



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 202000786 A

(43)公開日：中華民國 109 (2020) 年 01 月 01 日

(21)申請案號：108120739 (22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 06 月 14 日

(51)Int. Cl. : *C08L63/00 (2006.01)* *C08G59/38 (2006.01)*  
*C08G59/50 (2006.01)* *C08J5/24 (2006.01)*  
*B29C70/06 (2006.01)*

(30)優先權：2018/06/18 日本 2018-115109  
2018/06/18 日本 2018-115110  
2018/06/18 日本 2018-115111  
2018/07/24 日本 2018-138178

(71)申請人：日商東麗股份有限公司 (日本) TORAY INDUSTRIES, INC. (JP)  
日本

(72)發明人：小西大典 KONISHI, DAISUKE (JP)；山北雄一 YAMAKITA, YUICHI (JP)；平野  
啓之 HIRANO, NORIYUKI (JP)；高橋英喜 TAKAHASHI, EIKI (JP)

(74)代理人：葉璟宗；鄭婷文；詹富閔

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：17 項 圖式數：0 共 62 頁

## (54)名稱

環氧樹脂組成物、預浸體及纖維強化複合材料

## (57)摘要

本發明的目的在於提供一種環氧樹脂組成物及包含該環氧樹脂組成物與強化纖維的預浸體、以及使該預浸體硬化而成的 0°及 90°彎曲強度尤其優異的纖維強化複合材料，所述環氧樹脂組成物以高水準使彎曲彈性係數與彎曲應變併存，且可獲得耐熱性優異的樹脂硬化物。用以達成所述目的的本發明的環氧樹脂組成物的一態樣為一種環氧樹脂組成物，包含以下的成分[A]、成分[B]、成分[C]，滿足特定的條件。

成分[A]：三官能的胺型環氧樹脂

成分[B]：於 25°C 下為固體的雙酚 F 型環氧樹脂

成分[C]：芳香族胺化合物

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】環氧樹脂組成物、預浸體及纖維強化複合材料

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種作為適於運動用途、一般產業用途及航空宇宙用途的纖維強化複合材料的基質樹脂（matrix resin）而較佳地使用的環氧樹脂組成物、以及將其作為基質樹脂的預浸體（prepreg）及纖維強化複合材料。

【先前技術】

【0002】 在纖維強化塑膠的製造中廣泛使用在強化纖維中含浸有熱硬化性樹脂的片狀的中間基材（預浸體）。利用將預浸體積層、加熱來使熱硬化性樹脂硬化的方法可獲得成形體，適用於航空器或運動等各種領域。關於作為預浸體的基質樹脂使用的熱硬化性樹脂，由於耐熱性、接著性、機械強度優異，因此廣泛使用環氧樹脂。近年來，隨著纖維強化複合材料於結構構件中的應用擴大，對構件的進一步輕量化的要求提高，期望預浸體中使用的環氧樹脂的高性能化。具體而言，藉由同時提高環氧樹脂硬化物的彈性係數與變形能力，可設計輕量且高性能的纖維強化複合材料。

【0003】 專利文獻 1 中，揭示了藉由併用多官能雙酚型環氧樹脂與胺型環氧樹脂，使環氧樹脂硬化物的彎曲彈性係數與破壞強度併存的技術。

【0004】 專利文獻 2 中，揭示了藉由使用三官能型以上的胺型環氧樹脂與高分子量的雙酚 F 型環氧樹脂，提高環氧樹脂硬化物的彈性係數的技術。

【0005】 專利文獻 3 中，記載了藉由利用芳香族胺化合物使胺基苯酚型環氧樹脂硬化來提高環氧樹脂硬化物的彎曲彈性係數與破壞強度的技術。

【0006】 專利文獻 4 中，記載了藉由利用芳香族胺使以胺型環氧樹脂與熱塑性樹脂作為必需成分的環氧樹脂組成物硬化來維持環氧樹脂硬化物的耐熱性的狀態下提高變形能力的技術。

【0007】 專利文獻 5 中，揭示了藉由併用在分子內具有噁唑啉酮環型結構的環氧樹脂與三嵌段共聚物來提高纖維強化複合材料的耐熱性與破壞韌性的技術。

【0008】 專利文獻 6 中，為了提高 CFRP 管狀體的破壞強度，揭示了用以提高 CFRP90 度彎曲的樹脂·預浸體。

[現有技術文獻]

[專利文獻]

【0009】 專利文獻 1：日本專利特開 2017-226745 號公報

專利文獻 2：日本專利特開 2012-197413 號公報

專利文獻 3：日本專利特開 2010-275493 號公報

專利文獻 4：國際公開第 2016/067736 號

專利文獻 5：國際公開第 2014/030638 號

專利文獻 6：日本專利特開 2016-222935 號公報

**【發明內容】****【0010】 [發明所欲解決之課題]**

通常，為了提高纖維強化複合材料的破壞強度，必須同時提高環氧樹脂硬化物的彈性係數與變形能力。然而，通常若提高環氧樹脂硬化物的彈性係數，則變形能力下降。另外，若提高環氧樹脂硬化物的變形能力，則玻璃轉移溫度下降，難以應用於要求耐熱性的用途中。因此，理想的是同時提高彈性係數與變形能力及耐熱性的技術的構築。

**【0011】** 然而，專利文獻 1 中記載的環氧樹脂組成物中，樹脂硬化物的彎曲彈性係數不足，纖維強化複合材料的 0° 方向的彎曲強度不可謂充分。

**【0012】** 專利文獻 2 中記載的環氧樹脂組成物中，樹脂硬化物雖然顯示出較高的彎曲彈性係數，但由於彎曲應變不足，因此纖維強化複合材料的 90° 方向的彎曲強度不充分。

**【0013】** 專利文獻 3 中揭示的環氧樹脂組成物中，樹脂硬化物的彎曲彈性係數與彎曲強度均不足，纖維強化複合材料的機械特性低。

**【0014】** 專利文獻 4 中揭示的環氧樹脂組成物中，樹脂硬化物的耐熱性高，但彎曲彈性係數不足，纖維強化複合材料的機械特性低。

**【0015】** 專利文獻 5 中揭示的環氧樹脂組成物中，樹脂硬化物的變形量高，但彎曲彈性係數不足，因此纖維強化複合材料的 0° 方

向的彎曲強度低。

【0016】 專利文獻 6 中記載的環氧樹脂組成物中，樹脂硬化物的彎曲彈性係數及強度不足，纖維強化複合材料的 0°方向的彎曲強度不可謂充分。

【0017】 本發明改良所述現有技術的缺點，目的在於提供一種環氧樹脂組成物及包含該環氧樹脂組成物與強化纖維的預浸體、以及使該預浸體硬化而成的 0°及 90°彎曲強度尤其優異的纖維強化複合材料，所述環氧樹脂組成物以高水準使彎曲彈性係數與彎曲應變併存，且可獲得耐熱性優異的樹脂硬化物。

[解決課題之手段]

【0018】 本發明者等人為了解決所述課題而進行了努力研究，結果發現了具有下述構成的環氧樹脂組成物，從而完成了本發明。即，本發明的環氧樹脂組成物具有以下態樣 1～態樣 4 中任一態樣的構成。

【0019】 態樣 1 為一種環氧樹脂組成物，包含以下的成分[A]、成分[B]、成分[C]，滿足下述條件 1、條件 2、條件 3 全部；

成分[A]：三官能的胺型環氧樹脂

成分[B]：於 25°C 下為固體的雙酚 F 型環氧樹脂

成分[C]：芳香族胺化合物

條件 1：使環氧樹脂組成物於 180°C 下反應 120 分鐘而獲得的樹脂硬化物的彎曲彈性係數為 4.4 GPa 以上

條件 2：使環氧樹脂組成物於 180°C 下反應 120 分鐘而獲得的

樹脂硬化物的彎曲強度為 190 MPa 以上

條件 3：成分[A]的平均環氧當量（Ea）與成分[B]的平均環氧當量（Eb）滿足下式（1）

$$6 \leq E_b/E_a \leq 10 \dots (1)。$$

【0020】 態樣 2 為一種環氧樹脂組成物，包含以下的成分[A]、成分[B]、成分[C]，滿足下述條件 4、條件 5、條件 6 全部；

成分[A]：三官能的胺型環氧樹脂

成分[B]：於 25°C 下為固體的雙酚 F 型環氧樹脂

成分[C]：芳香族胺化合物

條件 4：使環氧樹脂組成物於 180°C 下反應 120 分鐘而獲得的樹脂硬化物的彎曲應變量為 6%以上

條件 5：成分[B]的平均環氧當量為 600 g/eq~1000 g/eq

條件 6：使環氧樹脂組成物於 180°C 下反應 120 分鐘而獲得的樹脂硬化物的藉由動態黏彈性測定而獲得的玻璃轉移溫度 X（°C）、與橡膠狀態的儲存彈性係數 Y（MPa）滿足下式（2）

$$0.087X-6 \leq Y \leq 0.087X-4 \dots (2)。$$

【0021】 態樣 3 為一種環氧樹脂組成物，包含以下的成分[A]、成分[B]、成分[C]，滿足下述條件 5 及條件 7；

成分[A]：三官能的胺型環氧樹脂

成分[B]：於 25°C 下為固體的雙酚 F 型環氧樹脂

成分[C]：芳香族胺化合物

條件 5：成分[B]的平均環氧當量為 600 g/eq~1000 g/eq

條件 7：使環氧樹脂組成物於 180°C 下反應 120 分鐘而獲得的樹脂硬化物的藉由動態黏彈性測定而獲得的橡膠狀態的儲存彈性係數  $Y$  (MPa)、與全部環氧樹脂 100 質量份的活性基莫耳數 (Ma) 滿足下式 (3)

$$1100 \leq Y/Ma \leq 2000 \cdot (3)。$$

【0022】 態樣 4 為一種環氧樹脂組成物，包含以下的成分[A]、成分[E]、成分[F]，滿足下述條件 8、條件 9、條件 10 全部；

成分[A]：三官能的胺型環氧樹脂

成分[E]：山梨糖醇型環氧樹脂

成分[F]：雙氰胺 (dicyandiamide) 或其衍生物

條件 8：使環氧樹脂組成物於 130°C 下反應 90 分鐘而獲得的樹脂硬化物的彎曲彈性係數為 4.3 GPa 以上

條件 9：使環氧樹脂組成物於 130°C 下反應 90 分鐘而獲得的樹脂硬化物的彎曲強度為 190 MPa 以上

條件 10：環氧樹脂組成物中的全部環氧樹脂 100 質量份中，成分[A]與成分[E]的合計為 40 質量份以上。

【0023】 另外，本發明的預浸體為包含所述環氧樹脂組成物與強化纖維的預浸體。

【0024】 另外，本發明的纖維強化複合材料是使所述預浸體硬化而成的纖維強化複合材料。

[發明的效果]

【0025】 本發明的環氧樹脂組成物是如下環氧樹脂組成物：可以高水準使彎曲彈性係數與彎曲應變併存，且可獲得耐熱性優異的樹脂硬化物。將本發明的環氧樹脂組成物作為基質樹脂的纖維強化複合材料顯現出優異的 0°方向與 90°方向的彎曲強度。

【實施方式】

【0026】 本發明的環氧樹脂組成物的態樣 1～態樣 3 包含成分[A]三官能的胺型環氧樹脂、成分[B]於 25°C 下為固體的雙酚 F 型環氧樹脂、成分[C]芳香族胺化合物作為必需成分。關於將本發明的環氧樹脂組成物的態樣 1～態樣 3 作為基質樹脂的纖維強化複合材料，層間韌性亦優異。

【0027】 另外，本發明的環氧樹脂組成物的態樣 4 包含成分[A]三官能的胺型環氧樹脂、成分[E]山梨糖醇型環氧樹脂、成分[F]雙氰胺或其衍生物作為必需成分。

【0028】 首先，對本發明的環氧樹脂組成物的態樣 1～態樣 3 進行說明。再者，本說明書中，有時將本發明的環氧樹脂組成物的態樣 1～態樣 4 簡稱為本發明的態樣 1～態樣 4。另外，並不特定態樣，於簡稱為「本發明」的情況下表示態樣 1～態樣 4 全部的態

樣。

【0029】（成分[A]）

本發明中的成分[A]為三官能的胺型環氧樹脂。

【0030】作為所述成分[A]，可列舉三縮水甘油基胺基苯酚型環氧樹脂、三縮水甘油基胺基甲酚型環氧樹脂等。

【0031】作為所述三縮水甘油基胺基苯酚型環氧樹脂，可列舉「斯密艾珀科希（Sumiepoxy）（註冊商標）」ELM100、ELM120（住友化學工業（股）製造）、「愛牢達（Araldite）（註冊商標）」MY0500、MY0510、MY0600（以上為亨斯邁先進材料（Huntsman advanced materials）公司製造）等。

【0032】其中，成分[A]較佳為胺基苯酚型環氧樹脂。於成分[A]為胺基苯酚型環氧樹脂的情況下，樹脂硬化物的彎曲彈性係數變高，容易獲得具有高的 $0^\circ$ 彎曲強度的纖維強化複合材料。

