

資 料

553.98.061.3 : 551.26 : 551.7(51)

中国の陸相の石油根源岩に関する若干の基本的地質特性とその形成条件*

錦 言* 本島 公司訳**

要 旨

中国の石油工業は、自力更生の基礎にたつて、急速な発展がみられ、その情勢は非常に良好である。中国の豊富な、陸相の石油・天然ガスは、陸相の石油根源岩から生成されたものである。これら石油根源岩は、空間的に広く分布している特長があり、後期二疊紀、後期三疊紀、早期白亜紀および第三紀の4つが主要な石油生成期である。

本論文の第1部に概述した陸相の石油根源岩の若干の地質特性は次のようである。

1. 大型の堆積盆地は、陸相の堆積層と石油根源岩系が発達する広大な場所である。
2. 陸相の堆積層の発達には、各種の地質時代へまたがり、また多くの地層中に石油根源岩がある。
3. 陸相の石油根源岩相は、多種類の石油形成上の類型をもつ。
4. 陸相の堆積盆地内の石油を生成するデプレッション（凹陥）は、石油・ガスの主な供給体である。

本論文の第2部では、陸相の石油根源岩の主要な形成条件について論述した。

1. 古湖盆の存在と発育は、石油根源岩系を形成するための、第一の前提である。
2. 豊富な石油生成のための母源質は、石油根源岩を形成する物質の基礎である。
3. 石油を生成する母源質の良好な保存と転化は、石油根源岩を形成するための必要条件である。

探鉱実践によって、陸相の堆積盆地の中には、石油が生成したにとどまらず、大型の油田・ガス田が形成されたことが証明された。中国の石油地質事業は発展中であり、毛主席の革命路線に沿って、将来さらに大きな勝利をうるであろう。

本 文

中国の労働人民は、石油・天然ガス資源の発見と利用に長い歴史をもっている。今世紀の30年代に、中国の地質科学従事者は、陝北、四川盆地の陸相の堆積層中にある石油産出の特長をふまえて、陸相の石油根源岩問題をまず第一に提出した（文献1、2）。しかしながら、100余年来、中国は半封建、半植民地国家となり、“3つの大きい山”の圧迫のもとで、石油工業は長期的に低調であつて、延長、老君廟ミヤオなどの小型油田で、わずかな産量を、氣息えんえんとして保っていたにすぎない¹⁾。豊かな石油・ガス資源をもった中国は、帝国主義とその御用学者によって“貧油”国家とさげすまれていた。

新中国ができてからは、偉大な毛主席と共産党の指導のもとで、独立自主、自力更生の方針を堅持し、大衆運動がおこり、石油探査に大発展があり、石油工業は急速に発展隆盛をみた。古い油田が新生しただけでなく、西北地区の陸相中、新生代堆積盆地中に克拉瑪依、冷湖などの油田・ガス田を発見した。大躍進以来、非常に短期間のうちに、中国東部地区で大慶、大港、勝利などの大型油田・ガス田の相次ぐ発見があり、中国の石油工業のおちこんだ状況は、根本的に改変された。

* 錦言：我國陸相生油岩の若干の基本的地質特性及其形成条件、地質学報、1977年第1期、19—27頁（訳者注：著者名はチン・イエンと発音）

** 技 術 部

1) 訳者注：下記の文献を参照されたい。①本島公司訳、中国の石油工業、地調月報、vol. 23、p. 467—481、1972 ②本島公司訳、中国大陸の油田地質概要、地調月報、vol. 24、p. 353—373、1973 ③本島公司訳、中国大陸の地体構造問題の概要、地調月報、vol. 24、p. 529—541、1973。

多くの探鉱実践に基礎をおいて、堆積岩の岩石鉱物、地層古生物および古地理などの面を総合研究したところ、これらの盆地から産出する石油は、陸相の石油根源岩からもたらされたことが証明された。石油根源岩中に広く分布する原生の石油・ガス徴候、たとえば泥質岩中の不連続な割れ目、砂質の細かい帯、砂岩のレンズおよび生物碎屑中に散る油の各種徴候などは、石油がそこで生成され、そこにたまっている証拠である。

各盆地の石油根源岩と、その原油の有機地球化学的研究も、これら2つの間に密接な関係があることを示した。それは、海相の石油根源岩およびその原油との関連と大きな差がみられる。原油の含ろう量が高い、凝固点が高い、粘性が大きい、硫黄の含有量が低いなどは、中国の陸相原油の特長である。

中国の石油探査の実践によって、陸相の堆積物が石油を生成し、大型の油田・ガス田を形成することは、疑いのないところである。その特長を述べることによって、実践と理論上の石油生成に関する研究内容が、さらに豊富になる。

1. 陸相の石油根源岩系についての若干の基本的特質・特長とその石油天然ガスとの関係

中国の陸相の堆積層は、後期古生代以来、広範に発達してきて、各地質時代の陸相の堆積層中には、すべて石油根源岩の発達が見られる。その中でも、後期二疊紀、後期三疊紀、初期白亜紀および初期第三紀の大型盆地内には巨大な石油根源岩の堆積・発達が有り、中国における豊富な陸相の石油ガス資源を形成するすぐれた物質的基礎になっている。これら陸相の石油・ガス資源は、中国の特定な地史条件からくる必然的な産物である。

