

巻頭言
溶接・接合技術セミナー

専務理事 吉武進也



公益財団法人溶接接合工学振興会は公益財団法人国民工業振興会の共催を得て第26回セミナーを今年の10月20日午後1時から開催されます。26年間も続いて開催されることは、最初から関与しているものとしては誠に感慨深いものがあります。

溶接・接合技術は「ものづくり」には欠かせないもので、この間の溶接・接合技術のセミナーの今日まで長期間続くのは、如何に溶接・接合技術の進歩、革新があったかを広く知らせるものと存じます。その間の努力をされた東京大学名誉教授野本敏治先生を始め諸先生方、企業の専門技術者の方々に心から尊敬の念を示すこと大であります。

今年のセミナーは、東京大学大学院青山和浩教授、大阪大学接合科学研究所所長田中教授の努力によるもので「溶接管理のためのマルチスケール・モニタリングの展望」で情報通信技術の高度化は益々加速し、日々、私たちの生活、社会を大きく変革し続けており、産業界では情報技術による産業の革新が集めて多くの多様なセンサなどから得られております。溶接技術も例外でなく、品質を保証出来る完全な接合技術を確立するための技術革新が期待され、溶接構造物の製造効率の改善なども期待されております。今回は溶接管理に関するモニタリングの最先端技術に焦点を当てて、グローバル時代における日本製の品質と効率性を支える未来の溶接管理技術を革新していく方向について考えて参りたい趣旨です。

来年28年度の第27回セミナーは「3次元造形の最前線」で大阪大学接合科学研究所副所長南二三吉教授、神戸製鋼所清水弘之溶接開発部長のご努力によるものであります。まず3次元造形の発達の歴史を振り返り、現状での実力を共有化し、3次元造形の今後の課題と発展性に関して整理して頂き、未来に繋がる3次元造形の可能性に夢を膨らませたい趣旨です。

目次

- (1) 溶接技術講演編(P.1~P.14)
 - (1-1)愛知産業講演「金属積層造形セミナー」------(2)
 - (1-2)公益財団法人溶接接合工学振興会講演会------(4)
 - 「日本鉄鋼業の課題と新日鐵住金に於ける技術開発」(P.4)
 - (1-3)平成26年度 公益財団法人溶接接合工学振興会 第25回セミナー -----(9)
 - ~ 溶接接合技術革新を支援する関連メディアの最前線 ~ (P.9)
- (2)一般講演編 (P.15~P.21)
 - (2-1)「医薬品開発最前線 バイオ医薬品を創る」------(15)
 - (2-2)特別講演会「経済産業省による電力事情の諸問 -----(17)
 - (2-3)特別講演会「経済産業省による中小企業に対する各種支援策」------(20)

(1) 溶接技術講演編

(1-1) 愛知産業講演「金属積層造形セミナー」

開催日時 2014年10月17日

主催 愛知産業株式会社

後援 公益財団法人 国民工業振興会

公益財団法人 溶接接合工学振興会

ご挨拶

愛知産業株式会社 代表取締役社長 井上 博貴氏

近年急速に注目を浴びている 3D 金属造形技術は今さら強調するまでもなくさまざまな分野において「ものづくり」を革新する無限のポテンシャルを持っています。従来技術である削り取る、形をけるという加工法と異なり、形を付け加えていく加工法(付加型製造法)として他では作れない製品を生み出す能力を有します。従来の加工法の制約を払拭し、粗密構造物、深リブ、深穴加工、中空構造物の造形、3次元自由曲面加工を可能にしたワンマシン・ワンプロセスでの製品の加工が可能となり、高機能化、軽量化等の性能重視での設計や製造に展開できる無限の可能性を秘めています。



我々日本の「ものづくり」において画期的な製品を生み出していくにはまだまだ成長代が十分に残されており進化と発展はこれからが本番とあってよいでしょう。

今回、世界に寛たる英国接合研究所の著名な研究者によるレーザ積層造形技術に関する講演をはじめ、世界最新鋭の 3D プリンター製造メーカーである SLM 社と最高品質を誇る粉末製造メーカーである LPW 社より世界の最新動向とその実際について講演をして戴きます。講演後、皆様にはそれらの実演をご覧頂き 3D 金属造形の実際の理解を深めて戴きたいと存じます。

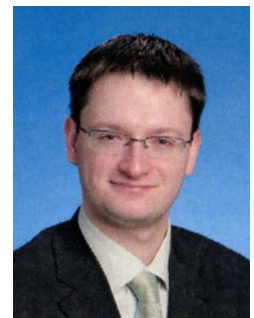
講演 1 TWI に於ける 3D 金属積層造形技術研究の現状と将来の可能性

英国溶接研究所 TWI ヨークシャー溶接センター
プロジェクトリーダー

Robert Murcott 氏

講演者は積層造形技術の開発に携わっており、TWI に於ける積層溶接全般について講演された。

英国溶接研究所はプライベート企業であり、溶接技術全般について助言をしている。英国内に 5 か所の研究拠点、世界各国に 14 個所のトレーニングセンタ、700 社の企業が参加し、4,500 個所の拠点、800 名以上のスタッフがいる。ちなみに日本では、40 社の会員と 155 個所の拠点がある。支援活動として、年間 800 件以上、18,000 人の教育、5000 件の論文を発表している。また、研究所には 3 グループがあり、本日のテーマである付加製造が含まれる接合(3D 関係、接着等も含む)グループ、材料グループ、安全性管理グループがある。研究所の会員には、研究・試験支援、連携プログラムへの参画、溶接関連図書の利用、製品開発のサポートが得られる。



LMD プロセス(レーザメタルデポジション法)について、その概要、TWI 保有装置(トルンプ社製 DMD505 装置、ロボット 2 台(KUKAKR30、REIS RV60-40)、ロボットでの LMD の能力、ノズル技術を説明し、5 例(WC 刃肉盛例、蒸気タービン補修例、IMPARA FP7 プロジェクト外例、alumino LMD 例、アルミ粉末を使用したアルミ溶着例)の施行例、LMD 溶着金属の試験例、ヨーロッパでの各種プロジェクト(AMCOR)、OXIGEN(発電用機器補修)、MERLIN(民間航空機関連補修))について概説した。

SLM プロセスについては、CAD データから製品まで積層して仕上げる概要が説明された。TWI で現在保有している装置は、Realizer SLM100(50W)、Reinishaw AM250(200W)、Rapid Part System (1KW) のファイバーレーザーを搭載した機種 3 台で、Ni、Ti、ステンレス鋼などの加工が可能である。1 年半前に 200W のファイバーレーザーを搭載した Realizer SLM100 が設置された。航空機関係、医療関係の製品例、熱交換機の一体成型例、内耳の蝸牛のインプラント部品の製作等精度を要求される部材に適用されている。

