

木材・プラスチック化合物 (W.P.C.)

- 主にアメリカにおける最近の発展 -

種 田 健 造

・ 研究の始まり

木材 - プラスチック系化合物 (WPC) を放射線を利用して合成し、これを木材改良に利用しようとした試みは、ソ連の U.L.Karpov から三研究所5氏の共同研究の発表¹⁾が最初と思われる。彼らはポリステレン、ポリメチルアクリレート、ポリメチルメタアクリレート (PMMA) およびポリアクリロニトリルによって木材の改良を試み、ポリマーがモノマーに溶解するプラスチックを用いたとき、最も興味ある結果が観察されたとし、マツをポリステレンにて改良した場合について、比重、圧縮抵抗、静的曲げ強さ、吸湿率および吸水率の変化について説明を加えている。

しかし今日アメリカにおいて脚光を浴びている木材プラスチック化合物についての基礎は、ウエストバージニア大学の Dr. J. A. Kent 氏を中心とする研究者グループの行なった業績によるといわれている^{2, 4, 5, 6)}。

アメリカ原子力委員会 (AEC) は彼等の報告に着目して、WPCの工業化を目的として、主に最も重要な採算面の事情を明らかにすることと、市場での発展性について検討を加えるために、多数の企業体、大学等に研究の委託を行なった。これらの研究結果が、1964年頃より数多く発表されているので、これらの報告内容の一部を参考にして、WPCについての最近の事情を紹介したいと思う。

・ 材およびモノマー

WPCの製造プロセスは、ブロック状またはボード状の木材試片を減圧下に保持してから、液状モノマーを注入し、アルミ箔でおおってから、コバルト60によるガンマー線で照射して重合を起させることになっている。

WPCの工業的な製造に際して最も適したモノマーはメチルメタアクリレート (MMA) であるといわれ

る。これはMMAが他のモノマーに較べて数々の利点をもっているからである。まず、MMAを用いた製品は優美な光沢に満ちた外観を形造る。木材そのものと比較して、木材 - PMMA化合物は数百パーセントも硬くなり、圧縮、せん断および静的曲げ等の諸強度および摩擦抵抗が優れている。また吸湿が非常に緩慢で寸度安定性が大きい等の点あげられている。これらの優れた諸点はMMAにかぎらず、他のモノマー例えばスチレンを用いたWPCでもおおよそ言えることであるが、MMAが好ましいモノマーであるとされるより重要な理由は、その製造プロセスに影響する利点にあるようである。すなわちMMAは放射線に対して優れた感応性をもっており、24時間程照射すると常温で重合はほぼ完了するほか、重合反応における発熱が比較的少ないモノマーであることである。このためMMAを使用すると放射線の消費が少なく、また重合熱がこもって高熱をまねく危険性が少ない。MMAの重合に較べるとスチレンは約5倍の放射線または加熱が必要であり、アクリロニトリルなどはその大きな重合熱のために、重合時により多量の放熱を考慮しなければならぬ。

材として最もよく使用されるのはマツ、カバおよびカエデ等であるが、ポリマーの付加量は樹種によって異なり、乾燥木材基準で、硬材の場合ほぼ70%、軟材で約130%である。

WPCは天然の木材色を生かして、より優美な光沢を与える製品に出来るのは勿論のこと、注入前のモノマーに微量の色素を溶解させて着色した製品にすることも出来る。

・ 重合反応

木材中のMMAの重合速度は、極端な高率照射でない限り、放射線量率の平方根にほぼ比例するといわれ

る。これはラジカル重合において、その重合速度が開始剤濃度の1/2乗に比例することと規を一にしている。従って必要な線量率の低い放射線が効率的に利用されることになり、また木材劣化も起りずらく、放射線感応度の高いMMAはさらに有利となる。MMAに対し、10%程度の四塩化炭素を添加すると重合を促進するので、放射線の必要線量をさらに引下げることが出来るが、この有毒な揮発性物質が最終製品にまで残留することがないように留意することが必要とされている。

木材中のMMAの完全重合に必要な全照射量は、樹種および線量率によって異なるが、おおよそ0.5~2.0メガラド(MR)程度とされている。モノマーの脱気および窒素ふんいきでの照射は、重合速度を増加させ転化率を高めるのに役立つ。

