

超電導技術分野

超電導技術は、電気抵抗がゼロであるという特徴的な性質により電流が流れる際のエネルギー・ロスを抑えることができることや、磁石から出る磁力線を超電導物質が跳ね返す性質（マイスナー効果）、超電導物質内部に侵入した磁力線を捕捉してしまう性質（ピンニング効果）等の様々な特長を有している。1986年に「高温超電導物質」と呼ばれる酸化物系超電導物質が発見されたことをきっかけに、科学技術の大幅な加速進展のみならず、エネルギー・電力分野を始め、産業・輸送分野、診断・医療分野、情報・通信分野等の幅広い分野において、超電導技術の応用に関する期待が世界中で高まり広く研究に取り組まれてきたが、工業化を図るために不可欠な技術が近年出揃い始めており、超電導材料を用いた様々な機器の開発・実証・実用化が現実のものとなりつつある。その一方では、新しい超電導物質の発見や超電導現象の理論解明によるブレークスルーへの試みも続けられており、「常温超電導物質」の発見という人類の夢に向けた試みも絶えてはいない。【参考資料1：超電導の性質と将来性】【参考資料2：超電導物質の探索】

また、京都議定書発効に伴う温暖化緩和策の一環としての省エネルギー技術の開発・導入や各種資源の枯渇・高騰等も喫緊の課題となっており、「クールアース - エネルギー革新技術計画」の技術テーマにも選定される等、超電導技術を早期に実用化することによって、環境負荷の低減と資源の有効な利用という2つの目的を効率的かつ実効的に達成し、多様な分野におけるエネルギーの効率的利用に資すること等が強く期待されている。

これらの状況を踏まえ、かつての「夢の超電導技術」から「21世紀のキーテクノロジー」と呼ばれるまでに進化を遂げつつある超電導技術について、諸々の社会ニーズに対応していくことを念頭に中長期的な観点と早期実用化の観点から技術戦略マップを作成した。

なお、2020年頃迄を目途に実現が期待される社会の姿についてのイメージを得るため、【参考資料3：社会に役立つ超電導技術 2020年の社会像】を示した。

超電導技術分野の技術戦略マップ

．導入シナリオ

研究開発の戦略的な推進については、様々な社会ニーズと研究開発目標との関係を明らかにした上で、効率的な研究開発体制を構築することが重要である。特に、超電導技術応用機器の開発に際しては、全ての機器開発の共通基盤技術である超電導材料の開発（線材化・バルク化・デバイス化）と機器適用周辺技術開発（冷凍・冷却技術）とを同時並行的に進め、要求仕様を相互にフィードバックさせながら、各種応用機器を実現するためのタイムリーな技術開発を進めていくことが必要不可欠である。

超電導技術分野は、その将来的な優位性の高さから、日米欧での熾烈な技術開発競争がなされているところである等、海外の動向も無視できない状況にある（【参考資料4：世界のY系超電導線材開発技術(2005年以降)】【参考資料5：SFQ技術の国際評価】）。しかし、研究開発を推進した結果として国際的な競争力を発生させ得るに足る研究成果が得られたとしても、実用化・事業化が行われなければ何の役にも立たない。研究開発の初期段階から将来の事業化を想定した企業が参画すること等により、スムーズな事業化につながる方策を講じていくことが重要である。

欧米においては、技術的に未成熟な段階から幾つものベンチャー企業が起業し、超電導技術産業に係る市場を創出するべくチャレンジを繰り返してきた。我が国においては、官民のリソースの選択と集中を行うことによりここまで研究開発を進めてきたところであるが、21世紀における良好な環境の維持と我が国経済の持続的成長とを両立させていくためには、超電導技術産業市場の早期創出と自律的な発展の開始に向けた導入普及促進策等の推進や、規制緩和、標準化等を通じた新たな市場競争ルールの導入といった関連施策を行うことにより、民間企業が市場競争の中で自ら効率的な事業展開を図っていくための戦略的な体制作りと研究開発とを一体的に推進することが必要である。

前述のように、近い将来において超電導技術を適用した機器の実現が期待される分野は、エネルギー・電力分野（電力ケーブル、限流器、変圧器、発電機、フライホイール、SME S（超電導電力貯蔵装置）等）、産業・輸送分野（船用モータ、磁気浮上式鉄道用マグネット、半導体引上装置、磁気分離装置等）、診断・医療分野（MRI、NMR、MCG（心磁計）、MEG（脳磁計）、質量分析器等）、情報・通信分野（ルータ・スイッチ、SFQコンピュータ、バンドパスフィルタ、ADコンバータ等）の4分野に大きく分けることができる。分野によって求められる社会ニーズ等には異なる部分が勿論あるが、共通基盤技術が成長しつつあることにより、戦略的な機器開発・導入を図るべき時期が到来していることについては一様である。そこで、4分野それぞれにおける代表的かつ戦略的な機器について、開発・導入に係る想定シナリオを時系列で示すこととした。

我が国経済が将来に亘って更なる発展を遂げていくためには、先導的効果を狙った高度に進んだ機器の開発投入や、全ての活動の基礎となるエネルギーについて将来顕在化することが懸念される資源制約等を総合的に考慮した、効率的なアプローチを図っていくことが重要である。また、そのためには、研究開発の戦略的な推進が不可欠であるとともに、国際的な競争力を有する研究成果の実用化・事業化の推進、導入普及促進策、関連産業連携策、規制緩和、標準化等の関連施策と研究開発との一体的な推進が必要である。

〔規制・制度改革〕

- ・超電導技術の実用化を促進するため、高圧ガス保安法、電気事業法などの規制について導入促進のための規制緩和を図る必要がある。

〔国際標準化〕

- ・超電導機器の導入に向けて、研究開発と並行して標準化の検討を進めることが重要なテーマについて、各分野の導入シナリオに示した。（2006年版策定時から）
- ・超電導関係の国際標準化のための取組及び具体的進展状況について理解を容易にするため、【参考資料6：超電導標準化マップ】を示した。（2007年版策定時から）

〔広報・啓発〕

- ・例年春に行われている「超電導技術動向報告会」や、2007年から冬に開催されることになった「超電導EXPO」等の展示会を通じて、超電導技術及び超電導市場の最近の動向について広く周知する機会の増加を図る。

改訂のポイント

- 関連施策として、Cool Earth-エネルギー革新技術計画を追記した。
- 海外での取り組みにおいて、米国、韓国等における研究開発の最新動向を追記した。
- エネルギー・電力分野の技術開発（送変配電）、産業・輸送分野の技術開発（磁場応用）等について、最近の研究開発の進展状況に伴う見直しを行った。

．技術マップ

（1）技術マップ

超電導技術は、導入シナリオで示した4つの分野において、効率的かつ各々の導入目的に合致した研究開発を行うための技術指標を明確化する必要があるとの観点から技術のカテゴリライズを図った。また、これらと同時並行的に進めていく必要がある共通基盤技術についても、素材・部品を供給するという観点から技術のカテゴリライズを図った。

具体的には、それぞれ以下に示すような考え方に基づく分類を行っている。

エネルギー・電力分野

エネルギー・電力分野の技術を、発電（創る）技術、送変配電（送る）技術、エネルギー貯蔵（貯める）技術の3つに大別し、これを大分類とした。また、それぞれの

技術の利用形態に応じて開発すべき機器が異なるため、これを中分類とした。その上で、利用形態に応じた機器を開発するためにマイルストーンを置いて取り組んでいくことが必要と考えられる主要な技術課題（大電流化、低損失化等）について、小分類とした。

産業・輸送分野

産業・輸送分野の技術を、磁場応用（造る）技術、計測機器（測る）技術、回転機（動かす）技術、変圧器（変える）技術の4つに大別し、これを大分類とした。また、それぞれの技術の利用形態に応じて開発すべき機器が異なるため、これを中分類とした。その上で、利用形態に応じた機器を開発するためにマイルストーンを置いて取り組んでいくことが必要と考えられる主要な技術課題（小型軽量化、高磁場化、大容量化等）について、小分類とした。

診断・医療分野

診断・医療分野の技術を、マグネット応用（見る）技術、加速器応用（治す）技術、高周波デバイス応用（測る）技術、SQUID応用（診る）技術の4つに大別し、これを大分類とした。また、それぞれの技術の利用形態に応じて開発すべき機器が異なるため、これを中分類とした。その上で、利用形態に応じた機器を開発するためにマイルストーンを置いて取り組んでいくことが必要と考えられる主要な技術課題（磁場安定化技術、高感度化等）について、小分類とした。

