

世界のCBM開発の現状

北海道大学大学院

大賀光太郎

CBM開発の背景

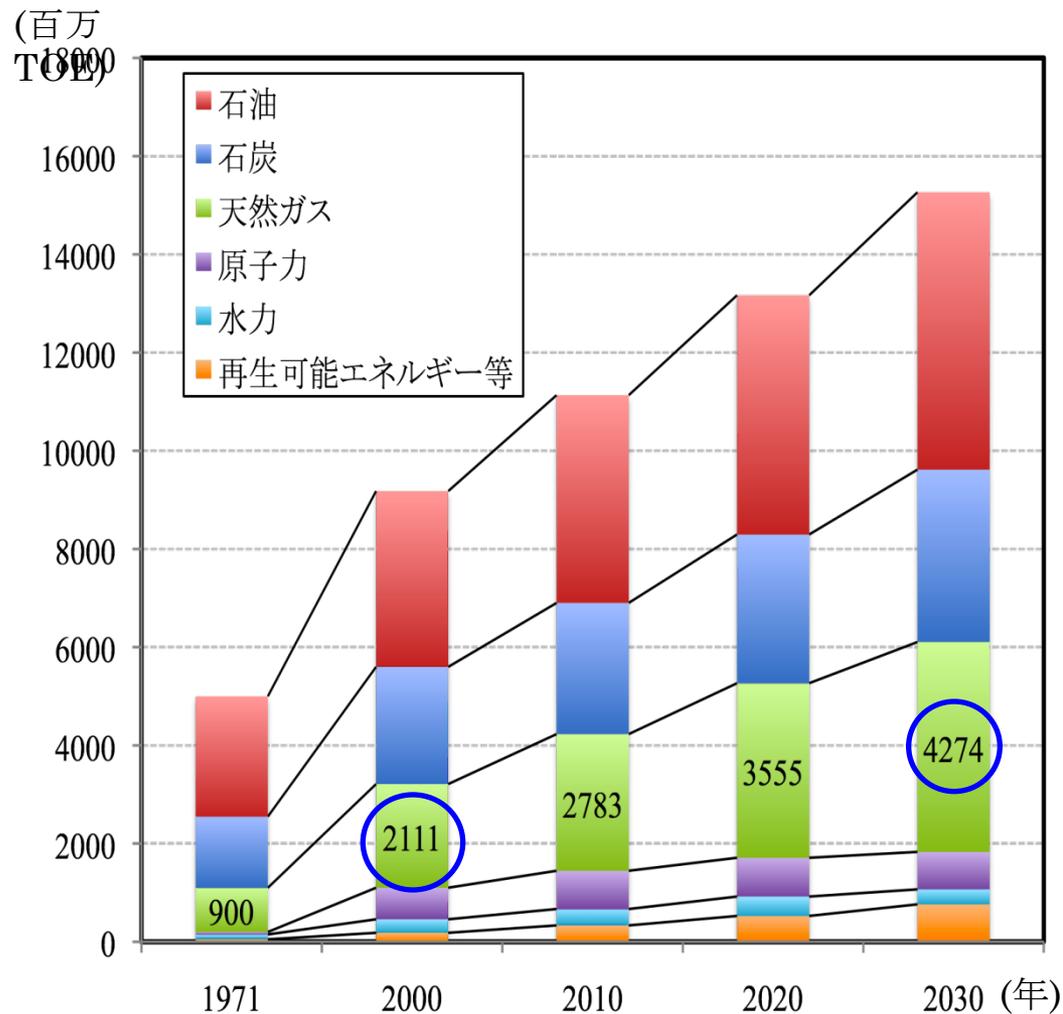
近年、世界的なエネルギー需要の増加

+

CO₂排出量の増加による
地球温暖化問題の深刻化



特に環境負荷の少ない
天然ガス需要の増加が顕著



世界の一次エネルギー消費量

出典：IEA “World Energy Outlook 2004”

在来型天然ガスの埋蔵量 180兆m³ (2005)

