

# 各研究開発プログラムの概要

# 16PM (プログラム・マネージャー)

<p><b>学</b> <b>伊藤 耕三</b> (JST/東京大学) 超薄膜化・強靱化「しなやかな タフポリマー」の実現</p>	<p><b>学</b> <b>合田 圭介</b> (JST/東京大学) セレンディピティの計画的創出 による新価値創造</p>	<p><b>産</b> <b>佐野 雄二</b> (JST) (株)東芝より出向 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</p>
<p><b>学</b> <b>佐橋 政司</b> (JST/東北大学) 無充電で長期間使用できる 究極のエコIT機器の実現</p>	<p><b>学</b> <b>山海 嘉之</b> (JST/筑波大学) 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</p>	<p><b>産</b> <b>鈴木 隆領</b> (JST) 小島プレス工業退社 超高機能構造タンパク質による 素材産業革命</p>
<p><b>学</b> <b>田所 諭</b> (JST/東北大学) タフ・ロボティクス・チャレンジ</p>	<p><b>産</b> <b>藤田 玲子</b> (JST) (株)東芝より出向 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</p>	<p><b>学</b> <b>宮田 令子</b> (JST) 名古屋大学より出向 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</p>
<p><b>産</b> <b>八木 隆行</b> (JST) キヤノン(株)より出向 イノベティブな可視化技術による 新成長産業の創出</p>	<p><b>産</b> <b>山川 義徳</b> (JST) NTTデータ経営研究所より出向 脳情報の可視化と制御による 活力溢れる生活の実現</p>	<p><b>学</b> <b>山本 喜久</b> (JST) 量子人工脳を量子ネットワーク でつなく高度知識社会基盤の実現</p>
<p>平成26年6月24日選定 平成27年9月18日選定</p>	<p><b>学</b> <b>白坂 成功</b> (JST/慶応大学) 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</p>	<p><b>学</b> <b>野地 博行</b> (JST/東京大学) 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</p>
<p>PM: 産業界5名、アカデミア11名</p>	<p><b>学</b> <b>原田 香奈子</b> (JST/東京大学) バイオニックヒューマノイドが 拓く新産業革命</p>	<p><b>学</b> <b>原田 博司</b> (JST/京都大学) 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</p>

## 伊藤耕三 P M ・ PMによる産業や社会の変革



東京大 教授

我が国が強みとするものづくりにおいて素材の軽量性と強靱性と飛躍的に向上させ、自動車を含む産業分野全般を劇的に変革し、**安全・安心、環境負荷の低い社会を実現**する。機能性に加え、従来のポリマーの限界を超える薄さと強靱性を備えた「しなやかなタフポリマー」の分子設計指針の確立及び実用化を行い、5兆円市場を創出する。

**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**

超薄膜フィルム  
 電子機器用樹脂

自動車以外  
 へも波及

「タフポリマー」  
 マスターブランドの普及

分離膜  
 逆浸透膜

**安全・安心、  
 低環境負荷社会の実現**

## ・ハイリスク・ハイインパクトなPMのチャレンジ

ポリマーの強靱性をもたらすミクロの分子設計とマクロの破壊力学を結びつける破壊機構の解明には、大型研究施設を用いた構造解析や物性評価、大規模シミュレーションが必要であるため、企業での対応は不十分であった。そこで、本プログラムではSPring-8を用いた**破壊の現象解明**と京による**計算科学**や**MI技術**によって強靱性の本質に迫り、「しなやかなタフポリマー」の**分子設計指針確立**を目指す。また、**世界に前例のない強力な産学連携研究開発体制を構築**し「しなやかなタフポリマー」の実用化にチャレンジする。



# ・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

### 新規な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	Li電池セパレータ薄膜化	車体構造用樹脂強化	タイヤ薄ゲージ化	透明樹脂強化
旭硝子	三菱ケミカル	東レ	ブリヂストン	住友化学	
九大					
理研					
北大					
名大					
お茶の水大					
阪大					
理研					
山形大					
東大					

