

石油の生産

石油の生産について、地表から遠く離れた貯留層(原油及びガスが胚胎している地下の地層)に存在する原油及びガスを地上まで運びだし、原油とガスの分離や不純物の除去などの様々な処理を行った後に原油や天然ガス、あるいは液化天然ガス(LNG: Liquefied Natural Gas)等として販売するまでの一連の流れについて説明します。

貯留層に存在する原油やガスは坑井掘削後に地表と導通し、圧力差によってチュービング(採採用鋼管)を通して地上まで運び出されます。チュービングは地上でクリスマスツリーと呼ばれる坑口装置に接続されています。クリスマスツリーにはバルブや流量制御のためのチョークが取り付けられており、緊急時に坑井を密閉したり、産出流体を減圧するなど高い圧力を持つ流体を安全にコントロールするための機能があります。その後、各坑井から産出された生産流体はフローラインを経由して生産プラントに集められます。

生産プラントでは**生産流体の分離・処理**が行われます。生産流体は液体の原油や地層水、気体のガスが混在しているので、まずセパレーターによってそれらを分離する必要があります。これは原油、ガス、水では処理や出荷、取扱いの方法が異なるため、またそれぞれを**計量**するためです。分離後、原油は塩分や水分、水銀などの不純物の除去や蒸気圧調整などの処理が行われます。その後、タンクに**貯蔵**され、タンクローリーやタンカー、パイプラインなどを用いて**輸送**されます。一方、ガスについても水分や酸性ガス、水銀などの不純物の除去や熱量調整、露点調整などの処理を行った後パイプラインを用いて輸送されるか、あるいは液化されLNGタンカーで出荷されます。

生産操業中は坑井の圧力や温度及び生産流量などをモニタリングし、取得したデータから各坑井や貯留層全体の産出能力を把握することで計画的な原油及びガスの生産が可能となります。以上のような流れにより原油及びガスが生産され、私たちのもとに安定的にエネルギーが供給されています。



生産流体の分離・処理

生産流体の分離

セパレーターは生産流体の気液分離を行うのが主な役割です。セパレーターには液体とガスを分離する二相用と、原油、ガス、水を分離する三相用のものがあります。二相用セパレーターでは流体の分離後、ガスはセパレーター頂部から、液体は底部から排出されます。一方で、三相用セパレーターでは、液体をさらに原油と水に分離してから排出されます。セパレーターによる生産流体の分離メカニズムには、重力による分離、遠心力による分離、そして衝突による分離が用いられます。セパレーターに入った流体は、インレットデバイスによってエネルギーが分散されます。すると、重力によって密度の大きい液体はセパレーターの下方向へ、密度の小さいガスは上方へと移動します。液分は比重差によって原油と水が上下に分離され、上部の原油はセパレーター内の堰を超えて別の区画に流れ、水と原油は別々にセパレーター底部から排出されます。液体の排出部では渦の発生を抑制する機器が設置されており、ガスの巻き込みを防いでいます。一方でガス中に混在する、重力だけでは分離できない小さな液滴はガスの排出部のデミスターで分離されます。このようにして、セパレーターでは分離の効率を上げる工夫がなされています。



原油の処理

セパレーターで分離された後の原油は、原油製品として出荷するために温度・圧力調整や不純物除去等の処理が行われます。原油に含まれる不純物には塩分、水分、及び水銀などが挙げられます。塩分は高温プロセスにおいて析出や腐食の問題を引き起こすので適切に処理する必要があります。処理方法としては、原油に洗浄水を加えて高圧電場を与えることにより水分とともに除去する方法などがあります。ここで分離した水分はハイドロサイクロンなどにより廃水処理されます。ただし原油中の水分は微細な液滴となって分散し乳液状となるエマルションを形成することがあります。エマルションを形成すると原油と水の分離が困難となるので、加熱、薬剤添加あるいは電気的方法で処理を行う必要があります。水銀は環境上有害な物質で、プロセス機器にも悪影響を及ぼすため、吸着剤で吸着除去するのが一般的です。このように不純物を処理した原油は蒸気圧調整により性状を安定させます。原油製品は蒸気圧が高いと貯蔵設備やタンカーの設計圧力を高くしなければならないため、原油に溶け込んでいた軽い成分を除去し蒸気圧を低下させてから貯蔵し出荷します。

