

## 追跡評価報告書フォーム

番 号	24-追跡-012		報告年度	平成 24 年度		
研究課題名	鋳物の鋳込み同時表面改質に関する研究					
研究機関	東部工業技術センター（加工技術研究部）					
研究期間	平成 18～20 年度（3 カ年）					
連携機関	A 社, B 社, C 社, D 大学					
研究経費	【研究費】		【人件費】		【合計】	
	4,326 千円		16,150 千円		20,476 千円	
これまでの 評価結果		実施年度	県民ニーズ	技術的達成度	事業効果	総合点
	事前評価	H17	3.2	3.5	3.3	3.4
	中間評価	H19	3.7	3.4	3.7	3.6
	事後評価	H21	3.3	3.7	3.7	3.6
研究概要	<p>鋳込み時の熱を利用して、低級鋳鋼製品に、鋳込みと同時に mm 単位で改質元素による拡散層を作製する技術を開発する。</p> <p>本研究の表面改質では既設設備を用いて行うため、コストは増加せず、工程削減効果もある。そのため、製品の高機能低コスト化を図る。</p>					

## 1 研究成果

複雑形状の製造に適した鑄造製品の表面を硬化化する研究を実施し、次の成果を得た。

### (1) 改質層の改質元素濃度の制御

改質主剤の種類と改質主剤に適した粘結剤の組み合わせにより、Si等の**目標元素の濃度を制御できることが分かった**。(研究目標クリア)

### (2) 改質層の厚さを mm 単位で制御

鑄造条件と改質主剤の種類および塗布量で、**改質層厚さを mm 単位で制御可能**とし、最大13mm までの厚膜の改質層を作製出来た。(研究目標クリア) 本項目の成果により表面欠陥のないA社の**ライニングボスを試作**した。(試作目標クリア)

### (3) 改質層の表面硬度の制御

粘結剤の割合や改質主剤の平均粒径により Hv250~400 の間で**鑄放し材の硬さの制御が可能**となった。また、さらに高硬度なニーズに応えるべく、熱処理条件により、鑄放し硬さ~Hv900 の間で**硬さが制御できる**ようになった。(研究目標クリア) 本項目の成果により**印刷機レバーを試作**した。(試作目標一部クリア)

### (4) 精密鑄造工程での改質プロセスの提案(H17年度事前評価指摘により追加)

改質材(改質主剤と粘結剤の混合材料)の塗布層保護・鑄型焼成温度の見直しを行い、精密鑄造鑄型へ改質材の層を転写する技術を開発し、連携機関のB社において精密鑄造プロセスにおける表面改質を実現した。(研究目標クリア)

### (5) S45C 以外の他材質への表面改質プロセスの適用(H19年度中間評価指摘により追加)

鋼材は大きく炭素量によって分類されている。そこで、各条件を検証し、低炭素(0.15%)から高炭素(1.3%)までの鋼材に適用した。また、研究終了後、次項記載の外部競争的資金の活用で鑄鉄への適用も可能となった。(研究目標クリア)

## 2 開発技術の移転状況

### (1) 研究開始当初の移転目標

- ① ライニングボスの試作(H19年度末までに)  
移転先：A社(連携機関) 重量物搬送装置などの製造  
(資本金：600百万円 従業員数：296名)
- ② 改質技術の移転及び印刷機レバーの試作(H20年度末までに)  
移転先：B社(連携機関) 鑄造・射出成型による部品製造  
(資本金：79百万円 従業員数：200名)
- ③ ギアボックスの試作(H20年度末までに)  
移転先：C社(連携機関) 削岩機などの製造  
(資本金：85百万円 従業員数：134名)

### (2) 開発技術の移転方法と移転状況

<技術移転方法>

外部発表、試作・技術指導等、企業訪問やパンフレット等による周知により技術移転を図っている。

- ① 日本鑄造工学会学会発表および概要集：合計8件
- ② 日本鑄造工学会中国四国支部会報誌投稿：1件  
(“こしき”31巻投稿(2008年12月4日発刊))
- ③ 東部工業技術センター研究報告書および発表：合計6件
- ④ 広島県総合技術研究所 成果集およびポスター：2件
- ⑤ 報道：10件
- ⑥ 他の外部発表：1件(第31回中国四国九州地区公設試験研究機関接合・表面改質担当者会議)
- ⑦ 競争的外部資金獲得：1件(独立行政法人科学技術振興機構 探索タイプ「鑄鉄部品への高靱性厚膜硬化層形成技術の開発」(H22年度))
- ⑧ 受託研究獲得：1件(D社(大阪府))
- ⑨ 広島県 研究成果移転促進事業：1件(「鑄物の鑄込み同時表面改質技術の普通鑄鉄部品への適用」(H22年度))

