

Hitachi Metals

東京大学大学院工学系研究科
社会連携・産学協創推進室主催
ワークショップ
「デジタルものづくり」

日立金属における デジタルものづくりと材料開発

2018.10.26

日立金属株式会社 後藤 良

グローバル技術革新センター
Global Research & Innovative Technology center



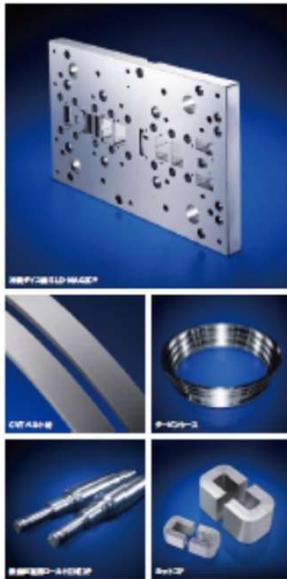
1. はじめに
2. 日立金属、グローバル技術革新センターの簡単な紹介
3. 特殊鋼事業における「デジタルものづくり」
4. 製造の世界を変える 3D造形技術
 - (1) なぜ3D造形なのか
 - (2) デジタル技術の活用
 - (3) 課題と将来
5. 3D造形技術 ビジネス展開の鍵は材料にあり
6. 高エントロピー合金の開発と特性
7. まとめ

2.1 日立金属の紹介

- 売上げ9,883億円、 人員30,390人 (2017年度)
- 国境を越えて、分野を越えて、世界の基盤をつくる高機能材料メーカーへ

【4つのカンパニー】

特殊鋼 カンパニー



特殊鋼
工具鋼 (鋼材)
超耐熱鋼
ロール
軟磁性材料

磁性材料 カンパニー



希土類磁石
フェライト磁石
セラミックス

素形材 カンパニー



鉄 ステンレス鋳物
アルミ鋳物
配管用部材

電線材料 カンパニー



高機能電線
伝送部品
各種センサー

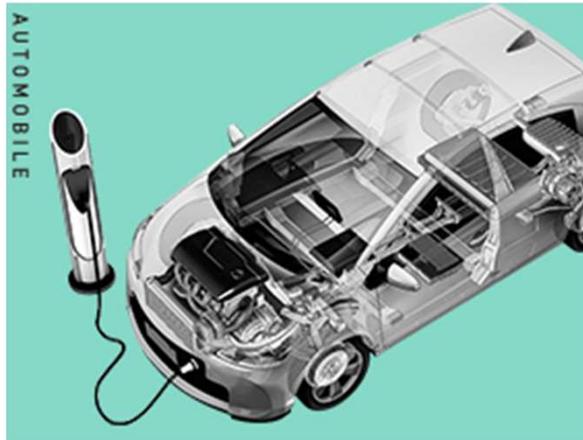
主力製品

2.1 日立金属の紹介

- 売上げ9,883億円、 人員30,390人 (2017年度)
- 国境を越えて、分野を越えて、世界の基盤をつくる高機能材料メーカーへ

【ビジネスセグメント】

自動車



インフラストラクチャ



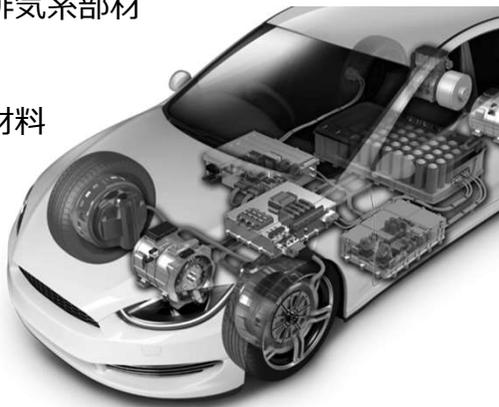
エレクトロニクス



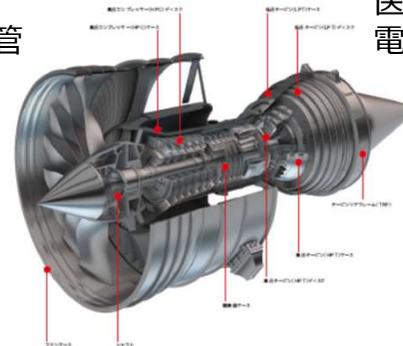
【主要製品】

エンジン・排気系部材
足回り部品
モータ材料
インバータ材料
電池部材
センサー

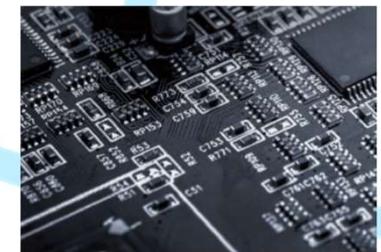
生産材
(金型等)



