

革新的研究開発推進プログラム (ImPACT)

# 「超高機能構造タンパク質による素材 産業革命」

研究開発プログラムの進捗状況報告

プログラム・マネージャー  
鈴木 隆領

# 「超高機能構造タンパク質による素材産業革命」で目指す姿

## 『クモの糸』に代表される構造タンパク質素材の優位性

既存材料と比較して異次元の性能  
(重さあたりのタフネスは鋼鉄の340倍\*)

持続可能・低エネルギー生産が可能  
(石油や鉱物等の枯渇資源に頼らない)

多種多様な素材を  
同一原料・同一プロセスで生産可能

\*ダーウィンスパークスパイダー牽引糸

...

天然を超える超高機能  
人工構造タンパク質素材の設計・製造

圧倒的性能と産業化可能な  
コスト構造を両立する  
工業用材料化プロセスの開発

## 環境対応と超高機能を両立する新世紀日本型ものづくりの実現

過酷な環境でも  
壊れない・軽い  
人工衛星・宇宙船構造材



歩行者にケガをさせない  
超衝撃吸収自動車ボディ



高い防護性と機動性を  
両立した防弾装備



軽くても割れない  
水素タンク



しなやかで切れない  
ゴム製品  
(ベルト・タイヤ等)



生体適合性に優れた  
メディカル器材  
(人工血管、カテーテル等)



衝撃低減・エネルギー吸収に  
優れた建築・インフラ用部材  
(耐震・免震部材等)



これまでにない質感を持つ  
アパレル・スポーツ用品

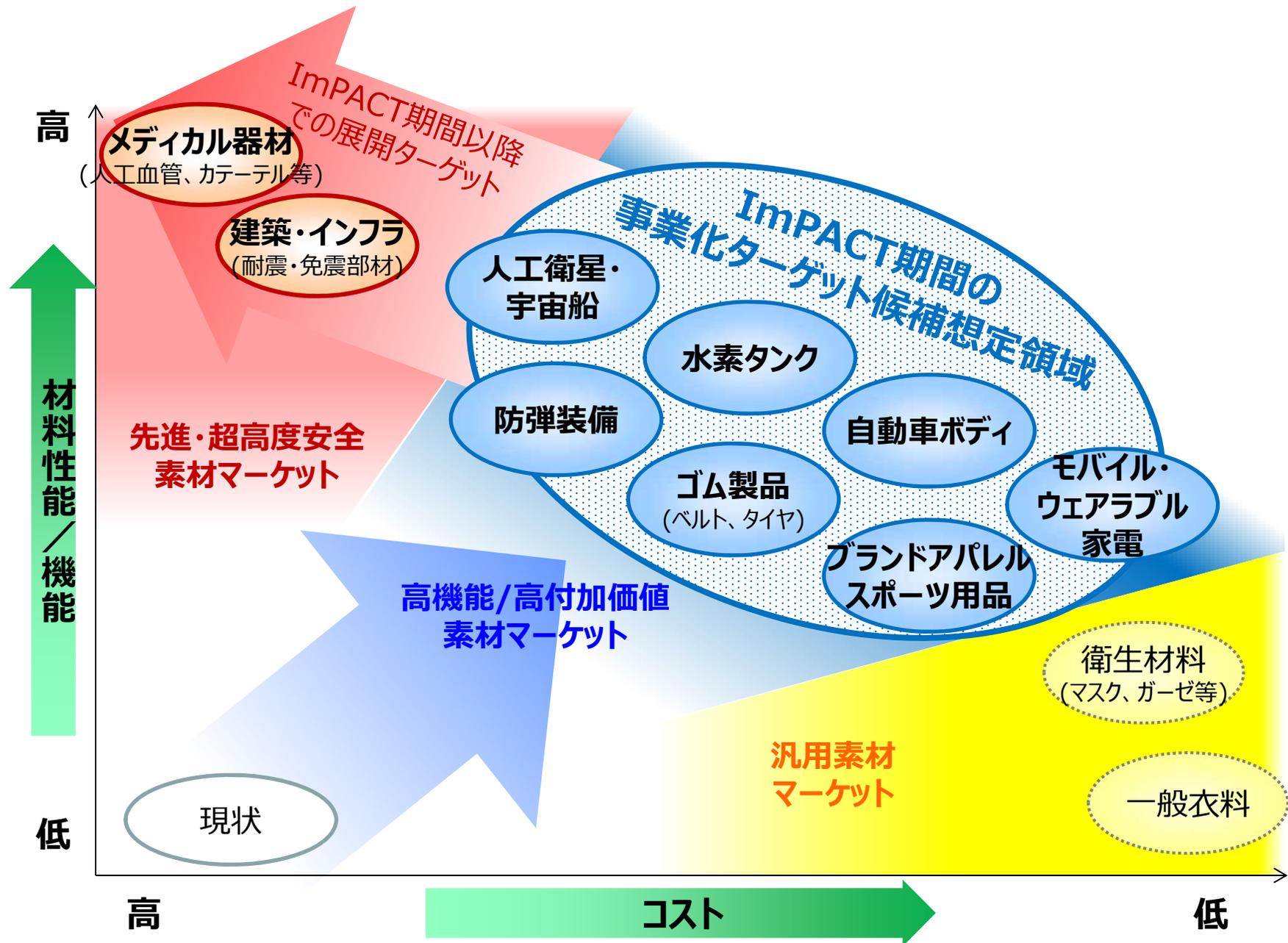


形状自由度が高い  
モバイル・ウェアラブル家電



...

