

中央大学大学院 学生員 首藤 啓
中央大学大学院 学生員 有田 正光
中央大学理工学部 正員 林 泰造

1. まえがき

三次元温度場流の拡がりに関する実験的研究は多く、種々の知見が得られている。本報は従来あまり議論されなかつたいくつかの点について考察を加えたものである。

2. 実験装置および座標・記号

実験に使用した水槽は長さ10.8 m, 幅5.4 m, 高さ0.5 mの平面水槽であり, 5.4 mの壁の中央に5×5 cmのアクリル製の放出口をつけてある。実験中水深を一定に保つため水槽の底に多くの穴を明け, パイプで水位調節用水槽に導かれている。また, 温度は50本のサーミスタ(特定数0.2秒程度)を使用して, 0.5秒でスキニングする事とし, 1測点について10秒間測定後平均した。

以下の説明に当り, 図-1の座標系および以下の記号を使用した。

ΔT : 周囲水よりの上昇温度, Δt_c : 周囲水よりの軸上上昇温度, Δt_o : 周囲水よりの放出上昇温度, U_o : 放出流速, U_c : 軸上流速, bt : 温度の半幅, ht : 温度の半厚, A : 放出流水面積, α_r : 無次元距離 $\alpha_r = x/\sqrt{A}$, Re_o : 放出レイノルズ数, Fr_o : 放出フルード数

3. 実験上の問題点

実験に使用する水槽は限定された熱容量しか持ち得ないので温水の連続放出によって定常的な温度分布を持つことはない。従って, 準定常状態に達したとき定常になったものとみなし判定を行うこととなる。図-2は放出口から1 m, 1.5 mの軸上表面温度の放出後の時間変化を示したものである。本実験においては放出口から3.5 mまでを測定範囲としたが, 図-2の結果および放出口から離れる程準定常状態に達する時間は長くなることを考えて, 放出フルード数2.0~3.0の範囲では放出後5分程度を目安とした。勿論, 放出フルード数がこれより大きい時は早く判定を行うことが可能であり, これより小さい時はより十分時間が経過した後判定を行うべきであるが, 放出後時間が経過しすぎると(本装置規模では15分程度と考えられる)放出温水による躍層が発達し温度上昇, 流速の加速, 拡がり幅の減少などがおこり, 河口密度流のように放出フルード数が小さい場合は実験の精度が悪くなる。さらに, 図-2に示されるように一定時間経過後も温度が上昇してゆく原因の一つとして, 温噴流の両側にできる大スケールの渦がある。この渦は放出直後から発達し始めにだいに大きなスケールの渦となる。これによって放出された温水が再び連行されだいに温度が上昇してゆくこととなる。図-3は表面横断温度分布を示したものである。上記のような大スケールの渦の存在により全体をガウス曲線と近似する事には無理がある。同図によれば中心軸付近はガウス分布で近似できるが, 外側ではほぼ温度一定となる。

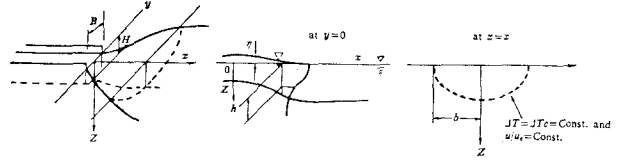


図-1

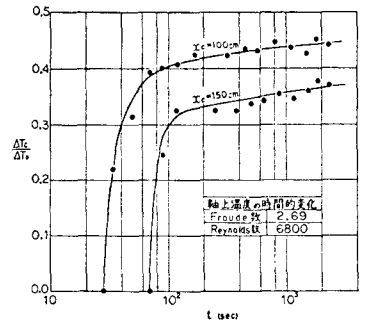


図-2

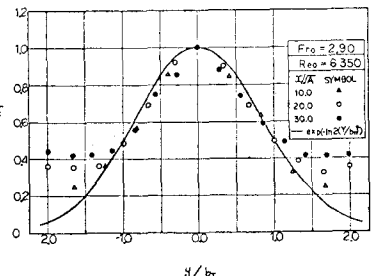


図-3

4. 軸上縦断面内温度分布

噴流の振がりは形成領域を経て確立領域に至る過程が知られているが、噴流型温度変遷流の場合は浮力効果のために異なった性質を示す。図4は $Fr_0 = 2.90$, $Re_0 = 4590$ の場合の軸上縦断面内等温度線図を画いたものであり、図5(a)~(d)はA~D断面における鉛直方向温度分布図である。

