

水平3次元重力噴流に関する実験的研究

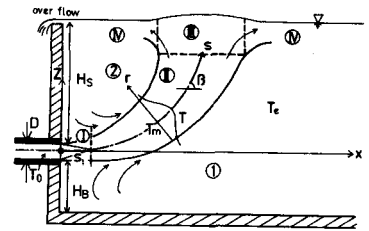
京都大学工学部 正員 中川 博次
 京都大学工学部 正員 祢津 孝久
 関西電力 正員 吉舎 廣幸
 京都大学工学部 学生員 北村 卓也

1. まえがき

湾岸に設けられる火力または原子力発電所から深層放流される温排水の拡散特性を明らかにすることは水域環境の諸問題を解決する上で不可欠な課題である。この種の拡散特性に関する基礎的知見を得る目的で、本報では、一樣環境水温中に深層から3次元水平に放流した温排水(重力噴流)の水理挙動に関する室内実験を系統的に行なった。

2. 実験装置 および 実験方法

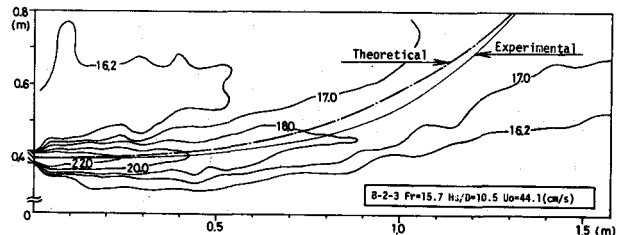
拡散水槽は長さ3.5m、幅3.0m、深さ0.8mの片面アクリル張りの鋼製であり、越流型水槽となっている(図・1を参照)。放流口は自由水面から $H_s=20, 40$ および 60 cmの位置に設けられ、放流口径 D は2.55, 3.80および 5.08 cmの3種類であり、合計9ケースの形状特性が得られた。放流水温 T_0 は環境水温 T_e より約 10°C 高くなるように 1m^3 の恒温水槽で準備され、流量計を経由して各放流口に配管された。白金抵抗式温度計が拡散水槽上の架台に40本セットされ、また架台の位置操作によって拡散水槽内の3次元温度分布が最高585点で計測された。内部フルード数 $Fr \equiv U_0/\sqrt{gD}$ ($\epsilon \equiv (\rho_0 - \rho_e)/\rho_0$) が現地の設計基準とされる10を前後して3~30の範囲で変化するように初期放流速度 U_0 を決定し、拡散特性に及ぼす Fr や形状特性 D, H_s, H_0 等の影響を系統的に検討した。なお、流軸に沿う温度計測および可視化観測による予備実験の結果、放流開始後2~17分間はほぼ定常性が保たれ、この範囲内で計測が完了された。



図・1 説明図

3. 温度分布特性 および 流軸形状

本実験で得られた温度分布の一例を等温線で図・2に示す。他の実験ケースでも Fr が一定であれば、 H_s/D や H_0/D の影響は見られず、図・2とほぼ相似な温度分布特性が得られた。これらの等温線図を参考にして、流下方向 x の各断面での最高水温点をほぼ通るようにプルーメ流軸を決定した。図・2に示すように、温度分布特性はこの流軸線に関してほぼ対称であり、温排水の拡散幅は流軸 x に沿ってほぼ直線的に増加することがわかる。すなわち、すでに指摘されているように、 xy 平面に垂直な断面内の温度分布 $C \equiv (T - T_e)/(T_0 - T_e)$ はほぼ相似に変化するものと考えられ、このことを検討した一例が図・3である。実験値にはかなりのばらつきが見られるが、Zone of



図・2 温度分布特性の一例(等温線 $T(^{\circ}\text{C})$)

の最高水温点をほぼ通るようにプルーメ流軸を決定した。図・2に示すように、温度分布特性はこの流軸線に関してほぼ対称であり、温排水の拡散幅は流軸 x に沿ってほぼ直線的に増加することがわかる。すなわち、すでに指摘されているように、 xy 平面に垂直な断面内の温度分布 $C \equiv (T - T_e)/(T_0 - T_e)$ はほぼ相似に変化するものと考えられ、このことを検討した一例が図・3である。実験値にはかなりのばらつきが見られるが、Zone of

established flow ($S/D \geq 6$ であり, 図・1の②領域) では S 軸上の温度 C_m で規格化すると確かに相似形を示し, C/C_m は Abraham が与えた Gauss 分布形によく一致する。¹⁾

