

南海トラフ巨大地震によるエネルギー拠点施設の津波曝露評価

Tsunami Inundation Exposure Assessment of Energy-related Base Facilities Caused by the Nankai Megathrust Earthquakes

○能島 暢呂¹, 加藤 宏紀¹
Nobuoto NOJIMA and Hiroki KATO

¹ 岐阜大学工学部 社会基盤工学科
Department of Civil Engineering, Gifu University

Exposure assessment was done for energy-related base facilities exposed to tsunami inundation caused by the anticipated megathrust earthquakes along the Nankai trough subduction zones. The distribution maps of tsunami inundation heights used in this study were predicted by the Cabinet Office, Government of Japan. By overlaying those maps on the distribution maps of power generation plants and LNG storage tanks, exposure levels were evaluated in terms of power generation capacities or storage capacities.

Keywords : Nankai megathrust earthquakes, tsunami inundation exposure, energy-related facilities, capacities

1. はじめに

東日本大震災が提起した重要な問題の一つに、多種多様なエネルギー関連施設の広域同時被災によって生じたエネルギー供給力低下が挙げられる。多くの原子力発電所が稼働停止し、日常的にエネルギー需要が逼迫する状況にあって、近い将来に南海トラフ巨大地震が発生した場合には、エネルギー供給力がさらに低下し、エネルギー需要をみたすことができない事態が懸念される。その予測と対策が地震防災対策上の急務であることは論を待たない。

こうした背景のもとで先行研究^{1),2)}では、広域被害の及ぼす影響把握と有効な減災対策の策定につながる成果を得ることを目的として、内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」により想定された予測震度分布³⁾に基づいて、エネルギー需要側・供給側の震度曝露評価を行った。具体的にはまず、エネルギー需要側の被災ポテンシャルの把握を狙いとして、内閣府検討会による6ケースの予測震度分布とメッシュ人口データとを重ね合わせることによって震度曝露人口を推定した。さらに、供給側の被災ポテンシャルの把握を狙いとして、エネルギー関連施設（発電所、製油所、LNG基地）の施設容量や処理能力といった指標を用いて震度曝露量を推定した。

本研究ではその統編として、同検討会により想定された南海トラフ巨大地震の予測津波浸水深分布⁴⁾と、全国の火力発電所およびLNG基地の広域分布を重ね合わせることにより、エネルギー供給側の津波浸水深曝露評価を行うものである。これにより任意の津波浸水深レベルに曝される施設規模を評価し、将来の地震時における潜在的なエネルギー供給力低下に関する基礎情報とすることを狙いとするものである。

一方、筆者らはこれまで、供給系ライフラインの地震時機能被害・復旧予測モデルを構築してきた^{5),6)}。これは震度分布・人口分布・ネットワーク脆弱性分布の重ね合わせによる経験的モデルであり、拠点施設の地震被害ならびに津波被害の影響を明示的に考慮したものではなく、この部分のモデル拡張を課題としていた。図1に曝露評価に基づくライフライン被害・復旧予測の枠組みを示す。

先行研究^{1),2)}では需要側の震度曝露人口と供給側の拠点施設の震度曝露評価を行ったのに対して、本研究では拠点施設の津波曝露評価（右端の黒字の部分）を扱う。

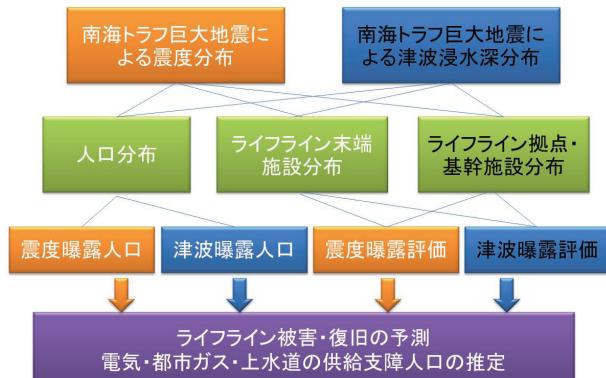


図1 ライフライン被害・復旧予測の枠組み

2. 火力発電所およびLNG基地のデータ

まず全国各地の火力発電所およびLNG基地を対象とエネルギー関連施設の現況把握のためデータ収集を行った。火力発電所については国土数値情報⁷⁾をもとに、発電所名・位置情報・管理事業者・認可出力など（平成19年度）をデータ化した。火力発電所は380機、うち稼働中および運転休止中の発電機353機（天然ガス系101機、石油系130機、石炭系89機、その他33機）の合計の総認可出力は151,864MWである。図2(a)にその分布と認可出力を示す。

