

TODAY

高き思い・熱き情熱そして高い技術力



愛知製鋼(株)

取締役社長 柴田雄次

最近私は、商品開発・技術開発を担当する人たちに大切なことは「高き思い・熱き情熱」をもちつづけ、それを「高い技術力」に結びつけていくことができるようにすることだと考えています。

このごろNHKの『プロジェクトX』をよく見ますが、大きなプロジェクトを為し遂げた人たちに共通していることは、「高い思い」をもち、それをやり遂げようと憑かれたようになっていたということです。また、それを支えた人々の存在も共通しています。何がこれらの人々を駆り立てるのでしょうか。私はいくつかのことが重なっていると思っています。

まず第1に、「こういったもの・新しい技術」をこの世に実現したいという「高き思い・熱き情熱」が原動力となり、第2に企業にあってはこれが実現できると大きな成果につながってくるだろうという思い、第3には「これらのもの」は世界の最先端であるという高い目標がその根底をなすと考えます。幸いにも比較的新しい分野にあっては、テーマによっては数年間一生懸命取り組めば、最先端の位置に到達できると思います。最先端の研究開発をしていると、調査解析をするときに、何が起きているのか、事実は何か、本当にわくわくする気持ちを抑えることはできなくなります。

以上3つの点について共通していえることは、新製品や新技術を世に役立たせたいと思ったときに、「熱き情熱」が生じ、それを持続させることにより「高き思い」が沸き上がるように思います。そして「高き思い」をもちつづけていれば、必ずや、その開発は成功するに違いありません。

2つ目のキーワードの「高い技術力」についてですが、高い技術力といっても自身で勉強して身につけるといっても、どのようにして高い技術力をもっている他者から情報を得るかにかかっているといってもよいと思います。

第1に、自身のかかっている本、文献を読むことが大切であり、百冊も読めば、自身も先進的な人たちが何を考えているのかがわかってきます。そしていつの間にか自分の考え方もそのような方向に変わっていることに気がつくでしょう。第2に、多くの関連する高い技術力をもつ人たちの力を借りることも大切です。同業他社の情報はもとより、分野の違う会社、機関、大学等の幅広い分野から、本当に多くの情報が手に入ると思います。第3に、聞くより見ることが大事だと思います。国内外を問わずいろいろな技術を見ると、技術のレベルは各段に高くなると思います。第4に、他の人からよい情報を得ようとしたら、自らよい情報を提供することが必要です。多くの人に参加するプロジェクトにおいて、自身のもっている力を全力で出し切ることによって、周りの人たちに大きな貢献になっているはずで、その貢献が大きければ大きいほど、相手からもらえる情報のリターンも大きいといえるのではないのでしょうか。

さらに、私ども経営者層にとって特に重要なことは、こうした技術者は往々にして、いわゆる

「世間常識」の枠のなかにいないことが多いということです。上に立つ人は、たとえ自身が門外漢であっても彼らの技術の革新性・有用性の大局を理解し、これを見極めたうえで彼らを支援してやるのが欠かせないものと思います。

以上、私自身の経験から、商品開発・技術開発を担当する人たちに必要な「高き思い・熱き情熱」そして「高い技術力」について述べました。皆様の研究開発に少しでもお役に立つところがあれば幸いです。

JRCM REPORT

JRCM受託 平成14年度新規プロジェクト 「低摩擦損失高効率駆動機器のための材料表面制御技術の開発」の研究計画概要

鉄鋼材料研究部 武村 厚

1 緒言

JRCMが経済産業省からの委託を受けて行う本研究開発事業は、各種駆動機器におけるエネルギー伝達効率、摩擦損失を改善することにより、エネルギー消費及び二酸化炭素の削減のほか、省資源化を図り地球温暖化防止対策に資することを目標とする。

本事業では、材料表面制御技術をコアとして機械システム技術も一体となった摩擦摩耗制御技術を確立する。この技術により駆動機器摺動部の環境・圧力等諸条件に最適な潤滑膜を形成して、摩擦摩耗によるエネルギー損失を大幅に低減する素材（スマートスチール）を実現し、自動車用ベルトCVT（無段変速機）、液圧機器（水圧機器）、

