

1 1 . 材料工学分野

4-1. 材料と社会の発達

青銅器、鉄器時代から現代に至るまで、金属、セラミックス、有機材料、半導体など多様かつ新たな材料の出現が社会の変革をもたらし、人類社会を発達させてきた。鉄鋼を中心とする構造材料が18世紀の産業革命を支え、アルミニウムなど軽量合金が航空機時代をもたらした。高分子材料、ナイロンの発明は日常生活とりわけ衣料・服飾界に革命を招来し、半導体を始めとする電子材料は情報通信の飛躍的発達をもたらした。

我が国は、原材料を加工し、付加価値を与え製品化し、工業製品を輸出することにより、エネルギー、食料を確保してきた。材料は産業の基盤であり、鉄鋼、高分子、軽合金、セラミックス、半導体などの材料開発、生産技術の果たしてきた役割は大きい。世界における我が国の強みはものづくりであり、その基盤として材料に関しては極めて高い技術力を誇っている。

最近では先端治療にブレークスルーをもたらすバイオマテリアルで大きな進展が図られている。材料革新がイノベーションを生み出し、社会を活性化させてきた。我が国では、今後も産業社会を支えるとともに新産業や生活様式を生み出す科学・技術として材料に期待される役割が益々高まる。

一方、21世紀に突入し、資源枯渇、環境汚染等の地球規模で人類社会の持続的発展を危うくする問題に対して抜本的解決策が求められ、それを解決する新たな材料の開発や利用プロセスの開発が求められている。

4-2. 21世紀を開拓する材料工学

今後、我が国が高い競争力を維持するためには、その基盤である世界的に優れた我が国の材料工学分野において、大学等の研究機関の基礎研究を奨励し、その研究成果を企業に移転し、産業化を図ることが鍵となる。大学等の研究機関との連携による技術開発を加速的に進めるためには、地域においても産学官連携を推進する仕組みを整備し、新技術の社会化を推進するための科学技術・イノベーションの一体的推進が必要である。

我が国のものづくりを維持・強化するためには、優位を有する材料分野における競争力を維持し、自動車産業、エレクトロニクス産業など川下産業との連携、摺り合わせの充実が望まれる。

また我が国が強みである環境・エネルギー分野の科学技術を一層推進することで、国際競争力を強化することが考えられる。例えば、素材生産の所要エネルギーや二酸化炭素排出量で世界最先端の水準にあるわが国の生産技術やリサイクル技術を世界に展開することで膨大な量の省エネルギーや排出削減が図られる。また、化石燃料を太陽、地熱、風力、海洋、水素などのクリーンな再生可能なエネルギーで代替する先進科学技術も注目される。我が国は長年、太陽電池や燃料電池、原子力発電、LEDに代表される研究開発において優れた成果を挙げており、強い国際競争力を有している。これら環境・エネルギー分野の先端科学技術を一層重点的に推進することで、国際競争力を確保するとともに、諸外国に展開していくことが可能となる。

新興国を中心とする世界規模での大量消費・廃棄に対応する循環型製品開発、資源の枯渇に対処する代替元素戦略、貧困と飢餓の克服、難病の治療と予防といった新たな問題に対して、課題解決型の新たな材料工学が問われている。例えば、希土類元素を初めとする、埋蔵量が少なく産出国が限定される元素を含む元素については、その元素の使用量の削減、代替金属による同様の機能発現を目指し元素戦略プロジェクトが開始されている。また、貧困と飢餓に苦しむ地域においては、大規模発電、輸送より太陽光発電といった局地的なエネルギー対策が必要とされる。21世紀においては、ボトムアップ型の材料開発から、問題解決型・新分野開拓型の材料工学へのニーズが高まる。一方、健康社会実現に対しては対症療法から幹細胞、再生組織を利用したの根本治療に向けて材料工学に対する要請が高まっている。このような多領域にまたがる技術課題が増加することから、医学、情報科学、化学、環境学など異分野との連携、協力により問題解決に当る必要があり、新たな概念にもとづく材料工学が必須である。

