



高付加価値セラミックス 造形技術の開発

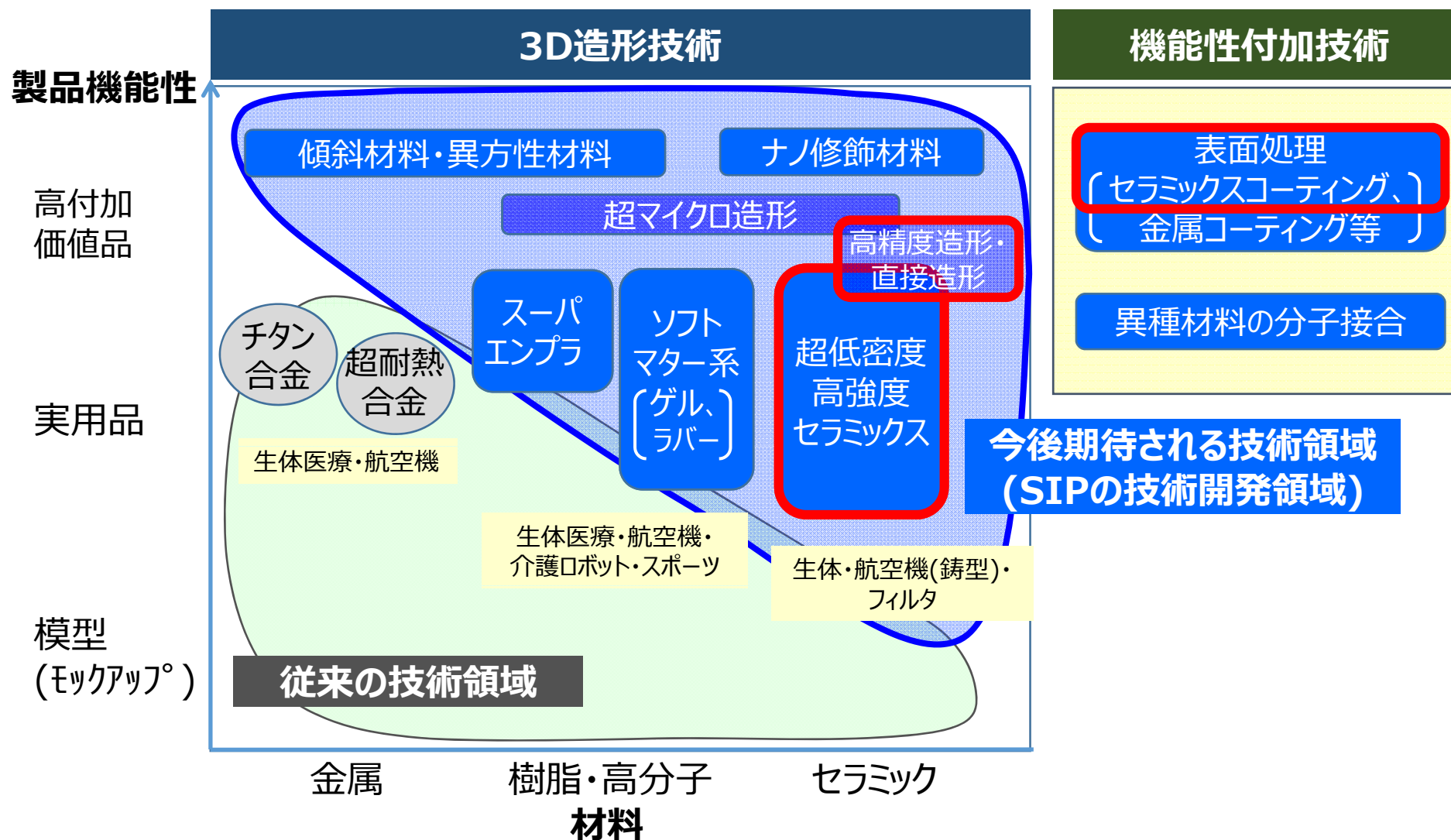
発表者: 国立研究開発法人産業技術総合研究所 大司 達樹・明渡 純

研究テーマ責任者: TOTO株式会社 林 良祐

参画機関: TOTO株式会社、日本ガイシ株式会社、日本特殊陶業株式会社、
株式会社ノリタケカンパニーリミテド、国立研究開発法人産業技術総合研究所、
国立大学法人大阪大学接合科学研究所、一般財団法人ファインセラミックス
センター、(再委託)国立大学法人九州大学、国立大学法人東北大学