情報・通信分野

情報・通信分野の技術を、コンピュータ・ネットワーク機器（判断する）技術、無線アクセス系機器（飛ばす）技術、計測機器（測る）技術の3つに大別し、これを大分類とした。また、それぞれの技術の利用形態に応じて開発すべき機器が異なるため、これを中分類とした。その上で、利用形態に応じた機器を開発するためにマイルストーンを置いて取り組んでいくことが必要と考えられる主要な技術課題（処理能力/ラック向上、低コスト化等）について、小分類とした。

共通基盤技術

共通基盤技術は、超電導材料の開発（線材化・バルク化・デバイス化）及び機器適用周辺技術開発（冷凍・冷却技術）から構成されることから、これを大分類とした。超電導材料の開発については、それぞれを実現する製造方法やそれを加工する方法により技術的アプローチも異なると考えられるため、これを中分類とした。また、同じ製造方法でも物質により性質等が異なってくることから超電導物質別の小分類、同じ加工方法でも実現すべき形状により性質等が異なってくることから加工の要素技術別の小分類とした。

冷凍・冷却技術については、適用される対象の機器等により要求性能が大きく変わることから、これを中分類とした。また、同じ機器でも使用される超電導物質によって要求される冷却能力等が大きく異なってくることから、冷却能力・冷却手法別の小

分類とした。

(2) 重要技術の考え方

技術マップにおいて抽出された各技術項目はいずれも不可欠であり、官民の一体的取組みや民間の主体的な取組み等による積極的な開発が望まれるが、以下の観点から評価されるものを重要技術と位置づけ、技術マップ中に色分けして示した。

2020年頃迄を目途に、産業及び技術のブレークスルーを生み出す可能性のある技術
超電導技術による実現の可能性が高く、コスト・性能等の面で競争優位性を生み出す可能性のある技術

これらの機器を実現するために不可欠な共通基盤技術

(3) 改訂のポイント

- 最近の研究開発の進展に伴う見直しを行ったが、変更すべき点はなかった。

・技術ロードマップ

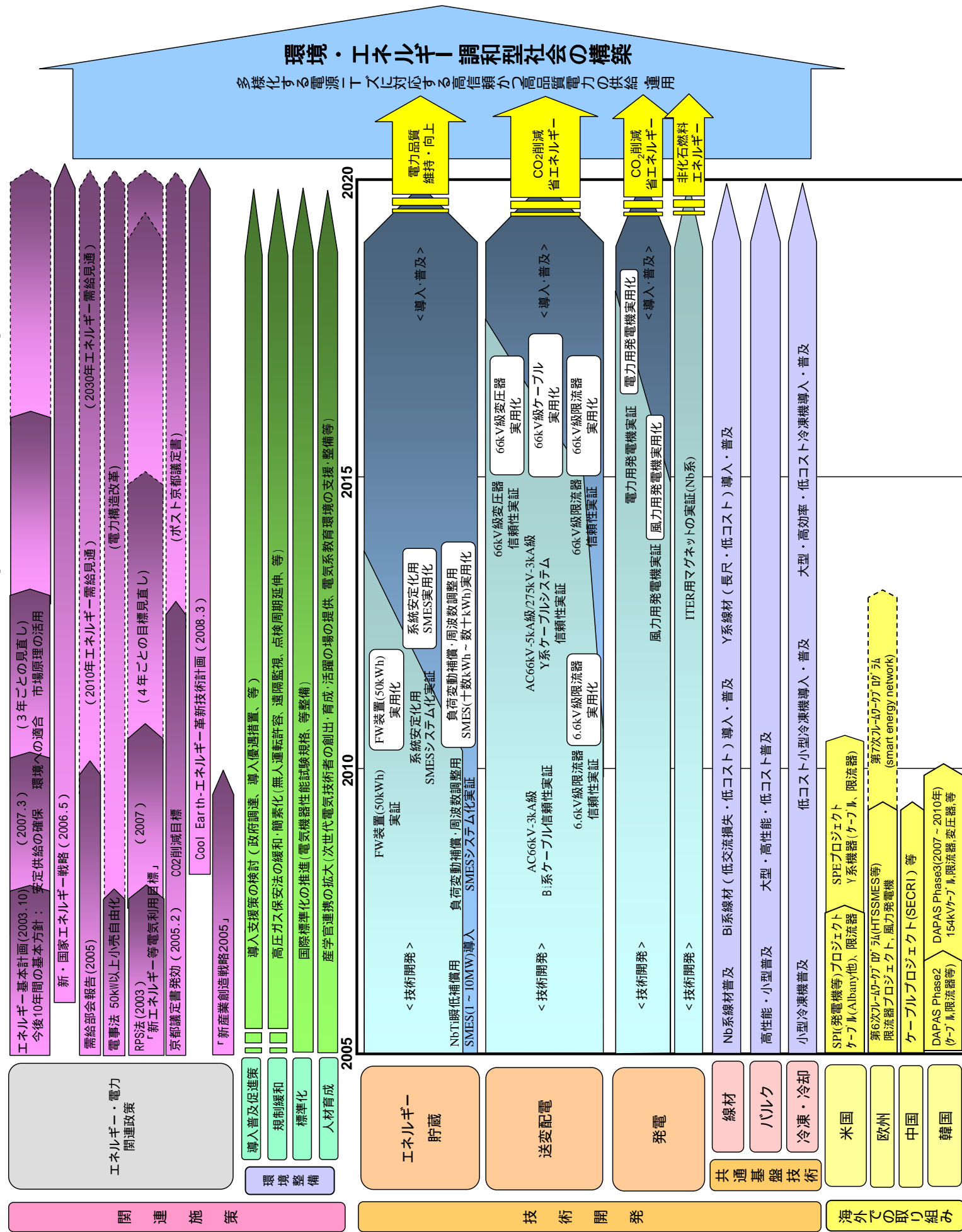
(1) 技術ロードマップ

技術マップに示された各技術課題のうち、重要技術として選定されたものについて、2020年頃迄を目途に、中長期的視点から各技術課題に必要と考えられるマイルストーンを配し、4つの技術分野及び共通基盤技術のそれぞれにおけるロードマップとして示した。

(2) 改訂のポイント

- エネルギー・電力分野の機器開発において、開発目標の明確化が進んだ事を受け、目標時期・目標値等の見直しを行った。
- 産業・輸送分野の機器開発において、廃水磁気分離装置用マグネットの技術動向を踏まえて目標値の見直しを行った。また、半導体引上装置の目標値についてITRSとの整合を図った。

超電導技術分野の導入シナリオ（エネルギー・電力分野）



関連施策

- エネルギー・電力関連政策
- 導入普及促進策
- 規制緩和
- 標準化
- 人材育成

環境整備

- 導入支援策の検討（政府調達、導入優遇措置、等）
- 高圧ガス保安法の緩和・簡素化（無人運転許容、遠隔監視、点検周期延伸、等）
- 国際標準化の推進（電気機器性能試験規格、等整備）
- 産学官連携の拡大（次世代電気技術者の創出、育成、活躍の場の提供、電気系教育環境の支援・整備等）

エネルギー貯蔵

- FW装置(50kWh)実証
- 系統安定化用 SMESシステム実証
- NbTi/低温低補償用 SMES(1~10MW)導入
- 負荷変動補償・周波数調整用 SMES(十数kWh~数十kWh)実用化
- 系統安定化用 SMES実用化
- 負荷変動補償・周波数調整用 SMES(十数kWh~数十kWh)実用化

送変配電

- 6.6kV級限流器 信頼性実証
- 6.6kV級限流器 実用化
- AC66kV-5kA級 Y系ケーブルシステム 信頼性実証
- 66kV級変圧器 信頼性実証
- 66kV級ケーブル 実用化
- 66kV級限流器 信頼性実証
- 66kV級限流器 実用化

発電

- 電力用発電機実証
- 風力用発電機実証
- 電力用発電機実用化
- 風力用発電機実用化
- ITER用マグネットの実証(Nb系)

共通基盤技術

- Nb系線材普及
- 高性能・小型普及
- 小型冷凍機普及

海外での取り組み

- 米国: SPI(発電機等)プロジェクト, ケーブル(Albany他), 限流器
- 欧州: 第6次JL-107-77 炉内(HTSSMES等) 限流器プロジェクト, 風力発電機
- 中国: ケーブルプロジェクト(SECRI) 等
- 韓国: DAPAS Phase2 (ケーブル, 限流器等), DAPAS Phase3(2007~2010年) 154kVケーブル, 限流器, 変圧器, 等

