

減濕式乾燥基準表之訂定(三)

3 cm 臺灣杉

翟思湧 李銘鐘

摘 要

本省高雄六龜產30年生臺灣杉，平均直徑25cm，比重0.365，生材含水量184.87%，鋸製為3cm（厚）×16cm（寬）×180cm（長）之試材，並依鋸割順序使每相鄰四片分屬不同之四組。以四種減濕乾燥基準進行試驗。結果顯示：3 cm厚臺灣杉板材可減濕乾燥至含水量10%以下；S-1 基準（表2）之效果較佳，其乾燥速率約為0.50%MC/hr。

前 言

鑑於木材減濕乾燥設備已廣被業界採用^(4, 5)；但此種設備之乾燥基準迄未訂定，致其效能未能充分發揮，而蒙受無形損失。基於此，本所特於70年度就國產減濕式乾燥密之性能進行探討⁽¹⁾。嗣後並對一般商用木材減濕式乾燥基準之訂定進行系列研究，已先後完成3 cm巴西橡膠木與柳杉之乾燥基準^(2, 3)，結果顯示：國產減濕設備乾燥效果極為良好；適當的基準對乾燥品質與乾燥速率之提高極有幫助。

本研究之目的乃配合業界需求，製訂3 cm臺灣杉製品（材）之減濕乾燥基準，期能提高此種木材之乾燥品質，降低乾燥成本，對臺灣杉造林木之推廣利用有所助益。

材料及方法

試驗材料

本試驗所用試材乃採自高雄六龜分所之30年生

臺灣杉 (*Taiwania cryptomerioides*) 造林木。共取樣木2株，伐倒後每隔180cm截取一段，共得12段，平均直徑約25cm。隨即運回臺北本所，以爐乾法 (Ovendry method) 測其含水量 (Moisture content) 後，開始鋸製試材。其規格為3cm（厚）×180cm（長）×15cm（寬）。鋸切試材時每相鄰四片，分別依床編號為：1A；1B 1C；1D，2A；2B；2C；2D，餘類推，使其分屬不同之A, B, C, D, 四組，分組完畢後，兩端塗以防裂漆 (End-Coating)，以塑膠布嚴密包裝備用。

試驗方法

製作樣板 (Preparing kiln samples) —— 先在A組之試材中，逢機選取8塊；然後在B、C及D組中各另選取相對應之試材8塊，作為樣板。例如，在A組中若逢機選取5A, 12A, 14A, ……等為樣板材；在B組中則必選取5B, 12B, 14B, ……等為樣板材。C組；D組亦同。在試材中央部位截取60cm長之一段為樣板，同時在緊連樣板兩

端各鋸切2.5cm長之一段為含水量試片(Moisture sections)。每一含水量試片鋸妥後，立即拂去木屑及鬆脫之木絲等，以電動天平秤其重量至 0.01 gm 並記錄之，供測含水量之用。之後，於此試片之橫斷面上測定徑、弦向收縮率測定線，以卡尺 (Vernier caliper) 度量其線長至 0.05mm 並記錄之，供測爐(全)乾收縮率之用。最後再以排水法測定試片之生材體積至 0.01 cm³ 並記錄之，供測比重之用。

每一樣板鋸妥後，立即以防裂漆 (End-coating) 塗其兩端，並稱重量至 0.01gm，供計算樣板爐乾重 (Calculated oven-dry weight)

之用。然後在樣板中央測一收縮率測定線，以卡尺在此線上度量板之寬與厚至0.05mm並記錄之；此測定線乃用以測定木材在乾燥過程中，其不同含水量之徑、弦向收縮率。設樣板為象鋸板 (Quartersawn board)，則其厚為弦向，寬為徑向；設為平鋸板 (Plain sawn board)，則其厚為徑向，寬為弦向。

上述處理完成後，將所有含水量試片置於自動調溫之電烘箱中，以 103°±2°C 之溫度烘至爐(絕)乾後，分別求出試材之：(1)生材含水量，(2)比重，(3)厚度，(4)爐乾收縮率，以及(5)樣板之推算爐乾重等。有關試材特性，詳見下表 1。