ヨーロッパでのプロジェクトとして、Implannt Direct、Mansys を紹介された。

最後に、LMD(レーザーメタルデポジション)と SLM(粉末積層溶融法)の特性比較表が記載されている。

講演 2 SLM 社製の 3D 金属積層造形技術とアプリケーション

ドイツ SLM ソリューションズ社技術部長 Henner Schoeneborn 氏

愛知産業株式会社が日本代理店契約を締結した 3D 金属積層造形機メーカーの SLM 社はドイツ北部のバルト海に面するリューベックにある本社の他に米国とシンガポールに会社がある。1957 年頃にドイツで創立され、現在 135 人の社員がおり、当初から一貫して金属を取り扱っている。

SLM 社は、2003 年頃から金属積層造形の研究開発にかかわってきており、2010 年頃以降、産業レベルの金属積層造形機器を開発をしている。金属積層造形工程は、デザインデータの準備、紛体の準備から連続積層造形プロセスを実施し、紛体の後処理、保持材の除去、熱処理、機械加工等の後処理等の工程から成り立っている。



レーザあるいは電子ビームを使用して行う SLM プロセスで約 80%が適用可能で、他はレーザーメタルデポジション法等を適用することになる。電子ビーム方式は真空中で実施する「ホットプロセス」と言われ、表面が粗く、用途は Ti 系合金、Ni、Co-Cr、インコネル等に限定される。

SLM プロセスは、クルップ社の技術に始まり、レーザ技術を取り入れて発展しており、2003 年にファイバーレーザ技術を取り入れ、2006 年には、歯科用途に SLM100、アルミニウム・銅合金用に高出力 400W 級レーザを開発、最大 4 台のレーザを装備した装置も開発している。

SLM 施工上での各要因を網羅した特性要因図(石川ダイヤグラム)が示されており、需要家、施工準備、製作物サイズ、CAD データ、ビーム特性、材料、プロセス、後処理等の施行上の各種要因が詳細に示されている。

紛体については、ステンレス鋼、工具鋼、Co-Cr 合金、Ti 及び Ti 合金、アルミ合金等の金属粉及びそれらのデータが準備されており、形状としては、球形が良く、材料別の基礎的なパラメータも準備されている。

疲労特性、ミクロ組織、硬さ試験、各種施行例(ヒートシンク、各種のインプラント例、歯科適用例他)等の各種の施工例について説明された。更に、各種機器(SLM125、SLM280、SLM500)について詳細に説明された。

講演 3 3D 金属積層造形技術でのパウダー技術の重要性

英国 LPW テクノロジー社技術部長

Ben Ferrar 氏

LPW社は2007年に英国で設立された会社で、2008年にISO9000認証、2013年に航空宇宙産業関係、2014年には医療関係のISO認証を取得してこれらの分野に金属積層造形用の紛体の供給、技術相談、研究開発を実施している。

金属紛体は、特にレーザーメタルデポジション法及び金属積層造形用のアルミ、コバルト、ニッケル、鋼、チタン、タングステンカーバイド等の金属紛体を製造している。

積層造形用に紛体を供給するために考慮していることは、品質、安定性、コストであり、技術的には、形状(流れ見かけの密度)、サイズ(流れ、分布)、内部気泡、成分等である。また、球状紛体の製造バッチによる差異の調査及び流動性の調査、輸送時の条件による流動状況等についても詳細な調査を実施している。又、繰り返し使用時での酸素含有量の増加等についても測定した例が示されており、使用限界を明確にしている。



紛体の特性については、詳細な検討を実施しており、1例として、米国で発生した紛体積層造形品の割れについてのクレームについての解析が行われており、その原因として、直前に使用した別の紛体成分の混入によることを明確になったことが報告された。

デモンストレーション(愛知産業本社ショールーム)

- ・ SLM280 型 3D 造形
- ・ LMD プロセスによる造形
- ・ CMT プロセスによる造形 他、先端接合技術など。

愛知産業の金属積層造形ソリューション

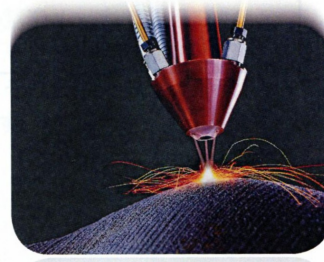
SLMの造形システム



LPWの専用パウダー



愛知産業のノウハウ



愛知産業株式会社の金属積層造形関連のソリューション

1) SLM シリーズ

金属パウダー積層造形システム SLM シリーズ

SLM125(試験や研究開発向け、ステンレス、工具鋼、コバルトチタン、インコネル、アルミニウム、チタン特殊合金の研究開発用に最適。)

SLM280(最大 280mmx280mmx350mm の造形可。400W2 台、400W+1000W 等 2 台のレーザーの同時照射により、高速・高精度の造形が可能。)

SLM500(500mmx280mmx325mm の造形が可能。2 台以上のレーザー(400Wx2 台、400W+1000W、400W4 台)が可能。

2) 3D プリンター用パウダー

SLM(セレクトレーザ用 推奨サイズ 15~45 μ)

EBM(電子ビーム用 推奨サイズ 5~100 μ)

LMD(レーザメタルデポジション用 推奨サイズ 50~150 μ)

3) レーザ粉末肉盛システム(レーザ・メタル・デポジションとは、レーザをワークに照射し、照射領域に金属パウダーを噴射することにより、粉末を溶解し肉盛する施工法。)

(1-2)公益財団法人 溶接接合工学振興会講演会(平成 26 年度 総会：特別講演：懇親会)

日時 ; 平成 26 年 5 月 20 日(火) 15:30~17:30

場所 ; ニューオータニイン東京

講演会 ; おおとりの間(3F)、懇親会 ; 相生の間(4F)

共催 ; 公益財団法人 国民工業振興会共催

1.挨拶 東京大学名誉教授

野本敏治氏

2.表彰状授与式(木原賞、金沢賞)