工業用MMAのうち、とくに重合禁止剤として butylated hydroxytoluene (BHT) 35ppm含むMMAが最適とされている⁷⁾。これはその保存期間を長くすることのほかに、放射線照射下では、重合禁止剤を含まないモノマーと同じ程度の速度で重合するからで、工業上特に推奨されている¹⁸⁾。

ポリマーの分子量も樹種と照射量率に関係する。WPCから抽出で得たポリマーの分子量は300,000~800,000の範囲であることが明らかにされている。ただWPCをトルエンで抽出するとPMMAの殆んどが抽出されてしまうことから、WPC内ではグラフト化や架橋結合等は殆んど起っていないと考えられている。このグラフト化を否定している表現は奇異に思われるが、PMMAがポリスチレン等に較べて抽出率が高く、グラフト効率が低いことは筆者らも開始剤を用いた実験で確めており、MMAの特性と思われる。カナダのK.V.Ramalingam³⁾、日本の村山⁸⁾らはスチレンを用いた放射線重合で、抽出されずに残るかなりのポリスチレンを認めている。

重合反応によって木材中に発生し、蓄積される熱は、MMAのように比較的重合熱の低い場合でも大きな問題で、重合進行中に120℃にまで到達することがあるという。

重合開始剤によるWPC

原子力利用の一環として、放射線によるWPC製造に大きな関心が向けられたことから、いわゆるラジカル重合開始剤を用いる化学的手法によって同種の物質を製造しようとする試みが生れている。この手法によれば、経験者の少ない放射線設備に莫大な資本を投下する必要もなく、一応経済的に有利と考えられる。

シラキウス大学のJ.A.Meyer氏は市販MMA(30ppmのヒドロキノン含有)に重合開始剤として0.2%の過酸化ベンゾイル(BPO)を加え、カエデおよびカバ中に注入して、これを68℃に24時間加熱し、WPC製造に成功した⁹⁾。彼はこのようにして出来たWPCも放射線よりのものに較べて何らその色がないと述べている。

このように重合開始剤によって化学的にWPCを製造することは、経済的および工学的に利点があるが、一方反応系の材質に問題の生じやすいこと、重合開始に加熱の必要なことおよび木材中に存在する重合禁止作用をもつ物質が重合の完成を妨げる可能性等によってこれらの利点は相殺されるといわれる。

G.Minoらによって開発された¹⁰⁾第二セリウム塩は、セルロース系物質のグラフト重合研究の開始剤として盛んに使用されているが、筆者らが木材繊維にこの開始剤を用いて重合を行なった場合、純セルロース物質に較べて10倍以上の開始剤を消費しても、その重合量はなお低いという結果しか得られなかった¹¹⁾。筆者らはH₂O₂の木質繊維に対するグラフト重合の効力について一部発表¹¹⁾したが、シナノキ単板についても極めて円滑なグラフト重合の進行を認めており、木材中の重合開始剤としてH₂O₂を使用することは興味深く思われる。

工業化への歩み

WPCは木材のもつ天賦の美しさを最大限に表現させた上、プラスチックのもつ強度と耐久性が加味され、極めて高級な材料を供給することが期待される。WPCは、その美しさ、強さ、硬さおよび引っかきや汚染に対する抵抗性および維持が容易である等の特色

から、家具、フローリング、装飾用パネル、織物機械、スポーツ用品、玩具類等の業界において、かなりの工業的な興味を与えている。

Arthur D. Little, IncがAECの依頼に基いて行なった調査によれば、コスト、性能の面から最も有望と認められた応用面は、モザイクフローリング、ポーリング場のアレー、体操場の床といった特殊な床のほか、各種集会所の座席、窓わく、屋外向扉、階段踏板、カウンター台、特殊机天板、陳列柵、ゴルフクラブヘッド、銃床、刃物の柄、容器の椀などの特殊製品等があげられている。AECはWPCの業界において潜在的にもつ発展予地を調べるために、全米を三つの区域（南部、北東部および大平洋北西部）に大別して研究の委託を行なったが、これらの研究結果はすでにその報告書が同委員会に提出されている^{13,14,15}。これらの報告には各地域の地理的な条件を考慮して原価計算を行ない立地条件の適した地点をあげWPCと商品化に対する特殊な需要を喚起するための必要条件が述べられている。

