

CO₂の複数管放流における放水口近傍の初期希釈特性について

日本大学生産工学部 学生会員 ○ 赤堀 翼
 日本大学大学院 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 正会員 和田 明

1. はじめに

CO₂の大気への排出を抑制するため様々な対策が考案されている。本研究ではその対策の一つとして海洋隔離技術に着目し、その中で海底パイプラインを用いたCO₂放出方式について検討する。

本論文では、放出口配置の間隔を変更する事によってCO₂の効率的な混合希釈が得られる放出口配置について検討する。

2. 数値解析の概略

本研究ではマルチパイプ5本を用いて海水にCO₂を放出する。本研究で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を放出することを想定する。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放出口近傍の流動と希釈特性に違い生ずると考えられるが、本計算ではパイプ間隔を変化させた数値計算を行った。本研究では、放流深度1500mでの定常非圧縮性粘性流れ場を対象とし、標準K-ε乱流モデルを用いて解析を行う。密度はUNESCOの海水の状態方程式を用いるものとする。

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

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 ；放出内部フルード数、 W_0 ；放出流速(m/s)、 ρ_0 ；海水密度(kg/m³)、 g ；重力加速度(m/s²)、 D ；パイプ径(1m)、 $\Delta\rho=|\rho-\rho_0|$ とする。

計算条件は表-1 に示すように case1~8 であるが、

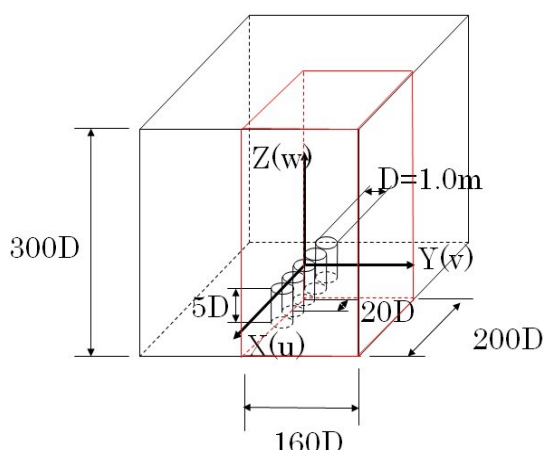


図-1 計算モデル概略図

case5~8 は既往³⁾の研究結果を引用したもので放水口間隔を $W=5D$ 、計算領域は $H=300D$ 、 $L=140D$ 、 $B=100D$ で計算を行っている。すなわち、case1~4 と case5~8 は放水口間隔のみ異なるが放出噴流は同じ条件である。

表-1 計算条件

case	Wo(m/s)	CO ₂ (0/00)	Fr0	間隔
1	13.22	1.45	25.84	20D
2	6.01	1.45	11.75	
3	3.00	1.45	5.86	
4	26.44	1.45	51.67	
5	13.22	1.45	25.84	5D
6	6.01	1.45	11.75	
7	3.00	1.45	5.86	
8	26.44	1.45	51.67	

3. 解析結果

(1) 放出内部フルード数の影響

図-2 は放出口間隔を 20D とし、図-3 も同様に間隔 5D の場合を示す。図-2 の希釈率(低減率)は、放出内部フルード数が小さいほど大きくなるが、図-3 では放出内部フルード数の変化にたいして、わずかな違いも認められない。そこで CO₂ 希釈率に対する

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 日本大学生産工学部土木工学科 TEL 047-474-2452 E-mail: a53005@cit.nihon-u.ac.jp

フルード数は、放水口間隔が影響すると考えられる。

(2) 放出口間隔の影響

図-2,3 は、放出口距離に伴う CO_2 濃度の希釈率を示す。これらの図から放出直後では内部フルード数の違いによる希釈率の違いがないが、放出口からの距離が大きくなるにつれて内部フルード数による違いが認められ、パイプ間隔が広がるほど希釈率が大きくなる。

