

## 纤维强化树脂在弯曲特性下的温度相关性评价

纤维素是植物细胞壁及纤维的主要成分，是在地球上存量最多的碳水化合物，自古以来一直作为纸、棉的原料使用。近年来，通过将纤维素解纤至纳米水平从而提高了功能性的纤维素纳米纤维（CNF）得到了广泛关注。CNF“强度是钢的5倍，但重量只有钢的1/5”，还具有许多其他理想的性能，包括“透明度”、“低热膨胀性和高耐热性”、“气体阻隔性”和“增稠性和触变性”，作为一种植物源性物质，其对环境的影响较小，由此成为一种继碳纤维之后备受关注的新材料。

特别是在运输机械领域，使用 CNF 与树脂结合制成的部件应用于汽车车体，实现轻量化，有效地减少 CO<sub>2</sub><sup>1)</sup>，而考虑到汽车的使用环境，不仅是室温，还需要明确材料从低温到高温的大范围温度领域下的特性。

本文针对分别使用 CNF、玻璃纤维（GF）强化尼龙 6（PA6）的材料，进行弯曲试验，评价了弯曲强度、弯曲模量的温度相关性。

Y. Kamei

### 测定系统

表 1 所示为试验测试系统配置。本次测定采用了电子万能材料试验机 AGX<sup>TM</sup>-V（图 1）进行试验。图 2 所示为试验的过程图像。表 2 所示为试验条件。在室温下使用塑料 3 点弯曲试验夹具（a），在恒温槽内使用延长杆，因而利用反向器与夹具（b）进行了试验。反向器是一种将拉伸负载转换为向试验片施加弯曲负载的装置，与直接弯曲负载方式相比可在不压弯延长杆的状态下完成试验。此外，考虑到汽车的使用环境，在 -30°C ~ 80°C 的温度条件下进行了试验。试验片使用不含有纤维的 PA6 与纤维质量百分比浓度不同的 3 种（3、5、10wt%）CNF/PA6 和 GF/PA6 共计 7 种制成日标 JIS K7171 推荐的试验片的形状，分别以 n=3 进行了试验。

※ 试样提供：地方独立行政法人 京都产业技术研究所



图 1 精密电子万能材料试验机 AGX<sup>TM</sup>-V

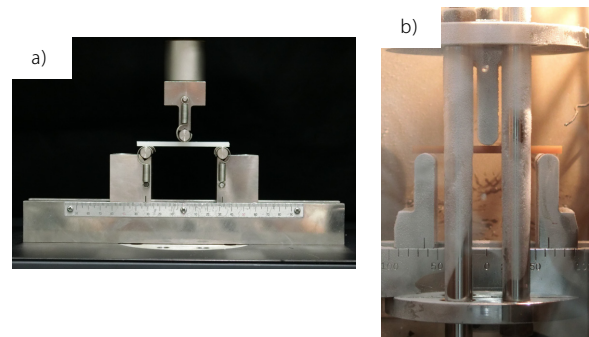


图 2 试验的情形 (a: 室温, b: 恒温槽内)

表 1 仪器型号

|           |                                   |
|-----------|-----------------------------------|
| 电子万能试验机   | : AGX-V                           |
| 载荷传感器     | : 1 kN                            |
| 恒温箱       | : 高低温恒温箱 TCR1WF                   |
| 试验夹具      | : 塑料 3 点弯曲试验夹具 (室温)<br>反向器 (恒温槽内) |
| 跨距        | : 64 mm                           |
| 下压头、上压头直径 | : R5 mm                           |
| 软件        | : TRAPEZIUM X (单)                 |

表 2 试验条件

|           |  |
|-----------|--|
| 试片尺寸      | : 长 80 mm × 宽 10 mm × 厚 4 mm   |
| 试验速度      | : 1 mm/min (应变小于 0.3 %)<br>20 mm/min (应变大于 0.3 %)                    |
| 试验温度 (°C) | : 5 个 温度条件 (-30、0、室温、60、80)  |
| 试验片种类     | : PA6<br>CNF/PA6 (3 wt%、5 wt%、10 wt%)<br>GF/PA6 (3 wt%、5 wt%、10 wt%) |
| 试验数量      | : n=3  |

## ■ 试验结果

列举其中一系列试验结果，图3所示为-30℃、常温、80℃下的结果。高于室温时，所有试验片在超过最大应力后均未损坏，表现出应力缓慢降低的韧性状态，而在低于室温时，超过最大应力后立即损坏，表现出应力瞬间降低的脆性状态。图4所示为各试验片的弯曲强度和与温度的相关性。由图4可知CNF/PA6、GF/PA6均有温度相关性，弯曲强度随着温度增加而降低。此外，虽然样品强度随着纤维含量增加而增强但在不同温度下，GF/PA6的强度也可能低于PA6。图5所示为各试验片的弯曲模量和与温度的相关性。在两种增强纤维中，纤维含量越高，弯曲弹性模量越高，并且在每种混合比中，CNF增强纤维均比GF增强纤维具有更高的弯曲弹性。此外，温度依存性小于弯曲强度，在-30℃~室温之间、60~80℃之间，弯曲模量几乎没有变化，而从室温到60℃之间，弯曲模量则大幅降低。推测在基质树脂PA6的玻璃化转变温度（50℃）附近，物性会出现变化。

