

米国：世界をリードするコールベッドメタン開発の技術とビジネスモデル

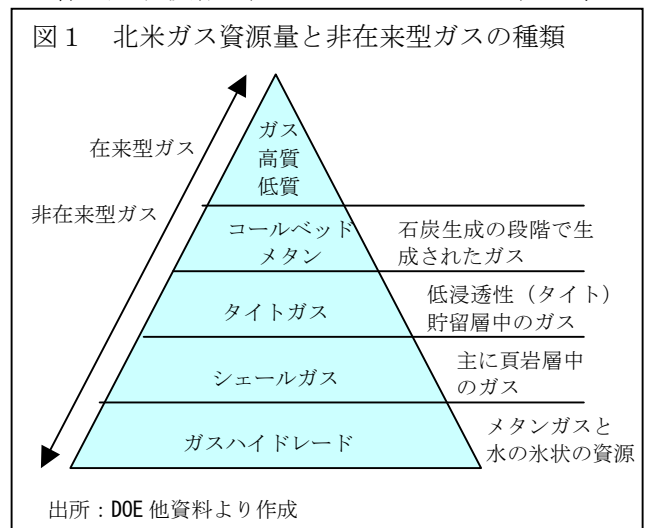
(E&P 動向「中国の豊富な炭層メタンガス資源」関連)

1. 過去 10 年でコールベッドメタンの生産量・埋蔵量が急増、米国ガスの主要供給源に
2. 国レベルでの研究・開発支援、及び税制インセンティブの効果
3. 石炭のクリーン開発技術として世界的な波及効果あるか

【要約】

北米地域では、エネルギー需要の増大と在来型石油・ガス開発の成熟化にともない、探鉱・開発のターゲットがフロンティア（メキシコ湾大水深・超大水深、カナダ東部沖合、アラスカ・カナダ極北ガス）と非在来型炭化水素（オイルサンド、タイトサンドガス、コールベッドメタン等、図1）へシフトしてきている。特に成熟化の進んだ米国本土の探鉱・開発は、上流技術とインフラが活用できるタイトサンドガスやコールベッドメタンを主な投資先としており、これら非在来型ガスの生産量は、米国ガス生産量全体の4分の1に達している。

米国のコールベッドメタン探鉱・開発は、国レベルでの R&D 支援と優遇税制の効果により、世界で最も進んでいる。BP、ChevronTexaco、ConocoPhillips、Anadarko、Devon など主要企業の多くがコールベッドメタンの生産者であり、また研究・開発の一翼を担っている。最近では、石炭層に二酸化炭素を注入してガスと置換するコールベッドメタン増進回収技術（Enhanced CBM: ECBM）が、天然ガスの効率的な回収と温室効果ガス対策を同時に達成する手法として注目を集めている。こうした先端技術とビジネスモデルは、米国のみならず、今後エネルギー需要が増大する中国やインドなど世界的な石炭資源国のクリーンエネルギー開発にも影響力をもつものと考えられる。



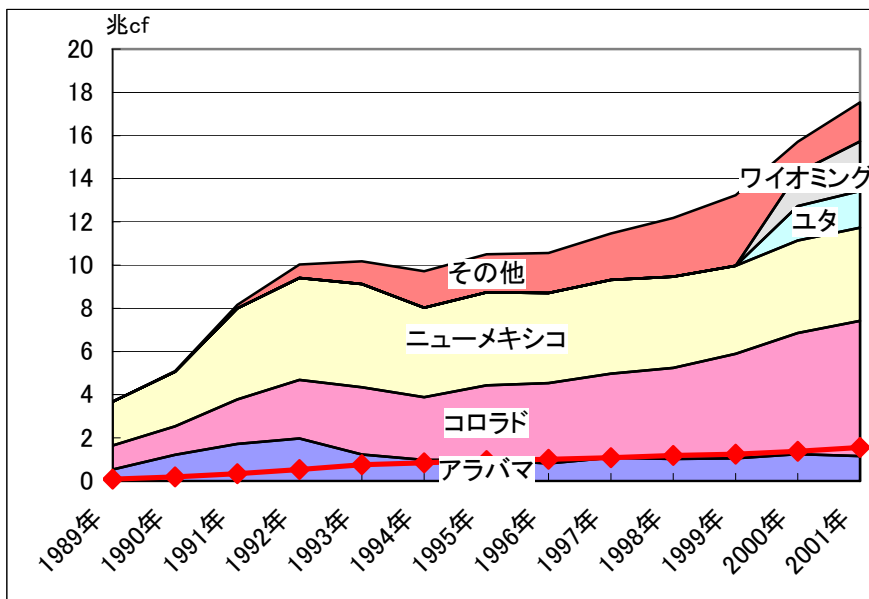
Global Disclaimer (免責事項)