木原賞・金沢賞受賞者及び受賞業績

賞名	受賞者氏名 (所属会社名)	受賞業績
木原賞	岩波 勝氏 (日立 GE ニュークリア・エナジー(株))	原子力発電所溶接構造物に対する溶接技術及び予防保全技術の耐 SCC 性評価技術研究
	小椋 智氏 (大阪大学工学研究科助教)	ナノレベル組織解析と局部特性評価に基づく異種金属接合プロセスの構築
金沢賞	茅野林造氏 (株)日本製鋼所)	石油精製用圧力容器および天然ガス輸送用クラッド鋼管の溶接技術
	恵良哲生氏 (株式会社 ダイヘン)	デジタル電流波形制御による高品質・高能率溶接プロセス開発とロボットシステムの実用化
	中谷光良氏 (日立造船(株))	生産性、品質向上を目的とした溶接シミュレーション技術の開発



開会挨拶
 木原賞受賞者紹介
 野本敏治理事長
 (木原署審査委員長)

金澤賞受賞者紹介
 宮田隆司教授
 (金澤賞審査委員長)

司会
 吉武進也専務理事



木原賞受賞者(2名) 金澤賞受賞者(3名)
 (岩波氏、小椋氏) (茅野氏、恵良氏、中谷氏)
 受賞者及び上司全員写真

3. 木原賞・金澤賞受賞講演

木原賞(岩波勝氏)	木原賞(小椋智氏)	
		
金澤賞(茅野林造氏)	金澤賞(恵良哲生氏)	金澤賞(中谷光良氏)
		

4.講演「日本鉄鋼業の課題と新日鐵住金に於ける技術開発」

新日鐵住金(株)常務執行役員 技術開発本部 鉄鋼研究所 所長 吉江惇彦氏

講演では、日本の鉄鋼業が現在直面している課題として、グローバル競争問題、資源問題、環境問題の3課題について解説された後、新日鐵住金株式会社の技術開発の現状について詳細に解説された。



課題1 グローバル大競争時代への突入

世界の経済成長率は、先進国ではあまり期待できず、中国が最も高率を示すもののそれでもやや減速気味であり、アセアンの成長力にも期待が持てる。世界粗鋼生産量は2000年を超えたあたりから伸びており、先進国では殆ど変化が見られないが、中国での生産の伸びが著しい。需要の対象は中国とその他の途上国と考えられる。日本鉄鋼業界としては、長期的には新興国の需要の伸びに支えられて鉄鋼需要は拡大するが、新興国の生産量急造の影響による需給ギャップが拡大し、グローバル大競争時代へ突入すると考えられる。

日本の鉄鋼業に求められることは、発展途上国では製造できない高強度・高機能商品の開発が必要と考えており、同時にグローバル生産体制の確立が重要と考えられる。

(纏め)日本の鉄鋼業を取り巻く環境

- 1) 長期的には世界の鉄鋼の需要は拡大するが、需要が伸びるのは新興国
- 2) 新興国での生産量急増による需給ギャップ拡大
- 3) グローバル大競争時代への突入

日本鉄鋼業に求められること

- 1) 高強度・高機能商品の開発と提供
- 2) グローバル生産体制の確立

課題2 資源の高騰と劣質化

資源の高騰が当面の課題であり、銑鉄1T作るのに、鉄鉱石1.5T、石炭800kg、石灰石150kgが必要である。鉄鉱石及び石炭は100%輸入であり、原材料はオーストラリアを中心にブラジル、カナダ等から輸入している。鉄鉱石原料供給企業はオーストラリアに2社、ブラジルに1社の寡占状態になっており、資源メーカーの寡占化により資源価格の高騰、資源の劣質化(含有不純物の増加、微粉化)が問題になっている。

高炉で鉄を生産する場合、高炉に挿入する原材料の鉄鉱石の焼結、コークスを挿入するが、材料強度が低下すると、高炉内で重量により原材料が粉々になって還元反応が進まないようになり、これらの対策が大きな課題である。日本鉄鋼業の課題としては、省資源製造プロセスの開発、劣質資源を使いこなす技術の確立が求められている。

(纏め)日本の鉄鋼業を取り巻く環境

- 1) 資源メーカーの寡占化、資源価格の高騰
- 2) 資源の劣質化 含有不純物の増加、微粉化

日本鉄鋼業にもとめられること

- 1) 省資源製造プロセスの開発
- 2) 劣質資源使いこなし技術の確立

課題3 環境問題

環境問題としてCO₂削減問題があるが、日本の鉄鋼業の製鉄技術は既に世界最高水準にある。日本鉄鋼業のCO₂削減ポテンシャルとしては、粗鋼トン当たり0.07トンで世界で最高水準にあるが、CO₂発生量は、我国の産業部門全体の約39%、我国全体で15%を占めている。このうち70%が高炉製鉄由来であり、CO₂削減には抜本的な技術開発が必要である。新日鐵住金(株)では、水素による鉄鉱石の還元技術、CO₂以外の環境問題対策として3つのエコプロセス(エコプロセス、エコプロダクト、エコソリューション)が進められている。

鉄鋼スラグ中の鉄分の有効利用として藻場造成技術があり、スラグ中の鉄分供給により磯焼け改善が行われている。東京大学・北海道大学との共同研究で実施しており、全国で多くの漁業協同組合と実海域試験が行われている。

新日鐵住金の技術開発

新日鐵住金の技術開発体制としては、技術の先進性、グローバル展開、コスト競争力による総合力世界一の鉄鋼メーカーを目指しており、REセンター(富津)、尼崎研究開発センター、波崎研究開発センターと、各製鉄所の技術研究部からなる。

材料強度の潜在能力と現在の実用化レベルを比較すると、理想強度に対しては差があり研究開発が必要である。鉄鋼では、自動車用のタイヤコード、吊り橋用のメインケーブルワイヤが高強度材料例である。

自動車分野の技術開発

自動車用材料としては強くて軽い車体を創るために、軽量化と衝突安全性向上の両立のために高張力鋼板の使用比率と強度レベルが増加している。

エネルギー分野の技術開発

高強度油井管と特殊ネジ継手 10m~20mの油井管をネジ継手で結合し、数千mの油井を構築するための油井管は、北海では「鉛等の重金属を含有したグリース」が全面使用禁止されており、グリースなしでの潤滑性と気密性を確保している。

洋上風力発電用高靱性鋼(高能率溶接用鋼) 洋上風力用の鉄塔用の鋼材が開発されており、溶接の高能率化に耐え得る鋼として、大入熱溶接でも酸化物・硫化物を分散させて脆化しない鋼材を開発している。

顧客企業連携、産学連携

顧客企業と一体となった共同開発、産学連携をを実施しており、その意義と役割は、1)高い専門性の有効活用、2)多様な智の有効活用、3)人的ネットワークの構築、4)鉄鋼・金属他分野に関連する大学分野の活性化と人材育成への貢献、である。



