

## 第6章別紙

### <蓄電池領域>

公募テーマ	採択予定 課題数	予算（5年分の直接経費総額）
チーム型研究・公募テーマ1 「実用電池（先進リチウムイオン電池）の革新」	公募テーマ 1～4で合計 4～6課題程 度	～20億円程度 ／課題
チーム型研究・公募テーマ2 「高安全性を実現する電池開発」		
チーム型研究・公募テーマ3 「資源制約フリーを実現する電池開発」		
チーム型研究・公募テーマ4 「軽量・小型・大容量を実現する電池開発」		
チーム型研究・公募テーマ5 共通基盤研究「計測やDX等共通基盤の構築」	1課題	共通研究機器整備： ～23億円程度 研究開発費： ～8億円程度
革新的要素技術研究（公募テーマ1～4）	若干数	上限1,000万円 （初年度のみ）

### <水素領域>

公募テーマ	採択予定 課題数	予算（5年分の直接経費総額）
チーム型研究・公募テーマ1 「高効率・高耐久・低コスト化を可能にする水電解システムの実現」	1～2課題	共通研究機器整備：～6億円程度 研究開発費：～30億円程度
チーム型研究・公募テーマ2 「高効率・高耐久・低コスト化を可能にする燃料電池システムの実現」	1～2課題	共通研究機器整備：～6億円程度 研究開発費：～30億円程度

チーム型研究・公募テーマ3 「高密度・高耐久・低コスト化を実現する水素貯蔵システムの開発」	1～2 課題	共通研究機器整備：～10 億円程度 研究開発費：～20 億円程度
革新的要素技術研究（公募テーマ1～3）	若干数	上限 1,000 万円／年 （初年度のみ）

<バイオものづくり領域>

公募テーマ	採択予定 課題数	予算（5年分の直接経費総額）
中核研究チーム型・公募テーマ1 「微生物を中心とした次世代バイオものづくりプラットフォームの確立」	1 課題	共通研究機器整備：～7 億円程度 研究開発費：～20 億円程度
中核研究チーム型・公募テーマ2 「植物を中心とした次世代バイオものづくりプラットフォームの確立」	1 課題	共通研究機器整備：～7 億円程度 研究開発費：～20 億円程度
基盤技術研究チーム型・ 公募テーマ3「生物間相互作用の探索・解析研究」 公募テーマ4「人工系による評価システム研究」 公募テーマ5「解析技術高度化・情報数理学研究」	各 1 課題	研究開発費： 公募テーマ3：～6 億円程度 公募テーマ4：～4 億円程度 公募テーマ5：～6 億円程度
革新的要素技術研究（公募テーマ1～5）	若干数	上限 1,000 万円 （初年度のみ）

## 第6章別紙 目次

1 蓄電池領域.....	2
1-1 蓄電池領域について.....	2
1-2 公募テーマ .....	3
1-2.1 公募テーマ1 「実用電池（先進リチウムイオン電池）の革新」 .....	4
1-2.2 公募テーマ2 「高安全性を実現する電池開発」 .....	5
1-2.3 公募テーマ3 「資源制約フリーを実現する電池開発」 .....	6
1-2.4 公募テーマ4 「軽量・小型・大容量を実現する電池開発」 .....	7
1-2.5 公募テーマ5 共通基盤研究「計測やDX等共通基盤の構築」 .....	7
1-3 想定される研究開発体制 .....	9
1-4 提案にあたっての留意事項や研究開発マネジメント .....	10
2 水素領域.....	12
2-1 水素領域について .....	12
2-2 公募テーマ .....	13
2-2.1 公募テーマ1 「高効率・高耐久・低コスト化を可能にする水電解システムの実現」	13
2-2.2 公募テーマ2 「高効率・高耐久・低コスト化を可能にする燃料電池システムの実現」	15
2-2.3 公募テーマ3 「高密度・高耐久・低コスト化を実現する水素貯蔵システムの開発」	16
2-2.4 共通項目（公募テーマ1～3）「先端計測・共通解析・DXの基盤構築と活用」 .....	16
2-3 想定される研究開発体制 .....	18
2-4 提案にあたっての留意事項や研究開発マネジメント .....	19
3 バイオものづくり領域 .....	21
3-1 バイオものづくり領域について .....	21
3-2 公募テーマ .....	22
3-3 想定される研究開発体制 .....	28
3-4 提案にあたっての留意事項や研究開発マネジメント .....	30

# 1 蓄電池領域

PO：桑畑 進（大阪大学 大学院工学研究科 研究科長／教授）

公募テーマ	採択予定課題数	予算（5年分の直接経費総額）
チーム型研究・公募テーマ1 「実用電池（先進リチウムイオン電池）の革新」	公募テーマ1～4で合計 4～6課題程度	～20億円程度 ／課題
チーム型研究・公募テーマ2 「高安全性を実現する電池開発」		
チーム型研究・公募テーマ3 「資源制約フリーを実現する電池開発」		
チーム型研究・公募テーマ4 「軽量・小型・大容量を実現する電池開発」		
チーム型研究・公募テーマ5 共通基盤研究「計測やDX等共通基盤の構築」	1課題	共通研究機器整備： ～23億円程度（※） 研究開発費： ～8億円程度
革新的要素技術研究（公募テーマ1～4）	若干数	上限1,000万円 （初年度のみ）

※公募テーマ5の共通研究機器整備について、水素領域において必要となる共通研究機器の一部の整備・運用も担うケースが考えられます。この場合、これら水素領域共通研究機器整備分に係る予算は、ここで掲げた上限の23億円には含まれず、別途、水素領域における共通研究機器整備予算より移管されます。

## 1-1 蓄電池領域について

本領域では、2050年カーボンニュートラルを実現する上での最重要技術の一つである革新的な次世代蓄電池技術開発のため、大学、国研、企業などが連携し、学理の構築から産業界における技術課題の解消までシームレスに取り組むチーム型の研究開発を推進します。研究開発を加速させるため、個々の部材の材料開発のみならずトータルシステムとしての電池の性能評価まで一貫して行い、さらには新電池系探索のためのデータベースを構築し、次世代蓄電池の基盤技術を確立します。また、広い視野を持ち展開力のある人材を育成・輩出していくことも目的としています。

## 1-2 公募テーマ

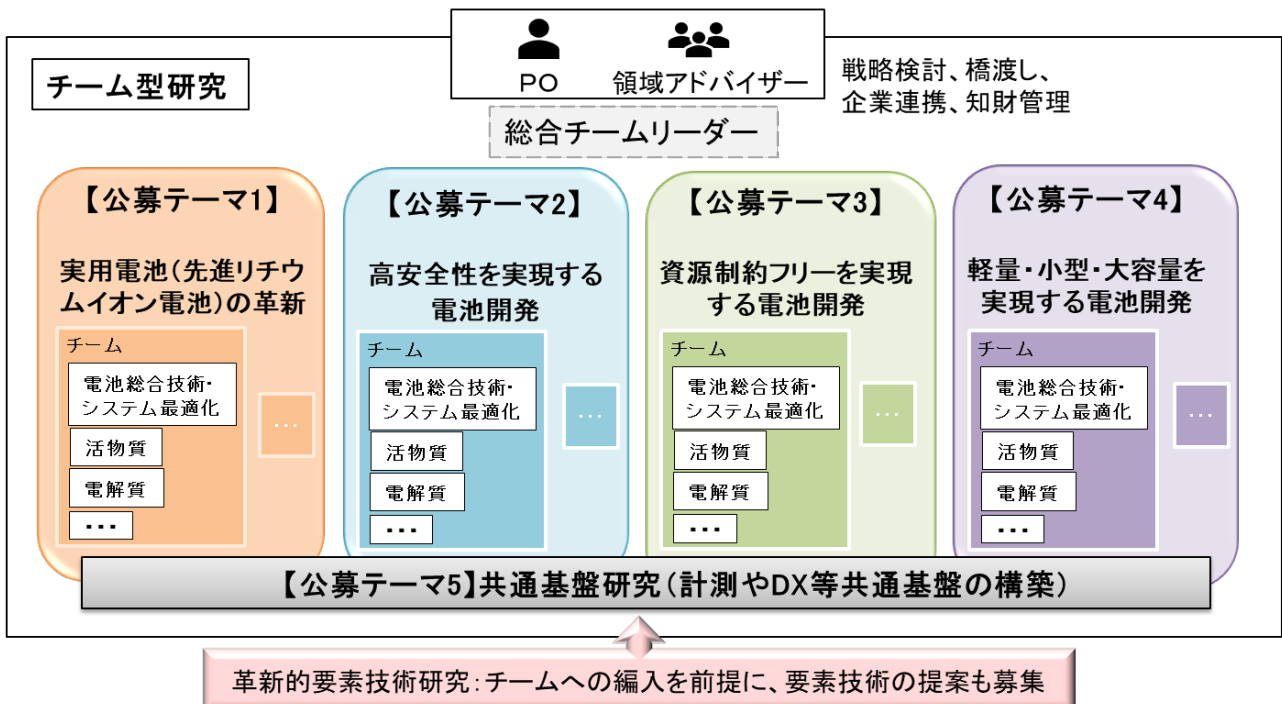
本領域では、以下に示す公募テーマのもと、革新的な蓄電池技術開発に取り組みます。各公募テーマには例示として具体的な電池系が示されていますが、これらの電池系に限らず、提案者の斬新なアイデアに基づいたあらゆる電池系を公募の対象とします。提案者は各公募テーマの目的を十分に踏まえた上で、自らの提案に最も適した公募テーマ1つに限り提案することが可能です。(ただし、PO等による調整の結果、提案した公募テーマとは異なる公募テーマの下で選考・採択となる可能性もあります。)

各公募テーマにおいては達成目標やマイルストーンの例示がありますが、各提案においては提案者が自ら公募テーマの目的に適した野心的な目標を設定してください。加えて、研究開発成果の産業界への展開に向けて、必要十分な研究開発体制や適切な研究開発スケジュールが設定されていることが必要です。

