

東シベリアパイプライン計画と 非在来型天然資源を含めた石油埋蔵量について

中山 一夫

1. はじめに
2. 東シベリアパイプライン
3. ロシアの石油・ガス埋蔵量
4. 東シベリア石油・天然ガス鉱床の特徴
5. 非在来型天然資源
6. 東シベリアパイプラインへの現実的な石油・天然ガス供給先
7. 結論

1. はじめに

昨2004年の年末になって、ロシア政府は東シベリア石油パイプライン計画で太平洋ルートを優先建設するという声明を発表した(図1、パイプライン計画案を図2に示す)。しかし、とりあえずの建設はほぼ中間地点であるスコボロジノまでで、早ければ2008年にも全線開通を待たずに石油輸出を始めるというやや中途半端なものである。スコボロジノは中国への支線の分岐点でもあり、ナホトカまでを完成させるためには、東シベリア一帯における石油埋蔵量が充分であることが前提であり、もし相当量の石油埋蔵が確認できなければ、その先のパイプライン建設は断念し中国へ引くことにしますよというメッセージがこめられているように見えた。事実、2月2日付朝日新聞によれば、ロシア政府は日本より先に中国への先に石油輸出を開始する意向を表明した。ここに及んで、東シベリア地域一帯の石油埋蔵量がパイプラインの将来の大きな鍵を握ることが明白になった。

東シベリアの石油については、これまで発見されているにも関わらず需要が少ないことから開発が見送られている。したがって、本格的には生産していないことから、埋蔵量事態にもまだまだ不確定要素が含まれている。東シベリアの石油産出層準は層位封鎖型と呼ばれるもので、かつ各単層が薄いという地質的特性を考えると、上述の埋蔵量を確保するのは難しいとする意見もある¹⁾。本論では、こうした東シベリアパイプライン計画の現状を踏まえた上で、同地域における従来の埋蔵量には含まれていなかった非在来型石油・天

然ガス資源の可能性を考察するものである。

2005年1月シベリアパイプライン 太平洋ナホトカルートに決定!

太平洋ルート優先建設

シベリア石油
パイプライン
露政府が正式決定

【モスクワ二十一日電】ロシア政府は、シベリア石油パイプラインの建設に際して、太平洋ルートに正式決定した。このルートは、ロシアの東部国境から中国の東部国境まで、約一万七千キロメートルにわたる。ロシア政府は、このルートに正式決定した理由として、このルートが、ロシアの東部国境から中国の東部国境まで、約一万七千キロメートルにわたる。ロシア政府は、このルートに正式決定した理由として、このルートが、ロシアの東部国境から中国の東部国境まで、約一万七千キロメートルにわたる。

まず「太平洋ルート」の中間点スコボロシ/までを建設。原油輸出は、全線開通を待たず、対日輸出を始める。その後、太平洋の積み出し施設を拡充して太平洋まで延ばす。

化期待 疑問の声

シベリアでの原油埋蔵量が豊富であることは、誰もが知っている。しかし、ロシア政府は、この原油を輸出するために、太平洋ルートに正式決定した。このルートは、ロシアの東部国境から中国の東部国境まで、約一万七千キロメートルにわたる。ロシア政府は、このルートに正式決定した理由として、このルートが、ロシアの東部国境から中国の東部国境まで、約一万七千キロメートルにわたる。

図1 ロシア政府がシベリア石油パイプラインを太平洋ルートに決定したことを伝える新聞(2005年1月2日朝日新聞より)

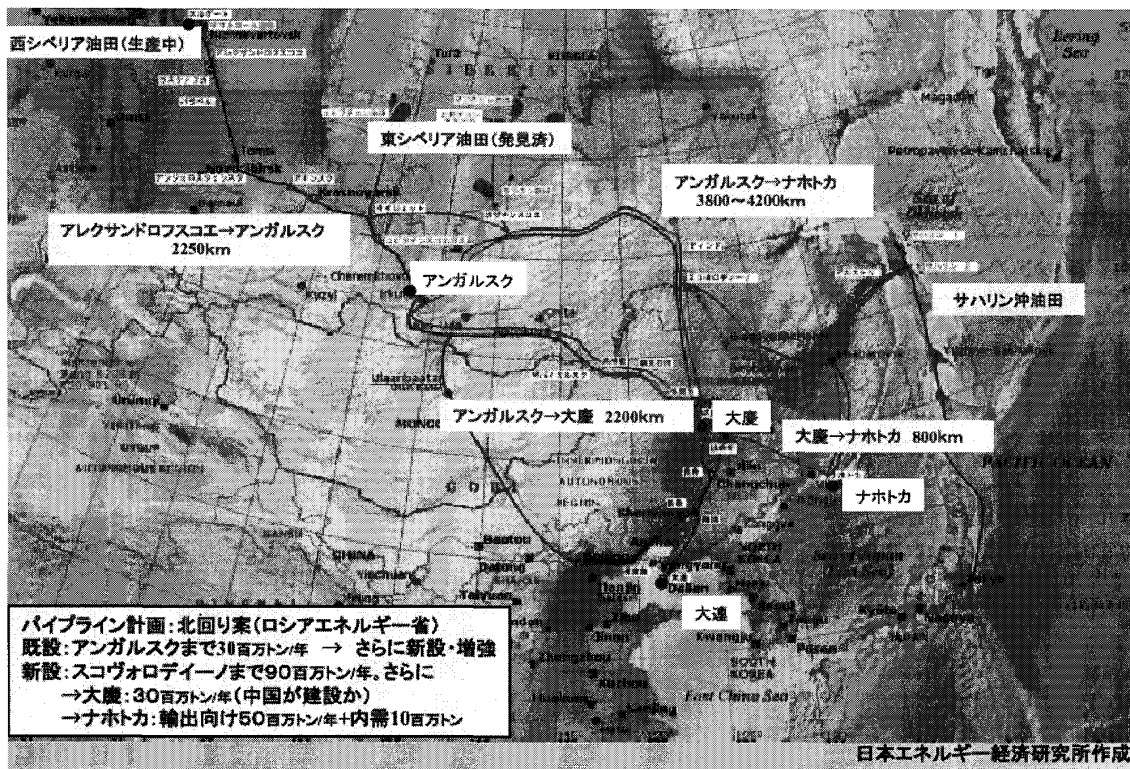


図2 東シベリアパイプラインの予定ルート(2005.1月)(日本エネルギー経済研究所の下図に加筆)