革新的設計生産技術における位置づけ

多様なニーズに応じた設計に対応できる、複雑な形状や、多様な材料を用いて従来にない機能を実現する生産技術が重要



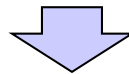
研究背景

【背景】

- セラミックス部材は最先端の基幹産業を支える。セラミックス産業は我が国の強み。
- 中国などの追い上げ厳しい。今後の国際競争力維持・拡大には新たな価値を創造する技術革新が必須
- 本プロジェクトの着眼点を持った研究例はあるものの、未だに実用化には至っていない。世界に先駆けて工業化を狙う

従来のセラミックス製造プロセスの制約を壊す。

- 成形“型”を無くす 3 D 積層造形：従来では不可能な理想的な造形
- 立体形状の樹脂や金属へのハイブリッドコーティング：
樹脂や金属に新たな価値・機能を付与



革新的なセラミックス製品群創出の基盤を構築し、セラミックス産業のイノベーションを誘起する

目 標

3 D積層造形技術

- ・ 型成形を不要にする粉末積層造形技術とスラリー積層造形技術のセラミックスへの応用
- ・ 後焼結不要の直接焼結造形技術へ挑戦

ハイブリッドコーティング技術

- ・ 3次元形状にセラミックコート。樹脂や金属表面もセラミックスに変え、表面修飾、機能集積、高付加価値
- ・ ADと溶射の融合を目指したハイブリッドAD技術

製品化を目指した部材化技術

- ・ 上記プラットフォーム技術を基に、参画企業の得意分野で出口部材の製造に向けた部材化技術

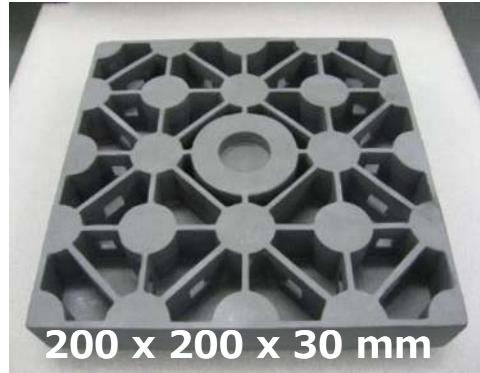
イノベーションスタイルの検討

- ・ イノベーション検討委員会を設置し、産業系の高付加価値なイノベーション、拠点形成、継続的運営などを議論

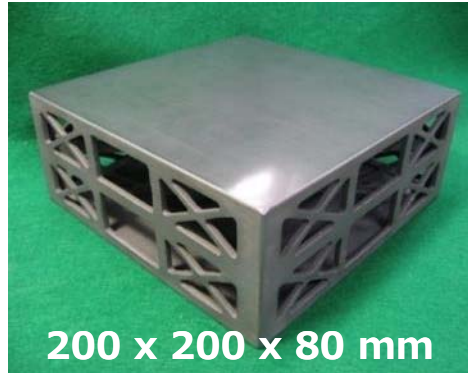
研究開発成果

半導体製造用セラミックス露光ステージモデル

リブ構造



トラス構造



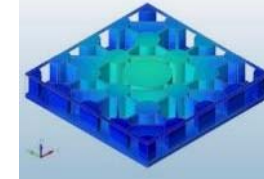
- 次世代の露光ステージに向けて、従来の成形法では不可能な**軽量・高剛性**の構造を実現（粉末積層造形）

アピールポイント・従来の鋳込み成形と同等の特性

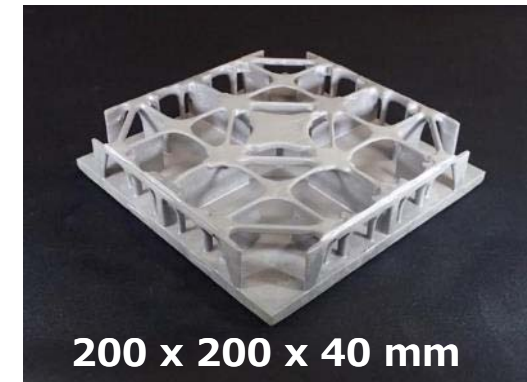
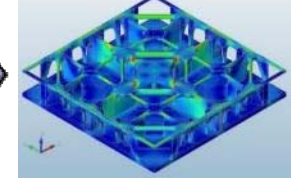
	粉末積層造形	鋳込み成形
かさ密度	3.0	3.0
ヤング率 (GPa)	340	340
比剛性 (ヤング率/かさ密度)	113	113
曲げ強度 (MPa)	290	320

