

II-274 越流堰による泡の発生に関する実験的研究

関西電力総合技術研究所 正員 原田 俊之, 永見 光央, 目見田 哲
 ㈱ ニュー ジェック 正員 増田 寛, 戸田 圭一

1. はじめに: 汽力発電所の放水路系内で発生する泡のコントロールは, 水理構造上および環境上重要な検討課題であるが, 泡の発生および泡の流下に伴う挙動に関しては未解決な問題が多い。このような泡に関する問題を解決していく第一歩として, 前回越流堰を落下する水脈によって発生する泡に関する基礎実験の結果を報告した¹⁾が, 今回更に高落差の実験を追加し, 下流水深の影響を考慮して水中気泡発生量を再考察するとともに, 水表面の安定泡の発生状況についても検討した。

2. 実験の概要: 実験は図-1に示すような二次元循環水槽の上流端に全幅刃形堰を設置し, 越流落下水脈によって発生する水中気泡の濃度を水脈落下直下地点および下流の数断面で多点測定している。水中気泡の濃度測定には, 実験用に作成したサイフォン式空気採集器を用いている。実験条件は表-1に示すとおりで実験①が前回報告時, 実験②が今回追加した高落差の実験であり, それぞれ図-2に示す単位幅流量 q , 下流水深 h_2 , 越流落差 Δh (下流水深と堰高の組合せで決まり, $\Delta h_{\max}=1.0\text{m}$ [実験①], 2.0m [実験②])を変えて相当数の実験を実施した。実験はこれらの堰越流諸元と越流落下水脈によって発生する水中気泡濃度との関係を見出すことを主眼としており, また水表面の消えにくい安定泡の発生状況についてもみている。

3. 実験結果: 図-3に水脈落下地点で測定した水中気泡の平均濃度 $\bar{C}$ ($\bar{C}=q_a/q$, q_a : 単位幅当りの空気混入量で水深方向に数点測定した値より算定)と落差 Δh との関係を示す。図-3より越流形態がほぼ完全越流となる $\Delta h \geq 0.2\text{m}$ に対しては,

$$\bar{C} \propto \Delta h \quad (1)$$

なる関係が得られ, 実験②の高落差条件でも上記の関係がほぼ成立する。ただし物理的に100%の気泡濃度はあり得ないことから, それ以上大きくならない限界気泡濃度が存在し, 更に高落差条件では(1)式の関係は成立せず, $\bar{C}$ が限界気泡濃度に漸近するようになると推察される。

またこの現象を次元解析的にみると, 図-2に示す諸元を用いて以下の関係式で表すことが出来る。

$$\bar{C} = F \left(\frac{\Delta h}{h_2}, \frac{q}{\nu}, \frac{g h_2^3}{q^2} \right) \quad (2)$$

ここに, ν は動粘性係数, g は重力加速度である。

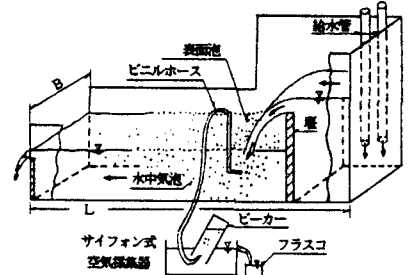


図-1 実験装置

表-1 実験条件

項 目	記 号 (単位)	設 定 値	
		実験①	実験②
使用水	—	海水, 真水	海水
堰の高さ	W (m)	0.7, 1.0, 1.3	2.4, 3.0
堰下流水路 の水深	h_2 (m)	0.45, 0.6, 0.75, 0.9	0.9, 1.2, 1.5
流 量	Q (ℓ/s)	20, 40, 60, 80	64, 128
(単位幅流量)	q (ℓ/s/m)	(40, 80, 120, 160)	(80, 160)
水路全長	L (m)	15.0	25.0
水路幅	B (m)	0.5	0.8

図-2 堰越流諸元

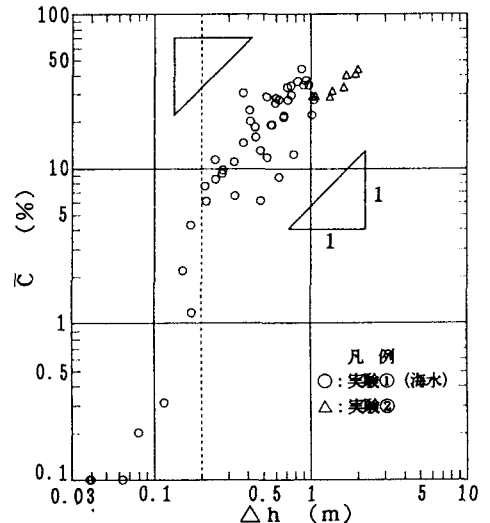


図-3 発生気泡濃度 $\bar{C}$ と落差 Δh との関係

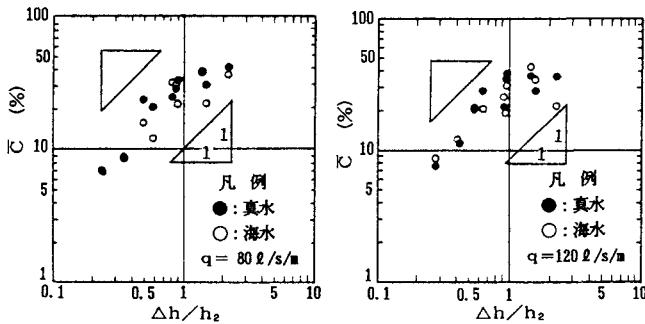

図-4 発生気泡濃度 $\bar{C}$ と $\Delta h/h_2$ との関係の一例(実験①)

