

深層海域における放出二酸化炭素の初期希釈について

日本大学生産工学部 正会員 ○落合 実
 (株)東京技術計算コンサルタント 奥村 省吾
 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. はじめに

地球温暖化は地球規模の問題である。特に原因とされる大気中の二酸化炭素(CO₂)濃度の上昇を抑制することが急務である。放出量の削減はもとよりであるがCO₂の海洋隔離も検討されている。その一策として、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の可能性が検討され始めている。

本研究では、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式に着目した。そこで本報告では海洋域の所定放流深度にパイプラインで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

CO₂の放流深さは、浅海(1000m以浅)、中層(1000m～3000m)、深海(3000m以深)に大別され、それらの海域でのCO₂の拡散特性とともに生物への影響等も考慮して、その放流深度を定める必要がある。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、本報では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と塩分を数値解析し、その結果を検討するものである。

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濃度の再現を試みた。放出流体および周囲流体(海水)に関する条件はTable-1に示す通りである。放流は管内径1mの単管を鉛直上向きに複数本直列に並べる。計算はモデルの有効性を検討するためにまず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。

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。

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

ここで、D:放流管径=1.0m, U₀:放出流速, ρ₀:放出流体の密度, Δρ₀:周囲流体と放出流体との密度差, Fr₀:放出流体の内部フルード数, g:重力加速度とする。

Table-1 放流初期条件

	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	
Fr ₀	10.1		10.1		23.4		10.7	

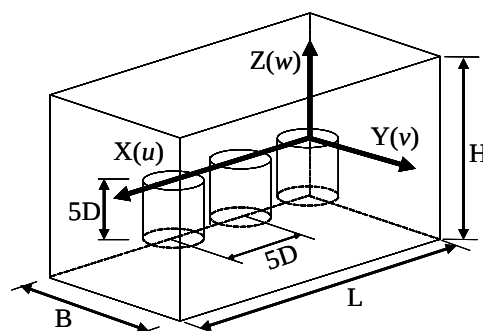


図-1 計算モデル概略図(計算領域)

説明: 図はCase3,4の計算領域で、H=300D, B=L=50D。
 Case1はH=60D, B=L=40Dの中央が放流管の中心。
 Case2はH=40D, B=L=45Dの中央が2本の放流管の中心

2.2 計算領域

計算領域の例:Case3,4をFig-1に示す。管は径D=1m, 長さ5Dを共通とした。計算格子は最大1mとし、放流出口では不等間、格子数は最大21万個である。座標系は図のように放流出口の中央を原点とし、X, Y, および

キーワード CO₂海洋隔離, CO₂希釈, 深層放流, 鉛直重力噴流

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 TEL.047-474-2452

鉛直:Z のそれぞれの流速を u , v および w とする.

3. 解析結果および検討

従来の重力噴流と本コードの適用性を見るための Case1,2 の結果は流速分布および塩分の横断分布ともガウス分布となったので, 本文ではそれら横断分布からの半値半幅の広がりを図-2 に示す. 既往の結果¹⁾に比べて若干小さいが致しており, 鉛直密度噴流の再現性が確認された

マルチパイプから CO_2 が飽和された淡水が放流した場合の鉛直方向平均流速および CO_2 濃度をそれぞれ図-3 および 4 に示す. これらはパイプ列の中心軸 における X - Z 断面分布である. 図において, 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, 完全に混合して一つの噴流となる流域は約 $Z/D=50D \sim 100D$ であることが認められる.

図-5はパイプ列の中心軸の放出距離による CO_2 濃度の低減変化を示す. 隣接管からの噴流の干渉が始まるにつれ若干パイプ数が多い場合の希釈がよくなるが完全混合が過ぎると本数による違いはなくなる.

以上のことから噴流流速の干渉, 噴流広がり幅そして CO_2 濃度の低減に関する結果は放出量を一定としているので放出内部フルード数: Fr_0 の違いによるもので, Fr_0 が大きくなると噴流の広がり幅も濃度低減率も増大する傾向を示すものと考えられる.

4. おわりに

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.

今後は放流管の本数と配置・形状, そして放出パラメータを変えた数値実験を行い, 有効な放出形状の検討を行う予定である.

