

平成 13 年度

春季修了

修士学位論文

# 技術商社が付加価値を高める 新イノベーションの研究

- プラズマ溶射システム販売体験からの考察 -

**A Study on New Innovations to Increase the Value  
of Technical Trading Company**

- Studies from Experiences in Sales of Plasma Thermal Spray System

平成 13 年 12 月 28 日

高知工科大学大学院 工学研究科基盤工学専攻 起業家コース

学籍番号：1045040

**中 川 恭 助**

**Kyosuke Nakagawa**

- 目次 -

概要	4
第1章．研究の背景・目的・意義	8
1 1 研究の背景	8
1 2 研究業務の背景	9
1 3 研究の目的・意義	11
第2章．先行研究との関係	12
2 1 イノベーションの先行研究	12
2 2 クリステンセンのイノベーション（持続型と分裂型）	13
2 3 シュンペーターのイノベーション	16
2 4 ドラッグターのイノベーション	18
第3章．プラズマ溶射営業経験	22
3 1 表面改質	22
3 2 プラズマ溶射の開発と歴史	24
3 3 プラズマ溶射原理	26
3 4 溶射のアプリケーション	32
3 5 概存技術の応用	35

3 6 プラズマ溶射における普及度と現状.....	3 7
第4章．営業経験から考えた新概念「新・新結合」.....	3 8
4 1 私の経験事例：(：レーザ・プラズマハイブリット溶射).....	3 8
4 2 他事例による新しい新結合 (CO <sub>2</sub> 、YAGレーザハイブリット溶接装置).....	4 4
4 3 「主・主結合」と「主・従結合」の対比.....	4 8
4 4 主・主結合による価値創出の実例.....	5 0
第5章．結論 今後のハイテク商社活動.....	5 4
参考文献.....	5 9
謝辞.....	6 0

## 概要

技術商社において最大の差別化による競争優位は、いかにして顧客への技術的付加価値を高めるかである。最初に見出した海外での最先端技術の卵を市場に導入し育てていくのであるが、いかなるコンセプトで他社よりも多くのイノベーションをその最先端技術装置の周りに創りだし顧客の付加価値を向上させるかが日々我々技術系セールス関係者の関心の中心である。

私が担当していたプラズマ溶射システムの販売体験から、従来から言われている持続型イノベーションと、クリステンセンが主張する分裂型<sup>1</sup>（Disruptive）イノベーションとの谷間に位置する新しいイノベーションコンセプトがあることに気が付いた（図1）。これをイノベーションの新コンセプト仮説として提言する。

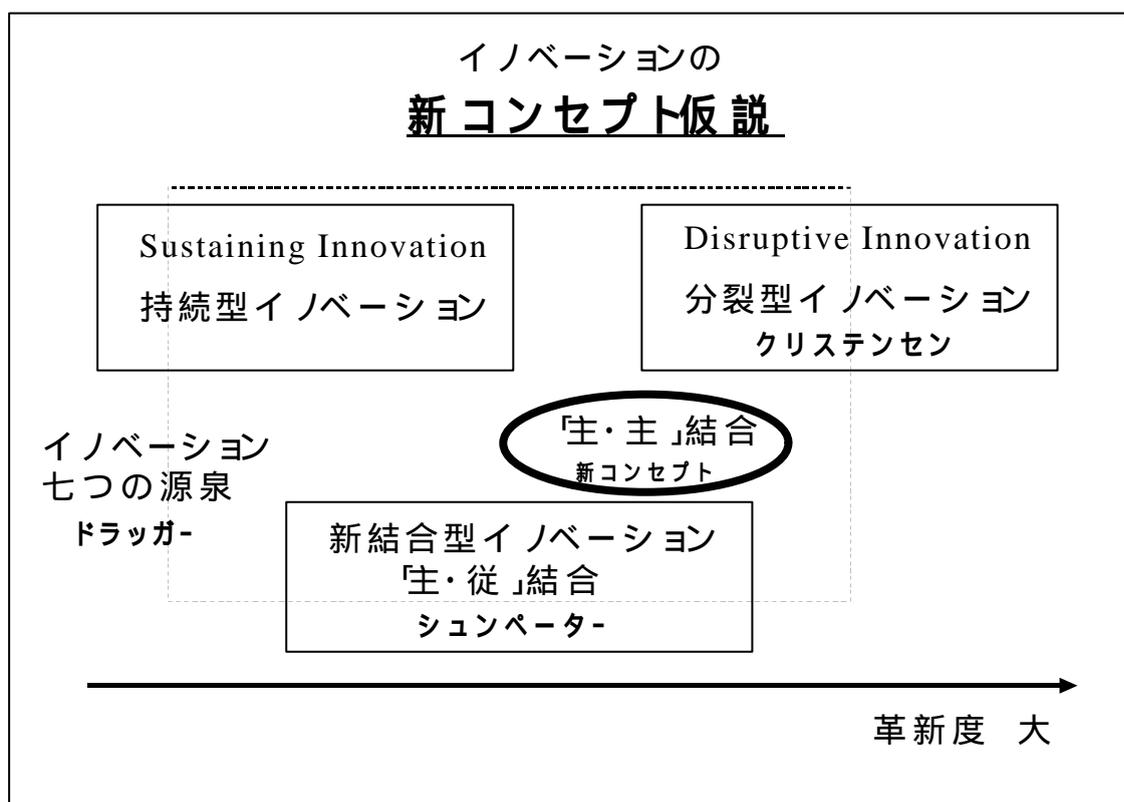


図 1

これは、シュンペーターのいう新結合の一種であるが、シュンペーターの新結合はほとんどの場合は、「主」となるものに「従」となるものを結合させる「主・従」

<sup>1</sup> 分裂型イノベーションは破壊的イノベーションとも訳されている

結合であるが、「主」と「主」を敢えて結合させることにより、従来の「主・従」結合よりも大きな付加価値を創造できる「主・主」結合のコンセプトである(図2)

この「主・主」結合による新たな価値創造の創出により、将来に来るであろう分裂型イノベーションによる更なる価値創造までのつなぎの役割を担うことが可能となる。

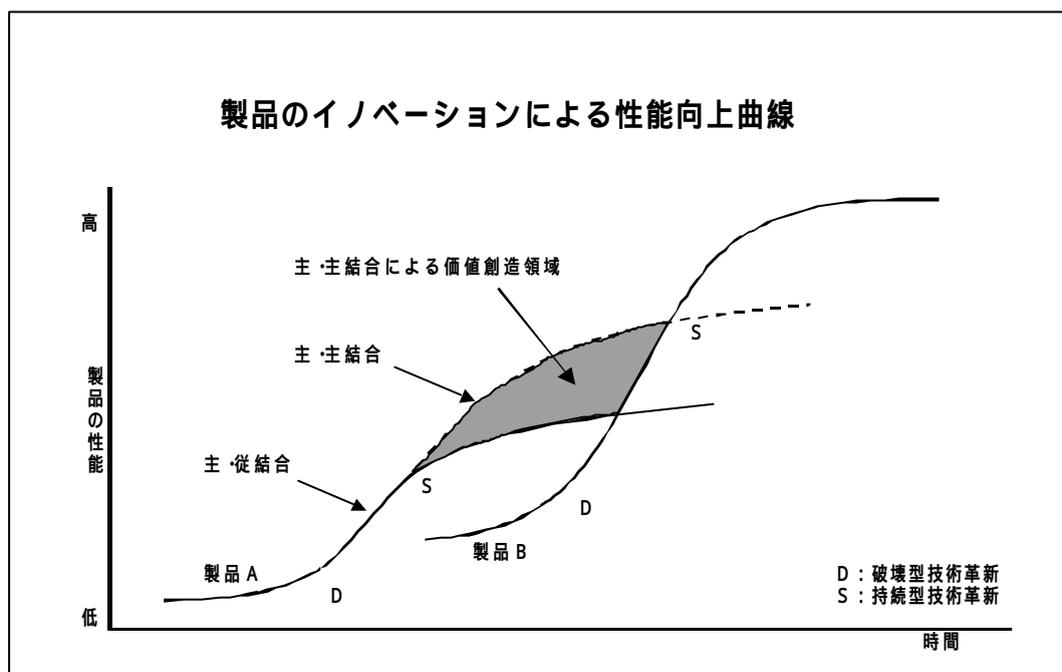


図 2

分裂型イノベーションから生まれてきた製品Aは、技術商社により市場に導入され、その後数々の技術的な持続型イノベーションや主・従結合型イノベーションで製品の性能を上げ、市場価値をあげながら成熟していくが、技術的成熟の領域に達したあとでも主・主結合型イノベーションにより更なる性能の飛躍を遂げ、次の分裂型イノベーションBが成長してくるまでの期間、多くの付加価値をとることができる。

筆者の経験では、溶射ビジネスにおいて、競合他社のプラズマ溶射装置と初期の段階から長年競いあったが、当社が主・主結合である減圧プラズマ溶射装置とレーザー装置という主装置と主装置を結合させて以降、売上に大きな差をつけることができた(図3)。これは、他事例では溶接装置において、炭酸ガスレーザー装置とYAGレーザー装置の主・主結合でも同じことが言える。

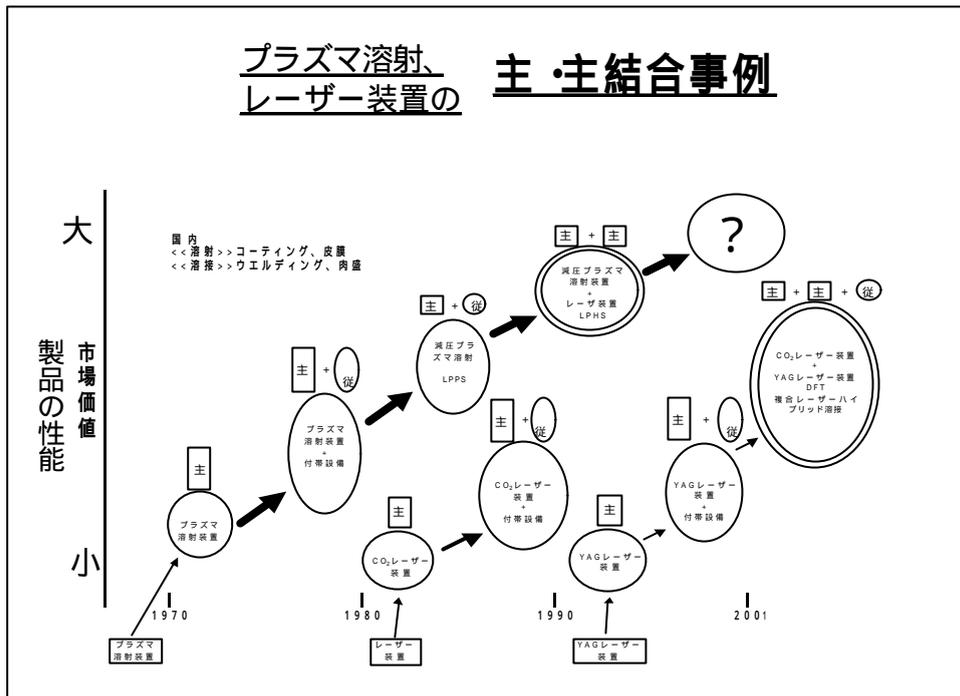


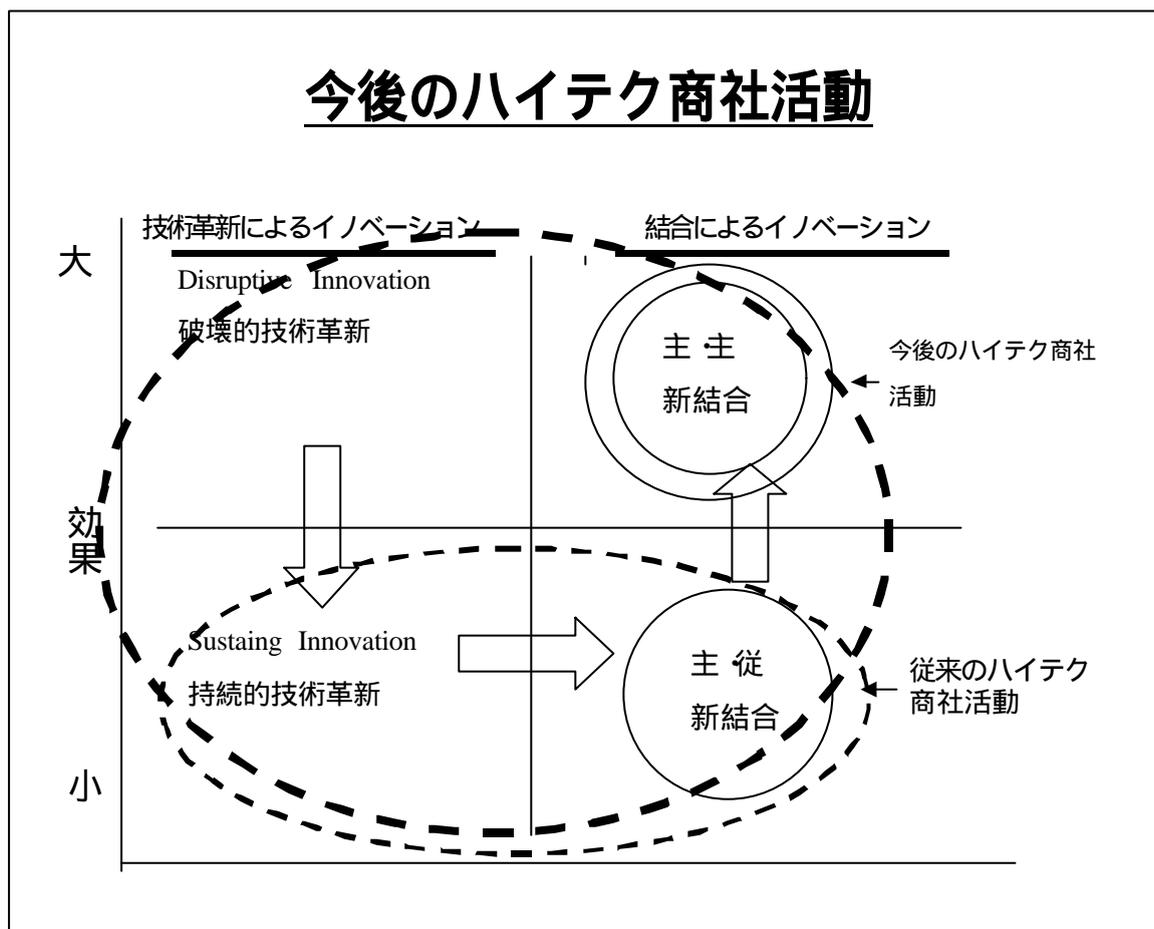
図3

筆者が経験したこれらのコンセプトを実証的に論じて、新しいイノベーションコンセプトをこの論文で提言する。ただし、今回は限られた事例での研究でありあくまで仮説としての提言であるが、今後の研究で多くの事例が検証されることによりこのコンセプトが一般理論化していくことを期待する。

商社活動は、市場性、価格、社会的見地などを考慮して、分裂型技術革新による『種』を発見する、先見の明が必要である。そして、その商品自身、及びその商品の機能向上のため、付加価値を高める為に持続型技術革新を行い、従来そこまでだった主・従結合をより一層の機能向上、価値創出の為に、主・主結合をより行いイノベーションを高めることが重要である（図4）。それにより、技術、市場を順次確保して、その間技術開発に資源を投入し、その間に前述の分裂型技術革新の『種』を見つけることである。

主・主結合で重要なことは組合せにより、特に異業種の場合はどちらが主導権を握るかが問題点となる。『両雄あい立たず』のとおり、どちらが主導権を握るかによりビジネスの機会が大きく変わる恐れがある。それにより、技術、市場を順次確保して、その間技術開発に資源配分を投入し、その間に前述の分裂型技術革新の『種』を見つけることである。種 持続型技術革新又は主・従結合  
主・主結合 分裂型技術革新（種）のサイクルが行われなければならない

また営業サイドでは、現状での自分の位置付けも必要であるが、先見の明と勇気を持って、難しい事であるが最前線を離れてでも、会社存続の為に分裂型技術の分野に足を入れるチャレンジ精神が必要である。またそれが起業家精神の真随と考える、本大学院で学んだ事を今後より実践的に行っていく必要がある。



## 第1章 研究の背景・目的・意義

### 1.1 研究の背景

私が入社<sup>2</sup>して配属された所が、世界で始めてプラズマ<sup>3</sup>溶射装置を商品化した米国 PLASMDYN 社<sup>4</sup>のプラズマ溶射装置の輸入、極東販売で当時は殆ど売れてなくまた同ビジネスを手がけてまもない時であった。今でいう社内ベンチャー（当時は言わない）のはしりである。

世間ではプラズマ溶射装置は一般的でなく、特に中小企業の顧客の環境が今と違って3K（粉塵飛散、紫外線、ジェット音）の代表のような現場であった。また同部所は他に半導体部品、モアレカメラ等光学製品等、当時としては、まだ陽の目を見ない製品を色々販売していた。その後ブームになったインベダーゲームの半導体チップも同部で行っていた。

最先端技術の新規市場を開拓して行く事は、企業活動において最も重要な要素の一つであり、事業は挑戦であり、必ず出てくる競合相手に勝つことは企業体としての宿命である。当然として最先端革新技術を見だし不可価値を付けイノベーションを計り、又スキルを磨きまた社内の官僚化した組織文化を打ち破り、特化した活動を行わなくてはならない。

過去、プラズマ溶射装置の販売の体験から、また大学院での講義を受けて学んだなかで特に感銘したのは持続型技術革新と破壊的技術革新の問題であった。この2つの革新的技術の領域に存在するまた延長線上に何か異なった分布があるのではないかと、また企業は顧客の為、また自社の存続の為、絶えず持続的技術革新を行っていく。

破壊的技術革新になる事をいかに避けるか、また新規事業に対してどのように対応して、そのビジネスを延ばすか、破壊的技術革新に対してどのように品質の向上を計るか、破壊的技術革新出現の時間を延長するか、その為には、海外との提携、及び産官学の構築と商品の権威付け、商品改良化、システム化、国内企業とのアライアンス、そして求極は品質向上の為の主（本体の持つ技術）・主（本体の持つ技術）の結合、ハイブリット商品（装置）ではないかと考えられる。

プラズマ溶射装置ビジネスに関して、当初はプラズマ溶射機本体のみの販売であったが、時間と共に顧客の要求も環境問題も変わり、また溶射被膜の品質向上の為、順次付帯設備が構築されて、システム化でなくては売れなくなってきた。

