

CCSバリューチェーンコスト

2022年10月31日

RITE

1. CCSバリューチェーンコストの事例（Questプロジェクトの紹介）

- ① はじめに（Questプロジェクトを紹介する理由）
- ② Questプロジェクトの事業収支
- ③ Questプロジェクトのライフサイクル費用（計画及び操業段階）

2. CCSバリューチェーンコストの試算例（RITEによる試算例の紹介）

- ① CCSのライフサイクル費用
- ② 輸送と貯留の集積化によるメリット
- ③ コスト低減の見込み（輸送（大規模化）、貯留（圧入レート向上））

1. CCSバリューチェーンコストの事例（Questプロジェクトの紹介）

- ① はじめに（Questプロジェクトを紹介する理由）
- ② Questプロジェクトの事業収支
- ③ Questプロジェクトのライフサイクル費用（計画及び操業段階）

2. CCSバリューチェーンコストの試算例（RITEによる試算例の紹介）

- ① CCSのライフサイクル費用
- ② 輸送と貯留の集積化によるメリット
- ③ コスト低減の見込み（輸送（大規模化）、貯留（圧入レート向上））

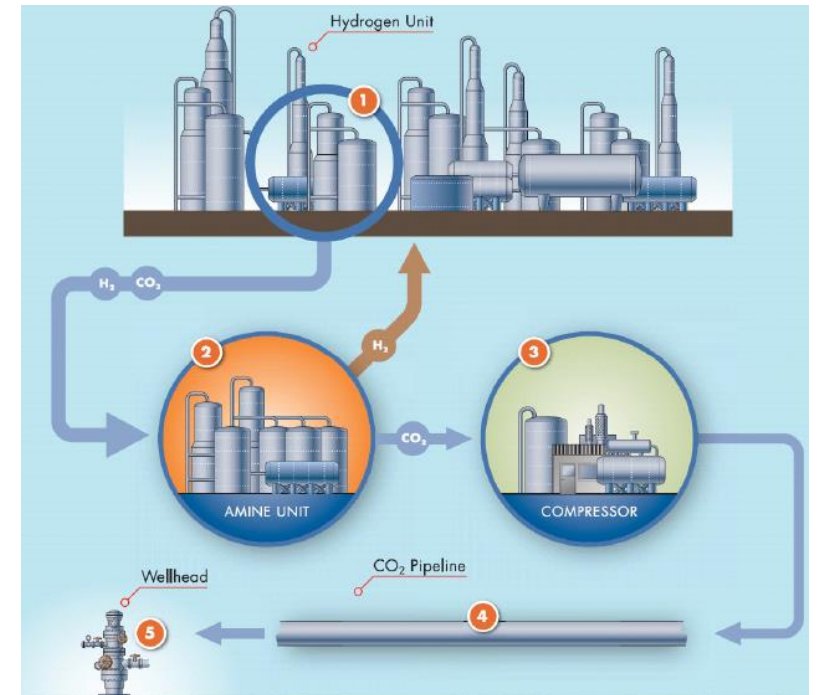
はじめに（Questプロジェクトを紹介する理由）

- 本資料はCCSバリューチェーン全体での現状コストの把握と将来コスト目標の議論の参考のための資料である。
- CCSバリューチェーン全体コストについて、まずは、操業中のCCSプロジェクトのコストの規模感を把握するため、カナダ アルバータ州で操業中のQuestプロジェクトの事業収支を紹介する。
- 操業中の多くのCCSプロジェクトはEOR目的であるが、Questプロジェクトは、水素製造からのCO₂回収、輸送（65km）、帯水層貯留のケースである。日本国内におけるCCSも帯水層貯留が主流になると想定されるため、事業環境等の諸条件に違いがあり、日本のプロジェクトに適用するのであれば更なる調査が必要であるとの前提の下、参考になるケースである。
- また、Questプロジェクトは毎年事業収支が報告されており、FEED、建設費、操業費、補助金、クレジット、CCSコスト等の詳細情報が入手可能。
- 事業収支報告に合わせ、FEED、建設、操業（10年）での費用の紹介となる。

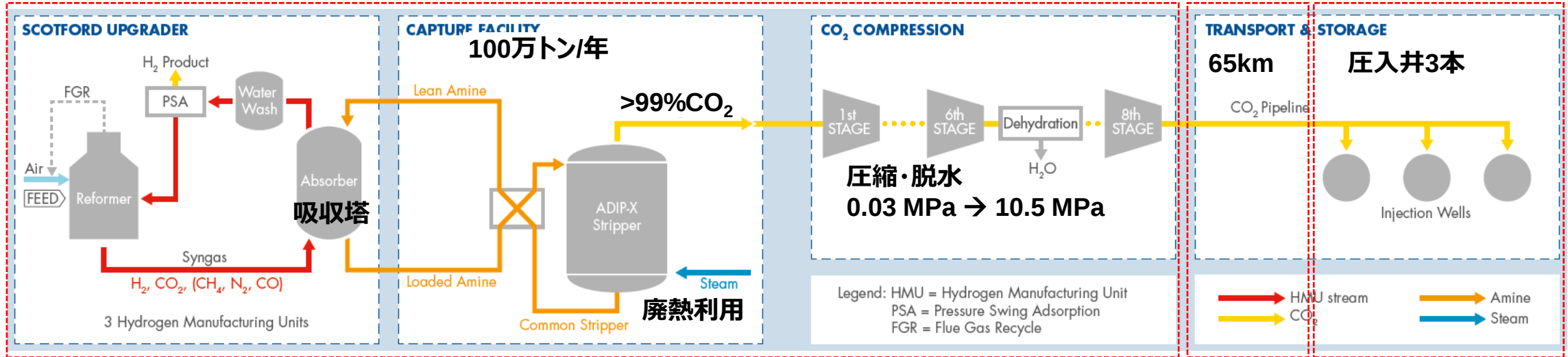
加アルバータ州 - Questプロジェクト（概要）

- Questプロジェクトは、温暖化対策として、今後、普及拡大が予想される帯水層貯留のプロジェクトである。
- 稼働中のプロジェクトの中では唯一、毎年レポートによって事業収支が公表されており、FEED、建設費、運用費、補助金、クレジット等の事業コストに関する情報の把握が可能。
- 主な支援として、連邦政府はC\$1.2億を供与。アルバータ州政府は建設費と10年間の操業費に対して計C\$7.45億を供与する予定の他、最大10年間は正味の貯留量 に対して2倍のクレジットが付与される予定。これらの公的補助の総計は投資額を上回らない取り決めとなっている。

サイト	カナダ・アルバータ州
事業主体	Canadian Natural Upgrading Limited (60%) , Chevron Canada Oil Sands Partnership (20%) , 1745844 Alberta Limited (20%)
コスト	C\$13億5,000万
資金調達	連邦政府：C\$1億2,000万 州政府：C\$7億4,500万、C\$630万、CO2の正味の貯留量に対しクレジットを付与。 当初10年間についてはクレジット付与を2倍とする特例
排出源	オイルサンド改質による合成原油製造用の水素製造プラント（水蒸気メタン改質）から108万トン/年のCO2を回収。
回収	燃焼前回収（Shellのアミン吸収液）、108万トン/年（回収率80%）※水素製造ユニットの廃熱を利用。
輸送	65kmのパイプライン
貯留	3本の圧入井により深度2,300mの帯水層に貯留（陸域）
状況	2015年10月に運転開始。25年間の運転予定等。



(参考) 加アルバータ州 - Questプロジェクト (概要)



- 回収：3つの水素製造ユニットからCO₂を回収し、圧縮、昇圧を経てパイプラインへ供給
- 輸送：パイプライン65km
- 貯留：圧入井3本（30～40万トン/年/本）

Questプロジェクトの事業収支

- **FEED費用**：アルバータ州イノベーション基金（C\$6.3百万）
- **CAPEX支援**：アルバータ州の補助金（C\$4.47億）、カナダ連邦政府の補助金（C\$1.2億（FIDへの補助））が支払われた。
- **OPEX支援**：アルバータ州の補助金（C\$2.98億）が分割され10年間に亘り支払われる予定（なお、2022年以降のOPEX支援の値は、ANNUAL SUMMARY REPORT（2022年7月改訂） Project Revenuesにある2022年～2026年の予測値（計C\$40百万）からRITEにて推定）。この他、貯留量に応じて、オフセットクレジット（正味の貯留量に対する2倍相当）が付与される予定。
- Questプロジェクトの総コストはC\$13.5億と見積もられており、この内、約60%（C\$7.9億）は、直接補助金で支援される見込み。さらにオフセットクレジットも加え、収支均衡（プロジェクトが一定の採算性を確保した状態（“Net Revenue Position”）となった場合）となれば支援は終了するが、その後もクレジット収入は引き続き得ることができ、2026年以降のCO2クレジットの価格次第ではあるが、民間事業主体は投資リターンを得られる仕組みとなっている。
- CO2オフセットクレジットの価格は、2016年：C\$20/tCO2、2017年～2020年：C\$30/tCO2、2021年：C\$40/tCO2、2022年以降はANNUAL SUMMARY REPORT（2022年7月改訂） Project Revenuesにある2022年～2026年の予測値（計C\$229百万）からRITEにて推定した。

単位：百万C\$	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
FEED	-28	-57	-54														
設備投資費			-20	-167	-339	-227	-37										
運用費								-34	-33	-26	-29	-32	-57	-44	-44	-44	-44
Alberta Innovates Grant	3	2	1														
NRCan Funding				108			12										
GoA Funding				130	115	53	149	29	30	31	30	27	29	10	10	10	10
CO2オフセットクレジット								3	32	69	62	74	56	57	57	57	57
正味のCO2圧入量（MtCO2/年）							0.3	0.9	0.9	0.8	0.9	0.7	0.8				
累計収入	3	5	6	244	359	412	573	606	668	768	860	961	1046	1113	1180	1247	1315
累計支出	-28	-85	-159	-326	-665	-892	-929	-963	-996	-1022	-1051	-1083	-1139	-1183	-1227	-1271	-1315
累積収入-累積支出	-25	-80	-153	-81	-305	-480	-356	-357	-327	-254	-191	-122	-94	-70	-47	-23	0
CCSコスト（Avoided）C\$/tCO2								107.1	106.7	108.1	102.9	128.8	145.3	⇒平均 116			
CCSコスト（Captured）C\$/tCO2								84.1	84.1	83.7	81.4	100.8	113.4	⇒平均 91			

Questプロジェクト（事業収支）

アルバータ州イノベーション基金：

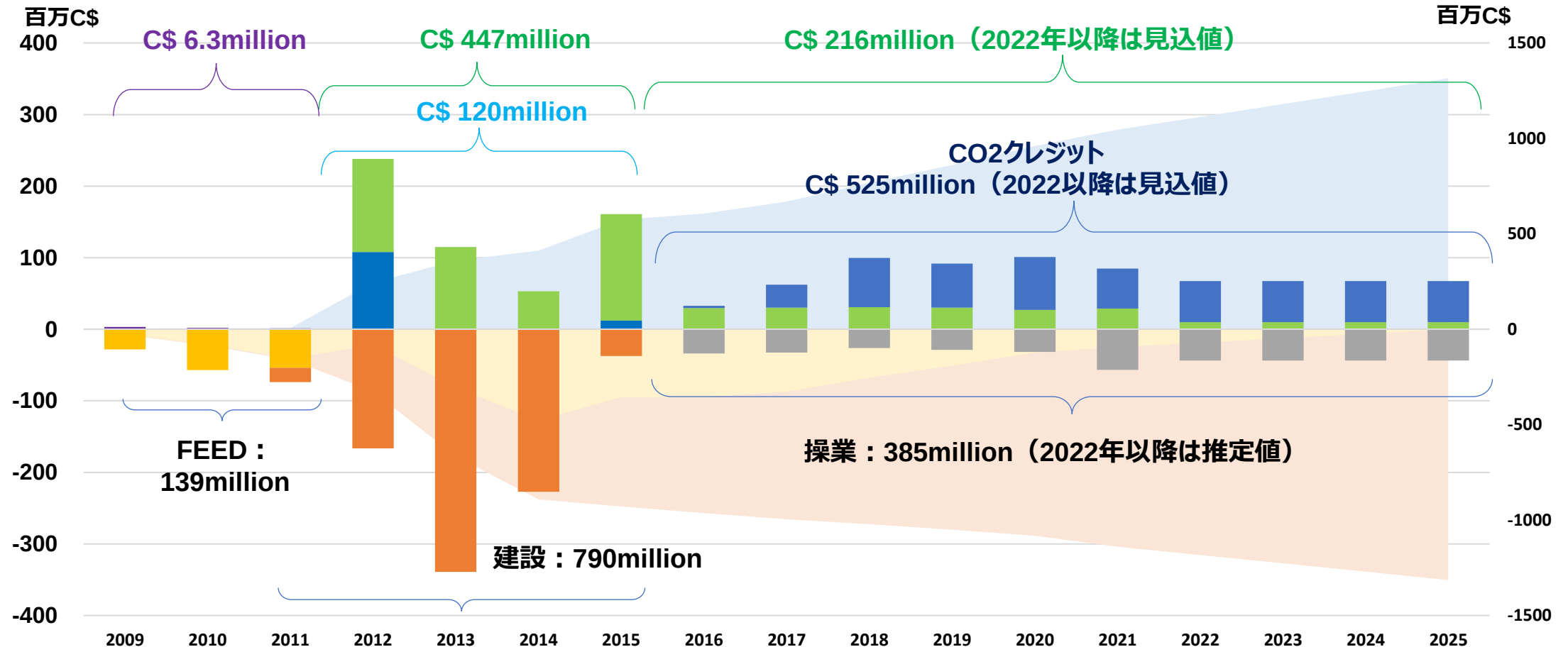
- ・ 2009~2011年のFEEDに C\$6.6 millionの計画

アルバータ州CCSファンド：

- ・ 2025年までに総額C\$745 millionの計画
- ・ 建設中 C\$ 447million（60%）
- ・ 圧入中 C\$ 298million（40%）

