

電源開発(株) 正員 有賀 義明  
 電源開発(株) 正員 市川 芳忠  
 電源開発(株) 橋本 龍男

### まえがき

原子力発電所の地下立地方式の研究の一環として、当社の沼原（栃木県黒磯市）・御母衣（岐阜県）・池原発電所（奈良県）では、昭和51年より地震観測を実施しており、現在までに各発電所でそれぞれ、11・5・25の地震が記録されている。その観測資料をもとに、地表・地下の地震動特性、地盤の伝達特性を把握・解明するために、<sup>1)</sup>FFT（大崎）あるいは<sup>2)</sup>MEM（日野）を用いてスペクトル解析を行っているが、ここでは、沼原発電所で観測された地震動の解析例（地表・地下の原波形、地表・地下のパワースペクトル、スペクトルの振幅比）を報告する。併せて、FFTとMEMの比較例、MEMによる非定常スペクトルの計算例を紹介する。

### 沼原発電所における地震観測

沼原発電所（純揚水式地下水力発電所：675MW）の地震計設置場所を図-1に示す。測定系統は、速度型換振器→全自動感度調整器（微分・積分増幅器）→記録器となっており、地表・地下において、加速度・変位、各々3成分、観測している。

### 解析手法

解析のフローを図-2に示す。FFTのParzen Windowのバンド幅は0.2Hz、MEMの予測誤差フィルター項数は $2.5 \times \sqrt{N}$ （N：データ数）とした。なお、スペクトルの振幅比は、次式である。 $P_1(f)$ : Power Spectrum (Ground Surface)  
 $P_2(f)$ : Power Spectrum (Underground)

### 結果及び考察

ここで用いた4つの地震の観測記録を表-1に示す。各地震のN-S成分の解析結果を図-3（加速度）、図-4（変位）に示す。

地表と地下の地震動特性：地表で観測された地震動のパワースペクトルは、比較的広い周波数域（加速度で0～15Hz）に分布し、その形状は幾つかのピークを持ち複雑である。地下のパワースペクトルは、加速度・変位ともにだいたい0～5Hzの間にピークが出現し、その形状は、地上に比してシンプルになっている。この傾向は、加速度で顕著である。（図-3、図-4）

地盤の伝達特性：スペクトルの振幅比の示す曲線（伝達関数）を見ると全体として6～9Hzの間にピークが現われ、加速度の場合、振幅比（増幅率）は少くとも2～3となっている。変位の場合も6～9Hzにピークがあり、振幅比は総じて1～2位である。（図-3、図-4中のAmplitude Ratio -図）

FFTとMEM：演算速度が速い（FFT）、短いデータでも解析でき、分解能が高い（MEM）という特性から、FFTは長いデータの、MEMは短いデータの解析に便利である。

