

マテリアル革命 －未来を拓く「知材」革命の底力－

2017年 11月 29日

MRI 株式会社三菱総合研究所

研究理事 亀井 信 一

1. 背景と現状認識

- **マテリアル技術は、日本が世界トップの競争力を持ち
関連する企業も多い**

日本は、エネルギー・資源、食料を輸入しないと生きていけない特殊な先進国

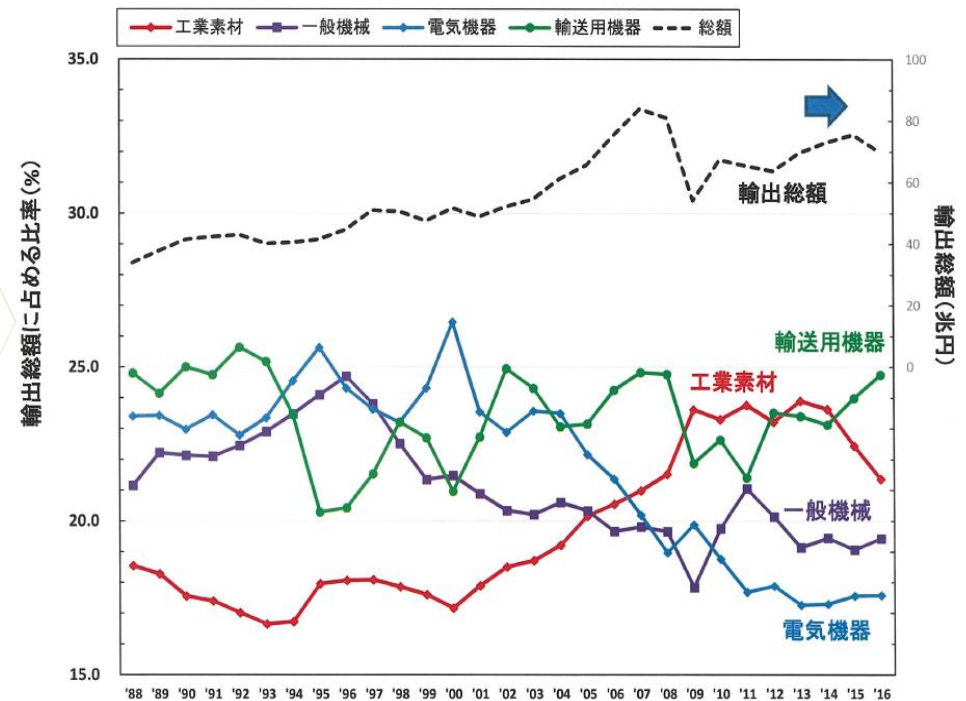
(どうやってその分を稼ぎ出すのか?)

- 鉱物性燃料の輸入金額：27.4兆円（総輸入金額（81.3兆円）の34%）
- 食料の輸入金額：6.5兆円（総輸入金額の8%）
- 原料品：5.4兆円（総輸入金額の6%）

※ **輸出品の多くは「工業素材
(マテリアル)」が占めている**

- **AI（人工知能）により材料開発の手法が大きく変わる
対応を誤ると、日本の強みが消失してしまう危惧がある
(ただし、千載一遇のチャンスでもある！)**

輸出総額に占める概況品各分野の比率



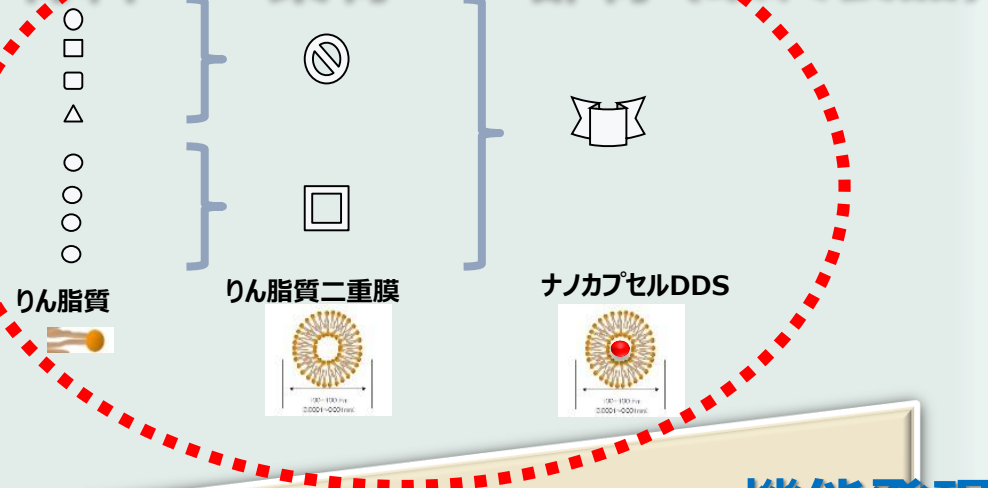
工業素材:化学製品+原料別製品

出典:財務省 貿易統計(概況品)

