

Sievers* TOC計によるボイラー運転コスト削減

背景

米国テネシー州メンフィス近郊にあるテネシー川流域開発公社(テネシーバレーオーソリティ; TVA)のアレン複合火力発電所は、TVAにおける7番目の複合火力発電所です。このプラントは2018年に設立され、2つの天然ガスタービン(各330 MW)、燃焼蒸気タービン(420 MW)、3,000のソーラーパネル(約1 MW)が設置されています。これは、50万世帯以上に電力を供給できる発電量です。

アレン発電所は、3つの石炭火力ユニットからなるアレン火力発電所に代わり、55年前に誕生しました。このプラントは排出量の大幅な削減を実現し、2018年にはTVAの最も効率的な発電設備となっています¹。プラントのピーク時には、コンデンサーを冷却するために26,500~38,000 m³/日の水を必要とします²。生産効率とコストの最適化が求められる中、ダウンタイムは大きな負担となります。グリコール漏れによる設備損傷はコストがかかりますが、全有機炭素(TOC)モニタリングにより予防することができました。

チャレンジ

アレン発電所のボイラー供給システムでは、過去1年以内に、密閉式冷却水システムのグリコール漏れが3回発生し、稼働停止しました。稼働停止を回避するための予防手段が検討されました。

そこで、冷却水ループシステムの調査しました。凝縮水に冷却水(~35% グリコール)を添加するテストを実施したところ、2つのグリコール漏れの原因が明らかになりました。どちらも密閉機能の欠陥が関係しています。

1. プラントが稼働していない状態で、冷却水システムのみが稼働している場合、冷却水とボイラー給水ポンプの圧力差は約150 psiです。ポンプの密閉不良により、グリコールが漏れる可能性があります。
2. プラントが稼働している状況で、給水ポンプの密閉不良がある場合、グリコールが漏れる可能性があります。

稼働停止の根本原因を早く特定し、影響を軽減し通常運転に戻すことが重要です。

室温条件においてグリコールは非イオン状態のため、pHや導電率などの従来のモニタリング技術では、グリコール漏れを検出できません。

ただし、低圧(70-80 psi) / 中圧(300-350 psi) / 高圧(1600-1800 psi)ドラムに給水されると、グリコールは酢酸などの有害な有機酸に変化し、pHが約10から約5まで急速に低下します。低pH状態で水が蒸気になると、金属が溶融状態となり壁面を損傷させます。さらに、低pH状態が続くと、24~48時間以内に配管にピンホールが開いて重大な損傷が発生する可能性があります。当初、10リットル以上のグリコール漏れが原因とされていましたが、実際には約0.5リットルでプラントが停止する可能性があることが判明しました(図1)。

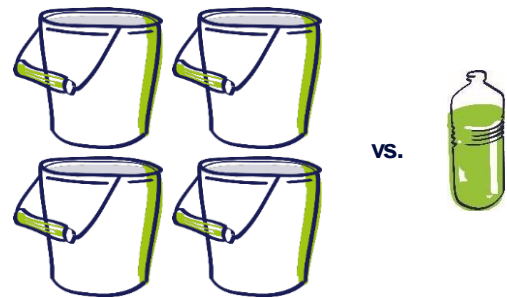


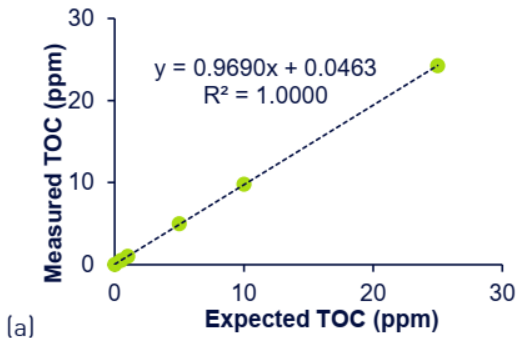
図1. 従来想定されていた設備の損傷やpH変化を引き起こすグリコール量(左) VS 調査後に判明したプラントの停止や配管の老朽化につながるグリコール量(右)

プラントの停止は、5日間で170万ドルの大きな経済的損失となります。アレン発電所は予備の燃焼タービンを保有していたため、損失は蒸気発生によるものに限定されました。予備のタービンがないプラントでは、発電需要によっては500万ドル以上の損失となります。さらに、設備損傷によりプラントの老朽化が進み、コストが大幅に増加する可能性があります。

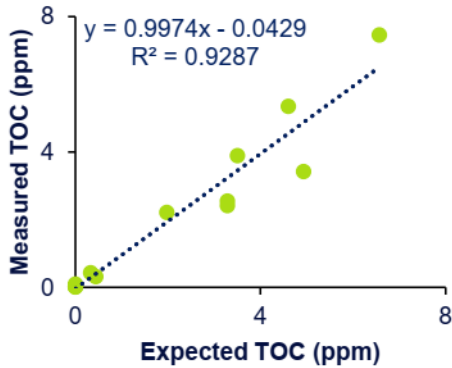
解決策

アレン発電所は、グリコール漏れを検出するために迅速で正確なTOC分析を採用しました。TOCとグリコールは相関関係を持つため、供給水中の低濃度グリコールを検出できます(図2a)。また、TOCが検出できるグリコール濃度を把握するために回収率試験を実施しました(図2b)。

