

## 非常用ディーゼル発電機の 24 時間連続運転試験に関する 事業者の対応方針に関する聴取結果

令和 5 年 11 月 30 日  
技 術 基 盤 課

### 1. はじめに

第 43 回技術情報検討会<sup>1</sup>において、海外のトラブル事例を取り上げた際、日本では非常用ディーゼル発電機（以下「EDG」という。）の長時間の実運転試験を実施していないがそれでよいか、との問題提起があった。

本件に対し事業者は、現状のメンテナンスにより EDG の健全性は確保できているが、長時間運転に関する実績は必ずしも多くないため、現状のメンテナンスの妥当性の確認及び運転実績の蓄積を目的に、24 時間連続運転試験を自主的に実施するとした<sup>2</sup>。

事業者が複数の EDG について実施した 24 時間連続運転試験の結果を踏まえ、本件に対する考え方を原子力エネルギー協議会（以下「ATENA」という。）が整理した考え方を、第 59 回技術情報検討会<sup>3</sup>において報告した。概要は以下のとおり。

- 24 時間運転中の各パラメータについて異常は確認されなかったことから、定期検査ごとの 24 時間運転は不要と考える。
- 今後、EDG の 24 時間運転に起因する新たな劣化モードや新知見が確認された場合等には、24 時間運転の実施について検討する。
- 定期検査時の EDG 試運転等において、長時間運転（各部の温度が安定状態になった後、3～8 時間連続運転）を、機関点検が一巡（8～10 定検相当）ごとに各社抜き取りで 1 台以上実施し、継続して運転実績を蓄積する。

同技術情報検討会においては、上記に加え、原子力規制庁（以下「NRA」という。）から、国際的な調査<sup>4</sup>の結果、全ての EDG について 24 時間以上の連続運転試験を実施することが主流であることを報告の上で議論した。主な意見は以下のとおり。

- 技術的な根拠があれば、必ずしも国外と同様に運転試験を実施する必要はない。
- 国内で 24 時間運転したところ、17 台中 2 台にトラブルが発生した。実際に事故が起きた場合は、24 時間で収束するとは限らない。したがって、

<sup>1</sup> 令和 2 年 10 月 29 日

<sup>2</sup> 第 45 回技術情報検討会（令和 3 年 4 月 14 日）

<sup>3</sup> 令和 5 年 5 月 25 日

<sup>4</sup> Organisation for Economic Co-operation and Development, Nuclear Energy Agency, Committee on the Safety of Nuclear Installations, Working Group on Electrical Power Systems においてアンケート調査を実施

ATENA の対応策でいいとは思えない。

- 日本では頻繁にサーバランスや分解点検を実施している。他国では点検の考え方が違っている可能性がある。

これらのやりとりを ATENA に伝えた上で、今般、改めて ATENA から公開会合にて意見を聴取した<sup>5</sup>ことから、その結果を報告する。

## 2. ATENA からの説明の概要（詳細は参考参照）

### 2. 1 24 時間運転の試験結果

- 試験を実施した 15 台については各パラメータで異常は確認されず良好な結果となった。
- また、試験中に 2 台の EDG（浜岡 5(A) 及び柏崎刈羽 6(A)）で不具合が発生し試験を中断しているが、電源供給機能に影響しない事象であり、運転継続可能であったことを確認した。
- 不具合が発生した 2 台の再試験については、問題なく完了した。

### 2. 2 海外における 24 時間運転の取組状況

- 米国 NEI<sup>6</sup>を通じて、米国等の海外事業者の 24 時間運転に対する取組み状況の実態調査を行ったところ、「24 時間」の明確な技術的根拠は確認できなかった。また、プラントによっては 24 時間ではなく 8 時間運転を採用していた。
- 海外では、以下の効果も期待して 24 時間運転を実施していた。
  - EDG が介入なしで安定した状態を維持できることの確認
  - 大量の燃料が使用されるとき燃料使用量の検証等

### 2. 3 保守管理の方法・頻度の違いについて

#### (1) 日米における保全計画と保全内容の比較（点検内容・点検頻度）

- 国内では時間基準保全を選定し、劣化、故障モード等を考慮した点検内容・頻度を定めている。また、点検後は試運転（負荷試験）を行い、系統全体の健全性を確認している。
- 米国では多くの発電所が状態監視保全を選定し、運転中もしくは停止中に、分解点検が必要な部位、頻度を見極めながら点検を実施（シリンダ開放はサンプル点検）している。

#### (2) 国内 EDG における保守管理

- 定期検査時に分解点検を実施し、分解点検後の試運転により機器の健全性を確認している。
- プラント運転中は、以下のとおり定期試験を実施

<sup>5</sup> 第 2 4 回新規規制要件に関する事業者意見の聴取に係る会合（令和 5 年 1 1 月 6 日）

<sup>6</sup> Nuclear Energy Institute

実施頻度	1回／月
試験内容	・ EDG を起動し、負荷運転 <sup>7</sup> を行い、運転状態を確認する。 ・ 試験時間は約 1～2 時間

## 2. 4 保全の組み合わせと故障検知の考え方

- 8 時間を超える運転領域は、以下の理由により健全性確認は必要ない。
  - 連続運転時間増加に伴う部品の摩耗や、消耗品の劣化が進展する領域
  - 国内 EDG はこれまでの運転知見から、想定される劣化モードに対し連続運転も考慮のうえ、あらかじめ定めた時期に保守点検を実施

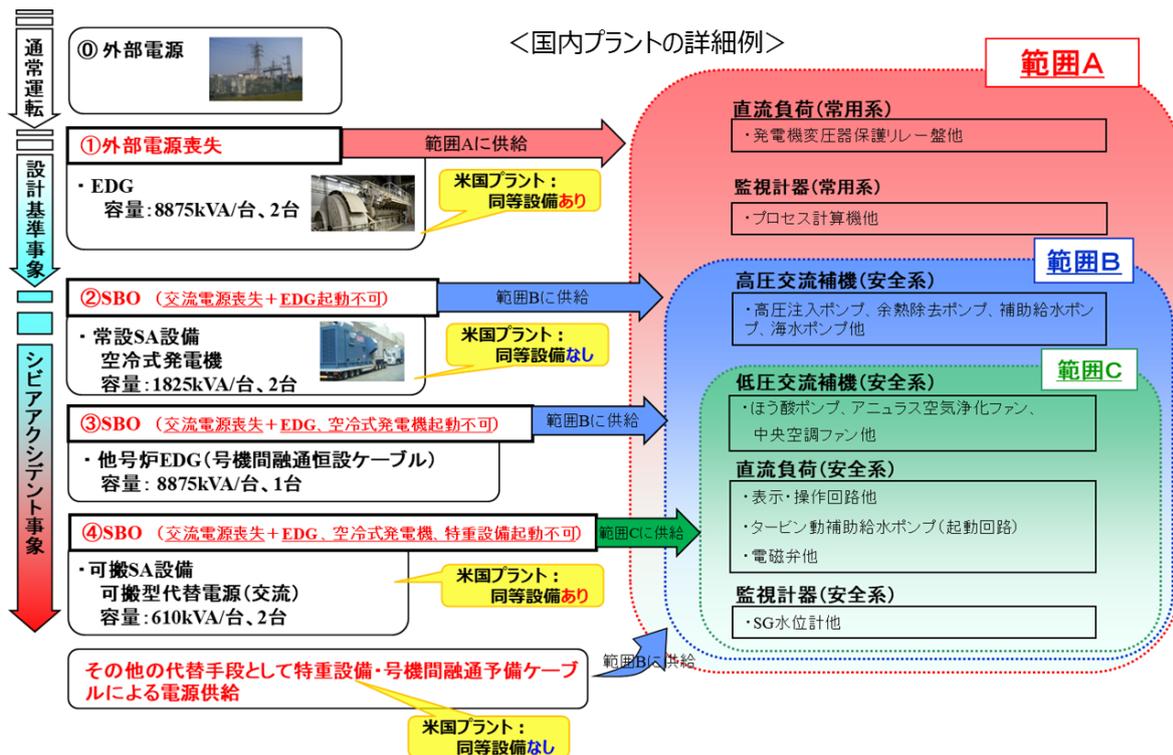
## 2. 5 プラントメーカー及び機関メーカーの見解

- EDG は、船用、発電用等の常用機関として一般産業用で実績のあるディーゼル機関を採用しており、点検、整備を前提に長時間の運転ができるように設計されている。
- 非常用発電としての最低保守期間である 1 年に対して、3～8 時間の運転で確認すれば、機関の各部品に許容される範囲内で連続運転ができる。
- 以下の理由から、3～8 時間の連続運転で問題がなければ、それ以上の時間の連続運転は不要と考える。
  - 納入前に同型のテストエンジンで 200 時間連続運転等の複数の試験を実施し、信頼性を確認している。
  - 経年劣化する部品は予防保全の観点から適切に取替えている。
  - 機関各部の温度が安定した状態となれば、基本的にはそれ以降の機関の運転状態に変動はない。

