

東海第二発電所 審査資料	
資料番号	PD-2-12 改9
提出年月日	平成29年12月4日

東海第二発電所

津波による損傷の防止

(安全審査関連 補足説明資料)

平成29年12月
日本原子力発電株式会社

本資料のうち、 は商業機密又は核物質防護上の観点から公開できません。

第5条：津波による損傷の防止

目 次

- 1 有効応力解析に用いる解析コードの検証及び妥当性確認について
- 2 (旧) レーザー濃縮技術研究組合の許認可上の位置付け及び管理状況について
- 3 余震の規模の設定のための本震と余震の規模の関係について
- 4 敷地北側防潮堤設置ルートの変更について
- 5 漂流物調査における調査プロセス及びエビデンスについて
- 6 引き波時における敷地上の遡上波の解析結果について

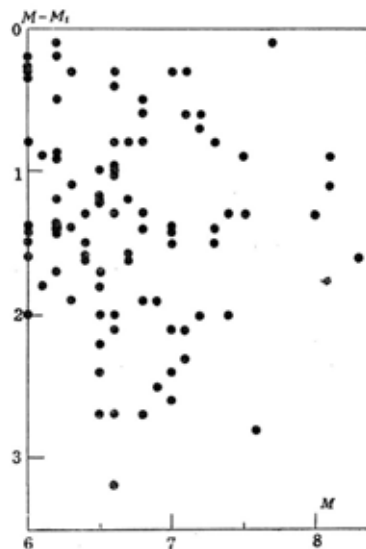
3 余震の規模の設定のための本震と余震の規模の関係について

本震と最大余震規模の差については、本震の規模に依存しないことが知られている（古本（2005））。例えば宇津（1957）では、日本で発生した地震について、本震、最大余震規模の差と本震規模の関係を第1図のとおり示し、両者の関係は低いことを指摘している。

したがって、本震規模を M_0 、最大余震規模を M_1 、両者の差を D_1 とすれば、 D_1 は本震規模に依存しない定数になることから、最大余震規模 M_1 は下記の1次式で表現できる。

$$M_1 = M_0 - D_1$$

最大余震規模の評価式は、上式を当てはめた回帰分析により D_1 を求めることで得られる（第2図）。このように、最大余震規模の評価式は、地震学的知見を踏まえた上で定式化した。