トポロジー最適化シミュレーションによる最適リブ構造

従来リブ構造



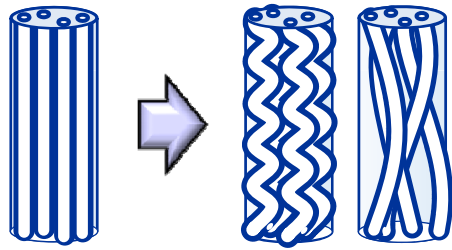
最適リブ構造



- 最適リブ構造によるステージモデル（粉末積層造形）
- 従来構造と比較し重量1/2以下（鉛直方向の剛性を保持）

研究開発成果

セラミックフィルターモデル



80 mmL x 30 mmΦ



らせん流路

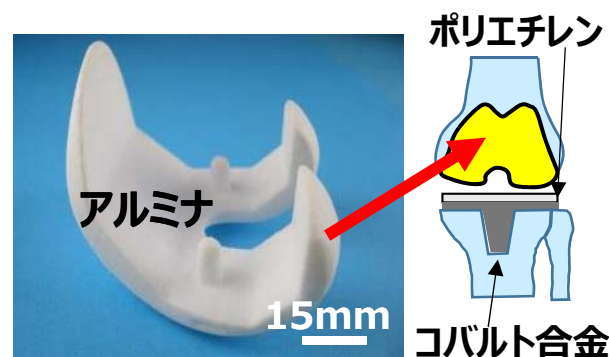


60 mmL x
60 mmΦ

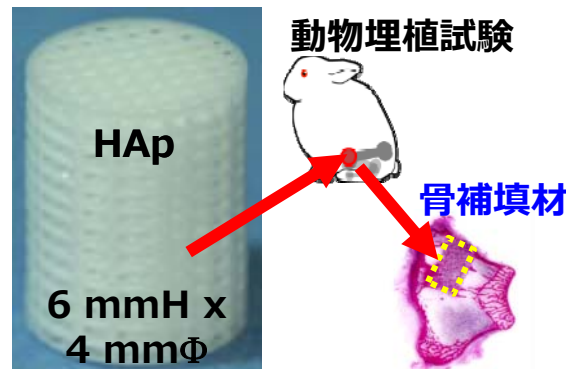
らせん流路

- 従来できなかったらせん構造流路（粉末積層造形）
- 流路表面積アップや流れ制御で性能向上・部品小型化

人工膝関節・骨補填材モデル

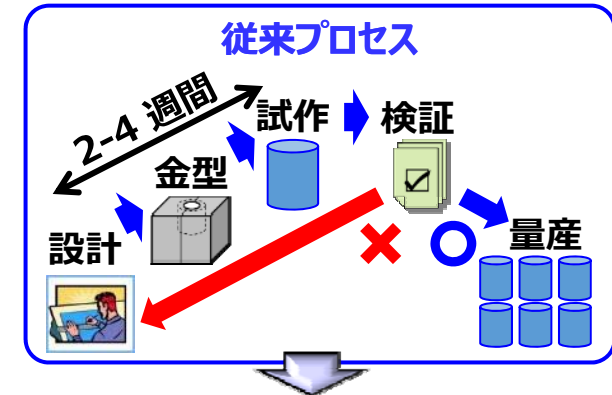


- 耐摩耗性人工膝関節（スラリー積層造形）
- カスタム形状・複雑形状対応

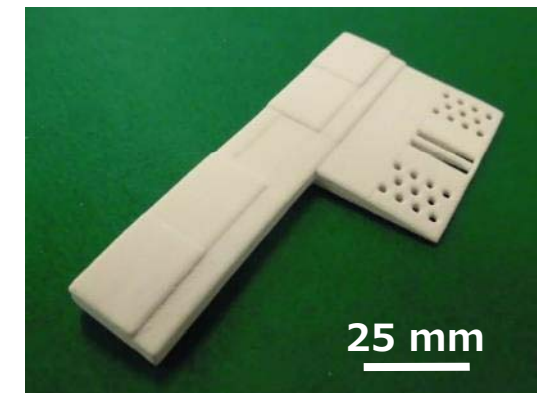


