

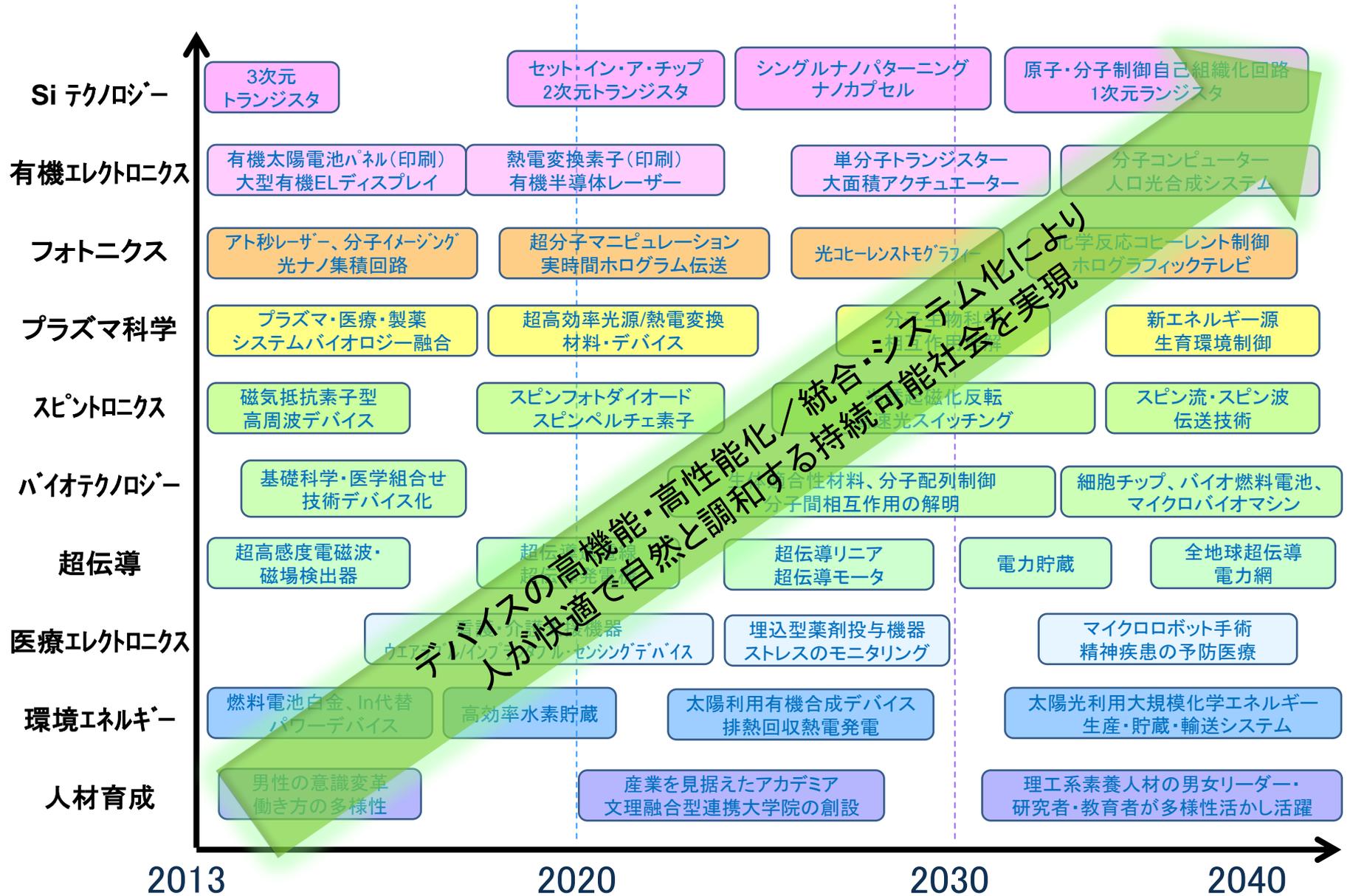
日本学術会議 第三部 科学・夢ロードマップ

総合工学分野

平成26年9月19日 日本学術会議第3部
「理学・工学分野における科学・夢ロードマップ2014(夢ロードマップ2014)」

1. 应用物理学

(0) 応用物理学の科学・夢ロードマップ



(1) 応用物理学

究極の集積化技術が切り拓く多機能・高性能ナノデバイスの世界

～1. シリコンテクノロジーロードマップ～

小型化・低コスト化
低消費電力化
多機能化
高速化

集積度

安全・安心な
高信頼社会へ

- 活動支援ロボット:**
- ・5感を持つロボット
 - ・介護支援、自動運転カー
- どこでも・だれでもつながる:**
- ・全ての物への情報の埋め込み
 - ・自由で手間のかからないアクセス
- 自由な情報処理:**
- ・感情も伝える自動通訳
 - ・高臨場感
 - ・ヒューマンインターフェース
- 健康・長寿命・高信頼社会:**
- ・高齢・少子化対応健康サポート
 - ・スマートヘルスケア
 - ・セキュア・システム

新材料・新構造の導入

持続的で
希望あふれる社会へ

- 自律型ロボット:**
- ・人の代わりに仕事をするロボット
- 思えばつながる:**
- ・考えるだけで情報通信
- 自在な情報管理:**
- ・思い出してくれる記憶補助
 - ・交渉もする電子秘書
 - ・しみわたる感動
- 省エネルギー:**
- ・充電・給電レス自立システム

バイオナノテクノロジーとの融合

自然と調和する
豊かな世界へ

- 超微細ロボット:**
- ・血管中を進む自動治療医療ロボット
- 自然につながる:**
- ・情報のゆりかご
- 自然な情報利用:**
