

光造形法を中心とした ラピッドプロトタイピング

～ 材料からみた現状と将来 ～

シーメット(株)

萩原恒夫

2002年11月15日

E-mail: hagi@cmet.co.jp

<http://www.urban.ne.jp/home/hagi>

セミナー内容

- 背景
- ラピッドプロトタイピング(RP)とは
- 光造形とその材料
- 今後の開発動向

ラピッドプロトタイピング (3次元積層造形)とは

- 3次元CADデータをもとに、
- 液状の光硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、粉末樹脂、金属粉末等を用い
- レーザビーム、InkJet、押出し等で
- 一層ずつ積層することにより 成形用の型や切削工具等を用いずに3次元立体モデルを精度良く作成する技術。

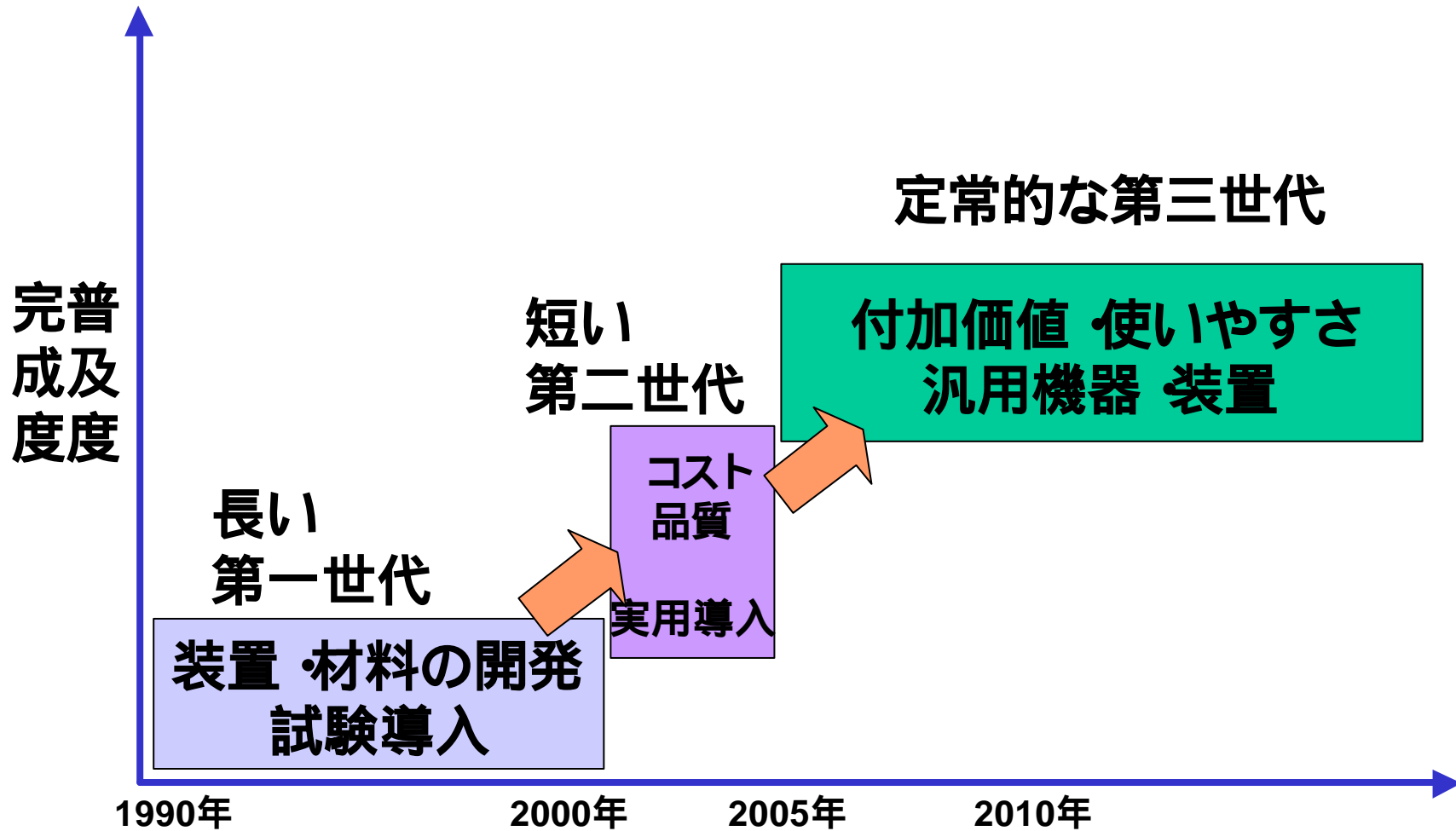
今、なぜRPが必要なのか？

- 3D CADシステムの低価格と普及。
- 簡単に**高精度**のプロトタイプが出来る。
- 生産までのコストと時間を短縮出来る。
- 大量生産に移る前の試作に極めて重要。
- 顧客の多様な材料要求に対して対応できるようになった。

光造形誕生からRP20余年の歴史

- 1981 **小玉秀男氏(名古屋市工試) 基本コンセプト発表(特許 論文)**
- 1982 A. Herbert(3M社) 光造形システムの論文発表
- 1984 **丸谷洋二氏(大阪府立総研) 論文発表**
- 1984 C. Hull (UVP=3D systems) 米国特許出願
- 1987 **3D Systems社 世界初の実用機 (SLA-1)を製品化**
- 1988 **三菱商事 丸谷氏の技術に基づきSOUPシステムを発売**
- 1989 **ソニー・JSR SCSシステムを発売**
- 1989 **3D Systems社 SLA-250発売**
- 1992 **帝人製機 SOLIFORMシステム発売**
- 1992 ~ 94 **光造形とそれ以外のシステムが多数参入(全世界で十数社)**
- 2000 **帝人製機 NTT-Data CMETの買収、ヘリシスの撤退**
- 2001 **3D Systems社DTMの買収発表、vanticoとの契約解消へ**
- 2002 **豊田通商、豊田工機、キラが販社Dicoを設立**
- 2003 **SONYがUS市場に進出?**

RP装置市場の推移



3次元積層造形法(RP)

- **光造形法(Stereolithography)**
- **熔融接着積層法(FDM)**
- **粉末熔融積層 (SLS)**
- **薄膜(紙)積層法 (LOM, PLT)**
- **Ink-Jet法**
- **その他(LENS法など)**

RP 装置の価格帯(対数価格)

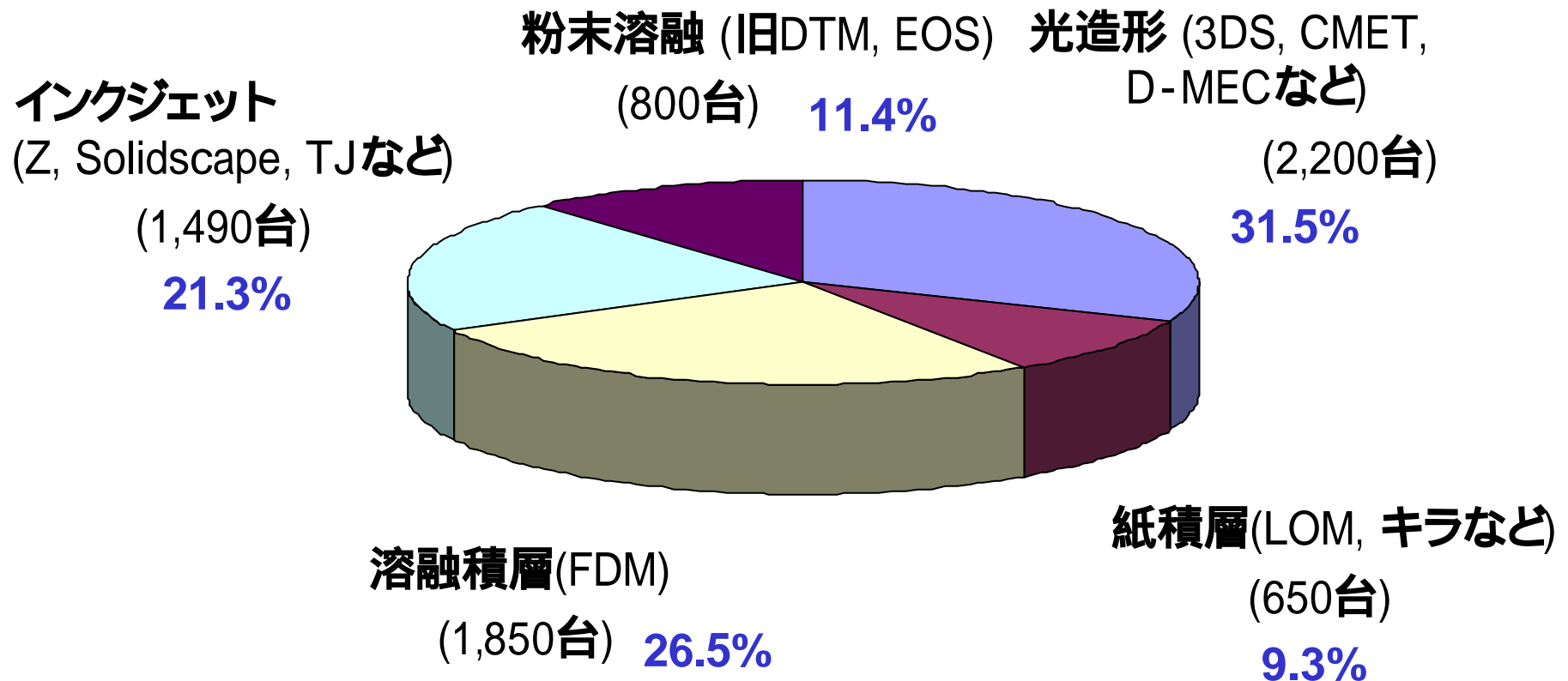
2002.10

RP法	供給元	価格帯 (万円)		
		100	1,000	10,000
ハイエンド光造形	CMET			
	3D Systems			
	D-MEC			
ローエンド光造形	デンケン			
	アウストラダ	3.0		
	名工			
	ユニラピッド			
インクジェット(樹脂吐出)	3D Systems	6.8		
	Dico (豊工/Solidscape)			
インクジェット(Powder)	Z Corporation			
レーザ粉末焼結(SLS)	3D Systems(旧DTM)			
	EOS			
溶融堆積(FDM)	Stratasys			
紙積層	Dico (豊通LOM)			
	Dico (キラ)			