カナダ連邦政府ファンド：

- C\$120 million
- 2012年 C\$108 million（90%）
- 2015年 C\$ 12 million（10%）※設備完成時



■ 累計収入 ■ 累計支出 ■ 累積収入-累積支出 ■ FEED ■ 設備投資費 ■ 運用費 ■ Alberta Innovates Grant ■ NRCAN Funding ■ GoA Funding ■ CO2クレジット

出典：Quest Carbon Capture and Storage Project ANNUAL SUMMARY REPORT - ALBERTA DEPARTMENT OF ENERGY: 2021（March 2022 revised July 2022）よりRITE作成

Questプロジェクトのライフサイクル費用（計画及び操業段階）

- Questプロジェクトのライフサイクル（計画段階及び操業段階）の総費用を示す。
- FEED等で約C\$1.4億、建設で約C\$7.9億、10年間の操業でC\$3.85億、総計C\$13.15億となっている。
- P7の表にあるとおり、2016年～2021年のCCSコスト（Avoided）の平均値は116C\$/tCO₂である。またCCSコスト（Captured）の平均値は91C\$/tCO₂である。

単位：百万C\$円

	計画	活動			合計
区分	FEED（3年） 2009～2011	建設（5年） 2011～2015	操業（10年） 2015～2025		
			2015-2021実 績	2022-2025 RITE推定	
JV全体及び関連作業	19.5	184.7			204.2
分離回収	52.7	437.4	179.6	150.2	819.9
輸送	4.0	127.5	1.5	1.2	134.2
貯留	63.2	40.3	28.8	24.1	156.4
合計（百万C\$）	139.4	789.9	209.9	175.5	1,314.7

CCSコスト（Avoided）：CCSを行うことにより、発生するCO₂量の影響を考慮して算出した値
 計算式＝CCSコスト／（CO₂圧入量－CCSを行うことにより発生したCO₂量）

CCSコスト（Captured）：CCSコストを圧入したCO₂量で割った値
 計算式＝CCSコスト／CO₂圧入量

1. CCSバリューチェーンコストの事例（Questプロジェクトの紹介）

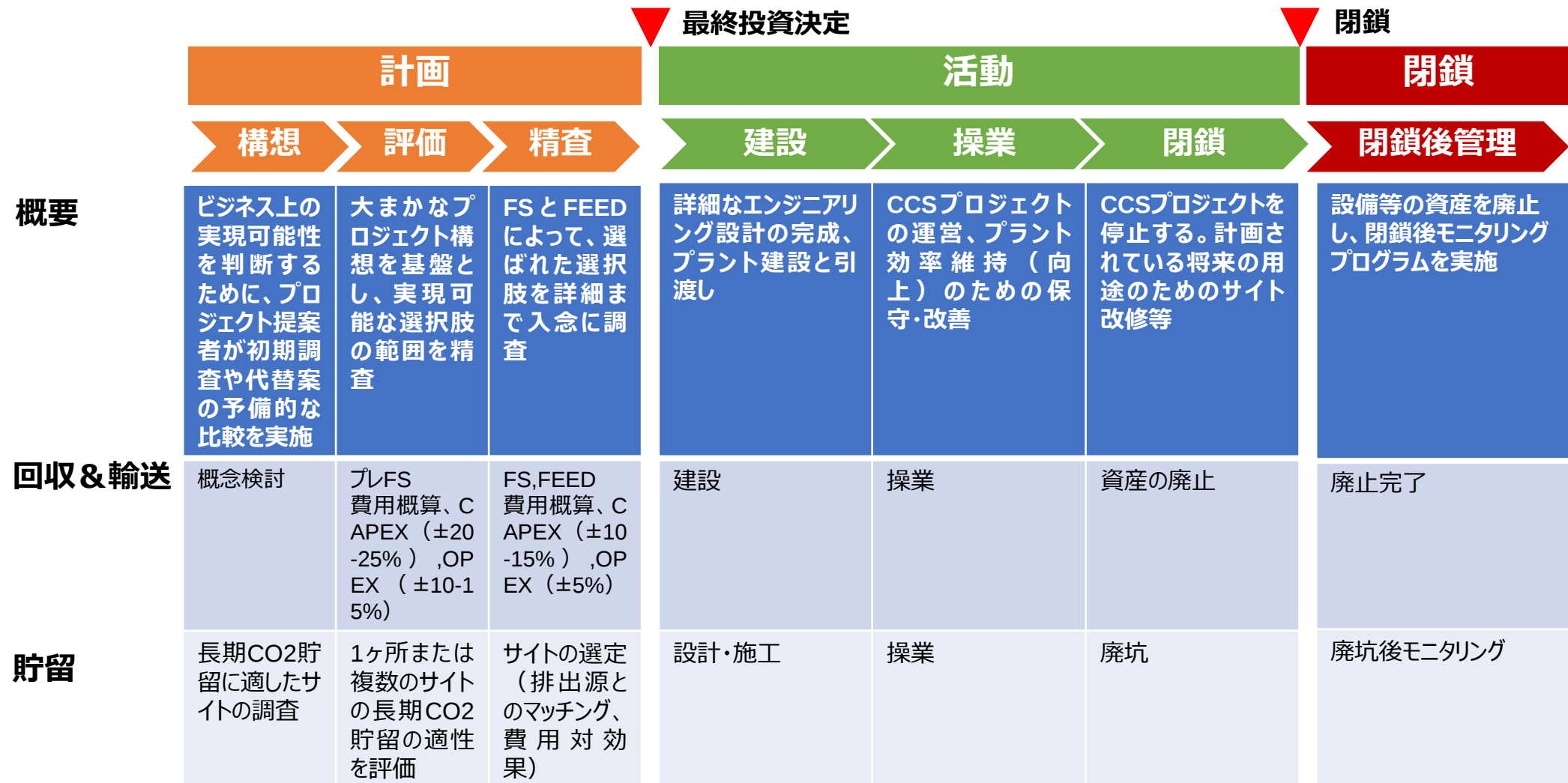
- ① はじめに（Questプロジェクトを紹介する理由）
- ② Questプロジェクトの事業収支
- ③ Questプロジェクトのライフサイクル費用（計画及び操業段階）

2. CCSバリューチェーンコストの試算例（RITEによる試算例の紹介）

- ① CCSのライフサイクル費用
- ② 輸送と貯留の集積化によるメリット
- ③ コスト低減の見込み（輸送（大規模化）、貯留（圧入レート向上））

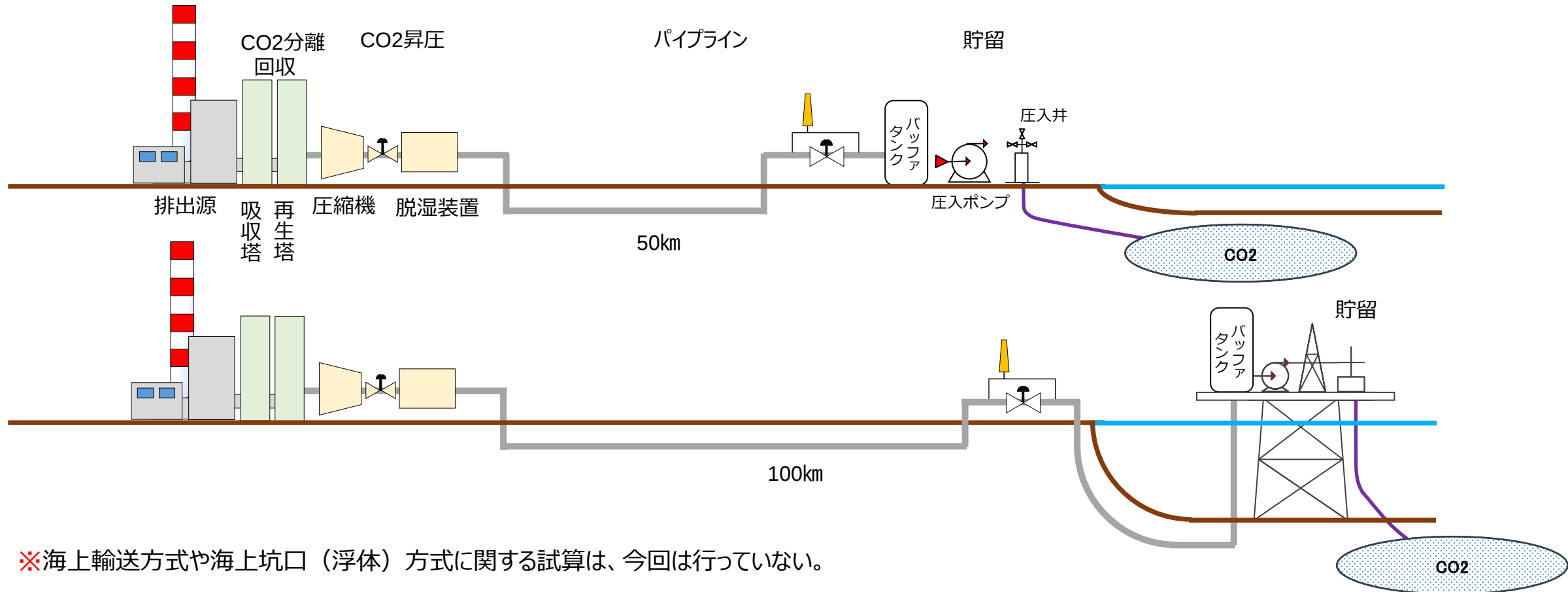
CCS事業のライフサイクル（概念）

- GCCSIのレポートによるとCCSプロジェクトは、「計画Planning」、「建設Construction」、「操業Operation」、「閉鎖Closure」、「閉鎖後管理 Post-closure」の順に移行する。



CCS事業のライフサイクルコスト試算例（設備構成）

- CCS事業のコストは想定するケースにより様々である。
- CCS事業のライフサイクルコストの規模感等を把握するため、シンプルなケースとして、パイプライン輸送50km + 陸上坑口のケースとパイプライン輸送100km + 海上坑口（着底）での試算を行う。✖
- 本試算は、既往文献（H20～H24NEDOゼロエミ事業等）のコストデータをベースとして、一定条件の下で、設備費及び運用費（エネルギー／非エネルギー）を試算した例である。実際のCCSコストと必ずしも一致しない可能性がある。
- また、分離回収、輸送、貯留とも、土地の制約、土地代・土地使用料・土地の整備費、地下性状、その他補償費等は一切考慮していない。



(参考) 試算ケース

- 試算ケースの組み合わせを示す。
- 石炭燃焼排ガスからのCCS（8ケース）、LNG燃焼排ガスからのCCS（8ケース）の計16ケースを試算。

分離回収		輸送		貯留	計
石炭燃焼排ガス		パイプライン輸送 (2ケース)		陸上坑口、海上坑口（着底） (2ケース)	8ケース
100万tCO ₂ /年	×	50km	×	陸上坑口	
300万tCO ₂ /年		100km		海上坑口（着底）	
LNG燃焼排ガス		パイプライン輸送 (2ケース)		陸上坑口、海上坑口（着底） (2ケース)	8ケース
100万tCO ₂ /年	×	50km	×	陸上坑口	
300万tCO ₂ /年		100km		海上坑口（着底）	

留意点

- 本試算はRITEが過去文献等のコストデータから、一定条件の下、主にCO₂量を変数として、設備費、運用費（エネルギー/非エネルギー）を試算したものであり、具体的な地点、設備等を想定した積算ではない（コストベースは2016年、2017年）。
- 過去文献等において、コストデータが比較的多い、石炭燃焼排ガス、LNG燃焼排ガスを対象として試算しているが、排出源毎にCO₂濃度・圧力が異なるため、本試算の結果が全ての排出源にあてはまるわけではない。
- ライフサイクルコスト（総額）の試算では、石炭及びLNG燃焼排ガスについて、CO₂量を同じ量にして試算している。その結果、石炭燃焼排ガスの方が総コストは低くなっているが、例えば、火力発電所で同じCO₂量を発生する場合、LNG火力の方が石炭火力より発電電力量（kWh）は多くなり、電気料金（円/kWh）の上昇分で見れば、LNG火力の方が安価となる見込みである。CCSコストをCO₂量（円/tCO₂）で評価するか、生産する生産量（例えば、円/kWh等）で評価するかによって、結果が異なることがある点に留意が必要である。
- また、分離回収、輸送、貯留とも、土地の制約、土地代・土地使用料・土地の整備費、地下性状、その他補償費等は一切考慮していない。さらに下記のとおり留意が必要である。

①コンティンジェンシー（予備費）の扱い（分離回収、輸送、貯留コストの全て）

- 大型開発案件のコスト試算にあたっては、積み上げたコスト試算の総額にコンティンジェンシーと呼ばれる予備費を加えることが一般的である。CCS事業のように参照できる既開発実績がほとんど存在しない案件については、詳細設計の過程でそれまで想定していなかった追加の設計が必要となることも多く、実際のコストは当初の試算値と比較して、一般に膨らむ傾向にある。その対策として、初期のコスト試算においては大きめのコンティンジェンシー（35%程度等）を計上することが一般的であるが、本試算では、コンティンジェンシーが一切考慮されていない点は留意しておく必要がある。

②井戸数・プラットフォーム数の扱い（貯留コストについて）

- 実際の開発における井戸数やプラットフォーム基数は、圧入する地下の性状によって決定されるものである。本試算では、プラットフォームは1基の運用で固定されている点には留意が必要である。300万トン/年規模のCO₂圧入を実現する実際の開発においては、1基のプラットフォームですべてが完結できる蓋然性は低いと専門家から意見があり、同規模のCO₂圧入に際しては、複数のプラットフォームの設置が必要となる可能性が十分にある点は留意すべきである。

