

分離技術シリーズ 21

# 資源開発における 原油・ガス生産の分離技術

冬 室 誠 著

分 離 技 術 会

# はじめに

本書は、石油・天然ガスに関連する資源開発産業における原油・ガス等の生産設備に関するプロセスについて、化学工学的な分離技術をどのように活用し、設備の設計・生産管理の考え方に基づいて実施しているのかを取り上げ、この技術動向の視点から 21 世紀型の技術論を纏めた。

21 世紀型のマクロ的な技術論からすると、プラントライフサイクルの視点で捉えることが必要の時代に至っている。石油開発産業のライフサイクルは、以下の 4 段階に区分される。

## ライフサイクル

石油・天然ガス資源に限らず、資源分野におけるテーマは初めに(探鉱段階：Exploration Phase)、商業生産できるだけの資源量が発見されれば施設を建設し、そこから資源或いはその他のエネルギーを生産し(開発段階：Development Phase および生産段階：Production Phase)、資源量が枯渇、あるいは生産量が経済限界以下に低下すると廃坑および施設を撤去(廃鉱段階：Decommissioning Phase)する事業が資源開発分野のテーマである。

したがって、エネルギー資源開発産業界の技術は、常に自然環境との調和と過酷な自然条件への克服等のリスクに対するチャレンジした結果が今日の技術であると考えている。

エネルギー資源開発の特徴は、地球上の砂漠、大水深の海洋、極地のような自然環境を対象とした場所が存在するので、過酷の環境条件において実施されることが多い。

それゆえ、いかに効率良く資源を回収するが最大の課題であり、技術の対象分野が一般的な陸上石油・化学工場と大幅に異なる点である。開発技術の対象は、地球の自然そのものであり、地球物理化学、海洋物理化学、地質化学、および炭化水素等の物質化学等の広範囲の知識が要求され、一連のビジネス活動として探鉱、開発、生産、廃棄の 4 工程を運用する過程で、技術開発が個々に進められている。特に石油開発の産業に関する探鉱、開発、生産、廃棄の 4 段階のプラントライフサイクルによって対応しているので、各段階の対象領域や対象物質が異なるために、対応処理技術は全く違う技術領域になっている。

共通する点は、常に自然環境との調和と過酷な自然条件へ対応策等のリスクに対するチャレンジした結果が、今日のエネルギー資源開発の技術である。

今後もさらなるチャレンジによって新しい技術開発が進められ、資源の安定供給が計られると期待している。

本書は、マイクロ論的な技術として石油・ガス田の開発・生産段階における生産設備の分離プロセス技術について、物性論をわかり易く説明し、現在までの技術動向および将来の技術未来像について述べることにする。

第1章では、石油・ガス開発に伴う生産設備の概要を平易の説明し、設備に必要な対応技術を取り上げる。石油・ガス田の生産技術とは、油層からの油・ガス流体をエネルギー的に効率良く地上へ運び、地上設備にていかに原油収率を高めて分離回収するか、分離のドライビングフォースである圧力の管理と炭化水素系の相平衡理論に基づく技術的検討によって成り立っている。

したがって、第2章では炭化水素系の相平衡理論の動向と今後の展開について、物性論的な観点から取り纏めた。特に、この章においては、相平衡の基本となる推算式である状態方程式の理論展開について、歴史的遍歴と最新の研究動向について紹介する。この技術分野は分離プロセスの基幹となる技術であり、今後の展開が期待される技術分野である。

第3章では、油・ガス田設備の重要な設備である輸送パイプラインの技術動向をまとめる。

特に、この産業の特徴である長距離パイプラインにおける単相輸送(ガスあるいは油)や二相輸送(ガス/油混送)状態の問題を主として取り上げた。さらに、パイプライン内の炭化水素系気液平衡の輸送挙動解析の近年の技術動向は、静的から動的解析に移行しつつある。それゆえ、この技術論的動向や今後の方向性について述べる。

第4章では、油層内の原油を地上へ高回収率で生産させる技術(増油・増産)は、今後の石油開発の技術にとって最も大きなテーマであり、巨額の資金と共に研究活動が実施される技術分野である。資源が乏しいわが国では、最も実用化技術の開発は急務であると感じている。ここではこれらの攻法の適用例を紹介し、化学工学的な見地から分離プロセス技術者に研究興味の促進に努めて平易に解説する。

