

光硬化性樹脂を用いるAMの最近の進歩

横浜国立大学 地域連携推進機構
ネクスト・アーバン・ラボ（横浜産学官共創推進ユニット）
連携研究員

理学博士 萩原恒夫

2023年1月20日

E-mail: ts.hagiwara@gmail.com

<http://www.thagiwara.jp>

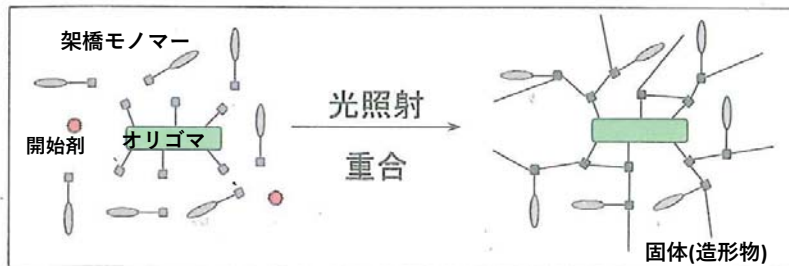


AM(3Dプリンティング)方式一覧

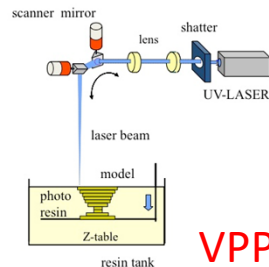
積層技術	英名	別名	材料	手段	特長	用途
液槽光重合法 (VPP)	Vat Photo-Polymerization	光造形法, SLA	光硬化性樹脂	LASER, LED	高精度、高精細 大型、	試作
粉末床溶融結合法 (PBF)	Powder Bed Fusion	粉末焼結法, SLS, SLM, EBM HSS	PA12, PP粉末、 金属粉	LASER, 電子線 インクジェット/熱	装置が大がかり 高速(HSS)	機能試作 製品
材料押出法(MEX)	Material Extrusion	溶融樹脂積層法, FDM法, FFF	ABS, PCなどの熱可塑性樹脂	熱	簡易, ABS~スーパーエンブラ	形状確認 高性能試作
結合剤噴射法(BJT)	Binder Jetting	インクジェット法, Z-Printer法	石膏粉、砂 水系バインダー	インクジェット	高速, フルカラー	フィギュア 砂型
材料噴射法(MJT)	Material Jetting	PolyJet法, MJM法など	光硬化性樹脂 ワックスなど	インクジェット	比較的簡易 多彩な表現	形状確認 鑄造
シート積層法 (SHL)	Sheet Lamination	シート積層法, LOM法	紙、プラスチックシート, 金属シート	LASER, カッターナイフ	簡易 フルカラー	立体地図
指向エネルギー堆積 (DED)	Directed Energy Deposition	LENS法, DED法	金属粉末, 金属ワイヤ	LASER	高速	金属部品
ハイブリッド	Hybrid	金属光造形法	金属粉末 熱可塑性樹脂ペレット	LASER + 切削 熱 + 切削	高精度・表面性	金属製品, 型 大型樹脂製品

ASTMでは7分類、最近はハイブリットを含めて8分類へ略称は3英文字表記へ: VPP, PBF, MEX, BJT, MJT, SHL, DED

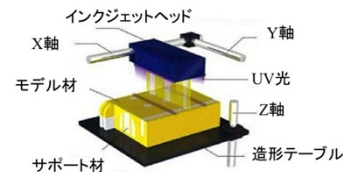
- 光(紫外線)硬化反応:
 - 液槽光重合法(VPP=光造形)と材料噴射法(MJT)
 - 光ラジカル反応
 - 光カチオン反応+ 光ラジカル反応



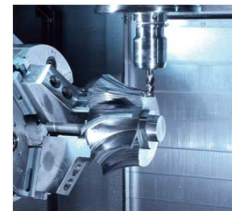
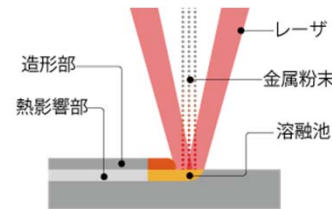
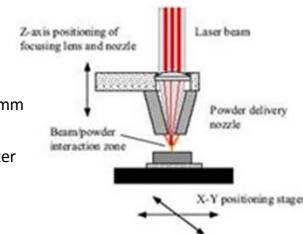
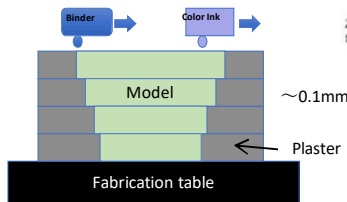
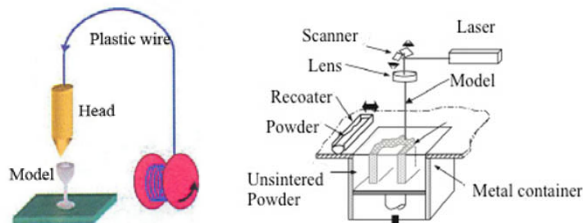
- 熱:
 - 粉末床溶融法(PBF)、材料押し出し法(MEX)、指向エネルギー堆積(DED)
- バインダーと熱 (BJT/PBF)
 - HSS (High Speed Sintering)
- バインダーによる固定: 結合材噴射法(BJT)
- ハイブリッド:
 - PBF,DED (金属粉)と切削, 樹脂押し出し (MEX) と切削



