

ImPACTの成果・社会実装状況について

令和元年7月
内閣府



IMPACT (30年度終了)

成果・実装 概要等

(1) 成果・実装

① 超薄膜化・強靱化「しなやかタフポリマー」の実現 【4頁】

しなやかで壊れにくい分子構造のメカニズムを解析し、そのエッセンスを安いポリマーに転用する。

② セレンディピティの計画的創出による新価値創造 【6頁】

先端光技術を基軸に、電子工学、機械工学、遺伝子工学、応用化学、情報科学、分子生物学からの知見と手法を学際的に融合。

③ ユビキタス・パワーレーザーによる安全・安心・長寿社会の実現 【8頁】

レーザープラズマ加速による超小型のX線自由電子レーザーを異分野融合により実現し、いつでもどこでも利用。

④ 無充電で長期間使用できる究極のエコIT機器の実現 【10頁】

「究極の不揮発性メモリ」と「スピントロニクス論理集積回路」でコンピュータの省電力化を極める。

⑤ 重介護ゼロ社会を実現する革新的サイバニックシステム 【12頁】

本人・家族・社会の重く厳しい多大な負担を減らす「革新的サイバニックシステム」の社会実装に挑戦。

⑥ 超高機能構造タンパク質による素材産業革命 【14頁】

自然界に学びながら、クモやノミなどがもつ超高機能構造タンパク質を素材として活用する。

⑦ タフ・ロボティクス・チャレンジ 【16頁】

「タフな」基盤技術（極限環境アクセシビリティ、極限センシング、作業失敗リカバリ、極限環境適合性）。

ImPACT (30年度終了)

成果・実装 概要等

⑧核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減・資源化【18頁】

世界初の核反応データを取得し、核変換のプロセスを提案。新しい核反応制御法を確立。

⑨進化を超える極微量物質の超迅速多項目センシングシステム【20頁】

昆虫が生物進化で獲得した驚くべきセンシングシステムを、超微細エレクトロニクスで実現。

⑩イノベーティブな可視化技術による新成長産業の創出【22頁】

最先端のレーザと超音波を融合した「光超音波イメージング」により、非侵襲で血管などをリアルタイムに三次元可視化。

⑪脳情報の可視化と制御による活力溢れる生活の実現【24頁】

脳情報の可視化と制御技術に関する研究開発を社会課題に結びつけ、世界に先駆けた脳情報産業を創出。

⑫量子人工脳を量子ネットワークでつなぐ高度知識社会基盤の実現【26頁】

量子力学の原理を応用した量子コンピュータに、直方情報処理を取り込む。

⑬オンデマンド即時観測が可能な小型合成開口レーダ衛星システム【28頁】

SARでポピュラーな従来方式を採用せず、第3の「受動平面展開アンテナ方式」により、世界最軽量、高密度収納のSAR衛星システムを構築。

IMPACT (30年度終了)

成果・実装 概要等

⑭豊かで安全な社会と新しいバイオものづくりを実現する人工細胞リアクタ 【30頁】

人工細胞デバイスを利用した技術革新によって、バイオ分析産業や酵素・細胞を用いた産業の根本的問題を解決する。

⑮バイオニックヒューマノイドが拓く新産業革命 【32頁】

「センサー付の精巧な偽物」を活用して感覚的な表現を定量的に理解し、試行錯誤をなくすことで技術シーズを早く社会に届ける。

⑯社会リスクを低減する超ビッグデータプラットフォーム 【34頁】

現状のビッグデータ処理を遥かに凌ぐ超高速解析と超広域データ収集が可能な「超ビッグデータプラットフォーム」を構築。

(2) 研究開発支援の一例

・スタートアップ戦略の視点 【36頁】

起業家がこれまでの制約を超越し(Beyond Limits)、日本の潜在能力を開放する(Unlock Our Potential)、スタートアップ・エコシステムを構築

伊藤耕三 P M



東京大 教授

PMによる産業や社会の変革

現行の金属構造材等を刷新する、より軽量・強靱な新たな高分子化合物（タフポリマー）等を開発し、**自動車をはじめとする様々な製品・サービスの省エネルギー性や耐久性を飛躍的に高める。**【関連する経済活動規模（推計）**約1.5兆円（10年後）**】

高安全性・省エネ自動車

大容量 大出力燃料電池
 LI電池



超軽量高強度車体

タフポリマーブランドの普及

超薄膜フィルム
 電子機器用樹脂

分離膜
 逆浸透膜

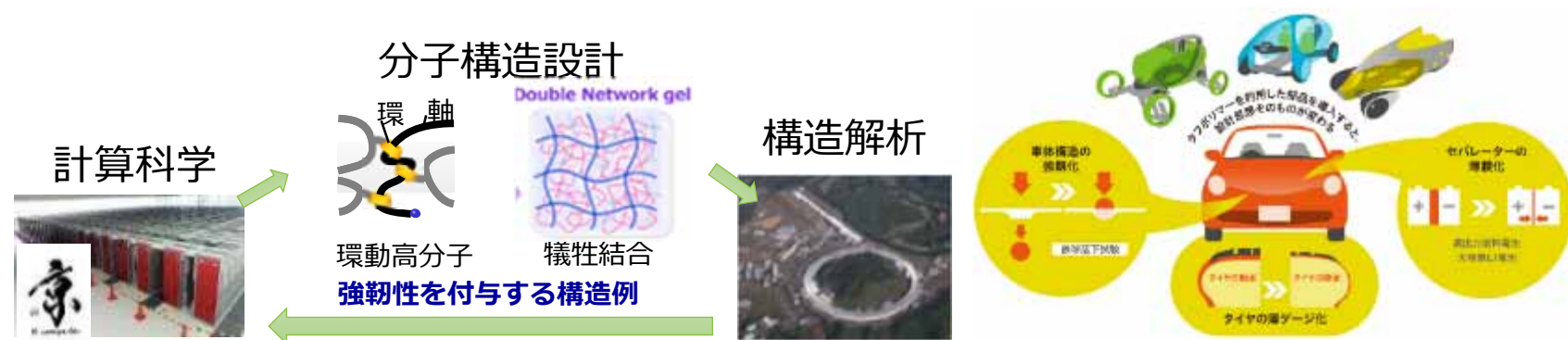
自動車以外
 へも波及

安全・安心、
 低環境負荷社会の実現

PMによるチャレンジ

軽量かつ強靱な高分子化合物を生み出す新たな分子結合メカニズム等を解明し、それらメカニズムを応用した新規高分子化合物の設計指針を確立することによって、**自動車用の新たな構造材の開発など、用途特性に応じた最適な高分子化合物が設計・製造できる基盤技術を確立**する。