【0033】進而，為了提高環氧樹脂硬化物的彎曲彈性係數，於全部環氧基 100 質量份中，較佳為包含 50 質量份～80 質量份的成分[A]，進而佳為 55 質量份～65 質量份的範圍內。藉由滿足所述範圍，容易獲得樹脂硬化物的彎曲彈性係數與彎曲強度的平衡良好的環氧樹脂硬化物。

【0034】（成分[B]）

本發明的態樣 1～態樣 3 中的成分[B]是於 $25^\circ\text{C}$ 下為固體的雙酚 F 型環氧樹脂。

【0035】作為所述雙酚 F 型環氧樹脂，可列舉：「jER（註冊商標）」

4004P、4005P、4010P（以上為三菱化學（股）製造）、「亞伯特（Epotohito）（註冊商標）」YDF-2001、YDF-2004、YDF-2005RD（以上為東都化成（股）製造）等。

【0036】 本發明的態樣 1～態樣 3 中，於全部環氧基 100 質量份中，較佳為包含 20 質量份～40 質量份的成分[B]。藉由滿足所述範圍，可不損害樹脂硬化物的彎曲彈性係數而容易提高彎曲強度。

【0037】 （成分[C]）

本發明的態樣 1～態樣 3 中的成分[C]為芳香族胺化合物。

【0038】 作為所述成分[C]，可列舉：苯胺、二乙基甲苯二胺、4,4'-亞甲基-雙(2-異丙基-6-甲基苯胺)、二胺基二苯基砒等。

【0039】 作為所述二乙基甲苯二胺，可使用「jER Cure（註冊商標）」W（三菱化學公司製造）等。作為 4,4'-亞甲基-雙(2-異丙基-6-甲基苯胺)，可使用「龍沙可（Lonzacure）（註冊商標）」M-MIPA（龍沙（Lonza）公司製造）等。作為二胺基二苯基砒，可列舉「塞卡固（Seikacure）（註冊商標）」-S（西華（Seika）（股）製造）、3,3'-DAS（三井化學精細（股）製造）等。

【0040】 其中，成分[C]較佳為二胺基二苯基砒，更佳為 3,3'-二胺基二苯基砒。於成分[C]為二胺基二苯基砒的情況下，樹脂硬化物的彎曲彈性係數容易變高，容易獲得具有更高的 0°彎曲強度的纖維強化複合材料。

【0041】 本發明的態樣 1～態樣 3 中的成分[C]的活性氫莫耳數（Mc）與全部環氧樹脂 100 質量份中的活性環氧基莫耳數（Ma）

的關係較佳為成為下式（4）所示的範圍。

$$0.95 \leq Ma/Mc \leq 1.05 \dots (4)$$

藉由設為所述範圍內，容易有效率地發生環氧樹脂與硬化劑的反應，因此樹脂硬化物的彎曲強度容易變高，容易獲得具有更高的 90°彎曲強度的纖維強化複合材料。

【0042】 再者，全部環氧樹脂 100 質量份中的活性環氧基莫耳數（Ma）是指各環氧樹脂活性基的莫耳數之和，利用下式表示。

$Ma = (\text{環氧樹脂 A 的質量} / \text{環氧樹脂 A 的環氧當量}) + (\text{環氧樹脂 B 的質量} / \text{環氧樹脂 B 的環氧當量}) + \dots + (\text{環氧樹脂 W 的質量} / \text{環氧樹脂 W 的環氧當量})。$

【0043】 另外，成分[C]的活性氫莫耳數（Mc）藉由芳香族胺化合物的質量除以芳香族胺化合物的活性氫當量而求出，利用下式表示。

$Mc = \text{芳香族胺化合物的質量} / \text{芳香族胺化合物的活性氫當量}。$

【0044】 本發明的環氧樹脂組成物的態樣 1 包含所述成分[A]、成分[B]、成分[C]，滿足下述條件 1、條件 2、條件 3 全部。

【0045】 使該環氧樹脂組成物於 180°C 下硬化 120 分鐘而成的樹脂硬化物的彎曲彈性係數為 4.4 GPa 以上（條件 1）且彎曲強度為 190 MPa 以上（條件 2）。藉由使樹脂硬化物的彎曲彈性係數與彎曲強度為所述範圍內，容易獲得以高水準使 0°彎曲強度與 90°彎曲強度併存的纖維強化複合材料。藉由使彎曲彈性係數為 4.4 GPa 以上，容易獲得充分的 0°方向的彎曲特性。藉由使彎曲強度為 190 GPa 以上，容易獲得充分的 0°方向及 90°方向的彎曲特性。

【0046】 所述條件 1 及條件 2 可藉由以適當的比率調配所述成分 [A]、成分 [B] 及成分 [C] 來滿足。

【0047】 此處，本發明的樹脂硬化物的彎曲彈性係數及彎曲強度例如可藉由根據日本工業標準（Japanese Industrial Standards, JIS）K7171（1994）實施 3 點彎曲試驗來評價。

【0048】 本發明的態樣 1 的成分 [A] 的平均環氧當量（Ea）與成分 [B] 的平均環氧當量（Eb）的關係必須滿足下式（1）（條件 3）。

$$6 \leq E_b/E_a \leq 10 \cdots (1)。$$

若  $E_b/E_a$  的值為 6 以上，則容易獲得充分的環氧樹脂硬化物的彎曲彈性係數，纖維強化複合材料的 0°彎曲強度容易變得充分。若  $E_b/E_a$  為 10 以下，則樹脂硬化物的變形能力難以喪失，彎曲強度難以降低，因此容易獲得充分的纖維強化複合材料的 90°彎曲強度。

【0049】 本發明的環氧樹脂組成物的態樣 1 藉由使成分[A]與成分[B]的平均環氧當量滿足所述範圍，可容易以更高水準使樹脂硬化物的彎曲彈性係數與彎曲強度併存。其理由雖不明確，但推測原因在於藉由  $E_b/E_a$  為特定的範圍內，由環氧樹脂與硬化劑的反應形成的結合點的數量增多，使環氧樹脂硬化物變形時產生的成為破壞的起點的脆弱部分減少，變形能力提高。

【0050】 此處，成分[A]及成分[B]的平均環氧當量例如可藉由根據 JIS K7236 (2001) 實施電位差滴定來評價。

【0051】 本發明的環氧樹脂組成物的態樣 2 包含所述成分[A]、成分[B]、成分[C]，滿足下述條件 4、條件 5、條件 6 全部。

【0052】 使該環氧樹脂組成物於 180°C 下硬化 120 分鐘而成的樹脂硬化物的彎曲應變量為 6% 以上 (條件 4)。藉由使樹脂硬化物的彎曲應變為所述範圍內，以該環氧樹脂組成物為基質樹脂的纖維強化複合材料的 90° 彎曲強度容易變得優異。若彎曲應變量為 6% 以上，則容易獲得充分的 90° 方向的彎曲特性。

【0053】 所述條件 4 可藉由以適當的比率調配所述成分[A]、成分[B]及成分[C]來達成。

【0054】 此處，本發明的樹脂硬化物的彎曲應變量例如可藉由根據 JIS K7171 (1994) 實施 3 點彎曲試驗來評價。此處，本發明中的彎曲應變量可根據在三點彎曲試驗中顯示出最大負荷時的位移量來計算。

【0055】 成分[B]的平均環氧當量 (epoxide equivalent weight) (以

下，EEW) 為 600 g/eq~1000 g/eq 的範圍內(條件 5)。若成分[B]的 EEW 為 600 g/eq 以上，則容易獲得充分的彎曲彈性係數。若成分[B]的 EEW 為 1000 g/eq 以下，則彎曲彈性係數與應變量容易提高。

【0056】 本發明的環氧樹脂組成物的態樣 2 是對於在 180°C 下硬化 120 分鐘而獲得的樹脂硬化物，藉由動態黏彈性測定而獲得的玻璃轉移溫度 X (°C) 與橡膠狀態的儲存彈性係數 Y (MPa) 滿足下式(條件 6)。

$$0.087X-6 \leq Y \leq 0.087X-4 \dots (2)。$$

若橡膠狀態的儲存彈性係數為 0.087X-6 以上，則容易使彎曲應變量與耐熱性併存。另外，若為 0.087X-4 以下，則容易獲得充分的彎曲彈性係數，容易獲得充分的纖維強化複合材料的 0° 方向的彎曲強度。

【0057】 本發明的環氧樹脂組成物的態樣 2 藉由使橡膠狀態的儲存彈性係數 Y 滿足所述範圍，容易獲得彎曲強度與耐熱性的平衡優異的纖維強化複合材料。其原因雖不明確，但推測原因在於藉由使橡膠狀態的儲存彈性係數與玻璃轉移溫度的關係為特定的範圍內，環氧樹脂硬化物中的交聯點的密度成為適當的密度。

【0058】 此處，本發明的樹脂硬化物的玻璃轉移溫度與橡膠狀態的儲存彈性係數可根據實施動態熱機械分析(Dynamic Mechanical

Analysis, DMA) 測定(動態黏彈性測定)的升溫測定而獲得的儲存彈性係數與溫度的分佈圖算出。玻璃轉移溫度為於所述分佈圖中在玻璃區域引出的切線與在玻璃轉移區域引出的切線的交點的溫度。另外,橡膠狀態的儲存彈性係數是高於玻璃轉移溫度 50°C 的溫度下的儲存彈性係數。

【0059】 本發明的環氧樹脂組成物的態樣 3 包含所述成分[A]、成分[B]、成分[C],同時滿足所述條件 5 及下述條件 7。

【0060】 關於於 180°C 下硬化 120 分鐘而獲得的樹脂硬化物,藉由動態黏彈性測定而獲得的橡膠狀態的儲存彈性係數  $Y$  (MPa)、與全部環氧樹脂 100 質量份的活性環氧基莫耳數 ( $Ma$ ) 滿足下式 (3) (條件 7)。

【0061】  $1100 \leq Y/Ma \leq 2000 \dots (3)$ 。

若  $Y/Ma$  的值為 1100 以上,則容易獲得充分的環氧樹脂硬化物的彎曲強度,容易獲得充分的纖維強化複合材料的 90°彎曲強度及層間韌性。若  $Y/Ma$  為 2000 以下,則除了樹脂硬化物的彎曲強度以外,亦容易獲得充分的彈性係數,因此容易獲得充分的纖維強化複合材料的彎曲強度。

【0062】 本發明的環氧樹脂組成物的態樣 3 藉由使橡膠狀態的儲存彈性係數與全部環氧樹脂 100 質量份中的活性環氧基莫耳數滿足所述範圍,可容易以更高水準使彎曲彈性係數與彎曲強度併存。其原因雖不明確,但推測原因在於藉由  $Y/Ma$  為特定的範圍內,伴隨硬化反應的環氧基的消耗有效率地進行。關於將該環氧

樹脂組成物硬化而獲得的樹脂硬化物，認為未反應的環氧樹脂的殘留量少，顯示出均勻的交聯狀態，即，可分散變形時產生的應力。

**【0063】** 本發明的環氧樹脂組成物的態樣 3 較佳為使該環氧樹脂組成物於 180°C 下硬化 120 分鐘而成的樹脂硬化物的彎曲彈性係數為 4.6 GPa 以上且彎曲應變量為 6% 以上。藉由使樹脂硬化物的彎曲彈性係數與彎曲應變量為所述範圍內，彎曲強度容易變得優異，因此包含該環氧樹脂組成物的纖維強化複合材料容易同時具有高彎曲強度與層間韌性。

**【0064】** 此處，本發明的環氧樹脂組成物的態樣 1 較佳為包含成分[A]、成分[B]、成分[C]，除了已述的條件 1、條件 2、條件 3 以外，進而滿足以下 (i)、(ii)、(iii) 所示的條件中的任一者。

(i) 滿足條件 4、條件 5 及條件 6。

(ii) 滿足條件 5 及條件 7。

(iii) 滿足條件 4、條件 5、條件 6 及條件 7。

以下，關於各條件而加以說明。

**【0065】** 關於 (i)

除了條件 1、條件 2、條件 3 以外，同時滿足條件 4、條件 5 及條件 6，藉此可使高樹脂彎曲彈性係數與彎曲強度併存，進而容易獲得與耐熱性的平衡優異的環氧樹脂組成物。包含該環氧樹脂組成物的纖維強化複合材料顯現出高 0° 與 90° 彎曲強度，且可較佳地用於要求耐熱性的用途。

**【0066】** 關於 (ii)

除了條件 1、條件 2、條件 3 以外，同時滿足條件 5 及條件 7，藉此包含該環氧樹脂組成物的纖維強化複合材料除了使 0°與 90°彎曲強度併存以外，層間韌性亦優異。

**【0067】** 關於 (iii)

藉由同時滿足條件 1~條件 7 全部，除了高樹脂彎曲彈性係數與強度以外，與耐熱性的平衡優異，進而包含該環氧樹脂組成物的纖維強化複合材料的層間韌性提高，因此尤佳。

**【0068】** 繼而，對本發明的態樣 4 加以說明。本發明的環氧樹脂組成物的態樣 4 包含成分[A]三官能的胺型環氧樹脂、成分[E]山梨糖醇型環氧樹脂、成分[F]雙氰胺作為必需成分。關於將本發明的環氧樹脂組成物的態樣 4 作為基質樹脂的纖維強化複合材料較佳為層間韌性優異。