- 骨補填材（スラリー積層造形）
- カスタム形状・気孔径均質制御

セラミックコアモデル



3D積層造形で簡単試作



- 金型不要で低コスト&短納期（粉末積層造形）
- 従来に無い形状でタービン等性能向上に期待

研究開発成果 / 社会実装に向けて（１）

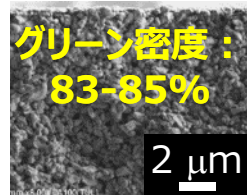
セラミックスレーザー直接焼結 電気炉不要の“夢の製造技術”



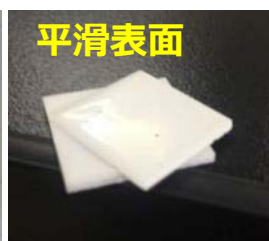
従来手法:電気炉



クラックなし



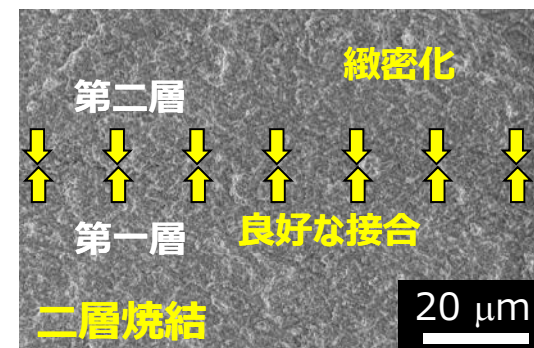
グリーン密度:
83-85%



平滑表面

- アルミナスラリーの脱脂
- 熱処理: 500°C, 5 min, 大気

- 高密度アルミナ粉末充填層



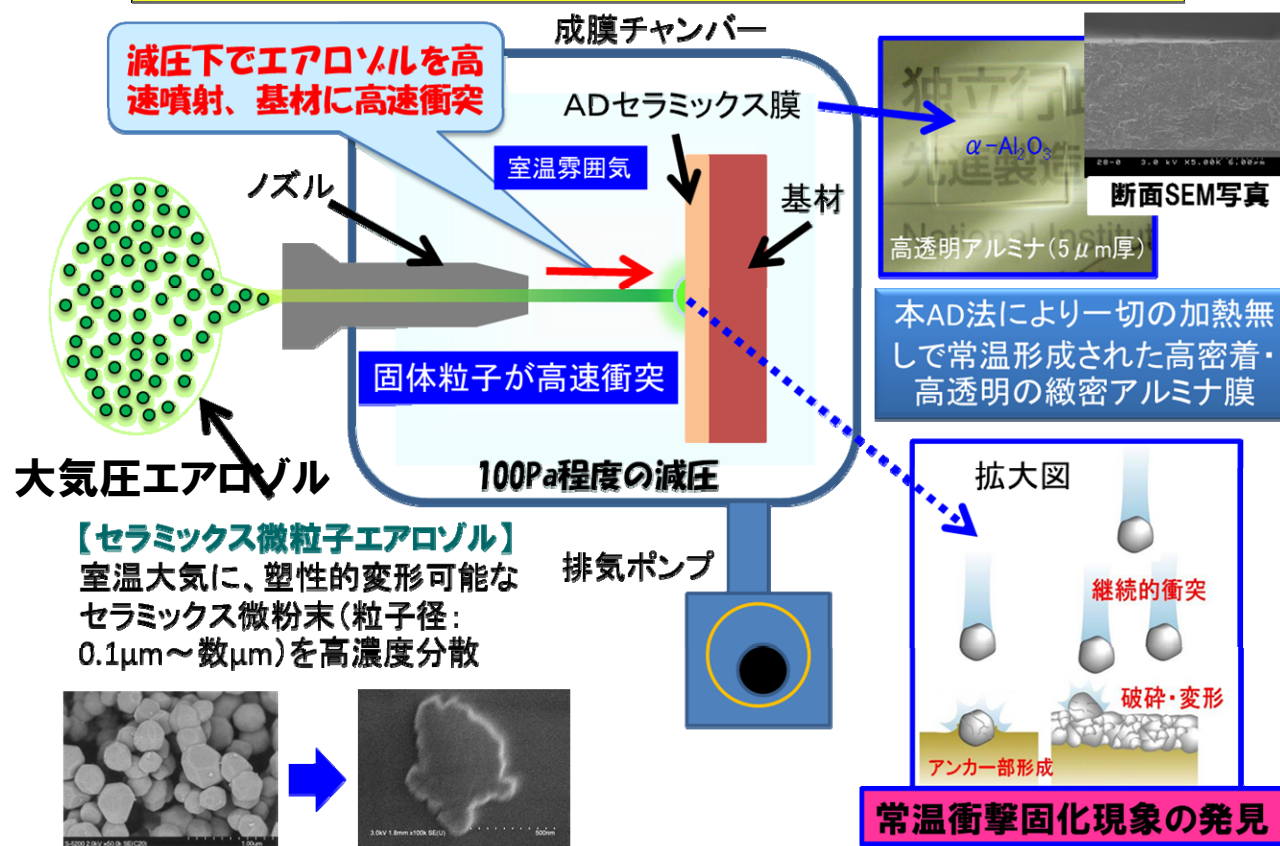
- レーザー焼結で緻密化に成功
(レーザー吸収アシスト層利用)
- 二層焼結では焼結と同時に接合