各システムの総合比較

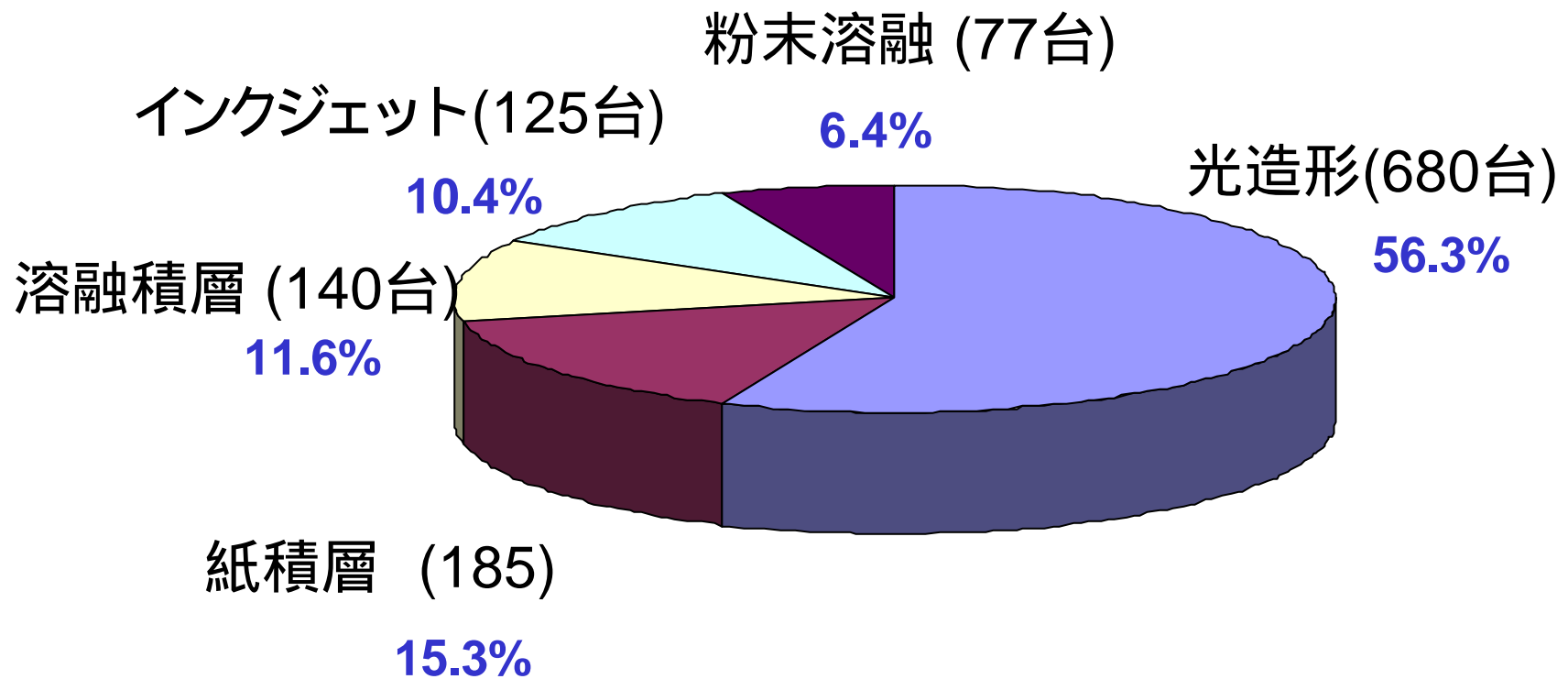
	光造形	溶融接着	粉末溶融	紙積層	Ink-Jet
精度				× ~	×
速度		× ~			
モデルサイズ		~			
モデル材料		~	~	× ~	× ~
装置サイズ				~	
操作性					
装置価格		~			
総合評価			~	~	

世界のRPの導入数 (総数6,980), 2001年推定(T. Wohlers, 今村)



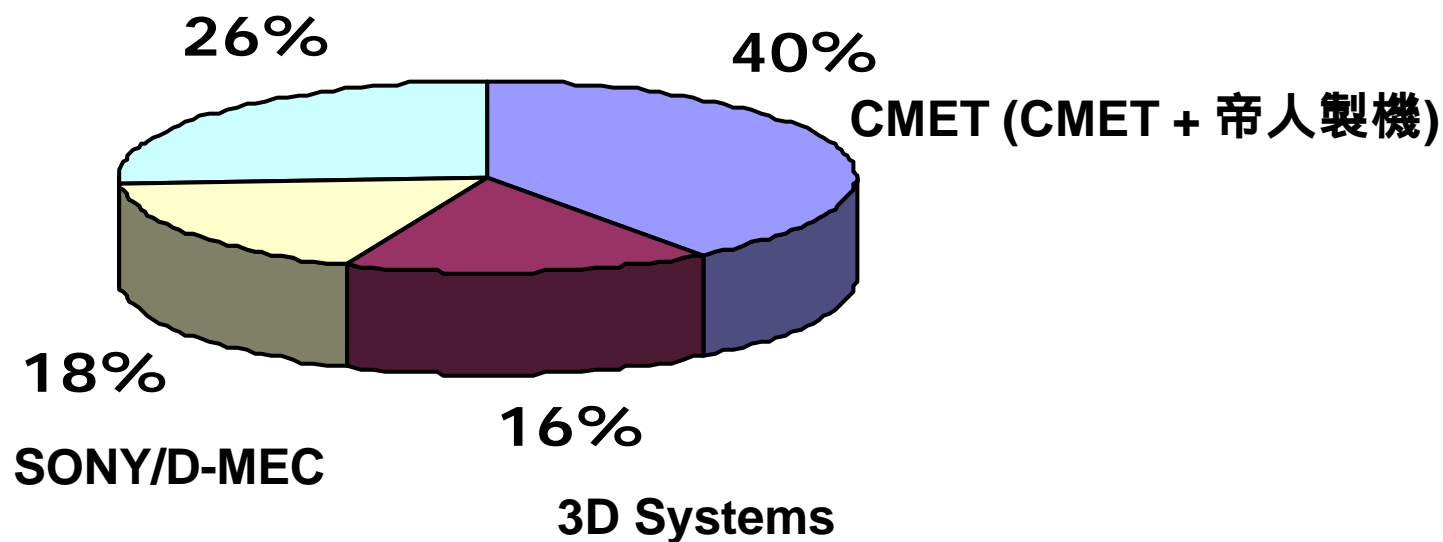
本数値には3D Printerから大型機まで1台として数えてある。

日本のRPシステムのインストール状況 (販売総数 1,207台, 2001年末現在)



2001年末現在の光造形の国内シェア (総数: 680台)

その他 (デンケン,
名工,ユニラピット)