# 構造タンパク質素材の事業化に向けたアプローチ



# 研究開発プログラムの全体構成

## 【プロジェクト1】

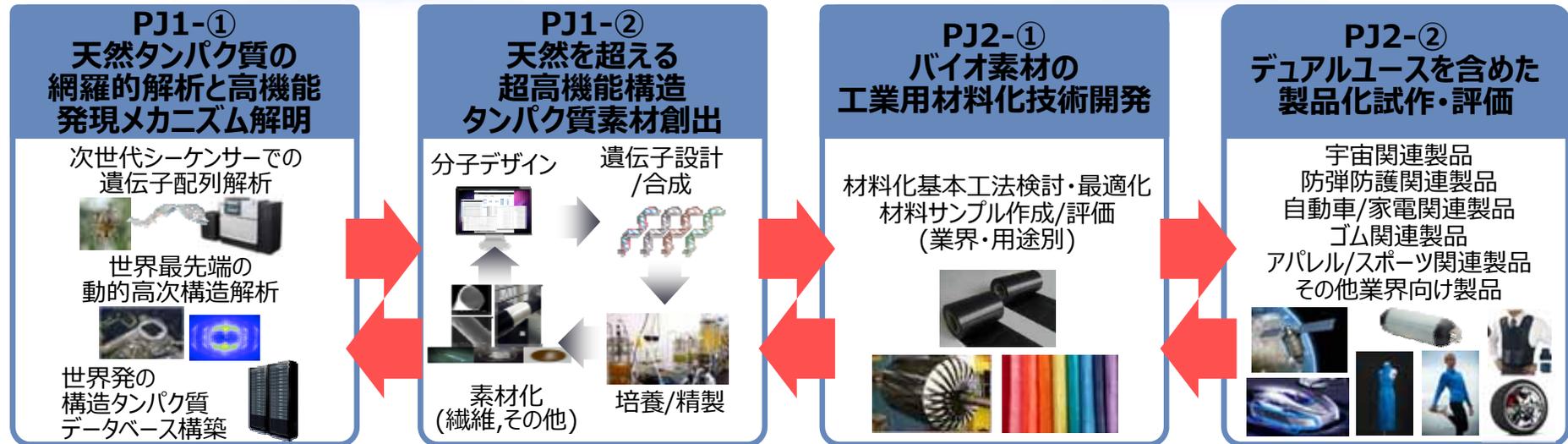
大規模ゲノム情報を活用した超高機能タンパク質の設計・製造

コアテクノロジーの基礎研究・新素材開発

## 【プロジェクト2】

超高機能タンパク質素材の成型加工基本技術の開発

オープンイノベーションによる加工技術・アプリケーション開発



- 最先端の高次構造解析技術・CS/IT・遺伝子工学の知見/実績・高い研究遂行力を有する研究者(日本を代表するアカデミア・企業の次世代を担う若手リーダー)を抜擢・結集し、構造タンパク質の遺伝子配列・構造と機能の因果関係を解明する

- 現時点で世界最高レベルの構造タンパク質生産技術・大規模生産設備を持つSpiber社をコア研究組織に据え、その一貫プロセスを補強する個別要素技術に強みを持つ研究団体と共同で新素材の実用化に向けた基盤技術を確立する

- 既存技術の延長線上に止まらない尖った生産技術を持つ企業を選抜し、既存材料ではなし得ない性能を実現する構造タンパク質素材に特化した複合化及び加工技術を開発する
- 目的用途・各業界での事業性も考慮した素材要件を提案・フィードバックする

- 新素材の事業化・普及加速に最も効果的な業界・用途を選定し、インダストリーリーダーとなり得る製品メーカーとPJ1-②・PJ2-①参画団体との協業による製品化に向けた試作・評価を進める

川上分野

超分野横断的フィードバック型研究開発

川下分野

# 本プログラムにおける研究開発体制コンセプト

## 本プログラムの使命

人類が未だなし得ていない  
次世代素材の産業化に向けた  
技術的障壁への挑戦と突破

社会的課題の解決に向けた  
産業的パラダイムシフトの先導  
(枯渇資源への依存からの脱却)

## 本プログラムに参画する研究開発機関に求める資質

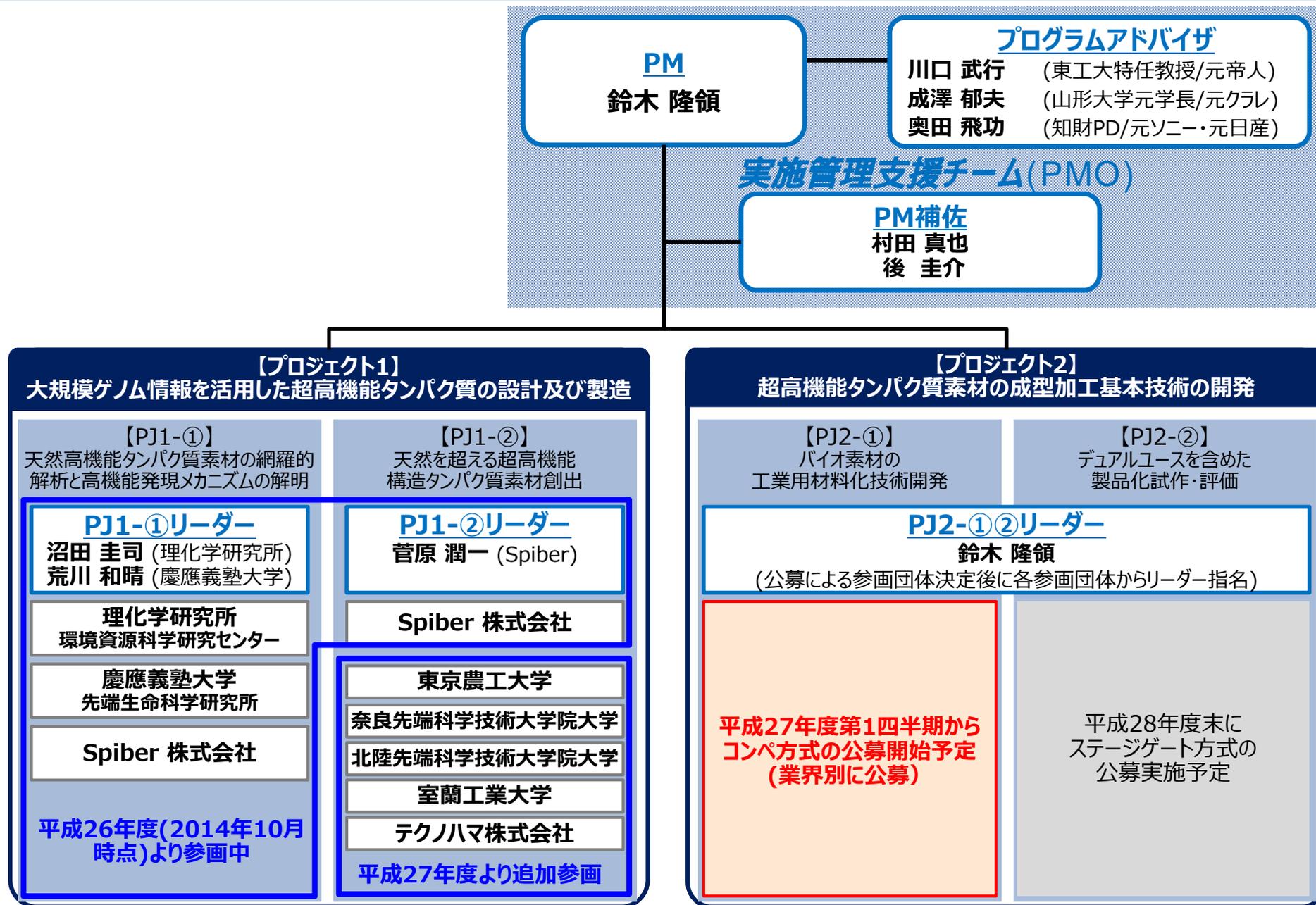
- 既成概念に囚われない自由な発想と実行力・スピード感
- 既存の技術の延長線上に止まらない尖った技術力
- 既存のしがらみに囚われずに産業の新陳代謝を自ら促し率先していく覚悟／新事業に全精力を賭ける本気度

