

2023年4月時点

事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：天然ガス燃焼排ガスからの低コストCO₂分離・回収プロセス商用化の実現

実施者名：千代田化工建設株式会社（幹事企業）、代表名：榊田 雅和 代表取締役会長兼社長

（共同実施者（再委託先除く）：株式会社 JERA、公益財団法人 地球環境産業技術研究機構(RITE)）

目次

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

1. 事業戦略・事業計画

- (1) 産業構造変化に対する認識
- (2) 市場のセグメント・ターゲット
- (3) 提供価値・ビジネスモデル
- (4) 経営資源・ポジショニング
- (5) 事業計画の全体像
- (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画
- (7) 資金計画

2. 研究開発計画

- (1) 研究開発目標
- (2) 研究開発内容
- (3) 実施スケジュール
- (4) 研究開発体制
- (5) 技術的優位性

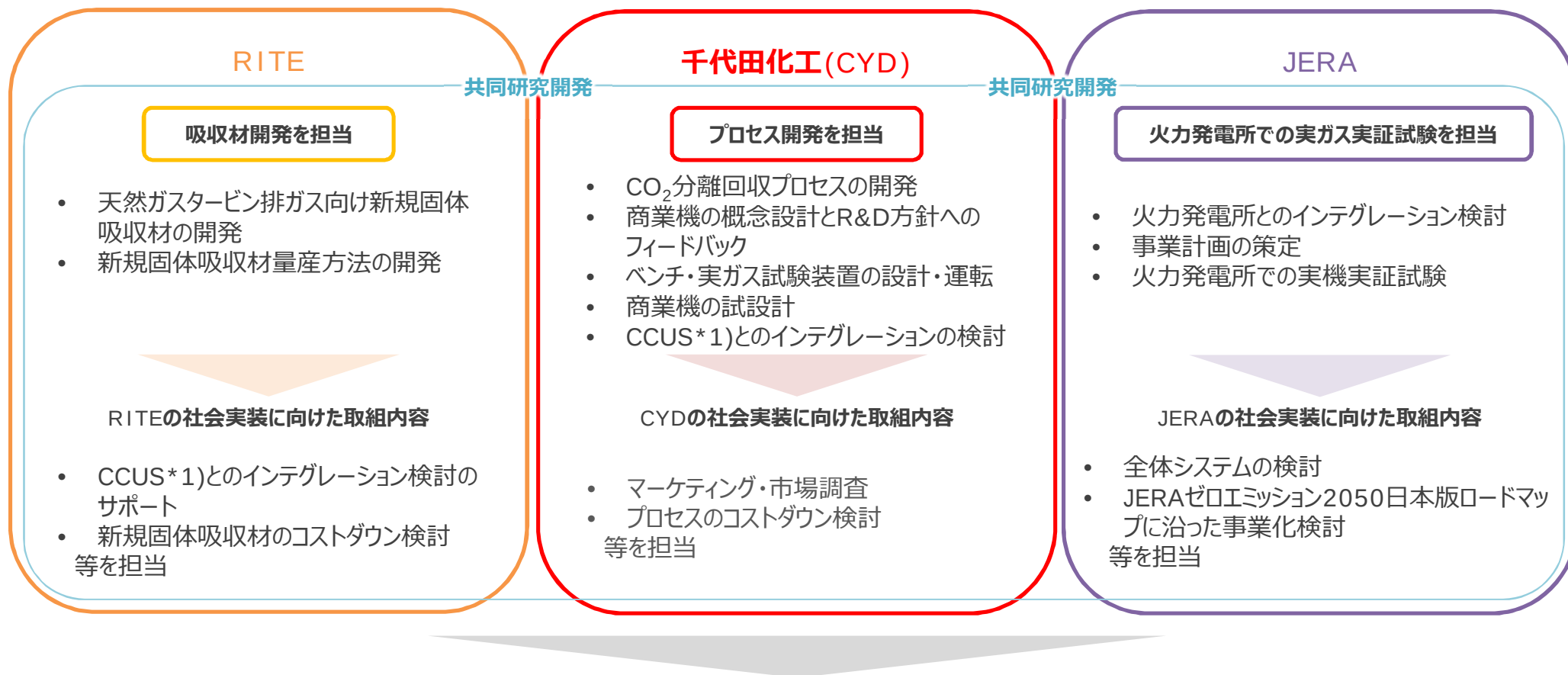
3. イノベーション推進体制（経営のコミットメントを示すマネジメントシート）

- (1) 組織内の事業推進体制
- (2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与
- (3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ
- (4) マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

4. その他

- (1) 想定されるリスク要因と対処方針

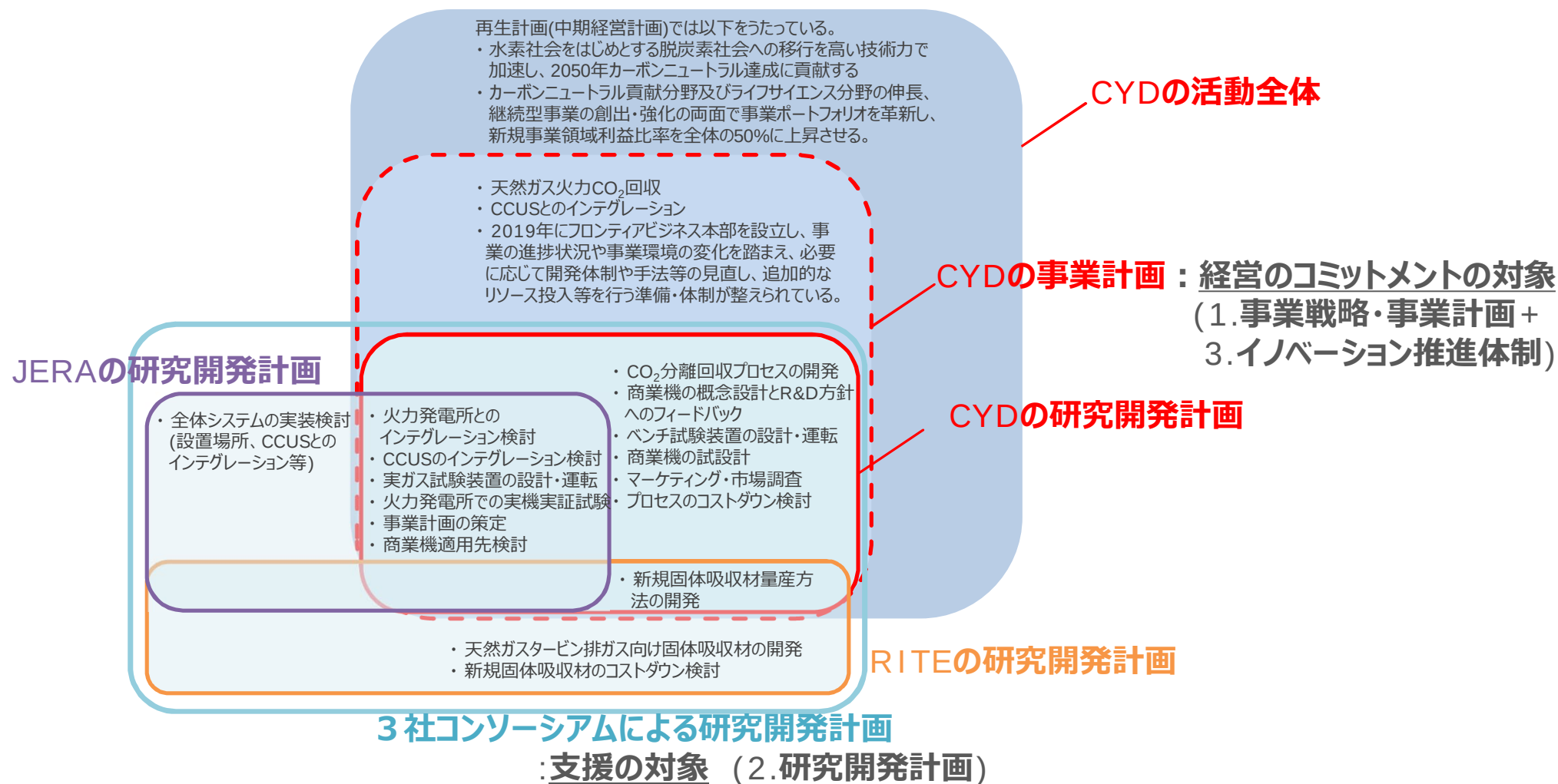
0. コンソーシアム内における各主体の役割分担



本プロジェクトの目的：天然ガスタービン排ガスからの低コストCO₂分離・回収プロセス商用化の実現

CCUS*1) : Carbon Capture Utilization and Storage

(参考) 事業計画・研究開発計画の3社の関係性



1. 事業戦略・事業計画

1. 事業戦略・事業計画／（1）産業構造変化に対する認識

温室効果ガス削減目標等の変化によりCO₂回収産業が急拡大すると予想

カーボンニュートラルを踏まえたマクロトレンド認識

（社会面）

- ・ 気候変動問題の認識の拡がり
- ・ RE100を表明する企業の増加などグリーン電力の需要増
- ・ 石炭火力に加えてLNG火力の低炭素化の必要性

（経済面）

- ・ 世界のグリーンリカバリー／日本のグリーン成長戦略
- ・ 排出権取引・炭素税・税制優遇などの世界的な拡がり
- ・ サステナブルファイナンスやグリーン調達への拡がり

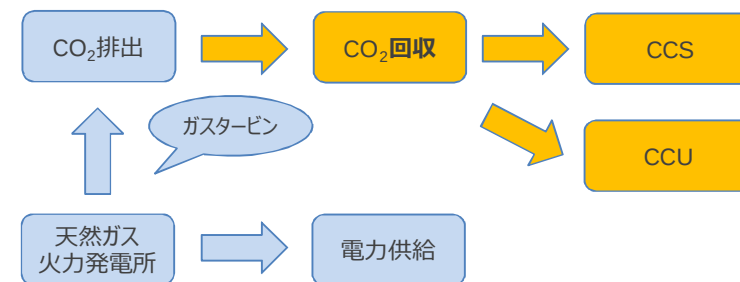
（政策面）

- ・ 菅首相の所信表明演説、カーボンニュートラル@2050年
- ・ COP26／パリ協定に基づくプレッジ&レビューへの対応
- ・ エネルギー基本政策の見直し、温対法の改定
- ・ カーボンリサイクル技術ロードマップの改定

