

# 複合木材(WPC)에 關한 研究<sup>\*1</sup> -MMA Polymer의 浸透와 치수安定化-

李 元 用<sup>\*2</sup>

## Study on Wood-Plastic Combination<sup>\*1</sup> -On the Penetration of MMA Polymer and Dimensional Stability-

Won Yong Lee<sup>\*2</sup>

### Summary

This study deals with the penetration of methyl methacrylate(MMA) monomer-solvent system into five Korean major tree species, especially the *Pinus koraiensis* S. et Z., *Pinus densiflora* S. et Z., *Larix leptolepis* Gordon, *Quercus serrata* Thunb. and *Betula platyphylla* var *japonica* Hara. In this report I described the results of the interaction between wood and polymer loading by catalyst-heat polymerization. On the other hand the influence of penetration of polymer loading on dimensional stabilization on WPC of *Pinus koraiensis* by catalyst-heat polymerization was also investigated.

#### A. Impregnation into softwood

1. The penetration into longitudinal direction was relatively easy but radial and tangential impregnations were somewhat hard and the difficulty of permeability depending on impregnation direction was radial, tangential and longitudinal in that order.
2. It was recognized that the impregnation into *Pinus koraiensis* was easy but it was very difficult to penetrate to *Larix leptolepis*, especially to the heartwood of *Larix*.
3. In the case of penetration into wood the ray parenchyma cell in heartwood was very impermeable and these tendency was more obvious in radial impregnation and there are remarkable differences in permeability between sap and heartwood.
4. When the softwood was impregnated into longitudinal, the penetration of monomer into tracheids in particularly latewood was easy

in comparison with those in earlywood and the volumetric compositions of latewood tracheids impregnated with polymer were more higher than that of earlywood tracheids.

5. When the solvent was not added to MMA monomer the polymer loading in wood is seemed to be high and the amounts of penetration were decreased in case of methanol-solvent system.
6. Extracted with alcohol-benzene solution polymer loading in the tangential impregnation of the *Pinus koraiensis* is increased but in longitudinal impregnation there were not differences between extracted and unextracted.

#### B. Impregnation into hardwood

7. It was also recognized that in hardwood penetration the ease of permeability depending on impregnation direction was longitudinal, tangential and radial in that order.

\*1 Received for Publication on Jun. 20, 1983

\*2 江原大学校 林科大学, College of Forestry, Kangweon National University

8. Difference of polymer loading between sap and heartwood in longitudinal penetration of *Quercus serrata* was remarkable (sapwood > heartwood) but there was not obvious difference in *Betula*.
9. Generally impregnation into ring porous wood was easier than that of diffuse porous wood in hardwood.

### C. Dimensional stabilization

10. When the dioxane was added to MMA monomer the values of ASE became higher and in the methanol solvent system the values were least.
11. According to the increase of polymer loading impregnated into wood the values of ASE seem to increase in a straight line.
12. The relationship of polymer loading penetrated into wood to moisture regain and water absorption in WPC showed a highly close correlation of minus sign.

### 1. 緒 言

最近各種의複合材料에 대하여 많은研究가 實施되고 있으나 그中에서도 木質系의複合材料의 하나로서 WPC가 대단히 주목을 끌게 되었다. 그것은 天然의 高分子物質인 木材와 合成高分子를 조합시킨 새로운材料로서 치수안정성이나 各種의 機械的性質이 매우 우수한 物性을 나타내고 있기 때문이다. WPC는 木材에 vinyl系의 單量體를 主體로 하는 重合性的樹脂液을 注入하여 촉매 加熱法 또는 放射線照射法에 의하여 材内에 重合시킨 material이다.

原來複合材料는 原子力의 平和的利用과 關聯하여 放射線을 利用하여研究가進行된 것으로서 그후 製造法強度 치수안정성 경제성등에 關하여 많은研究가 實施되어 왔으나 企業化에는 設備上 또는 其他 여러가지面에서 制約이 많으므로 아직 實用화에는 一部에 한정되고 있다. 그러나 今後의 開發研究에 의하여 이材料의 應用範圍가 擴大될 것으로 기대되고 있으며 將來性과 市場性이 있는 有希望材料로 생각되고 있다.

이材料는 1950年代 中半에 美國과 蘇聯에서 거의 同時に研究가始作되었으며 1960年代以後 美國의 原子力委員會에 의한 放射線의 平和的利用의

環으로研究가 實施된 以來 現在에는 世界各國에서研究開發이 많이 進行되고 있다.

即 美國에서는 그동안各大學이나 研究所에서 本材 plastic의 物性試驗生産 市場調查 原價計算 및 商品開發計劃등에 관하여 廣範圖하게研究하고 있으며 日本에서는 農林省林業試驗場을 비롯하여各大學이나 研究所等에서 연구가 진행되고 있다. 이들의 研究機關에서는 WPC의 工業化의 問題點 合成木材와의 관계 電子線等의 새로운 技術에 의한 注入重合法의 改善등에 관하여研究되고 있다.