ImPACTは  
ハイリスクでも  
ハイインパクトを  
目指す斬新な試み

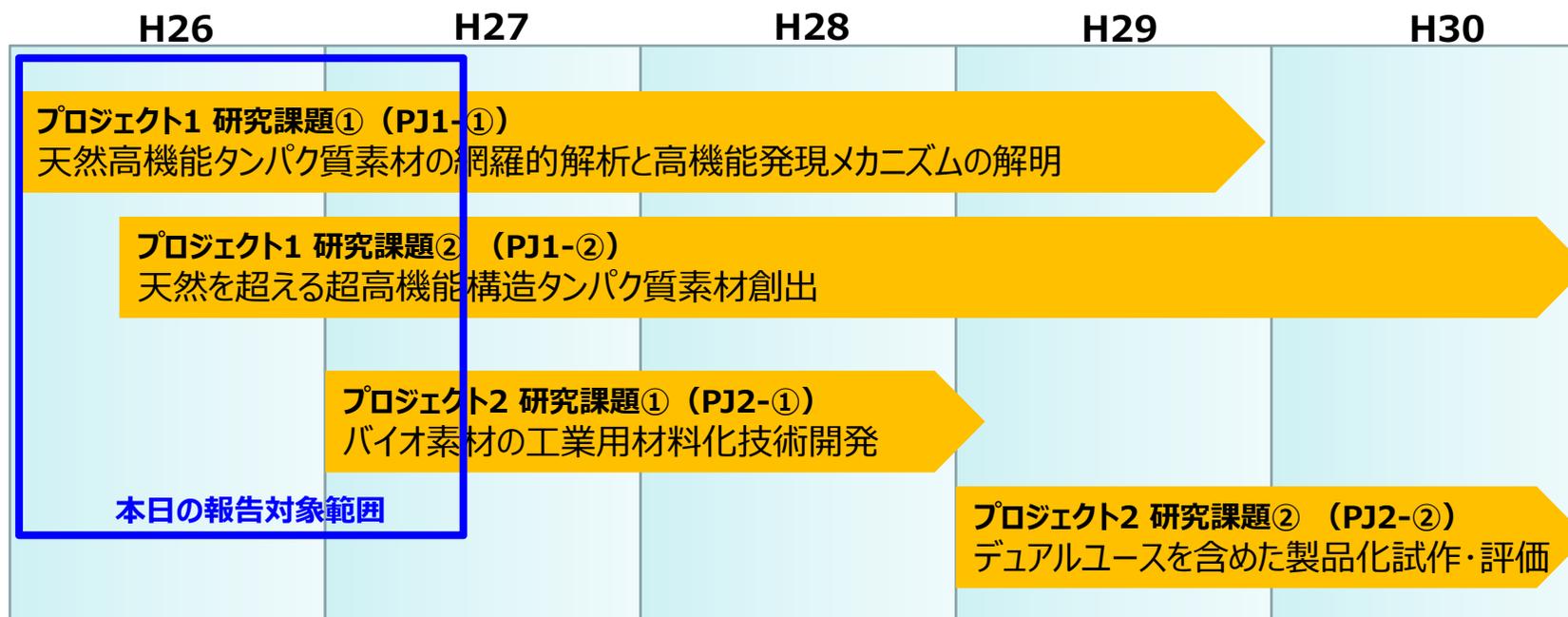


全参画団体が最もオープンに、前向きに、全力で研究開発に  
取り組める環境を準備することがPMとしての責務

# 研究開発プログラム全体の体制図



# 研究開発プログラム全体のスケジュール



## 本日の報告内容

- 【PJ1-①】 平成26年度の研究開発マイルストーンと進捗状況
- 【PJ1-②】 平成27年度追加参画研究機関・企業の研究開発体制立上げ状況
- 【PJ2-①】 平成27年度の公募開始に向けた準備状況
- 【全体】 平成27年度以降のプログラム実施管理方針

# 研究開発プログラムの全体構成

## 【プロジェクト1】

大規模ゲノム情報を活用した超高機能タンパク質の設計・製造

コアテクノロジーの基礎研究・新素材開発

## 【プロジェクト2】

超高機能タンパク質素材の成型加工基本技術の開発

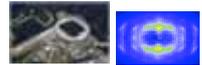
オープンイノベーションによる加工技術・アプリケーション開発

### PJ1-① 天然タンパク質の 網羅的解析と高機能 発現メカニズム解明

次世代シーケンサーでの  
遺伝子配列解析



世界最先端の  
動的・高次構造解析



世界発の  
構造タンパク質  
データベース構築



- 最先端の高次構造解析技術・CS/IT・遺伝子工学の知見/実績・高い研究遂行力を有する研究者(日本を代表するアカデミア・企業の次世代を担う若手リーダー)を抜擢・結集し、構造タンパク質の遺伝子配列・構造と機能の因果関係を解明する

### PJ1-② 天然を超える 超高機能構造 タンパク質素材創出

分子デザイン

遺伝子設計  
/合成



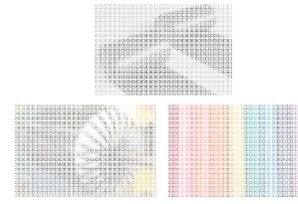
素材化  
(繊維,その他)

