

Title	生産技術の研究・開発・実用化の統合マネジメント : (第二報) 技術のリファインサイクル
Author(s)	木下, 正治
Citation	年次学術大会講演要旨集, 13: 57-62
Issue Date	1998-10-24
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/5651
Rights	本著作物は研究・技術計画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 Science Policy and Research Management.
Description	一般論文

○木下正治 (東芝)

1. はじめに

製造業における事業構造の変革が進行しているなか、研究開発のリードタイムが短くなってきている。このような状況において時間軸の制御が重要なポイントである。製品技術と生産技術は車の両輪として相補う関係にあるが、これらを同時進行で開発していくことがますます重要になってきた。

前報¹⁾では生産技術の研究、開発から実用化にいたる過程をレビューし、テクノロジー・マネジメントの立場からみると、技術がうまく流れていくためには、次の2点が重要であることを示した。一つは技術の「オーバーラップ」であり、もう一つは技術の「後戻りのないこと」である。

本報ではこの「オーバーラップ」の部分をもさらに詳細に分析し、ここが「技術のリファインサイクル」と呼ぶべき重要な過程であることを示す。そして、技術のリファインサイクルを通ることにより、技術は一回りおおきく成長し、より現実的なものとして確立されていくことを事例研究をもとに分析した。

2. 製品技術と生産技術の関わり

一般的に、製品の開発過程を時間軸で示すと次のようになる。

市場ニーズ／需要予測→製品企画→機能試作→製品仕様決め→

技術試作→製品仕様調整→製品試作→品質認定→量産

すなわち、機能試作、技術試作、製品試作の3段階を経て製品が完成し、生産へと移される。

一方、需要予測段階では要素技術を中心とした研究開発が並行して行われている。このような製品開発の時間軸の中で、製品技術と生産技術の開発は同時に進行している。この同時開発における製品技術と生産技術の関わりを模式的に描いてみると図1のようになる。研究段階では製品技術の比率が大きく、生産技術はその一部にしかすぎない。実用化段階になるにつれ生産技術の比率が増大する。開発が進む間に、製品技術も生産技術もどんどん改良される。この技術の改良が盛んに行われる過程では、技術のリファイン(精製)が行われているとみることができる。製品技術は機能、性能、品質というふるいかけられ、その完成度が高まっていく。一方、生産技術はコスト、スループットなどの生産性のふるいかけられて量産技術として確立される。したがって、この技術が改良されている過程は技術のリファインサイクルが回っている状況である

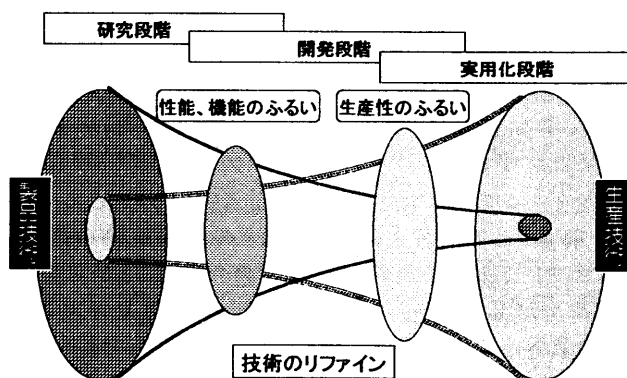


図1 新製品の開発における製品技術と生産技術の関わり

ということができる。

生産技術は物作りのための総合技術であり、物＝製品があつて始めて生きてくる技術である。したがって、製品技術に対して従属的な関係にあるが、一方では半導体DRAMやパソコンの実装のように、強い生産技術によって競争力ある製品を作ることでもある。そこで、生産技術においても先行技術の研究開発に意を注ぎ、新製品のニーズにあわせてこれらを常に使えるように準備しておくことは極めて重要なことと言える。