4-3. 21世紀の課題と材料工学の貢献

各課題と材料工学の貢献を例示すると以下のとおりである。なお、これらの課題解決にあたって、科学教育・社会科学面からの取組みも重要であり、国民の新しい価値観の創造や多様な領域に関係する材料工学の担い手となる人材を継続的に育成することも必要である。

(1) エネルギー供給と材料

- ・耐照射損傷材料の開発によって高速炉サイクル技術が実現することにより、安全安心で低炭素化に寄与する原子力発電技術を用いたエネルギーの供給が可能になる。
- ・高温クリープ特性に優れた新耐熱鋼材、鋼管の開発により、火力発電の高効率化が実現され、さらに中長期的には他の新エネルギーとの組み合わせによる安定的なエネルギー供給体制ができあがる。併せて材料の寿命予測技術が高度化し、自己修復耐熱材料が実現する。
- ・量子ナノ構造等を利用した新構造・新材料の太陽電池の開発は、自然エネルギーの効率的な利用を可能とし、さらに、従来未利用であった排熱などのエネルギーを有効利用する熱電変換材料の開発などによって、エネルギー供給の多様化と高効率化を後押しする。
- ・海洋での浮体型大型建造物の開発や溶接・高強度ボルト技術の開発、耐塩水、暴風雨を含む自然環境に対応可能な建造物の開発とメンテナンス技術の開発に成功し、大型の風力発電装置や波力発電技術の開発、また海洋温度差利用発電技術などが現実化する。
- ・バイオマス・廃棄物の利用技術を一般家庭レベルに普及させるための循環システムに関連する材料技術の開発に成功する。

(2) エネルギー貯蔵・需要と材料

- ・大容量の水素貯蔵合金の開発及び水素分離膜材料の開発は、水素エネルギーの新しい製造・輸送・貯蔵技術を推進する。
- ・改良型のリチウムイオン電池の開発により、高性能な電力貯蔵が可能になる。
- ・高効率な二酸化炭素の分離膜材料の開発は、二酸化炭素の回収と貯蓄技術を可能とする。

- ・CO₂を大量に放出する製鉄業の高炉ガスからそのCO₂を分離する吸収液の開発に成功し、二酸化炭素の回収と固定技術に拍車がかかる。また高炉ガスから分離された水素を用いた新しい水素還元製鉄の実用化により、水素サイクルを可能とした次世代製鉄システムが完成する。
- ・LED用照明材料の開発により、次世代型の高効率照明が身近に可能となり、エネルギー需要における抜本的な改善社会が実現する。

(3) 安全・安心な生活と材料

- ・輸送機器用材料の性能向上によって、軽量化による燃費向上と安全性の両立が実現し、さらにはクリーン燃料の利用が促進する。構造体化の要素技術として重要な接合技術の高度化により、安全性、耐久性の向上と安価で高効率な現場プロセスが実現される。
- ・日本社会の特徴を生かした都市鉱山概念の普及により、新しいマテリアルリサイクル技術が確立される。省資源型機能材料が併せて開発されることにより、希少資源問題への科学的解決の道筋ができる。それらは希少資源の機能発現メカニズムの実験と計算科学の両側面からの解明による。
- ・ダイオキシン発生低減プロセスが開発され、低品位原料からの製鉄プロセスが確立し、低温高速還元プロセスやエネルギーミニマムプロセスの概念があらゆる構造材料プロセスに導入され、チタン新製錬技術も開発される。マグネシウムやチタン材料の大量使用時代が到来し、鉄やアルミニウムと共に、クラーク数の高い元素のみを主体とする構造材料設計の時代となる。同時に資源リサイクルの視点から地球環境を守るネイチャマテリアルテクノロジー概念も普及する。
- ・資源面では、海水からのレアアース採取や、深海底マンガング塊採取技術などの日本の特徴を活かした新技術が開発される。
- ・構造用材料における抜本的な改革は、そのプロセスと設計による所が大きく、計算科学と材料評価技術の融合が、マルチスケール材料設計技術が実用化レベルで可能となり、実空間における巨大な3次元可視化技術の開発により、構造物の破壊や寿命予測に関わる技術が飛躍的に向上する。

