

二酸化炭素の海洋隔離に関する検討

－マルチパイプによる希釈特性－

日大生産工 ○落合 実, 日大院総研 和田 明
日大生産工 遠藤茂勝

1 まえがき

地球温暖化は温室効果ガスの増加が主要因であるとされている。そして温室効果ガスの大部分が二酸化炭素(CO₂)であることから、大気中のCO₂濃度を低減させることが緊急の課題となっている。そこでCO₂の放出量を削減することはもとよりであるがCO₂を海洋に隔離する検討も行われている。海洋隔離の一策としては火力発電所などにおける燃焼排ガス中のCO₂を回収して深海へ送り込み、大気から長期にわたり隔離する構想である。

そこで本研究は、CO₂海洋隔離の可能性を検討する一連として、海底パイプラインを用いてCO₂を輸送し放流する方式に着目した。そして本報告では海洋域にパイプラインでCO₂を放流する方式の有利性を検討する基礎的段階として、初期希釈に有効な放流口の構造形式を見出すことを目的に基礎的な数値シミュレーションを行い、放流口近傍におけるCO₂の希釈特性を検討するものである。

2 数値解析の概要

2.1 計算概要

CO₂の放流深さはCO₂の拡散特性とともに生物への影響等も考慮して定める必要がある。本研究では拡散貯留特性が有効な中層域(1000～3000m)にCO₂を放出することを想定する。そして放出形式は鉛直上向きパイプを複数本直列に配列した単純形式とする。また放流口近傍の流動と希釈特性を検討することから物理的挙動のみを扱うこととする。

一般に重力噴流は放出流量・放出速度・放出形状・パイプ間隔などのパラメータが放流口近傍の流動や希釈特性を支配する²⁾ので、本計算ではCO₂の希釈特性に及ぼす放出内部フルード数と放出CO₂濃度の感度解析を行うものである。

2.2 数値解析条件

本研究では、放流深度1500mでの定常非圧縮性粘性流れ場を対象とし、標準 $k-\epsilon$ 乱流モデルを用いて解析を行う。計算領域を図-1に示す。CO₂の放流量は50万kwの火力発電所から放出される平均的な量を基準(Case2)とし、約2,1/2,1/4とCO₂量を変化させる。放出管は直径D=1mの単一管(長さ5D)を5D間隔に5本一列に並べる。これらの計算条件を表-1に示す。また、放出内部フルード数は次式で定義する。

$$Fr_0 = \frac{U_0}{\sqrt{(\Delta\rho/\rho_0)gD}} \quad \dots\dots (1)$$

ここで、 U_0 : 放出流速、 ρ_0 : 放出流体の密度、 $\Delta\rho_0$: 周囲流体と放出流体との密度差、 Fr_0 : 放出流体の内部フルード数、 g : 重力加速度とする。

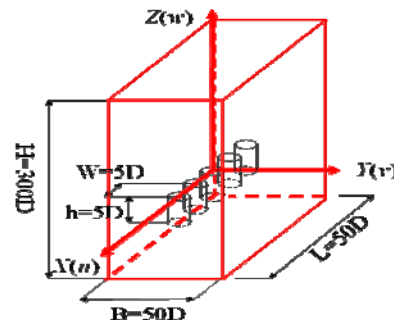


図-1 計算領域(Case1～4)

表-1 計算条件

Case	U ₀ (m/s)	CO ₂ (o/oo)	Fro
1	26.44	1.45	46.9
2	13.22	1.45	23.4
3	6.01	1.45	10.7
4	3.00	1.45	5.32
5	13.22	1.45	23.4

ただし、Case5は放水口間隔をW=20D、放流深度1200mでCase2と同じ条件とし、計算領域はH=600D,L=200D,B=160Dで計算した。

3 計算結果および検討

図-2はCase1のCO₂濃度を最大濃度と半値半幅で正規化した結果を示す。放出噴流が相互干渉して、120D程度の流下距離で一つの噴流に混合する様子が示されている。図-3はパイプ間隔の広いCase5のCO₂濃度分布を示す。噴流の相互干渉は120D程度から大きくなり、完全混合される距離は500D程度以上となることが認められる。図-4は流下方向に沿う最大流速の低減を示す。放出から40Dまでは放出内部フルード数が小さいCase4が他のCaseより大きい低減となり、それ以降では各Case共ほぼ同程度の低減率となっている。そして図-5は流下方向に沿うCO₂の希釈率の変化を示す。Case4は放出から40D程度まで、他のCaseよりも若干希釈率が高い。