培養/精製

- 現時点で世界最高レベルの構造タンパク質生産技術・大規模生産設備を持つSpiber社をコア研究組織に据え、その一貫通貫プロセスを補強する個別要素技術に強みを持つ研究団体と共同で新素材の実用化に向けた基盤技術を確立する

### PJ2-① バイオ素材の 工業用材料化技術開発

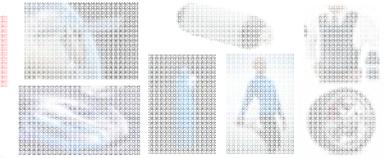
材料化基本工法検討・最適化  
材料サンプル作成/評価  
(業界・用途別)



- 既存技術の延長線上に止まらない尖った生産技術を持つ企業を選抜し、既存材料ではなし得ない性能を実現する構造タンパク質素材に特化した複合化及び加工技術を開発する
- 目的用途・各業界での事業性も考慮した素材要件を提案・フィードバックする

### PJ2-② デュアルユースを含めた 製品化試作・評価

宇宙関連製品  
防弾防護関連製品  
自動車/家電関連製品  
ゴム関連製品  
アパレル/スポーツ関連製品  
その他業界向け製品



- 新素材の事業化・普及加速に最も効果的な業界・用途を選定し、インダストリーリーダーとなり得る製品メーカーとPJ1-②・PJ2-①参画団体との協業による製品化に向けた試作・評価を進める

川上分野

超分野横断的フィードバック型研究開発

川下分野

## PJ1-①領域での研究開発課題と各年度マイルストーン

研究開発課題	内容、研究開発プロジェクトにおける役割等
<p><b>【PJ1-①】</b>  <b>天然高機能タンパク質素材の網羅的解析と高機能発現メカニズムの解明</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ クモ類、昆虫類のシルクを中心に、天然に存在する高機能構造タンパク質を実際に収集し、基本的な組成分析や構造解析、物性測定を行なうとともに、対象生物より遺伝子情報を取得し、タンパク質の配列を決定し、データベース化を進める。</li> <li>➤ さらに、高機能発現のメカニズムを解明するためのin-situの分析技術を確立して解析をすすめ、高機能発現のメカニズムを解明する。それらの詳細解析のデータも含めて構造タンパク質の統合データベースを構築し、新素材開発に活用する。</li> </ul>

領域	達成目標	平成 26年度 (7ヶ月)	平成 27年度	平成 28年度	平成 29年度	平成 30年度 (9ヶ月)
PJ1-①	天然構造タンパク質素材のサンプル取得、及び遺伝子配列解析サンプル件数（各年の数字は累計）	50	250	500	1,000	
	構造タンパク質の物性/構造定量化サンプル件数(各年の数字は累計)	10	50	100	200	

## PJ1-① 平成26年度研究進捗状況

- 初年度(平成26年度)時点で構造タンパク質データベースのシステム基本機能の構築が完了し、配列データ及び物性データについての目標件数の取得・登録まで完了済  
→ PJ1-②遺伝子設計・分子デザインに活用するデータを平成27年度以降も継続蓄積中

### サンプリング実績 378個体

公開用資料のため削除

### 配列取得実績 50サンプル

(平成26年度目標値：50サンプル)

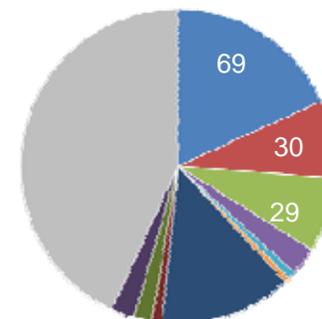
公開用資料のため削除

### 物性データ取得実績 11サンプル

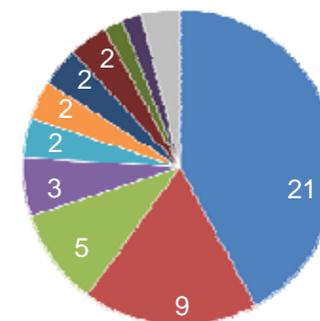
(平成26年度目標値：10サンプル)

公開用資料のため削除

グラフ1. 採取したクモの内訳



グラフ2. 配列データを取得したクモの内訳



# 研究開発プログラムの全体構成

## 【プロジェクト1】

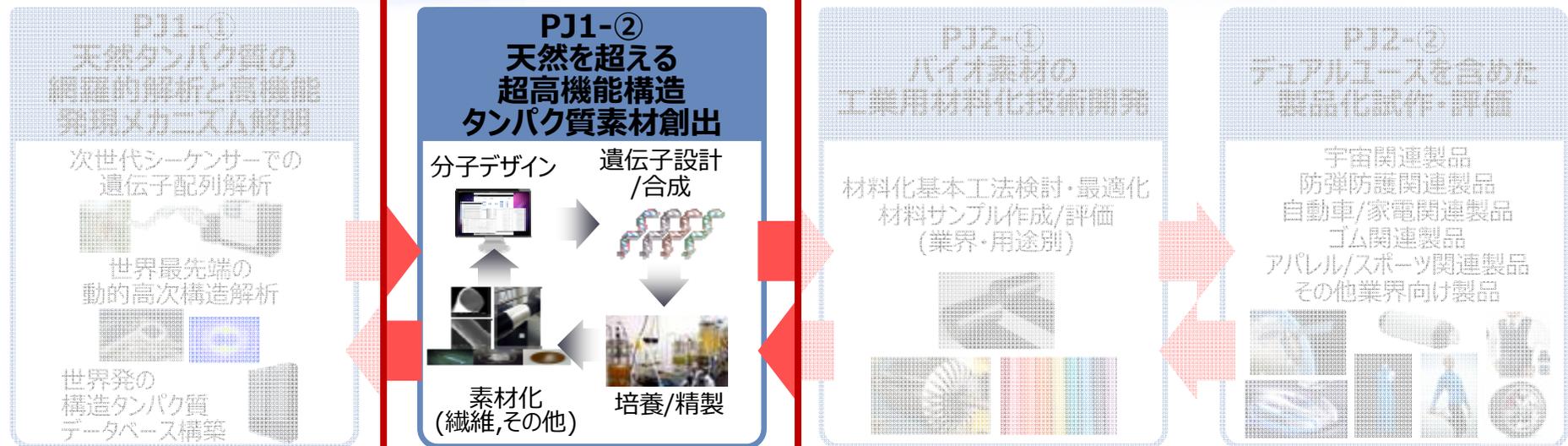
大規模ゲノム情報を活用した超高機能タンパク質の設計・製造

コアテクノロジーの基礎研究・新素材開発

## 【プロジェクト2】

超高機能タンパク質素材の成型加工基本技術の開発

オープンイノベーションによる加工技術・アプリケーション開発



➤ 最先端の高次構造解析技術・CS/IT・遺伝子工学の知見/実績・高い研究遂行力を有する研究者(日本を代表するアカデミア・企業の次世代を担う若手リーダー)を抜擢・結集し、構造タンパク質の遺伝子配列・構造と機能の因果関係を解明する

