

三大材料のひとつ、セラミックス材料の過去・現在・未来



一般社団法人
日本ファインセラミックス協会
専務理事
矢野 友三郎

1. セラミックスの創成期

金属、高分子材料と並ぶ三大材料のひとつであるセラミックスは、日本がグローバル市場の4割(米国は3割)を占める数少ない強い材料である。御承知のように、セラミックスの歴史は古く、縄文土器や弥生土器というオールドセラミックスに始まり、今年で400年祭を迎える陶磁器の有田焼、明治に入り工業用セラミックスとしての耐火レンガ、そして、40年前の新素材ブームでファインセラミックスが登場し、昭和61年(1986)に当協会が発足した。

アカデミックでは、現在の日本セラミックス学会(日本セラミックス協会)が発足したのは、明治24年(1891)で、今年で設立125周年を迎える。そして、日本のセラミックス産業を牽引した東京高等工業学校窯業科(現在の東京工業大学)が発足したのは明治27年(1894)である。

産業界では、明治30年(1897)に宇部興産、明治37年(1904)のノリタケ、明治40年(1907)の旭硝子などの100年企業が発足した時代でもある。パリのエッフェル塔が建設されたのは、明治32年(1889)の第4回パリ万国博覧会で、時代の流れを感じるとともに、日本の基盤を作った先人に感謝である。

2. 今日のセラミックス産業

この長い歴史と技術の蓄積があったから、日本のファインセラミックス産業は世界トップの座を占めることが出来ている。昨年のファインセラミックス産業の生産額は、過去最高の2.5兆円を記録した。東京オリンピックが開催される2020年の世界市場は11兆円、日本の生産額は4兆円と予測されている。この大きな成長は、近年の環境・エネルギーの時代の要請に応えた、耐熱・耐摩耗の効率化や小型化、軽量化等に優れたセラミックスの特性の結果である。

セラミックスの応用分野は、エレクトロニクス、自動車、航空機宇宙、医療、エネルギー等と幅広い。スマートフォンに内蔵されているセラミックスコンデンサーに代表される機能材料と構造材料に大きく分かれる。日本では、ファインセラミックスは機能材料として多用されているが、欧米では、構造材料が大きな位置を占めている。具体的には、航空機向けのセラミックス繊維の複合材、原子力燃料の保護材、光学用透明セラミックス、防弾チョッキ等がある。



図1: 795個のセラミック電子部品が収まるスマートフォン
(出所)村田製作所広報資料



図2: 航空機セラミック繊維エンジン LEAP
(出所)CFM インターナショナル資料

3. 今後のセラミックス産業

今年4月下旬、クリーブランド(オハイオ州)で開催された北米最大のセラミックス展示会へ出席した。昔に比べてビジネス環境はずいぶん様変わりし展示会で国境を越えたダイバシティの広がりを見ると、国際的な流動の中で、日本は主要な地域から外れつつあるのではと一抹の不安を覚えた。良く言えば、大変刺激を受けた。出展社は皆、セラミックスファミリーであるが、競争相手は日本企業だけでなく、欧米企業はもちろん、力をつけているアジア企業も手ごわい。

現在、今年11月のJFCA設立30周年を記念して、セラミックス産業のRoadmap2050を東京工業大学、名古屋工業大学と3機関で策定中である。春に専門家インタビューが終わり、5~6月に日米欧アンケート調査、7月にオープンワークショップを経て、11月に公表予定である。

一抹の不安は、世界大学評価機関の世界大学専攻分野別ランキング(材料科学コース)調査で、日本の世界ランキングが低下していることである。

世界トップ3校は米国のMIT、スタンフォード大、英国のインペリアル・カレッジ・ロンドン大である。

世界 50 傑に入る日本の大学は、東大 (17 位)、東北大 (22 位)、東工大 (24 位)、京大 (25 位)、阪大 (44 位) の 5 校で、これは米国 19 校に続き中国 5 校と並ぶ。U S ニューズでは、世界 100 傑には中国 26 校、米国 25 校、韓国 8 校に続き、日本は英国並び 6 校である。

日本がセラミックスで積み上げてきたものは大きく、世界市場の 4 割を確保し戦う武器は多く持って

いる。今後は、それをどのように使いこなし、世界で稼ぐのかと言うグローバルレベルでのマネジメントのあり方である。社会が多極化し非連続な変化の中で、振り回されない「自己軸」、限られた経営資源の中で、どの市場や事業に「張る」かが大事である。もう神風は吹かない、内輪で小競り合いをしたり、立ち止まったりしている余裕はない。