（技術面）

- ・ 天然ガスタービン排ガス向けのCO₂回収に適した技術の開発が必要
- ・ CCUSの進展に伴い、CO₂を安定供給する技術が必要となる。

カーボンニュートラル社会における産業アーキテクチャ

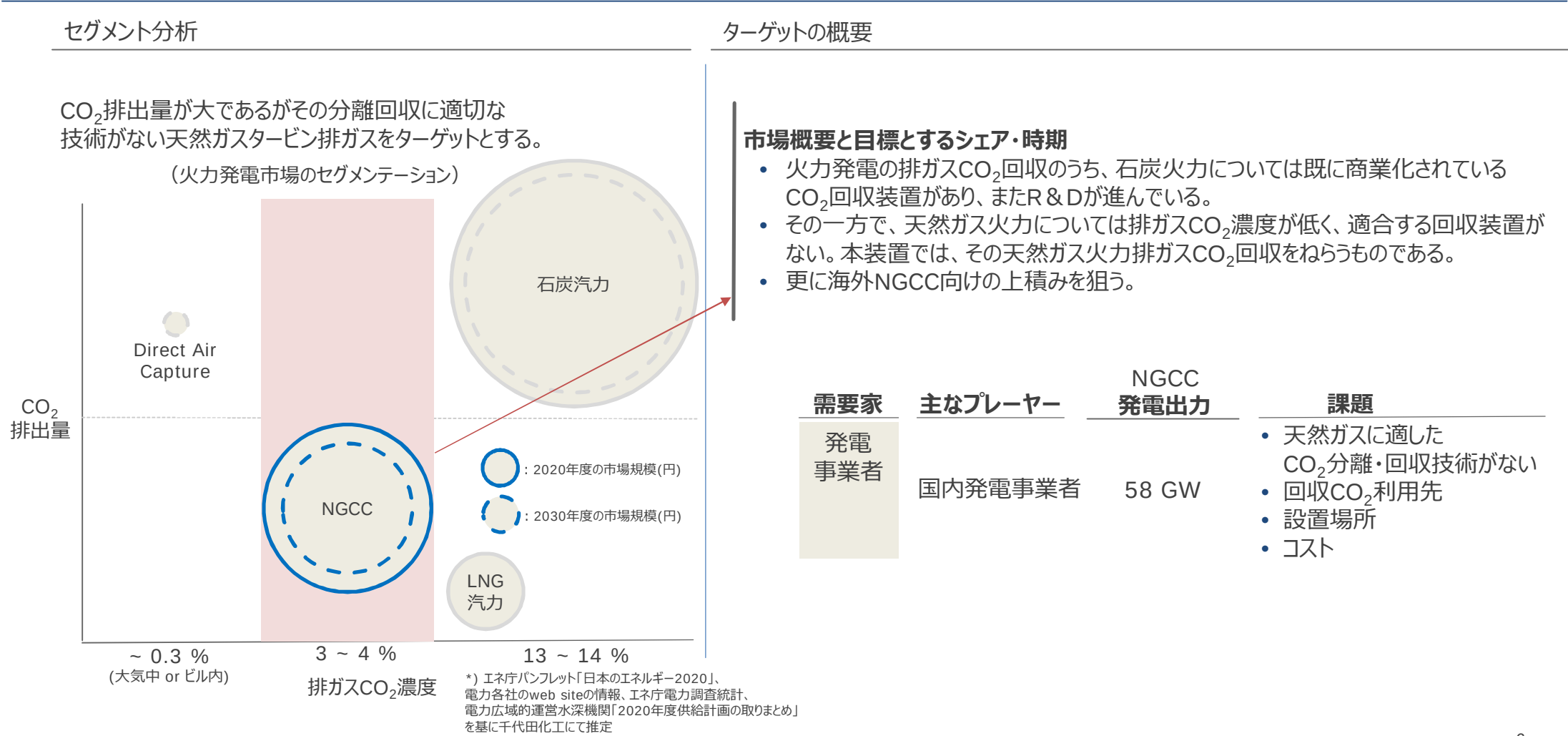


- 市場機会
国内外の天然ガス火力
海外の天然ガス液化プラント
- 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：
CO₂排出を抑えつつ天然ガスを利用することが可能になる。
カーボンリサイクル社会が実現するためのコア技術を実現する。

- 当該変化に対する経営ビジョン：
別途開発中の技術と併せて、水素・CO₂分離回収・利用貯蔵の
チェーンでカーボンリサイクル社会の実現に貢献することを目指す。

1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット（その1）

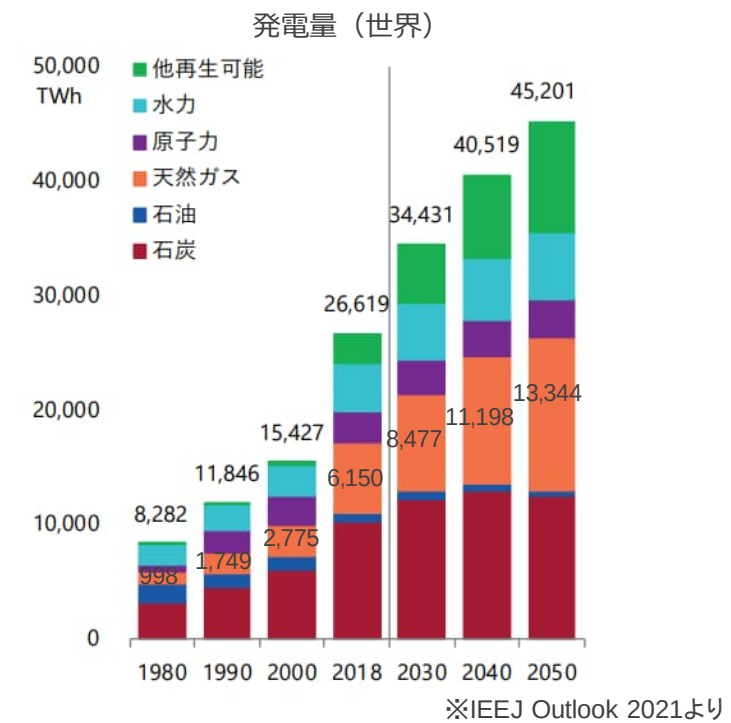
国内天然ガスタービン火力発電排ガスCO₂をターゲットとして想定



1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット（その2）

海外の天然ガスタービン火力排ガスCO₂をターゲットとして想定

セグメント分析



ターゲットの概要

市場概要と目標とするシェア・時期

- 本装置は日本国内に限定せず、海外天然ガス火力においても適用可能である。
- 左記図の天然ガス火力をターゲットとする。
- なお、千代田化工の排煙脱硫装置の納入実績(1990年以降主に発電プラント向)は、日本、米国、カナダ、欧州、インド、中国、韓国等合わせて79基あり。

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

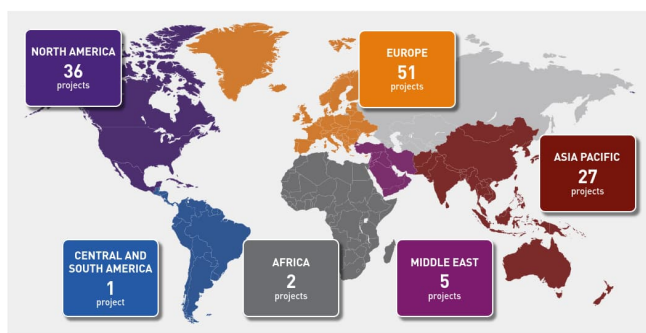
天然ガス火力がCO₂排出規制により座礁資産化することを防止する。

社会・顧客に対する提供価値

天然ガス火力にも厳しいCO₂排出規制が及ぶ時代が到来した際に、低炭素な安定電源を確保し、天然ガス火力発電所が座礁資産化することを防ぎ、安価でクリーンな安定電力を供給する。

世界的にもCCS案件は近年急激に増加傾向にあり、当社は本技術のライセンスを供与することでCCSを検討する顧客に対して価値提供する。

世界には多くのCCUSプロジェクトが顕在化している。本技術の適用を狙う。



出典: Global CCS Institute and IOGP data

ビジネスモデルの概要（製品、サービス、価値提供・収益化の方法）と研究開発計画の関係性

新技術を開発し、天然ガス火力向けに下記にて展開する。

国内向け：EPC(*) + 吸収材の販売

海外向け：ライセンス供与 + 吸収材の販売

EPC(*) : Engineering, Procurement and Construction (プラントの設計・調達・建設工事)

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル（標準化の取組等）

市場導入(事業化)しシェアを獲得するために、ルール形成(標準化等)を検討・実施

標準化を活用した事業化戦略（標準化戦略）の取組方針・考え方

- 当社は、2021年に中期経営計画をアップデートした中、カーボンニュートラル化に関連する事業を含む新規事業領域について2030年断面における全体の当社利益の内、50%程度まで伸長させることを掲げている。
- 上記に向けた一環として、天然ガスタービンの排ガスCO₂をターゲットに本分離回収技術の研究開発を遂行している。

国内外の動向・自社のルール形成(標準化など)の取組状況

（規制動向）

- 炭素税、ΔCO₂のtax incentive、市場での取引などは法律や規制に基づくもので、現時点では国や地域によって異なる。

（CO₂分離回収事業・技術の現状）

- 石炭火力のCO₂回収技術については、商用化されている。それ以外の排ガスCO₂濃度域(DACや、天然ガス火力向け)は、技術開発中である。

（これまでの自社による標準化、知財、規制対応等に関する取組）

- 吸収材開発はRITE、PCCプロセス開発は千代田、発電所とのインテグレーションはJERA、それぞれの知見を活かすことで、吸収材・PCCプロセスの知財及び今後の設備運用に関わるノウハウの蓄積を行う。

本事業期間におけるオープン戦略（標準化等）またはクローズ戦略（知財等）の具体的な取組内容（※推進体制については、3.(1)組織内の事業推進体制に記載）

- 知財のオープン・クローズ戦略については、競合技術の動向を確認しながら、開発した技術毎に3社で協議し決める。
- 欧州委員会での規制議論をCYDにとって不利なものとしないう、欧州にパートナーを作る等の対応を検討する。

1. 事業戦略・事業計画／（４）経営資源・ポジショニング

プロセス開発の知見を活かし、社会・顧客に対して低炭素な天然ガスの利用という価値を提供

自社の強み、弱み（経営資源）

ターゲットに対する提供価値

- 天然ガスの需要先(発電所)のCO₂排出を抑え、天然ガスバリューチェーン全体を低炭素化する。
- それにより厳しいCO₂排出制約の下であっても、同バリューチェーンが座礁資産化することを防ぐ。
- 千代田化工は、①プラントの設計・調達・建設②ライセンス供与③CO₂回収サービス事業の創出 など多様なビジネス形態でその価値を提供する。



自社の強み

- 多様なプロセスのプラントを建設してきた経験から、商業機を試設計し、それをR&DにFeedbackしながらR&Dを進めることが出来る。
- 本技術開発が中止されたとしても、他のCCUSプロジェクトの遂行に向け有意な知見が得られる。
- プロセス開発のための知見を保有
 - プロセス設計
 - スケールアップ技術
 - 要素技術間のシステム構築力