➤ 現時点で世界最高レベルの構造タンパク質生産技術・大規模生産設備を持つ**Spiber社をコア研究組織**に据え、その一貫通貫プロセスを補強する**個別要素技術に強みを持つ研究団体と共同**で新素材の実用化に向けた基盤技術を確立する

➤ 既存技術の延長線上に止まらない**尖った生産技術を持つ企業を選抜**し、既存材料ではなし得ない性能を実現する**構造タンパク質素材に特化した複合化及び加工技術**を開発する

➤ 目的用途・各業界での事業性も考慮した**素材要件**を提案・フィードバックする

➤ 新素材の事業化・普及加速に最も効果的な業界・用途を選定し、**インダストリーリーダー**となり得る**製品メーカー**とPJ1-②・PJ2-①**参画団体との協業**による製品化に向けた試作・評価を進める

川上分野

超分野横断的フィードバック型研究開発

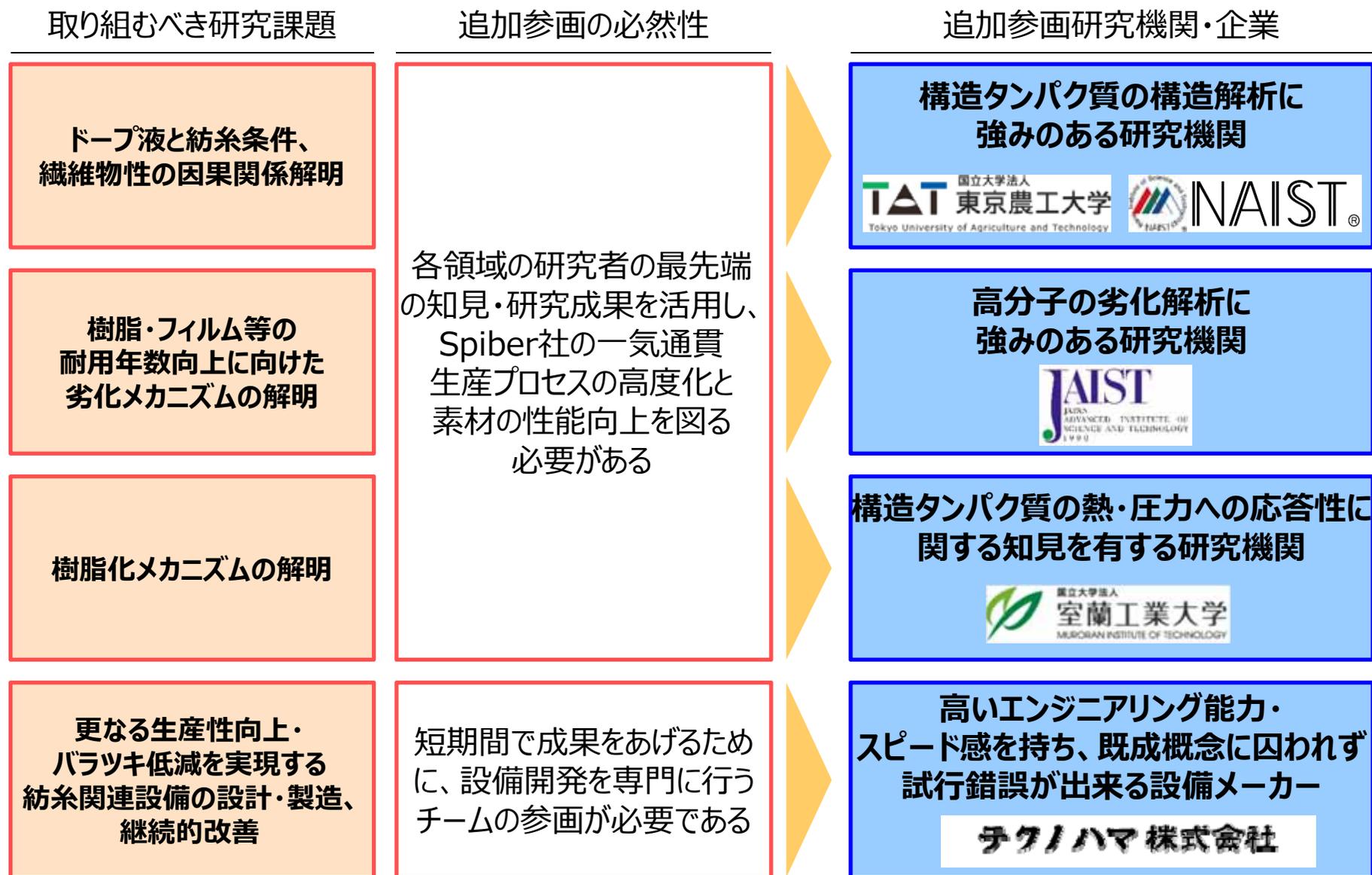
川下分野

## PJ1-②領域での研究開発課題と各年度マイルストーン

研究開発課題	内容、研究開発プロジェクトにおける役割等
<p align="center"><b>【PJ1-②】</b>  <b>天然を超える超高機能構造</b>  <b>タンパク質素材の創出</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ PJ1-①で蓄積された知見及び構築されたデータベースの情報を活用し、天然を上回る性能を発揮することが可能な超高機能構造タンパク質を創出する。</li> <li>➤ PJ1-①で蓄積された多角的な分析手法のノウハウを駆使し、当該高次構造を実現可能な紡糸加工技術を開発するとともに、生産性と高性能を両立する人工遺伝子を設計、合成、分析、評価を繰り返すフィードバックシステムの両輪で開発を進めることで、天然を上回る性能と高い生産性を両立する実現する次世代超高機能素材を開発する。</li> </ul>

