

2024年5月31日
産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会
グリーン電力の普及促進分野WG

グリーンイノベーション基金事業／次世代型太陽電池の開発／
次世代型太陽電池基盤技術開発事業／
次世代型ペロブスカイト太陽電池の実用化に資する共通基盤技術開発

実施者：国立研究開発法人 産業技術総合研究所

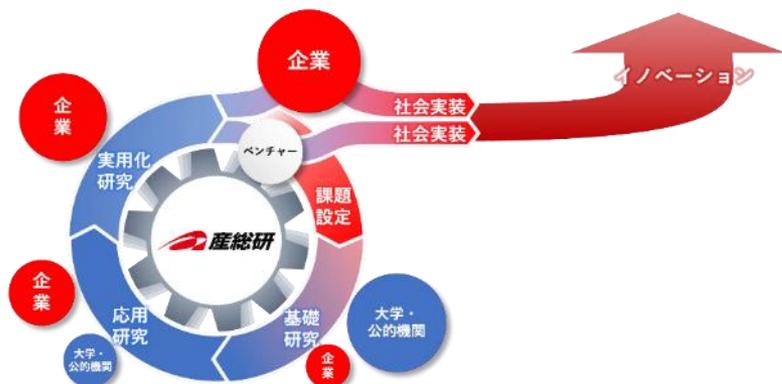
代表者：副理事長 村山 宣光

PJ代表：執行役員 小原 春彦

PJ担当：研究チーム長 村上 拓郎

- 第5期中期経営方針では「社会課題解決と産業競争力強化」をミッションおよび目標とし、日本全体のイノベーション・エコシステムの中核の役割を目指している。
- 「次世代型ペロブスカイト太陽電池の実用化に資する共通基盤技術開発」は第5期における重点的に推進すべき研究開発の内、高機能太陽電池の技術開発に位置づけられる。
- 本事業の推進に向けて、技術開発に加えて環境整備を並行で進め、すでに所内予算にて既存研究棟を改修し、ペロブスカイト太陽電池の技術開発拠点を構築。更にこれまでに2名の即戦力人材を新たに採用し体制補強。
- 国際標準化等を検討する委員会も設置、実用化に向けた信頼性等の評価手法・基準等を議論する場を設けた。
- クリーンエネルギー技術に関するG20各国の国立研究所等のリーダーによる国際会議「RD20」に加えて、Mission InnovationやIRENA Innovation weekの講演にてペロブスカイト太陽電池実用化への日本の取組みを世界に向けて発表。人材交流も進めている。

