

# 二酸化炭素ハイドレートによる地盤改良 技術の開発とカーボンリサイクル

Challenges to Carbon Recycling with Ground  
Improvement Technique by CO<sub>2</sub> Hydrate

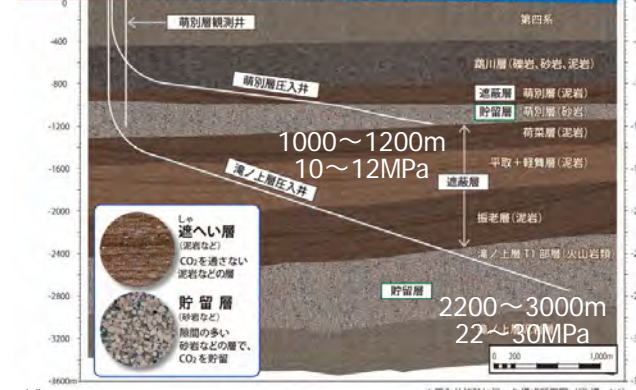
山口大学 大学院創成科学研究科  
工学系学域 社会建設工学分野

吉本 憲正

## 背景及び目的

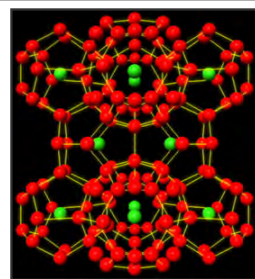
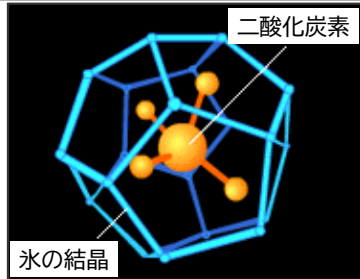


苫小牧の実証実験: CO<sub>2</sub>を圧入して超臨界状態で貯留  
↳多くのエネルギーが必要!?

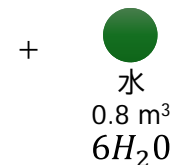
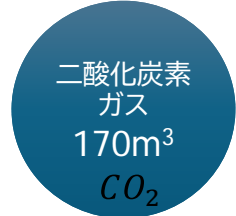
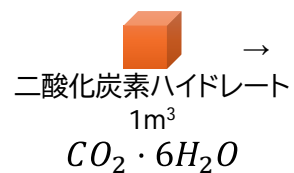


CO<sub>2</sub>ハイドレートで貯留できないか?  
ハイドレートとは、ある温度圧力下で生成される多量のガスを含んだ固体  
比較して、低い圧力で貯留可能  
ハイドレートのセメンテーション効果による地盤改良も期待!  
海底地盤の表層付近を想定し、CO<sub>2</sub>ハイドレートの生成とハイドレートによる地盤の強度変化を調査

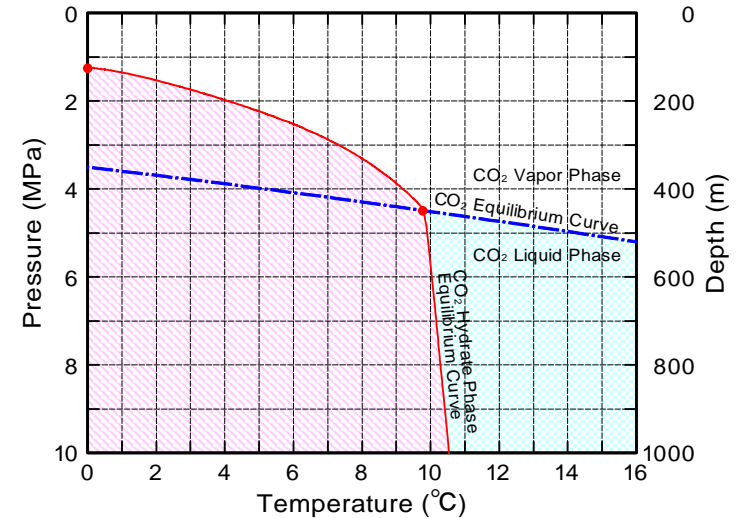
## 二酸化炭素ハイドレート(CDH: Carbon Dioxide Hydrate)



