



耐腐食性に優れたアルミ覆ステンレス管型光ファイバ複合架空地線

Corrosion-Resistant Aluminum-Covered Stainless Steel Tube Composite Fiber Optic Overhead Ground Wire

辻 俊伸*

Toshinobu Tsuji

渡部 雅人

Masato Watabe

伊藤 英人

Hideto Ito

近年、光ファイバ複合架空地線（OPGW）の腐食による通信障害が問題となっている。当社は通信障害の低減や補修コストの削減を目的に、従来のアルミ管型光ユニットに替えて、アルミ覆ステンレス管型光ユニット（SUS/ALユニット）の適用に取り組んできた。今回、国内の送配電事業者8社と共同でSUS/ALユニットを用いたアルミ覆ステンレス管型OPGWを製作し、その特性評価を実施した。その結果、優れた耐腐食性が実証され、その他の特性についても良好な結果が得られた。本OPGWは、現在、送配電事業者の特別高圧架空送電線路向けに納入されている。

In recent years, corrosion-related communication failures in Composite Fiber Optic Overhead Ground Wire (OPGW) have become a significant issue. To address this problem, we have been working on applying an optical unit of aluminum-covered stainless steel tube type (SUS/AL unit) instead of the optical unit of the conventional aluminum tube type, aiming to reduce communication disruptions and minimize maintenance costs.

We collaborated with eight domestic transmission system operators (TSOs) to produce OPGWs utilizing the SUS/AL unit and evaluated its performance characteristics. The results demonstrated excellent corrosion resistance and positive outcomes in other performance aspects as well. These OPGWs have been supplied to several TSOs for extra-high voltage overhead transmission lines.

キーワード：OPGW、腐食、凍結、耐腐食性、SUS/ALユニット

1. 緒 言

光ファイバ複合架空地線（以下、OPGW）は、架空送電線路の鉄塔頂部に張られる架空地線に、光ユニット^{※1}を内蔵した地線である。日本では1981年に実用化され、これまで様々な種類のOPGWが送配電事業者に納入され、全国で広く使用してきた。

しかし、経年とともにOPGWの通信障害（光ファイバの伝送損失増や断心）が徐々に増加し、近年では、無視できない課題となっている。その主な原因是、特に海岸付近に架線されたOPGWにおいて、風雨によって運ばれた海塩粒子がOPGWのアルミ覆鋼線（AC線）とアルミ管の隙間に入り込み、「すきま腐食」によって発生した腐食生成物が、アルミ管を押しつぶしたり、孔食による腐食生成物がアルミ管内部に侵入したりするためである。それにより、光ファイバを圧迫し、最悪の場合は断心に至る事例がある（図1参照）。また、引留クランプやジャンパクランプ部の振動疲労によってアルミ管に亀裂が生じ、そこから侵入した雨水がスパンの弛度底に滞留し、冬季に凍結した氷が光ファイバを圧迫する事例も報告されている。この2つの原因による通信障害が、全体の約8割を占めている。

これらの課題を解決するため、光ユニットには、これまで使用していた従来のアルミ管型を用いず、代わりに当社が主に海外向けに開発・適用してきたアルミ覆ステンレス管型光ユニット（以下、SUS/ALユニット）を採用するこ

ととした。

本稿では、まずSUS/ALユニット（裸ステンレス管も含む）について、これまで当社が取り組んできた内容や適用までの経緯を述べる。続いて、今回、送配電事業者8社との共同開発研究において、SUS/ALユニットを用いたアルミ覆ステンレス管型OPGWを製作・評価したため、その中から特に注目すべき結果を紹介する。