- ・あらゆる場所での情報のやりとり
 - ・人の5感能力を超える安らかな感動
- 創エネルギー:**
- ・電力供給型端末システム

分子テクノロジーとの融合

1 nm

Si CMOSプラットフォーム

32nm

22nm

RF・センサー・MEMSの融合

3次元トランジスタ

16nm

エネルギーハーベスター/ストレージ

2.5/3D集積化

11nm

セット・イン・ア・チップ

8nm

スピン素子
シングルナノパターンング
ナノカプセル
ナノマシンング
共鳴系トンネル素子

5.0nm

スピン、バイオ技術

MEMS, センサー、ナノマテリアル、計算技術

CMOS回路基盤技術

2.5nm

1次元トランジスタ
単電子素子
分子素子とのインターフェース
マイクロロボット

1.5nm

原子・分子制御
自己組織化回路

2013年

2020年

西暦

2030年

2040年

(2) 応用物理学 有機エレクトロニクス～



(3)-1 応用物理学 フォトニクスが拓く未来社会(光・量子エレクトロニクス編)



(3)-2. 応用物理学 フォトニクスが拓く未来社会(通信編)

安心・安全な社会へ

持続可能な社会へ

快適・愉快で自然な社会へ

ストレスフリーグローバル情報空間の創設とライフサイエンスへの光活用

超大容量・超高速光ネットワーク

光ネットワーク仮想化

フォトン操作技術の探索・育成

成熟したフォトン操作技術の実世界応用

伝送容量
伝送距離
ノード数 etc

テクノロジーレベル

エクサビット伝送(10Gbps/人)の時代
個別素子の性能向上と集積の黎明

低消費電力光源
高受信感度受光器
高効率変調器
光ナノ集積回路
量子状態制御
ゼロNF光増幅器(PSA)

