

イヤー用新材料の塩害耐食性評価

片山 信一* 白木 理倫*

Evaluation of Salt Damage Corrosion Resistance of the Improved Material for Ears

Shin-ichi KATAYAMA Tadanori USUKI

The accidents of breakage of the member of electric overhead line due to damage by corrosion have generated occasionally. Then, aiming at life extension, the aluminum bronze test piece of which nickel amount value was changed was prepared, and the atmospheric exposure test was carried out in Gatsugi anti-salt testing station and corrosion resistance was evaluated. As the result, the aluminum bronze which had the lower aluminum content and the higher nickel content had a good corrosion resistance. On the other hand, generation of corrosion was recognized at the parts of the surface where preparation process of test piece was not good.

キーワード：電車線材料，金具，イヤー，銅合金，アルミニウム青銅，塩害，腐食

1. はじめに

架線・パンタグラフ系を構成するトロリ線，き電線，およびハンガイヤー等の金具類の電車線路部材は，線区の状態によりさまざまな損傷を受けて，破損に至る事故が発生する場合があります，事故に至る前の損傷も数多く認められている。イヤーを対象としてみた場合，その原因の多くは腐食によるものである。そこで，重塩害環境における寿命延伸を目指したイヤー用耐食性材料の開発を目的とし，組成を変化させたアルミニウム青銅を試作して塩害実験場における暴露試験を行い，イヤー用新材質電車線部材の耐食性を評価した。ここではその評価結果について報告する。

2. 開発の経緯とイヤー損傷の事例

ハンガイヤーや曲線引金具等のイヤーの現用品の材料には，JIS H5120 のCAC702（アルミニウム青銅鋳物2種／旧JIS H5114のAIBC2）¹⁾やJIS H3250のC6161（アルミニウム青銅棒）²⁾が主として用いられている。表1に現用イヤー材の組成を示す。これらの材料は耐食性が良好なため各分野において用いられている³⁾。しかし過去の詳しい調査^{4) 5)}から塩害地域においては，耐食性が良いとされる材料でも腐食が進行し，材料中のNi量が規格値の下限側のものの腐食が激しいことがわかっている。さらに架設場所がトンネル内の出入り口付近のものが，寿命が短い。製造方法の観点から見ると，鍛造品に比べて鋳物のほうが腐食して破損しやすいが，鍛造品

表1 現用イヤー材の組成

単位：質量%

JIS 記号	材料名	Cu	Al	Ni	Fe	Mn
CAC702 (旧 AIBC2)	アルミニウム青銅 鋳物2種	80.0～ 88.0	8.0～ 10.5	1.0～3.0	2.5～5.0	0.1～1.5
C6161	アルミニウム青銅 棒	83.0～ 90.0	7.0～ 10.0	0.5～2.0	2.0～4.0	0.50～2.0

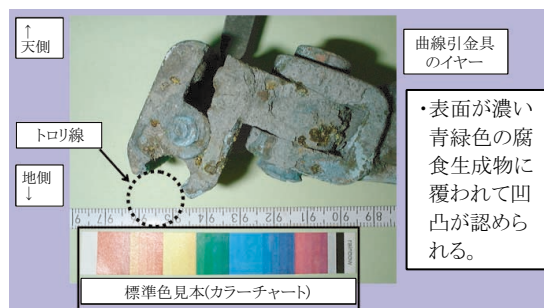


図1 腐食したイヤーの外観

においても腐食は進行する。イヤー損傷の事例を図1と図2に示す。この腐食は脱アルミニウム腐食，即ち合金成分のうちイオン化傾向の大きいアルミニウムが選択的に腐食して溶出する損傷形態である。対策として耐食性との相関が高いと考えられるNi量の調整を行うことにより耐食性の改善を図ることができるとされる。Ni量の多いアルミニウム青銅として，JISの規格品ではアルミニウム青銅鋳物3種があり，JIS規格外としてはアルミニウム青銅棒3種と4種がある。表2にアルミニウム青銅鋳物3種の組成を示す。そこで長寿命を目的とするイヤー用新材料として今までの実績と製造効率性を踏まえて現用材料に近いものとし，アルミニウム青銅鋳物2種とNi量の多いアルミニウム青銅鋳物3種をベースとしてJIS規格の範囲内でNi量を変化させ，変化した分を腐食

