

「太陽光発電主力電源化推進技術開発」基本計画

新エネルギー部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

①政策的な重要性

2018年7月に閣議決定された第5次エネルギー基本計画では、「2030年に向けた基本的な方針と政策対応」として、再生可能エネルギーの主力電源化に向けた取組は、「他の電源と比較して競争力ある水準までのコスト低減と固定価格買取制度（FIT）からの自立化を図り、日本のエネルギー供給の一翼を担う長期安定的な主力電源として持続可能なものとなるよう、円滑な大量導入に向けた取組を引き続き積極的に推進していく」ことが必要とされている。

また、「2050年に向けたエネルギー転換・脱炭素化の挑戦」としては、変動するエネルギー需要を単独で満たす完璧なエネルギー技術は実現していないことから「全方位の複線シナリオ」が必要とされている。この中で太陽光発電などの再生可能エネルギーは主力電源化に向け、「面積的な制約の克服のための発電効率の抜本的向上」などの技術革新によるブレークスルーを要する課題に取り組む事が必要とされている。さらに2020年10月には2050年カーボンニュートラルを宣言し、そのためには太陽光発電の更なる導入が必要となる。

②我が国の状況

我が国における太陽光発電の導入は、FIT開始後に導入が急拡大したが、規模や属性も異なる様々な事業者による参入する中で、安全面、防災面、景観や環境への影響、将来の設備廃棄等に対する地域の懸念や、FIT事業認定者が、20年間等の買い取り期間終了後も、事業を継続するのか、更に発電事業終了後に再投資が行われて持続的な導入・拡大が図れるのかといった懸念が高まっている。

また、導入拡大により従来の系統運用の下で系統制約が顕在化しており、一部地域では出力抑制等が生じている。再生可能エネルギーの出力変動を調整するための調整力の確保を含め、電力系統へ受け入れるコストは増大している。そのため、再生可能エネルギーの適地遍在性への対応や、大量導入を支えるネットワーク整備・運用が求められており、太陽光発電としての適切な調整力を確保するために出力制御量の低減に向けた方策や系統接続要件の整備が必要とされている。

さらに、再生可能エネルギーは主力電源化に向け電源特性に応じた電源となる事が求められており、太陽光発電は他の電源と比較して発電コストの低い「競争電源」のみではなく、「地域活用電源」として需要地に近接して柔軟に設置できる電源としても期待されている。

③世界の取組状況

太陽光発電システムの発電コストはグリッドパリティを迎えており、世界で最も低い水準になりつつある。そのため、各国政府が国家計画、戦略として再生可能エネルギーの導入を進めるなかで、太陽光発電の導入量は今後も継続的に増加していくことが予想されている。IEAの「World Energy Outlook 2019」に示されているパリ協定の「2度目標」を想定したシナリオでは、世界全体での太陽光発電の累積導入量は現在の約400GWから2040年までに3,000GWを超える導入量になると見込まれている。

太陽光発電システムの導入で先行している欧州においても、立地制約や系統制約が課題となっており、需要地に近接した発電としてゼロエネルギー建物への取り組みが進んでいる。その中で建材一体型太陽光発電システムの技術開発が進められており、意匠性の追及や製造プロセス、製造コストなどの課題に対する取り組みや市街地で周辺建造物があるなかでの発電量予測などの研究も進められている。

また、企業にとっては環境規制が厳しくなり環境リスクに対応し、E S G評価を懸念する投資家からの投資引上げ回避する方法として、再生可能エネルギーを調達する動きが出てきている。これには国際ルールに則った再生可能エネルギー調達が必須であり、このイニシアチブの一つとして、例えば、R E 1 0 0へ参加する企業が増えてきている。R E 1 0 0を目指す企業は再生可能エネルギー由来の電力を100%調達する必要がある、外部からの調達だけでなく自らの工場で発電する動きは加速しつつある。

これら新たな市場を求める動きはI E Aの技術協力プログラムのひとつであるP V P S (P h o t o v o l t a i c s P o w e r S y s t e m P r o g r a m s) においても注目が高く、運輸部門における太陽光発電の活用策をテーマとした活動も始まっている。今後、世界的に増加が予想される電気自動車に太陽電池を搭載することにより、外部、特に系統からの充電量を減らすことで、系統負荷やC O 2削減に貢献することが期待されている。

④本事業のねらい

地上型設置や住宅屋根設置等の太陽光発電システムの設置に適した低コスト好条件の適地が減少している中、重量制約の有る屋根、建物壁面、移動体などの需要地に近接しているが、従来の技術では太陽光発電を導入されていなかった場所を、更なる発電効率の向上、軽量化、曲面追従化等とコスト低減により、上記の分野に導入可能とするための技術開発を行い、将来の太陽光発電の導入量拡大とともに新たなセル、モジュール、システム技術に関連した産業競争力の強化を図る。

さらに、太陽光発電の主力電源化を推進するため、太陽光発電設備の長期安定電源化に向けた事業運営確保として現在顕在化している課題である安全の確保に資するガイドライン策定や小規模な事業用太陽光発電設備の適切なメンテナンスの確保や再投資を促すため必要となる信頼性に係る技術開発を行う。また、2030年代以降に急増が懸念される太陽光発電設備の廃棄物を回避するためのリサイクル技術や現在、出力抑制等の系統制約の克服に向けた太陽光発電側での対応方法の検討・実証等を行う。

上記と並行し、これらの技術を支える測定評価技術、日射量予測技術等、先進的共通基盤技術の開発や国内外の開発動向を把握し、開発を支援する動向調査等も実施する。

(2) 研究開発の目標

① アウトプット目標

従来の技術では太陽光発電の導入が進んでいない場所として重量制約のある屋根、建物壁面、移動体向けに必要とされる性能を満たし、各市場の創出・拡大に資する要素技術を開発することで、太陽光発電の新市場の創出につなげる。

