

東京電機大学 理工学部 建設工学科 正員 有田正光
 東京大学 工学部 土木工学科 正員 玉井信行

1. はじめに

著者等は先に浅海域に斜めに高密度フルード数で表層放流される温排水の流軸が曲がり、海岸へ再付着し流動する現象について取扱い、そのメカニズムについて検討した。ところでそのような再付着現象は①放出角度、②放出密度フルード数、③放出口前面の水深、④放出口前面の海底勾配等に影響されると考えられる。そこで本報告においては①～④のそれぞれの因子の影響について実験的に検討する事とした。

2. 実験方法

実験に使用したのは、 $1.5\text{m} \times 3\text{m} \times 6\text{cm}$ の平面水槽であり、幅 5mm の放出口が設置してある。代表的放出水深は 3cm であり、その場合の放出流量は $10\text{cc/sec} \sim 45\text{cc/sec}$ 程度である。実験においては放出角度 θ が大きく限界状態に近い場合は、微妙な初期条件の影響などを受けて再付着するが否か、その挙動が安定しない。工学的には再付着の生じうる最大の条件を求める事が必要であると考えられるので、その様な場合、円弧状の流れの誘導板を使用して流況を安定化することとし、放出初期1分間程度この円弧板で流れを誘導して結果を併定した。

3. 実験結果の検討

以上の手続きによって得られた実験結果を整理し、上記の①～④の因子の再付着現象に及ぼす影響について順次述べてゆく。

(a) 放出角度の効果 放出角度は再付着現象に対して最も大きな影響を与えるものであると考えられる。図-1はコアンダ効果に関するBourqueの実験¹⁾、Sawyerの理論解析結果(図中破線)と著者等による水平二次元的に均質噴流が表層放流される場合の実験結果および高密度フルード数で浅海域に表層放流される福島第一原子力発電所の実験結果と比較したものである。同図で B_0 は放出口幅であり、 l は放出口から再付着点までの距離である。またBourqueの実験結果は原実験結果から下端開放の影響を受けていると考えられる実験点を除いたものである。同図はそれぞれの結果が良く一致している事を示している。この事より著者等の対象とする表層放流温排水の流軸の汀線方向への曲がり、コアンダ効果によるものと考えられる事ができる。

(b) 放出密度フルード数 Fr_0 の効果 図-2は平面二次元的に放出角度 45° で表層放流される温排水の無次元上昇温度 $\Delta T/\Delta T_0$ (ΔT_0 は放出水と周囲水との温度差)が 0.2 となる温噴流の拡がりの外縁を示すものである。同図より、 Fr_0 が大きい程、強い再付着現象を示す事が分かる。しかしながら Fr_0 が $4 \sim \infty$ の範囲では実験結果に大差がなく、 $Fr_0 < 4$ (ここでは $Fr_0 = 3$)の場合はかなり大きく拡がり再付着現象が弱くなっている事が認められる。この事は再付着現象は低放出密度フルード数で急激に変化するものである事を示している。 Fr_0 が小さくなると再付着

