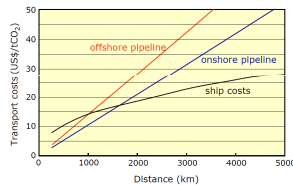


CCS用CO2パイプラインの強度設計

90861 川上恭章
90890 藤井達也

1. 背景と目的

・CCSの実現にはCO2ガスの輸送が必要
長距離なら船
近距離ならパイプライン



出典: IPCC Special Report on Carbon dioxide Capture and Storage 2005/12 Cambridge Univ. Pr.
図1: CO2輸送時の距離とコスト

・広く使われている天然ガスパイプラインと違いCO2用の基準はない

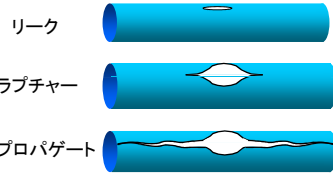


図2: 亀裂の種類

◎CO2専用パイプラインの強度設計

・既存のパイプラインは使えるか
・どのパラメータが重要なのか?
・損傷を受けても“リーク”に留める必要

効率的な輸送のため、液相・超臨界相で輸送する

→圧力をかけると相変化しやすい性質を利用する

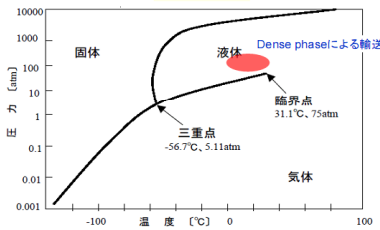


図3: CO2の状態図

2. 原理

◎破壊が生じたとき

・亀裂伝播速度曲線・・・
亀裂先端圧力と亀裂伝播速度の関係
・ガス減圧曲線・・・
破壊時における管内圧力とガス減圧波進行速度の関係



図4: 亀裂の挙動

◎2つの曲線が接するかどうかで亀裂の挙動が決まる!

亀裂先端の減圧波進行速度が亀裂進行速度より遅い
→亀裂は加速する

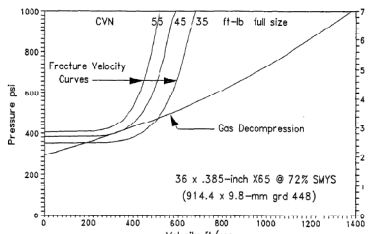


図5: 亀裂伝播曲線とガス減圧曲線
出典: Eiber, Bubenik, Maxey, FRACTURE CONTROL TECHNOLOGY FOR NATURAL GAS PIPELINES(1993)

3. 実習概要

◎設定

パイプライン入口圧力: 20MPa 出口圧力: 15MPa
ガス温度: 20°C 設計係数: 0.72 板厚: 14.48mm 直径: 467mm
材料の降伏応力: 65ksi = 448MPa
輸送量: 1万 t/日 輸送距離: 50km

(現実性の評価)

・大規模CO2排出源である発電所、製鉄所から発生するCO2の25% (1.35億t-CO2)をCCSにより隔離すると仮定
→パイプラインは37本必要

・敷設コスト: 1億円/km
・寿命30年とすると・・・
CO2 1トン当たりコスト: 45円
→現実的

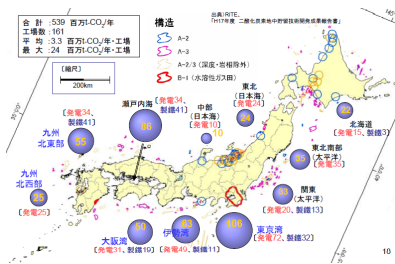


図6: 日本の主な沿岸部の大規模CO2排出源 (RITE, H17)

◎必要靱性値の決定

1. ガス減圧曲線を描く
2. 亀裂伝播速度曲線を描く
3. 2つが接する時の靱性値を求める

CO2+窒素混合物、CO2+メタン混合物、天然ガス(メタン100%)について組成を変えて行った

4. 結果

◎減圧曲線の違い

実際に得た減圧曲線は右図のようになった(一部抜粋)

※図7-2~4で平坦な部分があるのは、CO2が気相に変化しているため減圧が遅くなっている

- ・CO2と天然ガスで大きく異なる
- ・混合物によっても異なる

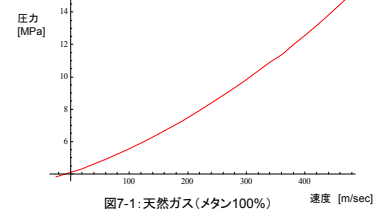


図7-1: 天然ガス(メタン100%)

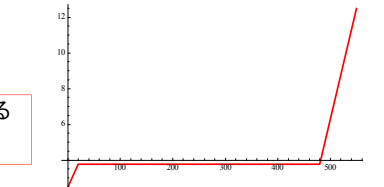


図7-2: CO2 100%

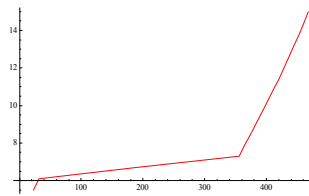


図7-3: CO2+メタン10%

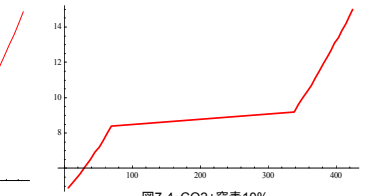


図7-4: CO2+窒素10%

靱性値の変化

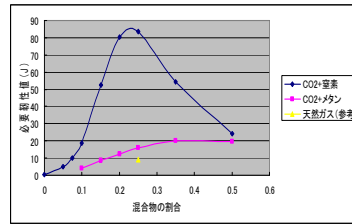


図8-1: 混合物を含んだCO2ガスに対する必要靱性値

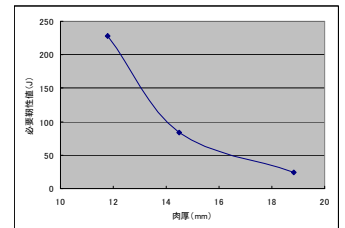


図8-2: 強度に応じた肉厚に対する必要靱性値

必要靱性値は
・混合物によって大きく異なる
・混合物の割合によって大きく異なる

設計係数、強度を与えて決まる肉厚と必要靱性値の間には逆相関があった

5. 結論

・CO2パイプラインに必要な靱性値は天然ガスの場合よりも大きいことが分かった。

→既存の天然ガスパイプラインは利用できない

(しかし、技術的には今の技術で対応可能)

・必要靱性値は混ざっている不純物の種類に大きく影響される。

・不純物の量によっても影響される。

必要靱性値は25%前後で最大

→不純物が混ざることがあっても、20%を超えないようにする必要

・材料の強度を上げるより、肉厚を厚くしたほうが必要靱性値は小さくなった。

6. 今後の課題

・混合物の分子量に着目した場合の調査が足りなかった

・CO2 100%の時の厳密な減圧曲線が得られなかった

・経済性の評価ができなかった

(パイプ加工のコストや昇圧機、メンテナンス等のランニングコストなど)

(参考文献)

牧野寛之、溶接学会誌 第76巻(2007)第2号 P114