講座「成形材料」(13)

— PC(ポリカーボネート) —

井 上 純 一^{*1}・弘 中 克 彦^{*2}

1. はじめに

ポリカーボネート樹脂(PC)は1960年に国内で生産されて以来、透明性、耐衝撃性、耐熱性、自己消火性等その優れた特性により電気・電子分野、機械分野で採用が始まり以後精密機器、自動車、医療・保安、雑貨、光ディスク等の分野へと採用が広がった。

PCはバランスのとれたエンジニアリングプラスチックとして1995年には国内生産量でポリアミドを抜いてエンジニアリングプラスチックの中で最大となった。エンジニアリングプラスチックはその生産量、機能からスーパーエンブラと汎用エンブラに分類されPCは汎用エンブラを代表する樹脂となった。

最近5年間のPCの国内生産量、出荷量の推移を表1に示す¹⁾。2000年は国内メーカーの東南アジアでの生産が開始され日本からの輸出が減少したがおおむね対前年比10%以上の高い伸び率を示している。表2に全世界のPCメーカーの生産能力を示す²⁾。旺盛な需要増加に対応するため各社増設を行い2002年には約240万トンに達する。

2. PCの歴史

PCに関する研究は1950年の初めにバイエル社のシュネルらのグループにより各種のヒドロキシ化合物からの

PCの合成法が研究された、そのなかでビスフェノールAタイプのPCが他のPCに比べて全般的に最もバランスのとれた性質を有し、原料ビスフェノールAの入手しやすさもあり最初に工業化され現在に至っている。工業生産については1959年にドイツのバイエル社がマクロロンの商品名で、1960年に米国のGE社がレキサン、モーベイ社(その後バイエル社に吸収)がマーロンの商品名でそれぞれ生産を開始した。一方、日本においては1960年に帝人化成がパンライト、出光石油化学がタフロン、1961年に三菱ガス化学(当時三菱江戸川化学)がユーピロンの商品名で生産を開始した、現在のPC製造メーカーはGE、バイエル、ダウケミカル、帝人化成、三菱エンジニアリングプラスチック、出光石油化学の6社に、新設中の旭化成を加えた7社である(技術導入先メーカーを除く)^{1),2)}。

3. PCの製法、用途

3.1 PCの製法

PCの製法には種々の方法があるが現在工業規模で製造されているビスフェノールAタイプのPCは、

- ① ビスフェノールAとジフェニルカーボネートとを高温で溶融し、減圧下で生成するフェノールを除去しながらエステル交換反応させてPCを合成する製法で通常エステル交換法(溶融法)と呼ばれている。

表1 ポリカーボネート生産・出荷推移

(単位:t, ()は対前年比(%))

	1995年		1996年		1997年		1998年		1999年		2000年	
生産量	227,081	(+28)	250,592	(+16)	291,873	(+16)	317,042	(+9)	350,852	(+11)	349,712	(+0)
出荷量	222,839	(+21)	244,518	(+10)	294,680	(+21)	314,997	(+7)	363,795	(+15)	350,582	(Δ4)
輸 入	18,742	(Δ25)	28,444	(+52)	37,723	(+33)	65,350	(+73)	56,168	(Δ14)	69,513	(+24)
輸 出	122,115	(+16)	120,476	(Δ1)	157,368	(+31)	180,918	(+15)	218,900	(+21)	194,510	(Δ11)
内 需	119,466	(+15)	152,486	(+26)	175,035	(+15)	199,429	(+14)	201,063	(+1)	225,585	(+12)

(注) 内需=出荷+輸入-輸出

^{*1} Inoue, Junichi
帝人化成(株) 市場開発部
東京都千代田区内幸町1-2-2 日比谷ダイビル(〒100-0011)

^{*2} Hironaka, Katsuhiko
帝人化成(株) プラスチックステクニカルセンター
千葉市緑区大野台1-4-13(〒267-0056)
2002.2.28 受理

② 塩化メチレンの存在下、ビスフェノール A のカセイソーダ水溶液あるいは懸濁水溶液にホスゲンを作用させて PC を合成する製法で通常ホスゲン法（溶剤法）と呼ばれている。

