

## 新素材を用いた低弛度・大容量電線の開発

炭化ケイ素繊維強化アルミ複合線による電線の軽量・低伸び・高耐熱化

Development of Low-sagging Rate and Large-capacity Electric Wires Using New Material

Improvement of Wire Characteristics by Silicon Carbide Fiber Reinforced Aluminum Composite Wires (Light Weight, Low Expansion, and High Heat Resistance)

(工務部 技術開発G)

(Engineering Section, Electrical Engineering Department)

電力需要の増大に伴い、設備の大型化が進むとともに、市街化が進み架空送電線の建設が困難化する傾向の中、設備コンパクト化を可能とする低弛度・大容量電線の開発は不可欠な課題である。この課題に対し、当社では東京電力㈱、日立電線㈱と共同し、平成7年度より繊維強化複合線材の電線適用技術について研究を開始した。本研究では、これまでに得られている基礎的な特性を踏まえ、長尺化技術の確立と長期信頼性の検証を主テーマとした、実用化研究を進めている。

Along with the increase in electric power demand, facilities have become larger and larger and urbanization has progressed and, as a result, it has become very difficult to construct overhead power transmission lines. Therefore, the development of low sagging rate and large capacity electric wires is an indispensable subject in order to make electric facilities more compact. To solve this subject, we started studying application of fiber reinforced metal to electric wires in 1995 in cooperation with Tokyo Electric Power Co., Inc. and Hitachi Cable, Ltd. In our present research, we promote practical applications on the basis of the fundamental characteristics of fiber reinforced wires acquired up to now so as to establish technology to produce long wires and verify its long-term reliability.

### 1 研究の背景と経緯

架空送電線に用いる電線は、その大半が鋼心アルミ撚り線 (ACSR) であり、補強用鋼心と導体部アルミ線からなる同心撚り構造を採用している。

これまでのACSR系電線における低弛度・大容量化の取り組みとしては、導体部アルミの高耐熱化や鋼心部の熱膨張抑制 (インパー線の採用) など、主にアルミや鋼の材質改善による対応が図られてきたが、今後の更なる特性向上には、電線構成材への新素材適用を含めた抜本的な改善策が必要とされていた。

そこで当社では、新素材適用技術について多面的な調査を進め、従来に比べ飛躍的な特性改善が期待される繊維強化複合線材に着目し、その適用可能性を探ってきた。

一方、繊維強化複合線材の電線適用研究としては、これまでも数例の取り組みが報告されているが、いずれも電線用材料としての製造技術 (長尺線材化技術) の確立と要求性能の確保が困難であり、未だ実用化には至っていなかった。

これに対し、東京電力㈱と日立電線㈱が共同で研究を進めてきた炭化ケイ素繊維強化アルミ複合線は、これまでに線材化 (素線、短尺撚り線) の基礎技術を確立し、現時点にて、最もその実用化が期待されている。

そこで、当社では平成7年度より上記研究に参画し、低弛度・大容量電線の早期実現に向け、現在、撚り線長尺化技術の確立と長期信頼性の検証を主テーマとした、3社共同研究に取り組んでいる。

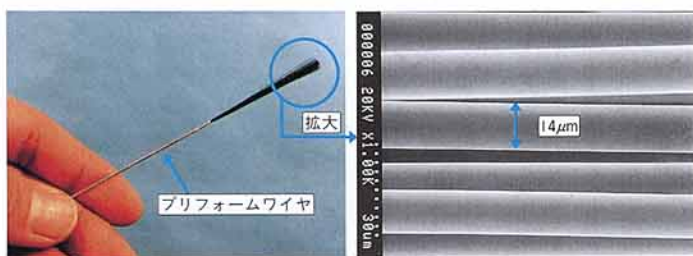
### 2 炭化ケイ素繊維強化アルミ複合線の概要

繊維強化複合線材としては、工業用途に広く採用しているガラス繊維強化プラスチック (GFRP) がその代表例としてあげられるが、これらの有機系複合材では、その耐熱性等の問題から電線への適用は難しい。

一方、本研究にて強化繊維として利用する炭化ケイ素 (SiC) は、極めて耐熱性に優れたセラミクス繊維であり、電線性能改善に要求される「軽量、高強度、高耐熱、低伸び、高弾性」等の性能を、すべて高いレベルで満足している。炭化ケイ素繊維の外観を第1図、亜鉛めっき鋼線と比較した特徴を第1表に示す。

また、当該繊維は、金属との濡れ性 (接着性) が比較的良好であるのに加え、反応しにくいという特徴を有していることから、金属との複合が実現でき、高耐熱複合線材としての適用が可能となる。

そこで、本研究では複合金属としてアルミを選定し、炭化ケイ素繊維強化アルミ複合線を用いた低弛度・大容量電線の開発に取り組んでいる。



第1図 炭化ケイ素繊維の外観

第1表 炭化ケイ素繊維の特徴

	引張強さ (MPa)	比重	重量比強度	線膨張係数 ( $\times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ )	耐熱性 ( $^{\circ}\text{C}$ )
亜鉛めっき鋼線	1274	7.80	16.7	11.5	200
炭化ケイ素繊維	2744	2.55	109.8	2.0	1,200
	強さ 2.2倍	軽さ 1/3	比強度 6.6倍	温度伸び 1/5以下	耐熱性 6.0倍

### 3 複合素線の製造

複合素線の製造方法としては、まず細径の中間複合材を製造し、これを複数本一体化させた後、アルミ被覆にて、所定の素線径までに仕上げる方法を採用している。

ここで、中間複合材としては、日本カーボン(株)より市販されている外径0.5mmのSiC/A1プリフォームワイヤを用いている。プリフォームワイヤの断面様相を第2図に示す。このワイヤは、炭化ケイ素の連続繊維とアルミの複合材であり、1本のワイヤ中には、平均繊維径14 $\mu$ mの単繊維を500本複合している。

