

電力中央研究所 正会員 荒木 洋
電力中央研究所 正会員 和田 明

1. まえがき

温排水放出に伴う海域の水温上昇および水温上昇範囲を縮小させる対策の一つとして、二三の発電所で水中放流方式が採用されている。水中放流方式の特色は、温排水に噴流の特性を保持させ周囲海水との混合・稀釈を促進することにある。この噴流効果の卓越する放水口近傍域は主として放水口および地形を含めた境界条件と放流条件に依存する領域である。

本報告は、水中放流に伴う温排水プルームの沿岸域における挙動を検討するため、水中放流方式を採用している発電所での実測結果、水理模型実験結果、および3次元数値モデルによる解析結果と比較検討した結果を述べたものである。

2. 水中放流された温排水プルームの実測結果

図-1は、実測の行われたA原子力発電所の一般平面図で、冷却水は水深25m地奥に設置された沖合取水塔（各口中心水深17m）より深層取水され、復水器により昇温されて海域へ放出される。放水口は半径約3.5mの半円形コンクリート構造物で、温排水はその周底部に中心角20°で放射状に穿かれた8本の放流孔から放流される。なお、当発電所は現在1号機（566MW）のみ運転中であり、温排水は8本の放流孔のうちひとつ置きで4本から放流されている。

放水口近傍（沖合20mまでの水域）における温排水プルームの調査は、測定器が高速のプルーム（放流端で約5m/sec）に流れされないよう図-2に示すようなトラック・クレーンを用いて実施された。その方法は、800kgの鉄製重錘を20tトラック・クレーンで吊り下げ、その吊り下げ用ワイヤーの上部に取り付けた滑車にロープを通し、そのロープ先端に流速計および水温計を取り付けた。これらの測定器の位置出しは、ロープ上の距離標と放水口構造物上のトランシットにより行われた。また、放水口より20m以遠の海域での調査は、図-3に示すような曳き持たれた船上より行われた。面調査に使用された計測器は東邦電機製のCM-2型流向流速計、ET-5型電気水温計である。

現地調査時の放流条件は表-1に示す如くである。調査の結果、4本の放流孔からの放出された温排水プルーム間には相互干渉がほとんど認められず、得られた水温・流動の観測値は、単一の放流孔からのプルーム形状および

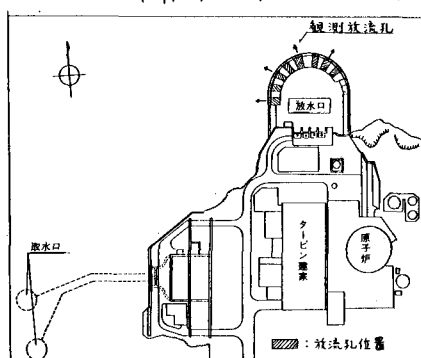


図-1 A原子力発電所の一般平面図

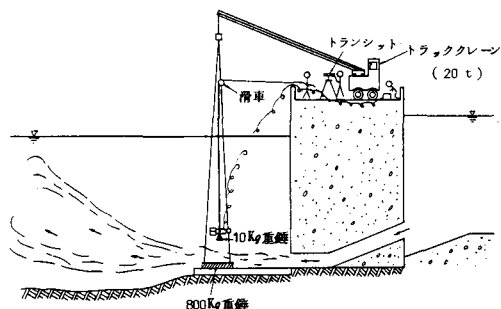


図-2 トラック・クレーンによる調査方法

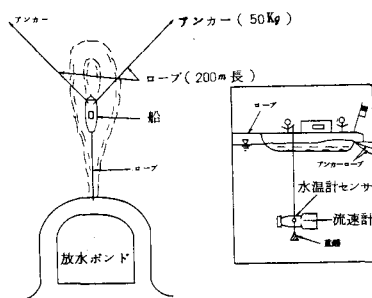


図-3 船上からの調査方法

プール・ム内の水温・流速分布を与えるものと考えられる。

表-1 実測時の放流条件および実験条件

観測番号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	水理実験
放流量	38 m ³ /sec (9.5 m ³ /sec/1放流孔)				0.94 m ³ /sec
放流流速	4.85 m/sec				74.8 cm/sec
放流孔直径	1.58 m				4.0 cm
放水温度差	6.2 °C				
内部フルード数	28.3		30.3		28.3
放流孔下流水深	9 m	8 m	8.5 m	8.5 m	20 cm