#### <技術移転状況>

- ① **研究目標をクリア**するとともに、その成果を適用し、連携機関の A 社の**ライニングボスの試作**を行い、耐久性等を評価し、約 1.5 倍の高寿命化を達成することが出来た。これにより客先に対して設計提案ができる状況となり、信頼性評価および作り込みを行った。  
また、研究終了後、A 社の特徴的製品に対する適用を優先したい事案が生じ、試作品を提供した。効果を確認できたため、今後 A 社内で作り込みの検討と**客先へのサンプル出荷**を行うとのこと。
- ② 研究中の**鋳込み実験**は B 社内で行ったため、連携機関の B 社に、鋳物改質技術の**ノウハウも含めた実作業上必要な技術移転**を行うことが出来た。また、B 社が印刷機メーカーに供給している**印刷機レパーの試作**を行った。これにより、問合せに対して試作品提供ができる体制を整えるとともに、客先への提案が出来るようになった。
- ③ C 社のギアボックス設計要件である**研究目標をクリア**することができた。しかし、ギアボックスの設計変更や事前評価および中間評価指摘事項での技術の付加価値向上を目指したため、試作等による直接的効果を現出させるにはいかなかった。しかし、残った課題は鋳型作製や作り込みであるため、技術相談などで対応するとともに、類似案件の場合に連携機関で対応できる体制を整えた。
- ④ D 社より、本技術を応用して鋳物の表面に耐食性を付与するための技術について受託研究を行い、引き続き本技術を開発中である。

本研究で開発した技術によって、従来は困難であった複雑形状部品への機能付加が可能となり、連携機関は低コスト化や高機能化の提案をユーザー等にできるようになった。また、新たな研究要素・展開も可能となり、引き続き技術開発・適用検討を行っている。

#### (3) 移転目標の達成度

- ① 鋳物の表面を鋳込みと同時に硬くするための知見を得ることができ、製品展開・客先提案が出来るようになった。A 社の協力会社 E 社にも技術移転が出来、連携機関以外での製品製造が可能となっている。A 社の**特徴的製品の sprocket について、A 社内での信頼性評価用試作品や A 社の客先 (F 社 (静岡県)) へのサンプル出荷品について、E 社と A 社および A 社と F 社との間で売買関係が成立している。今後、F 社において実機で使用しつつ評価を行う。**
- ② 実際に B 社の企業内で改質が可能となることで実作業レベルでの技術ノウハウを獲得することができ、技術確立・技術移転を達成した。また、客先の製品へ展開し試作品を作製した。これにより、連携機関以外からの問合せに対して試作品を提供できるようになるとともに、低コスト化提案をユーザー等にできるようになった。
- ③ 研究当初の目標値はクリアしており、類似の研究開発案件があれば、即座に適用可能である。これにより、連携機関は低コスト化や機能性向上の提案を協力会社やユーザー等にできるようになった。
- ④ **連携機関以外からの問合せもあり、技術開発・適用検討を行っている。**

以上のことから、達成度 130%とする。

#### (4) 上記の状況となった理由

- ① 具体的な製品目標を立てることで、連携機関との情報交換を密にすることが出来た。また、ニーズの変化および付加価値向上等への意見を速やかに研究に反映させたことで、より企業ニーズに適した技術開発を行うことが出来た。しかし、研究終了後にも、信頼性の評価や作り込みなどが必要であり、2項(2)の<技術移転方法>に記載の広島県の研究成果移転促進事業や外部競争的資金を活用した。
- ② 連携機関との情報交換を密にするとともに、要所の実験を連携機関で行うことで、実作業レベルでの技術ノウハウを移転出来た。試作品については、世界的な不況等から印刷機等の市場が減少するとともに、使用実績のある部品との代替における客先の信頼性に対する不安払拭に至っておらず、技術提案に留まっている。