* 電力技術研究部（集電管理）

特集：電力技術

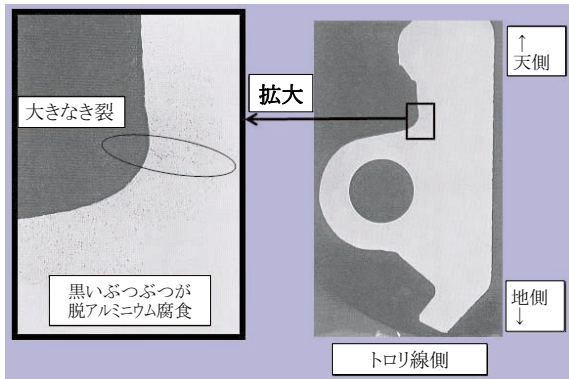


図2 腐食したイヤーの断面

表2 アルミニウム青銅鑄物3種の組成

単位：質量%						
JIS記号	材料名	Cu	Al	Ni	Fe	Mn
CAC703 (旧AIBC3)	アルミニウム青銅鑄物3種	78.0～85.0	8.5～10.5	3.0～6.0	3.0～6.0	0.1～1.5

しやすいとされるAl量を調整して全体の成分を100%としたものを製造し、暴露試験を行って耐食性の評価を行った。

3. 暴露試験による耐食性評価

3.1 試験方法

表3に試作した実験用部材の組成を示す。試作した実験用部材は、イヤー用新材料として現用品のアルミニウム青銅鑄物2種とNi量の多いアルミニウム青銅鑄物3種をベースとしてNi量とAl量を調整した材料により製造した(No. II～VI)。また、イヤーとの接触によるトロリ線の耐食性を調べるため、硬銅トロリ線相当の材料も同時に製造した(No. I)。試作した実験用部材の製造方法は、製造欠陥が少なく腐食しにくい鍛造とした。

図3に小型試験片の外観を示す。イヤー部材どうしてトロリ線部材を挟み込んだ小型試験片を製作して異種金属接触腐食の影響を暴露試験により評価することとした。そして、組み立てに用いるボルト・ナットと座金も現用イヤーに実際に用いられている材質と同じもの(JIS G4303のSUSXM7)とし、ボルト・ナットによる影響も評価した。

また、一般的に暴露試験に用いる平板状の試験片(単体試験片)として、実験用部材単体についても試験を行った。

その他、比較品(銅系のイヤー用部材以外)として、鉄(JIS G3101のSS400)平板と硬銅トロリ線(GT110mm²)との組み合わせ、およびアルミニウム合金(JIS H4040のA5056)平板と硬銅トロリ線(GT110mm²)との組み合わせについても異種金属接触腐食の比較評価のため暴露試験を行った。暴露試験の期間は6ヶ月の他、1年以上の

表3 試作した実験用部材の組成

材料No.	材料名	主要成分(質量%)					備考
		Cu	Al	Ni	Fe	Mn	
I	純銅(硬銅トロリ線相当)	99.96	—	—	—	—	比較用
II	アルミニウム青銅鑄物2種(AIBC2)相当	残	9.0	1.6	3.4	1.0	2種中間
III	アルミニウム青銅鑄物2種(AIBC2)相当	残	8.1	2.8	3.4	1.1	2種, Ni多, Al少
IV	アルミニウム青銅鑄物3種(AIBC3)相当	残	9.3	4.5	3.5	1.1	3種中間
V	アルミニウム青銅鑄物3種(AIBC3)相当	残	10.4	3.1	3.5	1.1	3種 Ni少, Al多
VI	アルミニウム青銅鑄物3種(AIBC3)相当	残	8.6	5.9	3.5	1.1	3種, Ni多, Al少

