

メタンハイドレートの増進回収での CO₂ ハイドレートの生成熱の利用について

電力中央研究所 正 池川洋二郎

1. はじめに

地球温暖化効果ガスである CO₂ の削減が急務である。CO₂ は最大 10℃まで地温を加温するエネルギーとして利用できる。次世代の天然ガス資源であるメタンハイドレートは、永久凍土層や海洋堆積層に 200～400 兆 m³ の資源量が報告され、在来の天然ガスの資源量に匹敵する。メタンハイドレートは減圧、加温によりメタンガスに分離できる。国プロでは生産坑井の水位を低下させ地層の間隙水圧を低下させる減圧法がカナダで実証され、生産性と回収率を向上させるための技術開発が期待される。

2. メタンハイドレートの増進回収での CO₂ ハイドレートの生成熱の利用方法

図-1 にはメタンハイドレートの増進回収に CO₂ ハイドレートの生成熱を利用する原理を示す。灰色の曲線より低温・高圧はメタンハイドレートの安定領域、斜線は CO₂ ハイドレートの安定領域を示す。メタンハイドレートは図-1 の安定領域の温度・圧力条件を満たす海洋堆積層や永久凍土層で発見され、海底から数百メートルの深部に、層厚 100m ほどの濃集帯が報告されている。

図-1 の b₀ はメタンハイドレートの初期の温度と圧力を示す。b₁ は生産坑井の水位を低下させる減圧法で、地層の間隙水圧が低下した状態を示し、メタンハイドレートの安定領域から出るのでメタンハイドレートは、メタンガスと水に分解し、生産坑井から回収可能になる。b₂ はメタンハイドレートの分解は吸熱反応なので地層温度が低下する最低値を示す。地温が低下するとメタンハイドレートの分解速度は低下し、メタンハイドレートの安定領域の境界上、b₂ では分解しない。そこで、地層を加温してメタンハイドレートの分解を促進させることが重要になる。

過冷却状態である氷点下-5℃の水を凍らせると、氷の生成は発熱反応なので水温は 0℃まで上昇する。CO₂ ハイドレートの生成は発熱反応で、同様に最大で図-1 の b₃ まで温度が上昇する。したがって、メタンハイドレートの分解で低下した地温を上げるための加温エネルギーとして、CO₂ ハイドレートの生成熱が利用できる。CO₂ ハイドレートは水と液体 CO₂ の界面で生成し、CO₂ ハイドレートの安定領域の温度・圧力であれば、地層中で生成する。地上から深部地層に熱を供給する方法に比べると熱損失を小さくできる。

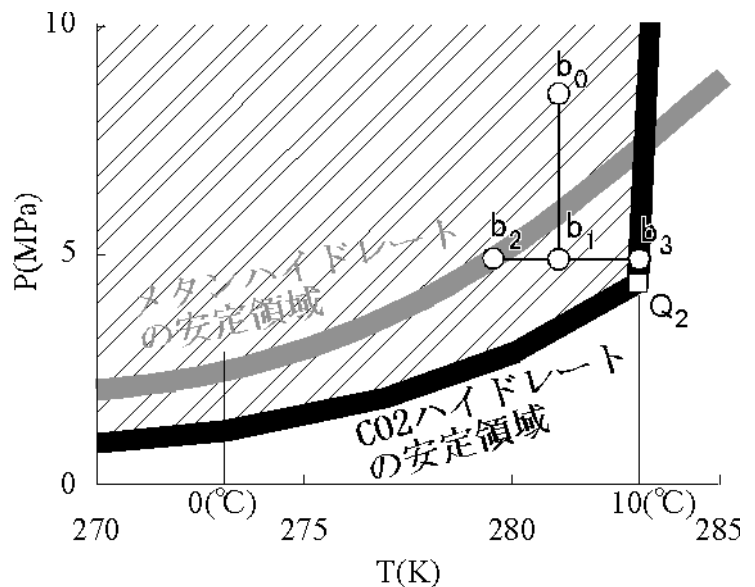


図-1 メタンハイドレートの増進回収での
CO₂ ハイドレートの生成熱の利用原理

キーワード：メタンハイドレート，増進回収，CO₂ ハイドレート，生成熱

連絡先：〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 Email ikegawa@criepi.denken.or.jp

