



革新的設計生産技術

～ 市場流通材のスーパーメタル化開発～

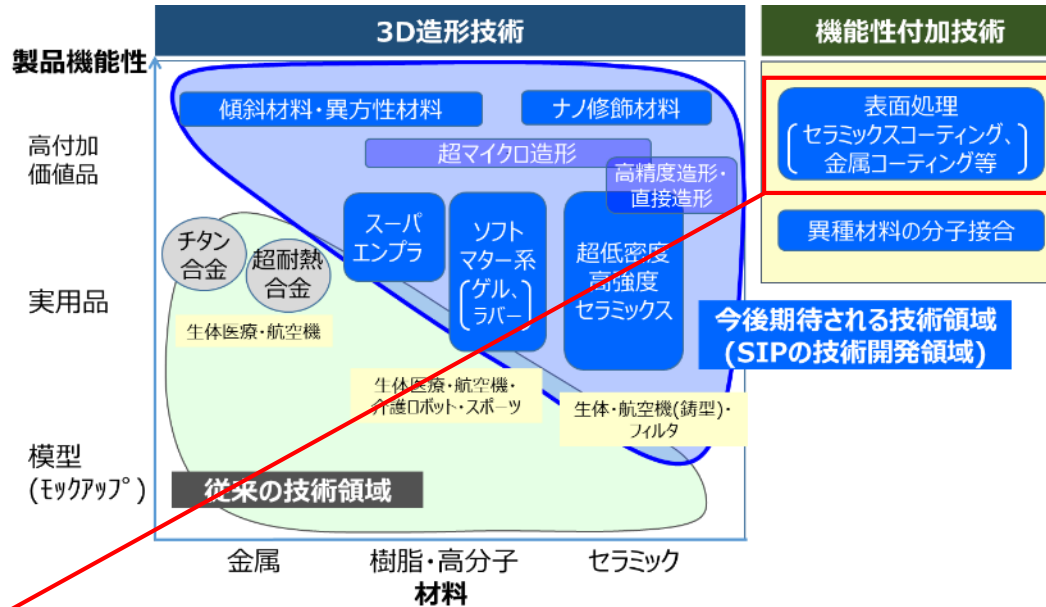
発表者: 梅田 実 (長岡技術科学大学)

研究テーマ責任者: 梅田 実 (長岡技術科学大学)

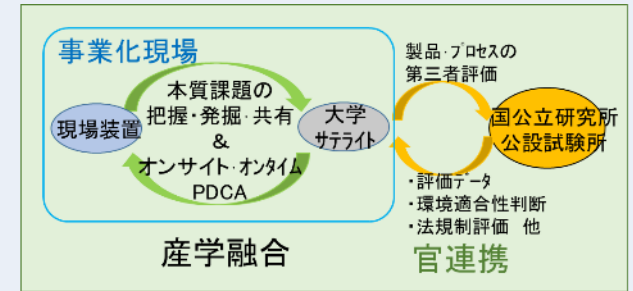
**参画機関: 長岡技術科学大学, 長岡電子(株), 上越工業,
(株)中津山熱処理, 日本メッキ工業(株), アイテック(株)**