LNG基地については Wikipedia⁸⁾をもとに基地名・位置情報・貯蔵方法・貯蔵能力などをデータ化した。国内には40ヶ所（今後操業予定を含む）存在し、全国のLNG基地の総貯蔵能力合計は1,639万kLとなっている。図2(b)にその分布と貯蔵能力を示す。

なお、いずれについてもGoogleマップ⁹⁾およびGoogle Earth¹⁰⁾を用いて位置確認して一部修正を施している。

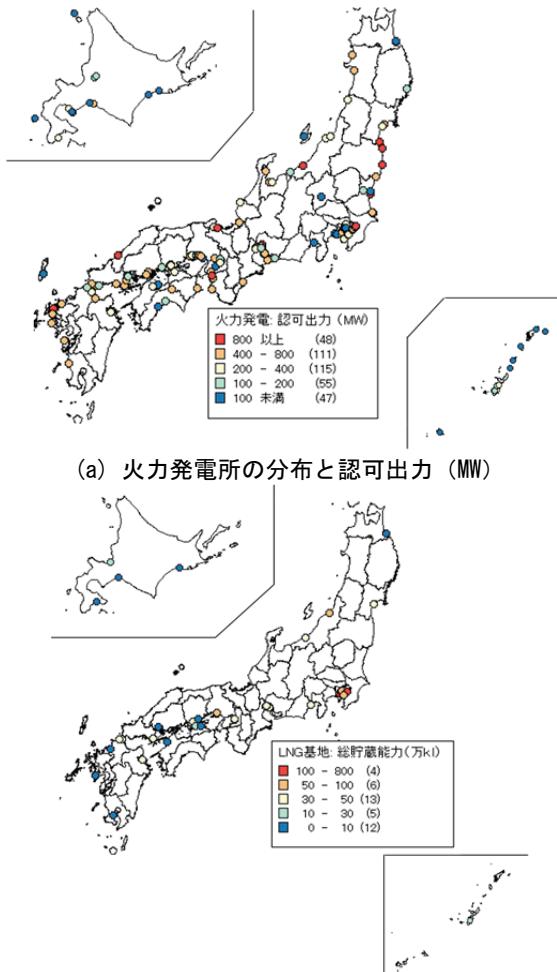


図2 主な火力発電所およびLNG基地の分布とそれらの容量（文献^{7), 8)}に基づいて作成）

3. 津波浸水深分布の推定条件⁴⁾

内閣府の検討では、津波断層モデルとしては、断層上のすべり量が平均すべり量の2倍以上となる「大すべり域」と、平均すべり量の4倍程度となる「超大すべり域」を1箇所ずつとしたパターンを「基本ケース」としている。南海トラフ沿いを全体的にカバーするため、それらの位置として、ケース①（駿河湾～紀伊半島沖）、ケース②（紀伊半島沖）、ケース③（紀伊半島沖～四国沖）、ケース④（四国沖）、ケース⑤（四国沖～九州沖）の5ケースが検討された。この他、派生的な検討ケースとして、分岐断層が生じるパターン（2ケース）と、大すべり域と超大すべり域をそれぞれ2箇所ずつとしたパターン（4ケース）の計6ケースが検討され、基本ケースと併せて全11ケースが設定された。一例として断層ケース①の津波断層モデルを図3に示す。

内閣府の検討では津波による被害の指標として津波高・浸水深が扱われているが、ここでは浸水深（津波などで浸水した際の水面から地面までの深さ）を用いる。浸水深を検討する際に堤防（水門を含む）がある場合、「津波が堤防を越えると当該堤防は破壊する」（これ以後、堤防破壊）という条件と、「地震発生から3分後に堤防が破壊する」（これ以後、03分破壊）という条件で計算が実施されている。

