

## 타운 材木의 天然乾燥 特性 및 캘린더에 관한 研究 (I)<sup>1</sup>

鄭 希 錫<sup>2</sup>

### Study on Air-drying Characteristics of Taun Lumber and Air-drying Calendar(I)<sup>1</sup>

Hee Suk Jung<sup>2</sup>

#### Summary

Air-drying tests were carried out on green taun (*Pometia pinnata f. glabra*) for 25-mm and 50-mm thickness to elucidate drying characteristics on air-drying rate, time and defects in spring and air-drying calendar.

The results of this study were as follows:

1. The air-dried lumber for 25-mm thickness from an initial average moisture content (MC) of  $58.3 \pm 3.5$  percent reached 30 percent MC in 17 days, 25 percent MC in 24 days, 20 percent MC in 38 days and 15 percent MC in 84 days.
2. The air-dried lumber for 50-mm thickness from an initial average MC of  $59.6 \pm 5.0$  percent reached 30 percent MC in 39 days, 25 percent MC in 55 days and 20 percent MC in 84 days.
3. Air-drying calendar that could be useful in estimating drying times for each month developed by the use of climatological data for Suwon. Total number of effective air-drying days during a year were 243.5 days and the major determinant of the effect air-drying days was temperature.
4. The air-drying rates for 25-mm and 50-mm coated lumber were slightly slower than those of uncoated lumber, The number and total length of both end checks and surface checks for end coated lumber were less severe than those of uncoated lumber.

*Key word: taun, air-drying calendar, effective air-drying days*

#### 緒 論

우리 나라는 목재자원의 부족으로 인하여 그 동안 다량의 有用木材를 도입하여 충당하여 왔으나 차츰 목재 자원의 감소와 아울러 자원보호 정책의 강화로 인하여 원목수입의 제약을 받고 있어 정부와 관련 기업에서는 목재 수입의 다변화를 시도

하여 왔는 바 Papua-New Guinea에서 천연림이 개발도입됨에 따라 材質이 제대로 밝혀져 있지 않은 未利用樹種 (lesser known species)도 많이 도입 이용되고 있다.

未利用樹種을 이용하기 전에 材質과 加工的性質이 선형하여 구명되어야 하나 특히 taun材는 乾燥特性 (drying characteristics)이 제대로 밝혀

1. 接受 5月3日 Received May 3, 1985.

本 研究는 韓國科學財團의 支援에 의해 수행되었음.

2. 서울大學校 農科大學 College of Agriculture, Seoul National University, Suwon 170, Korea

져 있지 않아 건조중에 初期割裂과 split가 잘 나타나서 乾燥損失이 많을 뿐만 아니라 제조된木製品의 품질저하에도 크게 영향을 끼치고 있다.

天然乾燥는 종래에 屋外用과 非暖房用 建物の 構造用材라던가 목재변색 예방과 방부처리 수송비 절감을 위하여 실시하여 왔으나, 근년에 이르러 天然乾燥는 특히 에너지 절약면에서 纖維飽和點까지는 自由水를 쉽게 제거할 수 있기 때문에 가장 경제적인 에너지 절약방법이고 熱氣乾燥의 豫備乾燥로서 효과가 강조되고 있다. 에너지價가 상승함에 따라 天然乾燥 또는 熱氣乾燥와의 병용법이 중요시되고 있다. 低含水率 범위에서는 天然乾燥時間이 길어지기 때문에 天然乾燥費用이 크게 늘어날 수 있고, 또한 열기 건조의 豫備天然乾燥의 경우 적정 함수율이하로 건조되면 品質이 저하될 수 있다. 적정 함수율에 도달시간은 수종, 재목두께 및 기상 조건에 따라 달라질 수 있다.

本 研究에서는 生材狀態의 taun 板材의 두께 2.5 cm와 5 cm를 공시하여 天然乾燥速度와 乾燥時間을 조사하고, 기상자료에 의한 月別 有效天然乾燥日數를 구하여 天然乾燥 또는 熱氣乾燥와의 병용시 필요한 含水率에 도달하는 乾燥日數를 계절별로 추정코저 하였다. 또한 두꺼운 판재의 건조과정중에 割裂과 split 등 건조결합의 발생정도와 엔드코팅이 蟻蟻面할벌의 예방 효과를 알고저 실시하였다.