그러나 本研究에서는 MMA를 使用하여 만든 WP C에 있어서의 polymer의 位置를 組織構造의으로研究하는데 特徵이 있다. polymer가 木材中에 存在하기 위하여는 單量體를 木材中에 注入시키는 과정이 必要하게 된다. 木材는 衡種에 따라 液體浸透에 難易가 있으며 不均一性을 나타내기 때문에 이것이 複合木材의 제조상 큰 제약의 하나가 되고 있다.

따라서 本研究에서는 polymer의 注入狀況과 此한 物性과의 관계를 보는 하나의 指標로서 細胞內腔에 存在하는 polymer가 치수안정성에 미치는 영향등을 檢討하였다.

本研究는 產學財團으로부터의 研究費의 支援을 얻게 되여 遂行된 것이며 物心兩面으로 도와주시 關係當局에 深甚한 感謝를 드립니다.

### 2. 研究方法

#### 2.1 試料

우리나라의 代表的 針葉樹材인 갓나무(*Pinus Koraiensis* S. et Z.), 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.) 및 落葉松(*Larix leptolepis* Gordon)과 濕葉樹인 흘나무(*Quercus serrata* Thunb.)과 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica* Harv.)의 邊材 및 心材에서 2方柵目面의 크기 20 mm×20 mm×40 mm 되는 試片을 採取하여 萬古·苯zen混合液의 80°C로 50時間抽出한 다음 真空乾燥하여 使用하였다.

試片의 注入面은 木口面 板口面 柱目面의 3面으로 하였으며 注入面以外의 面은 常溫硬化 phenol樹脂로 4回 覆포하였다.

#### 2.2 單量體의 注入 및 重合

용매로서 benzene, dioxane, methanol을 MMA單量體에 添加하여 使用하였으며 그混合比率는 Table 1과 같다.

Table 1. Mixing of MMA to solvent (weight ratio)

MMA(%)	Solvent (%)		
	Benzene	Dioxane	Methanol
100	—	—	—
75	25	—	—
50	50	—	—
75	—	25	—
50	—	50	—
75	—	—	25
50	—	—	50

또한 单量體와 용매의 混合液外에 촉매로서 1%의 過酸化benzoyl을 添加하였다.

注入方法은 자를 40mm의 試驗管에 試片을 넣고 真空泵으로 排氣하고 減壓下에서 注入시킨 다음 다시 木口面의 경우는 30분間 板面 및 柱面의 경우는 12分間 용액中에 침적한後 70°C로 24時間 加熱重合시켰다.

以上과 같이 重合處理한 WPC에서材中에注入된 polymer의 量(polymer의 含量을 나타내는 重量增加率·polymer loading)을 다음과 같이 계산하였으며 다시 이 試片의 여러곳에서 20μ程度의 切片을 取하여 檢鏡調査하였다.

$$\text{polymer의 重量增加率} = \frac{\text{重合材重量} - \text{無處理材重量}}{\text{無處理材重量}} \times 100(\%)$$

### 2.3 치수안정시험

#### 1) 試料 및 注入

試料로서는 針나무의 邊材에서 크기 20(R)×45(T)×5(L)mm의 試片을 採取하여 前記와 같은 方法으로 指出하고 比重을 測定한 다음 板面의 中央에 치수變化의 測定基準線을 設定하였다. 용매로서는 本材에 대한 膨潤效果가 다른 benzene, dioxane, methanol의 3種을 選擇하여 MMA monomer와 각각 50:50의 比率로 混合하여 使用하였다.

다시 前記와 같은 方法으로 注入한 後 常壓下에서 용액에 다시 24時間 침적하고 70°C로 24時間 加熱重合한 다음 polymer의 重量增加率을 計算하였다.

#### 2) 吸濕 및 吸水試驗

WPC가 形成된 試片을 硝酸카를의 포화수용액을 넣은 deccicator(RH=90%)中에서 吸濕시킨 다음 切線方向의 測定基準線의 經時的變化를 screw micrometer로 測定하여 膨潤率을 求하고 거의 平衡狀態에

도달한 시점의 膨潤率에서 常法에 의하여 ASE를 測定하였다.

以上과 같이 吸濕試驗이 끝난 試片을 다시 全乾한 다음 중류수에 침적하여 吸水試驗을 實施하고 치수變化가 平衡狀態에 도달하였을 때의 膨潤率과 吸水量에서 각각 ASE와 吸水率을 常法에 의하여 算出하였다.

## 3. 試驗結果 및 考察

### 3.1 針葉樹材의 침투

먼저 針나무의 斷面別 polymer의 重量增加率을 測定한 結果를 綜合한 結果는 Table 2와 같다. 이 結果에 의하면 木口面의 注入에 있어서는 比較的 짧은 時間의 침투에 의해서도 polymer의 注入量은 methanol系를 除外하고는 각 용매系 모두 90%以上에 達하고 있으며 注入面으로 부터의 注入된 距離도 最大에

Table 2. Polymer loading in longitudinal impregnation of *Pinus Koraiensis*

Solvent	Unextracted (%)		Extracted (%)	
	Sapwood	Heartwood	Sapwood	Heartwood
MMA	100%	128	92	138
	25%	145	96	136
Benzene	50%	105	112	97
	25%	136	123	125
Dioxane	50%	56	116	101
	25%	38	51	86
Metanol	50%	40	28	47
				60

達하고 있었다.