1. 背景と現状認識

マテリアル

材料 素材 部材 (最終製品)



- 「材料」「素材」「部材」などの階層構造を持っている高次構造のものほど発現する機能が高度化する
- 本研究では、これらが切り開き得る未来像を議論したがって、「部材」まで広く捉えて、「マテリアル」と称することにする
- バーチャルなデジタル技術に対する**リアルな世界 (モノ)** を象徴している

3. マテリアルが変える未来社会（エネルギー分野）

今、何が問題か？

化石燃料の輸入額
が増大、貿易収支を
圧迫

【化石燃料輸入額】
2010年度 2014年度
18兆円 ⇒ 25兆円

貿易収支と経常収支の推移



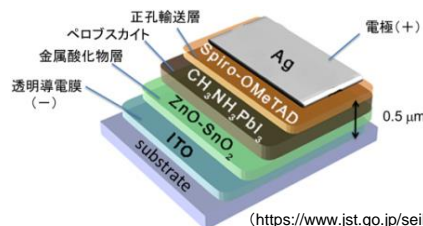
(出典：財務省貿易統計)

材料による イノベーション

高効率・低コスト
太陽電池

- ペロブスカイト太陽電池
(固体有機ホール輸送材)
- 量子ドット太陽電池
(Ⅲ-V族窒化物)

低温製膜で作製するペロブスカイト太陽電池の積層構造



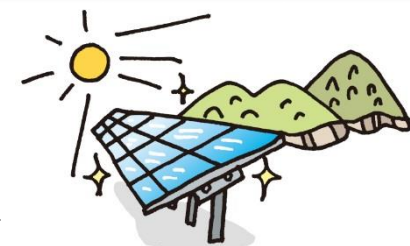
(<https://www.jst.go.jp/seika/bt107-108.html>)

このような未来
像になる：

「再生可能エネ
ルギー社会」

シナリオ1：再エネ
による発電電力量比
率22~24%
(2030年)

シナリオ2：再エネ
による発電電力量比
率が限りなく100%
(2050年)



3. マテリアルが変える未来社会（自動車分野）

今、何が問題か？

CO₂排出目標の強化

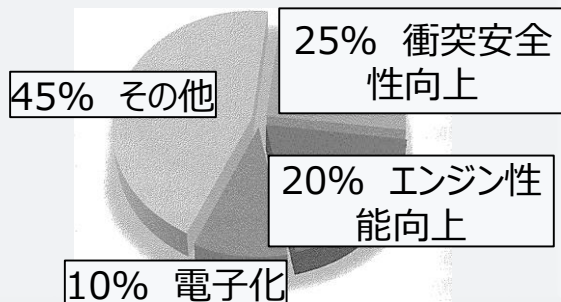
【1 k m走行当たりの排出量】

(gCO₂/km)

2015年 2021年

- ・EU 130 ⇒ 95
- ・日本 137 ⇒ 114

車体の重量増



材料によるイノベーション

軽量化 (重量半分)

- ・ハイテン（高張力鋼）
- ・アルミニウム
- ・CFRP

電動化（車載用蓄電池の容量倍増）

- ・全固体電池（電解質）
- ・金属空気電池（特に、電解質）

このような未来像になる：「**電動車・知能車**」時代

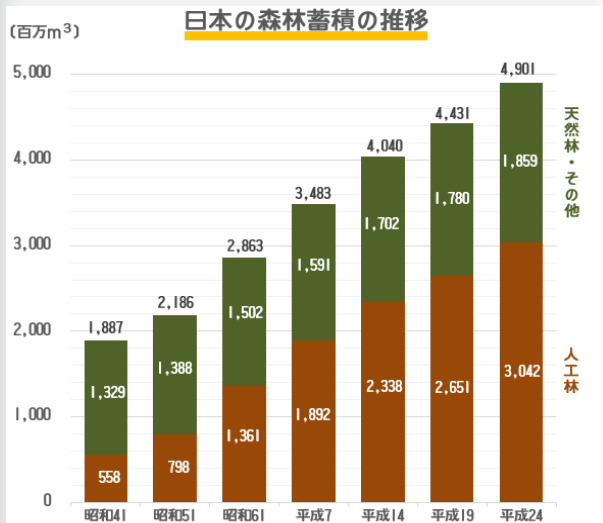


最大限導入されるとすると、
EV市場：4兆円/年

3. マテリアルが変える未来社会（建築物・住宅・インフラ分野）

今、何が問題か？

- **森林の老齢化：**
人工林の約5割が10齢級を超える
- **森林資源は活用されずに増加**



林野庁「森林資源の状況（平成24年3月31日現在）」をもとに作成
(C) 森林・林業学習館

材料によるイノベーション

耐火木材

- ・鋼材内蔵型耐火部材
- ・一般被覆型耐火部材
- ・燃え止まり型耐火部材

直行集成材 (CLT)

