

海洋域におけるマルチパイプ放出の CO₂ 初期希釈特性について ー放出流速及び放出内部フルード数と CO₂ 濃度の関係ー

日本大学大学院

元日本大学大学院

日本大学

学生会員

正会員

正会員

○小林 翔 小林洸貴

中村倫明

落合 実

1.はじめに

現在、地球温暖化の進行が加速している。原因として大気中に排出される温室効果ガスが挙げられる。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、大量の CO₂ を処分可能とされる固定化技術の一つであ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 CO₂ 濃度と放出内部フルード数をパラメータとして放出口近傍領域の希釈特性を検討する。

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、ここでは基礎的な拡散特性を検討するために場の流れを無視する。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図-1 に示すように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)である。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、W₀ ; 放出流速, ρ₀ ; 放出密度, g ; 重力加速度, D ; 放出口径(1m), Δρ=|ρ-ρ₀| とする。また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=CW² とした。ここで、W:主流速, C=0.002 とする。

放出口近傍の希釈特性に関しては既往の知見¹²⁾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、CO₂ 濃度を 1.45, 2.9, 7.25, 14.5‰ とし、表-1 に放出流速、放出口本数及び放出口間隔を一定の 4case、表-2 に放出内部フルード数、放出口間隔及び放出口本数を一定の 4case を示す。

表-1 計算条件 1(放出流速一定)

case	W ₀ (m/s)	CO ₂ (‰)	Fr ₀	本数	間隔
1	3	1.45	6.02	5	10D
2	3	2.90	6.21		
3	3	7.25	6.88		
4	3	14.5	8.74		

表-2 計算条件 2(放出内部フルード数一定)

case	W ₀ (m/s)	CO ₂ (‰)	Fr ₀	本数	間隔
1	3	1.45	6.02	5	10D
5	2.91	2.90	6.02		
6	2.63	7.25	6.02		
7	2.07	14.5	6.02		

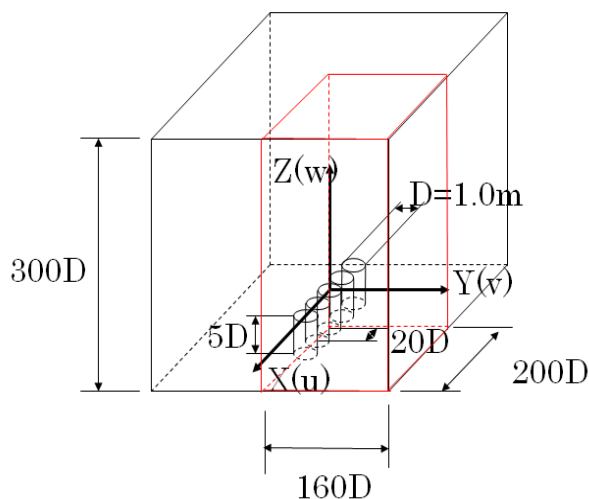


図-1 計算領域図

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 〒275-8575 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 CO_2 濃度別の放出流速を一定とした CO_2 希釈倍率を示す。縦軸は放出 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より Z/D が100程度までは CO_2 濃度が低い case ほど希釈倍率の低減傾向が大きくなるがそれ以降は差が広がらなかった。 CO_2 濃度が低いものほど、噴流どうしの干渉の影響が少ないと考えられる。図-3に放出内部フルード数(Fr_0)を一定にした CO_2 希釈倍率を示す。図-3より放出地点から Z/D が300までほとんど希釈倍率に差が見られなかった。 Fr_0 を一定にした場合、濃度に関係なく同様な希釈傾向になる。

図-4に最大流速の低減率を示す。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-4より Z/D が50程度までは CO_2 濃度が高い case ほど低減率が高くなるがそれ以降は差が広がらなかった。流速が同一でも、 CO_2 濃度が違うため放出密度が異なり、低減率に差が出たと考えられる。図-5に Fr_0 一定の最大流速の低減率を示す。図-5より希釈倍率同様に、放出地点から Z/D が300までほとんど希釈倍率に差が見られなかった。