1.1 大型堆積盆地は陸相の堆積層と石油根源岩系が発達する広大な場所である

中国の大型な陸相の堆積盆地は、全国に広く分布する。東部地区の主要盆地は北北東方向に展開し、新華夏系²⁾の3個の沈降のおれ目にあたっている。その生成発展中では、中型、巨大型の東西むきの構造帯(陰山、秦峯、南峯帯)および巨大型の山字型構造体系(祁、呂、賀の山字型、淮陽の山字型、龍江の山字型)も、一定の作用がおこる³⁾。

西部地区の主要盆地は、北西西方向に展開し、主なものは巨大型の東西方向の構造帯(天山、昆崙帯)の支配下にある。これとは別に、巨大型の歹(訳者注:タイと発音する)字型構造体系(康蔵歹字型、パミールヒマラヤ山歹字型)および巨大型、大型の山字型構造(欧亜山字型、祁、呂、賀山字型)も重要な影響がある。

これら大型の陸相の堆積盆地は、その面積が大きく、一般には10万 km²をこえる。沈降の幅も大きく、各時代の陸相の堆積物の累計層厚は、一般に6,000-7,000mあり、最も厚いものは、14,000余mに達する。石油根源岩系の層厚は、数100-1,000余mある。以上はすべて、相当規模の油田ガス田をもっており、良好な石油ガスの未来図をもつ。

次のようなことを指摘することができる:すなわち、中国に発達する中、小型の陸相の堆積盆地では、原始堆積盆地の様相を反映している。多くの点が、変動と改造の結果できあがった。この種の原始堆積ののちに、中、小盆地が残存することに注意してほしい。実践によって、中、小型の陸相の堆積盆地が、ある量の石油・ガスを貯留し、産出することが実証された。

1.2 陸相の堆積層の発達は多くの地質時代にわたり、かつ多くの地層が組み合わさった石油根源岩をもっている

陸相の堆積盆地の生成から、発展、消滅に至る過程において、古湖盆は一回ないし数回にわたる発生、

2) 訳者注: 華夏系層地塊は中国の東半を占める。本島公司・岸本文男訳、中国の地体構造の基本的特長とその発展に関する初歩的検討、地調月報、vol. 28, p. 413-429, 1977を参照されたい。

3) 訳者注: 下記を参照されたい。

①中国地質科学院編、中華人民共和国地質図、1:4,000,000, 1976, 北京 ②中国地質科学研究所編、中華人民共和国構造体系図、1:4,000,000, 1975, 北京 ③中国地質科学研究所編、アジア州(亞洲)地質図、1:5,000,000, 1975, 北京

発展、変化の歴史をもつ。このため、同じ一つの堆積盆地内に、多くの時代の石油根源岩が発達する。北西地区のある盆地の三疊系、ジュラ系などはこの例で、他の盆地における二疊系、三疊系、ジュラ系もそうである。これらはみな、中国にある陸相の堆積盆地における、多くの時代にわたる石油根源岩のありさまを示している。

中国の主な陸相の堆積盆地における石油根源岩の発達状況を見ると、東から西へと向かって石油根源岩層系が増加し、地質時代では新から旧へと変わる特長がある。

一般的に述べれば、盆地が早く生成し、おそく消滅し、盆地が多くの地質時代を経過した場合に、しばしば石油根源岩の発達する時代が多くなって、石油探査には有利になる。おそく生成した盆地あるいは早く生成し、早く消滅した盆地では、石油根源岩の発達する時代も少なくなる。しかし、長期にわたって平穏で、かつ沈降が続く堆積段階がある時にだけ、巨大規模の石油根源岩系が発達し、このことは探鉱実践で証明済みである。

古湖盆が発生してから、発展する歴史によると、石油根源岩系の主な発達は静かな沈降段階に明らかに現われている。この一つの段階においては、湖盆は構造運動の影響を受けて、しばしば次のような一連の変化を受ける。

古湖盆 発生→拡大→収縮
湖水の深さ 浅→深→浅
堆積環境 酸化→還元→酸化
堆積物粒度 粗→細→粗

これらの変化は、一定時間内の岩石性質、岩相、生物群などの面で規則的に変化するサイクルをつくり、いずれのサイクルでもその中部は、比較的水深の大きい、還元環境下にあり、有機物に富む暗色の泥と頁岩が主な堆積物になり、ここが石油根源岩の発育するところである。サイクルの中下部と中上部すなわち水深が比較的浅く、弱い還元または弱い酸化の環境のもとにあったものは、砂質岩が主な堆積層をつくり、それは良好なレザバーであることは疑いない。サイクル中上部の泥質岩層と、上位のサイクルに属する泥質岩は良好なキャップロックである。

この種の岩石性質、岩相のサイクリックな変化によって、根源岩、レザバー、キャップロックの重なり方がつくられ、中国の陸相の多くの堆積層の石油生成に関連した一つの重要な特長が形成された。

