

令和2年度

戦略的基盤技術高度化・連携支援事業

戦略的基盤技術高度化支援事業

「長寿命で優れた耐摩耗性・耐肌荒れ性等を有する

φ1000mm以上の圧延用大径ロールの開発」

研究開発成果等報告書

令和2年5月

担当局 九州経済産業局

補助事業者 公益財団法人 北九州産業学術推進機構

目次

第1章 研究開発の概要

- 1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標
 - 1-1-1 研究開発の背景
 - 1-1-2 研究の目的
 - 1-1-3 研究の目標
- 1-2 研究体制
 - 1-2-1 研究組織
 - 1-2-2 管理員、研究員、協力者
- 1-3 成果概要
- 1-4 当該研究開発の連絡窓口

第2章 大径拡管装置の開発

- 2-1 グリーブル試験による拡管性及びCPC健全性の確認
- 2-2 小径拡管装置（ $\phi 400\text{mm} \rightarrow \phi 600\text{mm}$ ）の設計製作
- 2-3 小径管（ $\phi 380\text{mm}$ 、 $t=25\text{mm}$ 、 $L=700\text{mm}$ ）による拡管試験
- 2-4 高周波電源装置及び高周波加熱コイルの仕様決定・製作
- 2-5 大径拡管装置の改良設計・製作

第3章 大径拡管条件の確立

- 3-1 拡管後の小径CPCスリーブ表面の健全性確認
- 3-2 大径拡管装置での拡管条件の最適化
- 3-3 拡管部構造の最適化

第4章 実証試験用ロールの製作・実証試験

- 4-1 実証試験用上ピンチロールの試作
- 4-2 川下企業における実証試験
- 4-3 上ピンチロール以外のロール（ブリケットロール等）の試作

第5章 全体総括

- 5-1 複数年の研究開発成果
- 5-2 研究開発後の課題
- 5-3 事業化展開

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1-1-1 研究開発の背景

特定ものづくり基盤技術の分類

主たる技術（二）精密加工に係る技術に関する事項

1) 川下製造業者等の共通の課題及びニーズ

ア. 高機能化・精密化・軽量化

ウ. 品質の安定性・安全性の向上

世界市場で使用される鋼板や条鋼は鉄鋼メーカーによりロールを介して製造されている。図1に鉄鋼メーカーで使用されているロールを示す。このロールの内、特に鋼板に接触する材質は1200℃以上の高温域や500℃以下の低温域まで様々な使用環境があり、目的に応じた高い性質が要求される。自動車用など川下企業に使用される鋼板は搬送のため、一度ロール状に巻き取る必要がある。この巻き取る部分に使用されるロール表面は600℃以上となることに加え、巻き取られる鋼板にキズ等を発生させてはいけない。そのため、製品との接触部のロールの材質は極めて重要である。図2に示す鋼板を巻き取る部分のラッパーロールはφ800mm以下のロール径が一般的で、中・小型ロールの部類に入る。このラッパーロールの鋼板との接触部は鋼材にキズをつけないために、溶射や溶接、鋳造による鋳掛等による表面処理が一般的に行われている。



図1 鉄鋼所にて使用されているロール

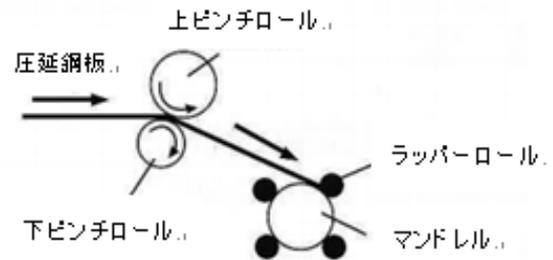
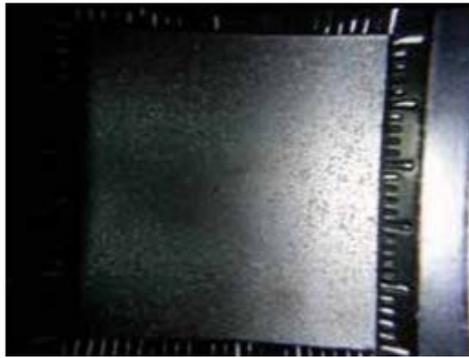
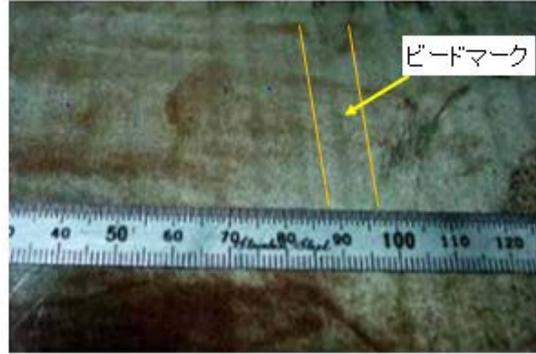


図2 熱間圧延巻取り設備(コイラー)概略図

溶融溶接法では、一層で約2~3mm厚の材料の溶接ビードを重ねることで表面処理を行う。そのため、使用中摩擦が均一にならずロール表面にビードマークが現れ鋼板側にビードマークが転写する傾向がある。また、振動によるチャタマークやロール表面の錆による鋼板側への影響等がある。図3に錆、ビードマークが転写した鋼板を示す。



(a) ロール鑄の転写



(b) ビードマークの転写

図3 鋼板への影響

溶射法では耐摩耗性や耐食性等目的に応じた材料を溶融もしくは半溶融状態でロール表面に吹きつけることで皮膜を生成し表面処理を行う。溶射法によるロール表面処理層は1mm以下と薄く、ロールとの密着強度が低いため衝撃による剥離等の課題がある。

遠心鑄造法は横型の回転する筒状の鑄型にロール表面処理部となる溶湯を注ぎながら表面処理を行う方法である。回転する鑄型に溶湯を注ぐため、溶湯中のV（バナジウム）のような比重の軽い元素は内側へ、W（タングステン）のような比重の重い元素は遠心力により外側へ偏析する傾向がある。そのため、表面処理層の均一化は難しくコイラー周りのロール材として十分な機能を発揮できていないのが現状である。

一方、弊社（株）フジコーでは30数年前に独自開発したCPC（Continuous Pouring process for Cladding）法という連続鑄掛により、耐摩耗性、耐腐食性、耐熱衝撃性等の課題を解決したラッパーロールの製造に成功している。表1に従来材と開発材のラッパーロールの摩耗速度の比較を示す。表からも分かる通り開発材は従来材に比べ約5.6倍の耐摩耗性を示した。

表1 従来材と開発材の耐摩耗性の比較

材質	使用日数 (日)	摩耗量 (ϕ mm)	摩耗速度 (ϕ mm/月)	摩耗速度比
従来材	85	0.95	0.335	1
開発材	85	0.17	0.060	1/5.6

コイラー周りのラッパーロールに適応したCPC法による耐焼付き性、耐食性、耐摩耗性等の優れた特性を生かし、凹凸のある厚板鋼板用や800°C以上の厚板巻き取り用のロールの独占製造販売にも成功した。このラッパーロールの径は一般に ϕ 800mm以下の中小型ロールで芯材は中実材を使用している。

鉄鋼メーカーでは鋼板を巻き取る際に最適な角度で巻き取り機へ鋼板を送り込む際に使用するピンチロールや、使用される製鉄ダストや製品屑等の粉粒体を、再利用しやすくする目的で豆炭状に造粒するためのブリケットロール等 ϕ 1000mm以上の大径サイズを有し