革新的設計生産技術における位置づけ：生産技術

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



これまでにない現場に立脚した
産学融合ものづくりスタイル

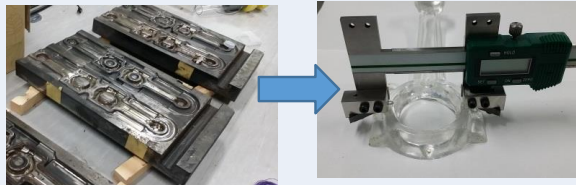


産学融合＋官連携 → 開発加速、許認可加速、事業化促進

大学スタッフが中小企業の現場で
オンサイト・オンタイムな研究

スーパーメタル化

高耐摩耗化



金型に樹脂を流し込んで型取りして摩耗量を評価

高耐食化

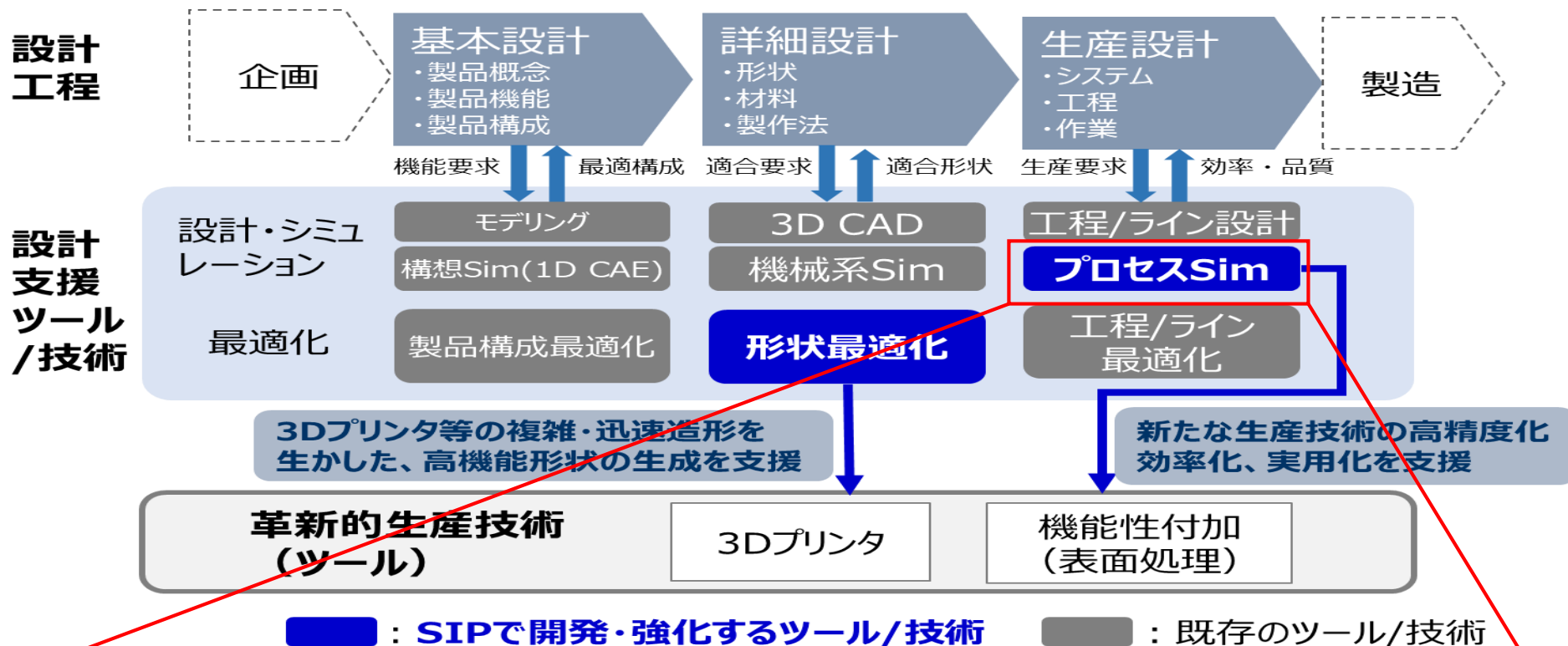


高摺動化



革新的設計生産技術における位置づけ：設計支援技術

革新的生産技術を生かす最適化、シミュレーションが重要



無駄メッキ低減支援ツール

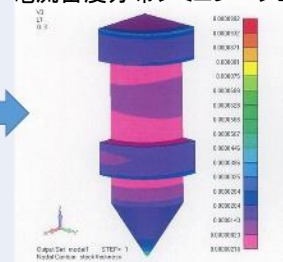


被めっき物



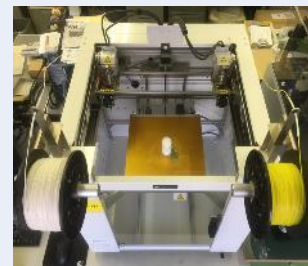
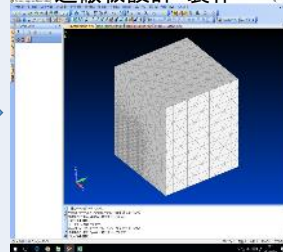
メッシュ図