JRCM REPORT

「電子ビーム三次元金属積造形技術の周辺技術等」に関する 技術動向調査

一般財団法人金属系材料研究開発センター 環境・プロセス研究部長 松尾 充高
日鉄住金総研株式会社 参与 産業技術部長 研究主幹 宮前 収

JRCM と日鉄住金総研株式会社 (以下、NSRI) は共同して、標記の調査を実施しましたので、概要を次のとおりご報告いたします。

調査範囲は、①原料となる金属粉末生成技術、②製品の検査技術、③リアルタイム・イン・プロセスモニタリング及び制御技術、④マテリアルズ・インフォマティクスとの融合技術で、特に①原料となる金属粉末生成技術を中心に調査しました。

電子ビーム三次元金属積層造形技術は、図 1 に示すようにホッパーから直径数十 μm ~ 100 μm 程度の金属粉末を供給して薄い層 (ベッド) を形成し、電子ビームを照射することで溶融・凝固させるプロセスを繰り返し造形するものです。原料となる金属粉末には、製品の信頼性の点から酸素などの不純物が極めて少なく高純度であること、ボイド等の欠陥が無いことが求められるのは当然ですが、更に生産性を上げるためにベッド形成が迅速であることが求められます。そのためには金属粉末の流動性を上げることが必要で、粉末の真球度を高くすることと粒径分布を小さくすることで流動性を上げることができます。

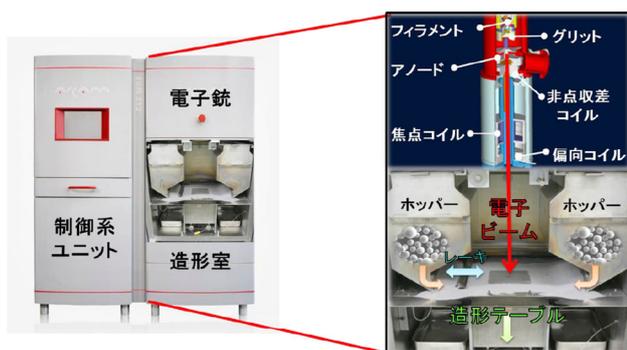


図 1: 電子ビーム三次元金属積層造形装置の概要
(出典: 積層造形医療機器開発ガイドライン 2015 (総論) (手引き))

現在は、これらの要求を満たすものとしてプラズマアトマイズ法が適用されていますが、電子ビーム三次元金属積層造形技術を広く普及させるには、金属粉末の低コスト化が課題になる可能性が高く、金属粉末生成法を幅広く調べました。以下に調査結果の一部をご紹介します。

粉末冶金などで最も一般的に使用されているのは図 2 に示すガスアトマイズ法で、酸化を嫌う場合は Ar、N₂ 等の不活性ガスが使用されます。高速のガス流を使用するため、気泡欠陥が混入するとの見方があります。酸化と粉末の真球度がさほど問題にならない場合はコストの安い水アトマイズ法が使用されます。ガスの使用量が少ないアトマイズ法としては回転電極法があります。米国 Nuclear Metals, Inc. により開発された製法であり、高純度かつ真球度の高い金属粉末ができますが、50 μm 以下の粒子を作るのが難しいとされています。

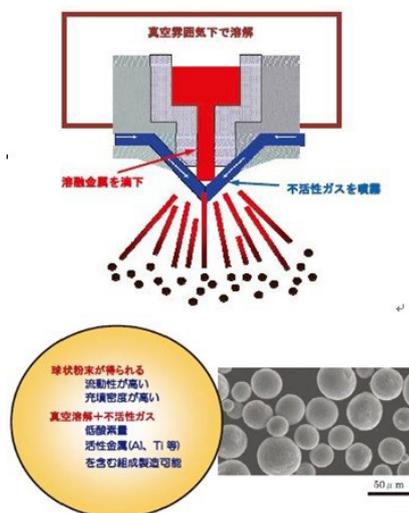


図 2: ガスアトマイズ法の概念図と粉末画像
(出典: Sanyo Technical Report Vol.22(2015) No.1)

欠陥が極めて少なく高純度な製法としてカナダの PYROGENESIS 社と Hydro-Quebec 社の特許として高純度球状 Ti 粉末のために開発されたプラズマトマイズ法があります。(次ページ図 3) 電子ビーム三次元金属積層造形用として最も多く用いられています。