2. 東シベリアパイプライン

まず、東シベリアパイプラインに関するこれまでの動きを整理する。2003年1月10日訪露中の小泉首相はプーチン、ロシア大統領との会談で、唐突に「日露行動計画」(図3)なるものに合意した。その計画には、1) 日露エネルギー協議を再開すること、2) アンガルスク～ナホトカ間の石油パイプライン建設を日露共同事業として行うことに向けての検討を始めること、3) サハリンの石油、天然ガス開発を引き続き行うことの3点が盛り込まれている。これらのエネルギー関連事業が進められれば業界の活性化につながるとして、日露両国のエネルギー関係者のみならず、景気が低迷している日本の財界人たちにも大きな期待を持って報道された。

日露エネルギー協議再開合意(2003)

- 小泉首相とプーチン大統領は2003年1月10日モスクワで会談し「日露行動計画」を合意した。
- 計画には
 - 日露エネルギー協議を再開
 - アンガルスク～ナホトカ間パイプライン建設を日露共同事業で行うことに向けた検討
 - サハリンの石油天然ガス開発を引き続き行う
- => 協議が再開されれば、日露エネルギー業界の活性化につながる

対中国とのパイプライン協定を無視

図3 2003年の日露行動計画の合意内容

しかし、東シベリアパイプラインについては、大慶ルートとして中国が一步リードし2002年12月の中露首脳会談で基本合意されている(図4中の項目3)。全長2,400km、総工費17億ドル、ロシアの石油大手ユコスが推進母体である。しかし、バイカル湖南端周辺 of 自然保護区を通過するため、環境問題が難題として残されていた¹⁾。この直後、イルクーツクを訪問した小泉首相が、環境問題を避けてバイカル湖北方を迂回する太平洋ルートで巻き返しに出た(図4中の項目4)のは前述のとおりである。また、石油大手ユコスの社長ホドルコフスキー氏が脱税容疑で2003年10月に逮捕されたことは、中国側にとって大

きな痛手であり、太平洋ルートが優位に立ったかに見えた。いずれにせよ、中国側にとっては押し返される中、油田買収に走っているという観測もなされている。ここ数年、中国の石油需要は大幅に伸びており、かつての国営石油を核とした石油開発企業がロシアのみならず、世界的にも脅威となるほどに各国で油田買収や開発に進出している。

シベリア原油パイプライン計画の経緯

1. 東シベリアの原油を開発し、太平洋岸にパイプラインで出荷するという構想は冷戦終了によって現実味をもって検討されたが、暫くの間目をみなかった。
 - ・1991年末のソ連解体に伴う経済混乱と1990年代の原油価格低迷
2. 中国は石油需要の急増により1993年に石油純輸入国に転落。輸入原油の確保が重要な戦略となった。
 - ・2002年の原油輸入: 140万BD。将来は600万BD(2020年)。
 - ・シーレーンを米国に抑えられている中東原油の輸入増大は中国にとり大きなリスク
3. 中露原油パイプライン計画は1996年以来両国首相の定期協議を軸に検討、交渉が進められ、2001年夏には300万トン/年の規模で実行することが基本合意された。
 - ・1998年のロシア通貨危機でルーブルの対ドルレートが1/3になり、ドルベースでの油田やパイプラインの建設コストが大幅に下がったことも拍車をかけた。
4. 2003年1月の小泉首相訪露で太平洋岸へのルートが息を吹き返した。
 - ・東シベリア油田開発のための大規模輸送インフラを建設した。(→膨大な資源量のみこまれる)
 - ・国内地場需要への対応を図りたい。(ハバロフスク、アムール河製油所向けは鉄道輸送)
 - ・日本、韓国のほか米国西海岸も将来の有望市場。
 - ・中国一國の買付けに依存することへの不安→ロシア政府と石油会社の主導権争い
 - ・日本の低利融資に期待。(国営会社Transneftの管理とする)

日本エネルギー経済研究所

5. 2005年ロシア政府発表 幹線は太平洋ルートに決定(中間まで、中国支線も建設?)

図4 シベリアパイプライン計画の経緯

冒頭の2004年末の太平洋ルート優先建設声明には明らかに裏があって、中間地点の中国への分岐点であるスコボロジノまでの建設しか言及していない。その後、中国への先発供給が明らかにされた(2月2日付朝日新聞)。これらのロシア政府の動きは、上述のような背景をもとに、中国側が巻き返しに出たことの結果とみるべきであって、決して太平洋ルート幹線説に安住するべきではない。ここで注意すべきは、日本側の太平洋ルート誘致には先約があって、中国も含めた地域改造計画無しにはプロジェクトが推進し得ないという点である。昨今の東シナ海における日中国境油田問題で起きている暴動の『愛国無罪』の背景にこのパイプライン問題もあることを念頭に置かねばならない。

いずれにせよ、東シベリアの石油開発は日本側のみでなく中国側にとっても共存のために必要不可欠な条件である。では次に、東シベリアの石油開発の現状と将来何が必要なのかを考察する。

3. ロシアの石油・ガス埋蔵量

世界の残存石油・ガスの埋蔵量は、中東地域すなわちサウジアラビア、イラン、イラク、

クウェート、UAE（アラブ首長国連邦）が上位を占め、1位は2,000万bbl（バーレル）を超えるサウジアラビアである。しかし、第2位にはソ連崩壊によってバクー油田などを失ったロシアがランクされている。しかも、ガスの埋蔵量を見ると他の中東諸国より断然多い（図5）。

