

超音波均一化装置を使用した FRP のケミカルリサイクル

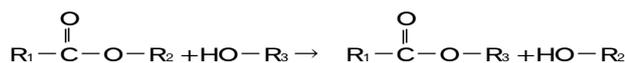
たかひろ まさひこ くろだ ひろふみ しばた かつじ
 (富山高専) ○高廣 政彦・畔田 博文・(日立化成)柴田 勝司

不飽和ポリエステル樹脂をガラス繊維で強化したガラス繊維強化プラスチック(GFRP)は、軽量、高強度かつ耐食性、耐熱性、耐水性に優れているため、船舶、自動車部品、浴槽等の様々な構造物に用いられており、その使用量の急増に伴い、廃棄量も増加の一途をたどっている。現在、廃 GFRP はそのほとんどが埋立処分される一方、廃 GFRP のリサイクルは採算面からほとんど行われておらず、低コストで行うことのできるリサイクル法が期待されている。

この目的を達成するためのリサイクル法として、FRP から再び FRP を再生することが可能なケミカルリサイクル法が注目されており、今までに種々の方法が考案されており、特に溶媒にアルコールを用いて不飽和ポリエステル樹脂を解重合させ、ガラス繊維と樹脂を分離させるアルコール分解法が比較的良好な結果を得ている。しかし、従来のアルコール分解法は、高温、高压下で行われているため、処理工程が複雑であり、高コストとなるため実用化には至っていない。本研究では、不飽和ポリエステル樹脂の解重合系に超音波を照射しながら分解反応を進行させることにより、比較的低温かつ常圧下において分解反応効率を高めることが可能となったのでその概要について報告する。

○不飽和ポリエステル樹脂(UP)とUPの解重合反応

UPはFig.1に示すようにエステル鎖とスチレン鎖が3次元架橋した構造をとる。このUPに触媒の存在下でアルコールを反応させた場合、1式で示されるエステル交換反応によりUPの低分子化が進行し、UPが溶媒中に溶解し、ガラス繊維がUPから分離される。



Eq.1 Transesterification Reaction

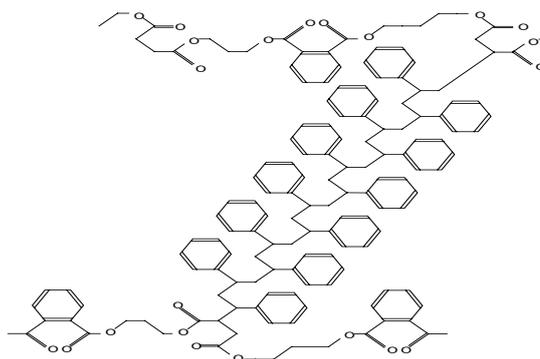


Fig.1 Structure of Unsaturated Polyester Resin

○ ジエチレングリコールモノメチルエーテル(DGMM,メチルカルビトール)を溶媒として用い、超音波均一化装置を併用した GFRP 中の UP の解重合

本実験で用いた GFRP は日立化成工業(株)から提供を受けた不飽和ポリエステル樹脂分率 77.5%、厚さ 3mm のバスタブ用 GFRP を 25mm×20mm に切断し、試験片として使用した。Fig.2 に今回使用した実験装置を、Table1 に GFRP の分解率の触媒添加量依存性に関する実験条件を示す。また、本実験では超音波均一化装置として株式会社エスエムテー社製 UH600S を使用し、周波数 20kHz に設定した。溶媒としてジエチレングリコールモノメチルエーテル(DGMM)を、触媒としてリン酸三カリウム n 水和物(K₃PO₄・nH₂O)を使用した。

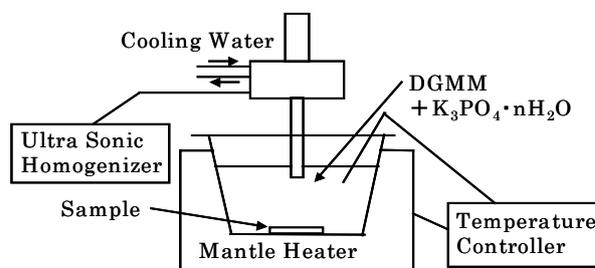


Fig.2 Schematic representation of decomposition system

*富山市本郷町 13, 富山高専環境材料工学科, TEL:(076)493-5480, e-mail: takahiro@toyama-nct.ac.jp

Table1 Experimental Condition1

DGMM(ml)	200
Decomposition temperature(°C)	190
Decomposition time(hr)	2
K ₃ PO ₄ ·nH ₂ O(g)	0,4,8,12,16,20,24
Ultrasonic Homogenizer's Power(W)	240,360,540

なお、触媒は秤量後、300°Cで1hr加熱脱水処理を行った後、反応系に投入した。触媒添加量に対する分解率の変化を Fig.3 に示す。Fig.3 より触媒添加量の増加に伴って分解率が高くなる傾向を示し、今回の実験では触媒添加量 24g、超音波照射レベル9で最大分解約27%を示した。以上のことから分解率は触媒添加量に大きく依存すると考えられる。