3. 事例研究

全自動洗濯機用低騒音モータの開発²⁾を事例研究として、図1で示した製品技術と生産技術の関わりを分析し、技術のリファインがどのように行われているのかを考察した。

3.1 基本原理の創出

ライフスタイルの変化、住環境の変化などにより、静かな洗濯機というのがマーケットにおける訴求ポイントになっている。洗濯機の騒音源は洗濯槽を回転させるモータであり、従来は交流モータと変速機によりベルト駆動をおこなっていた。したがって、モータの面からいえば、洗濯槽の回転軸に直接モータを取り付けて、これを直流駆動すればよい。しかしながら、高出力で回転数可変という仕様と低騒音、小型、低コストという仕様を同時に満足するモータは存在していない。そこで、製品技術と生産技術の両面から実現手段の探索を進めた結果、ブラシレスDC(直流)モータで低騒音化を図ることが技術の基本原理であることがわかった。

基本原理のなかの製品技術は永久磁石型のDCモータにおいて、回転するロータが磁石のN極、S極からの磁束を切るときに発生する、高周波の磁束密度変化(コギングトルク変化)を小さくする設計技術である。一方、生産技術はDCモータの構成部品を精度良く作り、これらを組み立てるための製造技術である。すなわち、ここで、製品技術は主として要求性能を実現するための手段を提供し、生産技術はその製品を実現するための手段を提供している。

3.2 製品企画と技術のリファイン

マーケットリサーチにもとづいてなされた製品企画では洗濯容量の大容量化が打ち出され、モータとしての開発目標が設定された。この時点で基本原理のレビューが行われた。具体的な仕様値に対してモータ性能、使用環境、モータ構成、作り方がリファインされた。その結果、基本原理に変更はないものの、モータ構成ではロータをステータの外周に配置して高出力化を図ること、モータを一体構成で作るのではなく、洗濯槽に直接組み付けていくビルトイン構成にすること、モータ全体の厚さを薄くすることなどの技術リファインが行われた。一般的に、製品の差別化のポイントとなる性能の実現には技術としてもリーディングエッジ(ぎりぎり)のものが求められており、個々の要素技術の適用可能マージンが狭くなりがちである。このため、たとえば、部品精度を単体で積み上げるのではなく、複合部品として精度を確保するなどの要素技術の連携、複合などが必要となる。また、性能とのトレードオフによって要素技術に幅を持たせることが可能となる。これらのリファインにより、モータの部品単位での品質保証が可能となり、また、組立が容易になるとともに、洗濯槽と一体にモータが組み込まれるため洗濯機としての差別化が実現できることになった。したがって、基本技術原理は一回り大きな技術に成長したことになる。

3.3 プロトタイプ形成

リファインされた技術原理のもとで、モータの試作を行った。モータ構成部品をロータ、ステータ、インバータと大きく3つに分け、さらにそれぞれの構成部品に分解した。モータ性能仕様にもとづき、

個々の部品の精度を満たす製造技術の検討、開発を行った。これらはプレス技術、射出成形技術、巻線技術などの要素技術であるが、それぞれに課せられた要求性能は従来の技術レベルでは達成できないものであった。このため、材料の新規開発、数値解析による製造条件の最適化、部分模擬装置の試作による機能確認などの手段を駆使して、所期性能を満足する部品の製作とモータの試作を行った。これらにより開発目標を満足するプロトタイプを形作ることができた。ここで、プロトタイプとは製品であるモータのみならず、それを実現する製造技術、製造装置にもあてはまる。

3.4 生産性からの技術のリファイン

プロトタイプで性能が検証されると、生産性の面から再度技術的な見直しを行なった。特に、目標値として設定されているコストをいかに実現するかが、生産技術においては重要である。往々にして目標性能とコストのトレードオフの狭間で試行錯誤の悪循環に陥ってしまい、性能はでたがコストが合わないということが起きる。今回の場合は磁石、鉄芯、銅線、樹脂などの材料と成形、巻線などの製造条件が性能とコストを左右する要因となっていた。そこで、実現すべき姿として最良のケースを描いておき、これに対して材料、部品精度などで許容できる範囲を定め、いくつかのコンティンジェンシを設けておいた。