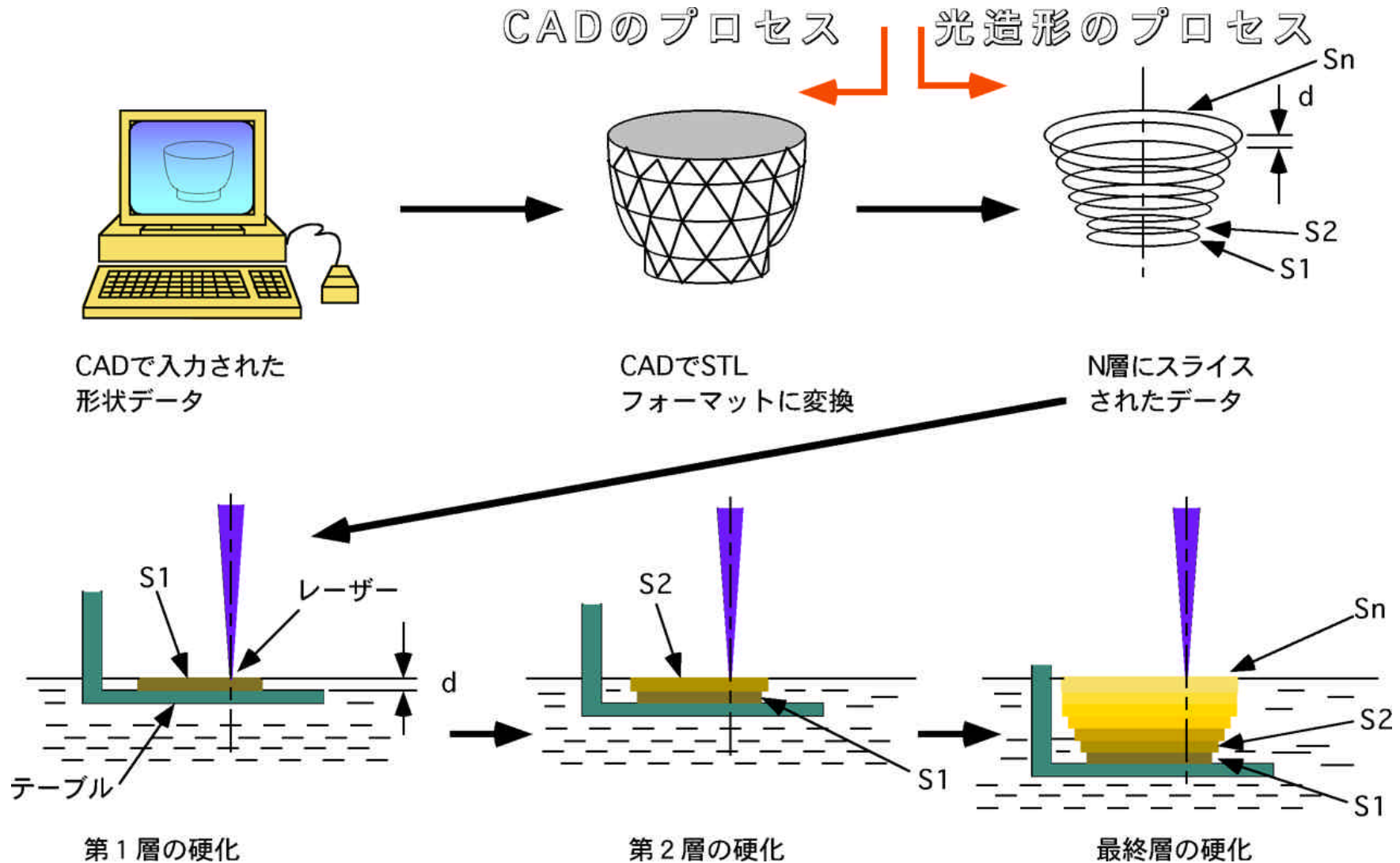


日本と他国のRP 市場の比較

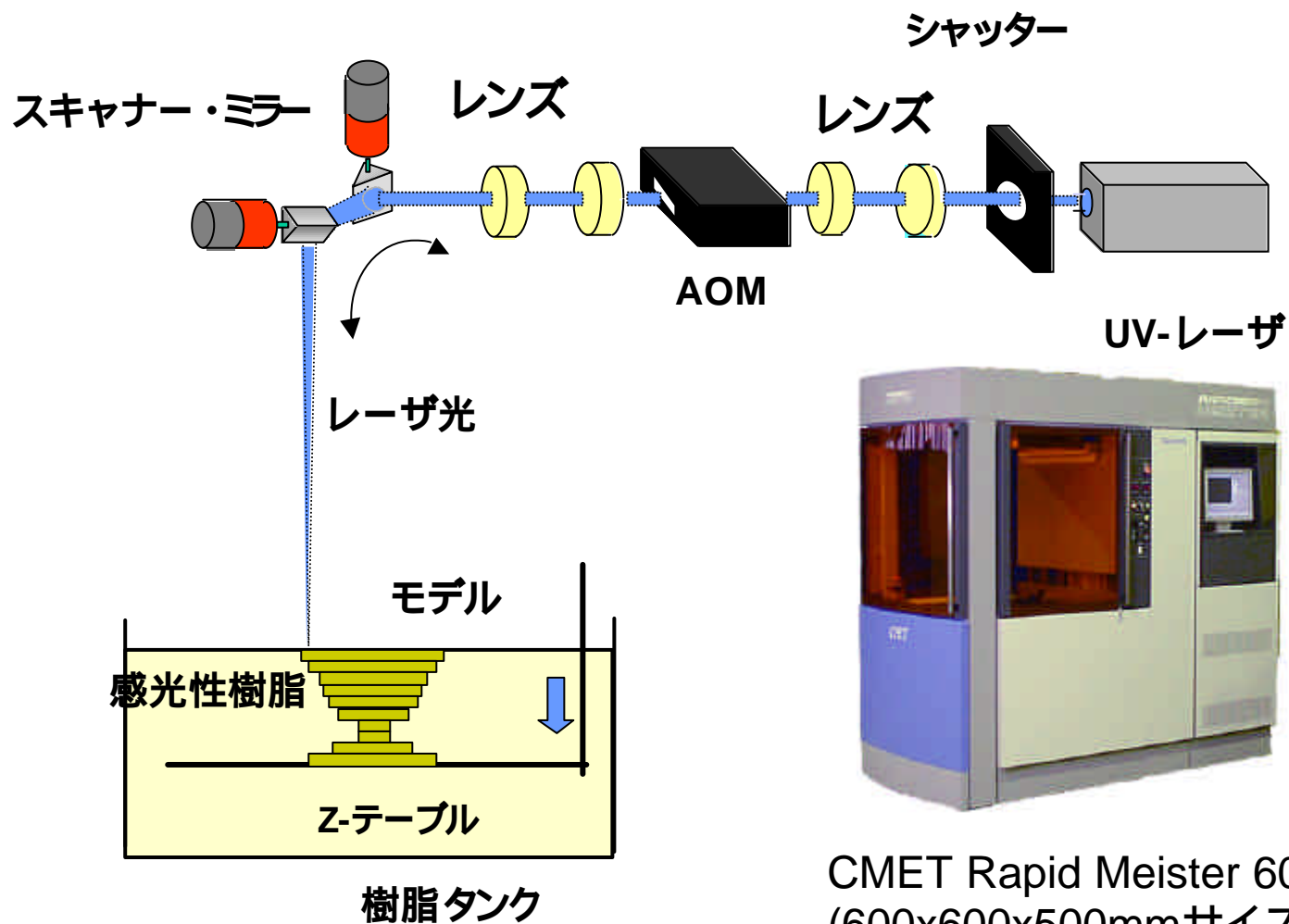
- **日本: 機能テストや機構テストが主目的**
 - サービスビュー口 少 (10 ~ 15%)
 - 企業で3D-CAD がやっと立ち上がり、RPシステムの採用の準備ができた。
 - Rapid Manufacturing への指向
- **US & EU: 形状確認用途が主**
 - サービスビュー口 多 (≧50%)
 - RPマーケットはすでにピークを過ぎた。
 - Rapid Manufacturing への指向
- **中国とアジア: 形状確認用途**
 - 今後の市場の拡大が予想される。
 - 生産様式はUSによく似ている。

光造形のプロセス

[\(video\)](#)



光造形システムの構成例



CMET Rapid Meister 6000
(600x600x500mmサイズ)