領域	達成目標	平成 26年度 (7ヶ月)	平成 27年度	平成 28年度	平成 29年度	平成 30年度 (9ヶ月)
<p><b>PJ1-②</b></p>	人工合成タンパク質素材の目的物性と次工程供給量の達成	公開用資料のため削除				強度:1.6GPa 効率:354MJ

# PJ1-②への追加参画団体



# プロジェクト1の参画研究開発機関・相互関係

凡例

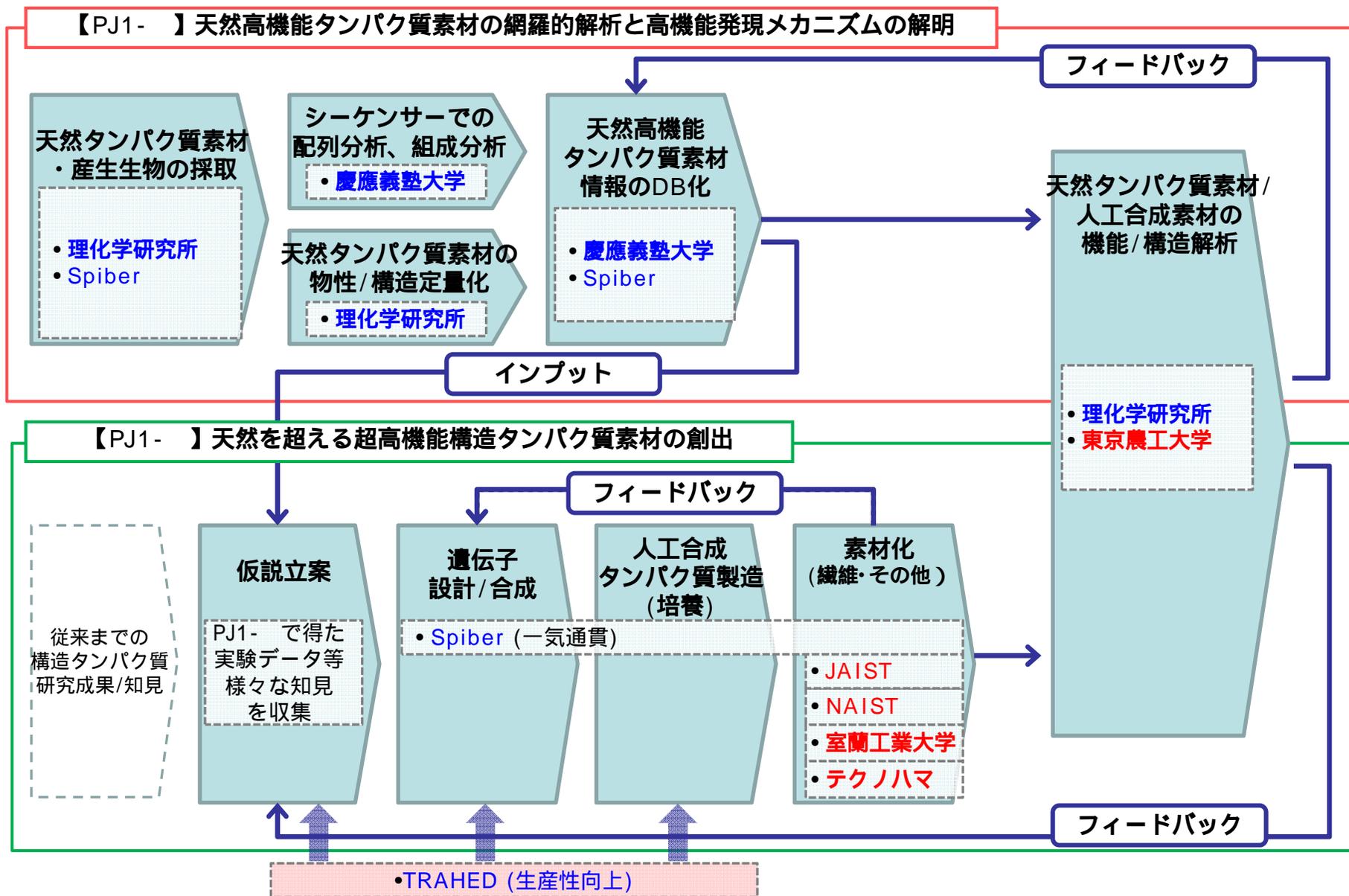


研究開発プロセス



参画体制

青字: プログラム立上げ時点で参画済  
赤字: 平成27年度より追加参画



## PJ1-② 平成27年度キックオフミーティング (2015年5月7日(木) 於JST)

- PJ1-②に参加する研究機関・企業を集合し、各参画団体のこれまでの研究実績及び今後ImPACTで取り組む研究開発課題・アプローチに関する意見交換を実施



鈴木隆領PM



東京農工大学  
朝倉哲郎 教授



理化学研究所  
沼田圭司 チームリーダー  
(PJ1-①リーダー)