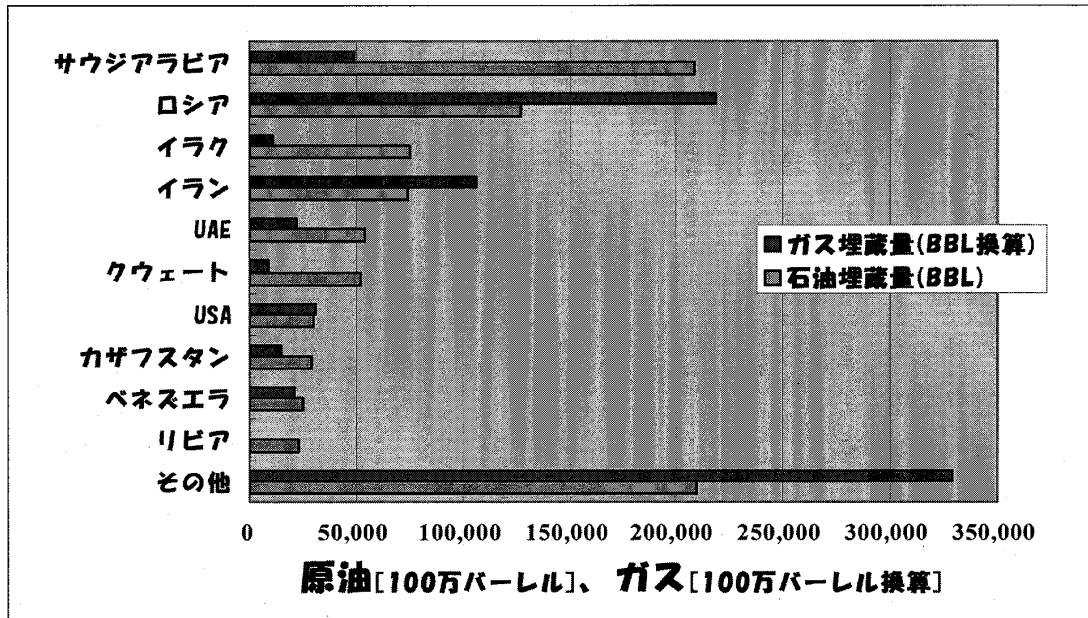


図5 世界の残存石油・ガス埋蔵量；石油では中東地域が群を抜いているが、ロシアは2位であり、ガスについては第1位である。

これらロシア全体の埋蔵量が、どのような地域（堆積盆）からのものかを示したものが、図6である。堆積盆というのは、石油地質学的にみた地域区分である。生物（主として植物性プランクトン）の死骸から生成されるとされる石油やガスは、堆積岩中に集積することから、一連の堆積層が埋積する単位として堆積盆が使われる。身近な石油に関連する堆積盆の例としては、新潟堆積盆（中越から下越にかけての新潟平野）や秋田堆積盆などがあるが、ここでいう堆積盆の規模は格段に大きく日本全体がいくつも入るような大きさである。

図6から読み取れることは、ロシアの埋蔵量は石油もガスも西シベリアに集中しているということである。これまでの生産量もさることながら、未開発鉱量（既発見埋蔵量のうち未生産のもの+未発見埋蔵量）も断然多い。東シベリアはこの未開発鉱量の数字だけを見ても、ヴォルガウラル、ティマンペチョラ堆積盆に次いで150億bblである。しかもこのうち100億bbl以上が未発見のものとされている。