（車体構造向け材料で曲げ弾性率50GPa以上、タイヤ用ゴム材料で重量40%減、等）



・主な成果

基礎研究の知見を製品化に結び付ける研究開発体制の構築

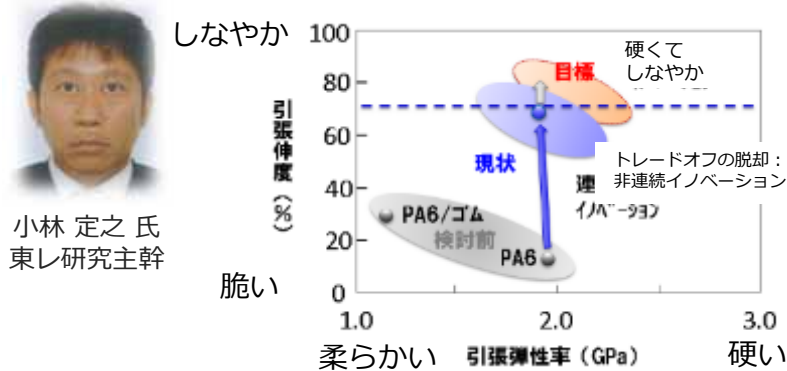
産学連携マトリクス運営

企業の開発課題は大学からは見え難く、大学の持つ基礎的な要素技術は企業が活用し難い。PMが企業の開発課題を把握し、活用可能な要素技術を保有する大学とマッチングさせ、研究開発体制(マトリクス運営)を構築した。企業は、研究開発のステージに合わせ、体制を柔軟に組替えながら、複数大学と同時に課題解決に取り組んでいる。

PMが間に 入って マッチング	企業				
	燃料電池電解質膜薄膜化 旭硝子	Li電池セパレータ薄膜化 三菱ケミカル	車体構造用樹脂強化 東レ	タイヤ薄ゲージ化 ブリヂストン	透明樹脂強化 住友化学
九大	○	○	○	○	○
理研①	○	○	○	○	○
北大	○			○	○
名大	○		○		○
お茶の水大				○	
阪大			○		○
理研②	○				
山形大	○	○	○		○
東大			○	○	○

研究成果例①：車体構造用樹脂 東レ

◆目標：衝突エネルギー吸収量5倍・重量1/2 (対スチール)



小林 定之 氏
東レ研究主幹

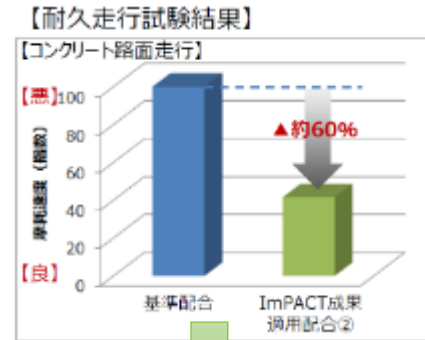
アカデミアの新規分子設計技術の一つ環動高分子と汎用樹脂をナノレベルで混合(自社技術)し、硬さと脆さのトレードオフを脱却。

研究成果例②：タイヤの薄ゲージ化 ブリヂストン

◆目標：タイヤゴム重量40%減



アカデミアから得られた設計指針を自社のゴム配合技術と組合せ、タイヤの摩耗速度減60%を達成。
→**ブリヂストンが経営戦略技術に採用。**



(1) ②『セレンディピティの計画的創出による新価値創造』

合田圭介 PM



東京大 教授

PMによる産業や社会の変革

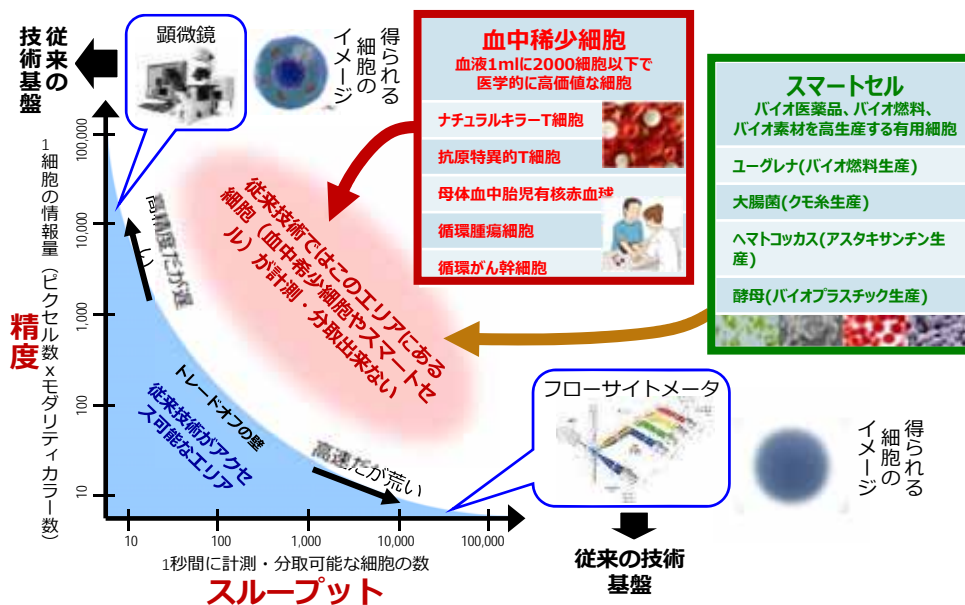
生物が有する多様な変異・機能を、1細胞レベルで高速かつ高精度に検出・識別できる世界初の計測システムを開発し、**早期がん検診サービスの創出やバイオ医薬品創薬の加速化、バイオ燃料用微生物の効率的な探索等、今後成長が期待されるバイオテクノロジー分野のイノベーション創出**を図る。【関連する経済活動規模（推計） **約5,000億円（約15年後）**】