奈良先端科学技術大学院  
上久保裕生 准教授



テクノハマ株式会社  
中山有希 課長



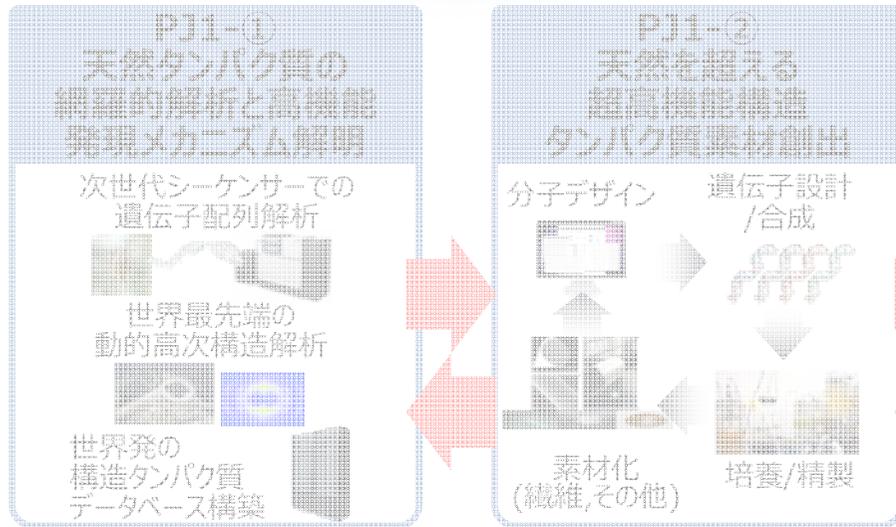
北陸先端科学技術大学院  
谷池俊明 准教授

※当日都合により参加出来なかった室蘭工業大学 平井伸治 教授とは別途4月30日(木)に鈴木PM・Spiber社と個別打合せを実施

# 研究開発プログラムの全体構成

## 【プロジェクト1】

大規模ゲノム情報を活用した超高機能タンパク質の設計・製造  
コアテクノロジーの基礎研究・新素材開発

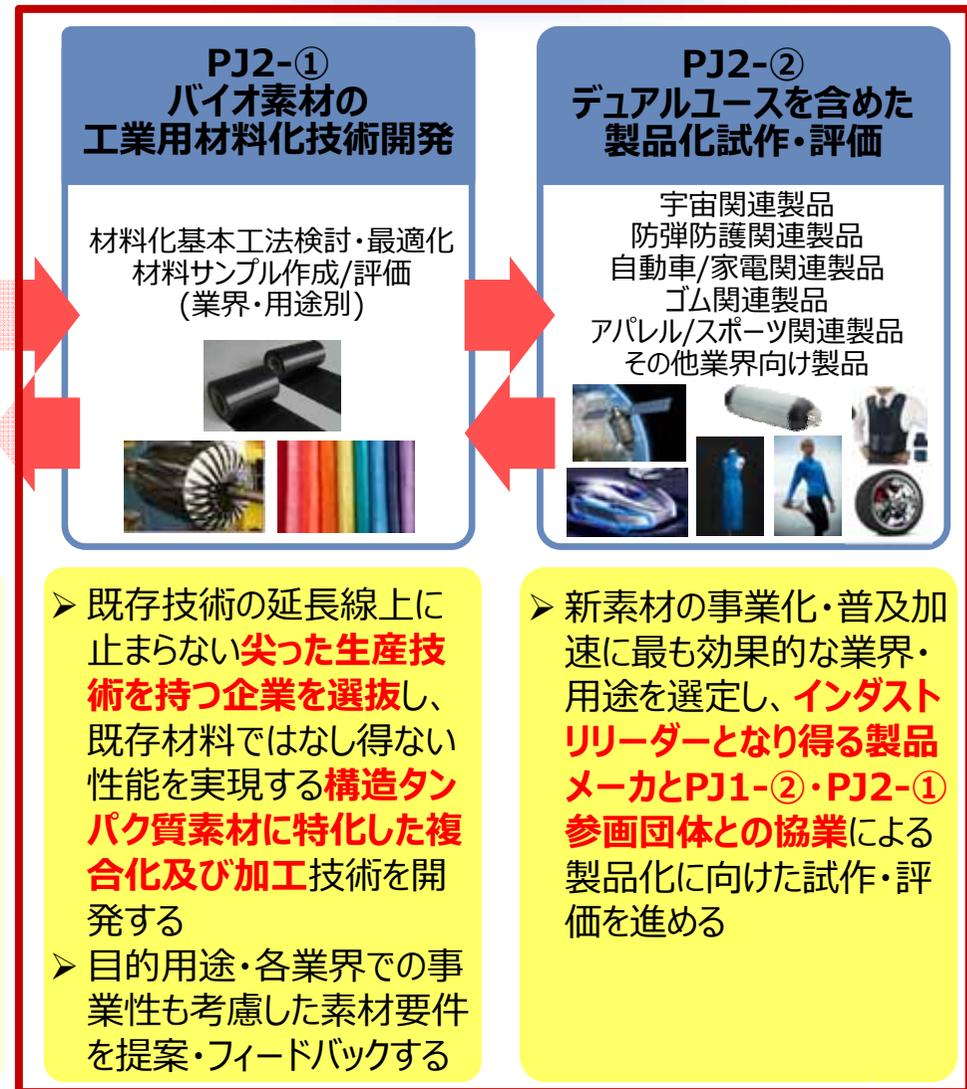


➤ 最先端の高次構造解析技術・CS/IT・遺伝子工学の知見/実績・高い研究遂行力を有する研究者(日本を代表するアカデミア・企業の次世代を担う若手リーダー)を抜擢・結集し、構造タンパク質の遺伝子配列・構造と機能の因果関係を解明する

➤ 現時点で世界最高レベルの構造タンパク質生産技術・大規模生産設備を持つSpiber社をコア研究組織に据え、その一貫通貫プロセスを補強する個別要素技術に強みを持つ研究団体と共同で新素材の実用化に向けた基盤技術を確立する

## 【プロジェクト2】

超高機能タンパク質素材の成型加工基本技術の開発  
オープンイノベーションによる加工技術・アプリケーション開発



➤ 既存技術の延長線上に止まらない**尖った生産技術を持つ企業を選抜し**、既存材料ではなし得ない性能を実現する**構造タンパク質素材に特化した複合化及び加工技術を開発**する

➤ 目的用途・各業界での事業性も考慮した素材要件を提案・フィードバックする

➤ 新素材の事業化・普及加速に最も効果的な業界・用途を選定し、**インダストリーリーダーとなり得る製品メーカーとPJ1-②・PJ2-①参画団体との協業**による製品化に向けた試作・評価を進める

# プロジェクト2(加工技術・アプリケーション開発)の進め方

プログラム前半  
(平成27年度～平成28年度)

プログラム後半  
(平成29年度～平成30年度)