Siフォトニクスの進展
多重数・集積度の向上
高次機能制御
光電融合ルータ
装置間・装置内への
光技術の浸潤

100Gbps/人の時代
更なる集積度・機能の向上

極低損失導波路・中空ファイバ
高精度導波路加工
光電子融合集積回路
フォトニック結晶の展開
量子ナノ集積デバイス
3次元光配線

全光信号処理
高次非線形性
全光ルータ
量子光ルータ
量子中継
量子暗号

ゼータビット伝送
(1Tbps/人)の時代
新規原理・材料の導入

有機材料
プラズモニクス
新伝送媒体
新入出力IF
高効率材料

複数機能を多重化する光ファイバ
低消費電力送受信器
高密度光集積回路
無温調光増幅器

学術基盤
アト秒フォトニクス
量子フォトニクス
非線形フォトニクス
超高速フォトニクス

分野間の融合と協調
エコフォトニクス
バイオフィトニクス
ナノフォトニクス
プラズモフォトニクス

新フォトニクス

2013年

2020年

2030年

2040年

(4) 応用物理学 ~プラズマ科学~

ナノ加工のための
プラズマ技術

原子・分子レベル
の制御技術

無機、有機、バイオとその複合材料
1原子・1分子プラズマ反応制御



2013年

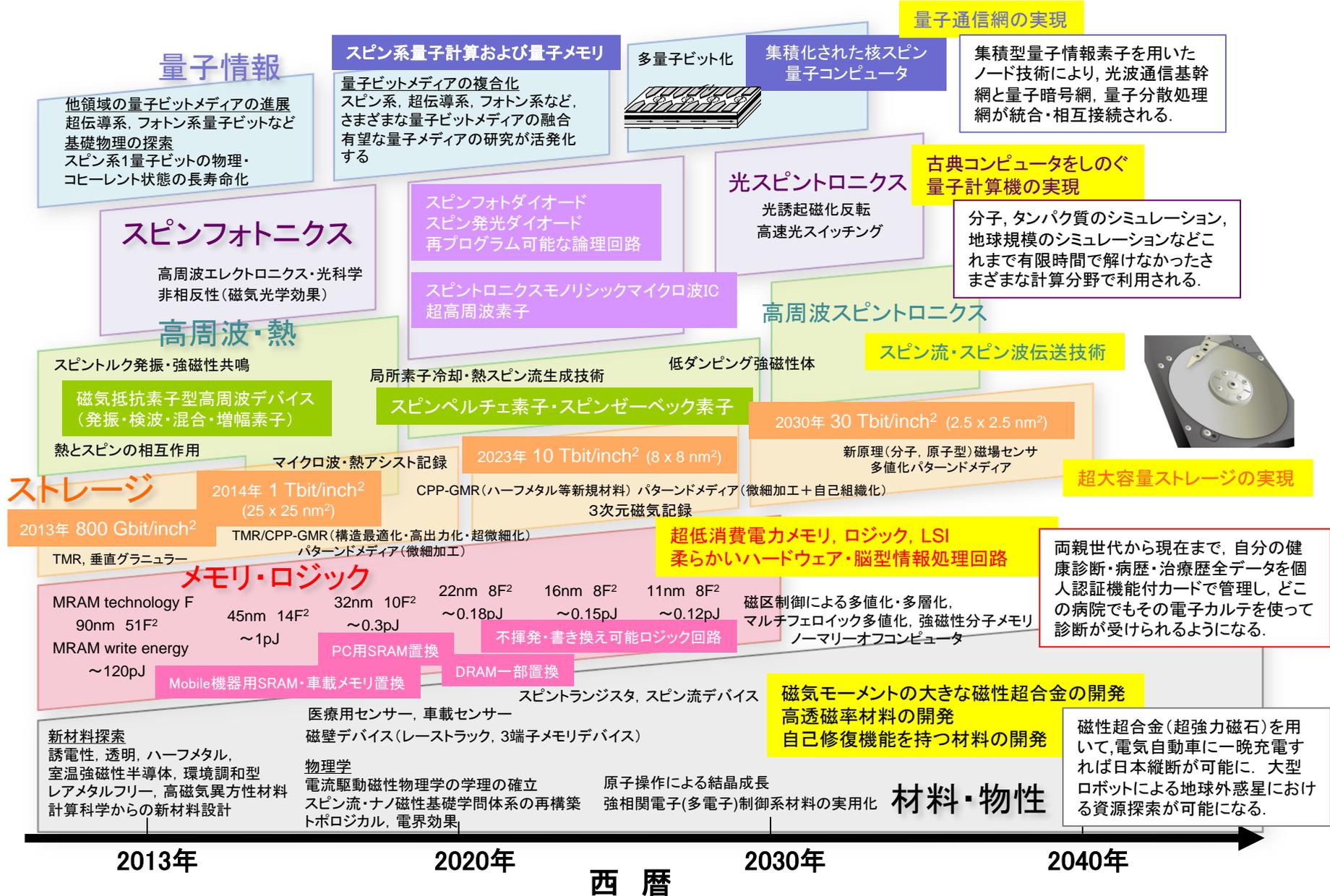
2020年

西 暦

2030年

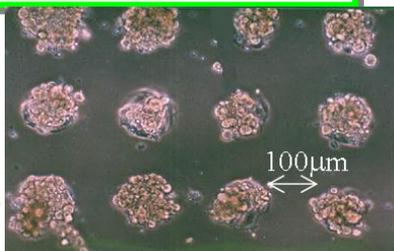
2040年

(5) 応用物理学 スピントロニクス



(6) 応用物理学 バイオテクノロジー ～健康と活力を保って長生きする～

デバイス例



細胞スフェロイドチップデバイス

システム・組み合わせ

