

Title	ブレイクスルーを起こす研究開発マネジメントについての一考察
Author(s)	竹下, 満; 吉田, 朋央
Citation	年次学術大会講演要旨集, 31: 320-325
Issue Date	2016-11-05
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/14008
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

2 A 1 7

ブレークスルーを起こす研究開発マネジメントについての一考察

○竹下満、吉田朋央（NEDO）

1. はじめに

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」と記す）は、技術シーズの発掘からナショナルプロジェクトによる研究開発の推進、実用化開発の支援まで、一貫した技術開発マネジメントにより、日本の産業競争力強化、新産業創出、エネルギー・環境問題の解決を目指して活動しています。

プロジェクトマネジメントの基本は、QCD（品質、コスト、納期）を達成することですが、研究開発プロジェクトの場合、技術的成果を挙げることに不確実性が高く、特に社会的インパクトの大きい革新的な成果を挙げるためには、従来技術を大きく凌駕する技術的ブレークスルーが必要です。本研究では、NEDO プロジェクトの成功事例をまとめた「実用化ドキュメント」を題材にして事例分析を行い、研究開発プロジェクトにおいて技術的ブレークスルーを起こす研究開発マネジメントには何が必要かを考察します。

2. NEDO プロジェクト実用化ドキュメント

NEDO プロジェクトの成果は、現在、さまざまな企業の製造工程や私たちの身の回りの製品に使われています。プロジェクト成果が実際に製品やサービスとして社会に現れるまでには、NEDO プロジェクト終了後の企業によるさらなる開発努力があります。NEDO プロジェクトに携わった企業担当者に直接インタビューすることにより、プロジェクト開始から製品化にいたるまでの企業における開発ストーリー、エピソードなどをまとめたものが「実用化ドキュメント」です。2008 年度からスタートし、現在 86 件の事例を NEDO ウェブサイトと小冊子で公開しています。筆者は「実用化ドキュメント」の開始から関与し、多くの事例について企業担当者にインタビューを行いました。その体験などを基に本考察を行ったものです。

3. 事例分析

研究開発プロジェクトは不確実性が高く、そのためインパクトの大きい成果をあげるためには、技術的ブレークスルーが必要です。技術的ブレークスルーを研究開発プロジェクトに取り込むためには、大きく 3 つのパターンがあります。プロジェクトの中で技術的ブレークスルーを生み出すパターン（パターン A）と、プロジェクトの外から優れた萌芽的シーズを見出しプロジェクトで育てブレークスルーさせるパターン（パターン B）、外部で起こった技術的ブレークスルーをプロジェクトに組み込むパターン（パターン C）です。事例①クリーンディーゼルはパターン A です。事例②ベルト CVT はパターン B です。萌芽的シーズはプロジェクト開始前からあり、プロジェクトで二つの萌芽的シーズを競わせながら研究開発を行い、自動車燃費向上においてブレークスルーと言える技術シーズにまで育てた事例です。事例③高性能工業炉もパターン B です。燃焼分野での常識外の萌芽的技術シーズを基にプロジェクトを立ち上げ、工業炉の効率向上においてブレークスルーと言える技術シーズに育てた事例です。事例④ブルーレイディスクは、パターン C です。革新的技術である青色 LED が日本のメーカーで製品化された段階でプロジェクトを立ち上げ、青色 LED を活用して、DVD の 5 倍の記録密度をもつ光ディスクを開発した事例です。

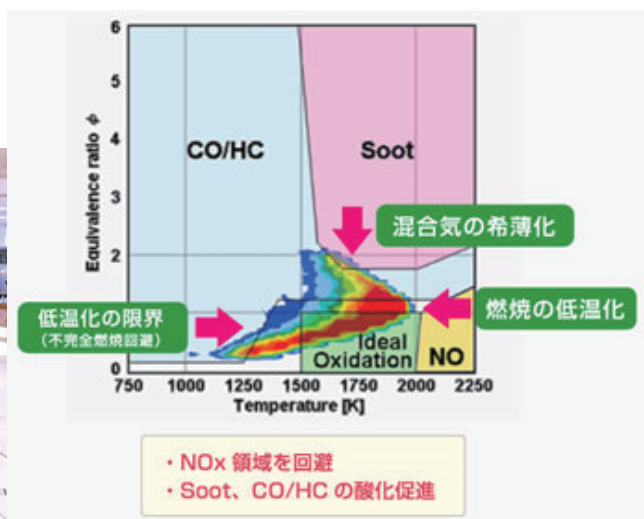
① クリーンディーゼル(1)