## 研究史

미국 임산물연구소(1960)<sup>3)</sup>는 미국산 여러수종의 두께 1인치 재목의 함수율 20% 수준까지 天然乾燥日數를 측정 보고하였으며, Rasmussen (1961)<sup>9)</sup>은 天然乾燥中에 自由水의 毛細管作用과 結合水 擴散 機構에서 高含水率 영역의 천연 건조속도는 일차적으로 온도, 이차적으로 濕度의 영향을 받은 모세관 이동에 의해 좌우됨을 보고하였다.

McMillen (1961)<sup>5)</sup>은 원목과 제재목의 蟻蟻面 할벌 방지에 대한 코팅 효과에 대하여 보고하였으며, 또한 Harrison (1968)<sup>4)</sup>은 sodium alginate 용액과 emulsion 을 그리고 Pratt (1974)<sup>8)</sup>은 페인트 또는 왁스를 적용하여 할벌 예

방에 대해 보고하였고, Bramhall 등(1976)<sup>1)</sup>은 蟻蟻面에 내수성 코팅 또는 sealant 를 적용하여 蟻蟻面 건조속도를 지연시켜서 蟻蟻面 할벌을 예방할 수 있음을 보고하였다.

Rietz (1972)<sup>11)</sup>은 미국 중서부 지방의 기상 자료를 이용하여 월별 有效天然乾燥日數(EADD)를 구하여 천연 건조용 calendar 를 작성 보고하였으며, Wengert (1976)<sup>15)</sup>은 서부지방의 月間 평균 온도, 상대습도, 풍속 및 강우량을 이용하여 天然乾燥指數(ADI)에 관한 실험식을 작성하였다.

Wengert(1974)<sup>14)</sup>은 天然乾燥와 熱氣乾燥의 병용의 경우 예비천연 건조에 의한 함수율 1% 감소당 에너지 절약은 보드피트(board feet) 당 50~85 Btu 임을 보고하였으며, McMillen(1978)<sup>6)</sup>은 천연 건조재용 目標含水率은 20% 또는 그 이하이나 열기 건조의 예비천연 건조의 경우는 평균 함수율이 25% 수준이 경제적으로 유리함을 보고하였다. Wengert(1978)<sup>16)</sup>은 天然乾燥의 약한 건조조건과 완전한 乾燥速度에 의해 乾燥應力이 완화됨으로 건조곤란 수종의 건조손상의 감소와 아울러 온도, 상대습도, 풍속 및 강우량이 건조속도에 미치는 효과에 대하여 보고하였다. Smith 등(1981)<sup>13)</sup>은 유령 redwood 람바의 초기 함수율 별로 최종 함수율 30%와 19%까지 도달되는 乾燥日數를 보고하였고, Oliveira 등(1982)<sup>7)</sup>은 활엽수 수종 특히 참나무와 같은 refractory species 는 열기 건조에 함수율 25% 수준까지 예비천연 건조의 중요성을 강조하였으며, Denig 등(1982)<sup>2)</sup>은 red oak 와 yellow-poplar 재목의 일일 함수율 감소를 초기 함수율, 매일의 평균온도와 상대습도와와의 상관관계를 나타내어 天然乾燥 含水率 감소를 추정하였다. Siau(1984)<sup>12)</sup>는 低含水率에서 擴散에 의해 좌우되는 天然乾燥速度는 공기의 상대습도, 온도 및 水分傾斜에 의해 좌우되며 모세관 이동보다 매우 느림을 보고하였다.

따라서 천연 건조는 열기 건조의 예비 건조로서 건조곤란 수종의 건조손상 방지와 에너지 절약 등 경제성과 건조소요일수 추정 등 예비천연 건조의 중요성이 제삼 대두되고 있다.

## 材料 및 方法

### 1. 材料

#### 1.1. 供試板材

taun 원목에서 두께 2.5 cm와 5 cm, 너비 10 cm, 길이 2.4 m의 板目板을 제재한 다음 앤드코팅 板材와 無處理 板材는 材長 方向에서 짝을 맞추어서 절단하였으며, 板材 두께와 처리별로 각각 10 개씩 사용하였고, 앤드코팅용 페인트는 은분페인트로서 2 회 도포하였다.

