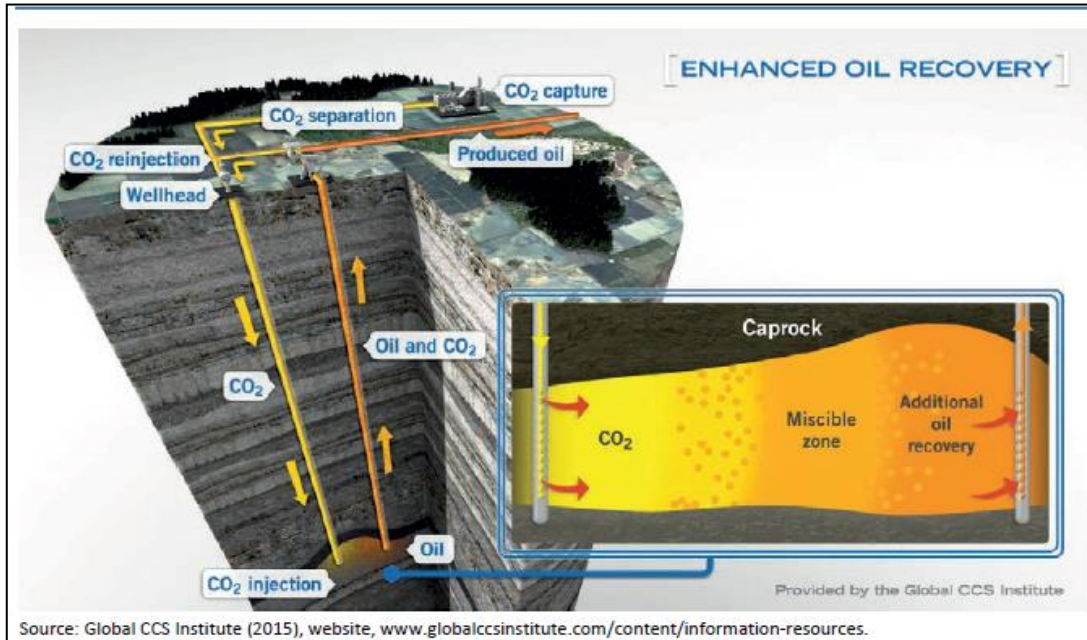


# シュルンベルジェ社とのCO<sub>2</sub>EORを通じた 石炭ガス化+CCUS事業化検討について

2021年8月  
電源開発株式会社

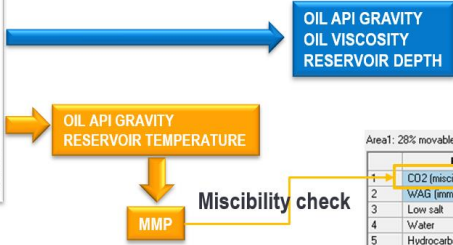
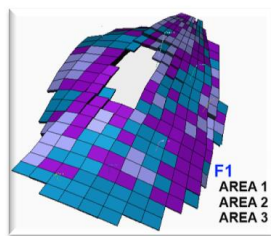
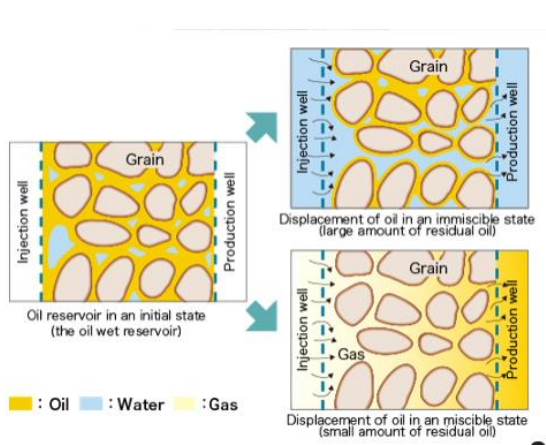
# これまでの取組み内容～CO<sub>2</sub>EOR需要調査～



➤ これまで、当社はシュルベルジェ社と共に世界中の堆積盆や貯留層の公開データをもとに、シュルベルジェ社が開発したスマートデジタルシステムを用い、EOR用途での潜在的なCO<sub>2</sub>需要調査を実施。

➤ いくつかの地点で結果をとりまとめ。

➤ 調査結果を参考に、本事業構想の候補地点について幅広く検討している。



## Screening Ranges for CO<sub>2</sub> EOR

Reservoir type	Miscibility	Gravity (Deg API)	Viscosity(cp)	Depth(ft)
Clastic	Miscible	26-70	0.2-2.82	1000-13000
	Immiscible	13-38	1-100	3000-7000
Carbonate	Miscible	26-70	0.2-2.82	1000-13000
	Immiscible	>13	2.9-794	>2000

Bayesian network for clastic reservoir was trained by 89 CO<sub>2</sub> Miscible EOR projects  
Bayesian network for carbonate reservoir was trained by 129 CO<sub>2</sub> Miscible EOR projects

Data mining by Bayesian networks

Area1: 28% movable oil

	EOR agent	Pore scale ranking	Compatibility	Macro scale filtering	Industry guidance
1	CO2 (miscible)	0.95			0.361
2	WAG (immiscible)	0.55			0.395
3	Low salt	0.53			NA
4	Water	0.46			NA
5	Hydrocarbon gas (immiscible)	0.2			0.619
6	N2 (immiscible)	0.19			0.730