発電機用タービン軸受における省エネルギー、省資源化を図る。これらによるエネルギー効率改善、炭酸ガス排出量削減は2030年に約140万 kl /年の原油使用量削減という省エネ効果が得られると予測される。なおこれは、炭酸ガス排出量削減量に換算すると370万 t /年に達するものである。さらに摩擦摩耗制御の基盤技術を整備することで動力伝達機構を有するあらゆる設備・機器の効率向上、省資源・省エネルギーの実現に資する。

2 研究開発計画の概要

り組みの体制について以下に述べる。

2-1 材料表面制御による駆動機器の省エネルギー・省資源化の考え方

駆動機器の省エネルギー・省資源化には動力伝達効率の向上、機器作動抵抗の削減及び構成部品類の小型・軽量化が必要とされ、摺動部における接触面圧の増大、潤滑剤粘度の低減、摩擦係数の適正化のほか、前提として安全かつ低コストな材質が要求される。

高面圧かつ低粘度の潤滑条件下の摺動部では、薄いところでは数分子層の厚さの境界潤滑膜が材料表面に生成して、摩擦と摩耗に影響する境界潤滑状

態となる。この境界潤滑膜の生成には、摺動に伴う機械的エネルギーにより活性化された材料表面と添加剤がかかわる複雑な物理化学反応が影響している。

従って目標とする摩擦摩耗特性を安定して実現するには、摺動部における物理化学反応をコントロールして所期の境界潤滑膜を生成、維持さらに再生させる条件が必要である。これは単なる硬化表面処理等による手法では達成困難である。

本プロジェクトでは駆動機器摺動部構成部品の材料表面の材質と形状及び潤滑添加剤等を1つの反応系として考

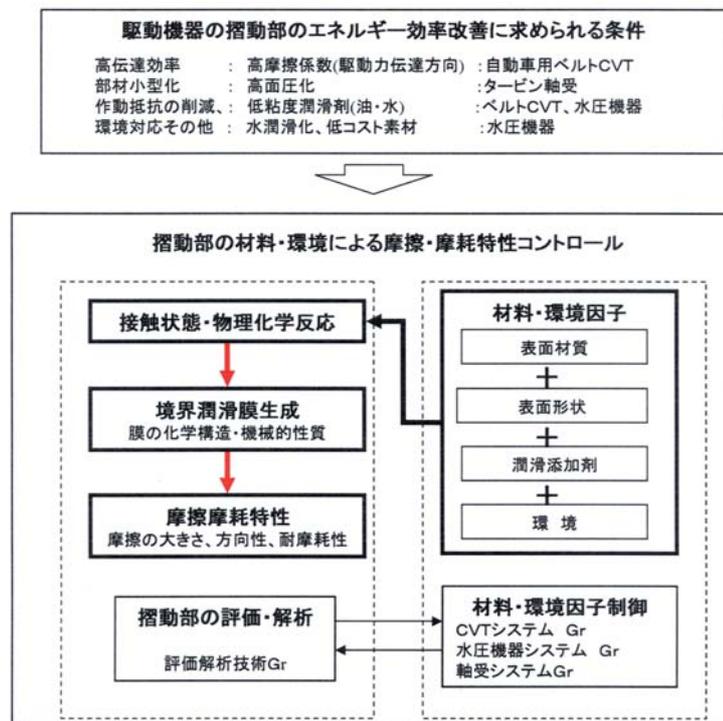


図 - 1に示すプロジェクトの課題と取

図 - 1 研究開発の課題と体制

え、これらの反応が摺動部において安定な平衡状態を保つための総合的制御技術の構築を目指す。

2-2 研究開発の課題

境界潤滑膜は、摺動時の機械的エネルギーや接触により生じる活性な材料新生面（格子欠陥、エキソ電子・イオン、ラジカル等を生じる）が潤滑添加剤や環境と物理化学反応を生じて形成される。従って境界潤滑膜形成反応の制御には摺動部の材質、接触状態及び添加剤の適切な選択が必要である。

一方、動力伝達機器の摺動部は、摺動材料としての潤滑性・耐摩耗性と構造材料としての機械的性質を両立する必要がある、反応性を重視した材質と耐摩耗性のある材質との複合構造等の方法を試みる。

