

戦略重点科学技術に対する PT 委員意見

質問：ものづくり技術分野における重要な研究開発課題（案）の中で、戦略的重点科学技術として位置づけるべき課題とその選択理由をご回答下さい。

注)

選択理由を記載する際に、以下の戦略重点科学技術として選定されるための3要件のいずれに該当するかを指定し、その該当理由を記載してください。なお、今回事務局でとりまとめた重要な研究開発課題（案）には、以下の3要件の内、③に該当するものではありません。また選定に当たっては、第2回PTの資料2、P2「戦略的重点科学技術の選定について」も参考にしてください。

<戦略重点科学技術として選定されるための3要件>

- ① 社会的課題を早急に解決するために次期5年間に集中投資する必要があるもの
- ② 国際的な科学技術競争に勝ち抜くために次期5年間に集中投資する必要があるもの
- ③ 国家的な基幹技術（「国家基幹技術」）として次期5年間に集中投資する必要があるもの

戦略的重点科学技術として位置づけるべき課題とその選択理由

戦略重点科学技術	選択理由	3要件の番号と その該当理由
IT技術を駆使したものづくり基盤技術の強化	生産管理の高度化、各種シュミレーション技術による技術開発、商品開発のスピードアップに向けたIT技術の強化が、ものづくり技術の強化策として必須。	②我国のものづくり技術の国際競争力強化に必須。そのための要素技術力強化を産官学連携のもと進める事が望ましい。
世界に負けない高付加価値材料を生み出すものづくり技術	材料技術は日本の強みであり、製品の高品質化を支える基盤技術である。この強みを維持継続するため、材料技術の一層の強化を図るべき、と考える。	②材料技術は我国の強みとなっているものの、産学を併せた総合力は低下傾向にあり、他国の追い上げは厳しい。産官学連携のもと、基盤技術力の強化を図るべき。
ものづくり人材の育成強化と活躍推進	ものづくり産業への人材を供給し続けられる、国としての体質造りが必要。	②ものづくり技術競争に勝ち抜く為には、それを支える人材の供給継続性が必須。2007年問題も含め、弱体化を防止し、我国の強みの基盤を早急に再強化必要。

戦略的重点科学技術として位置づけるべき課題とその選択理由

戦略重点科学技術	選択理由	3要件の番号とその該当理由
1. ITを駆使したものづくり 基盤技術の強化	<ul style="list-style-type: none"> ・ 我が国の強いものづくり力を広範に強化できる、重要な基盤技術であるため ・ 研究開発、設計、運用、廃棄の各フェーズのみならず、横断的に強化できる 	② ものづくりの国際的な科学技術競争に勝ち抜くため、各種最適化、データベース化などにおいて多大な投資が必要
6. 人口減少社会に適應する、ロボットを使ったものづくりの革新 →「ロボットを使ったものづくりの革新」への変更が望ましい	<ul style="list-style-type: none"> ・ ロボットセル生産システムなどにより生産性(コスト、品質)を向上させ、我が国の基幹技術の国際競争力を画期的に向上させることができるため 	② ものづくりの国際的な科学技術競争に勝ち抜くためには、ロボットのみならず、周辺装置や生産活動全般にわたるシステムの標準化を確立する開発に多大な投資が必要

