

낙엽송 小徑材의 製材利用構造에 關한 研究*¹

李 春 澤*². 金 洙 昌*³

A Study on Sawing and Utilization Structure of Lumber from Small-diameter Logs of *Larix leptolepis**¹

Choon Taek Lee*². Su Chang Kim*³

SUMMARY

This research has been executed for maximization of lumber yield and more efficient use of small diameter logs. Sample logs from thinnings came from densed artificial stands at the Kwangnung Experimental Forests situated in the central region of Korean peninsula. Species of sample logs were obtained to execute sawing and strength test for larch, and lumber strength test in full size for pitch pine and Korean pine. A survey on sawmills consuming domestic logs was carried out to know sawmill production, costs and utilization structure of lumber as a guide to business analysis. Results showed that sawing pattern from small logs less than 15cm in diameter was necessary to cut 9cm by 9cm square per one log in order to obtain high lumber recovery and provide for wide market needs. The total lumber yield of squares plus side boards was 56 percent to 58 percent from small logs and the yield for log sweep in 30 percent decreased by 24.5 percent in sawing production, compared to yield for straight logs. In sawing efficiency, production of lumber by twin band saw could be improved 238 percent higher than lumber of the same species produced by conventional sawmilling methods, and sawing accuracy with twin band saw was much higher at the lumber production than band saw. Lumber from the small larch logs has shown 70 knots per m² on its faces and also lumber showed lots of face checkings by air drying on the yard, compared to other species. MOR in bending of lumber in full size from small logs of larch was found ranging from 380kg/cm² to 460kg/cm², resulting in 40 percent less than the strength from clear small specimens. In lumber containing knots, cross grain, etc, longitudinal stress wave speed was delayed about 48 percent by defects in lumber from both larch and pitch pine logs. The surveyed sample sawmills consumed the domestic logs at the rate of 54 percent to 84 percent in the total timber consumption, showing high consumption at mills located in the mountains.

*1. 接受 1990年 7月8日 Received July 18, 1990.

*2. 林業研究院 Forestry Research Institute. Seoul 130-012, Korea

*3. 江原大學校 林科大學 College of Forestry, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea.

1. 緒 論

낙엽송은 1900년대 초 우리나라에 導入된 이래 주로 中部이남 地域에 植栽되어서 좋은 成長을 보여주고 있으며, 지금은 우리나라의 主要造林 樹種으로 지정되어 있다.

낙엽송은 土深이 깊고 肥沃한 適潤土壤에서 生長이 좋으며 樹高 30m, 지름 1m까지 성장하므로 大徑材를 생산할 수 있는 樹種이다.

낙엽송의 伐期 收穫量은 ha당 230m³으로 平均 生長量 7.7m³을 기대할 수 있으며 在來種 소나무보다 많은 材積收穫을 얻을 수 있다.

木材의 材質로서 조만재의 移行이 급하고, 年輪과 心邊材의 區別이 뚜렷하고 樹脂溝가 만재부에 散在해 있다. 또 나무갓은 거칠고 割裂과 비틀림이 심한 材質缺陷을 가지고 있으며, 木材中心部는 年輪幅이 넓고 15年輪(10~15cm)까지는 未熟材가 형성되는 材質特性을 가지고 있다.

우리나라의 山地造林은 1960년대부터 본격적인 조림을 실행하여, 200만ha의 人工造林面積을 가지고 있으며 낙엽송의 경우 지금까지 약 60만ha에 식재하였으나 대부분이 Ⅲ令級 이하로서 中小徑材 생산이 거의 전부를 차지하고 있다.

낙엽송을 비롯한 國內產 原木生産은 年間 120萬m³에 불과한데 總 木材消費量은 900萬m³으로서 85% 이상을 海外木材에 의존하는 消費構造를 가지고 있다.

과거 原木을 海外로부터 자유롭게 輸入할 수 있었던 때에는 國產材의 중요성이 상대적으로 낮았으나 資源保有國家의 原木輸出 抑制政策이 강화된 이후 國產材 利用價値가 점차 증대되는 경향을 보이고 있다. 또한 전 세계적으로 大徑材 資源이 갈수록 감소하고 있으므로 앞으로는 小徑材資源의 效率的利用이 요청되고 있다.

小徑材는 低開發國에서 燃料로 많이 이용되고 있으나, 日本, 핀란드 등 先進國에서는 建築, 産業用 등 비교적 高附加價値 用途로 소비되고 있다.

우리나라 낙엽송 이용은 대부분 建築架設材와 土木用材로 쓰여지고 있을뿐, 아직도 高度

利用이 되지 못하고 있다. 낙엽송을 비롯한 國產 小徑材는 形質不良의 원인도 있지만 수요부진과 間伐生産費가 높아 木材利用上 採算性이 낮다.

그리고 國內產 小徑材의 有效活用을 위한 原木의 流通, 加工 및 利用的 側面에서도 체계화가 되지 못한 실정이다.

따라서 人工造林된 林分에서는 間伐作業이 잘 이루어지지 않아 立木保育과 經濟林造成에 어려움을 겪고 있다.

또 國內產 小徑材에 대한 適正 加工技術과 適正 用途開發이 미흡하기 때문에 原木은 低級한 用途로 소비되거나 때로는 山地에 방치된 事例도 있다.

小徑材의 利用分野는 原木利用, 製材利用, 集成接着利用, 原料利用 등으로 나누어지는데 그 중에서 製材利用 分野가 木材消費量이 가장 많다. 그러므로 製材利用을 증대시키기 위해서는 原木의 材質究明과 製材 加工技術의 발전이 필수적이다.

이런 점에 착안하여, 本研究는 主要造林樹種인 낙엽송 小徑材를 대상으로 原木의 形質, 材質, 製材方法, 製材收率, 製材品質에 관한 일관된 研究를 實行하였다.

아울러 國產材 製材所를 標本 選定하여 原木消費構造, 工場設備, 製材生産費와 낙엽송의 利用實態를 구명하였다.

2. 材料 및 方法

2.1. 供試材料

2.1.1. 供試樹種과 原木

供試樹種은 경기도 포천군 소흘면에 소재한 中部林業試驗場 光陵試驗林에서 間伐期에 도달한 林分中, 間伐作業으로 伐採한 낙엽송, 리기다소나무, 잣나무의 間伐木을 使用하였으며 供試木 狀態는 Table 1과 같다.

非破壞 試驗의 供試體 製作은 Table 2와 같이 造材하였다.

2.1.2. 供試製材機

2.1.2.1. Band saw

供試木 製材에 使用된 製材機械는 일반적으

Table 1. Sample saw logs from thinned trees.

Species	Tree age (yr.)	Small-end diameter (cm)	Log length (m)	Location of sample trees	Remarks
<i>L. leptolepis</i>	20	$\frac{12}{6-21}$	2.7-4.8	Kwangnung experimental forests, Kyunggido, Korea	Sawing & strength test
<i>P. rigida</i>	22	$\frac{10}{6-14}$	2.7-4.8		Strength test
<i>P. koraiensis</i>	22	$\frac{12}{6-15}$	2.7-4.8		Strength test

Table 2. Bending specimens for nondetructive evaluation.

Item	Species	Specimen size	Remarks
Strength test in full size	<i>L. leptolepis</i> <i>P. koraiensis</i>	4.5x4.5x 160cm	1-line test
Reduction of MOE by defects	<i>L. leptolepis</i> <i>P. rigida</i>	3.0x10.0 x110cm	6-line test by grid point

로 널리 사용되고 있는 鋸車徑 1,070mm의 送材車式 락톱 製材機와 테이블 락톱 製材機의 두 種類를 1차와 2차 製材의 系列로 配置하여 시험하였다.