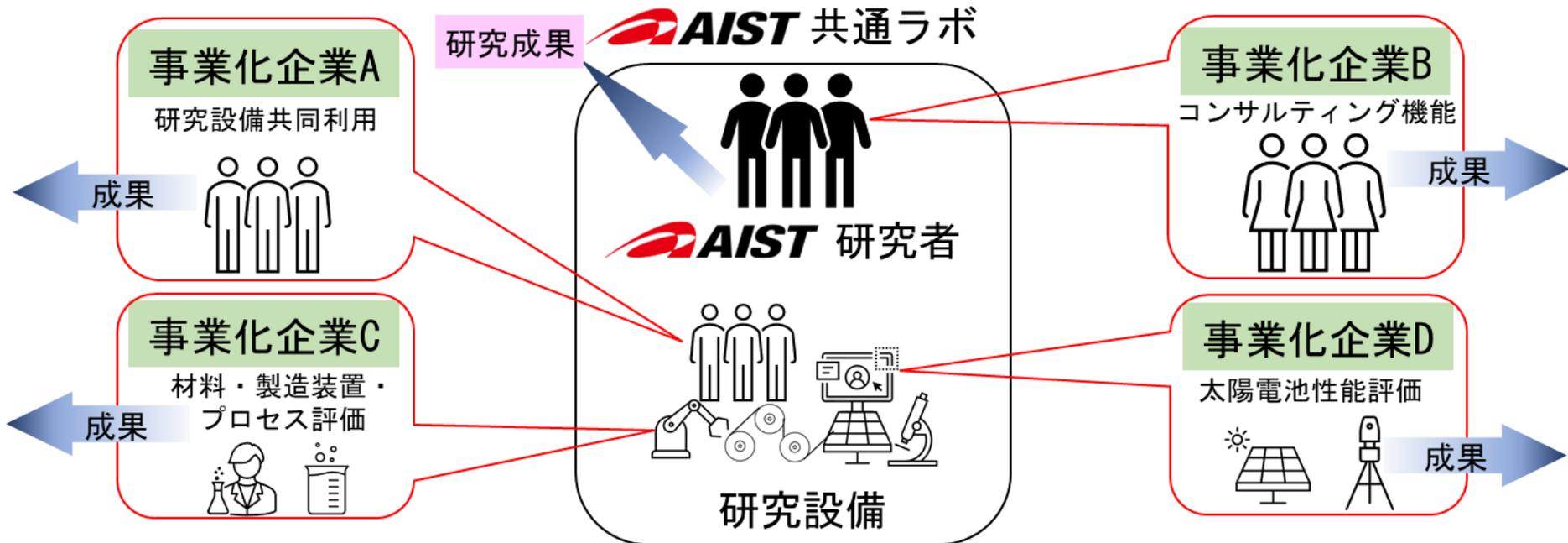
産総研が中核となる
ナショナル・イノベーション・エコシステム



2023年10月5日 RD20リーダーズ会合

本事業における目標と産総研の役割

- 発電コスト**20円/kWh**（FY2025）というアウトプット目標を達成する。
- ペロブスカイト太陽電池の実用化に向けて解決すべき技術課題を解決するため、企業が実施困難な製造から分析評価までの**共通基盤技術開発**を一貫で取組む。
- 実用化に取り組む企業の基礎的な技術課題解決に活用できる**場所、設備、知見**を提供する。
- 研究設備として大型ドライルーム、ロール試験装置等の製造試験設備、電子顕微鏡等の大型分析装置を導入。材料・プロセス評価用自動セル作製装置を構築。



- ペロブスカイト太陽電池の実用化に向けて課題となる技術は「高耐久化」「低コスト化」「高効率化」と認識。
- 技術課題の共通基盤技術開発を効率的に進める為「基盤技術グループ」「MI・計算グループ」「評価技術グループ」「国際標準化等検討委員会」の4グループ体制にて実施
- MI・計算グループ（最適な材料組成の開発）は、AIを活用した材料・プロセスの最適化技術開発、また高い再現性で評価するための太陽電池自動作製装置の開発を行う。
- 基盤技術グループ（セル要素技術の開発）は、耐久性を向上させる材料・プロセス技術開発、量産可能な材料塗布積層技術開発を行う。
- 評価技術グループ（分析・評価技術開発）は、劣化状態等を調べる分析技術の開発、発電性能評価技術の開発、国際標準化にも資する耐久性・信頼性評価試験技術の開発を行う。
- 国際標準化等検討委員会は、実用化に必要な標準等を検討し、国内外との合意形成を図る。



研究施設準備・設備導入状況

- 当研究所つくばセンターにある既設実験棟を改修し、約120平米のドライルームを設置し、セル自動作製装置、モジュール加工装置、大型分析装置等を導入済み。大面積モジュール対応性能評価装置を今後導入予定。施設整備費用は当研究所予算を拠出。