試験結果を使用して、処置基準値を設定しました。100mL程度のグリコール漏れでTOCが400~700ppb上昇することが判明しました。通常の凝縮水のTOCは100ppb以下で、多くの場合は20ppb程度でした。



(a)



(b)

図2. (a) エチレングリコールのTOC回収率試験。広範囲に渡りエチレングリコールを97%以上回収できています。

図2. (b) プロピレングリコールのTOC回収率試験

TOC計は、有機化合物をCO₂に酸化し、そのCO₂を測定します。アレン発電所では、湿式UV酸化+ガス透過膜式導電率測定法のTOC計が使用されました。これは、飲料水/製薬/半導体産業で、原水から超純水までを監視するために使用されます。

グリコール漏れを防ぐためにTOCを使った運転手順が開発されました(図3)。その結果、日常的なモニタリングだけでなく、ユニットの切替や停止を臨機応変に行うことができるようになりました。

まず、ボイラー給水ポンプのリザーバーからサンプルを採取し、TOCを分析します。施設にはボイラー給水ポンプが2台あります。ポンプAの結果が処置基準値以上だった場合、ポンプBを分析して、処置基準値未満だった場合はポンプを切り替えます。1日2回サンプルを分析して、設備やシステム損傷の兆候を検出します。ボイラー給水ポンプのメカニカルシールを交換した際に、密閉性を検証するために低圧ドラムからのサンプルを測定することもできます。低圧状態で液漏れがあった場合は、システムを洗浄して、酸を除去し、高pH状態に戻します。壁面薄肉化の非破壊検査は困難です。TOCを使用することで、プラント停止や設備劣化の前にグリコール漏れを監視/検出/防止することができます。このプロセスは、将来的にはオンラインモニタリングに活用できる可能性もあります。

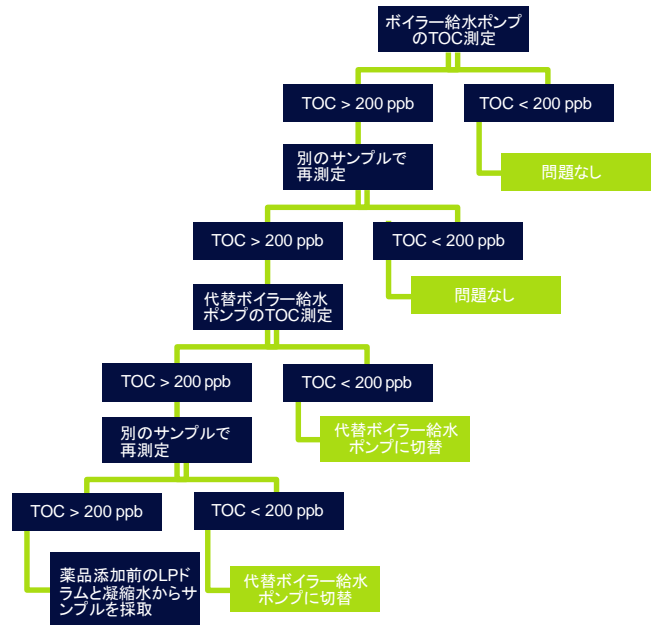


図3. TOCを使ったグリコール検出のための運転手順の概略図

結論

グリコール漏れは、プラントやプロセス設備の性能を損なう可能性があります。高温高圧下では、グリコールは有機酸に分解し、システムの腐食を加速させる可能性があります。プラントの老朽化や壁面薄肉化を定量化することは困難ですが、プラントの操業停止により1日あたり数百万ドルの損失が発生します。pHと導電率だけでは給水ポンプからのグリコール漏れを検出するには不十分です。TOCは、ラボまたはオンラインでグリコールを低レベルから高レベルまで検出することができます。ガス透過膜式導電率技術を用いたTOC計は、グリコールや有機酸を高感度に検出します。TOCは初期段階のグリコール漏れを検出できる有用なツールです。

TOCを使用したグリコール検出は、設備稼働の信頼性を高めるとともに、設備資産の簡易的な保険としても機能します。

参考文献

1. "Allen Combined Cycle Plant." TVA, www.tva.gov/Energy/Our-Power-System/Natural-Gas/Allen-Combined-Cycle-Plant.
2. "Allen Combined-Cycle Power Plant, Tennessee, United States of America." Power Technology | Energy News and Market Analysis, www.power-technology.com/projects/allen-combined-cycle-power-plant-tennessee/.

(翻訳: セントラル科学株式会社)