**【0069】** 作為所述成分[A]，與已述的本發明的態樣 1~態樣 3 同樣地可列舉三縮水甘油基胺基苯酚型環氧樹脂、三縮水甘油基胺基甲酚型環氧樹脂等。

**【0070】** 其中，成分[A]較佳為胺基苯酚型環氧樹脂。於成分[A]為胺基苯酚型環氧樹脂的情況下，樹脂硬化物的彎曲彈性係數容易變高，容易獲得具有高的 0°彎曲強度的纖維強化複合材料。

**【0071】** 進而，為了提高環氧樹脂硬化物的彎曲彈性係數，於環氧樹脂組成物中的全部環氧樹脂 100 質量份中，較佳為包含 50 質量份~80 質量份的成分[A]。藉由滿足所述範圍，可提高樹脂硬化

物的彎曲彈性係數與彎曲強度的平衡。

【0072】 以下，對成分[E]及成分[F]進行說明。

【0073】 (成分[E])

本發明的態樣 4 中的成分[E]是山梨糖醇型環氧樹脂。

【0074】 作為成分[E]，可列舉「代那考爾(Denacol)(註冊商標)」EX-614、EX-614B(以上為長瀨化成(Nagase Chemtex)(股)製造)等。

【0075】 本發明的態樣 4 中，於環氧樹脂組成物中的全部環氧樹脂 100 質量份中，較佳為包含 20 質量份~40 質量份的成分[E]。藉由滿足所述範圍，可進一步提高樹脂硬化物的彎曲應變與彎曲強度的平衡。

【0076】 本發明的環氧樹脂組成物的態樣 4 中，於環氧樹脂組成物中的全部環氧樹脂 100 質量份中，成分[A]與成分[E]的合計為 40 質量份以上(條件 10)。

【0077】 若成分[A]與成分[E]的合計為 40 質量份以上，則環氧樹脂硬化物的彎曲彈性係數與應變的平衡容易變得充分，容易獲得充分的彎曲強度。其原因雖不明確，但推測主鏈柔軟且多官能的山梨糖醇型環氧基有效地彌補三官能胺基苯酚型環氧基與雙氰胺形成的網路結構的缺陷。

【0078】 本發明的環氧樹脂組成物的態樣 4 中，使該環氧樹脂組成物於 130°C 下硬化 90 分鐘而成的樹脂硬化物的彎曲彈性係數為 4.3 GPa 以上(條件 8)且彎曲強度為 190 MPa 以上(條件 9)。藉

由使樹脂硬化物的彎曲彈性係數與彎曲強度為所述範圍內，容易獲得以高水準使 0°彎曲強度與 90°彎曲強度併存的纖維強化複合材料。若彎曲彈性係數為 4.3 GPa 以上，則容易獲得充分的 0°方向的彎曲特性。若彎曲強度為 190 MPa 以上，則容易獲得充分的 0°方向及 90°方向的彎曲特性。

**【0079】** 所述條件 8 及條件 9 可藉由以適當的比率調配所述成分 [A]、成分 [E] 及成分 [F] 來滿足。

**【0080】** (成分 [D])

本發明的態樣 4 中，作為成分 [D]，較佳為包含下述成分 [D]-1 及/或成分 [D]-2。藉由包含成分 [D]，除了樹脂硬化物的彎曲彈性係數、彎曲強度以外，可容易提高與玻璃轉移溫度的平衡。玻璃轉移溫度是成為環氧樹脂硬化物的耐熱性的指標的溫度，可藉由樹脂硬化物的 DMA 或示差掃描熱析法 (Differential Scanning Calorimetry, DSC) 測定來評價。

成分 [D]-1：萘型環氧樹脂

成分 [D]-2：異三聚氰酸型環氧樹脂。

**【0081】** 本發明的態樣 4 中的成分 [D]-1 為萘型環氧樹脂。

**【0082】** 作為萘型環氧樹脂，可列舉：「愛匹克隆 (EPICLON) (註冊商標)」HP-4032D、HP-4700、HP-4770、HP-5000、HP-4710 (以上為迪愛生 (DIC) (股) 製造) 等。

**【0083】** 本發明的態樣 4 中的成分 [D]-2 為異三聚氰酸型環氧樹脂。

【0084】 作為異三聚氰酸型環氧樹脂，可列舉「特皮科 (TEPIC) (註冊商標)」-S、-G、-L、-PAS、-UC、-FL (以上為日產化學(股)製造)等。

【0085】 (成分[F])

本發明的態樣 4 中的成分[F]為雙氰胺或其衍生物。雙氰胺是化學式 $(\text{H}_2\text{N})_2\text{C}=\text{N}-\text{CN}$ 所表示的化合物。雙氰胺於可賦予將其作為硬化劑而獲得的環氧樹脂硬化物高力學特性或耐熱性的方面優異，被廣泛用作環氧樹脂的硬化劑。作為所述雙氰胺的市售品，可列舉戴西 (DICY) 7、戴西 (DICY) 15 (以上為三菱化學(股)製造)等。

【0086】 成分[F]與芳香族脲等成分[I]硬化促進劑併用，與單獨調配成分[F]的情況相比，可降低環氧樹脂組成物的硬化溫度。作為成分[I]硬化促進劑，例如可列舉：3-(3,4-二氯苯基)-1,1-二甲基脲 (有時亦簡記為 DCMU)、3-(4-氯苯基)-1,1-二甲基脲、苯基二甲基脲 (有時亦簡記為 PDMU)、甲苯雙二甲基脲 (有時亦簡記為 TBDMU) 等。另外，作為芳香族脲的市售品，可列舉 DCMU99 (保土穀化學工業(股)製造)、「歐米科 (Omicure) (註冊商標)」24 (日本 PTI(股)製造)、「戴漢德 (Dyhard) (註冊商標)」UR505 (4,4'-亞甲基雙(苯基二甲基脲)、CVC 製造)等。

【0087】 本發明的環氧樹脂組成物的態樣 1~態樣 4 亦可於不喪失本發明的效果的範圍內使用與成分[A]、成分[B]、成分[C]、成分[D]、成分[E]不同的環氧樹脂作為成分[G]。

【0088】 作為該環氧樹脂，例如可列舉：苯胺型環氧樹脂、二胺基二苯基甲烷型環氧樹脂、二胺基二苯基砜型環氧樹脂、雙酚 A 型環氧樹脂、於 25°C 下為液狀的雙酚 F 型環氧樹脂、苯酚酚醛清漆型環氧樹脂、二環戊二烯型環氧樹脂等。該些可單獨使用，亦可將多種組合。

【0089】 作為所述苯胺型環氧樹脂的市售品，可列舉 GAN(N,N-二縮水甘油基苯胺)、GOT(N,N-二縮水甘油基-鄰甲苯胺)(以上為日本化藥(股)製造)等。

【0090】 作為所述二胺基二苯基甲烷型環氧樹脂的市售品，可列舉「斯密艾珀科希(Sumiepoxy)(註冊商標)」ELM434(住友化學工業(股)製造)、YH434L(新日鐵住金化學(股)製造)、「jER(註冊商標)」604(三菱化學(股)製造)、「愛牢達(Araldite)(註冊商標)」MY720、MY721(以上為亨斯邁先進材料(Huntsman advanced materials)公司製造)等。

【0091】 作為所述二胺基二苯基砜型環氧基的市售品，可列舉 TG3DAS(小西化學工業(股)製造)等。

【0092】 作為所述雙酚 A 型環氧樹脂的市售品，可列舉：「jER(註冊商標)」828、1001、1007(以上為三菱化學(股)製造)等。

【0093】 作為所述於 25°C 下為液狀的雙酚 F 型環氧樹脂的市售品，可列舉：「艾比克隆(EPICLON)(註冊商標)」830、807(以上為大日本油墨化學(股)製造)等。

【0094】 作為所述苯酚酚醛清漆型環氧樹脂的市售品，可列舉：「jER（註冊商標）」152、154、180S（以上為三菱化學（股）製造）等。

【0095】 作為所述二環戊二烯型環氧樹脂的市售品，可列舉HP7200L、HP7200、HP7200H、HP7200HH、HP7200HHH（以上為迪愛生（DIC）（股）製造）等。

【0096】 另外，本發明的環氧樹脂組成物的態樣 1～態樣 3 可使用異三聚氰酸型環氧樹脂，可使用已述的成分[D]-2 所例示的環氧樹脂。

【0097】 以調節為適於製造纖維強化複合材料的步驟的黏度為目的，調整黏彈性、調節黏接性（tack）或懸垂特性為目的，或提高樹脂組成物的機械特性或韌性等為目的，本發明的環氧樹脂組成物較佳為含有熱塑性樹脂作為成分[H]。作為所述熱塑性樹脂，可列舉：聚乙烯縮甲醛或聚乙烯縮丁醛等聚乙烯縮醛樹脂、聚乙烯醇、苯氧基樹脂、聚醯胺、聚醯亞胺、聚乙烯吡咯啉酮、聚砜、聚醚砜等。尤其，關於本發明的環氧樹脂組成物的態樣 4，就可不損害樹脂硬化物的彎曲彈性係數、強度而調節其他特性的觀點而言，作為成分[H]，較佳為含有熱塑性樹脂，所述熱塑性樹脂更佳為聚醚砜。

【0098】 其次，對本發明的纖維強化複合材料進行說明。

【0099】 本發明的纖維強化複合材料是使本發明的預浸體硬化而成。具體而言，例如將包含本發明的環氧樹脂組成物與強化纖

維的預浸體、即本發明的預浸體積層後，進行加熱使其硬化，藉此可獲得本發明的纖維強化複合材料。以下，進行具體說明。

**【0100】** 本發明的環氧樹脂組成物的製備中例如可使用捏合機、行星式攪拌機、三輥及雙軸擠出機等機械進行混煉，若能夠均勻地混煉，則亦可使用燒杯與刮勺（*spatula*）等並用手進行混合。

**【0101】** 本發明的預浸體包含本發明的環氧樹脂組成物與強化纖維。本發明的預浸體例如可使利用所述方法製備的環氧樹脂組成物含浸於強化纖維基材中而獲得。作為含浸的方法，可列舉熱熔法（乾式法）等。熱熔法為使藉由加熱而低黏度化的熱硬化性樹脂組成物直接含浸於強化纖維中的方法；或者預先製作於脫模紙等上塗佈環氧樹脂組成物而成的膜，繼而自強化纖維的兩側或單側將所述膜重疊並進行加壓加熱，藉此使樹脂含浸於強化纖維中的方法。此時，藉由改變塗佈於脫模紙上的樹脂的量，可調整預浸體的纖維質量含有率。

**【0102】** 本發明中使用的強化纖維並無特別限定，可使用玻璃纖維、碳纖維、芳族聚醯胺纖維、硼纖維、氧化鋁纖維、碳化矽纖維等。該些纖維可混合兩種以上來使用。就可獲得輕量且高剛性的纖維強化複合材料的觀點而言，較佳為使用碳纖維。

**【0103】** 於預浸體積層成形法中，作為賦予熱及壓力的方法，可適宜地使用壓製成形法、高壓釜（*autoclave*）成形法、袋壓（*bagging*）成形法、紮帶（*wrapping tape*）法、內壓成形法等。

【0104】 本發明的纖維強化複合材料可較佳地用於運動用途、航空宇宙用途及一般產業用途。更具體而言，於運動用途中，可較佳地用於高爾夫球桿、釣竿、網球或羽毛球的球拍等。另外，在航空宇宙用途中，可較佳地用於主翼、尾翼及地板樑等航空器一次結構材料用途及內裝材料等二次結構材料用途。進而，於一般產業用途中，可較佳地用於汽車、自行車、船舶及鐵路車輛等結構材料中。其中，利用可獲得具有高的 0°及 90°方向的彎曲強度的纖維強化複合材料的特徵，可較佳地用於各種結構構件。

[實施例]

【0105】 以下示出實施例來進一步具體地說明本發明，但本發明並不限定於該些實施例的記載。

【0106】 本實施例中使用的構成要素如下所述。

【0107】 <所使用的材料>

·成分[A]：三官能的胺型環氧樹脂

成分[A]-1 「愛牢達 (Araldite) (註冊商標)」 MY0500 (胺基苯酚型環氧樹脂、亨斯邁先進材料 (Huntsman advanced materials) 公司製造)、

成分[A]-2 「愛牢達 (Araldite) (註冊商標)」 MY0600 (胺基苯酚型環氧樹脂、亨斯邁先進材料 (Huntsman advanced materials) 公司製造)。

