次世代自動車クラスター形成に向けた
「GV（グリーンビークル）戦略マップ・ロードマップ」
～次世代自動車地域産学官フォーラム・技術開発セミナー～

開催日※：平成２３年7月１１日（月）１３：３０～１７：０５
会　　場：名古屋大学野依記念学術交流館

主催：　グリーンビークル戦略マップ・ロードマップ研究会
名古屋大学大学院工学研究科　材料バックキャストテクノロジー研究センター
名古屋大学　エコトピア科学研究所
名古屋大学　グリーンモビリティ連携研究センター
（財）名古屋産業科学研究所

後援：　経済産業省中部経済産業局

※）東日本大震災発生により平成２３年3月１５日開催を延期した

次世代自動車クラスター形成に向けた
「GV（グリーンビークル）戦略マップ・ロードマップ」
～次世代自動車地域産学官フォーラム・技術開発セミナー～

東日本大震災で被災された皆様に謹んでお見舞い申し上げるとともに、
一日も早い復興を心よりお祈りいたします。

趣旨：

電気自動車・プラグインハイブリッド車が国内外で相次いで市場導入またはリース販売され、従来の内燃機関自動車に替わる低炭素社会実現に向けた次世代自動車の研究開発に拍車がかかっている。しかし、次世代自動車技術・産業を確固たるものにするには革新的シーズ技術と限界を越えるブレークスルー技術の創出が不可欠であり、将来を見据えた研究開発が極めて重要である。

中部地域の大学等の研究者を中心とする「グリーンビークル戦略マップ・ロードマップ研究会（座長：名古屋大学　石川教授、齋藤教授）」では、人と地球環境に調和したグリーンビークルを未来自動車像として描き、材料技術を中心にゴールとそれに到達するための研究開発の道筋を戦略マップ・ロードマップとして取りまとめた。本マップは、電池、パワーエレクトロニクス、モータ、超軽量化材料・技術、リサイクル技術、センサー技術について2030年までの戦略マップ・ロードマップを提示した。産業界が事業の将来構想を描く際に未来図として活用でき、かつ中部地域オリジナル研究開発を明示することにより地域連携を促進することに資するよう努めた。

当研究会の活動は、昨年10月に発足した「次世代自動車地域産学官フォーラム」における次世代自動車クラスターの形成を目指す活動の一翼を担うものであり、活動成果を広く産業界の方々へ発信する機会として、本セミナーを開催するもの。

本セミナーでは、1）全体像及び電池、パワーエレクトロニクス、モータ、超軽量化材料・技術、リサイクル技術、センサー技術の6領域に関する戦略マップ・ロードマップの紹介、2）パネル展示による参加者・策定者との意見交換、3）産業界コメンテータを交えた総合討論を行い、グリーンビークル将来ビジョン及び次世代自動車開発に関する産学官の相互交流を図る。

今後、産業界との意見交換を継続的に進めつつ、技術領域に対応した研究会を結成して産学官連携プロジェクト研究の実現を図り、本戦略マップ・ロードマップで描いたビジョンを具現化する計画である。

●セミナー次第

司会：名古屋大学　鷺山　勝氏

1．開会挨拶（13:30-13:35）
　座長　名古屋大学大学院工学研究科材料バックキャストテクノロジー研究センター兼任教授　石川孝司氏
2．主催者・来賓挨拶（13:35-13:45）
　名古屋大学理事・副総長・グリーンモビリティ連携研究センター長　宮田隆司氏
　経済産業省中部経済産業局地域経済部長　岡田　武氏
3．講演(13:45-15:30)

司会：豊橋技術科学大学　福本昌宏氏

13:45-14:00　グリーンビークル戦略マップ・ロードマップ概要　－全体像－
座長　名古屋大学大学院工学研究科材料バックキャストテクノロジー研究センター
兼任教授　石川孝司氏

14:00-14:15　グリーンビークル戦略マップ・ロードマップ　－電池領域－
幹事　三重大学大学院工学研究科准教授　今西誠之氏

14:15-14:30 グリーンビークル戦略マップ・ロードマップ　－超軽量化材料・技術領域－
幹事　名古屋大学大学院工学研究科材料バックキャストテクノロジー研究センター
兼任教授　金武直幸氏

司会：産業技術総合研究所　村山宣光氏

14:30-14:45　グリーンビークル戦略マップ・ロードマップ　－モータ領域－
幹事　名古屋工業大学大学院工学研究科准教授　小坂　卓氏

14:45-15:00　グリーンビークル戦略マップ・ロードマップ　－パワーエレクトロニクス領域－
幹事　名古屋大学大学院工学研究科材料バックキャストテクノロジー研究センター
兼任教授　宇治原　徹氏

15:00-15:15　グリーンビークル戦略マップ・ロードマップ　－リサイクル領域－
幹事　名古屋大学エコトピア科学研究所環境システムリサイクル部門副部門長・
教授　市野良一氏

15:15-15:30　グリーンビークル戦略マップ・ロードマップ　－センサー領域－
幹事　名古屋大学大学院工学研究科准教授　渡慶次　学氏

4．パネル展示及び意見交換(15:30-16:00)
5．総合討論（16:00-17:00）　司会：名古屋大学　齊藤永宏氏
・全講演者
・産業界コメンテータ
（自動車）　トヨタ自動車（株）材料技術統括部企画総括室主査　鵜飼順三氏
三菱自動車工業（株）開発本部ＥＶ・パワートレインシステム技術部部長付　吉田裕明氏
（電池）　（株）GSユアサ　リチウムイオン電池事業部企画本部部長　中満和弘氏
（電池材料）三菱化学（株）電池機材事業部研究開発グループマネージャ　中島孝之氏
（パワーエレクトロニクス・センサー）
（株）デンソー研究開発1部パワエレシステム開発室長　藤綱雅己氏
（モータ）　（株）豊田中央研究所HVモータ研究室長　中井英雄氏
・特別参加　名古屋大学グリーンモビリティ連携研究センター　特任教授　辻信一氏
同　特任教授　原口哲之理氏
6．閉会挨拶（17:00-17:05）　座長　名古屋大学エコトピア科学研究所ナノマテリアル科学研究部門長・
教授　齋藤永宏氏

研究会活動の背景･目的･期待効果

背　景

･地球温暖化防止⇒
･厳しい自動車燃費規制
･　欧州：CO2排出130g/km以下
（17.9km/l相当）（2015年）
･米国が燃費15.1km/l(2016年)以上、
･日本が16.8km/l(2015年)以上

次世代車（EV、PHV）の相次ぐ市場投入･
開発競争激化･将来的な産業構造変化

2009　三菱･i-MiEV
富士重･スバルプラグインステラ
トヨタ･プリウスPHV
2010　日産･リーフ、GM･シボレーボルト、
Ford･Transit connect, Daimler･AクラスEセル

世界を先導するGVマテリアルイノベーションが不可欠

･電池技術、･高電力変換効率パワエレ、･超軽量化
･希土類金属フリーモータ、･リサイクル、･センサー技術

目　的

「GV戦略マップ･ロードマップの策定･見える化」

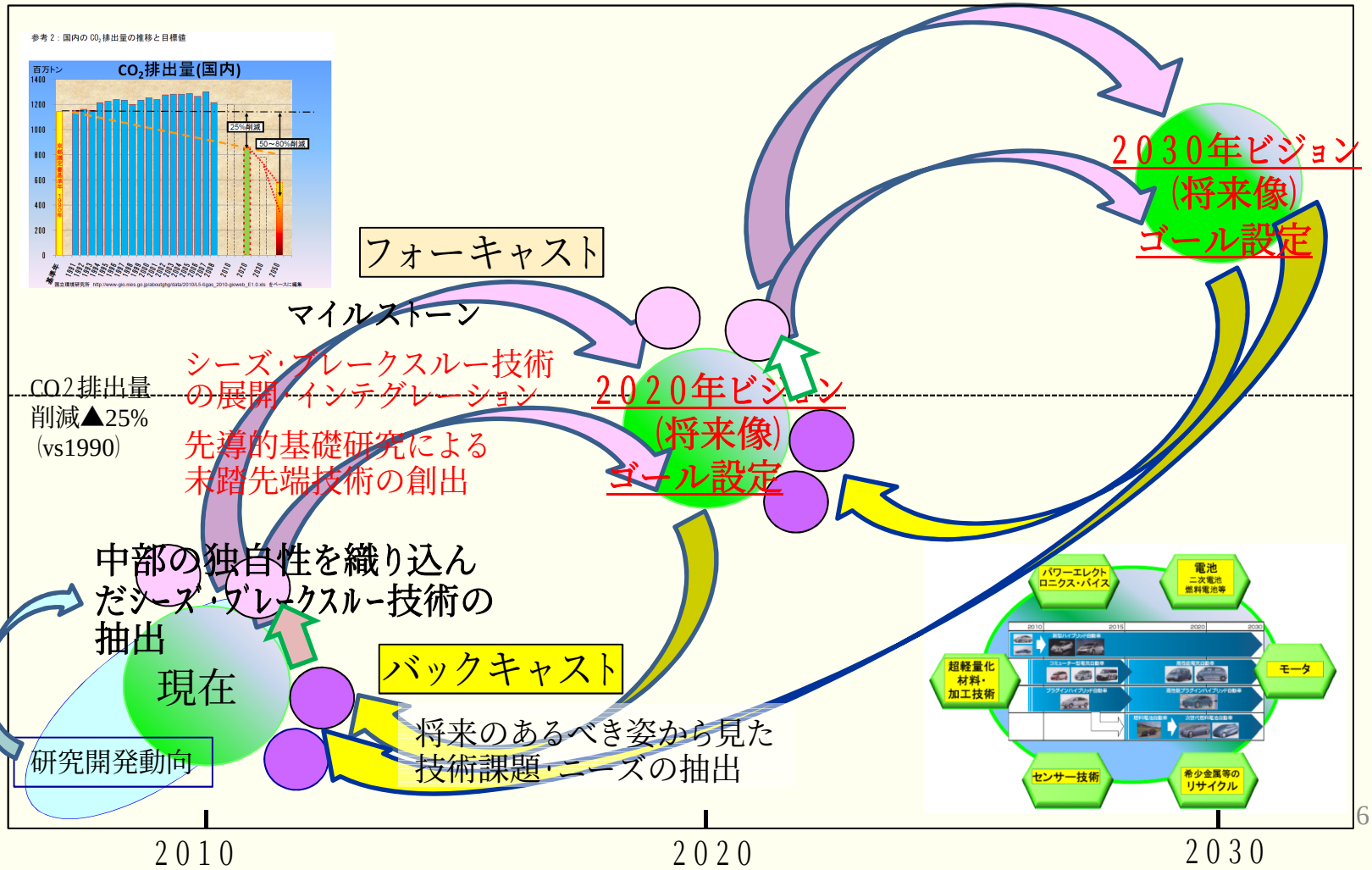
マテリアルイノベーションの推進とその
産業化に向けた長期ビジョンの策定

期待効果

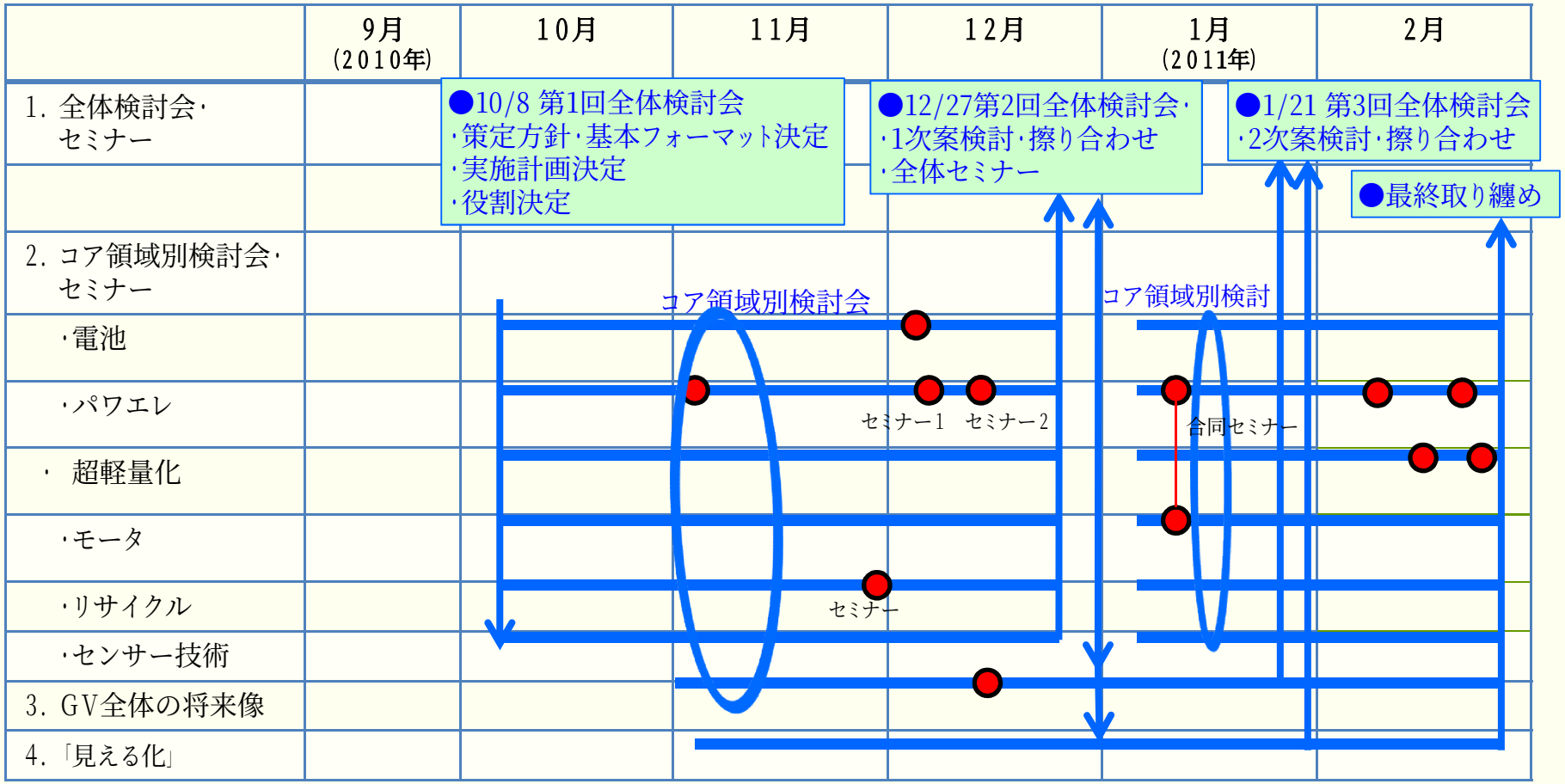
･大型プロジェクト研究開発の提案
･世界的研究開発グリッド（共同体）形成
･中部地区自動車産業構造の
再構築への貢献

基本策定方針

1. 2030年までのGV戦略マップ・ロードマップ（マテリアルイノベーションビジョン）を提示
2. 中部地区業界が事業転換を図るに際して未来図として利用できるよう継続的にバージョンアップを図る。
3. 戦略マップ：　①フォーキャスト、バックキャスト基づくマテリアルイノベーションのゴール設定、②中部地区の独自技術を織り込んだシーズ技術・ブレークスルー技術の抽出・設定、③未踏先端技術領域の創出を目指す先導的基礎・基盤研究の織り込み、④研究開発のインテグレーション高度化に向けた学学を含むグリッド型産官学連携研究
4. ロードマップ：　ゴールとマイルストーンを設定した研究開発の時系列的展開



活動経過



セミナー実施日	講演題目	講師	会場
10.12.27	文科省のグリーンイノベーション戦略	文科省・田口康課長	名古屋大学 野依記念学術交流館
	NEDOの電池電略	NEDO　弓取修二室長	
11.01.12	GVに向けたモータ・パワエレ技術の課題	名工大・松井信行教授	名古屋大学 工学研究科5号館
10.11.25	金属リサイクル	東大・岡部徹教授	
10.12.08	SiCパワーデバイス周辺技術の課題	デンソー・鶴田和宏室長	
10.12.13	GaNパワーデバイスのEV／HEVへの応用	豊田中研・加地徹主監	

研究会メンバー

1. 運営委員

役割	氏名	所属	役職
共同座長	齋藤　永宏	名古屋大学エコトピア科学研究所ナノマテリアル科学研究部門	部門長･教授
	石川　孝司	名古屋大学大学院工学研究科マテリアル理工学専攻 材料バックキャストテクノロジー研究センター	センター長･教授
コーディネータ	鷺山　勝	名古屋大学大学院工学研究科 材料バックキャストテクノロジー研究センター	特任教授
事務局	佐中　孝二	中部科学技術センターイノベーション創出推進室	統括コーディネータ

2. GV戦略マップ･ロードマップ策定委員

領域	氏名 (幹事:○)	所属	役職
電池	○今西　誠之	三重大学大学院工学研究科分子素材工学専攻	准教授
	淡野　正信	産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門	副研究部門長
	齋藤　永宏	名古屋大学エコトピア科学研究所ナノマテリアル科学研究部門	部門長･教授
	櫻井　庸司	豊橋技科大学工学部電気･電子情報工学系	教授
	園山　範之	名古屋工業大学工学研究科	准教授
	寺島　千晶	名古屋大学大学院工学研究科 材料バックキャストテクノロジー研究センター	特任准教授
	中山　将伸	名古屋工業大学大学院工学研究科物質工学専攻しくみ領域	准教授
	藤波　達雄	静岡大学工学部	特任教授
	村山　宣光	産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門	研究部門長
	余語　利信	名古屋大学エコトピア科学研究所ナノマテリアル科学研究部門	教授
パワーエレクトロニクス	○宇治原　徹	名古屋大学大学院工学研究科マテリアル理工学専攻	教授
	青木　睦	名古屋工業大学工学研究科情報工学専攻	准教授
	植田　研二	名古屋大学大学院工学研究科結晶材料工学専攻	准教授
	加藤　正史	名古屋工業大学工学研究科機能工学専攻おもひ領域	准教授
	平尾　喜代司	産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門	主幹
モータ	○小坂　卓	名古屋工業大学大学院工学研究科　おもひ領域 電気電子工学教育類　情報工学専攻担当	准教授
	稲熊　幸雄	大同大学工学部電気電子工学科	教授
	尾崎　公洋	産業技術総合研究所サステイナブルマテリアル研究部門	主任研究員
	加納　善明	豊田工業高等専門学校情報工学科	助教
	道木　慎二	名古屋大学大学院工学研究科電子情報システム専攻	准教授

注) 委員の所属･役職はH23年3月時点

領域	氏名 (幹事:○)	所属	役職
超軽量化 材料･技術	○金武　直幸	名古屋大学大学院工学研究科マテリアル理工学専攻	教授
	石川　孝司	名古屋大学大学院工学研究科マテリアル理工学専攻 材料バックキャストテクノロジー研究センター	兼任教授
	梅本　実	豊橋技術科学大学工学部機械工学系	教授
	坂本　満	産業技術総合研究所サステイナブルマテリアル研究部門	副研究部門長
	佐藤　紀夫	(財)科学技術交流財団	科学技術 コーディネータ
	寺島　千晶	名古屋大学大学院工学研究科 材料バックキャストテクノロジー研究センター	特任准教授
	中村　守	産業技術総合研究所サステイナブルマテリアル研究部門	研究部門長
	福本　昌宏	豊橋技術科学大学工学部機械工学系	教授
	森　謙一郎	豊橋技術科学大学工学部機械工学系	教授
リサイクル	○市野　良一	名古屋大学エコトピア科学研究所環境システムリサイクル科学部門	副部門長･教授
	伊藤　秀章	名古屋大学エコトピア科学研究所	特任教授
	小林　慶三	産業技術総合研究所サステイナブルマテリアル研究部門	グループ長
	齋藤　永宏	名古屋大学エコトピア科学研究所ナノマテリアル科学研究部門	部門長･教授
	平澤　政廣	名古屋大学大学院工学研究科マテリアル理工学専攻	教授
センサー	○渡慶次　学	名古屋大学大学院工学研究科化学･生物工学専攻	准教授
	大河内　美奈	名古屋大学大学院工学研究科化学･生物工学専攻	准教授
	山西　陽子	名古屋大学大学院工学研究科マイクロ･ナノメカトロニクス研究センター	准教授
全体像	石川　孝司	名古屋大学大学院工学研究科マテリアル理工学専攻 材料バックキャストテクノロジー研究センター	センター長･教授
	齋藤　永宏	名古屋大学エコトピア科学研究所ナノマテリアル科学研究部門	部門長･教授
	鷺山　勝	名古屋大学大学院工学研究科 材料バックキャストテクノロジー研究センター	特任教授

3. オブザーバ

役割	氏名	所属	役職
オブザーバ	亀井　敏之	経済産業省中部経済産業局地域経済部次世代産業課 次世代自動車室	室長
	本多　展浩		室長補佐
	川村　知子		係長
	今井　清人	経済産業省中部経済産業局地域経済部産業技術課 産学官連携推進室	室長補佐
	小柳　淳也		係長
	小澤　理夫	名古屋産業科学研究所中部TLO	事業部長

注) 委員･オブザーバーの所属･役職はH23年3月時点

グリーンビークル戦略マップ･ロードマップ概要

― 全体像 ―

担当委員:
石川(名大)、齊藤(名大)、鷺山(名大)

