

CO₂ 海洋隔離におけるマルチパイプ拡散特性に関する研究

— 放出地点近傍の CO₂ 濃度について —

日本大学生産工学部土木工学科 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

近年、大気中における二酸化炭素 (CO₂) の濃度が増加し、地球温暖化が進行している。この 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。つまり CO₂ の大気への排出を抑制することは、地球温暖化の防止につながる。その対策の一つとして CO₂ 貯留・回収技術があり、海洋隔離技術と地中隔離技術に大別される。

本研究では海洋隔離技術に着目し、海底パイプラインの有用性を検討するために放出口近傍の CO₂ 濃度低減に効果的な放出条件の把握を目的とする。特に本研究では放出口間隔の違いによる放出口近傍における CO₂ 濃度の分布特性を検討する。

2. 数値解析の手法

2.1 計算概要

本研究では 5 本等間隔に並べたマルチパイプから CO₂ を鉛直方向に放出する場合を仮定する。生物は海域の表層と海底層に多く生息していること、CO₂ を表層で放出すると表面に達する CO₂ が深い深層では海底に達する CO₂ が深いことなどから生物への影響を考慮した結果、海洋隔離には中層域 1500m が有効である。¹⁾ 本研究では、放流深度 1500m 縮性粘性流れ場を対象とし、標準 K-ε 乱流モデルを用いて解析を行う。密度は本式に示す UNESCO の海水の状態方程式を用いる。²⁾³⁾

$$\rho(S, T, O) = \rho(S, T, O) / \{ 1 - \rho / K(S, T, \rho) \} \quad (1)$$

ここで ρ ; 海水密度 (kg・m³) , S ; 塩分濃度(‰), T ; 温度 (K) , O ; 圧力 (Pa) で定義する。また、放出内部フルード数:Fro は次式で定義する。

$$Fr_0 = \frac{W_0}{\sqrt{(\Delta\rho/\rho_0)gD}} \quad (2)$$

ここで、W₀ ; 放出流速, ρ₀ ; 放出密度, g ; 重力加速

度, D ; パイプ径(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。

表-1 数値解析条件

case	Wo(m/s)	CO ₂ (0/∞)	Fro	間隔
1	3.00	1.45	5.86	5D
2	6.01	1.45	11.75	
3	13.22	1.45	25.84	
4	26.44	1.45	51.67	
5	3.00	1.45	5.86	10D
6	6.01	1.45	11.75	
7	13.22	1.45	25.84	
8	26.44	1.45	51.67	
9	3.00	1.45	5.86	20D
10	6.01	1.45	11.75	
11	13.22	1.45	25.84	
12	26.44	1.45	51.67	

2.2 計算領域

本解析に用いたモデルの計算領域を図-1 に示す。座標系は放流出口の中央を原点とし、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 (m/s) とする。

case1~4 は放水口間隔を W=5D、計算領域は H=300D、L=140D、B=100D とする。case5~12 の計算領域は X=200D、Y=160D、Z=600D である。全 case における

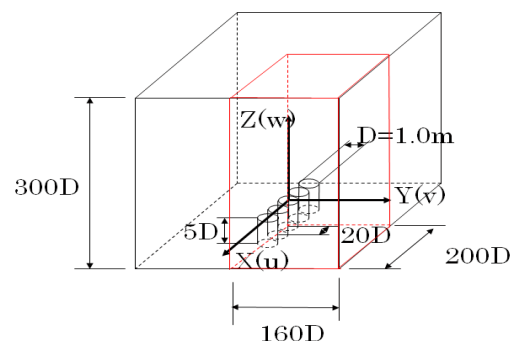


図-1 計算領域概略図(case8~12)

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

格子分割数は X,Y,Z に対してそれぞれ 78,47,65 で、総分割数が約 24 万個である。

3. 解析結果

鉛直放出後の CO_2 濃度の拡散特性について検討する。図-2 は $\text{Fro}=25.84$ における計算結果であり横軸を鉛直方向高さ、縦軸を希釈倍率とする。ここで希釈倍率は鉛直方向高さの CO_2 濃度で放出点の CO_2 濃度を除したものである。図中の case3,7,11 は放出口間隔が異なる条件である。図においての希釈倍率同様に放出を始めてから鉛直方向高さが約 $Z/D=25$ までは間隔による差が認められない。しかし、 $Z/D=25$ 以上では case3 の希釈倍率が若干小さくなる。全体的に case3 の希釈倍率は case7、case11 に比べてかなり希釈倍率が低い。case7、case11 は約 $Z/D=90$ までほぼ同じ値であるが、それ以上になるとわずかに case11 の積率が大きくなる。図-3 は横軸を X 軸、縦軸を鉛直高さにおける CO_2 濃度を示すコンター図であり、赤色が濃い CO_2 濃度で青色が低い濃度を示す。これらの図は放出口間隔と CO_2 の干渉及び広がり状態を示す。case3 はマルチパイプ間隔が狭く、放出直後に干渉して、一つの広がり大きい噴流が形成される。case7、case11 はマルチパイプ間隔が大きいいため噴流間の干渉が少なく、噴流が一体とならない。case7 と case11 を比較すると、case7 の高い CO_2 濃度の幅が広く、噴流の干渉が大きいことが認められる。