本資料は石油天然ガス・金属鉱物資源機構（以下「機構」）石油・天然ガス調査グループが信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、本資料の図表類等を引用等する場合には、機構資料からの引用である旨を明示してくださいようお願い申し上げます。

主要供給源となった米国のコールベッドメタン

1980年代、米国ではコールベッドメタン（以下、CBM）はほとんど生産されていなかった。しかし、1990年以降、生産量、埋蔵量はともに増加を続け、現在では米国全体の生産量・埋蔵量の1割近くを占める主要ガス供給源となっている。1990年代の米国ガス増産分のほぼ半分がCBMであり（*1）、埋蔵量も在来型ガスが横ばいであるのに対し、CBMは増大傾向を示している（図2及び図4）。同国における過去20年間のCBM資本投資は50億ドルを超えると推定されている（*2）が、CBMの資源ポテンシャルは未だ全体像が把握できておらず、埋蔵量は年々上方修正されている。

【図2 米国コールベッドメタン生産量（折れ線）と埋蔵量（面）】



出所：EIA/DOE 資料より作成

CBM 資源は米国各地に分布しているが、探鉱・開発はそれほど広がっておらず、San Juan Basin (コロラド、ニューメキシコ) と Black Warrior Basin (アラバマ)、Powder River Basin (ワイオミング、モンタナ) の3Basin が主な生産地となっている（図2 緑部分“Established CBM basin”）。

Black Warrior Basin は1970年代に大規模にCBM 商業生産が開始された生産地であるが、1坑井当たりの生産性は低下傾向にある（120Mcf/坑、*2）。生産量は1997年以降1,100億cf（=301百万cf/d）前後で横ばいとなっており、マージナル井の廃坑が相次いでいる。一方San Juan Basin のCBM 生産性はBlack Warrior Basin の7倍となっており（平均800Mcf/坑、*2）、増進回収技術により埋蔵量ポテンシャルがかなり追加される可能性があると期待されている。生産されたCBM

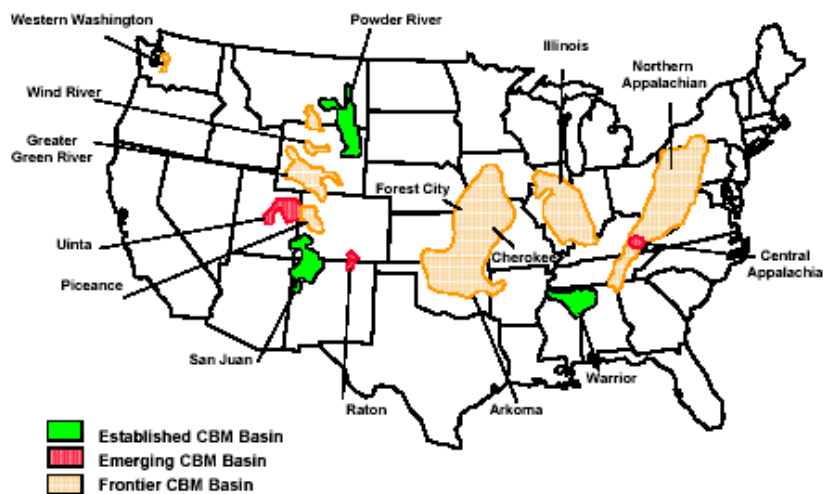
Global Disclaimer (免責事項)

