

## 米国情報「電源系統の設計における脆弱性」 に係る報告書の提出について

2013年12月24日

当社は、2013年10月24日に原子力規制委員会から発出された指示文書<sup>※1</sup>に基づき、浜岡原子力発電所の電源系統の設計における脆弱性を調査し、本日、原子力規制委員会に報告しましたのでお知らせします。

### <原子力規制委員会からの指示の内容>

米国原子力規制委員会による情報「電源系統の設計における脆弱性」(Bulletin 2012-01)に記載された1相開放故障<sup>※2</sup>に係る事象<sup>※3</sup>について、発電用原子炉設置者に対し、下記のとおり、平成25年12月24日までに当委員会へ報告するよう求めることとする。

1. 外部電源系に1相開放故障が発生した場合の検知の可否及び検知後の対応について、報告すること。
2. 外部電源系における1相開放故障の状態が検知されない場合、発生すると予想される状態及び安全上の問題について、報告すること。

なお、当該報告には、電源系の設備構成及び負荷の状態についての説明を含めること。

### 主な報告の内容

#### 1-1. 1相開放故障が発生した場合の検知の可否について

所内電源系の非常用高圧母線には低電圧を検知する継電器が設置しており、1相開放故障により電圧が低下した場合、当該継電器の動作により検知できます。

しかしながら、所内の負荷状態によっては非常用高圧母線の電圧がほとんど低下しない場合があります。この場合は継電器が動作せず、1相開放故障が検知できません。

#### 1-2. 1相開放故障の状態を検知した場合の対応について

1相開放故障となっている電源の遮断器を開放し、所内電源系から切り離します。この際、必要に応じて非常用ディーゼル発電機の起動や原子炉の停止等の措置をとります。

#### 2. 1相開放故障の状態が検知されない場合、発生すると予想される状態及び安全上の問題について

1相開放故障となっている電源から受電している所内電源系母線の電圧が不平衡となり、電動機の異音や振動、制御回路の不調、照明のちらつき等が発生する可能性があります。

また、当該電源から受電している母線に非常用高圧母線が含まれる場合は、起動した非常用機器が自動停止する可能性があります。

1相開放故障が生じた際にこのようなプラント挙動を示すことについて、運転員へ周知を行っており、1相開放故障状態の電源を遮断し、健全な電源への切り替えを行うなどの適切な対応を取ることができます。

今後も、日々の運転員による巡視点検や定期的な機器の点検を実施することで、1相開放故障発生リスクの低減に努めると共に、必要に応じて追加の対策の要否を検討して参ります。

添付資料: 浜岡原子力発電所 電源系統の設計における脆弱性の調査結果について

※1 指示文書は、「米国情報『電源系統の設計における脆弱性』に係る報告の指示について(原規技発第1310091号)」を指します。

※2 3つの相で供給される交流電力のうちの1相が断線、開放することにより、正常な電力供給ができなくなる故障のことです。

※3 2012年1月30日、定格出力運転中の米国Byron2号機において発生した事象で、外部電源の1相開放故障が検知されなかった結果、当該外部電源から受電している所内電源系母線の各相の電圧が不平衡となり、原子炉が自動停止し、起動した安全系補機類が自動停止しました。

その後、運転員が1相開放故障状態に気づき、外部電源の遮断器を動作させることにより、自動起動した非常用ディーゼル発電機にて電源を回復しています。

以上

1. 概要

当社は、2013年10月24日に原子力規制委員会から発出された指示文書「米国情報『電源系統の設計における脆弱性』に係る報告の指示について(原規技発第1310091号)」に基づき、浜岡原子力発電所の電源系統の設計における脆弱性の調査を行いました。対象は、安全性確保の観点から非常用高圧母線としています。