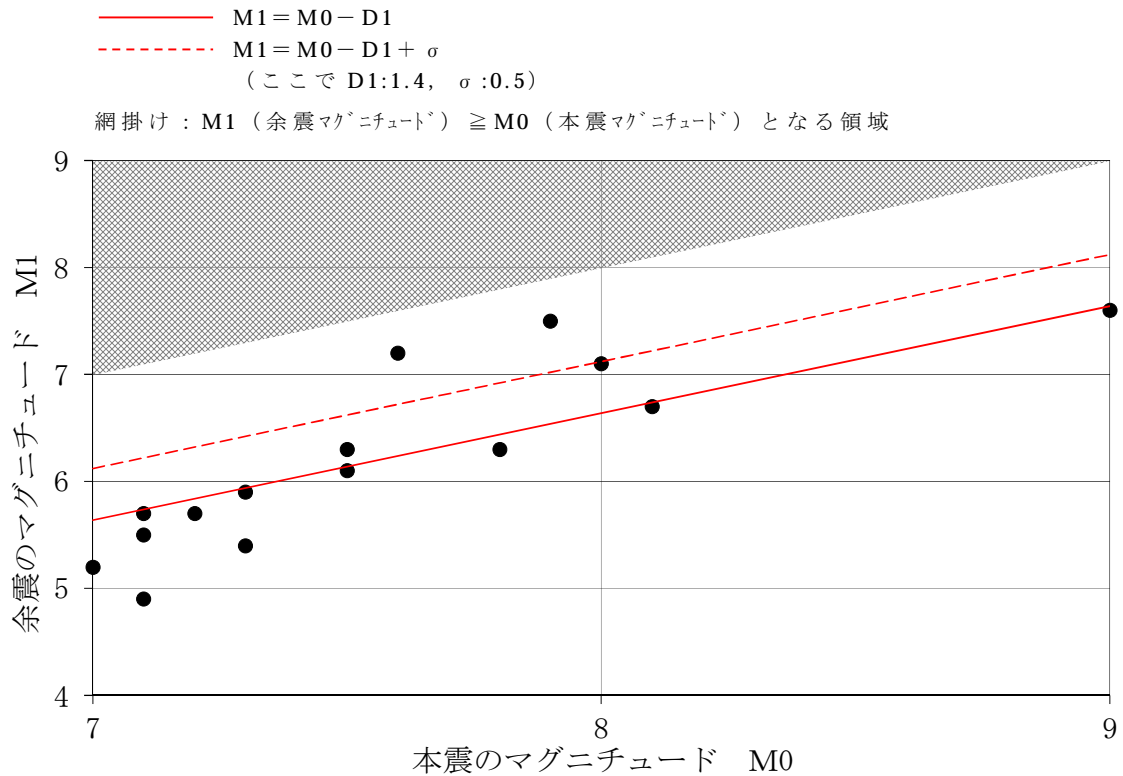


横軸：本震の規模
縦軸：本震と最大余震の規模の差

Fig. 3. Relation between magnitude of mainshock M and magnitude of the largest aftershock M_1

第1図 本震規模と最大余震規模の差と本震規模の関係

（宇津（1957）に一部加筆）

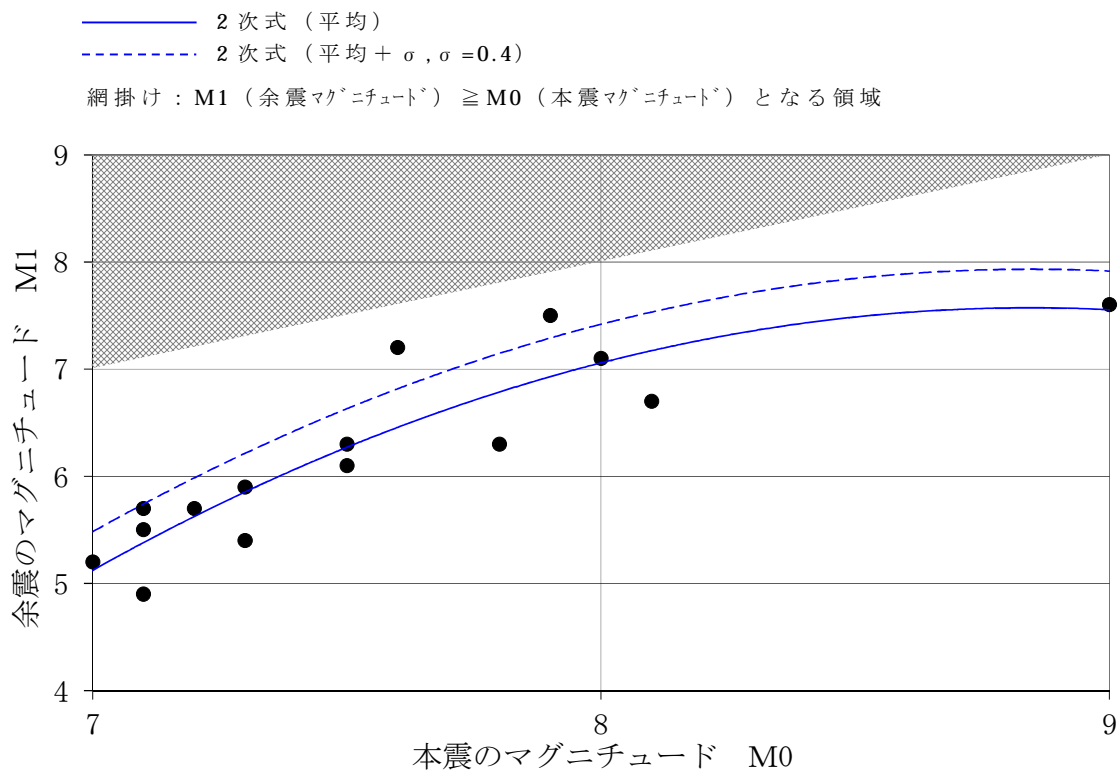


第 2 図 本検討における本震規模と最大余震規模の関係

ここからは、本震と最大余震の規模の関係について、念のため 1 次式以外の式を用いた場合の確認を行う。ここでは、第 2 図のデータ分布形状を参考に 2 次曲線で回帰を行う。その結果を第 3 図に示す。2 次曲線で回帰した場合、本震規模がマグニチュード 8 クラスの後半あたりから最大余震規模の頭打ちが始まる関係となっている。最大余震規模の頭打ちについては地震学的知見からは考えにくく、海外の巨大地震データで補って頭打ちの有無を検討した。検討に用いた地震は第 2 図のデータのうち、本震および最大余震のモーメントマグニチュードが得られている地震と、海外の巨大地震のうち、本震発生と最大余震の発生間隔が概ね 12 時間以内の地震である。これら地震の諸元を第 1 表に、また本震規模と最大余震規模の関係を第 4 図に示す。同図から、本震規模がマグニチュード 8 以上の地