自社の弱み及び対応

- 発電所を所有していないため、既存設備とのインテグレーションを含む実装に向けた具体的な検討が十分に出来ない。
 - 天然ガス火力発電所を保有するJERA殿の参画
- 吸収材について開発ノウハウを持っていない
 - 固体吸収材の開発を実施しており、過去に吸収液を開発に成功してきたRITE殿の参画

競合との比較

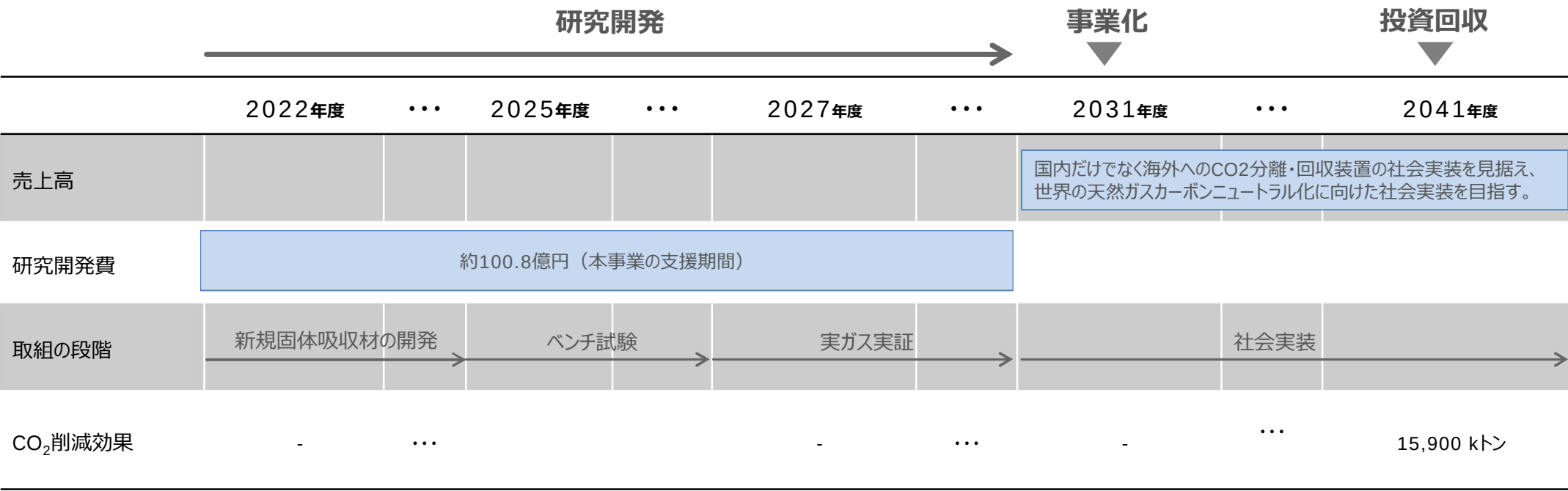
	技術	顧客基盤	サプライチェーン	その他経営資源
自社	- LNGプラントの技術 - 排煙脱硫技術 	LNGプラントのオーナー 	- 日本向けLNG供給等 - 水素供給チェーン 	- CO₂ハンドリングの知見 - 排煙処理の知見 
競合A社	(将来)天然ガス燃焼排ガスCO₂分離回収技術	国内LNG火力発電所	CCUS	- CCU技術(複数、NEDOプロ等でR&D中) - 水素(有機ハイドライド)技術
競合B社	石炭火力向けCO₂回収技術	電力事業者	CCUS, EOR	排煙処理の知見

1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

9年間の研究開発の後、2031年頃の事業化、2041年頃の投資回収を想定

投資計画

- ✓ 本事業終了後も性能に応じて研究開発を継続し、2031年頃の事業化を目指す。
- ✓ 国内外の天然ガス火力市場での販売を図り、2041年頃に投資回収できる見込み。



1. 事業戦略・事業計画／（6）研究開発・設備投資・マーケティング計画

研究開発段階から将来の社会実装（設備投資・マーケティング）を見据えた計画を推進

	研究開発・実証	設備投資	マーケティング
取組方針	- ライセンスビジネスを見据えた特許化を行う。 - JERA/RITE/CYD間の知財の確認と整理を実施し、知財合意書にとりまとめ、R&D中に発生する知財を適切に管理する。 - JERAと組むことにより、火力発電所のニーズに見合う商品開発を行う。	- 商業化に向け、吸収材の大量生産を可能とする製法を確立し、現実的な製造システムを検討する。 - プラントを構成する機器は汎用品とし、グローバルな展開を可能とする。	- 回収したCO₂の行先も考慮したプラントの立地を検討する - CCUSチェーンの拡充に伴いCO₂回収量の能力増強が可能な設計とする。
進捗状況	- 研究開発進捗状況に応じた特許化すべきアイテムを検討中 - JERAと関連情報を共有し、火力発電所とのインテグレーションを検討中。	構成機器のサイズ、仕様について検討中。	将来的な商業規模を見据えたCCUSチェーンの市場検討を外注調査済。
国際競争上の優位性	▼ - 海外の固体吸収材を開発する競合他社は石炭火力をターゲットとしており、天然ガス火力をターゲットとする会社はまだいない。 - 先行する事により優位性の確保を狙う。	▼ - 過去の研究開発によりRITEは吸収材メーカー（複数）との協業経験あり - CYDのプラント建設の経験により、世界の機器メーカーと日常的に業務有り。	▼ 吸収材の開発(RITE)、プロセス開発(CYD)、実装先(JERA)との座組により開発から商業化まで一貫した技術開発が可能。

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

国の支援に加えて、自己負担を予定

	2022年度	...	2031年度以降	
事業全体の資金需要	約100.8 億円			
うち研究開発投資	約100.8 億円			
国費負担※ （委託又は補助）	約86.6 億円			
自己負担	研究開発を通じて、一部自己負担を予定。 本事業期間にて研究開発を完了後、継続的な研究開発投資や営業活動を実施する予定。			

※インセンティブが全額支払われた場合

2. 研究開発計画

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

研究開発項目概要

2030年までの研究開発を3 phaseに分割し、Phase間にステージゲートを設ける。各Phaseの実施期間と主な実施事項は下記の通り

Phase 1 (採択-2024年度Q3)： 商業機概念設計、吸収材の開発(ラボテスト)

Phase 2 (2024年度Q4-2026年度)： ベンチ試験、吸収材製造法検討、CCUSシステムのプレFS

Phase 3 (2027年度-2030年度)： 実ガステスト、吸収材量産検討、CCUSシステムのFS

研究開発項目・事業規模	実施主体	概要	関係
1. 吸収材開発	主担当 RITE 副担当 CYD JERA	天然ガスタービン排ガスに向けた新規固体吸収材の開発 ・新規固体吸収材開発 ・新規固体吸収材の製法確立 ・新規固体吸収材の量産・コストダウン検討	↑ 要求事項フィードバック ↓ 結果を使用 ↑ 要求事項フィードバック ↓ 結果を使用
2. PCC*1)プロセス開発	主担当 CYD 副担当 RITE JERA	天然ガスタービン排ガスに向けたPCC*1)プロセスの開発 ・商用機概念設計 ・ベンチ試験装置建設と運転 ・実ガスにおける吸収材性能・耐性の確認	
3. CCUSを含む全体システム実装検討	主担当 JERA 副担当 CYD RITE	発電所の設備とCO ₂ 分離回収設備のインテグレーション ・CO ₂ 利用/処理方法の調査・概略検討 ・商業機適用先検討 ・事業計画策定	
4. CCUS連携実証	主担当 JERA 副担当 CYD	本研究開発と技術開発済のCO ₂ 処理・利用技術との連携実証 ・CCUS連携技術の選定Utilization試験装置設計・積算 ・CCUS連携実証	

PCC*1) : Post Combustion CO₂ Capture

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

ガスタービン排ガスからのCO₂吸収材を開発するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目		アウトプット目標		
1. 吸収材開発		ガスタービン排ガス（低CO ₂ 濃度、高O ₂ 濃度）において高い飽和吸収量を示し、実用的（寿命,コスト）な新規固体吸収材の開発と工業化		
研究開発内容		KPI	KPI設定の考え方	
1 新規固体吸収材開発		- 飽和吸収量の向上 - 市販アミン（PEI）に対して酸化劣化耐性の向上	- 従来石炭火力用固体吸収材の性能と比較して向上させる - ガスタービン排ガス用として酸化劣化耐性、NO_x耐性の獲得が必要	
2 新規固体吸収材の製法確立		量産用製造方法の確立	工業化に必要な安価で大量に生産できる固体吸収材の製法確立が必要	
3 新規固体吸収材の量産・コストダウン検討		吸収材生産をスケールアップし、コストダウンを目指す	CO₂分離・回収コストにおける吸収材の入替えコストの寄与	

● Phase 1、● Phase 2、● Phase 3

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1 新規固体吸収材 開発	・ 飽和吸収量の向上 ・ 市販アミン (PEI) に対して酸化劣化耐性	石炭火力 排ガスでパイ ロットレベル (TRL4)	材料改良方 針の策定・ラ ボテスト (TRL 5)	ガスタービン排ガス中CO ₂ 濃度で高吸収性能 と高酸化劣化耐性を有するアミン探索	(60%)
2 新規固体吸収材 製法の確立	・ 量産用製造方法 確立	石炭火力 排ガスでパイ ロットレベル (TRL4)	ベンチ試験 による検証 完了 (TRL 5-6)	・ アミンの担体への新規担持技術確立 ・ 新規固体吸収材の安定製造方法の確立 ・ 開発アミンが新規物質の場合	(80%)

