

冷却水放水口における均等放流対策の検討

不均等に配置された放水口での放水流速の均等化

Study of Measures for Equalizing Discharges at Cooling Water Outlets

Equalizing Discharge Flow Rates at Unevenly-Located Outlets

(土木建築部 火力土建G)
(電力技術研究所 土木建築G 水理T)

上越火力発電所の冷却水放水口は不均等な配置となっているため、均等放流が困難な状況となっている。そこで、このような放水口からの放水流速を均等化するための効果的な対策工について、水理模型実験により検討した。この結果、直立壁(高さ3m)を放水池拡幅部の中間位置に設置する案を効果的な対策工と判断した。

(Thermal Power Plant Civil and Architectural Engineering Section, Civil and Architectural Engineering Department)
(Hydraulic Engineering Team, Civil and Architectural Engineering Group, Electric Power Research and Development Center)

Because the cooling water outlets of Joetsu Thermal Power Plant are unevenly located, it is difficult for cooling water to be evenly discharged. Therefore, hydraulic experiments have been conducted in order to determine countermeasures necessary for equalizing the discharge rates of the outlets. Consequently, the installation of a vertical wall (height: 3 m) in the midsection of the widening portion of the discharge bay was determined to be an effective measure.

1 背景・目的

火力発電所や原子力発電所では、冷却水として大量の海水を取水し、復水器を通過する蒸気を冷やした後、再び海に放水している。冷却水の放水にあたっては、放水口近傍の船舶航行への影響を軽減するなどの目的から、放水流速を一定の制限値以下で均等に放流する必要がある。

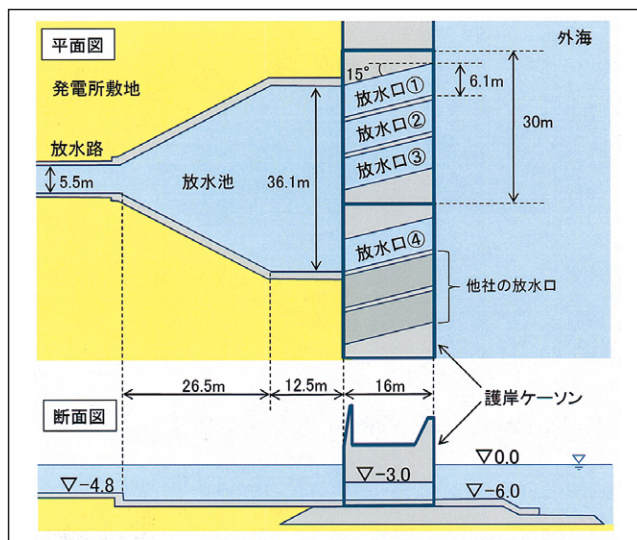
上越火力発電所の冷却水放水口は、第1図に示すように3つの孔を空けた護岸ケーソン2基から構成されているが、当初計画からの変更に伴い6つの孔のうち4つを当社放水口として使用することとなった。冷却水放水流量は最大 $62\text{m}^3/\text{s}$ であるため、全ての孔(4孔)から均等に放水されれば放水流速は 0.85m/s となり、上越火力発電所での制限値(1m/s 以下)を満足する。しかし、第1図に示すように、放水口が不均等な配置となっていること、放水路の流軸に対し放水口の流軸が傾斜していること、などの形状的特徴を有しているため、放水流速が均等化せず制限値を超えることが懸念された。そこで、このよ