(4) 電子・情報材料

- ・固体磁気メモリーの微細化、大容量化が進み、22nmで16F²が実現する。

- ・高密度磁気記録では、新原理メディアの開発により 100TBit/in² が達成される。
- ・新原理の磁気センサヘッドが開発され、分子スピン磁気ヘッドが開発される。
- ・発光素子では、LED やレーザーのウェハが開発され、それらは2インチ、3インチと拡大され、4インチウェハまで開発される。
- ・パワーデバイス材料では、SiC デバイスが実用化され、さらに AlN, AlGa_N などの新デバイス材料、さらには新炭素系デバイス材料の発見が期待される。
- ・TFT や太陽電池材料の世界では、100nm テクノロジーから微細化が進み、32nm テクノロジーまで進むであろう。
- ・電気自動車はじめ、モーター用強力磁石が求められる中で、Bs が 2 T 以上の次世代新磁石材料の開発が期待される。
- ・また磁気冷却技術の室温化が実現し、磁気冷凍冷蔵庫や車載用の磁気冷凍器が登場する。

(5) 生体材料

- ・Ni や V などの様々な人体に有害な元素を含まない素材の高機能化により、生体適合テーラーメイドな材料が開発される。インプラント材料も 50 年間使用可能となる。
- ・人体組織と直接結合可能な金属材料の実用化とレアメタルフリー合金が開発される。
- ・プロセスにおいては、積層造形技術やニアネット製造や大容量クロール法等の低コスト化が実現され、新チタン製錬法や革新的溶解法が実現する。これによりチタン製造の新原理プロセスが確立され、また生体内での細胞利用プロセスが検討される。その結果、生体融合プロセスの確立により、人工臓器の製造や自己組織化材料が実用化される。また材料と生体との界面、表面という視点でのセラミックコーティングや機能分子修飾、力学的適合性が検討され、医療技術と材料科学の融合がもたらされる。その結果、低侵襲性医療が飛躍的に進み、分子生物学的評価技術やバイオセンシングが発展する中で、大容量骨再生や歯牙組織再生、細胞相互作用制御、金属アレルギー対策の確立などが実現する。