社会実装に向けて

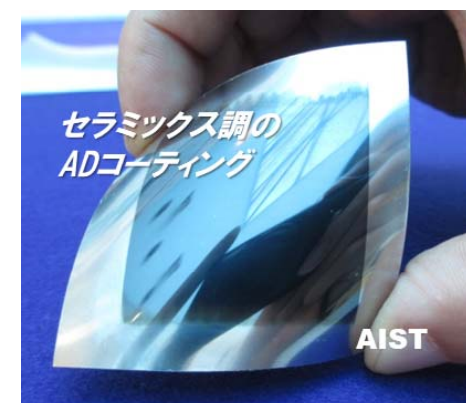
- 粉末積層造形技術で試作したセラミックコアモデルについて顧客先評価
- スラリー積層造形技術で試作した骨補填材モデルについて動物埋植試験実施
- 3D積層造形技術では、H30年度以内に一般ユーザー向けのテストユース等による成果普及体制を構築

研究開発成果 / 社会実装に向けて (2)

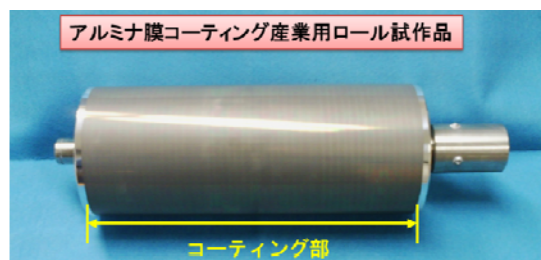
室温環境下で、セラミックス膜を高速形成可能に



ADアルミナ膜: 5 μm 厚



常温衝撃固化現象の発見