---

<sup>2</sup> 三井物産電器販売（株）

<sup>3</sup> プラズマとはガスの電離、解離によって起こるエネルギー

<sup>4</sup> 米国カリフォルニア州タステンウオールトアベニュー

また附帯設備の順次持続的技術革新が行われ、タービンプレードの耐熱用として特殊材料等が開発され、同材料に関しては減圧プラズマ溶射法が用いられた。

減圧プラズマ溶射法は減圧化にてプラズマ溶射を行う手法である。しかし同溶射法以上のことが、我が国家研究所<sup>5</sup>で考えられた。それは減圧プラズマ溶射とレーザー（CO<sub>2</sub>、YAG）装置とのハイブリッド溶射装置である。それによりより以上の価値創出が行われた。このような主（本体）と主（本体）との組合せである。ここで主・主結合の定義を決めなくてはならない。各々の機能の組合せ（結合）であり、組合せ（結合）によって、個々の機能、性能が合成されて、より付加価値が上昇する事を意味する。

また各産業では、技術の向上を目ざして、各ハイブリット化の研究が行われている。最近ではレーザー装置（CO<sub>2</sub>）、レーザー装置（YAG）組合せのハイブリッドレーザー装置が自動車<sup>6</sup>メーカーによって生産ラインで行われるようになった。おのおのの装置の利点と欠点を考慮して、ただ単に組合せでなく、その組合せの中に過去に持続的技術革新で得たノウハウを取り入れている事は当然であるが、このように破壊的技術革新の出る前に組合せによる品質向上の為に各技術革新が行われている。本論文は持続的技術革新と破壊的技術革新の領域にある別の領域を考察する。

## 1 2 研究業務の背景

科学技術の発展は「もの」であり、科学技術の発展の根幹にある基本は「ものづくり」である。すなわち、科学技術および経済の発展の歴史は「もの」を造る・利用する歴史として見ることができる。その基本となるものは、物質材料であるといつて過言ではない。あらゆる材料はその使用環境において周囲の雰囲気（例えば溶接、ガス、温度）と何らかの反応を生じて変化するものである。それらの現象はほとんど材料の表面あるいは界面において生起されるものである。

機械および治具の部材を構成する材料の寿命を支配し、その性質を向上させる因子の役割りを担っているのが、材料の表面および界面である。

材料を取り巻く環境に対して強く抵抗する性質を材料の表面に付加したい要求がでてくるその要求をみたく技術として表面改質技術<sup>7</sup>がある。

表面改質とは表面そのものの組織変化、表面に他の元素の注入、皮膜などの制御による目的機能の付加といえる。

---

<sup>5</sup> 工業技術院 機械技術研究所

<sup>6</sup> ズズキ株式会社

表面改質プロセスは

1：表面層の組織変化によるもの

表面焼き入れ、イオン注入、拡散浸透（浸炭、窒化）、陽極酸化、化成処理

2：表面に異種材料を被覆することによる

物理蒸着（PVD）、化学蒸着（CVD）、電気めっき、化学めっき、樹脂コーティング、溶射、肉盛溶接（PTA）、クラット等

一方材料は金属、セラミックス、サーメットなど構造用材料として開発が進められている。

表面改質の一つに溶射法がある。

溶射法は表面被覆法に属し、目的は鉄鋼防錆、肉盛、表面硬化、耐熱性の付与、電気伝導性の付与、導電性の付与、美術工芸など多岐にわたる。しかしPVD、CVD、溶融メッキなどと加工法は全く異なり、長所も短所もある。

溶射加工の長所

加工の迅速性をあげたい。Zn溶射の場合を例にとると、現在の溶射ガンはフレーム式で10～15Kg/hr、アーク溶射では25KG/hr、程度吹けるので相当な加工速度といえる、これに匹敵するのが溶融メッキで、電気メッキ、や溶接にははるかに及ばない。

溶射法ではほとんどの材料を吹くことができる。もちろん同一の溶射ガンというわけにはいかないが、金属、プラスチック、セラミックス、サーメットなど各種の材料が溶射できる。被加工物の形状、大きさにかかわらず、加工が可能である。もちろん溶射ガンの挿入できない細管内部に加工するには、特殊な装置を必要とするが、一般素材であればエルボー、チーズのような小型素材から大型橋梁まで溶射可能である。

被加工物は、金属、セラミックスはもちろん、木材、紙、石膏製品、プラスチックなどなんにでも溶射可能である。また素材にあまり熱影響を与えないので歪みが生じにくい。また特殊な加工を除いて現場加工が可能である。被膜厚さは30μm程度から数mmまで加工されている。一般的にセラミックス被膜は薄く、金属、プラスチック被膜は厚いといえよう。

溶射材料は線材でも粉末でも用いることができる。粉末もいろいろな混合物もできる。

溶射加工の短所

前処理としてプラスト処理を必要とする点であろう。溶射被膜と素地との接着は、ほとんど機械的投錨効果による。その為溶射前には素地表面は清浄、粗化する必要が、あり

---

<sup>7</sup> 蓮井淳 溶射工学 産報出版

本工程は必要不可欠の工程である。

これには現在のところブラスト処理以外にない。ブラスト処理に関しては後述する。

### 1.3 研究の目的と意義

最近、緒機械設備の高機能化、高能率化のために作動条件がますます過酷となりつつあり、それとともに構成材料の性能向上が求められている。また部品、部材の寿命の延長によって材料資源の節約をすることも重要な事である。いずれにおいても材料表面の性質の向上によって、これらの要求に答えることが出来る場合が多い

溶射は部品、部材の表面に種々の高度の性質を持つ皮膜を形成する表面処理のひとつである。

溶射はすでに数十年の長い歴史を持っているが、そのほとんどがアルミニウム、あるいは亜鉛の耐食溶射（鉄鋼構造用）、補修あるいは寸法補修と耐摩耗性付与をかねた鉄鋼材料の肉盛溶射など比較的限られた用途を対象としていた。

最近溶射による機械、装置類の部品、部材の表面の性能向上、あるいは機能付与への関心がとみに高まっている。これは溶射装置が急速に進歩し、かつ多くの溶射材料が開発され材料が良質となった結果、溶射皮膜が種々の分野において高度の用途に対応できるようになったからである。また顧客の高精度、高品質の要求に応じて、持続的技術革新が行われてきた。

本研究は持続的技術革新と破壊的技術革新および新結合の各々の関連領域において特に、イノベーションの新結合の領域と各技術革新の接点を考察する。企業の栄枯盛衰は自然の利であり、企業が生まれてからには、出来るだけ生き延びる必要がある

これは社会的責任でもあり、従業員の雇用の問題など責任は大きい。また社会には必ず競争相手が出没する、そしていつのまにか市場が奪われていたという事がおうおうにしてある。これが破壊的技術革新である。

本研究はその破壊的技術革新に対して、また共鳴しつつ、商品の持続的技術革新はもちろんの事、そして商品の組合せ（システム化）によっていかに破壊的技術革新に対して対抗するか、また特化することにより、価値創造を行うことにより、品質、技術の向上を計りいずれも顧客創造を構築する事を目的とする。また技術商社が今後生きるためには、いかなる事を必要とするか考察する。

## 第2章 先行研究との関係

### 2-1 イノベーションの先行研究

私のこの論文に於ける研究テーマは、技術商社が付加価値を高める新しいイノベーション手法の研究であり、私の長年のプラズマ容射システム販売経験や他の事例から実証的にイノベーションの新しいコンセプトを導き出すことである。その前に、イノベーションについてのシュンペータ、ドラッガー、クリステンセンの3人の著名な研究概略をまとめてみた。

イノベーションに関する理論はシュンペータに始まり、ドラッガーによって発展された。しかし、これら理論は抽象的な理論で、どちらかというところ、イノベーションの有るべき姿の理論的な追求や説明の色彩が強かった。それに対して、現在までの色々な産業におけるイノベーションを観察して、分析し、より現在のイノベーションの本質に迫る理論が近年、大きな衝撃と共に発表された。

この理論は米国ハーバード大学の Clayton M. Christensen が発表した “The Innovators Dilemma” である。1999年のベストセラーであり、この分野の1999年の最良図書に選ばれたものである。この書の特徴は従来のイノベーション理論とは異なり現象の観察と周到な分析に基づくものであり、極めて説得力がある。

「このイノベーションのジレンマは従来のイノベーションに関する一般的な人々の認識を大幅に変えた。この著書にでてくる分裂型イノベーション (disruptive Innovation)こそ、新しい起業を生み、現存する優良企業に打ち勝ち、取って代わることが可能となるというものである。そのプロセスは平易な言葉で判りやすく解説している。」というものである。この書評によれば「分裂型イノベーション (disruptive Innovation)こそ起業の源泉」ということになる。

#### イノベーションの推進者のジレンマ (窮地、板挟み)

現在の起業の観察から次の仮説が立てられる。すなわち「優秀な経営者の完全な判断が、優良企業を結果的に、破壊に導く事になる」これはある種のイノベーションの推進者が誰でも経験しなければならないジレンマだと言えよう。このジレンマすなわち「理論的で競争力を高める為の経営的な判断は、同時に、その会社の卓越性を失わせ、会社を没落させることになる」というものである。

#### 優良会社が陥る没落への構図

ハーバード大学は多くの企業の盛衰に関するデータを持っている。これは経営学部長が特に誇るものであり、これを使って如何に優良会社が没落へ向かうかの

構図を知ることが出来た。

何故優良企業が没落を招くのか・・・二つのイノベーション

没落の構図は3の事項の観察から判ったことである。

その第1はここで言う持続型技術革新 (Sustaining Innovation) と分裂型技術革新 (Disruptive Innovation) には経営的戦略に診て重要な相違が或ること。・・・持続型は段階的に改良して行くのに対して、分裂型は極端な変化である。

一般的に専門技術の進歩が書状の需用 (要求) を追い抜いてしまう。・・・市場性に関係ない技術進歩が行なわれる。又逆に異分野の技術の関連性や競争力が応用されて、市場の変化をもたらす。

優良会社の顧客や出資者は彼等に魅力的な投資を歓迎する傾向が強。・・・確実性の高いものである。

## 2 2 クリステンセンのイノベーション

**持続型技術革新 (Sustaining Innovation) と分裂型技術革新 (Disruptive Innovation)**

**持続型技術革新**：多くの新しい技術は改良された製品をもたらす。この新しい技術の進歩を持続型技術革新と呼ぶ。この持続型技術革新の或るものは、不連続的であり画期的なものであるが、その一方で、段階的なものも多い。そしてこの持続的技術革新について一般的に共通点は、製品の改良技術であることだ。そして改良の視点は、従来の顧客の歴史的視点からの改良である。多くの産業の技術革新はこの持続的技術革新である。どんなに難しいものでも、この持続型技術革新では会社の没落をほとんど食い止めることはできない。

**分裂型技術革新**：一方、時として分裂型技術革新 (Disruptive Innovation) が起こる。この技術革新による製品は、当初性能は劣るものである。しかし、皮肉なことにこの他社による分裂型技術革新は市場に今までに無かった新しい価値の例を作り出す。一般的には分裂型技術革新は従来の製品の価値観から診ると劣った製品である。しかし、これらは従来の顧客近辺の人々が歓迎する新しい特性を持っている。分裂型技術革新に基づく製品は典型的に安く、簡単で、小さく、しばしば、使いやすいものである。

この例としてデスクトップ・コンピューターやデスクトップ・ショップ以外にも多くの例がある。例えば日本の本田や川崎、やヤマハ製によって、欧州や米国にもたらされた小型二輪である。これらは米国の強力なハーレイ・デビットソンやBMWの二輪車に対する分裂型技術革新の所産である。

トランジスターは真空管に対する分裂型技術革新でもたらされた。近い将来、

インターネットの利用が計算機のソフトウェアやハードウェアに変わる技術が分裂型技術革新によってもたらされるだろう。

### 市場の軌道と技術開発

優良企業没落の次の要因は市場の要件よりも速く技術開発が行なわれるという事実である。この状況は図 5 に示す通りである。

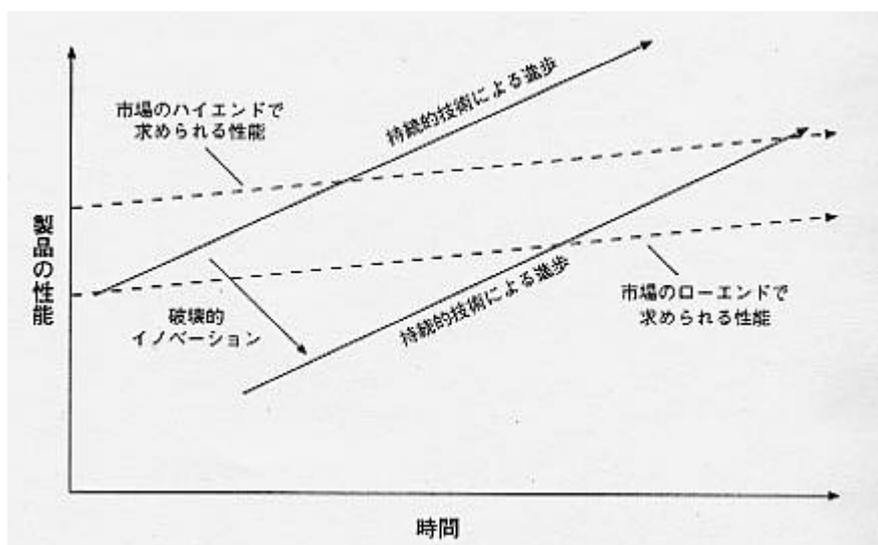


図 5

優良企業が競争相手よりもより良い製品を提供し、高い利潤を確保しようとする努力が、市場の要件を飛び越してしまうのである。その結果、技術開発が顧客の要求より高品位で顧客が支払っても良い金額以上に高い商品を市場に提供することとなるのだ。そして重要なことは分裂型技術革新が当初は市場要件に比べて、その製品特製が低いものの、将来は十分に優良企業の製品と競争できるものとなることである。

かつて、計算機の使用の為に、大型計算機を必要としたが、現在では計算機の使用するものはだれも大型計算機を必要とせず、デスクトップを使う。すなわち、コンピュータの市場での要件の速度は技術革新より遅い。同様に、1965年には多くの人々が高品質の商品を求めてデパートで買い物をしたが、現在ではスーパーで買い物をする。

この継続型技術革新と分裂型技術革新を比較すると大要は表 1 に示す通りになる。

表1 持続的技術革新と分裂型技術革新の比較

技術	従来の技術の延長	異なった技術
商品思想	既存のもの	異なった思想
市場	既存	新市場

### 分裂型技術革新と合理的投資

最後の優良企業没落の要因は優良企業においては分裂型技術革新への投資は合理的な投資とは考えられないことである。これは下記の三つの根拠からそうなるのである。

1：分裂型革新技術による製品は通常、安く、簡単である；それゆえ手数料も利益も低である。

2：分裂型技術革新の製品は不確定市場や出来つつある市場に始めて供給され不確定である。

3：優良企業に利益をもたらす顧客は分裂型技術革新のもたらす商品を見向きもしない通常、優良企業は自分の顧客の結うことを聴き、利益をもたらすより良い製品に限って市場に出そうとする。そして分裂型技術革新に投資することは殆ど無く、成長の為にそうしようとする時には、もう手遅れになってしまう。

分裂型イノベーションをもたらす為に

分裂型技術革新を起こす為のチェックポイントは次の五つの基本原則といわれる。

1：会社は顧客と出資者に依存している

優良会社ほど現在の顧客と出資者の満足する活動パターンから、一步もでられぬシステムが完全の構築され、効率的に運営されている。その結果、たまに、或る経営者が変わったアイデア持ってもそれは実現されない。そして、一般的には優良会社程、アイデアは生かされない羽目になっている。その結果、優良会社の顧客が望んでない物を生産するための技術開発は不可能なのだ。

2：小さい市場は大企業の供給能力を満たさない

分裂型技術革新の製品は新しい市場を出現させる。そして、この市場に第1に入った会社は後まで、市場創業者の得点を享受できる。しかし、或る市場で成功した優良大企業はこの小さな新規市場に進出することは困難なのである。それゆえ、優良大企業は或る特定新市場が出現した場合には、それが或る程度まで大きくなるまでその市場への進出を見合わせる場合が多い。

3：現在には未だ存在しない市場（未来の新市場）は市場分析できない。

慎重な市場調査による企画が優良な経営の根本である。従って、優良企業では

市場調査から事業企画を行う方法が確立されている。この方法は持続型技術革新には極めて貴重な物である。だから、どの優良企業でも持続型技術革新にはこの手法が使われた。しかし、分裂型技術革新の場合は、極めて小さな新規市場への商品を製作することとなり、マーケット調査や事業計画をする為には殆どデータが無い。この路の専門家のかつての予測が、たいていの場合間違っていたことが判るのである。

多くの例では持続型技術革新の指導者はその持てる知識や計画は殆ど競争力という見方からは、意味をなさない事がわかるのである。この場合には後発の人々も、すぐ先人の真似が可能である。殆ど市場について何も判っていない。新規事業の製品を作るのは分裂型技術革新であり、この場合には、創始者の利潤が期待できる。

4：組織の持てる能力は同時にその組織の能力の無さとなる。

イノベーションを経営者が考える場合には、まず第一に、その能力の或る人間を見つけることから始める。そして、その人材が見つかった場合には、優良会社の組織で、見つけた人材が成功すると多くの経営者は考える。しかし、この考え方は危険である。何となれば組織事態が、其処で働く人々に関係なく、一種の特性を持っているからである。そして、組織の能力がそのイノベーションを成功させる能力があるかどうかを考えなければ成らない。その組織の能力は二つの要素に依然している。組織の持てるプロセスと組織の価値観である。この両者でイノベーションの成否はきまる。

5：技術が供給するものは市場の要求するものと完全には一致しない。

分裂型技術革新の供給する商品は除々に主要な位置を占めるように成る。それは技術の開発速度が市場の要件の進展以上に速いことによる。だから、逆に、常に顧客の状況を見てイノベーション対策をしないと、常に、市場の要求と技術開発にギャップが発生する。

#### 分裂型イノベーションの可能分野

多くの人々はそれではどの分野で分裂型技術革新が行われるか。

現在の分裂型技術革新の例として考えられる物は電気自動車に比べて、現在のガソリンエンジンは極めて完成度の高い商品だからである。しかし電気自動車は分裂型技術革新の製品であり、ガソリンエンジン車の強敵に近い未来には成るであろう。その処で、分裂型技術革新が意味を持つかどうかの評価をすることである。

## 2 3 シュンペーターのイノベーション

既存企業とくに大企業は、起業家としての能力を身につけないかぎり、急激な変化とイノベーションの時代を生き抜くことはできない。20世紀末という時代は、第1次大戦の勃発まで50年から60年続いた経済史上最後の偉大な起業家時代とは、全く様相を異にする。したがって今日、既存企業が起業家としてのマネジメントを習得することは、彼等自身に為、必要とされるだけでない。