鋸車는 上下로 配列된 縱型이며 락두께 19BWG(1.06mm) 락의 回轉數는 680rpm의 것 을 사용하였다.

2.1.2.2. Twin band saw

Twin band saw는 中小徑材 專用 製材機種으로 製材機는 左右 두個의 락톱을 서로 마주 보게 설치되었으며 락의 간격은 製材치수 또는 통나무의 직경에 따라 조정할 수 있다. 製材機는 동일한 락폭, 락두께, 鋸車 등을 양쪽에 대칭으로 설치되어 있다. 鋸車徑은 1,100mm, 락두께 19BWG, 락톱 閉鎖距離는 60~500mm이며 送材車式 製材機였다.

1회 送材로 2面이 동시에 製材되므로 小徑材 製材에 능률적인 製材機種으로서 製材品은 角材 또는 板材의 두 材種을 모두 생산할 수 있으며 굵은 原木도 製材 가능하다.

2.2. 試驗方法

2.2.1. 原木形質 調査

2.2.1.1. 間伐木 胸高直徑

間伐木의 흉고직경은 間伐대상 임지에서 선정된 간벌목에 대하여 輪尺을 사용하여 경사 위쪽에서 수목이 지면과 접하는 점을 起點으로 하여 1.2m 높이에서 2cm 括約으로 측정하였다.

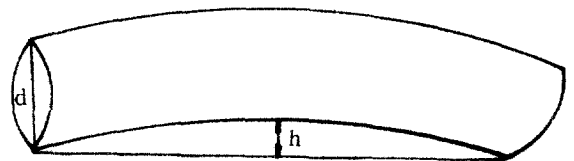
2.2.1.2. 供試原木 形質

製材用 供試原木은 元口直徑, 末口直徑, 그리고 材長을 각각 측정하였다.

元口와 末口는 cm單位로 最小지름을 측정하였으며, 材長은 벌채지에서 2.7m, 3.6m, 4.8m로 造材하여 運材하였다.

原木의 細長度는 原木의 말구와 원구의 차이를 원목길이를 나누어 計算하였으며 表示方法은 m당 cm로 하였다.

原木 缺點에 대하여는 彎이와 굽음을 조사하였는데 彎의 경우 圓型, 橢圓型의 類型이 있는데 간지름의 方向으로 1cm 이상의 彎이를 측정하였다. 그리고 굽음은 Fig. 1과 같이 측정하여 백분율로 환산하였다.



$$\text{Sweep (\%)} = \frac{h}{d} \times 100$$

Fig. 1. Measurement of sweep for log.

2.2.1.3. 間伐材의 品等區分

供試原木은 통나무의 末口直徑, 材長 등의 치수 측정자료와 옹이, 굽음 등 缺點 측정자료를 기준하여 間伐材의 原木 品等區分을 실시하였다.

2.2.2. 製材方法

製材方法은 Fig. 2와 같이 2個의 製材 line으로 구성하였는데, 첫째는 종래에 쓰여오던 관행 띠톱 line이며, 둘째는 小徑材 專用인 twin band saw line이다. 各 line은 1次 製材와 2次 製材의 2段階를 거쳐 製材하였다.

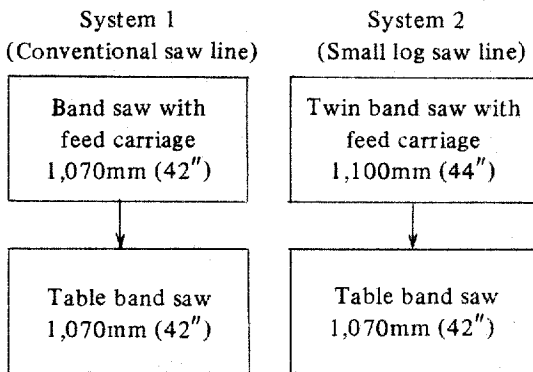


Fig. 2. Structure of saw lines.

관행 製材 line은 機械 1대당 製材工 1人和 補助工 1人이 作業을 하였으며, 小徑材 專用 line의 twin band saw에는 製材工 1人만이 作業을 하였다.

테이블 띠톱 製材機는 副製品 製材에 사용하였다.

2.2.3. 木取方法

2.2.3.1. 角材木取

낙엽송 原木의 角材木取 形式은 Fig. 3과 같으며 小徑材의 木取는 原木 1本에서 1本の 正角材 또는 粗角材를 生産하도록 하거나, 小角材를 採取하도록 決定하는 것이 基本原則이다.

2.2.3.2. 板材木取

原木의 1材面과 3材面에서 板材 또는 죽더끼를 切削하고 中央部는 cant를 造材하여 2次 製材에서 다시 90° 角度로 回轉시켜 규정된 두께

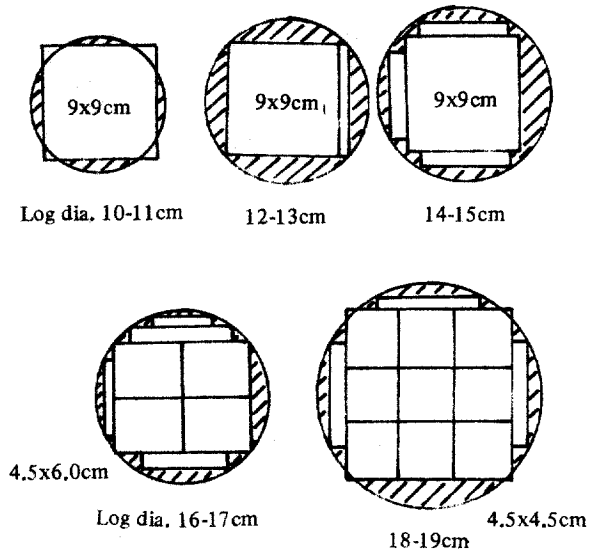


Fig. 3. Sawing patterns of lumber by log size.

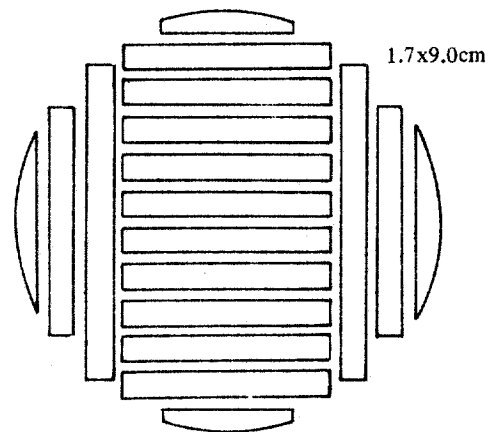


Fig. 4. Sawing patterns of boards. (Cant sawing)

의 板材를 生産하였다(Fig. 4).

板材의 用途는 마루판으로서 供試 原木徑級 12-21cm 原木에 대하여 製材치수는 두께 1.7cm, 幅 9cm, 길이 3.6m로 결정하였다.

2.2.4. 製材收率의 測定

2.2.4.1. 原木材積

原木材積 計算方法은 國產材의 材積計算時 많이 使用되는 末口自乘法을 적용하였다.

末口의 直徑은 樹皮를 제외한 樹皮內의 짧은 지름을 측정하였고 測定單位는 cm로 하였다.

2.2.4.2. 製材品 材積

製材品 1本の 材積은 製材品の 두께, 폭, 길이를 각각 乘하여 缺邊을 보완한 재적을 계산하였다.

