



油田の水のお話

R-28

発行日
2013.9.23

SCE • Net F. Suzuki

われわれ化学産業に関連した経験を持つ者でも、油井とは「水の代わりに原油が汲み出される井戸」と理解されている向きも多いのではないだろうか。ところが地下油層には水も存在することが普通で、油井でも原油とともに大量の水が汲み出されているのである。油田では原油を出荷する前に水を分離し、分離した水を環境に影響しないよう処理して排出せねばならない。油田のプラントは水処理プラントとも言えるのである。本稿では油田における水の問題について簡単に紹介してみたい。

世界的な平均では原油の約3倍の水が原油とともに汲み出されている。採掘が進んだ油田では、生産量を維持するため、地下油層の圧力を高める目的で水などの注入が行なわれる。そのため原油とともに汲み出される水の量は一層増大し、米国の油田では原油の10倍近い量の水が汲み上げられているところもある。

Shellの資料によると、同社の油田で1日に汲み上げる水の量は1990年に33.4万m³だったものが、2002年では95.4万m³に増大している。

また、サウジアラビアの2013年原油生産量は1日あたり183万m³なので、原油とともに

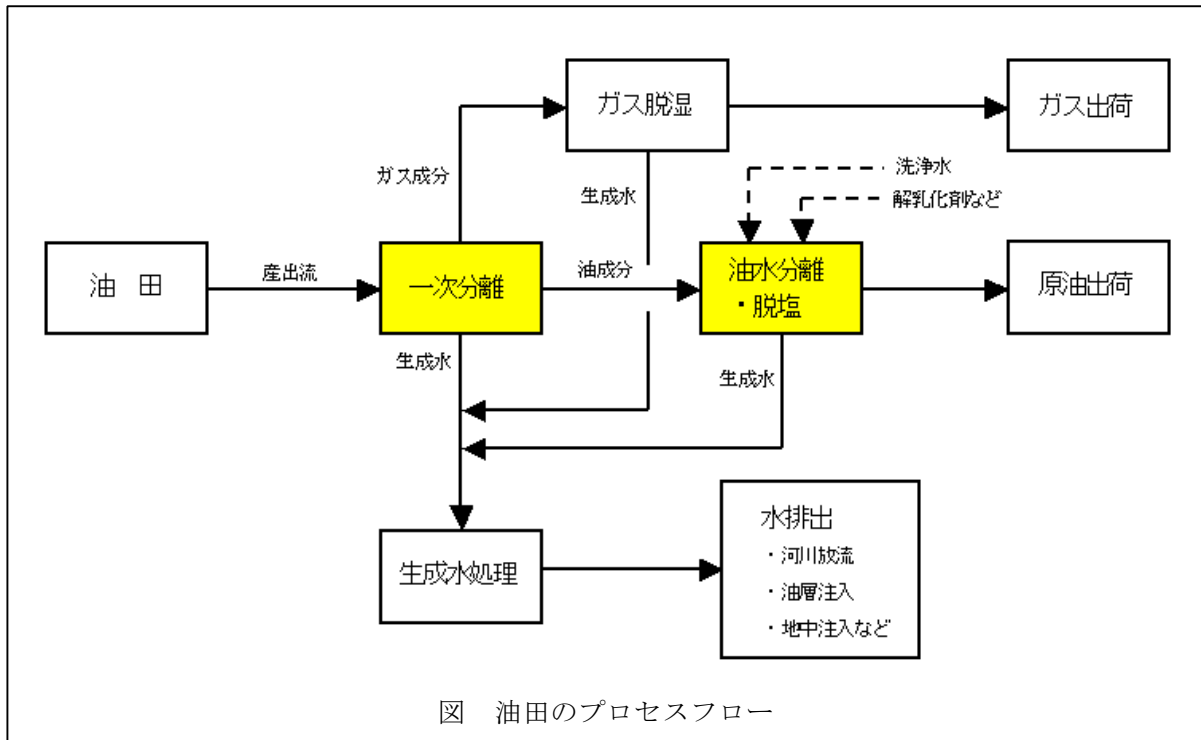


図 油田のプロセスフロー

にその3倍の水が汲み上げられるとすれば、その量は549万 m^3 となる。東京都の1日あたり水道使用量は420万 m^3 なので、石油産業で如何に大量の水が処理されているか理解されるであろう。

図は油田における生産設備のプロセスフローである。油田から汲み上げられた産出流(気液混合流体)は第一次分離工程で容易に分離する自由水が分離され、次の油水分離工程で後述するエマルジョンとして含まれる水の分離が行なわれる。