本プロジェクトで設備導入している建物



ドライルーム

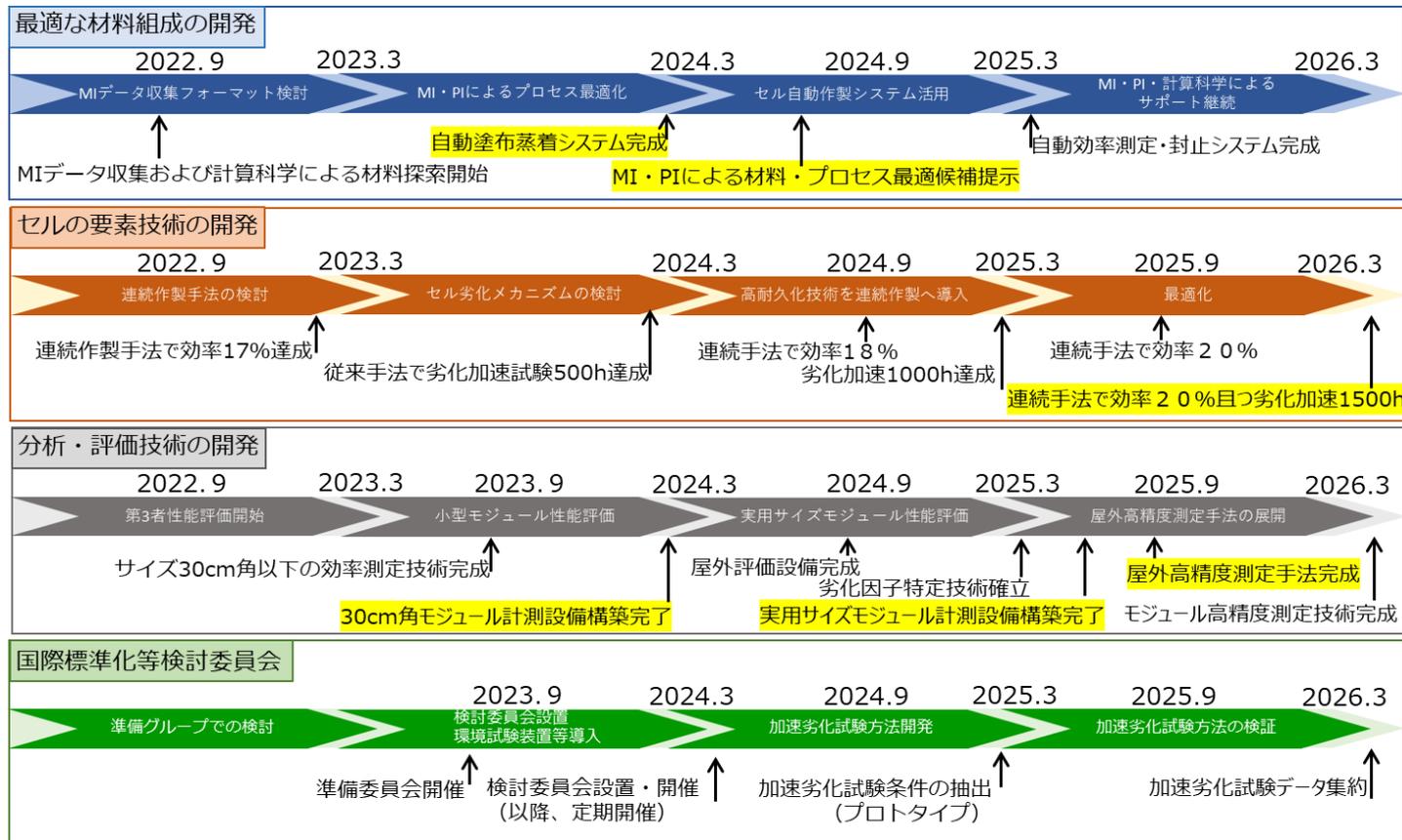


世界唯一のペロブスカイト太陽電池自動作製装置（稼働準備中）



研究開発スケジュール

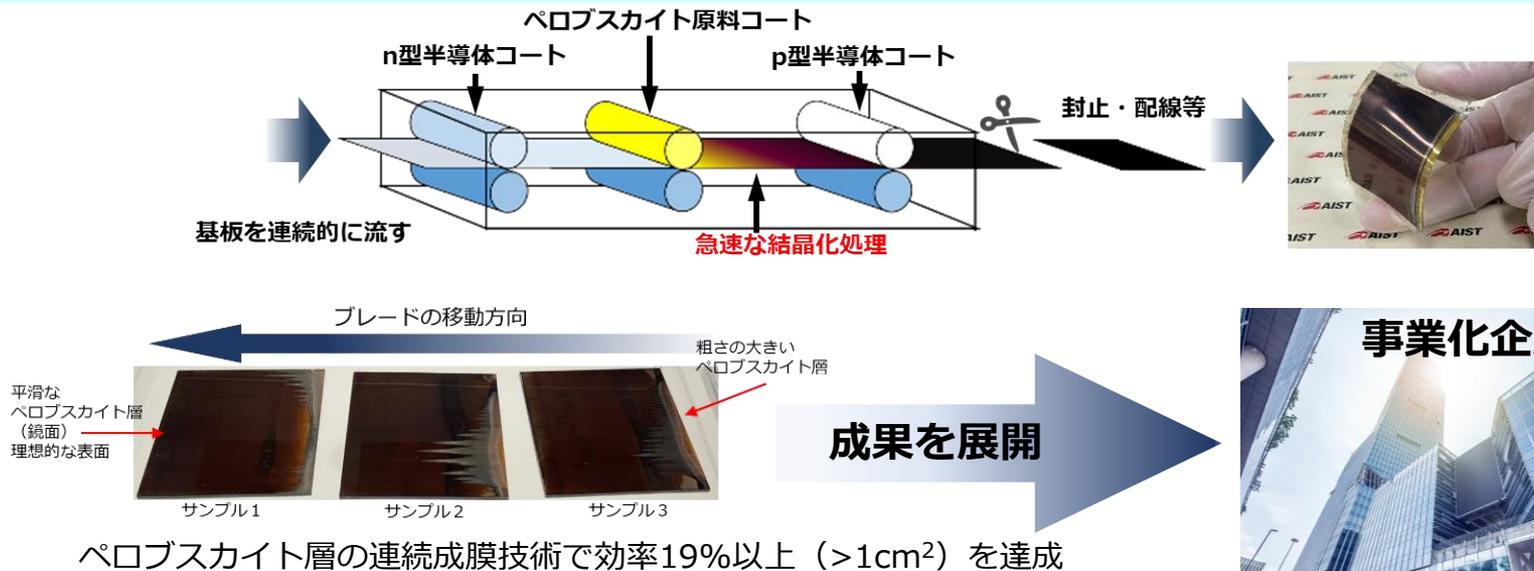
- アウトプット目標を達成するモジュール性能（初期変換効率17%・寿命20年・劣化率1%/年）を想定し超軽量太陽電池小面積セルで**初期変換効率20%以上**且つ、耐熱・耐湿・耐光（IEC TS 62876-2-1準拠）による劣化加速試験**1500時間**後の性能維持率**90%以上**の達成に向けて進捗させる。
- 実用化に取り組む企業に対しセル製造技術・劣化解析技術・モジュール性能評価技術は適宜協力する。



