

B-49 二酸化炭素を利用するメタンハイドレートの増進回収法における海水の利用可能性に関する実験検討の結果

○池川 洋二郎^{1*}・末永 弘¹・田中 姿郎¹・窪田 健二¹・野原 慎太郎¹

¹電力中央研究所 地球工学研究所 地圏科学領域 (〒270-1194千葉県我孫子市我孫子1646)

* E-mail: ikegawa@criepi.denken.or.jp

1. はじめに

2014年4月のエネルギー基本計画 [1] におけるエネルギー需給に関する長期的、総合的かつ計画的に講ずべき施策の章では、「海洋におけるエネルギー・鉱物資源の開発ができれば、自給率を飛躍的に高めることができる可能性がある。」とし、「メタンハイドレートに関して、2018年度を目途に商業化の実現に向けた技術の整備を行う。その際、2023年から2027年の間に、民間企業が主導する商業化のためのプロジェクトが開始されるよう、国際情勢をにらみつつ技術開発を進める。」と記載され、国産資源としての重要性が増してきていると思われる。

また、アクションプラン案 [2] では商業生産に実現すべき内容として①長期・安定的なガス生産、②生産コストの低減、③環境に配慮した生産システムが示されている。ここでは生産コストの低減技術の一つとして、二酸化炭素 (CO₂) ハイドレートの生成熱を利用する増進回収法を室内実験で検討を進めており、将来、商業利用された場合、地球環境問題の対応コストの低減に繋がる可能性があると思われるので現状を報告する。

2. CO₂を利用するメタンハイドレート増進回収法

(1) 背景

メタンハイドレートは、水素結合によって水分子が構成する正12面体等の籠状格子にメタン分子がトラップされた構造の氷状の固体で、永久凍土層の下部層や大陸縁辺の海底地層に存在することが確認されている。在来型の油ガスのような流体は、生産井の掘削で生産されるが、メタンハイドレートは減圧によって分解する特性を利用する減圧法などで、地層内で水とガスに分解して生産する方法が検討されている。

一方、メタンハイドレートの分解は吸熱反応で、地層温度が低下して分解が生じない相平衡に近づくと、生産

性が低下する。このため加熱と組合せて生産性や回収率を上げて経済性を向上させる増進回収法が並行して検討されている。

国のシミュレーション検討では、地層温度を2~3℃上げることで、増進回収効果が得られると評価 [3] され、当研究所はCO₂と水からのCO₂ハイドレートの生成が発熱反応であることに着目し、生成熱で地層を直接、加温する方法を検討している。

従来、CO₂を利用する場合の課題は、CO₂ハイドレートが生成する条件 (過冷却) の地層にCO₂を注入すると、地層孔隙がCO₂ハイドレートで閉塞し、CO₂の注入が不可能とされていたことである。一方、米国エネルギー省主導で実施されたCO₂を利用する方法では、67vol%程の純窒素を混合してCO₂の分圧を低減し、CO₂ハイドレートが生成しない条件で地層に注入する方法が、アラスカ北部のフィールド試験で検討され、成功が報告 [4] されている。

一方、わが国の周辺の海洋上で大量の純窒素を確保するにはコストの課題が生じると考えられ、減圧法で付随して生産される水や、海水を利用するCO₂の注入法を検討することで、低コスト化による実用性の向上が得られると考えている。

2009年度から2012年度までの室内実験による検討 [5] [6] では、CO₂ハイドレートの生成に必要な水と液体CO₂を微細混合したエマルジョンが相平衡では閉塞することなく浸透することを確認している。さらに生産対象の砂層の粒径に近いとされる7号硅砂を用い、過冷却を模擬した実験で、エマルジョンの浸透先端でのCO₂ハイドレートの生成熱で2℃~3℃の温度上昇が生じて相平衡となり、相平衡の条件となった上流側の砂層をエマルジョンが閉塞することなく浸透する可能性が高いことをデータで確認し、50vol%-CO₂程のエマルジョンを利用することで、発熱と浸透が両立する可能性を示している。

以上の検討では、生産水が淡水と考えられていたことから、精製水を用いて検討しているが、以下では、海水が利用可能であるか、室内実験による検討を行ったので、実験方法、結果、考察を示す。