## PJ2-① バイオ素材の工業用材料化技術開発

➤まずは5～6の業界・用途に目的を定め、構造タンパク質素材に特化した複合化及び加工技術の開発を進める企業を公募(コンペ方式)により選定

宇宙

防護防弾

自動車

家電

ゴム

アパレル・スポーツ

## PJ2-② デュアルユースを含めた製品化試作・評価

➤PJ2-①の研究開発成果を踏まえながら、PJ2-②で開発対象とする製品(業界)及び参画企業群をステージゲート方式で絞り込む

製品(業界)①

製品(業界)②

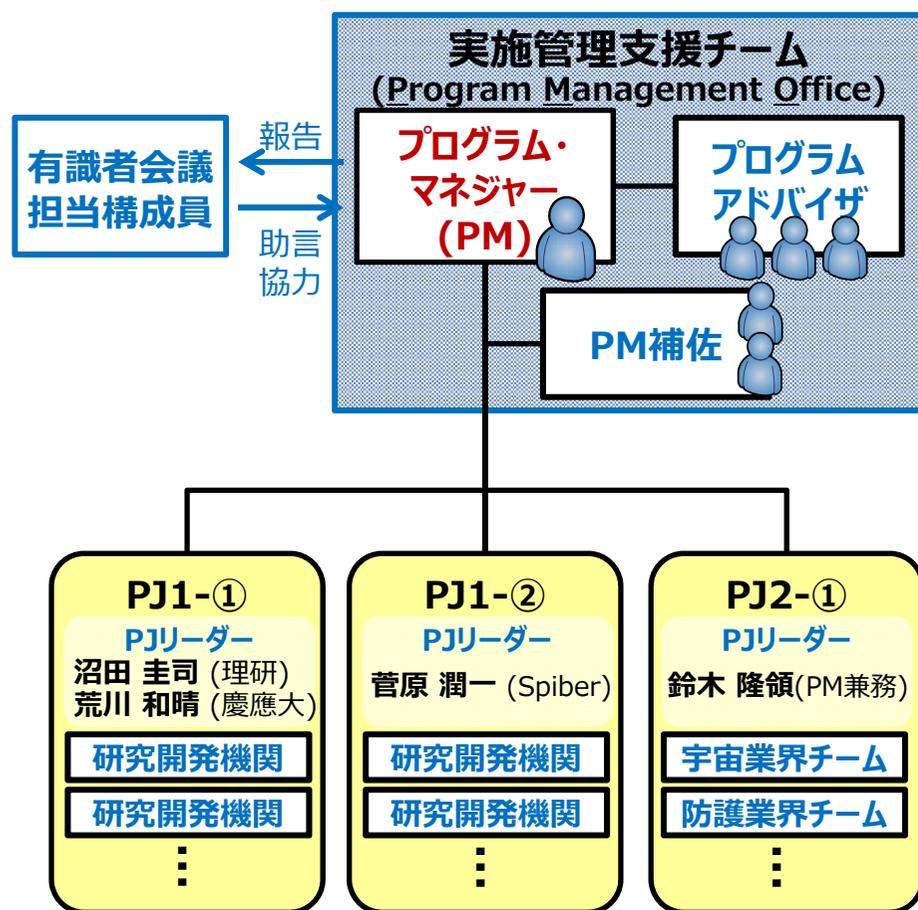
製品(業界)③

- 各業界における製品化ニーズ・材料要件(品質・スペック・コスト等)や産業構造について深く理解し、第一線で最終製品メーカーに対する用途提案や材料開発を行ってきた実績・経験を持つ研究開発機関・企業から、構造タンパク質素材の工業用材料化のための技術開発に関する提案、及び新材料の実用化・事業化に向けたアイデア・アプローチに関する提案を募る

- 新素材の事業化・普及加速に最も効果的な製品化ターゲットを平成28年度末時点でステージゲートを設けて選定し、インダストリーリーダーとなり得る最終製品メーカーとPJ1-②・PJ2-①参画団体との協業による製品化に向けた試作・評価を進める出口戦略チームを編成する

# 平成27年度以降のプログラム実施管理方針

- 参画研究機関・企業が大幅に増加し、各拠点が全国に分散していることも鑑み、会議参加等が各担当者への負担とならないよう配慮しつつ研究開発拠点間での十分な連携が取れるように、プログラム全体・各プロジェクトにおける会議体については電話会議等も巧く活用した効率的な運営方法に見直し



# 平成27年度以降の会議体一覧

[凡例] ■：必須参加 □：必要時のみ参加

会議体	開催頻度/方法	目的・内容	想定参加者	
			主催	参加
プログラム運営会議	<p>平成26年度は毎月全参画団体の集合開催</p> <p>▼</p> <p>・2ヶ月に1回電話会議で開催(1H程度)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プログラム運営やプロジェクト推進に関する<b>重要事項の連絡・調整</b></li> </ul>	PM/PM補佐	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 各PJリーダー</li> <li>■ 各参画団体代表者</li> <li>□ PA/知財PD</li> </ul>
<p>新規</p> プログラム全体会同	<ul style="list-style-type: none"> <li>・半期毎に1拠点に集合して開催</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プログラムに参画する全ての研究機関・企業で<b>研究開発成果・進捗・課題等に関する意見交換</b>を実施</li> </ul>	PM/PM補佐	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ PA/知財PD</li> <li>■ 各PJリーダー</li> <li>■ 各参画団体代表者</li> <li>□ 各参画団体担当者</li> </ul>
プロジェクト推進会議	<p>平成26年度は毎月全PJ合同で集合開催</p> <p>▼</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・各PJ個別に開催(PJ個別に頻度/方法決定)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・PJ単位で各参画団体における<b>研究成果の共有・把握</b></li> <li>・各PJ進捗・課題/リスクに応じた<b>実行計画の調整・見直し検討・判断</b></li> </ul>	各PJリーダー	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 各参画団体代表者</li> <li>■ 各参画団体担当者</li> <li>□ PM/PM補佐</li> <li>□ PA/知財PD</li> </ul>
<p>新規</p> 各拠点個別確認会(兼PMサイトビジット)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・随時(拠点別に定期)</li> <li>・各拠点へPMが訪問</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・各拠点での<b>研究開発進捗・課題/リスクの共有・把握</b></li> <li>・各拠点研究開発実施状況の<b>PMによる現場視察</b></li> </ul>	PM/PM補佐	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 各参画団体代表者</li> <li>■ 各参画団体担当者</li> <li>□ 各PJリーダー</li> </ul>
知財運用会議	<p>平成26年度と同様</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・毎月1回電話会議で開催(2H程度)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ImPACT成果技術の<b>外部発表の可否・時期等の検討、特許性・出願可否・ノウハウ化等の判断</b></li> </ul>	知財管理担当リーダー(知財PD)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ PM/PM補佐</li> <li>□ 関係する参画団体代表者</li> <li>□ 各PJリーダー</li> </ul>