接合部材

耐火木材



CLT



このような未来像になる： 「資源循環社会」

林業の再構築・都市に森が存在

林業

- ・森林マネジメント（伐採、植林）
- ・CO2固定能力向上
- ・非住宅用木材の規格化



都市森林

- ・中高層建築物の木造化・木質化
- ・低層建築物・住宅・家具等でのカスケード利用
- ・CO2の長期貯蔵

バイオマス活用

- ・最終的にエネルギーとして利用
- ・製材所で熱を木材乾燥に使い、木材品質の安定化に活用



国内産木材の最大活用で、

- ・木材使用量：**1億m³/年**
- ・木材市場規模：**8,600億円/年**

3. マテリアルが変える未来社会（医療分野）

今、何が問題か？

- 平均寿命は伸びるかもしれないが、「部品寿命」が伸びるわけではない
- 健康寿命との差が拡大（低QOL期間の増大）

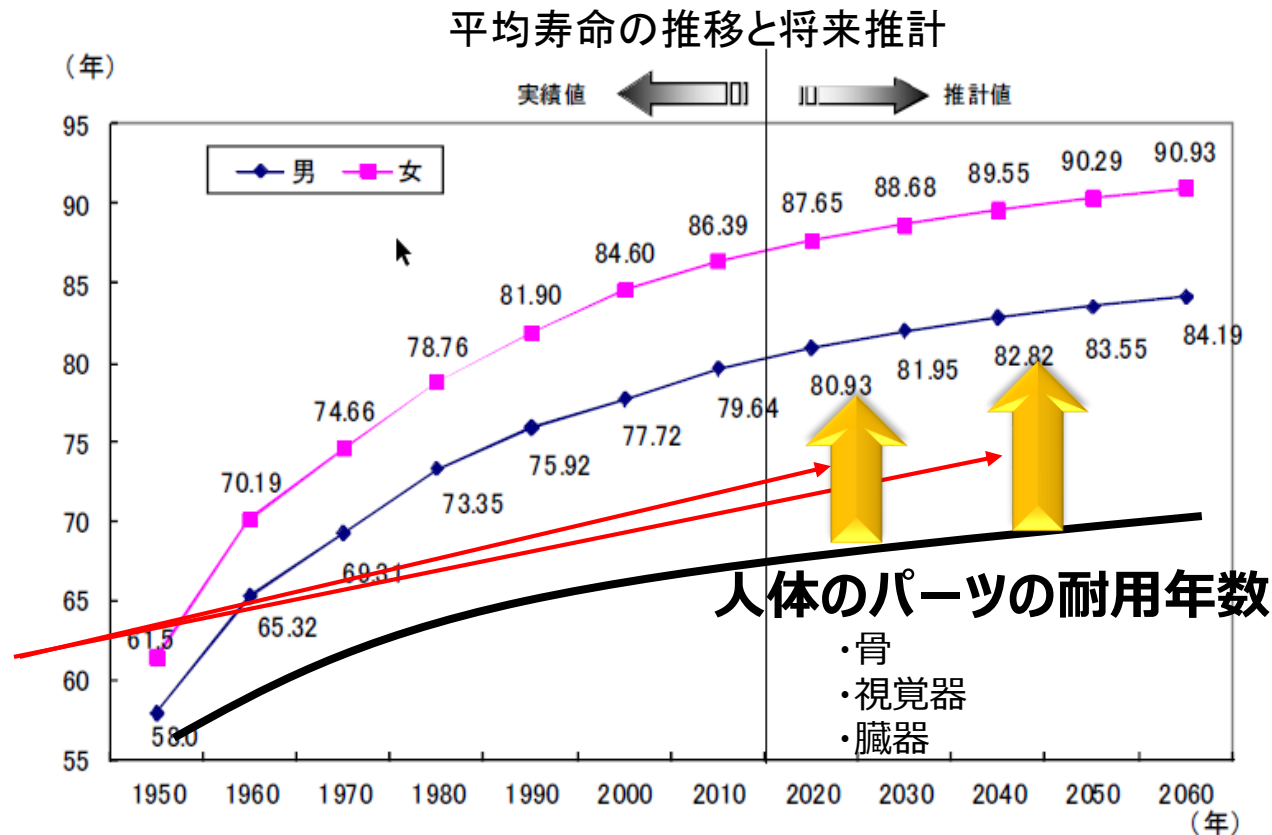
材料によるイノベーション

- **バイオマテリアルによる部品代替**



このような未来像になる：

「部品交換で健康寿命延伸」



資料：1950年及び2010年は厚生労働省「簡易生命表」、1960年から2000年までは厚生労働省「完全生命表」、2020年以降は、国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成24年1月推計）」の出生中位・死亡中位仮定による推計結果
 (注)1970年以前は沖縄県を除く値である。0歳の平均余命が「平均寿命」である。