PMによるチャレンジ

血液中に極微量存在するがん細胞等、**生物が有する様々な変異を、1細胞レベルで高速かつ高精度に検出・識別できる世界初の計測システム「セレンディピター（細胞検索エンジン）」**を開発する。

(1細胞選別速度10,000細胞/秒、特異性 10^6 (従来技術の1000倍) 以上、等)

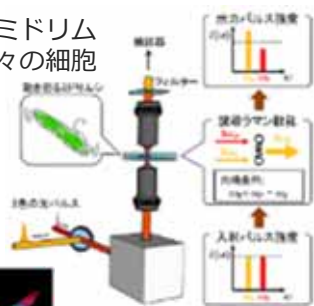


主な成果

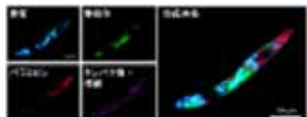
高速分子イメージング法



生きたミドリムシの個々の細胞を観察



東京大
小関准教授



脂質や多糖類などをイメージング

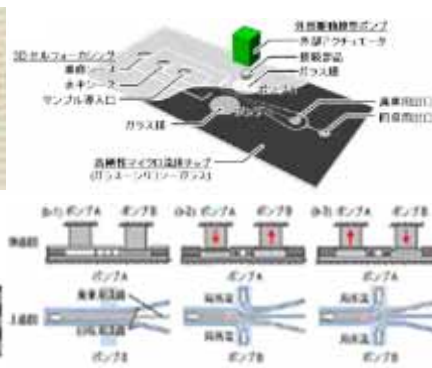
生きた細胞の内部に存在する生体分子を無標識で光学的に検出する、高速誘導ラマン散乱 (SRS) 顕微鏡を実現。

セレンディピターの要素技術の開発

世界最高速の細胞分取法



名古屋大
新井教授



世界最高速 (23,000 cells/s)、分取成功率 (93%)、細胞生存率 (91%) で細胞の分取に成功。

重水による光合成能力計測法



九州大
星野准教授



重水素をラマン顕微鏡で検出

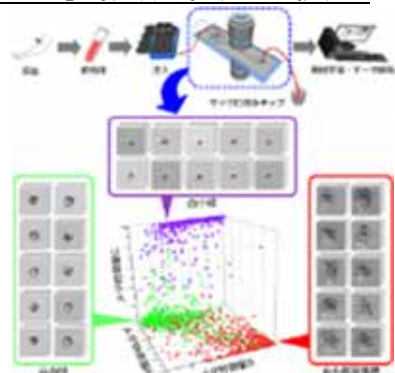
重水を取り込ませてラマン顕微鏡で光合成量を計測。油脂の蓄積能力が高い優秀なミドリムシの網羅的な計測に成功。

セレンディピターへの応用と実証評価へ

血液中の血小板凝集塊を検出



東京大学病院
矢野教授

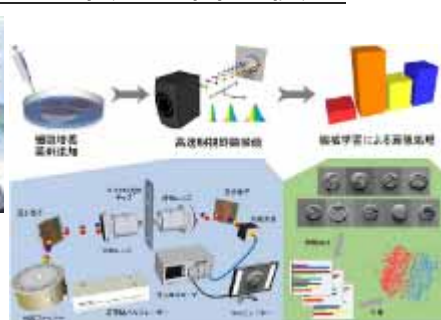


高速に流れる細胞を無標識で撮影し、機械学習によりヒト血液中の血小板凝集塊を高精度に検出することに成功。

細胞の薬剤応答を検出



東京大
雷特任助教

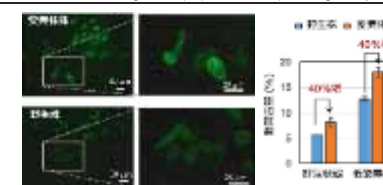


高速明視野顕微鏡を用いて多数の細胞を無標識で連続撮影し、抗がん剤によって生じたがん細胞の形態学的変化を、機械学習により高精度に検出することに成功。

ミドリムシの品種改良法を開発



ユウグレナ
若田主任研究員



野生株より約40%油脂を多く含むミドリムシ変異体を取得

細胞選別技術を用いてミドリムシを効率的に選抜する手法を開発し、油脂を多く含むミドリムシの取得に成功。

佐野雄二 PM PMによる産業や社会の変革



ものづくり（長寿命燃料電池等）における物質組成等を原子レベルで簡易に計測できる**世界初の「小型X線自由電子レーザー」等を開発**することによって、他国が真似できない**分子レベルの超精密加工を可能とし、ものづくり分野における産業競争力を抜本的に強化**する。【関連する経済活動規模（推計） **約3,500億円（約20年後）**】

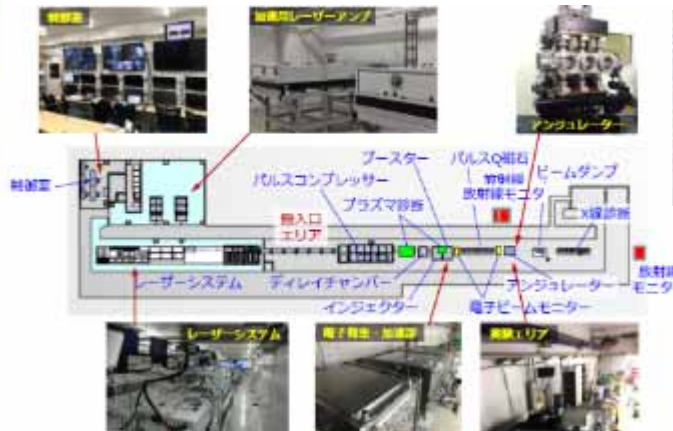
PMによるチャレンジ

現在、**先進各国が競って建設整備を進めている大型施設「X線自由電子レーザー」**を、レーザープラズマ加速技術等を応用することにより、**実験室レベル（トレーラーサイズ）で実現可能であることを概念実証**する。（1kmオーダーの加速器を20m化し、1keVのX線ビームを発生、等）

