

平成 24 年 6 月 15 日
日本原燃株式会社

再処理工場 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋における 第 1 非常用ディーゼル発電機 A の停止について

1. 事象概要

平成 23 年 3 月 14 日、23 時 40 分、使用済燃料受入れ・貯蔵建屋（以下、「F A 建屋」という。）に 2 系統ある冷却水循環ポンプ等のうち A 系の負荷に給電中の第 1 非常用ディーゼル発電機 A（以下、「DG-A」という。）について、燃料油供給圧力が低下したことから、当該発電機の保護のため停止させた。

第 1 非常用ディーゼル発電機 B（以下、「DG-B」という。）については健全であり、B 系の冷却水循環ポンプ等の機能は確保されていたため、安全上支障はなかった。

その後、3 月 15 日、0 時 40 分に外部電源からの受電に切り替え、2 時 33 分に冷却水循環ポンプ等の A 系を復旧させた。

これにともなう施設内外への放射線等の影響はなかった。

なお、F 建屋については、3 月 11 日の地震発生に伴い、外部電源が喪失したことを受け、DG-A・DG-Bにより給電していた。

2. DG-A の運転状況（添付資料－1 参照）

○ 3 月 11 日

- ・ 14 時 48 分に外部電源喪失により自動起動

○ 3 月 12 日

- ・ 8 時 12 分に燃料油フィルタ（以下、「フィルタ」という。）通常ラインにおいてフィルタ差圧高警報（以下、「差圧高警報」という。）が発報したため、11 時 45 分に予備ラインのフィルタに切替えを実施

※ 第 1 非常用ディーゼル発電機のフィルタは、通常ライン及び予備ラインを設けており、燃料油に含まれる不純物によるフィルタの詰まりにより通常ラインの差圧高警報が発報した場合は、燃料油供給圧力を確認し、燃料油供給圧力が低い（フィルタ差圧が高い）場合は、予備ラインに切替えて通常ラインのフィルタの洗浄（エア吹付けによる詰まりの除去）を行う運用としていた。洗浄を行う運用としていたため、フィルタの予備品は持っていなかった。（添付資料－2 参照）

○ 3 月 13 日

- ・ 17 時 47 分に外部電源を当社開閉所で受電。この時点で電力会社から供給される電力量に制限があったため、再処理施設本体の外部電源復旧を優先し、F A 建屋は運転継続に必要な燃料が確保されていることを確認の上、DG-A・DG-Bによる給電を継続

○ 3 月 14 日

- ・ 0 時 46 分、予備ラインにおいて差圧高警報が発報
- ・ 10 時 00 分に通常ラインのフィルタの洗浄を開始
- ・ 通常ラインのフィルタの洗浄が終了したことから、16 時 45 分に通常ラインのフィルタに切り替えを実施したが、差圧高警報が復旧しなかったため、予備ラインのフィルタを洗浄し、18 時 46 分に予備ラインのフィルタに切

り替えを実施。切り替え後も差圧高警報は復旧せず、さらに通常ラインのフィルタでの運転時よりも燃料油供給圧力が低下したため、より燃料油供給圧力の高い通常ラインのフィルタへの再切り替えを実施

- その後、燃料油供給圧力が低下し、設計上の下限値を下回ったため、通常ラインと予備ラインの両ラインによる燃料油供給を行ったが、燃料油供給圧力が一時的に回復したものの、設計上の下限値を下回り、回復の見通しが立たない状況となったため、設備保護の観点から23時40分にDG-Aを手動停止

3. 原因調査

通常ラインの差圧高警報発報後、フィルタ洗浄を行ったが、差圧高警報が回復することはない、その結果、燃料油供給圧力が設計上の下限値を下回り、DG-Aを停止するに至った。

