中国に於けるコールベッドメタンの賦存事例

三 井 秀 人*

Coalbed Methane Reserves in China

Hideto MITSUI*

Abstract

Coalbed Methane (CBM), a clean natural gas, has been expected to be utilized as one of the new domestic supply energy sources in China. The development of CBM in China has entered into a new phase, namely the execution of feasibility studies on exploration and production in particular areas, following the first phase of a general survey of CBM reserves.

Institute of Petroleum Geology, Ministry of Geology and Mineral Resources (MGMR) performed a general survey of CBM reserves in China, and they evaluated the potential for developing and using CBM at each reserved area from such criteria as methane contents in coal, coal rank, permeability, and coal deposit conditions.

The purposes of this paper are to introduce the said evaluation of CBM reserves in China, and also to introduce some CBM reserves data obtained by test drilling in North China area, Hunan Province and Sichuan Province.

Key words: coalbed methane (CBM), CBM reserves in China, CBM development in China

キーワード: コールベッドメタン (CBM), 中国のCBM資源, 中国のCBM事業化

1. はじめに

経済成長の著しい中国に於いてはエネルギー供給源確保が重要な国家課題である。そして環境負荷の比較的小さい天然ガスの供給量拡大を実現することは特に政策的に重要度が高いこと、さらに中国各地に広範に賦存する石炭層中に存在している天然ガスであるコールベッドメタン (coalbed methane: CBM) の開発利用に対し期待度が高まりつつあることについては、別論にて概説した(三井, 1999)。

中国に於けるCBMの賦存量の調査に関しては、煤炭工業部 (Ministry of Coal Industry) [現在: 煤炭工業局] や地質矿产部 (Ministry of

Geology and Mineral Resources) [現在: 国土资源部] が中核となり、外国企業の参画も得て全国的にデータの収集が行われている (Zhao *et al.*, 1995a; Zhu and Yang, 1995)。

さらに特定の地域では、CBMの開発供給を事業としてとらえての資源量の確認と企業化調査が進められており、CBMの開発利用への対象プロジェクトの絞り込みと事業化への評価を行う段階に移行しつつある (Kang and Zhao, 1998)。

本論では中国のCBMの賦存状態について全国規模で概観すると共に、主要なCBM賦存地区の事例を紹介する。本稿で述べたデータについては、著者が地質矿产部および煤炭工業部を訪問し入手したデータの一部を使用した。

* カタール液化ガス (株)

* Qatar Liquefied Gas Company Ltd.

II. CBMの地域的分布

中国の全国規模でのCBM賦存状況に関し、地質鉱産部石油地質研究所による中国の石炭鉱区ごとのCBM賦存量調査データを表1に示す。また各鉱区の分布を図1に示す。

地質鉱産部では、石炭およびCBMの賦存データに基づいてCBMの開発適性を、A類（最適）、B類（適）、C類（不適）の3種類に区分し、各石炭鉱区を評価している。CBM開発適性区分に用いられている評価要素と、それぞれの評価要素について“良”とする判定基準は次のとおりである。

- ・石炭層中のメタン含有量： $8\text{ m}^3/\text{t}$ 以上
- ・石炭化度： $\text{Ro } 0.8\text{--}1.8\%$ （肥煤，焦煤，瘦煤）
- ・石炭層深度：1,000 m以下
- ・石炭層浸透率： 1 md 以上
- ・石炭層傾斜角： 10° 以内
- ・石炭層厚：5 m以上

なお、本論での石炭の分類は中国で用いられている基準と分類名で示すが、比較のため米国のASTM基準での分類との対応を表2で示す（三井，1999）。分類基準として反射率（Vitrinite Reflectance： $\text{Ro (max) \%}$ ）を石炭化度の指標としている。

III. CBMの賦存事例

主要なCBM賦存地区に於けるCBMの賦存事例を、主として地質鉱産部石油地質研究所によるデータに基づいて以下紹介する。

1) 華北地方

河北省，山西省，陝西省，山東省，河南省を中心とする華北地方に於ける石炭は、生成年代としては石炭紀，二疊紀，ジュラ紀が主体である。

石炭系および二疊系の石炭は華北地方に広範に分布しており、石炭品位は気煤から無煙煤までの高品位で、炭層厚は10 m以上30 m程度あり、当該地方の主要な石炭である。