【0108】 ·成分[B]：於 25°C 下為固體的雙酚 F 型環氧樹脂

成分[B]-1 「愛普托特 (EPOTOHTO) (註冊商標)」 YDF-2001

(東都化成(股)製)、

成分[B]-2 「jER(註冊商標)」4004P(三菱化學(股)製)、

成分[B]-3 「愛普托特(EPOTOHTO)(註冊商標)」YDF-2004

(東都化成(股)製)、

成分[B]-4 「愛普托特(EPOTOHTO)(註冊商標)」

YDF-2005RD(東都化成(股)製)、

成分[B]-5 「jER(註冊商標)」4007P(三菱化學(股)製)、

成分[B]-6 「jER(註冊商標)」4010P(三菱化學(股)製)。

**【0109】** ·成分[C]:芳香族胺化合物

成分[C]-1 「塞卡固(Seikacure)」-S(4,4'-二胺基二苯基砒、西華(Seika)(股)製造)、

成分[C]-2 3,3'-DAS(3,3'-二胺基二苯基砒、三井精細化學(股)製造)、

成分[C]-3 「龍沙可(Lonzacure)(註冊商標)」M-MIPA(4,4'-亞甲基-雙(2-異丙基-6-甲基苯胺)、龍沙(Lonza)公司製造)、

成分[C]-4 「jER Cure(註冊商標)」W(二乙基甲苯二胺、三菱化學(股)製造)。

**【0110】** ·成分[D]-1:萘型環氧樹脂

「愛匹克隆(EPICLON)」HP-4032D(迪愛生(DIC)(股)製造)。

**【0111】** ·成分[D]-2:異三聚氰酸型環氧樹脂。

「泰匹克(TEPIC)」-S(日產化學(股)製造)。

【0112】 ·成分[E]：山梨糖醇型環氧樹脂

「代那考爾 (Denacol) (註冊商標)」EX-614B (長瀨化成 (Nagase Chemtex) (股) 製造)。

【0113】 ·成分[F]：雙氰胺或其衍生物

戴西 (DICY) 7 (三菱化學 (股) 製造)。

【0114】 ·成分[G]：其他環氧樹脂

成分[G]-1 GAN (二縮水甘油基苯胺型環氧樹脂、日本化藥 (股) 製)、

成分[G]-2 「斯密艾珀科希 (Sumiepoxy) (註冊商標)」ELM434 (二胺基二苯基甲烷型環氧樹脂、住友化學工業 (股) 製造)。

成分[G]-3 TG3DAS (二胺基二苯基砜型環氧樹脂、小西化學工業 (股) 製造)、

成分[G]-4 「jER (註冊商標)」828 (雙酚 A 型環氧樹脂、三菱化學 (股) 製造)、

成分[G]-5 「jER (註冊商標)」1001 (雙酚 A 型環氧樹脂、三菱化學 (股) 製造)、

成分[G]-6 「jER (註冊商標)」1004 (雙酚 A 型環氧樹脂、三菱化學 (股) 製造)、

成分[G]-7 「jER (註冊商標)」154 (苯酚酚醛清漆型環氧樹脂、三菱化學 (股) 製造)、

成分[G]-8 「艾比克隆 (EPICLON) (註冊商標)」830 (雙酚 F 型環氧樹脂、大日本油墨化學工業 (股) 製造)、

成分[G]-9 「艾比克隆 (EPICLON) (註冊商標)」 807 (雙酚 F 型環氧樹脂、大日本油墨化學工業 (股) 製造)、

成分[G]-10 NER-7604 (多官能雙酚 F 型環氧樹脂、日本化藥 (股) 製)、

成分[G]-11 EHPE-3150 (固體脂環式環氧樹脂、大賽璐 (Daicel) (股) 製)、

成分[G]-12 AER-4152 (噁唑啉酮環型環氧樹脂、旭化成 E-材料 (E-Materials) (股) 製)。

**【0115】** ·成分[H]：熱塑性樹脂

成分[H]-1 「皮萊斯 (Pyrex) (註冊商標)」 K (聚乙烯縮甲醛、JNC (股) 製)、

成分[H]-2 「皮萊斯 (Pyrex) (註冊商標)」 E (聚乙烯縮甲醛、JNC (股) 製)、

成分[H]-3 「蘇米卡艾克賽爾 (Sumika Excel) (註冊商標)」 PES2603P (聚醚砜、住友化學 (股) 製)、

成分[H]-4 「蘇米卡艾克賽爾 (Sumika Excel) (註冊商標)」 PES5003P (聚醚砜、住友化學 (股) 製)、

成分[H]-5 「未安塔積 (Virantage) (註冊商標)」 VW-10700RFP (聚醚砜、蘇威 (Solvay) 公司製造)。

**【0116】** ·成分[I]：硬化促進劑

DCMU99 (3-(3,4-二氯苯基)-1,1-二甲基脲、保土穀化學工業 (股) 製造)。

**【0117】** <環氧樹脂的平均環氧當量的測定方法>

在玻璃燒杯中稱量並投入成分[A]或成分[B]以成為約 300 mg，進而添加 10 mL 的氯仿。使用磁力攪拌器進行攪拌，直至稱量的成分溶解於氯仿中。對所述溶液添加乙酸 20 mL，接著添加溴化四乙基銨乙酸溶液（0.4 g/mL 乙酸）10 mL，進行攪拌。於所述溶液中浸漬電極，利用高氯酸-乙酸標準液（0.1 mol/L）實施電位差滴定，按照 JIS K7236（2001），算出成分[A]及成分[B]的平均環氧當量。平均環氧當量如表 1、表 2、表 6、表 7 所示。再者，在本說明書中，表 1 是指表 1-1、表 1-2。對於表 2、表 6、表 7 亦同樣。

**【0118】** <環氧樹脂組成物的製備方法>

在捏合機中加入規定量的成分[C]芳香族胺化合物、成分[F]其他硬化劑、以及成分[I]硬化促進劑以外的成分，升溫至 60°C ~ 150°C，適宜混煉至各成分相溶。即，根據實施例、比較例中的各組成，升溫至各成分可相溶的溫度，結果在任一組成中，均可於 60°C ~ 150°C 的範圍的任一溫度下使各成分相溶。於降溫至 60°C 後，添加成分[C]或成分[F]及成分[I]，在 60°C 下混煉 30 分鐘，藉此獲得環氧樹脂組成物。環氧樹脂組成如表 1~表 8 所示。

**【0119】** <環氧樹脂硬化物的彎曲特性的評價方法>

將未硬化的樹脂組成物在真空中脫泡後，在藉由 2 mm 厚的「鐵氟龍（Teflon）（註冊商標）」製間隔物設定為厚度 2 mm 的模具中，根據硬化劑的種類，在 180°C 或 130°C 的溫度下硬化 2 小時，

獲得厚度 2 mm 的板狀樹脂硬化物。再者，對於使用實施例、比較例中未使用的硬化劑時的硬化溫度，利用示差掃描熱量分析測定，從比出現發熱峰值的溫度高的溫度中適宜選擇。從該樹脂硬化物切出寬 10 mm、長 60 mm 的試驗片，使用英斯特朗( INSTRON ) 萬能試驗機 ( 英斯特朗 ( INSTRON ) 公司製造 )，將跨距設為 32 mm，十字頭速度設為 10 mm/分鐘，按照 JIS K7171 ( 1994 ) 實施 3 點彎曲，測定彎曲彈性係數、彎曲應變及彎曲強度。此時，採用以樣品數  $n=6$  測定的值作為彎曲彈性係數、彎曲應變及彎曲強度的值。

**【0120】** < 環氧樹脂硬化物的玻璃轉移溫度與儲存彈性係數的評價方法 >

將未硬化的樹脂組成物在真空中脫泡後，在藉由 2 mm 厚的「鐵氟龍 ( Teflon ) ( 註冊商標 )」製間隔物設定為厚度 2 mm 的模具中，根據硬化劑的種類，在 180°C 或 130°C 的溫度下硬化 2 小時，獲得厚度 2 mm 的板狀樹脂硬化物。再者，對於使用實施例、比較例中未使用的硬化劑時的硬化溫度，利用示差掃描熱量分析測定，從比出現發熱峰值的溫度高的溫度中適宜選擇。從該樹脂硬化物中切出寬 12.7 mm、長 45 mm 的試驗片，使用動態黏彈性測定裝置 ( ARES W/FCO : TA 儀器 ( TA Instruments ) 公司製造 )，在固體扭轉夾具上設置試驗片，以升溫速度 5°C/min、頻率 1 Hz、應變量 0.08% 對 40°C ~ 260°C 的溫度範圍進行測定。此時，玻璃轉移溫度設為於所得的儲存彈性係數與溫度的圖表中在玻璃狀態引

出的切線與在玻璃轉移溫度區域引出的切線的交點的溫度。橡膠狀態的儲存彈性係數設為於所得的儲存彈性係數與溫度的圖表中高於玻璃轉移溫度 50°C 的溫度下的儲存彈性係數。

#### 【0121】 <預浸體的製作方法>

使用刮刀塗佈機將基於所述<環氧樹脂組成物的製備方法>而獲得的環氧樹脂組成物塗佈於脫模紙上來製作兩片規定的單位面積重量的樹脂膜。將樹脂膜的單位面積重量調整為 39 g/m<sup>2</sup>。其次，將所得的兩片樹脂膜從碳纖維的兩面重疊到沿一個方向排列成片狀的碳纖維「特萊克 (Torayca) (註冊商標)」T700S-12K-60E (東麗 (股) 製造，單位面積重量 150 g/m<sup>2</sup>) 上，在溫度 110°C、壓力 2 MPa 的條件下進行加壓加熱，使環氧樹脂組成物含浸，獲得單向預浸體。所得的預浸體的纖維質量含有率為 67%。

#### 【0122】 <複合特性的測定方法>

##### (1) CFRP 的 0°彎曲強度

使藉由所述<預浸體的製作方法>製作的單向預浸體的纖維方向一致，進行 13 層積層，在高壓釜中，在 180°C 或 130°C 的溫度下，於 0.6 MPa 的壓力下，以 1.7°C/分鐘的升溫速度成形 2 小時，製作厚度 2 mm 的單向材料的 CFRP。從該積層板切出寬 15 mm、長 100 mm，使用英斯特朗 (INSTRON) 萬能試驗機 (英斯特朗 (INSTRON) 公司製造)，按照 JIS K7017 (1988) 實施 3 點彎曲。於十字頭速度 5.0 mm/分鐘、跨距 80 mm、壓頭徑 10 mm、支點徑 4 mm 下進行測定，測定彎曲強度。該 0°彎曲強度是對 6 個試樣進

行測定，算出纖維質量含有率為 60 質量%的換算值，將其平均作為 0°彎曲強度而求出。

#### 【0123】 (2) CFRP 的 90°彎曲強度

利用與所述 (1) 同樣的方法製作單向材料的 CFRP。將所得的厚度 2 mm 的單向積層板切出寬 15 mm、長 60 mm，使用英斯特朗 (INSTRON) 萬能試驗機 (英斯特朗 (INSTRON) 公司製造)，按照 JIS K7017 (1988) 實施 3 點彎曲。於十字頭速度 1.0 mm/分鐘、跨距 40 mm、壓頭徑 10 mm、支點徑 4 mm 下進行測定，測定彎曲強度。該 90°彎曲強度是對 6 個試樣進行測定，算出纖維質量含有率為 60 質量%的換算值，將其平均作為 90°彎曲強度而求出。

#### 【0124】 (3) 層間韌性值 $G_{Ic}$ 的評價方法

使利用所述〈預浸體的製作方法〉製作的單向預浸體的纖維方向一致，進行 13 層積層，獲得兩對積層體。於所述積層體間自端部起 40 mm、沿著纖維方向夾持「東洋氟龍 (Toyoflon) (註冊商標)」E (東麗 (股) 製造)，在高壓釜中，在 180°C 或 130°C 的溫度下，於 0.6 MPa 的壓力下，以 1.7°C/分鐘的升溫速度成形 2 小時，製作厚度 3 mm 的單向材料的 CFRP。再者，對於使用實施例、比較例中未使用的硬化劑時的硬化溫度，利用示差掃描熱量分析測定，從比出現發熱峰值的溫度高的溫度中適宜選擇。從該積層板切出寬 20 mm、長 200 mm，於插入膜的端部以與纖維方向垂直的方式接著鋁塊，使用英斯特朗 (INSTRON) 萬能試驗機 (英斯特朗 (INSTRON) 公司製造)，按照 JIS K7086 (1993) 實施雙

片夾持試驗。於十字頭速度 1.0 mm/分鐘下進行測定，測定破壞韌性值。所述破壞韌性值是對 6 個試樣進行測定，將其平均值作為  $G_{1c}$  而求出。

**【0125】** (4) 層間韌性值  $G_{2c}$  的評價方法

利用與所述 (3)  $G_{1c}$  的評價方法中記載的方法相同的方法製作 CFRP。從該積層板切出寬 20 mm、長 400 mm，使用英斯特朗 (INSTRON) 萬能試驗機 (英斯特朗 (INSTRON) 公司製造)，按照 JIS K7086 (1993) 利用 3 點彎曲實施端面切口彎曲試驗。於十字頭速度 0.5 mm/分鐘、跨距 100 mm、壓頭徑 10 mm、支點徑 4 mm 下進行測定，測定破壞韌性值。所述破壞韌性值是對 6 個試樣進行測定，將其平均作為  $G_{2c}$  而求出。

**【0126】** (實施例 1)

使用作為環氧樹脂的「阿拉德 (Araldite) (註冊商標)」MY0500 10 質量份、「阿拉德 (Araldite) (註冊商標)」MY0600 45 質量份、「亞伯特 (Epotohito) (註冊商標)」YDF-2004 18 質量份、「斯密艾珀科希 (Sumiepoxy) (註冊商標)」ELM434 10 質量份、「愛匹克隆 (EPICLON) (註冊商標)」830 17 質量份、作為芳香族胺化合物的「塞卡固 (Seikacure)」S 41.5 質量份、作為熱塑性樹脂的「皮萊斯 (Pyrex) (註冊商標)」K 5.0 質量份，按照所述〈環氧樹脂組成物的製備方法〉製備環氧樹脂組成物。

