

研究ノート

石油ピークって何？

大久保 泰邦

投稿受付：2009年9月10日 受理日：2009年9月14日 WEB公開日：2010年2月22日

要旨

石油ピークとは？：石油ピークとは、石油の生産のピークのことです。一度増えた石油の生産は、やがてピークを向かえ、必ず減退します。なぜなら石油は有限だからです。石油の枯渇とは生産量がゼロになることです。石油ピークは枯渇のずっと前に訪れることになります。

石油ピークが来ると何が起る？：石油生産の歴史は世界の歴史そのものであり、石油ピークが到来すると、経済の混乱が起き、戦争が起きるといふ、この繰り返しになっています。

石油ピークはいつごろか？：石油生産量は伸び続け、1980年代半ばに発見量を上回りました。すなわち、残っている石油の量、残存埋蔵量はそれ以来、年々少なくなっています。ボーリングの世界最高深度は8850mであります。もうすでに8000mの深さまで掘りつくしているのです。今後巨大油田をいくつも発見できる可能性は小さいと言えます。現在利用できるデータから考えると石油ピークは遅くとも2020年、早ければ2010年には到来します。

石油が無くなると、なぜ困るの？：我々の周りは石油製品で溢れかえり、石油で動いています。なぜなら石油は大変便利なもので、すばらしい力を秘めているからです。それを毎年ブル250万杯分も使ってもまだまだあり、おまけに安いのです。この便利な資源に代わるものは残念ながらありません。無くなれば、大変なことが起きることが容易に想像できます。

なぜ石油ピークが出来るのか？：石油は一箇所蛇口を開ければ全部の石油が出てくるようなタンクのようなところにあるわけではなく、地中の地層の中に浸み込んで存在しているのです。石油は地層の圧力をもって雑巾を絞るように押し出されます。しかし圧力が低下すれば、押し出される量も減少します。そこで生産量を一定に保とうとするのですが、それに反して時間とともに油層全体の圧力低下が起り、生産ピークが出来上がります。

石油はどこからやって来たのでしょうか？：石油は海に溜まった生物の死骸から生まれました。植物プランクトンは、太陽によって光合成をし、二酸化炭素を高エネルギーの糖質に変化させました。プランクトンの死骸は、海の浅いところで醸成され石油となるのです。石油は適度な温度と圧力があってゆっくりと醸成されます。石油が逃げ出さないように、蓄えるお椀をかぶせたような背斜構造とキャップロックという不透水性の地層がその上を覆うといった地質構造も必要であります。世界の残存確認埋蔵量のうち、60%以上を中東が占めています。なぜなら中東はこの条件にぴったりだったからです。

資源エネルギー制約が全てを支配する：資源エネルギーが制約する社会とは、資源エネルギーの量が制約されており、そのため、生産量、消費量、廃棄量の全てを制約するものです。石油ピークはこの資源エネルギー制約の一つですから、我々の現代社会の全てを制約します。

石油ピークへの対策は現代が抱える全ての課題を克服できる：石油ピークを理解すると、金融資本主義の崩壊、地球温暖化、人口爆発、南北格差、テロ国家の出現、人材の流動化などの世界の課題の意味を理解することができます。石油ピークを克服する対策を議論しましょう。そうすれば世界が今抱えている課題の解決策は自動的に思い浮かぶはずで。

¹大久保 泰邦 (おおくぼ やすくに) 産業技術総合研究所、日本学術会議連携会員、工学博士



Abstract

Peak oil: Peak oil is the point in time when the maximum rate of global petroleum extraction is reached, after which the rate of production enters terminal decline. Peak oil is a natural phenomenon, because the amount of oil in the earth is finite. Peak oil is often confused with oil exhaustion; peak oil is the point of maximum production, while exhaustion refers to a period of time when reserves finally run out.

After peak oil: After peak oil, the economy will collapse and wars will occur. Current world history indicates that this sequence of events will be repeated.

The timing of peak oil: Production of oil has exceeded discovery since the 1980s. Since then, world oil reserves have been in decline. Optimistic estimations of peak production forecast the global decline to begin by 2020, while ASPO estimates the decline will begin around 2010.

Why should peak oil trouble us?: Oil has great power and effectively governs our current lives. We use a great amount of oil every day, and it is still very cheap. There is no energy source as useful as oil. The decline in oil production may bring catastrophe to our societies.