中下部ジュラ系の石炭はオルドス地区に分布しており、長焰煤から気煤の中品位の石炭である。

生成年代別石炭の分布を図2・図3に、石炭系および二疊系石炭の南北方向分布の断面を図4に

示す。CBM賦存の石炭層は5層あるが、特に上部石炭系の太原層および下部二疊系の山西層が主要な石炭層であり、下部二疊系の下石盒子層が続く（Fan and Lu, 1995）。

深度300–2,000 mの石炭層の範囲にて、石炭系・二疊系石炭中のCBM賦存量は $10.1\text{--}17.1$ 兆 m^3 （351–600TCF），ジュラ系石炭中のCBM賦存量は $4.3\text{--}8.9$ 兆 m^3 （154–310TCF）と推計されている（地質鉱産部による）。

1. 柳林地区（山西省）

CBM賦存面積： 670 km^2

石炭層：上部石炭系/太原層–下部二疊系/山西層

石炭深度：300–1,000 m*

石炭層厚：8–15 m（11層）

石炭化度：焦煤（ $\text{Ro } 1.17\text{--}1.9\%$ ）

石炭中ガス含有量： $10\text{--}20\text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{daf}$ *

CBM賦存量：960 億 m^3 （3,405BCF）

面積当CBM賦存量： $1.43\text{ m}^3/\text{km}^2$ （5BCF/ km^2 ）（*Zhao *et al.*, 1995b）

試掘井：柳煤1–5号

Seam 番号	深度 (m)	平均層厚 (m)	ガス含有量 (m^3/t)	ガス成分 (%) $\text{CH}_4/\text{CO}_2/\text{N}_2$
4	352–719	2.7	8.82–16.6	95.7/2.8/1.5
5	359–821	3.2	5.20–14.09	92.2/3.9/3.9
8	411–880	3.9	4.80–26.01	93.1/3.0/3.9

柳林は山西省西部の河東地域にあり、本地域を含むオルドス東部鉱区は賦存量，賦存状態からCBM生産に適した地域と評価されている（Dou and Huang, 1998; Li *et al.*, 1998）。

2. 太行山東麓（河北省）

石炭深度：400–1,000 m

石炭層厚：1.5–36.1 m

石炭化度：肥煤–無煙煤

石炭中ガス含有量： $8.55\text{--}20\text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{daf}$

3. 安陽・紅嶺地区（河南省）

CBM賦存面積： 10 km^2

石炭深度：350–900 m

石炭層厚：5–7 m

石炭化度：瘦煤・貧煤（ $\text{Ro} \pm 1.5\%$ ）

表 1 石炭鉱区別 CBM 賦存量。(地質鉱産部のデータ (1994) による)

Table 1 CBM reserves for each coal mining area.

A 類 (最適)

鉱区名	時代	石炭性状	ガス含有量 (m ³ /t)	ガス賦存量 (億 m ³)	ガス賦存密度 (百万 m ³ /km ²)
1. オルドス東部 (山西/陝西)	C, P	長焰・気・肥・焦	5.60-14.35	30,580	76.37
2. 沁水[晋中南] (山西)	C-P	肥-無煙	2.5 -26.2	12,593	61.77
3. 六盤水 (貴州)	T3, P2	肥-無煙	2.0 -26.19	7,824	80.67
4. 川西・黔北 (四川)	T3, P2	肥・無煙	2.0 -26.0	6,248	41.93
5. 河南西部 (河南)	C-P	気・焦	5.66-32.2	4,370	62.79
6. 三江・穆稜河 (黒竜江)	J3	長焰・気・焦	5.0 -19.62	2,254	16.25
7. 淮南 (安徽)	C-P	気・肥	4.39-40.20	2,166	140.01
8. 太行山東麓 (河北)	C-P	肥-無煙	n.a.	1,264	43.64
9. 萍東 (江西)	T3, P2	肥・無煙	7.93-26.19	242	4.91
10. 敦化・撫順 (吉林/遼寧)	R	長焰・気	7.0 -10.34	47	15.08