3. マテリアルが変える未来社会（総括）

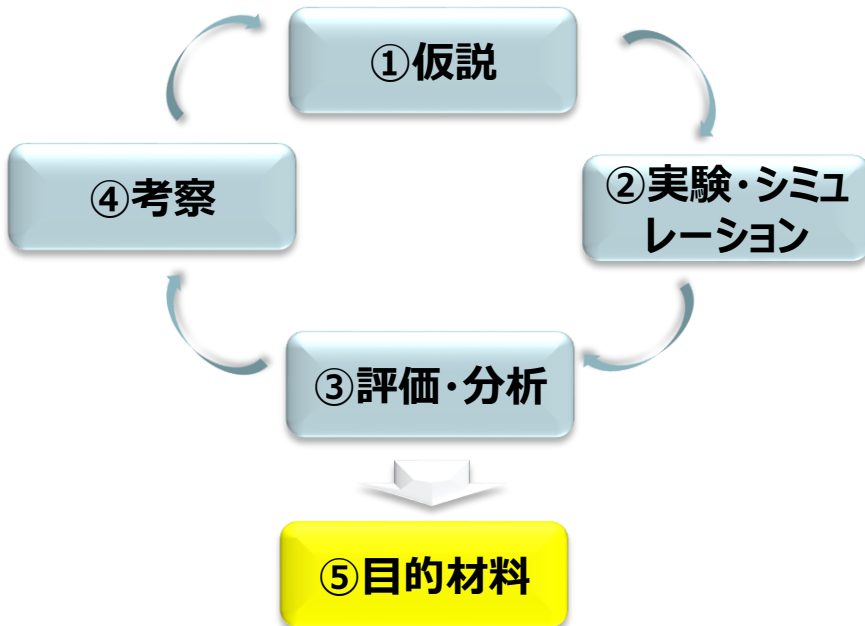
- リサイクルしやすい材料設計を行い循環型の社会を構築することにより、わが国の致命的な弱点である「**資源・エネルギー制約から解放された理想的な循環社会**」が実現できる
- わが国が高い競争力を持つ材料・部材の戦略的な展開により、**①エネルギー産業（蓄電、蓄熱、送電等）、②エレクトロニクス産業（AI、IoT等）、③自動車産業、④住宅・建設産業、⑤医療産業で勝ち残る**



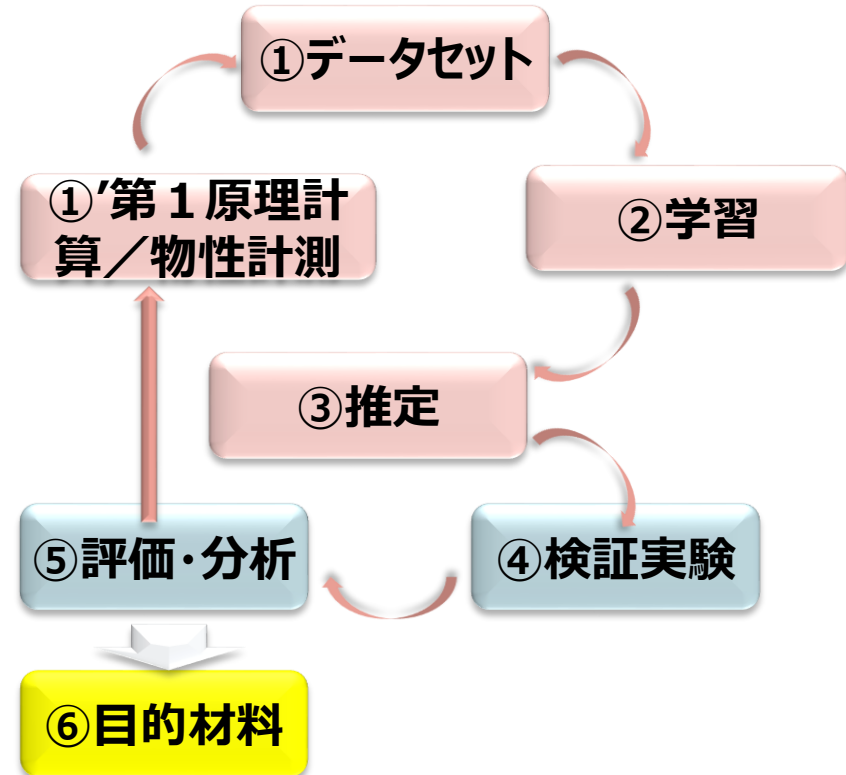
4. R&Dの変革

- ◆インフォマティクス
- ◆オープンイノベーション

従来の材料探索 (例)



マテリアルインフォマティクスによる材料探索 (例)

