

## サービス・インテグレーションとテクノロジー・イノベーション

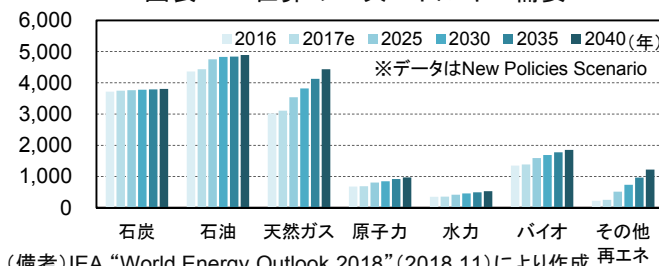
### ～サブシー産業(海洋石油・ガス生産)の構造変化とわが国への示唆～

#### 1. 世界のエネルギー需要と石油・ガス生産の海洋シフト

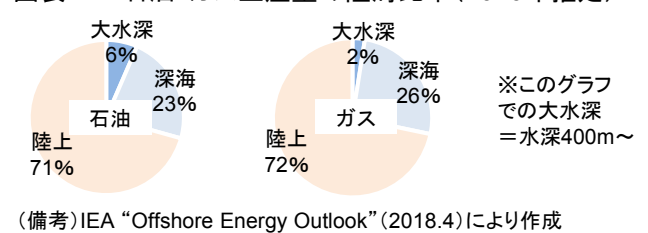
- 世界の一次エネルギー需要は、現在、30%強を石油、20%強を天然ガスに依存している。国際エネルギー機関(IEA)によれば、今後、2040年にかけて、需要増はガスが最も著しく、石油も石油化学製品や輸送用が底堅く、その結果、一次エネルギー需要の計50%強が石油・ガス、という状態が依然続くと思われる(図表1-1)。
- 海洋油・ガス田からの生産量は、現在、全体の約30%に達している(図表1-2)。今後も、大水深～超大水深を主力とする増産が見込まれており(図表1-3)、長期的な海洋シフトの進行がうかがわれる(図表1-4)。なお、シェールガス・オイルは、足元増産のインパクトでは海洋を上回り、コスト競争力や生産の機動性に優れるが、可採資源量では海洋全体に及ばない。
- 2018年3月に開催されたエネルギー業界の世界サミットCERA Week(米国ヒューストンにてIHS Markit社主催)では、既存の油・ガス田の減衰、商業生産に適した「イージー・バレル」の発見量減少、技術的難易度の高いフィールドへの挑戦(シェールを含む非在来型、大水深、実績の乏しい海域など)、生産最適化とコストダウン(これは永遠の課題だが)、といった論点がよく取り上げられた。海洋油・ガス田は、オイルメジャーや国営石油会社にとって重要なポートフォリオであり(図表1-5)、2014年の原油価格急落後しばらくはプロジェクトの遅延・凍結等がみられたものの、その後の油価水準(下落しても40ドル～上値80ドル程度)に対応した事業体制・採算ライン設定により、開発が続けられていくと考えられる(図表1-6)。

※なお、本稿は、2018年11月14日までにアクセスした資料に基づき作成している。末尾の略語一覧も適宜参照されたい。

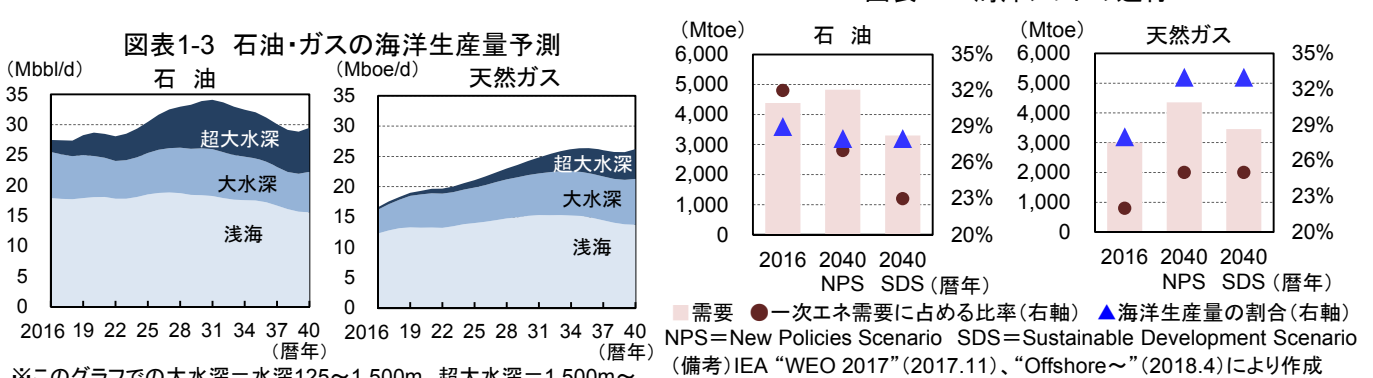
図表1-1 世界の一次エネルギー需要



図表1-2 石油・ガス生産量の陸海比率(2016年推定)



図表1-4 海洋シフトの進行

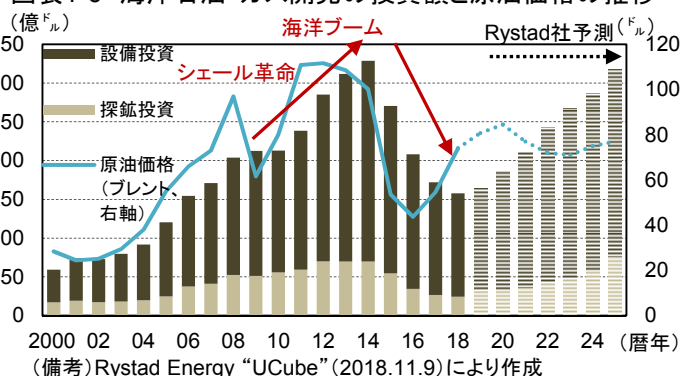


図表1-5 主な石油会社の海洋割合(石油+ガス)

| 2017年 | サウジ<br>アラムコ  | NIOC<br>(イラン) | エクソン<br>モービル | シェル   | シェブロン      | BP         |
|-------|--------------|---------------|--------------|-------|------------|------------|
| 生産量   | 33.0%        | 44.3%         | 54.3%        | 55.7% | 46.3%      | 53.7%      |
| 埋蔵量   | 27.1%        | 57.6%         | 51.8%        | 50.3% | 38.3%      | 48.2%      |
| 2017年 | アブダビ<br>国営石油 | トタル           | ペトロ<br>プラス   | Eni   | カタール<br>石油 | エクイ<br>ノール |
| 生産量   | 38.2%        | 62.0%         | 87.8%        | 51.5% | 88.8%      | 84.4%      |
| 埋蔵量   | 49.3%        | 59.8%         | 93.0%        | 65.1% | 97.1%      | 72.5%      |

(備考)Rystad Energy “UCube” (2018.7.30)により作成

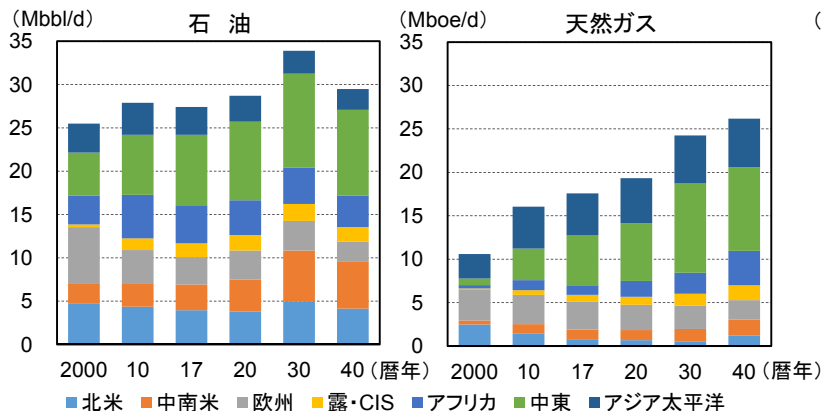
図表1-6 海洋石油・ガス開発の投資額と原油価格の推移



## 2. 海洋石油・ガス生産の歴史と地域性

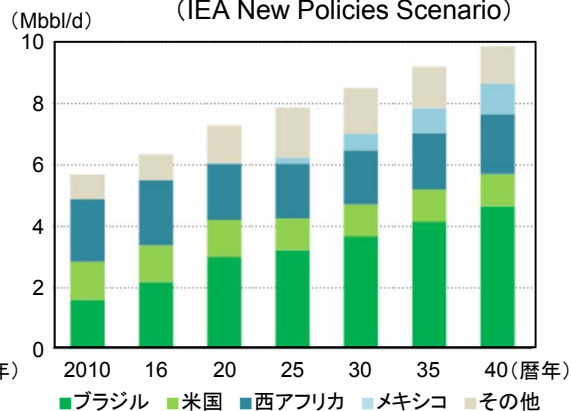
- ・海洋油・ガス田＝「海面下」だとすれば、その歴史は、19世紀末のアゼルバイジャン・バクー油田まで遡る。同地は、当時世界の石油生産量の過半を誇り、陸上から遠浅の海（水深20m程度）まで油井やぐらが林立していた（現在では枯渇間近→カスピ海沖が主力に）。二次大戦後に台頭した中東も、ペルシャ湾岸の油・ガス田が豊富である（図表2-1。特にガスは、2000年代半ばに沖合の開発が急速に進み、足元過半が海洋産に）。
- ・本格的な海洋油・ガス田の開発は、1960～70年代の米国メキシコ湾・欧州北海で幕を開けた（中東OPEC諸国のオイルメジャー締め出しやオイルショックなどが背景）。水深は100m未満から始まり、80年代に300m、湾岸戦争の勃発した90年代には1,000m超へと長足の進歩を遂げた。2000年代に入ると、両海域の生産量は、減衰や設備の老朽化等により減少しているが（図表2-1）、メキシコ湾では1,500m超の超大水深、北海でも気象・海象の厳しい北部（英国・シェトランド沖やノルウェー・バレンツ海）のプロジェクトが進み、引き続き技術の最先端にある。現在、最大水深は、メキシコ湾で2,934mに達している（ShellのTobagoガス田、2011年～）。
- ・生産量で近年の大水深・超大水深をリードしているのが、ブラジルと西アフリカである（図表2-2）。ブラジルは、エネルギー自給率の向上を国策に掲げて大水深開発を推し進め、技術力を蓄積、チャレンジングと思われたプレソルト層からの生産も予想を上回る早さで実現した（図表2-3）。2014年には国営石油会社Petrobrasの汚職事件を発端に深刻な政治・経済危機に陥ったが、同社の経営・財務改革や外資参入の活性化もあり、回復の兆しをみせている。西アフリカでは、ブラジル南東沖との地質的相関性を受け、オイルメジャーが活発に探鉱を行ったことで大水深開発が進展した（アンゴラの石油生産量は2000年代に倍増）。Petrobrasのようなメジャー級の国営石油会社は育っておらず、欧米の石油会社が主導権を握っている（準メジャー、独立系も含む）。
- ・このほか、東南アジアや中国南部も海洋油・ガス田を有するが、比較的浅く、中小型が多い。また、新たなエリアとしては、オーストラリア、モザンビーク（アフリカ東岸）、セネガル・モーリタニア（同北西岸）、エジプト・イスラエル（地中海）、ガイアナ（南米北部）などで、大水深・大型フィールドの動向が注目されている（図表2-4）。

