

平成23年度第3次補正予算事業  
戦略的基盤技術高度化支援事業

「クリーン鋼管内面傷の光学自動検査技術の研究開発とその実用化」

研究開発成果等報告書概要版

平成24年 12月

委託者 中部経済産業局

委託先 財団法人石川県産業創出支援機構



## 目 次

第1章 研究開発の概要	1
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	2
1-2 研究体制	6
1-3 成果概要	9
1-4 当該研究開発の連絡窓口	10
第2章 本論	11
2-1 細径長尺鋼管内面傷の画像処理要素技術開発	11
2-2 鋼管内面傷の光学自動検査装置の開発	13
最終章 全体総括	16
3-1 研究開発成果	16
3-2 研究開発後の課題・事業化展開	17

## 第1章 研究開発の概要

半導体・液晶の製造工場では、高純度ガスの配管に、鋼管内面を鏡面加工したクリーン鋼管が多用されている。このクリーン鋼管の品質確保のため、その製造の検査工程は熟練工による目視検査に頼らざるを得ず、生産能力向上等の障害になっている。そこで本事業では、独自の可動焦点光学画像処理技術による自動検査技術を開発し、この目視検査の自動化を可能にした。本開発の成功により検査能力が増強され、大幅なコスト力、製造力強化と、信頼性向上が可能と期待される。

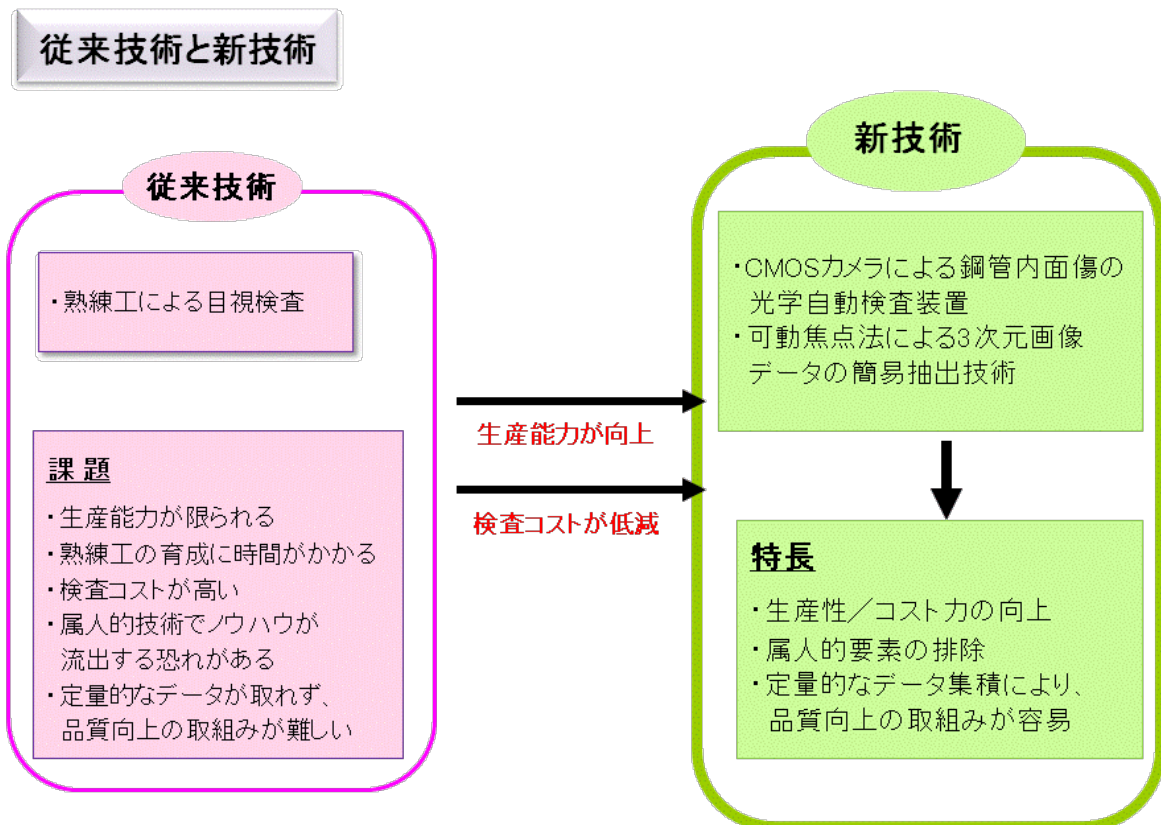


図1-1 従来技術と新技術

## 1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

### (1) 研究背景

半導体・液晶製造で大量に使用される高純度ガスの配管には、鋼管内面傷が製造歩留りに大きく影響するため、鋼管内面を鏡面加工した高品質クリーン鋼管が多用されている(図1-2)。当社はこの高品質クリーン鋼管でトップシェアを誇る。高品質鋼管は、半導体・液晶製造用の他にも、発電プラント用鋼管やエンジンオイル用鋼管、海水の淡水化プラント用鋼管など、鋼管内面のクリーン度が特に強く要求される配管に多用されており、日本の高度なものづくりの基盤を支えている。