③ ビスフェノール A にピリジン，塩化メチレン存在下ホスゲンを反応させて PC を合成する製法で通常ピリジン法とよばれる。

上記 3 種類の製法があり，いずれかの方法で製造されている¹⁾。

<ホスゲン法，ピリジン法反応式>

<エステル交換法反応式>

3.2 PC の用途

図 1 に国内における需要構成⁶⁾を，図 2 に米国における需要構成⁶⁾を，図 3 に欧州における需要構成⁷⁾を示す。国内では電気・電子/OA，米国では自動車用途，欧州ではシート用途の需要が大きい。

①電気・電子分野：耐熱性，寸法精度，燃焼性等の特徴を活かしてリレー，スイッチ，コネクター，携帯電話，アイロン，液晶部品，リチウム電池パック等に UL 認定グレードが多く採用されている。

②OA 分野：高剛性，寸法精度，燃焼性等の特徴を活かして非ハロゲン難燃 PC/ABS，PC/ABS/無機充填剤，PC/PS アロイ等流動性の良いグレードや剛性の高いグレードがパソコンやプリンターのハウジング，シャーシーに採用されている。

③機械・精密機器分野：寸法精度，高剛性の特徴を活かして電動工具，カメラ，デジタルカメラ，鏡筒等の外装品，機構部品に採用されている。

④自動車分野：透明性，耐衝撃性を活かしてヘッドランプに，耐衝撃性を活かして PC/ABS アロイがクラスタ，ホイールキャップ等に，耐薬品性を改良した PC/ポリエステルアロイがドアハンドル，サイドガーニッシュ，ルーフ

表 2 世界の PC 生産能力（グループ別）

会社名 (グループ)	国 名	工 場	生産能力 (t/Y)	増設計画 (t/Y)
GE Plastics	米国	Mt. Bernon, IND	430,000	75,000
		Burkville, AL		
	オランダ	BERGENOPZOOM	145,000	
	スペイン	CARTAGENA	130,000	130,000
	日本	GEPJ 千葉	40,000	
		計	745,000	205,000
BAYER	米国	Baytown, TEX	200,000	50,000
	ドイツ	UE RDINGEN	220,000	
	ベルギー	ANTWERP	180,000	80,000
	タイ	バイエルポリマーズ マプタプット	50,000	100,000
	中国			50,000
		計	650,000	280,000
Dow Chem.	米国	Freeport, TEX	80,000	
	ドイツ	STADE	105,000	22,000
	日本	住友ダウ 愛媛	50,000	
	韓国	Dow-LG	65,000	
		計	300,000	22,000
帝人化成	日本	松山	120,000	
	シンガポール	帝人ポリカーボネート サクラ島	130,000	50,000
		計	250,000	50,000
三菱エンブラ	日本	三菱ガス化学 大阪	0	
		三菱ガス化学 鹿島	100,000	
		三菱化学 黒崎	40,000	
	タイ	タイ・ポリカーボネート マプタプット	60,000	80,000
	韓国	Samyung Chem	50,000	
		計	250,000	80,000
出光石油化学	日本	千葉	50,000	
	ブラジル	PC DE BRAZIL	10,000	
	台湾	IDEMITSU-FCFC	50,000	50,000
		計	110,000	50,000
旭化成	台湾	旭化成-奇美実業	50,000	50,000
		総 計	2,355,000	737,000

レール等に採用されている。

⑤医療・保安分野：人工透析器，三方活栓に透明性，強度，耐滅菌性の特徴を活かして採用され，信号レンズ，船灯に透明性，耐衝撃性を活かして，ヘルメット，煙（熱）探知機，保護メガネに耐衝撃性を活かして採用されている。

⑥光ディスク：透明性，寸法精度を活かした光学グレードがCD，CD-R，CD-ROM，ミニディスク，MO，DVD-ROM等に採用されている。

⑦シート分野：透明性，耐衝撃性を活かして押出成形で製造され安全性，環境問題からPVCやアクリルからの代替

えとして波板やエクステリア用途に採用されている。また厚さ1mm以下のシートがメンブレンスイッチ用に，フィルムが光学用に採用されている。

⑧雑貨：耐衝撃性，透明性を活かしてパチンコ・パチスロ部品，文房具，雪かきスコップ等に，光沢性を活かして高級雑貨等に採用されている。

⑨その他：アロイ用原料としてABS，PS，PBT，PET，アリレート樹脂等のメーカーに販売されている。

4. 構造と基本特性

PCは，カーボネート結合を基本構造とするポリマーであり，原料となるジヒドロキシ化合物の種類によって，種々のポリマーを得ることができるが，ジヒドロキシ化合物としてビスフェノールAを原料とするPC(図4)は，約150℃のガラス転移点(T_g)をもつ非晶性のポリマーで，特性と経済性の両面から，広く工業的に生産されている。