## 2. 6 電源の多重性、設備構成（国内・外の差異）

- 新規制基準において、国内の非常用交流電源設備は、EDG だけでなく他の交流電源設備も備えている。（詳細は以下のとおり。）
- 設置許可基準、技術基準により、EDG と EDG 以外の非常用電源は可能な限り、多重性又は多様性・独立性・位置的分散を図る要求があり、満足するように設計・製作されている。

<sup>7</sup> 段階的に出力を上昇させ定格出力状態とする



## 2. 7 過去に発生した国内外の EDG トラブル事象について

- 過去に発生した国内外の EDG トラブル情報 (WANO データベース) 1,156 件について分析した結果、EDG 運転中又は待機中に発生したトラブルは約 470 件、8 時間～24 時間で 14 件のトラブル事象が確認された。
- 8 時間運転を実施することで、大半のトラブル件数がカバーできることを確認した。

## 2. 8 今後の対応方針

- EDG の信頼性は、「点検計画 (分解点検含む)」と「機能確認・試運転」の組み合わせにより維持・管理しており、機能要求 (有事の際は 7 日間) に対して連続運転が可能な状態である。機能確認・試運転の運転時間延長によって、EDG の信頼性向上に直接的に繋がるものではない。
- 現在の国内 EDG の信頼性は十分に確保されていると考えているが、米国においては、24 時間運転データを活用した状態監視保全を行っていることから、保全プログラムにおいて 8 時間以上の運転を追加し、そのデータを蓄積することで、今後の「保守管理」に活かしていく。

### ＜実施内容＞

運転時間	8 時間連続運転 (定格 100%になった後)
実施頻度	至近の保全サイクル (稼働プラントについては直近の定検完了目途) で 1 回
実施台数	サイト毎で、同一仕様かつ同一保全プログラム毎に 1 台 (機能要求のある DG)

- なお、各社 24 時間運転を試験的に実施することで計画中。
- 実施状況及び評価結果は ATENA から NRA へ報告する。

### 3. ATENA からの聴取概要（詳細は別紙参照）

#### 3. 1 24 時間運転の試験結果

NRAから、東日本大震災の発生時に、東京電力福島第一原子力発電所6号機等で長時間の運転の実績があるが、それに対する評価や検証はしたか、また、EDG設備としては、屋外の軽油タンクから配管、バルブ、移送ポンプ、タンク、機関本体というシステムになっているが、システムとしての検証は考えているのか質問した。

ATENAから、データを見直して検討したいとの発言があった。

#### 3. 2 海外における 24 時間運転の取組状況

NRAから、米国では、IEEE<sup>8</sup>の1995年版は8時間を規定しているものの、事業者は24時間実施しているとあるが、この理由を把握しているか質問した。

ATENAから、IEEEは長い間、8時間と規定していたが、NRCはRG 1.9<sup>9</sup>において24時間としている。事業者は8時間でよいと思っているが、24時間運転してデータを集めているところもある。最終的にはIEEEも24時間に変えているので、これにあわせて自主的に24時間に変更した事業者もある。もともと、NRCから8時間を超えたところで出ている不具合があるとのコメントを受けて今に至っている等、事業者によっていろいろな見解があったが、技術的な理由は見出せなかったとの説明があった。

#### 3. 3 プラントメーカー及び機関メーカーの見解

NRAから、「最短の保守間隔である約1年に対して、3～8時間の運転で確認しておけば、機関の各部品に許容される範囲内で連続運転ができる」とあるが、「連続運転ができる」の意味は何かと質問した。

ATENAから、異常な兆候を示さないで、正常な範囲で運転できるという意味である。例えば、燃料噴射弁は2,000時間で交換しておけば、パラメータとして見ている排ガス温度が異常な温度を示さず適正な圧力となり、連続運転が可能となるとの説明があった。

#### 3. 4 電源の多重性、設備構成

NRAから、仮にEDGが故障したとしても、日本の場合はSA機器があるので、炉心損傷に至ることはないということかと質問した。

ATENAから、日本は多重性を持った設備構成になっており、海外と比べても、見劣りするものではない。EDGは容量が大きく、また、DB設備であるので高い信

<sup>8</sup> IEEE387 Standard Criteria for Diesel-Generator Units Applied as Standby Power Supplies for Nuclear Power Generating Stations

<sup>9</sup> Regulatory guide 1.9 Application and testing of safety-related diesel generators in nuclear power plants

頼性が必要というのは当然のことだが、EDG2台だけで、安全が守られているわけではないとの説明があった。

### 3. 5 過去に発生した国内外の EDG トラブル事象

NRAから、国内外のトラブル情報14件のうち8件は累積の運転時間に依存するとあり、長時間運転した方がトラブルは見つかるということがあると思うがどうかと質問した。

ATENAから、この8件については、年単位で長い期間かけて壊れるようなものであり、必ずしも24時間をやったことによって出てくるものでもないとの説明があった。

### 3. 6 今後の対応方針

NRAから、4月に説明を受けた際の資料に比べて、前向きな計画になったと思う、ATENAの中で、どのような議論があって変更されたのか、特に、各社24時間を試験的に実施することを計画中とした点、及び稼働プラントについては直近の定検完了目途で試験を実施するとした点について説明してほしい旨質問した。

ATENAから、以下の説明があった。

- 当初、3～8時間の連続運転を各社設定して実施すればよいとしていたが、国内外も含めてトラブル情報の分析をした結果、8時間の連続運転をすることで、EDGに発生するトラブルの大半が確認できるということが分かり、今後データを分析する上でも有効と考えた。
- 当初、定期的に少し長い目で試験を実施するというので、8～10定検に1回としていたが、データを早く蓄積して、評価をし、結論を出したいと思い、稼働プラントについては、直近の定検完了を目途とした。
- 24時間運転を実施していないDGを対象に、システム全体として不具合がないのか等を見出すこと、この何年間かで安全対策工事を行っており、EDGのシステム以外の建屋の貫通部等を変更しているのので、総合的に考えたときに、当初の目的どおりの機能を発揮できるのかを確認する。

## 4. 今後の対応

EDGの24時間連続運転試験の結果及び産業界の考え方について、ATENAから、公開で説明を受けた。ATENAは、「24時間」の明確な技術的根拠については確認できなかったとし、EDGの信頼性は「点検計画」と「機能確認・試運転」の組み合わせにより維持・管理しており、機能要求を満足することが可能としている。その上で、ATENAは、日本では長時間の運転実績が多くないため、データを蓄積しシステム全体としての保守管理を検討する目的で、メーカーの見解<sup>10</sup>等を踏まえ、至近の保全サイクルにおいて、8時間連続運転を、サイト毎で、同一仕様かつ同一保全プログラム毎に1台実施するとの方針を示した。また、初回の試験については、各社24時間を計画しており、実施状況及び評価結果はATENAからNRAへ報告するとの対応方

<sup>10</sup> 3～8時間の運転で確認すれば、機関の各部品に許容される範囲内で連続運転ができる。

針が示された。

以上を踏まえ、今後も ATENA の取組状況を聴取し、技術情報検討会に報告することとしたい。

## 第24回新規要件に関する事業者意見の聴取に係る会合 における質疑応答

### (1) 24時間運転の試験結果

NRA：東日本大震災の発生時に、福島第一原子力発電所6号機や東通原子力発電所では、長時間の運転の実績があるが、それに対する評価や検証はしたか。

(平田 川崎原子力規制事務所長)

ATENA：24時間以上の運転実績があることは確認しているが、運転データから何が言えるかまでは評価できてない。データを再度見直して、何か得られるものがないか確認したい。(竹本 ATENA-EDG24時間運転検討SWG委員)

NRA：今までの議論は、機関本体についてだが、EDG設備としては、屋外の軽油タンクから配管、バルブ、移送ポンプでデイトankへ、そこから機関本体に行くというシステムになっているはず。システムとしての検証は考えているのか。(平田 川崎原子力規制事務所長)