各課題においては、当該技術が社会に実装された際のサーキュラーエコノミーへの影響や製造プロセスも含めたライフサイクル全体としてのGHG排出量等も考慮しながら、研究開発に取り組んでいただきます。

### リチウムイオン電池の革新と次世代蓄電池イノベーション

高容量、高安全性、資源制約フリー、長寿命化、低コスト、リサイクルなどの要求に対応



蓄電池領域体制図

## 1-2.1 公募テーマ1 「実用電池（先進リチウムイオン電池）の革新」

### 【研究開発内容】

産業界において当面の間は蓄電池の主役であると予想される液系のリチウムイオン電池について、我が国の産業競争力、国際競争力の強化に向けて、高エネルギー密度化、安全性の向上、資源制約の低減、電池材料のリサイクル、環境負荷の低い製造プロセスに繋がる革新的な要素技術を創出し、製造基盤の強化と実用化の加速、また市場の創出・獲得を目指します。NEDO では航続距離などに影響するエネルギー密度の向上や低コスト化、省資源化などに主軸を置き研究開発に取り組んでいます<sup>1</sup> が、本公募テーマではリチウムイオン電池の飛躍的な性能向上を目指し、サイエンスの理解に基づいた独創的なアプローチで基礎課題の解明・解決に取り組めます。例えば金属リチウムなどの高容量・低電位の負極材料開発、高容量・高電位の正極材料開発、これらの動作を実現する電解液やセパレータ、バインダー等の電池材料の開発が主な研究対象となります。またLCA の観点から、電池材料のリサイクルに寄与する技術、環境負荷低減の製造プロセスや簡素な量産プロセスに繋がる部材・材料開発など、社会実装上のボトルネックとなっている課題に対しても取り組むことが想定されます。研究成果を迅速に産業界に橋渡しすることが求められる電池系であるため、実用電池の評価技術を有する機関や研究成果の展開が期待できる企業と連携し、アカデミアによる研究開発、電池特性の確認、企業における課題の抽出というサイクルを回し、課題の早期解決を目指します。

### 【技術課題の達成目標・マイルストーン】

まず産業界における技術発展・社会実装上のボトルネック課題を抽出し、アカデミアが取り組むべき研究課題を明確化し、その解決に取り組むことが想定されます（例：充放電に伴って電池内部で生じている構造変化・化学変化・物性変化の解明による電池に対する本質的な理解の深化や、電池劣化メカニズムの解明とそれに基づく課題解決指針の策定、実効性のある課題解決手法の提供等）。リチウムイオン電池は現状世界中で熾烈な競争下にあるため、3年程度でこれらの解決に結びつく成果創出を目指します。その成果を受け、更なる性能の発展を目指し、金属リチウム負極（アノードレスを含む）や高性能な新規材料を用いた革新的なリチウムイオン電池の基本設計の確立に5年程度で取り組み、資源循環や製造時の消費エネルギー問題の抜本的な改善に向けて、蓄電池ライフサイクルを通しての環境負荷低減に資する技術の開発（電池からの希少金属のリサイクルや低CO<sub>2</sub>排出となる電池材料、電池製造プロセス）を、最大10年の研究開発期間をかけ

---

<sup>1</sup> グリーンイノベーション基金「次世代蓄電池・次世代モーターの開発」プロジェクト に関する研究開発・社会実装

て目指すことなどが想定されます。

#### 【提案における留意点】

アカデミアに対する研究開発支援であるという趣旨を逸脱しない範囲で、短期課題については採択当初から、将来的に研究成果の展開が期待できる企業等の参画を得ながら、研究開発を推進することが望まれます。

### 1-2.2 公募テーマ2 「高安全性を実現する電池開発」

#### 【研究開発内容】

電池の用途拡大に対し欠かせない、安全性が確立された電池開発に取り組みます。例えば、固体電解質を用いた全固体電池は、可燃性の液体を含まず、電池からの漏液もないため、より安全性の高い電池です。全固体電池は、2030年代前半より車載用蓄電池の市場において主流となると想定されており、前述の SOLiD-EV プロジェクトでは現行のリチウムイオン電池の電極材料はそのまま、硫化物系固体電解質を用いた硫化物型全固体リチウムイオン電池が開発されています。全固体電池においては電池パックの冷却システムが簡素化できれば、パックとしての体積エネルギー密度の向上が期待されるほか、リチウムイオン輸率が高いという固体電解質の特徴から、電池の急速充放電が可能になることが期待されており、リチウムイオン電池に代わる蓄電池として研究開発基盤の強化が求められています。全固体電池を対象とした場合、本事業では高容量の電極材料である金属リチウム負極、硫黄系の正極開発、固固界面設計、耐酸化性・耐還元性等を兼ね備えた電解質開発など、全固体電池特有の基礎的課題解決・機構解明を中心に取り組むことが想定されます。電解質の種類（硫化物系・酸化物系・高分子系）の区別なく本事業の対象としますが、硫化物系については、リチウム金属負極や硫黄正極など電池特性の大幅な向上が見込める電極材料を用いた電池や、電荷担体がリチウム以外のイオンである電池など、より挑戦的な電池に限定して公募を行います。NEDO・企業等との連携により、電池の試作や評価によってフィードバックされた課題に取り組むサイクルを回して電池開発の加速を図ります。

#### 【技術課題の達成目標・マイルストーン】

酸化物型全固体電池を例とする場合、バルク型電池を動作させるにはよりイオン伝導率の高い固体電解質が求められています。また、緻密な電極-電解質界面を形成しようとする高温での焼結が必要となりますが、電極材料と電解質との間で反応が生じて界面抵抗が増大し、良好な電池特性が得られないなど技術的課題が多くあります。すなわち、固体電解質を単独で探索するだけでは十分でなく、電極材料との組み合わせや固固界面形成プロセスまでを考慮した全固体電池の研

究が求められています。研究開始後 5 年程度を目処にバルク型電池用の候補材となる高イオン伝導性の固体電解質の開発や、全固体電池の安全性評価に取り組み、並行して固体電解質にマッチした正極・負極材料の開発・選定、基本的な電池製造プロセスを確立した後、技術的障壁の高い大容量の電極活物質や高電位正極の導入による高性能化、固体ならではの電池構造(積層化等)の実現にも最大 10 年間の研究開発期間で取り組むことが想定されます。

### 1-2.3 公募テーマ3 「資源制約フリーを実現する電池開発」

#### 【研究開発内容】

原材料としてのリチウムは、産出国が限られる地政学リスクがある他、需給の逼迫があると急激な価格上昇が起こる問題を抱えています。そこでリチウムに替わって資源制約のないナトリウムやマグネシウム等を用いた電池開発が期待されており、これらの実現により、エネルギー安全保障やカーボンニュートラル推進の手段の選択肢を増やすことを目指します。レアメタルなどの希少金属を使用しない電池は安価で大規模化が容易であるという特徴があり、コスト低減が急務の大型の定置型蓄電池に最も適しています。しかし、電極活物質に関する検討や重量エネルギー密度の不足など、まだ取り組むべき基礎的課題が多く、実現にあたっては新しい概念での研究開発による大きなブレイクスルーが必要です。研究開発にあたっては電池材料レベルの開発に留まらず、フルセル作動による電池特性評価を通じて電池系として組み上げた際の課題の抽出と解決に取り組めます。NEDO・企業等との連携により、電池の試作や評価によってフィードバックされた課題に取り組むサイクルを回して電池開発の加速を図ります。

#### 【技術課題の達成目標・マイルストーン】

マグネシウム電池を例とする場合、マグネシウム電池はいまだシート型フルセルでの動作が確認された開発レベルであり、高性能なマグネシウム電池の実現には活物質や電解質の大きなブレイクスルーが必要です。そのためには二価のマグネシウムイオンの固体内移動現象を明らかにし、基礎原理に基づく材料設計を行うことが求められます。研究開始後 5 年程度をかけて電池材料（正・負極、電解質、セパレータ等）の探索や選定を行い、プロトタイプとなるフルセルを完成させ、その電池評価によってマグネシウム電池が持つポテンシャルを明らかにすることを目指します。ポテンシャルが確認出来た場合、その後は各電池材料の探索や組み合わせの最適化を進め、高電圧化、高容量化、サイクル特性や温度特性などのマグネシウム電池の性能向上に、最大 10 年間の研究開発期間で取り組むことなどが想定されます。



#### 1-2.4 公募テーマ4 「軽量・小型・大容量を実現する電池開発」

##### 【研究開発内容】

家庭用蓄電システムなどの電源として軽量な蓄電池の需要が高まっています。既存の蓄電池には重金属を含む化合物が用いられており、小型・軽量化のためには重金属以外の元素からなる電池系の開発が必要となります。例えば、負極活物質に金属リチウムを用い、正極活物質に硫黄や酸素分子などを用いることにより、軽量な蓄電池系を構築できる可能性があります。これらの電池では、電池使用条件から想定される電流密度において、また余分な電解液を含まない条件において、十分なサイクル特性が得られないという課題があるため、サイクル劣化のメカニズムを究明し、これを解決する新たな開発アプローチが期待されています。NEDO・企業等との連携により、電池の製造や評価によってフィードバックされた課題に取り組むサイクルを回して軽量・小型・大容量を実現する革新的な電池開発の加速を図ります。

