

架空送電線用特殊防食剤

電力技術開発センター 浅野 祐二^{*1}・日田 貴紀^{*2}・武井 祐史^{*1}

High Grade Corrosion-resistant Grease for Overhead Transmission Lines

Y. Asano, T. Hita & Y. Takei

送電線はさまざまな環境を通過しており、きわめて厳しい腐食環境におかれている線路もある。従来より電線の腐食対策の一つとして、電線の素線間隙間に防食グリースを充填した防食電線が用いられてきた。当社ではグリースの成分組成を見直し、防食性能を大きく向上させたグリースを開発した。ここでは、このグリースを充填した特殊防食電線の評価試験を行った結果、優れた耐食性が確認できたことを報告する。

An overhead transmission line passes through the various harmful environments, and some of the environments are very corrosive for the conductors. Until now, the corrosion-resistant conductors filled with the grease between wire gaps of the conductor were used to protect itself from corrosion. This time, the corrosion-resistant grease for conductor has been developed for the purpose of the improvement of corrosion resistance of the conductor, with reviewing the component of this grease. This paper reports the excellent characteristics of corrosion-resistant grease after the evaluation of the corrosion-resistant conductors filled with this grease.

1. ま え が き

一般に鋼心アルミより線（ACSR）の主材料であるアルミニウムは、大気中で化学的に安定な酸化被膜を形成するため、優れた耐食性をもつとされている。しかし、海外に比べ高温多湿で、海岸や工場地帯に近い場所に建設されているなど、日本特有の厳しい腐食環境で使用されていることも多く、また、建設されてから30年以上経過する送電設備が増加する傾向にあるため、電線のさらなる高耐食化による信頼性の向上は、今後重要な課題となるものと予想される。

従来より電線の腐食対策の一つとして、防食電線が用いられてきた。防食電線の構造例を図1に示す。防食電線は、電線の素線間隙間に防食グリースを充填することにより、海塩などの腐食因子が電線内部へ浸入することを防いだ電線である。従来の防食グリースが主として海塩腐食を対象としているため、海塩による腐食に対しては、この方法が効果的であることが知られているが、例えば、酸性雰囲気中など特殊な腐食環境においては、防食効果が十分得られない場合も考えられる。

そこでグリースの成分組成を見直すことにより、酸性雰囲気中においても優れた防食効果を有する防食グリースを開発した。さらに今回開発した防食グリースは、海

塩に対しても従来のグリース以上に優れた防食効果を有することが確認できた。

2. 電線腐食のメカニズムと対策

2.1 腐食のメカニズム

図2は、海塩による腐食を模擬した試験方法の一つである塩水噴霧試験後のACSRの横断面である。海塩によるACSRの腐食現象も、他の腐食現象と同様、電気化学的機構によって起こる金属のイオン化反応である。海水中における各種金属の腐食電位を以下に示す。

