

## ナノクレイを添加した熱可塑性樹脂複合材の成形と力学的特性評価

日大生産工 ○平林 明子 日大生産工 邊 吾一

### 1 諸言

現在、プラスチック系の複合材料を自動車等の輸送用機器に応用する技術開発が盛んに行われている。これは、軽量化による省エネ、CO<sub>2</sub>の削減が産業界における命題であり、その解の一つが軽量、高強度な複合材料（以下FRP）であると考えられているためである。しかしながら、例えば車両構造において従来の金属材料による成形のスピード、自動化といったコストメリットは大きく、原価も高く成形コスト・時間もかかる複合材料はまだ実用化へのハードルが高い。

そこで、製造工程の簡略、ハイスピード、リサイクル性を兼ね備えた原料として、現場重合ポリアミド6（以下PA6）による熱可塑性樹脂を母材とするFRTPの開発<sup>1)</sup>が中村らによって行われている。熱可塑性樹脂は、加熱により形状変化できることから、FRTPのリユースの可能性は大きく、リサイクルにおいても長繊維を維持できることが期待されている。現場重合PA6は、モノマーであるε-カプロラクタムにラクタメート塩とヘキサメチレンジイソシアネートを触媒として、複合材の成形現場で直接ポリマー化するため、加工工程も少ない。

一方、PA6のモノマーに有機修飾ナノクレイを添加し重合させ、その機械的特性および高温特性などを向上させた新たなナノコンポジット技術が報告され実用化されている。しかしながら、ナノクレイを添加したPA6を母材としガラスあるいは炭素繊維で強化したナノクレイ-繊維ハイブリッドFRTPに関する研究はない。そこで本研究では、強化繊維とナノクレイを添加した現場重合型PA6のハイブリッドFRTPの開発を目的としてまず、現場重合型PA6にナノクレイを添加して成形し、機械的特性を評価した結果について報告する。

### 2 成形法

試験片は、金型内を真空にし樹脂を供給するVaRTM成形法によって製作した。成形法の概要をFig.1に示す。本研究で使用した現場重合型PA6は、アニオン重合触媒としてε-カプロラクタム・ナトリウム塩、活性剤としてヘキサメチレンジイソシアネートをそれぞれ用いて、モノマーのε-カプロラクタムを重合させることによって得た。ナノクレイはSouthern Clay Products, Inc.のCloisite15Aを使用し、添加量は1wt%、2wt%、3wt%とした。ナノクレイを添加した成形品および無添加の成形品の外観をFig.2に示す。ナノクレイの添加により成形品の色調が変化していることがわかる。また、表面・断面を観察した結果より、ナノクレイがほぼ均一に分散していることが確認された。

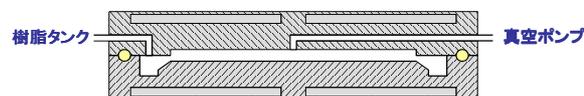


Fig.1 VaRTM facilities



Fig.2 Test specimen

### 3 特性評価

#### 3.1 曲げ試験

各成形品を幅15mm，長さ100mmに切り出し，常温，60℃環境下での曲げ試験を実施した．試験は，JIS K 7017に準じて実施し，支点間距離80mm，試験速度3mm/minとし，材料の熱伝導率および比熱を考慮して，試験片を恒温槽にセットしてから15分後に実施した．曲げ弾性率をFig.3，曲げ強度をFig.4に示す．曲げ試験の結果より，常温および60℃環境下においてナノクレイ添加量が2wt%以上で機械的特性の向上が見られた．

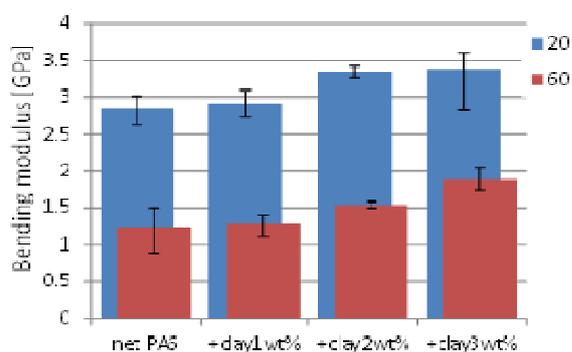


Fig.3 Bending modulus

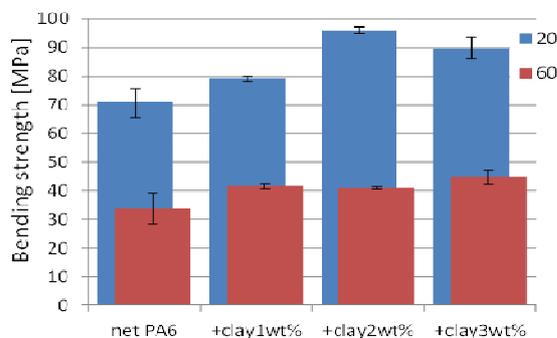


Fig.4 Bending strength

#### 3.2 未反応モノマー率および吸水率

ナノクレイを添加により重合阻害が起きたかどうか検証するため，未反応モノマー残存率 $M_u$ および吸水率 $M_a$ を算出した．試験片を60℃の減圧環境下に置き，24時間後の質量を $M_0$ ，80℃の温水に72時間さらした後の質量を $M_2$ ，再度，60℃の減圧環境下に72時間保管した後の質量を $M_1$ として以下の式（1），（2）より算出した．

$$M_u[\%] = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \times 100 \quad (1)$$

$$M_a[\%] = \frac{M_2 - M_0}{M_0} \times 100 \quad (2)$$

結果をTable1, 2にそれぞれ示す．ナノクレイの添加量が増加するにしたがって未反応モノマー残存率，吸水率ともに増加しているが，微小であることから，ナノクレイによる重合阻害ではなく，ナノクレイを混合する際に若干の吸湿が起こったと考えられる．しかしながら，増加量はわずかであり，実用上の問題はないと考えられる．

Table 1 Content of unreactive monomer

Content of unreactive monomer [%]			
net PA6	PA6 - 1wt%	PA6 - 2wt%	PA6 - 3wt%
0.34	0.27	0.64	0.80

Table 2 Content of absorption water

Content of absorption water [%]			
net PA6	PA6 - 1wt%	PA6 - 2wt%	PA6 - 3wt%
5.3	5.3	7.4	7.7

### 4 結言

現場重合型ポリアミド6にナノクレイを添加した樹脂材料の機械的特性を評価した結果，添加量2wt%以上で曲げ弾性率，曲げ強度の向上が確認された．

#### 「参考文献」

- 1) 中村幸一，邊吾一，現場重合型ポリアミド6をマトリックスとするGFRTPの機械的特性に及ぼす成形条件の影響，日本複合材料学会誌,37(5),182-189,2011
- 2) 白杵有光，ナイロン6-粘土ハイブリッド，豊田中央研究所R&Dレビュー，Vol.30,No.4, 47-55,1995