(3) 最大流速の低減

図-4 は放出口に伴う鉛直方向の最大流速の低減を示す。低減率は放出口から Z/D が50程度まで大きく、それ以上の Z/D ではほぼ一樣になる。そして、最大流速の低減率は放出内部フルード数が大きいほど大きくなるが認められる。

(4) 完全混合

5本のパイプから放出された噴流の流速や CO_2 濃度が干渉混合し、それらの水平分布形が単一管と同様のガウス分布となる。このような状態を本文では完全混合と定義する。完全混合となる鉛直高さを図-5に示す。完全混合する距離は放出内部フルード数が大きいほど大きくなるが、放出口間隔が小さい。放出口間隔が5Dでは、放出内部フルード数による違いが小さい、このことから放出 CO_2 の混合は放出口間隔と放出内部フルード数の影響が大きいと考えられる。

4. まとめ

放水口近傍のマルチパイプ方式の数値解析を行った。その結果、放水口間隔と放出内部フルード数をパラメータとし CO_2 の希釈特性を明らかにした。今後は様々な放水口形状と放出条件を対象に解析を行い、効率よく CO_2 を希釈できる放出形式を検討する必要がある。

5. 参考文献

- 1) 片野尚明ほか、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、電力中央研究所報告・研究報告：377021
- 2) 奥村省吾：海洋域における放出 CO_2 の初期希釈に関する研究(2006 修士論文)
- 3) 松葉将輝：海洋域における重力噴流の挙動に関する基礎的研究(2007 卒業論文)

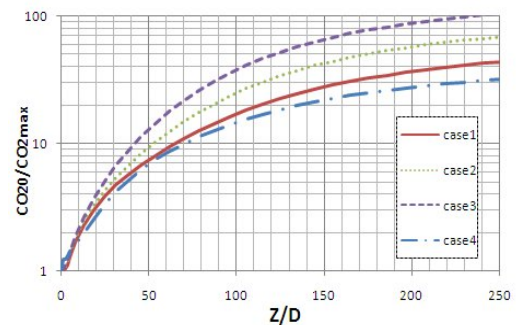


図-2 CO_2 の希釈率 (case1 ~ case4)

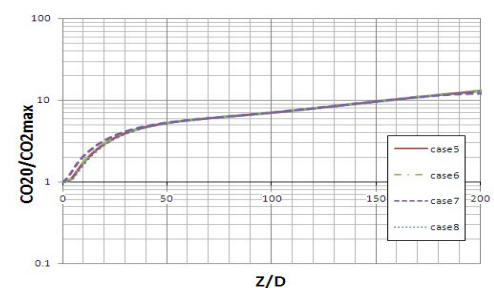


図-3 CO_2 の希釈率 (case5 ~ case8)

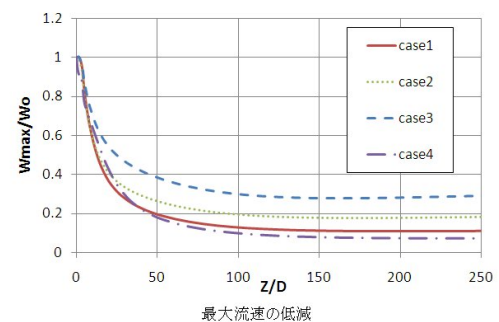


図-4 最大流速の低減

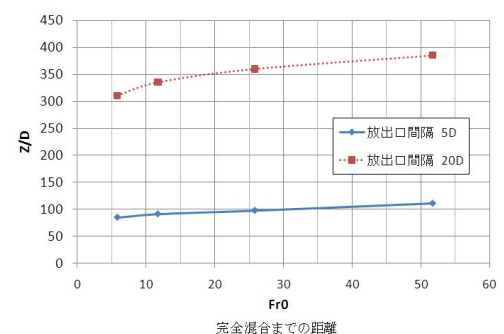


図-5 完全混合までの高さ