なお、本OPGWは、現在、数社の送配電事業者の特別高圧架空送電線路向けに、納入されている。

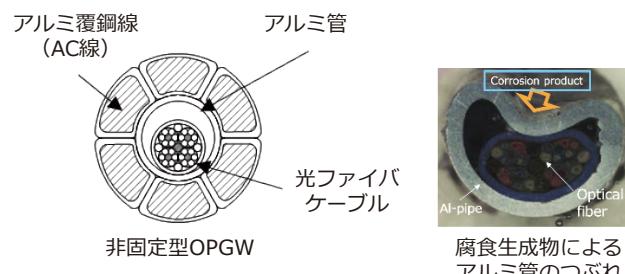


図1 国内OPGWの腐食事例⁽¹⁾

2. SUS/ALユニットの適用経緯

1990年代後半から2000年代にかけて、OPGWの海外市場では、裸ステンレス管ユニット（以下、SUSユニット）を用いた細径化や、WDMファイバを活用した多重伝送への移行が進んでいた。特に欧州メーカーでは、通信ケーブルで標準的に使用されるUVファイバ^{**2}をステンレス管（以下、SUS管）に収納し、ジェリ（充填剤）を封入した低コストのOPGWが上市され、積極的に販売されるようになった（図2参照）。

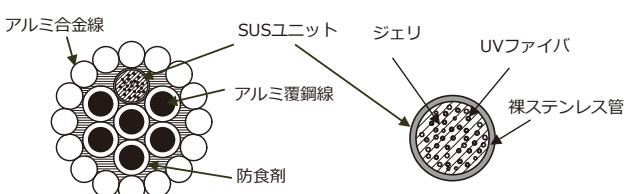


図2 当時の代表的なSUSユニット型OPGW

2001年に(株)ジェイ・パワーシステムズが設立され、この市場環境の変化に対応するため、ちょうどその時期に開発・製品化されたアルミ覆ステンレス管型OPGW（旧日立電線（株）製）と、裸ステンレス管型防食OPGW（当社製）という2種類の製品を取りそろえ、顧客の多様なニーズに柔軟に対応した。

特にアルミ覆ステンレス管では、通常の裸ステンレス管と周りに撲られるアルミ覆鋼線との異種金属接触（ステンレス材とアルミ材との接触）による「電食」の懸念を完全に払拭できるものであり、2005年以降は、主に本仕様のOPGWが海外顧客向けに納入されるようになった（表1参照）。

表1 SUS/ALユニットとSUSユニットの仕様

項目	SUS/ALユニット	SUSユニット* 2
構造	アルミ覆 ステンレス管 ジェリ ○:光ファイバ ●:コットン紐	裸ステンレス管 ジェリ ○:光ファイバ ●:コットン紐
ユニット径 (mm)	アルミ覆 5.2、6.5 ステンレス管 3.6	- 2.6~4.1
光ファイバ種類	UV樹脂/SM	UV樹脂/SM
最大心数	36	12~48
光ファイバ識別 (最大)	ファイバ12色 +コットン紐3色 ^{*1}	ファイバ12色 +コットン紐4色

*1 初期の頃は、コットン紐色別の代わりにリングマーク色別を採用

*2 ジェリなしタイプも納入実績あり

一方、国内ではこれまで、SUS管をベースとした2種類のOPGWが一部の送配電事業者に納入されてきた。

一つは、国内のOPGWに標準的に使用されるシリコンファイバ^{*3}を60心収納したSUSユニットで、もう一つはUVファイバを24心収納したSUS/ALユニットである。

SUSユニットは、UVファイバ（250μm）よりも太径であるシリコンファイバ（400μm）を、60心という国内最大心数のケーブルを収納するため、薄肉化可能な裸ステンレス管を採用し、外径は6.5mmとした（図3参照）。

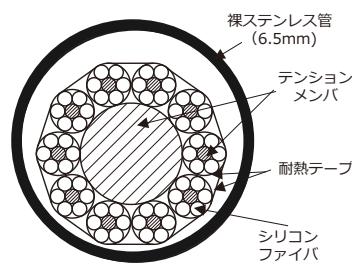


図3 SUSユニット60心（ただし、現在は納入されていない）

他方、SUS/ALユニットは、UVファイバを24心収納した光ユニットである。OPGW60mm²という小サイズに耐雷性能を持たせるため、素線径を3.2mmから3.8mmへ太くし、その結果、ユニット径も素線と同じ3.8mmとした。従来、国内で使用されていたアルミ管型ユニットの径は5mm～6.5mmであったが、このように3.8mmという細径のユニットを実現するためには、電食対策を施したSUS/ALユニットの適用が最適解であった（表2参照）。

