

1. 社会実装に向けた施策・取組等の全体俯瞰（BRIDGE提案施策の位置付け）

① 全体概要

① 解決すべき社会課題

- 2050年ネット・ゼロ実現に向け、排出されたCO₂を回収・利用し資源として循環させるCCU技術を社会実装していくことが不可欠である。その際には、地域でサプライチェーンを構築できるような分散型の産業基盤を形成することが重要となる。この観点から、太陽光を利用してCO₂と水から燃料や化学品を製造する人工光合成は、CCUの中でも地域分散型の原料・エネルギー供給モデルを具体化し得るものであり、日本は研究開発面で強みを有している。環境省では令和7年9月に「人工光合成の社会実装ロードマップ」（以下「ロードマップ」という。）を策定し、社会実装に向けた取組を進めている。
- 様々な人工光合成の技術の中でも、太陽光で水を分解し水素を生成する光触媒技術は、電力変換等の中間工程を介さず太陽エネルギーを直接化学エネルギーへと変換でき、構造の簡素さを背景に大面積・低コスト化に適するため、ロードマップでも中核技術として期待されている。
- 一方、現状は、効率、量産性、大型化などの基盤技術が社会実装に必要な水準に達していない。特に、既存の研究開発では要素技術の深化は進んでいるものの、社会実装に必要な産官学の複数機関が連携した統合的な検討（プロセス・品質・モジュール設計・評価の一体化）を短期間にやり切る設計になりにくい。基盤技術の確立が遅れば、ロードマップの達成ひいてはCCUの活用と実装を通じた2050年ネット・ゼロ実現や、産業創出・投資誘発の機会を逸するおそれがある。
- そこで本事業は、BRIDGEの枠組みを用い、2028年までに光触媒技術を「ラボ段階」から、後続の実証・モデル事業に接続可能な量産移行段階の技術パッケージへ引き上げ、確実に引き渡すことを目標とする。これにより、ロードマップが描く2030年代以降の社会実装に向けた取組へ円滑に接続する。
- なお、光触媒技術の社会実装に当たっては、技術面に加え、社会受容性、制度・規制対応、経済性などの非技術要素も障壁となり得る。本事業は、技術的ボトルネックの解消に主眼を置き、関係施策（例：令和8年度予算において新たに実施予定の「人工光合成の社会実装に向けた産官学連携推進事業」や、既存の水素関連政策）と連携しながらそのほかの課題に対応していく。

② 提案施策

- 本事業は、（1）光触媒そのものの性能・量産性の確立と、（2）光触媒を組み込んだ反応器の設計・量産化の二本柱で実施する。
 - （1）テーマ1：光触媒の高効率化・量産化：太陽光を化学エネルギーへ変換する太陽光-水素変換効率の向上に向け、新材料の探索や合成手法等を確立する。あわせて、実装段階で求められる品質の均質性を担保できる量産プロセスを確立する。
 - （2）テーマ2：光触媒反応器の開発：（1）で確立した光触媒を用いた低コストで施工性に優れたシートモジュールを開発するとともに、その他の光触媒反応器の構成部材も一体的・統合的に設計・開発する。
※光触媒反応器：光触媒反応を安定的に進行させるための一連の装置。主として、シートモジュール（光触媒層+下地層+シート基材）、透明フィルム・保護層、これらを支持する構造部等で構成される。

③ 成果の社会実装

- 本事業終了後（2028年）には、環境省において、本事業で開発した光触媒反応器を活用した地産地消型の人工光合成社会実装モデル構築事業を検討する。この中では、地域のニーズにあわせた人工光合成の性能・経済性の検証を行い、コスト競争力の高い地域モデルの確立を目指す。
- その後2030年代には、社会実装の初期段階として、人工光合成を地域でのCCUの一部として機能させる体制を確立する。さらに2040年には、人工光合成による基礎原料の量産化や高付加価値物質の製造を実現し、燃料・化学品の製造まで含めた技術を確立する。
- これらにより、人工光合成を日本発のクリーンエネルギー技術として定着させ、脱炭素化に向けた取組を加速するとともに、関連市場の形成と我が国の国際競争力・存在感の強化に貢献する。

