講 演

石油公団探鉱投融資プロジェクトにおける石油地質リスクの
定量評価およびそれを反映させた経済性評価*

中 西 健 史**

(Received March 7, 2000; accepted May 17, 2000)

Quantitative geologic risk evaluation and expected net
present value evaluation in JNOC's projects

Takeshi Nakanishi

Abstract: Oil and gas exploration is an investment and the aim is to get a profitable return. However, there are many aspects that introduce uncertainty and therefore increase the risk of losing money. In order to control the return, JNOC started quantitative geologic risk evaluation and ENPV (expected net present value) evaluation in JNOC's investment projects.

JNOC evaluates a prospect in "geologic chance of success (probability of finding oil or gas)" and "probabilistic reserve distribution (if oil or gas is found, what volume is recoverable)". The reserve distribution is changed to monetary distribution by estimating development and production scenarios. The situation is categorized into three categories, economic success (get profit), geologic success but economic failure (lost money), and geologic failure (lost money). ENPV is one of the expected value, the summation of the products of chance and monetary value of each situation. ENPV is a tool to find the appropriate "entrance fee" to a project, to characterize and compare projects regarding risk-return and to make a portfolio.

It is important to improve evaluation accuracy to better control returns. Therefore we also do a reality check of each evaluation and post audit systematically.

Key words: risk analysis, risk, return, chance of success, reserve distribution, probabilistic, ENPV, portfolio

1. はじめに

石油探鉱は投資事業であり、その目的は投資に見合う利益を得ることにあるが、石油探鉱にはさまざまな不確実性が存在し、期待された利益が得られないリスクがあ

る。欧米石油会社は近年、石油探鉱事業評価に定量的リスク評価を導入し、事業の経済性を高める実績を上げつつある (Alexander and Lohr, 1998; McMaster, 1998)。

石油公団では平成 8 年度より「石油地質リスクの評価に関する調査」を行い (Rose 1997; Rose 1998), 平成 10 年度より探鉱投融資事業採択における評価に「石油地質リスクの定量評価およびそれを反映させた経済性評価」手法を導入した。本稿は、石油公団で現在使用されている石油地質リスクを反映させた経済性指標: ENPV (expected net present value) の計算方法および石油地質リスクの考え方を紹介するものである。

* 平成11年10月26日、平成11年度石油技術協会秋季講演会で講演 This lecture was delivered at the 1999 JAPT Autumn Meeting held in Tokyo, Japan, October 26, 1999.

** 石油公団 Japan National Oil Corporation; 現在オーストラリア国アデレード大学国立石油地質・地球物理センター Presently, National Center for Petroleum Geology and Geophysics, The University of Adelaide, Australia

2. ENPV：石油地質リスクを反映させた経済性指標

石油探鉱事業のみならず、リスクを含む事業に対する投資の是非を計る指標のひとつとして期待値が用いられる。ここでいう期待値は、ある事業が成功する確率と成功時の利益の積と、事業が不成功に終わる確率と不成功時の損失の積との和で表される(図1)。この期待値が少なくともゼロより大きくないと、その事業投資に対する経済的な合理性はないと判断される。

石油公団では平成10年度より、探鉱投融資事業採択における経済性指標のひとつとしてENPVを使用している。ENPVは、石油探鉱・開発事業における石油地質リスクを事業の経済性に反映させた事業収支期待値である。石油地質リスクとは事業の投資対象にて油・ガスが全く発見されないか、あるいは経済的に見合わないもの

図1 期待値の概念

しか発見されないリスクである。

ENPVは、①経済的に見合う量の油・ガスを発見する(経済的成功)確率とそのときの事業収支NPV平均値の積、②油・ガスを発見するが経済的に見合う量ではない(地質的成功・経済的不成功)確率とそのときの探鉱費用NPVの積、③油・ガスを発見できない(地質的不成功)確率とそのときの探鉱費用NPVの積、の3つの和で示される(図2)。現在、「ENPVがゼロより大きいこと」が石油公団探鉱投融資事業採択の採択基準の1つとなっている。