この複合化により材質選択の自由度を広げ、摺動部物理化学反応の種類や程度を調整して境界潤滑膜の化学構造、特性、厚さを積極的に制御する。さらに摺動部材料表面の微小溝パターン等の形状による潤滑剤の排除あるいは保持の調整も組み合わせ、摩擦係数の大きさや方向性の制御を試みる。図-2に境界潤滑膜形成制御のイメージを示す。

2-3 研究開発の体制その他

本プロジェクトは平成14年度より5

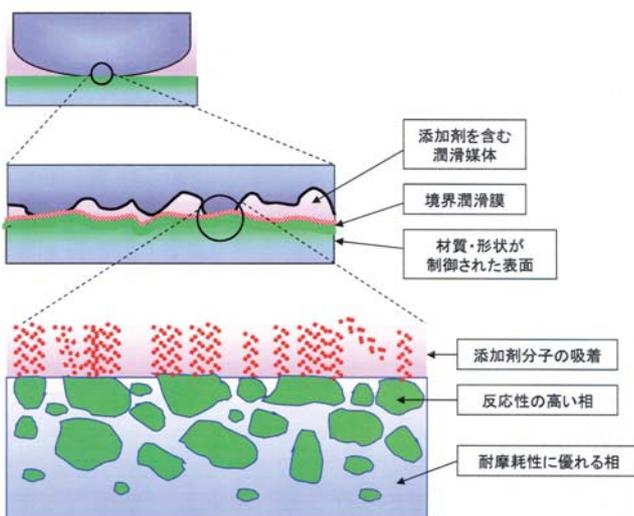


図-2 摺動部における境界潤滑膜形成の制御のイメージ

か年にわたり、岩淵明 岩手大学教授を研究開発責任者として、JRCMと岩手大学、東京工業大学、独立行政法人産業技術総合研究所との共同研究及び企業7社の協力により実施する。

また各機器システムの摩擦摩耗現象の解析を担当する評価解析技術グループと、摺動部の材料・環境の制御を担当する各機器システムの3グループの体制とする。図-3に各機器システムを示す。

3 各研究開発項目の内容

3-1 潤滑膜の構造・特性及び生成機構の解明のための評価・解析技術に関する研究

本テーマは主に(株)神戸製鋼所、東京工業大学、岩手大学(独)産業技術総合研究所の協力体制により実施する(評価解析技術グループ)。

境界潤滑は固体表面がかかわり、さらに動的な現象でもあるため極めて複雑な挙動を示し、その摩擦係数・摩耗速度は条件変化に対して強い影響を受けるほか、高負荷な条件下にある機器摺動部の境界潤滑膜の特性は評価がむずかしく不明な部分が多い。一方で、近年の各種機器システムの高速化、高負荷化、精密化に伴い境界潤滑の制御の必要性は増しており、その設計モデルの構築が求められている。

本研究開発では自動車用ベルトCVT、水圧機器、発電機用タービン軸受の各機器システムを対象として、接触状態、材料、潤滑剤及び環境の重要因子とともに摺動部の境界潤滑膜の成分、構造、機械的性質を高分

解能の分析・評価技術により把握して、摺動部接触機構と境界潤滑膜の生成機構を解明する。これらの基礎データ群と摩擦係数・摩耗速度との関係を明らかにして、摩擦摩耗特性の制御原理を構築し、潤滑膜として具備すべき構造及び特性に関する設計指針を提示する。

3-2 CVT動力伝達システムの最適効率化に関する研究

本テーマはジヤトコ(株)(株)出光興産(株)神戸製鋼所、東京工業大学、岩手大学の協力体制により実施する(CVTシステムグループ)。

最近普及しつつある自動車用ベルトCVTは、通常の自動変速機に比べ燃費が優れるほかコンパクトである等、利点が多い。動力伝達部の摩擦係数を現状より増大できれば燃費がより改善するほか、出力の大きいクラスにもベルトCVTが搭載可能となり、ベルトCVTのさらなる普及が期待される。