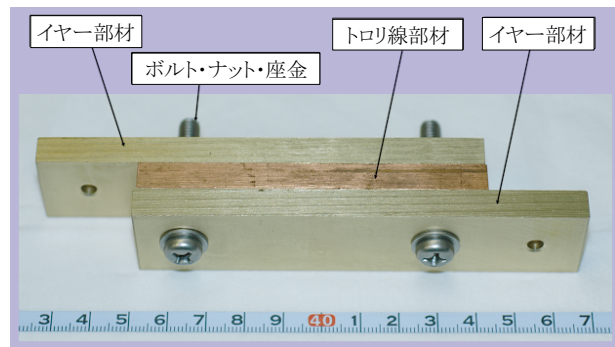


図3 小型試験片の外観

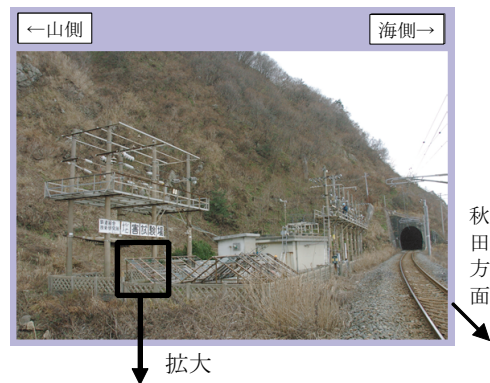


図4 勝木塩害試験場における試験片の暴露状況

暴露を行うためのものも架設した。図4に鉄道総研の勝木塩害試験場(新潟県岩船郡山北町)における試験片の

暴露状況を示す。

3.2 暴露試験結果

3.2.1 比較品（鉄およびアルミニウム合金）の腐食状況

(1) 鉄と硬銅トリ線線の組み合わせ

図5に6ヶ月間暴露した鉄（単体試験片）の外観、図6に6ヶ月間暴露した鉄と硬銅トリ線線の異種金属接触腐食試験片の外観を示す。単体試験片の鉄は全体が著しく腐食している。異種金属接触腐食試験片の鉄は、単体試験片以上に全体が著しく腐食して、硬銅トリ線線との接触部は特に腐食が著しい。

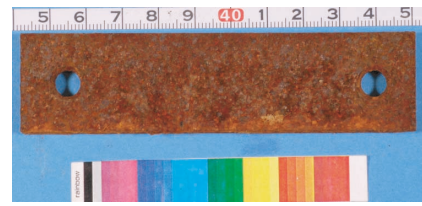


図5 6ヶ月間暴露した鉄（単体試験片）の外観

(2) アルミニウム合金と硬銅トリ線線の組み合わせ

図7に6ヶ月間暴露したアルミニウム合金（単体試験片）の外観、図8に6ヶ月間暴露したアルミニウム合金と硬銅トリ線線の異種金属接触腐食試験片の外観を示す。単体試験片のアルミニウム合金は、全体的に腐食が認められ、部分的に鉄の錆と思われる赤茶色をした腐食が認められる。異種金属接触腐食試験片のアルミニウム合金は、全体が著しく腐食して、硬銅トリ線線との接触部は特に腐食が著しい。



図6 6ヶ月間暴露した鉄と硬銅トリ線線の異種金属接触腐食試験片の外観

3.2.2 試作した実験用部材の腐食状況

(1) 外観と断面の調査

小型試験片の腐食状況を図9～図14に示し、表4に小型試験片（6ヶ月間暴露）の観察結果を示す。観察結果によれば、成分を変化させたアルミニウム青銅のうち、Alを低量化して高Ni含有としたアルミニウム青銅2種類（試験片No. VIと試験片No. III）が良好であった。ただし、イヤー部材表面を細かく見ると試験片加工による表面状態が悪い部位において腐食の発生が認められた。その具体例として、図15に単体試験片（No. VI）の腐食部を示す。これは加工時の影響と考えられるため、将来イヤー