2.1 ENPV計算上必要な情報

図3にENPV計算フローチャートを示し、以下にENPV計算上必要な情報について述べる。

(1) 地質的成功確率：油・ガスがあるかないか

プロスペクトを試掘したときに、「油・ガス鉱床が成立している確率」を地質的成功確率とする。地質的成功確率はあくまでもそのプロスペクトにおいて油・ガス鉱床が成立している確率であり、油・ガスの量は問わない。実際の試掘では坑井テストにより油・ガス鉱床として成立していたか否かが確認されることから、地質的成功確率は「坑井テストにより、ある程度定常的にフローするために必要な量以上の油・ガスが胚胎している鉱床を発見する確率」とみなされる。

地質的成功確率は油・ガス鉱床が形成されるために必要な5つの地質要素(熟成根源岩の存在、油・ガスの移動集積、貯留岩の存在、クロージャーの存在、炭化水素の保持)が成立しているかどうかの確度に応じて、それぞれの地質要素に0～1の値を与え、それらすべての値を掛け合わせた値で表される(図4)。地質的成功確率

ENPV(expected net present value)

$$\begin{aligned}
 &= (\text{地質的不成功確率}) \times (\text{地質的不成功時の探鉱費用NPV}) \\
 &+ (\text{地質的成功} \cdot \text{経済的不成功確率}) \times (\text{地質的成功} \cdot \text{経済的不成功時の探鉱費用NPV}) \\
 &+ (\text{経済的成功確率}) \times (\text{経済的成功時のNPV平均値})
 \end{aligned}$$

図2 ENPVの概念

図3 ENPV計算フローチャート

算出については第3章でさらに述べる。

(2) 可採埋蔵量確率分布：あるとすればどれだけ油・ガスがあるか

プロスペクトにて油・ガス鉱床が成立（地質的成功）しているとすれば、どれほどの可採埋蔵量が見込めるかを確率分布で示したものである。可採埋蔵量分布は、それを決定するパラメータ（集油・集ガスエリア面積、

ネットペイ層厚、孔隙率、水飽和率、回収率、容積係数など）に確率分布を与え、モンテカルロシミュレーションで掛け合わせて示される（図5）。可採埋蔵量確率分布算出については第3章でさらに述べる。

(3) 開発・生産シナリオ、キャッシュフローモデル、経済限界埋蔵量：どれだけあればもうかるのか
示された可採埋蔵量分布の内、事業収支 NPV=0 と

油・ガス鉱床が成立するために
必要な地質要素

1. 熟成根源岩の存在:	0.95
2. 油ガスの移動集積:	0.95
3. 貯留岩の存在:	0.70
4. クロージャーの存在:	0.70
5. 炭化水素の保持:	0.60

評価例

地質的成功確率

$$= 0.95 \times 0.95 \times 0.70 \times 0.70 \times 0.6 = 26.5\%$$

図4 地質的成功確率（油・ガスがあるかないか）

可採埋蔵量

= 集油・集ガスエリア面積

× ネットペイ層厚

× 孔隙率

× 油飽和率

× 回収率

× 容積係数

図5 可採埋蔵量確率分布（あるとすればどれだけ油・ガスがあるか）

なる可採埋蔵量を経済限界埋蔵量とする。

経済限界埋蔵量を算出するためには可採埋蔵量と事業収支 NPV の関係を求める必要がある (図6)。そのため、プロスペクトで期待される可採埋蔵量のうち、小さなケース (通常、可採埋蔵量確率分布 P90 値 (語句説明参照) を使用)、基本ケース (通常、可採埋蔵量確率分布 Pmean 値を使用)、大きなケース (通常、可採埋蔵量確率分布 P10 値を使用) に対して想定される開発・生産シナリオを策定する。これら開発・生産シナリオに対応した3ケースのキャッシュフローモデルを策定し、それぞれのケースの事業収支 NPV を計算する。以上、3ケースについての NPV—可採埋蔵量プロットを行い、近似曲線を当てはめ、その曲線の切片 (事業収支 NPV = 0 のときの可採埋蔵量) を求め、経済限界埋蔵量とす