図表2-1 地域別の海洋油・ガス田生産量



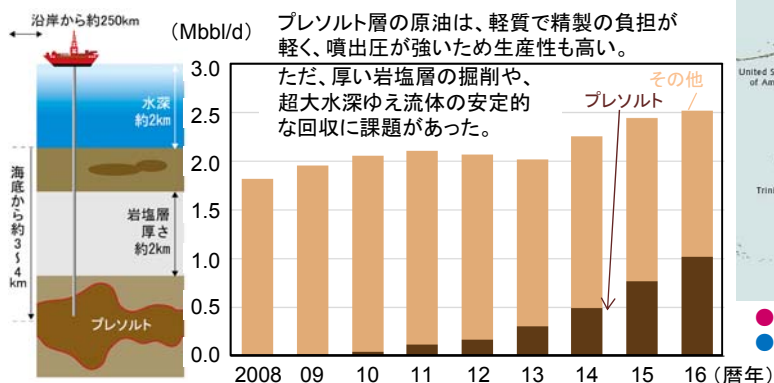
(備考) Rystad Energy “UCube” (2018.7.30) により作成

図表2-2 地域別の大水深油田生産量  
(IEA New Policies Scenario)



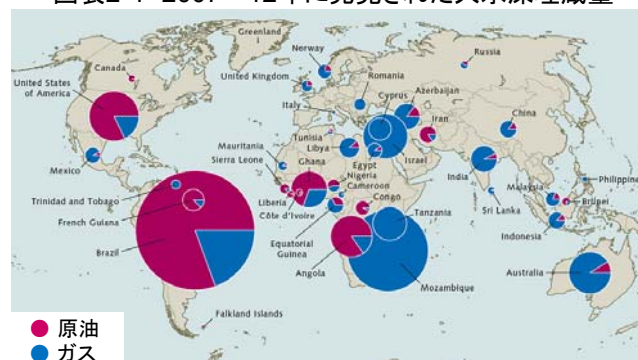
(備考)IEA “World Energy Outlook 2017”により作成

図表2-3 ブラジルの海洋油田生産量



(備考)三井物産戦略研究所「深海底に存在する岩塩層下大型油田の開発動向」  
(2013.10)およびEIA“Production from offshore pre-salt oil deposits has  
increased Brazil's oil production”(2017.12)により作成

図表2-4 2007～12年に発見された大水深埋蔵量



※このグラフでの大水深＝水深400m～

(備考)marlbuss“World Ocean Review 3 Marine Resources –Opportunities and Risks” (2014)より

### 3. 海洋石油・ガス開発事業の例 ～豪州イクシスプロジェクト～

- 2018年10月、オーストラリア北西部のイクシス(Ichthys)プロジェクトが、待望のLNG初出荷を迎えた。日本企業が主導する初の大規模ガス田～液化プラントの一貫プロジェクトであり、年間最大890万トンのLNGを生産(日本の年間輸入量の約1割に相当)、うち約7割が日本向けに輸出される。水深約250m、サイクロンの多発する気象条件厳しい海域に2基の生産プラットフォームが設置され、陸上の液化プラントとは、総延長約890kmに及ぶ長大なパイプラインで結ばれる(図表3-1。参考までに、北海油田の中央部～沿岸国は約350km)。
- オペレーター(事業・契約主体)である国際石油開発帝石(INPEX)によれば、イクシスは、「液分が非常に多いガス・コンデンセート田」である。海底から汲み上げられた流体は、まず、中央生産処理施設(CPF)でガスと液体分に分離・一次処理される(図表3-2)。ガスは、パイプラインで陸上へ送られ、液化プラントで液化・出荷される。液体分は、CPFに隣接する浮体式海洋石油・ガス生産貯蔵積出設備(FPSO)に送られ、コンデンセート(ガス田から液体分として採取される原油の一種)、水および少量のガスに分離、コンデンセートはFPSOにそのまま貯蔵され、タンカーに受け渡される(FPSOで分離されたガスは、昇圧してCPFへ戻される)。
- こうしたプロジェクトは、どのようにできあがっていくのだろうか。石油会社は、鉱区を取得すると詳細な探査・試掘を行って油・ガス層を評価し、商業生産に足ると判断した場合、各種設備を発注し、生産体制を整えていく(図表3-3)。INPEXは、1998年にイクシスの鉱区を取得し、井戸試掘の集中期間を複数回設けた後、2009年にフィールドの基本設計(FEED)を開始、2012年1月に最終投資決定(FID)を下した。以降、生産用の井戸、海底・海中機器(図表3-2①)、海上プラットフォーム(同②CPF・同③FPSO)、液化プラント(同④)、パイプライン(同⑤)という各パートについて、設計(Engineering)・資材調達(Procurement)・建造(Construction)・据付け(Installation)が並行して進められ(まとめてEPCIと略称される)、2018年7月末、ガス生産開始に漕ぎ着けている(図表3-4)。
- では、“日の丸LNG”イクシスのEPCIを担ったのは、どんな企業だろうか。改めて顔ぶれを確認すると、興味深い特徴がみてとれる。すなわち、パイプラインと液化プラントにおいては、日本企業の貢献度が高い。他方、海底・海中機器と海上プラットフォームは、海外企業が主力を担っている(図表3-2)。

図表3-1 イクシスの立地

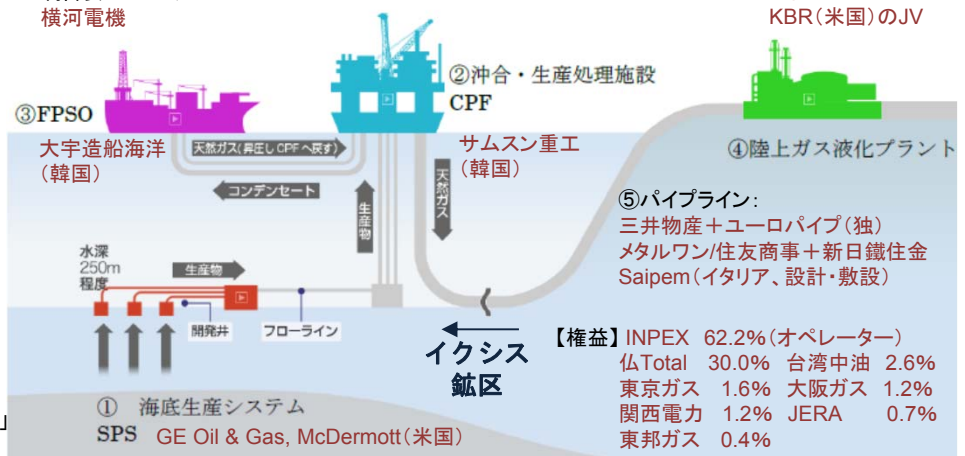


(備考)

- 関西電力プレスリリースより(上)
- 国土交通省「海洋開発産業概論(改訂第2版)」(2018.3)および各種報道により作成(右)

制御安全システム：  
横河電機

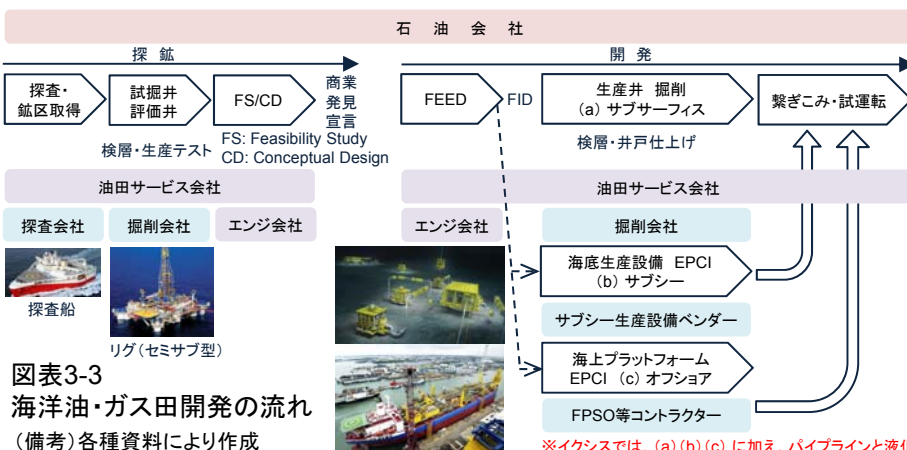
図表3-2 プロジェクトのしくみ



図表3-4 FIDから生産開始まで

- 2012.01 FID→上記①～⑤EPCI開始
- 2012.05 ④陸上のガス液化プラント起工式
- 2013.01 ②CPF建造着手(2015.9 進水)
- 2013.06 ③FPSO建造着手(2014.7 進水)
- 2014.06 ⑤パイプライン敷設開始
- 2014.11 ①海底生産システム設置開始
- 2015.02 生産井掘削開始
- 2015.11 ⑤パイプライン敷設完了
- 2017.04 ②CPF現地へ出航
- 2017.07 ③FPSO現地へ出航
- 2018.05 試運転完了
- 2018.07 ガス生産開始
- 2018.10 コンデンセート・LNG初出荷