素線製造工程の概要および当該素線を用いた試作撚り線の断面様相を第3図に示す。素線化工程では、上記プリフォームワイヤを複数本集合し、これを溶融アルミ中に一括浸漬する方法（溶融浸透法）により一体化を実現している。次に、得られた溶融複合線に一定厚のアルミ被覆を施し、所定の素線サイズに成形しているが、ここでは、アルミ覆鋼線（AC線）の製造技術であるアルミ連続押出加工法を応用している。

### 4 複合素線の特性と期待効果

試作素線に関する各種特性試験を実施し、いずれも従来線材に対し優れた特性を有することを確認した。

また、引張強度をはじめとする機械的な特性値は、繊維とアルミの複合比に基づき単純複合則により計算した結果と良く一致し、素線中のプリフォームワイヤ本数（繊維比）を変えることにより、開発目標に応じた任意の特性（強度、伸び等）を有する素線が設計・製造可能であることも確認できた。

第4図は、各種温度条件下における引張強度を示したものであり、評価法としては常温引張強度に対する強度残存率を用いている。図中の熱処理後—常温強度は、各試験温度にて10分間保持後、常温にて引張試験を行った結果であるが、極めて過酷な500 $^{\circ}$ Cの履歴を受けた場合でも常温強度は回復しており、熱履歴に伴う不可逆的な強度劣化は生じていない。

走査電子顕微鏡にて観察した、常温引張試験後の破断面様相を第5図に示す。

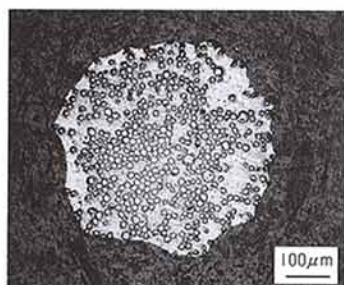
また、複合素線の耐熱温度を、高温中における強度残存率90%として評価すると、試作素線は300 $^{\circ}$ Cまでの強度維持が可能であり、従来のアルミ素線に対して大幅な耐熱性向上が期待できる。

さらに、複合素線では耐熱性の向上に加え、高温域での伸びが抑制され、これにより低弛度・大容量化が可能となる。複合素線の線膨張特性を第6図に示す。

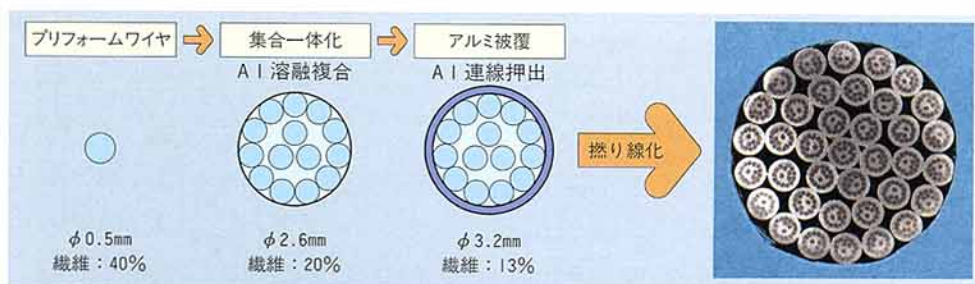
### 5 今後の展開

これまでに、素線ならびに短尺撚り線の試作・性能検証を終え、複合材を利用した低弛度・大容量電線の開発に見通しを得た。現在、既設ACSRに対して、大容量化では容量2.6倍（同一弛度）、低弛度化では弛度50%減（同一容量）を実現する低弛度・大容量電線の開発に向け、鋭意研究を進めている。

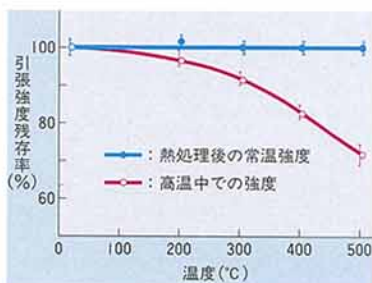
今後、長尺化技術の確立、付属品ならびに架線工法の開発、複合材固有の信頼性評価手法の検討など、実用化に向けた更なる研究を進め、引き続き、試験線での実規模架線による施工性検証と長期フィールド観測を予定している。



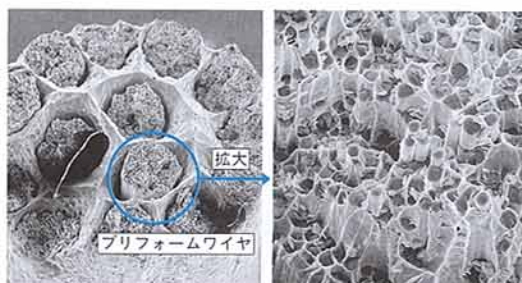
第2図 プリフォームワイヤ断面



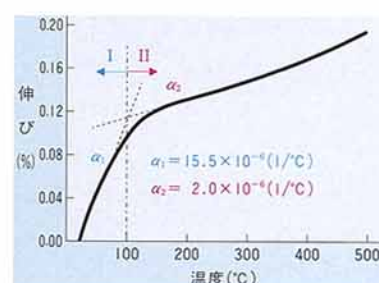
第3図 複合素線の製造工程と試作した撚り線断面



第4図 複合素線の引張強度



第5図 常温引張試験後の破断面



第6図 複合素線の線膨張特性