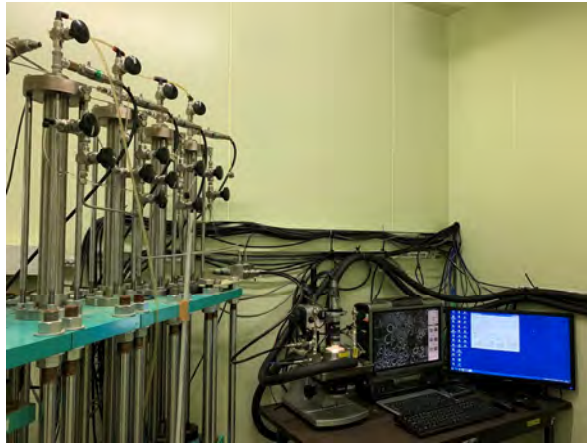
赤い玉 水分子  
緑の玉 二酸化炭素分子



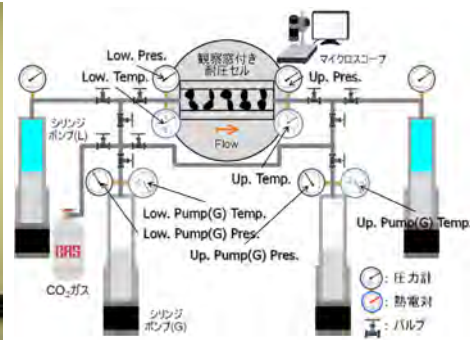
## 二酸化炭素の相平衡曲線



# ハイドレート観察用実験装置の写真と概略図



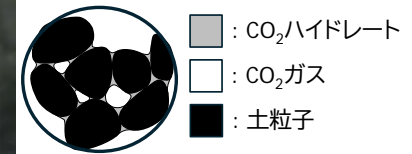
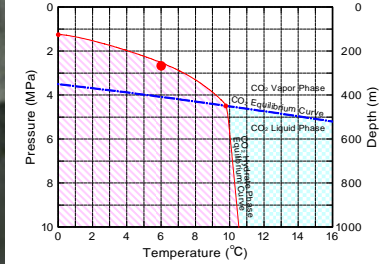
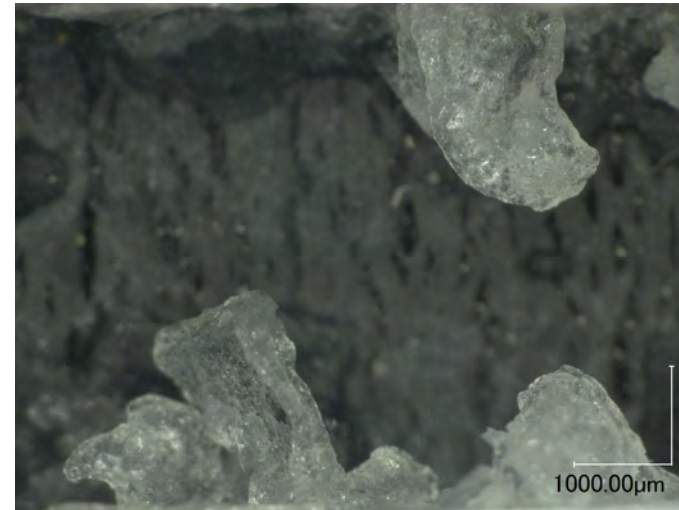
全景



