

泊発電所の外部電源の信頼性確保に係る開閉所等の  
地震対策について（報告）

平成23年7月

北海道電力株式会社

## 目 次

1. はじめに .....	1
2. 指示事項 .....	1
3. 東北地方太平洋沖地震による福島第一原子力発電所の設備損壊状況と地震観測記録について .....	1
4. 当社の影響評価対象設備について .....	1
5. 開閉所等の影響評価手法 .....	2
6. 評価結果 .....	3
7. 今後の対応について .....	4

## 1. はじめに

本書は、平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震による揺れで、福島第一原子力発電所内の開閉所における空気遮断器等に損傷が発生したことを受け、平成23年6月7日に発出された経済産業省原子力安全・保安院指示文書「原子力発電所等の外部電源の信頼性確保に係る開閉所等の地震対策について(指示)」(平成23・06・07 原院第1号)に基づき、当社泊発電所における開閉所等の電気設備が機能不全となる倒壊、損傷等が発生する可能性についての影響評価等について、その検討結果を報告するものである。

## 2. 指示事項

上記平成23年6月7日付け経済産業省原子力安全・保安院指示文書での指示事項は以下のとおりである。

- (1) 平成23年東北地方太平洋沖地震により東京電力株式会社福島第一原子力発電所において観測された地震観測記録の分析結果を踏まえ、一般電気事業者等の原子力発電所等において開閉所等の電気設備が機能不全となる倒壊、損傷等が発生する可能性についての影響評価。

なお、この評価に当たっては、基準とする開閉所等に係る地表面における地震力を各原子力発電所等において設定し、電気設備に生ずる応力を解析により求め、当該電気設備の構造強度との比較により評価を行うこと。

- (2) 上記(1)項において機能不全となる倒壊、損傷等が発生する可能性があるとして評価された場合、当該設備に対する地震対策の策定。

## 3. 東北地方太平洋沖地震による福島第一原子力発電所の設備損壊状況と地震観測記録について

- (1) 東北地方太平洋沖地震による福島第一原子力発電所の設備損傷状況

平成23年3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震により、福島第一原子力発電所の開閉所において1号機用大熊線1号線受電用遮断器及び2号機用大熊線2号線受電用遮断器・断路器に被害が発生した。

- (2) 東北地方太平洋沖地震による福島第一原子力発電所の地震観測記録について

前述の遮断器等の設置箇所における加速度の観測記録はないものの、福島第一原子力発電所の原子炉建屋基礎版上でNS方向、EW方向、UD方向の最大加速度として、1号機では258～460Gal、2号機では302～550Galという数値が観測されている。また、自由地盤系地表面ではNS方向、EW方向、UD方向の最大加速度として、南地点では326～600Gal、北地点では239～699Galという数値が観測されている。

以上のことから、開閉所における遮断器等が損壊に至ったメカニズム等の細部に不明な点はあるものの、その損壊の事実を参考として、当社における同種機器について影響評価を行なった。

## 4. 当社の影響評価対象設備について

今回の福島第一原子力発電所1号機及び2号機の遮断器等の損壊を踏まえ、当社泊発電所においても、同様の開閉所設備について影響評価を行う(表1)。また、開

閉所設備で受電した後に電圧を変換する変圧器についても、大型機器であることから、地震による強い加震力を想定した場合に倒壊しないことについて同様に評価することとした（表2）。

表1 泊発電所の開閉所設備における影響評価対象設備について

発電所	号機	電圧階級	仕様
泊発電所	1・2号機共用	66kV	ガス絶縁開閉装置（GIS）
	1～3号機	275kV	ガス絶縁開閉装置（GIS）

表2 泊発電所の変圧器設備における影響評価対象設備<sup>\*</sup>について

プラント	設備	変圧器名称	電圧	
泊発電所	1号機	起動変圧器	280/6.9kV	
	1・2号機共用	予備変圧器	64.5/6.9kV	
	2号機	起動変圧器	280/6.9kV	
	3号機		主変圧器	275/21kV
			所内変圧器	21/6.9kV
			予備変圧器	280/6.9kV

<sup>\*</sup>外部電源受電に必要な変圧器を対象としている。

## 5. 開閉所等の影響評価手法

原子力発電所においては、開閉所設備と変圧器は耐震重要度上Cクラスであり、一般産業施設と同等の耐震安全性を保持すればよいものという位置づけである。しかし、今回福島第一原子力発電所で観測された地震波形の応答スペクトルにおいて、開閉所設備の共振周波数領域（0.5Hz～10Hz）の近辺に加速度ピークが確認されたことから、従来より、地震の応答スペクトルとそれに対する機器の共振も考慮している JEAG5003-2010「変電所等における電気設備の耐震設計指針」による耐震性評価を実施し、設計上の裕度（各部位の地震動による発生応力とその部位の許容応力の比率）を確認することとした。