併せて既に導入されている太陽光発電の長期安定的な事業の運営確保として、安全性信頼性の確保、系統制約の克服等の現在顕在化している課題解決や発電設備の廃棄対策等の適切な事業環境整備に資する技術を開発する。更に上記の分野に資する共通基盤技術を開発する。詳細な目標については別紙に記載。

② アウトカム目標

新市場創出に向けた太陽光発電の技術開発によって、2050年時点での国内累積導入量として、約320GW(うち新市場 約170GW※)、太陽光発電によるC O 2排出量削減(系統電源との比較)として、約110百万t/年(うち新市場 約60百万t/年)を推計した。※重量制約のある屋根、建物壁面、移動体(車載)、営農、水上の合計

また、太陽光発電の長期安定的な技術開発により、2030年時点で導入が予想される小規模発電設備(50kW以下)を中心とした発電設備20GWの導入量維持(2018年12月時点の50kW以下発電設備のF I T認定容量)が期待される。

さらに、太陽光発電設備のリサイクル技術開発によって、約510万tの埋立処理量の削減(2030年までに導入される設備64GWを対象として試算)が期待され

る。

③ アウトカム目標達成に向けての取り組み

開発した技術については、太陽光発電分野だけでなく、新市場に関連する分野とも情報共有が図れる様にNEDOの報告会や展示会で積極的に宣伝し、成果普及に努める。また、IEAPVPSを活用し、IEC TC82（太陽光発電）との連携を図り、技術の促進を図る。

また、安全ガイドライン、リサイクル技術、太陽光発電による調整力技術については、経済産業省や環境省が実施する法規制や社会システムの検討・整備において、成果を共有し、実用化・事業化を促進させる。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、別紙1の研究開発計画に研究開発を実施する。契約形態に関する負担率の考え方は以下に記載する。

- ・異業種との連携や新たな技術開発が必要な「基盤技術開発」については、大学・研究機関においては委託事業で実施する。ただし、大学・研究機関の単独実施については共同研究事業（NEDO負担率：2／3）で実施する。企業については、実用化を見据えた開発とするため、研究開発の内容によって、応分の負担を設け共同研究（NEDO負担率2／3、もしくは1／2）で実施する。
- ・実証事業については、助成事業（NEDO負担率1／2）とする。
- ・リサイクル技術開発においては、現時点で廃棄量は少なく2030年までは市場性と結びつけることが困難であるが、実用化を見据えた開発とするため、応分の負担を設け共同研究（NEDO負担率2／3）で実施する。
- ・今後整備される需給調整力市場の運用に幅広く活用されるような短時間の日射量予測に関しては公共性の高い事業であるため、委託事業として実施する。
- ・同じく需給調整力市場の運用に幅広く活用される太陽光発電の調整力創出については、2020年度に実施するフィージビリティスタディ（FS）では委託事業とし、その後の2021年度以降の実証フェーズにおいては、大学・研究機関は委託事業とするが、企業については前項同様に応分の負担を設け共同研究事業（NEDO負担率2／3、もしくは1／2）で実施する。
- ・安全性等のガイドラインや太陽電池の国際標準化に資する試験・評価方法においては、公益性が高いものの、研究開発成果が直接的に市場性を結びつかない公共性の高い事業であるため、委託事業として実施する。
- ・また、動向調査は外国の技術開発動向や政策動向等を把握し、技術開発の方向性や分析評価手法等の判断に活用するため、各種動向調査やIEA国際協力事業等を実施するもので、委託事業として実施する。

2. 研究開発の実施方法

(1) 研究開発の実施体制

- ・プロジェクトマネージャー（候補）にNEDO 新エネルギー部 山崎 光浩主任研究員を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・管理し、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させる。
- ・NEDOは、公募によって研究開発実施者を選定する。
- ・研究開発実施者は、企業や大学、研究機関等（以下、「団体」という。）のうち、原則として日本国内に研究開発拠点を有するものを対象とし、単独又は複数で研究開発に参加するものとする。ただし、国外団体の特別な研究開発能力や研究施設等の活用又は国際標準獲得の観点から必要な場合は、当該の研究開発等に関し国外の団体と連携して実施することができるものとする。

(2) 研究開発の運営管理

NEDOは、研究開発全体の管理・執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部

環境の変化等を適時に把握し、必要な対策を講じるものとする。運営管理は、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

① 研究開発の進捗把握・管理

NEDOは、経済産業省及び研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。また、各種太陽電池セルに関する学識経験者に加え、建築、建材、自動車等の各分野の外部有識者で構成する技術検討委員会等を組織し、知財管理や標準化等の重要事項や中間目標、最終目標に向けた進捗状況、目標を達成するための解決すべき課題、目標達成に向けたアクション、目標達成見通しについて検討する。さらに、事業価値や政策効果を踏まえた事業の進捗管理のために必要な指標や事業中止基準を設定し、定期的に事業を評価する。

これにより、中間評価以外でも目標達成の見通しを常に把握するとともに、抜本見直しや事業の中止の判断を行う。

②技術分野における動向の把握・分析

NEDOは、プロジェクトで取り組む技術分野について、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し、技術の普及方策を分析、検討する。なお、調査等を効率化に実施する観点から、研究開発項目（Ⅳ）や適宜実施する調査については、委託事業として実施する。

3. 研究開発の実施期間

①研究開発項目（Ⅱ）の実施期間は、2020年～2023年までの4年間とする。

ただし、

「（Ⅱ）－（ⅰ）－①安全ガイドラインの策定」については、2020年～2022年の3年間、「（Ⅱ）－（ⅲ）系統影響緩和に資する技術課題の検討および実証」については、2020年度1年間を技術課題の検討期間とし、その後3年間を検討結果に基づいた技術開発および実証期間とする。