光造形物の例



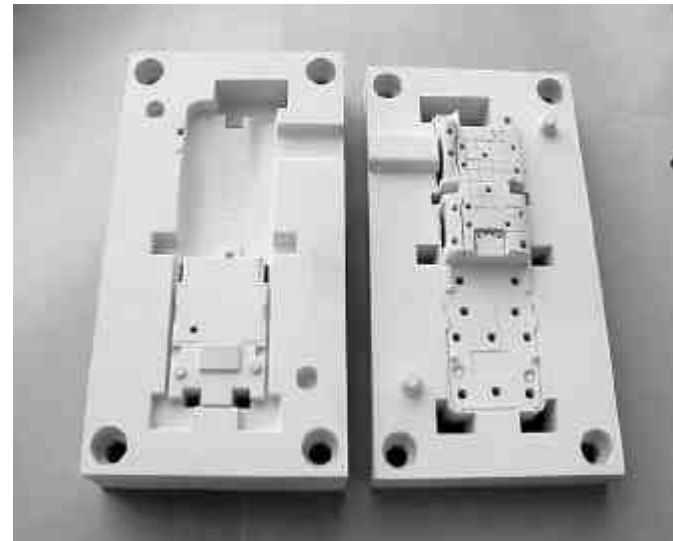
形状確認モデル



軟質モデル

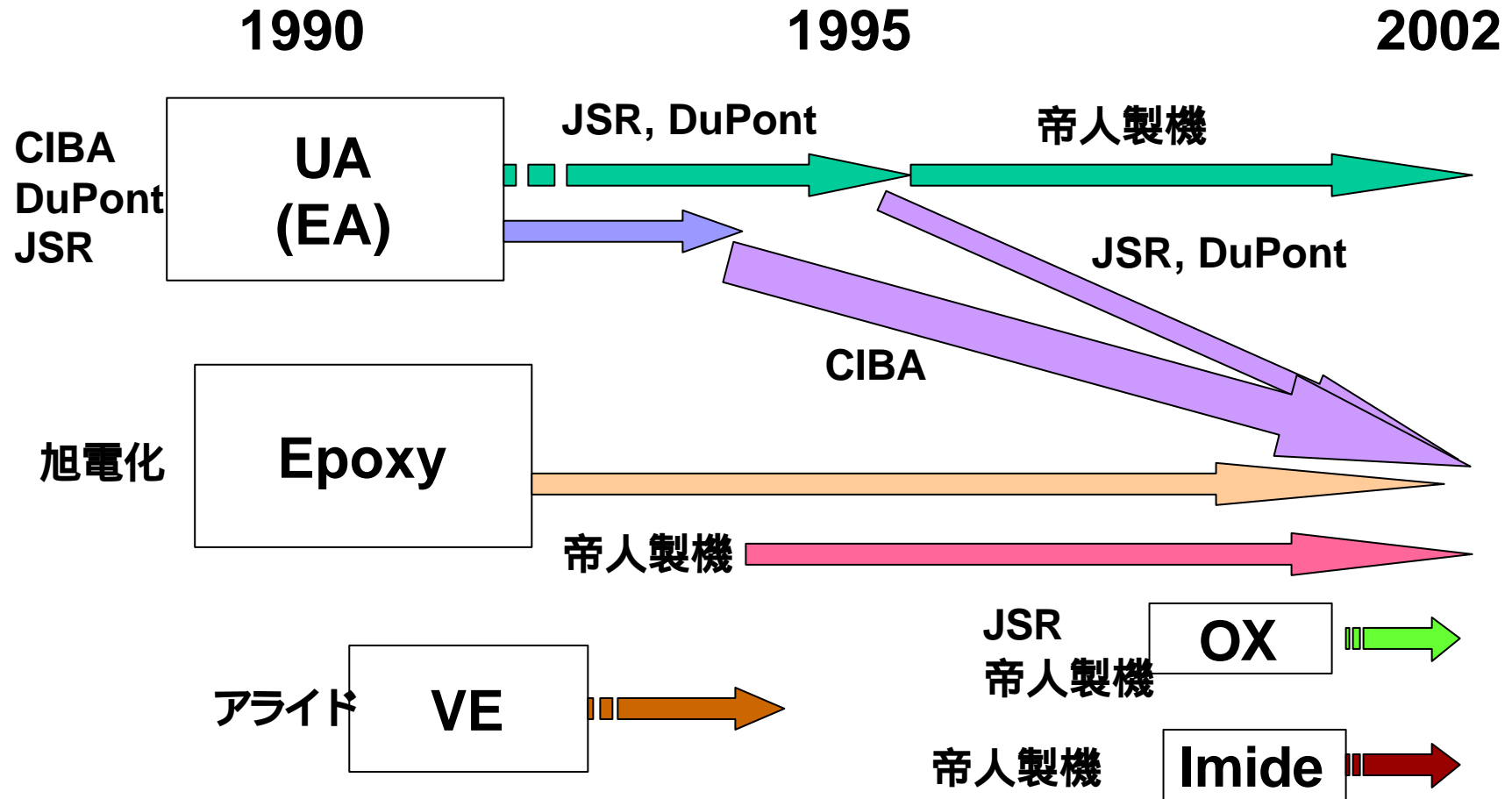


耐熱機能モデル



射出成形型

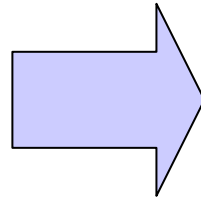
光造形用樹脂の変遷



EA: エポキシアクリレート, UA: ウレタンアクリレート, VE: ビニルエーテル,
OX: オキセタン

光造形とその樹脂

- 精度はOK
- 脆い(靱性が無い)
- 耐熱性が低い
- 造形速度が遅い
- 段差が目立つ
- 黄色い



- 問題点の解決
- 問題点の低減
- 性能向上

光造形用樹脂開発のながれ

	~ 1993	1994	1998	2001 -
	第0世代	第1世代	第2世代	第3世代
ベース樹脂	UA (EP)	EP	EP	EP
開発指標	造形物が得られれば驚嘆	精度が重要	耐水向上	韌性に優れる 壊れない

UA: ウレタンアクリレート, EP: エポキシ

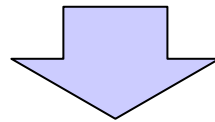
各社の樹脂開発の変遷

UA: ウレタンアクリレート, EP: エポキシ

	~ 1993	1994	1998	2001 -
	第0世代	第1世代	第2世代	第3世代
ベース樹脂	UA (EP)	EP	EP	EP
開発指標	造形	精度	耐水	靱性
CIBA vantico	XB-5081-1	SL-5180	SL-5510	SL-7540
DSM-Somos	SOMOS-3100		SOMOS-7100	SOMOS-9100
3DS (RPC)				AccuDur
JSR	SCR-310		SCR-701	SCR-710 SCR-735
旭電化	HS-661 (EP)	HS-673S	HS-665 HS-680	HS-681
帝人製機 CMET		TSR-800	TSR-820	TSR-1938N TSR-821

光造形を用いるモノづくりの変化

- 製品開発工程における試作レスの流れ
 - CAD、CAE利用によるデジタル・エンジニアリング
 - 形状検討には、CG等を利用



- 形状確認のみでは、利用価値が低い
- 製品開発の上流から下流へ役割をシフト
 - 高機能性樹脂の要求
 - 実部品用樹脂への期待

日本の光造形ユーザの要求

- **高性能・高機能材料**
靱性、耐熱性、ゴム
- **簡単な操作の装置**
- **高精度・高速機**
- **実部品への展開の期待**

各業界の使用プラスチック

	自動車	家電	重電機	精密機械	機構部品	コネクター	家庭用品
PE							
PP							
ABS							
PC							
PBT							
POM							
Nylon							
イミド							

光造形物の性能とその市場

	性能	指標	需要割合
1	ABS	弾性率 2.2GPa ~ 80 / 20%	>50%
2	PC 高精度耐熱	120 ~ 150 高衝撃性	~ 20%
3	PP	弾性率 1.2 ~ 1.6 GPa 50 ~ 55 / >20%	~ 20%
4	ニッチ用途 成型用型材など	イミト性能 / 180 >250 、精度25mm	<10%

