

技術のインパクト実現過程において 大学の顕著な貢献が見られた事例について

2005年4月8日
科学技術政策研究所

本資料について

- 本資料はインパクト調査で実施した32技術に対する事例分析の中で、大学の顕著な貢献が見えた6技術について、事例分析のポイントをまとめたものである。
- 事例分析においては、文献調査や技術の専門家5～6名に対する聞き取り調査を実施し、技術のもたらした(今後もたらすと考えられる)インパクトおよびインパクト実現過程における公的研究開発・支援の寄与を分析した。

インパクト調査について

基本的な考え方

本調査のねらい

個別の技術に着目して、その技術がもたらすインパクトの内容を把握し、さらには技術がインパクトを実現するまでの過程において公的研究開発・支援が果たした役割を検証する。

インパクトの考え方

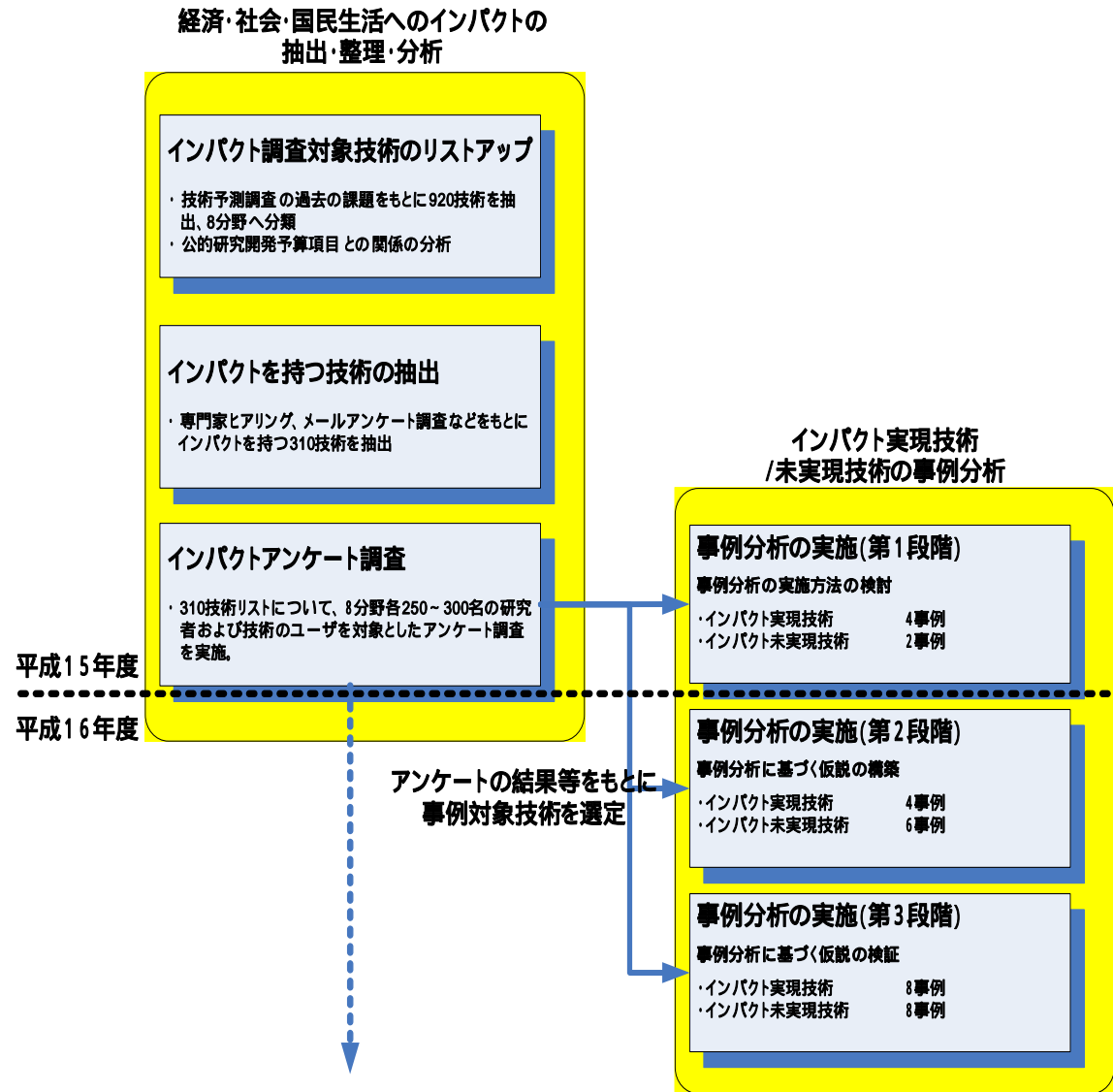
経済(産業・企業に関するもの)
社会(環境、エネルギー・資源、インフラに関するもの)
国民生活(生活の質の向上に関するもの)

実社会に対する具体的なインパクトを考える。

対象とする技術の考え方

実現技術
(過去10年程度の間の実現し、既にインパクトをもたらしている技術)

未実現技術
(今後10年程度の間の実現し、インパクトを今後もたらすと考えられる技術)