(備考) INPEX社HP、各種報道により作成



図表3-3 海洋油・ガス田開発の流れ

(備考) 各種資料により作成

※イクシスでは、(a) (b) (c) に加え、パイプラインと液化プラントの設計～工事も並行



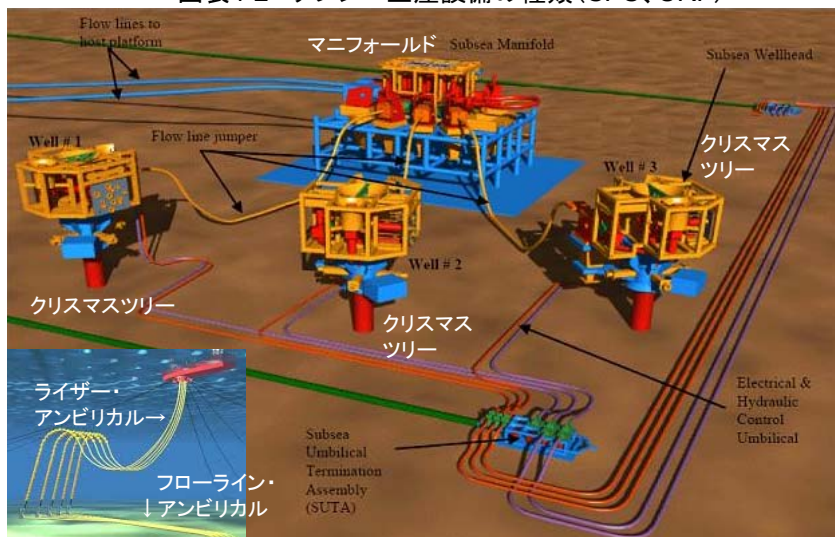
#### 4. 海洋油・ガス田の開発工程におけるわが国の産業カバレッジ

- 海洋油・ガス田における開発段階の工程は、(a)サブサーフィス、(b)サブシー、(c)オフショアに分類できる(図表4-1)。サブサーフィス(subsurface)とは、「地表面(surface)の下」、すなわち海洋では「海底面の下」を指し、井戸の掘削、井戸内外の仕上げ、油・ガス層を計測・分析する検層といった作業が含まれる。サブシー(subsea)は、「海面(sea)の下」という意味であり、海底・海中の様々な設備・機器類に関する作業が行われる。オフショア(offshore)は、「岸(shore)から離れたところ」、つまり単に「沖合」を指すが、本稿では、サブサーフィスおよびサブシーを区別するため、「海上(プラットフォーム)」の意味に限定して用いることとする。
- この3工程について、日本企業の参入状況をみてみよう。まず、(a)サブサーフィス・井戸周りでは石油会社や掘削会社、また、(c)海上プラットフォームでは建造工事会社(EPCIコントラクターと呼ばれる)や機器メーカー(ボイラー、ジェネレーター等)が事業を行っている(図表4-1)。特に、三井海洋開発は、大型・大水深向けのFPSOを中心に、EPCIのトッププレイヤーである。プラットフォームの設置・移動等に不可欠な支援船・作業船に関しても、事業の例は増えてきている(新日鉄住金エンジニアリング、川崎汽船、商船三井ほか)。
- これに対し、(b)サブシーは空白である(図表4-1)。海底生産設備は、“SPS”(Subsea Production System、いわば「点」、井戸口の開閉制御装置や各井戸からの流体の集約装置など)と“URF”(Umbilical, Riser & Flowline、こちらは「線」、井戸～集約装置～海上プラットフォームを結ぶパイプ・ケーブル類)で構成されるが(図表4-2)、どちらも日系のメインベンダーは存在しない。ただし、サブシーも含む油・ガス田設備全体の監視・制御を司る統合安全制御システム(ICSS)では、横河電機が、オイルメジャーらと直接契約し一括受注できる“MAC”(Main Automation Contractor)と呼ばれるポジションにある。

図表4-1 海洋油・ガス田開発のフローと日本企業のカバレッジ



図表4-2 サブシー生産設備の種類(SPS、URF)



(備考)国土交通省「海洋開発工学概論 海洋資源開発編(改訂第一版)」(2018.3)、Subsea UK, Prysmian, Aker Solutions, 横河電機各社HPより

左図: SPS (Subsea Production System)

- クリスマスツリー＝井戸口(Wellhead)の開閉・圧力制御装置(各種バルブ、コントロールモジュール等)
- マニフォールド＝複数の井戸からの集約装置
- ほかにパイプの接続部、ケーブルの分配/端部、機器を保護する覆い/台座などもSPSに含まれる
- さらに、昇圧装置(ポンプ、ブースター、コンプレッサー等)や処理装置(セパレーター等)まで含めることも

左下: URF (Umbilical, Riser & Flowline)

- ライザー＝海洋油・ガス田内パイプラインの海中部分
- フローライン＝同海底部分
- これらは、石油・ガスをFPSO等まで汲み上げるだけでなく、逆に、油・ガス層に水やガスを注入するのにも用いられる(回収率向上のため、いわば「動脈と静脈」)
- アンビリカル＝SPSに油圧動力、電力、光信号などを供給するホースやケーブルの束(バンドル)
- SPSとURFを合わせて“SURF”と呼ぶことも多い



## 5. サブシー生産設備市場の特徴と本稿の問題意識

- ・サブシー生産設備産業においては、機器(SPS、URF)の製造とフィールド設計・工事(EPCI)の双方を手がける総合ベンダー(Subsea Production Vendor、以下「SPV」)が、オイルメジャーらのお膝元から育って独自の発達を遂げ、グローバルで寡占市場を形成している(後記6.以下参照)。したがって、わが国の産業力バレッジの希薄さは、特に異例というわけではない。
- ・もっとも、SPVが不在だからといって、わが国にとってサブシー市場が重要でないとは限らない。むしろ、先にみた石油・ガス生産の長期的な海洋シフト(前記1.参照)や、将来の国内資源開発の可能性(メタンハイドレートなど)に照らせば、日本企業とサブシー市場の接点は、今後増えていくであろう。イクシスの場合のようにユーザーとして関わるだけでなく、技術や素材を提供するサプライヤー側での裾野の広がりも考えられる。
- ・しかしながら、わが国において、サブシー市場の情報は、十分に提供されてきたとはいえない。様々な業態が複雑に相関していること、ほとんどの工程が海外で完結していることに加え、ここ10年の油価の急激なアップダウンと、その影響を受けた市場のトレンドの変化が、この業界を一層捉えづらくしているように思われる。
- ・近年のトレンドの変化は、冒頭に紹介した、既存油・ガス田の減衰、イージー・バレルの減少、条件の厳しいフィールドへの挑戦、生産最適化・コストダウンといった課題(前記1.参照)に対する、業界各社のソリューションの試行錯誤により、もたらされたものである。例えば、主に中小型のフィールドで採算ラインをクリアすべく、海上プラットフォームを新設せず、近隣にある既存のプラットフォームへつなぎ込む、タイバック(tie-back)と呼ばれる周辺鉱区開発手法が、このところ積極的に検討・採用されている(図表5-1)。
- ・さらに、市場の構造の変化をも生み出しつつあるのが、サービス・インテグレーションとテクノロジー・イノベーションである。SPV各社は、上記各課題に持続的に向き合うべく、M&Aやアライアンス等を通じ、事業体制の見直しを図っている(図表5-2)。これに関連して、オイルメジャーら石油会社の発注姿勢にも変化がみられる。また、イノベーションの文脈では、デジタルイノベーションやロボティクスをはじめ、次世代の飛躍的な成果が期待される取り組みが盛り上がりを見せている(図表5-3)。本稿では、これらをキーワードとしてサブシー市場の様相を紐解き、わが国への示唆を探ることとしたい(図表5-4)。

図表5-1 サブシータイバック



(備考) Genesis Oil & Gas Consultants社HPおよび各種資料により作成

サブシークリスマスツリー発注個数に占めるタイバック向けの割合

| 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017    | ... | 2020    |
|------|------|------|------|---------|-----|---------|
| 29%  | 62%  | 52%  | 80%  | 59% (e) |     | 51% (e) |

(備考) Offshore Engineer(2017.4.1記事)により作成

投資回収サイクルの早さから、中小石油会社が受け皿となってプロジェクト数が増え、サービスニーズが維持されている面もある。

図表5-2 サービス・インテグレーションの例



(備考) GE Reports Japan HPより

図表5-3 次世代技術の例



右奥: 実物のプラットフォーム  
左前: サイバー空間上に再現  
ノルウェーKongsberg社のモデル海底データ収集やモニタリング等に用いられる自律航行型ロボット  
(備考) 1. Offshore Magazine(2017.10.1記事)より(左)  
2. International Ocean Systems(2014.1・2月号)より(右)

図表5-4 本稿の問題意識

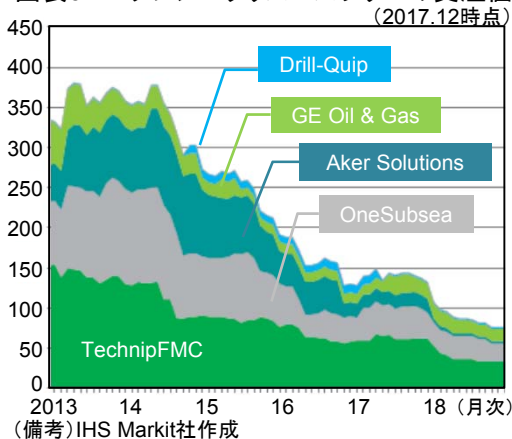




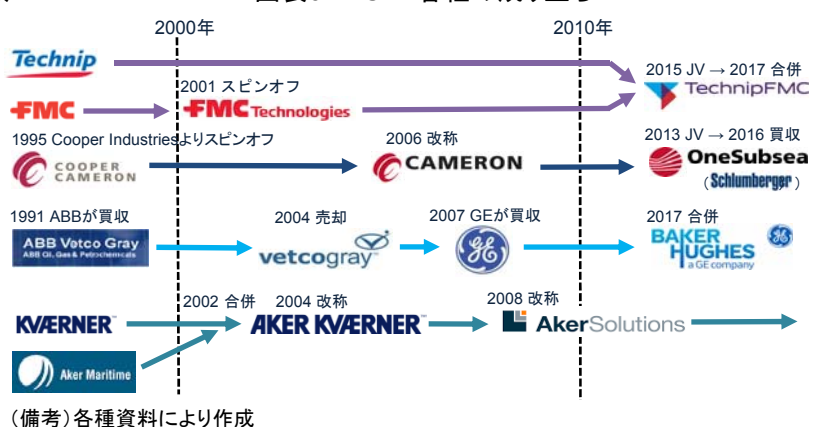
## 6. サブシー生産設備ベンダー(SPV)主要4社の成り立ち

- ・現在、サブシー生産設備、とりわけSPSを製造できる主要メーカーは、TechnipFMC、OneSubsea、Baker Hughes GE、Aker Solutions、Drill-Quipの5社である(図表6-1、実質前4社の寡占市場)。いずれも、機器製造だけでなく、フィールドの設計や設置工事まで手がける総合ベンダーとなっている(メーカー兼エンジニアリング⇔日本のエンジニアリング企業はファブレスのイメージが強い)。彼らは、石油会社にとっては下請けに当たるが、売り手寡占ゆえの交渉力もあり、例えば、かつては製品規格のスタンダード化にも消極的だった(スタンダード化によりコストダウンしたい石油会社⇔むしろ自社パッケージの範囲を拡大したいベンダー)。
- ・寡占4社の前身である米FMC Technologies、Cameron International、Vetco Gray、仏Technip、ノルウェーAker Solutionsらは、いずれも1960～70年代のメキシコ湾・北海油田に源流を持ち、開発水深が飛躍的に拡大した1990年代(前記2.参照)に、概ねポジションを確立した。2000年代になると、油価高騰を受け大水深ブームが訪れる中、各社は様々な展開をみせる。Technip、FMC、Cameronが企業買収(M&A)を重ね、業容を拡大していったのに対し(FMCとCameronは石油・ガス部門として親会社からスピンオフ)、Vetco Grayは経営層が定まらず(ABB→投資ファンド→GE Oil & Gas)、Akerはグループの再編に注力していた(図表6-2)。
- ・ただ、その傍ら、サブサーフィス(井戸関係)を主力事業とする油田サービス(Oil Field Service、以下「OFS」、図表6-3)の大手(Schlumberger、Halliburton、Baker Hughesら)は、より大規模なM&Aを経てガリバー化しており、これがサブシーを含むサービス・インテグレーション追求への伏線となっていく。制御システムのベンダーにプロジェクト全体を一括受注するMAC(前記4.参照)が登場したのも、2000年代後半である。
- ・2010年代に入ると、工程の垣根を越えたインテグレーションの動きが芽生え始める。そこへ、2014年後半の油価急落が触媒となり、SPV各社は熾烈なプロジェクト争奪戦・サバイバル再編の局面を迎えた(図表6-4)。TechnipFMCはSPV+SPV、OneSubseaはOFS→SPV買収、Baker Hughes GEはSPV+OFSの連合であり、SPV単独を維持しているAker Solutionsも、合併(JV)や提携(アライアンス)は活発に行っている。各社の戦略に共通するのが、売切りベンダーからの脱却を志向するサービス・インテグレーションと、それぞれのコア領域やM&Aを活かしたテクノロジー・イノベーションである。以下、4社のポジション、成り立ちと戦略を概観する。

