

審査の結果の要旨

氏名 細川 裕司

本論文は、高圧ガスパイプラインを取り巻く様々な環境の急激な変化に伴う新たな腐食機構に基づく事故リスクの増大が危惧されている現状において、早急に対応すべき新規カソード防食管理技術の構築を目的として実施された研究内容をまとめたものである。本論文は、以下の5章から構成されている。

第1章は序論であり本研究の背景と目的について述べている。50気圧以上で天然ガスを大量に輸送する高圧ガスパイプラインは、都市生活を支える重要な社会資本である。一般的には口径300mm～600mm程度の炭素鋼管を土壌埋設して供用しており、その外面腐食対策として塗覆装およびカソード防食を施している。また、供用期間中のカソード防食管理としてパイプラインの直流対地電位計測によるカソード防食検査と地表面からの塗覆装検査を行っている。しかし、近年、様々な環境変化に伴う新たな腐食リスクや塗覆装欠陥リスクが急増していることから、新規カソード防食管理技術の構築が急務であるとし、本研究の意義についてまとめている。

第2章では、新たな腐食リスクを適切に評価すべく、旧来の電位指標にかわる電流密度を指標とするカソード防食評価手法について検討した内容を論じている。近年、高圧送電線や交流電鉄からの電磁誘導に起因する交流腐食リスクが増大するとともに、高強度鋼管の採用の増加により過防食状況下における水素応力割れといったリスクが増大している等の状況を受け、実パイプラインに塗覆装欠陥を模擬した鋼製プローブを用いたフィールド試験を行い、土壌環境中における直流対地電位や電流密度などの電気化学パラメータを系統的に計測した。その結果、直流対地電位が飽和硫酸銅電極電位基準で $-1V$ 以下と十分低い場合でも交流電流密度 I_{AC} が $70A/m^2$ 以上に達し交流腐食が発生し得る高いレベルを示す事例が多々あること、過防食状況下では直流対地電位の計測においてオーム降下による誤差が $10V$ 以上に達することもあることなどを明らかにした。即ち、交流腐食や過防食といった腐食リスクは、直流対地電位では適切には評価できないことから、プローブを利用して直流電流密度 I_{DC} および交流電流密度 I_{AC} の両者を計測する必要性を明らかにした。さらに、これらの試験結果に基づき従来の腐食リスクのみならず新たな腐食リスクをも統一的に評価できる基準として、電位ではなく電流密度を指標とするカソード防食管理基準を策定した。本基準では、交流腐食防止基準として I_{AC} の最大値を I_{DC} の25倍あるいは $70A/m^2$ とし、直流腐食防止基準として I_{DC} の最小値を $0.1A/m^2$ とすること、及び過防食防止基準として I_{DC} の最大値を $40A/m^2$ とすべきであることを提案している。

第3章では、交流腐食の要因となる電磁誘導への対策手法を検討することを目的として行った内容を論じている。電磁誘導対策としては低接地措置が有効であるが、一方でカソード防食レベルを低下させる懸念がある。そこで、カソード防食との両立を考慮して、Mg電極あるいは直流ブロック装置を利用した低接地措置による電磁誘導対策の考え方を提示し、高圧送電線あるいは交流電鉄に近接して埋設され I_{AC} が $70A/m^2$ 以上と基準を超える実パイプラインにおいてフィールド試験を行い、提示し

た対策の有効性を検証した。その結果、これら低接地措置を施すことにより I_{AC} を例えば $10A/m^2$ 以下と基準を満足するレベルまで低減できると同時に、対策実施の前後で直流電流密度に大きな変化はなく良好なカソード防食レベルを維持し得ることなどを見だし、実パイプラインにおける電磁誘導対策手法を提示した。

第4章では、パイプラインのインピーダンスを利用した塗覆装欠陥位置の特定手法について検討した結果を論じている。近年、鞘管接触や他工事による塗覆装欠陥リスクが増加しており、塗覆装欠陥への早期対応が求められている。そこで、パイプラインに交流信号を通電したときの信号通電点から見たインピーダンスを利用して、欠陥発生位置を特定する手法について検討した。具体的には、延長 14 km の実パイプラインを対象として、信号周波数 220Hz とした場合の欠陥発生時のインピーダンス変化について分布定数モデルを適用し、理論計算およびフィールド試験の両面から検討している。結果として、インピーダンスのガウス平面上における座標は、欠陥位置に応じて一義的に変化することを実証し、フィールド試験から信号周波数と位置判定精度の関連を明らかにした。これらにより、インピーダンス変化を利用した数十 km に及ぶ長大なパイプラインにおける塗覆装欠陥の位置を定量的に特定する手法を提示した。

第5章では本研究の成果を総括し、高圧ガスパイプラインにおける新たなリスクに対応したカソード防食管理手法の全体像を示した。

以上を要するに、本論文は近年の高圧ガスパイプラインを取り巻く様々な環境変化に伴う新たな腐食リスクや塗覆装欠陥リスクに対応するカソード防食管理技術を様々な観点から検討し提示したものであり、材料工学に対する貢献は大きい。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。