The mechanism of the oil peak: Oil lies in subsurface formations and comes up to the ground through drill holes driven by ground pressure. The production rate depends on the pressure, which declines along with production. The production rate increases during the first stage and declines at a later stage, causing a peak of production to occur.

Origin of oil: Three conditions must be present for oil reservoirs to form: a source rock rich in hydrocarbon material buried deep enough for subterranean heat to cook it into oil; a porous and permeable reservoir rock for it to accumulate in; and a cap rock (seal) or other mechanism that prevents it from escaping to the surface. The Middle East has all three conditions and currently holds 60% of the earth's oil reserves.

Peak oil is essential: Peak oil represents a resource constraint and threatens to bring about a large number of social problems. A discussion of peak oil is essential for the future of the human race.

【キーワード】: 石油、石油ピーク、油田、埋蔵量、背斜構造、石油生産量、残存埋蔵量

1. 石油ピークとは？

人類は現在までにほぼ 1 兆バレルの石油を消費した。石油ピークとは、石油の生産のピークのことです。一度増えた石油の生産は、やがてピークを向かえ、必ず減退します。石油の枯渇とは生産量がゼロになることですから、石油ピークは枯渇のずっと前に訪れることとなります。

図 1 を見て下さい。これは石油ピークに関する研究連盟 (ASPO) による 1930 年からの石油生産と将来予測であります。1859 年、米国ペンシルベニアで石油生産が開始されて以来、石油の生産はぐんぐん伸び、1970 年初めまで石油生産は指数関数的に上昇してきました。その後、1970 年代のオイルショックで一時期生産量が落ちました。しかしその後も伸び、現在の石油の年間生産量は約 300 億バレルとなっています。

ここで注目していただきたいのが、米国の生産量の推移です。オイルショックが起こる直前の 1970 年に、米国では生産ピークを迎えました。これが石油ピークです。またヨーロッパにおいても、2000 年にピークを迎えました。これは北海油田が生産ピークを迎えたからです。

つまり、欧米の人々は石油ピークを知っているのです。日本は残念ながら石油をほとんど生産していないので、石油ピークを知りません。

2. 石油ピークが来ると何が起こる？

1861 年からの石油ブーム時代では、石油は現在の価格に匹敵するほど高価なものでありました。その後石油は石油ショックの時代を除き、大体安値安定でありました。すなわち、「安い石油の時代」が続いたのです。

米国では 1970 年頃、石油ピークを迎えました。その直後に第 4 次中東戦争と第一次オイルショックが続いています。21 世紀に入るや否や北海の石油ピークが到来しました。イラク戦争、原油価格の高騰と続いています。2008 年 3 月初め、原油価格は再び 1 バレル 100 ドルを越えました。そのため、輸送費などが値上がりし、食料品をはじめとして、ほとんど全ての物価が上昇しました。

このように石油は、我々の経済や戦争と密接に関係していることが分かります。これは、石油がこの世界で無くてはならないものであることの証であります。

つまり、石油生産の歴史は世界の歴史そのものであり、石油ピークが到来すると、経済の混乱が起き、戦争が起きるといふ、この繰り返しになっています。

3. 石油ピークはいつごろか？

図 1 上の 2005 年以降は世界の石油の今までの生産量と将来予測であります。今までの石油の生産量はオイルショック後一時期落ち込んだものの、大体増加傾向にあります。しかし 2010 年頃から増加は止まり、逆に減少を始めると予想されています。石油ピークは 2008

年前後になっています。今はすでに石油ピークに入っている可能性があります。

図1下は、石油生産量の推移と発見量の比較であります。1930年代から1980年までは発見量が生産量を凌いでいました。1930年代の石油発見のピークは、中東での発見ラッシュであります。特に1949年に発見の大きなピークがありますが、これはサウジアラビアにある世界最大の埋蔵量を誇るガワール油田の発見のためであります。南北280キロメートル弱、東西50キロメートル弱という広大な面積に広がるガワール油田の究極埋蔵量（採取することができる全石油の量）は最大1500億バレルと言われてしています。