また、ロシア国内のガスの埋蔵量を見ると、やはり西シベリアが断然に多く、東シベリアはバレンツ海の次で約25兆cf（立方フィート）でそのほとんどが未発見である。

ここではロシアの石油・天然ガス埋蔵量の特徴として、東シベリアには相応の石油・ガス埋蔵量が期待されているがそのほとんどが未発見のものであること、西シベリアの石

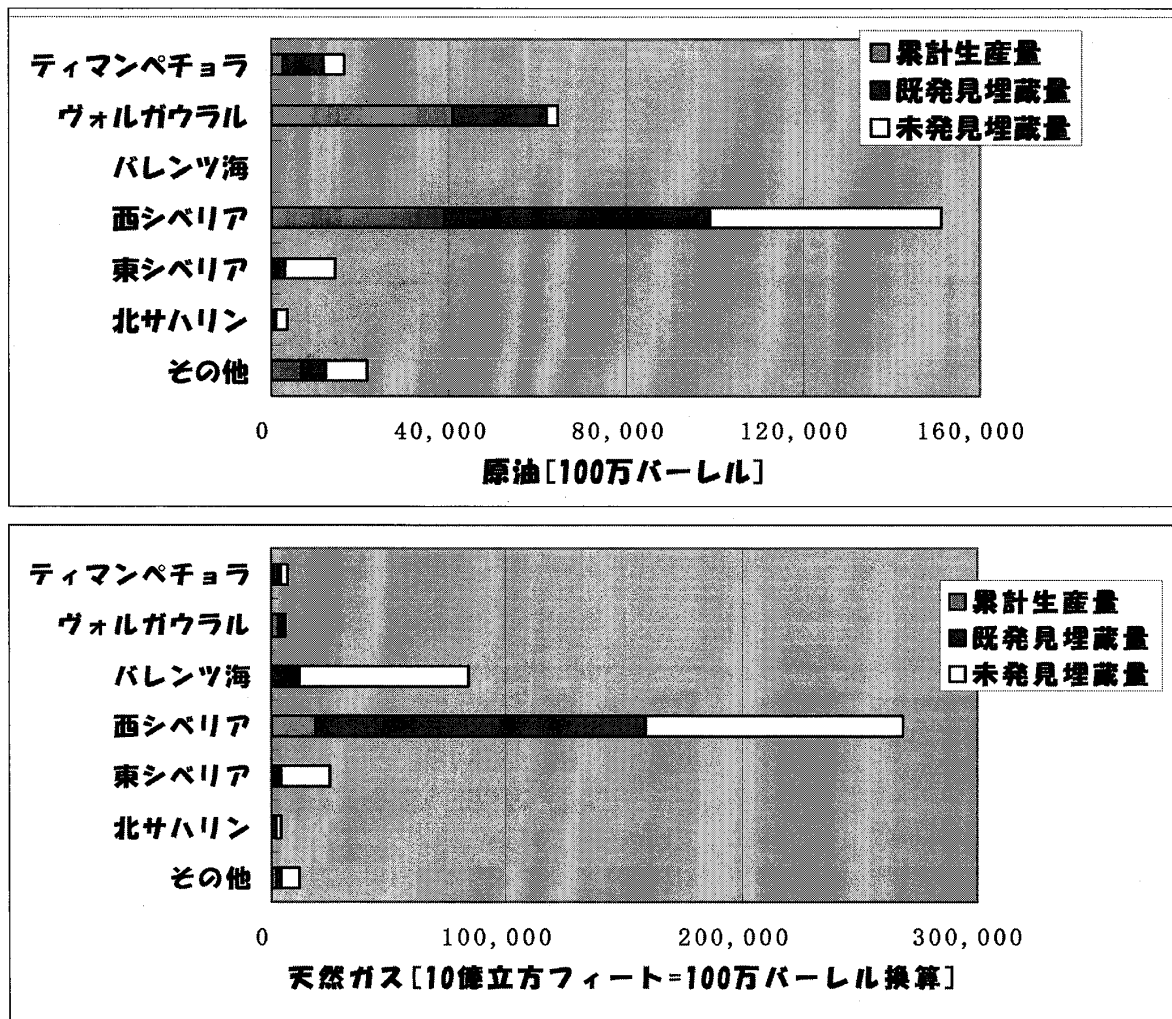


図6 ロシアの堆積盆別石油(上図)・ガス(下図)埋蔵量;原油・ガスともに西シベリアが断然多い。

油・ガスの埋蔵量はロシアでは群を抜いて多いということの2点を挙げておく。

4. 東シベリア石油・天然ガス鉱床の特徴

現在、東シベリアのうち石油パイプライン構想に伴い開発対象となっているのが、ベイキット・カタンガ (Baykit-Katanga)、アンガラ・レナ (Angara-Lena)、プレドパトム (Predpatom)、ネパ・ボツオバ (Nepa-Botsuobinsk)、ビリユイ (Vilyuy) の5つの堆積盆である(図7)。これらの中で、最も石油埋蔵量が多いとされているのは、ネパ・ボツオバ堆積盆で、東シベリア全体量の86%を占める(図8)。

これまで東シベリアで発見された石油・天然ガス鉱床の特徴は、1) 貯留層の発達が不均質で平面的にも分布が限られていること(図9)、2) 層位封鎖型と呼ばれ通常の構造調査だけでは発見されにくいタイプであること、に集約される¹⁾。したがって、生産性(1坑井あたりの油ガス生産量)が著しく低いことが想定される(図10)。

このような前提で東シベリアパイプライン構想を考えると、その将来的な経済性が重要

東シベリア・地質構造区分図

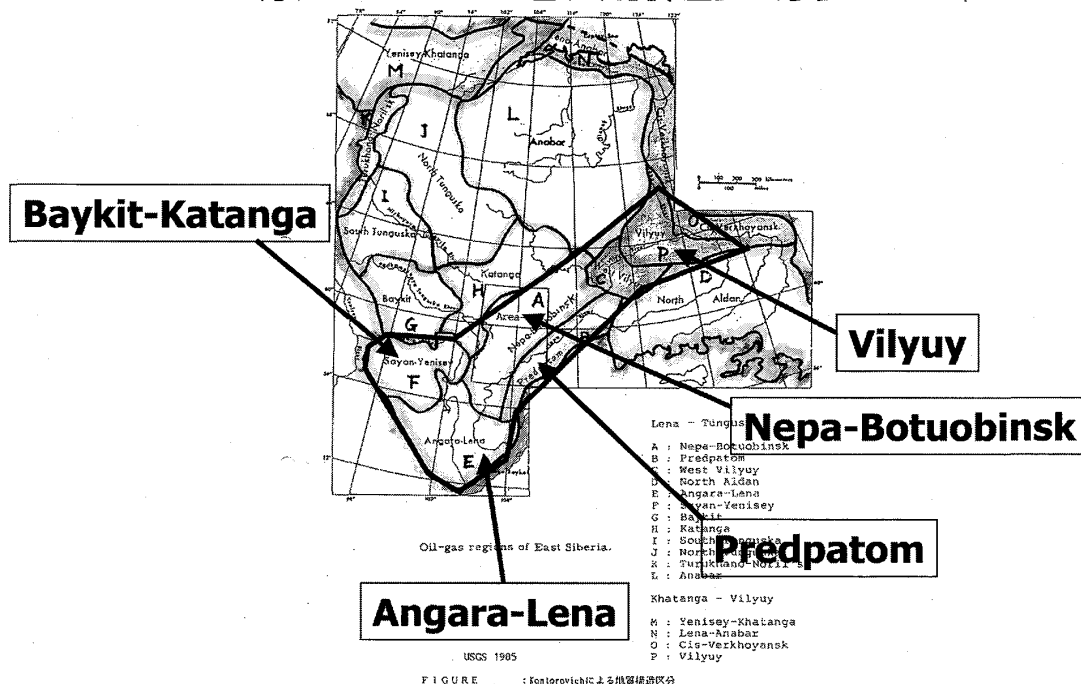


図7 東シベリアの地質構造区；パイプラインルートから見て、5つの堆積盆が最も有力な探鉱対象である。

東シベリアの主要産油ガス地域の鉱量概要

エリア	フィールド数	既発見総可採鉱量			累計生産量				
		発見	生産	石油 (MMB)	ガス (TCF)	コンデンサート (MMB)	石油 (MMB)	ガス (BCF)	コンデンサート (MMB)
Vilyuy	サハ共和国(中部～西北部)	8	3	0	12	172	0	446	8
Nepa-Botuobinsk	サハ共和国(南西部) イルクーツク州(北半部)	31	5	3,318	28	155	10	7	1
Angara-Lena	イルクーツク州(南半部)	9	1	4	7	51	N.A.	N.A.	N.A.
Baykit/Katanga	エベンキ自治区(南部)	7	0	495	8	127	0	0	0
合計		55	9	3,817	55	505	10	453	9