本資料は石油天然ガス・金属鉱物資源機構（以下「機構」）石油・天然ガス調査グループが信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、本資料の図表類等を引用等する場合には、機構資料からの引用である旨を明示してくださいようお願い申し上げます。

はパイプラインでカリフォルニアに輸送されており、大消費地の主要ガス供給源となっている。

また、Powder River Basin（ワイオミング、モンタナ）は地質的な好条件（コールベットの深度が浅いなど）により、ここ数年、最も生産量・埋蔵量が伸びている地域である。生産井

【図3 米国コールベッドメタン主要 Basin】



数は1998年7月の515坑から2001年7月には6,469坑に増大している。現在の生産性から換算すると、同 Basin から可能なガス供給量は、アラスカプルドーベイからのガス供給量に匹敵する50億 cf/dになると試算されている

(EIA/DOE、2001年埋蔵量アニュアルレポート*2)。BLM（内務省土地管理局）は同 Basin の連邦管轄地域において2011年までに77千坑の掘削を許可する環境影響報告(EIS: Environmental Impact Statement)を2003年4月末に発表しており、これにより同 Basin では米国本土で過去最大級のCBM開発が可能になる見通しである。

1. 技術インセンティブ

CBMの増産には、国レベルでの研究開発(R&D)が大きく寄与している。米国ではエネルギー省(DOE)やガス技術研究所(GTI)が1980年代より年間1億ドル以上の非在来型ガス研究・開発費を充てて各要素技術の開発や情報整備を進めてきた。GTIはR&Dによって1990年代にBlack WarriorとSan Juanの2 Basinで11兆cfのCBM埋蔵量が追加され、業界全体で50億ドル(=45セント/百万btu)の資産価値が増大したと説明している。GTIは現在、コールベッドメタン主要6 Basinの資源ポテンシャル調査と、生産コスト削減のための技術開発を進める包括的なプログラムを立ち上げ、約40の関係機関や企業と同プログラムを進め、着実に効果を上げている。DOE/GTIの技術インセンティブ(=R&Dイニシアティブと費用負担)は、カナダなど他のCBM資源国の参考モデルともなっている。

Global Disclaimer(免責事項)

本資料は石油天然ガス・金属鉱物資源機構(以下「機構」)石油・天然ガス調査グループが信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、本資料の図表類等を引用等する場合には、機構資料からの引用であることを明示してくださいようお願い申し上げます。

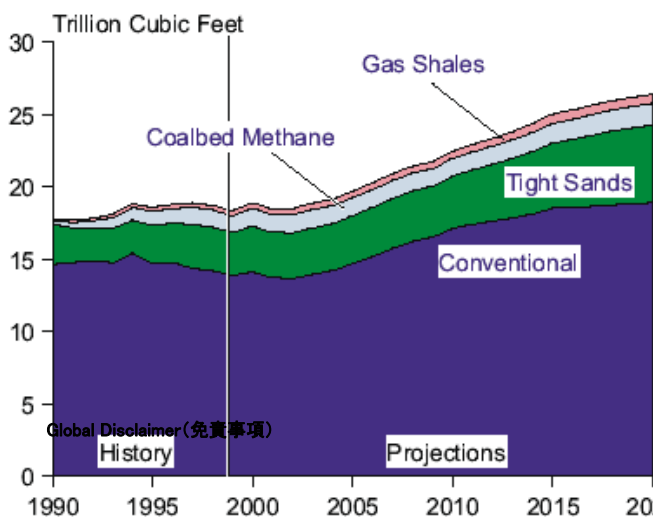
GTI の CBM R&D プログラムの主な研究は以下のとおり。

- (1) 主要 2 Basin (San Juan Basin, Black Warrior Basin) で掘削リスク評価、フラクチャーデザイン、投資家対応について研究 (BP 他)
- (2) ガス増産のための石炭層フォーメーションのフラクチャリングに関するコンピューターシミュレーション及びその他のツール開発
- (3) コールベッドメタン産出に伴う地層水排出の環境対策及び低コスト化手法の開発、及びコスト効率のよい再圧入代替手法の開発
- (4) コールベッドメタン生産最適化のための生産者向け操業ガイドブック
(掘削サイト選定からフラクチャリング、坑井仕上げ、廃水処理などを含む全工程)