このように CO₂ は地層の加温エネルギーとしての利用が可能で、メタンハイドレート資源の増進回収法のオプションとして期待できる。

CO₂ ハイドレートの生成熱は 18.1J/mol で、同モルの水素燃焼の 7.6%と大きい。間隙率が約 40%の豊浦差の場合、CO₂ ハイドレートの生成熱と比熱容量から計算される温度上昇は最大約 9℃である。この CO₂ ハイドレートの加温性能は、室内実験と解析により確認している。

CO₂ ハイドレートの安定領域は図-1 に示す Q2 点で不連続となる。これは CO₂ の気液の相境界であるためである。CO₂ は Q2 より高压で液相、低压で気相である。メタンは図-1 の温度・圧力では気相で、液相にならない。Q2 点より高压でも、安定領域は、ほぼ 10℃以下である。

生成熱を利用した CO₂ は固体の CO₂ ハイドレートとして地層中に固定される。メタンハイドレートも固体として固定されている。海洋堆積層の場合、約 4℃の水の密度が最大となるため、地殻活動による地温の上昇や、海洋大循環の影響がなければ、基本的に海底温度は 4℃である。また、地殻の上昇や、氷河期の海面低下で圧力低下が考えられるが、海洋堆積層の温度・圧力条件が急激に広域で変化するリスクは非常に小さいと思われる。ここに海洋大循環は北極や南極で冷やされて密度が大きくなった海水が駆動力となって生じる地球規模での海洋水の対流で、平均流速は 1cm/sec と言われる。

3. 適用条件とまとめ

本報告の CO₂ ハイドレートの生成熱を用いたメタンハイドレート資源の増進回収は、CO₂ ハイドレートが生成しないため、10℃以下の地層中のメタンハイドレートである。図-2 には、既発見のメタンハイドレートの温度圧力条件を示す。10℃以下のメタンハイドレートは約 3 分の 2 地点あり、CO₂ ハイドレートの生成熱を利用が適用可能な地点は、永久凍土層など多いと言える。

今後、CO₂ ハイドレートの生成熱を利用したメタンハイドレートの増進回収による生産性や回収率の定量評価により、経済的な商用性と技術的な実用性の確認が必要である。

参考文献

- 1) 池川洋二郎 CO₂ ハイドレートの生成熱を用いた地層温度上昇によるメタンハイドレートの分解可能性に関する室内実験と解析による評価, 土木学会論文集, Vol.63, No.4, pp.206-215, 2007.10.
- 2) E. Dendy Sloan and Carolyn A. Koh : Clathrate hydrates of natural gases, Third Edition, CRC press, 2008.

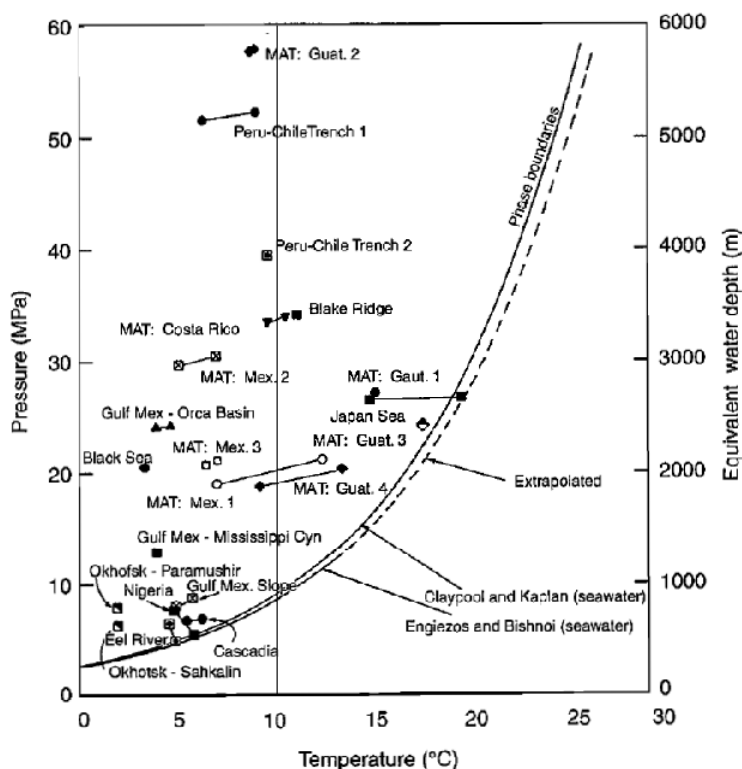


図-2 既発見のメタンハイドレートの温度と圧力(引用 2)加筆)