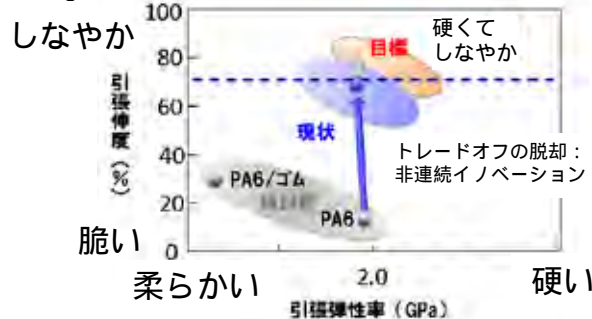
大学

### 研究成果例 : 車体構造用樹脂 東レ

**目標：引張弾性率2GPa以上かつ破断伸度80%以上**  
(繊維強化のない樹脂単体の強度)



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して目標をほぼ達成した。今後は車体用の実形態として繊維強化系を検討し衝突エネルギー吸収量スチール比5倍・重量1/2を目指す。

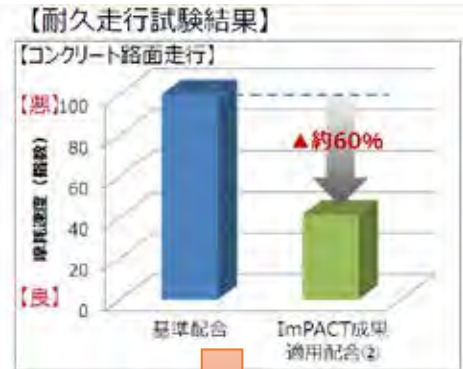
### 研究成果例 : タイヤの薄ゲージ化 ブリヂストン

**目標：タイヤゴム重量40%減**



角田克彦氏  
ブリヂストン  
中央研究所  
フェロー

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%を達成した。今後、タイヤゴム重量の40%減を目指す。



## 合田圭介 P M ・ PMによる産業や社会の変革



東京大 教授

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産業分野のイノベーション創出を図る。



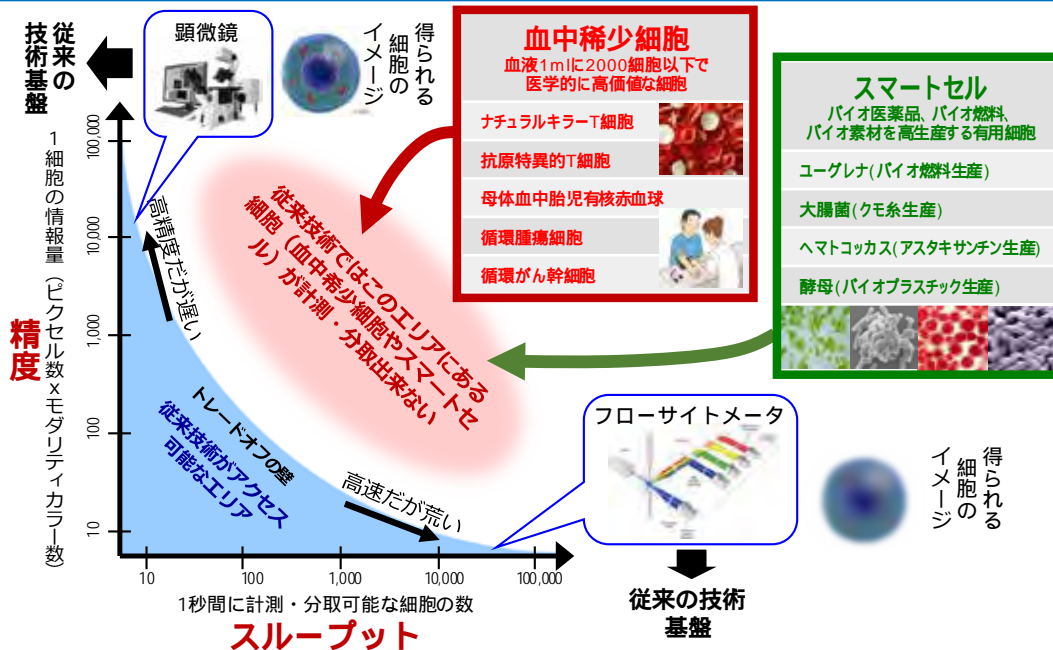
## ・ハイリスク・ハイインパクトなPMのチャレンジ

### 細胞検索エンジン「セレンディピター」開発

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または、バイオ産業的に高価な稀少細胞を、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。

