

海洋におけるマルチパイプ放出の CO₂ 拡散特性に関する研究

日本大学大学院生産工学研究科	学生会員	○小林 翔
日本大学大学院総合科学研究科	学生会員	中村倫明
日本大学生産工学部	正会員	落合 実
日本大学大学院総合科学研究科	正会員	和田 明

1. はじめに

現在、異常気象の原因とされている地球温暖化の進行が加速している。また、近年の温暖化は人為起源の温室効果ガスの排出によるものである可能性が非常に高いとされている。その中でも CO₂ は他の温室効果ガスと比較しても地球温暖化への寄与が非常に高いと考えられている。そこで 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¹⁾。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 放出手法の有用性を確認することを目的とし、放出口近傍における放出口数の違いによる CO₂ の希釈特性及び単一管での放出内部フルード数と放出口径の違いによる希釈特性についての検討を行った。

2. 数値解析の手法

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参照し検討した。この時、放流する海域の流れ場は CO₂ の希釈に大きく寄与するが、ここでは基礎的に流れはなしとして検討した。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 ; 放出口パイプ径 (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²⁾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。本計算では計算条件 1 を放出口間隔、流量及び CO₂ 濃度を一定とし、放出口数を 1, 3, 5, 7 本の 4case をとした。計算条件 2 を単一管での放出内部フルード数を一定、放出口径を 1, 2, 4m の 3case とした。

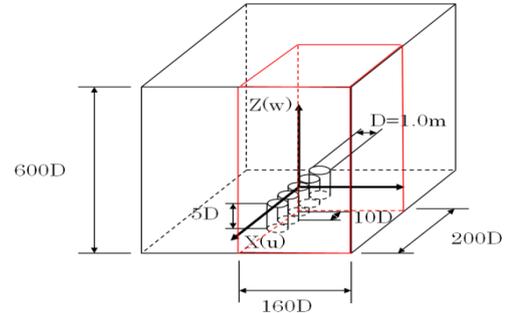


図-1 計算領域

表-1 計算条件 1

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	4.77	7

表-2 計算条件 2

case	Wo(m/s)	CO ₂ (%)	Fro	径
5	5.00	1.45	10.00	1
6	7.00	1.45		2
7	10.00	1.45		4

キーワード CO₂, 海洋隔離, 噴流, マルチパイプ, 数値計算

連絡先 〒275-8587 千葉県習志野市泉町 1-2-1 日本大学大学院生産工学研究科 TEL:047-474-2452

3. 解析結果

図-2 に計算条件である放出口数別の 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($\text{CO}_{2\text{max}}$)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 において Z/D が大きくなるほど希釈倍率が大きくなり Z/D が 300 以上になるとほぼ同じ希釈倍率となっている。そして放出口数が多い case 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 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 とする。図より Z/D が 100 程度まで急に最大流速が低減し、その後はゆるやかな低減傾向となる。そして、放出流速が大きい case ほど連行作用により低減率が大きい。図-2 と 3 から流速の低減傾向が急な Z/D で CO_2 濃度の低減も急になっていることが確認される。

図-4 に計算条件 2 である放出内部フルード数(Fr_0)一定の CO_2 希釈倍率を示す。図より Z/D が 50 前後までは放出口径の違いによる希釈倍率の変化の傾向に差が認められる、それ以上の Z/D では変化傾向はほぼ同じである。図-5 は図-4 の条件における最大流速の低減を示す。図において最大流速の低減傾向は Z/D が 50 までは放出口径の違いによる差が認められ距離が大きくなるにつれてその差が小さくなることが確認された。

4. まとめ

本研究では、流量を統一し放出口数の違い及び単一管での放出内部フルード数を一定にした放出口径の違いによる検討を行った。本計算結果から、複数管からの CO_2 放出における本数の違いによる CO_2 初期希釈の特性及び放出内部フルード数一定、径の違いによる流動が把握できた。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、フルード相似則が成り立つ放出条件の選定をする。