このため、

- フィルタの差圧高警報発報
- フィルタ洗浄

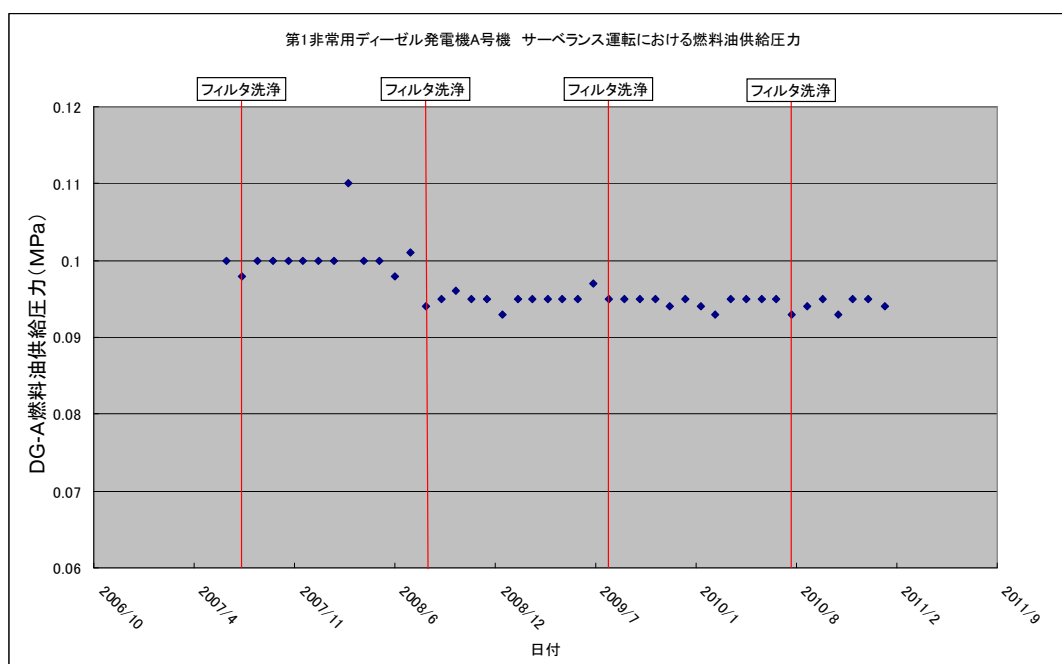
に関連するデータの調査、現品調査による原因調査を行うこととした。

3. 1 データ調査

フィルタ差圧については、警報機能はあるものの、指示値の表示機能が無いため、その推移は把握できないが、フィルタ差圧と関連性のある燃料油供給圧力についてデータ調査を行った。

①燃料油供給圧力データ

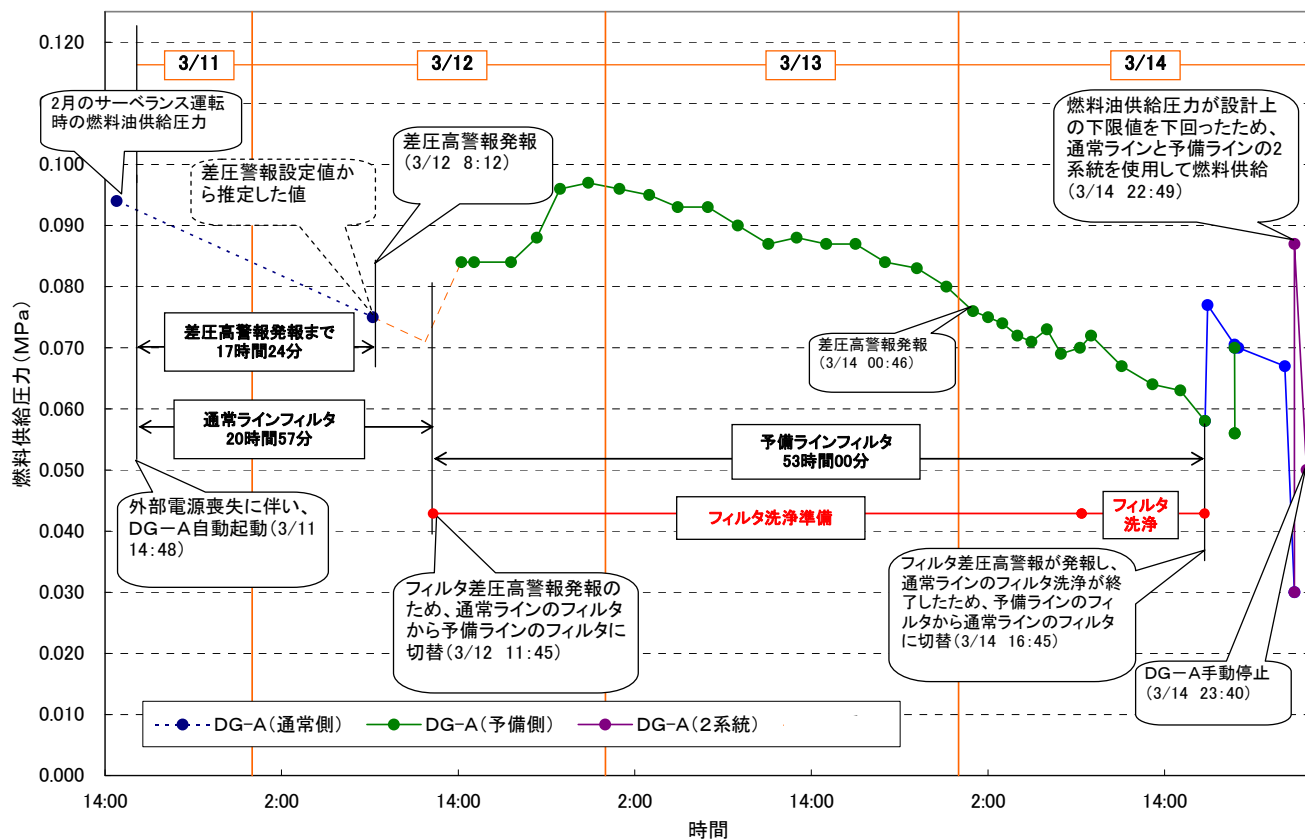
過去に実施した定期的なサーベランス運転（月1回）時の燃料油供給圧力の推移について確認した。



