

東海再処理施設における換気設備の負圧監視と保安全管理

Negative Pressure Monitoring and Maintenance Management of the Ventilation System in the Tokai Reprocessing Plant

| | | | |
|-----------------|--------|--------------------|--------------|
| (独) 日本原子力研究開発機構 | 堂村 和幸 | Kazuyuki DOMURA | (Non-Member) |
| (独) 日本原子力研究開発機構 | 算用子 裕孝 | Hiroataka SANYOSHI | (Non-Member) |
| (独) 日本原子力研究開発機構 | 福有 義裕 | Yoshihiro FUKUARI | (Member) |
| (独) 日本原子力研究開発機構 | 伊波 慎一 | Shinichi INAMI | (Member) |

Radioactive materials in nuclear plants are confined in the facility at a negative pressure less than atmospheric pressure, which is maintained by the ventilation system. Therefore, it is important for nuclear safety to keep the negative pressure and to monitor the condition of the ventilation system. Also, immediate maintenance is essential when the ventilation system fails. In the Tokai Reprocessing Plant, monitoring the negative pressure in the facilities and the condition of the ventilation system is performed using the centralized monitoring system. In addition, maintenance management has been performed by analyzing the failure data, which is accumulated in the past equipment maintenance, and by applying condition-based maintenance methods. As a result of such activities, the rate of failure in the ventilation system has been reduced. This paper describes the monitoring method for negative pressure and the maintenance management being conducted in the Tokai Reprocessing Plant.

Keywords ; Tokai Reprocessing Plant, Ventilation System, Negative Pressure, Maintenance Management

1. 緒言

東海再処理施設では、施設内部を放射線量、放射性物質による汚染の恐れの度合いにより、低い順にグリーン区域、アンバー区域、レッド区域に区分している。この区分に応じて、グリーン区域からアンバー区域、アンバー区域からレッド区域へと空気が流れるように圧力差を設け、負圧管理を行っている。従って、放射性物質を施設内へ閉じ込める観点から、核燃料施設において、負圧管理は大変重要である。このため、日常の負圧監視及び機器故障時の復旧等の保安全管理を確立するとともに、品質保証活動の推進、合理的かつ効率的な負圧監視、経済性を考慮した保安全管理が不可欠である。

本稿では、東海再処理施設の換気設備において、合理的かつ効率的な負圧監視を可能とした換気設備集中

監視装置と回転機器における保全状況について報告する。

2. 再処理施設における換気設備の概要

2.1 換気設備の構成

換気設備の概要を図1に示す。換気設備はブロア、フィルタ、ダクト等で構成され、施設外から施設内に空気を取り込む系統は給気系統、この取り込んだ空気を主排気筒より排出する系統は排気系統と区分される。また、区分毎に系統分けされたブロアにより空気の流れを作ること、施設内が負圧に維持される。さらに、施設入口には給気フィルタ、出口側には排気フィルタが設けられている。これらの機器の構成により、施設内の負圧は、大気圧を基準として、グリーン区域を -10Pa ~ -50Pa 、アンバー区域を -70Pa ~ -100Pa 、レッド区域を -150Pa ~ -300Pa の範囲で管理している。

