

中国における油田の「二次開発」

1 石油資源と探鉱状況

中国政府は、国内の石油開発のため、1981～1987年の第1回、1991～1994年の第2回に次いで、2003～2008年に第3回全国資源調査を行った。第3回調査で対象となる資源には、従来の在来型石油のほかに、非在来型石油資源も加えられた。調査範囲は、115の盆地の石油資源、24の盆地、106の鉱脈に及ぶオイルサンド、47盆地の80ブロックにわたるオイルシェール資源である。

2008年8月に発表されたその調査結果によると、中国の石油の究極資源量（Total Resources）は1,086億トン、原始埋蔵量（Geological Resources）は765億トン、可採埋蔵量（Recoverable Resources）は212億トンに上る。一方、非在来型資源量については、オイルシェールの原始資源量は476億トン、オイルサンドの原始資源量は59.7億トンである。中国の非在来型資源量は大きく、今後、石油および天然ガス資源を補完する重要な資源になると認識されている。

また、2008年の国土資源部の統計速報によると、2007年の石油の追加確認埋蔵量は12.35億トンで、2006年の9.49億トンに比べ30.1%増加し、1995年以来初めて10億トンを超えた。2007年には冀東南堡、大慶古龍、長慶姫源と3つの億トン級の油田が発見されている。

国土資源部の「全国鉱産資源計画（2008～2015）」¹では、石油・天然ガスの中・短期開発目標が打ち出され、石油・天然ガスの開発構想が明らかになっている。同計画は、2007年時点で石油資源の発見率²が33%まで止まっているので、西部地区の未探査盆地のなどに対する地質探査の投資を増やせば、石油の確認埋蔵量および可採年数が増える可能性は十分にあるとしている。探査の目標は、2010年までには億トン級の油田約6カ所および千億立米級の天然ガス田6～8カ所、2011～2015年は億トン級の油田約10カ所および千億立米の天然ガス田8～10カ所の発見が目標とされる。追加確認埋蔵量については、2010年までには30～35億トンの石油および1.5～1.8億立米の天然ガス、2011～2015年は50～60億トン石油および2.8～3.5億立米の天然ガスが目標になる。生産量については、2010年には石油年間生産量1.9億トン以上、天然ガス1,100億立米以上が目標になり、2015年には石油年間生産量2億トン、天然ガス1,600億立米以上という目標が打ち出された。

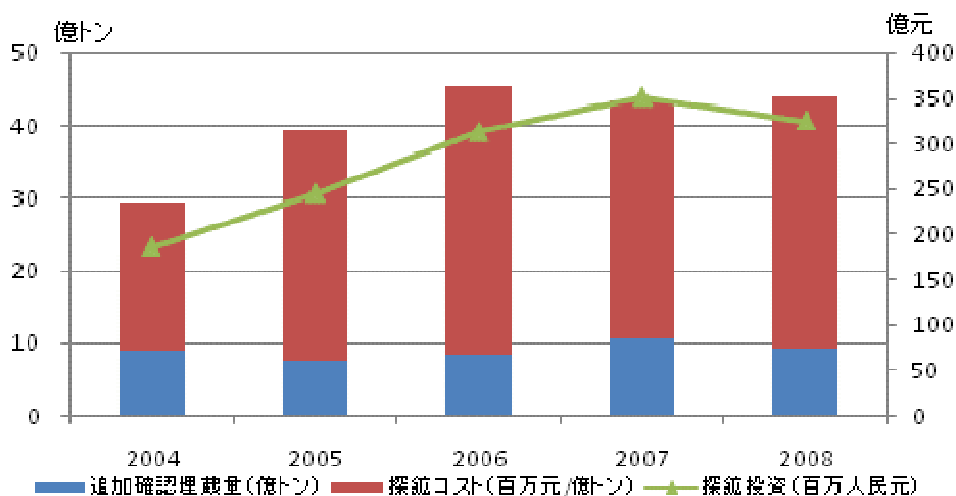
このように、国土資源部は2008年までの石油資源の調査に基づいて中・短期開発目標を

