

東海第二発電所 審査資料	
資料番号	PD-2-12 改7
提出年月日	平成29年11月10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11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 東北地方太平洋沖地震時の被害状況を踏まえた東海第二発電所の地震・津波による被害想定について

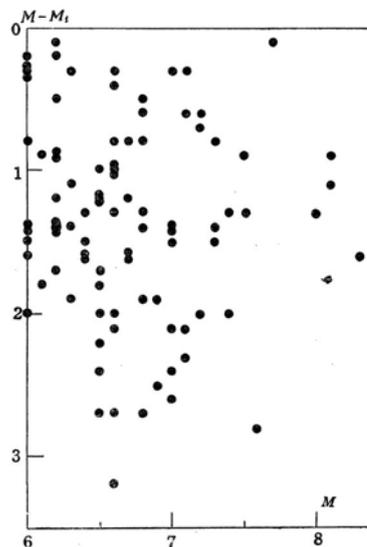
### 3 余震の規模の設定のための本震と余震の規模の関係について

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。

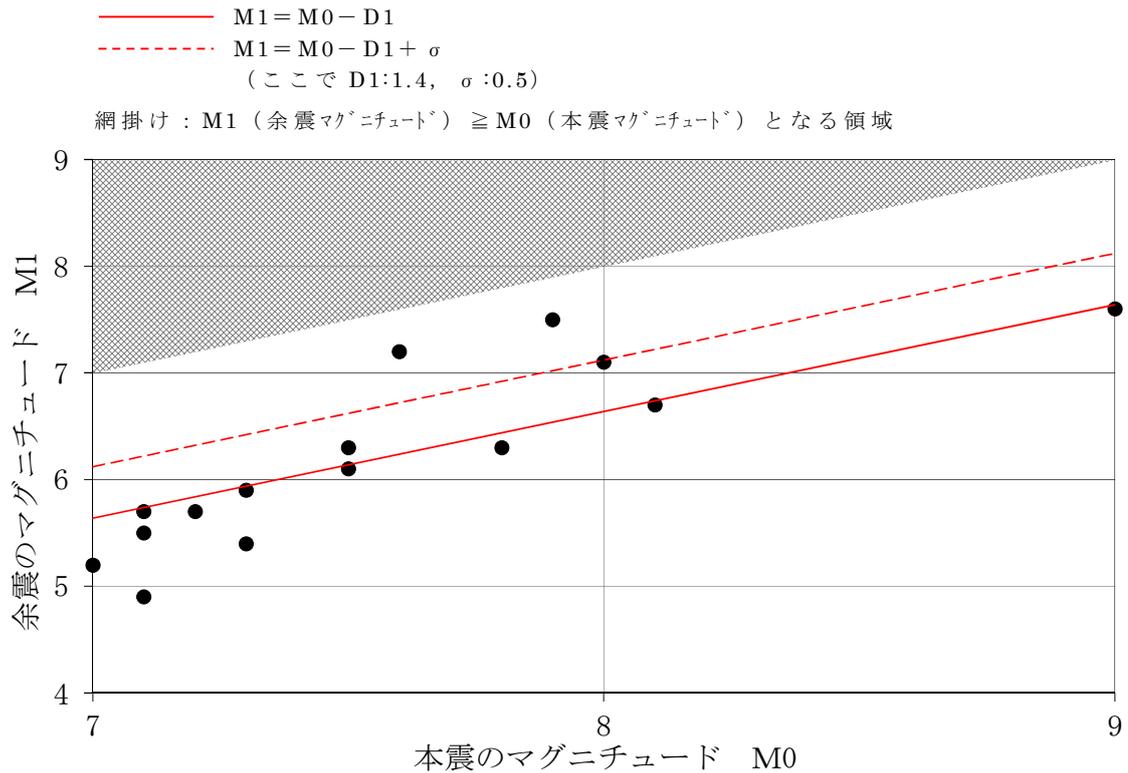


横軸：本震の規模  
縦軸：本震と最大余震の規模の差

Fig. 3. Relation between magnitude of main-shock  $M$  and magnitude of the largest after-shock  $M_1$