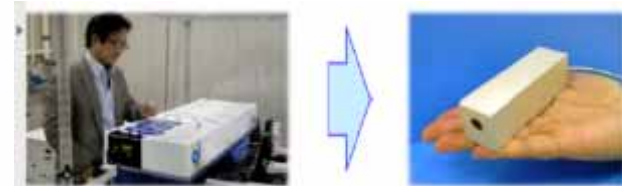
X線自由電子レーザー（XFEL）の小型化基盤技術の確立



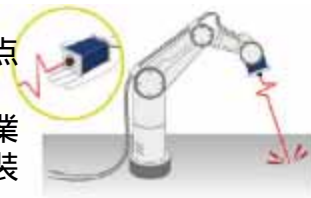
700mのXFELを
実験室サイズで
実現できることを
実証する



超小型・低コストパワーレーザーの開発・製品化



インフラ保守・点検、ヘルスケア、加工等様々な産業に向けて社会実装を目指す



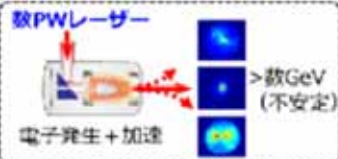
主な成果

XFELの小型化

レーザーの多段化で安定な電子ビームを実現

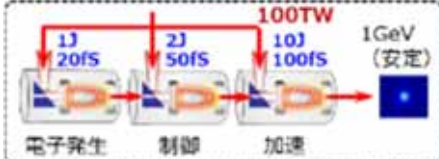
阪大 細貝准教授

海外の手法



電子発生+加速 >数GeV (不安定)

高いエネルギーが出るが不安定
多段化で電子発生や加速の条件を制御



- 数mmの加速長で500MeVの安定な電子加速を実現、1GeVを目指す
- 加速のエネルギー効率は世界最高

一体型アンジュレーターで小型化を実現

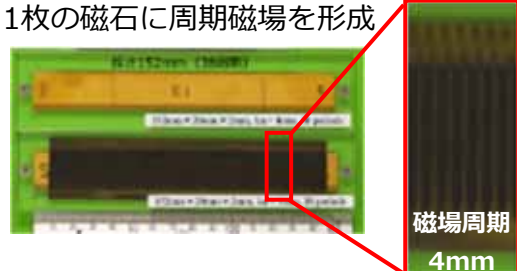
KEK 山本教授

SACLAのアンジュレーター

磁場周期18mm

1個1個の磁石で磁場を生成

1枚の磁石に周期磁場を形成



磁場周期 4mm

従来不可能であった10mm以下の磁場周期4mmを実現

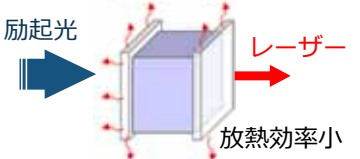
要素技術の開発・検証フェーズから組合せ実証へ

超小型パワーレーザーの開発

多層接合で高出力化を実現

高出力化の問題点

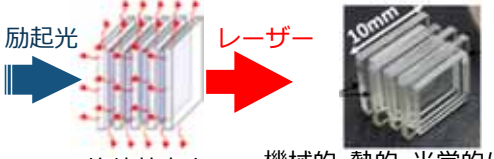
分子研 平等准教授



励起光 レーザー 放熱効率小

励起光を増やすとレーザー媒質が過熱し
レーザーの出力が低下

レーザー媒質中に透明な放熱層を複数
設けて冷却を促進し、熱影響を低減



励起光 レーザー 10mm 放熱効率大 機械的・熱的・光学的にほぼ完璧な接合を実現 (世界初)

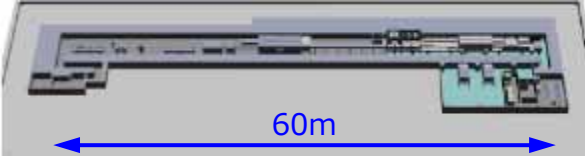
- 掌サイズの発振器で20mJ超を実現
- 発振器体積あたりの出力は世界最高

プロト機完成・国内3社に技術移管

小型加速機と小型アンジュレータの統合

播磨に実証施設を建設し、電子加速を開始

将来イメージ



60m

X線の発生を確認し、小型化の検証を完了 (平成30年12月)

長さ2cm

想定される産業用途



医療用機器(NIDEX)、航空機会社(AIRBUS)等から実施許諾申込

佐橋政司 P M



東北大 教授
 リサーチプロフェッサ
 名誉教授

PMによる産業や社会の変革

我が国が**世界を先導するスピントロニクス技術を用いた磁気メモリ (MRAM)により**、メインメモリのみならずLSIの演算処理部まで不揮発し、超低消費電力化が行える究極のエコIT機器を実現する。IoTやAI等の進展により**爆発的に増大する情報の処理、増大する機器の消費電力の抑制等の社会的課題の解決**を図る。【関連する経済活動規模 (推計) **約6,700億円 (約10年後)**】

ImPACTが目指す未来
 究極の“不揮発性”エコIT機器
 (電源オフ時でも記憶を保持、動作時消費電力 $\leq 1fJ/bit$)
モバイルITは無充電で長時間使用
センサーネットワークの電池交換を一掃

目指すもの

- 充電ストレスからの解放
- 大規模災害・長期間停電時にも緊急情報にアクセス
- Fog Computing / Edge Computing
IoT時代を切り開く無充電で長期間使用可能なセンサーネットワークシステム