エネルギー基本計画(2003.10) (2007.3) (3年ごとの見直し)
今後10年間の基本方針: 安定供給の確保 環境への適合 市場原理の活用

新・国家エネルギー戦略(2006.5)

需給部会報告(2005) (2010年エネルギー需給見通) (2030年エネルギー需給見通)

電事法 50kWh以上小売自由化 (電力構造改革)

RPS法(2003) 「新エネルギー等電気利用目標」 (4年ごとの目標見直し)

京都議定書発効(2005.2) CO2削減目標 (ポスト京都議定書)

「新産業創造戦略2005」 Cool Earth-エネルギー革新技術計画(2008.3)

2005

2010

2015

2020

電力品質維持・向上

CO₂削減 省エネルギー

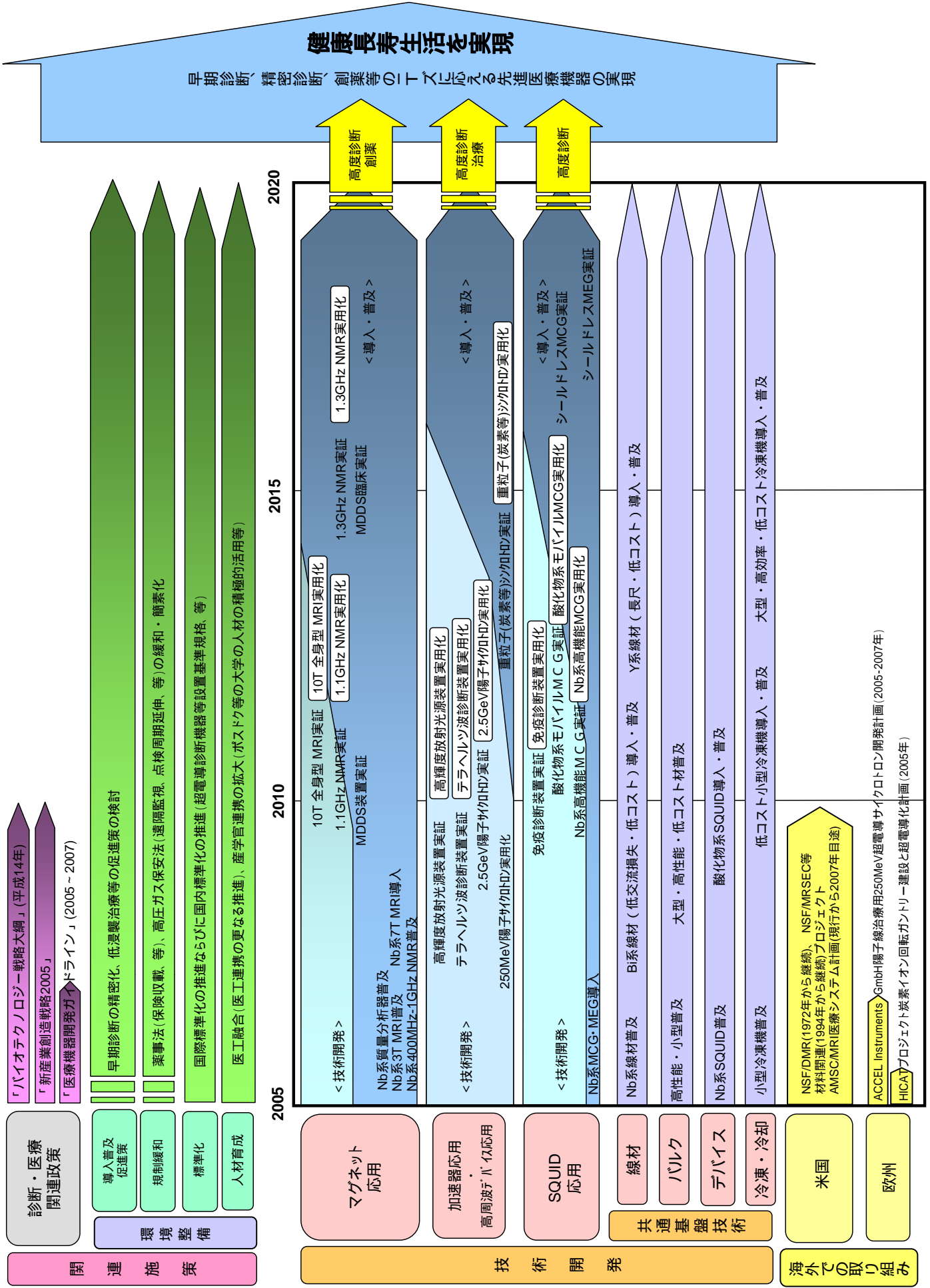
CO₂削減 省エネルギー

非化石燃料 エネルギー

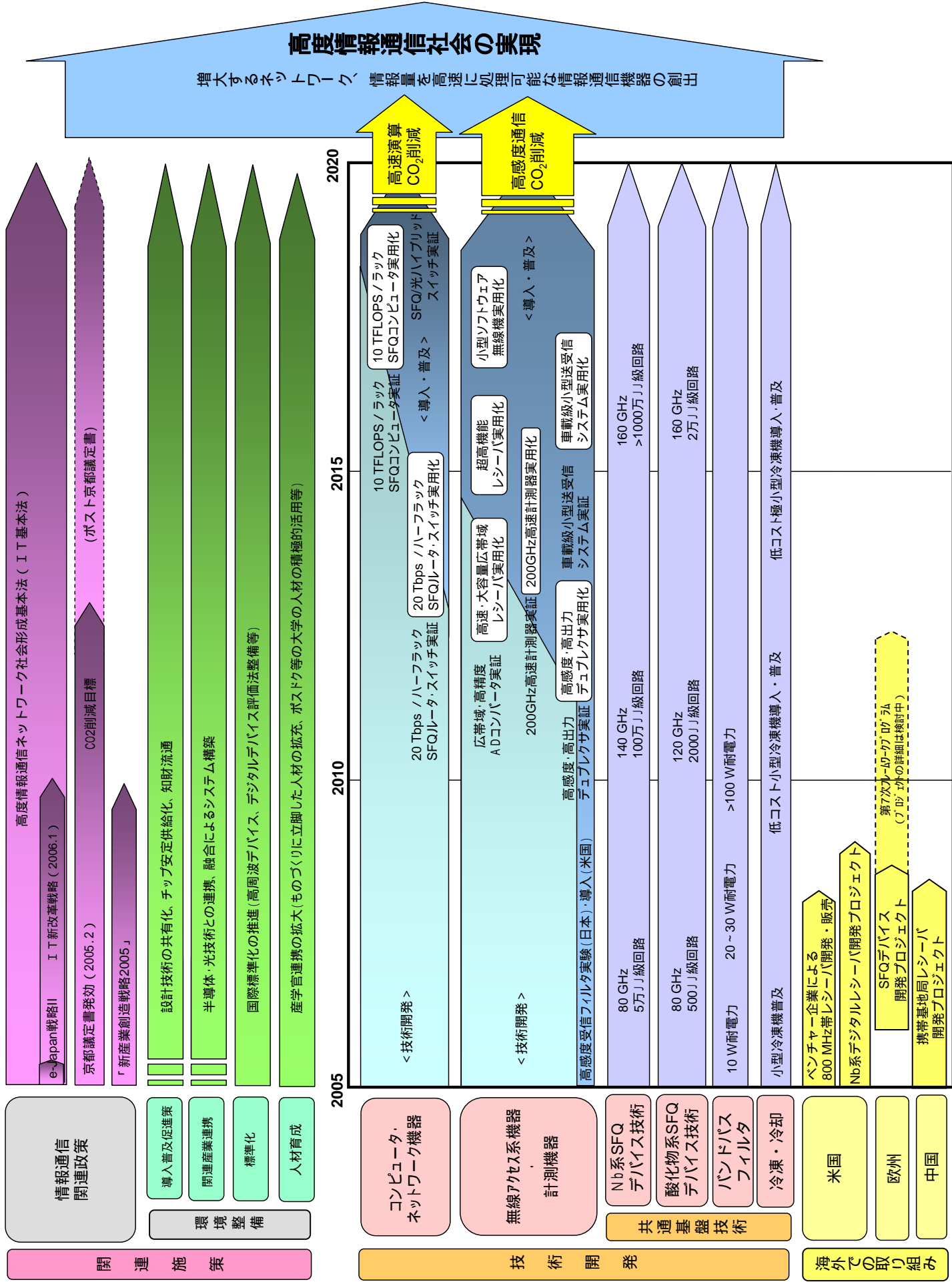
環境・エネルギー調和型社会の構築

多様化する電源ニーズに対応する信頼かつ高品質電力の供給 運用

超電導技術分野の導入シナリオ（診断・医療分野）



超電導技術分野の導入シナリオ（情報・通信分野）



超電導技術分野の技術マップ(エネルギー・電力分野)

