

温排水噴流領域における現地乱流観測

○中部電力（株） 正会員 山脇 司

（財）電力中央研究所 環境科学部 正会員 工博 水鳥雅文

中部電力（株） 高見一郎

1. はじめに

水中放水方式を採用している臨海発電所前面海域では、放水口前面での温排水の拡散挙動が従来から数多く採用されている表層放水方式の場合と異なり、3次元的な噴流拡散挙動を示す。しかしながら、こうした噴流領域内の乱流拡散特性を現地で実測した例は非常に数少ない。本報では、放水口前面で噴流内の乱流計測を実施し、放水口近傍域における温排水の混合現象を把握する上で重要な指標となる鉛直渦動粘性／拡散係数を試算した結果を報告する。

2. 観測概要

対象とした放水設備は、沖合約150m及び約200mに設置した放水口（平行マルチパイプ形式）から流速約2m/sで水中放水されていた（図-1）。放水口より沖合方向へ約100m、水深6m地点の海底上に図-2に示すような架台を設置し、3次元流速、水温、塩分連続測定（約18時間）を3層で実施した。測定は平成11年2月16日に実施し、データは0.5秒の測定間隔を1分毎の平均値として用いた。

3. 観測結果

3.1 計算期間の設定

観測データから、潮流などの影響により上記観測点が噴流領域内にある期間とそれ以外の期間に識別されたため、鉛直渦動粘性／拡散係数の算出にあたっては、噴流領域内にある期間のみのデータを用いた。

3.2 周期成分の除去

(1) 波浪成分の除去

噴流領域内の海底上4.2mにおけるエネルギースペクトル（図-3）から、鉛直流速には高周波側に3秒を中心とした7秒以下に波浪の影響とみられる顕著なエネルギーピークが見られた。このため、こうした振動流成分を除去するため原データに対して7秒の移動平均処理を行った。

(2) 長周期成分の除去

噴流によって形成される乱流量を基に係数を算出

することから、海域流動の影響による長周期成分を除去した。この結果、フーリエ級数展開から噴流の

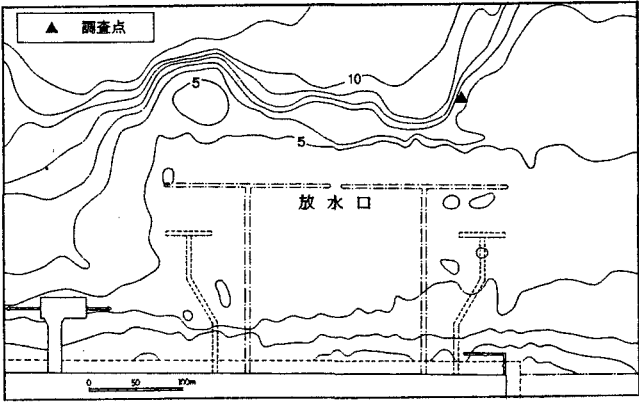


図-1 対象海域

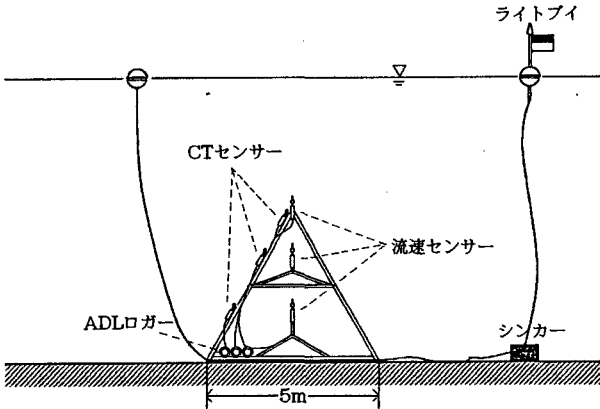


図-2 測定装置の設置状況

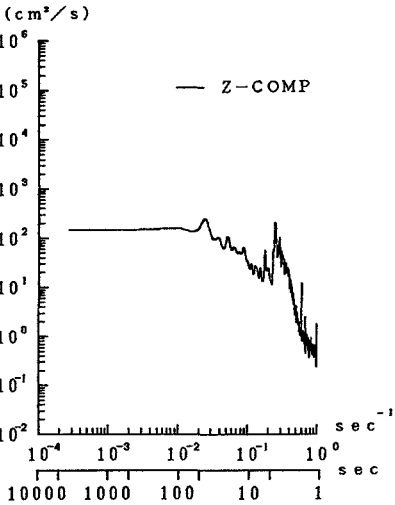


図-3 エネルギースペクトル(海底上4.2m)