##### 【技術課題の達成目標・マイルストーン】

金属-空気電池を例とする場合、金属-空気電池は他の電池系を遥かに凌駕する理論エネルギー密度を有しており実用化に大きな期待がかかりますが、フルセル評価において、サイクル特性が大きな課題であることが確認されています。充放電サイクルに伴う劣化現象の解明も十分とは言えず、サイエンスに基づいた電池開発指針の獲得にまだ至っていません。また、純酸素雰囲気下での電池評価が専ら行われており、空気利用の可能性についても研究の進展が望まれています。まずは5年程度をかけて正極を中心とした電池劣化メカニズムの解明とサイクル特性の向上に取り組む他、正極性能の改善によって顕在化するであろうLi金属負極のサイクル特性の改善（デンドライト成長の抑止等）にも取り組むことが想定されます。その後、各種電池材料の特性向上やサイクル特性まで含めた性能を最適化したセルの構築、また空気利用まで想定した金属-空気電池システムのプロトタイプの完成を最大10年間の研究開発期間で取り組むことなどが想定されます。

#### 1-2.5 公募テーマ5 共通基盤研究「計測やDX等共通基盤の構築」

##### 【研究開発内容】

大型・高度な計測機器の活用や統合型データベースの構築などは、領域全体から特定の機能を集約した共通基盤的なチームを設けることによって効率的な運営を行います。電池材料の探索や電池の機能・劣化メカニズムの解析には、材料の表面構造や電子状態、電池動作に伴う構造変化を詳細に把握することが必要であり、高い時間的・空間的分解能を有する大型放射光や中性子実験施設等を用いた先端計測・解析が有効です。また、研究開発を高速化、自動化するための自動・自

律実験の開拓や、自動実験設備の活用によって広い探索空間から大量の実験データを取得し、それらを蓄積したデータベースから成功確率の高い探索候補を予測することなど、新たな研究手法や DX の活用も期待されています。加えて、次世代蓄電池の開発においては実際に電池を試作し、その評価を行う中で電池・電極の構成や材料レベルの課題を見出すプロセスが必要です。

各テーマに共通して必要となるこれらの基盤技術の構築は、既存設備を活用しつつ領域全体で取り組みます。また、種々の大型機器を用いた分析・解析など総合的な評価手法や、データの自動収集・共用化など DX の基盤等は、本領域に限らず他領域（特に水素領域）でも活用が期待できることから、他領域の関連材料についても担うこととします。データの活用については、文部科学省の「マテリアル DX プラットフォーム」との連携も検討します。

#### 【技術課題の達成目標・マイルストーン】

蓄電池の現象解析や材料開発、電池の構造設計を行う上で必要となる高度な計測・評価技術の基盤を、3年程度を目処に整備することを目指します。また、開発途上である次世代蓄電池の課題を理解するためには、プロトタイプとなる電池を試作して評価・解析することが欠かせないため、各研究開発チームで取り組む電池試作について、例えば活性な化合物の取り扱いや電極塗工などの専門的な知見が必要となる技術について支援を行います。既存の設備を有効活用しつつ、最新の技術動向にも留意して課題解決に直接貢献できる機能を整備することが想定されます。本公募テーマでは公募テーマ 1~4 のチームおよび他領域とも密接に連携し、支援を要する研究課題を明確にしながら研究開発を推進します。また、実験の高効率化や、データサイエンス的手法を活用する新たな研究手法および研究開発ツールを開発し、それらを実践することにより新機能・新材料の創出の鍵となる設計指針やプロセス因子を各公募テーマに提供します。5年程度を目処に各種データの構造化および、各公募テーマにおいて実験データを再利用できる形で自動的に蓄積できるシステムを開発します。また、JST は研究の DX 化を進める上での方策を検討し、データ運用の在り方に係る方針を定めます。プロジェクト参画者はデータ提供者の利益の担保などが含まれたデータ共用の方針を踏まえた上で、実験の自動化等 DX 基盤構築と共にデータの共用化について推進し、データの効率的な取得と再利用率向上を目指します。データに関するオープン・クローズ戦略についても JST を中心に本プロジェクト参画者との間で十分な検討を行った上で、効率的な研究開発の推進を支える基盤を構築すると共に、開発した研究手法と研究開発ツールについて産学の協調を可能とするデータプラットフォームを確立し、本事業外にも積極的に技術の普及を行うことが期待されます。

## 【提案における留意点】

本公募テーマに採択されるチームは、技術支援スタッフなど十分な体制を整備し、円滑な供用体制を整え、共通基盤・プラットフォームとしての役割を果たす必要があります。また、募集要項第1章 P.11 の共通研究機器一覧にある大型設備・機器を整備いただくことを想定しています。

加えて、大気中で不安定な金属リチウム等の材料・分析試料を取り扱うことが想定されるため、ドライ環境でのハンドリング、大気非曝露での試料搬送、低ダメージエッチングなど必要な付帯機能についても整備が必要です。公募テーマ1~4 や他領域と連携しつつ、ニーズに応じた機能整備を定期的実施することが必要となります。

### 1-3 想定される研究開発体制

#### ◇ チーム型研究

- ・ 要素技術開発を集積させた大規模な研究開発チームで、異分野の知見を取り入れながら研究開発を実施します。
- ・ 研究開発チームは、トータルとしての電池システムを俯瞰・検討するなど、電池総合技術を担当できる研究者（チームリーダー）が中心となり、「活物質」、「電解質」、「その他部材開発と電池総合技術・システム最適化」を担当する研究者が必ず含まれた構成としてください。また、PO等が、採択されたチームリーダーの中から、全チームを総合的にサポートする「総合チームリーダー」を決定します。
- ・ チームリーダーは、活物質、電解質、セパレータなどの要素技術の研究開発を行う、複数の要素技術グループをまとめ、一体となった研究開発を推進するチームを編成してください。
- ・ チームリーダーは、要素技術グループをまとめるため、それぞれの要素技術グループにリーダー（グループリーダー）を置いてください。
- ・ 各部材の材料開発（要素技術の開発やメカニズム解明）を中心にしながらも、材料の選択や蓄電池システムとしての最適化、製造プロセスなどを含めて一体的に推進できる体制としてください。一部の要素技術の研究開発時期については異なることも想定されるため、その場合は対象の技術開発をチームに組み入れる時期を明確にしてください。
- ・ 計測・解析技術、材料探索、計算科学など、研究開発に必要と思われる要素技術をチーム体制に含めることが望まれます。理論、計算、物性物理、有機化学など異分野の研究者の積極的な関与を期待します。
- ・ 共通して取り組むべき現象解決（ dendrite 形成など）、材料開発、また簡素な製造プロセスの開発、共通基盤技術開発など、多様な電池系で必要となる取り組みについては、横断

的に推進する体制を領域全体で構築します。

- ・ 主にアカデミアを中心としたチーム構成が想定されますが、本事業が早期の社会実装を目指すものであることを鑑み、将来的に研究成果の展開が期待できる企業等が、採択当初、もしくは研究開発期間中に参画することが望まれます。
- ◇ チーム型研究（共通基盤研究）
  - ・ DX 等新規手法の開拓、評価、解析、統合システム試作やデータの自動収集等、チーム型研究に共通する基盤的な研究を推進します。また、これらに関連する共通研究機器（詳細は募集要項第 1 章 P.8 を参照）を整備・運用し、チーム型研究で供用します。
- ◇ 革新的要素技術型
  - ・ 原則として、公募は「チーム型研究」が対象となりますが、採択後にチームに編入しチームの一員として研究開発を実施することを前提に、公募テーマ 1~4 を対象として、電解質、活物質、計測・解析技術、材料探索、計算科学など蓄電池の実用化に必要な 1 つの要素技術に特化した研究開発や、新原理・新材料に基づく革新電池に関する個人またはグループ単位での提案も可能とします。これらは、採択された場合、PO 等によってチームへの編入が調整されます。

#### 1-4 提案にあたっての留意事項や研究開発マネジメント

【データ活用（DX）や大型放射光施設等との連携】

- 実験・計測データについては、既存の設備である「物質・材料研究機構（NIMS）データプラットフォーム」や、これまでの DX 化のノウハウを最大限活用しつつ、データの蓄積・連携・活用および再利用率向上による研究開発の加速を目指します。そのため、各公募テーマにおいて日々創出される実験・計測データは一元的にデータベースに集約し、データ提供者の利益の担保などの方針を踏まえた上で、データの構造化、供用に向けて活用されます。提案者においてはこの指針を踏まえた上で、各種データの扱いへの対応が求められます。
- 大型放射光施設等<sup>2</sup>や、スーパーコンピュータ「富岳」についても領域全体として積極的に活用し、オールジャパン体制で効率良く研究開発を実施します。
- 水素領域と共通する解析技術や課題（触媒、固体高分子、劣化機構解明等）への取り組みについては、積極的に連携体制を構築します。

【設備等の導入】

---

<sup>2</sup> SPring-8、J-PARC、NanoTerasu、大学共同利用機関等

- 本領域では、セルの試作や評価・解析に係る大型設備など、領域全体として利用ニーズの高い設備等については、参画機関において有する既存設備を最大限活用した上で、ある程度のまとまりをもって導入・運用を行うなど、効率的・効果的な運用を行います（募集要項第1章 P.8 「1.5 共通研究機器について」参照）。領域全体として整備する対象となり得る設備・装置一覧を募集要項第1章 P.11 の共通研究機器一覧に掲載しています。提案者はリストに掲載されている設備等の使用を前提に、装置類の購入に係る計画を立ててください。

#### 【知財の取り扱い】

- 国際的な産業競争力の強化や事業化の推進に資する知的財産の取得、活用を目指します。一元的な知財管理を行うため、PO 等を中心として JST 内に知的財産を運営する委員会を設置し、事業の研究開発成果の展開シナリオ等を検討した上で、本領域に係る知的財産の取扱方針を定め、適切に運用します。
- 当該委員会は、研究成果について、オープン・クローズに留意しつつ、必要に応じて権利化の要否やその後の取扱いについて判断し、その結果に基づいた取扱いを委託先の研究機関に要請します。例えば、排他力の強い特許を取得するため、必要となる追加実験の実施や、一定期間は外部発表や特許出願を遅らせる等の依頼を行います。