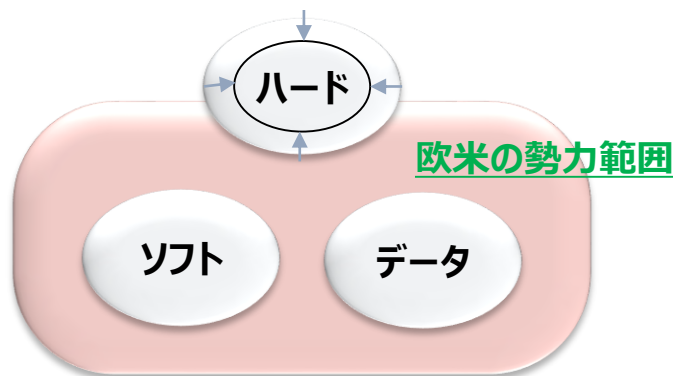


- ✓ 従来の新材料探索例 (左) では、仮説～実験・シミュレーション～評価分析～考察のループを何回も繰り返すことで、目的材料の開発を行う
- ✓ MIの例 (右) では、最初に関連するデータセットを使って学習し、学習済みモデルを使って推定→検証実験→評価分析を経て目的材料候補を見出す。一旦モデルが構築できさえすれば、効率はきわめて高くなる可能性は高い。データセットの存在も、強力なツールになる
- ✓ 但し、評価分析が不調の場合、新たなデータセットで再学習を行う必要がある

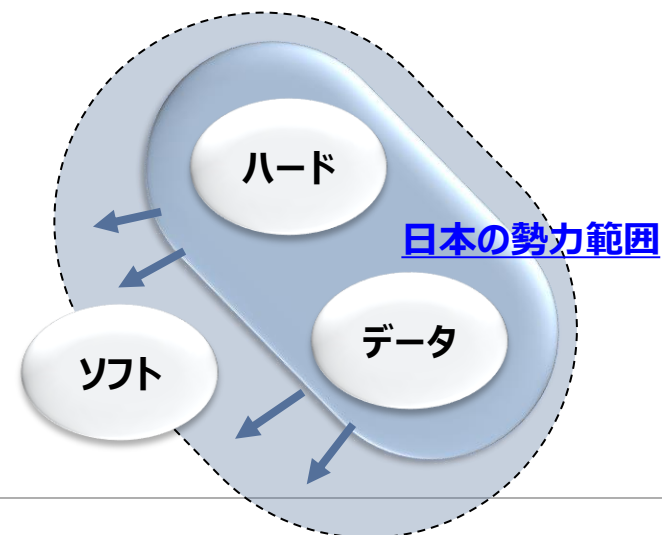
5. 日本のマテリアル・ビジネスが目指すべき方向性

- マテリアルの研究開発の場に、インフォマティクスが入り始めており、今後、バイオ分野でそうであったように、この分野の覇を握る可能性がある。
- しかし、バイオ分野との決定的な違いは、マテリアルのデータは日本が最も多く保有しており、その利点を活かした戦略的な取り組み（どこまでオープンにし、どこまで秘匿するか/どこと組むか）により、現在の優位性をさらに確たるものに出る可能性がある。