表 1 試材特性¹

Table 1 Characteristics of material used in experiment

樹種 Species 普通名 Common name 學名 Scientific name	產地 Origin	品等 Grade	紋理 ² Grain	平均厚度 Ave. Thickness (cm)	平均生材含水量 Ave. Green M.C. (%)	平均比重 ³ Ave. SP/GR (Wo/Vg)	平均收縮率(生材至全乾) Ave. Shrinkage (Green to 0%)	
							弦向 Tangential	徑向 Radial
臺灣杉 Taiwania merioides	高雄六龜 Kaohsiung	三等以上 No. 3 & better	混合 Mixed	3.23 (0.01) ⁴	184.87 (5.57)	0.365 (0.007)	6.65 (0.25)	3.01 (0.15)

1. 試體數為32 Number of specimen: 32.
2. 指平鋸板與象鋸板而言。 Plainsawn or quartersawn lumber.
3. 比重以爐乾重量與生材體積求出。 Based on O. D. Wt. and green volume.
4. 括號內數值為標準誤。 Value in parenthesis represents standard error.

擬訂乾燥基準(Designing drying schedules) —— 根據乾燥密與試材之特性，並參照有關資料^{5, 6}設計四種基準表(表 2)進行乾燥試驗。

操作方法 (Operating method) —— 採行全時運轉。風扇單向循環。每天至少一次將密內所有樣板取出，分別計算其含水量，並檢查乾燥缺點，列入記錄。以二分之一含水量最高之樣板作為控制樣板 (Controlling Samples)；根據控制樣板含水量之變化情形，照基準表內所設定之溫濕度標準調整密內控制條件。如是每日作業，至最後含水量降達10%為止。

測定收縮率 (Determining percent shrink-

kage) —— 當平均含水量降至約 50%時，開始就各樣板測定之收縮率測定線，逐日量取其寬度與厚度，並以生材時所度量之寬厚為基準，計算其不同含水量之徑、弦向收縮率。

最後含水量與應力試驗 (Final M. C. and drying stress test) —— 各密乾燥完畢稍加冷卻後，將所有樣板取出，先將一端切除 15cm，再繼續橫切 2.5cm 厚之試片 3 塊，從事下列三項測定：

- (1)第一塊測定平均含水量；
- (2)第二塊測定表層 (Shell) 與心層 (Core) 之含水量差異情形；

(3)第三塊作叉形試驗 (Prong test) 以評估表面僵化 (Casehardening) 之程度。計分為：

- A.無僵化 (Not casehardened)，即所鋸之叉齒伸直平行。
- B.輕微僵化 (Slightly casehardened)，兩側之叉齒向內彎曲，但齒端並未接觸。
- C.僵化 (Casehardened)，兩側之叉齒向內彎曲，齒端緊緊相接。
- D.逆僵化 (Reverse casehardened)，兩端叉齒向外彎曲。

計算乾燥缺點(Calculating drying defects)

——一般乾燥缺點之計算，按下列方式進行之：

(1)表面乾裂 (Surface checks) 以樣板平面積內

所發生乾裂之總長計算之。

(2)端裂 (End checks) 以樣板兩端橫斷面積內所發生乾裂之總長計算之。

(3)翹曲 (Warp) 以樣板翹曲部份最大撓度 (Maximum deflection) 與凹面之比表示之。

試驗設備

本試驗所用之設備乃委請山富機械公司設計製造。計分乾燥機 (Lumber dryer) 本體與密身構造兩部份。

乾燥機本體為 96 cm (寬) × 45 cm (深) × 130 cm (高)。使用壓縮機為 3Hp，送風機 1/2Hp。另有 1/2Hp，葉片直徑 40 cm 之風扇兩台，以加

