

## TODAY

## 理事長就任のご挨拶



財団法人 金属系材料研究開発センター  
理事長 (新日本製鐵(株)代表取締役副社長)

ふたむら ぶんゆう  
二村 文友

このたび、財団法人金属系材料研究開発センターの理事会において、理事各位のご推挙により、理事長に就任いたしました。

当センターは、1985年の創立以来、ナノメタル、スーパーメタル等の環境との調和も図られた優れた金属材料を求めての材料開発、また、リサイクル、地球温暖化防止、水素エネルギー利用等の省資源・省エネルギーのための技術開発等、国の施策に沿った技術開発に関わってまいりました。これまでの間、当センターの運営と発展に尽くされた諸先輩並びに会員各位に深く敬意を表したいと思っております。

現在、我々は平成18年度から開始された第三期科学技術基本計画の下、有限な資源を活用し、最大限の成果を発揮する科学技術創造立国をめざしています。加えてイノベーション25等、科学技術に根ざした将来の我国の新しいあり方、基本骨格が提示されようとしております。そして、その基盤とも言うべき金属材料分野における技術開発プロジェクトの企画・推進を当セン

ターは果たさねばなりません。平成19年度においては「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発」などの技術開発を強力に推進していきたいと考えております。

さて、私は入社以来、ほとんどの時間を製造現場で過ごしてまいりました。現場における材料開発において常に重要であると感じておりましたのは、いかにユーザーのニーズを正しく把握するか、それに対するソリューションをいかにスピーディーに提供できるか、ということでした。そして、そのためには、顧客との距離を縮める中でどのような産業連携が実現できるかが決め手になる、ということでした。

最近の金属材料を取り巻く情勢は、BRICS諸国の急進による原料資源の高騰・枯渇問題や地球温暖化防止対策の本格化など、目まぐるしく変化しています。そのような環境の変化を受け止めながら、自動車産業などを始めとする我が国の製造業が国際競争力を維持し、更に発展していくためには、製造業を支える基礎材料である金属材料の開発を、より一層強固な産業連携に加え、産学連携によって最先端技術を導入し、本質的な課題解決を図ることが益々重要になっています。

このような研究開発を推進するため、経済産業省を始めとする関係機関のご指導並びに会員各位のご協力により、当センターの使命達成に貢献できますよう、微力ながら尽力いたす所存であります。

今後、一層のご支援とご協力をお願いいたしまして、就任のご挨拶とさせていただきます。

「環境調和型超微細粒鋼創製基盤技術の開発」研究成果の報告

鉄鋼材料研究部長 城田 良康

1. 緒言

平成14年度から5年間、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の3R、革新的温暖化対策技術および次世代低公害車技術開発プログラムの一環として「環境調和型超微細粒鋼創製基盤技術の開発プロジェクト」を実施した。

本プロジェクトは、『粒径1μmの超微細結晶粒熱延鋼板の工業的生産を可能とする熱間加工プロセス技術、大歪付与加工操業を安定的に可能とするロール・工具技術と潤滑技術、超微細組織作り込みプロセスの最適化のための数値シミュレーション技術などを包含する革新的なプロセス基盤技術、並びに超微細粒鋼の実用化のための結晶粒径の粗大化を抑制できる革新的接合技術』の4テーマを、産学官連携プロジェクト研究として遂行し、当初掲げた目標を上回る研究成果を達成した。

2. 研究開発体制

本プロジェクトは、木内学東京大学名誉教授(JRCM特別研究員、NEDOプロジェクト研究開発責任者)を委員長とした研究体(財)金属系材料研究開発センター(JRCM)に置き、そこに新日本製鐵(株)、JFEスチール(株)、住友金属工業(株)、(株)神戸製鋼所、(株)中山製鋼所、(株)日立製作所、日立金属(株)、大同化学工業(株)、の8社(株)カントク、協同油脂(株)は平成16年度までの3年間参加)および横浜国立大学、東京大学生産技術研究所の2大学が研究を実施した。(1)

3. 研究開発課題と成果概要(2)

