

CO₂の海洋放流に関する一検討

日本大学大学院 学 員 ○奥村 省吾
 日本大学生産工学部 正会員 落合 実
 日本大学生産工学部 フェロー 遠藤 茂勝
 日本大学大学院 正会員 和田 明

1. はじめに

地球温暖化の原因になるといわれている大気中のCO₂(二酸化炭素)濃度の上昇を抑制する一方策として、火力発電所などにおける燃焼排ガス中のCO₂を回収して深海へ送り込み、大気から長期にわたり隔離する構想の可能性が検討され始めている。

この構想は、エネルギー供給形態を大きく改変する必要がない、膨大な量のCO₂を発生源で直接処理できる、比較的低コストである、等に特徴がある。

現在、我が国において検討されている主な送り込みシステムは、陸上プラントで燃焼排ガスから分離回収したCO₂を液化して海上輸送し、所定の海域において船から吊り下げたパイプを用いて所定の深度の海中にCO₂を送り込むものである。

一方、輸送距離や放流深度によっては有効である海底パイプラインを用いてCO₂を輸送し放流する方式については検討が進められていない。

そこで本研究ではこれに着目し、所定放流深度にパイプラインを用いてCO₂を放流する方式の合理性を検討する基礎的段階としており、本報では放流口近傍におけるCO₂の希釈特性を把握するための基礎的な数値シミュレーションを行い、その結果を検討するものである。

2. 計算概要

CO₂の放流深さは、浅海(1000m以浅)、中層(1000m～3000m)、深海(3000m以深)に大別され、それらの海域でのCO₂の拡散特性とともに生物への影響等も考慮して、その放流深度を定める必要がある。

本研究では、浅海域に比べて生物の存在が少ない中層に単純な円管で放流した場合の放流口近傍の流動と希釈特性を検討する。

一般にCO₂の希釈計算では広範な海洋域を全地球規模で捕える物理的挙動にそれらの物性を考慮して行われるが、本報では放出直後の現象に着目するものであり、物理的挙動のみを扱い放流直後の流況と塩分を数値解析し、その結果を検討するものである。

Table-1 放流初期条件

	圧力 (MPa)	温度 (K)	塩分 (‰)	密度 (kg/m ³)	流速 (m/s)
放流	15	275.15	0	1007	5.22
海域			34.5	1035	0

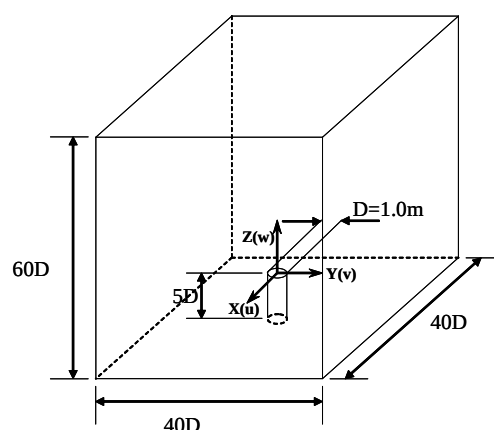


Fig-1 計算モデル概略図

2-1. 計算方法および条件

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、K-ε乱流モデルを用いて流速、塩分濃度分布の再現を試みた。放出流体および周囲流体(海水)に関する条件はTable-1に示す通りである。放流は管内径1mの単管を鉛直上向きを対象とする。なお、密度はUNESCOの海水の状態方程式を用いるものとする。また、放出内部フルード数は $Fr_0 = 10.1$ であり、次式の定義によるものとする。

$$Fr_0 = \frac{U_0}{\sqrt{(\Delta\rho/\rho_0)gD}} \quad \dots (1)$$

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。

2-2. 計算領域

モデルの計算領域はFig-1の概略図に示すように、40m×40m×60mとし、その底面中央に高さ5m、内径1mの単一円管を設置した。計算メッシュ幅は最大1mで、格子分割数は65×65×47である。そして放流出口では不等間

キーワード CO₂海洋隔離、CO₂希釈、深層放流、鉛直重力噴流

連絡先 〒275-8575 千葉県習志野市泉町1-2-1 日本大学生産工学部 .047-474-2452

隔メッシュ(5×5 分割)とした 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 とする.

3. 解析結果およびモデルの再現性

噴流内の鉛直および塩分の分布形状を明らかにするため, 中心軸上で放水口から 25D, 50D の位置の鉛直流速の平均 W と塩分の断面分布を Fig-2 および Fig-3 に示す.

鉛直流速の分布形を見ると, 25D および 50D とともに, ほぼ Gaussian 分布となり, 一般的な噴流および重力噴流と同様であることが確認される. Fig-3 に示す塩分の分布形状においても同様であり, 噴流経路に法線方向の流速および塩分の分布形は Gaussian 分布となることが確認された. モデルの再現性を検討するために, Fig-2 および Fig-3 に示す鉛直方向流速と塩分分布におけるそれぞれの半値半幅を既往の重力噴流の実験結果¹⁾と比較する. Fig-4 にそれらを示す. Fig-4(a)において, 噴流の拡がり幅の計算結果は, 重力噴流の実験結果より若干小さいが 50D ではほぼ同様となっている. 一方, Fig-4(b)に示す塩分の拡がり幅においては, 25D で実験値と一致しているが, 50D では若干計算値が小さい結果となっている.

