

# 送電線および変電所用碍子

(1899年～現在)

電気（通信、電力）を利用するには、必ず導体と絶縁物が必要である。送電線と支柱を電気絶縁し、かつ機械的にも送電線を支持する役割を担うものが、「碍子<sup>注1)</sup>（がいし）」である。国内送電事業としては1899年、11kVの特別高圧送電線が初めて建設された。その後社会生活と経済活動の発展に伴い、電力需要が大きく伸び、送電電圧が高くなるとともに長距離の送電線が建設されてきた。碍子は送電電力の大容量化に伴って大型化、高強度化が要求され、また使用される環境によって様々な形状や工夫がされている。国内で使用される碍子のほとんどが磁器製であり、陶石、長石、粘土、アルミナを原料として、約1300℃の高温で焼成して製造される。現在使用されている最大強度の懸垂碍子は、530kNの荷重にも耐える。変電設備においては、将来の1000kV送電を考慮し、11.5m高さの碍管<sup>注1)</sup>を用いた設備の実証試験が行われている。

## 1. 製品適用分野

電力設備システム（送電、変電、配電設備システム）

## 2. 適用分野の背景

通信、電灯事業での絶縁用碍子の適用に引き続き、1899年（明治32年）には、郡山絹糸紡績と広島火力が、11kV架空送電線事業の営業を開始した。この送電線には、米国製碍子が用いられた。1907年から55kV、66kVあるいは77kVの送電線が次々に建設され、中距離送電線の時代がやってきた。当初、米国、独国の輸入品であったが、すぐに国産の特別高圧用ピン碍子も使用されるようになった。送電電圧の上昇に伴い、連結して使用できる懸垂碍子の利用が一般化した。送電線用の碍子には、主に懸垂碍子が、変電所用には、主に支持碍子、碍管がそれぞれ用いられている。時代の変遷とともに、碍子は材料、形状および製造技術の改良が図られ、社会生活と経済活動の基盤をなす電力供給の高信頼性を支えている。

## 3. 製法

碍子は一般に、次の3つの構成物から成る。

- ・磁器（電気性能と機械強度性能を発揮する主要構成物）
- ・金具（碍子、碍管を固定または連結するための部品）
- ・セメント（磁器と金具を接合する材料）

磁器の原材料は、陶石、長石、粘土、アルミナが一般に使用される。これらを粉碎、調合、脱水し、一定の水分量にした原料を真空中で土練した後、碍子の形状に成形する。送電線用懸垂碍子は、プルダウン製法と呼ばれる製法で、碍子上面を成形する石膏型に原料素材を入れ、下面のヒダを成形するための金属製の型を押し付けることにより成形される。変電所用の

碍子および碍管は、棒状または筒状の素材をバイトにより切削して成形される。成形後、乾燥工程を経て約1300℃にて焼成され、磁器部分ができあがり、高品質のセメントを用いて金具と接合して完成する。それぞれの工程において厳しい検査、品質管理が行われ、電気絶縁特性および機械強度特性に優れた碍子、碍管が製造される。碍子用磁器は一般にアルミナ含有磁器と呼ばれ、石英、ムライト、コランダム結晶を数十%含む。代表的な材料特性を表1に示す。

表1 碍子用磁器（送電用）の材料特性例

| 項目     | 特性値                                |
|--------|------------------------------------|
| 比重     | 2.5～2.6                            |
| 曲げ強度   | 120～150 MPa（無釉）<br>160～190 MPa（施釉） |
| 絶縁破壊強度 | 38～46 kV/mm                        |

試験方法：IEC 60672-2（1997）

## 4. 送電線および変電所用碍子の特徴

### (1) 送電線用碍子

送電線用懸垂碍子は送電電圧や汚損<sup>注2)</sup>環境に応じて必要な碍子個数を連結して使われる。懸垂碍子は、キャップとピンに引張荷重が加わると、磁器部には圧縮応力が加わるよう設計されている。懸垂碍子の構造を図1に示す。懸垂碍子の下面にあるヒダは、キャップとピンの間の磁器面に沿った絶縁距離を確保するために設けるもので、汚損環境下での電気特性を高めるため、汚損の厳しい地域ではヒダの深さを大きくした碍子が使用される。懸垂碍子は、図2に示すように引張荷重が820kNまで開発されており、530kNまでの懸垂碍子が実線路に適用され

