ISSN 2186-5647

3-40

CO_2 海洋隔離の単一管放出における CO_2 初期希釈に関する研究

日大生産工(院)　○小林　洸貴　日大生産工(院)　小林　翔
日大生産工　　落合　実

1.　まえがき

近年、世界的に平均気温が上昇している原因として温室効果ガスの増加が考えられている。中でも産業革命以後の化石燃料の使用などによる人為的な大気への二酸化炭素(CO_2)排出が顕著である。CO_2は、他の温室効果ガスと比較しても地球温暖化への寄与率が非常に高いため、この人為的なCO_2の排出を抑制すれば地球温暖化の進行の防止ができると考えられている。そこで、現在考案されている様々なCO_2の固定化技術の一つであり、大量のCO_2が処分可能である海洋隔離技術に着目した。本研究では海洋中層域において海底パイプラインを用いてCO_2を放出する手法の有用性を検討する一段階として有効な放出形態を見出すことを目的とする。具体的には単一管によるCO_2濃度、放出口径の違いによる放出口近傍のCO_2希釈及び流速の低減特性についての検討を行う。

2.　数値解析手法

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の用いられる密度噴流理論を参照し数値解析を行っている。放流する海域の流れ場はCO_2が希釈していく過程において大きく影響するが、ここでは基礎的な希釈特性を検討するため場の流れ場は考慮しないこととする。CO_2放出水深は、海洋生物への影響が低いと考えられている中層域1500mにCO_2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＝200mY＝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)に定義する。

$$Fr_0 = \frac{W_0}{\sqrt{(\Delta\rho/\rho_0)gD}} \qquad (1)$$

ここで、W_0：放出流速,ρ_0：放出密度,g：重力加速度、D：放出口径、$\Delta\rho=|\rho-\rho_0|$とする。海水密度はUNESCOの海水状態方程式を用いる。

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、$K=CW^2$ 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 [1)2)]から放出流量・放出速度等のパラメーターにより違いが生ずるとされている。

本計算では CO_2 濃度を 1.45、2.9、7.25、14.5‰とし、表-1 は case1～4 までを放出流速一定とした場合、case1 と 9 は放出口径を変更した場合の 5case、表-2 は放出流速及び放出口径が一定の 4case を示す。

表-1　放出条件1(流速一定)

case	W_0(m/s)	CO_{20}(‰)	Fr_0	径	本数
1	3.00	1.45	6.09	1	1
2		2.90	6.28		
3		7.25	6.95		
4		14.50	8.79		
9		1.45	4.31	2	1

表-2　放出条件2(流速及び放出口径一定)

case	W_0(m/s)	CO_{20}(‰)	Fr_0	径	本数
5	4.25	1.45	6.09	2	1
6		2.9	6.27		
7		7.25	6.92		
8		14.5	8.74		

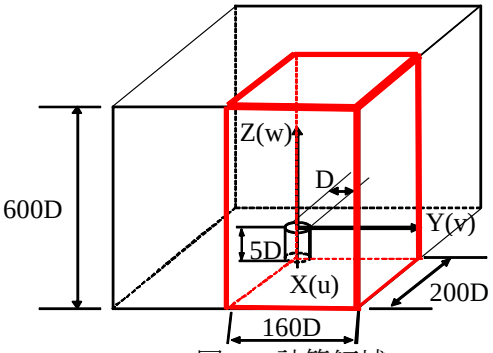

図-1　計算領域

Study on Initial Dilution of CO_2 Discharged by Single Pipe

Koki KOBAYASHI,Natsuru KOBAYASHI,Minoru OCHIAI

3. 解析結果

図-2及び3にCO_2希釈倍率を示す。縦軸は放出CO_2濃度(CO_{20})を各Z/Dにおける断面の最大CO_2濃度(CO_{2max})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)で無次元化した。図-2のcase1～4において放出CO_2濃度が低いcaseほど希釈倍率は全体的に高く、Z/D=100程度までの希釈倍率の増加割合は大きくなるが、それ以上のZ/Dでは増加割合はほぼ同様となる。放出CO_2濃度が違うため放出内部フルード数が異なり、希釈倍率に差が生じたものと考えられる。case1と9の希釈倍率は放出口が大きいcaseほど全体的に高くなる。図-3はcase5~8の結果であり、図-2同様に放出CO_2濃度が低いcaseほど希釈倍率が高くなる。

図-4及び5に断面最大流速の低減を示す。縦軸は各Z/Dにおける断面の最大流速(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、横軸はZ/Dとする。図-4のcase1～4において放出CO_2濃度が高いcaseほど低減率は全体的に高く、Z/D=100程度までの低減率の増加割合は大きくなるがそれ以上のZ/Dでは増加割合はほぼ同様となる。放出CO_2濃度が違うため放出内部フルード数が異なり、低減率に差が生じたものと考えられる。case1と9の低減率は放出口径の小さいcaseほど大きくなる。図-5はcase5~8の結果であり図-4同様に放出CO_2濃度が高いcaseほど低減率が高くなる。