先端科学の融合
 個の医療・DNA個別治療
 再生医療
 ビッグデータを用いる診断予防技術
 光合成を模倣した光エネルギー変換技術
 CO₂固定化

到達目標

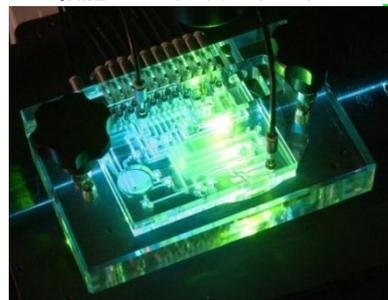
不老長寿
 持続可能社会
 食料・エネルギー問題解決
 病気根絶、大気浄化
 自然との共生

基礎科学・医学
 組み合わせ技術
 デバイス化 etc

夢の技術

- 1) 分子レベルで細胞機能・メカニズムを解明する
- 2) 一個の細胞から生体を自己修復する
- 3) 肉体的な若さを年齢を超越して保つ
- 4) 脳や神経の機構・機能を解明する
- 5) ガンを撲滅・根絶する

生命現象と生体
 機能を利用する



RNA診断マイクロデバイス

分子レベルでバイオテクノロジーを理解する

デバイス

介護ロボット、人工臓器、細胞チップ、
 バイオ燃料電池、マイクロバイオマシン、
 野菜果物工場、健康増進食品、
 人体埋め込み型診断デバイス、

克服すべき課題

食料問題
 廃棄物処理
 ガン早期発見治療
 エネルギー問題
 地球温暖化
 ウイルス対策
 生態系維持
 環境汚染
 難病対策

基盤技術確立

- 1) 新材料: 生体適合性材料、新規機能性材料
- 2) 表面界面制御: 表面修飾技術、分子配列制御、分子間相互作用の解明
- 3) 計測技術: 局所ナノ構造・機能計測、高感度化、多様化、解析技術、一分子検出
- 4) システム化: ユビキタス化、オンライン化
- 5) 医薬: 再生医療、在宅医療、ガンの根絶、ドラッグデリバリーシステム
- 6) エネルギー: バイオマス