図表6-1 サブシークリスマスツリーの受注個数



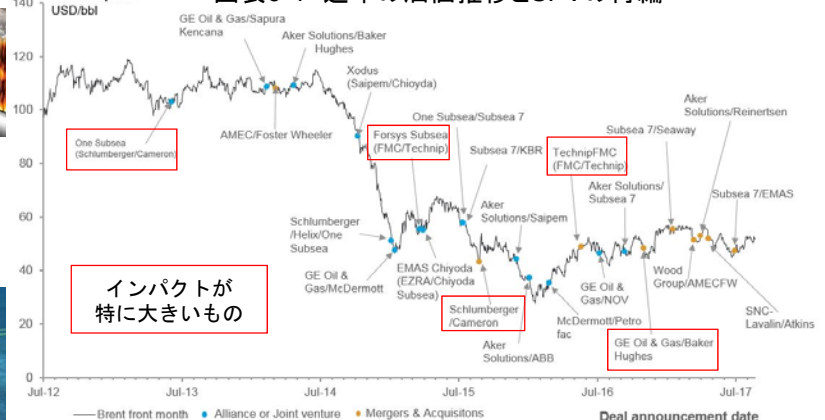
図表6-2 SPV各社の成り立ち



図表6-3 OFSとSPVの事業領域イメージ



図表6-4 近年の油価推移とSPVの再編



## 7. TechnipFMC (FTI) のポジションと戦略

- TechnipFMC (以下「FTI」) は、Technip (URF 大手) と FMC Technologies (SPS 大手) が合併したサブシー生産設備のスペシャリストである。フィールド設計に優れ、様々な工事船 (パイプライン敷設船、クレーン船など) やその整備ヤードを有し、海上プラットフォームの建造をも手がける (建造は現在 Spar 型が中心)、ユニークな業容である (図表 7-1、7-2)。陸上油田や下流プラント (精製、石油化学、LNG 液化) のエンジニアリングでも知られているが、収益面では、償却前営業利益の半分をサブシー部門が稼ぎだしている (図表 7-3)。
- Technip は、1958 年、精製・石化プラント等のエンジニアリングを主目的として、フランス石油協会 (IFP) により、政府出資を受けて設立され、初期は仏オイルメジャー Total との協働が多かった (イタリアの国営石油会社 Eni の子会社であった Saipem も、Technip とよく似た誕生→成長の道をたどっている)。同じ IFP により設立されたライザー等 (URF) のメーカー Coflexip と 2001 年に合併、Coflexip がその直前に買収していた Genesis 社 (図表 7-4、もとノルウェー Aker Maritime 社の大水深部門、フィールド設計に秀出) のリソースも得た。一方、FMC Technologies は、米化学メーカー FMC Corporation が 1957 年ヒューストンの油田機器メーカーを買収、2001 年に油田機器を含む産機製造部門をスピンオフして発足した。Technip (URF) と FMC (SPS) は相補関係にあり、協働もしばしば見られたところ、2015 年に Forsys Subsea という JV を組み、2016 年 5 月合併発表に至った (図表 7-5)。なお、合併後も仏政府機関が FTI の株式約 5% を保有している。
- FTI は、サブシー生産設備 (SPS・URF) のラインナップ全般に満遍なく強く、特にフレキシブル・ライザー (図表 7-6) のシェアは圧倒的である。さらに、Genesis 社の融合を経たことでエンジニアリングの厚みが増し、開発最初期の概念設計 (Concept Study) から入って機器製造・設置工事の受注につなげる “iEPCI” (integrated EPCI) を得意としている。最近では、サブシーだけでなく、FPSO や陸上設備まで一括受注する例もみられる (“largest iEPCI”)。工事船隊は、現在 Subsea 7 (後記 8. 参照) とともに業界トップの陣容を誇るが、市況が供給過剰のため高機能船中心に絞り込みつつ (図表 7-7)、機器類とその設置・修繕ロボット (ROV) のシナジーも追求している (米 Schilling Robotics を旧 FMC が 2012 年買収)。

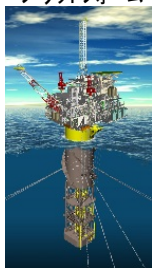
図表 7-1 事業ポートフォリオ

※社名の略称は上場コードによる。以下同じ。

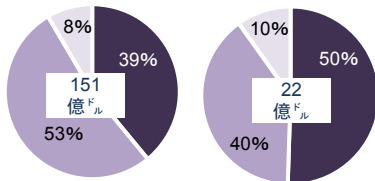
| サブサービス (井戸関係) |                 |          | サブシー生産設備 (SPV のコア領域) |        |         |         | 海上プラットフォーム |        |          | イノベーション |        |
|---------------|-----------------|----------|----------------------|--------|---------|---------|------------|--------|----------|---------|--------|
| 探査            | 掘削・検層・仕上げ (OFS) | 掘削リグ保有運用 | フィールド設計              | SPS 製造 | URF 製造  | 工事船保有運用 | 全体設計～建造    | プラント機器 | 建造ヤード    | デジタル    | ロボティクス |
| ×             | ×               | ×        | ◎                    | ◎      | ◎       | ◎       | ○          | △      | △        | △       | ○      |
|               |                 |          | Genesis              | FMC    | Technip | Technip | Technip    |        | (Spar 型) |         |        |

評価のめやす ◎...大手、コア、先行 ○...事業に定評あり (JV やアライアンスによる場合も含む) △...事業を行っている (同左) ×...事業なし  
※業界関係者の見解等を参考にし、あくまで比較のための目安であり、画一的な優劣を意味するものではない。以下同じ。

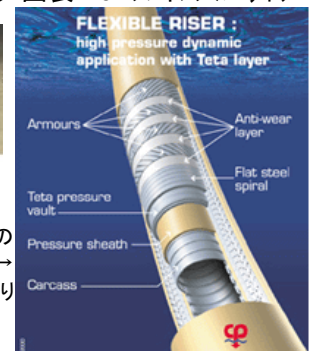
図表 7-2 Spar 型 プラットフォーム 図表 7-3 2017 売上 (左) 償却前営業利益 (右) 図表 7-4 エンジニアリングを担う Genesis 社 図表 7-6 フレキシブル・ライザー



(備考) FTI 社 HP より

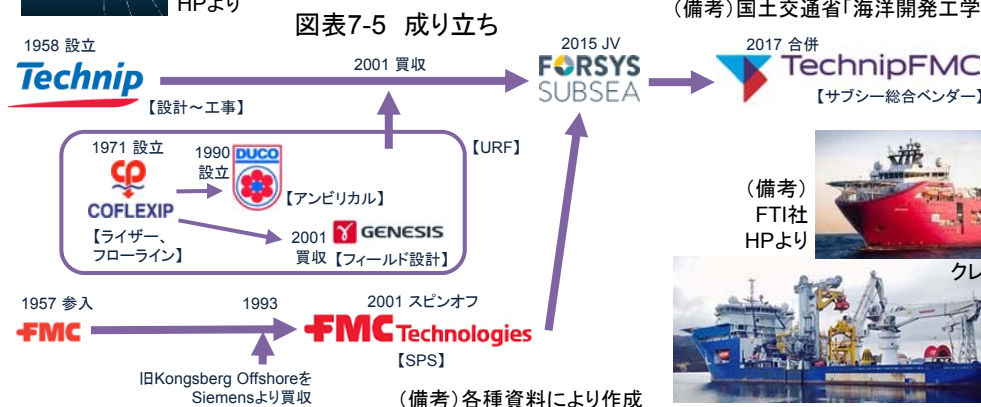


(備考) FTI 社 IR 資料により作成


 (備考) FTI 社 HP より  
波、風、潮流による海上プラットフォームの揺れを吸収できる、「たわむ」ライザー → (備考) 国土交通省「海洋開発工学概論」より


図表 7-7 工事・作業船

IMR 船 = Inspection, Maintenance &amp; Repair (点検・保守・補修)





## 8. OneSubsea/Schlumberger (SLB) のポジションと戦略

- OneSubseaは、もともとSchlumberger(以下「SLB」)がCameron International(掘削・SPSベンダー)と立ち上げたJVの名称であり、その後SLBがCameronを買収し、現在ではSLBグループにおけるサブシー生産設備サービスの名義となった。よって、ここでは、SLBのポジション・戦略を概観する(図表8-1)。
- SLBは、井戸の掘削・検層(図表8-2)・仕上げ等をコアとする油田サービス(OFS)の首位企業であり(図表8-3)、オイルメジャーから独立系まで、多くの石油会社に重用されている(検層は、実はSPS以上に寡占化が著しい)。1926年、フランス人Schlumberger兄弟が検層事業を創業し、二次大戦中にヒューストンへ移転、60年代のメキシコ湾開発で急成長を遂げた。M&Aも数多く、コア領域の周辺でも新陳代謝が活発である(掘削リグ運用、探査、ドリルビット製造など)。特に、Cameronの場合のように、JVやアライアンスを発展させて相手を買収・融合する手法に長けており、2015年にはTechnipと並ぶ工事船隊を擁する英Subsea 7とグローバルアライアンスを締結、2018年2月JVの設立検討を発表した(図表8-4)。
- SLBの戦略の根幹は、同社のDNAというべきサブサーフィス(油・ガス層)のデータの最大・最適活用である(図表8-5)。そのために、サブシー生産設備とのバリューチェーン統合や、サービスのライフサイクル化(“Life-of-Field” “Well Intervention”と呼ばれる井戸内メンテナンス、さらには生産終了後の廃鉱処理の検討)を進めていると考えられる。海洋油・ガス田は、当然ながら陸上に比べ現場アクセスが極めて難しく、IoTモニタリングによるメンテナンス効率化への期待は大きい(掘削リグや工事船の備船料・人件費は高額であり、出動を1回でも少なく、1日でも短く抑えたい)。この点、SLBは、①機器の状態監視(これはSPV 4社皆導入済み)に加え、②生産流体の状態監視を井戸内データに基づいてできる(SLBサブサーフィスと旧Cameronサブシーの技術の融合、例えば出砂・出水の把握など)のが強みである。2019年半ばに生産開始予定の豪州Greater Enfield油田(オペレーター=豪Woodside Energy)は、②の看板事例候補とされる。
- こうした強みを一層際立たせるのが、デジタルイゼーションである。SLBは、2017年、クラウドを利用して油・ガス層データ〜プロジェクト管理の一元化を実現する“DELFI”の供用を開始した(図表8-5、まず陸上油・ガス田から)。石油・ガス開発業界のプラットフォーム・プロバイダーたりうるポテンシャルの一端といえよう。

