

令和元年度 複数年型委託事業成果概要

事業名：インドネシア国南スマトラを対象としたCO2
リッチガス田開発に伴うCO2マネジメントスタディと
CCUS事業への将来展望
実施者：三井石油開発株式会社

2020年3月31日

事業背景、実施目的

事業背景：

当社が参画するインドネシア国の探鉱プロジェクトでガスが発見されたが、比較的高濃度のCO₂が含まれていた。インドネシア国では、現在、CO₂を大気放散することに制度上の制約はないが、パリ協定の締結国である同国においては、温室効果ガス削減に向けた取り組みとしてアジア各国に先んじてCCSに関する法規制の大統領令策定に向けた動きが進んでおり、CCS関連法規制の発令後は、同国内でCO₂マネジメントに関する要求・規制が強まる可能性が高い。そこで、本鉱区生産ガスに含まれるCO₂についてもCO₂ EORを含むCCUSの可能性について追求すべきとの考えに至った。尚、インドネシア国におけるCCS・CCUSの導入促進を目的として設立されたCenter of Excellence for CCS and CCUS (CoE) から本事業に対するサポートが表明され、本事業推進に必要な法制面の最新情報の入手も期待された。

事業背景、実施目的

事業目的：

当該事業の主な目的は、以下の通りである：

1. 弊社参画鉱区周辺の油田を中心に、CO₂ EORの実現可能性を検討すること。そのため、最初に対象となるカーボンシンクのスクリーニングを行い、次に、有望な候補が抽出された場合、CO₂ EOR Feasibility Studyを実施し、事業としての実現可能性を調査する。その結果としてCO₂ EOR事業が有望と判断できれば、ガス田開発計画策定の際に、産出CO₂の有効なマネジメント方法として積極的に検討する。
2. 参画鉱区での目的1.で培った経験を活かし、インドネシア国全域において最適なCCUS実施の候補地を抽出し、将来的な鉱区参入に繋げる。

事業内容

初年度：参画鉱区ガス田をハブソースとした地域CO₂マネジメント計画の策定

- ・参画鉱区CO₂排出量の評価予測
- ・周辺エリアCO₂シンクポテンシャル(CO₂-EOR、CCUS)の評価
- ・対象エリア周辺のインフラ状況調査及び評価
- ・参画鉱区ガス田とカーボンシンク（シンク）のマッチング検討
- ・CO₂マネジメントを含む経済性評価
- ・インドネシア国におけるCCS/CCUS関連法規制の現状動向調査
- ・インドネシアCO₂マネジメントに関する有識者を招聘し、ワークショップを当社にて開催