ニーズ	シーズ			
	技術大分類	技術中分類	技術番号	技術小分類
環境・エネルギー調和型社会の構築	エネルギー貯蔵	SMES	101	・低コストシステム化 ・大容量化 ・コイルの高性能化 ・高信頼性化 ・耐高電圧化
		フライホイール	102	・大容量化 ・低損失化 ・総コスト低減
	送変配電	限流器 (SN転移型)	103	・高電圧化 ・大電流化 ・常電導転移時高抵抗化 ・高速超電導復帰機構
		電力用ケーブル	104	・長尺化 ・高電圧化 ・大電流化 ・低損失化 (AC) ・短絡対策 (AC)
		電力用変圧器	105	・不燃化、コンパクト化 ・Sub-cool LN2技術 ・高電圧化 ・大容量化 ・低コスト化
		同期調相機	106	発電機と共通
	発電	発電機	107	・大容量化 ・低コスト、コンパクト化
		核融合用マグネット	108	・磁場中高特性化 ・大電流高強度化技術 ・低損失化 ・耐放射線化

重要技術

超電導技術分野の技術マップ(産業・輸送分野)

ニーズ	シーズ					
	技術大分類	技術中分類	技術番号	技術小分類		
世界をリードする高度産業基盤構築	産業用機器	磁場応用	磁場中材料加工処理	半導体引上装置	201	・ウエハ大口径化
				鉄鋼圧延装置	202	・配列構造均一化
				磁性材料調質装置	203	・配列構造均一化
			廃水磁気分離装置	204	・高磁場化(無担磁化)	
			粒子加速器	205	・高磁場化 ・磁場均一化	
			マグネトロンスパッタ装置	206	・高磁場化 ・大面積化	
			磁気シールド	207	・高臨界温度化 ・低コスト化	
		計測機器	半導体・通信テスタ(サンブラ)		208	・広帯域化 ・多チャンネル化 ・低コスト化(モジュールコスト) ・冷却技術
			電圧標準	交流	209	・出力周波数向上 ・高温動作化 ・高精度化
				直流	210	・高温動作化 ・高電圧化 ・低コスト化 ・低周波数利用技術
			X線検出器(EDX)		211	・エネルギー分解能向上 ・計数率向上 ・小型化、低コスト化
			宇宙線検出器		212	・高感度化 ・小型化
			ミキサ		213	・低ノイズ化 ・高周波化
			ボロメータ		214	・エネルギー分解能向上 ・低コスト化
	SQUID 応用装置	構造物検査	215	・小型化、自動化 ・高機能化 ・測定高速化		
		食品・薬品検査	216	・磁気シールド簡易化 ・異物検出限界向上 ・低コスト化		
		半導体検査	217	・空間分解能向上 ・測定高速化 ・低コスト化		
		鉱物探査	218	・位置分解能向上 ・環境ノイズ除去技術 ・小型化		
	回転機	非接触磁気軸受回転機*		219	・高速回転化 ・高載荷力化	
		産業用モータ*		220	・高速回転、大容量化 ・小型軽量化 ・効率向上 ・低速回転、大容量化	
	輸送用機器	回転機	船用モータ*		221	・低速回転、大容量化 ・小型軽量化 ・効率向上 ・高速回転、大容量化
			車載用モータ*		222	・小型軽量化 ・高速回転 ・効率向上
		磁場応用	磁気浮上式鉄道用マグネット		223	・信頼性向上、低コスト化
		変圧器	鉄道用変圧器*		224	・大容量化 ・低損失化 ・小型軽量化

*印は、「エネルギー・電力分野」の機器と関連する技術であり、環境・エネルギー調和型社会の構築にとっても重要である。

 重要技術

超電導技術分野の技術マップ(診断・医療分野)

ニーズ	シーズ			
	技術大分類	技術中分類	技術番号	技術小分類
健康長寿生活の実現	マグネット 応用	MRI	301	・大口径、短軸化 ・高磁場化 ・線材高特特性化 ・磁場安定化技術
		NMR	302	・超高磁場化 ・磁場安定化技術
		質量分析器	303	・高磁場化 ・高均一化
		MDDS (磁気誘導薬物配送)	304	・高磁場化 ・高磁気勾配化 ・小型・軽量化 ・低消費電力化 ・ナノ磁性粒子薬剤開発
		磁気誘導カテーテル	305	・高磁場化 ・高磁気勾配化
	加速器 応用	高輝度放射光源 (アンジュレータ・ ウイグラー)	306	・高輝度化 ・磁石ギャップ長可変技術
		テラヘルツ波 診断装置(光源)	307	・高機能化
		医療用粒子線 加速器	308	・高機能化
	高周波 デバイス応用	MRI/NMR (高周波プローブ)	309	・高感度化 ・低損失化
		質量分析器 (イオン検出器)	310	・分解能向上 ・測定時間短縮 ・高機能化
		テラヘルツ波 診断装置(検出器)	311	・高機能化
	SQUID 応用	SQUID 免疫診断装置	312	・システム高感度化 ・高機能化(多検体処理) ・操作性向上 ・低コスト化
		MCG (心磁計)	313	・高感度化 ・磁気シールド簡易化 ・高機能システム化
		MEG (脳磁計)	314	・磁気シールド簡易化 ・多チャンネル化 ・低コスト化
		脊髄・末梢神経 磁場計測装置	315	・高分解能化 ・低侵襲化 ・磁気シールド簡易化

重要技術

超電導技術分野の技術マップ(情報・通信分野)

ニーズ	シーズ			
	技術大分類	技術中分類	技術番号	技術小分類
高度情報通信社会の構築	コンピュータ・ネットワーク機器	SFQルータ・スイッチ	401	・大容量化 ・方式、アーキテクチャ ・スループット/ハーフラック向上 ・低コスト化
		SFQコンピュータ、サーバ	402	・SFQプロセッサの実現 ・高速超電導メモリ大容量化 ・処理能力/ラック向上 ・低消費電力化 ・アーキテクチャ
		量子コンピュータ (SFQ入出力回路)	403	・回路規模(対応量子ビット数)拡大 ・回路消費電力低減 ・高速化
	無線アクセス系機器	広帯域・高精度ADコンバータ(無線用)	404	・方式 ・帯域・ビット精度向上 ・モジュール小型化、低コスト化
		受信フィルタ	405	・高機能化 ・小型化 ・モジュール低コスト化 ・周波数調整技術
		送信フィルタ	406	・耐電力特性向上 ・高調波歪み低減 ・送受信複合化 ・低コスト化
		衛星用通信機器 (フィルタ、マルチプレクサ)	407	・小型化、軽量化 ・高信頼化 ・高機能化 ・送受信複合化 ・冷却技術
		超電導アンテナ	408	・指向性、効率向上 ・アレイ化 ・冷却技術 ・環境ノイズ影響低減技術
	計測機器	広帯域ADコンバータ (計測用)	409	・帯域、ビット精度向上 ・モジュール小型化、低コスト化
		高速計測機器 (サンブラ)	410	・方式(入力、被測定対象) ・広帯域化 ・小型化、低コスト化 ・高感度化

