

氏名	あまの りょうぞう 天野 良三
学位(専攻分野)	博 士 ( 工 学 )
学位記番号	博甲第 645 号
学位授与の日付	平成 24 年 3 月 26 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科 先端ファイバ科学専攻
学位論文題目	人造大理石の温水劣化のメカニズムおよび硬化度の物性に及ぼす影響に関する研究
審査委員	(主査)教授 西村寛之 教授 濱田泰以 客員教授 松本明博 准教授 小滝雅也 准教授 仲井朝美

### 論文内容の要旨

繊維強化プラスチック (FRP) は生活における様々なものに利用されているが、その約 3 割は浴槽ユニット材料として使用されおり、それら水回り製品は、他製品と比較して外観を重視する分野である。FRP の一つである人造大理石からなる浴槽の耐久性能は、使用時に漏水を発生させるような材料破壊のみならず、温水による変色度が小さいことや外観表面のブリスターの発生が無いことなどが要求される。一方、90 年代に出現した 24 時間風呂により、初期設計とは大幅に異なる使用条件になり、FRP 浴槽、すなわち人造大理石浴槽の新たな寿命設定を考える契機となった。2008 年の「長期優良住宅の普及の促進に関する法律」が公布され、現在の数 10 倍の寿命が要求される。また、1990 年代の後半に建築材料から放散する揮発性有機化合物 (VOC) によるシックハウス問題が大きな社会問題となった。以上のような背景より、FRP 構造物の詳細な劣化のメカニズムや製造条件を明らかにしておくことにより、より耐久性のある人造大理石や FRP の開発に寄与できると考えられる。また、FRP のスチレン低放散化 (低 VOC-FRP 化) についての研究例は少なく、低 VOC-FRP 化および耐温水性 FRP について検討することは学術的にも工業的にも重要であると考えられる。

本研究では、FRP の成形方法の約半数を占めるプレス成形品の人造大理石を用いて温水浸漬における劣化のメカニズムについて詳細に検討を行っている。

第 1 章では、諸言として本論文の背景と必要性、意義を述べ、本研究に至った経緯を述べている。第 2 章では、温水浸漬した人造大理石の表面劣化メカニズムについて検討している。その結果、初期の変色は、成形欠陥部の樹脂やフィラー微粒子が脱落して起こり、続いて、粒径の大きいフィラー/樹脂の界面剥離が始まり、ガラス繊維の剥離が生じ、粒径の小さなフィラーの剥離へと進展することを明らかにしている。第 3 章では、表面・界面切削装置 (SAICAS) を用いて人造大理石試料表面を切削し、その反力を求めて材料の表面の機械的評価を行っている。その結果、従来、色差などの外観評価では不可能な表面状態の機械的特性が SAICAS で評価できることを示している。第 4 章では、ガラス繊維への樹脂コンパウンドの密着の程度を変えた SMC を作製し、含浸状態について検討している。その結果、SMC のガラス繊維のバンドルの中にフィラーを侵入させて開繊させ、ウェットアウトさせることが重要であることを示している。また、BMC にはおよそ 200  $\mu\text{m}$  の表面層があり、ブリスターは表面層の境目にあるガラス繊維やフィラーの界面で発生していることを明らかにし、表面方向に膨れる力は吸水膨張であることを示している。第 5 章では、人造大理石の硬化度について BMC を用いて、成形時間や成形温度を変えて諸物性への影響について検討している。その結果、硬化度が高いほど、機械的物性のみならず耐温水性も高くなることを明らかにし、また、光沢度を利用することにより成形条件を求められる可能性を示している。第 6 章では、FRP の残留スチレンとスチレン放散速度の関係や各材料の放散量への影響について検討している。その結果、材料中の残留スチレンを減らすには、成形条件および硬化

剤の添加量を選択することにより、残留スチレンを効果的に減らすことができるこことを示している。第7章では、この研究の実証成果をまとめ、さらにそれらの結論の意味するところを吟味している。

本研究においては、FRP成形の1つである人造大理石を用いて温水劣化における劣化メカニズムについて顕微鏡観察およびSAICAS法を用いて詳細に検討し、その結果、人造大理石の表面状態の機械特性がSAICAS切削法を用いることにより定量的に評価できることを見いだしている。さらに、成形条件および硬化剤添加量を上手く選択することにより、従来より問題となっていた人造大理石内の残留スチレンを効果的に減少させることを示している。

### 論文審査の結果の要旨

本論文では、FRP成形の1つである人造大理石を用いて温水劣化における劣化メカニズムについて顕微鏡観察およびSAICAS法を用いて評価しており、人造大理石の表面状態の機械特性がSAICAS切削法を用いることにより定量的に評価できることを見いだしている点に特長がある。さらに、成形条件および硬化剤添加量を上手く選択することにより、従来より問題となっていた人造大理石内の残留スチレンを効果的に減少させることも提案している。

これらの研究成果により、従来評価が困難であった人造大理石の耐久性および劣化メカニズムについてSAICAS法を用いることにより機械特性を定量的に評価したことは、工業的に大変意義があり、さらに成形品内の残留スチレンを効果的に減少させる作製法を見いだしたこととは環境問題の観点からも評価できる。

本論文の内容は次の4報に報告されており、4報すべて申請者を筆頭著者とするものである。

1. 天野 良三, 岡野 正則, 藤井 善通, 西村 寛之, "温水浸漬した透明性人造大理石の劣化のメカニズム", 強化プラスチックス, Vol.56, No.6, pp.179-186, 2010.
2. 天野 良三, 藤井 善通, 西村 寛之, "温水による人造大理石表面劣化のSAICASを用いた評価", マテリアルライフ学会誌, Vol.23, No.2, pp.76-82, 2011.
3. 天野 良三, 西村 理, 藤井 善通, 西村 寛之, "人造大理石の硬化度の影響", 強化プラスチックス, Vol.57, No.3, pp.104-112, 2011.
4. Ryozo Amano, Osamu Nishimura, Hiroyuki Miyamoto, Yoshimichi Fujii, Hiroyuki Nishimura, "Key to low-VOC-FRP", Proceeding of 11th Japan International SAMPE Symposium & Exhibition (JISSE-12) 2011, POLYMER MATRIX COMPOSITES-7, pp.1-6 (2011).

以上の結果より、本論文の内容は十分な新規性と独創性、さらに工業的な意義があり、博士論文として優秀であると審査員全員が認めた。