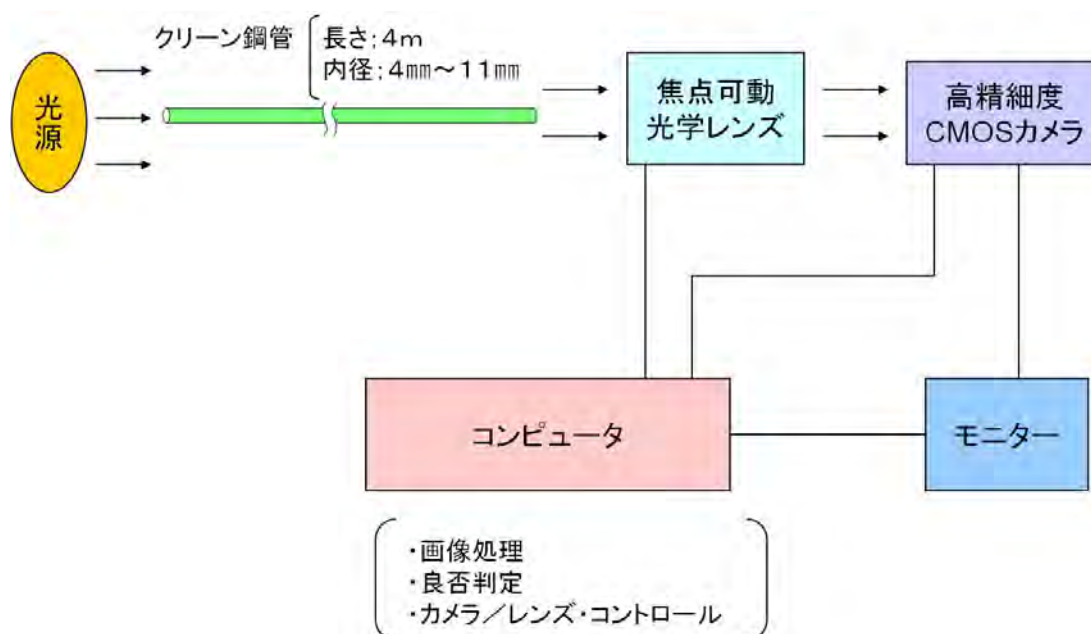


図1-2 クリーン鋼管と本自動検査装置の構成

この高品質鋼管の製造時の内面傷検査は、鋼管の形状が細長く扱いにくいことに加え、内面傷が数十マイクロンと微細なため、現在は熟練工による目視検査に頼らざるを得ない。しかしこの目視検査は、検査能率が低いこと(2分/本)に加え人間の官能検査に頼るため、その判断基準が曖昧でデータ集積も不可能である。そのためこの検査工程の改善が、川下製造業者からの強い要望であるコストダウンや増産に対応する上で、最大の課題となっている。そこで本研究開発では、可動焦点レンズを使った新しい簡便な鋼管内面の光学画像の取得・処理技術を研究開発し、現在の目視検査工程を自動化する技術を開発した。

本技術シーズは、この課題解決のため、簡便な光学画像取得法により、立体的内面画像と同等の情報を持つ2次元統合画像の取得を可能にするもので、熟練工の高度な目視検査ノウハウを初めて自動化する、高速画像処理検査システムを可能にした(特願 2009-218249)。