③モニタリングの扱い（モニタリングコストについて）

- モニタリングコストは、モニタリングの内容、範囲、期間、頻度等、法律上要求される事項によって定まるものである。加えて、モニタリングの内容、範囲については実際の開発地点の特性によっても影響を受ける。現在は、関連法整備の途上にあることから、本試算の精度は高くない点に留意が必要である。

前提条件①

- 本試算の主な前提条件を示す。
- 分離回収、輸送、貯留とも、土地の制約、土地代・土地使用料・土地の整備費、地下性状、その他補償費等は一切考慮していない。

項目	内容（主な積算対象等）
プロジェクト期間	操業期間（40年）／廃坑後管理（20年）
共通事項	コストベース：2016年、2017年 為替レート：110円/US\$（リグレートのみ115円/US\$を適用）、割引率5% 修繕費率：設備費の3%（貯留設備は、陸域2%、海域（着底）4%、海域（浮体）8%） 人件費：9百万円/人（船員は15百万円/人） コンテインジェンシー（予備費）、一般管理費、雑費等は含まず。 分離回収、PL輸送設備の耐用年数は40年とし、貯留設備は20年で更新する。船舶の耐用年数は20年。
排出源	石炭燃焼排ガス（CO2濃度12%～13%程度） ※石炭価格16,000円/t LNG燃焼排ガス（CO2濃度3%～4%程度） ※LNG価格104,000円/t 設備利用率70%
年間CO2回収量	100万tCO2／300万tCO2
CO2分離回収設備	排ガス冷却塔、排ガスブロワ、吸収塔、再生塔、補助ボイラー、ポンプ類等 蒸気（再生用）、吸収液、電気（ポンプ等）、工水、薬品類、修繕費 回収率90%、化学吸収法（アミン吸収液2.5GJ/tCO2～3.0GJ/tCO2）
パイプライン輸送設備	昇圧機（圧縮機）、パイプライン、放散設備、緊急遮断弁等 昇圧機電気代（圧縮機）、修繕費（設備費の3%） ※CO2輸送圧力10MPaと想定

前提条件②

項目	内容（主な積算対象等）		
液化輸送設備	液化設備（直接冷却式） ※液化CO2：0.7MPaG、－46℃	圧縮機、除湿機（脱水機）、液化冷凍機、オフガスセパレータ、工事費 放散設備/スタック、電気室、制御室、建屋	
	貯蔵・出荷設備（陸上） ※栈橋は対象外	液化CO2タンク（設計圧力0.8MPaG、－50℃）、工事費 送液ポンプ、ローディングアーム、配管設備、電気計装設備、工事費（栈橋は 対象外）	
	受入・貯蔵設備（陸上）	液化CO2タンク（設計圧力0.8MPaG、－50℃）、工事費 BOG再液化装置、ローディングアーム、配管設備、電気計装設備、工事費 （栈橋は対象外）	
	圧入設備への移送用昇圧設備（陸上）	移送用昇圧ポンプ、加温器（ORV）、海水ポンプ、放散設備/スタック、電気 計装設備、制御用空気設備	
CO2輸送船	船型	21,000t型	50,000t型
	全長、幅、喫水	168m×27.5m、9.4m	236m×41m、19m
	設計温度	基準値－46℃（上限－43℃、下限－50℃）	
	設計圧力	設計圧力1.0MPaG	
	荷役装置	貨物ポンプ、スプレーポンプ、再液化装置	
	速度	13.5ノット（25km/h）	
	乗組員数	22人/隻（15百万円/人）	
	航行に関する事項	1航海（往復）につき、荷役24時間、入港待機24時間、荒天待機48時間 を考慮	
	取得価格	約65億円	約98億円

前提条件③

項目	内容（主な積算対象等）	
貯留設備	掘削費（圧入井）、圧入設備（バッファタンク、圧入ポンプ、付帯設備＋建屋） 圧入ポンプ電気代、修繕費（陸域2%、海洋（着底）4%、海域（浮体）8%と設定） 圧入レート30万tCO ₂ /本・年 陸域リグ（国内調達）、ジャッキアップリグ（海外調達）※2016年12月時点のリグレートを参考。 掘削費：陸域（24.2億円/本）、海洋（着底）（35.6億円/本@水深50m）、掘削深度2000m ※圧力緩和井・水処理が必要となる場合も考えられるが、本試算では考慮していない ※試掘の結果、掘削費や圧入量が増減する場合もあるが、本検討では考慮していない	
廃坑費用	陸域（2億円/本）、海域（着底）（10億円/本）	
探査・モニタリング	広域調査	基礎物探、基礎試錐（海洋）2本
	事前調査 ※次頁、次々頁参照	簡易モデル評価、詳細モデル評価、 調査井（陸域20億円/本、海洋（着底）35億円/本）※垂直井
	圧入中モニタリング ※次頁、次々頁参照	3D探査、海洋調査等 観測井（陸域20億円/本、海洋（着底）35億円/本）※垂直井
	廃坑後モニタリング ※次頁、次々頁参照	3D探査、海洋調査等
その他	電気代	15円/kWh
	FEED	分離回収、輸送の設備費の10%
	廃止費用	分離回収、輸送の設備費の5%

(参考) モニタリング項目①

- 主なモニタリング項目を以下のとおり示す。
- モニタリング範囲は大部分は海域を想定。水深50m未満についてはOBC（Ocean Bottom Cable）を使用（モニタリングの都度、OBCを設置・撤去する）、水深50m以上については、調査船（ストリーマケーブル）方式にて実施。

区分	モニタリング内容	頻度	単位
事前評価簡易モデル評価	広域地質検討	1	回
	2次元弾性波探査	1	回
	2次元弾性波探査データ解釈・評価	1	回
	CO2長期シミュレーション	1	回
事前評価詳細モデル評価	3次元弾性波探査	1	回
	地震活動モニタリング	1	回
	調査井関係（坑井地質調査、泥水検層、物理検層、坑井テスト等）	1	坑
	分析（微化石分析、コア分析、流体分析）	1	回
	海域調査	1	回
	3次元弾性波探査データ解釈・評価	1	回
	CO2長期シミュレーション	1	回
	CO2圧入計画策定、漏洩・漏出シナリオ策定	1	回

(参考) モニタリング項目②

区分	モニタリング内容	頻度	単位
圧入設備	圧入井関係（坑井地質調査、泥水検層、物理検層、坑井テスト等）	1	坑
	圧入テスト	1	坑
	観測井関係（坑井地質調査、泥水検層、物理検層、坑井テスト等）	1	坑
圧入中モニタリング	繰返し3次元弾性波探査（頻度2回/5年、 $40\text{年} \div 5\text{年} = 8$ 、 $8 \times 2\text{回} = 16\text{回}$ ）	16	回
	観測（微小振動、温度・圧力、地層流体サンプリング）	40	年
	分析（流体・ガス分析、ガス分析（圧入ガス）	40	年
	海域調査（毎年※年4回）	40	年
	取得データ解釈・評価	16	回
	ヒストリーマッチング、CO2長期挙動予測・総合評価	16	回
圧入後モニタリング	繰返し3次元弾性波探査（頻度2回/5年、 $20\text{年} \div 5\text{年} = 4$ 、 $4 \times 2\text{回} = 8\text{回}$ ）	8	回
	観測（微小振動、温度・圧力、地層流体サンプリング）	20	年
	分析（流体・ガス分析）	20	年
	海域調査（毎年※年1回）	20	年
	取得データ解釈・評価	8	回
	ヒストリーマッチング、CO2長期挙動予測・総合評価	8	回

(参考) 主な積算根拠①

大項目	小項目	内容	積算根拠	出典等
広域探査	広域調査	基礎物探@244万円／km2	244×1,000km2 = 25億円	行政レビュー
	基礎試錐（海洋）	基礎試錐@85億円／本	85億×2本 = 170億円	行政レビュー
事前調査	簡易モデル、弾性波探査・分析、 詳細モデル、シミュレーション、圧入性能等	水深50m未満：OBC（設置／撤去） 水深50m以上：ストリーマー	OBC：31億円×（調査範囲／25km2）^0.3 ストリーマー：32億×（調査範囲／25km2）^0.3	NEDOゼロエミ等 コンサル会社積算
FEED	分離回収・輸送	設備費の10%と仮定	分離回収設備費×10% 輸送設備費×10%	RITEにて設定
分離回収設備	排ガス冷却塔、排ガスブロワ、吸収塔、再生塔、補助ボイラー、ポンプ類等	石炭燃焼排ガス： 500tCO2／h@600億円 LNG燃焼排ガス： 250tCO2／h@520億円	モデルプラント設備費×（CO2回収量／モデルプラントのCO2回収量）^0.6	エンジ会社積算
	運用費（吸収液、蒸気代等）	必要な熱量から使用量を算出	単価×使用量	エンジ会社積算
輸送	昇圧機（圧縮機）	CO2輸送量、圧力、距離から必要となる昇圧機動力を算出し、コストカーブにて試算	0.62×消費電力(log変換) -0.92 = 設備費(log変換) 1.61*10^設備費(log変換) = 億円	エンジ会社積算
	運用費（電気代）	消費電力量（kWh）を算出	消費電力量×電気代	
	パイプライン 放散設備・緊急遮断弁	CO2輸送量、圧力、距離から必要となるパイプライン径を算出し、パイプライン径に応じたコストカーブにて試算	陸上PL：（4.8×内径+1.3） = 億円／km 海底PL：（7.0×内径+0.6） = 億円／km 上記に輸送距離を乗じて算出	NEDOゼロエミ等 エンジ会社積算
貯留	陸上	圧入坑井、プラットフォーム、陸上／洋上設備、 海底圧入関連設備等を積算	掘削費@24.2億円/本、その他貯留量に応じた設備費を算出	コンサル会社積算
	海上（着底）		掘削費@35.6億円/本、その他貯留量に応じた設備費を算出	
	運用費（電気代）	圧入ポンプの消費電力量（kWh）を算出	消費電力量×電気代	
	廃坑費用	1本あたり、陸上 2 億円、海上（着底） 10 億円で固定	2億円／本×圧入井戸本数 10億円／本×圧入井戸本数	
修繕費	設備修繕費	設備費に修繕費率を乗じて算出	設備費×修繕費率	エンジ会社等

貯留の掘削コストについては2016年のリグレートからの試算のため今後見直しが必要と考えられる。

(参考) 主な積算根拠②

大項目	小項目	内容	積算根拠	出典等
液化輸送設備	液化設備	- 設備費はCO₂処理量の比に0.6乗則を適用して試算。 - 運用費は、CO₂処理量に比例し、tCO₂あたりの単位使用量とその単価から試算。	設備費＝基準設備費×（CO ₂ 処理量/220t/h） ^{0.6} 運用費＝CO ₂ 処理量×単位あたりの使用量（例えば、液化動力の場合、168kWh/tCO ₂ ）×コスト（例えば、電気代15円/kWh） その他、修繕費（3%）、冷却水等を試算	NEDOゼロエミ等
	貯蔵・出荷設備	- CO₂貯蔵規模は次の液化CO₂輸送船が来るまでの間のCO₂を貯蔵できる量としている。 - ベースとなる設備からコスト式を検討。CO₂貯蔵量にコスト式を乗じて試算。	設備費＝0.005×貯蔵設備容量＋53.4（億円） その他、修繕費（3%）、電気代等を試算	NEDOゼロエミ等
	受入・貯蔵設備	- CO₂貯蔵規模は出荷設備と同じとしている。 - ベースとなる設備からコスト式を検討。CO₂貯蔵量にコスト式を乗じて試算。	設備費＝0.004×貯蔵設備容量＋47.7（億円） その他、修繕費（3%）、電気代等を試算	NEDOゼロエミ等
	圧入設備への移送用昇圧設備	ベースとなる設備からコスト式を検討。CO₂処理量にコスト式を乗じて試算。	設備費＝基準設備費×（CO ₂ 処理量/220t/h） ^{0.6} その他、修繕費（3%）、電気代等を試算	NEDOゼロエミ等
	液化CO ₂ 輸送船	- 船の大きさは、輸送量、輸送距離、隻数によって決めている。本試算では、船型が50,000t型を超えないよう隻数にて調整（基本は2隻体制） - ベースとなる船価からコスト式を検討。船の大きさに比例して船価を試算。 - 往復に要する期間は荷役24時間、入港待機24時間、荒天待機48時間を考慮し、速度は13.5ノット（25km/h）で一定で進むものとして試算。	船価＝0.2×船の積算量＋2460（百万円） ※21000t型未満 船価＝0.11×船の積算量＋4100（百万円） ※21000～50000t型 その他、修繕費（3%）、燃料代、船員費を試算	NEDOゼロエミ等

参考文献：

平成29年度 地球温暖化・資源循環対策等に資する調査委託費（CCSの経済性評価事業）調査報告書

平成20～24年度 革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト発電からCO₂貯留までのトータルシステムのフィジビリティ・スタディー「全体システム評価」成果報告書

平成17～19年度 二酸化炭素固定化・有効利用技術等対策事業「二酸化炭素地中貯留技術研究開発」成果報告書

CCS事業のライフサイクル（コスト試算結果①）

- 石炭燃焼排ガス（CO2濃度12%～13%程度）からのCO2分離回収、パイプライン輸送、貯留するケースでの試算例。
- CCSライフサイクルに要する総費用は、約4,100億円～1兆1,300億円程度となった。

