

## CO<sub>2</sub>ハイドレート貯留の提案

電源開発(株) 正会員 ○鳥羽瀬 孝臣  
 (一財)電力中央研究所 正会員 池川 洋二郎

### 1. はじめに

地球温暖化対策として、化石燃料を使って発電しながらCO<sub>2</sub>排出を抑制できるCCS(Carbon dioxide Capture and Storage)に期待が寄せられている。CCSを実現するためには、CO<sub>2</sub>地中貯留の適地が必要である。本研究はCO<sub>2</sub>地中貯留の適地拡大を目的に、ハイドレートを利用したCO<sub>2</sub>地中貯留を提案するものである。

### 2. 地中貯留に関するナチュラルアナログ(自然類似現象)

天然ガスは、在来型天然ガス、シェールガス、メタンハイドレートなどの状態で地層中に存在している。在来型天然ガスは、気密性の高い泥岩などのキャップロックがシール層となり地層中に貯まっている。一方、メタンハイドレートは、大陸縁辺の海底下地層中に固体として存在することが発見されていて、キャップロックは無いが、メタンがハイドレート化する温度と圧力の条件がいわゆるシール機能を果たしている。

このような自然状態で天然ガスが存在することをCO<sub>2</sub>貯留のナチュラルアナログ(自然類似現象)として考え、表-1に対比を示す。在来型天然ガスと一般的なCO<sub>2</sub>地中貯留(帯水層貯留)はキャップロックがシール層として機能する。メタンハイドレートと同様に、本報告のCO<sub>2</sub>ハイドレート貯留はCO<sub>2</sub>をハイドレート化させる温度と圧力の条件がシール機能として利用可能と考えられる。

表-1 ナチュラルアナログ(自然類似現象)

	在来型石油・天然ガス	CO <sub>2</sub> 帯水層貯留
シール機能	キャップロック(遮へい層)	
貯留物質	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>
貯留物質の相状態	液相・気相(貯留時) ↓ 液相・気相(産出時)	超臨界相(CO <sub>2</sub> 圧入時) ↓ 地下水に溶解し、最終的には鉱物化
備考	EOR 当該貯留層にCO <sub>2</sub> を圧入し石油・天然ガスを増産する	

	メタンハイドレート	CO <sub>2</sub> ハイドレート貯留
シール機能	温度・圧力条件	
貯留物質	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>
貯留物質の相状態	ガスハイドレート(貯留時) ↓ 気相(産出時)	液相(CO <sub>2</sub> 圧入時) ↓ ガスハイドレート(貯留時)

### 3. CO<sub>2</sub>地中貯留のイメージ

CO<sub>2</sub>が、液体若しくは超臨界の状態ではその密度は海水よりも小さいので海底下地層中にCO<sub>2</sub>を貯留する場合には浮力が生じ、それを封じ込めるために何らかのシール機能が必要である。CO<sub>2</sub>は常圧で温度-79.15℃以下の条件で固体のドライアイスになるが、水と混じると温度10℃以下で圧力4.5MPa以上の条件でハイドレート(固体)化する。

図-1に示すとおり、CO<sub>2</sub>帯水層貯留ではキャップロックがシール機能を果たし、CO<sub>2</sub>ハイドレート貯留では所定の温度・圧力条件でハイドレート領域を形成することにより、キャップロックが無くてもシール機能を果たすと考えられる。