見学可能：

電気の史料館

横浜市鶴見区江ヶ崎町  
4-1

http://www.tepco.co.jp/siryokan/home-j.html

でんきの科学館

名古屋市中区栄二丁目  
2-5

http://www.chuden.co.jp/e-museum/

Key-words：碍子、懸垂碍子、碍管、磁器、電力設備

**注1** 碍子の「碍」はふさぐ、さまたげる、じゃまをするといった意味を持ち、「子」は機能をはたす物体や道具の意味。電気的な絶縁体であり、両端の開いた中空絶縁体を碍管と呼ぶ。用途によって、構造、材料、形状、大きさなどが異なる。

**注2** 屋外で使用される碍子の電気絶縁強度は表面に電解質が付着し湿潤が加わることにより低下する。これが碍子の汚損であり、汚損物としては強風により海より運ばれる海塩粒子などがある。

ている。

## (2) 変電所用碍子

変電所では、変電機器部品をその内部に収納したり、油タンクやガスタンクの中に納められた機器の高電圧端子を取り出すための碍管と、母線や断路器の接点用金具などを支持するための棒状の支持碍子が使われている。磁器材料および設計技術開発を基に、耐震強度に優れかつコンパクトな碍管・碍子が実現している。また、1000kV 級までの変電機器用碍管は、すべて一体製で作られている。図3は、1000kV 級ブッシング<sup>注3)</sup>用碍管である。高さ 11.5m の碍管は、磁器製品としては世界一の大きさである。

## 5. 将来展望

日本では東京電力管内で 1000kV 設計の送電線が建

設され、現在 500kV で運転中である。将来の昇圧に向けて変電機器の実証研究が進められている。また、中国、インドなどでは、めざましい経済発展の中、超々高圧送電システム（交流 1000kV 級、直流± 800kV 級）の建設計画が進行中である。この分野での国際的な規格化へ向け各国の技術結集が図られつつある。超々高圧送電については、いち早く実用化研究が進んでいる我が国の技術力に期待されるところが大きく、その碍子・碍管技術が各国プロジェクトの実現に役立つものと確信する。

### 文献

柴垣和夫、伊藤正直、長谷川信、橘川武郎、日本ガイシ 75 年史 (1995).  
電気学会「がいし」(1983).

**注3** 変電機器内部の高電圧端子を外部に取り出す装置で、中心部に電気を通す導体と外側に碍管を用い、その間に絶縁体として油、絶縁紙またはガスなどを封入している。

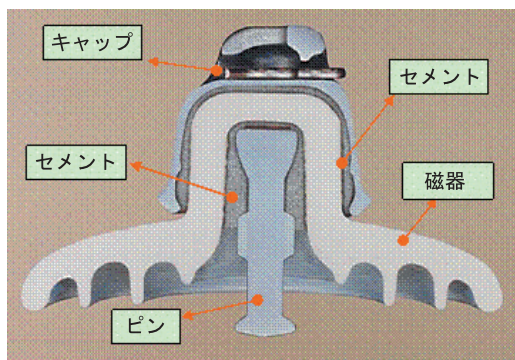


図1 懸垂碍子の構造

懸垂碍子には高い電氣的、機械的強度が要求されるため、各部材の設計に工夫がなされている。標準的な懸垂碍子で 165kN の引張荷重に耐え、内部磁器部分が電氣的に貫通する絶縁破壊強度は 140kV 以上である。



図2 代表的懸垂碍子

右から機械強度 165, 210, 330, 420, 530, 680, 820kN の懸垂碍子（笠の直径は、それぞれ 254, 280, 320, 340, 380, 440, 460mm）、530kN 強度までの碍子が実適用されている。



図3 1000kV 級ブッシング

高さ 11.5m の碍管を使用したガス封入型のブッシング。国内の 1000kV 送電システムに関する実証研究で使用。