

近畿大学理工学部 正 員 江藤 剛治 竹原 幸生
近畿大学理工学部 学生員 細見 知一 澤柳 陽

1. はじめに

風波による水表面での乱れに起因する気体の溶入過程は、大気、海洋環境を支配する素過程の一つとして重要である。本研究では炭酸ガスの水への溶入過程を可視化することを試みた。その結果これまで明確にされていなかった溶入の過程の例を撮影することができたので報告する。

風による水中の気体輸送の主要因は、White Cap を伴わない範囲（風速 10m/s 程度まで）では、マクロな波運動ではなく、その上に乗っている表面張力波もしくは表面張力重力波が重要な役割を果たすことが知られている。これは運動量輸送についても同じである。これらの小さな波による水運動と、気体溶入を支配する水表面の更新との関係についてはいくつかの理論モデルが提案されているが、実験的裏付けを欠き、決定的なモデルとはなっていない。

2. 実験装置

実験に使用した風洞水槽の概略(図-1 参照)および特性を以下に示す。

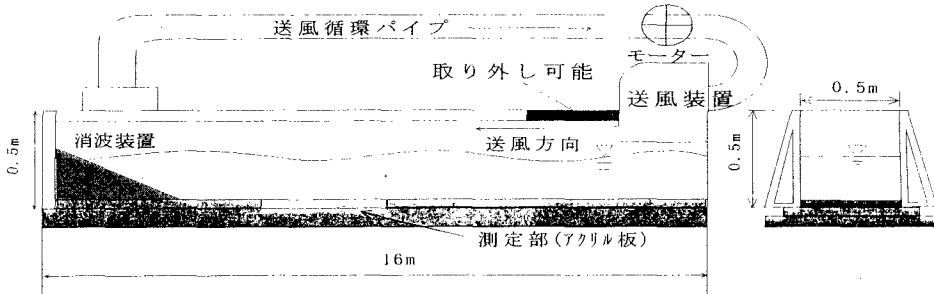


図-1 風洞水槽の側面図・断面図

- ①送風装置と造波装置で様々な波を造ることができ、末端の消波装置により反射波を消波する。
- ②送風循環パイプで気体を循環できる。
- ③波および流れを三次元的に観察するために、測定部の水槽下部はアクリル板（四面透明）である。

3. フルオレセインナトリウムによる可視化

炭酸ガスの溶入過程を可視化するために、著者らは、フルオレセインナトリウム水溶液を用いている。これまでの実験で、水溶液の濃度が $2.5 \times 10^{-6} \text{ mol/l}$ で蛍光強度が最大となることが分かっている。炭酸ガスの吸収により水の PH が 6 より下がると蛍光強度が低下し、炭酸ガスが溶入したところのみが黒っぽくなる。これにより溶入過程の可視化が可能となる。

PH と蛍光強度の関係を図-2 に示す。G (緑) 画像で、PH に対してほぼ線形に蛍光強度が下がることが分かる。

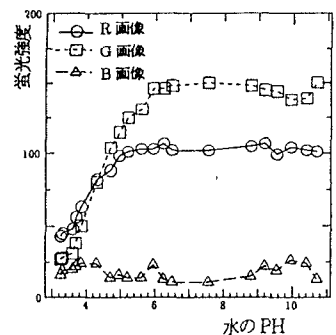


図-2 フルオレセインナトリウム水溶液の PH と蛍光強度の関係

4. 実験方法

- ①水槽内の水深を 32cm にする。水にはフルオレセインナトリウム 2.34 g を溶かす。濃度は約 $2.5 \times 10^{-6} \text{ mol/l}$ となる。
- ②水槽測定部の上方からアルゴンイオンレーザーをシート光にして、水の流れと平行になるように水表面に当てる。また、水槽側面に CCD ビデオカメラをセットする。レンズは、50mm レンズを使用する。

