

論文内容の要旨

論文題名

Laumontite in reservoir rocks and its relation to secondary pore formation in Japanese

oil and gas fields

日本の油ガス田貯留岩中のローモンタイトの起源およびその二次孔隙生成との関係

氏名

柳本 裕

石油・天然ガスの貯留岩や周辺にゼオライト鉱物の一つであるローモンタイトがみられることがある。日本の油ガス田では秋田県の由利原油・ガス田の火山岩貯留岩の周辺で熱水変質によりローモンタイトが生じている。また、北海道の勇払油・ガス田の貯留岩である花崗岩や石狩層群礫岩のフラクチャーにも熱水性のローモンタイトが生成し、貯留岩の発達に影響を与えている。一方、基礎試錐「三陸沖」、「相馬沖」など東北日本の太平洋側に分布する上部白亜系から古第三系の含夾炭層堆積盆に掘削された坑井では、マトリックスの少ない砂岩に二次孔隙が発達するとともにローモンタイトを産出することが知られている。本論では、このローモンタイトがどのように生成し、貯留岩である砂岩の二次孔隙生成とどう関係しているかについて検討を行った。

基礎試錐「三陸沖」は平成11年に三陸沖構造において古第三系～白亜系の石油地質学的な評価を目的として掘削された。その掘削深度は4500mであり、それらはA層(Upper Cretaceous), B層(Upper Paleocene to Middle Eocene), C層(Middle Eocene), D層(Upper Oligocene to Lower Miocene), E層(Pliocene to Quaternary)に分けられる。夾炭層が発達するA層、B層に夾在する砂岩はカルサイトセメントや碎屑粒子が溶解して生じた二次孔隙に富

み、良好な貯留岩性状を示す。油ガス徴も頻繁にみられ、テストが実施された B 層では相当量のガスの産出が確認された。本地域では C 層と D 層の間には大規模な不整合が存在することが知られており、本坑井を通る震探測線でも C 層と D 層の間には傾斜不整合の存在が認められている。

本坑井の各地層中に挟まれる凝灰岩には埋没続成により生成した沸石が含まれる。この埋没続成分帯は C 層と D 層の間の不整合が生じる前の最大埋没時に形成されたと考えられ、続成分帯と過去の地温勾配の推定に基づき、不整合時の削剥量は約 1.8km と推定された。また最大埋没時の地下温度も有機物が熟成し、有機酸を生成する程度まで上昇したと推定された。A 層および B 層砂岩のセメント鉱物としてクロライト、石英、カルサイト、ローモンタイト、カオリナイトなどが同定され、鏡下の観察から以下のことが分かった。クロライトセメントはリムセメント、ポアセメントとして産し、部分的にカルサイトに交代される。カルサイトセメントは粒子間孔隙を埋めるとともに、斜長石や変質したガラス質岩片を交代する。鏡下でみられるセメント鉱物の関係から、リムセメントクロライト、石英、ポアセメントクロライト、カルサイト、ローモンタイト（またはカオリナイト）の順で生成したと思われる。またマイナスセメントポロシテイの考えを適用してその生成時期を検討したところ、クロライトセメントは 1840-2200m の深度で、カルサイトセメントは 2520m の深度で生じたと推定される。これらの砂岩にはカルサイトセメントや粒子を交代したカルサイトの溶解によりできた二次孔隙が広く発達している。そしてこの二次孔隙にローモンタイト、カオリナイトが生成している。これらの事実から、二次孔隙を生じた鉱物粒子やセメントの溶解は、最大埋没時に夾炭層中の有機物の熟成にともない生じた有機酸を溶かした酸性地層水が Upper Oligocene の隆起運動にともない上昇してきて引き起こしたと考えられる。また、この酸性地層水からカオリナイトが、カオリナイトや鉱物粒子を溶かしてアルカリ性に変化した地層水からローモンタイトが出来たと考えられる。これらの鉱物生成のタイミング、過去の地史や推定地温などから、ローモンタイト生成時の温度条件は

60 程度と考えられる。

基礎試錐「相馬沖」は平成2年に相馬沖構造において古第三系～白亜系の石油地質学的な評価を目的として掘削された。その掘削深度は3500mであり、それらはA層(Cretaceous)、B層(Eocene to Oligocene)、C層(Lower to Middle Miocene)、D層(Upper Miocene)、E層(Pliocene)、F層(Pliocene to Quaternary)に分けられる。A層は海成砂岩泥岩互層、B層は夾炭層や泥岩などからなる。夾在するA層、B層の砂岩は二次孔隙に富み、良好な貯留岩性状を示す。しかしながら炭化水素を含まず、水層と判断された。5層準で不整合がみられるが、大規模な削剥は考えられず、現在が最大埋没と推定される。

本坑井でもA層およびB層砂岩には石英、カルサイト、ローモンタイト、カオリナイトなどのセメント鉱物や二次孔隙がみられる。これらの産状や地下深くまで炭層が埋没し、有機酸が生成したと考えられることが「三陸沖」と共通することから、セメント鉱物や二次孔隙は「三陸沖」と同様なメカニズム、順序で生じたと推定され、このような現象は「常磐沖」を含むこの夾炭層堆積盆に普遍的に起きていたと考えられる。

「相馬沖」坑井の各地層中に挟まれる凝灰岩には埋没続成により沸石が生成している。それらはZone I (volcanic glass)、Zone II (clinoptilolite)、Zone III (analcime/heulandite)に分けられるが、Zone II から Zone III への変化は約40℃と通常の埋没続成よりかなり低温でおきていると推定された。これは有機酸を含む酸性地層水が岩石と反応しアルカリ性になり、凝灰岩と反応した結果、より低温での続成変化をもたらしたと解釈される。

基礎試錐「三陸沖」、「相馬沖」の白亜紀、古第三紀砂岩の薄片観察の結果、ローモンタイトを含む岩石でも、全岩に対するローモンタイトの割合は0.6-4.6%で、19-22%の二次孔隙が残されている。一方カオリナイトを含む岩石では、カオリナイトが0.6-9.8%を占めるのに対し、4-16%の二次孔隙が残される。このようにローモンタイトあるいはカオリナイトセメントの生成は、二次孔隙を埋めるには至らず、良好な貯留岩性状は保持され、その後移動してきた炭化水素をトラップすることが可能となった。

勇払油ガス田のローモンタイトがフラクチャーを埋めて大量に生成していること、流体包有物から100以上の高温でできたと推定されることから熱水性と考えられるのに対して、「三陸沖」、あるいは「相馬沖」のローモンタイトはその産状や生成のタイミングから、低温で、また有機酸を溶かした地層水が上昇して来た時にのみ形成されたことが特徴である。本論により、有機酸を含む酸性地層水による二次孔隙生成に引き続く過程で、低温でローモンタイトが生じることを初めて明らかにすることができた。

東北日本太平洋側海域地下に発達する上部白亜系～古第三系夾炭層堆積盆の砂岩は、埋没後の圧密があまり進まない段階で広範囲にカルサイトのセメンテーションを被った。その後、有機物の熟成により生じた有機酸によりカルサイトが溶解し、大規模に二次孔隙が発達した。上記したように、本地域のローモンタイトはこの二次孔隙生成にともなう地層水組成の変化により孔隙の一部のみを埋めて産出したことが特徴である。したがって、本堆積盆におけるローモンタイトの分布は大規模な二次孔隙の発達、それにともなう良好な貯留岩の存在などを示唆しており、探鉱上の重要な指針を示すといえる。