

# CBM 強制回収シミュレーター ECOMERS の開発-排ガス注入による CBM 強制回収法に関する研究-

## Study on Enhanced Coalbed Methane Recovery by Flue Gas Injection

# 関口 健志[1], 島田 莊平[2]

# Takeshi Sekiguchi[1], SOHEI SHIMADA[2]

[1] 東大・工・地球システム, [2] 東大・院・新領域・環境学

[1] Geosystem Engineering, Tokyo Univ, [2] Fron Sci, Univ. of Tokyo

<http://prelude.geosys.t.u-tokyo.ac.jp/index-j.html>

### 1. はじめに

コールベッドメタン (CBM) 利用を促進するためには、従来の採掘方法で回収できなかった吸着ガスを取り出す必要がある。吸着ガスは CBM 全体の 8 割以上を占めていると考えられており、これをいかにして回収するかが CBM 開発の大きな鍵を握っている。現在検討されている手法としてガス注入によるコールベッドメタン強制回収法 (ECBM-R) が挙げられる。初期の ECBM-R では注入ガスとして純度の高い CO<sub>2</sub>、あるいは N<sub>2</sub> が用いられ、炭層中の CH<sub>4</sub> との 2 成分ガスでの検討がなされてきた。しかし、CO<sub>2</sub> の分離コストや生産効率のさらなる改善といった問題が顕在化し、その打開策として排ガス注入が注目され、CH<sub>4</sub>、CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub> の 3 成分ガスにおける検討が必要となってきた。本研究では、未だ不明確なことの多い、排ガス注入による ECBM-R での炭層の状態や CBM の生産性を評価することを目的とし、数値モデルを作成した。

### 2. 炭層吸着を伴う 2 相流動のモデル化

本研究では、ガス吸脱着を伴う炭層の微小ブロックを考え、炭層をフラクチャー部とマトリックス部から構成される 2 重細孔構造と捉えてモデル化する。CBM の貯留形態としては次の 2 つの状態を取り扱う。1)マトリックス内マイクロポア壁への吸着、2)マイクロポア内及びフラクチャー内の遊離ガス

炭層内の CBM の移動は、圧力平衡及び温度平衡が崩れることにより生じるが、通常の実産では CBM の移動を生じさせるほどの温度変化は生じない。本シミュレーターで考慮している CBM の移動メカニズムは以下の 3 つのステップに要約することができる。1)フラクチャー内の Darcy 流動、2)マトリックス内マイクロポア壁での吸脱着 (拡張 Langmuir 型吸着等温式) 3)マイクロポア内での拡散

また、本モデルでは以下のことを仮定した。1)水はフラクチャー部でのみ考慮する。2)フラクチャー部の毛管圧力は無視できるものとする。3)吸脱着反応は瞬時に起きるものとする。4)拡散現象は拡散時間を用いて評価する。以上を考慮して支配方程式を立て、有限差分法を用いて離散化し、解を求めた。

### 3. シミュレーションによるガス生産性の評価

シミュレーションに用いるパラメーター及び相対浸透率曲線は、実際の炭層から得られたデータと室内実験によって求められた吸着等温線の結果を考慮し、設定した。注入ガス成分による影響ならびに坑井間隔による影響をみるため、この 2 つのパラメーターを変化させ計算を行った(注入ガス成分:CO<sub>2</sub>-100%、N<sub>2</sub>-100%、CO<sub>2</sub>-15%/N<sub>2</sub>-85% (排ガスを想定) CO<sub>2</sub>-30%/N<sub>2</sub>-70%、CO<sub>2</sub>-50%/N<sub>2</sub>-50%、CO<sub>2</sub>-70%/N<sub>2</sub>-30%、坑井間隔:1次元モデル@200m、400m、600m、2次元モデル@200m\*200m)。

混合ガス注入の場合、純ガス注入の場合には現れない CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub> の圧力分布の変化が注入井付近にみられた。これは、まず N<sub>2</sub> が生産井へと浸透してある程度の CH<sub>4</sub> の脱着と N<sub>2</sub> の吸着を生じさせるが、遅れて CO<sub>2</sub> が残った CH<sub>4</sub> と N<sub>2</sub> を置換しながら浸透するためであると考えられる。このことは、各ガス成分別の吸着量からも見てとることができた。また、全てのシミュレーション条件において総生産量、生産速度、生産ガス中の CH<sub>4</sub> 成分比を算出し、生産性を評価するため、生産ガス中の CH<sub>4</sub> 成分比が 70% を有する時期までの生産を対象に、限界回収量に対する生産量を回収率として定義し、比較した。この結果、注入ガス成分の違いによる大きな差はみられず、坑井間隔が長い方が良いことがわかった。