新規学問分野開拓

ナノテクノロジー: 局所分析化学・界面工学・分子制御工学・分子配列工学・電子制御化学

バイオテクノロジー: 分子生物学・再生医工学・分子細胞学・細胞物理学

学際領域構築

人材育成

2013年

2020年

2030年

2040年

(7) 応用物理学 超伝導

臨界温度
臨界電流密度
集積度
etc

エレクトロニクス応用 要素技術研究開発

電力・産業機器応用 要素技術研究開発

・高度情報・医療社会の創出
・先端計測技術の産業展開

・エネルギー・環境問題への貢献
・新超伝導産業の創出

要素技術開発

- ・薄膜・デバイスおよび回路プロセス技術
- ・回路設計技術
- ・低温実装技術
- ・冷凍機技術
- ・磁気シールド技術

材料高性能化・製造・加工プロセスの最適化

⇒ 高温・高磁場化、大電流化、長尺化、
低損失化、低コスト化、大量生産

評価技術・応用用途開発

⇒ 原理検証、システム小型化、
大容量化、高効率化、高信頼性

新現象・新原理の発見と解明

⇒ ナノテクノロジー、極限技術利用、
他分野技術との融合

核融合

全地球超伝導電力網

量子コンピュータ

量子通信

宇宙観測用
X線分光器

電力貯蔵

液体ヘリウムを使わない
超伝導応用の時代

超伝導リニア

脳磁計・心磁計

超伝導送電線

超高速・超低消費電力IC

超伝導モータ

物質・材料開発

- ・次世代高温超伝導体の設計と探索
- ・高機能超伝導物質材料の創製

医療用MRI