ATENA：システム及び環境全体を含めて確認していきたい。(竹本 ATENA-EDG24時間運転検討SWG委員)

### (2) 海外における24時間運転の取組状況

NRA：IEEEの1995年版は8時間要求だが、事業者は24時間実施しているとある。この理由は把握しているか。(米林上席検査監視官 検査監督総括課)

ATENA：IEEEは長い間、8時間と規定をしていた。一方で、NRCの文書では、24時間という規定がかなり昔からあった。事業者によると、8時間でよいと思っているが、24時間運転してデータを集めているところもある。実際にアメリカの状況を聞くと、日本の設置許可に当たる申請の時点で8時間と認められていたら、そのままというプラントもあり、必ずしも24時間にしているわけではない。また、最終的には、IEEEも24時間に変えているので、自主的に24時間に変更した事業者もあり、事業者によっていろいろな見解があったが、技術的な理由は見出せなかった。(竹本 ATENA-EDG24時間運転検討SWG委員)

ATENA：事業者と規制とのやり取りで、事業者がIEEEの8時間でよいとしたことに対して、NRCは8時間を超えるところで出てきた不具合もあるので、24時間やったほうがいい、とコメントしており、今に至っているということが調べた範囲で分かった。(竹本 ATENA-EDG24時間運転検討SWG委員)

NRA：「排気ラインの吹き抜けを促進することで、機関の健全性維持に効果がある」とあるが、24時間試験をしなくてもよいという説明もあった。もう少し詳しく説明してほしい。(米林上席検査監視官 検査監督総括課)

ATENA：負荷の低いところで長時間運転すると、未燃焼分が排気ラインに付着

し、徐々に汚れるということが確認されているが、数時間の100%運転をすれば燃焼する。日本では、分解点検の際、詰まりがないか等確認をしているので、実際は数時間の100%の運転で問題ない。(竹本 ATENA-EDG24時間運転検討SWG委員)

### (3) プラントメーカー及び機関メーカーの見解

NRA：「最短の保守間隔である約1年に対して、3～8時間の運転で確認しておけば、機関の各部品に許容される範囲内で連続運転ができる」とあるが、「連続運転ができる」の意味は何か。(佐々木企画調整官 技術基盤課)

ATENA：異常な兆候を示さないで、正常な範囲で運転できるという意味である。例えば、燃料噴射弁は2,000時間で交換しておけば、パラメータとして見ている排ガス温度が異常な温度を示さず適正な圧力となり、連続運転が可能となる。(渡辺 ATENA-EDG24時間運転検討SWG委員)

NRA：ディーゼル発電機の部品については、異常が発生しないという見解ということか。(佐々木企画調整官 技術基盤課)

ATENA：そのとおりである。シリンダは18、16など数多くあるので、そのうちの 하나가故障しても、発電ができなくなるわけではない。(渡辺 ATENA-EDG24時間運転検討SWG委員)

### (4) 電源の多重性、設備構成

NRA：今後の運転時間を24時間ではなく8時間にするとEDGの信頼性は若干落ちるのではないかと。仮にEDGが故障したとしても、日本の場合はSA機器があるので、炉心損傷に至ることはないという説明か。(米林上席検査監視官 検査監督総括課)

ATENA：日本は多重性を持った設備構成になっており、海外と比べても、見劣りするものではない。EDGは容量が大きく、また、DB設備であるので高い信頼性が必要というのは当然のことだが、EDG2台だけで、安全が守られているわけではないことを説明したものである。(岡本 ATENA-EDG24時間運転検討SWG委員)

### (5) 過去に発生した国内外のEDGトラブル事象

NRA：8～24時間のトラブルが3%という数字は、長く運転して検知できるトラブルが少なかったということであり、7日間の外部電源喪失を仮定しても、EDGにより必要とする電力を供給できることという要求に対して許容できる水準であるかを、統計的に推定したというわけではないという理解でよいか。(村上企画調査官 検査監督総括課)

ATENA：そのとおりである。(竹本 ATENA-EDG24時間運転検討SWG委員)

NRA：日本はSA設備が規制要求になっていて、運転員の負担も増えている。EDGを8時間以上試験するに当たって、運転員の負荷はどうか。(村上企画調査官 検査監督総括課)

ATENA：例えば外部電源が喪失した状態でEDGが動作している場合は、基本的に

は、そのまま運転している。しかし、試験時は外部の一般公衆の電源とながった状態なので、出力の調整等を常に監視する必要がある。試験する際は、労務管理の点では負担は高い。(岡本 ATENA-EDG24時間運転検討SWG委員)

NRA：国内外のトラブル情報14件のうち8件は累積の運転時間に依存するとある。長い時間を運転したほうがトラブルは見つかるということがあると思うがどうか。(米林上席検査監視官 検査監督総括課)

ATENA：この8件については、年単位で長い期間かけて壊れるようなものであり、必ずしも24時間をやったことによって出てくるものでもないと思う。(竹本 ATENA-EDG24時間運転検討SWG委員)

NRA：サーベランステストで十分検知できるという考えか。(米林上席検査監視官 検査監督総括課)

ATENA：熱疲労であれば、起動停止回数が多いほうが発生するので、サーベランスでわかる。したがって、劣化とか故障がターゲットであれば意味があるが、この8件については、そうではないと思う。(竹本 ATENA-EDG24時間運転検討SWG委員)

NRA：8件の中にある締付けボルト緩みは保守不良であり、保守管理は、ちゃんとした人がやるとはいえ、人間がやることは、なかなかパーフェクトは難しいと思われる。(米林上席検査監視官 検査監督総括課)

NRA：「試験時間に依存するが長時間運転ではなくとも兆候検知は可能」とあり、冷却水管に異物があり冷却水温度が上昇したとある。これを踏まえて、兆候検知の閾値を変更する等の対応をしたのか。(酒井原子力規制専門職技術基盤課)

ATENA：この分析の結果から、冷却水系のパラメータの閾値を変えたということはない。温度上昇というのはあるので、このような事例も踏まえてパラメータを感度よく見ていると思っている。(竹本 ATENA-EDG24時間運転検討SWG委員)

## (6) 今後の対応方針

NRA：4月に説明を受けた際の資料に比べて、前向きな計画になったと思う。ATENAの中で、どのような議論があつて変更されたのか。特に、稼働プラントについては、直近の定検完了目途で試験を実施するという点について説明してほしい。(佐々木企画調整官 技術基盤課)

ATENA：当初3～8時間の連続運転をすれば大丈夫で、各社設定すればよいとしていたが、国内外も含めてトラブル情報の分析をした結果、8時間の連続運転をすることで、EDGに発生するトラブルの大半が確認できるということが分かり、今後データを分析する上でも有効と考えた。当初、定期的に少し長い目で試験を実施するという点で、8～10定検に1回としていたが、データを早く蓄積して、評価をし、結論を出したいと思い、例えば稼働プラントについては、直近の定検完了を目途とした。(竹本 ATENA-EDG24時間運転検討SWG委員)

NRA：各社24時間を試験的に実施することを計画中とあるが、8時間を24時間にすることで期待されることは何か。（佐々木企画調整官 技術基盤課）

ATENA：システム全体として、24時間運転を実施していないEDGについて、不具合がないのか、改善点がないのかを見出すというのがある。また、この何年間かで安全対策工事を行っており、EDGのシステム以外の建屋の貫通部や消火系、空調系等を変えている。総合的に考えたときに、当初の目的どおりの機能を発揮できるのかを確認するということもある。（竹本 ATENA-EDG24時間運転検討SWG委員）

NRA：「大幅に保全方法を見直す場合等は、24時間連続運転により機関の性能を確認する。」とあるが、これは保全方法を見直すときに24時間運転をするのか、保全方法を見直した後に数サイクル、新しい保全方法が妥当かどうかの確認をするのか。（小野上級原子炉解析専門官 実用炉監視部門）

ATENA：両方の観点があると思っている。多くの場合は後だと思うが、最初のデータを取っておいて、比較するということもあり得る。（竹本 ATENA-EDG24時間運転検討SWG委員）

NRA：「併せて、知見拡充のため燃料使用量の検証も実施する」とあるが、燃料使用量の検証を行う意味は何か。（平田 川崎原子力規制事務所長）

ATENA：EDGは、外部からの補給なく7日間運転できるよう燃料を確保しなければならない。それに対して、燃料使用量（車でいうと燃費に当たるもの）を確認し、それを上回る燃料貯蔵をしなければいけないので、燃費を確認し、貯蔵が十分だということにつなげたい。（竹本 ATENA-EDG24時間運転検討SWG委員）

