

| | |
|--------------|---|
| Title | コンバインドサイクル発電プラントの水・蒸気サイクルにおける新しい水質管理手法に関する研究 |
| Author(s) | 中土, 雄太 |
| Citation | 大阪大学, 2024, 博士論文 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://doi.org/10.18910/96065 |
| rights | |
| Note | |

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (中 土 雄 太)

論文題名

コンバインドサイクル発電プラントの水・蒸気サイクルにおける新しい水質管理手法に関する研究

論文内容の要旨

コンバインドサイクル発電プラントの水・蒸気サイクルの構成材料は主に炭素鋼などの鉄鋼材料であり、主要なトラブルのひとつに腐食がある。水・蒸気サイクルでは、腐食抑制のために、pHや酸化還元雰囲気調整する薬品注入による水処理や、腐食の原因となる不純物成分の混入監視や排出処置などの水質管理を行ってきた。従来は、水処理方法として、給水にAVT(R)、ボイラ水にリン酸塩処理が適用されたが、近年は、系統全体でアンモニアのみを使用するHigh-AVT(LO)の適用が広がってきた。High-AVT(LO)では、従来使用されていたヒドラジン、リン酸ナトリウムを不使用にでき、従来よりも高い給水pHによって流れ加速型腐食を抑制したり、プラント起動・停止時の運転管理の省力化が可能で、今後ますます適用は拡大するものと想定した。一方で、水質管理方法は、従来の水処理方法やプラント運用を想定したものであったり、系統内で明らかとなっていないアンモニアの挙動があったり、未だ検討の余地が残されている状況であった。そこで、本研究では新しい水処理方法であるHigh-AVT(LO)の特性を活かし、また今後の動向を見据え、効率的かつ効果的にプラントを運用するための水質管理手法について検討を行った。

第1章では、コンバインドサイクル発電プラントの水・蒸気サイクルにおける防食の考え方、腐食トラブル事例、水質管理手法について纏めた上で、High-AVT(LO)適用時に効果的かつ効率的な水質管理を行うために必要な検討事項を示した。

第2章では、ボイラ構成材料の腐食防止を目的とし、ボイラの腐食抑制に必要な給水のアンモニア濃度を明確にするため、ボイラにおけるアンモニアの気液分配挙動について検討した。気液間の物質移動を表す二重膜説を用いてアンモニアの気液分配を表す動的モデルを考案した結果、ボイラにおけるアンモニアの気液分配係数は、従来法では計算値と実測値に20～60%の誤差があったのに対し、新規モデルを用いた場合は誤差が0.1～17%まで低減された。また、給水のアンモニア濃度も、新規モデルによる誤差は概ね±3.5%以内で良好であった。以上より、新規モデルによりボイラにおけるアンモニア気液分配挙動を精度よく推算することが可能となり、ボイラの腐食抑制に有益な水質管理要領設計手法が構築されたものと判断した。

第3章では、水・蒸気サイクルの不純物混入の指標である酸電気伝導率について、二酸化炭素による計測妨害という課題を解決するため、新しい評価手法について検討した。水・蒸気サイクルに海水、二酸化炭素のいずれが混入しても酸電気伝導率は上昇するが、pH、電気伝導率の挙動は異なることに着目し、酸電気伝導率に加え、pH、電気伝導率を組み合わせた新規評価モデルを考案した。化学平衡計算ソフト OLI Analyzerを用いた検証の結果、新規モデルの誤差は、二酸化炭素濃度で0.0～18%、海水混入量で0.0～20%となり、良好な精度であった。また、実機プラントに対する評価においても、プラント状態と整合する計算結果が得られた。以上より、新規モデルを用いることで、二酸化炭素共存下においても海水漏洩を監視かつ迅速に検知可能であることが確認され、水・蒸気サイクルの腐食トラブル回避に必要な不純物監視手法の高度化が図られた判断した。

第4章では、今後のコンバインドサイクル発電プラントの運用動向を踏まえた新しい水質管理手法の検討を行った。その結果、高圧ドラム水の酸電気伝導率計測による微量海水漏洩検知を追加したり、従来の水処理方法を想定した監視項目を省略するなど、High-AVT(LO)の特性を活かし、合理化した水質監視計器の構成を創案した。また、試料流路切り替えにより計測値妥当性の自己診断が可能な試料採取装置や、高圧ドラム水の酸電気伝導率を用いた海水漏洩の対応要領を創案した。以上の水質管理手法を適用することにより、High-AVT(LO)を適用したプラントにおいて、より効率的かつ効果的な運用が可能となるとの結論を得た。