C : 石炭紀, P : 二疊紀 (P2 : Late Permian), T : 三疊紀 (T3 : Late Triassic),
J : ジュラ紀 (J3 : Late Jurassic), K : 白亜紀, R : 第三紀

B 類 (適)

鉱区名	時代	石炭性状	ガス含有量 (m ³ /t)	ガス賦存量 (億 m ³)	ガス賦存密度 (百万 m ³ /km ²)
11. オルドス中部 (陝西)	J	長焰・気・肥	5 - 8	32,775	32.94
12. 吐・哈 (新疆)	J1-2	長焰・気	7.29-14.89	27,163	127.04
13. 准東 (新疆)	J1-2	長焰	3.16- 7.5	8,070	63.87
14. 伊犁 (新疆)	J1-2	長焰・気・肥	3.16- 7.5	5,400	97.83
15. 淮南 (新疆)	J1-2	長焰・気	3.16- 7.5	5,025	112.49
16. 徐淮 (安徽)	C-P	気・肥・焦	4.02-28.23	1,731	31.69
17. 華宝山・永榮 (四川)	P2, T3	肥・瘦・貧	9.57-19.62	626	17.51
18. 松遼南縁 (吉林)	J3	長焰・気	3.79- 8.0	137	1.06
19. 郴資 (湖南)	P2, T3	焦・瘦	4.24-26.19	133	9.19
20. 桂中北 (広西)	P2	肥・瘦・貧	3.84-26.19	52	2.90
21. 阜新・彰武 (遼寧)	J3	長焰・気	3.79- 8.0	42	2.25
22. 連邵 (湖南)	P2	焦・瘦	4.24-26.19	14	0.74

C : 石炭紀, P : 二疊紀 (P2 : Late Permian), T : 三疊紀 (T3 : Late Triassic),
J : ジュラ紀 (J1-2 : Early-Middle Jurassic, J3 : Late Jurassic)

C 類 (不適)

鉱区名	ガス賦存量 (億 m ³)	ガス賦存密度 (百万 m ³ /km ²)	鉱区名	ガス賦存量 (億 m ³)	ガス賦存密度 (百万 m ³ /km ²)
23. 淮北 (新疆)	4,461	20.93	36. 北祁連 (青海)	103	n.a.
24. 烏賀 (寧夏)	2,783	128.46	37. 渡口・楚雄(雲南)	67	2.39
25. 焉耆 (新疆)	2,217	28.75	38. 渾江・紅陽(吉林/遼寧)	66	1.46
26. 大寧 (山西)	1,824	62.02	39. 浙江辺 (浙江)	65	7.21
27. 尤尔都斯 (新疆)	1,218	44.07	40. 広旺 (四川)	35	22.58
28. 塔北 (新疆)	747	89.78	41. 川鄂湘辺 (湖南)	24	2.36
29. 靖遠景泰 (甘肅)	619	51.46	42. 長江下游 (安徽)	22	1.43
30. 中祁連 (青海)	513	n.a.	43. 阿尔金 (新疆)	21	n.a.
31. 京・唐 (河北)	345	14.55	44. 蛟河・遼源(吉林)	12	3.96
32. 柴北 (青海)	253	n.a.	45. 叶城 (新疆)	9	n.a.
33. 大興安嶺南縁(内蒙古)	236	5.90	46. 鄂江辺 (湖北)	5	0.47
34. 雅東 (四川)	177	13.26	47. 鄂中 (湖北)	4	29.32
35. 蘇浙皖辺 (江蘇)	109	5.63

図 1 中国 CBM 分布図。(地質鉱産部のデータ (1994) より作成)

Fig. 1 Distribution of CBM resources in China.