混合ガス注入による特徴は、以下に要約される。1)生産初期は N<sub>2</sub> の、後期は CO<sub>2</sub> の効果が現れる。2)CO<sub>2</sub> の浸透領域は N<sub>2</sub> に遅れて広がるため、結果的に大部分の N<sub>2</sub> が CO<sub>2</sub> より先に生産される。従って、CO<sub>2</sub> の効果を得る前に生産ガス中の CH<sub>4</sub> 成分比が低下する。これにより N<sub>2</sub> の影響が支配的であることがわかった。

### 4. 結論

#### 注入ガス成分による影響

(1) 総生産量については、短期間の生産では N<sub>2</sub> が多くなるに従って増加するが、長期間の生産では大きな違いはみられない。

(2) 生産速度、生産ガス成分については、N<sub>2</sub> 成分の有無によって大別される。N<sub>2</sub> 成分を含む場合、N<sub>2</sub> が多くなるに従って、生産速度は増加し、生産ガス中の CH<sub>4</sub> 成分比は低下する。CO<sub>2</sub> の影響は生産後期に現れる。

### 坑井間隔による影響

(1)

間隔が短くなるほど生産速度は増加するが、

N<sub>2</sub> 成分を含む場合、CH<sub>4</sub> 回収率は低下する。

以上から、坑井間隔が短い場合は CO<sub>2</sub> のみの注入が有効であり、長い場合は排ガスの注入により生産速度を確保することが有効であると考えられる。

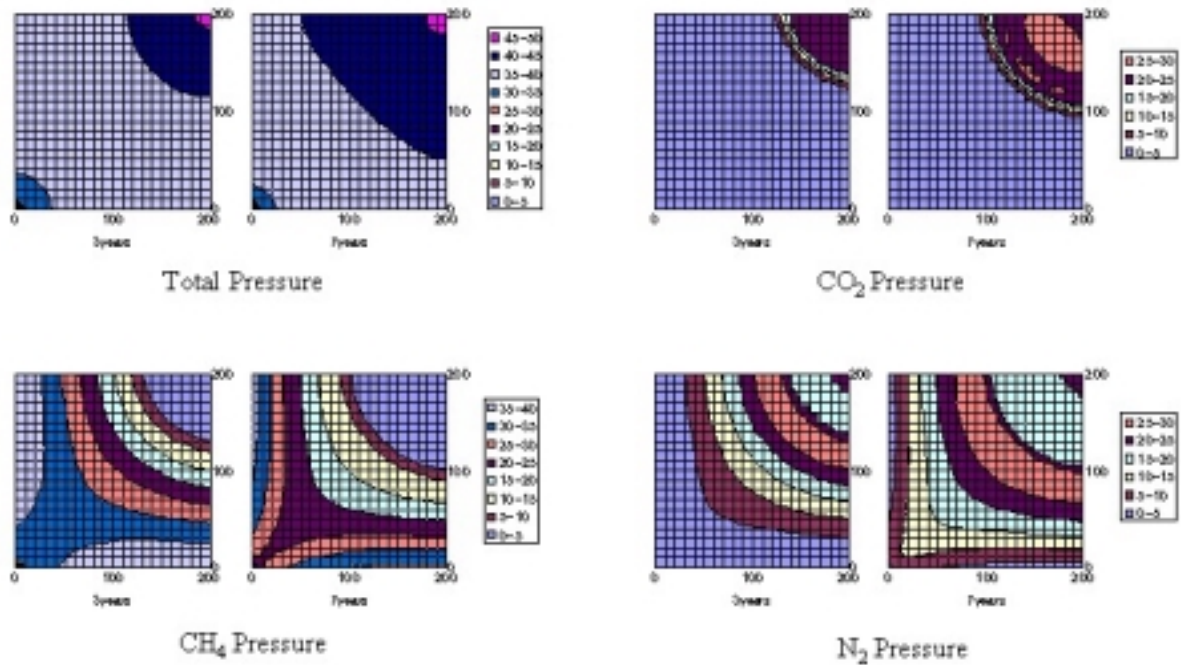


Figure.1 Pressure mapping by CO<sub>2</sub>-50%:N<sub>2</sub>-50% gas injection  
(unit; Pressure [atm] x,y-direction [m])