る。

(4) 経済的成功確率、経済的成功時の事業収支 NPV 平均値：どれだけの確率でどれだけ儲かるのか

事業収支 NPV がゼロ以上になることを経済的成功とし、それに至る確率を経済的成功確率とする。また、事業が経済的成功を収めたときに期待される事業収支 NPV を NPV の平均値で示す。

経済的成功確率および事業収支 NPV 平均値を求めるために、可採埋蔵量確率分布を事業収支 NPV 確率分布に変換する (図7)。変換は先に求めた NPV—可採埋蔵量プロットにおける近似曲線関数に、可採埋蔵量確率分布曲線を代入することによって行う。求められた事業収支 NPV 確率分布で、NPV がゼロ以上の領域が経済的に成功している領域であり、その領域の確率と地質的成

図 6 経済限界埋蔵量 (どれだけあればもうかるのか)

図 7 経済的成功確率・経済的成功時の NPV 平均値 (どれほどの確率でどれほどもうかるのか)

功確率の積が経済的成功確率となる。

経済的成功時の事業収支 NPV 平均値は NPV 確率分布のうち、ゼロ以上、P1 値以下の領域の平均値とする。これはモンテカルロシミュレーションの結果得られる事業収支 NPV 確率分布の P0 値は理論上無限大になり、実際的にはシミュレーションを行うごとに変化する不安定な値であるため、便宜的に確率分布の最大値は P1 値とし、事業収支 NPV 平均値計算に P1 値以上は含めない。

- (5) 地質的不成功確率、地質的成功・経済的不成功確率と探鉱費用：どれだけの確率でどれだけ損するか

事業が不成功に終わるケースは地質的不成功時と地質的成功・経済的不成功時に分けられる(図8)。

地質的不成功確率(試掘して油・ガス鉱床が成立していない確率)は100%から地質的成功確率を引いたものである。そのときの探鉱費用は、試掘を行って油・ガス鉱床が発見されずに事業を終結するまでにかかる費用(鉱区取得費、地震探鉱費、試掘費、地質・物探スタディ費、管理費など)である。

地質的成功・経済的不成功確率(試掘して油・ガス鉱床は成立しているが、経済的に見合う量の油・ガスが発見されない確率)は事業収支 NPV 確率分布がゼロ未満の領域の確率と地質的成功確率の積で示される。この時の探鉱費用は、発見された油・ガス鉱床の埋蔵量が経済的に見合う量か否かを判断するのに必要な費用(地質的不成功時の探鉱費用に、評価井掘削費、フィージビリティスタディなどを加えたもの)である。

- (6) ENPV の計算

以上求められた各確率および各値を用いて、ENPV

を以下のように計算する(図3、図9)。

ENPV =

地質的不成功確率×地質的不成功時の探鉱費用 NPV + 地質的成功・経済的不成功確率×地質的成功・経済的不成功時の探鉱費用 NPV + 経済的成功確率×経済的成功時の事業収支 NPV 平均値

2.2 ENPV の効用

石油探鉱事業に対する投資の是非を計る指標として ENPV を使用するメリットは以下のことが挙げられる。

- (1) 地質リスクを反映させた事業経済性指標

探鉱・開発事業におけるリスクのひとつである地質リスクを事業の経済性に反映させることができる。このことにより、地質リスクを加味したある程度絶対的な事業採択経済性基準(例えば ENPV がゼロ以上)を設けることができる。

- (2) 事業参入条件の適正評価

参入条件(義務探鉱作業量、ボーナス、オペレーターキャリー額など)はキャッシュフローに反映され、その変化とともに ENPV も変化する。この参入条件と ENPV の関係は、適正な参入条件を参入前に推し量る材料となる。

- (3) 他事業との定量的比較

組織が扱う探鉱・開発事業をすべて定量評価することにより、当該事業が他の事業と比較してハイリスクなのかローリスクなのか、ハイリターンなのかローリターンなのかを比較することができる。