震に対しても最大余震規模の頭打ちは生じておらず、巨大地震の最大余震規模評価にも1次式を適用できることがわかる。

以上のことから、最大余震規模の評価に際して、地震学的知見に基づいて1次式を用いることが妥当であることを確認した。さらに、最大余震の規模は標準偏差を考慮することで保守的な設定となるよう配慮している。その上で、余震荷重としては最大余震の応答スペクトルを上回る $S_d - D1$ を考慮している。

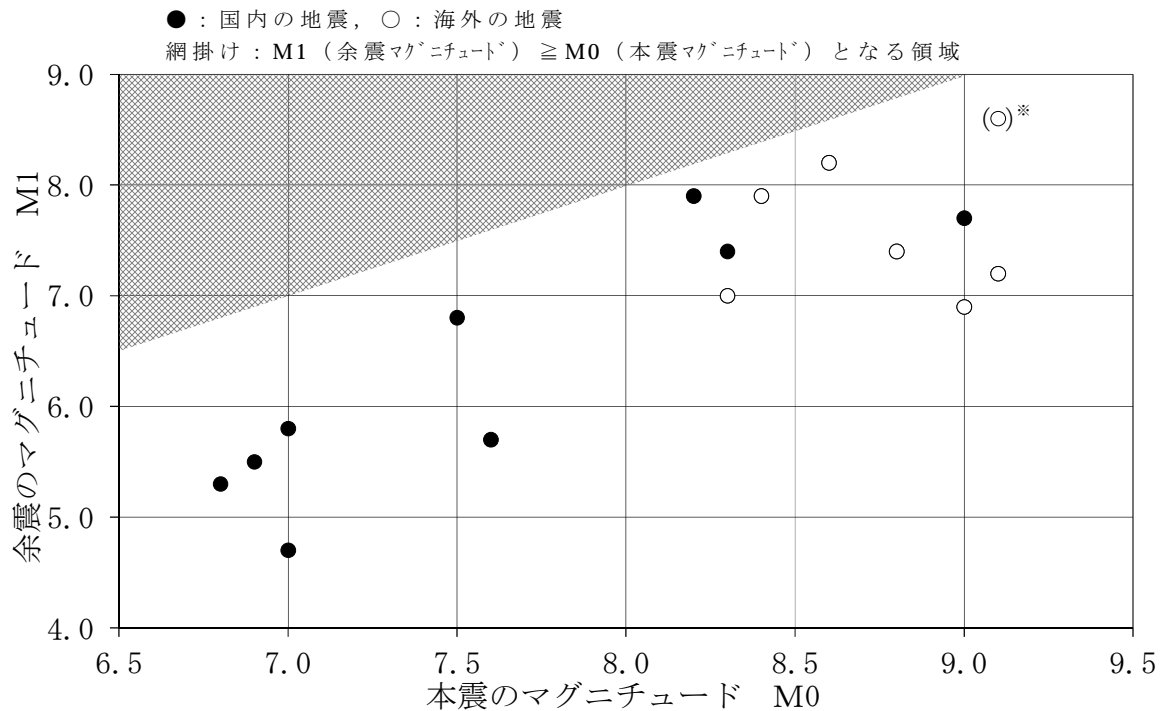


第3図 本震規模と最大余震規模の関係 (2次式)

第 1 表 過去の地震における本震と最大余震の関係 (Mw)

