

石油地質學概要 (二)

理學士 大村 一 藏

二、石油鑛床大學意

1、貯溜所(Reservoir)及び貯溜岩(Reservoir Rocks)

石油を胚胎する岩石は全く水成岩に限らるゝと云ふも妨げない。火成岩もその罅隙又は孔隙にこれを保持することあるも、夫は眞に例外として取扱はるべき程度ものである。この石油が水成岩にのみ胚胎する事實は、水成岩が石油の成生に關係深かく又、岩石の性質が石油を胚胎せしむるに適當なるもの多きに反し、火成岩は石油成生に直接關係なく又岩質が石油の胚胎に不適當なるに原因するものと考へられる。

石油が水成岩中に在存せるは其の岩層の空隙中に保持されて居るので、其の空隙が即ち吾人の云ふ貯溜所にして其の貯溜所を有する岩石が即ち貯溜岩である。此の空隙は成生の原因に依つて二大別することが出来る。即ち

(一) 一次的空隙(Original opening)

(二) 二次的空隙(Induced opening)

がそれである。

一次的空隙岩石の生成當時より存在するものにして、これにも更に二種類ある。(一)礫岩、砂岩、頁岩、石灰岩及び白雲岩等の有する孔隙と、(二)夫等岩石に發見する乾燥龜裂及び介殼空隙とである。これ等の中、石油の貯溜所として役立つものは(一)に屬する空隙にして就中、砂及び砂岩の孔隙は最も重要なものである。現在、世界の産油の八五%は一次的の孔隙中に保持されて居るものである。一次的空隙にては石油、水等の入り得べき場所は砂粒と砂粒との間に介在する細微なる孔隙なる故、其の部分としては非常に細微である。故に斯の如き孔隙は廣く相連絡するに於て初めて貯溜として役立ち得るのである。即ち一次的孔隙から成る貯溜所は、相當な廣さに互り連絡ある孔隙の組織でなければならぬ。同じ貯溜所にしても、其の中に坑井を掘入したる場合に稼行に足る石油を坑底に集注させ得る程度のもを特に Oil Pay と稱す。

次に孔隙が貯溜を成す場合には充分なる條件として、貯溜岩の上下に緻密にして液體を浸通せざる如き岩石の存在が必要である。若し密緻の岩石が上下に存在せざれば浸通逸散し去るわけである油田に於ては石油の貯溜の上方に横はる緻密な岩石を時々油蓋石 Caprock と命名して居る。

二次的空隙は緻密となる岩石が、後に至り或る他の原因に由りて生じたものを云ふのである。この空隙を生ずる原因の主なるものは(1)斷層並に褶曲の壓力に由て生ずる間隙、裂隙、層面分離及

び破碎に由て生ずる空隙、(2)石灰岩が白雲岩化する爲めに生ずる空隙、(3)石灰岩、白雲岩中に溶解に由て生ずる空隙、(4)不整合下に於ける浸蝕面に生ずる空隙がそれである。

水成岩に褶曲、斷層等に由る壓力が加はる時に、岩石がそれに抵抗すべくあまりに柔軟なる際には單に變形が起るに過ぎざるも、若し岩石がその壓力に抵抗し得る程固硬なる時には、(1)の如き二次的の空隙を生ずるのである。而して此の際には壓力に對する抵抗力の差異ある岩石、即ち比較的硬固なものと比較的柔軟なものとの交互累積する如き場合には斯の種の現象が起り易いのである。斯の如き空隙を貯溜所とするものは日本にては秋田縣の油田に發見されて居る。秋田縣の黒川、豊川、道川等の油田にては貯溜所は砂岩の如き多孔質の地層にて成立せず、凡て頁岩中に成立して居る。又屢々破碎されたる硬き頁岩の小塊が多量に石油と共に排出さる。而して坑井掘鑿の經驗、地表の地質調査より考ふれば、是等油田の鑛床附近の地質は比較的堅硬なる頁岩と比較的柔軟なる頁岩とが互層せることを知る事が出来る。之等種々の點よりして余は是等の油田の貯溜所及二次的空隙のものにして、且つ其の場所是最も此の種の空隙の生じ易き硬軟の岩石互層せる部分に成生せられたるものと鑑定したのである。外國の油田にてはメキシコの油田が此の種類に屬して居るメキシコの油田は比較的柔軟な頁岩の下にある。非常な堅硬な燧石質石灰が破碎されて空隙を造つて居るものである。それ故メキシコ油田では石油の噴出と共に石灰岩の角礫を排出して居る。斯の如き例は金屬鑛床に於ても見ることが出来る。即ち背斜の頂上部に層面に沿ふて分離等を起こして其處に空隙を生じ、鑛床を胚胎するに至つた事はリンドグレン (Lindgren) 教授に由て創唱された

