

2.2.1 原油の資源・品質・海上輸送

石油（原油）の確認埋蔵量は、約1兆7千億バレルで可採年数は約50年です。原油はエタンやプロパンのような分子量の小さい炭化水素から、分子量が数百にも達する高分子炭化水素まで含む混合物です。原油の品質としては密度が重要で、密度が小さい軽質原油の方が重質原油より高価格です。軽質原油は重質原油より、市場価値の高いガソリンやナフサの収率が高いからです。

表1. 原油の生産地域と生産量の比率
生産量：9,215万バレル/日（2016年）

原油の生産地域	生産量比率 (%)
北米	20.9
中南米	8.1
欧州・ロシア・旧ソ連邦諸国	19.2
中東	34.5
アフリカ	8.6
アジア大洋州	8.7

1. 石油（原油）の起源と資源量

石油の起源については、生物由来説と、地球ができた時から存在した炭化水素が石油になったとする無機成因論があります。しかし学説の主流は、百万年を超える長期にわたって蓄積された生物の遺骸が、厚い土砂の堆積層で高温と高圧に曝され、石油に変化したとする生物由来説です。

生成した石油は岩盤内の隙間を移動し、砂岩や石灰岩など多孔質の岩石層に捕捉され、油田を形成したものと推察されています。2016年の時点における石油の確認埋蔵量は、1兆7,067億バレルです。現在の消費動向が続く場合の可採年数は、50.6年と推測されています。地域的な分布状況は、図1に示すようにサウジアラビア、イラン、イラク、クウェートなどの中東地域が約48%です。次に多いのはカナダ、ベネズエラ、アメリカなど米州地域で約33%です。表1に示すのは石油（原油）の生産地域と、その地域の生産量比率で、アメリカは確認埋蔵量に比べて生産量が多く、中東は確認埋蔵量に比べて少ない状況です。

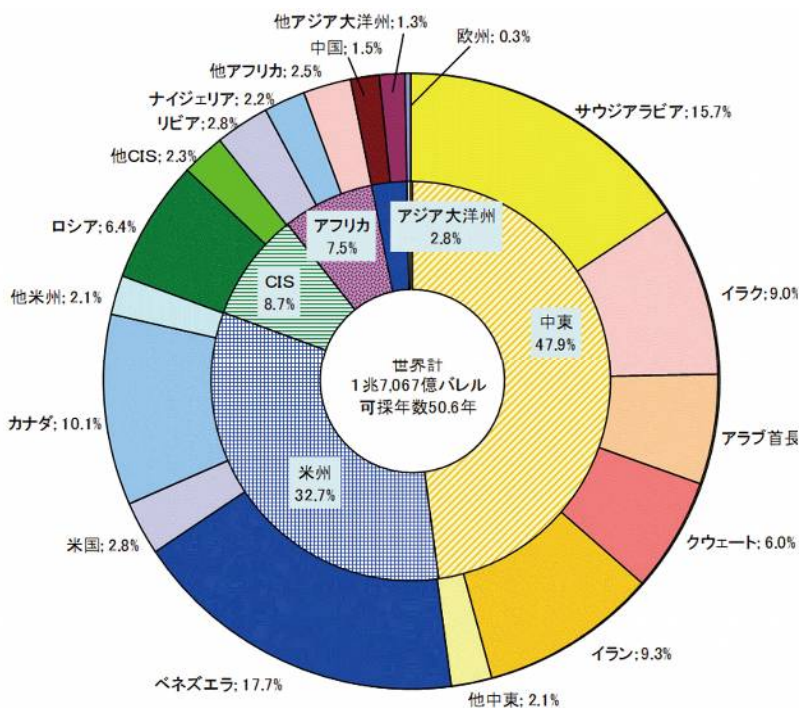


図1. 石油の確認埋蔵量

2. 石油（原油）の採掘

石油の採掘方法は、油層の圧力が高い場合と低い場合で異なります。油層の圧力が高ければ自噴するので、地上なら高さが十数メートルから二十数メートルのリグと称する檣を設置し、檣のプラットフォームにモーターなど動力関連設備を置きます。