たロールも多数使用されており、溶射法や遠心鑄造法により表面処理が施されているのが現状である。しかし、上述したように溶射法では剥離、遠心鑄造法では耐摩耗性等の問題により十分な耐用が示せていないため、大径ロールはロール単価が高価（数百～数千万円/本）にも係らず交換頻度が高く、鉄鋼メーカーは設備保全費の増大に苦慮している。そこで、ラッパーロール用に開発したCPC法による表面処理をピンチロール（特に上ピンチロール）等のφ1000mm以上の大径ロールへの展開が可能となると、設備保全費等に非常に大きな効果が期待される。ここで、それぞれの表面処理方法の特徴を表2に示す。

表2 各表面処理法の特徴

表面処理方法	耐摩耗性	母材との密着強度	大径への対応
溶融溶接法	×	○	○
溶射法	△	×	○
遠心鑄造法	△	○	○
CPC法	○	○	×

表2から分かるように、現在φ1000mm以上の大径ロールを製造する場合、大径に対応可能な溶融溶接法や溶射法、遠心鑄造法によって表面処理を施すことで製造されている。CPC法では最大φ800mm程度のロール製品までしか製造することができない。CPC法でφ800mm以上の大径ロールを製造するためには、大規模のCPC製造ラインが必要となり、一つ一つの設備の大型化による設備費の増大（数億円規模の投資が必須）がネックとなる。さらに、大径となることで製造の難易度も高くなり、原材料を大量消費する大径ロールの製造における品質不良のリスクも高くなってしまう。このような理由から、(株)フジコーを含めて国内のCPC製造ラインを持つロールメーカーは、最大製造サイズをφ800mmレベルとしている事が実情である。

1-1-2 研究の目的

本事業ではCPC法により中空スリーブに表面処理を施し約φ800mmの二層構造スリーブを製造する。その二層構造のスリーブをφ1000mm以上に拡管加工し芯材に焼嵌めすることで、CPC法の優れた特性を持つ大径ロールの開発を目的とする。

1-1-3 研究の目標

鉄鋼メーカーでは製品の高水準化や安定生産への要求が高まっており、そのためには使用するロール製品が摩耗等で形状変化せずに長期に安定的に使用できることが重要である。耐摩耗性等の優れた特徴を持つCPCロールにおいて、これまで製造できなかったφ1000mm以上の大径ロール製品が製造可能となれば、川下産業である鉄鋼メーカーの品質要求に応えることができる。そのため本事業では以下のように、研究開発のサブテーマ及び実施項目を設定した。

(1) 大径拡管装置の開発

(1-1) 小径管による予備試験

(1-1a) グリーブル試験による拡管性及び健全性確認試験

グリーブル試験により $\phi 800\text{mm}$ → $\phi 1400$ の拡管を疑似的に再現し、試験後の表面組織、硬度、高温酸化性、熱衝撃性を確認する。

(1-1b) 小径拡管装置の設計・製作

$\phi 400\text{mm}$ 程度の小径スリーブを $\phi 600\text{mm}$ 程度まで拡管可能な装置を設計・製作する。

(1-1c) 小径管による拡管試験

(1-2)で製作した装置を用いて拡管試験を行う。拡管後スリーブの形状、き裂等の確認を行いながら不具合なく拡管できる条件を見つけていく。

(1-2) 大径拡管装置の設計・製作

(1-2a) 高周波電源装置及び高周波加熱コイルの仕様決定・製作

拡管装置にセットした小径及び大径のスリーブを急速加熱可能な電源及びコイルの設計・製作を行う。

(1-2b) 大径拡管装置の改良設計・製作

(1-1b)で製作した装置を参考に、 $\phi 800\text{mm}$ 程度のスリーブを拡管可能な装置を設計・製作する。また、試験実施において必要に応じて改良も加えていく。