3-1. 高度大歪付与加工の工業化を実現するためのプロセス技術の基盤研究

本研究では、図1. に示すように、鉄系スーパーメタルプロジェクトの研究成果から導かれる超微細粒鋼化の条件に対し、必要加工負荷の半減を図り、かつ効率的な大歪付与効果を得るため、①高度大歪付与加工技術、およびその工業的操業と品質の安定化に必須となる②革新的ロール・潤滑技術を～300mm板幅規模にて実証すること、更に、これらの実証データに基づき、③計算科学を応用した大歪付与加工時の内部組織形成およびプロセスシミュレーション技術の開発により、板幅1200mm以上の最適熱間加工プロセスの設備諸元につき明らかにすることを目標とした。

3-1-1. 高度大歪付与加工技術の開発

下記に示す3要素技術を用いた高度大歪付与加工により、単純組成鋼でフェライト結晶粒径1μmの超微細化を世界で初めて実証した。

1) 静水圧高速鍛造大歪加工技術の開発(JFEスチール(株)福山)

①静水圧高速鍛造大歪加工にて60%以上の圧下率を付与することにより板厚方向に均一に30μm以下の微細オーステナイト組織の創製に成功、さらにその後の逆変態処理により10μmまでの微細化を実証した。

②オーステナイト粒径を10μmに微細化後、1パス圧延を行うことで、鋼板の表層部1μm、中心部2.0から2.5μmの超微細化が可能であることを実証した。

③静水圧高速鍛造大歪加工時の金型揺動化技術と熱間潤滑の効果を明らかにし、実生産設備として実用化が可能との目処が得られた。

2) 超高速多段仕上圧延加工技術の開発(住友金属工業(株))

①単純組成鋼(Fe-0.15C-0.01Si-0.74Mn)を用い、圧延パス間時間の極少化で、表層粒径0.9μm、1/4厚位置1.1μm、の超微細化を実証した。

②圧延時のロール荷重として3ton/mm以下で、超微細結晶粒化実現の可能性を確認し、そのための潤滑条件等を明らかにできた。また、本プロジェクトで開発した、ロールおよび潤滑剤を用い、300mmの板幅で、超微細結晶粒熱延薄鋼板の試作を実現し、2次加工性評価試験、大型プレス試験に供し、加工性の確認ができた。

③本研究結果を基に、板幅1000mm以上の工業的圧延設備の基本仕様を明らかにし、更に、シミュレーションにより、提案プロセスで1μmの超微細結晶粒熱延薄鋼板の製造が可能であるとの結論を得た。

3) 複合歪付与技術の開発(JFEスチール(株)千葉)

①単純組成鋼(Fe-0.13C-0.01Si-0.75Mn)を用い、フェライト結晶粒1μmを達成し、複合歪付与により仕上圧延後の結晶粒を1/2以下に微細化できることを実証した。

②曲げ加工時の機械的負荷特性の解析結果を基に、直径100mm程度のワークロールを有する曲げ加工装置の実用化が可能であることを示した。

3-1-2. 革新的ロール・潤滑技術の開発

超高速多段仕上圧延加工の工業的実現のために必要な高耐面圧性及び高耐摩耗性を備えたロールと大歪付与超高速圧延の安定操業のための被圧延材-ロール間の摩擦・潤滑制御技術を確立した。

1) 高耐面圧性・高耐摩耗性ロール技術の開発(日立金属(株))

①高耐摩耗性を有するサーメットロールを基に、大歪加工時の最大面圧2500MPaの耐面圧性を保証するための条件である、内層-中間層境界部の接合強度が1000MPa以上のスーパーサーメットロール製造技術を確立した。

②図3に示す実機サイズ(φ600×1000mm)のロールを製造し、上記接合強度等の特性を確認し、実機サイズのロールが製造可能であることを実証した。

2) 大歪付与圧延時潤滑剤の開発(大同化学工業(株))

①常温では水と同等の、また、400～900℃の高温では0.1～0.2の低摩擦係数を示し、且つステンレス鋼用並の耐焼き付性を実現できる液状コロイド系潤滑剤の創製に成功した。

