

# 樹脂低含浸処理による木材の改質 (第2報)

- 官能性オリゴマー・水系エマルジョン含浸WPCの2, 3の物性 -

中野隆人 山科 創  
川上英夫

## 1. 緒言

前報<sup>1)</sup>において、官能性オリゴマー・水系エマルジョンの材への注入性及び重合性について報告した。その結果、注入性は樹種、エマルジョン粒子の粒度分布に影響されること、他方、重合性では転化率を上げるためにはあらかじめ水分を除くことが必要であり、空气中で重合を行う場合にはオリゴマーの嫌気性を考慮すべきであることなどが明らかとなった。

本報では、このオリゴマー・水系エマルジョン含浸WPCの諸物性がどのようなものであるかを確かむことに目的をおき、処理材の寸法安定性、吸湿性とそれらに塗装を施した場合の塗時の耐久性について検討を加えた。

## 2. 実験

### 2.1 供試材・供試オリゴマー

試験材として、寸法安定性試験用には $2^{(T)} \times 2^{(R)} \times 8^{(L)}$  cmのシナノキ、ミズナラを、塗膜の耐久性試験用には、 $4.5^{(T)} \times 4.5^{(R)} \times 30^{(L)}$  cmの二方桁の米ツガを用い、いずれも105℃、24時間の乾燥を行って絶乾とした。またオリゴマーには前報<sup>1)</sup>と同様にオリゴエステルアクリレートM5700 (単官能型, 含OH基) M6300 (2官能型), N8030 (多官能型) の3種を用いた。寸法安定性試験ではM8030, N6300単独系と、それらにM5700を25, 50%添加した混合系を、エマルジョン濃度がそれぞれ10, 30%の合計12系統のエマルジョンを調製した。塗膜の耐久性試験では、M8030, M6300にM5700を5%添加した濃度30%のエマルジョンを用いた。なお、エマルジョンの調製条件は前報<sup>1)</sup>と同じである。

### 2.2 注入, 重合操作

試片を10~20mmHgで2時間減圧後、エマルジョンを導入し約1時間常圧で静置したのち、液から取り出して50℃で20時間前加熱処理を施し、150℃で3時間加熱重合を行った。米ツガ試片については、上記条件で注入後 $6\text{kg/cm}^2$ で一昼夜加圧したのち、60℃で2昼夜の前加熱処理を施し、150℃で3時間の加熱重合を行った。開始剤はジクミルパーオキサイドを用いた。

### 2.3 寸法安定性, 吸湿(水)性の測定

処理試片(シナ, ナラ)を密閉容器内のKNO<sub>3</sub>飽和水溶液上に20℃で静置し(93%RH), 30日間吸湿させ、次いで20℃の蒸溜水中, 水面下3cmに30日間静置し吸水させた。重量, 寸法変化を測定し, 無処理材との比較から次式によりASE(抗膨潤能), MEE(抗吸湿能)を求めた。

$$\text{ASE} = \frac{\text{無処理材の体積膨潤率}(\%) - \text{処理材の体積膨潤率}(\%)}{\text{無処理材の体積膨潤率}(\%)} \times 100$$

$$\text{MEE} = \frac{\text{無処理材の吸湿率}(\%) - \text{処理材の吸湿率}(\%)}{\text{無処理材の吸湿率}(\%)} \times 100$$

### 2.4 塗膜の耐久性の測定

処理材試片(米ツガ)の柁目面が表面となるよう縦割に挽き材し, それぞれ表層から1, 2.5mmの深さまで鉋削して, L方向が4cmになるように7分割した。それぞれの測定試片の両木口をポリウレタン樹脂で厚めにシールし, 柁, 板目面にポリウレタン塗料(原液100部, 硬化剤50部, ハマニ社製)を8~10g/30×30cm<sup>2</sup>の塗布量で3回重ね塗りによるスプレー塗装を施した。

柱目面を暴露面として、ウェザーメーター（スガ試験機ME型）を用い、120分間に12分間の割合で水散布を行いつつカーボンアーク光の照射を行って塗膜状態の経時変化を調べた。なお、本促進試験では照射時間216時間が屋外暴露1年分に相当する。

塗膜状態の評価は以下のように行った。試片暴露面の端から5mmを除いた範囲を5mm四方のマス目で区切り、割れの入ったマス目を測定し、その数の百分率を割れ指数として評価した。総マス目数は56個である。また暴露前後の面粗さのプロフィールを表面粗さ計（小坂研究所KK, MODEL SE-3C）で記録した。測定点は材中心部で触針の走査方向を繊維方向に直角とした。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 重合に伴うバルキング量