VPP

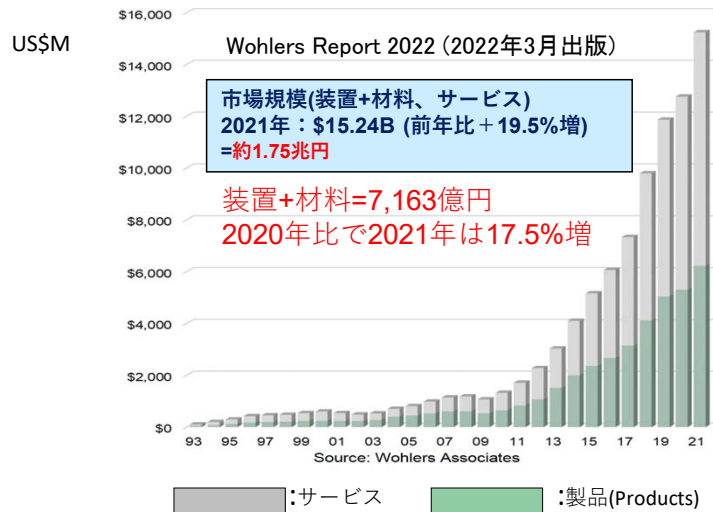


MJT

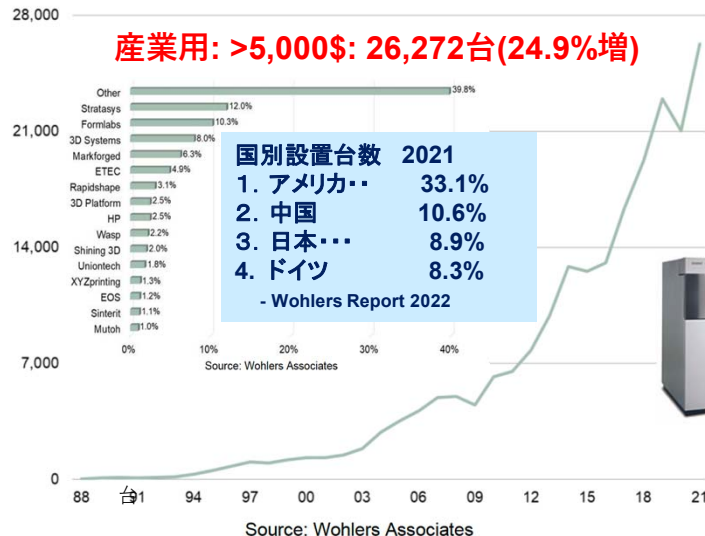


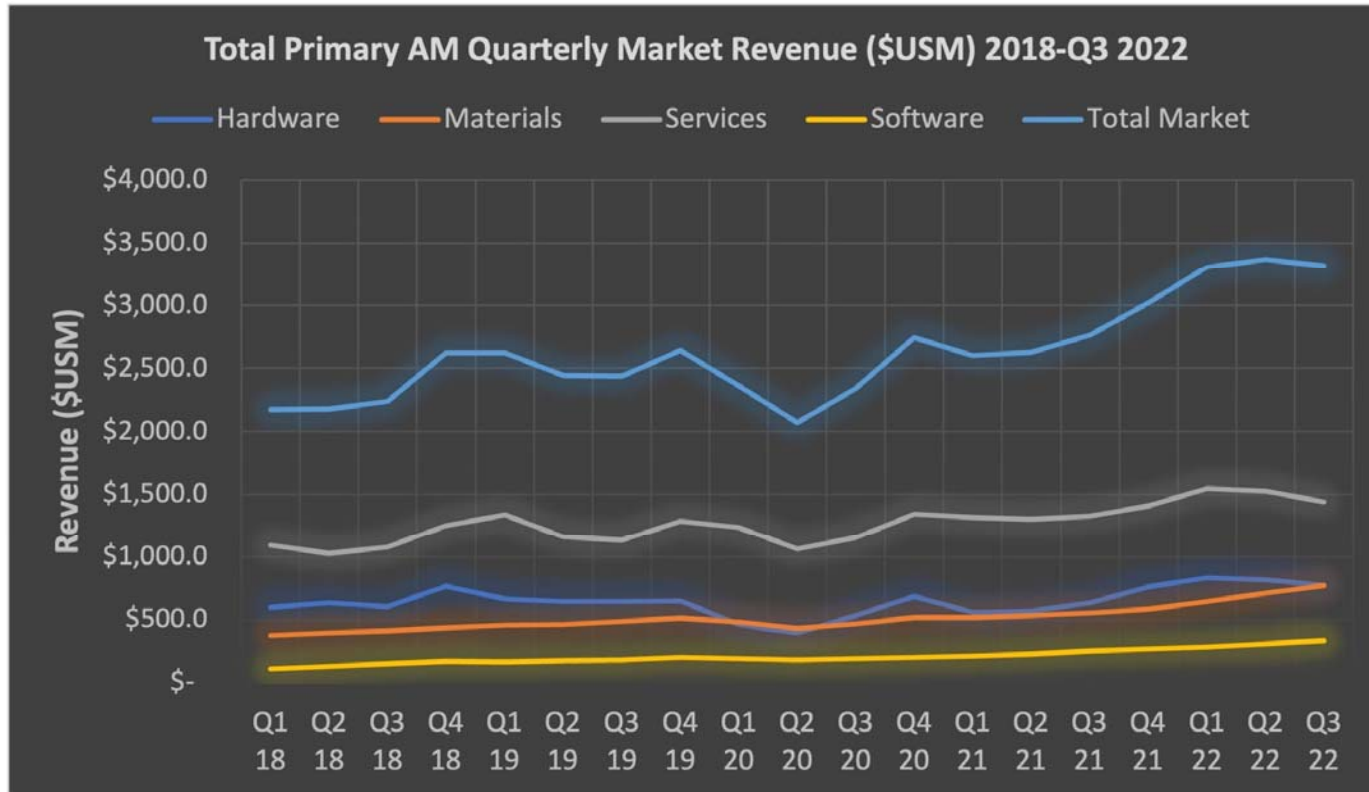
- 2012年からの3Dプリンティングブームは一度落ち着いた後、着実に発展; **年率20%前後で拡大**
低価格機(所謂3Dプリンター):コロナ禍でも 2021年は80万台出荷、累計500万台前後へ
- **装置の高速化・大型化・高性能化・自動化が進行**
HSS(PBFに分類), Metal BJT, ダイレクトペレットMEXなど急速に発展
- 金属の3DPrintingが最終製品作製で拡大; 航空機部品などに展開
- 高性能造形物、スーパーエンブラ(PAEK, PPSなど)、セラミック造形、CFRP造形に注目
- **高精細・高精度の液槽光重合法が再び注目(高耐熱・高靱性樹脂で最終製品を目指して)**
- 直接製造(Mass Customization, DX): 航空機産業に続いて自動車産業でもAM化が進行
 - カスタム部品や保守部品の製造を開始
- **VPPを中心に**宝飾は導入完了、医療・歯科への応用展開は着実に進行
- 2026年には材料市場が5,000億円を予測(IDTechx); 2021年は3,000億円市場(Wohlers Report2022)
- **最終製品製造のデジタル化(DX化)へ; 大手化学会社がビジネスチャンスと相次いで参入**
→ **材料の発展で、AMの応用がますます拡大されると推定**

AMビジネスの世界市場(2021年状況)



2次製品である型、成形物、鋳造物を含まない





- ・ 5355年第6四半期は、DP 業界全体の収益が63億ドルを超える。
- ・ 積層造形市場は前年比で53(上昇)。

<https://www.smartechanalysis.com/news/3d-printing-market-data-q3-2022-additive-manufacturing-markets-totaled-3-1b-representing-20-growth-year-over-year/>

materialise

↑

LINK3D
Additive MES Software

PROTOLABS
Manufacturing. Accelerated.

↑

3D HUBS

EOS

↑

METALPINE

NANODIMENSION

↑

NANOFABRICA
ADMATEC
FORMATEC

Markforged

↑

DIGITAL METAL[®]

Teton
Simulation

Nikon

↑

SLM SOLUTIONS

MORF3D

Desktop Metal

↑

ExOne
Collaborate. Innovate. Accelerate.

envisionTEC

aerosint
Desktop Metal Company

ADAPTIVE3D

aidro

METAADDITIVE⁺

3D SYSTEMS

↑

OQTON

TIGAN
ROBOTICS

additiveworks

polar
AM systems

KUMOVIS

ALLEVI

stratasys

↑

XAAR 3D

RPS

ORIGIN
Industrial 3D Printing Systems

covestro
AMビジネス

2021年の3D Printer市場: US\$15.24B = 1.75兆円 (前年比19.5%増)

装置+材料 \$6,229M (17.5%増)、産業用:26,272台(24.9%増)、Personal 80万台(7.0%増)

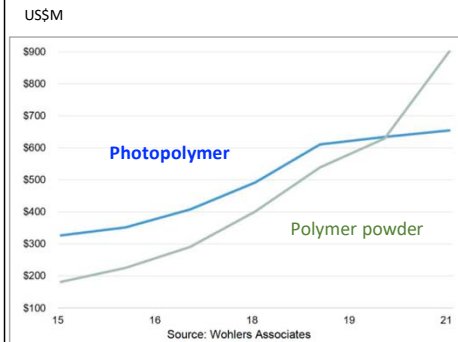
装置など: \$3,417M (13.4%増)