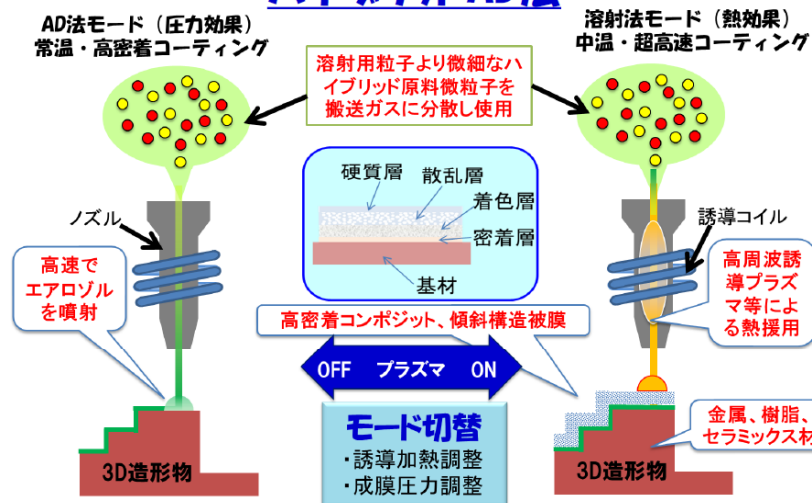


携帯電話のバックカバー

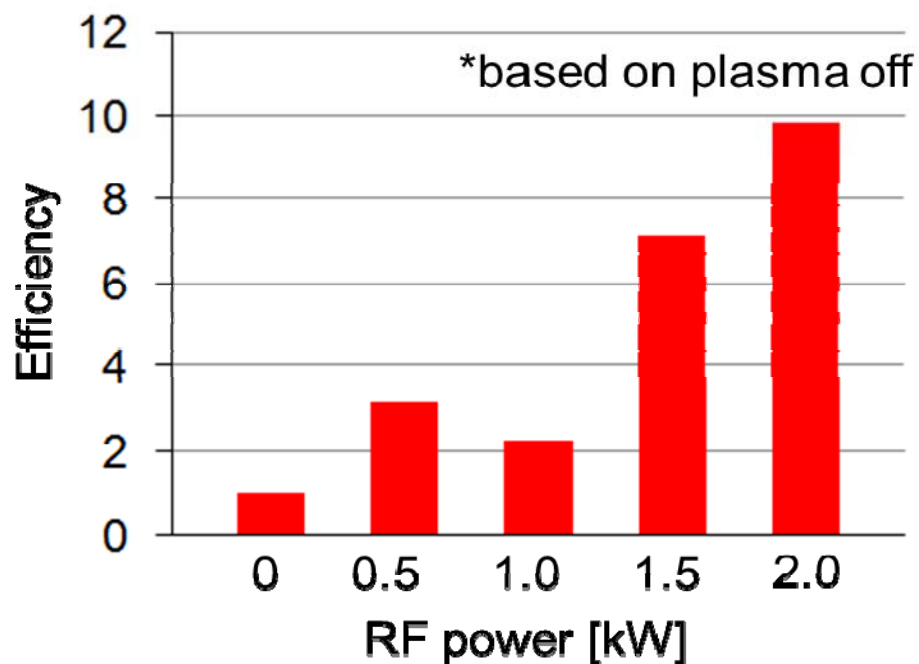


研究開発成果 / 社会実装に向けて (3)

ハイブリッドAD法

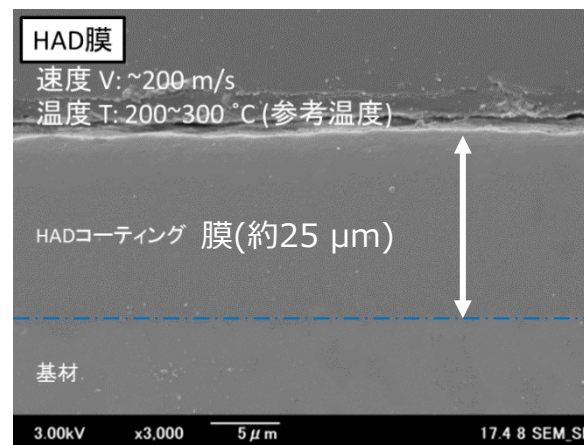


ハイブリッドコーティング



ハイブリッドAD法

成膜レートで、従来AD法の
15~20倍!



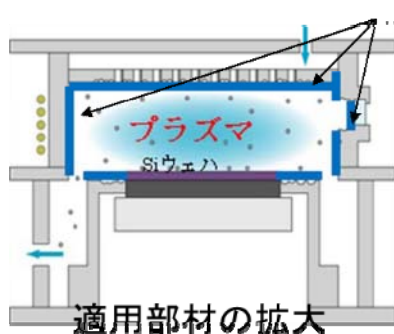
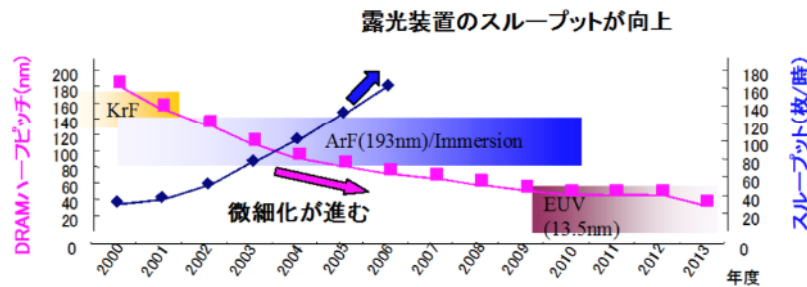
熱ダメージ無↓