まずエマルジョン含浸材の重合に伴うバルキング量を体積増加率として第1図に示す。シナノキの場合について概観すると、バルキング量はM8030, M6300いずれの系も重量増加率の増大に伴って初期に急激に増加する傾向がみられる。M5700を添加しない単独系では10%以上の重量増加率でバルキング量がほぼ横ばい

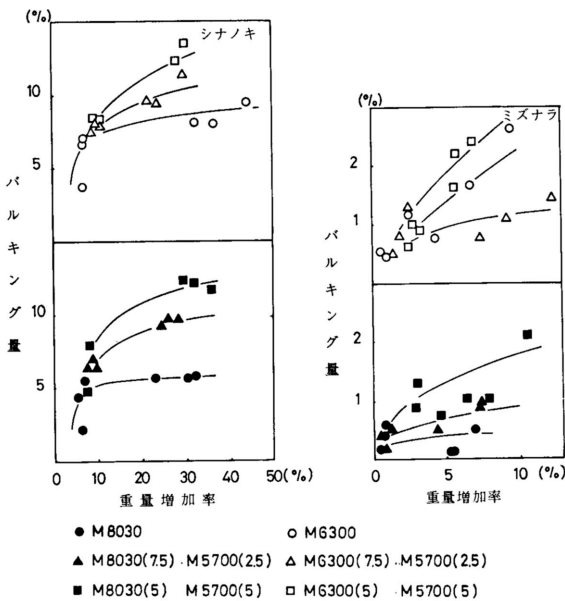
になっているが、これに対してM5700を添加した混合系ではそれ以降も漸増し、またM5700添加量の増大とともにバルキング量も増大している。バルキング量の値はM6300の方がより大きい。M5700を添加した場合両者の差異は小さくなっている。混合系では重量増加率30%でほぼ10%以上の高いバルキング量を示した。一方、ミズナラの場合においても、重量増加率に対するバルキング量の値そのものはシナノキよりも小さいが、全体の傾向はシナノキの場合と同様であることが分かる。

使用した官能性オリゴマーによる材のバルキング量に関して、既報<sup>1)</sup>のMMAモノマーへM5700, M6300, M8030を添加した場合の重合に伴う寸法変化において、M5700の添加はバルキング量の増大に、M8030, M6300の添加は材収縮に寄与するという結果を得たが、エマルジョンを含浸させたWPCの場合にもこのようなオリゴマーの性状が関与していることが十分予想される。本試験結果においてもM5700の添加によってバルキング量は増大したが、これはM5700がOH基を含有し、これ自身による材膨潤への寄与と、前報<sup>1)</sup>で示したようにM5700を添加することで転化率が減少することにより、基剤であるM6300, M8030の材収縮

に対する効果を減じること、またM5700の親水性のため材内で水分を取り込んだ形で存在することなどにも負っていると考えられる。またモノマー高含浸WPCの場合には重量増加率の高い領域でポリマー化に伴う収縮作用によりバルキング量も減少する傾向が一般的にみられるのに対し、この場合には重量増加率が40~50%の範囲までであり、そうした極大現象は与えられなかった。更に、水を分散媒としているためか、バルキング量がマイナスとなるものはなかった。

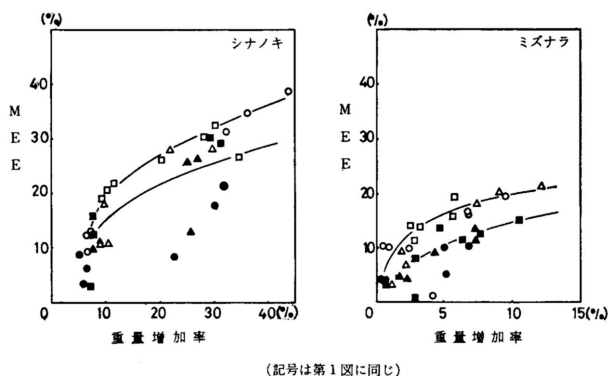
#### 3.2 寸法安定性と吸湿（水）性

第2, 3図にそれぞれ吸湿、吸水によるASEとバルキング量の関係を示す。吸湿、吸水の場合ともにシナノキ、ミズナラ両樹種ともASEはバルキング量の増大に伴いほぼ直線