グリーンビークル将来像：
地球環境・人・科学技術が調和した未来社会を先導するモビリティ

元素戦略

資源循環（名大・伊藤特任教授）

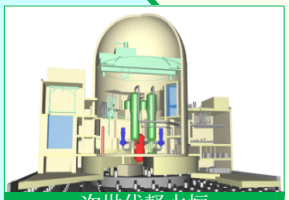
地球環境

低炭素・資源循環・自然共生

クリーンエネルギー利用拡大
スマートグリッド・コミュニティ
資源制約フリー、環境保全

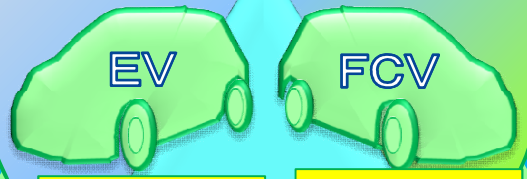
スマートコミュニティ

メガソーラー（中部電力）


次世代軽水炉

グリーンビークル

サステイナビリティ



先進安全性
・情報ネットワーク化

原子・分子制御
革新材料創成

人間行動モニタリング
（名大・大日方教授）

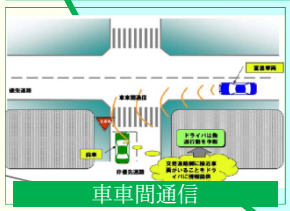
人

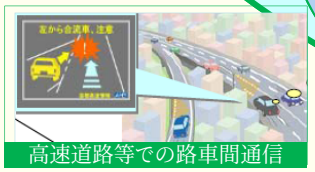
安全・安心

セーフティドライブアシスト

人間行動モニタリング

ICT・高度センシング技術による
先進安全モビリティ社会


車車間通信


高速道路等での路車間通信

リアルタイム走行情報提供

科学技術
情報通信

物質計算科学・高度情報通信

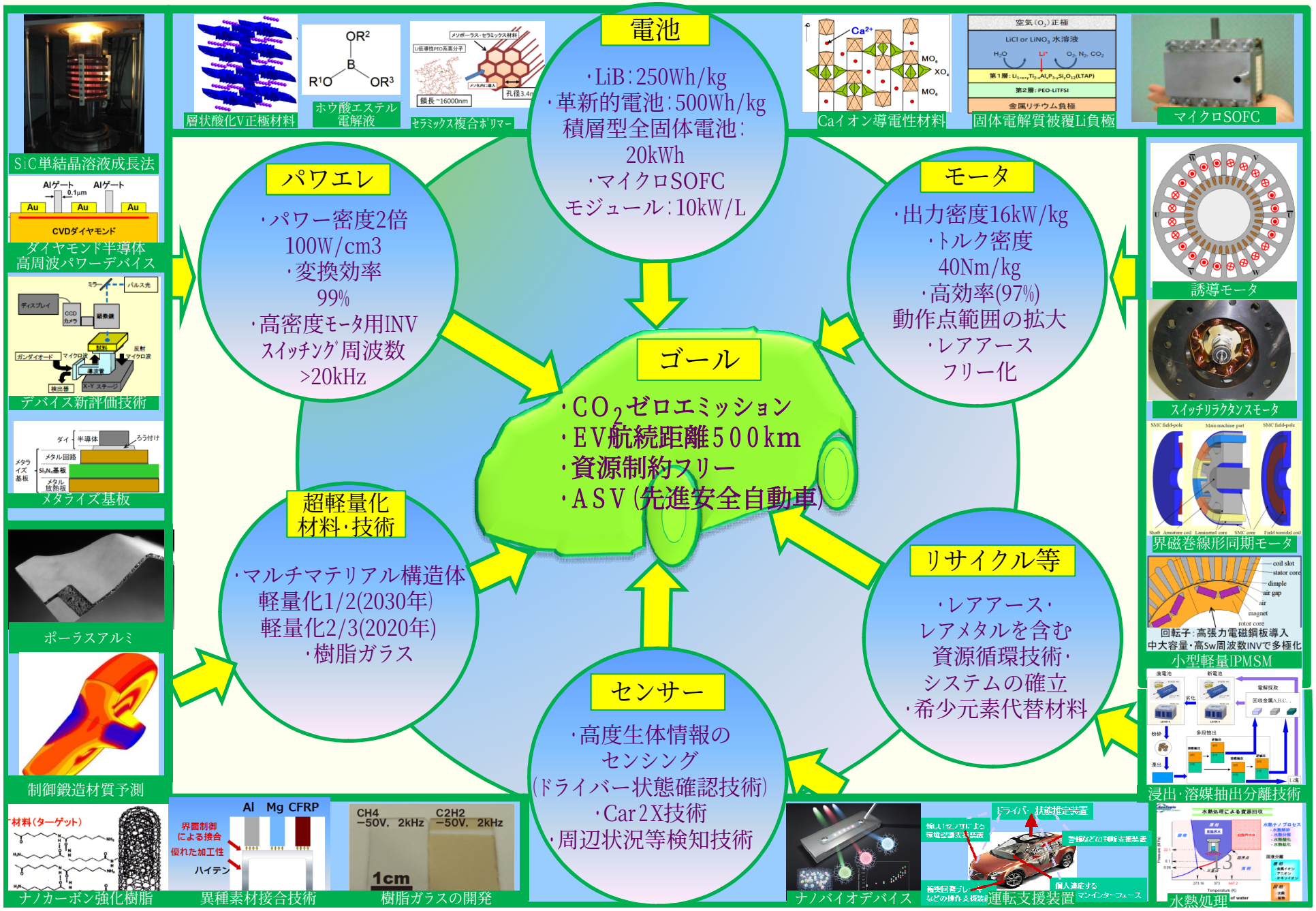
原子・分子制御・計算科学
による革新材料創成

モビリティ社会進化に向けた
ICT・ネットワーク技術の革新

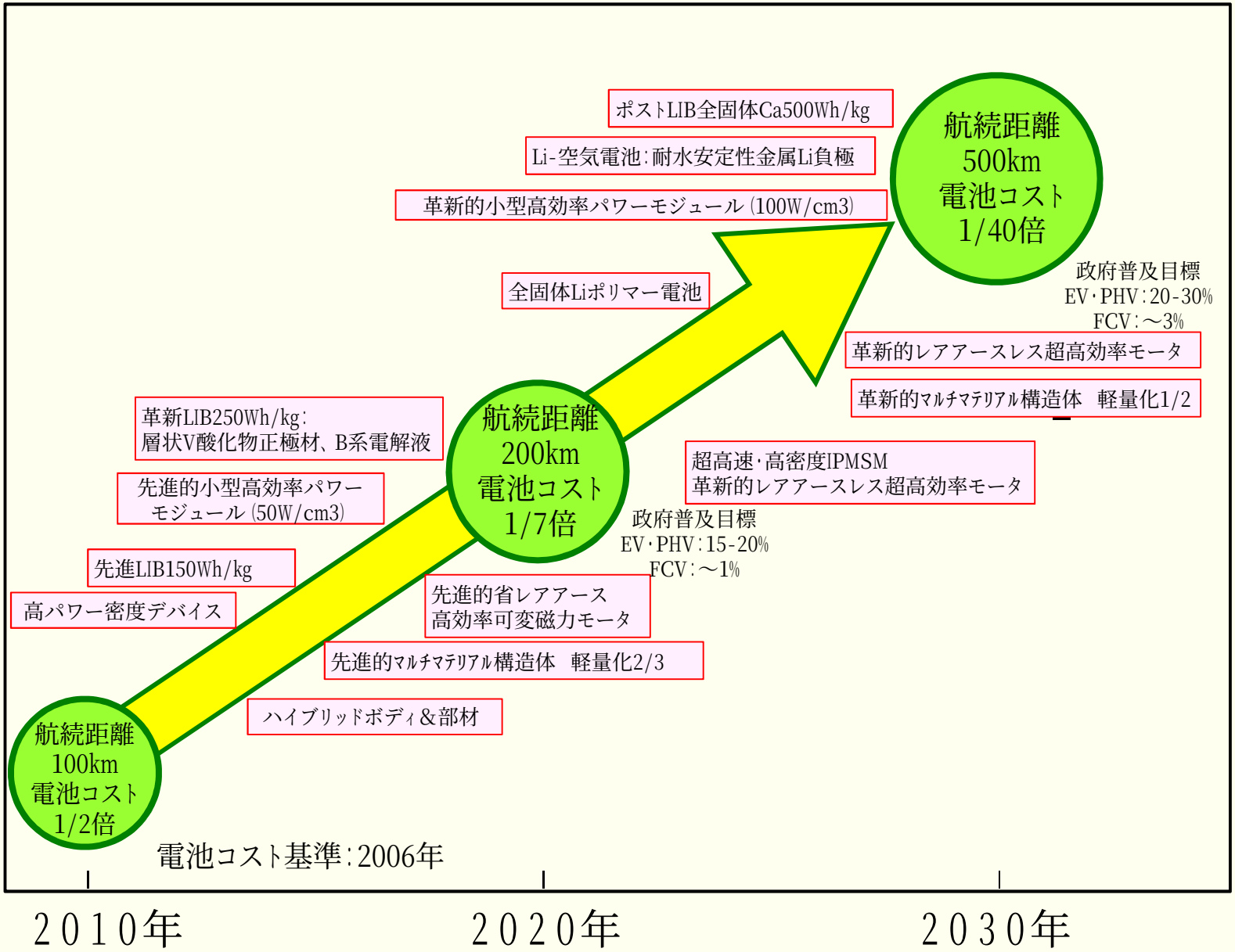
名大・反応科学超高圧
走査透過電子顕微鏡

名大シンクロトロン光研究センター

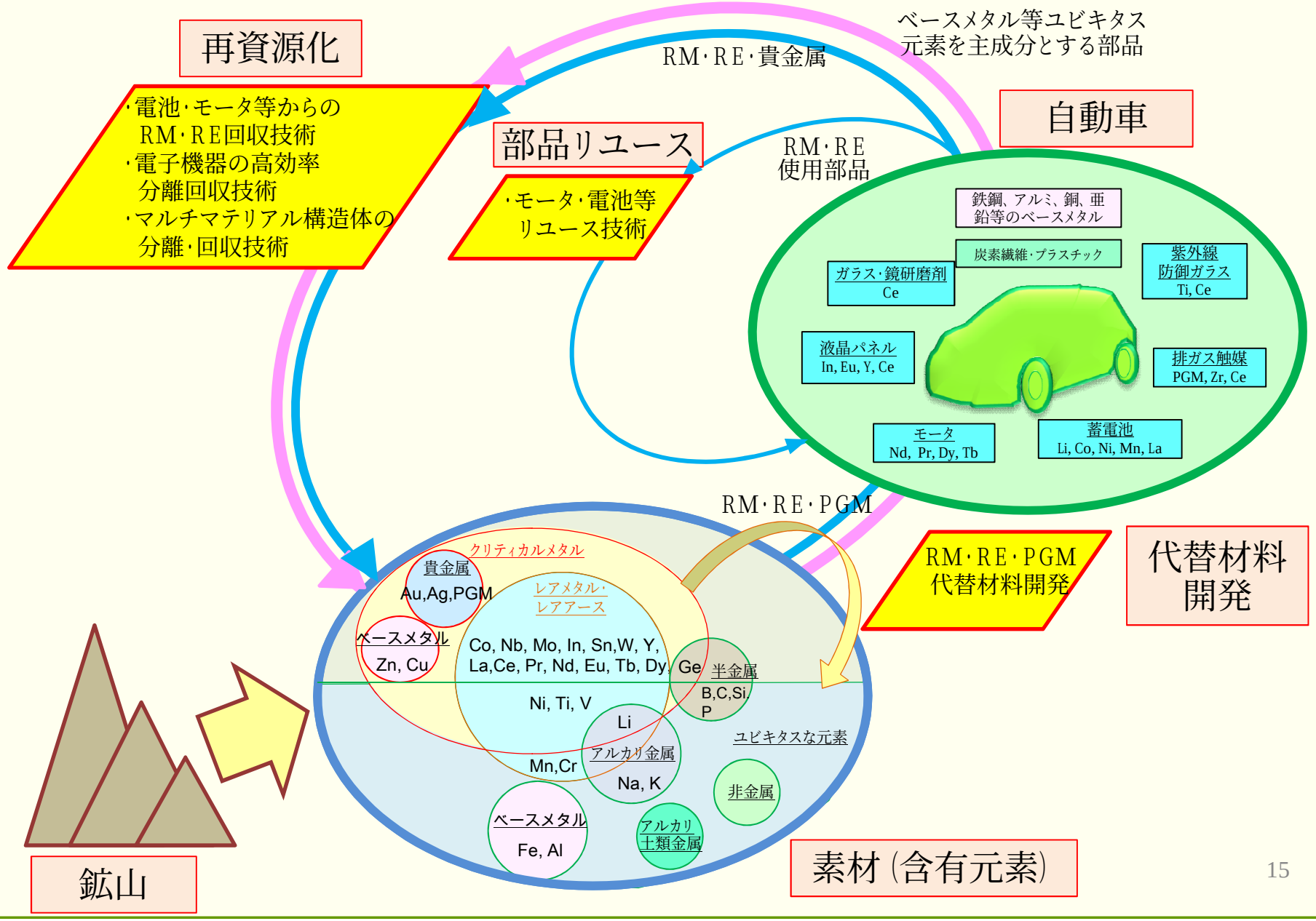
中部オリジナル技術開発と2030年GV技術像



ゴールに向けた研究開発シナリオ1
－EVの普及拡大によるZE化促進･航続距離 500km－



ゴールに向けた研究開発シナリオ2
ー資源制約フリー化（資源循環）ー



ゴールに向けた研究開発シナリオ３
－高度生体情報センサー等を装備したAdvanced Safety Vehicle －

Car２X技術

- 路車間通信技術
- 車車間通信技術
- 人車間通信技術

周辺環境検知技術

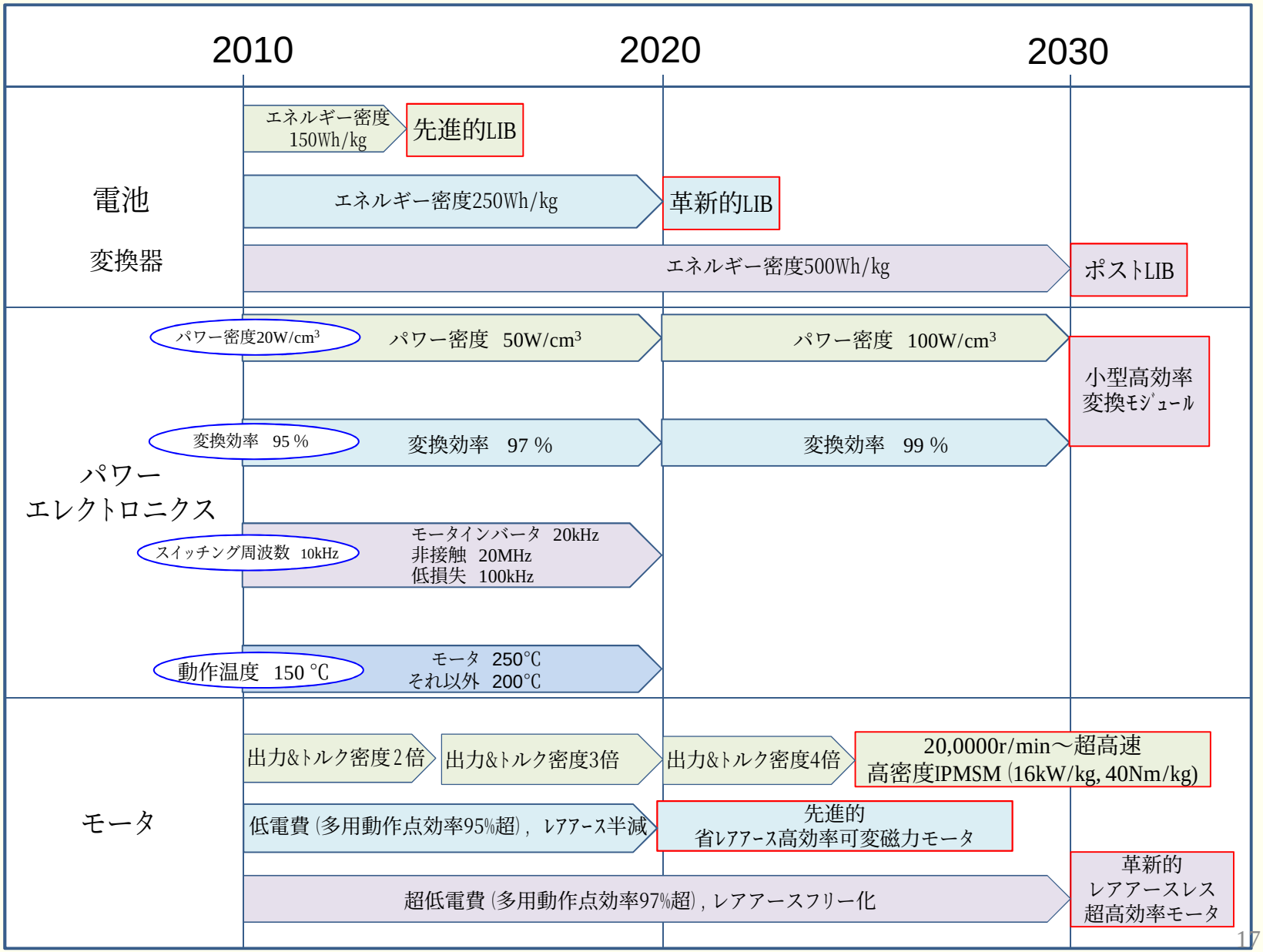
路側検知技術

ドライバー状態認識技術

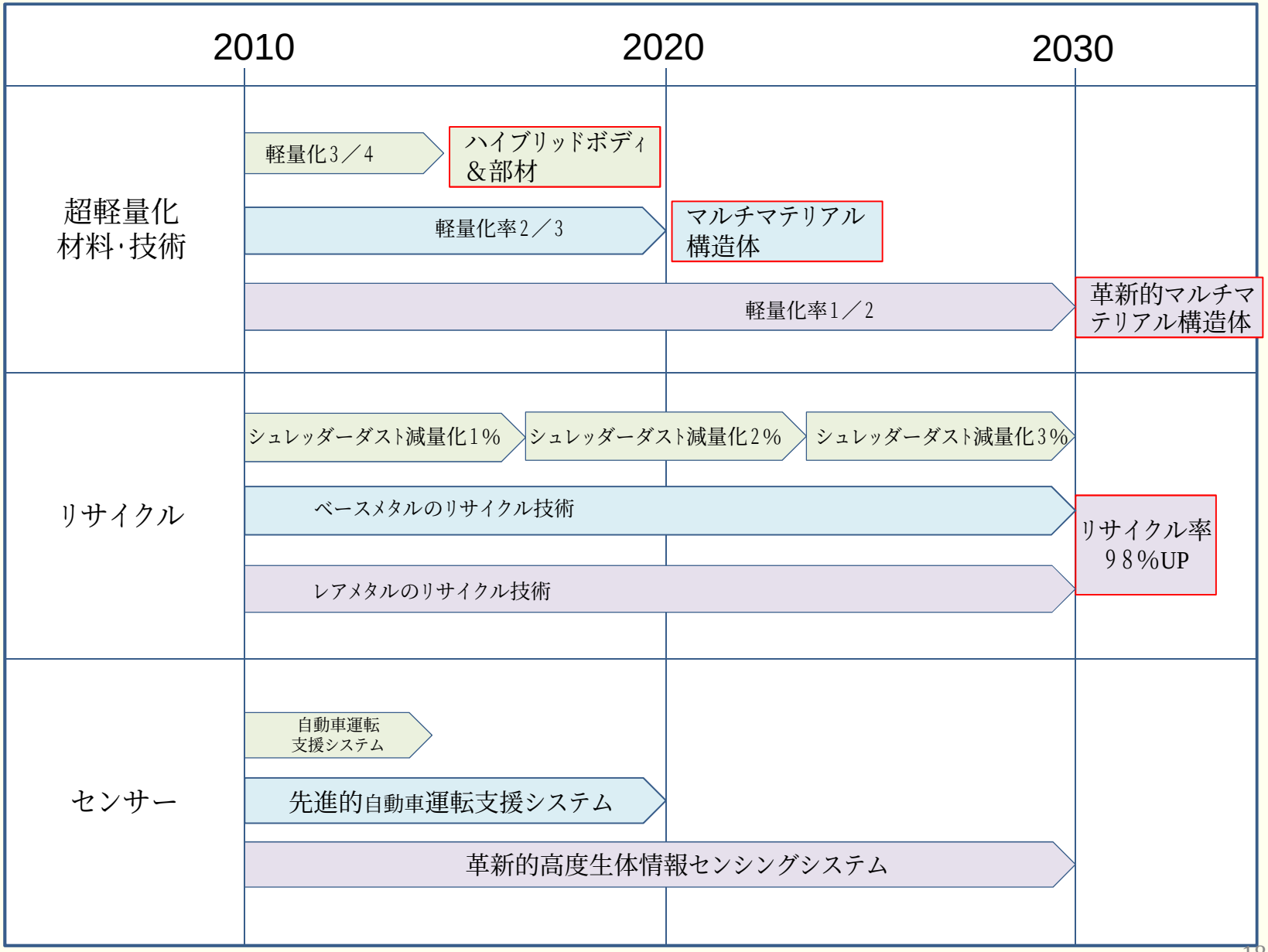
<u>高度生体情報センシング</u>

- 近赤外線（血糖値・眼球運動）
- におい／呼気／血流センサー
- インターフェース技術
- インプラント技術

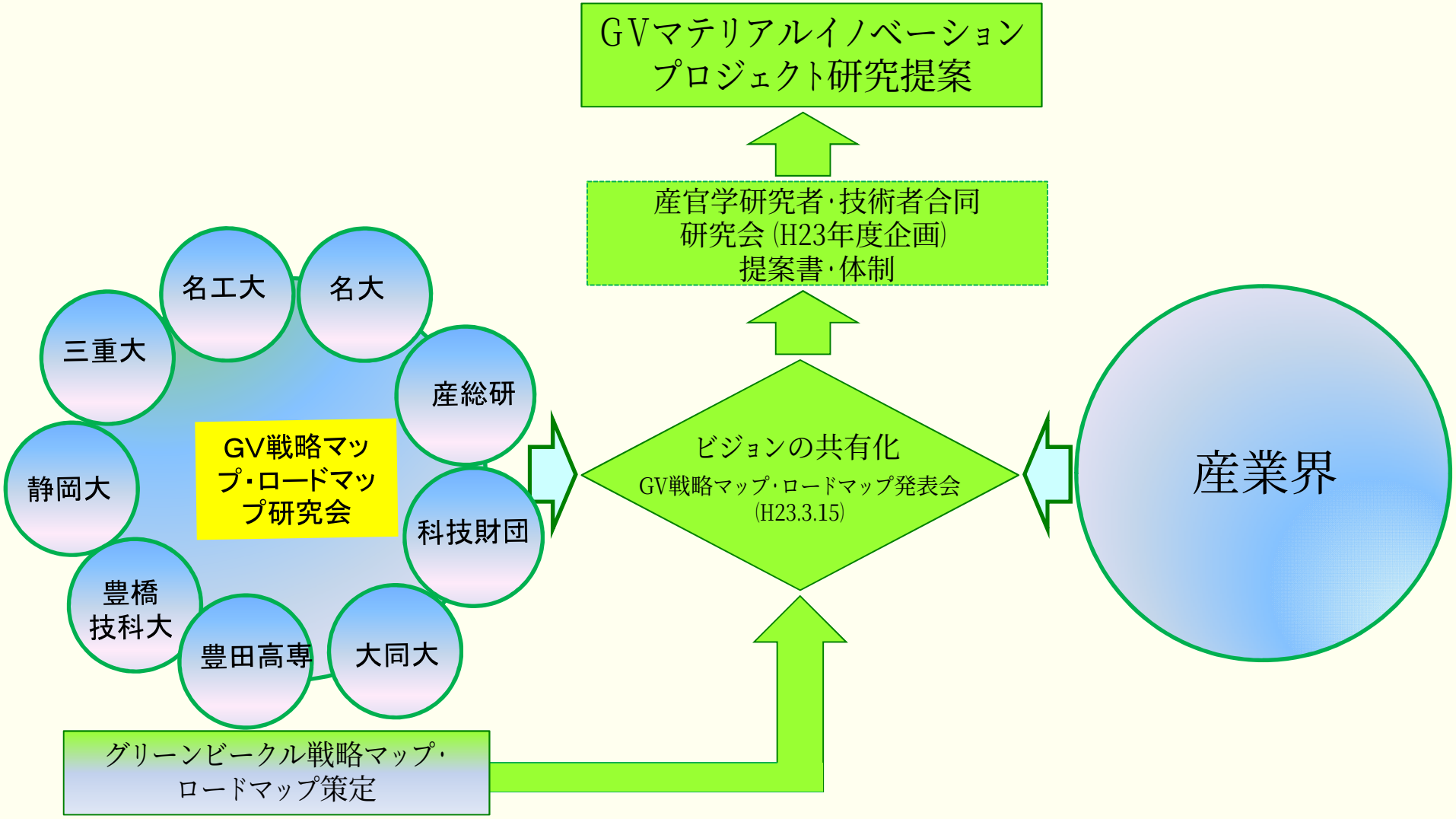
GV研究開発ロードマップ（概要）



GV研究開発ロードマップ(概要)



今後の方向：研究会およびプロジェクト研究の提案



中部地域における大学等の研究シーズを活かした産学連携研究開発プロジェクト化の推進

大学等シーズのロードマップ化（２２年度）

電池 | パワーエレクトロニクス | モータ | 超軽量化 | リサイクル技術 | センサー技術

名大 | 名工大 | 三重大 | 豊橋技科大 | 静岡大 | 大同大 | 豊田高専 | 産総研

ロードマップセミナー（7/11）

産業界とのマッチング・フェーズ（２３年度以降）

◆次世代技術開発の産学連携促進

○大学等の有するシーズ（シーズ領域及び参加大学等の拡大）と産業界ニーズとのマッチング

○研究開発課題の顕在化を通じた、中部の強みを活かした産学研究開発プロジェクト化

産学連携研究会活動

フェーズ２（産業界とのマッチング）

電池
＜研究者例＞
齋藤教授（名大）
藤代研究G長（産総研）
＜キーワード＞
製造プロセス技術の高度化
セラミックス電池

パワエレ
＜研究者例＞
宇治原教授（名大）
加藤教授（名工大）
平尾主幹研究員（産総研）
＜キーワード＞
実装技術、結晶技術、放熱設計

モータ
＜研究者例＞
小坂准教授（名工大）
道木准教授（名大）
尾崎研究G長（産総研）
＜キーワード＞
レアアース、放熱

超軽量化
＜研究者例＞
石川教授（名大）
福本教授（豊技大）
他、交渉中
＜キーワード＞
マルチマテリアル接合技術

リサイクル
＜研究者例＞
藤澤教授（名大）
他、交渉中
＜キーワード＞
解体・回収技術
新材料対応
上流側へのフィードバック

フェーズ１（シーズマップ化）

ｶｰﾛﾎﾞ・ﾋｭｰﾏﾝｿﾌｧｸﾀｰ
＜研究者例＞
大日方教授（名大）
他、交渉中
＜キーワード＞
個の安全→協調的安全

ＩＴＳ
＜研究者例＞
森川教授、山本教授（名大）、
他、交渉中
＜キーワード＞
車のプローブ化
交通システム

エネルギー
＜研究者例＞
北川教授（名大）
＜キーワード＞
融合領域・システム技術、熱交換技術、熱電変換、スーパーキャパシタ

◆地域企業群の次世代自動車参入支援

○セミナー、テクノフェア、オープンラボツアー等による企業向けプレゼンテーション

○企業への提案型コーディネートを通じたサポイン等活用による技術の高度化

＜次世代自動車コーディネーター＞

小澤統括CD（無機材　重機）◆原動機	山田副統括CD（電気企業）◆情報通信	岡本CD（電気企業）◆電気システム	木村CD（有機材企業）◆高分子材料	武藤CD（電装品企業）◆車載部品	祖父江CD（無機材企業）◆パワエレ	杉山CD（研究開発企業）◆自動車全般

◆実施主体：財団法人名古屋産業科学研究所　◆実施体制：中部地域の大学、研究機関、企業　等

グリーンビークル戦略マップ・ロードマップ

― 電池領域 ―

担当委員：

今西（三重大）（幹事）、淡野（産総研）、齊藤（名大）、櫻井（豊橋技科大）、園山（名工大）、寺島（名大）、中山（名工大）、藤波（静岡大）、村山（産総研）、余語（名大）

GV戦略マップ・ロードマップ（展望・研究開発動向）
― 電池領域 ―

1. 展望

電気化学的エネルギー変換は環境問題と資源エネルギーの問題の両者に対応できる技術として注目されている。自動車のEV化は化石燃料消費を抑制すると共にCO_2を低減する有効な方法である。ある試算によるとガソリン車のCO_2排出量を1.0とすると、HEVで0.5程度まで排出量を下げることが可能である。電池のみのEVになれば自動車からCO_2の排出はなくなる。
しかし市場化が始まっているpure EVは走行可能距離が短いという問題を抱えている。節約した走行でも150km程度、エアコン等を併用すると100km程度が現状と言われる。一充電あたりの走行距離を内燃機関並みに伸ばすためには、電池のエネルギー密度として500～700Wh/kgが必要と考えられている。一方で現在使用されているリチウムイオン電池（LIB）はエネルギー密度が100～150Wh/kg程度にとどまる。

このような背景からLIBのエネルギー密度を増大させる研究が行われている。従来のインターカレーション量を格段に増やすことを目指した電極材料開発、電池電圧を5V以上にするための耐酸化性電解質材料の開発などである。さらに大きな走行距離を安定的に得るにはハイブリッド化による畜電池のレンジエクステンダー化があり、一次側電源としては超小型のSOFCが挙げられる。

一方、内燃機関の完全互換には700Wh/kgが必要で、この数値を達成するには革新的な電池の開発が必要である。金属-空気（酸素）の組み合わせは高い理論エネルギー密度を有し、中でもリチウム-空気の組み合わせは1kWh/kg程度の理論エネルギー密度を発生し世界で盛んに検討されている。

2030年におけるEV用電池の未来像として、従来のLIBの高性能化による250Wh/kgの達成、革新電池による500Wh/kg以上の達成ならびにマイクロSOFCとのハイブリッド化を開発目標とする。これらの電池の開発によってEVの普及が促進され、環境とエネルギー問題の解決につながるものと期待される。

2. 研究開発動向

・<u>リチウムイオン電池</u>：静岡大ではNEDOのLi-EADプロジェクトにおいてホウ素化合物の特性を利用して、安全な5V級リチウムイオン電池を実現可能にする高耐電圧と難燃性を有する電解液開発の実績を有している。さらなる耐電圧の向上と難燃化を課題とする。名工大においては、層状バナジウム酸化物について異種金属添加とメカニカルミリングにより大きな容量を取り出すことに成功している。課題として金属添加条件の最適化、層間イオンの一部を異種イオンに置換することによる、サイクル特性の改善がある。

・<u>全固体リチウムイオン電池</u>：全固体リチウムイオンポリマー電池の実現を目指し、名工大ではポリマー電解質の機械的脆弱性を克服するために、従来のポリマー電解質をメソポーラス・セラミックス材料と複合化する。現在100サイクル程度の成果が得られている。名大においては、新規電解質としてリチウム塩の柔軟性結晶を合成し、高輸率と良好なイオン伝導性や耐電圧性を実現する。現在リチウムイオン輸率0.9を達成しており、今後室温伝導度$10^{-3}Scm^{-1}$を目指す。

・<u>革新的電池</u>：水溶液系リチウム-空気電池に用いる水に安定な複合負極を三重大学で開発する。また、名大において触媒担持した空気極をソリューションプラズマ法により合成する。非貴金属触媒によるコスト削減、耐食性のある高結晶性カーボン及び代替材料の開発が課題となる。豊橋技科大では、Caイオン伝導性の無機電極材料ならびに電解質材料として擬2次元層状V_2O_5, 3次元骨格構造NASICONのCa置換体の特性を明らかにしている。全固体Ca二次電池の実現に向けたオープン構造を持つ新規ホスト化合物・電解質材料の創製を課題とする。

・<u>マイクロSOFC</u>：産総研において小型高効率、低温作動、急速起動停止が可能なマイクロSOFCの製造プロセス技術をNEDOプロジェクト“セラミックリアクター”で開発。実用材料での低温作動化等、要素技術の成果と部材集積モジュール化に関する製造技術シーズが蓄積。蓄電池と組み合わせたハイブリッド電源としてエネルギーモジュールの高効率化を推進する。

GV研究開発マップA（研究アイテム総括） ― 電池領域 ―

技術カテゴリー1
リチウムイオン電池

1. 安定化層状バナジウム酸化物正極材料の開発（ブレークスルー研究）
2. ホウ素系電解液および添加剤の開発（ブレークスルー研究）

技術カテゴリー2
全固体リチウムイオン電池

1. ドライポリマー系電解質による全固体リチウムポリマー電池（シーズ研究）
2. 分子性有機固体電解質材料の開発（基礎・基盤研究）

電池領域のゴール（目標）

リチウムイオン電池: 250Wh/kg
革新的電池: 500Wh/kg
積層型全固体電池: 20kWh
マイクロSOFCモジュール: 10kW/L

中部地区のオリジナリティ

LIB用新規電極・電解質材料
空気電池・多価カチオン電池
マイクロSOFC

技術カテゴリー3
革新的電池

1. ソリューションプラズマを用いた金属空気電池用正極材料の合成（基礎・基盤研究）
2. 耐水安定性金属リチウム負極の開発（シーズ研究）
3. 多価カチオン伝導性材料の創製（基礎・基盤研究）

技術カテゴリー4
マイクロSOFC

1. マイクロSOFC開発及び畜電池とのハイブリッドモジュール化（実用化研究）

GV研究開発マップB
(主な注力研究･中部オリジナル研究･連携研究のコンセプト)
― 電池領域 ―

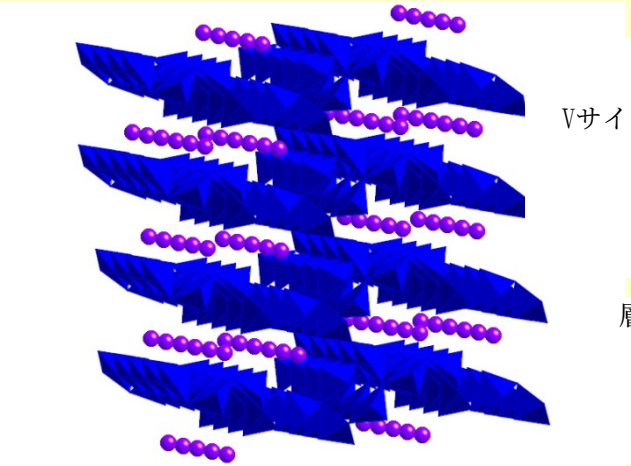
注力研究:安定化層状バナジウム酸化物正極材料の開発

ゴール(目的)

･結晶状態においても安定に充放電する層状バナジウム酸化物の開発
･異種金属添加による大容量化とフレームワーク強化によるサイクル特性向上
･新規固体電解質コートリチウム負極(三重大学)と組み合わせた実用電池作製

コンセプト

層状バナジウム酸化物の結晶構造と施す技術的対策



微粒子化
カーボンコート
Vサイトへの異種金属ドープ
↓
大容量化

層間距離の安定化
↓
サイクル特性

期待効果

高容量･高サイクル特性の酸化バナジウム系正極材料を開発する。この物質は五酸化バナジウムに比べ、層間にイオン半径の大きい金属イオンを含み、広い層間を有する。この材料は多電子還元で520 mAh/gの大きな理論容量を有する。耐デンドライト生成処理を施した金属リチウム負極と組み合わせて高エネルギー密度電池を開発することが期待される。

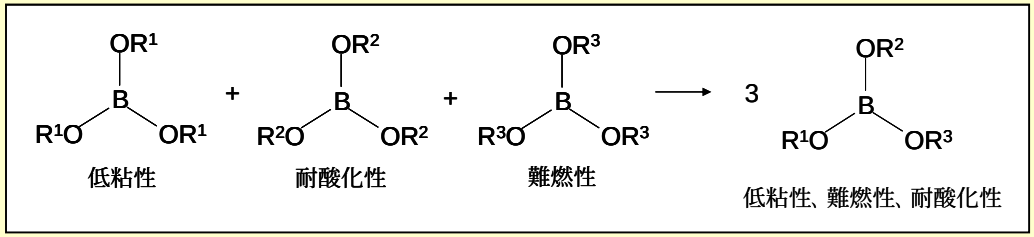
GV研究開発マップB
(主な注力研究･中部オリジナル研究･連携研究のコンセプト)
― 電池領域 ―

注力研究:ホウ素系電解液および添加剤の開発

ゴール(目的)

･ホウ素化合物の特性を利用して、安全な5V級リチウムイオン電池を実現可能にする高耐電圧と難燃性を有する電解液を開発する。
･高耐電圧ホウ酸エステルと炭酸エステルとの混合によって、$mScm^{-1}$オーダーのイオン導電率と5.5V以上の耐電圧を達成する。
･ホウ素系添加剤によって、高電位における電解液の分解を抑制する。

コンセプト



期待効果

ホウ酸エステルは置換基によって、高イオン導電率に必要な低粘性、耐酸化性および難燃性を付与でき、これらの特性を有する3種のホウ酸エステルを混合すると、自発的にエステル交換し、リチウム塩溶液にすると高イオン導電率、5V以上の耐電圧および難燃性を同時に実現できる次世代型の電解液が得られる。また、嵩高い置換基を持つホウ素環状化合物(ボロキシン)を炭酸エステル電解液に添加すると、$LiMn_2O_4$正極に対し5Vにおいても電解液の分解が抑制され、電解質－電極界面の抵抗が無添加の場合に比べ大幅に低減され、かつ安定化される。5V級電池への応用が期待され、さらに電池の劣化抑制によって長寿命化と高電圧での急速充放電サイクル特性向上も期待される。

GV研究開発マップB
(主な注力研究･中部オリジナル研究･連携研究のコンセプト)
― 電池領域 ―

注力研究:ドライポリマー系電解質による全固体リチウムポリマー電池

ゴール(目的)

･ポリマー電解質の機械的脆弱性を克服するために、従来のポリマー電解質をメソポーラス･セラミックス材料と複合化する。また、複合化によりリチウムイオン輸率を向上させるハイブリッド効果を付与される。
･ポリマー電解質の難燃化と導電性向上のため、ホウ酸エステル系可塑剤を用いた電解質を作成する。あわせて塩解離度とリチウムイオン輸率の向上を実現する。
･電池寿命特性の短期評価のための加速劣化試験およびインピーダンス解析技術

コンセプト

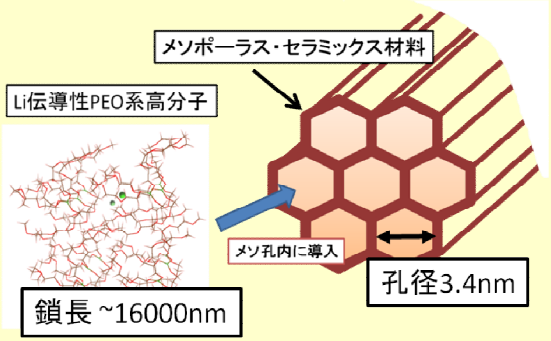


図1　ポリマー電解質のセラミックス複合化

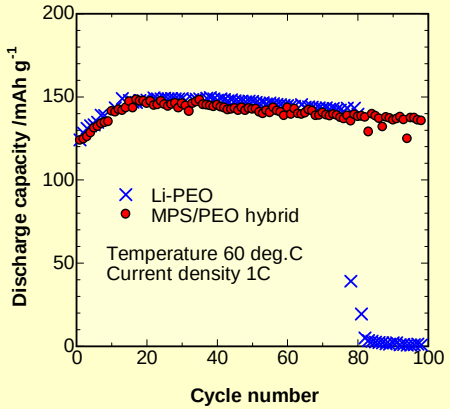


図2　複合化によるサイクル特性の改善
(赤、複合化電解質、青:従来型ポリマー電解質)

期待効果

ポリマー電解質にメソポーラスシリカ等を複合化し、電解質膜の機械的強度を向上させ薄膜化を実現する。同時にリチウムイオン輸率の向上も観測されていることから、正味のイオン導電性向上も期待できる。将来的には、セラミックス＝ポリマー電解質のハイブリッド効果を明らかにすることで、ポリマー電解質の性能限界を打破できると考えられる。(図1に概念図、図2に充放電結果)

GV研究開発マップB
(主な注力研究･中部オリジナル研究･連携研究のコンセプト)
― 電池領域 ―

注力研究:分子性有機固体電解質材料の開発

ゴール(目的)

･柔軟性結晶として振る舞うリチウム塩を開発し、固体状態でのイオン伝導性と高いリチウムイオン輸率を示す新規固体電解質を開発する。

･リチウム塩の分子構造制御により、室温でのイオン伝導度をmS cm^{-1}オーダーまで向上させる。

･リチウム塩の分子構造制御により、耐電圧性を5V以上に向上させる。

コンセプト

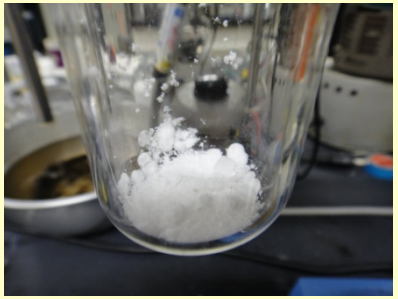


Fig.1 . 1の外観図

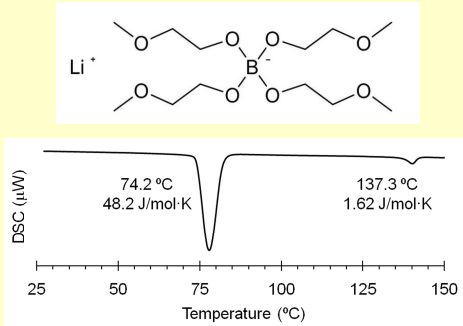


Fig.2 . 1の分子構造(上)とDSC測定結果(下)

期待効果

有機小分子の分子構造制御により、柔軟性結晶として振る舞うリチウム塩を開発する。また、このリチウム塩と異種リチウム塩との複合化による特性向上も検討する。すでに、柔軟性結晶リチウム塩として$[LiB(OCH_2CH_2OCH_3)_4]$ (1) を合成しており、ここへ$LiN(SO_2CF_3)_2$を添加することによりリチウムイオン輸率を0.9とし、伝導度を7000倍まで向上させることに成功している(Fig. 1, 2)。柔軟性結晶リチウム塩の構造を最適化することにより、実用化への目標値である室温で$1x10^{-3}$ S/cmの伝導度と高輸率、高耐電圧性を示す有機系固体電解質の開発につなげる。

GV研究開発マップB
(主な注力研究･中部オリジナル研究･連携研究のコンセプト)
― 電池領域 ―

注力研究:耐水安定性金属リチウム負極の開発

ゴール(目的)