概略図

# CO<sub>2</sub>ハイドレートの画像

E 1211 min 2.6 MPa 6.0 °C



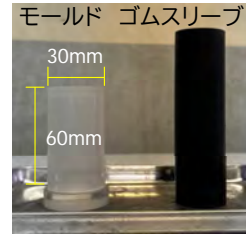
砂中での生成イメージ

# ハイドレート用低温高圧三軸圧縮試験装置

シリンジポンプ



全景



モールド ゴムスリーブ

セル内部

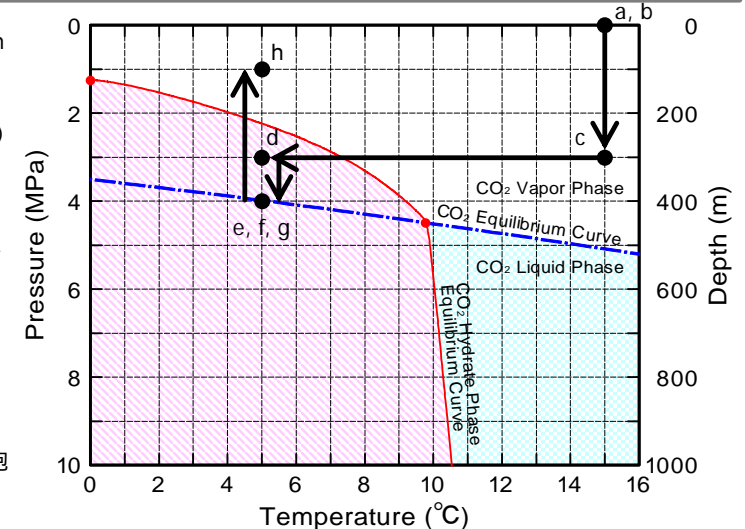


側液温度管理装置

# 試験方法及び試験条件

豊浦砂:  $\rho_s=2.665$ ,  $d_{50}=0.21\text{mm}$

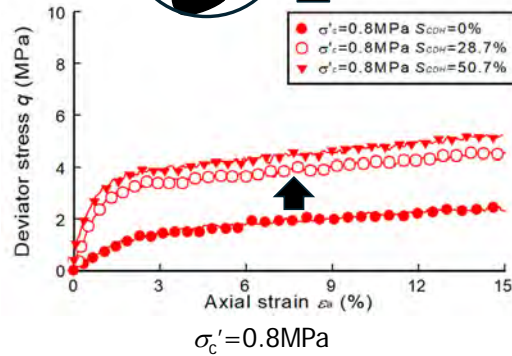
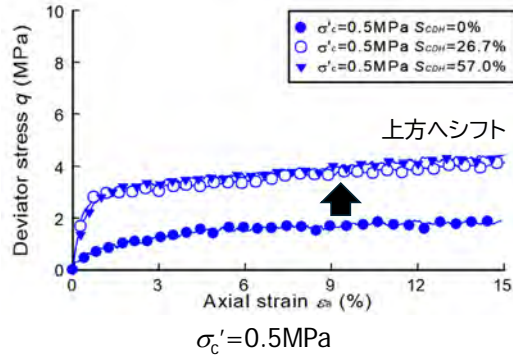
- 凍結供試体設置(セル内)
- 不凍液(15°C)の充填(セル内)
- 供試体内にCO<sub>2</sub>ガス充填(3MPa)
- CO<sub>2</sub>ハイドレート生成領域の温度に保持(5°C)
- 間隙圧を増圧(4MPa)
- 圧密( $\sigma'_c = 0.5, 0.8, 1, 3\text{MPa}$ )
- せん断(0.1%/min)
- CO<sub>2</sub>ハイドレートの分解(ガス量の計測, ハイドレート飽和率の算定)



## 実験結果(せん断挙動)

$S_{CDH}$ : CO<sub>2</sub>ハイドレート飽和率, 間隙中のハイドレートの割合

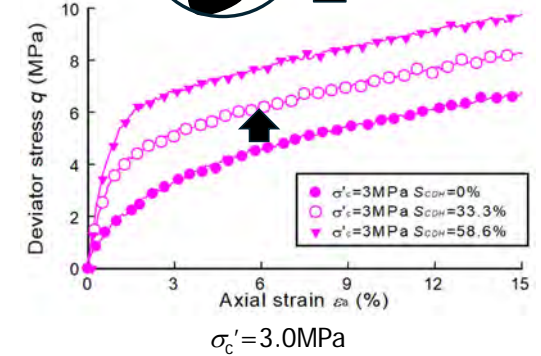
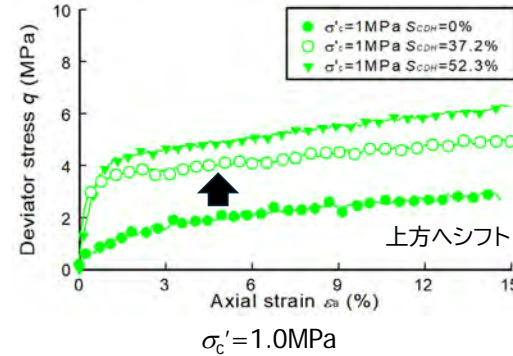
ガス飽和条件,  
B.P.=P.P.=4.0MPa(CO<sub>2</sub>ガス圧),  
ひずみ速度=0.1%/min



## 実験結果(せん断挙動)

$S_{CDH}$ : CO<sub>2</sub>ハイドレート飽和率, 間隙中のハイドレートの割合

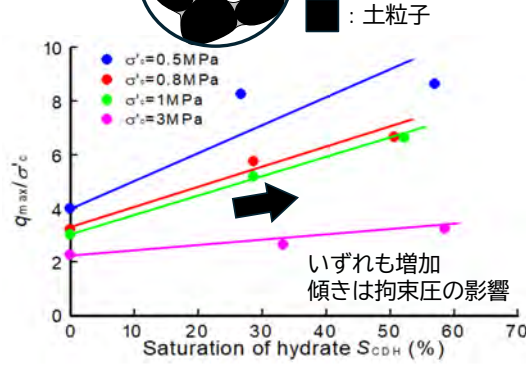
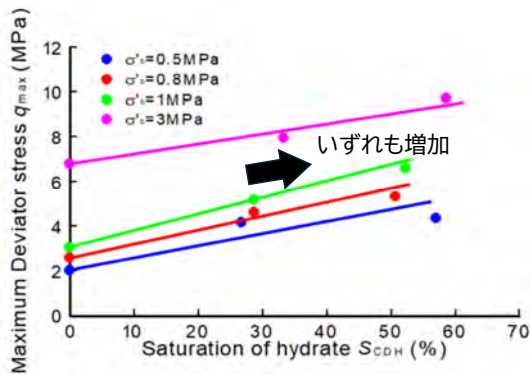
ガス飽和条件,  
B.P.=P.P.=4.0MPa(CO<sub>2</sub>ガス圧),  
ひずみ速度=0.1%/min