サービス US\$9,015M = 1兆40億円 20.9%増

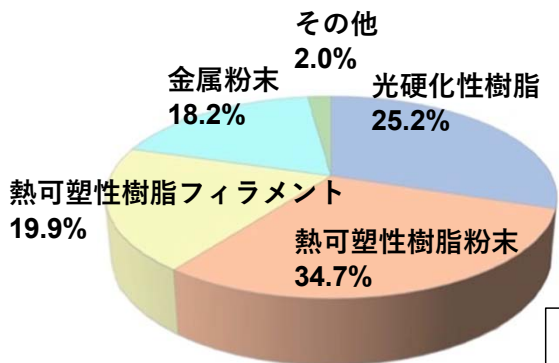
材料のみ US\$2,598M = 3,000億円 23.4%増

1US\$ = 115JPY換算

材料	販売額	推定単価/kg	(2021年)	(2020年)	(2019年)	(2018年)
光硬化性樹脂:	US\$655M 753億円 (25.2%)	30,000円	2,510t	2,263t	2,240 t	1,850 t
粉末床溶融材料:	US\$902M 1,037億円 (34.7%)	10,000円	10,370	6,730	5,900	4,500
金属粉末材料:	US\$473M 544億円 (18.2%)	20,000円	2,720	2,050	1,940	1,400
溶融押し(MEX)材料	US\$517M 595億円 (19.9%)	10,000円	5,950	4,430	4,340	3,350
その他; 石膏粉末など:	US\$ 52M 60億円 (2.0%)	10,000円	600	470	420	350



光硬化性樹脂と熱可塑性樹脂粉末



2021年 (Wohlers Report 2022)

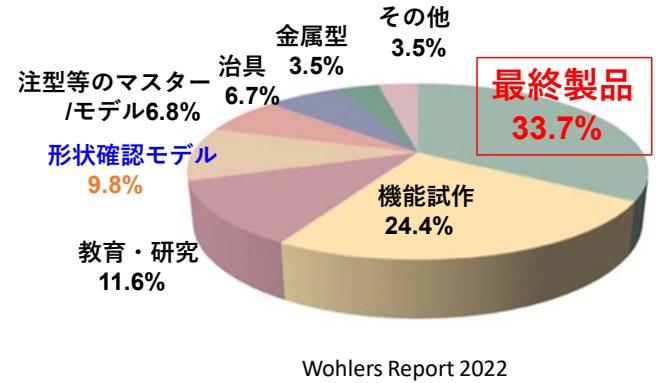
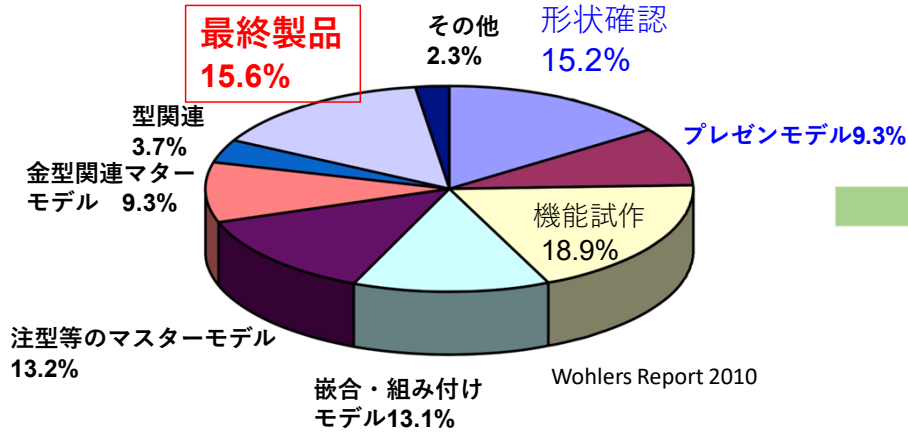
2020と2021年の比較

- ・ 総額23%増(コロナ禍でも)
- ・ 熱可塑性樹脂粉末の割合が増加 29.9→34.7%; 今後更に拡大が予測

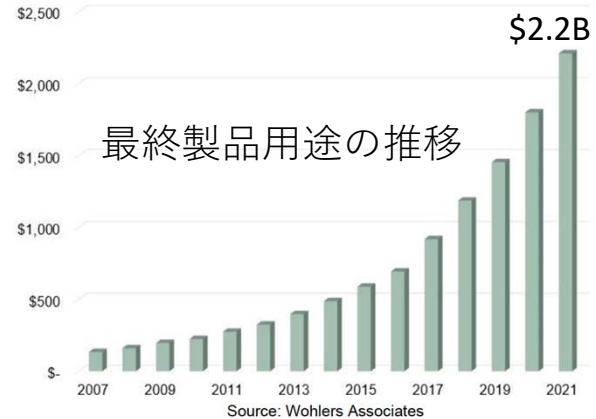
2009年: 220億円の材料市場
2021年→ 3,000億円 (14倍)



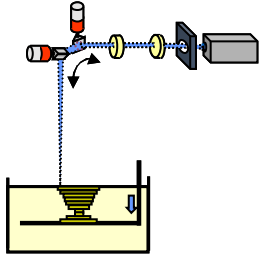
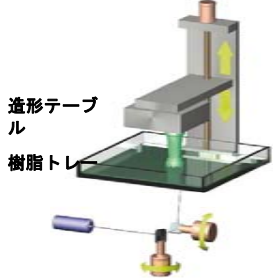
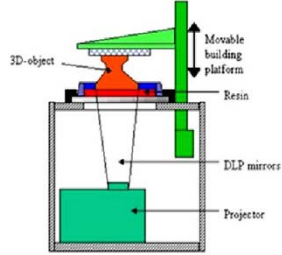
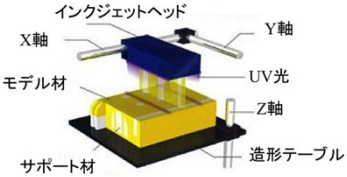
AMの用途推移



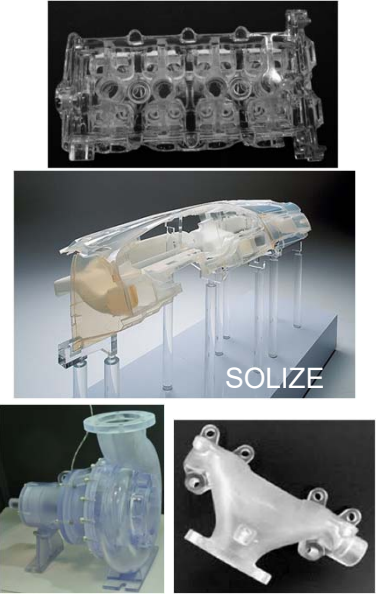



AM市場: 2009→2021 (12年間)
 1,200億円 → 1.75兆円 (約15倍)
 材料市場
 220億円 → 3,000億円
 13.6倍に拡大
 最終製品の割合: 15.6% → 33.7%
 2倍以上に