한편 Table 3에 의하면 板面注入에 있어서는 無處理材와 處理材 모두 邊材部에서는 거의 試片全域에 침투되어 그 量도 상당량에 達하고 있음을 알 수 있다. 그러나 心材에서의 注入은 比較的低下되고 있으며 注入面으로 부터의 거리도 底面까지는 도약하지 못하였음을 볼 수 있었고 边材와 心材의 注入의 量은 差異를 나타내고 있음을 알 수 있다.

또한 Table 4에 의하여 柱面에서의 注入을 考察하여 보면 全般的으로 板面에서의 注入보다 약간 低下되고 있음을 알 수 있으며 注入面으로 부터의 침투된 거리도 試片의 底面에 까지 이르지 못하였음을 確認할 수 있었다. 그러나 處理材와 無處理材의 注入量을 比較하여 보면 알론·벤젠處理材의 경우는 比較의

Table 3. Polymer loading in tangential impregnation of *Pinus Koraiensis*

Solvent	Unextracted (%)		Extracted (%)	
	Sapwood	Heart-wood	Sapwood	Heart-wood
MMA 100 %	126	56	131	45
Benzene 25 %	92	23	126	57
	50 %	126	35	86
Dioxane 25 %	86	26	112	95
	50 %	41	34	86
Methanol 25 %	68	20	84	23
	50 %	56	15	26
				24

많은注入量을 보이고 있으며 더욱이邊材部에서의 침투는顯著함을 보여주고 있다.

Table 4. Polymer loading in radial impregnation of *Pinus Koraiensis*

Solvent	Unextracted (%)		Extracted (%)	
	Sapwood	Heart-wood	Sapwood	Heart-wood
MMA 100 %	103	35	118	52
Benzene 25 %	35	36	129	76
	50 %	26	48	93
Dioxane 25 %	48	21	140	80
	50 %	86	46	126
Methanol 25 %	75	26	36	45
	50 %	21	25	33
				36

以上과 같이斷面別의 polymer의重量增加率의順序는木口面 > 板目面 > 桩目面의順이며板目 및 桩目面의注入은注入時間을 상당히 연장하여도木口面注入에비치지못하고있는데이와같은것은木材의解剖學的構造의差異에起因되는것으로생각되고있다.即木材는많은細胞로構成되어있고그大部分은纖維

Table 5. Polymer loading of *Pinus densiflora* and *Larix leptolepis*(all values in percent)

Solvent	<i>Pinus densiflora</i>						<i>Larix leptolepis</i>					
	L		R		T		L		R		T	
	SW	HW	SW	HW	SW	HW	SW	HW	SW	HW	SW	HW
MMA (100 %)	68	40	75	90	76	30	56	15	12	5	8	3
Benzene (50 : 50)	64	75	72	68	68	25	36	17	11	4	10	4
Dioxane (50 : 50)	58	36	46	52	46	21	40	12	8	4	7	3
Methanol (50 : 50)	38	28	26	28	25	12	22	8	7	3	7	4

L: Longitudinal

R: Radial

T: Tangential

SW: Sapwood HW: Heartwood.

維方向으로配列되어 있으며小數의放射組織만이半徑方向으로配列되어 있으므로各斷面은纖維에대한切斷을빨리하게될것이다.

따라서木口面에서는polymer의移動이纖維方向으로移動되지만板目面에서는半徑方向으로放射組織에 의해移動하는外에一般의纖維를切斷하여야하며桩目面에서는放射組織까지도橫斷하여야한다.

故로polymer의注入은木口面에서가장容易하여板目面이그다음이고桩目面이가장늦은것으로생각되고있다.

事實田中에의하면<sup>24)</sup>木材에서水分의擴散은纖維方向에 있어서는纖維의直角方向의約15倍이며또한24樹種을水中에浸水하여水分의吸收를試驗한結果各斷面에대한水分吸收의比는木口面:板目面:桩目面=100:20:23였다고報告하고있다.

다음에各樹種間의침투량을考察하여 보면Table 5와같이落葉松材의注入은잣나무에比較하여比較의困難함을알수있으며心材의경우는더욱低下됨을보여주고있다.그러나소나무材에있어서는木口面 및 桩目面의注入은잣나무와비슷한傾向을나타내고있으나板目面注入에서는邊材와心材사이에많은差異가있음을알수있다.

마지막에更具體적으로檢討하기위하여樹幹의生長過程에있어서그生理的機能을發揮하는邊材部와心材部로區分하여그數值을整理한結果는Table 6과같다.이結果에의하면어느樹種에있어서나心材는邊材보다침투는더디우며前述한바와같이落葉松材의경우는더욱顯著한差異를나타내고있다.