図-6はCase1とパイプ間隔が広いCase5のCO₂希釈率を示す。放出口から20D程度まではほぼ同程度の希釈率であるがそれ以上離れるとCase5の希釈率が大きくなることが認められる。

4 まとめ

CO₂海洋隔離におけるマルチパイプ放出の有効性を検証する基礎研究として、放出CO₂の初期希釈特性を扱った。その結果、放出内部フルード数が小さい場合には放出口近傍で他のCaseより若干であるが最大流速の低減とCO₂の希釈率に違いが認められた。そして放出パイプ間隔が広い場合のCO₂希釈率は狭い場合より大きくなることがわかった。

今後は放出口間隔などの放出パラメータを変えた数値実験を行い、有効な希釈効果が得られる放出条件体系を見出す予定である。

「参考文献」

- 1) 尾崎雅彦：CO₂海洋隔離における希釈放流技術，月刊海洋，11，33，(2001)，

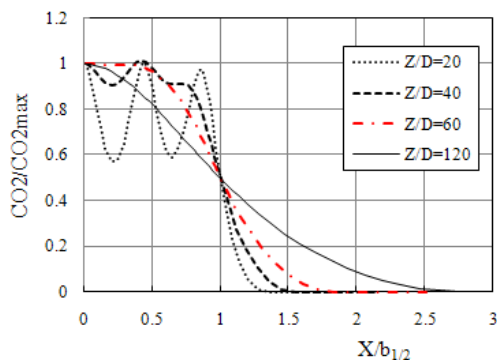


図-2 CO₂濃度分布 (Case1)

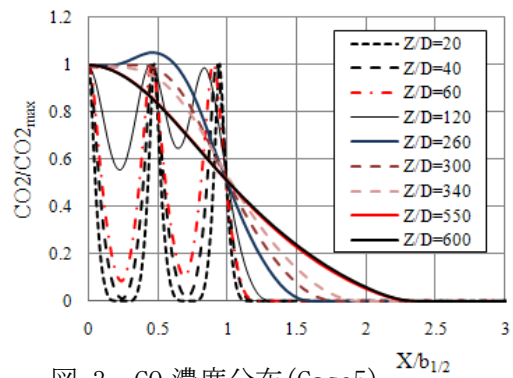


図-3 CO₂濃度分布 (Case5)

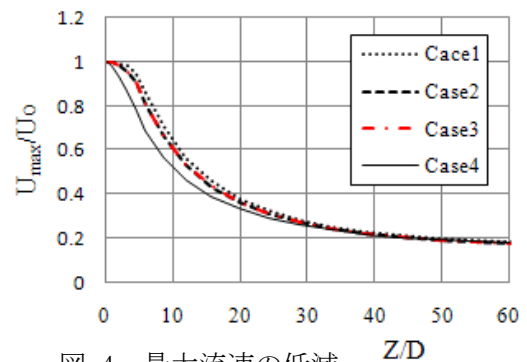


図-4 最大流速の低減

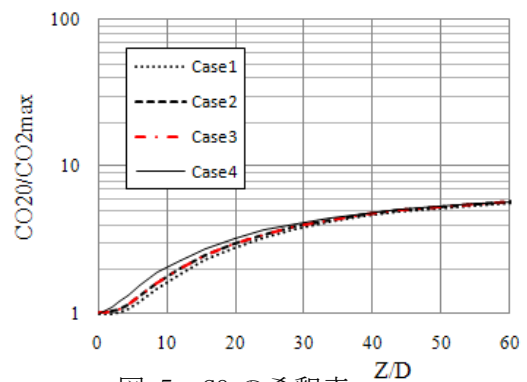


図-5 CO₂の希釈率

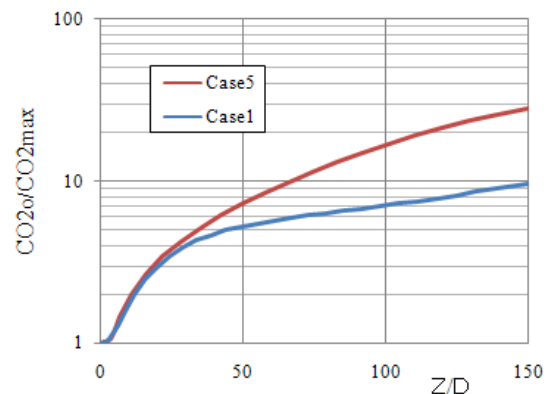


図-6 CO₂の希釈率 (Case1&5)

pp.767-770

- 2) 水鳥雅文他：鉛直重力噴流拡散予測モデルの開発，電力中央研究U88051