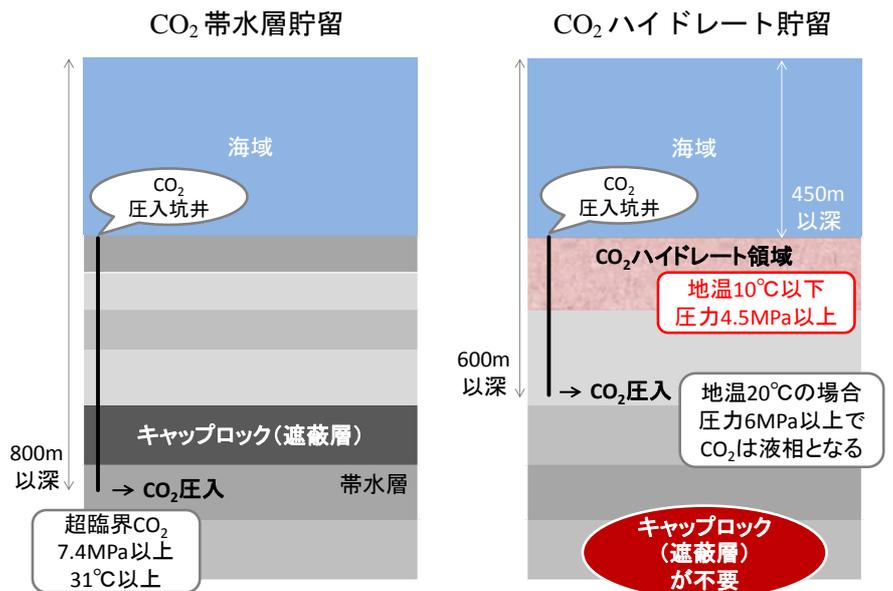


図-1 CO<sub>2</sub>地中貯留のイメージ

キーワード CCS, CO<sub>2</sub>地中貯留, CO<sub>2</sub>ハイドレート, ナチュラルアナログ, アルゴ計画

連絡先 〒253-0041 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎 1-9-88 電源開発(株)茅ヶ崎研究所 TEL 0467-88-7854

4. 日本周辺海域の水深と水温

アルゴ計画（国際科学プロジェクト）では全世界の海域における大水深の水温を観測しており、日本周辺海域の観測点（7観測点）を図-2に示す。

7観測点の水温データを参照すると、太平洋側の水深1,000mの水温は5℃以下であり、2,000mの水温は2.5℃である。また、日本海側の水深400mの水温は1℃であった。

7観測点の水深（圧力）と水温のデータを、CO<sub>2</sub>のハイドレート生成領域を示す範囲<sup>1)</sup>に重ねてみると、図-3に示すとおり、いずれもCO<sub>2</sub>ハイドレート領域内にあることが分かった。この結果は、日本周辺海域の海底部の広い範囲において、CO<sub>2</sub>ハイドレートを生成する温度と圧力の条件を満たしていることを示している。

5. ハイドレートを利用するCO<sub>2</sub>地中貯留

海底下地層の地温は深度が深くなるにつれ上昇する。太平洋側の水深1,000mの海底面の水温が5℃であるとして、海面からの深度（圧力）と温度の分布を図-4に示す。図-4の(1) TP seal layerは温度・圧力の条件からCO<sub>2</sub>ハイドレートを生成する領域を示し、(2) Liquid CO<sub>2</sub> injection/storage layerは温度・圧力条件からCO<sub>2</sub>が液相状態である領域を示している。つまり、CO<sub>2</sub>を(2) Liquid CO<sub>2</sub> injection/storage layerに圧入することにより、CO<sub>2</sub>圧入時にハイドレート化による閉塞（目詰まり）を防ぐことができる。圧入されたCO<sub>2</sub>は液相状態のままで密度差により浮上するが、(1) TP seal layerへ到達したところで自己ハイドレート化して固定される。TP seal layerの孔隙内はCO<sub>2</sub>ハイドレートで充填され浸透性が低下してシール機能を果たすようになる。そうすることにより、TP seal Layerの下位のLiquid CO<sub>2</sub> injection/storage layerにおいて漏洩することなくCO<sub>2</sub>を貯留できるというアイデアである。