サーバランス運転は月 1 回の頻度で行い、年間 20 時間程度の運転を行っており、フィルタの洗浄は 1 年に 1 回の頻度で行っていることから、フィルタを洗浄せずに 20 時間程度の運転を行っていることになる。

そういった状況の中で過去 4 年程度のサーバランス運転時の燃料油供給圧力の値は、0.09MPa を下回っていない。

一方、今回の運転における燃料油供給圧力の推移についても確認した。



地震発生に伴う自動起動以降の DG-A 燃料油供給圧力の推移

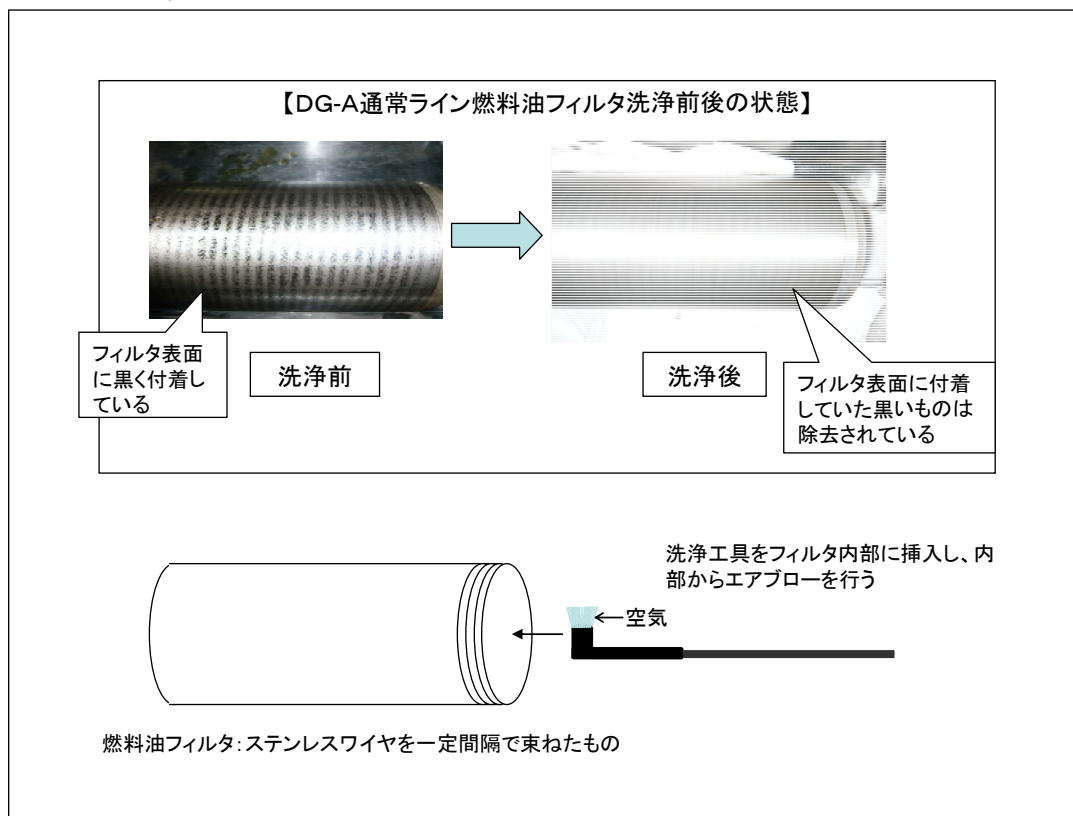
燃料油供給圧力は、運転時の監視項目になっていなかったことから、自動起動してから予備ラインのフィルタへの切り替えまでの期間のデータは取得できていないが、差圧高警報発報の設定値 0.025MPa から差圧高警報発報時点（自動起動開始から 17 時間 24 分後）における燃料油供給圧力は 0.075MPa という値であることが推測でき、自動起動から約 4 時間後には 0.09MPa を下回っていたと推定できる。