これらの研究結果により、ロッキード・ジョージア社(Marietta, Georgia)に木質原料をWPCに切換えるためにその供給を依頼した木工業者が78社に及んだという。これらの会社では今、数々の応用面でWPCの活用、試作の段階にあると思われる。

このほか若干のグループが、主にAECとの契約によりWPCに関して色々な面で研究に従事している。まず前記のJ.A. Kent一派は現在重合動力学、ポリマー改質および染色といった面を含めた総合的なWPCの研究を続けており、またWPCの物理的性質は三角形研究所(Research Triangle Institute, Durham, N.C.)において、ノースカロライナ州立大学およびウエストバージニア大学との連携を保ちつつ研究が進められているといわれる。

ヴァイトロエンジニアリング社(New York)はプラント設計面を担当した業者であるが最近のAECへの報告¹⁶によれば、前記ロッキードジョージア社の大規模な照射試験で、工業的な設備を設計するに要する主要なデータは殆んど出そろったとされ、毎時3000ポンドのWPC生産能力のプラントで設備投資額は1,160,

000ドル、線源用コバルト60は年間704,000ドル、年間操業費用は、830,000ドルで1ポット当りの製品にかかる全コストは、木材原価を35セントと仮定して、95セント(マーケティングと利潤を含まない)と試算されている。これらの値を参考にしてWPCの競合材と目される、或種の特殊材および合成フローリング材等と比較していく必要がある。

現在WPC製品として市場に供給されているものは、ロッキード・ジョージア社の“ロックウッド, Lockwood”とアメリカン・ノーヴァウッド社(Lynchburg, Va.)の“ノーヴァウッド, Nova-wood”のみである。ロッキード社は月産約40,000ポンドの小規模なパイロットで生産しており、アメリカンノーヴァウッド社はすでに年産100万ポンドの新しい設備の設置を完了し、さらにこの種の設備を同社の木材工場に設置することを計画しているといわれる。

ルイジアナ・ラジアント社(Baton Rouge, La.)は、ヴァイトロ・エンジニアリング社に、同社設計のWPCプラントを設置する意向を表明しているといわれ、その調製法および性能についての研究を、ルイジアナ州立大学と協同して行なっているといわれる。

ゼネラルエレクトリック社(Pleasanton, Calif.), バッセル・ワシントン州立大学(Washington), アメリカン・ニュークレア社(Oak Ridge, Ten.)およびバリアン・アソシエーツ社(Garden Grove, Calif.)等は自社所有の放射線設備をWPC製造に利用する研究を行なっていることが知られている。

WPCの将来性

木材・プラスチック化合物の工業的發展段階は、現在、幼年期にあると考えねばならない。それらの物理的特性はなお明らかに定められておらず、現在の製品は、数々の需要面の開発が進むたびにそれに応じた改良が加えられていくものと考えられる。摩擦抵抗性、釘打性および衝撃強度等の諸性質を改良するために、アクリル系コーモノマーを用いて製造したWPCの研究も発表されている⁷。また防火性および耐候性を賦与することも当然考えられていくことであろう。

単板は大量のWPCを必要とする領域と思われる。これまで単板の形状でWPCを製造するためのプロセスは発表されたことはない。重合中におけるプラスチックの収縮とその表面から起る僅かなモノマーの蒸発のために、処理した木材は、光沢ある外観を得るためにサンディングを必要とする。しかし薄い単板のサンディングは實際上、技術的にあまり簡単な問題ではないのでこの種の表面作用を制御する方法の発展が望まれているといわれる¹⁸⁾。

その他解決を要する重要な問題としては、重合中に生起する温度上昇である。比較的重合熱の小さいMM Aでも、これは問題となっており、木材劣化の原因ともなるものであるから、放射量率、重合時間、重合温度等反応主要因の調整がより深く研究されていかねばならない。

WPCは現在、アメリカ木材工業界から極めて高い関心が行われ、大学、業界を通して多数のグループが研究を行なっていることから、今後有望な展開があるものと大きく期待できるといえよう。

文 献

8) 村山：化学工業，16，445 (1965)

11) 種田，長谷川：「木質繊維のグラフト重合に関する二三の実験」第17回日本木材学会大会研究発表要旨41，(1967)