講演状況

5. 懇親会 司会 大阪大学教授 南二三吉 氏



お祝の歌 二期会 ソプラノ歌手 加藤江美女史
伴奏 法領田れい子女史



(1) はじめのことば

大阪大学名誉教授

豊田政男氏



(2) 木原賞・金澤賞上司挨拶

木原賞受賞者上司		
(株)日立製作所 (渡邊昭夫氏)	大阪大学大学院 (広瀬明夫氏)	
		
金澤賞受賞者上司		
株)日本製鋼所 (東 司氏)	(株)ダイヘン (上山智之氏)	日立造船(株) (北側彰一氏)
		

(3) 乾杯挨拶

産報出版(株)社長

馬場信氏



(4) 楽しい音楽・懇談



(5) 中締 東京大学大学院教授 青山和浩氏



(1-3)平成 26 年度 公益財団法人 溶接接合工学会 第 25 回セミナー

～ 溶接接合技術革新を支援する関連メディアの最前線 ～

日時； 平成 26 年 10 月 21 日(火) 13:00~19:30

場所； 日本精工(株)3 階ホール

主催； 公益財団法人 溶接接合工学会

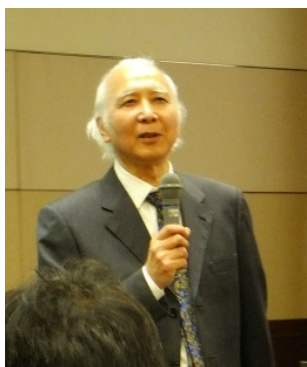
共催； 公益財団法人 国民工業振興会

後援； 一般社団法人溶接学会、一般社団法人日本溶接協会、
公益社団法人日本技術士会

開会挨拶
司会

東京大学 名誉教授
大阪大学接合科学研 究所

野本敏治氏
田中 学氏



野本敏治氏 東大名誉教授 田中学氏 大阪大学教授

講演

1.主旨説明

(株)ダイヘン 上山智之氏

アーク溶接は、被覆アーク溶接棒の技術と大気から溶融金属を保護するシールド技術がそろって初めて実用化を迎えることができた。溶接アークの制御は、直接的には、溶接機器による電流・電圧波形制御やワイヤ送給制御によることが多く、パワーエレクトロニクス技術、メカトロニクス技術、デジタル制御技術が進歩し、スパッター発生防止や溶け込み形状改善、入熱制御に基づく溶接変形の抑制等の各種課題が克服されつつある。

溶接ワイヤ、フラックスなど溶接材料、シールドガスも溶接機器の進化に歩調を合わせて各種の開発製品が提案されており、溶接割れの防止、溶接部の強度改善をはじめ、各種の課題が解決されている。

このような背景のもとで、本セミナーでは、溶接ワイヤ、フラックス及びシールドガスなど関連メディアの技術開発動向に焦点を当て、最前線技術を紹介戴き、溶接機器、溶接ワイヤ・フラックス、及びシールドガスの三位一体の情報交換により、国際競争力のある「ものづくり」技術にいかに関与できるかを考えるヒントになることを期待したい。



2.溶接機器の最前線

(株)ダイヘン 恵良哲生氏

溶接の高能率化に対する課題は、高速溶接化と低スパッター化であり、ワイヤ送給速度一定で、定電圧特性溶接電源を用いる制御技術は、溶接機器のデジタルインバーター制御によりほぼ究極の性能レベルに達している。講演では、炭酸ガス溶接でのグロービュール移行の電流域の低スパッター化について説明された。

炭酸ガスシールド溶接の大電流溶接では、神戸製鋼によりパルス電流波形を用いて、規則的な溶滴移行性を実現する低スパッター炭酸ガスアーク溶接法 (REGARC 溶接法)が開発されており、鉄骨ロボットシステム等に活用されている。

今回、低電流域でもスパッター発生が少ない「シンクロフィード GMA 溶接システム」を開発した。本溶接法では、溶接ワイヤの送給速度を制御し、ワイヤ先端の前進・後退を繰り返すことで、スパッターの少ない溶接が可能で、その機構としてはプッシュモーターとプルモーターの2モーターシステムを利用し、S字ワイヤバッファにより経路情報をデジタル化して、短絡とアーク周期 100Hz を実現しており、炭酸ガスシールドで深い溶け込みが得られる電流波形制御を開発した。本溶接法では 1.2mm 径の溶接ワイヤを用いて、50A から 300A の電流においてもスパッターの少ない溶接が可能である。



3. シールドガスによる深溶け込み溶接技術の最前線(AA-TIG & CA-TIG)

大阪大学接合科学研究所

藤井英俊氏

TIG 溶接の溶け込み深さを増大させる手段として鋼材面に酸化物の塗布する A-TIG 現象が知られているが、酸化物の種類、塗布量の影響について検討した結果、溶融池の酸素量が 70~300PPM の場合に、溶融池内で下向きの対流が発生し、溶融池の溶け込み深さが増大し、D/W (溶け込み深さ/溶け込み幅) が 1.5 倍から 2 倍に増加することを明らかにした。酸化物の種類は Cu_2O 、 NiO 、 Cr_2O_3 、 SiO_2 のいずれの酸化物でも同様の結果が得られている。

溶融池の酸素量を制御する手段として、Ar シールドガス中に酸素を 0.3~0.5% 添加することにより溶け込み深さが数倍になる AA-TIG(Advanced-TIG)を開発した。シールドガス中への酸素添加による W 電極の消耗を防止するために、二重シールド方式を開発し、内部に Ar ガス、外部に Ar-O_2 ガスを流すことで電極の消耗を Ar シールド溶接と同程度におさえている。

さらに、大気を利用した高効率溶接法として、通常の TIG トーチに簡単な溶接用キャップを付けることで、AA-TIG を実現できる CAP A-TIG 法を開発した。本溶接法では、シールドガスの流量により、溶融地内の酸素濃度を制御することができ、シールドガス流量 4~9 l/min の範囲で溶け込み深さが増大した。本法では、母材と同程度の引張強度を有する溶接部が得られ、電極の顕著な消耗は認められなかった。



4. ダブルシールドノズルを用いたエコ MAG 溶接プロセスの最前線

岩谷産業(株)

石井正信氏

メインシールドガスに炭酸ガスを使用し、少量のアルゴンガスとのダブルシールド方式による「ダブルシールド MAG 溶接工法」の開発を目指し、20% Ar - 80% CO_2 シールドとフルデジタル式パルス波形制御電源を組み合わせて低電流域から大電流域まで良好なスプレー移行が得られた。