NRA：EDGが極端に劣化して燃料使用量が変わって、例えば軽油タンクやデイトンクを取り替えるということまで考えているわけではないという認識でよいか。（平田 川崎原子力規制事務所長）

ATENA：そのとおりである。（竹本 ATENA-EDG24時間運転検討SWG委員）

NRA：今日の説明は、海外の状況や、海外を含めたトラブルの分析を行った結果、日本では長時間の運転はそれほど実施していないので、さらに知見を集めて、今後のEDGの信頼性を確保する、あるいは保全についてできることを検討する目的で、今後取組を行うものと理解した。（遠山技術基盤課長）

# EDG24時間運転について

2023年11月6日

原子力エネルギー協議会



Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

1

## 全体構成

### ◆ 目次

	項目	スライドNo
1	はじめに	2、3
2	海外における24時間運転の取組み状況	4
3	保守管理の方法・頻度の違いについて	5～8
4	保全の組み合わせと故障検知の考え方	9、10
5	メーカーとしての見解	11～13
6	電源の多重性、設備構成	14
7	国内外のトラブル情報分析結果	15、16
8	今後の対応方針	17～19

## 1. はじめに (1/2)

### ◆ 経緯

非常用ディーゼル発電機（EDG）について、「現状のメンテナンスの妥当性確認」及び「運転実績の蓄積」を目的として、各社メンテナンス体制毎に代表EDG1台以上を選定し、2021年度より、EDG24時間運転を実施した。（次ページの試験結果一覧参照）

上記取り組みに加えて、海外の状況、海外との保全や設備構成の違い、国内外のEDGトラブル事例の分析等を行い、EDGの設計を行っているプラントメーカーの見解も踏まえ、EDGの連続運転試験に対する産業界の考え方を取り纏めた。

これまでも産業界では、EDGの設備信頼性向上のため様々な取り組みを実施してきたが、今回検討したEDG連続運転試験の今後の対応方針に基づき、事業者として安全性向上に資するデータを蓄積し、更なる設備信頼性向上の取り組みを実施していく。

## 1. はじめに (2/2)

### ◆ 24時間運転の試験結果一覧

会社名	プラント名	結果/実施日	会社名	プラント名	結果/実施日
北海道	泊 1 (A)	良好 (2021/6)	中部	浜岡 3 (A)	良好 (2022/7)
東北	女川 3 (H)	良好 (2022/1)		浜岡 4 (B)	良好 (2023/3)
	東通 1 (B)	良好 (2021/12)		浜岡 4 (H)	未実施 (4号機起動前)
東京	福島第二 3 (B)	良好 (2022/11)		浜岡 5 (A)	試験中断 (2021/5) ⇒ 良好 (2023/6)
	柏崎刈羽 6 (A)	試験中断 (2022/3) ⇒ 良好 (2023/3)	関西	大飯 2 (A)	良好 (2021/12)
	柏崎刈羽 7 (A)	良好 (2022/12)	中国	島根 2 (A)	良好 (2022/6)
	柏崎刈羽 7 (B)	良好 (2022/11)	四国	伊方 3 (A)	良好 (2021/5)
	柏崎刈羽 7 (C)	良好 (2022/10)	九州	玄海 3 (B)	良好 (2022/2)
北陸	志賀 2 (A)	良好 (2022/2)		川内 2 (A)	良好 (2022/4)

※東通、福島第一、東海第二、敦賀 2、再処理施設、使用済燃料受入貯蔵施設のEDGについては、実機における24時間以上の運転実績あり。

- 対象とした18台のうち、試験を実施した15台については各パラメータで異常は確認されず良好な結果となった。
- また、試験中に2台のEDGで不具合が発生し、試験中断しているが、電源供給機能に影響しない事象であり、運転継続可能であったことを確認した。
- 試験再開した浜岡5(A)及び柏崎刈羽6(A)については問題なく試験完了した。

## 2. 海外における24時間運転の取組み状況

海外においては、**規制ガイドやIEEE387-2017に基づき、EDG24時間運転について規定されている**ことから、米国NEI（Nuclear Energy Institute）を通じて、**海外事業者の24時間運転に対する取組み状況の実態調査**を行った。

調査結果の概要については以下の通り。【全9社（米7社、南ア1社、英1社）】

### < 法令・規格要求を“24時間”としている理由 >

**“24時間”の明確な技術的根拠については確認できなかった。**

また、**プラントによっては24時間ではなく8時間運転を採用していることが確認された。**

#### (24時間運転、8時間運転の実施状況)

- **24時間運転**を行っている。【5社】
- IEEE387-1995に従い**8時間運転が実施要求だが、24時間運転を実施**している。【1社】
- 24時間運転ではなく**8時間運転**を行っている。【2社】
- 24時間、8時間とも行ってない。【1社】

### < 法令要求以外に海外事業者が24時間運転に期待している事項 >

法令要求以外に、以下の効果も期待して24時間運転を実施していることが確認された。

- EDGが**介入なしで安定した状態を維持できることを確認**する。【プラントA】
- 大量の燃料が使用されるとき**の燃料使用量の検証**を行っている。【プラントB】
- **排気ラインの吹き抜けを促進**することで、機関の健全性維持に効果がある。【プラントB】
- **燃料貯蔵タンク内の燃料を循環**させるのに役立つ。【プラントC】

## 3. 保守管理の方法・頻度の違いについて（1/4）

### (1) 日米における保全計画と保全内容の比較（点検内容・点検頻度）

- ・国内の保全方式は**TBM（Time Based Maintenance：時間基準保全）**を選定し、劣化、故障モード等を考慮した点検内容・頻度を定めている。また、点検後は**試運転（負荷試験）**を行い、系統全体の健全性を確認している。
- ・一方、**米国では多くの発電所が保全方式としてCBM（Condition Based Maintenance：状態監視保全）**を選定し、運転中もしくは停止中に保全を行っている。

**国内では保守的に頻度を決めて分解点検を行っているのに対し、米国は状態監視により、分解点検が必要な部位、頻度を見極めながら点検を実施（シリンダ開放はサンプル点検）**している。

点検機器	国内プラント（例）		米国プラント（例）	
	点検内容	点検頻度	点検内容	点検頻度
ディーゼル機関 （付属設備含む）	・各部の分解点検（伸縮継手他） ・ガバナー点検 ・主軸受開放点検	毎定検（部分分解） （1回の点検では1～2気筒ずつ点検を実施し、8サイクルで全気筒の点検を行っている）	<b>状態監視※</b> ・潤滑油診断、振動診断等、サーモグラフィー診断 ・ボアスコープ点検、エンジン分析、ガバナー油診断	数カ月毎 2～6年毎
	・シリンダ開放点検 ・燃料噴射弁の点検・試験 ・消耗品取替（Oリング等のシール材）		・シリンダ開放（サンプル点検） ・燃料噴射試験等 ・消耗品取替（シール材、リレー）	
	・各部の分解点検（フィルタ点検他） ・消耗品取替	毎定検（全数分解）	・エアフィルタ点検 ・各種フィルタ交換等	2～6年毎
ディーゼル発電機	・各部の分解点検 ・絶縁抵抗測定 ・軸受開放点検 ・発電機開放点検（固定子・回転子点検） ・消耗品取替	毎定検（部分分解）	<b>状態監視※</b> ・ボアスコープ点検	2～6年毎
	・各部の分解点検 ・消耗品取替	毎定検（全数分解）	・消耗品取替（シール材、リレー）	
機能確認	・試運転（負荷試験） →詳細は③にて説明	毎定検		

