員	審查意見	執行單位回應
張顧問 滿惠	<ol style="list-style-type: none"> 1. 於摘要文內建議添加英文摘要。 2. 建議於文內加入預定進度與執行進度對照表。 3. 文內所提及之甲醛釋出與甲醛逸散，是否應進行統一。 4. 建議設一專有名詞縮寫易覽表於附錄中，以供查證。 5. 甲醛釋出量之檢測是否於經認證合格之實驗室中進行。 6. 建議於表 3-8 及表 3-9 將添入賽滅寧之試驗結果一起列入比較，以資完整。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員之建議，將依所內格式辦理。 2. 感謝委員之建議，遵照委員意見辦理。 3. 感謝委員之建議，本案依普通合板、單板層積材等國家標準之甲醛釋出量試驗法進行，故全文將以甲醛釋出量表示。 4. 感謝委員之建議，遵照委員意見辦理。 5. 本報告之甲醛釋出試驗除在中興大學森林系林產品檢測實驗室進行外，尚於中華木質構造建築協會所委任之 TAF 實驗室進行，試驗環境及儀器均合乎認證之要求。 6. 感謝委員之建議，由於報告內所使用之賽滅寧藥劑係添加於膠合層中，故實木組之性能評估將不放入其進行討論。
陳理事長 東慶	<ol style="list-style-type: none"> 1. 是否有其他木質板類之改質方式。 2. 可否訂定經改質處理後之木質板類的生命週期（時效）。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 木質板類之改質方式依其目的有許多種，包括目前流行的熱處理及乙醃化處理等，但在實務上以及考量國內業者設備上，仍以藥劑處理之模式較為方便。 2. 感謝委員之建議，然本計畫屬一年期之研究型計畫，故無法直接性地於研究數據中呈現木質板類經改質後之時效結果。未來如能更一步進行各種處理法之時效性研究，將更有助於建材優質化之效益。
盧教授 士一	<ol style="list-style-type: none"> 1. 為何選用報告內之改質方式進行抗蟲蟻之效能評估。 2. 進行報告內改質方式之成本如何。 3. 建議於報告表格內列入所進行之試驗樣本數。 4. 放射松 LVL 注入硼酸藥劑後為何與未注入組之性能有較大差異。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 報告中所利用之方式係目前市面銷售市場上或木材工業中最为常用之方式，而藥劑注入法也較適用於工廠中之批量生產流程。 2. 兩種藥劑注入法目前是最有利於工廠中大量之批式作業，硼酸同時也是單價相當便宜之藥劑，因此就藥劑成本而言，對業者並無成本上之考量，目前國內亦有幾家業者以硼酸進行 LVL 之處

		<p>理，本案則是進一步究明應添加之有效劑量，以達其功效。</p> <p>3. 感謝委員之建議，遵照委員意見辦理。</p> <p>4. 如文內 p. 30 所示，由於硼酸注入於木質板類，乾燥後將會於縱向管胞形成結晶，此類物質堆積於細胞組織中，可能有助於提升材料之機械性能，此在過去的文獻資料中亦有類似結果。</p>
黃建築師 秀莊	1. 建議白蟻致死率應達 100%，且不影響人體健康，才能定義為有效方法。	1. 感謝委員之建議，本報告之白蟻試驗乃參照 CNS 15756 之規範進行，以標準內所規定之質量損失率作為評估，此外，並非所有有效藥劑均為毒殺型藥劑，亦有忌避型藥劑。
張建築師	1. 角材之使用多為隱蔽處，可能較不易有甲醛之釋出，是否於標準中應分易接觸與非直接接觸兩類。	1. 甲醛為氣體態釋出，無論是否於易接觸之位置，均有吸入之風險，且報告內所提及之木質板類屬 LVL 板材，其製程與性能檢測均依照 CNS 11818 之標準所進行，甲醛釋出量之試驗亦按國家標準進行。
林教授 葳	1. 添入硼酸與 ACQ 藥劑之材料是否仍有甲醛之釋出。 2. 是否應建議木業工廠取代 CCA 藥劑之快捷方法。	1. 報告中所使用之硼酸與 ACQ 藥劑本身並無捕捉甲醛之功能，故經藥劑注入之 LVL 板材亦會有甲醛之釋出，唯在本案的研究中，板材之製造均以 F ₂ 型（甲醛釋出量 < 0.5 mg/L）為前提，方進行後續試驗。 2. CCA 防腐藥劑於 2016 年 1 月 1 日後便全面禁止使用，而本案所使用之 ACQ 藥劑，即為取代 CCA 之環保藥劑，目前國內多數業者亦以此藥劑進行木材防腐處理，因此在實務上，並不需再進行額外之設備調整。

附錄三

期中審查會議簽到表

內政部建築研究所

本所 104 年度委託研究「建材之蟲害、黴菌防制技術研究」、「隔熱漆耐久年限之檢測研究」及協同研究「浮式樓板緩衝材之動態剛性量測方法與衝擊音降低效果研究」等 3 案期中審查會簽到簿

時 間：104 年 7 月 7 日(星期二) 下午 2 時 30 分			
地 點：大坪林聯合開發大樓 15 樓 第 3 會議室 (新北市新店區北新路 3 段 200 號 15 樓)			
主 席：廖組長慧燕 <i>譚伯勳代</i>		記 錄： <i>林育新</i>	
出席人員	簽 到 處	代 理 人	
		職 稱	簽 到 處
林教授葳	<i>林葳</i>		
段教授葉芳	請 假		
徐理事長文志	請 假		
張顧問滿惠	<i>張滿惠</i>		
陳理事長東慶	<i>陳東慶</i>		
黃建築師秀莊	<i>黃秀莊</i>		
劉教授德源	請 假		
盧教授士一	<i>盧士一</i>		
行政院環境保護署	請 假		
內政部營建署			
中華民國室內設計裝修商業同業公會全國聯合會			
中華民國全國建築師公會	<i>張維</i>		