加速器用
マグネット

超伝導発電機

電波望遠鏡

資源探査

免疫診断

食品検査

計測標準

薄膜開発: 大面積・界面制御・高歩留まり

エレクトロニクス応用

線材開発: 長尺(~10 km)、高臨界電流密度、低コスト、高信頼性

電力・マグネット応用

新しい超伝導体の探索: 酸化物・ホウ化物・炭化物・窒化物・硫化物・ヒ化物

室温超伝導体

2013年

2020年

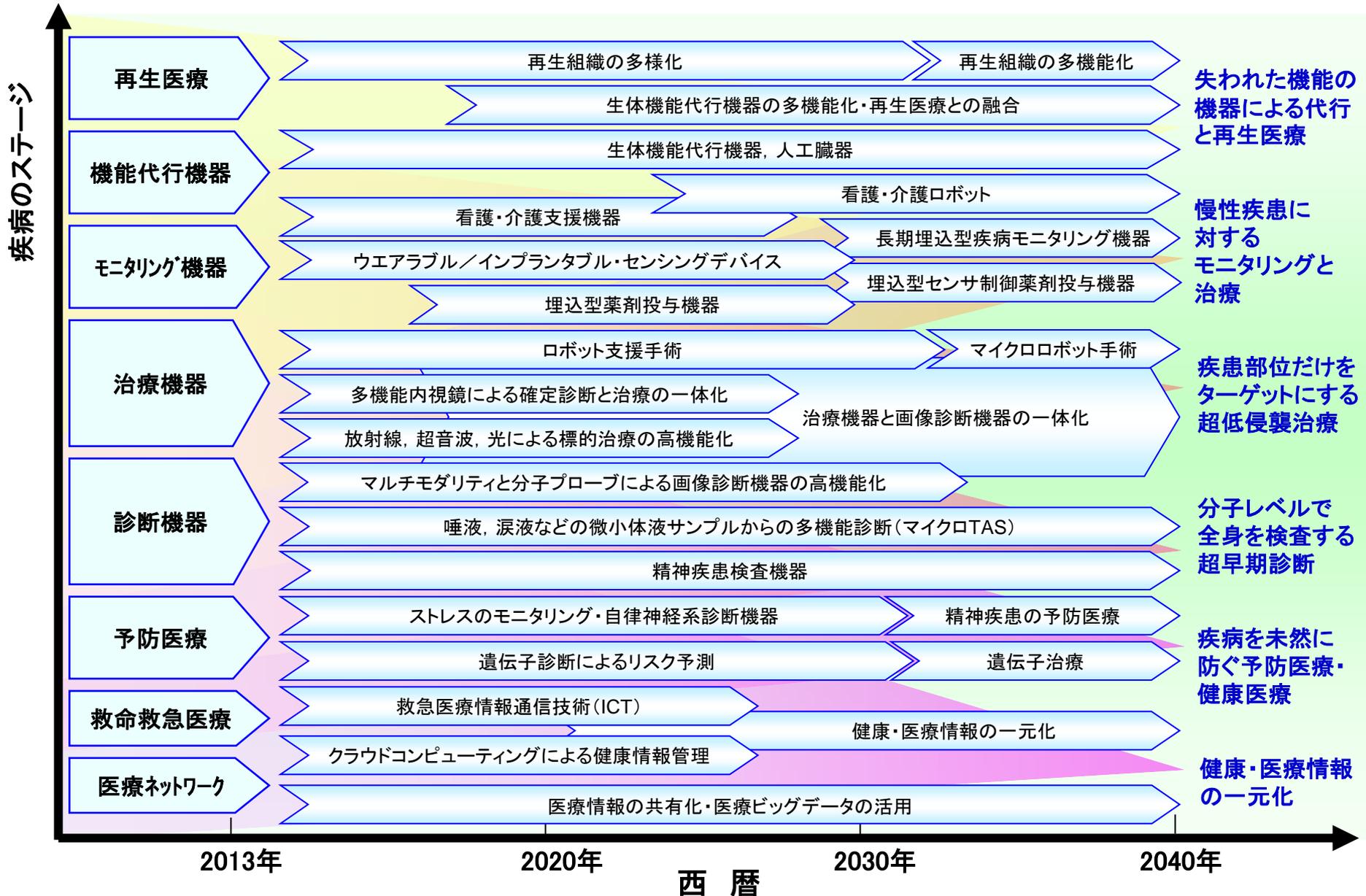
2030年

2040年

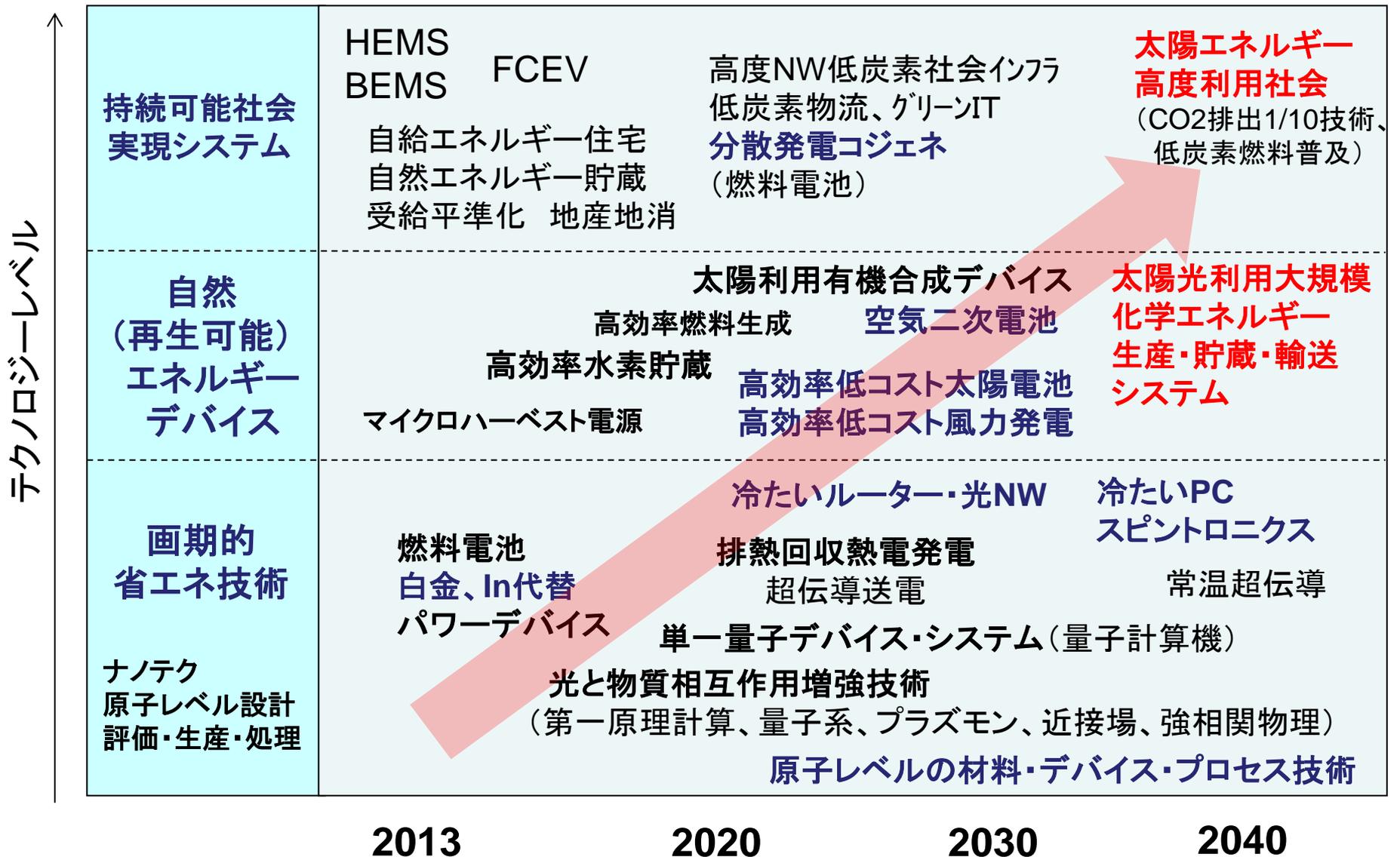
西 暦

テクノロジーレベル

(8) 応用物理学の科学・夢ロードマップ ～最先端医療～



(9) 応用物理学の科学・夢ロードマップ ～環境・エネルギー～



(10) 応用物理学の科学・夢ロードマップ ~人材育成~

教育スケール ↑

社会人

大学院

大学

高等

中等

初等

理工系人材の発掘・育成

男性の意識変革(ワークからライフへ)

- ・強制力を持った施策
- ・育児休職
- ・労働時間の低減

働き方の多様性

- ・午後育休、週育休
- ・パートタイム管理職

文理混成教育

- ・総合思考、戦略思考
- ・全人的教育

外国人教員の登用

- ・価値観の多様性

大学の多様性活用

- ・人材のメルティング・ポット
- ・科目選択の多様性
- ・文理交流

入試改革

- ・入学定員の流動化