図表8-1 事業ポートフォリオ

| サブサーフィス(井戸関係) |                |          | サブシー生産設備(SPVのコア領域) |       |          |         | 海上プラットフォーム |        |       | イノベーション |        |
|---------------|----------------|----------|--------------------|-------|----------|---------|------------|--------|-------|---------|--------|
| 探査            | 掘削・検層・仕上げ(OFS) | 掘削リグ保有運用 | フィールド設計            | SPS製造 | URF製造    | 工事船保有運用 | 全体設計〜建造    | プラント機器 | 建造ヤード | デジタル    | ロボティクス |
| △             | ◎              | △        | ○                  | ○     | ×        | ○       | △          | △      | ×     | ◎       | △      |
| SLB+CAM       |                |          | CAM(+SLB)          | CAM   | Subsea 7 |         |            | CAM    | SLB   |         |        |

(備考) 各種資料により作成

なお、FLNG(ガスの液化設備をも搭載したFPSO) 参入を企図したOneLNG(Golar LNGとのJV)は、2018.6解消

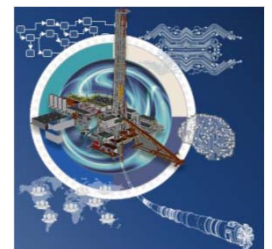
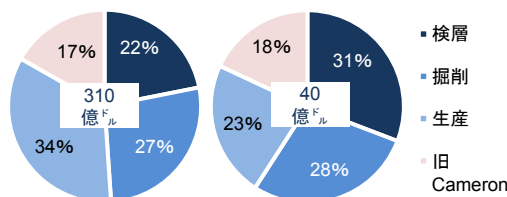
図表8-2 検層



(備考) SLB社HPより

掘削と同時に進行データ測定に優れる

図表8-3 2017売上(左) 税前利益(右)

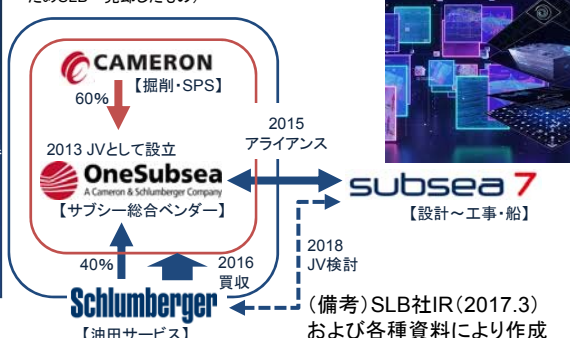


掘削機の制御システム 掘削・SPS(右下図)



図表8-4 成り立ち

※オムロン=オムロンオイルフィールド & マーリン(掘削の制御システム、オムロンが1999年前身買収→事業再編のためSLBへ売却したもの)



図表8-5 データ戦略とプラットフォーム



- 地上/海底面と井戸内のインテグレーション
- 掘削のワークフロー全体の掌握
- ハード、ソフト、データ、専門性の結合
- オートメーションと機械学習による実現
- 革新的な掘削のプラットフォーム

(備考) SLB社IR資料(2017.3)およびHPより



## 9. Baker Hughes GE (BHGE) のポジションと戦略

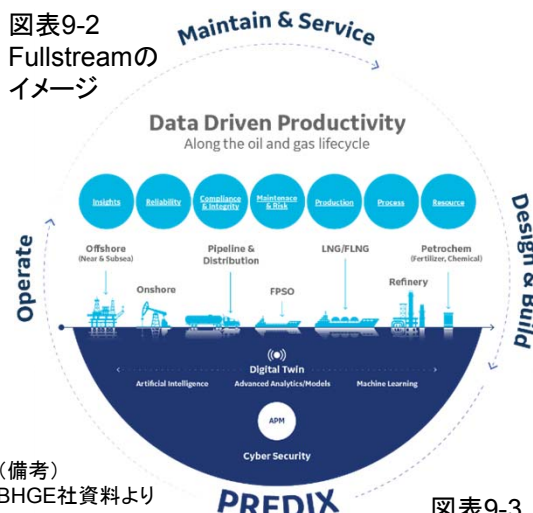
- Baker Hughes GE (以下「BHGE」) は、GE Oil & Gasが油田サービス3位のBaker Hughesと合併し、2017年7月に発足した企業である (GE62.5%、旧BH上場株主37.5%)。OneSubsea/SLBと同じく、サブシー+サブサーフイス連合であり、井戸内から海上プラットフォームの機器 (GEの伝統的な製品であるタービン、ジェネレーター等) まで、バリューチェーンを広くカバーする“Fullstream”サービスをうたっている (図表9-1、9-2、9-3)。
- GEは、1994年にイタリア企業を買収し、石油・ガス開発業界に参入した。海洋油・ガス田が好況期にさしかかった2007年、部門強化を表明し、サブシー総合ベンダー (SPV) の一角ながら経営が安定していなかったVetco Grayの買収を皮切りに、サブシーM&Aを加速させてきた。一方、Baker Hughesは、ともに20世紀初頭創業の米Baker International (井戸仕上げ) とHughes Tool (ドリルビット等製造) が1987年に合併し、大手油田サービス (OFS) へと成長した。BHは、2014年以降のOFS・SPV再編の主役であり、まず2014年4月にAker Solutions (後記10.参照) とアライアンスを組成、同11月にはOFS 2位の米Halliburtonより買収提案を受けるも、これが2016年5月に破談となると、一転、同10月末、GE Oil & Gasとの統合合意に至った (図表9-4)。
- Fullstreamの事例としては、井戸掘削+サブシー機器+海上プラットフォーム機器のパッケージ受注が、既に発表されている。今後は、生産開始後のサービスも拡充されるであろう (生産流体モニタリングなど)。フィールド設計~建造については、米McDermottとのアライアンスが堅固である (イクシスでも共同受注=図表3-2参照、BHGEにとってのSubsea 7的存在)。また、GEがオートメーション/デジタルライゼーションを標榜してきたことから、BHGEにおいても、石油・ガス業界初のデジタルツイン (図表9-5)、AI・GPUによるビッグデータの分析・洞察 (図表9-6) といった試みがみられる。これらの特色も、Fullstreamの重要な要素とされている。
- もっとも、2018年6月末、BHGEの発足1周年を目前にして、発電事業の低迷と金融事業の巨額評価損に苦しむGEは、BHGEの全株式を3年以内に市場で売却すると発表した。分離後もBHGEはGEの技術にアクセス可能、とする報道もあるが、GEは、産業用IoTプラットフォームの主導権を目指したPredixの展開が計画を大幅に下回り、かえってデジタル部門もリストラの対象となっている。BHGEは、難しい舵取りに直面している。

図表9-1 事業ポートフォリオ

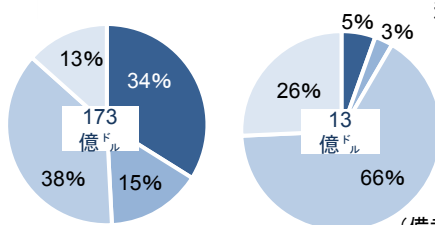
| サブサーフイス (井戸関係) |                 |          | サブシー生産設備 (SPVのコア領域) |       |       |           | 海上プラットフォーム |        |           | イノベーション |        |
|----------------|-----------------|----------|---------------------|-------|-------|-----------|------------|--------|-----------|---------|--------|
| 探査             | 掘削・検摩・仕上げ (OFS) | 掘削リグ保有運用 | フィールド設計             | SPS製造 | URF製造 | 工事船保有運用   | 全体設計~建造    | プラント機器 | 建造ヤード     | デジタル    | ロボティクス |
| ×              | ◎               | ×        | △                   | ○     | △     | ○         | ○          | ○      | △         | ◎       | △      |
| BH             |                 |          | GE                  | GE    | GE    | McDermott | McDermott  | GE     | McDermott | GE      |        |