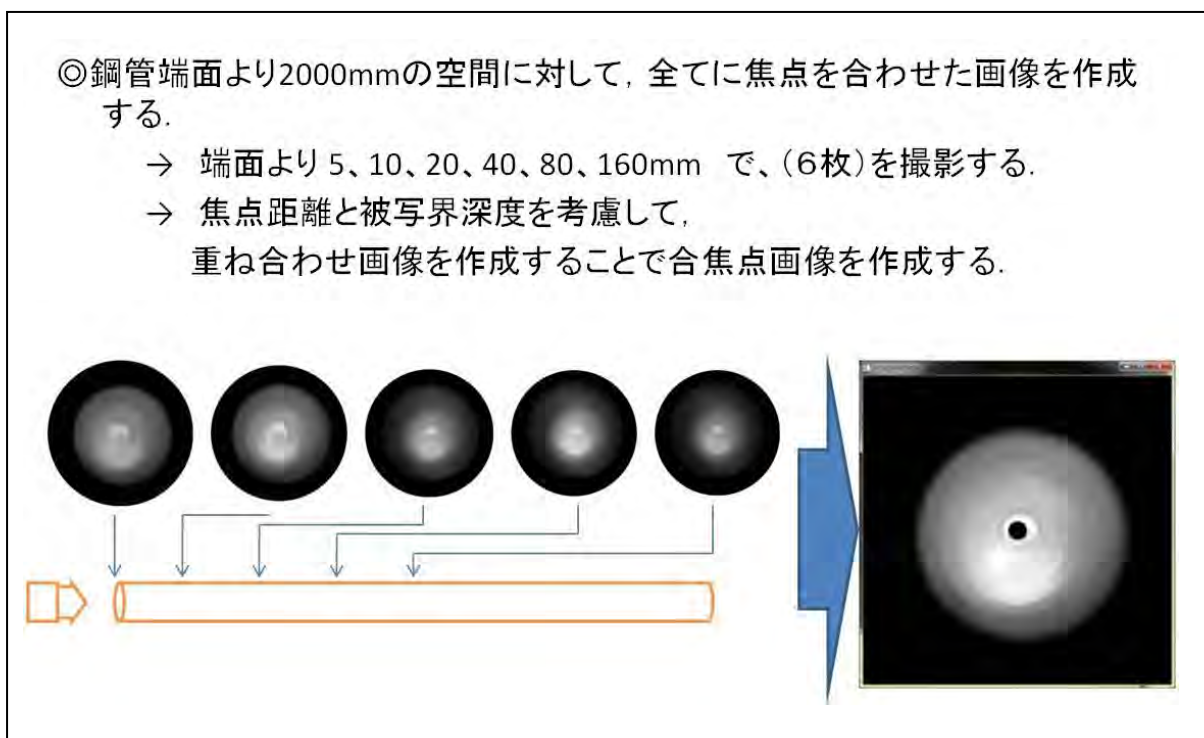


図1-3 可動焦点光学画像取得法による合焦点画像の作成

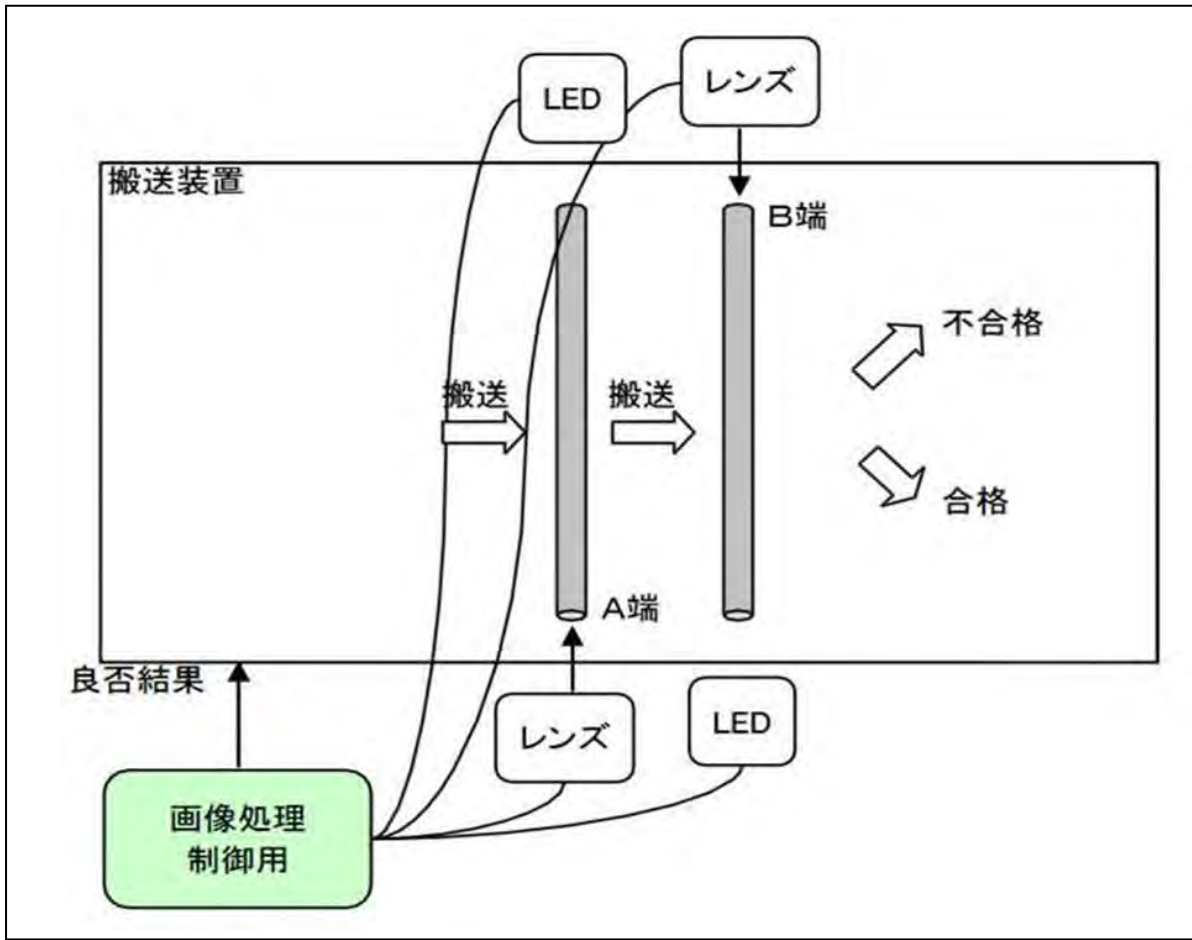


図1-4 搬送装置 (FA側)と画像処理制御装置との関係

本技術シーズの他の検査方法に対する優位性を表1-1にまとめる。これまでこの鋼管内面傷目視検査の自動化が進まなかったのは、鋼管の内面傷検査では、細長い鋼管の内側金属光沢面の立体画像の取得が必要なため、一般には、巧妙な照明方法と複雑なカメラ構成が必要で、低コストで高速の実用的な自動検査が出来なかったからである。

表1-1 従来法との比較

他の検査方法に対する優位性					
項目	従来技術 (目視検査)	本技術	従来技術 (超音波法)	従来技術 (渦電流法)	従来技術 (光ファイバーカメラの挿入)
精度	△ (官能検査)	○ (20μm)	× (0.5mm)	× (0.5mm)	○ (20μm)
速度	× (2分/本)	○ (15秒/本)	○	○	× (2分/本)
ダメージのリスク	○	○	○	○	×
生産対応力	×	○	○	○	×
設備の簡便さ	○	○	○	○	△
コスト	×	○	○	○	×
不良解析の容易さ	× (画像データ不可)	○ (画像データ可)	△ (画像データ粗)	× (画像データ不可)	○ (画像データ可)

## (2) 研究目的及び目標

特定ものづくり基盤技術高度化指針のうち、以下の項目に対応。

### (十一) 金属プレス加工に係る技術に関する事項

- 1 金属プレス加工に係る技術において達成すべき高度化目標

#### (6) その他

##### ① 川下製造業者の抱える課題及び要請(ニーズ)

##### ウ. 低コスト化

自動車や情報家電の基幹部品である半導体・液晶製造業者の製造工場では、その原料としてシラン等の各種純度ガスが大量に使用されている。製造工場では、これらのガスが配管により生産ラインに送られるため鋼管内面のクリーン度が製造歩留りに大きく影響する。このため現在では、鋼管内面を鏡面加工したクリーン鋼管が多用されている。クリーン鋼管製造では、高品質を確保するための内面傷検査を行うが、その工程を熟練工による目視検査に頼っている。このため検査工程の能力向上が図れず、低コスト化の大きな課題になっている。当社はそのクリーン配管で世界トップシェアを誇るが、川下製造業者からは、台湾、韓国などの新興国の台頭による国際競争激化に勝ち抜く、半導体・液晶製造コスト実現のため、このクリーン鋼管の低コスト化に対する要望が極めて大きい。