既存企業とくに、大企業の急激な崩壊、すなわちシュンペーター-いところの「創造的破壊」はそれだけでは、雇用上、金融システム上、社会秩序上、そして政府の役割上、深刻な社会的脅威を招きかねない。

ベンチャービジネスが成功するには、四つの原理がある。第1に、市場に焦点を合わせること、市場志向の必要性、ベンチャービジネスが成功するのは、多くの場合、考えてもいなかった市場で、考えてもいなかった客が、考えてもいなかった製品やサービスを考えていなかった目的の為に買ってくれることがある。よってビジネスのマネジメントは、外へ出て行かなくてはならない。市場に出て、顧客や自社のセールスマンと時間を過ごし、見たり聞いたりしなければならぬ。第2に、財務上の見通し、とくにキャッシュフローと資金について計画をもつこと、ビジネスは成長するに伴い、オーナー自身や家族、あるいは友人という私的な資金源では間に合わなくなる。株式の公開、既存企業との提携、保険会社や年金基金からの資金調達など大きな資源をもたなければならなくなる。資金構造も変えなくてはならない。

第3に、トップ・マネジメントのチームを、それが実際に必要となり、しかも可能となるはるか前から用意しておくこと、第4に、創業者たる起業家自身が、自らの役割責任、位置付けを決断することである。

シュンペーターの5つの結合に関して<sup>8</sup>

1：新商品の構築、：新しい財貨、すなわち消費者の間でまだ知られてない財貨あるいは新しい品質の財貨の生産  
従来の商品に対して、顧客の要求に応じて価値の創造を行うことが必要である。

2：新生産技術：新しい生産方式、すなわち当該産業部門において實際上未知な生産方式の導入。これはけっして科学的に新しい発見に基づく必要はなく、まだ

---

<sup>8</sup> シュンペーター 『経済発展の理論』岩波文庫

商品の商業的取扱いに関する新しい方法も含んでいる。

如何にコストを下げるか、効率良く生産性を高めるかが重要なことに繋がるがポイントである。

3：新市場：新しい販路の開拓、すなわち当該国の当該産業部門が従来参加していなかった市場の開拓。ただしこの市場が既存のものであるかどうかは問わない。現状の市場に満足しないで、新規の市場を模索し新しい市場をめざす。しかしここで重要なことは、全然関係のない市場をめざすのではなく、一つの幹を中心としてその応用技術、応用製品、応用業界（類似）等の市場戦略が必要である。

4：材料の新供給源：原料あるいは半製品の新しい供給源の獲得。この場合においても、この供給源が既存のものであるか 単に見逃されていたのか、その獲得が不可能とみなされていたのかを問わず、あるいは始めてつくり出されなければならないかは問わない

多数の供給ルートの確立がコストを制する必要がある。

5：新産業組織：すなわち独占的地位（たとえばトラスト）の形成あるいは独占の打破。

新しい事業を行う場合は過去の組織から離れて、新組織として、その事業に専念する組織が必要である。

このような新結合の遂行にともなう諸現象にとって、またその際生じる諸問題の理解にとって、二つのことがらが重要である。第1に新結合の遂行者が、それを具現する企業や生産工場などはその観念からいってまた原則からいって、単に古いものにとって代わるものでなく一応これと並んで現れるのである。第2に部分的に関連したことであるが新結合は必要とする生産手段をなんらかの旧結合から奪い取ってこななければならない。

絶えざる努力と不断の注意を要求する。日常の危機は、つねに起こる。先に延ばすことはできない。直ちに解決しなければならない。既存の事業は、つねに優先する。以上のことが重要である。

## 2 4 ドラッグターのイノベーション

価値創造：製品やサービスを新しい何かに変える。その効用や価値、あるいは経済的な特性を変化させる。物理的にはいかなる変化も起こさなくてよい。しか

し、経済的にはまったく新しい価値を創造する。またいずれも顧客を創造する。メーカーにとっての製品でなく、顧客にとっての価値を提供する。いわば製品からシステムへの移行というべきである。プラズマ溶射のビジネスでも当初は溶射機単体から、時間とともにシステム化の方向に進んでいった。顧客は製品でなく、製品が提供するものを買う。

ニッチ戦略は、限定した領域で実質的な独占を目指す。そもそも挑戦を受けない、また受けないようにする。総戦力、創造的模倣、起業家柔道のというこれらの戦略は、市場や業界において、支配的とまでいかななくても、トップの地位を目指す。これに対して、ニッチの占拠を目指す戦略は、目標を限定する。三つの戦略が競争を覚悟しているのに対して、ニッチ戦略は競争免疫になることを目指し、そもそも挑戦を受けることさえないようにする。

ニッチ戦略は成功しても名をあげる事もなく、実をとるだけである。それらの企業は目立たず優雅に暮らす。ニッチ戦略の成功のポイントは、製品としては決定的に重要でありながら、ほとんど目立たず、誰も競争してこない点にある。今回の論文の主・主結合に関して考えるならば機能向上の組合せの効果は高ければ高いほど競争力は皆無になってくる。プラズマ溶射のビジネスもどちらかというところニッチの領域にあたる。市場性は大企業が総戦力で行うには規模が小さい。

ニッチ戦略は三つある。<sup>9</sup> 1：関所戦略 2：専門戦略 3：専門市場戦略である。関所戦略は市場の規模は最初にその場を占めた者が占拠できるほどの小さなものでなければならない。世の中においてあまりにも小さいため、誰も見向きもしない、競争相手が現れない真に生態学的にニッチでなければならない。この関所戦略には、厳しい限界とリスクが伴う。そもそも静的な空間の為、大きな成長が見込めない。よって資源配分は難しい。

専門戦略と専門市場戦略は類似しているが、専門戦略はその専門技術によってあまりにも先行しているために、ほかの企業にとっては挑戦する価値がなくなっている。もちろん専門技術によるニッチ戦略は製造業に限定はされことはない。しかし世の中には必ず偏屈な者がいて、必ず競争を仕掛けてくるのが世の習いである。よって常に専門技術による戦略は、どこかで何か新しいことを、付け加えること、あるいはイノベーションが起こってくれなければならない。専門技術によるニッチ市場を占拠した企業は、絶えずその技術の向上に努めなければならない。

専門市場戦略は専門技術戦略が製品やサービスについて専門知識を中心として

---

<sup>9</sup> P.F. ドラッカー『イノベーションと起業家精神』ダイヤモンド社

構築されるのに対して、市場についての専門知識を中心に要求される。

要は市場での分布の情報網をしっかりと確立することである。

新しいものを生み出す機会となるものが、変化である。イノベーションとは、意識的かつ組織的に変化を探ることである。それらの変化が提供する経済的、社会的イノベーションの機会を体系的に分析することである通常それらの変化は、すでに起こった変化や起こりつつある変化である。成功したイノベーションの圧倒的に多くが、そのような変化を利用している。イノベーションのなかには、それ自体が大きな変化であるというものもある。しかしライト兄弟による飛行機の発明という技術的イノベーションなどは、むしろ例外に属する。

実際には成功したイノベーションのほとんどが平凡であり、単に変化を利用したものに過ぎない。したがって、(起業家精神の基盤というべき)イノベーションの体系とは、具体的、処方的な体系である。

具体的にはイノベーションの機会が七つある最初の四つは、企業や社会的機関の組織の内部、あるいは産業や社会的部門の内部の事象である。したがって、内部にいる人たちに良く見えるものである。それらは、表面な事象にすぎない。しかし、すでに起こった変化や、たやすく起こさせる事のできる変化の存在を示す事象である。

第1が予期せぬ事の生起である。予期せぬ成功、予期せぬ失敗、予期せぬ出来事である。

第2がギャップの存在である。現実に有る物と、かくあるべきものとのギャップである。

第3がニーズの存在である。

第4が産業構造の変化である。

残りの三つの機会は、企業や産業の外部における事象である。すなわち

第5が人口構造の変化である。

第6が認識の変化、すなわち物の見方、感じ方、考え方の変化である。

第7が新しい知識の出現である。

これら七つのイノベーションの機会は、漠然と分かれているわけではなく、互いに重複する。それはちょうど七つの窓に似ている。それぞれの窓から見える景色は隣り合う窓とあまり違わない。七つの機会はそれぞれが異なる性格を持ち、異なる分析を必要とする。これら七つの機会の順番には意味がある。信頼性と確実性の大きい順に並べてある。一般に信じられることとは逆に、発明発見、とくに

科学上の新しい知識というものは、イノベーションの機会として、信頼性が高いわけでも成功の確率が高いわけでもない。

新しい知識にもとづくイノベーションは目立ち、派手であって、重要ではあるが、最も信頼性が低く、最も成果が予測しがたい。これに対して、日常業務における予期せぬ成功や、予期せぬ失敗のような、不測のものについての平凡で目立たない分析をもたらすイノベーションのほうが、失敗のリスクや不確実性ははるかに小さい。またそのほとんどは、成否は別として、事業の開始から成果が生まれるまでのリードタイムが極めて短い。

## 第3章 プラズマ溶射営業体験

### 3 1 表面改質

溶射被覆には、現在様々な方式が実用されているが、材料を溶融する為の熱源の種類を対象にして図6のように分類され整理されている。

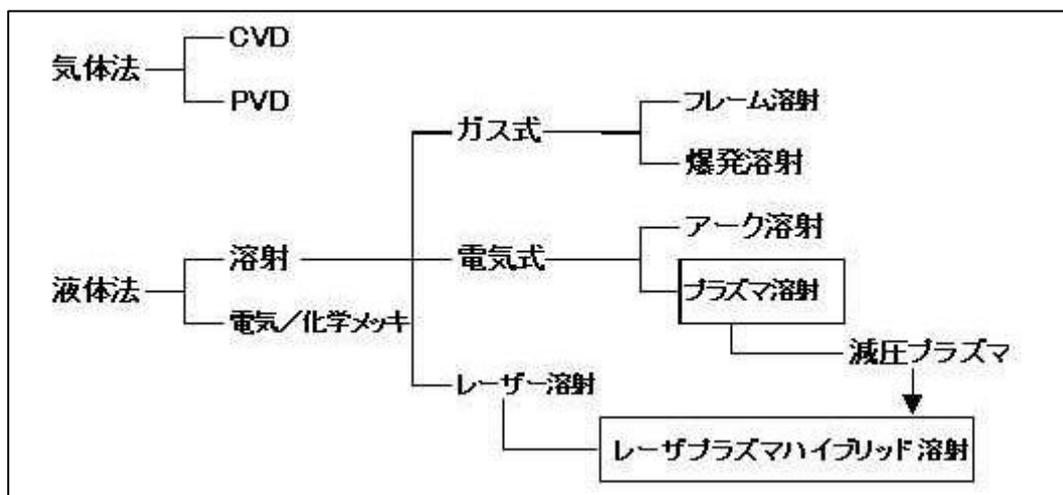


図 6

ガス式溶射法は、酸素と燃料ガスの混合による燃焼または爆発エネルギーを用いるフラム溶射と両用の爆発的な燃焼を用いる爆発溶射がある。また電気式溶射には、アーク溶射、プラズマ溶射及び線爆溶射がある。

ガス式溶射は、酸素とアセチレン等の燃焼ガスによる燃焼炎を熱源にして、これに溶射材料を送給し、溶融及び飛行させて皮膜を形成する技術である。この方式には、溶射材料として線、棒及び粉末を用いる溶線式、溶棒式及び粉末式溶射がある。粉末式溶射法を図7で示す。

溶線式フラム溶射は、酸素とアセチレン等の燃料ガスによる燃焼炎中に線材を連続的に送り込んでその先端部より加熱及び溶融させ、圧縮空気流などによって吹き飛ばし微細粒子とし、これを素材表面に付着させるとともに積層させて被膜を形成する技術である。

本式は、アルミニウム、亜鉛及びアルミニウム - 亜鉛合金等の被膜による耐摩耗被膜による鋼材の防食、モリブデン、高炭素鋼等の溶射による耐摩耗被膜の形成及び各種装置、機器の損耗部材への寸法回復のための肉盛溶射等に応用され、さらには線材に加工できるプラスチックの溶射も行われる。溶射用線材は、直径5 mm以下で、通常3 mmのものが用いられる

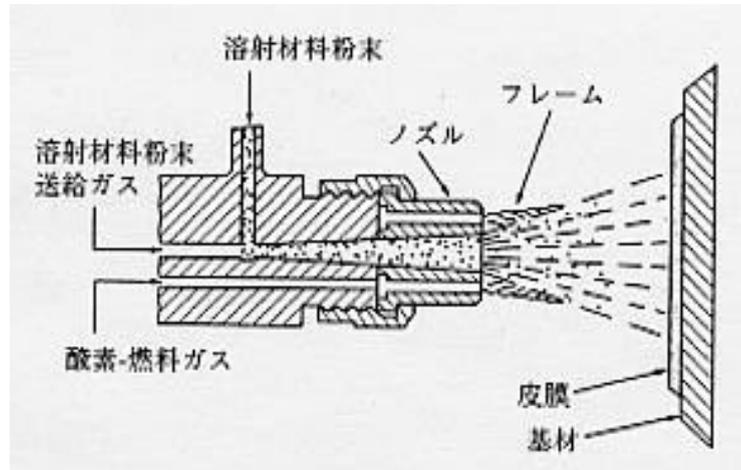


図 7

溶棒式フレイム溶射は、原理的には、前述の溶線式方式と同類である。溶射材料としてアルミナ ( $Al_2O_3$ )、酸化クロム ( $Cr_2O_3$ ) などのセラミックスの微粉末を焼結して形成した3mm、長さ300mm程度の棒を燃焼炎中に送り込んで溶射を行う。粉末式フレイム溶射方式は、粒度範囲の大きい(100~数 $\mu$ 程度)粉末が使用でき、また、金属、セラミックス、サーメット等対象となる、しかし、溶射粒子の加速は燃焼炎で行われる為、その飛行速度が比較的低く、形成される被膜は多孔質になりやすい。

この場合、被膜の密性、結合性等の向上を目的として、燃焼炎を圧縮空気ジェットなどで加速し、溶射粒子を高速飛行させて溶射する方式が実用され、作動ガスとして例えば、酸素とプロピレン ( $C_3H_6$ ) の混合ガスを用いて高速燃焼炎を発生させ、溶射材料の溶融と加速効果を高めて皮膜形成を行う高速フレイム溶射技術も開発されている。

アーク式溶射<sup>10</sup>は2本の線材の先端間にアークを発生させて材料を溶融し、これを圧縮空気ジェットで吹き飛ばし素材表面に付着及び積層させて皮膜を形成する技術である。本装置の概略図8で示す

<sup>10</sup> 北原繁 溶射方式 セラミックスと金属の接合

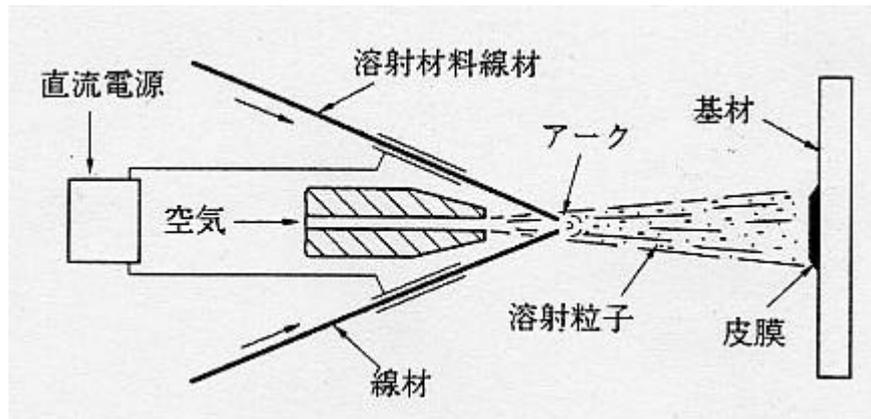


図 8

アーク溶射の特徴は、アークで材料を溶融する為に大量溶射、高能率溶射が可能であり、したがって、大型部材へのアルミニウム合金などの防食皮膜の形成、損耗部材への炭素鋼などによる肉盛溶射等に適している。

またこの場合、溶射材料は導電体である必要でありアーク加熱によって材料の成分変化を生じるため、あらかじめ組織を調整した線材を使用する必要がある。

### 3 2 プラズマ溶射の開発と歴史

プラズマ溶射は超高温・高速度のプラズマジェット中に粉末材料を送給して溶融、飛行させ、これを各種材料表面に積層して被膜を形成する被覆技術である。金属をはじめセラミックス、サーメットなどを溶射被覆することにより材料の高性能化を図るための1手段である。

プラズマアークの歴史は、今世紀始めにさかのぼることができる。最も古いプラズマアーク装置は1909年 Schonher によるガス渦流安定化プラズマ発生装置である。その後、1992年 Gerdien と Lotz による水流型アーク発生装置が考案された。この水流型プラズマアーク発生装置は、アーク発生時間が極めて短時間であったので実用化には至らなかった。プラズマアークの研究はその後も続けられ、最初の実用プラズマトーチは1953年 Gage の発明といわれている。そして実用的なプラズマ発生装置は、1960年代に至ってようやく市場に供給されるようになった。

近年のプラズマトーチは、プラズマアークの安定化、信頼性が高まり工業利用に耐えうるようになった。最近では、特に発生エネルギーの大容量化、ジェットの高速度化、電極の長寿命化等の著しい進展がある。このようなプラズマ溶射機器の発展と共に、高度な耐摩耗、耐熱、耐食等の工業ニーズに応えるべく溶射の応