亜鉛（Zn）	- 1.07（V）
アルミニウム（Al）	- 0.78（V）
鋼（Fe）	- 0.45 ~ - 0.65（V）

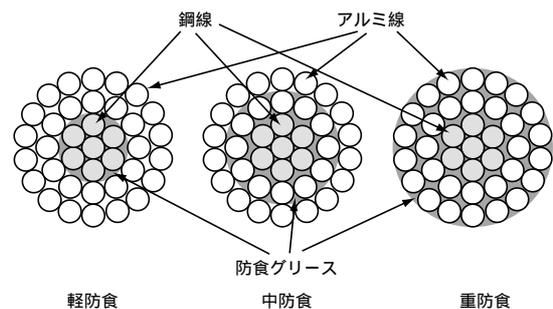


図1 防食電線の構造例

Examples of corrosion-resistant conductor structure

*1 送電線開発グループ

*2 送電線開発グループ長

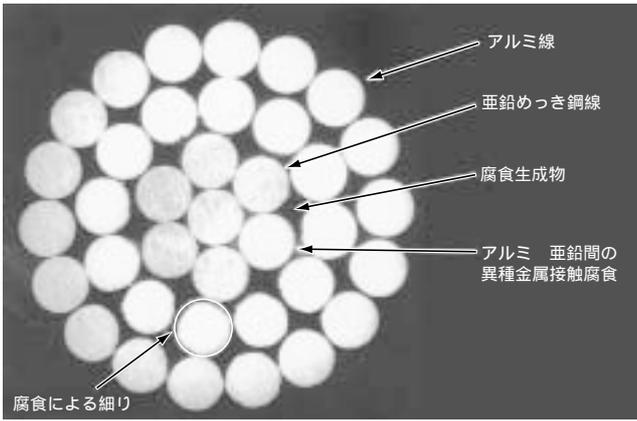


図2 塩水噴霧試験後のACSRの横断面
Cross section of ACSR after salt spray test

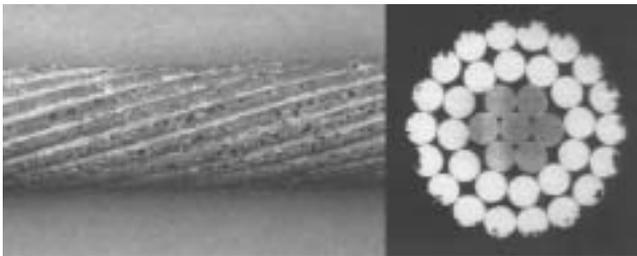


図3 塩化水素ガス腐食試験後のACSRの横断面
Cross section of ACSR after hydrogen chloride gas corrosion test

腐食電位の異なる2種類の金属を組み合わせると、電位の低い金属がアノード（陽極）、電位の高い金属がカソード（陰極）となって異種金属接触腐食が起こり、電位の低い金属が腐食する。

アルミ線や亜鉛めっき鋼線は、表面に塩素イオンを含んだ水膜ができると単体でも腐食するが、特にACSRでは亜鉛とアルミニウムとの間の異種金属接触腐食により亜鉛の腐食が加速され、亜鉛めっきが優先的に腐食する。さらに、亜鉛めっきが腐食により消失すると鋼が露出し、アルミニウムと鋼の間で異種金属接触腐食を生じ、腐食電位の低いアルミニウムが腐食する。海塩による腐食の特徴は、腐食が電線表面だけでなく電線内部でも進行することである。¹⁾

図3は、塩化水素ガス腐食試験後のACSRの外観および横断面である。工場地帯や火山地帯では、酸性雰囲気さらされる可能性があり、特に塩化物イオンが存在する場合は、外層のアルミ線が著しく腐食する。この腐食の特徴は、腐食が電線の外側から進行することと、腐食因子にさらされている部分が集中的に腐食することである。

2.2 腐食対策

一般に、腐食速度は腐食電流の大きさに比例し、腐食電流の大きさは次の式で表すことができる²⁾

$$I = (E_c - E_a) / (hc/Sc + ha/Sa + P \cdot L/S)$$

ここで、I：腐食電流

Ea, Ec：アノード、カソードの腐食電位

ha, hc：アノード、カソードの分極抵抗

Sa, Sc：アノード、カソードの面積

P：アノード～カソード間の溶液の比抵抗

L：アノード～カソード間の距離

S：アノード～カソード間の面積

よって、アノード～カソード間の電気抵抗を大きくすることができれば、腐食電流が小さくなり、腐食速度を低減することができる。

通常、防食グリースは絶縁性であるため、アノードとなる金属の表面に防食グリースの被膜を設けることにより、アノード～カソード間の電気抵抗を大きくすると同様の効果が得られ、腐食速度を低減できると考えられる。

3. 特殊防食剤

通常、防食グリースは、基油（ベースオイル）、増ちょう剤および各種添加剤から構成されている。基油は、金属表面に遮水性の被膜をつくり、腐食因子が金属表面と接触するのを防止する。増ちょう剤は、基油の粘性を高め、グリース中に基油を保持する。添加剤は、グリースの性能をさらに向上させるために添加されるもので、酸化防止剤、防錆剤、増粘剤など各種のものがあ、グリースの使用環境や用途に応じて適宜使用される。

従来の防食電線に用いられていた防食グリースは、長期間使用する間に風雨により少しずつ洗い流されたり、雨滴などの水分が、工場煤煙などの腐食因子とともにグリース内に少しずつ浸入することにより、防食性能が低下するという欠点があった。また、酸性雰囲気さらされた場合、グリース中の増ちょう剤が酸により分解し、基油を保持できなくなるにより遮水性が失われ、防食性能が損われるという欠点もあった。そこで、グリースの成分組成を見直すことにより、耐水性、遮水性および耐酸性の向上をはかった。

特殊防食グリースは、ベースオイルに水分透過率の小さい液状ポリマを適用することにより、グリース内部への水分の浸入を抑えている。また、増ちょう剤には化学的に安定で、耐熱性および耐酸性に優れた材料を選定した。さらに、増粘剤の配合により、アルミとの接着性を向上させている。

4. 評価試験結果

4.1 特殊防食グリースの試験結果

特殊防食グリースの各種特性評価試験結果を表1に示す。グリースは化学的に中性であり、また、十分な耐熱性および耐寒性を有することが確認された。

さらに、耐水性を検証するため、人工降雨試験を実施した。図4に示す耐水性試験装置を用いて、特殊防食グリースを重防食で充填したACSRに、約150mm/hの降雨強度で30日間注水した。降雨量としては東京における年平均降雨量の72年分に相当する³⁾