区分 (年数は仮定)	計画			活動			閉鎖	備考
	構想	評価	精査	建設 (4～5年)	操業 (40年)	閉鎖 (1～3年)	閉鎖後管理 (20年)	
分離回収 100万tCO2/年 300万tCO2/年	30～58億円 ※建設費の10%			300～580億円	1,680～4,720億円 (42～118億円/年)	15～29億円 ※建設費の5%		2,025 ～5,387億円
パイプライン輸送 50km 100km	21～53億円 ※建設費の10%			昇圧： 70～140億円	520～1,440億円 (13～36億円/年)	11～27億円 ※建設費の5%		922 ～2,530億円
				PL： 140～390億円	160～480億円 (4～12億円/年)			
貯留 陸上坑口 海上坑口（着底）	195億円 ※探査範囲1000km2 ※試錐2本（海洋）	80 ～130億円	280～980億円 (20年で更新)	圧入： 160～880億円 (4～22億円/年)	廃坑費用： 16～200億円	モニタリング： 90～270億円 (5～14億円/年)		1,141 ～3,345億円
				モニタリング： 320～690億円 (8～18億円/年)				
その他 (PA等)	3～6億円			4～5億円	40億円 (1億円/年)	1～3億円	20億円	68 ～74億円
合計 (その他含まず)	326～436億円			790～2,090億円	2,840～8,210億円 (71～205億円/年)	42～256億円	90～270億円	4,088億円 ～1兆1,262億円

本試算は既往文献（H20～H24NEDOゼロエミPJ等）にあるコストデータを元にした試算例である。土地代、土地利用、土地整備、地下性状、その他の補償費等は²²一切考慮していない。

(参考) コスト試算結果①の詳細

項目	単位	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
年間CO2回収量	万tCO2/年	100	100	300	300	100	100	300	300
坑口		陸上	陸上	陸上	陸上	海上	海上	海上	海上
掘削リグ		陸上	陸上	陸上	陸上	ジャッキアップ	ジャッキアップ	ジャッキアップ	ジャッキアップ
PL輸送	k m	50	100	50	100	50	100	50	100
計画段階（探査・FEED）	億円	317	333	376	395	354	370	414	434
回収設備	億円	300	300	580	580	300	300	580	580
昇圧設備	億円	67	67	134	134	67	67	134	134
PL（陸）	億円	136	295	172	368	136	295	172	368
PL（海）	億円	0	0	0	0	30	30	40	40
貯留設備（20年で更新）	億円	279	279	609	609	505	505	982	982
圧入中モニタリング（40年）	億円	491	491	682	682	319	319	444	444
設備廃止	億円	25	33	44	54	26	34	45	55
廃坑費用	億円	16	16	40	40	80	80	200	200
廃坑後モニタリング（20年）	億円	193	193	268	268	90	90	125	125
回収運用費（40年）	億円	1,700	1,700	4,716	4,716	1,700	1,700	4,716	4,716
昇圧運用費（40年）	億円	505	505	1,435	1,435	505	505	1,435	1,435
貯留運用費（40年）	億円	108	108	263	263	329	329	734	734
合計	億円	4,136	4,320	9,318	9,543	4,442	4,626	10,021	10,246

本試算は既往文献（H20～H24NEDOゼロエミPJ等）にあるコストデータを元にした試算例である。土地代、土地利用、土地整備、地下性状、その他の補償費等は一切考慮していない。

CCS事業のライフサイクル（コスト試算結果②）

- LNG燃烧排ガス（CO2濃度3%～4%程度）からのCO2分離回収、パイプライン輸送、貯留するケースでの試算例。
- CCSライフサイクルに要する費用は、約7,200億円～2兆円程度となった。

区分 (年数は仮定)	計画			活動			閉鎖	備考
	構想	評価	精査	建設 (4～5年)	操業 (40年)	閉鎖 (1～3年)	閉鎖後管理 (20年)	
	(3～6年)							
分離回収 100万tCO2/年 300万tCO2/年	40～78億円 ※建設費の10%と仮定			400～780億円	4,680～1兆3,560億円 (117億円/年 ～339億円/年)	20～39億円 ※建設費の5%		5,140 ～1兆4,457億円
パイプライン輸送 50km 100km	21～53億円 ※建設費の10%と仮定			昇圧： 70～140億円	520～1,440億円 (13～36億円/年)	11～27億円 ※建設費の5%		922 ～2,530億円
				PL： 140～390億円	160～480億円 (4～12億円/年)			
貯留 陸上坑口 海上坑口（着底）	195億円 ※探査範囲1000km2 ※試錐2本（海洋）		80 ～130億円	280～980億円 (20年で更新)	圧入： 160～880億円 (4～22億円/年)	廃坑費用： 16～200億円	モニタリング： 90～270億円 (5～14億円/年)	1,141 ～3.345億円
					モニタリング： 320～690億円 (8～18億円/年)			
その他 (PA等)	3～6億円			4～5億円	40億円 (1億円/年)	1～3億円	20億円	68 ～74億円
合計 (その他含まず)	336～456億円			890 ～2,290億円	5,840～1兆7,050億円 (146～426億円/年)	47～266億円	90～270億円	7,203 ～2兆332億円

本試算は既往文献（H20～H24NEDOゼロエミPJ等）にあるコストデータを元にした試算例である。土地代、土地利用、土地整備、地下性状、その他の補償費等は一切考慮していない。

(参考) コスト試算結果②の詳細

項目	単位	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
年間CO2回収量	万tCO2/年	100	100	300	300	100	100	300	300
坑口		陸上	陸上	陸上	陸上	海上	海上	海上	海上
掘削リグ		陸上	陸上	陸上	陸上	ジャッキアップ	ジャッキアップ	ジャッキアップ	ジャッキアップ
PL輸送	k m	50	100	50	100	50	100	50	100
計画段階（探査・FEED）	億円	327	343	395	415	364	380	433	453
回収設備	億円	399	399	772	772	399	399	772	772
昇圧設備	億円	67	67	134	134	67	67	134	134
PL（陸）	億円	136	295	172	368	136	295	172	368
PL（海）	億円	0	0	0	0	30	30	40	40
貯留設備（20年で更新）	億円	279	279	609	609	505	505	982	982
圧入中モニタリング（40年）	億円	491	491	682	682	319	319	444	444
設備廃止	億円	30	38	54	64	31	39	55	65
廃坑費用	億円	16	16	40	40	80	80	200	200
廃坑後モニタリング（20年）	億円	193	193	268	268	90	90	125	125
回収運用費（40年）	億円	4,691	4,691	13,563	13,563	4,691	4,691	13,563	13,563
昇圧運用費（40年）	億円	505	505	1,435	1,435	505	505	1,435	1,435
貯留運用費（40年）	億円	108	108	263	263	329	329	734	734
合計	億円	7,242	7,426	18,386	18,611	7,548	7,732	19,089	19,315

本試算は既往文献（H20～H24NEDOゼロエミPJ等）にあるコストデータを元にした試算例である。土地代、土地利用、土地整備、地下性状、その他の補償費等は一切考慮していない。

Questプロジェクトと試算結果の比較

- Questプロジェクトのライフサイクル（計画段階及び操業段階）の総費用とRITE試算結果（100万tCO2/年）を比較する。
- 比較対象をライフサイクルの内、FEEDから操業期間までとし、操業期間はQuestプロジェクトにてデータが公開されている10年間に合わせた。
- FEED、建設はほぼ同じような金額となったが、操業費については、石炭燃焼排ガス、LNG燃焼排ガスのケースともRITE試算の方が高くなっている。RITE試算における操業費の3割～6割は、分離回収のCO2再生のための燃料代が占めている。

単位：百万C\$円

	計画	活動			合計
区分	FEED	建設	操業（10年）		
			2015-2021 実績	2022-2025 RITE推定	
Questプロジェクト 合計（百万C\$）	139.4	789.9	209.9	175.5	1,314.7
C\$1 = 100円として換算	139億円	790億円	385億円		1,315億円
RITE試算 （石炭燃焼排ガス）	131億円	650億円	710億円		1,491億円
RITE試算 （LNG燃焼排ガス）	141億円	750億円	1,460億円		2,351億円

操業期間が10年のため貯留設備については20年での更新は考慮せず。

Questプロジェクトと差異

- QuestプロジェクトとRITE試算では想定する条件等が異なるため、単純な比較はできないが、QuestプロジェクトはCCS事業の規模感の把握のため事例として紹介した。

操業費に差が生じた理由：

- Questプロジェクトについては排出源が水素製造からのCO₂分離回収（CO₂濃度16~18%）であり、一方、RITE試算は石炭（12~13%）及びLNG燃焼排ガス（3~4%）からのCO₂分離回収である。つまり、排出源におけるCO₂濃度（分圧）に差があることから、分離回収に要するエネルギーについて、Questの方が若干の少ない熱量で分離回収できると考えられる。
- またP6にあるとおり水素製造設備からの廃熱も利用できるため、CO₂分離回収コストについて、RITE試算に比べ、より差がでると考えられる。
- 国内におけるCCSの場合、燃料代をいかに設定するかによって運用費の変動の幅が大きくなる。

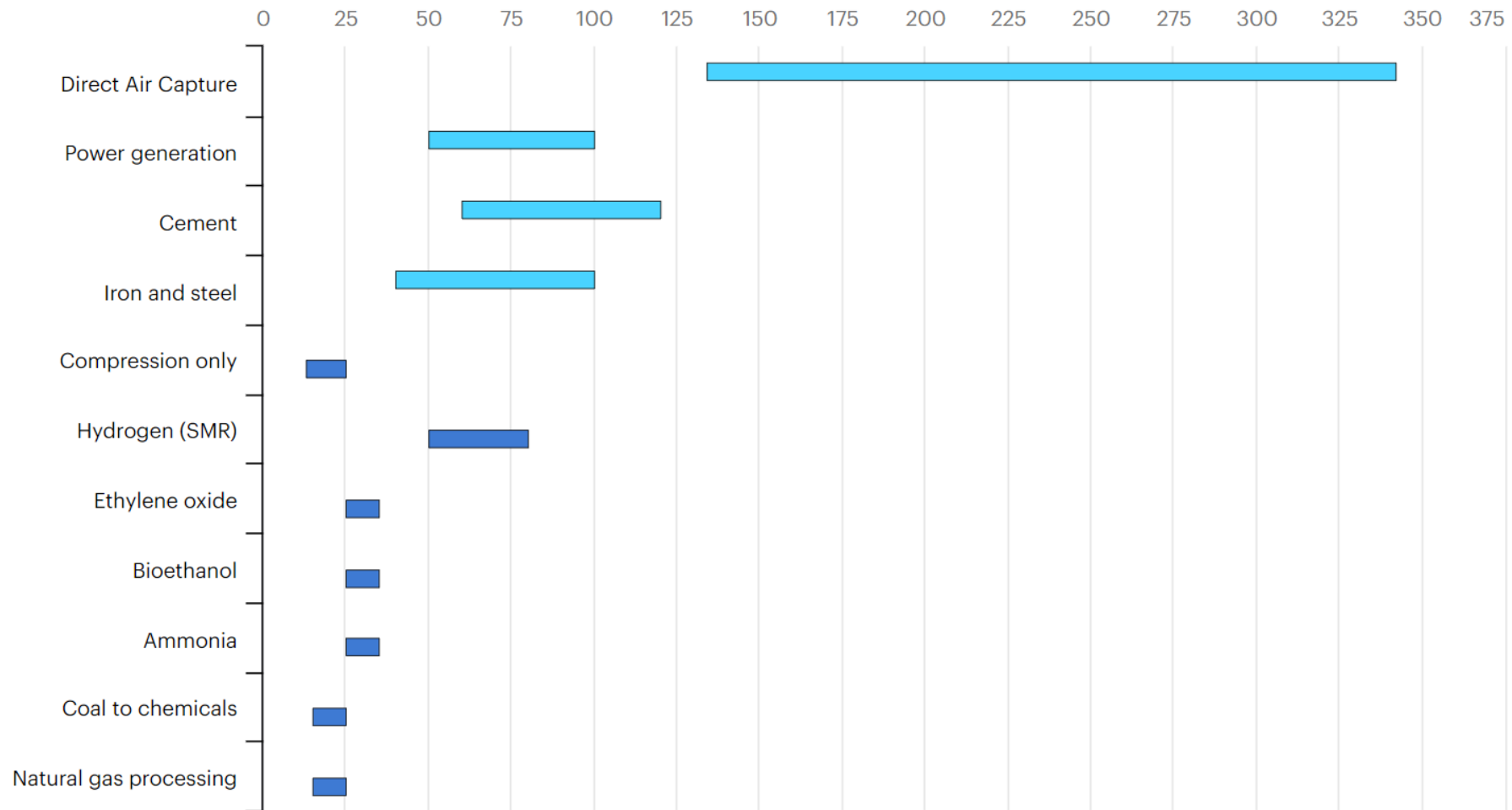
FEED・建設費等

- QuestプロジェクトとRITE試算ではほぼ同じ値となっているが、Questプロジェクトではプロジェクト共通部分（JV全体及び関連作業）の費用（全体費用の約16%）が盛り込まれている。RITE試算には同様の項目は含まれていないため、今後、試算する際には検討が必要である。