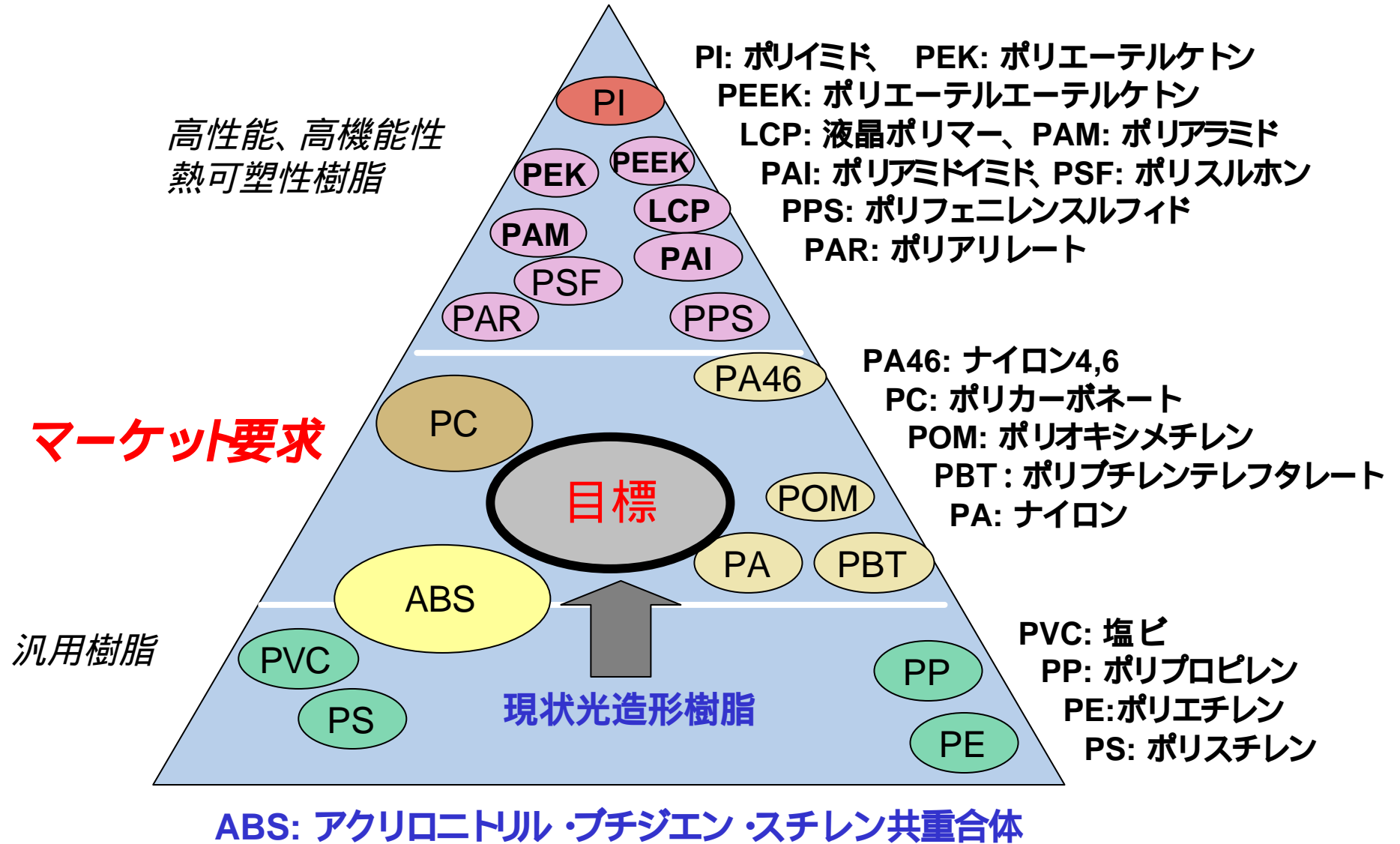
光造形とその樹脂

- 樹脂の性能が造形システムの決め手
- 新しい用途・市場が新しい樹脂により開拓
- RMへの指向

ABS 性能樹脂が最大公約数

高耐熱・高靱性樹脂(PC性能)で新規市場

熱可塑性樹脂の性能とRP材料



モデル用樹脂の開発動向

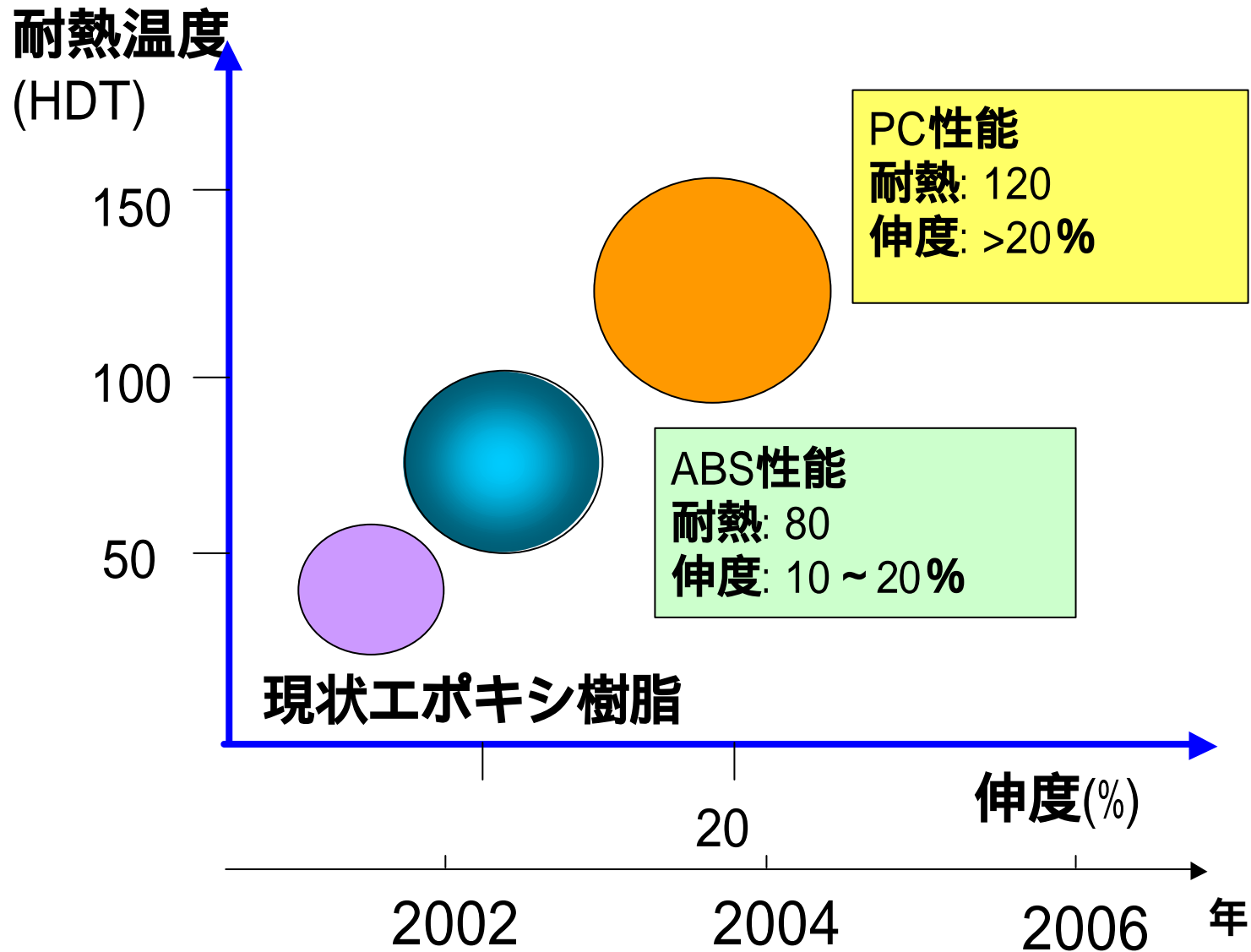
	2001 ~	2002 ~ 3	2002 ~ 4	2004 ~ 6
ベース樹脂	EP	EP	EP	EP/UA
Item	靱性	ABS性能	耐熱	耐熱・靱性
vantico	SL-7540 SL-7545	SL-7560 SL-7565 SL-7570	(SL-5530HT)	
DSM-SOMOS	SOMOS-9100	WaterShed SOMOS 11120	ProtoTherm SOMOS 12120	
3DS (RPC)	AccuDur, SI-20	SI-30 (?)		
JSR	SCR-710 SCR-735	(SCR-735)	SCR-740	
旭電化	HS-681	HS-690	(HS-680H)	
CMET	TSR-821		(TSR-920)	TSR-950X 開発中

UA: ウレタンアクリレート, EP: エポキシ, ()内は既存品

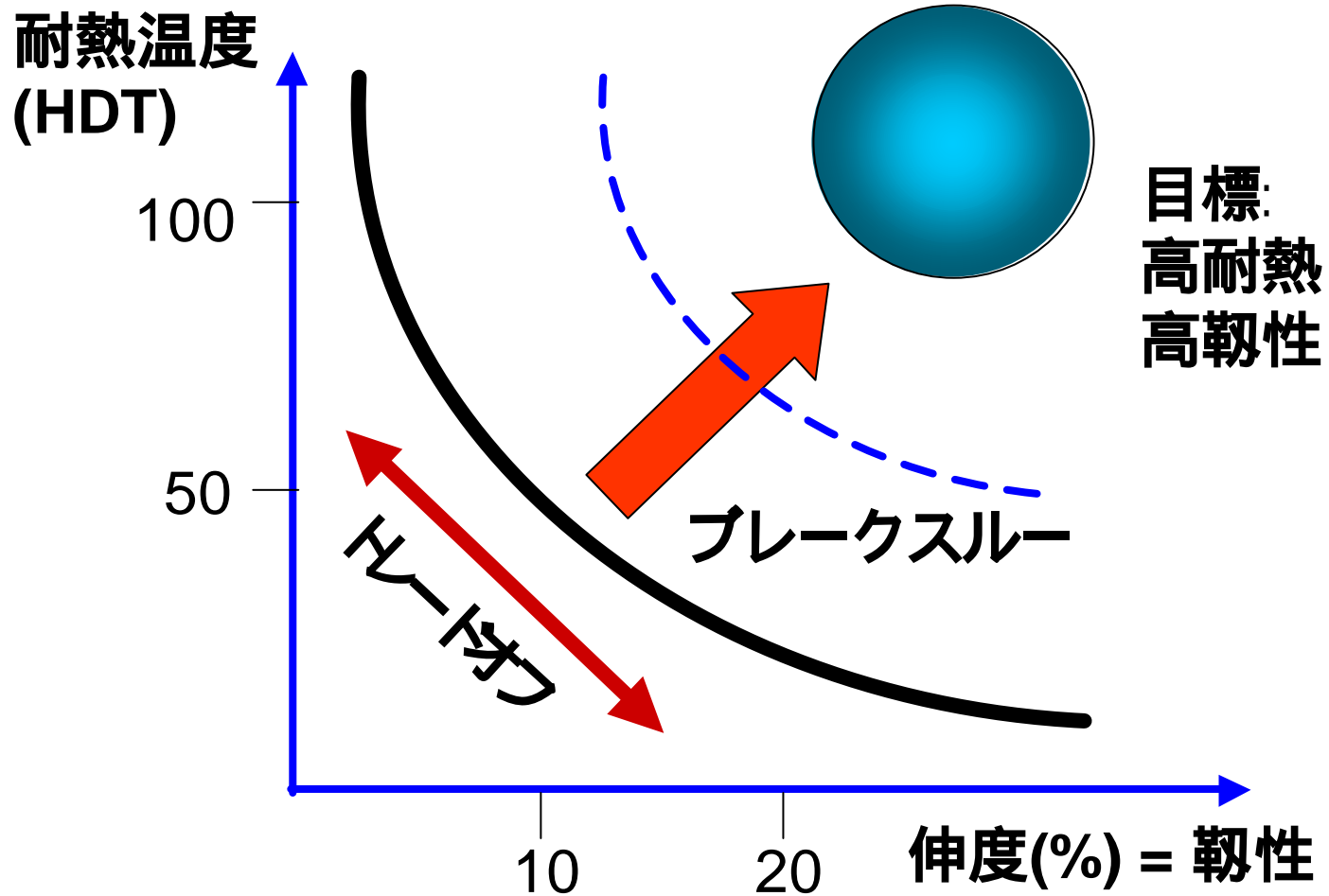
CMETの樹脂開発ターゲット

- 万能用途光造形樹脂
 1. 高精度 / 多目的: ABS性能
- 機能性樹脂
 2. 高耐熱樹脂: POM, PC 性能
 3. ゴムライク
 4. 直接射出成形型
- Rapid Manufacturing用樹脂
 5. イミドベース樹脂