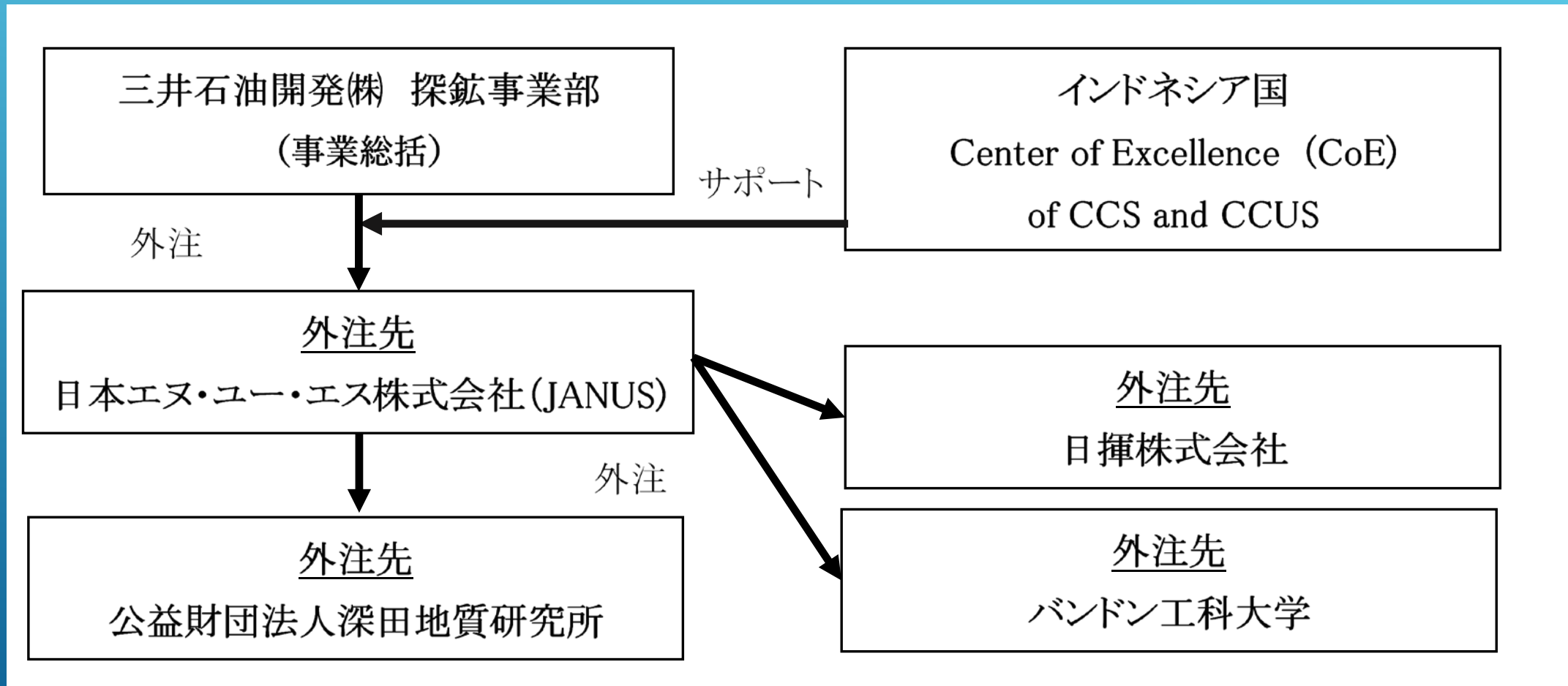
第2年度：前年の計画を踏まえた他地域への展開可能性の検討（詳細は1年目終了後に決定）

- ・1年目の結果を踏まえ、参画鉱区ガス田をハブソースとしたCCUS事業化FS実施
- ・並行して既存権益鉱区以外エリアへの、CCUS事業の展開を目指し、
インドネシアにおけるCCUS展開が可能な地域を絞り込む評価作業の実施。
- ・インドネシア国におけるCCUS事業関連認証に関する調査

第3年度：抽出した地域の油ガス田を対象としたスタディの実施

- ・2年度目のスタディで抽出した地域の油ガス田に対して、CCUSを伴う仮想開発事業のためのFSを実施

事業実施体制



事業スケジュール

実施項目	初年度	第2年度	第3年度
参画鉱区ガス田をハブソースとした地域CO2マネジメント計画の策定			
□参画鉱区CO2排出量の評価予測	↔		
□周辺エリアCO2シンクポテンシャル(CO2-EOR、CCUS)の評価	↔		
□対象エリア周辺のインフラ状況調査及び評価	↔		
参画鉱区ガス田とシンクのマッチング検討(シンク群の選定)	↔		
□CO ₂ マネジメントを含む経済性評価	↔		
□インドネシア国におけるCCUS関連法規制の現状動向調査	↔		
前年の計画を踏まえた他地域への展開可能性の検討			
□1年目の結果を踏まえ参画鉱区をハブソースとしたCCUS事業化のFS実施		↔	
□既存権益鉱区以外エリアへの、CCUS事業の展開を目指し、インドネシア国におけるCCUS展開が可能な地域を絞り込む評価作業の実施		↔	
インドネシア国におけるCCUS事業関連認証に関する調査		↔	
抽出した地域の油ガス田を対象としたケーススタディの実施			
□2年目のスタディで抽出したエリアの油ガス田に対し、CCUSを伴う仮想開発事業のためのFSの実施			↔
ワークショップ	★	★	★