研究開発進捗状況

研究開発項目	内容	進捗状況
1. 最適な材料組成の開発	セルの最適化技術開発	AIを用いて研究者の最適値を超える条件を見出し、 有効性を実証 。企業と連携し量産化に資する AIを用いた最適化 を進めている。 一般的な高効率化処理として知られる表面処理について耐久性の課題を発見。シミュレーションで課題解決できる材料を探索中。
	セル自動作製システムの構築	自動塗布システムの知見を活用し世界唯一となる セル自動作製システム を開発し導入した。
2. セル要素技術の開発	量産可能な新規塗布・積層技術開発	ブレードコートにて 19.2% (1.1cm ²), 20.7% (0.16cm ²)を達成。 スプレーコートによる成膜に着手。今後は条件を精査。
	耐久性向上に資する技術開発	耐熱試験 (85℃) 1000h後の効率16%を達成。耐光試験 (疑似太陽光) 2000h後の効率14%を達成。 スクライブ技術を活用し1.5cm ² で変換効率20.0%を達成。
3. 分析・評価技術開発	高性能化に資する分析技術の開発	劣化評価技術として、過渡発光分光法、インピーダンス計測法、過渡電流応答計測法などを開発。様々な条件で作製した性能の異なるセルや性能劣化前後の比較により、性能劣化因子の特定と劣化メカニズム解明中。
	モジュール開発に資する高精度・高エネルギー性能評価技術の開発	企業等のペロブスカイト太陽電池 (<30cm角) の 性能評価測定を実施 し、結果をフィードバック。変換効率の 測定再現性±1%以内達成 。 性能評価法の高精度化・エネルギー率化を検討するための、GI事業用性能評価計測系を構築。
	実用サイズモジュール (面積 >900cm ²) の性能評価技術の開発	40cm角モジュールの性能評価計測系を構築 。1.2m角対応の屋内性能評価計測システム装置の設計完了。 屋外性能評価方法の開発に向けて、現有設備を活用 (移設・整備拡充) した屋外計測系を構築中。

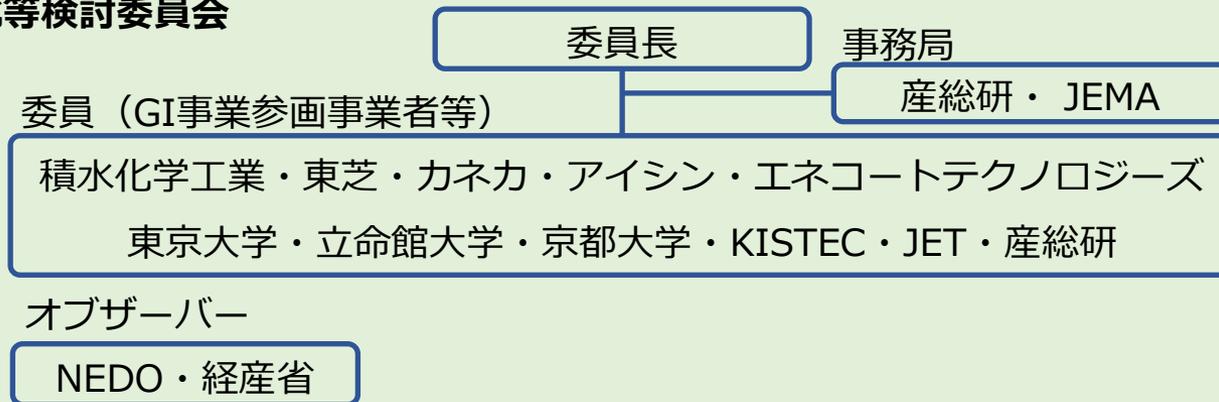
- 実用化に取り組む企業との秘密保持契約は順次締結。課題を整理し、共同研究にて企業の早期事業化に貢献する。
- 産総研で開発した**連続成膜技術**と**AIを活用**したプロセスインフォーマティクス（PI）による成膜条件の**最適化手法**、**セル・モジュール劣化解析**、**モジュール性能評価**について、GI参画企業へ**順次展開を開始**。量産に向けた技術開発をサポート。
- 産総研が開発した**自動塗布装置**や材料評価のノウハウについても、GI参画企業へ順次展開中。
- ペロブスカイト太陽電池内部の**電気特性評価手法**を開発し、企業が開発中のペロブスカイト太陽電池について加速劣化試験による変化について**分析結果をフィードバック**。劣化分析への適用を検討。