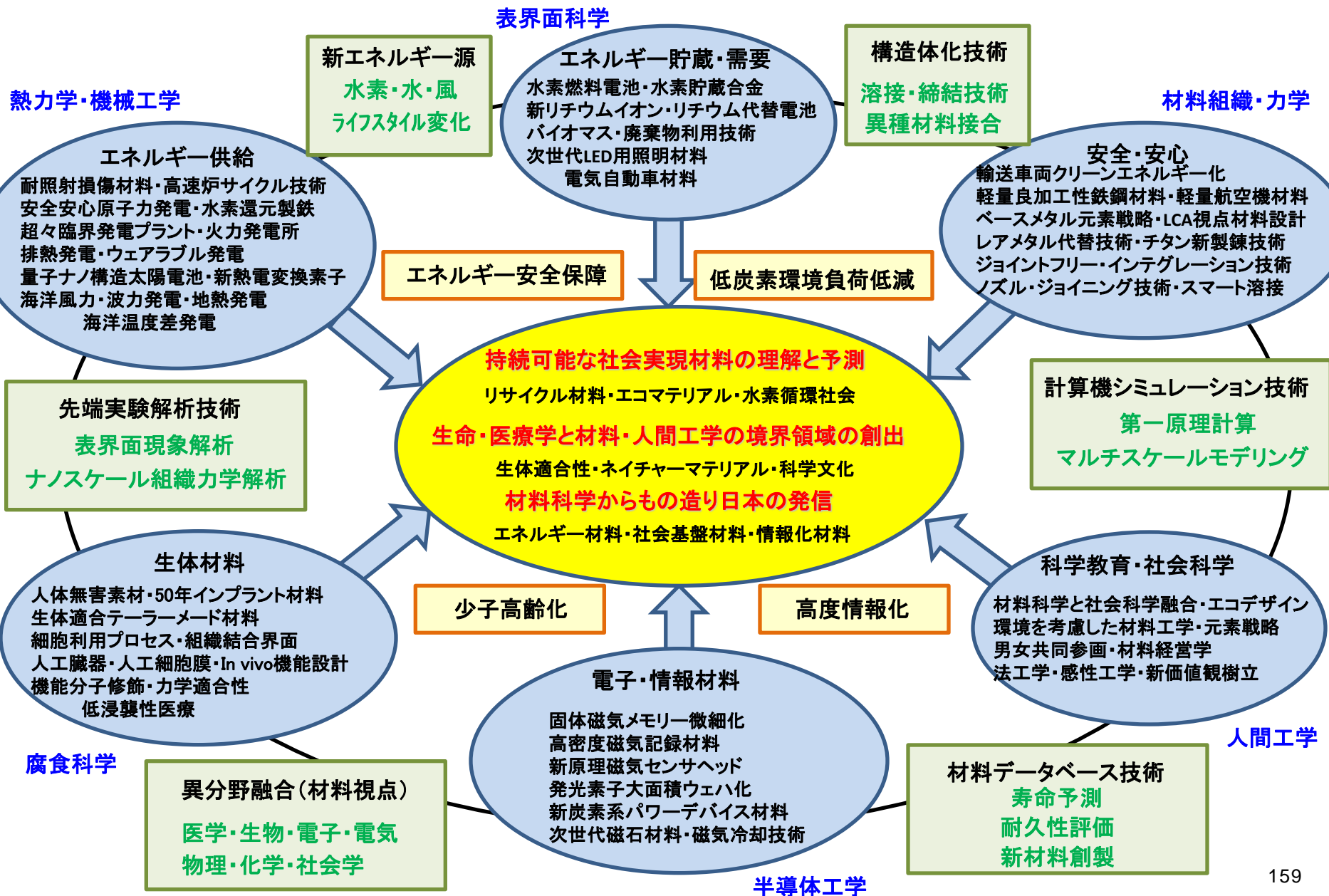
(6) 科学教育・社会科学

- ・多様な領域に関係する材料技術を通じて異分野融合に寄与し、我が国の重要資源の一つである人材を継続的に育成する素地を構築する。
- ・環境・エネルギー・資源などの国家安全保障への貢献、国民一人一人の幸福感の向上など実現する新しい価値観の創造を実現する。