4.まとめ

本研究では、 CO_2 濃度変更を行い放出した時の希釈特性を知るために、放出口本数5本を想定したマルチパイプ方式での数値解析を行った。放出流速を一定にした場合、 CO_2 希釈倍率、最大流速の低減率に差が見られた。放出内部フルード数を一定にした場合、 CO_2 希釈倍率、最大流速の低減率に変化が生じなかった。結果として、 CO_2 希釈倍率、最大流速の低減率ともに放出流速の影響が大きいことがわかった。本計算により、放出流速及び放出内部フルード数と CO_2 濃度との関係が把握できた。今後は、濃度を上げたことにより環境への影響が大きくなることから、濃度別の有効な放出条件の選定をする必要がある。

参考文献

- 1) 片野 尚明：単一水平放流による温排水の水温低減化に関する研究、電力中央研究所報告U376012
- 2) 赤堀 翼：海洋における CO_2 のマルチパイプ放出による初期希釈特性 - 径変更に関する希釈倍率について - (第65回年次学術講演会)

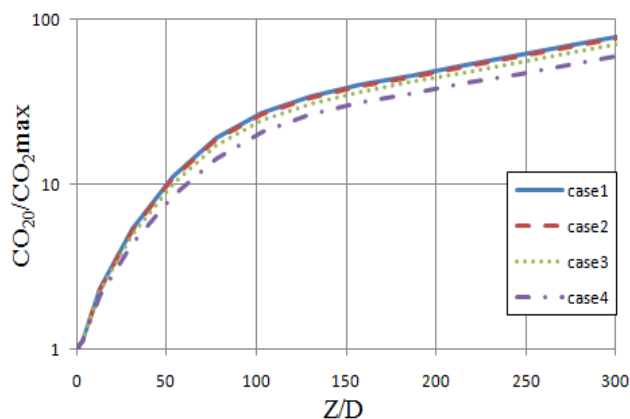


図-2 CO_2 希釈倍率 (放出流速一定)

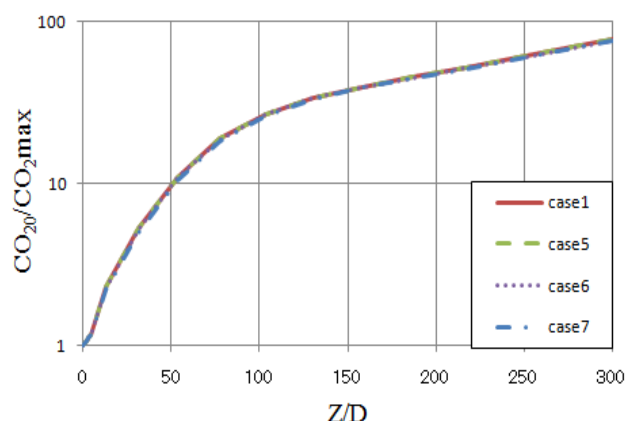


図-3 CO_2 希釈倍率 (放出内部フルード数一定)

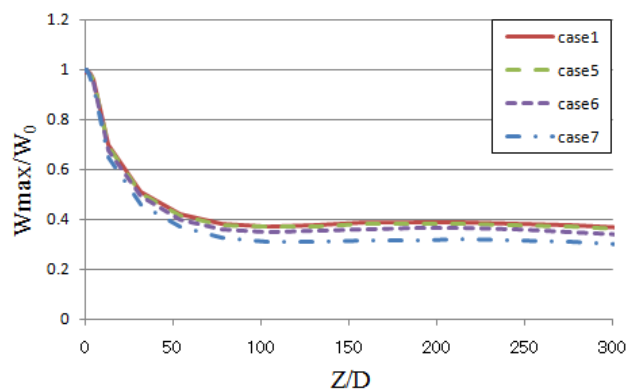


図-4 最大流速低減率(放出流速一定)

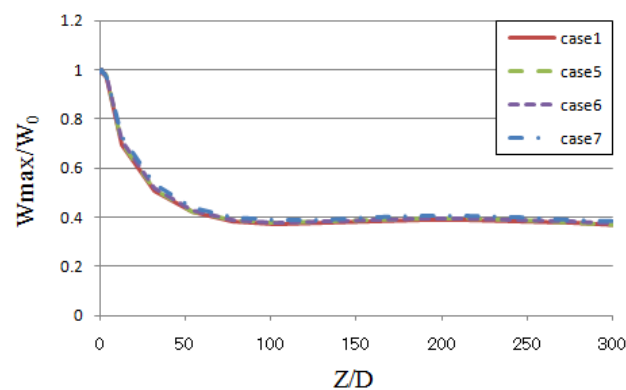


図-5 最大流速低減率 (放出内部フルード数一定)