②研究開発項目（Ⅰ）、（Ⅲ）、（Ⅳ）の実施期間は、2020年～2024年までの5年間とする。ただし、「（Ⅲ）－②発電量の短期予測に向けた日射量予測技術の開発」については、2020年～2022年の3年間とする。

ただし、事象の変化によっては期間変更を行う可能性がある。

4. 評価に関する事項

NEDOは、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、プロジェクト評価を実施する。

評価に関し、外部有識者で構成する委員会で研究開発の中間評価〔2022年度〕、事後評価〔2025年度〕等を実施する。また、中間目標を満たせない事業や事業・製品化計画が示せないものについては中間評価年度で中止とし、中間評価結果を踏まえ必要に応じ研究開発の加速・縮小・見直しを迅速に行う。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

5. その他重要事項

（１）研究開発成果の取り扱い

①成果の普及

本研究開発で得られた研究成果についてNEDOは、委託先、共同研究先、助成先とともに普及に努めるものとする。

②標準化等との連携

得られた研究開発成果については、標準化等との連携を図るためデータベースへのデータ提供、標準規格への提案やガイドライン作成等を行う。

③知的財産権の帰属、管理等取扱い

委託研究開発及び共同研究の成果に関わる知的財産権については、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の

規定等に基づき、原則として、全て委託先に帰属させることとする。なお、研究開発開始段階から、事業化を見据えた知財戦略を構築し、適切な知財管理を実施する。

④知財マネジメントに係る運用

本プロジェクトは、「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」を適用する。

⑤データマネジメントに係る運用

本プロジェクトは、「NEDOプロジェクトにおけるデータマネジメント基本方針（委託者指定データを指定しない場合）」を適用する。

(2) 基本計画の変更

NEDOは、当該研究開発の進捗状況及びその評価結果、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、研究開発費の確保状況等、プロジェクト内外の情勢変化を総合的に勘案し、必要に応じて目標達成に向けた改善策を検討し、達成目標、実施期間、実施体制等、プロジェクト基本計画を見直す等の対応をおこなう。

(3) 根拠法

本プロジェクトは、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法」第15条第1号イ及び第3号に基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

(1) 2020年3月、制定

(2) 2021年●月、改訂

(別紙 1)

研究開発項目 (I) 太陽光発電の新市場創造技術開発

(i) フィルム型超軽量太陽電池の開発 (重量制約のある屋根向け)

1. 研究開発の必要性

FITの効果もあって、産業用太陽光発電だけでなく一般家庭にも太陽光発電の普及が進みつつあるが、エネルギー消費の多い工場、事業所、店舗等への設置実績は少ない。これら産業部門においては、CO₂排出量削減による大気汚染対策へ寄与やRE100加盟等による企業イメージの向上を目的として、再生可能エネルギーの需要が高まっている。

工場、事業所、店舗の屋根はその施行の容易さから、金属製屋根が多く使用されている(屋根の比率で70%)。金属製の屋根は比較的厚みのない金属鋼板を使用していることから新設においてもコンクリート製屋根と比較して強度に制約がある上、既設においては屋根に重量物が設置されているケースがあり、新設よりも重量制限を受け従来の太陽光パネルを設置出来ないことが課題となっている。

そのため、従来の太陽光パネルに匹敵する発電性能を有し、軽量かつ屋根の形状に適合して設置可能な太陽電池の開発が求められている。

2. 研究開発の具体的内容

太陽光パネルの軽量化(フィルム)としては、例えば、既に上市されているCIS太陽電池、基礎技術開発中のペロブスカイト太陽電池が候補として挙げられるが、強度が十分確保されている屋根市場の一部で採用されている結晶シリコン太陽電池と比較して、前者ではコスト、変換効率、後者では変換効率、耐久性の点で、競争力が十分でない上、CIS太陽電池ではフィルム基板化が実現出来ていない現状を鑑みて性能向上面、コスト課題両面からのセル、モジュール技術開発を行う。

さらに、現在重量面で課題のある結晶シリコン太陽電池についても、シリコン基板の薄型化、薄型化による発電効率低下抑制技術、金属屋根・スレート屋根等不定形状への追従性等のセル、モジュール構造の技術開発を行う。

上記を踏まえ本事業では以下の開発を実施する。

①超軽量薄膜系太陽電池の開発

[企業：共同研究事業 NEDO負担率2/3、大学、国研等：委託事業]

高効率化技術、高耐久性化(高耐光性化)、低コスト技術等を構築し、低コスト超薄型でフィルム形状のセル、モジュール生産可能な太陽電池を開発する。

大学、国研においては企業と連携し、超軽量薄膜系太陽電池の開発において必要になる高効率、耐光性等の実用化に耐える要素技術を開発する。

②軽量フレキシブル結晶系太陽電池の開発

[企業：共同研究事業 NEDO負担率1/2、大学、国研等：委託事業]

結晶シリコン太陽電池を基盤とした軽量化、高効率化(タンデム化)、低コスト化技術等を構築し、軽量フレキシブルなフィルム型太陽電池を開発する。

大学、国研においては企業と連携し、軽量フレキシブル結晶系太陽電池の開発において必要になる超軽量、高効率等の実用化に耐える要素技術を開発する。

3. 達成目標

【中間目標（2022年度）】

①超軽量薄膜系太陽電池の開発

- ・ 架台を含めたモジュール重量 5 kg/m^2 以下。
- ・ 30° 以上の大面積モジュール変換効率 18% 以上。
- ・ 製造コスト 35 円/W 以下の見通しを得る。
- ・ 屋外曝露10年時点での初期変換効率に対する低下率 10% 以下。

②軽量フレキシブル結晶系太陽電池の開発

- ・ 架台を含めたフィルムモジュール重量 8 kg/m^2 以下。
- ・ モジュール変換効率 25% 以上。

【最終目標（2024年度）】

①超軽量薄膜系太陽電池の開発

- ・ 架台を含めたモジュール重量 3 kg/m^2 以下。
- ・ 30° 以上の大面積フィルムモジュールで変換効率 23% 以上。
- ・ 製造コスト 15 円/W 以下の見通しを得る。
- ・ 屋外曝露15年時点での初期変換効率に対する低下率 10% 以下。