● Phase 1、● Phase 2、● Phase 3

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

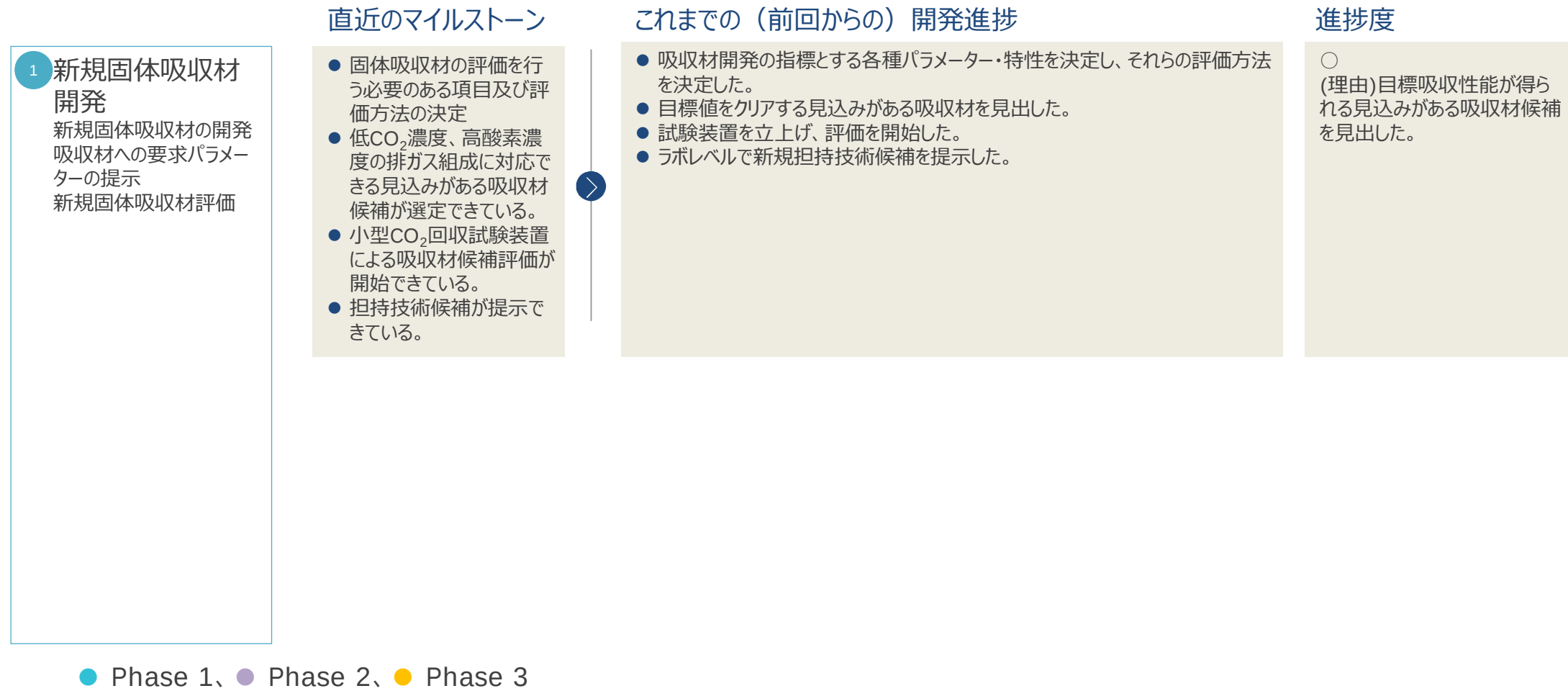
各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
3 新規固体吸収材 の量産・コストダウン 検討	吸収材生産を スケールアップ	石炭火力 排ガス向けに 対して100m ³ 規模合成 (TRL5)	実ガス試験 による実証 完了 (TRL 7)	吸収材製造 (アミン、担体、担持処理) に 係る量産サプライチェーン体制構築の検討 (生産能力確保、品質保証体制等)	(50%)

● Phase 1、● Phase 2、● Phase 3

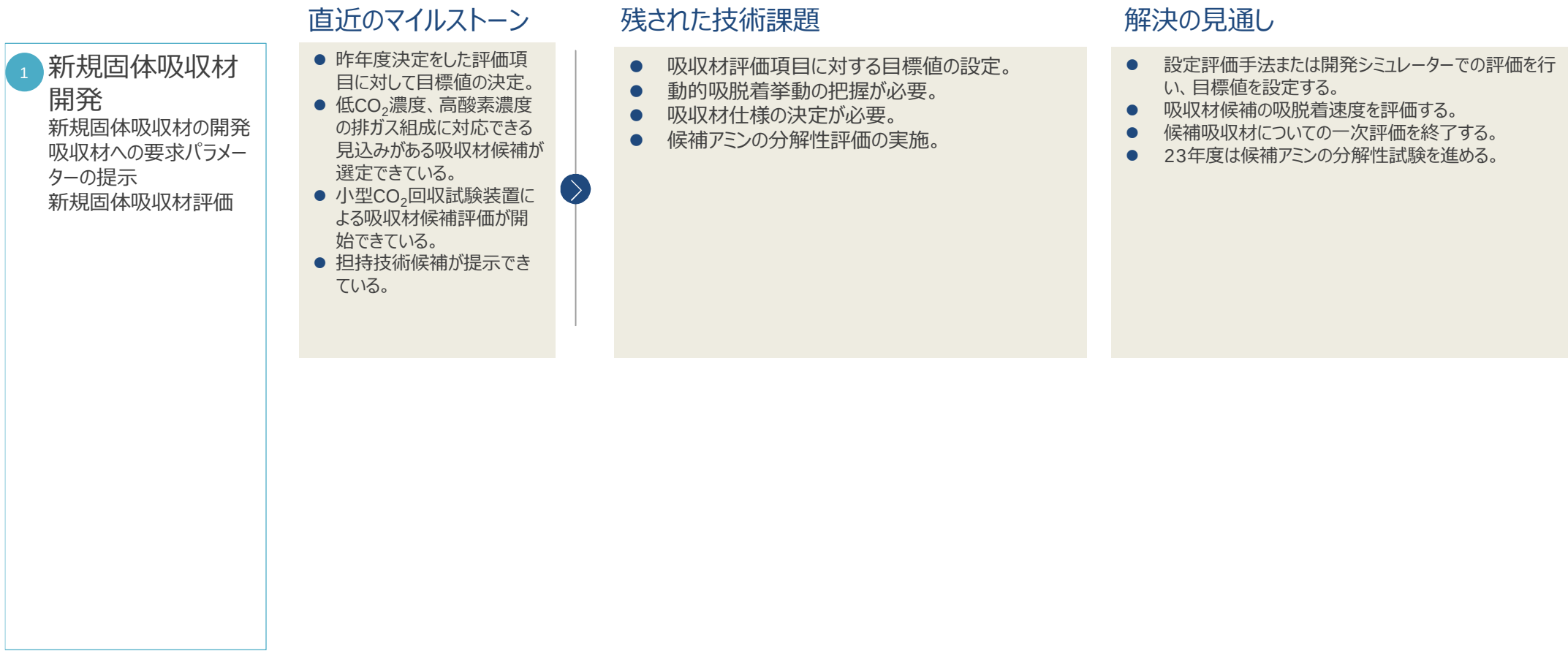
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度



2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し



● Phase 1、● Phase 2、● Phase 3

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

CO₂分離・回収コスト2,000 円台/tCO₂を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目	アウトプット目標		
2. PCCプロセス開発	火力発電所におけるガスタービン排ガスからのCO ₂ 分離・回収において、固体吸収材の性能を引き出すプロセスの開発を行い、CO ₂ 分離・回収コスト2,000 円台/tCO ₂ を達成		
研究開発内容	KPI	KPI設定の考え方	
1 商用機概念設計	概念設計にてCO ₂ 回収単価 2,000 円台/tCO ₂ を達成できる最適な吸収材/反応器設計	-	
2 ベンチ試験装置建設と運転	反応器の材料選定基準の確立	解体研究を行うことで材料の腐食などの確認を行う	
3 実ガスにおける吸収材性能・耐性の確認	- 商用機にて分離回収コスト2,000 円台/tCO₂が達成できることを確認 - 長期運転の達成 - 材料選定基準の確立	酸素濃度が高いため、吸収材にはシビアコンディションだが、吸収材長寿化のOPEXに対するインパクトは大きい ため、目標とする寿命が達成できることを確認する。	

● Phase 1、● Phase 2、● Phase 3

2. 研究開発計画／（２）研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1 商用機概念設計	概念設計にてCO ₂ 回収単価 2,000 円台/tCO ₂ を達成できる	アミン吸収液法により 70-100 USD/tCO ₂ (TRL7)	机上検討の 精度アップ、 目標達成の 道筋明確化 (TRL4)	反応器開発 吸収材入替頻度低減検討	(40%)
2 ベンチ試験装置 建設と運転	分離・回収エネ ルギーの確認 CO ₂ 回収率の確認	アミン吸収液法 により3.3-4.0 GJ/tCO ₂ (TRL7) アミン吸収液法 により90%以 上 (TRL7)	ベンチ試験 による実証 完了 (TRL5-6)	再生時の蒸気吹込み量と真空度を変化 できるベンチ装置を建設し上記シミュレ ーションパラメーターをアップデート。実機にて 最適化することでKPI達成の確認。	(70%)
9 実ガスパイロット 装置の建設と運転	- 商用機にて分離回 収コスト2,000 円 台 /tCO₂を達成 可能なことの確認 - 長期運転実績	アミン吸収液 法により70- 100 USD/tCO₂ (TRL7)	実ガス試験 にて検証 完了 (TRL7)	実ガス試験装置(数十tCO ₂ /d規模)を建設 し、長期運転実績を作る	(70%)

● Phase 1、● Phase 2、● Phase 3

2. 研究開発計画／（２）研究開発内容（これまでの取組）

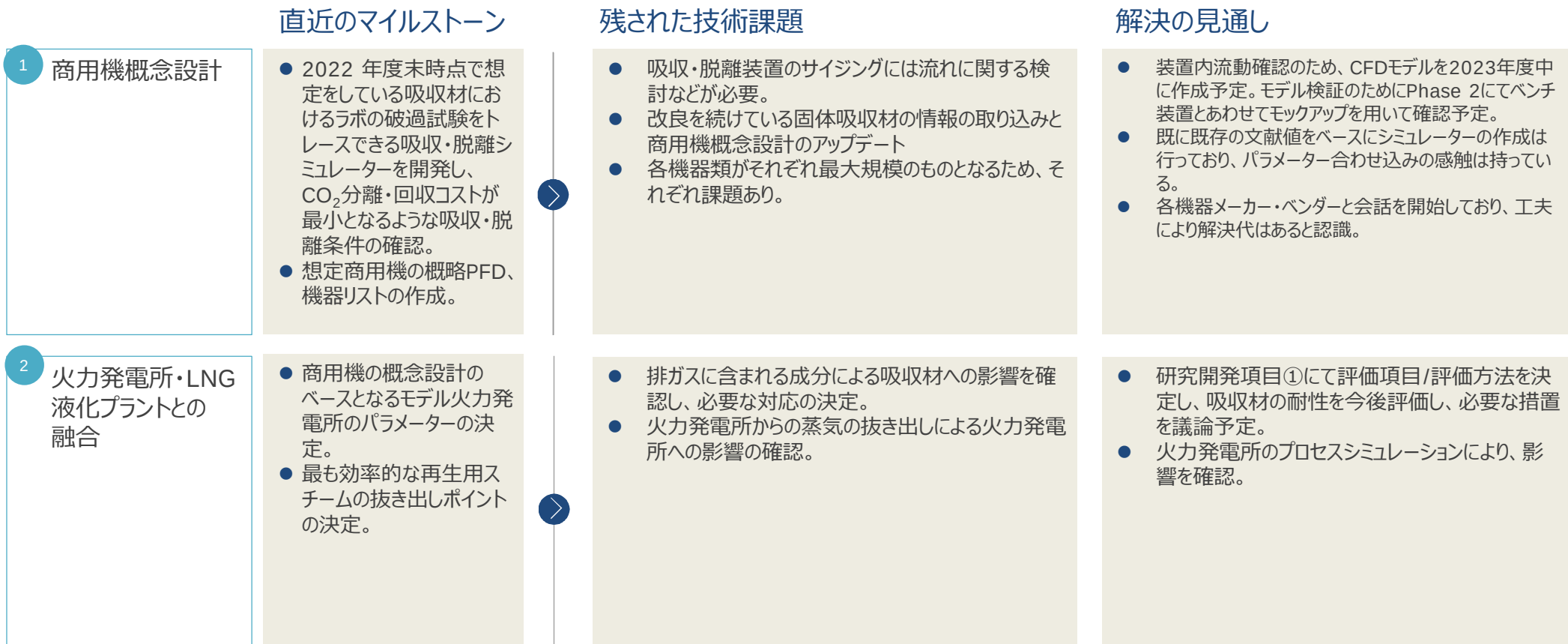
各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