No	発生年月日	震源	本震	最大余震	
			マグニチュード M0	マグニチュード M1	本震との 時間間隔
1	1952/11/04	off the east coast of the Kamchatka Peninsula, Russia	9.0	6.9	0.2 日
2	1964/06/16	新潟地震	7.6	5.7	0.0 日
3	1968/04/01	日向灘地震	7.5	6.8	0.3 日
4	1968/05/16	十勝沖地震	8.2	7.9	0.4 日
5	2003/05/26	宮城県沖	7.0	4.7	0.3 日
6	2003/09/26	十勝沖地震	8.3	7.4	0.1 日
7	2004/12/26	off the west coast of northern Sumatra	9.1	7.2	0.1 日
8	2007/09/12	southern Sumatra, Indonesia	8.4	7.9	0.5 日
9	2008/06/14	岩手・宮城内陸地震	6.9	5.5	0.0 日
10	2008/09/11	十勝沖	6.8	5.3	0.0 日
11	2010/02/27	offshore Bio-Bio, Chile	8.8	7.4	0.1 日
12	2011/03/11	東北地方太平洋沖地震	9.0	7.7	0.0 日
13	2012/04/11	off the west coast of northern Sumatra	8.6	8.2	0.1 日
14	2015/09/16	48km W of Illapel, Chile	8.3	7.0	0.0 日
15	2016/04/16	熊本地震	7.0	5.8	0.1 日

※ 検討に用いる地震は、第 2 図のデータのうち、本震および最大余震のモーメントマグニチュードが得られている地震と、海外の巨大地震のうち、本震発生と最大余震の発生間隔が概ね 12 時間以内の地震である。モーメントマグニチュード (Mw) は気象庁、アメリカ地質調査所、防災科学技術研究所が公表している値を参照している。



※ 2004 年スマトラ島沖地震 (Mw9.1) の震源域付近では 2005 年に Mw8.6, 2007 年に Mw8.4, 2012 年に Mw8.6 の地震が発生しているが、Mw9 クラスの巨大地震の影響は長期間に亘ると予想されることから、これらの地震も余震として扱うことが考えられる。また Mw9 クラスの地震に対するデータは少ないことから本震発生からの経過時間の制約 (12 時間以内) を外し、最も規模の大きい Mw8.6 の地震 (第 1 表の No. 13) を 2004 年スマトラ島沖地震 (Mw9.1) の最大余震とした場合を参考で示した。

第 4 図 国内外の本震規模と最大余震規模の関係 (Mw)