プラズマトマイズ法は、高品質な金属粉末が得られる一方、設備費が高くバッチ処理でコストが高い欠点があります。誘導プラズマトマイズ法(次ページ図 4)は、表 1 に示すように入熱を大きくでき生産性が高い特長があります。加えて連続処理が可能な設備も登場してきており、高品質でありながらコスト上昇を抑制できる可能性があり今後注目すべき技術といえます。

表 2 に各種金属粉末の生成法の比較をまとめています。金属粉末の流動性向上や凝着防止は製造における大きな課題であり、金属粉末表面を修飾(表面処理)することも解決手段になりえます。また、酸化しやすい Mg などの粉末は粉じん爆発の危険があり、安全性の確保が重要です。そこで金属ナノ粒子で行われている表面修飾技術を調査してまとめました。表 3 にその結果を示します。無機物ではシリカによる修飾の研究開発が複数の大学・研究機関・企業で行われており、有機物の修飾も複数行われています。修飾のプロセスは、コロイダルシリカのような液相で修飾する方法、高圧二酸化炭素のような気相で修飾する方法、ビーズミルを使用するような固相で修飾する方法があります。

表 1: プラズマトマイズ法とプラズマ誘導結合法の比較表
(出典: AP&C 社、Quebec 社、TEKNA 社のホームページ情報等を参考に NSRI 作成)

	Arcam(AP&C)	TEKNA
アトマイズ法	プラズマトマイズ法	プラズマ誘導結合法
Feed stock	ワイヤー	粉末
金属種	ワイヤー状にできる金属種に限定 Ti, Ni, NiTi, Mo 等	高融点金属を含むあらゆる金属種に対応可能
装置の消費電力	195kW	50kW ~ 600kW
生産量	約 6.3kg/h (150kg/day)	1kg/h ~ 60kg/h

表 2: 金属粉末生成法の比較

製造方法	採用メーカーや研究機関	金属種	課題等
水アトマイズ法	山陽特殊製鋼 神戸製鋼所 JFE ホールディングス 福田金属箔粉工業	Cu 系 Zn 系 SUS 系 Fe 系	・コストが安い (◎) ・酸化する (×) ・真球度が低い (×)
ガスアトマイズ法	通常方式	Ti 系 Fe 系 Ni 系 Co 系 SUS 系 Al 系 Mg 系	・コストが安い (○) ・真球度が高い (○) ・不活性ガス (N ₂ , Ar) を使用すれば酸化しない (○) ・気泡混入の可能性のある (△)
	レビアトマイズ法	大同特殊鋼	・上記+耐火物との接触が無く高純度 (◎)
回転電極法	福田金属箔粉工業 Nuclear Metals	Ti 系 Ni 系 Zr 系	・微細化が難しい (△) ・真球度がやや低い (△)
プラズマトマイズ法	AP&C (Arcam)	Ti 系 Ni 系 Nb 系 Mo 系	・高純度 (○) ・真球度が高い (○) ・気泡欠陥が少ない (○) ・コストが高い (×)
誘導結合プラズマ法	日立金属 TEKNA	幅広い金属種に対応可能 Ti 系 Ta, Mo, W Cr/Fe/C	・高純度 (○) ・真球度が高い (○) ・気泡欠陥が少ない (○) ・生産性が高くプラズマトマイズ法よりは低コスト (△)
ディスクアトマイズ法 ・通常方式 ・ハイブリッドアトマイズ法	山陽特殊製鋼	低融点金属 ハンダ等	・微細化が難しい (△) ・高融点金属の安定製造が課題 (△)

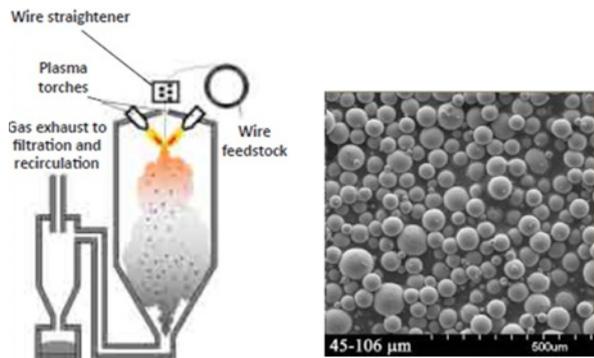


図3：プラズマトマイズ法の概略図と粉末画像

(出典：Raymor AP&C: Leading the way with plasma atomised Ti spherical powders for MIM)