1. 社会実装に向けた施策・取組等の全体俯瞰（BRIDGE提案施策の位置付け）

② 全体俯瞰図

① 解決すべき社会課題

- 2050年ネット・ゼロ実現に向け、CO₂を回収・利用するCCU技術の社会実装が不可欠。その際には、地域でサプライチェーンを構築できる分散型産業基盤の整備が重要。
- 太陽光を利用してCO₂と水から燃料や化学品をつくる人工光合成は、地域供給モデルとなり日本は研究面で強み。環境省は令和7年9月ロードマップ策定し、その推進を支援。
- 中核の光触媒は有望技術であるが、現状、効率・量産・大型化の観点から社会実装に必要な水準に未達。社会実装には産官学の複数機関が連携した統合的な検討が必要。

② 提案施策

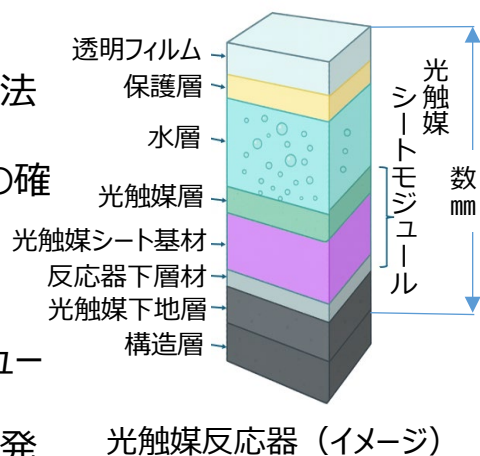
産官学が連携して、個別技術を後続事業に接続可能な技術パッケージへ引き上げる

（1）光触媒の高効率化・量産化

- 高効率化：新材料の探索・合成手法等の確立
- 量産化：安定品質の量産プロセスの確立

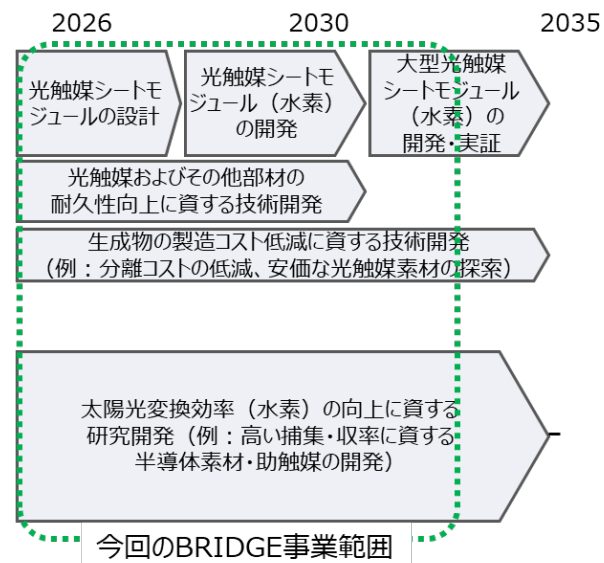
（2）光触媒反応器の開発

- 低コスト・施工性に優れたシートモジュールの量産プロセスの確立
- 光触媒反応器全体の一体設計・開発



③ 成果の社会実装

- BRIDGE事業終了後：本事業で開発した光触媒反応器を中核とした地産地消型のモデル事業を検討。地域ニーズにあわせた人工光合成の性能・経済性の検証を行い、コスト競争力の高い地域モデルの確立を目指す。
- 2030年代に社会実装の体制整備を進め、2040年には基礎原料の量産化や高付加価値物質の製造を目指す。
- これらにより、人工光合成を日本発のグリーンエネルギー技術として定着。脱炭素化と国際競争力強化に貢献。



出典：人工光合成の社会実装ロードマップ

2. 研究開発等の具体的な内容・社会実装の目標

テーマ1 光触媒の高効率化・量産化

① 研究開発・社会実装の目標

太陽光を化学エネルギーへ変換する太陽光変換効率の向上に向け、**新材料の探索や合成手法等**を確立する。あわせて、実装段階で求められる品質の均質性を担保できる**量産プロセスを確立**する。