¹ 国土資源部ウェブサイト (http://www.mlr.gov.cn/xwdt/zytz/200901/t20090107_113776.htm)

² 確認原始埋蔵量と総原始埋蔵量の比。

掲げたのであり、今後の探鉱状況が注目される。

中国の探査現状を見ると、陸上の石油の追加確認埋蔵量は増加を示しているものの、伸び率は限られている。CNPC の 2008 年の追加確認埋蔵量は 6.43 億トンに達したが、前年に比べると 1.89 億トン減少した。CNPC は、近年の新規油田発見を受け、2009 年の石油発見目標を 6 億トンまで縮小した。一方、Sinopec の 2008 年の追加確認埋蔵量は 2.98 億トンであったが、前年比 0.50 億トンの増加に止まった。図 1 から分かるように、2004 年から 2008 年までの全国陸上の追加確認埋蔵量には大きな変化は見られない。



(出所) CNPC および Sinopec の各年度報告書により作成

図 1 中国における陸上石油の追加確認埋蔵量の推移

一方、近年、中国の陸上石油探査への投資は増加している。CNPC と Sinopec の石油探査投資を合わせると、2004 年は 186 億 2,600 万元であったのは、2008 年には 325 億 7,200 万元まで膨れ上がった。年平均 15.0% のペースで増加したことになる。また、石油の追加埋蔵量 1 億トン当たりの探鉱コストも、2004 年の 20 億 3,600 万元から、2008 年には 34 億 6,100 万元と、1.7 倍に増加した (表 1)。各年度の投資額とその年度の石油の追加埋蔵量が必ずしも対応するわけではないが、探鉱はますます困難になっている傾向が伺える。

表 1 CNPC と Sinopec の陸上油田における探鉱コストの推移

	2004	2005	2006	2007	2008
探鉱投資 (百万人民币)	186.26	245.40	313.00	351.42	325.72
追加確認埋蔵量 (億トン)	9.15	7.78	8.47	10.80	9.41
探鉱コスト (百万元/億トン)	20.36	31.54	36.95	32.54	34.61

(出所) CNPC および Sinopec の各年度報告書により作成

さらに、埋蔵量置換率³は低下している。表 1 は、Sinopec の埋蔵量置換率の推移である⁴。同じ年度の可採埋蔵量の追加と同年度の生産量を比較すると、この 5 年間、陸上油田の確認可採埋蔵量の追加がその年の生産量を下回る傾向にあり、石油生産量を可採埋蔵量の追加で補えることはますます難しくなると言える。

表 2 Sinopec における埋蔵量置換率の推移

	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年
確認埋蔵量の追加(万トン)	39,500	22,100	23,200	24,800	29,900
可採埋蔵量の追加(万トン)	5,242	3,447	4,116	4,046	4,550
生産量(万トン)	3,852	3,919	4,011	4,103	4,180
埋蔵量置換率(可採埋蔵量の追加/生産量)	1.36	0.88	1.03	0.99	1.09

(出所) Sinopec の各年度報告書により作成

このように、2004 年から 2008 年にかけて、石油探査への投資は増加する一方で、確認埋蔵量の追加は伸び悩んでいる。石油探査の中・短期目標を達成するためには、より一層探査を強化する必要がある。

2 石油生産と東部油田の位置づけ

中国の油田(開発機関)は、2008 年時点で 20 ヶ所余りであり、地理的分布としては、陸上の東部油田と西部油田、そして海上油田に分けられる。生産量は東北地区の大慶油田と遼河油田、山東省の勝利油田、河北省の華北油田、天津市の大港油田のいわゆる東部地区が大きい。西部地区には新疆油田、タリム油田、長慶油田などがあり、海洋油田は、渤海湾海域、東海海域及び南海海域に分けられる。

