

温排水の下向き放水による拡散範囲低減に関する実験的研究

中国電力(株) 賛助会員 田中 等
中国電力(株) 賛助会員 ○高田 英明

1. まえがき

火力・原子力発電所の温排水の水中放水方式は、正の浮力をもって水中に放出される重力噴流であり、周囲水を連行し混合・希釈されながら浮上するもので、放水速度が速いほど冷却効果が高い。

従来水平に水中放水していた温排水を下向きに角度を持って放水することにより、同じ放水速度でもその連行距離が長くなり温排水拡散範囲、浮上点流速の低減が期待でき、環境保全、コスト低減の観点からも有効である。今回、下向きに水中放水した場合について種々条件を変えて実験を行い、底面の影響を受けない重力噴流の領域における下向き放水による低減効果を推定した。

2. 実験概要

(1) 模型縮尺

2次元水路（長さ40m、幅1m、深さ1.5m）の大きさ、現象の再現性に必要な範囲を考慮して、フルードの相似則に基づく縮尺1/100で製作した無歪み模型を使用し、単一放水管で実験を行った。

(2) 実験諸元

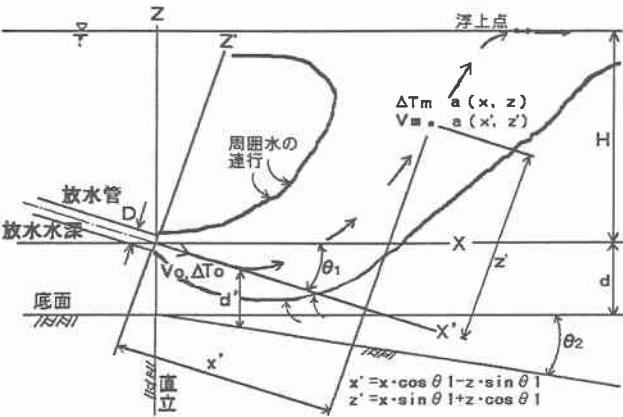
実験の諸元を表一1実験諸元および図一1記号説明図に示す。

(3) 計測項目および計測器

- a. 水温 サーミスタ温度計
- b. 流速 プロペラ流速計

表一1 実験諸元

諸元	原型	縮尺	模型
放水水深H	6~15m	1/100	6~15cm
放水速度V _o	3.0~5.0m/s	(1/100) ^{1/2}	30~50cm/s
放水量Q	20~30 m ³ /s	(1/100) ^{5/2}	200~300cm ³ /s
放水管径D	3.26~2.52m	1/100	3.26~2.52cm
放水管中心から底面までの距離d	14~5m	1/100	14~5cm
放出内部フルード数F _{ro}	11.4~21.5		
下向放水角度θ ₁	0°（水平）、5°、10°、15°		
海底地形	直立、底面角度(θ ₂)27°、12°、6°、3°		
温度差	放水温度(ΔT _o)は7℃アップとする。 実験では現地放流水の密度差と合せる。		



ΔT_o : 放水温度(7℃アップ)
ΔT_m : 噴流中心の温度上昇分
V_o : 放水速度
V_m : 噴流中心軸における流速
a(x, z) : 噴流の位置(水平放水の場合)
a(x', z') : 噴流の位置(θ₁で座標変換後)

図一1 記号説明図

3. 実験結果

現地捨て石を模擬した底面角度 2.7° (底面勾配 1:2) の実験を以下に示す。

下向きに放水した場合の噴流の位置は下向き放水角度 θ_1 で座標変換した $a(x', z')$ で表し、水平に放水した場合の片野らの実験式¹⁾と同じ手法で検討した。

(1) 水温低減率, 流速低減率

噴流中心軸における水温低減率 S_t ($\Delta T_m / \Delta T_o$) および流速低減率 S_v (V_m / V_o) は以下の無次元パラメーターにより正規化される。

$$X = (x'/D) / Fro \quad (1)$$

$$Y = (z'/D) \cdot S_t \text{ (または } S_v) \quad (2)$$

実験結果を図-2に示す。

(2) 噴流中心軸の経路

噴流中心軸の経路は、以下の無次元パラメーターにより正規化される。

$$X = x'/D \quad (3)$$

$$Y = (z'/D) \cdot Fro^2 \quad (4)$$

実験結果を図-3に示す。

以上のように水温低減率, 流速低減率, 噴流中心軸の経路とも θ_1 で座標変換することにより、実線で示す水平に放水した場合の片野らの実験式および今回求めた実験式により正規化される。