2.2.4.3. 둥근모 體積

製材의 두께, 폭 또는 길이 部分에 있어서 톱의 鋸斷面이 붙어있지 않은 部分이 둥근모(wane)이므로, 이 部分의 體積은 製材 材積에서 빼주어야 한다. 製材品에 발생한 둥근모의 크기를 측정하여 體積을 계산하였다.

2.2.4.4. 製材收率

製材收率은 製材에 소비된 原木材積에 대한 算出製材品 材積의 百分率로서 다음식에 의거 계산하였다. 이때 製材品の 實材積은 缺邊을 보완한 製材品 材積에서 둥근모 體積을 減한 재적이다.

$$Y(\%) = \frac{V\ell - Vw}{V} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

- Y : lumber recovery (%)
- V : log volume (m³)
- Vℓ : lumber volume (m³)
- Vw : wane volume (m³)

2.2.4.5. 製材作業 能率의 測定

作業能率은 최소의 勞動力과 費用을 投入하여 최대의 附加價値를 창출하기 위한 作業指標로서, 測定하는 目的은 여러가지 事項이 있으나 그중에서 새로운 機械設備에 따른 作業量比較를 위하여 本 試驗을 실시하였다.

종래의 機械設備인 band saw system과 새로운 機械設備의 小徑材 전용제재기인 twin band saw system을 비교하였다.

2.2.4.6. 製材品の 強度試驗

2.2.4.6.1. 實大材 휨 強度試驗

供試樹種은 낙엽송과 대비 樹種으로서 잣나무로 하였으며 實大材의 크기는 1.6m 길이의 4.5×4.5cm, 4.5×6.0cm, 4.5×9.0cm 角材를 사용하였다.

間伐材가 木構造物의 비임(beam)과 같은 部材로 쓰일 경우 荷重에 의한 變形狀態를 調査하기 위하여 實大材 試驗을 실시하였다.

實大材試驗片의 材質을 把握하기 위하여, 실대재는 천연건조후 調濕하여 各 試驗片의 年輪幅, 心材率, 表面割裂 및 비틀림을 林業研究

院 標準林業實施要領¹⁸⁾에 의거 조사하였다.

年輪方向은 髓心이 木口面에 나타나는 位置에 따라서 Fig. 6과 같이 A-型, B-型, C-型, D-型으로 分類하였다. 그리고 實大材 試驗과 대비하기 위하여 無缺點 小試驗片 시험도 병행하여 실시하였다.

實大材의 휨강도 시험은 ASTM(D198)의 flexure method¹⁹⁾에 따라 span 160cm로 하였으며, 木材의 機械的 性質은 比例限度應力(σ_p), 破壞係數(MOR) 및 彈性係數(MOE)를 계산하였다.

2.2.4.6.2. 非破壞試驗

間伐材製材品の 材質을 非破壞 方法으로 파악하기 위하여 stress wave timer를 利用, 應力傳達 速度를 測定하여 다음式에 의거 MOE를 計算하였다.

$$MOE = \left(\frac{s}{t}\right)^2 \cdot d \cdot \frac{1}{g} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots \dots \dots (5)$$

- S : Distance between transducers (cm)
- t : Propagation time (10⁻⁶ sec.)
- d : Density (kg/cm³)
- g : Acceleration due to gravity (cm/sec²)

2.2.4.7. 國產材 製材所의 實態調査

2.2.4.7.1. 立地形態別 製材所區分

國產材가 비교적 大量伐採되어 製材 및 流通되는 4地域(道), 即 江原, 忠北, 全北, 慶北을 選定하였다.

各 地域內에서 다음 基準에 의거하여 立地形態를 都市型, 集散地型, 山地型의 3개 類型으로 區分하였으며, 各 유형별로 여러 製材所 中에서 國產材 製材量이 가장 많은 工場을 選定하였다.

都市型 : 道廳 所在地의 市

(춘천시, 청주시, 전주시, 대구직할시)

集散地型 : 國產材 製材量이 많은 市

(원주시, 보은시, 남원시, 영주시)

山地型 : 伐採林地가 製材所로부터 近距離에 있는 邑 또는 面

(정선읍, 괴산읍, 장수읍, 영양읍)

2.2.4.7.2. 調査方法

調査樣式을 작성하여 동일한 調査者가 現地工場을 방문하여 原木消費量, 製材設備, 人員, 製材生産費 및 利用에 관한 사항을 類型別 4個工場씩 12個工場을 조사하였다.

3. 結果 및 考察

3.1. 間伐材의 形質

3.1.1. 間伐木의 胸高直徑

현재 대부분의 間伐對象木은 1次 間伐期에 해당하는 林分으로서 Fig. 5에서 보는바와 같이 主要 造林樹種인 낙엽송과 리기다소나무 間伐木의 胸高直徑은 10cm 内外가 가장 많은 分布를 보여주고 있다. 또한 胸高直徑 範圍는 6~20cm까지 出現되었으나 中徑木은 극히 적었으며, 전체적으로 직경 15cm이하의 小徑材에 속하는 徑級이 낙엽송 97%, 리기다소나무 93%로서 間伐材의 대부분이 小徑材라는 것이 本 調査에서 밝혀졌다.

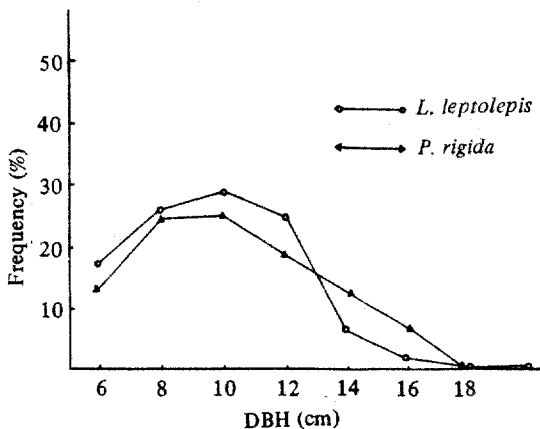


Fig. 5. DBH distribution of thinned logs.

上村²⁸⁾의 日本産 삼나무間伐木의 平均 胸高直徑 12.2cm와 最大 胸高直徑 26cm에 비하면 우리나라의 間伐木은 小徑級임을 알 수 있다.

3.1.2. 間伐材의 缺點

間伐材의 一般의 性質로는 年輪幅이 넓고 대부분 未熟材(15年輪, 10-15cm)로 形成되어 있기 때문에, 成熟材에 비하여 強度가 낮고 비틀림과 갈라짐이 심하며 용이가 많고, 굽음이 심한 材質缺點을 가지고 있는데, 용이의 경우 Table 3에서와 같이 낙엽송과 리기다소나무 두 樹種 모두 小徑材일수록 많은 용이를 가지고 있으며, 특히 낙엽송 小徑材는 10.2~12.7개/m로서, 中徑材 2.1~3.5개/m에 비하여 월등히 많았으나 리기다소나무는 中徑材와 小徑材間에 큰 차이가 없었다.

齊藤²³⁾는 낙엽송의 節枝數를 20~30個/m라고 調査 報告하였는데, 本 調査에 의한 낙엽송 小徑原木의 용이수는 12個/m로서 용이 形成數量은 그 범위내에 있었으며, 加納¹²⁾의 삼나무 節枝數 5~6個/m보다 數倍 많게 나타났다.

