

# 島根原子力発電所温排水のひろがりに関する研究—I

## ひろがりにおよぼす因子の分析について

森 協 晋 平

島根原子力発電所からは冷却水として取水された水温より7~10℃程高い温排水が、毎秒22~30m<sup>3</sup>の割合で排出されている。

温排水の分布域の形状はごく短時間のうちに変動し、いわゆる“ゆらぎ”の現象が存在する<sup>1), 2)</sup>。この要因は複雑な気象や海象などの自然条件と、発電にともなう取排水温度差や排水量などの人為条件の作用によるものである。具体的な自然条件は、風向、風力、潮流、沿岸流、地形、波浪、気温、水温鉛直分布状況などがあることが経験的に知られている<sup>3)</sup>。しかし、事後調査の重要な課題にもかかわらず、<sup>2), 4)</sup>温排水の分布形状や空間的なひろがりとそれに影響をおよぼすと考えられる自然条件との関連を定量的に解析した例は少ない。

筆者は温排水の分布形状によって規定される表層での上昇域の最大到達距離と面積が、種々の要因に対してどのような関係にあるのかを実測された資料をもとづいて因子分析法により解析したので報告する。

## 資 料 と 方 法

用いた資料は島根原子力発電所周辺環境放射能等測定計画にのっとり観測されている放射状定線の調査結果のうち、1975年から1980年にかけて実施された62回の観測値である。

方法は各放射状定線の排水口より最も遠い観測点(2,500m)の平均水温を基準水温として、1℃上昇域、2℃上昇域の面積をプランイターを用いて算出した。また、自然条件は7項目、人為条件は1項目を選んだ。すなわち、水温、気温、風向、風力、波浪、水温と気温の差、水温鉛直分布状況、排水量と取排水温度差の積、の8項目である。水温は上述の基準水温を用い、風向、風力は南北成分と東西成分に分離した値を使用した。また、水温鉛直分布状況は基準水温を求めた観測点の0m層と5m層の水温差を平均した値を使用した。

各項目の値を標準化して相関行列を求め、これについて主因子分析を行った<sup>5), 6)</sup>。

## 結 果 と 考 察

各項目間の相関について 項目間には表1に示すような相関がみられる。すなわち；

- 1) 風は上昇域面積と正の相関をもつ。特に2°C上昇域面積と高い相関がみられる。他の項目とは相関がない。
- 2) 気温は温度の関連項目である水温、気温と水温の差、水温鉛直分布状況と高い正の相関がある。1°C到達距離、1°C上昇域面積と正の相関をもつ。波浪、排水量と取排水温度差の積とに高い負の相関があるが、これらは季節変動の影響を示しているにすぎないと考えられる。
- 3) 水温は他の温度関連項目と高い正の相関をもち、上昇域面積とも有意な正の相関を示す。
- 4) 波浪は気温と水温の差、水温鉛直分布状況と高い負の相関を示し、上昇域最大到達距離と面積には有意ではないが、負の相関を示している。
- 5) 排水量と取排水温度差の積は上昇域最大到達距離と上昇域面積には無相関で、温度関連項目と波浪には高度に有意である。この項目は排水量が夏期と冬期で変更されることと、自然の水温が季節的に変動するため、夏に低く、秋から冬にかけて高くなる傾向にある。このため、一

表 1 項目間の相関行列

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	—											
2	0.27*	—										
3	0.07	0.09	—									
4	0.16	0.14	0.93**	—								
5	-0.18	0.03	-0.37*	-0.11	—							
6	0.17	-0.18	-0.34**	-0.27*	0.47**	—						
7	-0.05	0.02	0.88**	0.63**	-0.41**	-0.38**	—					
8	-0.06	-0.10	0.57**	0.37**	-0.51**	-0.41**	0.71**	—				
9	-0.06	0.09	0.27*	0.21	-0.08	-0.11	0.28	0.24	—			
10	0.19	0.11	0.11	0.08	-0.12	-0.19	0.13	0.13	0.58**	—		
11	0.50**	0.44**	0.21	0.26*	-0.14	-0.04	0.10	0.01	0.23	0.56**	—	
12	0.25*	0.21	0.39**	0.42**	-0.21	-0.08	0.26*	0.18	0.62**	0.60**	0.72**	—