※国内の一部プラントにおいても、状態監視（潤滑油診断、振動診断、サーモグラフィー診断）を実施している。

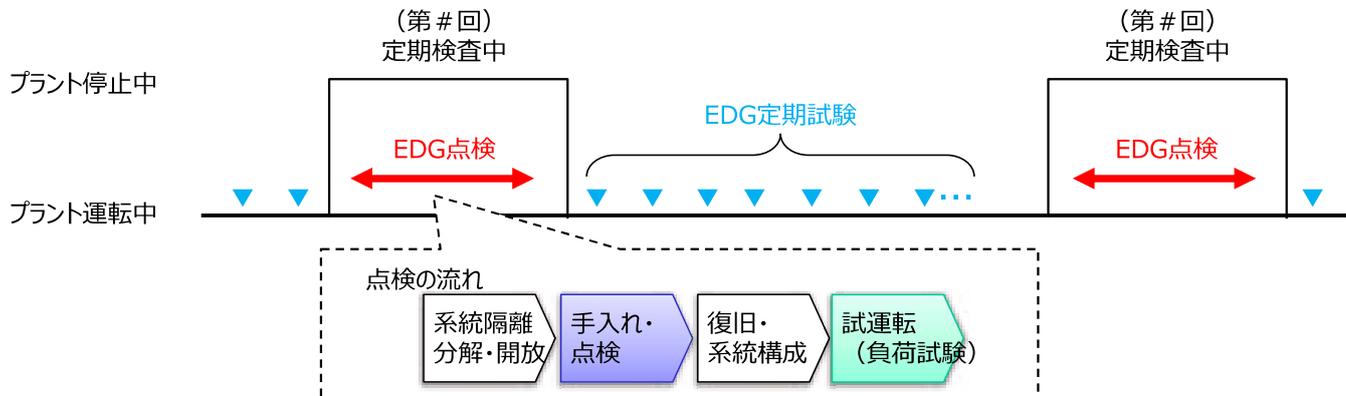
### 3. 保守管理の方法・頻度の違いについて (2/4)

#### (2) 国内EDGにおける保守管理

国内におけるEDGは、安全上重要設備であることを踏まえ、予防保全による時間基準保全 (TBM) を選定し、定期検査時に分解点検を実施し、分解点検後の試運転により機器の健全性を確認している。

【毎定検】

プラント運転中は定期試験 (サーベイランス) による運転状態の確認を実施している。【1回/月】



#### ① 保全計画と保全内容 (点検内容・点検頻度)

下記項目を踏まえEDG機能確保のために必要な保全計画を策定している。

- a. 運転実績、事故および故障事例などの運転経験
- b. 使用環境および設置環境
- c. 劣化、故障モード
- d. 機器の構造等の設計的知見
- e. 科学的知見



### 3. 保守管理の方法・頻度の違いについて (3/4)

【点検内容・点検頻度の設定の具体的イメージの例】

機器	点検部位	点検周期
ディーゼル機関	ピストン及び連接棒	8C
		16C
	クランクピン軸受	8C
	シリンダライナ	8C
	シリンダヘッド	8C
	給気弁及び排気弁	8C
	燃料噴射ポンプ	8C
	燃料噴射弁	8C
	燃料噴射管	1C
	揺れ腕装置及び動弁装置	1C
...	...	

C (Cycle) : 運転サイクル

●点検部位毎に詳細な点検・作業内容を設定 (例:ピストン)

点検部位	点検内容	作業内容	頻度
ピストン及び連接棒	ピストンおよびピストンスカートの摩耗, 損傷の有無	目視点検	8C
ピストン及び連接棒	ピストンの摩耗, 損傷の有無	寸法測定	8C
ピストン及び連接棒	ピストンの付着物の有無	目視点検	8C
ピストン及び連接棒	各リングの摩耗, 損傷の有無	寸法測定	8C
ピストン及び連接棒	各リングの摩耗, 損傷の有無	取替	16C
ピストン及び連接棒	ピストンクラウン, 連接棒のき裂, 摩耗等の有無	目視点検	8C
ピストン及び連接棒	ピストンクラウン, 連接棒のき裂, 摩耗等の有無	ピストンクラウン, ピストンロッドボルトの浸透探傷検査	8C
ピストン及び連接棒	球面軸受の損傷の有無	当り面の目視点検	8C
ピストン及び連接棒	球面軸受の損傷の有無	浸透探傷検査	8C
ピストン及び連接棒	球面軸受の損傷の有無	間隙測定	8C
ピストン及び連接棒	回転機構の爪及び爪歯車の摩耗, 損傷の有無	目視点検	8C



●劣化、故障モードを考慮 (経年劣化メカニズムまとめ表/例:ピストン)

機能達成に必要な項目	点検部位	材料	想定される経年劣化事象	点検内容
発電機駆動機能確保	ピストン	合金鋼, 低合金鋼, アルミニウム合金	摩耗	目視点検
			疲労割れ	目視点検
			カーボン堆積	目視点検
			腐食 (全面腐食)	目視点検
		疲労割れ (高サイクル疲労割れ)	目視点検	
		铸铁	...	...

●運転実績、事故および故障事例などの運転経験  
●機器の構造等の設計的知見 等

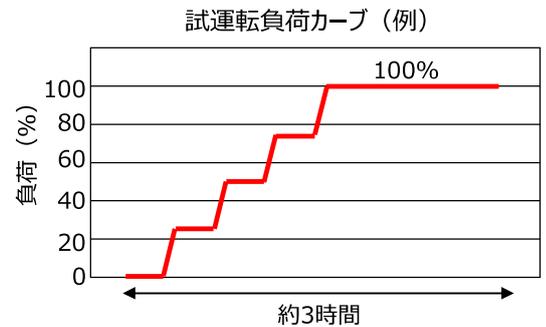
・NUCIA情報  
・機器取扱説明書 等



### 3. 保守管理の方法・頻度の違いについて (4/4)

#### ② 分解点検後の試運転

分解点検後の試運転では、まず、起動前確認事項として燃料系統、冷却水系統、空気系統、潤滑油系統の各系統に問題ないことを確認し、その後、EDGを起動し、負荷を段階的に上昇させ、本体および付属系統の圧力・温度等の各種パラメータが安定するまでの確認により、EDGの系統全体の健全性を確認している。(約3時間)



#### ③ 定期試験の内容と頻度

プラント運転中は、以下のとおり定期試験を実施

実施頻度	1回/月
試験内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>EDGを起動し、負荷運転（段階的に出力を上昇させ定格出力状態とする）を行い、運転状態を確認する。</li> <li>試験時間は約1～2時間</li> </ul>

#### ④ EDG24時間連続運転後の点検結果を踏まえた保全の有効性評価

2021年度～2023年度に実施したEDG24時間連続運転後のEDG分解点検を実施したプラントにおいて、機器の異常等は確認されておらず、保全の有効性評価により保全内容を見直した実績はない。\*

※EDG24時間連続運転時に発生した2事象（排気管伸縮継手破損事象、軸受部からの潤滑油漏えい事象）については、設計・製作に起因したものであり、ここでは、EDG24時間連続運転後の分解点検から得られた結果のみをいう。



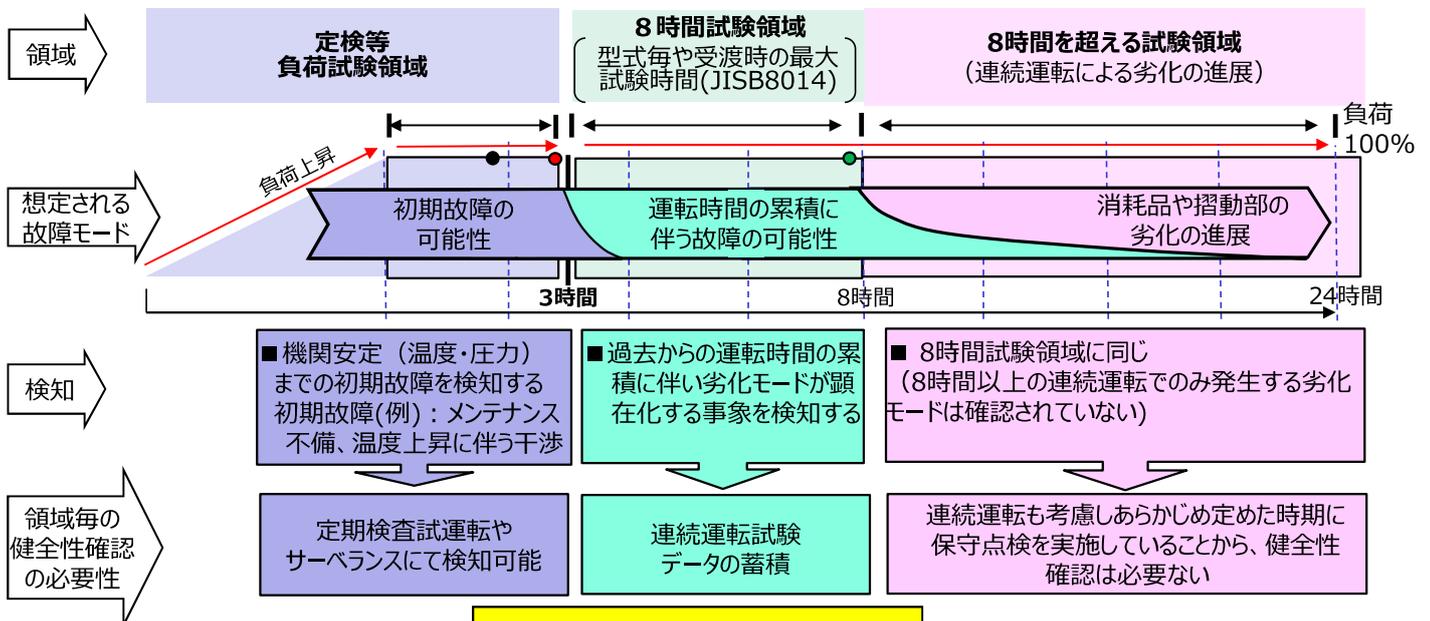
Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