･水溶液電解質中で可逆作動する表面を保護膜で被覆したリチウム負極の作成
･アルミラミネートを外装とする封止技術
･リチウムデンドライト抑制技術

コンセプト

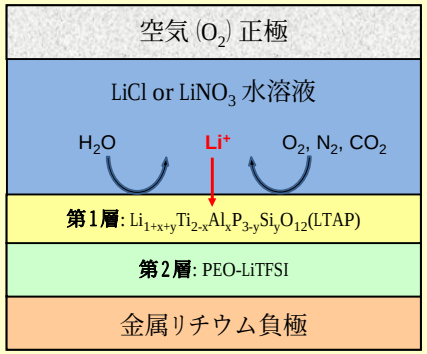


図１　リチウム複合負極を含む水溶液系リチウム･空気電池の構造

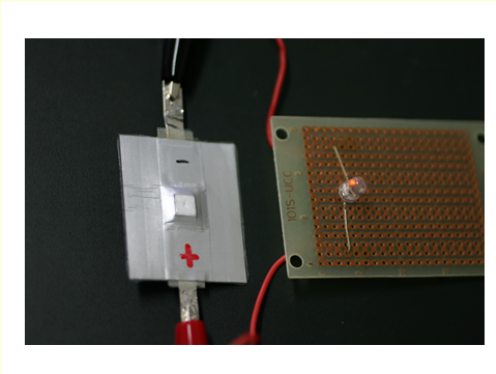


図２　積層型プロトタイプセルの作動の様子

期待効果

リチウム空気電池は理論エネルギー密度として5kWh/kgを有する。水を電解質としたリチウム空気電池では水に安定なリチウム負極を用い、大気中の水分の影響は受けず、また反応生成物LiOHは水に溶解するので充電時の分極は小さい。我々が検討している複合負極の構造は図1のようなものである。第1層に水に安定なセラミックスイオン導電体を用いる。第2層としてポリマー電解質を積層する。こうした3層積層型複合負極は0.5mA/cm^{2}で1000mAh/g以上の可逆容量を発生し内燃機関相当の700Wh/kgを達成することが期待できる。

GV研究開発マップB
(主な注力研究･中部オリジナル研究･連携研究のコンセプト)
― 電池領域 ―

注力研究:ソリューションプラズマを用いた金属空気電池用正極材料の合成

ゴール(目的)

･ソリューションプラズマによるシングルナノ材料の合成技術
･直径サイズの異なるCNT及び単層CNT･多層CNTの大量合成技術
･ソリューションプラズマによるCNT表面の高速処理技術
･CNTの精製、分散、成型技術によるCNT膜電極の作製技術

コンセプト

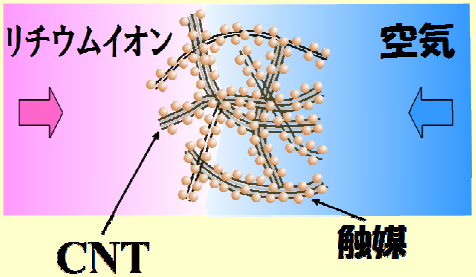


図１ CNTによるリチウム空気電池用正極のイメージ

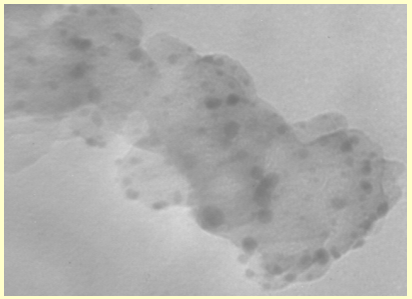


図２ ソリューションプラズマで合成したシングルナノ金粒子とカーボンブラックへの担持

期待効果

ソリューションプラズマによって触媒金属の合成と炭素材料への担持を同時に達成する技術を開発し、リチウム金属電池用の正極材料に適用する。この触媒は非水系電池における反応(酸素が還元されリチウムイオンと反応しLi_2O_2を生成)だけでなく、水溶液系リチウム空気電池の正極反応にも使うことができる。この触媒の最大の特長は、充電電圧を低く抑えられることである。生成したLi_2O_2から酸素発生反応を促進し、エネルギー効率を現状の65%程度からリチウムイオン電池並の80%前後まで引き上げたい。そうすることで、充電電圧を3.7V程度に抑えられ、電解液及び正極材料の酸化を抑制することができ、サイクル特性の改善につながる。また、非貴金属触媒によるコスト削減、耐食性のある高結晶性カーボン(含、CNT)についても、ソリューションプラズマ技術と融合させる予定である。

GV研究開発マップB
(主な注力研究･中部オリジナル研究･連携研究のコンセプト)
― 電池領域 ―

注力研究:多価カチオン伝導性材料の創製

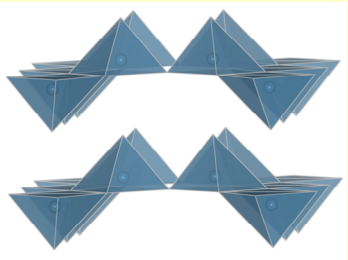
ゴール(目的)

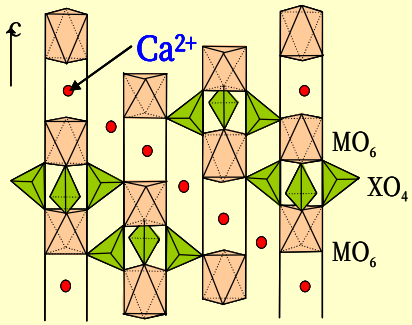
･多価カチオンを可逆的に挿入／脱離可能な、多価カチオン伝導性新規電極材料(無機ホスト化合物)を開発する

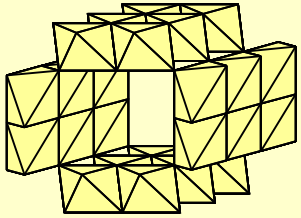
･多価カチオンを結晶構成元素として含み、その構造内を多価カチオンが高速移動できるイオン伝導性固体電解質を開発する

･電極材料･電解質材料の組み合わせ最適化に関する電池設計･プロセス技術を開発する

コンセプト







NASICON型Ca^{2+}イオン導電体

期待効果

中長期的蓄電技術として対象となっている革新的蓄電池の一つに多価カチオン電池がある。高電圧で安全性が高い電池系としての全固体Ca二次電池実現を目指して、Caイオン伝導性の無機電極材料ならびに電解質材料として各々擬2次元層状V_2O_5, 3次元骨格構造NASICONのCa置換体などの特性を検討している。このようなCaイオン伝導性材料の設計･合成技術を更に発展させて、上図に例示するようなオープン構造を持つサイクル特性に優れた新規ホスト化合物･電解質材料を創製し、高電圧･高エネルギー密度化かつ低コスト･高安全なCa二次電池を実現する。

GV研究開発マップB
(主な注力研究･中部オリジナル研究･連携研究のコンセプト)
― 電池領域 ―

産官学連携研究:マイクロSOFC開発及び蓄電池とのハイブリッドモジュール化

ゴール(目的)

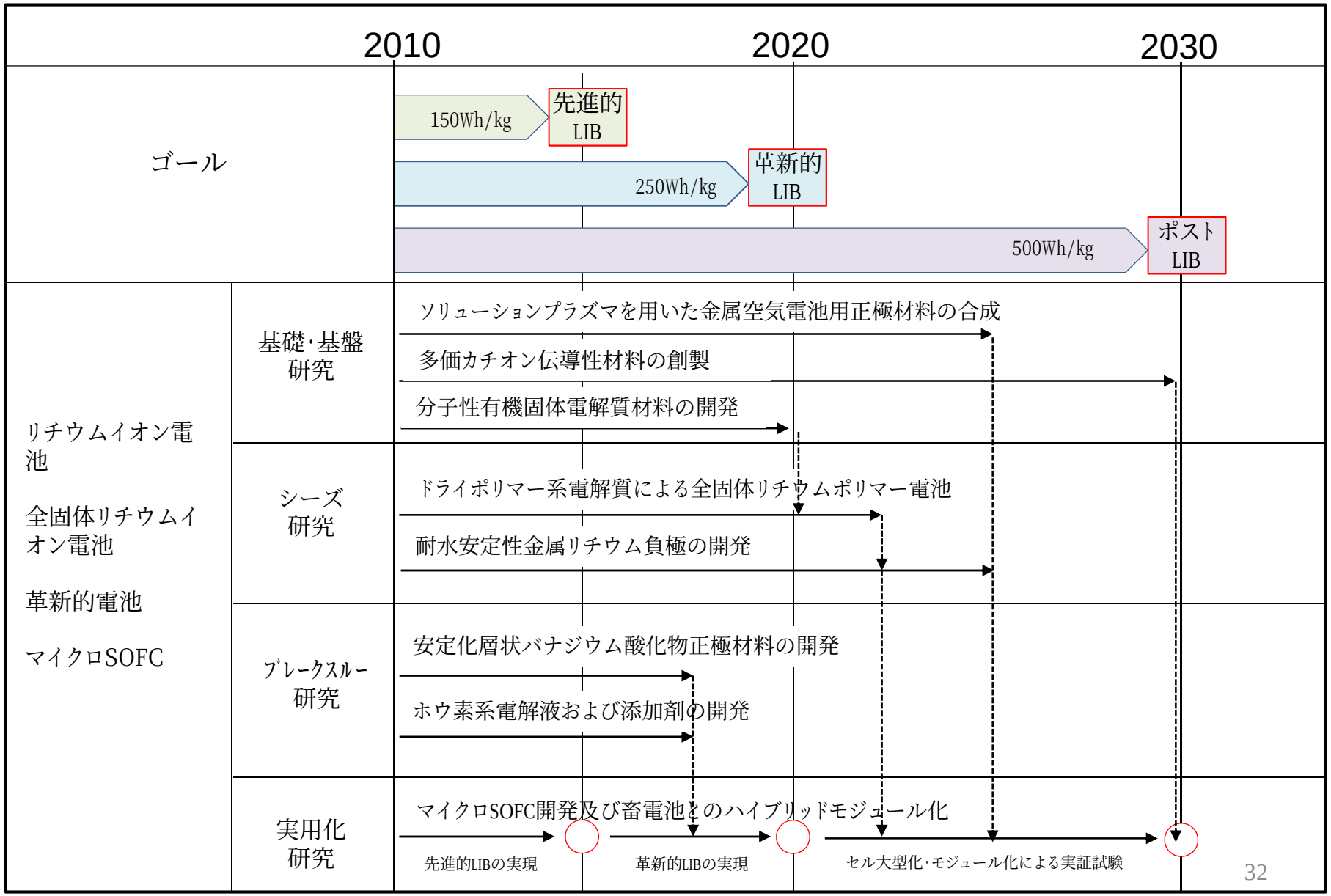
マイクロSOFCを次世代自動車の補助電源用に、蓄電池と組み合わせたハイブリッド電源としてエネルギーモジュールの高効率化を実現するための、材料･部材製造プロセス技術開発を推進する。マイクロSOFCとして、数～10kW程度の小型高出力･低温作動･高機動性･炭化水素燃料の直接使用可能な高出力の発電機を開発し、蓄電池としてポリマー･全固体型･金属－空気二次電池の各々を、必要スペックと技術開発レベルに応じて組合せることで、ハイブリッド電源のモジュール化とシステム実証を達成する。さらに、エネルギーモジュールの低コスト化を目指す。

コンセプト

期待効果

最近開発されたマイクロSOFCをベースとして、適用性向上による実用化展開でのスペック達成が可能。また、自動車APUあるいはEVレンジエクステンダーへの適用時には、蓄電池との組合せが必須であることから、GV向けハイブリッドシステムとしての成立が期待される。

GV研究開発ロードマップ
― 電池領域 ―



研究者マップ　－　電池領域　－

	リチウムイオン電池	全固体リチウムイオン電池	革新的電池	マイクロSOFC
大学・独法	●ホウ素系電解液および添加剤の開発 静岡大・藤波達雄・田中康隆 (有機材料化学) ●安定化層状バナジウム酸化物正極材料開発 名工大・園山範之 (電気化学)	●ドライポリマー系電解質による全固体リチウムポリマー電池 名工大・中山将伸 (固体電気化学) ●分子性有機固体電解質材料の開発 名大・余語利信 (無機材料化学)	●ソリューションプラズマを用いた金属空気電池用正極材料の合成 名大・寺島千晶 (プラズマ工学) ●耐水安定性金属リチウム負極の開発 三重大・今西誠之 (電気化学) ●多価カチオン伝導性材料の創製 豊橋技科大・櫻井庸司 (エネルギー変換工学) ●固体電解質を用いた新型蓄電池の反応解析 静岡大・入山恭寿 (電気化学)	●マイクロSOFC開発及び畜電池とのハイブリッドモジュール化 産総研・淡野正信 (セラミック材料科学)
公設研				
企業	●リチウムイオン電池製造 エナックス ●電解質材料製造 三菱化学 ●電極材料製造 日本化学工業	●高分子材料製造 日油 ●自動車用電池製造 新神戸電機	●EV用蓄電池開発 トヨタ自動車 豊田中央研究所 ●電池用各種セラミックス製造 日本ガイシ	●マイクロSOFCのモジュール製造 ノリタケ、日本ガイシ ●ハイブリッドモジュールの適用実証 デンソー

グリーンビークル戦略マップ･ロードマップ
― パワーエレクトロニクス領域 ―

担当委員:
宇治原 (名大) (幹事)、青木 (名工大)、植田 (名大)、加藤 (名工大)、平尾 (産総研)

GV戦略マップ・ロードマップ（展望・研究開発動向）
― パワーエレクトロニクス領域 ―

1. 展望

化石燃料の消費およびCO_2排出の削減が困難な内燃機関は経済的にも環境的にも持続的な利用が困難な状況にある。一方、現代社会は自動車のモビリティに依存した構造であるため、内燃機関依存の軽減とモビリティの確保を両立させる必要がある。電気エネルギーを動力源とするグリーンビークル（GV）の普及はこの問題の解決に非常に有効な手段である。

ここで電気エネルギーの利用には負荷に応じた電圧・周波数の変換が要求される。この変換技術として確立された技術が半導体デバイスを利用したパワーエレクトロニクス（パワエレ）であるが、GVにおけるパワエレモジュールに対する性能要求は過酷である。例えばパワエレモジュールの代表格であるモータインバータにおいては、システム軽量化・簡素化の要求を考慮すると2020年頃には従来の水冷でなく空冷化可能な250℃耐熱のモジュールが必要となる。また2030年までには、システムの更なる簡素化のためインホイールモータ構造、更にはモータ・インバータ一体化構造を狙う必要があるが、そのためにはインバータのエネルギー密度100 W/cm^{3}の実現が求められる。その他にもエアコン、バイワイアシステム等を駆動させるモジュールとして直流変換コンバータが必要であるが、高い変換効率とエネルギー密度を得るには100 kHzの変換周波数が要求される。また電池充電用非接触給電技術に利用されるモジュールには20 MHz動作の高周波インバータが要求される。いずれのインバータ・コンバータにおいても大電力化が避けられないため、変換効率は段階的に向上する必要があり、2030年までに変換効率99%の達成が望まれる。つまりGVにおいては小型高効率変換モジュールの実現が必須となる。

小型高効率変換モジュールの実現により、電力ロス低減、車内設計自由度向上が達成されGVの普及に寄与することが可能である。さらには汎用モジュールへの技術移転により、社会全体のエネルギー利用効率化への貢献も期待できる。中部地区は目標達成に必要となるモータ・インバータ一体化、材料加工等の技術シーズを有し、研究開発推進に最適な地域である。

2. 研究開発動向

パワエレ用半導体デバイスとして従来利用されてきた材料はシリコンであるが、この材料では今後要求される性能に対応することは困難である。それゆえ、SiC、GaN、ダイアモンドなどのワイドギャップ半導体材料によるデバイスを利用した高性能モジュールに期待が集まっている。例えばSiCを利用すれば高耐熱・高エネルギー密度のモジュールが実現でき、GaNではモジュールの高周波化が、さらにはダイアモンドではさらなる高周波・高温動作が期待できる。しかしながら、材料・モジュール開発において以下に示すような技術課題がある。

<u>結晶成長・基板作製：</u>ワイドギャップ半導体材料の結晶口径は現状市販レベルで最大4インチであり、結晶欠陥が多数存在するためデバイス歩留まりが悪い。SiCの溶液成長法もしくはダイアモンドヘテロエピ技術などの試みは一定の成功を収めているものの、実用化には更なる技術開発が必要である。よって結晶の大口径化・高品質化とその指針と得るための結晶評価技術の開発を推進する。

<u>デバイスプロセス：</u>ワイドギャップ半導体デバイスを作製するには高温処理、高硬度加工等のプロセス技術が必要となる。また、ゲート絶縁膜・電極形成技術もデバイスの電気抵抗低減に必要な技術である。デバイス構造としては横型および縦型MOSFETが実現しているが、目標とするエネルギー密度達成にはトレンチMOSFET、さらには新規構造の実現が必要である。

<u>モジュール作製：</u>高エネルギー密度・高耐熱のモジュールの実現には、デバイスからの高効率放熱、さらには半田・封止材および他の受動素子の高耐熱化が要求される。例えば窒化ケイ素絶縁放熱材料等の開発が進んでいるが、他の材料開発も必要である。一方、高周波動作には低インダクタンス配線の開発および放射電磁波の制御が要求される。さらにはモジュールにおける効率的な熱制御・電磁環境制御を実現するためにはマルチフィジックスシミュレーション技術の進展が望まれる。なお、モジュール技術の開発には汎用パワエレ技術の知見も取り入れた総合的な研究実施が望まれる。

GV研究開発マップA（研究アイテム総括） ― パワーエレクトロニクス領域 ―

技術カテゴリー1
SiC、GaN、ダイヤモンド結晶

・結晶欠陥評価（基礎・基盤研究）
・高純度原料（ﾌﾞﾚｰｸｽﾙｰ研究）
・SiC溶液成長（ﾌﾞﾚｰｸｽﾙｰ研究）
・高品質バルク、GaN基板（ﾌﾞﾚｰｸｽﾙｰ研究）
・SiC基板（実用化研究）
・エピタキシャル・レス基板（実用化研究）
・ダイヤモンド（実用化研究）
・GaN/Si （実用化研究）
・大口径エピ（均一濃度・膜厚）（実用化研究）
・高品質バルク、GaN基板上エピ（実用化研究）

技術カテゴリー2
デバイスプロセス

・光スイッチング（基礎・基盤研究、シーズ研究、実用化研究）
・局所ドーピング・ダメージフリードーピング（シーズ研究、実用化研究）
・スーパージャンクション（ﾌﾞﾚｰｸｽﾙｰ研究、実用化研究）
・集積MOS （ﾌﾞﾚｰｸｽﾙｰ研究、実用化研究）
・プロセス装置（実用化研究）
・ゲート形成技術（実用化研究）
　・電極形成技術（実用化研究）
　・縦型MOS（SiC）（実用化研究）
　・横型MOS（GaN）（実用化研究）
　・トレンチMOS（実用化研究）

領域のゴール（目標）

小型高効率変換モジュール
パワー密度（100W/cm3），効率(99%)
スイッチング周波数
・ 高密度モータ用インバータ(>20kHz)
・ 高周波非接触給電用インバータ（20MHz）
・ 低損失直流変換コンバータ（100kHz）
動作温度（モータ 250℃、それ以外200℃）

中部地区のオリジナリティ

・モジュール、モータ、エンジン一体化技術
・材料加工技術

技術カテゴリー3
基板作製

・電解研磨など新技術（ﾌﾞﾚｰｸｽﾙｰ研究）
・放電加工、レーザーなど新技術
（ﾌﾞﾚｰｸｽﾙｰ研究）
・研磨技術（高効率、高精度）（実用化研究）
・切断技術
（手法：ブレード、ワイヤソー、
課題：高効率化、極薄化、チッピング低減）（実用化研究）

技術カテゴリー4
モジュール作製

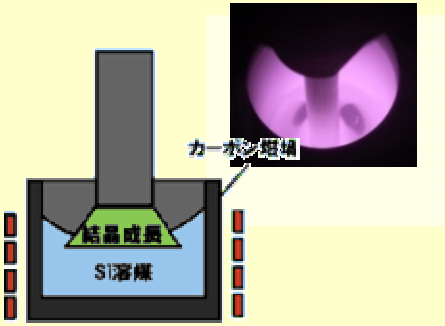
・モジュールのサーマルマネジメント
（基礎・基盤研究、シーズ研究、
実用化研究）
・モジュール・マルチフィジックスシミュレーション
技術（シーズ研究、実用化研究）
・耐熱受動電子部品（ﾌﾞﾚｰｸｽﾙｰ研究）
・EMC抑制制御・高電圧大電流制御技術（ﾌﾞﾚｰｸｽﾙｰ研究、
実用化研究）
・高周波動作・低インダクタンス配線（実用化研究）
・駆動回路集積化（実用化研究）
・絶縁放熱構造　高熱伝導メタライズ基板（実用化研究）
1) Si_3N_4基板の熱伝導率向上>140W/(mK)、
2) AlN基板の強度向上、
3) メタライズ基板の耐ヒートサイクル性向上
4) 高分子系高熱伝導材料の開発
・耐熱はんだ、封止剤（実用化研究）

ＧＶ研究開発マップＢ
（主な注力研究・中部オリジナル研究・連携研究のコンセプト）
― パワーエレクトロニクス領域 ―

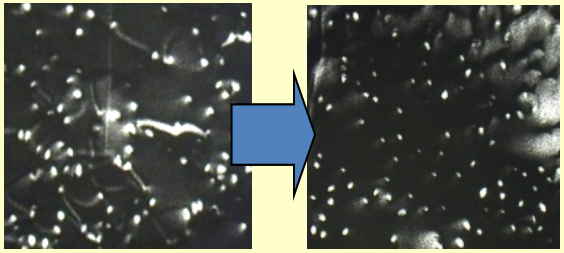
低欠陥SiC基板結晶育成技術

ゴール（目的）：昇華法では実現できない高品質・低コストSiC基板結晶の実現（SiC開発のルーツ）

コンセプト　　昇華法から溶液法へ



X線トポグラフィー像によると、成長後にはＢＰＤの影は全くなくなっている。



昇華法　　溶液法

期待効果：高品質・低コストSiC基板の実現。

GV研究開発マップB
(主な注力研究･中部オリジナル研究･連携研究のコンセプト)
― パワーエレクトロニクス領域 ―

高強度･高信頼性窒化ケイ素メタライズ基板の開発

ゴール(目的):高強度(>600 MPa)、高熱伝導(>140W/mK)、高靱性(>9MPam$^{1/2}$)を併せ持つSi_3N_4基板、並びに耐熱サイクル特性に優れたメタライズ法の開発

コンセプト

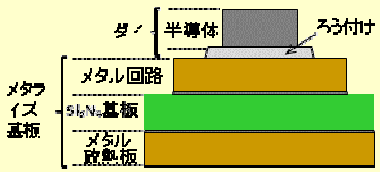
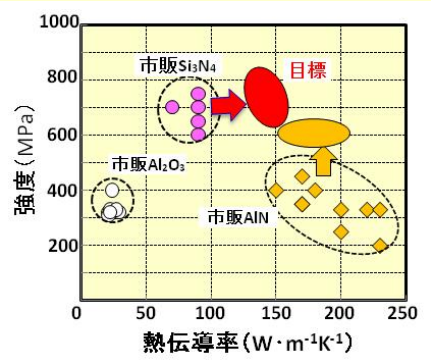


図. 窒化ケイ素基板と同基板へメタライズを行った構造例

基板
開発目標



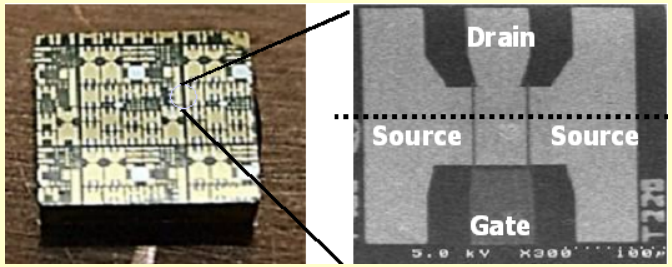
期待効果:絶縁構造の放熱性･信頼性向上によりモジュール設計の自由度が拡大。

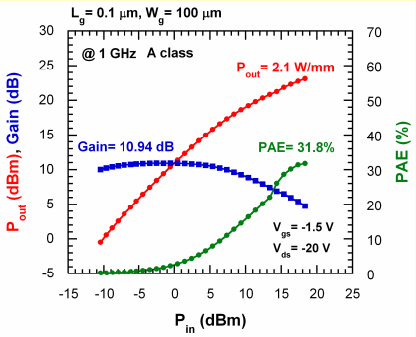
GV研究開発マップB
(主な注力研究･中部オリジナル研究･連携研究のコンセプト)
― パワーエレクトロニクス領域 ―

ダイヤモンド高周波パワートランジスタ開発

ゴール(目的):既存の半導体の性能を上回る高周波高出力領域で動作するデバイスの開発

コンセプト:高周波パワーデバイスとしてのポテンシャルの高いダイヤモンド半導体を用いる





1GHzで2.1 W/mmの出力電力密度(実用レベルの2倍)

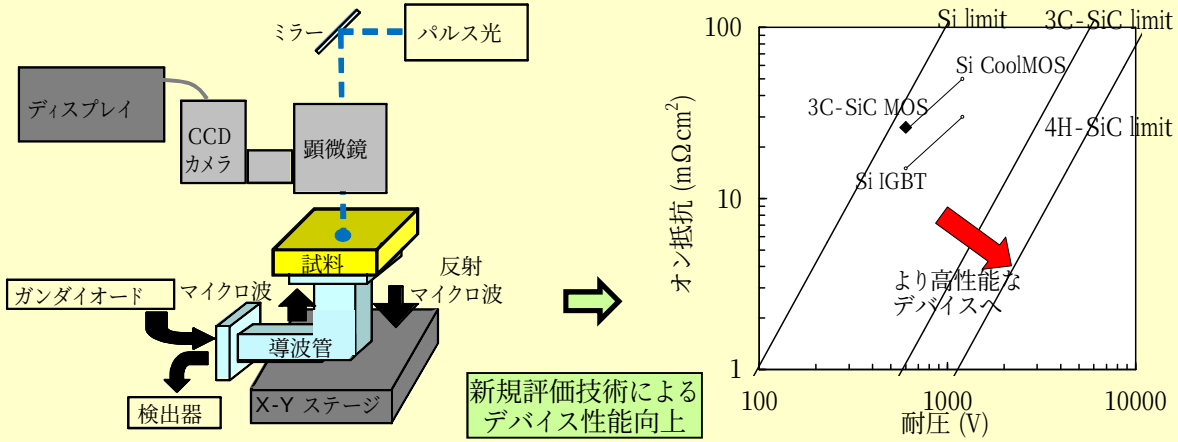
期待効果:無線通信等の更なる高周波化、大電力化。

GV研究開発マップB
(主な注力研究･中部オリジナル研究･連携研究のコンセプト)
― パワーエレクトロニクス領域 ―

パワエレ半導体材料･デバイス評価

ゴール(目的):新規評価技術を駆使し、パワエレ材料･デバイス性能向上法を提言

コンセプト



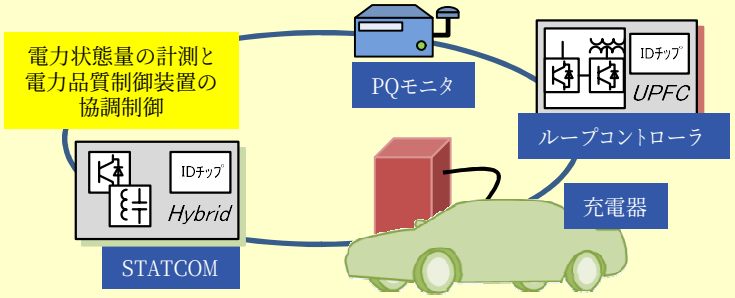
期待効果:材料･デバイス性能向上による低損失大電力デバイス量産化。

GV研究開発マップB
(主な注力研究･中部オリジナル研究･連携研究のコンセプト)
― パワーエレクトロニクス領域 ―

パワエレ応用による配電系統の電力品質向上

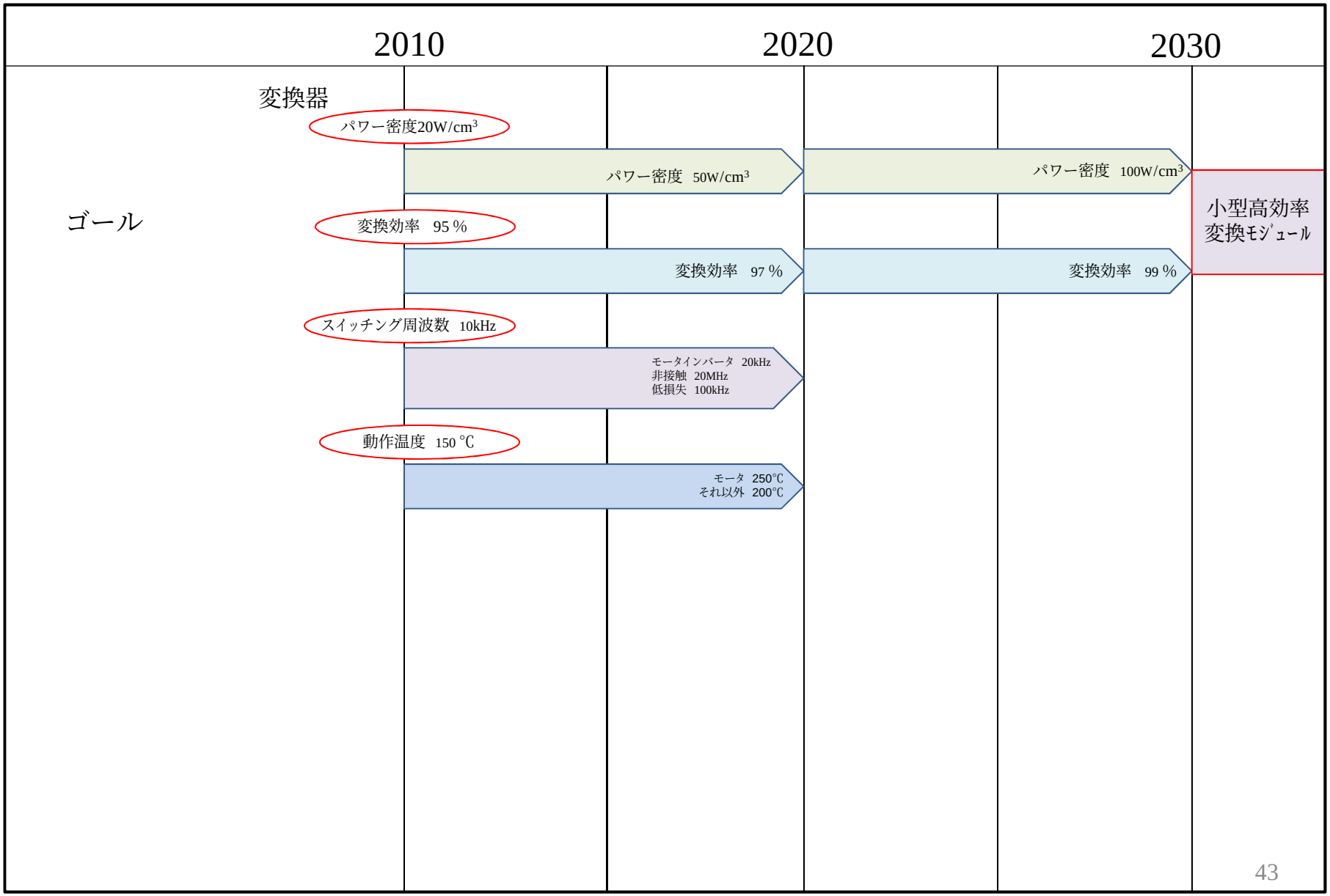
ゴール(目的):EVの大容量化, 大量連系に対応する系統機器の開発･制御法の構築