これらの結果から、過去のサーバランス運転よりも燃料油供給圧力の低下が早かったものと考えられる。

3. 2 現品調査

①燃料油フィルタ

3月12日 11時45分に通常ラインのフィルタから予備ラインのフィルタに切り替えた以降、通常ラインのフィルタを取り外し、洗浄作業を行っている。



通常ラインのフィルタから予備ラインのフィルタに切り替えた後、フィルタ洗浄を行うためフィルタ洗浄を通常行っているメーカーに問い合わせを行ったが、震災の影響で連絡が取れなかったため関連メーカーの協力を受け、取扱説明書をもとに洗浄方法の検討および洗浄に必要な資機材の準備を行った。この際、洗浄に必要な軽油（フィルタ洗浄では、軽油にフィルタを漬けた後、エアブローを行う）の調達に時間を要し、結果、洗浄を開始できたのは3月14日 10時ごろであった。

フィルタ洗浄において、フィルタ洗浄後の洗浄効果を確認した際には、フィルタ表面の黒い付着物が除去され、金属の光沢が見えていたことから洗浄効果があると判断し、ラインに戻した。しかしながら、差圧高警報は回復しなかった。

その後（本事象発生以降）、フィルタを分解して内部の確認を行ったところ、フィルタ内部には黒い付着物が残っており、洗浄が完全ではなかったことが確認された。

②燃料油

燃料油（A重油）について、燃料地下タンク（以下、「当該タンク」という。）内の燃料油を採取し分析等を行った。

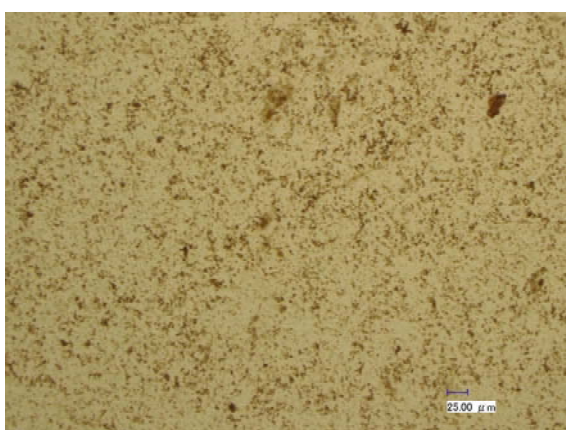
その結果、燃料油に含まれるドライスラッジ※濃度が通常のA重油と比較し、高いことが確認された。

※重油に含まれるアスファルテン、レジンなどの高分子量のものが、貯蔵中の温度や期間などの要因により、重油中で溶解、分散せず貯蔵中に分離し、タンク底部にドライスラッジとして堆積する。