ガスの処理

セパレーターで分離された後のガスには炭酸ガスや硫化水素などの酸性ガス、水分、および水銀などの不純物が含まれています。酸性ガスは機器の腐食を引き起こす他、燃焼時にSOx等を生成するので除去する必要があります。一般的にはアミン溶液を用いた化学吸収法によって除去されます。水分については、腐食の問題や、ある温度・圧力下でガスハイドレートを生成してパイプラインの閉塞等を引き起こすことがあるため、脱湿する必要があります。脱湿の方法にはガスを冷却して水分を凝縮除去する低温分離法や、エチレングリコールに吸収させる化学吸収法などによって処理されます。また、水銀については原油と同様に吸着除去されます。以上のようにプロセスや環境に悪影響を及ぼす不純物の除去処理を行い、また必要があれば熱量や組成の異なるガスを混合して、販売先での製品仕様を満たしたガスを出荷します。

計量・貯蔵・輸送

計量

生産操業における重要なプロセスの一つが原油、ガス、水の計量です。計量は販売取引に必要なものと同時に、各坑井や貯留層全体の産出能力を把握する際に役立ちます。原油の計量方法については、タンク貯蔵されている場合は液面計を用いて液面の高さを測定しその変化量を流量に変換することが一般的です。一方で、パイプラインなどで出荷し、別の油田から輸送される原油と併せて出荷基地に送る場合には流量計による計量が一般的です。流量計には容積式やタービン式などを使用することが多いのですが、近年ではコリオリ式流量計が用いられることもあります。ガスの計量については、差圧式、渦式流量計による方法があります。差圧式は管路内に絞りを設け、その前後に生じる圧力差を測定することで流体の流量を求める方法です。また、渦式流量計は管路の中に円柱や三角柱などの物体を置いて、その背後に発生するカルマン渦の渦数から流量を測定する方法です。水の計量は貯留層の管理に重要な作業となります。水を計量する流量計は設置場所によって異なりますが、圧力のあるセパレーターなどの場所では原油と同様に容積式やタービン式の流量計を用い、大気圧下では容器計量、せき板式などを用います。また、近年では、原油・ガス・水を分離する前に各相の流量を同時に計量する多相流流量計の開発も進んでいます。

貯蔵

処理が終わった後の原油はタンクに一時的に貯蔵されます。原油用の貯蔵タンクには固定屋根式タンクと浮屋根式タンクがあります。固定屋根式タンクは名前の通り屋根が固定されており、揮発性の低い灯油、軽油、重油等に使用されます。屋根の形状は円錐型のものや球状のものがあります。浮屋根式タンクはタンク内の貯留液面上に屋根を浮かせたもので、液体量に合わせて屋根が上下する仕組みになっています。これにより、屋根と貯蔵油との間に空間が無くなり、油の蒸発量が少なくなるというメリットがあるため、主に揮発性の高いガソリンに使用されます。一方でガスの貯蔵は需給調整用がメインで、大容量が必要な場合は地下貯蔵も選択肢となり、その他需給調整を目的としたLNGへの液化の例もあります。LNGは天然ガスを-162℃まで冷却することで液体にしたものです。液体であるLNGは気体の天然ガスと比べて体積が約600分の1に減少するので、大量に貯蔵することが可能となります。



輸送

原油とガスでは輸送の方法は異なります。原油の輸送方法にはタンクローリー、タンカー、パイプラインなど様々な方法があります。油田の地理的条件や産出量、経済性などを考慮して最も適した方法を選択します。タンクローリーは陸上輸送の代表的な手段で最大30KLの運搬が可能ですが、経済的には他の方法より不利となります。海上での輸送ではシャトルタンカーを用いるのが一般的です。シャトルタンカーは大きさによって分類され、VLCCやULCCなどの巨大なタンカーはスーパータンカーとも呼ばれています。パイプラインは液体や気体の輸送のために繋ぎ合わされた導管のことを指します。パイプラインは陸上だけでなく海底にも敷設されます。パイプライン敷設の際には適切なルート選定が必要になりますが、輸送量や経済面でも安定的な輸送が可能な手段です。ガスの輸送手段については需要地が比較的近距离の場合はパイプラインが主流となっています。ガス量が豊富で近隣の需要が乏しい場合には、液化してLNGとし、専用のLNGタンカーで需要地に輸送されます。