戦略的重点科学技術として位置づけるべき課題とその選択理由

戦略重点科学技術	選択理由	3要件の番号とその該当理由
<p>巨大システム構築に貢献するものづくり技術</p> <p>成果目標：日本が主体となった初の民間ジェット機、ジェットエンジンを実現し、航空機産業の高付加価値化を図る。</p> <p>価格・機能面において国際優位性を持つ宇宙輸送系・衛星等の基盤技術の確立。</p>	<p>航空機・航空機用エンジン、宇宙輸送系システム等の巨大システムをインテグレートするものづくり技術は、航空機のみならず我が国のものづくり技術の裾野を広げ、様々な産業の技術力強化に貢献するリーディングテクノロジーである。欧米各国も国が研究開発リスクを負担して競争力を磨いている中、我が国でも航空機・航空機用エンジンの要素技術・基盤技術を身に付けてきており、ここで全体をインテグレートする研究開発に取り組むことが真に国際競争に勝ち抜く上で不可欠である。</p> <p>尚、航空技術は高速輸送を可能にし、安全運航により社会生活を支え、産業政策上、安全保障上も重要な役割を担うなど、社会基盤の面でも重要であることは言うまでもない。</p>	<p>②国際的な科学技術競争に勝ち抜くために次期5年間に集中投資する必要があるもの</p> <p>航空機・エンジンについて現在まで築き上げた要素技術・基盤技術をベースにして世界を勝ち抜く国際競争力を確保するためには、2010年までに日本が主体的立場でこの分野に参画する必要がある。そのためにはこの5年間に於いて我が国の有する世界トップレベルの高度技術を統合するインテグレーション技術の強化を図ることが極めて重要である。</p> <p>また、航空・宇宙等の巨大システム分野は、国家の総合的安全保障に密接に関連していることから、国が主導する一貫した推進体制のもとで実施する必要があるもので、③にも該当する。</p>

戦略的重点科学技術として位置づけるべき課題とその選択理由

戦略重点科学技術	選択理由	3要件の番号とその該当理由
IT を駆使したものづくり基盤技術の強化	IT は、新製品開発や新技術開発の基盤技術になっている。現場密着のものづくりに適合した日本型情報技術を開発・普及することは日本のものづくりの基盤を整備する意味からたいへん重要である。	①
中小企業のものづくり基盤技術の高度化	中小企業は大手組み立て産業の開発・製造現場としての役割を担っており、現場重視の日本のものづくりの屋台骨を支えている。日本の強みを強化するためには、中小企業における技術の高度化は不可避である。	②

戦略的重点科学技術として位置づけるべき課題とその選択理由

戦略重点科学技術	選択理由	3要件の番号とその該当理由
IT を駆使したものづくり基盤技術の強化	<p>① 産業競争力強化に即効性 本技術の出口としては、ものづくりに求められる人の役割や製造プロセスなどを IT で代替、支援するシステム技術開発が挙げられる。こうしたシステム技術の利用は、QCD を飛躍的に向上させることにつながり、わが国の産業競争力の維持、向上に最も効果的と考えられる。</p> <p>② ものづくりを工学的、科学的に深化 ものづくりを IT で捉えていく、つまりデジタル化していくためのアプローチに求められることは、ものづくりに係わるプロセスを始めとして、人や組織、ビジネスなどのメカニズムを解明し、構造化、モデル化していくことである。つまり、ものづくりをさらに科学的、工学的に解明していかななくてはならない。これにより、学術的な深化が促進される。</p> <p>③ 他の戦略重点科学技術課題の実施上の基盤ツール 「中小企業のものづくり基盤技術の高度化」や「ものづくり人材の育成強化と活躍促進」などの課題に対してはそれを実現するための IT ツールとして、また「世界に負けない高付加価値を生み出すものづくり技術」に対しては、科学的、工学的な知識を提供して加速化する役割が期待できる。</p>	ものづくり技術の出口効果として最も重要な産業競争力強化の観点から①。同時に科学的、工学的寄与も期待できることから②。

提案課題（１）：コンパクト化高度製造技術開発

１．コンパクト化高度製造技術開発の提案理由

エネルギーを利用する生産機器、移動機器、空調機器などは省エネルギーの一手段として装置をコンパクト化して、高効率化、最適化（分散化）する方法が考えられる。例えば超臨界流体環境を利用した超小型化学プラント(省エネルギー、高速反応)開発には必要不可欠な特殊金属を用いた微小構造体を実現する製造技術が必要である。コンパクト化技術は既存の切削、研削、放電、接合技術の高度化、更にイオンビーム加工、半導体製造技術などを融合させた高度な製造技術を開発しコンパクト化した製品を開発し、新たな価値を創造して、国際競争力を高めると考えられ、狭い国土を持つ我が国に適した技術であると言えます。