ジェットエンジン用超合金
発電・エネルギー関連部材
電车用配線
ガス・水配管



高速伝送用部材、部品
IT、家電関係部品・部材
医療用部材
電子機器部品

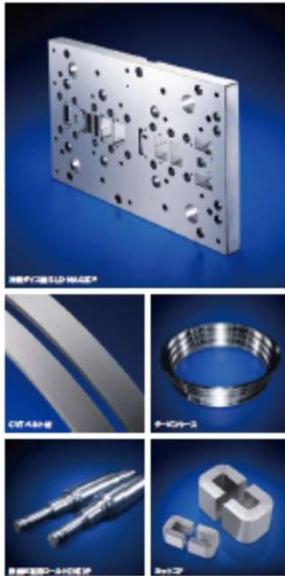


2.2 日立金属の紹介

- 売上げ9,883億円、 人員30,390人 (2017年度)
- 国境を越えて、分野を越えて、世界の基盤をつくる高機能材料メーカーへ

【事業の持続的成長を支える研究開発 (デビジョン研究所)】

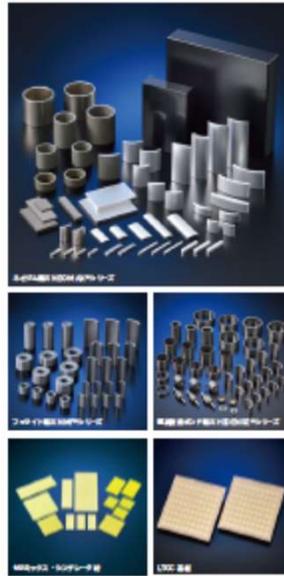
特殊鋼
カンパニー



冶金研究所

- ・金属材料
- ・高度プロセス
/組織制御
- ・高度CAE

磁性材料
カンパニー



磁性材料研究所

- ・次世代磁石
- ・次世代プロセス
- ・材料分析解析

素形材
カンパニー



素材研究所

- ・次世代素形材
- ・鑄造技術深耕
- ・CAE

電線材料
カンパニー



電線材料研究所

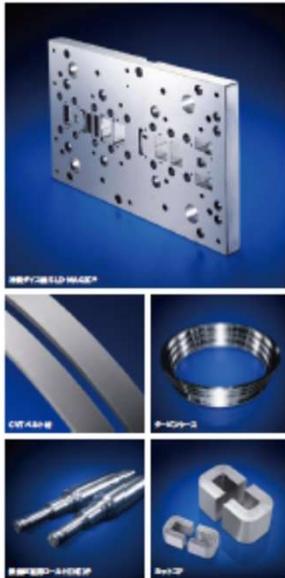
- ・次世代素材
 - ・高速伝送
 - ・次世代センサー
-  Materials Mag!c

2.2 日立金属の紹介

- 売上げ9,883億円、 人員30,390人 (2017年度)
- 国境を越えて、分野を越えて、世界の基盤をつくる高機能材料メーカーへ

【事業の持続的成長を支える研究開発】

特殊鋼
カンパニー



冶金研究所

磁性材料
カンパニー



磁性材料研究所

素形材
カンパニー



素材研究所

電線材料
カンパニー



電線材料研究所

グローバル技術革新センター (GRIT)

2.3 グローバル技術革新センター(GRIT)の紹介

- 2018年4月に埼玉県熊谷市に新建屋スタート
- オープンイノベーションと新事業創生を研究開発の核として運営



研究棟 15,000 m²
実験棟 1,600 m²
人員 240名
(熊谷事業所 1,600名)
3D造形 オープンLab 併設



屋上 思考スペース



玄関ホール



コラボレーション
ラウンジ

「ツール書」
「が行き交い」
「した議論の発表。」



劇場型プレゼンエリア

2.3 グローバル技術革新センター(GRIT)の紹介

- 2018年4月に埼玉県熊谷市に新建屋スタート
- オープンイノベーションと新事業創生研究開発の核として運営（240名規模）



研究棟 15,000 m²
実験棟 1,600 m²
人員 240名
（熊谷事業所 1,600名）
3D造形 オープンLab 併設

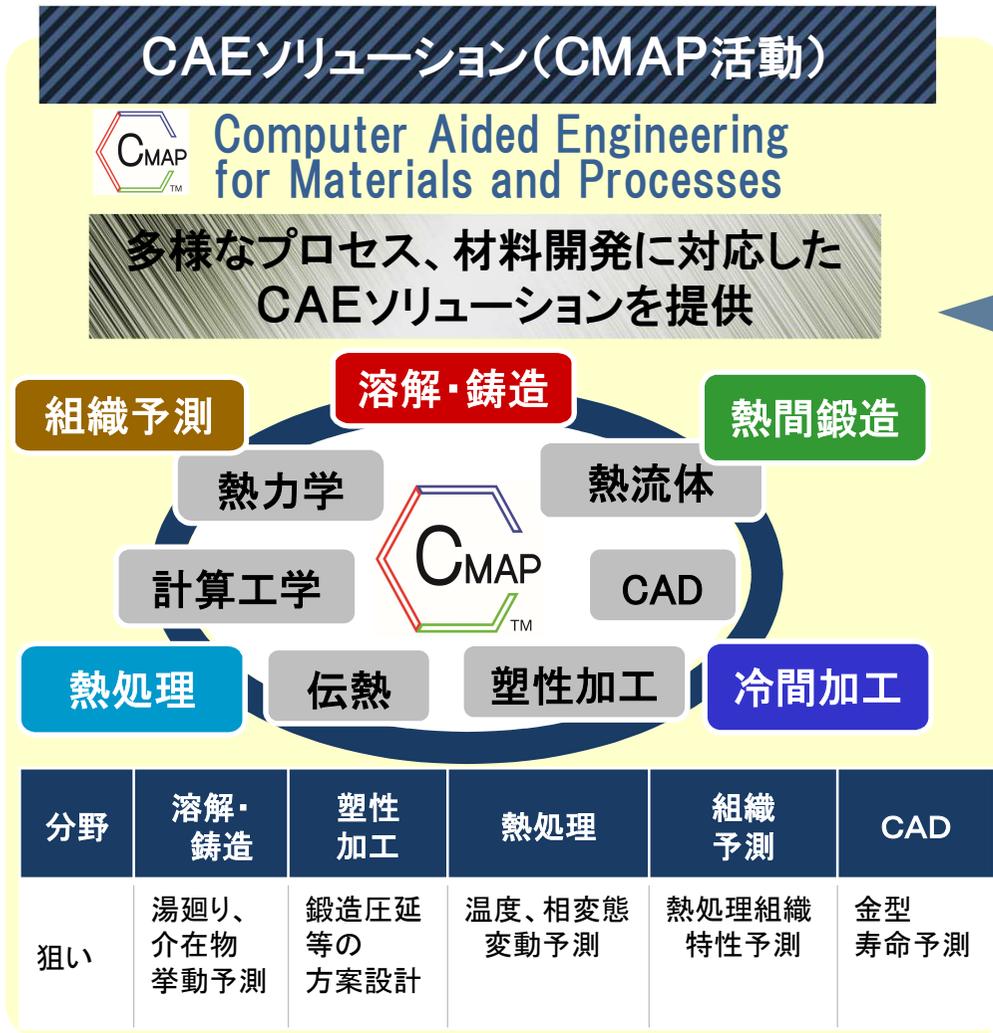
(GRIT) : Global Research & Innovative Technology Center