NEDO は地球環境問題や大気汚染問題へ対応できる低公害車を開発することを目的に「革新的次世代低公害車総合技術開発プロジェクト(2004-2008 年)」を実施し、このプロジェクトの成果を活用して、2012 年にクリーンディーゼルエンジン「SKYACTIV-D」の商品化にマツダは成功

しました。では、マツダはどのようにして、従来のディーゼルエンジンのイメージを覆すクリーンディーゼルの実用化に成功したのでしょうか。ディーゼルエンジンは 100 年以上前から実用化され、世界中で改良が続けられ成熟した技術です。本プロジェクトが開始される 2000 年代前半、ディーゼルエンジンを巡る環境問題により、マツダにはディーゼルエンジン部門の存続も議論されるほど、かなりの危機感を持っていました。そのような状況の中、マツダは本プロジェクトにおいて、企業研究では踏み込むことの難しい、エンジン開発の基本の基本に立ち戻って、エンジンにおける理想の燃焼とは何かを徹底的に追及することから、研究を始めました。従来のディーゼル燃焼では、高温・高圧にしたピストン内に燃料を噴射して自己着火させるため、燃料と空気の混ざり具合にムラがあり、燃え残った燃料がススとなって排出されます。燃焼ムラは燃費の悪化にもつながります。マツダは、ディーゼルの燃焼メカニズムを綿密に解析し、NOx やススも発生させず、不完全燃焼も起こさない「理想的燃焼領域」を明らかにしました。その後、「理想的燃焼領域」を実現するエンジンの開発が行われた結果、「SKYACTIV-D」の特徴である低圧縮比、予混合燃焼などが開発されました。通常のディーゼルエンジンの圧縮比は 18 に対して、SKYACTIV-D の圧縮比は 14 です。低圧縮比により従来より低温で燃焼することで NOx の排出を抑えることになるとともに、燃焼圧力が下がるため、大幅な軽量化・コスト削減が可能になります。また、シリンダー内のピストンの可動幅が長くなるため、従来型より仕事量が増え、燃費が向上します。こうした「理想的燃焼領域」で稼働するエンジンは、世界最高の燃費水準(2015 年燃費基準に比べ 20%燃費向上)を達成し、優れた環境性能(すなわちコスト高となる NOx 後処理装置を設置しなくとも排出ガス基準をクリア)と低コスト化を達成しました。マツダのクリーンディーゼルは、従来のディーゼルエンジンのイメージ「重い、NOx・ススをたくさん発生する」を一新するディーゼルエンジンの革命的製品となりました。この事例は、成熟した技術であっても、常識を疑い、基礎の基礎にもう一度立ち戻ることによって画期的な製品を開発できうることを示しています。