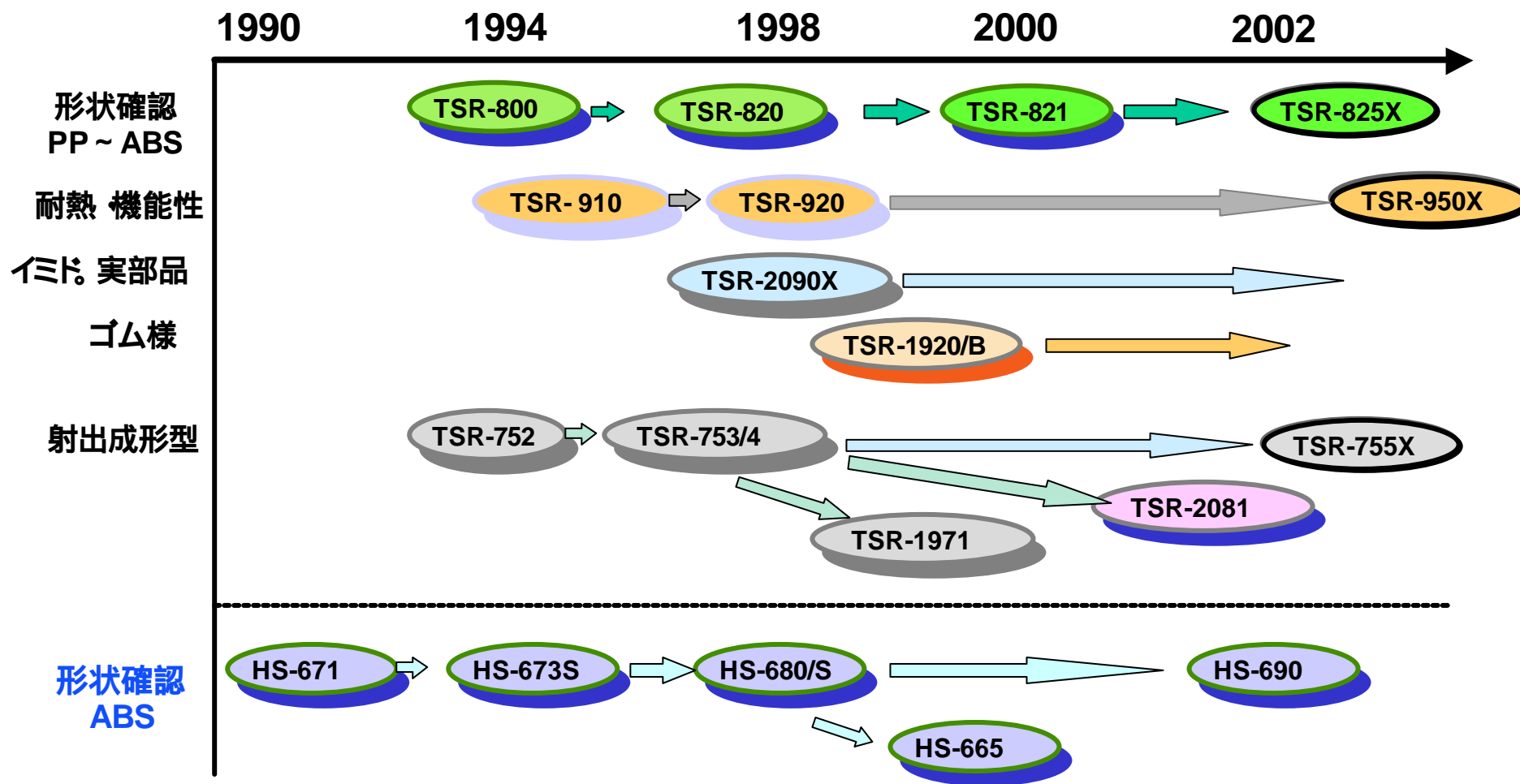
CMETの樹脂開発スケジュール



私たちはだかるトレードオフの関係



CMET の光造形樹脂のロードマップ



光造形とその樹脂

- **樹脂の性能が造形システムの決め手**
ABS 性能樹脂が最大公約数
- **新しい用途・市場が新しい樹脂により開拓**
高耐熱・高靱性樹脂(PC性能)で新規市場
- **RMへの指向**
高性能樹脂がRapid Manufacturingへと

CMETの光造形樹脂の紹介

1. PP ~ ABS、靱性樹脂 TSR-821
2. ABS性能樹脂 HS-690
3. Rapid Manufacturing 樹脂
イミト系 TSR-2090X

靱性樹脂TSR-821の紹介

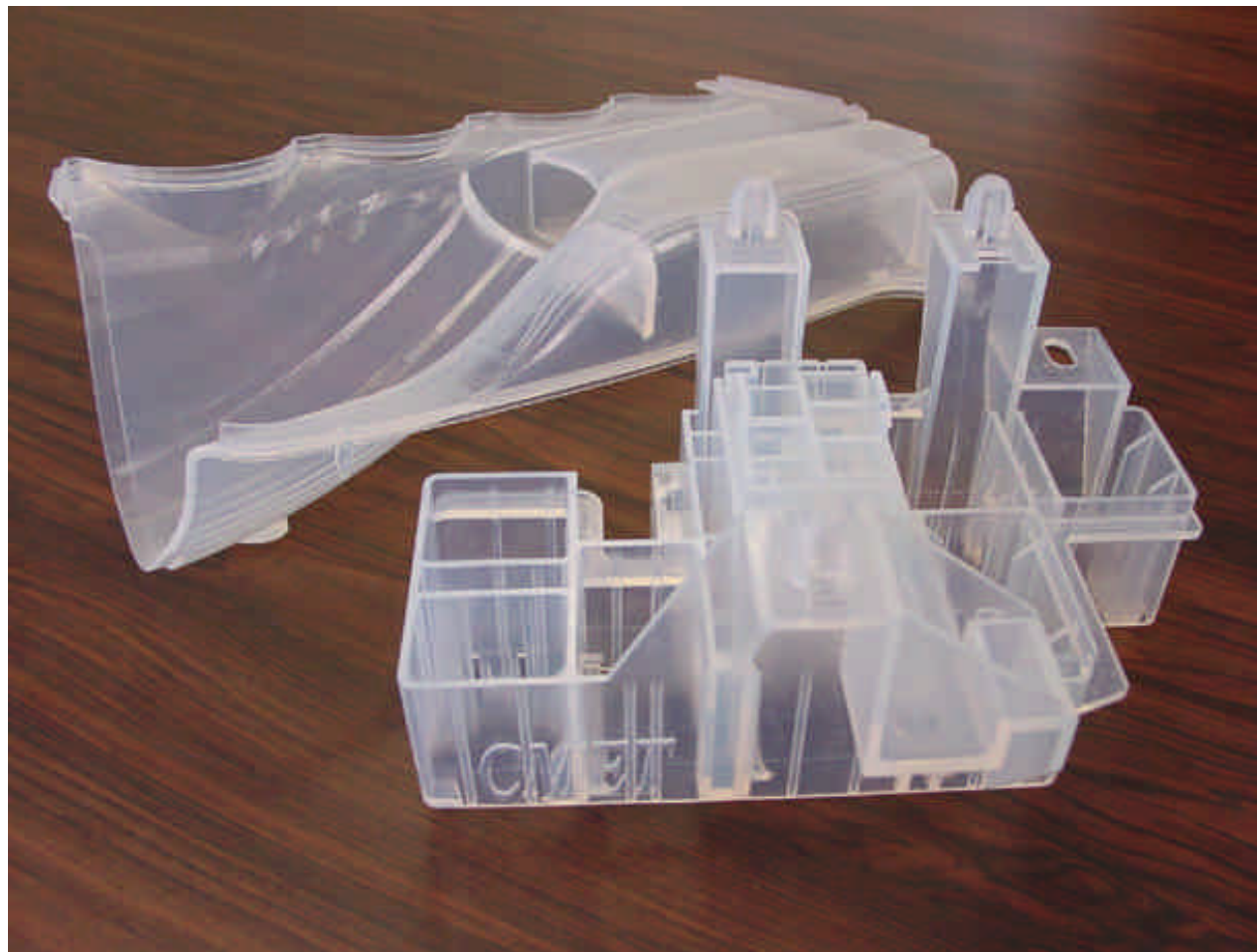
- 靱性
- PP ~ ABSの性能
- エポキシ系樹脂
- 低反り
- 低経時変化
 - オキセタン修飾

TSR-821樹脂とPP、ABSとの物性比較

項目	PP	TSR-821	ABS
比重 / 25	0.91	1.19	1.04
引張り強度 (MPa)	32	49	43
破断伸度(%)	>500	13-15	15-60
引張り弾性率 (GPa)		1.80	1.80
曲げ強度 (MPa)		70	68
曲げ弾性率 (GPa)	1.66	2.23	2.25
衝撃強度 (J/m)	37	45-48	200
熱変形温度()/18.5kg	(65)*	52-54	89

* 連続使用可能温度

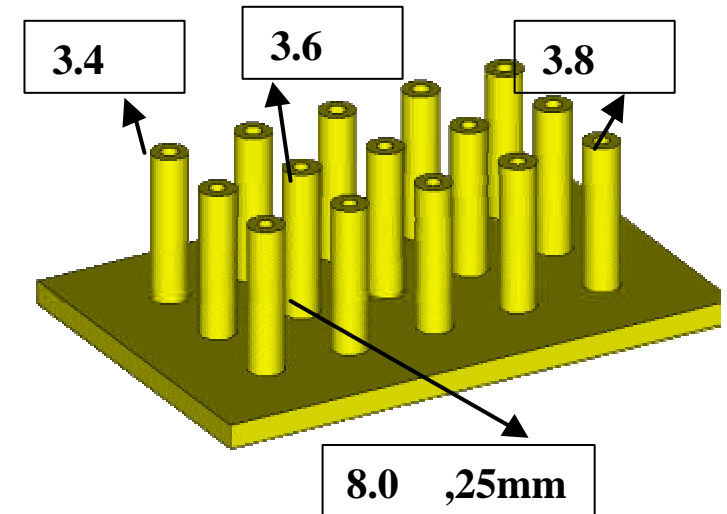
TSR-821の例



セルフタップテストによるTSR-821の靱性評価

1. タップネジ: JIS M4ミリ (深さ=20 mm, ピッチ = 1.5)
2. ボス形状 高さ25mm, 外径 = 8mm

樹脂	下穴径 (タップネジに対する比率)		
	3.4mm (85%)	3.6mm (90%)	3.8mm (95%)
TSR-821	5/5	5/5	5/5
HS-680	0/5	0/5	4/5