どころである。

白雲岩化による空隙は、石灰岩が炭酸マグネシアを得て白雲岩と成る時に岩石塊は收縮を來たすに由り空隙を生ずるのである、この種の空隙を貯溜所とするものは米國のリマ、インディアナ油田 (Lima Indiana oil field) である。該油田にては奥陶紀のトレントン (Trenton) 石灰岩が一部白雲化して其の部分に空隙を生じたものである。但し白雲岩化作用は二次的に行はれたるか、或は石灰岩の沈積中に行はれたるものなるかに就ては議論あるも、一般には二次的作用と考られて居る。空隙は炭酸マグネシアが二五%以上に達したものに最も多く存在すと云はれて居る。

溶解性空隙は一度び生ぜる裂隙、節理等が地下水によりて溶解して擴大されたる場合を云ふのである。トレントン石灰岩に於ては前述の白雲岩化に歸因するものゝ外に、溶解性の空隙と認むべきものも少なくない。メキシコ油田に於ては裂隙が地下水によつて更に擴大されたるものあることは多くの學者の認めることである。

不整合の部分に於て下方の岩石の浸蝕面に凸凹の存在することは普通の事實なるが、此の部分が石油を貯溜する空隙と成ることがある。メキシコ油田に於ては石灰岩の上部に頁岩が不整合に堆積せるが坑井より排出されたる石灰岩の破片に風化面と同様なる外見を有するものなるを以て、メキシコ油田にては此の種の空隙の貯溜所も考へられるのである。日本の黒川油田に於て最下部に綠色凝灰岩あり、其の一部はムシバ(齧齒)と稱せらるゝ多孔性のものに變化して多量に石油を貯溜して居る。其の外見は風化に由て變質さるものとも考へられる。

空隙の大きさは之れを毛管及び過大毛管の二つに區別する。毛管の大きさは次の如きものにして、それ以上大なるものを過大毛管とする。

最 大 最 小

管 狀 空 隙 〇、五〇八耗——〇、〇〇〇二耗

葉 狀 空 隙 〇、二五四——〇、〇〇〇一

一次的空隙はある特殊の礫岩を除く外は毛管の程度にして、二次的空隙は多くは過大毛管である。この大きさは石油が岩石中を通過する運動の遲速に關係の深いものである。一般に二次的空隙より成る油田には極端なる出油を見ることがある。メキシコ油田の如きは此の好適例である。二次的空隙の場合も一個の空隙にして大なる貯溜所となり得ることは極めて稀れなれば一次的空隙と同様に連絡せる裂隙の組織にあらざれば貯溜所として價値のない場合が多い。

貯溜岩の性質に由ては以上記述せる二種の空隙が同時に同一層中に成立する場合がある。例へば砂岩の相常固結したるものにては、一部分には一次の貯溜所を有し、固結せる部分には二次的の裂隙を生じ居るものと考ふことが出来る。米國の古生層の油田に於て砂岩を貯溜所となすものにあつては、寧ろ二次的空隙が主要なる役目をなすものと考へられて居る。