バイオ分野、情報分野

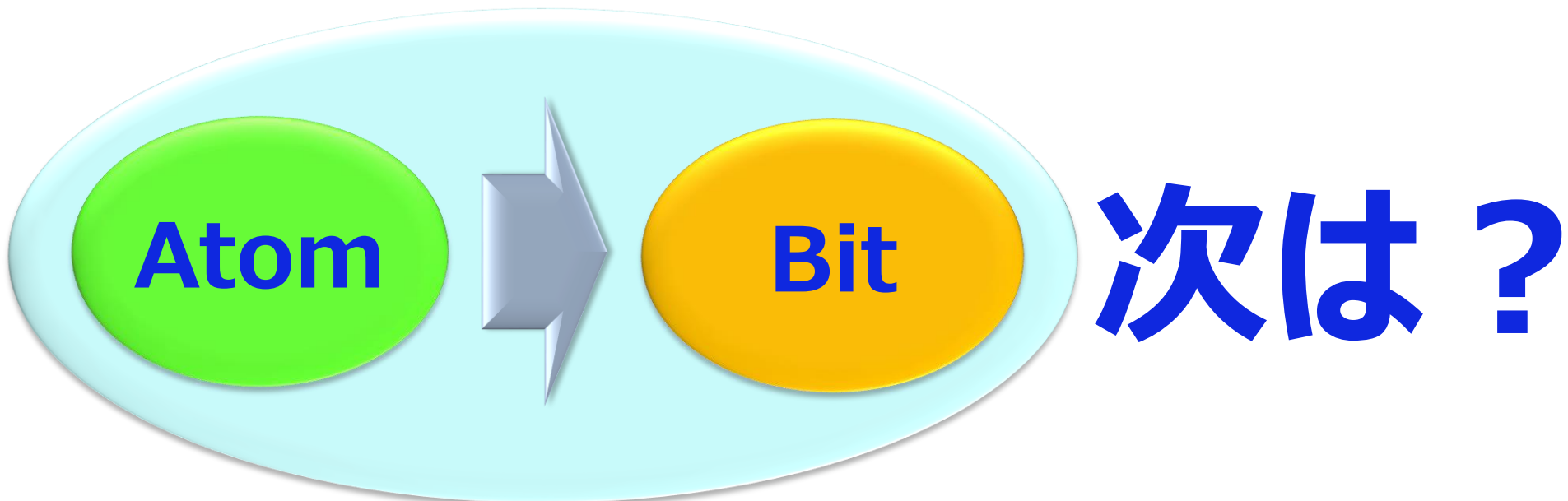


マテリアル分野



6. 何が起ころうとしているのか？（その1）

- ものの価値の重心が変化してきた



ゲーム・チェンジ 1.0

6. 何が起ころうとしているのか？（その2）

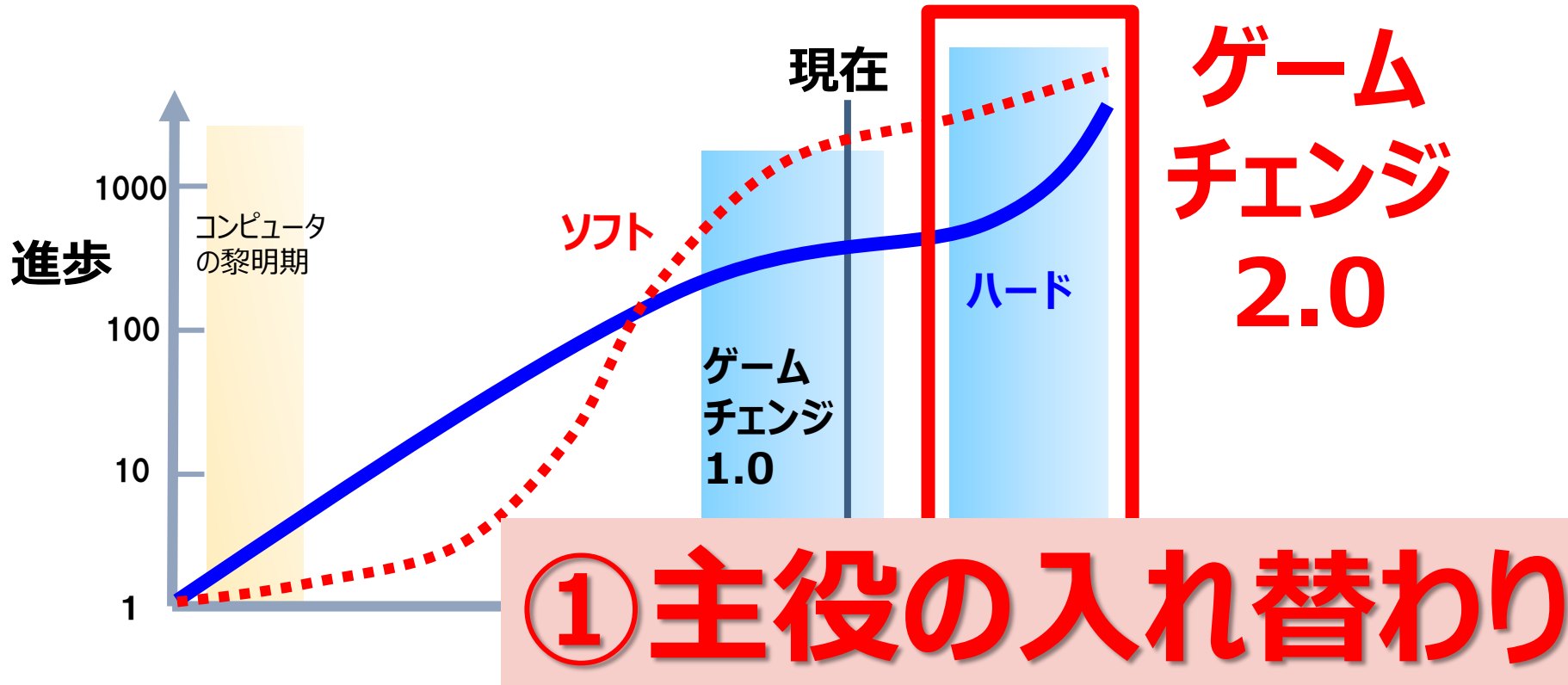
- 繋がって始めて新しい価値が生まれる
- 実体があって始めて価値が活かされる

- AtomからBit、そしてAtomへ
- STEMからSTEAMへ
- 結局は人のつながり

ゲーム・チェンジ 2.0を読む

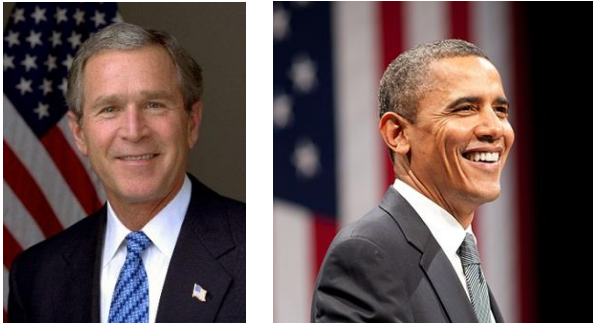
6. 何が起ころうとしているのか？

- Atomの世界が、デジタルイノベーション展開の律速になってしまっている（現在、「シリコンバレー」で起こりつつあること）



6. 何が起ころうとしているのか？

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.