5/5: すべてOK, 0/5: 全部破損

新規ABS性能樹脂 “HS-690” の紹介

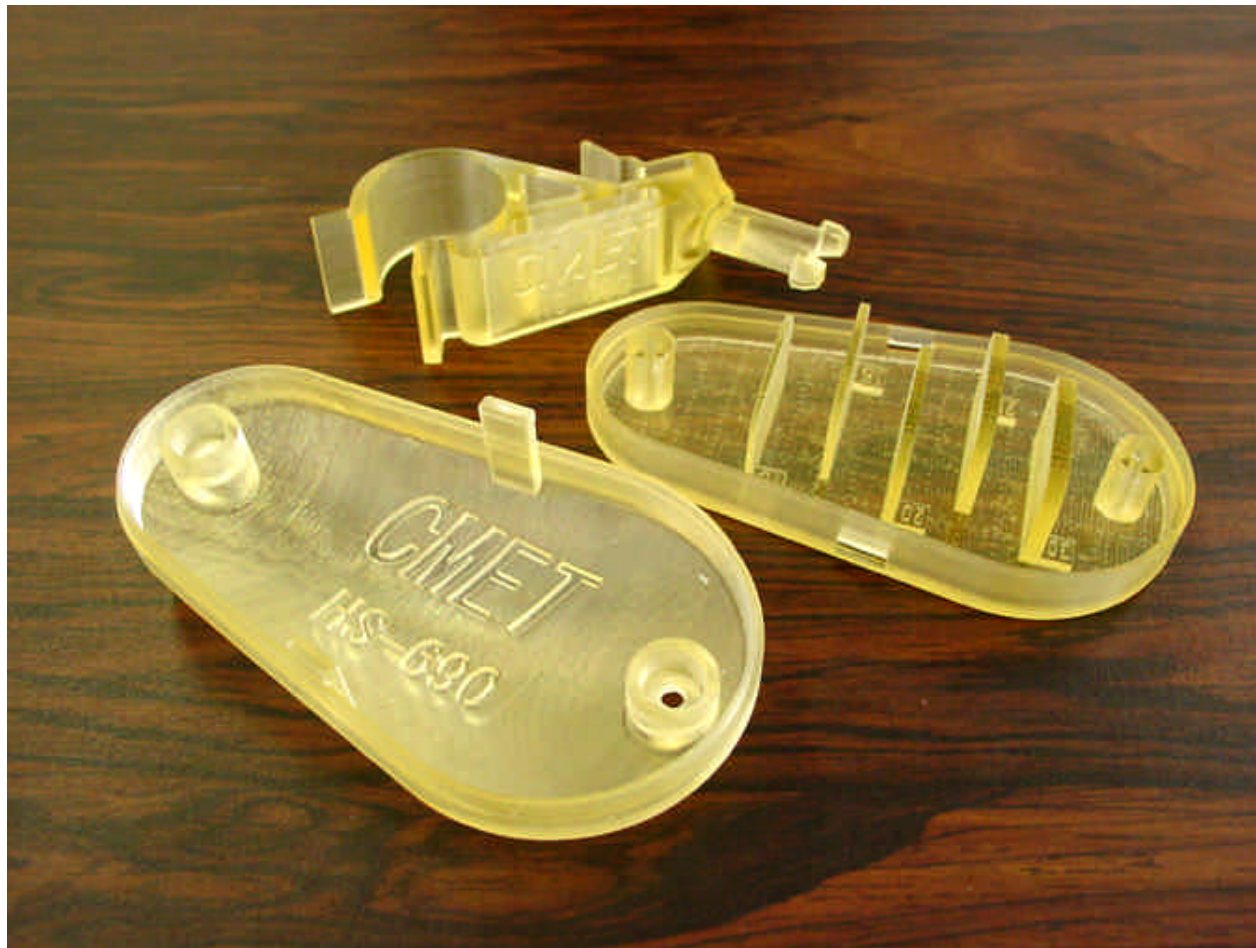
- **ABS性能**
- **靱性**
- **エポキシ系樹脂**
- **熱雰囲気下での安定性良好**

HS-690樹脂とABS樹脂との物性比較

項目	TSR-821	ABS	HS-690*
比重 / 25	1.19	1.04	1.15
引張り強度 (MPa)	49	43	60-70
破断伸度(%)	13-15	15-60	10-13
引張り弾性率 (GPa)	1.80	1.80	1.60-1.80
曲げ強度 (MPa)	70	68	75-85
曲げ弾性率 (GPa)	2.23	2.25	2.30-2.60
衝撃強度 (J/m)	45-48	200	35 ~ 40
熱変形温度()/18.5kg (熱処理後)	52-54	89	~ 60 (70-75)

* 暫定値

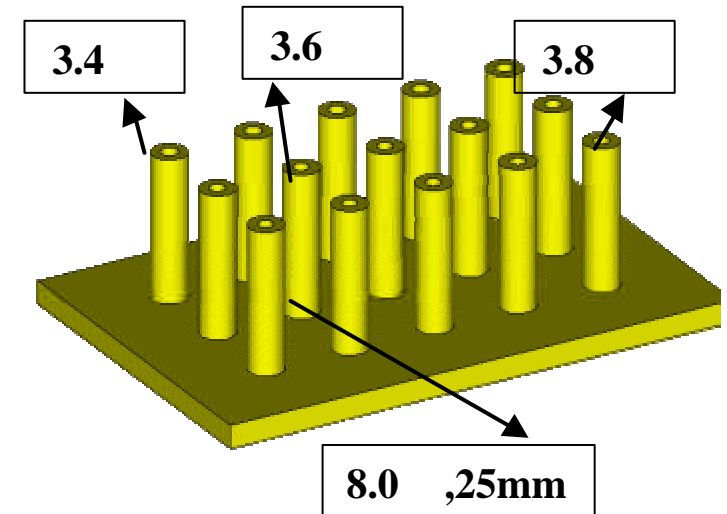
HS-690の例



セルフタップテストHによるHS-690の靱性評価

1. タップネジ: JIS M4ミリ (深さ=20 mm, ピッチ = 1.5)
2. ボス形状 高さ25mm, 外径 = 8mm

樹脂	下穴径 (タップネジに対する比率)		
	3.4mm (85%)	3.6mm (90%)	3.8mm (95%)
HS-690	5/5	5/5	5/5
HS-680	0/5	0/5	4/5



5/5: すべてOK, 0/5: 全部破損

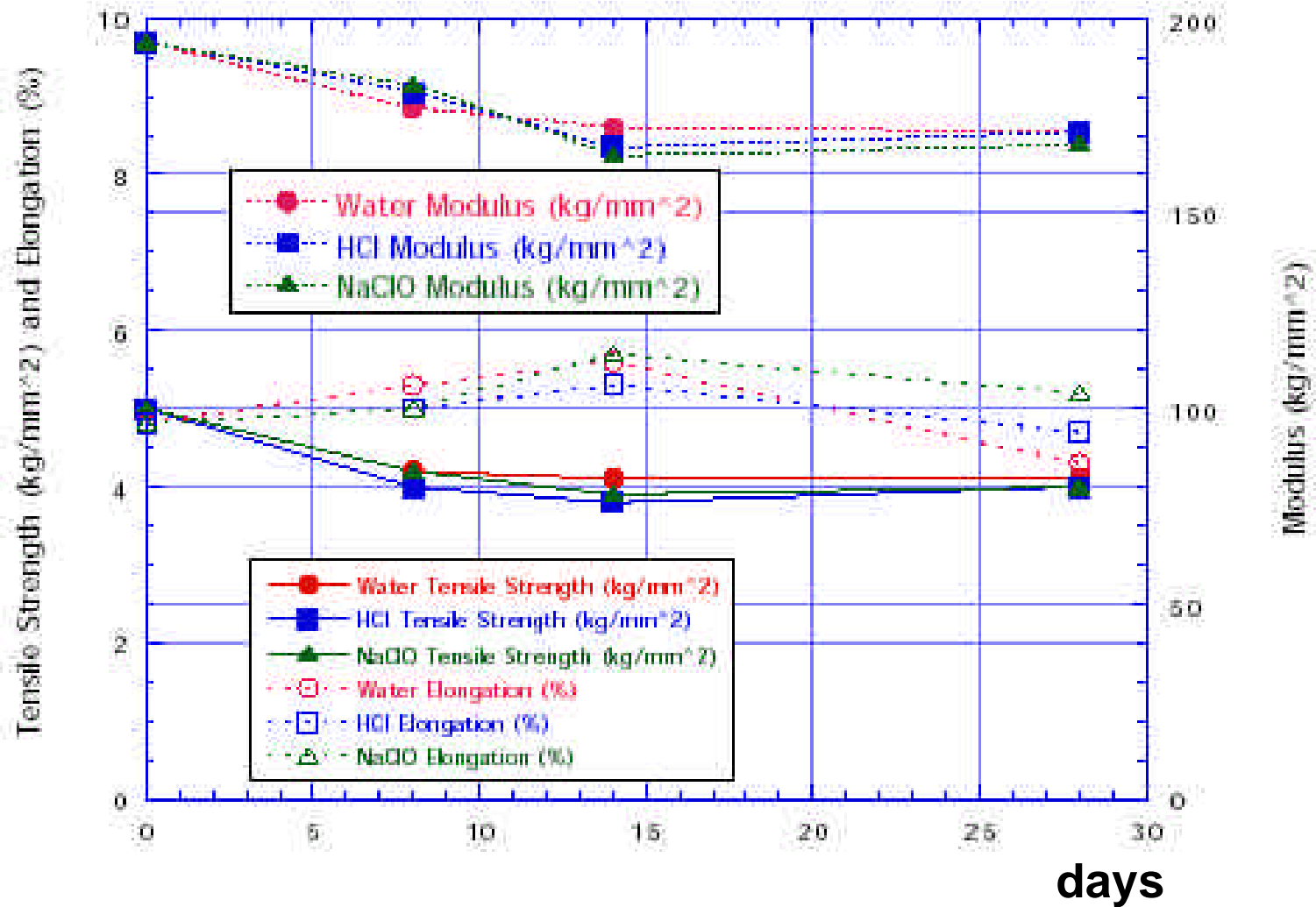
イミト樹脂TSR-2090Xの紹介

- 抜群の耐水性
- 実部品
- 新規材料開発
イミト材料ベース

TSR-2090Xの物性

	TSR-2090X
LASER	LD
粘度 (mPa ·s)/25	300
液比重/25	1.14
Ec (mJ/cm ²)	18.3
Dp (mm)	0.147
E10 (mJ/cm ²)	102
引張り強度 (MPa)	61
伸度 (%)	4.4
引張り弾性率 (GPa)	2.36
曲げ強度 (MPa)	81
曲げ弾性率 (GPa)	2.64
衝撃強度 (J/m)	NA
熱変形温度()/18.5kg	NA
ガラス転移点 Tg ()	80
表面硬度 (Shore D)	89