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）

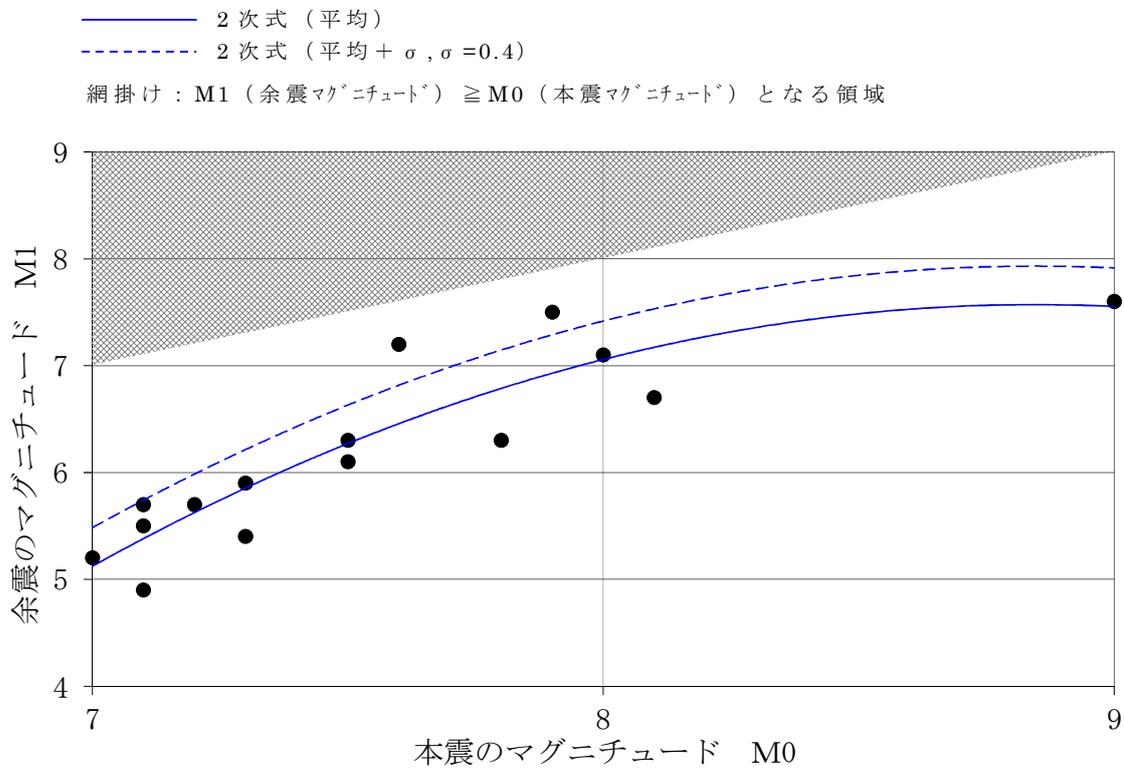


第 2 図 本検討における本震規模と最大余震規模の関係

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。このような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、このことを海外の巨大地震データも用いて検討した。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、最大余震の頭打ちは生じていな

いと考えられる。仮に最大余震規模の頭打ちがあったとしても、1次式を用い、規模の大きな本震に対しても最大余震規模の頭打ち無しとして評価を行うことは保守的な設定になる。