②試験圧延にて、その液状コロイド

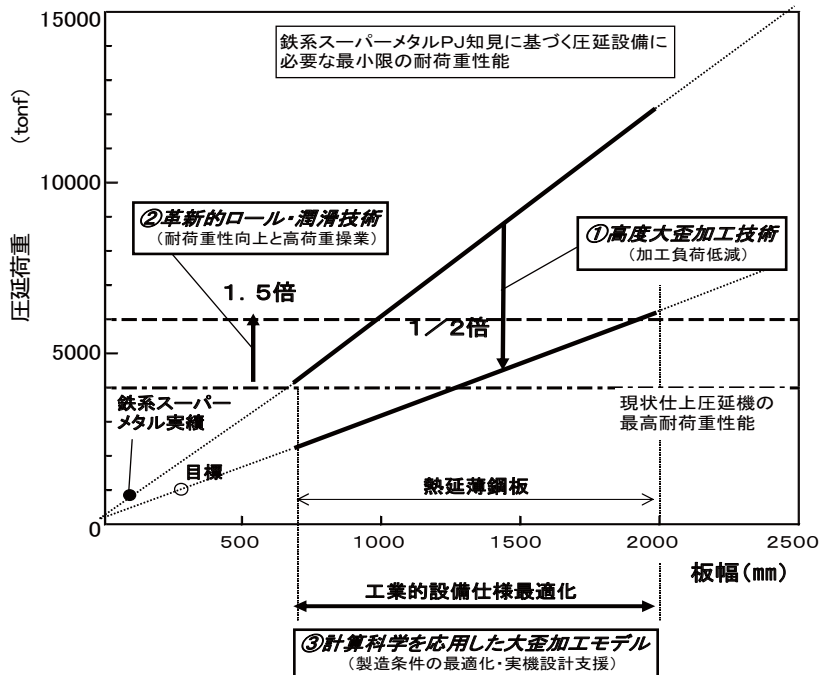


図1. 環境調和型超微細粒鋼創製基盤技術の開発プロジェクトの技術マップ



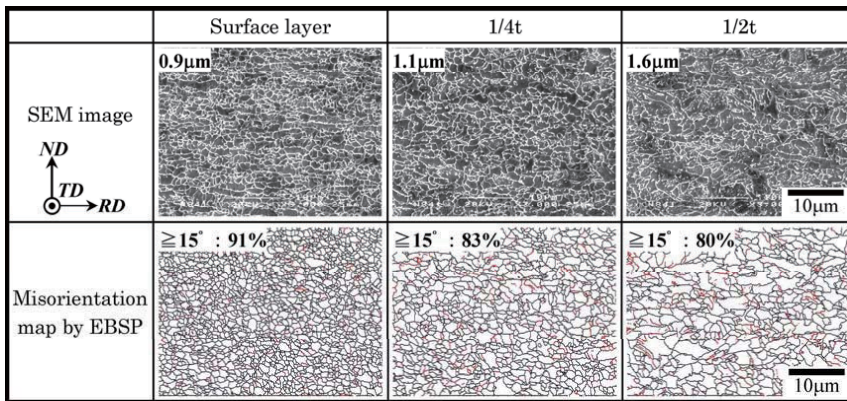


図2. 単純組成鋼 (Fe-0.15C-0.01Si-0.74Mn) における超微細結晶粒組織

系潤滑剤が噛み込み性良好で荷重低減効果も大きく、耐焼付き性も良好であることを確認し、大歪付与熱間圧延を可能にする潤滑剤の基盤技術を開発した。

3) 摩擦係数制御および耐焼付き性向上メカニズムの解明・評価手法の開発 (横浜国立大学)

① SRV 試験機と熱間圧延潤滑評価試験機を用いて、熱間圧延での超微細粒鋼を製造するためのトライボロジー条件の評価手法を開発した。

② 開発した評価手法を用いて、潤滑メカニズムの解明と、ロールおよび潤滑剤の評価を行い、その最適組み合わせを実現した。

### 3-1-3. 計算科学を応用した大歪加工モデル研究

超微細結晶粒化機構の科学的解明とそれを基本にした超微細内部組織形成シミュレーションモデルを開発し、以下の成果を得た。また、これらと~300mm 板幅での実証データを用い、板幅 1200mm ~ 1500mm の工業化プロセスの設計への提言を行った。

1) 超微細結晶粒組織生成機構のミクロスケールモデルの研究 (東京大学)  
① 大歪加工されたオーステナイトからの変態を精度よく説明できる新しいミクロスケールモデル (粒内核生成モデル) を提案した。