굽음은 두 樹種이 10~30%의 범위로서 비슷한 경향을 나타내고 있으며, 上村²⁸⁾에 의한 間伐材의 굽음인 平均 20~40%의 범위와 비슷한 結果였다.

原木의 용이는 製材品の 品等을 저하시키는 要因이 되며 또한 굽음은 製材收率을 減少시키는 作用을 하고 있어 유의하여야 한다.

Table 3. Log defects from thinned trees.

Log diameter (cm)	<i>L. leptolepis</i>		<i>P. rigida</i>	
	Knots (No./m)	Sweep (%)	Knots (No./m)	Sweep (%)
10-11	12.7	24.4	10.5	29.5
12-13	12.2	19.3	6.2	20.7
14-15	10.2	16.0	6.1	18.6
16-17	3.5	13.1	6.7	14.5
18-19	2.1	10.6	4.6	9.7
Average	8.1	16.7	6.8	18.6

3.1.3. 間伐材의 細長度

間伐材의 細長度는 Table 4 및 5와 같으며 낙엽송의 細長度는 0.7~1.2cm/m로서, 高橋²⁵⁾의 낙엽송 0.6~1.7 cm/m, 大久²²⁾의 분비

나무 0.7~1.7cm/m, 그리고 李¹⁾의 물오리나무 0.9~1.4cm/m와 비교할 때, 最大值는 다소 낮게 나타났는데, 이는 낙엽송이 小徑材이기 때문이며 中大徑材로 올라갈수록 細長度는 커지는 것이 普通이다.

Table 4. Log tapering of *L. leptolepis* by DBH.

D.B.H. (cm)	Butt diameter (cm)	Top diameter (cm)	Tapering		
			Average length (cm/m)	S.D.	C.V.
8	8.9	6.4	0.7	0.15	22.0
10	10.7	7.6	0.9	0.31	35.4
12	12.6	8.8	1.0	0.23	22.1
14	15.5	12.3	0.8	0.14	16.9
16	17.3	11.5	1.0	0.10	10.6
18	19.2	13.2	1.2	0.19	16.8

Table 5. Log tapering of *P. rigida* by DBH.

D.B.H. (cm)	Butt diameter (cm)	Top diameter (cm)	Tapering		
			Average length (cm/m)	S.D.	C.V.
8	8.4	5.2	1.0	0.18	17.0
10	10.6	6.9	1.0	0.35	34.1
12	12.0	9.4	0.7	0.29	41.3
14	14.9	11.0	1.1	0.19	17.1

原木의 細長度가 크면 製材할 때 背板이 많이 發生하여 板材의 副製品의 生産比率이 높아지며, 펄프칩의 收率이 높은 現象을 나타낸다.

그리고 胸高直徑을 알면 우리가 얻을 수

있는 原木의 末口와 元口直徑을 알 수 있다.

3.1.4. 間伐材의 品等

낙엽송과 리기다소나무 間伐材의 原木品等은 Table 6과 같이 굵음과 용이에 의한 品等은 各 等級別로 分散出現하였으나 綜合等級은 3 等級 또는 等外로 많이 나타났는데, 이는 山林廳 原木規格이 原木의 尺를 制限事項으로 規定하였기 때문이다.

北見産 낙엽송 間伐材의 等級은 1~3급까지 出現되고 있는데 이는 等級區分 基準이 JAS²⁾에 의거 分類하였으며 또 徑級이 컸기 때문이다.

낙엽송은 等外 70%였으나, 리기다소나무의 경우는 等外 100%로서 낙엽송보다 소경재 비율이 더욱 높게 나타났다.

낙엽송 小徑材는 주로 建築架設材로 使用되기 때문에 品等이 다소 낮아도 큰 問題는 되지 않았으며, 特히 MDF와 같은 産業用 原材料로 使用될 경우는 關係가 없는 것으로 생각된다.

3.2. 製材收率

3.2.1. 角材의 製材收率

角材의 製材收率 試驗結果는 Table 7 및 8과 같다.

이 結果에 의하면 twin band saw의 主製品 製材收率 52.1%는 band saw의 收率보다 1.3% 더 높게 나타났으나 全體收率은 band saw가 58.5%로서, twin band saw 55.8%보다 다

Table 6. Log grades*1 from thinned trees.

Species	Item	Grades (%)			
		Grade No. 1	Grade No. 2	Grade No. 3	Under grade
<i>P. rigida</i>	Grade for sweep	2.0	27.0	28.0	43.0
	Grade for knot	5.0	10.0	85.0	-
	Grade for all factors	-	-	-	100.0
<i>L. leptolepis</i>	Grade for sweep	63.0	25.2	5.2	6.6
	Grade for knot	5.2	7.4	87.4	-
	Grade for all factors	-	-	30.0	70.0

*1. Measured by Korean Log Standards

Table 7. Lumber yield by sawmill type from *L. leptolepis* logs.*¹

(unit: %)

Log diameter class(cm)	Twin band saw			Band saw		
	Main products	Secondary products	Total	Main products	Secondary products	Total
10 - 11	73.5	-	73.5	63.3	-	63.3
12 - 13	50.1	5.0	55.1	51.5	2.9	54.4
14 - 15	47.0	4.5	51.5	49.2	11.0	60.2
16 - 17	45.1	3.6	48.7	48.0	9.7	57.7
18 - 19	45.0	5.3	50.3	42.1	14.4	56.5
Average	52.1	3.7	55.8	50.8	7.6	58.4

* 1. Log length: 2.7m

Table 8. Lumber yield by size from *L. leptolepis* logs.

(unit: %)

Size (cm)	Twin band saw			Band saw		
	Main products	Secondary products	Total	Main products	Secondary products	Total
4.5x4.5	45.4	2.4	47.8	49.2	10.0	59.2
4.5x6.0	54.2	2.8	7.0	52.6	6.7	59.3
9.0x9.0	55.4	2.9	58.3	50.8	6.2	60.0

소 높았다.

이와같은 현상은 twin band saw 製材의 主製品 木取에 더욱 중점을 두었기 때문이며, band saw의 副製品 收率이 높은 것은 人力에 의한 종래의 方式을 채택했기 때문이다.

原木 徑級別 收率は 一般의으로 大徑材가 小徑材보다 높은 것이 事實이나, 本 試驗에서는 原木 10-11cm, 12-13cm 徑級에서는 原木 1本당 1本の 둥근모가 붙은 수심正角材 木取이기 때문에 小徑材가 中徑材보다 높게 나타났다.

製材 寸수별 收率は 主製品의 경우 전반적으로 製材 寸수와 製材機種別로는 큰 差異는 없었으나 4.5×4.5cm 小角材의 收率は 47.8~59.2%로 4.5×6.0cm, 9.0×9.0cm 角材보다 다소 낮게 나타났다.

原木 1本당 製材木 1本の 수심正角材 木取의 製材收率을 비교하면 鎌田¹⁰⁾은 徑級 12cm 原木의 9.0×9.0cm, 10.5×10.5cm 角材 製材收率 73.6%를 나타내므로서, 本 試驗의 63.3~73.5%와 비슷한 경향을 나타냈다.

또 加藤¹²⁾은 twin circular saw에 의한 小徑木 製材實驗에서 徑級 14cm는 主製品 56.2%, 副製品 11.5%의 結果를 얻었는데 本 試驗과 비슷하였다.

그리고 枝松¹³⁾의 락 製材機에 의한 針葉樹 小徑材의 製材收率は 主製品 56~75%, 副製品 5~10%의 結果와도 비슷하게 나타났다.