- (4) 適正ポートフォリオの構築

事業のリスク、リターンに対する性格付けを定量的に行うことによって、組織の財務状況の中で最も期待事業収支の高い事業組み合わせを推し量る材料となる。

地質的不成功確率とその時の探鉱費用NPV

油・ガス鉱床が成立していない確率(100%-地質的成功確率=73.5%)

油・ガス鉱床が成立していないときの探鉱費用(鉱区取得費、震探、試掘、管理費等、例:-2MM\$)

地質的成功・経済的不成功確率とその時の探鉱費用NPV

油・ガス鉱床は成立しているが経済的に見合う量は見つからない確率
(地質的成功確率×地質的成功・経済的不成功領域確率
=26.5%×10.8%=2.8%)

経済的に見合わない判断するために必要な探鉱費用
(鉱区取得費、震探、試掘、評価井、F/S、管理費等、例:-4MM\$)

図8 地質的不成功確率、地質的成功・経済的不成功確率と探鉱費(どれだけの確率でどれだけ損するか)

ENPV(expected net present value)

$$\begin{aligned}
 &= (\text{地質的不成功確率}) \times (\text{地質的不成功時の探鉱費用NPV}) \\
 &+ (\text{地質的成功} \cdot \text{経済的不成功確率}) \times (\text{地質的成功} \cdot \text{経済的不成功時の探鉱費用NPV}) \\
 &+ (\text{経済的成功確率}) \times (\text{経済的成功時のNPV平均値}) \\
 &= 1.19\text{MM\$}
 \end{aligned}$$

図9 ENPV 計算例

3. 石油地質リスク評価のポイント

これまで ENPV : 石油地質リスクを反映させた経済性指標の計算方法について述べた。本章では ENPV 算出における重要な要素である地質リスク評価の考え方について述べる。

3.1 地質的成功確率

地質的成功確率とは上にも述べたとおりプロスペクトを試掘したときに、「油・ガス鉱床が成立している確率」であり、油・ガスの量は問わない。量は問わないというのは、実際には油・ガス鉱床の成立は坑井テストにより確認されることから、地質的成功確率は「坑井テストにより、ある程度定期的にフローするために必要な量以上の油・ガスが胚胎している鉱床を発見する確率」とみなされる。

石油公団では油・ガス鉱床が成立するための地質要素を5つのメインファクター（熟成根源岩の存在、油・ガスの移動集積、貯留岩の存在、クロージャーの存在、炭化水素の保持）に分類し、それぞれの地質要素が成立しているかどうかの確度を「0」から「1」の値で評価し、それら評価値の積を地質的成功確率としている（図10）。地質要素に与える評価値は、データが豊富にありその地質要素が確実に成立していると評価される場合を「1」、データが豊富にありその地質要素が確実に成立していないと評価される場合を「0」、データがなくその地質要素が成立しているか否か全くわからない場合、あるいはデータはあるものの、その地質要素の成立・不成立が同程度と評価される場合を「0.5」とすることを基

準として、地質要素成立に対する確度に応じて「0」から「1」の間で変化させる。地質的成功確率を各地質要素の評価値の積とするのは、これら地質要素のいずれかひとつでも欠けると油・ガス鉱床は成立しないためである。

実際の地質的成功確率評価は、メインファクターをさらに細分したサブファクターの成立に対する確度評価を行うことによる。下に石油公団が使用している油・ガス鉱床が成立するための地質要素メインファクターおよびサブファクターを記述する。メインファクターはサブファクターが成立していると成立する関係にある。しかしながら、同じメインファクター下のサブファクター間には従属性が存在する（例えば炭化水素の移動集積の「migration path」と「efficiency」など）。そのため、メインファクターの評価値は従属性を加味したサブファクターの確度評価によるものとしている。

石油公団では地質要素を5つのメインファクター、12のサブファクターに分類しているが、この分類の方法は海外の石油会社によって異なっている（窪田ら、1999；Alexander and Lohr, 1998；McMaster, 1998）。どのような分類方法が最も適当なのかはいまだ議論の余地がある。

(a) 熟成根源岩の存在

- ・Quantity：油・ガス鉱床が成立するに足る量の根源岩が存在する。
- ・Thermal maturity：根源岩から油・ガスが生成するのに十分な熟成に至っている。