PCの特長は，耐衝撃性が高く，使用温度範囲が広いこと，また電気特性，透明性，耐候性，寸法安定性および自己消火性に優れることである。図5に示すように，耐衝撃性と使用温度範囲は他の樹脂と比べても極めて優れた特性となっている。

T_gが高いにもかかわらず，耐衝撃性に優れるのは，粘弾性特性を見た場合，主鎖の運動に起因するγ分散が低い温度域に存在し(約-80~-100℃)，自由体積が大きいためである⁸⁾。PCの樹脂としての基本特性を表3⁹⁾にまとめた。

PCの特性や成形性は分子量に大きく依存し，使用される用途において，要求される特性や成形加工法に適した分子量のものが選択される。分子量は，極限粘度法による粘度平均分子量が一般に用いられる。

各種特性の分子量依存性は，図6のようにまとめられている¹⁾。分子量の低いほうが流動性が高く，射出成形には好適であるが，機械特性や耐薬品性は分子量低下と共に劣る傾向があり，粘度平均分子量16,000付近を下回ると急激に低下する。

PCの代表的な成形加工法は射出成形であり，特性と成形性のバランスから，粘度平均分子量18,000~25,000のものが一般に用いられる。ただし，光ディスク用途には特別に分子量の小さいもの(15,000~16,000)が使用される。また，高粘度のほうが成形加工性に優れる押出成形やブロー成形では，27,000~33,000程度の高い分子量のものが主に使用される。加工性をより高めるために，架橋構造を導入した分岐PCが用いられることもある。

種々の特性の改良を狙って，ビスフェノールA以外のジヒドロキシ化合物を原料としたPCも多数検討されている。

ビスフェノールZから得られるPCは耐熱性，電気特性に特徴があり，プリンターやコピー機のOPC感光体バインダー用途に使用されている¹⁰⁾。

図4 ビスフェノールAタイプのPCの分子構造

図1 日本

図2 アメリカ

図3 ヨーロッパ

光ディスク向けのPCについても新規構造のポリマーの開発が盛んに行われている。この用途に対しては、低コンタミネーション・揮発成分、高熱安定性、情報ビットの高転写性や高流動性に加え、情報の読み取り精度や長期信頼性向上のため、複屈折の低減が求められており、情報の高密度化に伴って要求が顕著になっている。複屈折は、ポリマーの分子構造とその配向状態に依存し、分子構造に由来する光弾性係数と、ポリマーの配向をもたらし成形中の応力の積で表される（式1）^{11), 12)}。

$$\Delta n = C \cdot \sigma \quad (\text{式 1})$$

Δn ：複屈折
 C ：光弾性係数（分子構造由来）
 σ ：成形中にかかる応力（成形条件由来）

ポリマーの分子構造面からは、かさ高い構造や非対称な構造の導入による光弾性係数の低減や、反対符号の固有複屈折をもつ鎖を導入することによる固有複屈折の相殺などによる特性改良が試みられており、耐熱性、機械特性、吸水率、成形性などとの良好なバランスを達成して、実用化された例もある¹²⁾。

5. レオロジー

PCはほとんどの成形方法で加工することができるが、その溶融粘度は各種樹脂の中でも比較的高い部類に属しており（図7）¹³⁾、成形加工性は必ずしも良好なほうではない。そのため、PCを取扱う上でそのレオロジーを把握することは非常に重要である。