**【0127】** 按照〈環氧樹脂的平均環氧當量的測定方法〉測定成分[A]及成分[B]的平均環氧當量，結果成分[A]為 117 g/eq，成分[B]

為 980 g/eq，式（1）所示的成分[B]的平均環氧當量/成分[A]的平均環氧當量為 8.4。

【0128】 關於所述環氧樹脂組成物，按照〈環氧樹脂硬化物的彎曲特性的評價方法〉，獲取在 180°C 下硬化的環氧樹脂硬化物的彎曲特性，結果彎曲彈性係數為 4.7 GPa，彎曲強度為 205 MPa，彎曲應變量為 6.9%。

【0129】 按照〈環氧樹脂硬化物的玻璃轉移溫度與儲存彈性係數的評價方法〉測定玻璃轉移溫度及橡膠狀態的儲存彈性係數，結果分別為 175°C、10.0 MPa。在式（2）所示的玻璃轉移溫度（X）與橡膠狀態的儲存彈性係數（Y）的關係（式（2）： $0.087X-6 \leq Y \leq 0.087X-4$ ）中，由於  $X=175^\circ\text{C}$ ，因此  $9.2 \leq Y \leq 11.2$ ，該環氧樹脂硬化物的橡膠狀態的儲存彈性係數滿足式（2）的範圍。

【0130】 按照〈環氧樹脂硬化物的玻璃轉移溫度與儲存彈性係數的評價方法〉測定橡膠狀態的儲存彈性係數，結果為 10.0 MPa，式（3）所示的全部環氧樹脂 100 質量份中的活性環氧基莫耳數（Ma）與橡膠狀態的儲存彈性係數（Y）的比率（Y/Ma）為 1489。

【0131】 由所得的環氧樹脂組成物，按照〈預浸體的製作方法〉，製作纖維質量含有率 67 質量%的預浸體，將所得的預浸體進行 13 層積層，在 180°C 下使其硬化，製作單向的纖維強化複合材料（CFRP）。

【0132】 測定 CFRP 的機械特性，結果 0°彎曲強度為 1810 MPa，

90°彎曲強度為 132 MPa 而良好。

【0133】 另外，評價 CFRP 的層間韌性的結果， $G_{1c}$  為 520 J/m<sup>2</sup>， $G_{2c}$  為 610 J/m<sup>2</sup>，顯示出良好的值。

【0134】 （實施例 2～實施例 15）

除了將樹脂組成分別變更為如表 1 及 2 所示以外，利用與實施例 1 相同的方法製作環氧樹脂組成物、預浸體、樹脂硬化物及 CFRP，獲取樹脂硬化物的彎曲特性、成分[B]的平均環氧當量/成分[A]的平均環氧當量（式（1））、玻璃轉移溫度與橡膠狀態的儲存彈性係數的關係（式（2））、 $1100 \leq Y/Ma \leq 2000$  的關係（式（3）），結果滿足式（1）～式（3）全部。

【0135】 對於各實施例的環氧樹脂組成物，評價彎曲特性與 CFRP 特性，結果在全部的水準下獲得良好的物性。

【0136】 （實施例 16～實施例 38）

將樹脂組成分別如表 3～表 5 所示般變更，利用與實施例 1 相同的方法製作環氧樹脂組成物、預浸體。按照所述〈環氧樹脂硬化物的彎曲特性的評價方法〉，在 130°C 下硬化而獲取環氧樹脂硬化物，按照所述〈複合特性的評價方法〉獲得 CFRP。

【0137】 對於各實施例的環氧樹脂組成物，評價彎曲特性與 CFRP 特性，結果在全部的水準下獲得良好的物性。

【0138】 （比較例 1）

對於表 6-1 所示的樹脂組成，利用與實施例 1 相同的方法製作環氧樹脂組成物、預浸體。

【0139】 式(1)的值为 20.1，按照〈環氧樹脂硬化物的彎曲特性的評價方法〉，獲取在 130°C 下硬化的環氧樹脂硬化物的彎曲特性，結果樹脂硬化物的彎曲彈性係數為 4.5 GPa，但彎曲強度低至 180 MPa。

【0140】 利用與實施例 1 相同的方法獲取玻璃轉移溫度與橡膠狀態的儲存彈性係數。對於該環氧樹脂硬化物，調查了式(2)的關係，結果不滿足式(2)，另外玻璃轉移溫度為 93°C，彎曲應變量低至 4.3%。另外，對於該環氧樹脂硬化物，調查了式(3)的關係，結果不滿足。

【0141】 由所得的環氧樹脂組成物，按照〈預浸體的製作方法〉，製作纖維質量含有率 67 質量%的預浸體，將所得的預浸體進行 13 層積層，在 130°C 下使其硬化，製作單向的纖維強化複合材料 (CFRP)。

【0142】 測定 CFRP 的機械特性，結果 0°彎曲強度為 1701 MPa，90°彎曲強度為 113 MPa，90°彎曲強度低。

【0143】 另外，評價 CFRP 的層間韌性，結果  $G_{1c}$  為 228 J/m<sup>2</sup>， $G_{2c}$  為 483 J/m<sup>2</sup>，不充分。

【0144】 (比較例 2~比較例 3)

對於表 6-1 所示的樹脂組成，利用與比較例 1 相同的方法製作環氧樹脂組成物、預浸體、樹脂硬化物及 CFRP，獲取樹脂硬化物的彎曲特性、式(2)、式(3)的關係及 CFRP 的特性。另外，各環氧樹脂組成物不含有成分[B]。各樹脂硬化物不滿足式(2)

及式(3)的關係，因此樹脂硬化物的彎曲彈性係數低，另外耐熱性亦不充分。另外，CFRP的彎曲特性與層間韌性值不充分。

**【0145】** (比較例 4)

對於表 6-2 所示的樹脂組成，利用與比較例 1 相同的方法製作環氧樹脂組成物、預浸體、樹脂硬化物及 CFRP，獲取樹脂硬化物的彎曲特性、式(2)、式(3)的關係及 CFRP 的特性。該環氧樹脂組成物不含有成分[B]。樹脂硬化物不滿足式(2)及式(3)的關係，玻璃轉移溫度為 170°C，但彎曲彈性係數低至 3.7 GPa，彎曲應變量低至 5.8%，彎曲強度低至 181 MPa。另外，CFRP 的 0°、90°彎曲強度及層間韌性值亦低。

**【0146】** (比較例 5)

對於表 6-2 所示的樹脂組成，利用與比較例 1 相同的方法製作環氧樹脂組成物、預浸體、樹脂硬化物及 CFRP，獲取樹脂硬化物的彎曲特性、式(2)、式(3)的關係及 CFRP 的特性。該環氧樹脂組成物不含有成分[B]，但含有 40 質量份在 25°C 下為液狀的雙酚 F。樹脂硬化物不滿足式(2)及式(3)的關係，彎曲彈性係數、彎曲應變量、彎曲強度不充分，另外，CFRP 的 90°彎曲強度亦低至 98 MPa，層間韌性值亦不充分。

**【0147】** (比較例 6)

對於表 6-2 所示的樹脂組成，利用與比較例 1 相同的方法製作環氧樹脂組成物、預浸體、樹脂硬化物及 CFRP，獲取樹脂硬化物的彎曲特性、式(2)、式(3)的關係及 CFRP 的特性。關於該

環氧樹脂組成物，成分[B]的平均環氧當量為 2273 g/eq，樹脂硬化物不滿足式(2)及式(3)的關係。樹脂硬化物的彎曲彈性係數為 4.5 GPa，但彎曲強度低至 180 MPa，因此 CFRP 的 90°彎曲強度為 89 MPa 而不充分。

【0148】 另外，評價 CFRP 的層間韌性的結果， $G_{1c}$  為 199 J/m<sup>2</sup>， $G_{2c}$  為 365 J/m<sup>2</sup>，不充分。

【0149】 (比較例 7)

對於表 7-1 所示的樹脂組成，利用與比較例 1 相同的方法製作環氧樹脂組成物、預浸體、樹脂硬化物及 CFRP，獲取樹脂硬化物的彎曲特性、式(2)、式(3)的關係及 CFRP 的特性。關於該環氧樹脂組成物，成分[B]的平均環氧當量為 4190 g/eq，樹脂硬化物不滿足式(2)及式(3)，因此彎曲應變量低，CFRP 的 0°、90°彎曲強度及層間韌性值不充分。

【0150】 (比較例 8)

對於表 7-1 所示的樹脂組成，利用與比較例 1 相同的方法製作環氧樹脂組成物、預浸體、樹脂硬化物及 CFRP，獲取樹脂硬化物的彎曲特性、式(2)、式(3)的關係及 CFRP 的特性。關於該環氧樹脂組成物，成分[B]的平均環氧當量為 480 g/eq，樹脂硬化物不滿足式(2)及式(3)，彎曲彈性係數不充分，CFRP 的 0°、90°彎曲強度及層間韌性值亦低。另外，耐熱性亦不足。

【0151】 (比較例 9)

對於表 7-1 所示的樹脂組成，利用與比較例 1 相同的方法製

作環氧樹脂組成物、預浸體、樹脂硬化物及 CFRP，獲取樹脂硬化物的彎曲特性、式(2)、式(3)的關係及 CFRP 的特性。該環氧樹脂組成物不含有成分[B]，但含有 40 質量份在 25°C 下為固體的雙酚 A 型環氧樹脂。樹脂硬化物不滿足式(2)及式(3)的關係，玻璃轉移溫度高至 180°C，但彎曲彈性係數低至 4.0 GPa。另外，CFRP 的 0°、90°彎曲強度及層間韌性值亦不充分。

**【0152】** (比較例 10)

對於表 7-2 所示的樹脂組成，利用與比較例 1 相同的方法製作環氧樹脂組成物、預浸體、樹脂硬化物及 CFRP，獲取樹脂硬化物的彎曲特性、式(2)、式(3)的關係及 CFRP 的特性。該環氧樹脂組成物不含有成分[B]，但含有 30 質量份在 25°C 下為固體的雙酚 A 型環氧樹脂。樹脂硬化物不滿足式(2)及式(3)，樹脂硬化物不滿足式(1)，彎曲彈性係數及彎曲強度低。另外，CFRP 的彎曲強度及層間韌性值亦不足。

**【0153】** (比較例 11)

對於表 7-2 所示的樹脂組成，利用與比較例 1 相同的方法製作環氧樹脂組成物、預浸體、樹脂硬化物及 CFRP，獲取樹脂硬化物的彎曲特性、式(2)、式(3)的關係及 CFRP 的特性。該環氧樹脂組成物不含有成分[A]，但含有 60 質量份作為四官能縮水甘油胺型環氧樹脂的 ELM434。樹脂硬化物不滿足式(1)及式(2)，玻璃轉移溫度高至 190°C，但彎曲彈性係數低至 4.0 GPa，彎曲強度低至 160 MPa。另外，CFRP 的彎曲強度及層間韌性值亦不足。

**【0154】**（比較例 12、比較例 13）

對於表 8 所示的樹脂組成，利用與實施例 16 相同的方法製作樹脂硬化物及 CFRP，評價彎曲特性。

**【0155】** 比較例 12 由於不含有成分[E]，因此彎曲彈性係數與應變不充分，彎曲強度亦不足。

**【0156】** 比較例 13 不含有成分[A]，彎曲彈性係數不足，結果彎曲強度亦不足。另外，CFRP 的 0°及 90°物性亦低。

**【0157】**（比較例 14）

對於表 8 所示的樹脂組成，利用與實施例 16 相同的方法製作樹脂硬化物及 CFRP，評價彎曲特性。關於該樹脂組成物，成分[A]與成分[E]的合計未滿 40 質量份，彎曲彈性係數與應變兩者均不足，因此彎曲強度不充分。另外，CFRP 的彎曲特性亦不足。

**【0158】**（比較例 15）

對於表 8 所示的樹脂組成，利用與實施例 16 相同的方法製作樹脂硬化物及 CFRP，評價彎曲特性。彎曲彈性係數與應變兩者均不足，因此彎曲強度不充分。另外，CFRP 的彎曲特性亦不足。

**【0159】**（比較例 16）

對於表 8 所示的樹脂組成，利用與實施例 16 相同的方法製作樹脂硬化物及 CFRP，評價彎曲特性。彎曲彈性係數與應變的平衡差，彎曲強度不充分。另外，CFRP 的彎曲特性亦不足。

【0160】 [表 1-1]

[表 1-1]