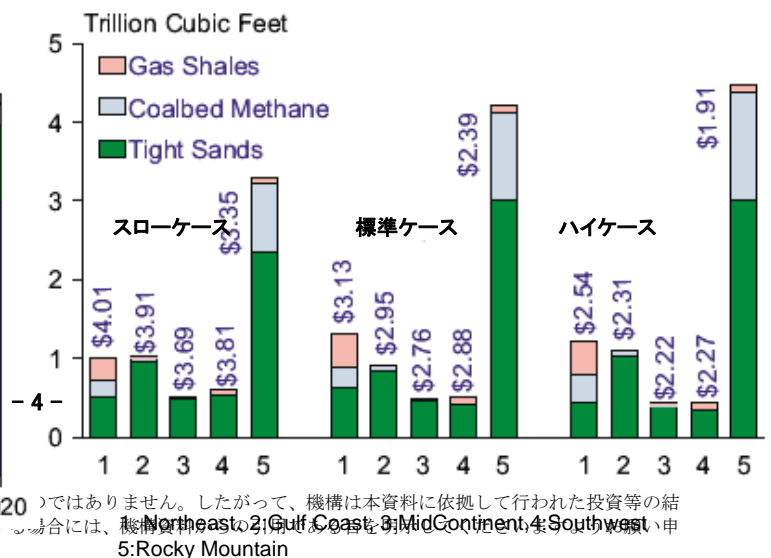
最近、最も注目されている技術は、二酸化炭素 (CO₂) を圧入して石炭中のメタンと置換することで、メタン回収率を向上させる Enhanced CBM (EBCM) であり、二酸化炭素の地中隔離と石炭資源のクリーン活用という 2 大エネルギー問題の解決策として世界的に注目を集めている。DOE は 2000 年 10 月に二酸化炭素吸着の R&D プログラムを開始し (*4)、この一貫として San Juan Basin 2 フィールドでの ECBM 実証実験を支援している。一つは BP の Allison Unit で CO₂ 圧入による ECBM、もう一つは Burlington Resources の Tiffany Unit で N₂ 圧入による ECBM で、後者 (N₂-ECBM) は CO₂ 吸着との比較検討などによって有効な結論が得られるとされている (*5)。このプロジェクトでは、米国の CO₂ 固定可能量は 90 ギガトン、それによる ECBM のポテンシャルは約 170 兆 cf で、25-30 ギガトンの CO₂ 固定は採算性が取れ、80-85 ギガトンは 5 ドル/トン以下のコストで固定できると結論付けている (井戸元価格 3-4.5 ドル/千cf、CO₂ はゼロコストで試算)。

エネルギー省エネルギー情報局 (EIA/DOE) は、今後ガス供給に占める非在来型ガス生産の比率が高まること、一方で開発が今後の R&D のインパクトやタイミングによって大きく左右されることから、技術革新のスピードやタイミング別の生産見通し及び経済的影響 (ガス価格、ガス収入など) についてシナリオを作成している (図 4 及び図 5、*6)。また、非在来型ガス資源量に関する情報を収集し報告するなど、情報整備による側面支援を進めている (図 6)。

【図 4 米国ガス生産推移 技術標準ケース】



【図 5 ケース別 CBM 生産量と井戸元価格】



Global Disclaimer (免責事項) 本資料は、エネルギー省エネルギー情報局 (EIA/DOE) の資料に基づいて作成されています。本資料の正確性、完全性、または適時性を保証するものではありません。したがって、本資料に依拠して行われた投資等の結果については、エネルギー省エネルギー情報局 (EIA/DOE) には責任が及ぼされません。また、本資料は、特定の地域や国に有利不利を主張するものではありません。図 5: Rocky Mountain