② 高歪速度付与試験設備を利用して、炭素量 (0.05-0.15)、Mn 量 (0.5-1.0)



図3. 直径 600mm のスーパーサーメットロールスリーブの概観

の超微細結晶粒組織形成の基礎データの蓄積、モデルの材料常数の決定および超微細化に及ぼす各種要因の影響を明らかにした。

2) 超微細結晶粒組織生成機構のナノスケールモデルの研究 (株神戸製鋼所)

① 低温大歪下での微細組織形成メカニズムを表現できるナノスケールモデル

(転位密度場、Phase Field 法) の定式化を行った。

② 加工フェライトのマイクロバンドの構造、サブミクロンサイズの変態挙動の数値モデルが完成し、定性的に実験結果の説明が可能となった。

3) 静水圧高速鍛造プロセスモデルの研究 (JFE スチール(株)福山)

① 静水圧高速鍛造大歪加工によるオーステナイト組織の変化を高精度に予測できる数値解析モデルを構築し、静水圧高速鍛造大歪加工装置の実用化仕様を提案した。

4) 超高速多段仕上圧延プロセスモデルの研究 (住友金属工業(株))

① 仕上圧延における変形-温度-結晶組織の連成解析モデルを構築し、実験値との比較により圧下率・パス間時間・パス前後急冷のフェライト粒径に及ぼす影響を定量評価できることを確認し、提案プロセスの広幅熱延鋼板製造設備の設計が可能であることを立証した。

5) 複合歪加工プロセスモデルの研究 (JFE スチール(株)千葉)

① 変形-温度-結晶組織の連成解析モデルを開発し、複合歪付与時の組織、粒径を予測できることを確認した。また、鋼板表層部で 1 μm の超微細粒鋼板を工業的に製造できる可能性を示した。

6) プロセス・組織統合化シミュレーションモデルの研究 (株中山製鋼所)

① 実機熱延プロセスについて、以上のシミュレーション手法によるフェライト粒径の相対予測精度が±20%以下になることを実証した。

### 3-2. 超微細粒鋼の製品化・構造体化を支える接合技術の基盤研究

超微細結晶粒熱延薄鋼板の工業的利用を支援するため、接合熱影響部の結晶粒径の粗大化を防止し得る接合技術の開発として、下記3種の接合技術の研究開発を推進し、目標を達成した。

1) 低温拡散接合技術の開発 (株神戸製鋼所)

① 超微細結晶粒熱延薄鋼板に Zn めっきを施すことによって、750℃~800℃での拡散接合が可能であることを実証した。

② 超音波加熱を適用することによって、拡散接合をオープンな環境で、スポット溶接並の短時間で且つ、スポット溶接並の機械的性質を示すことを実証した。

2) 攪拌摩擦接合 (FSW) 法の鉄系材料への適用技術の開発 (株日立製作所)

① 超微細結晶粒熱延薄鋼板を安定的に接合できる FSW 攪拌条件と工具材質の選定を行い、接合部強度が母材並で疲労限度が母材の 90%以上であることを実証した。

3) レーザ接合による熱影響部最小化技術の開発 (新日本製鐵(株))

① 超微細結晶粒熱延薄鋼板のレーザ溶接継手が母材並みの引張強度を示し、疲労強度、靱性が母材の 50%以上を達成できることを示した。さらに熱影響部の軟化が顕著に生じるスーパーメタル材で、レーザ溶接に抜熱技術を付加することにより熱影響部の軟化を抑制できることを実証し、継手強度とともに、球頭張出での成形性を母材並みとできることを明らかにした。

### 3-3. 超微細粒鋼板の加工性試験結果 (JRCM)

本プロジェクトで試作した超微細結晶粒熱延薄鋼板 (全板厚平均粒径 1.3 μm) の加工性試験および2次加工部材試作試験を行い、現状の 440MPa 相当の単純組成鋼の超微細結晶粒薄鋼板は 700MPa の高張力を示すが、現状の高張力鋼板と同等の加工性を示すことが明らかにされた。