	直近のマイルストーン	これまでの（前回からの）開発進捗	進捗度
1 商用機概念設計	● 2022 年度末時点で想定をしている吸収材におけるラボの破過試験をトレースできる吸収・脱離シミュレーターを開発し、CO₂分離・回収コストが最小となるような吸収・脱離条件の確認。 ● 想定商用機の概略PFD、機器リストの作成。	● 公開文献をベースに既存のRITE吸収材の破過試験を概ねトレースできるシミュレーターをRITEのアドバイスを受けて開発を行い、現在取得できているデータの範囲では概ねデータと一致をするシミュレーターの開発ができた。それをを用い、吸収材の等温吸着線、その他の物性を想定し、CO₂分離・回収コストが最小となるように最適なプロセス条件を確認した。 ● 火力発電所の排ガス情報を活用し、CYDは上記プロセス条件を基にPCCプロセス全体のプロセスシミュレーターを開発した。それをを用い、上記最適なプロセス条件でのPCCプロセスの概略PFD、概略物質・エネルギー収支表、概略機器リストの作成を行った。	○ (理由) 現時点で想定している吸収材において、最適なプロセス条件を確認し、それを基に概略PFD、機器リスト作成を行った。
2 火力発電所・LNG液化プラントとの融合	● 商用機の概念設計のベースとなる火力発電所のパラメーターの決定。 ● 最も効率的な再生用スチームの抜き出しポイントの決定。	● JERA管内火力発電所における運転パターン及び排ガスの組成、温度、圧力、流量条件などのコンバインドサイクルで想定される運転条件の確認。 ● 現時点で想定される再生用スチーム消費量及び品質を共有し、スチームの抜き出しポイントについて検討を継続している。	○ (理由) PCC側、火力発電所側との情報共有が十分にできており、パラメーター確定前に議論を既に開始している。吸収材の情報をアップデート後、速やかに検討を開始する下地ができている。

● Phase 1、● Phase 2、● Phase 3

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し



● Phase 1、● Phase 2、● Phase 3

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

事業計画策定という目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目		アウトプット目標	
3. CCUSを含む全体システムの実装検討		分離・回収をしたCO ₂ 利用/処理方法も含め、2031年度から実現可能な事業計画の策定	
研究開発内容		KPI	KPI設定の考え方
1 CO ₂ 利用/処理方法の調査・概略検討		CO₂利用・処理方法のショートリスト作成	当技術で回収したCO ₂ の利用／処理方法のpro/conや当技術との適合性の整理を行う。
2 商業機適用先検討		- システム導入イメージ・経済性プレ検討報告書の作成 - 実ガス試験装置仕様・設置場所の決定	回収したCO ₂ の利用/処理を加味した上で商業装置適用先を絞り込む。商業化を見据えて実ガス試験装置の仕様や設置場所を決定する。
3 事業計画策定		- 事業化計画報告書の作成 - 導入可能な火力発電所の選定	導入可能な火力発電所を選定し、設備導入による既設への影響などの確認を含めて検討を行う

● Phase 1、● Phase 2、● Phase 3

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

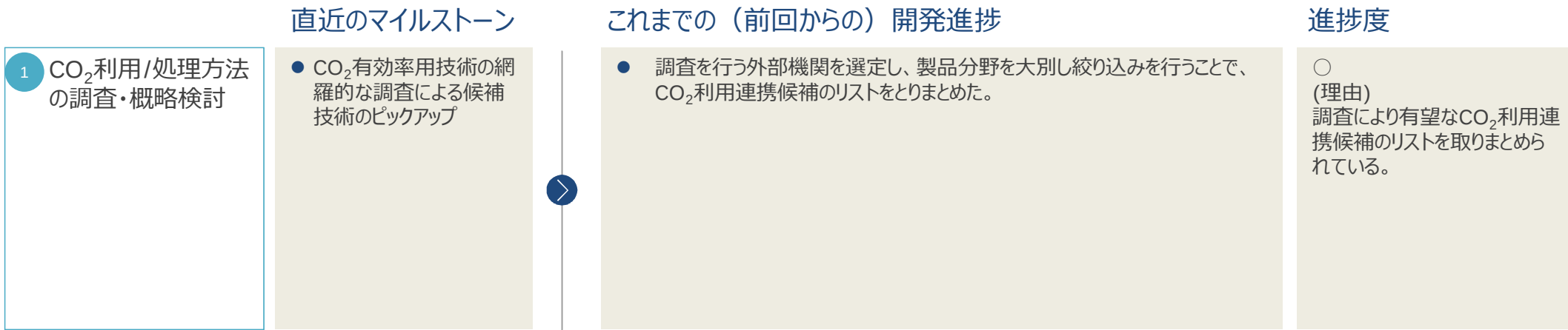
各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1 CO ₂ 利用/処理方法 の調査・概略検討	CO₂利用・処理方法のショートリスト作成	CCUSロングリスト作成済	方法の絞り込みと初期検討完了 （上記によりPCCシステムTRL4に寄与）	CCUSロングリストに対して、設置性、CO₂後段との親和性などの観点からスクリーニング	(90%)
2 商業機適用先検討	- システム導入イメージ・経済性プレ検討報告書の作成 - 実ガス試験装置仕様・設置場所の決定	簡易推算による導入イメージ作成済	より詳細な検討を完了 （上記によりPCCシステムTRL5-6に寄与）	上記ショートリストに対してシステム導入のPre-Feasibility Studyの実施	(90%)
3 事業計画策定	- 事業化計画報告書の作成 - 導入可能な火力発電所の選定	簡易推算による事業計画作成済	より詳細な検討を完了 （上記によりPCCシステムTRL7-8に寄与）	上記商業機適用先検討に対してFeasibility Studyの実施	(90%)

● Phase 1、● Phase 2、● Phase 3

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取組）

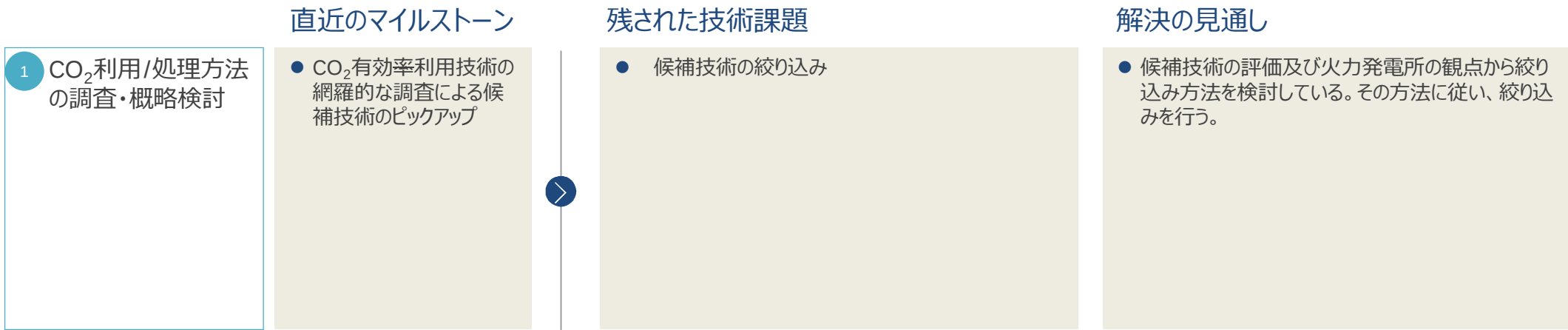
各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度



● Phase 1、● Phase 2、● Phase 3

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し



● Phase 1、● Phase 2、● Phase 3

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

CCUS連携実証という目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目		アウトプット目標	
4. CCUS連携実証		CO ₂ チェーンでの分離・回収からCCUSまでの全体システムの実証	
研究開発内容		KPI	KPI設定の考え方
1 CCUS連携技術の選定 Utilization試験装置 設計・積算 2 CCUS連携実証		CCUS連携技術先の選定	実証時の技術成熟度・社会要請を勘案し、 本事業に妥当な連携先の選定を行う
		• PCCプロセスにて回収を数tCO₂/day以上 用いた連携実証を行う • 長期運転時間の達成	CO ₂ チェーン全体システムの実証を行う

● Phase 1、● Phase 2、● Phase 3

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)	
1	CCUS連携技術の 選定 Utilization試験 装置設計・積算	CCUS連携技術 先の選定	CCUS技術の 簡易推算によ る導入イメージ 作成	より詳細な検討を 完了 (上記によりPCC システムTRL5-6 に寄与)	- CCUS技術の成熟度やポテンシャルを評価 し、連携先を選定 - 要求CO₂スペックの確認 - 発電所・PCCプロセス・Utilizationプロセス 間での熱・用役インテグレーション検討	(90%)
2	CCUS連携実証	- 事業化計画報告 書の作成 - 導入可能な火力 発電所の選定	簡易推算によ る事業計画 作成済	より詳細な検討 を完了 (上記により PCCシステム TRL7-8に寄 与)	実証試験による評価	(90%)