表 2 3cm 臺灣杉所試用之四種基準表
Tabl 2 Drying schedules used for 3cm Taiwania

S-1			S-2			S-3			S-4		
M.C. (%)	D.B.T. (°C)	R.H. (%)	M.C. (%)	D.B.T. (°C)	R.H. (%)	M.C. (%)	D.B.T. (°C)	R.H. (%)	M.C. (%)	D.B.T. (°C)	R.H. (%)
60以上	50	40	60以上	52	38	60以上	46	43	60以上	45	38
60	50	38	60	52	36	60	46	40	60	45	36
55	50	36	55	52	34	55	46	38	55	45	34
50	50	34	50	52	32	50	46	36	50	45	32
45	55	32	45	56	30	45	50	33	45	50	30
40	55	30	40	56	26	40	50	28	40	50	26
35	55	26	35	56	22	35	50	25	35	50	22
30	60	22	30	60	18	30	55	22	30	55	18
25	60	20	25	60	14	25	55	20	25	55	14
20	60	14	20以下	60	10	20	60	14	20以下	60	10
15以下	60	10				15以下	60	10			
E.T.	60	43	E.T.	60	43	E.T.	60	43	E.T.	60	43
C.T.	60	84	C.T.	60	84	C.T.	60	84	C.T.	60	84

- S=乾燥基準 (Drying Schedule)
- M.C.=含水量 (Moisture Content)
- D.B.T.=乾燥溫度 (Dry-bulb Temperature)
- R.H.=相對濕度 (Relative Humidity)
- E.T.=均勻處理 (Equalizing Treatment)
- C.T.=調節處理 (Conditioning Treatment)

強密內之氣流循環。此外，並在機體內特別裝設一套電氣加熱之增（調）濕器（Humidifier），作為均勻處理與調節處理之用。密身構造之尺寸為 160 cm（寬）×200 cm（深）×190 cm（高）。壁厚 5cm，中間為絕緣保溫之玻璃棉。乾燥機置於密內。溫濕度由電子儀完全自動控制之，溫度最高可達 60°C，平均材間風速為 1.02m/sec。此外，另行裝設一套 FOXBORO 乾濕球溫度自動記錄儀，將全部乾燥情況予以繪記。

結果與討論

乾燥效果

四種處理原始與最後含水量之均勻程度經 F 值測驗結果，差異在 0.05 水準均不顯著（表 3）；此可指出，四組試材之含水量不論乾燥前或乾燥後都很均勻。其表心層含水量之差距經變方分析結果，

差異在 0.05 水準不顯著，而且差距甚小；此足顯示四種處理（乾燥基準）均獲得相同品質之結果。至於乾燥速率，雖然 S-1 乾燥最快但差異在 0.05 水準不顯著。其原因或為臺灣杉較易乾燥，而四種處理條件之差距對針葉樹而言，不夠劇烈所使然。唯就另一方面觀之，S-1 之乾燥條件較為緩和（初期濕度較低）可縮短壓縮機之運轉時間有助於能源之節省，故綜合考慮結果，其乾燥效果仍應為 S-1 為佳。

乾燥缺點

四種處理均發生面裂（Surface checks）變方分析結果差異在 0.05 水準不顯著。平均翹曲（Ave warp）之差異在 0.05 水準亦不顯著，此足證明四種處理之乾燥品質均達同一標準。至於表面僵化（Cashardening）情形，四種處理均發生僵化。以 S-4 較佳，8 塊樣板中 2 塊無僵化，3 塊微

表 3 3cm 臺灣杉之最後含水率與乾燥速率¹
Table 3 Final moisture content and drying rate of 3.0cm Taiwania

乾燥基準 Drying schedule	原始含水量 ² Initial M.C. (%)	最後含水量 Final moisture content (%)				乾燥時間 ⁴ Drying time (hrs.)	乾燥速率 ³ Drying rate (%M.C./hr)
		平均 ² Average	邊層 Shell	心層 Core	差距 ³ Distance		
S-1	188.50 (11.22) ⁵	8.04 (0.29)	8.15 (0.26)	9.94 (0.54)	1.84 (0.33)	361.25	0.4995 (0.0311)
S-2	192.68 (12.00)	8.19 (0.49)	7.72 (0.65)	8.37 (0.63)	1.18 (0.44)	381.58	0.4835 (0.0312)
S-3	183.01 (12.23)	11.76 (0.34)	12.35 (0.17)	11.62 (0.47)	0.94 (0.22)	364.17	0.4702 (0.0341)
S-4	175.28 (10.18)	10.72 (0.38)	10.58 (0.37)	10.53 (0.68)	1.08 (0.38)	338.50	0.4861 (0.0308)

1. 樣板數為 8 No. of specimen: 8 pieces.

2. F 值測驗結果，各處理間含水量均勻程度之差異在 0.05 水準不顯著。

After F-test, differences of the uniformity of M.C. between treatments not significant at 0.05 level.