以上のことから、最大余震規模の評価については1次式を用いることが妥当であることを確認した。

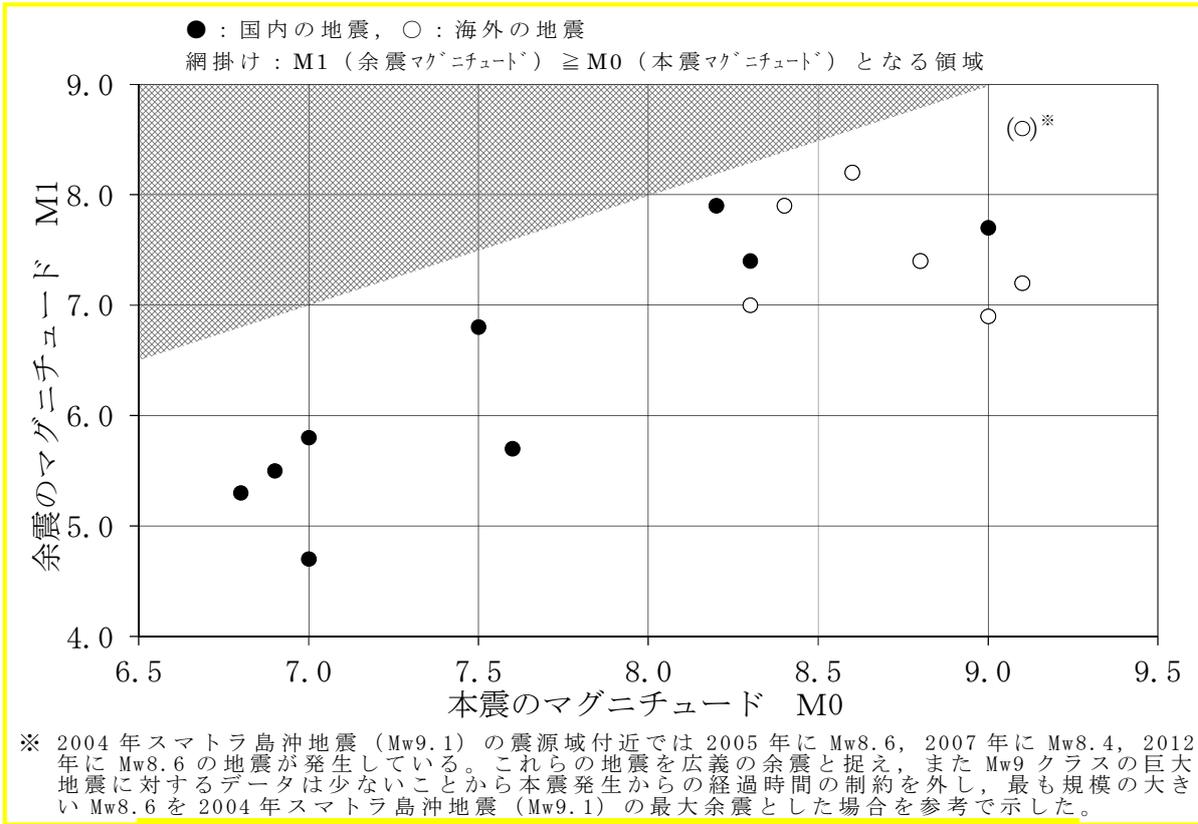


第3図 本震規模と最大余震規模の関係（2次式）

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	最大余震		
			本震 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。



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 東北地方太平洋沖地震時の被害状況を踏まえた東海第二発電所の地震・津波による被害想定について

基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する取水性評価の実施にあたり、2011年東北地方太平洋沖地震時（以下3.11地震時という。）の地震・津波による被害状況を踏まえ、地震・津波による東海第二発電所の被害想定を整理した。以下に3.11地震時における東海第二発電所及び甚大な被害を受けた東北地方の被害状況を示す。

(1) 3.11地震時の東海第二発電所における被害状況

3.11地震時の地震・津波による建屋等の被害状況を第1図に示す。3.11地震時の地震・津波により、津波遡上域の建屋本体の滑動などは確認されていないが、鉄骨造建屋である輸送本部建屋の外装材の破損やメンテナンスセンターのシャッターの変形、自動販売機の転倒が確認されている。



