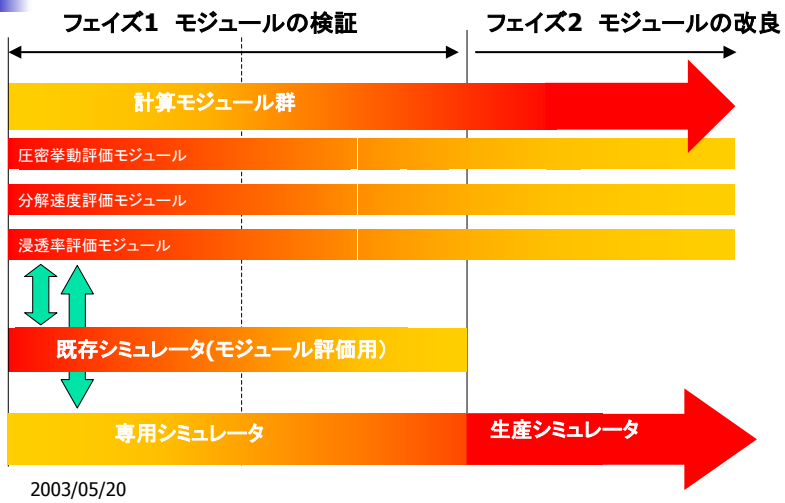
メタンハイドレート生産手法開発
メタンハイドレート生産シミュレータの開発
計算モジュールの開発

産業技術総合研究所
地圏資源環境研究部門
山口　勉

Phase1における
生産シミュレータ開発の基本的な方針

- MH開発に特有の物理的・化学的現象を抽出し、モジュール群を作成して専用シミュレータに提供
  - 圧密挙動評価モジュール
  - 分解速度評価モジュール
  - 浸透率評価モジュール
- モジュール群は一時的に既存シミュレータに組み込んで検証
  - モジュール群と既存/専用シミュレータの調整は「統合化」が担当

シミュレータ開発の展開



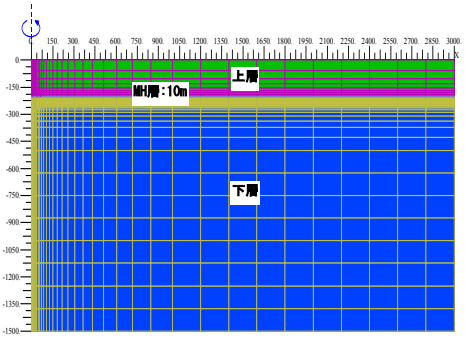
生産シミュレータの開発
計算モジュール　分担

- 圧密挙動評価モジュール
  - 産業技術総合研究所　地圏資源環境研究部門　青木一男
- 分解速度評価モジュール
  - 産業技術総合研究所　環境管理研究部門　清野文雄
  - 東京大学　佐藤　徹
- 浸透率評価モジュール
  - 産業技術総合研究所　地圏資源環境研究部門　駒井　武
  - 北海道大学　大賀光太郎
- モジュールの統合化
  - 産業技術総合研究所　地圏資源環境研究部門　山口　勉

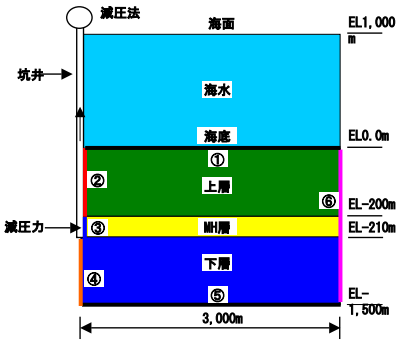
圧密挙動評価モジュール
研究目的・内容及び必要性

- 研究目的
  - MH生産時のMH層変形挙動解明
  - 圧密挙動評価モジュール構築
- 研究内容
  - モジュール検証・評価
  - MH物性把握のための室内実験
- 研究の必要性
  - 安定したMH生産には、MH層の変形挙動把握が不可欠、そのためにモジュール構築

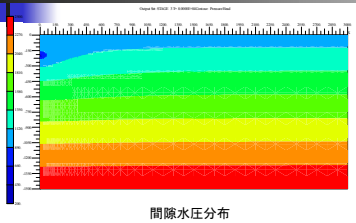
圧密挙動評価モジュール 研究結果
（感度解析時の解析範囲、要素分割、境界条件等）



