中心水密型電線の開発・実用化（業績の概要）

１．目的・背景

当社では，これまで主な低圧配電線として，銅を導体とする難着雪形の屋外用ビニル絶縁電線（SNOW）を使用してきたが，銅電線は一般的に応力腐食により劣化することが知られており，腐食劣化が進行すると，最終的に断線に至る虞がある。より頑健な電力の安定供給と公衆安全の確保，また，電線の長寿命化による設備コストの削減を目的とし，低圧配電線における応力腐食劣化の対応策の検討を進め，新たな構造を持つ電線の開発を行った。

２．開発の概要

（１）開発電線の概要

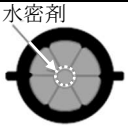
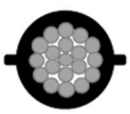
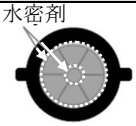
これまでの撤去電線の度重なる調査の結果，応力腐食劣化が発生する主な原因は，「電線内部への（腐食成分を含んだ）雨水等の侵入」，「導体への応力の集中」，「黒錆の形成」の３つにあると特定した。そこで，これらの要因を極力抑制するため，「中心水密型難着雪（2 ヶヒレ形）屋外用ビニル絶縁電線（SCWOW）」を開発した。

開発した電線は，当社で現在使用している低圧配電線の線種（電線太さ）のうち，撚り線である 60mm² を対象としており，以下２点の対策を施した。

まず 1 点目は，「中心水密構造」の採用である。当社では，雨水等の侵入防止を目的として，高圧配電線路では，電線内部に存在する被覆，導体の隙間全てに水密剤（エチレン系樹脂）を充填した水密型電線（SSWOC）を使用している。一方，低圧配電線路で使用する SNOW 電線は，導体外周部に被覆材である塩化ビニルが隙間なく充填されているため，雨水等の侵入は導体中心部が支配的である。また，高圧配電線と同様に導体外周部に水密剤を充填すると，材料の違いにより密着性が高まり，絶縁被覆を剥ぎ取る際の作業性が著しく悪化し，作業者の安全性も損なわれる。そこで開発品では，導体中心部にのみ水密剤を充填する構造を採用することで上記の問題を解決した。

２点目は，「円形圧縮導体」の採用である。電線製造過程における撚り線形成時に生じる残留応力の低減を図るため，硬銅線を 7 本撚り合わせた円形圧縮導体（SB：Smooth Body）を採用した。従来の SNOW（19 本撚り/丸型）と比較すると，1 本あたりの素線径が大きくなることで断線に至りにくくなり，また，電線内部の空隙が少なくなるため，水密剤の効果と併せて黒錆の形成に必要となる酸素や水分の侵入を大きく低減できる。この圧縮導体の構造は現行の高圧配電線である SSWOC 電線と同一であるため，直線スリーブ等の電線接続材を現行品そのまま使用可能である。また，電線の仕上がり外径が SNOW 電線と比べてやや小さくなるが，関連する付属品も開発電線用に新規開発する必要はなく，そのまま使用可能である。

表　開発電線と既存電線の仕様比較

	SCWOW 60mm² 【開発電線】	SNOW 60mm²	SSWOC 60mm² （参考）
構造図			
絶縁被覆厚 [mm]	1.4	1.4	2.5
仕上外径 （導体部） [mm]	12.1×15.1 (9.3)	12.8×15.8 (10.0)	14.5×18.5 (9.2)

（2）性能試験

応力腐食劣化に対する開発電線の性能を検証するため，開発電線（7 本/SB，中心水密），SNOW（19 本/丸，非水密），比較品 1（7 本/SB，非水密），比較品 2（19 本/SB，非水密）の 4 種類について，各種性能試験を実施した。以下にその試験結果について述べる。

まず，雨水侵入防止性能試験結果について述べる。本試験については，実使用環境下を模擬した常圧液滴試験と，過酷条件（加圧）における試験を実施した。常圧液滴試験結果について，この試験は電線試料 300mm に対し，一定時間上方から水滴を一定間隔で滴下したときの浸水長を確認するものであり，実使用環境下において開発電線が優れた雨水侵入防止性能を持つことが確認できた。

また，加圧時における雨水侵入性能試験も実施しており，この試験は電線試料の片側を水槽に挿入して水圧を加え，他端から漏水するまでの時間を調べるものである。この結果より，開発電線は，最も過酷な 0.050MPa の条件においても 30 分以上漏水しない結果となったのに対し，他の電線では，その条件においても 1 分以内に漏水しており，加圧した過酷条件においても開発電線が雨水防水性能に非常に優れていることが確認できた。

次に，残留応力試験結果について述べる。導体の外層素線に取り付けた歪ゲージで撚りを解く前後歪量を測定し，その差から残留応力を算出した。残留応力を導体の圧縮有無（SB vs 丸）で比較すると，圧縮導体の方が残留応力に対する効果が高い結果となった。また，同じ圧縮導体であっても，素線径の大きい 7 本撚りの方が，残留応力が低い結果となった。これより，開発電線に採用した 7 本撚りの圧縮導体が，残留応力の低減に対して有効であることが確認できた。

最後に黒錆形成の評価のために実施した，加圧防水性能試験結果について述べる。この試験は，電線試料の片側を水中に浸漬させ，この水に対して 30 日間のヒートサイクルを行った後に，導体素線に形成される酸化被膜の厚さを測定した。この結果より，開発電線では，内層，外層ともに酸化被膜の形成が少なく，黒錆形成の抑制効果が高いことがわかった。なお，他の電線では被覆内部の導体に錆の発生も確認されている。

3． 導入効果

（1）低圧配電線における応力腐食が抑制され，それに伴う断線リスクが軽減することで電力の安定供給および公衆安全をより頑健なものとなることが期待される。

（2）低圧配電線の長寿命化が図られ，長期的観点で設備コストの削減が期待される。

4． まとめ

今回の「中心水密型銅低圧電線」については，2017 年度に実施した当社と北日本電線（株）との共同研究成果から開発した電線であり，2018 年 4 月より，当社で全面導入している。

開発電線の当社敷設状況としては，2022 年 3 月段階で総延長約 267.9km（参考：低圧線全線種総延長 253,109km）となっており，これからも工事動機での新設および取替が進み，普及率拡大が見込まれる。開発電線の普及によって，応力腐食断線発生時の供給支障や公衆被害による社会的影響とリスク，また，それに対応する当社や関係個所における人員等コストの低減が図られ，当社の送配電事業において大きく貢献している。