Takeharu ETOH, Kosei TAKEHARA, Tomokazu HOSOMI, Yoh SAWAYANAGI

③風を送り、水槽内の波を十分発達させる。入口部の水槽内をアクリル板で仕切り、ドライアイスを入れる場所を造る(図-3)。これにより、ドライアイスを入れPHの下がった水が測定部に流れ込むのを防ぐ。ドライアイスを入れ、仕切り蓋をして、炭酸ガスを発生させる。この仕切り蓋により、計測前に炭酸ガスが測定部に流入するのを防ぐ。炭酸ガスが発生したら、仕切り蓋を外し、炭酸ガスを測定部に流し込み、CCD ビデオカメラで撮影する。

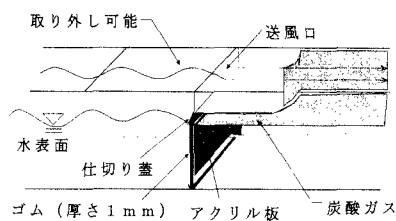


図-3 水槽入口部

5. 結果

炭酸ガスを水槽内に充満させてから約1分ほどで、水表面に薄い炭酸ガスの膜(0.2~0.4mm)が形成された。その後、水表面の炭酸ガスの膜に約1~2mmに膨れる部分ができ(写真-1)、そこから斜め下方に炭酸ガスが溶け込む(写真-2)。

この過程の観察結果を図-4に示す。発表時にはこの過程をビデオ映像で示す。筆者らの知る限り、このような現象の撮影に成功した例はない。

厚くなる層の水平間隔は波長(5cm)程度よりはるかに長く、かつランダムに見える。

6. 考察

波運動により生じる薄い表層せん断流れにより、水表面に収束域と発散域が生じるのが原因である、とする説がある。波長と厚い層の出現が直接的に関係ないようであるからこの説には疑問が残る。

小森らは、波のクレストで剥離した空気流が、下流側に衝突するスパイクが原因であるという説を出している。これは観察結果と明らかに異なる。

ランダム波の非線形干渉による物質集中の可能性もある。



写真-1 炭酸ガスの溶入過程 1

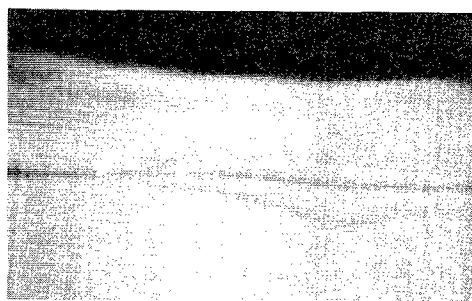


写真-2 炭酸ガスの溶入過程 2

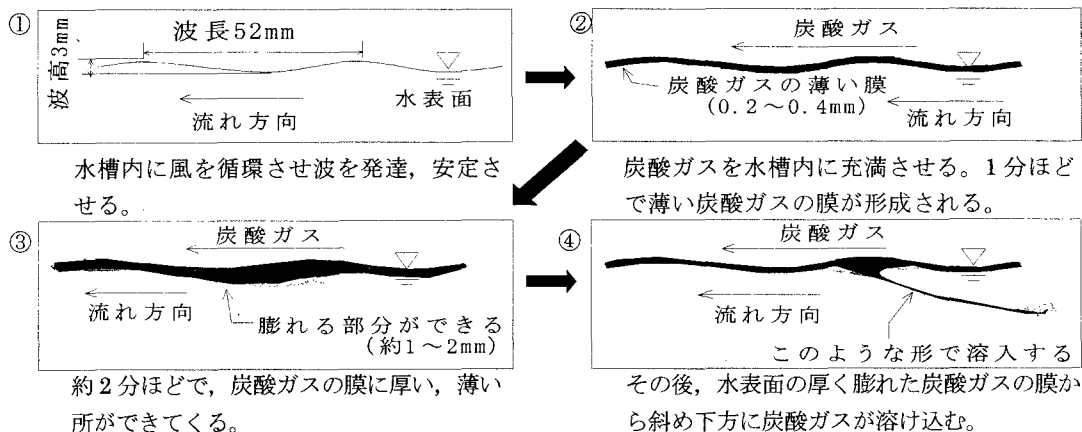


図-4 炭酸ガスの溶入過程