② 研究開発等の具体的な内容

(1) 高効率な光触媒の開発

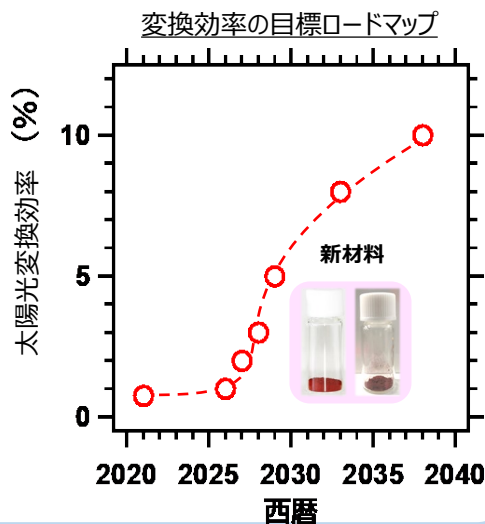
- 目標：太陽光—水素変換効率を現状の1%水準から、3%へ向上させる。(3%は、実用目安とされる5%級への移行に向け、材料・欠陥制御・助触媒設計の見通しが揃ったことを示す中間マイルストーンとして位置付け)

□ 課題

- これまでの計測・解析結果から、太陽光変換効率1%の壁を越えられない主たる原因として、光触媒の表面欠陥や不純物の影響、反応阻害、可視光吸収の不足等が判明。
- これらは既存製法では対処できないが、シミュレーションにより、新材料がこれらの課題に対応する見通し。

□ 実施内容

- 可視光応答材料の探索、合成条件の最適化で欠陥・不純物を制御し、助触媒配置まで含めて高効率化する。
- 文献データベースを整備し、AIで有望材料・条件を抽出して実験計画を最適化、開発速度と再現性を高める。



(2) 光触媒の量産プロセスの確立

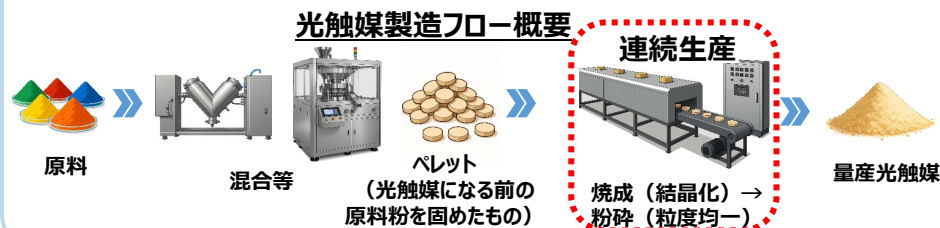
- 目標：ラボの都度生産から、連続生産でも品質を再現できる製造・管理体系を確立し、社会実装段階の供給要件に耐える量産を実現する。

□ 課題

- 生産量が限定的で、需要拡大に応じたスケールアップ設計（設備・運転条件）が未整備。
- 結晶性・組成・粒径のばらつき等により、性能（変換効率）が再現しにくい。

□ 実施内容

- 製造工程を一連で設計し、結晶性や組成、粒径のばらつきを抑制する量産プロセスを開発する。
- 重要な品質特性（例：粒径分布、助触媒担持量）と重要工程パラメータを特定し、同一品質を担保するための工程管理（品質保証）を構築する。
- 不良要因と感度の高い工程を同定し、条件最適化により歩留まり向上とコスト低減を図る。



2. 研究開発等の具体的な内容・社会実装の目標

テーマ2 光触媒反応器の開発

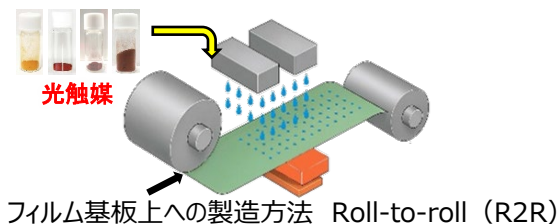
① 研究開発・社会実装の目標

- テーマ1で確立した光触媒を用い、低コストで施工性に優れた**シートモジュールを開発**し、量産プロセスを確立する。
- また、反応器の性能・コスト・量産性・施工性は、光触媒に加えて、透明フィルムや保護層などの要素部材や反応部を支持する構造部の設計に左右されるため、個別部材の最適化にとどまらず、**反応器全体を一体的・統合的に設計・開発**を行う。

