

電力中央研究所 正会員 曾我雅海
同 上 同 上 和田 明

1. まえがき

海域に放出される温排水による水温上昇は、周辺海域の環境に対して、種々の影響をおよぼすものと懸念されている。海域に放出される温排水は、放出される場の海水温度より6～8℃高く、それだけ密度が小さいので、海の表層部に広がる密度流の性質を持っている。この温排水の拡散冷却は、放流に伴う放水口付近での下層冷水の加入、渦動拡散、潮汐混合、大気への放熱はどの過程によって行なわれる。このような温排水による水温上昇の影響を低減化させる方法の一つとして、下層水の強制加入方式が考えられる。

この実験的研究においては、放水口前面の海底に設けた多孔排気管から空気を噴出し、気泡の上昇によって誘起される上昇流により下層冷水を上昇させ、表層の温排水と強制混合させて、温排水による水温上昇範囲の低減をはかろうとする方式を実験研究の対象とした。そして、2次元および3次元の拡散実験水槽を用いて、水面下に設置した多孔排気管から放出する気泡の各種排気条件のもとに、下層水の上昇量とそれによって混合稀釈される表層放流温排水の水温低減効果との関係を明らかにした。

2. 実験の方法

拡散実験は、表層放流方式の場合について、多孔式排気装置による混合稀釈効果を明らかにするために、排気管の形状、その設置水深、排気孔の大きさと間隔および排気量を種々に変えて検討した。3次元実験に用いた排気管は、放水口前面を囲うように設置し、その平面形状は半円状のものと、コの字形のものの2種類を検討対象とした。実験の順序としては、まず温排水の放流がない場合について、長さ15m、幅1m、高さ2mと、長さ25m、幅0.5m、高さ0.8mの2次元水槽により排気実験を行い、放出空気量と下層水上昇量との関係を検討し、次いで、温排水を放流した場合について、2.5m×0.5m×0.8mの2次元水槽と長さ25m、幅10m、深さ1mの3次元水槽により排気実験を実施し、混合稀釈効果を検討した。図-1に排気管の形状および配置を示す。

3. 実験結果とその考察

(1) 温排水がない場合の排気実験

水中に設置した排気管から空気を放出すると多数の気泡が発生し、これら気泡群は浮力によって上昇しながら気泡カーテンを形成する。その際、気泡の上昇によって気泡カーテンに向う下層冷水の流れが誘起され、これが次第に上昇流に転じ、水面に至って気泡カーテンから遠ざかる左右対称は水平流に変わり、ここで最大の流速値を示すようになる。図-2は単位巾当りの空気量 q_0 と水面での最大流速 U_{max} の関係を示すもので、図の g は重力の加速度、 H は排気管の設置深さ、 H_0 は大気圧を水柱で表わした値(10mとした)である。また図の点線は、 $H/H_0=0.17$ と $H/H_0=0.05$ の実験値から水平流の最大流速と排気量の関係をほぼ表わすと思われる線である。

q_0 と実験で得られた気泡カーテンによる上昇流の片側単位巾当りの水平流量 q_u との関係を図-3に示す。図中に示される線は、栗原¹⁾による理論式において、巾 b を気泡カーテンの片側である半分に取り、これが水平流の水深になるものとし、流速分布を U_{max} を頂点とした三角分布と仮定して求めた次式を表わす。