### 4. 保全の組み合わせと故障検知の考え方 (1/2)

#### (1) 試験時間と故障検知の整理について

国内EDGの24時間連続運転試験結果、約1～2時間で運転パラメータは安定。以降の連続運転領域での変化もなく安定した運転であった。試験時間経過毎の故障モードと検知のイメージは下表のとおり。

- 運転パラメータ(温度、圧力等)が安定したポイント
- 浜岡5号機 (伸縮継手保温材バタつき検知: 約3時間後)
- 柏崎刈羽6号機 (軸受部潤滑油漏えい検知: 約8時間後)



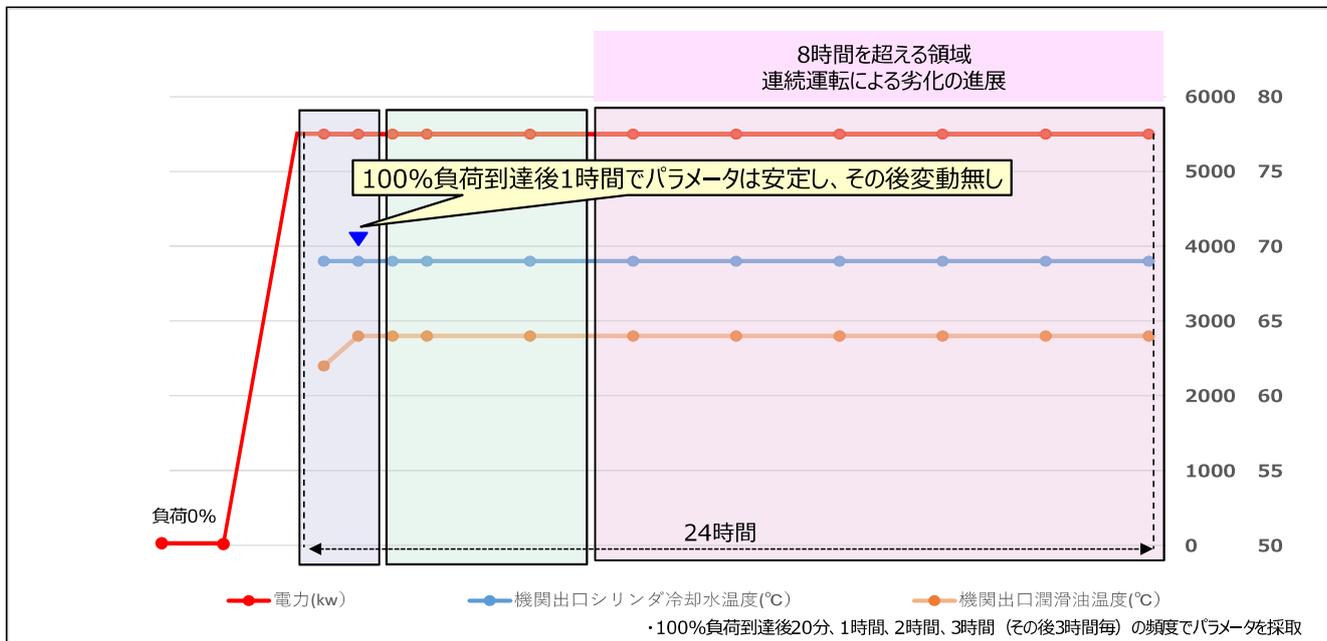
8時間を超える試験領域は、連続運転時間増加に伴う部品の摩耗や、消耗品の劣化が進展する領域であり、国内EDGはこれまでの運転知見から、想定される劣化モードに対し連続運転も考慮のうえ、あらかじめ定めた時期に保守点検を実施していることから、健全性確認は必要ないとする。

## 4. 保全の組み合わせと故障検知の考え方 (2/2)

### (2) 24時間連続運転試験時の運転パラメータについて

- 24時間連続運転試験において**100%負荷到達後**、機関本体・補機類の温度・圧力・振動データ等采取了が**約1～2時間で安定した**。
- 運転パラメータ安定後の**連続運転領域も運転状態に変化はなく、異常はなかった**。

【24時間連続運転試験時の負荷カーブおよびパラメータ】(代表例)



Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

## 5. メーカーとしての見解 (1/3)

### プラントメーカー及び機関メーカーの見解

#### ◆ 原子力施設向けEDGの設計について

- ・ 原子力用のEDGは、船用、発電用等の**常用機関として一般産業用で実績のあるディーゼル機関を採用**しており、**適切な点検、整備を前提に長時間の運転ができる**ように設計されている。
- ・ 船用、発電用の**常用機関として2,000時間毎※の整備間隔**、また非常用発電としての**最短の保守間隔である約1年**に対して、**3～8時間の運転で確認**しておけば、機関の各部品に許容される範囲内で連続運転ができるものとする。
- ・ 原子力用のEDGは非常用として使用（通常時は待機）することを考慮し、機関選定時に一般産業等で実績のある機関に対し、**設計要求機能確認のため、負荷運転(24h連続を含む)、無負荷運転、過負荷運転、負荷遮断に加え、100回始動及び負荷投入等**の試験を行い、要求機能が満足した機関を選定している。
- ・ 発電所での運転においては、一般汎用のキュービクルタイプ非常用発電設備等とは異なり、非常時以外の**待機状態時には始動失敗の低減や起動時熱的影響の軽減等を目的に、機関を常に暖気運転する対策等**を図った設計としている。また、耐震要求の対応として、耐震評価等を実施している。

※連続運転する一般産業用の常用機関での一般的な整備時間間隔で一番短い部分は燃料噴射弁の整備間隔

注) 機関メーカーが詳細設計、保守点検を行っているプラントメーカーにおいては、機関メーカーへの確認結果を踏まえた見解を記載。



Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

## 5. メーカーとしての見解 (2/3)

### プラントメーカー及び機関メーカーの見解

#### ◆ 24時間運転は不要と考える理由について

国内メーカーは、海外で取組んでいる24時間運転の背景・根拠は把握できていないが、以下の理由から、**3～8時間の連続運転で問題がなければ、それ以上の時間の連続運転は不要と考える。**

- 一般産業向けで多数の使用実績を有し、信頼性が高いエンジンであり、**納入前に同型のテストエンジンで200時間連続運転等の複数の試験を実施し、信頼性を確認している。**
- 現状の保全においては、計画的に機関点検を実施し、**経年劣化する部品は予防保全の観点から適切に取替えている。**
- 原子力用DGは、**機関選定時試験等で始動性試験や負荷試験及び24時間運転を行っており、また、異常の傾向は概ね比較的短時間（サーバランス運転や点検後の試運転等）で顕在化するため、「サーバランス運転+定期的な点検・部品交換」にて機能維持を図ることで、機関性能を維持できる認識。**特に機関点検後の試運転等で**機関各部の温度が安定した状態となれば、基本的にはそれ以降の機関の運転状態に変動はない**と考えている。

注) 機関メーカーが詳細設計、保守点検を行っているプラントメーカーにおいては、機関メーカーへの確認結果を踏まえた見解を記載。

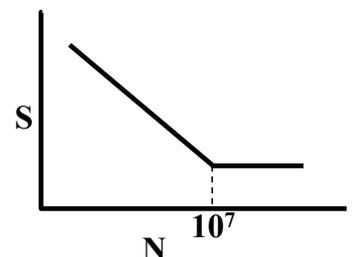
## 5. メーカーとしての見解 (3/3)

### プラントメーカー及び機関メーカーの見解

#### ◆ 24時間運転は不要と考える理由について (補足)

- 仮に、**8時間以上の長時間運転を実施する場合、機関の高サイクル疲労や摩耗を検証するための耐久試験**を目的とすることが想定される。
- **高サイクル疲労試験による耐久試験の場合、機関の回転数によるガス圧による繰返し数Nが10の7乗回**となったとき、**疲労限が一定の領域**に達する。