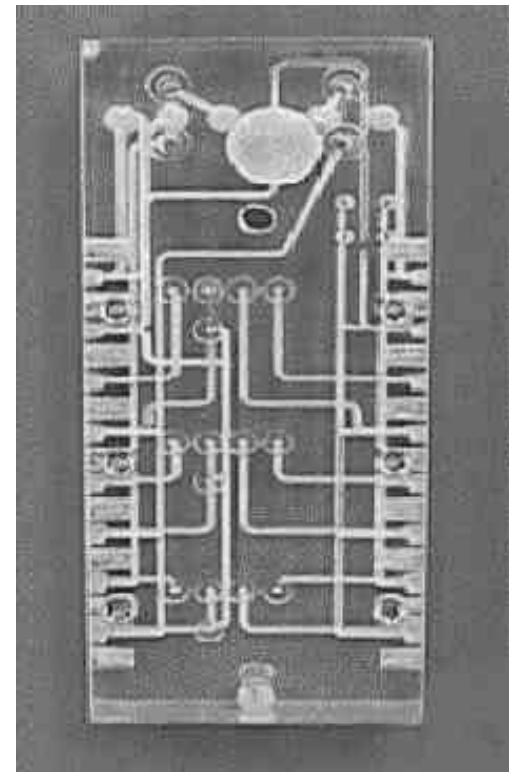
TSR-2090Xの水溶液下での安定性



Rapid Manufacturingの胎動

光造形法を用いた最初の実部品

- 水質試験器のマニユホールド
 - 日立製作所により上市
 - **イミト系樹脂 (TSR-2090X)**
 - **水中で1500時間以上変化なし**



水質試験機内の光造形実部品(日立の公開特許より)

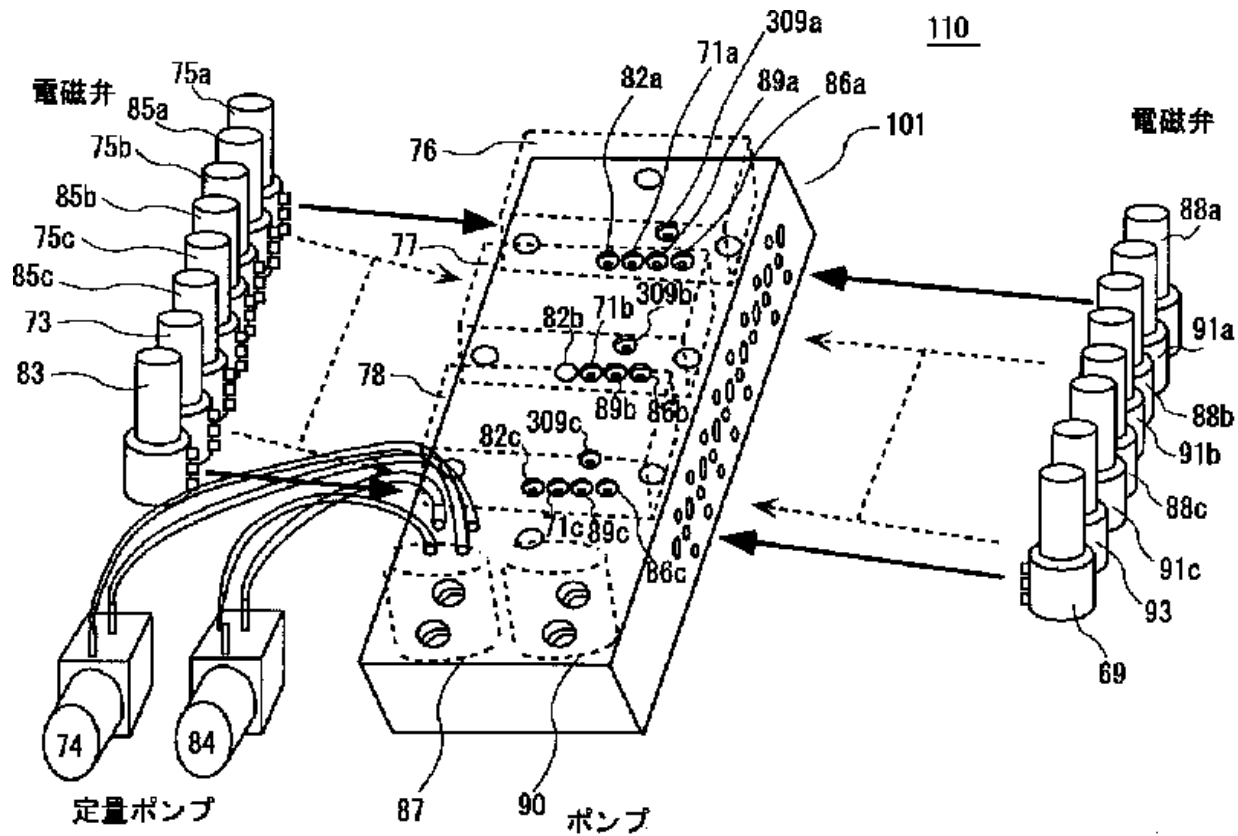
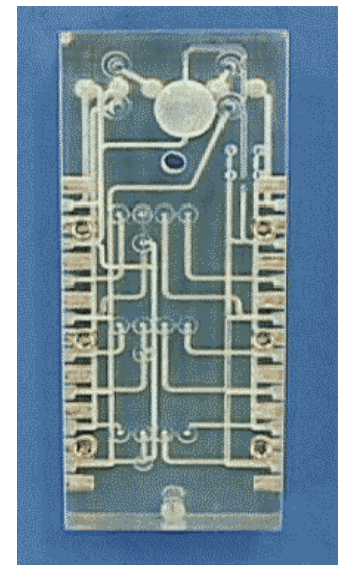


図 5



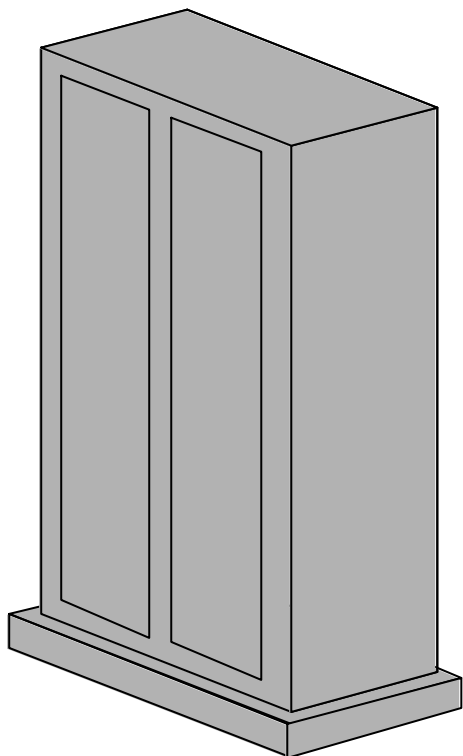
AN-500の構成



2002.10.8素形材フェアより

水質試験器の従来品と新製品との比較

従来



外形サイズ:
1160(W)x700(D)x1800(H)
¥ 1200万円

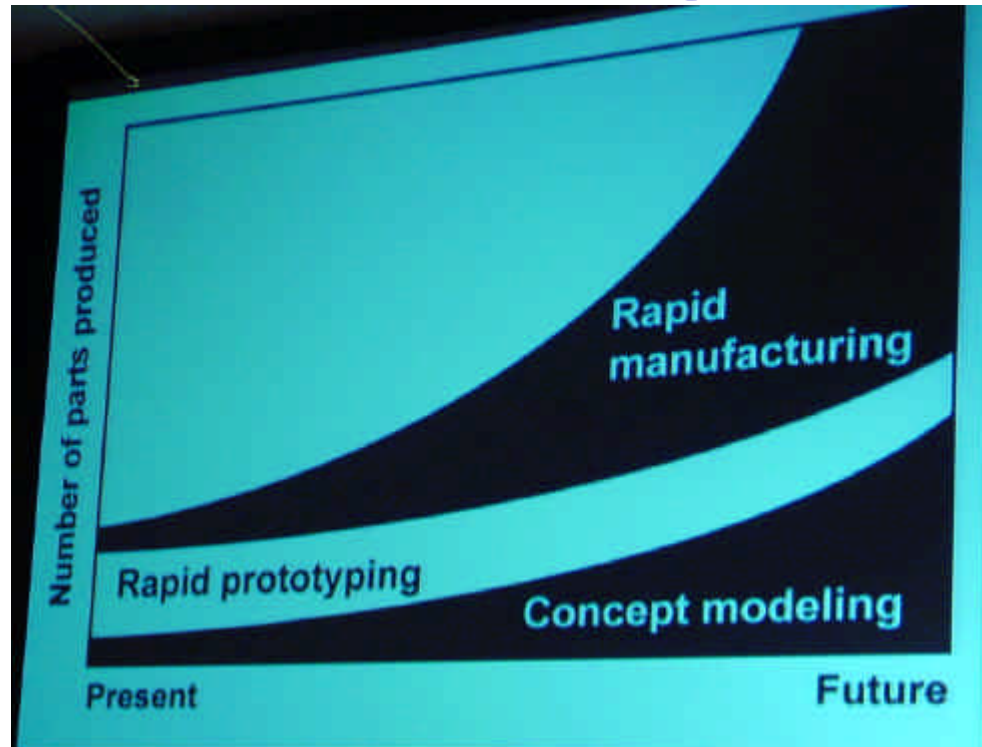
新製品(AN530)



外形サイズ: 200(W)x187(D)x300(H)
¥ 360万円

- 容積: 1/120
- 小屋から壁掛け型へ
- 価格: 1/3.3

RPの将来はRapid Manufacturingと 3D Printingへ



Key: 樹脂 / 材料

(Wohlers氏のSME 2002での講演より)