参考文献：「材料工学における日本の展望」、日本学術会議材料工学委員会、
平成 21 年 7 月 10 日

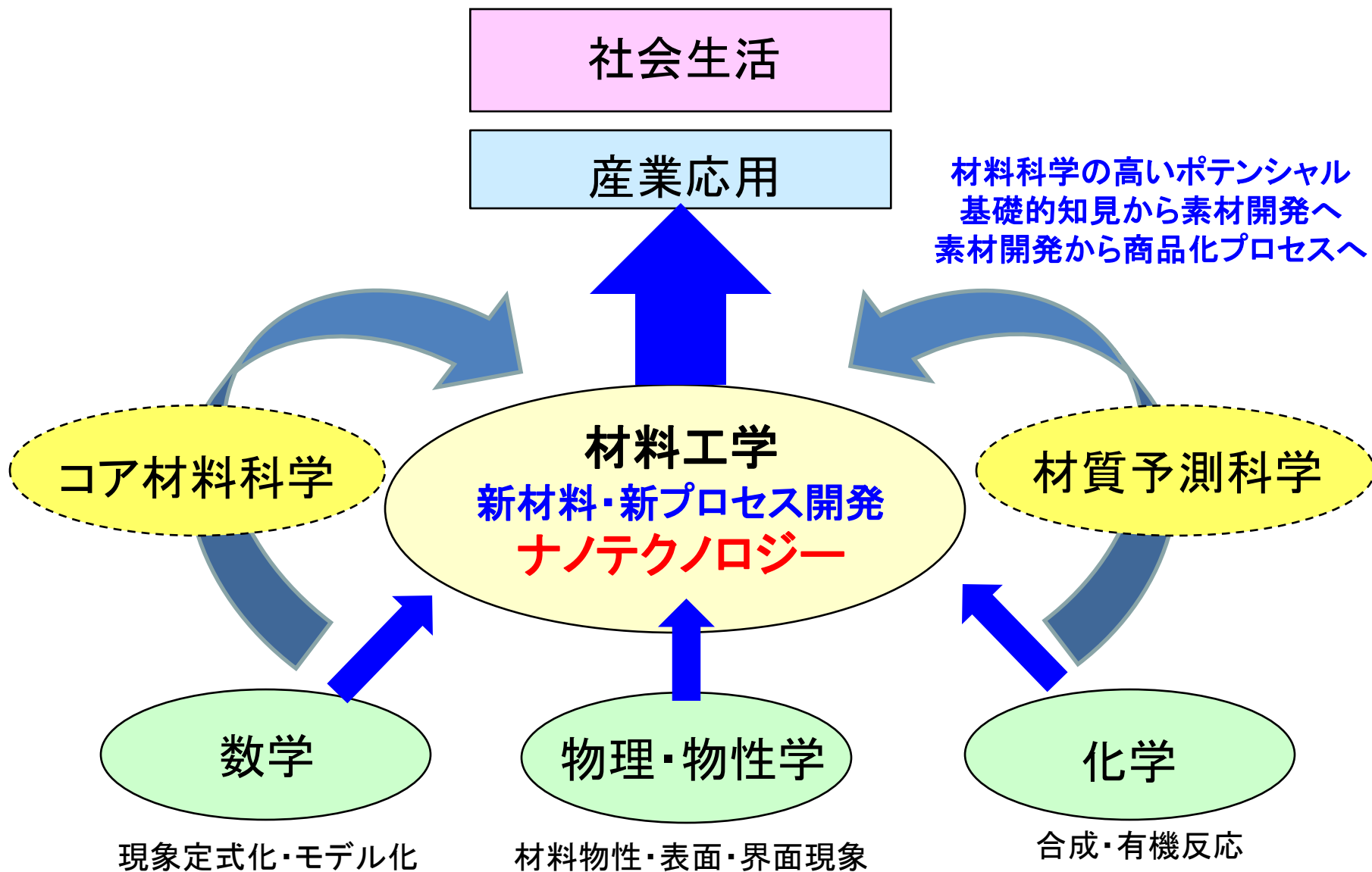
11. 材料工学分野の科学・夢ロードマップ

(日本材料学会)



