

近畿大学大学院	学生員	○加藤 明秀
近畿大学理工学部	正 員	江藤 剛治
近畿大学理工学部	正 員	竹原 幸生

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。本研究では昨年度、炭酸ガスの水への溶入過程を可視化することを試み、これまで明確にされていなかった溶入過程の一例を撮影できた。しかし、実験条件の制御が難しく可視化できる率が低かった。したがって、実験条件を明確にし、実験条件の制御を容易にするように実験方法の検討を行った。

2.実験装置

実験に使用した風洞水槽の概略(図-1)を示す。また、可視化実験を容易におこなうため、装置に改良を加えた。これを以下に示す。

【改良点】

- ・水槽内の炭酸ガス濃度を測定するため、炭酸ガス濃度計を測定部上部に設置する。
- ・炭酸ガスの供給源として、ドライアイスの変わりに炭酸ガスボンベを使用する。
- ・均一な濃度の炭酸ガスを注入するため、注入場所を送風口からモーター手前に変える。
- ・消波装置の高さを 10cm 上げ、高い水深でも測定できるようにする。

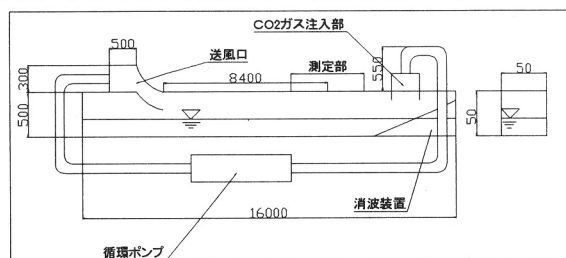


図-1 風洞水槽概略

3.可視化実験

実験条件として炭酸ガス濃度は重要であると考えられる。また、水槽に改良を加えたため、今回も可視化できるのかわからない。したがって、炭酸ガス濃度を計測しながら可視化を行なった。炭酸ガス溶入過程を可視化する際、ウラニン(フルベイントリウム)水溶液の蛍光特性を利用する。ウラニン水溶液は濃度 $2.5 \times 10^{-6} \text{ mol/l}$ で蛍光強度が最大となる。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。光源にはアルゴンイオンレーザーを用いた。撮影する際、波高が微小であるため、表面張力の影響により水表面の位置がわからなくなる。そこで、CCD ビデオカメラを水表面よりも低い位置に設置する。

【結果】炭酸ガスが風波により水中に取り込まれていく様子の可視化に成功した。水槽内の炭酸ガス濃度が 7% ぐらいになると、水表面に薄い膜が断続的に現れ始める。この薄い膜の厚さは一様でない。映像から溶入過程が可視化できるのは、炭酸ガス濃度が 15% 程度のときである (写真-1)。大気中での炭酸ガスの濃度は、0.03% である。確認できた溶入過程は、昨年と同様であった。その様子を以下にまとめる。

【確認できた炭酸ガスの溶入過程】

- ① 水槽内に風を循環させると、波が発達する。安定するまで待つ。(波長 52mm, 波高 3mm 程度)
- ② 水槽内の炭酸ガス濃度が約 7% のとき (炭酸ガスを注入し始めてから 10 分ほど経過), 薄い(0.2~0.4mm 程度)炭酸ガスの膜が形成される。
- ③ 炭酸ガスの膜に厚い所(1~2mm)と薄い所ができ始める。
- ④ 水槽内の炭酸ガス濃度が約 15% になると、水表面の厚く膨れた炭酸ガスの膜から斜め下方に炭酸ガスが溶け始める様子が確認できた。(図-2)。