GRIT 「やり抜く力」 にちなんで命名した

Guts	根性、度胸
Resilience	復元力、回復力（くじけない）
Initiative	実行力、自発性
Tenacity	執着心、執念、粘り強さ

3.1 特殊鋼事業におけるデジタルものづくり (1)

- デジタルものづくり活用で、材料・プロセス開発時間の大幅低減が可能
- 広範囲の分野に適用を拡大している

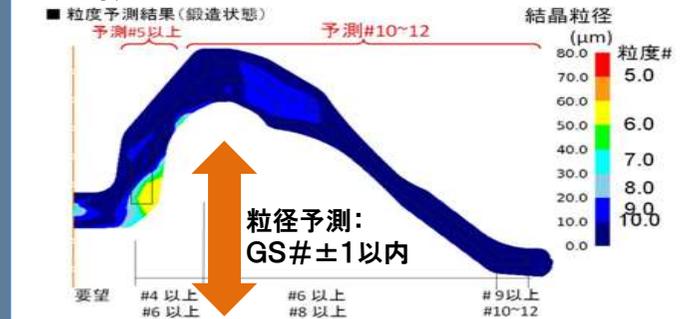


航空・エネルギー分野への適用事例

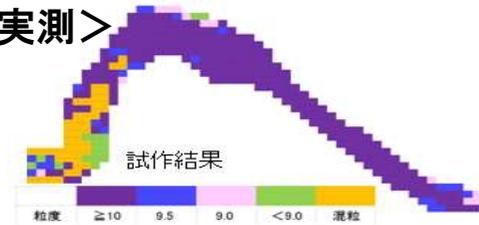
- 熱間塑性加工へCMAPを適用
- 材料組織予測にCMAPを活用
→ 組織・形状を高精度予測



<組織予測>

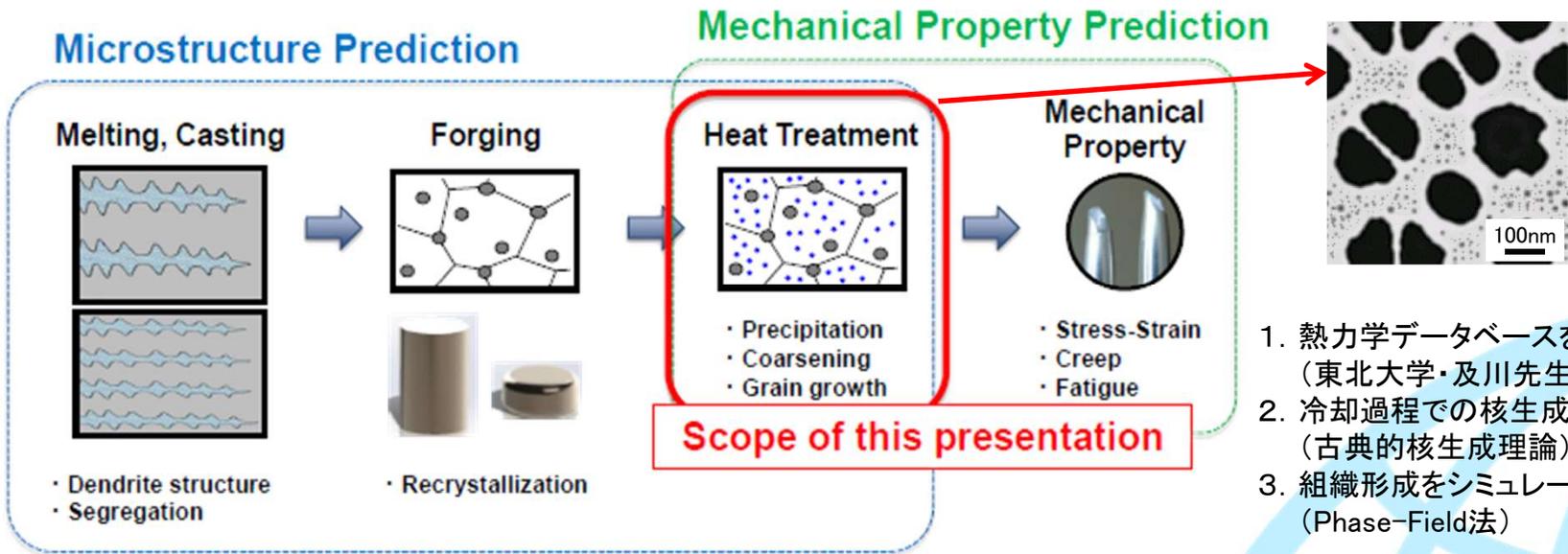


<実測>



3.2 特殊鋼事業におけるデジタルものづくり（2）

- デジタルものづくり活用で、材料・プロセス開発時間の大幅低減が可能
- 合金設計シミュレーション技術を用い金属組織予測（TMW-4M3合金）



1. 熱力学データベースを評価
(東北大学・及川先生と共同研究)
2. 冷却過程での核生成を予測
(古典的核生成理論)
3. 組織形成をシミュレーション
(Phase-Field法)