２．研究開発の概要

例えば超臨界流体環境を利用した超小型化学プラントの開発には耐食性や高温強度特性に優れる特殊金属（チタン、インコネル等）の微小構造体を実現する研削、接合、組立等の技術開発が必要

また、超小型マイクロガスタービンに必要な製造技術など

３．国としての取り組みが必要な理由

人類は18世紀末の産業革命以降、高度な技術革新により、かつてないほどの豊かさを現実のものとしてきました。しかし、その結果もたらされた「大量生産」「大量消費」「大量廃棄」は、わたしたちが暮らす地球に大きな負荷をかけ続けてきました。もはや地球環境の許容範囲は限界に近づいているといっても決して過言ではないでしょう。日々の活動について、「地球環境を守る」という観点からあらためて見直す時が来ています。

1992年、ブラジル・リオデジャネイロで開催された国連環境開発会議では地球規模での環境破壊の防止を国際間で強調して取り組むことを目的した地球環境憲章の「リオ宣言」「アジェンダ21」「機構変動枠組条約」「生物多様性条約」が調印されました。この取り決めのキーワードは「持続可能な発展」です、これにより環境問題は世界規模での共通認識となりました。

これを受けてわが国では平成11年10月4日の与党政策合意において、「平成12年度を「循環型社会元年」と位置づけ、基本的枠組みとしての法制定

を図る」とされ、翌年「循環型社会形成推進基本法」が平成12年6月2日（金）に公布されました。この法律は「大量生産・大量消費・大量廃棄」型の社会から脱却を図り、持続可能な循環型社会を目指すことが謳われています。「循環型社会」とは、[1]廃棄物等の発生抑制、[2]循環資源の循環的な利用及び[3]適正な処分が確保されることによって、天然資源の消費を抑制し、環境への負荷ができる限り低減される社会と規定されています。なかでも「資源の循環的な利用」が今後の大きな課題であることは広く認識され、その解決策のひとつとして「超臨界流体技術」は持続可能な循環型社会を実現する上で不可欠な技術として取り上げられております。

我が国は周知の通り、狭い国土であり、必要な資源も殆ど海外からの輸入に頼ってきております、狭い国土でも最大限に活用できる高効率の分解・合成の超小型化学プラントを開発することは限りある資源を有効に利用することと直結すると考えられます。急速な少子高齢化の時代が訪れようとしている中、我が国が引き続き経済的繁栄と豊かな国民生活を実現するためには、世界に先駆けて「循環型社会」を実現し「安心・安全で質の高い生活が出来る社会」を構築する事が重要であると思えます、そしてそれが我が国の科学技術の進むべき方向性のひとつであると考えます。強力な国の財政的な支援よりこれらの技術の実用化と市場への普及の加速が急務であると考えています。

提案課題（2）：中小企業基盤技術強化

1. 中小企業基盤技術強化の提案理由

中小企業は優秀な技能、長い経験に属するノウハウの蓄積により事業を発展させてきましたが、それは発注元の要求により進めてきたものです。多くは現場で試行錯誤して養ってきたものと言えましょう。しかしながら新たな製造技術開発や高度化を進めていくには必ずしも効率的な方策であるとは言えません。なぜなら中小企業が研究開発を主体的、客観的に進められないのが現状であり、**ON THE JOB** ですべてを進めなくてはいけないのが現実です。技能の継承等の利点もありますが、研究開発をする環境を整える手段を提供することは新たな製造技術開発や高度化にとって重要なことと考えます。製造業の大半を占める中小企業の基盤技術の強化は我が国に競争力の原点であり、避けて通れないことであると考えます。