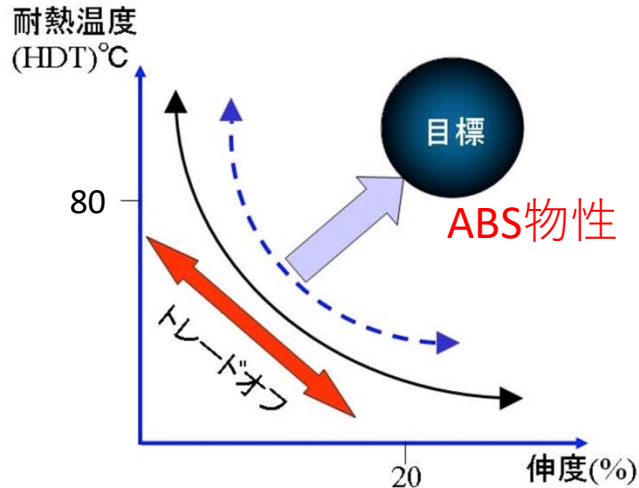
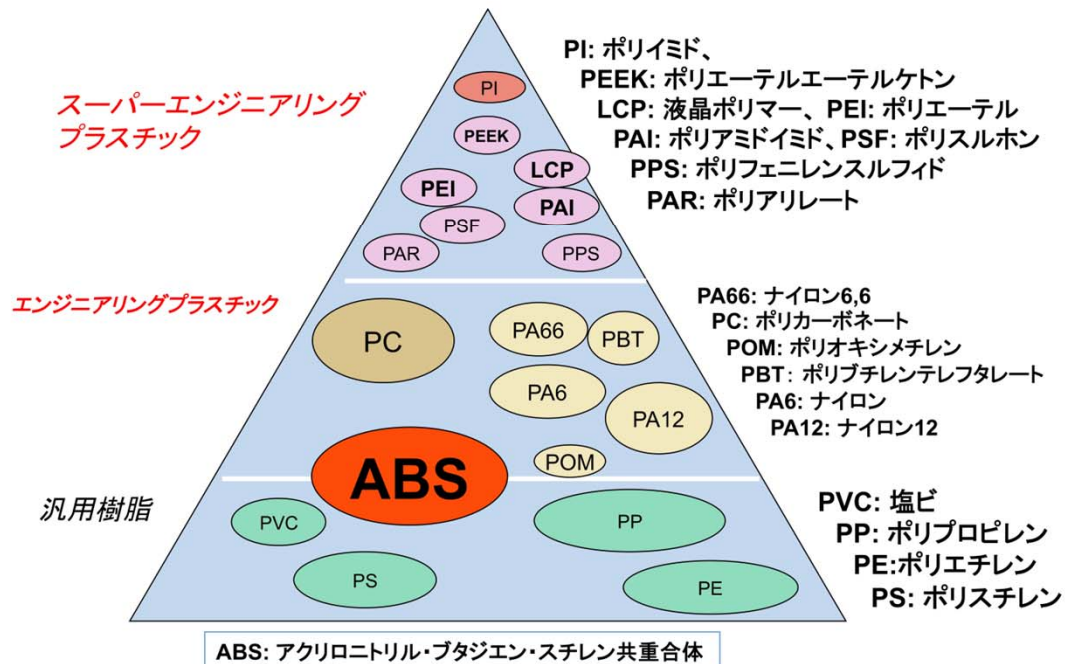
光硬化性樹脂を用いるAM

	大型液槽光重合機 自由液面法VPP	小型液槽光重合機 規制液面法VPP	DLP機(LCD機含) 規制液面法VPP	MJT(InkJet)機 光硬化性樹脂
光源	固体レーザ, 355nm	LDレーザ, 405nm	405nmLED, UVランプ	UVランプ
装置の特徴	上方からレーザ照射, 空気に接している	透明窓材下方からレーザ照射, 空気に接していない	透明窓材下方から光照射, 空気に接していない	インクジェット 空気に接している
材料の特徴	エポキシ/アクリレートのハイブリッド組成 硬化速度は少し遅いが収縮率が小さく、反りが少ない。耐熱・靱性を併せ持つ材料開発が難しい。	(ウレタン)(メタ)アクリレート 硬化速度は速く、収縮率が大きく、反りが出やすい。 メタクリレート化合物が利用できるため生体適合性が高い。	(ウレタン)(メタ)アクリレート 硬化速度は速く、収縮率が大きく、反りが出やすい。 メタクリレート化合物が利用できるため生体適合性が高い。	(ウレタン)アクリレート 吐出粘度に制限があるため、物性に制限、しかし、硬軟カラー等、表現が豊か
スキーム				

光硬化性樹脂を利用するAM装置の代表的用途

	大型液槽光重合機 自由液面	小型液槽光重合機 規制液面	DLP機(LCD機も) 規制液面	インクジェット UVランプ
造形サイズ	400～800mmサイズ	100～200mmサイズ	100～400mmサイズ	200～1,000mmサイズ
特徴的用途	大型試作、機能テスト	宝飾、歯科、小型部品	宝飾、歯科、小型部品	デザイン検証、医療、歯科
代表的造形物			 <p>ETEC, CarbonのWebsiteより</p>	 <p>StratasysのWebsiteより</p>

- **なぜABS性能なのか?**
 - 工業製品の多くの筐体に利用
 - 生活環境下での物性にバランス



ABS樹脂
 HDT(高荷重): ~80°C
 Izod(ノッチ): ~200J/m
 水分吸収率: ~0.3%

VPP用樹脂の目標
 HDT(高荷重): >80°C
 Izod(ノッチ): >50J/m
 水分吸収率: 0.3~0.5%

- 自由液面タイプ液槽光重合法(VPP=光造形法)は大型で高精度・高精細で透明なものが得られ、試作分野での役割は大きい。

- 高精度を要求される日本で大きな役割を占めてきた。
- 中国ので工業製品の生産拡大に伴い、試作を中心に自由液面タイプ光造形機がコストから有利であり、急激に拡大。日米機に比して安価で年間数百台以上販売と推定
- ストラタシスも光造形機ビジネスに参入; Origin, RPSの買収, CovestroのAMビジネスを獲得へ
- DesktopMetal社のEnvisionTEC買収し多角化
- 歯科用途、宝飾用途ではごく当たり前に下面照射(規制液面方式)のVPP機(Laser, DLP)の利用

- 顧客は造形物の最終製品への展開を指向

- 長期利用(最終製品)を目指した樹脂開発が活発化
- 高耐熱・高靱性樹脂の開発で再びAMの中心へ。

- 最低でも ABS物性: **壊れにくさ** と **高荷重HDTが80°C**以上。しかし自由液面方式の材料では目立った動きがない(方策が乏しい)。鋳造を意識したアンチモンフリー化などに限定
- 既存メーカーは **下面照射(DLP, レーザ機)用樹脂の開発を加速**
世界の大手化学メーカー(BASF, Henkel, EVONIK, ARKEMAなど)が次々に参入
- 現状では最終製品を目指しているが、従来の樹脂材料と比較して同等レベルには達していない。しかし、**1~2年以内**に最終製品への要求性能(ABS性能)に到達と推定。

最終製品製造を見据えて; DX, 5G, 6G対応も

1. 耐熱・靱性; Rigid/Tough/High Temperature, ABS性能以上, スーパーエンジニア性能
 - 最終製品への展開を模索; DXとしての位置づけが向上
2. 引裂強度の大きい弾性樹脂(エラストマー):
 - 30kN/m (合成ゴム指標)、高耐久性
3. ESD (Electro-Static Discharge : 静電気放電性, $10^5 \sim 10^9 \Omega/\text{sq.}$)
4. 低誘電性材料; 5G, 6G対応
 - 誘電率3.0以下、誘電正接0.0030以下(レゾナック社目標値*),
 - 誘電率2.5以下、誘電正接0.0020以下(岩手大学 大石好行教授)



3DSystems/F4 Rigid 140C BLK



Henkel/IND 402



Henkel/IND 380



3M/PTFE

最終製品を目指して:

下面照射(DLP/LCD, レーザ機)機用を中心に

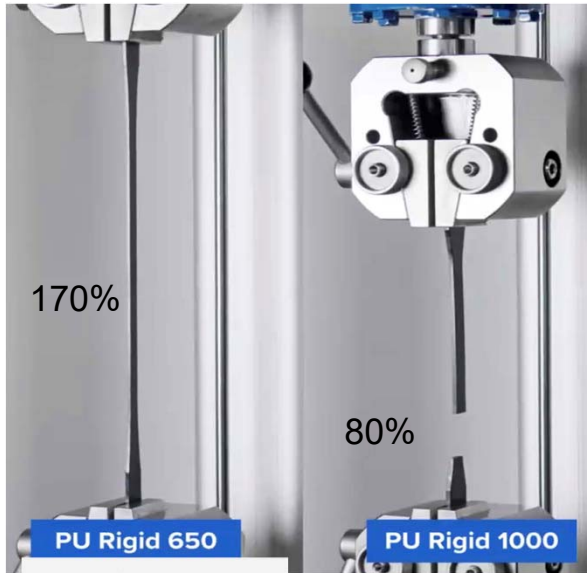
- Carbon: 連続引き上げ法; 2要素/2段階反応(光反応+熱反応), 最近是他社樹脂の採用も
- 3DSystems: Figure4用高耐熱、高靱性樹脂の拡充、長期利用を視野に
- Formlabs: 工業用、歯科、宝飾等へ対応機能性樹脂を拡充; Rebound-resin (高反撥ゴム)
- Henkel: 耐熱・靱性; Nexa3D機用, Stratasys Origin-One機用等、全VPP機向けに積極展開
- DWS: 高透明、高耐熱・耐衝撃性、高性能エラストマー
- ETEC(旧EnvisionTEC); 自社製に加えてAdaptive3D, Henkel樹脂で製品ラインを積極展開
- Cubicure: 高粘度UA樹脂の高温造形でブレークスルー(高耐熱。高靱性)を
- BASF, ARKEMA, EVONIK, その他国内メーカーなどが強力に参入

自由液面機用は

- 材料としてのブレークスルーはない(SOMOS, 3DSystems, CMET, JSR)。SOMOS樹脂はSbフリー化で casting 用など、他は従来の延長上に留まる。
- 3DSystemsがDLP機用を自由液面レーザー機用に転用
- CovestroはDSM社のAM事業(SOMOS事業)を買収したが、Stratasysへ売却、理由は不明

萩原が注目する
液槽光重合機用光硬化性樹脂の具体例

Formlabs 注目樹脂の特徴



170%

PU Rigid 650

80%

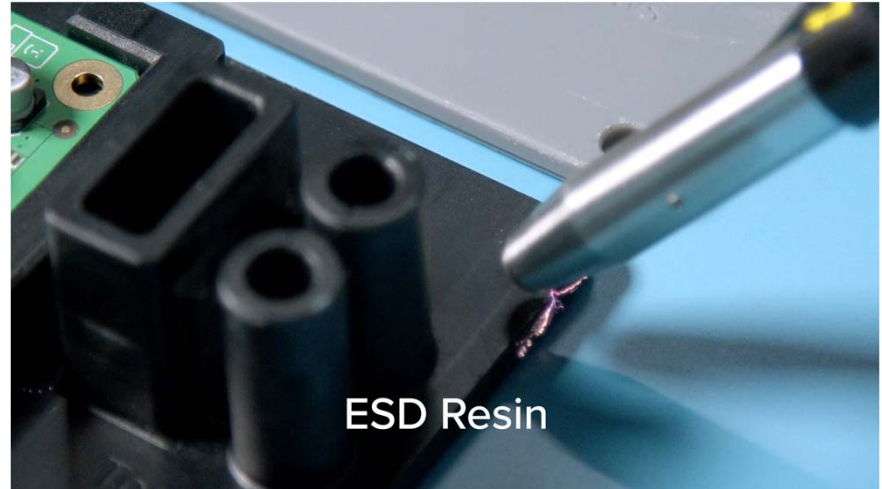
PU Rigid 1000



PU Rigid 650
 衝撃強度(Notch)376J/m
 水分吸収率: 0.3%



PU Rigid 1000
 衝撃強度(Notch)170J/m
 水分吸収率: 0.2%



ESD Resin



表面抵抗: $10^5 \sim 10^8 \Omega/\text{sq}$
 体積抵抗: $10^5 \sim 10^7 \Omega\text{-cm}$
 吸水率: 0.7%
 比重: 1.116
 Shore D: 90

Figure4用UA樹脂を自由液面方式SLAに転用

✓PRO Black 10→ Accura AMX Rigid Black

(開始剤は異なるが組成はほぼ同じと推定, 粘度300mPa・s)

	Pro Black 10	AMX Rigid Black
粘度(mPa・s / 25°C)	293	300
液比重	1.07	1.07
硬化物比重(硬化収縮率)	1.16 (7.8%)	1.15 (6.96%)
引張り強度 MPa	63	52
引っ張り伸度(%)	12	24
引っ張り弾性率 MPa	2,320	2,100
曲げ強度 MPa	92	88
曲げ弾性率 MPa	2,290	2,300
衝撃強度, ノッチ付き(J/m)	24	23
HDT(°C)/1.82MPa	56	52
HDT(°C)/0.45MPa	70	64
表面硬度(ShoreD)	79	80-85
水分吸収率(%)	1.16	1.16

i-819

TPO



Figure 4



SLA 750



Pro Black 10



Accura AMX Rigid Black

3DSystems社の注目Figure 4樹脂



Rigid 140C Black



Tough 65C Black

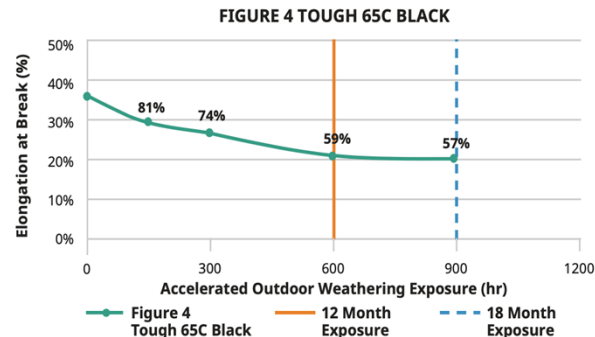
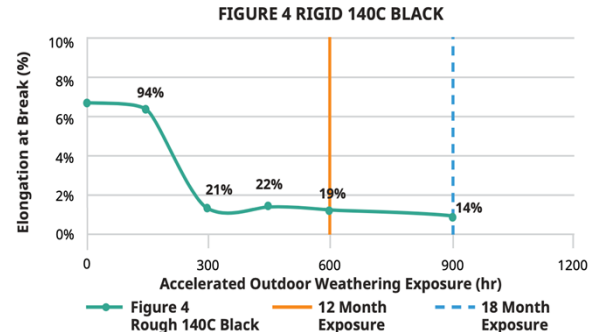
	Rigid 140C BLK	Tough 65C BLK
粘度(mPa・s /25°C)	900	1,900
液比重	1.16	1.13
硬化物比重	1.19	1.22
硬化収縮率 %	2.5	7.4
引張り強度 MPa	80	41
引っ張り伸度(%)	5.6	35
引っ張り弾性率 MPa	2,800	1,700
曲げ強度 MPa	110	60
曲げ弾性率 MPa	2,700	1,600
衝撃強度(J/m)	16	31
HDT(°C)/1.82MPa	124	51
HDT(°C)/0.455MPa	140	70
表面硬度(ShoreD)	84	81
水分吸収率(%/24h)	1.54	0.62