用範囲は広がっている。

プラズマ溶射は次のような特徴を有している。

1：プラズマジェットは温度が高いため、セラミックス、サーメット等の高融点材料をコーティングすることが出来る。

2：プラズマジェット流速が速いため溶融粒子の衝突エネルギーが大きくなるので結合力の強い緻密な皮膜が得られる。

3：素材の温度は、普通150℃以上には加熱されないため、素材の機械強度を劣化したり熱歪を与えない。

4：コーティングスピードが速いため、低コストで厚い皮膜を得ることができる。

いまのところ結合力が強く厚いセラミックス皮膜を得る方法は溶射以外みつからない。

### プラズマ溶射装置

本装置は一般に電源装置（直流）、溶射トーチ、粉末供給装置、制御装置、高周波発生装置、水冷却装置などにより構成されている。本装置の構造を図9で示す。

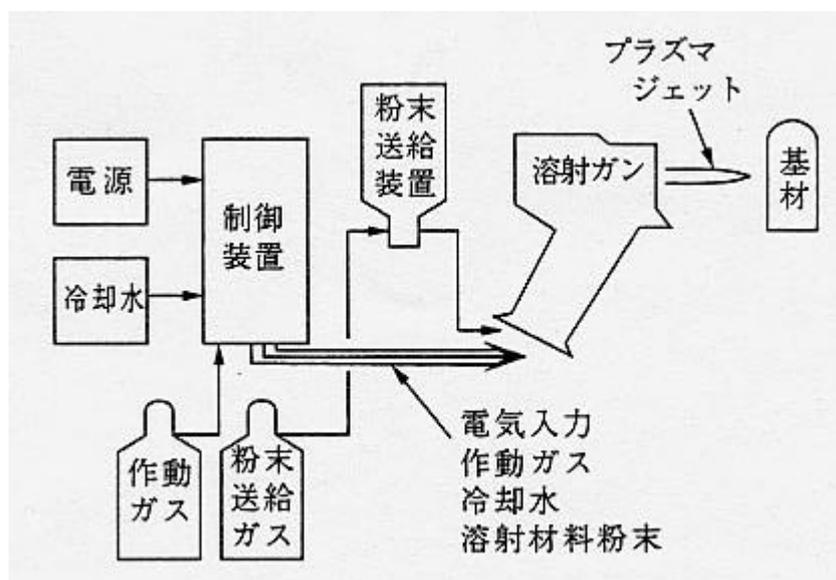


図 9

プラズマ溶射は、アルゴン、ヘリウム、窒素、水素のガスをアークによってプラズマ化し、これをノズルから噴出させて形成した超高温、高流速のプラズマジェットを熱源とする被膜形成技術である。

この溶射技術はタングステン電極（陰極）と銅電極（陽極）の間にアークを、

アークさせる事によってアルゴンガス等の作動ガスをプラズマ化し、銅電極ノズルより噴出させてジェットを形成する。このプラズマジェット中に粉末材料（粒度：数十 $\mu\text{m}$ 程度）をアルゴン等のガス流に乗せて送給し、熔融させつつ飛行させて素材表面に付着及び積層して被膜を形成する。

溶射熱源としてプラズマジェットは作動ガスにアルゴンを使用した場合、流速測定結果でトーチ出口近傍では極めて高い温度と速度を有している。この為、ニッケル（Ni）基合金、ステンレス鋼など従来用いられた材料はもちろん、モリブデン（Mo）、タングステン（W）などの高融点金属をはじめジルコニア（ $\text{ZrO}_2$ ）、マグネシア（MgO）などの高融点セラミックスの溶射が可能である。すなわち、プラズマ熱源によって分解、蒸発等の影響を受けない材料であれば原理的には、あらゆる材料が溶射被覆の対象となる。

被溶射体についても金属材料をはじめ有機、無機材料など多くの種類及びかなり複雑な形状の素材への被膜形成が可能である。

### 3 3 プラズマ溶射原理

#### プラズマ溶射ガン

溶射被膜の良し悪しは、溶射条件を如何にするかが問題であるが、溶射の生命は溶射ガンの構造と如何に安定した粉末を送るかという2点にしばられる。当社が扱っていた溶射ガンに関して述べる。

溶射ガンには2種類の粉末投入方法がある。内部供給法式、と外部供給法式である。図10で内部供給型の溶射ガンを示す

溶射ガンは電極の組合せによって各モードに変換できる構造になっている。出力として80KWと40KWがある。

80KW MACH-モードの場合、プラズマジェットの速度 $V_1$ が約3500m/secにも達する。このため、溶射粒子の質量をM、飛行速度を $V_2$ とするとその保有する運動エネルギー $E = 1/2 MV_2^2$ を大にすることが可能になる。

しかしプラズマジェットの長さをdとし、溶射粒子のプラズマジェットの滞在時間をtとすると、 $t = d / V_1$ となり、溶射粒子の飛行速度が大になると滞留時間が短くなる。プラズマジェット中における溶射粒子の熔融はプラズマジェットの温度Tとすると、 $T \cdot t = T \cdot d / V_1$ に支配され、粉末を十分熔融させるには、 $T \cdot t$ を大きくする事が好ましいとされている。したがって、プラズマジェットの流速を高めることは溶射粒子の運動エネルギー（ $1/2 MV_2^2$ ）と溶射粒子の熔融条件（ $T \cdot d / V_1$ ）に相反する効果を与え、前者はこれによって溶射被膜の性質を改善しえるが、後者は逆に被膜の性質を劣化させる。

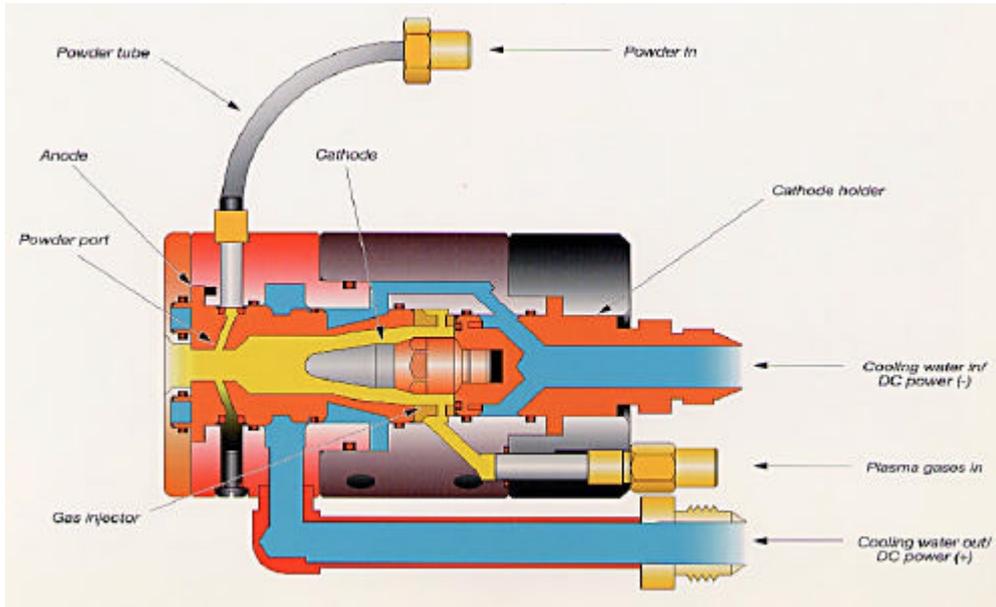


図 10

以上のことから、単にプラズマの流速を増大させるのみでは溶射被膜の改善にはならない。溶射粒子の溶融条件を考慮する必要がある。

溶融条件の向上する一つの方法としてプラズマジェットの温度や長さを変えることが考えられるが、この方法はあまり適切ではない。すなわちガスの組成や流量などによってプラズマの温度と長さは多少変化するが、溶射ガンの構造や構成部品の材質その他から制限され、その変化には限度がある。

したがって、溶融条件を改善する為に、つぎのような手段が設計に取り入れられている。

- 1：粉末を出来るだけプラズマアークポイント（カソードに近い位置）から投入する。
- 2：粉末をプラズマジェット流に対して逆方向に投入する。
- 3：粉末をジェット流に対してら旋状に回転させて投入する。

これらによってプラズマ流の長さ  $d$  を実質的に延長し 1 : 2 )、滞在時間  $t$  を直接的に大きくしている。

溶射ガンは上記の要求を充分考慮して、基本的には溶射材料の粉末をアークチャンバー内に供給する粉末内部供給式ガンである。

内部供給の利点は

- 1：プラズマアーク点（カソード）の近傍に粉末を投入する為、プラズマジェッ

トの熱を有効に利用することが出来る。

2：粉末に与えられたエネルギーが均一になり、溶射被膜の均一性が保持できる。

3：粉末の飛行速度をプラズマジェットの数値に近づけられる。

4：ガン内部の温度を不必要にあげることがないため、電極及びノズルなどの寿命が非常に長くなる。

5：母材（素地）に対する熱影響が少ないため、品質管理が容易で加熱の心配がない。

6：粉末の飛行速度が円柱状であり、溶射被膜の均一性が保持されるとともに効率大幅に上昇するなどである。

プラズマ溶射ガンの従来の冷却法は電極直冷式で電極内部を直接冷却せずに外部表面に水を流して冷却していた。この為、水の乱流などの影響もあり、冷却効果は不十分であった。そこで電極そのものに穴をあけて直接冷却するようにした。粉末供給口に接近して冷却水通路が存在するため、粉末が充分冷却されて、プラズマジェット投入前に生じる粉末の溶融を防止することが出来る。また作動ガスは溶射ガンの中心に導入されずにカソード（-）電極の接線に向かって導入されている。この流れにそって粉末を導入すると粉末のプラズマジェット中の滞在時間が長くなり、高性能の被膜を形成することができる。

#### 粉末供給装置

本装置は決められた溶射材粉末をプラズマ溶射ガン（プラズマジェット）の中に送り込む粉末（1～140 μm）を正確に供給する装置である。粉末の溶融むら、厚さむら、表面粗さの悪化、さらには溶着部の密着強さを低下させる原因となる。粉末を送り出す回転ホイールの回転数を電子制御し粉末の送り精度を±0.5%以下のおさえる事ができる。均一な被膜作成には如何に安定した量を送るかがポイントになる。また2種類の異なった粉末を、まったく異なった条件で供給できる。

#### プラズマ溶射の特徴

1：プラズマによる高温ジェットを利用できる為、セラミックスのような高融点材料でも溶射可能である。また溶射粒子の飛行速度が大で、緻密で密着性に優れた被膜ができる。

2：母材の表面温度を上昇する事ことなく、均一な厚さの被膜を作成できる。

3：粉末を使用する為、金属やセラミックスなどの複合材の被膜を作成することが可能である。

#### プラズマジェット

溶射被膜の特性に最も影響を与えるのはプラズマジェットの状態である溶射被膜の性質は、プラズマジェットの温度分布、保有エネルギー、速度分布等に依存する。これらのジェットの特性は使用するアークガスの種類、ガス流量、投入される電気エネルギーによってかわる。通常プラズマジェットの生成ガスはAr、He、H<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>等の不活性ガスとそれらの混合ガスが使用される。一原子ガス保有エネルギーは、原子の運動エネルギー、イオン化エネルギーによってきまるが、二原子ガスの場合は、この他に解離エネルギーが追加される。この為二原子ガスは、一原子ガスに比べて低温でも高いエネルギーを有する。

図 11<sup>11</sup>はアルゴン、ヘリウム、水素及び窒素の温度と、その保有するエネルギー（エンタルピー）との関係を示したもので、水素、窒素では解離と電離、またアルゴン、ヘリウムは電離（単原子ガスであるから解離は生じない）同じ温度において、2原子ガスは単原子ガスよりも保有しているエネルギーが、はるかに高いことがわかる。

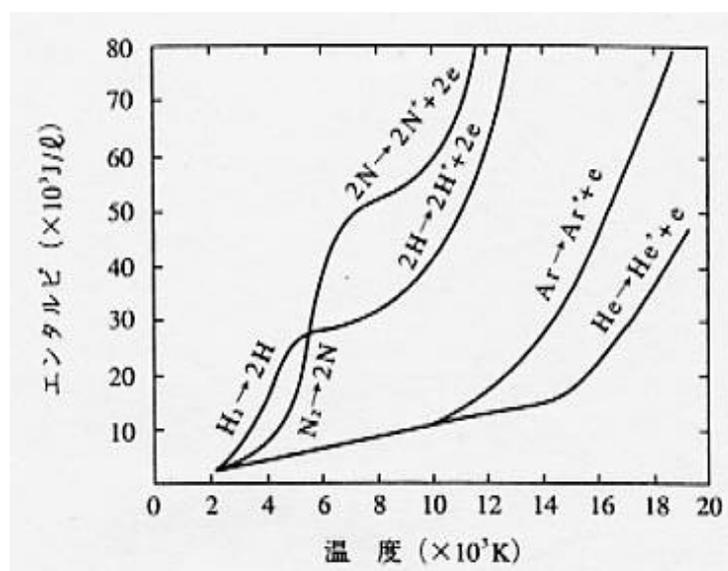


図 1 1

また、二原子ガスは一原子ガスよりプラズマジェットのアーク長が増大する為、溶射粒子の滞在時間が長くなるので、比較的低温のジェットでも粒子は溶融される。一方一原子ガスは容易に高温になるので高速度のジェットが得られる。一般

<sup>11</sup> 蓮井淳 溶射工学 産報出版

には溶射材料の種類に合わせてガスを選択する。

### 溶射現象

粉末材料がプラズマジェット中に供給されて、溶融しながら加速され飛行して母材（素材）に衝突して、母材に濡れながら熱を奪われて固化して被膜を形成する一連の挙動からなりたっている。溶射粉末粒子が、プラズマジェットに入って溶融されるためには、粉末粒子の融点、熱伝導率、溶融潜熱、粒子径の条件が適切でなければならない。プラズマジェットの温度は10000~20000 という高温である。図12にプラズマジェットの温度分布図を示す

溶射粒子がプラズマジェット中に滞在する時間は0.3~0.6秒と考えられる為、このわずかの時間で溶射材の芯まで溶融するには、高融点、低伝導率の材料は小さな粒径でなければならない。通常は酸化物では10 $\mu$ ~60 $\mu$ 程度の粒径の材料が使用される。金属のような熱伝導率の高い材料は200 $\mu$ ぐらいまでの粒径を使用する。またあまり蒸気圧の高い材料は、プラズマジェット中で蒸発してしまって、ほとんど被膜が形成できない場合もある。

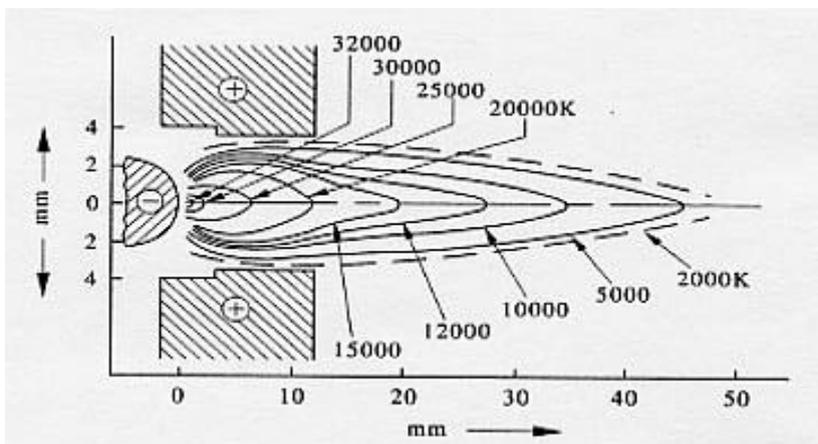


図12

また未溶融の粒子が、素材に衝突しても素材に付着しないし、もし巻き込まれて被膜の中に取り込まれたりすると被膜の欠陥となり被膜の性能を低下させる。溶射粒子の飛行速度は、粒子の大きさ、密度等にもよるが、だいたい100~300 m/sec と考えられる。以上のような運動エネルギーを有した溶射粒子が母材に衝突して、扁平に変形して、素材に濡れて付着固化する現象である。

### プラズマ溶射材料

溶射のメカニズムから見て、液相の存在しない物質をコーティングすることは出

来ない。高温で分解したり、昇華する物質、液相があっても蒸発圧が高いまた、融点と沸点が極端に近い物質は溶射不可能である。但しグラファイトのように液相を持たない物質でも他の液相を有る物質で表面を包んだ状態の粉末で溶射をすればグラファイトを含んだ被膜が作成できる。溶射しやすい材料は、高温で化学的、物理的に安定した材料である。溶射に多く使用される材料は酸化物である<sup>12</sup>。炭化物、硼素化物、珪素化物、窒化物等は高温で酸化されやすいので一部の材料にしか実用されてない。

粉末の粒度分布が溶射被膜の特性に大きく影響する。粉末材料の粒度分布は、材料の融点、熱伝導度あるいは要求される溶射被膜の特性にもよるが、10～44 μmの粒度分布が一般的である。

溶射材料	組織	性質・用途
酸化物		
ホワイトアルミナ	99% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	高硬度 (Hv 800～1000) 電気絶縁
グレイアルミナ	97% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 3% TiO <sub>2</sub>	高硬度
チタニア	TiO <sub>2</sub>	耐磨耗、
アルミナチタンニア	60% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 40% TiO <sub>2</sub>	緻密、耐磨耗、 低磨耗係数
酸化クロム	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	高硬度、耐磨耗、耐薬品性
酸化ニッケル	NiO	熱副射、
酸化コバルト	Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 、Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	熱輻射
酸化セリウム	CeO <sub>3</sub>	燃焼用触媒
スピネル	MgO・Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	耐磨耗、溶融ガラス
チタン酸バルウム	BaTiO <sub>3</sub>	高誘電率
ジルコニア	92% ZrO <sub>2</sub> - 8% Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	低熱伝導率、 耐熱衝撃
ジルコン酸マグネシウム	MgZrO <sub>3</sub>	耐溶融金属、耐熱衝撃
タングステンカーバイド	88% WC - 12% Co	炭化物、窒化物 高硬度、耐アブレーション 耐エロージョン

<sup>12</sup> 深沼博隆 『セラミックコーティング技術』総合技術センター

シリコンカーバイド	25% SiC - 75% Ni	耐熱、高温での耐磨耗
クロムカーバイド	75% Cr <sub>3</sub> - 25% Ni - Cr	高温で耐磨耗 耐エロージョン
チタンカーバイド	TiC	硬度、耐熱、耐磨耗
チタンナイトライド	TiN	単独溶射不可 サーメット
ジルコニウムナイトライド	ZrN	耐熔融金属
ボロンナイトライド	BN	ニッケルクロムとサーメット

### 対磨耗コーティング

溶射で多く用いられているのは、対磨耗コーティングである。溶射中素材温度が150℃以上にならないで素材に歪みを与えないし、必要な部分のみコーティングすることが比較的容易である。素材金属の低質のものであっても表面を硬化させることができ、溶射の多くの利点を有している。

耐磨耗コーティングに応用するにあたっては、磨耗現象は複雑なので、その部品の使用環境および使用条件を充分理解した上で溶射材料を決定する。例えば、コーティングが被膜に接する相手材の材質、被膜にかかる大きさ、摺動速度、使用温度等及び他に複合的条件、例えば腐食性環境、電気絶縁など、物理的、化学的条件を充分理解する必要がある。

## 3 4 溶射のアプリケーション

### 溶射の応用

用途	溶射材料	目的
スネークポンプロータ	88% WC - 12% Co	耐磨耗
メカニカルシール	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 、Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 、WC - Co	磨耗、耐食
ポンプスリーブ	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 、WC - Co	磨耗、耐食
ピストンリング	Mo、トリバロイ	耐磨耗
繊維ガイド	60% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 40TiO <sub>2</sub>	耐磨耗
各種カム	WC - Co	耐磨耗
バーナミキサー	ZrO <sub>2</sub>	耐熱
ヒーター	NiO、Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	赤外輻射
ホットプレス	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / TiO <sub>2</sub>	耐磨耗、