さらに、生産性を左右するモータ性能や部品精度のバラツキ、製造条件の変動、製造装置の信頼性などを繰り返し評価し、プロトタイプの完成度を高めた。たとえば、成形では金型の設計変更などを通して成形不良の改善を図り、巻線機は安定して整列巻線ができるように、装置機構改善を行った。装置機構の改善にあたっては機能部品の摩耗、損傷などに対して新たな技術の取り込みも必要であった。

3.5 量産化

モータとしての最終製品性能が実現されたのを受け、量産化へ向けての準備を進めた。これまでに確立された製造技術、製造設備を生産手段として生産ライン構築を行なった。稼働率、タクト、リードタイム、コストパフォーマンス、スループット、歩留りなどの実績値を把握し、生産計画にもとづく生産管理システムも構築し、生産を開始した。

4. 生産技術の統合マネジメント

4.1 技術の流れ

以上の事例研究をもとに、生産技術の研究、開発から実用化にいたる技術の流れを概念的にまとめると図2のようである。また、その内容を詳細に分解すると図3に示すようになる。

研究段階では目標設定された課題に対して、それを達成するための生産技術の3要素であるプロセス、装置、システムの基本技術原理の発見、発明が行われる。開発段階ではこの基本技術原理が実際の系に適用され、種々の環境や外乱のもとでそれが再現するかどうかの検証が行われる。そして、生産技術のプロトタイプが出来上がる。実用化段階では既に機能検証、再現性検証された技術原理が実際の生産において使われていくための検証が行われる。このためには、技術原理を殻として多くのその他の周辺技術を取り込み、それらの技術全体が統合されて

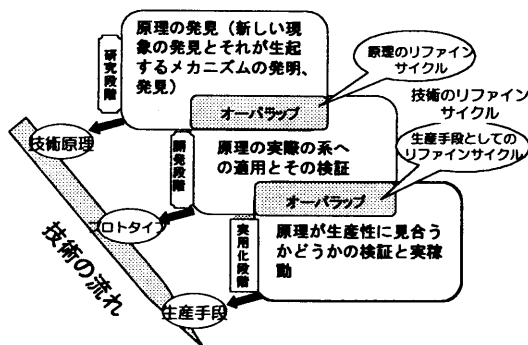


図2 生産技術の研究・開発・実用化のフレームワーク

生産性に見合うかどうかの厳しい検証が行われる。この過程を経て始めて、その生産技術が生産手段として確立される。したがって、研究→開発→実用化へと段階が進行していく過程で、技術原理→プロトタイプ→生産手段という技術の流れが存在している。