北海油田は1960年に発見されました。その推定石油埋蔵量は190億バレルであります。

1980年代になると、発見量が減少し始め、その傾向は止まりません。すでに巨大油田はほぼ全て発見され、残るは小規模の油田だけである可能性が高くなっています。巨大油田は発見しやすく、小規模油田はそれに比べ発見しにくいので、この傾向になることは頷け

ます。巨大油田は発見しやすく、生産も大規模であることから、生産コストは非常に安くなります。逆に言えば、これから発見される油田は探査、採取に大変な労力を払うことになり、コストは高くなります。

一方生産量は伸び続け、1980年代半ばに発見量を上回りました。すなわち、残っている石油の量、残存埋蔵量はそれ以来、年々少なくなっています。ボーリングの世界最高深度は8850mであります。もうすでに8000mの深さまで掘りつくしているのです。今後巨大油田をいくつも発見できる可能性は小さいと言えます。

石油生産の多い地域は、中東の他、ロシアです。しかしそのロシアも2020年までには石油ピークを迎えます。当分石油ピークを迎えそうにない国は中東の産油国だけあります。そのためこれからますます中東への依存は強まるはずで

す。以上から石油ピークは遅くとも2020年、早ければ2010年には到来します。

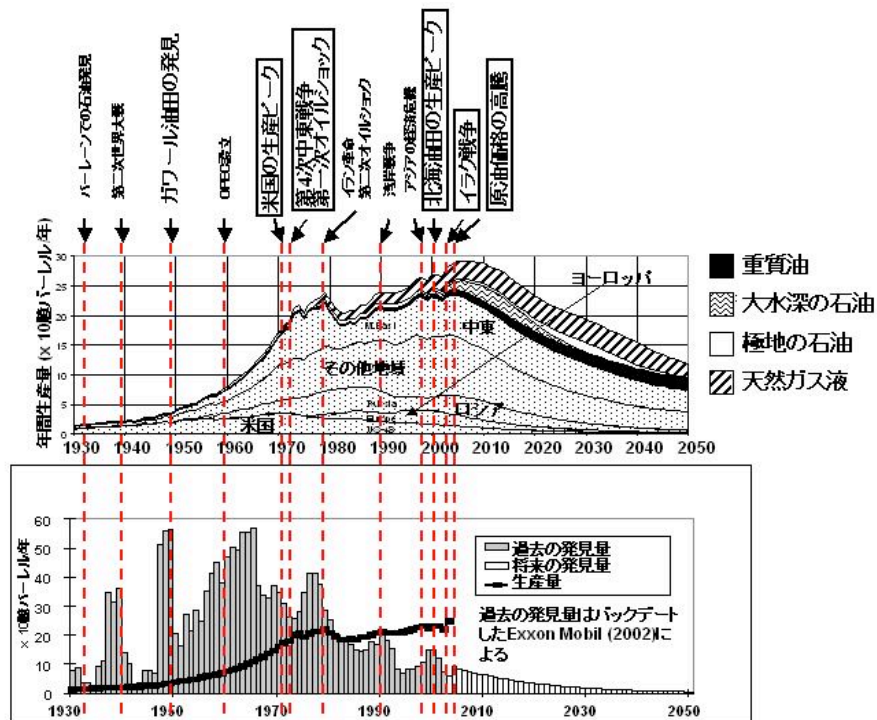


図1

4. 石油が無くなると、なぜ困るの？

石油は大変便利なもので、すばらしい力を秘めています。石油の力によって現代の豊かな生活があるのです。

石油は常温・常圧で液体であります。石油を蓄える地層を貯留層と呼びます。貯留層にボーリングを掘削すると、自分自身の圧力で

地表まで勢い良く噴出してきます。そのため一度ボーリングを掘れば石油は勝手に出て来てくれます。採取が非常に容易であります。石炭とか、天然ガスと違って液体なため、常圧用パイプラインが使える、輸送も容易であります。また石油タンクへ入れることも、取り出すことも簡単で、保管しやすいのです。採取、輸送や保管が非常に簡単で、安価に行うことができます。

またボーリングを掘るだけで採取することができるので、暴噴などによって、周囲に油が流れ出すなどのリスクは常にあるものの、環境への負荷が石炭などの資源に比べ小さいのです。