Akihide KATOH, Takeharu ETOH, Kohsei TAKEHARA

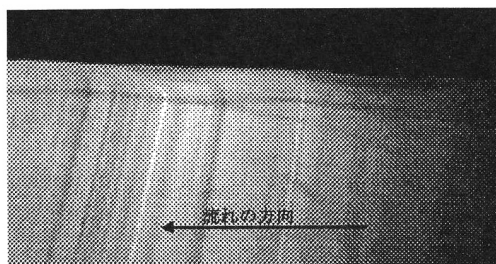


写真-1 炭酸ガスの溶入過程

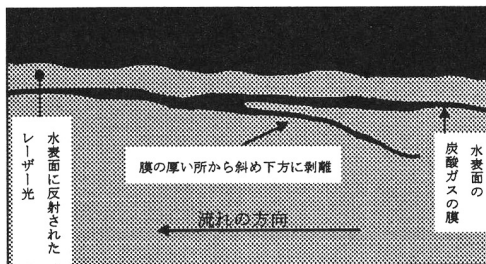


図-2 炭酸ガスの溶入過程略図

4.水槽内炭酸ガス濃度の収支

風洞水槽の気密性を高めることが困難であるため、水槽内の炭酸ガス濃度を容易に制御することができない。炭酸ガスが減少した分だけ補充し、水槽内の炭酸ガス濃度を一定にする手法を検討した。水槽内の炭酸ガス収支は、水中に溶入する量、水槽から抜ける量、水槽内気相部に存在する量の和が注入した量であると考えられる。それぞれの量を以下の方法で求めた。

- ① 水深 32cm と 0cm で炭酸ガス濃度を測定する(図-3)。
炭酸ガスの注入量はどちらも $20(\text{リットル}/\text{min}) \times 30(\text{min})$ で計 600 リットルである。
- ② 濃度を体積に換算する (図-4)。
- ③ 水深 32cm のときの体積変化(図-4)より水槽から抜ける量と水に溶入する量の和が求まる。
- ④ 水深 0cm のときの体積変化(図-4)より水槽から抜ける量が求まる。

- ⑤ ③と④の差から水に溶入した量が求まる(図-5)。

【結果】図-4 では、炭酸ガスを注入し始めて 10 分後あたりから体積に変化が現れ始める。水深 32cm で炭酸ガス濃度は約 7%である。この結果は先に述べた、炭酸ガスが溶入し、水表面に薄い膜が形成され始めるときの濃度に一致する。図-5 から、炭酸ガスを注入し始めてから 150 分ほどで、炭酸ガスは気-水間で平衡状態になっている。

5.結論

- ・溶入過程の可視化に必要な条件が、明確になった。以下に、明確になった実験条件をまとめる(表-1)。
- ・気相中炭酸ガス濃度が計測できるようになり、水がある場合と無い場合の濃度変化を比較することで、水中の炭酸ガス溶入量を計算することができた。

表-1 実験条件

気温	水深	風速	注入ガス量	炭酸ガス濃度
13℃	32cm	18.57cm/s	600 リットル	15～20%

6.今後の課題

- ・炭酸ガスの注入を手動から自動に変える。
- ・水中の炭酸ガス濃度も計測できるようにする。
- ・気流、水流を PTV により可視化計測し、炭酸ガスの溶入過程のメカニズムを明らかにしていく。

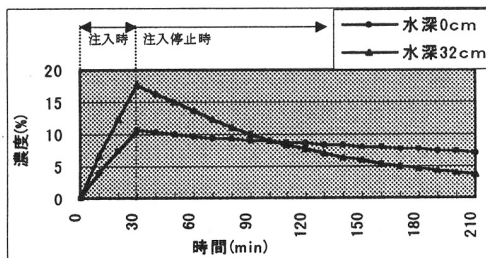


図-3 炭酸ガスの濃度変化

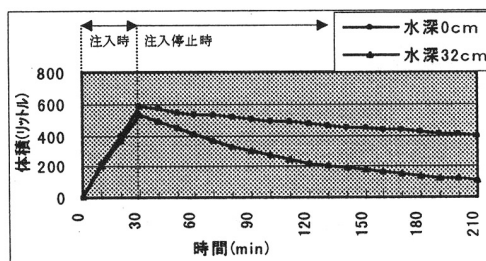


図-4 炭酸ガスの体積変化

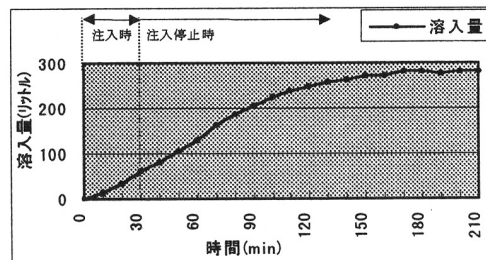


図-5 炭酸ガスの溶入量