図5 PCの特性の他樹脂との比較

図6 PCの粘度平均分子量と物性

表3 PC樹脂の基本特性

特性項目	測定法	測定条件	特性値
密度	ISO 1183	—	1200 kg/m ³
吸水率	ISO 62	23℃ 水中 24 h	0.2%
光線透過率	ASTM D1003	厚さ 3 mm	88%
屈折率	ASTM D542	—	1.585
引張弾性率	ISO 527-1, -2	1 mm/min	2400 MPa
引張降伏応力	〃	50 mm/min	61 MPa
引張降伏ひずみ	〃	〃	6%
引張破壊呼びひずみ	〃	〃	>50%
曲げ弾性率	ISO 178	2 mm/min	2300 MPa
曲げ強さ	〃	〃	91 MPa
シャルピー衝撃強さ	ISO 179	ノッチなし	NB
		ノッチ付	76
荷重たわみ温度	ISO 75-1, -2	1.80 MPa	129
		0.45 MPa	142
成形収縮率	帝人化成法	平行/垂直	0.5~0.7/0.5~0.7%
線膨張係数	ISO 11359-2	平行/垂直	0.7/0.7%

PCの溶融粘度のせん断速度依存性を、キャピラリーレオメーターによって測定した結果を図8、9に示す。それぞれ、樹脂温度とPC分子量を変えたときの挙動を表している。PCは、温度に対する粘度変化は比較的大きいが、せん断速度に対する粘度変化は小さく、特に低せん断速度領域においては、ニュートン流体に近い粘度挙動を示す。これより、成形加工時において溶融粘度を低くするには、せん断速度を上げるより、樹脂温度を高くするのが有効であることがわかる。

押出成形やブロー成形に使用される架橋構造を有する分岐PCは、通常の直鎖状のPCとやや異なった溶融特性を示す。図10に示すように、分岐PCは、粘度のせん断速度依存性が高く、せん断速度の低い領域では直鎖PCより高粘度になる。

押出成形性やブロー成形性を評価するに当たっては、溶融粘度特性だけでなく伸長粘度特性も重要である。通常の直鎖状PCと分岐PC、およびそれらのブレンドについての溶融張力の測定例を図11に示す¹⁴⁾。架橋構造が多くなるにつれて高い溶融張力を示すようになることがわかる。

一般に、ポリマーの成形加工は、加熱溶融-加圧流動-冷却固化を基本としているため、成形加工時の挙動に対しては、比熱、エンタルピー、熱伝導率、伝熱特性などの熱的特性も深く関わってくる。また、CAEシミュレーションにはポリマーのp-v-T特性も利用される。PCについての

これら熱特性データは、基本的なものであれば文献などでも種々報告されており、利用可能である^{3), 13), 15)}。

6. 成形加工

(1) 射出成形

PCの代表的な成形加工方法は、射出成形である。標準的な射出成形条件を表4にまとめる⁹⁾。

PCのカーボネート結合は、水分が存在すると高温で加水分解を受けやすいため、成形前の乾燥が不十分であると種々不良を生じる。PCは常温で約0.2%の吸水率があり、0.02%以下になるまで乾燥する必要がある。標準的な予備乾燥条件は、120℃で5時間以上である。

PCは、成形時のせん断応力や冷却収縮により残留応力が発生するが、残留応力が大きいと、クレーズやクラックが発生したり、変形することがあるため、7.8~9.8 MPa以下に抑えることが望ましい。残留応力はアニーリングによって緩和することができる。標準的なアニーリング条件は、120℃×1時間である。PCの射出成形における主な不良とそれに対する対策を表5にまとめる⁹⁾。

光ディスクの射出成形においては、複屈折の低減が重要である。複屈折は先述のとおり式1に示す因子に依存するが、PCの場合光弾性係数が比較的大きいため、射出成形時にかかる応力を低減することが必要となる。そのため、光ディスク用途においては、分子量の低いPCを用い、高い樹脂温度において、射出圧縮成形、高速射出成形を行う

図7 各種ポリマーの溶融温度

図9 キャピラリーレオメーターによる280℃の溶融粘度とせん断速度 (粘度計ノズルφ1×10 mm)

図8 キャピラリーレオメーターによる溶融粘度とせん断速度 (粘度計ノズルφ1×10 mmL, ポリカーボネートの粘度平均分子量21500)