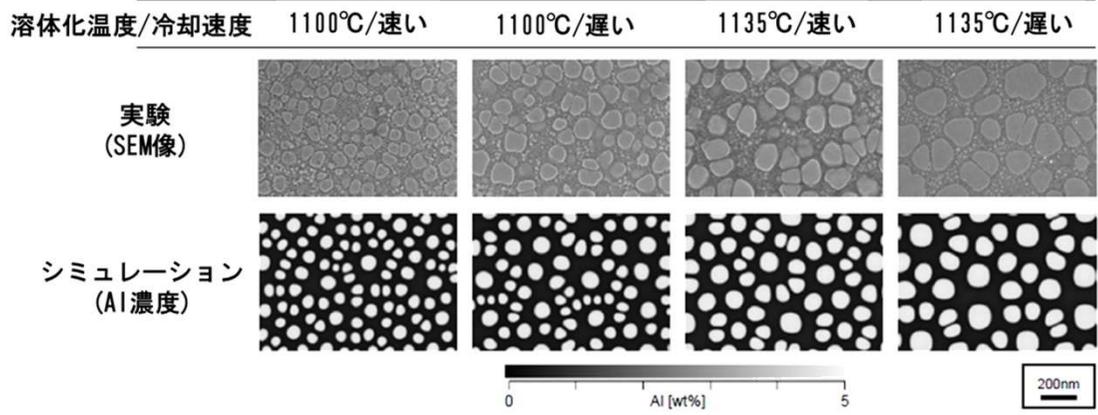


図 TMW-4M3合金の金属組織の実験およびシミュレーション結果の比較

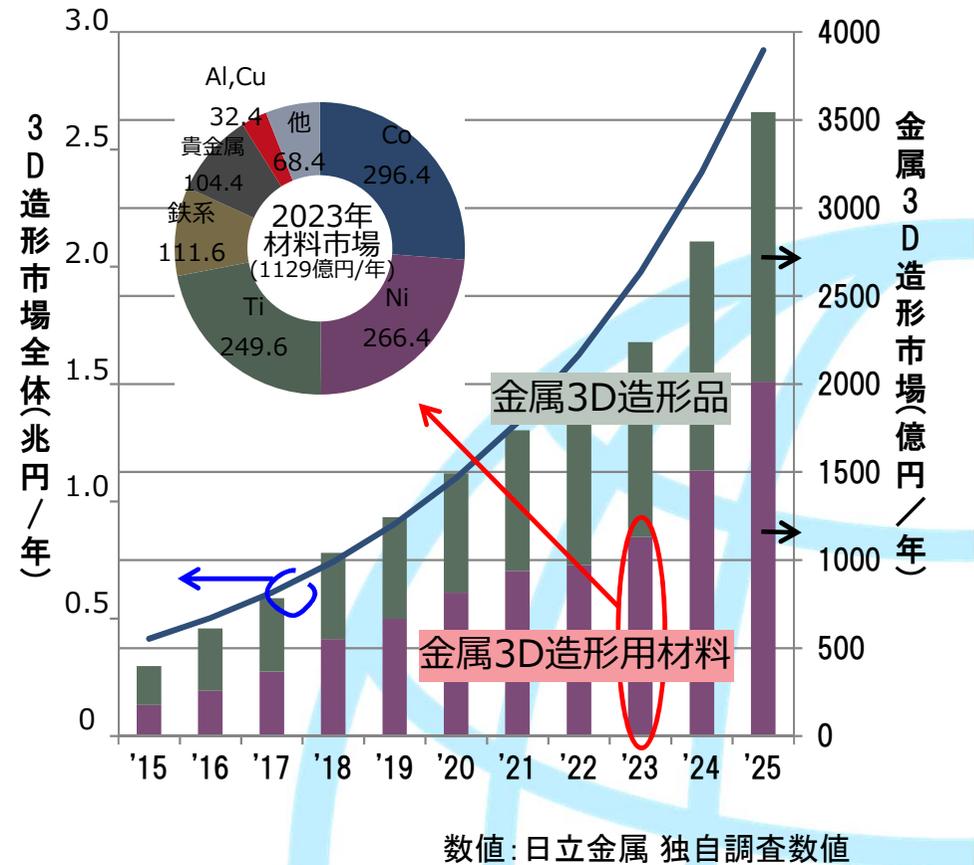
4. 製造の世界を変える3D造形技術

- 3D造形技術市場は大きく拡大すると予想されている
- 開発力、スピード、機動力が競争優位性の原点となる

3D造形市場における成長分野(金属・樹脂全体)



金属3D造形における市場予測



数値: 日立金属 独自調査数値

4.1 なぜ3D造形なのか？

■ 3D造形技術により複雑形状の部品が容易に製造可能



GE:
航空機エンジン部品
「20の部品を一体化、
疲労寿命を5倍化」



Airbus:
航空機機体部品
「重量35%減、
剛性は40%増」

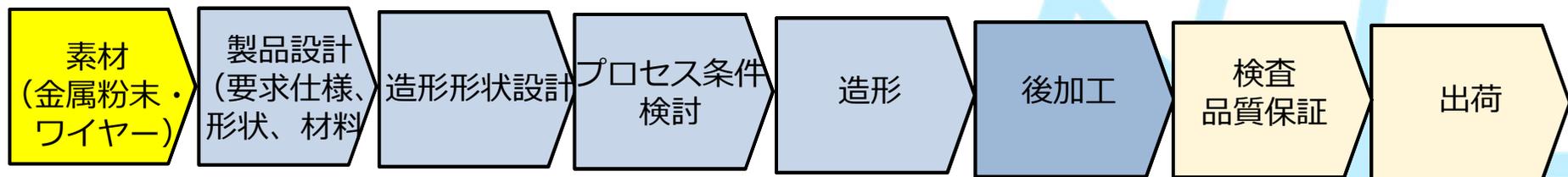


Siemens:
ガスタービン部品
「開発・製造・補修工程を
75%, 85%, 60%短縮」



Daimler:
トラック用サーモスタットカバー
「特殊部品もボタン一つで
必要に応じて製造」

材料



4.1 なぜ3D造形なのか？

■ 一般論としての利点

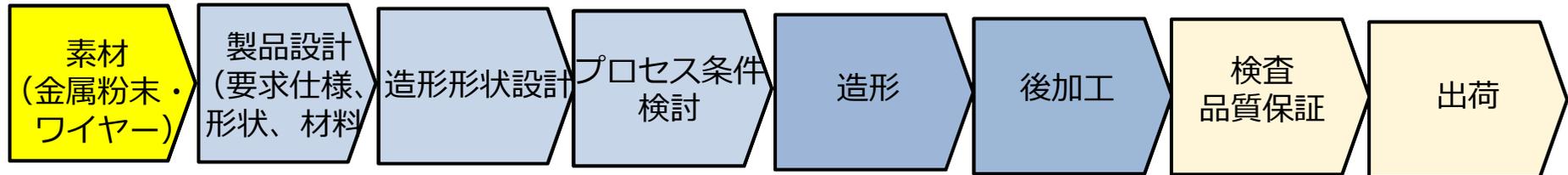
利 点

1. 形状設計自由度の向上
 - ・ 同強度で重量大幅低減が可能
2. プロセスが可視的・容易
 - ・ ニアネットシェイプが可能
3. デジタル化が容易/モニタリング
 - ・ システムでプロセス管理が可能
4. 製造拠点の小規模、分散化が可能
 - ・ 在庫、WIPの低減が可能
 - ・ リードタイムの短縮可能