(2) 大径拡管条件の確立

(2-1) 大径拡管条件の最適化

(2-1a) 拡管後のCPCスリーブ表面の健全性確認

(1-1)で確認した項目を拡管後のスリーブでも評価を行う。

(2-1b) 大径拡管装置の拡管条件の最適化

(1-1c)で設定した拡管条件を軸に大径での拡管条件を設定していく。

(2-2) 拡管部構造の最適化

拡管後の真円度を確保するため2つのステップに分けて目標を達成する。

(2-2a) 真円度 70%および理論値との寸法差

(外径：+10%、-0%、内径：-0%、-10%以内)の達成

(2-2b) 真円度 100%および理論値との寸法差

(外径：+5%、-0%、内径：+0%、-5%以内)の達成

(3) 実証試験用ロールの製作・実証試験

(3-1) 実証試験用ロールの試作・実証試験

(3-1 a) 実証試験用上ピンチロールの試作

実証試験を行うための上ピンチロールを試作する。

(3-1 b) 川下企業における実証試験

川下企業で実証試験を行う。試験での実績を評価し試作ロールの課題を明確にする。

(3-2) その他ロールの試作

(3-2 a) 上ピンチロール以外の大径ロールの試作

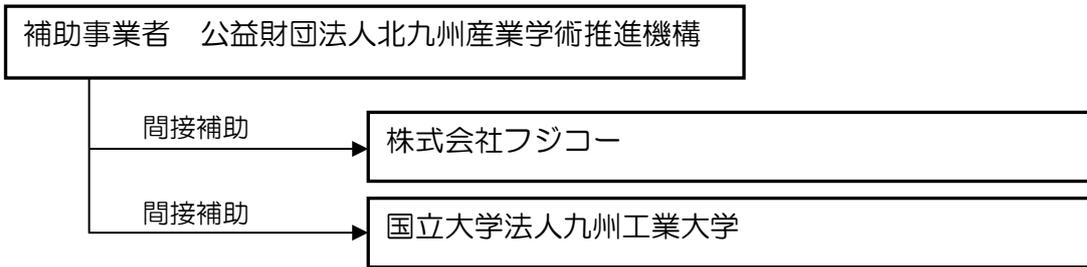
ブリケットロール等上ピンチ以外の大径ロールを試作する。



図4 ブリケットロール

1-2 研究体制

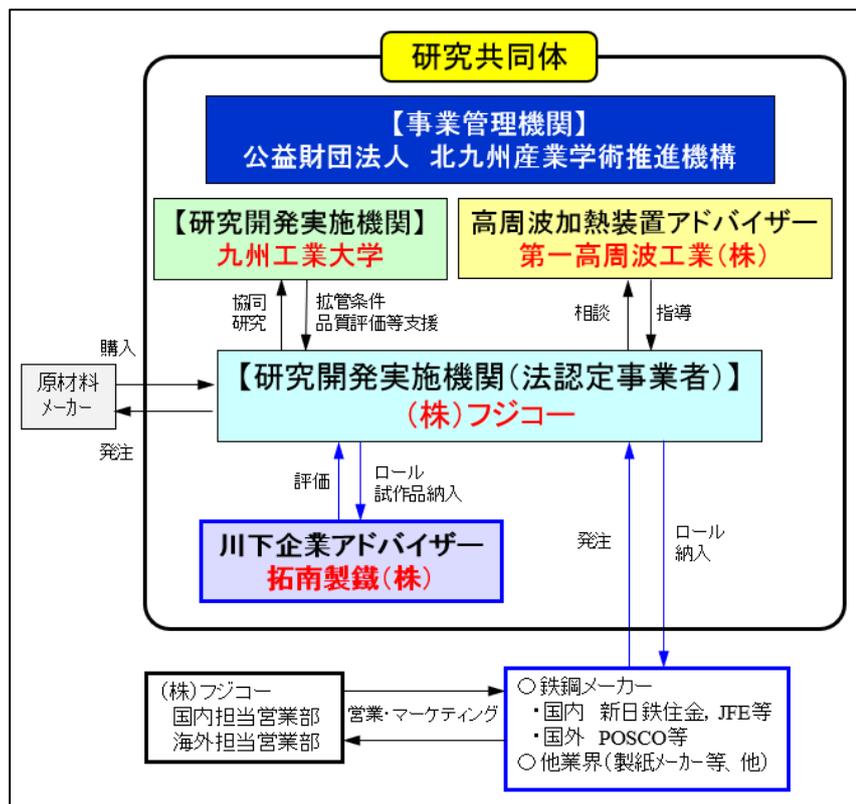
1-2-1 研究組織



総括研究代表者 (PL)：株式会社フジコー 常務取締役 技術開発センター長 永吉 英昭

H29、30 年度副総括研究代表者 (SL)：国立大学法人九州工業大学大学院 材料開発部門
教授 恵良 秀則

R1 年度副総括研究代表者 (SL)：国立大学法人九州工業大学大学院工学研究院 物質工学研究系
准教授 徳永 辰也



1-2-2 管理員、研究員、協力者

【補助事業者】

管理員

公益財団法人北九州産業学術推進機構

H29 年度

氏名	所属・役職	実施内容
牧田 厚雄	産学連携統括センター 産学連携担当部長	事業管理
上川 剛秀	産学連携部 事業推進課長	事業管理
宮崎 さやか	産学連携部 事業推進課	事業管理
畠中 みどり	産学連携部 事業推進課	事業管理

H30、R1 年度

氏名	所属・役職	実施内容
牧田 厚雄	産学連携統括センター 産学連携担当部長	事業管理
熊高 宏之	事業管理担当課長	事業管理
泉 正恵	事業管理担当課	事業管理

【間接補助事業者】

研究員

株式会社フジコー

氏名	所属・役職	実施内容
永吉 英昭	常務取締役 技術開発センター センター長	全実施項目
姜 孝京	副センター長 第一開発室室長	全実施項目
園田 晃大	第一開発室 リーダー	全実施項目
近藤 加寿心	第一開発室 主任	全実施項目
竹内 雄二	開発管理室	全実施項目
遠藤 慎吾	開発管理室	全実施項目

国立大学法人九州工業大学

氏名	所属・役職	実施内容
恵良 秀則	大学院 材料開発部門 教授	全実施項目
徳永 辰也	大学院 物質工学研究系 准教授	全実施項目

【他からの指導・協力者名】

氏名	機関名または指名、所属・役職	備考
大城 秀政	拓南製鐵株式会社 専務取締役	アドバイザー
田邊 道夫	第一高周波工業株式会社 表面処理事業部	アドバイザー

	専門部長	
高野 哲郎	第一高周波工業株式会社 機器事業部 営業部 九州営業所 所長	オブザーバー
飯田 隆幸	第一高周波工業株式会社 機器事業部 機器製造部 担当部長	オブザーバー

1-3 成果概要

CPC スリーブ拡大加工技術の開発及び大径ロール製作のために、下記の項目を実施した。その成果を示す。

(1-1) 小径管による予備試験

(1-1a) グリーブル試験による拡管性及び健全性確認試験

CPC 素材でグリーブル試験を行った結果、目標としていた絞り値 50%以上及び試験後の素材について試験前と同等の金属組織、硬度 HS65~75 の範囲、酸化増量 2.18 (g/m²/hr) 以下、き裂発生限界温度 600℃以上を確認できた。

(1-1b) 小径拡管装置の設計・製作

φ400mm、厚み 25mm のスリーブをφ600mm 程度まで拡管できる装置を設計・製作した。

(1-1c) 小径スリーブによる予備試験

小径スリーブでの試験条件の検討を行う事でφ380mm からφ550mm へき裂なく拡管可能な条件を見つけることができた。

○試験条件

- ・温度：1000~1100℃
- ・同一高さでの拡管回数：2 回
- ・セグメントの回転角度：25℃
- ・スリーブ下降ピッチ：20mm

(1-2) 大径拡管装置の設計・製作

(1-2a) 高周波電源装置及び高周波加熱コイルの仕様決定・製作

小径及び大径スリーブを 1000℃以上まで加熱可能な高周波電源装置と高周波コイルの仕様を決定し製作した。これにより、第一高周波工業株式会社の黒崎工場で行っていた試験を自社の工場で行えるようになった。

(1-2b) 大径拡管装置の改良設計・製作

小径拡管装置の構造を参考にφ800mm 程度のスリーブが拡管可能な拡管装置を設計・製作した。小径拡管装置は高さ 7m 程の縦方向の装置であったが、装置のサイズ、作業性から大径拡管装置では横方向で設計・製作した。

(2-1) 大径拡管条件の最適化

(2-1 a) 拡管後の CPC スリーブ表面の健全性確認

拡管後の小径スリーブではグリーンブル試験時同様、金属組織、硬度、酸化増量、き裂発生温度の測定を行い基準値以内を確認できた。大径スリーブについては今後の試験の進捗に応じて確認していく。

(2-1 b) 大径拡管装置の拡管条件の最適化

(1-1 c) にある拡管条件で大径スリーブでの試験も行っている。今後試験を重ねていく中で必要に応じて試験条件の変更は行っていく。

(2-2) 拡管部構造の最適化

真円度の定義について事業途中で変更を行った。当初設定していた割合での定義から加工代も含めた実数での定義とした。小径スリーブでは概ね達成できていたので大径スリーブでも引き続き調査していく。

(3-1) 実証試験用ロールの試作・実証試験

(3-1 a) 実証試験用上ピンチロールの試作

現在、本技術を用いて製作した上ピンチロールを使いたいという製鉄所が一か所ある。今後、その図面を入手し素材等の準備を進めていく。

(3-1 c) 川下企業における実証試験

上記の製鉄所で実証試験を行えるよう準備を進める。試験後は試作ロールの実績を評価し試作ロールの課題を明確にする。

(3-2) その他ロールの試作

(3-2 a) 上ピンチロール以外の大径ロールの試作

実証試験が可能な製鉄所を調査している。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

株式会社フジコー

技術開発センター 第一開発室

主任 近藤 加寿心

Tel : 093-7001-4500 Fax : 093-701-4501

E-mail : k-kondou.fujico@kfjc.co.jp

第2章 大径拡管装置の開発

2-1 グリーブル試験による拡管性及びCPC健全性の確認

グリーブル試験により拡管された状態を再現し、CPC 素材の拡管性及び健全性の確認を行った。拡管性は絞り値 50%以上、健全性は金属組織が試験前後で同等、硬度 HS65~75、酸化増量 2.18 (g/m²/hr) 以下、き裂発生限界温度 600℃以上を目標値として確認を行った。以下にその結果を示す。