② 研究開発等の具体的な内容

(1) 大面積光触媒シートモジュールの量産

- 目標：テーマ1で確立した光触媒を用い、光触媒反応器(2)に搭載可能な仕様で、12m×1m級の大面積光触媒シートモジュールを、低コストかつ高い施工性(軽量・可搬・現地展開容易)で量産できるプロセス(R2R工程)を確立する。
- 課題
 - 重量、梱包・搬送制約により、施工・物流コストが増大。
 - 面積拡大に伴い、膜厚・欠陥(ピンホール、ムラ等)の管理が難化し、性能ばらつきや歩留まり低下につながる。
- 実施内容
 - 透明性・耐候性等を満たすフィルムを利用し、光触媒層を含む積層設計を有する基板のフィルム化を行う。
 - 連続塗工・乾燥・ラミネート等のR2R工程を前提に、膜厚・欠陥の計測や外観検査を組み込んだ工程管理を設計し、均質性と歩留まりを同時に確保する。



(2) 光触媒反応器の開発(量産仕様)

- 目標：(1)で量産する光触媒シートモジュールを組み込み、性能を損なわず、低コスト・施工性に優れた量産仕様の光触媒反応器を開発する。あわせて、統合設計により、性能・コスト・量産性・施工性を同時に満たす仕様を確立する。
(例えば、これまで1,600台必要であった反応器が9台程度で実現可能となる見込み(100m²規模あたりの試算))
- 課題(既存のガラスモジュール)
 - 重量・大型化のため施工・保守負担が大きく、物流・架台等の付帯コストも増加する。また、多数枚の組込みのため、工数増大に加え、漏えい・ガス混合・劣化リスクが高い。
- 実施内容
 - 大面積に対応する軽量フレームに透明フィルムと保護層を組み合わせ、施工性と耐久性を両立する。
 - 現地作業を最小化するため、ユニット化・標準化を進め、工数と不具合要因を削減する。
 - 基幹構造部は汎用素材を活用し、量産工法を前提に部材点数と加工工程を削減する。



光触媒反応器を設置した状況
(イメージ)

3. 年度別の実施内容・到達目標 (KPI)

テーマ名	実施内容の概要 到達目標 (KPI)	R8年度実施内容到達目標 (KPI)	R9年度実施内容到達目標 (KPI)	R10年度実施内容到達目標 (KPI)
テーマ1 光触媒の高効率化・ 量産化	【到達目標】 (1) 高効率な光触媒の開発 (2) 光触媒の量産プロセスの 確立	【実施内容】 ・ 新材料の検討、精密な材料 合成方法の開発 ・ 助触媒の最適配置の開発 ・ 光触媒量産プロセス設計 ・ 開発支援データベース構築 【到達目標】 (1) 高効率な光触媒の開 発 太陽光-水素変換効率 $\geq 1\%$	【実施内容】 ・ 新材料、精密な材料合成方 法確立 ・ 助触媒の最適配置の確立 ・ 光触媒量産 (連続生産) 装 置試作 【到達目標】 (1) 高効率な光触媒の開 発 太陽光-水素変換効率 $\geq 2\%$ (2) 光触媒の量産プロセスの 確立 量産効率 (※) $\geq 50\%$ ※「ラボにおける製造品の太陽光- 水素変換効率」に対する「量産工 程における製造品の太陽光-水素 変換効率」の比率	【実施内容】 ・ 結晶性の向上および粒度の 均一化制御確立 ・ 光触媒量産プロセス確立、連 続生産装置開発 【到達目標】 (1) 高効率な光触媒の開 発 太陽光-水素変換効率 $\geq 3\%$ (2) 光触媒の量産プロセスの 確立 量産効率 (※) $\geq 80\%$

3. 年度別の実施内容・到達目標 (KPI)