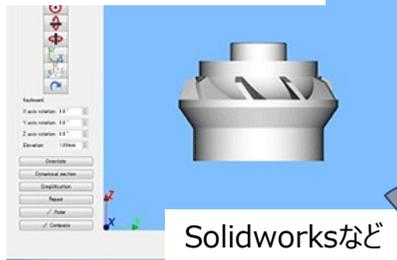


4.2 デジタル技術の活用

■ 3D造形技術により複雑形状の部品が容易に製造可能（現状）

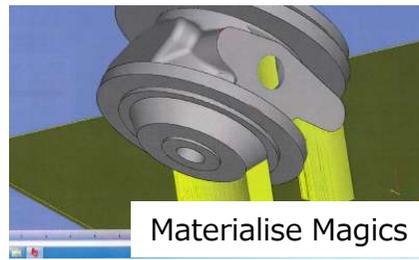


形状入力(CAD)

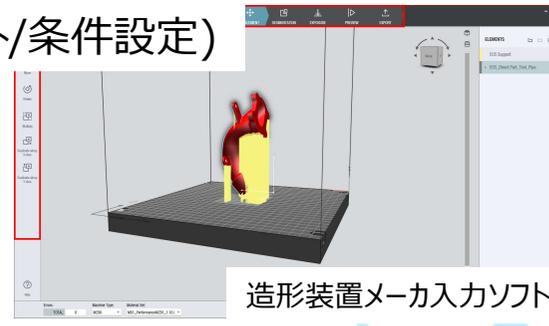


Solidworksなど

造形設計(配置/サポート/条件設定)



Materialise Magics

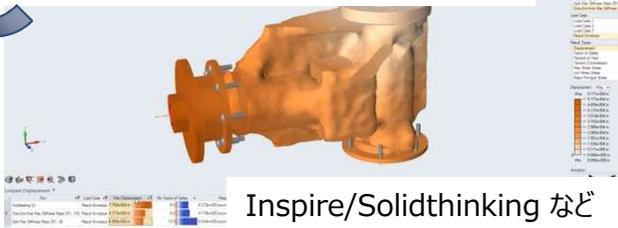


造形装置メーカー入力ソフト

造形品

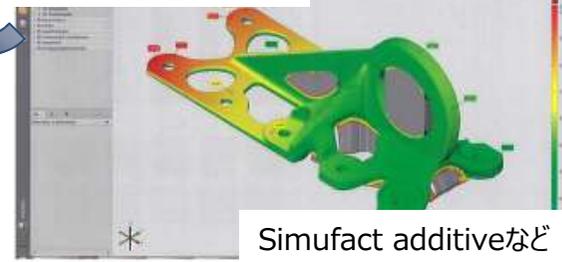


形状調整(トポロジー最適化)



Inspire/Solidthinking など

造形変形解析



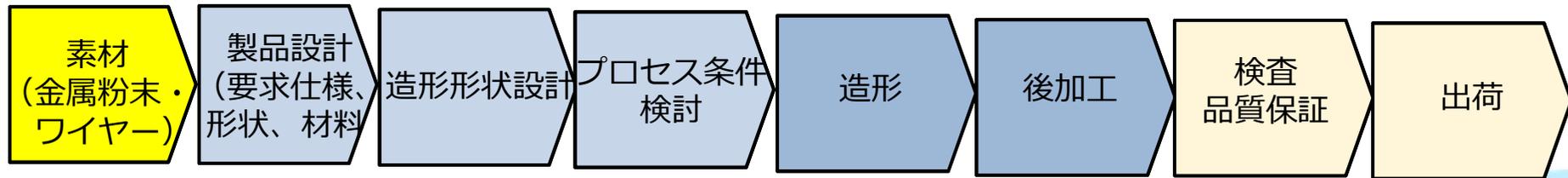
Simufact additiveなど

4.3 3D造形 課題と将来

■ 3D造形技術により複雑形状の部品が容易に製造可能（現状）

既存材料（鋳造以上 鍛造以下）

品質保証論理構築課題



経験重視の製品、プロセス設計

【使用可能材料例】

- 限られた材料
- ・チタン合金
(CP-Ti, Ti-6Al-4V)
 - ・アルミニウム合金
(AlSi10Mgなど)
 - ・ステンレス鋼
(SUS630, 316Lなど)
 - ・ニッケル基合金
(Alloy625, 718など)
 - ・工具鋼
(マルエージング鋼など)

【プロセス・設計の悩み】

- ・3D造形ならではの設計ルールへの対応
(傾斜角度、粉末抜きなど)
- ・サポート設計
(造形性と後加工性の両立)
- ・造形中ひずみの防止
(造形姿勢、照射パス設定など)
- ・新材料に対応するプロセス条件の導出

【品質保証の悩み】

- ・プロセス：欠陥検出の確立
非破壊検査、インプロセスモニタ
- ・材料：限られた素材情報
繰返し造形時の使用ルール設定

4.3 3D造形 課題と将来

■ 一般論としての利点

当事者だけが知っている課題

利点

1. 形状設計自由度の向上
 - ・同強度で重量大幅低減が可能
2. プロセスが可視的・容易
 - ・ニアネットシェイプが可能
3. デジタル化が容易/モニタリング
 - ・システムでプロセス管理が可能
4. 製造拠点の小規模、分散化が可能