4. まとめ

本研究では、単一管を用いて放出CO_2濃度を数種変化させ放出した際のCO_2希釈特性と流速低減特性を検討する目的で数値解析を行った。その結果、放出流速を一定とした場合、CO_2希釈倍率及び最大流速の低減率はCO_2濃度すなわち放出内部フルード数によって差が生じる。また放出流速及び放出CO_2濃度が一定で放出口径の違いによるCO_2希釈倍率および最大流速の低減率の特性を明らかにした。本計算は単一管を対象としたが今後は、より現実的な複数管を対象として、放出口径及び放出口間隔をパラメーターとした数値計算を行う必要がある。

参考文献

1) 片野　尚明：単一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) 小林　翔　：海洋域におけるマルチパイプ放出のCO_2初期希釈特性について-放出流速及び放出内部フルード数とCO_2濃度の関係-(第66回年次学術講演会)

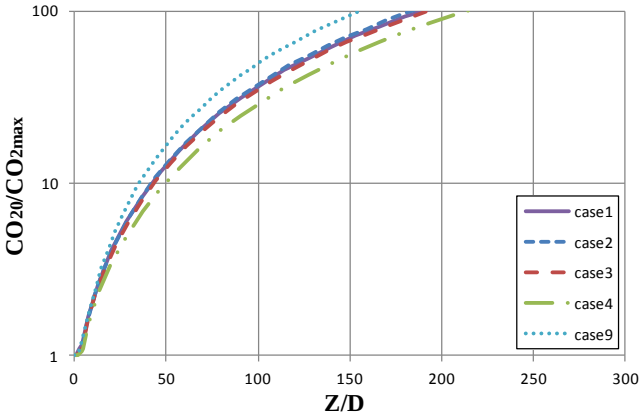

図-2　CO_2希釈倍率(case1~4、9)

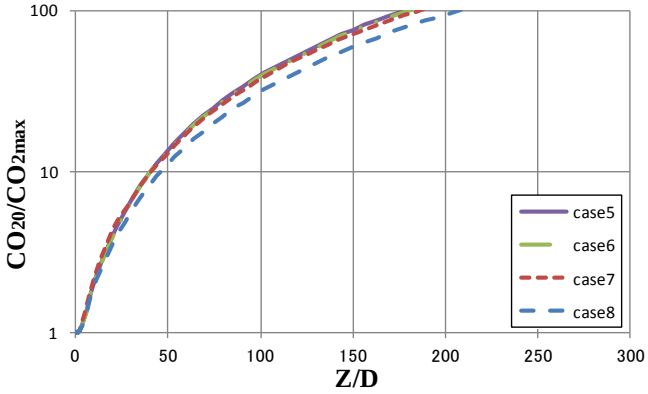

図-3　CO_2希釈倍率(case5~8)

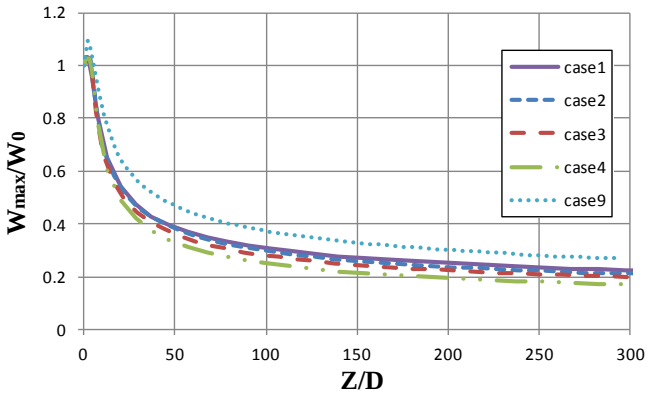

図-4　最大流速の低減(case1~4、9)

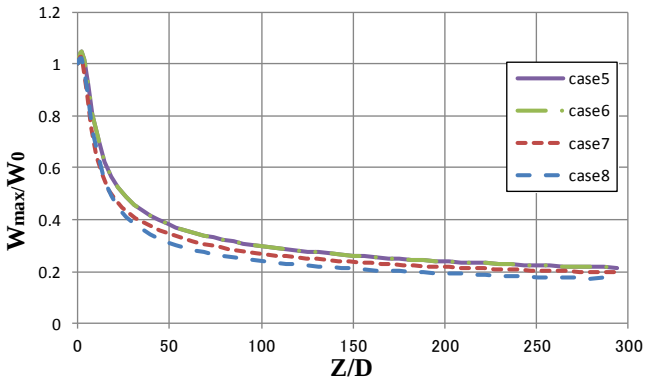

図-5　最大流速の低減(case5~8)