<出典:IHS社Probe>

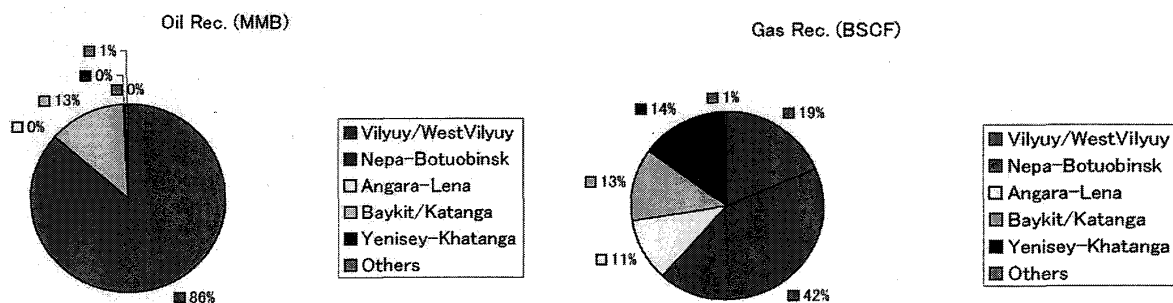


図8 東シベリアの主要産油・ガス地域；石油の可採鉱量では、ネパ・ボツオバ堆積盆が約86%を占める。

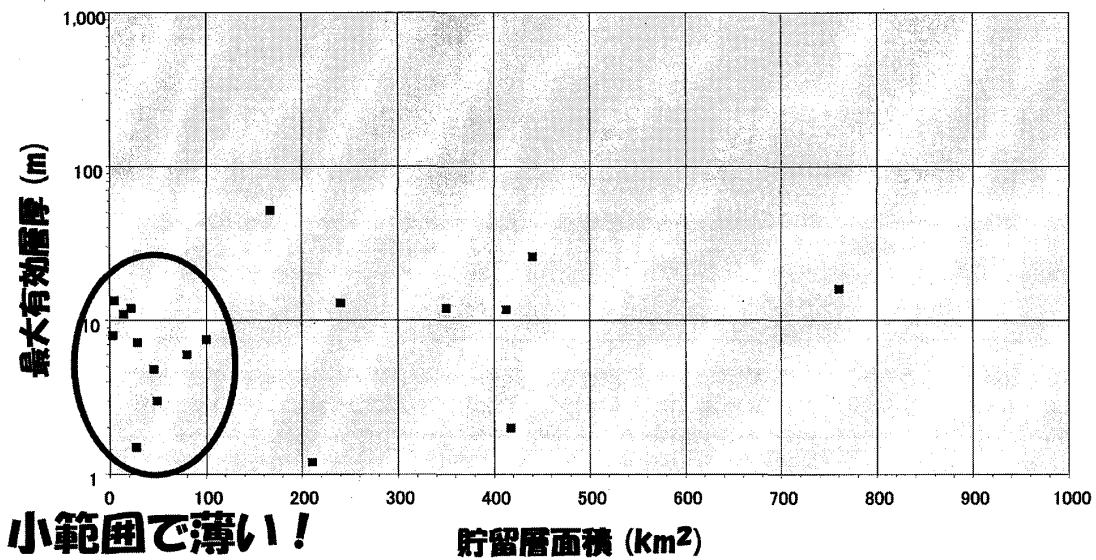


図9 東シベリア油ガス田における貯留層分布域と層厚の関係；貯留層面積も小さく、有効層も薄いものが多いことが分かる。

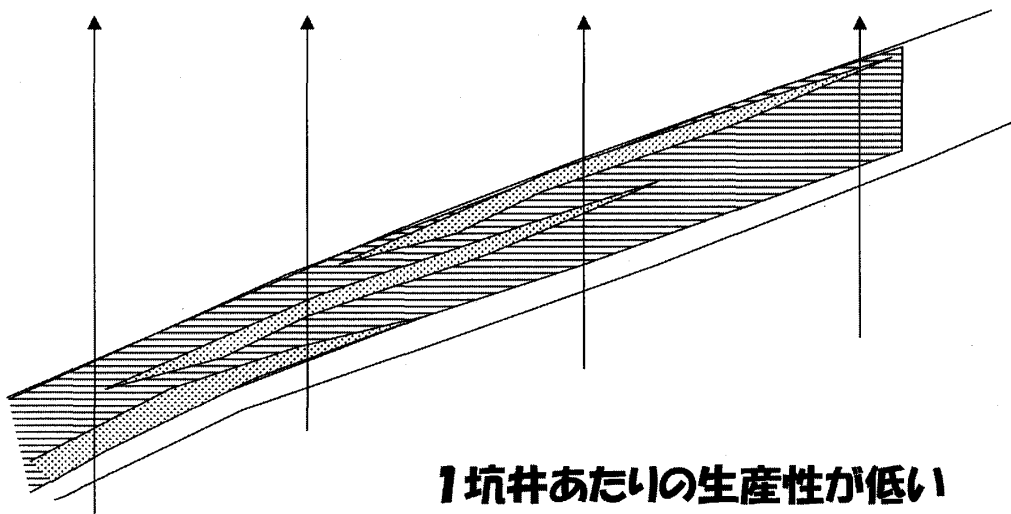


図10 層位封鎖型の薄い貯留層が異なる範囲に分布すると、1坑井あたりの生産性が著しく低下する（薄層多層準）

視されることは疑いの余地がない。かなり長期的に石油の需給を考えた場合、将来のエネルギー・ソースも考慮の対象にすべきであるという考えから、本論においては、現時点で経済的実用性がないが、将来実用化されるであろう『非在来型天然資源』について、東シベリアにおける可能性を考察する。