1.3 陸相の石油根源岩系は多種の石油生成上の形成類型をもっている

古湖盆では、それを満たす水の塩分の多少、水深の大小などの差があり、陸相の石油根源岩系の形成される型も多様である。

重要なものは下記の数種にまとめられる。

1.3.1 淡水湖相の堆積層の石油生成類型

比較的水深が大きい～水深が大きい湖相の石油生成の形式：

主に灰色、黒色の泥岩、頁岩からなり、時に油頁岩、泥灰岩、星状に散在する黄鉄鉱に富んだ部分をはさむ。岩石の性質、岩相の変化は少なく、葉腮類、軟体類、魚類その他各門の化石を豊富にもつ。泥岩の割れ目、砂岩のはさみには原生の石油・ガスの徴候が見られ、原始有機物の量、質および石油転化の程度など、各種地球化学的インジケーターは比較的高く、堆積の層厚は常に数100mあり、あるものは1,000mをこす。一般には古湖盆の堆積の中心部に発達する。中国の主な石油生成期の石油根源岩はすべてこの種の形成類型である。

水深の小さい湖相が主な石油生成の形式：

暗灰、灰、灰緑色の泥岩、こまかい砂質泥岩が主で、時に油頁岩、ノジュール状の菱鉄鉱、星のように分散した黄鉄鉱を挟み、さらに微細な交さくした層理、波痕なども見える。岩石の性質、岩相変化は比較的大きい。暗灰色泥岩中には、成層した貝類化石と植物の破片があり、地球化学的インジケーターは、中程度あるいは低度である。堆積層の層厚は数10-数100mで、水深が比較的大きい湖沼へ堆積した暗色の泥岩、頁岩を除いて、石油生成の条件は割と低い。一般に、比較的水深の大きい湖～水深の大きい

い湖の相帯の外えんに発達し、また堆積の中心地区にもできる (たとえば長期間にわたる浅水の湖盆)。これは、中国で常に見られる一種の陸相の石油生成の形式である。

湖沼、沼沢相の石油生成の形式：

灰黒、灰緑色の砂、泥岩、頁岩が主で、油頁岩、炭質頁岩および石炭層を挟む。ノジュール状の菱鉄鉱、星状に散在する黄鉄鉱と植物化石や破片などが常に見られる。水深の浅い湖相あるいは比較的深い湖相の暗色泥岩、頁岩は、主な石油根源岩である。目ぼしい地球化学的特長は、原始有機物の量が比較的多く、その質と転化条件は通常低いことである。石油根源岩の層厚は数10-数100mで不同。中国の陸相のジュラ系の含炭系地層中によく見られる一種の石油生成の形式が、これである。

このほか、中国東南地区の中型、小型の陸相盆地にある上部ジュラ下部白亜紀層で、一般的に石油根源岩の発達がみられている。それは、何回もおこった火山噴出の間隙期にできた湖の産物であって、層厚はわずかに数10-数100mであるが、しかも石油探査の意義をもっている。

1.3.2 塩水湖相の堆積層の石油生成類型

これは中国の第三紀下部層でよく見られる石油を生成する地層構成の一類型である。

岩石の性質上の特長は、石膏、カルシウム、芒硝、岩塩、灰黒色泥岩、頁岩、油頁岩などが相伴していることで、化石相は少なく、時に成層した貝類化石べいりゅうしせきが見られ、泥質岩の塩素イオン含有量は0.1%と大きい。地球化学的インジケータは、淡水湖相の石油根源岩にくらべて高く、転化は割合低い特長があり、原生の石油・ガスの徴候は割合よくできる。堆積層の厚さは数100mで、1,000mをこすものもある。

石膏を含む盆地は一般に次の堆積段階の歴史をもつ。

炭酸塩 \rightleftharpoons 硫酸塩 \rightleftharpoons クロライドのソルトあるいは 炭酸塩 \rightleftharpoons 硫酸塩

ある石膏岩塩盆地では、この種のサイクルが反ぶくして発達している。石油根源岩としての意義あるものは、水深が比較的大きい～水深が大きい湖相に堆積した暗色泥岩、頁岩が主で、次に位置するものとして浅湖相の灰色、灰緑色の泥岩がある。

一般に、比較的大きい塩水の堆積盆地の中では、炭酸塩はクロライドソルトの過渡的地区へ向かって分布し、多くの生物を含有する暗色の泥岩、頁岩が比較的良好に発達する。これは、石油を最も有利に生成する地帯である。面積が比較的小さい塩水盆地内では、その過渡的な水深が比較的浅いところで、赤色の碎屑岩と石膏の堆積物が常に見られる。しかしながら、塩水区では、塩類と暗色泥岩、頁岩の堆積層があり、このために塩水区における石油生成の条件は、割合に良好である。石油生成条件の良否は、つまるところ、暗色の泥岩、頁岩の単層の厚さと、その累積層厚で決まる。