石油の最大の長所は、単位体積当たりのエネルギーが大きく、自動車の燃料となることであります。原油 1 リットルあたりのエネルギー量は 38.2 メガ・ジュールで、これは現在開発されているリチウムイオン電池や、鉛・亜鉛二次電池の 100 倍であります。輸送用には燃料自身の重量が小さいことが必要であります。その点、石油は圧倒的に優秀です。輸送、保管の容易さ、大きなエネルギー密度と言った石油の長所があり、これらの特徴を満足する資源は他にはないのです。

石油は炭素の化合物であり、有機物であります。人類は生活物資として石、ガラスやセメントといった無機物を利用していますが、これはごく一部であります。回りを見回して下さい。食料をはじめ、衣服、家、全てにおいて、魚、野菜、麻、羊毛、絹、木などの炭素の化合物である有機物を使っていることが分かります。石油は同じ炭素化合物でありますから、最先端の化学合成技術があれば、自然にある炭素の化合物を石油から合成することができます。つまり、あらゆる化学製品の原料となります。

肥料、農薬や耕運機もまた石油を使って作られます。我々が食べる野菜や穀類は石油を養分として育ったものであり、我々は石油を食べて生きていくこととなります。

このように石油は非常に優れた資源であります。それも毎年プール 250 万杯分も使ってもまだまだあり、おまけに安いのです。この便利な資源に代わるものは残念ながらありません。無くなれば、大変なことが起きることが容易に想像できます。

5. なぜ石油ピークが出来るのか？

石油ピークとは、石油生産のピークのことです。枯渇ではありません。石油は有限であることは理解できても、石油の生産にピークがあることは、なかなか理解できません。

石油は一箇所蛇口を開ければ全部の石油が出てくるようなタンクのようなところにあるわけではなく、地中の地層の中に浸み込んで存在しているのです。石油は地層の圧力でもって雑巾を絞るように押し出されます。しかし圧力が低下すれば、押し出される量も減少します。最後には多くの石油を地層中に残して石油の噴出が止まってしまいます。そこで生産量を維持しようと、別の場所に井戸が掘られます。また人工的に水やガスを地層に圧入して、残っている石油を回収することを行います。このようにして生産量を一定に保と

うとするのでありますが、それに反して時間とともに油層全体の圧力低下が起こり、生産ピークが出来上がります。

井戸を何本も掘る理由は、1本の井戸では、井戸周辺の石油しか採取することができないからであります。東シナ海の石油は中国側から井戸を掘っても、日本側に井戸が到達しない限り、日本側の石油が採取されることはありません。

石油は地層の圧力で噴出します。石油を採取する場合、油層の穴を通せば、石油は勝手に上がってきます。探す努力、掘る努力は必要ですが、その他はそれ程努力はいりません。また穴を掘るだけなので、環境破壊も小さいこととなります。しかし自噴はいつか止まり、世界平均で 70%の石油を油層に残すこととなります。さて残った石油はどのようにして回収するかと言えば、海水や炭酸ガスを圧入して、大変な努力を払うこととなります。それでも 10%でも回収できれば良い方です。自噴をしない石油は、その利便性の半分以上失い、オイルサンドや石炭に近い存在になっているのです。ここで自噴する石油とそうでない石油の質の違いがあることが分かります。

現在は、質の高い石油はそろそろ生産ピークが訪れようとしています。そこで石油の代わる資源の開発が必要となります。しかしこれらの質の議論を抜きにして量だけが語られています。質が悪い資源は、油層に残された 70%の石油と何ら変わらないのであります。質の悪い資源を採取しようとするれば、高度な技術が必要となり、また膨大なエネルギーを投入することとなります。

6. 石油はどこからやって来たのでしょうか？

石油は海に溜まった生物の死骸から生まれました。生物は 35 億年前に誕生し、生命を生んだ海の誕生は 40 億年前に遡ります。海は地球が 46 億年前に誕生した時に、太陽からちょうど良い距離にあったために生まれました。

地球は 46 億年前にたくさんの微惑星が集まって誕生しました。46 億年前と言ってもピンと来ないと思います。46 億年を 1 年として見ます。46 億年前が 1 月 1 日午前 0 時であり、現在がその 1 年後の 1 月 1 日午前 0 時であります。石油文明の始まりが 100 年前とすると、現在の 100 年前は 12 月 31 日午後 11 時 59 分 59.3 秒となります。僅か 0.7 秒で 1 年間かけて作り上げた石油のおよそ半分を人類は使ったこととなります (図 2)。

