研究課題名:海水面および海中での物質の乱流拡散機構の解明と海水面を通しての物質の交換機構に及ぼすうねりの効果

研究課題代表者:京都大学大学院工学研究科 小森 悟 参加研究者:京都大学大学院工学研究科 黒瀬良一・伊藤靖仁・今城貴徳・藤田彰利 実施年度:平成 19 年度~平成 19 年度

1. 研究目的

大気・海洋間での二酸化炭素等の物質輸送機構を明らかにし、その輸送量を正確に評価することを目的として、本研究グループでは、風波気液界面近傍における気流および液流の乱流構造および物質輸送機構に関する3次元直接数値シミュレーション(DNS)を行っている。さらに、これらの乱流構造および物質輸送に影響を及ぼす諸因子を明らかにすることも研究目的としている。

2. 研究計画

本研究では、数値シミュレーションと実験の両面から、風波気液界面近傍での乱流構造と気液界面を通しての物質輸送機構の解明およびそのモデル化を行っている。特に数値シミュレーションでは、実験では計測できない気液界面ごく近傍における乱流構造や物質輸送に着目し研究を進めている。しかし、うねりのような低周波数、高波長の波と風波が共存する場合については、気液界面そのものを直接数値計算するのは現在のスーパーコンピュータをもってしても不可能であるので、本発表のように気液界面を波状壁面で近似した波状壁面上の気流を数値計算することにより物質輸送機構を考察している。

3. 進捗状況

これまでに、高風速域に見られる巻き込み気泡や飛 散液滴が気液界面を通しての物質輸送に及ぼす影響を 明らかにするために、単一液滴・気泡内外での流れお よび界面を通しての物質輸送量を3次元直接数値計算 (DNS) により明らかにした。さらに、この結果と実 験データを併せることで、気泡及び液滴が風波気液界 面を通しての物質輸送に及ぼす影響を明らかにした。 昨年度からは海洋上に頻繁に見られるうねりに着目し、 うねりの存在とその方向が界面近傍の乱流場および界 面に作用する抗力に与える影響について検討している。 風波やうねりの位相速度が風速に比べて十分に小さい ことから気液界面を固定の波状壁面とみなし、図1に 示すように、うねり(低周波数、高波長の波)のない 純風波の場合(Case 1)、うねりが風波と同方向に存在 している場合(Case 2)、およびうねりが風波に対して 斜めに存在している場合(Case 3)の3ケースに対して DNS を適用した。図2に気流によって波状壁面に作用

する抗力の計算結果を示す。図より、風波に加えてうねりが存在すると圧力抗力は増加、摩擦抗力は逆に減少し、それらの和である全抗力は増加することがわかる。本研究グループの風波乱流水槽を用いた室内実験から、風波気液界面を通しての物質輸送速度がうねりにより抑制されるという結果が得られているが、本シミュレーションより、その原因が気液界面上に作用する摩擦抗力の減少に起因することが示唆された。またこれらの効果は、うねりが風波に対して斜めである場合には小さくなり、その摩擦抗力と圧力抗力の値はうねりのない純風波の場合と風波と同方向のうねりがある場合の間の値をとることがわかる。斜めのうねりについては海洋観測および室内実験では調査するのは困難であるため、この知見は非常に有用なものであると考えられる。

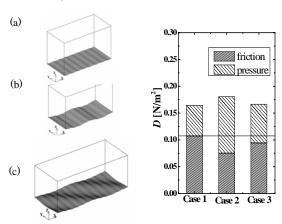


図1 計算領域

図2 壁面に作用する抗力

4. 今後の計画

今後は、DNSではなくLES等を導入することにより、気液界面を壁面とみなすことなく、移動・変形する風波気液界面を再現可能な気液二相流の数値シミュレーションを行い、風波気液界面近傍の乱流構造および物質輸送機構について詳細に調べる。さらに、これらの結果を用いて、より正確な物質輸送モデルを考案する予定である。

5. 計算機資源の利用状況 (2007 年 4 月から 10 月まで)

実行ユーザ数:2 CPU 時間:10,349 hours ベクトル化率(平均):99%