1.3.3 デルタ相堆積の石油生成類型

中国のデルタ相の石油生成類型には、河流が湖盆に入る所へできた陸相の砂岩、泥岩形成のものがああり、ある条件のもとでは比較的良好な石油根源岩も発達できる。われわれは、一般に、このような堆積物を湖盆堆積物の一部分として扱おう。湖相のデルタは、その規模において、河が海へ入った所へできたデルタに、到底及ばないが、デルタの存在は、湖盆の石油根源岩の平面的分布形態を変えるので、石油地質の調査・研究中には注意を払う必要がある。

このほか、中国東部の陸相の湖盆は石油根源岩をつくる地質時代に、しばしば海洋と接近し、大きな層厚の陸相暗色泥岩、頁岩が水深の大きいところで石油を形成する地層をなしている中に、常に数層の海の化石を含む薄い層(石灰岩、ドロマイト、泥岩で、一般に単層の厚さが数m)が挟まっている。これは、海水が局部的に湖と連通したためである。これらの地区は、すでに古湖盆の一部であり、かつ海相のデルタ体系の陸上部分でもある(デルタ平原)。石油根源岩中に、これら海相の部分が挟まっているが、それらは主導的地位を占めない。海相の堆積物が主なデルタにおける石油根源岩の類型については、ここでは討論しない。

以上から考えると、いかなる石油生成の類型たるをとわず、どんな種類の石油生成に関する組み立てであっても、ただ、古湖盆が長期にわたって静かで、持続的な沈降発展の段階が一定の範囲内におこり、一つの比較的水深の大きい水体が存在して、その堆積層が比較的厚い暗色泥質岩から成れば、すなわ

ち有力な石油根源岩ができる、といえる。

1.4 陸相の堆積盆地内の石油生成デプレッションが集積した石油・ガスの主要な供給体である

石油生成のデプレッション⁴⁾は、構造と堆積という2つの意味をもっている。構造上では、それはしばしば主導体系の低部を支配し、盆地内の多くの体系の低部の複雑な深い凹地をなしている。それは、たとえば新華夏系と東西方向の構造の低部での重なり合いのようなものである。旋巻構造の旋渦と、新華夏系の低部へ向かう重なりあい、ほうき状構造の低部の重なり、などがその例である。

堆積上では、古湖盆の堆積中心地帯で比較的水深が大きい～水深が大きい相帯がいきまじり、そこは暗色泥岩、頁岩の層厚が大きくなり、原始有機物が豊富で、堆積環境は盆地内で石油根源岩の発達の最もよい地区になる。

中国の大型の陸相堆積盆地では、1つの地質時期に数多くの石油生成デプレッションがあり、たとえば華北の某デプレッションでは石油生成デプレッションは5個にも達する。

実践によって、陸相の油田・ガス田が、一般に石油生成デプレッション内あるいはそのまわりの岩石の性質が適した構造帯にあることが証明された。この種のデプレッションの産量規模を、盆地の石油生成量の計算、油田・ガス田の賦存位置、盆地の石油探査についての見通しなどの面から研究するのは、大事な意味をもっている。

堆積盆地内の、一時期についての石油生成デプレッションと、その時期の堆積の中心は相関する。中国の大型の陸相堆積盆地は、異なる時代と異なる構造体系の段階のもとで、生成・発展し、複雑にからみ合っていて、堆積古地理の様相にも変化が生じ、新しい堆積相帯の配置、新しい岩石の性質、岩相の区画、堆積の中心などが変化に伴ってできて、石油生成のデプレッションも対応した転移が見られる。このため、堆積中心の変せんを、石油生成デプレッションの位置と対応させた研究は、すこぶる重要である。

指摘されるべき事項は：

地質時代における石油生成のデプレッションの様相は、今日のそれに比べてやや複雑なことである。構造運動がよく受け継がれた堆積盆地では、ある地質時代の石油生成デプレッションの位置は、今日の構造の深凹部に位置する。その保存の条件はすぐれていて、貯油構造へ供給される石油のものは豊富である。受け継がれる程度が少ないところでは、過去の石油生成デプレッションが、しばしば分け隔てられたかっこうで、今日の構造のやや深凹部に近い所(次級深凹部位)に存在する。本来の状態をつかんでいない時に、人々は、しばしばその分かれているものを、孤立的に存在するものと見なして、石油生成の意味を低く位置づけてしまう。この点は十分に注意して研究されるべきである。さらに、現在構造的な傾斜部分へ分布しているものであっても、その後構造的に大きく破壊されていないものならば、それは価値がある。はじめの石油生成デプレッションが、あとの構造期に上昇さくはくを受けた場合にも、石油生成の時期と構造変動の時代をよく研究して、破壊が石油・ガスの生成・移動の前であるのか、後であるのかをはっきりさせるべきで、不整合、地層の欠失あるいは地上への露出などを見て一がいに否定的態度をとることはできない。このために、石油探査の作業を指導するという面で、石油生成デプレッションの様相を正確に認識することは重要であって、合理的な総合分析の基礎にたつてのみ、信頼できる判断を得ることができる。

2. 陸相の石油根源岩の主な形成条件

大型の陸相の油田・ガス田が相ついで発見されたので、中国の多くの地質従事者は、生産実践の中で、陸相の石油根源岩の形成条件、たとえば構造、堆積、古気候、堆積時の水体の性質、石油を生成する母源質、保存と転化条件などの基本問題について広範な研究を進め、陸相の石油形成の理論探究を一步ゆたかなものにした。われわれは、陸相の石油根源岩の形成には、以下に述べる3つの基本条件をそなえ