CO<sub>2</sub> (miscible) Properties

Gravity(API)  
Temperature(degF)  
Log10(Viscosity)  
Depth(ft)  
Log10(Permeability)  
Porosity(%)



# 主な運転中のCO<sub>2</sub>貯留設備



FACILITY TITLE	STATUS	COUNTRY	OPERATION DATE	INDUSTRY	CAPTURE CAPACITY (Mtpa) (MAX)	CAPTURE TYPE	STORAGE TYPE
Terrell Natural Gas Processing Plant (formerly Val Verde Natural Gas Plants)	Operational	United States	1972	Natural gas processing	0.40	Industrial Separation	Enhanced Oil Recovery
Enid Fertilizer	Operational	United States	1982	Fertiliser production	0.20	Industrial Separation	Enhanced Oil Recovery
Shute Creek Gas Processing Plant	Operational	United States	1986	Natural gas processing	7.00	Industrial Separation	Enhanced Oil Recovery
Steinberg CO <sub>2</sub> Storage	Operational	Norway	1996	Natural gas processing	1.00	Industrial Separation	Dedicated Geological Storage
Great Plains Synfuels Plant and Weyburn-Midale	Operational	United States	2000	Synthetic natural gas	3.00	Industrial Separation	Enhanced Oil Recovery
Core Energy CO <sub>2</sub> -EOR	Operational	United States	2003	Natural gas processing	0.35	Industrial Separation	Enhanced Oil Recovery
Sinopec Zhongyuan Carbon Capture Utilisation and Storage	Operational	China	2006	Chemical production	0.12	Industrial Separation	Enhanced Oil Recovery
Snohvit CO <sub>2</sub> Storage	Operational	Norway	2008	Natural gas processing	0.70	Industrial Separation	Dedicated Geological Storage
Arkato CO <sub>2</sub> Compression Facility	Operational	United States	2009	Ethanol production	0.29	Industrial Separation	Enhanced Oil Recovery
Century Plant	Operational	United States	2010	Natural gas processing	5.00	Industrial Separation	Enhanced Oil Recovery & Geological Storage
Bonanza BioEnergy CCUS EOR	Operational	United States	2012	Ethanol production	0.10	Industrial Separation	Enhanced Oil Recovery
PCS Nitrogen	Operational	United States	2013	Fertiliser production	0.30	Industrial Separation	Enhanced Oil Recovery
Petrobras Santos Basin Pre-Salt Oil Field CCS	Operational	Brazil	2013	Natural gas processing	4.60	Industrial Separation	Enhanced Oil Recovery
Lost Cabin Gas Plant	Operation suspended	United States	2013	Natural gas processing	0.90	Industrial Separation	Enhanced Oil Recovery
Coffeyville Gasification Plant	Operational	United States	2013	Fertiliser production	1.00	Industrial Separation	Enhanced Oil Recovery
Air Products Steam Methane Reformers	Operational	United States	2013	Hydrogen production	1.00	Industrial Separation	Enhanced Oil Recovery
Boundary Dam Carbon Capture and Storage	Operational	Canada	2014	Power generation	1.00	Post-combustion capture	Enhanced Oil Recovery
Uthmaniyah CO <sub>2</sub> -EOR Demonstration	Operational	Saudi Arabia	2015	Natural gas processing	0.80	Industrial Separation	Enhanced Oil Recovery
Quest	Operational	Canada	2015	Hydrogen Production Oil sands upgrading	1.20	Industrial Separation	Dedicated Geological Storage
Karamay Dunhua Oil Technology CCUS EOR	Operational	China	2015	Chemical production methanol	0.10	Industrial Separation	Enhanced Oil Recovery
Abu Dhabi CCS (Phase 1 being Emirates Steel Industries)	Operational	United Arab Emirates	2016	Iron and steel production	0.80	Industrial Separation	Enhanced Oil Recovery

FACILITY TITLE	STATUS	COUNTRY	OPERATION DATE	INDUSTRY	CAPTURE CAPACITY (Mtpa) (MAX)	CAPTURE TYPE	STORAGE TYPE
Petra Nova Carbon Capture	Operation suspended	United States	2017	Power generation	1.40	Post-combustion capture	Enhanced Oil Recovery
Illinois Industrial Carbon Capture and Storage	Operational	United States	2017	Ethanol production - ethanol plant	1.00	Industrial Separation	Dedicated Geological Storage
CNPC Jilin Oil Field CO <sub>2</sub> EOR	Operational	China	2018	Natural gas processing	0.60	Industrial Separation	Enhanced Oil Recovery
Gorgon Carbon Dioxide Injection	Operational	Australia	2019	Natural gas processing	4.00	Industrial Separation	Dedicated Geological Storage
Qatar LNG CCS	Operational	Qatar	2019	Natural gas processing	2.10	Industrial Separation	Dedicated Geological Storage
Alberta Carbon Trunk Line (ACTL) with Nutrien CO <sub>2</sub> Stream	Operational	Canada	2020	Fertiliser production	0.30	Industrial Separation	Enhanced Oil Recovery
Alberta Carbon Trunk Line (ACTL) with North West Redwater Partnership's Sturgeon Refinery CO <sub>2</sub> Stream	Operational	Canada	2020	Oil refining	1.40	Industrial Separation	Enhanced Oil Recovery