## 2 水素領域

PO：内田 裕之（山梨大学 クリーンエネルギー研究センター 特任教授）

公募テーマ	採択予定課題数	予算（5年分の直接経費総額）
チーム型研究・公募テーマ1 「高効率・高耐久・低コスト化を可能にする水電解システムの実現」	1～2 課題	共通研究機器整備：～6億円程度（※） 研究開発費：～30億円程度
チーム型研究・公募テーマ2 「高効率・高耐久・低コスト化を可能にする燃料電池システムの実現」	1～2 課題	共通研究機器整備：～6億円程度（※） 研究開発費：～30億円程度
チーム型研究・公募テーマ3 「高密度・高耐久・低コスト化を実現する水素貯蔵システムの開発」	1～2 課題	共通研究機器整備：～10億円程度 研究開発費：～20億円程度
革新的要素技術研究（公募テーマ1～3）	若干数	上限 1,000 万円 （初年度のみ）

※公募テーマ 1,2 の共通研究機器の一部は、蓄電池領域の共通研究機器と統合的に整備し、蓄電池領域との供用が有効な大型設備等については蓄電池領域への集約を実施します。記載の額は蓄電池領域での共通研究機器整備分も含むため、公募テーマ 1,2 における実際の共通研究機器整備費は記載額よりも少額となります。

### 2-1 水素領域について

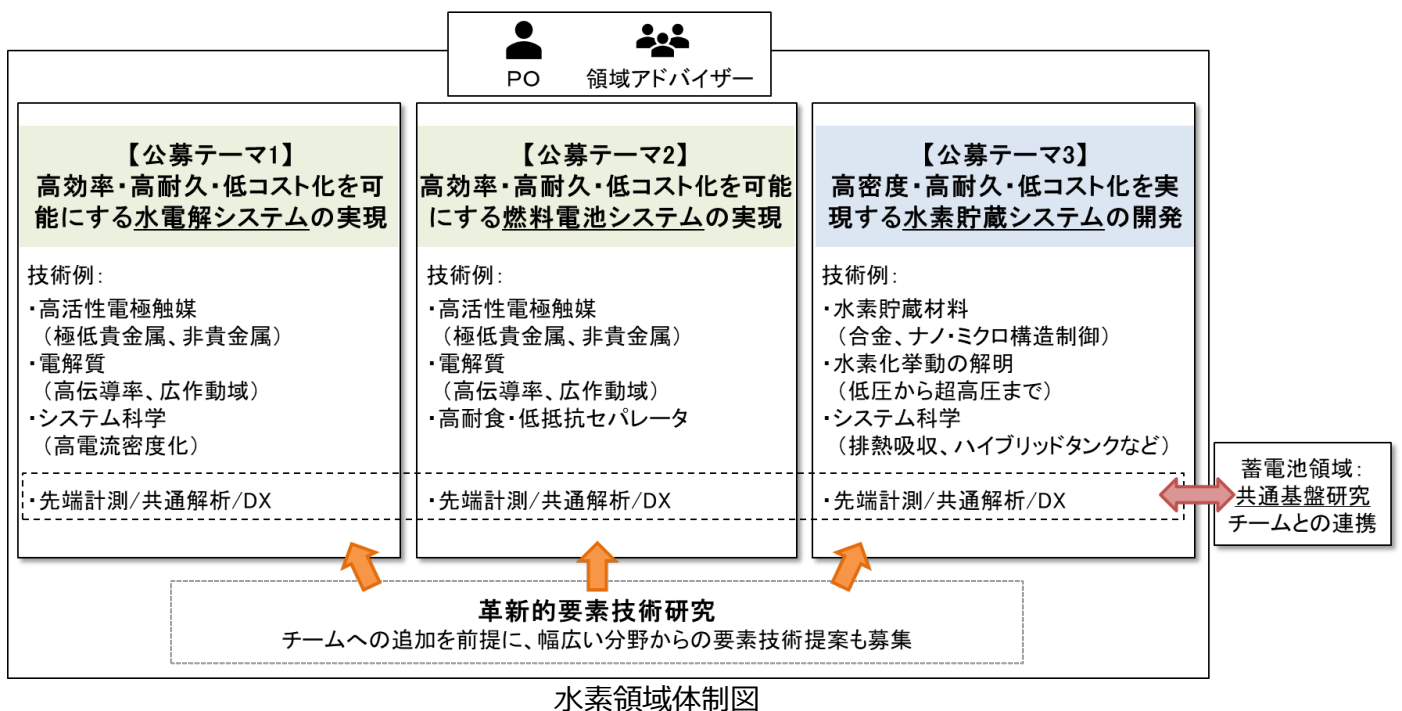
本領域では、2050年カーボンニュートラルを目指す上で必要不可欠な水素について、再生可能エネルギー由来の電力を用いた水電解による製造、貯蔵から利用に関わる先進的技術の開発により、水素社会の実現に貢献します。アカデミア等のシーズを活かして、現状のボトルネック課題を革新的に打破するための技術開発や、新概念の創出、およびこれら技術の実用化に向けた研究開発を対象とし、要素技術の基礎研究に留まらず、材料の評価とスケール化の見通しまでを一気通貫で行い統合的な研究開発を推進します。また、広い視野を持ち展開力のある人材を育成・輩出していくことも目的とします。

## 2-2 公募テーマ

本領域では、以下の 2-2.1～2-2.3 に示す公募テーマのもと革新的な水素関連技術開発に取り組みます。各公募テーマには具体的な技術課題の達成目標・マイルストーンを示していますが、これらに限らず、斬新なアイデアに基づいた提案を求めます。提案者（チームリーダー）は各公募テーマの目的を十分に踏まえた上で、最も適切な公募テーマ 1 つに限り提案することが可能です。また、各公募テーマに提案する場合は、各公募テーマの研究開発内容のみならず、2-2.4【共通項目（公募テーマ 1～3）】で示す研究開発内容についても、各分野に特化した取り組みを包含したチーム型研究として提案することを求めます。なお、水素領域の公募テーマ 1～3 には、共通研究機器整備を含みます（ただし蓄電池領域との供用が可能なものは、蓄電池領域における共通基盤研究チームに集約し整備することとします）。共通研究機器整備については、募集要項第 1 章 P.8「1.5 共通研究機器について」を参照してください。

### 水素機能の本質理解に基づく水素イノベーション

課題を解決するサイエンスの追求、新規材料の創製、新規プロセスの開発を目指す



### 2-2.1 公募テーマ1 「高効率・高耐久・低コスト化を可能にする水電解システムの実現」

#### 【研究開発内容】

再生可能エネルギーをエネルギー源とした水電解装置は、既にアルカリ形や固体高分子形において社会実装が進められています。アルカリ形は電極触媒に貴金属を使用する必要がない反面、高

電流密度での運転が困難で、再生可能エネルギーの出力変動への追従性が弱いなどの課題があります。一方で、強酸性電解質膜を使用した固体高分子形は出力変動への追従に強いですが、電極触媒に酸性下で耐食性と活性の高い貴金属を両方の電極触媒に使用する必要があります。貴金属（Ir など）は供給資源量の制約もあり、使用量の大幅低減やリサイクルなどに取り組む必要があります。また、双方において劣化機構の解明に基づく高耐久化などの学理解明が期待される技術課題も残されています。水素の更なる一般普及に向けては、効率良く安定的かつ大量に水素を供給できることが必要であり、更なる高効率・高耐久・低コスト化が必要不可欠です。本公募テーマでは、社会実装が進みつつある既存の水電解システムにおける喫緊の技術課題の解決に加え、新しい原理・材料に基づく水電解システムの社会実装に向けて、研究開発を行うものを求めます。

#### 【技術課題の達成目標・マイルストーン】

既に社会実装が進められているシステム系（例えば固体高分子形水電解やアルカリ形水電解等）における更なる社会実装の拡大等における技術課題〔劣化メカニズム等の学理解明や、電極触媒の貴金属使用量の大幅低減（貴金属のリサイクル等も含む）、電解質膜の耐久性向上等〕については、短期的（3年程度）での成果創出を行い、その後は産業界等への成果展開を目指すことが必要です。また、既に社会実装されているシステムのみならず、未だ実用化には至っていないが、高効率・高耐久・低コスト化の観点で性能革新が理論的に望まれるシステムについても、社会実装を見据えたシステム確立が求められます。例えば中性電解液を用いた水電解を対象とする場合は3年程度、アニオン交換膜形水電解システムを対象とする場合は5～7年程度を目処に、材料開発の検討と並行してスケール化の見通しも含めた検討に取り組み、スケール化の有効性が認められた場合には、中性電解液形は5～7年程度、アニオン交換膜形については最長10年の研究開発期間をかけてシステム実現に取り組むことが想定されます。加えて、固体高分子形水電解等においても、いまだシーズ探索の段階にある、貴金属フリー化の実現や短時間での寿命予測など、チャレンジングであり技術革新をもたらす課題については、得られた研究成果に基づき長期の研究開発期間をかけて取り組み、究極の性能実現を目指すことが必要です。セル内気液二相流体解析、反応界面での物質移動解析など、高電流密度化に資する学理解明にも取り組み、形式にとらわれず、学理を組み合わせることによるシステム確立を期待します。アニオン交換膜形や中性電解液の水電解においては、非貴金属電極触媒などの技術連携が見込めるほか、固体高分子形水電解におけるスタック技術などもこれらに展開できることが期待され、チーム内で連携しつつ一体となって研究開発を推進することが望まれます。



### 【提案における留意点】

水電解と燃料電池の公募テーマにおいては共通技術が多いことから、各材料開発をはじめとした実用化までの課題を即時共有できる等の社会実装に向けたチーム間連携を図るための機会を適宜設定します。