第5章においては、21世紀型の産業の特徴である環境課題の克服対応技術について言及する。特に石油産業においてはCO<sub>2</sub>の温暖化に対応する環境技

術の動向，フレアガス処理，随伴水，産業廃棄物等の環境処理技術についての削減事例，および今後の技術の方向性を紹介する．さらに，石油開発産業の特徴でもあるゼロエミッション型の利用した環境対応技術についても概説する．

最後の章として，在来型資源の石油・ガス資源に対して，21世紀型の天然ガス資源である非在来型ガス資源の代表例として注目されている，メタンハイドレートガス，炭層メタンガス，シェールガス，タイトサンドガス等の資源量と生産動向を紹介する．また，これらのガスを生産するための固気，固液平衡関係等の物性的特徴・分離技術や国内外の最近の開発技術の動向を解説する．さらに，天然ガスから液体燃料に転換するGTL(Gas To Liquid)技術についても概説する．

このことによって，化学工学の分離技術者や石油開発産業界の中堅・若手技術者にとって技術の継承，あるいは業界外の技術者においては，21世紀型の技術論として新たな発想転換が図れれば幸いと考えている．

平成 23 年 7 月

冬 室 誠

# 目 次

第 1 章 石油開発における生産分離プロセスの概要	1
1.1 分離プロセス技術の概要	1
1.2 原油生産設備の概要	1
1.3 生産プロセス装置	2
第 2 章 原油・ガス生産プロセスの相平衡理論と適用技術	8
2.1 石油開発の相平衡理論の概要	8
2.2 相平衡の歴史	8
2.2.1 技術展開	8
2.3 状態方程式 (EOS) の利用	19
2.3.1 無極性物質の事例	19
2.3.2 極性物質の適用事例	20
2.4 まとめ	22
第 3 章 パイプライン技術	23
3.1 パイプライン技術の概要	23
3.1.1 新規油・ガス田のパイプライン技術とは	24
3.1.2 プロセス技術の課題	27
3.2 単一相の流体解析	29
3.2.1 長距離パイプラインの流体輸送	29
3.3 二相流の流体解析	31
3.3.1 二相流のパイプライン	31
3.3.2 解析の歴史	33
第 4 章 原油増産技術 (EOR : Enhanced Oil Recovery)	39
4.1 原油増産技術 (EOR) の概要	39
4.1.1 EOR 技術とは	41

4.2	ガス溶解型攻法 (Miscible Gas) .....	45
4.2.1	特 徴 .....	45
4.2.2	非溶解 (Immiscible) ガス攻法 .....	46
4.2.3	溶解 CO <sub>2</sub> 圧入の原理 .....	48
4.2.4	CO <sub>2</sub> 圧入の EOR 設備 .....	54
4.2.5	経済性 .....	55
4.3	ケミカル攻法 .....	58
4.3.1	特 徴 .....	58
4.3.2	経済性 .....	61
4.3.3	必要な設備 .....	63
4.4	熱を利用する攻法 .....	63
4.4.1	概 要 .....	64
4.4.2	空気燃焼法 (空気圧入攻法) .....	67
4.4.3	スチーム攻法 .....	71
4.5	EOR 技術の動向 .....	72
4.5.1	各 EOR の導入の傾向 .....	72
<b>第 5 章</b>	<b>環境技術</b> .....	<b>75</b>
5.1	石油・ガス開発産業の特徴 .....	75
5.1.1	ゼロエミッションへの技術 .....	76
5.1.2	ライフサイクル .....	89
5.2	フレアガスの環境対策 .....	91
5.2.1	余剰ガス (フレア) .....	91
5.3	随伴水の環境対策 .....	97
5.3.1	随伴水とは .....	97
5.3.2	随伴水中の有効物質の回収技術 .....	98
5.3.3	随伴水の環境処理・抑制技術 .....	100
<b>第 6 章</b>	<b>天然ガス資源</b> .....	<b>103</b>
6.1	天然ガス資源とは .....	103
6.1.1	非在来型天然ガスとは .....	103
6.2	メタンハイドレート資源 .....	109

6.2.1	概 要	109
6.2.2	物理・化学的なハイドレートの特徴	110
6.2.3	メタンハイドレートの分離技術	114
6.2.4	わが国のメタンハイドレート開発概要	116
6.3	炭層メタン資源	118
6.3.1	炭層メタンとは	118
6.3.2	生産フロー概要	119
6.3.3	開発技術	120
6.3.4	まとめ	124
6.4	天然ガス液化技術(GTL)	125
6.4.1	ガスの利用技術	125
6.4.2	天然ガス液化技術	126
6.5	まとめ	130