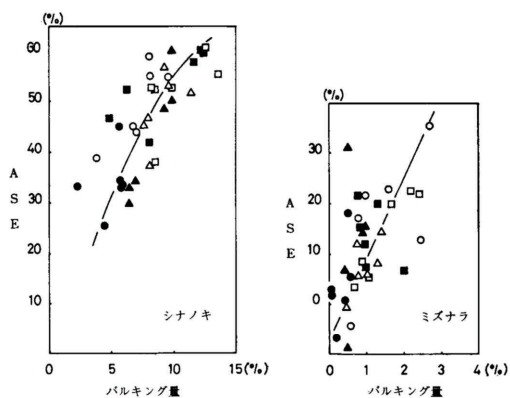
第1図 バルキング量と重量増加率との関係

的に増加することが認められる。両樹種でバルキングの範囲が異なるため同じスケールで示さなかったが、バルキング量に対するASE値はミズナラの方が大きいように思われる。吸湿と吸水のASEを比べると後者の値は前者に比べやや高い値を示した。両図において、エマルジョンのオリゴマーの種類、組成に関しては明らかな傾向はみられず、ASEを向上させる要因が主としてバルキング効果であることが分かる。したがって、第1図と考え合わせるならば、同一重量増加率で比較した場合、ASEはM6300系 > M8030系 ; M5700添加系 > それぞれの単独系の傾向にあると考える。次にMEEと重量増加率との関係について第4図に示す。MEEは両樹種とも重量増加率の増大に伴

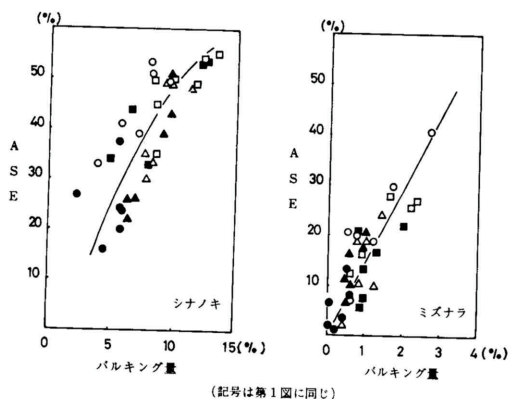


第4図 MEEと重量増加率との関係

い漸増する傾向が同われるが、M8030系とM6300系を比較すると、M8030系がM6300に比べ明らかにMEEが低く、値もバラつくことが認められる。またOH基を有するM5700の添加量の影響が現れていない。ところで往西らは<sup>3)</sup>MMAと2-ヒドロキシメタクリレート(HEMA)との共重合体による寸法安定化の研究において、OH基を有するHEMAのモル分率の増加とともに吸湿性が增大することを認めている。本実験でのM5700添加の影響が現れなかった理由には、ポリマー含浸量が少ないためにM5700のOH基の吸湿性の効果が現れ難いこと、乳化剤として用いたポリオキシエチレン系界面活性剤が材内に残留し、その有する親水性基が吸湿性に関与することなどが考えられる。

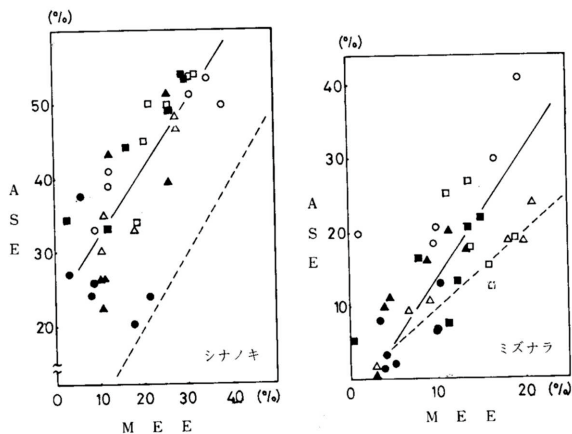


第2図 ASE (吸湿) バルキング量との関係



第3図 ASE (吸水) とバルキング量との関係

第5図に、ASE (吸湿) とMEEとの関係を示す。シナノキ、ミズナラ両樹種ともMEEの増大に伴いASEも増大する。また、すべてのプロットがASEとMEEの等価を表す破線より上方に位置し、ミズナラにおいてもほぼ上方に納まった。この結果は吸湿性の改善度合より寸法安定性の改善度合の方がより大きいことを示している。すなわち、本処理が木材の吸湿性を比較的保持しつつ寸法安定化がはかれることを意味しており極めて興味深い。既報<sup>4)</sup>の溶媒前処理によるWPC化において、ピリジン、DMF系-GMA、オリゴマー添加系でこうした現象が見い出されたが、その共通点が10%以上のバルキングであったことからこれをバルキングによる水分吸着点の増大によると推論した。本処理においてもシナノキの場合、5~10%のバ