灰分：10-30%

石炭中ガス含有量：6.0-13.1 m³/t · daf

面積当 CBM 賦存量：1.1 億 m³/km²

試掘井：安煤 1-5 号

(水压破碎を施した。浸透率 0.16-0.5 md)

抗井	深度 (m)	平均層厚 (m)	ガス含有量 (m ³ /t)
1	663-670	6.0	7.8 -11.7
2	592-599	6.2	2.86- 3.42
3	589-595	6.2	10.25-10.91
4	656-663	6.3	4.57- 8.44
5	604-610	6.1	11.84-13.15

主体

石炭深度：600-900 m

石炭層厚計：28-42 m

石炭化度：気煤・肥煤・焦煤 (Ro 0.72-1.48%)

孔隙率：5 % 以下

浸透率：0.1 md

石炭中ガス含有量：4-12m³/t · daf**

CBM 賦存量：805 億 m³ (2,855BCF)**

(**Yang et al., 1995)

試掘井：淮煤 1 号

石炭中ガス含有量：3.8-6.0 m³/t · daf

ガス日産量：

(水压破碎無) 23.7 m³/d→3.8 m³/d に減衰

(水压破碎後) 175 m³/d

4. 淮南地区 (安徽省)

石炭層：下部二疊系 (山西層, 下石盒子層) が

5. 澄城・合陽地区 (陝西省)

表 2 石炭化度による分類と CBM の生成/保持のタイプ. (Zhang *et al.*, 1994 より作成)

Table 2 Coal rank and gas generation/storage type.

Coal Rank			Gas Generation & Storage Type
Ro(max) %	ASTM System	Chinese System	
0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4 2.6 2.8	Lignite	Lignite 亜煤	Biogenic gas Little preserved
	Sub-Bituminous C	Long Flame Coal 長焰煤	Low generation Medium storage
	B High Volatile Bituminous	Gas Coal 気煤	
	A	Fat Coal 肥煤	High generation Low storage
	Medium Volatile Bituminous	Coking Coal 焦煤	
	Low Volatile Bituminous	Lean Coal 瘦煤	
	Semi-Anthracite	Meagre Coal 貧煤	High generation High storage
	Anthracite	Anthracite 無煙煤	

石炭層：上部石炭系/太原層-下部二疊系/山西層

石炭層厚：3-4 m

石炭化度：瘦煤・貧煤

試掘井：澄合1号

Seam 番号	深度 (m)	層厚 (m)	ガス含有量 (m ³ /t)
4	716.9-718.5	1.6	5.53
5	721.5-726.8	5.3	8.21
6	729.1-738.6	9.5	6.09

6. 津西・大城地区（河北省）

CBM 賦存面積：2,000 km²

石炭深度：9 m（東側）-2,000 m（西側）

石炭層厚：単層 2-4.8 m，合計 9-27 m

石炭化度：気煤（Ro 0.7%）

石炭中ガス含有量：8-14 m³/t・daf

CBM 賦存量：2,900 億 m³（10,286BCF）

面積当 CBM 賦存量：1.45 億 m³/km²

2) 湘中・湘東地方

湖南省邵陽市、郴州市を取り巻く石炭鉱区は、漣邵含炭区・郴資含炭区があり、それぞれ湘中・湘東地方と称されている。

当該地方の石炭生成年代は、石炭系（測水層）から二疊系（竜潭層）が主体である。

測水層は無煙煤が主体であるが、竜潭層は気・肥煤から焦・瘦煤、無煙煤と幅広い石炭化度の石炭を含む（Xie *et al.*, 1995）。

図 2 華北地方石炭系-二疊系石炭分布図. (Fan *et al.*, 1995 による)

Fig. 2 Permo-Carboniferous coal distribution in North China.

図 3 華北地方ジュラ系石炭分布図. (Fan *et al.*, 1995 による)

Fig. 3 Jurassic coal distribution in North China.

年代	深度 (m)	層厚 (m)	炭質別石炭賦存量 (億 t) 気肥/焦/瘦貧/無煙
石炭系	1,000	0.7-4.7	-/-/0.04/57.90
二疊系	500-800	1-15	2.94/6.52/3.50/4.15

CBM 賦存量は石炭系から 625 億 m^3 , 二疊系から 546 億 m^3 , 合計 1,171 億 m^3 (4,154BCF) と推計されている (地質鉱産部による)。

以下に各地区別の試験データを紹介する。

図 4 華北地方石炭系-二疊系石炭分布断面図。(Fan and Lu, 1995 による)

Fig. 4 Diagrammatic section of Permo-Carboniferous coal in North China.