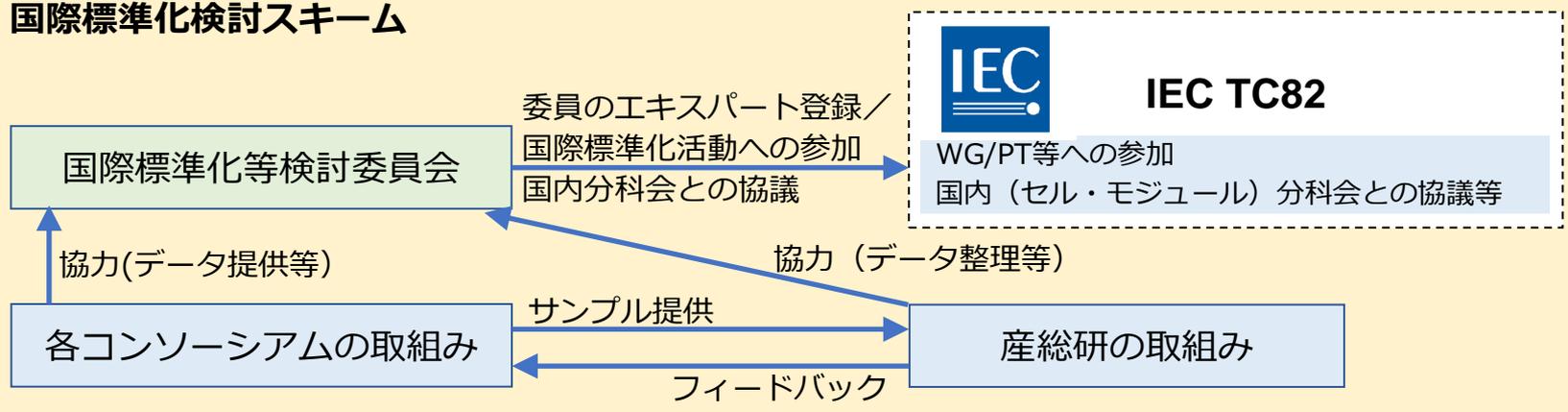
国際標準化等検討委員会の設立

- 国際標準化等検討準備委員会（2023年8月開催）を経て、ペロブスカイト太陽電池の実用化に向けてGI実施事業者を中心に関係機関が連携する体制「**国際標準化等検討委員会**」を設置し、**第1回委員会**を2024年3月に開催した。国際標準化の動向、企業ニーズ等の調査結果を参考に意見集約し、国際標準化等の検討事項を整理・取りまとめていく。
- 標準に必要なセル・モジュールの試験項目策定に必要な加速劣化試験等の検討を行う。

国際標準化等検討委員会



国際標準化検討スキーム



- ペロブスカイト太陽電池の実用化とイニシアティブの獲得には裾野の広い産業構造を作ることが重要。特に日本が強い素材産業分野において高品質かつ低コストな部材の供給が必要。
- 産総研として30社以上のGI参画以外の企業に対しペロブスカイト太陽電池の概要と技術課題について個別に意見交換を行った。
- ペロブスカイト太陽電池関連事業への参入を検討している企業への情報発信とネットワーキングを目的としたペロブスカイト太陽電池ワークショップを開催。
- メディアを通じたGI基金事業の取組みを紹介。



NIKKEI LIVE「曲がる太陽電池、日本発のペロブスカイト型は輝くか？」Webサイト（一部編集）



ペロブスカイト太陽電池ワークショップ開催の様子
2024年3月6日秋葉原

- ペロブスカイト太陽電池の性能評価手法、および加速劣化試験などの信頼性評価手法については国際連携による課題解決可能な協調領域と認識。
- 性能評価手法の検討に関して、同一のペロブスカイト太陽電池を複数の研究機関で性能評価し結果の差異を議論するラウンドロビンテストに参加。
- 太陽電池の品質と信頼性基準を検討するPVQAT* と呼ばれるタスクフォースに産総研の研究者が参画しペロブスカイト太陽電池に関する情報交換を進めている。
- ペロブスカイト太陽電池の信頼性評価手法の開発に向けた米国DOEによるPACTプロジェクト**の参画メンバーとは定期的に劣化試験に関する意見交換を進めている。
- 英国とも性能評価手法、信頼性評価手法に関して意見交換を進める。また、英国オックスフォード大学に産総研研究者を約1年間派遣、人的交流を進めつつ、基礎研究について議論している。