### チャレンジングな技術開発のポイント

これまでは大発見に至るまでに既存技術では10年間かかっていた稀少細胞の発見を24時間以内に短縮



# ・主な成果

## セレンディピターの要素技術の開発

### 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。

### 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 矢富教授

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

ユーグレナ 岩田主任研究員

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 P M PMによる産業や社会の変革



原子や分子レベルで物質の構造解析ができ、製造やインフラ保守への応用が可能なレーザー技術は、創薬・材料開発等のものづくりの産業において、近年、急速に世界中で適用が進んでいる。本プログラムでは、超小型のレーザーやレーザー加速器等の技術開発により、日本が強みとするものづくり産業に技術革新を起こす。

## ハイリスクハイインパクトなPMのチャレンジ

### 既存設備SACLAの有用性と課題

- ・創薬分野における原子や分子レベルでのタンパク質構造解析への利用
- ・産業における触媒反応、電池の反応計測への利用

### 産業の基盤となるR&D成果を創出

**課題：国内に1台しかない大型設備のため、容易に利用できない**

### XFELの小型化

加速長を従来の1/100以下にできる  
**レーザー加速技術**の適用



電子加速器 (20keV/mm) レーザー加速 (100MeV/mm)

**実用可能な安定したGeV級電子ビームの発生は世界で誰も実現できていない**

X線発生用**アンジュレーター**の磁場周期は十数mm (= 全長約200m) が限界。  
**全長10m以下にできる新規アンジュレーター技術が必要**

### パワーレーザーの小型化

発振器体積あたりの出力100倍を目指す  
(従来はレーザー出力と装置サイズが比例)  
**小型化と高出力化という相反した要求を両立させる技術が必要**

### X線自由電子レーザー (XFEL) の小型化基盤技術の確立

全国の研究機関に設置でき、気軽に使える装置を実現することで、国内研究開発力を強化し社会や産業に変革を与える



### 産業におけるレーザーの利活用

材質改善によるインフラ保守、製造の革新、自動運転や高感度分析の実現など、様々な産業への活用、医療への応用

### パワーレーザーは年平均成長率5.5%の成長分野

**課題：高額で海外勢が独占**

### 超小型・低コストなパワーレーザーの開発・製品化

独・米・中が独占しているパワーレーザー市場 (\$5.6bn) の奪還及び新市場開拓により、日本の競争力を向上させ産業を革新、新産業を創出



# 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**

海外の手法

阪大  
細貝准教授

数PWLレーザー

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

1J 20fs    2J 50fs    10J 100fs    100TW    1GeV (安定)

電子発生    制御    加速

- ・ 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

長さ152mm (38周期)

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

## 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

放熱効率大

10mm

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

要素技術の開発・検証フェーズから組合せ実証へ

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

レーザー加速とアンジュレーターを組合せ、X線ビーム発生を目指す

長さ2cm

想定される産業用途

製造    インフラ    ヘルスケア    セキュリティ

ImPACT期間内の製品化および  
産業への展開を目指す



## 佐橋政司 PM PMによる産業や社会の変革



東北大 教授  
リサーチプロフェッサ  
名誉教授

我が国が世界を先導するスピントロニクスを応用した新規不揮発性メモリ技術 (MRAM)により、様々な家電製品等に用いられている集積回路(LSI)の演算処理部の高速・省電力化や記憶装置の高集積・超省電力化を図ることにより、無充電でも長時間使用可能なモバイル機器等究極のエコIT機器の実現を目指す。

【関連する経済活動規模(推計)：約1.5兆円(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



IoT時代を切り開く  
無充電で長時間使用  
可能なセンリー  
ネットワークシステム

## ハイリスク・ハイインパクトなPMのチャレンジ

揮発性エレクトロニクスから不揮発性スピントロニクスへの技術革新にチャレンジ。不揮発なため電源オフ時でも記憶が保持され、待機電力を必要としないスピントロニクスを応用した不揮発性マイコンとこれまでにない電圧駆動原理を用いた高速書込みが可能な究極の超省電力大容量メモリの実現にチャレンジする。

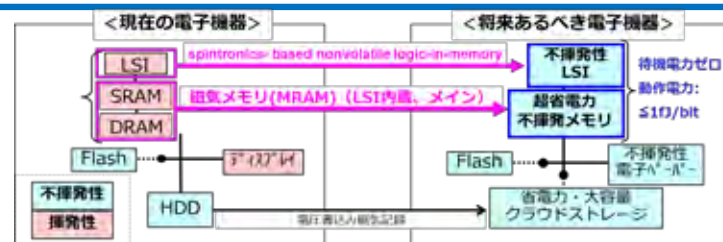
### 【チャレンジングな技術開発のポイント】

#### ・スピントロニクス集積回路プロジェクト

屋内光等の微弱なエネルギー(100 $\mu$ W以下:通常の200分の1)でも駆動する不揮発性マイコンの開発。新構造のスピントロニクス素子を開発し、高速処理性能(100~200MHzの処理性能)を合わせ持つ不揮発性マイコンを開発。