コンセプト

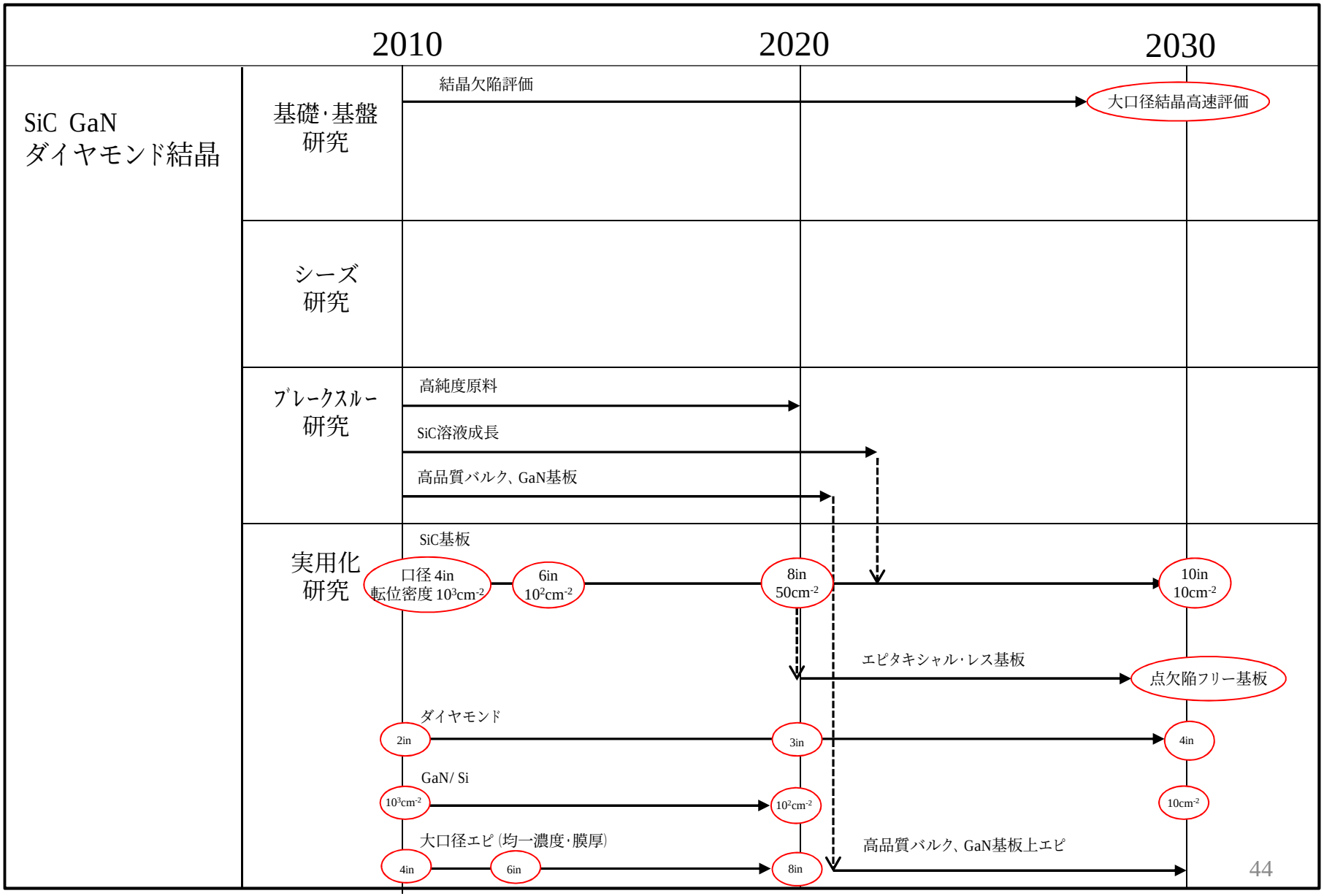


期待効果:スマートコミュニティにおける高品質な電力の安定供給, 損失最小化。

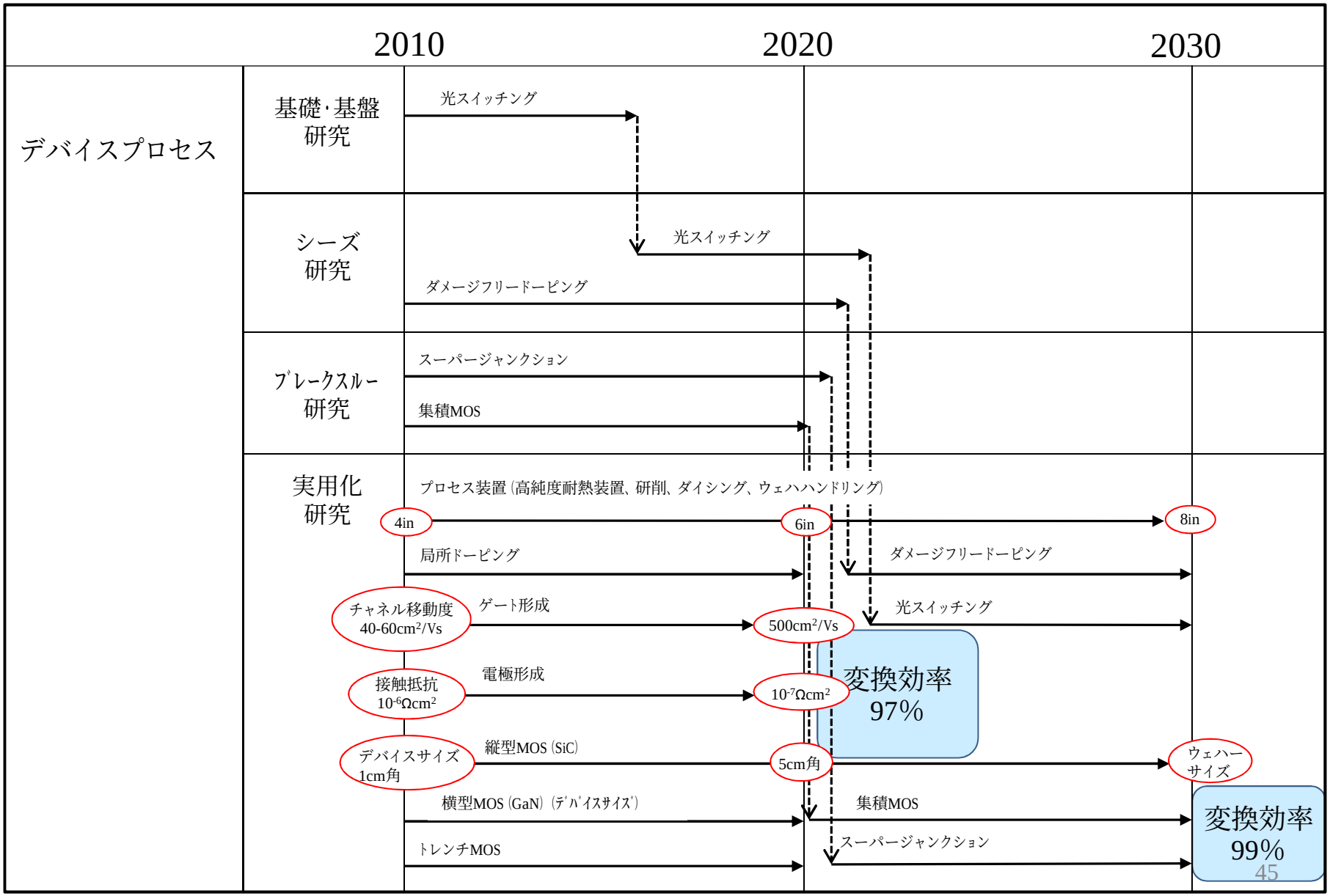
GV研究開発ロードマップ
― パワーエレクトロニクス領域 ―



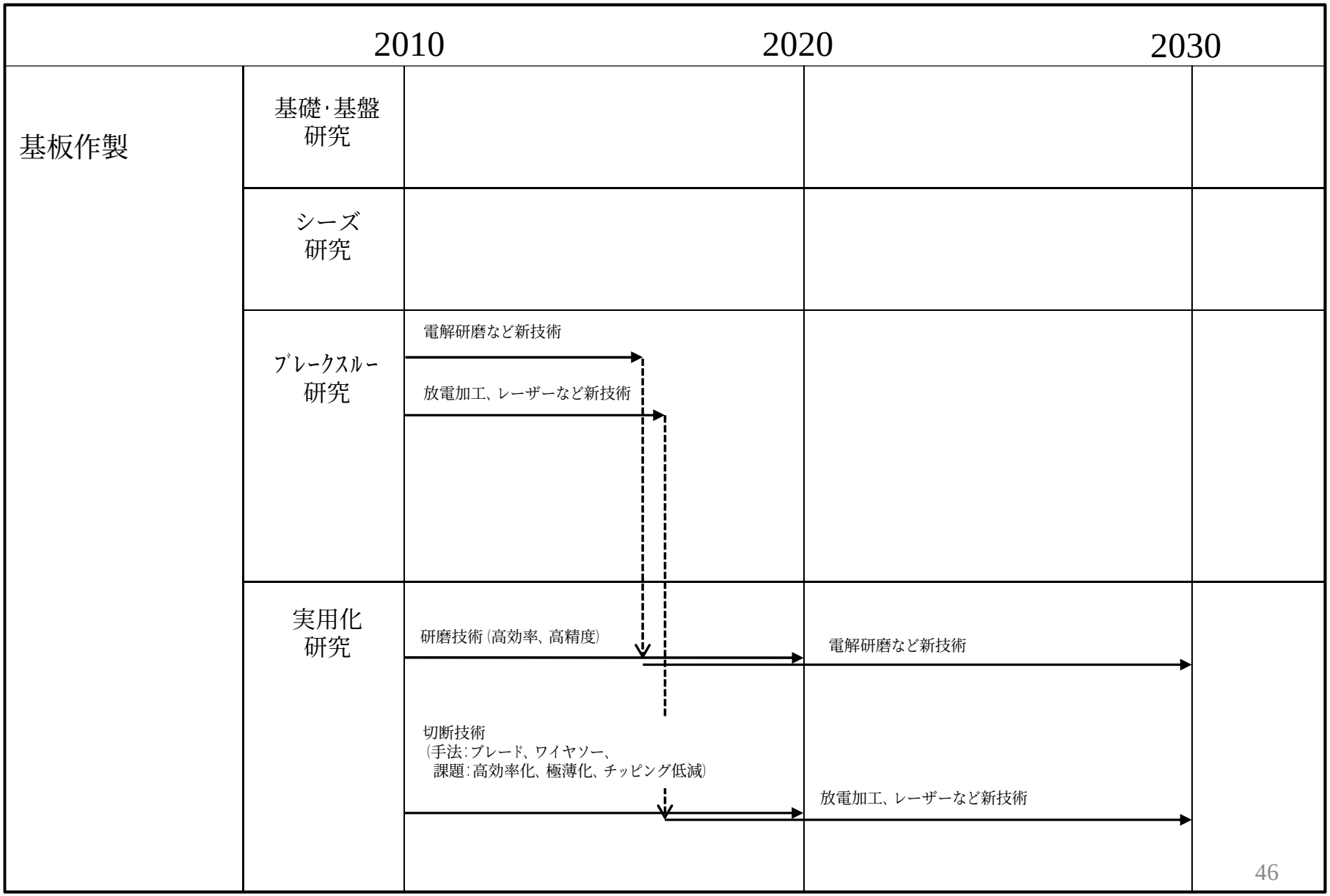
GV研究開発ロードマップ
― パワーエレクトロニクス領域 ―



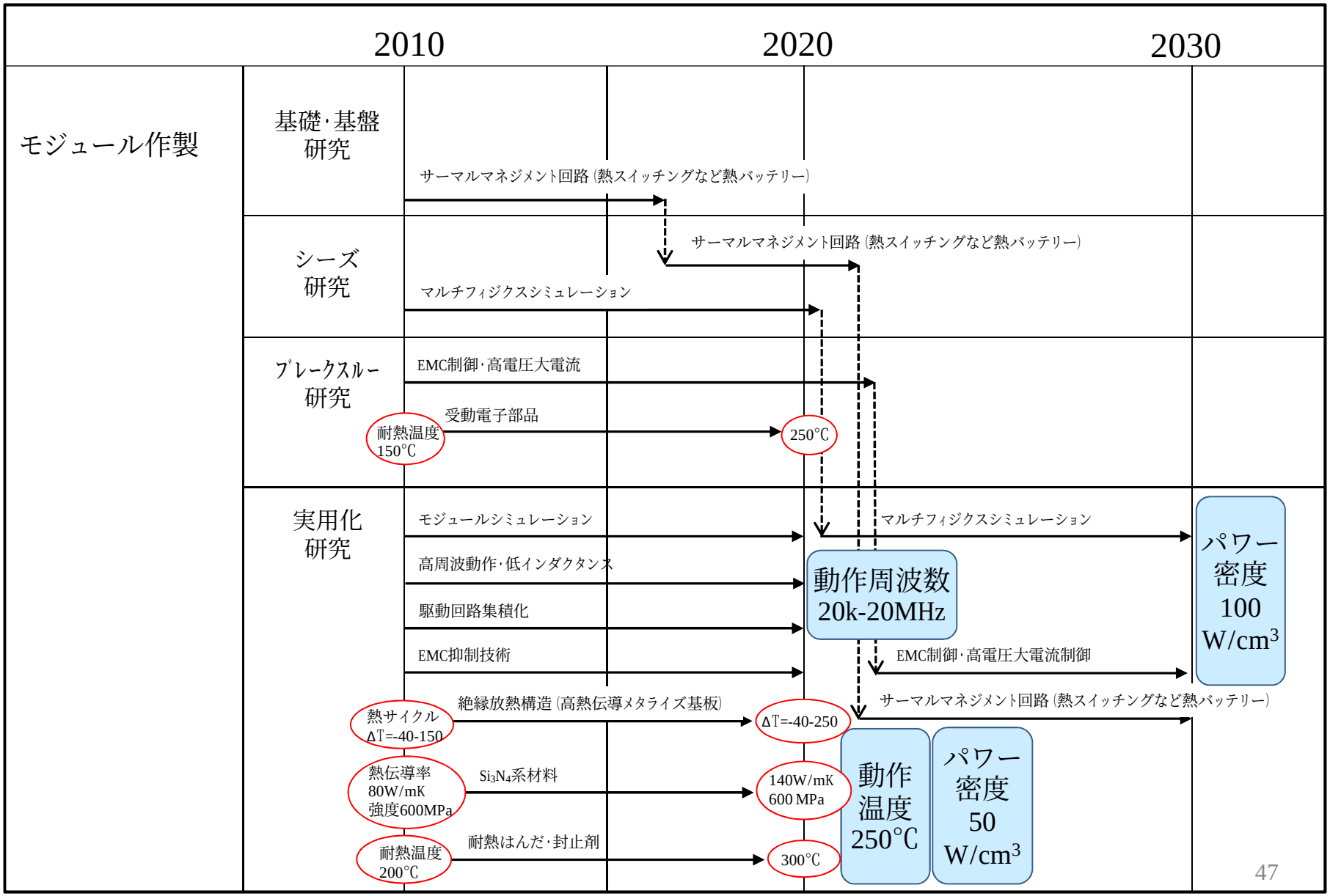
GV研究開発ロードマップ
― パワーエレクトロニクス領域 ―



GV研究開発ロードマップ
― パワーエレクトロニクス領域 ―



GV研究開発ロードマップ
― パワーエレクトロニクス領域 ―



研究者マップ　－　パワエレクトロニクス領域　－

	SiC GaN ダイヤモンド結晶	基板作製	デバイスプロセス	モジュール作製
大学・独法	・高品質SiC溶液成長 名大工・宇治原徹　(結晶成長) ・GaNエピ成長 名大工・天野浩 (ナノ情報デバイス) ・GaNエピ成長 名工大工・江川孝志 (半導体工学) ・GaN基板結晶成長 三重大学工・平松和政 (オプトエレクトロニクス) ・結晶評価技術 名工大工・加藤正史 (半導体工学) ・ダイヤモンドエピ成長 名大工・植田研二 (半導体デバイス)	・結晶平坦化加工 名工大工・江龍修 (電子物性光学) ・放電加工による結晶切断 中部大工・山口作太郎 (応用物理)	・窒化物プロセス 名大工・水谷孝 (半導体工学) ・窒化物プロセス 名工大工・江川孝志 (半導体工学) ・プロセス評価技術 名工大工・加藤正史 (半導体工学) ・プロセス評価技術 中部大工・中野由崇 (半導体工学) ・プロセス評価技術 愛工大工・徳田豊 (半導体工学)	・低コストAlN基板成長 名大工・宇治原徹　(結晶成長) 高強度・高信頼性 セラミックメタライズ基板の開発 産総研・先進製造ﾌﾟﾛｾｽ研究部門・平尾喜代司 (ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞｾﾗﾐｯｸｽ) ・セラミックコンデンサ 名工大工・岩田真 (強誘電体)
公設研	・SiCエピ成長 JFCC・石川由加里 (電子材料工学)			
企業	豊田合成 (LED製造) デンソー (パワーデバイス製造) 日本ガイシ (セラミックス製造)	・ディスコ (極薄切断) ・ノリタケ (加工砥石) ・フジミインコーポレーテッド (研磨加工)	・イビデン (SiC耐熱部材) ・トヨタ自動車 (パワーデバイス製造) ・デンソー (パワーデバイス製造)	・デンソー (パワーモジュール) ・日本特殊陶業 (ICパッケージ) ・㈱MARUWA (セラミック回路基板)

グリーンビークル戦略マップ･ロードマップ

― モータ領域 ―

担当委員:

小坂 (名工大) (幹事)、稲熊 (大同大)、尾崎 (産総研)、加納 (豊田高専)、道木 (名大)

GV戦略マップ･ロードマップ（展望･研究開発動向）
― モータ領域 ―

1．展望

EVやPHV，FCVなどグリーンビークルは，人類の現代水準の社会経済活動を維持しつつ，地球温暖化や石油など化石燃料への依存を緩和して持続可能な社会を構成するサステイナブルモビリティーとして現在のICEVとの置き換えが急激に進む。2015年頃には，高性能LIB搭載の次世代自動車が市場投入され，2020年にはそれらの全世界総計販売台数は2000万台規模に達すると予測されている。

次世代自動車はモータによる電気駆動力を利用するもので，2009年のプリウスやインサイト，iMiEV搭載の永久磁石形同期モータは，小型･軽量，高効率，コストといった観点から世界的に突出した技術水準にあるとっても過言ではない。しかしながらそれは，ネオジム鉄ボロン系に高耐熱性を付与するためのディスプロシウムなど中重希土類元素が3～6％程度の重量%で添加された高エネルギー積レアアース磁石によるところが大きい。現在の永久磁石形同期モータは，1～2kg程度のレアアース磁石を使用しており，2010年に顕在化したレアアース資源リスクを念頭にすれば，2020年以降の世界需要予測に対する我が国の自動車産業の世界的優位性確保のためには，省レアアースあるいは脱レアアースモータの開発は急務である。この際、ｲﾝﾎｲｰﾙ車はもとより，車のデザイン自由度拡大に貢献し，高齢者向けロボット型モビリティーなど多様化する未来のパーソナルモビリティーへの要求に応え得る一層の小型･軽量化は同時進行的に推し進めなければならない。小型･軽量化は一方で，高損失密度化を生じるため，現行の90～95%の効率動作範囲を97%超の高効率を実現するとともに，高性能冷却技術開発が必要不可欠である。これを支える要素技術が加工技術，設計評価技術，動力伝達系やパワーエレクトロニクスとの融合一体化技術開発であり，シーズが新規材料の開発である。ネオジム鉄ボロン系磁石の発見は学術的価値が高く社会経済の発展にも大きく貢献しており，例えばその代替となる新規の硬磁性材料の開発は，自動車用モータの発展のみならず，我が国の産業分野全体の発展に貢献する。

2．研究開発動向

<u>○永久磁石形同期モータの小型･軽量化に対する研究開発概況</u>

現在の技術トレンドであるモータの高速化＋減速ギアによる小型軽量化を加速させる研究開発･技術開発状況を以下に纏める。

•高減速比サイクロイド減速機－従来の遊星歯車機構に対し厚さを1/2，重量と部品点数を半分

•小型高効率空冷技術－モータ磁気回路設計による冷却容易位置への熱源配置と高効率放熱フィン設計

•ﾓｰﾀｹｰｼﾝｸﾞ軽量化技術－CFRPを成形し，従来Al合金筐体に対し，質量を1/5

•高耐圧高熱伝導性絶縁材の開発－樹脂とセラミックスで組成される絶縁材で，高耐圧性を確保し従来の100倍相当である10W/mK程度の高熱伝導率を実現

•高張力電磁鋼板と加工技術－降伏点応力を600Mpa（従来比1.5倍)として回転子構造設計の自由度向上。課題はプレス加工金型。

上記技術の課題は，実使用条件下（振動･熱環境）での特性マッチング･信頼性確保，騒音評価を経て実用へ向けたすり合わせ調整である。この他にも、高回転対応低損失ベアリングや低Dy高保磁力磁石，材料損失高精度評価技術など研究開発が進んでおり，短･中期的に実用化に至ると予想される。

<u>○レアアース低減&高密度レアアースフリーモータ研究開発概況</u>

NEDO委託事業で名古屋工業大学が新しい構造のレアアース半減可変磁力モータの研究開発を先導的に進めている。現行永久磁石形同期モータを比較基準に，磁石使用量を半減して同一モータサイズの下，3.4kW/kgの高出力密度の実現可能性が高いことを試作機で示しており，さらにその1.5倍の高出力密度実現へ向けて研究開発を進めている。課題は圧粉磁心の性能向上，高密度高強度成形加工技術であり，中部地区の有力企業と産学連携でこれを克服する計画である。高密度磁石レスモータとして、誘導モータ，SRモータ、界磁巻線形同期モータなど大学研究機関に技術シーズがあり，課題である低騒音化，低損失化など克服して，中･長期的に実用化に至ると予想される。一方，サマリム鉄系のDyフリー高保磁力高エネルギー積磁石の研究開発も進んでいる。

GV研究開発マップA（研究アイテム総括） ― モータ領域 ―

技術カテゴリー1
高速化によるOne or Twoモータシステム向け IPMSMの小型・軽量化技術

1. 小型軽量・高減速比RG・・・（シーズ研究）
2. 高回転対応・低損失ベアリング・・・（シーズ研究）
3. 高張力電磁鋼板加工技術・・・（シーズ研究）
4. 中大容量・高周波スイッチングINV開発と モータ・パワエレ融合一体化技術 ・・・（パワエレ領域横断－基盤・基礎研究）
5. 小型・軽量IPMSMの実用化 ・・・（実用化研究）

IPMSM・・・埋込磁石形同期モータ
RG・・・Reduction Gear
INV・・・インバータ

技術カテゴリー2
高性能材料・製造技術による小型・軽量化技術

1. 小型高効率空冷技術・・・（シーズ研究）
2. モータケーシング軽量化技術・・・（シーズ研究）
3. 低銅損，低鉄損化に寄与する 高密度巻線技術・・・（シーズ研究）
4. 低Dy高保磁力磁石の開発・・・（シーズ研究）
5. 高耐圧高熱伝導性絶縁材の開発 ・・・（シーズ研究）
6. 材料損失高精度評価技術 ・・・（シーズ研究）

Dy・・・ディスプロシウム

モータ領域のゴール
・出力密度16kW/kg，トルク密度40Nm/kg
・高効率（97%超）動作点範囲の拡大
・レアアースフリー化

中部地区のオリジナリティ
・高速対応減速機・ベアリング技術
・軟磁性・硬磁性材料加工技術
・新モータ創成・先進的制御技術

技術カテゴリー3
レアアース低減可変磁力モータ技術

1. 可変磁力モータの研究・・・（シーズ研究）
2. 可変磁力モータの高性能制御法の研究 ・・・（シーズ研究）
3. 高性能圧粉磁粉の研究・・・（シーズ研究）
4. 高密度・高強度圧粉磁心成形加工技術 ・・・（ブレークスルー研究）
5. 低コスト・量産製造法の研究・・・（実用化）

技術カテゴリー4
高密度レアアースフリーモータ技術

IM・・・誘導電動機
SRM・・・スイッチトリラクタンスモータ

1. 高密度IMの開発・・・（産学連携・実用化）
2. 低騒音高密度SRMの開発・・・（産学連携・実用化）
3. 界磁巻線形同期モータの開発 ・・・（産学連携・実用化）
4. 高温超電導モータの開発・・・（シーズ研究）
5. 非電磁力型モータの研究・・・（シーズ研究）
6. Dyフリー高保磁力超高エネ積磁石 ・・・（基盤・基礎研究）

GV研究開発マップB
(主な注力研究･中部オリジナル研究･連携研究のコンセプト)
ー　モータ領域　ー

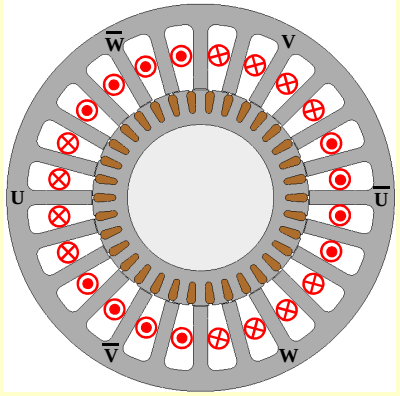
注力研究:高密度レアアースフリーモータ技術

ゴール(目的)

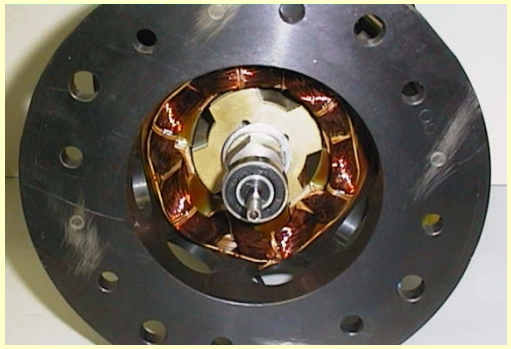
戦略的資源材であるレアアースを使用せず，09'プリウス搭載のIPMSMと同等の高トルク＆出力密度，多用動作点で97%超の高効率を実現するIM(誘導モータ)，SRM(スイッチトリラクタンスモータ)，界磁巻線形同期モータなどレアアースフリーモータの実用化

コンセプト

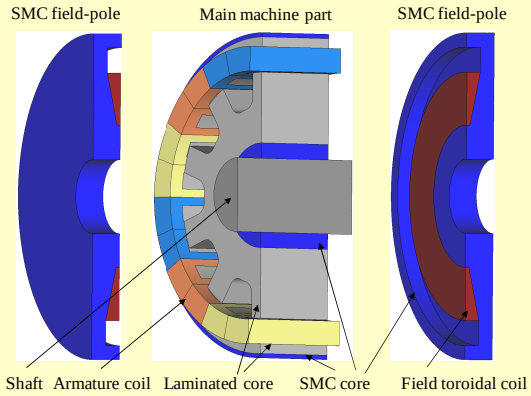
IM(誘導電動機，中部大学)



SRM(ｽｲｯﾁﾄﾘﾗｸﾀﾝｽﾓｰﾀ，豊田高専)



界磁巻線形同期モータ(名工大)



期待効果

中部地域の大学･高専など研究機関が有するIMやSRM，界磁巻線形同期モータなどレアアースフリーモータに関する研究シーズや知見を，この地域の集積自動車産業技術と融合させてHEV/EV駆動用モータとして実装し得るレアアースフリーモータ技術を極め，低コスト次世代自動車の量産普及に向けた中部地域のイニシアティブを確立する。

GV研究開発マップB
(主な注力研究･中部オリジナル研究･連携研究のコンセプト)
― モータ領域 ―

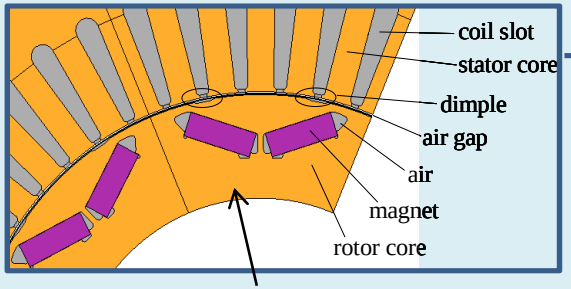
産官学連携研究：小型･軽量IPMSMの実用化

ゴール(目的)

07'カムリ搭載のIPMSM(埋込磁石形同期モーター14,000r/min-270Nm-70kW)をベースに，高回転化技術を導入して，出力密度[Nm/L]を2倍，3倍，4倍とする超小型･軽量IPMSMの実用化

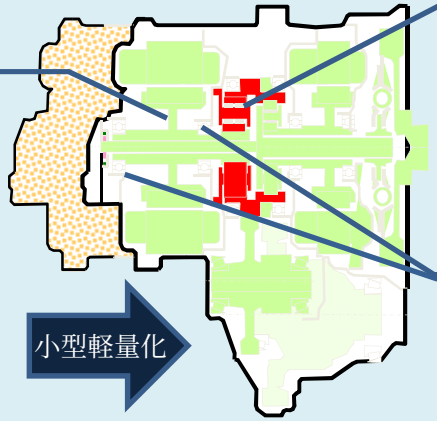
コンセプト

IPMSM



回転子：高張力電磁鋼板導入
中大容量･高Sw周波数INVで多極化

HEVトランスアクスル



小型軽量化

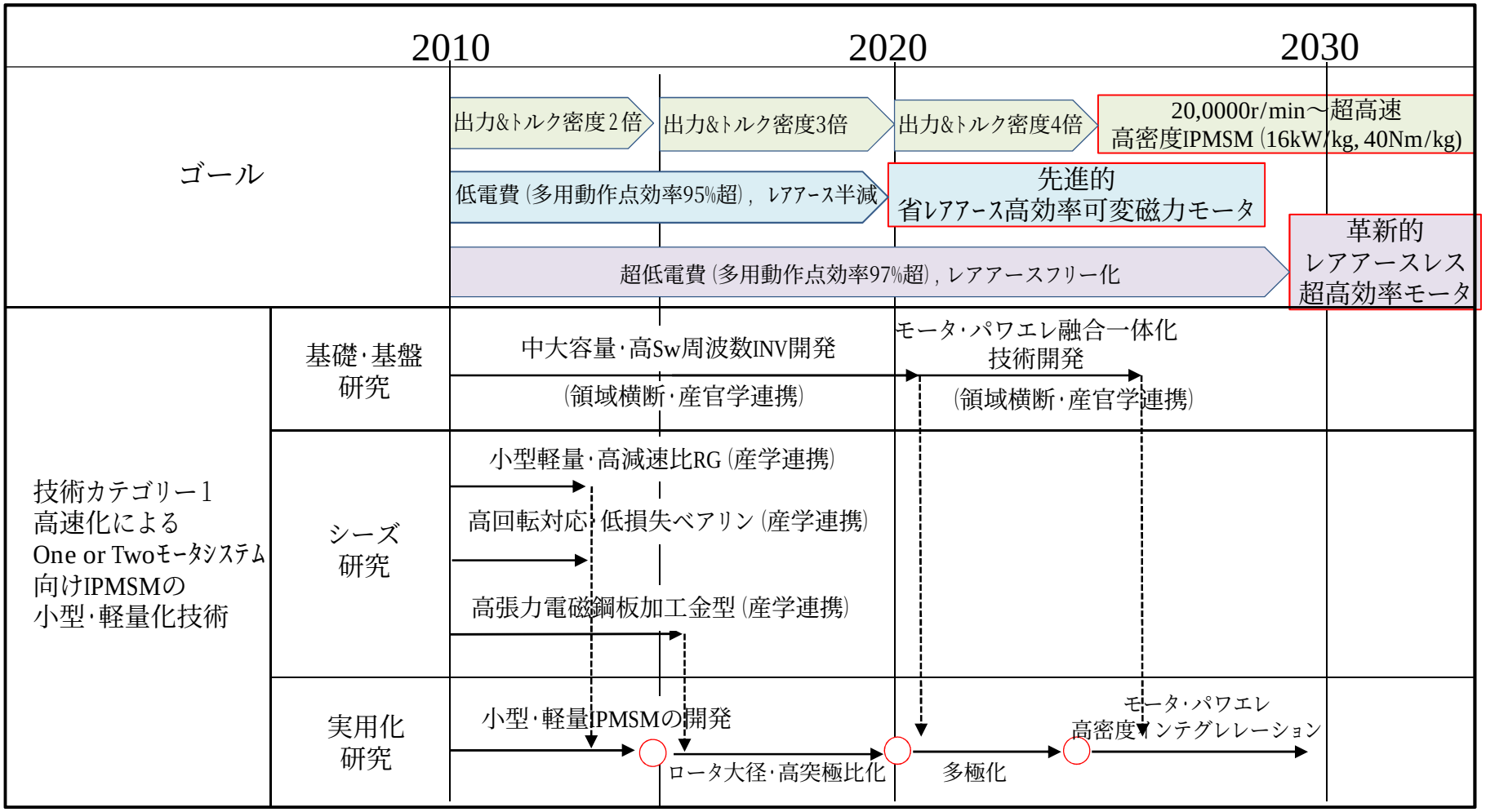
小型軽量高減速比RG
(サイベックコーポレーション)