これより, 流速および塩分の拡がりの解析結果は実験結果と定性的に一致しており, 鉛直密度噴流の再現性が確認された.

4. まとめ

本研究では, 所定放流深度(1500m)における放流口近傍の CO_2 希釈特性を知る基礎的段階として, 定常性非圧縮流れ場を対象とした単一鉛直放流管による物理的挙動のみを扱った数値シミュレーションを行い, 放流直後の流況と塩分を数値解析することを行った. その結果, 放水口の中心軸上断面での鉛直流速成分および塩分の分布形は Gaussian 分布となり, 噴流と塩分の拡がりには既往の重力噴流の場合とほぼ同様となることがわかった.

今後は, 放出内部フルード数 Fr_0 を種々変化させたケースの数値解析に加え, 鉛直放流管を複数管配置した場合の解析, そして CO_2 の物性を考慮した解析モデルの構築を行う予定である.

参考文献

- 1) 水鳥雅文他: 鉛直重力噴流拡散予測モデルの開発, 電力中央研究 U88051
- 2) 片野尚明他: 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, 電力中央研究所報告・研究報告: 377021

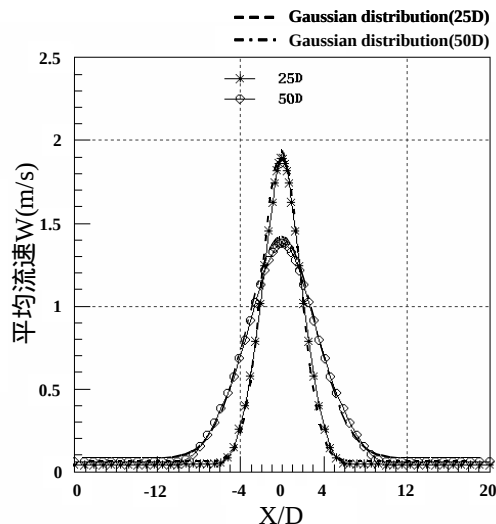


Fig-2 鉛直平均流速 W の断面分布

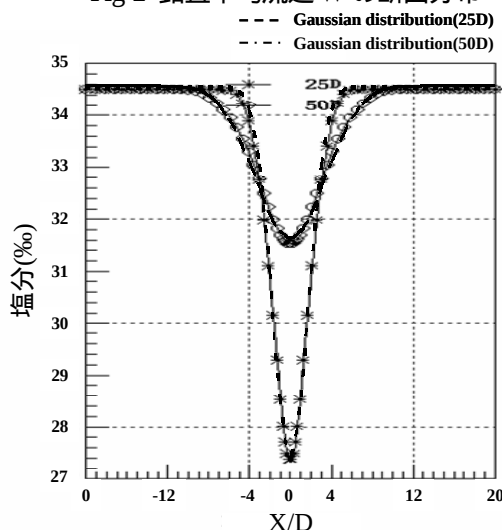
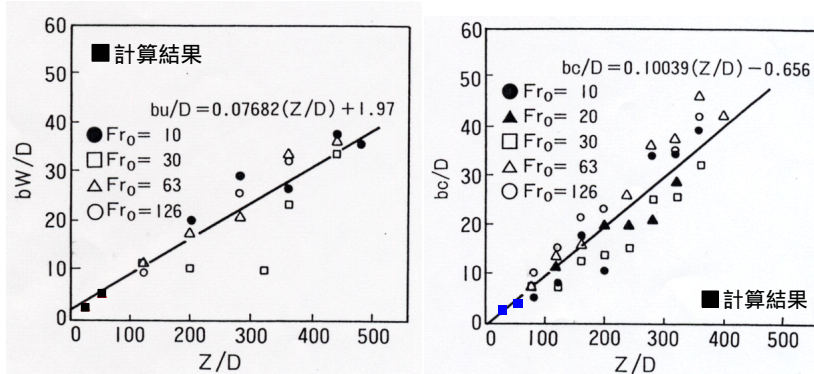


Fig-3 塩分の断面分布

- 3) 石垣博: 乱流噴流の特性に関する研究, 日本機械学会論文集第 433 号
- 4) W.G. Ormerod, P. Freund and A. Smith: Ocean Storage of CO_2 , IEA Greenhouse Gas R&D Programme, (2000)
- 5) 尾崎雅彦他: 洋上から深海への液体 CO_2 送り込み技術について, 日本造船学会論文集, 第 175 号, pp.171-180.



(a) 鉛直方向流速

(b) 塩分

Fig-4 噴流拡がり幅