#### ・電圧駆動MRAM開発タスクフォースプロジェクト

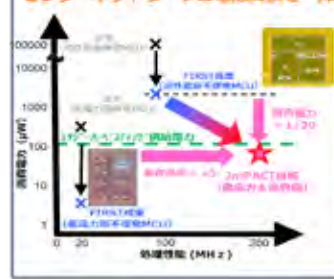
磁気異方性と磁化反転の電圧パルス制御を用いた新たな超消費電力電圧駆動原理と書込み方式(1ビット書込み電力:数フェムトジュール以下)を開発。ギガビット級の大容量と数ナノ秒の高速書込み性能、 $10^{14}$ 回以上の書込み耐性を合わせ持つ新規な不揮発性メモリ技術を開発、進展著しい人工知能のキャッシュメモリ/メインメモリ等記憶装置への応用展開を図る。



### ImPACTで研究開発を推進中の技術開発目標

集積回路からのブレークスルー  
=> ロジックインメモリの設計開発  
(エナジーハーベスティング駆動不揮発性マイコン)

大野社会実装分科会  
スピントロニクス集積回路開発プロジェクト  
リーダー: 大野英樹(東北大)



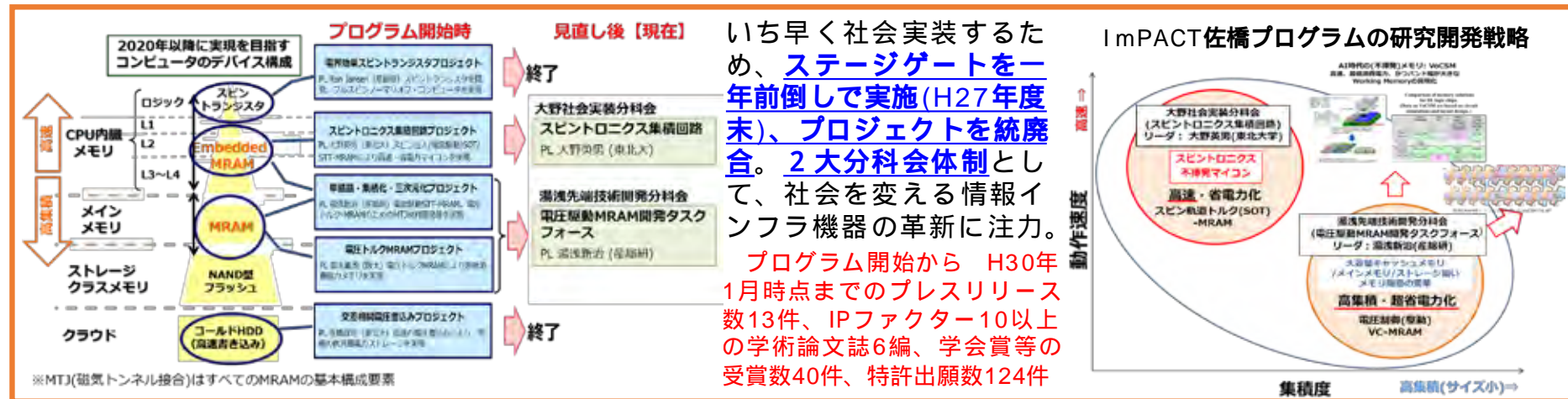
MTJ素子性能(新たな物性原理)からのブレークスルー  
=> キャッシュ/メインメモリの不揮発化への挑戦  
(究極の超省電力不揮発性メモリの実現)

高速先端技術開発分科会  
電圧駆動MRAM開発タスクフォースプロジェクト  
リーダー: 斎藤純道(東研研)



# ・主な成果

## 分科会形式を取り入れた研究開発体制



## 大野社会実装分科会の成果

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

消費電力 [μW]

計算性能 [MHz]

※活性化率5%

マイコン (従来)