- ③ 世界的な不況で削岩機等の市場が減少するとともに、設計変更があり技術提案に留まっている。
- ④ 研究報告、報道等情報を活用することで、広く周知でき、問合せが広がった。

#### (5) 今後の移転計画

各種試作の問合せに対応するとともに、最終ユーザーの動向・意見を聞き取りながら適切な時期を見計らい対応していく。特に近年、低炭素社会・省エネルギー化について関心が高まっており、熱エネルギーの再利用・省エネルギーにつながる本技術について具体的な問合せが来ている。これらのことから、今後も機能性向上や省エネルギーの観点で市場動向を注視し、実用化先・共同研究先の獲得に努め、普及を図る。

### 3 知的財産権等の状況

下記の特許を出願した。しかし、審査請求検討時に実施許諾先の確実性がなかったため、審査請求は行っていない。なお、A社試作品については、他の元素を主とする改質剤の適用により本件特許に抵触しない方法となった。

特願 2008-280424：「表面改質鋼材及び改質表面を有する鋳物の精密鋳造方法」  
(B社との共同出願) (2008年10月出願)

### 4 研究成果の波及効果

#### (1) 経済的波及効果

試作品の提供や技術相談を行っており、また技術移転先におけるサンプル出荷が行われている。今後も市場動向を注視し、実用化移転先・共同研究先の獲得に努め、成果の普及促進を図る。

#### (2) 技術の推進への波及効果

前述(2項(2)の<技術移転方法>に記載)の外部発表等により技術を普及するとともに、鋳造材料の表面処理、耐摩耗性などの特性付与および特性評価、に関するノウハウを得ることができ、企業ニーズに対して速やかに技術指導などの対応ができるようになった。なお、本研究について鋳造工学会中国四国支部奨励賞も受賞しており、技術的貢献度も高い。

製品開発の問合せや技術相談は20件以上あり、その中で具体的内容のもので複数回の対応(技術資料を提供や技術指導)を行ったものは次のとおりである。

- プラスチックやAl成形用金型への表面硬化(G社(広島市), その他類似相談5社(広島市, 岡山県, 兵庫県, 島根県, 栃木県))
- 鋳鋼製品の脱炭防止・異常表面組織防止技術への展開(H社(府中市), I社(山口県))
- 耐熱性鋳物への技術展開(J社(広島市))

また、本技術を発展・適用検討するために、研究等へ展開したものは次のとおりである。

- 広島県 研究成果移転促進事業(2項(2)の<技術移転方法>に記載のもの)
- 独立行政法人科学技術振興機構 探索タイプ(2項(2)の<技術移転方法>に記載のもの)
- 受託研究(D社)(H23年度)(2項(2)の<技術移転方法>に記載のもの)
- 広島県 事前研究「鋳物の接合技術の開発」(H23年度)

## 個別評価(各センター記入欄)

1. 研究の達成度 ■A:成果は移転できるレベル □B:一部の成果は移転できるレベル □C:成果は移転できるレベルではない
2. 成果移転の目標達成度 ■A:目標以上に達成 □B:ほぼ目標どおり達成 □C:目標を下回っている □D:移転は進んでいない
3. 知的財産権の活用状況 □A:実施許諾し、事業化されている □B:実施許諾を行っている ■C:実施許諾は行っていない
4. 研究成果の波及効果 □A:波及効果は大きい □B:波及効果は認められる ■C:波及効果はほとんど認められない
備考:

## 総合評価(評価委員会記入欄)

□S:研究成果が十分に活用され、効果は当初見込みを上回っていると認められる。 □A:研究成果が活用され、効果は当初見込みをやや上回っていると認められる。 ■B:研究成果が活用され、効果は当初見込みどおりであると認められる。 □C:研究成果の活用が不十分で、効果は当初見込みをやや下回っていると認められる。 □D:研究成果の活用が不十分で、効果は当初見込みを下回ると認められる。
備考:



## 追跡評価報告書フォーム

番 号	24-追跡-013		報告年度	平成 24 年度		
研究課題名	コルヌスパイラルを用いた新歯形歯車の設計最適化と実用化研究					
研究機関	東部工業技術センター（加工技術研究部）					
研究期間	平成 19～20 年度（2 カ年）					
連携機関	宮奥エンジニアリング					
研究経費	【研究費】		【人件費】		【合計】	
	4,147 千円		13,175 千円		17,322 千円	
これまでの 評価結果		実施年度	県民ニーズ	技術的達成度	事業効果	総合点
	事前評価	H18	4.1	4.6	4.2	4.3
	中間評価	—	—	—	—	—
	事後評価	H21	3.3	2.7	2.7	2.9
研究概要	<p>コルヌスパイラルに基づく新しい歯形を用いた歯車は、インボリュート歯車と比較して面圧強度，歯元疲労強度，伝達効率，振動率の各種性能を向上できる可能性がある。本研究では，新歯形形状の設計最適化を実現し，その有効性を検証するとともに，実機械製品への適用により技術移転を目指す。</p>					

## 1 研究成果

### ①曲げ強度に関する評価

#### a) 歯元応力の有限要素解析

最大歯元応力が発生する最悪荷重点に歯面法線荷重を加えた場合の歯元の曲げ応力を有限要素法で解析した結果、コルヌ歯車の最大歯元応力は標準のインボリュート歯車のそれよりも小さくなった。さらに、コルヌ歯車の形状パラメータを変化させることで、インボリュート歯車と比較して最大 15%低減させることに成功した。

#### b) 歯元の曲げ疲労強度試験

ピッチ点において歯面に垂直な繰返し荷重を与える疲労試験を実施した結果、コルヌ歯車の疲労限度推定値は標準のインボリュート歯車よりも 20%向上した。これにより、歯のかみ合い過程における最大歯元応力の低減により曲げ疲労強度が向上することを実証した。

### ②伝達効率に関する評価

動力吸収式歯車試験機を製作し、一对の歯車を噛み合わせて回転中の軸トルクを計測し、伝達効率を算出した。標準のインボリュート歯車の伝達効率と比較してコルヌ歯車のそれは同程度の性能を有していることを確認した。

### ③摩耗・振動特性に関する評価

事後報告書記載の通り、研究終了後に宮奥エンジニアリングおよび教育機関と連携して摩耗および振動の評価を実施した。

#### a) 摩耗特性に関する評価

コルヌ歯車の歯面損傷に対する負荷能力はインボリュート歯車と比較してより大きいことがわかり歯元の曲げ強度特性と合わせて、高負荷用途や小型軽量化の可能性を見出した。

#### b) 振動特性に関する評価

現時点でインボリュート歯車と比較して特筆するだけのデータは取得できていないが、特殊歯車であるコルヌ歯車は歯車対の組付け精度管理がシビアであり、組付け位置の許容差に関する技術データが蓄積できている。実用化段階で歯車の加工精度および歯車箱や軸受けに関する設計資料として有効に活用できる。

## 2 開発技術の移転状況

### (1) 研究開始当初の移転目標

企業名	業種
A社	一般機械器具製造業
B社	輸送用機械器具製造業
C社	一般機械器具製造業
D社	精密機械器具製造業
E社	一般機械器具製造業
F社	一般機械器具製造業

#### 【移転方法】

- ・ F 社の金属切断用丸鋸盤に新歯車を適用し加工実験を行う予定であり、これが技術移転の第一ステップである。この実績をもとに上表に示した技術移転先へ随時個別プレゼンテーションを行い技術移転を図っている。
- ・ 技術相談に対応する過程での指導、現地指導により新歯車の紹介を行っている。
- ・ 成果普及講習会・研究報告による企業への研究成果の技術普及を行っている。

#### 【スケジュール】

平成 19 年度は研究進捗状況に応じて、新歯車の特長をニーズ主体企業等に紹介していき、技術移転への足がかりを作った。

平成 20 年度以降は上記に加えて、丸鋸盤への技術移転を行うとともに、この成果を基に技術相談、現地指導及び成果普及講習会等を通して関連企業等に紹介し、技術移転を図っている。