本研究開発では、自動車用ベルトCVT実機摺動環境をシミュレーションする試験方法を用いて低粘度潤滑油環境で機器全体の作動抵抗は減少させながら、摺動部表面の材質制御(金属とセラミックスの複合構造等)と形態制御(微小溝パターン)及び潤滑油添加剤分子構造の組み合わせにより境界潤滑膜を生成させ、動力伝達部(エレメント/プリー間)の耐摩耗性と動力伝達方向の摩擦係数を安定して高める技術を開発する。また潤滑膜を積極的に生成、制御するための添加剤をベースオイルに分散させる技術の確立を図る。これらの開発技術により、摩擦係数を現状の0.11から20%向上させることを目指す。これにより自動車燃費を2%程度向上できると期待される。

3-3 高効率高耐久性水圧機器システムに関する研究

本テーマは三菱重工業(株)長崎研究所(株)ナブコ(株)神戸製鋼所、岩手

大学、(独)産業技術総合研究所、東京工業大学の協力体制により実施する(水圧機器システムグループ)。

一般の液圧機器システムは潤滑性等の点から媒体には油が使用されているが、水は不燃性で冷却性がよく、かつ低粘度であるため、省資源、省エネルギーが図られるほか、媒体流出、産業廃棄物に伴う環境問題が解消し、食品・衛生・医療・福祉機器等、多くの分野に改善効果が期待される。

しかし水は潤滑性が劣るため、現状の水圧機器は摺動部分に樹脂系、カーボン系、セラミックス等の潤滑性を有する材料を使用しているが、これらは強度・耐衝撃性が低い、素材・加工コストが高い、加工精度が悪い等の課題が多い。

本研究開発では水圧機器(弁・ポンプ・シリンダー)摺動環境をシミュレーションする試験方法を確立し、さらに基材としてステンレス等の一般的な金属材料表面に、Si系化合物及びDLC(ダイヤモンドライクカーボン)膜等の化合物層あるいは複合組織(Si系化合物と金属の組み合わせ等)を形成して境界潤滑膜を生成させ、その摩擦摩耗特性と耐食性・耐衝撃性等の実用特性を評価する。

高水圧環境において安定した低摩擦係数を実現するとともに、現行の油圧機器と同等の耐摩耗性つまり比摩耗量 $10^{-8} \sim 10^{-9} \text{mm}^2/\text{kgf}$ の達成を目指す。これにより、水圧機器の効率が同出力

の油圧機器よりも10%程度向上することが期待される。またこの技術開発によりステンレス等が使用可能となり、素材・加工コストの大幅削減と機械的性質及び加工精度の改善が図られ水圧機器の普及が見込まれる。

3-4 耐高水圧複合軸受システムに関する研究

本テーマは三菱重工業(株)高砂研究所、大同メタル工業(株)岩手大学、東京工業大学の協力体制により実施する(軸受システムグループ)。

発電機用タービンの直径300mmを超える大型軸受には、ロータとの接触摺動時を考慮して摺動面に非鉄金属が使用されている。しかし近年、タービン、発電機の大形化等で荷重が高くなる場合には、油圧装置を別途設け、軸受到作用する接触荷重を低減している。

本研究開発は、発電機用タービン軸受の摺動環境をシミュレーションする試験方法を確立し、材料表面制御(鉄系、非鉄系金属材料及び各種樹脂等に固体潤滑剤を分散添加した複合構造等)により境界潤滑膜を生成させ、大型軸受を安定して高水圧化する技術の開発を行い、タービンの起動時から定格運転にわたる低速から高速の回転条件において耐焼付、耐摩耗性、低摩擦係数を確保しつつ、許容最大面圧を現状の約1.5MPaから50%向上させることを目指す。これにより軸受幅を従来の2/3に短縮でき、発電機用タービン

軸受部のエネルギーロスが40%程度改善すると期待されるほか、発電機設備も小型化される。また、接触摺動可能な荷重も上昇し、油圧装置が不要となる。

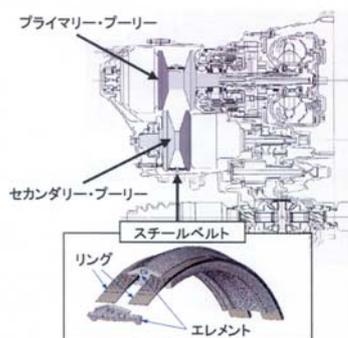
このような発電機用タービン軸受の性能向上に伴う設備のコンパクト化、シンプル化により発電設備の信頼性が向上するほか、メンテナンスも容易になることで電力供給の安定化が図られ、産業社会基盤強化にも寄与し得る。また開発された表面制御技術が各種回転機械の摺動部の潤滑技術に応用され、機械の寸法・重量の削減が期待される。