図5(a)は形成領域、(b)は確立領域でありガウス曲線 $\exp[-\ln 2(z/h_T)^2]$ によく一致している。(c)は浮力領域であり $\exp[-\ln 2(z/h_T)]$ でほぼ近似できる。さらに(d)は確立領域と浮力領域の中間的領域で遷移領域と呼ぶべき領域である。遷移領域においては2つの曲線をなめらかに接続する事によって近似できるように見える。以上の事より、

形成領域より浮力領域へ至る過程は次のように考える事ができる。形成領域において境界層付近に生じた乱れは発達し、温噴流の全断面が乱れる確立領域に至る。その後、内部フルード数の低下に伴い浮力の効果により境界層付近のみの乱れとなり遷移領域となる。さらに浮力の効果が卓越してくると形成される内部乱りがほとんど碎表せず、ほぼ全断面にわたり乱れの弱い浮力領域となる。

なお上記のケースおよび他の放出フルード数を変化させたいくつかの実験より、躍層厚の変化について次のような事が言える。つまり、形成領域、確立領域を経てそれぞれ放出フルード数に見合、て増減の後、遷移領域に入りほぼ一定厚となる。さらに浮力領域に入ると浮力効果のためにだんだんと薄くなっていく。

5. 軸上表面温度分布

図6は種々の放出条件下における軸上表面温度分布を示したものである。図が示すように $x_r > 10$ において放出フルード数の影響を顕著に受ける。放出フルード数が小さい場合は温度変化の小さい stable-region を明瞭に認める事ができる。

6. 軸上表面流速分布

軸上表面流速は放出温水に染料を加え、染料の先端をモータードライヴ・カメラで追写する事により求めた。図7は軸上流速図であるが、全体的に $x_r < 30$ においては $x^{-1/2}$, $x_r > 30$ では x^{-2} に従うように見える。図8は放出フルード数2.40の場合の軸上流速を抜き出したものであるが、これより明瞭な加速領域が見られる。著者等の温度変遷流モデルにおいて軸上表面上昇温度の x 方向微分については特異性をもたないが、軸上表面流速の x 方向微分は特異性をもつとの結論を得たが、これに対応している。なお図6に示すような軸上表面温度分布については特異性が認められない。

参考文献

- 1) 林・有田：海面上に放出させた温排水の振がりについての数値解析-
報2 報, 第19回水講, 1975.
- 2) 岸・板倉：河口における河水の振がり, 第30回水講, 1975
- 3) Rasmus Wiuff: Experiment on the surface buoyant jet,
Technical University of Denmark, Series Paper No.16, 1977

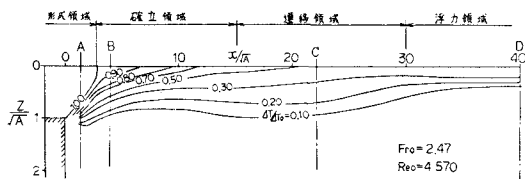


図-4

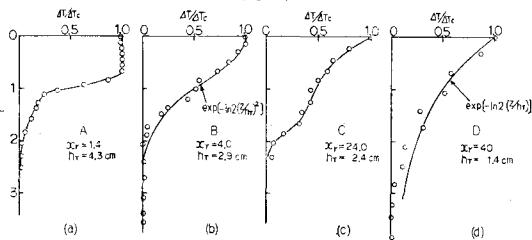


図-5

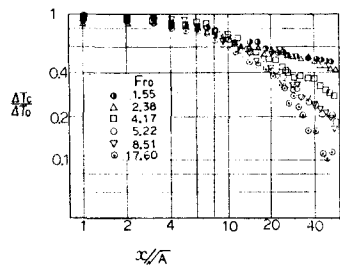


図-6

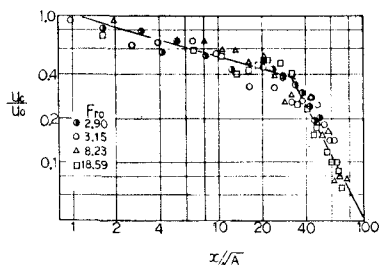


図-7

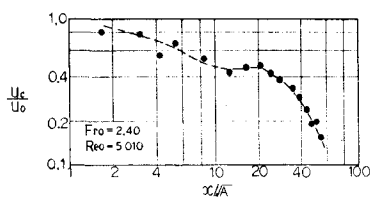


図-8