②軽量フレキシブル結晶系太陽電池の開発

- ・ 架台を含めたモジュール重量 5 kg/m^2 以下。
- ・ モジュール変換効率 28% 以上。
- ・ 製造コスト 40 円/W の見通しを得る。

(ii) 壁面設置太陽光発電システム技術開発

1. 研究開発の必要性

エネルギー基本計画では、業務部門における省エネルギー社会の実現としては、「非住宅建築物については、2020年までに国を含めた新築公共建築物等で、2030年までに新築建築物の平均でZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）を実現することを目指す」と示されている。これは、エネルギー消費量の削減が前提であるが、おおむねゼロ以下となるエネルギー収支を目指すには太陽光発電等の再生可能エネルギーによるエネルギー創出は不可欠である。しかし、平均でZEBを達成するには屋上に太陽光発電を設置するだけでは十分な創エネルギー量を得るのは困難とされている。

太陽光発電で創エネルギー量を拡大するには、変換効率を向上させるだけでなく壁面等を活用し設置面積を広げることも重要となるが、地上設置に比べ日射量が少ない事での経済性確保が困難、建築物の寿命に対し太陽光発電設備の寿命が短い、周辺の構造物と親和性が図れる外観を満たさない等から適用事例は限られる。そのため、建築物壁面へ太陽光発電を設置するにはこれら課題の解決が必要である。

2. 研究開発の具体的内容

本事業では、上記課題を解決する壁面設置太陽光発電システムの開発を行う。また、普及促進に必要な規格・標準等に資する基盤技術の開発、建築物として受け入れられる外観を持つ太陽光発電システムを建築物壁面へ大量設置する実証を行う。

①壁面設置太陽光発電システムの技術開発（非開口部、開口部）

〔企業：共同研究事業 NEDO負担率2/3、大学、国研等：委託事業〕

建築物として受け入れられる外観、経済性を加味した（商用電力価格以下の）発電コスト、建築材料として要求される性能を満たす「非開口部向け」、「開口部向け」の壁面設置太陽光発電システムの開発を行う。

大学、国研においては企業と連携し、壁面設置太陽光発電システムの目標達成に必要な要素技術や評価技術等を開発する。

なお、これら開発は建築物設置で求められる様々なサイズに大幅なコスト増加無く対応できる工法となることを考慮すること。

② 壁面設置基盤技術開発〔委託事業〕

建築物壁面へ太陽光発電を普及促進させるために必要となる壁面設置特有の測定・評価技術等の開発を行い、評価・技術基準等の提案を行う。また、IEA PVPS task15（Enabling Framework for the Development of BIPV）へ参画し、その情報を広く展開する。

③太陽光発電システム壁面大量設置実証〔助成事業（NEDO負担率1/2）〕

5階建て相当以上の高さをもつ建築物で太陽光発電システムの壁面大量設置実証を行う。壁面に適用する太陽電池は、モジュール内の色調が均一で取り付け後の建物外観がアピールできるもの、かつ今後のコスト低減等で投資対効果が見込めるものを用いることとする。前記太陽電池を壁面へ大量設置する際の技術課題を解決し、設置前後でのエネルギー収支、経済性を評価する。

3. 達成目標

【中間目標（2022年度）】

①壁面設置太陽光発電システムの技術開発（非開口部、開口部）

（非開口部向け壁面設置太陽光発電システムの場合）

- ・建築物としての寿命35年相当の性能を確認する。
- ・モジュール内の色調均一性と変換効率を両立させる要素技術を開発する。

（開口部向け壁面設置太陽光発電システムの場合）

- ・半透明モジュールで可視光透過率20%以上、変換効率10%以上の性能を達成する要素技術を開発する。
- ・窓の代替として用いる際の性能について、10年相当の寿命を確認する。

②壁面設置基盤技術開発

評価・技術基準等に資する測定・評価技術等を開発する。

③太陽光発電システム壁面大量設置実証

壁面へ太陽電池を大量設置する際の課題を解決し、外観をアピールできる太陽光発電システムを建築物壁面へ適用する。

【最終目標（2024年度）】

①壁面設置太陽光発電システムの技術開発（非開口部、開口部）

（非開口部向け壁面設置太陽光発電システムの場合）

- ・壁面を想定した設置形態（東南西面への設置）で発電コスト14円/kWh以下を達成する要素技術を確認する。
- ・建築物としての寿命40年以上を達成する要素技術を開発する。
- ・面内の色調が均一なモジュールで変換効率20%以上を達成する。

（開口部向け壁面設置太陽光発電システムの場合）

- ・壁面を想定した設置形態（東南西面への設置）で発電コスト16円/kWh以下を達成する要素技術を確認する。
- ・半透明モジュールで可視光透過率20%以上、変換効率13%以上の性能を達成する要素技術を開発する。
- ・窓の代替として用いる際の性能について、20年相当の寿命を確認する。

②壁面設置基盤技術開発

評価・技術基準案等を3件以上作成する。

③太陽光発電システム壁面大量設置実証

建築物の壁面へ太陽光発電システム設置前後での環境性能、発電性能を評価し、その効果を広く公開する。

(iii) 移動体用太陽電池の研究開発

1. 研究開発の必要性

エネルギー需要の大部分を化石燃料に頼っている運輸部門ではCO₂排出量削減や大気汚染対策の取り組みの一つとして電動化の動きが加速し、その効果を最大限に引き出すために再生可能エネルギーからの電力供給が期待されている。IEAの予測（Energy Technology Perspectives 2015）では、2050年には全体の3/4が次世代自動車（FCEV、EV、HEV）であり、その数は120（百万台）にも及ぶと見込まれている。