### （1）開閉所設備

JEAG5003 では過去の大規模地震により得られた地震波形で機器を加振した場合と共振周波数の正弦波2波で機器を加振した場合の加速度応答倍率を比較した結果、過去の大規模地震の93%程度を包絡できること、地表面の地震力については加速度振幅  $3\text{m/s}^2 (=300\text{Gal})$  で過去の地震のほとんどを包絡できることから、入力地震動は、地表面での地震加速度振幅が  $3\text{m/s}^2$ 、機器共振周波数の正弦波2波（加速度応答倍率4.7倍）で評価することとした。実際の評価は入力点を地表面ではなく、機器下端とするため、更に基礎の加速度増倍率1.2及び鉛直加速度、接続導体の影響を考慮した不確定性1.1を考慮して、加速度応答倍率が1.3倍となるよう、機器下端での入力地震加速度が  $3\text{m/s}^2$ 、機器共振周波数の正弦波3波（加速度応答倍率  $4.7 \times 1.3 = 6.1$  倍）で評価を行っている。

一方、地表面に機器共振周波数の正弦波を3波入力した場合の加速度応答倍率であれば、過去の大規模地震により得られた地震動に基づく加速度応答倍率のほぼ全てを包絡できる。

### （2）変圧器設備

JEAG5003 では、静的  $5\text{m/s}^2 (=500\text{Gal})$  の加速度に対し倒壊しない（すなわち基

礎ボルト等がせん断しない) ことを評価している。

東北地方太平洋沖地震による福島第一原子力発電所の地震観測結果では、原子炉建屋基礎版上の最大加速度として、1号機では258～460Gal、2号機では302～550Gal、自由地盤系地表面では239～699Galだったものの、変圧器本体は固有振動数が高く地震と共振する可能性が小さいため、その応答も小さい。JEAG5003で設計されたものについては過去において地震被害がほとんどないことから、従来どおり静的5m/s<sup>2</sup>を評価に用いることとしている。

## 6. 評価結果

4項で抽出した泊発電所における開閉所設備、変圧器設備について、JEAG5003の手法による評価上の裕度を表3、4に示す。ここで、「評価部位」には裕度が最も小さい部位を記載している。

表3 泊発電所の開閉所設備に対する評価結果について

発電所	設備	電圧階級	仕様	裕度	評価部位
泊発電所	1・2号機共用	66kV	GIS	2.88	ブッシング・タンク架台部
	1～3号機	275kV	GIS	1.93	GIS支持架台部