##### ② 上記を踏まえた高度化目標

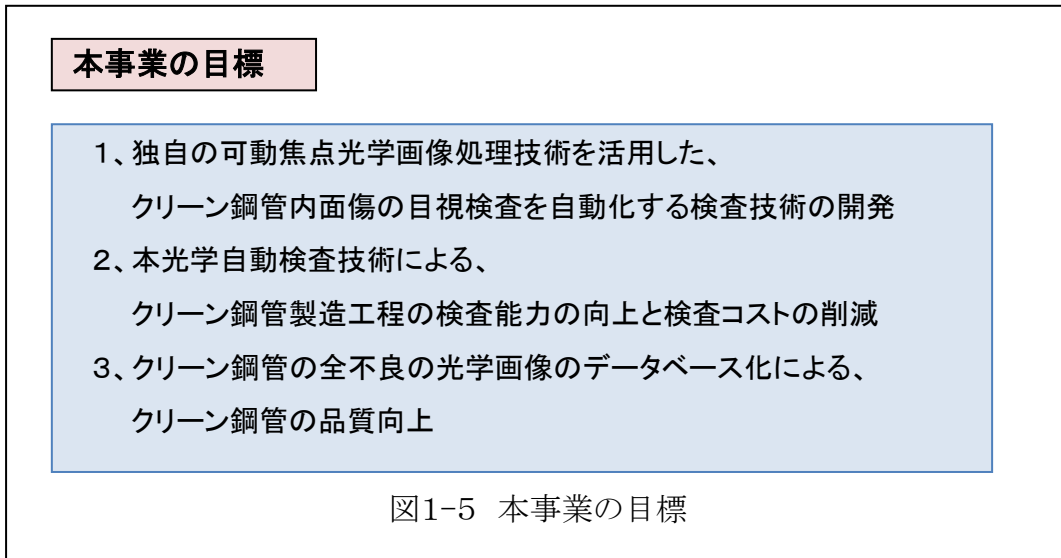
##### オ. 自動検査技術の確立

クリーン鋼管内面傷の目視検査工程を自動検査に置き換えるため、独自の可動焦点法を応用した光学画像処理技術による自動検査技術を開発する。

本開発により、大幅な検査時間の短縮、検査能力の向上(2.4倍)を実現し、単位当たり検査コストの大幅削減を図る。



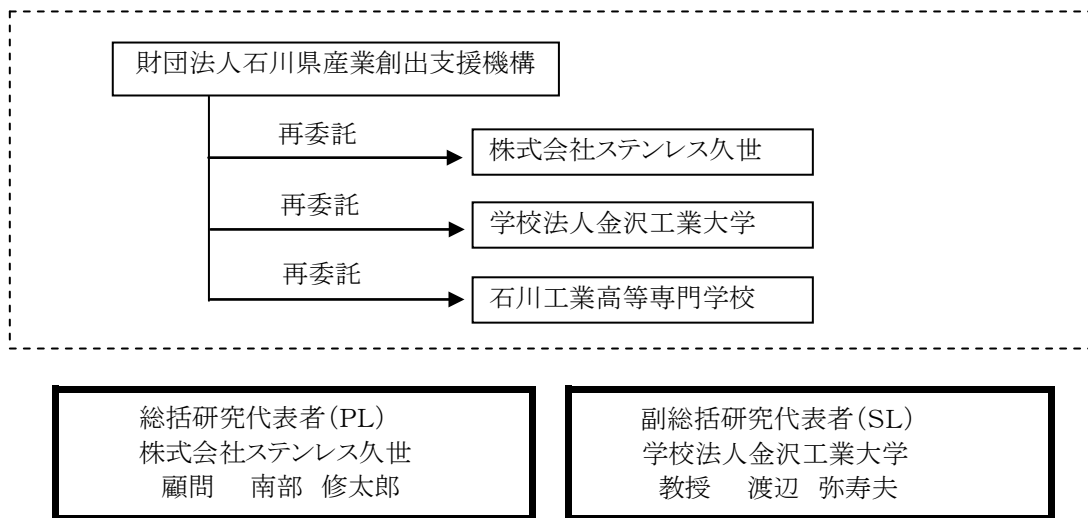
また本自動化装置では、内面傷の状況等を画像データで定量化できるため、それを解析して鋼管製造工程にフィードバックすることにより、クリーン鋼管の更なる高信頼性化も可能になる。