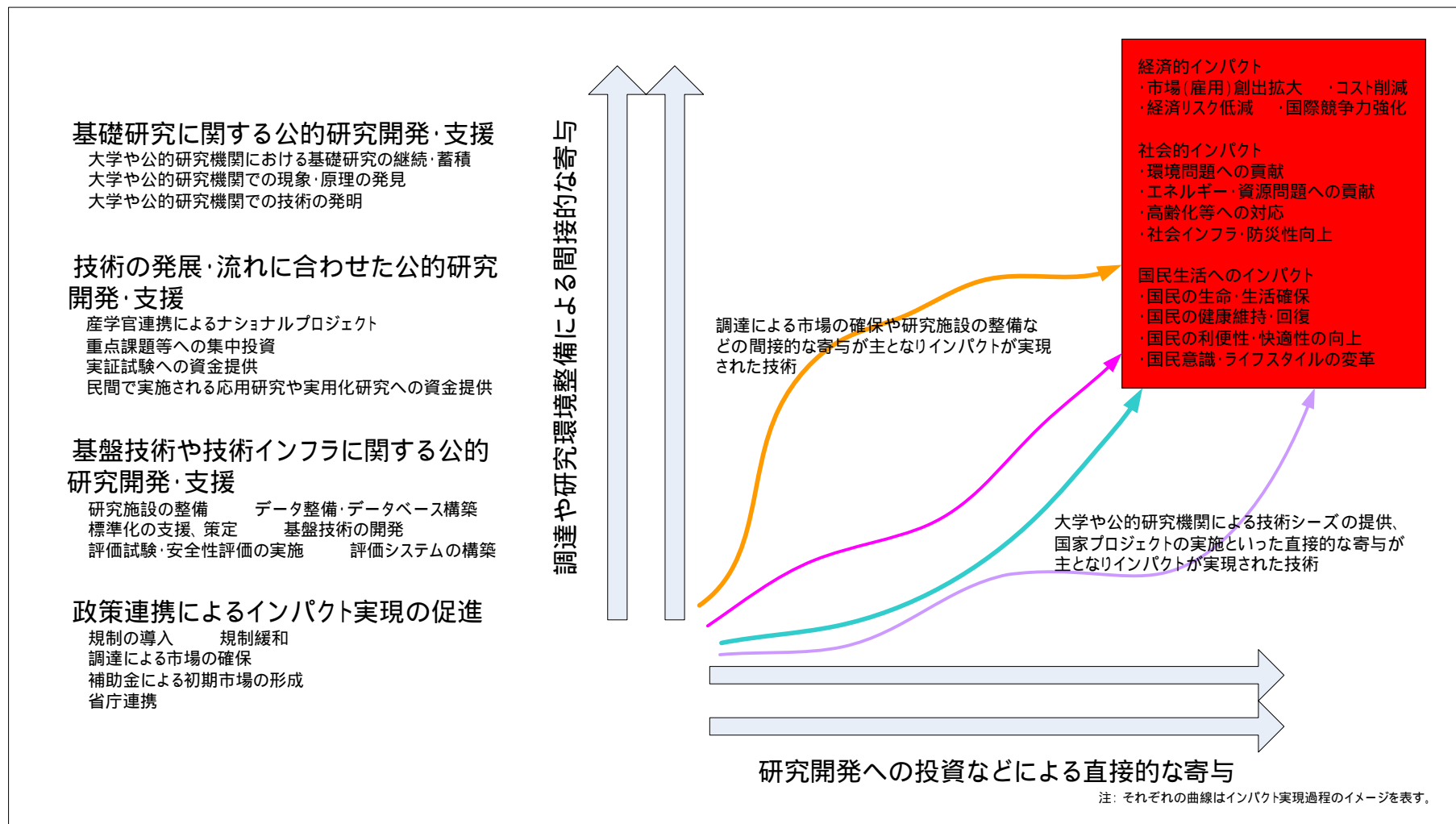
事例分析の対象とした技術

- 重点4分野とそれに準じる4分野について実現、未実現技術各2事例の計32事例を対象。
- インパクトの種類(社会、経済、国民生活)と公的投資の寄与の大きさ等の観点から事例を選定。

8分野	実現技術	未実現技術
ライフサイエンス	肺がんの早期発見に有効なヘリカルCT技術	幹細胞による培養自己組織を人工臓器・組織の材料として用いる技術
	個人の遺伝子多型等を検出する塩基配列決定技術とその応用(診断やテラメイド医療)	遺伝子操作による耐寒・耐乾・耐塩性作物の作出技術
情報通信	高演算速度の並列コンピュータ	垂直磁気記録技術(ハードディスクドライブ用)
	ITS(カーナビゲーション、VICS、ETC、交通管理など)	ユビキタス・ネットワーク
環境	オゾン層を破壊せず地球温暖化への影響を考慮したフロン・ハロン代替品製造・利用技術	廃棄物処理用ガス化溶融炉及び灰溶融炉技術
	内分泌かく乱物質の人体、生体への影響解明技術	二酸化炭素の分離・回収・隔離技術
ナノテクノロジー・材料	リチウム電池の高密度化・高寿命化技術	カーボンナノチューブ・デバイス技術
	光触媒材料	高温超伝導材料
エネルギー	住宅用太陽光発電システム	水素吸蔵合金
	天然ガス等からの液体燃料製造・利用技術(GTL、DME)	燃料電池自動車
製造	廃自動車及び廃家電の適正処理技術	マイクロリアクタによる革新的化学品製造技術
	レーザを利用した加工技術	多目的看護や身障者への機能補助を行うロボット(福祉ロボット)
社会基盤	局地的な気象予測技術	地震検知全国ネットワークによる地震動到達前防災システム
	地震動による構造物等の挙動シミュレーション技術	難分解性物質等を含む排水の高効率生物処理システム
フロンティア	人工衛星によるリモートセンシング技術(データの解析・利用技術)	海底からの石油の経済的採取技術
	高性能放射光発生技術	準天頂衛星システム

公的研究開発・支援の位置付け

- 技術の発展過程における公的研究開発・支援の寄与について、32の技術を対象に事例分析を行い、以下の4つの特徴を見いだした。
- 技術のインパクト実現までの過程においては、研究開発への投資のような直接的な寄与のみでなく、調達や研究基盤整備といった間接的な寄与も公的部門の役割として重要。



実現技術にみる公的研究開発・支援の寄与

実現技術:過去10年程度の間に実現し、既にインパクトをもたらしている技術

分野	技術名	基礎研究に関する公的研究開発・支援	技術の発展・流れにあわせた公的研究開発・支援	基盤技術・技術インフラに関する公的研究開発・支援	政策連携によるインパクト実現の促進	内容
ライフサイエンス	肺がんの早期発見に有効なヘリカルCT技術	-	-	-	-	
	個人の遺伝子多型等を検出する塩基配列決定技術とその応用(診断やテーラメイド医療)				-	ミレニアム・ゲノム・プロジェクトによってSNP解析技術に対する本格的な公的研究開発・支援が実施され、遺伝子部分のSNPの分析については日本は欧米をリードしている。日本人の遺伝子領域有用SNPデータベースの構築がなされた。
情報通信	高演算速度の並列コンピュータ	-				大学や公的研究機関における調達を通じて、民間企業におけるベクトル型スーパーコンピュータの継続的な研究開発が可能となった。
	ITS(カーナビゲーション、VICS、ETC、交通管理など)	-				VICS、ETCなどの基盤技術の整備、普及に向けた諸施策の打ち出しがなされた。
環境	オゾン層を破壊せず地球温暖化への影響を考慮したフロン・ハロン代替品製造・利用技術					国立研究所は代替物質の温暖化係数などの環境負荷の評価、化合物の寿命測定など基盤的側面から民間の研究を支援した。政府の規制導入により、民間企業における代替品製造開発などの技術開発が促進された。
	内分泌かく乱物質の人体、生体への影響解明技術		-	-	-	大学等で行われていた継続的な分子生物学の研究が、各種影響解明手法の確立に寄与した。
ナノテクノロジー・材料	リチウム電池の高密度化・高寿命化技術	-	-	-	-	
	光触媒材料			-	-	TiO ₂ による水の光分解の発見(東大)および有機物分解の発見(分子研)、セラミクスとの複合材の開発(産総研)といった技術シーズの提供が行われた。また、民間企業における技術開発に、技術的アドバイスや理論解明を通じて寄与があった。
エネルギー	住宅用太陽光発電システム					当初、太陽熱の利用が主目的であったが、途中から太陽光の利用に軌道修正を行った。規制緩和による逆潮流ありの系統連系の解禁と、導入への補助金により初期市場を形成した。
	天然ガス等からの液体燃料製造・利用技術(GTL、DME)			-	-	
製造	廃自動車及び廃家電の適正処理技術	-		-		法律による規制(自動車リサイクル法、家電リサイクル法)と技術開発やプラント製造に対する補助金が相互に有効な役割を果たした。
	レーザーを利用した加工技術				-	レーザーの進展(CO ₂ レーザー、YAGレーザー、エキシマレーザー、LD励起YAGレーザー、固体UVレーザー)に合わせて国家プロジェクトが実施された。慣性核融合用に開発された大出力のレーザーが加工用のレーザーとして応用された。
社会基盤	局地的な気象予測技術		-			数値予測モデルの研究開発など公的研究開発機関や大学によって基礎研究の継続・蓄積がなされた。アメダスや各種レーダの全国的な観測網、衛星による世界的な気象観測態勢の整備が行われた。
	地震動による構造物等の挙動シミュレーション技術		-			大学や公的研究機関における研究開発が、構造物の挙動の数値シミュレーションの理論や精緻なモデルの開発に寄与した。公的研究機関におけるE-ディフェンスなどの振動台の導入と振動台による実験データ、分析結果の提供が技術の進展に寄与した。
フロンティア	人工衛星によるリモートセンシング技術(データの解析・利用技術)		-		-	
	高性能放射光発生技術		-		-	日本の高性能放射光発生施設は、世代変化に対応して整備が進められてきた。SPring-8は8GeVという高エネルギーを持つ世界一の放射光実験施設となっている。