#### 3-3-1. 加工性評価試験結果

1) 曲げ加工試験結果

エアーバンドマシンを用い、V曲げおよび密着曲げ試験を実施した (図4)。密着曲げでも、また、密着曲げ-曲げ戻しでも、超微細結晶粒薄鋼板に割れは発生しなかった。

2) 深絞り試験結果

図5に、超微細結晶粒薄鋼板の深絞り性試験結果を示す。絞り比として 1.9 (径 97mm → 径 50mm) 以上の加工が可能であることが確認された。

また、2mm 丸ビヤス加工、星型打ちぬき加工および、5mm 高さ張出加

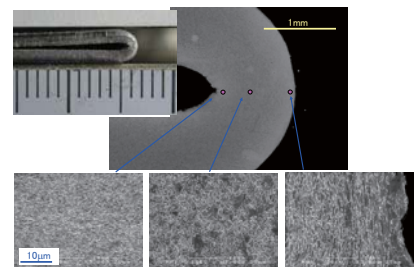


図4. 超微細粒薄鋼板の密着曲げ部の SEM 写真



図5. 超微細粒薄鋼板の深絞り試験結果

工等を行い、問題なく加工できることを確認した。また、レーザ溶接、スポット溶接についても通常の高張力鋼とほぼ同じ条件で接合が可能であることが確認でき、曲げ加工+溶接による角コラム製作も問題なくできた。



### 3-3-2. 2次加工部材試作試験結果

自動車用部材を模擬したT字型およびJ字型プレス加工試験を行った。事前にSSMR製造の超微細結晶粒熱延薄鋼板の機械特性を考慮した加工性シミュレーションを実施し、30mm程度のプレス加工ストロークが上限であることを把握した上で、金型を製造し、プレス試験を実施した。

#### 1) T字型プレス加工試験結果

図6にT字型プレス加工結果を、また図7にJ字型プレス加工結果を示す。T字型プレス加工時の荷重は約150ton、J字型プレス加工時の荷重は約45tonであった。いずれも健全な部材が得られ、超微細結晶粒熱延薄鋼板本体、レーザおよびFSW接合部ともにこのストローク30mm程度のプレス加工が可能であることが確認できた。

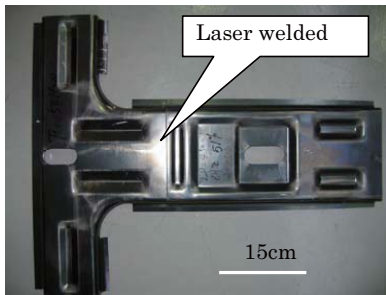


図6(a) レーザ接合鋼板

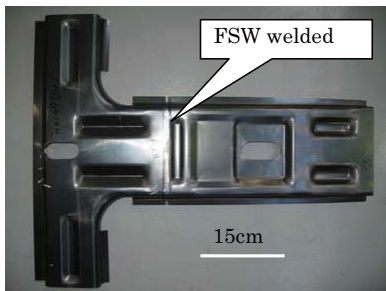


図6(b) FSW接合鋼板

図6. レーザおよびFSW接合した超微細結晶粒熱延薄鋼板のT字プレス加工結果

#### 4. まとめ

本プロジェクトは、世界に先駆けて、汎用鋼としての超微細結晶粒熱延薄鋼板の工業的製造技術基盤並びに実用化のための接合技術基盤研究を行い、当初の目標を達成し、成功裏にプロジェクトを終了することができた。

世界で始めて、単純組成鋼で、300mm板幅の超微細結晶粒熱延薄鋼板の製造を実証し、更に、その特性評価と、溶接も含めた部材加工の試作を実現できたことは高く評価される。



図7(a) 1枚鋼板

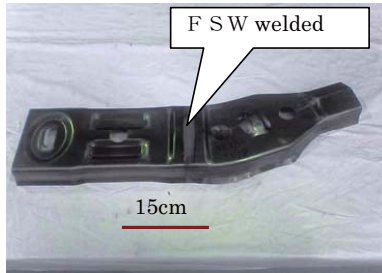


図7(b) FSW接合鋼板

図7. 超微細結晶粒熱延薄鋼板のJ字型プレス加工結果

本研究結果は、鋼材の高機能化によるCO<sub>2</sub>削減、循環型社会構築等の環境問題に対応し得る高機能鉄鋼材の開発とその生産へ向けて、抜本的解決の筋道を提供し、鉄鋼産業のみならず日本の製造業全体の世界競争力向上に貢献すると考えられる。超微細結晶粒熱延薄鋼板が夢物語の世界から、実現可能な現実の課題として位置づけられるようになったと考える。