(2) 実験方法と結果

図-11は用いた実験装置のフロー図で、シリンジポンプCのCO₂とAの海水／模擬水を一定流量で出し、シリンジポンプBで一定圧力に制御を行った。また、途中のミキサーでCO₂滴径が10μm程度のエマルションとなるように微細混合し、顕微鏡観察用の圧力セルでエマルションの状態を観察した。

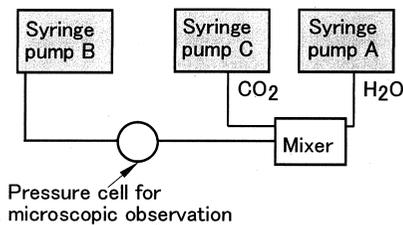


図-1 実験装置のフロー図

表-1には利用した海洋深層水と塩化ナトリウム水溶液を示す。海洋深層水は取水深度397mの黒潮系深層水とされる焼津港ものを利用した。温度と圧力は、従来の実験で基本的に利用している相平衡の10℃、6.5MPaで、エマルションの流速は4mLで、50vol%- CO₂となるように流速制御した。

表-1 実験ケース

	温度 ℃	圧力 MPa	流速 mL/min
海洋深層水 (焼津)	10	6.5	4
3%-NaCl水溶液	10	6.5	4
1.5%-NaCl水溶液	10	6.5	4
0.75%-NaCl水溶液	10	6.5	4
0.09%-NaCl水溶液	10	6.5	4

エマルションの生成結果は、従来と同様にビデオ記録で観察し、表-1のいずれのケースでも従来の淡水を利用した場合のようにエマルションが生成することを確認した。一方、流動中のエマルションを高速写真による静止画の撮影を試みたが、いずれも焦点が合わず、本報告に示すものが得られなかった。

(3) 考察

表-1に示す海洋深層水や塩化ナトリウム水溶液は弱ア

ルカリで、CO₂の溶解による中和が生じることを考慮すると、CO₂の溶解量が多くなるものの溶解しきれないCO₂は液滴として存在しているものと考えられる。一方、海水にはハイドレートの生成を抑制する効果が知られており、当初計画した8時間程の実験時間内では、CO₂ハイドレートの生成を観察することができなかった。現在、2日間程度の実験が可能になるように改良中である。

以上において海洋深層水や塩化ナトリウム水溶液と液体CO₂が微細混合し、エマルション状態となることが確認されたことから、エマルション生成に関しては海水が利用できる可能性があることが確認されたと考えている。

3. 最後に

本報告ではメタンハイドレートの商業化には生産コストの低減が課題であることから、CO₂ハイドレートの生成熟に着目し、回収率の向上による経済性向上を目指す方法の研究現状の一端を示した。さらに海洋上で容易に利用可能な海水がエマルション生成に利用できる可能性を確認した。さらに、発熱性能や浸透特性を確認することで、コスト低減の可能性を示すことで実用性向上に繋がりたいと考えている。

謝辞：経済産業省のメタンハイドレート開発促進事業の再委託研究として実施したメタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム (通称ME21) の生産手法開発グループの研究の一部として得られた成果を利用させていただきました。ここに関係の方々深く謝意を表します。

参考文献

- [1] 経済産業省資源エネルギー庁、エネルギー基本計画、2014年4月。
- [2] 経済産業省 メタンハイドレート開発実施検討会 (第27回)、資料6-1 平成27年度までのアクションプラン案について、2014年3月31日。
- [3] 栗原正典、他：東部南海トラフメタンハイドレート資源の生産性評価、石油技術協会誌、Vol. 74, No. 4, pp. 311-324, 2009. 6.
- [4] JOGMEC News Release : アラスカCO₂置換ガス回収実証プロジェクトの現地試験終了～世界初のフィールドCO₂/CH₄置換試験～、2012年5月2日。
- [5] 池川洋二郎、他：CO₂ハイドレートの生成熟を用いたメタンハイドレート増産法における地層温度を考慮したCO₂注入法に関する室内検証、土木学会論文集、Vol. 67, No. 4, pp. 213-222, 2011. 11.
- [6] 池川洋二郎、他：CO₂ハイドレートの生成熟を用いたメタンハイドレートの産出 - 過冷却地層へのCO₂注入による発熱・浸透挙動の室内検証 -、土木学会論文集、Vol. 68, No. 3, pp. 172-181, 2012.