次世代自動車に太陽電池を搭載することは、再生可能エネルギー由来の電力を直接供給することが可能となるだけでなく、燃料費の削減、充電回数低減等ユーザーの利便性を高めることが出来る。また、次世代自動車の急速な増加により充電ステーションなど社会インフラの整備が追いつかない地域におけるスムーズなEV系自動車への転換や系統への負荷低減等にも貢献すると予想される。

しかしながら市販されている太陽電池搭載車は効率が低い従来の太陽電池を流用し、屋根の一部に搭載するにとどまっており、動力に用いるには発電の効果が小さいため、現状ではユーザーニーズもマーケットも小さい。発電効率が高く、且つボンネットやトランクなど、屋根以外の曲面にも搭載可能な太陽電池モジュールを開発すれば、太陽光のみを使って走行できる走行距離、及びユーザー数の拡大を図ることができるとともに、大きなCO₂削減効果を期待できる。

普通乗用車への太陽電池の搭載を考えた場合、フード、ルーフ、バックドアなど、太陽光を有効に活用できる車体表面の面積は約3m²程度である。NEDOの調査事業として実施した「太陽光発電システム搭載自動車検討委員会」の試算では、変換効率31%の太陽電池モジュールがあれば1kW程度を搭載することができ、1日の日射で30km程度の走行が可能である。自動車形状やシステムの開発と合わせれば、高日射地域では将来的に50～100km程度の走行を実現できる可能性があり、走行距離の延長に伴い再生可能エネルギーのみで走行可能できるユーザー、ニーズの大幅な増加を見込むことができる。移動体に搭載する太陽電池でCO₂削減や次世代自動車のユーザーメリット拡大の実現が求められている。

また、面積制限のある移動体は普通乗用車だけでなく、トラックやバス、電車、船舶、ドローン、航空機その他、5G（第5世代移動通信システム）への適用をめざした通信用人工衛星の安価な代替手段として、UAV（高高度長時間滞空型無人機）など、通信分野における成層圏プラットフォームへの展開も期待されている。

2. 研究開発の具体的内容

面積制約のある移動体では、限られた面積で多くの発電量をもつ高効率なモジュールが必要となる。また、普通乗用車等ではデザイン性も求められるため、曲面追従性も必要となる。さらに、製造コストにおいては、太陽電池搭載に伴う購入費用の増加に対し燃料代（充電電気代）の節約費で賄うことができるような価格設定が必要である。

本事業では2050年に広く一般の電動自動車に搭載されるための技術開発として、自動車形状に追従可能で、高効率、低コストを実現できる太陽電池モジュールを開発する。具体的には、より高効率なIII-V化合物を大幅に低コスト化、モジュール化する技術開発（超高効率モジュール化技術開発）と、より低コストな結晶シリコンをベースとして高効率化、モジュール化を目指す技術開発（次世代モジュール化技術）として、以下の技術を開発する。

①超高効率モジュール技術開発

〔企業：共同研究事業 NEDO負担率2/3、大学、国研等：委託事業〕

太陽の照射方向に対し追尾が不要で、且つAM1.5でモジュール効率35%以上を達成可能な太陽電池（多接合III-V化合物太陽電池、III-V/Si、III-V/CISなどのタンデム型太陽電池など）の高効率化技術、低コスト化技術、新型セル、モジュール構造、自動車搭載モジュール化技術などを開発する。大学、国研等

は参画企業と連携し、超高効率モジュール技術開発の目標達成に貢献できる技術を開発する。

②次世代モジュール技術開発

[企業：共同研究事業 NEDO負担率1/2、大学、国研等：委託事業]

結晶シリコンを基盤とした低コストで変換効率30%以上かつ曲面追従性を持つモジュールを開発する。例えば、ペロブスカイト/Si等のタンデム化技術や3D曲面モジュール化技術などを開発する。大学、国研等は参画企業と連携し、次世代モジュール技術開発の目標達成に貢献できる技術を開発する。

3. 達成目標

【中間目標（2022年度）】

① 超高効率モジュール技術開発

- ・モジュール効率33%以上（30cm×30cm）
- ・上記モジュールと同等の効率をもつセルを使った3D曲面モジュール（曲率半径1mを含む）
- ・実用サイズの複数枚処理装置（4インチ以上）において、モジュールコスト200円/W（量産時GWレベル）を達成するための基板再生装置及び高速成膜装置の試作および要素技術構築

② 次世代モジュール技術開発

- ・モジュール効率25%以上、3D曲面（球面曲率半径1mを含む）。

【最終目標（2024年度）】

① 超高効率モジュール技術開発

- ・モジュール効率35%以上（30cm×30cm）
- ・上記モジュールと同等の効率をもつセルを使った3D曲面モジュール（曲率半径1mを含む）
- ・実用サイズの複数枚処理装置（4インチ以上）においてモジュールコスト200円/W（量産時GWレベル）を達成するための基板再生装置及び高速成膜装置の実証。

② 次世代モジュール技術開発

- ・モジュール効率30%以上、3D曲面（球面曲率半径1mを含む）。
- ・モジュール価格：70円/W。

研究開発項目（Ⅱ）太陽光発電の長期安定電源化技術開発

（ⅰ）安全性・信頼性確保技術開発

1. 研究開発の必要性

太陽光発電はFITにより急速に拡大したが、発電施設の設置・運営の不備による安全面での不安が顕在化しつつある。NEDOでは地上設置のための設計ガイドラインを策定しているが、昨今設置環境、設置形態は多様化しており、それらの安全性を確保する基盤整備は喫緊の課題である。

また、FITによる買取期間が終了した後も再生可能エネルギー発電事業が適正に継続され、将来的な再投資が行われる事業環境の整備が必要とされている。FIT終了後の発電設備において、安全確保を前提としたうえで健全に維持するには、小規模発電設備（50kW未満）へ展開可能な評価・回復技術が必要である。これらの技術は太陽光モジュールのリユース等の他用途への展開も期待される。