## (2) 開発技術の移転方法と移転状況

連携機関である宮奥エンジニアリングに対してコルヌ歯車の曲げ強度向上に関するノウハウを提供した。本研究で開発した技術はコルヌ歯車の曲げ強度性能に関する技術であり、それ以外の面圧強度、振動、騒音や伝達効率の評価を研究終了後の平成21～23年度までに受託研究3件や技術指導を通して行い、継続的に技術移転を実施している。受託研究は宮奥エンジニアリングと教育機関と連携し産学官の連携体制を構築し取り組んでいる。また、宮奥エンジニアリングは現在3社の自動車関連企業と共同で研究を進めている。G社では基本的に“はずば歯車”としての利用を考えており、その静音性や高耐久性を狙った歯車の開発を進めている。H社ではコルヌ形状のかさ歯車への適用に取り組んでいる。I社とは、共同で開発を進めるための契約を締結し、今後ニーズに応じた歯形の開発をスタートさせた。

A社にはコルヌ歯車の曲げ強度性能についてPRし実機試験を実施した。歯元の曲げ強度が向上することで同一の負荷が歯車に掛かった場合は歯のたわみ量が抑制されると考え、A社が製造する移動装置の運転操作レスポンス性の向上を目的として、主要駆動部にある歯車対に取り付けるといった技術移転を行っている。この技術移転を通して、工具企業や加工企業との連携体制が整い、実用化に向けて着実に取り組んでいる。

C社にはコルヌ歯車の設計自由度および曲げ強度性能についてPRし企業での技術指導および実機試験を実施した。これは、特徴的な歯形を有するコルヌ歯車をC社の流体搬送装置に適用するための技術移転であり、歯元強度向上による耐久性向上だけでなく流体搬送効率向上を狙ったものである。この取り組みによりコルヌ歯車の可能性については一定の理解を得られ、今後も実用化に向けて研究成果の移転を続ける。

主な広報活動を以下に示す。

府中産学官連携研究会にて口頭発表を行い、参加した地場企業に対してコルヌ歯車の持つ可能性（特に歯元の曲げ強度）についての情報を提供した。

精密工学会成形プラスチック歯車研究専門委員会で口頭発表を行い、コルヌ歯車を持つ高い曲げ強度性能が軽量化や小型化に有効であることを報告した。

その他には、総合技術研究所成果発表会展示発表1回、東部工業技術センター研究成果発表会口頭発表1回、東部工業技術センター研究成果報告1報。

## (3) 移転目標の達成度

歯車は最も重要な機械要素部品の一つであり、その性能を保証する企業としては自社製品に搭載するまでの検証に莫大なコストが必要となることが必須であるにもかかわらず、研究開始当初の目標数以上の企業がコルヌ歯車のもつ性能を利用しようと実用化検討に取り組んでいる。さらに宮奥エンジニアリング単独でもコルヌ歯車を使った減速機の開発に着手し始めた。

以上のことから、達成度130%とする。

## (4) 上記の状況となった理由

A社での試験は操縦者の感覚が重要とされ、試験片歯車が、1) 使用した歯車の歯が小さいこと、2) 大歯車が樹脂歯車であったことから、感知できるだけの明瞭な優位性が見出せていない状況である。今後はコルヌ歯車の特徴が明瞭になる大型製品に狙いを定めて試験を実施し製品化を目指す。

B社のニーズは、低振動・低騒音を実現した歯車ポンプ製品としての使用であり、現時点ではコルヌ歯車の歯車ポンプの製品化に至っていない。今後実績を積みC社などが扱う歯車ポンプ製品への適用を図りB社への展開を目指す。

C社において初期試作では標準品に対して効率や騒音面で優位な結果は出せなかった。原因はギアケースを専用に設計する必要があったこと、標準のギアが焼結体であることに対し、SUS板材からの切出しであることが考えられる。しかし、C社の担当者からは切出し歯車で数

時間以上の運転に耐えたことは評価できるとの感想を戴いており、流体搬送装置への導入の可能性を見出しつつある。

D 社が必要とする歯車は、小型かつ高精度を要求する精密機器専用の歯車である。コルヌ歯車は特殊歯形を有するため高度な加工技術が必要であり、現在は自動車関連企業と実験を進めていく中で、創成加工や研削加工の技術蓄積を同時に行っているところである。これまでの実績では、研削加工まで実現可能であることが確かめられており、今後小型の歯車への適用も進め、D 社などが扱う精密機械製品への展開を目指す。