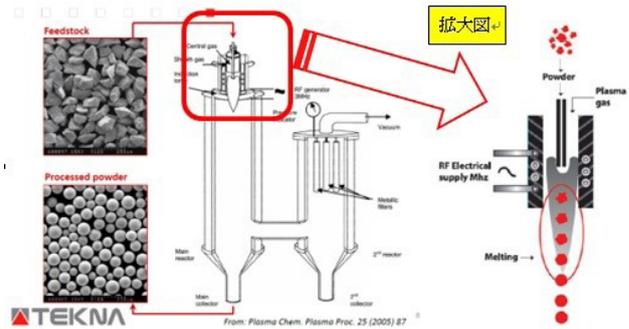


図4：誘導プラズマトマイズ法の概略

(出典：TENKA 社資料 Recycling spherical powders, Induction Plasma Synthesis and Processing Additive Manufacturing)

表3：研究機関等における凝集防止のための粉体表面の修飾・分散剤の研究開発リスト
(出典：ナノ粒子の最先端)

大学・研究機関・企業名	内容
北海道大学	銅ナノ粒子の表面被覆
信州大学、東京理科大学	水系における金ナノ粒子のシリカ被覆
東京農工大学、東北大学	シランカップリングによる表面処理
山形大学	シード粒子成長法による機能性微粒子調整
山口東京理科大学	自己組織化による二元金属ナノ粒子の生成
日輝触媒化学	コロイダルシリカの表面処理
大阪大学	ナノ粒子の接合による構造制御と高機能化
ホソカワミクロン、東京農工大学	ビーズミルによる有機溶媒中での表面修飾
エム・テクニク、東京理科大学	強制薄膜式リアクターによる表面処理
福岡大学	高圧二酸化炭素を用いた表面改善
ホソカワミクロン、大阪府立大学	乾式機械的処理による複合または表面被覆
東京工業大学	ナノ粒子への有機物の被覆

【JRCM理事会・評議員会のご報告】

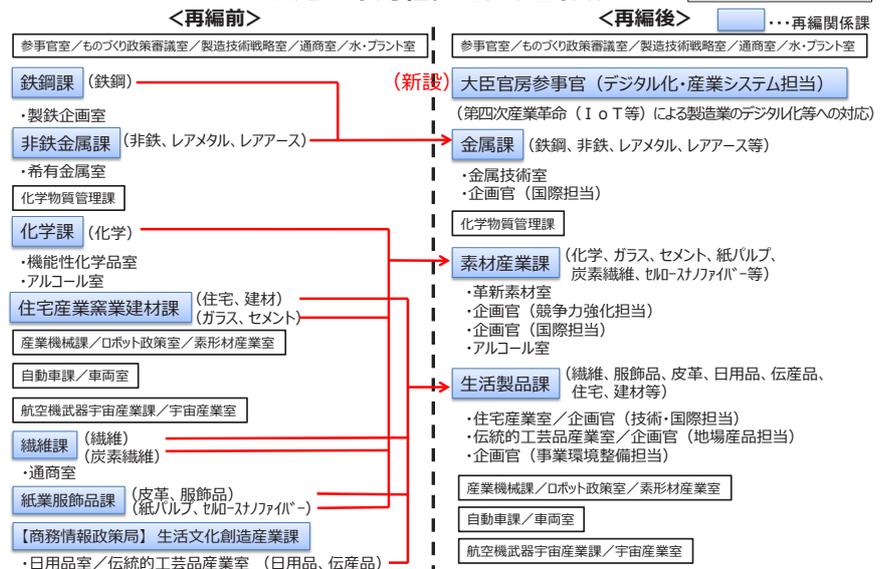
平成28年6月20日にJRCM会議室におきまして、定時評議員会、理事会が開催され、H27FY事業報告書及び決算報告書が承認されました。同報告書はJRCMホームページに掲載しております。

また同会合に来賓としてご出席いただきました経済産業省製造産業局金属課金属技術室長の坂元耕三様より、平成28年6月17日付けでの同省製造局の組織見直しやエネルギー・環境イノベーション戦略等についてご発表いただきました。

製造局の組織見直しの全体像は右のとおりです。

製造産業局組織見直し全体像

平成28年6月17日(金)～



The Japan Research and Development Center for Metals

JRCM NEWS / 第357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。
本書の内容を無断で複製・複製・転載することを禁じます。

発行 2016年7月1日

発行人 小紫 正樹

発行所 一般財団法人 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) / FAX (03)3592-1285

ホームページ URL <http://www.jrcm.or.jp/>

E-mail jrcm@oak.ocn.ne.jp