図10 各種樹脂のせん断速度と溶融粘度

ことが基本となっている。射出成形における複屈折の制御方法についても文献に解説されている¹¹⁾。

(2) 押出成形・ブロー成形

PC は、他の樹脂に比べて溶融粘度が高い樹脂であり、通常グレードにてシートおよびフィルムの押出成形は可能であるが、一般的に溶融体の強さ（メルトストレングス）が小さいため、特に形状が複雑な異型押出成形やブロー成形においては、賦形不良やドロダウンが起りやすくなり、高分子量の PC や、架橋構造を導入した分岐 PC がしばしば用いられる¹⁶⁾。

ダイスウェルについては、PC は、PE、PVC、ABS などに比べて小さいスウェリング比をとる。このため、ダイのクリアランスは、PE 用に比べて大き目の設計をする必要がある。

押出成形、ブロー成形いずれの場合も、高い品質の製品を得るためには、やや高い背圧をかけてペレットを均一に溶融することが大切である。

PC は、その溶融粘度が温度に影響されやすく、せん断速度には比較的影響が少ない。すなわちニュートン流体に近い性質を持っているので、パリソンの垂れ下がりが問題になるブロー成形では、特にシリンダー、ダイ各部の精密な温度制御が必要である。小さな成形品の場合には、ダイ部の温度によって相当程度まで温度制御できるので、ドロダウンを防ぎやすいが、大きな成形品の場合は、クロスヘッド、ダイ温度の温度制御を精度よくしなければならない。

図 11 直鎖状 PC、分岐 PC およびそれらブレンドの溶融張力

7. 複 合 化

他の樹脂同様に、PC においても特性や成形加工性を改良するため、様々な複合化が行われる。その代表的な手法が、ポリマーアロイ化と充填材の配合である。

検討されている PC のポリマーアロイ化の例を、その目的と併せて表にまとめた (表 6)^{17-a)}。これらの中で、実用化されている代表的なポリマーは、ABS と PET・PBT などの芳香族ポリエステルである。ABS の場合は PC と AS 成分の良好な相溶性のため、また芳香族ポリエステルの場合は部分的なエステル交換反応による相溶化が起るため、通常は特別な相溶化剤を用いずに混合される。ABS とアロイ化することによって、PC の耐熱性は低下するものの、流動性が大きく改善され、また耐衝撃性におけるノッチ感度も低減されるという効果を発現する (図 12~14)。PC の成形加工における課題である流動性を向上させる手段としてメリットが非常に大きいため、部品の薄肉化が進む OA 用途などを中心に広く利用されている^{17-b), 17-d)}。

芳香族ポリエステルとのアロイは、結晶性ポリマーである芳香族ポリエステルを含むことにより、非晶性樹脂としての短所である耐薬品性が改善されるため、ガソリン、オイル類等との接触の可能性がある自動車部品用途へ展開されている^{17-c), 17-d)}。

先述したように、PC/ABS アロイや PC/芳香族ポリエステルアロイは基本的に相溶化剤を必要としないポリマーアロイ系であり、その分散形態は比較的安定ではあるが、成形加工温度が高いときや滞留時間が長いときには、ABS アロイの場合は分散形態の変化やゴム成分の分解・凝集が、また芳香族ポリエステルアロイにおいては PC とのエステル交換が進みやすくなり、特性の変化をもたらすことがある。また、芳香族ポリエステルアロイの場合、エステル交換反応に対して触媒作用を示す添加剤・着色剤などの影響を受けて、分子量低下や特性変化が促進されることもある。そのため、特性を安定して発揮させるためには、成形条件の適切な管理が必要である。

無機充填材の配合はポリマーアロイ化と並んで代表的な複合化である。機械特性を向上させる目的では、ガラス繊維、炭素繊維に代表される繊維状の補強材が古くから用いられている。また、成形収縮やその低減などの寸法精度向上のためには、板状、球状、短繊維状の無機充填材から適した形状のものが選択される。無機充填材の例としては、ミルドファイバー、ガラスビーズ、ガラスフレーク、タルクなどの無機鉱物類などが挙げられる。

PC の成形加工は約 300℃ という高温で行われるため、

表 4 PC の標準射出成形条件

射出成形機		射出容量が、成形品重量の 1.5~3 倍になるものを選定
成形条件	樹脂温度	270~320℃
	金型温度	80~120℃
	スクリュ回転数	40~100 rpm
	射出速度	中速~高速
	射出圧力	98.1 MPa~147.1 MPa
	背圧	~10 MPa