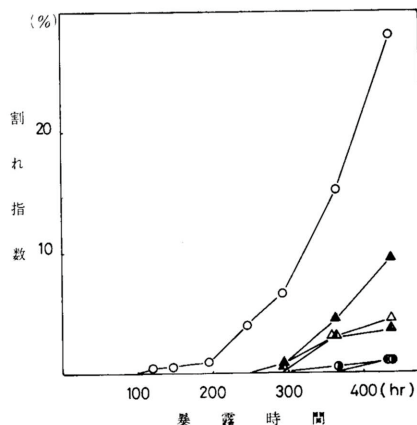
(記号は第1図に同じ)

第5図 ASE (吸湿) とMEEとの関係

ルキング量を示しており、バルキングが寸法安定化に寄与する反面、水分吸着点の増大に伴いMEEが低下することは十分考えられる。しかし、ミズナラのように大半が1%未満のバルキング量であるにもかかわらず、ほとんどのプロットがASE, MEE両値の等価を示す破線より上方に位置することから、単純にバルキングによる水分吸着点の増大だけによるとは言えず、これ以外に他の要因も介在していると思われる。本処理材のように含浸ポリマー量が低い場合、従来の高含浸WPCのようにポリマーが木材細胞内こうに占める割合は大きくはなく、内こう表面を完全に覆うに至っていないと考えられ、通気性が保持されることも要因の一つになり得るかもしれない。また材中に残留する乳化剤に用いた親水性基を有する界面活性剤によって吸湿性が高まることも考えられる。いずれにしても、前述したASEとMEEの改善度合の比較では、本処理は従来のモノマー高含浸WPCと異なる特徴を有していると言える。

### 3.3 塗装材における塗膜の耐久性

本低含浸処理の主要な目的のひとつに処理 - 塗装系における耐久性向上があり、本試験では木製窓枠を想定して供試材として針葉樹の比較的注入性の良好な米ツガを用いた。含浸処理後の仕上げ加工を考慮し、材表面を1, 2.5mm鉋削しその面にポリウレタン塗装を施したのち、ウェザーメーターによる暴露を行った



鉋削深さ (mm.)	重量増加率 (%)	記号
1. コントロール	—	○
2. M6300系	10.79	●
3. ♪	1.17	▲
4. ♪	2.5	△
5. ♪	2.5	▲
6. M8030系	10.79	●
7. ♪	4.76	◊
8. ♪	2.5	◊
9. ♪	2.5	●

第6図 ウェザーメーター暴露による割れ指数の経時変化

が、その際の割れ指数の経時変化を第6図に示す。なお処理材の重量増加率は図中に示してある。コントロール材(無処理 - 塗装)は、暴露100時間から割れ発生が認められ、200時間を過ぎると割れ指数は急激に増加し、割れ発生速度も大きくなる傾向を示し、436時間で割れ指数約30%を示した。オリゴマーを含浸した材では、割れ発生は暴露250時間以降であり、割れ指数はいずれもコントロール材に比べ低く、436時間経過後においても10%以下であった。処理条件別にみると、M8030系ではすべての条件とも暴露終了後(436時間後)の割れ指数は1%未満で、全く割れの発生の認められないものもありすぐれた塗膜の耐久性を示した。M6300系では、重量増加率10%台で鉋削深さ1mmのものでは割れが発生しなかったが、鉋削深さ2.5mmでは割れ指数が5~10%であった。このことは、当然のことながらオリゴマーの材内での含浸状態、つまり含浸量と材表面からの含浸深さなどが塗膜の耐久性に関係することを物語っている。M6300系とM8030系の相違については重量増加率の違い(第6図内、とくに鉋削深さ1mmの場合)があり、この結果