電流密度分布シミュレーション



膜厚コンター図

遮蔽板設計・製作



目次

- 1. 背景**
- 2. 目標**
- 3. 実施内容のアピールポイント**
- 4. 研究開発成果**
- 5. 社会実装に向けての提案**
- 6. まとめ**

研究背景

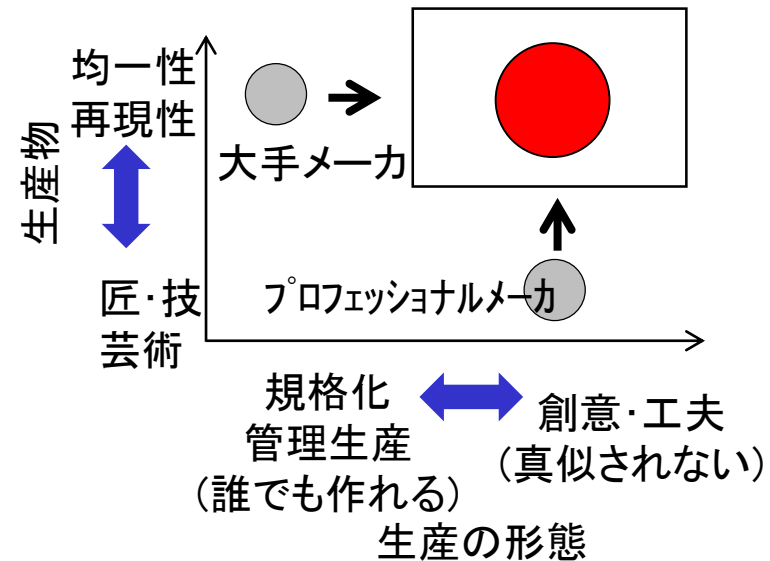
●背景(課題)

- ✓ 日本には、**地域に根付いた世界トップレベルの金属加工・仕上げ技術**がある。
- ✓ 一方で地域活力低下が著しく、それらの技術を支えていた「**暗黙知**」「**技**」「**匠**」の**技能経験が伝承されにくく**、プロフェッショナルメーカーの強みとされている**ものづくりの優位性が低下**してきた。

●目的

- ✓ 地方の**プロフェッショナルメーカーが有する地域資源**としての材料・加工技術を**新たな価値を付加する製造技術**に高める。
- ✓ 市場流通材に新たな価値を付加することで新興工業国には真似できない**革新的金属表面処理技術(高耐摩耗化・高耐食化・高摺動化)を実用化(グローバルトップ技術の獲得)**する。
- ✓ これにより**地域産業を活性化し、人々の雇用と生き甲斐を育む**。

日本の新しいものづくり



- ・機器の使いこなし
- ・暗黙知を科学する(科学的・定量的保存)
- ・技術を組み合わせる

科学的に「匠・技」「暗黙知」を解明し
定量的データを知ること、**新たな
創意工夫、高度な信頼性を確保する**

目 標

目標

- ・大学スタッフがオンサイト・オンタイム開発に関わり、地方企業に大手企業と同様の開発部門機能を持たせることで、**地方企業の製造技術向上**を図る**産学融合ものづくりスタイル (SIPスタイル)**を**確立**し、地方企業の開発力を高める。
- ・市場流通材に新たな価値を負荷する**革新的金属表面処理技術**(高耐摩耗化・高耐食化・高摺動化)の**獲得**(チャンピオンデータ)と実用化に向けた**基礎技術**を**確立**する。

研究開発項目

【研究開発目標】

- ・ **金型寿命30000ショット**(金型・先端部品の提供)
- ・ **2500時間連続発電**(プラント・エネルギー機器用部品の提供)
- ・ **摩擦係数、湿式0.04以下**(エンジン・機械部品の提供)

【技術成果の普及、展開】

- ・地方企業の技術開発力向上に貢献できる**SIPスタイル**の**継続提供**
- ・スーパーメタル化(金属表面処理)**技術資料**を作成し外部**公開**
- ・無駄めつき低減支援**ツールの技術移転**