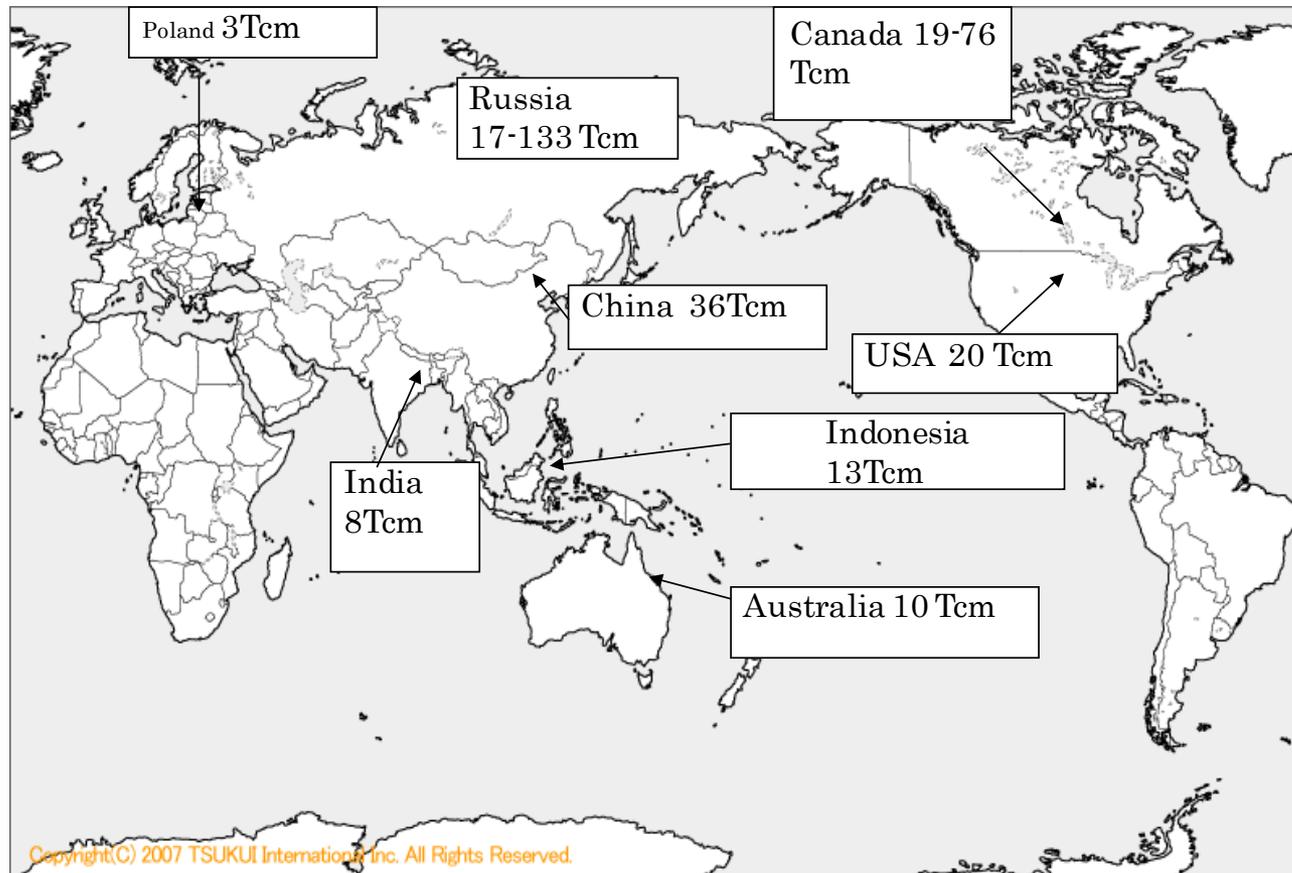
非在来型天然ガスの原始埋蔵量(推定値)

Coal bed Methane 250兆m³

Tight Sand Gas 207兆m³

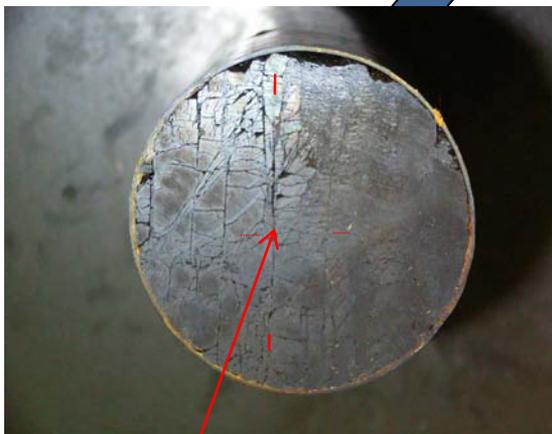
Shale Gas 450兆m³

Methane Hydrate 数千兆m³ ?