参考文献

古本宗充（2005）：本震と最大余震のマグニチュード差と地殻熱流量，地震第2輯，第58巻（2005），221-224頁

宇津（1957）：地震のマグニチュードと余震の起りかた，地震第2輯，Vol.10，35-45頁

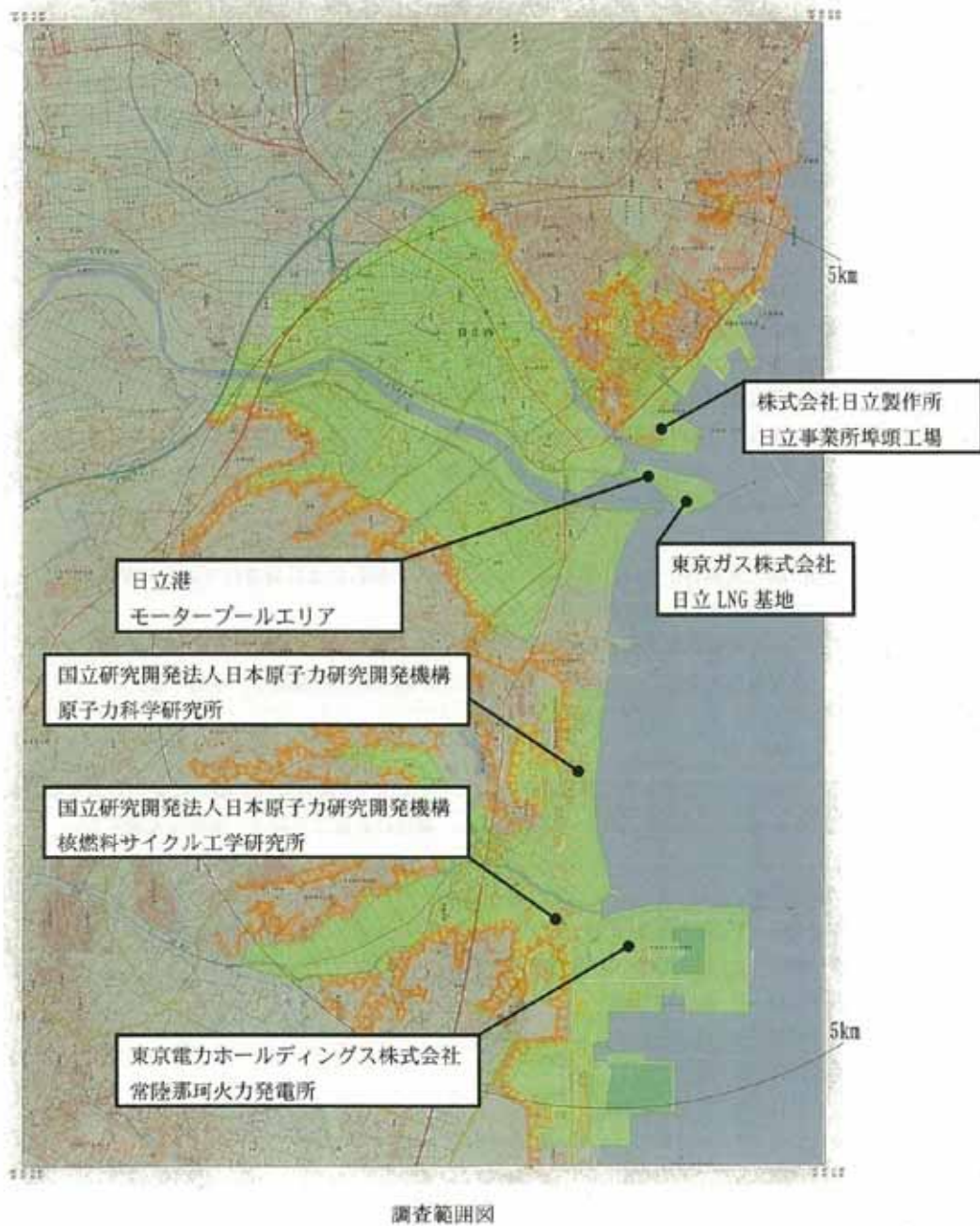
5 漂流物調査における調査プロセス及びエビデンスについて

(1) はじめに

東海第二発電所において基準津波による水位変動に伴う漂流物に対して取水口及び取水路の通水性が確保できる設計であることが要求されている。このため、同要求に対して適合性を確認することを目的とし、「基準津波により漂流物となる可能性がある施設・設備等」の調査を実施した。漂流物調査におけるプロセス及びエビデンスを以下に示す。

(2) 漂流物調査におけるプロセス及びエビデンス

漂流物調査は、基準津波の流向、流速及び継続時間より、東海第二発電所の取水口から半径 5km 内の海域及び陸域を調査範囲とし、調査範囲を発電所敷地内・敷地外又は陸域・海域に区別し、4 つに分類して実施した。漂流物調査範囲図を第 1 図に示す。実際の調査においては、調査要領書を制定し、調査体制を確立した上で定められた調査方法に基づき実施した。調査の具体的な方法としては、設備図書等により機器、施設等を抽出し、寸法等の仕様を記録する方法又は現場のウォークダウンにより機器を抽出し、寸法等の仕様を記録する方法により調査を実施した。漂流物調査のプロセス（抜粋）を第 2 図、漂流物調査記録（抜粋）を第 3 図にそれぞれ示す。



※ 緑色のハッチング箇所が調査対象範囲

(遡上解析結果を参考に、実際の調査にあたって広めに設定した範囲)

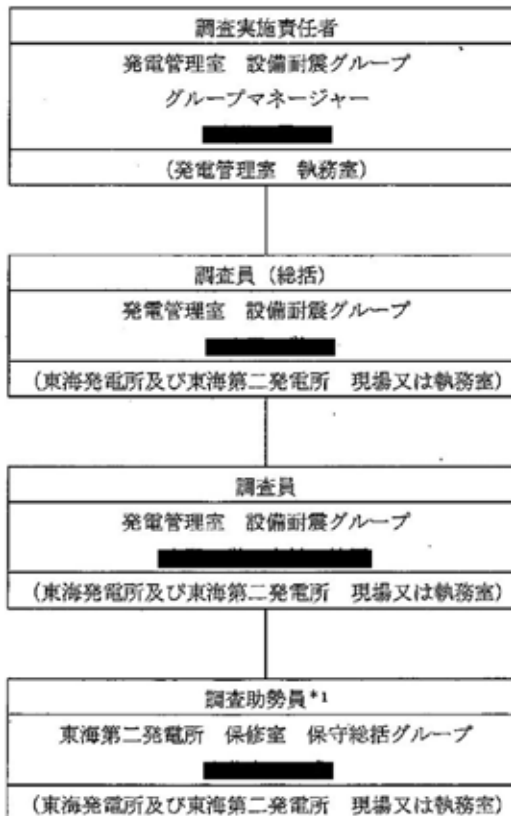
第1図 漂流物調査範囲図

GM	担当
[Redacted]	[Redacted]
(2016.9.6)	(2016.9.6)