図7 6ヶ月間暴露したアルミニウム合金（単体試験片）の外観

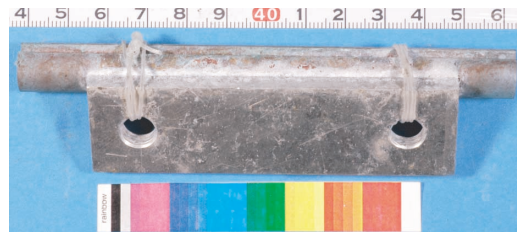


図8 6ヶ月間暴露したアルミニウム合金と硬銅トリ線線の異種金属接触腐食試験片の外観

表4 小型試験片（6ヶ月間暴露）の観察結果

材質No.	外側	接触部	断面	ボルト・ナット
I	全体が青緑色の腐食に覆われている。	接触部は同じ材質の金属にもかかわらず赤色の腐食が認められる。	イヤー部材とトリ線部材ともに深い腐食は認められず、トリ線部材への腐食攻撃性はほとんど認められない。	ボルト・ナットの状態およびその周辺には、異常は認められない。
II	外側はイヤー部材に黒みがかった黄土色の腐食が認められ、トリ線部材は青緑色の腐食に覆われている。	接触部はイヤー部材側に茶色の腐食が認められ、トリ線部材に濃い赤色の腐食が認められる。	イヤー部材の腐食とトリ線部材の腐食が認められた。トリ線部材への腐食攻撃性が僅かに認められた。	ボルト・ナットの状態およびその周辺には、異常は認められない。
III	イヤー部材に黒みがかった黄土色の腐食が認められ、トリ線部材は青緑色の腐食に覆われている。	イヤー部材に茶色の腐食が認められ、トリ線部材に濃い赤色の腐食が認められる。	イヤー部材とトリ線部材ともに深い腐食は認められず良好であり、トリ線部材への腐食攻撃性は認められない。	ボルト・ナットの状態およびその周辺には、異常は認められない。
IV	イヤー部材に黒みがかった黄土色の腐食が認められ、トリ線部材は青緑色の腐食に覆われている。	イヤー部材に茶色の腐食が認められ、トリ線部材に濃い赤色の腐食が認められる。	イヤー部材の腐食とトリ線部材の腐食が認められた。トリ線部材への腐食攻撃性が僅かに認められた。	ボルト・ナットの状態およびその周辺には、異常は認められない。
V	イヤー部材に黒みがかった黄土色の腐食が認められ、トリ線部分は青緑色の腐食に覆われている。	イヤー部材に茶色の腐食が認められ、トリ線部材に濃い赤色の腐食が認められる。	イヤー部材の大きな腐食とトリ線部材の部分的な腐食が認められた。イヤー部材の腐食のわりにはトリ線への腐食攻撃性は少ない。	ボルト・ナットの状態およびその周辺には、異常は認められない。
VI	イヤー部材に黒みがかった黄土色の腐食が認められ、トリ線部材は青緑色の腐食に覆われている。	イヤー部材に茶色の腐食が認められ、トリ線部材に濃い赤色の腐食が認められる。	イヤー部材とトリ線部材ともに深い腐食は認められず良好であり、トリ線部材への腐食攻撃性は認められない。	ボルト・ナットの状態およびその周辺には、異常は認められない。