炭層内のガスの存在状態と放出メカニズム

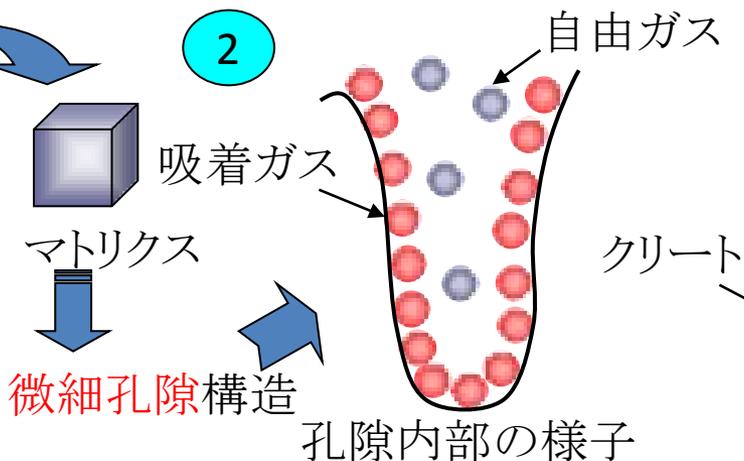
1



クリート: 水で飽和状態

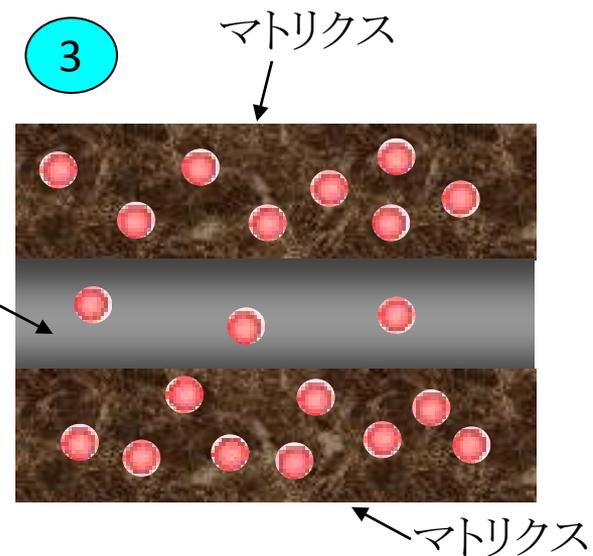
1. 坑井を掘削することにより
クリート中の水が排出

2



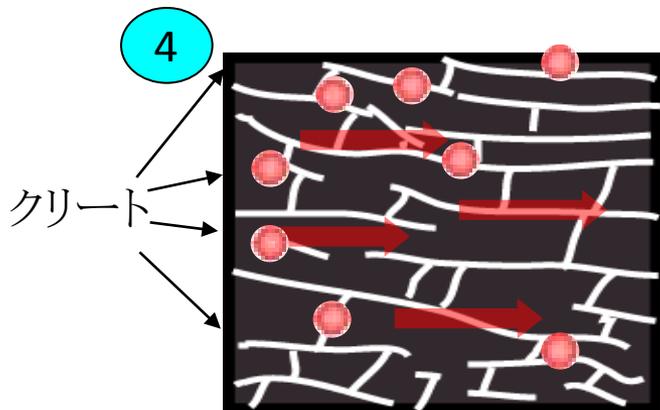
2. マトリクス内部の孔隙表面に
吸着していたガスが脱着

3



3. 脱着したガスが
マトリクスからクリートへ拡散

4



4. クリートを通り
生産井へと流動

CBM開発における重要な因子

- 石炭のガス包蔵量

これまでの垂直坑井による生産システムでは10m³/t以上(San Juan, USA)と言われてきたが、多少各炭層のガス包蔵量が低くても炭層枚数が多い場合や、褐炭のように炭層厚が厚く、浸透率が非常に高い場合(Powder River ,USA 3m³/t)はそれ以下でも開発を行っている。

- 炭層の浸透率

浸透率は一般に1mdが商業化の限界とされてきたが(San Juan 数十md)、近年はボーリング技術の発展等により、0.1md程度の比較的浸透率の低い現場(オーストラリア)でも生産が可能となった。

- 水

地表水(地下水)との連絡の有無、
水の量及び質により水処理施設(Black Warrir USA,オーストラリア)ある
いは注入用の砂岩層が必要(San John)

- 炭層の硬さ

あまり軟らかすぎる炭層では坑井仕上げが制限される。
Open Holeや水平坑井による生産は難しい。また、Cased Hole においても目つまり等による生産障害を起こす可能性がある。

CBMの生産

1坑井あたりのCBM生産量は在来型天然ガスに比べ、1/10から/100と低い
ため、安価な掘削技術が必要。

石油・天然ガス仕様の坑井では不採算

生産坑井のタイプ

- ① 垂直坑井
- ② 水平坑井
- ③ 垂直坑井と水平坑井との組み合わせ

地質貯留層の状況等を考慮して選択

① 垂直坑井

- 最もシンプルでドリリングコストも低い
- 薄い炭層がたくさんある場合に有効
- 浸透率の高い炭層では有効
- 水の多い炭層
- 炭層深度が深く地圧の高い場合

• 坑井本数が多くなるため、地上施設の分散化するため、パイプライン等の集約施設が必要



通常、掘削機器はモバイルタイプのロータリー型が使われる。
掘削流体は坑壁の状況、貯留層圧力により、清水あるいは泥水が使われる。
深度が浅く、炭層の水が少ない場合には掘削流体として圧搾空気を使った掘削機器も使用される場合がある。

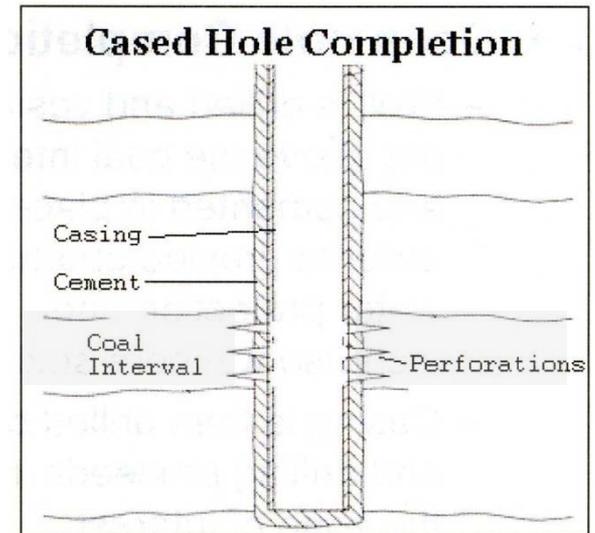
垂直坑井の仕上げと 刺激策

- Cased Hole(ケースド ホール)