4) 凹陥

る必要があることを認めた。

2.1 古湖盆の存在と発育が、石油根源岩系を形成するためにまっ先に必要である

すでに述べたように、古湖盆は、陸相の堆積層と石油根源岩が形成され、発育する場所である。古湖盆が生成、発展する過程で、特に平静で沈降が持続する時期には、水域が広大で、水深も比較的大きく、生物群が繁殖し、厚い暗色泥岩、頁岩が沈積し、かつ有機物も集まり、その保存、転化など地質・地球化学環境があり、石油根源岩系の良好な発達が見られる。堆積の水盆が大きくなるほど、平穏な発育時間は長くなって、石油根源岩の体積も大きくなり、生成する石油量も豊富になり、形成される油田・ガス田の数、埋蔵される油・ガス量も多くなり、規模が大きくなる。

2.2 石油を生成する原物質が豊富にあることが石油根源岩を形成するための物質上の基礎である

生物が発育する程度とその性質は、石油生成の母源質を形成するために、決定的な影響をもつ。上述のように、陸相の湖盆は、その発展時期において、広大な面積のなかに比較的大深度の水体を保持しているために、水棲生物、特に低級プランクトンの大量発生に好都合な条件ができる。これは、有機物質の主な供給源であり、また同時に河流からも不断に有機物が補給される。これら有機物と淤泥は、一緒に湖底へ沈積し、ある量と性質をそなえた石油生成母質をつくりあげ、石油根源岩を形成するための豊富な物質的な基礎を提供する。

さきに、ある学者が、古気候と水体の性質の条件が、生物発育と石油根源岩を形成するために重要な作用をしていると述べて、広く論争をよんだ。

中国の各主要石油生成期における堆積古気候条件と水体の性質についての研究によって、過去には湿潤、半湿潤、半乾燥ないし乾燥など、各種の気候条件があったことが理解された。水体の性質には、淡水、汽水ないし塩水の、多種の類型があった。

多くの、現世の湖沼堆積の調査によって、淡水、塩水たるを問わず、また湿潤気候あるいは乾燥気候たるを問わず、湖水中には低級プランクトンを主とした生物群が発育し、湖底にはすべて有機物に富んだ暗色の淤泥が堆積していることも明らかにされた。中国北西地区の青海湖は、なかば乾燥した高原気候の条件下にある汽水湖で、大量の水棲生物、特に藻類の生長が見られる。計算によると、湖底の1,700 km²に分布する暗色淤泥の、深さ1 mの体積の泥中には、1億 t以上の有機物が埋蔵されている。主な有機物はプランクトンの死骸で、淤泥の有機炭素量は2.29%、クロロフォルム抽出物量⁵⁾は0.12%、炭化水素量は0.014%である。

中国東部地区の諸湖沼は、いずれも半湿潤気候の条件下にある淡水湖である。水棲生物はさらによく発育し、有機淤泥中の有機物量はさらに多い。たとえば、東湖の淤泥中のクロロフォルム抽出物量は0.19%で、青海湖よりも多い。

したがって、現世堆積たると地質時代の堆積たるとを問わず、異なる気候と水質条件は、生物の生長と石油根源岩の発育に対して幾分かの影響を与えるが、主要な因子ではないことが証明される。主要なものは、水深が大きいこと、有機物が多く集まり、保存されかつ石油へ転化するなどの条件である。

湖盆の水体の深さが不同であること、および1つの湖でも堆積の相区が不同であるために、有機物の種類と性質は一様ではない。沼沢、水深がきわめて浅い湖盆あるいは陸源区に近い湖盆の縁辺では、水の動きがあり、堆積物は粗らく、水棲植物(河流が運搬してきた高等植物の残骸を含む)の発育がよい。そのために、腐植型の有機物が形成されるが、それは植物のセルロースと炭水化物などが生化学的に変化してできたものである。この種の類型に属する堆積岩の有機地球化学的な特長は次のようである。

すなわち、もとの有機物における有機炭素含量が非常に高いことを反映して、H/C元素比の値が低く、炭化水素類へ転化するものがきわめて少ない。さらに、明瞭な芳香炭化水素の環状構造をもつ特長があり、石炭をつくる母源質になる。

5) 訳者注:ピチューメンA

現世堆積物の研究によってもこの一点は証明された。中国の広東地区にある泥炭土の如きは、第四紀の沼沢相の堆積層であって、その有機炭素含量は高く、10.16-20.84%に達するが、炭化水素含量はわずかに0.00003%、クロロフォルム抽出物中のピチューメン含量は63.63%、非炭化水素含量は飽和炭化水素含量よりも大きく、石炭の可溶性有機物の化学組成に近い。

陸源区からやや遠い、比較的水深大～水深大である湖盆の中心地帯では、水体は停滞して平静、広大な水域は大量のプランクトン生物の発育に適し、陸源区から来た大量の粘土とプランクトンの遺骸が一緒に、迅速に湖底へ沈積して、腐泥型の暗色有機淤泥をつくる。この類の有機物は、特に類脂化合物とアミノ基化合物に富んでいて、明らかに石油を生成する主な母質である。