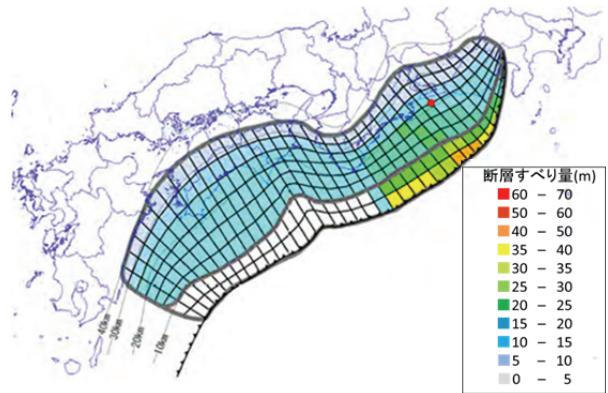


図3 津波断層モデル（断層ケース①、文献より引用⁴⁾）

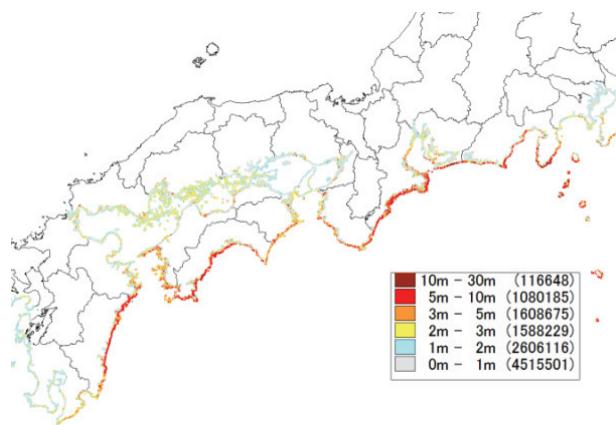


図4 予測津波浸水深分布（断層ケース①、堤防破壊）（内閣府提供データより作成）

以上により、津波断層モデル11ケース×堤防破壊2条件=計22パターンとなる。一例として断層ケース①の浸水深分布図を図4に示す。

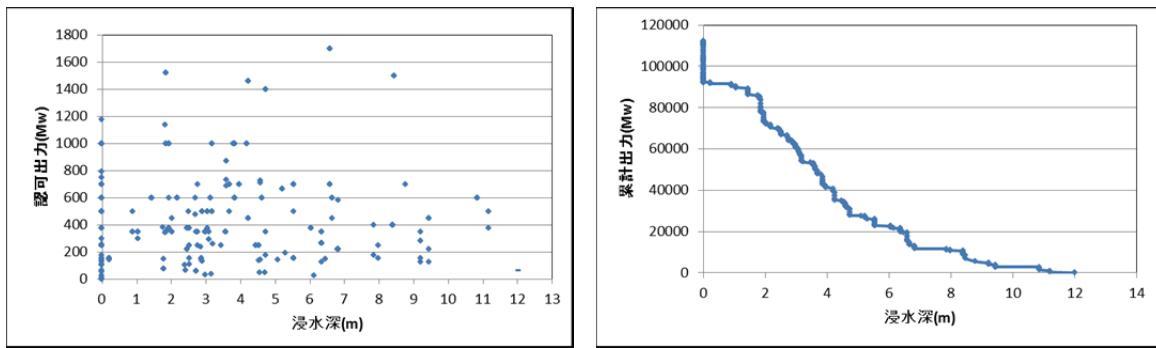
4. 火力発電所およびLNG基地の津波浸水深曝露評価

浸水深データは10mメッシュであるため、施設の広がりを考慮し、火力発電所およびLNG基地の中心から半径1kmのバッファーを設け、その円内の浸水深の最大値と平均値を求めて使用した。

火力発電所に関する津波浸水深と認可出力の分布およびその累計値の例（断層ケース①・堤防破壊・最大値）を図5に示す。また、LNG基地に関する津波浸水深と貯蔵能力の分布およびその累計値の例（断層ケース①・堤防破壊・最大値）を図6に示す。