3. 變方分析結果差異在 0.05 水準不顯著。

After variance analysis, difference between treatments not significant at 0.05 level.

4. 包括均勻處理與調節處理時間。

Including equalizing and conditioning treatment.

5. 括號內數字為標準誤。

Value in parenthesis represents standard error.

表 4 3cm 臺灣杉之乾燥缺點¹
Table 4 Drying defects of 3cm Taiwania

乾燥基準 Drying schedule	面裂總長度 ² Total length of surface checks (cm)	端裂總長度 Total length of end checks (cm)	平均翹曲 ² Average warp (%)	發生表面僵化之樣板數 Number of casehardened samples				
				調節處理時間 Conditioning time (hrs)	無僵化 Not casehar- dened	輕微僵化 Slight casehar- dened	僵化 Casehar- dened	逆僵化 Reverse casehar- dened
S-1	36.2	0	1.54	3.0	0	5	3	0
S-2	142.0	0	1.61	3.0	1	2	5	0
S-3	89.4	0	1.42	3.25	1	3	3	1
S-4	4.3	0	4.11	4.0	2	3	3	0

1.樣板數為8。 No. of specimen: 8 pieces.

2.變方分析結果差異在0.05水準不顯著。 Differences not significant at 0.05 level.

僵化，3塊僵化。S-1情況較差5塊微僵化，3塊僵化，餘者居中（表4）。若將調節處理時間再延長1~2小時，表面僵化當可解除。綜合以上乾燥缺點與乾燥速率（表3），3cm臺灣杉板材進行減濕乾燥時，以S-1基準（表2）之效果最佳。有關S-1之乾燥情況與含水量降低情形，詳如圖1。

收縮率

含水率與收縮率成曲線相關（圖2），弦向收縮率約為徑向收縮率的兩倍以上，由此可知，密乾臺灣杉若無適當的乾燥基準，必易引起嚴重翹曲；尤以幼齡木為甚。

結 論

- 1.減濕乾燥3cm臺灣杉板材，可採用S-1基準（表2）；其乾燥速率約為0.50%M.C./hr
- 2.臺灣杉材含水量與收縮率之關係成二次曲線相關。弦向收縮約為徑向之兩倍以上。
- 3.減濕式乾燥密，可將3cm臺灣杉板材自生材乾燥至最後含水量10%以下。

參 考 文 獻

- 1.翟思湧，1981 減濕式乾燥密效能之研究。林試所研究報告第354號。12pp.
- 2.翟思湧，李銘鐘，1985 減濕式乾燥密基準表之訂定(一) 3cm 巴西橡膠木，林試所研究報告第437號。8pp.
- 3.翟思湧、李銘鐘，1986 減濕式乾燥密基準表之訂定(二) 3cm柳杉，林試所研究報告第461號。8pp.
- 4.Huber, H. A. 1977. Dehumidification drying of wood. Woodworking and Furnit. Dig. May, 1977. 2pp.
- 5.Huber, H. A. 1981. New Generation Drying Equipment. Woodworking and Furnit. Dig. Jan. 1981. 5pp.
- 6.Merkara Inc. of Toronto Canada, 1978. Western Lumber Drying System. 62pp.
- 7.Rasmussen, E. F. 1961. Dry Kiln Operator's Manual. USDA Handbook No. 188. p 79-110.