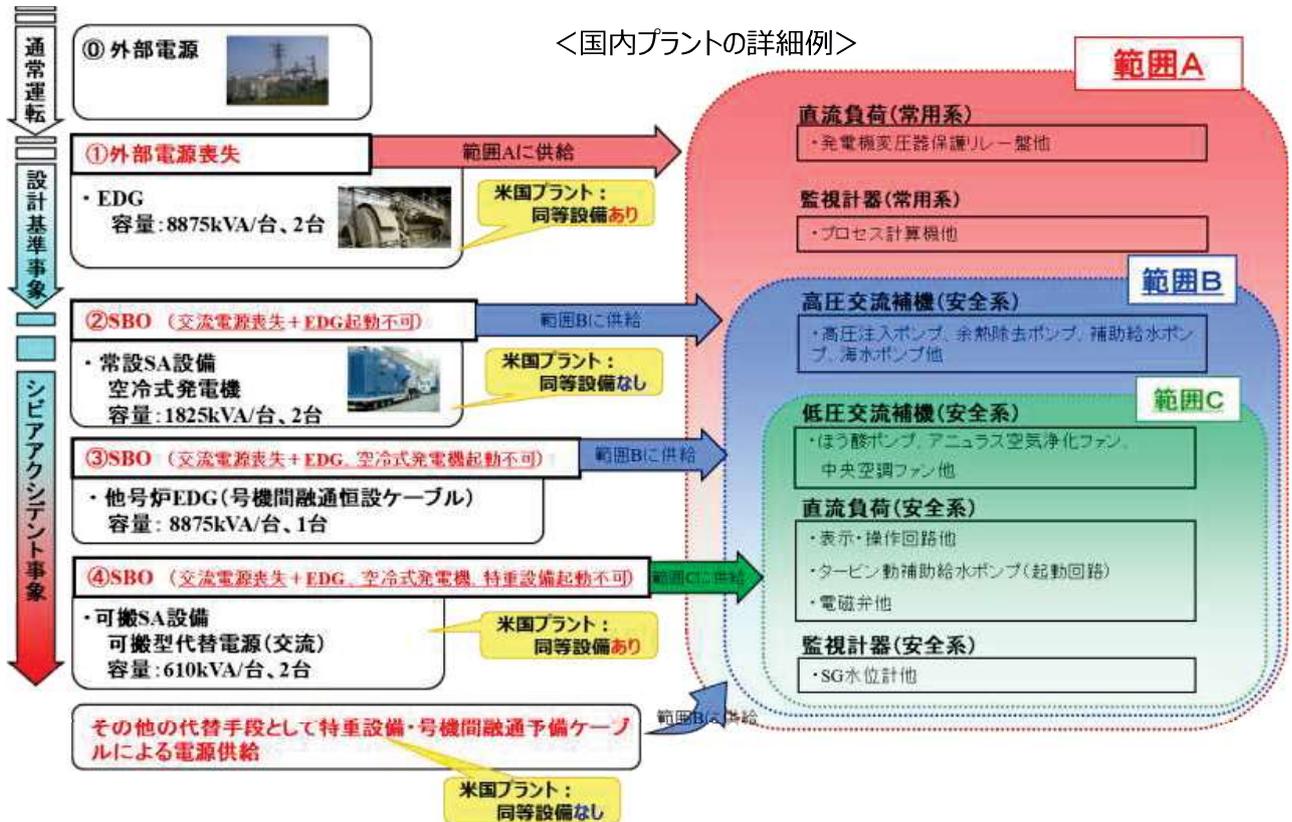
		船用2サイクル ディーゼル機関		発電機用4サイクル ディーゼル機関		鉄道用ディーゼル機関		
回転数	rpm	80	230	450	720	1500	1800	2100
10の7乗までかかる日数	日	87	30	31	19	9	8	7
10の7乗までかかる時間	時間	2083	725	741	463	222	185	159



- 最も早く10の7乗回に達するのは2100rpmの鉄道用ディーゼル機関で7日であるが、**形式試験などでそのような連続試験は実施していない。**形式試験のある機関形式の代表機関について、形状を決める設計段階から**3次元FEMによる解析技術により構造設計**を行い、その**初号機の社内試験**にて、**部材の温度や応力を直接に計測し、材料のデータベースと照合し、疲労限以下となることを確認している**ために**長時間の連続試験は不要**であると考えている。
- 摩耗については、形式試験のある機関形式の代表機関について、その**初号機の社内試験後、機関を開放し、摺動面の金属組織観察による摩耗形態(凝着摩耗のような進展の早い摩耗の形態)や実際の摩耗量により余寿命を把握**するので、**実際の時間をかけて摩耗させることはない。**

## 6. 電源の多重性、設備構成

- ◆ 新規基準において、国内の非常用交流電源設備は、EDGだけでなく他の交流電源設備も備えている。（詳細は以下の通り）
- ◆ 設置許可基準、技術基準により、EDGとEDG以外の非常用電源は可能な限り、多重性又は多様性・独立性・位置的分散を図る要求があり、満足するように設計・製作されている。

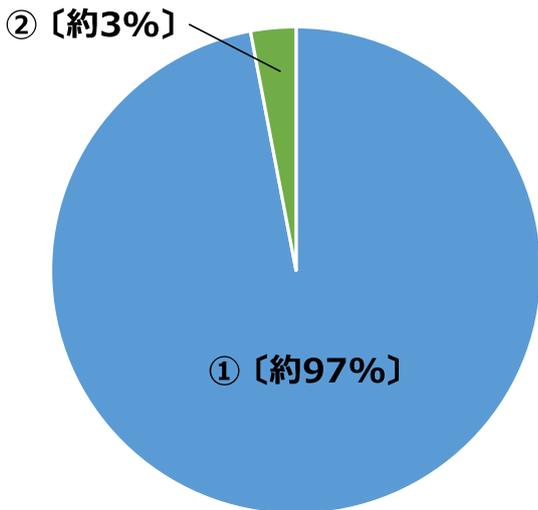


## 7. 国内外のトラブル情報分析結果（1/2）

### 過去に発生した国内外のEDGトラブル事象について

- 過去に発生した国内外のEDGトラブル情報（WANOデータベース） **1,156件**について分析した結果、**EDG運転中又は待機中に発生したトラブルは約470件**となった。これらのEDG不具合事象に対して、トラブル発生タイミングが読み取れるものを分析した結果は以下グラフの通りであり、**大半のトラブルは8時間以内で発生**していることを確認した。
- **8時間～24時間で14件のトラブル事象が確認**されたことから、これら事象の詳細分析（長時間運転により発生した事象か否かの分析）を実施。

〔国内外で発生したEDGトラブル件数（運転中又は待機中）〕



【凡例】トラブル発生タイミング

- ① 起動直後～定格8時間まで※
- ② 定格8時間～定格24時間まで（14件）

※【内訳】

起動直後	: 24.4%
運転後～定格運転まで	: 9.0%
定格運転～定格8時間まで	: 63.7%

## 7. 国内外のトラブル情報分析結果 (2/2)

- **8時間～24時間で生じたトラブル事象 (全14件)** を分析した。
- 14件の内訳については、**5件が偶発事象、8件が累積運転時間に依存する事象、1件が1回あたりの試験時間に依存する事象**<sup>※1</sup>であった。

事象要因分析結果 (保全不良・製造欠陥重複件名 1 件)

要因	保全不良	設計不良	製造欠陥	偶発的事象 (電気品故障等)
事象数	9	1	3	2
例	異物混入 組立手順誤り	ナット構成不良	出荷時梱包不足 加工不良	リレー誤作動

事象分析

事象分類	試験時間の長短と無関係 (偶発事象)	過去の試験を含めた累積の運転時間 に依存する事象 <sup>※2</sup>	試験時間に依存するが長時間運 転ではなくとも兆候検知は可能
事象数	5	8	1
例	リレー誤作動 振動計誤作動	疲労割れ 締付けボルト緩み	異物による冷却水供給不足のため、 温度上昇 <sup>※1</sup>