特集：電力技術

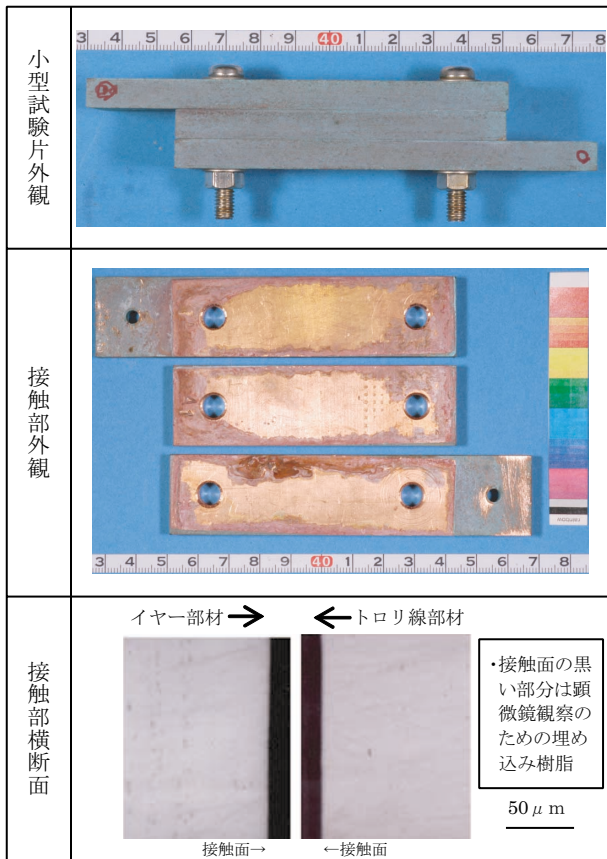


図9 小型試験片 (No. I) の腐食状況

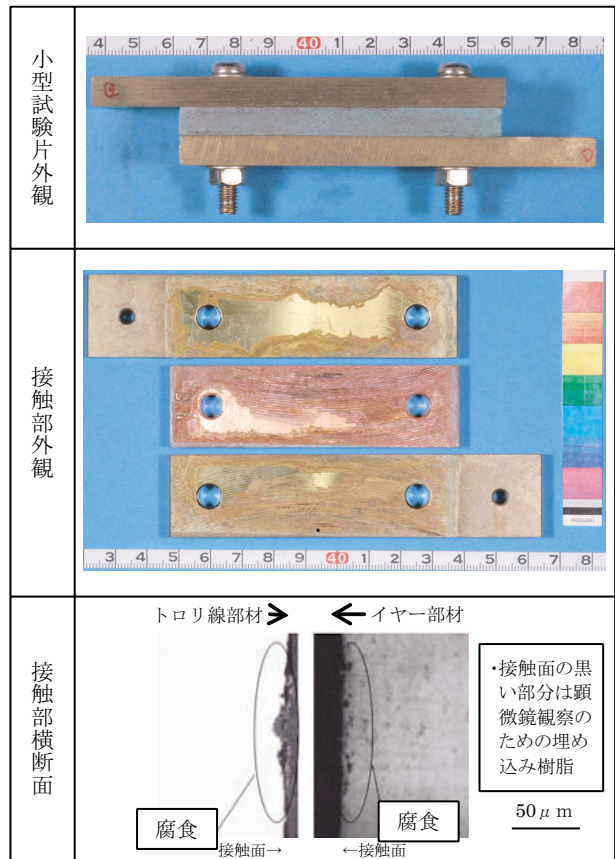


図10 小型試験片 (No. II) の腐食状況

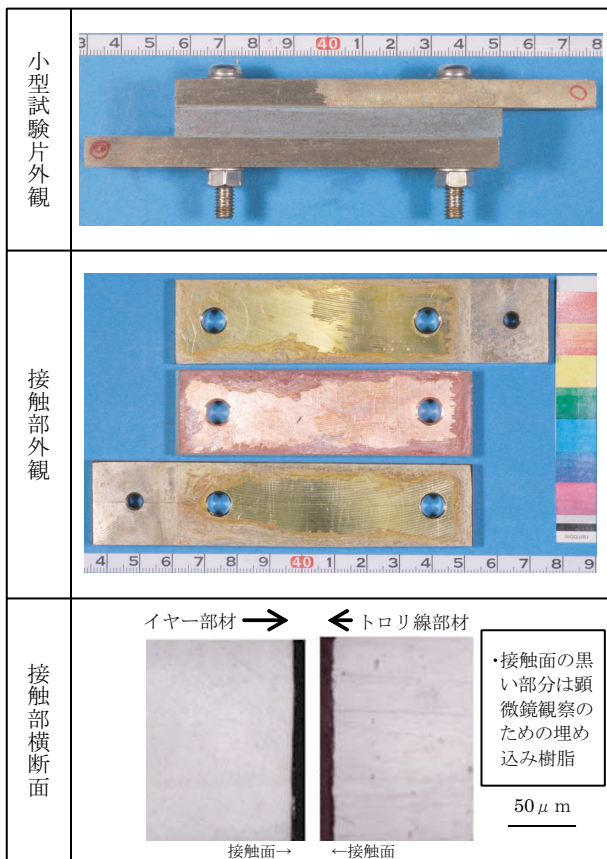


図11 小型試験片 (No. III) の腐食状況

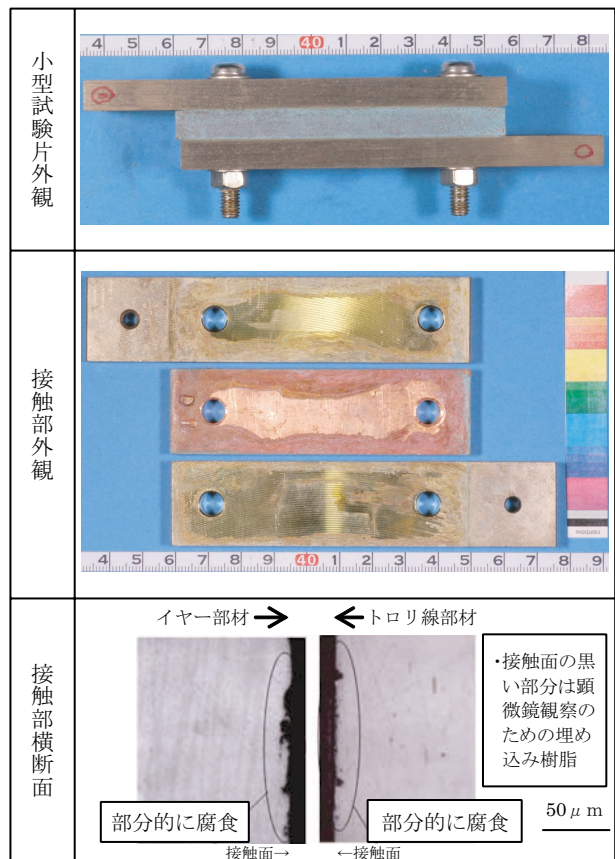


図12 小型試験片 (No. IV) の腐食状況

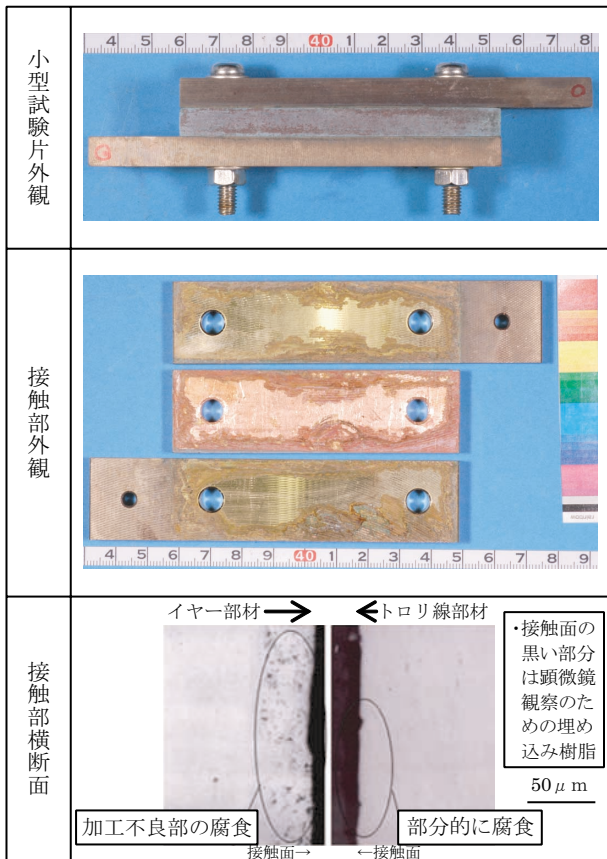