2. 研究開発の概要

日本が目標とする製造技術ロードマップの作成（総合目標の設置）

上記を目標として研究開発部門の充実と産総研・公設試との連携強化、共同研究の促進を進める

必要により補助金の交付と補助事業の確認が重要になる。

3. 国としての取り組みが必要な理由

もともと経営資源が不足している中小企業にあってはすべての経営資源を全て自己で抱えることは不可能であり、自己の優位性を持つ経営資源への特化と外部経営資源の積極的な活用が重要であると思います、刻々と変わる経営環境の変化に対応すべく、中小企業間では新たな製造技術開発や保有する技術の高度化がますます必要となってきたと認識しております。

大企業と「マーケットの棲み分け」をし、独自の経営資源のみで競争に対応する経営では、中小企業は生き残れないが、独自技術がマーケットに真に受け入れられる限り、中小企業が独立生存する余地も多いと考えます、そのためには独自性を維持するための新たな製造技術開発や保有する技術の高度化を通じて信頼性の高い技術力（競争力）を構築する事が今後の中小企業が採り得る重要な戦略であると考えます。しかし前述の通り経営資源が絶対的に不足している中小企業は新たな製造技術開発や保有する技術の高度化を標榜するも人的、資金的課題が存在し実現しえないのが現状し、安易な大企業との技術的提携はその成果を全て大企業が保有する結果になります。だから独自で新たな製造技術開発や保有する技術の高度化をすることが不可欠です。大企業の紐付きの技術開発にならないように継続的で重点的な国の支援策が必要であると考えます。

しかしながら従来のような予算ばら撒き型の支援策では効果が薄いと思います。将来必要となる基盤技術を精査し重点的で効果のある人的、資金的な支援がポイントであると考えます。

資料 2-2 N-2 の追加内容

ナノ製造技術と平行してマイクロ製造技術の確立が必要である、寸法として1 μm から100 μm の構造体を高精度で加工する製造技術は実用化として金属材料、プラスチック、ガラス、セラミックス等でほとんど確立していない。例えばフォトファブ리케이션を利用して半導体デバイスや MEMS 等のナノ製造技術とパッケージングや接続部品はマイクロ製造技術が必要で、製品と

