

「エネルギー高効率利用のための相界面科学」  
平成 25 年度採択研究代表者

H27 年度 実績報告書
-----------------

圓山 重直

国立大学法人 東北大学流体科学研究所  
教授

海洋メタンハイドレート層のマルチスケール界面輸送現象の解明と  
大規模メタン生成への展開

## §1. 研究実施体制

(1) 「圓山」グループ(研究機関別)

- ① 研究代表者: 圓山 重直 (東北大学流体科学研究所、教授)
- ② 研究項目
  - ・ MH の生成・分解反応とマイクロ界面輸送の解明
  - ・ 相変化を伴う固気液三相熱流動現象の解明
  - ・ 洋上メタンガス利用システムの検討

## §2. 研究実施の概要

圓山チームでは、メタンハイドレート (MH) を利用した二酸化炭素低排出高効率発電システムの実現を目指している。MH 利用二酸化炭素低排出発電システムを提案し、システム効率評価および経済性評価を行うことで MH 貯留層からのメタンガス生産率を現状よりも増進させる必要があることを示した。減圧法における MH の吸熱反応に伴う氷膜生成の問題は減圧法の低回収率の原因であり、このボトルネックを解消するためにはメタンガス回収率が高い加熱法を併用する必要があることを明らかにした。同時に MH 貯留層内の熱物質輸送を予測する必要がある、MH 貯留層数値シミュレータが必要になる。特に MH 貯留層内部の気液二相流を評価するためには浸透率変化のモデル、メタンガス生成量やその際の温度低下を定量評価するためには MH 解離過程のモデルの高度化が必要である。

MH 解離過程のモデルの高度化を目指し、ケージ構造や温度依存性を考慮した新しい MH 解離モデルの提案を行っている。構築している理論モデルの妥当性を評価するために当研究室で開発した光干渉計 (Shoji et al., *Applied optics*, **54**(20):6297-6304, 2015) を用いた MH 解離時の界面近傍の熱物質輸送計測により、2 mm 程度の半球 MH の減圧時の熱物質輸送過程、すなわち密度分布の時間変化の可視化に成功した (図 1 参照、神田ら、第 7 回メタンハイドレート総合シンポジウム講演集、pp.93-95, 2015.)。図 1 において色の濃淡は密度分布に起因する光路長差を表している。さらに数値解析により、この実験系の輸送過程を評価している。今後は理論モデルと実験結果の比較検討を行い、MH 解離反応—輸送過程を明らかにし、解離モデルを高度化する。

また浸透率変化と相変化を伴う固気液三相熱流動現象モデルの構築を行っている。常圧環境下で貯留層内の MH 解離を模擬し観察するために、炭酸水素ナトリウムと塩酸による二酸化炭素生成反応を利用する。まず、実際の MH 層の浸透率を模擬するため、MH 模擬堆積物の浸透率制御手法を開発した。結果として模擬堆積物生成時のエタノール濃度を調節することによって浸透率を制御できることを示した (図 2 参照、山田ら、第 7 回メタンハイドレート総合シンポジウム講演集、pp.77-81, 2015; Guillaume et al., *Proceedings of the First Pacific Rim Thermal Engineering Conference*, PRTEC-15009, 2016.)。

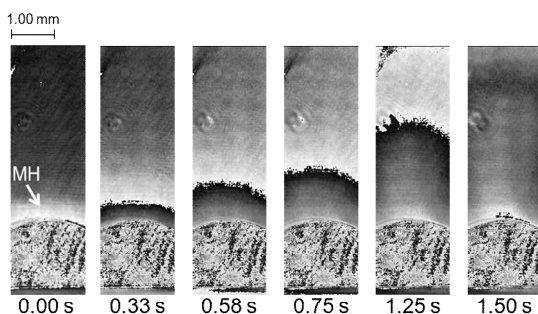


図 1. MH 解離可視化結果

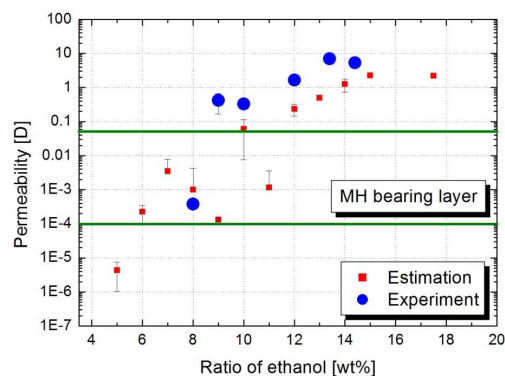


図 2. エタノール付加による浸透率制御