の何れかにおいて大きな寄与があった技術。

: 大きな寄与があった。

: 中程度の寄与があった。

未実現技術にみる公的研究開発・支援の寄与

未実現技術:今後10年程度の間に実現し、インパクトを今後もたらすと考えられる技術

分野	技術名	基礎研究に関する公的研究開発・支援	技術の発展・流れにあわせた公的研究開発・支援	基礎技術・技術インフラに関する公的研究開発・支援	政策連携によるインパクト実現の促進	内容
ライフサイエンス	幹細胞による培養自己組織を人工臓器・組織の材料として用いる技術			-	-	大学や公的研究機関による基礎研究の積み重ねにより、国家プロジェクトを実施する上での土台が形成された。ミレニアムプロジェクトなどによって戦略的・集中的に研究開発を推進することで、短期間で世界へのキャッチアップを果たした。
	遺伝子操作による耐寒・耐乾・耐塩性作物の作出技術				-	耐寒・耐乾・耐塩性に関する遺伝子及び機能性技術が、シロイヌナズナを用いて理化学研究所において世界に先駆けて発見された。ナショナルバイオリソースプロジェクトにより、生物遺伝資源の体系的な収集、保存、提供体制の整備が行われた。
情報通信	垂直磁気記録技術(ハードディスクドライブ用)		-	-	-	垂直磁気記録技術は1976年に東北大で発明されたものであり、1990年中頃まで大学が中心となって地道な基礎研究が続けられた。
	ユビキタス・ネットワーク				-	無線通信技術の標準化を検討する際の学術面からのアドバイスや実証試験の実施に技術の検証に対する寄与が見られた。
環境	廃棄物処理用ガス化溶融炉及び灰溶融炉技術	-				政府の規制導入により、民間企業における代替品製造開発などの技術開発が促進された。
	二酸化炭素の分離・回収・隔離技術	-		-	-	地中貯留の実証試験により、技術の検証が進められている。
ナノテクノロジー・材料	カーボンナノチューブ・デバイス技術			-	-	カーボンナノチューブは日本で発見された。この発見には1970年代から続く高分解能電子顕微鏡の研究開発が寄与した。
	高温超伝導材料			-	-	大学・公的研究機関における超伝導材料の発見・開発(金属材料研究所でのビスマス系高温超伝導材料の発見など)。送電ケーブルの実証試験への資金提供、ビスマス系材料製造技術開発への無利子融資。
エネルギー	水素吸蔵合金			-	-	1970年代から現在まで、継続的に公的研究開発・支援が行われてきた。WE-NETでは高い開発目標が設定され、それを目標に開発を行うことで世界トップの地位を得るに至った。
	燃料電池自動車	-			-	
製造	マイクロリアクタによる革新的化学品製造技術				-	
	多目的看護や身障者への機能補助を行うロボット(福祉ロボット)				-	
社会基盤	地震検知全国ネットワークによる地震動到達前防災システム				-	大学や公的研究機関によって整備された全国の地震計をベースとして、関連省庁や自治体の地震計を含めた全国的な地震観測網がネットワーク化され、各種研究のインフラとして活用されている。
	難分解性物質等を含む排水の高效率生物処理システム	-	-			排水処理技術は、排水規制等の法規制等強化に対応して進歩した。また、下水道関連の排水処理開発においては、規制強化に対応した公的調達が開発を促進した。
フロンティア	海底からの石油の経済的採取技術	-			-	
	準天頂衛星システム		-		-	測位の要となる基礎技術の研究開発が実施された。

～ の何れかにおいて大きな寄与があった技術。

: 大きな寄与があった。

: 中程度の寄与があった。

幹細胞による培養自己組織を人工臓器・組織の材料として用いる技術(ライフサイエンス、未実現技術)

<事例分析のポイント>

- 大学や公的研究機関による基礎研究の積み重ねにより、国家プロジェクトを実施する上での土台が形成された。
- 1998年ごろから関連学会が設立され、2000年からは開始されたミレニアムプロジェクトでは研究資金の集中投資が行われたことより研究水準が世界にキャッチアップ。世界をリードする分野もでてきているが、トップである米国とは差がある。
- 今後は研究開発の拡充に加え、臨床例の増加や産業化の支援、技術の社会的受容性も含めた実用化に向けた施策が求められる。