表5 PCの射出成形における主な不良とその対策

現 象	原 因	対 策
水分による気泡	<ul style="list-style-type: none"> ・ペレットの乾燥不十分による分解。 	<ul style="list-style-type: none"> ・予備乾燥を十分に行う。 ・ホッパーの保温管理。
真空気泡	<ul style="list-style-type: none"> ・肉厚部分が急冷され、収縮できないため、容量不十分が内部の真空気泡となる。 ・金型温度の不適。 ・シリンダー温度の不適。 ・射出圧力および保圧の不足。 	<ul style="list-style-type: none"> ・偏肉をなくす。 ・肉厚部に直角に入れるように、ゲート位置を修正する。 ・金型温度を上げる。 ・シリンダー温度を下げる。 ・射出圧力および保圧を増す。
ウエルドマーク	<ul style="list-style-type: none"> ・シリンダー温度の不適。 ・射出圧力の不足。 ・金型温度の不適。 ・キャビティ内のガス抜きなし。 	<ul style="list-style-type: none"> ・シリンダー温度を上げる。 ・射出圧力を増す。 ・金型温度を上げる。 ・ガス抜きをつける。
ヒケ	<ul style="list-style-type: none"> ・冷えの遅い肉厚部表面がちぢみヒケとなる（肉厚の不適）。 ・射出圧力の不足。 ・射出容量の不足。 ・金型温度が以上に高いか、冷却不足。 ・保圧の不足。 ・ゲート寸法の不足。 	<ul style="list-style-type: none"> ・偏肉を少なくする。 ・射出圧力を上げる。 ・射出容量を増やす。 ・金型温度が適当なら冷却時間を増す。 ・保圧時間を延ばす。 ・ゲート寸法、特に厚さを増す。
ヤケ（全面的または部分的な変色）	<ul style="list-style-type: none"> ・シリンダー温度の不適。 ・部分的にシリンダー中で滞留が起こる。 ・シリンダーとノズルなどのネジによるハメ合い部に入り込む。 ・逆流防止弁、リング付きの場合。 ・ペレットの乾燥不十分による分解。 ・成形機容量の過大。 	<ul style="list-style-type: none"> ・シリンダー温度を下げる。 ・デッドコーナーのない構造にする。 ・ネジハメ部にスキ間のないようにする。 ・滞留のない適切なデザインのものに変更。 ・予備乾燥を所定通りに行う。 ・適正容量の機械にかえる。
シルバーストリーク（銀条）	<ul style="list-style-type: none"> ・シリンダー温度の不適。 ・滞留時間が長い。 ・射出速度の不適。 ・ゲート寸法の不適。 ・ペレットの乾燥不十分。 ・射出圧力の不適。 	<ul style="list-style-type: none"> ・シリンダー温度を下げる。 ・滞留をなくす。 ・射出速度を遅くする。 ・ゲートを大きくする。 ・予備乾燥を所定通り行う。 ・射出圧力を下げる。
ゲート部の波立ち（不透明になる）	<ul style="list-style-type: none"> ・射出速度の不適。 ・保圧の加わる時間が不適。 ・金型温度の不適。 ・ゲート寸法の不適。 	<ul style="list-style-type: none"> ・射出速度を遅くする。 ・保圧時間を短くして、キャビティに充填後溶融物を入れないようにする。 ・金型温度を上げる。 ・ゲートを大きくする。
ジェットイングおよびフローマーク	<ul style="list-style-type: none"> ・金型温度の不適。 ・射出圧力の不適。 ・ゲート寸法の不適。 	<ul style="list-style-type: none"> ・温度を上げる。 ・射出圧力を下げる。 ・ゲートを大きくする。
突き出し不良（離型不良）	<ul style="list-style-type: none"> ・コア・キャビティ勾配不足。 ・サイクルの不適。 ・シリンダー温度の不適。 ・ノックピンの位置、数の不適。 ・コアより離型する場合、成形品と真空状態になる。 ・金型温度の不適。 ・射出圧力が高く、充填容量が多すぎた場合。 	<ul style="list-style-type: none"> ・抜き勾配をつける。 ・冷却時間が短いか、極端に長い。 ・適正な成形温度まで下げる。 ・適正な位置、数を検討する。 ・コアの表面が平滑な場合に生じやすい。 ・ピンでなくプレートで突き出し、ベントピンを設ける。 ・金型温度を下げ、サイクルを長くする。 ・射出圧力を下げ、原料の計量を少なくする。
成形品の脆化	<ul style="list-style-type: none"> ・乾燥不足。 ・金型温度の低すぎ、射出圧力、保圧の高すぎ。 ・偏肉、離型不良による内部応力の発生。 ・ノッチ効果。 ・加熱分解。 ・異物の混入。 	<ul style="list-style-type: none"> ・乾燥機、ホッパーの管理。 ・各条件を適正にする。 ・偏肉をなくす。 ・シャープコーナーをなくす、ゲート位置の修正。 ・シリンダー温度を下げる。 ・滞留箇所をなくす。 ・ホッパー、シリンダーの清掃。