課題

1. 形状設計自由度
 - ・サポート配置
 - ・オーバーハング防止
2. プロセス
 - ・サポート除去 要
 - ・場合により熱処理必要
 - ・表面加工、表面処理
3. デジタル化
 - ・造形状態の直接把握
 - ・造形プロセスの理論的理解
4. 製造拠点の小規模、分散化
 - ・素材（粉末）の再利用効率
 - ・装置/プロセスの顧客認証

4.3 3D造形 課題と将来

- 仮想空間での革新的なシミュレーション技術を用い、既存製法では実現できなかった新しい材料・プロセスを構築

高効率3D造形装置

独創的な構造構想、材料構想

物理空間

デジタルツイン構築
(データ複製)

サイバー空間

- ・ 3D造形用独自材料
- ・ 材料特性・プロセス 適合設計
- ・ インラインプロセスモニタリング

- ・ マテリアルズ
インフォマティクス
- ・ 3D ならではの設計
- ・ 独自品質保証論理

シミュレーション

フィードバック
(最適解)

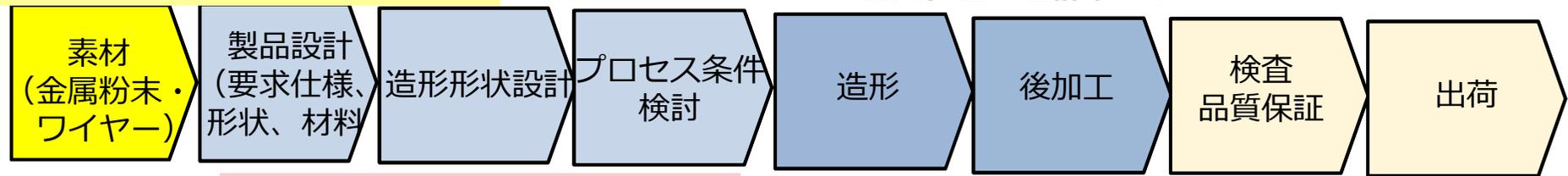
より高品質なモノづくり

4.3 3D造形 課題と将来

■ 3D造形技術により複雑形状の部品が容易に製造可能 (将来)

【現状】

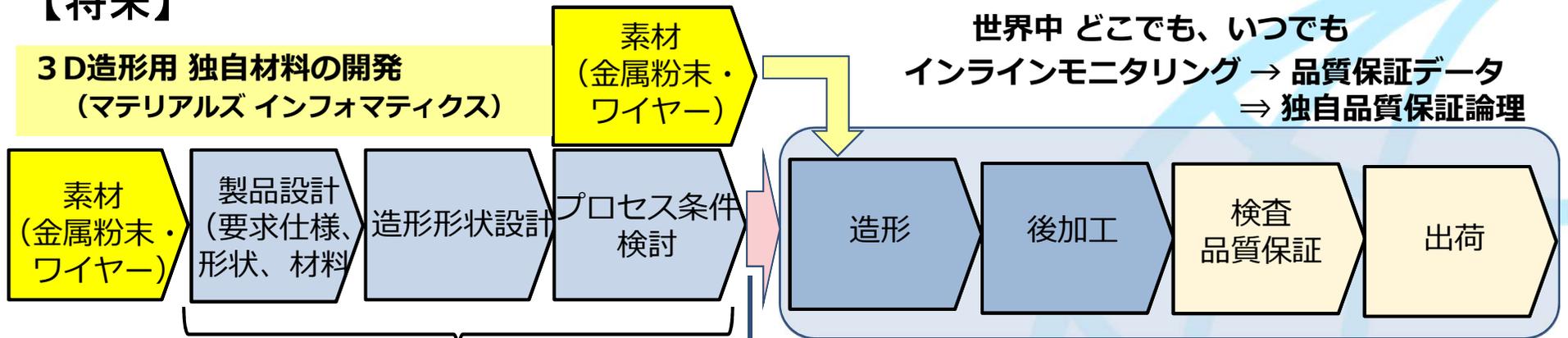
既存材料 (鋳造以上 鍛造以下)



経験重視の製品、プロセス設計

【将来】

3D造形用 独自材料の開発
(マテリアルズ インフォマティクス)



デジタルものづくり領域
・材料データベース
・造形データベース
・形状・サポート最適設計
⇒ 3D ならではの設計

データ提供

輸送コスト、在庫コスト、リードタイム 低減

生産システムの全体最適化

5. 3D造形 ビジネス展開の鍵は材料にあり

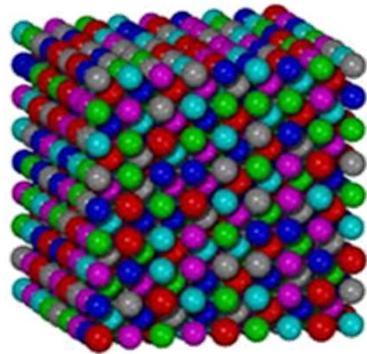
■ プロセスとしての3D造形の特徴

⇒ これを活かした3D造形専用材料開発が未来を拓く

1. 比較的急冷プロセス ⇒ マクロ偏析抑止、組織微細化
 - ・ 冷却速度 : 10^{4-6} 度/秒 (SLM)
 - $\sim 10^3$ 度/秒 (EBM)
2. 熱応力等による割れ発生の可能性
 - ・ 溶接と同様に割れ感受性への考慮は必要
 - ・ 形状設計・プロセス条件での対応等
3. 素材（粉末、ワイヤ）そのものを作るプロセスも重要
 - ・ アトマイズの難しい高融点、活性金属への対応
 - ・ 難加工性ワイヤ材料の開発