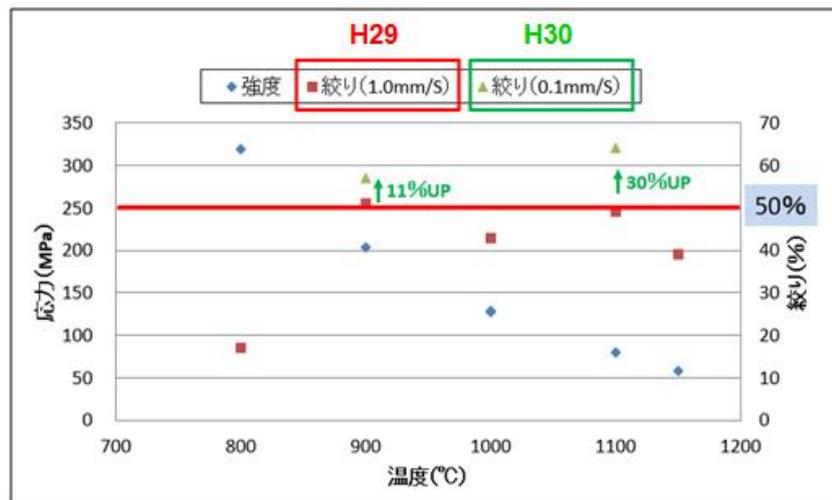


図5 グリーブル試験での絞り値

図5に示す通り、絞り値 50%を達成することができた。また、温度が低くても高くても絞り値が減少する傾向が見られたため、拡管を行う際は 900℃~1100℃の温度域で行う必要があることも確認できた。

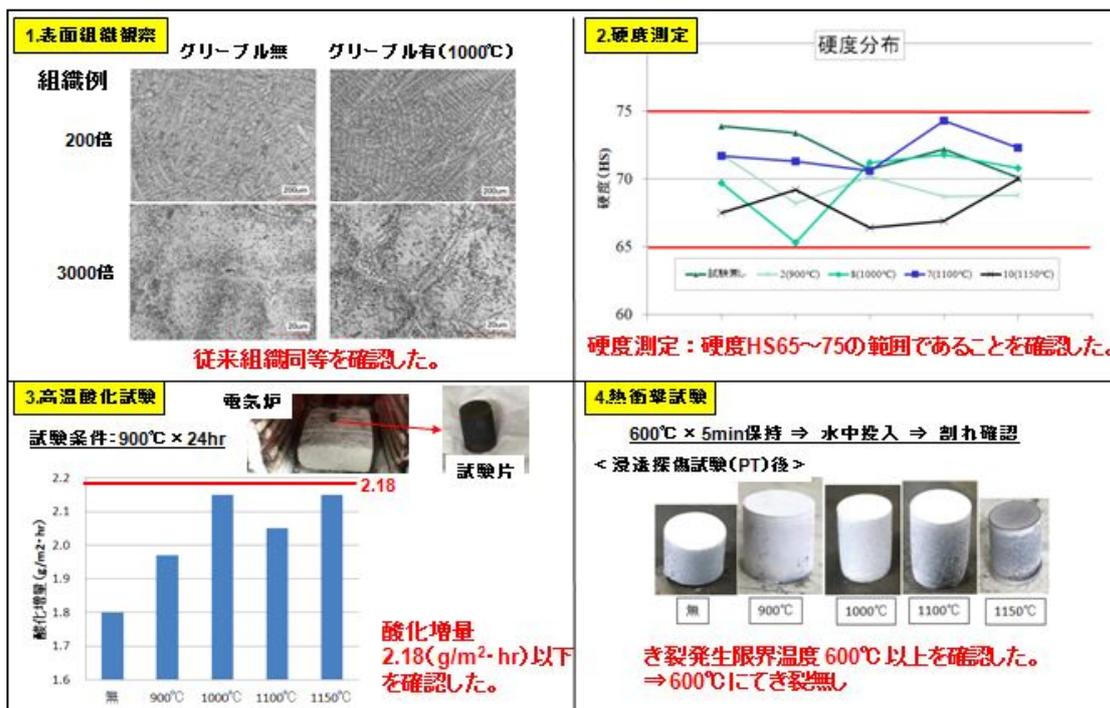
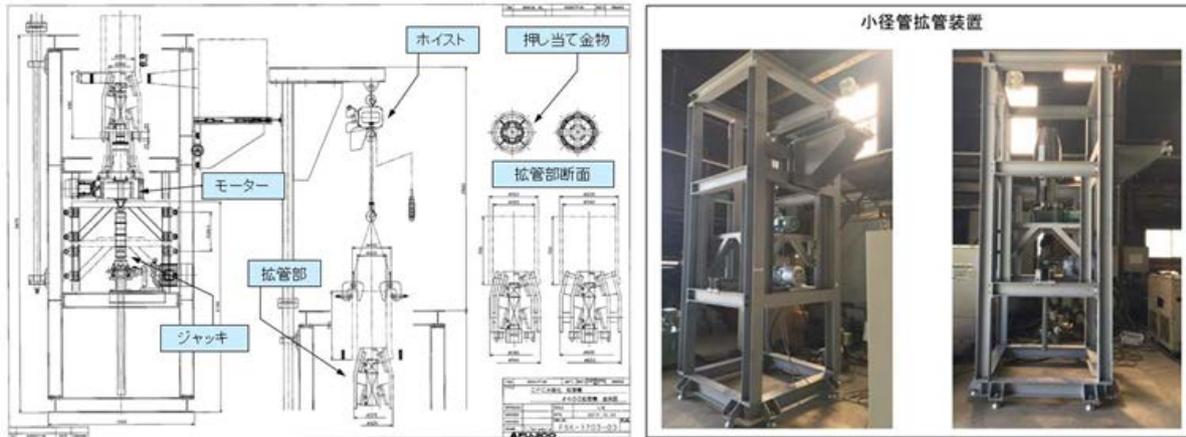


図6 グリーブル試験後の健全性確認試験結果

また、図6に示す通り各健全性確認試験において目標値を達成することができた。
 以上より、今回使用するCPC素材は拡管可能であることが確認できた。

2-2 小径拡管装置（φ400mm→φ600mm）の設計製作

本番サイズでの試験条件を設定するために小径サイズのスリーブを使用して試験を行う事で大まかな条件を出すこととした。そのため、小径スリーブ（φ380mm、
 t=25mm、L=700mm）での拡管試験を想定し設計・製作を行った。