油と水であるから互いに混じるものではなく分離は容易と思われるが、原油に含まれる原油が変性して出来たアスファルテンやレジンと呼ばれる成分の作用で、水滴が原油の中でエマルジョンとして安定化されている。水滴を覆うアスファルテンの微粒子の皮膜は大変丈夫で、液滴の合体を妨げてエマルジョンからの水分離が困難な理由とされる。そのためエマルジョンの分離には解乳化剤と呼ばれる一種の界面活性剤を用いて水滴を覆う皮膜を弱め、さらにコアレーサーにより機械的手段や電場を利用して液滴を合体成長させて水を分離することが行なわれている。エマルジョンからの水分離は油田生産プラントのキープロセスである。

原油とともに汲み出される水には多量のミネラルが含まれる。多くの場合塩水である。とくに食塩は多量に含まれ、これが固形分として原油に存在することがある。塩分が含有されたまま出荷されると、後工程の装置で錆発生や触媒の劣化を招くので、出荷される原油の塩分規格は、通常、原油1000バレル当たり10ポンド(28.5ppm)以下とされる。脱塩は原油を新鮮な水で洗浄して行なわれるが、ここでもエマルジョンからの水分離が必要である。

原油産業は長い歴史を持ち、従来から原油の水分離には比重差を利用する重力式タンク型の分離装置が用いられてきた。現在でもタンク型の分離装置が主流であることに変わりはない。しかし、滞留時間に頼る従来のタンク型分離装置では増加する大量の水には対処できず、油田が生産を続けて行く上でボトルネックとなることが多い。そのため近年、遠心力を利用した水の分離技術が導入されるようになってきた。遠心力により比重差の効果を拡大し、分離時間の短縮や分離効率の向上が可能である。その代表が液体サイクロンであり、従来のタンク式分離器に比べ設置スペースが小さく可動部が無いという特徴がある。油田から汲み上げられる産出流は必ずしも常に一定条件、一定組成ではないのでサイクロンで安定な分離結果を得るには制御技術も重要である。さらに強力な遠心力分離機を導入することも始まっており、洋上油田などでの採用が見込まれている。油田における液-液分離への遠心力の導入は、化学工業界に比べかなり遅れた感がある。

エマルジョンの分離促進に必要な解乳化剤には、ポリエチレンオキサイドとポリプロピレンオキサイドのブロック共重合ポリマーを主成分とするノニオン系界面活性剤が多く用いられている。解乳化剤は水滴の周りを覆って強固な皮膜となっているアスファルテンの粒子を包み込み、これを引き剥がしてアスファルテンに代わってそれ自身が水滴を覆う。界面活性剤による皮膜の強度は低いので液滴合体が進みやすくなると考えられている。エ

マルションを覆うアスファルテンのような物質の特性や、水に含まれる成分は油田毎に異なるので、エマルションの性質も油田毎に異なることになる。そのため解乳化剤にはそれぞれの油田に適したものをいねばならない。解乳化剤メーカーは組成や溶解性などの特性が異なるさまざまなグレードを上市しており、ユーザーは各油田の特性に合わせた組み合わせを探索して使用している。解乳化剤は微量ながら環境に漏洩する可能性があり、含まれるフェノール樹脂やエポキシ樹脂などによる環境上の懸念も呈されている。

原油とともに地表に現れる水を、地表に汲み出す前に坑内で分離することが出来れば大きなメリットが期待できる。小型のサイクロンや重力式分離装置を採掘管内に設置することも行なわれている。分離した水は油層とは別の地層に戻さねばならない。制約条件は多いが実現すれば地上設備の負荷を大幅に低減可能である。

原油から分離された水は、再び地下に注入したり河川や海洋に放出したりして処分される。地下注入は、油層の圧力を維持するためにも行なわれる。原油を含む地層を構成する岩石は多孔質で、還元性雰囲気であり微生物も生息している。地下に注入する場合は、これらに影響を与えないよう微生物管理を含む水質の管理や、薬品の添加が行なわれる。地表に放流する場合も環境汚染を引き起こさないよう、十分な脱油などの処理をした上で放流される。洋上油田では油含量を 50ppm 程度まで下げて海中に放流される。

典型的な油田における水処理に要するコストは、水 1 バレル (約 159L) あたり 0.5US ドル程度という調査もある。100US ドルにもおよぶ原油価格にとって大きなコストではないとはいうものの、原油の 10 倍の水を処理するとすれば原油 1 バレルに対し 5US ドルとなる。1 バレル当たり数十 US ドルと見られる原油生産原価に占める割合は、無視し得ないものとなっている。

このように油田では水の取扱いが大きな問題となっている。この技術領域はまさに化学工学の取り扱う分野であり、ケミカルエンジニアの活躍が期待されるところである。