- |          |                 |              |            |
|----------|-----------------|--------------|------------|
| 1: 風の東成分 | 6: 排水量と取排水温度差の積 | 11: 2°C上昇域面積 | *: 5%水準有意  |
| 2: 風の南成分 | 7: 水温と気温の差      | 12: 1°C上昇域面積 | ** : 1% // |
| 3: 気温    | 8: 水温鉛直分布状況     |              |            |
| 4: 水温    | 9: 1°C上昇域到達距離   |              |            |
| 5: 波浪    | 10: 2°C上昇域到達距離  |              |            |

般的に夏は高く、冬は低い温度関連項目には負の相関が、その逆である波浪には正の相関が生じたのであろう。また、温排水のひろがりに関連する項目には無相関であったので、上昇域最大到達距離と上昇域面積は他の条件によって変動すると考えられる。

- 6) 気温と水温の差は他の温度関連項目、排水量と取排水温度差の積、波浪とに高度に有意である。温排水のひろがりに関連する項目には正の相関を示し、1°C上昇域最大到達距離と1°C上昇域面積には有意である。
- 7) 温排水関連項目には互いに高い正の相関がある。

**因子負荷量の計算結果** 表1の相関行列から固有値、因子負荷量、累積寄与率を計算した。固有値が1より大きいものを第2表に示す。以下説明すると、

1) 第1因子 ( $Z_1$ ) では;

係数が正で大きいもの — 気温、水温、気温と水温の差、水温鉛直分布状況など温度関連項目、上昇域到達距離、上昇域面積の温排水関連項目。

負の係数をもつもの — 波浪、排水量と取排水温度差の積。

2) 第2因子 ( $Z_2$ ) では;

正の係数をもつもの — 気温、気温と水温の差、水温分布状況

負の係数をもつもの — 風の項目、温排水の項目

3) 第3因子 ( $Z_3$ ) では;

正の係数をもつもの — 上昇域到達距離。

負の係数をもつもの — 風の項目、水温、気温。

したがって、第1因子は温度の関連項目及び温排水関連項目と関係が強く、波浪などを分離する因子、第2因子は風と相関が高い因子、さらに第3因子は上昇域到達距離と風、気温、水温との関係を表わし、これらのバランスで変動する因子と考えられる。第4因子については積極的な意味づけを行うことは困難であると思われた。

**表 2** 因子負荷量、固有値  
および累積寄与率

項目	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$
1	0.224	-0.517	-0.459	-0.355
2	0.224	-0.418	-0.395	-0.228
3	0.837	0.348	-0.322	0.249
4	0.738	0.190	-0.459	0.319
5	-0.493	-0.229	-0.221	0.676
6	-0.469	-0.339	-0.198	0.456
7	0.780	0.474	-0.080	0.108
8	0.642	0.493	0.178	-0.155
9	0.586	-0.269	0.540	0.388
10	0.514	-0.546	0.476	-0.010
11	0.530	-0.713	-0.151	-0.142
12	0.701	-0.529	0.138	0.174
固有値	4.158	2.393	1.369	1.245
累積寄与率	85%	55%	66%	76%

( 項目の番号は表1に対応する。 )