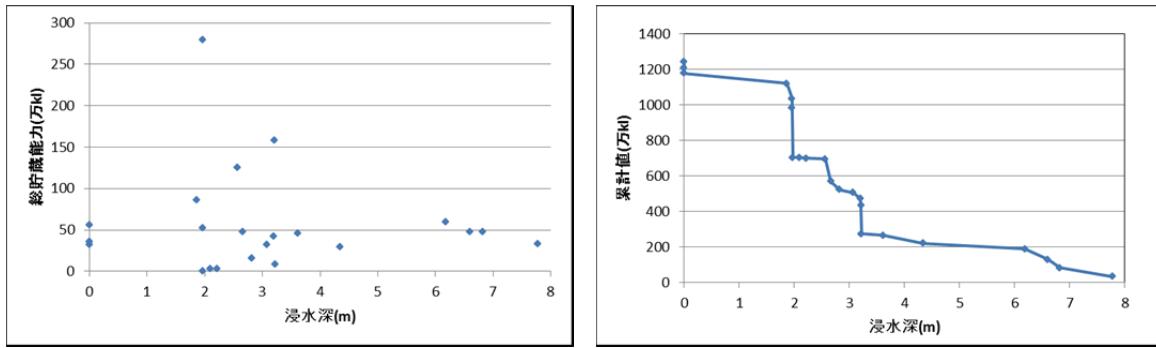
断層ケース①～⑤（堤防破壊・最大値）について、浸水深レベルごとにまとめた結果を図7および図8に示す。浸水深の深さの分類に関しては、避難・防災対策を検討するための目安⁴⁾として、浸水深0.3m以上（避難行動がとれない）、1m以上（ほとんどの人が亡くなる）、2m以上（木造家屋が半壊か全壊）、5m以上（2階建ての建物が水没）の6ランクを用いた。

図5および図6にも示した断層ケース①についてみると、火力発電所については、浸水深0.3m以上に曝露されるのは232機でそれらの累計認可出力は91,571MW（全国の火力発電所の総認可出力の約60%）にも及ぶ。浸水深2m以上に曝露されるのは81機で、それらの総認可出力は72,793MW（同約48%）となった。LNG基地については、浸水深0.3m以上に曝露されるのは19機でそれら



(a) 淹水深と認可出力(MW)

図5 火力発電所の津波浸水深曝露（断層ケース①・堤防破壊・最大値）



(a) 淹水深と総貯蔵能力(万 kL)

図6 LNG 基地の津波浸水深曝露（断層ケース①・堤防破壊・最大値）

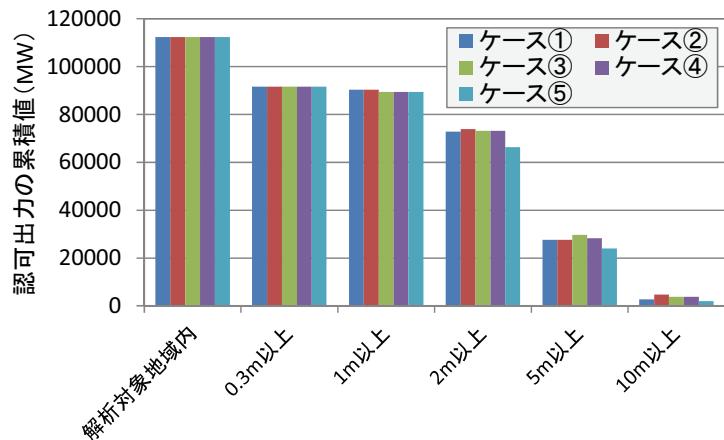


図7 火力発電所の津波浸水深曝露（縦軸の上限値 120,000MW は総認可出力 151,864MW の 79%相当）

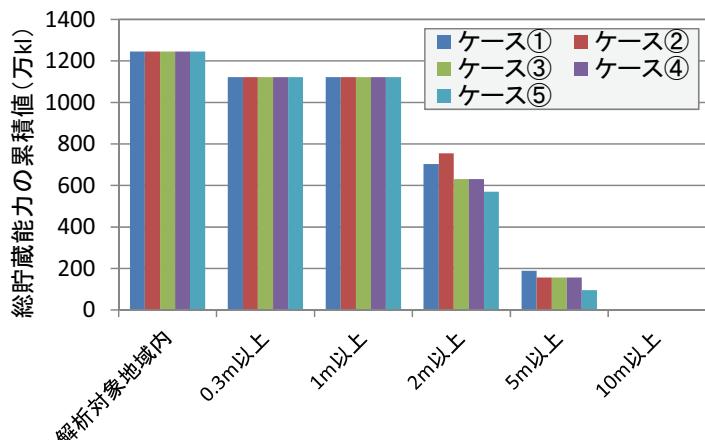


図8 LNG 基地の津波浸水深曝露（縦軸の上限値 1,400 万 kL は総貯蔵能力 1,639 万 kL の 85%相当）

の総貯蔵能力は 1,121 万 kL (全国の LNG 基地の総貯蔵能力の約 68%) にも及ぶ。浸水深 2m 以上に曝露されるのは 15 機で、それらの総貯蔵能力 703 万 kL (同 約 43 %) となった。ここに示した津波浸水深曝露レベルが、直ちに被災を意味するわけではないが、東日本大震災の曝露レベルをはるかに上回る規模となる可能性を示唆するものである。