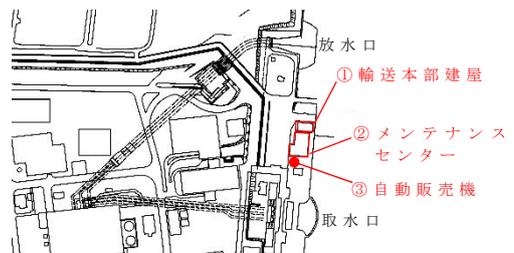
① 輸送本部建屋（S造）  
津波による外装材破損



② メンテナンスセンター（S造）  
シャッター変形



③ メンテナンスセンター（S造）  
自動販売機転倒



建屋等配置

第1図 3.11地震時の地震・津波による建屋等の被害状況

(2) 3.11 地震時の東北地方における建築物の被害状況

3.11 地震時の地震・津波による被害の大きかった東北地方の被災状況について整理した。

3.11 地震時の東北地方における鉄筋コンクリート建築物の被害状況を第 1 表に示す。「2011 年東日本大震災に対する国土技術政策総合研究所の取り組み－緊急対応及び復旧・復興への技術支援に関する活動記録－」（以下「復興への技術支援に関する活動記録」という。）によると、鉄筋コンクリート造の建築物については、所在地によっては浸水深が 15m を超えるような規模の津波の襲来を受けた建築物も存在し、壁面や窓等の損傷が確認されたが、このような大きな規模の津波の襲来時においても建築物全体が滑動し、漂流するような事例は確認されていない。

第 1 表 3.11 地震時の東北地方における建築物の被害状況  
(鉄筋コンクリート造建築物の例)

		
<p>宮城県南三陸町 鉄筋コンクリート造 津波浸水深：15.4m</p> <p>【被害状況】 構造的な被害は発生していない。参考資料※1</p>	<p>宮城県仙台市 鉄筋コンクリート造 津波浸水深：5.0m (建築物内部)</p> <p>【被害状況】 建築物全体ではなく外壁のみ破壊していた。参考資料※1</p>	<p>公営集合住宅（所在地不明） 鉄筋コンクリート造 津波浸水深：7.5m</p> <p>【被害状況】 漂流物の衝突による 2 階壁面の損傷が確認されたものの、構造的な大きな損傷は確認されなかった。参考資料※1</p>

参考資料※1 「復興への技術支援に関する活動記録」による。

「復興への技術支援に関する活動記録」によると、鉄骨造建築物については浸水深によらず外装板が波力により破損し、漂流した事例が確認された。津波の襲来により早期に外装板が破損し大きな波力を受けなかったと推測される建築物については残存していたが、外装板が破損する前に大きな波力を受けたと推測されるものについては崩壊、転倒したものも確認されている。

「復興への技術支援に関する活動記録」によると、木造建築物については最大浸水深が 2m 程度以下の規模の地域ではほぼ残存していたが、最大浸水深が 4m を超える規模の地域では流失する可能性が高かった。

また、3.11 地震時において東北地方の中でも特に被害の大きかった例として南三陸町における建築物の被害事例について確認した。南三陸町における建築物の被害事例を第 2 表に示す。南三陸町の被害事例のように浸水深が十数メートルを超えるような大規模の津波が襲来した場合、「東北地方太平洋沖地震 宮城県南三陸町被災状況速報」によると、鉄筋コンクリート造の建築物については柱、梁の損壊が確認された。

「東日本大震災における鉄骨造建物の津波被害について」によると、鉄骨造の建築物については波力により外装板のほとんどが脱落流失していることが確認された。

第2表 3.11 地震時の南三陸町における建築物の被害事例

	
<p>構造：鉄筋コンクリート造          規模：3階建て          （詳細寸法記載なし）</p> <p>【被害状況】          柱，梁の損壊が確認された。 <small>参考資料※2</small></p>	<p>構造：鉄骨造          規模：3階建て          縦 11.4m×横 8.8m×高さ 10.9m</p> <p>【被害状況】          外装板のほとんどが脱落流失していることが確認された。 <small>参考資料※3</small></p>