1. 洪山殿地区 (湖南省, 湘中)

CBM 賦存面積: 43 km²

石炭層: 上部二疊系/竜潭層

石炭層厚: 1.8-5.8 m

石炭化度: 瘦煤・貧煤

孔隙率: 平均 8 %

クレーク: 35-40 条/5 cm

浸透率: 1.88-5.43 md

石炭中ガス含有量: 15.5-18.24 m³/t · daf

CBM 賦存量: 33 億 m³ (117BCF)

面積当 CBM 賦存量: 0.76 億 m³/km²

試掘井: 湘煤 1 号

深度: 626 m

石炭層厚: 3.6 m

ガス含有量: 18.46 m³/t · daf

ガス組成: CH₄/97.7%, C₂H₆/0.4%, N₂/1.6%

ガス生産量: (水圧破碎無) 1,781 m³/d

(水圧破碎後) 5,624 m³/d

2. 斗笠山地区 (湖南省, 湘中)

CBM 賦存面積: 68 km²

石炭層: 上部二疊系/竜潭層

石炭深度: 500-1,000 m

石炭層厚: 計 5-10 m (単層厚約 2 m)

石炭化度: 焦煤

孔隙率: 5 % 以上

クレーク: 30 条/5 cm

石炭中ガス含有量: 17.97 m³/t · daf

CBM 賦存量: 6.0 億 m³ (21BCF)

3) 四川省

下記の CBM 賦存事例は, 煤炭工業局傘下にある四達砒業会社のデータによる。

1. 芙蓉地区

芙蓉砒区は宜賓市から 52 km の位置にあり, 石炭を生産中である。

石炭の賦存面積は, 2,600 km², 石炭の生成年代は後期二疊紀から三疊紀, 石炭層厚は合計 6-7 m (グロスでは 50 m), 採炭深度は 400 m であり, 性状は灰分 30%, 硫黄分 5 % にて無煙煤が主体である。

石炭埋蔵量は 26 億トン。採炭方法は long wall 方式にて, ガス抜き用の横穴を 60-100 m 施す。発生ガス量が多く, 採炭上も CBM の抽

出が必要となっている。水の発生は殆ど無い。

石炭中ガス含有量：15m³/t・daf

CBM 賦存量：290 億 m³ (1,029BCF)

2. 筠連地区

芙蓉炭鉱から南 40 km に位置し、未開発炭鉱である。石炭の生成年代、石炭層厚共に芙蓉炭鉱とはほぼ同等であり、性状は無煙煤である。石炭埋蔵量は 52 億トン。

石炭中ガス含有量：14.7-20.3 m³/t・daf

CBM 賦存量：780 億 m³ (2,767BCF)

IV. CBM の開発利用に向けて

中国の政府機関（煤炭工業部、地質鉱産部等）の主導による全国規模での CBM 賦存量確認調査 (Zhang *et al.*, 1994; Li and Zhang, 1994) に引続き、1990 年代前半から欧米の企業が参画して CBM の事業化を目指し、有望地区に於いて CBM 賦存量の精査と企業化への予備調査が行われた。

その後、事業化へ向け対象とする地域は限定されており、事業への参画を企図する企業は米国の石油会社数社に絞られてきている。現在、CBM の開発供給の事業化を目指しているプロジェクトは次のとおりである。

1) 山西省河東地域

山西省の黄河東部に位置する河東地域は、中国における San Juan 盆地（米国の最大の CBM 生産地域）とも称され、CBM 開発が最も期待されている地域である。1998 年 6 月米国石油会社である Phillips 社と Arco 社は各々 China CBM 社 (China United Coalbed Methane Company) と共同の PSC (Production Sharing 契約) を締結し CBM の探鉱開発を行うこととした (Kang and Zhao, 1998)。

対象鉱区は三交、北三交、石楼、臨興の 4 鉱区であり、総面積は 8,700 km²、CBM 賦存量は 4,400 億 m³ (15.6TCF) と推定されている (Dou and Huang, 1998)。年産量 30 億 m³ (106BCF/a) を期待している。