＜「SKYACTIV-D」搭載車「アテンザ」＞



＜理想の燃焼領域を表したグラフ＞

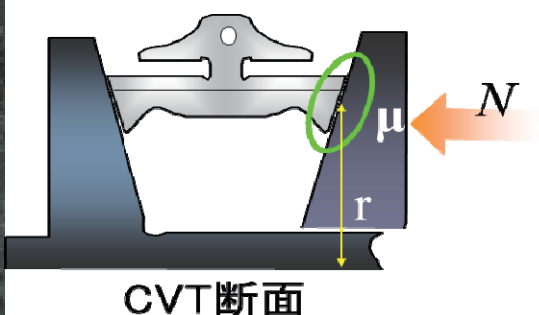
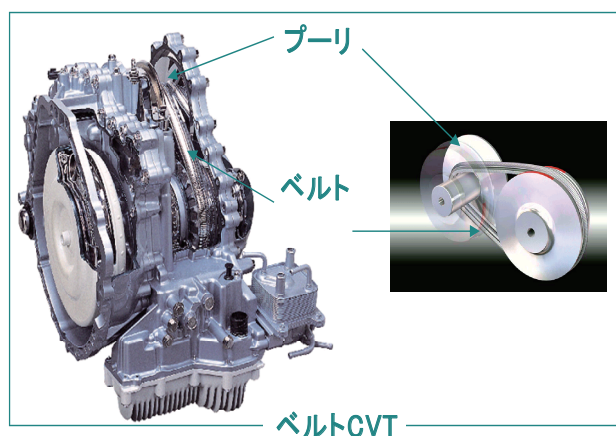
② ベルト CVT(無段変速機) (2)

NEDO は地球環境問題への対策として、駆動系統のある機械の省エネルギー化を目的として、「摩擦(トライボロジー)」に注目した研究開発プロジェクト「低摩擦損失高効率駆動機器のための材料表面技術の開発(2002-2006 年)」を実施しました。このプロジェクトの成果はプロジェクト実施者のジャトコ(株)により、ベルト CVT の摩擦損出軽減に活用され、2%の自動車燃費向上につながっています。本成果を活用したベルト CVT は、ジャトコの新型変速機「Jatco CVT8」に活用され、2012 年に販売された日産セレナなど 6 車種、年産 40 万台に搭載されています。プロジェクトの開発目標は「摩擦係数 20%アップ」という実現可能かどうか見通せないチャレ

ンジグな目標を敢えて設定しました。では、ジャトコはどのようにして画期的な新型変速機を開発したのでしょうか。摩擦については、学術的にも未解明な部分が多く、摺動部の物理的・化学的状态の研究からスタートしました。当初は CVT の駆動部のプリー表面をダイヤモンドコーティングすることで摩擦係数を高める方式に注力しましたが、ダイヤモンドコーティングが摩耗してしまう問題が発生し、その解決は困難と判断しました。そのため、ダイヤモンドコーティング方式を止め、オプションして並行して研究していた鏡面加工方式に研究の重点を移しました。プロジェクト開始から 3 年目に、共同研究先の東京工業大学中原教授が、鏡面加工において摩擦係数を向上しつつ摩耗を最小限に抑える新しい摩擦モデルとパラメータを解明したことで目標達成の道が一気に開けました。中原理論では、摩擦係数と関連の深い粗さのパラメータとして「突起密度」と油膜を排除するための狭くて深い溝(油溝)に注目して、摩擦係数を向上し摩耗を最小とするパラメータ制御を可能としました。この中原理論は学会では当時、異端と見られていましたが、ジャトコは中原理論に基づくプリー表面の表面加工に取り組み、まず実験室レベルでの効果確認に成功しました。また、共同研究先の出光興産が、高い摩擦係数と低粘度化を両立した CVT 油の開発に成功したことで、摩擦係数を 20%向上させ、摩耗損出の少ないベルト CVT の開発に目途が立ちました。このため、プロジェクト 4 年目からは生産部門の研究者が参画し、実験室レベルで達成した開発目標を、生産プロセスでも達成させるとともに、低コストで量産化する加工技術、検査技術の確立に取り組み、5 年目にはいずれも達成しました。画期的な基盤技術の開発から生産レベルのプロセスでの実用化技術の確立までこれほど短期間に達成できたのは、従来からジャトコが持つ数ミクロン単位で制御可能な精密加工技術、ノウハウが生かされたためです。