本開発溶接法の特徴であるダブルシールドノズルでは、内部ノズルから Ar ガスを流し、外部ノズルから炭酸ガスを供給する 2 系統のガス供給となっている。小型設計によるカーボンノズルの耐久性が課題である。

本方式の特徴は、次の通りである。

- 1)高価なアルゴンガスの使用量を大幅削減できた。
- 2)隅肉溶接、狭開先溶接の適用を可能とし、コンパクト設計、ウイーピングによる高効率溶接が可能となった。
- 3)最適パルス波形制御による実用電流域(150~350A)での超低スパッター化が可能となった。



5. アルミ FCW による異材接合技術の最前線

ナイス(株)

大西武志氏

アルミニウム合金を汎用ミグ溶接機を用いて健全な溶接を行う目的で、専用の溶接材料の開発を行い、アルミニウム合金を市販のアルミニウム用レーザー溶接機やミグ、CMT (フローニクス社) 溶接機を使用して溶接できるフラックス入りワイヤの開発に成功した。

従来の溶接材料では、1)安定した溶接作業性が得られない、2)接合界面に脆弱な金属間化合物を多量に生成し溶接割れを発生する事例が多い、(3)剥離強度が低い等の問題点があった。

これらの問題点を解決するために、2 種類の溶接材料、レーザーブレード溶接用フラックス入りワイヤおよびミグ、CMT ブレード溶接用フラックス入りワイヤを開発した。

レーザーブレード溶接、ミグ、CMT ブレード溶接では、アルミニウム合金材のみを溶融し、鋼板は溶融しない溶接法により、健全な溶接部が得られた。金属間化合物の生成が抑制されて剥離強度が向上し、継手性能も良好で、接触腐食が発生しない溶接部が得られた。これらの成果は、自動車、バイク、鉄道



車輛、船舶等への適用が期待できる。

6.同軸複層ワイヤによる純アルゴンミグ溶接安定化技術の最前線

(独法)物質・材料研究機構 中村照美氏

純アルゴンシールドガスを用いたミグ溶接では、溶接金属中の酸素量を低く抑えることが可能で清浄な溶接金属が得られるが、溶接時に長く伸びた溶融金属の液柱を生じ、不規則な短絡の発生し、溶接の不安定要因となっている。

これらの問題点の解決のために、芯線とフープの組成が異なる二重構造の溶接ワイヤを開発し、ワイヤの溶融を均一化して、安定な溶滴移行が可能となった。又、溶接電源としては、定電流特性電源の使用により、安定な溶接電流を得ることが可能となった。

これらの組み合わせで長尺・厚板の試験体の純アルゴンミグ溶接、橋梁を対象とした模擬構造体の純アルゴンミグ溶接を実施し良好な結果を得ている。

同軸複層ワイヤとしては、980Mpa 級高強度鋼用(1.6mm 径)、低温鋼(9%Ni 鋼)用(1.6mm 径)、高 Mn 鋼用(1.2mm 径)の同軸複層ワイヤが開発されており、厚板長尺板のクリーンな MIG 溶接が可能である。

さらに、純アルゴン溶接の補修溶接への適用を検討するため、低変態温度特性を持つ同軸複層ワイヤ(LTT 同軸複層ワイヤ)を開発した。橋梁等の補修溶接をターゲットとして立向き及び横向き溶接の適用可能性を検討しており、良好なビード外観が得られている。



7.REM 添加ワイヤを用いた炭酸ガスアーク溶接技術 “J-STAR Welding” の最前線

JFE スチール(株) 片岡時彦氏

炭酸ガスシールド溶接での中電流域(自由溶滴移行)のスプッター発生量を従来比 1/10 に低減可能な溶接法 “J-STAR Welding”を開発した。

本溶接法では、ワイヤ中に REM(希土類金属 Ce、La、Y)を微量添加した専用ワイヤを用いて、正極性(ワイヤマイナス)で使用する。これによりワイヤ先端を頂点とする円錐状のアークを形成し、溶滴の微細スプレー移行を炭酸ガスシールドアーク溶接で実現し、スプッターを大幅に削減した溶接が可能となった。本溶接法では、スプッター低減(1/10)、深い溶け込み(約 1.5 倍)、溶接ヒューム発生量低減(50%減)、ソフトな音圧(50%減)、スラグ剥離性の向上等の特徴がある。

この特性を活かして中板厚の突合せ溶接に適用し、15m の連続溶接を実現し、40 度開先の採用により施工時間を従来比 2/3 に短縮した。本溶接法の特性を活かして、I 型狭開先を使用し、先端曲がりチップと本法の深溶け込み特性を活かして、1 層 2 パス狭開先溶接を実現した(板厚 100mm を 16 層 31 パス溶接)。又、タンデムアーク溶接では、先行電極に本溶接法を適用し、炭酸ガスタンデムアーク溶接でのアーク安定化を可能にした。



8.フラックス入りワイヤの新たな付加価値創造による溶接品質向上の最前線

(株)神戸製鋼所 鈴木勸一氏

フラックス入りワイヤを使用する炭酸ガスシールド溶接は、高溶着速度、優れた全姿勢溶接性、水平隅肉溶接性、低スプッター発生量、スラグ剥離後の美しいビード外観等の特徴から、特に、造船分野、橋梁分野で主力品種として活用されており、厚板分野において独自の市場を形成してきた。

これに対して、フラックス入りワイヤを 100%アルゴンガスと組み合わせた溶接プロセス、MX-MIG 溶接は、アーク安定性に優れ、極低スプッター溶接が可能で、非酸化性雰囲気中で溶接されるので、スラグ発生量も極微量とすることが可能である。



溶接材料には、溶鋼の表面張力を変化させる特殊元素の添加も可能で、アーク直下での溶融地の流れを制御することができる。これによりビード形状を平らで美しくでき、アンダーカットの発生防止、高速溶接性の向上が可能となる。更に溶接ビード表面に形成されるスラグを凝集させることも可能である。このような表面張力制御を「MX-MIG」プロセスに組み込むことにより、高能率で美しいビード形状、優れた疲労特性、極少量のスラグ発生量により溶接後の良好な塗装性の確保等の各種特性が確保でき、今後、フラックス入りワイヤの適用分野は、薄板溶接分野、ロボット溶接分野に広がっていくと考えられる。