中国の石油生産量は近年若干の増加傾向を示している。2001 年の生産量は 1.63 億トンであったが、2008 年には 1.9 億トンに達した。7 年間で 2.2%増加したことになる。中国の石油の増産を支えているのは西部油田と海上油田であり、これは新しい油田の開発によってもたらされたものである。

東部油田の生産量は大きな伸びを示していない。2001 年は 11,337 万トンであったが、2007 年の生産量は 10,692 万トンに止まった(表 3)。このような傾向が続けば、東部油田の生産量は一層減少する恐れがある。

東部油田はこれまで重要な位置を占めていたが、長年の注水開発によって高含水期に入

³ 年間採掘量に対する可採埋蔵量増加の比率。

⁴ CNPC は年間報告書では新規探明地質埋蔵量による新規可採埋蔵量を示していなかった。

り、石油生産の全国に占める割合は徐々に低下する傾向を示している。例えば、大慶油田の 2001 年の石油生産量は 5,150 万 t であったが、2008 年には 4,162 万トンにまで減少した。勝利油田の生産量は、2001 年の 2,668 万トンから 2007 年には 2,770 万トンに増加した⁵が、微増に止まった。

大慶油田や勝利油田などの東部油田は、長年の開発によって老朽化が進み、生産量は減少または横ばいであり、このままでは今後一層生産が減少することは不可避である。したがって、中国全体の生産量を維持するために、海洋油田および西部油田の開発に力を入れるとともに、東部油田の増産方法を講じることは重要な課題となっている。

表 3 中国の油田別生産量の推移

単位：万トン

地域	油田	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
東部	大慶	5,150	5,013	4,840	4,640	4,495	4,338	4,162
東部	遼河	1,385	1,351	1,322	1,283	1,242	1,201	1,206
東部	吉林	404	444	475	506	551	591	624
東部	華北	451	438	435	432	435	440	447
東部	大港	395	394	421	488	510	531	507
東部	冀東	63	65	75	100	125	171	213
西部	新疆	968	1,005	1,060	1,111	1,165	1,192	1,217
西部	タリム	473	502	525	538	600	605	643
西部	吐哈	255	251	235	225	210	206	208
西部	長慶	520	610	702	811	940	1,059	1,213
西部	青海	206	214	220	222	221	223	220
西部	玉門	52	60	70	75	77	81	78
西部	西南（四川）	14	14	14	14	14	14	14
東部	南方	3	5	8	9	10	11	12
	中国石油（CNPC）計	10,339	10,366	10,401	10,455	10,595	10,664	10,765
東部	勝利	2,668	2,672	2,666	2,674	2,695	2,742	2,770
東部	中原	380	380	362	335	320	311	305
東部	河南	185	188	186	188	187	181	180
東部	江漢	95	97	95	96	96	96	96
東部	江蘇	57	157	158	162	165	167	170
	中国石化その他	297	296	330	396	457	514	581
	中国石化(Sinopec)計	3,784	3,789	3,805	3,852	3,919	4,011	4,103
	中国海洋（CNOOC）計	1,822	2,099	2,186	2,440	2,764	2,760	2,676
	上海石油天然ガス総公司	59	47	38	32	25	22	22
	延長石油有限責任公司	316	380	553	721	838	927	1,032
	全国合計	16,320	16,681	16,983	17,499	18,142	18,383	18,596

出所：中国石油学会石油経済専門委員会「国際石油経済」

3 回収率と石油生産

石油は、地下に埋蔵されている資源を流体力学的に採掘するために、その全量を取り出すことは困難である。石油の回収は、開発段階に応じて一次回収、二次回収、三次回収に

⁵ 勝利油田の増産としては、渤海浅海域の年産 200 万トン級の浅海油田である。

分けられる。自噴およびポンピングによる石油回収法は一次回収と呼ばれる。一次回収での石油回収率⁶は 20%~30%程度である。一次回収に伴って油層のエネルギーが弱まり、地下の圧力を維持するために水やガスを圧入して引き続き石油を回収することを二次回収と呼ぶ。二次回収法により石油回収率は通常 30%~40%に高まるが、例外的に 70~80%に達する場合もある。さらに、回収率を一層向上させるため増進回収技術（EOR：Enhanced Oil Recovery、三次回収）が確立しており、これにより、回収率を最終的に 40%~60%以上に向上させることも可能とされている。三次回収法は通常、二次回収後に適用され、化学溶剤を使う化学攻法や、熱を利用する熱攻法などがある。