PMによるチャレンジ

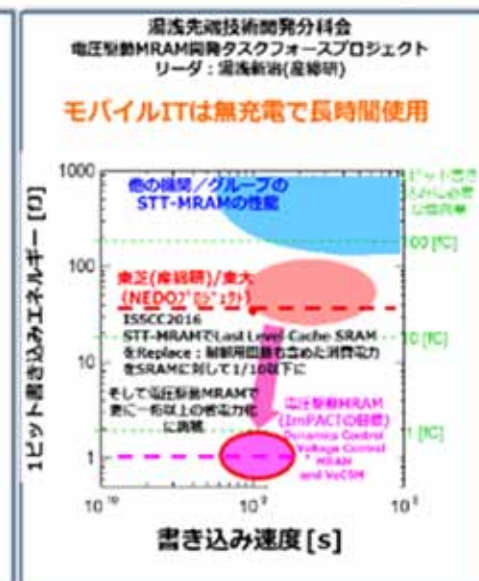
【チャレンジングな技術開発のポイント】

・スピントロニクス集積回路プロジェクト

新構造のスピン軌道トルク(SOT)素子により、屋内光等の微弱なエネルギー(100 μ W以下)でも駆動し、高速処理可能 (100~200MHz)な**不揮発性マイコンの開発**。

・電圧駆動MRAM開発プロジェクト

電圧パルス制御を用いた新たな電圧駆動方式 (書込み電力:数フェムトジュール以下)を開発。ギガビット級の大容量と数ナノ秒の高速書込み性能、 10^{14} 回以上の書込み耐性を合わせた**メインメモリ等記憶装置へ応用展開**。



主な成果

スピントロニクス集積回路プロジェクトの成果

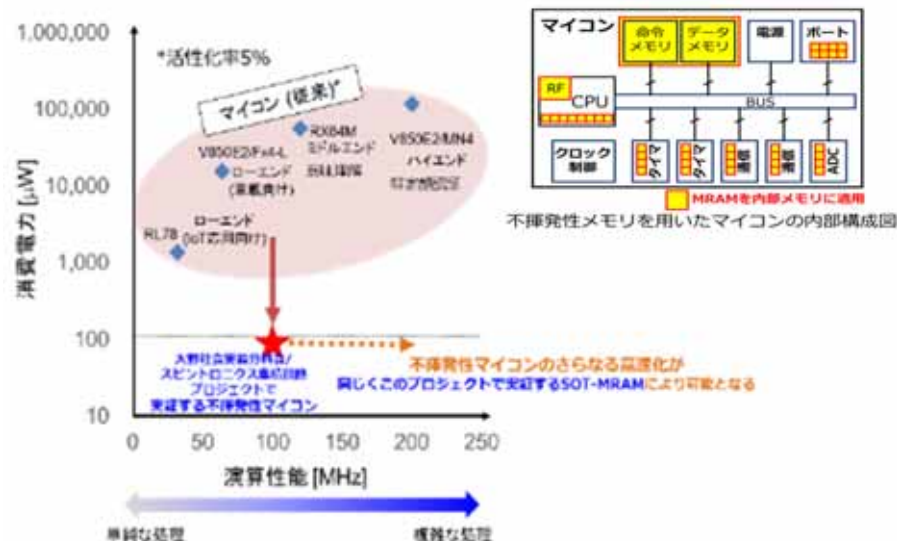


PL: 大野英男
東北大 教授
電気通信研究所長



PI: 遠藤哲郎
東北大 教授
国際集積エレクトロニクス
研究開発センター長

- ① **新構造のスピン軌道トルク(SOT)素子**を用い、SOT磁化反転特有のパルス幅依存性を世界で初めて実験検証、450psパルスで100%の磁化反転を実証。
- ② **不揮発性マイコンを実現**するため、内部メモリの回路設計と動作タイミングを「内蔵する要素ブロックレベル」にまで検討し、無駄な待機電力を極限まで低減するよう設計。通常200分の1の駆動電力(100μW以下)で動作することを確認し、現在機能実証試作中。



電圧駆動MRAM開発プロジェクトの成果

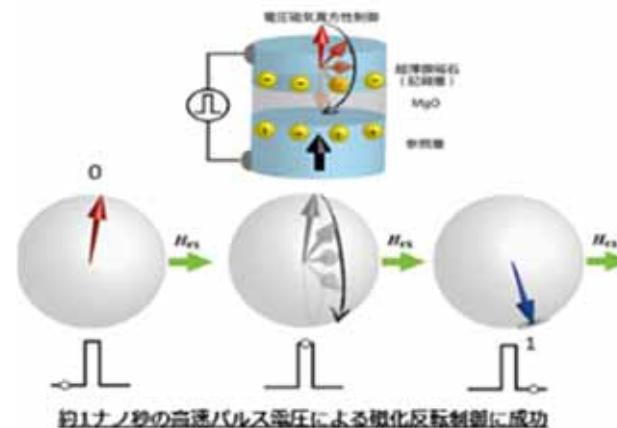


PL: 湯浅新治
産総研スピントロニクスセンター長



PI: 與田博明
東芝半導体研究開発センター 技監

- ① Cr下地やIr界面層により**磁気異方性電圧効果**を、当初から10倍に向上。**実用レベル(~400fJ/Vm)を達成**。
- ② パルス幅1nsで 4×10^{-6} の書き込みエラー率を実証し、安定な電圧駆動磁化反転を実現。回路設計技術からのブレークスルーにより、**逆バイアス電圧を印可して電圧書き込みを制御する新手法を確立**。
- ③ 書き込み方式からのブレークスルーにより**新概念メモリ (VoCSM)を開発**し、高速型と大容量型のコンセプト検証を完了。集積回路機能実証試作をアプリを想定した設計開発及び評価を開始。