図 2. 地上掘削リグ

入して、回転させながら掘下げていきます。通常、油層に達するまでに多数の掘削パイプを繋いでいきます。掘削が終了したら、生産井にするための強化工事を行い、連続的な生産に移行します（図 2）。海上の場合も原理的には同じですが、海底の掘削になるので鉄骨のプラットフォームを海上に設置します。海上の設備になるので、波浪に耐えられる基礎工事や作業環境を整える必要性があり、大掛かりな設備になります。もちろん、それに見合うだけの生産量も必要です（図 3）。なお、油層の圧力は原油の生産量が増えるにつれて徐々に低下するので、油井に海水や原油に随伴して排出される低沸点の炭化水素を注入し、生産を続けるのが一般的です。油層の圧力が低い場合は自噴しないので、陸上の場合には図 4 のような採掘設備を設置し、モーター駆動のポンプで汲み出します。この方法は 100 年以上も前から採用されており、小規模な油井に多く、数十メートルを隔てて何百基も林立している油田地域が



図 4. 汲み出しポンプ施設



図 3. 海上掘削リグ

槽の上部にはビットと称するドリルのついた掘削パイプを吊り下げ、先端から地中に挿

入ります。1 本の生産井で採れる原油の量は油田ごとに異なり、アルジェリアやナイジェリアでは 1 日あたり 1,000~2,000 バレル、サウジアラビアでは 1 日あたり 10,000 バレル以上が多いです。一方、小規模油田では、1 日あたり 10 バレル程度のポンプ汲み出し施設が稼働しています。

3. 原油の品質

原油はエタンやプロパンのような分子量の小さい炭化水素から、分子量が数百に達する炭化水素の混合物です。したがって、分子量の小さい炭化

表 2. 代表的な原油の産地と API 度、および硫黄含有量

原油名	産地	API 度	硫黄 (wt%)
Al Shaheen	Qatar	28.0	2.37
Arab Light	Saudi Arabia	33.0	1.83
Arab Heavy	Saudi Arabia	27.6	2.94
Basrah Light	Iraq	29.7	2.85
Iranian Heavy	Iran	30.1	1.78
Kuwait	Kuwait	30.5	2.60
Murban	UAE	40.2	1.50
Brent	UK	38.5	0.40
Marlim	Brazil	19.0	0.78
Maya	Mexico	21.8	3.33
Minas	Indonesia	33.9	0.09
Urals	Russia	31.3	1.35

水素が多い原油は、原油としての平均分子量も小さく、逆に分子量の大きい炭化水素が多い原油は、原油としての平均分子量も大きくなります。通常、炭化水素は分子量が大きいほど比重が大きいため、平均分子量の大きい原油は比重も大きく、平均分子量の小さい原油は比重も小さくなります。このため、比重が原油の特性を示す大きな指標になり、比重の大きい原油を「重い：重質」原油、比重の小さい原油を「軽い：軽質」原油と言います。原油の比重は産地によって異なりますが、概ね 0.85 から 0.90 です。

原油の比重は、業界ではアメリカの石油協会 (American Petroleum Institute) が制定した API 度という尺度で表現されます。API 度と比重の関係は、「API 度 = 141.5 / (比重) - 131.5」です。したがって比重が 0.85 の原油は、API 度が 35.0、比重が 0.9 の原油は API 度が 25.7 になります。表 1 に代表的な原油の産地と API 度、および硫黄含有量を示します。日本の原油輸入国は、主にサウジアラビア、UAE、カタール、クウェートですから、API 度は 27 から 33、硫黄含有量は 2%~3% です。

原油の品質は API 度が非常に重要な評価指標で、一般的に API 度の小さい軽質原油の方が、重質原油よりも高価格で取引されます。理由は軽質原油の方が、付加価値の高いガソリンや軽油を多く取れるからです。言い換えれば、原油にガソリンや軽油の炭化水素に近い成分が多く含まれていると言えるでしょう。

図 5 に示すのは、表 2 に示す Murban、Arab Light、Arab Heavy、Maya 原油の留分比率です。留分というのは、原油を製油所の最初の蒸留塔で蒸留したときに得られる石油製品基剤で、LPG、ナフサ (ガソリン)、ケロセン (灯油)、ガスオイル (軽油)、残渣油 (重油) の収率が示されています。

左端は API 度 40 の軽質な Murban 原油で、約 35% がガソリン、約 35% が灯油と軽油になり、重油の成分は約 30% に過ぎません。一方、右端は API 度が 22 の重質な Maya 原油ですが、ガソリンは約 20%、灯油と軽油も約 20% しか取れず、約 60% が重油の成分です。