なお、ファイバ識別について、海外顧客向けにはコットン紐による識別方式が一般的であったが、本紐を収納する

表2 従来型と耐雷型LP-OPGW60mm²の仕様比較⁽²⁾

項目	従来型（テープ心型） OPGW60mm ²	耐雷型 LP ^{*1} -OPGW60mm ²
構造		
ファイバ種類	UV樹脂/SM	UV樹脂/SM
標準心数	20心+ダミー4心	24心
最大心数	32心	24心
構成	8/3.2mm-23AC +1/5mm-光ユニット	6/3.8mm-14AC +1/3.8mm-光ユニット
最小引張荷重 (kN)	73.5	96.1
外径 (mm)	11.4	同左

*1 LPは、Lightning Protectionの意

スペースがなかったため、リングマークファイバが採用された。

以上が、SUS/ALユニットを用いたOPGWに関し、これまで海外および国内の一部の送配電事業者に納入されてきた経緯である。

3. アルミ覆ステンレス管型OPGW

3-1 開発研究経緯

OPGWが本格的に導入されてから既に30年以上が経過しているが、その間に通信障害などの不具合が増加している。その原因は、腐食や亀裂、凍結などによるアルミ管ユニットの変形や損傷によって、管内の光ファイバが圧迫されたり、断心したりするためである。

この問題を解決するため、当社は既に海外で豊富な納入実績があるSUS/ALユニットの適用に着目した。このユニットは、内側にSUS管を配置し、外側に厚肉のアルミを被覆した堅牢な構造を有するものである。また、仮にアルミ被覆部が減肉して内側のSUS地が露出した場合でも、アルミ被覆部が犠牲陽極の役割を果たし、SUS管を腐食から守ることができる。さらに、SUS管が損傷して雨水が管内に侵入した場合でも、ジェリが管内に充填されているため、雨水の拡散や凍結を軽減できると考えたためである。

しかし、SUS/ALユニットはシリコンファイバのような300°C耐熱を持たないUVファイバの使用が前提となるため、特別高圧(154kV以下)線路向けの小サイズのOPGW(1層構造のより線)を適用対象とした。

このようにして、2016年より国内8社の送配電事業者と共同で、SUS/ALユニットを適用したOPGWの開発研究を開始し、約2.5年間にわたり腐食試験を含む実証試験を行った。

3-2 OPGWサイズの選定およびSUS/ALユニットの仕様

特性評価を行うOPGWについて、8社の送配電事業者と協議のうえ、表3に示す1層構造のアルミ覆ステンレス管型OPGWを4種類製作した。その際、SUS/ALユニットは周囲のより線構造を従来品と同一にするため、既存サイズに合わせて5mm径と6mm径を適用した。なお、サイズの呼称は、電力用規格A401「光ファイバ複合架空地線」(一般社団法人日本電気協会2022年発行)に準拠した。

5mm径については、光ファイバを最大36心まで収納できることと、アルミ覆については耐腐食性の観点から、従来のアルミ管の厚さ(約0.6mm)以上を確保することに留

表3 製作・評価したアルミ覆ステンレス管型OPGW

サイズ (mm ²)	50	60	70	85a
外層形状	扇形			丸線
外径(mm)	9.6	10.5	11.5	12.8
ユニット径 (mm)	5	5	6	5

意し、SUS管については海外仕様と同様に3.6mm径を採用した。

一方で6mm径については、光ファイバを最大48心まで収納できることと、光ファイバに一定の余長(管1mあたり光ファイバが数mm長い)を持たせる必要があるため、十分な収納スペースを確保できるSUS管として4.3mm径を採用した。なお、余長を持たせる理由は、日本特有の重着雪などによって発生するOPGWの過荷重時の伸びを考慮し、光ファイバにかかるストレスをできるだけ低減するためである。SUS/ALユニットの仕様を表4に示す。

表4 SUS/ALユニット5mmと6mmの仕様

項目	SUS/ALユニット 5mm	SUS/ALユニット 6mm
構造		
ユニット径 (mm)	5	6
アルミ覆厚さ	0.7	0.85
ステンレス管	3.6	4.3
光ファイバ種類	UV樹脂/SM	UV樹脂/SM
心数	12, 24, 36	12, 24, 36, 48
光ファイバ識別(最大)	ファイバ12色 +コットン紐3色	ファイバ12色 +コットン紐4色