- 運転中CO<sub>2</sub>貯留設備の殆どがEOR用途
- 1972年から実用化、世界中で累積20件以上の実績

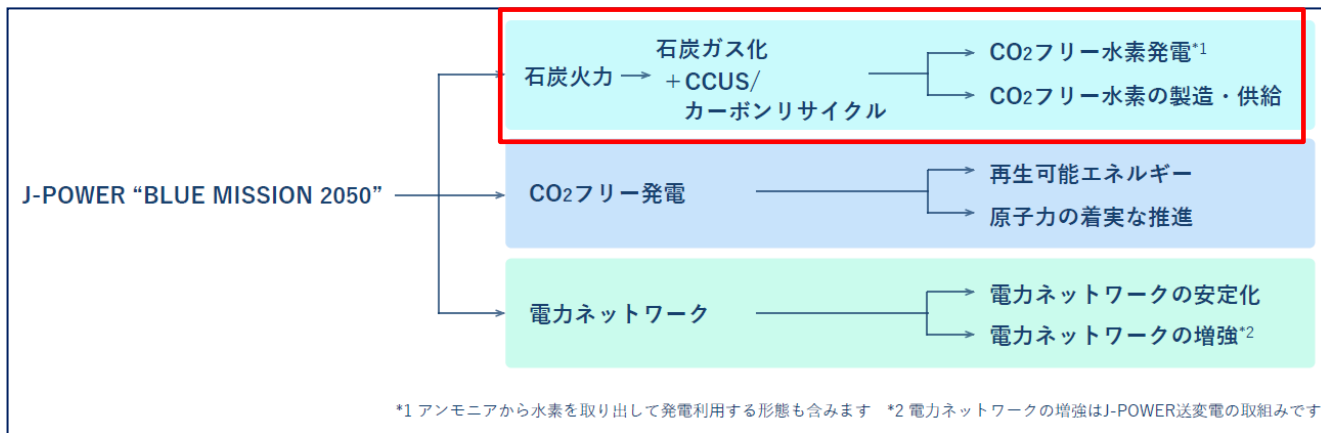


- CO<sub>2</sub>EORは、技術的、経済的にCO<sub>2</sub>貯留として、比較的実現性の高い解決策であり、今後も有力な解決策の1つ



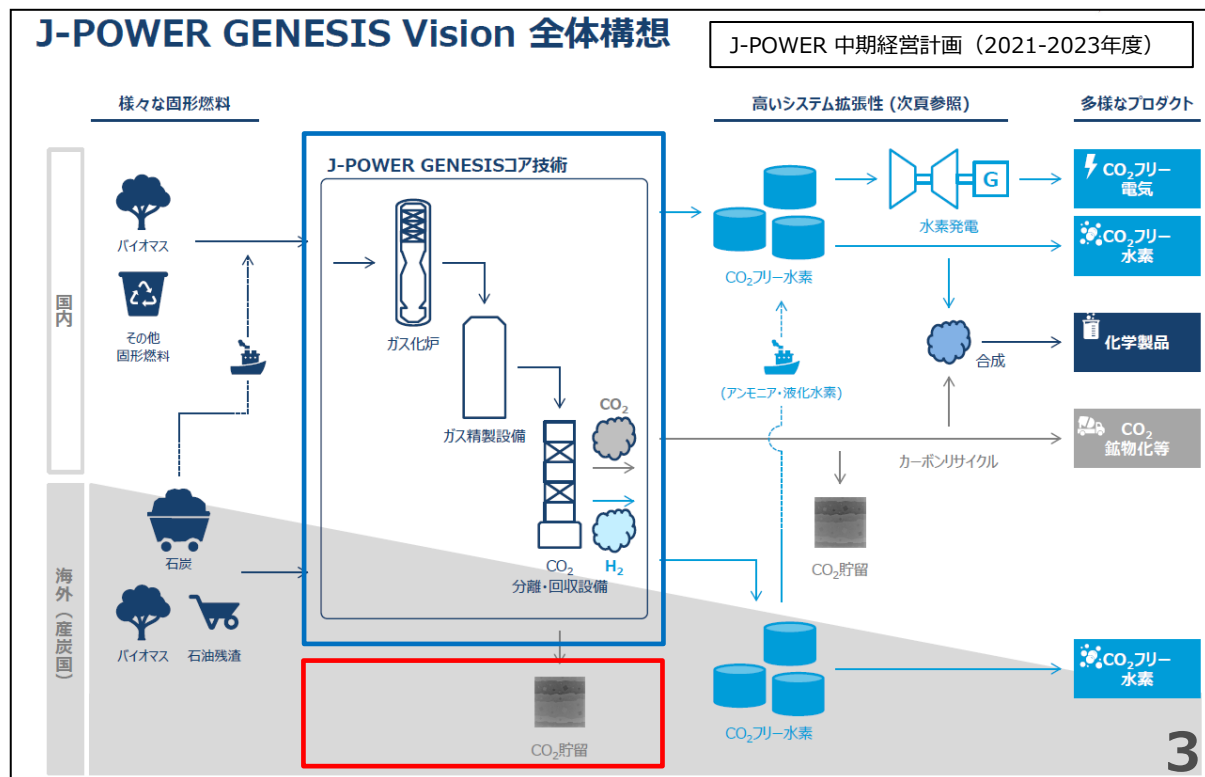
- 引き続きCO<sub>2</sub>EORをCO<sub>2</sub>貯留方法として想定し、検討を継続