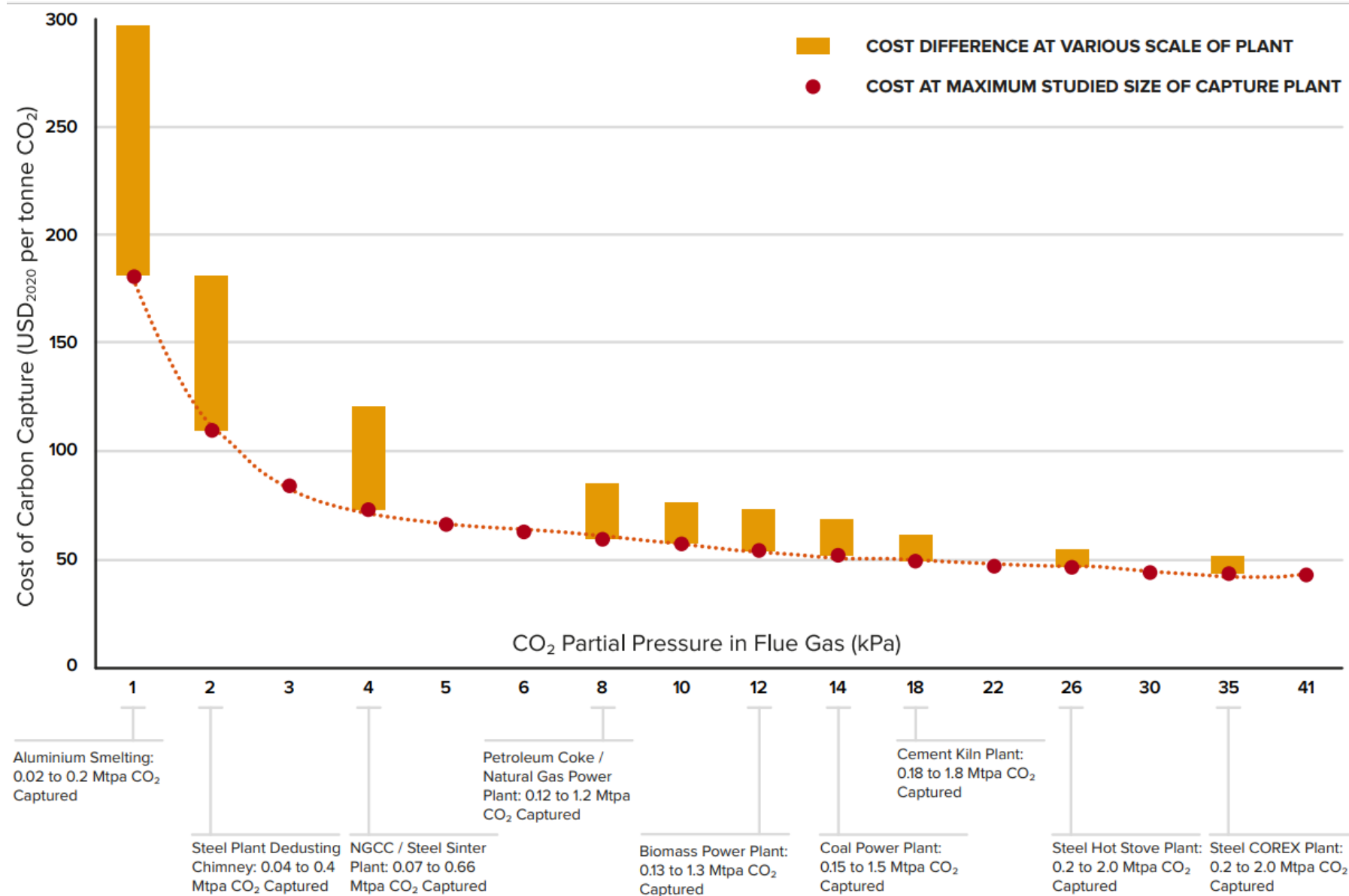
(参考) CO₂濃度とCO₂分離回収コストの関係

- IEAのデータを引用。濃い青はCO₂濃度が高い排出源を示す。薄い青はCO₂濃度が低い排出源を示す。
- 一般的にCO₂濃度が高い排出源からのCO₂分離回収コストは安くなる。

USD/tonne



(参考) CO₂分圧とCO₂分離回収コストの関係



(参考) 海外におけるCCS試算例

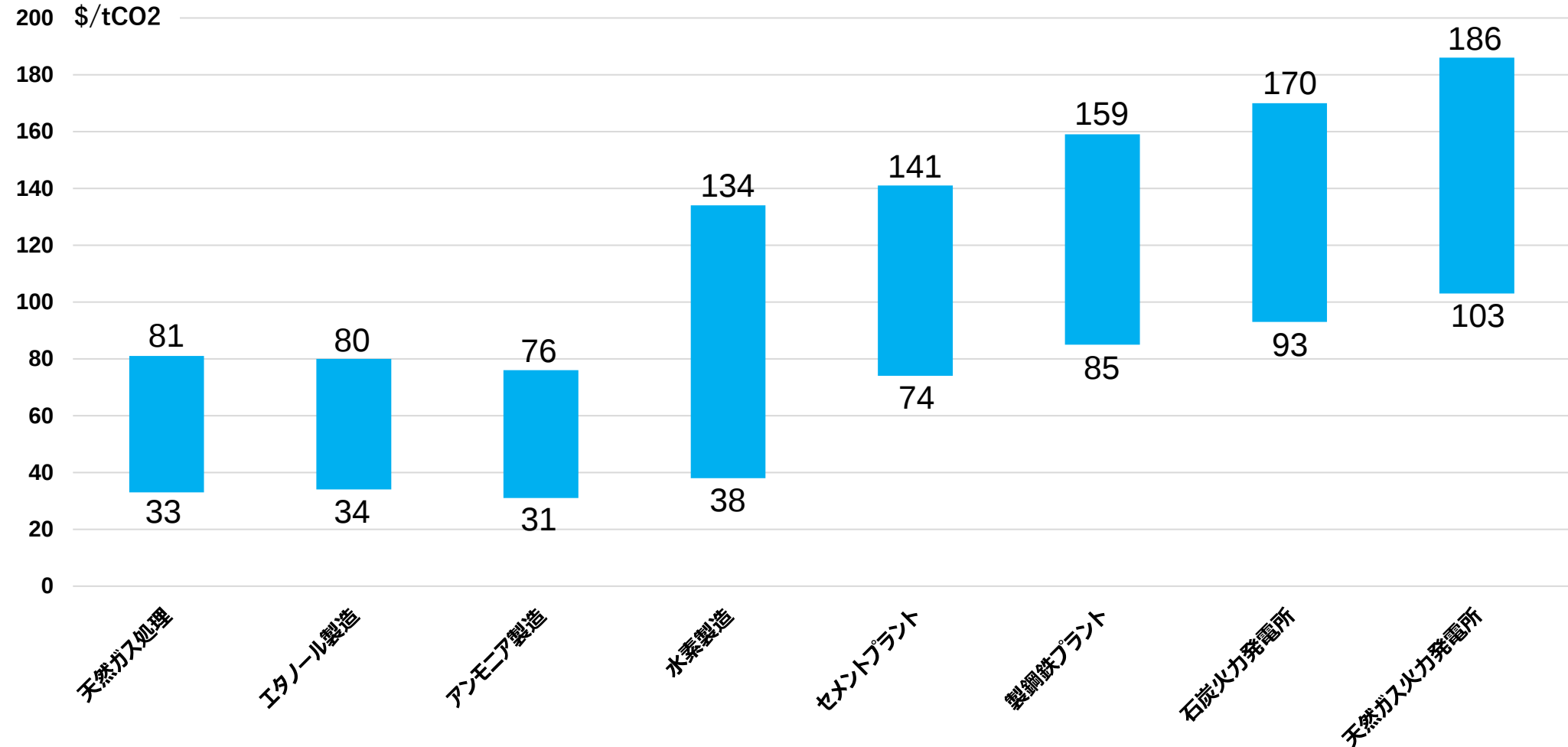
- ・ 全米石油審議会報告書における試算例。全米にある固定排出源からのCCSコストを試算。
- ・ 操業期間20年、内部利益率12%等。昇圧に要するコストは分離回収に含まれる。

排出源 (CO2濃度%)	参照プラント 規模	年間CO2回収量 (tCO2/年)	設備費 (年配分) (\$/tCO2)	運用費 (非エネルギー) (\$/tCO2)	運用費 (エネルギー) (\$/tCO2)	分離回収・昇圧 総コスト (\$/tCO2)	PL輸送 (\$/tCO2)	貯留 (\$/tCO2)	CCSコスト (\$/tCO2)
天然ガス処理 (95-100)	140 MMCF/日	243,000	7-12	8-13	9	23-35	2-38	8	33-81
エタノール製造 (95-100)	1億5,000万 ガロン/年	342,000	6-10	8-13	11	24-34			34-80
アンモニア製造 (95-100)	907,000 トン/年	389,000	6-11	6-10	9	21-30			31-76
水素製造 (45)	87 MMCF/日	340,000	19-33	15-26	28	61-88			38-134
セメントプラント (21)	100万 トン/年	842,000	17-29	22-37	28	64-95			74-141
製鋼鉄プラント (26)	254万 トン/年	3,324,000	26-44	22-38	29	75-113			85-159
石炭火力発電 (13)	550 MW net	3,089,000 ※稼働率85%	33-55	22-37	30	83-124			93-170
天然ガス火力発電 (4)	560 MW net	1,279,000 ※稼働率85%	34-58	29-49	31	93-140			103-186

※各項目のコストと総コストについて、丸め誤差のため必ずしも合致しない場合がある。

(参考) 海外におけるCCS試算例

全米石油審議会報告書における米国内のCCSコスト（\$/tCO₂）。



1. CCSバリューチェーンコストの事例（Questプロジェクトの紹介）

- ① はじめに（Questプロジェクトを紹介する理由）
- ② Questプロジェクトの事業収支
- ③ Questプロジェクトのライフサイクル費用（計画及び操業段階）

2. CCSバリューチェーンコストの試算例（RITEによる試算例の紹介）

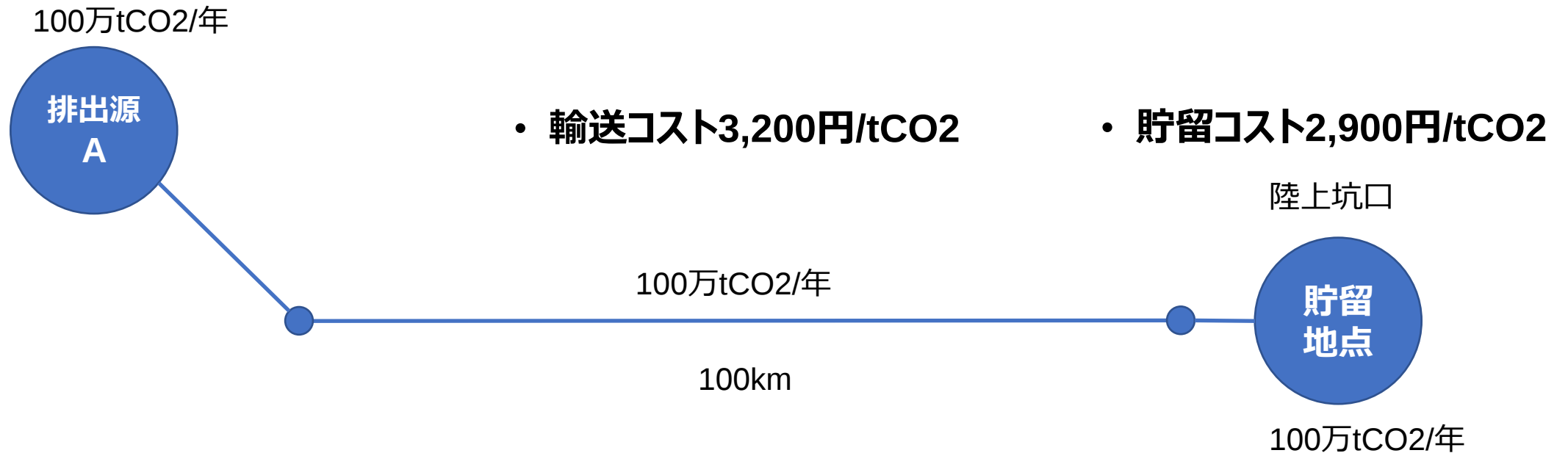
- ① CCSのライフサイクル費用
- ② 輸送と貯留の集積化によるメリット
- ③ コスト低減の見込み（輸送（大規模化）、貯留（圧入レート向上））

輸送と貯留の集積化によるメリット①

- 輸送と貯留の集積化によるコストを把握するため試算を行った。
- 試算の対象は輸送コスト（昇圧＋パイプライン）、貯留コスト（貯留設備＋モニタリング）である。
- 分離回収設備は排出源毎に設置されると想定し、分離回収以降の共通部分となる輸送、貯留のコストを試算（各排出源から輸送の共通部分までは比較的短い距離（数km未満）と想定）。
- 試算したケースは以下の3ケース。
- **ケース①**
排出源A（100万tCO₂/年）→100kmPL輸送→貯留（陸上坑口）
- **ケース②**
排出源A、B、C（計300万tCO₂/年）→100kmPL輸送→貯留（陸上坑口）
- **ケース③**
排出源A、B、C、D、E（計500万tCO₂/年）→100kmPL輸送→貯留（陸上坑口）

輸送と貯留の集積化によるメリット①

- 排出源と貯留地点の1対1のケース（現在稼働中の多くのCCSプロジェクトがこの形態である）。
- このケースでの輸送コストは3,200円/tCO₂、貯留コストは2,900円/tCO₂と試算された。
- このケースの場合、CCSバリューチェーンでのコストは、**CO₂分離回収に加え、輸送＋貯留コスト（6,100円/tCO₂）**となる。