山海 P M



筑波大学教授

PMによる産業や社会の変革

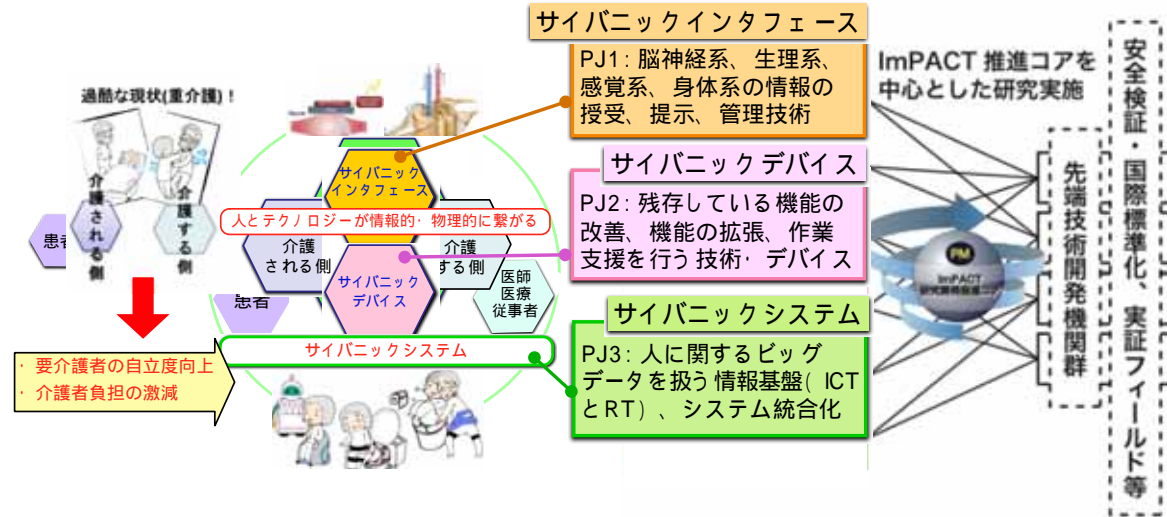
少子高齢化の進展に伴い、高齢者等の重介護問題が深刻化する中、**要介護者の自立度を高め、介護者の負担を大幅に減らす**ため、要介護者の脳・神経情報等に基づき介護支援等を行うロボット支援システムを開発し、**「重介護ゼロ社会」の実現に貢献**する。

【関連する経済活動規模（推計）
約4,500億円（約8年後）】



PMによるチャレンジ

要介護者の身体機能の状態等に応じた**ロボット介護支援システムを開発するための基盤技術（脳神経情報等を伝達するインターフェース、身体機能を支援する各種デバイス等）を確立**する。
 （3種類以上の新規インターフェース/デバイスの開発、等）



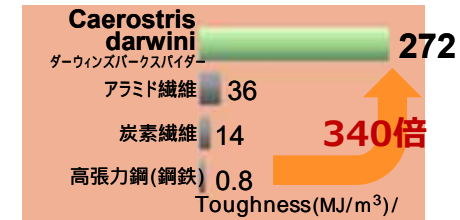
(1) ⑥『超高機能構造タンパク質による素材産業革命』

鈴木隆領 PM



PMによる産業や社会の変革

鉄鋼の340倍もの強度を有すると言われる「クモの糸」に代表されるように、世界的にも未開拓分野となっている構造タンパク質の設計・加工技術等を開発することによって、**衛星・航空機用や次世代燃料（水素）用等の分野に新素材（高機能性タンパク質素材）を供給する新産業の創出**を図る。
 【関連する経済活動規模（推計） **約7,400億円（約10年後）**】



PMによるチャレンジ

天然物を超える性能・機能を実現する**人工構造タンパク質素材の設計・製造概念を世界で初めて確立・実証**する。

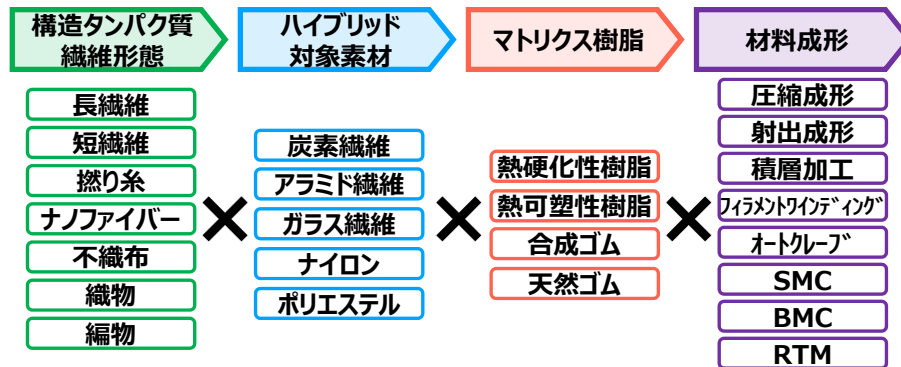
(繊維強度（収縮率3%、耐熱性180℃、引張強度1.6Gpa、タフネス350MJ）の実現)



主な成果

研究成果例①：構造タンパク質素材を用いた複合材の開発

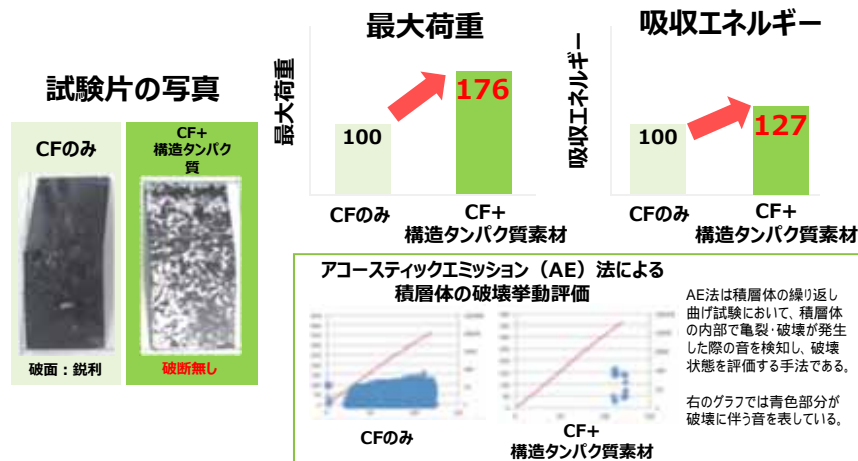
既存の高機能素材とハイブリッド化することでこれまでにない工業用材料やその加工方法を実現