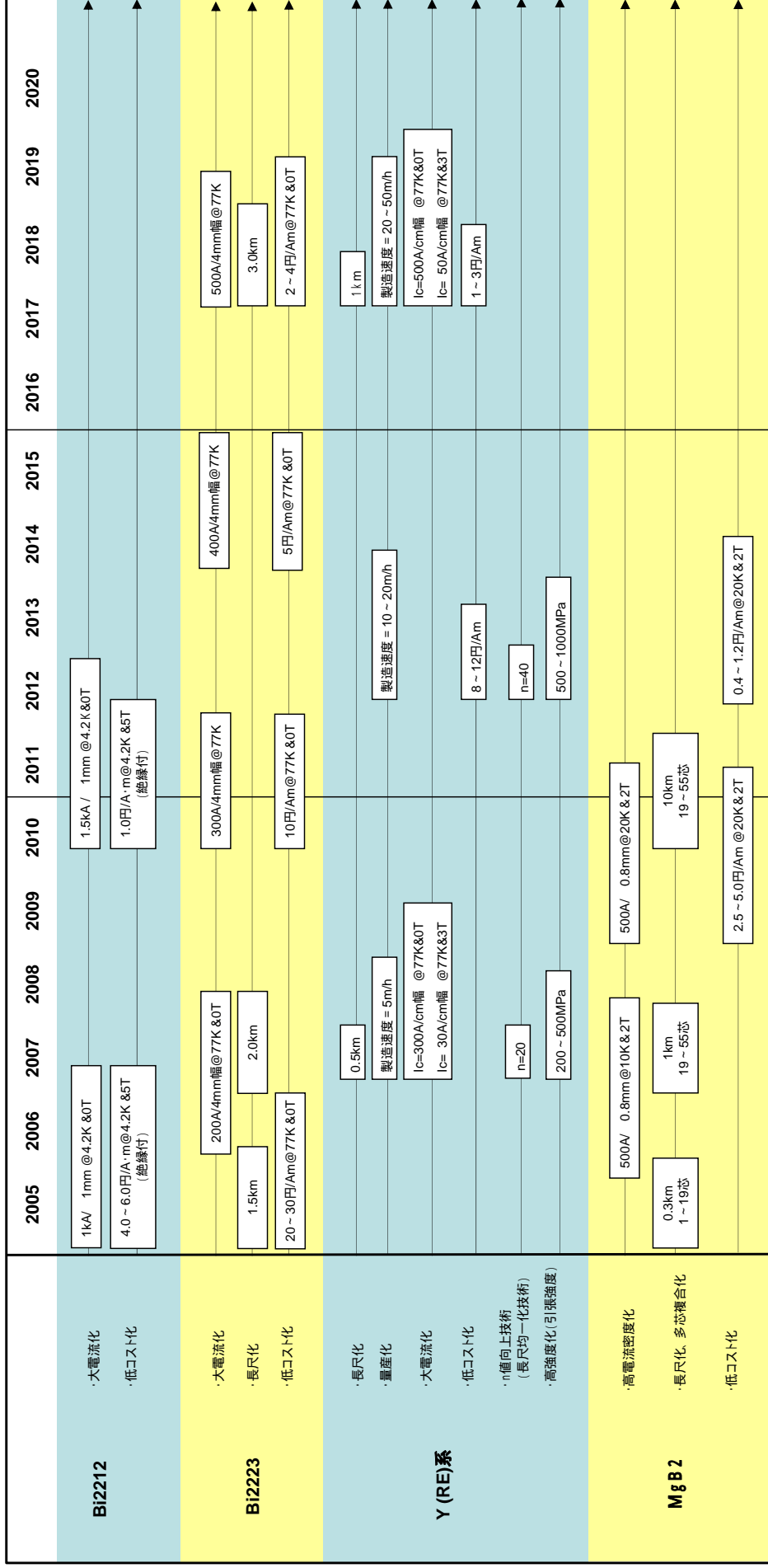
重要技術

超電導技術分野の技術マップ(共通基盤技術)

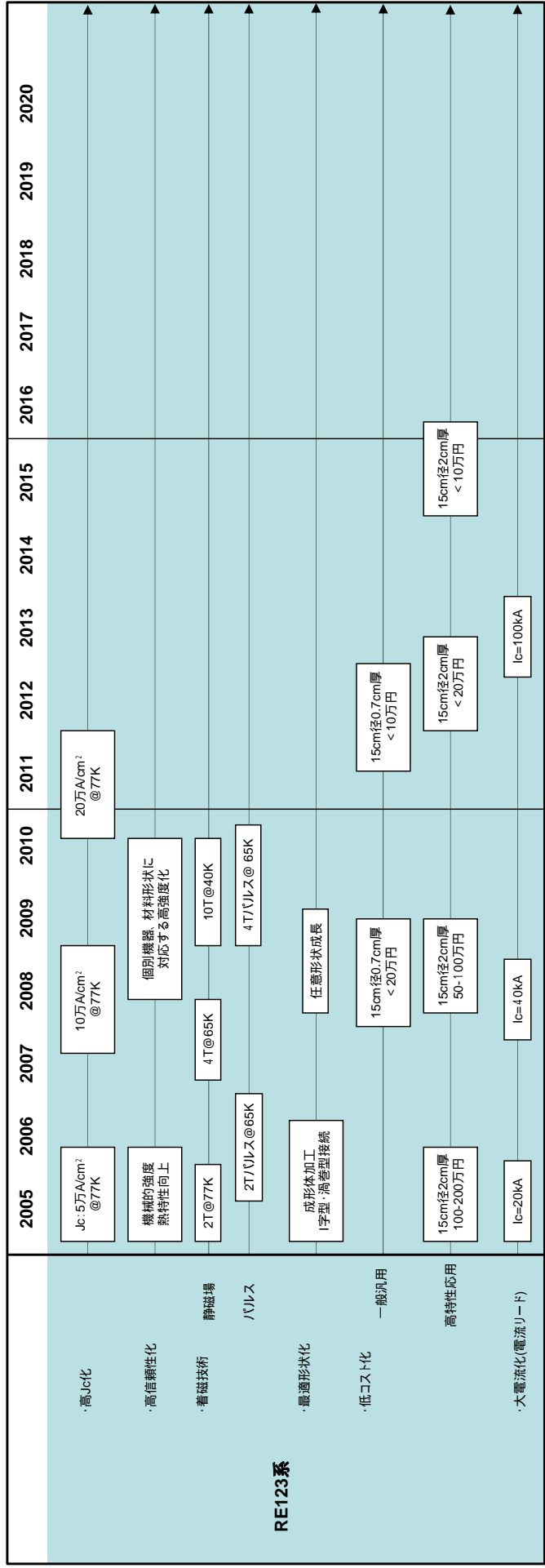
技術大分類	技術中分類	技術番号	技術小分類	
超電導線材技術	加工熱処理法技術 (含ブロンズ法技術)	501	・NbTi	
			・Nb ₃ Sn	
			・その他	
	パウダーインチューブ法技術	502	・Bi2212	
			・Bi2223	
			・MgB ₂	
	薄膜線材技術	503	・Y(RE)系	
			・その他	
	導体化技術	504	・歪特性改善技術	
			・素線接続技術	
コイル化技術	505	・巻線技術		
		・絶縁技術		
		・コイル保護技術		
超電導バルク技術	溶融凝固バルク技術	506	・RE123系	
			・Bi2212系	
			・その他	
	焼結バルク技術	507	・RE123系	
・Bi系				
超電導デバイス技術	デジタルデバイス技術	508	・Nb集積回路プロセス技術	
			・NbN集積回路プロセス技術	
			・酸化物集積回路プロセス技術	
			・Nb系SFQデバイス	
			・NbN系SFQデバイス	
			・酸化物系SFQデバイス	
			・SFQ/CMOSインターフェイス技術	
			・低温実装技術	
	SQUID応用技術	509	・Nbプロセス技術	
			・酸化物プロセス技術	
			・Nb系SQUID	
			・酸化物系SQUID	
			・実装技術	
	高周波デバイス技術	510	・MgB ₂ 薄膜技術	
			・RE123系薄膜技術	
			・バンドパスフィルタ	
			・アンテナ	
			・実装技術	
	冷凍・冷却技術	パワー機器用冷凍機技術	511	・4K冷凍機
				・20K～50K冷凍機
				・65K冷凍機
デバイス機器用冷凍機技術		512	・4K冷凍機	
			・50K、70K冷凍機	
大容量冷却技術		513	・LNG冷熱利用技術	
			・サブクール冷却技術	
伝導冷却技術		514	・LH ₂ 冷熱利用技術	
			・高効率冷却技術	
クライオスタット技術		515	・薄肉断熱技術	
	・封止化技術			
電流リード技術	516	・低熱侵入化		
		・機械的強度		
		・耐高電圧化		
		・大電流化		