## 2-2.2 公募テーマ2 「高効率・高耐久・低コスト化を可能にする燃料電池システムの実現」

### 【研究開発内容】

水素燃料を供給する燃料電池は既に定置型や乗用車（FCV）等の用途において社会実装が進められています。特に大型トラック等の重負荷移動体（HDV : Heavy Duty Vehicle）用途における今後の利用拡大が期待されています。しかしながら、多用途展開においては、システム化した際の材料コストや燃費、出力密度、積載重量など技術的課題が様々あり、高効率・高耐久・低コスト化の全てを満たす燃料電池システムの開発が重要です。例えば既に実用化されている固体高分子形燃料電池においては、生産期間短縮のための MEA 活性化の迅速化、セパレータ材料や電解質膜等の劣化メカニズムの解明に基づく高耐久化、電極触媒の高活性化と貴金属使用量の大幅な低減の両立等に加え、燃費・コスト等の課題解決に資する中電流密度域の性能向上や、低加湿域の性能向上が求められています。本公募テーマでは、これらの課題に加えて、アニオン交換膜形燃料電池や新しい原理・材料に基づく燃料電池システムの開発により、燃料電池の多用途展開および社会実装に貢献するものを求めます。

### 【技術課題の達成目標・マイルストーン】

既に乗用車用に搭載が進められている固体高分子形燃料電池の生産期間短縮のための MEA の迅速活性化、セパレータ材料も含めた劣化メカニズムの解明、燃費・コストの課題解決のための中電流密度域の性能向上等について、3 年程度の短期間で成果創出が期待されます。HDV の FC 化を目指し、更なる性能向上と高耐久化・低コスト化に関する課題、例えば劣化メカニズム等の学理解明や電極触媒の活性向上や貴金属使用量の大幅低減、電解質膜の耐久性向上、低加湿域の性能向上（広温度域の酸素還元触媒機構解明）等について、5～7 年程度を目処に成果創出を目指し、期間後は社会実装に向けて成果展開することが望まれます。また、社会実装に至っていないが将来的に構造転換を起こしうると期待されるアニオン交換膜形燃料電池や、新たな原理・材料による燃料電池系を対象とする場合は、5～7 年程度を目処に MEA を含む材料開発・評価を行いつつ、スケール化も見通した検討に取り組み、システムの確立について最長 10 年間の研究開発期間をかけて長期的に取り組むことを想定します。

#### 【提案における留意点】

水電解と燃料電池の公募テーマにおいては共通技術が多いことから、各材料開発をはじめとした実用化までの課題を即時共有できる等の社会実装に向けたチーム間連携を図るための機会を適宜設定します。

### 2-2.3 公募テーマ3 「高密度・高耐久・低コスト化を実現する水素貯蔵システムの開発」

#### 【研究開発内容】

水素エネルギーの利活用において、高密度で安全な貯蔵システムを実現するための材料開発が主要なボトルネックとなっており、液化アンモニアと同等レベルの水素貯蔵密度を常温、常圧で達成するための新規材料の開発を目指します。合金やナノ・ミクロ構造制御等による水素貯蔵密度の飛躍的向上や、現状では解明されていない超高压から常圧までの水素化挙動の解明とそれに基づいた次世代水素貯蔵システムの開発等により、ゲームチェンジとなりうる水素貯蔵材料とその利用法とシステム化の研究開発を実施するものを求めます。

#### 【技術課題の達成目標・マイルストーン】

水素吸蔵合金は、これまで主に常圧下で研究されてきていますが、HDVに搭載するために必要な水素貯蔵密度の達成は非常にハードルが高いものと考えられています。他方、最近、超高压下で極めて高い密度で水素貯蔵できるスーパーハイドライドが注目されています。従来研究の枠を超えて常圧から超高压までの水素化挙動を解明すること等による、革新的な水素貯蔵材料の開発提案を期待します。さらにナノ・ミクロレベルでの構造制御による高密度化を進めることも必要です。これらにより、液化アンモニアと同等レベルの貯蔵密度を常温、常圧で実現するための研究開発と、スケール化を推進します。上記の達成のためには、現時点で未整備である評価解析装置群の整備・ネットワーク化に短期的に取り組む必要があります。その上で、これら装置群を用いて、拡張した探索条件における機構解明と高压水素貯蔵システムの開発について5～7年程度を目処に取り組み、その成果に基づき革新的性能を有する新規材料の創出・システム化を最長10年間の研究開発期間をもって目指すことを想定します。

### 2-2.4 共通項目（公募テーマ1～3）「先端計測・共通解析・DXの基盤構築と活用」

#### 【研究開発内容】

本領域における材料探索や機能・劣化機構の解析には、表面構造や電子状態を詳細に把握するこ

とが必要であり、高い時間的・空間的分解能を有する大型放射光や中性子実験施設等を用いた先端解析と計算科学が有効と考えられます。特に水電解や燃料電池においては、三相界面での触媒や担体の挙動を直接解析することや、反応進行中におけるオペランド解析が有効であり、SPring-8 や NanoTerasu の使用が想定されます。また、燃料電池におけるセルレベルでのオペランド解析や、水素貯蔵材料の解析などについては、原子番号の小さな水素に有効な中性子線の使用が有用と思われます。これに加え、幅広い範囲での探索の高速化も不可欠であり、MI 等の手法を用いた研究開発基盤の構築や、データ取得・蓄積の効率化のための DX ツールの検討や自動・自律実験法等の開発を目指します。さらに、複数の計測や解析技術を組み合わせた手法など、DX と解析の融合による基盤構築も、効果的・効率的な実験手法の確立において有効と考えられます。これら課題は各公募テーマの推進にあたって必須であり、各テーマを実施するチーム内での推進に加え、他領域（特に蓄電池領域）の基盤も活用しつつ、領域横断的に連携しながら研究開発を促進することを求めます。

#### 【技術課題の達成目標・マイルストーン】

研究開発の加速のための DX 推進にあたり最も重要なことはデータの効率的・効果的な蓄積です。まず、データを集積する場所を整備し、研究開発現場で日々生み出される様々なデータを効率的に集める方法、そして集めたデータの効果的な利活用法を開発する必要があります。データを集積する場所は共通基盤として整備することが有効ですが、データを集める方法とその利活用法は各チームにおいて短期的に取り組むことを求めます。文部科学省の「マテリアル DX プラットフォーム」などとの連携も有効と考えられます。そのような蓄積データと MI 等を用いた材料探索の加速、探索領域の圧倒的な拡大と効率化を可能にする自動・自律実験に継続的に取り組むことも必要です。ハイスループット化を可能にする実験の自動化およびその後の自律実験の実現に 5 年程度を目処に段階的に取り組み、水素分野における DX 基盤構築を実現することを求めます。さらに、先端計測・共有解析技術を用いた解析も非常に重要であり、水電解・燃料電池においては反応進行中の触媒界面での酸素原子や気泡、触媒担体の挙動や、水・プロトン・酸素の移動現象等に関するオペランド解析等により、反応機構解明等の実現も求められます。水素貯蔵においても、金属材料、高分子材料、ナノ・マイクロ構造材料の構造解析や水素雰囲気における材料中の水素原子の動的挙動解明等を行うことが必要です。また、複数の計測や解析技術を組み合わせた手法等の有効性の検証を短期的に行い、有効性が認められた場合には 5 年程度を目処に基盤構築を検討することを想定します。これら DX・計測・解析における基盤については、蓄電池領域で構築される基盤を活用しながら相互に連携し、新たな研究手法も導入しつつ、得られた蓄積データ等も含

め長期的にプラットフォームとしての確立を目指します。

#### 【留意点】

本項目については、各公募テーマ 1~3 を実施するチーム内において研究開発担当者を含め、各分野に特化した取り組みを各チーム内で推進することに加えて、領域横断的に連携しながら研究開発を促進します。水電解・燃料電池・水素貯蔵の各分野において求められる共通基盤技術が異なることも想定されるため領域共通のチームとしての募集は行いませんが、各チームにおいて本項目を実施する研究者を含めた構成とし、本項目について効果的に推進できる体制としてください。蓄電池領域と共通する、触媒や電解質膜などに関わる材料評価のための解析技術や大型設備の整備、および自動・自律実験を活用したデータの自動収集やデータの共用化など DX の基盤等については、蓄電池領域と相互に連携するため、蓄電池領域において【1-2.5 公募テーマ 5 共通基盤研究「計測や DX 等共通基盤の構築」】で公募する共通基盤研究チームで構築される基盤と統合して実施します。

### 2-3 想定される研究開発体制

#### ◇ チーム型研究

- ・ 本領域では、以下に示す公募テーマ 1~3 を実施する複数の「研究開発チーム」を構成します。
- ・ 研究開発を実施する上での基本単位となるチームは、チームリーダーを中心とし、要素技術や材料を開発する研究者、反応機構や劣化機構等の先端解析を担当する研究者のみでなく、それらを加速する DX ならびに計算科学担当の研究者、開発材料を用いて組み立てた単セルの性能を評価する研究者、開発材料のスケール化の見通しなどのトータルとしてのシステムを俯瞰・検討できる研究者などから構成して下さい。チームリーダーは複数の要素技術グループをまとめ、各研究開発を行いながら社会実装を踏まえた材料・技術の複合化やシステムの最適化までを一体的に推進できる研究開発体制とすることを要件とします。そのため、【公募テーマ 1~3】に提案する場合は、【共通項目（公募テーマ 1~3）：先端計測・共通解析・DX の基盤構築と活用】の研究開発内容も含めて下さい。
- ・ チームの構成にあたっては、従来から水素関連の研究を行っている研究者のみならず、これまで水素研究に参加していなかった多様な分野の研究者（計測・解析技術、計算科学、情報科学、物性物理、有機化学など）の積極的な参画により、新たな課題に挑戦していくことを推奨します。