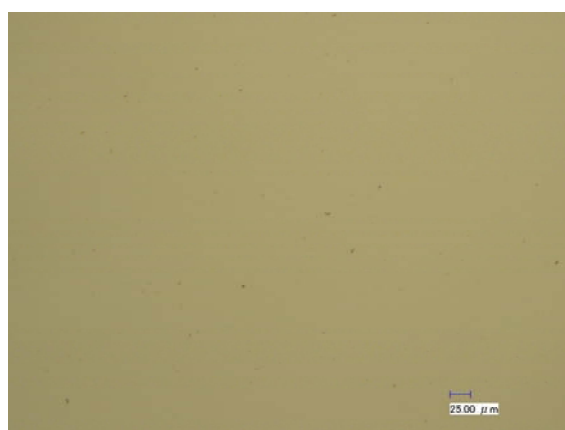
通常のA重油では、ドライスラッジ濃度が数 mg/100ml であるのに対し、当該タンクの重油は、14mg/100ml と高い値であった。DG-Bの当該タンクの重油についても、15mg/100ml と高い値であった。

ドライスラッジ濃度については、石油関連会社によるとフィルタの詰まりなどのドライスラッジに起因するトラブルは、5mg/100ml を超えるケースが多いとのことであり、これと比較すると当該タンクのドライスラッジ濃度は高いと言える。

また、DG-Bのフィルタを保管していた袋に付着した燃料油を光学顕微鏡で確認した結果、1 μ m オーダーの粒子が密集し、25 μ m 程度の粒子が散在していた。



DG-Bフィルタに付着していた燃料油



他のDGの燃料油

フィルタの現品調査で確認したフィルタ内部の黒い付着物の分析を行った結果、ドライスラッジの成分が確認された。

当該タンクの燃料油は、サーベランス運転によって消費される量を都度補充するという管理を行っており、年間の消費量 30m³程度（年度によってばらつきあり）は、総燃料貯蔵量約 450m³に対して 7%程度である。また、当該タンクの燃料の入替えを設備設置以来行っておらず、石油関連会社によると保管状況によって異なるものの、ドライスラッジの発生は 6 ヶ月程度で確認されるとのことであり、燃料油の長期間の保管によりドライスラッジの濃度が高くなったものと考えられる。ドライスラッジの濃度が高かったことから、地震によりタンク底部に堆積したドライスラッジがタンク内に拡散、浮遊し、高濃度のドライスラッジを含む燃料油が供給されたことにより、過去のサーベランス運転よりも燃料油供給圧力の低下が早く、さらにフィルタ洗浄の効果が十分に得られなかったものと考えられる。

③発電機

DG-Aのフィルタを新品に交換し、性能確認試験を実施した結果、著しい圧力低下は確認されなかった。また、燃料油供給配管・弁の詰まりはなく、燃料油供給圧力測定計器も健全であった。このため、発電機側の要因でフィルタ差圧高が発生したものではないと考えられる。

4. 推定原因

「3. 原因調査」の結果、差圧高警報発報後、フィルタ洗浄を行ったが、差圧高警報が回復することはなく、その結果、燃料油供給圧力が設計上の下限値を下回り、DG-Aを停止するに至った原因は、以下のものと推定した。

- ・燃料油の長期間の保管によりドライスラッジの濃度が高くなり、地震によりタンク底部に堆積したドライスラッジがタンク内に拡散、浮遊し、高濃度のドライスラッジを含む燃料油が供給されたこと（差圧高警報発報が過去の運転実績よりも早い要因）
- ・高濃度のドライスラッジを含む燃料油の影響で、フィルタ洗浄の効果が十分に得られなかったこと（フィルタ洗浄後にフィルタ差圧高警報が回復しなかった要因）

また、通常ラインのフィルタと予備ラインのフィルタで洗浄後の燃料油供給圧力の回復程度が異なる（通常ラインのフィルタに比べて予備ラインのフィルタの回復程度が低い）のは、差圧高警報発報からフィルタ切替までの時間が、予備ラインのフィルタのほうが長かったこと（通常→予備：3時間33分、予備→通常：15時間59分）が要因と考える。

