

メタンハイドレート分解・生産挙動予測シミュレータの開発とその適用

Development of Methane Hydrate Reservoir Simulator and Its Application

栗原 正典 [1]; 船津 邦浩 [1]; 大内 久尚 [1]; 成田 英夫 [2]; 増田 昌敬 [3]

Masanori Kurihara[1]; Kunihiro Funatsu[1]; Hisanao Ouchi[1]; Hideo Narita[2]; Yoshihiro Masuda[3]

[1] JOE; [2] 産総研メタンハイドレート研究ラボ; [3] 東大工地球システム

[1] JOE; [2] MHRL,AIST; [3] Geosystem, U. Tokyo

www.joe.co.jp

メタンハイドレート (MH) はその資源量が大いこと、クリーンなエネルギーであることから、次世代の炭化水素資源として脚光を浴びている。この MH を資源として探鉱・開発するために、「メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム」(通称「MH21 研究コンソーシアム」) が設立され、様々な研究が行なわれている。その研究の一環として、発表者らは数値計算によって MH の分解・生産挙動を予測する最先端のシミュレータ (通称「MH21-HYDRES」) を開発・改良し続けているが、現在までに完成しているシミュレータの機能およびこのシミュレータを用いて実施したシミュレーションの例を紹介する。

MH の生産は、対象物が固体であること、分解・生成という化学反応を伴うこと、MH 分解前後で貯留層特性、特に浸透率が大きく変化することなどの点で、油・ガスといった在来型の流体資源の生産とは基本的な機構、現象等が大きく異なる。MH の開発、特に MH の分解・採取法の研究においては、MH 分解・生産挙動を精度良く予測することが不可欠であるが、その挙動は在来型の油ガス層を対象としたシミュレータでは予測不可能である。そこで、MH21 研究コンソーシアムの設立と同時に MH の分解・生産挙動予測に特化した数値シミュレータの開発を開始し、現在では以下の主機能を持つまでに改良が加えられている。

- ・ 3次元直交座標系 (直交グリッドおよびコーナーポイントグリッド)、2次元円筒座標系に対応が可能である。
- ・ ガス、水、MH、氷、(析出)塩の5相の取り扱いが可能である。但し、MH層、氷相および塩相は固相で不動と仮定している。
- ・ メタン、水、メタノール、塩の4成分への対応が可能である。
- ・ ダルシー流動を仮定して相の流動特性を計算している。
- ・ MH・氷の分解・生成を Kim-Bishnoi の式、あるいはそれを模した式により速度論で記述している。
- ・ MH・氷の生成・分解に伴う発熱・吸熱 (潜熱) を考慮している。
- ・ 状態方程式により、メタンの水相への溶解度を計算している。
- ・ 溶解度に応じた塩の水相からの析出・水相への溶解およびこれに伴う発熱・吸熱を考慮している。
- ・ メタノール・塩濃度を計算し、メタノール・塩濃度に応じて MH-メタン-水 (氷) の3相平衡曲線を移行している。
- ・ 圧入井、水平坑井を含む複数坑井の取り扱いが可能である。また、坑井内の流動計算も可能である。
- ・ 定圧、定流量、定圧・定温面等の様々な境界条件を設定することが可能である。
- ・ グラフィック入出力 (ライングラフの表示、2・3次元グリッドデータの表示、等) が可能である。

シミュレータでは対象とする貯留層をグリッドに分割し、基本式である上記各成分の質量保存式およびエネルギー保存式からなる連立非線形方程式を離散化して数値的に解くことによって、各グリッドの圧力、温度、水飽和率、メタノール・塩の質量等を計算する。従って計算時間を短縮するためには、貯留層のグリッド数を減らす、すなわちある程度大きなグリッドを配置することが望まれる。しかしながら、グリッドが大きくなると数値解法に伴う計算誤差も大きくなってしまい、特に MH の分解前後で特性が大きく変化する MH 層シミュレータでは、在来型の油ガス層シミュレータに比べて、この誤差の影響が著しく大きくなる。そこで、各タイムステップにおいて MH 分解・生成が生じている重要な領域を検知し、その近傍のみを対象としてグリッドを細分割する動的局所グリッド細分割手法を開発・導入し、全体のグリッド数はそれほど増加させずに高い計算精度を維持する工夫も施している。

MH21-HYDRES を用いて現在までに多様なシミュレーションを実施してきているが、その1つに貯留層特性と各種 MH 分解・採取法の効果の関係の明確化を試みたものがある。このシミュレーションにより、MH 貯留層の絶対・有効浸透率および初期温度がある程度高ければ、減圧法によって MH が相当量分解・生産されること、減圧法による MH 分解機構において、分解に伴う温度低下による MH 層の顕熱のみならず、MH 層の上下に位置する層からの熱の流入が重要な役割を果たすこと、加熱法によって MH の分解量を大きく増加させることが困難であること等が確認された。

また、カナダのマリック地域および日本の東部南海トラフ等に実在する MH フィールドを対象として、より実践的な挙動予測シミュレーションも実施してきている。これらのシミュレーションを通して坑井試験の解析、MH 分解ガス生産量の予測を行なっているが、MH 貯留層の条件が良好であれば、フィールド単位でのガス生産が現実味を帯びつつあることを検証すると共に、未だに不確実な要素が MH 分解・生産挙動に与える影響の定量化を試みているところである。