## 1-2 研究体制

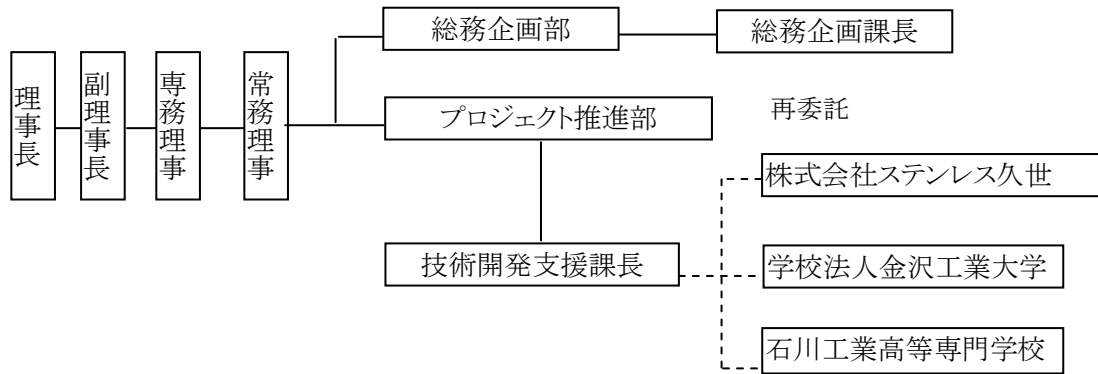
### (1) 研究組織・管理体制

<組織全体>



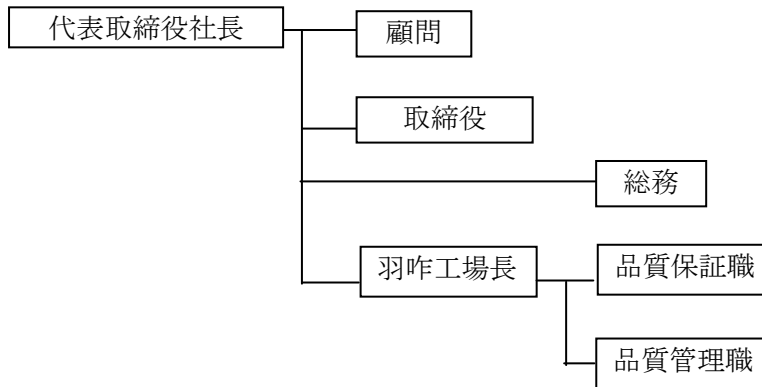
① 事業管理者

財団法人石川県産業創出支援機構

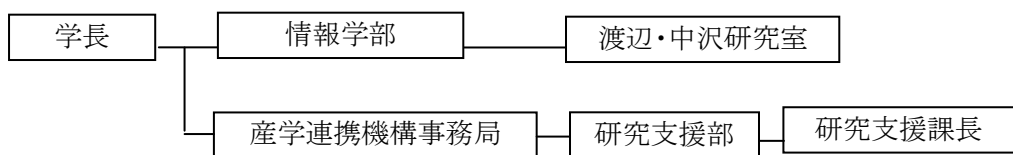


② 再委託先

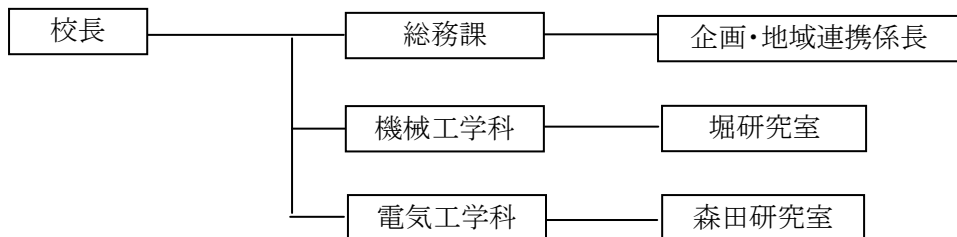
株式会社ステンレス久世



学校法人金沢工業大学



石川工業高等専門学校



(2) 研究者氏名

氏名	所属・役職
南部 修太郎	株式会社ステンレス久世 顧問
野崎 武光	株式会社ステンレス久世 取締役
伊藤 義治	株式会社ステンレス久世 工場長
稲葉 祥一	株式会社ステンレス久世 品質保証職 職長
狩場 雅則	株式会社ステンレス久世 品質保証職 班長
中西 俊裕	株式会社ステンレス久世 品質管理職
亀本 朗弘	株式会社ステンレス久世 品質保証職
渡辺 弥壽夫	金沢工業大学 教授
中沢 実	金沢工業大学 教授
森田 義則	石川工業高等専門学校 教授
堀 純也	石川工業高等専門学校 教授

(3) アドバイザー

氏名	所属・役職
堀野 裕治	独立行政法人産業総合研究所 産学官連携推進部門 産学官連携コーディネーター
永島 光二	新日鐵住金株式会社 品質管理部 熱押・特殊管管理室長
福富 毅	パナソニックデバイスエンジニアリング株式会社 代表取締役社長

(4) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理者)

財団法人石川県産業創出支援機構

(経理担当者) 総務企画部総務企画課長 中尾 一也

(業務管理者) プロジェクト推進部長 西村 聡

(再委託先)

株式会社ステンレス久世

(経理担当者) 総務 荒井 諭

(業務管理者) 顧問 南部 修太郎

金沢工業大学

(経理担当者) 研究支援部研究支援課長 南 宏之

(業務管理者) 情報学部 教授 渡辺 弥壽夫

石川工業高等専門学校

(経理担当者) 総務課企画・地域連携係長 川崎 貢

(業務管理者) 電気工学科 教授 森田 義則

## 1-3 成果概要

### (1) 平成22年度の成果と課題

#### ◎自動検査実験機の目標仕様の設定とプロトタイプ一次試作の完了、及びその課題抽出

- ① 最適な照明方法及び可動焦点ズームレンズ構成方法の開発
  - ・電動ズームレンズの仕様を決定し、高精細カメラ・ズームレンズモジュールの一次試作を完了
  - ・次世代電動ズームレンズ(ステッピング・モータ制御を採用)の基本動作を確認
- ② 最適な検査装置制御システムの開発
  - ・カメラ配置方法を検討し、デジタル制御可能なシステム構成の一次試作を完了
  - ・必要な取得画像枚数を実験的に検討
- ③ 細径長尺鋼管内面傷の高速3次元画像処理ソフトウェアの開発
  - ・本ソフトウェアのシステム仕様と各ユニット間の連携方式を決定し、最適画像が取得できる環境を設計実装
  - ・本画像処理アルゴリズムのフローを検討し、一次試作を完了
- ④ 画像処理要素技術の統合システムの開発
  - ・自動検査装置の搬送機構の仕様を決定し、一次試作を完了
  - ・全不良モードの限界サンプルの作成を検討
  - ・高精細カメラ・レンズモジュールの評価を実施、従来にない鮮明な画像取得が可能に
- ⑤ 本技術を活用した新しい事業分野の高品質鋼管開発の検討
  - ・電力、石油化学、薬品、食品、医療機器等におけるエンドユーザ企業の高品質鋼管のニーズ調査を実施

### (2) 平成23年度の成果

#### ◎目標仕様はほぼ達成。実用機開発への課題抽出もほぼ完了

- ① ステッピング・モータ採用の次世代レンズモジュールを新開発した。2次試作で自動検査機に実装して、高速化を達成。
- ② 照明照度・レンズ位置などの検査条件を試行錯誤により最適化し、クリーン鋼管の全不良モードの光学画像取得を可能にした。  
また不良画像のデータベースを構築し、生産現場での不良データの共有化を可能にした。
- ③ 良品のノイズ除去フィルタの開発により、良否の明確な判別を可能にした。  
またクリーン鋼管の全不良モード光学画像の識別アルゴリズムを開発した。
- ④ プロセッサ2台による並列運転で、処理機能を分散化して、検査の高速化を達成。
- ⑤ 本光学自動検査装置の検査手順、及び検査規格を明確化。