～30,000r/min高速対応
低損失ベアリング(NTN)

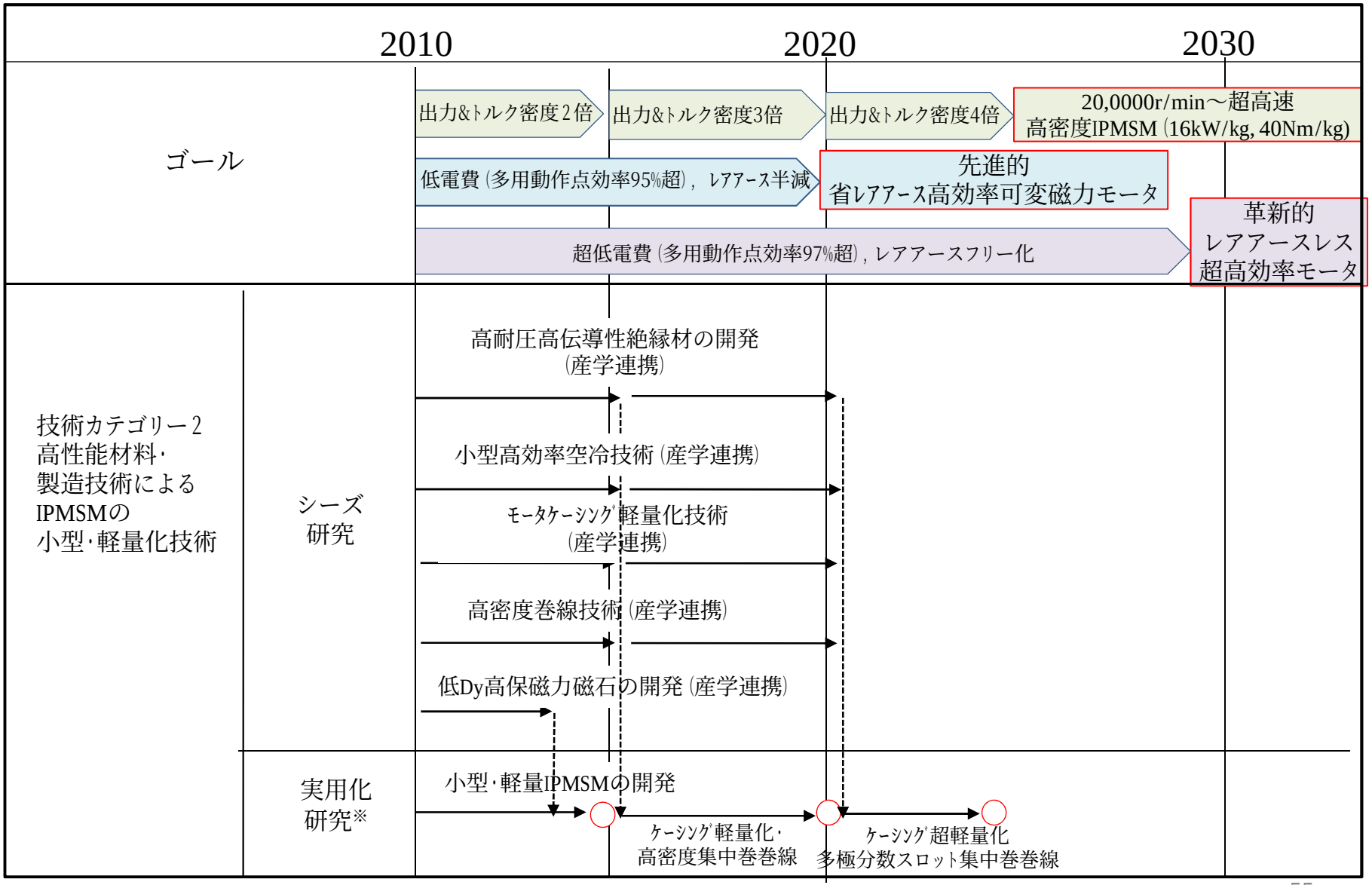
期待効果

中部地域企業が持つ減速機やベアリングの技術シーズをベースに，IPMSMの超小型･軽量化を図り，我が国が先導するHEV技術をさらに進化させ，国際的競争力を向上させることで，中小企業を含む中部産業の活性化が期待できる。

GV研究開発ロードマップ
― モータ領域 ―

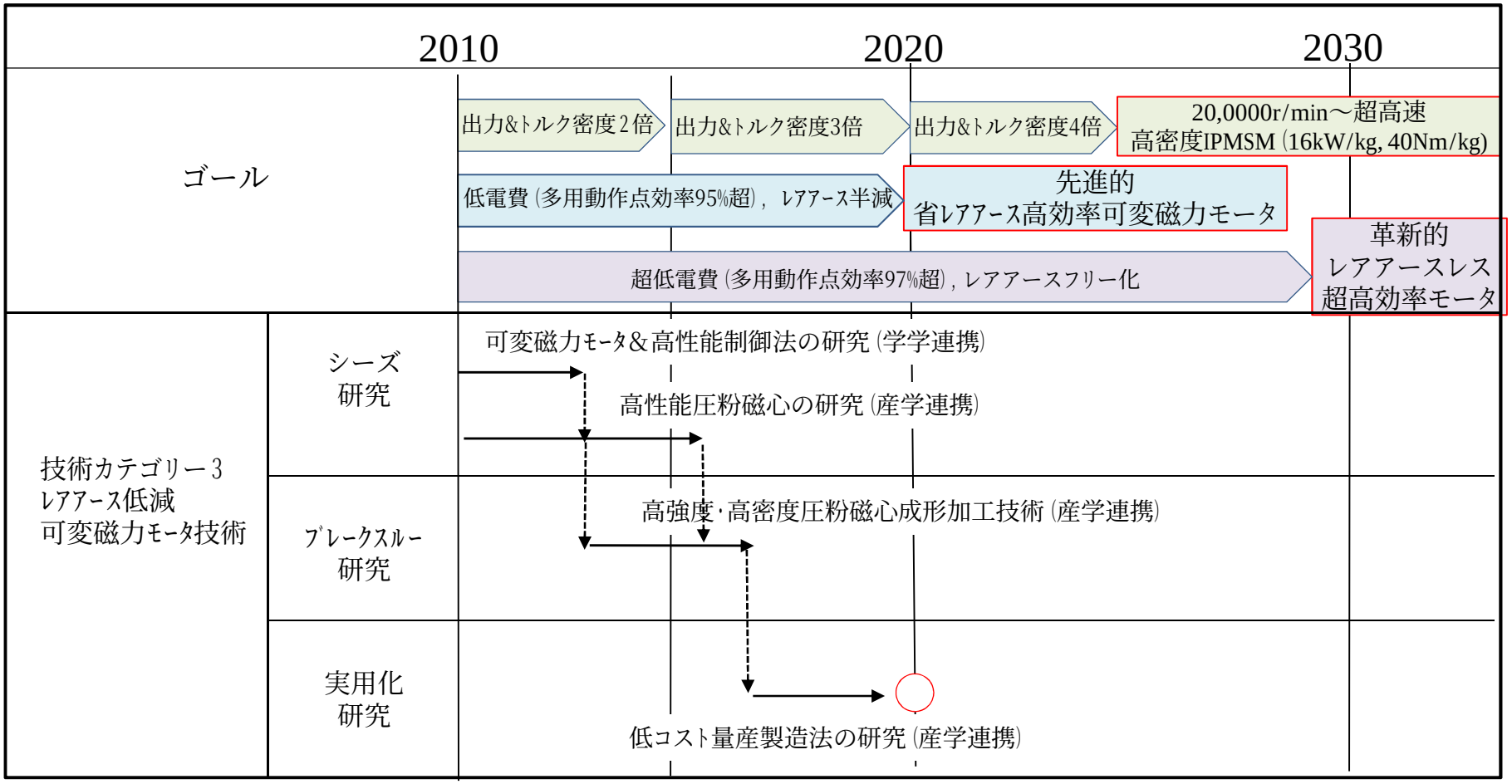


GV研究開発ロードマップ
― モータ領域 ―

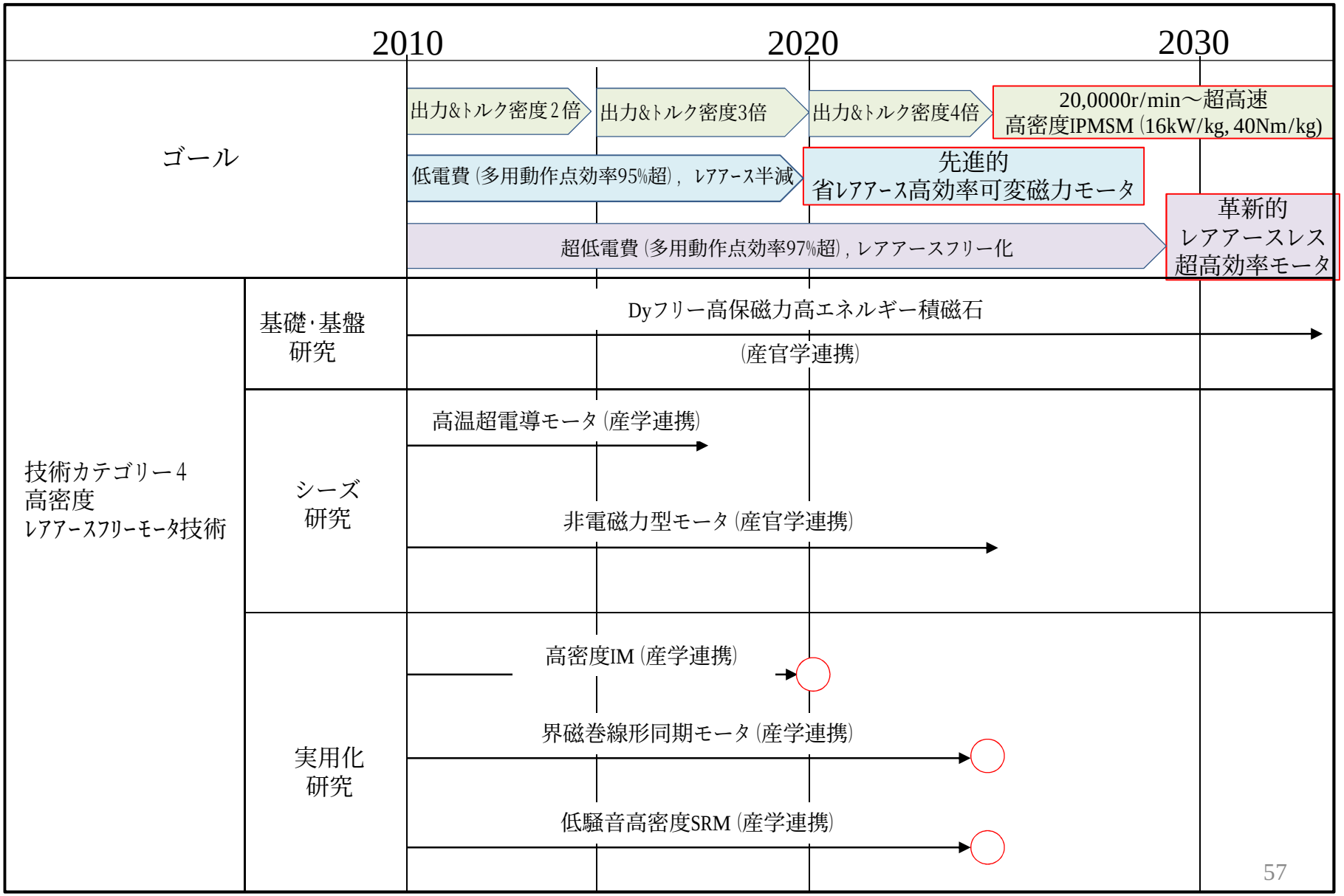


※技術カテゴリー1の実用化研究と同時進行 (産学連携)

GV研究開発ロードマップ
― モータ領域 ―



GV研究開発ロードマップ
― モータ領域 ―



研究者マップ　―　モータ領域　―

	技術カテゴリー　1 高速化によるOne or Twoﾓｰﾀｼｽﾃﾑ向けIPMSMの小型･軽量化技術	技術カテゴリー　2 高性能材料･製造技術によるIPMSMの小型･軽量化技術
大学･独法	IPMSM制御 名大工･道木慎二（パワエレ･制御） IPMSM設計 大同工大･電気電子･稲熊幸雄（電気機器） 中大容量･高Sw周波数INV 名工大･電気電子･竹下　隆晴（パワエレ） 高張力電磁鋼板加工技術 名工大･機械･中村隆（金属材料加工）	低損失化高密度巻線方式と設計評価 豊田高専　加納善明 高性能絶縁材の研究開発 （独）産総研　平尾　喜代司
公設研		
企業	･ｻｲﾍﾞｯｸｺｰﾎﾟﾚｰｼｮﾝ（小型軽量･高減速比RG） ･NTN（高回転対応･低損失ベアリング） ･新日鉄（高張力電磁鋼板加工） ･トヨタ自動車（実用化） ･アイシンAW（実用化） ･豊田自動織機（実用化） ･デンソー（実用化） ･岩間電機製作所（モータ製造）	･NTN（高効率空冷技術） ･TAKAYANAGI（CFRPによる超軽量モータ筐体） ･三工機器（高密度巻線技術） ･豊田合成（高耐圧高熱伝導性絶縁材） ･大同特殊鋼（低Dy高保磁力磁石） ･愛知製鋼（低Dy高保磁力磁石） ･材料損失高精度評価技術（豊田中央研究所）

研究者マップ　―　モータ領域　―

	技術カテゴリー3 ﾚｱｱｰｽ低減可変磁力ﾓｰﾀ技術	技術カテゴリー4 高密度ﾚｱｱｰｽﾌﾘｰﾓｰﾀ技術
大学・独法	可変磁力モータ開発 名工大・電気電子・小坂　卓（電気機器工学） 可変磁力モータ制御 中部大学・長谷川　勝（パワエレ・制御） 高性能圧粉磁粉材の研究開発 （独）産総研　尾崎　公洋	高密度IM 中部大学・電気・廣塚　功（電気機器工学） 低騒音高密度SRM 岐阜大学・石川　裕記（電気機器工学） 巻線界磁形同期モータ 名工大・電気電子・小坂　卓（電気機器工学） 高温超電導モータ 名工大・電気電子・安井晋司（電力工学） 非電磁力モータ 豊田工大・早川総一郎（電気機器工学） Dyフリー高保磁力高エネ積磁石 （独）産総研　尾崎　公洋
公設研		
企業	・大同特殊鋼（高性能圧粉磁粉） ・日本科学冶金（高密度・高強度圧粉磁心成形加工技術） ・丸菱工業（低コスト・量産製造法） ・トヨタ自動車（実用化） ・アイシンAW（実用化） ・デンソー（実用化） ・豊田自動織機（実用化）	・トヨタ自動車（産学連携・実用化） ・アイシンAW（産学連携・実用化） ・デンソー丸菱工業（産学連携・実用化） ・豊田自動織機（産学連携・実用化）

グリーンビークル戦略マップ･ロードマップ

― 超軽量化材料･技術領域 ―

担当委員:
金武（名大）（幹事）、石川（名大）、梅本（豊橋技科大）、坂本（産総研）、佐藤（科技財団）、
寺島（名大）、中村（産総研）、福本（豊橋技科大）、森（豊橋技科大）

【参考資料】

･経済産業省、「技術戦略マップ2010」

･素形材技術戦略2008における重要課題

GV戦略マップ･ロードマップ（展望･研究開発動向）
― 超軽量化材料･技術領域（1） ―

1．展望

＜鉄鋼材料＞

鉄は現在、自動車重量の70％以上を占めており、鉄鋼材料で自動車軽量化のポテンシャルを探ることは大きなインパクトがある。鉄は他の素材に比べ、低コストであると同時に製造時におけるCO2排出量が少なく、トータルLCAでも優れており、引き続き自動車材料の主要素材としての役割が期待されている。

２０２０年までに、輸送機器部材の２／３の軽量化を達成するために，主要骨格部品として使用する高延性超ハイテン材の開発、高硬度･高靭性非調質鋼の開発を進めるとともに，フレーム構造、軽量サスペンション部材用の高強度鋼管も軽量化に有望である。ハイテンの高強度化にともない薄肉化による軽量化が期待できるが，剛性を高めるための対策も必要である．そのためには複合化による高剛性鋼材や超異方性材料，ナノファイバー鋼材，ハニカム構造材，テーラーロール材などの開発も必要である．さらにハイブリッド車では駆動系のエンジン周りやクランクシャフトなどの鍛造部品のナノ析出による高強度化が期待される。

２０３０年までの１／２軽量化に向けては，金属材料だけの達成は不可能で、プラスチックやCFRPなどとのマルチマテリアル構造が不可欠となる。そのため，鉄鋼材料としては強度部分を受け持つことになるので、異種材料との接合技術、表面処理技術が重要である。

＜非鉄金属（アルミ系）＞

アルミニウム合金は、輸送機器の軽量構造材料としての利用実績は歴史的にも古く、航空機や鉄道車両では構造用材料の代表として利用されている。自動車においても、多くの利用実績があるものの、材料コストおよび高強度化や高成形性への対応が不十分なために、その利用量は順調に伸びているとは言えない。

２０２０年までに，輸送機器部材の２／３の軽量化を達成するために，現在以上にアルミニウム合金の利用量の増加が不可欠である。素材としては、現状のアルミニウム合金の改良による高強度化と高成形性の実現が期待できる。一方、加工技術としてはブロー成形や鍛造加工など自動車への実績のある加工技術をさらに改良して、低コスト化と高生産性に対応することが期待される。また、押出し中空部材や真空ダイカスト部材などの利用によって、適用部材の拡大も期待される。

２０３０年までの１／２軽量化に向けては，組織制御加工などによる新規の高強度･高成形性アルミニウム合金の開発が望まれる。さらに、発泡アルミニウムなど超軽量構造部材の適材適所への利用や、ワイヤーハーネスのアルミニウム化など、さらなる適用部材の拡大が不可欠となる。

＜非鉄金属（マグネ系）＞

マグネシウム合金は、実用構造用金属材料中で最軽量で機械的特性にも優れており、リサイクル性も問題ないことから輸送機器の構造部材の軽量化に直結する材料であるが、その普及は進んでいない。マグネシウムに固有の発火性や耐食性の不足、塑性加工性の乏しさ等々の問題に加えて、製造コストが高いことがネックとなっている。これまで、マグネシウム合金の実用はほとんどがダイカスト等の鋳造材として進展しているが、マグネシウムの機械的性質が結晶粒径や第二相粒子、集合組織等の組織的要因によって大きく改善されることから、マグネシウムに適した塑性加工技術の開発には大きな期待が寄せられている。すなわち、鍛造技術や押出し技術、圧延技術等については、高信頼性の部品を高い生産性で製造できることから、その確立が産業界で求められている。また、同時に高信頼性の耐食化技術は必須である。さらなる高機能化と既存の材料並みの製造コストの達成が望まれている。2020年までに、新素材であるマグネシウムの構造最適化設計技術及び塑性加工に関する技術基盤を整備することで2/3軽量化が可能となる。

マグネシウムの塑性加工は材料組織の造り込みに大きく依存することから、原子スケールからマクロ組織に渡る組織形成メカニズムに関する知識が不可欠となる。2030年までにこれを解明することにより、鍛造や押出し、圧延等の基礎素材の高機能化におけるブレークスルーが期待され、1/2軽量化の展望が開ける。また、生産性と製造コストの面で大きく改善し、基幹材料としての将来性が

GV戦略マップ･ロードマップ（展望･研究開発動向）
― 超軽量化材料･技術領域（2） ―

約束されると考えられる。一方、輸送機器への応用においては、大型部材に適用できる低コスト･高機能の表面処理技術が不可欠である。このためには、高耐食性被膜に関して、材料から膜組織、形成プロセスにおけるブレークスルーが期待されている。

＜樹脂･複合材料＞

自動車の生産性を考慮すると、樹脂材料では射出成形･プレス成形できる熱可塑性樹脂の高性能化と、複合材料では熱可塑性樹脂をマトリックスとするCFRPの高性能化が最重要課題である。

２０２０年までに輸送機器部材の２／３の軽量化を達成するために，透明熱可塑性樹脂の表面を硬化･機能化させた樹脂ガラスを開発し、ガラスの代替材料とする。また、ナノカーボンとの複合化により高強度熱可塑性樹脂複合材を開発して、樹脂部品の適用範囲を樹脂外板等を含め大幅に拡大する。２０３０年までの１／２軽量化に向けては、熱可塑性樹脂をマトリックスとするCFRPの疲労耐久性を改良して一次構造部材への適用を達成する。

＜加工技術＞

２０２０年までに，輸送機器部材の２／３の軽量化を達成するために，高比強度材である超ハイテン，アルミニウム，マグネシウム，発砲材料などの加工技術を開発するとともに，中空材の成形，板鍛造による肉厚分布制御，ネットシェイプ鍛造･鋳造などを行う．さらに，２０３０年までの１／２軽量化に向けてCFRPにおいて成形時間の短縮および低コスト化を達成して実用的な技術にする．

＜異材接合技術＞

２０２０年までに輸送機器構造部材の２／３までの軽量化を達成するために，現行構造主体である鉄鋼，アルミニウム合金，マグネシウム合金およびチタン合金の各種異種金属材料間の高品位接合体創成技術基盤を確立する。引き続き２０３０年までに１／２までの軽量化を達成するために，金属，高分子，CFRP複合材料間相互の高品位接合･複合体創成技術基盤の確立を目指す。

2．研究開発動向

＜鉄鋼材料＞

加工性を従来より高めたハイテン（ＡＨＳＳ）が開発され、実用化が進んでいが，高強度化にともなう延性の低下をいかに防ぐかが重要で，結晶粒径や組織のヘテロ構造をうまく利用した革新的な技術開発が望まれる．車体外板の薄肉化をさらに進展させるためには，剛性アップが重要となるが、これまでTiB2分散高剛性鋼などの研究がわずかに行われているにすぎない。高剛性化については鉄そのものの結晶方位による剛性の異方性を活用する方向が望まれる。さらに形状最適化の観点から、テーラーロール技術を発展させてハニカム構造を転写した薄鋼板の開発も軽量化に有望である。

＜非鉄金属（アルミ系）＞

自動車車体用アルミニウム合金の開発では、平成14～18年度に実施されたNEDO委託開発プロジェクトにおいて、「高成形性自動車用板材料の開発」が行われ、温間異周速圧延法によって高r値を有する合金板が開発された。さらに、サーボプレス機の利用によって、成形性を大幅に改善できる加工技術も開発されている。実用化に向けては、素材の低コスト化とプレス生産性の向上が必要となる。また、ブロー成形法による部材の一体化や成形時間の短縮などが期待される。

駆動系および足回り部材については、押出し材を素材とする鍛造品の低コスト化、複雑断面形状の中空部材の利用についても、従来ある程度の利用実績があり、さらなる技術改良が期待できる。

上述のNEDO委託開発プロジェクトでは、「高信頼性ポーラスアルミニウム材料の開発」も実施され、クラッシュボックスやピラー充填材として利用できる発泡アルミが開発されており、さらなる技術の発展が期待できる。さらに、ポーラスサンドイッチパネルをボンネット、ルーフ、隔壁パネルなどに利用する検討もされている。また、現在銅製品が使われているワイヤーハーネスをアルミ化する研究開発も既に進められており、軽量化への効果と同時に、リサイクル時の鉄鋼材料への混入不純物としても、銅よりも脱酸効果のあるアルミが望まれている。

GV戦略マップ・ロードマップ（展望・研究開発動向）
― 超軽量化材料・技術領域（3） ―

＜非鉄金属（マグネ系）＞

マグネシウム合金では展伸材の高機能化、すなわち、機械的な信頼性の向上、強度異方性の低減、高加工性の付与による生産性と加工精度の向上及び、冷間成形性の向上、高耐食性の付与等が課題である。具体的にはそれぞれ、鍛造、押出し、圧延、成形、及び表面処理等の技術開発が急務である。

鍛造技術については、2007～2011年度NEDOプロジェクトにおいて、加工条件による組織形成状況の調査を通じて、鋳造材からの直接鍛造が可能になっている。今後、加工組織に大きく影響する鋳造素材の組織最適化、加工組織形成メカニズムの解明を通して、格段の高機能化と生産性の向上が課題である。

押出し技術については、2005～2007年度地域コンソーシアム事業において、マグネシウムに適化したダイス技術の高度化による大型中空形材の成形が可能となっているが、今後は、押出素材及びダイス技術の理論的検討を踏まえた、押出し速度の格段の向上とアルミニウムを凌駕する加工精度の達成が課題である。

圧延技術については、2007～2010年度において、圧延技術及び圧延素材の合金設計の検討を通じて、アルミニウム並みの優れた室温成形性の発現を確認した。今後は、この室温成形性の発現メカニズムの解明を通じて、量産プロセスにおける高機能板材の圧延技術開発が課題である。

表面処理技術においては、2005～2010年度において、高圧蒸気処理によるメートルサイズの大型部材への高耐食性被膜形成を試み、実用レベルの耐食性を確認した。今後は、高耐食被膜形成メカニズムの解明を通じて、より高機能で安定性の高い被膜形成技術の確立が課題である。

＜樹脂・複合材料＞

第Ⅰ期および第Ⅱ期東海広域ナノテクものづくりクラスター事業にて、DLC（ダイヤモンドライクカーボン）技術、SAM（自己組織化単分子膜）技術、SP（ソリューションプラズマ）技術等を開発し、樹脂表面の機能化およびナノカーボン／熱可塑性樹脂複合材料を開発している。これらの技術を更に発展させて、軽量化に大きな効果のあるフロントガラス、リヤーガラス等の代替を目的とした透明樹脂ガラスの開発を進める。また、自動車樹脂部品の成形には射出成形・プレス成形が必須であり、ナノカーボンで強化した高強度で表面品質の高い射出成形材・プレス成形材（ナノカーボン/熱可塑性樹脂複合材）を開発する。連続炭素繊維強化複合材料（CFRP）ではソリューションプラズマ技術により炭素繊維の表面を改質し、より耐久性の高いCFRPを開発する。

＜加工技術＞

超ハイテンのスプリングバック制御，成形性向上，焼付き防止，マグネシウムの冷間プレス成形，発砲材料の加工，ホットスタンピング，ネットシェイプ鍛造，材質予測法などを開発しており，輸送機器部材の軽量化を達成する基盤加工技術に取り組んでいる．現状としては金属材料を主に対象としているが，今後はCFRPも対象とした開発を行う予定である．

＜異材接合技術＞

摩擦攪拌させた軟質材料塑性流動層を固定硬質材表面にインタラクトさせることによる，硬軟異材間高品位接合体創製原理を確立した。溶融を伴う，いわゆる溶接では健全な接合体形成の困難な異種金属材料間にも本法は適用でき，かつリサイクル設計性をも付与可能である。本コンセプトを基に実施した地域コンソーシアム・イノベーション事業において，輸送機器軽量化に向けて異種金属材料間2次元構造体の創成を達成した。引き続き，愛知県知の拠点事業において3次元構造体創成への取り組みを継続する。ただし現行の金属主体の構造は，高分子あるいはCFRP複合材への一部置換へと早急に設計変更すべきと想定することから，今後の展開においては，さらに金属／高分子，金属／CFRP複合材，高分子／CFRP複合材間接合技術の開発も視野に入れる。

GV研究開発マップA（研究アイテム総括）　－　超軽量化材料・技術領域　－

技術カテゴリー1
鉄鋼材料

1. 高延性高強度ハイテン（2GPa超）・・・（ブレークスルー研究））
2. 高剛性鉄鋼材料(400GPa超）・・・（基礎・基盤研究）
3. 異方性制御高プレス成形性鋼板・・・（ブレークスルー研究）
4. ハニカム構造材・・・（シーズ研究）
5. フレーム用高強度鋼管・・・（ブレークスルー研究）
6. ナノファイバー鋼材・・・（基礎・基盤研究）
7. 高強度高靭性非調質鋼・・・（実用化）

技術カテゴリー2
非鉄金属（アルミ系）

1. 高強度高延性アルミ合金・・・（基礎・基盤研究）
2. アルミニウム合金の高剛性化・・・（シーズ研究）
3. 革新プレス成形技術の改良・・・（実用化研究）
4. 異形押出し部材の利用促進・・・（実用化研究）
5. ポーラスアルミ複合構造部材・・・（ブレークスルー研究）
6. ワイヤーハーネスのアルミ化・・・（ブレークスルー研究）

技術カテゴリー3
非鉄金属（マグネ系）

1. 高強度・冷間成形性板材合金設計技術（基礎研究）　レアメタルレス
2. 高機能形材の高速押出技術（基礎研究）
3. 大型材部材の高機能表面処理技術（ブレークスルー研究）
4. 冷間成形性板材の高剛性加工技術（ブレークスルー研究）
5. 鋳造素材組織微細化技術（シーズ研究）
6. 鍛造材の生産性革新技術（実用化研究）
7. セミソリッド加工技術（実用化研究）

超軽量化領域のゴール（目標）

革新的マルチマテリアル構造体
2030年軽量化　1／2※
2020年軽量化　2／3※

中部地区のオリジナリティ

・航空機用材料技術の応用
・加工技術

技術カテゴリー4
樹脂・複合材料

1. 透明DLC技術（樹脂ガラス）・・・（基礎・基盤研究）
2. SP処理ナノ粒子表面改質技術（CNT/熱可塑性樹脂複合材料）・・・（シーズ研究）
3. SP処理ナノ粒子合成技術（熱可塑性樹脂マトリックスCFRP）・・・（基礎・基盤研究）

技術カテゴリー5
加工技術

1. ネットシェイプ技術・・・（シーズ研究）
2. サーボプレス利用技術・・・（基礎・基盤研究）
3. 中空材の成形技術・・・（実用化研究）
4. ハイテンの成形技術・・・（実用化研究）
5. 板鍛造・・・（基礎・基盤研究）
6. CFRPの成形技術・・・（ブレークスルー研究）
7. マネシウムの冷間プレス成形技術・・・（ブレークスルー研究）
8. ブロー成形・・・（実用化研究）
9. スマートホットスタンピング・・・（シーズ研究）

※:vs2010年

技術カテゴリー6
異材接合技術

1. 金属，高分子，C-FRP間接合原理の確立・・・（基礎・基盤研究）
2. 金属，高分子，C-FRP塑性流動の可視化，把握解明・・・（基礎・基盤研究）
3. 金属/金属2次元形状接合体創成技術の確立・・・（シーズ/ブレークスルー研究）
4. 金属/高分子，C-FRP2次元形状接合体創成技術の確立・・・（シーズ/ブレークスルー研究）
5. 金属，高分子，C-FRP間3次元形状接合体創成技術の確立・・・（実用化研究）

革新的マルチマテリアル構造体

2010 → → → 2020 → → → 2030

軽量化　　2／3　　1／2

マルチマテリアル構造の最適化

リサイクル技術

異材接合技術
3D形状接合技術

接合技術

ﾈｯﾄｼｪｲﾌﾟ技術
ｻｰﾎﾟﾌﾟﾚｽ利用

加工技術

高剛性鋼材

高剛性ｱﾙﾐ

高剛性ﾏｸﾞﾈ

表面処理技術

高成形性CFRP

高強度複合材

難加工材の成形
CFRPプレス成形

発泡ｱﾙﾐ構造材

ｱﾙﾐﾜｲﾔｰﾊｰﾈｽ

プレス成形
鍛造加工

樹脂ガラス

高強度鋼管
ﾊﾆｶﾑ構造材

樹脂
複合材料

熱可塑性樹脂
高生産性複合材料
樹脂ガラス

高強度
高加工性

異形押出し材

高強度高延性
ハイテン鋼

高延性合金板
高成形技術

ﾏｸﾞﾈｼｳﾑ

展伸材（プレス成形、鍛造）への展開
加工技術、表面処理技術

高強度高靭性
非調質鋼

ｱﾙﾐﾆｳﾑ

実績技術の低コスト･高生産性、高剛性化、新規部材適用

鉄　鋼

主要素材（低コスト、トータルLCA）、高剛性鋼の開発、異種材料との共存

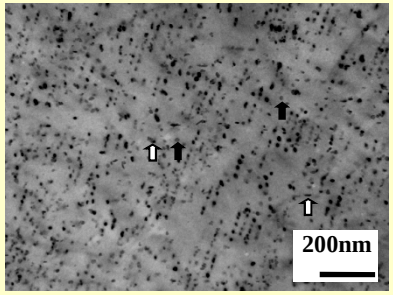
GV研究開発マップB
(主な注力研究･中部オリジナル研究･連携研究のコンセプト)
ー　超軽量化材料･技術領域　ー

注力研究:超微細析出, ナノ結晶, 制御鍛造, 逐次鍛造, ネットシェイプ, CAE

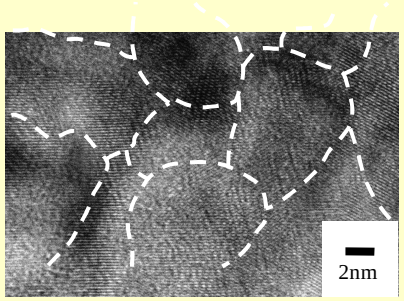
ゴール(目的)

･超微細析出、ナノ結晶組織による強靭化
･逐次鍛造による低荷重, 高効率加工法の提案.
･制御鍛造における材質予測.
･CAE適用による各種プロセス設計の効率化、軽量化のための極限設計への挑戦.