参考文献

- 1)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

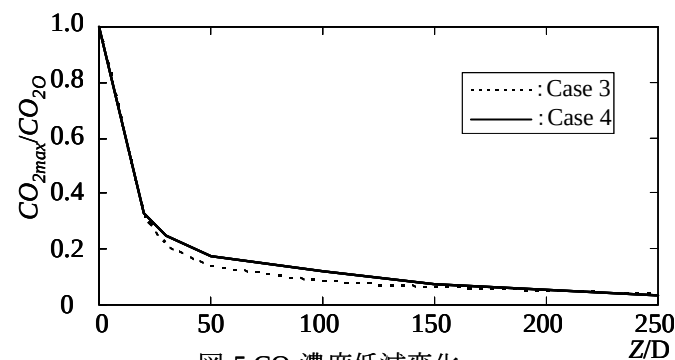
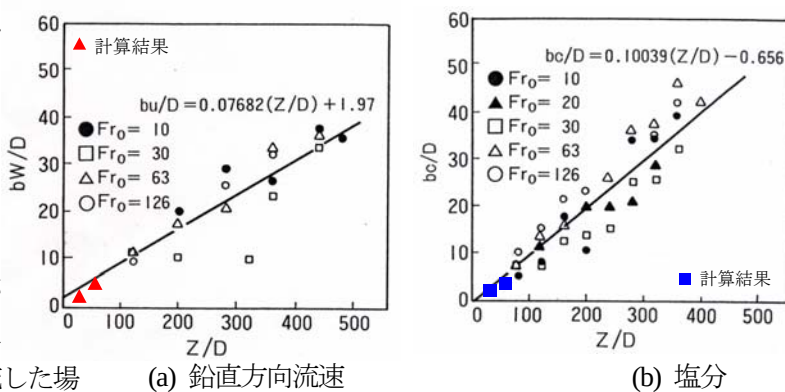


図-5 CO_2 濃度低減変化



(a) 鉛直方向流速

(b) 塩分

図-2 流速および塩分の広がり幅(Case1,2)

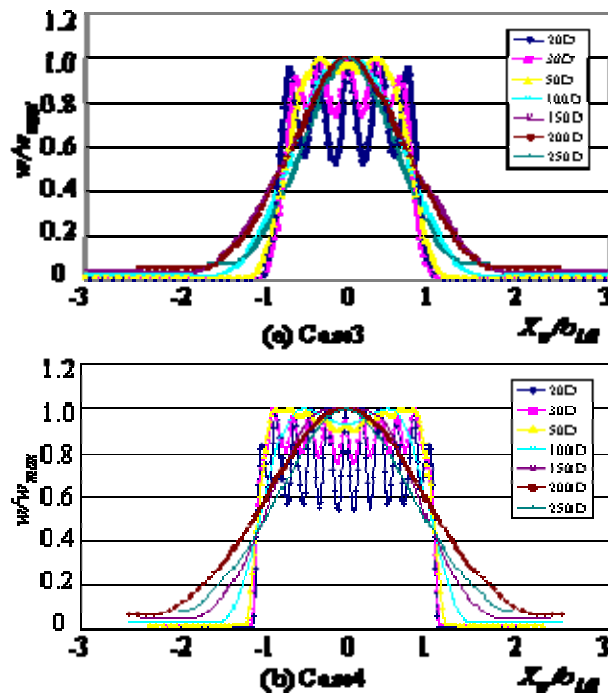


図-3 鉛直平均流速 w の横断面分布

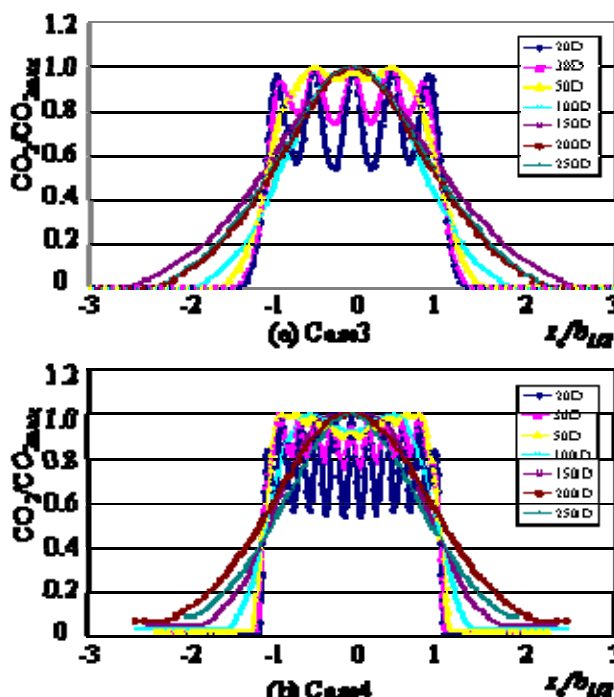


図-4 CO_2 濃度の横断面分布