EP/VIM

UDMA

硬化収縮率 = (硬化物比重-液比重)/(硬化物比重)×100

UA樹脂: 6~8%, エポキシ/アクリレートのハイブリッド系: 5~6%



Henkel社 Loctite 3Dの注目樹脂

	IND 402	IND 408	IND380
粘度(mPa·s /25°C)		200	5000-10000
液比重			1.1-1.2
硬化物比重			1.2-1.3
引張り強度 MPa		42±3	50-70
引っ張り伸度(%)	230	1.3±0.1	2-3
引っ張り弾性率 MPa	42	3240±80	3100-3300
曲げ強度 MPa		144±40	100-120
曲げ弾性率 MPa		3830±40	3500-3800
衝撃強度(J/m)		16±1	13-15
HDT(°C)/1.82MPa		95±3	140-170
HDT(°C)/0.46MPa		118±1	200-230
表面硬度(ShoreD)	A76	80	90-95
水分吸収率(%)	3.15	0.4	<0.5
引裂強度(kN/m)	28		



IND 402: Rebound 33%

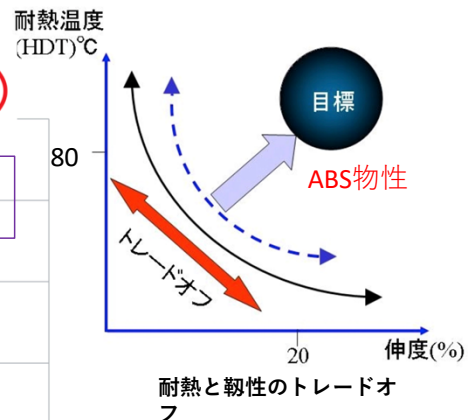
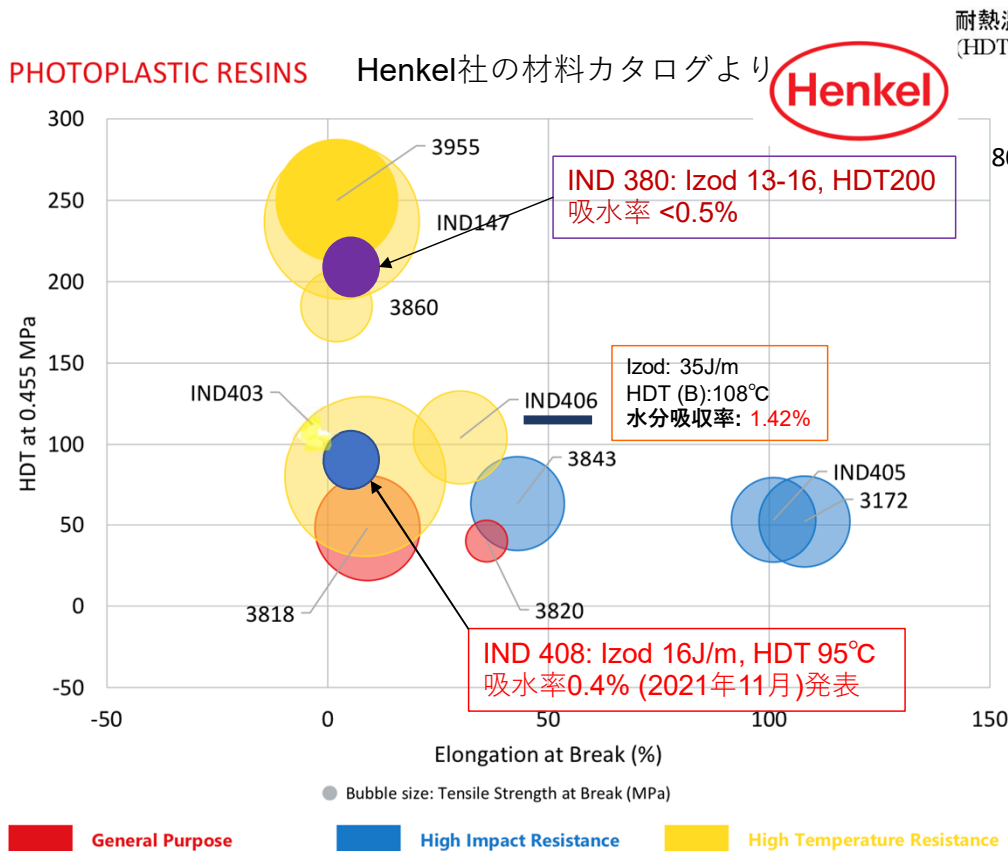


IND 408 for SLA



IND 380: ESD Safe

Henkel-Loctite樹脂性能マトリックス



ABS樹脂
 HDT(A): 80°C
 Izod(ノッチ): ~200J/m
 水分吸収率: 0.3%
 光造形用樹脂の目標
 HDT(A=高荷重): 80°C
 Izod (ノッチ): >50J/m
 HDT(B=低荷重)



Mechanical Properties	Measure
Tensile Stress at Break	70 MPa
Young's Modulus	3,080 MPa
Elongation at Break	5 %
Flexural Stress at Break	119 MPa
Flexural Modulus	2,880 MPa
IZOD Impact (Notched)	16 J/m
Shore Hardness	85 D

Thermal Properties	Measure
HDT at 0.46 MPa	110 °C
HDT at 1.82 MPa	84 °C

Other Properties	Measure
Viscosity at 30°C	201 cP
Water Absorption (24 h)	0.32 %



COMPARABLE MATERIALS

SHORE A 90 RUBBER

MATERIAL PROPERTIES

Hardness	Shore A 90
Tear Strength	38 kN/m
Elongation at Break	190%
Tensile Stress at Break	14 MPa
Glass Transition Temp	-62 C to 86C





Digital Tooling



Dielectric Materials/Rogers



Alumina >99.8%



Low Shrink Alumina Silicate



ESD High Temp/Henkel



Hermetically Conductive Dielectric Resin

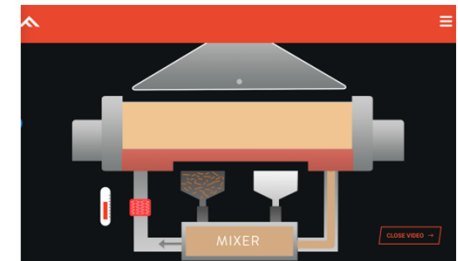


Fortify/Flux Core



MATERIALS DATA SHEET (ESD Resin)

MECHANICAL PROPERTY	METRIC	METHOD
Surface Resistivity (Ω/sq)	10^6	ASTMD257
Ultimate Tensile Strength (MPa)	67	ASTM D638
Young's Modulus (GPa)	5.3	ASTM D638
Strain at Break (%)	1.6	ASTM D638
HDT ($^{\circ}\text{C}$)	284	ASTM D648
Density (g/cc)	1.4	ASTM D792
Smallest Printable Feature (μm)	300	Protrusions



Hot-lithography: 高粘度UA樹脂を加熱下で光硬化



Cubicure Evolution
低荷重HDT: 82°C/Charpy:25kJ/m²



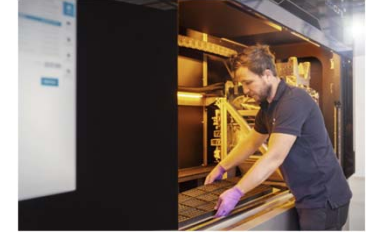
Cubicure Precision
低荷重HDT: 90°C/Charpy:20kJ/m²



