

応力原位置測定のためのブレイクアウト法適用条件の確立と同法を用いた地殻応力方位の解析-北海道基礎試錐群における事例-

Breakout Stress Analysis of the crust in Hokkaido

高山 徳次郎[1]

Tokujiro Takayama[1]

[1] 石資・技研

[1] JAPEX Research Center

<http://mc-net.jtbcom.co.jp/earth2001/>

北海道各地の基礎試錐の各種分析データおよび検層データを用いて、日本の油田地域におけるブレイクアウト法の適用条件を検討した。この結果、日本の石油井においてブレイクアウト法を適用するには、ブレイクアウト発達深度の把握、地層温度の影響、断層・破碎帯の存在、地層傾斜の大小、異常高圧層の存在、逸泥層の発達、坑芯傾斜の大きさなどを考慮する必要があることが解った。また、ブレイクアウト法を用いて北海道各地の基礎試錐の地殻応力方位を地下深部まで連続して測定し、地殻内部に作用する様々な応力状態を明らかにした。試錐が断層を横切ると、その断層を挟んで上下の地層の地殻応力方位が変動する現象などが認められた。

1. はじめに

地殻の応力場で坑井が掘削されると、その坑壁周りに不均一な応力集中が起こり、坑壁が破壊される。坑壁が破壊される方向は、坑壁周りで最も大きな地殻の圧縮力が作用する最小水平圧縮主応力(SH_{min})の方向である。坑壁破壊の平面形状は通常、楕円形を示し、深度方向にも拡大していく。この坑壁破壊をブレイクアウトと呼ぶ。ブレイクアウトは4アーム・キャリパー検層の坑径変化から認定でき、楕円形の坑壁破壊の短軸方向から地殻に作用する最大水平圧縮主応力(SH_{max})の方位が求まる。この SH_{max} 方位は、坑内でブレイクアウトが発生した深度毎にデータが得られるので、断層や異常高圧層を挟んでその方位が変動する様子まで詳しく把握できる。

本研究では北海道各地の基礎試錐で取得された各種分析データおよび検層データを用いて、日本の油田地域におけるブレイクアウト法の適用条件を検討した。また、ブレイクアウト法を用いて、北海道各地の基礎試錐の地殻応力方位を地下深部まで連続して測定し、地殻内部に作用する様々な応力状態を明らかにした。

2. ブレイクアウトの性状と岩石物性

北海道各地の基礎試錐では、ブレイクアウトが泥岩、シルト岩、砂岩などの堆積岩中に頻繁に認められ、この坑壁破壊は基礎試錐全体の坑壁破壊の45%を占めた。ブレイクアウトの坑壁破壊の大きさを楕円の長軸短軸比で見ると、その比は1.2~2.5の範囲にあり、深度方向へは50~420mほど連続する。この長軸短軸比および深度方向への連続性は、各基礎試錐周辺地域の地殻の圧縮応力の大きさとその地域における岩石物性を反映する。圧密が著しく進行した砂岩や泥岩には、坑壁破壊が見られないが、圧密の進行が遅れた岩石は圧縮強度が弱く、坑壁周り全体が崩壊するような破壊が見られる。ブレイクアウトはこれらの岩石強度の中間域に分布し、岩石の圧縮強度を左右する孔隙率のある限られた範囲に分布する。

3. ブレイクアウト法の適用条件

日本の石油井においてブレイクアウト法を適用するには、ブレイクアウト発達深度の把握、地層温度の影響、断層・破碎帯の存在、地層傾斜の大小、異常高圧層の存在、逸泥層の発達、坑芯傾斜の大きさなどを考慮しておく必要がある。北海道各地の基礎試錐では、深度1000~5000m程度の区間にブレイクアウトが分布する。地下深部の高温環境下および断層・破碎帯が発達する深度区間では、ブレイクアウト法の適用は困難になる。地層傾斜の大小や異常高圧層の存在は、ブレイクアウトの発達に影響を与えない。逸泥による引張破壊とブレイクアウトを区別するには、FMI検層の画像を用いて坑壁周りの引張亀裂の性状を把握することなどが必要になる。傾斜井におけるブレイクアウト法の適用においては、その坑芯傾斜が 20° 以内であれば、ブレイクアウト法から求めた SH_{max} 方位の誤差は 10° 程度である。

4. ブレイクアウト法を用いた地殻応力方位の測定

ブレイクアウト法を用いて、北海道各地の基礎試錐の地下深部までの地殻応力方位を測定した。その結果、北海道西部の日本海沿岸の基礎試錐では、その SH_{max} 方位はNE-SW~E-Wの方向を示した。北海道中央部の基礎試錐では、NW-SEの方向を示した。また、北海道東部の基礎試錐ではE-WおよびN-Sの方向を示した。試錐が断層や異常高圧層を横切ると、その断層や異常高圧層を挟んで上下の地層の SH_{max} 方位に変動や回転が見られた。この SH_{max} 方位の変動や回転は、地質構造から推定されている地殻深部の基盤岩ブロックの横ずれ運動などと整合する。