連絡先：堂村 和幸

〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松 4-33

日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター

e-mail: domura.kazuyuki@jaea.go.jp

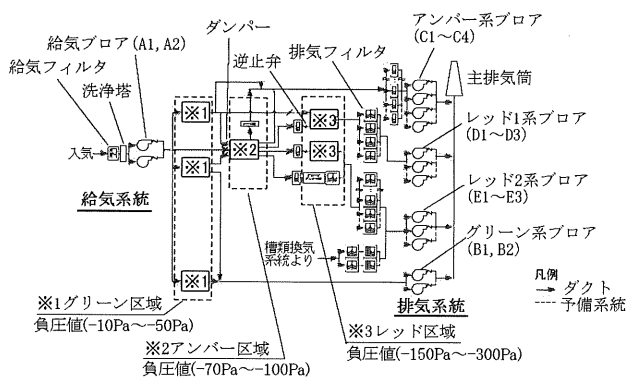


図1 換気設備概要

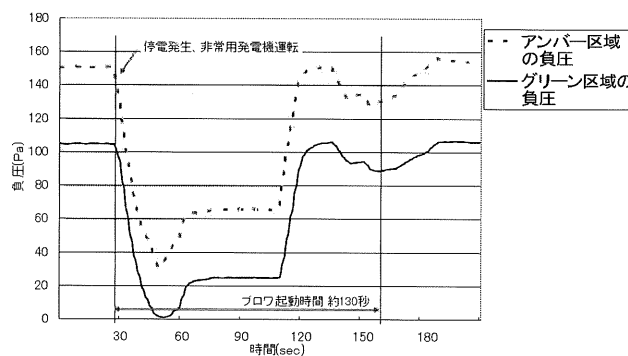


図2 非常用発電機から給電時の負圧トレンド

2.2 停電及び機器故障時の負圧維持機能

換気設備は、負圧を確保するため、通年安定した運転を行う必要がある。しかし、動的機器であるブロアは、運転中に停電または突発的な機器故障により、負圧の確保に影響を及ぼす可能性がある。このため、東海再処理施設の換気設備は、施設停電または突発的な機器故障を想定した以下の制御機構により、負圧が確保される。

(1) 非常用発電機から給電された場合

停電が発生した場合、所内に設置された非常用発電機により給電が行われる。この非常用発電機は給電容量に限度があることから、安全上重要な機器等のみ給電がされる。ブロアは、停電発生と同時に一旦全停止した後、非常用発電機から給電されると備えられた制御機構により、常用の運転台数から負圧を確保するために必要となる運転台数に減少し、汚染の恐れが高い区域の系統に設置されたブロアから順に、自動的に起動する。図2に非常用発電機からブロアに給電された際のアンバー区域等の負圧トレンドの一例を示す。この図では、停電発生後に非常用発電機が運転され、制御機構によるブロアの順次起動に約130秒を要している。しかし、ブロアの順次起動の間において、負圧は0Pa近くまで変動するが、負圧は確保されている。

(2) ブロアが故障停止した場合

ブロアは、予備機を含め複数台設置されており、常用のブロアに故障が発生した際には、自動で予備機に切り替わる。図3に、レッド系のブロア1台を意図的に故障停止させた際のアンバー区域等の負圧トレンドの一例を示す。この図では、負圧はレッド系ブロアの故障停止から制御機構による予備機起動までの約15秒間においても、最大約50Paの変動はあるものの、負圧は確保されている。

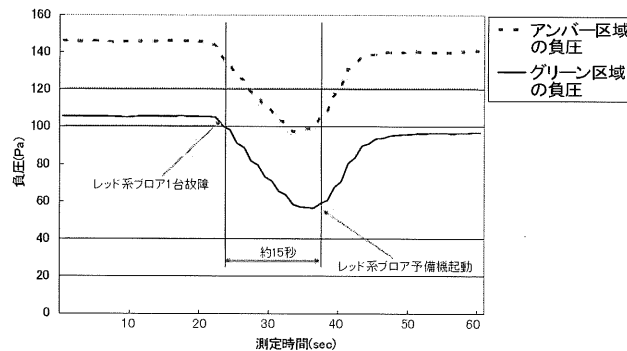


図3 ブロア1台故障時の負圧トレンド

3. 負圧管理

3.1 換気設備集中監視装置の導入

東海再処理施設では、1977年のホット運転開始時に負圧管理を要した施設は6施設であったが、現在では22施設に増加している。各施設には換気設備用の制御盤が設置され、換気設備の運転及び監視を行っている。しかし、施設ごとに換気設備の運転管理を専門とする運転員(以下「運転員という」)を確保するには限度がある。また、通常時の負圧は、自動制御により安定的に確保されている。

従って、施設ごとに運転員を常駐させる必要がないことなどから、合理的かつ効率的に負圧監視を行うため、運転員が一箇所に常駐し、複数の施設の負圧を監視する換気設備集中監視装置を1991年に導入した。

図4に換気設備集中監視装置のシステム概要を示す。この図で示す通り、換気設備集中監視装置は、各施設の負圧状況を一括で集中監視するため、各施設の制御盤上の情報をコンピュータに取り込み表示するシステムである。