<経済的インパクト>

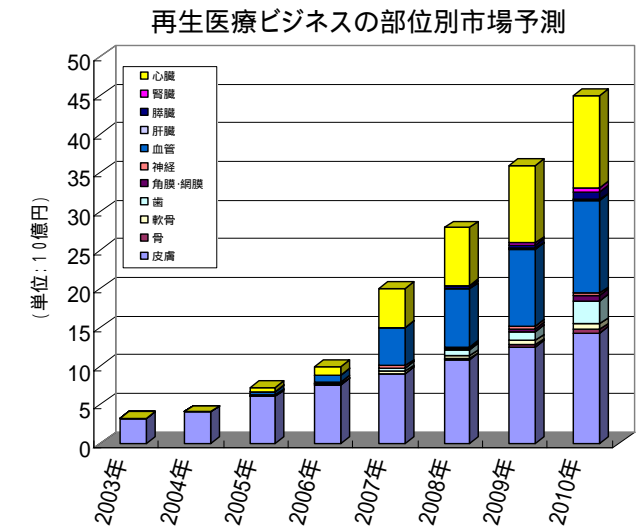
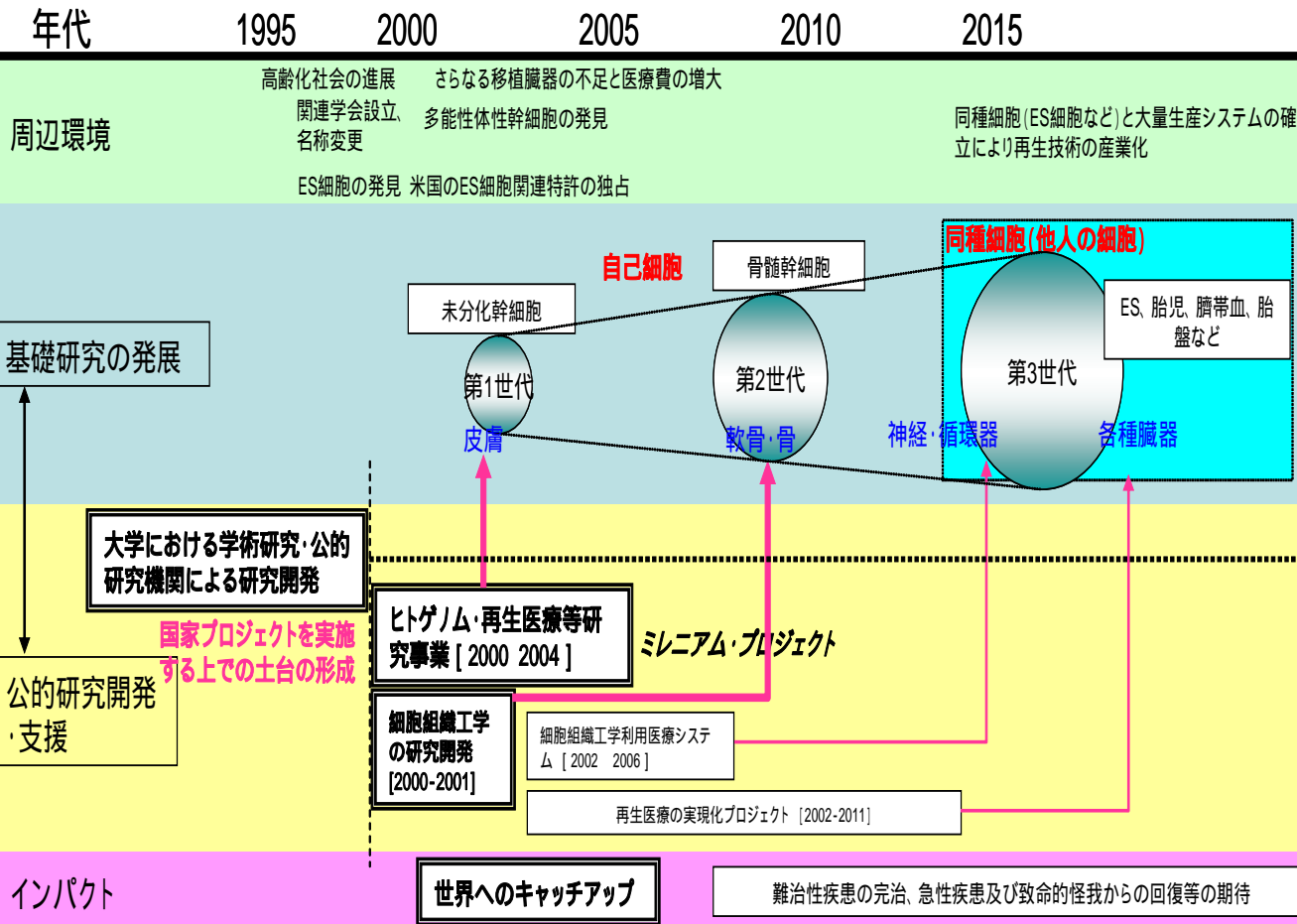
- 新規ビジネスの創出
 - ・ 2010年における市場規模予測は合計450億円
 - ・ 幹細胞の医療全体へ潜在的波及効果は5~10兆円
- 医療費の削減 (1999年度、30.4兆円)
- ベンチャー企業の創出、特許ビジネスの進展

<社会的インパクト>

- ドナー不足の解消
- 高齢者介護負担の軽減
- 高齢化社会の活力増大

<国民生活へのインパクト>

- 難治性疾患の完治可能性
- 急性疾患及び致命的怪我からの回復
- 患者の生活の質の飛躍的向上



出所: 再生医療ビジネス2003(富士経済)のデータを基に(株)三菱総合研究所が作成

垂直磁気記録技術(ハードディスクドライブ用)(情報通信、未実現)

<事例分析のポイント>

- 日本は2.5および1.8インチのハードディスクドライブ(HDD)市場で現在優位に立っている。
- 大学での継続的な基礎研究(垂直磁気記録の発明等)が苗床となり、技術が実用化されつつある。但し、本格的な国家プロジェクトの実施に到るまでは時間がかかった。
- 情報家電向け新市場を創出するなどHDD市場の拡大等の経済的インパクトが顕著である。
- HDDに関する技術は年々難易度を増しており、今後は短期的なものだけでなく、次世代の技術シーズにつながる継続的な公的研究開発・支援が期待される。

<経済的インパクト>

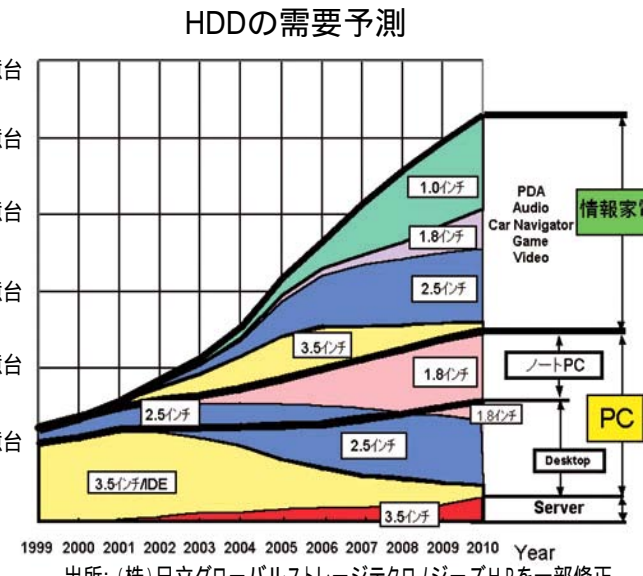
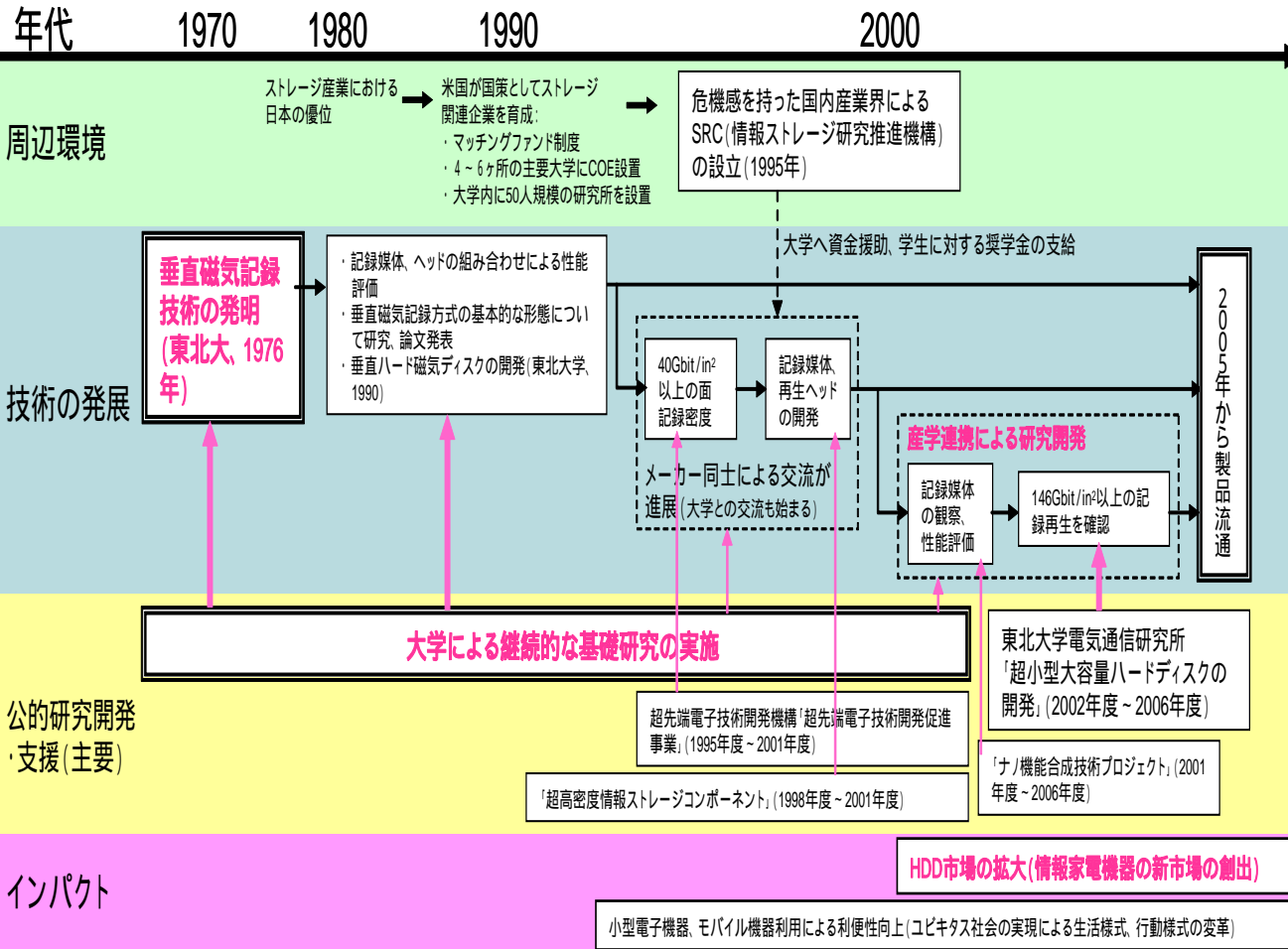
- 電気機器等の当該技術利用による超小型化、大容量化を通じたHDD市場の拡大の期待(情報家電機器の新市場の創出)。