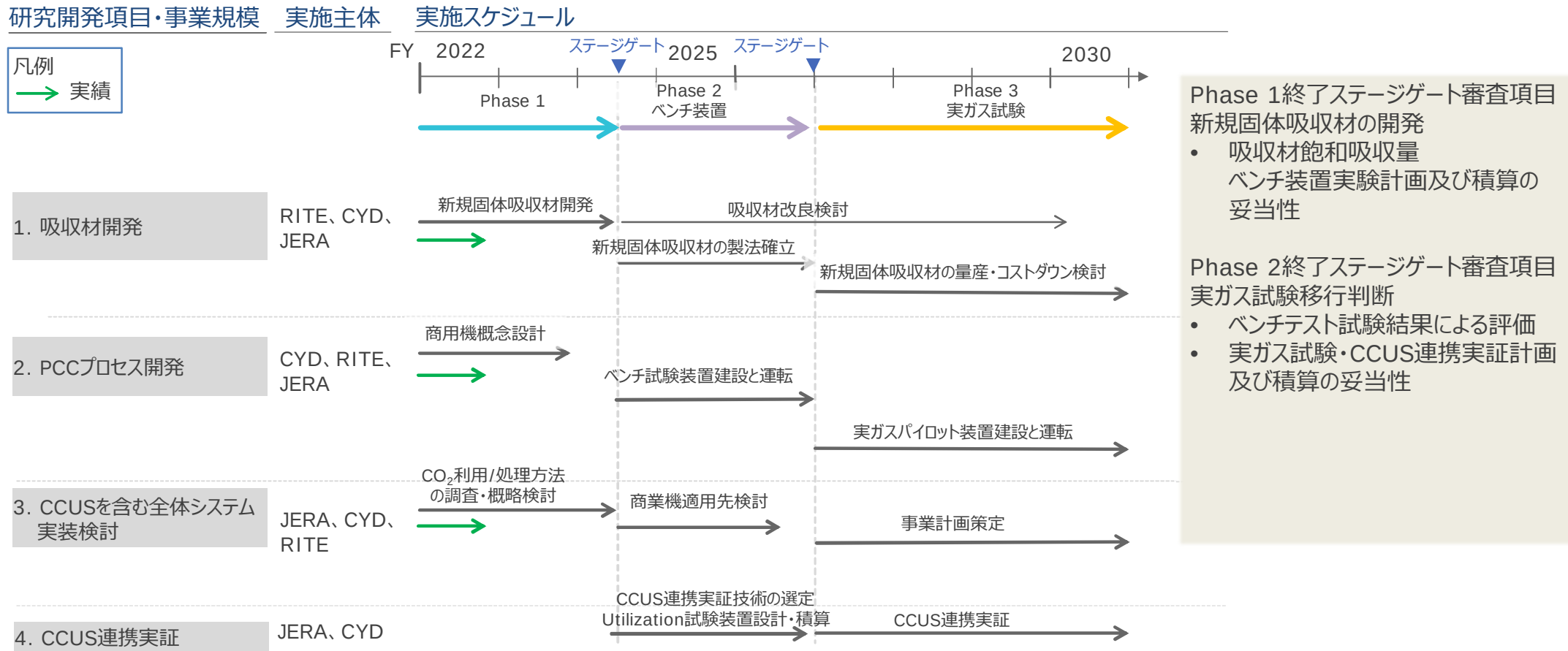
● Phase 1、● Phase 2、● Phase 3

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

複数の研究開発項目を効率的に連携させるためのスケジュールを計画

次Phaseに進む前にステージゲートを行う。

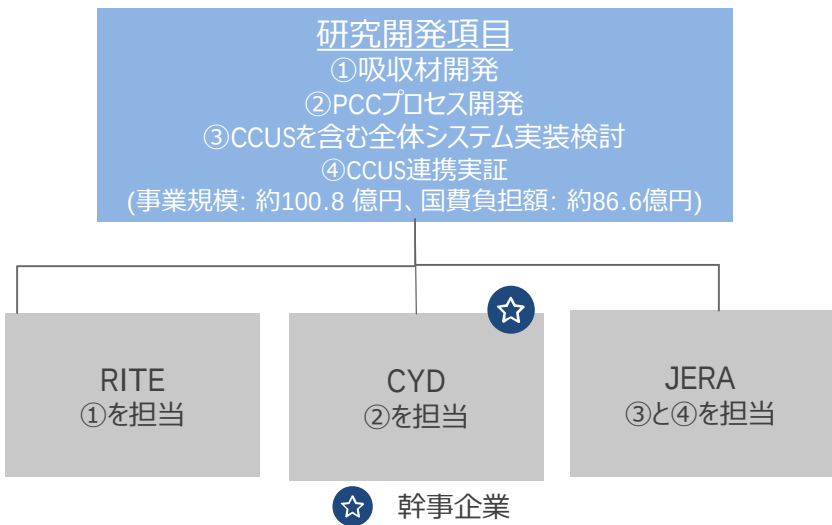
Phase 2 の予算はPhase1で、Phase3の予算はPhase2で精査し、ステージゲートにて計画内容と予算の承認を受ける。



2. 研究開発計画／（４）研究開発体制

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図



各主体の役割と連携方法

各主体の役割

① 吸収材開発(主担当: R)
新規固体吸収材の開発、製法確立、ベンチ装置試験、吸収材の量産・コストダウン検討

② PCCプロセス開発(主担当: C)
商用機概念設計
ベンチ試験装置建設と運転
実ガスパイロット装置建設と運転

③ CCUSを含む全体システム実装検討
(主担当: J)
CO₂利用/処理方法の調査・概略検討
商業機適用先検討
事業計画策定

④ CCUS連携実証(主担当: J)
CCUS連携実証技術の選定
Utilization試験装置設計・積算
CCUS連携実証

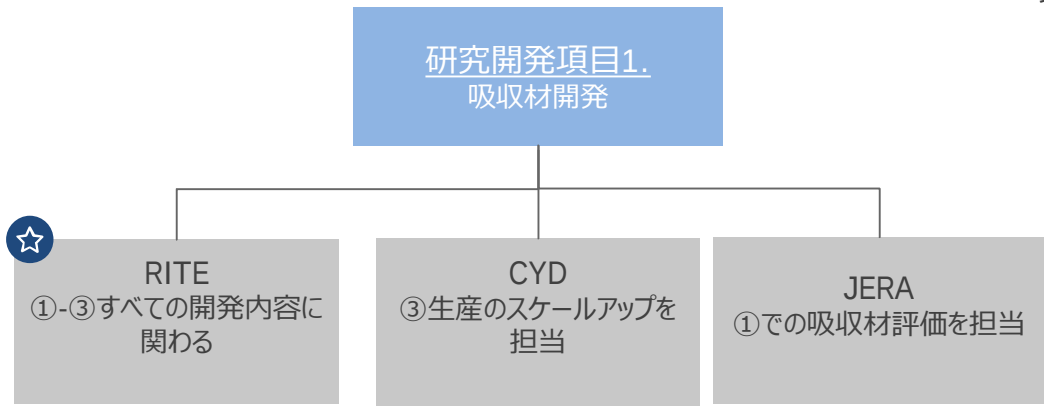
連携方法

- ・ マネジメントレベルでのステアリングコミッティーを開催
- ・ ワーキングレベルでの定期的な連絡会
- ・ 知財運営委員会の設置と運営

2. 研究開発計画／（４）研究開発体制

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図



☆ 主担当

● Phase 1、● Phase 2、● Phase 3

各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- 研究開発項目 1 全体の取りまとめは、RITEが行う

- 1 新規固体吸収材開発
- 2 新規固体吸収材の製法確立
- 3 新規固体吸収材の量産・コストダウン検討

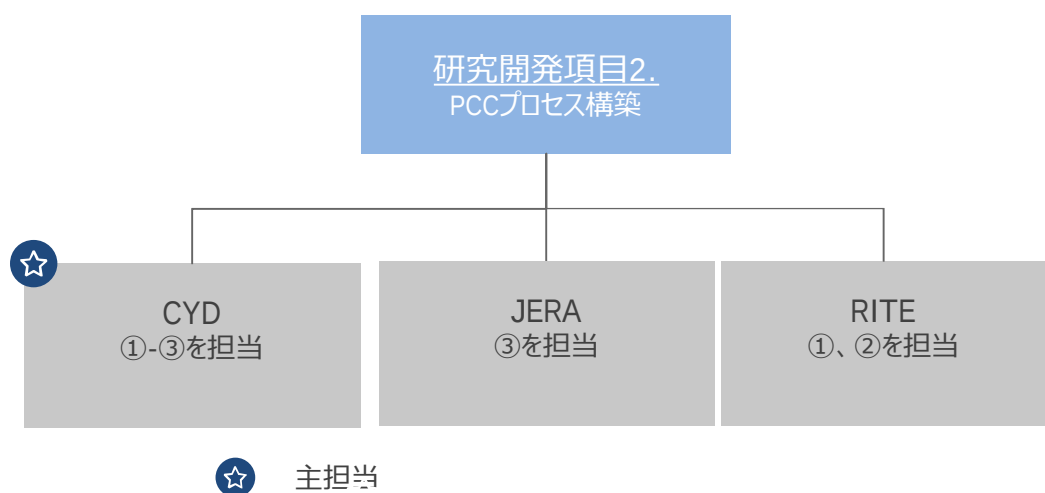
研究開発における連携方法

- 成果物の権利については知財合意書を締結し、管理を行う
- 定例打ち合わせの実施

2. 研究開発計画／（4）研究開発体制

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図



研究開発における連携方法

成果物の権利については知財合意書を締結し、管理を行う
定例打ち合わせの実施

● Phase 1、● Phase 2、● Phase 3

各主体の役割と連携方法

各主体の役割

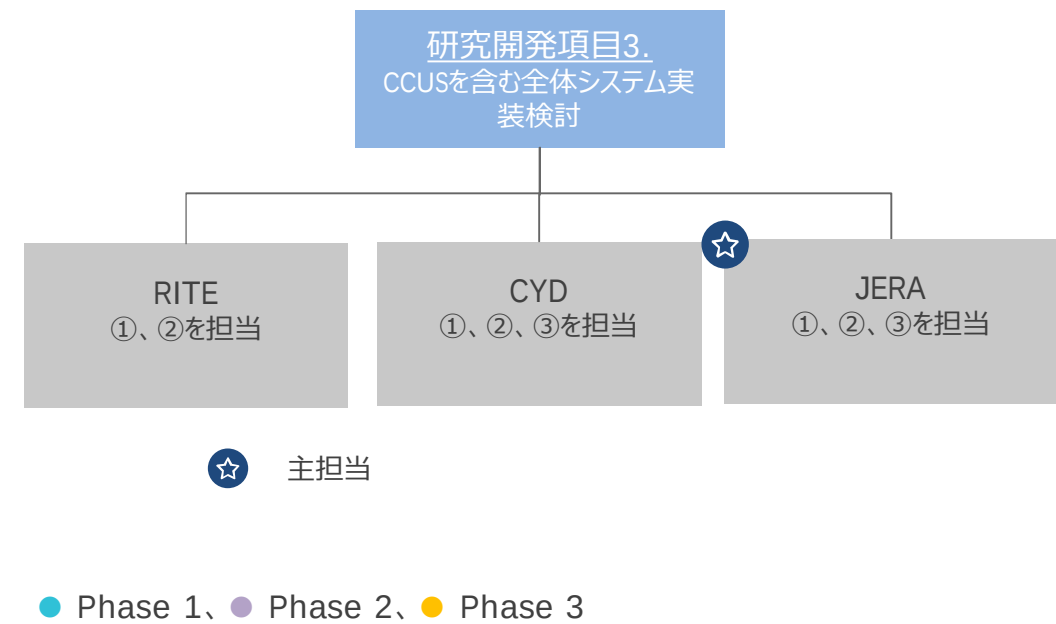
- 研究開発項目2全体の取りまとめは、CYDが行う
- 具体的な各主体の役割は下記の通り