非揮発性マイコンのさらなる高速化が  
驚くべきプロジェクトで実現するSOT-MRAMにより可能となる

新構造のスピントロニクス(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確認(実験検証)**、450psパルスで100%の磁化反転を実証。

不揮発性マイコンの回路技術上での大きな特徴である、ロジックインメモリ設計とパワーゲーティングを「内蔵する要素ブロックレベル」で細粒度に実行し、無駄な待機電力をブロックレベルで極限まで低減するように設計した回路のシミュレーション実験により**通常200分の1の駆動電力(100μW以下のエネルギー・ベスティング供給電力)であってもマイコンが動作することを確認。** 現在機能実証試作中。

## 湯浅先端技術開発分科会の成果

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

約1ナノ秒の高速パルス電圧による磁化反転制御に成功

Cr下地やIr界面層によりVCMA(磁気異方性電圧効果)を、**当初比10倍の実用可能レベル(400fJ/Vm)まで高めた。**

パルス幅1nsで $4 \times 10^{-6}$ のWER(書込みエラー率)を実証、**ダイナミクス制御による電圧駆動磁化反転の成立性を確認。**

さらに、回路設計技術からのブレークスルーにより、負バイアス電圧を含めた電圧書込みシーケンシャル制御を開発。VCMAとスピントロニクス効果を組み合わせた**新概念メモリ(VoCSM)を開発。** **高速型と大容量型の概念検証を完了。** 集積回路機能実証試作を**アプリを定めた設計開発・評価へと進展させた出口応用展開にまで踏み出す。**

大容量型VoCSM 與田: P2015-243603 (許可査定)

Voltage to select bits

Spin-Hall effect to write data

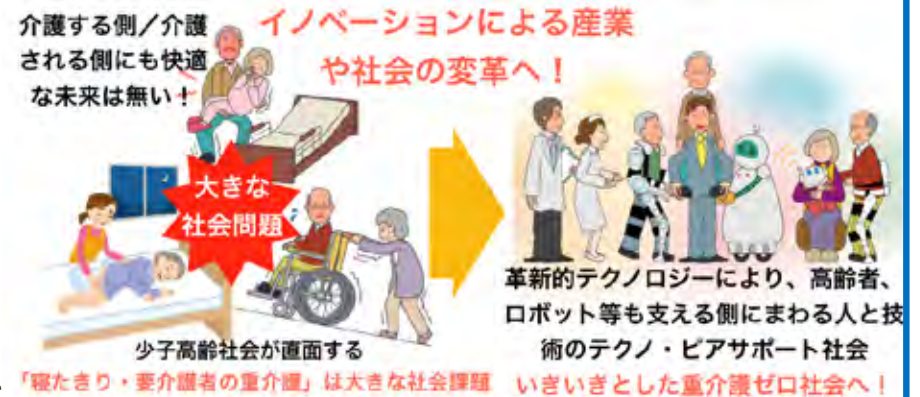
山海PM

## PMによる産業や社会の変革



筑波大学教授

先進長寿国共通の未解決課題であり、少子超高齢社会が直面する「重介護問題」の解決のため、要介護者の自立度を高め、さらに介護者の負担を激減させる人とロボット等の融合複合支援技術を研究開発し、社会変革・産業変革に向けた生活支援インフラ化・社会実装を通じて、『重介護ゼロ社会』を実現するという「Social Innovation」を達成し、新産業創出を図る。