また、今回製作・評価したOPGWの仕様について、代表例として表5および表6に従来品との比較を示す。

表5 従来型とSUS/ALユニット型扇形OPGWの比較⁽²⁾

項目	従来非固定型 OPGW70mm ²		SUS/ALユニット型
構造			
光ファイバ種類	シリコン樹脂/SM	UV樹脂/SM	
標準心数	24心	24, 36, 48心	
最大心数	24心	48心	
構成	6/(3.86mm)-23AC +1/6mm:光ユニット	6/(3.86mm)-23AC +1/6mm:光ユニット	
最小引張荷重(kN)	80.2	同左	
外径(mm)	11.5	同左	
AC部	70.2	同左	
計算断面積* ³ (mm ²)	OPユニット 10.18 合計 80.38	11.66 81.86	16.33 86.53
質量* ³ (kg/km)	AC部 50.49 OPユニット 49.5.9	445.4 46.48	66.94* ¹ 512.3
電気抵抗(Ω/km)* ²	1.08	同左	

*1 48心の場合の質量

*2 ユニットの抵抗値を含まない値

*3 OPユニットと合計で2数値あるのは顧客によって仕様値が異なるため

表6 従来型とSUS/ALユニット型丸線形OPGWの比較⁽²⁾

項目	従来固定型 OPGW80mm ²	SUS/ALユニット型 OPGW85a mm ²
構造		
光ファイバ種類	シリコン樹脂/SM	UV樹脂/SM
標準心数	18心	12, 24, 36心
最大心数	18心	36心
構成	7/3.9mm-23AC +1/5mm-光ユニット	7/3.9mm-23AC +1/5mm-光ユニット
最小引張荷重(kN)	95.6	同左
外径(mm)	12.8	同左
計算断面積 (mm ²)	AC部 OPユニット 合計	83.65 13.55 97.20
質量 (kg/km)	AC部 OPユニット 合計	535.0 42.60 ^{*1} 577.6
電気抵抗(Ω/km) ^{*3}	0.647	0.914

^{*1} 18心の場合の質量^{*2} 36心の場合の質量^{*3} 従来型はユニットの抵抗値を含んだ値。SUS/ALユニット型はユニットの抵抗値を含まない値

表7 腐食加速試験を実施した線種

サイズ (mm ²)	外層 形状	ユニット型	光ファイバ 心数	備考
70	扇形	従来非固定型	24	表5の左図参照
		従来固定型 軽防食		ユニット: 4溝スペーサ ユニット周囲: 防食剤(軽防食仕様)
		SUS/AL型	48	表5の右図参照
85a	丸線	SUS/AL型 (アルミ覆V溝傷)	18	SUS/ALユニットのアルミ覆に、 円周V溝の傷あり(傷はSUS地に 到達)
		従来固定型 (スペーサ)		表6の左図参照
		SUS/AL型	36	表6の右図参照

3-3 アルミ覆ステンレス管型OPGWの性能評価

(1) 性能評価項目

アルミ覆ステンレス管型OPGW(以下、SUS/ALユニット型OPGW)の性能評価において、8社の送配電事業者と協議し、各社共通となる型式試験項目を実施した。さらに、本OPGWの信頼性を確認する試験として、開発目的に応じた腐食加速試験やSUSユニット内凍結試験、また協議過程で懸念が示された急傾斜振動試験も実施した。これらの結果について紹介する。

(2) 腐食加速試験結果

SUS/ALユニット型OPGWの耐腐食性を確認するため、図4に示す当社の腐食加速試験装置(短期間で腐食が可能な装置)を用いて、19ヵ月にわたり腐食加速試験を行った。表7に今回実施した6線種(比較用の従来品を含む)の詳細を、表8に腐食加速試験の条件および測定項目を示す。