試験の結果を図5に示す。特殊防食グリースでは通常のグリースに比べ重量減少量が小さく、耐水性に優れてい

表 1 グリースの特性
Characteristics of grease

項 目	条 件	単 位	特 性 値
化学的性質	-	-	中 性
耐熱性	-	-	280以上
耐寒性	- 30 , 1h	-	亀裂・剥離なし
比 重	20	g/cm ³	約0.9

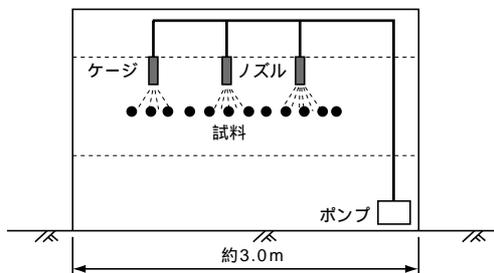


図 4 耐水性試験方法
Water resistance test method

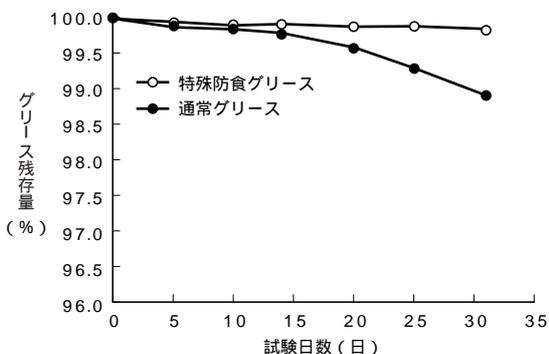


図 5 耐水性試験結果
Water resistance test results

ることが確認された。また、30日間経過後のグリース残存量は99.8%であり、優れた耐水性を有することが検証された。

4.2 耐食性評価試験結果

(1) 塩水噴霧試験

海塩に対する耐食性を確認するため、JIS Z 2371に準拠し、5% NaClによる中性塩水噴霧試験を実施した。試料はグリースを重防食で充填したACSR160mm²とし、試験時間は5,000時間（約7か月）とした。

試験後の試料の横断面を図6に示す。最大孔食深さの測定結果を図7に示す。グリースを充填しない試料では、内部に白色の腐食生成物が堆積し、内層のアルミ線には腐食による細りが認められた。また、最大孔食深さは250 μmだった。これに対し、通常グリースを充填した試料の最大孔食深さは170 μmであり、特殊防食グリースを充填した試料では、孔食はほとんど認められなかった。なお、グリースを充填した試料では腐食生成物の堆積は認められなかった。

以上の結果より、海塩に対する腐食対策として防食グリースを充填することが有効であり、特に特殊防食グ

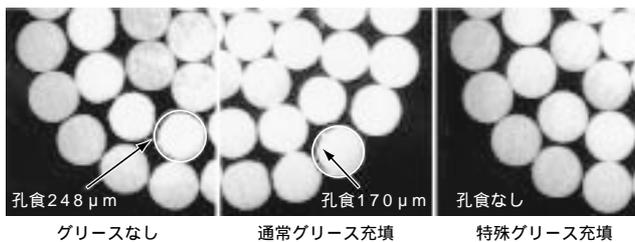


図 6 塩水噴霧試験後のACSRの横断面
Cross sections of ACSR after salt spray test

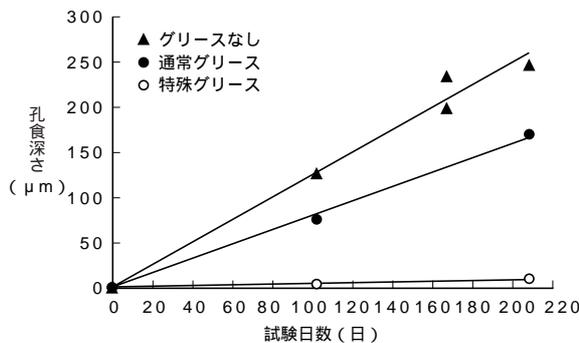


図 7 塩水噴霧試験後のACSRの孔食深さ
Pitting depths of ACSR after salt spray test

リースの充填が効果的であることが確認された。

(2) 塩化水素ガス腐食試験

酸性雰囲気中での耐食性を確認するため、塩化水素ガスによる腐食加速試験を実施した。デシケータ下部に塩酸をはり、上部に試料を水平に配置した。この状態でデシケータごと恒温槽に入れ、15~40 のヒートサイクルを行った。試料はグリースを重防食で充填したACSR160mm²とし、試験時間は3,800時間（約6か月）とした。