(b) 炭化水素の移動集積

✓ 熟成根源岩の存在

- Quantity
- Thermal maturity

✓ 炭化水素の移動集積

- Migration path
- Efficiency
- Timing

✓ 貯留岩の存在

- Storage capacity
- Porosity/Permeability

✓ クロージャーの存在

- Existence
- Data quantity
- Data quality

✓ 炭化水素の保持

- Seal effectiveness
- Preservation from subsequent spillage

それぞれのメインファクターが地質的成功するために必要な状況にあることに対する確度を与える。

- ・確実にある場合 = 1
- ・どちらかわからない場合 = 0.5
- ・確実にない場合 = 0

メインファクターの確度評価はサブファクターの確度評価による。ただし、サブファクター間の従属性は考慮する。

地質的成功確率
= メインファクターの確度の掛け算

✓ メインファクター
- サブファクター

図10 油・ガス鉱床が成立するための地質要素と地質的成功確率

- Migration path: キッチンから貯留岩まで炭化水素が移動しうる物理的経路が確保されている。
- Efficiency: 油・ガス鉱床成立に適当なキッチンと貯留岩の距離、構造的位関係にある。
- Timing: 根源岩の熟成時期およびクロージャーの形成時期が適当な関係にある。

(c) 貯留岩の存在

- Storage capacity: 油・ガス鉱床成立に足る体積の貯留岩が存在する。
- Porosity/Permeability: 油・ガス鉱床成立に足る性状の貯留岩が存在する。

(d) クロージャーの存在

- Existence: 地史などから想定しているクロージャーの成立が十分考えられる。
- Data quantity: 摘出しているクロージャーの規模および複雑さに対し、解釈に十分な密度の震探データが取得されている。
- Data quality: 摘出しているクロージャーの規模および複雑さに対し、解釈に十分な質の震探データが取得されている。

(e) 炭化水素の保持

- Effectiveness: 油・ガス鉱床成立に足る質および厚さのシールが存在する。
- Preservation from subsequent spillage: 断層の再活動、フラクチャリング、傾動などによる鉱床破壊が起こっていない。

図11 可採埋蔵量確率分布曲線

3.2 可採埋蔵量確率分布

油・ガス鉱床が成立（地質的成功）しているとすれば、どれほどの量の油・ガスが期待できるのかを確率分布で表現する。技術的に詰めきれない複雑な不確実性の上に成り立っている可採埋蔵量は、1つの値で表現するのではなく、ある幅をもった確率分布で表現するのが適当である（図11）。以下に可採埋蔵量確率分布の算定の考え方について述べる。

(1) 可採埋蔵量確率分布の幅

可採埋蔵量確率分布の幅は評価時点においてプロスペクトが胚胎しうる埋蔵量の幅である（図12）。その幅は油・ガス鉱床成立（地質的成功）に足る最小量（比較的定常的なフローに足る量、上述）からクロージャー内にあるすべての貯留岩が保持しうる油・ガス最大量までありうる。この幅はプロスペクトの探鉱ステージにより変化する。全くの未探鉱エリアでは上記のごとくその幅は

可採埋蔵量分布の幅＝
油・ガス鉱床成立時(地質的成功)の最小埋蔵量～
クロージャー内にあるすべての貯留岩保持しうる油・ガス最大量

図12 可採埋蔵量分布の幅の考え方

上記の例は Submarine fan-channel system が背斜構造トラップと層序トラップのコンビネーショントラップを呈している例である。この場合可採埋蔵量の幅は、構造トラップ頂部にのみ胚胎しているケースから、構造的・層序的にクローズしている貯留岩部全域までありうる。

想定されるが、探鉱が進んだ地域におけるプロスペクトについては周辺の探鉱実績と比較して、その幅は狭く想定しうる(図13)。

実際の可採埋蔵量確率分布算定には埋蔵量モデルの各パラメータ(集油・集ガスエリア面積、ネットペイ層厚、孔隙率、水飽和率、回収率、容積係数など)に確率分布を与え、それらをモンテカルロシミュレーションで掛け合わせて算出する。そのため可採埋蔵量の幅は埋蔵量モデルの各パラメータの幅で決定される。各パラメータの幅の考え方は可採埋蔵量の幅の考え方と同じく、評価時点において各パラメータがとりうる幅となる。