2019年度の実施内容（1）

初年度：参画鉱区ガス田をハブソースとした地域CO ₂ マネジメント											
実施項目	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
参画鉱区CO ₂ 排出量の評価予測			↔								
周辺エリアCO ₂ シンクポテンシャル(CO ₂ -EOR、CCUS)の評価				↔	↔	↔					
・既存油ガス田,枯渇油ガス田の地域分布調査				↔							
・上記油ガス田パラメーターの収集とそれを用いたスクリーニング評価の実施					↔	↔					
対象エリア周辺のインフラ状況調査及び評価					↔	↔					
・既存油ガス田の施設(生産・処理(含分離回収)施設)状況評価					↔	↔					
・既存パイプラインの敷設状況					↔	↔					
参画鉱区ガス田とシンクのマッチング検討(シンク群の選定)							↔				
CO ₂ マネジメントを含む経済性評価									↔		
インドネシア国におけるCCS/CCUS関連法規制の現状動向調査			↔	↔	↔						
有識者の招聘とワークショップ開催(@当社)						★					
インドネシア国政府機関との面談(ジャカルタ出張)											
・スタディ内容説明および情報収集				★							
・スタディ結果報告									★		
報告書作成									↔		

2019年度の実施内容（2）

（1） 参画鉱区CO₂排出量の評価予測：

参画鉱区で得られている情報をもとにCO₂排出量を幅を持たせて予想した

（2） 周辺エリアCO₂シンクポテンシャル(CO₂-EOR、CCUS)の評価：

検討対象とする地域は、参画鉱区ガス田を中心として距離半径で最大90km内と設定した。さらにCO₂マネジメントの効率性を考慮し、重要なファクターを検討の後、最終的にはその範囲内におけるCO₂-EORによる可採埋蔵量が5百万bbl以上の油田を、EOR開発の対象として抽出・選定することとした。その結果、5油田が抽出された。抽出した油田は、

- ・油層深度が浅いこと
- ・生産が進んだ油田であること

から、Immiscible Floodingタイプに分類される可能性が高いと推定された。このためMiscible ケースに比べEOR効率は低下するが、今回の評価では、Immiscible Floodingケースでの実例を参考に、回収率の増加として原始埋蔵量に対し5%の値を用いた。

これらの油田は参画鉱区を中心として大きく北西部と南東部の2つのクラスターに分類された。

（3） 対象エリア周辺のインフラ状況調査及び評価：

参画鉱区周辺は基本的に油ガス田が多数存在する地域のため、パイプライン網は今回抽出した油田を通る形で存在すること、またガス処理は幾つかのガス田からの生産ガス、若しくは油田から随伴ガスをまとめて集中的に処理されていることが判明。

今回のスタディでは、EOR用のCO₂パイプラインは既存のパイプラインに沿った形で敷設されることを想定した。

2019年度の実施内容（3）

（4） 参画鉱区ガス田とシンクのマッチング検討(シンク群の選定)：

①シンク群を選定してハブ&クラスターとしての開発計画とコスト評価を行いマッチングを検討した。開発計画策定のために、そのベースとなる生産プロファイルが必要となるが、他の実際のCO₂-EORプロジェクトの実績をベースに作成した。ここでは生産期間は20年間とし、CO₂ 圧入プロファイルは、EOR 適用期間は一定として、その総圧入量を生産年数で割ったものに相当する一定レートで圧入すると設定した。