石油・天然ガス等で古くから用いられている方法。

図のようにケーシングパイプ挿入後、ケーシングパイプと坑井との間にセメントが注入される。その後、石炭層部分にガンパー等によりパーフォレーションを行う。

Black Worrier, San John, Alberta



刺激策としては水圧(N₂ガス)破碎により炭層に亀裂を発生させる。また、生成された亀裂がふさがらないよう砂(プロパント)等を同時に注入する。

- オープンホール

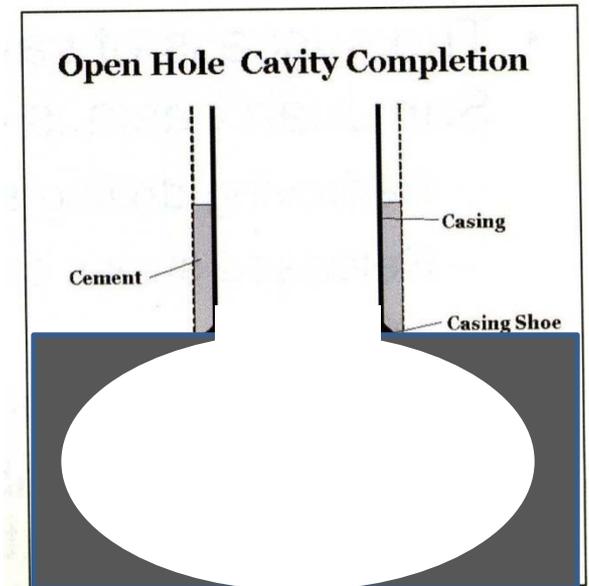
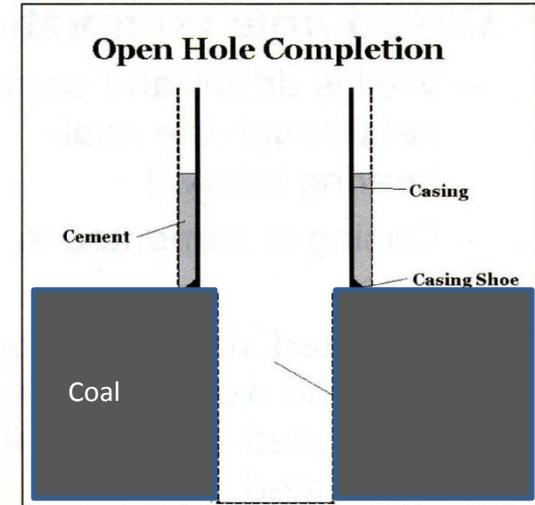
本坑井仕上げはSan Juanで成果をあげたもので、まず、炭層の上部まで掘削し、ケーシング、セメンティングを行なった後、炭層部を掘削する。

軟らかく、炭層深度が深い場合(San Juan;1000m)は地圧により坑壁が崩壊し、炭層部の口径が初期の数倍に拡大するため、生産量が増大する。

崩壊した細かい石炭は坑底部に沈殿し、炭層部分も塞ぐため、加圧された水及び空気を圧入することにより、坑井外に排出される。

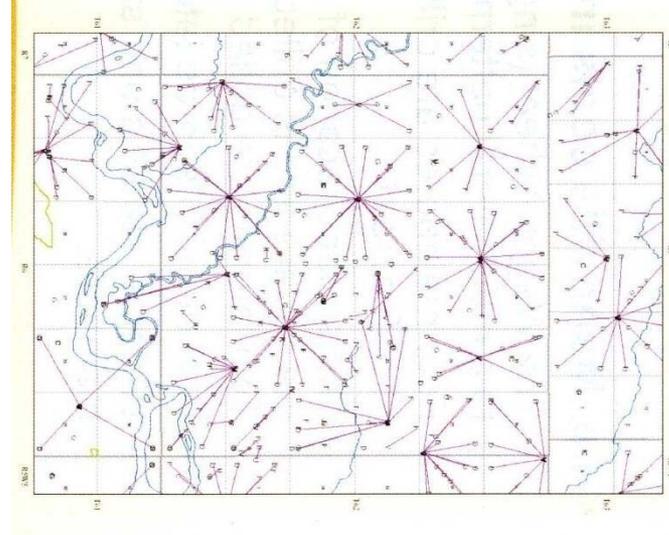
硬く、崩壊しない場合には、ガス、水の圧入、加圧、減圧を加えることにより、坑壁崩壊させ、口径を拡大する。

炭層深度が浅く、地圧を利用した坑壁の崩壊が困難な場合はリマー等により口径を機械的に拡大する。

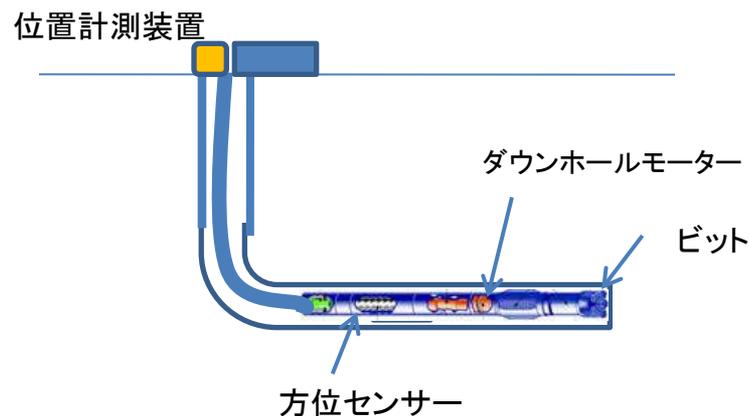
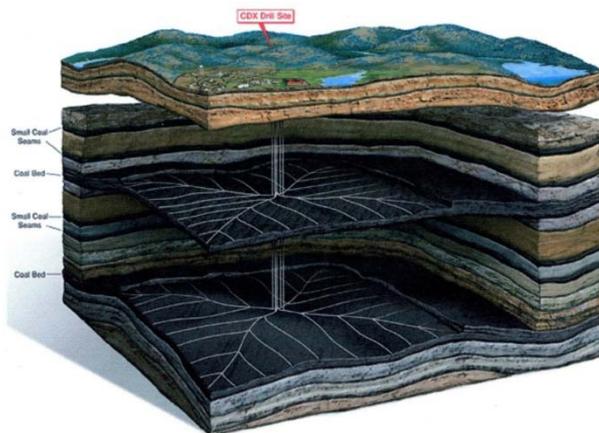