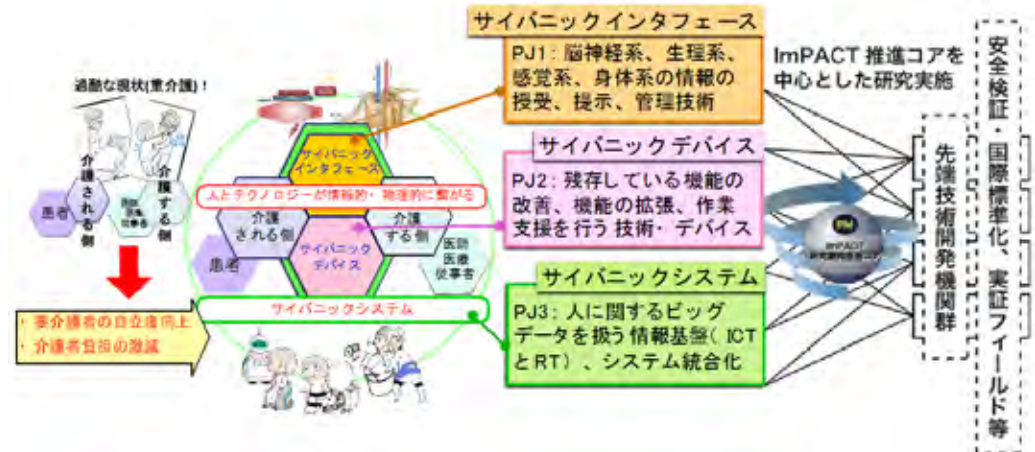


## ・ハイリスクハイインパクトなPMのチャレンジ

要介護者の自立度を高め、さらに介護者の負担を激減させる人・ロボット・情報系の融合複合支援技術「革新的サイバニックシステム」を研究開発し、社会変革・産業変革に向けた生活支援インフラ化・社会実装を通して、

『重介護ゼロ社会』の実現に挑戦する。

この挑戦を通して、「人支援産業」「人・ロボット・情報系の融合複合産業」の創出、超高齢社会の課題を好循環で解決していく超スマート社会のモデル「サイバニックシティ」やイノベーションエコシステムの構築といった、ハイインパクトな産業変革・社会変革の実現が可能となる。



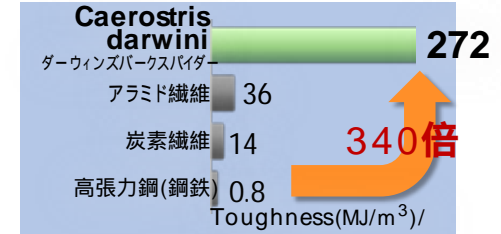
# ・主な成果



## 鈴木隆領 P M ・ PMによる産業や社会の変革



本プログラムは、自然に学び、超高機能な次世代素材を創造し、日本の産業競争力を飛躍的に向上させる試みである。たとえば、重さ当たりの強靱性が鋼鉄の340倍にもなるクモ糸を超える「超高機能構造タンパク質」をつくる遺伝子を微生物に組み込み、人工的に量産できるようにする。異次元の性能が発現するメカニズムを解明し、新素材設計と加工技術の基盤を確立することで、素材の産業革命を起こし、従来の産業構造からの脱却を図る。



## ・ハイリスクハイインパクトなPMのチャレンジ

- 「高機能性」と「生産性」を両立する新規構造タンパク質分子の探索空間はあまりに広大であり、個別のトライ&エラーによる探索では限界がある。本プログラムでは、天然構造タンパク質の採取・解析を行い、**世界初の構造タンパク質統合データベースを構築**し、それを活用して**構造タンパク質の高機能発現メカニズムを解明**する。
- 天然の構造タンパク質素材は生物が必要とする性能に特化しているため、工業用材料として求められるすべての基本性能を満足していない。本プログラムでは**最終製品メーカーも巻き込んだ分野横断的なフィードバック体制を構築**し、**工業用材料用途に適合した人工プロセスによる構造タンパク質素材を創出**する。