(3) 重力噴流の領域

底面および放水方向が角度を持つ場合の重力噴流理論を適用できる領域を求めるため、表-1のとおり d , θ_1 , θ_2 を種々変えて実験を行った。このうち $\theta_1 = 10^\circ$ の実験結果を図-4に示す。

この結果、下記条件を満足すると底面の影響を受けない重力噴流

の領域であることが確認された。

$$d' / (D \cdot Fro) > 0.25 \quad (5)$$

ここに、 d' は実験式より求めた噴流中心の最下点から底面までの距離である。

4. 結論

下向きに角度を持って放水した場合でも、その角度で座標変換することにより、水平に放水した場合の水温低減率, 噴流中心軸の経路等片野らの実験式が適用可能であることが確認され、(5)式を満たす重力噴流の領域において、下向き放水による低減効果の推定が可能になると考えられる。

底面 1:2, $Q=25\text{m}^3/\text{s}$, $H=15\text{m}$

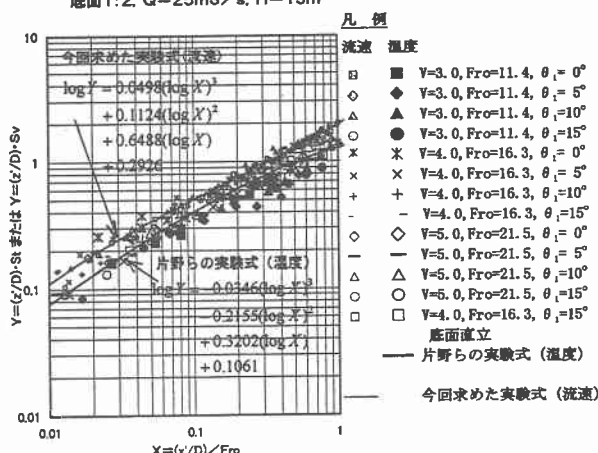


図-2 水温・流速低減率

底面 1:2, $Q=25\text{m}^3/\text{s}$, $H=15\text{m}$

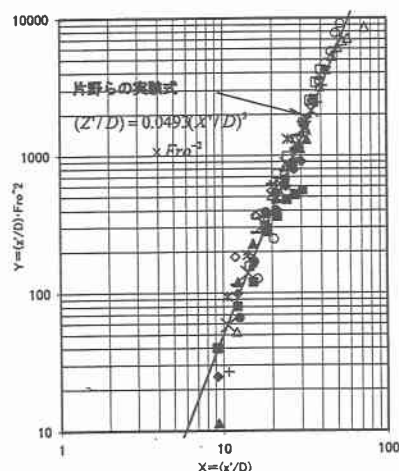


図-3 噴流中心軸の経路

単一放水管, $Q=25\text{m}^3/\text{s}$, $\theta_1=10^\circ$, $\theta_2=6^\circ$

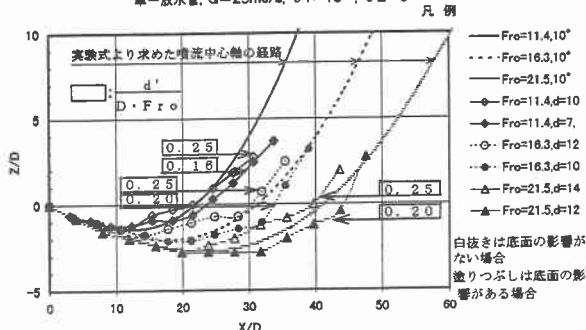


図-4 噴流中心軸の経路比較図

参考文献 1) 片野尚明ら：単一水平管による温排水の水温低減化に関する研究，電力中央研究所報告，研究報告：377021, 1978