<社会的インパクト>

- 小型による電力消費量の削減の期待。
- モバイルインフラの整備の期待(パーソナル用途に向くネットワーク接続可能な超小型大容量モバイルストレージの実現)。
- 医療技術の向上による健康な長寿社会の実現の期待。

<国民生活へのインパクト>

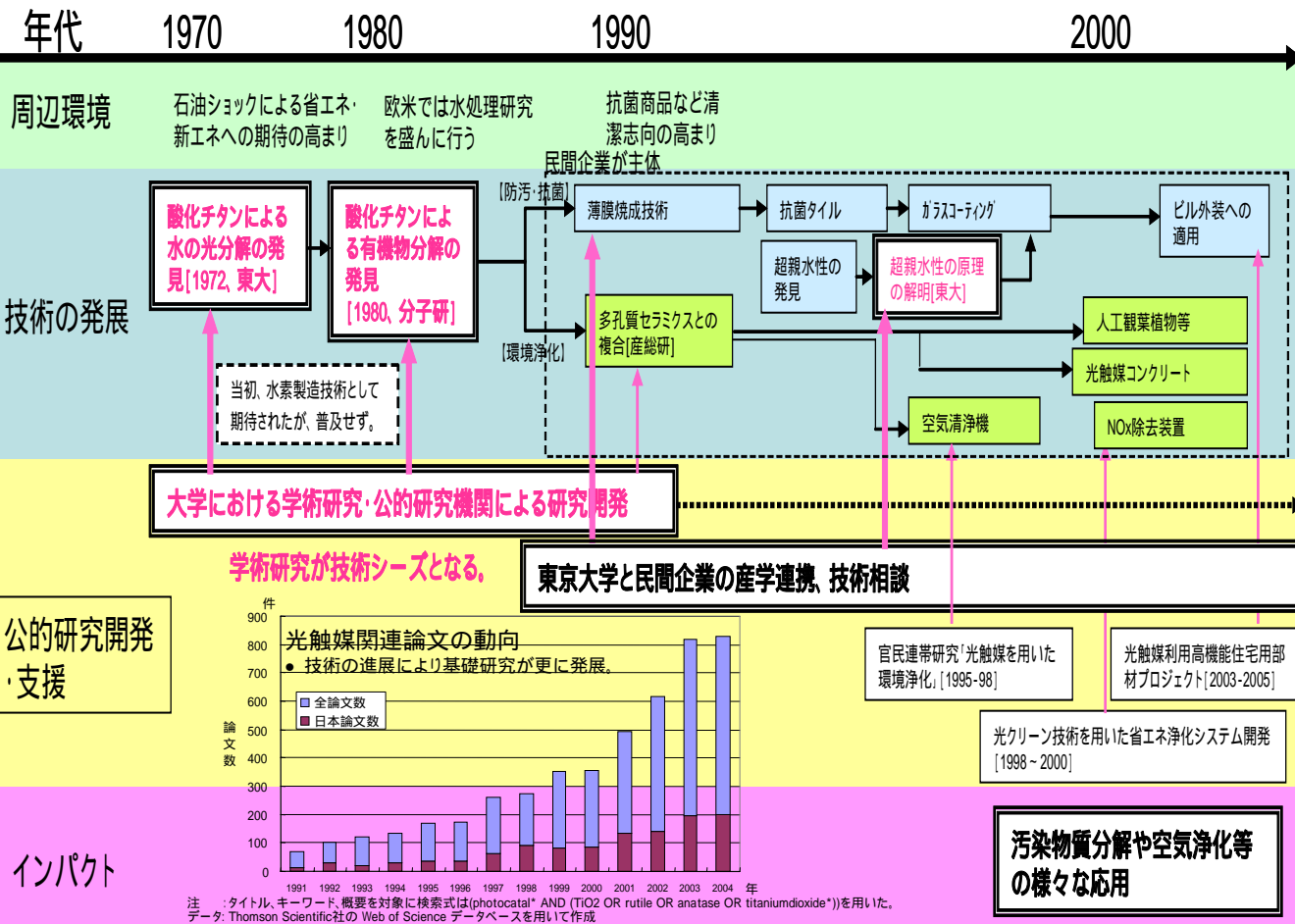
- 小型電子機器、モバイル機器利用による利便性向上の期待。
- ユビキタス社会の実現を通じた人々の生活様式、行動様式の変革の期待(場所、時間に対する概念の変化)。



光触媒材料(ナノテクノロジー・材料、実現技術)

<事例分析のポイント>

- 技術初期の発展過程では、東京大学や公的研究機関における学術研究が中心であり、1960年代末に水の光分解の発見、1980年に有機物分解の発見がなされ、技術シーズとなった。
- 東京大学による基礎研究は、単に技術シーズとなっただけではなく、1992年の民間企業による酸化チタン薄膜開発への技術指導や超親水性の産学連携による原理解明等、技術の発展過程でも継続的に寄与してきた。この間、技術の発展により基礎研究が更なる発展をみせている(連鎖モデル)。
- その後の有機物分解の発見、薄膜化技術の進展により、セルフクリーニングタイルや空気浄化等の様々な応用によりインパクトを実現。