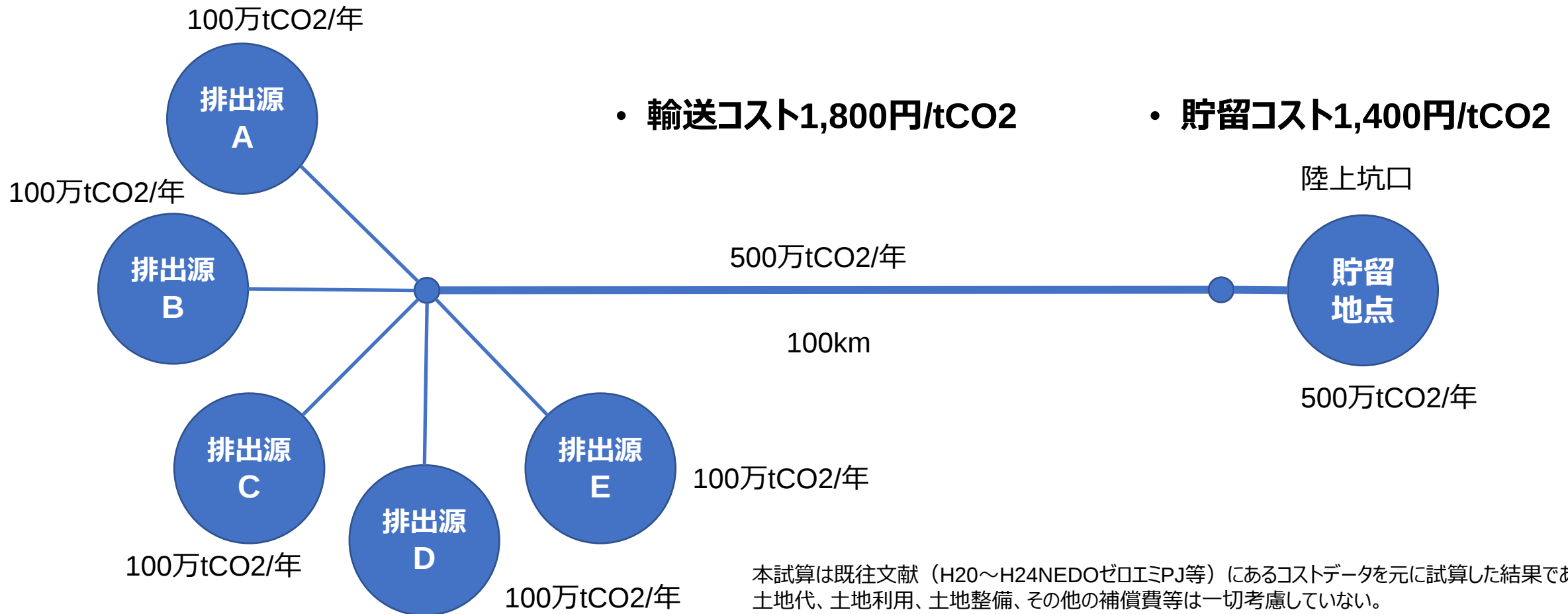
輸送と貯留の集積化によるメリット②

- 排出源と貯留地点の3対1のケース（現在稼働中のCCSプロジェクトで複数排出源（2か所）から輸送、貯留（EOR）を行っているのはACTL（カナダ）である）。
- このケースでの輸送コストは2,100円/tCO₂、貯留コストは1,600円/tCO₂と試算された。
- このケースの場合、CCSバリューチェーンでのコストは、**それぞれのCO₂分離回収コストに加え、輸送＋貯留コスト（3,700円/tCO₂）**となる。



輸送と貯留の集積化によるメリット③

- 排出源と貯留地点の5対1のケース（排出源が複数あるケース。英国で計画されているEast Coast Cluster等が該当する）。
- このケースでの輸送コストは1,800円/tCO₂、貯留コストは1,400円/tCO₂と試算された。
- CCSバリューチェーンでのコストは、それぞれのCO₂分離回収コストに加え、**輸送＋貯留コスト（3,200円/tCO₂）**となる。



輸送と貯留の集積化によるメリット 試算結果

- 輸送と貯留の共有部分を集積化することで、規模の経済からコスト低減が見込まれる。
- ただし、CO₂輸送量、CO₂貯留量が大規模になるにつれ、総費用（投資金額）は増大する。

項目	100万 tCO ₂ /年	300万 tCO ₂ /年	500万 tCO ₂ /年	単位
地点精査	72	92	104	億円
輸送設備FEED	36	50	60	億円
昇圧設備	67	134	184	億円
昇圧運用費	505	1,435	2,344	億円
PL設備	295	368	416	億円
PL運用費	354	441	499	億円
貯留設備（20年で更新）	279	609	987	億円
貯留運用費	108	263	437	億円
モニタリング（圧入中）	491	682	795	億円
輸送設備廃止	18	25	30	億円
廃坑費	16	40	68	億円
モニタリング（廃坑後）	193	268	312	億円
総輸送・貯留費用	2,434	4,407	6,238	億円
総輸送・貯留量	4,000	12,000	20,000	万tCO ₂

項目	100万 tCO ₂ /年	300万 tCO ₂ /年	500万 tCO ₂ /年	単位
輸送費用計	1,277	2,452	3,534	億円
貯留費用計	1,158	1,954	2,704	億円
輸送単価	3,191	2,044	1,767	円/tCO ₂
貯留単価	2,895	1,628	1,352	円/tCO ₂
合計	6,086	3,672	3,119	円/tCO ₂
	100%	60%	51%	

- 操業40年、廃坑後管理20年の総費用を単純に総輸送量・総貯留量で割った値。
- 内部利益率等は一切考慮せず。

1. CCSバリューチェーンコストの事例（Questプロジェクトの紹介）

- ① はじめに（Questプロジェクトを紹介する理由）
- ② Questプロジェクトの事業収支
- ③ Questプロジェクトのライフサイクル費用（計画及び操業段階）

2. CCSバリューチェーンコストの試算例（RITEによる試算例の紹介）

- ① CCSのライフサイクル費用
- ② 輸送と貯留の集積化によるメリット
- ③ コスト低減の見込み（輸送（大規模化）、貯留（圧入レート向上））

コスト低減の見込み

- コスト低減に見込みについて、本試算では「中間取りまとめ」で提示された課題について、検討を行った。
- なお、下記以外にも、既存設備の活用、モニタリングコスト削減、沖合貯留におけるコスト低減等の検討も必要。

CCSのプロセス毎の課題と今後の取組

- 将来の社会コストを最小限とするため、CCSのコスト削減に向けた研究開発や実証に計画的に取り組んでいく必要がある。そのため、官民で将来目指すべきコスト目標を議論し、設定する。

※ 今後、「CCS事業コスト・実施スキーム検討WG」で更なる検討を実施

プロセス	課題	研究開発要素	取組
分離・回収	- 設備・運転コスト - 所要エネルギーの削減 - 環境影響評価	- 新しい材料（吸収材、吸着材、分離膜）の開発 - 基材の製造コストの低減 - プロセスの最適化 など	低コスト型分離回収技術の開発 ※「カーボンリサイクル技術ロードマップ」等に基づき実施 ⇒カーボンリサイクル技術ロードマップを踏襲
輸送	長距離（200km以上）輸送のコスト（より安価かつ大容量な船舶輸送の実現）	-50℃、0.9MPa付近の低温・低圧下での液化CO₂の管理技術	液化CO₂船舶輸送技術の研究開発・実証 ⇒大規模輸送によるコスト低減の検討
貯留	- モニタリングコスト削減 - 設備費・保守費抑制 - 安全性向上	- 光ファイバーによる監視・計測技術 - 海底下CO₂モニタリング技術 - 洋上圧入技術 など	- 海外機関との連携による大規模実証検証（予定） - CO₂圧入技術の研究開発・実証 ⇒圧入レート向上によるコスト低減の検討

出典：CCS長期ロードマップ検討会中間とりまとめ参考資料からの抜粋

※貯留地点までの離岸距離が長くなるとパイプライン方式はコストが増加し、船舶輸送による洋上圧入方式ではコストがほぼ一定となる。このため、離岸距離に応じて、船舶輸送による洋上圧入方式によるコスト低減の検討が必要となる。

①分離回収コストの将来目標（案）

（参考）共通技術

令和元年6月（令和3年7月改訂）
カーボンサイクル技術ロードマップ（抜粋）

● CO₂分離回収技術

<技術課題>

- 設備・運転コスト及び所要エネルギーの削減
新しい材料（吸収材、吸着材、分離膜）の開発
（選択性、容量、耐久性の向上）
基材の製造コストの低減
プロセスの最適化（熱、物質、動力等）など
- CO₂排出原、用途に応じた分離回収法の選定
- CO₂発生源と需要・供給先を連携させたカーボンサイクルに
適合するCO₂分離回収システムの構築（コプロダクション）
- エネルギー消費とコスト評価手法の明示化、評価基盤確立
- 輸送、貯蔵
輸送コストの低減（大量輸送、液化技術）
CO₂需給量の調整・運用機能

<個別技術>

- 化学吸収法（温度差（現行プロセス））
4,000円程度/t-CO₂、所要エネルギー2.5GJ程度/t-CO₂
- 物理吸収法（圧力差（実証段階））
- 固体吸収法（温度差）（研究開発段階）
- 物理吸着法（圧力差・温度差、小スケールでメリット、
選択率、容量、耐久性の向上、新材料の開発）
- 膜分離法（圧力差）
- その他、深冷分離法、Direct Air Capture など

<CO₂回収を容易にするためのプロセス技術>

- 酸素富化燃焼・クローズドIGCC
低コスト酸素供給技術の開発
- ケミカルルーピング
低コスト、長寿命の酸素キャリアの開発

<具体的な取組例>

- 低コスト型分離回収技術の開発
- 液体CO₂の船舶輸送の技術の開発

2030年のターゲット

- 低圧ガス用（燃焼排ガス、高炉ガスなど、濃度数%～、常圧
程度でのCO₂分離）
2,000円台/t-CO₂
所要エネルギー1.5GJ/t-CO₂
化学吸収法、固体吸収法、物理吸着法など
- 高圧ガス用（化学プロセス、燃料ガスなど、濃度数10%、
数MPaでのCO₂分離）
1,000円台/t-CO₂
所要エネルギー0.5GJ/t-CO₂
物理吸収法、膜分離法、物理吸着法など
- その他プロセス全体の見直し（CO₂分離回収機能を備えた
発電・化学合成システム）
クローズドIGCC・ケミカルルーピングなど
1,000円台/t-CO₂
所要エネルギー0.5GJ/t-CO₂

<CO₂分離回収システムの構築>

- CO₂排出原および用途に適合した省エネルギー、低コストとな
るCO₂分離回収のシステム化
- 10,000時間連続運転の実現（耐久性、信頼性の実証）

<分離素材標準評価技術の確立>

- 評価プロトコル確立による素材開発加速の実現

<CO₂輸送・貯蔵システムの構築>

- CO₂排出原および用途に適合した省エネルギー、低コストとな
るCO₂輸送・貯蔵手段の確立
液化（冷却、圧縮）、貯蔵（コンテナ、タンク）、輸送（車両、
パイプライン、船舶など）

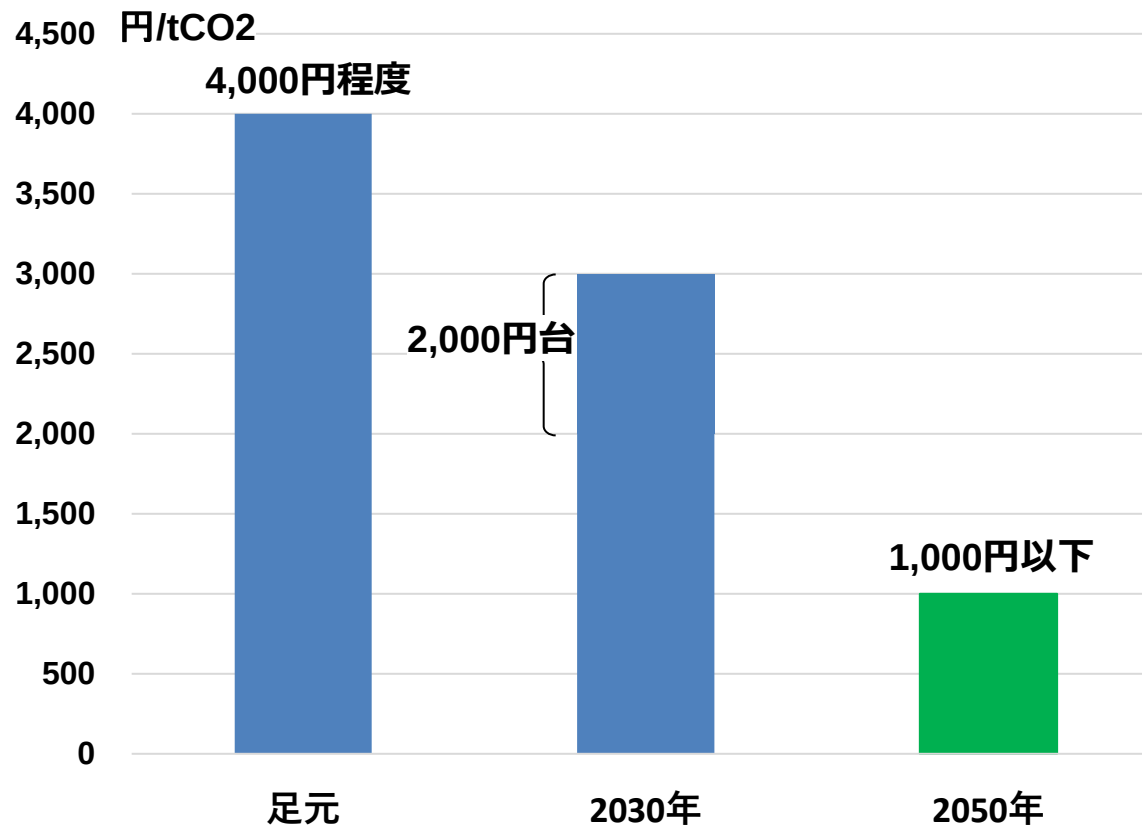
2040年以降 のターゲット

<分離回収実用化>

- 1,000円～数百円
/t-CO₂の達成
- CO₂分離回収システ
ムの耐久性、信頼性
の向上、小型化
- CO₂発生源と用途先
の運用に応じたCO₂
分離回収システムの
最適化
- CO₂分離回収および
輸送システムの本格
普及
- CO₂ネットワーク化
（回収・輸送・利用イ
ンフラ、ハブ&クラ
スター など）