## ■ 结论

本文针对CNF、GF等2种纤维增强树脂，在各种温度环境下实施了弯曲试验。结果表明，弯曲强度和弯曲模量会根据试验温度不同而不同。使用本文中的仪器型号进行试验，可明确材料的温度特性。

<参考文献>

- 1) 环境省、NCV项目、<http://www.env.go.jp/press/103177.html>
- 2) 仙波健、Nanocellulose Symposium 2018 要点集 319-320(2018)

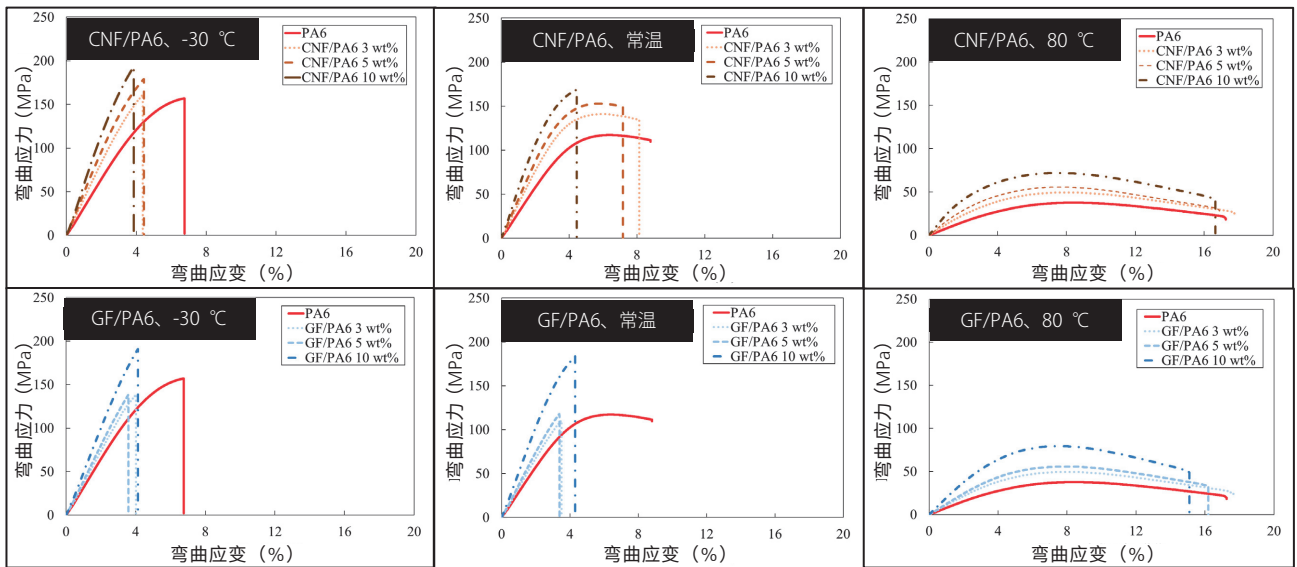


图3 试验结果

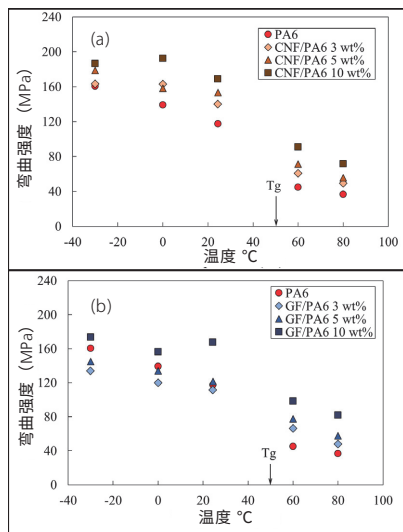


图4 弯曲强度和与温度的相关性  
(a)CNF/PA6 (b)GF/PA6

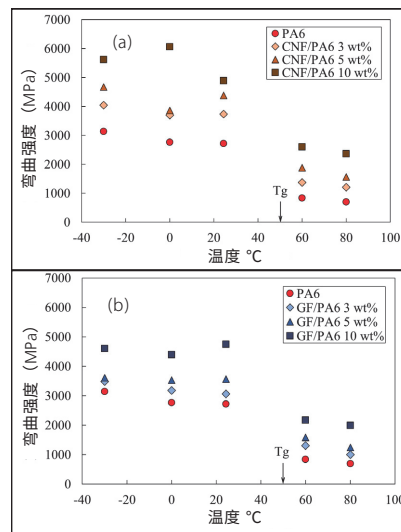


图5 弯曲模量和与温度的相关性  
(a)CNF/PA6 (b)GF/PA6

AGX 是岛津制作所株式会社在日本和其他国家的商标。



岛津企业管理（中国）有限公司  
岛津（香港）有限公司

<http://www.shimadzu.com.cn>

用户服务热线电话： 800-810-0439  
400-650-0439

免责声明：

\* 本资料未经许可不得擅自修改、转载、销售；  
\* 本资料中的所有信息仅供参考，不予任何保证。  
如有变动，恕不另行通知。

岛津应用云

