

# 発電所における津波によるリスク評価方法

(財)電力中央研究所 正員 ○松山昌史  
東北大学大学院 正員 今村文彦

## 1. はじめに

太平洋岸では、南海、東南海、東海地震、及びそれらによる津波の発生が懸念される等、沿岸域での減災対策の必要性が高まっている。日本の沿岸域には、火力及び原子力発電所が建設されており、それらの住民のライフラインにおいて重要な役割を果たしている。津波に対するこれらの減災対策を総合的に実施する上で、そのリスク評価は重要である。川真田ら<sup>1)</sup>は沿岸域の発電所における津波に関する被災シナリオについて検討した。松山ら<sup>2)</sup>は、標準リスクモデルを用いて、津波のリスク評価と対策の効果の定量化方法を示した。

本研究では、発電所の津波リスク評価手法の構築を目的として、発電所における津波の代表的な影響を抽出し、ある仮定の下で、各々のリスクを評価し、対策の優先度の明らかにすることを試みた。

## 2. 発電所における津波の影響の抽出

### 2.1 津波に関連した現象

沿岸の原子力発電所において、津波によって引き起こされる現象について考えてみる。まず、津波によって発生する現象を図-1に破線で囲んで示す。津波そのものにより水位上昇及び水位低下が発生する。その水位変動に従って、港内では渦が、港口では大きな流速が発生する。防波堤に津波により大きな力を与える場合がある。敷地内では、水位上昇高が敷地高を超えた場合には、浸水と流れが発生する。

津波により引き起こされる可能性のある現象を図-1に実線で囲んで示す。港外では、流れにより構造物の隅角部で渦による洗掘、港口部では大きな流れにより、洗掘が発生し、港内に堆積する可能性がある。また、大きな流れにより消波ブロックが移動・散乱が懸念される。港内に船舶が存在おする場合には係留が外れて漂流する可能性がある。陸上に浸水・氾濫した場合には、未舗装部の土などが洗掘され、また運ばれた土砂が堆積する。

### 2.2 津波による被害

2.1に示した津波とそれに関連した現象により考えられる被害を、図-1に点線で示す。津波の波力や洗掘による防波堤の損傷、港湾内への消波ブロック散乱や地形変化による船舶航行障害、取水口付近での砂の堆積や水位低下による取水障害が考えられる。陸域では、浸水による電気系統の障害、津波の流体力や漂流物の衝突による建屋やタンクの被害である。

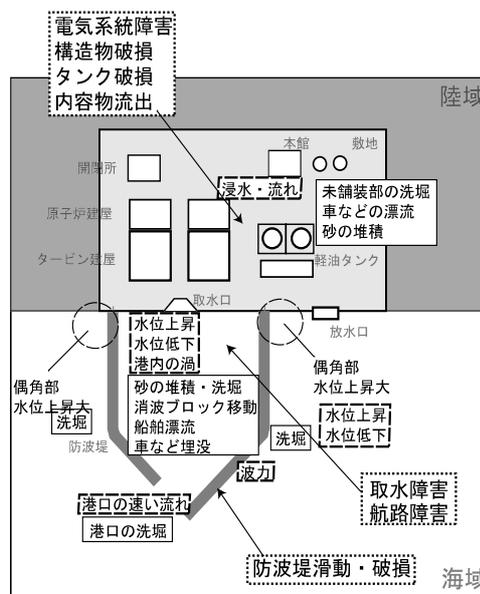


図-1 発電所における津波に関連した現象と被害  
破線：津波による現象，実線：津波が引き起こす可能性のある現象，点線：津波による被害

## 3. リスク評価

ここでは、「30年以内にM8.0の地震による津波が発生する確率は0.5(50%)」と起因事象を仮定した。この仮定の下で、津波という起因事象に対してその影響に関連した事実や環境を、標準リスクモデル<sup>2)</sup>を用いて抽出した。次に、リスクを起因現象として発生過程を明らかにするために、イベントツリーを作成する。イベントツリーはある影響の発生過程をビジュアル化し、各過程の分岐確率を基に、発生す