実施内容のアピールポイント

		特徴	コスト	想定適用製品
高耐摩耗化		従来の浸硫窒化処理した金型の熱間ハンマー鍛造での実地試験で19000ショットを行っている。現時点で目標としている 30000ショットの寿命に目途が付き 、テスト操業中。	寿命増加分でランニングコストを含めた総コストを低減可能(表面処理費は微増)	・熱間鍛造金型 ・歯車
	従来	リン酸亜鉛	冷間鍛造に適するが、熱間鍛造には不向き。	
		特徴	コスト	想定適用製品
高耐食化		Niフリーステンレス鋼の高耐食技術の研究例は少ない。現時点でSUS316L(スタンダード品)の20倍の耐食性を実現しており、100倍の高性能も視野に入っている。 この技術はトップレベル である。	US DOEの2020年セパレータコストの目標 燃料電池車1台あたり： \$300 1枚あたり：\$0.75	・燃料電池 セパレータ
	従来	金めっき	耐食性高いが高コスト。99%輸入元素。	
		特徴	性能	想定適用製品
高摺動化		20-50nmの粒子を高分散させる表面制御分散液および ナノダイヤめっきの実用化事例は初めて 。摩擦係数0.5(乾式)、0.04(湿式)はトップクラス。	従来Ni-Pめっきに比べ自己摩耗量は1/2、相手材摩耗量は1/3以下	・ピストンリング ・チェーン ・コンプレッサスクリュー
	従来	Ni-Pめっき	成熟した技術。製品差別化困難	
		特徴	着目点	
開発体制		産学融合ものづくりスタイル	大学スタッフが中小企業の現場でオンサイト・オンタイム な研究。製品化への死の谷克服	大企業で可能なオンサイト研究は、中小企業において困難
	従来	公設試による技術支援	公設試にてモデルデータ取得／データ提示による技術相談	

研究開発成果：高耐摩耗化

■【企業名】企業のニーズ

上越工業株式会社で当該処理を施した金型での熱間鍛造試験実施

第一期

H29.4～H30.3

■従来技術等での問題 (ベンチマーク)

従来金型の寿命は19000ショット前後。
30000ショットが目標。

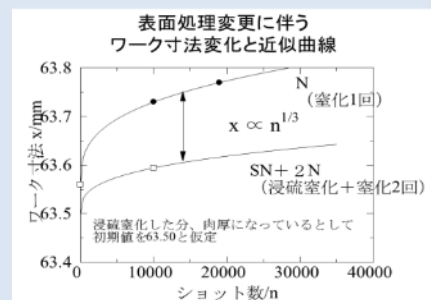
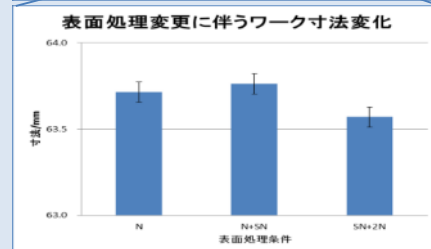
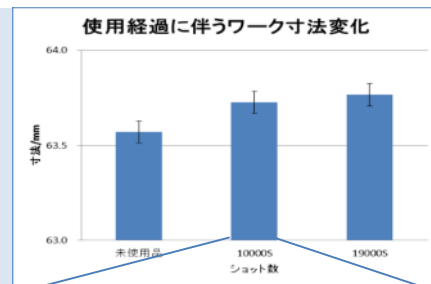
■【ツール／技術名】

新規浸硫窒化処理

浸硫窒化と窒化処理の組合せで、耐摩耗性と耐焼付き性を用途に応じて制御する技術。

■将来への発展

浸硫窒化後に窒化を繰り返すことで金型の摩耗量を軽減することができる。
金型寿命30000ショットの実現に目途がついた。さらなる寿命向上にも期待が持てる。右図は実際の鍛造で取得した摩耗量とその結果による金型摩耗予測である。