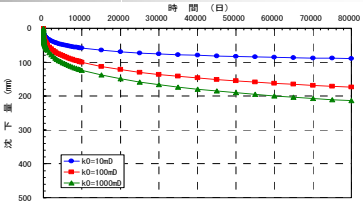
要素分割図
（軸対称解析、x=0が坑井位置）



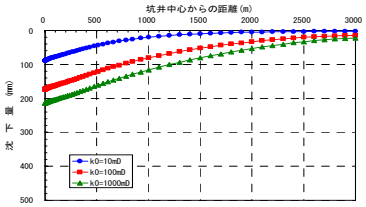
圧密挙動評価モジュール 研究結果
（浸透率の影響）



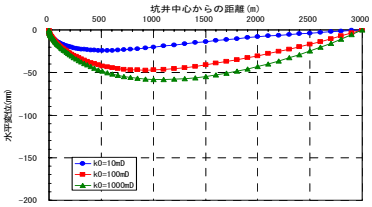
間隙水圧分布



MH層上部の沈下量（垂直方向変位）の経時変化

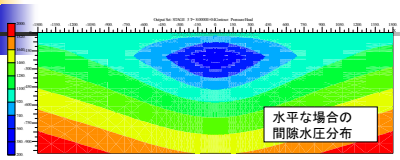


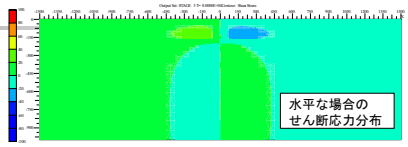
MH層上部各点の沈下量

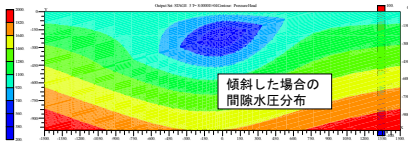


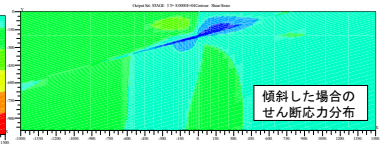
MH層上部各点の水平変位量
（変位は坑井中心へ向かう動き）

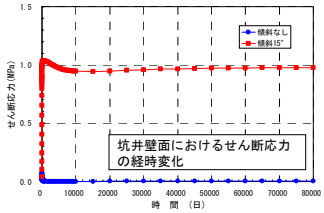
圧密挙動評価モジュール 研究結果
（MH層傾斜の影響）











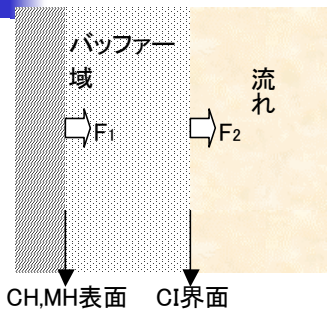
圧密挙動評価モジュール
まとめ

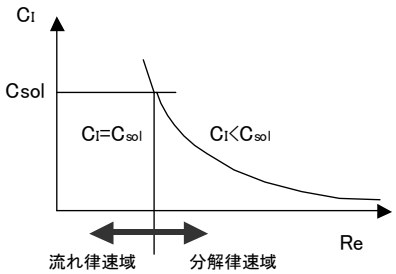
- 平成14年度成果の総括（感度解析による）
  - MH層変形には、浸透率や変形係数の影響大
  - ポアンソン比の影響は比較的小
  - MH層の傾斜は坑井安定に影響有
  - MH層の力学特性把握は不可欠
- 平成15年度の研究展開
  - 変形係数等の温度依存性の考慮、組み込み
  - 気固液3相を連成可能なモジュール

分解速度評価モジュール
研究目的・内容及び必要性

- 研究目的
  - 堆積層内における流れの条件を考慮したハイドレートの分解速度を予測する評価モジュールの開発
- 研究内容
  - メタンハイドレートの分解過程のモデリング
  - メタンハイドレートの分解過程を組み込んだCFDシミュレーション
- 研究の必要性
  - 生産量の経時変化を正確に予測するためには流れのある条件下におけるメタンハイドレートの分解挙動のモデルが必要