- ・ チームリーダーは、要素技術グループをまとめるため、それぞれの要素技術グループにリーダー（グループリーダー）を置くことを推奨します。
  - ・ 短期課題への取組においては、研究開発開始から社会実装までの期間が短いことから、実用化までの道筋を明確に描いた上で開始することが特に重要であり、各チームにおいては出口を担う受け手の参画や連携等を推奨します。
  - ・ 水電解・燃料電池等の研究開発においては、その性能評価を共通プロトコルで行うことが想定されるため、技術研究組合等、社会実装に向け知見を有する機関の参画や連携も求めます。
- ◇ 革新的要素技術研究
- ・ 原則として、公募の単位は「研究開発チーム」となりますが、チームに合流することを前提に、上記公募テーマに貢献しうる水電解・燃料電池・水素貯蔵の要素技術に関する提案も可能とします。例えば、飛躍的なプロトン伝導性が期待できる電解質や、革新的性能を有することが期待される触媒開発、などといった要素技術単位での提案を想定し、これまで水素研究に参加していなかった多様な分野の研究者からの提案にも期待します。これらは、採択された場合、PO 等によってチームへの合流を調整します。

## 2-4 提案にあたっての留意事項や研究開発マネジメント

### 【共通研究機器について】

- 大型の設備や、水素研究に効果的な設備で全国的な利用ニーズは高いが、一機関においては使用頻度が限られる設備、管理・運用経費が高額の設備等については、共通研究機器としての供用が有効と考えられます。蓄電池領域との供用が効果的なものについては、蓄電池領域における共通基盤研究チームに集約し、供用することとします。さらに、各チームで整備する共通研究機器についても、チームリーダー主体のもと、チーム内に技術職員等の十分なサポート体制と共に整備し運用を行う等、参画機関間の相互扶助のネットワークを形成することとします。

### 【知財の取り扱い】

- 国際的な産業競争力の強化や事業化の推進に資する知的財産の取得、活用を目指します。一元的な知的財産管理を行うため、PO 等を中心として JST 内に知的財産を運営する委員会を設置し、事業の研究開発成果の展開シナリオ等を検討した上で、本領域に係る知的財産の取扱い方針を定めます。
- 当該委員会は、研究成果について、オープン・クローズに留意しつつ、必要に応じて権利化の要否やその後の取扱いについて判断し、その結果に基づいた取扱いを委託先の研究機関に

要請します。

【オープン・クローズ戦略】

- JST は PO を中心に、各分野（水電解・燃料電池・水素貯蔵）で研究手法や成果の公開の範囲や企業の研究参画の度合い等をあらかじめ定めたオープン・クローズ戦略を策定します。チームリーダーはこれに従い、研究開発を推進することとして下さい。なお、研究進捗等を踏まえ、必要に応じて適宜戦略は見直すものとします。

【データ戦略】

- JST は PO を中心に、各分野（水電解・燃料電池・水素貯蔵）における研究データの共有・公開等に係るデータ戦略を策定します。チームリーダーはこれに従い、その範囲を適切に定めるとともに、ネガティブデータを含めたデータの蓄積方法や、標準的なデータ形式、データ管理ツール等を適宜検討することが求められます。研究進捗等を踏まえ、必要に応じて適宜戦略は見直すものとします。

### 3 バイオものづくり領域

PO：近藤 昭彦（神戸大学副学長／大学院科学技術イノベーション研究科 教授）

公募テーマ	採択予定 課題数	予算（5年分の直接経費総額）
中核研究チーム型・公募テーマ1 「微生物を中心とした次世代バイオものづくりプラットフォームの確立」	1 課題	共通研究機器整備：～7億円程度 (※) 研究開発費：～20億円程度
中核研究チーム型・公募テーマ2 「植物を中心とした次世代バイオものづくりプラットフォームの確立」	1 課題	共通研究機器整備：～7億円程度 (※) 研究開発費：～20億円程度
基盤技術研究チーム型・ 公募テーマ3「生物間相互作用の探索・解析研究」 公募テーマ4「人工系による評価システム研究」 公募テーマ5「解析技術高度化・情報数理科学研究」	各 1 課題	研究開発費： 公募テーマ3：～6億円程度 公募テーマ4：～4億円程度 公募テーマ5：～6億円程度
革新的要素技術研究（公募テーマ1～5）	若干数	上限 1,000 万円 (初年度のみ)

※共通研究機器整備は、各研究サイトにおいて分散して導入した設備を他サイトとの共同研究にも供するものは対象ではなく（これらは研究開発費より支出）、領域内で利用ニーズのある主として大型の研究機器を集約して整備し、管理責任者のもと一体的に維持・管理されるとともに、専任のオペレータによる試料作製や機器操作等を含む利便性を考慮して供用されるものが対象となります。

#### 3-1 バイオものづくり領域について

本領域では、年間 8,090 万トンの CO<sub>2</sub> が排出される化学、繊維、食品飲料製造業等の幅広い産業にバイオものづくり技術を適用するために、多様な脂肪族化合物や芳香族化合物(ゴム製品、プラスチック、化学繊維等の素材もしくははその原料)、SAF(Sustainable Aviation Fuel)をはじめとする次世代燃料等の化学品の種類・生産効率の向上や多様化・機能の拡大、CO<sub>2</sub> の固定化能の向上等を目指し、微生物/植物による次世代バイオものづくりシステム基盤につながる研究を推進します。また、広い視野を持ち展開力のある人材を育成・輩出していくことも目的とします。

### 3-2 公募テーマ

本領域では、バイオものづくり研究を推進するために、下記のような研究開発テーマが想定されます。

#### ① 微生物

- i) 化学品の生産への展開の元になる必要最小限機能を有するハブ細胞（ベーシックセル）の開発などの革新的な微生物のプラットフォーム整備
- ii) 石油由来物質や石油代替物質などの化学品を生産する有用遺伝子・新規酵素の探索、新規代謝経路などの開発・導入、生産物を効率よく高生産する微生物の開発、新規酵素の容易な導入方法やスクリーニング方法の開発
- iii) CO<sub>2</sub> から直接化学品の生産を行うことなどが可能な有用微生物の探索・開発、安価な培地でも富栄養培地と同様に増殖できる微生物、高温あるいは低温、有機溶媒などの過酷な環境や環境変化にかかわらず増殖・生産・活性を維持できるロバストな微生物の探索や活用

#### ② 植物

- i) 植物の生合成で行われている複雑な代謝経路の機序解明、光合成効率の向上、石油由来物質や石油代替物質などの化学品の生産や有用物質の生産性を高める新規代謝経路などの開発
- ii) 植物細胞の脱分化や再分化、植物個体に直接遺伝子を導入する技術など、植物に有用遺伝子を導入するための革新的な技術の開発、高速に植物を改変する技術の開発

#### ③ 基盤技術

- i) 微生物や植物に係る代謝経路、遺伝子等に係るデータプラットフォームの整備、極限環境下などにおける新たな生物資源の探索や生物情報の活用
- ii) DBTL 技術に関する革新的技術の開発（例：機能予測のアルゴリズム開発、数理科学による生物情報解析の開発、DNA 合成・ゲノム編集技術、AI 技術、ロボット・自動化、オミックス解析技術、イメージング技術、構造解析技術）
- iii) CO<sub>2</sub> 排出削減に貢献する生物間相互作用解析、微生物-植物相互作用の解明、相互作用に寄与する物質の同定、これらに係る代謝経路の探索・解明、植物の生育促進に貢献する微生物や物質を単離・同定する技術
- iv) 無細胞によるバイオ分子を用いた測定、物質生産に係る技術の開発、新規高活性酵素などの創製
- v) 微生物や植物の培養等に係るスケールアップに向けたシミュレーションなどのエンジニアリン



## グ要素技術の開発

以下に、上記の研究開発テーマをふまえた、具体的な公募テーマを示します。なお、以下【技術課題の達成目標・マイルストーン】は例示であり、各提案においては申請者が自ら研究開発テーマの目的に適した合理的かつ野心的な目標とマイルストーンを設定することとします。

### 3-2.1 公募テーマ1 「微生物を中心とした次世代バイオものづくりプラットフォームの確立」

#### 【研究開発内容】

有用物質を生産するための微生物を中心とした設計・作出から有用物質の生産に至る一貫通貫の次世代バイオものづくりプラットフォームの基盤となる研究を行います。

具体的には、バイオ生産に最適な個体や細胞の選択等による有用微生物の作出に向け、有用物質生産のための代謝経路や細胞制御系のコンピュータを活用した設計 (Design)、ロボティクスの活用による、設計した微生物の並列・高速作出 (Build)、構築した微生物細胞の自動化機器によるハイスループット評価 (Test)、機械学習やルール抽出、データ管理 (Learn) からなる一連の DBTL サイクルの各要素を次世代型にします。また、生産物質の種類・機能拡大、生産性向上等、CO<sub>2</sub> 固定能の向上に向けて、有用な微生物の探索、ベーシックセルの開発、未利用リソースの開発や代謝経路解明等を行う必要があります。さらに DBTL サイクルにより作出した有用微生物を化学品の生産につなげる生産プロセス研究を推進します。あわせて、微生物のみならず、植物で見いだした新たな代謝経路の微生物への取り込みや、無細胞での解析等他の要素の研究も総合的・統合的に推進します。これら一連の研究を元に、微生物を中心としたバイオものづくりの次世代プラットフォーム確立を目指すとともに、得られた研究成果を GI 基金等の NEDO 事業等につなげます。また、事業開始早々に、公募テーマ2 のチームと密に連携して、本領域内で使用するデータプラットフォーム構築を行い、バイオものづくり基盤となるデータ集積を推進します。

#### 【技術課題の達成目標・マイルストーン】

3 年程度で、CO<sub>2</sub> 固定能が高い等 CO<sub>2</sub> 排出削減に寄与できる有用微生物・遺伝子等の探索・新規代謝経路の開発の成果を得ます。それらを用いて 5 年度程度でその生産物の種類・機能拡大、生産性向上、CO<sub>2</sub> 固定能の向上について成果を得るとともに、革新的な微生物によるバイオものづくりを実証します。これらの成果によって、例えば、多様な脂肪族化合物や芳香族化合物 (ゴム製品、プラスチック、化学繊維等の素材もしくはその原料)、SAF をはじめとする次世代燃料などの化学品の種類・生産効率の向上や多様化・機能の拡大などについての成果を得ます。10 年後に