積層工法で製造した複合材

※ CFのみの物性を100とした場合の相対値

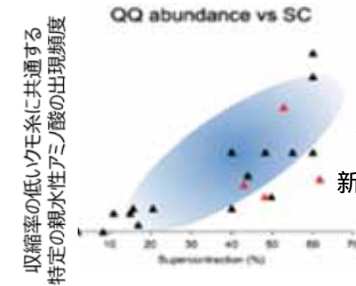
➤ 最大荷重、吸収エネルギーが増加し、複合材の破壊挙動も改善



研究成果例②：天然構造タンパク質の耐水性メカニズム解析

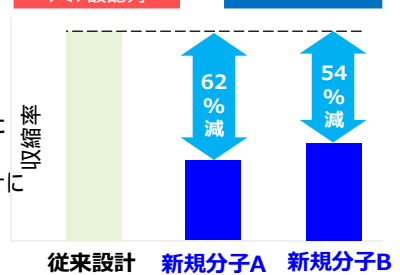


沼田 圭司 氏
理化学研究所
環境資源科学研究センター



アミノ酸配列と収縮率の相関解析

天然クモ共通の特定の親水性アミノ酸配列 → 疎水性アミノ酸配列



親水性アミノ酸を疎水性アミノ酸に置換した新規分子により収縮率大幅改善

研究成果例③：構造タンパク質の劣化抑制添加剤の選定

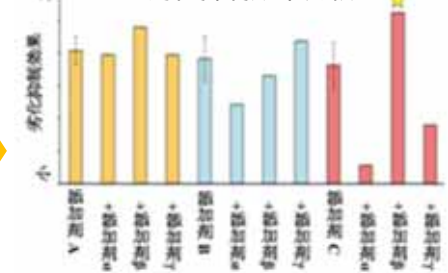


谷池 俊明 氏
北陸先端科学技術大学院大学
物質化学領域



構造タンパク質素材の劣化指標の策定 / ハイスループットな劣化評価用装置の開発

添加剤・組合せ別での劣化抑制効果比較



構造タンパク質の劣化抑制に有効・最適な添加剤・組合せを特定

田所諭 P M

PMによる産業や社会の変革



東北大 教授

地震発生時の災害現場における救命活動や、老朽化したビルの修繕管理、原発事故現場の除染作業等、**ヒトが立ち入れないような危険な場所で遠隔自律ロボットを効果的に活用**できるよう、それら状況に応じたロボット・コンポーネント等を設計・開発し、**安全・安心な社会の実現に貢献**する。【関連する経済活動規模（推計） **約5,000億円（約5年後）**】



PMによるチャレンジ

地震、津波、風水害等の**災害発生時に想定される極限環境下**で、遠隔操作により自律的に人命救助や応急工事等を行うロボット開発に**必要となる共通的なロボット・コンポーネントやインテリジェンス技術等を開発**する。（力/自重比35N/kg(従来の電気駆動モータ等の5~10倍)であるロボット用ハイパー人工筋肉の開発、等）



5種類のロボットプラットフォーム



- ✓ 困難箇所移動技術
- ✓ 極限作業技術
- ✓ センシング技術
- ✓ 極限条件認識技術
- ✓ 遠隔自律知能
- ✓ ヒューマンインタフェース
- ✓ 通信技術・安全技術

タフに鍛え上げる極限技術



フィールド評価会で実用化、ユーザ普及、産業波及を推進

主な成果

広域災害情報収集（飛行ロボット）



野波健蔵（株）ACSL

九州北部豪雨災害に出動!!
 →消防庁のドローン導入に繋がった
 ▶ 強風、豪雨、構造物隣接、負荷変動
 プロペラ停止でも飛行継続可

瓦礫内人命捜索・情報収集（サイバー救助犬，能動スコープカメラ）



大野和則
東北大准教授

サイバースーツ

昆陽雅司
東北大准教授

能動スコープカメラ

- ▶ 犬の行動・活性度モニタ、誘導
 - ▶ 犬から映像伝送、遺留品発見伝達
 - ▶ 瓦礫内での要救助者捜索
 - ▶ 騒音下での声の聞き取り
 - ▶ 視聴触覚・3Dマップの操縦支援
- (日本救助犬協会、伊山岳救助隊協力)

災害復旧工事（建設ロボット）



吉灘裕
大阪大特任教授

- ▶ 高精度・高出力複腕重機
- ▶ 無人化施工の高度化
- ▶ 任意視点視覚，触力覚の操縦支援

産業設備点検・災害予防（索状（太径）ロボット，脚ロボット）



松野文俊
京都大教授

索状（太径）ロボット

橋本健二
早稲田大准教授

4脚ロボットWAREC-1

- ▶ プラント内の自在移動（階段，段差，ギャップ，垂直梯子，配管）
- ▶ 高性能ハンド（バルブ操作，無通電把持）
- ▶ 計器読み取り，非破壊検査，穴開け作業

フィールド評価会（屋内外に，模擬倒壊家屋，模擬プラントを設置）

- ▶ 年2回開催，約500名の参加，ユーザ・産業界に使用シナリオでデモ
 - ▶ 技術カタログによる説明，アンケートによる研究へのフィードバック
 - ▶ 波及による，20社以上との共同開発開始
- フィールド評価会の様子