このように、開発時期に応じて異なる回収方法を採用することで、石油回収率を高めることができる。資源の有効活用の面で増進回収法は重要な位置付けを占めている。

中国の石油回収率にはなお向上する余地が大きい。中国の油田では、地下の圧力を保つため早期注水（二次回収）が実施されており、そのために早い段階で含水率が上昇する。中国の二次回収法による回収率は平均 30%である。一方、三次回収法（EOR）は大慶油田が実施しているが、それにより石油回収率を 20~30%に高め、さらに一部のブロックでは 70%以上に高めることに成功した。

中国の油田では石油回収率を高める方法として、二次回収法と三次回収法が採られているが、生産量の 80~85%はコストの安い二次回収法により生産されている。三次回収法による生産量は、2000 年が 1,362 万トンで（うち CNPC1,050 万トン、Sinopec312 万トン）、2007 年が 1,543 万トン（うち CNPC1,000 万トン、Sinopec543 万トン）でいずれも全国生産量の 8%に過ぎない。中国の三次回収法の応用は不十分と言える。

二次回収法はコストが安い、開発には限界がある。特に注水年数が長くなるにつれて坑井含水率の上昇がもたらされ、生産コストが増える。また、一般に含水率が 80%を超えると油田の開発後期段階になり、さらに含水率が 98%を超えると、石油生産の経済性がなくなり、開発の限界と見なされ、廃坑にされる⁷。

これまで見てきたように、回収技術の向上により石油生産を増産させることは可能であり、中国の場合、新たな油田の発見がなくとも、既存油田の回収率向上による石油増産の潜在力は大きく、それによって石油生産を維持する可能性はある。特に、二次回収法には限界があるので、三次回収法の活用が求められている。

⁶ 回収率（採収率）とは、累計生産量の原始埋蔵量に対する比率をいい、通常百分率で表す。

⁷ http://tech.qq.com/a/20090106/000216_2.htm

しかし、三次回収法の利用に当たっては制約がある。例えば、油田の規模が小さすぎると、三次回収法の効果を上げることができない。また、地下油層の温度によって化学溶剤の効果が失われる場合がある。さらに、三次回収法には化学溶剤などの投資が必要であり、二次回収法より高くなるため、コストを考えなければならない。したがって、三次回収法はあらゆる油田や油層に適用できるわけではない。

油田の生産量を増加・維持するためにこれまで採られてきた二次回収法および三次回収法の応用に当たっては、採油コストや油層条件などの制約要因を考慮する必要がある。

4 CNPC による既存油田の「二次開発」案

中国にとって東部油田を含む既存の油田の回収率をどのようにして向上させるかが大きな課題になっている。近年、石油の追加埋蔵量が減少し、また生産の主力である東部油田は、長期間の開発によって生産量が減退している。このような傾向のまま推移すれば、石油生産の中期目標達成はできるが、長期生産増加は期し難い。石油生産の伸び悩みに対し、CNPC は、2007 年 7 月上旬に開かれた 2007 年度上半期天然ガス開発プロジェクト定例会の際に、既存油田の石油回収率を高めることを目標として、「二次開発」案を打ち出した⁸。さらに、CNPC は 2008 年度の開発会においても、改めて「二次開発」案を提出した。「二次開発」計画第 1 期の回収率の目標は 34%とされた⁹。