Cubicure Evolution FR; UL94 V0
低荷重HDT: 76°C/Charpy:28kJ/m²



Cubicure ThermoBlast; 低荷重HDT: >300°C
高荷重HDT: 270°C, E:2.4%



Cerion



Caligma

<https://www.cubicure.com/en>

	Carbon	Formlabs	3DSystems	Huntsman	Henkel	BASF	Adaptive3D
項目/樹脂,	Elastomer EPU 41	Rebound Resin	RUBBER-65A BLK	IROPRINT R 1801	Loctite IND402	EL 150	A90 RUBBER
外観・色	若草色・黒	黒	黒	透明/黒	黒	Amber(透明)	黒
ベース樹脂	UMA/EA	UA	UA	UA	UA	UA	?
引裂強度kN/m	20	110	8.5?	-	28	15	38

汎用合成ゴムの引裂強度: 30kN/m



Carbon/EPU 41

Formlabs/Rebound Resin



BASF/EL 150



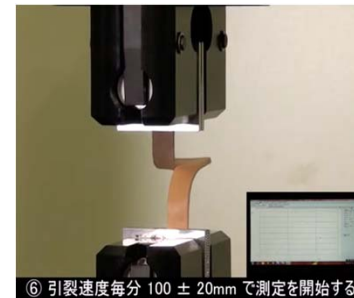
3DSystems/RUBBER-65A BLK



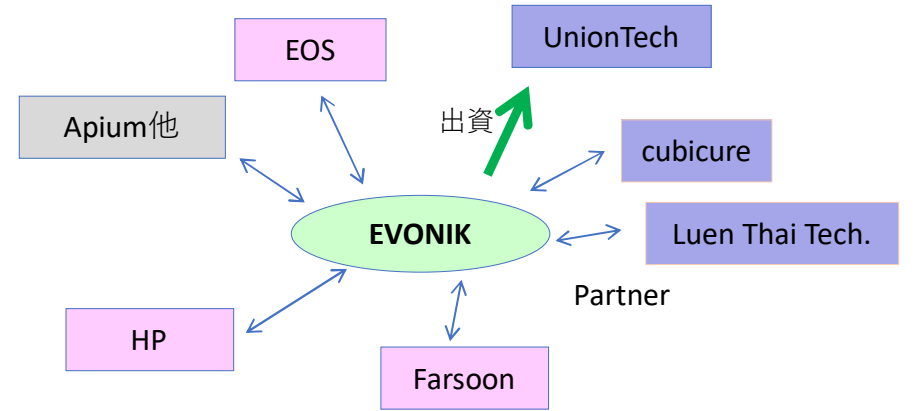
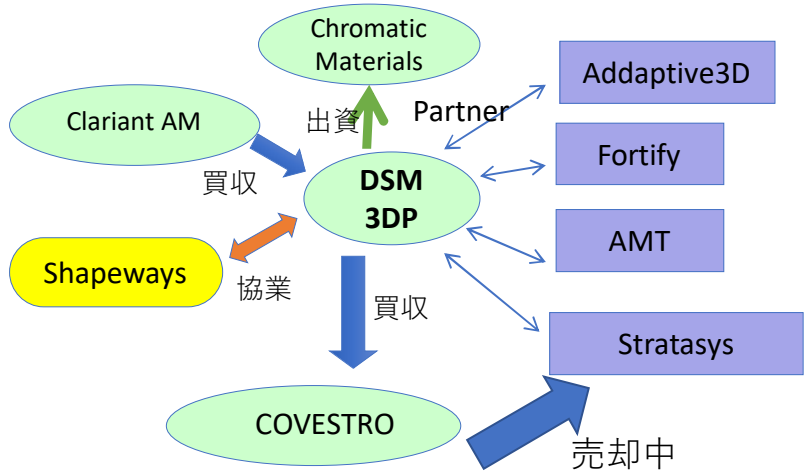
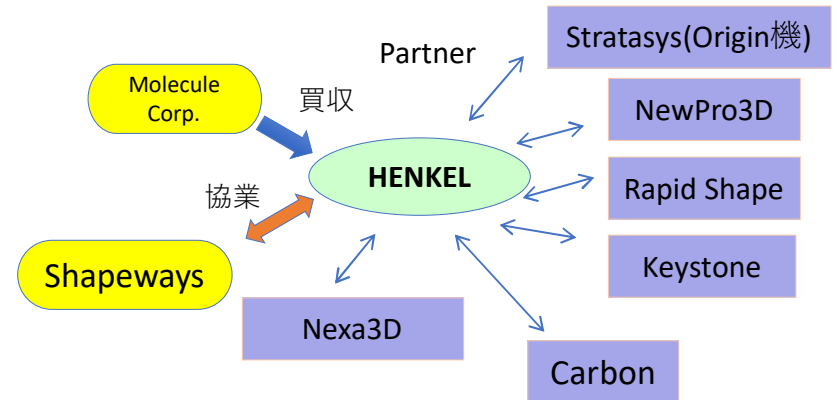
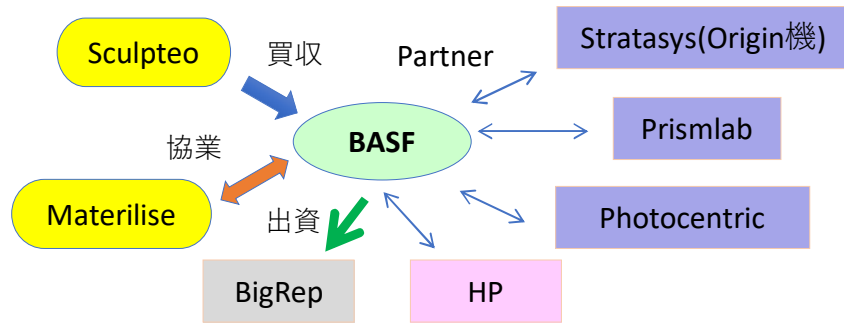
Henkel/Loctite IND402



Huntsman/IROPRINT R 1801



引裂強度の測定



MJT機用光硬化性樹脂の現状

- UV-ランプ硬化のためアクリレート系材料しか使えない。
機械物性(特にHDTが不十分)、静かに改善中
- 吐出時の粘度に制限: 多量の反応性希釈剤使用
8~10mPa・sで吐出; ヘッドを加熱(60~70°C) 室温では~200mPa・s
→ ヘッドの改良も進行か(?)
- 反応希釈剤の探索が進行中。現状Stratasys機の造形物の24h水分吸収率は1.5%前後、0.5%程度が好ましい。
 - Stratasys Polyjet機:
 - 表現性の向上 (多色、硬軟、グラデーション)
 - サポート材の改良が進む(水溶性に近いものへ)
 - ミマキエンジニアリング機: 3DUJ-553 (フルカラー)
 - 色再現性の向上,水溶性サポート,造形物の後処理性向上
 - 3DSystems機:
 - RPに特化(ワックスサポート材,物性のバランス, 水分吸収率~0.5%)
 - KEYENCE機:
 - RPに特化(低吸水性0.35%, 水溶性サポート材),
 - 新しい材料が出てこない。樹脂開発のパートナーが不在か。

材料	硬質樹脂 (Veroシリーズ)								
	VeroPureWhite	VeroWhitePlus	VeroBlackPlus	VeroGray	DraftGrey	VeroCyan VeroMagenta VeroYellow	VeroCyanV VeroMagentaV VeroYellowV	VeroClear	
									
VeroUltraClear	VeroUltraWhite VeroUltraBlack	RGD720	VeroBlue	 					
									
材料	ABSライク樹脂	高耐熱樹脂	PPライク樹脂	ラバーライク樹脂				生体適合性樹脂	
	Digital ABS	RGD525	Rigur	Agilus30Black Agilus30Clear	Agilus30White	TangoBlack	TangoGrey	Elastico	MED610
									