参考文献

- 1) 和田 明：海洋環境水理学 丸善(株)
- 2) 尾崎雅彦：「 CO_2 海洋隔離における希釈放流技術」、月刊海洋 2001 年 11 月号<通巻 377 号>

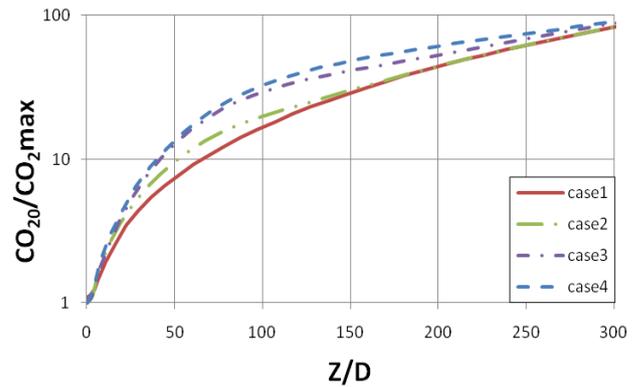


図-2 CO_2 希釈倍率(放出口数別)

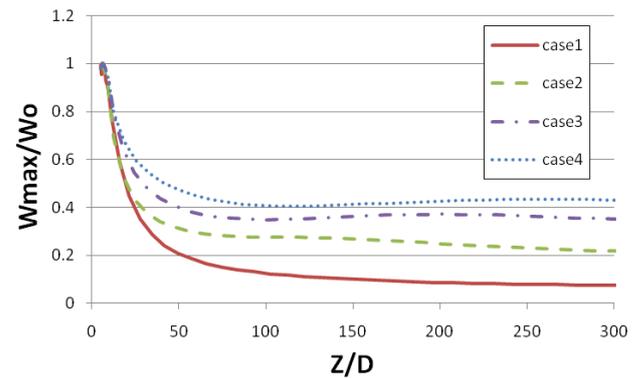


図-3 最大流速低減(放出口数別)

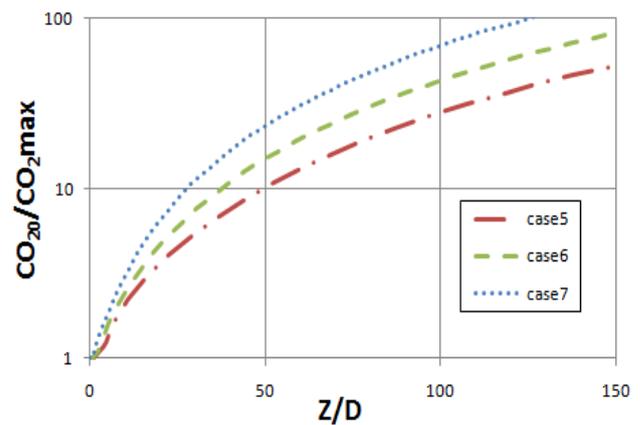


図-4 CO_2 希釈倍率(Fr_0 一定)

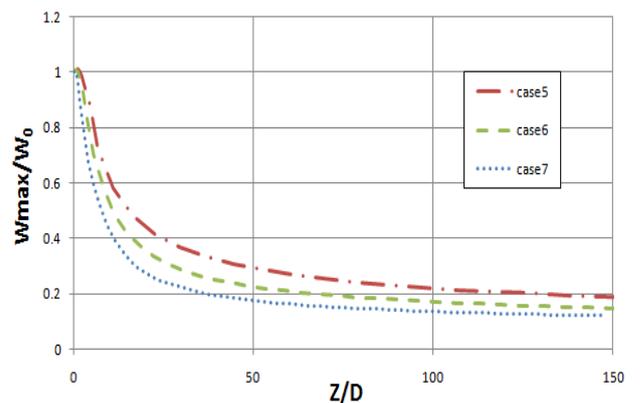


図-5 最大流速低減(Fr_0 一定)