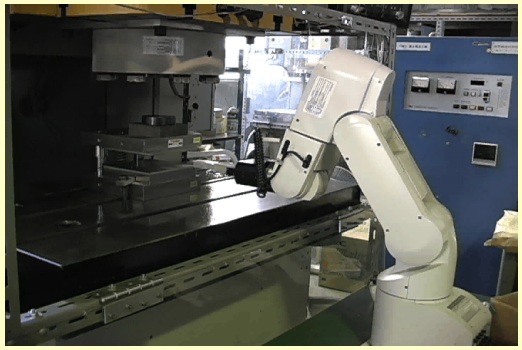
コンセプト



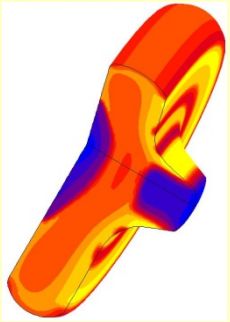
相界面析出したVC



超強加工によるナノ結晶



サーボプレス＋ロボットによる逐次鍛造



制御鍛造材質予測

期待効果

･高強度鋼材の開発
･CAEの適用により軽量化のためのプロセス設計, 工程設計, 構造設計が効率的に実現できる.

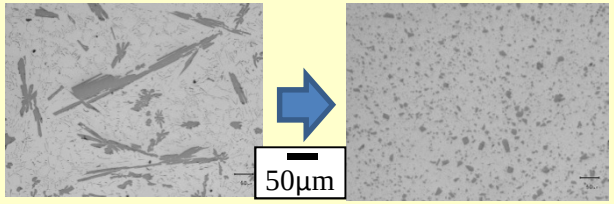
GV研究開発マップB
(主な注力研究･中部オリジナル研究･連携研究のコンセプト)
― 超軽量化材料･技術領域 ―

注力研究:高強度高延性アルミ合金, ポーラスアルミ複合構造部材

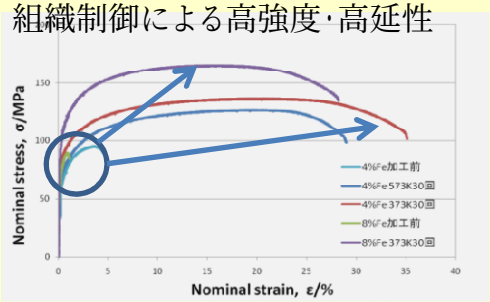
ゴール(目的)

･組織制御加工技術により結晶粒や晶出物を微細化した高強度･高延性のアルミ合金材料を開発実用化する。
･ポーラスアルミとアルミ板あるいは中空部材との複合構造を有する構造用部材を開発実用化する。

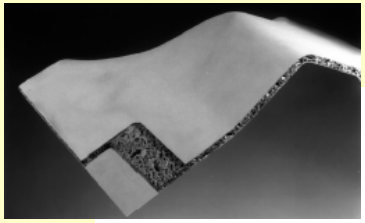
コンセプト

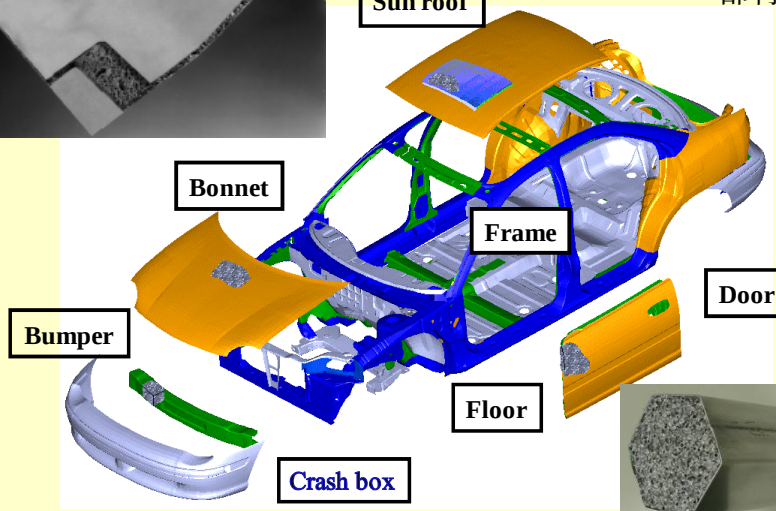


組織制御による高強度･高延性



ポーラスアルミ複合構造
部材の利用





期待効果

高強度アルミ合金の加工性が大幅に向上し、車体外板から鍛造部材までアルミ合金の利用範囲の拡大が期待できる。
発泡アルミの構造部材利用により、軽量化率の大幅向上が期待できるとともに、軽量･安全の両立が可能となる。

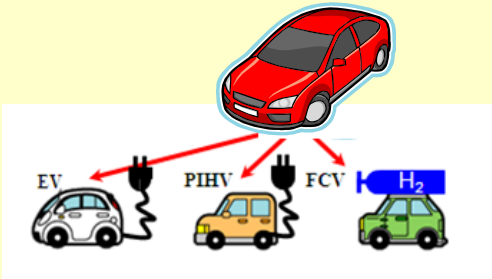
GV研究開発マップB
(主な注力研究･中部オリジナル研究･連携研究のコンセプト)
ー　超軽量化材料･技術領域　ー

注力研究:マグネシウム合金の低コスト加工技術及び革新的高機能材料の開発

ゴール(目的)

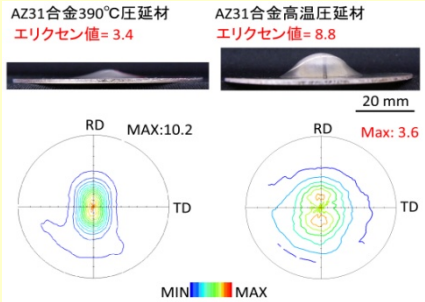
マグネシウム合金の主要課題である高機能化と低コスト化に直結する研究開発を行う。従来では困難であった低温域での塑性加工(レアメタルレス)による部材の高機能化と、構造最適設計による高比剛性構造を実現する加工技術及び板材の開発を行う。また、マグネシウム合金では不可欠である耐食性付与技術について、自動車の一次構造を想定した大型構造部材への革新的表面処理技術を開発する。

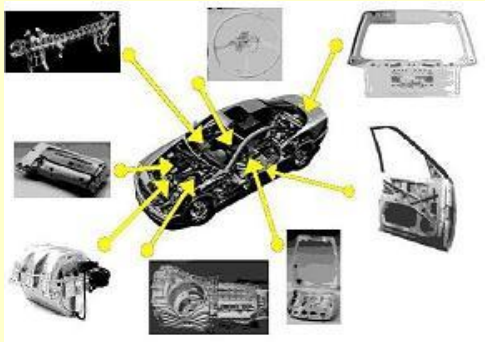
コンセプト



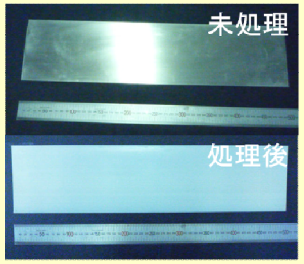
あらゆるタイプの次世代構造部材へ適用可

◆冷間プレス成形による一次構造への適用
◆板材の表面形状加工による高比剛性部材開発





◆大型材部材(ホワイトボディサイズ)の高機能表面処理技術



期待効果

冷間成形性に富むマグネシウム合金板材及びその剛性を付与する加工技術の開発により、車体構造への板材の利用拡大が期待で知る。また、同時に大型構造部材への低コスト表面処理により、複雑形状の車体部材への耐食性付与が可能となり、軽量構造の実用化が期待できる。

GV研究開発マップB
(主な注力研究･中部オリジナル研究･連携研究のコンセプト)
ー　超軽量化材料･技術領域　ー

複合材料

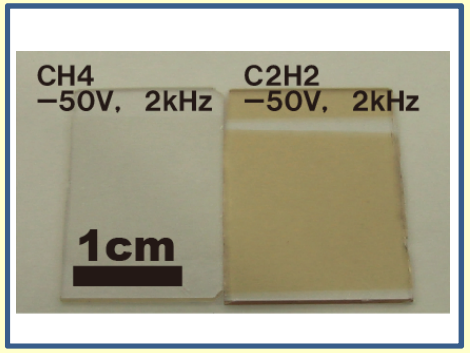
樹脂ガラス、ナノカーボン強化射出成形材、熱可塑性樹脂マトリックスCFRPの開発

ゴール(目的)

樹脂材料の最大の課題である樹脂ガラスを開発し、ウインドウ等のガラス材料の代替を達成し、軽量化に大きく貢献する。ナノカーボンで強化した高強度で面品質の高い射出成形材･プレス成形材を開発し、外板部材等の樹脂化を図る。また、熱可塑性樹脂をマトリックスとしたCFRPを開発し、一次構造部材への展開を図る。

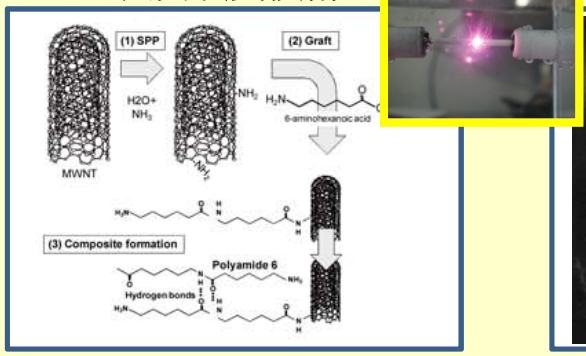
コンセプト

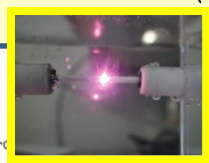
(1) 透明DLC技術



樹脂ガラスの開発

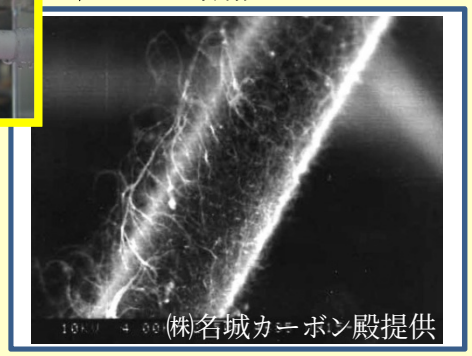
(2) ソリューションプラズマ表面改質技術





CNT強化熱可塑性樹脂の開発

(3) CCH技術
(カーボン繊維/CNTハイブリッド)



界面を強化した熱可塑性樹脂マトリックスCFRPの開発

期待効果

(1) フロント、リヤー、サイドガラスの樹脂化による大幅な軽量化と安全性の確保
(2) 高性能射出成形材によるオンライン塗装可能な樹脂外板を実現し、生産性とデザイン性を確保
(3) 界面をナノ粒子で強化することによりCFRPの疲労耐久性を高め、一次構造部材への適用による大幅な軽量化を達成

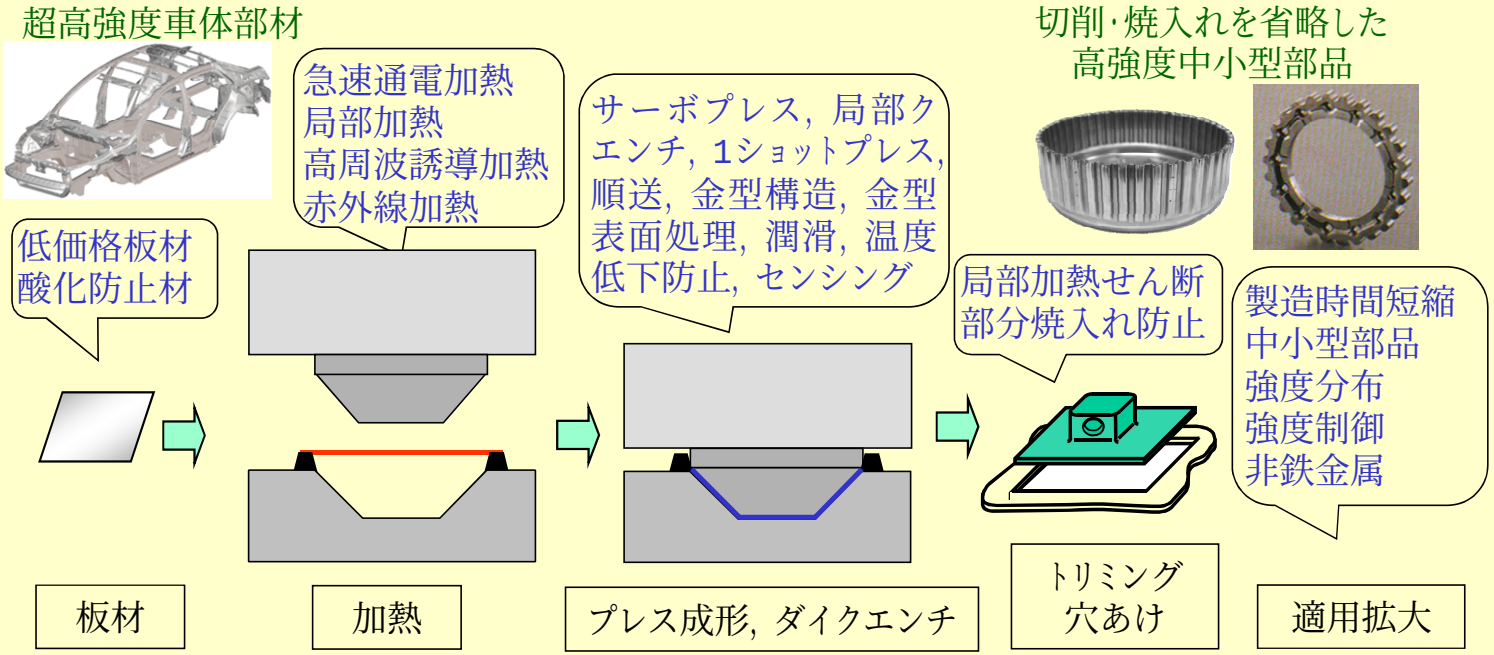
GV研究開発マップB
(主な注力研究･中部オリジナル研究･連携研究のコンセプト)
― 超軽量化材料･技術領域 ―

注力研究:軽量自動車部材のスマートホットスタンピング

ゴール(目的)

急速通電加熱とサーボプレスを用いて1.5GPa超高張力鋼自動車部材を製造できるスマートホットスタンピングを実用化する. 成形性, エネルギー効率, 生産性が高く, 中･小型部材にも対応でき, 設備, 製造の低コスト化を達成する.

コンセプト



期待効果

鋼板を加熱して金型で急冷して超高強度部材を得るホットスタンピングが注目されているが, 問題点が多く日本では余り普及していない. 現状の問題点の解決したスマートホットスタンピングを実生産技術と融合させて実用的な技術にして, 自動車産業が集積している東海地方に普及して産業競争力を高める.

GV研究開発マップB
(主な注力研究･中部オリジナル研究･連携研究のコンセプト)
― 超軽量化材料･技術領域 ―

注力研究: 革新的異種材料間接合技術の確立

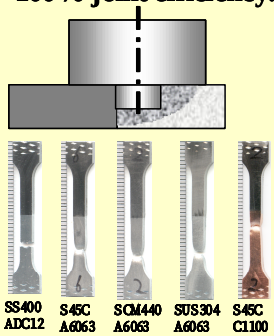
ゴール(目的)

非溶融を特徴とする摩擦攪拌塑性流動を援用する異材接合原理を確立した。同原理を基に異種金属, 金属／高分子, 高分子／C-FRP, 金属／C-FRP間の2次元ならびに3次元形状高品位接合体創成技術を確立する。また得られる接合体の部材軽量化ならびに創成プロセス省エネルギー化などへの効用を検証する。

コンセプト

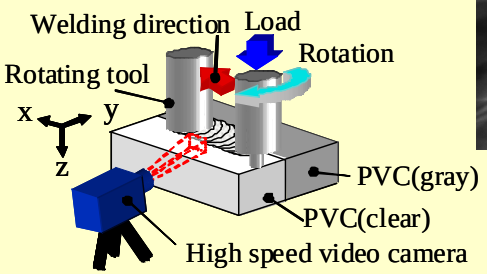
Butt joint:

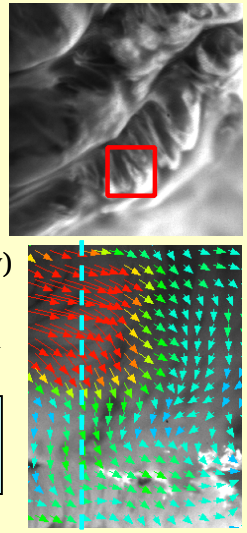
Optimum tool offset realizes ideal joint, namely 100% joint efficiency.



摩擦攪拌援用異材接合原理の確立

PVC/PVC





応用拡大に向けた塑性流動現象の可視化, 把握解明

異種金属間,
金属／高分子
高分子／C-FRP
金属／C-FRP
間2, 3次元形状高品位接合体
創成技術の確立

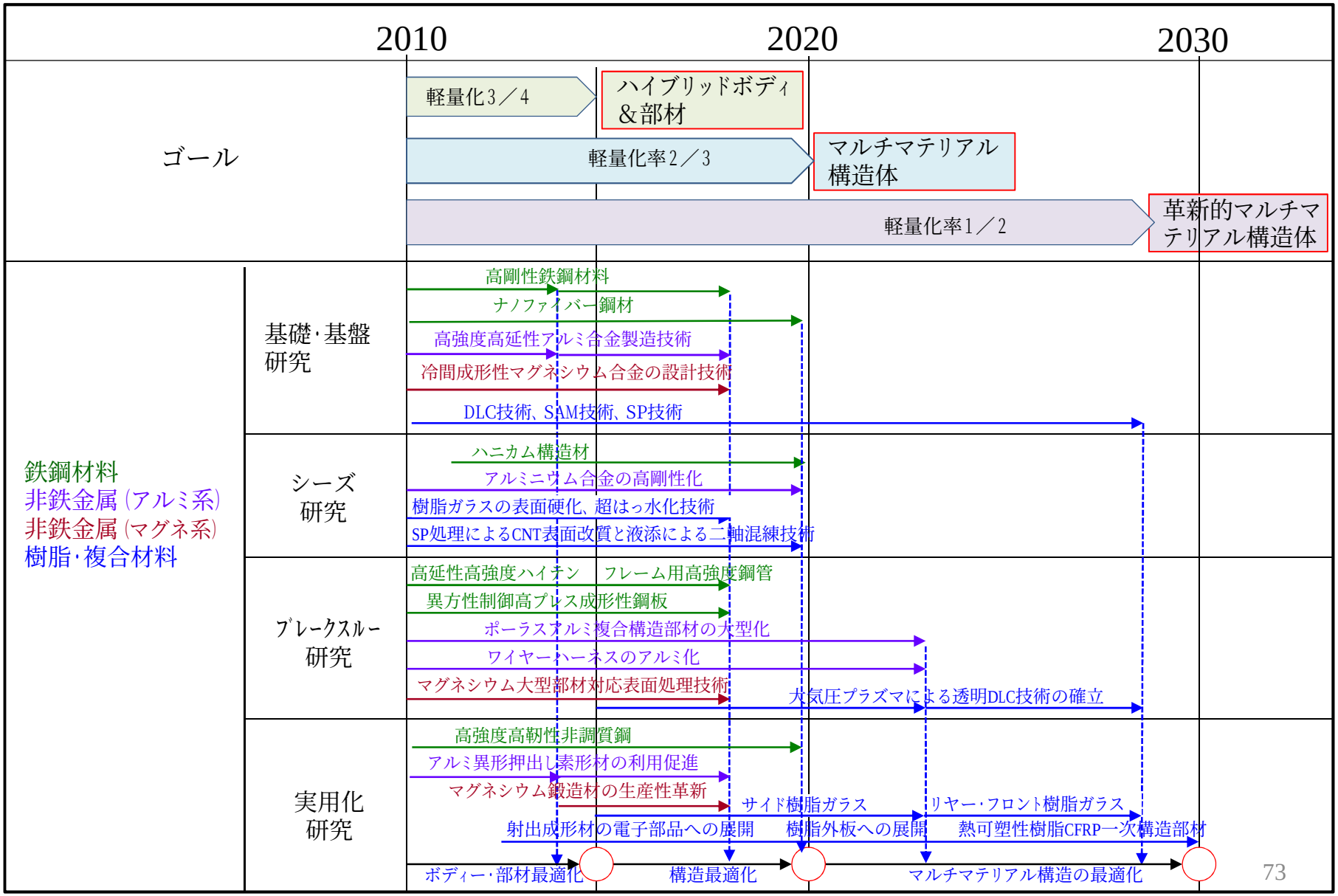
輸送機器の軽量化,
プロセス省エネルギー化への効用検証

グリーンイノベーション

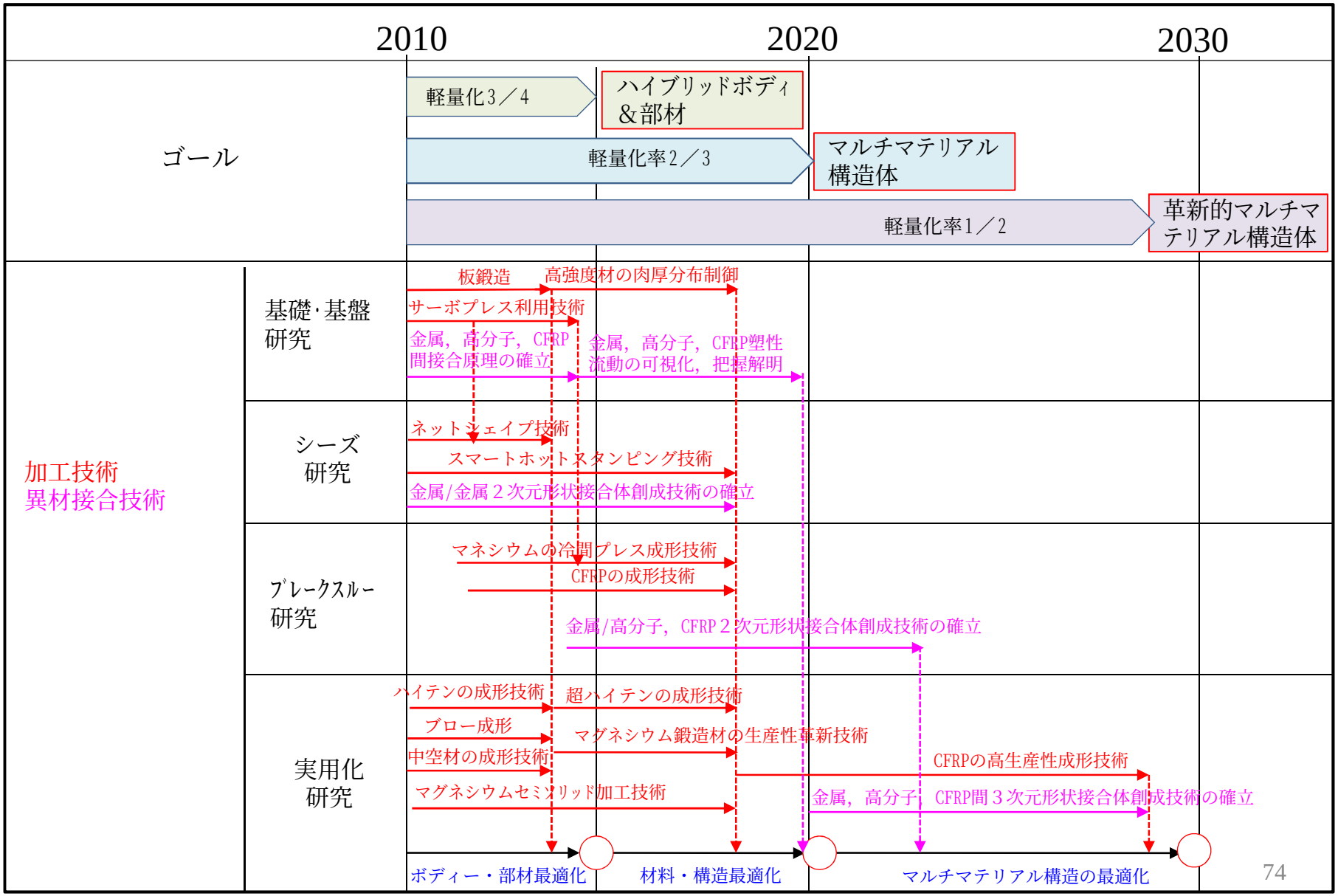
期待効果

1. 鉄／Alなど溶融プロセス適用不可の異種金属間高品位接合体の創成, 実部材への適用
2. 接着層を介さない金属／高分子, 高分子／C-FRP, 金属／C-FRP直接接合体の創成, 実部材への適用

GV研究開発ロードマップ
― 超軽量化材料･技術領域 ―



GV研究開発ロードマップ
― 超軽量化材料･技術領域 ―



研究者マップ　－　超軽量化材料･技術領域　－

	鉄鋼材料･関連技術	非鉄材料･関連技術	複合材（樹脂）･関連技術	加工･接合技術
大学･独法	●材質予測 名古屋大学･石川孝司（塑性加工）	●組織制御強ひずみ加工 名古屋大学･金武直幸（塑性加工）	●ソリューションプラズマ技術 名古屋大学･高井 治（材料科学） 名古屋大学･齋藤永宏（材料科学）	●ネットシェイプ技術 名古屋大学･石川孝司（塑性加工）
	●ホットスタンピング 豊橋技科大･森謙一郎（塑性加工）	●ポーラス金属加工技術 名古屋大学･金武直幸（塑性加工）		●板鍛造 豊橋技科大･森謙一郎（塑性加工）
	●超ハイテンの成形技術 豊橋技科大･森謙一郎（塑性加工）	●表面処理技術 名古屋大学･興戸正純（電気化学）	●CFRP成形加工技術 岐阜大学･深川 仁（型設計）	●異材間の摩擦攪拌接合 豊橋技科大･福本昌宏（接合加工）
	●鉄鋼材料のナノ析出技術 豊橋技科大･梅本　実（金属材料）	●マグネシウムセミソリッド加工技術 産総研･多田周二（鋳造加工）	●樹脂加工技術 岐阜大学･武野明義（高分子）	●ハイテンとアルミの塑性接合 豊橋技科大･森謙一郎（塑性加工）
	●鉄鋼材料のナノ組織技術 豊橋技科大･梅本　実（金属材料）	●マグネシウム鍛造技術 産総研･齊藤尚文（塑性加工　）	●樹脂加工技術 名古屋工大･永田謙二(複合材)	●難加工材成形の潤滑 名古屋工大･北村憲彦（塑性加工）
		●マグネシウム冷間加工技術 産総研･千野靖正（圧延･プレス成形）	●CFRP加工･構造設計 産総研･堀田裕司（複合材）	●ハイテンの成形技術 岐阜大学･王志剛（塑性加工）
		●大型部材対応Mg合金表面処理 産総研･石崎貴裕（電気化学）		
		●異材間の摩擦攪拌接合 産総研･重松一典（異材接合）		
公設研		●加工シミュレーション技術 名市工研･西脇武志（塑性加工）	●ファブリック表面加工技術 愛産研･加藤淳二（繊維加工）	
			●複合材料信頼性技術 名市工研･飯田浩史（成形加工）	

研究者マップ　－　超軽量化材料･技術領域　－

	鉄鋼材料･関連技術	非鉄材料･関連技術	複合材（樹脂）･関連技術	加工･接合技術
企業	●鉄鋼製造技術 新日本製鐵	●マグネシウム鋳造技術 アイシン精機	●樹脂･複合材料･成形技術 東レ、東洋紡　他	●成形技術 トヨタ自動車
	●鋼管製造技術 JFEスチール	●アルミ圧延･押出技術 住友軽金属	●樹脂･複合材料 トヨタ自動車	●成形技術 アイシン精機
	●特殊鋼製造技術 大同特殊鋼	●アルミ鍛造技術 神戸製鋼所（大安）	●樹脂、ソリューションプラズマ技術 東洋樹脂㈱、栗田製作所㈱	●成形技術 デンソー
	●特殊鋼製造技術 愛知製鋼	●マグネシウム鋳造技術 アイシン精機	●CNT合成、炭素繊維/CNT複合化 ㈱名城ナノカーボン	●ホットスタンピング アイシン高岳
		●マグネシウム鋳造･押出技術 三協マテリアル（富山新湊）		●成形技術 トヨタ車体
		●マグネシウム鋳造技術 東海理化		●軽量ホイールの成形技術 トピー工業
		●マグネシウム圧延技術 不二越（富山）		
		●マグネシウム表面改質技術 新東工業（豊川）		
		●マグネシウム大型材表面処理技術 エーアンドエーマテリアル（名古屋）		

グリーンビークル戦略マップ･ロードマップ

― リサイクル領域 ―

担当委員:

市野(名大)(幹事)、伊藤(名大)、小林(産総研)、齊藤(名大)、平澤(名大)

GV戦略マップ・ロードマップ（展望・研究開発動向）
― リサイクル領域 ―

1. 展望

自動車の寿命は10年以上と言われており，現在廃自動車として流通しているものは10年以上前に製造された内燃エンジン自動車である．これら自動車の排気ガス触媒や鉛バッテリーなどは予め取り外され，リサイクルされている．さらに，エンジンや電装品などもリユースできるものはリユースされている．また，現在利用が増加しつつある電気自動車やハイブリッド自動車などモータ搭載型の自動車はレアメタルを多く使用しているため，廃棄の際に，駆動用の高性能モータや，リチウム二次電池や燃料電池，ニッケル水素電池などの各種駆動用電池を取り外し，モータや電池のリユースやリサイクルが必要不可欠となる．他にも，液晶パネルやLEDなどに含まれるレアメタルも回収するシステムを作ることが重要である．

自動車には，鉄鋼，非鉄金属，レアメタルなどの金属類を始め，樹脂，ガラス，ゴムが使われており，解体業者を経由して有価物を分離回収後に廃棄され，シュレッダーダストは埋め立て処分されていた．自動車リサイクル法が施行されると，部品および素材として約80％がリサイクルされ，約20％のシュレッダーダストのうち約15％がリサイクルされるようになり，残りが埋め立て処分されている．結局，自動車の約95％がリサイクルされるようになった．現在の廃自動車のリサイクル率をさらに向上するためには，シュレッダーダスト減容化が必須であるが，自動車の解体容易性が設計段階から進められているため，この先のシュレッダーダストの減容化が期待できる．さらに，ダスト中の鉛などの有害金属を回収・除去するとともに，管理型処分場に破棄されていたダストの再利用化を図ることも重要となる．

一方，モータや電池，さらに廃ガス触媒の開発動向は脱レアメタル化であるため，将来の元素分離技術は簡素化する可能性も秘めており，将来的にリサイクル品のコスト低減にもつながる．

2. 研究開発動向

解体された自動車部品からレアメタルなどの有価金属をリサイクルするためのシステム技術として主に以下に掲げるものを検討し，最終的には，金属精錬の原料としての金属酸化物や金属塩，あるいは金属単体として回収する技術の確立を目的とする．

水熱酸化法では水熱鉱化処理との組み合わせにより，ネオジム磁石からのネオジム，鉄，ホウ素を金属塩の形で分離回収でき，それらを製錬原料として金属単体を得ることに成功している．これを踏まえジスプロシウムを含有する高性能モータの回収に応用する．ネオジムやジスプロシウム等のレアメタルは化学的特性が類似しているため，鉄，ホウ素，ミッシュメタルとして分離回収の後，さらに溶媒抽出等による分離により達成される．