影響によるエネルギーのピークが 40、100、200 秒で認められたため、表-1 に示す 3 ケースの時間スケールで比較検討した。

3. 3 鉛直渦動粘性／拡散係数の検討

(1) 鉛直渦動粘性／拡散係数の試算方法

鉛直渦動粘性係数は、以下の方法で試算した。

1) 自己相関係数による方法 (Az1)

$$Az1 = \beta \cdot \sigma_w^2 \int_0^\infty \gamma_w(\tau) d\tau$$

ここで、 $\gamma_w(\tau)$: 鉛直流速の自己相関係数、 $\beta=1$ 。

2) レイノルズ応力による方法 (Az2)

$$Az2 = \frac{-\overline{u'w'}}{\partial u / \partial z}$$

鉛直渦動拡散係数は、以下の方法で試算した。

3) 乱流の輸送理論による方法 (Kz1)

$$Kz1 = \frac{-\overline{T'w'}}{\partial T / \partial z}$$

4) エネルギー逸散率による方法 (Kz2)

$$Kz2 = \frac{0.2\varepsilon}{N^2}$$

ここで、 N : ヴァイサラ振動数、 ε : エネルギー逸散率。

(2) 鉛直渦動粘性／拡散係数の試算結果

解析対象時間スケールを検討するため各データを比較検討した結果、表-2 に示すとおりケース A、C で鉛直渦動粘性係数<水平渦動粘性係数の関係が得られたこと及び、層別に大きな変化の見られなかったのがケース B、C であったことから、ケース C を解析対象とした。

図-4 に 1)~4) の計算手法により試算したケース C での係数の分布を示す。

試算の結果、鉛直渦動粘性係数は $10^1 \sim 10^2 \text{ cm}^2/\text{s}$ のオーダー、鉛直渦動拡散係数は $10^2 \sim 10^3 \text{ cm}^2/\text{s}$ のオーダーであった。このことから、計算手法により使用するパラメータに違いがあるものの、結果としてはほぼ同オーダーであったことから、今回の現地観測で得られた結果は、相対的には妥当な結果と判断される。

4. おわりに

噴流域内での乱流拡散特性を現地で実測したことにより、鉛直渦動粘性／拡散係数の試算ができた。今後は、本研究で得られた結果をもとに 3 次元 k- ε

モデルによる現象の再現性について検討していく計画である。

参考文献 1) 坂井他：3 次元 k- ε モデルによる沿岸域における水平重力噴流の計算、水工学論文集、第 41 巻、pp.303-310、1997 2) 水鳥他：沿岸域に表層放水された重力噴流の 3 次元拡散特性、水工学論文集、第 43 巻、pp.911-916、1999

表-1 検討した時間スケール

ケース	鉛直流速
A	7 秒移動平均+100 秒以上フーリエ除去
B	7 秒移動平均+ 40 秒以上フーリエ除去
C	7 秒移動平均+200 秒以上フーリエ除去

表-2 鉛直渦動粘性／拡散係数の計算結果

ケース	測定層	Ax1	Ay1	Az1	Az2	Kz1	Kz2	Ri
A	海底上5.6m	48.7	34.3	13.2	2.0	80.7	—	—
	海底上4.2m	54.7	30.7	25.0	110.9	210.5	—	—
	海底上2.1m	75.6	43.8	19.6	65.8	152.2	—	—
B	海底上5.6m	14.2	9.1	8.7	52.4	21.7	—	—
	海底上4.2m	12.9	9.6	12.5	68.2	206.6	—	—
	海底上2.1m	17.2	14.2	8.3	33.5	69.7	—	—
C	海底上5.6m	123.1	54.7	15.9	87.5	116.2	210.5	0.7
	海底上4.2m	135.0	61.0	32.2	115.3	285.8	104.9	—
	海底上2.1m	175.6	79.3	29.2	69.0	87.5	149.9	—

注) 表中に負値を含む。(斜字)

単位: cm^2/sec

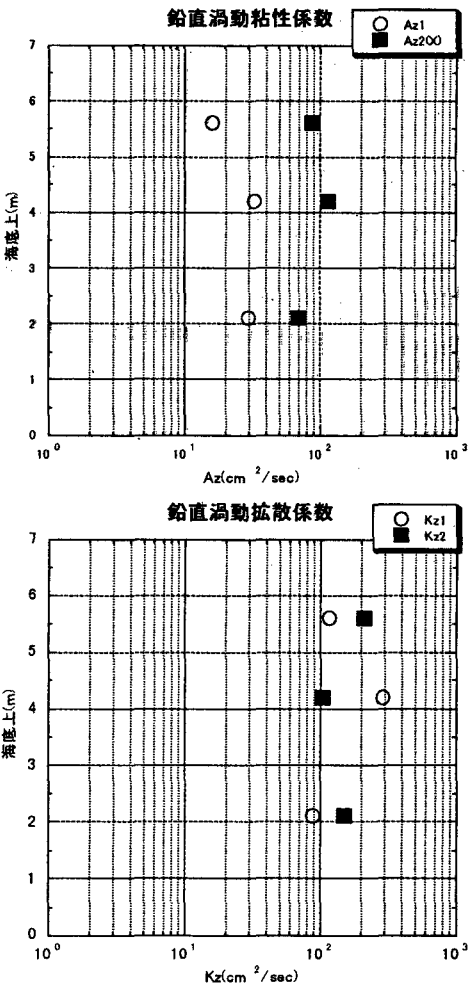


図-4 鉛直渦動粘性／拡散係数の観測結果