成分		實施例 1	實施例 2	實施例 3	實施例 4
成分[A]三官能的胺型環氧樹脂	「愛牢達 (Araldite)®」 MY0500	10			
	「愛牢達 (Araldite)®」 MY0600	45	55	60	65
成分[B]於 25°C 下為固體的雙酚 F 型環氧樹脂	「JER®」 4004P				
	「亞伯特 (Epothto)®」 YDF2004	18	18	22	22
成分[G]其他環氧樹脂	GAN			8	5
	「斯密艾珀科希 (Sumiepoxy)®」 ELM434	10			
	TG3DAS				
	「艾比克隆 (EPICLON)®」 830	17	27	10	8
成分[D]-2 異三聚氰酸型環氧樹脂	「特皮科 (TEPIC)®」 -S				
成分[C]芳香族胺化合物	塞卡固 (Seikacure) -S	41.5			
	3,3'-DAS		40	40.5	41
	「龍沙可 (Lonzacure)®」 M-MIPA				
成分[H]熱塑性樹脂	「皮萊斯 (Pyrex)®」 K	5	5	5	5
	「蘇米卡艾克賽爾 (Sumika Excel)®」 PES5003P				
成分[B]的平均環氧當量 (g/eq)		980	980	980	980
成分[A]的平均環氧當量 (g/eq)		117	118	118	118
式 (1) : 成分[B]的平均環氧當量/成分[A]的平均環氧當量 (Eb/Ea)		8.4	8.3	8.3	8.3
環氧樹脂的活性基莫耳數/成分[C]的活性基莫耳數 (Ma/Mc)		1.00	1.00	1.00	1.00
樹脂硬化物特性	玻璃轉移溫度 (°C) : X	175	175	170	172
	橡膠狀態的儲存彈性係數 (MPa) : Y	10.0	10.5	10.0	10.1
	式 (2) : $0.087X - 6 \leq Y \leq 0.087X - 4$	$9.2 \leq Y \leq 11.2$	$9.2 \leq Y \leq 11.2$	$8.8 \leq Y \leq 10.8$	$9.0 \leq Y \leq 11.0$
	式 (3) : 橡膠狀態的儲存彈性係數/環氧樹脂的活性基莫耳數 (Y/Ma)	1489	1627	1529	1529
	彎曲彈性係數 (GPa)	4.7	4.9	5.0	5.2
	彎曲強度 (MPa)	205	215	225	230
	彎曲應變 (%)	6.9	7.0	7.1	7.2
複合特性	0°彎曲強度 (MPa)	1810	1871	1860	1920

	90°彎曲強度 (MPa)	132	162	153	157
	G <sub>1C</sub> (J/m <sup>2</sup> )	520	547	550	523
	G <sub>2C</sub> (J/m <sup>2</sup> )	610	672	730	670

## 【0161】 [表 1-2]

[表 1-2]

	成分	實施例 5	實施例 6	實施例 7	實施例 8	
成分[A]三官能的胺型環氧樹脂	「愛牢達 (Araldite)®」 MY0500	胺基苯酚型環氧樹脂	15	15	15	15
	「愛牢達 (Araldite)®」 MY0600		30	30	30	30
成分[B]於 25°C 下為固體的雙酚 F 型環氧樹脂	「jER®」 4004P	雙酚 F 型環氧樹脂			18	
	「亞伯特 (Epotolto)®」 YDF2004		18	18		18
成分[G]其他環氧樹脂	GAN	二官能縮水甘油胺型環氧樹脂			7	
	「斯密艾珀科希 (Sumiepoxy)®」 ELM434	四官能縮水甘油胺型環氧樹脂				
	TG3DAS		10	10	10	10
	「艾比克隆 (EPICLON)®」 830	雙酚 F 型環氧樹脂	22	22	20	22
成分[D]-2 異三聚氰酸型環氧樹脂	「特皮科 (TEPIC)®」 -S	異三聚氰酸型環氧樹脂	5	5		5
成分[C]芳香族胺化合物	塞卡固 (Seikacure) -S	4,4'-二胺基二苯基砒				
	3,3'-DAS	3,3'-二胺基二苯基砒				
	「龍沙可 (Lonzacure)®」 M-MIPA	4,4'-亞甲基-雙(2-異丙基-6-甲基苯胺)	55	48	51	27.5
成分[H]熱塑性樹脂	「皮萊斯 (Pyrex)®」 K	聚乙烯縮甲醛				
	「蘇米卡艾克賽爾 (Sumika Excel)®」 PES5003P	聚醚砒	4	4	4	4
成分[B]的平均環氧當量 (g/eq)			980	980	850	980

成分[A]的平均環氧當量 (g/eq)		116	116	116	116
式(1)：成分[B]的平均環氧當量/成分[A]的平均環氧當量 (Eb/Ea)		8.4	8.4	7.3	8.4
環氧樹脂的活性基莫耳數/成分[C]的活性氫莫耳數 (Ma/Mc)		0.93	1.07	1.00	1.07
樹脂硬化物特性	玻璃轉移溫度 (°C) : X	157	150	169	150
	橡膠狀態的儲存彈性係數 (MPa) : Y	8.0	7.4	9.4	7.3
	式(2) : $0.087X-6 \leq Y \leq 0.087X-4$	$7.7 \leq Y \leq 9.7$	$7.1 \leq Y \leq 9.1$	$8.7 \leq Y \leq 10.7$	$7.1 \leq Y \leq 9.1$
	式(3)：橡膠狀態的儲存彈性係數/環氧樹脂的活性基莫耳數 (Y/Ma)	1213	1122	1432	1107
	彎曲彈性係數 (GPa)	4.4	4.5	4.5	4.5
	彎曲強度 (MPa)	196	193	205	195
	彎曲應變 (%)	6.1	6.0	6.7	6.1
複合特性	0°彎曲強度 (MPa)	1750	1727	1781	1790
	90°彎曲強度 (MPa)	131	133	130	127
	G <sub>1c</sub> (J/m <sup>2</sup> )	512	497	510	495
	G <sub>2c</sub> (J/m <sup>2</sup> )	597	581	607	590

## 【0162】 [表 2-1]

[表 2-1]

成分		實施例 9	實施例 10	實施例 11	實施例 12
成分[A]三官能的胺型環氧樹脂	「愛牢達 (Araldite)®」 MY0500	胺基苯酚型環氧樹脂	15	15	15
	「愛牢達 (Araldite)®」 MY0600		30	30	30
成分[B]於 25°C 下為固體的雙酚 F 型環氧樹脂	「jER®」 4004P	雙酚 F 型環氧樹脂	18	18	18
	「亞伯特 (Epotoho)®」 YDF2004				18

成分[G]其他環氧樹脂	GAN	二官能縮水甘油胺型環氧樹脂	7	7	7	
	TG3DAS	四官能縮水甘油胺型環氧樹脂	10	10	10	10
	「艾比克隆 (EPICLON)®」830	雙酚 F 型環氧樹脂	20	20	20	22
成分[D]-2 異三聚氰酸型環氧樹脂	「特皮科 (TEPIC)®」-S	異三聚氰酸型環氧樹脂				5
成分[C]芳香族胺化合物	塞卡固 (Seikacure) -S	4,4'-二胺基二苯基砒		37.0	45.0	41.0
	3,3'-DAS	3,3'-二胺基二苯基砒				
	「jER®」CureW	二乙基甲苯二胺	29.2			
成分[H]熱塑性樹脂	「皮萊斯 (Pyrex)®」K	聚乙烯縮甲醛				
	「蘇米卡艾克賽爾 (Sumika Excel)®」PES5003P	聚醚砒	4	4	4	4
成分[B]的平均環氧當量 (g/eq)			850	850	850	980
成分[A]的平均環氧當量 (g/eq)			116	116	116	116
式 (1) : 成分[B]的平均環氧當量/成分[A]的平均環氧當量 (Eb/Ea)			7.3	7.3	7.3	8.4
環氧樹脂的活性基莫耳數/成分[C]的活性氫莫耳數 (Ma/Mc)			1.00	1.10	0.90	1.00
樹脂硬化物特性	玻璃轉移溫度 (°C) : X		157	155	167	175
	橡膠狀態的儲存彈性係數 (MPa) : Y		9.0	7.6	8.7	10.5
	式 (2) : $0.087X-6 \leq Y \leq 0.087X-4$		$7.7 \leq Y \leq 9.7$	$7.5 \leq Y \leq 9.5$	$8.5 \leq Y \leq 10.5$	$9.2 \leq Y \leq 11.2$
	式 (3) : 橡膠狀態的儲存彈性係數/環氧樹脂的活性基莫耳數 (Y/Ma)		1371	1158	1326	1593
	彎曲彈性係數 (GPa)		4.5	4.7	4.4	4.5
	彎曲強度 (MPa)		200	198	195	208
	彎曲應變 (%)		6.4	6.0	6.1	6.9
複合特性	0°彎曲強度 (MPa)		1775	1801	1760	1780
	90°彎曲強度 (MPa)		131	135	125	139
	G <sub>IC</sub> (J/m <sup>2</sup> )		513	520	510	541

	G <sub>2c</sub> (J/m <sup>2</sup> )	618	640	622	630
--	-------------------------------------	-----	-----	-----	-----

## 【0163】 [表 2-2]

[表 2-2]

	成分		實施例 13	實施例 14	實施例 15
成分[A]三官能的胺型環氧樹脂	「愛牢達 (Araldite)®」 MY0500	胺基苯酚型環氧樹脂	80	40	20
	「愛牢達 (Araldite)®」 MY0600				
成分[B]於 25°C 下為固體的雙酚 F 型環氧樹脂	「jER®」 4004P	雙酚 F 型環氧樹脂	10	40	25
	「亞伯特 (Epotohoto)®」 YDF2004				
成分[G]其他環氧樹脂	GAN	二官能縮水甘油胺型環氧樹脂		20	5
	TG3DAS	四官能縮水甘油胺型環氧樹脂			
	「艾比克隆 (EPICLON)®」 830	雙酚 F 型環氧樹脂	10		20
成分[D]-2 異三聚氰酸型環氧樹脂	「特皮科 (TEPIC)®」 -S	異三聚氰酸型環氧樹脂			25
成分[C]芳香族胺化合物	塞卡固 (Seikacure) -S	4,4'-二胺基二苯基砒		31.0	
	3,3'-DAS	3,3'-二胺基二苯基砒	46.5		37
	「jER®」 CureW	二乙基甲苯二胺			
成分[H]熱塑性樹脂	「皮萊斯 (Pyrex)®」 K	聚乙烯縮甲醛		5	5
	「蘇米卡艾克賽爾 (Sumika Excel)®」 PES5003P	聚醚砒	4		
成分[B]的平均環氧當量 (g/eq)			980	850	850
成分[A]的平均環氧當量 (g/eq)			118	118	118
式 (1) : 成分[B]的平均環氧當量/成分[A]的平均環氧當量 (Eb/Ea)			8.3	7.2	7.2

環氧樹脂的活性基莫耳數/成分[C]的活性氫莫耳數 (Ma/Mc)		1.00	1.09	1.01
樹脂硬化物特性	玻璃轉移溫度 (°C) : X	173	140	185
	橡膠狀態的儲存彈性係數 (MPa) : Y	9.2	6.3	11.9
	式 (2) : $0.087X-6 \leq Y \leq 0.087X-4$	$9.1 \leq Y \leq 11.1$	$6.2 \leq Y \leq 8.2$	$10.1 \leq Y \leq 12.1$
	式 (3) : 橡膠狀態的儲存彈性係數/環氧樹脂的活性基莫耳數 (Y/Ma)	1230	1156	1966
	彎曲彈性係數 (GPa)	5.1	4.5	4.5
	彎曲強度 (MPa)	200	194	194
	彎曲應變 (%)	6.0	6.0	6.1
複合特性	0°彎曲強度 (MPa)	1900	1760	1782
	90°彎曲強度 (MPa)	135	133	127
	G <sub>1c</sub> (J/m <sup>2</sup> )	510	528	529
	G <sub>2c</sub> (J/m <sup>2</sup> )	642	600	613

## 【0164】 [表 3]

[表 3]

成分	成分	實施例 16	實施例 17	實施例 18	實施例 19	實施例 20	實施例 21	實施例 22	實施例 23	
										成分[A]三官能的胺型環氧樹脂
成分[E]山梨糖醇型環氧樹脂	「代那考爾 (Denacol)®」 EX-614B	山梨糖醇型環氧 樹脂	30	70	50	50		40	50	
成分[B]於 25°C 下為固體的雙酚 F 型	「亞伯特 (Epotoh)®」 YDF2001	雙酚 F 型環氧樹	10	10	10	10	35	35	50	50
						15	15			

環氧樹脂	「jER®」4007P	脂					10	10		
成分[G]其他環氧樹脂	「jER®」828	雙酚 A 型環氧樹脂			20					
	「艾比克隆 (EPICLON)®」830	雙酚 F 型環氧樹脂	60	20	20	20				
	「jER®」154	苯酚酚醛清漆型環氧樹脂				20				
成分[F]雙氰胺或其衍生物	戴西 (DICY) 7	雙氰胺	8.3	10.1	9.0	9.1	7.2	7.4	9.1	8.9
成分[H]硬化促進劑	DCMU99	二氯二甲基脲	5.4	6.5	6.0	5.9	4.7	4.8	6.0	5.8
成分[A]與成分[E]的合計			40	80	60	60	75	75	100	100
樹脂硬化物特性	彎曲彈性係數 (GPa)		4.3	4.9	4.4	4.5	4.4	4.4	5	4.6
	彎曲強度 (MPa)		190	194	195	195	194	196	205	199
	彎曲應變 (%)		6.9	5.0	6.3	6.2	6.7	6.7	6.6	6.7
	玻璃轉移溫度 (°C)		125	153	150	154	131	117	126	136
複合特性	0°彎曲強度 (MPa)		1751	1863	1760	1770	1770	1765	1880	1800
	90°彎曲強度 (MPa)		137	130	133	137	140	141	148	140

