

越流堰による泡の発生に関する二、三の考察

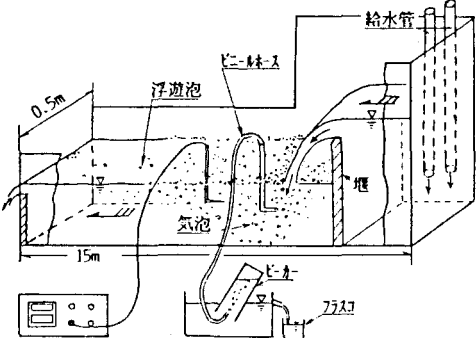
関西電力総合技術研究所 正員 吉川 太, 下平 昌兵, 渡辺 邦男
株式会社日本技術コンサルタント 正員 陳 活雄, 正員 ○ 戸田 圭一

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の一つであると考えられているが、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数多く残されているのが現状である。このような事由に鑑みて泡に関する問題を解決していく第一歩として、今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を実施したので、その概要を報告する。

2. 実験の概要： 実験は越流堰を落下する水脈によって発生する空気量(空気濃度)と、越流落差との関係を見出すことを主眼として実施した。用いた実験装置は図-1に示すように、全長 15m, 幅 0.5m, 深さ 1m の二次元循環水槽に上流端より 2 m の位置に全幅刃型堰を設置し、越流落水脈によって発生する空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。泡の濃度測定には、市販のレーザー式ボイド率計を一部改良したものと、実験用に作成したサイフォン式空気採集器を併用している。実験条件は表-1に示すように単位幅流量 q_w と越流落差 Δh (下流水深と堰高の組合せで決まり、 $\Delta h_{max} \approx 1.0m$) を変えており、現地海水、真水で相当数の実験を実施した。

3. 実験結果： 図-2 (a), (b)は各々レーザー式ボイド率計、サイフォン式空気採集器で測定した落下地点の泡の平均濃度 $\bar{C}$ ($\bar{C} = q_a / q_w$, q_a : 単位幅当りの空気混入量, q_w : 単位幅流量) と落差 Δh の関係を示したものである。

図-2 (a)と (b)を比較すると、レーザー式ボイド率計よりもサイフォン式空気採集器の方が測定値は大きく、後者がより正確な測定値を示していることが認められた。



レーザー式ボイド率計 サイフォン式空気採集器

図-1 実験装置

表-1 実験条件

項目	記号	単位	設定値
使用水	—	—	海水, 真水
堰の高さ	W	cm	70, 100, 130
堰下流水路の水深	h_1	cm	45, 60, 75, 90
流量	Q	ℓ/s	20, 40, 60, 80
(単位幅流量)	q_w	ℓ/s/m	(40, 80, 120, 160)

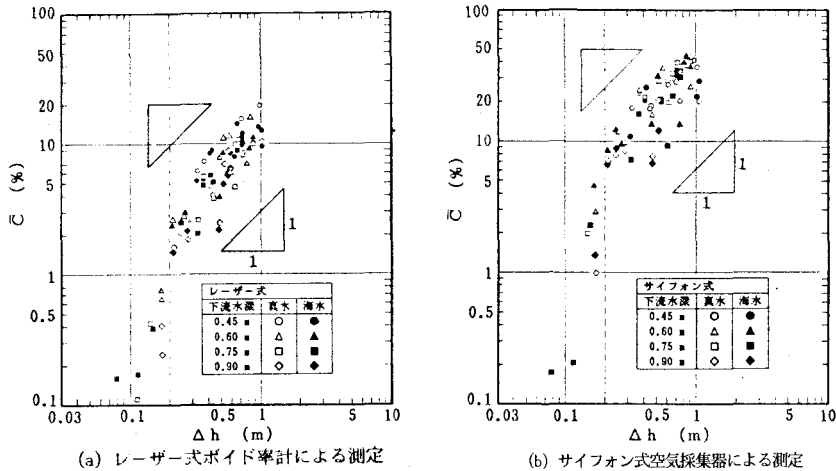


図-2 濃度 $\bar{C}$ と落差 Δh の関係図

Tohru YOSHIKAWA, Shōhei SHIMODAIRA, Kunio WATANABE, Ikuo CHIN, Keiichi TODA

図-2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、

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

なる関係が得られる。また泡の発生濃度(発生量)に関して言えば、真水、海水での差異は顕著には見られず、水の密度 ρ 、粘性係数 μ といった要因は泡の発生現象に対して敏感には効かないようである。 Δh がほぼ一定の場合の単位幅流量 q_w と濃度 $\bar{C}$ との関係を示したものが図-3である。図-3より $\bar{C}$ は q_w の増加に対して増加する傾向にはある。