# J-POWER カーボンニュートラル（CN） 取組み方針



- 当社は化石燃料の利用継続には **CCUSが不可欠と認識**
- ↓
- 当社には、石炭ガス化設備で約20年、更にCO<sub>2</sub>分離回収設備の開発、実証、運転でも実績がある
- ↓
- 当社には、**CCUS実現に必要な知見と経験がある**

- **当社コア技術 :**  
ガス化炉～CO<sub>2</sub>分離回収設備
- +
- **シュルンベルジェ社コア技術 :**  
CO<sub>2</sub>EOR
- ↓
- **石炭ガス化+CCUS (CO<sub>2</sub>EOR) 組合せの実現**
- ↓
- **J-POWER CN取組み方針に沿った、新たな石炭クリーン利用オプションの確立**



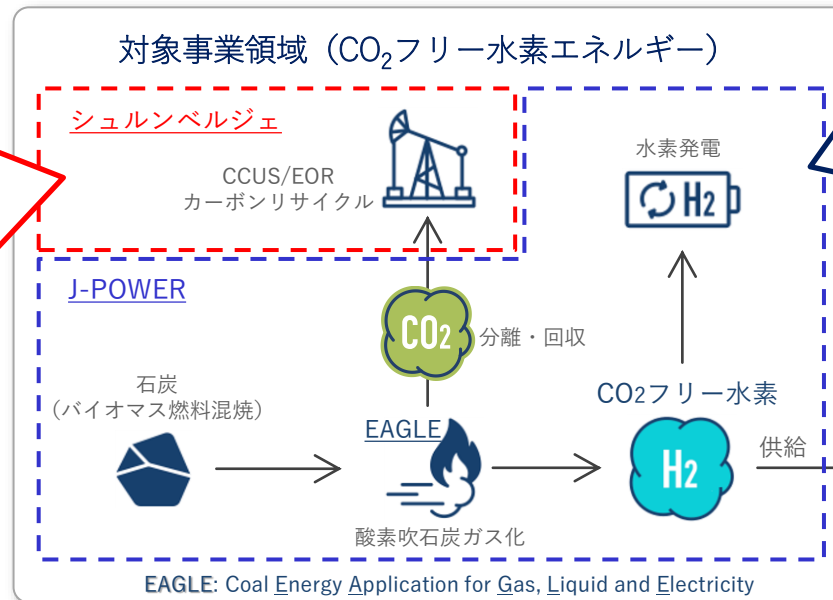
# 石炭ガス化炉（EAGLE炉） + CO<sub>2</sub>EOR実現への取組



- CO<sub>2</sub>EORの具体化検討に際し、CO<sub>2</sub>EOR技術分野で豊富な経験を有し、世界最大のオイルフィールドサービス会社であるシュルンベルジェ社と協同での取組みを開始
  - 当社とシュルンベルジェ社が持つ技術、知見を組み合わせることで、CO<sub>2</sub>フリー水素の製造とCO<sub>2</sub>を活用した石油増産、併せてCO<sub>2</sub>貯留の実現が可能
- ↓
- 実現すれば、海外での事業機会拡大とカーボンニュートラルを同時に満足できる取組みとなる

## シュルンベルジェ

- 対象油田の地下層における構造解析や静的、動的シミュレーションモデルの作成
- CO<sub>2</sub>注入後の流動解析、CO<sub>2</sub>モニタリング、増油量の評価、などを担当



## J-POWER

- 石炭ガス化、CO<sub>2</sub>分離回収設備、必要に応じて揚運炭設備を含む地上設備における技術検討
- 水素、電力オフテイカー調査
- 経済性評価とりまとめ、などを担当



- 現状、世界中の堆積盆や貯留層の公開データをもとに、いくつかの地点でシュルンベルジェ社が開発したスマートデジタルシステムを用い、EOR用途での潜在的なCO<sub>2</sub>需要調査を実施済
- CO<sub>2</sub>EOR候補地の中から、石炭調達、クリーン・エネルギー需要、立地環境、石炭許容度などを考慮し、FS候補地点を幅広く検討中
- 当面の目標は、当社、シュルンベルジェ社、油田オーナー、オフテイカーなど、関連メンバー参加のもとでのFS実施
- 新たな石炭クリーン利用オプションとして、早期に実現性を検証すべく対応。



# 參考資料

# シュルンベルジェ社 会社概要



商号	Schlumberger Limited
本社所在地	ヒューストン、パリ、ロンドン、ハーグ
創立	1926年
売上高	236億米ドル（2020年度）
代表者	Olivier Le Peuch（会長/CEO）
設立区分	公開会社（NYSE：SLB）
社員数	約86,000人（2020年）
主要事業内容	地震探査、掘削、ワイヤーライン検層による石油井の調査、坑井テスト、セメンティング、油井刺激など、石油井の調査・評価サービス、プロジェクト マネジメント