(a) 図面

(b) 実物

図7 小径拡管装置

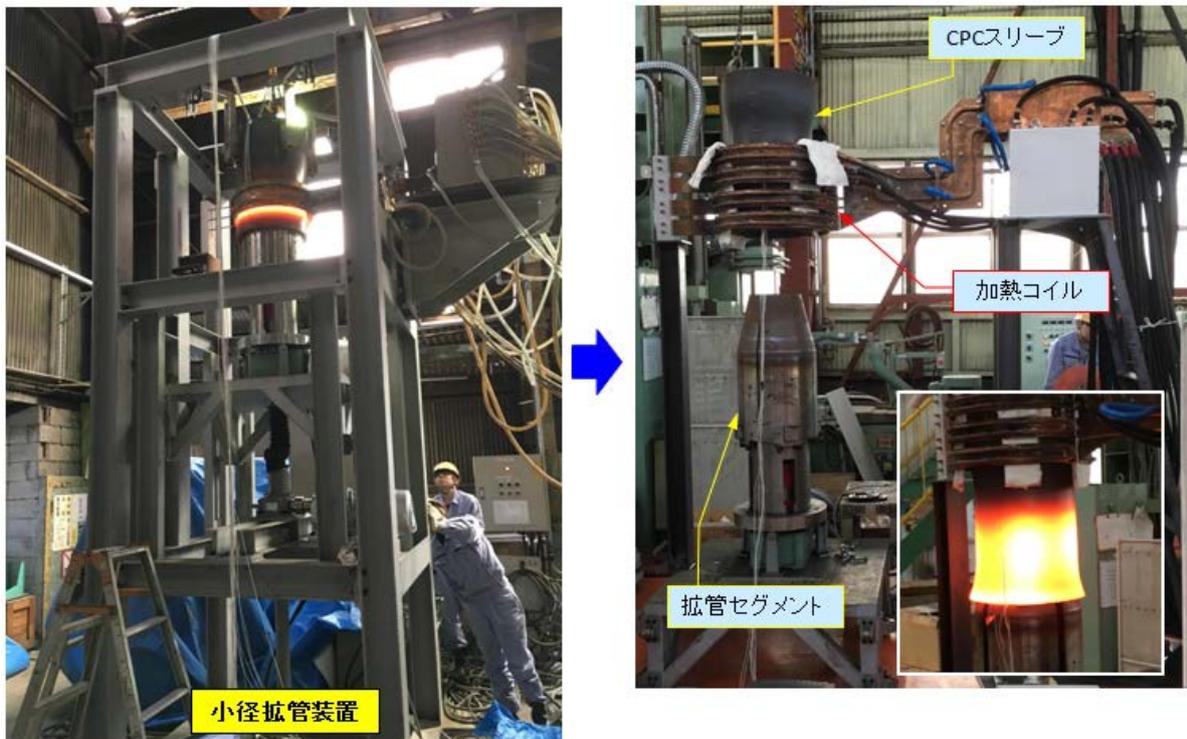


図8 小径拡管装置修理

図7に小径拡管装置の図面と製作品の写真を示す。約1500×1500×6500mmと大型の装置であったが問題なく製作が完了し、その後の小径拡管試験をスムーズに開始することができた。その後、実験中ジャッキの故障が発生した。実験を再開するための部品調達や修理に半年ほどかかることが判明した。そのため、図8に示すように小径拡管装置から加熱コイル、拡管用セグメントを取り出し、CPCスリーブをホイストで吊り下げて実験を行う構造へ変更した。結果として実験不能の期間は3ヶ月程度に抑えることができた。

2-3 小径管（ $\phi 380\text{mm}$ 、 $t=25\text{mm}$ 、 $L=700\text{mm}$ ）による拡管試験

大径管を拡管できる条件を見つけるため、小径管を用いて拡管試験を行った。拡管条件として、拡管温度、セグメントの回転の必要性、回転角度、同一高さでの拡管回数、スリーブの下降幅以上の5つの項目の検討を行った。

拡管温度はグリーブル試験で900～1100℃が望ましいと判断していたが、900℃での拡管で図9のようなき裂が発生した。その後、1000℃での拡管を数回確認したところき裂は発生しなかったため、拡管温度は1000～1100℃とした。



図9 スリーブのき裂

次に、セグメントの回転の必要性、回転角度、同一高さでの拡管回数について検討した。図10に同一高さでセグメントを回転させなかった場合と25°回転させた場合、それぞれのスリーブの形状を示す。セグメントを回転させなかった場合は歪な形状に変形しており、拡管時にセグメントが4分割に広がる影響が判明した。一方、セグメントを回転させた場合はセグメントが4分割することの影響は緩和され、円に近付くことが確認できた。以上より、拡管時にセグメントの回転は必要であると判断した。また、回転角度12.5°、37.5°と同一高さでの拡管回数3回以上を確認したところ、回転角度25°、拡管回数2回と比べて大きな変化はなかった。そのため、回転角度25°、同一高さでの拡管回数2回で問題ないと判断した。