リチウム電池，ニッケル水素電池など駆動用の二次電池は，浸出・溶媒抽出による回収によりニッケル，コバルト，マンガン，リチウムやミッシュメタルの回収が可能であるが，溶媒が高価であることは実用化への課題となる．また，抽出や浸出には，有機溶媒のみならず溶融塩も溶媒として用い，電池成分やモータ成分の抽出分離効率を高めることも検討する．

ITOからのインジウムの回収において塩化揮発分離技術により成功し，インジウム，すずなどの分離回収が可能である．また，塩化揮発分離法は鉛を塩化して蒸発除去にも有効であることから，ダスト中の鉛の除去に利用できる可能性がある．

水中プラズマ技術は，浸出しにくい部品表面の活性化や，プラズマ処理活性基担持微粒子をメディエータとすることにより選択的浸出技術としての応用が期待できる．

さらに，以上の技術を組み合わせたクロスオーバー技術により，リサイクル技術全体を網羅し，資源リサイクルを行う．

上記各種法による回収物（金属単体，金属塩）の高純度化やリサイクル率は，以上の化学処理前に行われる物理的手法による処理品の分別性能にも依存するため，できる限り高性能に選別する技術が重要であり，選別・分離にも課題がある．

GV研究開発マップA（研究アイテム総括） ― リサイクル領域 ―

技術カテゴリー1
レアメタルのリサイクル技術

1. 浸出･溶媒抽出分離技術･･･（シーズ研究）
2. 水熱酸化処理技術･･･（シーズ研究）
3. 塩化揮発分離技術･･･（シーズ研究）
4. 水中プラズマ分離回収技術･･･（シーズ研究）
5. 水熱鉱化処理技術･･･（シーズ研究）
6. 溶融塩分離処理技術･･･（シーズ研究）
7. 高純度メタル単体･化合物回収技術
   ･･･（ﾌﾞﾚｰｸｽﾙｰ研究）
7. 低コスト･量産化技術
   ･･･（実用化）

技術カテゴリー2
ベースメタルのリサイクル技術

1. 自動車用新規鉄鋼材料のリサイクル技術
   ･･･（基礎･基盤研究）
2. 自動車用新規アルミ合金のリサイクル技術
   ･･･（基礎･基盤研究）
3. 低コスト･量産化技術 ･･･（実用化）

<u>リサイクル領域のゴール</u>

･電池，モータ等からのレアメタルの回収
･リサイクル率97％（2％UP）
･シュレッダーダスト率1％DOWN

<u>中部地区のオリジナリティ</u>

･レアメタル回収技術
･シュレッダーダスト高リサイクル率
･ベースメタル用添加元素回収技術

技術カテゴリー3
シュレッダーダスト中の
有価金属リサイクル技術

1. レアメタル回収技術･･･（シーズ研究）
2. ベースメタルの回収技術･･･（ブレークスルー研究）
3. 低コスト･量産化技術 ･･･（実用化）

技術カテゴリー4
自動車の易分離･解体技術

1. 異材接合/分離技術（金属材料/樹脂材料等）
   ･･･（ブレークスルー研究）
2. モータ･電装品等装着/易解体技術
   ･･･（ブレークスルー研究）
3. シュレッダーダストの減量化技術
   ･･･（ブレークスルー研究）

GV研究開発マップB
(主な注力研究･中部オリジナル研究･連携研究のコンセプト)
― リサイクル領域 ―

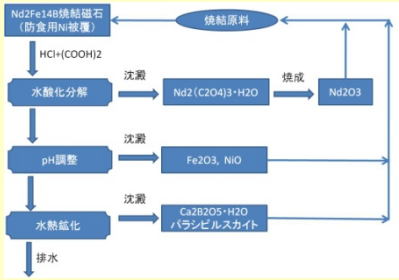
注力研究:レアメタルのリサイクル技術,
シュレッダーダストのリサイクル技術

ゴール

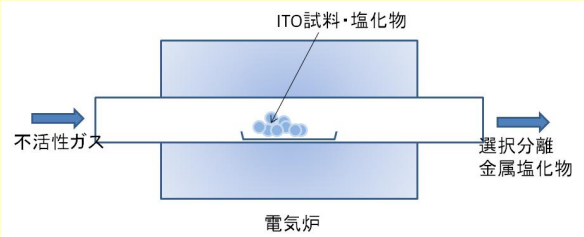
自動車の寿命から廃自動車は10年以前に製造されものであるため，レアメタルが多く使用されている．廃自動車の電装品，モータ等からのレアメタルの有効な分離回収技術の確立と，現在増えつつある電気自動車やハイブリッド自動車等内燃エンジン自動車からの駆動用高性能モータ及び高性能二次電池からのレアメタルの分離回収技術の確立し，ミニプラント操業を目的とする．また，シュレッダーダストからのレアメタル回収，有害元素の無害化技術を確立し，リサイクル率を高くする．

コンセプト

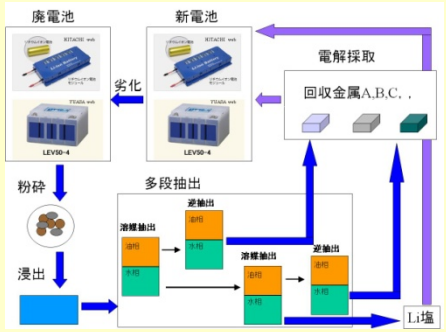
水熱酸化処理技術



塩化揮発分離技術



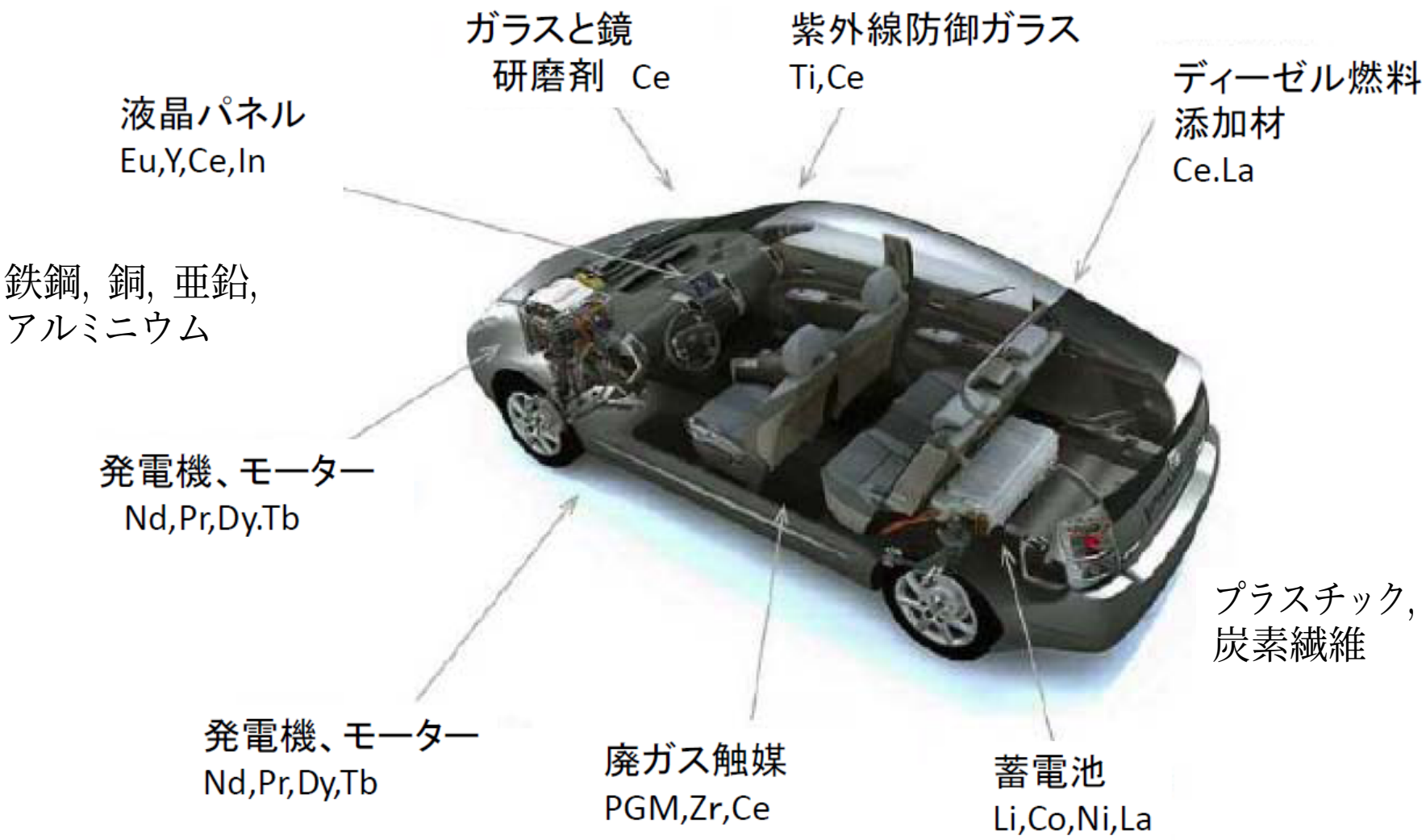
浸出･溶媒抽出分離技術



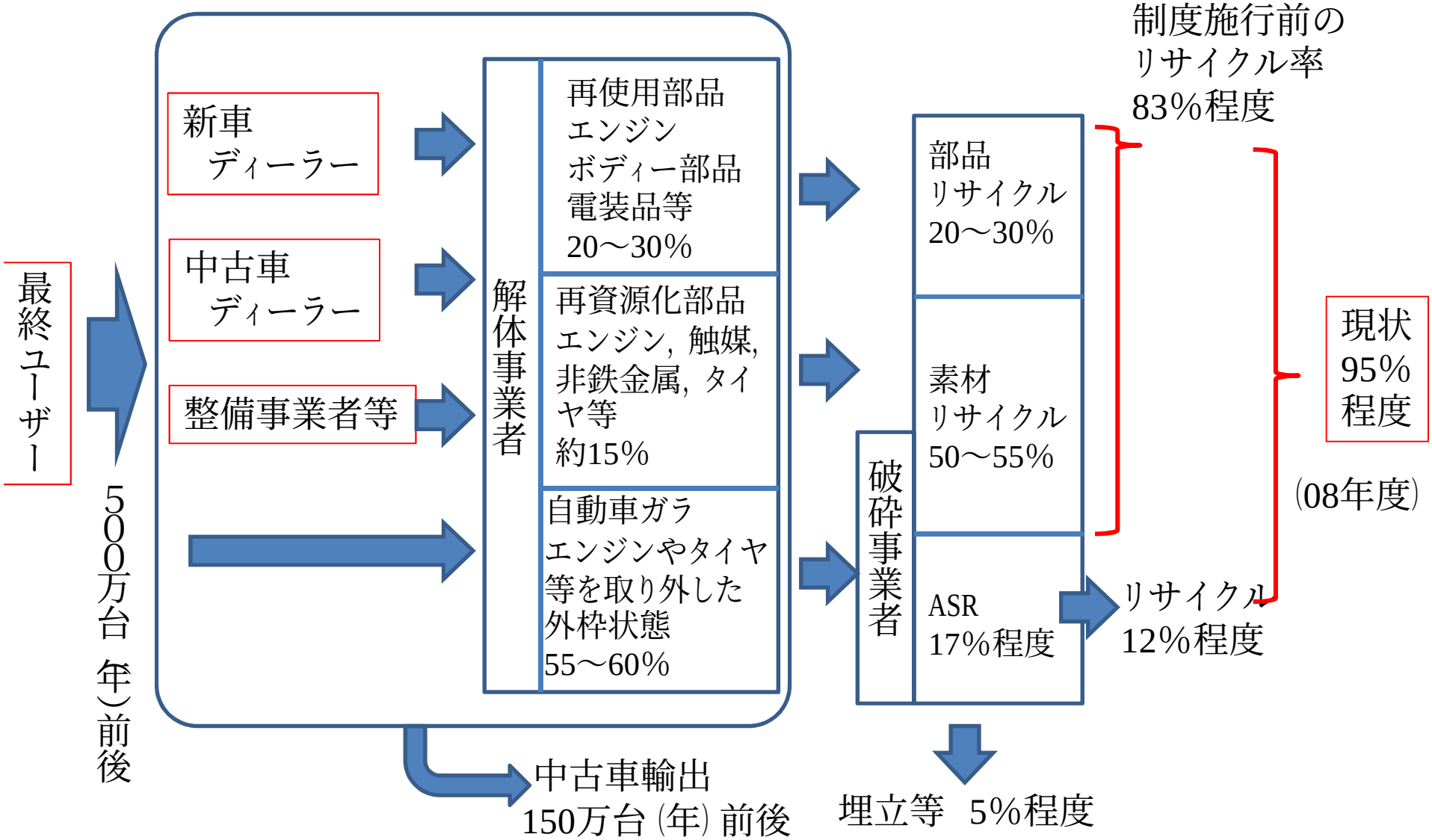
期待効果

中部地域の大学･公的研究機関などが有するレアメタルの分離･回収に関する研究シーズや知見を融合し，廃自動車からのレアメタルを再生することにより，資源確保が可能となり，レアメタルの海外依存性が低下する．シュレッダーダストが減容化し，管理型処分場への依存性が低減する．

自動車を取り巻くレアメタルとベースメタル



使用済み自動車全体のリサイクル



「自動車リサイクル制度の施行状況の評価・検討に関する報告書」：産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会自動車リサイクルワーキンググループ中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会自動車リサイクル専門委員会

レアメタルの分離・回収の方法

電子材料
廃棄物
(E-waste)

地域
分別回収

粗解体
粗分解

大型家電製品(テレビ、エアコン、洗濯機、冷蔵庫、等)
小型家電製品(携帯電話、デジカメ、ビデオカメラ、CD/DVDプレーヤー、等)

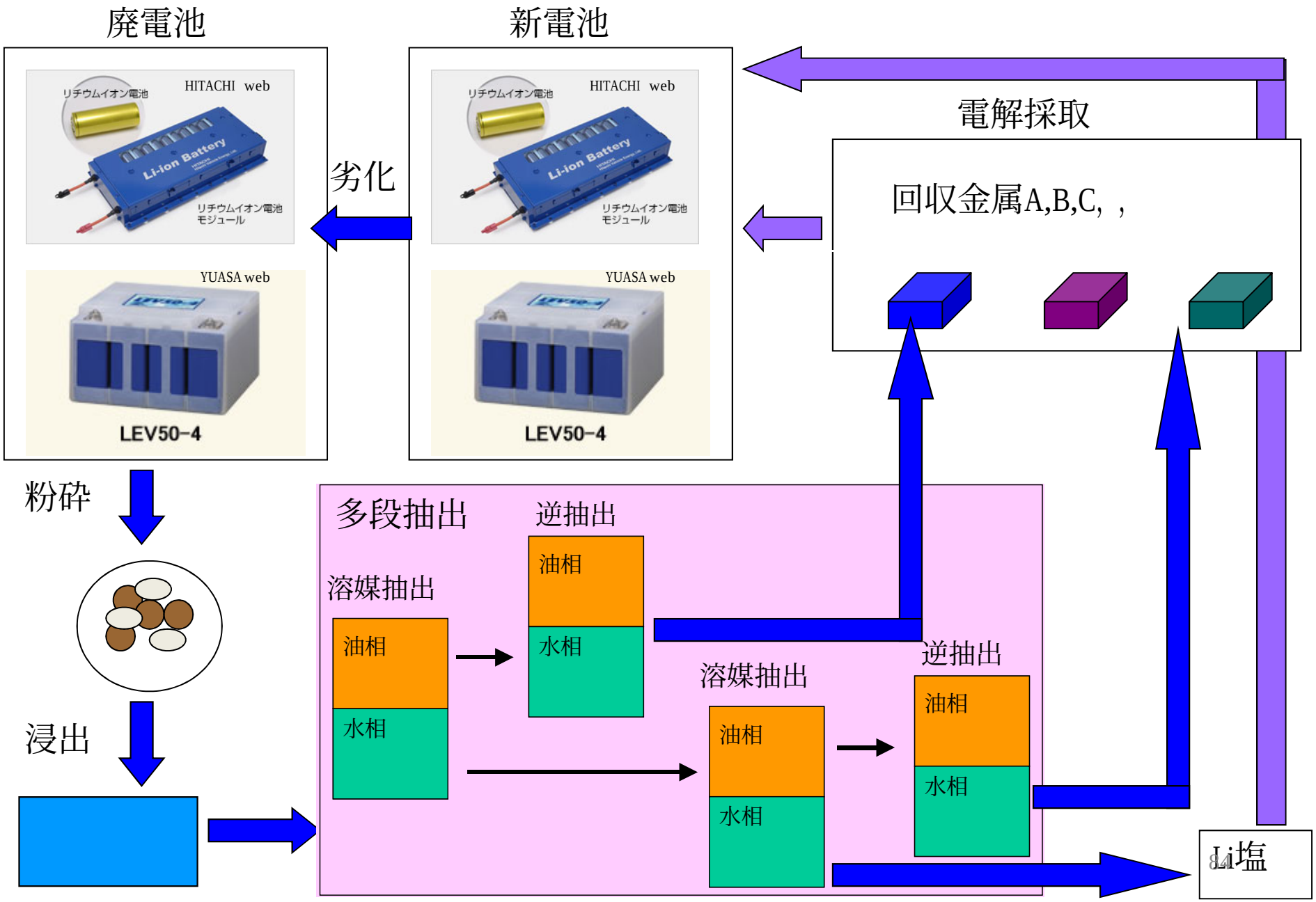
物理的分離・抽出
・形状選別・比重選別
・浮遊選別・磁気選別
・静電選別・回転振動選別

再生品
化合物・混合物
の状態で再利用

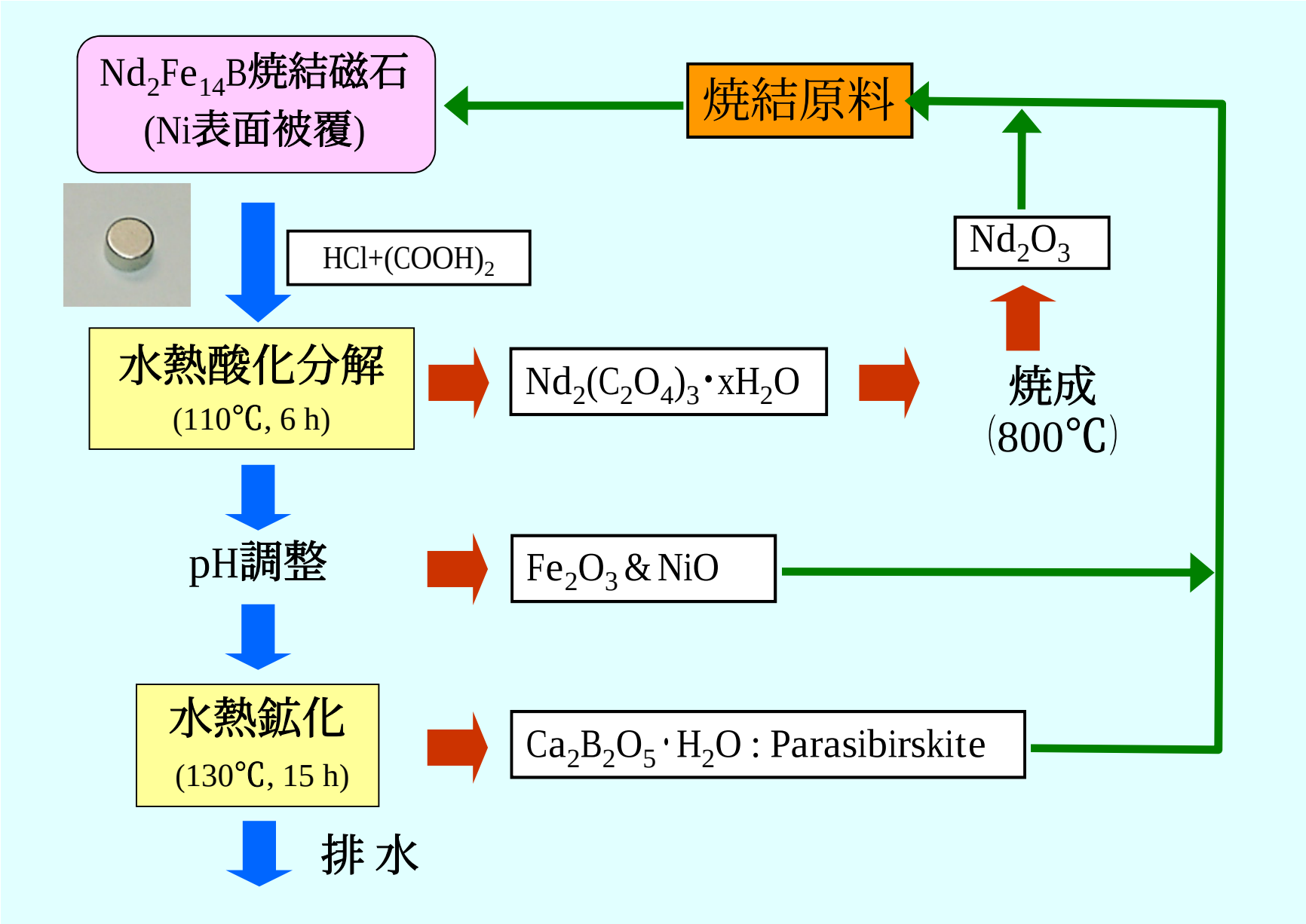
化学的分離・抽出
・乾式法(焼却・培焼・溶融・雰囲気・プラズマ処理)
・湿式法(凝集沈殿・溶媒抽出・イオン交換・電解・水熱処理・メカノケミカル

再生品
金属・粉末
の状態で再利用

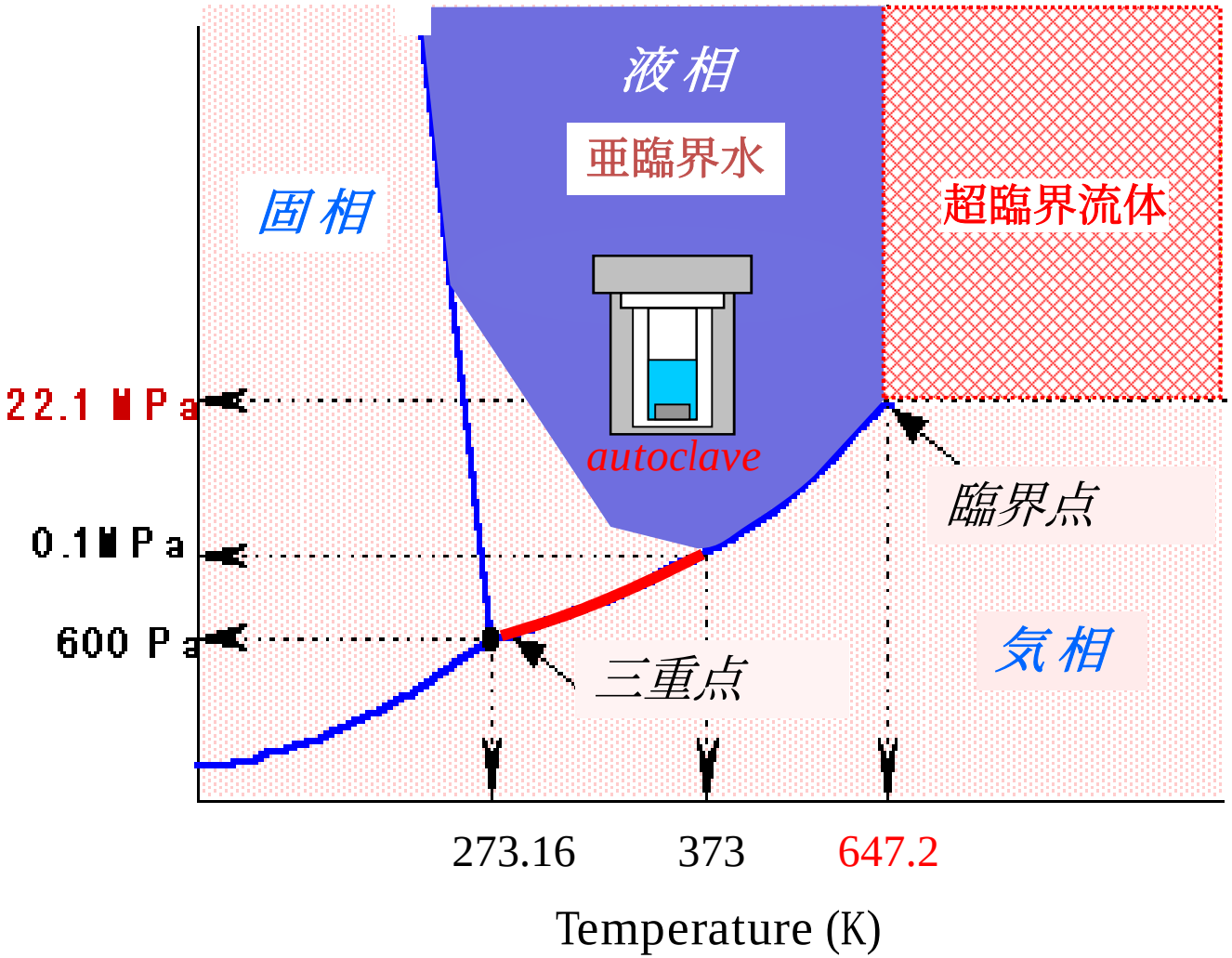
電池リサイクルの方法


廃電池
新電池
HITACHI web
リチウムイオン電池
Li-ion Battery
リチウムイオン電池
モジュール
YUASA web
LEV50-4
劣化
電解採取
回収金属A,B,C, ,
粉砕
浸出
多段抽出
逆抽出
溶媒抽出
油相
水相
Li塩

Nd-Fe-B系焼結磁石のリサイクル



水熱処理による資源回収



P-T phase diagram of water

水熱ナノプロセス
- 水熱解砕
- 水熱分解
- 水熱酸化
- 水熱鉱化

固液分離

液相
- 金属イオン
- アニオン
- オキソイオン

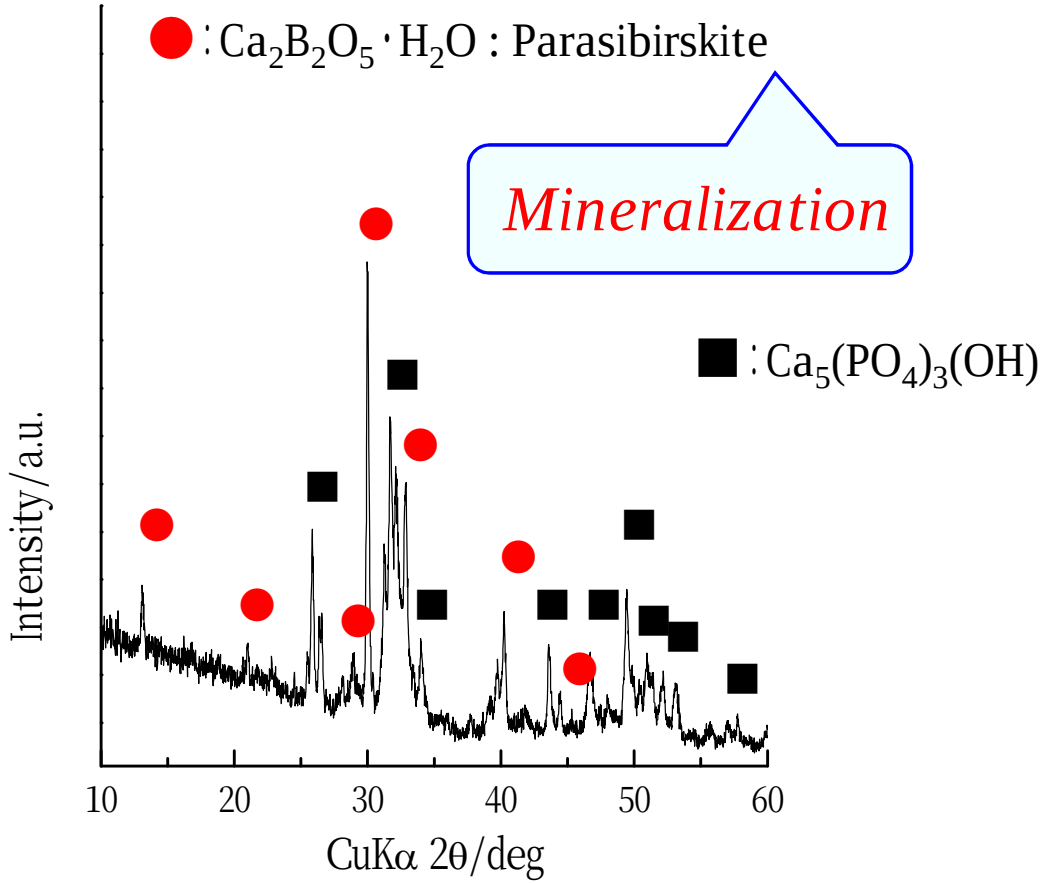
固相
- 沈殿
- 鉱物

水熱鉱化によるホウ素の回収

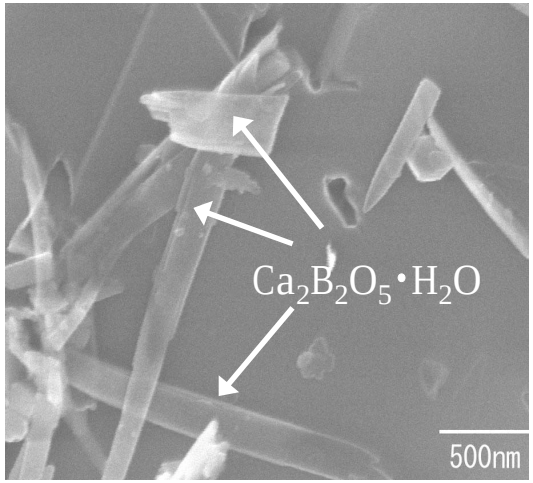
Hydrothermal conditions

B 3000 ppm, $Ca(OH)_2$: 2.0 g, H_3PO_4 : 0.75 g,

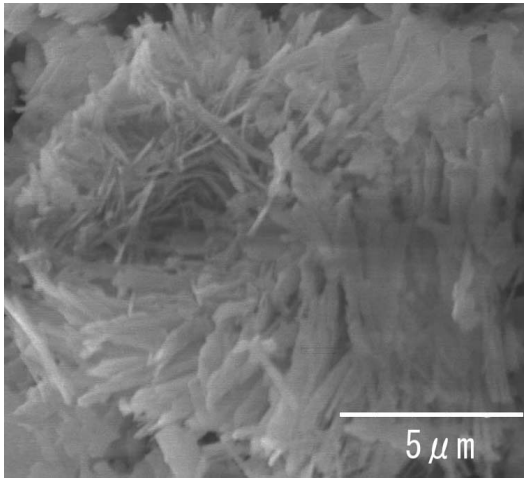
Temperature : 150℃,Treatment time : 14 h



Mineralization



Surface of the precipitate



$Ca_2B_2O_5 \cdot H_2O$

【廃棄物からのIn回収事例】*

* 貴金属・レアメタルのリサイクル技術集成, NTS, (2007)より

●廃LCDパネルの湿式法によるインジウム回収
●プラズマディスプレイパネル(PDP)からのリサイクル技術開発

デメリット:
廃水処理のコストと環境負荷

ディスプレイからの 湿式回収 が主体
→ 乾式プロセスの検討は充分になされていない
新規In源・濃縮回収プロセスの開拓の必要性もあり

【乾式塩化揮発法による In 濃縮回収プロセスのメリット, デメリット】

メリット

◆廃液が生じない
◆反応速度論的に有利
◆濃縮プロセスとして高効率
◆スケールアップが容易

デメリット

◆エネルギー消費型 通常高温が必要
よく使われるNaCl, $CaCl_2$などの固体塩化剤では1000℃以上
◆1000℃以上の高温では反応の選択性に問題
◆高反応性ガスの塩化剤(HCl, Cl_2など)は
ハンドリング困難

非高温型 & ハンドリング容易な 塩化剤を利用した乾式プロセスの開発

【実験試料】

in mass%

SiO_2	Na_2O	CaO	MgO	Al_2O_3	B_2O_3
72.6	15.2	4.6	3.6	1.7	0.8

ITO(In_2O_3,SnO_2)
薄膜1200~1600 Å

ソーダガラス

回転メノウ乳鉢

粉砕

ITOガラス(Aldrich社製)