4 結言

本プロジェクトは共通基盤的な材料開発とそれを適用する機器開発からなる材料技術、表面化学技術及び機械技術が一体の研究開発であり、また素材・部品・製品に至るまでの各役割を担うメーカーが連携して技術開発を行うことで、将来の実用化段階についての技術的連携についても十分配慮して進めたい。

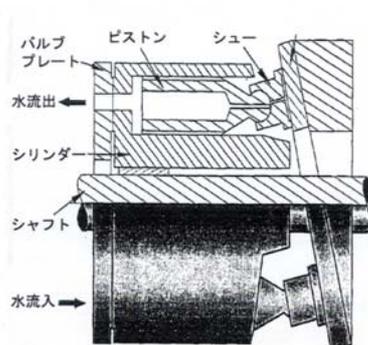
本プロジェクトに取り組むに当たり、平成12年度にJRCMにおいて重工・自動車部品・化学・材料等の幅広い分野の企業、大学、旧工業技術院機械技研の研究者が参加して行った「表面構造制御による潤滑性向上技術に関する調査研究」の成果を参照した。

今後も幅広く機械、材料及びトライボロジー分野の有識者のご助言・ご批判をいただきながら推進していきたい。



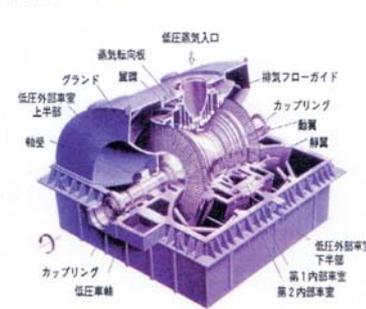
ベルトCVT

図-3 本プロジェクトの対象機器



各種の水圧機器

低圧タービン



発電機タービン軸受

省エネルギー型金属ダスト回生技術の開発(終了報告)

環境・プロセス研究部 古川 武

1 はじめに

本プロジェクトは新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の「即効的・革新的エネルギー環境技術開発」の開発テーマの1つとして「省エネルギー型金属ダスト回生技術の開発」と題してJRCMが委託を受け、再委託企業8社、共同研究5機関の参加のもとに研究開発が開始され、平成10～14年度の5年間実施された。平成14年度時点での参加企業は愛知製鋼(株)、NKK、大同特殊鋼(株)、三井金属鉱業(株)、川崎重工業(株)、スチールプラントック(株)、日本鉱産(株)の7社、共同研究機関は名古屋大学、東北大学、金沢大学、大阪府立大学、産業技術総合研究所の5機関となっている。

本開発テーマはJRCMが委託に先立つ3年間にわたるニーズ調査・シーズ探索に基づいて環境調和・省エネ・省資源の観点から提案した「製鋼用電気炉等の高温プロセス排ガスから直接に鉄及び亜鉛を分離回収する技術開発」に基づくものである。5年間にわたる開発により、当初提案のプロセスの成立が実証され、平成14年度をもって終了する。今後、実用化に向けた開発の続行が望まれる。

2 開発の目標と内容

製鋼用電気炉の高温排ガスからの集塵ダストは年間約50～60万t発生する。このダストは鉄、亜鉛等の金属を多量に含有しており、現状では、回収したダストの約60%は加熱、還元、揮発して亜鉛を分離し、酸化亜鉛として回収している。さらに回収した酸化亜鉛は主に再度還元し金属亜鉛として回収している。このダストからの亜鉛回収量

は年間約5.5万tで、国内亜鉛需要の約9%に相当する。しかしこの方法は処理工程が複雑であるうえ、再製錬に多量のエネルギーを必要としている。

一方、ダスト中の鉄分の回収は行われておらず、また、ダストの約30%は埋め立て処分となっている。このような電気炉ダスト処理の現状に対して、関係者には安価でオンサイト処理のニーズが高い。JRCMの提案によるこの技術開発は、高温プロセス排ガス処理におけるプロセスの簡略化とダスト発生ゼロを目指すとともに、鉄及び亜鉛の回収に必要なエネルギーの大幅な削減を可能とする省エネ・省資源を実現する全く新しいプロセス開発である。