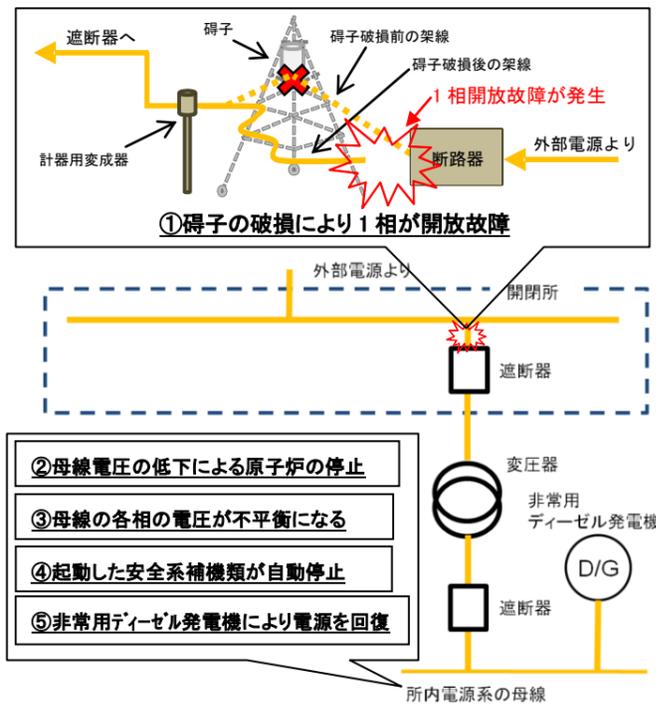
調査の結果、米国 Byron 2 号機と同様 1 相開放故障<sup>\*1</sup>が発生した場合はそれが検知できない可能性があるものの、1 相開放状態の電源を遮断し、健全な電源への切り替えを行うなどの適切な対応を取ることができることを確認しました。

2. 米国 Byron2 号機の事象の概要

2012年1月30日、定格出力運転中の米国 Byron2 号機において、開閉所の碍子の破損による外部電源の 1 相開放故障が発生し、原子炉の停止や安全系補機類の停止等を引き起こしました。

本事象の進展は以下の通りです。

- ①架線の碍子の破損により、3 相交流電源のうち 1 相が開放故障。
- ②所内電源系のうち、当該外部電源から受電している母線の電圧が低下し、原子炉が自動停止。
- ③1 相開放故障が検知されなかったため、当該外部電源への接続が維持され、各相の電圧が不平衡となる。
- ④原子炉自動停止後に起動した安全系補機類が、電圧不平衡により過電流となり自動停止。
- ⑤運転員が 1 相開放故障状態に気付き、外部電源の遮断器を手動で動作させたことにより外部電源から母線が開放され、非常用ディーゼル発電機が自動起動し、電源を回復。