金屬鑛床の語を藉りて言へば、一次的空隙を貯溜所とする鑛床は『鑛染』にして二次的空隙のものは裂隙填充鑛床である。

石油の鑛床全體よりすれば一次的空隙に由るものを普通の狀態にして最も多く一次的の裂隙に由

るものは比較的少數にして特別の場合と考へることが出来る。

2 孔 度

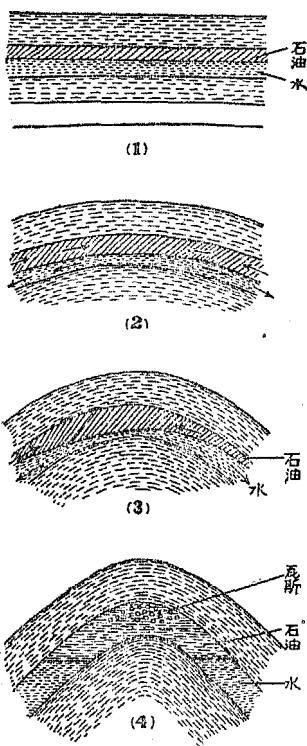
空隙の總容積と其の空隙を有する岩塊の容積との比を孔度 Porosity or Voidage といふ岩塊の容積に對して幾パーセントの液體を包含し得べきかを示すものである。石油を貯溜する砂岩の如き多孔質の岩石の孔度は場所及研究者に由て其の計算に差あるも大畧三〇乃至一五%と考へられて居る。但し是は理論的の孔度にして石油を包含し得る量を示すも實際に排出し來たる量を示すものではない。現在の如く穿井方法による採油法にては貯溜所より排出し來たる量は比較的僅少である。其の量に就ても場所及び研究者に由て差異あるも大略理論的孔度の二〇乃至二五% (學者に依つては六〇%) と考へられて居る。故に有効孔度は極めて僅少である。或る學者は、理論的孔度に對し石油の浸染の程度は最上の油田にても其の七五%位であると云ふて居る。かく見れば貯溜岩中に包含される石油の容積の割合は孔度を三〇%とすれば 0.30×0.75 である。更に穿井法に由て採油し得る割合を二〇%とすれば、有効孔度は $0.30 \times 0.5 \times 0.20 = 0.045$ である。佛國のペンシルヴァン Pec-hebroun 油田に於て穿井法にて採油したる後に貯溜岩中に坑道を開鑿し採油せる結果に由れば、坑井法に由り採油したる割合は貯溜所内に包含せし全量の二〇%にして、更に坑道開鑿に由る排油法にて排油したる割合は全量の四五%なる事を知り得た。故に殘餘の三五%は穿井、排油の兩法にては到底採油し得ざる量である。

尙ほ二次的貯溜所の孔度は一次的の場合とは大に趣を異にせる故、其の計算は容易でない。

3、石油の集積

石油は現在存在せる地層中に生成されたるもの即ち土着 (Indigenous) なるか又は他より移住し migrate 來たれるものなるか、換言すれば石油は如何にして現在の地層中に存在するに至れるかの問題に就ては成因に關する困難なる問題なるを以て茲には説明を避け、現在の鑛床が如何にして形成されたるか即ち石油が現在の場所に集積し來たれる経路に就て簡単に説明する。

現在稼行中の油田の貯溜所を觀察するに、單傾斜の構造をなすものに於ては石油は常に傾斜の上部に集積し、傾斜の下部には鹹水が蓄積して居り、又、背斜の構造をなせる地層中に於ては石油は殆ど常に鞍部の頂點に集積するか、或はその兩翼の上部に集積し下部には常に鹹水が充滿せる事實を知ることが出来る。而して其の何れの場合に於ても石油は鹹水に支われ、傾斜の上方に止まれる如き状態にあることを知ることが出来る。今、假りに之れ等の地層を水平に引き延したりとすれば鹹水の表面は無限に擴大し從つて其の上方に止まれる石油も無限に廣く敷衍せられざるべからざることは明



- (1) 水層中石油及水ニ在ス
(2) 地層曲シタルニ始メ石油水ト置
(3) 地層可ナシタルニ始メ石油水ト置
(4) 石油充ニタルニ始メ石油水ト置

かである。石油が無限に廣く敷布することは分布を廣からしむるも、各部分には石油の量は極めて薄く、稼行に堪へざるものとなるに至る。然かるに地層が單傾斜、背斜何れにしても相當な傾斜を有し、水の表面を縮少すれば石油の分布は少部分に限らるゝも濃厚に集積し遂に稼行に堪へるものとなるのである。

右の關係は地層が水平に横はりし時既に石油及水が貯溜所中に抱含され、其後に地層が褶曲の爲め運動を起こすと共に石油及び水が運動を起こし、地層が傾斜を得るに及んで茲に石油は安定の位置を得て石油の鑛床を作つたものと解することが出来る。若し石油が既に傾斜せる地層中に生成され又は移動し來たれる場合を考ふるも、水が其の地層中に存在するか又は石油が水を伴ふて移住するか、何れにしても石油が水と共に存在し得れば水、油の分離、位置の置換は重力の法則に由て遂行され、その結果に於ては地層が水平の當時より石油及び水の存在せし場合と何等變化はないわけである。