してまだ充分ではない。

研究課題

ナノ精度製造技術

マイクロ精度・マイクロ寸法製造技術（ $1\ \mu\text{m}\sim 100\ \mu\text{m}$ ）

複合製造技術（例：レーザ＋放電加工）

①ワーク制御技術

②ビーム応用技術（電子、レーザ、イオン）

ものづくり技術分野の戦略重点科学技術プロジェクトについて

藤本（2006. 1. 10）

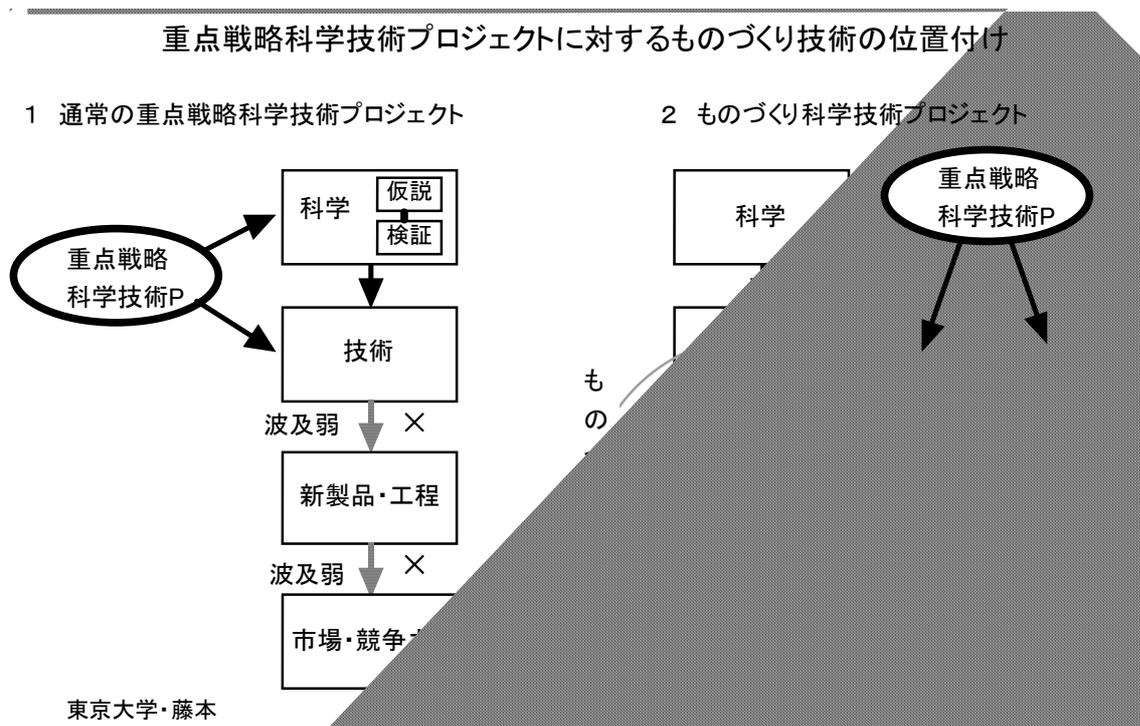
- ・ 「ものづくり」とは、顧客にとって価値のある設計情報を、研究開発活動によって創造し、生産活動を通じて「もの＝媒体」に転写し、顧客に向けて発信する活動の流れ全体を指す。その主たる担い手は民間企業である。したがって、その限りにおいて、研究開発、生産、購買、販売活動をすべて包含する。「顧客へ向かう設計情報＝付加価値」の流れを作る、という意味においては、いわゆる固有技術（機械工学、化学工学、電子工学など）と「ものづくり技術」は一体であり、協働して、顧客へと向かう効率的、迅速かつ正確な「設計情報＝付加価値」の流れを作る。こうした「設計情報の流れ」が、市場におけるものづくり企業の競争力の主たる源泉となる。
- ・ 一般に「ものづくり技術」には、生産工学（IE）、品質管理学（QC）、生産管理論（OM）、技術開発論（MOT）、価値工学（VE）などが含まれるが、これらが一体となって、設計情報（＝付加価値）の「流れ」を生み出すトータルシステムとなったものを「ものづくり技術」と総称することにする。
- ・ ものづくり技術は、基本的には企業の内部における、企業特長的・現場特長的な仮説検証活動を通じて蓄積され、各企業独特の組織能力の一部として組み込まれる。そのある部分は、公知の科学技術を応用することによって生み出されるが、他の部分は、非公開の企業特長的な因果知識として企業内で生み出される。
- ・ こうした企業特長的な「ものづくり技術」の知識のうち、ある部分は、体系的な形式知として分析され、他の企業や産業に移転されることがある。トヨタ生産方式が、他の同業企業や他産業に移植されるケースはその一例である。この場合、トヨタ生産方式がそのままの形でまるごと移植されることは少なく、むしろトヨタの実態から抽出されたやや抽象度の高い知識が、他産業の実情に合わせて修正・応用されるということが多い。
- ・ 企業自身には、それらを他社に公開するインセンティブはないが、それらを一般化・抽象化した因果知識は、経営学や生産工学を通じて、公知の科学的知識として紹介されている。そうした科学知識化の活動においては、大学など学術機関も一定の役割を果たしている。
- ・ このように、ものづくり技術においては、大学や国の大規模な科学技術プロジェクトが先行し、それが先端技術に応用されるという、通常の科学技術政策が想定する順でことが進むことは少ない。むしろ、個別企業の現場における「ものづく

り技術」の分散的な蓄積が先行しており、科学の役割は、そうした個別企業の事例の中から、より一般的な因果知識を抽出し、それを他の産業や企業に応用することによって、その因果知識の一般性を徐々に検証していく、ということである。

