

海洋深層域における CO₂ 放流に関する検討

日本大学大学院 学 員 奥村 省吾
 日本大学生産工学部 正会員 落合 実
 日本大学生産工学部 フェロー 遠藤 茂勝
 日本大学大学院総科研 正会員 和田 明

1. 目的

現在、我が国において検討されている主な CO₂ の海洋への送り込みシステムは、陸上プラントで燃焼排ガスから分離回収した CO₂ を液化して海上輸送し、所定の海域において船から吊り下げたパイプを用いて水深 1500m~2500m 程度の海中に CO₂ を送り込むものである。

一方、輸送距離や放流深度によっては有効である海底パイプラインを用いて CO₂ を輸送し放流する方法については検討が進められていない。

そこで、本研究では後者に着目し、海洋域の所定放流深度にパイプラインを用いて 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ために、放流口近傍における CO₂ の希釈特性を把握するための基礎的な数値シミュレーションを行い、その結果を検討するものである。

2. 計算概要

本研究では、浅海域に比べて生物の存在が少ない中層に単純な円管で放流した場合の放流口近傍の流動と希釈特性を検討する。一般に CO₂ の希釈計算では広範な海洋域を全地球規模で捕らえる物理的挙動にそれらの物性を考慮して行われるが、本研究では初期希釈に有効な放流口の構造形式を検討することから放出直後の現象に着目するものであり、物理的挙動のみを扱い放流直後の流況、塩分と CO₂ 濃度などの数値解析を行うものである。

2.1 計算方法および条件

本研究では、放流深度 1500m での定常非圧縮粘性流れ場を対象とし、*K-ε* 乱流モデルを用いて流速、塩分および CO₂ 濃度分布の再現を行う。放出流体および周囲流体(海水)に関する条件は Table.1 に示すとおりである。計算はモデルの有効性を検討するため

Table.1 放出初期条件

	Case1		Case2		Case3		Case4	
	放流	海域	放流	海域	放流	海域	放流	海域
放流管数	1		2		5		11	
圧力(MPa)	15							
温度(K)	275.15							
塩分(‰)	0	34.5	0	34.5	0	34.5	0	34.5
密度(kg/m ³)	1007	1035	1007	1035	1007	1035	1007	1035
流速(m/s)	5.22	0	5.22	0	13.22	0	6.01	0
CO ₂ 量(%)	0		0		1.45		1.45	
<i>Fr</i> ₀	10.1		10.1		23.4		10.7	

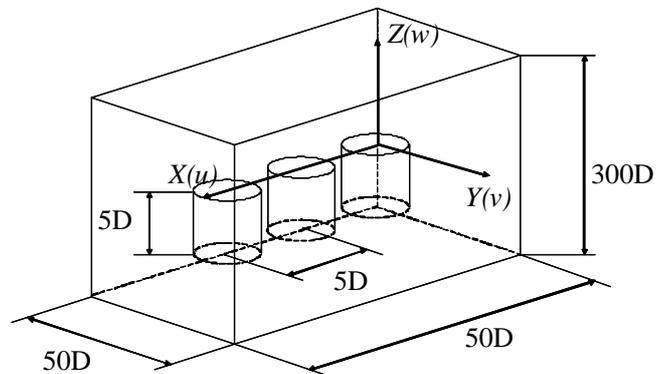


Fig.1 計算モデル概略図(Case3)

にまず CO₂ が負荷されない単一管: Case1 と 2 本管: Case2 を対象とし、次に CO₂ を負荷したマルチパイプ(5 放流口: Case3 と 11 放流口: Case4)の場合を計算した。放流は全て鉛直上向きとし、密度は UNESCO の海水の状態方程式を用いるものとする。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用いている。また、放出内部フルード数は次式の定義によるものとする。

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

ここで、*D*: 放流管径=1.0m, *U*₀: 放出流速, *ρ*₀: 放出流体の密度, *Δρ*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。

キーワード 地球温暖化, CO₂ 海洋隔離, 重力噴流

連絡先 〒275 8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 日本大学生産工学部 047 474 2452 E-mail: c53070@cit.nihon-u.ac.jp

乱流モデルでは標準的な係数を用い、乱れエネルギー- K は、 $K = CW^2$ とした。ここで、 W : 主流速、 $C = 0.002$ とする。

また解析結果は比較のため、奥行き方向では各断面の半値半幅： $b_{1/2}$ で、鉛直方向では最大 CO_2 濃度： CO_{2max} 、最大鉛直平均流速： W_{max} で除して正規化を行う。

3. マルチパイプ流動解析と CO_2 濃度

3.1 計算領域と放出条件

Case3 の計算領域を Fig.1 の概略図に示す。格子分割数は $60 \times 35 \times 55$ である。座標系は底面中央上の単一管の放流出口中央を原点とし、奥行き方向： X 、幅方向を： Y 、および鉛直方向を： Z とし、それぞれの流速を u 、 v および w とする。 $Fr_0 = 23.4$: Case3, $Fr_0 = 23.4$: Case4, CO_2 量は 1.45% とする。

3.2 解析結果考察

パイプ列の中心軸 $y = 0$ における Case3 の X - Z 断面の CO_2 濃度および鉛直方向平均流速を示したものが Fig.2 および Fig.3 であり、Case4 の X - Z 断面の CO_2 濃度分布と鉛直方向平均流速を示したものが Fig.4 および Fig.5 である。