*The International PV Quality Assurance Task Force (PVQAT) : 国際標準化に資する研究開発を行う国際的枠組。モジュール、システム、部材、リサイクルなど14のタスクグループが存在。2020年にペロブスカイトのサブグループが設立。IEC規格に関する提案、技術的サポートなどを行う。米国、欧州、中国、豪州、日本をはじめとする世界各国のメンバーから構成。

**Perovskite PV Accelerator for Commercializing Technologies (PACT) : ペロブスカイト太陽電池モジュールの劣化評価プロトコルの開発、試験、検証や劣化率を予測・特定できる加速試験プロトコルを開発する米国プロジェクト。米国サンディア国立研究所を中心として、国立再生可能エネルギー研究所、ロスアラモス研究所やコンサル・性能認証企業、複数大学から構成。

ご意見（共通）	対応状況
<p>本プロジェクトの中では、将来的にユーザー企業と連携した屋外実証等も予定されている。早期の市場投入に向けた海外勢の取組が活発化していることを鑑みて、社会実装を見据えた方策を必要に応じて材料メーカーや装置メーカー等とも連携し、サプライチェーン全体として必要な生産量をいかに確保するのかなども精査しながら、研究開発と同時に進めていただきたい。</p>	<ul style="list-style-type: none"> • GI事業の目標達成に関連する企業に対し個別に意見交換を実施。 • サプライチェーンを意識し、事業参入を検討している企業への情報発信とネットワーキングを目的としたワークショップを開催。
<p>寿命予測手法や耐久性評価試験方法の確立等、個々のプロジェクトで検討されているところが散見されるため、リソースの最適活用等による研究開発の加速も見据えて、産総研による研究開発成果の活用も含め、各実施者間の連携を進めていただきたい。</p>	<ul style="list-style-type: none"> • GI参画企業からのサンプルの耐久性試験を実施。 • 国際標準化等検討委員会を設置し、耐久性評価試験方法などについて議論を開始。 • 海外の性能評価手法および信頼性評価手法の取組みとも協力。
<p>各社が想定している具体的な市場ターゲットに製品を投入するのに必要となる要求事項の検討・確認がまだ完了していないため、それらの洗い出しを行う期限、製品投入のタイミング、標準化にかかる期間等を勘案しながら、早急に具体化いただきたい。</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 各社が想定している具体的な市場ターゲットに必要な製品要求事項の検討に活用可能な劣化解析結果をフィードバック。
<p>例えば、他国企業の性能が低い廉価品の市場参入を防ぐため、安定性・耐候性・劣化耐性・安全基準等を高めに設定したデジュール標準の獲得シナリオ等、デファクトとデジュールの両面から、事業化を見越したシナリオを検討いただきたい。</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 国際標準化等検討委員会を設置し、耐久性評価試験方法などについて議論を開始。 • 海外の性能評価手法および信頼性評価手法の取組みとも協力。

ご意見（産総研）	対応状況
<p>本プロジェクト全体の中で産総研のような公的機関が果たすべき役割は大きく、性能評価手法や耐久性評価試験方法等の共通基盤の開発は重要。国内外の標準化の方針や国内での協調領域の明確化等、実施企業の横串となって戦略的な提案を行っていただきたい。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 性能評価手法、加速劣化試験などの信頼性評価手法については協調領域と認識し開発を進めている。 国際標準化等検討委員会を設置し、耐久性評価試験方法などについて議論を開始した。 海外とも積極的に意見交換および協力を進め国際標準化の素地を構築している。
<p>その上で、実事業への展開・応用を初期段階から意識し、他の実施企業との連携を深めていただくとともに、後続く事業化を加速していけるよう、スピード感をもって開発を推進いただきたい。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 実用化に取り組む企業との秘密保持契約は順次締結。 産総研で開発したAI最適化や連続成膜技術、自動塗布装置、セル劣化解析手法等の成果をGI参画企業へ順次展開を開始している。