<経済的インパクト>

- 外壁材、空気清浄機、脱臭機など既存製品の高付加価値化、代替により約400億円(推定)の市場が出現(業界団体である光触媒製品フォーラム加入企業だけで250億円)

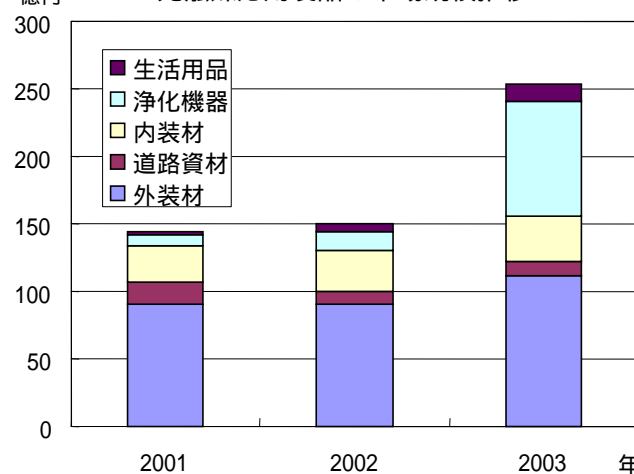
<社会的インパクト>

- 道路周辺(遮音壁、ガードレール等)やビルの清掃コストの削減
- 農業(ハウス栽培)廃液の浄化
- 道路周辺におけるNOx除去の期待
- 夏の冷房にかかるエネルギーの削減の期待

<国民生活へのインパクト>

- 住宅の外装・内装の清掃にかかる手間の削減
- 都市や道路における美観の向上

光触媒応用製品の市場規模推移

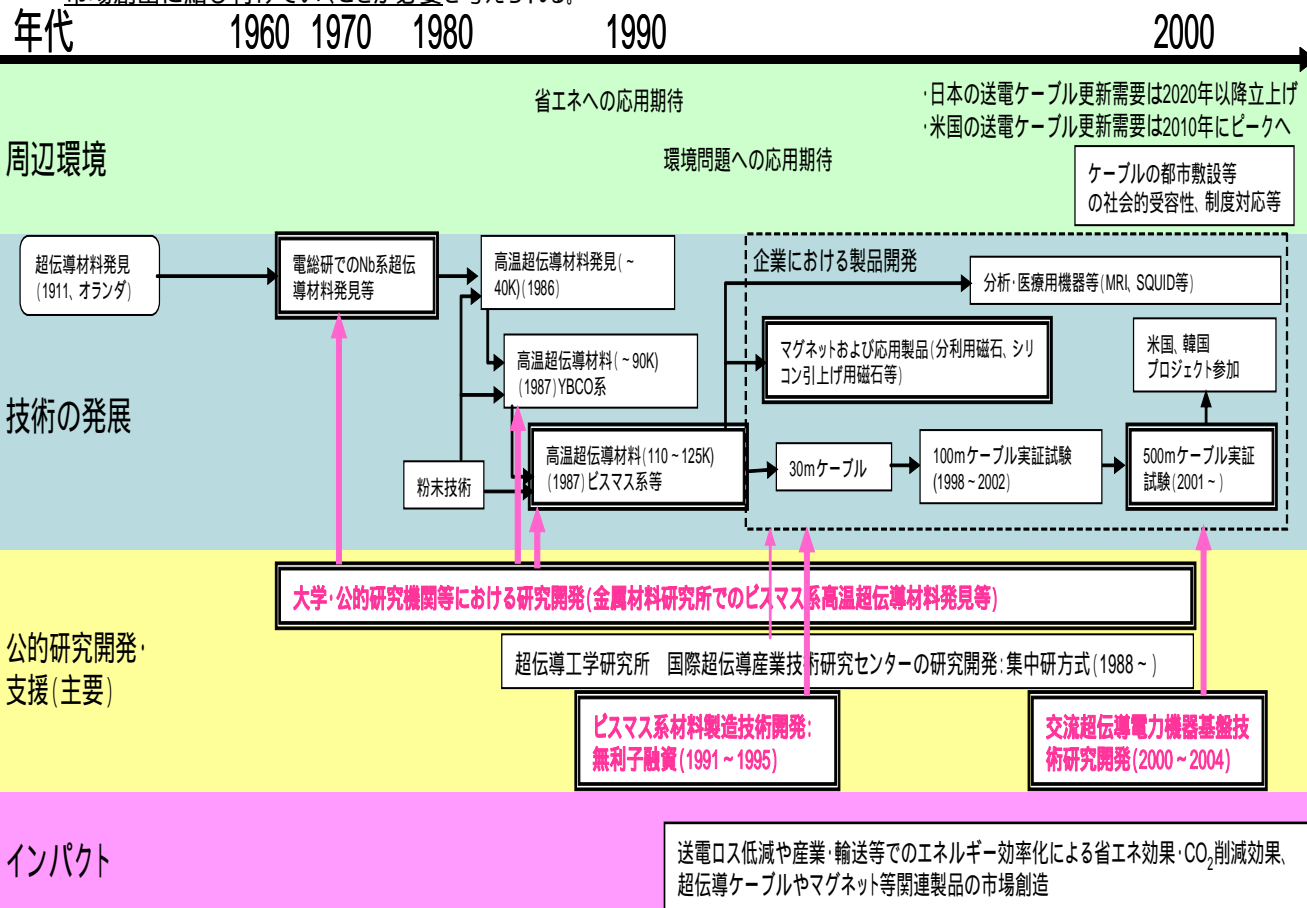


注：2003年から浄化機器の金額が急増しているのは、集計方式の変更による(従前はフィルタ部分のみ、事後は機器全体の金額として計算)
 出所：光触媒製品フォーラム資料

高温超伝導材料(ナノテクノロジー・材料、未実現)

<事例分析のポイント>

- 日本は学術・基礎研究では世界をリードしているが、応用段階では、欧米のベンチャー企業が研究開発のための資金調達で有利と言われており、日本のリードが縮小する可能性がある。
- 東大工学部でランタン系酸化物による超伝導材料が発見され、金属材料研究所ではビスマス系酸化物による高温超伝導材料が発見された。また、リスクの大きい製品開発や実証試験といった形でも公的寄与等が見られた。
- 超伝導ケーブル(送電用)や超伝導マグネット、モーター等の応用製品の利用による送電やエネルギー利用効率化により、関連製品の市場創造等の経済インパクトと、省エネルギー・CO₂削減等の社会的インパクトが大きく期待される。
- 超伝導ケーブル(送電用)の研究開発は応用フェーズに入っているものの、実用化までには解決すべき課題も多く、また、早期に市場が立ち上がらないことから、実証研究や調達を含む公的支援により、蓄積された高度な技術を維持・強化し、市場創出に結び付けていくことが必要と考えられる。