は次世代微生物バイオものづくりプラットフォームを確立します。研究の推進にあたっては、既存の生産プロセスとバイオものづくりによる生産プロセスのライフサイクルアセスメント(LCA)も考慮します。

### 3-2.2 公募テーマ2 「植物を中心とした次世代バイオものづくりプラットフォームの確立」

#### 【研究開発内容】

有用物質を生産するための植物を中心とした設計・作出から有用物質の生産に至る一気通貫の次世代バイオものづくりプラットフォームの基盤となる研究を行います。

具体的には、微生物の場合と同様に、植物リソースをはじめとした生物情報を用いて、一連のDBTL サイクルの開発を進めます。微生物では生産が困難な物質の植物でのバイオ生産や植物のCO<sub>2</sub>固定能の向上に向けて、植物リソースに関して生産や生育条件等の性質の情報的高速評価や、植物のほか微生物等の生物情報も対象範囲に含みバイオものづくりに資する未知代謝経路解明等を行い、有用植物・有用植物細胞、有用代謝経路を得ます。さらに、次世代ゲノム編集・DNA合成技術等の開発、遺伝子導入技術の開発、植物の高速育種法の開発等ゲノム構築や遺伝子導入・育種に関する開発を行います。さらに、植物で見いだされる有用な新規代謝経路を活用して微生物でのバイオ生産を実現することが有効な場合も多いことから、ベーシックセルの開発をはじめ微生物や無細胞等の他の要素の研究も総合的・統合的に推進して、微生物における生産物質の種類・機能拡大、生産性向上も目指します。これら一連の研究を元に、植物を中心としたバイオものづくりの次世代プラットフォーム確立を目指すとともに、得られた研究成果をGI基金等のNEDO事業等につなげます。また、事業開始早々に、公募テーマ1のチームと密に連携して、本領域内で使用するデータプラットフォーム構築を行い、バイオものづくり基盤となるデータ集積を推進します。

#### 【技術課題の達成目標・マイルストーン】

3~5年度程度で、未知代謝経路解明、新規遺伝子デリバリー技術の開発、高速な育種方法の開発の成果を得て、CO<sub>2</sub>排出削減につながる道筋を示します。5年程度で次世代ゲノム編集・DNA合成技術の開発については革新的な成果を創出します。また、植物で見いだされる有用な新規代謝経路を活用して微生物でのバイオ生産も実現します。さらに、5年程度で目的とする生産物である化学品の生産までに至る植物バイオものづくりプラットフォームを立ち上げるとともに、植物リソースを活用した革新的なバイオものづくりを実証します。これらの成果によって、例えば、多様な脂肪酸化合物や芳香族化合物（ゴム製品、プラスチック、化学繊維等の素材もしくはその

原料)、SAFをはじめとする次世代燃料などの化学品について、植物によるバイオ生産（微生物での生産が困難な物質等）や、微生物によるバイオ生産（植物由来の代謝経路等の微生物への導入等）を実現することで、10年程度後には他所へ移設可能な汎用的なプラットフォームとして確立します。研究の推進にあたっては、既存の生産プロセスとバイオものづくりによる生産プロセスのLCAも考慮します。

### 3-2.3 公募テーマ3～5 「基盤技術研究」

ボトルネック課題の克服等に向けて、複数の研究開発テーマの高度化や組み合わせを行い、公募テーマ1「微生物を中心とした次世代バイオものづくりプラットフォームの確立」、公募テーマ2「植物を中心とした次世代バイオものづくりプラットフォームの確立」に共通する基盤的な研究を行います。当面の研究期間は原則5年とします。また、ステージゲート評価において、バイオものづくりによる物質生産に資することが見通せないと評価されたものは中止とします。これらの研究は、異分野の研究者の参加や独創性の高い研究の取り込みも必要であることから、以下の通り公募します。

#### 公募テーマ3 「生物間相互作用の探索・解析研究」

##### 【研究開発内容】

微生物同士、植物同士あるいは微生物・植物間において行われている相互作用（コミュニケーション）（以下「生物間相互作用」という。）によって、微生物や植物は新たな機能を獲得し、単一の微生物や植物のみでは実現が困難な生育や物質生産を実現することが出来ます。このため、異なる複数種における生物間相互作用を、公募テーマ1・2のDBTLサイクルで作出された微生物／植物を用いた生産プロセスに活用することは、さらなる生産性向上等のために有効です。

本公募テーマでは、生物間相互作用の解析を通じて、それを担っているエキソソームや化学物質（以下「生物間相互作用制御物質」という）の解析、それに係る細胞内の代謝経路、遺伝子等の探索等の生物学的機能や作用機序を解明します。そして、例えば、生物間相互作用制御物質を培養液中に加えることで、単一では難培養な微生物の培養や、微生物や植物での高生産培養を可能にする、あるいは微生物群や植物・微生物コンソーシアムを用いて物質生産性やCO<sub>2</sub>固定能を向上させること等に寄与する基盤技術開発を行います。また、生物間相互作用やそれに係る代謝経路等の探索・解明を行い、その機能を微生物／植物バイオものづくりプラットフォームに活用します。

#### 【技術課題の達成目標・マイルストーン】

3年程度で、物質生産に資する生物間の相互作用の解析やその手法開発について取組み、物質生産向上に寄与する生物間相互作用（相互作用に関わる代謝経路の探索・解析や遺伝子の解析、生物間相互作用制御物質の同定や作用機序の解明等含む）について有用な成果を得ます。5年程度で、生物間相互作用の解析例の種類・機能を拡大し、生産量拡大・生産の堅牢性向上等に寄与する生物間相互作用制御物質の同定や作用機序の解明を通じて、バイオプロセスの生産性向上および省エネルギー化や、植物のCO<sub>2</sub>固定能の向上等、CO<sub>2</sub>排出削減についての効果を見いだします。また、これらの成果をつなげ、事業開始から10年目には、生物間相互作用を活用した機能を微生物／植物バイオものづくりプラットフォームに実装するための成果を得ることを目指します。また、生物間相互作用を増強する遺伝子改変や安価な生物間相互作用制御物質の利用、有用微生物コンソーシア培養方法の開発によって、生産の大規模化を可能とする原理と実証の成果創出も目指します。

#### 公募テーマ4 「人工系による評価システム研究」

##### 【研究開発内容】

公募テーマ1・2におけるDBTLサイクルのうち、Buildの高度化・迅速化や生産プロセスに関する研究に資することを中心とした基盤技術開発を行います。無細胞によるアプローチは、試験管内での反応をベースとするために高速であり、微生物細胞や、植物細胞を用いた有用物質生産株を構築する前段階として、酵素や代謝遺伝子クラスター開発等のプロトタイピングを行うことでBuildを高度化・迅速化できます。さらに、これらの評価系は生物では困難な物質（細胞への毒性が高い等）生産や物質生産の低コスト化など微生物／植物バイオものづくりプラットフォームの機能向上にも有効と期待されます。具体的には、無細胞によるバイオ分子を用いた測定、新規人工酵素の創製、有用な代謝遺伝子クラスターの構築を迅速に行える無細胞系の構築や超高速な評価システムの開発を行います。

##### 【技術課題の達成目標・マイルストーン】

微生物／植物における物質生産でのDBTLでの各ステップにおける無細胞での評価系の構築に取り組めます。3～5年程度で、バイオものづくりに用いられる、例えば、高活性な酵素開発、代謝遺伝子クラスター最適化、高感度・高選択性バイオセンサーをはじめとした物質生産の高効率化・CO<sub>2</sub>固定能の向上等に直結するステップを評価出来る技術（プロトタイピング）

を創出します。5年後には、これらの評価系での結果を細胞系に取りこんだ検証を得て、さらに無細胞での評価系の精度向上に取り組み、CO<sub>2</sub>排出削減に資する代謝経路の設計やゲノム改変の成果を得ます。また、これらの成果をつなげ、事業開始から10年目には、微生物/植物バイオものづくりプラットフォームに組み込まれて、DBTLにおけるBuild、Testのステップを高速化するような成果を生み出すことを目指します。

## 公募テーマ5 「解析技術高度化・情報数理科学研究」

### 【研究開発内容】

公募テーマ1・2におけるDBTLサイクルのうち、Testの高度化に資することを中心としたバイオ解析技術の開発等や、DesignおよびLearnの高度化に資することを中心としたバイオ情報の数理的解析の開発やチーム横断的なデータ共有およびデータプラットフォーム構築等に資する基盤技術開発を行います。

解析技術高度化に関しては、例えば、バイオものづくりに寄与する質量解析、構造解析、ゲノム・発現解析等オミックス解析をはじめとする解析技術・計測技術の高感度化、ハイスループット化に取り組みます。また、サンプルの取り扱いや簡便に高い再現性が得られる手法等の開発等にも取り組みます。

情報数理科学研究に関しては、例えば、ゲノム配列からタンパク質の機能予測あるいはその逆にタンパク質からのゲノム配列予測、タンパク質の機能構造相関の予測等、AIをはじめとする数理科学による生物情報解析の開発に取り組みます。