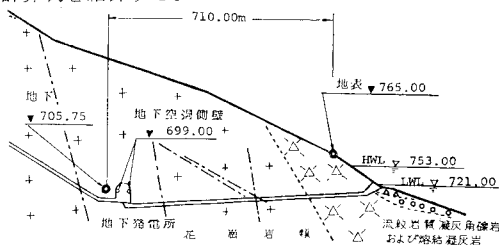


図-1 地震計設置場所

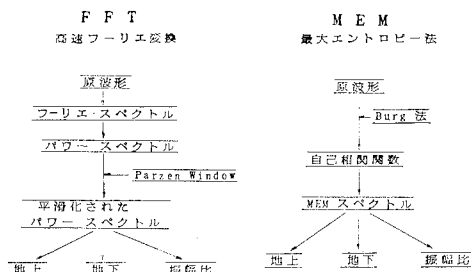


図-2 解析手法

| NO.                                                       | 1                                                  | 5                                                  | 6                                                  | 8*                                                 |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Date                                                      | 1977<br>12.17                                      | 1978<br>3.7                                        | 1978<br>3.20                                       | 1978<br>6.12                                       |
| Hypocenter                                                | N.E.<br>141°12'                                    | 32°08'<br>137°44'                                  | 36°05'<br>139°53'                                  | 38°05'<br>142°10'                                  |
| Magnitude                                                 | 5.3                                                | (7.8)                                              | 5.5                                                | 7.4                                                |
| Focal Depth (km)                                          | 40                                                 | 300                                                | 50                                                 | 40                                                 |
| Focal Distance (km)                                       | 130                                                | 590                                                | 120                                                | 230                                                |
| Maximum Acceleration Amplitude (gal)                      | Ground Surface<br>N-S 10.9<br>E-W 7.7<br>U-D 6.1   | Ground Surface<br>N-S 4.4<br>E-W 4.0<br>U-D 1.6    | Ground Surface<br>N-S 29.3<br>E-W 30.3<br>U-D 9.3  | Ground Surface<br>N-S 10.7<br>E-W 9.6<br>U-D 6.3   |
| Maximum Displacement Amplitude (μ)                        | Ground Surface<br>N-S 156<br>E-W 162<br>U-D 108    | Ground Surface<br>N-S 304<br>E-W 362<br>U-D 240    | Ground Surface<br>N-S 294<br>E-W 364<br>U-D 174    | Ground Surface<br>N-S 432<br>E-W 476<br>U-D 412    |
| Maximum Acceleration Amplitude Ratio (Ground/Underground) | Ground Surface<br>N-S 4.93<br>E-W 3.17<br>U-D 3.27 | Ground Surface<br>N-S 2.44<br>E-W 2.50<br>U-D 1.12 | Ground Surface<br>N-S 2.09<br>E-W 2.61<br>U-D 1.08 | Ground Surface<br>N-S 3.24<br>E-W 4.00<br>U-D 2.42 |
| Maximum Displacement Amplitude Ratio (Ground/Underground) | Ground Surface<br>N-S 2.51<br>E-W 2.09<br>U-D 1.10 | Ground Surface<br>N-S 0.59<br>E-W 1.55<br>U-D 0.77 | Ground Surface<br>N-S 1.25<br>E-W 1.06<br>U-D 0.61 | Ground Surface<br>N-S 1.05<br>E-W 1.11<br>U-D 1.10 |

\*：宮城県沖地震

表-1 地震観測記録例

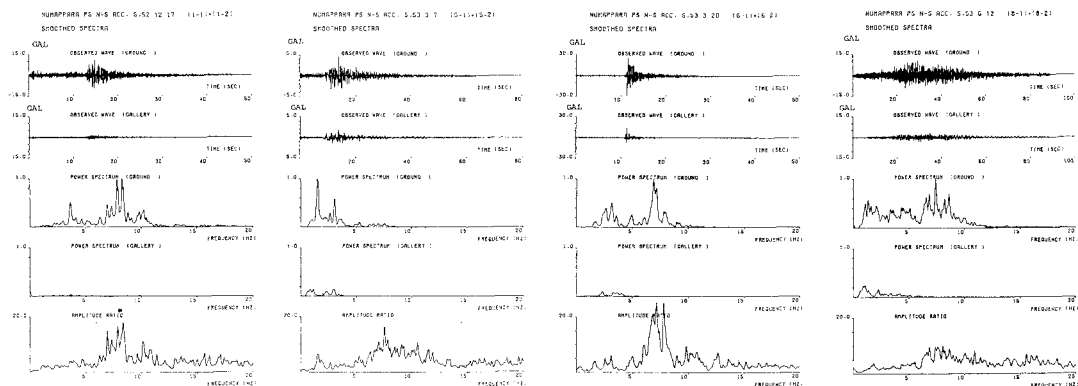


図-3 地震動解析例(加速度, N-S成分: №1, №5, №6, №8)