3. 税制インセンティブ

米国では、1990年に非在来型資源（CBMを含む）の生産に係る税額控除が適用され、CBMの生産を増大させる特効薬となった。1980年制定のWPT（たなぼた税）により、1980年～1990年末までに掘削された坑井からの生産物を対象として（後に1991年末まで延期）、1990-2002年までの生産収入に対して実質的に千cf当たり1ドル程度が税額控除措置を受けた。

【図6 米国ガス資源の内訳】



出所：EIA/DOE 資料より作成。元データは USGS（米国地質調査所）、MMS（内務省鉱物資源局）、NPC（全米石油審議会）

【表1 米国非在来型資源に対する税制インセンティブ**】

対象燃料	非在来型資源からの生産物 ◆ 石油：オイルシェール、タールサンド ◆ ガス：バイオマス、シェール、タイトサンド、コールベッド ◆ 合成石油等
適用対象	1980年から1991年12月31日までに掘削された坑井からの生産物 (当初1990年12月31日まで、後に延期)
適用期間	1990年-2002年末まで 現在、2006年までの税額控除措置を議会審議中（包括エネルギー法案2003）
控除額	控除額：生産物バレルあたり3ドル(1979年現在価格、熱量換算1boe = 5.8百万BTU)に、インフレーションと油価を加味した額で、実績値は0.9～1.08ドル/百万btu（平均1.02ドル/千cf、2002年は1.08ドル/百万btu） タイトサンドガスは0.5ドル/千cfに固定（1979年現在価格）

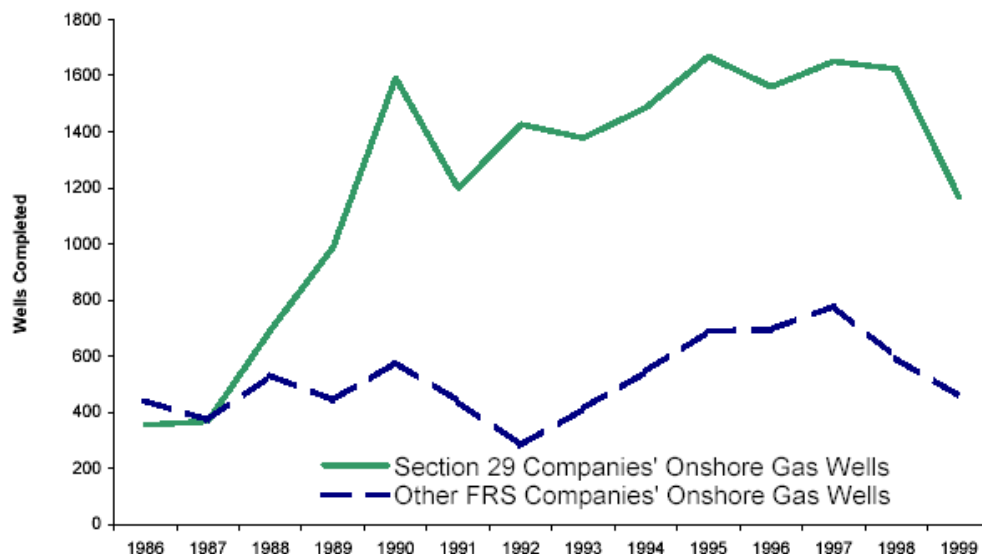
**内国歳入法第29条（Section 29）により規定

1990年にCBMに対する税額控除導入が決定したことから、当時石炭を含めて多角化事業を行っていた主要企業は保有する採掘権を利用してCBM掘削を急増させた（図5、Section 29 companies）。CBM税額控除適用企業の米国本土のガス生産量は1990年代を通じて3割近く増加しており（図6）、ガス生産比率も増大している（図7）のに対し、非適用企業（CBMを生産していない企業）のガス生産量は同期間に14%減少し、ガス比率も伸びていない。米国ガス供給全体を見ても、税制インセンティブによってCBM生産が促され、それが米国本土ガス化の一端を担っていることがわかる。