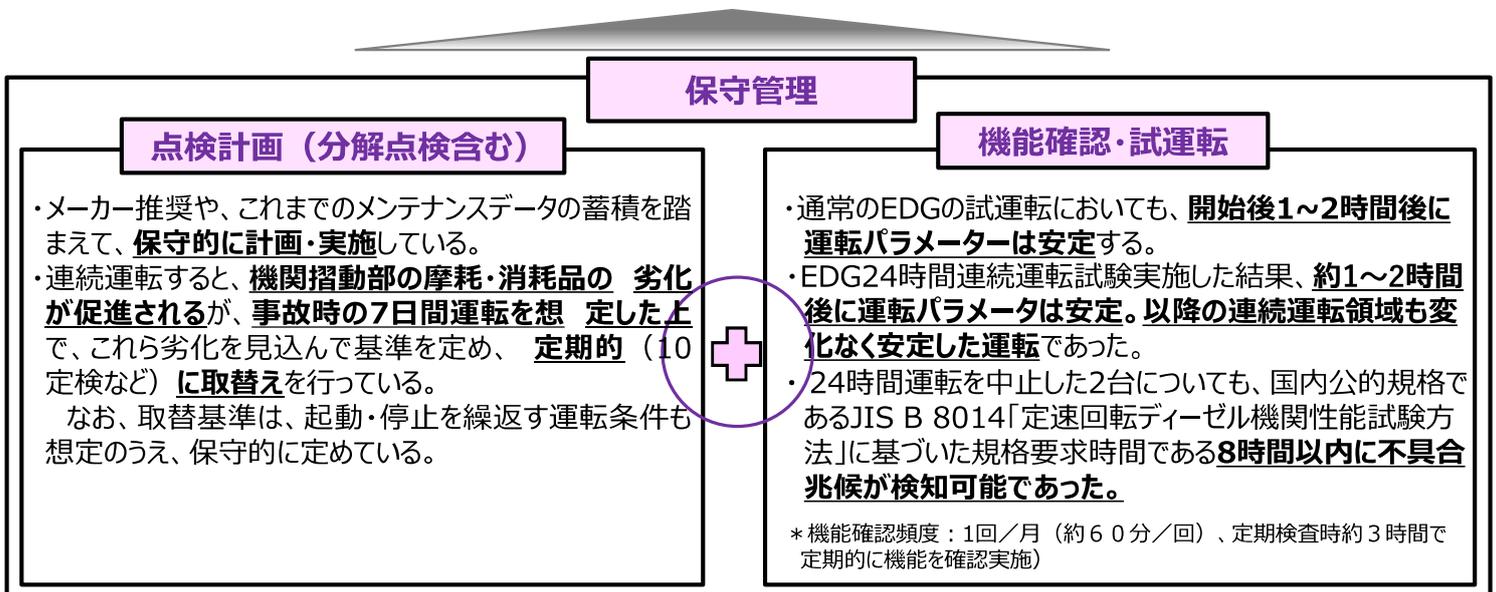
※1：本事象は冷却水管に異物があり、その影響で起動後約12時間後に冷却水の温度が上昇した事象である。  
異物の形状によっては、長時間運転で顕在化する場合もあるが、基本的には温度上昇・振動増加等短時間で検知可能であると判断する。

※2：過去からの試験時間の累積の結果として顕在化する事象であり、試験時間が長い方が当該試験時に顕在化する頻度は上がるが、兆候の検知は困難と考える。

## 8. 今後の対応方針 (1/3)

### ◆ これまでの運転実績、調査結果を踏まえた連続運転に対する考え方

- EDGの信頼性は、「**点検計画 (分解点検含む)**」と「**機能確認・試運転**」の組み合わせにより維持・管理しており、機能要求 (有事の際は7日間) に対して**連続運転が可能な状態**である。機能確認・試運転の**運転時間延長によって、EDGの信頼性向上に直接的に繋がるものではない。**



## 8. 今後の対応方針 (2/3)

### ◆ 24時間運転に関する調査・検討結果について

- ・海外における24時間運転に対する取組み状況の実態調査を行ったが、**“24時間”の明確な技術的根拠については確認できなかった。**
- ・**「プラントメーカー及び機関メーカーは3～8時間の連続運転で問題がなければ、それ以上の時間の連続運転は不要」と**の見解である旨を確認した。
- ・一方、海外事業者が**副次効果として長時間運転に期待している事項**については海外調査により確認することができた。また、国内外トラブル情報の分析により、**“8時間”運転を実施することで、大半のトラブル件数がカバーできる**ことを確認した。

以上の調査・検討結果を踏まえ、今後の対応方針について以下の通り整理を行った。

### ◆ 連続運転試験に対する対応方針

現在の**国内EDGの信頼性は十分に確保されている**と考えているが、米国においては、24時間運転データを活用した状態監視保全を行っていることから、保全プログラムにおいて**8時間以上の運転を追加し、そのデータを蓄積することで、今後の「保守管理」に活かしていく。**

#### 実施の考え方

現状のEDG定期検査時の試運転において、8時間以上の運転試験を実施することで、**連続運転試験データの蓄積・評価し、連続運転データを用いた保全プログラムの更なる高度化による設備信頼性向上**を目的とする。併せて、知見拡充のため**燃料使用量の検証※1**も実施する。

更に、状態監視を主とした保全の導入など、保全方法を大幅に見直す場合は、**当該EDGの連続運転性能等を確認することで、メンテナンス内容の見直し要否を確認する。**

※ 1 海外実態調査で得られた取組みの反映 (P4参照)。

[次頁へ続く]

## 8. 今後の対応方針 (3/3)

#### 実施内容 (当面の対応)

**運転時間、実施頻度、実施台数については下記を最低限**とし、これを超える対応は各社にて個別に判断するものとする (なお、各社24時間運転を試験的に実施することで計画中)。

<b>運転時間</b>	<b>8時間連続運転※1</b> (定格100%になった後)
<b>実施頻度</b>	<b>至近の保全サイクル (稼働プラントについては直近の定検完了目途) で1回※2</b>
<b>実施台数</b>	<b>サイト毎で、同一仕様かつ同一保全プログラム毎に1台</b> (機能要求のあるDG)

※ 1 大幅に保全方法を見直す場合等は、24時間連続運転により機関の性能を確認する。

※ 2 実施頻度は、8時間連続運転の実施結果を踏まえて継続的な連続運転試験について判断する。

#### 今後の対応

- ・各プラントの**長時間運転試験の実施計画**については、定検工程等も踏まえ、別途**ATENAから原子力規制庁へ提示**する。
- ・上記の実施内容 (当面の対応) について、**実施状況及び評価結果はATENAから原子力規制庁へ報告**する。

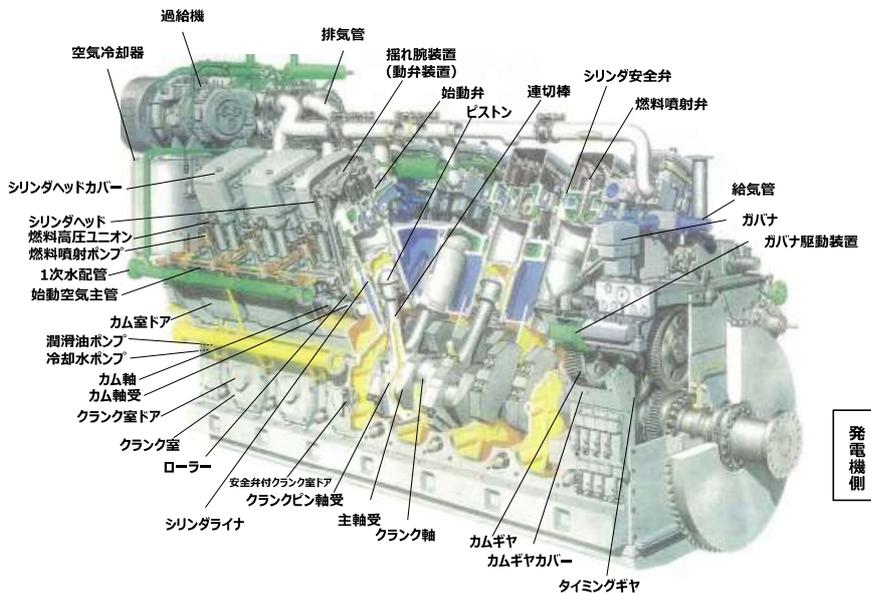
# 参考. 非常用ディーゼル発電機の概要

## (目的)

非常用母線電源喪失時、或いは原子炉冷却材喪失事故時において、工学的安全施設やその他の原子炉停止に必要となる系統の運転のために必須な負荷に非常用電源を供給する。



非常用ディーゼル発電機 外観写真



発電機側

機関全体図