11-1. 材料工学の科学・夢ロードマップ

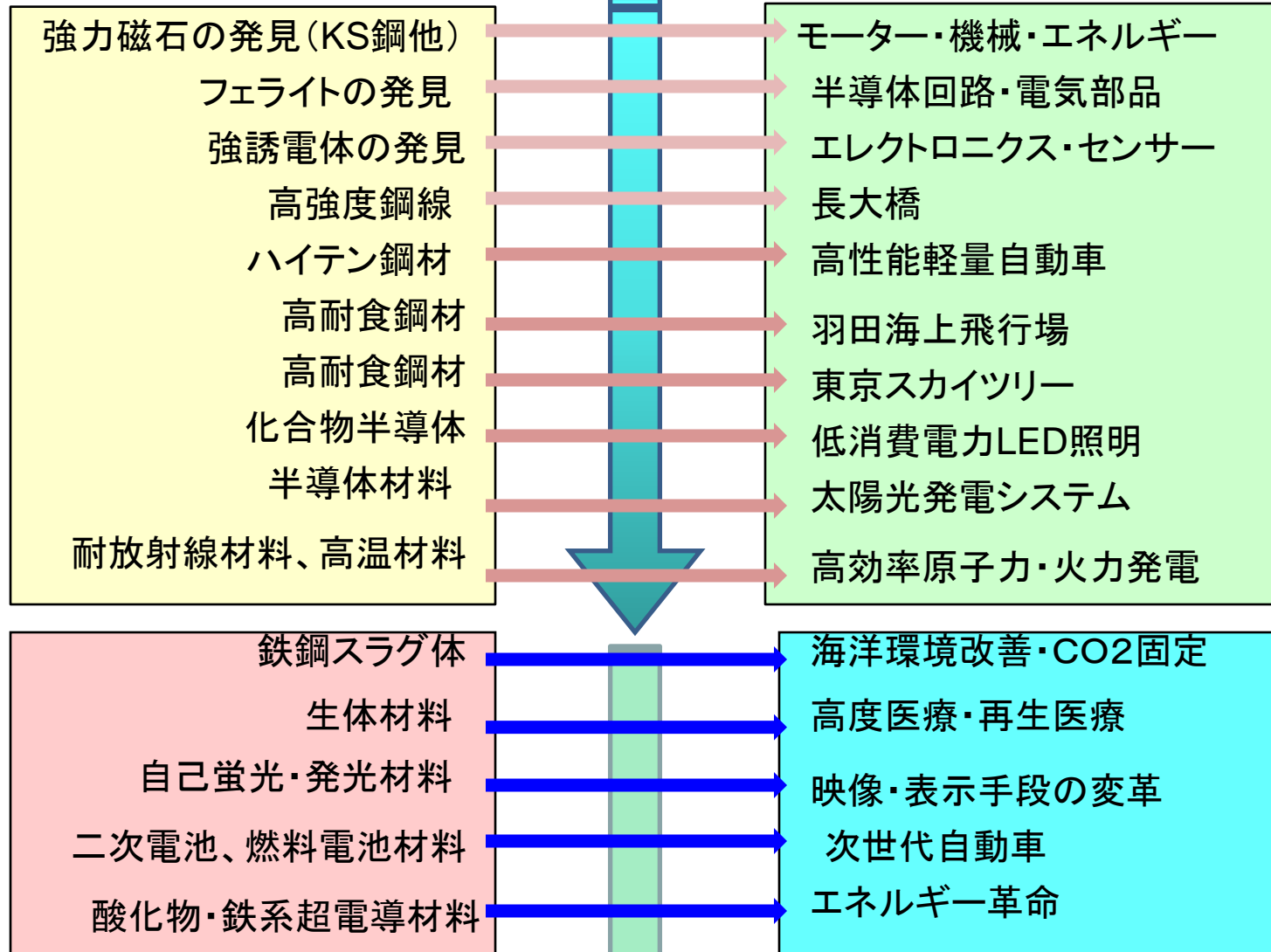
～日本の将来、社会生活、産業応用を先導－基礎学問領域を融合し、材料工学で夢を実現～



11-2. 材料工学の科学・夢ロードマップ
 ~社会システム革新を可能にする基盤的シーズを生み出す役割~

材料の発見が不連続に科学技術、社会を発展

材料開発(基礎科学・材料工学に裏打ちされた開発)



材料加工(材料開発と実現する加工技術は車の両輪)

材料工学が生み出す新材料

新材料と加工技術が実現する新社会システム



モジュール化・組合せ技術では実現できない材料技術が日本の強み

11-4. 材料工学の科学・夢ロードマップ
 ~グリーンイノベーション・ライフイノベーションと材料工学
 -プラットフォームとして科学・技術、人材の中核をなす材料工学~