- ・ このように、「ものづくり技術」においては、真空状態での因果仮説の検証が通常は不可能であり、むしろ、「各企業の現場での特殊仮説の検証 → 現場観察を通じたより一般的な仮説の抽出 → 他の産業・企業への応用と仮説検証 → 一般的な仮説の暫定的な検証」といったサイクルを通じて科学的な知識が形成される。
- ・ ひるがえって日本のものづくりの現状を見ると、継続的な能力構築競争の結果、国際的な競争優位を持つと考えられる「競争貫徹産業」は、製造業を中心に日本経済の十数%程度に過ぎないと推定される。一方、日本経済の少なくとも数十%は、過去の規制や談合ゆえに国際競争力を持たない「競争不全業種」と推定され、両者の間には、生産性の二重構造が根強く存在する。このことは、日本経済の生産性が全体としてはまだ低いことを示していると同時に、日本の一部の製造企業が進化させてきた「ものづくり技術」が、体系的な科学知識に十分に結びついていないことを示唆している。日本型のものづくり技術は、科学知識としてはまだ成熟化していないのである。
- ・ したがって、国として「ものづくり技術」をめぐる戦略重点科学技術プロジェクトを組むとするならば、それは主として、企業間・産業間で、現場の「ものづくり技術」知識の抽出・分析・一般化・応用のサイクルを、全国規模で展開することである。この仕掛けは、例えば産学官連携のプロジェクトを多数立ち上げることも遂行可能だが、その担い手は国や大学の研究者だけではない。むしろ、人数的に言えば、現場での仮説検証活動に精通したベテランのものづくり現場経験者（とくに定年退職期が近づく団塊の世代）が中心的な役割を担う可能性が大きい。
- ・ したがって、「ものづくり技術」をめぐる戦略重点科学技術プロジェクトは、主に、ものづくり現場での改善・指導活動を通じて「知識抽出・分析・一般化・応用サイクル」を担う「ものづくりインストラクター」の大規模な養成活動、あるいは、そうしたインストラクターの活動を通じて収集される「ものづくり技術」の知識を体系的な形式知として蓄積する一群の「ものづくり技術研究教育センター」の形成に向けられるべきであろう（図）。つまり、（１）「ひとづくり＝インストラクター養成」と、（２）彼らを通じた「ものづくり知識」の産業間移転を通じた、（３）「ものづくり技術」知識の体系化が、こうした国家プロジェクトの眼目である。ここでは、教育・指導と研究は一体不可分である。また、図で示すように、この

プロジェクトは、設計情報の流れの下流を担当することにより、従来の戦略重点科学技術プロジェクトの潜在的な弱点を補完することも期待される。従来、技術から市場までの波及効果に難点があったからである。

- こうした、国が支援する、企業横断的・産業横断的な「インストラクター養成」「知識移転（応用）」「知識体系化（一般化）」プロジェクトと、企業が競争行動の一般として行なう「ものづくり知識」の吸収・応用活動とが相乗効果を持つならば、もともと長期雇用ゆえにそうした知識が企業内に蓄積しやすい日本において、世界をリードする「ものづくり技術」の科学知識体系が形成される可能性は大きい。また、そうした先端的な「ものづくり技術」を吸収する能力は、結局は多くの日本企業が欧米企業以上に持っているだろうから、そうした技術の公知化が、日本の競争優位の漏出につながるという懸念は、多くの場合杞憂に終わるだろう。むしろ、日本経済全体のものづくり強化の運動の副産物として、そうした「ものづくりの科学知識」が形成されると考えるのが、より自然であろう。



- 欧米的な科学観が示唆する「国家支援の大規模科学プロジェクト→民間への応用」という従来型の発想では、こうした「ものづくり技術」の科学知識化はおぼつかない（図）。発想の転換による、産官学を巻き込んだ「ものづくり現場発の科学知識創造」という発想が必要ではなかろうか。