日産 セレナ

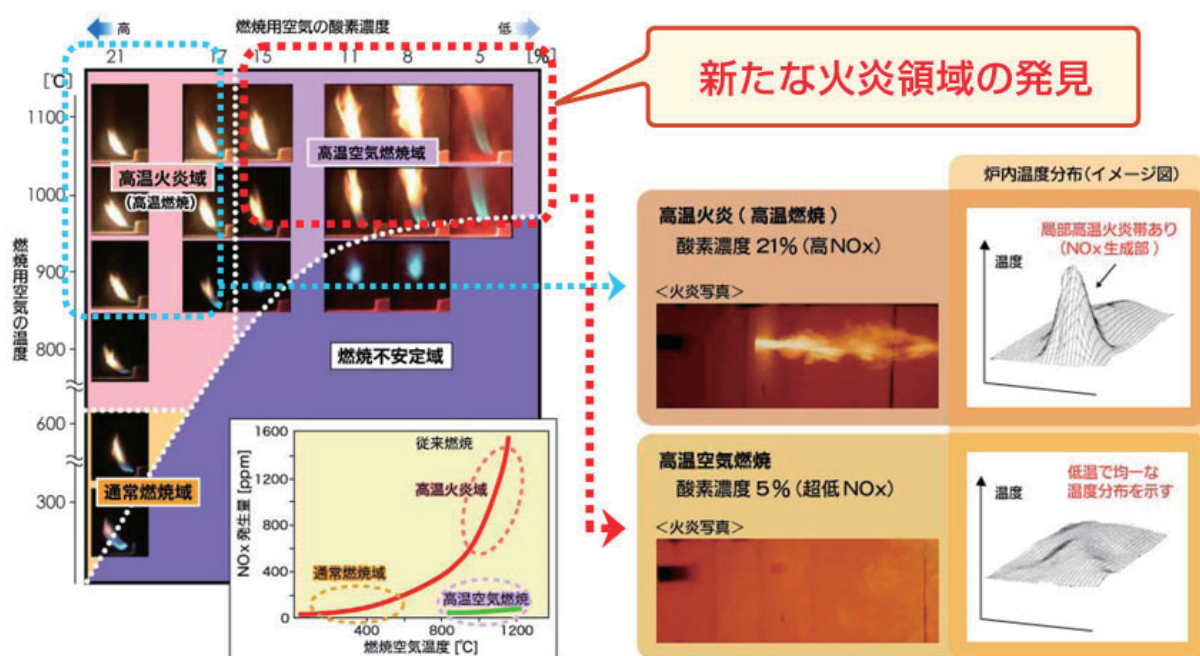


<摩擦係数 21%向上した鏡面プリー>

③ 高性能工業炉⁽³⁾

工業炉という言葉を知ったことがありますか。我々の日常生活ではほとんど見かけることは

ありませんが、金属などを加工する前段階として加熱する「加熱炉」、原材料を溶かす「溶解炉」、金属やセラミックスに耐腐食性などの性質を持たせるための「熱処理炉」等、多くの種類があり、日本全国の工場に推定約 4 万基あります。その工業炉で使用するエネルギーは、日本全体のエネルギー消費量の約 18%と膨大な量です。産業部門に限ると約 40%を占めています。一方、長年にわたり工業炉の熱利用率の低さ(約 35%)が問題となっていました。特に、オイルショック以降、様々な研究がなされてきましたが、これ以上の効率化は困難であると考えられてきました。そのような中、1980 年代英国で、排ガスの熱を利用して燃焼用空気を高温(800℃以上)に加熱して工業炉に吹き込む高温燃焼が実用化しました。高温燃焼では従来型工業炉に比べて、約 50～70%の燃料を節約することができましたが、火炎温度が高くなることにより、NO_x が大量に発生してしまい、日本では全く普及しませんでした。そのような状況の中、1990 年、日本の中小企業である日本ファーンズ(株)が、燃焼用空気を高温に加熱して工業炉に吹き込む際、燃料を燃焼用空気に「高速で噴射」することで、NO_x の発生を大幅に抑えることができることを実験室で発見しました。当時、燃焼学の専門家たちの間では、日本ファーンズ(株)の主張は懐疑的に受け止められていました。しかしながら、専門家が日本ファーンズ(株)の実験に立ち会い、何度も実験を繰り返しても、確かに NO_x 発生量が急激に下がっていることを確認しました。そこで、NEDO プロジェクト(「高性能工業炉の開発(1993-1999 年)」)を立ち上げ、謎の燃焼現象を、実験を通じて理論的に解明していくことから着手しました。さらに、高温空気を高速噴射しなくとも、酸素濃度が 3～10%に低下させることで、マイルドな燃焼反応を引き起こすことを発見し、超低 NO_x な「高温空気燃焼」技術確立することができました。「高温空気燃焼」を利用した工業炉は、従来型工業炉に比べ、30%以上の省エネ効果と 50%以上の NO_x 低減の性能を持ち、現在、「高性能工業炉」として実用化しています。現在、日本国内に 1300 基以上普及し、海外展開活動も進めています。なお、高性能工業炉を開発した日本ファーンズは、生産工学上優れた独創的研究成果に対して与えられる「大河内記念大賞」を 1999 年受賞しています。「燃焼」「工業炉」という長い歴史を持つ工業技術であっても、常識を疑って、常識外の実験条件で試験することで、独創的な研究成果が得られ、省エネルギー、NO_x 発生低減による環境対策に貢献している例です。