9.まとめ

大阪大学接合科学研究所

田中 学氏

アーク溶接を溶接機器、溶接材料、シールドガスから構成される一つのシステムとして考えると、シールドガスは大気からのシールドとガス中の電子やイオンを生み出しアークを形成する「場を提供」し、溶接ワイヤは電子の放出や流入を通じて電流を維持し、又様々なガスやフラックスを場に提供し、アークを変え、溶融地を変える「場の演出」である。溶接機器は、アーク発生し、電流の制御、アークの場を制御して、熱や物質の輸送を制御する「場の進行」を担っている。シールドガス、溶接材料、溶接機器は、それぞれに役割を担っており、アーク溶接技術を革新するためには、これらの三位一体の取り組み、進化が必要である。本セミナーでは、各講師がシールドガス、溶接材料、溶接機器のそれぞれの立場に立って、それぞれの役割と機能を活かした新技術を提案している。

今後、「場の提供、演出、進行」に加えて、可視化・シミュレーション技術を駆使した溶接現象の正しい理解、すなわち「場の把握」を取り入れて、究極のアーク溶接技術を追求したい。

10.閉会挨拶

東京大学 名誉教授

野本敏治氏



野本敏治氏 東大名誉教授



田中学氏 阪大教授



講演会風景 1



講演会風景 2



講演会風景 3

懇親会



司会 吉武進也氏
溶接接合工学振興会
専務理事



挨拶・その後の司会
南二三吉氏
阪大教授



挨拶・乾杯 興石房樹氏
(株)神戸製鋼所



中締め挨拶 青山和浩氏
東大教授

(2)一般講演編

(2-1) 講演 「医薬品開発最前線 バイオ医薬品を創る」

日 時：平成 26 年 7 月 4 日（金）14:00～16:00

場 所：ニューオータニイン東京 4F 「相生の間」

主催 公益財団法人 国民工業振興会

共催 東京商工会議所・大田支部・品川支部

公益社団法人 日本技術士会

公益財団法人 溶接接合工学振興会



開会の言葉・講演者紹介

吉武進也氏

(公財)国民工業振興会専務理事



お礼の言葉

田中良平先生

東工大名誉教授

講演 「医薬品開発最前線 バイオ医薬品を創る」

中外製薬株式会社 CMC 開発部長 遠矢まゆみ氏

講演者は、中外製薬株式会社開発研究所で、医薬品薬効・安全性研究業務に従事されており、特にバイオ医薬品の開発に参画し、プロジェクトリーダーとして新規医薬品の開発・製品改良に携わっておられる。今回のご講演では、一般的な医薬品についての説明に続き、バイオ医薬品の説明、中外製薬(株)の宇都宮工場での生産現場のビデオ上映、更に製薬企業の責務と使命について詳細に説明された。

医薬品の特性としては、生体に直接作用する生命関連性から、安全性・有効性・安定性等の高品質が要求され、日本では厚生労働省の薬事法の規制を受ける。更に、情報の重要性、公共性、使用の緊急性、売り出した後の情報管理の重要性等でも特徴付けられる。

医薬品は、有効成分の合成、動植物からの抽出、微生物等の利用によるバイオ技術を利用して生産を始め、患者が服用しやすい形に加工する製剤工程を経て、検査・包装して市場に提供される。

医薬品が使用者(患者)に届くまでには、規格に適合し適切に保管された原料、整備された設備、トレーニングされた作業員により、製造、検査・包装、検査を経て製造・出荷され、これらの工程は、GMP (Good Manufacturing Practice “医薬品及び医薬部外品の製造管理及び品質管理の基準に関する厚生労働省令”)に基づき、製造管理、品質管理されている。これらの医薬品の開発には、開発から商業生産開始迄、基礎研究・非臨床試験・臨床試験・承認申請・審査に長期間を経て発売に至り、製造販売後も調査試験が実施されている。開発に際しては、品質、コスト、スピードのバランスが重要で、常にこれらの最適化を心がけている。開発後も生産と製造原価の管理に際して、品質、コスト、スピードが要求される。

医薬品産業は、生産管理指標から見れば、他の産業(自動車、航空、IT業界)と比較して、コスト面では設備占有率が他産業と比較して低く、材料購入から出荷までのリードタイムが長く、又、その為に製品在庫を多く持っている。





講演風景

医薬品の歴史と進化については、1900年代から天然物由来の薬から始まり、合成技術による薬、生体内の受容体の動きに注目した薬が研究され、1980年代からは遺伝子組換えの技術が始まり、動物細胞、ゲノム技術の応用、バイオ医薬品が新技術としてスタートし、2000年頃から抗体医薬、分子標的薬が創られ、遺伝子技術で抗体をつくる技術が進歩し、個別化医療、遺伝子治療、再生医療が次の世代の医療と考えられている。

ゲノム研究に進み、ゲノム配列の個人差が判れば副作用の無い薬が開発でき、創薬、個人差の解析による個別化医療すなわち患者遺伝子の違いによる薬剤の選択に進むことができる。

バイオ医薬品は、化学合成による分子量1000以下の低分子医薬品と異なり、生体高分子(ペプチド、タンパク質、抗体など)由来で、バイオテクノロジーの活用により製造する。主な薬剤には蛋白製剤、抗体医薬などがあり、抗体医薬品の疾患への薬剤貢献度が向上している。

バイオ医薬品の売上高は急速に伸びており、グローバル売上高は、組換えタンパク質、モノクローナル抗体、組換えワクチン、その他のバイオ医薬品から構成される。2011年までのデータでは、分子標的薬・ワクチンの輸入が急増しているが、中外製薬(株)では国産の抗体医薬を製造しており漸増している。

生産管理指標から見たバイオ医薬品の特徴は、コスト面で年間生産性に改善の余地がある。バイオ医薬品の製造工程は、種細胞からスケールアップし、10,000Lタンクで培養し、バイオ技術の最適化により、精製工程で不純物を取り除き薬の元になるタンパク質のみとし、抗体原薬を製造する。ここまで3ヶ月位かかる。

バイオ医薬品生産の特徴としては、合成医薬品に比較して、製造期間(リードタイム)が長いことで、温度、PH等環境に対するストレスに弱いため製造の各工程で環境維持と品質の確認が必要であり、分子の複雑性から、又、動物細胞が作り出す製法の為、製品品質の継続的フォローと改善が必要で、設備投資、人材確保と育成、複雑な製造プロセスと長い製造期間のために製造原価が高くなることである。



講演風景

中外製薬(株)の宇都宮工場のバイオ医薬品の製造工程をビデオを上映して紹介され、完全な無人化、機械化された工程で製造される様子を知ることができた。新薬が開発されるまでには早いもので、5年