### 耐アブレーション被膜

硬い粒子に削り取られて磨耗していく現象をアブレーションと呼ばれている。

このよう場合磨耗される粒子より硬い材料でコーティングされなければならない。コーティング材としてはタングステンカーバイド、クロムカーバイド、チタンカーバイドのサーメット、酸化クロム、酸化アルミニウム、酸化チタン等の酸化物が適している。

#### 耐アドヒジョン被膜

潤滑油、潤滑剤の使用不可能な場合が多い。例えば非常に高温である、真空中であるとか、ガス雰囲気中とか等である。このような場合酸化物あるいは炭化物の溶射が適している。特に表面粗さの小さい被膜を要求される場合は、チタニア、アルミナチタニア、が適している。また酸化物は摩擦係数が低く、金属と合金化することがないので、ガジリ現象が生じたり焼き付けがおきることはない。また被膜と素材との結合強度の比較的高い被膜が必要な場合、衝撃等のある場合は、酸化物は避けて、タングステンコバルト、またはサーメツツ材料のモリブデン等を添加したものをコーティングする。

#### 耐エロージョン、キビテーション被膜

硬くて緻密な被膜、特に溶射粒子間の結合力の高いものが要求される。

耐エロージョンの場合エロージョンをおこす粒子が溶射被膜に衝突してすこしづつ被膜を脱落させていくので、溶射粒子間の結合が強く、溶射粒子個々も硬いほどよい。炭化物サーメットのほうが、酸化物より適している。

#### 耐表面疲労磨耗被膜

表面に繰り返し応力がかかると、表面または表面下に亀裂を誘発し、遂には表面が破壊され脱落する。このような磨耗に耐えるには、溶射被膜は硬く、じん性の高いものでなければならない。このような磨耗に耐える溶射材料は炭化物と金属からなるサーメットが最もよい。

#### 高磨耗、低摩擦被膜

紙を送ったり、物を掴んだりするときのように、表面の摩擦係数が高く磨耗しにくい表面状態を要求される場合がある。溶射材料としてはアルミナ、酸化クロム、タングステンカーバイド、クロムカーバイド等が使用される。

#### 耐食被膜

溶射被膜が腐食雰囲気に耐える材料であっても、溶射皮膜は多孔性であるので素材まで貫通した気孔を有している。したがってこの気孔を腐食物質が通過して

素材を腐食してしまい、その結果被膜を浮き上がらせてしまい剥離脱落させてしまう。したがって、溶射被膜の耐食性を高め、信頼性をあげるには、気孔を埋める必要がある。

200 以下で使用される場合は通常、エポキシ系、フェノール系、アクリル系などの樹脂がシーリング材として使われる。

200 ~ 400 の温度では、シリコン樹脂がシーリング材として使われる。400 以上では水ガラス、種々の無機質のコロイド溶液等が使用される。

### 耐酸化被膜

耐食性のガスが存在しない場合は通常1000 ぐらいまでは一般には80% ニッケル20%クロム合金をアンダーコートしたあとトップコートとして安定化ジルコニアをコーティングする。安定化ジルコニア以外にアルミナ、アルミナジルコニア、ジルコニアイトリア等の酸化物も検討される。

### 前処理に関して

すべての表面処理について共通なことは、前処理は完成した製品を見なければわからないが、重要な工程の一つである。

溶射を行うのには、まず母材（素材）の表面の清浄化が必要である。つまり素材表面に付着している油、汚れ、スケール、ペンキ、等を除き、新鮮な金属表面を露出させなければならない。清浄化の方法としては、化学的方法と機械的方法がある。化学的方法は一般に脱脂を目的として行われ、具体的には溶剤洗剤、アルカリ洗剤等がある。

機械的方法は、原始的な、人手によるサンドペーパーやワイヤーブラシを用いるものから、大規模に行うブラスト法がある。

ブラスト法では、素地の酸化膜除去と粗面化とができる。同法は圧縮空気とブラスト材と共に素地に強く吹きつけて、素地表面を荒らす方法である。溶射粒子はその粗面に溶融状態で衝突し、扁平化し、圧着された状態または絡みついた状態で凝固する。

したがて、溶射粒子の素地に対する密着機構あるいは結合機構は、ある種の金属を除いては、機械的結合であるといえる。

ブラスト処理が不完全であれば被膜を積層していくうえで支障がしばしば起こる。たとえば、被膜が粗雑な状態で積層されたり、被膜が浮き上がったり、剥離の原因にもなりうる。

素材はブラストすると、素地の表面は酸化膜や不純物が取り除かれ、素地はわ

ずかな起伏状態に削り取られる、その起伏面は多数の凹凸が複雑な方向性をもった素面となる。溶射粒子は粗面に衝突扁平化するのである。このとき粒子は凹凸の谷にはまり込んだり、山と山、谷と谷などからみついたり、圧着されたりして状態で凝固積層される。溶射粒子は粗面と接触した際、お互いが良く濡れあえる状態であるとき両者の密着性がよい。粗面は、活性な状態を保っている程溶射粒子とよく濡れ合う性質がある。

### 3 5 既存技術の応用

#### 減圧プラズマ溶射

減圧プラズマ溶射法<sup>13</sup>は大気プラズマの欠点を改善する為に開発されたもので、真空チャンバー内に溶射ガンおよび被溶射材料を組み込み、アルゴンなどの減圧雰囲気中でプラズマ溶射を行うことを特徴としたものである。

1960年代後半にアメリカの E..Muehlberger<sup>14</sup>により開発された技術である。減圧プラズマ溶射法を LPPS (Low Pressure Plasma Spraying) と呼ぶことにする。従来のプラズマ溶射法を APPS (Atmospheric Pressure plasma Spraying) とよぶ。

基本的には大気中でのプラズマ溶射装置に雰囲気調整が出来るように真空チャンバーと排気システムを加えたものである。プラズマジェットの長さは減圧にするほど伸長していくので、チャンバーの大きさもそれに見合った容量が要求される。プラズマジェットからの輻射熱や対流伝熱で容器内に置かれたものや容器壁温度が上昇するので昇温を防ぐ冷却構造が必要である。排気系に対しても、高温で粉塵の多いガスが直接ポンプに入らない配慮が必要で、熱交換器、除塵装置が構成される。図 1 3 に減圧プラズマ溶射装置を示す

---

<sup>13</sup> 減圧プラズマ溶射は、英語で Low Pressure Plasma Spraying という。これに対して大気(大気中)溶射を atmospheric Plasma Spraying (APS) という。

<sup>14</sup> 武田紘一、井藤三千寿 『減圧プラズマ』 プラズマ応用技術研究会

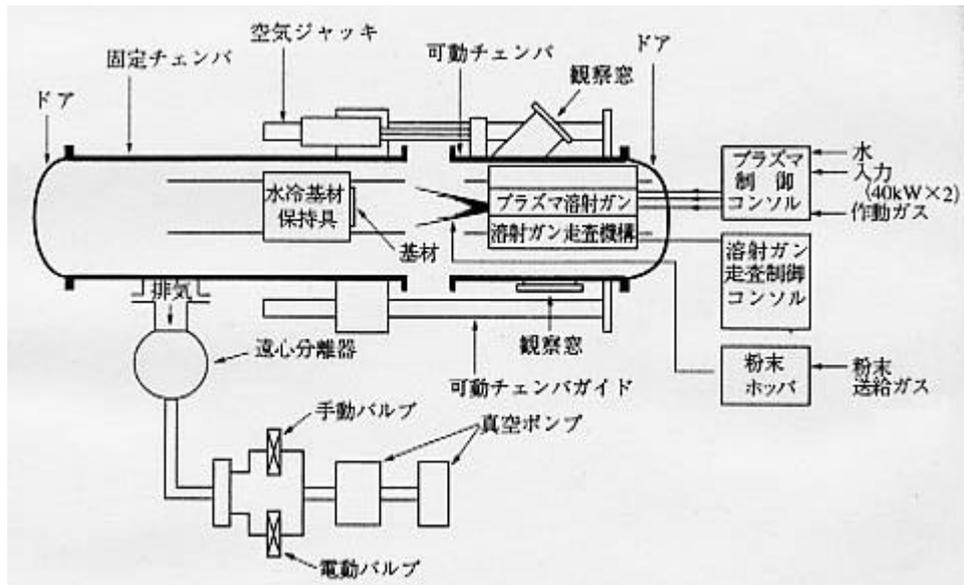


図 13

減圧プラズマ溶射では溶射ガン内部でプラズマアークを形成する為の主電源のほかに、移行形アーク用小型電源をもつ場合が多い。移行形アークは溶射対象母材の予熱、表面クリーニングの為に用いられる。

減圧雰囲気中では、プラズマ炎領域が拡大するとともに、プラズマジェットの流れも上昇するため、溶射粉末の溶融が進み母材との衝突速度も増す、その結果、空孔の少ない緻密で結合力の高い被膜の形成が可能となり、とくに金属等活性材料の溶射では、酸化などによる変質が生じにくくなり良質な被膜の形成が可能となる。

#### LPPS の特徴

- 1：被膜気孔がほとんど生じなく、高密度被膜の形成が可能である。
- 2：活性金属、炭化物などの無酸化溶射が可能である。
- 3：被溶射材料と被膜との界面結合力が強い
- 4：原材料と同じ品質の被膜形成ができる。
- 5：各種科学的雰囲気の選択が容易にできる
- 6：薄膜から極厚膜の被膜形成が可能である
- 7：本装置は騒音、紫外線、粉塵等作業環境上の問題がない。

本装置はタービンの熱コーティング TBC (Thermal Barrier Coating) の開発として本手法が開発された。タービンはコンパクトな機器にもかかわらず非常に高いエネルギー密度の場を提供することから、輸送機器、発電機器等重要なエネルギー交換装置としての地位を高めてきた。タービンは高度な技術の集積によ

って成り立っているが、用いる材料特性も性能を支配する重要な因子である。

TBC の構成

1：低熱伝導率

2：高温安定化性：高温に長時間曝されることから、対酸化性、高温腐食性、構造安定性が必要

3：基材に近い熱膨張率：高温部材の基本構造体である金属の表面に形成する為熱膨張係数の整合を図らないと、大きな温度変化によって高い熱応力が発生する。

### 3 6 プラズマ溶射の普及と現状

プラズマ溶射の市場調査は大変難しい、なぜならプラズマ溶射装置に関しては、本装置を購入して、各社が研究開発を行うから、殆どが外部に公表されない。溶射加工業者はどこのメーカーの物を持っているが、加工ビジネスに繋がるケースが多いが、一般企業に関しては殆どが極秘扱いになっている為、一般的ではない。よって情報のソースは機械販売、材料メーカーが情報は一番持っていると確信する。とくに材料に関してはメーカーソースまで秘密にしている。

現在はインターネット通信の発達で随分オープンになった感がする。

溶射の市場は一般市場に比べると随分小さいと感じる。

日本全体では、溶射加工（溶射方法の種類をすべて入れて）約200社前後と考えられる。但し、国内で技術力、営業力とも備わっている有名溶射加工業者は、約30社であろう。一般企業で内作及び研究を行っているのは、正直いって、相当あると思われる。（但し研究に関しては、約30%の設備が開発途中でストップしていると考えられる）基本的には本ビジネスは、最初大企業は加工業者に製品の溶射加工を外注委託し、需用と供給を対比して、儲かるとなると内製加工に移行する。その為各加工業者は、溶射の前加工、オペレート条件、溶射材料、（メーカー、粒度、成分等）は顧客には技術的内容はオープンしてないのが現状である、又それは加工業者が生きていく知恵である。

国内の研究所、大学等は表面改質の一手法として納入されているが、どちらかというと溶接関係に多く納入されている。また研究開発目的で材料研究室などに多く入っている。ただし金額が高額の為全国研究所のうち約20～30ヶ所は納入されている。国研では旧工業技術院、機械技術研究所、大阪工業試験場、中国工業試験場、四国工業試験場、旧運輸省船舶技術研究所、旧科学技術金属材料技術研究所他に各県の工業試験場などである。又企業での産業別では、航空機、重工業、電気（重電、家電、半導体、）自動車、化学、製鉄関係など多くの分野で使用されている。

## 第 4 章 営業経験から考えた新概念 新・新結合

### 4 1 私の体験事例：レーザープラズマ溶射装置

溶射ビジネスは表面技術の一つである、他の国内メーカー設備と違って、本ビジネスは基本的には輸入品であり、溶射装置に関しては、もともとは欧米での航空機、軍事関係の設備を補修するために、当初は米国のベンチャー企業が（メーカーに打ち合わせに行き驚いたことは、日本でいう中小企業であるが）大手エンジンメーカーや国の軍事産業に入り込んでいて必ずエンジンメーカーなどから技術に関する認可を取っている事である。

どういう事かという日本航空機をメンテナンスする場合、エンジンメーカーで例えばGE、PWA、のエンジンであれば、メンテナンスマニュアルにこの企業の機械設備及び使用材料が指定されており、その他のどんな良い機械、よい材料であっても指定メーカー以外では、使用が出来なくなっている。まずここに米国の中小企業に対する国策が感じられるし、また米国には日本のように大手至上主義ではないと考える。

これは、本大学院で充分学んだことでもある。

溶射装置機本体（溶射ガン、コントロール、粉末供給装置、電源装置、高周波発生装置、水冷却装置、ホース、ケーブル）に関しては、基本的には輸入品である。溶射装置は溶射機本体のみでは、使用不可能であり、音、光、粉塵等の問題があり、溶射機本体＋付帯設備が必要になってくる。又生産が必要となった場合は、素材の搬送設備等大掛かりな設備になってくる。

まず本ビジネスで感じたことは、第1に現在はインターネットが発達してきたので、情報が入りやすくなってきたが、基本的に日本の企業（大企業も含めて、海外製品対しては弱いといえる）国内製品に関しては、色々知識もあり、講釈をたれ、価格に関しても国内製色々けちをつけるが輸入品に関してはあまり文句をいわないのが現状である。

京都のPVD装置のサムコインターナショナルが海外と協力して海外で生産し国内に販売するミラー効果を掲げているが、まさにそのとおりであると考え。ここで大事なことは、海外のメーカーの国内総代理店であることが重要なことである。（ただの代理店と総代理店とは意味が違う。）なぜなら総代理店を通過しなければ国内に入らないからである。よって同一商品の競争がない。但し総代理店は年間販売の約束の義務が同時に必ず遂いで廻る。

また本製品の部材と消耗品に関しての適性在庫を持たなくてはならない、もう一方は顧客がいくてくることは「メンテナンス」の件である。メンテナンス体制に関しては、当然装置の台数ができれば、故障経験も積んで当然特化した部隊が必要

になってくる。

本ビジネスは私が担当になったときは、あまり国内では技術知識がなく、全くなんにもないところから始まったといつてよい。

また、一番大事なことは、取り扱う製品の特徴が何であるかを充分理解していることではないかと思う。同じ特徴の製品であれば、価格競争に走ることが多いのは当然である。プラズマ溶射の説明でもしたが、プラズマ溶射装置のポイントは溶射粉末を如何に良く溶かすかにかかってくる。プラズマの熱源により近く、粉末を投入するかである。その点、弊社取扱いメーカーの溶射ガンは粉末内部供給方式であり、他社はすべて粉末外部供給方式であった。

内部供給方式の場合、理論的には優位であった。よって大手研究所に打ち合わせの時、技術者の目から見て納得がいった。たまたま弊社の扱いが内部供給方式であったと思うが、ビジネスを行うにあつたての製品の選択は重要な事であると感ずる。特に他社と大きく違うポイントを持つことが必要である。

始めの頃打合せで数社国内の加工専門業者（ジョブ・ショップ）に入っているので、見学にいったが、現場はひどいもので、作業者の健康管理は皆無と考えられていた。現場に入って、数分して外にでると、目は紫外線でチカチカするし、涙は止まらないし、口の中はセラミック、金属粉を吸ってゴワゴアするし、音はジェット音で約120デシベルは有り、耳栓とマスクと遮光面ではどうにもならず大変な目にあつた事である。昔は社内でも専門的な社員がいて「その傷みを受けて一人前になる」などと、ばかなことを言っていた。当時はあまり環境問題は考えていないのが現状である。

でもわかつたことは3Kであるがこそ、あまり人が参加しない、作業であるので儲かることは間違いなかつた。（当時小さい会社は現在大きく工場もきれいになっている。）いつも感ずることであるが、基本は人と同じ事をやっていたは儲からなし、競争が激しいとゆうことである。そこで当初環境関係を考えた。集塵機装置、防音室（音、光）、それまで溶射ガンを手動で行っていたが、機械化に順次持っていった。

今から15年前頃、ロボットが出現して、溶射ガン移動機械のメンテナンス性等、また溶射ガンの移動による溶射被膜（品質の安定化）に高額なロボットが採用された。そして溶射ロボットとして使いがっての良いソフト等が開発されていった。当然ロボットも駆動系がシリンダー方式からリンク方式へと、又小型化、低価格と持続的技術革新が行われた。同様に集塵機も従来はろ布を使用していたが、集塵フィルターカートリッジが海外で開発され、現在は今までのろ布によるメンテナンスの悪い装置はだんだんなくなつてきている。これも持続的技

術革新である。

また、溶射装置の拡販のため、弊社は同ビジネスに関しては、競走相手から見ると、そんなに市場を取ってなく、弱い存在であった。なぜなら、他のプラズマ溶射メーカーは、溶射市場での、ガス溶射、電気溶射、プラズマ溶射と手掛けていたが、当社が取扱いメーカーはプラズマ溶射装置の専門メーカーであり、また当社としても、プラズマ溶射装置は金額が数千万円するが、ガス溶射、電気溶射は数百万である為、商社として、売上高至上主義においては、あまり関心がなかったのも事実である。

よって、プラズマ溶射販売のみに力を入れていた。基本的には大手企業がメインであり、溶射専門業者にはあまり関心はなかった。なぜなら、中小企業は日本である程度広まれば、買ってくれると踏んでいた。

そこで、まず第1の戦略としては、権威付けの為、官学に納入することであると考えた。学は、日本の学問の雄、東京大学生産技術研究所に納入した。官は通産省工業技術院機械技術研究所と科学技術庁金属材料技術研究所であった。今でいう産官学のはしりである。皆、権威としては十分なものであり、装置のPRとしては充分であり、それらと関係のある引き合い先は基本的には価格交渉はあるものの大半は受注できた。