## 【基本情報】

- 世界最大のオイルフィールドサービス会社。世界中に約86,000人、160ヶ国にわたる国籍を持つ社員が120ヶ国以上でビジネスを展開
- オイルフィールドサービスとは、地下にある石油・天然ガス資源の探査、埋蔵量の解析や開発・生産に至る油ガス田ライフサイクルにおいて、様々なサポートを提供するサービス
- シュルンベルジェは探鉱・開発・生産にいたるまでの総合的なオイルフィールドサービスを提供
- 新設されたNew Energy部門がCCS、水素、地熱、地中熱、リチウム等のエネルギー分野にも事業を展開
- 日本においてはシュルンベルジェ株式会社(SKK)を1985年に設立し、油田探査用計測機器の開発や、地域・用途に合わせた機器を生産、国内市場向けにはオイルフィールドサービスの他、デジタルやカーボンニュートラルに向けた技術サービス事業も展開

## 【沿革】

- 1926年 創立
- 1927年 初の坑内電気検層をフランスで実施
- 1934年 Schlumberger Well Surveying Corporationを米国ヒューストンに創設
- 1936年 日本初の電気検層を新潟県柏崎市で実施
- 1962年 ニューヨーク株式市場に上場
- 1985年 SKKテクノロジーセンターを神奈川県に設置
- 2016年 Cameron International社と合併
- 2017年 キャメロンジャパン社とシュルンベルジェ東京事業所を現在の日本橋に移転・統合
- 2020年 New Energy部門を設立

## 【株主構成】

	株主	持分(%)
1	The Vanguard Group	8.2
2	BlackRock, Inc.	6.9
3	State Street Corporation	5.8
4	Dodge & Cox	5.5



# 石炭ガス化（EAGLE）炉の開発ステップ



EAGLE炉の形式  
噴流床/ドライフィード/酸素吹方式



OCG 実証試験プラント  
(1,180t/d / 2016～ / 大崎)

- EAGLEから約8倍のスケールアップ
- 商用機の約1/3（166MW）規模
- IGCC, IGCC + CO<sub>2</sub>回収, IGFC



EAGLE（多目的）パイロットプラント  
(150t/d / 2002～2013 / 若松)



大崎クールジェン株式会社

設立：平成21年7月29日

出資：中国電力(株)50%

電源開発(株)50%



HYCOL（水素製造目的）パイロットプラント  
(50t/d / 1991～1993 / 袖ヶ浦)

プロセス開発ユニット  
(0.5t/d / 1981～1985 / 勝田)

# SPE Virtual Workshop概要



- SPE(Society of Petroleum Engineers)主催によるWorkshop
- 石油・ガス企業や政府、規制機関、R&D機関など様々な分野から、世界的にCCUSおよびEOR技術をリードする人々が集まり、技術やプロジェクト開発について講義やディスカッションを実施
- 当社は2021年2月24-25日開催のWorkshopにて発表（ホストはADNOC（アブダビ国営石油会社））。
- 今回Workshop全体のテーマ
  - ✓ CO<sub>2</sub>回収技術の進歩とイノベーション
  - ✓ CO<sub>2</sub> 貯留：リザーバーの選択とモニタリング
  - ✓ CCUSとCO<sub>2</sub> EOR：プロジェクト開発、キードライバー、潜在的事業者
  - ✓ CO<sub>2</sub> EOR：地盤調査および井戸の開発と最終的な設計
  - ✓ CO<sub>2</sub> EOR：新しい材料の選択肢や井戸、設備の開発
  - ✓ CCUSとCO<sub>2</sub> EOR：既存のプロジェクトと新しいプロジェクト



Host Organisation



## SPE Virtual Workshop: Sustainability Stewardship—CCUS Opportunities in Global Energy Transition

24–25 February 2021 | Virtual [GST, UTC+4]

1400-1420



Kate Evans  
Solution Owner, Carbon Storage  
Modelling and New Energies  
Halliburton

**Presentation:**  
A Paradigm Shift for CO<sub>2</sub>  
Injection Simulations

1420-1430

Break

1430-1550

**Session 5: CO<sub>2</sub> Capture and Surface Facilities**  
**Session Chairs: Farhang Abdollahi, Shell;**  
**Philip Llewellyn, Total**

CO<sub>2</sub> capture is becoming more important and will go beyond the certain traditional applications such as power plant post-combustion. The industries will be looking into reducing the cost of capturing while integrating with cost-effective low emission energy supply chains. This session will highlight and discuss different aspects of CO<sub>2</sub> capture which impact the techno-economy features of the project. Factors which need to be considered and evaluated for a successful deployment, would include (but are not limited to):

- The objective of CO<sub>2</sub> capture:
  - Is it due to environmental regulations only or monetisation by CO<sub>2</sub> utilisation?
- Source of CO<sub>2</sub>:
  - Which sources within the plants would have the lowest cost of capture (\$/tonne of CO<sub>2</sub>).
  - Pre-combustion and post-combustion differences.
- Selection criteria of commercially-available technologies for large-scale projects.