ITOガラス（一枚）・・・5.0g
In含有量・・・1.37mg
Sn含有量・・・0.45mg
非常に微量

NH_4Cl粉末
混合･加圧

NH_4Cl粉末
固結添加(数滴水添加後、乾燥)

ペレット状試料

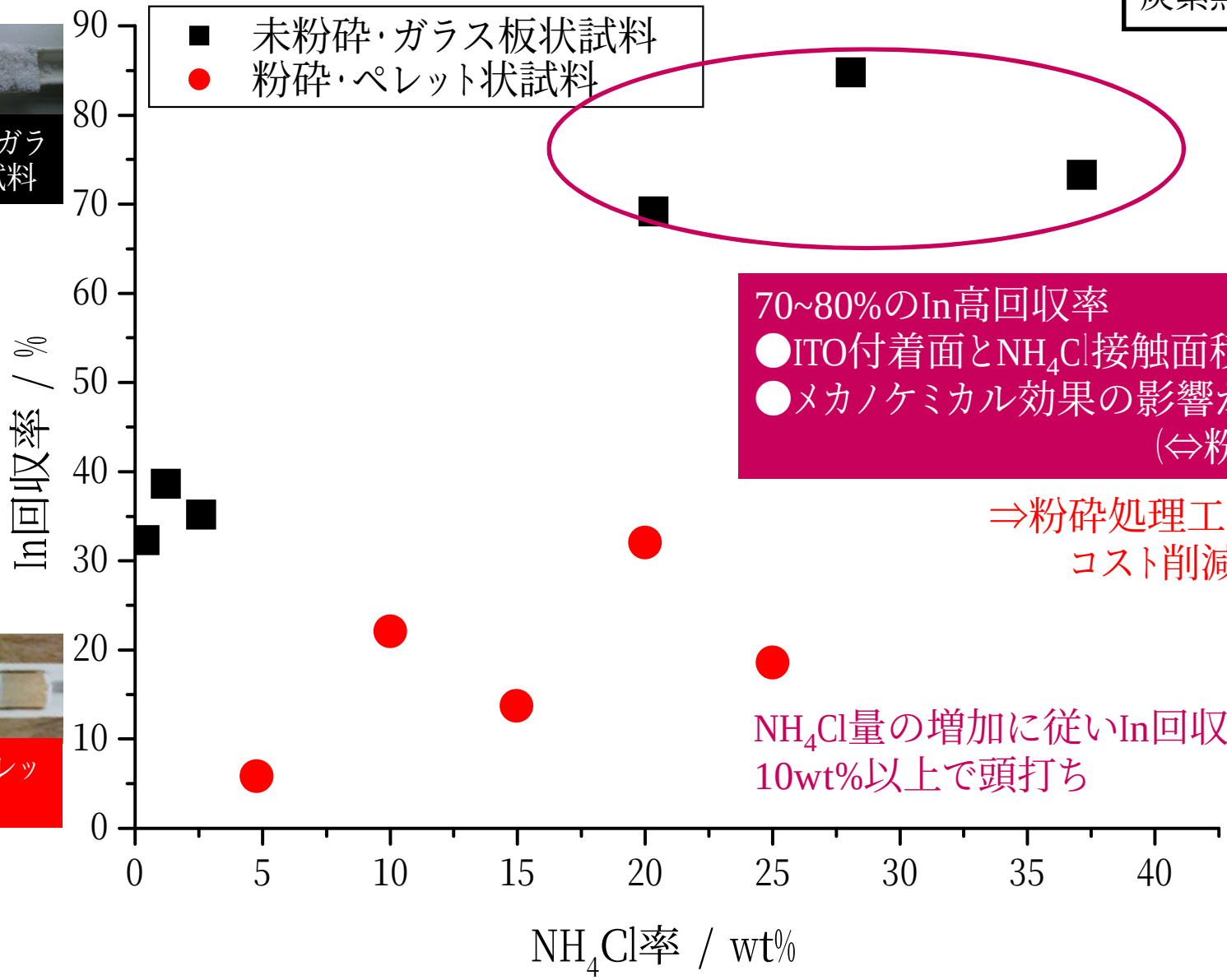
ガラス板状試料

未粉砕･粉砕ITOガラス試料に対する NH_4Cl添加率とインジウム回収率の関係

反応温度:400℃
炭素無添加

未粉砕･ガラス板状試料

粉砕･ペレット状試料



70~80%のIn高回収率
●ITO付着面とNH_4Cl接触面積最大
●メカノケミカル効果の影響が無い
(⇔粉砕試料)

⇒粉砕処理工程を省略
コスト削減･高効率

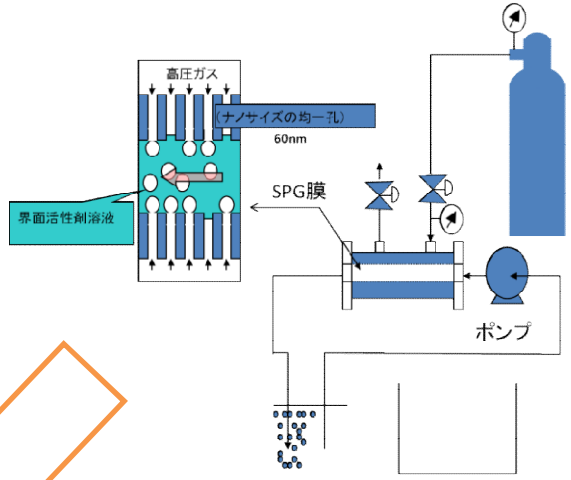
NH_4Cl量の増加に従いIn回収率増加
10wt%以上で頭打ち

貴金属類のプラズマ・ナノバブル分離回収技術

水中プラズマ

従来の気体プラズマと同様な活性をもちながら、エネルギー変換効率が高い

ナノバブル

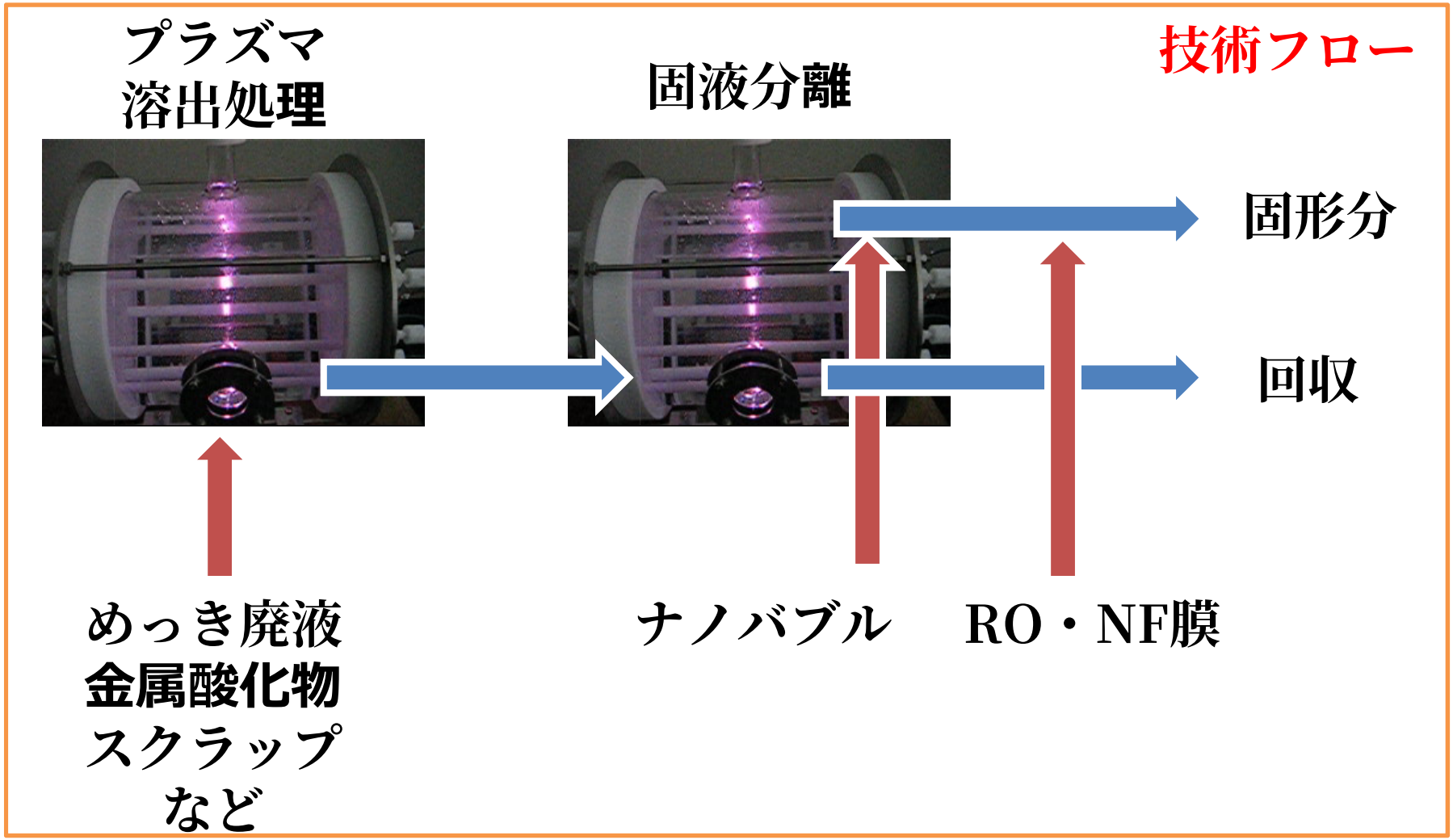


固液分離が低コストでできる

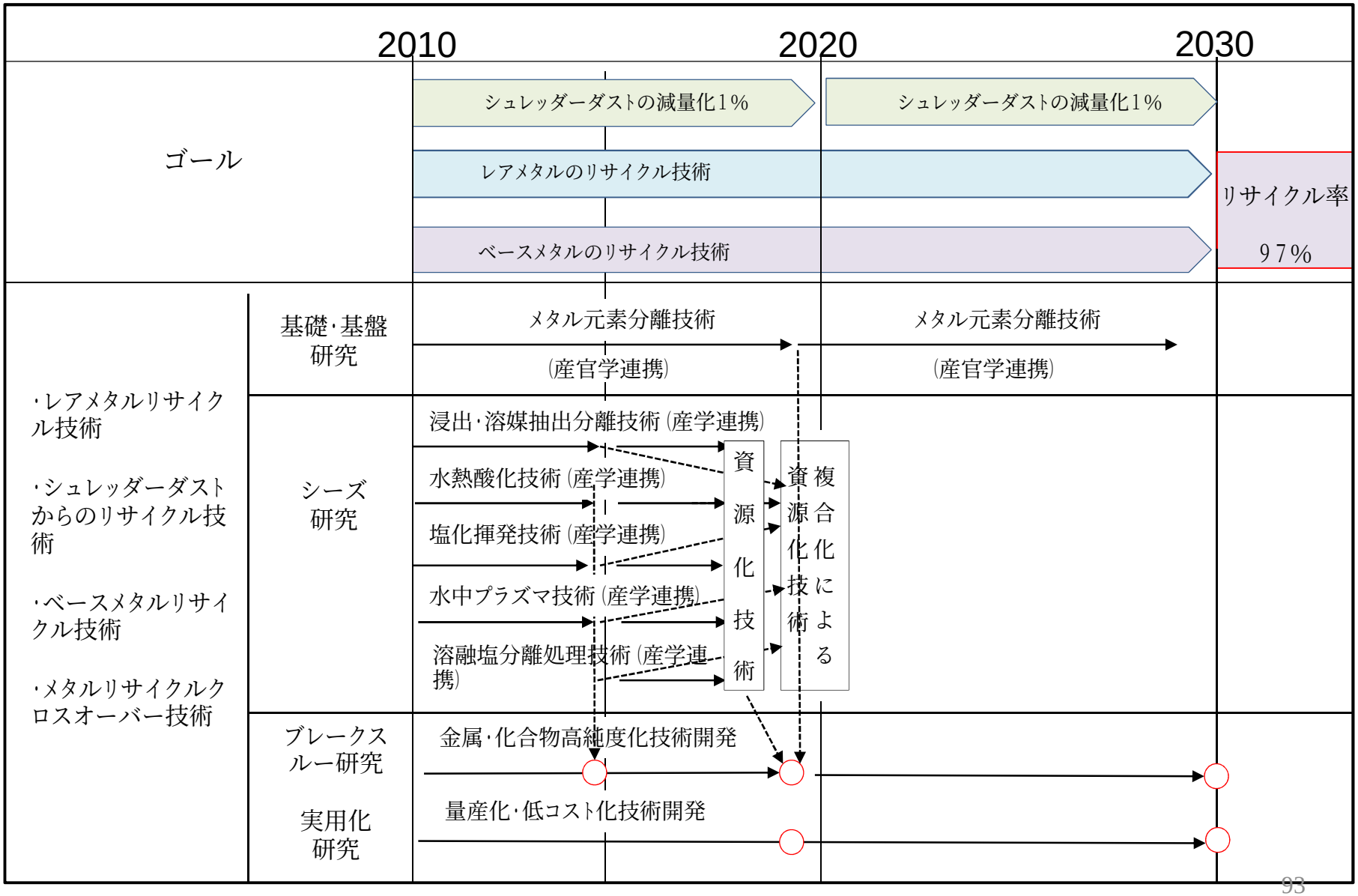
要素技術

溶出と固液分離が簡便に低コストで行える

貴金属類のプラズマ・ナノバブル分離回収技術



GV研究開発ロードマップ
― リサイクル領域 ―



研究者マップ　－　リサイクル領域　－

	レアメタルリサイクル技術，ベースメタルリサイクル技術，シュレッダーダストリサイクル技術
大学・独法	水熱酸化処理技術 名大・伊藤秀章 塩化揮発処理技術 名大・平澤政廣 浸出・溶媒抽出・電解技術 名大・市野良一 水中プラズマ選択浸出・抽出技術 名大・斎藤永宏 産業技術総合研究所 部門長　中村　守 グループ長　小林慶三
公設研	
企業	・大同特殊鋼 ・三進製作所 ・TYK ・エコ・アース・エンジニアリング ・シーエムシー技術開発 ・松下電池工業 ・日鉱敦賀リサイクル ・新日鉄 ・JFE ・愛知製鋼 ・豊栄商会㈱ ・名古屋めっき ・豊田通商 ・トヨタ自動車 ・トーエイ株式会社

グリーンビークル戦略マップ・ロードマップ概要

― センサー領域 ―

担当委員：
渡慶次（名大）（幹事）、大河内（名大）、山西（名大）

GV戦略マップ･ロードマップ(展望･研究開発動向)
― センサー領域 ―

1. 展望

第3期科学技術基本計画では、科学技術の目指すべき目標の1つとして、「安全が誇りとなる国－世界一安全な国･日本の実現」を掲げており、政府一体となって安全･安心科学技術に取り組んできた。現在、検討が進んでいる第4期科学技術基本計画においても、その重要性はますます高まると言われている。自動車運転中の突然死や突発性の心疾患･脳血管疾患は、重大事故を引き起こす可能性が高く、安全･安心な社会を実現するためにも、重大事故を未然に防ぐ技術の開発が必要である。高度生体情報のセンシングと自動運転機能の発展により、ドライバーの突然死や突発性疾患時においても、重大事故を引き起こすことなく、安全に走行･停車が可能になるようと考えられる。すでに、瞳孔モニタリングや、シートやステアリングに設置された圧力センサーなどによる健康状態のセンシングが試み始めている。今後は、非侵襲診断技術やインプラント技術の発展に伴い、自動車を運転しながら、高度生体情報をセンシングすることが可能となると考えられる。これにより、車に乗りながらドライバーあるいは搭乗者の健康状態のモニタリングが可能なり、病気の早期発見も可能になると期待される。

また、Car2X技術などの先進技術を利用してドライバーの安全運転を支援するシステムが搭載された自動車も市販されるようになってきている。車両周辺の交通環境や路面の状況などの情報を取得する各種センサーや情報通信機器の高性能化･高度化により、より安全な運転が実現し、将来的には事故ない社会の実現が期待される。

2. 研究開発動向

これまでに、運転者の眼球運動の観察による疲労評価やシートやステアリングに設置された圧力センサーによる健康状態モニタリングなどの研究が報告されている。また、近赤外光やテラヘルツ光を用いて、非侵襲的に血糖値や心拍数の計測などの研究開発も盛んに行われている。また、血流センサーを用いた不整脈、心筋梗塞や虚血性疾患の診断や超音波を用いた極微量流量センサなどについての研究開発がおこなわれている。一方、匂いセンサーや呼気センサーを用いて、アルコールやアセトンなどの化学物質の検出も可能になってきている。さらに、Ex-vivoセンサーやインプラントセンサーの研究開発も欧米を中心に進められており、将来的には病院等に行かずとも、簡便に高度生体情報のセンシングが可能になると考えられる。

一方、安全快適な運転環境の実現を目指すための運転者の状態センシングについて、心電に起因する信号や、脳波に起因すると考えられる生体信号検出等を検出し、運転者の内部状態について有意な情報が得ることで，前方不注意、居眠り運転、判断ミス等の防止に貢献する超高感度磁気センサ開発についても行われている。

しかし、現在は上記のそれぞれのセンシング技術の高度化のステージにあり、自動車を運転中にドライバーや搭乗者の高度生体情報をセンシングするということには至っていない。

自動車メーカーを中心に先進安全自動車に関する技術開発が進められており、衝突被害軽減ブレーキやアダプティブ･クルーズ･コントロール、パーキングアシストなどはすでに搭載した自動車が市販されている。また、国土交通省主導で、車車間通信などのCar2X技術の公道実験なども行われており、実用化に向けた取り組みがなされている。

GV研究開発マップA（研究アイテム総括）ーセンサー領域ー

技術カテゴリー1
非侵襲センシング技術（電磁波）

1. テラヘルツ波　（シーズ研究）
2. 近赤外線（血糖値、眼球運動）（シーズ研究）

技術カテゴリー2
非侵襲センシング技術（非電磁波）

1. においセンサー
（ブレークスルー研究）
2. 呼気センサー
（ブレークスルー研究）
3. 血流センサー
（ブレークスルー研究）
4. 超音波
（シーズ研究）
5. 画像計測
（実用化研究）

センサー領域のゴール（目標）

・高度生体情報のセンシング
・先進安全自動車（ASV）

中部地区のオリジナリティ

・生体適合性材料
・非侵襲センシング技術（非電磁波）

技術カテゴリー3
インターフェース技術

1. 高性能無線・通信技術　（シーズ研究）
2. 運動解析用アルゴリズム　（基礎・基盤研究）
3. 画像解析用アルゴリズム　（基礎・基盤研究）

技術カテゴリー4
インプラント技術

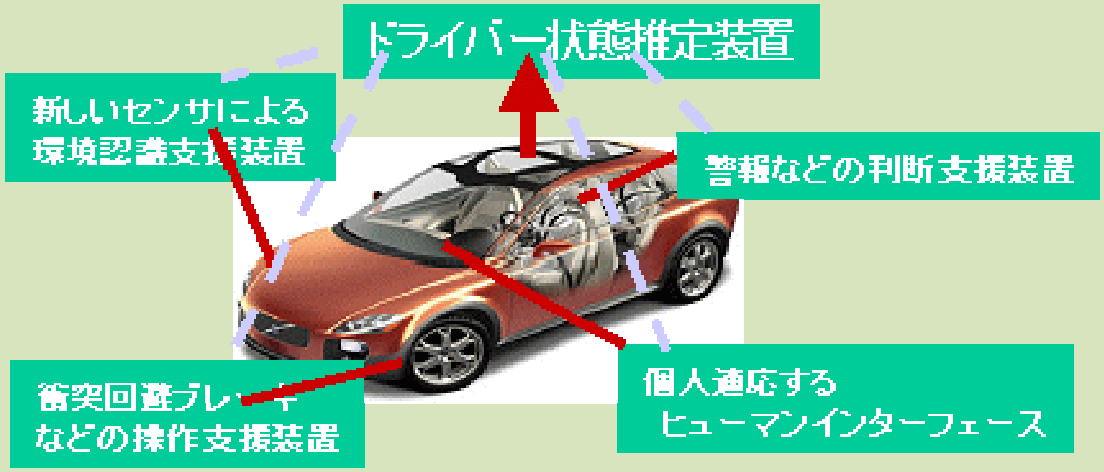
1. 生体適合性材料　（シーズ研究）
2. Ex vivoセンサー　（シーズ研究）
3. インプラントセンサー　（ブレークスルー研究）

GV研究開発マップB
(主な注力研究･中部オリジナル研究･連携研究のコンセプト)
― センサー領域 ―

非侵襲センシング技術＆運動解析アルゴリズム (名大 大日方五郎)

ゴール (目的)
運転者の行動特性のモデル化による自動車運転支援装置の実現

コンセプト
運転者の注意力･集中力の変化を、眼球運動とハンドル操作特性に基づく数学モデルによるリアルタイム状態推定



GV研究開発マップB
（主な注力研究・中部オリジナル研究・連携研究のコンセプト）
― センサー領域 ―

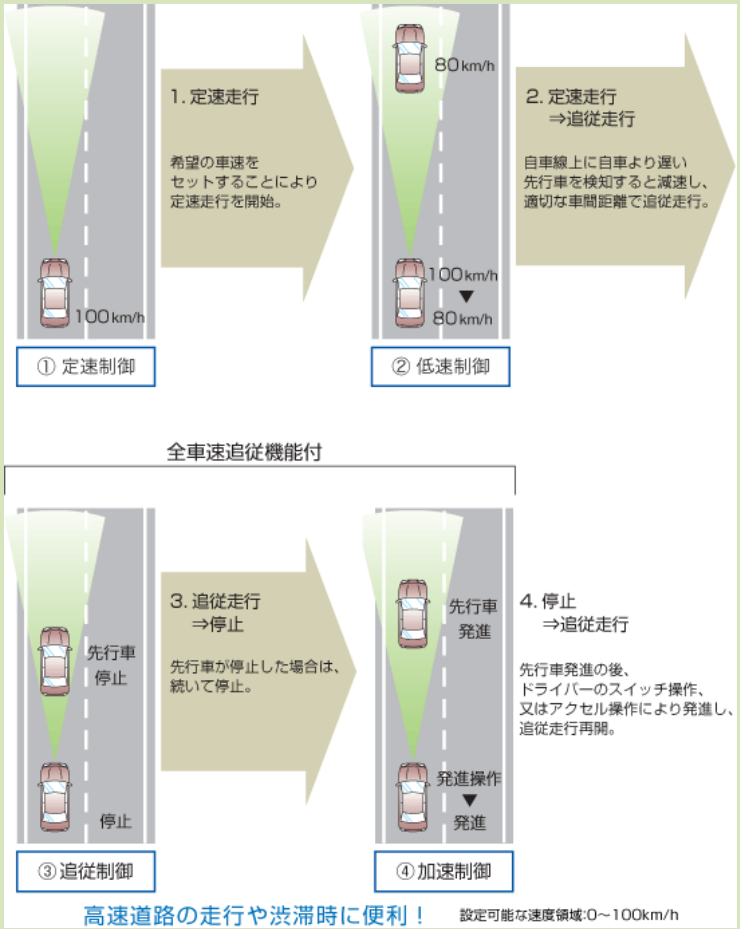
レーダークルーズコントロール（アダプティブ・クルーズ・コントロール）（トヨタ）

ゴール（目的）

時速0～100kmまでの広い速度域で、車間距離を適切に保ちながら追随走行する

コンセプト

前走車なしの一定速度での走行や車間距離を取って高速追従走行する技術（高速ACC）と停車を含めた低速での追従走行する技術（低速ACC）を一体化



GV研究開発マップB
（主な注力研究・中部オリジナル研究・連携研究のコンセプト）
― センサー領域 ―

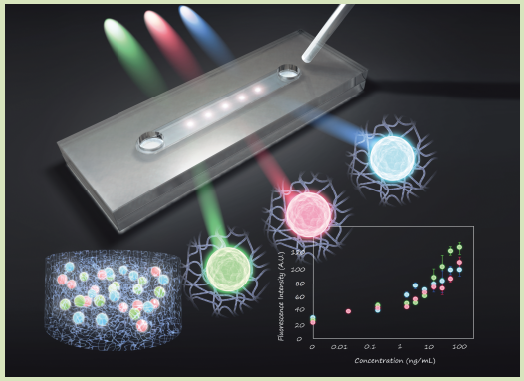
生理指標計測技術（名大　馬場嘉信）

ゴール（目的）

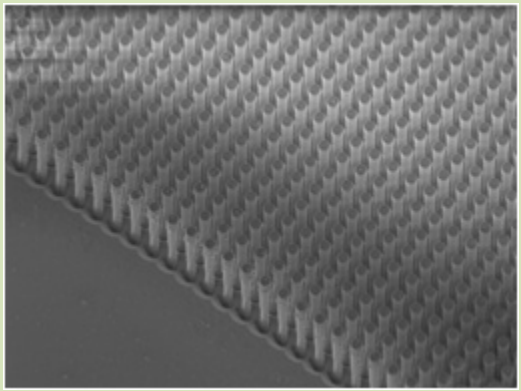
高度生体情報を低侵襲・非侵襲で取得するナノバイオデバイスの開発

コンセプト

ナノテクノロジーとバイオテクノロジーを融合したナノバイオテクノロジーを駆使して、迅速かつ簡便に疾病などに関する高度生体情報を取得するナノバイオデバイスを開発する。



3項目同時分析用のナノバイオデバイス



生体分子分離用のナノバイオデバイス

GV研究開発マップB
(主な注力研究･中部オリジナル研究･連携研究のコンセプト)
― センサー領域 ―

運転者の生理情報のリアルタイムセンシング技術 (名大 内山研)

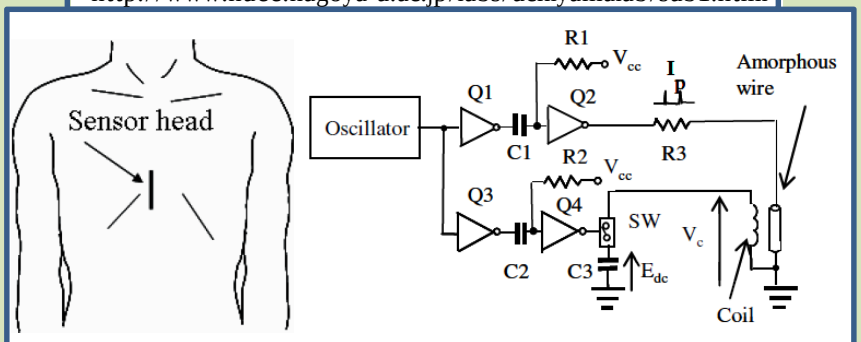
ゴール (目的)

高感度･高性能マイクロ磁気センサであるMI(Magneto Impedance)効果を用いた生体磁気計測

コンセプト

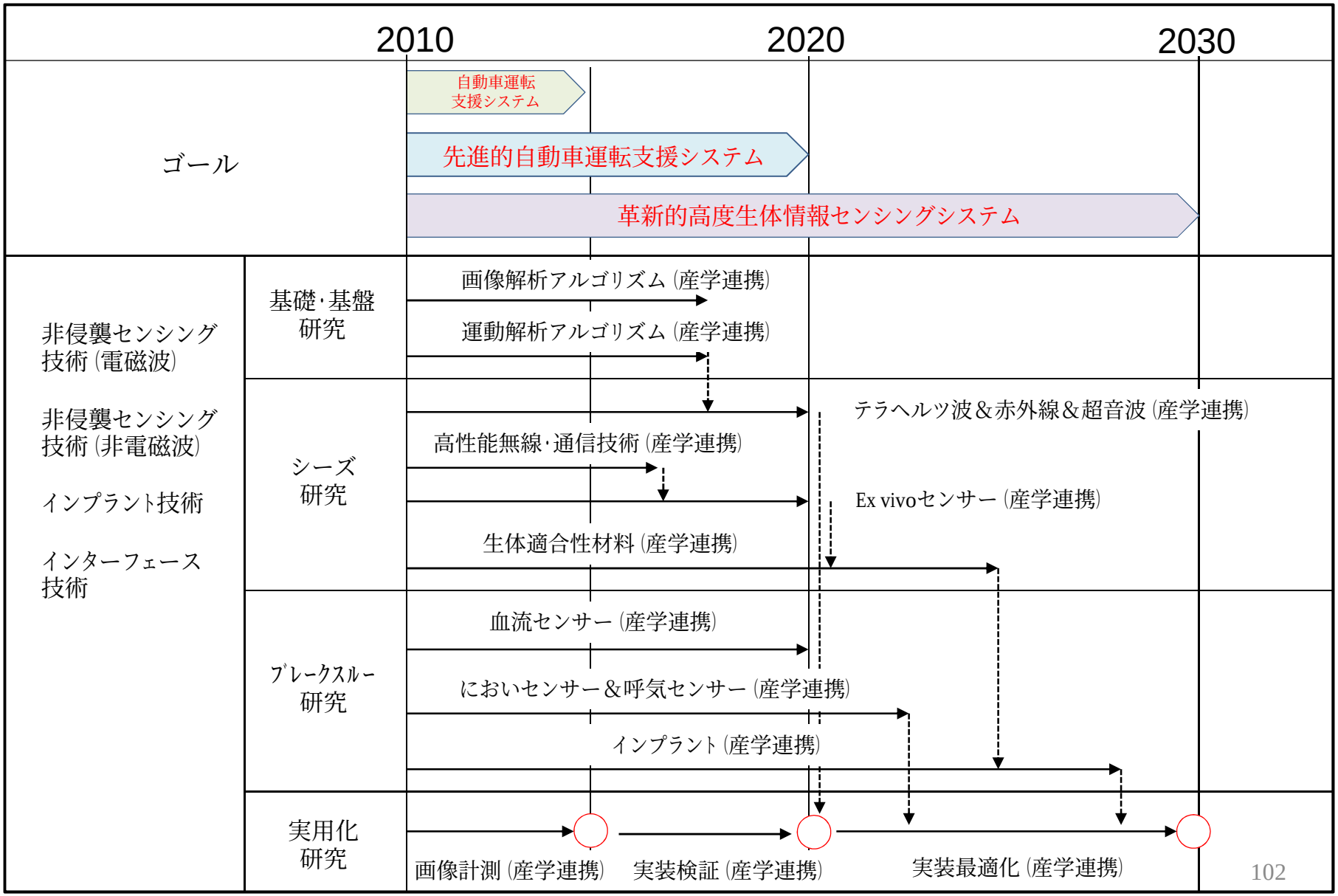
安全快適な運転環境の実現のための運転者の状態センシングを可能とする超高感度磁気センサ開発を行う。心電に起因する信号や、脳波に起因すると考えられる生体信号検出等を検出し、運転者の内部状態について有意な情報が得ることで，前方不注意、居眠り運転、判断ミス等の防止に貢献する。

車載型の脳波計測装置の応用例
http://www.nuee.nagoya-u.ac.jp/labs/uchiyamalab/sub1.html



T. Uchiyama, et al., Phys. Stat. Solidi A, 206, 639 (2009).

GV研究開発ロードマップ
― センサー領域 ―



研究者マップ　―　センサー領域　―

	非侵襲センシング（電磁波）	非侵襲センシング（非電磁波）	インプラント	インターフェース
大学・独法	●テラヘルツ波 名大エコトピア・川瀬晃道 （応用光学）	●呼気センサー 名大情・永峰康一郎 （応用光学） ●呼気センサー 名大工・式田光宏 （MEMS工学） ●固体センサー 豊橋技科大・澤田和明 （半導体工学） ●血流センサー 名大工・新井史人 （バイオMEMS） ●磁気センサー 名大工・内山剛 （磁気センサ） ●磁気センサー 豊橋技科大・田中三郎 （センサ工学）	●生体適合性材料 名大工・大槻主税 （医用材料） ●再生医療 名大医・上田　実 （組織工学） ●細胞足場材料 名大工・本多裕之 （生物プロセス工学）	●運動解析アルゴリズム 名大エコトピア・大日方五郎 （生体運動解析） ●運動解析アルゴリズム 名大情・武田一哉 （行動信号処理）
公設研				
企業	●近赤外線（瞳孔） ブラザー工業 ●光学（眼関連） ニデック	●脈派センサー デンソー ●呼気センサー トヨタ	●生体適合性材料 メニコン	●運動解析用アルゴリズム 豊田中研 ●運動解析用アルゴリズム トヨタ ●先進安全自動車技術 トヨタ・アイシン・デンソー