図 13 小型試験片 (No. V) の腐食状況

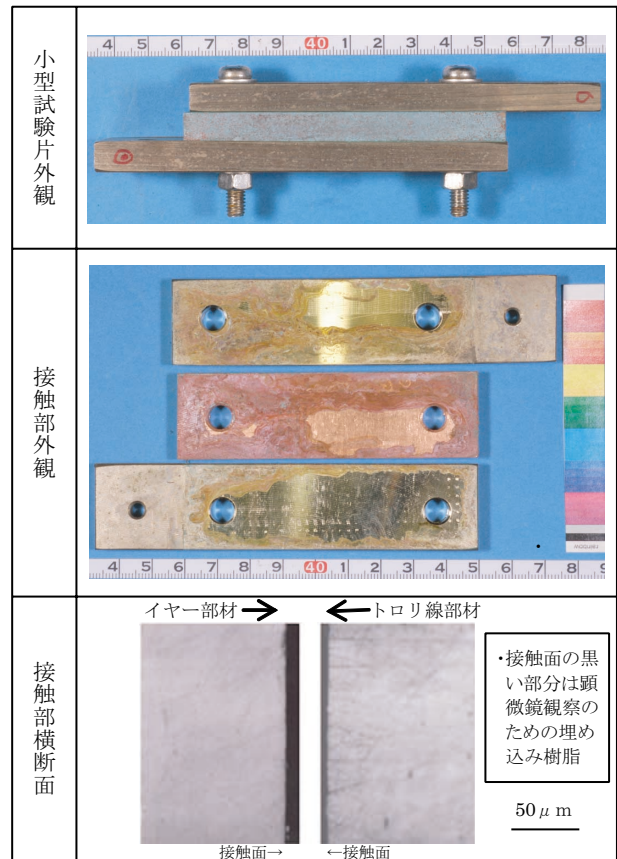


図 14 小型試験片 (No. VI) の腐食状況

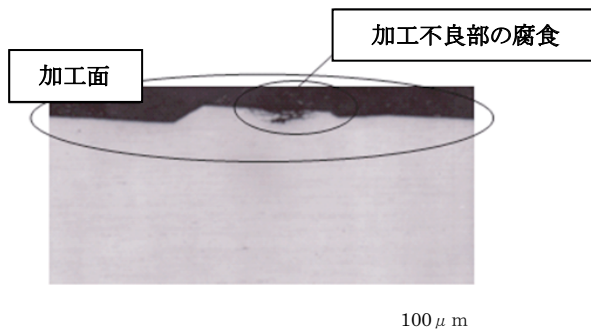


図 15 単体試験片 (No. VI) の腐食部

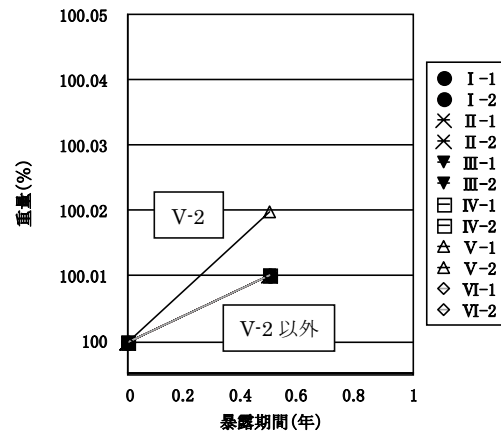


図 16 小型試験片の重量変化

を製造するに当たっては表面状態管理の必要性があると思われる。供試品のアルミニウム青銅に認められた腐食は脱アルミニウム腐食である。

(2) その他の評価試験

その他の評価項目として、小型試験片の重量測定と単体試験片の電気抵抗測定を行った。

(a) 重量測定

重量測定は各材質の小型試験片 (6ヶ月間暴露) 2組を腐食生成物付着のままの状態に測定した。図16に小型試験片の重量変化を示す。試験片 No.V-2 は他の試験片に比べ僅かに大きい。

(b) 電気抵抗測定結果

テスター (1.5V電源による測定) と絶縁抵抗計 (1000Vによる測定) を用いて各単体試験片表面の抵抗を測定することにより、腐食劣化の状態を評価した。測定は海風や雨が直接かかる天側 (上空側) とその反対側である地側 (地面側), それぞれを測定した。図17と図18に単体試験片表面の電気抵抗測定結果を示す。テスターによる測定では、天側ではいずれも試験片 No. I に比べて抵抗は小さい。絶縁抵抗計による測定では $0M\Omega$ となり、こ