承認

調査体制表

要領書名 : 津波漂流物調査 (東海発電所及び東海第二発電所敷地内)
 調査範囲 : 東海発電所及び東海第二発電所敷地内 (海域→陸域)
 調査対象 : 建物類等 (建物・構築物、その他建物等)
 設備類等 (機器、資機材等、車両、その他物品等)
 調査年月日 : 2016年9月8日



*1 調査範囲及び調査対象を考慮して、必要に応じて保守室保守総括グループ、総務室、廃止措置室、発電室、運営管理室、安全管理室を調査助勢員に加える。

第2図 漂流物調査のプロセス (抜粋) (1/5)

調査手順

1. 調査前準備

(2) 要領書、体制等の確立の確認

番号	内容	調査実施責任者 確認日	備考
1	要領書が定められた手続きに従い制定されていることを確認する。	■■■■■ 2016.9.8	改正
2	調査体制が確立されていることを確認する。	■■■■■ 2016.9.8	
3	調査員（総括）からの報告により、最新の要領書での確認及び要員の配置が完了したことを確認する	■■■■■ 2016.9.8	
4	調査の開始を許可する。	■■■■■ 2016.9.8	

第2図 漂流物調査のプロセス（抜粋）（2/5）

調査手順

3. 陸域の調査

(1) 建物類等 (建物・構築物)

番号	内容	調査員 確認日	備考
1	設備図書等により、調査範囲内にある建物・構築物を抽出する。	2016年9月20日	
2	1で抽出された建物・構築物の「名称、仕様（寸法、構造）、設置場所」を可能な限り記録する。	2016年9月20日	
3	1で抽出された建物・構築物の写真、スケッチ等の記録をする。(現場調査)	2016年9月20日	
4	1で抽出された建物・構築物について、現場において追加で確認できた仕様等について記録する。	2016年9月20日	
5	現場調査により、調査範囲内に1で抽出された分以外の建物・構築物が存在する場合は、「名称、仕様（寸法、構造）、設置場所」を可能な限り記録する。	2016年9月20日	
6	5で抽出された建物・構築物の写真、スケッチ等の記録をする。	2016年9月20日	
7	5で抽出された建物・構築物について、設備図書等で追加で確認できた仕様等について記録する。(資料調査)	2016年9月20日	

確認日 : 2016年9月8日

調査員(総括):

第2図 漂流物調査のプロセス (抜粋) (3/5)

調査手順

3. 陸域の調査

(3) 設備類等 (機器)

番号	内容	調査員 確認日	備考
1	設備図書等により、調査範囲内にある機器を抽出する。	2016年9月8日	
2	1で抽出された機器の「名称、仕様(寸法、質量、材質、構造(形状))、数量、設置場所」を可能な限り記録する。	2016年9月8日	
3	1で抽出された機器の写真、スケッチ等の記録をする。(現場調査)	2016年9月8日	
4	1で抽出された機器について、現場において追加で確認できた仕様、数量等について記録する。	2016年9月8日	
5	現場調査により、調査範囲内に1で抽出された分以外の機器が存在する場合は、「名称、仕様(寸法、質量、材質、構造(形状))、数量、設置場所」を可能な限り記録する。	2016年9月8日	
6	5で抽出された機器の写真、スケッチ等の記録をする。	2016年9月8日	
7	5で抽出された機器について、設備図書等で追加で確認できた仕様、数量等について記録する。(資料調査)	2016年9月8日	

確認日 : 2016年9月8日

調査員(総括):

第2図 漂流物調査のプロセス (抜粋) (4/5)

調査手順

5. 完了確認

番号	内容	調査実施責任者 確認日	備考
1	調査員（総括）からの報告により調査のプロセスが完了したことを確認し、調査の終了を許可する。	■■■■■ 2016.9.8	
2	調査員（総括）から記録（「調査手順」及び「調査記録」）により報告を受け、プロセスの実施結果及び調査結果を確認し、承認する。	■■■■■ 2016.9.8	