Global Disclaimer (免責事項)

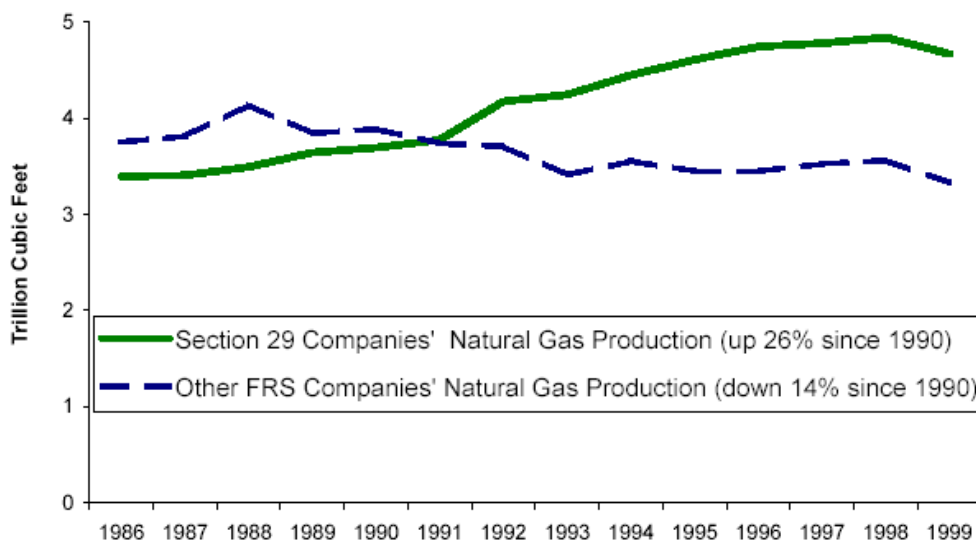
本資料は石油・天然ガス・金属鉱物資源機構（以下「機構」）石油・天然ガス調査グループが信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、本資料の図表類等を引用等する場合には、機構資料からの引用であることを明示してくださいようお願い申し上げます。

【図 7 非在来型資源の生産企業 (Section 29 companies) の米国本土ガス掘削数推移】



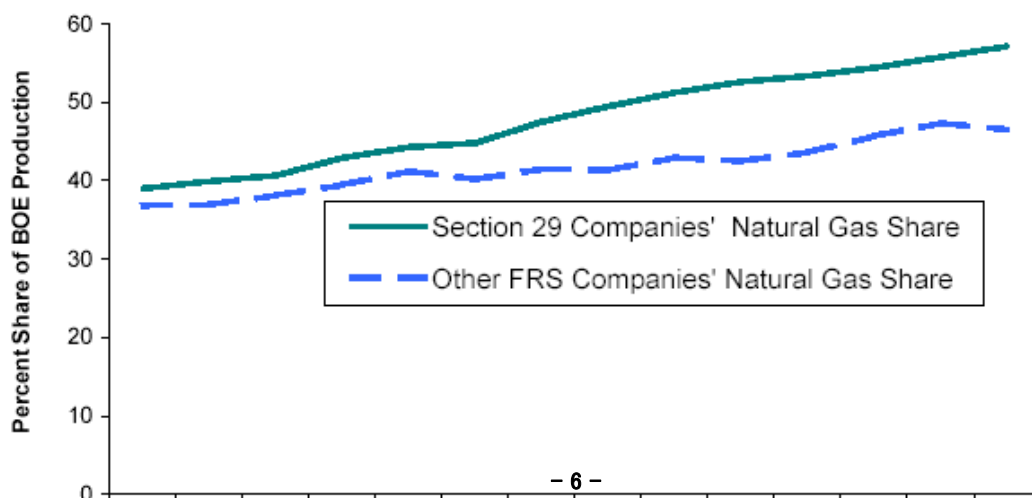
出所：EIA/DOE

【図 8 非在来型資源の生産企業 (Section 29 companies) の米国本土ガス生産量推移】



出所：EIA/DOE

【図 9 非在来型資源の生産企業 (Section 29 companies) の米国本土生産量ガス比率推移】



出所：EIA/DOE

Global Disclaimer (免責事項)