中国の松遼盆地⁶⁾、華北盆地⁷⁾などにおける石油根源岩は、皆この種の類型に属する。

この類型の地球化学的な特長は次のようである。

- 1) 有機炭素量が比較的高く、一般に0.5-1.8%。また、H/C 元素比の値も大きい。
- 2) クロロフォルム抽出物の含量は0.06-0.4%。
- 3) 炭化水素含量は0.01-0.1%で、飽和炭化水素が主である。
- 4) 有機抽出物の炭素の安定同位体比は、腐植型有機物よりも C-12に富む。

推算によると、中国の主要な大型陸相の含油・含ガス盆地の有利な石油生成区では、毎平方キロメートル当たり生成した炭化水素量は数10万 t に達し、石油とガス資源を支えるのに十分な基礎物質がある。

浅い湖相の堆積層は、その有機物の類型が、しばしば腐植ないし腐泥型の過渡的類型の特長を備えている。それは、下等生物を主要な組成成分としていること以外に、さらに一定量の陸生植物が加わっているため、時々植物の脂類に富み、芳香環状構造が比較的明らかで、一般に有機炭素含量が高くて1.5%以上に達し、炭化水素含量は低くておおむね0.01%前後である。有機抽出物の炭素安定同位体は、腐植型に比べて C-13が多い。このことは、その原物質中で陸生植物もまた一定の比重をもつことを証明している。中国のある盆地のジュラ系石油根源岩は、基本的にこの種の類型に属する。

以上を次のようにまとめることができる。

湖盆中の、異なった堆積相帯における有機物の類型と性質は異なり、一定の類型の有機物は、その基本的な変化する方向をもっている。腐泥型の有機物は石油・ガス生成のための最も大切な母質であり、腐植ないし腐泥型有機物もまた石油・ガスを生成する母質の一つであるが、腐植型有機物は石炭をつくる主要な母質である。

2.3 石油を生成する母質の良好な保存とその転化は石油根源岩を形成するための必要条件である

陸相の石油根源岩の形成は、豊富な原始有機物が必要であること以外に、この種の有機物がよく保存されて石油へ転化することがきわめて重要である。もしも、有機物が酸化環境下におかれると、遊離酸素の作用によって、迅速な酸化分解がおこり、各種の酸素化合物ができたのちに、最後には CO₂と H₂O とにこわされてしまう。したがって、酸素不足の還元環境が必要で、これがあってはじめて有機物は古湖盆の中で堆積・保存される。

古湖盆内における還元環境の形成には、水深が比較的大きいこと、速やかな沈積と水の動きがおだやかなことなどの条件が必要である。湖盆が生成・発展する過程の中では、これらの因子は矛盾な過程で不断に発展および相互制約をする。比較的深度の大きい水体は、しばしば比較的静かな水の動きをもち、速やかな堆積は水体をして深度を小さく変えさせ、同時に速やかな堆積は必ず豊富な物質の供給をともなっていて、大量の物質の補給は湖水の静けさに影響を及ぼす。このため、これら矛盾する諸々の因子は、一つの特定の構造・堆積環境の中で統一される。すなわちそれは、古湖盆が平静な沈降と堆積速度がおおむね沈降速度を補うような状態を長期にわたって持続することである。

たとえば、中国のある大型の陸相の堆積盆地は、すべて相当早い沈降速度と一定の堆積速度とをもつ

6) 訳者注：大慶油田をもつ盆地

7) 訳者注：勝利油田、大港油田をもつ盆地

ていて、長期にわたって比較的水深の大きい水体を保持し、そこへ堆積した有機物は、沈積物によって上を覆われ、早期に埋没され保存された。

湖沼では、海洋におけるような大きい潮汐、海流、波浪がなく、波の及ぶ深度は小さく、水体は相対的には停滞して、酸素不足の還元環境をつくるために必要な水深は海洋に比べて大分小さい。これは、陸相の石油生成にとって有利な条件である。

古湖盆についてみると、塩水の濃度が比較的高い湖盆では、その水体が比較的閉塞、静穏であって、酸素不足の還元環境をつくるために必要な水深と還元の程度は、淡水相よりも条件が良く、有機物を良い条件のもとで保存できる。

たとえば、中国の青海湖の水深が19mよりも大きい広大な湖底では、黒色の粉砂質および粘土質の淤泥が沈積していて、割合多くの自生の黄鉄鉱と H_2S 気体があり、有機物の含量も高い。この部分の水底は還元環境にあると説明され、また有機物の沈積と保存にも有利である。

したがって、地質時代の古湖盆のことを説くにも、必ずしも非常に“深い”水体の存在を必要としない。ここでいう“大きい水深”、“比較的大きい水深”および“小さい水深”は、相対的概念であり、一般に水体の静かさに関連して、統一された水深の区分ではない。

有機物が連続して沈積、被覆された以後は、適合した条件の下で、石油へ転化する過程へと入る。これは非常にゆっくりと進み、連続的かつ複雑な過程であって、岩石ができあがる前まで進行し、そこで終了する。