重要技術

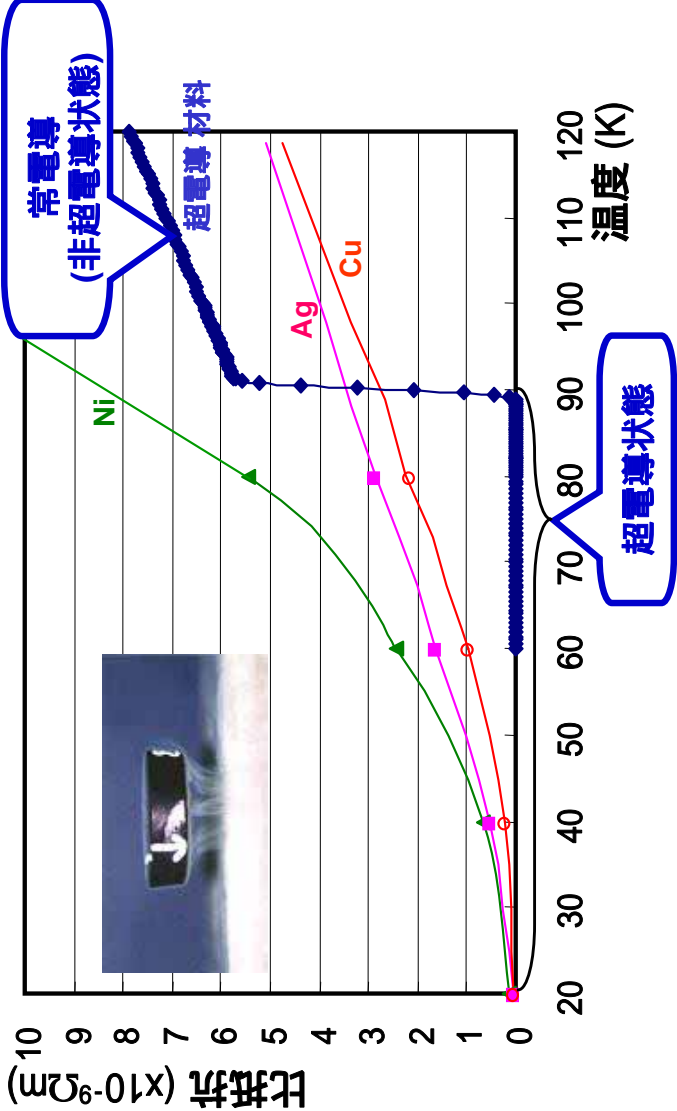
超電導技術分野の技術ロードマップ(共通基盤技術 - 線材)



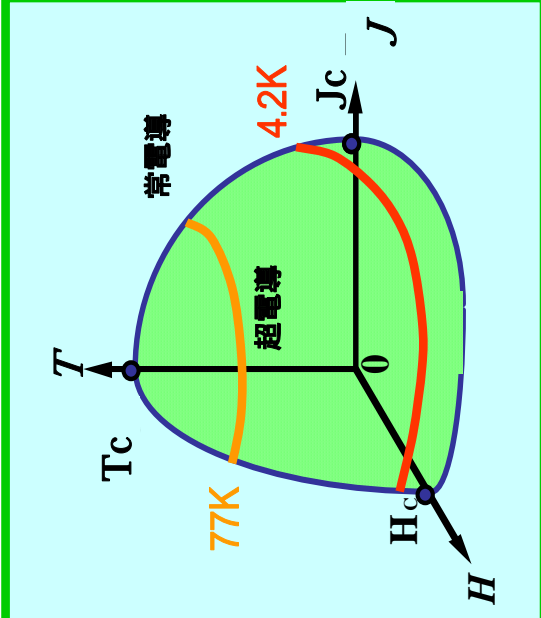
超電導技術分野の技術ロードマップ(共通基盤技術 - バルク)



RE123系

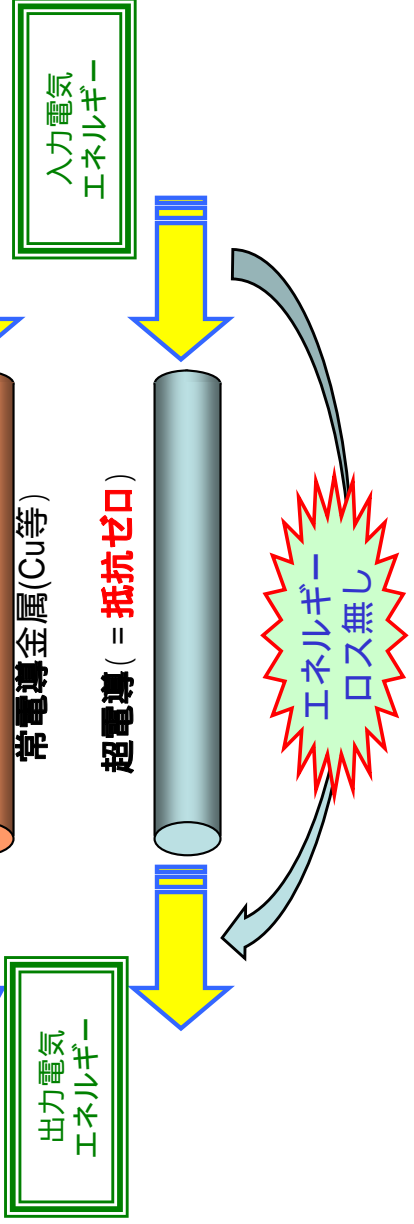


3つの臨界値
 臨界温度 (Tc)
 超電導を示す温度の上限
 臨界電流 (Jc)
 超電導を維持できる電流の上限
 臨界磁場 (Hc)
 超電導を維持できる磁場の上限



超電導の4条件 (田中の基準)
 以下の4条件を全てクリアして、初めて超電導体と認定される。
 (東京大学の田中昭二教授が1987年に提唱した客観的条件)

- 結晶構造およびその物質の何が超電導体であるのか
- マイスナー効果を示すか
- 電気抵抗が転移点付近で急激に消失するか
- 実験結果に十分再現性があるか

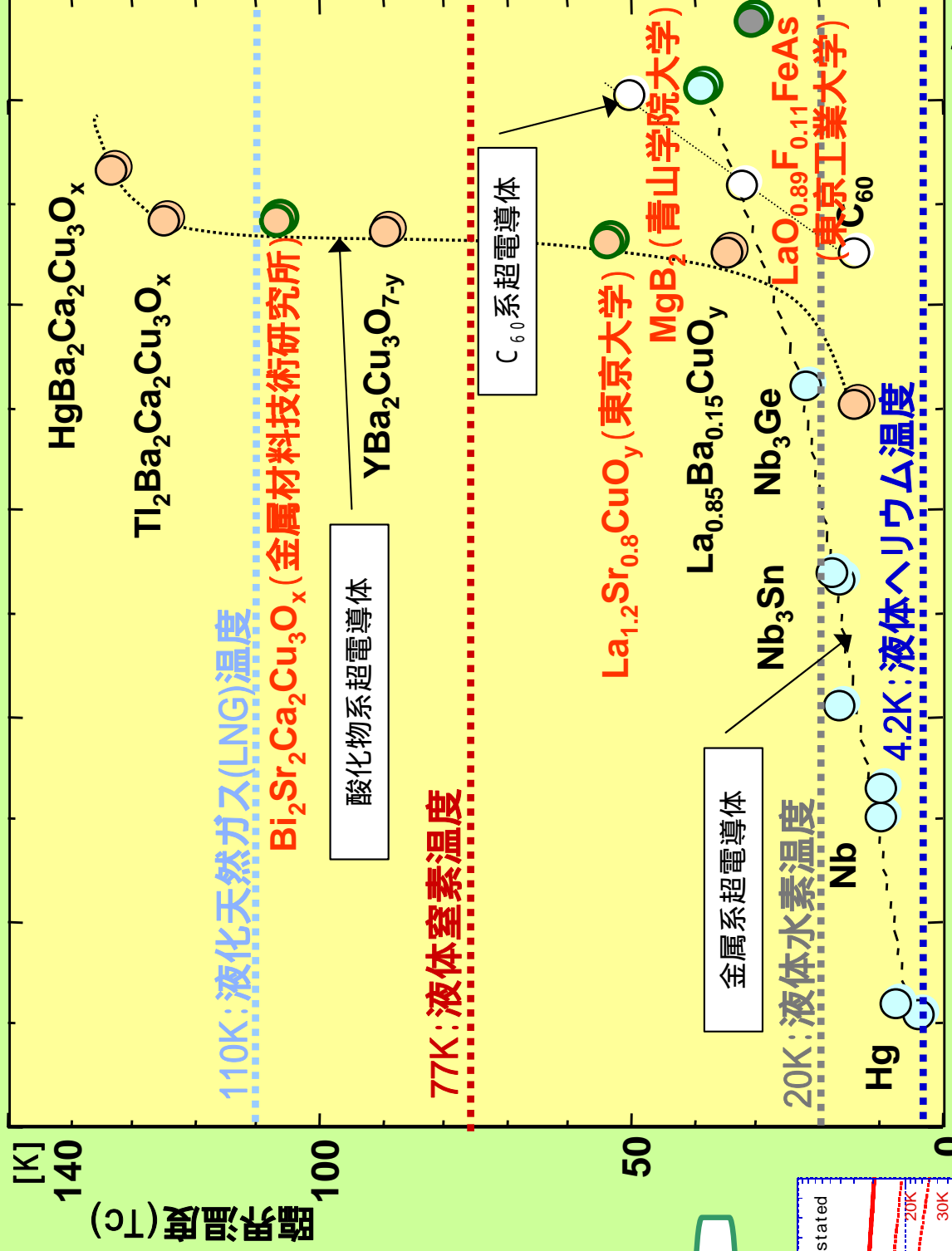
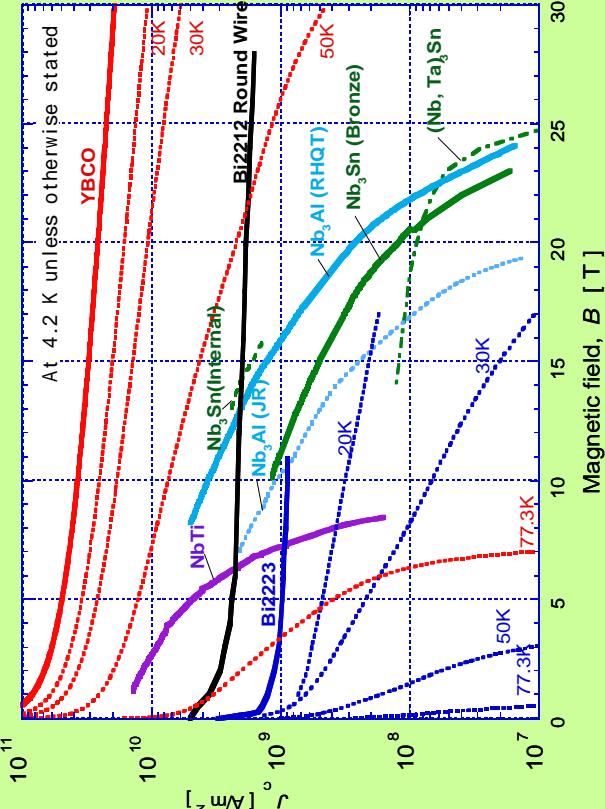