② 水平(方向制御)坑井

- 掘削コストは高い
- 比較的硬く、厚い炭層に向いている。
- 浸透率の低い炭層に有効
- 1か所から数本の坑井掘削が可能のため、地上施設の集約化が可能

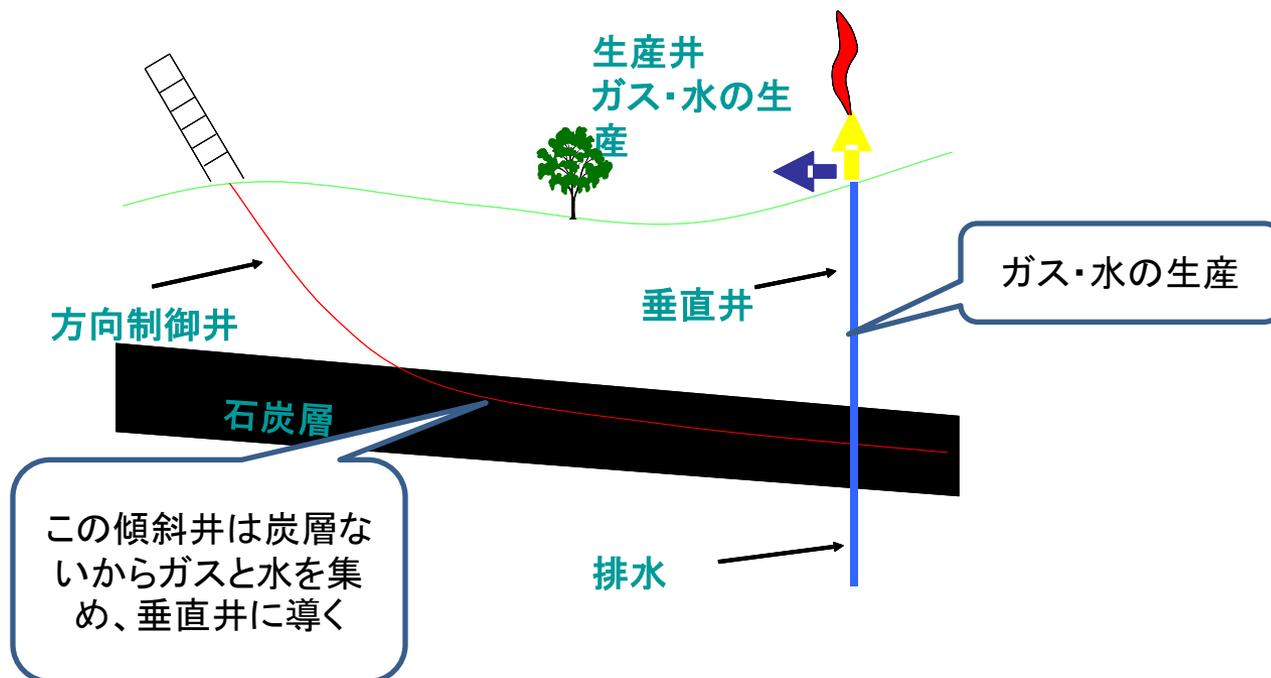


ロータリー式の従来型の掘削機器でも可能であるが、通常はダウンホール式のものが使われる。水平(方向制御)坑井では掘削位置及び方位を確認しつつ掘削を行う。そのために、MWD(Measurement While Drilling)による計測が重要となる。



③ 垂直坑井と水平(方向制御) 坑井の組み合わせ

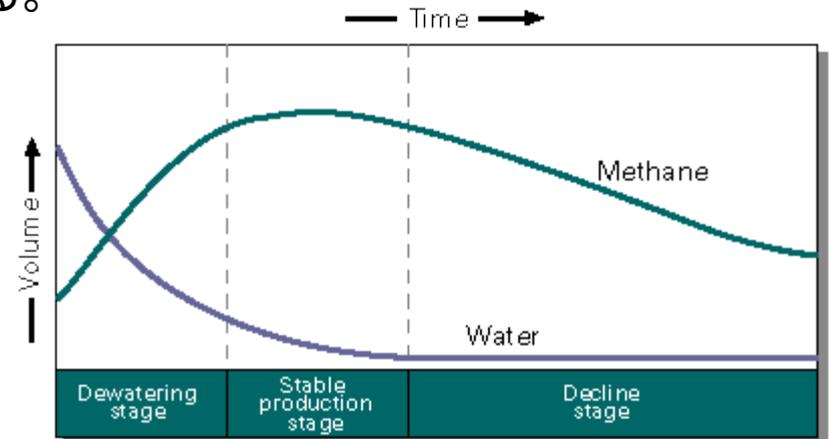
- オーストラリアで成功をおさめた生産システムで比較的浸透率が低く、硬い炭層で有効
- 水平井は炭層内のガスと水を集め、垂直坑井より生産される。



CBM生産システム

通常、坑井内及び炭層のクリート(亀裂)は水で満たされており、マトリックス内に吸着しているガスは坑井内の水をくみ上げ、クリート内の圧力及び水を抜くことにより、ガスが生産される。

- 水をくみ上げるためのポンプ
- 水・ガス分離装置
- 汲み上げた水の処理施設
- ガスのコンプレッサ
- CO₂濃度が高い場合は、アミン等を用いた分離回収施設が必要。



CBM生産井からの水・ガス生産量の推移





オーストラリアにおけるCBM開発

近年、QLD州での生産は2003年から2007年で約3倍

表 QLD、NSWでのCBM生産量の推移(PJ)

州	2003	2004	2005	2006	2007
QLD	31	35	52	73	93
NSW	9	10	11	7	9
Total	40	45	63	80	102