[育新開 1040005350S]

建築之蟲害、黴菌防制技術研究

台灣省建築材料商業同業公會聯合會			
台灣綠建材產業發展協會		湯敬仁 葉秋蘭	
台灣聲學學會			
中華木質構造建築協會	楊德新		
財團法人成大研究發展基金會	李訓各		
姚約聘副研究員志廷	姚志廷		
林副研究員招焯	林招焯		
林研發替代役育新	林育新		
相關人員			
華國精緻建材	胡賢仁		
屏東科技大學	王拓村		
	王俊學		
屏科七	杜富銘		
木構	蕭偉成		

[育新開 1040005350S]

附錄四

期末審查會議意見回應表

出席人員	審查意見	執行單位回應
1	1. 本案研究之板材製造均以 F ₂ 型為前提下探討 ACQ 與硼酸藥劑添加，在分級標準 (F ₁ -F ₃) 級中，是否在研究與建議章節說明，作為後續參考實務應用之方向。	1. 為輔導業者與推廣健康木質建材，本會均積極輔導業者以生產符合 MIT 標章要求之 F ₂ 型板材，而在本研究中，亦探討目前市售 F ₃ 型木質板材之抗蟻性，其分級標準係依國家標準進行，F ₁ -F ₃ 為甲醛釋出量之分級。
2 劉德源	1. 白蟻致死率如何量化計算？一隻一隻計算？白蟻數量足夠嗎？	1. 白蟻試驗係依 CNS 15756 號標準進行，每一組試驗均置入 150 隻工蟻與 15 隻兵蟻，白蟻致死率之計算則是當試驗結束後，計算該飼育罐內尚存活之白蟻計算其致死率。白蟻數目是足夠的，同時亦經中興大學昆蟲系鑑定為台灣家白蟻。
3 黃秀莊	1. 建材蟲害及黴菌有外在，也有內在的，如何有效防制，外在較易控制，但原有內在不容易發現的蟲害及黴菌如何防制。	1. 本研究主要以評估將來建材使用時可能受到的危害為主，因此提出防制之道，而內在潛藏蟲害的風險，主要係指向外採購之單板或合板等木質建材，此類產品亦可透過燻蒸與微波處理達成蟲害防制結果；此外，在本研究中提出以硼酸處理方式，亦可透過產業界購買單板時，直接採購經硼酸處理之單板，最為單純。
4 張滿惠	1. 建議增列英文摘要，以增強研究報告之完整性。 2. 建議增列預定進度與實際進度對照表，以確定是否符合原訂進度。 3. 第一章第二節相關文獻資料彙整與分析，建議增加歸納之表列方式呈現，以增強易讀性。 4. 請依原訂預期成果提出具體完整之有效抗蟲蟻及防黴之木質建材製程處理法，以附錄方式呈現於報告中，以供各相關機關參考。 5. 建議事項五單板製程與藥劑處理方式之改良，應屬短期即可實現之	1. 感謝委員意見，將增列英文摘要於成果報告中。 2. 遵照委員意見辦理。 3. 遵照委員意見辦理。 4. 遵照委員意見辦理。 5. 此建議應為短期建議，已於文中修正，感謝委員意見。

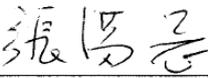
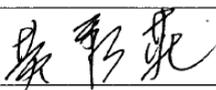
	事項，為何歸類於中長期建議，請補充說明之。	
5	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究從抗蟲蟻及防黴性能評估、製程評估、性質試驗均符合預期成果。 2. 本研究提出結論，對抗蟲蟻及防黴之木質建材製程處理法均符合預期成果。 3. 目前國內的處理法與現況是否能列舉，以供未來執行之參考。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員肯定。 2. 感謝委員肯定。 3. 目前國內尚有自行旋切單板之業者，亦有直接採購單板之業者，以及相關木質建材製造業者，目前在單板上均無任何處理，而在合板與單板層積材方面，則多以於膠合作業時，添加硼酸於膠合劑中，作為防蟲之用，唯此法對於單板層較厚之單板，效益較差；此外添加過多之硼酸於膠合劑中，亦影響其膠合性能，本研究指出過去以硼酸吸收量 8 kg/m^3 之膠合處理，其膠合層會剝離，雖有抗蟲蟻之效果，但板材性能不能符合國家標準要求。故在本研究中提出以 3.5 kg/m^3 之單板處理，可達防制之效。
6	<ol style="list-style-type: none"> 1. 成果報告格式請依要求辦理。 2. 建議事項請與建研所承辦人討論，無法辦理部分請暫不建議。 3. 請問結論建議的處理法，其有效期或衰減情形如何。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 遵照委員意見辦理。 2. 遵照委員意見辦理。 3. 利用硼酸處理法與 ACQ 處理法，在室內因無流失性問題，因此均具有長期之效力。
7 營建署	<ol style="list-style-type: none"> 1. 期末報告書第 54 頁建議三有關「防蟲建築裝修用角材開發、推廣與品質管制」部分，因建材之開發、推廣與品質管非屬本署業務，本項建議之主辦單位請釐清修正。 2. 期末報告書第 54 頁建議四有關「積極推動木質建材取得綠建材標章...」部分，因綠建材標章之主辦單為為本部建築研究所，本項建議之主辦單位宜改列本部建築研究所。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 遵照委員意見辦理。 2. 遵照委員意見辦理。

