

マルチパイプ放出の CO₂ 拡散解析手法に関する研究
—放出口数と CO₂ 希釈倍率の関係—

日大生産工（院）○小林 翔, 赤堀 翼 日大総研大学院（院）中村 倫明
日大生産工 落合 実 日大総研大学院 和田 明

1. はじめに

IPCC¹⁾によれば、近年、世界各国で平均気温が上昇している。こうした地球温暖化現象は、世界各地で異常気象などによって甚大な被害を与えているとされる。そしてCO₂を削減する技術が考案されており、特にCO₂の固定化技術のさらなる技術開発が求められている²⁾。そこで、固定化技術の一つであり、大量のCO₂を処分可能とされる海洋隔離技術に着目した。本研究では海底パイプラインを用いたCO₂放出手法について、放出口数の違いによる放出口近傍におけるCO₂の希釈特性について検討をした。

2. 数値解析の概略

本研究では、多くの知見が存在する発電所温排水の放流時に用いられる密度噴流理論を用いた。CO₂は火力発電所から回収し深海中に設置されたマルチパイプを想定している。そして、海域の流れ場は静止状態と仮定した。CO₂放出深度は、海洋生物への影響を考慮し比較的生物への影響が低いと考えられている中層域 1500m に CO₂ を放出する。本解析に用いたモデルの座標系は放出口の中央を原点とし、奥行き方向を X 軸、幅方向を Y 軸、鉛直方向を Z 軸とし、それぞれの流速を U, V, W とする。計算領域は、X=200m, Y=160m, Z=600m とし、格子分割数は(X,Y,Z)に対して(78,47,65)と図-1 に示す。計算は標準 k-ε 乱流モデルとする。放出内部フルード数は次式(1)により定義する。

$$Fr_0 = \frac{W_0}{\sqrt{(\Delta\rho/\rho_0)gD}} \quad (1)$$

ここで、 Fr_0 は、 W_0 ；放出流速 (m/s), ρ_0 ；海水密度(kg/m³), ρ ；放出密度(kg/m³), g ；重力加速度(m/s²), D ；パイプ径(1m), $\Delta\rho$ ；海水との密度差(kg/m³)とする。海水密度は UNESCO の海水の状態方程式を用いる。

放出口近傍の希釈特性に関しては既往の知見³⁾から放出流量・放出速度等のパラメータにより違いが生ずるとされている。本計算ではパイプ本数を変化させることによる CO₂ 初期希釈の違いについて検討を行った。計算条件として、放出口径(D=1m)、放出口間隔(10D)、流量及び CO₂ 濃度を一定とし、放出口数を 1,3,5,7 本の四つのケースとした。

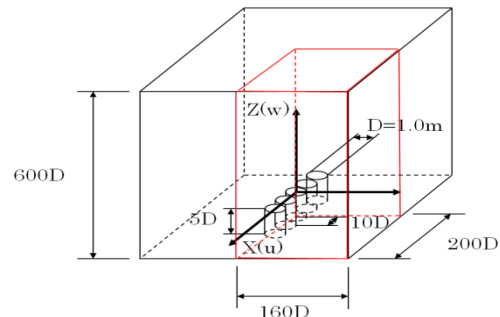


図-1 計算領域

表-1 計算条件

Case	Wo(m/s)	CO ₂ (‰)	Fr ₀	本数
1	15.00	1.45	29.67	1
2	5.00	1.45	9.89	3
3	3.00	1.45	5.93	5
4	2.14	1.45	4.23	7

A study on method of numerical analysis for CO₂ diffusion with multi pipe discharge