#### 1.2. 初期含水率 試驗片

供試板材의 절단 부위에서 길이 2.5 cm의 함수율 시험편을 각각 하나씩 절취하여 사용하였다.

(표 2 참조)

#### 1.3. 供試棧木

棧木의 두께는 1.5 cm이고 너비는 2 cm인 것을 사용하였다.

#### 1.4. 天然乾燥場

천연건조장은 기초높이 45 cm이고, 길이 90 cm, 너비 75 cm, 정면 높이 150 cm, 후면높이 145 cm이며 지붕의 끝은 4면이 모두 30 cm 나오도록해서 프라스틱으로 간이 지붕을 설치한 屋外天然乾燥場을 사용하였다.

#### 1.5. 공시機器

供試板材의 무게는 눈금 2 g의 저울을 사용하였으며, 함수율 시험편의 무게는 눈금 0.01 g의 저울을 사용하였고, 건조는 강제순환 건조기를 사용하였다.

#### 1.6. 기상자료

수원지방의 有效天然乾燥日數 계산용 월 평균온도, 상대습도 및 풍속 등 기상자료는 중앙기상대 수원 농업관측소에서 조사된 10년간(75.1~84.12)의 기상자료를 이용하였고, 또한 본 연구의 천연건조기간중의 기온, 상대 습도 및 강우량 등 기상자료도 동 관측소에서 측정된 자료에서 매주간 평균치를 구하여 사용하였다.

### 2. 方法

#### 2.1. 판재의 함수율

각 판재의 양단에서 절취한 함수율 시험편은 全乾法에 의해 평균 初期 含水率을 구하였고, 함수율과 건조 개시전 판재 무게를 이용하여 板材의

Table 1. Monthly average temperature, relative humidity and wind speed for ten years (January 1975 to December 1984) in Suwon.

Month	Temperature (°C)	R.H. (%)	Wind speed (m/s)
Jan.	-4.7	70	1.5
Feb.	-2.1	71	1.8
Mar.	4.0	70	1.9
Apr.	10.9	69	2.0
May	16.3	71	1.6
Jun.	21.2	75	1.5
Jul.	24.5	81	1.4
Aug.	24.8	79	1.3
Sept.	19.9	78	1.1
Oct.	13.4	75	1.1
Nov.	5.7	74	1.3
Dec.	-1.1	73	1.3
Average	11.1	74	1.5

천건무게를 계산하였다. 건조중 함수율은 일주일 간격으로 건조중 판재무게를 평량하여 구하였다.

#### 2.2. 판재의 棧積

供試板材는 남쪽을 향하도록 하고 棧積의 하층에서부터 두께 5 cm의 앤드코팅 판재, 무처리 판재, 두께 2.5 cm의 앤드코팅 판재, 무처리 판재 순위로 쌓았고, 다음에도 동일한 형식으로 반복하여 복스積(box pile)하였다. 棧積 한 층의 판재 수는 5 분이고 材間間隔은 2 cm를 두었으며, 棧木은 45 cm 간격으로 수직이 되도록 배치하였다. 棧積期間은 12 주(85.3.4 ~ 5.20)이었다.

#### 2.3. 有效天然乾燥日數 (effective air drying day : EADD)

이는 Rietz<sup>11)</sup>가 제시한 바 있는 아래와 같은 방법에 의거 수원지방의 10년간 월간 평균 온도, 습도 및 풍속을 이용하여 계산하였다.

첫째, 여름 달의 EADD는 원칙적으로 30일로 정하고, 월 평균상대 습도가 년 평균상대습도보다 5% 이상이고, 월 평균풍속이 년 평균풍속 보다 시속 6.436 km (4 MPH) 이하의 조건을 갖는 달은 2일을 공제하였다.