1450-1510



Krish Krishnamurthy  
Director, Transformational R&D  
Linde Technology  
Linde

**Presentation:**  
Assessment of Source Specific  
CO<sub>2</sub> Capture for Power Plant and  
Industrial Sources as an Opportunity  
to Reduce Cost of Capture

1510-1530



Akira Yabumoto  
Executive Senior Advisor  
J-POWER

**Presentation:**  
Decarbonising Coal Use for Electricity/  
Hydrogen Production—Integration of  
Coal Gasification and CO<sub>2</sub> Capture

1530-1550



Aiyah Al Ali  
Engineer  
Process Projects and Technical Services  
ADNOC Sour Gas

**Presentation:**  
ADNOC Sour Gas CO<sub>2</sub> Project  
Overview

1550-1600

Day 1 Wrap Up

その他  
当社カーボンニュートラルに向けた取組み



# 豪州褐炭水素実証プロジェクト

- 豪州の未利用褐炭を山元でガス化し、石炭ガス化ガスから水素を製造、日本に輸送。水素製造の過程で発生するCO<sub>2</sub>は豪州側で回収・貯留すればゼロエミッション化できる。
- 事業主体：J-POWER、川崎重工業、岩谷産業、丸紅、JX、AGLエナジー(豪)

ラトロボレー推定埋蔵量  
1,580億トン

ロイヤン 炭鉱

前処理  
乾燥設備

ガス化設備

ガス精製・  
水素製造設備

褐炭ガス化水素製造試験設備

Area of Interest



- Contains the world's 2<sup>nd</sup> largest brown coal deposit
- Produces more than 90% of Victoria's electricity
- Storage potential of 20gt

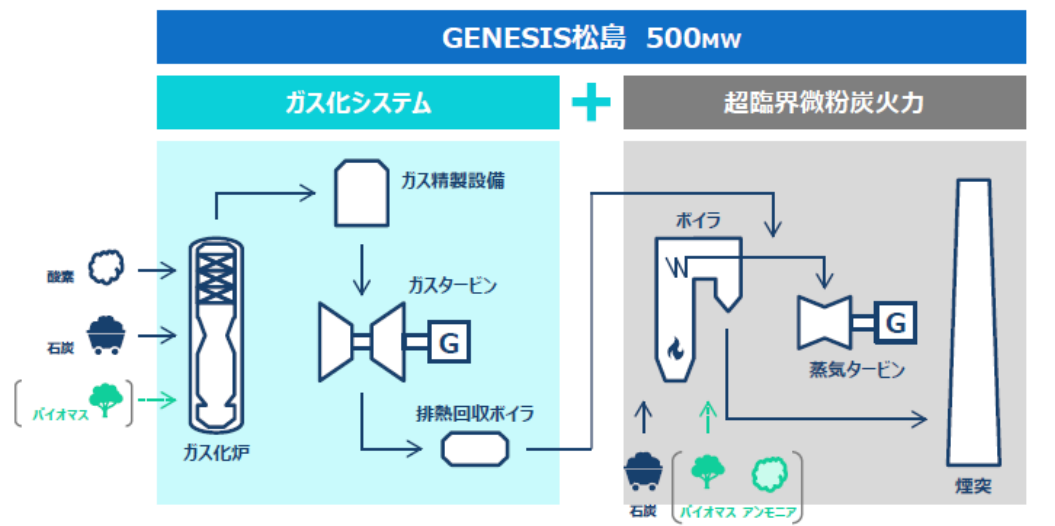
Latrobe  
Valley

The Gippsland Basin

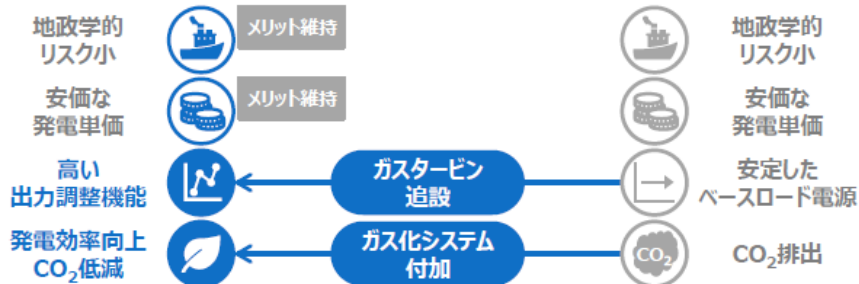
## Action 2

## 既設火力のアップサイクル ~ GENESIS 松島

オイルショック後に輸入石炭利用の道を切り拓いた松島地点で、CO<sub>2</sub>フリー水素発電の第一歩を踏み出します。既存資産への新技術適用により、電力安定供給を維持しつつ、経済合理性を持って早期に環境負荷の低減を実現します。



### GENESIS松島



既設松島火力

### J-POWER GENESIS

将来的なCO<sub>2</sub>フリー水素発電も視野に入れたカーボンニュートラル実現に向けた取組み

(詳細はAppendix参照)