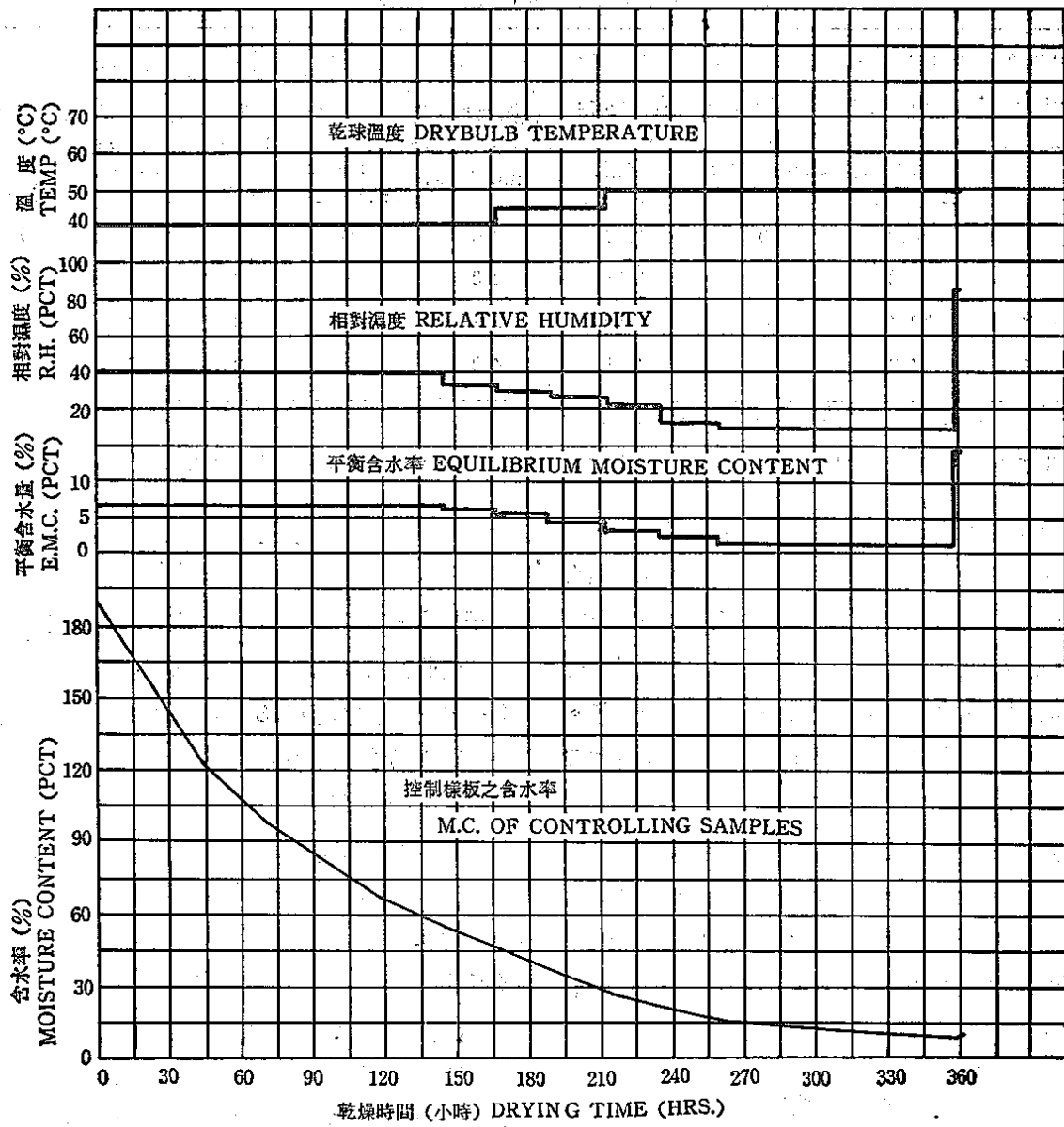


圖 1 以 S-1 基準乾燥 3cm 臺灣杉之窯內情況與含水量降低情形

Fig 1 Kiln conditions and drying curve for 3cm Taiwania dried with schedule S-1.