2. 研究開発の具体的内容

①安全性に係る基盤整備

【委託事業（NEDO負担率100%）】

発電設備の安全性を確保するため、ガイドラインの作成等の基盤整備を行う。知見の不足する項目については、必要に応じて実証実験等を実施する。

①-1）安全ガイドラインの策定（傾斜地設置型、営農型、水上設置型）

＊多様化が進む設置環境における、設計・施工の安全確保のためのガイドライン策定を行う。

①-2）機器設置に関する基準類、ガイドライン等の策定

＊リスクを低減する手法とその普及を目的とした技術や情報の基盤整備を行う。例えば、発電設備の評価回復方法ガイドラインの作成、モジュール安全基準の作成、既存技術の応用可能性評価、不具合事例データベース作成等を行う。

②信頼性評価技術、信頼性回復技術の開発

【助成事業（NEDO負担率1/2）】

太陽光発電設備の長期安定運用に資する、信頼性評価技術、信頼性回復技術または両者を併せ持った技術の開発を行う。なお当該技術は既存の小規模発電設備（50kW未満）に採算性を含めて適用可能な技術であり、多様化が進む設置環境においても適用が期待できるものとする。

②-1）信頼性評価技術（構造・電気）

対象技術は例えば、

＊小規模発電設備の総合的な評価を視野に入れた技術。（設計図面作成支援、構造診断技術、発電所余寿命評価等）

＊モジュールとシステム全般の劣化や不具合の検出を行う技術。（遠隔の監視や診断および操作の高度化、現地診断の合理化等）

②-2）信頼性回復技術（構造・電気）

対象技術は例えば、

＊小規模発電設備の構造信頼性を回復する技術。（モジュール、架台、柱、接合部、杭・基礎、地盤の損傷等の防止を目的とした構造補強関連技術等）

＊発電量や安全性を含む電氣的な信頼性を回復する技術。（パネル洗浄、防草等の維持管理高度化等を含む。）

3. 達成目標

【中間目標（2021年度）】

① 安全性に係る基盤整備（2021年度）

①-1）安全ガイドラインの策定（傾斜地設置型、営農型、水上設置型）

・暫定版として2021年9月までに2020年版を取りまとめる。

①-2）機器設置に関する基準類、ガイドライン等の策定

・調査や実験等の結果をもとに利用の見通しを示す。または暫定版を公開、発行す

る。

②信頼性評価技術、信頼性回復技術の開発（２０２１年度）

- ・開発した技術の有効性を評価するとともに、その実証方法を具体化する。

【最終目標】

① 安全性に係る基盤整備

①-１）安全ガイドラインの策定（傾斜地設置型、営農型、水上設置型）（２０２２年度）

実証試験と調査、シミュレーションの結果に基づき、設置環境の多様化に必要な新たな裏付けを加えて、２０２２年版を発行する。

①-２）機器設置に関する基準類、ガイドラインの策定（２０２３年度）

発行、公開とセミナー等の実施を通じて、発電事業者の利用を促進する。

② 信頼性評価技術、信頼性回復技術の開発（２０２３年度）

②-１）信頼性評価技術（構造・電気）

②-２）信頼性回復技術（構造・電気）

開発した技術の実証を行い、その結果を受けた改良により実用性と採算性を確立する。小規模発電設備（５０kW未満）における評価結果をもとに普及計画を立案する。

(ii) 太陽電池モジュールの分離・マテリアルリサイクル技術開発

1. 研究開発の必要性

太陽光発電設備は、発電事業終了後の太陽電池モジュールの放置や不法投棄などの懸念が生じている。廃棄処理には設備の撤去・回収・分離処理の費用が必要となり、廃棄費用はシステム価格の5%が割り当てられている。NEDOでは太陽電池モジュールのリサイクル技術開発を進め、分離処理コスト低減としては大きな成果を上げている。しかし太陽光発電設備のシステム価格低減が進む中、撤去・回収費用を同レベルで削減することは困難となっており、今後正しくリサイクル処理を行うためには分離処理の更なる低コスト化が必要になる。

また、NEDOの試算によると太陽電池モジュールの大量廃棄は2034年以降、年間約20万トンに及ぶため、産業廃棄物の最終処分場はひっ迫される。これを解消するためには、最終処分となる埋立廃棄物量を最小限にとどめる必要があり、太陽電池モジュールの分離物を有効活用するマテリアルリサイクル技術の開発が重要になる。

2. 研究開発の具体的内容

[共同研究事業 NEDO負担率2/3]

本事業では、低コストかつマテリアルリサイクルに資する高い資源回収率を両立する分離処理技術を開発、実証プラントを構築し、実モジュールサイズで検証を行う。

- ・低コスト・高資源回収率を両立する分離処理技術開発。
- ・太陽電池モジュール由来の回収物のマテリアルリサイクル技術開発。
- ・上記技術を両立する実証プラントの構築。

3. 達成目標

【中間目標（2021年度）】

実モジュールにおいて、以下の技術を確立する。

- ・分解処理コスト3円/W以下。
- ・部材として再利用可能な状態で資源回収率80%以上。
- ・太陽電池モジュール由来の回収物のマテリアルリサイクル技術を開発する。

【最終目標（2023年度）】

実モジュールサイズの実証プラントを構築し、連続運転で以下の性能を満たすこと。

- ・分離処理コスト3円/W以下の分離技術であること。
- ・資源回収率80%以上の分離技術であること。
- ・太陽電池モジュール由来の回収物がマテリアルリサイクルに資する性能であること。

(iii) 系統影響緩和に資する技術課題の検討および実証

1. 研究開発の必要性

太陽光発電はFITにより急速に拡大したが、出力不安定性などの安定供給上の問題があることから、既存の系統へ与える影響が懸念されている。しかし、太陽光発電の導入拡大とその長期安定電源化の実現には、上記影響を緩和して系統の安定化を図らねばならない。