둘째, 봄, 가을, 겨울 달의 EADD는 월 평균 온도가 여름의 매월 평균온도의 평균치보다 5.5°C (10°F) 적을 때마다 5일을 공제하였고, 월 평균 상대습도가 년 평균 상대습도보다 5% 높거

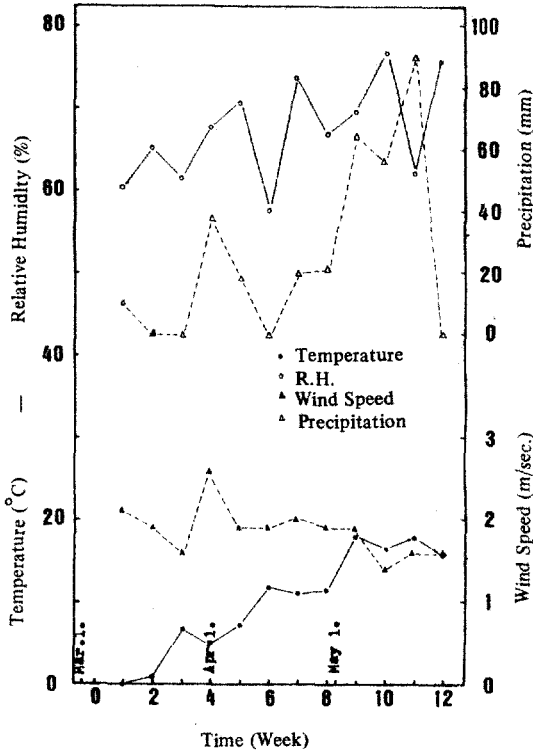


Fig. 1. Average weekly temperature, relative humidity, wind speed, and precipitation during spring season in suwon.

나, 또는 월 평균풍속이 년 평균풍속보다 시속 6.436 km 적을때마다 각각 2일을 공제하였고, 상대 습도와 풍속 조건이 동시에 성립되면 4일을 공제하였다. 추정천연건조일수는 각 달의 EADD를 근거하여 구하였으며 2사 3입하여 표시하였다.

2.4. 乾燥缺陷

2.4.1. 横断面割裂

앤드코팅과 무처리 재목의 건조종료시에 割裂

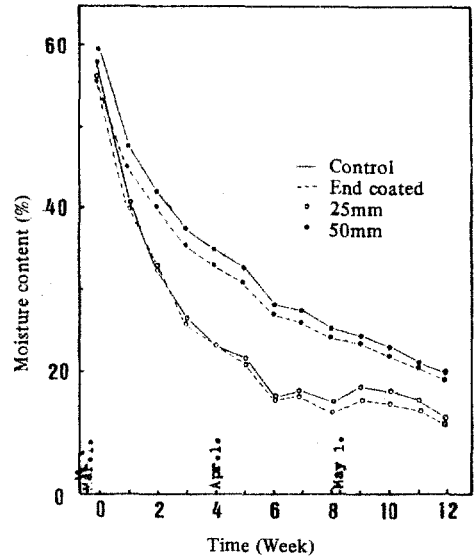


Fig. 2. Mean drying curves for air-drying of 25 and 55-mm taun lumber.

재목의 수량, 할열이 발생된 재목의 할열 수량과 총길이를 측정하였다.

2.4.2. 表面割裂

앤드코팅과 무처리 재목의 건조종료시에 表面割裂 재목의 수량, 표면할열이 발생된 재목의 할열 수량과 총길이를 측정하였다.

結果 및 考察

1. 乾燥速度와 乾燥日數

本研究의 天然乾燥期間(85.3.4 ~ 5.20) 중에 두께 25 mm와 50 mm의 무처리 재목과 앤드코팅재 목의 乾燥曲線은 그림 2와 같고, 最終含水率은 表 2와 같다.

Table 2. Mean initial moisture content and mean final moisture content for air-drying test by thickness and treatment.

Treatment	25mm				50mm			
	Initial MC	S.D.*	Final MC	S.D.	Initial MC	S.D.	Final MC	S.D.
Control	58.3	3.5	14.9	0.9	59.6	5.0	20.0	2.8
End coating	56.8	3.8	14.1	2.0	56.1	4.5	19.0	1.4

\* Standard deviation

乾燥速度는 두께 25 mm의 경우 무처리 재목은 0.52 %/日이고 앤드코팅 재목은 0.50 %/日이었고, 두께 50 mm의 경우 무처리 재목은 0.47%/日이고 앤드코팅 재목은 0.44 %/日이었다.

또한 무처리 재목의 함수율 30 %전후에서 두께 25 mm 재목의 건조속도는 함수율 30 %까지는 1.55 %/日이고, 함수율 30 % - 20 % 범위에서 0.48 %/日, 그리고 20 % - 15 % 범위에서 0.22 %/日이었으며, 두께 50 mm 재목의 건조속도는 함수율 30 %까지는 0.76 %/日이고, 함수율 30 % - 20 % 범위에서 0.22 %/日이었다.