うな放水口にも適用可能な効果的かつ経済的な放水均等化対策工法を開発することとした。

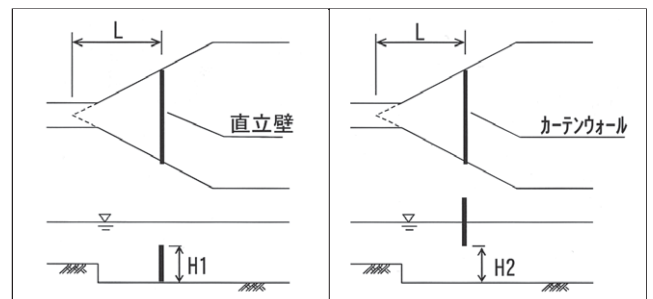
2 実験の概要

検討は水理模型実験により行った。模型縮尺は $1/15$ とし、模型の再現範囲は、放水路上流 60m から放水池、放水口、さらに海域部(沿岸 $200\text{m} \times$ 沖合 150m)とした。水位条件は朔望平均干潮位(CDL+ 0.06m)、冷却水流量は $62\text{m}^3/\text{s}$ とした。

まず、基本レイアウトの問題を把握するために無対策時の状況を確認し、次に流速均等化対策工の効果を確認する実験を行った。なお、対策工は、既往の対策工を参考にし、「直立壁」、「カーテンウォール」を放水池内に設置する案とし、対策工の設置位置 L 、直立堤高 $H1$ 、カーテンウォール開口高 $H2$ の各パラメータについて最適値を求めたうえで、両対策工の比較を行った。第2図に対策工の概略図を示す。