本資料は石油・天然ガス・金属・鉱物資源機構（以下「機構」）が石油・天然ガス調査グループが信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、本資料の図表類等を引用等する場合には、機構資料からの引用であることを明示してくださいようお願い申し上げます。

3. 世界的な波及効果

R&D 支援と税インセンティブにより軌道に乗りつつある CBM 開発の先端技術とビジネスモデルは、北米のエネルギー供給を支えるのみならず、中国やオーストラリアなど石炭の豊富な資源国に波及しつつある。中国では ChevronTexaco、ConocoPhillips などが PS 契約を締結して CBM 鉱区を取得しており（E&P 動向「中国の豊富な炭層メタンガス資源」参照）、また DOE などによる ECBM のプロモーションセミナー等も企画されている。

米国では、大手企業のほか、北米で M&A を繰り返し成長した準メジャー企業が CBM の主要操業企業となっており、オーストラリア、中国、ポーランド、南アフリカ、インド、その他の国で CBM 探鉱を進めている。米国最大手準メジャー Devon は、2003-2010 年の新規供給の 2 割以上が米国 CBM 生産となる見通しであり、海外ではカナダで CBM 探鉱を進めている。また Anadarko は、米ワイオミング州 Powder River Basin で CO₂ 増進回収と CBM 生産のシナジー効果を狙った集中的な投資（Howell 社買収、Warren Resources との CBM に関する Mutual Interest 締結、CO₂ パイプラインの建設など）を行い、一方海外ではポーランドで探鉱事業を進めている。

資源量が豊富だが環境負荷の高い石炭資源を、いかにクリーンに効率的に利用していくかは、世界各国の大きな課題となっており、米国がリードする CO₂ 固定化／CBM 増進回収技術は石炭資源国にとってもニーズの高い技術になると見られている。石油ガスの生産活動により CO₂ 等を排出する上流企業にとって、温室効果ガス対策は差し迫った経営課題となっており、ECBM が京都メカニズム（CDM；クリーン開発メカニズム、排出権取引）を活用した有効なビジネスモデルとなる可能性もあると考えられる。

参考資料（文中＊）

1. 「Majors' Shift to Natural Gas」 EIA/DOE、2001.9
2. 「US Unconventional Natural Gas」 California Energy Commission, 1999
3. 「U.S. Crude Oil, Natural Gas, and Natural Gas Liquids Reserves 2001 Annual Report」 EIA/DOE、2002.11
4. "Geologic Sequestration of CO₂ in Deep, Unmineable Coalbeds: An Integrated Research and Commercial-Scale Field Demonstration Project" (DE-FC26-00NT40924) <http://www.coal-seq.com/>
5. OGJ Enhanced CBM recovery, coalbed CO₂ sequestration assessed、2003/7/14
6. 「Impact of unconventional gas technology in the Annual Energy Outlook 2000」 EIA/DOE
7. 「Assumption to the Annual Energy Outlook 2003」 EIA/DOE
8. OGJ online 2002/9/30
9. Inside Energy 2003/5/5、5/26、7/7

Global Disclaimer (免責事項)

本資料は石油天然ガス・金属鉱物資源機構（以下「機構」）石油・天然ガス調査グループが信頼できると判断した各種資料に基づいて作成されていますが、機構は本資料に含まれるデータおよび情報の正確性又は完全性を保証するものではありません。また、本資料は読者への一般的な情報提供を目的としたものであり、何らかの投資等に関する特定のアドバイスの提供を目的としたものではありません。したがって、機構は本資料に依拠して行われた投資等の結果については一切責任を負いません。なお、本資料の図表類等を引用等する場合には、機構資料からの引用である旨を明示していただきますようお願い申し上げます。