なお、各留分には硫黄分や重金属なども含まれており、最終製品であるガソリンや灯・軽油の仕様を満足していません。このため、製油所は最初の蒸留塔に続く後の工程で、製品の仕様に適合するまで精製します。また、一般的に重油よりもガソリンや灯・軽油の需要が多いので、製油所の多くが重油留分を熱分解して軽質留分に変換します。しかし熱分解は高温処理なので装置費が高く、触媒も高額なので運転コストが高くなります。

4. 原油の輸送

石油の初期の用途は燃料でしたから、油井から近くの製油所にローリー車で輸送していました。その後、内燃機関が発達して自動車用ガソリンの需要が拡大したため、列車で大量に輸送するようになりました。その後、陸路ではさらに大量輸送に適した長距離パイプライン輸送が発展しました。

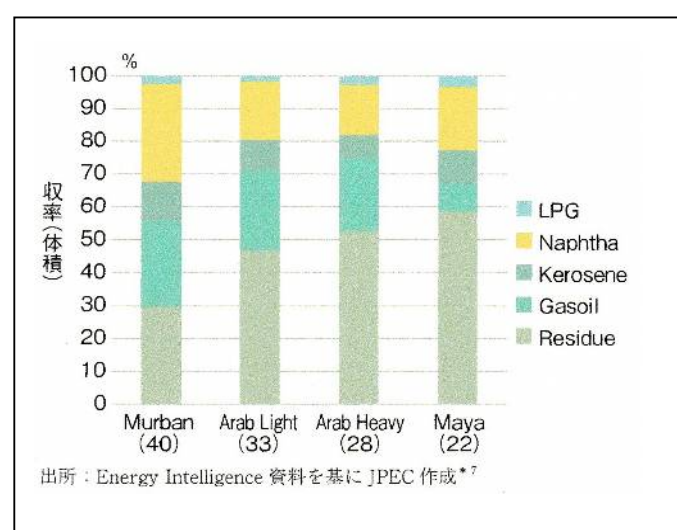


図 5. API 度の異なる原油の留分比率



一方、需要地域と油田地域が海を隔てている場合は海上輸送が必要です。このため、専用タンカーが開発されました。タンカーは石油消費量の増大に応じて大規模化し、現在では30万トンを超えるタンカーが産油国と輸入国の間を就航しています。

表3は2019年の輸出入国と輸送量で、世界全体で約18億トンの原油が海上輸送されています。日本の輸入量は1.54億トンですから、15万トンタンカーなら、年に1000回ほど約20カ所の製油所に入港していることとなります。最大級の30万トンタンカーは、全長が約330m、幅が約60m、深さが約30メートルもあります。このため、満載状態では入港することができず、沖合に設置した

プラットフォームで積載と荷下ろしをします。この規模になると、1航海で200万バレルの石油を輸送することができます。現在、運航している10万トン以上の原油タンカーは約35隻です。中東の産油国から日本に原油を輸送するタンカーは、ペルシャ湾(アラビア湾)を出るとインド洋と太平洋を経て、シンガポールに至るマラッカ海峡を通り日本に到着します。

このルートは日本が原油を確保するための生命線で、オイルロードと言われています。航路は約1万2000kmで、大型タンカーは片道約20日間と、原油の積み下ろしに約5日間必要です。したがってタンカーは、約45日間かけてオイルロードを往復しているのです。なお、原油タンカーは、座礁や衝突の際の原油の流出を最小限に抑えるため、新造船はすべて船体と原油タンクの間に空間を備えた二重船殻構造が採用されています。現在はまだ単一船殻構造のタンカーも就航していますが、2026年までに廃棄されることになっています。

(おわり)

参考：エネルギー白書

JOGMEC：石油・天然ガスレビュー

石油エネルギー技術センター (JPEC) 資料

Wikipedia

表3. 世界の原油輸出・輸入量 (百万トン)

輸出国	数量	輸入国	数量
北米	90	北米	232
中南米	206	旧ソ連・欧州	391
旧ソ連・欧州	260	日本	154
アフリカ	276	韓国	138
中東	873	中国	342
その他	73	他アジア	406
		その他	115
合計	1778	合計	1778