- ・文理選択の遅延

理科教育の充実

- ・科学と社会の繋がりが
- ・専科教員の充実
- ・科学の歴史への貢献
- ・理工系から見た教科書



多様性ある人材活用

理工系出身者が社会をリード

- ・政治家、行政官、産業界、司法界などの各界
- ・科学技術担当者や弁護士、弁理士の増加

産業を見据えたアカデミア

- ・科学技術主導の新産業創成
- ・起業を志す若者の増加
- ・世界標準

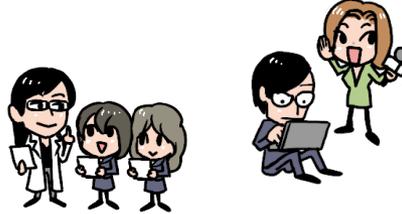
理工系グローバル人材の増大

- ・多数の国際的な研究拠点の設立
- ・リーダー、マネージャーへの若手の登用
- ・女性研究者の増大(2030年に20%目標)

文理融合型連携大学院の創設

- ・複合分野、融合分野の創出
- ・人材の流動化
- ・文系分野への理系人材の進出

社会基盤としての理工学



未来をリードする科学技術

多様性・流動性 国際性

リーダー

理工系の総理大臣
政策立案者



トップ・マネージャー

外国の大学の学長
分野のトップの研究者
経営トップ



起業家

世界規模の理工系起業家
ビジネス管理者
ポスドクの産業参入



研究者

ノーベル賞級の世界的な
研究者



オピニオン・リーダー

科学コミュニケーター
科学コーディネーター



技術者

高度な専門知識をもつ
技能者



教育者

大学教授
小中高の先生



理工系への興味と基礎力

2013

2020

2030

2040