そのためには、太陽光発電の出力制御や発電量・需要予測の高度化、需給一体型システムの構築等によって、変動電源である太陽光発電と需要側との需給バランスの実現に資する技術を開発する必要がある。加えて、今後の総発電量に占める太陽光発電の割合のさらなる増加によって、需給変動に対する調整力が不足し、系統運用への支障をきたすことも懸念されており、太陽光発電を用いた調整力創出に関する技術開発も必要である。

2. 研究開発の具体的内容

本事業では、太陽光発電による電力系統への影響を緩和するため、下記①②を行う。2020年度は①については基本設計を、②についてはフィージビリティスタディ（FS）を行い、それぞれ次年度以降の技術検討や実証実験等に繋げる。なお、委託事業においては、民間企業以外の組織が主体で実施することを原則とし、その結果は開示とする。

① 太陽光発電による需給一体型システム構築上の課題抽出と対応方法の検討および実証
[助成事業 負担率 1/2]

- ・ 2020年度は需給予測の高度化等による経済性に優れた需給一体型システムを構築するための課題を抽出し、技術的な対応方法を多面的に検討することで基本設計を行い、その実証プランを企画策定する。なお、実証プランにおいては、実証期間2年間の想定した、具体的な作業項目とスケジュールを明示する。
- ・ 2021年度以降は実証プランに基づいて、経済合理性と需給予測による同時同量の有効性を確認するためのシステムを構築して実証を行う。

② 系統連係における影響緩和のための技術開発課題の抽出とその対応方法の検討および実証

[委託事業] または [共同研究事業 負担率 2/3、もしくは 1/2]

- ・ 2020年度は以下の検討および策定を行う。
 - 系統連係における太陽光発電の技術開発課題を抽出したうえで技術的な対応方法を検討し策定する。若しくは、
 - 太陽光発電を調整力として活用するための技術開発に向けた課題を抽出したうえで技術的な対応方法を検討し公開するとともに、併せて費用対効果等の経済合理性を含め、その有効性確認のための手法を策定する。
- ・ 2021年度以降は、費用対効果として発電コスト相当の便益を得られることを前提とした調整力の創出能力について、評価するための実証実験を行う。

3. 達成目標

【2020年度目標】

- ① 経済合理性が評価された需給一体型システムの実証プランを企画策定する。
- ② 系統連係における影響緩和の技術的な対応方法の検討や、有効性確認のための手法を策定する。

【2023年度目標】

- ① 経済合理性を前提とした需給乖離率3%以下のシステムの構築
- ② 経済合理性を前提として、需給調整市場の応動・継続時間の要件（一次から三次）に適合しうる計画技術・制御技術を備えたシステムの構築

研究開発項目（Ⅲ）先進的共通基盤技術開発

1. 研究開発の必要性

太陽電池の高効率化・低コストに資する技術開発が進められる中、新型太陽電池（ペロブスカイト型、多接合型等）も実用化に向けた開発が活発化しつつある。しかし、これらの新型太陽電池を研究開発レベルから産業化まで進めるには、その性能評価試験を実施するプラットフォームの整備・確立も欠かせない。公平な性能評価を行うには、自然太陽光を用いた屋外でのモジュール入射角依存性・設置角依存性、日射スペクトル変化によるスペクトル補正および温度補正を考慮する必要がある。また、基準太陽電池や校正技術、得られた発電性能を基に発電性能の安定性・信頼性の評価およびこれらの評価技術を標準化する取り組みも重要である。

また、太陽光発電を取り巻く市場環境変化に伴い、需給運用の複雑化や電力の安定供給等の観点から発電量予測技術の高度化が求められている。太陽光発電は気象条件に左右される変動型電源であり、発電した電気を有効活用するには、その発電量を正確に予測することが重要であるが、時々刻々と日射量は変化しているため、過去の実測発電量の値から未来の発電量を予測することは難しい。そのため、発電量を高精度に予測するには、日射量予測について空間軸的および時間軸的に高精度化を行う必要がある。空間軸的な高精度化は、従来の広い範囲の地域における電力の需給調整ではなく分散型電源として扱われる個人宅や発電所レベルの狭い範囲の地域における電力の需給調整を円滑に行うことにつながり、時間軸的には数時間先から翌日および翌々日程度における日射量予測技術を高精度化することで、蓄電池の活用や系統への影響緩和などの需給調整の可能性が広がることが期待される。

2. 研究開発の具体的内容

① 新型太陽電池の高精度性能評価技術の開発（委託事業）

標準化や規格化が進んでいない新型太陽電池等の出力等の性能を正しく評価するための測定技術を開発するとともに、開発に資する基準太陽電池および校正技術を開発し、性能・信頼性・安定性を評価する。

② 発電量の短期予測に向けた日射量予測技術の開発（委託事業）

発電量の短期的な予測に向け、現在を起点に数時間先の1km四方程度のエリアの日射量を予測する技術を開発するとともに本技術の評価を行う。加えて、現在から翌日および翌々日程度先の日射量を予測する技術開発への可能性についても検討する。さらに、現在から翌日および翌々日程度先の日射量予測が大きく外れる課題を改善する技術開発を行う。

3. 達成目標

【中間目標】

① 新型太陽電池の高精度性能評価技術の開発（2022年度）

新型太陽電池等について、その設置形態環境・形状を考慮した測定技術を開発し、海外主要研究機関の測定技術との国際整合性も考慮しつつ、室内測定においては精度 $\pm 1.0\%$ （ 1σ ）以内を目指す。