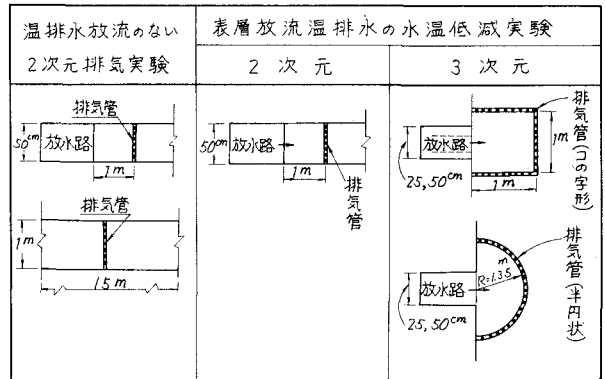


図-1 排気管の形状、配置

$$q_u = 0.1396 (g q_0 H_o / H + H_o)^{1/2} (H + H_o) \ln(H + H_o / H_o)$$

(2) 排気装置による温排水の水温低減効果、放水口から表層放流された温排水は、放流量と放出空気量によって異なるが、放水口と上昇気泡群のカーテンに囲まれた内側の部分で下層水と強く混された後、気泡カーテンの間をぬってその沖側へ流出する。温排水の水温低減効果について、放流量 Q_w と空気放出によって発生する下層水の上昇流量 Q_u との比 Q_w/Q_u と、気泡カーテン外側での水温低減比 T_c との関係の実験結果を図-4に示す。ここに $T_c = (T - T_e) / (T_o - T_e)$ で定義し、 T は或る点の水温、 T_e は周囲水の水温、 T_o は放流温排水の水温である。2次元実験では、側壁の拘束があるために、温排水は放水路軸方向に流下するが、3次元実験の場合には、温排水の放流エネルギーに比べて気泡カーテンによる流れのエネルギーが大きいと、温排水は放水路の軸方向へ流出せず、放水口を囲む気泡カーテンの左右両側面から流出する傾向となる。このことから、排気管を放水口前面を囲うように設置しないと、温排水は気泡カーテンのない部分から流出し、排気装置による水温低減効果は殆んど期待できなくなることが確かめられた。

4. あとがき

多孔式排気装置による温排水の強制混合稀釈効果について実験的に検討した結果排気装置の配置や排気条件を選択することによって、ある程度の水温低減効果を期待し得ることが判明した。この方式を実際の海域へ適用する場合、気泡カーテンで囲まれた内側の領域での混合稀釈効果により、水温鉛直分布が均一化して温水層の厚さが増し、気泡カーテン外側近傍での高温部の水温上昇範囲の縮小化が期待される。しかし、気泡カーテン外側の沖合領域における温排水の混合過程は外海の流動と乱れに支配されるので、低温部の水温上昇範囲の縮小化に対しては、この種排気装置に大きな効果は期待できないものと判断される。

参考文献 栗原道徳, 混相流シンポジウム 1976 11, PP87~96

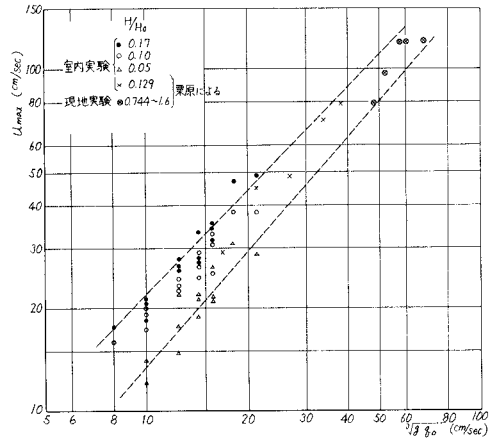


図-2 放出空気量と最大流速の関係

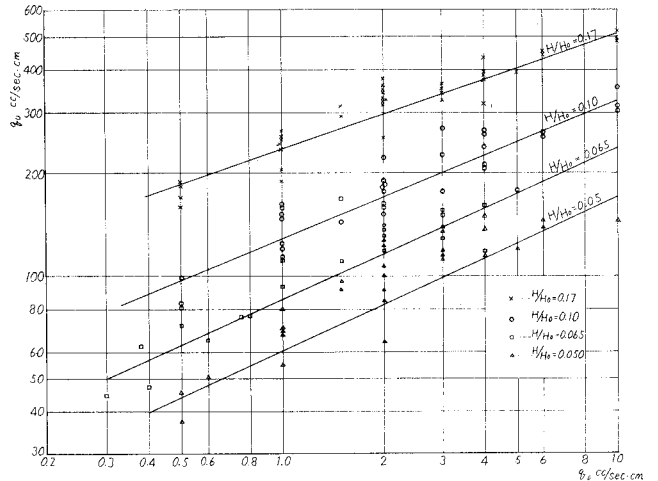


図-3 放出空気量と上昇水平流量の関係

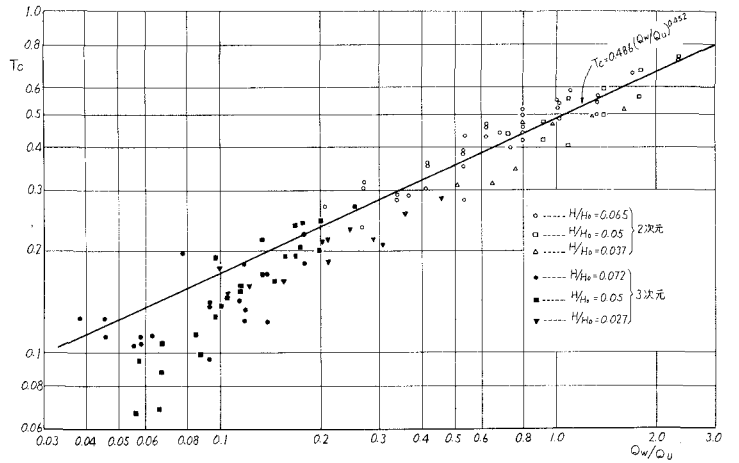


図-4 温排水放流量/上昇水平流量と水温低減比の関係