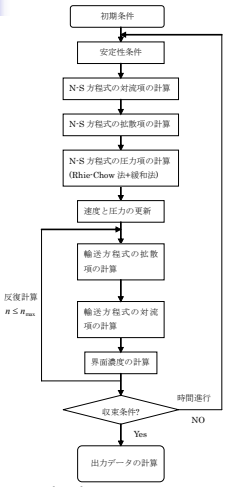
分解速度評価モジュール
流れ場の中におけるMHの分解モデル

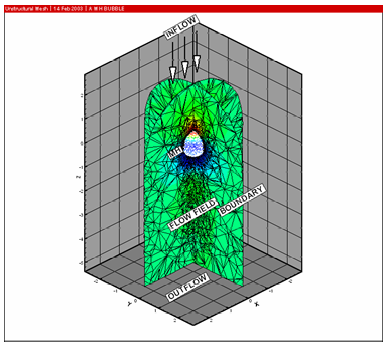




本モデルでは、ハイドレートの表面からバッファー域への物質移動とバッファー域から溶媒への物質移動の二つに分けて考える。流れが遅ければ流れのハイドレートを運ぶ速度が律速で溶解し,一方流れが速ければ分解律速となる。

分解速度評価モジュール
計算フローチャートと計算格子

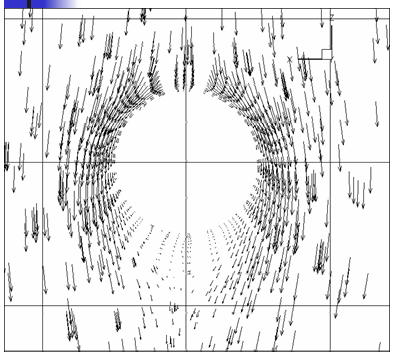




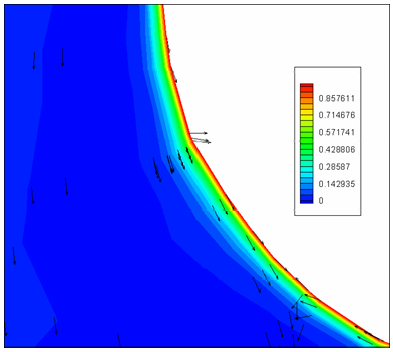
流れの条件

Reynolds 数	100
Froude 数	0.38
Schmidt 数	580

分解速度評価モジュール
ハイドレート粒子近傍における速度分布とMH濃度分布



Y=0断面,12秒後のメタンハイドレート粒子の周りの流れの速度ベクトル



流れ律速の場合のハイドレート界面近傍におけるメタンの濃度分布

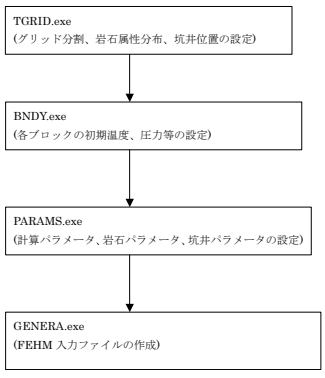
分解速度評価モジュール
まとめ

- 平成14年度成果の総括
  - 流れ場の中におけるMHの分解過程をハイドレートの表面からバッファー域への物質移動とバッファー域から溶媒への物質移動の二つに分けたモデルを構築
  - 分解モデルをCFDシミュレーションに組み込み、フガシティ差を駆動力とした場合のメタンハイドレートの分解に伴う流れ場内におけるメタンの濃度分布の計算
- 平成15年度の研究展開
  - ハイドレート表面のメタンフラックスの表式の構築
  - 微量ガス成分、塩の存在等の各種賦存条件の組込

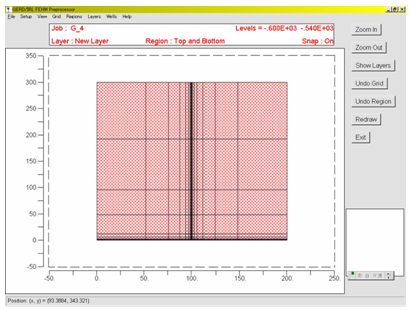
計算モジュール統合化
研究目的・内容及び必要性

- 研究目的
  - 計算モジュール群と、既存及び専用シミュレータとの総合調整
- 研究内容
  - MH の物性値を適当と思われる範囲で変化させながら、諸物性がMH の生産挙動に与える感度の分析を実施
  - 既存地熱用数値シミュレータ、FEHMの整備
- 研究の必要性
  - 計算モジュールの動作確認
  - 感度分析による重要な変数の絞込み
  - 専用シミュレータへの計算モジュールの引渡し