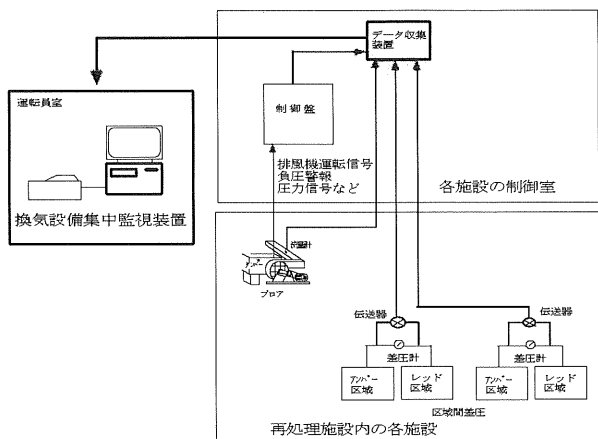


図4 換気設備集中監視装置のシステム概要

3.2 換気設備集中監視装置の機能

換気設備集中監視装置は、負圧管理に必要な機能を装備している。図5に機能の一つである換気設備集中監視装置による負圧トレンドを示す。A線はアンバー区域が安定した負圧状態である。B線は、グリーン区域の負圧であり、±10Paの範囲で変動が生じている。これは、B線の負圧は、屋外とグリーン区域の差圧を計測しており、屋外に設置された負圧計用ノズルが風の影響を受けるためである。また、その他の機能としては、異常を知らせる警報機能、ブロアの運転及び停止表示機能などが装備されている。

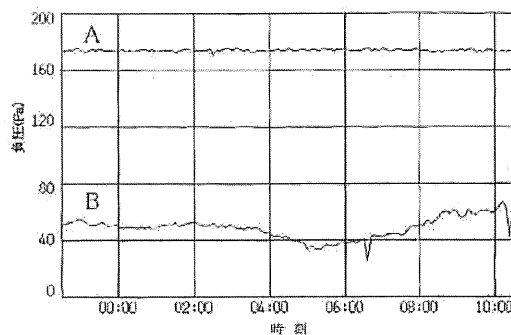


図5 換気設備集中監視装置による負圧トレンド

A:アンバー区域の負圧
B:グリーン区域の負圧

4. 換気設備の保安全管理

東海再処理施設では、機器の信頼性を確保するため、保全の計画(Plan)、保全の実施(Do)、保全の評価(Check)、保全の改善(Action)のPDCAサイクルを品質保証に取り入れ、保全の最適化を考慮した活動が求められている。具体的に、保全の最適化を図るための要素は、以下の3つであると考えている。

- (1) 異常兆候の早期検知
- (2) 故障後の早期復旧
- (3) 保全データの管理と反映

4.1 異常兆候の早期検知

図6にブロアの構成を示す。ブロアは、軸受の故障、Vベルトの損傷、モータ故障等により、機能が低下または停止する可能性がある。このため、東海再処理施設では、日常的に行う巡視点検及び監視に加え、1回/年の頻度で定期的なブロアの精密点検を行っている。また、過去の保全実績データの分析により、回転機器類の故障は約90%が軸受の不具合によるものであり、その原因の約96%が潤滑不良であることが分かっている^[1]。そこで、軸受の潤滑状態を把握するため、ショックパルス法による診断装置を導入している。この診断装置は、内部に軸受情報が入力されており、自動的に軸受診断判定が行われる。図7に、ショックパルス法による軸受診断判定の概要を示す。この図は、縦軸にLR値(Low rate of occurrence Range: 単位時間当たりの発生数が少なく強いパルス)とHR値(High rate of occurrence Range: 単位時間当たりの発生数が多く弱いパルス)の差による軸受軌道面の損傷度合、横軸にHR

値による油膜形成の度合を表している。また「良好」、「注意」等の軸受状態を表す領域を示している。ショックパルス法を用いた診断装置では、LR 値、HR 値が表示され、また軸受状態の領域に相当するレベル(a, b, c)が表示される^[2]。本診断装置により軸受管理を行った結果、1年間の軸受故障の平均発生率が導入前の 9.17×10^{-3} (件/個)に対し、導入後は 2.86×10^{-3} (件/個)と約 1/3 に低減した^[3]。