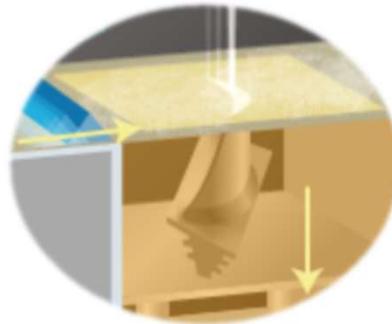
6. 高エントロピー合金の開発と特性

■ 高エントロピー合金開発のモチベーション



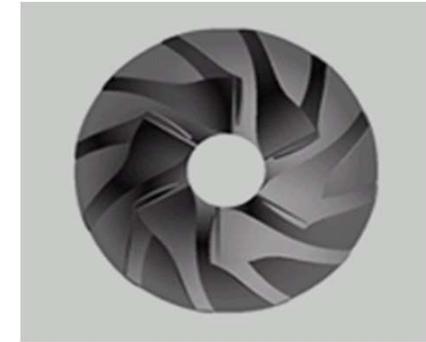
高エントロピー合金

×



3D造形

=



新規部品

高エントロピー合金

原子半径の近い5種類もしくはそれ以上の元素からなる合金

- 良好な機械強度、耐食性能
- 固溶プロセス制御、後加工が困難

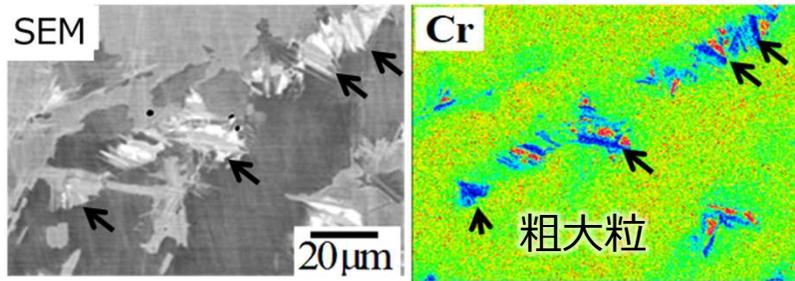
3D造形技術の適用

局所溶解/固溶プロセス : マイクロ構造の制御が容易
ニアネット形状 : 加工量の極小化

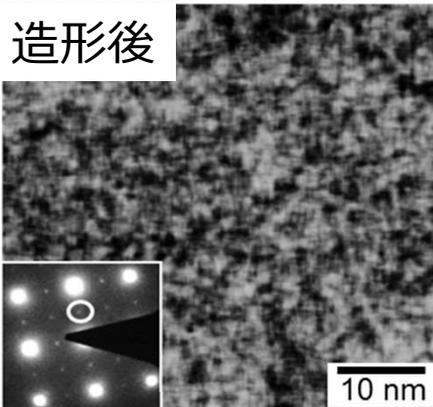
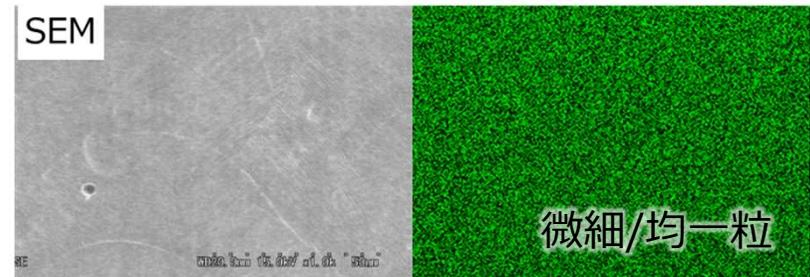
6. 高エントロピー合金の開発と特性

- 高エントロピー合金材料 : TiCoCrFeNiMo 基合金
- 3D造形による均一な析出物分布
- ナノ粒子の分布状態は熱処理により制御可能

鋳造製品



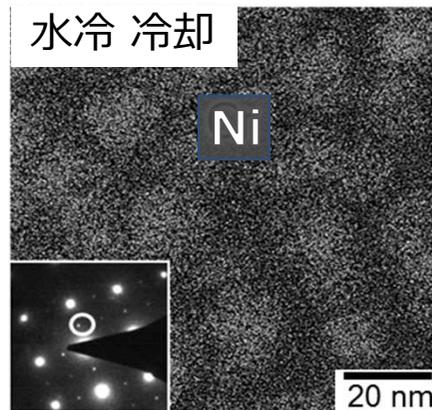
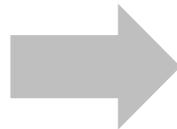
3D造形 (SLM) 製品



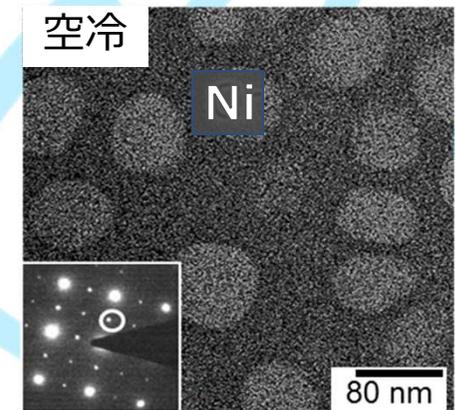
粒子の回折像

超微細ナノ粒子

熱処理
(1398K)