第2図 漂流物調査のプロセス（抜粋）（5/5）

調査記録 (1 / 3)

調査範囲 : 東海発電所及び東海第二発電所敷地内 (陸域) 調査対象 : 建築物等 (建物・構造物)
 調査年月日 : 2016 年 9 月 8 日 調査員 : [redacted]

名称	寸法	仕様		設置場所	備考
		構造	材料		
根詰め小屋	2.9x2.9x2.3 (資料) 現場	鉄筋コンクリート造・鉄骨造 その他 ()	資料・現場	取水口 (4) 資料・現場	
海水充解装置 建屋	8x11x3.7 (資料) 現場	鉄筋コンクリート造・鉄骨造 その他 ()	資料・現場	取水口 (7) 資料・現場	
メンテナンス センター	34x19x11 (資料) 現場	鉄筋コンクリート造・鉄骨造 その他 ()	資料・現場	取水口 (10) 資料・現場	
出入場事務所	10x5x4 資料・現場	鉄筋コンクリート造・鉄骨造 その他 ()	資料・現場	取水口 (13) 資料・現場	
輸送本部建屋	22x13x7 (資料) 現場	鉄筋コンクリート造・鉄骨造 その他 ()	資料・現場	取水口 (15) 資料・現場	
輸送本部倉庫	12x8x4 資料・現場	鉄筋コンクリート造・鉄骨造 その他 ()	資料・現場	取水口 (19) 資料・現場	
取水口モニタ 小屋	4x5x3 (資料) 現場	鉄筋コンクリート造・鉄骨造 その他 ()	資料・現場	取水口 (21) 資料・現場	
海上レーダ	— 資料・現場	鉄筋コンクリート造・鉄骨造 (その他) 鋼製支柱	資料・現場	取水口 (23) 資料・現場	

確認 2016 年 9 月 8 日 調査員 (総括) [redacted]

第 3 図 漂流物調査記録 (抜粋) (1/2)

調査記録 (1/2)

調査範囲 : 東海発電所及び東海第二発電所敷地内 (陸域) 調査対象 : 設備類等 (機器)
 調査年月日 : 2016 年 9 月 8 日 調査員 : [redacted]

名称	仕様				数量	設置場所	備考
	寸法	質量	材質	構造 (形状)			
除塵装置	2 x 4.1 x 3.8 (平径 1.5 部) 資料・現場	- 資料・現場	鋼製 資料・現場	- 資料・現場	一式 資料・現場	取水口 ② 資料・現場	配管・弁 (洗 淨水) 含む。
除塵装置制御盤	0.6 x 0.8 x 1.5 資料・現場	- 資料・現場	- 資料・現場	直方体 (写真) 資料・現場	1 資料・現場	取水口 ③ 資料・現場	
海水電解装置	1.1 x 9.5 x 2 資料・現場	- 資料・現場	鋼製 資料・現場	- (写真参照) 資料・現場	一式 資料・現場	取水口 ⑥ 資料・現場	電解槽・除去 槽・Zn-1 配 管・弁等。 HL-10402
取水口 E-7 (東)	φ0.5 x 1.5 資料・現場	- 資料・現場	鋼製 資料・現場	円柱 資料・現場	1 資料・現場	南側 ⑦ 資料・現場	
水路変圧器 (集)	2 x 1.5 x 2 資料・現場	- 資料・現場	- 資料・現場	直方体 (写真) 資料・現場	1 資料・現場	南側 ⑪ 資料・現場	

確認 2016 年 9 月 8 日 調査員 (総括) [redacted]

第 3 図 漂流物調査記録 (抜粋) (2/2)