日本の企業は産官学として当時として今ほど大題的ではないが行われていた。競合相手は関西の有名大学を拠点にしていた為、当社は関東地区を戦略的に押さえた。東京大学生産技術研究所で学んだ事は、同研究所は溶射装置をFRM(繊維強化金属)のためのカーボン繊維のシートにALを被覆する手段<sup>15</sup>としてプラズマ溶射を使用し新素材の開発を行っていた。一般のプラズマ溶射と全然違った使い方であった。プラズマ溶射の技術の応用性を確信した。

科学技術庁金属材料研究所は減圧プラズマ溶射を国内でいち早く検討し、実験、開発製作した所でもあり、顧客より減圧プラズマ溶射装置を受注するのに大変役立った。同研究所に関しては世の中の技術より進んでいた感がする。通産商工業技術院機械技術研究所は減圧プラズマ溶射からレーザーの組合せのハイブリッド化を構築していった。ハイブリット化の方向性を得た。それを機に業界はハイブリット化に流れた。

溶射装置は基本的にはあまり米国メーカーは改良せずあまり進歩はしなかったが、付帯設備はいろいろ改良され、それらを客先の要求の応じてシステムとして組込んだ。基本のデータは殆どが海外のメーカーで行っていたが、それらを輸入

---

<sup>15</sup> 大蔵光明「先端複合材料の開発研究」 東京大学生産技術研究所

すると、納期、価格、メンテナンスの問題等があり、本体以外は国内で調達した。その方がビジネスはやりやすかった。

減圧プラズマ溶射装置も、当初は海外での文献で見たとの情報の基、顧客と協同開発のような事を行った。弊社が自社で開発を行う事は、まずメーカーでないので無理である。顧客の予算を活用して、国内メーカーと組んで開発にあった。それを基に、減圧プラズマ溶射のノウハウを身に付けた。そして各社の受注に順次問題点を改良していった。図 14 はプラズマ溶射ビジネスの主・従関係図である。

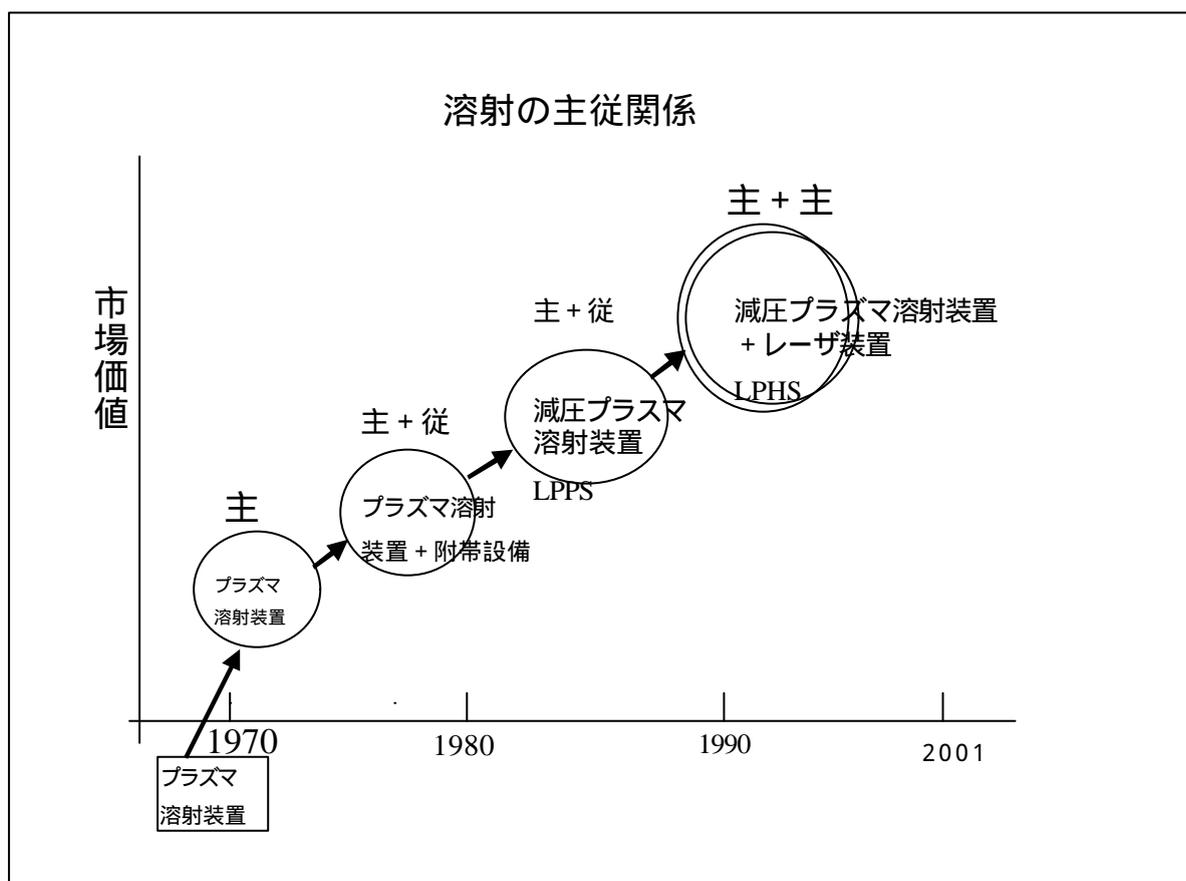


図 14

そして、マーケティングの動向から最後はプラズマ溶射（減圧プラズマ溶射）と YAG レーザ装置とのハイブリット、プラズマ溶射（減圧プラズマ溶射）と CO2 レーザ装置との組合せ、すなわち主体 + 主体との組合せにより、品質の向上を組み上げた。

レーザー装置はレーザーメーカーが持続的技術革新は日々行っている。YAG レーザにおいてはランプ励起式から LD 励起式に変わりつつある。

筆者の考えは、確かに製品単品に関しては、時間がたてば企業は確かに破壊的技術革新を起こすかもしれない、しかし、それまでの間、製品単品ではなく、その製品の良い利点を応用し、それらを組合せることによって、品質の向上を計ることが、破壊的技術に対応できる手段ではないかと感じる。ここで主・主結合の前にレーザ溶射について述べる。

### レーザ溶射法

レーザ溶射法は1980年代始めに高出力レーザの出現にともなって開発された比較新しい溶射法である。レーザ光は溶射母材に対して垂直の照射するのが一般的であるが、母材へのレーザ照射の影響を避けて母材に対して平行に照射する場合もある。溶射粉末の飛翔速度は、プラズマ溶射に比較すると格段に遅いため、溶射粉末の溶融の度合いが被膜の品質を大きく左右することになる。

レーザを熱源として利用した場合の最大の特徴は、溶射雰囲気中に制約がない点にある、すなわち、プラズマ溶射法ではプラズマガスが、アルゴン、ヘリウム、窒素、水素ガスが高密度のエネルギー伝達を担うが、レーザ溶射の場合にはそれが光である為、高真空中でもエネルギー伝達が可能になる。レーザ溶射法の長所としては、溶射粉末の完全溶融が可能の為、粉末の形状や大きさに制限がなく緻密な被膜が得られること、雰囲気中に制約がないため、高真空での溶射や雰囲気ガスとの反応を利用した溶射も可能である。図16にレーザ溶射を示す。

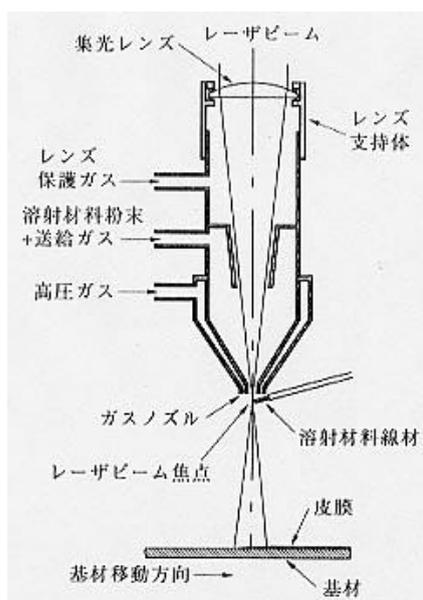


図 16

短所は、粉末のレーザー光吸収率が大きく溶射条件を支配することである。現在、実用化されている高出力レーザーの波長は可視光域から近赤外域にあるが、金属材料の場合はこれらの波長域のレーザー光に対する反射率が非常に大きき為、溶射粉末の溶融には大きなエネルギーの投入が必要とされる。また金属の酸化などに伴う急激な吸収率の上昇も、レーザー投入エネルギーを制御する上での大きな問題となる。ただし金属粉末を用いた場合でも、その場にプラズマ状態が形成されれば、レーザーパワーはプラズマを介したエネルギー伝達が促進される為、安定した溶射状態が得られる。

### レーザー・プラズマハイブリッド溶射法

レーザー・プラズマハイブリッド溶射法(LPHS)<sup>16</sup>は、減圧プラズマ溶射法とレーザー溶射とを複合化し、それぞれの特徴を生かすことにより被膜の向上をさせ、さらに新たな強い機能性被膜を創製する事を目的として開発したものである。ここでのレーザー光の役割は、材料表面に局所的な超高温状態を作り出すことにより、溶射材料を完全溶融して被膜を緻密化し、さらに母材と溶射材料と拡散や反応を促進することにより、密着性向上を図ることにある。また溶射開始前にレーザー光で母材を加熱処理することは、表面を化学的に活性化状態に改質する効果もある。図17に同溶射法を示す。

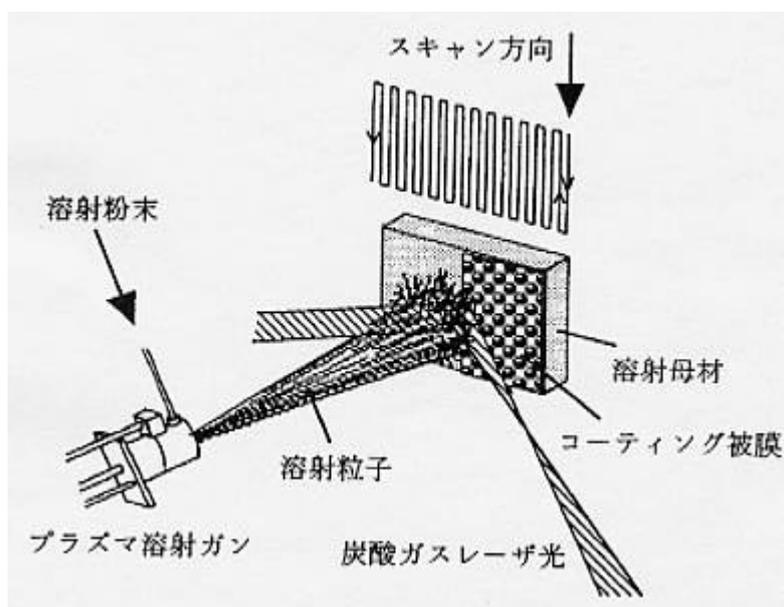


図 17

<sup>16</sup> 佐々木信也 複合プラズマを利用した材料創成 日本材料科学会

このような表面の活性化も、化学反応の促進による中間層の形成により被膜の密着性向上に大きく関与するものと考えられる。(LPHS)溶射装置は、内径2m×長さ6mの真空チャンバー内に、6軸NC制御の溶射ロボットと最大40KWの溶射ガンを2台備え、外部よりマルチモード6KW(シングルモード4KW)の炭酸ガスレーザー光を導入する構造となっている。溶射材料はプラズマ溶射ガンより供給し、母材に対して垂直に熔融粒子を衝突させたところに、同時に斜め後方よりレーザー光を照射する配置になっている。溶射粒子の吹きつけられる領域は直径20mmほどで、直径約5mmのレーザー光照射領域と比べ大きい。この為、すべての粒子が母材に吹きつけられると同時にレーザー照射を受けるわけではない。しかし、母材を高速でスキャンすることで、10μm程度の膜が積層された状態でレーザー照射を受けることになるため、最表面では十分な熔融状態を作り出すことができる。ハイブリット溶射法はレーザーパワーの調整により、被膜のミクロ及びマクロな組織制御が比較的容易に制御できる為、同じ組成からなる被膜でも最適な溶射条件を選択することにより、より高性能な被膜の作成が可能である。

#### 4 2 他事例による新しい新結合

レーザー溶接には、炭酸ガスレーザーとYAGレーザーが利用されている。炭酸ガスレーザーはどちらかといえば、大出力を生かした厚板、機構部品の溶接に、またYAGレーザーは光ファイバーでの伝送の容易さを生かし、低出力領域の薄板や微細加工の分野に用いられる。炭酸ガスレーザーは、ガスレーザーで、レーザー媒体は炭酸ガス(CO<sub>2</sub>)窒素(N<sub>2</sub>)ヘリウム(He)の混合ガスで、励起エネルギーとして放電を用いる。最も基本的な構造は、低速軸流方式と呼ばれている。レーザーガスは大出力を出す為、大電力の放電を受け高温となるので、放電管やガスを冷却する冷却機構を備えている。

炭酸ガスの長所は

- 1：連続出力の大出力レーザーが容易に実現できる。～100KW
- 2：発振効率(エネルギーの変換効率)が良い
- 3：波長が長いので、焦点深度が深く厚板への適応が高い

短所

- 1：光ファイバーが利用できないので、伝送系が複雑になる。
- 2：光学部品は、特殊な素材を必要とするので比較的高価
- 3：波長が長い(10.6μm)ため、金属で反射され易い性質がある。

YAGレーザーは固体レーザーです。レーザー媒体はNd(ネオジウム)を微量注入したYAG(イットリウム-アルミニウム-ガーネット)で、端面を精密研磨し

たYAG単結晶ロッドに強力な光源（クセノンランプ等）の光を、鏡を用いて集光し、励起エネルギーとする構造になっている。

レーザ加工に用いる、比較的出力の大きいYAGレーザでは、ロッド内の損失によりYAGロッド自体が発熱する為、周囲に冷却水を流し冷却している。

YAGレーザの長所

- 1：波長が比較的短い（ $1.06\ \mu\text{m}$ ）ので、金属でも吸収されやすい。
- 2：極めて高いピーク値のパルス発振が可能
- 3：光ファイバーを用いたレーザ光の伝送ができる。
- 4：発振器は構造が簡単で、比較的コンパクト。
- 5：光学部品は比較的安価。

短所

1：連続出力での大出力が困難である。大出力化すると、YAGロッドの寿命が短くなり、大口径ロッドを用いれば寿命は長くできるが、大口径ロッドの製造は困難で、また極めて高価となる。

2：励起ランプの寿命が短く、消耗品となる。

レーザ溶接は溶融・蒸発と溶断作用を利用した除去加工ですが、少しエネルギー密度を下げて蒸発作用を減じ、アシストガスに不活性ガスを用い、ガス圧力を低くしてガスによる溶融物の除去作用をなくすると、溶融物はそのまま凝固する。

2枚の板材を重なり、押し付けた隙間でこうした溶融・再凝固を起こすと、溶融物は混ざりあい、合金を造りながら接合（溶接）される。

集光したレーザビームの焦点では、被加工物は瞬時に溶融、気化し、蒸発圧により蒸発物が噴出し、空泡を形成する。この空泡にさらにビームが入射すると、レーザビームは空泡の壁で反射され、空泡の最深部でのパワー密度が高まるため空泡はどんどん深くなり、細くて深い穴（キーホール）を形成する。

ビームを移動すると、キーホールも移動し、キーホールの中は高い蒸発圧を保っているため、ビーム移動により溶接方向前方で新たに作り出される溶融物は、キーホールの周りを迂回して流れ後方に合流する。溶接方向の後方では、溶融物は周囲の母材で急速に冷やされ、溶接ビードを形成しながら凝固する。ビームスポットが小さくエネルギー密度が高いほど、表面ビード幅に対して深い溶け込み深さを持った溶接ビードが形成される。

このようなメカニズムは電子ビーム溶接などの高エネルギー密度のビーム熱源を用いる溶接法に共通している。レーザ溶接は一般的に大気中で用いるため、溶接時の溶融金属の酸化を防ぐ為、不活性ガスでレーザ照射部をシールドする必要があり、レーザ溶接は溶接ビード（溶融再凝固層）の幅が極めて狭い溶接法で電

子ビーム溶接（EBW）に次ぐ低歪み・高品質溶接法で、モリブデン・タングステン等の高融点金属やセラミックスの溶接も可能である。

レーザー装置はプラズマ溶射装置と比較して、国内で同技術が普及してくるのは遅いが、本ビジネス内に関しても、表面改質、表面処理の一手法として溶射と同じ流れに沿ってきていると感じる。同装置も最初は本体（発振器）のみであり、顧客の要求に伴って、切断に関してはトラバース（移動装置）等、YAGレーザーに関してはロボット化と順次本体+付帯設備とシステム化されてきている。またレーザーの出力に関しても、時間と共に大出力（YAG 6KW）とだんだん各メーカーが持続的技術革新を行ってきている。破壊的技術革新に対してではどのような対策を行っているのか、このレーザーの分野もプラズマ溶射と同様主・主結合を行っている。ハイブレット化である。