テーマ名	実施内容の概要 到達目標 (KPI)	R 8 年度実施内容到達目標 (KPI)	R 9 年度実施内容 到達目標 (KPI)	R10年度実施内容 到達目標 (KPI)
<p>テーマ2 光触媒反応器の開発</p>	<p>【到達目標】 (1) 大面積光触媒シートモジュールの量産 (2) 光触媒反応器の開発 (量産仕様)</p>	<p>【実施内容】</p> <ul style="list-style-type: none"> 光透過性に優れた透明フィルム・保護層の設計 大量生産可能な塗布プロセスの設計 反応器試作 (1m×2mシートモジュール対応) : 動作評価 <p>【到達目標】 (1) 大面積光触媒シートモジュールの量産 ・1m×2mのシートモジュール作製 ・シート面内の塗布量のばらつき (変動係数) ≤40%</p> <p>(2) 光触媒反応器の開発 1m×2mシートモジュールについて、以下を達成 ・反応器効率比 (※) ≥ 60% ・耐久性≥1年相当</p> <p>※「小型反応器 (25cm × 25 cm シートモジュール) の太陽光-水素変換効率」に対する「製造した光触媒反応器の太陽光-水素変換効率」の比率</p>	<p>【実施内容】</p> <ul style="list-style-type: none"> 光透過性に優れた透明フィルム・保護層の改良 大量生産可能な塗布プロセスの改良 反応器試作 (1m×6mシートモジュール対応) : 機能評価 <p>【到達目標】 (1) 大面積光触媒シートモジュールの量産 ・1m×6mのシートモジュール作成 ・シート面内の塗布量のばらつき (変動係数) ≤30%</p> <p>(2) 光触媒反応器の開発 1m×6mシートモジュールについて、以下を達成 ・反応器効率比≥70% ・耐久性≥2年相当</p>	<p>【実施内容】</p> <ul style="list-style-type: none"> 光透過性に優れた透明フィルム・保護層の確立 大量生産可能な塗布プロセスの確立 反応器試作 (1m×12mシートモジュール対応) : オンサイト試験 (量産仕様) 信頼性試験法の確立 <p>【到達目標】 (1) 大面積光触媒シートモジュールの量産 ・1m×12mのシートモジュール作成 ・シート面内の塗布量のばらつき (変動係数) ≤20%</p> <p>(2) 光触媒反応器の開発 1m×12mシートモジュールについて、以下を達成 ・反応器効率比≥70% ・耐久性≥2年相当</p>