以上

もともとなかなか難しい御題ですのでお役に立つかわかりませんが、生研のスタッフにも意見を出してもらいました。ご参考まで。

1. ものづくり技術の定義とその評価

まず、ものづくり技術とは何かということですが、たとえば以下のような能力・技術を総合したものではないか。

- ①的確なマーケティングと時代の推移、自然科学法則からくる限界などを良く理解し、どのようなコンセプトのものを何時頃までに実現するかを思考・検討する能力。
- ②上記の思考・検討結果に基づき、それを実現するまでのプロセスを具現化（ブレークダウン）する能力、戦略の立案能力。
- ③ものをつくるための、特色、特徴のある材料技術。例えば、ガスタービン発電機の効率を上げるには高温・高耐力材料の開発が必須となるなど。
- ④上記の③とも関係しますが、材料、素材を加工する技術。超精密加工技術、微細加工技術など。
- ⑤つくるもののコンセプト、つくり方、材料・素材が決まったとして、実際にものを最適設計する技術。DE的なシミュレーションが威力を発揮する。また、シミュレーションは、①のつくるもののコンセプトを検討する段階でも威力を発揮。
- ⑥上記の⑤とも関係するが、より広い視点で設計を評価し、最適なものとする技術。例えば、事故率を極力ゼロにする、環境負荷を適切に評価し、必要な改良を加えるなど。
- ⑦実際にものを作る段において、できるだけ安価にいいものを確実につくる技術。材料の調達能力、製造プロセスの管理能力、熟練工の匠の技術など。
- ⑧これはものづくり技術にかどうかは分からないが、在庫の管理技術、流通、販売なども当然重要。
- ⑨製品のライフサイクルでその品質を補償する、メンテナンス技術やモニタリング技術。
- ⑩上記のような個々の技術を次世代に継承する能力。

というプロセスをブレークダウンするとこのようになる。したがって、ものづくり技術は、画一的な評価は原理的に不可能であり、それぞれの要素において如何に長けているかを定性的に評価することになる。

2. 戦略的市場開拓法

これは方法論みたいなものはない。政治的、地理的、歴史的、科学（物理的）、人間的なすべての要因を的確に分析でき、次の時代に開花する市場を見つける。「ものごとの本質が良く分かった人材を育成する」といったこと以外に、画一的な方法はない。

3. 我が国のものづくり産業の育成と発展方法

上述のように、ものづくりというのは色々な要素を含み、総合力としてものづくり産業が存在する。したがって、一つの方策で全てOKといった万能薬みたいなものはない。つまり、他国と差別化できる技術要素をどれだけ持っているかで勝負が決まる。

1. で挙げた各要素（フェーズ）において他国をリードできるキー技術を持っておくことが重要。

①コンセプトの検討

→時代を先取りする能力・施策。重厚4社と進めているトリプル50のような取り組み（イニシアチブ）とその推進。

新しいコンセプトの「もの」を着想することを支援するシミュレーション技術。

②実現プロセスの具現化（ブレークダウン）

→いる、知の構造化システムでしょう。

③材料技術

→高温・高耐力材料、微粒化、超撥水、超軽量などなどの材料開発。

これらの材料開発にも量子・マクロシミュレーションが力を発揮する。

④加工技術

超精密加工、微細加工、超精密計測技術など。

⑤最適設計技術

次世代DEシステム、革新的なシミュレーション。

⑥評価技術。

これも次世代DEシステムがカバーする領域。

⑦製造技術

これも次世代DEシステムがカバーする領域。

⑧在庫の管理技術、流通、販売

これも次世代DEシステムがカバーする領域。

⑨メンテナンス技術やモニタリング技術。

これも次世代DEシステムがカバーする領域。

⑩上記のような個々の技術を次世代に継承する能力。

ここが中々難しいところ。確かにソフトウェアによって、技術の継承を支援することはできる。が、本質的には技術とは人に付随するので、人の育成が最も重要です。そういう意味では大学がもっともその本領を発揮できる場所である。