E 社は歯車加工を専門とする企業である。なお、連携機関である宮奥エンジニアリングは歯車の生産設備を有しておらず、自社で歯車の加工ができない。そのため量産体制が必要になった際に E 社などの歯車加工企業へ技術移転を実施して、コルヌ歯車の生産を担当してもらうことを準備している。

F 社については、自社製品である丸鋸盤の金属板切断時の振動を低減することにより、鋸刃の損傷や損耗を緩和させ、鋸刃の長寿命化を図りたいといったニーズを受けて、歯の曲げ強度が高いコルヌ歯車を鋸刃回転用の歯車に利用することで、動力伝達部分で発生する振動そのものを低減させその対策とすることを検討していた。しかし、F 社の企業戦略が丸鋸盤の骨組みや軸受けの高剛性化による対策へと変化したため、一旦コルヌ歯車の採用は見送られることになった。

#### (5) 今後の移転計画

本研究により得られた知見を踏まえて、連携機関である宮奥エンジニアリングが積極的に活動を実施している。現時点では複数の共同研究依頼に対応しているところである。東部工業技術センターにおいても知的財産を共有している宮奥エンジニアリングと共に市場の動向を注視し、技術相談の際に実用化移転先の獲得につとめ、普及の促進を図る。

### 3 知的財産権等の状況

平成 21 年 9 月 18 日	「コルヌ螺旋歯形歯車」	(日本国 特許第 4376938 号) 登録
平成 24 年 1 月 24 日	〃	(米国 特許第 81000285 号) 登録
平成 24 年 9 月 26 日	〃	(EU 特許第 1873420 号) 登録

### 4 研究成果の波及効果

#### (1) 経済的波及効果

本研究成果は当初の計画した技術移転先企業以外からも問い合わせがある。主なところでは G 社、H 社、I 社といった自動車関連企業であり、宮奥エンジニアリングとの共同開発をすすめることにより、鋭意製品化に向けた取り組みを継続している。

これまでの宮奥エンジニアリングの開発活動の間におけるコルヌ歯車の設計および製作に関わる売り上げは実用化を目指した予備実験の工程においても総額 600 万円ほどであり、外部委託となる歯車製作の経済効果を含めるとおおよそ 1 千万円に達する。今後も経済的波及効果は十分に見込める。さらに上記 3 社の自動車関連部品への展開が実現すれば波及効果は飛躍的に増大することが見込まれ、その実績をもって一般機械機具や精密機械機具への展開へ繋ぐことができる。

#### (2) 技術の推進への波及効果

本研究では基本的な歯車である平歯車に絞って開発し、機械要素部品の代表とも言える歯車の設計手法、性能評価、形状計測に関する技術を得ることができ、企業ニーズに対して速やかに技術指導などの対応ができるようになった。また、本研究成果はユーザー企業の用途に応じて“はすば歯車”、“かき歯車”や“内歯歯車”などへの応用展開に取り組み挑戦しているところである。

## 個別評価（各センター記入欄）

1. 研究の達成度 ■A:成果は移転できるレベル □B:一部の成果は移転できるレベル □C:成果は移転できるレベルではない
2. 成果移転の目標達成度 ■A:目標以上に達成 □B:ほぼ目標どおり達成 □C:目標を下回っている □D:移転は進んでいない
3. 知的財産権の活用状況 □A:実施許諾し、事業化されている □B:実施許諾を行っている ■C:実施許諾は行っていない
4. 研究成果の波及効果 □A:波及効果は大きい □B:波及効果は認められる ■C:波及効果はほとんど認められない
備考:

## 総合評価（評価委員会記入欄）

□S:研究成果が十分に活用され、効果は当初見込みを上回っていると認められる。 □A:研究成果が活用され、効果は当初見込みをやや上回っていると認められる。 ■B:研究成果が活用され、効果は当初見込みどおりであると認められる。 □C:研究成果の活用が不十分で、効果は当初見込みをやや下回っていると認められる。 □D:研究成果の活用が不十分で、効果は当初見込みを下回ると認められる。
備考:

