

電源開発(株)土木試験所 正員 北村 恵

1. はじめに

臨海火力発電所においては、復水器冷却水として、排水や太陽熱による表層の高温水为避免、海域底層の良質な低温水を取水することが有効な手段となり、その深層取水設備として、カーテンウォール式、海底取水管などの方式がある。当社火力発電所3号機(最大出力75万kW、最大使用水量3.10%)は、発電所前面海域の海底地形が比較的浅く、また取水口からの温排水拡散範囲が潮流の状況によっては取水口上部に及び、温排水の再循環が懸念されるため、限界取水高さ(上層躍層面から取水口右口天端までの高さ)を比較的小さくできるといわれる、海底取水管式の1つであるベロシティキャップ型(図-1参照)を採用する計画である。本論文はそのベロシティキャップ型取水口の限界取水高さについて、温度密度成層を対象とした実験により検討したものである。

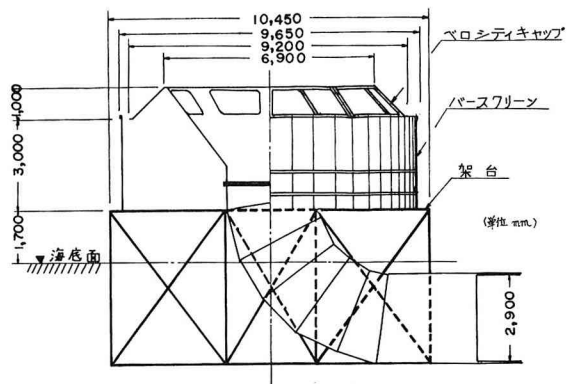


図-1 取水口形状

2. 実験方法

取水口は2門あり、実験は写真-1に示すようにそれを縮尺1/25とし、中心線で半割にし、縦3.65m、横2.25m、高さ1.2mの片面アクリル張り水槽の壁面に設置し、3次元的な取水効果を考慮した。実験の対象となる密度成層は、従来塩炭2層流に置換したものが多いが、現地の水温分布形状により近ずける1つの方法として、また塩水を取扱う必要をなくするために温度密度成層を形成した。

実験の方法は、水槽に現地の下層低温水に相当する冷水を所定の水位まで供給し、その上層にボイラーで熱した温水を撹拌しないように序々に供給する。供給後しばらくすると水槽内の流動は静止し、成層内の水温分布は滑らかなものとなり安定する。その後任意の水量を自然流下式で取水する。初めは下層部のみから取水するが、水位が下降するに従って躍層面より上層も取水し始める。この躍層面を取水する直前の取水深(ah)を測定しこれを限界取水高さ(ah_c)とする。

取水量はバルブを調整しながら三角堰で検定し、水温分布および取水温度は0.2℃以下の精度をもつ合成抵抗式温度計(50チャンネル)を使用し、10000点/秒の能力をもつデータ処理器に記録する。

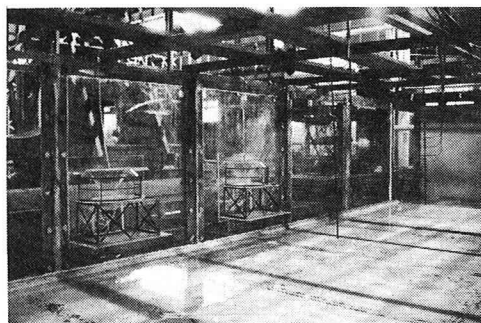


写真-1 実験水槽

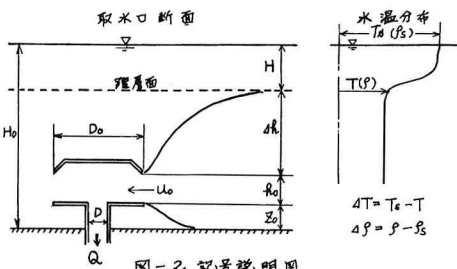


図-2 記号説明図

3. 温度密度成層の形成法

図-3は、水位ごとの取水水温と水温分布の経時変化の一側である。得られた温度密度成層は、表面付近の水温一定の部分と、その下層の水温勾配の一定の部分、その下層の水温勾配の急変部分、その下層の一定の低温水に分けられ、現地の水温分布と類似したものになる。表面付近の高温部分が供給した温水の部分であり、その厚さは供給量で、水温差は供給温水の水温で制御できる。供給後時間が経過すると、水温勾配の一定の部分の勾配が熱伝導により徐々に緩くなり、また下層へ達していく。実験は水温分布を刻々測定し、適当な成層条件になるのを待つて行なえばよい。

特に躍層面より上層を三角形分布形状にしたい場合は、まず一定量温水を供給した後、さらに数度高い温水を供給するという手順を繰返すことによって可能である。

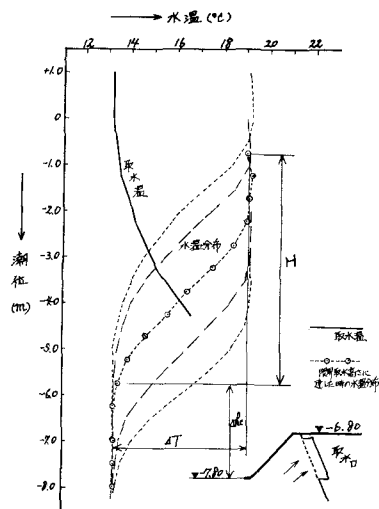


図-3 取水水温と水温分布の経時変化

4. 実験結果

実験は、 $H = 10 \sim 25 \text{ cm}$ 、 $T_s - T = 1.7 \sim 9.5^\circ\text{C}$ の範囲で任意の成層を形成し、 $u_0 = 0.01 \sim 0.06 \text{ m/s}$ で取水した。

取水水温は当初下層水温と同じであるが、限界取水高さに達したと思われる水位より徐々に上昇する。

鉛直取水管の限界取水条件を規定する式は以下のように表わせる。

$$\frac{u_0}{\sqrt{g \cdot \Delta \rho / \rho_0 \cdot h_0}} = C \left(\frac{\Delta \rho c}{\rho_0} \right)^{\frac{5}{2}}$$

ここで、 C ：接近流、周辺地形によって規定される係数

各実験ケースごとに、取水水温が 0.2 を上昇した時点の直前を限界取水高さに達したとし、図-4に内部フルード数との関係を示す。図中の点線は、千秋の提案する水平取水管による研究結果を鉛直取水管に適用したものであり、実験値にバラツキはあるものの、ほぼ対応しているといえるが、内部フルード数による限界取水高さの変化率は比較的小さなめとなった。

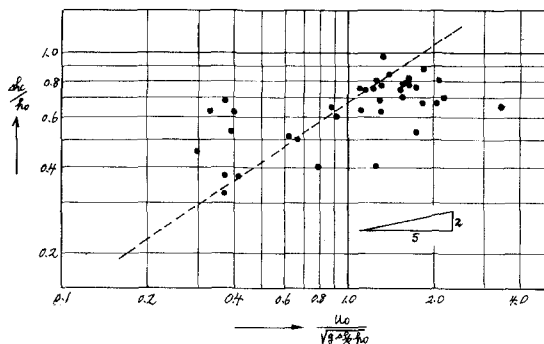


図-4 $\Delta \rho c / \rho_0$ と $u_0 / \sqrt{g \Delta \rho / \rho_0 h_0}$ の関係

5. あとがき

温度密度成層による実験ということを前提とし、鉛直取水管の3次元的な取水特性について、限られた実験条件の範囲内で紹介したわけであるが、今後検討すべき点として、取水口台口形状や周辺地形の影響および躍層の密度勾配の影響、そして直線状鉛直分布密度成層からの取水特性などという興味ある項目が考えられる。

参考文献)

1. 千秋信一；火力発電所冷却水深層取水工の水理設計，発電電力 No. 92，昭和43年1月
2. 社団法人電力土木技術協会編；火力原子力発電所土木構造物の設計