②CO₂-EOR計画における必要坑井数の評価に関しては、米国CO₂-EOR実績（データ類はOGJのEOR統計資料(2014)に基づき、米国で稼働中のCO₂-EORプロジェクト）に関しての生産井分布密度及び生産井/圧入井数比をベースとした。坑井の掘削また既存井からの転用(改修)に要する日数については、公表されている過去のスタディ結果を参照した。坑井作業コストに関しては、CO₂-EORプロジェクト実績に基づく評価式（参照：「BASIN ORIENTED STRATEGIES FOR CO₂ ENHANCED OIL RECOVERY:PERMIAN BASIN (2006)」）を用いた。

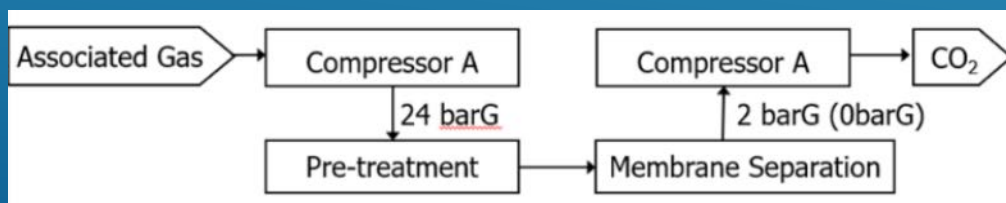
③パイプライン/フローラインの敷設、CO₂回収施設、圧入施設及びリサイクル施設に関しても一定の条件設定の下、コストを評価した。参画鉱区からのCO₂ パイプラインは、SE/及びNW クラスターに向けた2つのトランクラインと、それから離れて位置する油田を結ぶ支線からの構成とした。基本的に既存のパイプラインに併行して敷設するものとした。また油田内のフローライン(CO₂)については、坑井配置等が未定であるため、距離を仮定した。パイプラインの径はトランクラインで12”(内径)、油田内のフローラインは6“とした。パイプライン及びフローラインのコスト(CAPEX 及びOPEX)については、上記に従い敷設想定したパイプライン距離及び総重量をベースに算定した。

2019年度の実施内容（4）

④CO₂分離装置は、EORプロジェクトとしての施設ではないが、参画鉱区近傍に設置されるものと仮定した。ここで分離されたCO₂ガスはCO₂圧送用の圧縮機(コンプレッサー)によって昇圧される。この施設に関してはCO₂分離施設同様、参画鉱区近傍に1基配置するものとした。トランクパイプライン圧力としては50barGと想定する。

パイプラインによってEOR実施油田まで輸送されたCO₂は、油層に圧入されるために昇圧する必要があるが、このための圧縮機は各油田にそれぞれ設置する。尚、各油田におけるCO₂圧入圧は、フラク圧(0.65psi/ftベースのLowerサイド)の80%を想定し、トランクパイプライン圧力に対して評価式から計算したパイプライン圧損分を加味した、油田毎のサクション側圧力をベースに、圧入圧まで昇圧することとした。

⑤EOR実施に伴う、ブレイクスルーしたCO₂のリサイクル設備は、クラスター毎で各1基を共有することとして、ハブ&クラスター開発としては計2基の設置を想定した。リサイクルの処理ガス量(随伴ガス量)に関しては、シミュレーションによるガス生産予測が入手できないため、GOR値を仮定し(1000scf/bbl)、原油プロファイルの最大日産量から算定。さらにその8割を処理すると仮定する。なお、リサイクルシステムのフローは、メンブレン式のCO₂分離装置と、そのための前処理装置、更に2基の圧縮機から構成した。下図はCO₂リサイクル施設のフロー図を示す。なお、施設のコストは、外注先のJANUS社が有する評価式により評価した。



2019年度の実施内容（5）

⑥参画鉱区を中心としたCO₂-EOR適用候補抽出油田は5つあり、位置的に南東(SE)及び北西(NW)地域の2クラスターに分類されている。ハブ&クラスターに基づく開発はそれぞれのクラスターの内、規模の大きい順にCO₂-EORを適用していくことを想定した。各クラスター構成油田の開発スケジュールリングとして、FEED、EPC、commissioning & start-up等に要する期間について、以下の様に想定した：