研究開発成果：高耐食化

■ 研究開発内容

Niフリーステンレスの高耐食化技術として窒素熱処理を行う。窒素熱処理によりCrN、AlN、FeNなどの機能性表面を実現した耐食性ステンレス鋼を作製する。

■ S I P 終了時に目指す成果

Niフリーステンレス鋼A5サイズで0.1mm厚の金属セパレータを作製する。そして、JARI(カーボンセパレータ)品と同等の性能を実現を目指す。

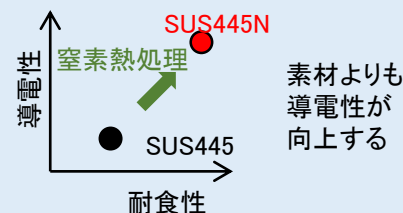
■ 代表的な改良点（研究開発への反映）

【技術ポイント 高導電度 高硬度】

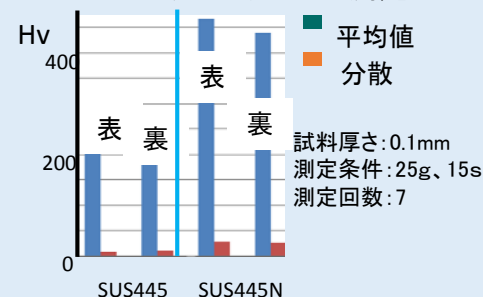
表面抵抗測定

Sample name	Surface resistivity / $\times 10^{-4}\Omega/\square$
SUS445	5.69
SUS445-N1	3.83
SUS445-N2	3.98
SUS445-N3	3.01
Graphite carbon*	3.07