図-4に示すように(2)式の $\Delta h/h_2$ の項については $\bar{C}$ と比例関係にある。また(2)式の関係がそれぞれの項のべき乗の積の形で表せるものと仮定し、 q/ν 、 gh_2^3/q^2 の項と $\bar{C}$ との関係についてそれぞれの項のべき乗を実験値から回帰式近似によって推定すると図-5に示すようであり、点群にややばらつきがあるものの、実験の範囲内ではほぼ以下に示す関係が成り立つ。

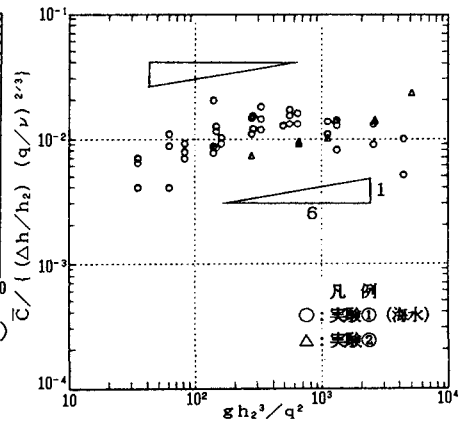
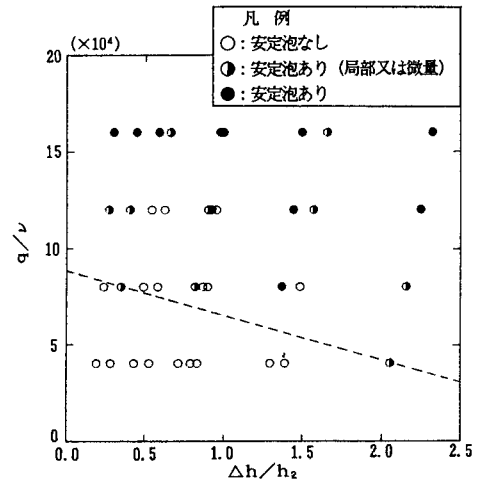
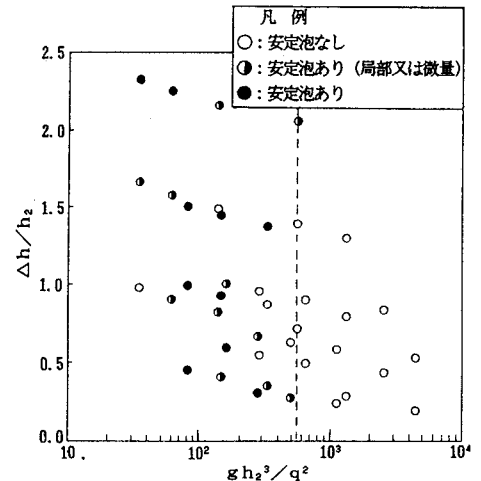
$$\bar{C} \propto \left(\frac{\Delta h}{h_2} \right) \left(\frac{q}{\nu} \right)^{2/3} \left(\frac{gh_2^3}{q^2} \right)^{1/6} \quad (3)$$

次に、水脈落下直下地点における水表面の安定泡の発生状況と(2)式に示した堰越流諸元の無次元量との関係を見る。図-6に安定泡の発生状況と $\Delta h/h_2$ 、 q/ν との関係を、図-7に安定泡の発生状況と gh_2^3/q^2 、 $\Delta h/h_2$ との関係を示す。これらの図から q/ν が大きいほど、 gh_2^3/q^2 が小さいほど安定泡は発生しやすい。即ち、単位幅流量 q が大きいほど、下流水深 h_2 が小さいほど安定泡は発生しやすくなる。落差 Δh については顕著な傾向はみられなかった。また、安定泡の発生限界は図-6、図-7中にそれぞれ示した破線のように推定される。

4. おわりに：本研究で得られた知見を要約すると以下のようである。

- 完全越流時、越流堰直下で発生する水中気泡濃度と堰越流時の水量との間には(3)式の関係が成立する。
- 水表面の安定泡は、単位幅流量が大きく、下流水深が小さい場合に発生しやすい。

なお本研究を実施するにあたり、㈱ニュージェックの陳活雄氏および㈱日本工業試験所の山口清志氏をはじめとする諸氏に御助言、御協力を頂き、ここに謝意を表します。参考文献：1)吉川ら：越流堰による泡の発生に関する2、3の考察、関西支部概要集、1990。


図-5 発生気泡濃度 $\bar{C}$ の無次元化表示

図-6 安定泡発生と $\Delta h/h_2$ 、 q/ν との関係

図-7 安定泡発生と gh_2^3/q^2 、 $\Delta h/h_2$ との関係