附錄五

期末審查會議簽到表

內政部建築研究所

本所 104 年度委託研究「建材之蟲害、黴菌防制技術研究」、「隔熱漆耐久年限之檢測研究」及協同研究「浮式樓板緩衝材之動態剛性量測方法與衝擊音降低效果研究」等 3 案期末審查會議簽到簿

時 間：104 年 11 月 5 日(星期四) 上午 9 時 30 分			
地 點：本所簡報室(新北市新店區北新路 3 段 200 號 13 樓)			
主 席：鄭主任秘書元良 鄭元良 記 錄：林招焯			
出席人員	簽 到 處	代 理 人	
		職 稱	簽 到 處
林教授葢			
段教授葉芳	請 假		
徐理事長文志	請 假		
張顧問滿惠			
陳榮譽理事長東慶			
黃建築師秀莊			
劉教授德源			
盧教授士一			
行政院環境保護署	請假		
內政部營建署			
中華民國室內設計裝修商業同業公會全國聯合會			
中華民國全國建築師公會			
台灣省建築材料商業同業公會聯合會			

[育新聞 104008902S]

建築之蟲害、黴菌防制技術研究

台灣綠建材產業發展協會			
台灣聲學學會			
中華木質構造建築協會	王松山		
財團法人成大研究發展基金會	李訓信		
廖組長慧燕			陳伯勳
姚約聘副研究員志廷	謝志廷		
林副研究員招焯	林招焯		
林研發替代役育新	林育新		
相關人員			
	林育新		
	楊德新		
	趙偉成		
	王招村		
	邢俊為		

[育新開 1040008902S]

附錄六

第一次專家座談會議意見回應表（8月26日）

出席人員	審查意見	執行單位回應
<p>黃院長 耀富</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 甲醛釋出試驗若會因放入烘箱中乾燥而有不準確之情形，建議直接注入完進行，不先行放入烘箱。 2. 前言所提及之 PF 樹脂注入，需有架橋反應後才能使試材有性能之提升，建議若有類似試驗應確定其有完整固化後再行測試。 3. 進口中國大陸製合板內粉蠹蟲出現之機率很高，文獻指出以熱處理方式改質有殺滅之成效，為何無法殺死粉蠹蟲。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員之建議，然甲醛釋出之試驗係依照中國國家標準 CNS 所進行，材料仍應先行乾燥後再試驗。 2. 感謝委員之建議，前言所提及者為文獻資料，非本研究之試驗。 3. 熱處理由於使用之溫度多高於 180-200°C，的確有可能在製程中具有高溫殺滅蟲蟻之功效，但白蟻或蠹蟲亦有可能於建材使用期間，因環境潮濕而引來蟲蟻危害，故若能於利用藥劑處理建材或落實環境維護管理，對於蟲蟻危害具有防制之效益。
<p>劉教授 正字</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標準上規定的甲醛量測試塊面積須達 450 cm²，若試驗所製材料未達此大小，則可用小材料堆疊的方式量測。 2. 簡報前言所提及之 MF 樹脂注入，由於目前市場上較常使用的係混合 UF 之 MUF 樹脂且此類藥劑性能較佳，同時若提高三聚氰胺的含量，將可使材料各項性質有所提升。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員之建議，本案將依國家標準要求進行相關試驗。 2. 感謝委員之建議。
<p>李博士 明賢</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 甲醛分級中 F₁、F₂、F₃ 之含量對白蟻試驗是否有影響。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. F₁、F₂、F₃ 級中之甲醛釋出量對於抗白蟻性之影響，在本試驗中並沒有明顯之趨勢，從試驗結果亦可見在試材不進行處理之狀態下，均不具有抗白蟻性能。
<p>姚博士 志廷</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 報告內文內所提及之市售板類抗蟻性統整可否多一欄甲醛含量之欄位。 2. 可否進行高甲醛含量板材之白蟻試驗作為對照。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員之建議，遵照委員意見辦理。 2. 感謝委員建議，但高甲醛之木質板材已於 96 年國家標準訂定時強制規定木質板材之甲醛釋出量不得超過 1.5 mg/L (F₃ 型)，因此是否需再進行高甲醛釋出量之木質板材作為對照組，執行團隊將再審慎評估，亦請委員提供相關建議。