### (3) 平成23年度第3次補正予算事業の成果

#### ◎光学自動検査技術としての原理検証を終え、その実用化の目途を明確化した。

- ①自動検査装置を改造(3次試作)し、動作安定性、作業性、検査精度の向上を達成。
- ②ロット投入自動検査により、実用化のための課題抽出を行い、それ等を解決。  
その結果、当初目標をほぼ達成し原理検証を完了。また実用化目途を明確化。
- ③本技術を応用展開して、クリーン鋼管の肉厚検査の光学自動検査化を達成した。
- ④検査速度の分析により、現状3倍(7秒/本)の高速化の可能性を検証。
- ⑤反射法によるクリーン鋼管の管端目視検査の光学自動化の可能性を検証。
- ⑥本技術の今後の応用展開として、下記の開発事業化方針を明確化。
  - 1) 反射法によるベローズの外観光学自動検査技術開発の可能性を検証。
  - 2) 高Ni合金鋼管の内面傷の自動検査技術開発の可能性を検証。
- ⑦3件の特許出願を検討中

### (4) 課題

- ①検査精度の向上  
不良誤判定を0に維持しつつ、不良一致率100%を目標に向上を図る。
- ②検査速度の高速化  
最近の厳しい経済環境に対応するため、現状の3倍の高速化を図る。
- ③管端目視検査の光学自動検査化  
現在光学透過法を補完するため、反射法による光学自動検査技術を開発する。
- ④本技術の応用展開  
本技術の応用による新規開発事業を起案し、本自動検査技術を核とする新事業開発の展開を図る。

### 1-4 当該研究開発の連絡窓口

所属財団法人石川県産業創出支援機構

氏名・役職: プロジェクト推進部長 西村 聡

電話番号: 076-267-6291

FAX: 076-268-1322

E-mail: s-nisimu@isico.or.jp

## 第2章 本論

平成 22 年度に、本光学自動検査装置の目標仕様の設定とプロトタイプ一次試作を完了、平成 23 年度には、一次試作の課題解決と検査精度及び検査速度の向上を目的に改良を加えた二次試作を終了し、ほぼ目標仕様達成の見通しを得た。

平成 23 年度第3次補正予算事業では、円高による海外メーカーとの競争激化という事業環境を背景に、従来以上の低コスト化と短納期化に応えるため、研究開発計画を前倒して実施した。具体的には、動作安定性や作業性、及び検査精度の向上等を目的に、光学自動検査装置の改造(3次試作)を行うと共に、ロット投入自動検査等により、実用化への課題抽出とその解決を行った。

以上の結果、ほぼ計画通り、最終目標である本自動検査装置の実用化の目途を明確化した。また今後の、本技術の応用展開や本技術を核とする新事業創出の可能性についても明確化した。

### 2-1 細径長尺鋼管内面傷の画像処理要素技術開発

#### (1) 最適な照明方法及び可動焦点ズームレンズ構成方法の開発<研究実施番号①>

目標:処理速度 3 秒/本(①②合わせて)

使用する機器設備:光学自動検査装置

実施者:石川工業高等専門学校、株式会社ステンレス久世、学校法人金沢工業大学

#### 平成 22 年度の実績:

- ・携帯電話用の CMOS イメージセンサーを用いて、高精細カメラ・ズームレンズモジュールの一次試作を完了した
- ・電動ズームレンズの解像度や F 値、自動フォーカス及び自動絞りの制御手順、照明装置の仕様を決定し、接写リング、制御手順、LED 照明の最適化等を行った。
- ・次世代電動ズームレンズとして、ステッピング・モータ制御を採用した次世代レンズモジュールの構成方法を検討した。

#### 平成 23 年度の実績:

- ・当初目標をほぼ満す、新ステッピング・モータ制御カメラ&レンズモジュールを開発した。またその熱解析によりその放熱特性を改善して信頼性を向上させると共に、ステッピング・モータの位置制御用パルス数とレンズ位置の関係を明確化して、2次試作機に実装した。
- ・外部光、雑音、振動の本自動検査装置に与える影響を評価する手法を確立した。

#### 平成 23 年度第3次補正予算事業の実績:

- 1) 光学画像取得条件の改善により、より鮮明な不良画像の取得が可能になった。
- 2) 自動検査装置の微調整により、鋼管曲りにより不要な影によるノイズの除去が可能になった。
- 3) 本自動検査装置の光学系の安定性を改善し、多量のロット投入検査実験に対しても安定動作を可能にした。
- 4) 本自動検査装置の生産現場への導入を促進するため、反射光による管端、及び外観の検査技術開発の可能性を検討した。特に、反射法による肉厚検査に関しては開発を完了し、本自動検

査装置への組み込みが可能になった。

## (2) 最適な検査装置制御システムの開発<研究実施番号②>

目標:処理速度 3 秒/本(①②合わせて)

使用する機器設備:光学自動検査装置

実施者:石川工業高等専門学校、株式会社ステンレス久世、学校法人金沢工業大学

平成 22 年度の実績:

- ・カメラ配置方法を検討し、デジタル制御可能なシステム構成を決定した。また電動ズームレンズの制御方法を検討し、リレーとそのドライブ回路による制御回路を製作、検査制御システムのプロトタイプ1次試作を完了した。
- ・必要な取得画像枚数を実験的に検討した。

平成 23 年度の実績:

- ・現在の目視検査におけるクリーン鋼管内面傷の全不良モードの光学画像を取得できる最適な検査条件をほぼ明確化した。
- ・新カメラ・レンズモジュールで、必要な取得画像枚数を実験的に検討し、6枚の取得で2mの鋼管の全領域をカバーできることを明確化した。
- ・新カメラ・レンズモジュールのステップング・モータの位置制御用パルス数とレンズ位置の関係を明確化し、2次試作機に実装した。

平成 23 年度第3次補正予算事業の実績:

- 1) 自動検査装置の遮光方法の改造により、不要な光による影響をほぼ完全に、除去することができた。
- 2) 本自動検査装置の雑音や振動による誤動作に関して、ほとんど問題がないことを確認した。
- 3) 画像取得制御の高速化について検討し、駆動周波数の高速化で、現状の3倍の高速化が可能なことを確認した。