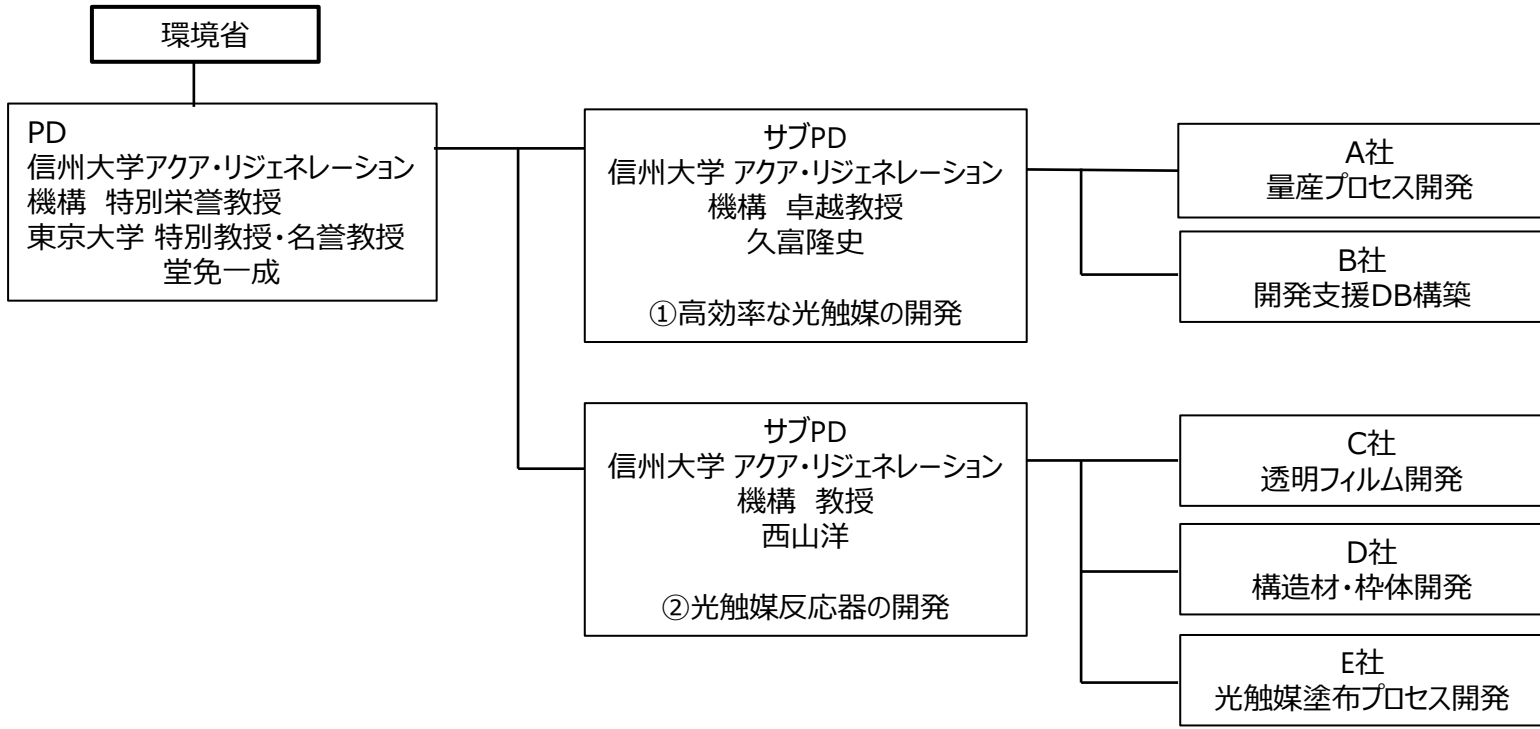
4. 工程表

テーマ名	R 8 年度	R 9 年度	R10年度
テーマ1 光触媒の高効率化・量産化	疑似太陽光下での性能試験 開発支援データベース構築 製造装置・製造条件の開発 新材料検討、精密な材料合成、助触媒（追加材料）の最適配置検討 光触媒量産プロセスの設計	疑似太陽光下での性能試験 製造装置・製造条件確立 新材料検討、精密な材料合成、助触媒（追加材料）の最適配置確立 光触媒量産（連続生産）装置の試作	屋外太陽光下での性能試験 結晶性の向上および粒度の均一化制御確立 光触媒量産（連続生産）装置の確立
テーマ2 光触媒反応器の開発	光透過性に優れた透明フィルム・保護層の設計 安価・大型化対応設計 塗布プロセス設計（R2R） 反応器製作：動作評価	光透過性に優れた透明フィルム・保護層の改良 安価・大型化対応改良 塗布プロセス改良（R2R） 反応器製作：機能評価	光透過性に優れた透明フィルム・保護層の確立 塗布プロセス確立（R2R） 信頼性試験法の確立 反応器製作：オンサイト試験（量産仕様）

4. 工程表 (令和8年度の詳細)

