

3-21 CO₂ マルチパイプ放出における放水口近傍の初期希釈特性について
—放水口間隔に関する希釈率について—

日大生産工（院）○赤堀 翼 日本大学大学院（院）中村 倫明
日大生産工 落合 実 日本大学大学院 和田 明

1. はじめに

現在、温暖化対策の具体的な対応が遅れているのが現状である。CO₂ の発生抑制策や固定・隔離技術において研究を進めなければならない。本研究は隔離技術である、海底パイプラインを用いた CO₂ 放出について、効率的な放出口間隔について検討する。

2. 数値解析の概略

本研究ではパイプ 5 本を用いて海水に液体 CO₂ を放出することを想定した。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 への CO₂ 放出を仮定する。放出口近傍の希釈特性に関しては既往の知見¹⁾から放出流量・放出速度・放出形状・パイプ間隔等のパラメータを変化させることによって違いが生ずると考えられる。本計算では数値モデルを用いてパイプ間隔を変化させ、CO₂ の初期希釈特性の検討を行った。数値モデルは定常非圧縮性粘性流れ場を対象とし、標準 K-ε 乱流モデルを用いる。密度は次式の UNESCO²⁾による海水の状態方程式を適用する。

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

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。放出内部フルード数は次式(2)により定義する。

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

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)、 $\Delta\rho=|\rho-\rho_0|$ とする。

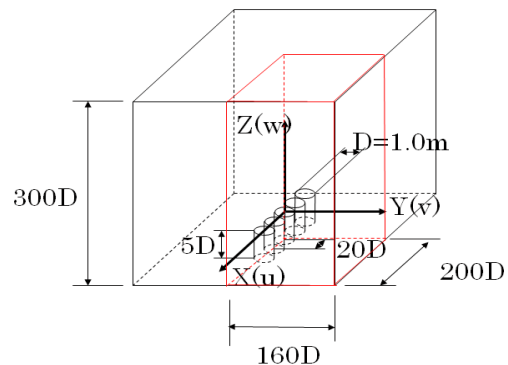
既往³⁾の研究より、内部フルード数が大きくなる程、経路を引き伸ばし、希釈率を増大させると考えられる、このことから希釈率は内部フルード数に支配される。

表-1 計算条件

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

計算条件は、表-1 に示すように CO₂ 濃度を一定の 1.45(‰)とし内部フルード数を 51.67,25.84,11.75,5.86 の 4 ケース、放水口間隔を 20D,10D,5D の 3 ケースと計 12 ケースとする。

図-1 計算領域



Study of the Discharge System for CO₂ Ocean Sequestration

-Characteristics of the Dilution in Multi Pipe-

Tsubasa AKAHORI, Tomoaki NAKAMURA, Minoru OCHIAI and Wada Akira

3. 解析結果

図-1 は計算領域を示す。5本の放水口を中心を基準軸とし1/4の部分のみ数値計算を行った。図-2は、内部フルード数が51.67時の鉛直方向高さに対する CO_2 希釈倍率を示す。希釈倍率は、縦軸は各高さの CO_2 濃度を各高さの最大 CO_2 濃度で除したものと定義する、横軸は鉛直方向高さとする。図3,4,5は、50m,100m,150mの鉛直方向高さの CO_2 希釈倍率を示す。縦軸は CO_2 希釈倍率、横軸は内部フルード数とする。これらの鉛直方向高さが大きくなるにつれて希釈率は大きくなる。各断面において5Dから10Dにパイプ間隔を拡大すると希釈率に大きな増加傾向が見られるが10Dから20Dにパイプ間隔を拡大すると希釈率の増加傾向は小さい。

4. まとめ

マルチパイプ方式の放出口近傍の CO_2 希釈特性の数値解析を行い、5Dから10Dへの間隔の変化で希釈率は増加が大きく、10Dから20Dでの希釈率は増加が小さい。よって、放出口間隔は10D前後が効率的であると考えられる。本研究は、内部フルード数が大きいほど CO_2 の負荷量が大きいため希釈率が低下した。今後は CO_2 の負荷量を一定とし、パイプ形状と放出条件の違いから効率よく CO_2 を希釈できる条件を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 片野尚明：スロット型およびマルチタイプ放水口による温排水の水温低減化に関する研究：電力中央研究所報告・研究報告：3770212)
- 2) UNESCO: Tenth report of the Joint Panel on Oceanographic Tables and Standards, Mar. Sci., 36, p. 25, (1981)
- 3) 電力中央研究所 土木技術研究所：スロット型およびマルチパイプ型放水口による温排水の水温低減化に関する研究

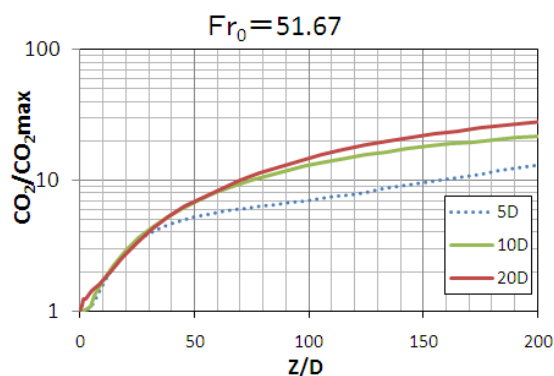


図-2 CO_2 の希釈倍率 (case1,5,9)

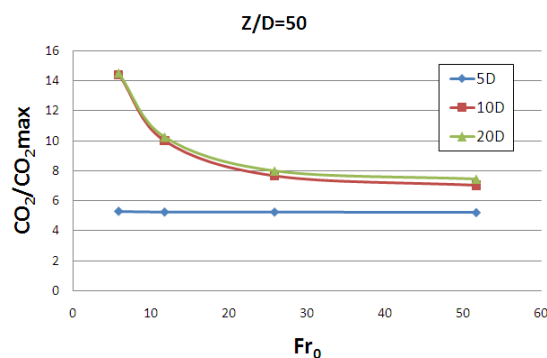


図-3 $Z/D=50$ 時の CO_2 希釈倍率

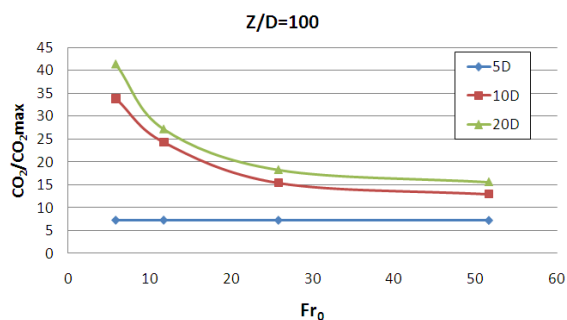


図-4 $Z/D=100$ 時の CO_2 希釈倍率

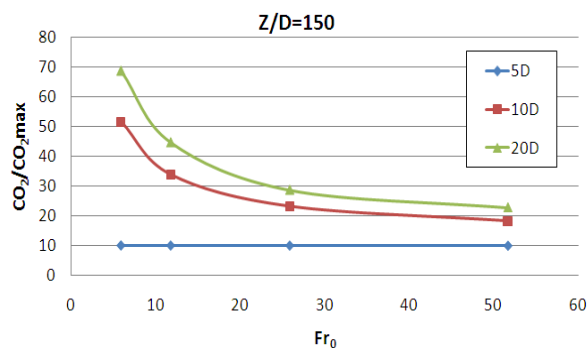


図-5 $Z/D=150$ 時の CO_2 希釈倍率