## (3) 細径長尺鋼管内面傷の高速3次元画像処理ソフトウェアの開発<研究実施番号③>

目標:処理速度;5 秒/本以下

使用する機器設備:光学自動検査装置

実施者:学校法人金沢工業大学、石川工業高等専門学校、株式会社ステンレス久世

平成 22 年度の実績:

- ・本ソフトウェアのシステム仕様を検討し、画像処理ソフトと、搬送装置、カメラ・レンズモジュール、LED照明との連携方式を決定した。また最適な画像処理結果を取得するため、旧カメラ・レンズモジュールを用いて、最適な画像が取得できる環境を設計実装し、一次試作を完了した。

- ・新高精細カメラ・レンズモジュールの、本システムへの組み込み上の課題を明確化した。
- ・本画像処理アルゴリズムのフローを検討試作し、画像処理に要する時間は、高精細カメラでも、ほぼ目標仕様を満たすことを確認した。また、不良サンプルで実験を行い、判定しきい値の概略を決定した。

#### 平成 23 年度の実績:

- ・新しい効果的なノイズ処理手法の開発により、クリーン鋼管の良品と不良品の明確な判定を可能にし、2次試作で実装した。
- ・クリーン鋼管内面傷の全不良モードの識別アルゴリズムを開発し、2次試作で実装した。
- ・2台のプロセッサで並列運転することにより、検査速度の高速化を達成し、2次試作で実装した。

#### 平成 23 年度第3次補正予算事業の実績:

- 1) ロット投入検査実験により、各不良モードの判定精度を検証し、判定精度の向上のため、合焦点画像形成方法の改善、及び検査規格、画像取得条件、検査アルゴリズム等を改善し、ほぼ当初目標を達成し、実用化の見通しを得た。
- 2) 画像処理速度の高速化を検討し、画像取得枚数の削減できる新アルゴリズムの検討、画像処理アルゴリズムの改善、等を行った。
- 3) 光学自動検査装置操作性の改善のため、制御部の一体化、エラーメッセージ表示方法の改善等、の改造を行い、実用化の見通しを得た。
- 4) 光学自動検査装置の実用化のため、検査モードに加え、測定モード機能を追加改造した。

## 2-2 鋼管内面傷の光学自動検査装置の開発

### (1) 画像処理要素技術の統合システムの開発<研究実施番号④>

目標:検査速度 現状の目視検査能力の1/8

検出感度:現在の全不良項目(20項目)を自動判別できること

(条件;検査鋼管寸法 内径 4mm-11mm、長さ 4m)

使用する機器設備:光学自動検査装置

実施者:株式会社ステンレス久世、石川工業高等専門学校

#### 平成 22 年度の実績:

- ・自動検査装置の搬送機構の仕様を決定し、搬送機構と、カメラ・レンズモジュール制御系、照明制御系、画像処理系とのインターフェース調整を行い試作発注した。1月末に自動検査装置の一次試作を完了し、2月中旬に工場への設置を完了。
- ・全不良モードの限界サンプルの作成を目的に、鋼管検査実験の環境整備を進めると共に、各種不良モードの鋼管サンプルを確保した。
- ・高精細カメラ・レンズモジュールの評価を実施し、従来カメラでは得られない画像鮮明度を確認した。



#### 平成 23 年度の実績:

- ・生産現場の実情と要望に合わせ、本自動検査装置によるクリーン鋼管の検査手順を明確化し、クリーン鋼管の品種毎に暫定検査規格を決定した。
- ・クリーン鋼管の全不良モードの光学画像の取得を行い、不良画像のデータベースを構築し、初めて生産現場での不良データの共有化が可能になった。
- ・効果的な外部光遮断方法を開発し、自動機での画像の自動取得を可能にした。
- ・光学自動検査装置の 2 次試作を完了し、ほぼ当初目標を達成した。

#### 平成 23 年度第3次補正予算事業の実績:

- 1) 光学自動検査装置の安定動作、作業性、測定精度の向上を目的に、不良鋼管へのマーキング機能付加、状態検知センサの安定性改善、エアブロー機能付加、品種切り替え自動化機能付加等、生産現場での使用に耐えるよう改造を実施し、調整点検を行い、その効果を検証した。
- 2) 多数のロット投入検査を実施し、安定動作の実現、作業性の改善、検査精度の向上等を行いながら、検査データ管理手法&不良データベースを構築し、限界サンプルの明確化に努めた。また、検査フロー、検査規格、検査条件の見直しを行い、検査速度以外は、ほぼ当初目標を達成し、本光学自動検査技術実用化の見通しを得た。
- 3) 上記の実験過程で、生産現場(目視検査現場、他)との連携につとめ、様々な工程の品質問題にも、定量的な検査データの提出が可能になった。
- 4) 検査速度は、検査精度の向上を優先したため、目標速度は若干達成できなかったが、実用化への最低ラインは達成できた。また今後、3 倍に高速化できる見通しを得た。
- 5) 本光学自動検査技術の事業化推進体制構築の検討を行い、ほぼその見通しを得た。

### (2) 本技術を活用した新しい事業分野の高品質鋼管開発の検討<研究実施番号⑤>

目標:新しい高品質鋼管事業分野である、ハイニッケルアロイ鋼管による発電プラント用高品質鋼管開発の検討。

実施者:株式会社ステンレス久世、石川工業高等専門学校

#### 平成 22 年度の実績:

- ・高品質鋼管に対するエンドユーザ企業のニーズ調査を実施した。発電プラント、石油化学プラント、水処理機器プラント、薬品、食品製造プラント等を調査。
- ・耐熱、耐食、無菌などから内面がクリーンな鋼管へのニーズは多いことを確認。但し、エンドユーザでは、高品質鋼管に対する具体的なニーズは顕在していない。

#### 平成 23 年度の実績:

- ・株式会社ベローズ久世や、高品質クリーン鋼管製造についての情報収集を行い、本光学自動検査技術に対するニーズが、極めて高いことを確認した。

平成 23 年度第3次補正予算事業の実績：

- 1) 本自動検査技術により、従来にない腐食性に優れた高Ni合金クリーン鋼管の開発が可能なことを確認した。
- 2) 本自動検査技術の別の応用として、ベローズ目視検査の光学自動化についてもその可能性を検証し、その応用展開も従来にない差別化技術に発展する見込みを得た。