可採埋蔵量の幅の最小値と最大値は、便宜上 P99 値と P1 値とする(図11)。これはモンテカルロシミュレーションで得られる埋蔵量確率分布の P100 値と P0 値は理論的にはゼロおよび無限大であり、実際的にはシミュレーションを行うごとに大きく変化する不安定な値であるためである。また可採埋蔵量確率分布の代表値として示している Pmean 値についても、P99 値から P1 値までの平均値としている。

(2) 可採埋蔵量確率分布の形態

可採埋蔵量確率分布の形態は基本的には対数正規分布

図13 探鉱ステージごとの可採埋蔵量確率分布の比較例

を示すと考えられる。その理由を以下に述べる。

- 可採埋蔵量は互いに独立関係にある複数の地質量の積であり、それら地質量は不確実性に起因する幅を持っている。互いに独立関係にある、ある幅を持った量の積は対数正規分布を示す。
- ある堆積盆地内、あるいはあるプレイトタイプの既発見油・ガス田群の可採埋蔵量分布は対数正規分布を示す(図14-1)。このような可採埋蔵量分布形態の恒常性は、個々のプロスペクト埋蔵量確率分布が対数正規分布であり、既発見油・ガス田群がそれら

4) 対数正規分布の埋蔵量チャンスを持つ100プロスペクトの埋蔵量シミュレーション結果 (MMBO)

図14 1)~3) ある堆積盆地の既発見構造可採埋蔵量、集油・集ガスエリア面積およびネットペイ層厚の確率分布

プロットは対数正規確率スケールで行われており、プロットが直線に並んでいることはその分布が対数正規分布を示していることを意味する。

4) 対数正規分布の可採埋蔵量チャンスを持つ100個のプロスペクトを擬似的に作り、それらすべてで油・ガスを発見したと想定したときの埋蔵量分布

既発見構造の埋蔵量分布形態の恒常性は、個々のプロスペクト埋蔵量確率分布が対数正規分布であり、既発見油・ガス田群がそれらの探鉱結果の集合体であることを示している。

の探鉱結果の集合体であることを示している (図14-4)。

また、可採埋蔵量モデルのパラメータである集油・集ガスエリア面積やネットペイ層厚分布の形態も、可採埋蔵量と同じ理由で対数正規分布を示すと考えられる (図14-2、図14-3)。

ただし、堆積盆地やプレイトタイプによっては、可採埋蔵量やパラメータが対数正規分布を示さないものが存在する可能性はあるが、対数正規分布以外の分布形態を適用するには、地質的成功を収めたすべてを含む十分な量の探鉱結果データの統計学的な分析が必要である。

(3) 可採埋蔵量評価のリアリティチェック

可採埋蔵量評価が適正な評価になっているかどうか、評価のリアリティチェックを行う。チェックの結果、リアリティがないと判断された場合、評価をやり直す。石油公団で使用しているリアリティチェックは以下のとおりである。

(a) 最小値 (P99 値) チェック

最小値 (P99値) が、プロスペクトが地質的成功を収めたときに想定される最小値として大きすぎないかをチェックする。例えば、未探鉱地域のプロスペクトの可採埋蔵量評価最小値が 10 MMbbl と評価されている場合、大きすぎると判断され、埋蔵量モデルのパラメータの最小値を見直す。

(b) 幅のチェック

埋蔵量の幅がプロスペクトの位置する探鉱状況に応じた幅になっているかどうかをチェックする。実際には P10 値/P90 値比が、各探鉱状況に対する欧米石油会社の P10 値/P90 値比経験値にあっているかどうかをチェックする (表 1, Rose, 1997)。

(c) 既発見油・ガス田埋蔵量分布の比較

プロスペクトが位置する堆積盆地、あるいは同プレイト

表1 可採埋蔵量評価の幅のリアリティチェック

Well category	Step-out/ extension	Wildcat in known productive trend	Rank wildcat in proven trend	Rank wildcat in new play or new basin
P10/P90 ratio	5-25	10-120	55-170	120-650