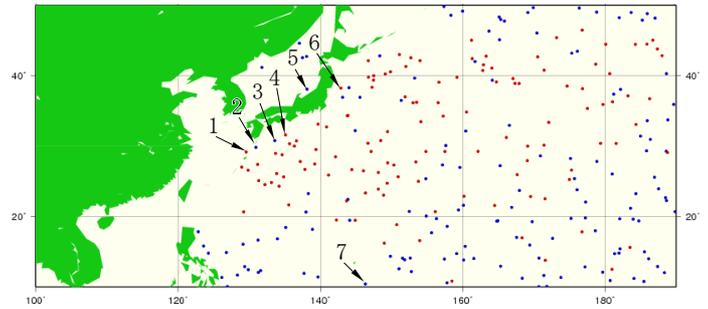
6. 今後の課題

本アイデアを実用化するためには、次の課題があると考えている。

- ・CO<sub>2</sub>貯留の安全性を確保するためのTP seal Layerの厚さを定量的に評価すること。
- ・日本周辺海域におけるCO<sub>2</sub>ハイドレート貯留のポテンシャルを把握すること。

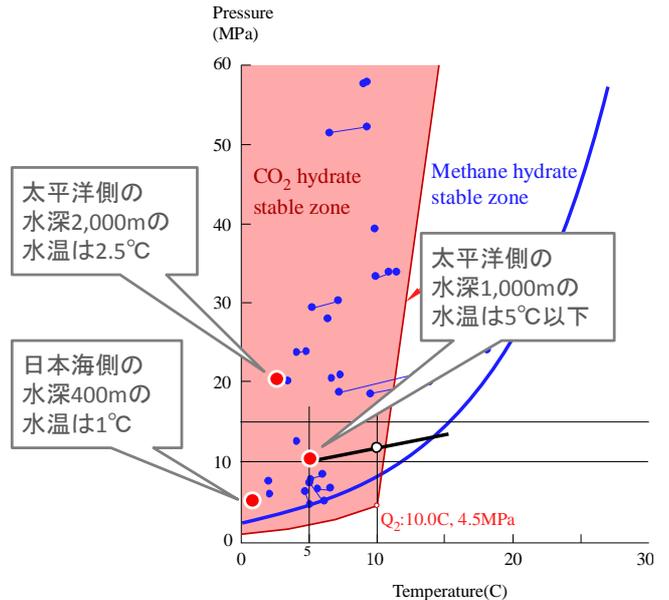
参考文献

1) 池川洋二郎、他：CO<sub>2</sub>ハイドレートの生成熱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CO<sub>2</sub>注入法に関する室内実験、土木学会論文集 Vol67（2011）No.4、pp213-222



出典：海洋研究開発機構：Argo計画紹介サイト(2017年8月閲覧)

図-2 日本周辺海域における大水深の水温調査



Sloan: Clathrate Hydrates of Natural Gases, 2<sup>nd</sup> Ed., 1997. のデータを用いて作図。

図-3 CO<sub>2</sub>ハイドレート生成の適合性

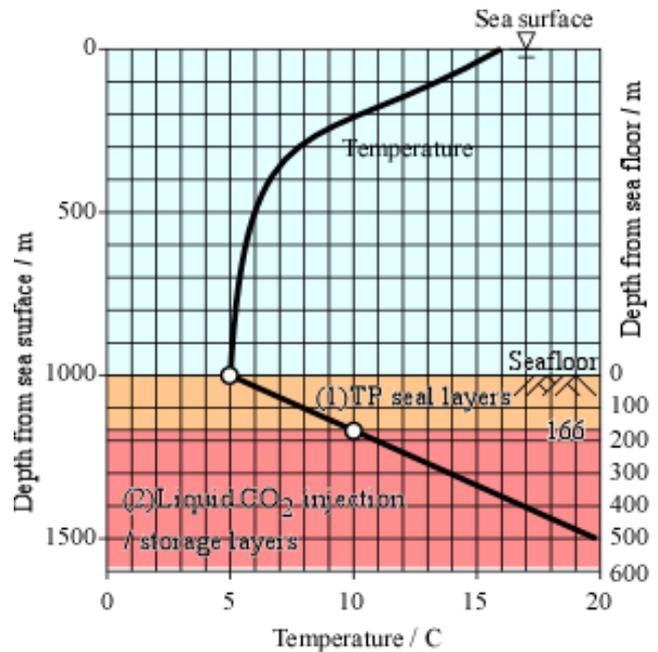


図-4 海底下地層内の温度分布（イメージ）