

学位論文及び審査結果の要旨

氏 名 TO DARA

学位の種類 博士(工学)

学位記番号 工府博甲第538号

学位授与年月日 平成29年9月15日

学位授与の根拠 学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号)第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第1項

学府・専攻名 工学府 システム統合工学 専攻

学位論文題目 Evaluation of atmospheric corrosion in steels for corrosion mapping in Asia
(アジアにおける腐食環境マップ作成に向けた鋼の大気腐食評価に関する研究)

論文審査委員 主査 横浜国立大学 教授 梅澤 修
物質・材料研究機構 特別研究員 篠原 正
横浜国立大学 教授 廣澤 涉一
横浜国立大学 教授 中尾 航
横浜国立大学 准教授 長谷川 誠

論文及び審査結果の要旨

本論文は、アジアにおける大気腐食環境マップ作成の技術的検討、すなわち、炭素鋼の大気腐食挙動の予測に向けた一連の研究成果をまとめたものである。大気腐食は、産業システムや社会インフラにおける性能劣化を引き起こす重要因子の一つであり、大気腐食損傷に伴うそれらの維持や事故にかかるコストの大きさは、過去の事例が物語る。

大気腐食挙動を把握するには、まず、環境因子の影響を詳細に知る必要がある。人工降雨試験において、化学種やその濃度などの環境パラメータが炭素鋼の大気腐食挙動に及ぼす影響を世界で初めて評価した。測定には、開発した腐食モニタリング(ACM)センサー4種を用い、イオン種およびその濃度が大気腐食速度およびセンサー出力に著しく影響することを確認した。経験的データを援用することで、雰囲気腐食性を予測し、実際の大気暴露試験における腐食現象の評価が可能であることを導いた。具体的には、人工降雨試験は、降雨の影響下での化学種による ACM センサー出力および腐食速度への影響を検討するために不可欠で信頼性の高い試験である。大気条件下では、 SO_4^{2-} および Cl^- のようなアニオンが最も腐食性のイオンであり、大気腐食の推定において考慮が必要である。大気中の他

の化学種である、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 K^+ などのカチオンはその影響を無視できる。また、種々の ACM センサー利用により濡れの時間を予測できる。特に、Al-Ag センサーや Cu-Ag センサーは長寿命の使用が可能である。Fe-Ag ガルバニックカップルは、濡れの時間だけでなく、大気の影響も検出できる。しかし、センサーの寿命は比較的短く、暴露試験中に頻繁にセンサーの取り替えが必要である。Al-Ag センサーは、耐用寿命が非常に長く、信号出力が化学種の種類による影響を強く受ける。したがって、雨水の化学成分を予測するのに適する。

大気腐食挙動、特に、表面の錆と表面粗さ形成に関するメカニズム検討では、鋼構造物の耐用年数予測が主な関心事である。屋外環境に暴露された鋼構造物では、炭素鋼、特に耐候性鋼に生じる錆層の形成は徐々に進行する。錆層は金属表面を不動態化して高い耐腐食性をもたらす、腐食速度を小さくする。しかし、表面粗さは時間と共に大きくなる。カンボジアでの屋外暴露試験と実験室腐食試験において炭素鋼表面に形成した腐食生成物と表面粗さの挙動を中心に評価した。走査型電子顕微鏡、X線回折、エネルギー分散型分光法、および共焦点レーザー顕微鏡を用い、表面形態、結晶相、錆試料の断面観察および表面粗さの変化について議論し、破壊解析の指針を得た。腐食性雰囲気暴露された金属表面に形成された腐食生成物の錆層は、多数の亀裂を含む多孔性を示し、水、酸素などの腐食種が浸透して金属表面に達する。このタイプの錆層は大気腐食耐性に劣る。一方、低腐食性雰囲気暴露された金属上に形成される緻密でコンパクトな錆層は、酸素および他の腐食種が拡散して金属表面に到達するのを効果的に抑制し、高い耐腐食性をもたらす。天空に暴露された試料に形成した錆層は、地上に暴露された試料に形成した錆層よりもコンパクトであり、日射と雨による洗浄は耐食性を高める効果がある。

大気腐食調査は、ISO規格を策定するために欧州諸国と米国とで広く行われてきた。しかしながら、これらの基準は、大気腐食の挙動がアジア地域と異なる地域の気候に基づいている。アジア地域における大気曝露試験の手順と大気腐食マッピングの結果を示し、大気腐食データを用いた地域別の評価、カテゴリー分類および推奨指針を策定した。また、腐食挙動に及ぼす環境パラメータの影響を明示し、ISO規格との妥当性を議論した。大気腐食が最大となる臨界温度と線量-応答関数 (ISO9223) に基づいて推定される腐食速度において、ISO規格で規定されているものとの間に不一致が生じた。ISO規格の適用範囲は、 $-17.1 \sim 28.7$ °Cの温度に限定され、熱帯気候に位置する一部のアジア諸国では年平均温度が上限を超えている。アジア地域によっては、最高気温が 35 °Cを超え、特に熱帯地域における大気腐食データの確立が必要である。

本論文は、人工降雨試験と腐食モニタリング (ACM) センサーによる大気腐食への環境因子の影響評価への有用性を示し、表面の錆と表面粗さ形成のメカニズムを明らかとし、大気曝露試験の手順と大気腐食マッピングへと導くことに成功した点で工学的価値が高い。また、本論文の内容は、アジア地域における大気腐食データを用いた評価、推奨指針を確立するなど工学的実用にご貢献するところが大きく、博士 (工学) の学位論文として十分な価値があるものと認める。