なお、China CBM 社は、煤炭工業部、地質鉱産部、中国石油天然ガス総会社が共同して 1996 年 3 月に設立した中国側の CBM の開発担当会社

である。

2) 安徽省淮北地域

米国の Texaco 社は China CBM 社と共同して安徽省淮北にて CBM の探鉱開発を行う契約を 1998 年 1 月に締結した。共同開発地域は 2,676 km² であり、本地域の CBM 埋蔵量は 1,348 億 m³ (4.8TCF) と推定されている。1998 年 9 月から試掘を開始し、CBM 生産井を約 300-500 本掘削する計画である。開発費は約 5 億ドルで、年産量 5 億 m³ (17.7BCF/a) を目指している (Dou and Huang, 1998)。

上記の様なパイロットプロジェクトの動向により、今後中国では CBM の開発利用が急速に拡大する可能性がある。しかし、その実現には別稿 (三井, 1999) にて例示したように、事業化への諸環境整備（事業の許認可手続を含む法制面の整備、ガス市場価格を含めたエネルギー価格体系の見直し、市場へのガス輸送インフラの整備、外資導入のための税制を含めたインセンティブ作り、等々）が急務であることを再度指摘しておきたい。

文 献

- Dou, Q. and Huang, S. (1998): Coalbed methane development in China. *International Workshop on Coalbed Methane Recovery and Utilization*, Nov. 1998, Beijing, China.
- Fan, M., Guo, Y., Zhang, W., Zhao, S., Ning, Z. and Wang, S. (1995): Coalbed Methane geologic characteristics and resource potential in north China and its vicinities. *International Conference on Coalbed Methane Development and Utilization*, Oct. 1995, Beijing, China, 68-78.
- Fan, S. and Lu, F. (1995): The coalbed gas occurrence and distribution and preliminary selection of the beneficial areas to exploitation and development in north China. *International Conference on Coalbed Methane Development and Utilization*, Oct. 1995, Beijing, China, 55-67.
- Kang, T. and Zhao, C. (1998): The achievements of the project "Coalbed Methane Resources Development in China" and prospects for its follow-up development. *International Workshop on Coalbed Methane Recovery and Utilization*, Nov. 1998, Beijing, China.
- Li, J., Zhang, J. and Wang, H. (1998): Coalbed methane resources and its exploration and

- development strategy in China. *International Workshop on Coalbed Methane Recovery and Utilization*, Nov. 1998, Beijing, China.
- Li, M. and Zhang, G. (1994): *The shallow coal-generated gas in major coalfields of China*. Xi'an Branch, China Central Coal Mining Research Institute, 377p.
- 三井秀人 (1999): 中国に於けるコールベッドメタン開発—現状と事業化への考察—. 地学雑誌, **108**, 248-262.
- Xie, Z., Li, Q., Zhu, G. and Den, G. (1995): Producing features & prospects evaluations of coalbed methane in Hunan Province. *International Conference on Coalbed Methane Development and Utilization*, Oct. 1995, Beijing, China, 148-153.
- Yang, Z., Zhang, B. and Sun, M. (1995): The evaluation of the geological characters and the resources of the coalbed methane in the Huainan coal field. *International Conference on Coalbed Methane Development and Utilization*, Oct. 1995, Beijing, China, 139-147.
- Zhang, X., Zhang, S., Zhong, L., Zhu, Z., Li, J. and Liu, Z. (1994): *Coalbed methane in China*. Xi'an Branch, Central Coal Mining Research Institute, 225p.
- Zhao, Q., Sun, F. and Li, W. (1995a): The present situation and prospect of coalbed methane exploration in China. *International Conference on Coalbed Methane Development and Utilization*, Oct. 1995, Beijing, China, 11-15.
- Zhao, S., Zuo, W., Zhang, W. and Wang, X. (1995b): Sino-Australia coalbed methane exploration project in Huawell's Liulin contract area. *International Conference on Coalbed Methane Development and Utilization*, Oct. 1995, Beijing, China, 170-176.
- Zhu, D. and Yang, X. (1995): Present situation and tasks of coalbed methane exploration and research work in China. *International Conference on Coalbed Methane Development and Utilization*, Oct. 1995, Beijing, China, 16-19.

(1999 年 8 月 25 日受付, 1999 年 12 月 13 日受理)