最近、新聞紙上で見たレーザーの複合溶接である。図17にレーザー溶接の主・従関係を示す。

### CO<sub>2</sub>、YAGレーザー装置の主従関係

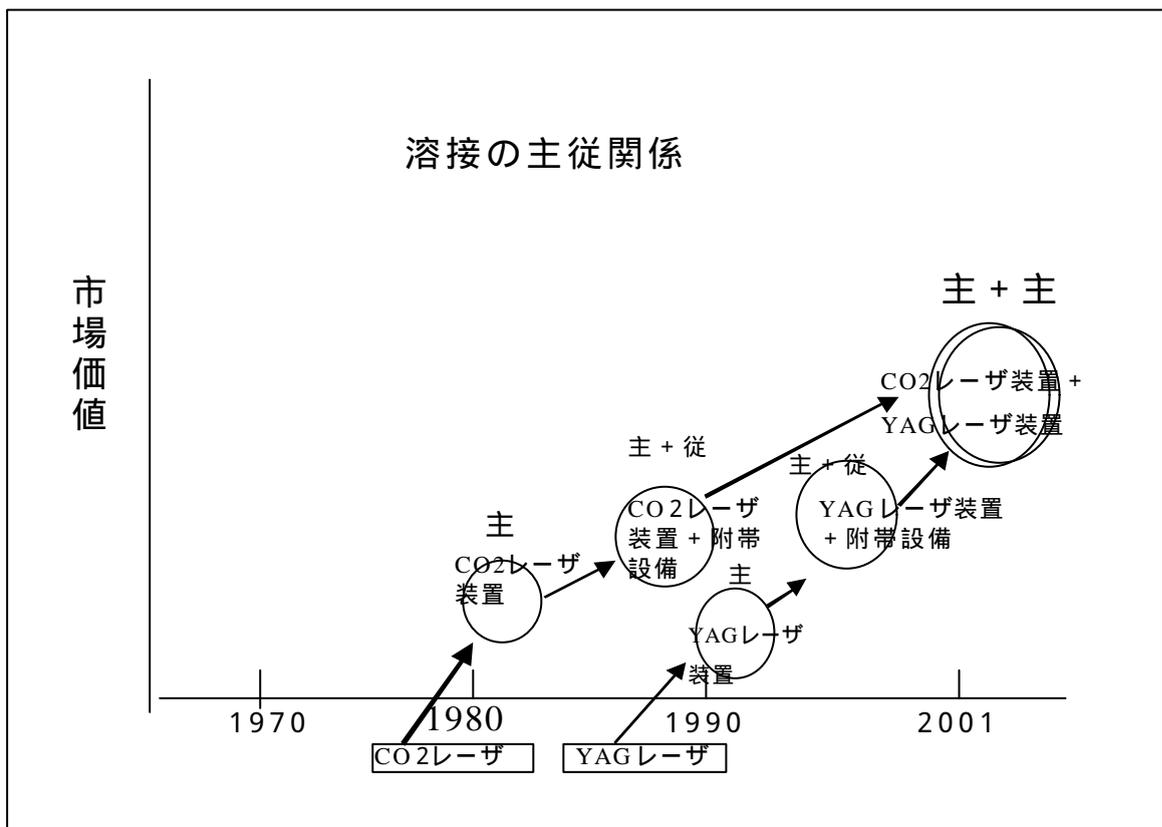


図 17

レーザー・アーク複合溶接、さらにはハイブリッドレーザー溶接など、溶込み深さ

の増大や溶接速度の高速化を目的としたレーザ溶接プロセスが注目を集めているが、スズキ(株)では炭酸ガスレーザとYAGレーザを同軸上に複合して照射し、二つのレーザの長所による相乗効果でアルミニウム的高速溶接を可能にした、複合レーザ溶接技術を開発した。二輪車の骨格部品であるメインフレームの溶接に適用した。

同開発技術はDFT(Dual Focusing Technology)によるアルミニウムの複合レーザ溶接技術はYAGレーザと炭酸ガスレーザという異なる波長や特性を持つ2種類のレーザを同軸上に複合して照射、板厚やアルミニウム合金の組成などによって、2つのレーザの焦点位置やパワーの量をコントロールできるため、一般的なアーク溶接やレーザ溶接と比べてアルミニウム材を熱で溶かす範囲を狭く絞り込み、かつ深い部位まで溶かすことが可能になる。

また溶接スピードを速くすることが可能である。レーザは光である為アルミニウムのように光を反射しやすい特性を持つ材料の加工は一般に難しい。そこでレーザの吸収を高め、加工性を向上させることを目的に、吸収剤による表面コート、アークなどの他の熱源を用いてエネルギーを補う方法が検討されていた。

同技術では波長の短いYAGレーザでアルミニウム部材の表面を溶かし、波長の長い炭酸ガスレーザで深く掘り進むという2つのレーザ特性を活用ことで課題をクリア。補助用レーザとしてYAGレーザを用いそれ自体はエネルギーとして作用せず、主熱源である炭酸ガスレーザによる入熱を間接的に増大させる、働きをするのが特徴

またこの技術開発にあたり、複合レーザの特性を活かすシールドガス混合装置や、炭酸ガスレーザロボットのトーチ先端に光ファイバによりYAGレーザを導行し、2種類の波長のレーザを複合して同軸上に照射する3次元溶接トーチを独自開発。狭く深い溶接が行え強度の向上も図れる。これも主・従結合の上での主・主結合といえる。

#### この複合レーザの利点は

- 1：2輪車のフレームのような厚いアルミニウム材でも溶接可能
- 2：複合するレーザの焦点位置を個別に設定する二重焦点法により高品質な溶接が可能
- 3：単一レーザ比較して3倍、アーク溶接と比較して約1000倍エネルギー密度を持ち10倍以上の高速溶接を実現
- 4：溶接時の熱による熱歪みがきわめて少ないため完成精度が向上
- 5：重ねたアルミニウム材にレーザを貫通させて溶接する貫通溶接など従来では難易な継手が容易になり、設計の自由度の向上がはかれる。

ススキ（株）ではこの技術が板厚などの対象物に合わせて2つの焦点位置やパワーをコントロールできる為、設計やデザインを拡大できる特性から大型2輪車の骨格部品に適用する。

この様に 主たる技術の結合を行うことにより、従来になかった製品技術の向上を図りまた、設備技術の立場では、他社より一步進んだ新結合によりマーケットを広め、ただ単なる付属の結合でなく一步進んだ戦略を考えることが必要不可欠のなってくる。

#### 4 3 「主・主結合」と「主・従結合」の対比

実績ある企業をそのニーズに縛りつけているのは、顧客だけではない。自分達が所属するバリュー・ネットワークの財務構造や組織の文化にも束縛されている。この変遷の継続的技術革新と破壊的技術革新の入れ替わりの時は必ずやってくる時がある。

実績ある企業はこの継続的技術革新の時期に、製品の高品質をはかり、顧客を満足していく、私の今回の研究テーマでもあるが、ではその継続的技術革新にたいして、付加価値を高めることは当然である、そして破壊的技術革新にたいして、ハイブリット的な技術革新を行っている。

筆者が所属した溶射業界においても、プラズマ溶射とレーザー装置（YAG、CO<sub>2</sub>）の全然の違った産業での主、主結合によるハイブリット装置を行い、又前述のようなYAGレーザー装置とCO<sub>2</sub>レーザー装置のハイブリット、YAGレーザー装置とプラズマ溶接装置、TIG、等あらゆる主（その本体装置がはっきできる特性をメインと考えて）と主との組合せの領域が存在すると考えられる。

プラズマ溶射・レーザー溶接の主・主結合を図18に示す。

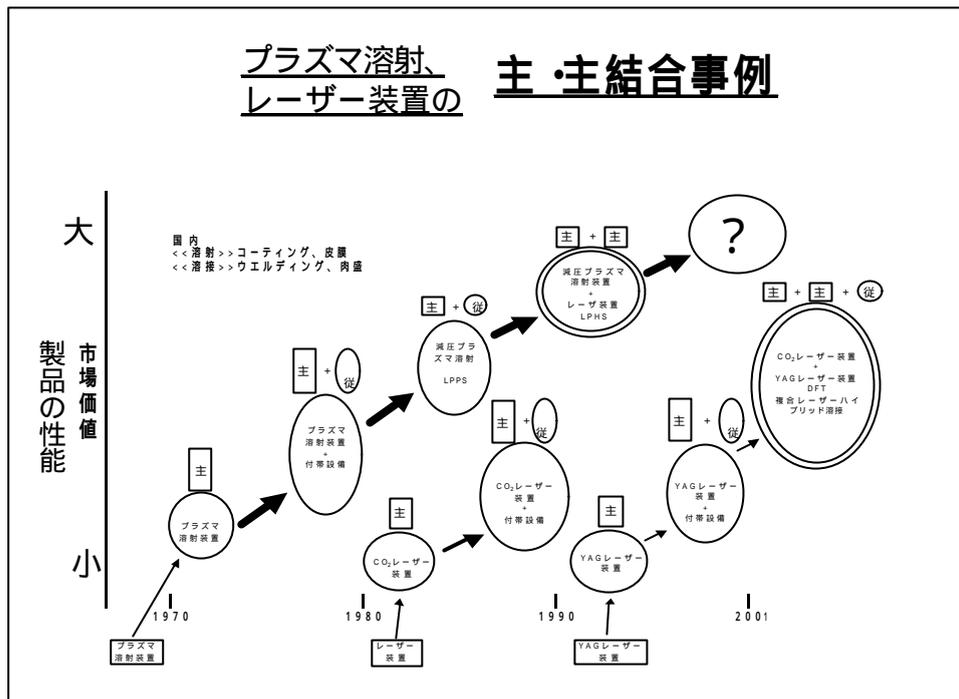


図 18

その時必要なことは、自社開発には開発資源が必ず伴ってくるよって、顧客の要求を主として受け入れることが重要なポイントであると考えられる。また主・主結合のハイブリット技術を顧客に提案して反応を見極め顧客合意にて本件を構築して行くことが必要ではないかと考察する。俗にいう産官学のミニチュア版である。

そうすれば、社内の開発資源等もあまり必要でなく、客先の資本、開発資金によって、製品の構築は行え、尚且つこのプロジェクトにおける、技術的ノウハウも参画することによって、蓄積できるのである。本文にてピュサイラス・エリーがハイブリッド掘削機を行い、同装置を撤退したのは、あまりにも顧客に重視して、顧客優先で行ったからではないか、新しい技術に関しては、必ずしも破壊的技術革新が出てくるとは限らない、また時の運、時の要請など色々な諸条件が一致したときに広まるものである。

しかし、破壊的技術革新が出れば出たで、その間充分にその技術の利点等、問題点等考慮して対策が打てておれば充分に対応ができると考えられる。そのためにも図 19 で示すように継続的技術革新と破壊的技術革新の流れの間に、主・主結合の領域を多く構築することによって、企業の主力商品の存在時間を長く温存できるし、またものによっては破壊的技術革新をおさえる場合もある。

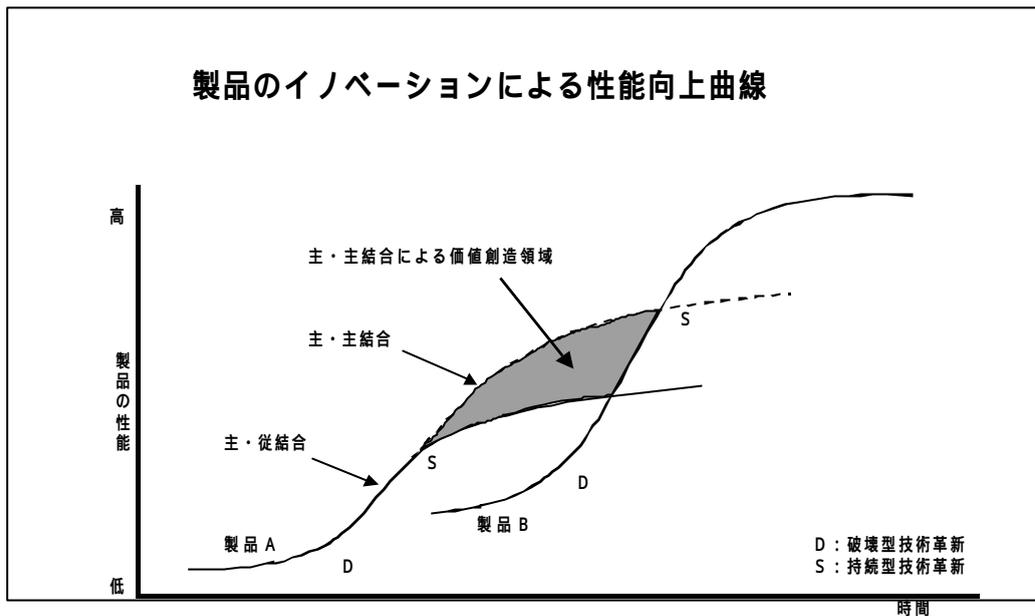


図 19

主・主結合の領域が大きい程、製品の性能を高め、破壊的技術革新の参入を拒み、持続型技術革新を継続する間に新規商品を立ち上げる資源と時間を得る事できる。

主・主結合と言えば単純に主体と主体を合わせていると思われるが、実際には机上の空論でいうほど単純ではなく、各々 know-how の上に組合せ構築するのである。なぜなら例えば二股ソケット、ラジオカセットなどもおのこの機能で主・主結合の領域にはいるが、それらは  $1 + 1 = 2$  以外の何物でもなく 2 以上はありえないのである。

しかしここで論じる主・主結合は  $1 + 1 =$  (技術による合成は)  $1.5$  かもしれないし、 $2$  かもしれない、ひょとすると  $3 \sim 5$  に化ける可能性を充分秘めている。ここで筆者としては破壊的技術革新とまでいわないまでもそれに近いと存在と確信する。また溶射業界の今後を検討するに溶射に変わるもの破壊的技術革新が出てこないとも限らない、我々は次ぎに現れる物に対して、充分知識を磨き、対応できる資源配分を行う必要がある。

#### 4 4 主・主結合による価値創出の実例

国内の溶射装置販売に関しては、大、小を入れて 10 社前後が国内に存在する。前述の如く、溶射装置は、電気溶射、ガス溶射、プラズマ溶射、と爆裂溶射等があるが、各社、その会社の特色を生かして、それぞれの溶射装置でビジネスを行っている。業界の位置付けは同じであるが、筆者は特にプラズマ溶射の業界で本論に関しての実例としては、弊社を含めて 4 社で検討をした。

今回のデータは、筆者は商社勤務のため、営業は当然であるが、他に売買等の与信管理、競争相手会社の会社の調査、分析等は当然行う業務内容であり、年1回の売上、その他調査を行うが、我々の知りたいプラズマ溶射個別のデータは数値上ではなかなか出てこないのが現状であるため、本データに関しては推定であることを、最初にお詫びしておく。

本内容に関してはプラズマ溶射装置ビジネスの競争相手の事例より考察したものである。

プラズマ溶射ビジネスに関しての特徴から、主だった4社を上げる(弊社含む)第1社は溶射業界の雄は、DM社である。DM社は米国溶射機メーカーD社と国内機械商社とのジョイント会社であり、溶射装置販売専門メーカーである。扱いは、プラズマ、電気、ガス、高速ジェット溶射等溶射機器のすべてを取り扱い、溶射機副資材、溶射材料を取り扱っている。同社は基本的には全て輸入品である。またメーカーD社は世界的に有名であり、顧客が装置検討時はまず一番に声をかけるメーカーであり、営業マンの数も30名前後を配置しており、営業戦略的にも同社独自で溶射技術センターを運営して、顧客のニーズ要求に応じている。同社扱いプラズマ溶射装置は外部供給装置である。

第2社は、YG社である、同社社長は、元DM社の社員であり、30年前起業家精神で企業を起こし、電気溶射装置の開発、米国B社プラズマ溶射装置の販売を行っているが、人数的には数人であり、基本的には中小企業の域をでない。同社取り扱いプラズマ溶射装置は内部供給型である。

第3社はPT社、大手商社とスイスの溶射装置メーカーP社のジョイント会社であり、プラズマ溶射装置がメインである。国内の市場の参入は大変おそかった。減圧プラズマ溶射もあり、基本的にはすべて輸入品である。米国製と較べてデザイン的には洗練されている。プラズマ溶射装置は外部供給式である。

第4社はM社、弊社である。顧客もプラズマ溶射検討に関しては、DM社と弊社は必ず検討をする。

弊社はDM社との違いは、米国メーカーの総代理であり、DM社のような、資本関係はない。よってDM社は基本的には、溶射装置、溶射材料は輸入ものが90%であるが、弊社は装置のみ輸入であり、材料等は輸入、国内品を取り扱っている。根本的に違うことは、会社全体で同ビジネスを行っていない為。社内に位置付けは低い、よって資源投資は大変低い。ただ良いことは自由に本ビジネスの戦略を検討できる。

DM社は国内では、溶射業界の老舗である、持続的技術革新を行って、附帯設備等の生産ライン等多く手掛けてきたが、従来の主・従結合に力を入れて、プラズ

マ溶射+レーザ溶射等の主・主結合に対して、あまり力を入れなかった。成長が止まった時、図19にみるようにDM社は、主・主結合の技術革新に負けた。もう一つの理由としては、同社の溶射ガンは外部供給方式のため、技術的には減圧プラズマ溶射法は無理がある為、レーザ・プラズマハイブリット溶射のような主・主結合への移行が技術に大変であった事がみてとれる。ここで大事なことは、破壊的技術革新に関して、『種』を見つける時に、将来性の種を如何に見つけるかという、先の先を見た戦略が必要である事が考察される。筆社が考えるに、時間的にみると30年はたっているのに、時間の観念からすると良しとも考えられるが結論的には主・主結合の実例が検証された。

PT社は前述のように、プラズマ溶射装置の洗礼されたデザインとコンピューター制御の装置であったが、同制御関係は、DM社、M社も各社独自開発を行い、持続的技術革新を行っていた。同社は最終的には米国溶射メーカーD社がスイスのP社を買収し、DM社とPT社は合併することになる

最後にYS社は中小企業であり、大きく伸びることもなく、細々とプラズマ溶射ビジネスをおこなっている。

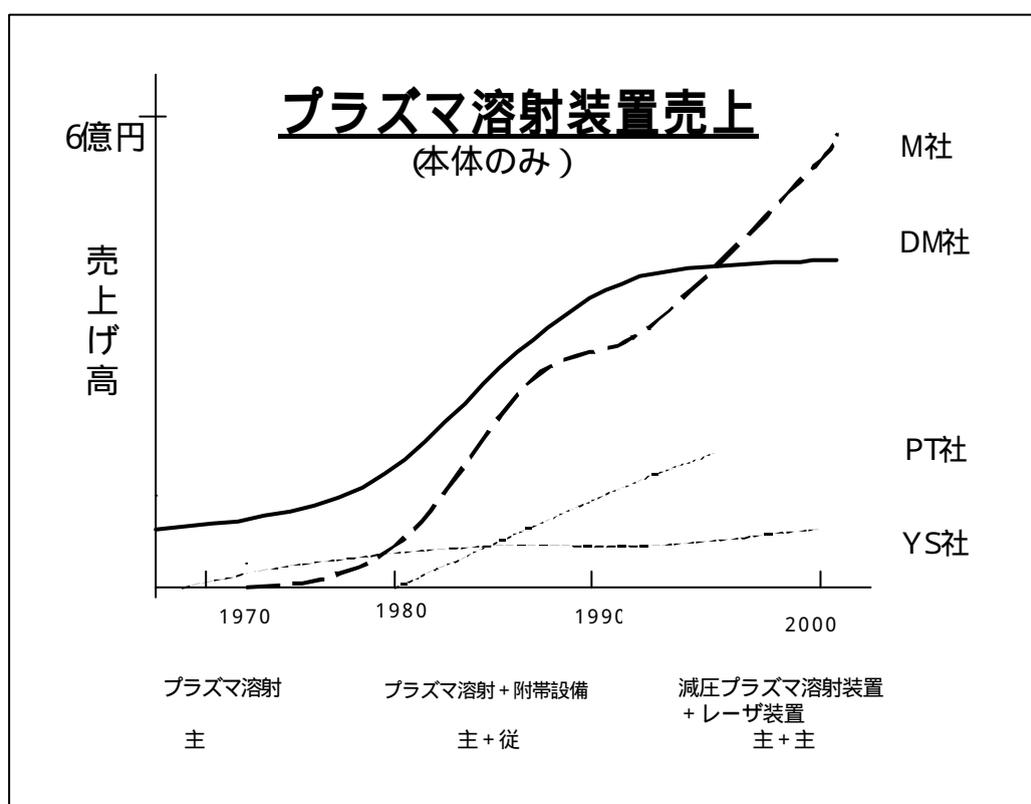


図19

国内の最強、競争相手 DM 社に対して、攻勢をかける為、マーケティングを行いレーザ・プラズマ溶射装置（主・主結合）のビジネスをメーカーに依頼構築した。レーザ・プラズマ溶射装置に対しての設備購入に関しては、一般的にはレーザ装置は別発注が多かった。しかしレーザ装置を組み込む為には、減圧プラズマ溶射装置にレーザ装置に為の物理的仕掛けをしなくてはならない。この為、顧客が将来レーザ・プラズマ溶射装置を構築、もしくは計画段階であれば、減圧プラズマ溶射の選定を充分しなくてはならない。同主・主ビジネスを行うことにより  
 図 19 で示したが売上は伸びた。また本ビジネスの本体・附帯設備・減圧プラズマと分けて図 20 に示す。