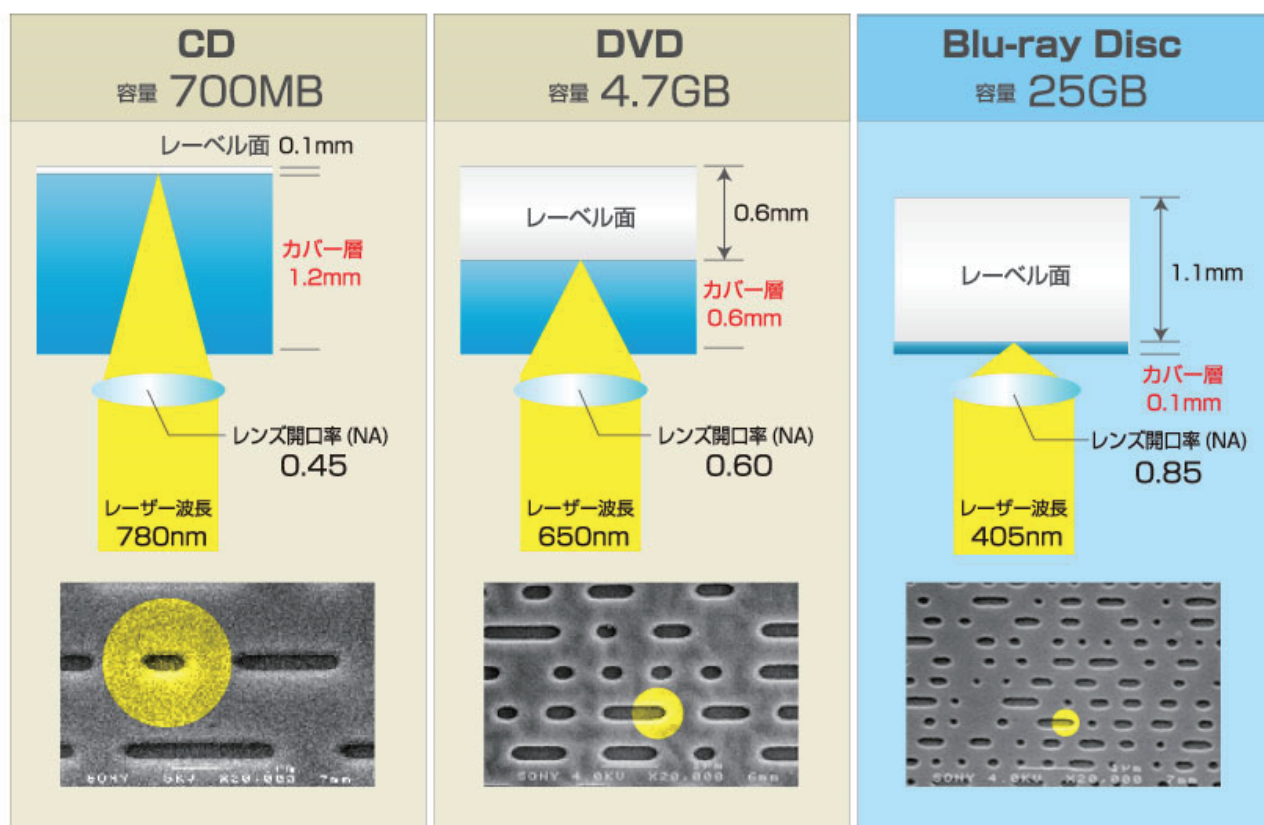


＜「通常火炎域」、「高温火炎域」、「新燃焼域」の関係＞

④ ブルーレイディスク (4)