(備考) 各種資料により作成

図表9-2 Fullstreamのイメージ

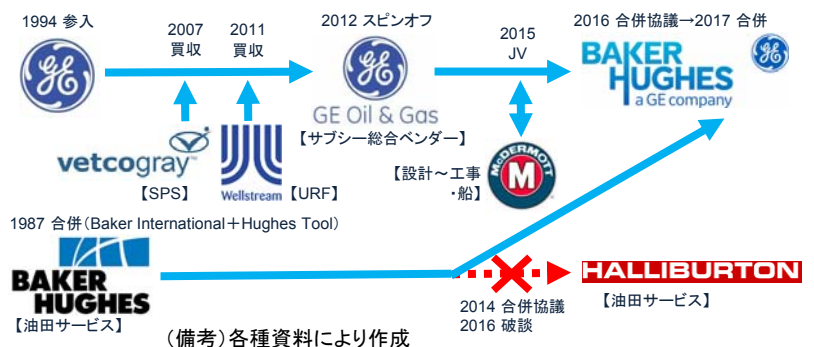


(備考) BHGE社資料より



(備考) BHGE社IR資料により作成

図表9-4 成り立ち



図表9-5 デジタルツイン



産業用IoT基盤ソフトPredix上に“Digital-Oil-Field”を構築

(備考) JWN (2017.9.19記事) より

図表9-6 Nvidiaとの提携



Nvidiaはシリコンバレー企業の代表格

(備考) Nvidia資料より

## 10. Aker Solutions (AKSO) のポジションと戦略

- Aker Solutions (以下「AKSO」) は、TechnipFMC (前記7.参照) の誕生以前からSPS・URF双方の製造とフィールド設計～設置工事をフルカバーしてきた、サブシー生産設備のスペシャリストである (図表10-1)。産油国ノルウェーでは、国営石油会社Equinor (旧 Statoil、脱石油を掲げ2018年5月社名変更) をはじめ、海上プラットフォーム、掘削リグ、工事船、造船所、船級等の各社/機関が海洋油・ガス田開発の産業クラスターを構成しており (人材もクラスター内を渡り歩いて育つ)、AKSOもその主要企業に数えられる (図表10-2)。
- Akerグループは、19世紀ノルウェーの造船所に由来するAkerおよびKværnerの2社がルーツである。両社は1980～90年代、欧州造船・重工業の衰退期に、多角化失敗などもあり経営危機に陥ったが、2000年前後に事業家Kjell Inge Røkke (ノルウェーの漁師から身を起し米国で成功した大富豪) が相次いで買収、再建を果たした。その後もこまめな事業ポートフォリオの入れ替えが続き、現AKSOは、分社化を経てスリムな姿となりつつ、グループ各社とは柔軟な連携を保っている (図表10-3)。なお、当社はオスロ上場であるが、産業クラスターにおける重要性が考慮され、ノルウェー政府が間接的に約12%の株式を保有している (2007年の持株再編において、政府を含む株主が10年間の相互保有義務を負った)。
- AKSOの強みは、地元北海・バレンツ海の厳しい環境条件やクラスター内相互の信頼関係のもとで育まれた技術力と先駆的実績である。例えば、Åsgard油田 (1999年～) の回収率向上のため2015年に設置されたサブシーコンプレッサー (AKSO、Equinor、独MAN Diesel & Turboの共同開発) は、安定稼働を続け、世界初の成功例となった (図表10-4)。また、バレンツ海最大規模のJohan Castberg油田 (オペレーター＝Equinor) では、海上プラットフォームとしてFPSOを用いるか、パイプラインと陸上ターミナルを建設するか、という概念設計の段階にも関わり、サブシー生産設備の工程全般およびFPSOのエンジニアリングを受注している (図表10-5)。
- AKSOは、前3社のような大型M&Aを経験しておらず、ポストBHGE再編の候補に挙げられる。実際、BHGE成立前に旧Baker Hughesと結んだアライアンスの意義が微妙になっていること (AKSOは旧GE Oil & Gasとポジションが重複)、BH買収に失敗したHalliburtonよりアプローチを受けたこと (2017年3月報道)、その後オーナーRøkkeが当社を含む複数社の売却を示唆したこと (同4月) などが、様々な憶測を呼んでいる。もっとも、足元有力な続報はなく、ひとまず同業Saipemらとのアライアンス継続に落ちついた模様である (図表10-6)。

図表10-1 事業ポートフォリオ

| サブサーフィス (井戸関係) |                 |          | サブシー生産設備 (SPVのコア領域) |       |       |         | 海上プラットフォーム |        |       | イノベーション |        |
|----------------|-----------------|----------|---------------------|-------|-------|---------|------------|--------|-------|---------|--------|
| 探査             | 掘削・検層・仕上げ (OFS) | 掘削リグ保有運用 | フィールド設計             | SPS製造 | URF製造 | 工事船保有運用 | 全体設計～建造    | プラント機器 | 建造ヤード | デジタル    | ロボティクス |
| ×              | ×               | ×        | ○                   | ○     | ○     | △       | △          | △      | △     | △       | △      |

(備考) 各種資料により作成

図表10-2 ノルウェーの産業クラスター



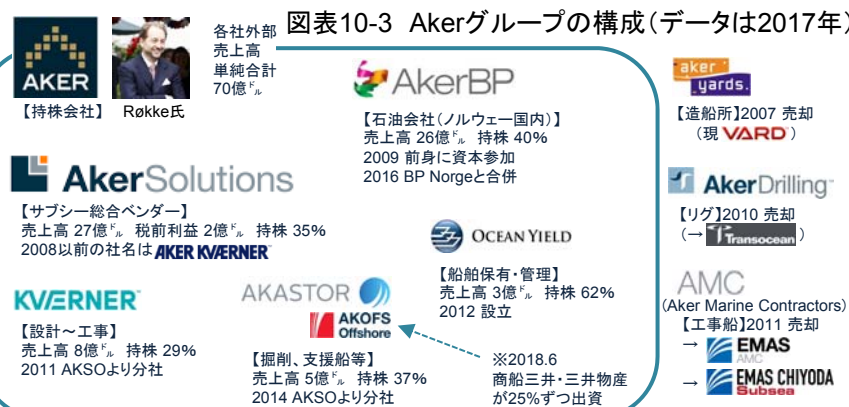
(備考) 各種資料により作成

図表10-4 サブシーコンプレッサー



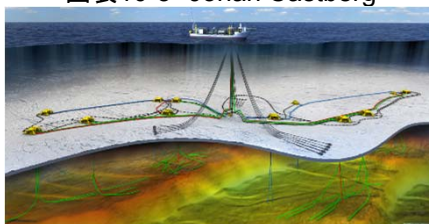
(備考) AKSO社HPより

図表10-3 Akerグループの構成 (データは2017年)



(備考) Aker社、AKSO社IR資料および各種資料により作成

図表10-5 Johan Castberg



(備考) Equinor社HPより

図表10-6 主な提携先



(備考) 各種資料により作成



## 11. サブシー産業のゆくえ(1) ～サービス・インテグレーション～

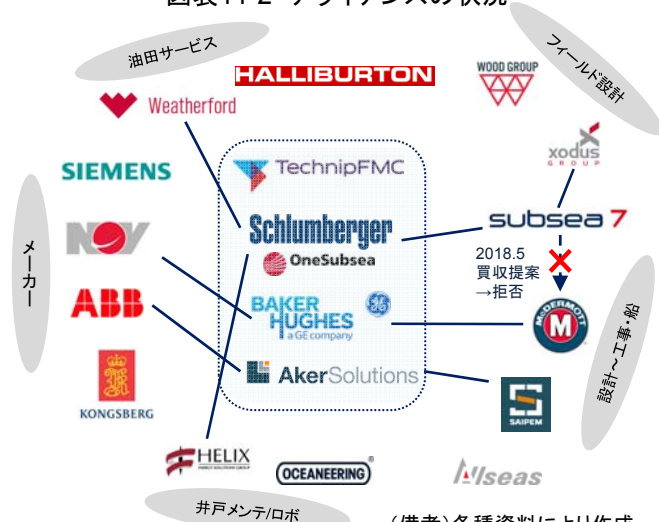
- ・サブシー生産設備ベンダー（SPV）4社の戦略は、それぞれの軸足が反映されたものとなっている（図表11-1）。TechnipFMC（FTI）とAker Solutions（AKSO）は、サブシー機器メーカー兼エンジニアリングというコア領域の充実に重きを置き、サブサーフィスにはほとんど越境していない。これに対し、OneSubsea/Schlumberger（SLB）は、サブサーフィスのデータを起点に、バリューチェーン上で特にシナジーの想定できる要所を押さえ、ライフサイクル・サービスを追求している。Baker Hughes GE（BHGE）も方向性は似ているが、カバレッジの拡大やデータソースとしての機器への力の入れ方に、GEのカルチャーがうかがわれる（⇔SLBは、SPSメーカーであったCameronを買収したが、URFメーカーの買収はしていない）。
- ・このように、サブシー産業の足元潮流は、サービス・インテグレーションとテクノロジー・イノベーションである。近年の油価水準を前提に、開発の技術的ハードルが少なくないプロジェクトを円滑に進めるには、SPVは、早い段階から、探鉱を行っている石油会社や油田サービス会社（OFS）と協働する必要がある。そのための体制づくりが、サービス・インテグレーションである。そして、各社積極的にこれを推進してきた結果、従来競合とは捉えられていなかった企業同士にも、競合関係が生まれつつある（例えばSLBは、OneSubseaを内包していなければ、FTIとはむしろ相補関係にあった）。残るHalliburtonやWeatherford（OFS）、Saipem（FTI型のSPV）、NOV（掘削機器）などの動向も含め、業界再編は依然として過渡期にあると考えられる（図表11-2）。
- ・石油会社、特にオイルメジャーは、自らの潤沢なリソースを活かし、プロジェクトごとに、技術的・コスト的に最適な分割発注を実現してきた。それゆえ、彼らの立場では、サービス・インテグレーションに対し、かえって割高にならないか、とか、統合前の個々の技術的特性が変化してしまうと使いづらい、といった指摘はありうる。もっとも、割高・割安は、彼らが内製化しているリソースの維持コストをも合わせて比較し、長期目線で検討されれば、評価が変わる可能性もあろう（ひいては、統合サービスに依拠した石油会社のスリム化も）。
- ・また、早期協働の文脈では、石油会社が、OFSやSPVらによる抜本的なコストダウンの提案を歓迎したり（EquinorとAKSOはJohan Castbergの初期投資を見直し、50%削減したと発表）、子会社にサービス会社の資本を入れたりする例（Aker BP）も現れている（「ベンダー/コントラクター」から「パートナー」へ）。こうしたイニシアティブの柔軟化も、サービス・インテグレーションと同様の課題解決目的にあるといえよう（図表5-4参照）。

図表11-1 SPV 4社の事業ポートフォリオ比較

|      | サブサーフィス（井戸関係） |                |          | サブシー生産設備（SPVのコア領域） |       |       |         | 海上プラットフォーム |        |       | イノベーション |        |
|------|---------------|----------------|----------|--------------------|-------|-------|---------|------------|--------|-------|---------|--------|
|      | 探査            | 掘削・検層・仕上げ（OFS） | 掘削リグ保有運用 | フィールド設計            | SPS製造 | URF製造 | 工事船保有運用 | 全体設計～建造    | プラント機器 | 建造ヤード | デジタル    | ロボティクス |
| FTI  | ×             | ×              | ×        | ◎                  | ◎     | ◎     | ◎       | ○          | △      | △     | △       | ○      |
| SLB  | △             | ◎              | △        | ○                  | ○     | ×     | ○       | △          | △      | ×     | ◎       | △      |
| BHGE | ×             | ◎              | ×        | △                  | ○     | △     | ○       | ○          | ○      | △     | ◎       | △      |
| AKSO | ×             | ×              | ×        | ○                  | ○     | ○     | △       | △          | △      | △     | △       | △      |

（備考）各種資料により作成

図表11-2 アライアンスの状況



（備考）各種資料により作成

図表11-3 最近の主なSPS・URF発注プロジェクト

| 受注年  | プロジェクト                         | 所在地         | オペレーター           | SPS製造    | URF設置     |
|------|--------------------------------|-------------|------------------|----------|-----------|
| 2016 | West Nile Delta 2期             | エジプト        | BP               | SLB      | Subsea 7  |
|      | Zohr 1期                        | エジプト        | Eni              | SLB      | Saipem    |
|      | Greater Enfield                | 豪州          | Woodside Energy  | SLB      | FTI       |
|      | Lancaster                      | 英国          | Hurricane Energy | FTI      | FTI       |
| 2017 | Kaikias                        | 米国          | Shell            | FTI      | FTI       |
|      | Mad Dog 2期                     | 米国          | BP               | SLB      | Subsea 7  |
|      | Liza 1期                        | ガイアナ        | ExxonMobil       | FTI      | Saipem    |
|      | Coral FLNG                     | モザンビーク      | Eni              | BHGE     | FTI       |
|      | Snefrid Nord                   | ノルウェー       | Equinor          | AKSO     | Subsea 7  |
| 2018 | Karish                         | イスラエル       | Energear         | FTI      | FTI       |
|      | Zinia 2期                       | アンゴラ        | Total            | FTI      | Subsea 7  |
|      | Gorgon 2期                      | 豪州          | Chevron          | BHGE FTI | FTI       |
|      | Liza 2期                        | ガイアナ        | ExxonMobil       | FTI      | Saipem    |
|      | Mero 1                         | ブラジル        | Petrobras        | AKSO     | 入札審査中     |
|      | Tortue ※                       | セネガル/モーリタニア | BP               | BHGE     | McDermott |
|      | ※FEED（基本設計）段階、2018年内に最終投資決定見込み |             |                  |          |           |