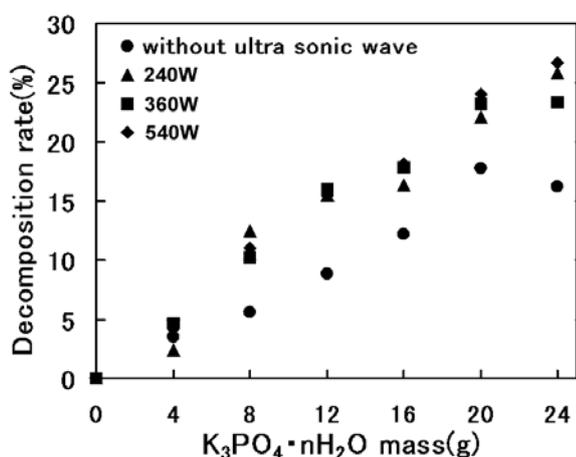


Fig.3 Relationship between decomposition rate and K₃PO₄ · nH₂O mass

次に触媒添加量を2gに固定した条件下における分解率の処理時間依存性を調べた。実験条件を Table 2 に示す。

Table2 Experimental Condition2

DGMM(ml)	300
Decomposition temperature(°C)	190
Decomposition time(hr)	2,4,6,8,10,12
K ₃ PO ₄ ·nH ₂ O(g)	12
Ultrasonic Homogenizer's Power(W)	240

樹脂分解率の処理時間依存性を Fig.4 に示す。Fig.4 より照射の有無にかかわらず8hrまでは分解率は上昇したが、照射なしの場合ではより長時間処理を施しても分解率の変化は確認されなかった。一方、超音波照射を施した場合、12hrで分解率約100%に達した。以上のことから超音波照射によって分解率が著しく向上するものと考えられる。

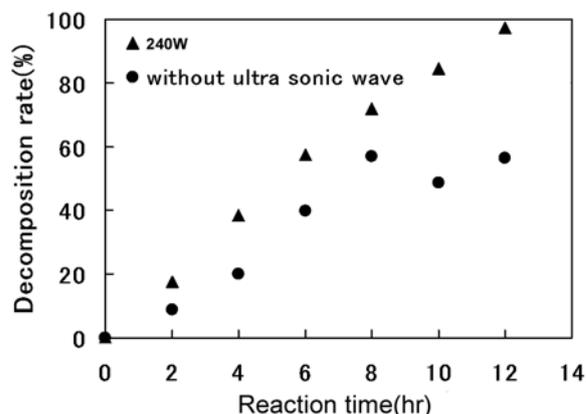


Fig.4 Relationship between decomposition rate and reaction time

○ ベンジルアルコール(BZA)を溶媒として用い、超音波均一化装置を併用した GFRP 中の UP の解重合

溶媒として BZA を、触媒として脱水処理したリン酸三カリウム(K₃PO₄ · nH₂O)を使用し、Table1 に示す条件で Fig.2 に示す実験装置を用いて UP の解重合を行った。

Table3 Experimental Condition (BZA)

K ₃ PO ₄ · nH ₂ O(g)	0,2,4,6,8,10,12,16,20,24,28
BZA(ml)	200
Reaction temperature(°C)	190
UltraSonic Homogenizer's power	0,240W,360W,540W
Reaction time(hr)	2

得られた触媒添加量と分解率の関係を Fig.5 に示す。この結果より超音波を照射しない場合と比較して、超音波を照射した場合に GFRP の分解率が増加した。また、超音波を照射した場合は触媒添加量の増加と共に分解率も増加する傾向が見られた。本実験では、触媒添加量 20g 以上、超音波出力 540W の条件において分解率がほぼ一定になり、最大分解率である約 25%が得られた。また、

超音波照射を施さなかった場合ではほとんど分解率が増加しなかったことから、溶媒として BZA を用いた場合、分解率は超音波の出力に依存して増大すると考えられる。

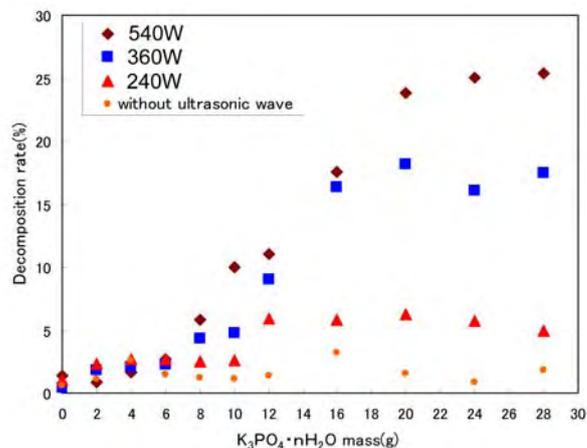


Fig.5 Relationship between decomposition rate and K₃PO₄ · nH₂O mass (BZA)