

# PS-18 石油天然ガス開発におけるサブシー技術に関する調査研究

海洋開発系 \* 大坪 和久

## 1. はじめに

オフショアでの油ガス田開発が進むにつれて、開発水深は年々大水深化しており、すでに世界では水深 2,900m での油ガス生産の実績がある。オフショアでの油ガス田開発における生産量を高くするための一つの方法は、生産流体の輸送効率を上げることにある。その中でも生産流体に適切な前処理を海底で行うことが最も効果的と言われている。また、それによって浮体施設に搭載するプラント機器を減らすことができ、浮体コストの削減も期待できる。このような理由もあって、ノルウェーを中心にして、世界ではサブシー技術に関する研究開発が現在活発に行われている。

本研究では文献及び現地調査等を実施して、サブシー技術における技術課題とそれを解決するための基盤技術を把握することを試みた。その概要について述べることにする。

## 2. サブシー技術における技術課題

サブシー技術が包含する技術は多岐に渡るため、次のような技術分類に従い技術課題とそこから抽出される基盤技術について整理した<sup>1)</sup>。その概要をまとめたものを図1に示す。

- 1) 海底調査・基礎
- 2) 構造物
- 3) アンビリカル
- 4) パイプライン
- 5) フローアシュアランス
- 5) インストール
- 6) 前処理

### 2.1 海底調査・基礎

海底に構造物を設置するためには基礎が必要になる。その基礎となるパイル等に働く土質荷重予測は困難である。現状、引張荷重も予測が困難であるため、それ以外の曲げやねじり荷重は更に難しいと言われている。大水深になるほど海底調査の制約が非常に厳しくなるため、より予測難度も高くなってくると思われる。ただ、パイルに作用する荷重は時間が経つほど大きくなっていくため、パイルが抜けるという事故は今のところはあまりないが、今後のサブシー技術の需要を考えると土質の荷重予測は重要となってくる。

また、海底潮流などの環境データが乏しいことも事実である。環境データは構造物の設計には不可欠な情報であるため、高機能な ROV/AUV 技術やそれによって計測されたデータと補完的に組み合わせた CFD 解析も今後重要となる。

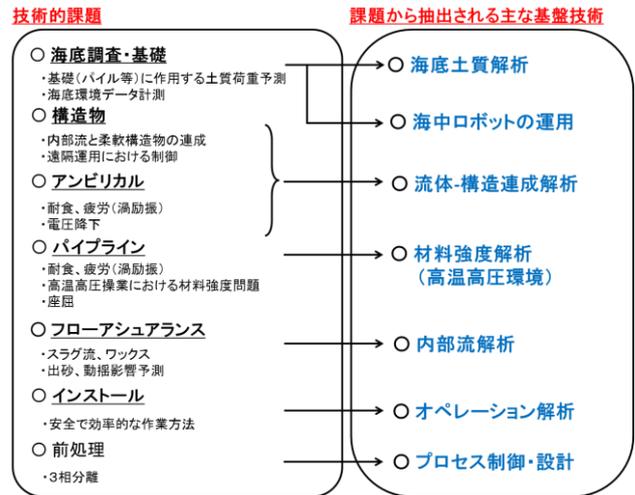


図1 技術課題と抽出される基盤技術

### 2.2 構造物

海底生産システムにおいては、マニホールやツリー、ジャンパーなどの大型構造物が必要である。ジャンパー内部のスラグ流予測は未だに大学等の学術研究機関などで研究が盛んに行われている。前処理せずに生産流体を多相流の状態に移送させようとすると、スラグ流が発生して屈曲部において大きな圧力が衝撃荷重のような形で作用する。フレキシブルジャンパーのような柔軟構造物においては尚更その影響は無視できない。また、内部流とジャンパー等の柔軟構造物との流体-構造連成も今後の大きな課題となる。

### 2.3 アンビリカル

アンビリカルは常に潮流や船体運動、そして渦励振(Vortex Induced Vibration: VIV)などの外乱に晒されることになる。海中に設置されるために腐食も発生する。このような中でいかに長期稼働に耐えられるようにするのかというのがアンビリカルの大きな課題の一つである。VIVによる疲労問題も大きな問題であるが、それは構造物の構造減衰に大きく支配される。それを取得するために、内部チューブ間のスリップ摩擦に注目した構造ダンピングに関する研究も最近ではある。それら構造減衰データとVIVに関する標準的な水槽試験結果とを組み合わせた解析も今後のポイントになるだろう。

### 2.4 パイプライン

海底パイプラインは高温高圧下での使用がますます必要になってきている。高圧条件では材料の高グレード化が必要

になり、さらに生産物に硫化水素や海水が含まれることになると、耐食性仕様も必要になる。高温操業条件では、耐食、降伏強度の低下、断熱被覆に関する問題が生じる。また、パイプラインが海底において拘束されているとき、生産流体によって高い圧縮力に起因する座屈問題などもある。最近では、フリースパンのパイプラインに発生する VIV が大きな問題となっている。そこでは、海底土質がダンピング効果を生み出すために重要なパラメータとなっているため、海底土質に関する深い見識が必要とされている。