この段階のはじめには、主として生物化学作用がおこる。腐植泥型または腐植ないし腐泥型淤泥の堆積物は、湖底においてその有機物が新しい堆積物によって不断に覆われる。還元酸化態鉄物によって消費される有機物部分以外に対して、まず好気菌、ついで嫌気菌が長期にわたって生物化学的変化を与え、還元環境下では CH_4 、 H_2S などの気体が作られる。中国の多数の現世の湖沼と三角洲（デルタ）平原中の堆積物は、普遍的に CH_4 を主成分とする天然ガス、すなわち還元環境下における生物化学的産物を含有する。バクテリアによって、変化させられた残余の有機物（大量の死んだバクテリアを含む）は、可溶性有機物（ CH_4 と少量の炭化水素類を含む）の部分を除いて、それ以外はケローゲンとよばれる組成が不均質な大分子量の不溶性有機物になる。実践によって、原始有機物が陸源の植物の残骸を主とする時には、芳香族構造（H/C 値が比較的低い）を主とする類石炭型のケローゲンを形成することが証明された。プランクトン生物が主な時には、鎖状あるいはシクロパラフィン状構造が類石油型のケローゲンをつくる。

埋没が続いて、岩石化作用が強まった条件になると、ケローゲンは有機化合物の主要部を占め、温度、圧力、カタライザーの作用のもとで、熱分解と熱触媒分解による石油生成の物理化学段階へと入る。ケローゲンは分解と縮合作用によって、一面で低分子量の簡単な化合物を、他面ではさらに複雑な大分子量の化合物を生成する。この作用は新しい組成へと反ぶくされ、大量の液体炭化水素類とビチューメン物質ができる。

たとえば、中国の陸相の主要石油根源岩のように、クロロフォルム抽出物中の総炭化水素含量は 30-70%、石油生成率 0.05% 以上、ノルマルアルカンの倚偶炭素数の原子比値（OEP 値⁸⁾）は 1 に近い、などは、すなわちこれら作用の結果そうなのである。したがって、この 1 段階は、有機物が石油へと転化する主要な時期であって、大量の分散している微粒石油と重炭化水素を主とした天然ガスの形成がはじまる。岩石化作用（固結、圧縮、脱水）のもとで、石油とガスは間隙水の排出につれて不断に移動・集積する。

現世堆積物中のノルマル・パラフィンの分析値によると、その OEP 値は 2.8-5.3 で、明らかに奇数が優勢である。しかし、石油根源岩と原油では、この値は 1 に近く、奇数・偶数の優勢は消失する。この点もまた、有機物が石油へと転化するには、1 つの絶えざる熟成過程があることを証明している。このために、良好な転化条件があることを保証する必要がある、有機物は必ず深く埋没した過程をへなければならない。これにはやや長い時間を必要とし、一定の温度、圧力条件が必要になる。これによって

8) CPI と同じ内容（訳者）

中国の陸相の石油根源岩に関する若干の基本的地質特性とその形成条件(本島公司訳)

有機物は量の変化から質の変化へ至る絶えざる熟成過程を、はじめて完成することができる。

一般的に言って、陸相の堆積盆地では、石油根源岩の埋没深度が大きければ大きいほど、その転化条件は益々良好となり、原油をつくる性質が理想的になる。

中国の最も浅い、新第三系の陸相の原生の油層は、石油根源岩の埋没深度が1,200m、地層圧140気圧、温度57°C前後と推測される。もしも、われわれが転化を開始する上限をながめて来た時に、中国の陸相の主要な石油根源岩は、その原始埋没深度がほぼ 2,000-3,000mに分布するために、これらは充分な温度と圧力、すなわち有機物が石油に転化し、豊富な石油のもとをつくるための良好な条件、を備えていると認めることができる。

一般に、地球上の異なる地区、異なる地史の時期の地温の有様は同じでない。中国のある地区の地温調査の結果は、異なる地区の地温増加率には大きな差を示し、この点を証明している。同じように、地史の発展過程では、地球の応力の集積とその放散のエネルギーによって、必然的に地下温度と圧力の変化がひきおこされる。したがって、異なる地区、異なる時代において、転化のために必要な埋没深度は一樣ではない。もしも、統一的に温度と圧力の限界をつくらうとしても、それは不可能である。したがって、われわれは、埋没深度は一種の相対的概念であって、地温勾配による因子が多々あるので、具体的な情況によって判断しなければならない。

各種転化ファクターの作用を通じて、その最終的産物は石油炭化水素類であり、石油生成の能力を反映された一定の量的概念をつくりあげることが、石油生成の評価および予測作業にとって、非常に有意義である。われわれは、岩石中に分散して在留しているクロロフォルム抽出物と炭化水素類が、量的に多ければ多いほど、その石油へ転化した総量も多くなることを認めたので、ある程度以上あれば有機物は石油へと転化した程度を反映している。