3. 水理模型実験

水中放流の実験はA原子力発電所の一放流孔および地形を模擬して、長さ22 m、幅9 m、高さ1 mの拡散実験水槽を用いて実施し、水理模型の縮尺はフルードの相似則と測定精度および設備規模とを勘案して無歪の1/40とした。

実験条件と原型と比較して表-1に示すが、模型での放出温度差は原型の内部フルード数と等しくなるよう、水槽内水温の変化に伴い随時決定した。実験結果のうち、放流孔前面における底面粗度のプール・ム軌道に与える影響を片野等が行った基礎実験結果と比較して図-4に示す。図によると、底面粗度のプール・ム軌道に与える影響は顕著で底面がスムーズなほど、海面への浮上軌道は長くなっている。また、実測結果に近い軌道を与えたのは金鋼(φ0.9 mmの5 mmメッシュ)-細の場合であることが知られる。

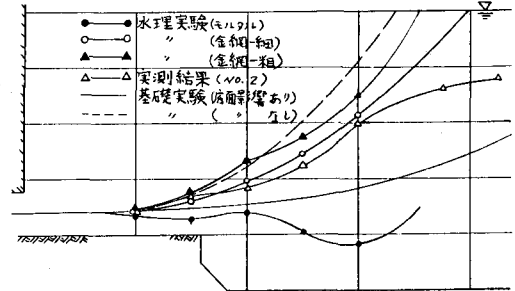


図-4 底面粗度の違いによるプール・ム軌道の変化

4. 3次元数理モデル

本報告に適用した3次元数理モデルの内容は、プール・ムの現象を支配する流体力学の運動方程式、連続方程式ならびに熱・塩分に関する物質保存式から構成されており、放水口の形状、地形変化を取り扱うことが可能である。また、基本式系の連立解により流体の浮力効果をシミュレートすることができる。数値解析は表-1に示した実測結果と同一条件下で行い、対象とした計算領域は沖合方向110 m、汀線方向32 m、水深方向23 mで、8602個のセル群(沖合方向5.0 m×汀線方向1.4 m×水深方向1.4 m)で構成されている。また、流速成分はセルの面中心矢で、圧力および密度はセルの中心矢で定義した。

5. 結果の比較

得られた結果をそれぞれ比較して図-5、図-6に示す。2, 3°C上昇域、1, 2 m³/sec域に於いては予測(実験・計算)結果と実測結果は良好な一致を示すが、1°C、0.5 m³/sec域に於いては、浮力の効果によりプール・ムが水面に向い、浮上する遠方領域において、予測結果と実測結果に相違が認められる。この原因としては、実際の海域での流れの影響、乱れの存在、それに実測結果として観測値中の最大値を使用していることが挙げられる。

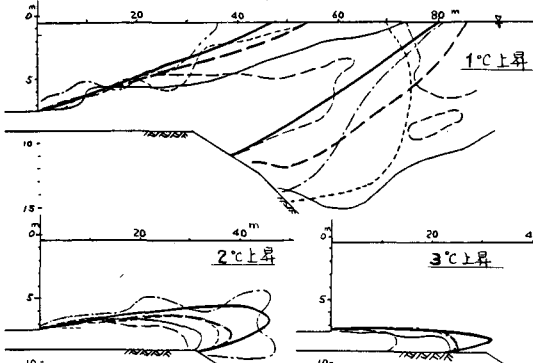


図-5 プール・ム主軸に沿う水温分布の比較

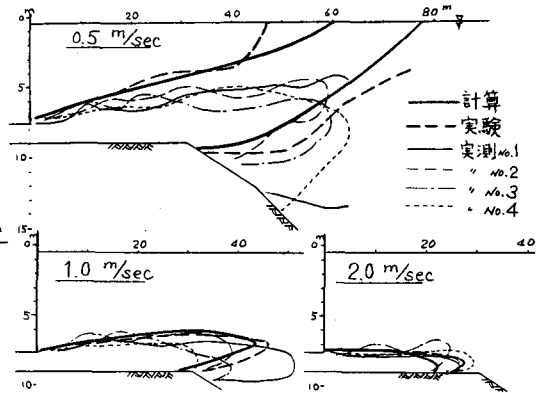


図-6 プール・ム主軸に沿う流速分布の比較

6. 参考文献

- 1) 片野・河村(1977): 単一放流管による温排水の水温低減化に関する研究, 電力中央研究所報告 No. 376012
- 2) 細田・片野(1974): 3次元数理モデルによる密度噴流解析, 電力中央研究所報告 No. 378031