試験後の試料の横断面を図8に示す。最大孔食深さの測定結果を図9に示す。グリースを充填しない試料および通常グリースを充填した試料では外層に激しい腐食が認められたが、特殊防食グリースを充填した試料では、腐食はほとんど認められなかった。各試料の最大孔食深さを測定した結果、グリースを充填しない試料では950 μm、通常グリースを充填した試料では680 μmだったのに対し、特殊防食グリースを充填した試料では350 μmだった。

以上の結果より、酸性雰囲気に対する腐食対策としても、特殊防食グリースの充填が効果的であることが検証された。

4.3 付属品適用性試験結果

特殊防食グリースを充填した電線について、通常の圧縮クランプが適用できることを確認するため、圧縮クランプ取付状態での引張荷重および電気抵抗の測定を行った。

特殊防食グリースを重防食で充填したACSR410mm²にJEC型圧縮クランプを取付け、引張試験機によりクランプ取付後の試料の引張荷重を測定した。試験の結果、表2に示すとおり、電線の引張荷重規格値に対して十分に大き

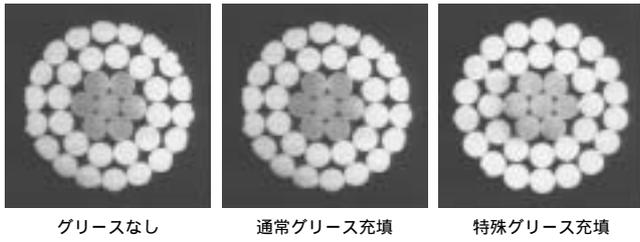


図8 塩化水素ガス腐食試験後のACSRの横断面
Cross sections of ACSR after hydrogen chloride gas corrosion test

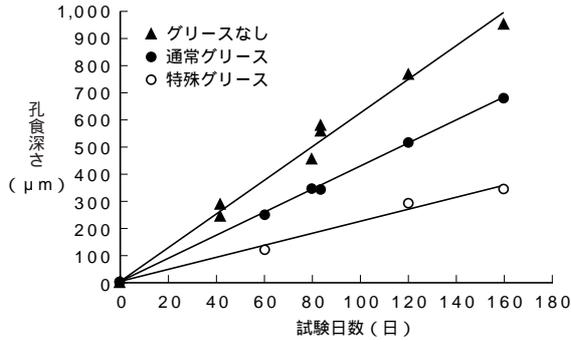


図9 塩化水素ガス腐食試験後の試料の孔食深さ
Pitting depths after hydrogen chloride gas corrosion test

な引張荷重が得られ、また、グリースの有無による有意差は認められなかった。

次に、上記と同様の試料について、電圧降下法により電気抵抗を測定した。試験の結果を表3に示す。電気抵抗についても、規格値を十分に満足するとともに、グリースの有無による有意差は認められなかった。

以上の結果より、特殊防食グリースを充填した電線においても通常の圧縮クランプが適用でき、従来と同様の圧縮方法が適用できることを確認した。

5.むすび

架空送電線の信頼度向上という命題において、電線の耐食性能の向上は、電線寿命を延ばすという観点から非常に有効な手段である。今回開発した新しい防食グリー

表2 引張荷重測定結果
Results of tensile test

試料	破壊荷重	引張荷重規格値に対する比率
グリースなし	145.0kN	106.4%
	146.0kN	107.1%
グリースあり	143.5kN	105.3%
	144.0kN	105.6%

注) 電線引張荷重規格値：136.3kN

表3 電気抵抗測定結果
Results of electric resistance test

試料	規格値 (μ)	抵抗値 (μ)	電線の抵抗に対する比率
グリースなし	34.7以下	14.2	0.409
		14.6	0.421
グリースあり		14.3	0.412
		14.5	0.418

スは、特に耐酸性に優れ、かつ海塩腐食に対しても従来品に比べ大幅に防食性能を改善したもので、各種性能評価試験をとおして、十分実用に耐え得ることが確認できた。

今後、電線の腐食要因は多様化していくことが考えられるので、この製品が酸性雰囲気や海塩以外の要因に対しても有効であることを確認する必要があると考えている。

終りに、この開発にあたり多大なご指導およびご協力をいただいた電力会社ならびにグリースメーカーの関係各位にこの場をかりて御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 飯沼ほか：電線腐食検出装置の開発，藤倉電線技報，第79号，1990
- 2) 世利修美：アルミニウムの腐食の基礎，軽金属，Vol.46，1996
- 3) 国立天文台：理科年表，2001，丸善