STEM

- Science
- Technology
- Engineering
- Mathematics

STEAM

- Science
- Technology
- Engineering
- Arts
- Mathematics



公益社団法人
日本工学アカデミー
THE ENGINEERING ACADEMY OF JAPAN
創立 30 周年を迎えました

日本工学アカデミーは、工学・科学技術全般の発展に寄与する目的で設立された産学官の指導的技術者の団体です

| ホーム | EAJについて | 主な活動 | Newsletter |

TOP > EAJの主な活動 > 若手部会 > 若手部会の活動 > STEAMプロジェクト

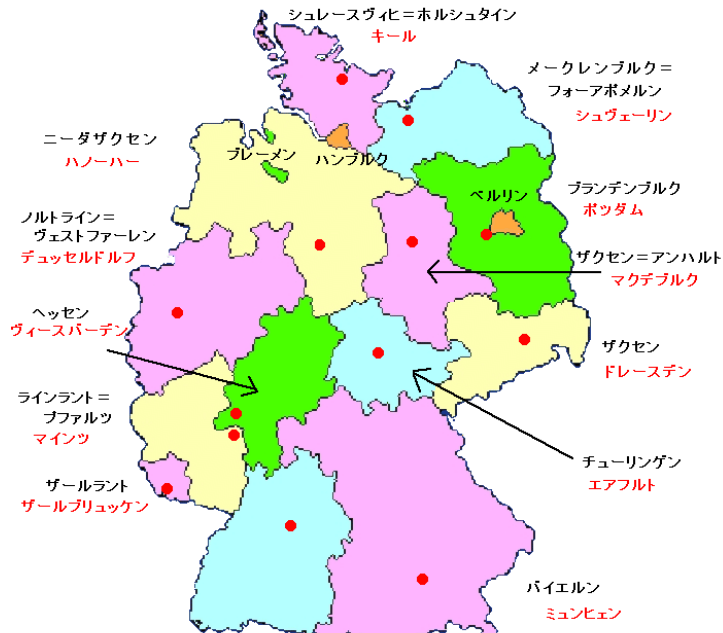
STEAMプロジェクト



② 新しい主役の参入

6. 何が起ころうとしているのか？

ドイツの16の州



・ドイツは連邦国家。古くから州や都市での**産業クラスター単位での産業構造**を有する。

連邦制（国-州-自治体）

ギルド・マイスターー公益法人-商工会議所

・世界的な研究所が地域に点在。
各研究拠点が**州立大学と連携**、**地域ごとに強いR&D分野が明確**

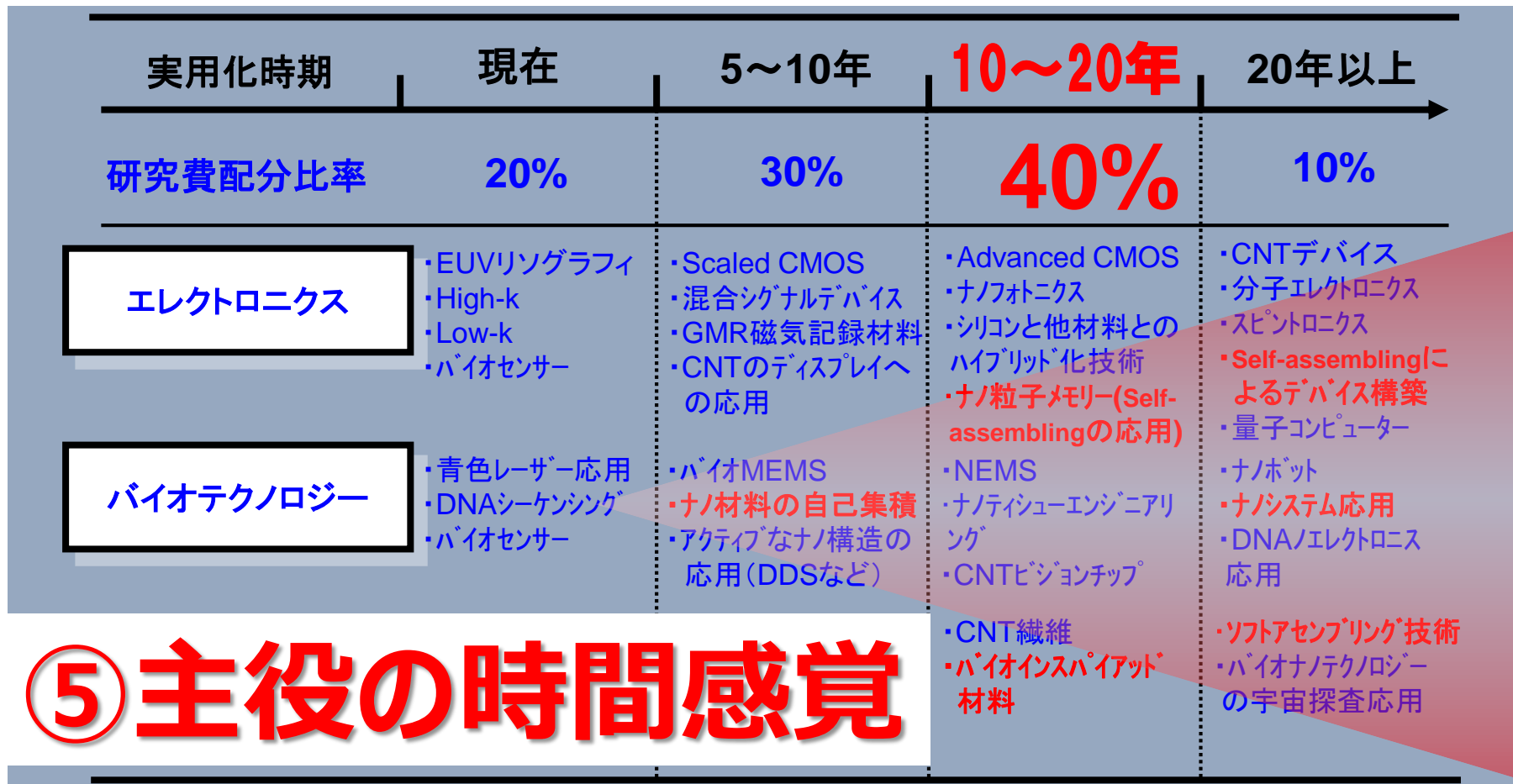
・**ボトムアップ方式**の産業クラスター育成（長期で州政府が支援）

・**人を通じた産学一体での取り組み**
（研究者・技術者は拠点研究所に勤務しつつ、企業や大学も非常勤として関与）

③ **主役が
輻輳**

6. 何が起ころうとしているのか？

国家ナノテク戦略策定当時に米国の大学が示したロードマップ



6. 何が起ころうとしているのか？

オークリッジ国立研究所

Managed by UT-Battelle

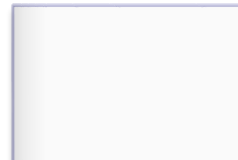
for the U.S. Department of Energy

「成果が上がらないのはマネージメントが悪い」という思想・哲学が全てに徹底



	GOGO	GOCO