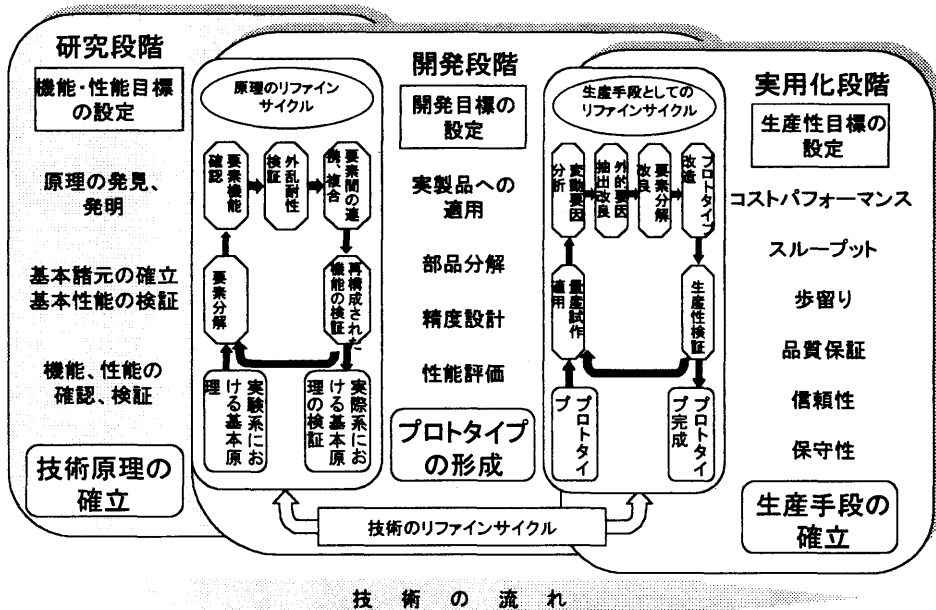


図3 技術の流れの分解

4.2 技術のリファインサイクル

4.2.1 原理のリファインサイクル

一方、研究段階から開発段階への移行は必ずしも明確に区分できるものではなく、必ずそれぞれがオーバーラップするように進んでいく。このオーバーラップ部分では、対象とする製品の機能や性能を実現するために適用される生産技術に対して、その基本技術原理がさらにリファインされる。この技術のリファインサイクルは「原理のリファインサイクル」と呼ぶことができる。図4は原理のリファインサイクルの中身を示している。基本原理は生産技術の3要素であるプロセス、装置、システムの各要素毎に分解され、それぞれの要素の満たすべき機能の確認がなされる。各要素は研究段階では限られた環境においては

成立するものの、実際の製品の寸法や形状、温度、圧力、雰囲気など、製品が使われることを想定した使用環境の中でもその機能を果たさねばならない。このため、外乱耐性の検証を経なくてはならない。外乱耐性のない要素についてはこれを捨て去り、代替要素を見出すか、あるいは他の

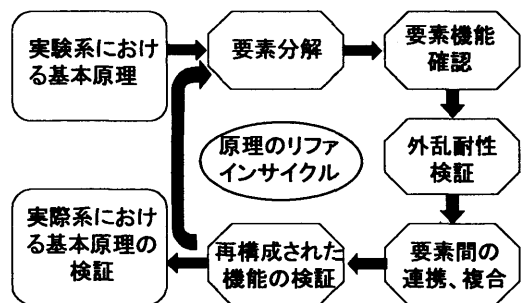


図4 原理のリファインサイクル

要素との連携、複合などによって外乱耐性を着けることが必要となる。このようにして基本原理を構成する要素が外乱耐性のある要素に置きかえられることによって、基本原理は実際の系で検証された技術原理として確立される。このリファインの過程は基本原理が実際の系、すなわち外乱耐性をもつことが検証されるまで繰り返し実行される。したがって、リファインサイクルと呼ぶことができる。

4. 2. 2 生産手段のリファインサイクル

さらに、開発段階から実用化段階への移行においても、同様なオーバーラップが存在し、技術のリファインサイクルが回ることになる。ここでの技術リファインは、生産性に対するリファインである。したがって、「生産手段としてのリファインサイクル」と呼ぶことができる。図5は生産手段としてのリファインサイクルの中身を示している。プロトタイプは製品の量産試作に適用され、製品性能バラツキが把握される。これにもとづきプロトタイプは再び要素分解される。そして、その要素毎に変動要因の分析、原因の解明、要素の改善、安定性の向上が図られる。これらは、使用材料のバラツキであったり、製造条件