## 最終章 全体総括

### 3-1 研究開発成果

本研究開発の成果を、以下にまとめる。

#### 1) クリーン鋼管内面傷目視検査を自動化する新光学自動検査技術の原理検証を完了

クリーン鋼管内面傷目視検査の自動化のため、独自技術シーズである可動焦点光学画像取得技術を基に、光学画像取得制御技術、合焦点画像形成技術、高精度不良判定技術等を開発し、当初目標をほぼ達成した。その結果、光学自動検査技術としての原理検証を終了した。

また、本研究開発の過程で、様々な光学画像自動検査に必要な様々なノウハウが形成でき、今後、他の目視検査の自動化技術を開発する上での、大きな強みを獲得することができた。

#### 2) 本自動検査技術の実用化の用途を明確化

クリーン鋼管のロット検査を実施することにより、装置の安定稼働の確認と、本光学自動検査技術によるクリーン鋼管製造工程の検査能力の向上を検証した。その結果、検査コスト削減の可能性が検証でき、本検査技術の実用化の用途が明確になった。

また、多量のクリーン鋼管の検査の実施により、①検査精度の向上、②検査速度の高速化、及び③管端目視検査の光学自動化の必要性等、補完研究における課題も明確になった。

#### 3) クリーン鋼管の各種不良画像のデータベース化

本光学自動検査技術により、クリーン鋼管の各種不良光学画像の取得が可能になり、そのデータベース化を行った。その結果、従来、検査員の頭の中にしかなかった不良画像情報の共有化が可能になり、クリーン鋼管の品質向上への効果的な取り組みや問題の共有化が可能になった。そのため、品質強化手段として、大きな強みになると期待される。

#### 4) 本光学自動検査技術を核とする新事業展開の可能性の明確化

本光学自動検査技術を核とする、今後の新事業開発方針を明確化した。

まず、本研究開発の補完研究の目標と実施体制を明確化した。また、本研究開発技術成果の応用として、①高Ni合金クリーン鋼管の研究開発、②ベローズ目視検査の自動検査技術の研究開発の事業化可能性を明確にした。

またそれ等の研究成果を、新事業として発展させるためのビジネスプランについても明確化した。

### 3-2 研究開発後の課題・事業化展開

本研究開発完了後に取り組む予定の課題と、本技術成果を活用した今後の事業化展開計画について、以下にまとめる。

#### 1) 補完研究の実施とその目標

本研究開発完了後、以下の課題解決を目標に、引き続き補完研究を実施する。

##### ①管端目視検査の光学自動検査化

本研究開発の透過光による検査手法では、現在管端目視検査で判別している不良モードの内、“管端傷”と“被膜ムラ”については自動検査が可能であったが、“白濁”に関しては、程度の軽いものについては、現状はまだ明確な判別が難しい。

そこで、現在の光学自動検査機のカメラレンズ側に反射光源を追加し、光学反射法による管端目視検査の自動検査技術を開発する。

##### ②高速化

本研究開発では、安定動作と実用可能な検査精度達成を優先目標としたため、検査速度が、23 秒/本と、当初目標の 15 秒/本に対し若干未達に終わった。この程度の検査速度でも、コストダウン効果は大きいですが、最近の円高等、急激な経済環境に対応するためには、更なる高速化によるコストダウンが必須になっている。

そこで、現在の搬送機構、画像取得方法、画像処理技術等をブラッシュアップし、現在の3 倍の7秒/本を目標に、高速化自動検査技術を開発する。

##### ③検査精度の更なる向上

本研究開発では、「不良誤判定率」はほぼ 0 を達成しているが、目視検査の判断基準と若干ずれるものも発生するため、更に数多くのロット検査を積み重ね検査精度を高めながら、目視検査との整合性を確実にものにしていく必要がある。

また「不良一致率」は、現在のところやや余裕を見た判定基準になっているため、まだ 20% 程度と低いですが、こちらも、数多くのロット検査を積み重ね検査精度を高めながら、その値を 100%に近づける必要がある。

## 2) 本技術の応用展開計画

本研究成果を活用した今後の応用展開として、下記の二つの新しい研究開発事業と、それらを含め新事業開発として展開する活動方針の可能性検討を行った。

### ①半導体・液晶用 高Ni合金クリーン鋼管の開発

半導体・液晶技術の進歩に伴い、半導体・液晶の製造に様々な新しい腐食性ガスが使われている。そこで、現在のクリーン鋼管の耐腐食性を格段に高められる高Ni合金クリーン鋼管開発の可能性検討を行った。

高Ni合金鋼管は、既に開発されているが、内面が暗いため目視検査が難しく、現在クリーン鋼管の品質グレードは達成できていない。そこで、本光学自動検査技術により、その自動検査化の可能性を検討した所、高Ni合金鋼管用に最適化すれば、光学自動検査が可能であり、その結果、初めて高腐食性に優れた高Ni合金鋼管によるクリーン鋼管が可能になることが期待される。

### ②ベローズ目視検査の光学自動化技術の研究開発

ベローズは、エアコンの流量制御や血圧計等に使われる伸縮自在の金属筒であるが、この外観検査も現在は目視検査で行われており、コストに占める割合が高い。

そこで、本光学自動検査技術を応用展開した光学反射法で、ベローズの外観目視検査の自動検査技術を研究開発する可能性を検討した。その結果、本研究開発で培ってきた様々なノウハウや画像処理技術、光学画像取得技術等を活用すれば、その実現が可能なることを確認した。

### ③本自動検査技術を核に、新事業開発

本研究開発の技術成果をコア技術として展開する新事業開発スキームについて検討した。

新事業の収入の源泉として、①各種目視検査の自動化検査装置の開発受託、②上記自動検査装置を使った自動検査業務の請負、③上記自動検査装置のメンテナンス/バージョンアップ業務の請負、等の可能性を今後検討する。