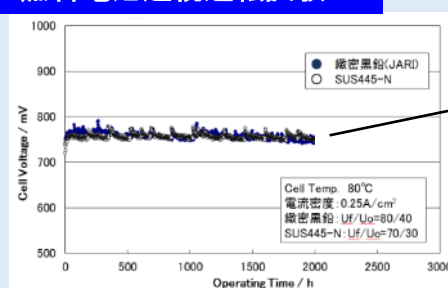
*JARI cell



マイクロビッカース測定



燃料電池連続運転試験



連続試験後、表面腐食は観察されない

窒素処理フェライト系ステンレスは、電気化学反応場である燃料電池内においても腐食しない炭素セパレータ同等の高耐食性を示す。

研究開発成果：高摺動化

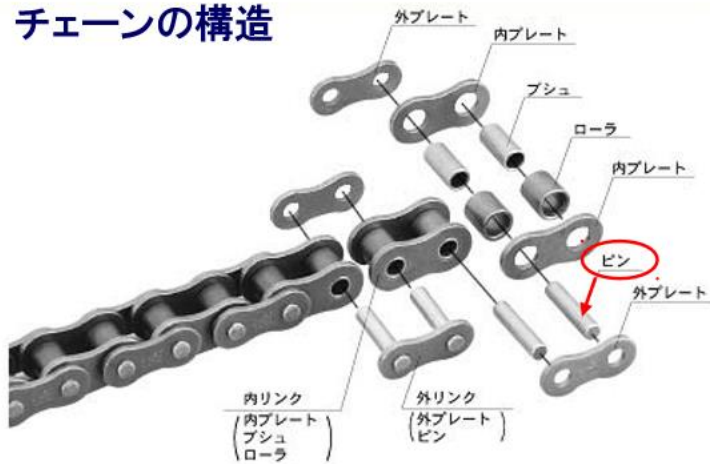
■ 企業のニーズ

機械装置類で多用されるチェーンは、使用時間と共にピンが摩耗し延びてしまうことから、定期的交換が必要であった。〔H31.4～〕

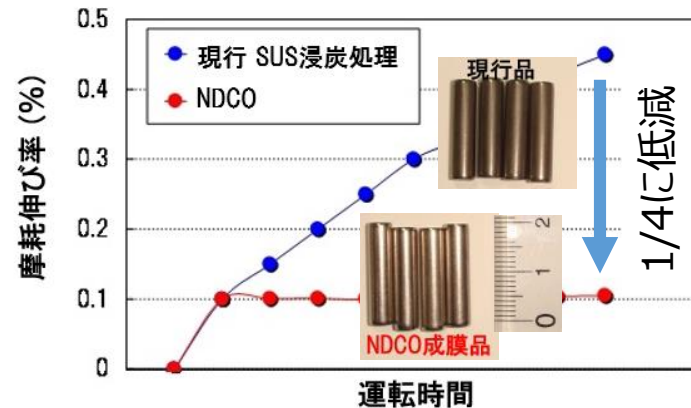
■ 従来技術等での問題

チェーンの寿命に影響するピンに、従来は浸炭処理を行っていた。

チェーンの構造



■ 【高摺動ナノダ イめつき】



ピンにナノダ イ分散Ni-P無電解めつきを実施。高硬度、低摩擦、耐摩耗性を付与。4倍の長寿命化を確認。



■ 将来への発展

サンプルプロブとPDCAによる実用化

・自動車用バルブタイミングやその他のチェーン



・産業用機械類の軸・軸受け、摺動部品

研究開発成果：高摺動化

■ 研究開発内容

無駄めつき低減支援システムの開発

● 従来技術

- ①カン・コツで設計
- ②長納期（一週間程度）
- ③試験槽でのテスト

● 研究開発成果の効果

- ①熟練技能者以外でも設計可
- ②製造納期短縮
- ③効果最大化

■ S I P 終了時に目指す成果

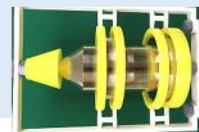
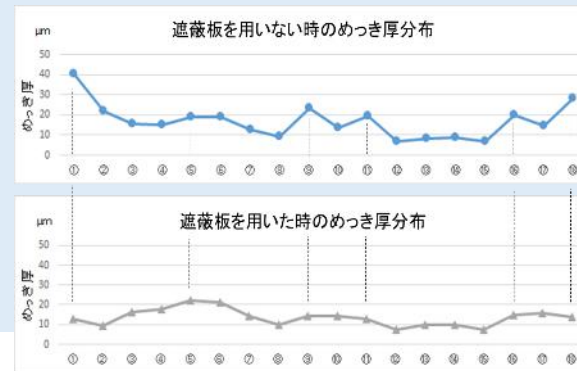
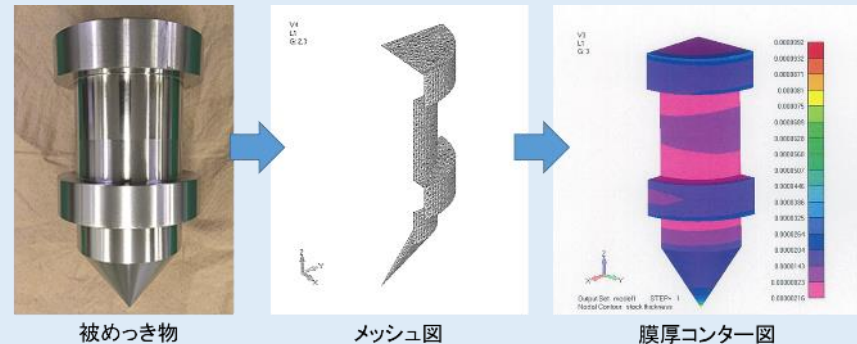


実ワーク・複雑形状に対応できる無駄めつき低減支援システム（短納期・低コスト・高品質化）

■ 代表的な改良点（研究開発への反映）

従来カン・コツで設計されていた邪魔板を、熟練技能者以外でも遮蔽板設計が可能となるシミュレーション技術を導入し、3Dプリンタによる迅速な邪魔板製造を可能とした

- ①カン・コツに頼らない、電流密度シミュレーションからの邪魔板設計（暗黙知を科学する）
- ②設計データを3Dプリンタに直接転送することで、迅速な邪魔板製造
- ③実生産ライン使用槽での確認により“死の谷”克服