ブルーレイディスクの開発にも NEDO プロジェクト(「ナノメーター制御光ディスクシステムの研究開発(1998-2002 年)」)が大きく貢献しています。このケースは後にノーベル賞につなが

る青色 LED が日本企業により世界で初めて実用化されたことが契機となっています。世の中のブレークスルー技術を、いち早く取り込んで成功させたケースです。加えて、プロジェクトの成功要因として、1990 年代中旬は DVD が発売されたばかりにも関わらず、総合電機メーカーには海外メーカーの追い上げに対する危機感がありました。そのため、DVD より記録密度の高い光ディスクを開発するニーズがありました。本プロジェクトにはソニー、松下電器工業(現：パナソニック)、日立製作所、パイオニア、シャープ、三洋電機からなる 6 社の総合電機メーカーが参加していました。競合他社が研究開発において協調して取り組めた要因は何でしょうか。海外メーカーの追い上げに対する危機感の他に、マネジメントとして、初期段階において、後に世界標準規格となる「3 つの基本パラメーター」であるブルーレーザーの波長、レンズ開口度、ディスクのカバー層の厚さを、決めたことです。これにより、業界全体として軸足がずれることなく、確信をもって研究開発をすすめることができました。



＜「CD」「DVD」「Blu-ray Disc」の関係＞

4. 考察及びまとめ

マツダのクリーンディーゼル、日本ファーンエスの高性能工業炉のケースにみられるように、燃焼の基礎の基礎に立ち戻って理想の燃焼の追及を、世界の他の研究者がなぜ行わなかったのでしょうか。専門家の弱点として専門分野の常識に縛られる傾向があるといいます。また、民間企業では事業化まで3年以内の既存技術の改良研究がほとんどで、基礎の基礎に立ち返った研究を行う余裕がなくなっていることも影響していると考えられます。マツダと日本ファーンエスのケースでは、常識を疑い、常識外の試験条件で敢えて実験することで独創的な発見がありうることは実証されました。また、クリーンディーゼル、ブルーレイディスクには、環境問題や新興国の追い上げに対する危機感がありました。危機感が技術のブレークスルーとイノベーションを後押ししたように考えられます。更に、4つのいずれの事例に言えることは、ブレークスルーを起こす成果が得られれば、その後の実用化は、現在の日本企業の優れた量産化技術、擦れ合わせ技術をもってすれば、極めて早く進み、大きなインパクトを生んだことがわかります。

まとめとして、研究開発プロジェクトが大きなインパクトを挙げるためには、技術的ブレークスルーを生み出すこと、あるいは見出すことが重要です。そのためには、常識外の研究への理解と推奨、

ブレークスルーする可能性のある萌芽的シーズを見つける「目利き」力の向上、萌芽的シーズを競わせながら育てていくステージゲート方式などを活用したマネジメント、シーズを工業製品に量産化できる企業を参加させること、また、なにより実用化に対する企業の危機感と熱意を読み取りマネジメントしていくことが必要であると考えます。

＜引用文献＞

- (1) 「世界最高水準の燃費と環境性能を持つクリーンディーゼル」(2013 年 7 月:NEDO 実用化ドキュメント)
- (2) 「自動車の省燃費化を実現する新型無段変速機を開発」(2013 年 3 月:NEDO 実用化ドキュメント)
- (3) 「産業界の省エネルギー/環境負荷低減に大きく貢献する高性能工業炉」(2012 年 7 月:NEDO 実用化ドキュメント)
- (4) 「高画質を手軽に楽しめる大容量光ディスク/ブルーレイディスクの開発」(2010 年 9 月:NEDO 実用化ドキュメント)