FEED (CO₂輸送、圧入、リサイクル)：4カ月

FID・ESIA：12カ月

Tendering：3カ月

EPC：21カ月

Start-up：1カ月

Drilling：坑井数により7～19カ月

長納期品調達には12カ月

以上の想定をもとに生産/圧入プロファイル、OPEX/CAPEX、コストプロファイルの試算を行った。

2019年度の実施内容（6）

（5）CO₂マネジメントを含む経済性評価：

EOR適用開発計画(単独油田、5油田クラスター、4油田クラスターの各ケース)に関して以下の通り条件を設定した：

年間生産日数：350日

開発開始時油価設定：60\$/bbl

油価上昇率：2%/year

初期投資スケジュール：各油田の生産開始3年前から総額の20,50,30%投資

インフレ率：2%/year

CO₂価格 10\$/ton

歳入に対する政府取り分 50%

税率：25%

上記条件に基づき経済計算（IRR）を行った。

個別油田のEOR適用開発に関しては、1油田を除き、経済性は得られない結果となった。一方で複数油田をまとめた形でのEOR適用の段階的開発であるクラスター開発ケースに関しては、規模の小さい4油田を組み合わせても経済性は厳しいが5油田まで拡大したケースでは、IRRは10%以上の値が得られており、クラスター開発の可能性が示された。4油田に対するクラスタリングも、油価、CO₂コストによっては経済的な開発が可能となる結果が示された。

2019年度の実施内容（7）

（6）インドネシア国におけるCCS/CCUS関連法規制の現状動向調査：

インドネシアにおける油田へのCO₂-EORの適用は、油ガス開発の1つと位置付けられ、基本的に既存の法制度体系の中で実施されることになる。一方、CO₂貯留に関連する部分については、CO₂-EORを含むCCUSのための新たな国内法として、CCSに関する大統領令の検討が進められており、その草案が既に作成されているので、この大統領令の草案の内容について情報を入手しまとめた。

草案には対象プロジェクト、監督官庁、コミュニティエンゲージメント、許可制度、CO₂圧入後のモニタリング期間、圧入するCO₂の性状、生産水の取り扱い、地下水への影響、坑井に関する要件、年次運用報告書の提出等々が詳細に記載されている。これは、米国、EU、豪州等の他国のCCSの法規性を参考にして作成されている。

大統領令は草案の策定は完了したが、未だ政府内の承認プロセス中であり、発効までには数年を要すると考えられている。CCSおよびCO₂-EOR等のCCUSを適用する際には遵守すべき重要な法規制となると考えられ、引き続き、大統領令の今後の行方と発効した際に規定される各種関連規定について、注視していく必要がある。

2020年度に向けて

参画鉱区の探鉱事業計画の見直しに伴い、本年度のスタディで検討したCO₂-EORの結果の妥当性を検討し、より具体的なFSを実施することが不可能となったため、第2年度のスタディは中止せざるを得ない状況となった。これを踏まえICEPに計画変更承認申請書を提出し、2020年3月10日付けで承認された。

当初、今回の委託事業においては3年間のスタディを予定していたが、参画鉱区のプロジェクトの計画変更という当社側の都合により1年間で終了することとなり、ICEPに多大なるご迷惑をお掛けする結果となり、お詫びをする次第である。

最初の1年間であったが、本スタディの実施は、当社が参画する鉱区の今後の開発計画策定に関する大変貴重な検討機会となった。将来の事業推進において非常に有意義なCO₂マネジメントオプションを提示できたと考えている。また、カーボンシンクの選定方法、クラスター開発の利点、EOR効率、インドネシア国のCCS/CCUS状況等の貴重な知見が得られたことは、当社の今後の事業において重要な財産となるであろう。このように、本スタディで得られた成果は、当社にとって大変有意義なものであると認識している。

最後に、本スタディの機会を与えてくださったICEPに対し、心より感謝を申し上げたい。