<p>吳教授 志鴻</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 甲醛釋出試驗中所訂定之分級標準 F₁、F₂、F₃ 級中，差異並非十分顯著，故若欲進行甲醛含量對抗白蟻效能之影響實驗，建議使用有選擇性之試驗方式。又，或許可以爐乾法進行樣板試驗，再反推試材質量，避免放入烘箱內時之甲醛釋出，或許可確認甲醛釋出量之高低對抗蟲蟻性之影響。 2. 前述方法，事實上是否有必要進行，可以再請執行團隊討論。因為目前市場上所販售之木質板材均應施檢甲醛釋出量在 1.5 mg/L 以下方能販售，因此，甲醛釋出量之高低對抗蟲蟻之影響，是否也可考慮為 F₃ 型以下木質板材之抗蟲蟻性評估即可。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員之建議，由於試材之尺寸以及質量之量測上均以 mg 為單位，因此在利用含水率測定及回推上，如稍有誤差，及可能造成質量損失之變異，研究團隊認為誠如委員所述，目前市面上所販售之木質板材均需強制經過甲醛釋出量之檢測，因此若 F₃ 型之木質板材無法達到抗蟲蟻之目的，那麼 F₃ 型以下之木質板類抗蟲蟻性必也不彰，因此本計畫以符合 MIT 要求之 F₂ 型木質板材進行各類之抗蟲蟻性試驗。
<p>王教授 松永</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 委員所提及之市售板類甲醛釋出量的呈現可循過去廠商再提供試樣，進行檢測，並同時施作白蟻試驗輔以比較。 2. 國內外之標準一般以能防腐朽防白蟻作為標的，因此，若可防白蟻便視為可防治其他蟲類。 3. 建議未來廠商於合板製作時，可將單板一旋切下後便直接浸泡硼酸，再乾燥成板，可大幅提升後續之防蟲蟻功效。 4. 一般而言，入港物品均會經過薰蒸動作，以防治害蟲，然由於木質板類大多已經熱壓製成之動作，因此無再次薰蒸，建議應改進此一措施。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員之建議，遵照委員意見辦理。 2. 感謝委員之建議，遵照委員意見於內文中註明。 3. 感謝委員之建議，研究團隊將於報告文末之結果與建議中詳列。 4. 感謝委員之建議，研究團隊將於報告文末之結果與建議中詳列。
<p>李助理教 授後鋒</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 綠建材中有沒有蟲蟻危害、或是有什麼蟲蟻危害其實很難完整具體地給出單一答案，有部分木材上之蟲類是以黴菌為食，因此建議對症下藥，如針對最近侵害量大增之粉蠹蟲進行研究及防治。 2. 於過去文獻中指出硼酸之除蟲效果應比除蟲菊類效果佳，係因除蟲 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員之建議，本案即是對於目前消費市場上常見之蟲蟻危害進行研究，由於國家標準中並沒有蟲害之標準，但在紐澳標準分級中，危害等級區分是以白蟻危害較蟲害為高，因此認為如試材能抗白蟻，即將具有抗蟲害之效力，因此本研究以白蟻試驗為主，又其實驗限制主要是針對居家使用狀態中之白蟻危

	菊類會有逸散之問題。	害狀態，而非木質板材生產時之蟲害。 2. 感謝委員之建議。
葉教授 民權	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建議建研所應提供多年之研究型計畫，進行蟲害防治之實際情況實訪，並了解蟲類侵害之先後順序。 2. 賽滅寧使用於戶外大約之時效有10個月，而運用於室內則為多久。 3. 於文內賽滅寧之注入量應改成以kg/m^3表示，而標準之適用量是多少。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員之建議。 2. 本案為一年期計畫，研究團隊會針對此議題再進行深入評估與探討。 3. 感謝委員之建議，選擇以藥劑添加量表示係因各廠家在進行木質板類之製造時，其所使用之膠合劑量不同，因此在評估上，係以膠合塗佈量之百分比表示，在實務上，各家生產業者亦較容易施行。

附錄七

第一次專家座談會議簽到表 (8月26日)



中華木質構造建築協會

104年「建材之蟲害、黴菌防制技術研究」第1次專家座談會簽到表

開會時間：民國104年8月26日(星期三)中午12:00~15:00

開會地點：財團法人台灣建築中心會議室(新北市新店區民權路95號3樓)

編號	單位	姓名	簽到
01	台灣大學森林環境暨資源學系	王松永名譽教授	王松永
02	屏科大木材科學與設計系	黃耀富名譽教授	黃耀富
03	屏科大木材科學與設計系	葉民權教授	葉民權
04	中興大學森林學系	劉正字名譽教授	劉正字
05	中興大學森林學系	吳志鴻教授	吳志鴻
06	中興大學昆蟲學系	李後鋒助理教授	李後鋒
07	宜蘭大學森林暨自然資源系	卓志隆教授	卓志隆
08	台灣建築中心	李明賢博士	李明賢
09	內政部建築研究所環控組	姚志廷博士	姚志廷
10	中興大學森林學系	楊德新副教授	楊德新
11	中華木質構造建築協會	陳克恭	
12	中華木質構造建築協會	趙偉成	趙偉成
13			
14			
15			

附錄八

第二次專家座談會議意見回應表（10月12日）

出席人員	審查意見	執行單位回應
王教授 松永	<ol style="list-style-type: none"> 關於未來標準內黴菌試驗結果的評估，由於其變異性高，應提高試驗組通過時的比例配比。 防黴藥劑之時效性頂多 3-6 個月，便會分解，因此若製程時有完整的乾燥過程，應不須添加此類藥劑，唯僅在跨國之運送流程中，才有添入的必要，此外，建議於報告內列出防黴藥劑的主要化學組成。 殺滅蟲蟻的功效上，不可僅以甲醛含量多寡作為觀點，應以人體健康與新型藥劑作主軸來考量。 賽滅寧之添加方式，以及如何計算其使用量應列於建議中，以供未來廠商做為參考。 	<ol style="list-style-type: none"> 感謝委員之建議。 感謝委員之建議，遵照委員意見辦理。 感謝委員之建議。 感謝委員之建議，遵照委員意見辦理。
李博士 明賢	<ol style="list-style-type: none"> 關於防黴試驗可否參照 CNS 4940 之水性水泥漆標準進行。 藥劑注入量的數值可能有許多廠商及委員不太理解，可否更明確的解釋量化。 	<ol style="list-style-type: none"> CNS 4940 中列出之使用黴菌係針對塗料類進行試驗，與木質材料有所差別，本案所進行之防黴試驗，係參照者為日本標準進行。 若以每立方米多少公斤數來施作，可能對廠商而言較難以實行，用%做為表示可能更淺顯易懂，但於報告內，仍會詳列 kg/m³ 作為結果顯現。
黃院長 耀富	<ol style="list-style-type: none"> 可試試先行乾燥材料，再施作甲醛試驗，並馬上拿同一塊行白蟻測試，即可了解甲醛含量對於白蟻試驗是否有影響，但結果已經可以看到 F₃ 等級之建材亦無抗蟻性，故是否再探討，可請研究團隊再討論。 	<ol style="list-style-type: none"> 感謝委員之建議，未來若施作同類試驗將遵照委員意見辦理。
李助理教 授後鋒	<ol style="list-style-type: none"> 以過去之文獻結果可得知硼酸之效果比賽滅寧更為有效，建議未來以長期計畫為主，探究藥劑長時間之留存，便建立與其抗蟲能力之關係。 	<ol style="list-style-type: none"> 感謝委員之建議。