特集：電力技術

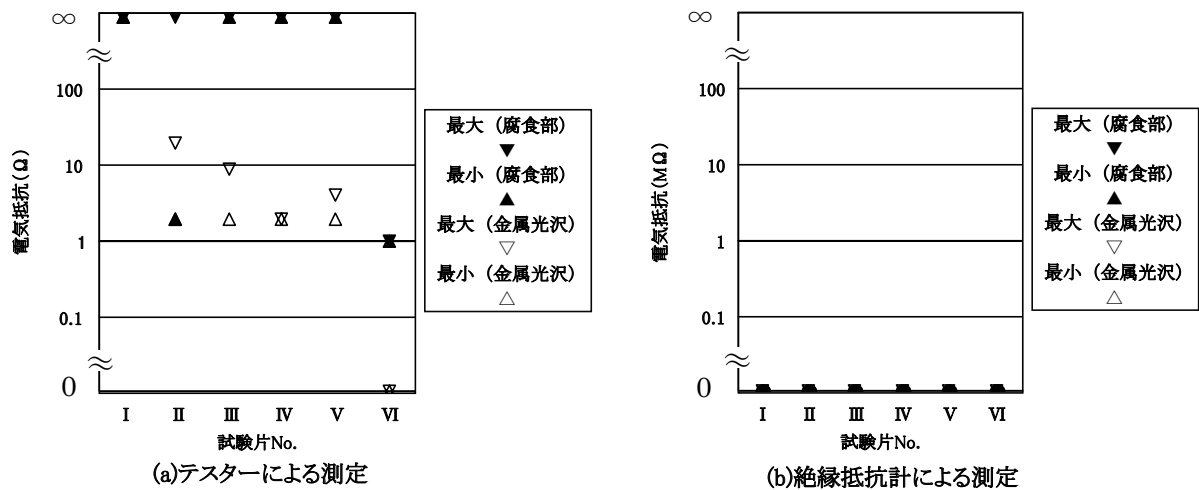


図 17 単体試験片表面（地側）の電気抵抗測定結果

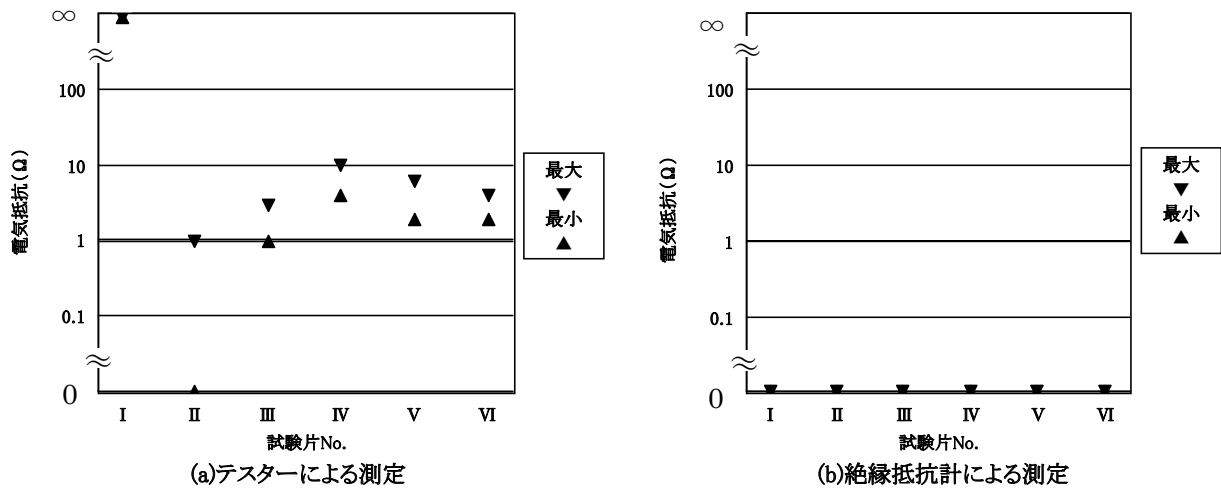


図 18 単体試験片表面（天側）の電気抵抗測定結果

の腐食皮膜は薄いものと考えられる。地側においてはいずれも試験片 No. I に比べて抵抗は小さい。特に試験片 No. VI が小さい。天側と同様に絶縁抵抗計による測定では $0\text{M}\Omega$ となり、この腐食皮膜は薄いものと考えられる。

4. まとめ

イヤーを対象とした新材質電車線部材の開発を目的とし、Ni量を変化させたアルミニウム青銅の部材を試作して塩害実験場において暴露試験を行った。試験は平板状の単体試験片およびイヤー部材どうしでトロリ線部材を挟み込んだ小型試験片を製作して異種金属接触腐食の影響を評価した。6ヶ月間暴露試験後の観察結果によれば、比較品（鉄およびアルミニウム合金）では腐食が著しいのに比べて、組成を変化させたアルミニウム青銅（Cu-Al-Ni系合金材料）のうち、Alを低量化して高Ni含有としたアルミニウム青銅2種類（試験片No. VIと試験片No.

III）は耐食性が良好であった。一方、問題点として、単体試験片では試験片加工による表面状態が悪い部位において、腐食の発生が確認された。

今後は No. III と No. VI の組成を候補として実物のイヤーを試作し、実用可能性を検証する予定である。

文献

- 1) JIS H 5120, 「銅及び銅合金鋳物」, 1997
- 2) JIS H 3250, 「銅及び銅合金棒」, 1986
- 3) 相山正孝：非鉄金属材料, コロナ社, pp.89-90,1979
- 4) (社)日本鉄道電気技術協会：架線金具脱アルミニウム腐食調査検討委員会報告書, 2002.3
- 5) 藤井保一, 片山信一, 石井順, 武内一男, 山本大弘：アルミニウム青銅鋳物製曲線引金具の脱アルミニウム腐食の検討, 電気学会産業応用部門大会, 2002.8