以上과같이落葉松材의心材의注入은여러운原因是心材의有線樺孔의閉合狀態와많은心材抽出物의存재로인한單量體의注入의阻力로 생각되고있다.種出은<sup>17)</sup>落葉松材에있어서의styrene monomer의注入性이 다른樹種보다도적려운것을기록하고

Table 6. Comparative values of polymer loading in sap and heart wood

Sample wood	Sapwood (%)	Heart wood (%)
<i>Pinus koraiensis</i>	87.9	45.4
<i>Pinus densiflora</i>	39.3	24.6
<i>Larix leptolepis</i>	18.6	6.8

있으며 Erickson<sup>5)</sup>, Bailey<sup>1)</sup> 등은 douglas-fir에 있어서 sapwood monomer로 實驗하여 邊材에 比하여 心材에서는 渗透細胞數가 적은 이유로 心材의 壁孔의 閉合狀態와 關聯시키고 있다.

또한 古野<sup>6)</sup>의 하면 편백나무의 邊材와 心材의 침투성을 비교하여 본 결과 邊材의 放射組織에는 쉽게 침투하는데 反하여 心材의 放射組織細胞에는 대단히 困難하였다며 이 心材 放射組織의 難浸透의 영향이 가장 강하게 나타난 것은 板面注入이었고 心邊材에 의한 침투성의 차이가 현저하였다고 報告하고 있다.

그러나前述한바와 같이 木口面注入한 試片에 있어서는 一部의 試料를 除外하고는 짧은 시간의 침적으로도 注入이 잘 이루어지는 것을 알 수 있었는데 이와 같은 現象은 有緣壁孔을 통하여 假導管에서 假導管으로 침투가 급격히 이루어지고 있었기 때문인 것으로 보이고 있다.

이러한 木口面注入에 있어서 立木의 生長을 달라하는 春材部와 秋材部別로 polymer로 충만된 假導管의 構成比率을 算點法으로 綜合한 結果는 Table 7과 같다. 이 結果에 의하면 木口面注入에 있어서 polymer로 충만된 假導管의 構成比率은一般的으로 春材部보다도 秋材部에 많은 것으로 보여지고 있다. 即 春材部에는 polymer로 충만된 假導管의 數는 比較的 적으며 秋材部 假導管에는 比較的 치밀하게 充填되어 있고, 7) 假導管의 數도 많은 것으로 생각되고 있다.

이와같이 木口面注入한 試片에 있어서는 秋材部假導管이 春材部假導管보다도 그 침투가 比較的 容易한 것은 秋材部假導管<sup>8)</sup> 그 直徑이 작고 毛管引力이

Table 7. Volumetric composition of tracheid impregnated with MMA 75% and dioxane 25% on unextracted woods

Sample wood	Early wood(%)	Late wood(%)
<i>Pinus koraiensis</i>	21.6	74.3
<i>Pinus densiflora</i>	18.9	60.9
<i>Larix leptolepis</i>	11.4	32.6

크기 때문에 液體의 침투성과 보유성이 양호하기 때문인 것으로 생각되고 있다.

Erickson<sup>5)</sup>, Bailey<sup>1)</sup> 등은 douglas-fir에 있어서 秋材部假導管이 液體의 保有性이 良好하다고 지적하고 있으며 Petty<sup>13)</sup> *Abies grandis*의 边材部의 경우 秋材部假導管의 통도성이 양호하다고 보고하고 있다. 秋材部假導管의 침투성이 양호한 또 하나의 이유는 秋材部假導管의 有緣壁孔이 春材部에 비교하여 開放狀態에 있을 때가 많은 것으로 생각되고 있다. 假導管의 有緣壁孔의 開放狀態는一般的으로 秋材部가 春材部보다 開放壁孔의 比率이 큰 것으로 보여지고 있고 이러한 壁孔의 開放이나 閉鎖狀態는 液體의 침투성에 크게 영향을 미치게 하는 것으로 생각되고 있다.

다음 장나무에 대한 각 溶媒系의 效果를 檢討하기 위하여 각 溶媒系別로 그 注入量을 整理한 結果는 Table 8과 같다. 이 結果에 의하면 MMA 無溶媒系의 경우가 가장 침투가 양호하고 그 다음이 benzene과 dioxane系로서 비슷한 경향을 보이고 있으며 methanol의 경우가 가장 적고 따라서 polymer로 충만된 假導管의 比率도 가장 적은 것으로 생각되고 있다.

Table 8 Polymer contents in solvent system in *Pinus koraiensis*

	Sapwood (%)	Heartwood(%)
MMA (100 %)	124.0	67.0
Benzene (50:50)	88.6	66.5
Dioxane (50:50)	82.3	72.2
Methanol (50:50)	37.2	31.4

이와같은 現象은一般的으로 methanol은 木材에 대한 親和性이 커서 MMA單量體보다도 methanol이 木材中에 침투하므로 methanol이 單量體와 침투하는데 時間이 걸려서 세포내강에 침투하는 量이 적은 것으로 생각되고 있다.

한편 各種有機溶劑의 前處理에 의한 침투성의 改善의 效果를 檢討하기 위하여 장나무에 대하여 注入面別로 整理한 結果는 Table 9와 같다. 이 結果에 의하면 木口面注入의 경우는 큰 差異는 없으나 板面注入의 경우는 그 效果가 있는 것으로 보이고 있는데 이것은 아마도 半徑方向으로 放射組織의 침투성이 그 細胞의 内腔에 存在하는 抽出物이 前處理에 의하여 除去되어 改善되는 것으로 생각되고 있다. 前處理의 效果가 가장 큰 것은 板面注入인데 이것은 假導管의 半徑面에 있는 有緣壁孔을通過하지 않으면 안

Table 9. Comparative values of polymer loading of unextracted and extracted woods

Surfaces	Unextracted (%)	Extracted (%)
Longitudinal	100	104
Tangential	100	123
Radial	100	170

되는 切線方向의 침투가 抽出에 의하여 向上되는 것으로 생각되고 있다.