次に石油が水を伴はざるか又は水の量少なき場合には含油層中の石油は傾斜の下方に沈降するのは自明の理である。從て石油の位置は水の量に由て定まるものにして、全く水を缺ぐ場合には石油は傾斜の最底に下るわけである。石油が傾斜の上部又は背斜の鞍部の頂點に集積を見る場合は其の地層が水を以て充滿された場合である。

右の傾斜せる地層中に於て石油が鹹水に支えられ傾斜の上部に集積する關係は、多孔質岩石の場合も二次的空隙の場合も別に變化はない。

4、背 斜 説

前項に説明せる如き關係によつて石油鑛床の成分を説明する學説を背斜説 Anticlinal theory と云ひ一般に信ぜられて居るものである。この説は石油鑛床成生と地質構造との關係を説明せるものにして、常に背斜の場合にのみに限られたるものにあらざれば背斜説の名は妥當ならざるも、歴史的に因縁深く且つ鑛床が背斜の頂上に最も多く發見さるゝ事に由て依然として使用されて居る。この説は石油の鑛床の成生が地質構造に關係深い故、地質構造説 Structural theory とも又、鑛床の成生が重力の作用に關係ある故を以て重力説 Gravitational theory と稱して居る人もある。

次に本説の沿革を簡單に記述す。

一八五九年以後米國に於ける石油鑛業の勃興と共に石油の鑛床に關する研究も種々發表された。一八六一年アンドリウス Prof. E. B. Andrews, Marietta, Ohio. 及びヘント Dr. T. Sterry Hunt, state geologist, Canada. の兩人の發表せる説は最も重要なものであつた。アンドリウスはオハイオ州と西ヴァージニア州に跨たがるバーニング・スプリング・ヴォルカノ背斜 Burning Spring Volcano Anticline の上に發達せる油田を研究し『石油並に其の地質學的の關係及び分布』 Rock oil, its geologic relation & distribution, なる論文を發表した。その説は石油は背斜の頂上に發見され、其の貯溜さるゝ場所は、褶曲の際に誘導構成されたる砂岩中の裂罅であると云ふことであつた。ハントは加奈陀のペトロリア油田 Petroliia oil field, Ontario, Canada. に就て泥盆系のオノンダガ石灰岩 Onondaga limestone 中の石油を研究し『石油の歴史』 Note on the history of Petro-

leum or Rock Oilなる論文を發表し、その内に同油田の石油鑛床の成生を説明して居る。ハントも背斜の頂上に石油の集積を認めたるも、その説明はアンドリュウスの夫とは全く異つて居た。ハントの説明は石油を保有する岩石は多孔質にして透過性を有し石油は水を伴ひ且つ水より輕き故に石油は地層中の上方即ち背斜の頂點に昇向集積せるものであると云ふのである。このハントの説は今日行はるゝ背斜説と全く同一にして、背斜説の創唱の名譽を享くべきものである。アンドリュウスの説は、彼の油田の貯溜所が説明の如く果して二次的のものなりしや否やは問題なるも、石油の集積と地質構造との關係に着眼し確かに卓見であつた。かくの如く重要な學說が石油鑛業の初期に於て出現せしも、當時の石油業者にはこれ等の説に耳を藉すものなく、一八八五年迄約二十五年間、石油鑛床に關する學問は何等見るべき發達なく、此の重大なる問題を疑問疑惑の裡に經過したのである。然かるに一八八五年に至りホワイト Dr. T. C. White, State geologist of W. Virginia がペンシルベニア及西ヴァヂニアの油田を研究して嘗てハントの唱へし説と全く同一な結論に達し石油及瓦斯の集積と背斜構造との關係を極めて明瞭に且つ何人にも通曉し易く説明せし爲め背斜説は漸く一般石油業者の注意を惹くに至つたのである。ホワイトが此の研究に着手したる動機は、一八八三年の春、アースマン W. A. Earhman なる鑿井技術者が、ペンシルベニア州の大瓦斯井の位置が殆ど常にペンシルベニア州立地質調査所發行の地質圖に引かれてある背斜軸の頂上に一致することに心付き石油及瓦斯の鑛床と地質構造との間に何等かの關係あるべきを察し。資本家の援助の下に此の問題の研究を當時西ヴァヂニア州の地質技師たりしホワイトに依頼したことにある。ホワ