<経済的インパクト>

- 超伝導ケーブル市場の期待。
当面は米国市場が有望、今後10年で全米の電力ケーブル更新費用は総額約10兆円であり、超伝導利用の可能性が存在する。なお、日本のケーブル更新は約20年後に立ち上がる見通し。
- 送電ロス低減によるエネルギーコスト節約の期待。
日本全国に超伝導ケーブルを張り巡らすと、年間約3700億円の節約。
- 超伝導マグネットおよび応用製品、超伝導線材市場の創造の期待。
ビスマス系線材市場: 国内約500億円、世界約600億円との予測。
- 鉄道、産業プラント等のエネルギー効率化によるコスト低減の期待。
- シリコンの品質向上による半導体製品の高付加価値化の期待。

<社会的インパクト>

- 送電ロス低減や産業・輸送等でのエネルギー効率化による省エネ効果・CO₂削減効果の期待。
日本全国に超伝導ケーブルを張り巡らすと、年間約1570万t CO₂削減が可能。
- 都市稠密地域における空間有効利用・電磁波影響削減の期待。
- 排水や湖沼の汚染除去による環境改善の期待。

<国民生活へのインパクト>

- 送電コスト低減による電力料金低減の期待。
- 画像診断等の高度化による健康向上の期待。(一部実現)

レーザーを利用した加工技術(製造、実現)

<事例分析のポイント>

- 公的研究開発プロジェクトにより開発されたCO₂レーザーやYAGレーザーは、レーザー加工機産業創出に大きく寄与し、1980年代には世界でトップとなった(その後ドイツ政府およびEUレベルでの投資が強化され、現在ではドイツが世界をリードしている)。
- 機械加工・微細加工等によるものづくり競争力向上(自動車、電子産業等)のための基盤技術となっており、経済的インパクトが大きい。
- 核融合研究で開発された慣性核融合用レーザー光源が、産業用レーザーの光源に応用されている。

<経済的インパクト>

- レーザ加工機産業の創造。
 - ・ 板金・溶接用加工機市場規模
現在約1000億円 数年後約2000億円、日本メーカーシェアを1/3として試算。世界市場は現在約3000億円 数年後に約6000億円(地域別には現在、欧州2、日本1、米国1程度であるが、将来的には日本が拡大の余地がある)。
 - ・ 微細加工用加工機市場規模
現在約2000億円 数年後に約4000億円。ほとんどがアジア市場であり、日本メーカーが圧倒的。
- 日本のものづくり産業競争力の向上(コスト競争力、高性能・高精度、小型・軽量化、デザイン性、信頼性)とそのコアとなる基盤技術保持。
- レーザ加工機産業および自動車産業、電子産業等のユーザー産業の売上・利益・雇用拡大。

<社会的インパクト>

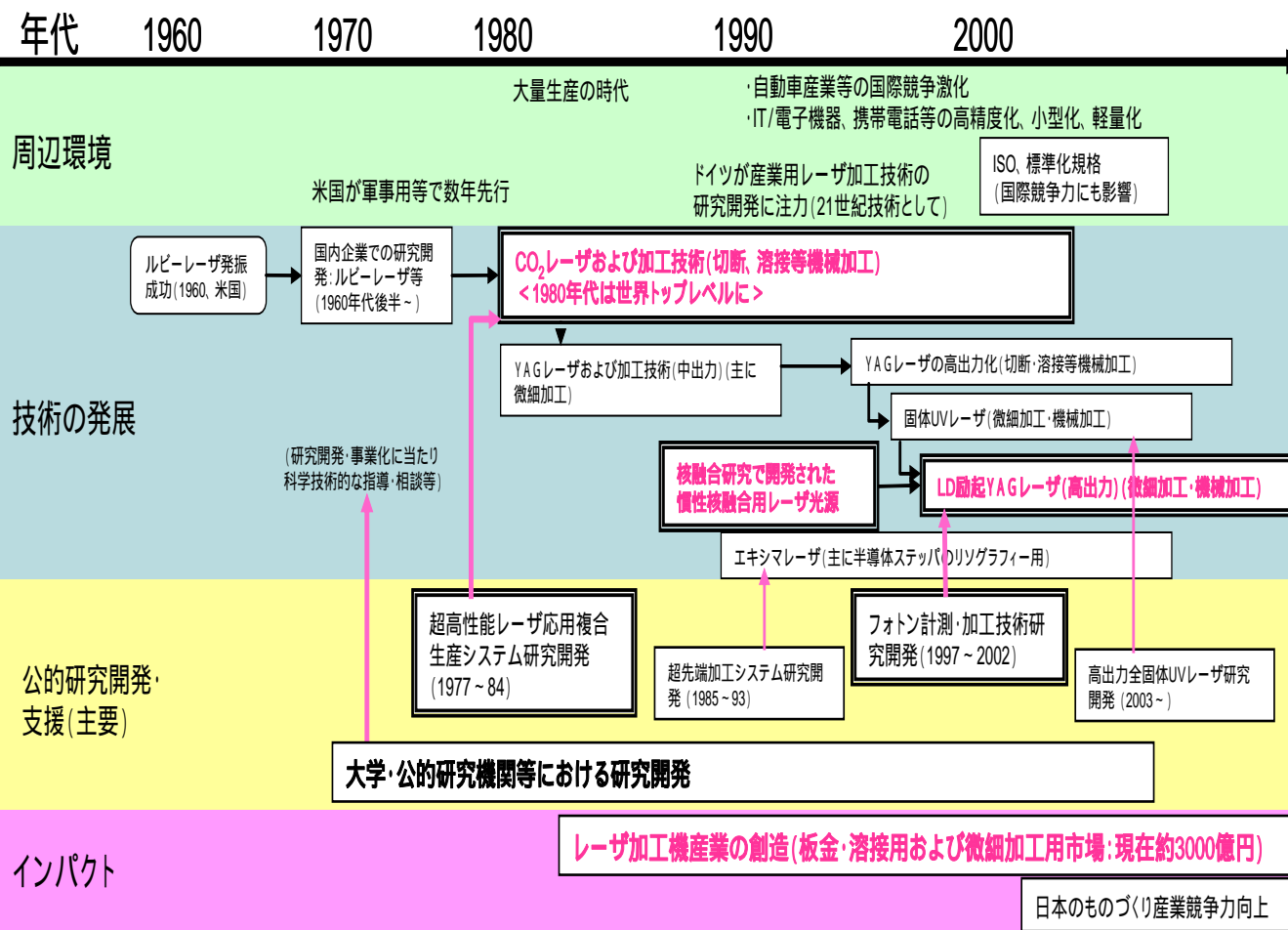
- 自動車燃費向上による省エネ効果。
- 省資源効果(材料削減等による)。
- 自動車排気ガス清浄化による環境汚染低減。
- 工場におけるパンチプレス代替による騒音削減。

<国民生活へのインパクト>

- 生活関連機器(自動車、携帯電話等)の利便性向上や価格低下を通じた生活の質向上。

(国際競争力)