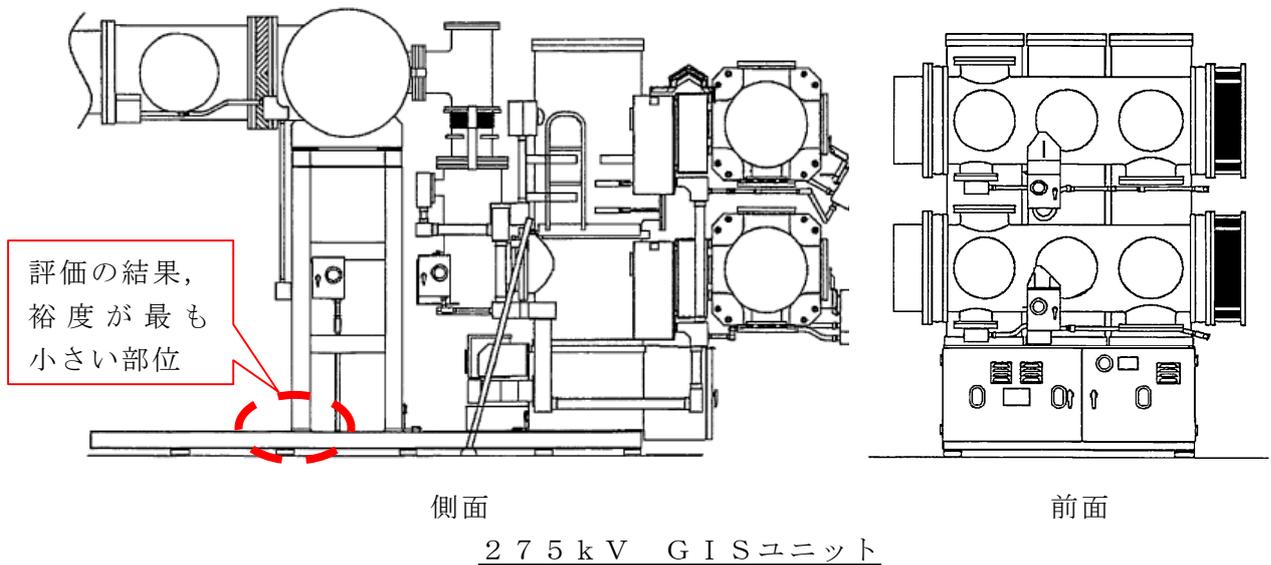
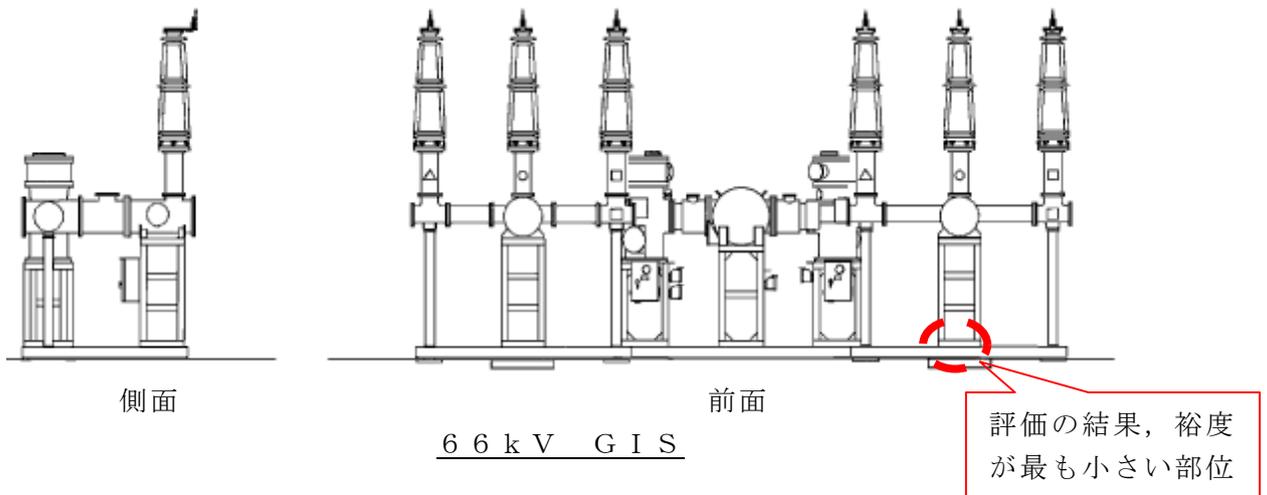
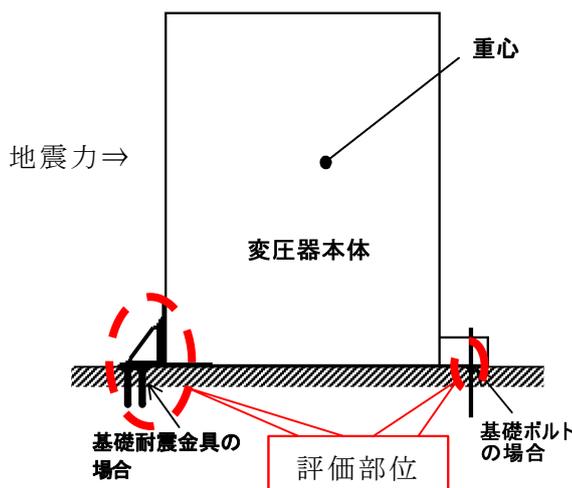


表4 泊発電所の変圧器設備に対する評価結果について

発電所	号機	変圧器名称	電圧	裕度	評価部位
泊発電所	1号機	起動変圧器	280/6.9kV	2.32	基礎耐震金具部
	1・2号機共用	予備変圧器	64.5/6.9kV	4.04	基礎ボルト
	2号機	起動変圧器	280/6.9kV	2.32	基礎耐震金具部
	3号機	主変圧器／ 所内変圧器※	275/21kV	1.82	基礎耐震金具部
21/6.9kV					
		予備変圧器	280/6.9kV	7.94	基礎耐震金具部

※3号機主変圧器，所内変圧器は一体型である。



変圧器評価の概念図

開閉所設備については、5（1）項で述べたとおり地表面からの共振周波数の正弦波3波入力による加速度応答倍率6.1が過去の地震データをほぼ包絡していることを踏まえ、上記の地表面からの共振周波数の正弦波2波入力（加速度応答倍率4.7）に相当する評価結果において、裕度が加速度応答倍率の比（ $6.1/4.7=$ ）1.3以上であれば、過去の大規模地震を考慮しても機能不全となる倒壊、損傷等が発生する可能性は低いものと見なすことができる。また、変圧器については5（2）項で述べたとおり、固有振動数を外れていることなどから、裕度が1.0以上であれば、機能不全となる倒壊の可能性は低いものと見なすことができる。

以上のとおり、泊発電所開閉所設備及び変圧器設備については、いずれも裕度が上記の値を上回っていることから、機能不全となる倒壊、損傷等が発生する可能性は低いものとする。

## 7. 今後の対応について

今回、開閉所設備と変圧器については、JEAG5003の手法にて評価した。

しかし、今回の福島第一原子力発電所の1号機、2号機における遮断器等の損傷については、その応答スペクトルと損傷モード等、不明な点もあり、今後も東京電力においてその詳細評価が行われると聞いている。

今後、その評価結果に基づく新たな知見の反映可否を含めて、検討を実施し別途最終報告することとしたい。

以上