第5章では、コンバインドサイクル発電プラントの金属材料の健全性の維持に大きく寄与する成果を得た旨についてまとめ、本研究の内容を総括した。

論文審査の結果の要旨及び担当者

| | | | |
|---------------|-----|-----|--------|
| 氏 名 (中 土 雄 太) | | | |
| 論文審査担当者 | (職) | 氏 名 | |
| | 主 査 | 教授 | 藤本 慎司 |
| | 副 査 | 教授 | 宇都宮 裕 |
| | 副 査 | 教授 | 小泉 雄一郎 |

論文審査の結果の要旨

コンバインドサイクル発電プラントの水・蒸気サイクルでは構造材料の腐食を抑制するために、給水にヒドランジンを、ボイラ水にはリン酸塩が注入されてきたが、近年はアンモニアのみを使用する High-AVT(LO)の適用が広がっている。しかし現状の水質管理は従来の水処理方法やプラント運用法を想定しており、系統内でのアンモニアの挙動が十分に明らかでないなど、未だ検討の余地が残されている。そこで、本研究では High-AVT(LO)の特性を活かし、効率的かつ効果的にプラントを運用するための水質管理手法について検討している。

第 1 章では、コンバインドサイクル発電プラントの水・蒸気サイクルでの腐食事例と従来の水質管理手法に関する知見を纏め、さらに High-AVT(LO)を適用した水質管理手法の確立に必要な検討事項を述べている。

第 2 章では、ボイラ構成材料の腐食抑制に必要な給水のアンモニア濃度を明確にするため、ボイラにおけるアンモニアの気液分配挙動について検討している。気液間の物質移動を表す二重境界膜説を用いて、アンモニアの気液分配の動的モデルを考案した結果、ボイラにおけるアンモニアの気液分配係数は、従来法では計算値と実測値に 20~60%の誤差があったのに対し、新規モデルを用いた場合には誤差が 0.1~17%まで低減されることを明らかにしている。また、給水のアンモニア濃度についても、新規モデルでの誤差は概ね±3.5%以内となっている。以上のように、新規モデルによってボイラにおけるアンモニア気液分配挙動を精度よく推算することが可能となり、ボイラの腐食抑制に有効な水質管理要領の設計手法が構築されたと判断している。

第 3 章では、水・蒸気サイクルへの不純物混入の指標である酸電気伝導率について、二酸化炭素による計測妨害を解決するための新しい評価手法を検討している。水・蒸気サイクルに海水、二酸化炭素のいずれが混入しても酸電気伝導率は上昇するが、pH と電気伝導率の挙動が異なることに着目し、酸電気伝導率に加え、pH と電気伝導率とを組み合わせた新規評価モデルを考案している。化学平衡計算ソフト OLI Analyzer を用いた検証により、新規モデルの誤差は、二酸化炭素濃度で 0.0~18%、海水混入量では 0.0~20%となり、安定なプラント運用に十分な精度を得ている。また、実機プラントに対する評価で、プラントの状態と整合する計算結果が得られている。以上より、新規モデルを用いることで、二酸化炭素共存下において海水漏洩を迅速に検知可能であることが確認され、水・蒸気サイクルの腐食トラブル回避に必要な不純物監視手法の高度化が図られたと結論づけている。

第 4 章では、今後のコンバインドサイクル発電プラントの運用動向を踏まえた新しい水質管理手法を具体的に検討している。従来の水処理方法を想定した監視項目の一部を省略あるいは変更するとともに、高圧ドラム水系統に酸電気伝導率による微量海水漏洩検知を追加するなど、High-AVT(LO)の特性を活かした合理的な水質監視機器の構成を創案している。また、試料採取流路の変更により計測値妥当性の自己診断が可能な試料採取装置の設置とともに、高圧ドラム水の酸電気伝導率を用いた海水漏洩の対応要領を創案している。以上の水質管理手法の導入により、High-AVT(LO)を適用したコンバインドサイクル発電に最適化されたプラント運用が可能となったと判断している。

第 5 章では、コンバインドサイクル発電プラントでの金属材料の健全性維持に寄与する成果についてまとめ、本研究の内容を総括している。

以上のように本論文では、コンバインドサイクル発電プラントにて使用される金属材料の健全性を担保する新規な水管理法について計算モデルと実機での計測とを組み合わせ検証しており、これらは材料学の発展に寄与する成果である。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。