- 1 商用機概念設計
- 2 ベンチ試験装置の建設と運転
- 3 実ガスパイロット装置の建設と運転

2. 研究開発計画／（４）研究開発体制

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図



各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- 研究開発項目3全体の取りまとめは、JERAが行う
- 具体的な各主体の役割は下記の通り

1 CO₂利用/処理方法の調査・概略検討

2 商業機適用先検討

3 事業計画策定

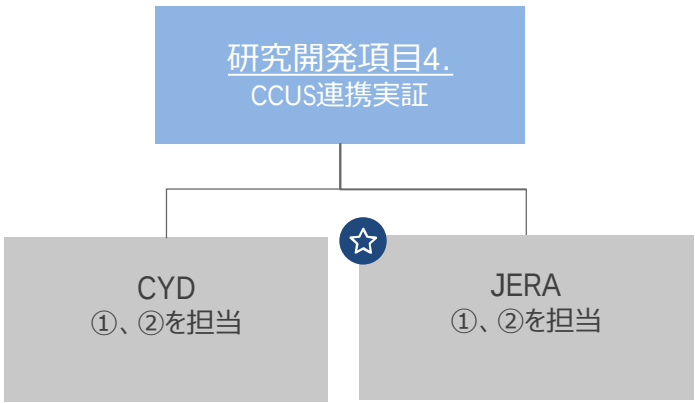
研究開発における連携方法

- 成果物の権利については知財合意書を締結し、管理を行う
- 定例打ち合わせの実施

2. 研究開発計画／（４）研究開発体制

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図



☆ 主担当

● Phase 1、● Phase 2、● Phase 3

各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- 研究開発項目4全体の取りまとめは、JERAが行う
- 具体的な各主体の役割は下記の通り

1 CCUS連携実証技術の
選定
Utilization試験装置
設計・積算

2 CCUS連携実証

研究開発における連携方法

- 成果物の権利については知財合意書を締結し、管理を行う
- 定例打ち合わせの実施

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
1. 吸収材開発	1 新規固体吸収材開発	• 過去のCO ₂ 分離回収技術開発（吸収液、固体吸収材、分離膜）に関する知見（RITE）	→ • 化学吸収法では一部実用化の実績あり、固体吸収材では石炭火力向けのCO ₂ 濃度でラボおよびベンチスケール試験の実績あり
	2 新規固体吸収材製法の確立	• 過去のCO ₂ 分離回収技術開発（吸収液、固体吸収材、分離膜）に関する知見（RITE）	→ • GTCC向け（低CO ₂ 濃度、高酸素濃度条件）には高耐久性材料の開発が必要
	3 新規固体吸収材の量産・コストダウン検討	• これまでの固体吸収材の量産化技術開発に関する知見（RITE）	→ • これまでに100m ³ 規模での量産化技術を構築済みであり、知見を活用可能 → • 担体の製造規模拡大が課題（海外メーカー含め検討中）

● Phase 1、● Phase 2、● Phase 3

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
2. PCCプロセス構築	1 商業機概念設計	- 過去のプロセス・反応器開発経験（CYD） - スケールアップエンジニアリング（CYD） - 発電所の排煙脱硫・排水処理の経験（CYD） - LNGプラントの設計・建設実績が多数（CYD）	→ - アミン吸収液法に対してエネルギー消費量を小さくすることが可能なため、有利 → - 固体吸収材開発をしているベンチャー企業に対して、プロセス開発～商業機設計・建設経験とも豊富のため商業機を意識した研究開発が可能
	2 ベンチ試験装置の建設と運転	- 触媒開発及びプロセス開発経験（CYD） - プロセスシミュレーション・流動解析などの高度シミュレーション経験（CYD）	→ ベンチプラントを用いた研究開発の経験が豊富
	3 実ガスパイロット装置の建設と運転	- 過去のプロセス・反応器開発の経験（CYD） - 触媒開発及びプロセス開発の経験（CYD） - プロセスシミュレーション・流動解析などの高度シミュレーションの経験（CYD）	→ ベンチプラントを用いた研究開発の経験が豊富

● Phase 1、● Phase 2、● Phase 3

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
3. CCUSを含む全体システム実装検討	1 CO ₂ 利用/ 処理方法の 調査・概略検討	• CYDが開発をしているパラキシレン、炭酸塩、CO₂電解などのCCU技術（CYD） • 豊富な火力発電設備から、CCUSに適応した適地の検討（JERA） • RITEが開発中のメタノール合成、FT合成、炭酸塩固定、CO₂圧入などのCCUS技術に関する知見（RITE）	→ 世界有数の ・ 発電事業者（JERA） ・ プラントエンジニアリング会社（CYD） ・ 研究開発機関（RITE） によるバランスの良いコンソーシアム
	2 商業機適用先検討	• 自身のCCU技術の開発経験（CYD） • 過去のFEED、EPC経験（CYD） • 国内最大の火力発電設備の保有（JERA）	
	3 事業化計画策定	• 研究開発内容2と同じ	

● Phase 1、● Phase 2、● Phase 3

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
4. CCUS連携実証	1 CCUS連携実証技術の選定	• CYDが開発をしているパラキシレン、炭酸塩、CO₂電解などのCCU技術（CYD） • 豊富な火力発電設備から、CCUSに適応した適地の検討（JERA）	• CCUSに関する知見が豊富であるとともに、プロセス開発～商業機設計・建設経験とも豊富のため商業機を意識した研究開発が可能
	2 CCUS連携実証	• 自身のCCU技術の開発経験（CYD） • 過去のFEED、EPC経験（CYD） • 火力発電所を利用した実機実証経験（JERA）	

● Phase 1、● Phase 2、● Phase 3

3. イノベーション推進体制

(経営のコミットメントを示すマネジメントシート)

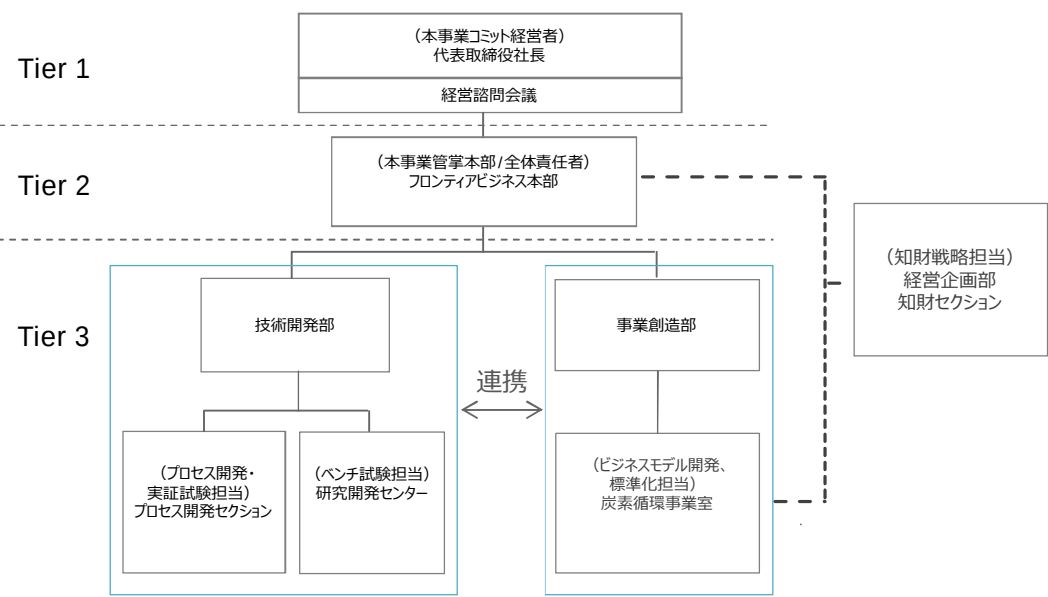
3. イノベーション推進体制／（1）組織内の事業推進体制

経営者のコミットメントの下、専門部署にチームを設置

応募にあたっての当社経営のコミットメント

経営者のコミットメントの下、専門部署にチームを設置

組織内体制図



組織内の役割分担

研究開発責任者と担当部署

- 本事業管掌本部/全体責任者
 - フロンティアビジネス本部 本部長
 - 本事業の進捗、KPI達成モニタリング、経営者へのレポーティング等を担当
- 担当チーム
 - 技術開発部プロセス開発セクション：CO2回収プロセス開発を担当
 - 事業創造部：本事業ビジネスモデル開発及びマーケティングを担当

部門間の連携方法

- 関連部内は全体進捗共有に係るミーティングの設営に加え、課題別にミーティングを設営しての連携を行う。
- 関連部-本部間はミーティングを設営しての連携を行う。
- 本部及び経営層間は本事業を含む定例報告会にて連携し、必要に応じ経営諮問会議での報告等を行う。

3. イノベーション推進体制／(2)マネジメントチェック項目①経営者等の事業への関与

応募にあたっての当社経営のコミットメント

経営者等による「天然ガス燃焼排ガスからの低コストCO2分離・回収プロセス商用化の実現」事業への関与の方針

(1) 経営者等による具体的な施策・活動方針

- 経営者のリーダーシップ
 - 中期経営計画を2021年にアップデートした中、カーボンニュートラル化に関連する事業を含む新規事業領域について2030年断面における全体の当社利益の内、50%程度まで伸長させることを掲げており、これに関連して当社代表取締役社長がリーダーシップを持って本事業を推進する。https://www.chiyodacorp.com/ir/20210507-1_J.pdf
 - 本事業が採択されたことで、本年5月13日にプレスリリースを実施、当社事業計画として公表し、これ以降、当社経営が本事業に係る経営戦略上の重要性を踏まえ、新聞/業界紙等の各種インタビューを受ける形で社内外ステークホルダーに対して発信を行っている。また、本事業による成果を点として取り扱わず、カーボンニュートラル化に向けたバリューチェーン構築の中で重要なポートフォリオとなることを同時に発信する。
 - IR資料(2022年度第1四半期決算概要に本事業の概要を記載済)・統合報告書(CO2分離回収として記載済)に記載し、ステークホルダーに対して当事業の重要性を発信した。
 - 上述の推進・開示・発信に当たり、当社経営はガバナンスイノベーションやイノベーションマネジメントシステムを十分に担保し、柔軟な組織改編や産学連携を推奨していく。
- 事業のモニタリング・管理
 - 当社経営層が定期的に本事業の進捗を把握する為、モニタリング会議と、定例経営諮問会議への適宜報告等を行う体制を構築済み。
 - 当社経営者からの事業の進め方・内容に係るタイムリーな指示の授受等は、上記の隔月モニタリング会議を活用する。また、本事業のKPIの達成に向けての重要な指摘等は、本事業も対象とした当社経営サイクルに沿った半年毎のマネジメント・レビュー会議で協議・確認する
 - 事業進捗を判断するにあたっての幅広い意見の取り込みにあたり、上述のモニタリング会議では、本事業の担当本部（フロンティアビジネス本部）に加え、他本部の各本部長も出席することで、活発な意見交換を行う。