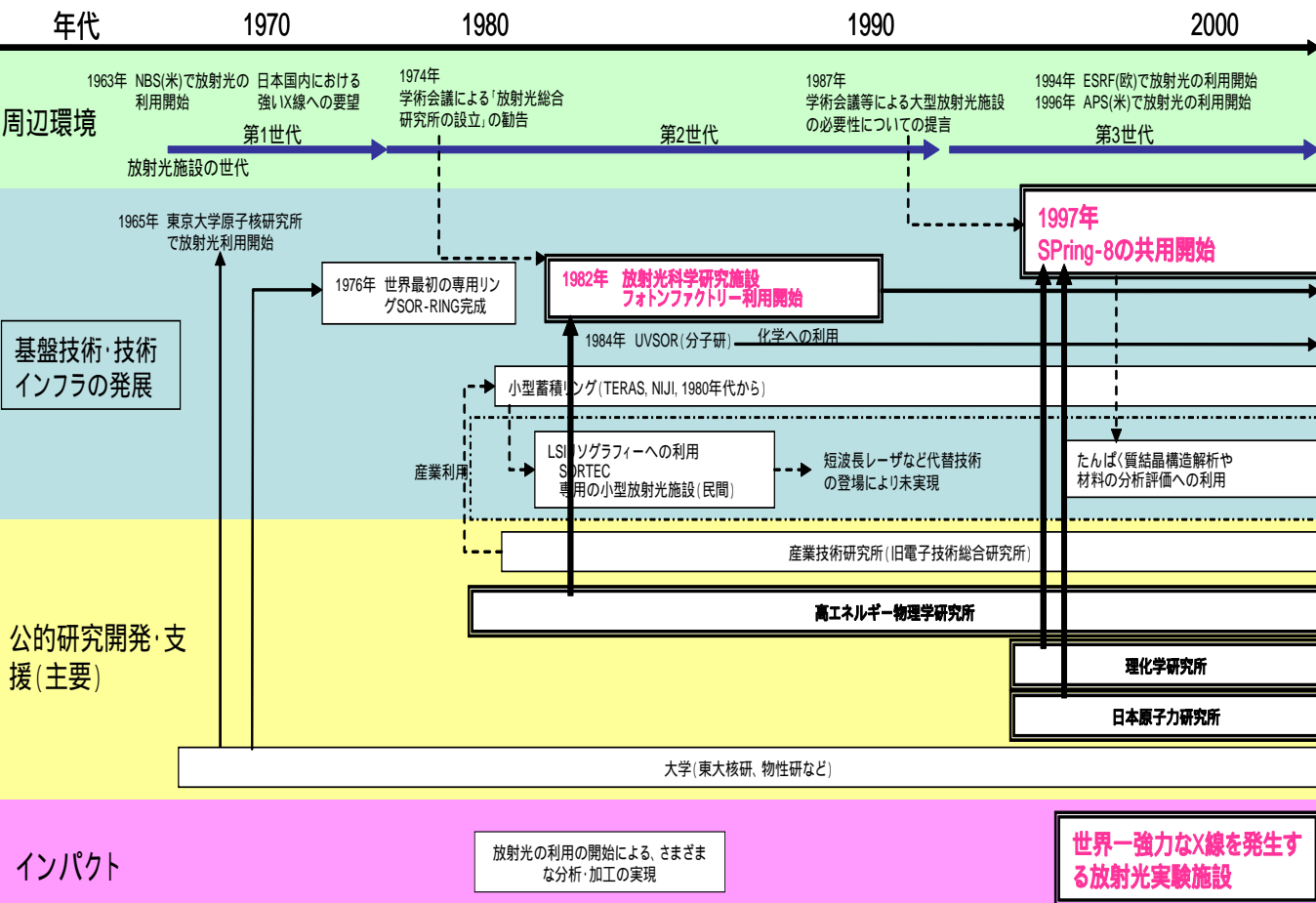
- 機械部品加工用では現在はドイツが先行(高性能のYAG, LD励起YAG、半導体)、日本が次。
- 微細加工用では日本が圧倒的。
- 米国は軍事・科学研究用および半導体リソグラフィー用で優位。



高性能放射光発生技術(フロンティア、実現技術)

<事例分析のポイント>

- 日本の高性能放射光発生施設は、世代変化に対応して整備が進められてきた。SPring-8は8GeVという高エネルギーを持つ世界一の放射光実験施設である。同規模の施設は、他に米欧に各一施設存在するのみである。
- 世界初の専用リングが大学で開発されるなど、施設整備には1960年代から継続的に続けられている大学や公的研究機関における研究開発が寄与している。
- 放射光施設は研究開発インフラとしてさまざまな科学技術研究に役立っているとともに、産業界による利用、海外との共同研究も進みつつある(エレクトロニクス、材料などの分野で製品性能の向上やコスト低減へのインパクトが見られ、今後創薬分野等でインパクトが期待される)。



<経済的インパクト>

- 新材料による売上増大
 - ・開発された排気ガス用触媒の高性能を理論的に解明することにより、車への搭載に貢献。
 - ・リチウム二次電池の充放電能の劣化解明により、サイクル寿命向上に貢献。
- 微細加工による新機能製品創出
 - ・超音波内視鏡に用いる超音波検査用複合圧電振動子。
 - ・MEMSやLSIなどの加工。
- イメージングをもちいた広告効果
 - ・スタッドレスタイヤのファイバが氷に刺さる所の撮影に成功し、宣伝へ利用された。
- 放射光発生装置の売上
 - ・微細加工等の研究開発に用いる小型放射光発生装置が少数販売された。
- たんぱく質の構造解明等による新薬開発への期待

<社会的インパクト>

- 考古学上の謎(三角縁神獣鏡)の解明
- 世界最高性能の施設の存在による日本の国際的研究地位の向上
- 新材料による各種環境負荷低減

<国民生活へのインパクト>

- 犯罪捜査への活用
- 新薬による疾病の克服の期待
- 心臓冠状動脈診断など診断技術の向上の期待

インパクト調査より得られた政策的インプリケーション

公的部門の役割の重要性

技術の性格に応じて公的研究開発・支援の関与の仕方は異なるが、最終的なインパクト実現までの過程で、公的部門は多様な役割を果たしている。科学技術振興による経済・社会・国民生活へのインパクトをより一層拡大させるには、今後更なる公的研究開発・支援の充実を要する。

基礎研究の重要性

技術がインパクトを実現する過程には多様な道筋があるが、その基盤として厚みのある基礎研究が不可欠である。具体的には基礎研究の多様性の確保および継続的な実施が求められる。基礎研究は、発明・発見を通じた技術シーズの提供、原理の解明による民間における技術開発の進展、基礎研究を通じた人材の厚みの形成などを通じて、インパクトの実現に寄与する。

「出口」までの「道筋」の考慮

「出口」(経済、社会、国民生活へのインパクト)までの「道筋」を想定し、研究開発と並行してインパクト実現に必要な環境を整備することが重要である。例えば、環境問題や少子高齢化への対応といった社会的な問題への対応など加速を要するテーマについては、インパクトを実現する上で律速要因が何であるかのシステム分析を随時行っていくことが必要である。また、技術の進展および社会環境等の変化がともに激しいことを踏まえて、柔軟性のある公的研究開発・支援が求められる。

調達や研究基盤整備などの重要性

技術のインパクト実現までの過程においては、研究開発への直接的な寄与のみでなく、調達や研究基盤整備といった間接的な寄与も公的部門の役割として重要である。特に、調達に関しては技術を政府が積極的に導入することで一定量の市場を確保し、民間における継続的な技術開発を可能とするという点で、技術のインパクト実現において大きな寄与がある。今後は、産業に軸足のある研究開発の推進の手段として、特に「調達」を明確に位置づける必要がある。