図 12

図 13

図 14

図 12, 図 13, 図 14 PC/ABS配合比率とノッチ付きアイゾット衝撃強さ (1/8", 1/4"試験片の厚み)

表 6 PC アロイとして利用されるポリマーとその効果

アロイ化ポリマー	改良特性
ABS	流動性, めっき性, ノッチ感度低減
PET	耐薬品性, 流動性, 耐熱性
PBT	耐薬品性, 流動性
HIPS	耐衝撃性
PMMA	真珠光沢
PA	流動性, 耐薬品性
ポリオレフィン	ストレスクラック性, 耐摩擦性
エラストマー	低温衝撃性
PTFE	摺動性
LCP	流動性, 剛性

無機充填材として塩基性の強いもの, または表面活性の高いものを配合すると PC の熱分解を促進し, PC の分子量が低下しやすくなることがある。その場合, 成形温度を可能な限り低めにし, 樹脂の滞留を極力避けるなどの処置が必要である。

8. 今後の展望

PC はバランスのとれたエンジニアリングプラスチックとして年々右肩上がりの成長をとげてきた, その要因として PC 各社の技術開発による新グレードの開発, 新規加工法の開発が挙げられるが, 生産量の拡大とともに価格も下がりその価格帯での用途が加わったことも大きい。今後期待できる用途として表面硬度, 耐候性等の問題はあるが車両の窓ガラス, ハードの普及率が急速に上がっている DVD 等有望な市場もあり益々の拡大が期待できる。

21 世紀に入り環境問題, 安全問題からハロゲン系難燃剤の規制, リサイクル材料の使用等が言われている, PC

はいずれの対応にも比較的可能性の大きな材料でもあり, 今後の技術開発に期待したい。

参 考 文 献

- 1) 経済産業省化学工業統計, 財務省通関統計
- 2) 合成樹脂新聞他, プラスチックス他
- 3) 本間精一: ポリカーボネート樹脂ハンドブック (1992), 日刊工業新聞社
- 4) 松金他: ポリカーボネート樹脂, 日刊工業新聞社
- 5) 矢野経済研究所, プラスチックス他
- 6) プラスチックエージ, (12), 139 (2001)
- 7) プラスチックエージ, (12), 144 (2001)
- 8) Hartmann, B. and Lee, G. F.: *J. Appl. Polym. Sci.*, **23**, 3639 (1979)
- 9) 帝人化成(株)パンライト技術資料
- 10) 田中: 工業材料, **47**(4), 22 (1999)
- 11) 金井, 柴田: 成型加工, **2**(1), 2 (1990)
- 12) 田中: 工業材料, **48**(8), 89 (2000)
- 13) 大柳康: ポリマープロセッシング・レオロジー入門 (1996), アグネ承風社
- 14) Lyu, M.-Y., Lee, J. S. and Pae, Y.: *J. Appl. Polym. Sci.*, **80**(10), 1814 (2001)
- 15) 旭化成アミダス(株), 「プラスチック」編集部: プラスチック・データブック (1999), 工業調査会
- 16) 本間: プラスチックエージ, **31**(4), 130 (1985)
- 17) a) 「実用プラスチック辞典」, 368 (1993), 産業調査会
b) 保坂: プラスチックエージ, **37**(3), 149 (1991)
c) 高木: プラスチックエージ, **47**(6), 91 (2001)
d) 高木: 工業材料, **47**(4), 31 (1999) など