T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	CFRPの包括的リサイクルに向けたエポキシ樹脂の硝酸分解挙動の解明と応用
Title(English)	
著者(和文)	花岡拓磨
Author(English)	Takuma Hanaoka
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12100号, 授与年月日:2021年9月24日, 学位の種別:課程博士, 審査員:久保内 昌敏,大塚 英幸,青木 才子,桑田 繁樹,松本 秀行,森 伸介
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12100号, Conferred date:2021/9/24, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

（博士課程）

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第　　号		学位申請者氏名		花岡　拓磨	
論文審査 審 査 員		氏　名	職　名		氏　名	職　名
	主査	久保内　昌敏	教　授	審査員	松本　秀行	准教授
	審査員	大塚　英幸	教　授		森　伸 介	准教授
		青木　才子	准教授			
		桑田　繁樹	准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「CFRP の包括的リサイクルに向けたエポキシ樹脂の硝酸分解挙動の解明と応用」と題し、以下の 5 章により構成されている。

第 1 章「緒論」では、研究の背景として廃棄プラスチックのリサイクルにおける課題について概観している。特にエポキシ樹脂を始めとする熱硬化性樹脂においては、リサイクル性に課題があり、数々の研究が行われているものの炭素繊維の回収を優先した例や、特殊な樹脂を用いて樹脂の再利用を試みる例がほとんどであることを指摘している。そこで、硝酸分解法を用いて汎用的なアミン硬化エポキシ樹脂において分解樹脂の再利用と繊維の回収を行う意義を示し、併せて硝酸分解法の実用化に向けた課題について述べている。

第 2 章「エポキシ樹脂リサイクルを指向した各種樹脂骨格に対する硝酸分解挙動の解析」では、各種アミン系硬化剤を用いてエポキシ樹脂を作製し、一定の硝酸濃度及び温度におけるそれぞれの樹脂の硝酸分解挙動を解析することでアミン系硬化剤の化学構造が分解挙動に及ぼす影響について考察している。その結果、化学構造の違いによって樹脂が完全に分解するまでの時間は異なり、IR スペクトル及びモデル分子を用いた ^{1}H NMR スペクトルの測定から、C–N 結合周辺の化学構造及び環構造の違いが分解速度に影響を及ぼすことを明らかにしている。

第 3 章「水添したエポキシ樹脂硝酸分解物のリサイクル樹脂への応用」では、アミン硬化エポキシ樹脂から得られた分解物をアミン硬化エポキシ樹脂の硬化剤として再利用することで形成される材料のクローズドループについて述べている。具体的には、硝酸分解によって分解物に付加したニトロ基を水添してアミノ基に変換することで、アミン系硬化剤として機能するのに十分なアミンを有する特徴的な化合物を得る新しい手法を開発している。水添処理を行った分解物を使用してリサイクルエポキシ樹脂を作製し、その物性評価を行ったところ、引張強度、引張弾性率はそれぞれ元のバージン樹脂以上および同等であり、強度を落とさずにリサイクル樹脂を作製することに成功している。水添した分解物に含まれるピクラミン酸を分解物のモデル分子として用いて作製した樹脂の評価においても同様の傾向が確認できたことから、水添した分解物が剛直な芳香族アミノ基を持つ化合物を含んでおり、エポキシ基と反応することで分解物を樹脂骨格のネットワークに取り込むことで、引張強度の向上と引張弾性率の維持が可能となることを示している。

第 4 章「硝酸分解を用いたプリプレグからの炭素繊維回収とリサイクル CFRP の評価」では、CFRP からの炭素繊維の回収と再利用に焦点を当て、実際の製造現場において大量に廃棄されるプリプレグから炭素繊維の回収及びリサイクル炭素繊維を詳細に分析している。さらに、リサイクル炭素繊維から不織布を得てリサイクル CFRP を作製し、その物性を評価している。硝酸による樹脂分解速度は過酸化水素や過酢酸と比較しても非常に速く、反応釜を用いた大きなスケールにおいても適用可能であることを示している。ラマンスペクトル分析や単繊維引張試験により、回収した炭素繊維に損傷がほとんど無いことを示すとともに、界面せん断強度はリサイクルの過程で炭素繊維に付加したニトロ基及びアミノ基のためにバージン炭素繊維と同等の値を有していることを明らかにしている。さらに、得られた回収炭素繊維を用いた不織布を強化材としたリサイクル CFRP を作製し、バージン炭素繊維から得られた不織布の CFRP と同等の引張強度及び引張弾性率が得られることから、回収された炭素繊維を複合材料の強化材として適用できることを実証している。

第 5 章「結論」では、本研究を総括して、本研究における成果と今後の展望を述べている。

これを要するに、本論文は、CFRP の硝酸分解によるリサイクル手法を取りあげて、マトリックス樹脂としてのアミン硬化エポキシ樹脂の分解特性を明らかにするとともに、得られた分解物に付加しているニトロ基を水添することでアミン系硬化剤への転換を図り、十分な強度の硬化物が得られることを示している。さらには、回収された炭素繊維についても、損傷がほとんどないばかりかニトロ基あるいはアミノ基の形成による界面せん断強度の向上を確認している。実際に回収した炭素繊維によるリサイクル CFRP の強度が優れていることを示すことで、本リサイクル法が現実的に利用可能な手法であることを実証しており、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって本論文は、博士（工学）の学位論文として十分価値のあるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。