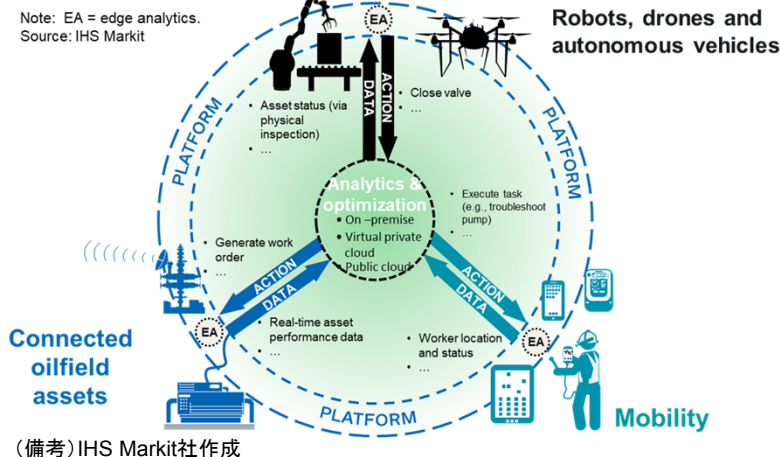
※FEED（基本設計）段階、2018年内に最終投資決定見込み

（備考）各種報道により作成

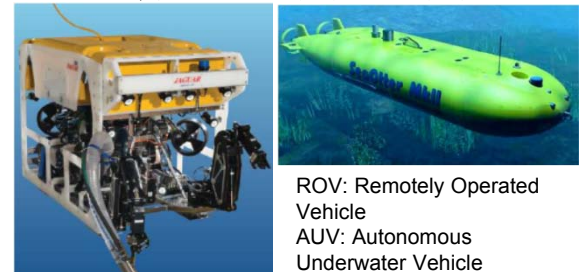
## 12. サブシー産業のゆくえ(2) ～テクノロジー・イノベーション～

- 次世代テクノロジーの旗手と目されるのが、デジタルイゼーションとロボティクスである。デジタルイゼーションによる新たなビジネスチャンスの創出・発見も、前述のサービス・インテグレーション進行に寄与してきた。その中でも、市場構造への影響という点で重要な意味を持つのが、データ・プラットフォームである。サービス会社では、検層(サブサーフィス)トップのSchlumbergerに抜き出た優位性が見受けられる。他方、石油会社、特に豊富で多様な油・ガス田資産を持つオイルメジャーは、データ・プラットフォームの構築を通じ、支配的地位・影響力を(逆に再)強化しうる立場にあると思われる。フィールド設計やプロジェクト管理の最適化という「大義」は共有しつつ、プラットフォーム開発の主導権やデータの所有権をめぐる競争/共創の駆け引きが、次第に激しさを増していくであろう(図表12-1)。もっとも、デジタルイゼーションによる最適化の具体的・最終的な絵姿は、今なお必ずしも明瞭とはいえない。IT企業がいわゆるディストラクション(破壊的イノベーション)をもたらすか否かも注目される(例えば、Googleはまだクラウド提供程度にとどまっているが、冒頭のCERA Weekに今回初めてGoogle CloudのCEOが登壇した)。
- ロボティクスは、遠隔地・隔離環境でアクセスの難しい海洋油・ガス田にとって、極めて重要である。母船からの有線操縦でサブシー設備の操作やメンテナンスを行うROV(図表12-2)は、既に不可欠の存在となっているが、性能・コストとも改良の余地はまだ大きい。モニタリングに関しては、海中を自律航行するAUV(図表12-2)、海上プラットフォーム(FPSO等)の隅々までチェックできるロボットやドローン、それらが収集したデータを処理するエッジ・コンピューティングの発達も期待される(図表12-1)。最近では、オイルメジャーが、ベンチャー企業がロボティクス発達に貢献してきた欧米の土壤もあってか、オープンなコンペティションを開催して、欲しい技術を募る例も見られる(図表12-3)。
- このほか、FPSO等の搭載機器・機能をすべて海底に配置し、海底で一次処理を完結させるサブシー・ファクトリー(図表12-4)も、次世代の構想といえる。発案者のEquinorは、バレンツ〜北極海のような厳しい海象におけるFPSO等の代替手段と位置づけていたが、コストが下がれば、他の海域でも検討されて不思議はない(ただ、閉鎖・廃鉱時に撤去等の負担が増える)。

図表12-1 テクノロジー・イノベーションのアプローチ



図表12-2 ROV(左)とAUV(右)



(備考) 国土交通省「海洋開発産業概論」より

図表12-3 近年のコンペティション・プログラム



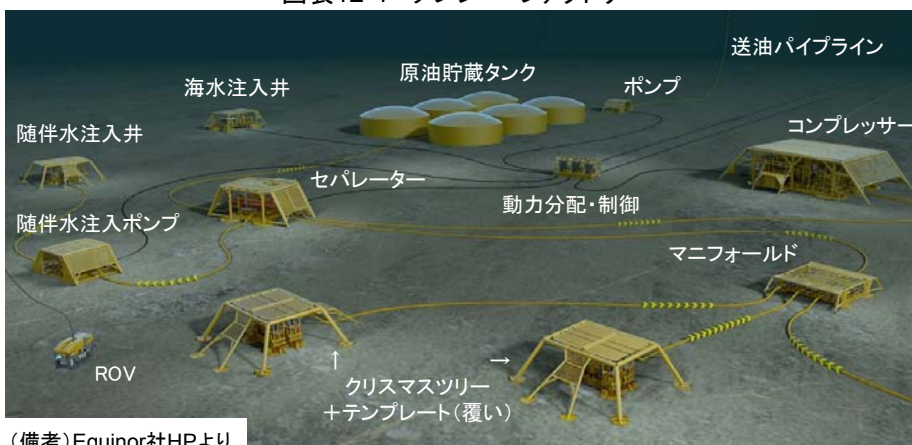
2015年～、主催=X PRIZE財団、  
メインスポンサー=Shell  
AUVによる深海・広域のデータ収集  
海底3Dマップの作成および写真撮影  
賞金: 優勝400万ドル、総額700万ドル



2013～2017年、主催=フランス国立研究機構、  
メインスポンサー=Total  
海上プラットフォームの無人・省人化用ロボット  
選抜チームには最低50万ユーロを支給

(備考) 各HP、報道より

図表12-4 サブシー・ファクトリー





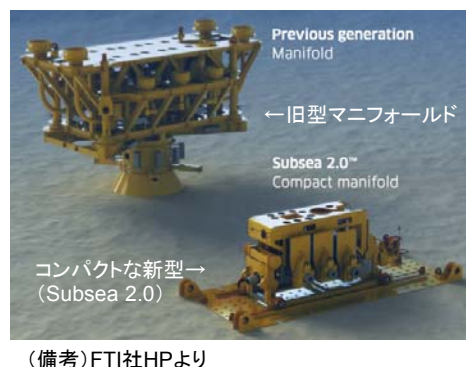
### 13. OTCに見る業界動向 ～スタンダード化の加速？～

- 2018年5月、世界最大の海洋石油・ガス開発の技術展OTC(Offshore Technology Conference)が、米国ヒューストンで開催された。記念すべき50回目であったが、出展2,300社(前年比170社減。顔ぶれは前年の申込みで決まるため、前年景気の運行指標)、入場者61,000人(同3,000人減。2014年の10.8万人をピークに続落中)と、数字の上では厳しい結果となった。
- 展示内容は、全体的に実物模型が減り、代わってディスプレイによる説明、ソフトウェア、VR/AR/MR体験などが増え、流行が色濃く表れていた(図表13-1)。例えば、Siemensは模型をほとんど置かず、デジタルライゼーションの印象づけに振り切り、Schlumberger(SLB)もサブシー部門(OneSubsea)をディスプレイにすっかり取り込んでいた。他方、合併後初登場となるBaker Hughes GE(BHGE)は、AIの映像で人目を惹きつつ、ドリルビットやターボチャージャーの実機モデルも展示する、バランスのとれた構成であった。
- サブシー生産設備ベンダー(SPV)各社は、ブースでプレゼンテーションを行っており、そこからそれぞれの特徴と現在地が垣間見える。例えばSLBは、インテグレーションによる工期短縮効果を強調していた。BHGEは、“Fullstream”を盛んにPRするものの、プロジェクトのコスト負担の工夫(財務基盤の弱い石油会社にはメリット)などの説明が目立ち、統合の実効性は今後の課題と思われた(機器モニタリングの展示も小規模)。Aker Solutionsは、米国市場にそれほど積極的でないところがあり、比較的シンプルな内容にとどまっていた。
- TechnipFMC(FTI)は、今回のOTCでプロダクト・プラットフォーム“Subsea 2.0”(図表13-2)を発表し、大きな注目を集めた。あまたの現場フィードバックを徹底的に分析して設計された“standardized components”により、機器の小型化・高性能化、設置工事やメンテナンスの効率化が図られている。ここ数年、石油会社はSPVに対し、製造の発注仕様を通じ直接的に、あるいは生産開始後の管理のマスターサービス委託という形で間接的に、機器のスタンダード化を促してきた。SPVとしては、それに単に従うだけだと競争力が低下し、消耗戦に陥りかねないが、自らプラットフォームを形成・提供できれば、逆にライバルの製品をも取り込んだビジネスチャンスとなりうる—Subsea 2.0は、SPS・URFで首位を走るFTIの、そうした思惑の表れだろうか。
- なお、OTCへの日本企業の出展については、2016年より日本船用工業会がジャパンパビリオンを結成しており、INPEXやJX石油開発もそこに加わっている。個別企業では、濱中製鎖工業(兵庫県姫路市、係留チェーン製造)が、OTCの黎明期以来唯一、メイン会場に出展を続けている。