무처리 재목은 앤드코팅 재목보다 건조속도가 약간 컸었다. 모든 공시목은 건조초기에 습수율 감소가 빨랐으나 건조가 진행됨에 따라 습수율 감소는 차츰 느려졌고, 이러한 경향은 두께 25mm 재목의 경우가 50 mm 재목보다 현저하였다. 특히 두께 25 mm 재목은 급속히 천연건조된 다음 강우량과 상대습도등 기상조건의 영향을 많이 받고 있었다.

모든 재목의 건조초기에는 自由水의 毛細管 移動이 잘 되어 쉽게 건조되었으나, 纖維飽和點이하 습수율에서는 結合水擴散에 의해 내부 수분의 이동이 지연되어 乾燥速度가 느린 것으로 볼 수 있고, 이는 Rasmussen (1961)<sup>9)</sup> 이 건조초기에 빨리 건조된다고 보고한 내용과 일치하고 있음을 알 수 있었다. Rietz 등 (1971)<sup>10)</sup> 이 乾燥速度의 영

향인자로서 木材條件, 棧積方法, 기후조건을 제시한 바 있듯이 天然乾燥速度는 이들 要因에 따라 좌우될 수 있다.

봄철에서 무처리 재목의 實際 天然乾燥日數는 表 4 에서 나타낸 바와 같이 두께 25 mm의 경우 함수율 30 %, 25 %, 20 % 및 15 %에 도달하는 日數는 각각 17일, 24일, 38일 및 84일이 소요되었다. 그리고 두께 50 mm 재목의 경우는 습수율 30 %, 25 %, 및 20 %에 도달하는 日數는 각각 39일, 55일 및 84일이 소요되어 얇은 재목의 경우보다 乾燥日數는 2배이상 더 소요되었다. 특히 두께 25 mm 재목의 습수율 20 %에서 15 %까지 건조에 46일이 소요되었고, 기상조건의 영향을 많이 받고 있음을 알 수 있었다.

## 2. 有効 및 推定天然乾燥日數

수원지방의 10개년간 (75.1.1 - 84.12.31) 월별 평균 기온, 상대습도 및 풍속을 이용하여 계산한 월별 有效天然乾燥日數 (EADD) 는 表 3 과 같이 여름에 속하는 달 (6, 7, 8월) 은 모두 EADD 가 30일이었다. 그러나 다른 달의 경우 9월은 29일, 5월은 25일, 10월은 23일, 11월은 16일, 3월은 15일, 2월과 12월은 10일이고, 1월은 7일로 가장 적었다. 연도별 EADD의 평균치는 243.5일이고 표준편차는 10.3이었다.

Table 3. Effective air-drying day calendar for Suwon.

Year Month	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	Average	Standard Deviation
Jan.	10(T)	10(T)	5(T)	5(T)	10(T)	10(T)	0(T)	5(T)	10(T)	5(T)	7.0	3.5
Feb.	10(T)	15(T)	5(T)	10(T)	10(T)	10(T)	10(T)	10(T)	10(T)	5(T)	9.5	2.8
Mar.	15(T)	15(T)	15(T)	15(T)	15(T)	15(T)	15(T)	15(T)	15(T)	10(T)	14.5	1.6
Apr.	20(T)	20(T)	20(T)	20(T)	20(T)	20(T)	20(T)	20(T)	20(T)	20(T)	20.0	0
May	25(T)	25(T)	25(T)	25(T)	25(T)	25(T)	25(T)	25(T)	25(T)	25(T)	25.0	0
Jun.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30.0	0
Jul.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30.0	0
Aug.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30.0	0
Sept.	28(H)	30	28(H)	28(H)	30	30	30	30	28(H)	28(H)	29.0	1.1
Oct.	25(T)	25(T)	25(T,H)	18(T,H)	25(T)	25(T)	20(T)	25(T)	25(T)	20(T)	23.1	2.7
Nov.	20(T)	15(T)	15(T)	13(T,H)	15(T)	20(T)	15(T)	15(T)	15(T)	15(T)	15.8	2.3
Dec.	10(T)	10(T)	8(T,H)	8(T,H)	10(T)	10(T)	10(T)	10(T)	10(T)	10(T)	9.6	0.8
Total	253	255	234	232	250	255	235	245	248	228	243.5	10.3

Notes: T and H shown in parentheses are, respectively, temperature and relative humidity as the major determinant of the EADD for each month.

