

# Palo Verde 発電所と Diablo Canyon 発電所の FLEX 機器に関する事例調査

## Survey of Palo Verde Nuclear Power Plant and Diablo Canyon Nuclear Power Plant

日本エヌ・ユー・エス株式会社 大久保 友輝夫 Yukio OHKUBO Member

One of the primary lessons learned from the accident at Fukushima Dai-ichi was the significance of the challenge presented by a loss of safety related systems following the occurrence of a beyond-design-basis external event. In the case of Fukushima Dai-ichi, the extended loss of alternating current power (ELAP) condition caused by the tsunami led to loss of core cooling and a significant challenge to containment. NRC and NEI made an approach for adding diverse and flexible mitigation strategies-or FLEX- that will increase defense-in-depth for beyond design basis beyond-design-basis scenarios to address an ELAP and loss of normal access to the ultimate heat sink (LUHS) occurring simultaneously at all units on a site. We visit to Palo Verde Nuclear Power Plant and Diablo Canyon Nuclear Power Plant so that we learn FLEX strategy in US.

**Keywords:** FLEX, flexible mitigation strategy, beyond design basis,

### 1. 序

福島第一原子力発電所の事故を受け、想定外の事象に対する対策の重要性が周知された。米国では、このような想定外の事象が生じた際に、炉心を冷却したり、格納容器を守ったりすることを目的に、FLEX 機器と総称される機器を用いた戦略を立てた。

福島事故後、米国原子力規制機関 (NRC) は、EA-12-049 「設計基準を超える外部事象に対する緩和戦略に関する命令」を 2012 年 3 月に発行した。これを受け、米国産業界組織である原子力エネルギー協会 (NEI) は、NEI12-06 「多様性かつ柔軟性を有する影響緩和戦略 (FLEX) 実施ガイド」を作成し、これを NRC がエンドースした。

このように先行して FLEX 機器を運用している米国に対し事例調査を実施することにより、日本の FLEX 戦略の発展に役立てる。この事例調査の一環として、米国原子力発電所の Palo Verde 発電所と Diablo Canyon 発電所を訪問し、FLEX 機器の導入経緯から設計、運用、訓練、メンテナンスに関する情報を入手するだけでなく、実際に FLEX 機器を視察した。

以下に、具体的な調査内容を報告する。

### 2. Palo Verde 発電所の FLEX 戦略

Palo Verde 発電所は、米国南西部のアリゾナ州にあり、アリゾナ・パブリック・サービス社 (APS 社) が運営している (図 1 参照)。発電所内には、CE 社製の PWR が 3 基あり、何れも出力 142.8 万 kW である。また本発電所は、砂漠内にあるため、グレーウォーターと呼ばれる下水の一種を水処理したものを冷却水として用いている。

米国内では、FLEX 戦略は NEI12-06 のガイダンスに基づき作成することとなっている。FLEX 戦略の第一歩として、各発電所で発生する外部事象を選定する必要があるが、Palo Verde 発電所では、地震、洪水 (局所的な雨のみ)、極度の熱を FLEX 戦略に考慮すべき外部事象として選定した。

外部事象の選定後に、その外部事象に起因する想定事故シナリオを検討し、そのシナリオに対する FLEX 戦略を立案する。FLEX 戦略は、ステップ 1 から 3 に分かれています。ステップ 1 は既存設備での対応、ステップ 2 はサイト内の可搬式設備での対応、ステップ 3 は SAFER から輸送される可搬式設備での対応となっている。本発電所では、ステップ 1 では、5 分以内にタービン動補助給水ポンプの起動、バッテリーを長持ちさせるための不要負荷の切離し等を行う戦略となっている。

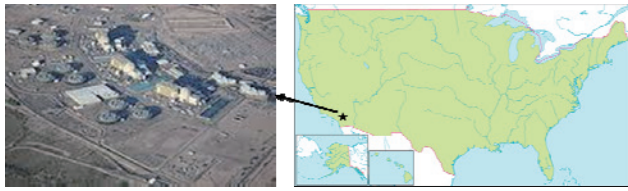


図1 Palo Verde 発電所

また、FLEX 機器を用いた緩和戦略の事例紹介として、FLEX 機器である蒸気発生器 (SG) 給水ポンプ (図 2) を用いた SG 給水経路の確保に関する説明を受けた。図 3 に示す通り、既設の SG 給水系統に加えて、FLEX 機器を用いた SG 給水系統を作り、系統の多重化を実現している。