事實 Kozlik는<sup>3)</sup> acetone抽出, Cote는<sup>3)</sup> 熱水 및 알콜抽出에 의하여 壁孔壁을 売고 있는 堆積物이 除去되어 壁孔의 침투성이 肖상되었다고 말하고 있으며 Banks<sup>2)</sup> Petty等은<sup>13)</sup> Ethanol과 같은 有機溶劑로 溶媒置換하면 壁孔壁의 margo는 堆積物이 除去되어 多孔性으로 된다고 말하고 있다.

### 3.2 濁葉樹材의 침투

濁葉樹材인 졸참나무와 자작나무에 대하여 그 测定值를 整理한 結果는 Table 10과 같다. 이 結果에 의하면 兩樹種 모두 鈎葉樹材의 경우처럼 木口面注入은

比較的 침투량이 많은데 反하여 杧口面注入과 板口面注入에 있어서는 그 注入量이 적고 注入된 거리도 短았으며 注入이 어려움을 보여주고 있다.

한편 樹幹의 生長過程에 있어서 그 生理的機能을 달리하는 邊材와 心材의 差異를 調査하여 보면 졸참나무의 木口面注入에 있어서는 邊材部의 注入은 비교적 양호한데 反하여 心材部의 注入은 비교적 어려움을 보여주고 있다.

이와같이 졸참나무의 木口面注入에 있어서는 心邊材의 침투성의 차이는 液體浸透의 주요한 역할을 하는 導管에 tylosis가 心材部에는 形成되기 침하고 그 存在가 注入을 저지하는 것으로 생각되고 있다. 그러나 자작나무의 경우는 心邊材에 대한 차이가 거의 없는 것으로 보이고 있는데 이것은 아마도 침투성을 左右하는 중요한 因子인 tylosis가 存在하지 않기 때문인 것으로 推測되고 있다.

또한 一般的으로는 濁葉樹材에 있어서는 環孔性樹種은 散孔性樹種보다 液體의 침투성이 양호한것으로 생각되고 있는데 本研究에서도 邊材部의 경우는 環孔性樹種인 졸참나무가 散孔性樹種인 자작나무보다 그 浸透量이 良好함을 보여 주고 있다.

Table 10. Polymer loading of hardwoods (all values in percent)

Solvent	Quercus serrata						Betula platyphylla					
	L		R		T		L		R		T	
	SW	HW	SW	HW	SW	HW	SW	HW	SW	HW	SW	HW
MMA (100 %)	58	27	8.2	7.5	8.3	6.2	42	40	5.3	4.6	4.7	4.2
Benzene (50:50)	67	52	7.4	3.8	6.3	4.4	53	46	7.4	5.2	4.6	5.4
Dioxane (50:50)	46	40	5.7	6.6	5.5	6.3	35	37	5.6	4.7	5.3	4.7
Methanol (50:50)	13	9	3.1	3.4	4.7	4.5	21	16	4.7	2.6	3.8	3.6

L : Longitudinal

R : Radial

T : Tangential

SW: Sapwood

HW: Heartwood

### 3.3 치수 안정성

위의 測定資料를 綜合하여 木材中에 含有하는 polymer의 量 (polymer loading) 과 吸濕時의 ASE와의 關係를 나타내면 Fig. 1과 같다. 이 結果에 의하면 polymer loading은 dioxane의 경우가 가장 크며 다음이 benzene系이고 methanol系가 가장 低下되므로서 dioxane > benzene > methanol系의 順序대로 나타나고 있음을 볼 수 있다. 이와같은 현상은 보통 용매의 擴散速度에 起因되는 것이 아닌가 생각되고 있다.

다음 Fig. 1에 의하여 각 溶媒系에 의한 ASE의 關係를 살펴보면 dioxane系가 가장 良好하여 ASE가 거의 80%程度로서 결국 吸濕에 의하여 거의 膨

張되지 않고있는 事實을 알 수 있다. 다음이 benzene系이며 methanol系가 비교적 높은 ASE를 보이고 있다.