なお、線種に関しては、従来品の軽防食仕様とアルミ覆にV溝傷をつけたSUS/ALユニットのOPGWも評価した。これは、SUS/ALユニットのアルミ覆が腐食によって減肉し、SUS地まで到達した場合を想定したものである。

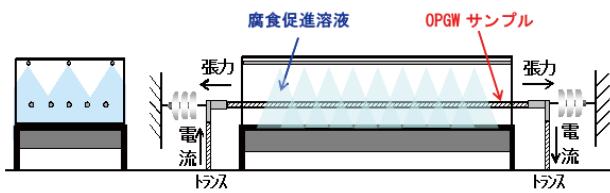


図4 腐食加速試験装置の模式図

表8 腐食加速試験の条件と測定項目

方法	乾湿サイクル
腐食溶液	NaCl, H ₂ SO ₄
最大試験期間 ^{*1}	19ヵ月
測定項目	・伝送損失(ロス) ・外観、断面観察、孔食深さなど

^{*1} 断心が確認されたOPGWはその時点で試験終了

腐食加速試験の結果について、表9に伝送損失増(ロス増)や断心発生までの経過時間、ならびにユニットの外観の様相を示す。

表9 腐食加速試験の結果

サイズ (mm ²)	外層 形状	ユニット型	経過時間 (ヵ月)			寿命 ^{*1} 倍率	ユニットの外観の様相
			伝送損失増 (ロス増)	断心	ロス増無 断心無		
70	扇形	従来非固定型	11	16.5	-	1	アルミ管 凹みあり、貫通なし
		従来固定型 +軽防食	13.5	13.5	-	1.2	アルミ管 凹みあり、貫通あり
		SUS/AL型	-	-	19	1.7	アルミ覆 凹みなし、貫通なし SUS管 贯通なし
		SUS/AL型 (アルミ覆V溝傷)	-	-	19	1.7	SUS管 贯通なし
85a	丸線	従来固定型 (スペーサ型)	14.5	15	-	1	アルミ管 欠損あり、貫通あり
		SUS/AL型	-	-	19	1.3	アルミ覆 凹みなし、貫通あり SUS管 贯通なし

^{*1} 従来非固定型および従来固定型の「伝送損失増時点」を1とした

伝送損失に関して、従来非固定型OPGW70mm²は、試験開始後11ヵ月で伝送損失増が見られ、16.5ヵ月で光ファイバが断心した。また、従来固定型OPGW85a mm²は、試験開始後14.5ヵ月で伝送損失増が発生し、15ヵ月で同様に光ファイバが断心した。一方、SUS/ALユニット型OPGWでは、試験開始後19ヵ月経過しても損失増は見られなかった。

これらの結果より、耐腐食性について従来型と比較した場合、SUS/ALユニット型OPGWは、伝送損失増までの経過時間で比べると、少なくとも1.3倍から1.7倍の長寿命であることが確認された。

さらに、アルミ覆にV溝傷をつけたユニットの70mm²においても、19ヵ月経過後、損失増やSUS管の損傷は認められなかった。これは、アルミ覆の犠牲陽極によるSUS管の保護機能が確実に働いていることを示している。

この試験結果から、SUS/ALユニット型OPGWは、二重の防護機能を備えた安全性の高いOPGWであり、さらなる長寿命が期待される。

図5には、OPGW70mm²の従来非固定型およびSUS/ALユニット型の試験後の断面写真を、図6には、OPGW85a mm²の従来固定型およびSUS/ALユニット型の試験後の断面写真を示す。なお、いずれのOPGWにおいても、腐食箇所のAC線内面では、程度の差はあるものの、鋼地が露出しており、鋼とアルミ間の電食によってユニットの腐食が加速したものと考えられる。

OPGW70mm²の従来非固定型では、AC線とアルミ管の間に生じた腐食生成物がアルミ管を圧潰し、内部の光ファイバを圧迫していることがわかる。一方、SUS/ALユニット型では、腐食によってアルミ覆がやや減肉しているものの、凹みやSUS管の損傷は見られなかった。

OPGW85a mm²の従来固定型では、AC線とアルミ管の間に腐食生成物が認められ、アルミ管が損傷してスペーサの溝部まで到達していることが確認できる。一方、SUS/ALユニット型では、腐食によりアルミ覆にわずかな減肉は見られるが、70mm²と同様に凹みやSUS管の損傷は認められなかった。