こうした曝露評価によって、任意の津波浸水レベルに曝される拠点施設・基幹施設の数量や規模を読み取ることができる。震度分布や津波浸水深分布に関して、地震発生後に即時推定情報や実情報が得られた場合には、拠点施設の即時の曝露評価によって、ライフライン被害・復旧予測モデルの推定更新に活用できる可能性も考えられる。

5. おわりに

東日本大震災においては、火力発電所、原子力発電所、ガス製造・貯蔵設備などのエネルギー関連施設の被災が、エネルギー供給力を大きく低下させ、長期的影響を及ぼすに至った。南海トラフ巨大地震に関して、エネルギー供給力低下やその影響波及の定量的予測を行うには、揺れや津波外力に対する各施設のフランジリティ関数や復旧期間を導入する必要である。被災実績に基づく「産業構造審議会保安分科会電力安全小委員会 電気設備自然災害等対策ワーキンググループ 中間報告書」¹¹⁾などを参考に、今後さらに検討を進める必要があろう。

本研究で得られた基礎資料は、その端緒として位置づけられる。震度・津波浸水深の曝露レベルとしては、わが国全体における高いシェアに及ぶことから、エネルギー関連施設の強震動・津波対策を促進することが急務である。また、エネルギー供給の全国的な融通体制の構築や、被災地からの遠隔地におけるバックアップ体制の強化、代替手段の確保等について、検討を進めておくことが必要と考えられる。

謝辞

本研究の実施にあたって、文部科学省「都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクト（2012～2016 年度）③都市災害における災害対応能力の向上方策に関する調査・研究」（代表：林春男 京都大学防災研究所教授）の補助を得た。記して謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 能島暢呂・加藤 宏紀：南海トラフ巨大地震の震度曝露評価，地域安全学会梗概集，No.32，2013.5，pp.11-14.
- 2) 能島暢呂・加藤 宏紀：南海トラフ巨大地震によるエネルギー関連施設の曝露評価，第 14 回日本地震工学シンポジウム，2014.12，pp.267-274.
- 3) 南海トラフの巨大地震モデル検討会：(第二次報告) 強震断層モデル編 - 強震断層モデルと震度分布について -，2012.8.29.
http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai_trough/pdf/20120829_2nd_report05.pdf
- 4) 南海トラフの巨大地震モデル検討会：(第二次報告) 津波断層モデル編 - 津波断層モデルと津波高・浸水域等について -，2012.8.29.
http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai_trough/pdf/20120829_2nd_report01.pdf
- 5) 能島暢呂・加藤宏紀：供給系ライフラインの地震時機能評価

モデルの改良と再検証－東日本大震災を対象とした都道府県別評価－，第5回相互連携を考慮したライフライン減災対策に関するシンポジウム，(社)土木学会地震工学委員会，相互連携を考慮したライフライン減災対策に関する研究小委員会，2013.12，pp.94-104.

- 6) Nojima, N. and Kato, H., "Modification and Validation of an Assessment Model of Post-Earthquake Lifeline Serviceability Based on the Great East Japan Earthquake Disaster," Journal of Disaster Research, Vol.9, No.2, 2014, pp.108-120.
- 7) 国土交通省国土政策局国情情報課：国土数値情報ダウンロードサービス，<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>
- 8) Wikipedia：日本のLNG基地一覧，<http://ja.wikipedia.org/>
- 9) Google マップ：<http://maps.google.co.jp/>
- 10) Google Earth：<http://www.google.co.jp/intl/ja/earth/index.html>
- 11) 産業構造審議会：保安分科会：電力安全小委員会：電気設備自然災害等対策ワーキンググループ 中間報告書，2014.6，pp.1-48.