超電導産業の将来市場規模 (2020年フロー)
 国内： 約2,735億円
 海外： 約2兆5,110億円
 (超電導分野技術戦略マップ策定委員会2007による試算)

(参考資料 1 : 超電導の性質と将来性)

系 (代表物質)	元素数	Tc	毒性
Hg系 ($\text{HgBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$)	5	> 110	有
Tl系 ($\text{Tl}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$)	5		有
Bi系 ($\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$)	5	> 77	無
Y系 ($\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$)	4		
La系 ($(\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1})_2\text{CuO}_y$)	4	> 20	
MgB_2 (MgB_2)	2		
Nb系 (Nb_3Sn , NbTi)	2	> 4.2	

元素数が少ない方が比較的製造しやすい



各種超電導線材の臨界電流密度 臨界温度(Tc)上昇の変遷

九州大学 木須助教(当時)作成

(参考資料 2 : 超電導物質の探索)

[エネルギー・電力分野]

SME S
(MW級低補償、MW級系統制御、
負荷変動補償、周波数調整)

発電機 (1~100MW)
(含風力発電機)

限流器
(電力ネットワークの保護に有効)

変圧器 (不燃、高効率)

電力ケーブル
(高効率、大容量、国際連系、
直流データセンタ)

マグネトロンパツタ装置

半導体引上装置
(20インチ 以上Si単結晶)

鉄道用変圧器 (軽量化)

磁気浮上式鉄道用
マグネット

磁気分離装置

非接触磁気軸受
回転機

船用モータ

産業用モータ

車載用モータ

粒子加速器、粒子検出器

[産業・輸送分野]

フライホイール

電力品質
維持・向上

CO₂削減

省エネルギー

環境・エネルギー
調和型社会の構築

核融合炉(ITER)

非化石燃料
エネルギー

多様化する電源ニーズに対応する
高信頼かつ高品質電力の供給・運用

磁気誘導カテーテル

医療用粒子線加速器

MDDS (磁気誘導薬物配送)

治療

創薬

早期診断、精密診断、創薬等のニーズに応える
先進医療機器の実現

健康長寿生活
を実現

[診断・医療分野]

NMR

質量分析器

MCG (心磁計)

MEG (脳磁計)

SQUID免疫診断装置

高輝度放射光源

テラヘルツ波診断装置

社会に役立つ超電導技術

[2020年の社会像]

世界をリードする
高度産業基盤構築

小型・軽量化、高速度化、高度生産性等を通じた
高度産業基盤の実現

高度情報通信社会
の実現

増大するネットワーク、情報量を
高速に処理可能な情報通信機器の創出

高速計測機器

バンドパスフィルタ
(基地局電波送信・受信用)

無線用広帯域・高精度
ADコンバータ

計測用広帯域ADコンバータ

SFQサーバ

SFQルータ・スイッチ
(0.1 - 1 Pbps)

SFQコンピュータ
(1 - 10 P FLOPS)

高速演算

CO₂削減

高感度
通信

高度情報通信社会
の実現

冷凍・冷却技術

超電導デバイス技術

超電導バルク技術

[機器固有技術]

超電導検出器、ミキサ、ポロメータ

宇宙線検出器

SQUID応用装置
(構造物検査、食品、薬品検査、
半導体検査、鉱物探査)

半導体・通信スタ

X線検出器(EDX)

高信頼性

高生産性

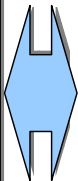
電圧標準
(直流・交流)

超電導線材技術

超電導バルク技術

超電導デバイス技術

冷凍・冷却技術



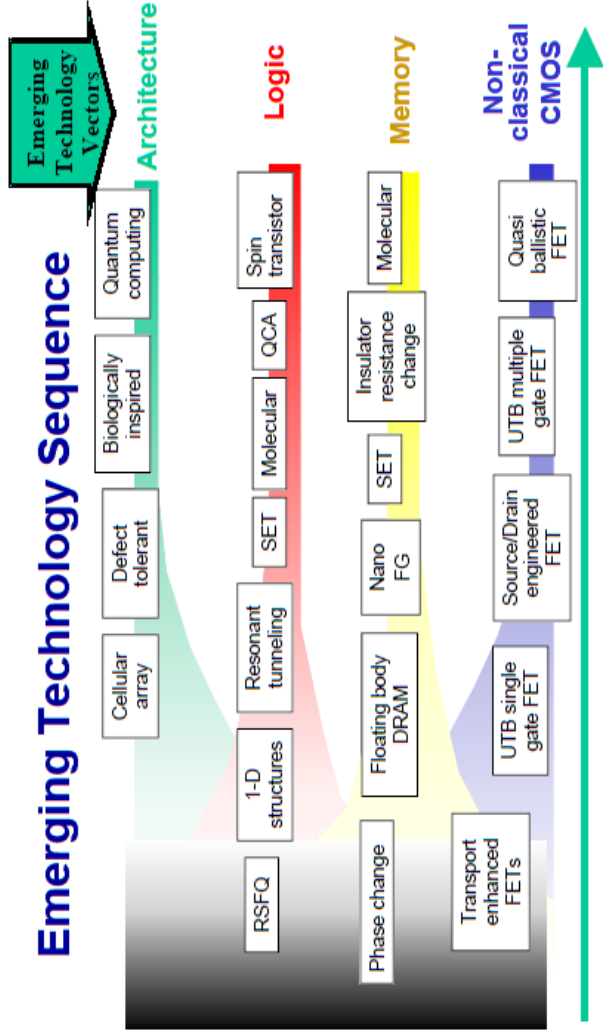
[共通基盤技術]