- また、取締役会に定期報告を行う。取締役会で得た社内外取締役のコメントを検討し、マネジメントレビュー会議で協議・確認する。
- 本事業は異なる事業領域に跨る複数社での共同事業となる。当該複数社間によりステアリング・コミティーを開催し、各々の立場からの客観的なコメントの授受を行い、方針決定や資源配分等の意思決定における利害調整を行う。
- ワーキングレベルでは定期的な会議を開催し、また知財運営委員会を開催し、調整を行う。
- 事業化に向けたKPI、及び、諸条件は、本事業における応募書類（本書）での記載内容を前提とするが、当社中期経営計画の中で燃料アンモニアは重点分野に指定されており、本事業の進捗及び市場動向により、必要に応じた体制強化や事業化推進を加速する。

(2) 経営者等の評価への反映

- 先述の通り、本事業は当社中期経営計画における重点対応分野の一つに含まれていること、また本事業の採択後には当社経営者は本事業の推進をステークホルダーに対してコミットすることになることから、そのコミットメント達成如何は、当社中期経営計画の進捗に対する評価、及び、当社経営への評価にも直結する。

(3) 事業の継続性確保の取組

- 本事業は2030年断面及びそれ以降を見据えた当社長期成長戦略に位置付けられること、また、本事業採択後には本事業の推進をステークホルダーにコミットすることから、当社経営者が交代する場合においても、その位置づけと経営者等への評価への反映されることは、不変であり、本事業は継続される。また、本事業における成果取得に至るまでの研究開発やビジネス開発の過程は、当社社員・組織の知見の獲得と伝承に繋がることから、本事業終了後の更なる改善・展開拡大や別分野へのシナジー・横展開を見据え、当社の次世代リーダーとなる中堅・若手も本事業体制のサプリーダークラスに積極的に登用する。

3. イノベーション推進体制／（3）マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ

応募にあたっての当社経営のコミットメント

経営戦略の中核において「天然ガス燃焼排ガスからの低コストCO2分離・回収プロセス商用化の実現」事業を位置づけ、企業価値向上とステークホルダーとの対話を推進

（１）取締役会等での議論

- カーボンニュートラルに向けた全社戦略
 - 当社再生計画（中計）においては、カーボンニュートラル化に向けた対応・取組みを軸とする新規事業領域を2030年以降の当社全体の利益の50%前後まで伸長させることを掲げている。カーボンニュートラル化における別途の重点開発分野としているCCUS展開とも有機的に連携させ、上述の中期経営計画を実現する。
- 経営戦略への位置づけ、事業戦略・事業計画の決議・変更
 - 当社は1948年の設立来、「技術による社会への奉仕」を企業スローガンとし、「エネルギーと環境の調和」という経営理念の下、国内外のプロジェクトに関わり、各年代におけるエネルギー・トランジションと環境問題に真摯に向き合いながら技術革新を続けてきた歴史を有している。上記の中期経営計画、これに基づく事業戦略・事業計画、及び、同戦略・計画の中に位置づけられる本事業は、夫々、経営諮問会議と取締役会での決議がなされている。従い、その変更についても同様の決議を必要とする。
[（https://www.chiyodacorp.com/jp/csr/message/message.html）](https://www.chiyodacorp.com/jp/csr/message/message.html)
 - 本事業の進捗状況等については、経営とのモニタリング会議とマネジメント・レビュー会議で定期的にモニタリング・監督されており、その場での議論を通じ更なる体制強化等の適宜見直しが行われる。
- 決議事項と研究開発計画の関係
 - 上記で決議された本事業は、当社中期経営計画実行上の重点分野として位置づけられており、同計画に基づく会社全体の研究開発計画の中でも優先度が高く位置付けられている。

（２）ステークホルダーとの対話、情報開示

- 中長期的な企業価値向上に関する情報開示
 - 本事業が採択された事により、IR資料(2022年度第1四半期決算概要に本事業の概要を記載済)・統合報告書(CO2分離回収として記載済)に、本事業計画の内容を明示的に位置付けており、その後においても事業上のステージゲートを通じた時点など、適時の情報開示を行う。
[（https://www.chiyodacorp.com/jp/csr/environment/business-activities.html）](https://www.chiyodacorp.com/jp/csr/environment/business-activities.html)
 - 上述の通り、本事業が採択された場合には研究開発計画の概要をプレスリリース等により对外公表する。
 - 2022年度第1四半期決算概要、統合報告書に本事業の概要を記載し、情報公開を実施している。
- 企業価値向上とステークホルダーとの対話
 - 本事業は、当社中期経営計画の重点分野に位置付けられ、同計画の進捗、及びに、経営への評価に直結するものとなる為、本事業については上述の情報開示等を通じて株主や金融機関等のステークホルダーに加え、取引先やサプライヤー等に対しても適宜説明を行っている。
 - NEDO-NSTDA 3rd Webinar等の学会・国際会議での本事業の紹介・ステークホルダーとの会話を通じて、情報発信を行っている。
 - また、本事業の成功時における効果（社会的価値等）に関し、本事業は事業領域が異なる複数社での共同事業となる観点から、参画各社各々の立ち位置から国民生活のメリットに重点を置いて、各社共同もしくは個社にて幅広くアピールを行う。

3. イノベーション推進体制／（４）マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

応募にあたっての当社経営のコミットメント

機動的に経営資源を投入し、社会実装、企業価値向上に繋ぐ組織体制を整備

（１）経営資源の投入方針

- 機動的な経営資源投入、実施体制の柔軟性の確保
 - カーボンニュートラル化に向けた対応・取組みを軸とする新規事業領域を2030年以降の当社全体の利益の50%程度にまで伸長させる為、2019年に本事業を担当するフロンティアビジネス本部を設立した経緯があり、当該本部が経営から一定の権限委譲を受けて、事業の進捗状況や事業環境の変化を踏まえた開発体制や手法等の必要且つタイムリーな見直しや、追加的なリソース投入等を行う準備・体制を整えている。また前述の「取締役会での決議」において、本事業は重点分野と位置付けられることで、本事業を担当するフロンティアビジネス本部を超えた他本部間の連携・リソースシフトが必要となった際は経営層との定期的な協議の中で臨機応変に対応できる体制を構築している。統合報告書には、CO2分離回収として記載済。
 - 本事業の推進にあたっては事業の成功が最大のプライオリティとなる為、社内や部門内の経営資源に拘らず、目標達成に必要であれば本事業における共同参画企業等を含め、躊躇なく外部資源を活用する用意がある。
 - 日本のCCS事業法、米国のインフレ抑制法、欧州のREPower EU等低炭素化を推進する制度ができた。日本のCCS事業法の議論も進捗しており、本事業の成果がまたれていると認識している。本事業参画企業の座組における強みはプロセス/商業設備の開発者（当社）に加え、製品の需要者と製造者が含まれることであり、本事業の過程におけるプロトタイプに対するフィードバック等を参画企業内でやり取りすることが可能であり、これを踏まえてもし想定外の内容があった場合には迅速に方針を見直すことは十分に可能である。
 - 当社が机上検討した結果をJERAに情報共有し、フィードバックを得て、内容の見直しをアジャイルに行っている。
- 全社事業ポートフォリオにおける本事業への人材・設備・資金の投入方針
 - 本事業実施にあたっての投入予定人材についてはイノベーション推進体制 / (1)組織内の事業推進体制「組織内体制図」及び「組織内の役割分担」を参照願う。
 - 総事業費節減の観点から、既存の設備・土地の活用を念頭におく。Phase1においては、吸収材の開発とプロセスの机上検討を行う。Phase2では、当社研究所にベンチプラントを建設し、小規模・模擬ガスのデータを取得する。Phase3では、JERA火力発電所にパイロットプラントを建設し、大規模・実ガスのデータを取得する。

- 当社はCCUSを含むCO₂のチェーン構築を最終目標としており、本事業の成果に加えて、本事業以外の部分も積極的に事業開発を実施する意向である。これに伴う具体的な経営資源の投入は、本事業の進捗と併せ、今後の市場動向に関する検討により決定される。
- 短期的な経営指標に左右されずに資源の投入を継続するかの観点についてはイノベーション推進体制 / (2) マネジメントチェック項目 ①経営者等の事業への関与 (3) 事業の継続性確保の取組に記述している通り、当社中期経営計画における本事業の位置付けにより、短期的な目線によらず、必要に応じての資源が投入されることが確認できる。

（２）専門部署の設置と人材育成

- 専門部署の設置
 - 左記 (1) 経営資源の投入方針に記述の通り、機動的な意思決定を可能とする組織構造・権限設定を行っている。
 - 本書にて記述の通り、事業環境の変化に伴う産業アーキテクチャや自社のビジネスモデルについては、本事業の座組における共同実施企業及びに当社内連携における経営層/社外取締役との協議、また適時のステークホルダー等への情報開示により、不断に検証する体制を構築している。
- 若手人材の育成
 - 本書3.イノベーション推進体制 / (2) マネジメントチェック項目 ①経営者等の事業への関与 (3) 事業の継続性確保の取組に記述の通り、将来のエネルギー・産業構造転換を見据え、当該分野を中長期的に担う若手人材に対して育成機会を提供し、企業価値向上につなげている。
 - 研究機構であるRITEと共同研究を行っている。

4. その他

4. その他

(1) 想定されるリスク要因と対処方針

研究開発（技術）におけるリスクと対応

- CO₂分離回収性能が想定より向上しないリスク
 - ユーザーの視点を踏まえながら社会実装可能な新規固体吸収材の開発を実施する
- 発電所とのインテグによるユニットへの影響
 - プラント全体のヒートバランス等を事前に検討することで、既設発電所への影響を十分評価し、ユーティリティは最大限に利用する
- 安全・環境法令を遵守した試験を実施する
 - 災害・環境規定を満たすように、社内規定に則り対策を講じる

社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- CO₂回収後のサプライチェーンの構築が進まないことによるリスク
 - CCUS動向調査を実施し、本実証においてCCU技術まで含めた一連のビジネス検討を行う
- 収益性が確保できないリスク
 - 事業予見性を高めるための制度措置

その他（自然災害等）のリスクと対応

- 台風 地震により設備不具合の発生リスク
 - 実証試験にて保護装置・安全停止等の動作確認を実施



● 事業中止の判断基準：

- CO₂回収コストが目標に達しないことが確実となった場合
- 社会情勢の変化を含めて、事業性がないと判断された場合