5. 対策

「4. 推定原因」に示した原因に対して、以下の対策を実施する。

- ・燃料油中のドライスラッジ濃度が高くなったことの対策として、当該タンクの清掃を実施した。今後2年に1回の頻度で燃料油の性状（ドライスラッジ濃度）を測定し、性状の変化を把握するとともに、8年の範囲内でタンク内の清掃を行う。
- ・今回フィルタ洗浄の効果が十分に得られなかったことの対策として、差圧高警報が発報した時点で、速やかにフィルタ系列を切り替え、フィルタを交換する旨を警報対応手順に明記するとともに、フィルタの交換品を準備した。

6. 水平展開

再処理工場におけるディーゼル発電機としては、他に第2非常用ディーゼル発電機、運転予備用ディーゼル発電機がある。

第2非常用ディーゼル発電機及び運転予備用ディーゼル発電機の燃料油タンクについて、今後2年に1回の頻度で燃料油の性状（ドライスラッジ濃度）を測定し、性状の変化を把握するとともに、8年の範囲内でタンク内の清掃を行う。

なお、第2非常用ディーゼル発電機の燃料油タンクについては、設置から8年以上経過しているため、今回タンクの清掃を実施した。

これらの発電機は、フィルタの目が粗い等の第1非常用ディーゼル発電機との構造上の違いから、洗浄による詰まり除去が容易であるため、差圧高警報は設定されていないことから、取扱説明書で洗浄が推奨されている差圧値を規定値として設定し、差圧が規定値に達したことを確認した時点で、速やかにフィルタを切り替え、フィルタを洗浄する旨を手順書等に反映した。