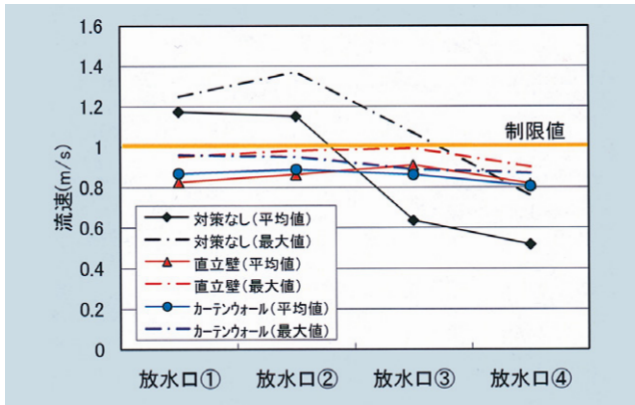
第1図 当該放水設備の基本レイアウトの概要図



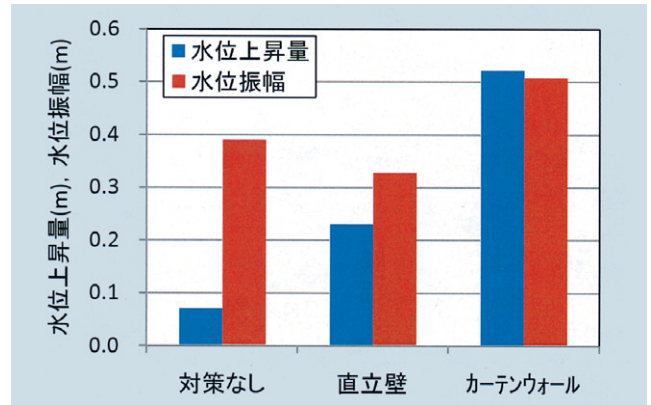
第2図 対策工の概略図

3 実験結果

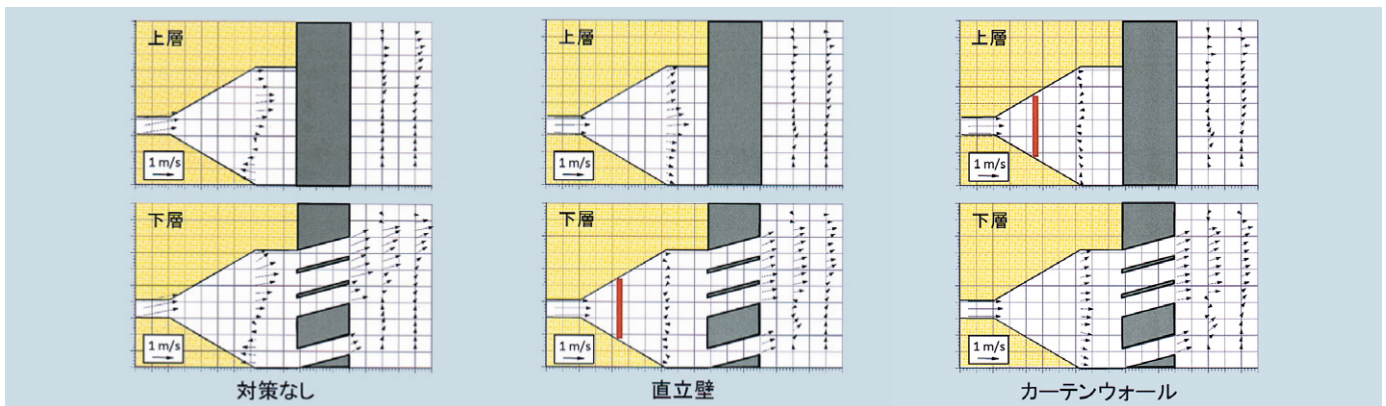
実験結果を第3図から第5図に示す。各図とも対策工なし(基本レイアウト)と対策工毎の最適案として直立壁($L=15.6\text{m}$, $H1=3\text{m}$)、カーテンウォール($L=15.6\text{m}$, $H2=3\text{m}$)を比較している。第3図は、4つの放水口毎の



第3図 放水口出口の平均流速



第5図 放水池内の水位上昇量と水位振幅の最大値



第4図 放水池・放水口での平面流況 上層(CDL-1.35)、下層(CDL-5.55)

平均流速を示しており、放水流の均等化の程度を確認することができる。また、第4図は、放水池と放水口外の平面流況を上層(CDL-1.35m)と下層(CDL-5.55m)について示している。第5図は、水面動揺の様子から発泡の影響を推察するため、放水池内の水位上昇量と水位振幅の最大値を示している。検討した対策工は、放水池部の流れに対して障害物を設けることを基本としているため、水流が障害物に衝突することにより放水池内の水位が上昇するとともに、水面が激しく振動して気泡が発生することがある。放水池で発生した気泡が放水口外へ流出すると、景観上の問題となることが懸念される。

(1) 対策工なしの問題点

まず、対策工なしのケースについて確認する。第3図から明らかなように平均流速、最大流速ともに放水口①、②で制限値を上回る大きな流速となり、逆に放水口③、④では流速は小さく放水流が不均等になっていることがわかる。この時の放水池内の流況(第4図)は上下層ともに時計回りの水平循環流が発生して、放水池の流路断面の半分程度が活かされていない。この循環流は、放水路から速い流速(2.3m/s)で突入した流れが、開口面積が大きく抵抗の少ない側(流下方向に向かって左側)へ傾くために形成されると考えられる。従って、放水路からの突入流速を障害物により一旦弱めることにより、放水池内の循環流を打ち消し、放水口出口流速を均等化できると考えられる。

(2) 対策工の比較

第4図より、直立壁、カーテンウォールともに放水路からの突入流速を弱める障害物として良く機能しており、放水池内において循環流は形成されていないことが確認できる。また、その結果として放水口出口流速が均等化されるとともに、その効果がほぼ同等であることが第3図より確認できる。ただし、第5図より放水池内の水面動揺の状況をみると、カーテンウォールの水位振幅は直立壁に比べて大きくなっている。この大きな水位振幅はカーテンウォール手前で発生しており、同時にその位置では下降流が発生しているため、水面動揺により発生した気泡が下層に潜り込み、放水口外への気泡の流出を助長することが懸念される。一方、直立壁は、対策なしに比べ水位振幅が小さくなっており、目視確認でも気泡の流出は見られなかった。従って、放水流均等化対策としては直立壁がより良い対策工であると判断できる。

4 今後の展開

放水口の配置が不均等な放水設備においても、放水池部に直立堤を適切に配置することにより、放水流速を均等化することが可能であることを明らかにした。

本成果を上越火力発電所冷却水放水設備の放水流速均等化対策に反映する予定である。

土木建築部 火力土建G
執筆/ 滝川真太郎電力技術研究所 土木建築G 水理T
執筆/ 杉山陽一