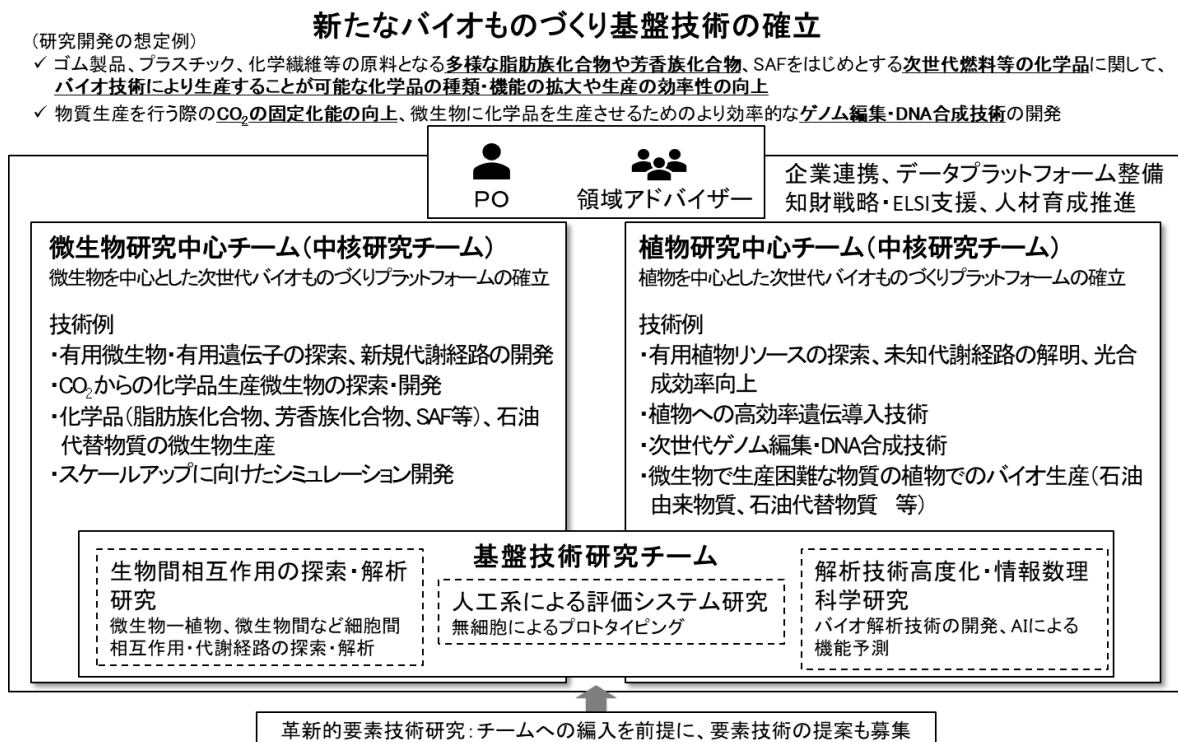
### 【技術課題の達成目標・マイルストーン】

3~5年程度で、バイオものづくり研究に資する解析技術（質量解析、構造解析等）の高感度化、ハイスループット化、簡便な解析手法等を実現するための成果を創出します。また、これらの成果をつなげ、事業開始から5~10年程度で、例えば、質量分析を伴わないプロテオミクス、*in situ*での構造解析、ゲノム解析での革新的な解析技術や、未知のゲノム・RNA配列からタンパク質の機能を高精度に予測、あるいはその逆のタンパク質からのゲノム配列予測についての精度向上の成果を創出することを目指すとともに、細胞設計の高速化・高精度化に資する計算科学の成果を得ることも目指します。これらの成果を用いた代謝経路設計、ゲノム改変やバイオプロセス開発を行うことで、物質生産におけるCO<sub>2</sub>排出削減につながる成果を得ることを目指します。また、事業開始から10年目には、これらの成果が本領域外でも使用できるデータプラットフォームに組み込まれて、DBTLにおけるTestや、Design

および Learn を高速化・高精度化するような成果を生み出すことを目指します。

### 3-3 想定される研究開発体制

本領域においては、様々な分野の融合・連携、上記公募テーマ 1、2 に関する革新的技術の統合や、先端機器や研究基盤の構築・共用化を行うことで成果を最大化することができるという特徴を踏まえた研究開発実施体制とするため、「チーム型研究」または「革新的要素技術研究」による公募を実施します。



#### ・ チーム型研究

- ◇ 本領域では、上記の研究開発テーマ①～③を組み合わせ実施する、複数の「研究開発チーム」により構成します。
- ◇ 研究開発チームは、「中核研究チーム」と「基盤技術研究チーム」に分かれます。
- ◇ 「中核研究チーム」は、革新的技術を統合し、GX に貢献するための研究成果を中心的に創出していくことを目的に、バイオものづくり分野の研究開発や人材育成を主導的に推進する役割を果たします。
- ◇ ボトルネック課題の克服等に向けて、複数の個別技術の高度化や組み合わせを行い、「中核研究チーム」に共通する基盤的な研究を行う「基盤技術研究チーム」を複数置き、中

核研究チームと連携して研究開発を行う体制とします。

- ◇ チーム毎にチームリーダー（チーム長）を置き、中核研究チームと基盤技術研究チームは連携して研究開発を実施します。

【中核研究チーム（公募テーマ1、2）】

- ◇ 「微生物研究中心チーム（公募テーマ1）」と「植物研究中心チーム（公募テーマ2）」の2チームを「中核研究チーム」として置きます。
- ◇ 「微生物研究中心チーム」および「植物研究中心チーム」のチームリーダーは、基盤技術研究チームにおける研究成果も統合し、次世代のバイオものづくりプラットフォームの確立を目指します。
- ◇ 「微生物研究中心チーム」および「植物研究中心チーム」は、それぞれ微生物や植物のみならず、例えば、植物で見つけた新規有用代謝経路を微生物に導入してバイオものづくりにつなげるなど、他の要素の研究を総合的・統合的に推進し、その成果をGI基金等のNEDO事業等につなげていくことも目指します。
- ◇ 「微生物研究中心チーム」および「植物研究中心チーム」は、以下の要件を備えることとします。
  - i. 生物学・情報科学・化学など様々な分野における第一線級の研究者が集積し、連携する体制
  - ii. 他分野との融合や産業界との連携のハブとなる機能
  - iii. 上記の研究開発テーマ①～③のうち、複数の研究開発を実施し、統合する機能
  - iv. 先端機器や研究基盤の整備・共用（解析機器の整備、解析技術の提供、データプラットフォーム整備、DNA合成・ゲノム編集技術や培養等のエンジニアリング技術の高度化・提供など）
  - v. 産業界のニーズを取り込む体制
  - vi. 知的財産戦略・ELSI<sup>3</sup>の支援機能
  - vii. 人材育成機能
  - viii. 上記 i)～vii) の取組を通じた基盤技術研究チームの支援 等

【基盤技術研究チーム（公募テーマ3～5）】

- ◇ 「生物間相互作用の解析・探索研究（公募テーマ3）」、「人工系による評価システム研究（公募テーマ4）」、「解析技術高度化・情報数理科学研究（公募テーマ5）」を置きます。

---

<sup>3</sup> 倫理的・法的・社会的課題（Ethical, Legal and Social Issues）

- ◇ 複数機関の第一線級の研究者が参画する構成とし、中核研究チームの強化・研究創出の加速や、独創的な研究の推進を中核研究チームと連携しながら研究開発を実施します。
- ・ 革新的要素技術研究
  - ◇ 原則として、公募は「チーム型研究」が対象となりますが、採択後にチームに合流しチームの一員として研究開発を実施することを前提に、IT・AIをはじめとする広い分野からバイオものづくりに必要な1つの要素技術に特化した研究開発や、新原理に基づくバイオものづくりに関するグループ単位での提案も可能とします。これらは、採択された場合、PO等によってチームへの合流が調整されます。

### 3-4 提案にあたっての留意事項や研究開発マネジメント

#### 【データ活用（DX）や大型放射光施設等との連携】

- 効率的なバイオものづくり研究を行うためには、微生物や植物のオミックス情報と物質生産の相関を解明し、ゲノム配列の改変や代謝経路の改変等につなげていく必要があります。このためには、これらのデータを効果的に引き出し利用し、得られたデータをフィードバックできる基盤が必要となるため、参画する研究者間で共有できるデータプラットフォームの整備が重要です。
- このため、本事業に参画する研究者は、創出される研究データを、原則、指定するデータプラットフォームに格納することとします。ただし、データの具体的な運用方針（例：データフォーマット、格納するデータの種類、知的財産戦略等も踏まえて事業期間中や終了後の公開の在り方）については、研究開発開始時に中核研究チームとJSTを中心に本プロジェクト参画者との間で議論した上で、JSTが策定します。また、事業進捗を踏まえて適宜改定する。その際、効果的な研究推進の観点から、ネガティブデータの取り扱いなどについても考慮することとします。
- 大型放射光施設等や、スーパーコンピュータ「富岳」等大型研究施設利用を希望する場合は、GteXにおいて共用での使用が可能なように配慮します。

#### 【知財の取り扱い】

- 国際的な産業競争力の強化や事業化の推進に資する知的財産の取得、活用を目指します。一元的な知財管理を行うため、PO等を中心としてJST内に知的財産を運営する委員会を設置し、事業の研究開発成果の展開シナリオ等を検討した上で、本領域に係る知的財産の取扱方針を定め、適切に運用します。



- 当該委員会は、研究成果について、オープン・クローズに留意しつつ、必要に応じて権利化の要否やその後の取扱いについて判断し、その結果に基づいた取り扱いを委託先の研究機関に要請します。例えば、排他力の強い特許を取得するため、必要となる追加実験の実施や、一定期間は外部発表や特許出願を遅らせる等の依頼を行います。

【運営体制について】

- 各チーム間でのスムーズな情報共有のために、PO および領域アドバイザー、研究参加者、JST関係者の参加する会議を開催します。必要に応じて、産業界との意見交換等のために、領域外部から参加も可能とします。
- PO は、研究開発の進捗等を的確に把握をした上で、研究開発開始時の形に囚われることなく、チーム体制や方向性、プロジェクト構成を機動的に見直します。ステージゲート評価を行う他、研究課題の性質を踏まえ必要に応じて、各年度においても PO によるチーム体制や方向性等の評価・見直しを必要に応じて行います。