解析結果から、 CO_2 濃度分布および鉛直方向平均流速は隣接する管からの噴流と干渉が生じ、完全に混合して 1 つの噴流となる流域は $Z = 50D \sim 100D$ となることが認められる。今回 Case3 と Case4 を比較した場合、解析結果にあまり変化が得られなかったことから、噴流の拡がりには放出内部フルード数の大きさに依存し、それが大きくなると噴流の拡がり幅も増大する傾向を示しているものと推測される。

4. まとめ

本研究では、海洋の中層域(1500m)に放流口を設置し、 CO_2 を放出した場合の初期希釈に有効な放流口形状を見出すために放流口近傍の CO_2 希釈特性を検討した。その結果、マルチパイプの希釈特性は、放出内部フルード数に支配されることが明らかとなった。

今後は鉛直放流管の本数や計算パラメーターを変えた数値実験や基礎的な数値実験を行い、計算モデルの適応性を検討する必要がある。

参考文献

- 水島雅文ほか 鉛直重力噴流拡散予測モデルの開発 電力中央研究所報告 U88051

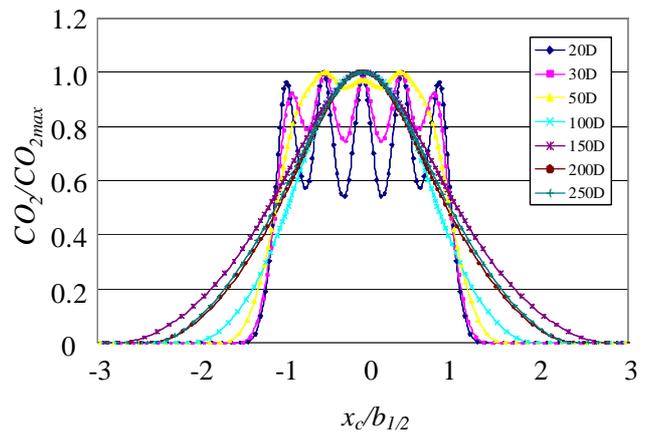


Fig.2 CO_2 の断面分布(Case3)

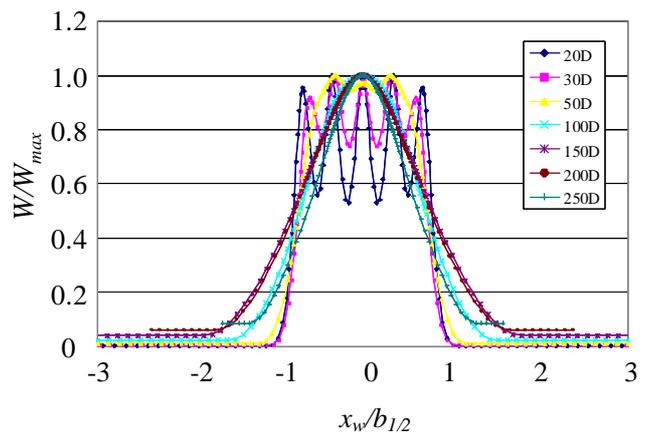


Fig.3 鉛直平均流速 W の断面分布(Case3)

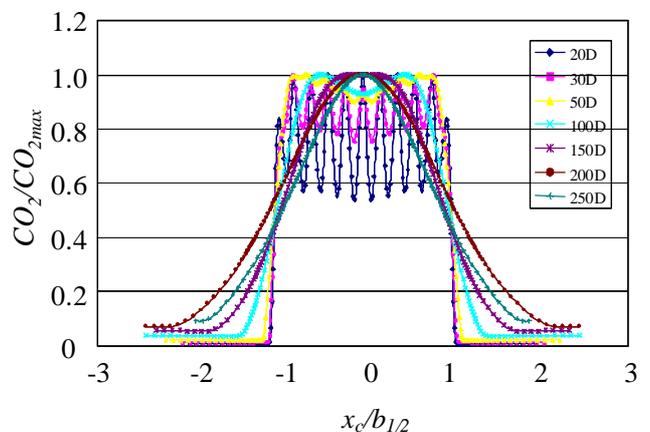


Fig.4 CO_2 の断面分布(Case4)

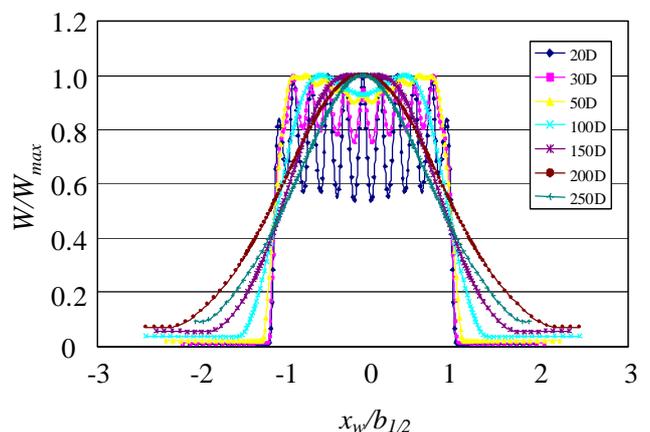


Fig.5 鉛直平均流速 W の断面分布(Case4)