表現は極めて多彩。物性改善より表現向上に集中。外部樹脂で補完も開始。今後はSOMOSグループにより材料開発の積極展開を開始と推定。



Rubber-Like
Agilus30



Digital ABS Plus &
Digital ABS2 Plus



Durus



High Temperature
(RGD525)



Transparent
Materials



Rigur



Tango



Vero and Vero Vivid
Colors



VeroClear



VeroFlex and
VeroFlex Vivid



VeroUltra Opaque



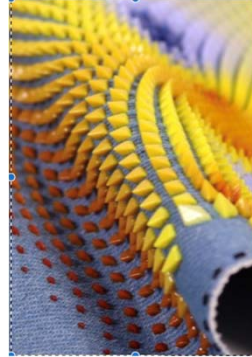
Bio-compatible
(MED610)



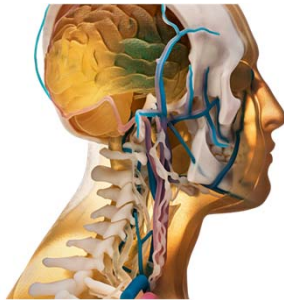
Dental Materials

<https://tech-labs.com/polyjet-technology>

- 3DFashion: TECHSTYLE

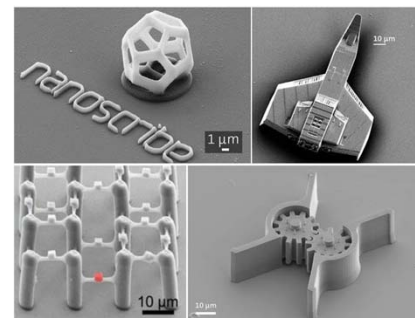


- Digital Anatomy:



<https://www.stratasys.com/en>

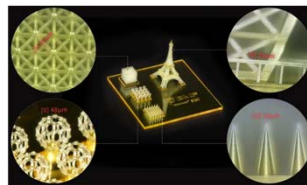
- 高機能性材料(最終製品、高機能試作)
 - 耐熱・靱性材料、長期使用可能な材料
 - セラミック強化、繊維強化; 複合材料AMの拡大
 - ESD造形物($10^5 \sim 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$)
 - 低誘電性材料のAM (誘電率2.5以下、誘電正接0.0020以下の材料)
- セラミックAMの拡充: 高性能セラミックの3D造形
- ヘルスケア応用
 - 医療応用
 - 歯科応用
 - バイオ3Dプリンティング (2026年, 3000億円市場が予測)
- 微細造形(工業用途, ヘルスケア用途)
- その他5G, 6G対応用途



Nanoscribe;
<http://www.nanoresearchfacility.org/news/2016/10/18/new-nanoscribe-3d-printer-arrives-in-the-nrf>

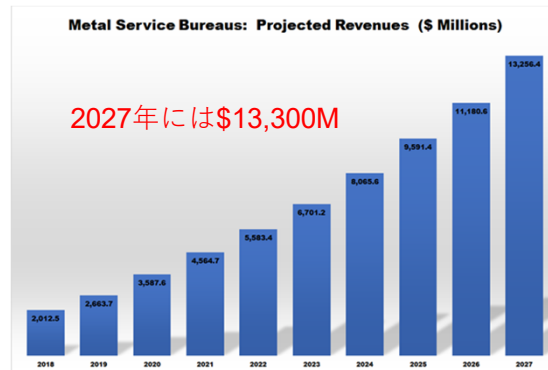
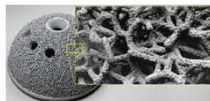


Nano Dimension



* BMF; <https://prtmes.jp/main/html/rd/p/000000004.000059279.html>

金属3Dプリンティングが数年堅調



SmarTech report (2018) on Metal 3D Printing

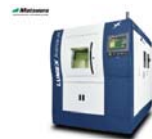
そして、これからは:

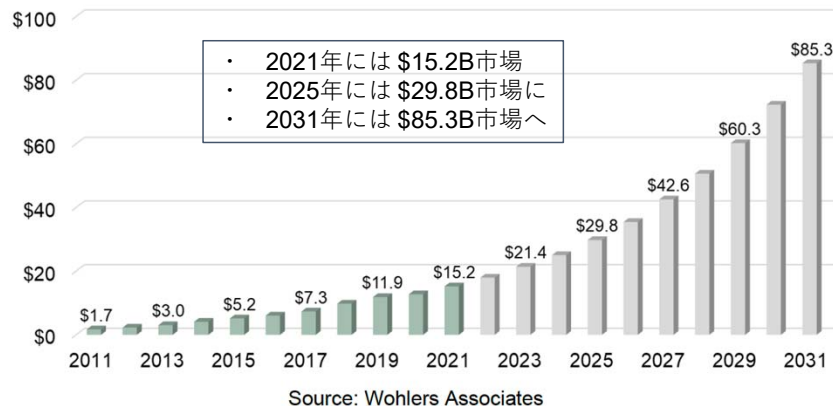
1. 金属代替

- 樹脂造形物の高性能化、エンブラ化、スーパーエンブラ化
- 複合材料化、コンポジット材料

2. セラミック造形

3. バイオ3Dプリンティング





市場予測/Wohlers Report 2022

世界市場と予測

- 2025年には2兆円市場 (formnext2019)
- 2027年には6兆円の市場に (Smithers Pira)
- 2026年には6.9兆円 (Mordor Intelligence, 2020)
2021→2026 約30%成長予測
- IDTechEx: 2030年には材料だけで4.7兆円を予測
- 2020年代半ばに材料市場は5,000億円を予測 (2021年: 3,000億円)

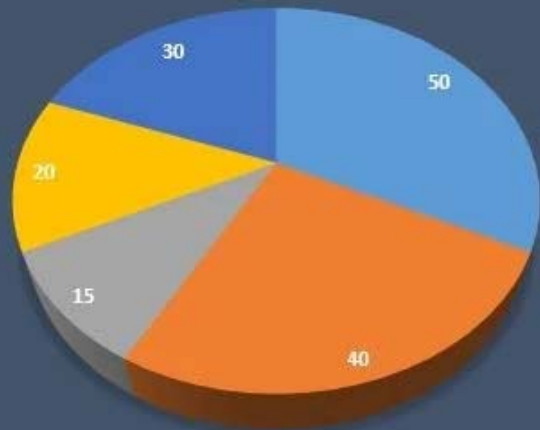
https://www.youtube.com/watch?v=0G_TLIva3tw



- 日本の3Dプリンティング市場は、2025年には約25億ドルとなる予測
- APAC全体では2025年までに82億ドルとなる予測であり、日本はAPAC全体の約30%を占めることが想定されている

デロイト・トーマツ社の予測(2022.06.07)

3Dプリンティング市場 成長を促進する要因



- 3D プリント製品の需要の増加
- パーソナライズされたギフトの需要の高まり
- アパレル製造における 3D プリント製品の使用
- 宝石の製造における 3D プリント製品の使用
- 航空宇宙産業における 3D プリント製品の需要

3Dプリンティング市場 規模 (億米ドル), 2023-2035年



■ 2023年 ■ 2026年 ■ 2029年 ■ 2032年 ■ 2035年

3Dプリンティング市場 地域の成長



Thank you!

2023年1月20日

萩原恒夫 (Tsuneo HAGIWARA, PhD)

E-mail: ts.hagiwara@gmail.com

<http://www.thagiwara.jp>