これらの観察結果から、SUS/ALユニットが優れている理由として、第一に、SUS/ALユニットは厚肉のアルミ覆と、内側に強固なSUS管を備えた二重構造であること、第二に、前述したSUS管の保護機能が働いていることが挙げられる。



(a) 従来非固定型
16.5ヵ月後



(b) SUS/AL型
19ヵ月後

図5 OPGW70mm²の試験終了後より線の断面写真



(a) 従来固定型(スペーサ型)
15ヵ月後



(b) SUS/AL型
19ヵ月後

図6 OPGW85a mm²の試験終了後より線の断面写真

特に後者を裏付ける事実として、表9に示すとおり、85a mm²のSUS/ALユニットでは孔食がSUS地に達していたものの（アルミ覆の貫通あり）、それ以上の著しい腐食の進展やSUS管の損傷は見られなかった。

以上から、SUS/ALユニット型OPGWは、19ヵ月にわたる腐食加速試験において、優れた耐腐食性が実証された。

(3) SUSユニット内凍結試験結果

1章で述べたとおり、従来のアルミ管型OPGWでは、引留クランプやジャンパクランプ部の振動疲労によりアルミ管に亀裂が生じ、そこから侵入した雨水が凍結することで通信障害が発生するという問題がある。

一方、SUS/ALユニットは、3-1項で述べたとおり堅牢な構造を有している。この点を踏まえた上で、仮にSUS管に亀裂が生じた場合でも、内側にジェリが充填されているため、雨水の凍結による光ファイバの伝送損失増や断心を軽減でき、OPGWの運用期間を延長できる可能性が考えられる。

そこで、雨水が侵入し凍結時の挙動を確認するため、SUSユニット（アルミ覆前のもの）の内部に強制的に水を注入し、凍結試験を行った。試験状況を図7に、試験条件と測定項目を表10に示す。なお、試験条件は、8社の送配電事業者と協議のうえ、最も厳しい条件に設定した。また、Φ3.6のSUSユニットについては、通常のジェリ充填タイプ（充填率55%）と高充填タイプ（充填率75%）の両方で試験を行った。

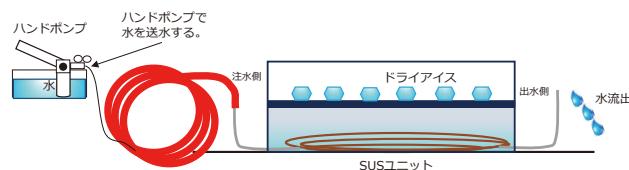


図7 SUSユニット内の凍結試験状況

表10 凍結試験条件と測定項目

項目	凍結試験条件	備考
SUS ユニット 種類 ^{*1}	・SUSユニットΦ3.6 (ジェリ通常充填率) ・SUSユニットΦ3.6 (ジェリ高充填率)	SUS/AL ユニット径: 5mm
	・SUSユニットΦ4.3 (ジェリ通常充填率)	SUS/AL ユニット径: 6mm
SUS ユニット長	各 20 m	-
温 度	-35°C 以下	-
測定時間	1時間 (-35°C 以下に到達後)	-
測定項目	・伝送損失 (ロス) ・凍結状況写真	-

*1 通常ジェリ充填率55%、高ジェリ充填率75%

図8にSUS管の温度変化に対する伝送損失増の測定結果を示す。さらに、-35°C以下試験中にSUS管を切断し、内部の凍結状況を観察した結果を図9に示す。

図8より、全てのSUSユニットで、温度が-35°C以上の場合には、伝送損失増0.1dB以下（規格値）を満たしていることがわかる。特にSUSユニットφ3.6のジェリ高充填のものは、-55°C付近でも、他ユニットのような急激な損失増はみられず、引き続き0.1dB以下を満たしていた。また、いずれのユニットも、常温に戻した後は、損失増の残留は認められなかった。