流速分布形 U/U_m に関しては本実験では計測されず, ここでは同様に Gauss 分布で近似表現されると仮定し, 運動量および密度欠損 (温度欠損 C で近似できる) の各保存式を用いて Abraham と同じ解析手法から流軸形状の計算曲線が得られ, 図・2 に併示された。

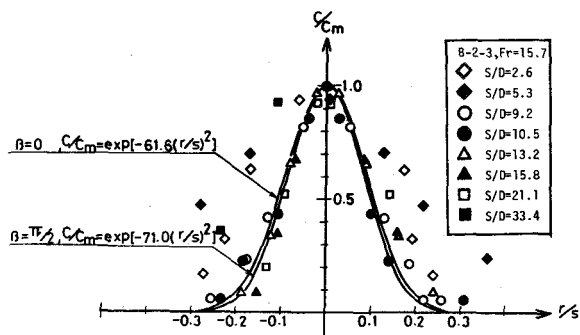
同様にして, 図・4 は $H_s = 40 \text{ cm}$ の実験ケースで得られた流軸の実験曲線 (太線) を上述の計算曲線 (細線) と比較したものである。両者の一致は比較的良好であり, 流速および温度に Gauss 分布形を適用して流軸特性を評価しても妥当といえる。図・4 から明らかに, 浮力の効果が大きい, すなわち Fr が小さいほど流軸の浮上点距離 L ($z = H_s$ での流下距離) は短かく, 図・1の遷移領域④にまで計算曲線を延長して L を予測しても概ね妥当であろう。

4. 温排水の稀釈特性

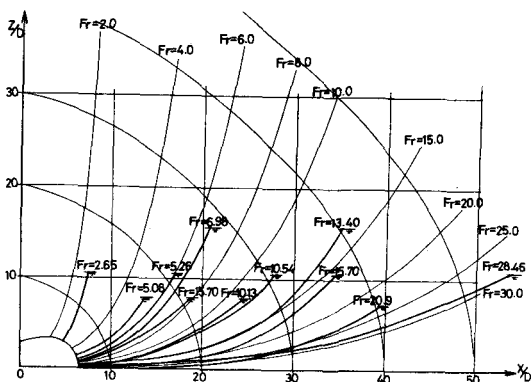
ポリュム流軸に沿う温排水の稀釈率 $1/C_m \equiv (T_0 - T_0)/(T_m - T_0)$ は上述の計算結果によれば $Fr \rightarrow 0$ で S の $2/3$ 乗則, $Fr \rightarrow \infty$ で 1 乗則に従って増大し, Fr がパラメータとなるが, $(\beta D) C_m$ を $(\beta D)/Fr$ で表示すれば Fr にほぼ依存しない普遍分布となり, 実用的価値は大きい。

いま, 浮上点 ($x=L, z=H_s$) での稀釈率 $1/C_m$ をこの方法で表示した結果が図・5 であり, 従来多くの研究者によって得られている密度噴流 (塩淡水) に関する実験結果および上述の計算結果をも併示した。両実験値間の一致は比較的良好であり, 計算曲線と同程度となるが, $(H_s/D) > Fr$ で実験値は計算値より若干小さめとなり, この場合④の水平遷移流の稀釈効果はより大きいものと思われる。

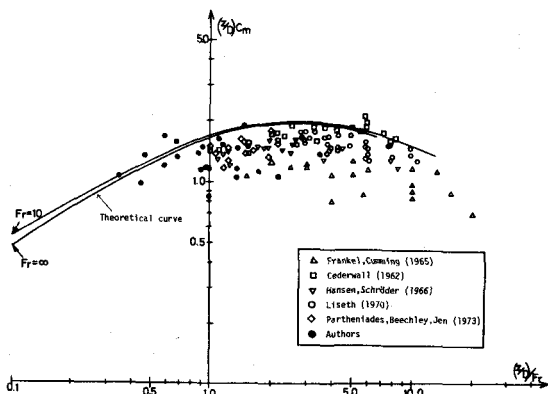
5. あとがき 深層温排水に関する詳細な理論的・実験的検討例は少なく, 今後実験例を含めて基礎的研究をして行きたい。〈参考文献〉) Abraham, G., ASCE, HY-4, 1965.



図・3 流軸に沿う温度分布の相似性



図・4 ポリュムの流軸特性



図・5 浮上点 ($z=H_s$) での稀釈特性