EADD에 영향을 미치는 인자중에 기온은 10개년중에 모든 달에 대해 영향을 미쳤으며, 상대습도는 일부 연도에 한하여 9 - 12월중의 EADD에 영향을 미쳤으나, 풍속은 어느 달에도 영향을 미치지 않았다. 이와같은 결과는 年平均氣溫이 11.1℃ 이나 겨울철은 낮고 여름철은 높아 계절간에 큰 변동을 나타내고 있으나, 상대습도와 풍속은 계절간에 변동이 적은데 기인되었다. Rietz (1972)<sup>11)</sup>가 미국 Upper Midwest 지역의 EADD (총 215)의 중요한 결정요소는 기온이라고 보고한 바와 같이 우리나라의 경우에도 동일한 경향을 나타내었다.

生材狀態 (함수율 56-60%)의 두께 25mm와 50mm 재목을 6, 9, 12월의 첫날에 棧積하여 含水率 30%, 25%, 20% 및 15% (두께 25mm에 한함)까지 건조시에 EADD를 기준한 推定天然乾燥日數는 表 4와 같이 6월에 棧積시에는 봄철에 비하여 거의 절반정도로 가장 짧았는데 이러한 결과는 여름철에 속하는 6월, 7월 및 8월의 有效天然乾燥日數는 모두 30日로서 天然乾燥 活性

期間이기 때문이다. 다음으로 9월에 棧積하였을 경우 3월 잔적보다 약간 짧았으며 12월 잔적은 오랫동안 소요되었다. McMillen 등 (1978)은 生材 1인치 red oak를 6월에 棧積하여 含水率 20%까지 건조시에 60일이 걸렸다면 11월에 잔적시에는 182일이 소요되어 2.5배나 길어짐을 보고한 바와 같이 추정 천연건조일수는 그 지방의 월별 EADD에 의존함을 알 수 있다.

건조실무에 있어서 EADD와 추정천연건조일수는 건조작업의 계획을 수립하고 건조시간을 추정하는데 유용한 자료이고, 그 지방의 기상 이변이 없는 한 신뢰할 수 있는 건조일수의 기준이 될 수 있다.

### 3. 乾燥缺陷

두께 25mm와 50mm재목의 건조 종료시에 무처리와 앤드코팅 재목별로 橫斷面割裂과 表面割裂은 表 5와 같고, 두꺼운 재목은 얇은 재목보다 橫斷面割裂과 表面割裂이 더 심하였고, 앤드코팅 재목은 무처리 재목보다 橫斷面割裂과 表面割裂의 수

Table 4. Estimated time to air dry green 25 - and 50 - mm taun lumber to some average final moisture content.

Thickness (mm)	Drying start	Drying time in days to:				Remarks
		30%	25%	20%	15%	
25	4, Mar.	17.0	24.0	38.0	84.0	Actual time
	1, Jun.	8.0	11.5	19.5	54.5	Estimated time
	1, Sept.	8.5	12.0	20.0	64.5	"
	1, Dec.	25.0	38.0	69.0	141.0	"
50	4, Mar.	39.0	55.0	84.0	-	Actual time
	1, Jun.	20.5	31.0	54.5	-	Estimated time
	1, Sept.	21.0	32.5	64.5	-	"
	1, Dec.	72.5	100.0	141.0	-	"

Table 5. Comparison of end check and surface check in 40 boards of 25mm and 50mm taun lumber.

Thickness (mm)	Treatment	End check			Surface check		
		No. of checked board	No. of checks	Total check length (cm)	No. of checked board	No. of checks	Total check length (cm)
25	Control	5	16	23	8	29	120
	End coating	6	9	14	5	9	33
50	Control	10	25	45	9	38	428
	End coating	9	21	44	5	6	79

가 약간 적었고 할열 길이도 짧았다.