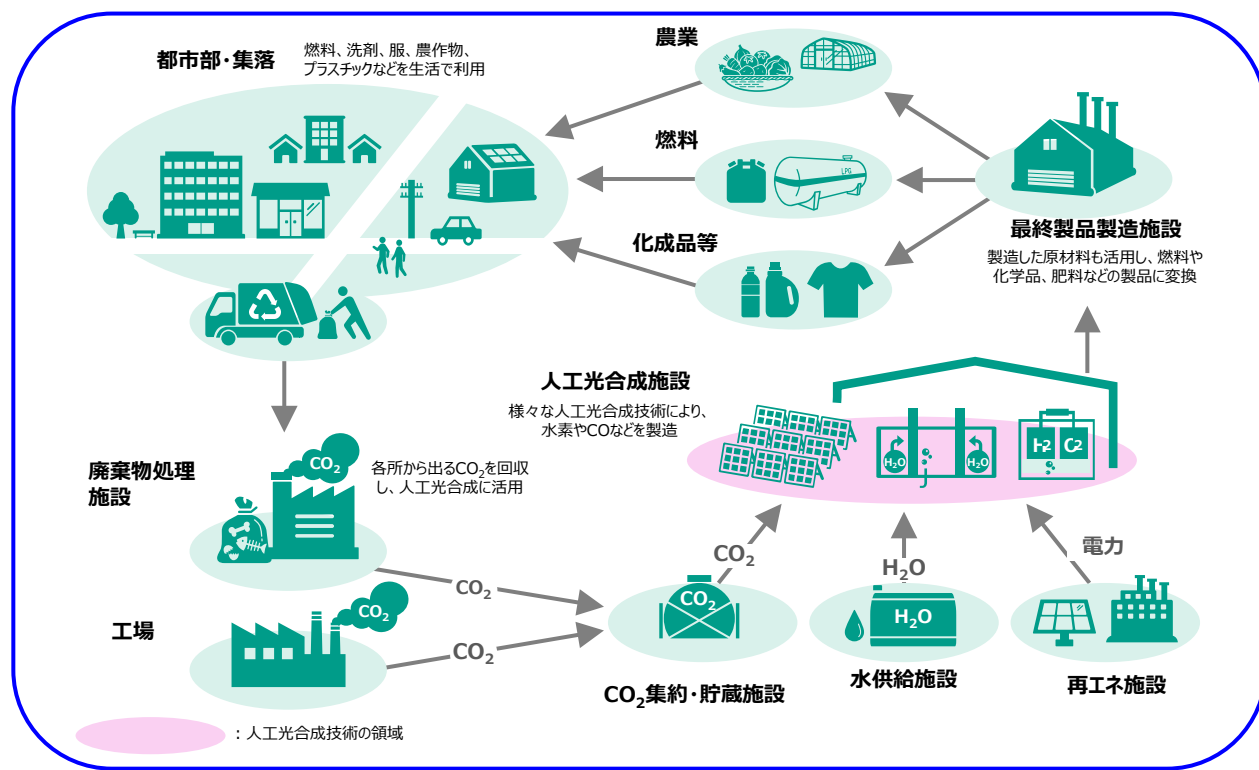
内容	令和8年度											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
テーマ1 光触媒の高効率化・量産化												
新材料の検討、精密な材料合成	合成装置の改良			原料・合成条件最適化								
	分析装置の整備											
助触媒の最適配置	助触媒成分と担持法の探索						助触媒担持条件の最適化					
量産プロセス (連続生産)	光触媒合成スケールアップ試験						光触媒量産プロセス設計					
開発支援AIシステムの開発	文献データベース構築									信頼性・重要度判定機能の構築		
テーマ2 光触媒反応器の開発												
耐久性のある高透明フィルムの開発	透明フィルム・保護層の基礎材料選定						透明フィルム・保護層の特性試験					
反応器の構造層開発	構造部材の基礎材料と構造の選定						構造部材の特性試験					
光触媒塗布プロセス開発	光触媒塗布プロセス設計・装置開発						光触媒塗布膜の特性試験					
反応器の開発							光触媒反応器の試作・性能試験					

5. 想定する実施体制及び実施者の役割分担



6. BRIDGE終了後の出口戦略

- 事業終了後（2028年）には、環境省において、本事業で開発した光触媒反応器を活用した地産地消型の人工光合成社会実装モデル構築事業を検討する。
 - 地域のニーズに合致した実用条件下で、人工光合成（光触媒技術）の性能・耐久性・経済性を検証するとともに、スケールアップや貯蔵・輸送を含むシステム効率化を通じてコスト競争力を強化し、社会実装に必要な条件の確立を図る。
 - 光触媒の変換効率の更なる向上（実用目安を5%）についての検討も行う。
 - 実施期間、実施内容は、環境省が現在行っている「再エネ等由来水素サプライチェーンモデル構築・実証事業」を参考としながら、詳細設計を行っていく。
- また、本取組はロードマップに位置付けられている基盤技術整備の一部について、前倒して実施するものである。このため、本事業の成果に応じて、適宜、ロードマップの見直しも検討する。
- その後2030年代には、社会実装の初期段階として、人工光合成（光触媒技術）を地域におけるCCUの一部として機能させる体制を確立し、地域の資源循環・エネルギー供給の選択肢として定着させる。さらに2040年には、人工光合成技術を基盤とした基礎原料の量産化と高付加価値物質の製造を実現し、燃料・化学品製造までを見据えた技術体系を確立する。
- これらを通じて、人工光合成を日本発のクリーンエネルギー技術として早期の社会実装・普及展開につなげ、脱炭素化に向けた取組を加速する。同時に、実証を積み重ねて、関連市場の形成と我が国の国際競争力・存在感の強化に貢献する。