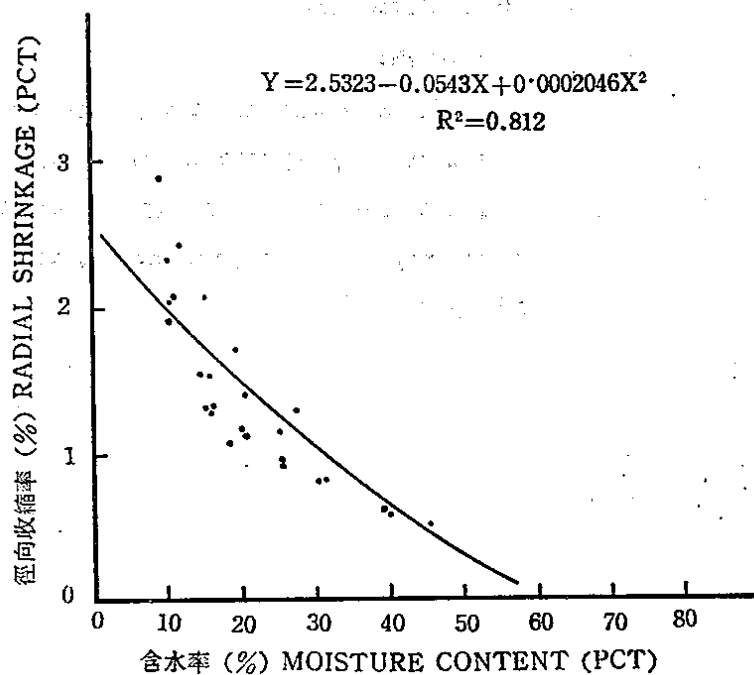
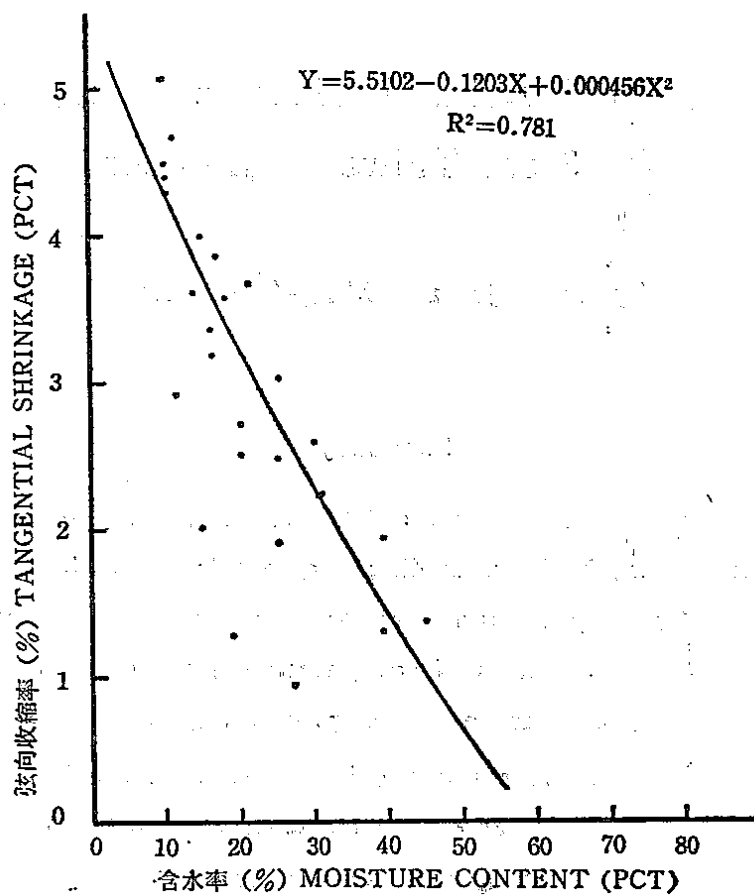


圖 2 3cm 臺灣杉含水率與收縮率之關係

Fig 2 Relationship between moisture content and shrinkage of 3cm Taiwania.

Development of A Dehumidification Drying Schedule for 3 cm Taiwan Lumber

Sy-Yung Jai and Ming-Chung Lee

Summary

The objective here was to develop a dehumidification drying schedule for 3cm Taiwan. 180 cm in length, 25 cm in diameter, cut from two 25-year-old trees in Kaohsiung, southern part of Taiwan were used for this study. The bolts were then sawed into 3- by 15cm test boards. During cutting, each four consecutive boards were divided into four groups and sealed in plastic bags until the time of drying.

Each group of the test boards was dehumidification-kiln-dried by a different drying schedule (Table 2) from green to final moisture content of about 10%, and then compared primarily for drying rate and defects. Moisture content during was monitored by standard sample board technique.

The results of this study indicated that.

1. Schedule S-1 (Table 2) can be efficiently applied to dry 3cm Taiwan lumber from green to 10 percent MC, and the drying rate is about 0.5% MC/hr..
2. The relationship between MC and shrinkage is in a curvilinear correlation.
3. The local made dehumidification dry kiln is capable of drying 3cm Taiwan lumber to a final MC below 10 percent.