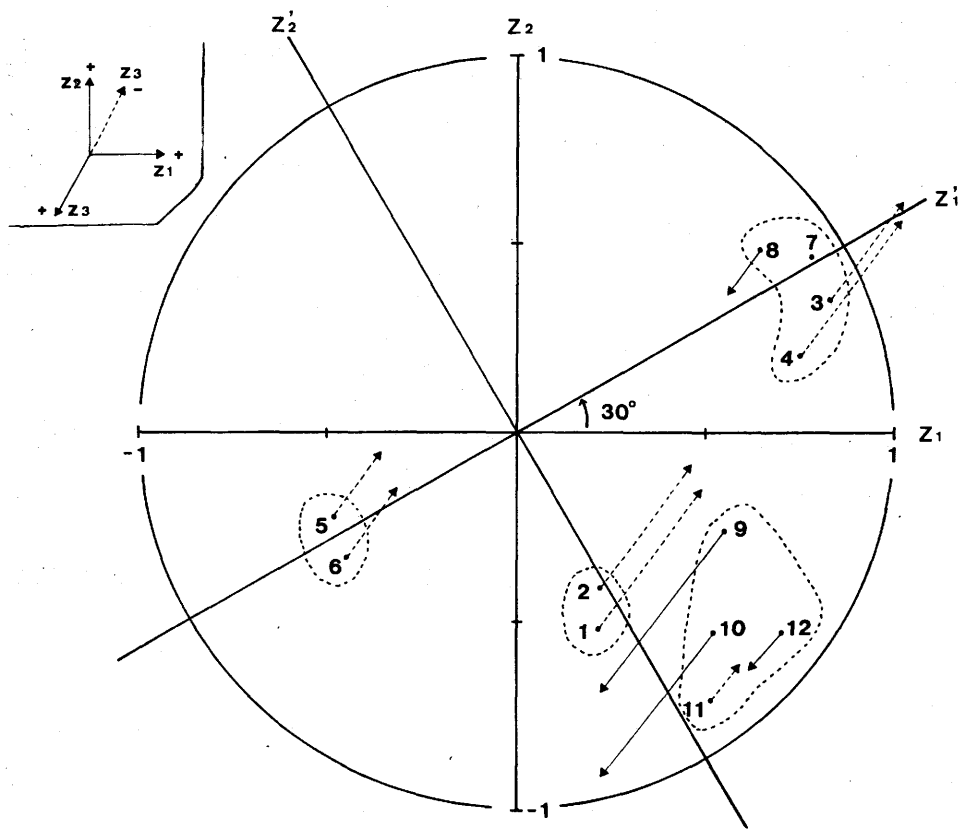


図 1 各因子 ( $Z_1 \sim Z_3$ ) に対応する因子負荷量  
(番号は表 1 に対応する。)

### 各因子に対する因子負荷量について

因子  $Z_k$  ともとの変量  $x_i$  の相関係数である因子負荷量を第 1 因子から第 3 因子について三次元空間図として示した。(図 1)。

これによると各項目は大きく 4 つのグループに分類できる。すなわち、“温度”、“波浪など”、“風”、“温排水のひろがり”、の 4 つで、図 1 には破線で示してある。

また、 $Z_1 - Z_2$ 平面上で座標軸を約 $30^\circ$ 回転させた新座標を $Z'_1 - Z'_2$ とすると、温度の関連項目と波浪等は $Z'_1$ 軸上に位置し、風の項目は $Z'_2$ 軸上にのることがわかる。 $Z'_1 - Z'_2$ 座標で $Z'_1$ 軸は温度の関連因子、 $Z'_2$ 軸は風の関連因子と考えることができよう。上昇域面積の変数は半径1の円周に近い位置をしめており、この二つの因子だけで大部分が説明されることを示している<sup>5)</sup>。これに対して到達距離の変数は円の中心に近い位置にあり、第3因子によって説明される比重が大きくなると考えられる。

一方、 $2^\circ\text{C}$ 上昇域の到達距離と面積は $1^\circ\text{C}$ 上昇域のそれらに比べて $Z'_2$ 軸に近い位置をしめており、この軸との類似構造が強いと考えられる。

**温排水のひろがりとの関係について** 抽出される因子自身が元来抽象的な性格をもっている<sup>7)</sup>、因子の厳格な物理的意味づけは困難であるが、第1因子は温度と強く関連したもの、第2因子は風と関連したもの、第3因子は変動のバランスが上昇域到達距離と気温、水温、風との対応の形をとっていると推察できる。これら因子と温排水関連変数との関係は次のようである。上昇域面積は第1、第2因子で大部分が説明される。特に $2^\circ\text{C}$ 上昇域面積は第2因子による変動が大きくなると考えられるのに対して、 $1^\circ\text{C}$ 上昇域面積は第1因子の影響を強く受けていると考えられる。また、上昇域到達距離についてみると、 $1^\circ\text{C}$ 到達距離は第1因子、 $2^\circ\text{C}$ 到達距離は第2因子との結びつきが深く、第3因子についてはほぼ同程度の傾向にあるといえよう。

## 文 献

- 1) 有賀・川崎・渡辺 編；温排水と環境問題，恒星社厚生閣，東京，1975，pp. 43-69.
- 2) 水産庁研究開発部 編；温排水調査指針，1974，pp. 1-31.
- 3) 磯 舜也；公害と対策，9，583-595（1973）
- 4) 日本海洋学会 編；海洋環境調査法，恒星社厚生閣，東京，1979，pp. 66-67.
- 5) 奥野・芳賀 他；多変量解析法，日科技連，東京，1971，pp. 323-372.
- 6) 柳井・岩坪；講談社ブルー・ボックス，複雑さに挑む科学，講談社，東京，pp. 85-148.
- 7) 鈴木栄一；気象統計学，地人書館，東京，1976，pp. 116-120.