施設・設備	国有	国有/シェア

A社 (Mitsubishi Research Institute, Inc.)



コンペ
10cm厚の
プロポーザル

UT-バットル

- 4000人の従業員(研究者)はそのまま
- 15人のシニアマネージャーは失職
- はじめの3ヶ月で新しいマネージメントを根付かせる
- 6ヶ月でコミュニケーションを図る
- 2年間で300人がクビ(リタイア、新しい仕事に就く)(その後はノーコントロール、知ったことではない、とのこと)
- 5年契約が普通(成績優秀→マネージメントフィーの増額、契約延長)

⑥ (真の) 主役
とは？ 米国編



1日

7. そこで求められる「イノベーション・システム」とは？

「研究」の存在意義が問われている

ゲームチェンジ2.0が示唆するもの

① 時間スケールの認識

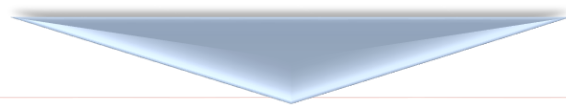
② 主体（主役）の認識

7. そこで求められる「イノベーション・システム」とは？

① 時間スケール

大学が主体となるR&Dでは、「10年」がターゲット

- ・短期課題は産業界の方が効率的
- ・長期的（歴史的）視座からのテーマ設定
- ・人類の本質的な社会課題を解決



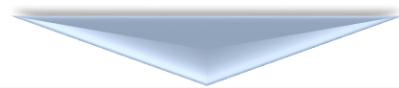
第4次産業革命時代（ゲームチェンジ1.0）には
ポスト第4次産業革命（ゲームチェンジ2.0）
を狙うべき

7. そこで求められる「イノベーション・システム」とは？

② 主体（主役）

今までと同じやり方では同じ結果

- ・人的には「輻輳（縮重）」が必須
- ・どうしても出口を志向するのであれば産業界にファンディングも一策
- ・「研究」と「マネジメント」の分離（もちは餅屋）



第4次産業革命時代（ゲームチェンジ2.0）の「産学連携」は、**脱産学連携**で取り組むべき

結言

- **第4次産業革命時代（ゲームチェンジ1.0）にポスト第4次産業革命のテーマを狙うのが真のイノベーション創出。世界的課題の本質的な解決に取り組むべき**
- **マテリアルはその解決の大きなキーワードである**