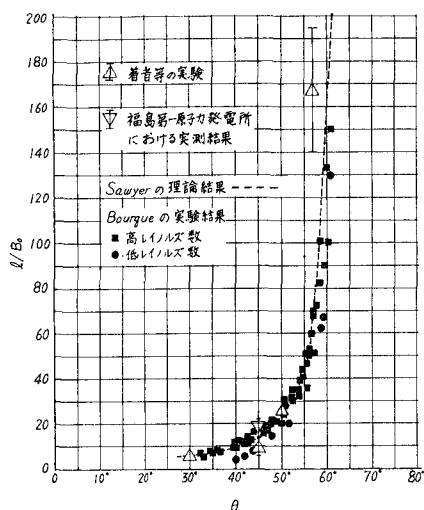


図-1 二次元均質噴流の場合の放出角度と再付着点の位置

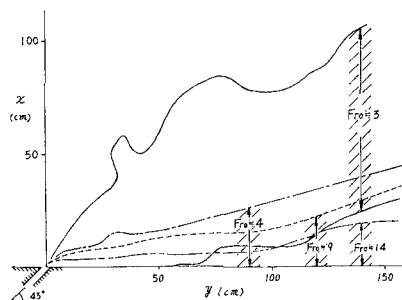


図-2 放出密度フルード数の違いに基づく拡がりの変化

効果が小さい事は温度差に基づく密度流効果によって付着流線に囲まれる連行渦の領域と自由領域との圧力差が小さくなる為と考えられる。

(c) 放出口前面水深 H_b の効果 放出口前面水深とは図-3に示す様に、ここでは水底から放出口底面までの高さを意味する。 H_b が比較的大きい場合、強い連行渦の領域(領域Ⅰ)へ領域Ⅱから連行水が図-3に示される様に噴流底面下を通過して補給される。この事によって領域Ⅰの圧力が上昇し、再付着現象は生じづらくなると考えられる。図-4は放出角度 45° で均質噴流が放出される場合の H_b/H_0 (H_0 は放出水深) の違いに基づく l の変化を示すものであり、 H_b/H_0 が大きい程、再付着現象が弱くなってゆく事が明らかである。

(d) 海底勾配の効果 放出口前面水深 $H_b=0\text{cm}$ 、放出角度 45° の場合の再付着現象に対する底面勾配の影響を調べる事とした。噴流が斜面上を流動する場合、噴流に及ぼす斜面の効果によって噴流はより摩擦の小さい、より深い方へ移動してゆくものと考えられる。このような斜面の効果は再付着を促す方向とは逆に働くものであり、斜面の存在は l を大きくする方向へ働くものと考えられる。図-5は斜面勾配の変化に伴う l の変化を示すものであり、上述の考察を裏付けている。

4. 結論

以上の実験結果を簡単にとりまとめると以下の様である。

①本報告で取扱った様な表層放出密度噴流の再付着現象はコアンダ効果に基づくものであると考えられる。また Bourque の実験によると極めて放出レイノルズ数が大きい場合の限界角は 64° である。従って放水口の設計に当たっても同程度の角度が限界角であると考えて良いであろう。②密度流効果は再付着現象が弱くなる様に働く。③放出口前面水深が大きい場合、再付着現象は生じづらくなる。④海底勾配が大きい程、再付着現象は生じづらくなる。

以上、浅海域に斜めに表層放流される温排水の流軸の曲がりについて実験的検討を加え、少なくとも定性的には流軸の曲がりには寄与すると考えられる因子の効果を明らかにしたものと考える。

謝辞： 本研究を進めるに当り種々の便宜をはかっていただいた東京電機大学教授小野ス彦先生、実験に熱心に協力してくれたS.57年度卒研究生、坂本康文(現・鹿島道路)・菅原俊宏(現・竹中土木)に感謝の意を表わします。また本研究に当り文部省科研費・奨励研究Aの補助を受けた。

[参考文献]: 1) 玉井信行・有田正光, 第29回海講, PP.535~539, 1982. 2) Sawyer, R. A., JMF, vol. 17, PP.481~498, 1963. 3) Bourque, C., & Newman, B. G., Aer, Quart, vol. 11, PP.201~, 1960.

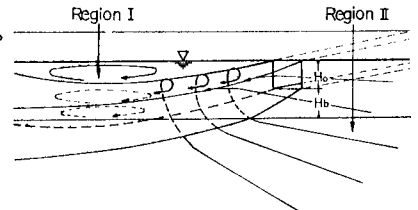


図-3 放出口前面水深が比較的に深い場合の流れの模式図

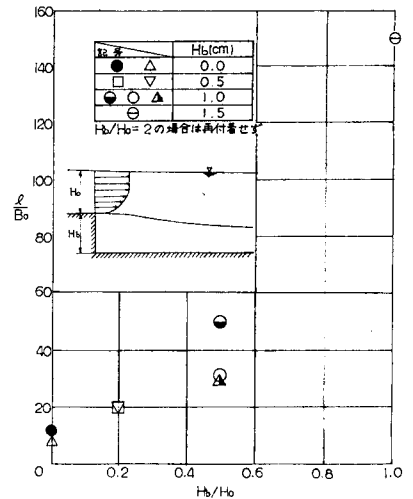


図-4 放出口前面水深の違いに基づく再付着点の変化

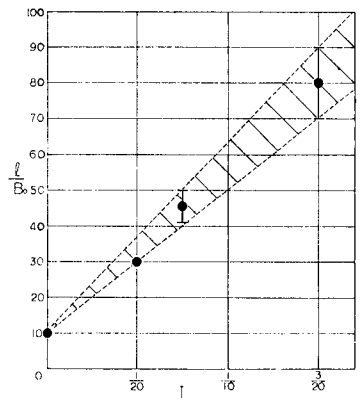


図-5 斜面勾配の変化に基づく再付着点の変化