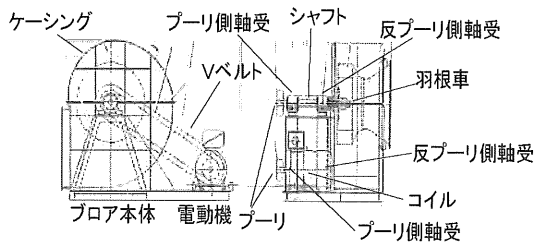


図6 プロアの構成

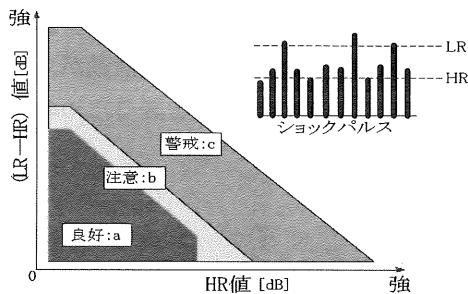


図7 ショックパルス法による軸受診断判定の概要

4.2 故障後の早期復旧

東海再処理施設では、プロアを構成する部品の交換及び異常発生時の原因調査など、復旧に関する作業を社内で行うことを前提としている。これは、メーカーへの外注の際の手続きから復旧までに要する時間を、可能な限り短縮するためである。このような故障後の早期復旧を図るため、予備品の確保、要領書の整備、教育による技術力の向上を進めてきた。その結果、これまで外注の場合、1ヶ月程度を要していた作業が、社内で行うことにより1週間以内での復旧が可能となった。

4.3 保全データの管理と反映

保全のPDCAサイクルを確立するためには、最新の知見と、これまでの保全実績の反映が重要である。このため、東海再処理施設では、換気設備に限らず施設設備の保全実績を収集するシステムとして、1985年に設

備保全管理支援システム TORMASS(Tokai Reprocessing Plant Maintenance Support System)を導入した。本システムは、施設設備の保全履歴、点検・検査の周期管理、図面類等の登録ができ、現在までに施設設備の情報として約 24,000 件、保全実績データとして約 261,000 件のデータを入力している^[3]。

TORMASS に入力されたデータは、確率的安全評価、故障発生率の算出、信頼性評価、高経年化対策・評価等を行う際の貴重な財産であり、これらの各評価結果は保全作業へ反映している。TORMASS データ活用の例として、図8に各系統のプロアの故障分布を示す。この図は、25年間のプロアの偶発的な故障を対象とし、故障履歴から累積ハザード法により、縦軸に累積ハザード値 $H(t)$ 、横軸に故障発生時間 $t(\text{hr})$ をとり、グリーン系統等の各系統のプロアにおける故障の分布を表したものである^[4]。図8から、プロアは設置した系統、容量等の形式に関係なく、ほぼ同じ傾向を示しており、約 100,000 時間前後に故障が分布している。また、この図から形状パラメータ(m)*を求めると 2~4 の値となり、1より大きいことから、劣化故障によるものと推定でき、この時期でのプロアの保全作業の必要性を定量的に示している。

* 形状パラメータ(m):分布の形状を表す

$m > 1$:故障率が時間とともに減少する、初期故障。

$m = 1$:故障率が時間によって変化しない。

$m < 1$:故障率が時間とともに増加する、劣化故障。

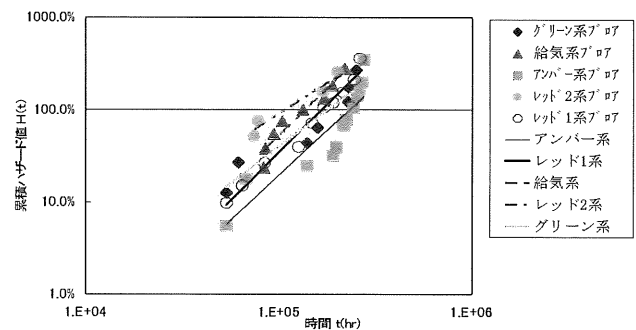


図8 各系統プロアの故障分布

5. 結言

東海再処理施設では、これまで定期的に機器の分解整備を行う時間基準保全が主流であったが、前述した換気設備集中監視装置、ショックパルス法による診断装置の導入、さらには技術員の資質向上による機器故

障時の早期復旧、TORMASS の活用により、状態監視保全への移行が進んでいる。状態監視保全への移行により、適切な時期に状況に応じた保全が可能となり、またコストが低減化され、保全活動の最適化が着実に進んでいる。

参考文献

- [1] 鋤柄 光二他「東海再処理施設 30 年の歩みと今後の展望 - 保全技術管理支援システムの運用 -」日本原子力学会(2006 年秋の大会)
- [2] 竹内 謙二他「東海再処理施設における回転機器類の保全技術開発Ⅱ - ショックパルス法による設備診断 -」日本保全学会(2008 年)
- [3] 清水 和幸他「東海再処理施設における設備保全管理支援システム(TORMASS)の開発」日本保全学会(2008 年)
- [4] 堂村 和幸他「東海再処理施設における回転機器類の保全技術開発Ⅰ - 回転機器構成部品の故障解析 -」日本保全学会(2008 年)