6 引き波時における敷地上の遡上波の解析結果について

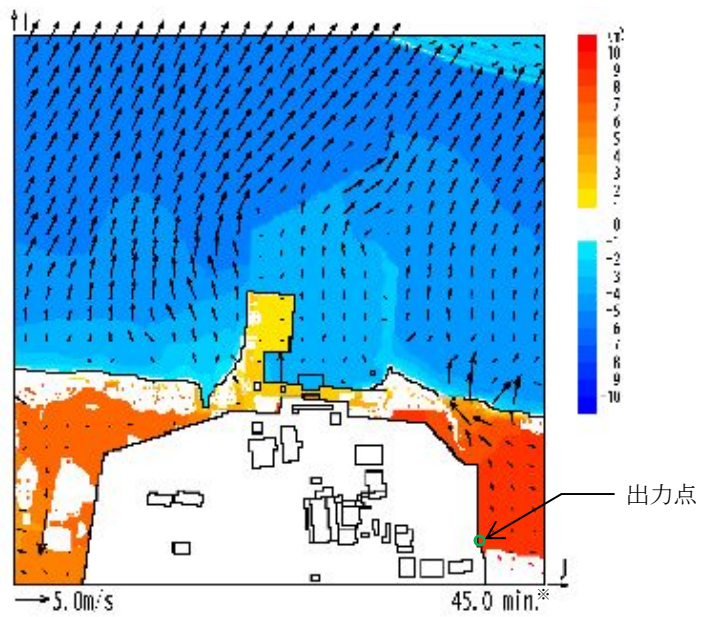
引き波時における敷地上の遡上波の解析結果の妥当性について検討した。

津波の原因となる地震発生後 45 分経過時点における発電所敷地前面海域の流向ベクトル及び水位変動量分布図（防波堤なしの場合）を第 1 図に、基準津波による防潮堤前面出力点（敷地側面南側）における水位変動量の時刻歴波形を第 2 図に、敷地平面図を第 3 図に示す。

第 1 図の水位変動量分布図は初期潮位からの水位変動量を示している。当該解析においては、初期潮位を T. P. +0.81m（朔望平均満潮位 T. P. +0.61m に 3.11 地震の地殻変動量 0.2m を考慮）としている。陸域については、地盤高さに浸水高さを加えた高さを水位変動量として示している。第 2 図より津波の原因となる地震発生後 45 分経過時点における水位変動量は 8.19m となる。なお、浸水高さは地盤高さを差し引いた 1.17m である。

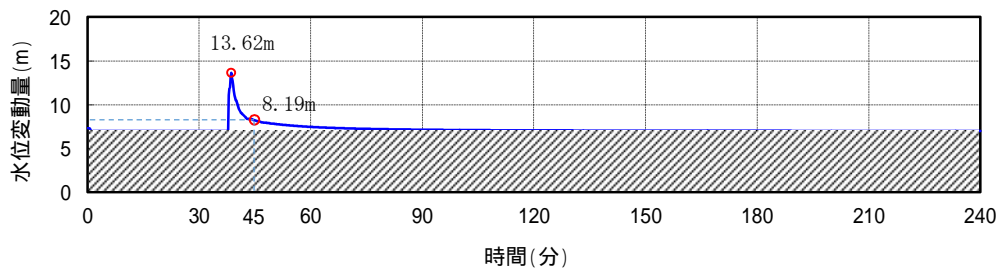
また、第 3 図より当該出力点周辺はなだらかな地形となっていることから、傾斜による水位の移動が緩慢となるため、引き波時においても若干の浸水が継続することとなると考えられる。

以上のことから、引き波時における敷地上の遡上波の解析結果は問題ないと考えられる。

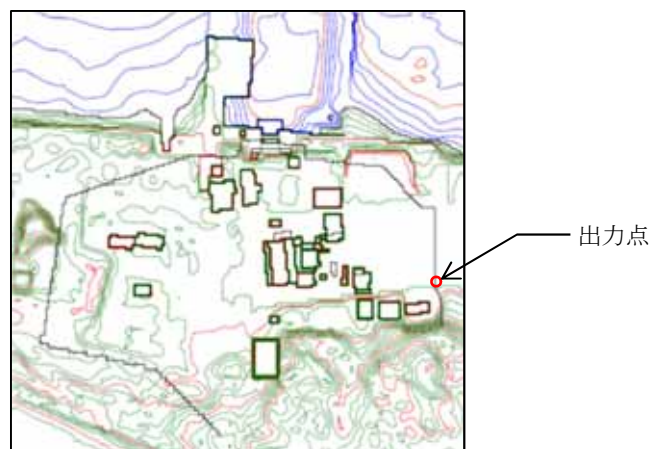


※：津波の原因となる地震発生後の経過時間

第1図 発電所敷地前面海域の流向ベクトル及び水位変動量分布図
(防波堤なしの場合)



第2図 基準津波による防潮堤前面出力点（敷地側面南側）における
水位変動量の時刻歴波形



第3図 敷地平面図