図2 FLEX 機器のうち SG 給水ポンプ

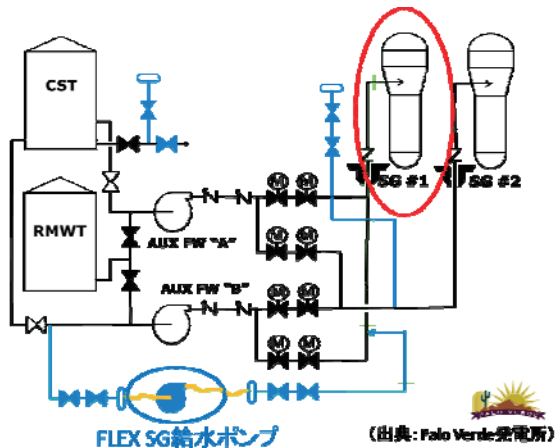


図3 FLEX 機器の運用例 その1

さらに FLEX 機器であるポンプを用いた運用例の紹介を受けた。有事に使用済み燃料プール (SFP) に注水する場合、復水貯蔵タンク (CST) を水源として用いるため、CST メンテナンス時はその注水系統を利用できない。そこで本発電所では、CST メンテナンス時に、FLEX ポンプを用いて純水タンク (DWST) から SFP にスプレイする系統をつくり、SFP への水源を確保した (図 4 参照)。

本手法は数年前に実際に実施し、FLEX 機器の優れた使用例として NEI より表彰を受けた。

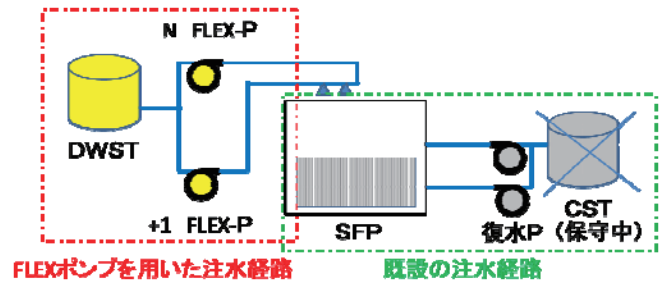


図4 FLEX 機器の運用例 その2

### 3. Diablo Canyon 発電所の FLEX 戦略

Diablo Canyon 発電所は、米国カリフォルニア州にあり、パシフィック・ガス・アンド・エレクトリック社が運営している (図 5 参照)。発電所内には、WH 製の PWR が 2 基あり、それぞれ出力は 117.4 万 kW、117.0 万 kW である。また本発電所は海岸に隣接しており、そのため最終ヒートシンクは海水である。



図5 Diablo Canyon 発電所

本発電所でも他発電所と同様に、NEI12-06 のガイダンスに基づき FLEX 戦略を作成している。Diablo Canyon 発電所では、外部事象として地震、洪水、極度の熱を想定しており、これらの事象に対する想定事故シナリオを全交流電源喪失+最終ヒートシンク喪失とした。FLEX 戦略ステップ 1 では、復水貯蔵タンク (CST) を水源としたタービン動補助給水ポンプによる給水、ステップ 2 では、発電所の高台に設置した淡水貯水池 (250 万ガロン) を水源として、FLEX 機器を用いた緩和戦略を立てた。FLEX 機器の一例を図 6、7 に示す。各種ポンプ、電源に加えて、モバイル通信センター、ガレキ除去機等が FLEX 機器として発電所内に確保されている。



図6 Diablo Canyon 発電所 FLEX 機器その1



図7 Diablo Canyon 発電所 FLEX 機器その2

FLEX 機器の保守は、NEI12-06 と EPRI 作成の FLEX 設備用予防保全テンプレート (EPRI 報告書 3002000623) に基づき実施している。本発電所では、1 ヶ月ごとに全 FLEX 機器に対してウォークダウンを実施、主要設備に対しては、1 年毎に動作確認、3 年毎に性能試験を実施しているが、分解点検はこれらに含まれていない。

#### 4. まとめ

米国 FLEX 機器の事例調査として、Palo Verde 発電所と Diablo Canyon 発電所の運用例を調査した。米国では、事業者だけでなく NRC を含む米国全体で、共通の目的である安全性向上に向けて FLEX 戦略をまとめあげ、これを運用していた。