①分離回収コストの将来目標（案）

- 「CCS長期ロードマップ検討会中間とりまとめ」にあるよう、カーボンリサイクル技術ロードマップ、革新的環境イノベーション戦略で示されているコスト目標を踏襲する。
- 足元：4,000円/tCO₂程度、2030年：2,000円台/tCO₂（足元より25%～50%の低減）、2050年：1,000円/tCO₂以下（足元より75%以上の低減）と想定。



出典：カーボンリサイクル技術ロードマップ等よりRITE作成

②輸送コストの将来目標（案）

- 輸送コストについては、現在行われている液化CO2船舶実証において大規模化によるコスト低減の検討が進められている。
- パイプライン輸送、液化CO2船舶輸送とも大規模化によるコスト低減を検討するため、輸送量50万tCO2/年、100万tCO2/年、300万tCO2/年、500万tCO2/年での輸送コストを下表のとおり試算した。

	円/tCO2								
輸送距離（km）	20	50	100	200	300	500	700	900	1,100
PL 50万tCO2/年	2,576	3,905	6,191	11,404	16,190	27,895	38,321	52,584	63,863
PL 100万tCO2/年	2,070	2,852	4,262	6,868	10,114	16,820	22,885	30,870	37,362
PL 300万tCO2/年	1,629	1,961	2,537	3,761	5,128	7,931	11,020	14,392	17,267
PL 500万tCO2/年	1,508	1,711	2,121	2,941	3,846	5,912	8,021	10,300	12,750
船 50万tCO2/年 船型（t）/2隻	8,719	8,722	8,727	8,736	8,746	8,765	9,290	9,309	9,328
	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	8,000	8,000	8,000
船 100万tCO2/年 船型（t）/2隻	6,893	6,896	6,901	6,910	6,919	6,938	7,464	7,483	7,501
	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	16,000	16,000	16,000
船 300万tCO2/年 船型（t）/2隻	5,425	5,428	5,432	5,442	5,451	5,470	5,916	5,935	5,953
	35,500	35,500	35,500	35,500	35,500	35,500	47,000	47,000	47,000
船 500万tCO2/年 船型（t）/隻	4,574	4,579	4,586	4,600	4,614	4,641	4,669	4,816	4,853
	39,500/3隻	39,500/3隻	39,500/3隻	39,500/3隻	39,500/3隻	39,500/3隻	39,500/3隻	39,500/4隻	39,500/4隻

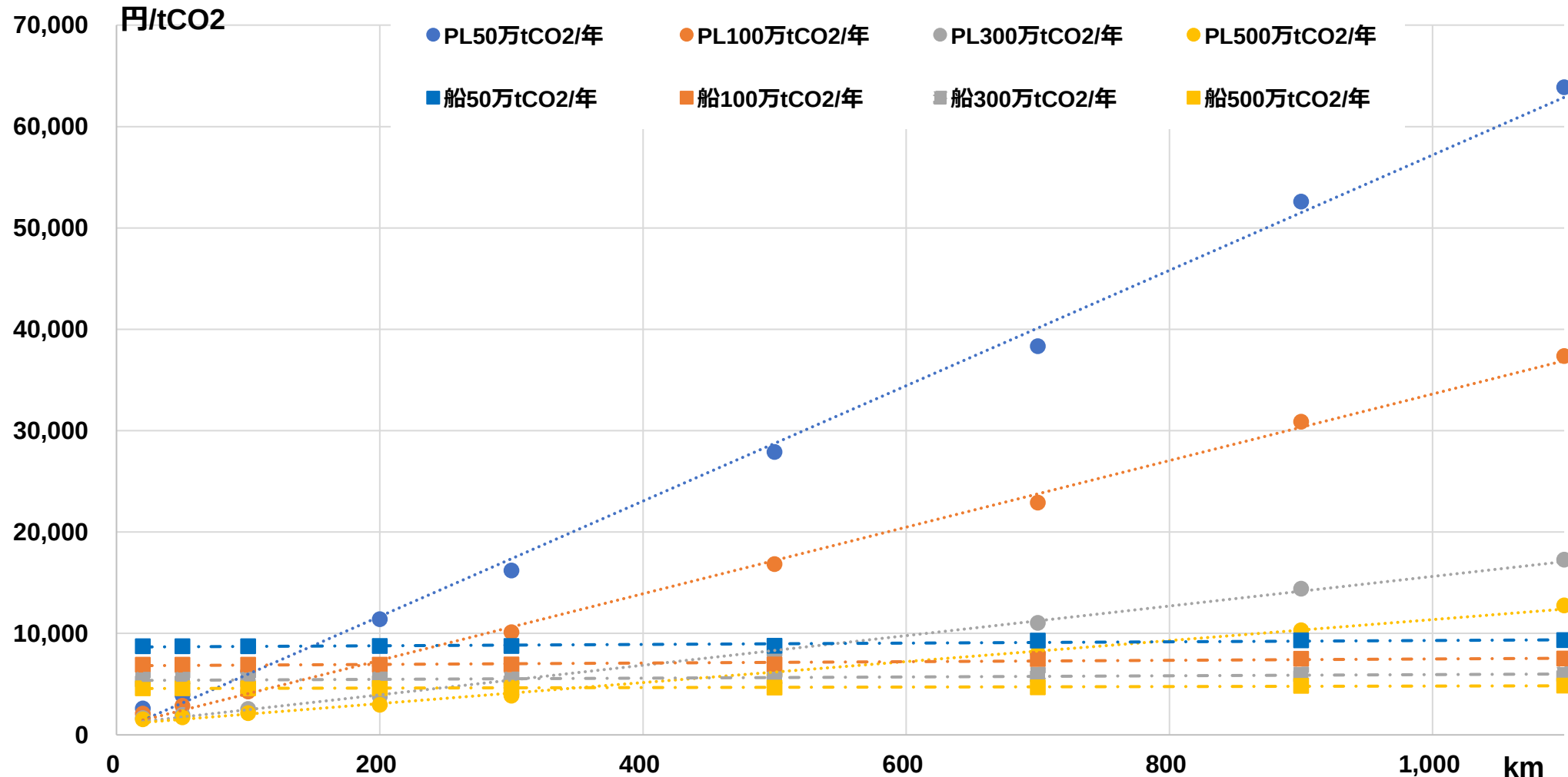
- 液化CO2船舶輸送では、原則2隻体制で試算しているが、500万tCO2/年輸送の場合、2隻体制では船の大きさが5万トンを超えるため700kmまでは3隻体制、それ以上は4隻体制で試算。
- 本試算では原則2隻体制で検討しているため、少量及び近距離輸送の場合、本試算結果は必ずしも最適解とはなっていない（過大となっている可能性がある）。

船舶輸送コストの出典：平成29年度 地球温暖化・資源循環対策等に資する調査委託費（CCSの経済性評価事業）調査報告書等のコストデータを基にRITEにて試算

本試算は既往文献（H20～H24NEDOゼロエミPJ等）にあるコストデータを元に試算した結果である。土地代、土地利用、土地整備、その他の補償費等は一切考慮していない。

(参考) ②輸送コストの将来目標 (案)

- 輸送距離200～300km付近を境に短い場合はパイプライン輸送がコスト的に有利、長い場合は船舶輸送がコスト的に有利となる。



②輸送コストの将来目標（案）パイプライン輸送

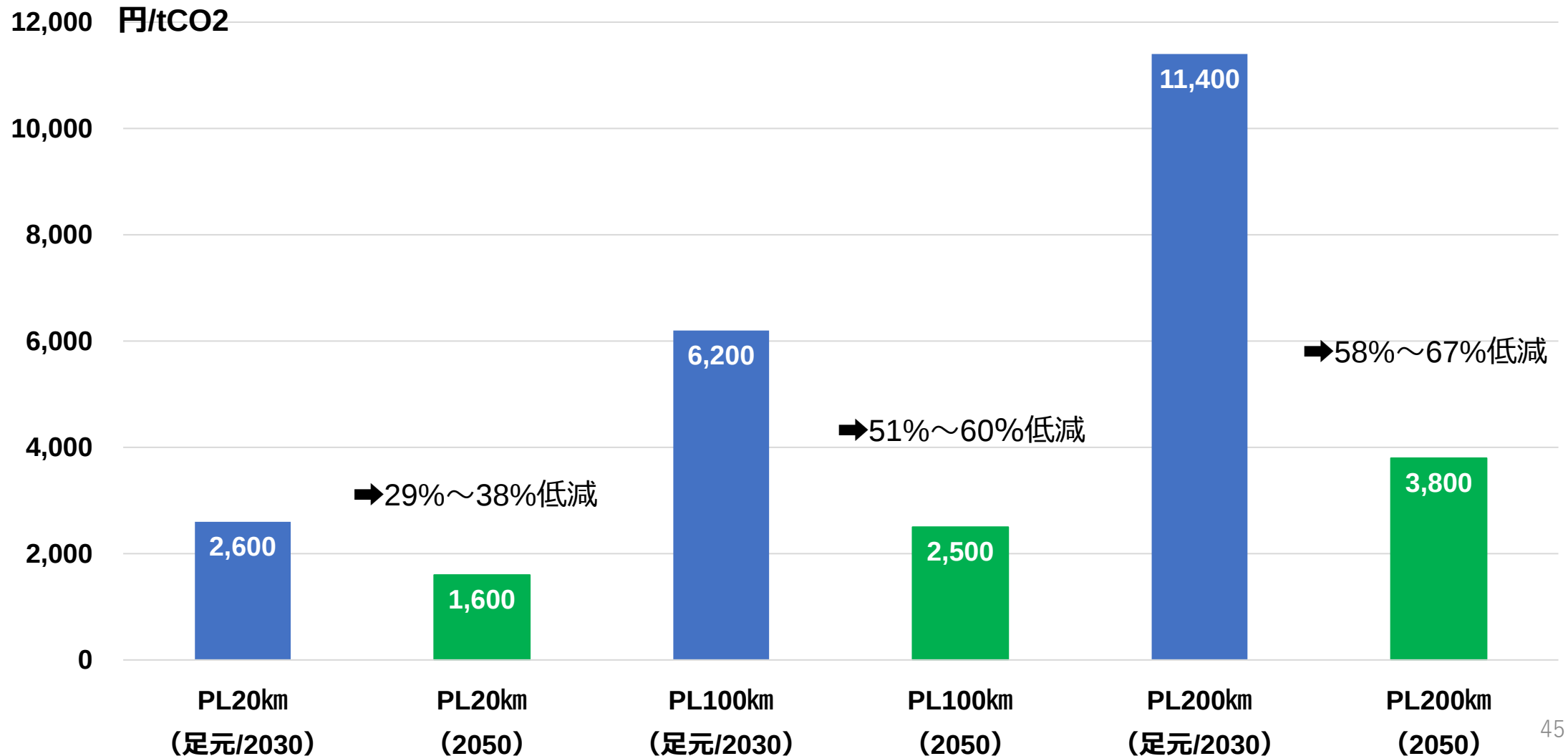
- パイプライン輸送は輸送距離に応じコストが変動するため、20km、100km、200kmの場合について、輸送コストの将来目標（案）を検討した。
- パイプライン輸送の設備規模について、足元及び2030年の輸送規模を50万tCO₂/年～100万tCO₂/年程度と想定。また2050年の輸送規模は300万tCO₂/年～500万tCO₂/年程度に規模が拡大すると想定。
- 将来目標（案）は、前述の試算結果から以下のとおりとした。

単位：円/tCO ₂	足元コスト（案）／ 2030年目標（案） ※輸送規模 50～100万tCO ₂ /年	2050年目標（案） ※輸送規模 300～500万tCO ₂ /年	備考 2030年からの低減率
20km輸送の場合	2,100～2,600	1,500～1,600	29%～38%低減
100km輸送の場合	4,300～6,200	2,100～2,500	51%～60%低減
200km輸送の場合	6,900～11,400	2,900～3,800	58%～67%低減

パイプラインの場合は、設計段階から将来を見越して輸送容量を決めるため、将来の排出源の状況や貯留地点の状況によっては、設計通りの運用とならない可能性がある。一方、船舶輸送は、原理的には輸送量に応じて船舶数を増減させれば対応可能なため、パイプラインの場合よりもバリューチェーン全体で考えた場合、将来の輸送量の変動に関するリスクは低く、且つ、フレキシブルな対応が可能と考えられる。

②輸送コストの将来目標（案） パイプライン輸送

- 輸送規模を50～100万tCO₂/年から300～500万tCO₂/年に拡大することで、概ね30%～70%程度のコスト削減が見込める。



②輸送コストの将来目標（案） 液化CO2船舶輸送

- 液化CO2船舶輸送は輸送距離が変化してもコストの変動幅は小さい。
- 液化CO2船舶による輸送規模について、先ほどのパイプライン輸送と同様に、足元及び2030年の輸送規模を50万tCO2/年～100万tCO2/年程度と想定。また2050年の輸送規模は300万tCO2/年～500万tCO2/年程度に規模が拡大すると想定。
- 将来目標（案）は、前述の試算結果から以下のとおりとした。