또한 polymer loading과 ASE와의 關係는 거의 比例關係 即 polymer의 含有量이 增加함에 따라 ASE도 增加되고 있다. Kenega에<sup>6)</sup> 의하면 styrene을 注入할때 polymer의 含有量이 增加함에 따라 ASE도 增加된다고 말하고 있으며 Lajdlow<sup>7)</sup> 용매의 添加量에 의한 ASE와 polymer量과의 사이에는 有意의 關係가 있다고 報告하고 있다. 그러나 川上는<sup>19)</sup> MMA이나 PS의 경우 ASE는 polymer의 含有量이 30 ~ 70%의範圍에서 最大를 나타내고 있

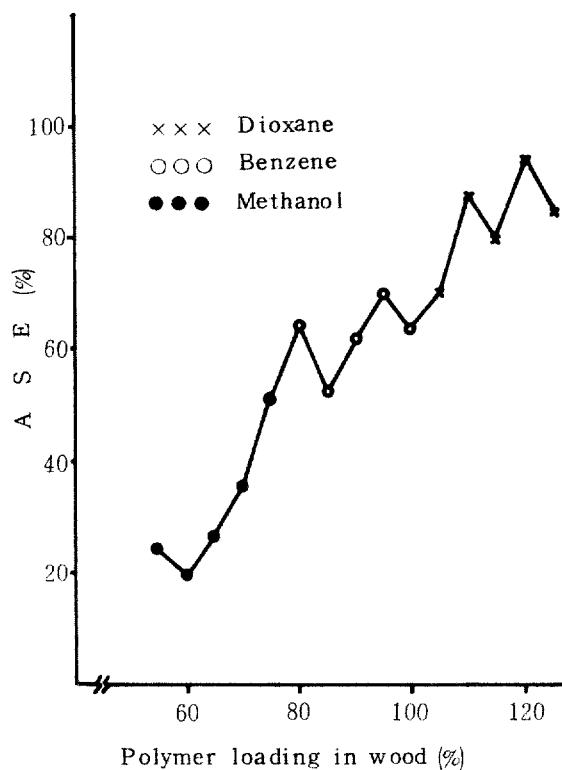


Fig. 1 ASE in relation to polymer loading in sample wood.

으며 그 보다도 polymer의 含有量이 많을 때는 ASE는 減少되는 경향을 보이고 있다고 報告하고 있다.

以上과 같이 一般的으로 polymer의 含有量이 增加함에 따라 ASE가 向上되는 事實은 木材의 空隙 特히 細胞內腔에 polymer가 存在하는 充填效果에 起因되는 것으로 생각되고 있다. 더욱이 dioxane과 같은 極性용매를 使用할 때 ASE가 더욱 向上되는 것은 細胞壁中에 polymer가 많이 存在하고 均一하게擴散되어 있으므로 그것에 의하여 치수안정성이 크게 改善되는 것으로 생각되고 있다. 또한 無極性용매인 Benzene系의 경우도 細胞壁中에 polymer가 存在하기 때문인 것으로 생각되고 있다.

다음 WPC의 吸濕率과 材中에 注入된 polymer量과의 關係를 綜合하여 整理한 結果는 Fig. 2와 같다. 이 結果에 의하면 材中에 polymer의 含有量이 增加함에 따라 吸濕率은 거의 直線的으로 減少되는 逆比例의 關係를 나타내고 있다. 이와 같이 polymer量의 增加에 의한 吸濕率의 減少는 主로 細胞內腔等과 같은 木材空隙에 polymer가 存在하는 充填效果가 있기 때문이며 또는 polymer가 一種의 壁을 형성하여 수분이

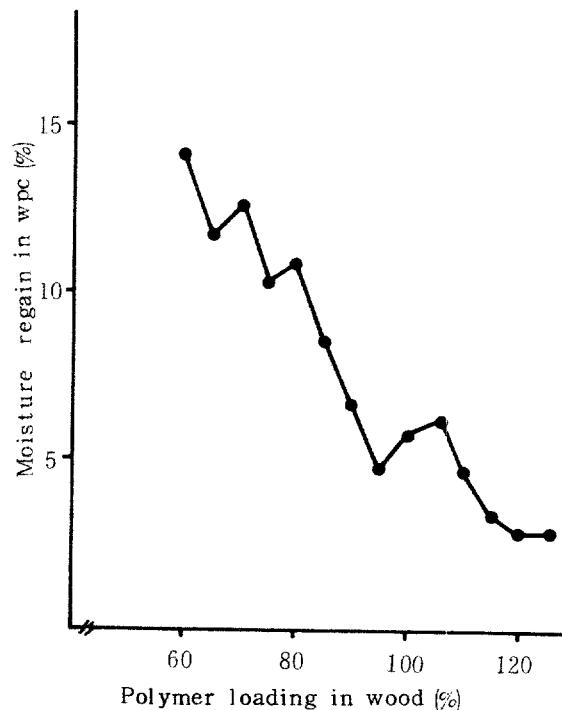


Fig. 2 Relation between moisture regain in WPC and polymer loading.

細胞壁에 吸收되는 것을 막고 있기 때문인 것으로 보여지고 있다.

川上에 의하면<sup>[9]</sup> MMA에 의한 참파나무 WPC에 있어 吸濕에 의한 初期 및 平衡時의 吸濕과 容積膨脹率을 調査한 結果 WPC는 素材보다도 물에 대한 抵抗性이 크며 더욱이 初期에 있어서 그 傾向이 顯著한 것으로 보인다고 말하고 있다. 또한 Ramalingam에 의하면<sup>[14]</sup> stylen을 使用한 WPC에 있어서 용매의 종류 또는 濃度에 의하여 graft polymer가 형성되어 吸濕性이 減少된다고 말하고 있다.