## 2.5 フローアシュアランス

パイプライン内部の流動形態は複雑である。流速や外乱によって、油の中にガスや水がエマルジョンのような形で取り込まれ、油の粘性を大きく変化させることがある。また、ガスと油の界面が不安定化して転波列(Roll Wave)が発生して、管壁にショックウェーブを与えることもある。それが悪化するとスラグが発生して屈曲部などにおいて過大な圧力を発生させる。これらについてはすでに多くの研究が行われており、幾つかの標準的な多相流解析プログラムが使用されているが、出砂や動揺などの副次的効果が内部流体に及ぼす影響についてはあまり考慮されていない。また、ワックス等の非ニュートン流体に対する扱いも研究段階である。これらに関する数値解析研究は流動予測の点からも重要である。

## 2.6 インストール

海底構造物の設置の際には、作業船を使用した揚降作業が必要となる。そこでは次のような流体力学の問題がある。

- 1) 飛沫帯を通過する時の流体力変化とその時のスナップ荷重の把握
- 2) 飛沫帯通過・海底着地時の衝撃荷重
- 3) フレキシブル構造物の挙動把握
- 4) リフト時(または空中でリフトされている際)の海底機器同士の衝突

すでにサブシー機器の安全なインストレーションに対する研究は数多くある。飛沫帯や海面通過時に働く流体力評価に対するものや、船体の背後影響を利用したサブシー機器の効率的なインストールに関する研究も行われている。波下側からサブシー機器を下ろすことによって波浪強制力や潮流力を低下させる狙いがある。サブシー機器の形状によって流体力は変化するため、様々な海底大型構造物に対して、系統的に水槽実験などを通じてそれを確認している。

## 2.7 前処理

経済的な生産流体輸送のために海底において前処理が行われる。主な前処理とは生産流体に対する昇圧と多相流分離である。従来は陸上においてこれらの処理が施されていたが、海底においてこれを行うことによって、生産量の飛躍的増加や操業コスト低減に期待が出来る。昇圧と水分離に必要な技術や設備はすでに実用化の域にあるが、3 相分離と

ガス相の昇圧技術に関しては実用化に向けてさらなる技術開発が必要とされている。特にノルウェー国営石油会社スタットオイルは積極的にベンダーとこれらに関する共同技術開発を行っている<sup>2)</sup>。

## 3. 求められる基盤技術

整理された技術課題を基にして、それらを解決するための基盤技術について抽出することを試みた。図1にそれを示している。作業船オペレーションや流体構造連成解析、海中ロボットの問題については、類似のテーマが船舶系大学の教育や研究においても取り入れられているため、船舶海洋工学に従事する技術者・研究者にとっても比較的取り組みやすいもののように思われるが、それ以外のものについては他分野が専門的に扱っているようなテーマであるため、あまり技術内容のイメージが付きにくいものばかりである。サブシー技術が横断的学問であることがこの図からも読み取ることができる。ただし、幸運なことにこれら他分野においても、我が国には優れた研究者・技術者がいることも事実であるため、今後、サブシー技術の研究を進めるためには、これら技術を網羅的に把握するとともに、必要に応じて先導する他分野の優れた研究者と連携をうまく図りながら取り組むことが大きなカギとなる。

## 4. まとめ

本稿ではオフショア石油天然ガス開発におけるサブシー技術における技術課題とそれに対する基盤技術について述べた。現在の低油価の影響はサブシー技術開発に影響があることは否めないが、長期的には技術開発は今後も着実に進められていくものと思われる。

サブシー技術は今後大きな市場に成長していくことが期待されている。我が国がその巨大市場に参加できるようにするためには、まずはその技術内容を正確に理解し、取り組むべき技術課題とそのために必要な基盤技術(専門知識)を理解することが必要である。そして、我が国の海事産業の技術ポテンシャルと見比べ、足りない技術は獲得する必要がある。一方で、網羅的にサブシー技術全体を見ることが出来る研究者・技術者を養成し、他分野の優れた技術があれば素早く横断的に連携することも重要である。

サブシー技術は日本が進めているメタンハイドレートや海底熱水鉱床開発などの海洋プロジェクトへの技術応用も期待できるため、我が国も積極的にサブシー技術に関する基礎研究を長期的に推進していく必要があると考えている。

## 参考文献

- 1) Yong Bai and Qiang Bai, Subsea Engineering Handbook, Gulf Professional Publishing, 2012.
- 2) P.B.Kondapi, How Will Subsea Processing and Pumping Technologies Enable Future Deepwater Field Development (OTC-27661-MS), OTC2017.