建築之蟲害、黴菌防制技術研究

卓教授 志隆	1. 若以熱處理材料作為對照組，應詳列其製程與處理目的。	1. 感謝委員之建議。本案並未對熱處理建材進行白蟻試驗，而是在文獻資料集中得知熱處理材之抗蟻性不佳，其相關熱處理條件，仍待再檢視。
許副研究 員富蘭	1. 研究中若材料需經過滅菌釜高溫殺菌，則甲醛釋否會有逸散問題。	1. 於防黴試驗中所使用之材料為實木，非木質板類，因此不會有甲醛釋出之疑慮。

附錄九

第二次專家座談會議簽到表 (10月12日)



中華木質構造建築協會

104年「建材之蟲害、黴菌防制技術研究」第2次專家座談會簽到表

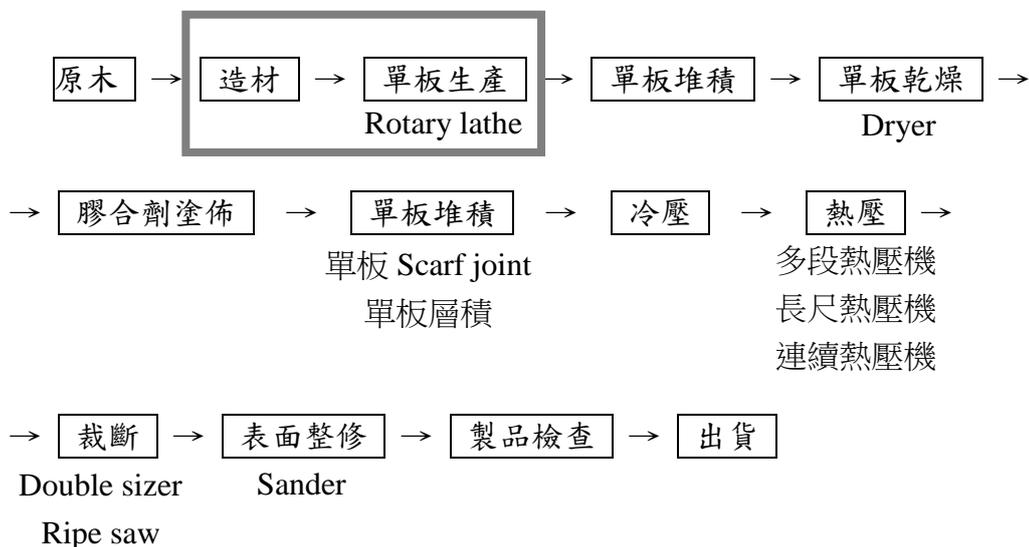
開會時間：民國104年10月12日(星期一)中午12:00~15:00

開會地點：台大森林環境暨資源學系2F會議室(台北市大安區羅斯福路四段一號)

編號	單位	姓名	簽到
01	台灣大學森林環境暨資源學系	王松永名譽教授	王松永
02	台灣大學森林環境暨資源學系	張上鎮特聘教授	張上鎮
03	台灣大學森林環境暨資源學系	蔡明哲教授	蔡明哲
04	屏科大木材科學與設計系	葉民權教授	
05	屏科大木材科學與設計系	黃耀富名譽教授	黃耀富
06	屏科大木材科學與設計系	藍浩繁教授	藍浩繁
07	宜蘭大學森林暨自然資源系	卓志隆教授	卓志隆
08	宜蘭大學森林暨自然資源系	林亞立教授	
09	宜蘭大學森林暨自然資源系	羅盛峰助理教授	羅盛峰
10	中興大學森林學系	盧崑宗教授	盧崑宗
11	中興大學森林學系	劉正字名譽教授	劉正字
12	中興大學森林學系	吳志鴻教授	吳志鴻
13	中興大學昆蟲學系	李後鋒助理教授	李後鋒
14	林業試驗所	許富蘭博士	許富蘭
15	台灣建築中心	李明賢博士	李明賢
16	內政部建築研究所環控組	姚志廷博士	
17	中興大學森林學系	楊德新副教授	楊德新
18	中華木質構造建築協會	陳克恭總經理	陳克恭
19	中華木質構造建築協會	趙偉成	趙偉成
20	中華木質構造建築協會	江上筠	江上筠