藤田玲子 P M

PMによる産業や社会の変革

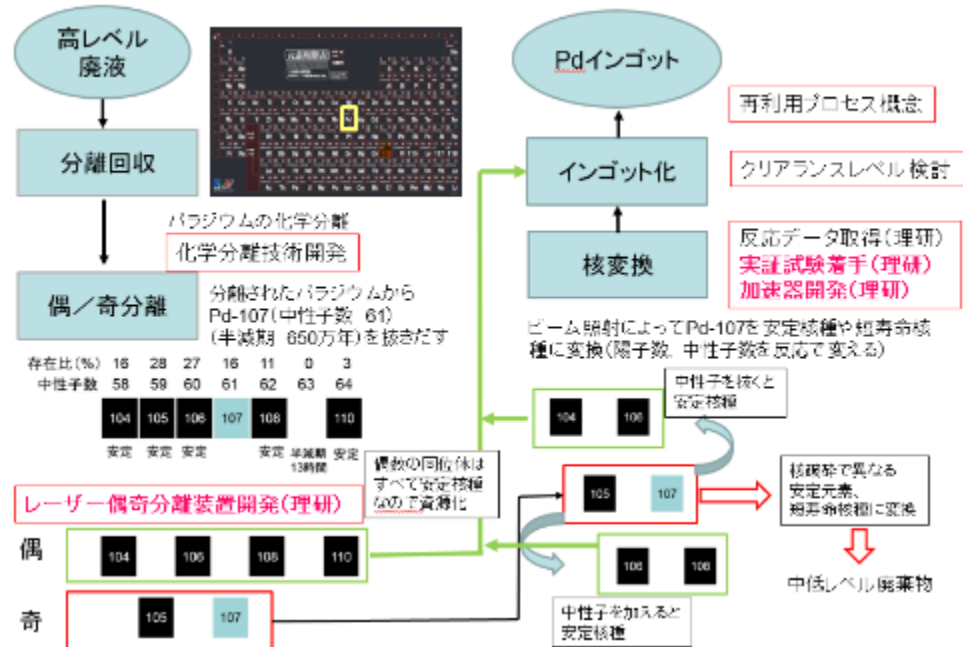
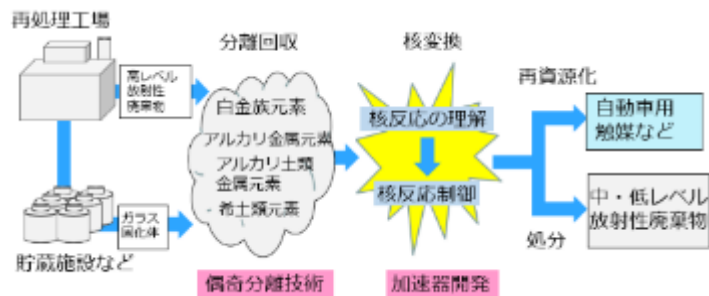


高レベル放射性廃棄物中に含まれる**長寿命核分裂生成物**（半減期が10万年以上の放射性物質）を**有用貴金属**や**半減期の短い短寿命核種**に変換する新たな処理プロセス概念を確立することにより、原子力発電所等から生じる**高レベル放射性廃棄物の処理処分問題に貢献**する。【関連する経済活動規模（推計） **約2兆円（約20年後）**】

PMによるチャレンジ

高レベル放射性廃棄物（HLW）中に含まれる**長寿命核分裂生成物（LLFP）**を**有用貴金属**や**半減期の短い短寿命核種**に変換する**新たなプロセス概念**を世界で初めて確立・実証する。

（HLWからLLFPの分離回収率90%以上、LLFPの低レベル廃棄物及び安定核への変換90%以上）

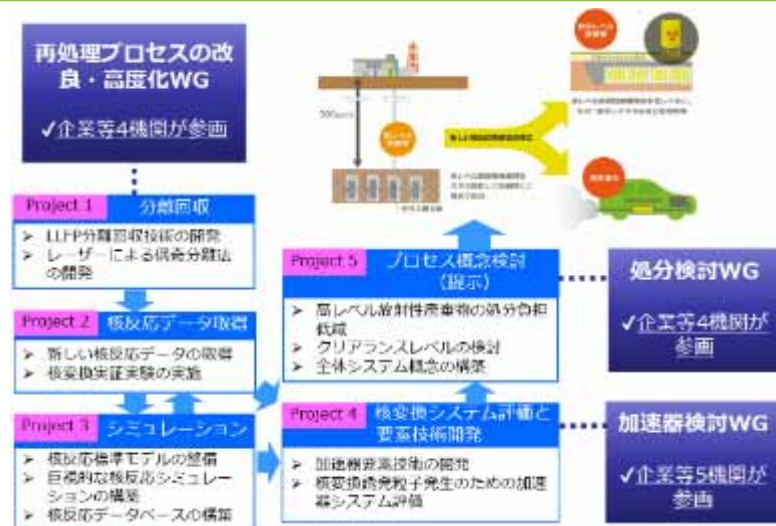


パラジウム (Pd) -107の核変換の経路 (パス)

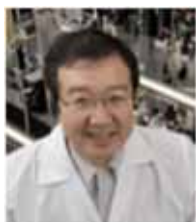
主な成果

高レベル放射性廃棄物の処分概念を変える分離・核変換プロセスを開発

- 高レベル放射性廃棄物からLLFPを分離回収する最適なプロセスフローの提案に基づき、模擬高レベル放射性廃液を用いて確認試験を実施（プロジェクト1）
- PJ2の測定データを取り入れ、バルクでのモデルとシミュレーションにより反応精度を向上させ、核変換データベース“ImPACT/LLFP-2018”を完成（プロジェクト3）
- PJ2とPJ3の成果に基づき、実用加速器概念の仕様を決定すると共に加速器の要素技術を開発（プロジェクト4）
- 高レベル廃棄物を中低レベル廃棄物に変更する概念の構築、リサイクル技術の開発のためにPd-107、Zr-93のクリアランスレベルの提案（プロジェクト5）



主な成果 偶奇分離法の開発



緑川克美TL

- Pdの同位体のうち、**奇数核種のみをレーザー法でイオン化する方法を開発**した。従来法に比べて処理量を10万倍にすることに成功した。偶数核種は放射性物質ではないためそのまま資源として利用できる。
- 六ヶ所村の再処理工場から発生するPd-107をイオン化し電極に回収後、加速器により安定核種に核変換することによりPdのすべての核種を再利用できる。



レーザー装置 分離チャンバー

パラジウムの核変換の経路(パス)の提示



櫻井博儀教授

- 100MeVの陽子、重陽子を用いた**Pd-107、Zr-93、Se-79、Cs-135の核反応データ**をRIBFを用いて**世界で初めて測定**し核変換の経路（パス）を提示した。
- Pd-107のインプラントターゲットを作製し、世界で初めて実証試験を実施中。
- この**核変換を実現する小型の重陽子加速器仕様を決定**した。
- この加速器を実現する純二オブ製超伝導空洞の開発に成功した。