次にこの現象を次元解析的にみると現象を支配する要因は図-4に示すように、堰上の越流水深 h_0 、越流水脈の落下時の流速 v 、水脈の幅 a 、重力加速度 g を含め、次式に示す形で関係づけられると考えられる。

$$F(q_a, q_w, g, \Delta h, h_0, v, a, \rho, \mu) = 0 \quad (2)$$

$q_w, \Delta h, \mu$ を基本量にとり、関係する無次元量を整理すれば、

$$\bar{C} = \frac{q_a}{q_w} = F_1\left(\frac{g \Delta h^3}{q_w^2}, \frac{\rho q_w}{\mu}, \frac{h_0}{\Delta h}, \frac{v \Delta h}{q_w}, \frac{a}{\Delta h}\right) \quad (3)$$

となる。更に $h_0 \propto (q_w^2/g)^{1/3}$, $q_w = va$, $v = \sqrt{2g\Delta h}$ なる関係より(3)式を整理すると、結局

$$\bar{C} = F_2\left(D, \frac{q_w}{\nu}\right) \quad (4)$$

と表わされる。ここに、 $D = g \Delta h^3 / q_w^2$ は drop number の逆数、 $\nu = \mu / \rho$ は動粘性係数である。

図-5は $\bar{C}/(q_w/\nu)$ と D の関係を示しているが、点群にはばらつきがあるものの、ほぼ $\bar{C} \propto D^{1/3}$ の傾向が見出され、このことから $\bar{C}$ が Δh に比例することが確認される。

4. おわりに： 今回得られた泡の発生に関する知見を要約すると以下のようである。

- (1) 完全越流時、越流堰直下で発生する空気泡の濃度は越流落差に比例する。
- (2) 海水と真水で発生する泡の濃度にはほとんど差異はない。

なお、本研究を実施するにあたり、名城大学 岩垣雄一教授より貴重な御助言を賜り、ここに深甚なる謝意を表します。

参考文献： R.Rogala, 'Air carried along by an overspill wave', LA HOUILLE BRANCHE/N°, 1, 1981.

(in French)

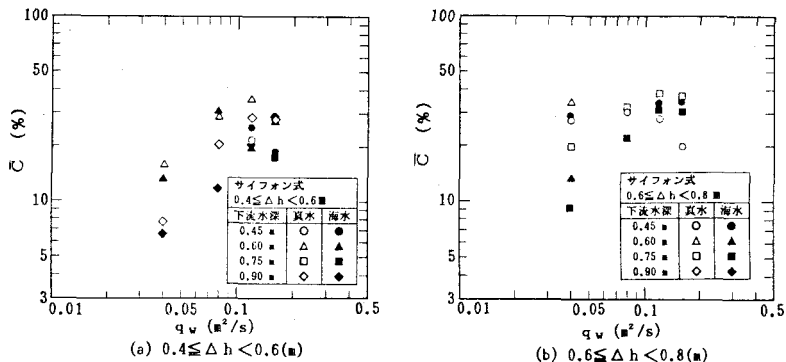


図-3 濃度 $\bar{C}$ と単位幅流量 q_w の関係図

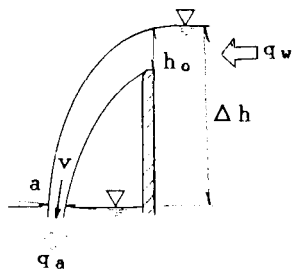


図-4 泡発生現象の支配要因

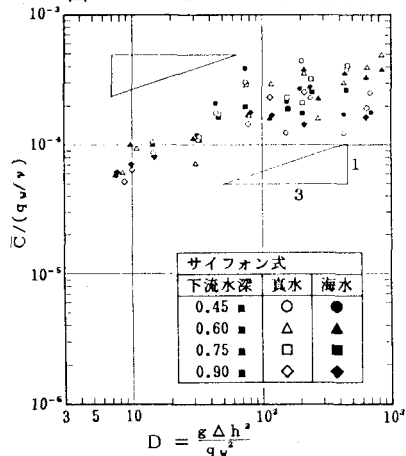


図-5 $\bar{C}/(q_w/\nu)$ と D の関係図