5. 非在来型天然資源

そもそも在来型天然資源とは、現時点において①実用化している技術や手法を使用し、

②過去の販売価格の幅の中で操業会社が採算に乗る採掘コストで開発・生産することができ、エネルギー需要者へ③販売する市場・マーケットが既に形成されている『資源』である²⁾。これに対する非在来型天然資源とは、上記①から③のどれかが成り立たない資源である³⁾。しかし、この2、3年原油が高値で安定しているという国際市場があるので、厳密にはかつての非在来型が在来型となりつつある。

さて、2000年初頭までの時点で採算が合わなかった非在来型天然資源としては、炭層ガス（コール・ベッド・メタン＝CBM）、メタンハイドレート、オイル・シェール、オイル・サンド（タール・サンド）、盆地中心ガスなどが挙げられる（図11）。

天然資源三角ダイアグラム

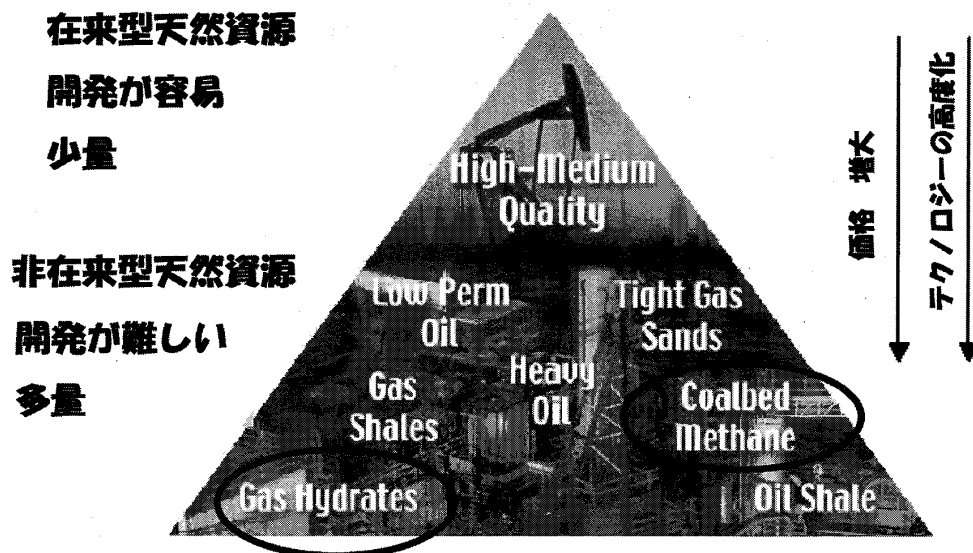


図11 在来型とは現在稼行中のもので開発が容易であるが量が少ない天然資源、これに対し非在来型とは開発が難しいが量が多い。

炭層ガス（CBM）とは、石炭層に吸着されているガスで、採掘過程でフリーガス（石炭性メタンガス）化して大きな災害を起こすこともあるが、通常は生産対象にはなっていない。しかし、周囲の地層圧力を低下させ、二酸化炭素と接触させるとメタン交換（二酸化炭素の方が吸着されやすい）が行なわれ遊離したメタンガスとして生産することが可能となる（図12）。

メタンハイドレートは、メタンがある一定の低温（0－12℃）・高圧（数10気圧）下で水和化合物となる現象で、極地や深海底に存在する。日本近海にも多量に存在し、現在その生産方法が日本を中心に開発されつつある。オイル・シェール（シェール＝頁岩とは板状層理が発達している泥質岩）は、石油を多量に含む泥質岩（又は油母頁岩）で1トンの岩体を乾留したときに10ガロン（38リットル）以上の油が得られるものと定義されている。

What is Coalbed Methane (CBM)?

What is Coal Mine Methane (CMM)?

- Coalbed Methane (CBM):
 - Natural gas from coal seams.
- Coal Mine Methane (CMM):
 - A subset of CBM; methane gas released from coal or surrounding rock strata during the process of coal mining.

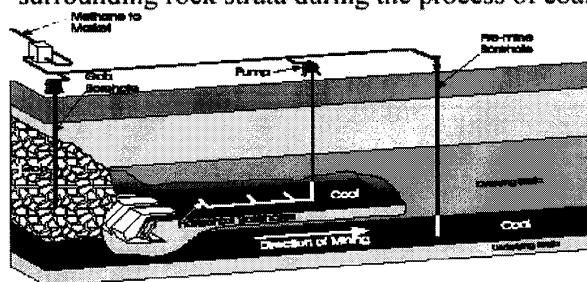


図12 炭層ガス (CBM; 石炭組織に吸着している天然ガス) と石炭性メタンガス (CMM; 石炭試採掘の過程でCBMから発生するメタンガス) ④ 図は、左側の坑井からCO₂を圧入して、右側の坑井からメタンを産出させる様子を示している。

オイル・サンドは、貯留岩（通常砂岩など）中を地下浅部まで移動してきた石油が天水などの影響で重質油化し、粘性が高くなったために動けなくなった状態にあるものである。カナダのアルバータ州では、露天掘りして乾留させたり、地下状態のままパイプで蒸気を送り粘性を下げて別のパイプから生産する方法（SAGD法）が試みられている。

盆地中心ガスとは、通常ガス鉱床とは異なり地下深部の向斜構造に存在するガスで、低浸透性であるために特殊な方法を講じないと生産できない状態にあるものをいう。

以上に述べた非在来型天然資源に共通することは、在来型と比べ格段に多量の埋蔵量を持っていることである。現在の石油・ガスは人類にとって最も取り易い資源であり故に量も限られているが、自然界は人類の力の及ばないところにまだまだ多くの資源を抱えていると見ることもできる。非在来型天然資源の開発は、まさに人類の自然界への挑戦であろう。

本論では、上記の非在来型天然資源のうち、東シベリアという地域を限定したときに有望と思われる、炭層ガスとメタンハイドレートについて具体的にその存在と開発可能性について考察を行った。

