

エポキシ樹脂・硬化剤の組み合わせと用途

分類	用途		エポキシ樹脂	代表的硬化剤 および 促進剤
常温硬化	塗料		溶液ビスフェノール型	溶液型ポリアミド、エポキシ変性アミン
			液状ビスフェノール型	ポリアミド、変性アミン
	ライニング材		液状ビスフェノール型	変性アミン、ポリメルカプタン
	接着剤		液状ビスフェノール型	ポリアミノアミド、変性アミン、ポリメルカプタン
	F R P		液状ビスフェノール型	変性アミン
加熱硬化	電気絶縁	積層	溶液臭素化型	ジシアンジアミド(DICY)、イミダゾール類、芳香族アミン
		埋込	液状ビスフェノール型	液状酸無水物、変性アミン、イミダゾール類
		紛体	固形ビスフェノール型	イミダゾール類、フェノール樹脂、固形酸無水物
		封止	ノボラック型	ノボラック型フェノール、トリフェニルホスフィン(TPP)、イミダゾール類
	塗料	缶用	固形ビスフェノール型	レゾール型フェノール、尿酸樹脂、メラミン樹脂
		紛体	固形ビスフェノール型	酸末端ポリエステル、DICY、イミダゾール類
		電着	ビスフェノールA型	ブロックイソシアネート
		接着剤	液状ビスフェノール型	イミダゾール類、潜在性硬化剤、DICY、三級アミン
		F R P	液状型	DICY、ジクロロフェニルジメチル尿素(DCMU)、酸無水物、芳香族アミン
		治工具	液状ビスフェノール型	変性アミン
その他		トナー	固形ビスフェノール型	硬化剤不使用（複写機やプリンター用）
		安定剤	液状型	硬化剤不使用（ポリ塩化ビニル樹脂用）
		難燃剤	臭素化型	硬化剤不使用（ABS,PS等の樹脂用）
		エステル原料	ビスフェノールA型	硬化剤不使用（ビニルエステル、脂肪酸エステル等変性用）

硬化剤の分類

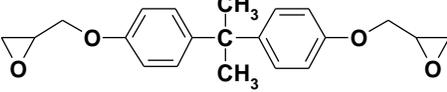
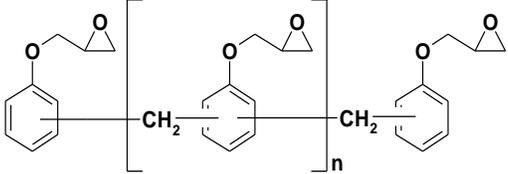
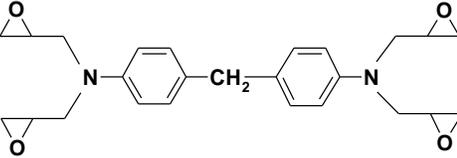
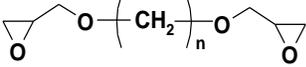
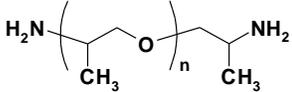
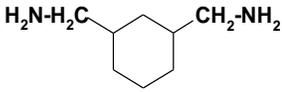
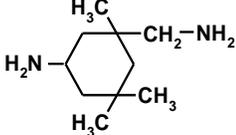
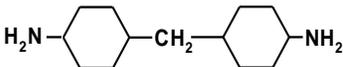
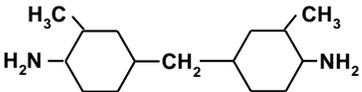
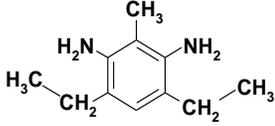
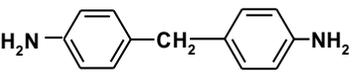
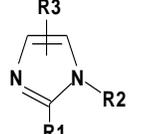
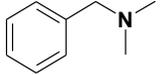
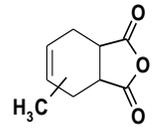
分 類			代 表 的 な 硬 化 剤
重付加型	ポリアミン	未変性品	ジエチレントリアミン(DETA)、トリエチレントトラミン(TETA)、メタキシレンジジアミン(MXDA) イソホロンジジアミン(IPDA)、ビスホラアミノシクロヘキシルメタン(PACM) ジジアミノフェニルメタン(DDM)、mフェニレンジジアミン(MPDA)、ジジアミノフェニルスルホン(DDS) ジシアンジアミド(DICY)、有機酸ジヒドラルジド、
		変性品	(1) マイケル付加変性、 (2) エポキシド変性(エポキシアダクト)、 (3) マンニヒ変性、 (4) チオ尿素変性、 (5) ケチミン(ケトン変性)、 (6) ポリアミド(ダイマー酸変性)、
	酸無水物	脂肪族 脂環族 芳香族 ハロゲン系	トセセル無水コハク酸(DDSA)、ポリセアライン酸無水物(PAPA) ヘキサヒドロ無水フタル酸(HHPA)、メチルテトラヒドロ無水フタル酸(MTHPA)、無水メチルメタクリル酸(MNA) 無水トリメリット酸(TMA)、無水ピロリット酸(PMDA)、ベンゾフェノントラカルボン酸(BTDA)、 テトラヒドロ無水フタル酸(TBPA)、無水ハット酸(HET)
	ポリフェノール ポリメルカプタン イソシアネート 有機酸		ノボラック型フェノール樹脂、フェノールアララルキル樹脂、 ポリサルファイド、チオエステル、チオエーテル、 イソシアネートプレポリマー、ブロック化イソシアネート、 カルボン酸含有ポリエステル樹脂、
触媒型	熱硬化型	3級アミン イミダゾール ルイス酸	ベンジルメチルアミン(BDMA)、2,4,6, トリメチルアミノメチルフェノール(DMP-30) 2メチルイミダゾール(2MZ)、2エチル4メチルイミダゾール(EMI24)、2ヘプタメチルイミダゾール(HDI2) BF ₃ モノエチルアミン(BF ₃ :MEA)、BF ₃ ピペラジン、
	紫外線硬化型	ブレンステッド酸塩	芳香族スルホニウム塩、芳香族ヨードニウム塩、芳香族ジアゾニウム塩
縮合型	フェノール樹脂 尿素樹脂 メラミン樹脂		レゾール型フェノール樹脂 メチロール基含有尿素樹脂 メチロール基含有メラミン樹脂