-Relation between number of discharge pipe and characteristics of the dilution-

Natsuru KOBAYASHI, Tsubasa AKAHORI, Tomoaki NAKAMURA,

Minoru OCHIAI and Akira Wada

3. 解析結果

図-2 に CO_2 希釈倍率を示す。縦軸は放出最大 CO_2 濃度(CO_{20})を各断面の最大 CO_2 濃度($\text{CO}_{2\max}$)で無次元化したものを CO_2 希釈倍率とし、横軸は鉛直方向高さ(Z)を放出口径(D)で除した Z/D とする。図-2 から放出口数が多いケースほど希釈倍率が大きくなった。これは周囲水の連行作用が多いために CO_2 希釈倍率が大きくなると考えられる。図-3 は、最大流速の低減を示す。縦軸は各断面の最大流速($W_{\max}$)を放出最大流速(W_0)で無次元化したものを低減率とし横軸を Z/D する。図-3 より流速が大きいケースほど連行作用により低減率が大きい。 case2 における濃度の半値半幅($b_{1/2}$)を図-4 に定義する。縦軸に($\text{CO}_{2\max}$)を(CO_{20})で無次元化したものを CO_2 低減率とし、横軸に X 軸距離(X)を(D)で無次元化した。図-5 は、縦軸を半値半幅($b_{1/2}$)を(D)で無次元化したもの、横軸を Z/D とし、放出口数ごとの半値半幅($b_{1/2}$)の広がり幅を示す。図-5 より、単一管の case1 は広がり幅の傾きが一定であり、複数管の case2,3,4 は広がり幅が急激に傾き、 $Z/D=60$ 以降で緩やかな傾きとなる。これらの事から、本数が多い case ほど初期混合希釈が多く、広がり幅が大きくなる。

4. まとめ

本研究では、流量を統一し放出口数の違いによる検討を行った。 CO_2 濃度の希釈倍率では本数が多い case ほど希釈倍率が高いことが認められる。放出流速の低減では流速の違いによる差はあるが Z/D が高くなると差が少なくなる。 $b_{1/2}$ の広がり幅では、本数が多い case ほど初期混合による広がり幅が大きくなる。これらの計算結果から、複数管からの CO_2 放出における本数の違いによる CO_2 初期希釈の特性が把握できた。今後は CO_2 海洋隔離において放流した CO_2 が海洋に影響を及ぼすことが懸念されるので高希釈倍率でかつ噴流幅を小さくする放出条件の選定をする必要がある。

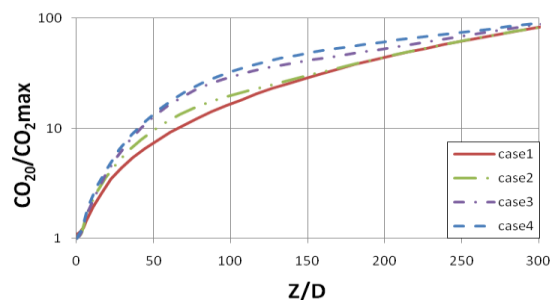


図-2 CO_2 希釈倍率

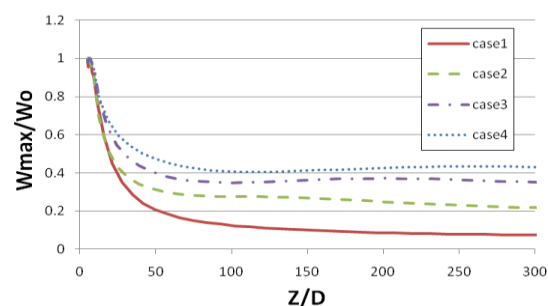


図-3 最大流速の低減率

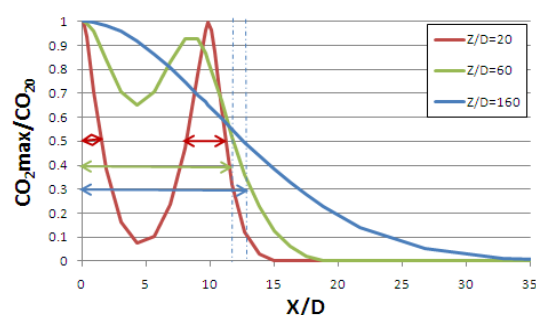


図-4 濃度の半値半幅 (case2)

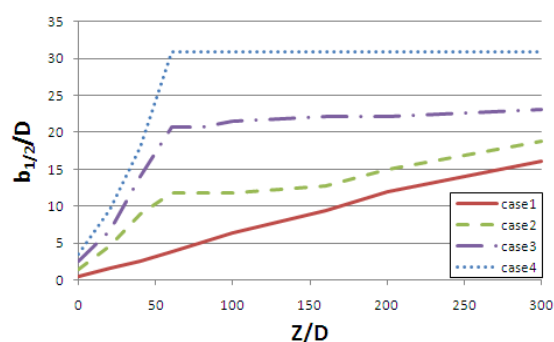


図-5 $b_{1/2}$ の広がり幅

参考文献

- 1) IPCC：第4次評価報告書
- 2) 和田 明：海洋環境水理学 丸善(株)
- 3) 片野尚明：スロット型およびマルチタイプ型放水口による温排水の水温低減化に関する研究：電力中央研究所研究報告(3770212)