ロシアには、無数の炭田が存在することから、炭層ガス資源の推定埋蔵量は17-80 Trillion (x10⁹) m³とされ、カナダに次いで第2位である。この資源の大きな特徴は、生産時に二酸化炭素を圧入し地下の炭層で二酸化炭素と吸着されているメタンの交換を行なうことで、結果として燃料となるメタンの増産を促すことである。京都議定書の宣言以来、環境問題の要となっている二酸化炭素を地下に吸着する技術として脚光も浴びているが、

生産したメタンが燃焼するとまた二酸化炭素を排出すること、さらにはメタンそのものが空中放棄されてしまうと実は二酸化炭素の7倍の温室効果を持つことなど、一方的に良いこと尽くめではない。

ロシアで現在稼行対象となっている炭層は、ペチョラ堆積盆とクズネツク堆積盆に限られ(図13)、東シベリア地域にもいくつかの炭田はあるものの現状では炭層ガスの開発対象とはなっていない。将来的にポテンシャルはあるものの現時点で我々が手にでき得る天然ガス資源とみなすことにはやや無理があるようである。

Gassy Coal Basins of Russia

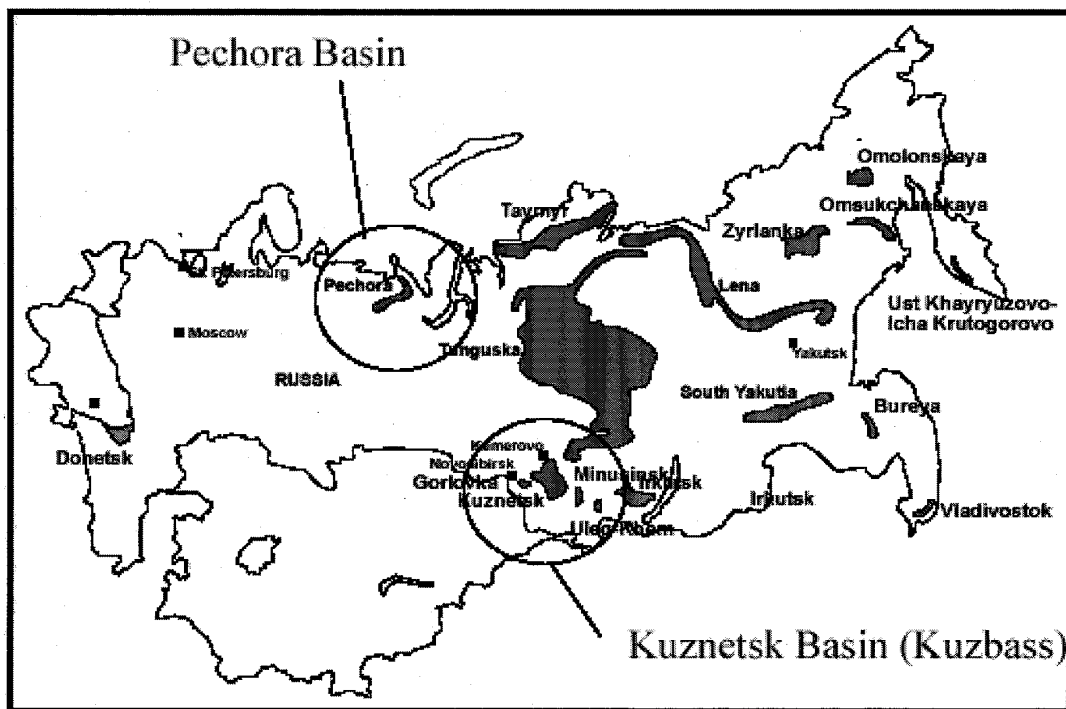
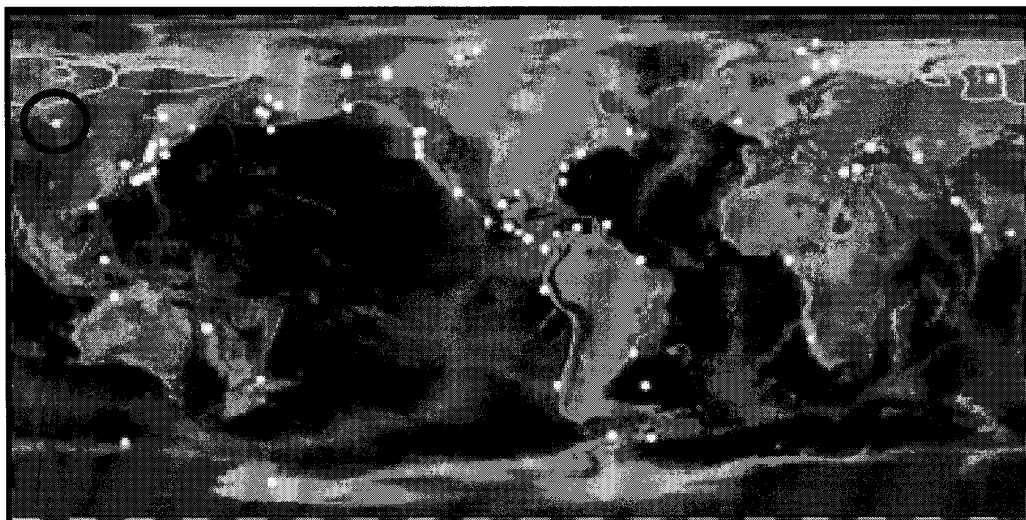


図13 ロシアにおける炭層ガス堆積盆の分布⁴⁾

メタンハイドレートは、現在我が国において最も期待されている非在来型天然資源である。1990年代後半から、通産省(現経産省)が積極的に取り組んでおり、その賦存量や生産方法の研究において世界をリードしていると言って過言ではない。しかし、十分な埋蔵量は保証されているもののその生産技術が未だ確立されておらず、将来的に資源となりうるのかという議論もある。

メタンハイドレートの埋蔵は海域に偏っており、陸域としてはシベリアとカナダの北極海沿岸に存在が確認されているに過ぎない(図14)。ロシアでは極東でメタンハイドレートを生産したという報告もあるが、その生産量など定かではない。現時点では東シベリアにその存在を確認できず、かつ将来それに焦点を当てた探鉱が必要であるが、大きな埋蔵



Map shows distribution of known gas hydrate deposits, which exist mostly in the continental margins.