なお、今回水平展開として洗浄の基準として設定する規定値については、フィルタ最大許容差圧の1/40程度であり、十分安全側であることを確認した。

また、これらのディーゼル発電機では、フィルタの交換品が確保されていることを確認した。

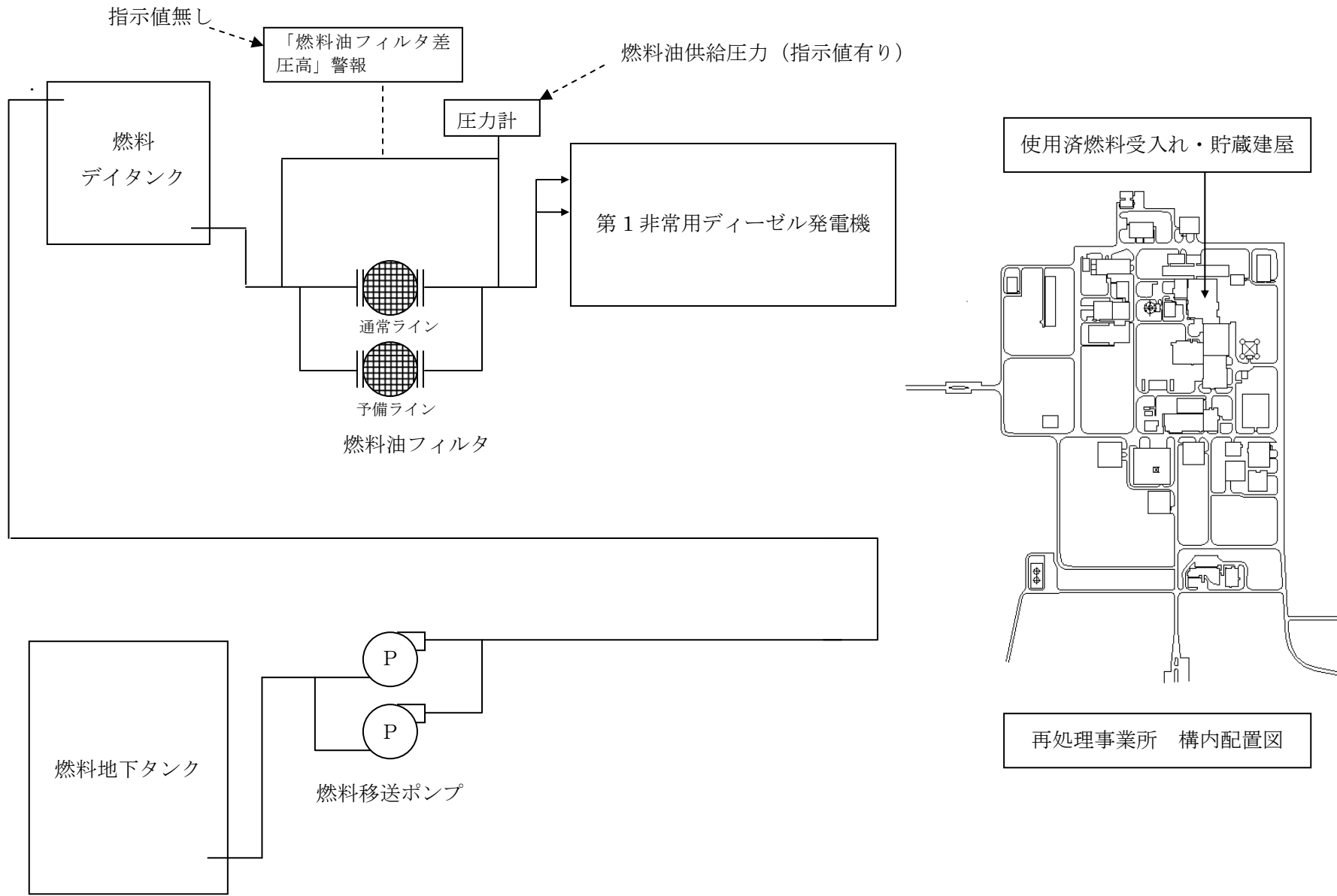
以上

主な時系列

- 3月11日 14時46分 : 地震発生
 14時48分 : 外部電源喪失にともないDG-A・DG-B自動起動
- 3月12日 8時12分 : DG-Aにおいて差圧高警報発報（通常ライン）
 11時45分 : DG-Aのフィルタを通常ラインから予備ラインに切り替え
- 3月13日 17時47分 : 外部電源を当社開閉所で受電
 （この時点で電力会社から供給される電力量に制限があったことから再処理施設本体の外部電源復旧を優先し、F建屋はDG-A・DG-Bによる給電を継続した。）
- 3月14日 0時46分 : DG-Aの差圧高警報発報（予備ライン）
 8時10分 : DG-Bにおいて差圧高警報発報（通常ライン）
 10時00分 : DG-Aの通常ラインのフィルタ洗浄を開始
 16時00分 : DG-Bの通常ラインのフィルタから予備ラインのフィルタに切り替え
 16時45分 : DG-Aの通常ラインのフィルタ洗浄が終了したことから、予備ラインのフィルタから通常ラインのフィルタへ切り替えたが、差圧高警報は回復しなかった
 17時15分 : DG-Aの予備ラインのフィルタ洗浄を開始
 18時46分 : DG-Aの予備ラインのフィルタ洗浄が終了したことから、通常ラインのフィルタから予備ラインのフィルタへ切り替えたが、差圧高警報は回復しなかった
 18時55分 : DG-Aの燃料油供給圧力が、設計上想定している通常範囲を超えて低下
 19時00分 : DG-Aの予備ラインのフィルタから通常ラインのフィルタへ再度切り替え
 22時15分 : DG-Aの燃料油供給圧力が設計上想定している通常範囲を超えて低下
 22時45分 : F建屋の外部電源復旧のための作業を開始
 22時49分 : DG-Aの燃料油供給圧力が設計上の下限値を下回ったため、燃料油供給圧力を回復させるための

措置として、通常ラインのフィルタと予備ラインのフィルタの両ラインによる供給を行い、一時的に燃料油供給圧力が回復

- 23時40分 : DG-Aの燃料油供給圧力が低下し、再度、燃料油供給圧力が設計上の下限値を下回ったため、設備保護のためDG-Aを手動停止
- 23時40分 : プール水冷却系（A系）停止
- 23時56分 : F建屋において外部電源を受電
- 3月15日 0時40分 : 外部電源復旧完了（A系）
- 1時25分 : 国、県、村へ第1報のFAX送信
- 2時33分 : プール水冷却系（A系）復旧（プール水冷却系（B系）は、地震発生前から継続して運転）
- 5時10分 : 外部電源復旧完了（B系）
- 5時19分 : DG-Bを停止



第1非常用ディーゼル発電機A概要図