イトは一八八三年の夏には背斜構造と石油、瓦斯集積の關係を明白に説明し、尙ほ其の所説を確證する爲め數ヶ所の背斜構造の地を選んで試掘せしが、何れも成功して其の説の眞なる事を實際に裏書した。於茲、ホワイトは一八八五年六月二十六日に發行されたる雜誌サイエンス Science に『天然瓦斯の地質』The Geology of Natural gas の題下にその研究を發表した。ホワイトの言に由れば研究當時にはハント及びアンドリュース等の學説の發表ありしことを知らず、全然獨立にて此の結論に達したることである。何れにしても背斜説創唱の名譽はハントに歸すべきも、これを實際に應用し工業に多大の貢獻あるの途を開きたる名譽はホワイトの享くべきものである。ホワイトは一八二二年の誕生なれど尙ほ鑛鑠として西ヴァヂニヤ州の地質學者として活動して居られる。

最初ホワイトの發表せる背斜説は背斜の頂上に集積せる場合のみを論じその變化 modification には考へ及ばなかつたやうである。その後、幾多の地質學者 (Dr. Edward Orton, state geologist of Ohio. M. J. Munn, geologist of U. S. Geological Survey. F. G. Clapp, geologist of U. S. Geological Survey. 及その他) の調査研究の結果、ホワイトの説は補正せられて今日の如き學説となつたのである。

5、油田に於ける地下水

背斜説の項に説明せる如く石油の鑛床は常に水を伴ひ且つ石油は其の上部に在る。かく石油と同一層内に存在する水を石油鑛床學にては端水 edge water と云ふ。含油層の附近には石油を伴はずに水のみを有する層少なからず、かくの如き水層は目的とする油層を中心として、上部に在るもの

を上水 top water をいひ、下部に在るものを底水 bottom water をいふ。更に二油層の中間に在るものを中間水 intermediate water を云ふて居る。石油の採掘にてはこれ等の地下水の石油貯溜所浸入を防止する事が一の重要な操作となつて居る。上水及底水は技術如何に由て防止され得べきも端水は如何ともすることは出来ない。端水の出現は油田の限界を示すものである。(未完)

地球學園新入學團員

(大正十五年三月二十日より
五月末日まで)

群馬縣多野郡吉井町大字矢田	小 林 敬 三	新潟縣北蒲原郡新發田町步兵第十六聯隊第一中隊	土 屋 左 治 兵 衛
福井縣遠敷郡遠敷尋常高等小學校	山 田 茂	山口縣玖珂郡高根村小學校内	三 家 本 等
德島縣名東郡加茂名町島田	桑 原 忠 治	下之關市東大坪	宮 川 政 夫
長野縣上伊那郡伊那富村上辰野	春 日 琢 美	德島縣那賀郡岩脇小學校	本 田 清
和歌山縣海草郡内海町	吾 勝 常 雄	熊本縣天草郡佐伊津小學校	增 山 恒
大連市南滿洲工業專門學校	大 戸 猷 造	京都市吉田町京都市常大陳列館地理教室	廣 瀬 慧
京都府立第三中學校	猪 鹿 倉 忠 俊	同 右	村 松 紫 樹
山形縣立寒河江中學校	田 中 傳 吾	京都市下京區大宮通四ツ塚下	松 下 清 雄
青森市榮町一八一木村藤太郎方	大 畑 巖	朝鮮黃海道海州高等女學校内	杉 下 工
大阪府南河内郡喜志村一〇四五	柿 原 金 次 郎	岐阜縣惠那郡上村小學校	丸 山 靜 雄
和歌山縣海草郡内海町島居	山 崎 源 之 丞	熊本市第五高等學校地質礦物學教室	原 田 準 平
高知縣女子師範學校内	増 子 久 三 郎	京都市常大地理學部地質礦物學教室	杉 丸 遠 一
福島縣安達郡杉田村字大澤	大 澤 堂 賢 永	同 右	新 井 友 造
岡山縣倉敷町	倉敷紡績株式會社		