図15 Post audit 例 (データは実際のものではない)

- 1) 地質的成功確率評価にて10%ごとにカテゴライズし、成功確率実績と比較する。例ではおおむね評価と実績が合っているが、40%以上50%未満と評価したものが、過小評価であるとわかる。
- 2) 可採埋蔵量評価と実績の P50 値をプロットしたもの。実績＝評価の直線（グラフの右斜め直線）を境に均等にプロットされていると、適当な評価が行われているといえる。

タイプの既発見油・ガス田可採埋蔵量分布と比較することにより、評価が過大評価、あるいは過小評価となっていないかどうかを検討する。

3.3 Post audit

地質リスク定量評価の精度向上のためには、試掘結果と試掘前評価の比較が重要である。比較の結果、どのリスクに対する評価が過大評価あるいは過小評価となっているのかを摘出し、その後適切な評価が行えるように技術力を注ぐ。石油公団が行っている post audit 手法の一部を図15に紹介する。

4. 探鉱投融資事業におけるリスク 定量評価の今後

以上紹介した評価手法は探鉱対象が1プロスペクトのものである。しかし、実際の探鉱事業においては複数のプロスペクトや既発見構造、複数の鉱区を扱うことのほうがむしろ多く、リスク評価はそういった複雑な形態を持つ事業すべてについて、統一性をもって適正に行われ

なければならない。石油公団では複雑な事業についてデシジョンツリーを用いて整理し評価を行っているが、その作業量は事業形態の複雑性が増すにつれ、増大しているのが現状である。今後、いかにして評価の統一性を欠かずに、かつ実施可能な作業量にするかが大きな課題である。

石油公団では平成10年度より探鉱投融資事業採択における評価に「石油地質リスクの定量評価およびそれを反映させた経済性評価」を導入しているが、ENPVなどの定量的リスク評価指標は、事業チャンスを実際に発掘する企業における探鉱・開発事業戦略構築に対してより有効と考えられる。

謝 辞

本稿を執筆するにあたり、石油公団技術部および経済評価部のかたがたにご助言を頂いた。特に金原靖久氏、窪田 寛氏、廣岡伸幸氏、藤井哲也氏には粗稿の段階から多大なご助言、ご指摘を頂いた。ここに厚くお礼申し

上げます。

語句説明

ある埋蔵量確率分布において、P99 値：それ以上になる確率が99%の埋蔵量値、P10 値：それ以上になる確率が10%の埋蔵量値、P50 値：それ以上になる確率が50%の埋蔵量値、P90 値：それ以上になる確率が90%の埋蔵量値。P99<P90<P50<P10。

SI 単位換算係数

$$\text{bbl} \times 1.589874 \text{ E}-01 = \text{m}^3$$

引用文献

Alexander, J. A and Lohr, J. R., 1998 : Risk Analysis : Lessons Learned. SPE 49030, SPE Annual Technical Conference and Exhibition in New Orleans, Louisiana, 27-30 September 1998.

窪田 寛・宮永 勝・中西健史, 1999 : 米国石油会社および石油公団における石油探鉱リスク評価の現状. 石油天然ガスレビュー 1999・2

McMaster, G. E., 1998 : New trends in exploration risk analysis. *New Technologies in Hydrocarbon Exploration and Production and Their Impact on World Oil Reserves Repsol Foundation Madrid Spain, April 1998.*

Rose, P. R., 1997 : *Risk Analysis of Petroleum Exploration Ventures by Modern Corporations, a report commissioned by JNOC* (日本語解説 : 佐藤隆一・高山 将, 石油探鉱における地質リスクの評価手法について, 石油の開発と備蓄 1997・6)

Rose, P. R., 1998 : *Exploration Plays : Risk Analysis and Economic Assessment, a report commissioned by JNOC* (日本語解説 : 高山 将・佐藤隆一, 探鉱プレイに関するリスク分析と経済性評価, 石油の開発と備蓄 1999・2)