現在の資源量 3000億m³

1PJ ≡ 1兆CF ≡ 278億m³

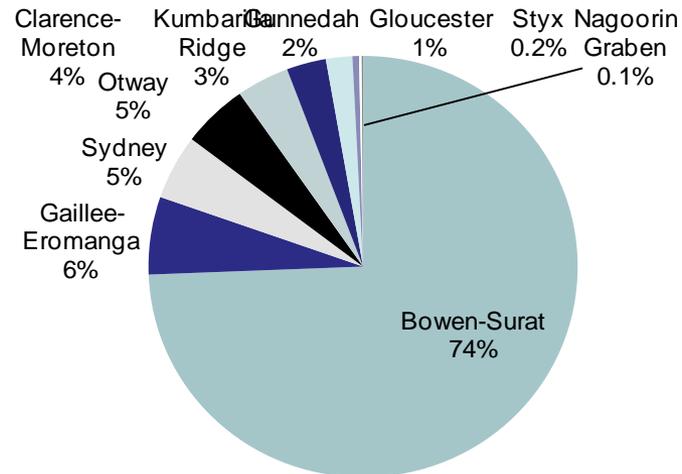
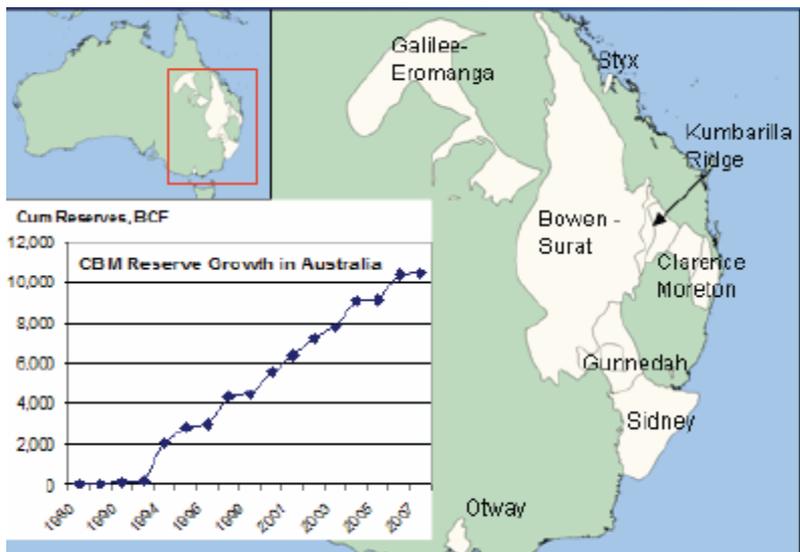
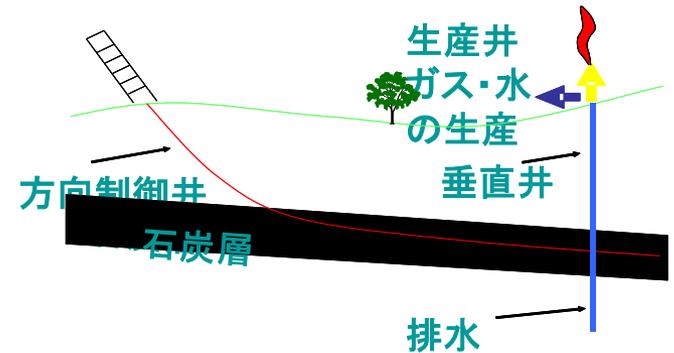


図 各炭田からのCBM生産量

図 オーストラリアにおける主要CBM生産炭田

Bowen 炭田

ガス包蔵量が高いが浸透率が1md以下と低い。
地上からの指向性ボーリング技術の発達により
CBM生産が行われるようになった。



Surat 炭田

ORIGIN ENERGY, Talinga

炭層賦存深度:300~700m

炭層枚数: 20~30枚、総炭層厚:20~25m

ガス包蔵量:8~10m³/t, 浸透率:数百md.

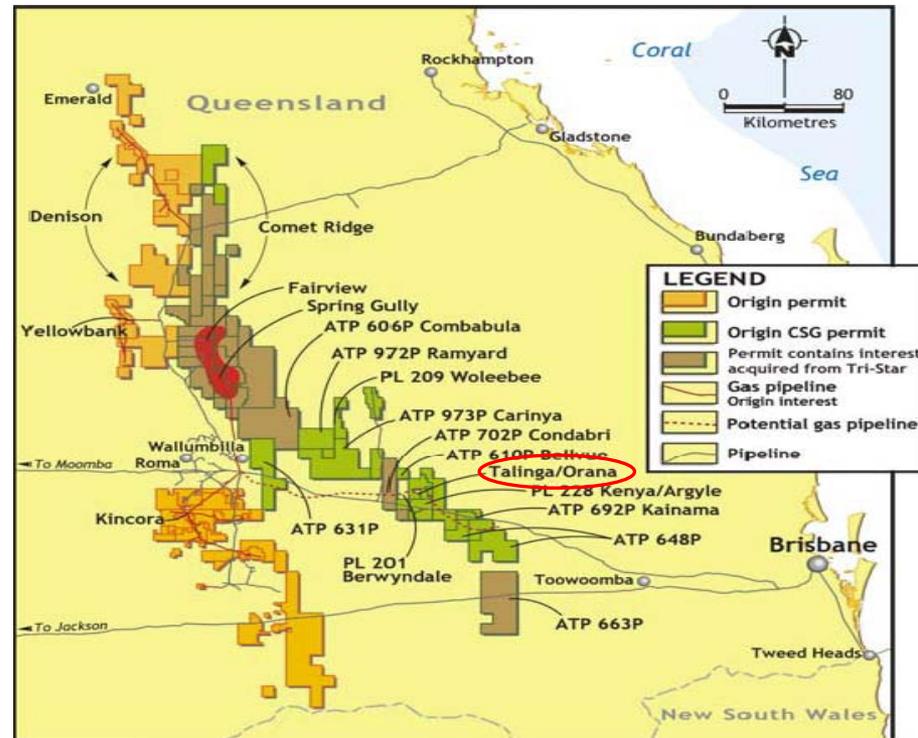
坑井間隔: 1000m,

ガス生産量:93000m³/day

水生産量:1590m³/day

ガスはQLDガス会社へ、将来グラッドストーンのLNG基地へ。

水は現在蒸発池、将来は水処理後近隣炭鉱の選炭水



Primary CBM Recovery Operation



CBM Production Well

Gas / Water Separator

インドネシア

インドネシア政府は国内エネルギー構成を2025年を目標に石油に代わり、石炭、天然ガス、新エネルギーの比率を引き上げ、この5%をCBMにより賄う計画

CBM資源量 12.6兆m3?