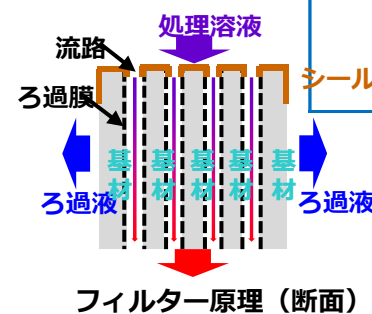
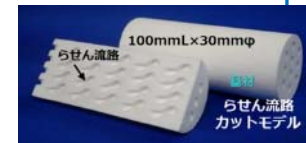
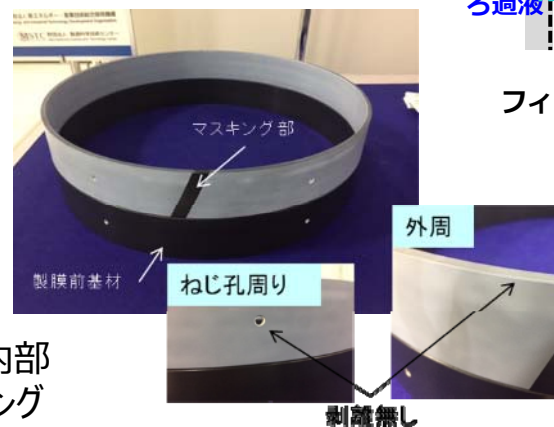
←非常に緻密
均一な皮膜