開発を目指したプロセスの構成を図-1に示す。

開発の内容は、電気炉の排ガス条件の設定のための電気炉内雰囲気制御操作技術、低蒸気圧金属成分(鉄)の選択分離回収技術としての炭材フィルター、高蒸気圧金属成分(亜鉛)の選択凝縮分離回収技術としての重金属コ

ンデンサー、連結最適操業技術、の開発である。

排ガス中からの鉄及び亜鉛の分離回収率は80%以上を目標とした。

3 開発の経過と成果

3.1 要素技術開発

3.1.1 電気炉排ガス条件の設定操業法の開発

現状の電気炉内のガス性状の調査、シールドを強化した電気炉排ガスの調査及び理論検討から、後段の炭材フィルターと重金属コンデンサーにおける鉄及び亜鉛を金属状態で分離回収する条件を満足する排ガスの組成・温度条件を明らかにし、実操業でその達成を実証した。

3.1.2 炭材フィルターの開発

ラボ及びベンチ規模の冷間及び熱間の試験装置による実験と理論解析から、炭材充填型移動層フィルターによる低蒸気圧金属成分のナノメータからミクロンメータの粒子である鉄等の選択分離と、高蒸気圧金属成分である亜

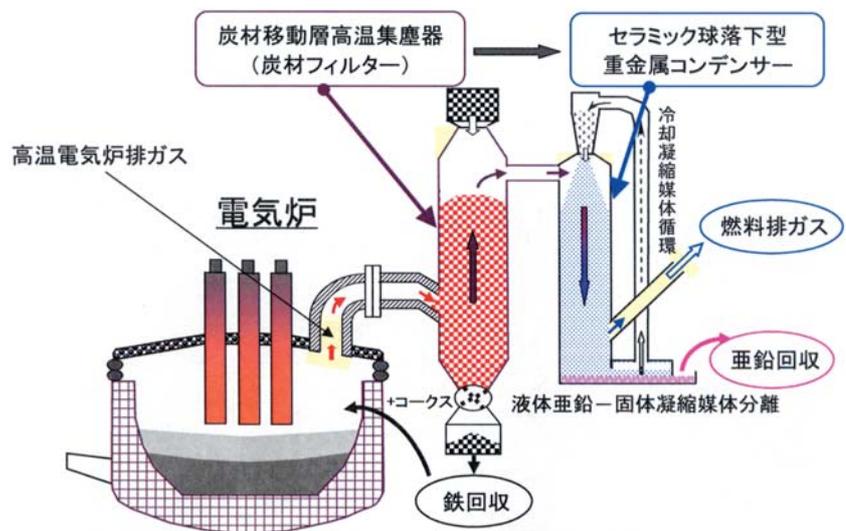


図-1 開発プロセスの構成

鉛蒸気等の通過を実証した。また、実験及びシミュレーション計算により、フィルター材である炭材のガス化反応量は小さいことを明らかにした。

3.1.3 重金属コンデンサーの開発

ラボ規模の実験から、ガス組成と冷却速度及び亜鉛蒸気の酸化との関係を明らかにした。また、本提案の落下セラミック粒子を冷却凝縮媒体とする重金属コンデンサーの熱交換シミュレーション及び、ベンチ規模の実験により高蒸気圧金属成分である亜鉛の選択凝縮分離を実証した。

3.2 連結プロセス最適化技術の開発

電気炉 炭材フィルター 重金属コンデンサーの連結プロセスの物質・熱バランス解析・速度論的解析から連結プロセスの操業条件の予測・解析を行い、プロセスの成立の予測を行ったあと、平成12年度には鉄スクラップ溶解量1t/h規模の電気炉を用いた小型パイロットプラント設備を設置し、3年間にわたり操業試験を実施した。

図-2に小型パイロットプラントの設備図を示した。シールドを強化した電気炉の炉蓋に排ガス取り出し部を設け、炭材フィルター 重金属コンデンサーに排ガスを導いている。写真-1に小型パイロットプラント試験風景を示した。この小型パイロットプラント試験により、