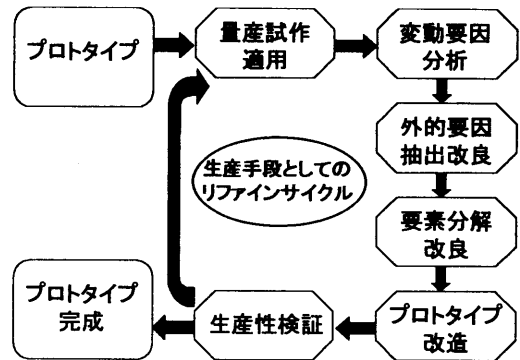


図5 生産手段のリファインサイクル

の経時変化であったり、製造雰囲気の変動であったり、製造装置の構成部品の摩耗であったり、技術原理にもとづくものよりも外的要因に依存することが多い。したがって、要素改善と並行して外的要因の改良も行い、プロトタイプの改造を進める。改造されたプロトタイプでコスト、スループットなどの生産性基本指標の確認を行い、プロトタイプが完成する。このリファインでは外的要因が多いため、繰り返し評価のサイクルを多くまわすことが必要となる。

4. 3 テクノロジーマネジメント上の課題

このように、技術の流れを詳細に辿ると大きく5つの過程に分けられる。すなわち、基本技術原理確立の研究段階、原理のリファインサイクル、プロトタイプ形成の開発段階、生産手段のリファインサイクルと生産手段確立の実用化段階である。これらの内、特に技術のリファインサイクルが重要な役割を果たしている。このリファインサイクルで技術はそれ自身の改良を図るとともに、他の技術と連携、複合を図り強化されていく。

新製品の開発プロジェクトでよく見られることは、これらの5つの過程が明確に意識されずに進んでいることである。たとえば、原理の確立が十分でないにもかかわらず開発段階に入ってしまう、プロトタイプが形成できない状況に陥ってしまうこと。あるいは、プロトタイプから量産に入ったにもかかわらず、いっこうに製造歩留りが上がらないこと、などである。前者については、実際には、原理のリファインサイクルから抜け出せなくなってしまったことを意味する。原理のリファインサイクルの中にあるとき、どうしても所期の性能が再現できないことがわかったら、研究段階での原理検証のデータをもう一度紐解いて、基本諸元、基本性能が十分に検証されているかを確認することが重要である。また、後者についてはプロトタイプの性能バラツキ、製造条件のバラツキなどの解明を完全に行なわなかったことが原因である。特に、取り込んだ周辺技術が温度、湿度、ごみなどの製造環境に対して充分耐性があるかどうかを厳密に検討し直すことが必要である。

研究段階から開発段階、さらに実用化段階に進むにつれリソース投入は多くなり、研究開発投

資の負担も増える。また、実用化段階に入れば量産化設備投資の実行が進む。このような投資の判断を間違えないためにも、技術の流れにおける上記のような過程を踏んで、現在の開発進捗がどのレベルにあるかを正しく把握することが重要である。

5. まとめ

生産技術の研究、開発から実用化に至る過程で、技術の流れを詳細に辿ると大きく次の5つの過程に分けられる。基本技術原理確立の研究段階、原理のリファインサイクル、プロトタイプ形成の開発段階、生産手段のリファインサイクルと生産手段確立の実用化段階である。そして、研究→開発→実用化へと段階が進行していく過程で、技術原理→プロトタイプ→生産手段という形で技術が確立していく。各段階にオーバーラップする形で技術のリファインサイクルが存在し、重要な役割を果たしている。技術のリファインサイクルには原理のリファインサイクルと生産手段としてのリファインサイクルの2つがある。各々のリファインサイクルでは、前者については性能、機能というふるいを通して、後者については生産性というふるいを通して技術は要素分解され、それ自身の改良を図るとともに、他の技術と連携、複合を図り強化されていく。

参考文献

- 1) 木下正治：「生産技術の研究、開発、実用化の統合的マネジメント、第1報」、研究・技術計画学会第10回年次学術大会講演要旨集、pp270-275, 1995
- 2) 谷本茂也 他：「洗濯機用ブラシレスDCモータの開発」、電気学会回転機研究会資料、RM-92-25、1992。および RM-98-24, 1998。