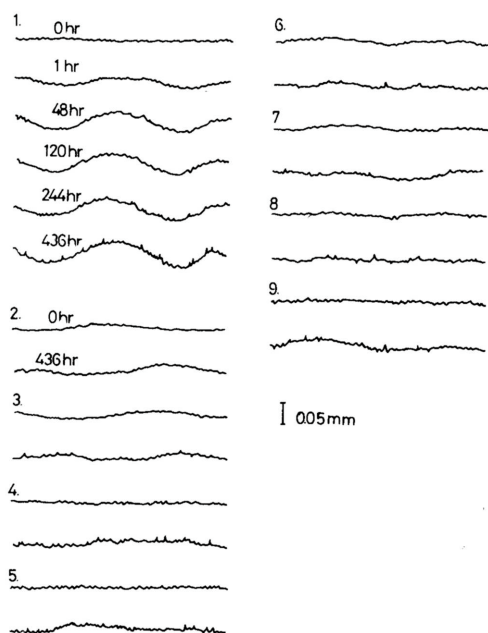


Fig.7は第6図の条件と同じ、図中の時間は曝露時間、3以降は2と同じ

表7図 ウェザーメーター暴露による表面プロフィールの変化

のみからは明言できない。今後、含浸深さと量的な関係について更に検討を要すると思われる。

次に表面粗さの変化をみていく。第7図にコントロール及び処理材の表面プロフィールを示す。コントロールについては暴露に伴う経時の、処理材については暴露前と暴露436時間後のプロフィールを示した。コントロール材は暴露1時間で早くも春材、夏材部の違いによると思われるうねりを生じ、時間が経過するにつれてうねりが大きくなる傾向がみられた。表面粗さも48時間程から顕著になり、244時間経過後は割れを示す小さいピークが多数認められた。他方、含浸処理材はいずれもコントロールに比べ、暴露によってもほとんどうねりを生じていない。しかし、暴露によって表面粗さは増大し、その程度は鉋削深さの深い程度であった。

一般に、塗膜劣化の要因として、塗膜そのものの劣化や被塗膜木材の膨潤、収縮による応力の塗膜への作用等が考えられている<sup>5)</sup>。本実験において、処理材の塗膜の耐久性の向上はこうした要因の改善によると考

えられる。すなわち、第7図にみたように、処理材ではほとんどうねりを生ぜず、前項で述べたように材の寸法安定性が向上することにより材の膨潤、収縮による応力の塗膜への作用を減じているものと思われる。更に、材中にオリゴマーが存在することで塗膜との親和性が増し、木材と塗膜がより親密化することも塗膜の耐久性に寄与していると考えられる。

ところで、15%以下という低い含浸量でありながらこうした高い耐久性が得られることから、塗膜の耐久性という視点から考えれば、表層部のみに限定した含浸手法(一定程度の含浸深さが問題となる)が有効であると考えられ、今後、前述した含浸深さ、量的関係を含めて検討する予定である。

#### 4. 結論

官能性オリゴマー・水系エマルジョンを含浸させたWPCについて、寸法安定性、吸湿(水)性、塗膜の耐久性について検討した。結果をまとめると以下の通りである。

1) 本処理によって調製した低含浸WPCは高いバルキング量を示し、寸法安定性が改善された。寸法安定性はエマルジョン組成に関係なくバルキング量に大きく依存し、バルキング量の増大に伴ってほぼ直線的に増加した。またM6300, M8030にOH基を含有するM5700を併用することでバルキング量が増大し、寸法安定性が向上した。一方、寸法安定性の改善(ASE)は吸湿度合(MEE)よりも比較的大きく、このことは本処理が木材の吸湿性を保持しつつ寸法安定性を向上させることを示唆した。

2) 処理 - 塗装系における塗膜の耐久性は無処理 - 塗装系に比べ著しく向上し、割れ指数はウェザーメーターによる暴露436時間(屋外暴露2年分相当)を経てもM8030系1%未満、M6300系10%未満と低い値であった。これは、樹脂含浸に伴う寸法安定性の向上による材の膨潤収縮の抑制と、材内ポリマーと塗膜との親和性の増大の両面により、材内ポリマーの、対木

[9頁につづく]

(5頁よりつづく)

材，対塗料への橋渡し作用によって塗膜への応力作用が減じることによると考えられた。

3) 往西弘次ほか 2名：材料，28，659 (1979)

4) 川上英夫ほか 1名：林産試月報，No.308，12 (1977)

5) 例えば，川村二郎：木材工業，30，50 (1974)

## 文 献

1) 中野隆人ほか2名：林産試月報，No.336，2 (1980)

2) 川上英夫ほか3名： " ，No.307，16 (1977)

- 林産化学部 木材化学科 -  
(原稿受理 昭55.2.18)

[林産試月報 1980年3月]