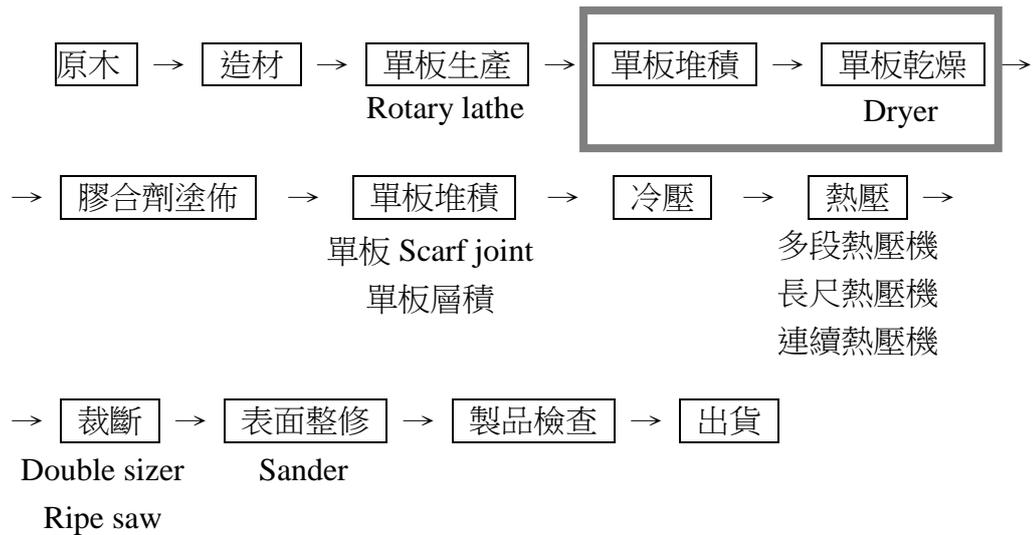
附錄十

合板、LVL 於製造時之抗蟲害、黴菌最適化處理流程建議



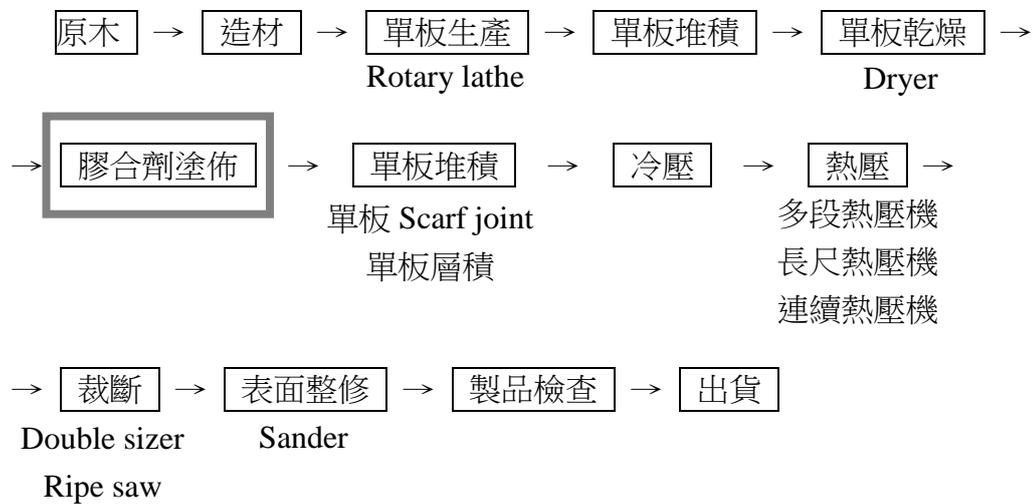
1、於單板旋切時進行藥劑噴塗處理

單板最理想處理方法係於原木旋切或平切時，於旋切機或平切機之左右兩端安裝噴霧器（裝置，Spreyer），於單板切出同時，噴霧硼酸液體於單板表面，於單板捲取裝置（reeling system）可將單板旋切出來的單板，自動捲起的裝置，此裝置與單板旋切機係旋轉連動，在單板捲起裝置放置期間，硼酸會擴散至單板內部，當藉由單板回捲裝置（unreeling system）回捲單板送入單板乾燥機乾燥後，這些硼酸藥劑成分將會殘留在單板內部，將來所製造而成之合板，或單板層積材將具有防蟲蟻之效果。



2、單板乾燥後進行藥劑處理

此係將防腐、防蟲蟻藥劑塗布或噴霧於單板後，進行堆積，使藥劑滲透進入單板後，乾燥使單板含水率降至 14% 以下後，再進行膠合加工，單板厚度超過 4 mm 者，須採用此方法。



3、藥劑置於膠合劑內同時塗佈

此係將防腐、防蟲蟻藥劑混入膠合劑中，再塗布於單板（素面合板之表面單板或底面單板之單板厚度在 2.0 mm 以下），最後進行壓縮膠合時，使藥劑滲透進入單板之方法。

參考書目

中文部分

1. 中華民國國家標準 CNS 451 (2011)木材密度試驗法。經濟部標準檢驗局。
2. 中華民國國家標準 CNS 452 (2011)木材含水率試驗法。經濟部標準檢驗局。
3. 中華民國國家標準 CNS 453 (2011)木材抗壓試驗法。經濟部標準檢驗局。
4. 中華民國國家標準 CNS 454 (2011)木材抗彎試驗法。經濟部標準檢驗局。
5. 中華民國國家標準 CNS 455 (2011)木材平行纖維方向剪力試驗法。經濟部標準檢驗局。
6. 中華民國國家標準 CNS 1349 (2014)普通合板。經濟部標準檢驗局。
7. 中華民國國家標準 CNS 3000 (2011) 加壓注入防腐處理材。經濟部標準檢驗局。
8. 中華民國國家標準 CNS 11818 (2014) 單板層積材。經濟部標準檢驗局。
9. 中華民國國家標準 CNS 14630(2011)針葉樹結構用製材。經濟部標準檢驗局。
10. 中華民國國家標準 CNS 14730 (2011) 防腐處理木材之防腐劑吸收量測定法。經濟部標準檢驗局。
11. 中華民國國家標準 CNS 15697 (2013) 木材耐腐朽性試驗法。經濟部標準檢驗局。
12. 中華民國國家標準 CNS 15756 (2014) 木材抗白蟻性試驗法。經濟部標準檢驗局。
13. 王松永 (2012) 木材防腐、防蟲蟻處理與 MIT 微笑標章驗證，木質建築 16：246-254
14. 王松永 (2013) 加壓注入木材防腐劑之影響因子，木質建築 17：201-220
15. 王松永 (2002) 生病房屋 (sick house) 症候群。梁柱構架木構建築工法之設計與施工技術講習研討會論文集 pp. 140-144。
16. 王松永(2003)甲醛之揮發。木質環境科學 pp. 1145-1153。
17. 王松永 (2012) 酚樹脂處理木材之物理性質、耐腐及耐白蟻性探討。台大實驗林研究報告 26(2):151—161。
18. 王振瀾、林天書、尹華文 (1993) 進口柳桉木之抗白蟻性評估及白蟻防治現況調查。林業試驗所研究報告季刊 8(3): 251—257。
19. 李鴻麟、夏滄琪、許富蘭、林勝傑 (2005) 新型水溶性木材防腐藥劑對木材保存性與燃燒性之影響。台灣林業科學 20(2): 139—156。
20. 林天書、趙榮台、鄒哲宗 (1996) 六種主要進口及省產木材之抗白蟻性。台灣林業科學 11(3): 297—302。