다음에 吸水率과 polymer의 含有量과의 關係를 整理한 結果는 Fig. 3과 같다. 이 結果에 의하면 吸濕의 경우와 같이 材中에 注入된 polymer量이 增加함에 따라 吸收率은 거의 直線的으로 減少되는 傾向을 보이고 있다. 이러한 注入된 polymer의 量에 의한 吸水率의 감소는前述한 바와 같이 主로 polymer의 充填效果로 推測되고 있다. 即 吸濕의 경우 吸收되는水分은 主로 細胞壁에만 限定되지만 吸水의 경우는 세포내 강등의 끈 空隙에 液狀의水分이 吸收되므로 이 空隙에 polymer가 充填되어 그만큼水分의 吸收는 減少되는 것으로 생각되고 있다.

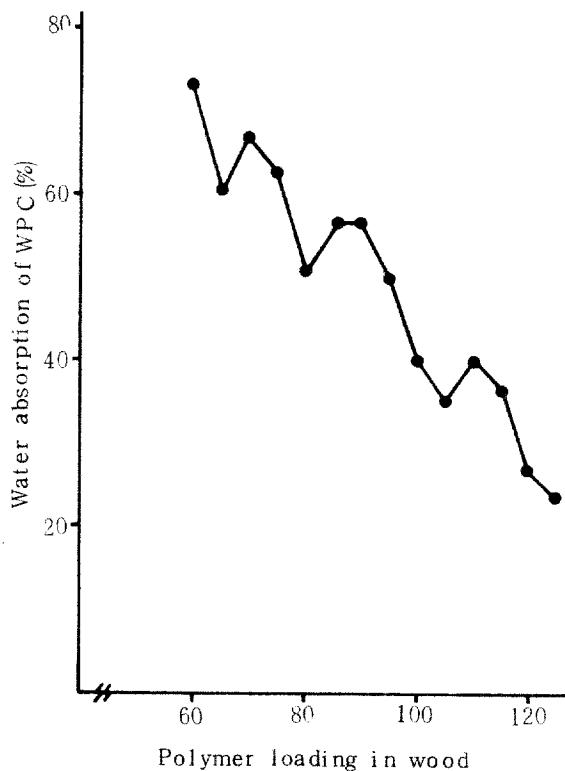


Fig.3 Relationship between water absorption of WPC and polymer loading.

#### 4. 摘 要

우리나라의 主要針葉樹材인 잣나무, 소나무 및 落葉松材와 主要闊葉樹材인 졸참나무와 자작나무材를 사용하여 MMA單量體를 각 溶媒系로 注入 加熱重合하여 만든 複合木材에 있어서의 그 浸透狀態를 調査하였으며 또 한편으로는 polymer와 物性과의 關係를 보는 차단의 指標로 기 膨潤效果가 다른 3種의 溶媒를 使用하여 만든 잣나무의 WPC에 대하여 polymer의 含有量이 차수안정성에 미치는 影響을 調査하였으며 그것을 委約하면 다음과 같다.

#### 4.1 針葉樹材의 注入

1) 木口面의 注入은 比較的 容易하여 板口面과 植口面의 注入은 注入時間이 연장하여도 木口面注人에 비하여 差하였다며 따라서 침투성의 크기는 木口面 > 板口面 > 植口面의 順位였다.

2) 針葉樹材의 注入에 있어서는 잣나무의 注入이 比較的 容易하였으나 落葉松材의 침투는 困難하였다으며 特히 落葉松材의 心材는 더욱 困難하였다.

3) 心材의 放射組織의 침투는 比較的 어려웠으며 板口面注人에서는 이 영향이 더욱 현저하였고 邊材와 心材와의 침투성에 많은 差異가 있었다.

4) 針葉樹材의 木口面의 注入에 있어서는一般的으로 秋材部假導管이 春材部假導管보다 單量體의 注入이 容易하였으며 polymer로 충만된 假導管의 構成比率이 커졌다.

5) MMA無溶媒의 注入이 비교적 容易한 反而 methanol系에 있어서는 어느 注入面에 있어서나 침투량이 적었고 따라서 polymer로 충만된 假導管의 構成比率도 적었다.

6) 잣나무의 木口面의 注入에 있어서는 알콜, 뼈油抽出에 의한 前處理의 效果는 없었으나 板口面注人에 있어서는 그 效果가 현저하였다. 이것은 假導管의 有機膜孔의 渗透性이 抽出에 의하여 向上되는 것으로 보이고 있다.

#### 4.2 闊葉樹材의 注入

7) 闊葉樹材의 注入에 있어서도 注入面에 의한 침투성의 差기는 木口面 > 板口面 > 植口面의 順位였다.

8) 풀참나무의 木口面注人에 있어서는 邊材와 心材間의 침투성의 差異가 頗著(邊材部>心材部)하였다거나 자작나무에 있어서는 邊心材間의 차이가 頗著하지 않았다. 이것은 침투성을 左右하는 tylosis와 存在에 起因하는 것으로 생각되고 있다.

9) 一般的으로 闊葉樹材에 있어서는 環孔性樹種은 散孔性樹種보다 polymer의 침투가 비교적 容易하였다.

#### 4.3 치수安全性

10) 膨潤效果가 서로 다른 各 溶媒系와 ASE의 差이 있어서 dioxane系가 가장 커서 7) 대용어 benzene系이고 methanol系가 가장 적은 ASE를 나타냈다.