位が必要で、製造法の開発研究、工業化研究が行われている。

バイオ医薬品工場(中外製薬(株)宇都宮工場)の要員構成は全体で約500人程度、製造に52%、技術・品質管理に25%、設備・システム他に15%、品質管理に8%が従事している。

製薬会社の責務と使命として、新薬開発の推進、安全性の確保、安定供給の確保が重要である。バイオ製品の品質管理と安全性確保としては、培養、精製、製剤化と保存、投与と体内動態に区分して評価している。バイオ製品の継続的品質改善とこれらの知見を新薬開発へのフィードバック、グローバル安定供給の確保、地震対策等、更なる生産性向上を目指して優秀な人材の確保による従業員の生産性向上、プロセス改善によるコスト削減等に努め、それらの結果による付加価値のある製品の創出に努めている。

バイオ製品のグローバル安定供給の確保のために、米国では原薬の製造、ドイツでは製剤に拠点を有している。また、国境を超えた長いサプライチェーンとか原薬を-50℃で輸送するコールドチェーンが確立している。

製造現場では、優秀な人材の確保が重要で、従業員の生産性向上、ヒトが基本であることが協調された。また、医薬産業は、研究開発による科学技術の発展への貢献、新薬開発による健康で安心な社会への貢献、収益確保による経済成長への貢献サイクルを回すことを目指している。

最後に、

~Doing now what patients need next~

の言葉で講演を締めくくられた。

講演後、多くの熱心な質問があり、懇切丁寧に説明され、理解を深めることができた。



講演風景

(2-2)特別講演会「経済産業省による電力事情の諸問題」(平成26年12月15日)

ニューオータニイン東京 「おとりの間」

主催 公益財団法人国民工業振興会

共催 日刊工業新聞社

東京産業人クラブ

公益財団法人溶接接合工学振興会

後援 公益社団法人日本技術士会

東京商工会議所 本部・品川支部・大田支部

開会挨拶 公益財団法人国民工業振興会 理事長

東京商工会議所 特別顧問(元副会頭)

愛知産業株式会社代表取締役会長・東京産業人クラブ会長

井上裕之氏

講師紹介 公益財団法人国民工業振興会 専務理事

日本技術士会参与・金属部会名誉部会長

吉武進也氏



井上裕之氏



吉武進也氏

講演 「経済産業省による電力事情の諸問題」

経済産業省 資源エネルギー庁 電力基盤整備課長

石崎 隆氏

東日本大震災以降、日本の電源構成が大きく変化し、化石燃料に対する依存度が増加した。2013年度での電源構成では化石燃料(天然ガス、石油、石炭(海外炭)等)の海外依存度が88%に達しており、これは、1973年の第1次オイルショック時の化石燃料海外依存度76%、大震災前の同62%を大きく凌駕しており、国民生活・経済への影響、CO₂排出量増加による地球温暖化への影響が極めて大きい。また、我が国の一次エネルギー自給率は、大震災(2010年)時の19.9%に比較して、2012年度では6.0%に低下しており、これはOECD加盟34ヶ国中33番目の低い位置付けで大きな問題となっている。電力料金の推移をみると、22年度に対して25年度は一般家庭用で約20%、工場・オフィス用で約30%の上昇を示している。又、電力各社の経常損益も悪化しており、3期(平成23年度、平成24年度、平成25年度)連続赤字を計上している電力会社は、北海道、中部、関西、中国、四国、九州の各電力会社に及んでいる。



エネルギー基本計画の全体像に関しては2014年4月11日に閣議決定しており、基本的視点は、安全性を前提として、安定供給(エネルギー安全保障には再生可能エネルギー・原子力が有利)、コスト低減(効率性は原子力・石炭が有利)、環境負荷低減(再生可能エネルギー・原子力が有利)を追求・実現することにある。あらゆる面で優れたエネルギー源はないので、エネルギー源ごとの特性を踏まえ、現実的かつバランスのとれた需給構造を構築する必要がある。

各エネルギー源の位置付けは次の通りである。太陽光、風力、地熱、水力、バイオマス・バイオ燃料等の再生可能エネルギーの位置付けについては、温室効果ガス排出がなく有望かつ多様で重要な低炭素の国産エネルギーで、3年間導入を最大限に加速し、その後も積極的に推進する。原子力は、準国産の低炭素エネルギー源として、優れた安定供給性と効率性を有しており、運転コストが低廉で変動も少なく、運転時には温室効果ガスの排出もないことから、安全性の確保を前提に、重要なベースロード電源と位置づける。石炭は安定性・経済性に優れた重要なベースロード電源として、環境負荷を低減しつつ活用する。天然ガスはミドル電源の中心的役割を担う重要なエネルギー源である。石油は、運輸・民生部門を支える資源・原料として重要な役割を果たし、ピーク電源としても一定の役割を担う。LPガスはミドル電源として活用可能であり、緊急時にも貢献できる分散型のクリーンなガスエネルギー源である。

日本の現状(2012)は、原子力・石炭・一般水力・地熱のベースロード電源が、2010年の60%(世界的な標準値)から2012年には40%に低下している。天然ガス・LPガス等のミドル電源が29.3%から42.5%に増加、石油・揚水式水力等のピーク電源が7.5%から18.3%に増加している。これらのエネルギー構成については、来年の早い時期に、エネルギー基本計画を踏まえ、原子力発電の再稼働、再生可能エネルギーの導入やCOP(気候変動枠組条約締結国会議)などの地球温暖化問題に関する国際的な議論の状況等を見極めて設定していくとしている。

日本の原子力発電については、現在48基あり、新規規制基準への適合確認を13原発20基が申請している(泊3、柏崎刈羽2、東通1、女川1、東海1、浜岡1、志賀1、大飯2、高浜2、島根1、玄海2、川内2、伊方1)。ちなみに新規規制基準には、意図的な航空機の衝突への対応、放射線物質の拡散抑制対策、格納容器破損防止対策、炉心損傷防止対策等が新設されており、従来規制項目も強化されている。

原子力事業については、電力システム改革が進展し、地域独占・総括原価料金規制が撤廃される。国と原子力事業者の役割分担を含めた事業環境の整備に向けて、平成28年を目途に電力の小売り全面自由

化の実施が予定されている。

我が国は、原子力発電所の使用済燃料を再処理し、取り出したウランとプルトニウムを再利用する核燃料サイクルの推進を基本の方針としており、これらの諸課題は技術の動向、エネルギー需給、国際情勢等の様々な不確実性に対応するため、柔軟性を持たせることが重要である。