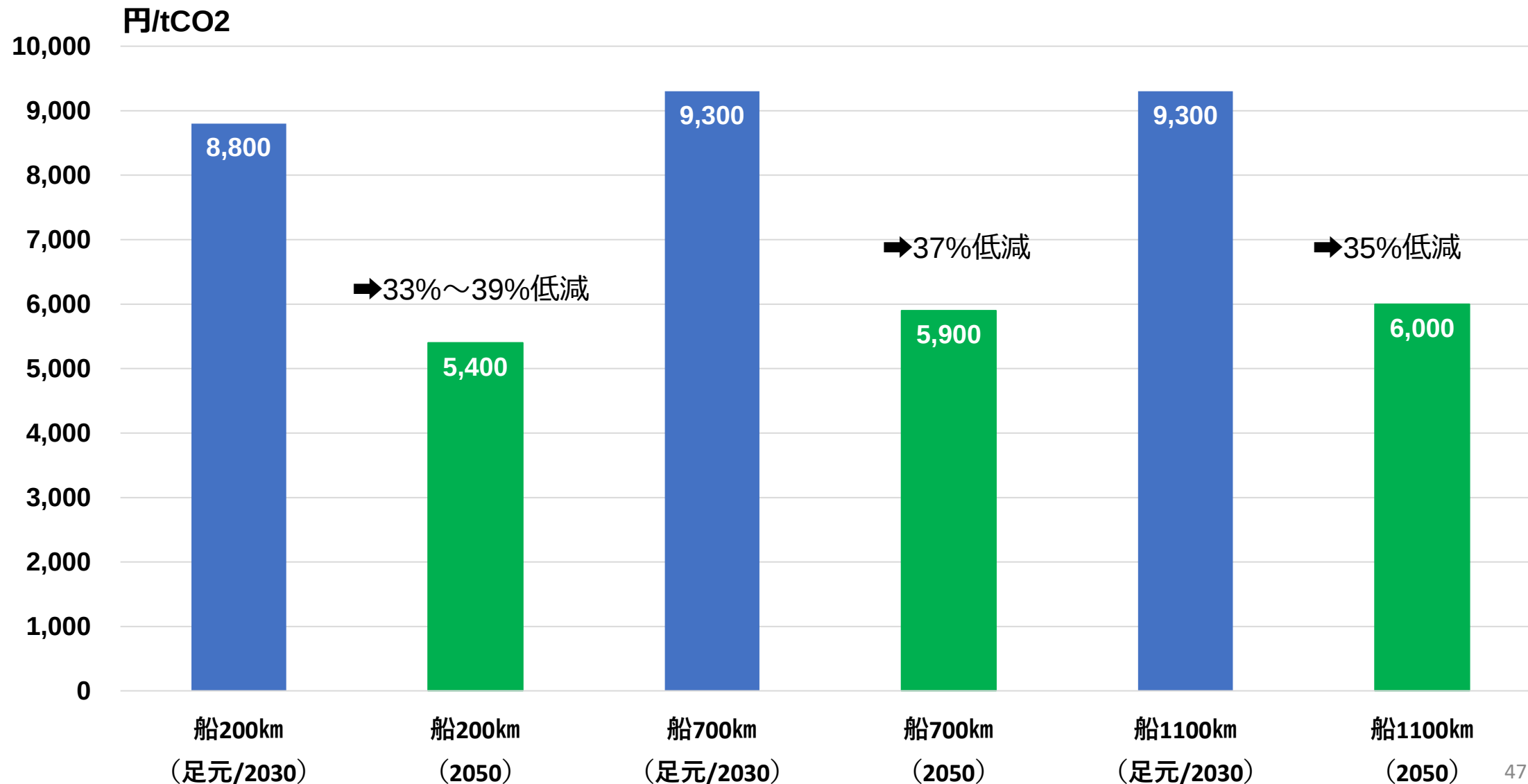
単位：円/tCO2	足元コスト（案）／ 2030年目標（案） ※輸送規模 50～100万tCO2/年	2050年目標（案） ※輸送規模 300～500万tCO2/年	備考 2030年からの低減率
200km輸送の場合	6,900～8,800	4,600～5,400	33%～39%低減
700km輸送の場合	7,500～9,300	4,700～5,900	37%低減
1,100km輸送の場合	7,500～9,300	4,900～6,000	35%低減

船舶輸送コストの出典：平成29年度 地球温暖化・資源循環対策等に資する調査委託費（CCSの経済性評価事業）調査報告書等のコストデータを基にRITEにて試算

パイプラインの場合は、設計段階から将来を見越して輸送容量を決めるため、将来の排出源の状況や貯留地点の状況によっては、設計通りの運用とならない可能性がある。一方、船舶輸送は、原理的には輸送量に応じて船舶数を増減させれば対応可能なため、パイプラインの場合よりもバリューチェーン全体で考えた場合、将来の輸送量の変動に関するリスクは低く、且つ、フレキシブルな対応が可能と考えられる。

②輸送コストの将来目標（案） 液化CO2船舶輸送

- 輸送規模を50～100万tCO₂/年から300～500万tCO₂/年とすることで、概ね30%～40%程度のコスト削減が見込める。



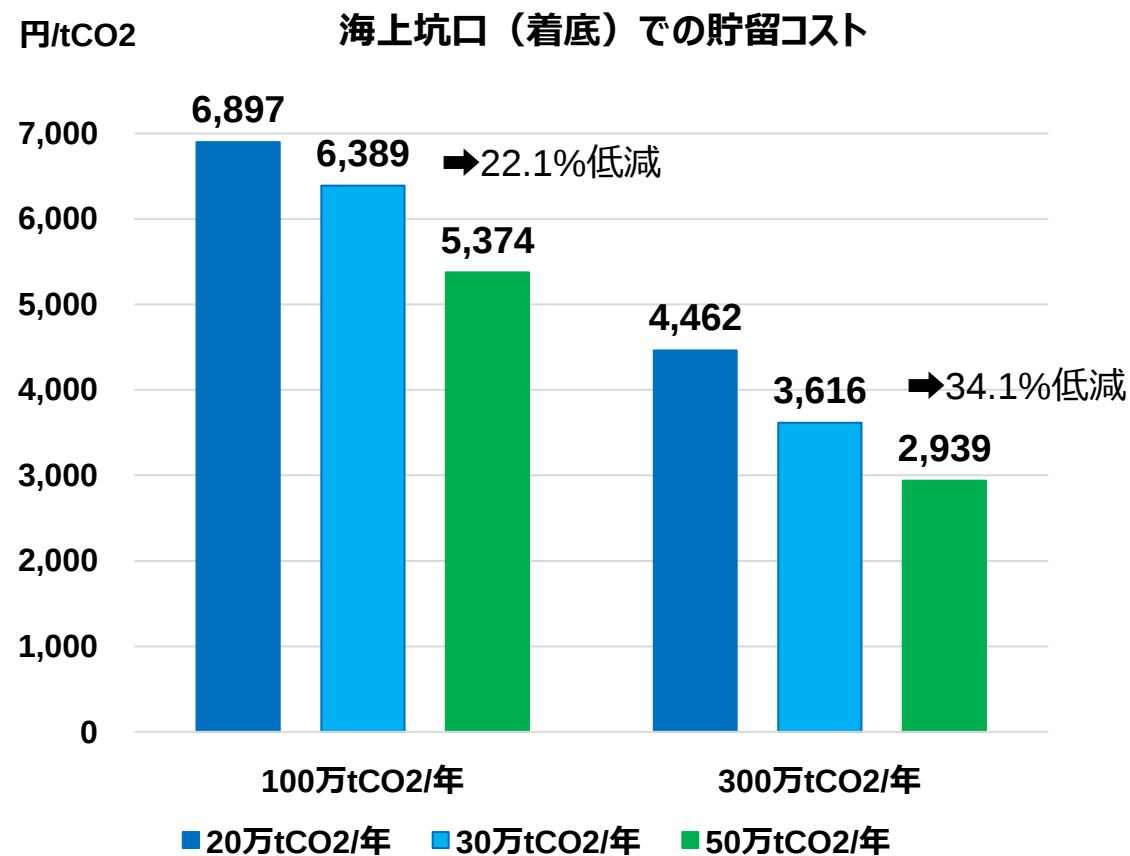
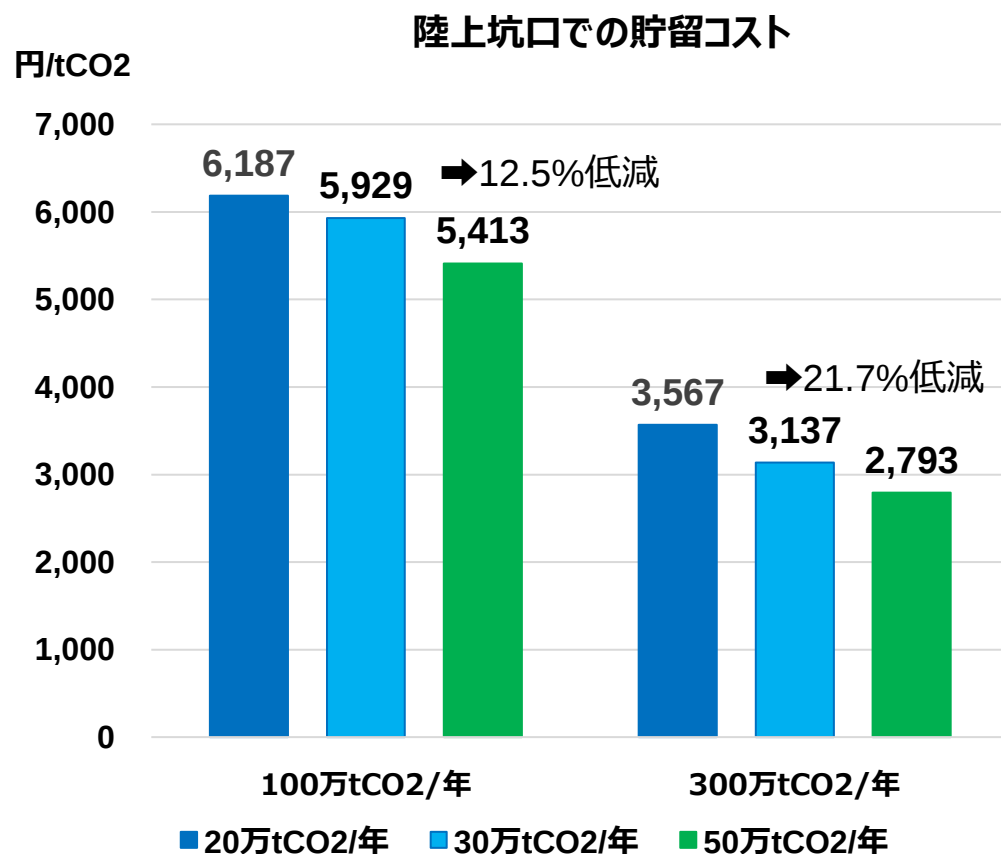
③貯留コストの見込み（案） 圧入レート向上

- 貯留コストについて、圧入レート向上によるコストへの影響を把握するため、陸上坑口及び海上坑口（着底）の場合について、下記条件の下、貯留コストを試算した。なお、本試算は貯留ポテンシャルが確保された場合を想定している。
- 注）海上坑口（着底）については、本試算においてはプラットフォーム1基を想定している。海域、地下の性状によっては複数のプラットフォームが必要となる場合もあり、貯留コストに影響を及ぼす。

円/tCO ₂	圧入量	圧入レート 20万tCO ₂ /年・本	圧入レート 30万tCO ₂ /年・本 ※20万tCO ₂ からの低減率	圧入レート 50万tCO ₂ /年・本 ※20万tCO ₂ からの低減率
陸上坑口	100万tCO ₂ /年	6,187 (圧入井5本)	5,929 (圧入井4本)	5,413 (圧入井2本)
		—	4.2%の低減	12.5%の低減
	300万tCO ₂ /年	3,567 (圧入井15本)	3,137 (圧入井10本)	2,793 (圧入井6本)
		—	12.1%の低減	21.7%の低減
海上坑口 (着底)	100万tCO ₂ /年	6,897 (圧入井5本)	6,389 (圧入井4本)	5,374 (圧入井2本)
		—	7.4%の低減	22.1%の低減
	300万tCO ₂ /年	4,462 (圧入井15本)	3,616 (圧入井10本)	2,939 (圧入井6本)
		—	19.0%の低減	34.1%の低減

③貯留コストの見込み（案） 圧入レート向上

- 貯留コストについては、地下の性状に影響を受けることが多い。ここでは、圧入レートの違いによるコストを試算した。
- 圧入レート20万tCO₂/年・本、30万tCO₂/年・本、50万tCO₂/年・本の場合を想定。
- 圧入レートが向上することで井戸本数を減らすことができ、貯留コストとしては12%程度から34%程度の低減が見込める。
- 注）海上坑口（着底）については、本試算においてはプラットフォーム1基を想定している。海域、地下の性状によっては複数のプラットフォームが必要となる場合もあり、貯留コストに影響を及ぼす。



コスト低減の見込み（まとめ）

- ・ 分離回収、輸送、貯留それぞれのCCSの将来目標（案）について、下表の条件における試算結果を整理した。
- ・ なお、本試算結果は、既往文献のコストデータをベースとした一定の条件の下での試算である。実際のコストとは必ずしも一致しないことに留意が必要である。
- ・ CCSコストを詳細に把握するためには、より具体的な条件で試算を実施することが必要と考えられる。

円/tCO ₂	足元	2030年	2050年 足元コストからの低減率
分離回収①	4,000	2,000円台 (2,000)	1,000円以下 (1,000)
輸送② (PL20km)	2,600 (50万tCO ₂ /年)	2,600 (50万tCO ₂ /年)	1,600 (300万tCO ₂ /年)
輸送③ (船舶1,100km)	9,300 (50万tCO ₂ /年)	9,300 (50万tCO ₂ /年)	6,000 (300万tCO ₂ /年)
貯留（陸上）④	6,200 (20万tCO ₂ /年・本)	6,200 (20万tCO ₂ /年・本)	5,400 (50万tCO ₂ /年・本)
貯留（海上）⑤ ※着底	6,900 (20万tCO ₂ /年・本)	6,900 (20万tCO ₂ /年・本)	5,400 (50万tCO ₂ /年・本)
合計			
PL+陸上：①+②+④	12,800	10,800	8,000（38%低減）
PL+海上：①+②+⑤	13,500	11,500	8,000（41%低減）
船舶+陸上：①+③+④	19,500	17,500	12,400（36%低減）
船舶+海上：①+③+⑤	20,200	18,200	12,400（39%低減）