## 実験結果(せん断強度)

$S_{CDH}$ : CO<sub>2</sub>ハイドレート飽和率, 間隙中のハイドレートの割合

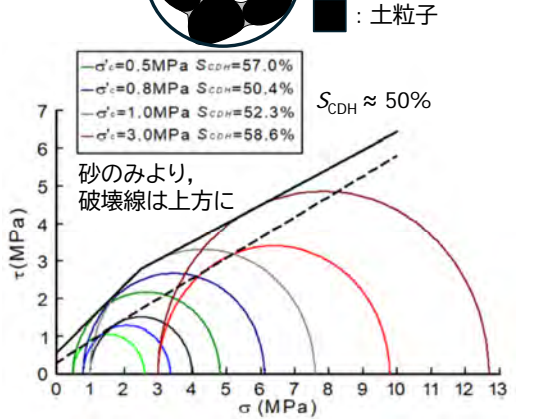
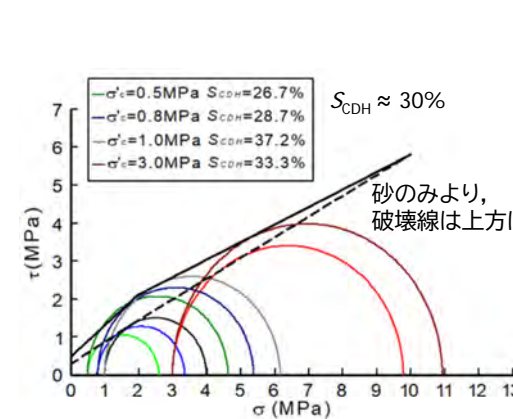
ガス飽和条件,  
B.P.=P.P.=4.0MPa(CO<sub>2</sub>ガス圧),  
ひずみ速度=0.1%/min



## 実験結果(せん断強度)

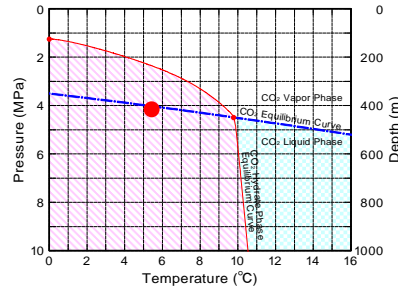
$S_{CDH}$ : CO<sub>2</sub>ハイドレート飽和率, 間隙中のハイドレートの割合

ガス飽和条件,  
B.P.=P.P.=4.0MPa(CO<sub>2</sub>ガス圧),  
ひずみ速度=0.1%/min



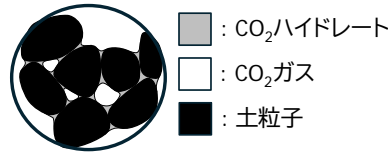
まとめ

- 水深約400m程度の深海底の**圧力**, その海底地盤表層付近の**低有効拘束圧**, そして, 二酸化炭素ガス環境下において, 砂中に二酸化炭素ハイドレート(CDH)を**生成**できた。
- 二酸化炭素ハイドレート(CDH)の効果により, **高いせん断強度を発現**することが確認された。
- これらのことから, CDHによる**地盤改良も期待**できる。



今後について

- 土粒子とCDHと水という状態も考えられる. そのような状態でもCDHは保持され, せん断強度も保持できるかを調査しておく必要がある。
- 適用範囲を広げることを考えると, CO<sub>2</sub>ガスだけでなく, 液体CO<sub>2</sub>を圧入することによるCDHの生成についても検討しておく必要がある。



砂中での生成イメージ

ご清聴ありがとうございました

謝辞

本研究は, 一般財団法人 大成学術財団の助成及び, 中電技術コンサルタント株式会社の支援を受けて実施したものです. また, 試験の実施にあたり, 元生優作氏(山口大学大学院創成科学研究科), 津田亘耀氏(山口大学工学部)にご協力いただいた. 記してここに謝意を表します.