\* CCUS : CO<sub>2</sub>の分離・回収、有効利用および貯留



# グンディ天然ガス田におけるCCSプロジェクト

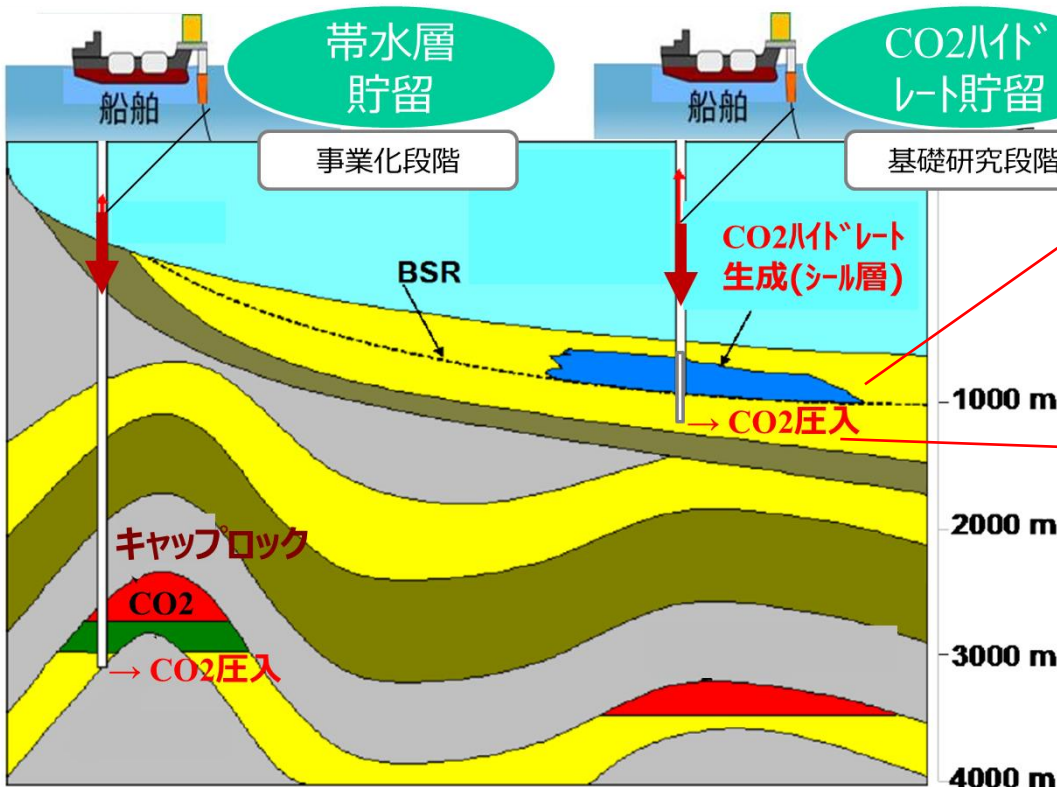
- 尼国 中部ジャワ州 Gundih ガス田には約20%のCO<sub>2</sub>が含有、製品化するためガス生産処理施設でCO<sub>2</sub>を分離回収しているが、回収したCO<sub>2</sub>（年30万トン）は大気放出されている。
- このCO<sub>2</sub>をパイプライン輸送して地下圧入するもの。
- 2020年度、実証事業に向けたFSをMETI支援により実施済み。
- 2021年度、引き続き実証事業に向けたFS実施に向けて対応中。
- 日尼政府関係者から注目されている。

※尼国CoEが実施した調査結果より。





# CO<sub>2</sub>ハイドレート貯留（技術開発）



## 研究課題

シール性能評価

- ・シミュレーション及び室内試験で、所定の温度圧力条件でハイドレート生成とそれに伴う浸透率低下を確認した。
- ・今後は、シミュレーション及び室内試験で、貯留に必要なシール性能を得るための各種条件を確認する予定。

貯留性能評価

- ・シミュレーションにより、液体CO<sub>2</sub>の圧入性能(injectivity)を確認した。
- ・今後は、シミュレーションにより貯留容量(capacity)を最大化する圧入坑井の配置を検討する予定。

ポテンシャル評価

- ・日本周辺海域の温度圧力条件適合エリアを抽出した。  
→面積32.6万km<sup>2</sup>  
(日本の国土面積の約8割)
- ・今後は、メタンハイドレートとの類似性を考慮して地質適合場所を抽出する予定。

経済性評価

- ・貯留サイトの海底水深は深い、圧入坑井の長さが短いため、貯留コストが比較的安価になる見通しを得た。
- ・今後は、圧入坑井の諸元・配置等を設定してコスト試算を行う予定。

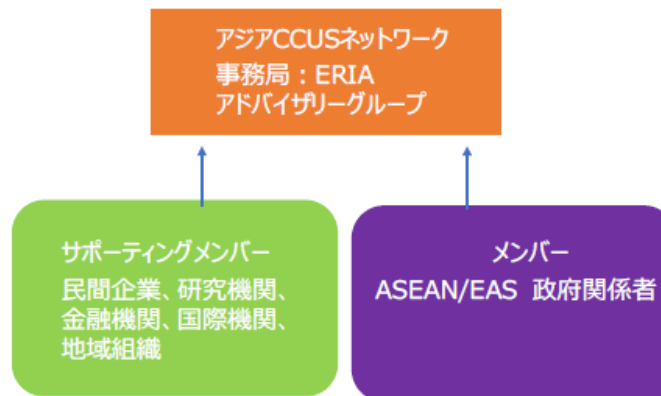
## CO<sub>2</sub>ハイドレート貯留の特徴（帯水層貯留と比較して）