앤드코팅을 실시하면 원래 횡단면의 빠른 건조가 지연되고 따라서 水分傾斜가 적어져서 乾燥應力이 다소 완화되어 割裂 예방의 효과를 얻을 수 있다. Rietz와 Page(1971)<sup>10)</sup>은 특히 두꺼운 재목(두께 1.5인치 이상)에서는 橫斷面割裂과 split의 위험이 있기 때문에 재목 절단 즉시 앤드코팅을 실시하여 방제할 필요성을 주장한 바 있으나, 본 연구에서는 앤드코팅이 할열 감소에 약간의 효과가 있었지만 기대할 정도의 결과는 얻지 못하였다. taun材는 원래 初期割裂이 잘 나타나는 수종으로 알려져 있는 바 할열방지에 대한 다른 연구가 요청되고 있다.

## 結 論

taun 재목의 天然乾燥에 관한 乾燥速度, 乾燥日數 및 乾燥缺陷 등 乾燥特性과 켈린더를 알기 위하여 두께 25 mm와 50 mm 재목을 봄철에 棧積하여 天然乾燥 시험하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 平均 初期含水率 58.3% (표준편차 3.5) 인 두께 25 mm 재목의 건조시간은 함수율 30%까지 17일, 25%까지 24일, 20%까지 38일, 15%까지 84일이 소요되었다.

2. 平均 初期含水率 59.6% (표준편차 5.0) 인 두께 50 mm 재목의 乾燥時間은 함수율 30%까지 39일, 25%까지 55일, 20%까지 84일이 소요되었다.

3. 기상자료를 이용하여 매월 건조시간을 추정할 수 있는 천연건조 켈린더가 작성되었는데 온도는 有效天然乾燥日數에 대한 주요 결정인자였으며 연간 有效天然乾燥日數는 243.5일이었다.

4. 두께 25 mm와 50 mm의 앤드코팅 재목이 무처리 재목보다 乾燥速度가 약간 적었으며, 앤드코팅 재목의 횡단면 割裂과 표면 할열의 수와 총길이는 무처리 재목의 것보다 적었다.

## 引 用 文 獻

1. Bramhall, G. and R.W. Wellwood. 1976. Kiln Drying of Western Canadian Lumber. Informa-

- tion Report VP-X-159. Forintek Canada Corp.
2. Denig, J. and E.M. Wengert. 1982. Estimating air-drying moisture content losses for red oak and yellow-popular lumber. Forest Prod. J, 32(2):26-31.
3. Forest Products Lab. 1960. Approximate air-drying and kiln-drying periods for 1-inch lumber. USDA Forst Serv., FPL Tech. Note 233 Madison, Wis.: 4.
4. Harrison, J. 1968. Reducing checking in timber by use of alginates. Austral Timber J. 34(7): 24-25.
5. McMillen, J.M. 1961. Coatings for the prevention of end checks in log and lumber. USDA Forest Serv., Forest Prod. Lab. Rep. 1435.
6. \_\_\_\_\_. 1978. Drying Eastern Hardwood Lumber. USDA Agri. Handbook No. 528.
7. Oliveira, L.C. de S., C. Skaar and E.M. Wengert. 1982. Solar and air lumber drying during winter in Virginia. Forest Prod. J. 32(1):37-44.
8. Pratt, G.H. 1974. Timber Drying Manual. HMSO.
9. Rasumussen, E.F. 1961. Dry Kiln Operators Manual. USDA Agri. Handbook No. 188:197.
10. Rietz, R.C. and R.H. Page. 1971. Air Drying of Lumber. USDA Agri. Handbook No. 402.
11. Rietz, R.C. 1972. A calendar for air drying lumber in the upper midwest. USDA Forest Serv. Res. Note, FPL-0224. Madison, Wis.: 3.
12. Siau, J.F. 1984. Transport Processes in Wood. Springer-Verlag.
13. Smith, W.R. & D.G. Arganbright. 1981. General drying characteristics of young-growth redwood dimension lumber. Forest Prod. J. 31(4):44-49.
14. Wengert, E.M. 1974. How to reduce energy consumption in Kiln drying. USDA For. Serv. Res. Note FPL-0228.
15. \_\_\_\_\_. 1976. An empirical lumber air drying index for the western United States. Drying and Storage Committee, New Digest. Forest Prod. Res. Soc. (April):2.
16. \_\_\_\_\_. 1978. Making management decisions in lumber drying. Lumber Manufacturers Assoc. of Va., Inc., Sandston, Va.:41.