高レベル放射性廃棄物の最終処分については、2000年に最終処分法が成立し、原子力発電環境整備機構(NUMO)が2002年より調査受入れ自治体を公募したが、処分地選定のための文献調査にも着手できていない状況で、昨年12月に最終処分関係閣僚会議を開催し、国が科学的により適性の高い地域(科学的有望地)を提示する等の新たなプロセスを追加決定し、今秋から専門家による総合資源エネルギー調査会放射性廃棄物ワーキンググループで検討を開始している。

原子力防災対策・避難対策については、防災対策を重点的に実施する範囲の拡大、地域ごとの防災対策の強化、より実践的な総合防災訓練の実施等、防災対策・避難対策の強化を図っている。

我が国の再生可能エネルギーの発電電力量に占める再生可能エネルギーの割合は10.7%で、水力を除けば2.2%しかなく、今後風力、地熱等の拡大の余地がある。再生エネルギーについては、コスト高の克服、出力の不安定性への対応、立地制約の克服等の課題がある。

再生可能エネルギーについては、「固定価格買取制度」(FIT)の安定的かつ適切な運用に加えて、洋上風力の開発・実証、地熱発電の導入促進、地域分散型再生可能エネルギーの導入促進等の取組を強化し、最大限導入を加速する必要がある。

最後に、徹底した省エネルギー社会の実現を目指し、省エネ設備の導入を行う事業者を積極的に支援すると共に、住宅・ビルのネット・ゼロ・エネルギー化の推進、運輸部門の省エネルギー対策についても言及され、電気自動車、プラグインハイブリッド自動車、クリーンディーゼル自動車、燃料電池自動車等の次世代自動車の導入措置についても言及された。



講演会風景

謝辞

公益財団法人国民工業振興会 理事
東京工業大学 名誉教授

田中良平氏



田中良平氏

(2-3)特別講演会「経済産業省による中小企業に対する各種支援策」

主催 公益財団法人 国民工業振興会
共催 日刊工業新聞社
東京産業人クラブ
公益財団法人 溶接接合工学振興会
後援 東京商工会議所 本部・品川支部・大田支部
公益社団法人日本技術士会
日時 平成 27 年 3 月 31 日(火) 14 時 00 分～16 時 00 分

1. 挨拶 公益財団法人国民工業振興会 理事長
東京商工会議所 特別顧問(前副会頭)
愛知産業株式会社 代表取締役会長・東京産業人クラブ会長 井上裕之氏
2. 講師紹介 公益社団法人国民工業振興会 専務理事 吉武進也氏



井上裕之会長

吉武専務理事

3. 講演「経済産業省による中小企業に対する各種支援策」
経済産業省 中小企業庁 技術・経営革新課長 平井淳生氏

講演は、中小企業に対する経済産業省及び関連省庁から提供されるものづくり等に関する各種補助金について、系統的に大変詳細な説明を戴いた。

現在公募中の中小企業・小規模事業者ものづくり・商業・サービス革新事業(26年度補正予算額 1,020.4 億円)については、今年が 3 年目の公募であり、既に募集が始まっている。本補助金は、各都道府県の中小企業団体中央会が取り扱っており、審査は各県ごとに実施されるので、県内での革新的事業、初めての商品、新しい生産プロセス、ビジネスモデル等についての応募が期待される。昨年度の実績では、約 36,000 件の応募に対して、14,431 件が採択されており、サービス分野は約 2000 件で、残りはものづくり分野であった。本補助金は、補助金の上限額は 1000 万円、補助率は 2/3 である。

我が国の現在の中小企業政策は、時代の要請に応じて基本理念が見直され、様々な支援施策が整備・充足されてきている。即ち、小規模事業者の事業継続に価値を見出し、それに焦点を絞った施策の再構築と我が国の強さを支える中小企業の新たな挑戦を応援するイノベーション革新がその柱である。本日は、後者に焦点を絞って説明する。

中小企業ものづくり基盤技術の高度化法(通称サポイン法、本年度予算は現在、国会で予算審議中。)は、中小企業の基盤技術の高度化に向けた国の指針が示されており、27年度の予算総額は128.7億円で、中小ものづくり高度化法の計画認定を受けた中小企業・小規模事業者が大学、公設試等の研究機関等と連携して行う研究開発等を支援するものである。一般型では、2年又は3年の研究期間で、補助上限額おちがちは1億円、2年目は4,500万円であり、事務的な負担軽減のためにも、大学、公設試と連携して実施することを推薦された。

ものづくり基盤技術は従来 22 に分類されていたが、25 年度に大幅に見直し、機能で分類して 11 に集約しており、更に、平成 26 年度には、デザイン開発技術が追加されて 12 の基盤技術に分類されてい



る。又、基盤技術高度化指針が抜本的に改正されて、中小企業には自己負担を伴う補助事業(補助率 2/3)に変更となったが、購入機器設備、発生した知的財産権等は企業に帰属することになった。認定件数は、25 年度までで 4000 件を超えており、予算も累計で 1100 を超えている。事業化達成例としてプレス加工例、ロー付けによるダイヤモンド固定ワイヤソー開発例が紹介された。

更に、各省庁が関与する中小企業技術革新制度(SBIR)制度について説明され、今年度は 111 本の特定補助金で、455 億円を設定して、閣議決定される。平成 11 年度に発足して以来、順調に推移しており、直近の 10 年間は年間実績額は 350 億円を達成している。本補助金の交付を受けた中小企業は、平成 23 年度までで延べ約 26,000 社に達している。

更に、中小企業のイノベーション関連税制・金融について説明があり、中小企業投資促進税制、研究開発税制の優遇措置・税制改正概要、ものづくり中小企業向け財投(企業活力強化資金)について説明された。税制での中小企業者等は資本金額が 1 億円以下の法人となっており、中小企業基本法での定義とは異なっているので注意が必要である。

最後に、中小企業・小規模事業者の未来をサポートするポータルサイト「ミラサポ」の活用について紹介された。ミラサポでは、国や公的機関の施策情報を一元的に提供しており、公募情報等も提供している。また、双方向のコミュニティを運営しており、中小企業が書き込みも可能である。更に、専門家派遣も 3 回までは無料であり、また、補助金の電子受付も実施しており、これらの活用が期待されている。

最後に、質問について詳細に説明戴いた。



講演風景

謝辞 公益社団法人日本技術士会専務理事

高木譲一氏



JIPA

公益財団法人 **国民工業振興会**

〒140-0002 東京都品川区東品川 4-9-26

Tel 03-6834-2703 Fax 03-6834-2704

E-mail jipa@jipa-japan.or.jp

<http://www.jipa-japan.or.jp>