シールド強化及び酸素吹精方法による電気炉排ガスの温度・組成制御法の確立

炭材フィルターの鉄・フェームの集塵効率95%以上

重金属コンデンサーの亜鉛の凝縮分離効率90%以上

を実現し、本提案プロセスの高温プロセス排ガス中の鉄・亜鉛の分離回収プロセスの成立を実証し、当初の開発目標を達成した。

さらに小型パイロットプラント試験結果を基に実用化のFSを実施し、実

証プラント規模であるスクラップ溶解量10t/h及び実機規模である100t/hの設備・操業条件を提示した。また、実用規模での省エネルギー量（CO₂削減量）鉄・亜鉛資源回収量とコスト試算を提示した。

4 プロジェクト終了後の予定

本プロジェクトは、小型パイロットプラント試験操業によるプロセスの成立の実証と実機化FSを提示して平成14年度で終了する。

実用化のためにはスケールアップのための実証プラント規模である10t/h規模の開発試験が必須であり、その開発のための体制づくりと予算措置が必要

であり、関係機関との折衝を進めている。また、本開発プロセスの適用は製鋼用電気炉単独の適用だけにとどまらず、ダスト処理専用炉への適用及び製鋼用兼ダスト処理用電気炉での適用が可能であることをFSで提示した。引き続きの開発への体制づくりにこれらの関係者へのプロセス紹介と開発への参加の要請を行っていく。すでに普通鋼電炉工業会を介した電炉メーカーへのプロセス紹介を行っており、電気炉ダスト処理業界へのプロセス紹介も行っていく予定である。

世界に向けての日本発の新プロセス開発の発信もつづけており、アメリカ、ヨーロッパ、ブラジル、台湾、韓国に

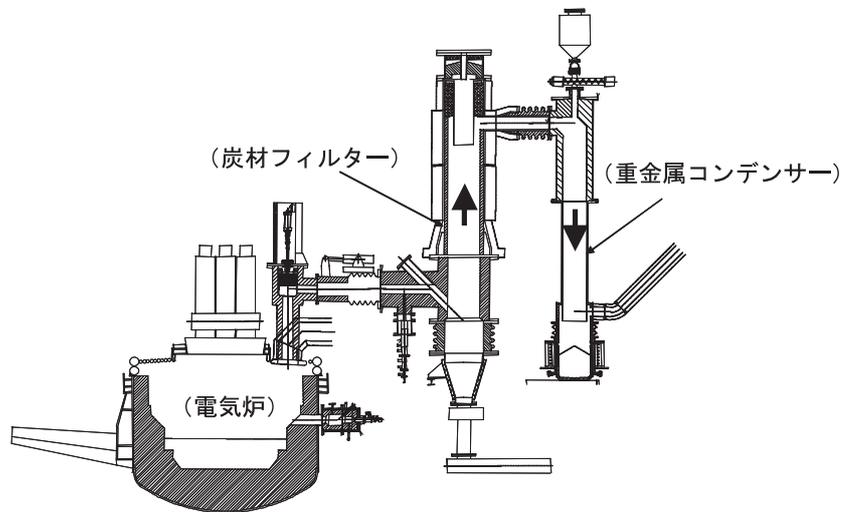
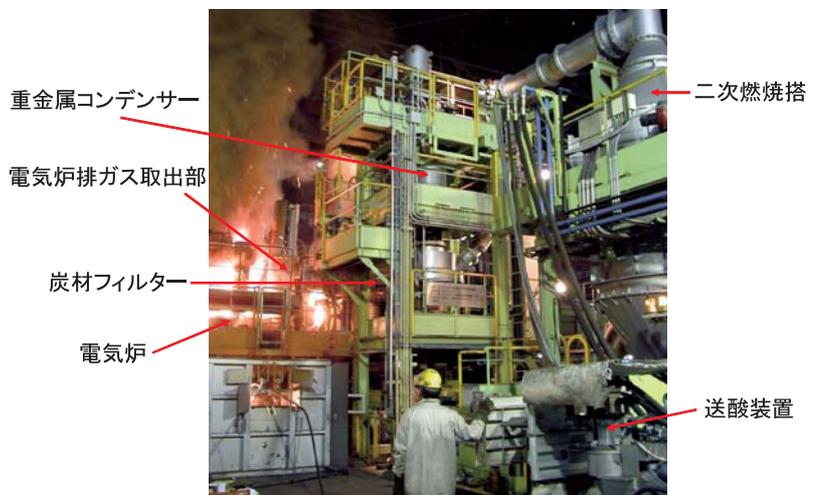