イノベーションスタイルの実践/ 半導体製造装置用耐プラズマ部材、セラミックフィルター端部封止コート

半導体露光装置のロードマップ



半導体製造部材チャンバー内部の低発塵・耐プラズマコーティング



■ 基材の流路構造3D化

- 従来の押出成形では流路がストレート構造

3D積層造形

- 流路構造の複雑化 (例: らせん流路) によりフィルターの小型化や分離性能の向上を期待

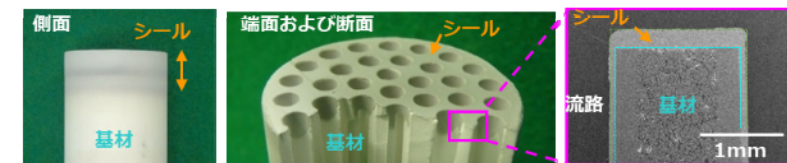
■ シール部のセラミック化

- 従来のシール部はガラス塗布・熱処理にて作製

ハイブリッドコーティング

- シール部のセラミック化により腐食性の高い処理溶液の分離が可能

■ HADによるセラミック (アルミナ) シール



多孔質基材の側面・端面・流路内部への成膜を実現

2次元部材から3次元部材への適用展開

- エッジ部やポラスな3次元基材への製膜が可能に
- 角度制御や走査方法などの製造ノウハウ構築が今後の課題

イノベーションスタイルの実践/ SIPコーティング拠点

ものづくり拠点：セラミックコーティング
技術について産総研つくばで先行展開

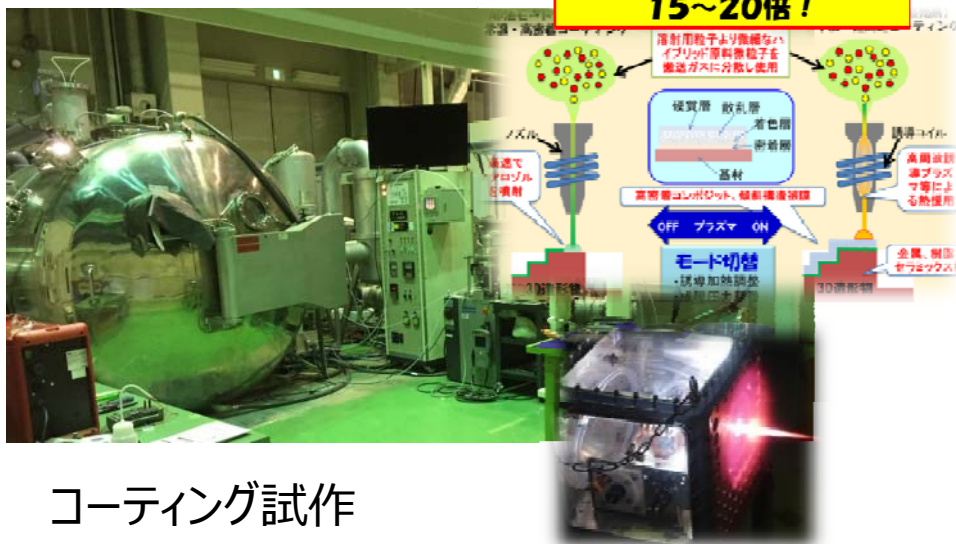
- ・ ユーザー、カスタマーからの提案
持ち込み



- ・ 3D造形物へのコーティングによる
デザイン及び機能向上の検証



- ・ 高付加価値が十分に見込める
事案について、試作検討



コーティング試作

ナビゲーター2名と
支援ツールによる
サポート

機能設計・上流設計

- ・ 感性/機能/プロセスDBの活用
- ・ 各種支援ツールの活用
 - ・ デライトデザインナビによる感性
評価
 - ・ Ashbyマップによる材料構成
要因の事前シミュレーション
 - ・ トポロジー最適化によるコーティ
ング設計

アジャイル
試作

機能評価／
製品価値の検証

コーティングによる
高付加価値製品の創出
(ex. キッチン用品)

設計の素人でも玄人並みのデザインを可能と
する支援体制



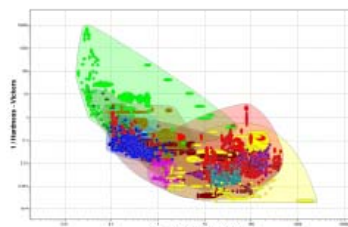
イノベーションスタイルの実践/ BtoBとBtoC事例のスパイラル創出



ハイブリッドセラミック
コーティング技術

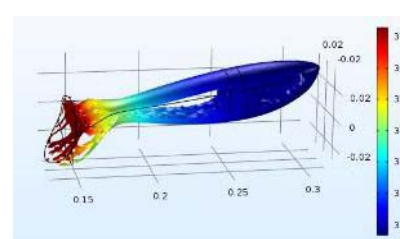
感性/機能デザイン

アシュビーマップを利用した
材料選択と感性デザイン
(東京大学: 大富Gr.)



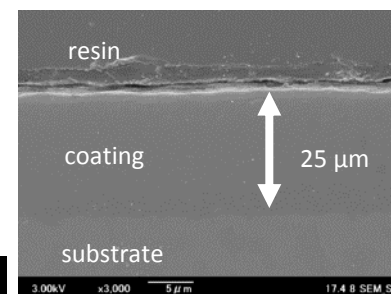
トポロジー最適化

トポロジー最適化による熱伝達最小化,
剛性最大化, 及び意匠性の向上
(京都大学: 西脇Gr.)



セラミックコーティング設計

HAD法による緻密アルミナ
コーティングにより耐傷性と意
匠性の向上 (産総研)



セラミックフライパンモデル

拠点間連携による新たな調理
用品の開発
⇒ モデルを見ることで、食品機
械、重工機械向けへのBtoBセ
ラミックコーティングなど新たな気
付きを誘起



角柱への白色、黒色コーティング:
エッジにもコーティング可能



フライパンへの
コーティング:
大型部材にも対応



スプーンへのコーティング: 曲面
へのコーティング

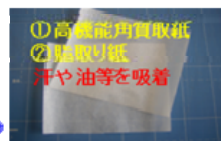
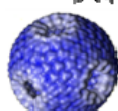


地方公設試との連携による地方創生の試み

ex. 地方中小企業: 調湿部材応用

国内最大の材料 供給メーカー

吸湿率、密着力
は製品レベル
を確認



アロフェンの高効率成膜



ユーザーアンケートによるニーズ調査を基に、コーティング/3D
プリンタを活用した機能/製品モデルを提示。
ユーザー、第三者企業の気づきを誘発し、潜在ニーズを発掘