그러나 製材工場에서 國產材 製材는 背板을 箱子用材로 얇은 小幅板材까지 製材할 때 製材收率は 70% 程度라는 것이 一般의인 견해이며, 本 試驗에서 製材機種別 製材收率は 結論의으로 큰 차이가 없었다.

3.2.2. 製材品の 둥근모出現

製材品에 發生된 둥근모의 出現狀態는 Table 9와 같이 둥근모의 發生體積은 材積對比 平均 1.5~3.0%였으며, 機種別로는 band saw가 twin band saw에 비하여 두 배 정도 높게 나타났다.

出現率은 直徑 15cm이하의 小徑材에서 50%

Table 9. Wane volume ratio and frequency for lumber.

(unit: %)

Log diameter class(cm)	Wane volume percent for log *1		Frequency	
	Twin band saw	Band saw	Twin band saw	Band saw
10 - 11	4.2	3.0	88.9	92.3
12 - 13	2.3	2.6	77.3	84.6
14 - 15	0.7	2.5	50.0	68.0
16 - 17	0.6	5.1	17.5	71.1
18 - 19	0.1	1.8	11.5	43.8
Average	1.5	3.0	49.0	72.3

*1. Wane volume percent: Wane volume/lumber volume x 100

이상이며 中徑材일수록 漸次 減少하는 경향을 보여주고 있다.

등근모가 출현된 製材品이 建築架設材, 土木用材, 輸送用材 等으로 利用될 때는 등근모比率은 큰 問題가 되지 않는다.

3. 2. 3. 板材의 製材收率

本 試驗에서 板材 製材收率의 平均은 57.1%였으며 原木 徑級別 收率은 Table 10에서와 같이 54.3%에서 59.2%까지의 범위에 있었다.

Table 10. Board yield by log diameter from

L. leptolepis. *1

Diameter class (cm)	Average volume per a log (m ³)	Board volume per a log (m ³)	Yield (%)	Wane (%)
12 - 13	0.0563	0.0306	54.3	0.5
14 - 15	0.0758	0.0424	55.9	3.1
16 - 17	0.0981	0.0565	57.6	0.5
18 - 19	0.1233	0.0720	58.4	1.4
20 - 21	0.1514	0.0896	59.2	0.4
Average	0.1010	0.0582	57.1	1.2

*1. Log length: 3.6 meters

그런데 枝松²⁾은 너도밤나무 中大徑木의 마루판 收率을 59~79%로 報告하였고, 林業研

究院¹⁹⁾에서는 熱帶木材의 輸出 container flooring 收率을 57%로 고시하였는데 이러한 收率과 本 試驗의 結果는 비슷한 경향을 보여 주고 있다.

3. 2. 4. 原木의 굵음別 製材收率

製材收率을 向上시키는데 굵음은 마이너스 要因으로 作用하고 있는데, 本 研究 結果는 Fig. 6과 같이 굵음 5% 以下일 때의 製材收率은 67.3%였으나, 굵음 26~30%가 되면 收率은 50.8%까지 減少되고 있다.

그러므로 減少率은 100%에서 75.5%로 낮아지는 것을 알 수 있다.

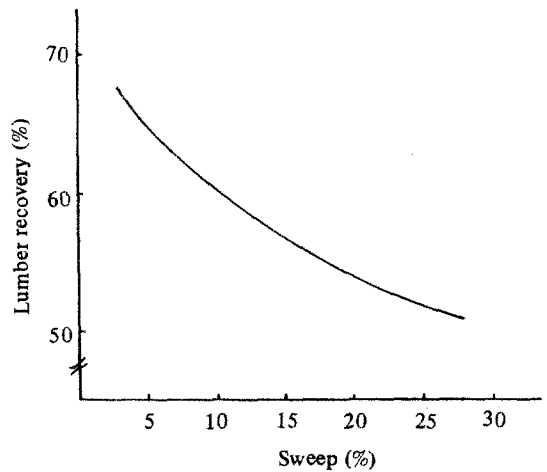


Fig. 6. Lumber recovery by sweep for log.

3. 3. 製材品等

3. 3. 1. 製材品等の 出現

製材規格²⁴⁾에 의한 製材品等の 出現은 Table 11과 같다.

針葉樹製材의 品等에 있어서 基準이 되는 것은 缺點事項인 용이, 등근모, 橫斷面割裂, 腐朽 또는 벌레구멍, 其他缺點 등인데 이중에서 品等에 가장 影響을 많이 미치는 缺點은 용이와 등근모이다.

本 試驗에서 製材品質이 가장 좋은 1等級은 낙엽송이 20.6%로서 리기다소나무 8.7%보다 높았으며, 3等級은 두 樹種 모두 가장 많은 分布를 보였다.

Table 11. Lumber grades by Korean Lumber Standards.

(unit: %)

Grades	<i>L. leptolepis</i>			<i>P. rigida</i>		
	Grade for knot	Grade for wane	Grade for all factors	Grade for knot	Grade for wane	Grade for all factors
Grade No. 1	30.9	42.1	20.6	17.0	19.8	8.7
Grade No. 2	24.5	19.6	13.4	49.6	45.6	40.0
Grade No. 3	37.4	15.7	46.4	31.2	14.6	45.0
Under grade	7.2	22.6	19.6	2.2	20.0	6.3

낙엽송 製材는 4等級에 걸쳐 比較的 高른 分布를 보였으나, 리기다소나무는 2等과 3等級이 85%로서 1等과 等外分布는 극히 적게 나타났다.

川口¹⁴⁾는 畿寅産 낙엽송 人工造林材의 材質試驗 結果, 乾燥後 수심正角材는 特等과 1等級이 11.6%, 2等級이 23.1%, 等外가 65.3%로 나타났는데, 이는 주로 乾燥割裂과 비틀림 때문이라고 밝혔다.

結果的으로 낙엽송의 製材品質은 製材直後의 材面上에 나타나는 缺點보다는 乾燥後에 發生되는 割裂, 비틀림, 굽음 등 材質特性 때문에 品等低下가 되고 있다.

Table 12. Deviations due to inaccuracy of sawing.*1

Species	Twin band saw	Band saw
<i>L. leptolepis</i>	±0.51 mm	±2.5 mm

*1. ISO: ±2mm for thickness and width h 30 to 105mm.

Table 13. Operation efficiency by type of band saw.

Type of band saw	No. of Worker	Working hours per one log (sec.)	Lumber volume per one log (m ³)	Lumber volume for an hour (m ³ /hr.)	Productivity (m ³ /man. hr)	Ratio (%)
Twin band saw	1	71	0.0333	1.69	1.69	238
Band saw	4	42	0.0331	2.84	0.71	100

낙엽송의 製材品은 建築用 構造材, 內裝用材 등의 用途로 使用될 때는 品等の 優劣이 問題가 되고 있다.

3.3.2. 製材品の 寸精度

本 試驗은 두 機種別로 임의의 寸수로 製材하였을 때 寸수의 誤差를 測定한 結果 Table 12와 같다. 즉 twin band saw의 寸數 誤差 ±0.51mm는 band saw의 誤差 ±2.5mm에 비하여 20% 수준으로 製材寸수의 正確度가 뛰어나며 日本의 誤差 ±0.41mm보다는 다소 높은 성적이었다.

製材寸수의 許容誤差에 대하여 製材規格²⁴⁾의 寸數 製材는 -0.1cm이하, ISO規格⁶⁾은 두께 3~10.5cm 製材의 경우 ±2mm로 規定하고 있는데, 本 試驗의 twin band saw 製材品은 適合한 製品이라 할 수 있으며 band saw 製材品은 不適合 製品이 되는데, 그 原因은 製材工의 숙련도가 낮아서 發生된 것으로 判斷된다.