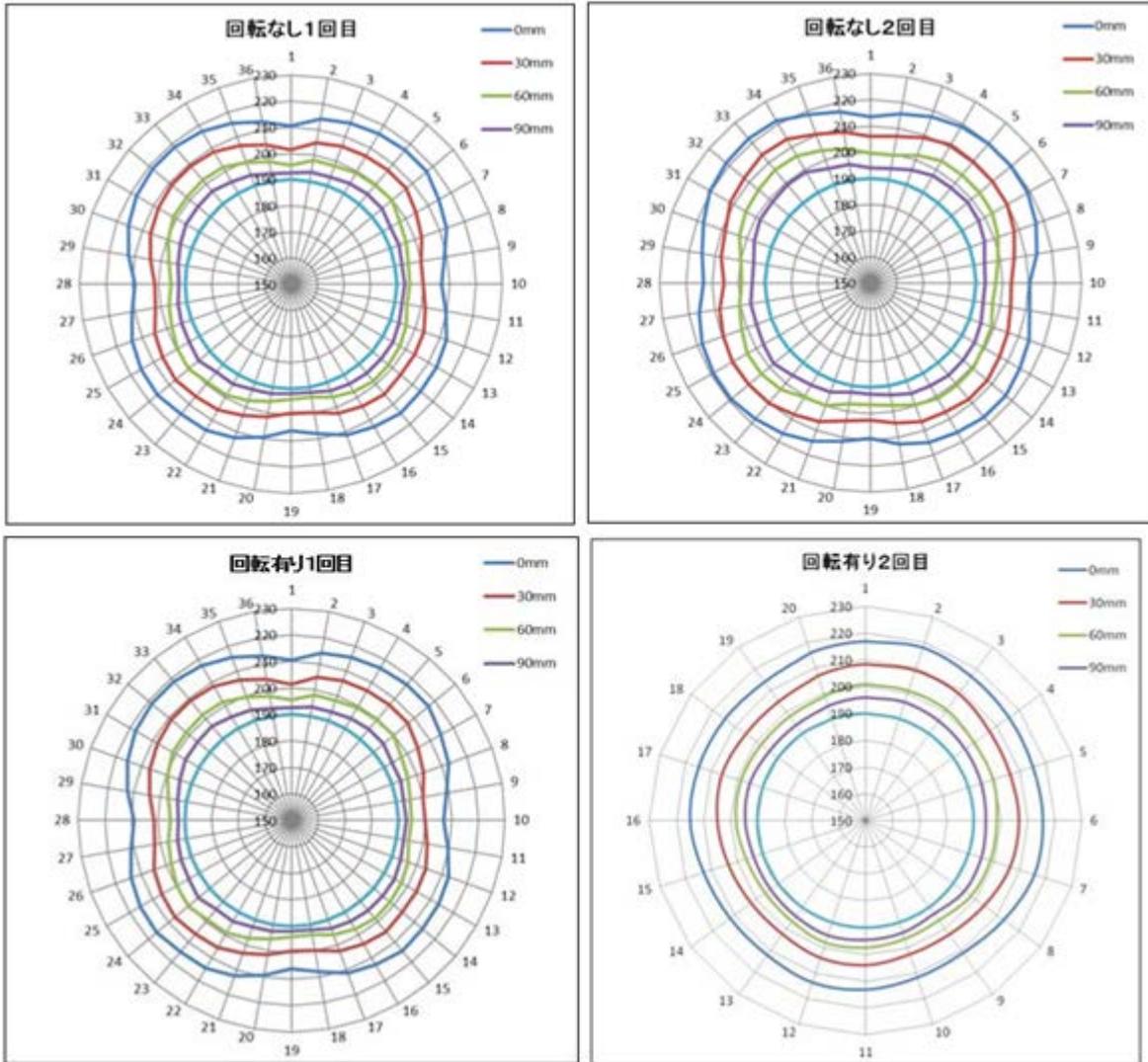


図10 拡管後小径スリーブのプロファイル

次にスリーブの下降幅について検討を行った。図11に毎回可能な限り降ろして拡管を進めた場合と、下降幅を20mmに決めて進めた場合の拡管後の形状を示す。

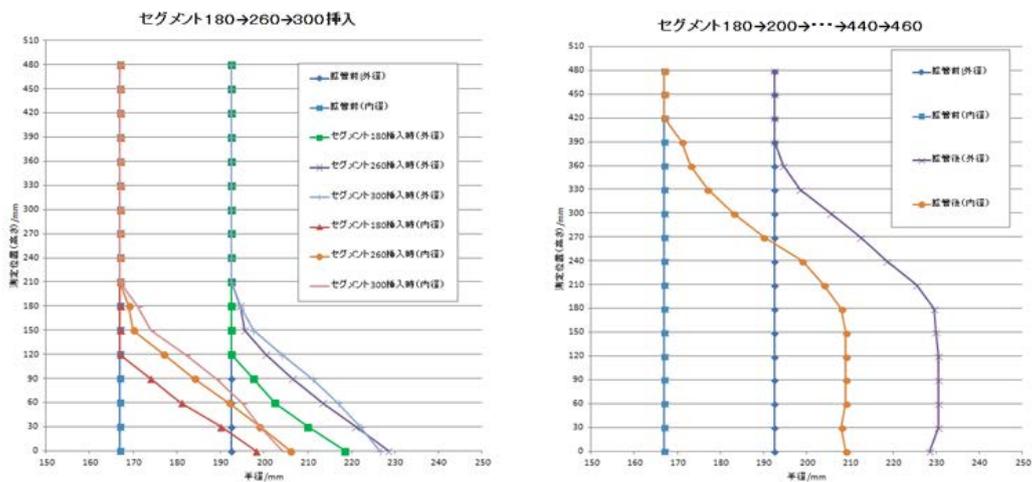


図11 拡管後スリーブ形状

図11で示す通り、下降幅を20mmと決めた場合はスリーブの拡管を進めることができた。以上より、スリーブの下降幅は20mmに決定した。

これまでの試験により、小径スリーブでの拡管条件は以下の様に設定した。

- 拡管温度：1000～1100℃
- セグメントの回転：有り
- 回転角度：25°
- 同一高さでの拡管回数：2回
- スリーブの下降幅：20mm

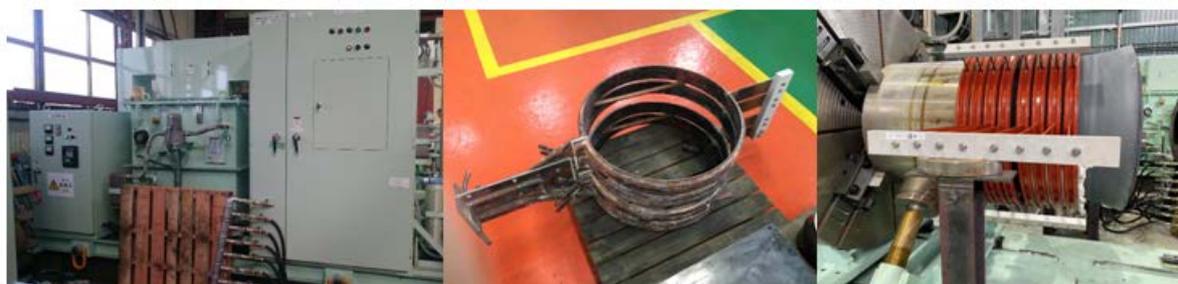
2-4 高周波電源装置及び高周波加熱コイルの仕様決定・製作

小径及び大径スリーブを1000℃以上まで加熱可能な高周波電源装置と高周波コイルの仕様の検討を行った。まず、高周波電源について、最終目標であるφ1000mm以上、t100mm程度のスリーブを1000℃以上に加熱できる仕様を第一高周波工業株式会社と協議を行った。協議の結果、高周波電源の仕様は以下のとおり決定し製作した。

- 最大電気容量：600kW
- 周波数：1000～2000kHz
- 電圧上限：1000V

小径用高周波コイルは小径の拡管ステップがφ380mm→φ460mm→φ550mmであることからφ500mmとφ600mmの2種類の小径用高周波コイルを作成した。

大径用高周波コイルは大径の拡管ステップがφ780mm→φ880mm→φ980mm→φ1080mmであることから、φ900mm、φ1000mm、φ1150mmの3種類の大径用高周波コイルを作成した。図12は製作した高周波電源、小径用、大径用高周波コイルである。



(a) 高周波電源装置 (b) 小径用高周波コイル (c) 大径用高周波コイル

図12 高周波電源装置、高周波コイル

2-5 大径拡管装置の改良設計・製作

小径拡管装置を参考に大径拡管装置の設計・製作を行った。設計段階で拡管の原理や拡管部の構造など基本的な部分は小径拡管装置と変更はないが、大きな変更点として小径拡管機は縦型の装置であったのに対し、大径拡管機は横型で設計を行った。装置サイズが高さ 10m 以上と非常に大型になる、作業者が高所作業を強いられるなどの理由から縦型から横型へ変更を行った。図 1 3 に製作した大径拡管装置を示す。



図 1 3 大径拡管装置

製作完了後、本装置を用いて試験を行っていたところ、ボールネジ、ボルトの破損が発生した。拡管時に発生する力に破損部分が耐えられなかったことが破損の原因であるので、図 1 4 の様にストッパーと鋸刃状の治具を取り付ける改良を行った。