世界の残存確認埋蔵量のうち、60%以上を中東が占めています。中東の石油は主に恐竜の時代であるジュラ紀、白亜紀に生まれました。1 年で言えば、師走の半ばであります。

地球は内部の熱を宇宙空間に逃がすため、

マントルが対流しています。地球内部から湧き上がってきた物質の内、比較的軽い元素の化合物でできた地殻の板（プレート）は、このマントル対流に乗り、移動します。すなわち、プレートテクトニクスです。プレートに

はやや重い海洋プレートとやや軽い大陸プレートがあります。海洋プレートは大陸プレートの下に沈み込んでいます。大陸は海洋プレートに押されふらふらと移動します。大陸移動です。



図 2

2億2500年前の大陸は赤道付近に一塊となり、巨大なパンゲア大陸を形成しました。2億年前になると、赤道付近から大陸は二つに分かれ、北のローレンシア大陸と南の Gondwana 大陸に分かれました。1億9500万年から1億4000万年ぐらい前までのジュラ紀と1億4000万年から6500万年ぐらい前までの白亜紀においては、二つの大陸に挟まれた赤道付近にはテチス海ができました。テチス海は浅い、温暖な気候の場所に位置していました。アラビア半島はこのテチス海が陸化したものであります。

ジュラ紀と白亜紀は、活発な火山活動によって、二酸化炭素として炭素が大量に大気中に放出されていました。高い二酸化炭素濃度のため、気温は現在より10度以上高い状態が続いていました。降水量も多く、湿度も高かったのです。水温も高く、浅いところは無酸素状態でありました。

動物、植物はともに種類が増え、大型化しました。植物ではイチョウなどの裸子植物が大きく繁栄し、それまで植物が無かった内陸部まで生育範囲を広げました。海洋ではアン

モナイトや、プランクトンが繁栄し、地上では恐竜が多様な進化を遂げました。草食の恐竜が増加し、それに伴って大型の肉食恐竜も現れるようになりました。空には大型の翼竜が飛び交い、恐竜の全盛時代となりました。

テチス海では小さなプランクトンで溢れかえり、小さな魚はプランクトンに群がり、さらにそれを嗅ぎつけた大型の生き物が魚たちに襲い掛かるのです。

植物プランクトンは、太陽によって光合成をし、二酸化炭素を高エネルギーの糖質に変化させました。プランクトンの死骸は、海の浅いところでは大量の酸素を消費して腐敗が起きますが、海深くなると無酸素状態になり、生きた生物は存在しません。そこでは、泥のようなプランクトンの死骸が堆積します。これが醸成され、石油となるのです。

石油は適度な温度と圧力があってゆっくりと醸成されます。中東はその条件にぴったりでありました。石油が逃げ出さないように、蓄えるお椀をかぶせたような背斜構造とキャップロックという不透水性の地層がその上を覆うといった地質構造も必要であります。背

斜構造は恐らく大陸移動によって、緩やかで、かつ広大なものができあがり、このため広範囲の石油を一箇所に集めることができたと考えられています。

このようにして、石油は数千万年と言った途方も無く長い年月をかけて、中東という類まれな地質構造下において熟成し、濃集しました。1年で言えば、12月中旬から下旬の1週間で作りあげたこととなります。

中東に大油田が形成された時代は、気温は現在よりも10度以上高い状態が数千万年間続いたわけであり、地球上で再びこのような時代が来るでありませんか。

現在は白亜紀の温暖化の時代以降の氷河期に相当します。過去の温暖化、寒冷化のサイクルを見ると、いつかは温暖化になることがあり得ます。しかしそれは数千万年後かもしれないし、また今すぐ温暖化したとしても、石油の醸成には数千万年を待たなければなりません。その頃、人類はどうなっているのでしょうか。待ちくたびれて、滅びているのではないのでしょうか。この読者の大多数は、数千万年後の人類には興味がないであります。しかしそれは、地球の歴史を1年でたとえれば、わずか翌年1月の第1週目の話なのであります。