計算モジュール統合化　研究結果
プリプロセッサの作成

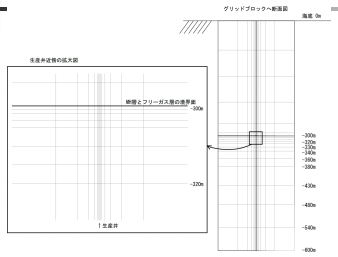


FEHM専用プリプロセッサの入力ファイル作成の流れ

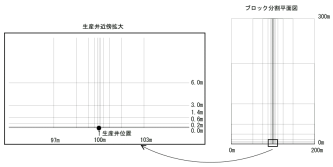


FEHM用プリプロセッサのグリッド分割画面の様子

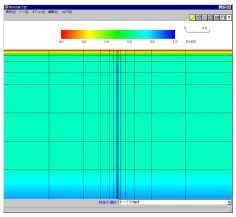
計算モジュール統合化　研究結果
感度分析



感度解析に用いた数値モデル（断面図）



感度解析に用いた数値モデル（平面図）



初期状態

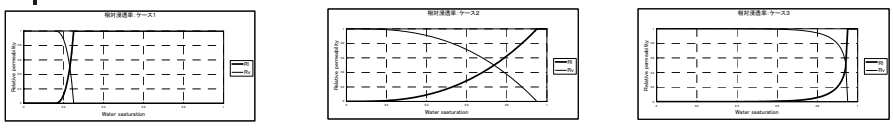
FG層　層厚　20m

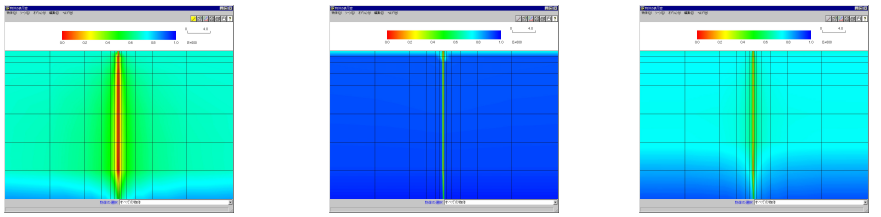
浸透率　10^{-13}　m^2

飽和度　0.75

空隙率　0.2

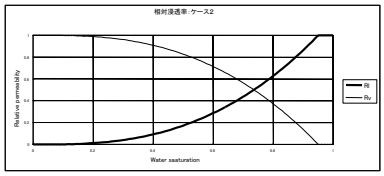
計算モジュール統合化　研究結果
感度分析

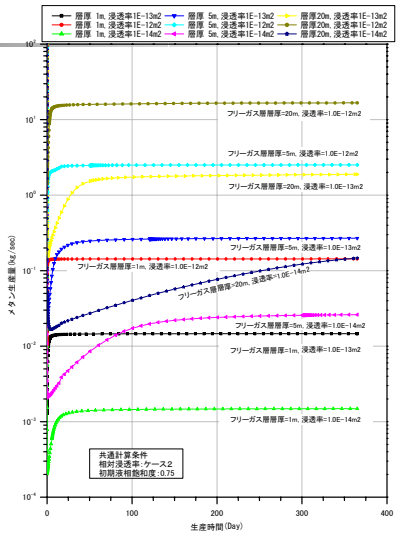




約100日後のガス飽和度分布

計算モジュール統合化　研究結果
感度分析





生産量の経時変化
（相対浸透率ケース2、初期液相飽和度0.75）

計算モジュール統合化
まとめ

- 平成14年度成果の総括
  - 感度分析を容易にするプリプロセッサの作成
  - フリーガス層の層厚、浸透率、相対浸透率及び初期ガス飽和度を3通りずつ変化させ、計81通りの感度分析実施。フリーガス層が厚いほど、浸透率が高いほど生産量が高くなることを確認
  - 初期ガス飽和度の違いや相対浸透率の違いによる生産挙動の差異を確認。
- 平成15年度の研究展開
  - さらに詳細な感度分析の実施
  - キャピラリー圧力の検討を開始
  - FEHMへ計算モジュールを組込み、実際の室内実験結果とのマッチング等を行い、さらにプログラム修正等の整備の実施