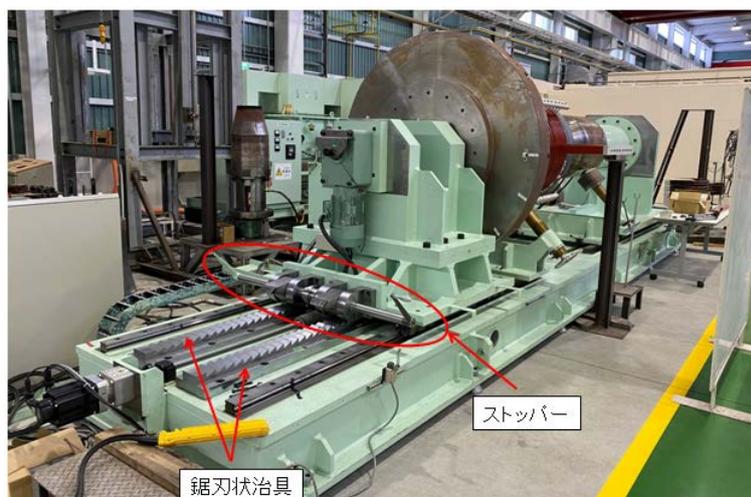


図 1 4 大径拡管装置（改良後）

図 1 4 のような改良を行う事で、その後新たな故障は発生していない。

第3章 大径拡管条件の確立

3-1 拡管後の小径 CPC スリーブ表面の健全性確認

拡管後の小径管でも2-1と同様の健全性確認試験を行った。

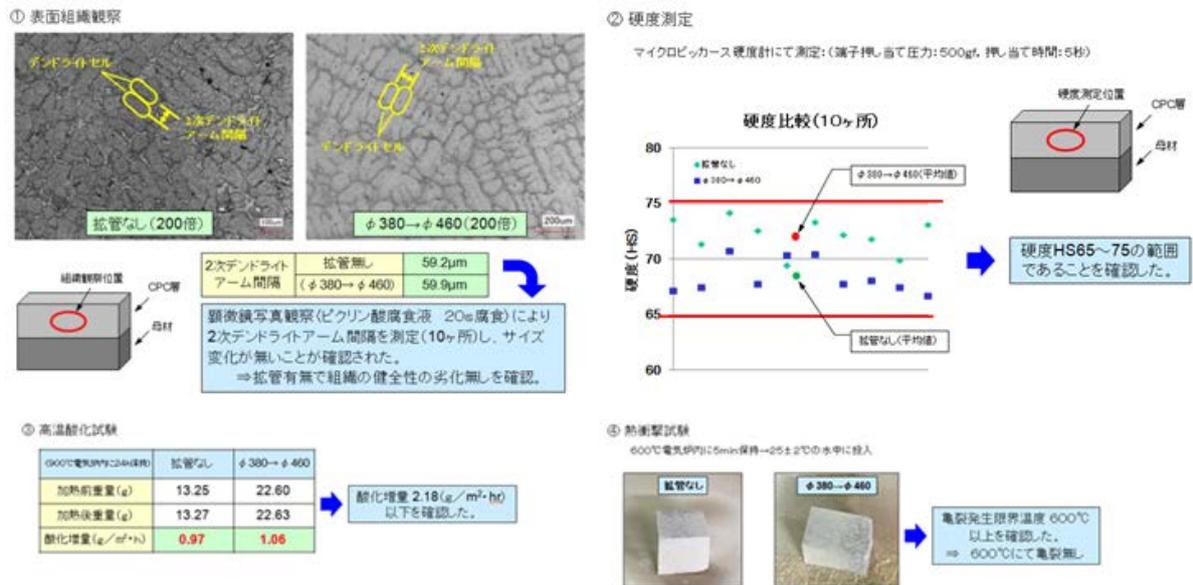


図 15 小径拡管後の CPC 健全性確認結果

図 15 に示す通り、拡管後の小径管においても全項目において目標値達成を確認できた。現在、大径拡管後の健全性確認はできていないが補完研究での進捗に応じて大径管でも健全性確認試験は行う予定である。

3-2 大径拡管装置での拡管条件の最適化

大径拡管装置での拡管条件として2-3で設定した条件で試験を行った。拡管前後の大径スリーブを図 16 に示す。

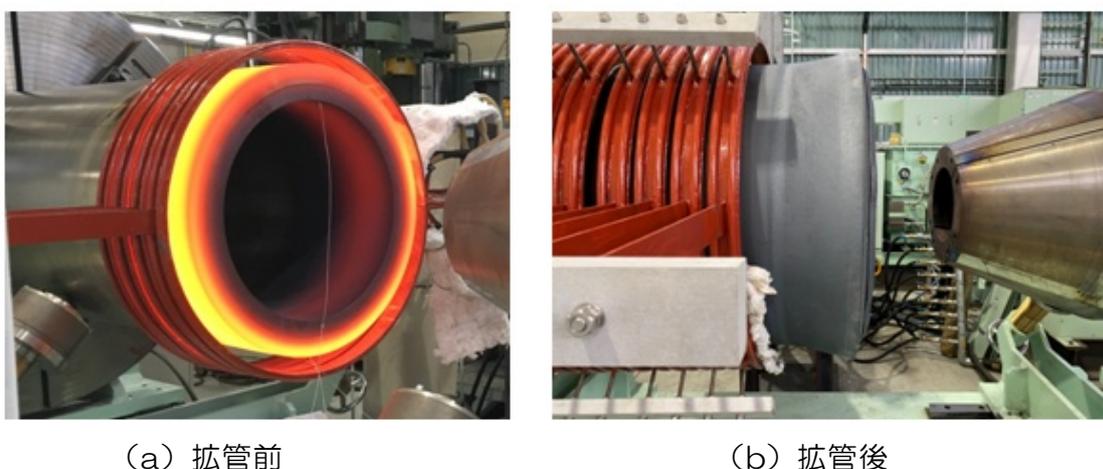


図 16 大径拡管試験の様子

図16の通り小径で設定した拡管条件でも大径スリーブをき裂なく拡管できることが確認できた。装置故障による遅れが発生したため、サポイン事業期間中はスリーブ全体ではなく端部のみの拡管に留まったが、今後の補完研究の中で大径拡管条件の最適化は引き続き確認していく。

3-3 拡管部構造の最適化

拡管後サイズ確保の達成の目標値として補助事業当初は下記の数値を設定していた。

ステップ1：真円度 70%および理論値との寸法差（外径：+10%、-0%、

内径：-0%、-10%以内）の達成

ステップ2：真円度 100%および理論値との寸法差（外径：+5%、-0%、

内径：+0%、-5%以内）の達成

上記の目標値を拡管後の小径スリーブに適応したのが図17である。

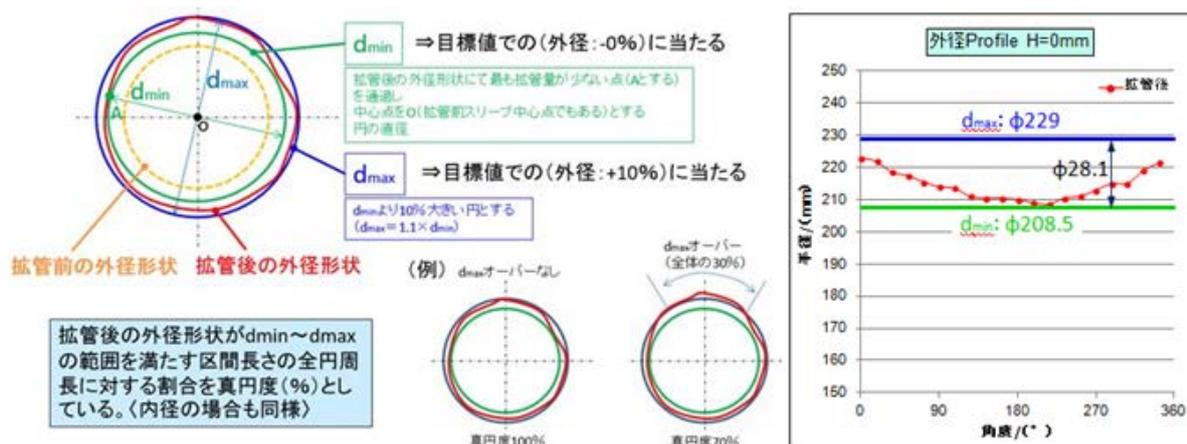


図17 真円度の定義及び拡管後小径管のプロファイル

上記の真円度の定義では真円度 100%を容易に満たしているほか、割合で設定しているため目標値の再設定が必要と判断した。目標値再設定の目安として図18の様に機械加工の加工代を参考とした。