図14 メタンハイドレートの世界的分布。海域に偏っており、陸域としてはシベリアとカナダの北極海沿岸のみ存在が確認されている。

量が見つかるかもしれないと考えられる。しかし、現在わが国が進めているメタンハイドレート探鉱開発技術に立脚して将来を考えると、たとえ埋蔵量が確認されたとしても生産に至るにはまだまだ時間を要するであろうことが容易に想像できる。

以上東シベリアにおける2つの非在来型天然資源の将来的可能性を考察したが、これら天然資源の実用化は程遠く、現時点で非在来型天然資源の存在を前提にパイプラインを論ずることはできないと結論される。

6. 東シベリアパイプラインへの現実的な石油・天然ガス供給先

東シベリアパイプラインは、その供給原の議論を必要としながらも、着々とその政治的判断が迫られている状況である。上述の議論により非在来型天然資源の可能性は低くなり、したがって在来型の石油・天然ガス資源の開発が前提となる。東シベリアで今後どれだけの新規埋蔵量が加算されるかは、これからの探鉱活動次第ともいえる。石油探鉱においては投資規模に応じた埋蔵量が確認されるといわれることから、投資規模を大きくさせなければ新規発見も望むべくもない。しかし、統計学的にも、また3. で述べたこれまでの油・ガス層の特徴を勘案すると、単に投資のみを増やしても限界がある。やはり、これからの探鉱には、これまでと違う発想を持って取り組む必要があると思われる。

新規の発想による探鉱は、普通それなりの時間を要する。したがって、東シベリアで将来新規の大きな油田発見があることを想定しても、我々はそれまでのつなぎとして石油の供給を想定しなければならない。

本件に関する限り前稿¹⁾で述べた西シベリアからの移送を考えざるを得ないことが、一

層明白になった。埋蔵量の格段に多い非在来型天然資源の可能性を考慮しても、その開発は時間のかかるものである。現実的な課題として石油を何処から供給するかをパイプライン建設の条件として交渉する必要がある。また、将来ガスパイプラインの建設をも見据えた資源獲得競争を視野に入れる必要がある。

現在、石油・ガスの国内需要が急速に伸びている中国も、東シベリアの石油・ガスを欲しがっていることは自明のことである。我が国も石油の供給に関して90%といわれる中東依存から脱却するためにも、近くて“遠い”この東シベリアの天然資源を活用したいと考えている。また、ロシアは石油開発を通じての東シベリアの経済的發展を期待している。このような3者3様の思惑を、ひとつの目的に向かって収斂させることにこそ、これからの政治的手腕が問われていると、過言ではないと思われる。3政府間の冷静な政治的交渉が望まれる。

7. 結論

東シベリア石油パイプライン太平洋ルートは、総延長4200km、年間石油輸送量8000万トン、総工費120億ドルという超大型プロジェクトである。しかし、現時点で推定される埋蔵量は、その60%程度であり、当面の西シベリアから迂回させる量を想定しても75%である。つまり、ロシア政府は残りを埋蔵量として確認する作業を日本側に期待していると考えられる。

東シベリアの石油については、これまで発見されているにも関わらず需要が少ないことから開発が見送られている。したがって、本格的には生産していないことから、埋蔵量自体にもまだまだ不確定要素が含まれている。東シベリアの石油産出層準は層位封鎖型と呼ばれるもので、かつ各単層が薄いという地質的特性を考えると、上述の埋蔵量を確保するのは難しいとする意見も聞かれる。本論では、こうした東シベリアパイプライン計画の現状を踏まえた上で、同地域における従来の埋蔵量には含まれていなかった非在来型石油・天然ガス資源の可能性を考察した。

非在来型天然資源とは、これまでの埋蔵量の統計には含まれていない特殊な環境に貯留されている石油・天然ガス資源で、一般的に生産コストが高く現状では経済的ではないとされているものである。しかし、油価が高くなれば経済性は獲得でき、かつ生産しさえすれば石油または天然ガスとして在来型となんら変わることはない。つまり、最近話題となっている水素燃料電池のように社会インフラを根底から変えなくてもよい点で石油社会の延命に大きく寄与するものである。種々の非在来型天然資源があるが、ここでは炭層ガスとメタンハイドレートについてその可能性を探った。

その結果、結論としては東シベリアにおいては両候補ともに現状では相当量の確認はなされず、可能性も低いことが示唆された。したがって、東シベリアにおける天然資源開発は当面在来型のものを対象に種々の政治的経済的な戦略を考えざるを得なくなる。現在日

本側としても東シベリアにおける新規探鉱の可能性を模索している段階である。新規探鉱による埋蔵量の追加が保障されない場合はもちろんのこと、埋蔵が確認された場合でも油田を開発して実際に石油をパイプラインに乗せるまでには相当の時間を要することから、いずれの場合においても前稿¹⁾で述べたように、我々は西シベリアの石油・天然ガスの開発を考慮に入れなければならないと考える。また、探鉱や開発にあたっては中国と競争するのではなく共同探鉱や共同開発も考慮されるべきであろう。

注

- 1) 中山一夫、2004、極東シベリアの天然ガス資源と我が国のエネルギー政策、島根県立大学、『北東アジア研究』、第7号、p.121-131.
- 2) 藤田和男、2002、シリーズ“超石油資源論講座”(その16、最終回) — 6. 非在来型石油資源の概観一、石油開発時報、No.132、p.36-51.
- 3) 真柄欽次、2004、21世紀世界の一次エネルギー展望と北東アジア・天然ガス資源の重要性、島根県立大学、『北東アジア研究』、第7号、p.103-120.
- 4) www.epa.gov/coalbed, US EPA (Environmental Protection Agency) Coalbed Program.

キーワード 東シベリア パイプライン 石油天然ガス埋蔵量 非在来型天然資源
炭層ガス メタンハイドレート

(NAKAYAMA Kazuo)