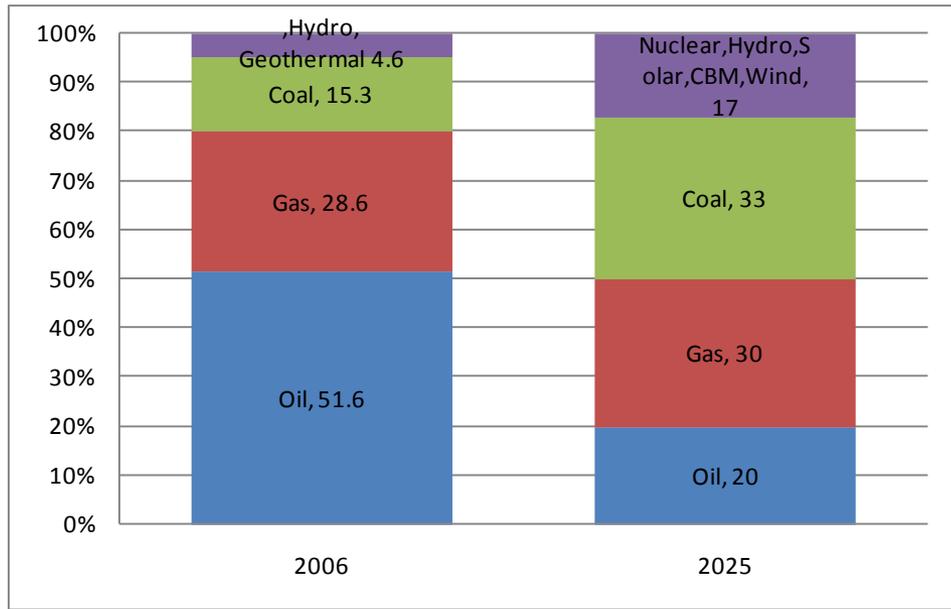


図 インドネシアのエネルギー構成目標

現在、南スマトラ、カリマンタンで試掘調査が行われている。



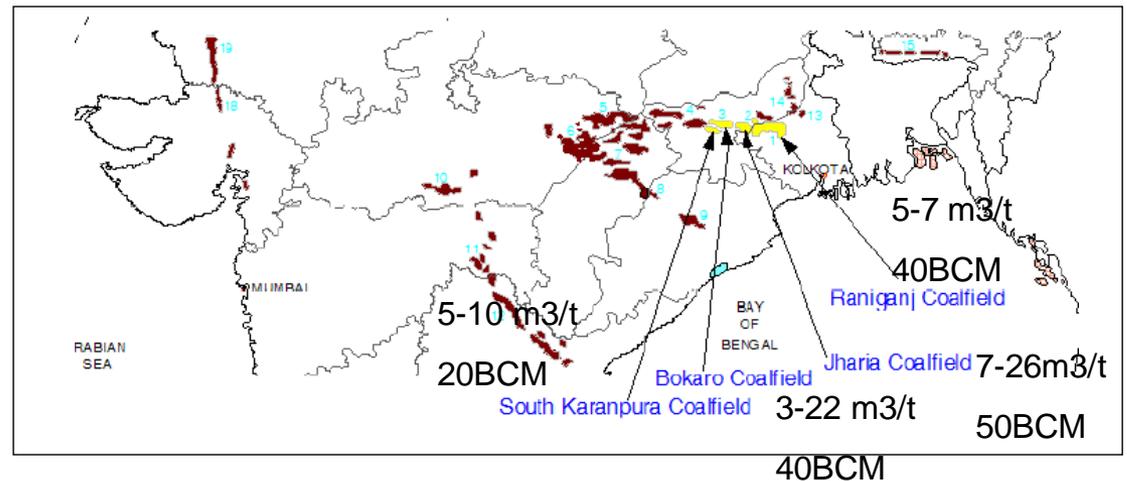
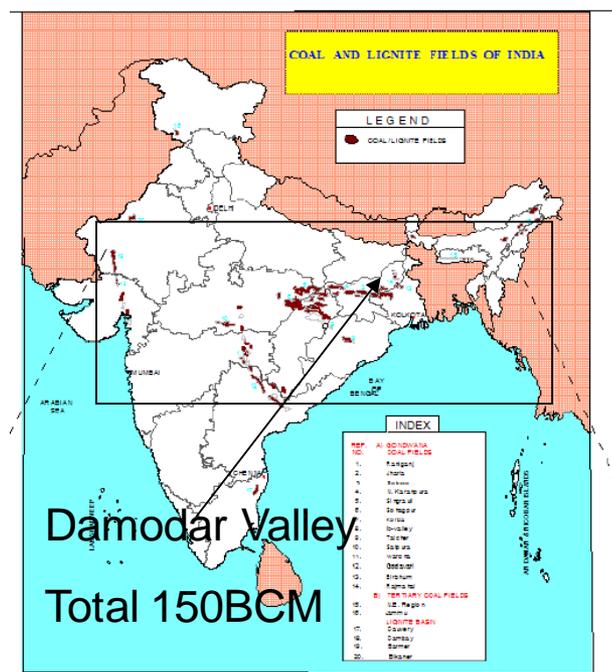
図 インドネシアのCBM資源量