- ✓ キャップロックが不要（ただし、ハイドレートを生成するための温度圧力条件が必要）  
→貯留適地が飛躍的に拡大する可能性がある。
- ✓ 貯留層が浅いため圧入坑井の長さが短い  
→貯留コストを縮減できる可能性がある。

# アジアCCUSネットワークサポーターティングメンバーへの参加

## アジアCCUSネットワークの概要

- ◆ ビジョン：アジア地域におけるCCUSの発展普及のための協働・協力事項を通じて、地域の脱炭素化に貢献する。
- ◆ ミッション：
  - 年次フォーラム、会合、ワークショップ、会議などを通じた知見共有の促進
  - EAS地域特性を考慮したCCUSに関する技術、経済及び法制度に関する調査 等
- ◆ 組織構成：
  - 事務局：ERIA<sup>※1</sup>
  - メンバー：ASEAN/EAS 政府関係者
  - サポーターティングメンバー：民間企業、研究機関、金融機関、国際機関、地域組織等

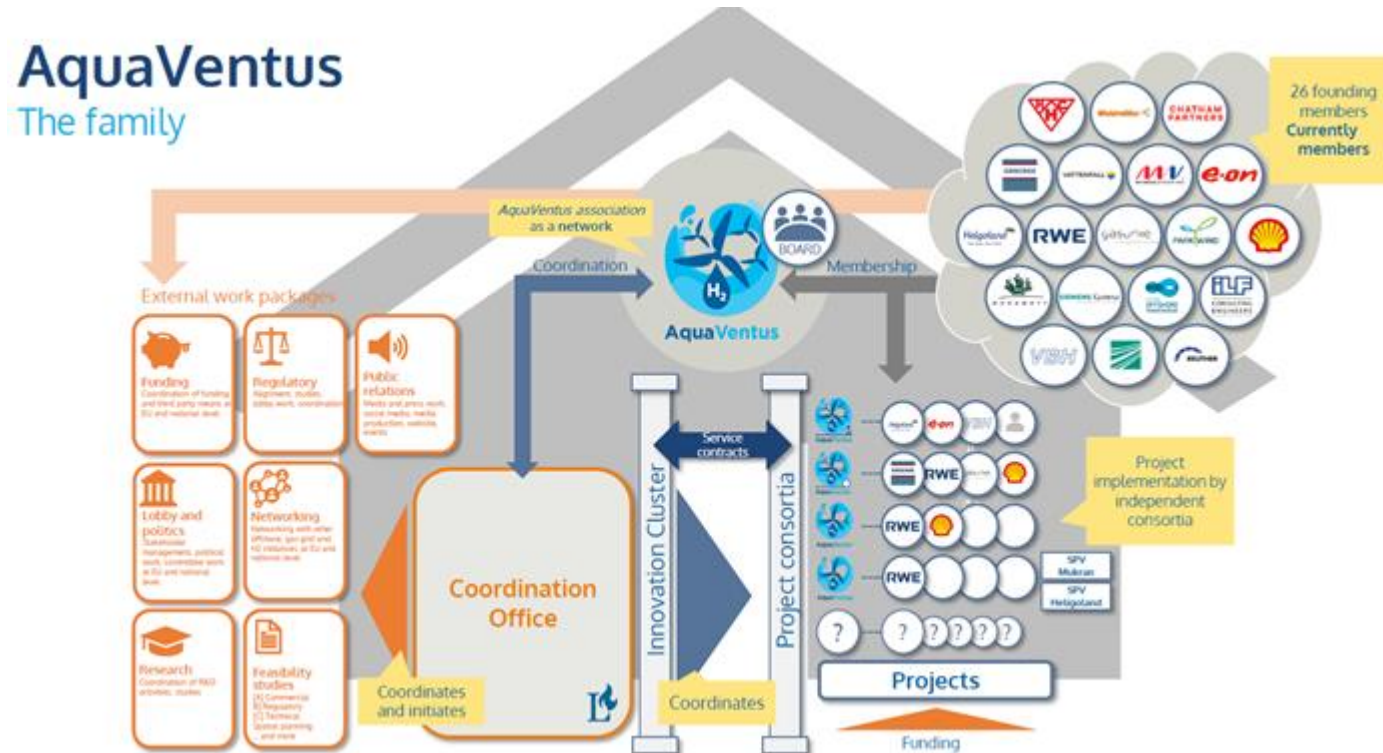


### ※1 ERIA(東アジア・ASEAN経済研究センター)

東アジアの経済統合に資する政策研究および政策提言活動を実施することを目的として、東アジア16カ国（ASEAN加盟10カ国、日本、中国、韓国、インド、オーストラリア、ニュージーランド）の首脳合意に基づき、2008年にインドネシアに設置された国際機関

➤ 6月22日～23日に開催された第1回ネットワークフォーラムから本ネットワークが始動。

# ドイツ・グリーン水素検討協議会（AquaVentus）への加入



- ドイツのグリーン水素検討協議会（以下、AquaVentus）に加入。
- AquaVentus は2020年12月に26企業・自治体・研究機関等により設立されたコンソーシアムで、現在は60以上の企業・団体が加入。
- また、AquaVentus の元で複数のプロジェクトが計画されており、最終的には 2035 年までに 1,000万kWの洋上風車を設置、水素配管でドイツ本土まで輸送することを目標としている。