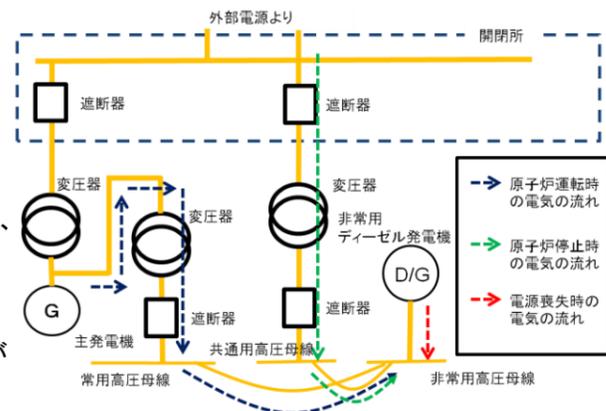
3. 浜岡原子力発電所の電源系設備の概要

(1) 3, 4 号機の電源系設備

3, 4 号機の電源系設備の概要<sup>\*2</sup> および非常用高圧母線への電気の流れを右に示します。

非常用高圧母線の負荷には安全性確保に必要な機器があり、原子炉運転時は主発電機から変圧器を通して給電され、原子炉停止時は開閉所から変圧器を通して給電されます。

また、上記電源を喪失した場合は、非常用ディーゼル発電機が自動起動し、電源を回復<sup>\*3</sup>します。

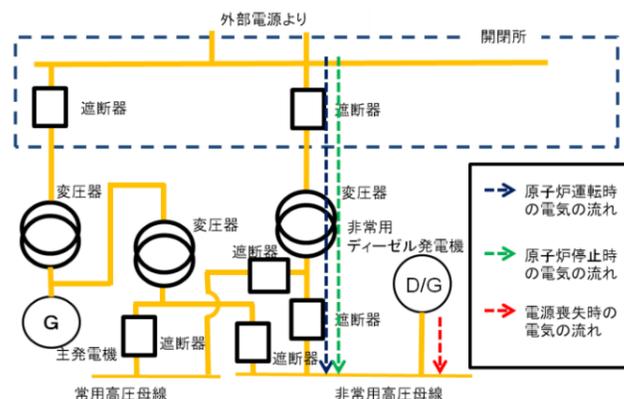


(2) 5 号機の電源系設備

5 号機の電源系設備の概要<sup>\*2</sup> および非常用高圧母線への電気の流れを右に示します。

5 号機の非常用高圧母線は、3, 4 号機と違い、原子炉停止中だけでなく、原子炉運転中も開閉所から変圧器を通して給電されます。

また、上記電源を喪失した場合は、主発電機から変圧器を通して給電されるか、または非常用ディーゼル発電機が自動起動し、電源を回復<sup>\*3</sup>します。



(3) 1 相開放故障の発生想定箇所

浜岡原子力発電所の電源経路は、外部電源である送電線を除き、接地された筐体に収納されている導体や、ケーブルのように導体の外に接地された層があるもの等で構成していることから、1 相開放故障が発生した場合は開放箇所が接地箇所に触れることで地絡状態となり、地絡を検知する継電器で検知できると考えられます。

また、送電線は複数あるため、1 相開放故障が発電所に波及する可能性は低いと考えられます。

しかしながら、変圧器より開閉所側にある遮断器や断路器については 3 相が機械的に運動しないものがあり、当該箇所において、何らかの原因による機器の不具合により、偶発的に 1 相のみが開放される可能性を否定できないため、1 相開放故障の発生想定箇所を変圧器より開閉所側に設定しています。

4. 1 相開放故障が発生した場合の検知の可否について

所内電源系の非常用高圧母線には低電圧を検知する継電器が設置してあり、1 相開放故障により電圧が低下した場合、当該継電器の動作により検知できます。

しかしながら、所内の負荷状態によっては非常用高圧母線の電圧がほとんど低下しない場合があり、この場合は継電器が動作せず、1 相開放故障が検知できません。

5. 1 相開放故障を検知した場合の対応

浜岡原子力発電所で 1 相開放故障が発生し、それが検知できた場合、1 相開放故障となっている電源の遮断器を開放し、所内電源系から切り離します。

この際、非常用高圧母線の受電状態によっては遮断器の開放に伴って非常用高圧母線が一時的に停電しますが、非常用ディーゼル発電機から電源が供給されるため、1 相開放故障の発生により事象が拡大することはありません。

6. 1 相開放故障の状態が検知されない場合、発生すると予想される状態および安全上の問題

浜岡原子力発電所で 1 相開放故障が発生し、かつそれが検知できなかった場合は、当該電源から受電している所内電源系母線の各相の電圧が不平衡となり、電動機の異音や振動、制御回路の不調、照明のちらつき等が発生する可能性があります。

また、当該電源から受電している母線に非常用高圧母線が含まれる場合は、起動した非常用機器が自動停止する可能性があります。

浜岡原子力発電所における 1 相開放故障は、多くの場合地絡を伴うと考えられますが、仮に 1 相開放故障が地絡を伴わず、かつ検知できずに非常用高圧母線に影響が生じた際、上記のようなプラント挙動を示すことについて、運転員へ周知を行っており、1 相開放状態の電源を遮断し、健全な電源への切り替えを行うなどの適切な対応を取ることができます。

今後も、日々の運転員による巡視点検や定期的な機器の点検を実施することで、1 相開放故障発生リスク低減に努めると共に、必要に応じて追加の対策の可否を検討して参ります。

以上

※1 3つの相で供給される交流電力のうち1相が断線、開放することにより、正常な電力供給ができなくなる故障のことです。

※2 電源系設備の概要図は、実機の設備構成を簡略化したものであり、母線や非常用ディーゼル発電機の設置数等、実機とは異なる部分があります。また、電気の流れについても簡略化しているため、プラントの状態によっては概略図と異なる場合があります。

※3 非常用ディーゼル発電機の他に、バックアップとしてガスタービン発電機の設置や電源車の配備等を進めています。