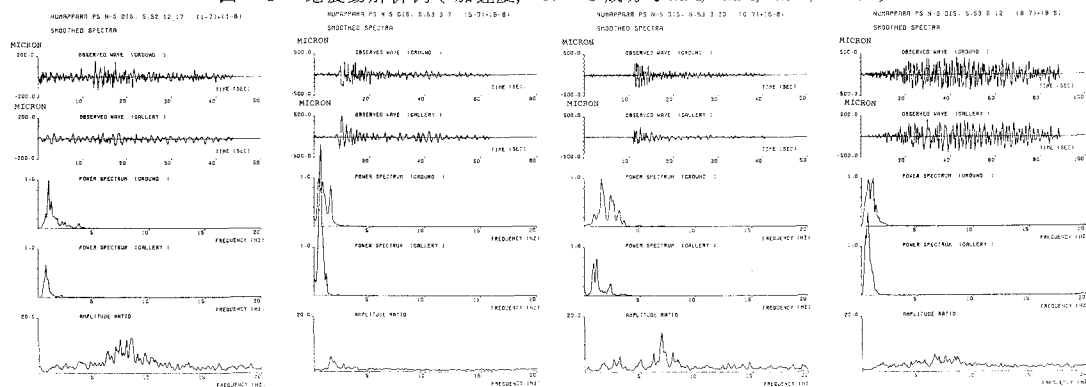


図-4 地震動解析例(変位, N-S成分: №1, №5, №6, №8)

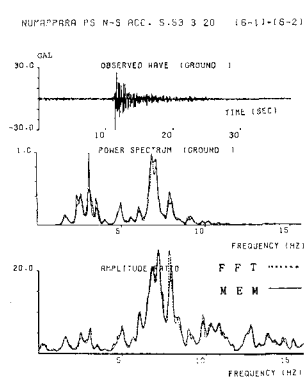


図-5 FFTとMEM

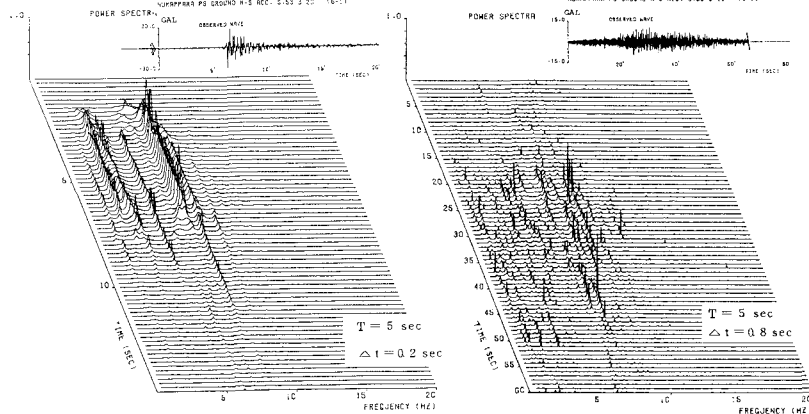


図-6 非定常スペクトル計算例(MEM)

スペクトルの経時変化: T秒間の解析区間を $\Delta t$ 秒づつ移動させながら求めたラングスペクトルを図-6に示す。最大振幅を含む主要動の10~20秒間がその地震動のスペクトルを特徴づけている。(図-6)

あとがき

地下の地震動のパワースペクトルは、地表に比べその形状が単純化され、分布する周波数域も0~5Hzと限られ振幅は加速度で地表の $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ 以下(変位では地表・地下、大きな差がない)という解析例を得ているが、このような結果が、地盤性状・地形等とどのような関係にあるのか、今後解明して行くべき事と考える。

解析計算に当っては、開発計算センター 鈴木一永氏 のご協力を得ました。記して謝意を表します。

〔参考文献〕 1) 大崎順彦: 地震動のスペクトル解析入門, 鹿島出版会(1976) 2) 日野幹雄: スペクトル解析, 朝倉書店(1977) 3) 馬場恭平: ロックフィルダムの地震観測 大ダム 72号, 6月(1975)