地域レベルでの人工光合成の社会実装のイメージ
(出典：人工光合成の社会実装ロードマップ)

7. 民間研究開発投資誘発効果及びマッチングファンドの見込み

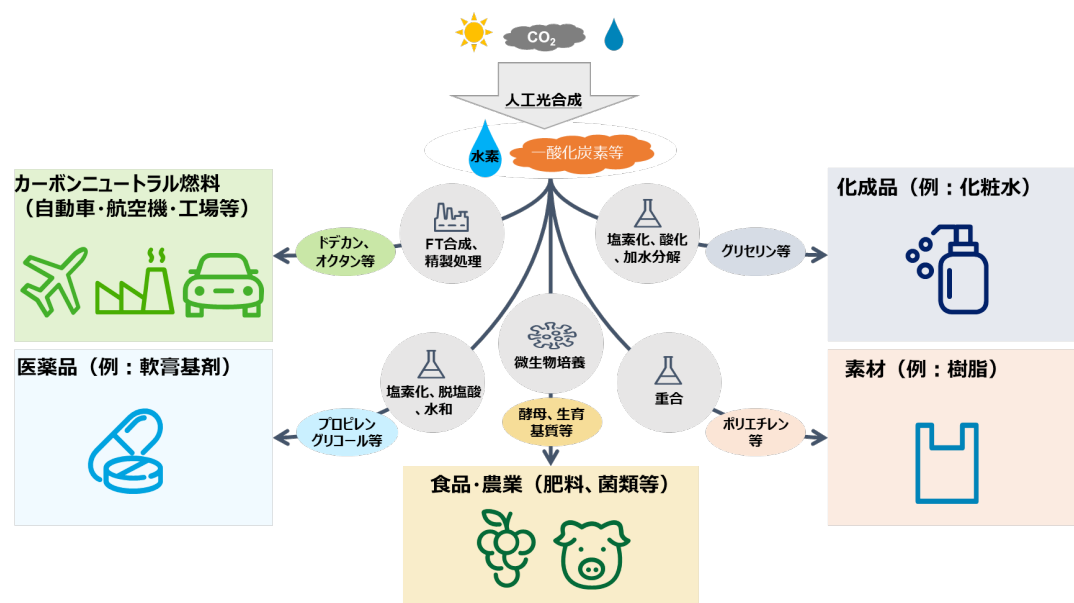
① 民間研究開発投資誘発効果（財政支出の効率化）の見込み

市場調査によれば、人工光合成の関連市場は2030年頃に約2億ドル規模へ拡大する見通しが示されている(※)。特に、本事業の成果により、光触媒の高効率化・量産化と、大面積シートモジュール、反応器の統合設計が前進することで、民間企業にとって技術的不確実性と投資リスクが低下し、以下のとおり、上流から下流まで連鎖的な投資が見込まれる。

※出典：360iResearch (<https://www.gii.co.jp/report/ires1853591-artificial-photosynthesis-market-by-technology.html>)

- 材料（上流）：光触媒新材料の探索、欠陥・不純物制御、助触媒設計、耐久性向上に向けた研究開発投資
- 製造（中流）：品質均質化・工程管理、インライン検査等を含む量産立上げ投資、R2R等の製造設備・プロセス開発、要素部材の開発投資
- 運用（中流）：屋外・実運転を前提とした、ガス回収・分離、安全計装や遠隔監視等への投資
- 用途（下流）：生成物の利用拡大に伴う、燃料・化学品（SAF、アルコール等）での原料転換、プロセス改善、新規バリューチェーン構築に向けた投資

このように、本事業の成果は、単一分野にとどまらず連続する投資の発生点を創出し、国費による研究開発支援が民間投資をレバレッジすることが見込まれる。



出典：人工光合成の社会実装ロードマップ

② 民間からの貢献度（マッチングファンド）の見込み

本事業に参画する民間企業5社からは、人件費や研究・開発費、装置・材料の提供等により各年度約9,600万円程度となる人的・物的貢献を予定している。