る確率を定量化する手法である。イベントツリーの例として、浸水による取水障害(取水ポンプの故障)を取り上げ、図-2に示した。津波による陸上浸水の発生に対して、防波堤、護岸、ポンプ建屋の各防護機能に関する分岐とその確率を仮定(決定)した。実際には、津波の浸水高の確率分布を算出し、各防護機能が効果を発揮する確率を算出する。このイベントツリーにより、影響の発生尤度が算出される。他のイベントについても、同様の手法で発生尤度を算出する。

総損失量は一日の発電停止に対して、電力量を他から買い取るコストと復旧に必要なコストを合わせたものとした。前者については、50万Kwhの発電所で稼働率を70%、発電単価を10円/kWh<sup>3</sup>と仮定した。この場合には、一日当たりの総損失量が8400万円となる。復旧に必要なコストについては表-1に示すように仮定した。

リスクと影響について、ある仮定を基に、各影響の尤度を整理して、表-1に示す。同じ図に総損失量も示す。期待損失は総損失量と尤度の積で求められる。防波堤の損傷については、発電には直接影響を与えないので、生産損失は0とした。

表-1を基にして、横軸に尤度、縦軸に総損失量としたリスクマップを作成し、図-3に示す。同じ図に期待損失一定のラインも示した。今回の例では、取水障害に関する1と9の影響が期待損失5億円を超えて大きく、対策の対象となる優先度が最も高い。これは取水障害の復旧時間が長いことが、その原因の一つであり、復旧時間を短くする手法が有効な対策と考えられる。復旧時間が半分になれば、その期

表-1 津波による発電所のリスク評価例

No.	リスク	影響	尤度 P <sub>e</sub> × P <sub>i</sub>	生産損失 (万円/日)	復旧時間 (日)	復旧コスト (万円)	総損失量 (万円)	期待損失 (万円)
1	浸水	取水障害	0.096	8400	90	2000	758000	72768
2		発電機障害	0.032	8400	60	5000	509000	16288
3		電気系統障害	0.112	8400	5	1000	43000	4816
4		軽油タンク被害	0.029	8400	30	10000	262000	7598
5		建屋破壊	0.008	8400	90	20000	776000	6208
6	漂流物	軽油タンク被害	0.054	8400	30	10000	262000	14148
7		建屋破壊	0.012	8400	90	20000	776000	9312
8	津波波力	防波堤損傷	0.090	0	0	50000	50000	4500
9	水位低下	取水障害	0.135	8400	90	2000	758000	102330

待損失も同程度に小さくなり、リスクが軽減されることになる。

4. おわりに

発電所における、津波の代表的な影響について、各々にリスク評価を行った。この手法により津波リスクの影響を定量化して比較することが可能となり、対策優先付けのための重要な資料となる。

参考文献

- 1) 川真田ら(2006)：海洋開発論文集，第22巻，pp.553-558.
- 2) 松山ら(2007)：土木学会東北支部技術研究会.

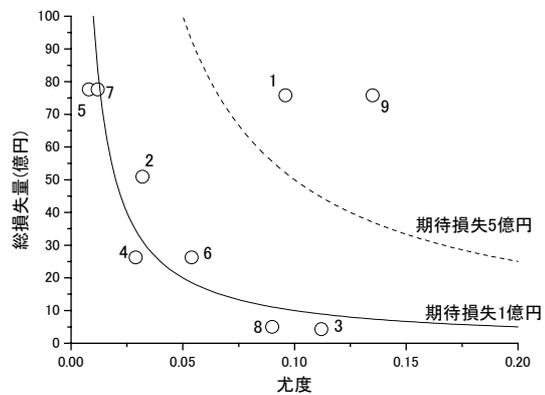


図-3 発電所における津波に関するリスクマップ例

earthquake	inundation	protection by breakwater	protection by seawall	protection by building for pump	damage of pump	likelihood	total loss 10 <sup>6</sup> (yen)	expected loss 10 <sup>6</sup> (yen)	
P	T	B	W	H	Z				
		success			success	PQt(1-Qb)	0.080		
	inundation	failure Qb	success		success	PQtQb(1-Qw)	0.160		
			failure Qw	success	success	PQtQbQw(1-Qh)	0.064		
M8.0					failure Qh	failure	PQtQbQwQh	0.096	¥7,580
occurrence P						success	P(1-Qt)	0.100	
	no Qt								
						total	0.500		
probability	0.50	0.80	0.80	0.50	0.60				

図-2 取水ポンプに関する津波浸水に対する防護のイベントツリー