② 発電量の短期予測に向けた日射量予測技術の開発（2022年度）

現在から翌日および翌々日程度先の日射量を予測する技術開発において、日射量予測の最大誤差を10%以上低減することを目指す。

【最終目標】

① 新型太陽電池の高精度性能評価技術の開発（2024年度）

新型太陽電池等について、その設置形態環境・形状を考慮した屋内屋外測定技術を確立し、海外主要研究機関の測定技術との国際整合性も考慮しつつ、室内測定においては精度 $\pm 0.5\%$ （ 1σ ）以内を目指す。屋外環境下においては精度 $\pm 1.0\%$ （ 1σ ）以内を目指す。性能評価技術の標準化に取り組む。

② 発電量の短期予測に向けた日射量予測技術の開発（2022年度）

1 km四方程度のエリアを想定した数時間先の発電量の予測に向け、想定エリアの日射量予測情報を提供する技術を開発する。

③ 発電量の短期予測に向けた日射量予測技術の開発（2024年度）

現在から翌日および翌々日程度先の日射量を予測する技術開発において、日射量予測の最大誤差を20%以上低減することを目指す。

研究開発項目（Ⅳ）動向調査等

1. 研究開発の必要性

太陽光発電の導入量を拡大し主力電源化していくには、太陽光発電システムに関する技術や市場の動向および普及に関わる国内外の動向などの最新データを常に把握し、それらを的確に技術開発へフィードバックしていくことが求められる。最新データを把握するためには、国際エネルギー機関（IEA）の太陽光発電システム研究協力実施協定（PVPS）等の国際協力プログラムに参画し、情報交換を行うことも有効であり、得られた情報や議論した結果については、併せて国内の省庁を含めて、広く研究開発者、発電事業者等に展開する。

また、今後大量に廃棄される太陽電池モジュールのリサイクルを円滑に行うためには、使用済み太陽光発電設備の排出量予測、災害時の太陽光モジュールのリサイクル状況、太陽電池モジュール由来のガラスの用途開拓のために、ガラスの再利用の状況等を把握するための調査が必要となる。

2. 研究開発の具体的内容

①移動体用太陽電池の動向調査

IEA PVPS Task 17（PV and Transport）等の活動に参画し、電動自動車等の移動体への搭載を目指した太陽電池の国内外における研究開発、市場動向を調査、分析すると共に、今後の方向性を議論し、その結果をプロジェクト参画機関等、国内の関係事業者に広く展開する事により、移動体分野の研究開発を加速する。

②リサイクル関連の動向調査

②-1 太陽電池モジュールのリサイクルに関わる調査

太陽電池モジュールのリサイクルに関わる国内の技術開発動向、普及動向、政策動向、実施事例などの調査に加え、ガラスの再利用の状況調査、災害時のリサイクル状況を把握するための調査、使用済み太陽光発電設備の排出量予測の精緻化を実施する。

これらはⅡ－（ii）の研究開発プロジェクトに反映を行う。

②-2 太陽電池モジュールの適正処理に関わる調査

廃棄太陽電池モジュールのリサイクルを円滑に実用化するためには、リサイクルの適正処理のプロセスにおけるモジュール回収の現状について調査を行うと共に、海外の太陽電池モジュールの回収システムを初めとしたリサイクル動向を国際技術協力プログラム（TCP）PVPS Task 12（PV Environmental Health and Safety）等から調査することにより、太陽電池モジュールの適正処理を実証できる企画を提案する。

③太陽光発電の動向調査

③-1 太陽光発電の技術および産業・市場動向の調査

技術開発の方向性や普及方策の分析、検討に資する太陽光発電セル、モジュール、システムおよび太陽光発電が導入される分野に関する国内外の技術や産業・市場動向や今後の太陽光発電の可能性の調査を行い、その結果を的確に本プロジェクトへフィードバックする。（調査範囲は①、②を含まない領域とする）。

③-2 国際技術協力プログラムへ参画

PVPS Task 1に関連する活動に参画し、国際協力活動を通じて太陽光発電の普及・促進に向けた諸外国の技術開発動向や政策動向、市場動向等を調査・分析し、結果をタイムリーに発信する。

3. 達成目標

【中間目標（2022年度）】

①移動体用太陽電池の動向調査

移動体用太陽電池の調査結果を中間報告書としてまとめ、関連するプロジェクトへフィードバックする。

③太陽光発電の動向調査

- ③-1 技術開発の方向性や普及方策の分析、検討に資する調査結果を中間報告書としてまとめ、関連するプロジェクトへフィードバックする。
- ③-2 P V P Sの活動に参画し、その内容を産業界に発信する。

【最終目標】

①移動体用太陽電池の動向調査（２０２４年度）

今後の移動体用太陽電池の技術開発に資する分析、検討をまとめる。

②リサイクル関連の動向調査（２０２１年度）

- ②-1 リサイクルに関わる調査結果を、太陽電池モジュールの分離・マテリアルリサイクル技術開発へフィードバックする。
- ②-2 太陽電池モジュールの適正処理を実証できる企画を提案する。

③太陽光発電の動向調査（２０２４年度）

- ③-1 今後の技術開発の方向性や普及方策の分析、検討に資する情報をまとめる。
- ③-2 P V P Sでの活動を踏まえ、定期的な情報発信を行うと共に分析、検討をまとめる。

(別紙2) 研究開発スケジュール

	2020 年度	2021 年度	2022 年度	2023 年度	2024 年度	2025 年度
(Ⅰ) 太陽光発電 の新市場創造技術 開発	各市場で要求される性能を満たす要素技術開発・実証					
(Ⅱ) 太陽光発電 の長期安定電源化 技術開発	ガイドライン策定					
	信頼性評価・回復技術の開発					
	マテリアルリサイクル技術開発、実証					
	系統影響軽減2020年度FS、 2021年度以降実証					
(Ⅲ) 先進的共通 基盤技術の開発等	日射量予測技術の開発					
	新型太陽電池の高精度性能評価					
(Ⅳ) 動向調査	動向調査					
評価			★ 中間評価			★ 事後評価