### プラズマ溶射主・主結合推移表

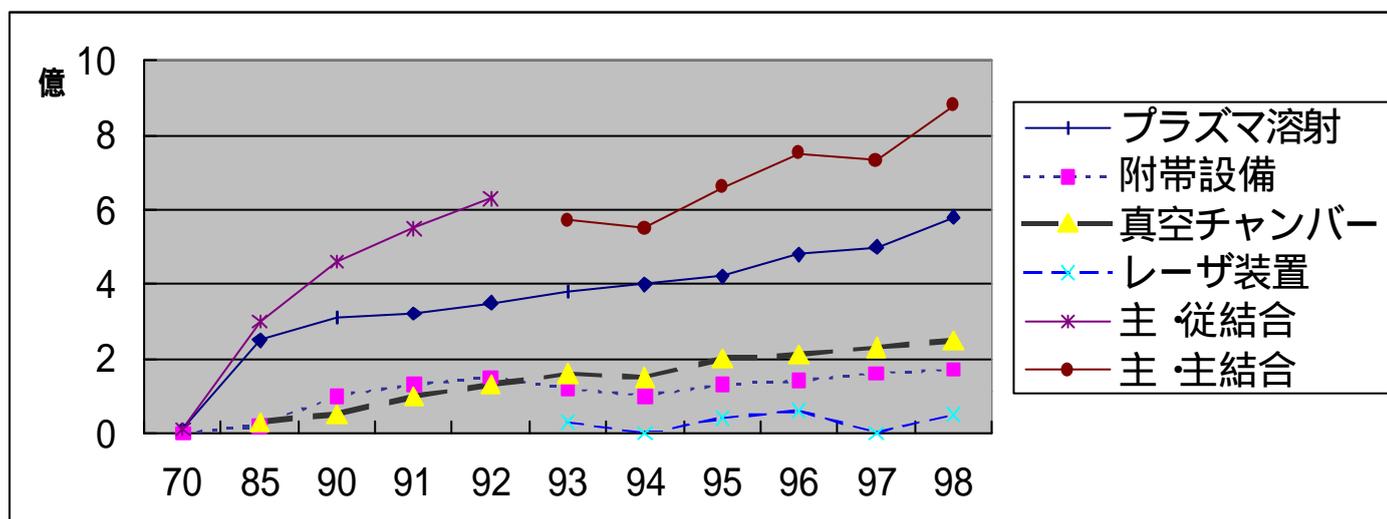


図 20

この図で減圧プラズマが一つの柱となっていること  
 85年開発依頼して順次需用があったこと  
 プラズマ本体、附帯設備、減圧プラズマの相乗効果が考えられる。  
 よって主・主結合の効果がみられる。

## 第5章 結論 今後のハイテク商社活動

イノベーションのジレンマの書物でも記載されている採削機では当初、前進は蒸気ショベルで、掘削工事業者にとっては莫大な資本財であった。この業界はハイテク業界とは異なって蒸気シャベルから破壊的技術が出現してから、確立された市場への侵食は油圧掘削機が勝利するまでは約20年という、長い年月がかかった。

1837年にウィリアム・スミス・オーテイスが蒸気シャベルを発明してから1920年代初頭まで機械的掘削機の動力は蒸気であった。中央ボイラーから配管を通じて、機械が動力を必要とする各ポイントにある小型蒸気エンジンに蒸気が送り込まれた。

米国に32社以上あった蒸気シャベルメーカーがあったが20年代初頭、蒸気エンジンからガソリンエンジンが現れて業界は大きな技術革新変動に直面した。蒸気シャベルは、蒸気圧を利用して複数の蒸気エンジンを動かし、バスケットを作動させるケーブルを伸縮させた。ガソリン・シャベルは、1基のエンジンと、ギア、クラッチ、ドラム、ブレーキなど全く異なったシステムを使い、ケーブルを巻き伸ばしする。

しかし、技術変化の性質は抜本的なものだが、ガソリン技術が機械式掘削機業界に与えた影響は持続的なものであった。ガソリンエンジン技術のイノベーションをリードしたのは、ピュサイラス、シュール、など業界の主力企業である。これは大・中規模の企業がこの移行に乗り切り、小規模の企業が壊滅したのは、資源、情報力の有無が明暗を分けたためと考えられる、次ぎの大きな技術革新は1960年まで主な動力源は依然ディーゼル・エンジンだが、バスケットを伸ばしたり、持ち上げたりするための新しい機構が現れた。

ケーブル駆動システムに変わって油圧駆動システムが生まれたのである。50年代に事業を行っていたケーブル式掘削機の実績のあるメーカー約30社のうち、70年代までに存続可能な油圧掘削機メーカーへと移行したのは、わずか4社であった。掘削機は様々な建設機械の一つである。掘削機（パワーシャベル）は主に3つの市場で使用されている。

最大の市場は、第1は一般掘削工事市場で、建物の基礎や運河建設、などの土木工事のために穴を掘る建設業界で使用される。

第2は、通常、長い溝を掘削する下水道・配管工事業者である。

第3は、露天採掘である。これらの各市場の顧客は、機械式掘削機の機能を、作業半径とバスケット容量によって測ることが多い。初期の油圧式掘削機のユーザーは、ケーブル式シャベルメーカーも顧客とは、規模も、ニーズも掘削機を購入

する販売経路も、まったく違っていた。また興味深いことに、初期の油圧式掘削機はケーブル式掘削機の性能とは異なる尺度で測られた。

油圧式バックホーの初期製品の広告は、シャベルの幅、とトラクターの速度と操作性である。大規模な土木プロジェクトで収益を稼いでいた工業者に無関係であった。その後新しい油圧式掘削機のアーキテクチャ - によるバスケットの容量は確実に大きく向上し、この容量はどの掘削機市場で求められた。この技術の向上はどの掘削機市場で求められる伸び率をもはるかにうわまわった。

この破壊的技術は当初の市場から大きな主流掘削機市場へと進出した。

ケーブル式シャベルの最大手、ビュウサイラス・エリーは、油圧式掘削機技術の台頭にはっきりと気づいていた。同社はこれに関しての出した答えは1951年に発売された「ハイドロホー」という新製品であった。油圧シリンダーを三つでなく二つだけ装備し一つはシャベルを土にくい込ませるために、一つはシャベルを運転席の方向に引き寄せる為に使った。

シャベルを持ち上げるにはケーブル機構を使った。つまり、昔の外洋蒸気船が帆を備えていたのと同じように、同社は二つの技術のハイブリッドであった。大事なことは同社がハイブリット設計を選んだのは、同社の技術者がケーブル技術のパラダイムにこだわった為であるという証拠はない。むしろ、既存の顧客のニーズに訴えるために必要であるとマーケティング担当者が、考えたバスケット容量と作業半径を達成するには、当時の油圧技術を考えると、ケーブル・リフト機構が唯一有効な方法であった。

同社は油圧の特性が評価されるバリュー・ネットワークで破壊的技術を商品化するのでなく、この技術をみずからのバリュー・ネットワークに採用しようとした。同社は10年以上販売しつづけ、時々性能を改良して顧客に受け入れられようとしたが、ついには商業的には成功しなかった。結局ビュサイラスは顧客が求めているケーブル式に戻った。

ケーブル式シャベルのメーカーで1948年から1961年の間に油圧式掘削機を発売したのはビュサイラス・エリーだけである。ケーブル式掘削機メーカーの最大手であるビュサイラス・エリーとノースウエストエンジニアリングは1961年まで利益を伸ばしつづけた。この年、破壊的な油圧技術が下水・配管工事市場の顧客のニーズと交差した。

確立された技術を持つ大手企業は、破壊的技術がまさに主流市場の真中に切り込んでくるまでは、堅牢な業績を維持する。

1942年から65年の間、23社が油圧式掘削機をたずさえて、機械式掘削機市場に参入した。新規参入企業が油圧式掘削機市場を完璧に支配していたこと

がわかる。

成功した新規参入企業は40年から50年の間、油圧技術の能力を当然のものと受け入れていた。また油圧技術が価値を生み出せる用途市場を開拓している。

ケーブルメーカーのなにが問題であったのか

1：油圧式製品に投資し製造担当部門を、バリュー・ネットワークに組み込む必要があった。しかし、競争のさなかで破壊的技術を扱う時に、ジレンマとなる。また現存の競走相手からシェアを奪う為に、ケーブル式掘削機を大きく、高性能にするためのほうが市場拡販戦略にのっている。

2：これらの企業が油圧式に関する情報や、使い方による知識が不足していたためではない。それどころか、最大手は、顧客に役立つと知れば、この技術を採用している。また経営陣の怠慢や、傲慢のせいで失敗したのでもない。油圧式に興味がなかったから、気がついたときには遅すぎたため失敗したのである。

破壊的技術によって実現した下位市場への移動は、バリュー・ネットワークの強大な力によって制限される。理想的経営者が製品特性と収益性の低い小規模なローエンド市場に参入したケースは殆どない。上位のバリュー・ネットワークで成長し、収益性を高めることを考えたほうが、現在のバリュー・ネットワークでとどまることを考えるより、はるかに魅力的に思われることは確である。

優良企業が当初の顧客を離れて、あるいは当初の顧客にとって競争力を失い、価格の高い市場に顧客を求めるのもめずらしことではない。

優良企業では、高い利益率を稼げる高性能製品の市場への攻撃をかけようとする時、資源とエネルギーが密接に一体化する。

一般には、市場主流にしがみついたままでは、コストを削減して収益性を高めることは難しい。現在負担している研究、開発、マーケティング、管理コストは、主流事業での競走力を保つことは重要である。通常は粗利利益率が高いことがわかつている高性能製品の市場へ移動することが、簡単に収益を増すことができる。この目標を達成するためには、下の市場へ移動することなどのもつてのほかである。たいていの組織では、マネージャーが多大に支援したプロジェクトが成功すると、かれの評価はあがり、判断ミスや不運によって失敗すると、人生の評価がさがり、人生が狂うこともある。もちろんすべての失敗の責任をこのマネージャーが負うわけではない。技術開発は予想もつかない事が多々あるからである。

開発資源のなかで、既存の顧客が明確に示しているニーズや、まだ顧客になってない既存ユーザーのニーズに的をしばったプロジェクトは、かならず、存在しない市場向けに商品を開発する企画に勝つ。開発資源を顧客のニーズに向けるシステムマテックな手段を持たない企業は、失敗する。重要なことはマネージャー

が破壊的技術にうまく対処するために、資源配分システムに介入し、自分自身で確固たる資源配分決定をくだせることである。資源配分システムは破壊的技術を排除するようになっている。優れた企業の社員は、率先して顧客サービスにつとめ、計画された売上と利益を達成しようとする。マネージャーにとって、有能な人材に、意味がないと思われる仕事を情熱をもって、追求しつづける意思をもたせるには困難なことだ。従業員にとってローエンド市場に力を入れてもしかたがない。その売上げの源である顧客を奪うために、強力な競走相手があらゆる手を尽くしているとなれば、なおさらだ。その業界でつちかってきたノウハウ及びコネを特に持っている者に関してはなおさらだ。

我々は次ぎに現れる物に対して、充分知識を磨き、対応できる資源配分を行う必要がある。今後のハイテク商社活動を図 2 1 に示す

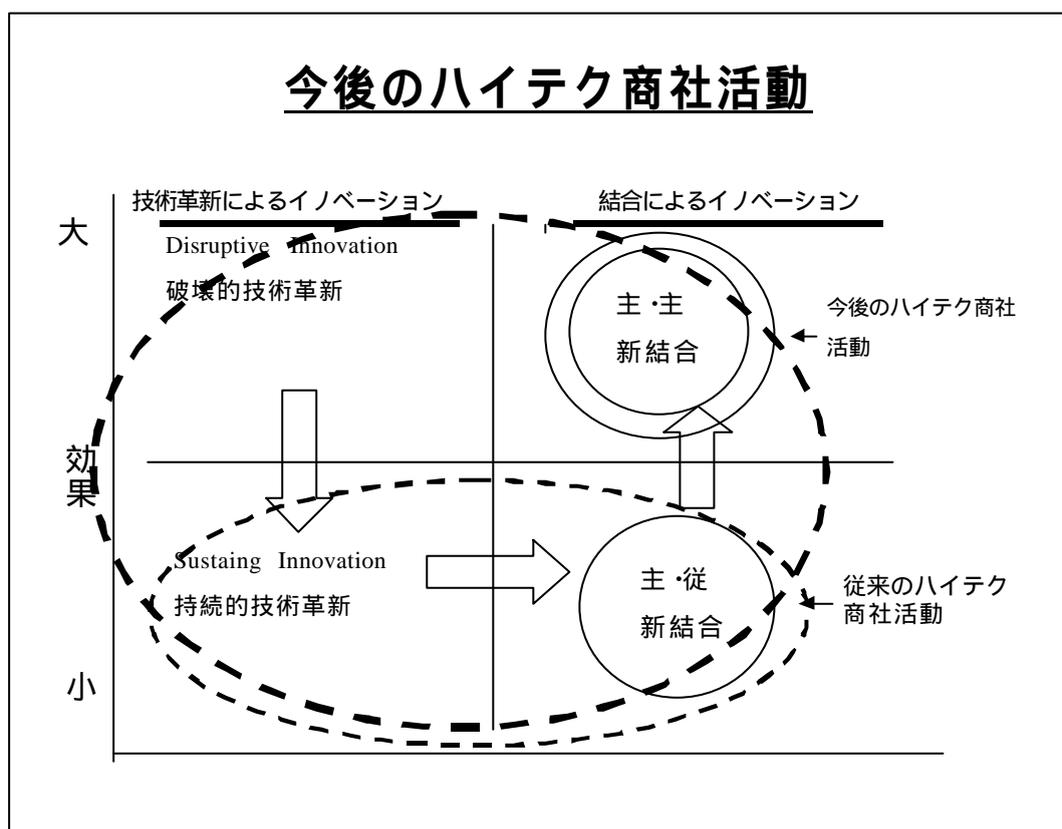


図 2 1

従来の商社活動は種をみつけて、持続的技術革新を行い、主・従結合を行って価値創出を行ってきた。又メーカーも同様にメーカーの範疇での技術革新を行ってきた。商社活動は、市場性、価格、社会的見地などを考慮して、破壊的技術革新による『種』を発見する、先見の明が必要である。そして、その商品自身、及

びその商品の機能向上のため、付加価値を高める為に持続的技術革新を行い、従来そこまでだった主・従結合をより一層の機能向上、価値創出の為に、主・主結合をより行いイノベーションを高めることが重要である。

又主・主結合で重要なことは組合せにより、特に異業種の場合はどちらが主導権を握るかが問題点となる。『両雄あい立たず』のとおり、どちらが主導権を握るかによりビジネスの機会が大きく変わる恐れがある。それにより、技術、市場を順次確保して、その間技術開発に資源配分を投入し、その間に前述の破壊的技術革新の『種』を見つけることである。種～持続的技術革新～主・主結合～破壊的技術革新（種）のサイクルが行われなければならない。また営業サイドでは、現状での立場及び位置付けも必要であるが、先見の明と勇気を持って、難しい事であるが最前線を離れてでも、会社存続の為に破壊的技術の分野に足を入れるチャレンジ精神が必要である。またそれが起業家精神の真随と考える。本大学院で学んだ事を今後より実践的に行っていく必要がある。

## 参考文献

- 科学技術庁、金属材料研究所『溶射技術の現状と将来動向』 1990。  
高温学会溶射部会『セラミックス・サーメット系溶射データ集』 1986。  
日本溶射協会『溶射ハンドブック』新技術開発センター 1986。  
大蔵光明『先端複合材料の開発』東京大学生産技術研究所 1988  
北原繁『溶射方式 セラミックスと金属接合』溶射技術 1990  
クレイトン・クリステンセン『イノベーションのジレンマ』 2000。  
佐々木信也『レーザ・プラズマハイブリット溶射法による表面改質』日本材料科学会 1995  
小久保厚朗『イノベーションを生み出す秘訣』ダイヤモンド社 1998  
P.Fドラガー『イノベーションと起業家精神』上・下 1997。  
蓮井淳『新版 溶射工学』産報出版 1996。  
馬場敬三『無意識のマネジメント』中央経済社 1989  
深沼博隆『機械部品の耐摩耗・耐食・耐熱加工』総合技術センター 1984  
前田昇『自律結合国際戦略』同友館 1999  
水野博之『デジタル家電で日本が勝つ』東洋経済新聞社 1999。  
マイケル・Eポーター『日本の競争戦略』ダイヤモンド社 2000。  
マイケル・Lタッシュマン『競争優位のイノベーション』ダイヤモンド社 1997。  
渡部広邦/福本晃『起業成功戦略30章』日本工業新聞社 1997。  
『セラミックコーティング技術』株式会社総合技術センター 1984。  
『プラクスエアー社溶射装置について』三井物産電子販売社報  
『特殊加工機』日本工作機会販売協会  
『日本溶射協会誌 溶射』日本溶射協会VOL38、NO4 2001  
『溶射技術』産報出版 VOL.21、NO2  
『シムペーター経済発展の理論』上 岩波文庫 2001

## 学会発表等

1：第42回OA学会全国大会　2001年10月22日

・ テーマ「新しい世紀の事業システムとビジネスモデル」

高知工科大前田教授他と東京教室での共同発表

## 謝辞

大学を卒業して20数年、企業に入って色々勉強はしたが、学問的にまた論文までは書いたことは皆無であった。本論文に対して御指導頂いた担当教授である前田教授、又本大学院の教授の方々、資料を貸して下さった取引先関係の人々、そして学友の皆さんに感謝の念をささげる。