超電導線材技術

超電導バルク技術

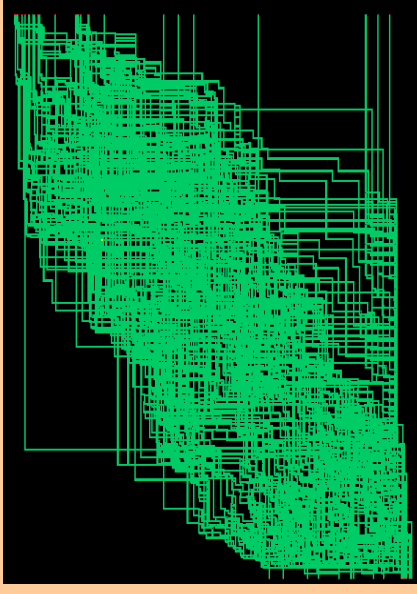
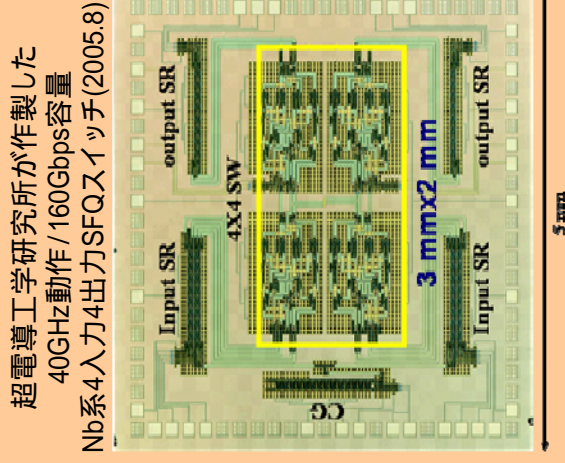
超電導デバイス技術

(参考資料 5 : SFQ技術の国際評価)



Emerging Technology シーケンス

ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductors) 2004 Updateより抜粋)



超電導工学研究所が作製した
40GHz動作Nb系4入力4出力
SFQスイッチ制御用スケジューラ(2005.3)

TABLE E-1. REASONS TO DEVELOP SUPERCONDUCTIVE COMPUTER TECHNOLOGY

Technological	Financial
NSA's computing needs are outstripping conventional technology.	Market forces alone will not drive private industry to develop SC technology.
RSFQ technology is an excellent candidate for higher-performance computing capability.	The federal government will be the primary end user of SC computer technology.
RSFQ technology has a clear and viable roadmap.	Other federal government missions will benefit from advances in SC technology.

TABLE E-2. RSFQ SUMMARY

Technical Advantages	Technical Challenges
The most advanced alternative technology.	Providing high-speed and low-latency memory.
Combines high speed with low power.	Architecting systems that can tolerate significant memory access latencies.
Ready for aggressive investment.	Providing very high data rate communications between room temperature technology and cooled RSFQ.

TABLE E-3. DIGITAL RSFQ TECHNOLOGY'S CURRENT STATE OF THE INDUSTRY

Country	Entity	Status
	ISTEC/SRIL	<ul style="list-style-type: none"> Joint government/industry center, probably doing the most advanced work in digital RSFQ anywhere in the world today. Responsible for the Earth Simulator system.
	HYPRES	<ul style="list-style-type: none"> Private company focused entirely on SC digital electronics. Has operated the only full-service commercial foundry in the U.S. since 1983.
	Northrop Grumman	<ul style="list-style-type: none"> Had the most advanced foundry and associated design capability until suspended last year. Still has a strong cadre of experts in the field.
	Stony Brook U, UC Berkeley, JPL	<ul style="list-style-type: none"> Currently conducting academic research.
	Chalmers U of Technology	<ul style="list-style-type: none"> Currently conducting academic research.
	NSA, NIST	<ul style="list-style-type: none"> Have resident expertise.

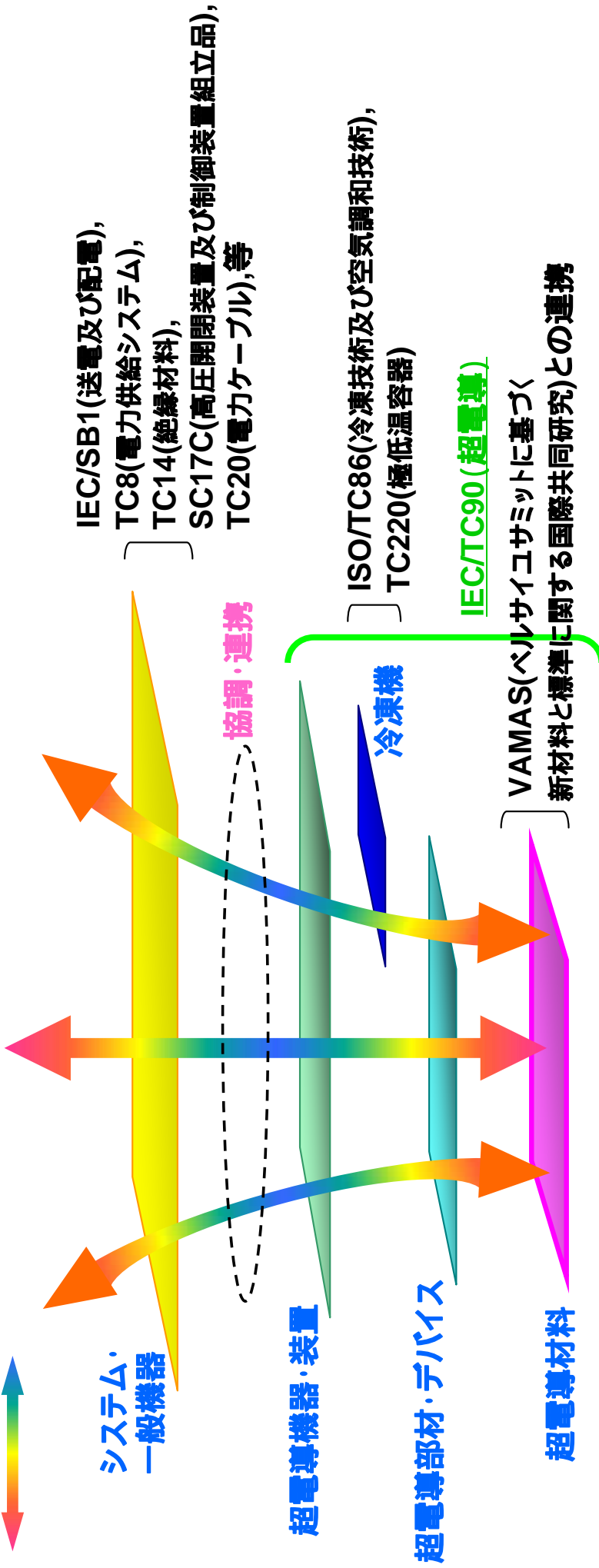
RSFQ技術の評価

米ではSFQをRSFQと呼称する
(米STA「超電導技術評価」報告書(2005.8)より抜粋)



(参考資料6：超電導標準化マップ)

活発 ← 将来活動 →

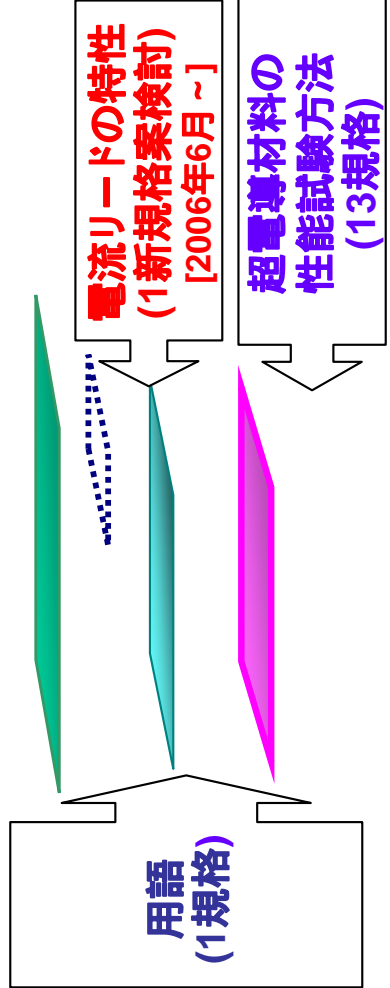


IEC/SB1(送電及び配電),
TC8(電力供給システム),
TC14(絶縁材料),
SC17C(高圧開閉装置及び制御装置組立品),
TC20(電力ケーブル),等

ISO/TC86(冷凍技術及び空気調和技術),
TC220(極低温容器)

IEC/TC90(超電導)

VAMAS(ベルサイユサミットに基づく
新材料と標準に関する国際共同研究)との連携



	Nb-Ti	Nb ₃ Sn	酸化物	MgB ₂
捕捉磁場	未定	未定	未定	未定
交流損失	未定	未定	未定	未定
臨界温度	未定	未定	未定	未定
表面抵抗	未定	未定	未定	未定
機械強度	未定	未定	未定	未定
銅比	未定	未定	未定	未定
残留抵抗比	未定	未定	未定	未定
臨界電流	未定	未定	未定	未定

規格化進捗状況

¹性能ごとの規格ではないため、規格数と項目数は一致していない。