## 【0165】 [表 4]

[表 4]

	成分		實施例	實施例	實施例	實施例	實施例	實施例	實施例	實施例
			24	25	26	27	28	29	30	31
成分[A]三官能的胺型環氧樹脂	「愛牢達 (Araldite)®」MY0600	胺基苯酚型環氧樹脂	50	70	50	50	50	70	80	70
成分[E]山梨糖醇型環氧樹脂	「代那考爾 (Denacol)®」EX-614B	山梨糖醇型環氧樹脂	25	20	40	40	40	10	10	20

成分[D]-1 萘型環氧樹脂	「艾比克隆 (EPICLON)®」 HP-4032D	萘型環氧樹脂						20		10
成分[D]-2 異三聚氰酸型環氧樹脂	「特皮科 (TEPIC)®」-S	異三聚氰酸型環氧樹脂							10	
成分[B]於 25°C 下為固體的雙酚 F 型環氧樹脂	「亞伯特 (Epohto)®」YDF2001	雙酚 F 型環氧樹脂				10				
成分[G]其他環氧樹脂	「艾比克隆 (EPICLON)®」830	雙酚 F 型環氧樹脂	25	10	10					
	「JER®」154	苯酚酚醛清漆型環氧樹脂					10			
成分[F]雙氰胺或其衍生物	戴西 (DICY) 7	雙氰胺	9.1	10.0	9.1	8.7	9.1	10.3	11.0	10.2
成分[I]硬化促進劑	DCMU99	二氯二甲基脲	6.0	6.5	6.0	5.7	5.9	6.7	7.1	6.6
成分[A]與成分[E]的合計			75	90	90	90	90	80	90	90
樹脂硬化物特性	彎曲彈性係數 (GPa)		4.8	5.0	4.9	4.9	4.9	5.0	5.4	5.1
	彎曲強度 (MPa)		203	203	201	205	199	192	194	210
	彎曲應變 (%)		6.3	5.7	5.9	6.0	6.0	5.4	5.0	6.0
	玻璃轉移溫度 (°C)		124	147	129	124	133	162	175	155
複合特性	0°彎曲強度 (MPa)		1862	1900	1887	1890	1880	1910	2050	1910
	90°彎曲強度 (MPa)		142	143	140	141	137	135	140	147

## 【0166】 [表 5]

[表 5]

	成分	實施例 32	實施例 33	實施例 34	實施例 35	實施例 36	實施例 37	實施例 38
--	----	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

成分[A]三官能的胺型環氧樹脂	「愛牢達 (Araldite)®」 MY0500	胺基苯酚型環氧樹脂				50			
	「愛牢達 (Araldite)®」 MY0600		50	60	50		50	50	60
成分[E]山梨糖醇型環氧樹脂	「代那考爾 (Denacol)®」 EX-614B	山梨糖醇型環氧樹脂	25	20	40	25	25	25	40
成分[D]-1 萘型環氧樹脂	「艾比克隆 (EPICLON)®」 HP-4032D	萘型環氧樹脂	25		10	25	25	25	
成分[D]-2 異三聚氰酸型環氧樹脂	「特皮科 (TEPIC)®」 -S	異三聚氰酸型環氧樹脂		20					
成分[F]雙氰胺或其衍生物	戴西 (DICY) 7	雙氰胺	9.5	10.6	9.3	9.3	9.5	9.5	9.5
成分[H]熱塑性樹脂	「蘇米卡艾克賽爾 (Sumika Excel)®」 PES2603P	聚醚砜						20	20
	「皮萊斯 (Pyrex)®」 K	聚乙烯縮甲醛					10		
成分[I]硬化促進劑	DCMU99	二氯二甲基脛	6.2	6.9	6.1	6.1	6.2	6.2	6.2
成分[A]與成分[E]的合計			75	80	90	75	75	75	100
樹脂硬化物特性	彎曲彈性係數 (GPa)		4.9	5.4	4.9	4.7	4.3	4.8	5.0
	彎曲強度 (MPa)		225	208	222	213	195	203	195
	彎曲應變 (%)		6.5	5.0	6.4	6.5	6.0	6.6	6.0
	玻璃轉移溫度 (°C)		145	171	136	153	141	144	136
複合特性	0°彎曲強度 (MPa)		1880	1910	1893	1850	1790	1870	1904
	90°彎曲強度 (MPa)		143	140	137	135	141	158	151

【0167】 [表 6-1]

[表 6-1]

	成分		比較例 1	比較例 2	比較例 3
成分[A]三官能的胺型環氧樹脂	「愛牢達 (Araldite)®」 MY0500	胺基苯酚型環氧樹脂	50		
	「愛牢達 (Araldite)®」 MY0600			15	
成分[B]於 25°C 下為固體的雙酚 F 型環氧樹脂	「jER®」 4007P	雙酚 F 型環氧樹脂	30		
成分[G]其他環氧樹脂	「jER®」 828	雙酚 A 型環氧樹脂		10	46

	「JER®」1001				45
	「艾比克隆 (EPICLON)®」830	雙酚 F 型環氧樹脂	20	10	
	NER-7604	多官能雙酚型環氧樹脂		25	
	EHPE3150	脂環式環氧樹脂		25	
	AER4152	噁唑啉酮環型環氧樹脂		15	9
成分[C]芳香族胺化合物	塞卡固 (Seikacure) -S	4,4'-二胺基二苯基砒			
	3,3'-DAS	3,3'-二胺基二苯基砒			
成分[H]熱塑性樹脂	「皮萊斯 (Pyrex)®」K	聚乙烯縮甲醛	2		1
	「皮萊斯 (Pyrex)®」E	聚乙烯縮甲醛		3	
	「未安塔積 (Virantage)®」VW-10700RFP	聚醚砒			
成分[F]雙氰胺或其衍生物	戴西 (DICY) 7	雙氰胺	6.2	10	5
成分[I]硬化促進劑	DCMU99	二氯二甲基脲	2	7	1.5
成分[B]的平均環氧當量 (g/eq)			2273	0	0
成分[A]的平均環氧當量 (g/eq)			113	118	0
式(1)：成分[B]的平均環氧當量/成分[A]的平均環氧當量 (Eb/Ea)			20.1	0.0	0.0
環氧樹脂的活性基莫耳數/成分[C]的活性氫莫耳數 (Ma/Mc)			1.11	0.58	0.86
樹脂硬化物特性	玻璃轉移溫度 (°C) : X		93	140	128
	橡膠狀態的儲存彈性係數 (MPa) : Y		5.9	4.9	9.0
	式(2)：0.087X-6 ≤ Y ≤ 0.087X-4		2.1 ≤ Y ≤ 4.1	6.2 ≤ Y ≤ 8.2	5.1 ≤ Y ≤ 7.1
	式(3)：橡膠狀態的儲存彈性係數/環氧樹脂的活性基莫耳數 (Y/Ma)		1027	1007	2502
	彎曲彈性係數 (GPa)		4.5	4.1	3.0
	彎曲強度 (MPa)		180	180	131
	彎曲應變 (%)		4.3	7.4	7.0
複合特性	0°彎曲強度 (MPa)		1701	1615	1420
	90°彎曲強度 (MPa)		113	101	112

	G <sub>1c</sub> (J/m <sup>2</sup> )	228	270	227
	G <sub>2c</sub> (J/m <sup>2</sup> )	483	428	354

## 【0168】 [表 6-2]

[表 6-2]

	成分		比較例 4	比較例 5	比較例 6
成分[A]三官能的胺型環氧樹脂	「愛牢達 (Araldite)®」 MY0500	胺基苯酚型環氧樹脂	100	60	50
	「愛牢達 (Araldite)®」 MY0600				
成分[B]於 25°C 下為固體的雙酚 F 型環氧樹脂	「jER®」 4007P	雙酚 F 型環氧樹脂			30
成分[G]其他環氧樹脂	「jER®」 828	雙酚 A 型環氧樹脂			
	「jER®」 1001				
	「艾比克隆 (EPICLON)®」 830	雙酚 F 型環氧樹脂		40	20
	NER-7604	多官能雙酚型環氧樹脂			
	EHPE3150	脂環式環氧樹脂			
	AER4152	噁唑啉酮環型環氧樹脂			
成分[C]芳香族胺化合物	塞卡固 (Seikacure) -S	4,4'-二胺基二苯基砒		88	
	3,3'-DAS	3,3'-二胺基二苯基砒	54.5		34.5
成分[H]熱塑性樹脂	「皮萊斯 (Pyrex)®」 K	聚乙烯縮甲醛			4
	「皮萊斯 (Pyrex)®」 E	聚乙烯縮甲醛			
	「未安塔積 (Virantage)®」 VW-10700RFP	聚醚砒		19	
成分[F]雙氰胺或其衍生物	戴西 (DICY) 7	雙氰胺			
成分[I]硬化促進劑	DCMU99	二氯二甲基脲			
成分[B]的平均環氧當量 (g/eq)			0	0	2273

成分[A]的平均環氧當量 (g/eq)		118	118	118
式(1)：成分[B]的平均環氧當量/成分[A]的平均環氧當量 (Eb/Ea)		0.0	0.0	19.3
環氧樹脂的活性基莫耳數/成分[C]的活性基莫耳數 (Ma/Mc)		0.96	0.53	1.00
樹脂硬化物特性	玻璃轉移溫度 (°C) : X	170	182	158
	橡膠狀態的儲存彈性係數 (MPa) : Y	8.0	7.1	5.5
	式(2) : $0.087X-6 \leq Y \leq 0.087X-4$	$8.8 \leq Y \leq 10.8$	$9.8 \leq Y \leq 11.8$	$7.7 \leq Y \leq 9.7$
	式(3) : 橡膠狀態的儲存彈性係數/環氧樹脂的活性基莫耳數 (Y/Ma)	944	951	989
	彎曲彈性係數 (GPa)	3.7	4.3	4.5
	彎曲強度 (MPa)	181	181	180
	彎曲應變 (%)	5.8	5.8	5.0
複合特性	0°彎曲強度 (MPa)	1510	1675	1667
	90°彎曲強度 (MPa)	107	98	89
	G <sub>1c</sub> (J/m <sup>2</sup> )	242	218	199
	G <sub>2c</sub> (J/m <sup>2</sup> )	421	312	365

## 【0169】 [表 7-1]

[表 7-1]

成分		比較例 7	比較例 8	比較例 9
成分[A]三官能的胺型環氧樹脂	「愛牢達 (Araldite)®」 MY0500	50	50	10
	「愛牢達 (Araldite)®」 MY0600			50
成分[B]於 25°C 下為固體的雙酚 F 型環氧樹脂	「亞伯特 (Epotohto)®」 YDF2001	30	30	
	「亞伯特 (Epotohto)®」 YDF2004			
	「jER®」 4010P			

成分[G]其他環氧樹脂	「斯密艾珀科希 (Sumiepoxy)®」 ELM434	四官能縮水甘油胺型環氧樹脂			
	「jER®」 1001	雙酚 A 型環氧樹脂			
	「jER®」 1004				40
	「艾比克隆 (EPICLON)®」 830	雙酚 F 型環氧樹脂	20	20	
成分[C]芳香族胺化合物	塞卡固 (Seikacure) -S	4,4'-二胺基二苯基砒			34.5
	3,3'-DAS	3,3'-二胺基二苯基砒	34	37.4	
成分[H]熱塑性樹脂	「皮萊斯 (Pyrex)®」 K	聚乙烯縮甲醛	2	1	4
	「蘇米卡艾克賽爾 (Sumika Excel)®」 PES5003P	聚醚砒			
成分[B]的平均環氧當量 (g/eq)			4190	480	0
成分[A]的平均環氧當量 (g/eq)			118	118	117
式(1)：成分[B]的平均環氧當量/成分[A]的平均環氧當量 (Eb/Ea)			35.5	4.1	0.0
環氧樹脂的活性基莫耳數/成分[C]的活性氫莫耳數 (Ma/Mc)			1.00	1.00	1.00
樹脂硬化物特性	玻璃轉移溫度 (°C) : X		160	143	180
	橡膠狀態的儲存彈性係數 (MPa) : Y		5.9	5.7	14.3
	式(2)：0.087X-6 ≤ Y ≤ 0.087X-4		7.9 ≤ Y ≤ 9.9	6.4 ≤ Y ≤ 8.4	9.7 ≤ Y ≤ 11.7
	式(3)：橡膠狀態的儲存彈性係數/環氧樹脂的活性基莫耳數 (Y/Ma)		1073	942	2574
	彎曲彈性係數 (GPa)		4.4	4.3	4.0
	彎曲強度 (MPa)		175	180	170
	彎曲應變 (%)		4.7	5.1	4.7
複合特性	0°彎曲強度 (MPa)		1670	1665	1550
	90°彎曲強度 (MPa)		90	97	89
	G <sub>1c</sub> (J/m <sup>2</sup> )		230	220	240
	G <sub>2c</sub> (J/m <sup>2</sup> )		460	476	466

## 【0170】 [表 7-2]

[表 7-2]