21. 童信和、楊詩弘 (2012) 室內裝修設計施工之木作工程產生蟲害之原因探討。台灣物業管理學會第六屆研究成果發表會。
22. 楊德新、王松永、饒玉珍、林振榮、蔡明哲 (2006) 國產與進口木質板類游離甲醛釋出量之現況調查。林產工業 25(3): 181-190。
23. 賴政融、楊德新(2013) 市售防蟲藥劑處理單板層積材之抗白蟻性與機械性質評估。2013 中華林產事業協會學術論文暨研究成果研討會。
24. 蕭于祐、林亞立 (2012) 以熱處理楊樹單板製作層積材之性質評估。宜蘭大學生物資學刊 8(2): 27-37。

外文部分

1. 莊保伸一 (2006) III, 木材製品とその活用事例, 12.フェノール樹脂處理デッキ, 木材工業 61 (11): 553-555
2. 樋口光夫 (2006) 木材へのフェノール樹脂注入, 物理劣化の抑制が蟻害や腐朽から木を守る, 木材工業 61 (6): 238-243
3. ASTM Designation: D4445-10 Standard Test Method for Fungicides for Controlling Sapstain and Mold on Unseasoned Lumber (Laboratory Method).
4. As/NZS 1605.3(2006) Section 14 Determination of Bifenthrin in glue line. Treated timber
5. As/NZS 1604.4(2010) Section 3 Hazard class H2
 - 3.1 General,
 - 3.2 preservative penetration requirement.
 - 3.3 Preservative retention requirement.
6. AWPA E1-97 Standard method for laboratory evaluation to determine resistance to Subterranean termites.
7. AWPA E7 Standard field test for evaluation of wood preservatives to be used in ground contact (UC4A, UC4B, UCAC); stake test.
8. AWPA E10-01 Standard method of testing wood preservatives by laboratory soil block cultures.
9. AWPA E24-06 Standard method of evaluating the resistance of wood product surfaces to mold growth.
10. Adawiah, M. R., A. Zaidon, F. N. Izreen, E. S. Bakar, S. M. Hamami and M. Paridah (2012) Addition of urea as formaldehyde scavenger for low molecular weight phenol formaldehyde-treated *compreg* wood. Journal of Tropical Science. 24(3): 348-357.

11. Bakar, E. S., J. Hao, Z. Ashaari and A. C. C. Yong (2013) Durability of phenolic-resin-treated oil palm wood against subterranean termites a white-rot fungus. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 85:126-130.
12. Bhat, I. U. H., C. Abdullah, H. A. Khalil, M. H. Ibrahim and M. N. Fazita (2010) Properties enhancement of resin impregnated agro waste: oil palm trunk lumber. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*. 0(00): 1-8.
13. Chao, W. C. and T. H. Yang (2014) Termite resistance of resin-impregnated Southern pine (*Pinus* spp.) wood. Abstracts of 64st Annual Meeting of the Japan Wood Research Society. p.123.
14. Colakoglu, G., S. Colak, I. Aydin, U. C. Yildiz and S. Yildiz (2003) Effect of boric acid treatment on mechanical properties of laminated beech veneer lumber. *Silva Fennica*. 37(4): 505–510.
15. Freeman, M. H. and C. R. McIntyre (2008) A comprehensive review of copper-based wood preservatives with a focus on new micronized or dispersed copper systems. *Forest Products Journal*. 58(11): 6–27.
16. Garraway, M. O. and R. C. Evans (1984) *Fungal nutrition and physiology*. New York: John Wiley & Sons. 401pp.
17. Grace, J. K. (1998) Resistance of pine treated with chromate copper arsenate to the Formosa subterranean termite. *Forest Products Journal*. 48(3):79–82.
18. Jellison, J., J. Connolly, B. Goodell, B. Doyle, B. Illman, F. Fekete and A. Ostrofsky (1997) The role of cations in the biodegradation of wood by the brown rot fungi. *International Biodeterior Biodegradation*. 39(2-3): 165–179.
19. JISZ2911 (2010) 及び抵抗性試験方法，日本規格協會發行。
20. Kartal, S. N. (2006) Combined effect of boron compounds and heat treatments on wood properties: Boron release and decay and termite resistance. *Holzforschung*. 60: 455-458.
21. Kartal, S. N., N. Ayrilmis and Y. Imamura (2007) Decay and termite resistance of plywood treated with various fire retardants. *Burning and Environment*. 42: 1207–1211.
22. Lin, L. D., Y. F. Chen, S. Y. Wang and M. J. Tsai (2009) Leachability, metal corrosion, and termite resistance of wood treated with copper-based preservative. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 63:533–538.