7. 資源エネルギー制約が全てを支配する

科学技術は、資源エネルギーから生産し、我々の生活を豊かにするモノを作るための道具です。ですから科学技術の発展によって我々の生活は豊かになったと皆様は思っているかもしれませんが、むしろ資源エネルギーがあればこそ可能になったと言えます。つまり資源エネルギーが無ければ、いくら科学技術が発展しても現在の社会は成立しないということです。

現代の社会の課題は、金融資本主義の崩壊、地球温暖化、人口爆発、南北格差、テロ国家の出現、人材の流動化、など数多くあります。しかしこれらの課題は、本質的な、我々の気がつかないところから湧き出てくる表面的な課題であります。その本質的な課題とは、資源エネルギー制約であります。

人間社会は、資源エネルギー採取、生産、消費、廃棄という流れの中で成り立っています。資本主義は、生産を最大化する社会であり、社会主義は消費量から生産量を定める社会であります。環境優先主義は廃棄量の制約から、生産量、消費量を決める社会であります。

資源エネルギーが制約する社会とは、資源エネルギーの量が制約されており、そのため、生産量、消費量、廃棄量の全てを制約するものです。石油ピークはこの資源エネルギー

制約の一つですから、我々の現代社会の全てを制約します。

8. 石油ピークへの対策は現代が抱える全ての課題を克服できる

石油ピークを理解すると、金融資本主義の崩壊、地球温暖化、人口爆発、南北格差、テロ国家の出現、人材の流動化などの世界の課題の意味を理解することができます。そしてそれらを解決するためには、石油ピークを克服することが最も近道であり、さらに言えばもし石油ピークを克服することができなければ、これらの課題は増幅し、終には全世界が崩壊するということになりかねません。

「石油ピーク」をまず理解して下さい。そして石油ピークを克服する対策を議論しましょう。そうすれば世界が今抱えている課題の解決策は自動的に思い浮かぶはずですよ。

参考文献

- ASPO, ASPO NEWSLETTER, <http://www.aspo-ireland.org/index.cfm/page/newsletter>.
- Campbell, C.J. (2002) World: Oil And Gas Industry, Peak Oil: an Outlook on Crude Oil Depletion, Revised February 2002, <http://www.mbendi.co.za/indy/oilg/p0070.htm>.
- International Energy Agency (IEA) (2008) World Energy Outlook 2008.
- 石井吉徳 (2006) 石油最終争奪戦、日刊工業新聞社、236p.
- 石井吉徳 (2007) 石油ピークが来た、日刊工業新聞社、247p.
- 石井吉徳・大矢暁・内田盛也 (2004) 豊かな石油時代が終わる、(社)日本工学アカデミー・環境フォーラム編、207p.
- Laherrere, Jean, Uncertainty of data and forecasts for fossil fuels, <http://www.oilcrisis.com/laherrere/Castilla200704.pdf>
- 中田雅彦 (2008) 『石油供給不足は目の前か?』 --石油供給不足懸念に関する最新情報より--、もったいない学会 web 学会誌、v. 2, p. 14-24.
- 松島潤 (2007) 「石油ピーク」論を理解するための基礎知識(1) -石油資源-、もったいない学会 web 学会誌、v. 1, p. 11-14.
- 松島潤 (2008) 「石油ピーク」論を理解するための基礎知識(2) -Hubbert モデル-、もったいない学会 web 学会誌、v. 2, p. 45-48.
- 大久保泰邦、石油ピークって何?、もったいない学会ホームページ、<http://www.mottainaisociety.org/infomation/oilpeak.html>
- 大久保泰邦 (2004) 石油枯渇に関する第3回国際ワークショップに参加して-エネルギーの将来は-、地質ニュース、no. 6

- 03p. 34-39.
- 大久保泰邦 (2005) 石油減耗時代が到来? - 石油枯渇に関する国際ワークショップの議論から -、地質ニュース、no. 615、p. 14- 23.
- 大久保泰邦 (2007) 石油の寿命、もったいない学会 web 学会誌、v. 1, p. 30-35.
- 大久保泰邦 (2008) 石油ピークと食料ピーク、
公明、no. 30、p. 14-19.
- 大久保泰邦 (2008) 石油ピーク後の世界、もったいない学会 web 学会誌、v. 2, p. 14-20.
- Simmons, Matthew R., Another Nail in the Coffin of the Case Against Peak Oil, <http://www.simmonsco-intl.com/files/Another%20Nail%20in%20the%20Coff>