4. まとめ

放出口間隔ごとの CO_2 希釈特性の関連を知るため 5 本の鉛直放流管による重力噴流解析を行った。その結果、放出口間隔 5D では噴流の干渉が大きく希釈倍率が低い、10D と 20D では希釈倍率に変化が少ないことが認められた。今後は、放出口の径などを変えた数値解析を行い、 CO_2 の効率的な混合希釈が得られる放出口配置をする予定である。

謝辞

本研究のデータ処理に関して本学研究生奥村省吾殿に御尽力賜った。ここに敬意を表する。

参考文献

- 1) 和田 明：海洋環境水理学 丸善(株)
- 2) 赤堀 他：海洋における CO_2 のマルチパイプ放出による希釈特性 土木学会第 64 回年次学術講演会
- 3) 落合 他：深層海域における放出 CO_2 の初期希釈特性土木学会第 63 回年次学術講演会

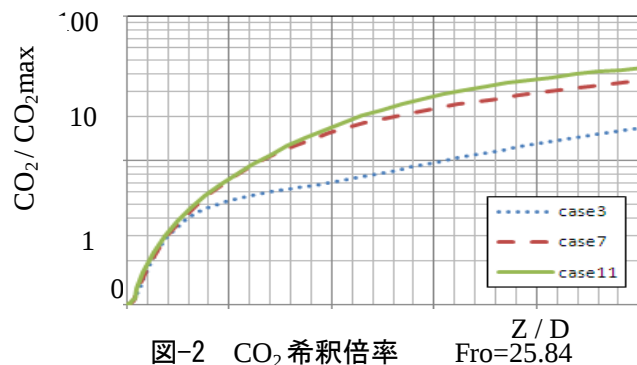
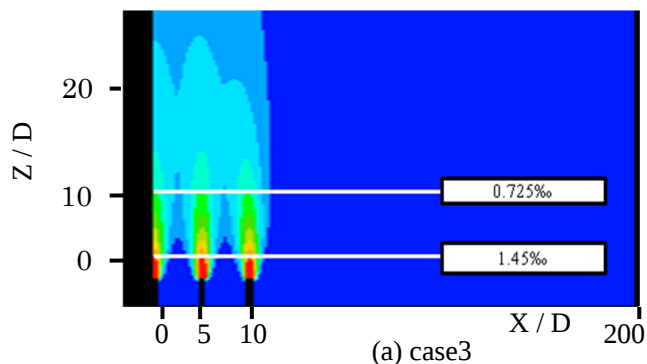
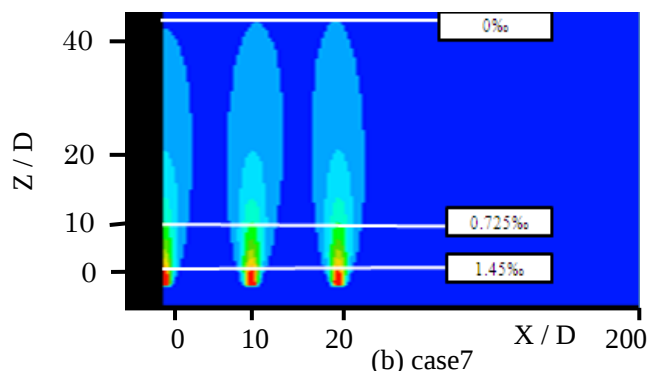


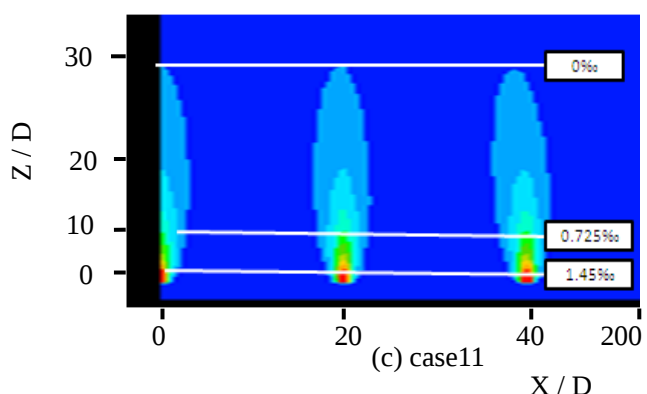
図-2 CO_2 希釈倍率 $\text{Fro}=25.84$



(a) case3



(b) case7



(c) case11



図-3 放出口近傍の CO_2 濃度分布