23. Menezzi, C. H. S. D., R. Q. D. Souza, R. M. Thompson, D. E. Teixeira, E. Y. A. Okino and A. F. D. Costa (2008) Properties after weathering and decay resistance of a thermally modified wood structural board. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 62:448–454.
24. Meyer, C. B. (1979) Formaldehyde release from urea-formaldehyde system. *Proceeding of the Washington State University in Particleboard*. 13:2472–2479.
25. Nicholas, D. D. and A. F. Preston (1984) Interaction of preservatives with wood. In: Rowell, R. M., editor. *The chemistry of solid wood*. Advances in chemistry series 207. Washington, DC: American Chemical Society. 304–320.
26. Ozcifci, A., Y. Ors and B. Uysal (2007) Determination of some physical and mechanical properties laminated veneer lumber impregnated with boron compounds. *Journal of Applied Polymer Science*. 105: 2218–2224.
27. Porandowski, J., P. A. Cooper, M. Kaldas and Y. T. Ung (1998) Evolution of CO₂ during the fixation of chromium containing wood preservatives on wood. *Wood Science and Technology*. 32: 15–24.
28. Richman, D. L., C. L. Tucker and P. G. Koehler (2006) Influence of Portland cement amendment on soil pH and residual soil termiticide performance. *Pest Management Science*. 62: 1216–1223.
29. Sanders, J. G. and H. L. Windom (1980) The uptake and reduction of arsenic species by marine algae. *Environment*. 10: 555–567.
30. Sanders, J. G. and G. F. Riedel (1987) Control of trace element toxicity by phytoplankton. *Recent Advances in Phytochemistry*. 21: 131–149.
31. Shi, J. L., D. Kocaefe, T. Amburgey and J. Zhang (2007) A comparative study on brown-rot fungus decay and subterranean termite resistance of thermally-modified and ACQ-C treated wood. *European Journal of Wood and Wood Products*. 65: 353–358.
32. Shukla, S. R. and D. P. Kamdem (2012) Effect of copper based preservatives treatment of the properties of southern pine LVL. *Construction and Building Materials*. 34: 593–601.
33. Simsex, H., E. Baysal, M. Yilmaz and F. Culha (2013) Some mechanical properties of wood impregnated with environmentally-friendly boron and copper based chemicals. *Wood Research*. 58(3): 495–504.

34. Sudiyani, Y., M. Takahashi, Y. Imamura and K. Minato (1999) Physical and biological properties of chemically modified-wood before and after weathering. *Wood Research*. 86: 1-6.
35. Surini, T., F. Charrier, J. Malvestio, B. Charrier, A. Moubarik, P. Castera and S. Grelier (2012) Physical properties and termite durability of maritime pine *Pinus pinaster* Ait., heat-treated under vacuum pressure. *Wood Science and Technology*. 46: 487-501.
36. Tascioglu, C. and K. Tsunoda (2010) Laboratory evaluation of wood-based composites treated with alkaline copper quat against fungal and termite attacks. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 64:683-687.
37. Tascioglu, C., T. Yoshimura and K. Tsunoda (2013) Biological decay and termite resistance of post-treated wood-based composites under protected above-ground conditions: A preliminary study after 36 months of exposure. *BioResources*. 8(1):833-843.
38. Temiz, A., N. Teriev, B. Jacobsen and M. Eikenes (2006) Weathering, water absorption, and durability of silicon, acetylated and heat-treated wood. *Journal of Applied Polymer Science*. 102: 4506-4513.
39. Toker, H., E. Baysal, H. Simsek, A. Senel, A. Sonmez, M. Altinok, A. Ozcifci and F. Yapici (2009) Effect of some environmentally-friendly fire-retardant boron compounds on modulus of rupture and modulus of elasticity of wood. *Wood Research*. 54(1): 77–88.
40. Usta, M., D. Ustaomer, S. N. Kartal and S. Ondaral (2009) Termite resistance of MDF panels treated with various boron compounds. *International Journal of Molecular Sciences*. 10: 2789–2797.
41. Winandy, J. E. and R. M. Rowell (1984) The chemistry of wood strength. In: Rowell, R. M. (ed.). *The chemistry of solid wood*. Advances in the chemistry series 207. American Chemistry Society. P. 211–255.
42. Weis, J. S. and P. Weis (1992a) Transfer of contaminants from CCA-treated lumber to aquatic biota. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 161: 189–199.
43. Weis, J. S. and P. Weis (1992b) Construction materials in estuaries: reduction in the epibiotic community on chromate copper arsenate (CCA)-treated wood. *Marine Ecology Progress Series*. 83: 45–53.

44. Weis, J. S. and P. Weis (1996) Reduction un toxicity of chromated copper arsenate (CCA)-treated wood as assessed by community study. *Marine Environmental Reseach.* 41:15 – 25.
45. Weis, J. S. and P. Weis (1999) Accumulation of metals in consumers associated wih chromate copper arsenate- treated wood panels. *Marine Environmental Reseach.* 48:73 – 81.
46. Yildez, U. C., A. Temiz, E. D. Gezer and S. Yildiz (2004) Effect of the preservatives on mechanical properties of yellow pine (*Pinus sylvestris* L.) wood. *Building and Environment.* 39: 1071 – 1075.

建材之蟲害、黴菌防制技術研究

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：新北市新店區北新路3段200號13樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：王松永、楊德新、陳克恭、趙偉成、江上筠

出版年月：104年12月

版次：第1版

ISBN：978-986-04-7104-5