第1表には、明らかに、中国の陸相の石油根源岩中の有機物は相当に豊富でかつ良い転化能力をもっていることが示されている。

さらに指摘しなければならないことは、陸相の堆積層は程度の差はあっても、すべてある量の腐植型の有機物を含有することで、その転化効率は海相の堆積層よりもやや低い。しかし、石油根源岩の層厚が大きいこと、その中の有機物の含有量が高いこと、さらにこれらによって数量的には十分に補償されて、陸相の油量は相当に豊富であって、このことから陸相の石油根源岩は豊富な油源をつくる重要な特長をもつと認められる。

われわれは、陸相の石油根源岩の石油生成能力の評価に対して、地質および実験による資料を総合分析した基礎にたつて、次のことをつくりあげた。

まず基本的石油根源岩の類型を3つに分け、石油探鉱作業中によりどころとする、石油生成条件の評価上の大事な根拠を、第2表のように作製した。

以上のことを総合すると、中国の大型の陸相の堆積盆地は、豊富な石油・ガス資源を埋蔵しているが、それは上述した各種の条件と各種の因子が矛盾統一した必然の産物である。

陸相の堆積層が石油を生成することは、地史上からみれば、一種の普遍的現象である。中国の実情は、この種現象が提供した正確な例証になる。本文は、中国の地質構造条件と各地史時代の石油根源岩の生成・発育および分布の特長にもとづいて、簡げつに、総括的に述べたものである。

第1表 中・新生代陸相の石油根源岩の有機物含量と転化の程度

指標 時代	有機炭素 C%	クロロフォルム 抽出物 %	炭化水素 含有量 %	転化効率 炭化水素/C	OEP 値
早期 第三紀	0.55—1.83	0.15	0.08	0.07	0.96—1.13
早期 白堊紀	0.57—1.52	0.25	0.13	0.12	0.84—1.19
晚期 三疊紀	0.50—1.87	0.11	0.05	0.04	1.06—1.21

第 2 表 中・新生代陸相の石油根源岩の評価に関する標準

石油根源岩の特長 類型	岩 相	暗色泥岩の 累積の層厚 (m)	生物化石	原生の石油 ガスの徴候	地球化学相
石油生成の条件が良好	灰黒色泥岩, 頁岩を主とする	>300	豊 富	明 ら か	強還元～還元
“ 比較的良好	灰～灰黒色泥岩が灰緑色の砂, 泥岩を挟む	100—300	比較的豊富	やや多い	還 元
“ 比較的劣る	灰～灰緑色の泥岩を主とする	<100	少 量	やや少ない	還元～弱還元

有機炭素 C%	クロロフォルム 抽 出 物 %	炭化水素含量%	転化効率炭化水素/C
> 1	>0.1	>0.05	>0.05
0.5—1	0.05—0.1	0.01—0.05	0.01—0.05
0.3—0.5	0.02—0.05	0.006—0.01	0.005—0.01

しかしながら、われわれは陸相の石油根源岩に対して、全面的なつっこんだ研究を開始したばかりである。いうまでもなく、理論上あるいは実践上において、数多くの新しい問題と領域とをかかえている。われわれは、探究し、認識すること、すなわちすでに行った仕事をさらに一步進んで総括し、よりよくしてゆくことが必要である。

“この世に難かしいことはなく、ただ登るだけである”。われわれは、心から未来の展望を信じ、中国の石油工業の発展につれて、陸相の石油生成に関する研究が、さらに大きく発展すると信ずる。これらは、石油・天然ガスの将来における評価と予測の作業中にも、大きな力を発揮すると思われる。社会主義革命と建設に新しい貢献を、そして人類にさらに多くの貢献を。

文 献

- [1] 潘钟祥 1932 陕北油田地质。地质汇报,第 21 期。
- [2] 潘钟祥 1936 四川油田简报。地质论评,第 1 卷。
- [3] 黄汲清 1938 钻探油田之我见。地质论评,第 3 卷。
- [4] Pan C. H. 1941 Non-marine origin of petroleum in North Shensi, and the Cretaceous of Szechuan, China. *Bull. AAPG*, No. 11.
- [5] 陈 贲 1945 玉门油田油母岩层之讨论。地质论评, 10 卷。
- [6] 潘钟祥 1951 略谈中国油田。地质论评, 16 卷。
- [7] 潘钟祥 1957 中国西北部陆相生油问题。地质论评, 17 卷 2 期。
- [8] 关士聪 1958 中国含油气区类型与生油层系特征。1958 年莫斯科“全苏石油起源和油藏形成会议”上报告。
- [9] 侯德封 1959 关于陆相沉积盆地石油地质一些问题。地质科学。
- [10] 王嘉荫 1963 中国地质史料。科学出版社。
- [11] 黄第藩等 1964 青海湖第四纪沉积物中沥青的形成与陆相石油成因问题。地质学报, 44 卷 2 期。
- [12] 朱 夏 1965 我国中生界含油气盆地的大地构造特征及有关问题。科学出版社。
- [13] 李四光 1973 地质学概论。科学出版社。
- [14] 中国科学院贵阳地球化学研究所 1975 地球化学,第 2 期。科学出版社。
- [15] 石力群 1976 地质力学在中国石油普查勘探中的应用。地质学报,第二期。

(未出版资料从略)