図表13-1 OTC 2018の様子



図表13-2 Subsea 2.0の例



### 14. おわりに ～わが国への示唆～

- わが国では、海洋関連施策の総合的・計画的推進を図るべく、2007年に海洋基本法が制定された。同法に基づく海洋基本計画は、現在3期目を迎えている(2018年5月閣議決定)。この中で、石油・ガスをはじめとする海洋資源に関しては、①「海洋資源の開発及び利用の促進」、②「海洋産業の振興及び国際競争力の強化」というテーマで、個別の施策が定められている。
- ①は、国内の資源開発である。わが国は、従来型の石油・ガスは確認埋蔵量が乏しく、これら以外の海底資源の中で最も早期の実用化目標が掲げられているのは、メタンハイドレートである。「平成30年代後半に民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指し」、2016～17年にかけて、第2回産出試験が行われた。これは、随所に、本稿で紹介したサブシー生産設備ベンダー(SPV)各社のサポートを得たものであった。メタンハイドレートは、成分的には天然ガスの一種であり、既存の海洋石油・ガス開発の技術が足掛かりになる(図表14-1。ただし、固体であり自噴しないため、分解・採取には独自の技術も必要)。

## 14. おわりに ～わが国への示唆～(続き)

- ②は、国内の資源開発と、海外の海洋石油・ガス市場への進出の双方を含む。当然ながら後者の方が圧倒的に規模が大きく、ここを目指す動きとしては、複数の日本企業/研究機関によるAUVの開発(図表14-2)や、オイルメジャーら主導の技術開発プラットフォームであるDeepStarとの連携(図表14-3)などが挙げられる。ただ、これらの試みも、例えば完成したAUVでサブシー機器をどうチェックするのか、と考えると、結局どこかでSPVとの関わりが生まれるであろう(特に、SPVが油・ガス田設備のマスターサービス受託をしている場合)。
- このように、わが国固有の事情に照らして見ても、石油・ガスをはじめとする海洋資源開発において、主要SPV各社の影響は大きい。彼らを取り巻く産業構造は、本稿で概観した通り、彼ら自身のサービス・インテグレーションとテクノロジー・イノベーションにより、かつてないダイナミックな変化の渦中にある。こうした状況を踏まえつつ、わが国における海洋資源開発の様々な取り組みや、グローバルのサブシー市場へのアプローチが、一層戦略的に進められていくことを期待したい。

図表14-1 メタンハイドレートおよび第2回海洋産出試験(2016～17年)でのSPV各社提供技術



図表14-2 日本企業のAUV開発



JAMSTEC、海技研、東大生研、九州工大、三井E&S造船、ヤマハ発動機、KDDI総研、日本海洋事業(日本水産の子会社)が参画。Shell X Prize応募(図表12-3参照)のため結成され、2018年3月に予選ラウンド(水槽試験)を通過、決勝ラウンド(実海域試験)は11～12月に予定されている。



(備考) Team KUROSHIOおよび川崎重工HPより

2017年11月、世界初の海中ステーションドッキングに成功(充電・データ授受)。2020年の商用化を目指している。

図表14-3 DeepStar  
(海洋石油・ガスの技術開発プラットフォーム)



【メンバー石油会社】  
Chevron、Shell、Total、Petrobras、Equinor、CNOOC、Anadarko、JX石油開発、Woodside Group

(備考) DeepStarおよび日本財団HPより



日本財団は、2018年のOTC期間中にDeepStarと覚書を締結。DeepStarに対し、個別プロジェクトへの助成申請を予定している(財団自身も最大10億円を拠出)。石油会社側からも、優れた技術を持つ日本企業との共同開発に、関心が寄せられているようである。

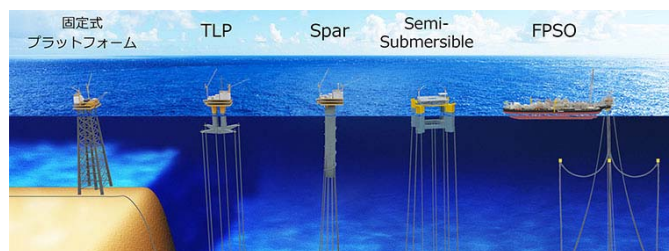


## 主 な 略 語 一 覧

| 略語   | 意 味                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| FPSO | [Floating Production, Storage & Offloading]<br>浮体式海洋石油・ガス生産貯蔵積出設備。原油タンカーに、汲み上げられた流体の一次処理設備(プラント)を搭載したもの。生産中は、油・ガス田上(海上)に固定される。生産された石油・ガスは、パイプラインもしくは(シャトル)タンカーで出荷される。液分(原油、コンデンサートなど)は、受取タンカーが来るまでFPSO自身のタンクに貯蔵されている。海上プラットフォームの中では現在最もポピュラー。母体のタンカーは、中古船が用いられることもある。 |
| CPF  | [Central Processing Facility]<br>中央生産処理施設。これは、イクシスプロジェクトにおける機能に基づく名称である。イクシスのCPFは、海上プラットフォームの種類としてはセミサブ型に当たる(Semi-Submersible、右下のイラスト参照)。イクシスは生産量が多いため、一次処理のメインをCPF、サブをFPSOで分担する形になっている。                                                                              |
| E&P  | [Exploration & Production]<br>探鉱開発・生産。石油・ガス生産の「上流」と呼ばれる工程を指す(⇔「中流」はタンカーやパイプラインによる輸送、「下流」は精製・販売など)。                                                                                                                                                                    |
| FS   | [Feasibility Study]<br>採算性評価。探鉱段階の最後に実施され、商業生産に進めるかどうかを決定する。この時点での設計は概念設計(Conceptual Design/Pre-FEED)。                                                                                                                                                                |
| FEED | [Front End Engineering & Design]<br>基本設計。FSの結果に基づき、主な技術的課題や概略費用などが検討される。                                                                                                                                                                                              |
| FID  | [Final Investment Decision]<br>最終投資決定。これにより、生産設備のEPCIが本格的にスタートする。ただ、市況や政治的事情などで先送りにされることも少なくない。                                                                                                                                                                       |
| EPCI | [Engineering, Procurement, Construction & Installation]<br>設計、資材調達、建造、据付け。いわばプラント工事のTier 1請負。陸上プラントの場合はよく「EPC」と言われるが、海洋では「I」が加わる。試運転(Commissioning)まで含めて「EPCIC」と称されることもある。                                                                                            |
| OSV  | [Offshore Support Vessel]<br>海洋支援船。主に、FPSO等のプラットフォームの曳航を行う船(Anchor Handling Tug Supply)や、プラットフォームへの物資補給を行う船(Platform Supply Vessel)などを指す(狭義)。ただ、下記OCVまで含めることもある(広義)。                                                                                                  |
| OCV  | [Offshore Construction Vessel]<br>海洋工事船。パイプやケーブルの敷設船(Pipe-lay/Cable-lay)、クレーン船(Heavy Lift/Derrick Barge)、居住バージ(Accommodation Barge)、IMR船(Inspection, Maintenance & Repair)など様々な形態があり、複数の機能を合わせ持つ船(Multi-purpose Support Vessel)も多い。長距離パイプラインや洋上風力発電などの据付けにも用いられる。     |
| ICSS | [Integrated Control & Safety System]<br>統合安全制御システム。生産状況の常時監視、バルブ開閉等の制御、異常検知時の緊急措置(リスク低減→稼働停止)などの機能を果たすもの。                                                                                                                                                             |
| MAC  | [Main Automation Contractor]<br>制御担当会社。ICSSを石油会社から一括受注するTier 1ベンダー。横河電機のほか、米EmersonやHoneywellなどがこのレベルで競合している。                                                                                                                                                         |

(備考) 各種資料により作成

| 略語   | 意 味                                                                                                                                                                                                            |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SPS  | [Subsea Production System]<br>サブシー生産システム。クリスマスツリー(1井戸に1つの開閉・圧力制御装置)、マニフォールド(複数の井戸からの集約装置)、その他パイプやケーブルの分配/端部、各機器を保護する覆い/台座(テンプレート)などから成る。最近では昇圧装置(ポンプ、ブースター、コンプレッサー等)や処理装置(セパレーター等)まで含めることもある。                  |
| URF  | [Umbilical, Riser & Flowline]<br>ライザー=油・ガス田内パイプラインの海中部分。フローライン=同海底部分。これらは、石油・ガスをFPSO等まで汲み上げるだけでなく、逆に、油・ガス層に(分離後の)水、ガス、ケミカル剤などを注入するのにも用いられる(回収率向上のため、いわば「動脈と静脈」)。アンビリアル=SPSに油圧動力、電力、光信号などを供給するホースやケーブルの束(バンドル)。 |
| SURF | [Subsea, Umbilical, Riser & Flowline]<br>SPSとURFを合わせた呼称。ここでの「Subsea」はSPSを意味する。用語としてはURFよりこちらの方がポピュラーだが、本稿では、SPSとURFを区別し、混乱を避けるため、「SURF」は用いていない。                                                                |
| SPV  | [Subsea Production Vendor]<br>サブシー生産設備ベンダー。SPS・URFの製造および現場EPCI(設計・建造・据付け)を行う企業のこと。説明の便宜のため、本稿中唯一、独自に設けた略語である。                                                                                                  |
| OFS  | [Oil Field Service]<br>油田サービス。E&P(探鉱開発・生産)に必要な作業・技術提供を行う業態のこと。典型的には、サブサーフィスをコアとするグローバル複合大手(SLB、BHGE、Halliburtonら)を指す。ただ、字義通りならE&Pの請負に当たる企業すべてを含みうるため、SPV各社がOFSと呼ばれることもある。                                      |
| FTI  | TechnipFMCの上場コード(NYSE)                                                                                                                                                                                         |
| SLB  | Schlumbergerの上場コード(NYSE)                                                                                                                                                                                       |
| BHGE | Baker Hughes GEの上場コード(NYSE)                                                                                                                                                                                    |
| AKSO | Aker Solutionsの上場コード(OSE=オスロ)                                                                                                                                                                                  |
| ROV  | [Remotely Operated Vehicle]<br>有線で遠隔操作する海中ロボット(アーム付き)。SPSやURFの設置、点検、補修等に用いられる。訓練を積んだオペレーターが母船(FPSO、OCVなど)に搭乗して操作する。                                                                                            |
| AUV  | [Autonomous Underwater Vehicle]<br>海中自律航行ロボット。ROVは常に母船とセットだが、AUVはある程度母船から離れて航行することが想定されている。現在の主な用途は、海底データの収集(画像等)やパイプラインルートの検討。SPS・URFのモニタリングに用いるには、データ精度や充電等にまだ課題が残る。                                         |



(備考) 三井海洋開発HPより

[業務企画部 イノベーション推進室 阿久津 圭史]

©Development Bank of Japan Inc. 2018

本資料は情報提供のみを目的として作成されたものであり、取引等を勧誘するものではありません。本資料は当行が信頼に足ると判断した情報に基づいて作成されていますが、当行はその正確性・確実性を保証するものではありません。本資料のご利用に際しましては、ご自身のご判断でなされますようお願い致します。本資料は著作物であり、著作権法に基づき保護されています。本資料の全文または一部を転載・複製する際は、著作権者の許諾が必要ですので、当行までご連絡下さい。著作権法の定めに従い引用・転載・複製する際には、必ず、『出所：日本政策投資銀行』と明記して下さい。

お問い合わせ先 株式会社日本政策投資銀行 産業調査部  
Tel: 03-3244-1840