「二次開発」の対象になる油田は、開発年数 20 年以上（重質油田の場合は 12 年以上）、含水率 80%以上、回収率 30%以上の油田である。CNPC が定義した「二次開発」は、従来の開発方式による二次回収（注水開発）とは異なり、油層の地質に基づいた新たな採掘技術の応用を言う。この新たな採掘技術は、開発ブロックによって異なり、二次回収技術と三次回収技術の中間に位置付けられる開発技術である¹⁰。

「二次開発」技術は基本的に次の 3 つ段階¹¹からなる。

1) 残存油層の体系を認識すること。具体的には、まず油層のデータを測定した上で、油層の残存石油分布を把握する。

2) 開発ブロックを再構築すること。そもそも、石油開発のために組み合わせた開発ブロックは、地下の油層に基づいたものではなく、人為的に組み合わせられる場合が多い。「二

⁸ 『中国化工報』、2007 年 7 月 24 日。

⁹ <http://tj.gzntax.gov.cn/k/2009-5/1392494.html>

¹⁰ <http://www.oilnews.com.cn/zgsyb/system/2007/07/31/001113760.shtml>

¹¹ <http://business.sohu.com/20090523/n264126880.shtml>

次開発」に当たっては、油層の地質構造を再認識した上で、油層に基づいて開発ブロックを組み合わせる。また、掘削を必要とする場合は水平坑井か垂直坑井を掘削する。掘削を必要としない場合、開発坑井の組み合わせが調整され、その際に、コストの安い二次回収法を採るか、三次回収法を採るか、油層ごとに判断する。

3) 開発ブロックの再構築により、地上開発工程を再編すること。

5 「二次開発」が実施される油田と期待される効果

CNPC は、2007 年には吐哈（トルファン・ハミ）油田、大慶油田の採油一廠などにおいて先導試験を行った。

続いて、CNPC は、2008 年にカラマイ（クラ瑪依）油田、長慶油田、遼河油田（3つの大油田）及び玉門油田、吉林油田、冀東油田（3つの小油田）に対する「二次開発」先導試験案を提出した。

「二次開発」を通じて大幅な回収率の向上が期待されている。CNPC は、2007 年から 5 年間かけて「二次開発」1 期として開発を行う。CNPC の目標は、回収率を高めることによって可採埋蔵量を 9.1 億トン増やすことである¹²。もし 9.1 億トンを全量採取すれば、年間 1.86 億トンの生産量を 7~8 年間維持することができる。

なお、中国工程院院士で石油開発専門家である韓大匡氏は、「二次開発」により回収率が 5 ポイント以上高まると予測している¹³。

6 結び

以上、CNPC の「二次開発」をめぐる動きを中心に近年の中国の石油開発動向について考察したが、要点は次の 3 点にまとめられる。

(1) 近年、石油の追加確認埋蔵量が伸び悩んでいる中、既存油田の増産がますます重要視されている。石油採掘は次第に難しくなっているが、新たな開発方法によって既存油田の石油回収率を向上させ、可採埋蔵量を増やすことで、油田の増産が実現できる。そこで、CNPC は「二次開発」を通して、石油の回収率を引き上げ、既存の老朽油田の生産能力回復を目指しているのである。

¹² <http://tj.gzntax.gov.cn/k/2009-5/1392494.html>

¹³ http://tech.qq.com/a/20090106/000216_2.htm

(2) 新規油田を発見するには、探鉱に長い時間と膨大な資金投入を要する。しかし、「二次開発」によって可採埋蔵量が 9.1 億トン増加すれば、7~8 年間の石油生産を維持することができる。「二次開発」を採用することは、開発資金を節約して確認埋蔵量を増加させる上で優れた解決策になる。

(3) 石油開発は長期継続を要する。CNPC は今後、「二次開発」第 1 期に続いて第 2 期も進めると考えられる。その場合、第 1 期で積み重ねたノウハウを生かすことにより、第 2 期において回収率のさらなる向上を実現できるだろう。

(エイジウム研究所 主任研究員 柳小正)

Asiam Research Institute <http://www.asiam.co.jp/>