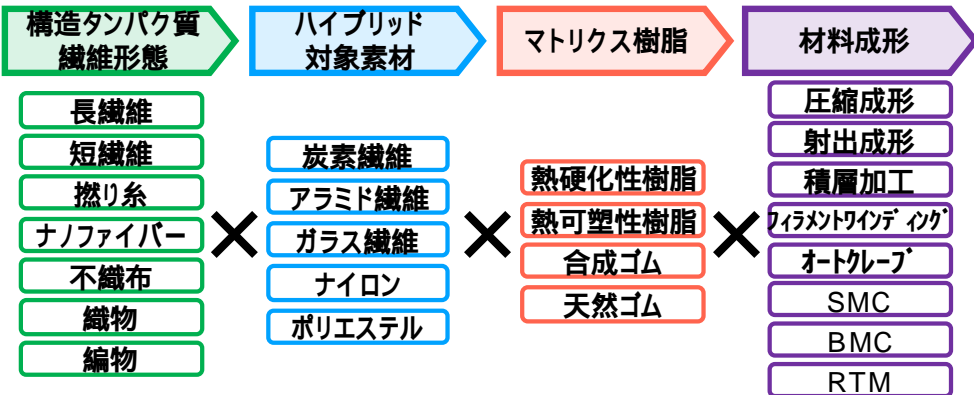


# ・主な成果

## 研究成果例：構造タンパク質素材を用いた複合材の開発

### 実用化に向けたアプローチ

既存の高機能素材とハイブリッドすることで構造タンパク質繊維の特長・性能を新たに付与したこれまでにない工業用材料とその加工方法を開発

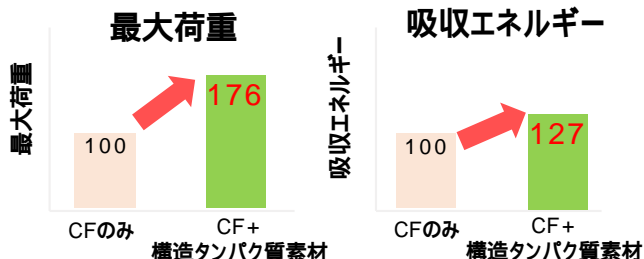
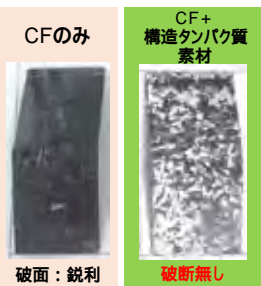


### 積層工法で製造した複合材

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

#### 試験片の写真



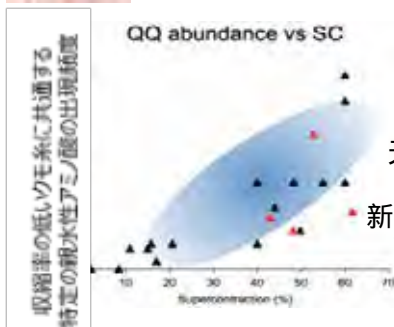
#### アコースティックエミッション (AE) 法による積層体の破壊挙動評価



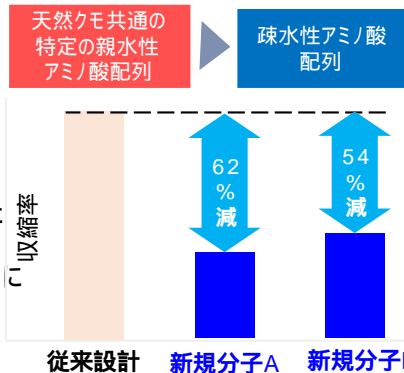
## 研究成果例：天然構造タンパク質の耐水性メカニズム解析



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



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：構造タンパク質の劣化抑制添加剤の選定

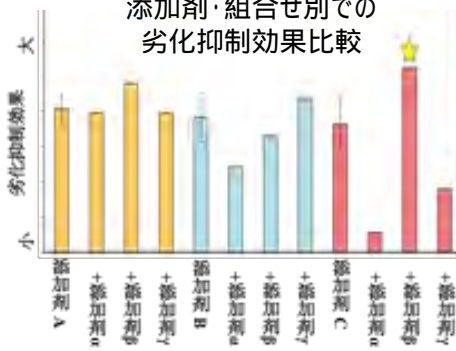


谷池 俊明 氏  
北陸先端科学技術大学院大学  
物質化学領域



### 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变革



東北大 教授

頻発する自然災害・人為災害においてロボットは災害の予防・緊急対応・復旧の切り札である。**災害空間でもタフでへこたれない技術**(厳しい環境にもアクセス、条件が悪くても見える・聞こえる・感じる、失敗してもやり直せる、災害環境条件に適合)を開発し、情報収集と緊急対応に貢献する。タフな技術の波及により、技術的・社会的・産業的非連続イノベーションを目指す。【関連する経済活動規模(推計) 約5,000億円(約5年後)】



## ハイリスク・ハイインパクトなPMのチャレンジ

**5種類のロボットプラットフォーム**と、それを**タフに鍛え上げる極限技術**を開発する。それらをシステム統合し、**フィールド評価試験**で災害環境での実践性能を鍛え上げる。ユーザや産業界に実際に稼働するシステムを見せて、議論を高め、共同試験を奨励することによって、**災害ロボットの社会実装**や、**屋外ロボット技術の産業波及**を加速する。



5種類のロボットプラットフォーム

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

上空からの  
オルソ画像

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  
(日本救助犬協会、伊山岳救助隊協力)  
視聴触覚・3Dマップの操縦支援

## 災害復旧工事（建設ロボット）



吉灘裕  
大阪大特任教授

建設ロボット

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