今後、本プロジェクトで創製された新しい知識が、企業での鋼材の高品質化展開の中で活用され、具体的製品に結びつくことを強く願う次第である。

#### 5. 謝辞

本プロジェクトの実施に対し、経済産業省製鉄企画室および独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の皆様から多くのご指導とご支援をいただき、産学官連携プロジェクトとして質の高い研究成果を達成できたことに深く感謝を申し上げます。  
参考文献：(1)JRCMニュース No. 195 (2003) P.2. (2)第4回PROTEUSシンポジウム講演集(2007), P.5

## 活動報告

### <LED応用標準化調査>

本調査は、平成18年度の事業としておこなったものである。調査の目的は、近年白色発光のLED素子が開発・商品化され、21世紀の光源として、今後一般照明用への展開が期待されている中、LED標準化の現状を把握するとともに、より一層の普及促進を目指すために調査結果を報告書としてまとめ、広くPRするものであ

る。具体的調査では、文献、ウェブページ等での情報収集やLEDに関する世界各国の情報が豊富なアメリカの現地調査も行った。これら得られた情報・データを有識者による「LED応用機器標準化調査委員会」を開催し、深く検証(議論)するとともに、調査委員会での専門家の知見も踏まえた報告書を作成することができた。なお、本報告書には、米国San Joseで2007・2・11-2.16に開催されたPen Well主催の「Strategies in Light」に参加してLED照明システムの標準化について得られた最新情報やLED標準化については米、欧が積極的に取り組んでいる中で、日本での取り組みの現状と課題等をも報告書に記述した。(伊藤(瑛)主任研究員)

### <素形材産業関連表彰公募のご案内>

素形材センターでは、素形材産業の発展を図るため表彰制度を設けております。今年度も、素形材月間事業の重要な一環として、素形材産業貢献表彰の候補者を募集することになりましたので、自薦、他薦を問わず、多数ご応募くださいますようお願い申し上げます。

### 第6回ものづくりコラボレーション表彰

素形材技術を使ったものづくりを通し、ものづくりの面白さ、技術の醍醐味を実感してもらい、素形材の重要性を幅広く地域社会に啓発している活動を表彰します。

◆表彰対象：素形材技術を使ったものづくりを、地域で連携して行っている活動●連携とは、①地域企業間(業界団体を含みます)、又は②地域企業と学校、大学、国公立研究所、地域社会との間、の協同を言います。地域企業の支援を受けた学校等の活動も含みます。  
●継続的な活動であることとします。  
●商品の開発・販売等を目的とした活動は除きます。

◆表彰の種類：●ものづくりコラボレーション大賞●素形材センター会長賞、●奨励賞

◆選考方法：素形材産業技術賞表彰選考委員会が、原則として書類審査により審査します。

応募書類提出期限：平成19年7月31日(火)

★表彰式は、素形材月間記念式典の一環として、以下により開催されます。

◆日時 平成19年11月16日(金)

◆会場 機械振興会館大ホール(東京都港区)

★詳しい応募要領及び応募様式は、素形材センターホームページ(<http://sokeizai.jp>)をご覧ください。

★受賞技術、受賞活動は、素形材センターのホームページ、月刊誌「素形材」で、広く公表します。

★提出先及び問い合わせ先

財団法人素形材センター 技術部 電話 03(3434)3907

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8(機械振興会館 201-3号室)

The Japan Research and Development Center for Metals

JRCM NEWS / 第249号

内容に関するご意見、ご質問は JRCM 総務企画部までお寄せください。

本誌は地球環境保全を考慮し再生紙を使用しています。

本書の内容を無断で複写・複製・転載することを禁じます。

発行 2007年7月1日

発行人 小紫正樹

発行所 財団法人 金属系材料研究開発センター

〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目5番11号 第11東洋海事ビル6階

TEL (03)3592-1282 (代) / FAX (03)3592-1285

ホームページ URL <http://www.jrcm.or.jp/>

E-mail [jrcm@oak.ocn.ne.jp](mailto:jrcm@oak.ocn.ne.jp)