図-2 小型パイロットプラント設備図



愛知製鋼 知多工場

写真-1 小型パイロットプラント試験風景

本プロセス開発の紹介を行ってきて、強い関心と呼んでいる。今後も電気炉ダスト処理に取り組む世界の技術者との接触を引き続き行っていく。

5 プロジェクト終了に当たって

本プロジェクトは平成6年度のJRCMの調査研究部会におけるニーズ調査に始まり、シーズ探索を経て、電気炉排

ガスの直接処理という発想の転換を行い、電気炉ダストを発生させないプロセスの開発を目指してきた。この新技術開発の夢を追い、企業・大学・公的研究機関の関係者が一体となり、要素技術の開発研究から小型パイロットプラント試験まで進め、プロセスの成立を実証し、実用化までの道筋を明確にして平成14年度で終了する。

本開発提案プロセスはわが国はもちろんのこと、世界においてもまだ試みられていない画期的な環境調和・省エネ・省資源型のプロセスの開発である。国内外の電気炉ダスト処理関係者の大きな関心も集めており、その開発の行方に注目が集まっていると開発関係者全員が自負している。実証プラントの開発に進むことが望まれる。

「ナノメタル」「21世紀のあかり」が参加する
「nano tech2003+Future」のお知らせ
(ナノテクノロジーに関する国際展示会)

「nano tech2003+Future (ナノテクノロジーに関する国際展示会) (主催: 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 日本貿易振興会 (JETRO) 独立行政法人産業技術総合研究所 (AIST)) が下記のように開催される。ナノテクノロジーに関する国際協力・交流促進、研究開発成果の企業化促進や、ナノテクノロジーがもたらす未来社会のビジョン提示を行うことを開催趣旨としている。

JRCMが推進している「実用金属分野ナノメタル技術開発 (ナノメタル)」と「高効率電光変換化合物半導体開発 (21世紀のあかり)」は、NEDOと協力してこの展示会に参加する。

「ナノメタル」では、鉄系、アルミニウム系と銅系の各金属材料について、強度・靱性等の機械的特性や電気伝導度・磁気特性等の機能特性をより高度化するために、ナノサイズ領域における組織制御技術をわかりやすく紹介する。これまでに得られた成果のパネルや、試作品等の展示

を予定している。

「21世紀のあかり」では、省エネルギーでかつ長寿命を実現し得る次世代の新光源として注目されているLEDを、先端技術を含めわかりやすく紹介する。「21世紀のあかり」を紹介する映像、発光の原理や各種光源を紹介するパネル、並びに試作品 (各種照明装置) の展示等を予定している。

また、各プロジェクトに参画している企業が、ナノテクノロジーを駆使して開発した製品や試作品の展示も行う予定である。

期 間: 平成15年2月26日(水)~ 28日(金)

場 所: 幕張メッセ 国際展示場7, 8ホール
(千葉県美浜区中瀬2-1)

入場料: 無 料

詳細は、ホームページをご覧ください。

(<http://www.secretariat.ne.jp/nanotech/>)

第23回四次元サロンのお知らせ

日 時: 平成15年2月21日(金)
15:00~17:00

場 所: JRCM会議室

話 題: 「超鉄鋼研究センター 商品化研究室の紹介」

「高窒素ステンレス鋼の創製と新たな展開」

独立行政法人 物質・材料研究機構 商品化研究室 室長

片田 康行 氏

「超微細組織鋼の創製と新たな展開」

独立行政法人 物質・材料研究機構 商品化研究室・冶金グループ 主席研究員

鳥塚 史郎 氏

くわしくはJRCMホームページをご覧ください。

The Japan Research and Development Center for Metals
JRCM NEWS / 第196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 2003年2月1日
発行人 小島 彰
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
T E L (03) 3592-1282(代) / F A X (03) 3592-1285
ホームページURL <http://www.jrcm.or.jp/>
E-mail jrcm@oak.ocn.ne.jp