代表的な硬化剤の性状

		粘度 (ps/常温)			硬化温度 (°C)					硬化物の Tg (°C)				
		1	100	10000	0	50	100	150	200	0	50	100	150	200
硬化剤分類		┌───┬───┬───┐ 固体			┌───┬───┬───┬───┬───┐					┌───┬───┬───┬───┬───┐				
ポリ ア ミン	脂肪族	───			───					───				
	脂環族	───			───					───				
	芳香族	───			───					───				
	DICY (*)	───			───					───				
	ポリアミド	───			───					───				
酸 無 水 物	脂肪族	───			───					───				
	脂環族	───			───					───				
	芳香族	───			───					───				
	ハロゲン系	───			───					───				
	ポリフェノール	───			───					───				
	ポリメルカプタン	───			───					───				
	イソシアネート	───			───					───				
	有機酸	───			───					───				
触 媒 型	3級アミン	───			───					───				
	イミダゾール	───			───					───				
	B F ₃ アミン	───			───					───				

(*) DICY : ジシアンジアミド

代表的なエポキシ樹脂と硬化剤

分類	化学構造
エポキシ樹脂	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>ビスフェノールA型</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>フェノールノボラック型 (n≒0.1 : ビスフェノールF型)</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>グリシジルアミン型</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>反応性希釈剤の一例 (n=4, 6)</p> </div> </div>
アミン系硬化剤	<p>脂肪族</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> $\text{H}_2\text{N} \left(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH} \right)_n \text{H}$ <p>ポリエチレンアミン類</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Jeffamine D type</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>1,3BAC (*1)</p> </div> </div>
	<p>脂環族</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>イソホロンジアミン</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>PACM (*2)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>DMPACM (*3)</p> </div> </div>
	<p>芳香族</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>ジアミノジフェニルメタン</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>ジアミノジフェニルスルフォン</p> </div> </div>
他硬化剤	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> $\text{NH}_2-\text{C}(\text{NH})=\text{N}-\text{C}\equiv\text{N}$ <p>ジシアンジアミド</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>イミダゾール誘導体</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>第3級アミン</p> </div> <div style="text-align: center;"> $\text{F}-\text{B}(\text{F})_2-\text{NH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ <p>BF₃モノエチルアミン</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>MTHPA (*4)</p> </div> </div>

(*1) 1,3-bis(aminomethyl)cyclohexane, (*2) 4,4'-methylenebis(cyclohexylamine),
 (*3) 3,3'-dimethyl-4,4'-methylenebis(cyclohexylamine), (*4) methyltetrahydrophthalic anhydride,