3.4. 製材作業의 能率

Twin band saw와 band saw의 作業能率을 比較 分析한 結果는 Table 13과 같이 나타났다.

作業人員은 twin band saw가 1인으로 造作되지만 從來 line은 2대의 機械가 使用되므로 4名の 作業人員이 必要하다. 또한 길이 2.7m의 原木 1本당 作業時間은 1回送材에 2面이 製材되는 twin band saw가 71초로서 band saw 42초보다 1.7배 빨랐다.

勞動生産性은 1인의 時間당 處理能力으로 表示할 때 小徑材 專用製材機가 1.69m³으로서, 락톱 製材機 0.71m³에 비하여 238%의 作業能率의 向上을 가져왔다.

田中²⁷⁾는 製材機種別 作業能率 分析에서 twin band saw가 2.07m³/man.hr, twin circular saw는 2.02m³/man.hr, 從來 line은 0.73m³/man.hr, 關谷¹¹⁾의 twin band saw 2.1m³/man.hr을 나타낸 결과와 비교할 때, 從來 line은 生産性이 같았으나 twin band saw는 日本이 약간 높았다.

그러나 우리나라에서 아직 小徑材 專用製材 機의 熟練度가 낮은 原因이라 생각되었으며 또한 林試²⁰⁾의 table band saw는 勞動生産性이 0.62m³/man.hr의 工程으로 本 試驗의 結果는 비슷하였다.

Twin band saw는 送材車와 製材品 選別機가 前後方向에 설치되어 1인이 作動할 수 있으며, 角材와 板材를 製材할 수 있으나 特히 角製材品 製材에 能率的이다.

우리나라에서는 아직 twin band saw로 小徑材 製材를 하고 있지 않는데, 그 原因은 製材機의 價格이 따뜻 製材機에 比하여 相對的으로 높고 또 原資材인 小徑材가 계속적으로 供給될 수 있는 物量이 부족하기 때문이라고 판단된다.

3.5. 製材品の 材質과 強度

3.5.1. 實大材의 용이分布

Table 16은 낙엽송과 잣나무 間伐材의 製材 面上의 용이 分布狀態를 보여주고 있다.

용이수는 낙엽송의 경우 한 材面에 적을 때는 3個, 많을 때는 10個로 평균 7個 정도이고,

잣나무는 3~7個의 범위로 平均 5個 程度로 나타났다. 그리고 4.5×4.5cm 角材와 4.5×9.0cm 角材間에 용이수는 큰 差異를 나타내지 않았으며, 두 樹種間의 용이수는 낙엽송材가 잣나무材보다 많게 나타났으며, 용이의 지름은 낙엽송材가 1.1~2.4cm, 잣나무材가 1.7~3.7cm로서 잣나무가 크게 나타나고 있다.

또한 용이의 形態는 주로 원형과 타원형의 2 種類로 나타났으며, 용이 密度는 낙엽송材가 69.8個/m², 잣나무材가 49.8個/m²로 나타나, 낙엽송材를 利用할 때 용이의 數와 分布狀態를 감안해야 하는 것이 필수적이다.

加納¹⁸⁾은 낙엽송 10.5×10.5cm 正角材에 나타난 용이數는 13個라고 하는 바, 本 試驗의 7 個보다 많았다.

3.5.2. 實大材의 材質

實大材의 材面上에 나타난 年輪方向, 心材率, 年輪幅, 表面割裂, 비틀림은 Table 14와 같이 나타났다.

年輪의 方向이 橫斷面에 나타난 形態는 A-型이 비교적 고르게 나타났으나, 다만 4.5×9.0cm 角材의 경우, 小徑原木의 直徑制約 때문에 C-型은 나타나지 않았으며, 그리고 수심이 side에 位置하는 D-型이 낙엽송材와 잣나무材에서는 각각 58%, 79%로서 가장 많이 나타났다.

間伐材 製材品에 나타난 心材率은 材種에 區分없이 63~87%였으며, 兩 橫斷面上에 나타난 平均年輪幅은 낙엽송이 4.8mm로서 잣나무材보

Table 14. General properties of lumber in full size from thinned trees.

Species	Size (cm)	Patterns of annual ring (%)				Heart wood percent (%)	Average width of annual rings (mm)	Length of face check (cm)	Twist (mm)
		A type	B type	C type	D type				
<i>L. letolepis</i>	4.5×4.5	24	35	22	19	63	4.8	3	8.9
	4.5×6.0	29	17	27	27	68	4.7	13	6.3
	4.5×9.0	22	20	-	58	71	4.8	5	7.3
<i>P. koraiensis</i>	4.5×4.5	35	22	21	22	69	5.1	16	6.5
	4.5×6.0	32	16	25	27	66	5.3	10	7.9
	4.5×9.0	11	10	-	79	87	4.5	4	9.9

다 약간 넓게 나타났다.

表面割裂長은 낙엽송材에 3~13cm, 잣나무材에 4~16cm이고, 비틀림은 낙엽송材가 6.3~8.9mm, 잣나무材는 6.5~9.9mm로서 小徑材에서 두 樹種 모두 비슷한 경향을 나타냈다.

3.5.3. 휨 強度

3.5.3.1. 實大材의 휨 強度

휨 強度는 實大材를 使用하여 破壞試驗과 非破壞試驗의 두 方法으로 실시한 結果, Table 15와 같이 나타났다. 破壞試驗의 낙엽송 實大材 MOR은 그 범위가 380~460kg/cm²인데 반하여 無缺點材의 強度는 721kg/cm²로 나타났고, 또한 實大材의 比例限度應力 (σ_p)은 250~300kg/cm², 無缺點材의 σ_p 는 381kg/cm²으로서 實大材가 無缺點材의 強度에 비하여 60~70% 정도인데, 이것은 實大材에 웅이, 木理傾斜 等 木材缺點이 存在하기 때문이라고 생각된다.

實大材의 휨 強度에서 破壞係數에 대한 比例限度應力の 比는 낙엽송材의 경우 0.7, 잣나무

0.8로 나타났으며 樹種間 MOR을 비교하여 보면 낙엽송材는 잣나무에 비해 1.5배정도 높게 나타났다.

MOE는 낙엽송材가 90×10³kg/cm², 잣나무材는 80×10³kg/cm² 정도로서 낙엽송材가 다소 높았으며, 破壞試驗과 非破壞試驗의 強度의 差異는 나타나지 않았다.

本 試驗의 낙엽송 間伐材를 供試材로 한 實大材 強度(MOR)는 小泉¹⁶⁾의 北海道産 낙엽송 間伐材 350~400kg/cm², 高橋²⁵⁾의 北見産 낙엽송 間伐材 400~480kg/cm², 飯島⁷⁾의 일반적 間伐材 380~500kg/cm², 小野의 新得産 낙엽송 小徑材 345kg/cm²의 強度³⁾와 비슷한 結論을 얻었다.

그러나 本 試驗의 낙엽송材는 高橋²⁶⁾의 人工造林한 분비나무材 330~380kg/cm²에 비하여 強度가 높았고, 北原¹⁵⁾의 낙엽송 成熟材 600~620kg/cm²보다 낮았으므로 間伐材는 未熟材가 포함되어 強度가 떨어진 것이 분명하였다.

Table 15. Bending strength of *L. leptolepis* lumber in full size from thinned trees.