参考資料※2 「東北地方太平洋沖地震 宮城県南三陸町被災状況速報」による。

参考資料※3 「東日本大震災における鉄骨造建物の津波被害について」による。

(4) 3.11 地震時の被害状況を踏まえた発電所敷地内及び発電所敷地外における施設・設備の被害想定

3.11 地震時の被害状況を踏まえ，地震・津波による発電所敷地内及び発電所敷地外の施設・設備の被害想定を実施した。発電所敷地内の建屋等については，3.11 地震時において地震・津波による被害が特に大きかった南三陸町の被害事例のうち東海第二発電所の建屋等と構造及び規模が類似する建築物の被害事例を参考として被害想定を実施した。建屋等に作用する波圧は浸水深に依存して大きくなることから，高さを有する建築物は被害が大きくなる傾向にあると考えられる。このことから，東海第二発電所の建屋等の被害想定の実施にあたり，漂流物調査により抽出された建物類のうち，防潮堤前面における津波水位が最も高くなる敷地前

面東側に存在し、かつ最も高さのある鉄筋コンクリート造及び鉄骨造の建屋等として第3表に示す建築物を代表とした。

第3表 東海第二発電所の建屋等の代表例

建築物名称	ロータリースクリーン室	メンテナンスセンター
外観		
建屋等の諸元	構造：鉄筋コンクリート造 規模：縦 21m×横 13m×高さ 11m	構造：鉄骨造 規模：縦 34m×横 19m×高さ 11m

建屋等の津波による被害に影響する波圧は浸水深に依存して大きくなるため、高さの近い建築物の津波による被害は類似性があるものと考えられる。第3表に示す東海第二発電所の建屋等を対象として、第2表に示す南三陸町の建築物の被害状況を参考に被害想定を実施した。

鉄筋コンクリート造の建屋等については、南三陸町における建築物の被害状況を考慮すると、第2表の被害事例のように地震又は波力により部分的に損壊するおそれがあるが、建築物が本来の形状を維持したまま滑動若しくは転倒し漂流する被害には至っていないことから、東海第二発電所の建屋等が本来の形状を維持したまま滑動若しくは転倒し漂流することはないと考えられる。また、万が一滑動若しくは転倒が起こった場合においても建屋等は重量物であるため漂流しないと考えられる。地震又は津波の波力

により部分的な損壊が起こる可能性があり，損壊により生じたがれき等については漂流する可能性がある。

鉄骨造の建屋等については，南三陸町における建築物の被害状況を考慮すると，第 2 表の被害事例のように波力により外装板が破損するおそれがあるが，建築物が本来の形状を維持したまま滑動若しくは転倒し漂流する被害には至っていないことから，東海第二発電所の建屋等が本来の形状を維持したまま滑動若しくは転倒し漂流することはないと考えられる。また，万が一滑動若しくは転倒が起こった場合においても建屋等は重量物であるため漂流しないと考えられる。地震又は津波の波力により部分的な損壊が起こる可能性があり，損壊により生じた外装板等については漂流する可能性がある。

木造の家屋等については滑動が起こることは考え難く，万が一滑動が起こった場合においても滑動した家屋等は津波の波力により本来の形状を維持せず損壊すると考えられる。損壊により生じた木片，その他構成部材等については漂流する可能性がある。

また，自動販売機などの比較的軽量な物品については津波により漂流する可能性がある。

## 参考資料

- ※ 1 ISSN 1346-7301 国総研研究報告 第 52 号 平成 25 年 1 月国土技術政策総合研究所研究報告 2011 年東日本大震災に対する国土技術政策総合研究所の取り組み－緊急対応及び復旧・復興への技術支援に関する活動記録－, 188-190 頁
- ※ 2 東北地方太平洋沖地震 宮城県南三陸町被災状況速報, (株) エイト日本技術開発, 20110405, 5-6 頁
- ※ 3 広島工業大学紀要研究編第 46 巻 (2012) 221-230 報告 東日本大震災における鉄骨造建物の津波被害について 玉井 宏章・小川 勝彦 ON DAMAGED STEEL BUILDINGS DUE TO TAUNAMI AFTER GREAT TOUHOKU EARTHQUAKE Hiroyuki TAMAI and Katsuhiko OGAWA, 226-227 頁