20

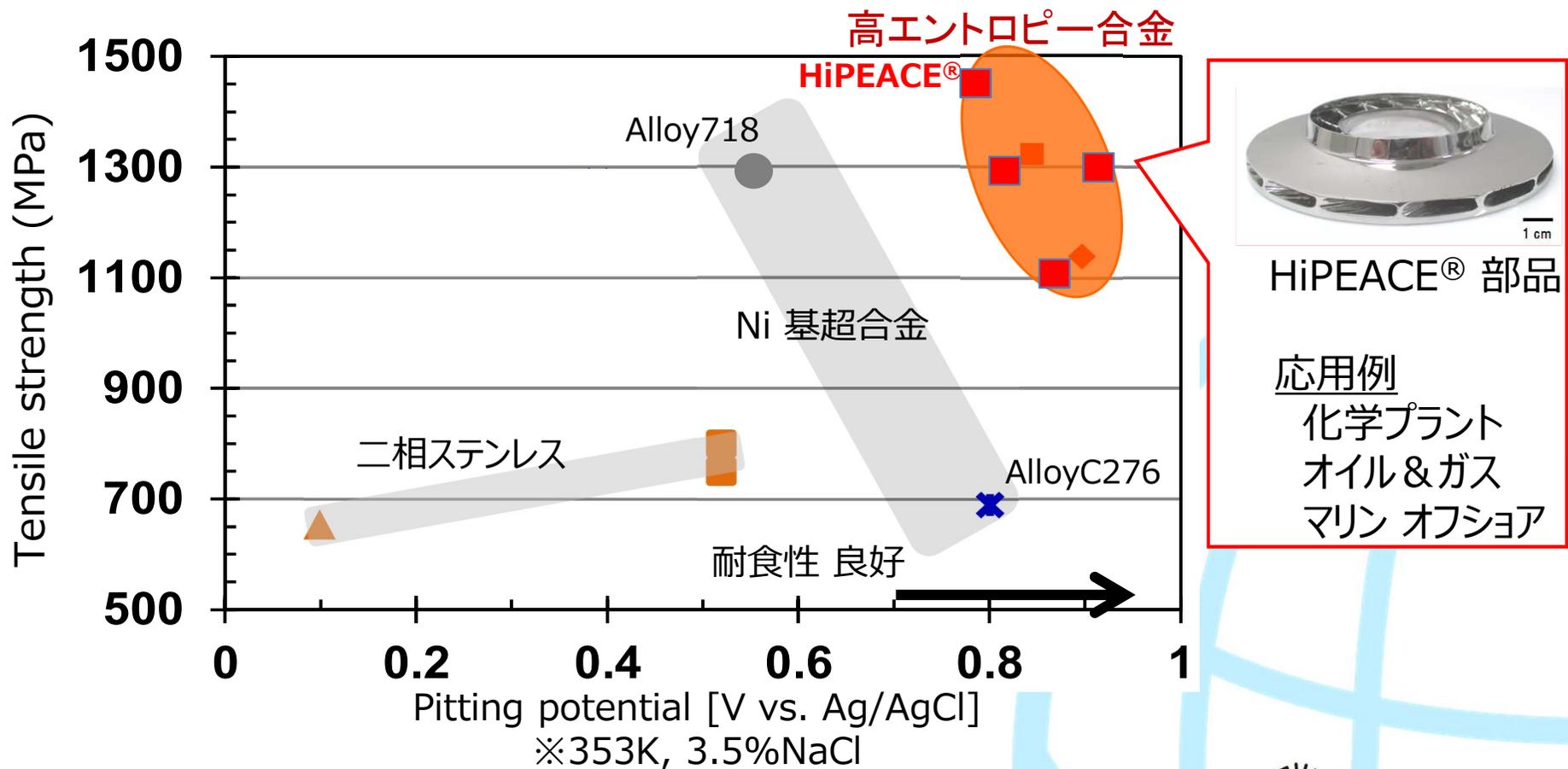


制御ナノ粒子

6. 高エントロピー合金の開発と特性

■ 3D造形 高エントロピー合金 (HiPEACE[®]) の特性 Ni基超合金よりも高い 機械的特性、腐食特性

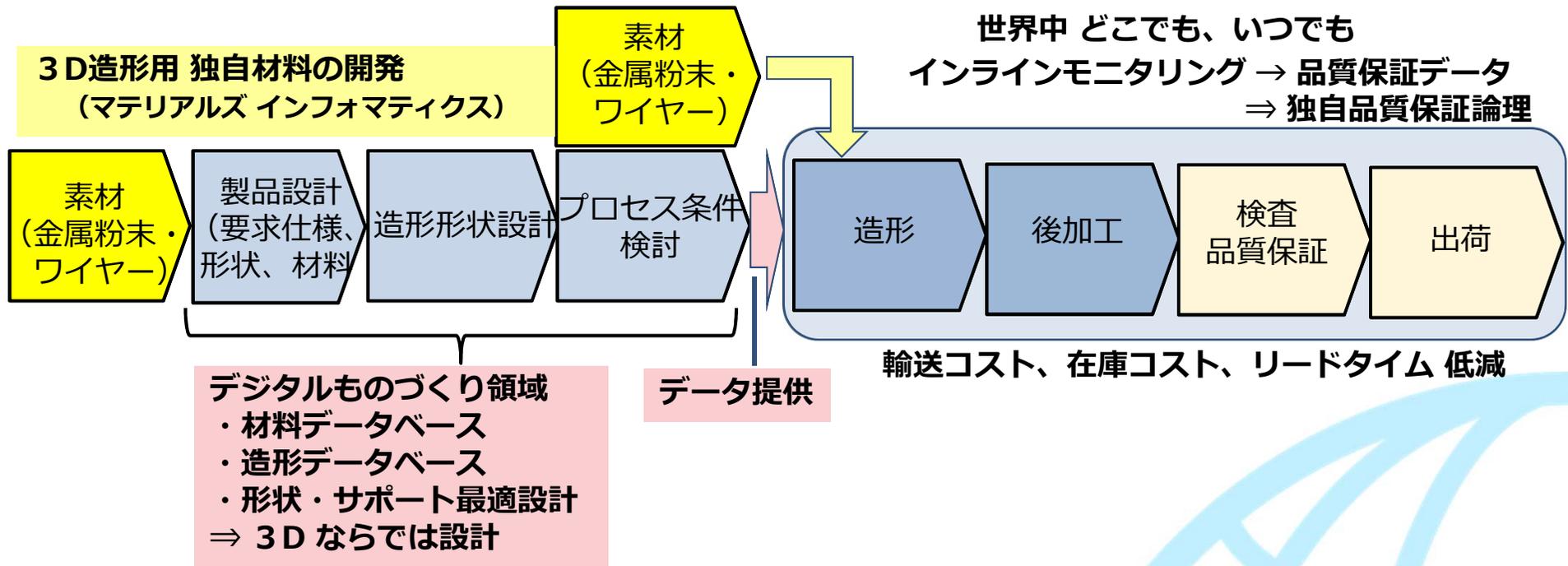
HiPEACE[®] : Hitachi Printable Extreme Alloy for Corrosive Environment



HiPEACE[®] 部品

応用例
化学プラント
オイル&ガス
マリン オフショア

7 まとめ



- ・ デジタルツイン
- ・ 独自材料
- ・
- ・
- ・

3D造形ビジネスの拡大

グローバル技術革新センター



Global Research & Innovative Technology center