インド

インドでは1990年ころよりCBM開発調査が行われ、1997年には政府によるCBM開発指針が示され、法制度も整っている。

ベンガル湾西部のDomodar Valley には1500億m³のCBM資源量

2007年よりGEECによる商業生産。

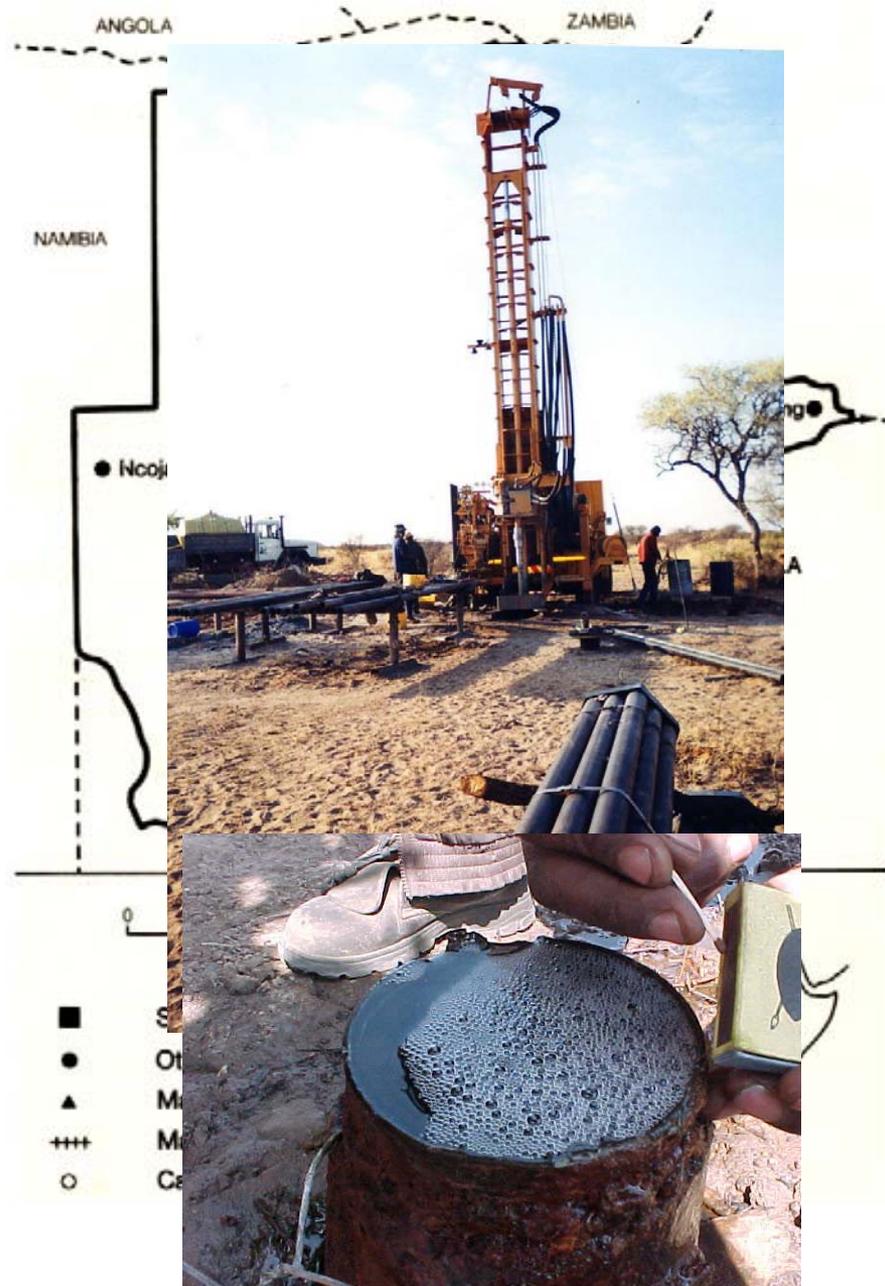


アフリカ

アフリカの主な石炭生産国は南アフリカ、ジンバブエ、ボツアナであるが、CBMの開発調査はボツアナ、ジンバブエで主に行われている。ボツアナはKaroo 堆積盆に約2000億tの石炭を埋蔵しており、アフリカ有数の石炭保有国である。

現在、石炭開発は1社による生産が行われており、年産約100万トンの石炭の生産を行っている。石炭開発が進まないことから、CBM開発にも意欲的で、2000年初めよりボーリングによる試掘調査が盛んに行われている。

ARI等の調査によると石炭層に1.6兆m³、上位の頁岩層に3.8兆m³のガスが確認されている。パイプライン等のインフラがないため、LNG, CNGに輸送。



ヨーロッパ

ドイツ、チェコ、フランス、イギリス、ポーランド等では石炭開発に伴うCMMおよび閉山炭鉱からのAMM(Abandoned Mine Methane) の利用は盛んに行われているが、石炭開発区域周辺の未開発区域からのCBMは小規模に行われているにすぎない。

他の産炭国 スペイン、ブルガリア等では未開発区域への試掘調査が行われているが、実際の開発には行われていない。

ヨーロッパでもっともCBMポテンシャルの高いのはロシアで、クズバス炭田でおよそ10兆m³の資源量が推定されているが、CBMの試掘等による詳細調査は遅れている。