図9では、ジェリは凍結せず、水分のみが凍結していることが確認された。

これらの結果から、SUS/ALユニット内にはジェリが充填されているため、水分の侵入が軽減され、その結果、凍結量が抑制された。また、内部の光ファイバ自体もジェリによって強く拘束されているわけではなく、ある程度凍結した氷を避けるようわずかに移動ができるため、損失増が抑えられたものと考えられる。事実、ジェリの充填率を高めたユニットでは、耐凍結性が向上していることが確認できた。

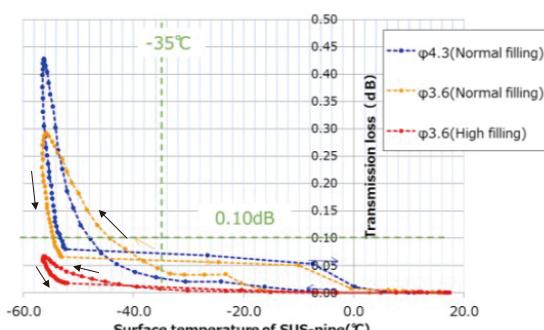


図8 SUS管の温度と伝送損失増の関係⁽¹⁾



図9 -35°C以下のSUSユニット(φ4.3)内部の状況

(4) 急傾斜振動試験結果

ジェリが充填され、各光ファイバが単純に並列に管内へ収納されたSUSユニット型OPGWは、海外で広く使用され、実績もあるOPGWである。しかし日本では、起伏の

激しい山岳地へ適用される場合が多く、支持点高低差が大きいスパンにおいては、運用中に低支持点側ヘジエリや光ファイバが移動し、特性に影響を及ぼさないか懸念された。そこで、10m程度のOPGWを傾斜角約45°で架線し、10⁷回の振動試験を実施した。

その結果、ジェリおよび光ファイバの偏りや、両端末での光ファイバの突き出しありや引き込みがないことが確認できた。

5. 結 言

SUS/ALユニット型OPGWは、当初海外向けに開発されたOPGWである。このユニットは、SUS管の外側にアルミを被覆することで電食の懸念を解消し、堅牢な二重構造を有したものである。

今回、送配電事業者8社との共同開発研究において、本OPGWを製作し、腐食加速試験を実施した。その結果、従来アルミ管型OPGWよりも、1.3~1.7倍以上の耐腐食性を有することが実証された。また、その他の試験結果においても、良好な特性が確認された。

以上の結果から、SUS/ALユニット型OPGWは従来品よりも耐腐食性に優れ、信頼性の高いOPGWとして、今後国内でより広く普及していくことが期待される。

6. 謝 辞

3章以降の開発研究の成果は、北海道電力ネットワーク(株)、東北電力ネットワーク(株)、東京電力パワーグリッド(株)、中部電力パワーグリッド(株)、関西電力送配電(株)、中国電力ネットワーク(株)、沖縄電力(株)、電源開発送変電ネットワーク(株)8社との共同開発研究により得られたものであり、本研究にご協力いただきました関係者の皆様に、心より御礼申し上げます。

用語集

※1 光ユニット、ユニット

アルミ管またはSUS管などの保護管と、その内部に収納される光ファイバおよびその他の要素を含む一体物。

※2 UVファイバ

紫外線硬化型樹脂で被覆された光ファイバ。

※3 シリコンファイバ

シリコン樹脂で被覆された光ファイバ。高耐熱性を有する。

参考文献

- (1) 辻中諒、堀田和宏、番匠貴之、川村高洋、津屋太志、片山潤、
加藤豪紀、比嘉秀輝、石澤健太、辻俊伸、渡部雅人、伊藤英人、
「腐食による通信障害の低減に向けたアルミ覆ステンレス管型OPGW
の開発」、令和元年電気学会電力・エネルギー部門大会、pp.11-5-1～
11-5-4 (2019年9月)
- (2) 電力用光通信ネットワーク技術専門委員会、「電力用光通信ネットワーク
の実態と動向」、電気協同研究、第76巻第3号、pp.79～81 (令和2年)

執筆者

辻 俊伸*：架空線事業部 主幹



渡部 雅人：架空線事業部 グループ長



伊藤 英人：架空線事業部 主幹



*主執筆者