11) 材中에 注入된 polymer의 含有量과 ASE와의 關係에 있어서는 polymer의 含有量이增加함에 따라 ASE는 거의 直線的으로增加되는 比例關係가 있었다.

12) 한편 材中에 注入된 polymer의 含有量이增加함에 따라 脱離率과 吸水性은 直線的으로減少되는 反比例의 關係를 나타내고 있었다. 이와 같은 現象은 前者の 경우는 細胞內腔에 注入된 polymer가 一種의 壁을 形成하여水分이 細胞壁에 吸收되는 것을 차지하고 있기 때문이며 後자의 경우는 細胞內腔의 充填效果인 것으로 생각되고 있다.

### Literature cited

- 1) Bailey, P.J. and R.D. Preston: Some aspects of Soft-wood permeability. I. Structure studies with Douglasfir Sapwood and Heartwood. *Holzforschung*, 23(4), 113-120, 1969.
- 2) Banks, W.B.: Structure of the bordered Pit membrane in certain softwoods as seen by scanning electron microscopy, *J. of the Institute of Wood Science*, 5(4), 12-15, 1971.
- 3) Cote, W.A.: Structural factors affecting the permeability of wood, *J. Polymer Sci., Part C*, No. 2, 231-242, 1963.
- 4) Ellwood, E.L. and R.C. Thomas: Permeability of Wood in relation of its Structure and Penetrability by fluids. *Impregnated Fibrous Materials*, IAEA, 19-36, 1968.
- 5) Erickson H.D. and J.J. Balatinecz: Liquid flow paths into wood using polymerization techniques-Douglas-fir and styrene. *For. Prod. J.*, 14(7) 293-299, 1964.
- 6) Kenega, D.L., J.P. Fennessey and V.T. Stannett: Radiation grafting of Vinyl monomers to Wood, *For. Prod. J.*, 12(4) 161-168, 1962.
- 7) Komin OSADA: Properties and Utilization of WPC. *Wood Industry*, 23(7) 21-25, 1968.
- 8) Kozlik, C.J., R.L. Krahmer and R.T. Lin: Drying and other related Properties of western hemlock sinker heart-wood, *Wood and Fiber*, 4(2) 99-111, 1972.
- 9) Laidlow, R.A., L.C. Pinion and G.A. Smith: Dimensional Stabilisation of wood. II. Grafting of Vinyl Polymers to wood components. *Holzforschung*, 21(4) 97-102, 1967.
- 10) Loos, W.E., R.E. Walters and J.A. Kent: Impregnation of wood with vinyl monomers, *For. Prod. J.* 17(5) 40-49, 1967.
- 11) Loos, W.E.: Dimensional Stability of Wood-plastic combination to moisture changes, *Wood Sci. & Tech.*, 2(4) 308-312, 1968.
- 12) Meyer, J.A. and W.E. Loos: Processes of, and Products from, treating southern pine wood for modification of properties, *For. Prod. J.*, 19(12), 32-38, 1969.
- 13) Petty, A.J. and G.S. Puritch: The effects of drying on the structure and permeability of wood of *Abies grandis*, *Wood Sci. & Tech.*, 4(2) 140-154, 1970.
- 14) Ramalingam, K.V., G.N. Werezak and J.W. Hodgins: Radiation-induced graft polymerization of styrene in wood, *J. of Polymer Sci., Part C*, No. 2, 153-167, 1963.
- 15) Siau, J.F. and J.A. Meyer: Comparison of the properties of heat and radiation cured wood-polymer combinations, *For. Prod. J.*, 16 (8) 47-56, 1966.
- 16) Takeshi Furuno and Teruo Goto: Structure of the Interface between wood and Synthetic Polymer. I. On the penetration of MMA Monomer into Hinoki. *J. of the Japan Wood Research Society*, 16(5), 201-208, 1970.
- 17) 種田健造・長谷川勇:道産材に對する スチレンの注入および重合(I). 樹種別注入・重合試験 北林產試月報 No. 215, 11-16 1969.
- 18) 種田健造:海外各國における木材一プラスチック研究概況(4) 北林產試月報 No. 265 5-11 1974.
- 19) 川上英雄:木材利用の 化学 共立出版 313-314 1983.
- 20) 野橋健三・横田徳即:木材中に存在する MMA の重合阻止物質 第23回 日本木材學會大會 研究 発表要旨 118 1983.
- 21) 往西弘次・藤輝男:放材線照材による木材とスチレンの グラフト重合. 高分子加工 14(10) 558-562 1965.
- 22) 李元用:木材의 吸水性에 関한 研究. 春川農大 研究論文集 No. 1 100-104 1965.
- 23) 李元用:水浸時間에 依한 木材의 吸水性 韓國林學會誌 No. 7 3-7 1968
- 24) 田中勝吉:木材の 断面方向別 吸水率との 関係 日本林學會誌 No. 38 12-15 1920.
- 25) 古野毅・後藤輝男:木材合成 高分子界面の 構造(第1報)ヒノキ材の MMAモノマー 浸透について 日本木材學會誌 16(5) 201-208 1970