	成分		比較例 10	比較例 11
成分[A]三官能的胺型環氧樹脂	「愛牢達 (Araldite)®」 MY0500	胺基苯酚型環氧樹脂	10	
	「愛牢達 (Araldite)®」 MY0600		50	
成分[B]於 25°C 下為固體的雙酚 F 型環氧樹脂	「亞伯特 (Epotohito)®」 YDF2001	雙酚 F 型環氧樹脂		
	「亞伯特 (Epotohito)®」 YDF2004			30
	「jER®」 4010P			
成分[G]其他環氧樹脂	「斯密艾珀科希 (Sumiepoxy)®」 ELM434	四官能縮水甘油胺型環氧樹脂		60
	「jER®」 1001	雙酚 A 型環氧樹脂	30	
	「jER®」 1004			
	「艾比克隆 (EPICLON)®」 830	雙酚 F 型環氧樹脂	10	10
成分[C]芳香族胺化合物	塞卡固 (Seikacure) -S	4,4'-二胺基二苯基砒		38
	3,3'-DAS	3,3'-二胺基二苯基砒	40	
成分[H]熱塑性樹脂	「皮萊斯 (Pyrex)®」 K	聚乙烯縮甲醛	5	
	「蘇米卡艾克賽爾 (Sumika Excel)®」 PES5003P	聚醚砒		8
成分[B]的平均環氧當量 (g/eq)			0	0
成分[A]的平均環氧當量 (g/eq)			117	0
式 (1) : 成分[B]的平均環氧當量/成分[A]的平均環氧當量 (Eb/Ea)			0.0	0.0
環氧樹脂的活性基莫耳數/成分[C]的活性氫莫耳數 (Ma/Mc)			0.98	0.95
樹脂硬化物特性	玻璃轉移溫度 (°C) : X		175	190
	橡膠狀態的儲存彈性係數 (MPa) : Y		15.3	15.6

	式(2) : $0.087X-6 \leq Y \leq 0.087X-4$	$9.2 \leq Y \leq 11.2$	$10.5 \leq Y \leq 12.5$
	式(3) : 橡膠狀態的儲存彈性係數/環氧樹脂的活性基莫耳數 (Y/Ma)	2411	2681
	彎曲彈性係數 (GPa)	4.2	4.0
	彎曲強度 (MPa)	170	160
	彎曲應變 (%)	4.9	4.2
複合特性	0°彎曲強度 (MPa)	1590	1531
	90°彎曲強度 (MPa)	88	85
	G <sub>1c</sub> (J/m <sup>2</sup> )	235	240
	G <sub>2c</sub> (J/m <sup>2</sup> )	455	460

## 【0171】 [表 8]

[表 8]

	成分		比較例 12	比較例 13	比較例 14	比較例 15	比較例 16
成分[A]三官能的胺型環氧樹脂	「愛牢達 (Araldite)®」MY0500	胺基苯酚型環氧樹脂					50
	「愛牢達 (Araldite)®」MY0600		40		20		
成分[E]山梨糖醇型環氧樹脂	「代那考爾 (Denacol)®」 EX-614B	山梨糖醇型環氧樹脂		40	15		
成分[B]於 25°C 下為固體的雙酚 F 型環氧樹脂	「jER®」4007P	雙酚 F 型環氧樹脂					30
成分[G]其他環氧樹脂	「jER®」828	雙酚 A 型環氧樹脂				10	
	「jER®」1002					12	
	「艾比克隆 (EPICLON)®」830	雙酚 F 型環氧樹脂	60	60	65		20

	「jER®」 807					16	
	NER-7604	多官能雙酚型環氧樹脂					
	EHPE3150	脂環式環氧樹脂					
	AER4152	噁唑啉酮環型環氧樹脂				45	
	GOT	N,N-二縮水甘油基-鄰甲苯胺				3	
成分[F]雙氰胺或其衍生物	戴西 (DICY) 7	雙氰胺	8.7	7.0	7.8	5.0	6.3
成分[H]熱塑性樹脂	「皮萊斯 (Pyrex)®」 E	聚乙烯縮甲醛					
	YP-70	雙酚 A/雙酚 F 共聚型苯氧基樹脂				4	
成分[I]硬化促進劑	DCMU99	二氯二甲基脲	5.8	4.5	5.1	3.0	2.0
成分[A]與成分[E]的合計			40	40	35	-	50
樹脂硬化物特性	彎曲彈性係數 (GPa)		4.2	3.8	4.0	3.4	4.5
	彎曲強度 (MPa)		170	163	170	161	178
	彎曲應變 (%)		5.4	6.6	6.2	7.0	4.5
	玻璃轉移溫度 (°C)		133	95	115	141	133
複合特性	0°彎曲強度 (MPa)		1613	1589	1593	1670	1820
	90°彎曲強度 (MPa)		91	100	94	102	85

【0172】 再者，表中的各成分的單位為質量份。

[產業上之可利用性]

【0173】 本發明的環氧樹脂組成物是可以高水準使高彈性係數與彎曲應變併存，且可提供耐熱性優異的樹脂硬化物，因此使用該環氧樹脂組成物的纖維強化複合材料具有優異的 0°彎曲強度與 90°彎曲強度。藉此，由於可實現纖維強化複合材料的輕量化，因此可期待結構設計的自由度提高，應用於各種結構體的可能性擴大。



202000786

**【發明摘要】****【中文發明名稱】** 環氧樹脂組成物、預浸體及纖維強化複合材料**【中文】**

本發明的目的在於提供一種環氧樹脂組成物及包含該環氧樹脂組成物與強化纖維的預浸體、以及使該預浸體硬化而成的 0°及 90°彎曲強度尤其優異的纖維強化複合材料，所述環氧樹脂組成物以高水準使彎曲彈性係數與彎曲應變併存，且可獲得耐熱性優異的樹脂硬化物。用以達成所述目的的本發明的環氧樹脂組成物的一態樣為一種環氧樹脂組成物，包含以下的成分[A]、成分[B]、成分[C]，滿足特定的條件。

成分[A]：三官能的胺型環氧樹脂

成分[B]：於 25°C 下為固體的雙酚 F 型環氧樹脂

成分[C]：芳香族胺化合物

**【指定代表圖】** 無。**【代表圖之符號簡單說明】**

無

**【特徵化學式】**

無

**【發明申請專利範圍】**

【第 1 項】一種環氧樹脂組成物，包含以下的成分[A]、成分[B]、成分[C]，滿足下述條件 1、條件 2、條件 3 全部；

成分[A]：三官能的胺型環氧樹脂

成分[B]：於 25°C 下為固體的雙酚 F 型環氧樹脂

成分[C]：芳香族胺化合物

條件 1：使環氧樹脂組成物於 180°C 下反應 120 分鐘而獲得的樹脂硬化物的彎曲彈性係數為 4.4 GPa 以上

條件 2：使環氧樹脂組成物於 180°C 下反應 120 分鐘而獲得的樹脂硬化物的彎曲強度為 190 MPa 以上

條件 3：成分[A]的平均環氧當量  $E_a$  與成分[B]的平均環氧當量  $E_b$  滿足下式 (1)

$$6 \leq E_b/E_a \leq 10 \dots (1)。$$

【第 2 項】一種環氧樹脂組成物，包含以下的成分[A]、成分[B]、成分[C]，滿足下述條件 4、條件 5、條件 6 全部；

成分[A]：三官能的胺型環氧樹脂

成分[B]：於 25°C 下為固體的雙酚 F 型環氧樹脂

成分[C]：芳香族胺化合物

條件 4：使環氧樹脂組成物於 180°C 下反應 120 分鐘而獲得的樹脂硬化物的彎曲應變量為 6%以上

條件 5：成分[B]的平均環氧當量為 600 g/eq～1000 g/eq

條件 6：使環氧樹脂組成物於 180°C 下反應 120 分鐘而獲得的樹脂硬化物的藉由動態黏彈性測定而獲得的玻璃轉移溫度 X °C、與橡膠狀態的儲存彈性係數 Y MPa 滿足下式 (2)

$$0.087X-6 \leq Y \leq 0.087X-4 \dots (2)。$$

【第 3 項】一種環氧樹脂組成物，包含以下的成分[A]、成分[B]、成分[C]，滿足下述條件 5 及條件 7；

成分[A]：三官能的胺型環氧樹脂

成分[B]：於 25°C 下為固體的雙酚 F 型環氧樹脂

成分[C]：芳香族胺化合物

條件 5：成分[B]的平均環氧當量為 600 g/eq～1000 g/eq

條件 7：使環氧樹脂組成物於 180°C 下反應 120 分鐘而獲得的樹脂硬化物的藉由動態黏彈性測定而獲得的橡膠狀態的儲存彈性係數 Y MPa、與全部環氧樹脂 100 質量份的活性基莫耳數 Ma 滿足下式 (3)

$$1100 \leq Y/Ma \leq 2000 \dots (3)。$$

【第 4 項】如申請專利範圍第 1 項所述的環氧樹脂組成物，滿足下述條件 4、條件 5、條件 6 全部；

條件 4:使環氧樹脂組成物於 180°C 下反應 120 分鐘而獲得的樹脂硬化物的彎曲應變量為 6%以上

條件 5:成分[B]的平均環氧當量為 600 g/eq~1000 g/eq

條件 6:使環氧樹脂組成物於 180°C 下反應 120 分鐘而獲得的樹脂硬化物的藉由動態黏彈性測定而獲得的玻璃轉移溫度 X °C、與橡膠狀態的儲存彈性係數 Y MPa 滿足下式 (2)

$$0.087X-6 \leq Y \leq 0.087X-4 \dots (2)。$$

【第 5 項】如申請專利範圍第 1 項所述的環氧樹脂組成物，滿足下述條件 5 及條件 7；

條件 5:成分[B]的平均環氧當量為 600 g/eq~1000 g/eq

條件 7:使環氧樹脂組成物於 180°C 下反應 120 分鐘而獲得的樹脂硬化物的藉由動態黏彈性測定而獲得的橡膠狀態的儲存彈性係數 Y MPa、與全部環氧樹脂 100 質量份的活性基莫耳數 Ma 滿足下式 (3)

$$1100 \leq Y/Ma \leq 2000 \dots (3)。$$

【第 6 項】如申請專利範圍第 4 項所述的環氧樹脂組成物，滿足下述條件 7；

條件 7:使環氧樹脂組成物於 180°C 下反應 120 分鐘而獲得的

樹脂硬化物的藉由動態黏彈性測定而獲得的橡膠狀態的儲存彈性係數  $Y$  MPa、與全部環氧樹脂 100 質量份的活性基莫耳數  $Ma$  滿足下式 (3)

$$1100 \leq Y/Ma \leq 2000 \dots (3)。$$

【第 7 項】一種環氧樹脂組成物，包含以下的成分[A]、成分[E]、成分[F]，滿足下述條件 8、條件 9、條件 10 全部；

成分[A]：三官能的胺型環氧樹脂

成分[E]：山梨糖醇型環氧樹脂

成分[F]：雙氰胺或其衍生物

條件 8：使環氧樹脂組成物於  $130^{\circ}\text{C}$  下反應 90 分鐘而獲得的樹脂硬化物的彎曲彈性係數為 4.3 GPa 以上

條件 9：使環氧樹脂組成物於  $130^{\circ}\text{C}$  下反應 90 分鐘而獲得的樹脂硬化物的彎曲強度為 190 MPa 以上

條件 10：環氧樹脂組成物中的全部環氧樹脂 100 質量份中，成分[A]與成分[E]的合計為 40 質量份以上。

【第 8 項】如申請專利範圍第 1 項至第 7 項中任一項所述的環氧樹脂組成物，其中成分[A]為胺基苯酚型環氧樹脂。

【第 9 項】如申請專利範圍第 1 項至第 8 項中任一項所述的環氧樹脂組成物，其中於全部環氧樹脂 100 質量份中，包含 50 質量份～80 質量份的成分[A]。

【第 10 項】如申請專利範圍第 1 項至第 6 項、第 8 項、第 9 項中任一項所述的環氧樹脂組成物，其中於全部環氧樹脂 100 質量份中，包含 20 質量份～40 質量份的成分[B]。

【第 11 項】如申請專利範圍第 1 項至第 6 項、第 8 項至第 10 項中任一項所述的環氧樹脂組成物，其中成分[C]為 3,3'-二胺基二苯基砒。

【第 12 項】如申請專利範圍第 7 項至第 9 項中任一項所述的環氧樹脂組成物，其中於全部環氧樹脂 100 質量份中，包含 20 質量份～40 質量份的成分[E]。

【第 13 項】如申請專利範圍第 7 項至第 9 項、第 12 項中任一項所述的環氧樹脂組成物，其中作為成分[D]，包含下述成分[D]-1 及/或成分[D]-2；

成分[D]-1：萘型環氧樹脂

成分[D]-2：異三聚氰酸型環氧樹脂。

【第 14 項】如申請專利範圍第 7 項至第 9 項、第 12 項、第 13 項中任一項所述的環氧樹脂組成物，其中作為成分[E]，包含熱塑性樹脂。

【第 15 項】如申請專利範圍第 14 項所述的環氧樹脂組成物，其中所述熱塑性樹脂為聚醚砒。

【第 16 項】一種預浸體，包含如申請專利範圍第 1 項至第 15 項中任一項所述的環氧樹脂組成物與強化纖維。

【第 17 項】一種纖維強化複合材料，其是使如申請專利範圍第 16

項所述的預浸體硬化而成。