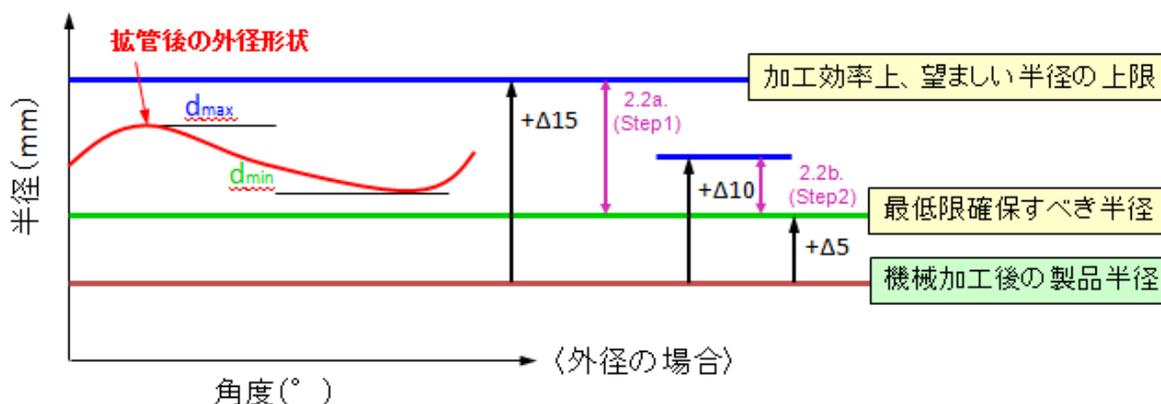


図18 目標値再設定の考え方

再設定した目標値は以下の通りである。今後の補完研究で拡管後の大径スリーブが下記目標値を満たしているか都度確認していく。

○再設定した目標値

ステップ1：真円度 70%および製品半径との寸法差

（外径：+5～+15mm、内径：-15～-5mm）の達成

ステップ2：真円度 100%および製品半径との寸法差

（外径：+5～+10mm、内径：-10～-5mm）の達成

第4章 実証試験用ロールの製作・実証試験

4-1 実証試験用上ピンチロールの試作

現在、CPC で製作した上ピンチロールを使用したいという製鉄所が1ヶ所ある。営業部と連携を取り図面の入手を行い、必要サイズのCPCスリーブを製作できるよう準備を進めていく。

4-2 川下企業における実証試験

今後の補完研究と並行して、川下企業のヒアリングや視察を行うことで試験環境の確認を行い準備を進める。実証試験を行った際は試作ロールの実績を評価し試作ロールの課題を明確にする。

4-3 上ピンチロール以外のロール（ブリケットロール等）の試作

現在、営業部と連携して実証試験可能な川下企業を調査している。今後、ブリケットロールに限らない、大径ロールの市場調査を行う必要が出てくる可能性もある。

第5章 全体総括

5-1 複数年の研究開発成果

3年間の研究成果は下記の通りである。

サブテーマ	目標値	達成度	達成根拠	達成に係るコメント	
1-1 小径管による予備試験	1-1a. グリブ試験による拡管性及び健全性確認	・絞り値50%以上 ・健全性完了	100%	2年目は引張速度を遅くして絞り値66%を確認。健全性確認は1年目完了。	引張速度を遅くしての試験は2年目の追加課題としていた。
	1-1b. 小径拡管装置の設計・製作	設計製作完了	100%	1年目完了課題	
	1-1c. 小径管による拡管試験	・大径拡管装置へのフィードバック情報 ・拡管基本能力把握	100%	φ380mm→φ550mmへの拡管を割れなく行う条件を確認できた。	小径管での試験を通して、拡管条件の方向性を確認することができた。
1-2 大径拡管装置の設計・製作	1-2a. 高周波電源装置及び加熱コイルの仕様決定・製作	・仕様決定 ・製作完了	100%	は1年目、2年目で電源装置、コイルの納入完了も、課題発見。3年目で課題解消。	小径管用コイルの性能把握により、大径用コイルの仕様決定が的確に実施できた。
	1-2b. 大径拡管装置の改良設計・製作	・改良設計 ・製作完了	95%	2年目に納入完了。3年目に使用中、想定外の故障が発生し装置の修理・改造中。	今後の補完研究でも装置の故障・不具合の発生可能性があるが、適宜対応予定。
2-1 大径拡管条件の最適化	2-1a. 拡管後のCPCスリーブ表面の健全性確認	・健全性確認完了	90%	小径拡管の前後で金属組織、硬度を比較したところ大きな変化はなかった。	小径管で健全性良好との確認ができた。大径管についても補完研究の中で同様の確認を行う。
	2-1b. 大径拡管装置の拡管条件の最適化	・拡管パラメーターの最適化⇒最適拡管条件出し	80%	大径の一段目の拡管で、小径試験で決めた条件は間違っただけというのを確認できた。	今後の補完研究で必要に応じてより大径拡管に適した条件へブラッシュアップしていく。
2-2 拡管部構造の最適化	2-2a. 真円度: dmax 製品半径 +15mm以内	・真円度達成	50%	小径での拡管はおおむね達成できた。	大径での拡管試験で引き続き確認していく。
	2-2b. 真円度: dmax 製品半径 +10mm以内	・真円度達成	50%	同上	同上
3-1 実証試験用ロールの試作・実証試験	3-1a. 上ピンチロールの試作	・ロール試作	20%	実証試験を行う製鉄所の選定や図面の入手、素材製作等の準備を進めている。	装置の故障等により、スケジュールに遅れが生じたが、今後の補完研究で目標達成を目指す。
	3-1b. 実証試験	・試験実施	20%	同上	同上
3-2 その他ロールの試作	3-2a. プリケットロール試作	・ロール試作	10%	同上	同上

5-2 研究開発後の課題

- ・ 大径スリーブでの拡管の条件や方法、後工程等の確認を今後の補完研究の中で行う必要がある。
- ・ 川下企業へのヒアリング・視察を含め、適正な試験環境の見極めを行う。
- ・ 当社の今後の事業計画（開発・営業）に取り入れ、予算組み及び販売計画を明確にする。
- ・ 製品の非破壊検査方法を確立させ検査環境・技術を整えることで、不良検出・出荷可否の判断を速やかにできるようにする。
- ・ 派生技術で特許（技術・商標：国内外）を出願する。学術的な現象については論文発表する。国内にかかわらず、国外メーカーにも十分通用する技術であるため、知財戦略に対しては海外特許を含め重点課題として対応し、広く販売展開が図れるよう対応する。

5-3 事業化展開

今後の補完研究及び事業化に向けたスケジュールは以下の通りである。

実施内容	R2年度	R3年度	R4年度	R5年度
【1】大径拡管装置検証 【1-1】 拡管装置不具合改善 【1-2】 付属設備検証	→	→		
【2】大径拡管プロセス確立 【2-1】 試作品製造前QCD評価 【2-2】 最適化製造プロセス検討	→	→		
【3】上ピンチロールの試作 【3-1】 母材準備（CPC） 【3-2】 拡管 【3-3】 最終加工	→	→	→	
【4】ブリケットロールの試作 【4-1】 母材準備（CPC） 【4-2】 拡管 【4-3】 最終加工		→	→	→
【5】実証試験 【5-1】 上ピンチロール 【5-2】 ブリケットロール		→	→	→
【6】事業化に向けて 【6-1】 設備投資 【6-2】 生産・販売 【6-3】 特許出願		→	→	→

試作品製作のため補完研究を進めていく。開発した試作品は実証試験を行い評価実績を作る。営業展開と量産のために施設や人員の追加を検討する。

販売計画は下記の通りで、2年後には製品販売開始を計画している。

- 川下企業の拓南製鐵（株）との連携については、本提案の前から弊社と良好な連携を図っており、この提案においても使用環境や既存製品情報について、率直な意見やアドバイスを頂くなど協力を得られている。
- 製鉄分野に関わる当社の営業部では従来から国内外問わず、鉄鋼メーカーとの取引実績（ロール・ローラー）があるため、新規商品の売り込みが容易である。使用環境に対応する信頼性評価やサンプル出荷などは顧客の要望に基づいた対応が可能であり、速やかに事業化への足掛かりを整えることができる。

以上により、解決すべき課題の明確化と優先順位を決定し、補完研究により適切な対応を行う。また生産と営業の社内体制を整え、早期の事業化実現に向けて取り組んでいく。