Item	Full size lumber						Clear small specimen		
	<i>L. leptolepis</i>				<i>P. koraiensis</i>		<i>L. leptolepis</i>	<i>P. Koraiensis</i>	
	4.5 x 4.5cm	4.5 x 6.0cm	4.5 x 9.0cm	4.5 x 4.5cm	4.5 x 6.0cm	4.5 x 9.0cm			
Destructive test	Modulus of rupture (MOR) (kg/cm ²)	379.6±84.7	403.4±126.9	462.4±112.9	214.3±62.4	276.7±87.1	335.0±80.3	721±168.2	675±81.7
	C.V.	22.4	31.4	24.4	29.1	31.5	24.0		
	Fiber stress at proportional limit (σ_p) (kg/cm ²)	278.3±85.9	248.9±65.5	305.9±65.6	140.4±45.3	205.0±74.6	207.9±51.8	381±89.9	417±43.5
	C.V.	30.9	26.3	21.4	32.3	36.4	19.1		
	Modulus of elasticity (MOE) (10 ³ kg/cm ²)	92.2±26.2	92.4±26.7	85.4±19.4	79.1±30.6	75.1±28.6	92.6±14.2		
	C.V.	28.4	28.9	22.7	38.4	38.1	15.4		
Non-destructive test	Modulus of elasticity (MOE) (10 ³ kg/cm ²)	101.3±13.2	94.9±14.8		83.7±11.7	75.6±10.8		88±13.3	85±10.5
	C.V.	13.0	15.6		14.0	14.3			

3.5.3.2. 木材缺點에 의한 強度
 용이, 木理傾斜 等の 木材缺點에 의한 MOE
 減少率은 無缺點材에 비하여 낙엽송 및 리기다
 소나무材는 각각 47.9%, 48.7%로 나타났다
 (Table 16).

增加하였으며, 리기다소나무材가 減少率이 크
 게 나타났다

3.6. 國產材 製材所의 實態

Table 16. Reduction of MOE by lumber defects. *1

Species	Reduction of MOE by defects (%)	Reduction of MOE by grain slope (%)	MOE (10 ³ kg/cm ²)	
			Stress wave timer test	Static bending test
<i>L. leptolepis</i>	47.9	12.4	117	119
<i>P. rigida</i>	48.7	20.9	100	101

*1. Defects: knot, grain slope

그리고 stress wave timer에 의한 MOE 測
 定值를 木材萬能 強度試驗機의 測定値와 비교
 해 본 結果, 兩 測定値에 차이는 없었다.

Gerhards *1는 木材의 stress wave에 미치는
 용이의 영향을 分析한 結果, clear wood에 비하
 여 14% 減少하였다고 하는바, 減少要因은 木
 理傾斜 等 다른 要因도 작용함을 알 수 있다.

그리고 용이 주위에 形成된 斜走木理의 傾斜
 角을 測定하여 MOE 減少率과 回歸分析한 結
 果, 傾斜角이 增加할수록 낙엽송材와 리기다소
 나무材는 다같이 MOE 減少率이 直線的으로

3.6.1. 原木의 消費構造

立地形態別 製材所의 原木消費構造는 Table
 17과 같이 製材所에서 사용되는 原木消費量은
 立地別로 都市型이 2.6千m³/年으로서 가장
 많고, 集散地型과 山地型은 각각 1.5千m³
 /年, 0.8千m³/年으로 나타났다.

國產材의 消費比率은 伐採地가 가까운 山地
 型이 83.8%로서 가장 높았으며, 輸入材는 集
 散地型이 46.0%로서 都市型보다 약간 높았
 다.

木材輸入이 적고 國產材 消費量이 많았던 50

Table 17. Timber consumption by sawmill in locality.

							(Unit: m ³ /mill)
Locality Source	Mill in city		Mill in distri- buting center		Mill in the mountains		Remarks
		%		%		%	
Domestic species *1	1,755	66.5	810	54.0	714	83.8	Domestic species 65.7%
Imported species *2	885	33.5	691	46.0	138	16.2	Imported species 34.3%
Total	2,640	100.0	1,501	100.0	852	100.0	

*1. Domestic species: Larch, Japanese red pine, Korean pine, Pitch pine, Oak, etc.

*2. Imported species: Radiata pine, Douglas-fir, Western hemlock, etc.

年代, 60年代初에는 立地形態에 관계없이 國產材 消費量이 많았으나, 지금은 集散地는 물론 山地까지 輸入材가 平均 34.3% 製材되고 있는 것이 본 調査에서 파악되었다.

間伐에 의해 생산된 原木은 小徑材인데, 우리나라는 間伐材 生産이 年間 約 15萬m³(總伐採量의 17%)에 불과하나, 日本은 422萬m³(總伐採量의 13%)에 達하며 그중에서 製材利用量은 37%라고 밝히고 있다.²¹⁾

또한 본 調査에서 製材工場당 平均 原木消費量은 約 2千m³/年 에 불과하나, 日本 北海道의⁴⁾ 낙엽송 製材工場의 경우 3~18千m³/年 으로서 우리의 1~9倍 規模임을 알 수 있다.

3.6.2. 製材 生産費

Table 18은 立地形態別 所要 製材生産費를 나타낸 것으로, 製材工場의 製材品 生産 原價는 原木購入에 쓰이는 材料費가 73~76%로서 가장 많았고, 製材費는 18~21%, 管理費는 6~7%의 順으로 나타났다.

Table 18. Sawmilling cost by locality per m³ for domestic logs.

(unit: won)

Locality	Mill in city	Mill in distribut-ing center	Mill in the mountains
Logs	87,000 (75.6)	84,000 (74.8)	78,000 (73.1)
Manufacturing costs *1	20,500 (17.8)	21,400 (19.1)	22,900 (21.4)
Management costs *2	7,600 (6.6)	6,900 (6.1)	5,900 (5.5)
Total	115,100 (100)	112,300 (100)	106,800 (100)

*1. Manufacturing cost: labor, electricity, repair, depreciation, expendable supplies.
 *2. Management cost: tax, personnel expense, insurance, heating, business cost.

일반적으로 製材에 있어서 材料費의 構成比 78%²⁰⁾에 비하여, 國產材 購入費인 工場渡 價格은 다소 낮게 나타났다.

製材業의 收益性을 표시할 수 있는 原木價格對 製材品 價格對比는 Table 19와 같다.

Table 19. Comparison of lumber price to log cost by species.

Species	Price (Won/m ³)		Multiples of (B/A)
	*1 Log (A)	*2 Lumber (B)	
<i>L. leptolepis</i>	84,000	141,000	1.68
<i>P. densiflora</i>	78,000	130,000	1.67
<i>P. taxifolia</i>	82,000	146,000	1.78

*1. Log: medium size
 *2. Lumber type: squares

낙엽송은 倍率이 1.68로서 소나무와 비슷하나 外材인 미송은 1.78로서 國產材에 비해 다소 높게 나타났다.

日本의 삼나무 1.83, lauan 2.5~2.7⁹⁾로서, 역시 輸入材가 높은 까닭에 外材選好의 製材業이 擴散되었으며, 우리나라에도 '60-'70년대에는 外材 製材는 倍率이 훨씬 높았던 것으로 추정된다.

Table 20은 낙엽송을 製材하는 國產材 製材 收益率을 표시한 것으로, 낙엽송材의 收益率은 平均 20%정도로써 都市型이 낮고 山地型이 높게 나타났다.

Table 20. Sawmill profitability for *L. leptolepis* timber per m³.

(unit: won)

Locality	Mill in city	Mill in distribut-ing center	Mill in the moutains
Manufacturing cost (B)	115,100	112,300	106,800
Selling price (A)	145,670	144,800	128,800
Profit rate *1	20.9	22.4	17.1

*1. Profit rate : (A-B)/Ax100

日本의 中小徑材 製材收益率은 15~26%이므로, 본 研究과 비슷한 範圍를 보여주고 있으나, 이 收益率은 短期的으로 經營資本의 回轉에 의한 損益計算 結果이며, 地代를 비롯한 固定資產과 流動資產을 포함한 總資本對 經營收支率 1~6%⁹⁾의 實績보다는 비교적 높은

收益率이기 때문에 항상 두 側面을 고려해야 한다.

3.6.3. 낙엽송의 利用

낙엽송材와 주요 樹種材의 用途別 利用實態는 낙엽송材는 材質에 缺陷이 있는데도 불구하고 16가지 用途에 쓰이며, 소나무材는 23種의 用途로 利用되고 있다.

낙엽송材가 가장 高附加價値로 利用되고 있는 것은 비계목과 마루板이며, 建築架設材로 쓰이는 비계목은 鐵材로 많이 代替되고 있으나 아직도 꾸준한 需要로 長材의 小徑原木 狀態에서 가공하지 않고 高價로 賣買되고 있다. 또한 마루板은 學校教室用으로 每年 2,500m³씩 消費되고 있다.

4. 結 論

本 研究를 실시하기 위하여 경기도 포천군에 소재하고 있는 林業研究院 中部林業試驗場의 光陵試驗林에서 間伐作業으로 낙엽송의 中小徑材를 伐採生産하여 間벌재의 胸高直徑, 缺點, 細長度 또는 原木品 等과 같은 間伐材의 形質, 製材收率, 製材品等, 製材作業能率, 製材品의 材質과 強度, 그리고 國산재의 製材所 實態等에 關한 낙엽송 小徑材의 製材利用構造를 조사 분석한 結果 다음과 같다.

1. 낙엽송 間伐木의 平均 胸高直徑은 10cm이며, 15cm 이하의 小徑材는 全體의 97%를 차지하고 있다.
2. 낙엽송 小徑材는 용이가 많고(2.1~12.7개/m), 굵음은 10~25%, 細長度는 0.7~1.2cm/m였다.
3. 製材木取는 原木徑級 15cm 以下の 小徑材의 경우에는 原木 1本당 1本 正角材(9×9cm), 16cm~20cm일 때는 小角材(4.5×4.5cm, 4.5×6.0cm)와 小幅 板材로 木取하는 것이 양호하다.
4. 中小徑材의 製材收率은 56~58%였으며, 原木 굵음이 30%일 때 製材收率이 24.5% 정도의 減少를 나타냈다.

5. Twin band saw는 band saw에 比하여 2.4 倍의 製材 能率向上을 가져왔고, 製材品의 尺寸誤差 ±0.51mm로서 製材精度가 대단히 높았다.
6. 낙엽송 小徑材는 製材材面에 용이 分布가 많았고(69.8개/m²), 天然乾燥에 의한 割裂이 많이 發生하였다(6個/材面).
7. 實大材의 휨 強度에 있어서 破壞係數(MOR)는 380~460kg/cm²으로서 無缺點材의 強度에 比하여 約 60% 水準이며, stress wave timer에 의한 木材缺點의 強度減少는 48%였다.
8. 製材所의 國產材 消費比率은 54~84%(原木消費量 1~3千m³/年)로서 山地型이 제일 높았으며 製材機는 band saw와 circular saw 機種이며, 都市型이 工場당 4.5대로서 가장 많이 보유하고 있었다.
9. 製材工場의 製材 生産費는 111천원/m³이며, 그중 原木購入費는 73~76%였으며 낙엽송의 原木價格對 製材品 價格의 倍率은 1.7로 나타났다.
10. 낙엽송材의 主要 用途는 마루板과 壁板이며, 가장 널리 利用되고 있는 것은 建築架設材였다.
11. 앞으로 國產材 製材工場은 점차적으로 小徑材 製材시스템의 導入이 必要하며, 낙엽송 製材品은 建築材, 集成 積層材, 運送用材 等의 高附加價値 用途로 開發되어야 할 것으로 생각된다.

參 考 文 獻

1. ASTM. 1977. Annual book of ASTM standards, part 22. Easton. 110~135.
2. 枝松信之, 森稔. 1967. 制材と木工. 森北出版. 169-173.
3. Gerhards, C. C. 1982. Effect of knots on stress waves in lumber. USDA RP. FPL 384. 1-28.
4. 半田良一. 1986. 變貌する 製材山地と製材業. 三秀社. 255-278.

5. 北海林産試 1976. 新得産カラマツの材質と加工試験. 林産試験場 研究報告 64. 27-30.
6. International organization for standardization. 1968. International standard ISO 737. 1-4.
7. 飯島泰男. 1986. 間伐材等 小徑材の性質と利用. 木材と技術 65. 1-11.
8. JAS. 1967. 素材の日本農林規格. 農林省. 5-23.
9. 全國木材組合連合會. 1986. 製材工場の現況と分析. 全木組合. 2-35.
10. 鎌田昭吉. 1977. 北海道における製材工場の生産設備の現況. 林産試月報 311. 13-16.
11. 關谷俊作. 1984. 間伐材 利用技術の確立に關する研究. 農林水産技術會議事務局. 研究成果 154. 30-33.
12. 加藤幸一. 1980. ツイン丸のこによる小徑の製材(6). 林産試月報 333. 13-20.
13. 加納孟, 枝松信之, 蕪相輔, 齊藤久夫. 1966. 製材用原木としてのスギ造材の品質(第3報). 林試研報 185. 14-190.
14. 川口信隆, 高橋政治, 大久保勳. 1987. 畿寅産落葉松 人工林材の材質. 林産試場報 1(7). 6-9.
15. 北原覺一. 1976. 木材物理. 森北出版. 157.
16. 小泉章夫, 上田恒司, 片寄譚. 1987. カラマツ 間伐材の 力學的 性質. 北大演習林研報 44(1). 327-353.
17. 李春澤, 丁斗鎮, 朴正煥. 1986. 오리나무 類의 家具部材利用. 林試研報 33. 110-116.
18. 林産研究院. 1989. 標準林産試験實施要領. 181-289.
19. _____. 1986. 輸出콘테이너 마루판 基準所要量. 林産研究院 告示 16. 4-5.
20. 林産試験場. 1982. 木材工業ハンドブック. 丸善株式會社. 220-262.
21. 日本林産協會. 1987. 林産白書. 日新印刷株式會社. 107-109.
22. 大久保勳, 高橋政治, 川口信隆. 1984. 函館産トドパツ人工林材からの製材の材質. 林産試月報 393. 1-2.
23. 齊藤久夫. 1963. カラマツの節枝の特徴. 林試研報 148. 107-123.
24. 山林廳. 1983. 製材規格. 1-2.
25. 高橋政治, 大久保勳, 川口信隆. 1985. 浦幅産カラマツ人工林材の材質. 林産試月報 402. 5-8.
26. _____. 1986. 東川産トドマツ人工林材からの製材の材質. 林産試月報 408. 5-8.
27. 田中欣作, 前田市雄, 平川幸二. 1984. カラマツ小徑材の製材實態調査. 林産試月報 386. 1-11.
28. 上村武. 1981. 間伐材の上手な賣り方. 松尾印刷株式會社. 40-42.