社会実装に向けて

ツール/技術名		ツール/技術種別	テストユース 開始時期	テストユース 実施期間	テストユース 企業	企業活用目的	今後の展開
スーパーメタル化技術	浸硫窒化処理技術	技術	平成29年4月	平成30年3月まで	上越工業	熱間鍛造金型の長寿命化	長岡電子にて金型や耐摩耗部品への処理を請負
	浸硫窒化処理技術		平成29年4月	平成30年3月まで	長岡歯車	歯車の長寿命化	歯車の製造業者なので、製品ラインナップに組み込み、売り込み必要
	高耐食性ステンレス鋼		平成31年度	----	熱処理メカ。 カーメカ、 エネルギーメカなどの燃料電池事業者	燃料電池用金属セパレータを当面の出口事業としている。 はじめに、ステンレスを窒素中熱処理する事業の立ち上げが必要。そこから燃料電池用金属セパレータ利用事業へ材料を提供する。	平成31年度以降、窒素中熱処理ステンレスの量産化とその利用。 燃料電池用金属セパレータ以外にも、高耐食を必要とする化学、食品プラント部品類への応用を目指す。
	ナノ粒子高分散めっき		平成31年度	----	機械、プラントメカ	ナノダイヤめっきを利用することにより、省エネ、長寿命化、Crフリーを特徴とした、環境配慮部品およびそれらを内蔵する機械装置を提供する。	ナノダイヤめっき液の提供と実用化事例の積み上げ。
	ナノ粒子高分散めっき		平成29年度	平成31年度	圧縮機メカ	ナノダイヤめっきを利用することにより、省エネ、長寿命化、Crフリーを特徴とした、環境配慮部品およびそれらを内蔵機械装置を提供する。	平成31年度以降、製品への適用を目指す。
無駄めっき低減電解めっき支援ツール		S/W		----	燕三条周辺地場企業	無駄めっきを低減し低コスト、高品質化を行いたい	新潟県や長岡市にツールを技術移転、整備してもらう事で、地方めっきメーカーの競争力強化に貢献。

技術成果の普及展開

● Facebookによる情報発信:

< <https://www.facebook.com/supermetallization/> >

キーワード「スーパーメタル化」で3番目に表示（Google検索）

● 技術展示会での成果公開:

燕三条ものづくりメッセ2017

● 自治体等での技術説明会での講演:

長岡産業活性化協会, 三条市, 燕三条地場産業振興センター, （このほか石川県工業試験場にコンタクト中）

● 学会:

機械学会, 宇宙科学技術連合講演会, 電池討論会などの企業参加が多い学会での講演

● 普及展開のために:

- ・データベースの整理
- ・めっきシミュレーションソフト
- ・長岡技術科学大学テクノインキュベーションセンター（SIP式取組のコンタクト先）
- ・長岡技術科学大学技術開発センター（SIP式取組の実践の場）

まとめ

現状

- ・目標ショット数の30000に対して10000での経過摩耗を確認し、大幅な摩耗量減少を確認
- ・ニッケルフリーSUS445材の窒化熱処理により、SUS445の約20倍の耐食性を実現できている。これらのメカニズムおよび性能を学会発表等で公表し、作製条件の適正化・量産化を検討している。
- ・目標である20-50nmの粒子を高分散させる表面制御分散液は完成。ナノダイヤめっきの結果摩擦係数0.5(乾式)、0.04(湿式)を達成。現在、機械部品へのナノダイヤめっきを実施、PDCAでめっき条件の適正化を図っている。
- ・所定のテストワークに対して電解めっきした厚さ分布とシミュレーションした結果を評価中。実測値と計算値の傾向が一致。

最終目標

【研究開発目標】

- ①高耐摩耗化 : 寿命30,000ショット
- ②高耐食化 : 燃料電池用金属セパレータ2,500時間連続発電以上
- ③高摺動化 : 摩擦係数、湿式0.04以下

【技術成果の普及、展開】

- ④SIPスタイルを継続提供可能とする要点明瞭化
- ⑤スーパーメタル化(金属表面処理)技術資料を作成、外部公開
- ⑥無駄めっき低減支援ツールの技術移転

今後の予定/計画

- ・高耐摩耗化(浸硫窒化) : テストユースを経てサンプルプローブを行う。
- ・高耐食化(窒素中熱処理) : 窒素中熱処理ステンレスの熱処理メーカーによる量産試作と燃料電池金属セパレータユーザーメーカーへのサンプル提供を行う。
- ・高摺動化(ナノダイヤメッキ) : ナノダイヤめっきの機械部品類への適用開始。
- ・本プロジェクト終了後もこのものづくりスタイルを継続しスーパーメタル化技術開発以外の分野でも適用していくため、産学融合の現場起点となる技術開発の仕組みの構築を目指す。