

接続部における屋外用ポリマー絶縁材料の評価試験方法の紹介

技術・環境委員会 第3WG

1. はじめに

現在国内で使用される接続部において、有機ポリマー材料の軽汚損地区への適用は古くから行なわれているが、重汚損地区への適用は、長期信頼性の観点から曝露試験を中心とした研究は盛んに行なわれているが、実フィールドへの製品展開は一部しか行われていないと言っても過言ではない。昨今、多くの学会や調査専門委員会で汚損劣化に対する長期性能評価の検討が行われている中、当委員会でも33kV以下の接続部の塩害地区へのポリマー材料の導入についての検討を行なっている。今回は、国内外の機関等でこれまで報告されている評価試験方法の一端について紹介する。

2. 屋外用ポリマー材料の評価項目

ポリマー材料の性能評価の検討において、材料の表面特性ならびに放電・劣化現象等を調査し、更にその長期性能評価手法の確立に向けた検討を行なっている報告が多いが、評価方法を整理する観点から材料評価と製品形状評価の2つに分けた。

(1) 材料の評価方法

① 撥水性

撥水性はポリマー固有の表面自由エネルギーによって決まる。表面自由エネルギーはポリマーの分子構造に依存し、水との親和性が高い分子構造（水酸基： $-OH$ 、カルボキシル基： $-COOH$ など）があれば撥水性は低下する。一方、メチル基： $-CH_3$ 、 $-CH_2-$ 、 $-CF_2-$ などの水との親和性が低い構造で構成された分子は撥水性が高くなる。撥水性はスプレー法や接触角測定で評価を行う。ポリエチレンは 81° 、EVAは 122° 、シリコーンゴムは 90° との報告がある。

② 耐トラッキング性（耐エロージョン性）

トラッキングやエロージョンは、放電による熱エネルギーによりポリマー自体が熱的に分解することで起こる。多くのポリマーは熱分解により炭化物を形成し、導電性物質ができて絶縁性能が低下するが、シリコーンゴムは、熱分解してもほとんどの部分が絶縁性の高いシリカになり、このことが、シリコーンゴムが他のゴムより有利な点と言える。評価方法としては、傾斜平板法等が挙げられる。

③ 耐コロナ特性

コロナ放電によるポリマー材料への影響は、放電生成物（硝酸とオゾン）によるポリマー自体への化学的攻撃による分子結合の破壊が生じる。ゴムの劣化の影響として、硝酸液による充填材の分解や、オゾンによる表面亀裂が挙げられる。評価方法として硝酸浸漬試験や耐オゾン試験が挙げられる。

④ 引裂き強さ

機械的強度の指標として引張強さとともに機械的強度の指標の1つとされる。充填剤の量や種類によって変わる。

⑤ 難燃性

難燃性の低いポリマーは、充填剤、添加剤、難燃剤により改善される。シリコーンゴムは熱分解してもシリカしかできないため、シリコーンゴム自体が難燃性物質である。難燃性の指標としてはUL規格や酸素指数が広く使用されている。

⑥ 撥水性保持性能

高い撥水性状態から撥水性喪失状態に移る時間変化特性（＝撥水性安定性）を材料間で比較・評価できる評価方法である。CIGREでは撥水性安定性の評価（Dynamic Drop Test）について、電界を加えた板状材料に水滴を継続して滴下し、撥水性低下までの時間を評価する持ち回り試験を実施した。ただし、実用的な規格試験法としては更なる検討が必要である。

⑦ 撥水性回復特性

撥水性回復特性ならびに撥水性転移特性の評価に当たり、実使用との相関性が高い試験法の確立が必要であるとの背景から、撥水性転移特性の評価として板状試料表面にシリカ膜を形成し、その表面の撥水性回復に必要な時間を評価する方法がCIGREで検討された。材料組成の違いによる撥水性転移性能の優劣をある程度評価できたが、試料作成条件等について幾つかの課題があり、材料の比較・選別に十分な評価試験方法であるかなどは、今後更なる議論が必要とされている。

⑧ 耐吸水性

試料の吸水・乾燥による誘電特性であり、誘電正接にて評価を行なう。

⑨ 屋外無課電曝露試験

ポリマー材料の劣化要因として、電氣的要因、紫外線、温度、湿度、降雨、汚損等が挙げられるが、人工加速劣化試験で支配的でない紫外線、オゾン、水による劣化の影響度を評価するため屋外に曝露して材料の劣化を確認する。評価方法として、撥水性、硬度、表面粗さ、FT-IRによる表面化学分析、X線分析などが挙げられる。

⑩ 紫外線照射試験（人工加速劣化試験）

紫外線照射によるシリコーンゴム表面の劣化に及ぼす影響を調査する。評価方法は⑨と同じである。

⑪ 塩霧試験（人工加速劣化試験）

超音波加湿器に塩水を入れ、塩霧を発生させて各物性（50サイクル後の撥水性、漏れ電流、FT-IRによる表面化学分析）を評価する。試験条件の例としては以下のとおり。

霧室：1590×1560×1300mm、印加電圧：AC15kV、電気ストレス：60V/mm

塩霧の吐出量：0.5 l/hr/m³ 塩霧の導電率：800 μ S/cm

（2）製品形状での評価方法

ポリマー材料を用いた製品形状で人工汚損試験法はこれまで十分に確立されていないが、磁器材料の試験方法を基本として、ポリマー材料の評価に適した試験条件について研究が行われている。

① 定印霧中法

古くから行われている汚損試験方法の1つである。前処理により均一に汚損・乾燥したがいしを霧室内で湿潤し、汚損フラッシュオーバ電圧に及ぼす汚損度の影響を評価する。

② 塩霧法

定印霧中法の他に国際的に標準な汚損試験法の1つ。しかし塩霧法をポリマーがいしに適用した場合、その塩霧噴霧量はIEC規格で規定された磁器がいし用の噴霧量と同じにするか、半分

にするか検討課題となっている。

③ 降雨模擬試験に関する研究

前処理により均一に汚損・乾燥したがいに注水を行い、フラッシュオーバーの有無を調査する。

④ 塩水注水法

汚損液（塩 30g/l、との粉 40g/l）で注水し、ある一定電圧を印加したときの漏れ電流が連続して流れないことを確認する。

⑤ 等価霧中法

試料に汚損液を付着させている状態で電圧を印加し、フラッシュオーバーの発生状況を確認する。定印霧中法や塩霧法に比べて霧室を使わないので比較的短時間で試験ができる。

⑥ 複合加速劣化試験

塩霧・蒸気霧・注水・紫外線の各試験を組合せ、製品形状の外被ゴム材料の劣化に及ぼす影響を調査する。電圧は常時課電し、塩霧・蒸気霧・注水・紫外線の各試験を組合せて、24時間を1サイクルとして5000時間実施し、エロージョンの発生状況と撥水性レベルを調査する。

3. IEC62217による製品形状試験^{注1)}

IEC62217-2005における製品評価試験としては以下の3種類が規定された。

①1000時間塩霧試験

試験配置：垂直、水平各1本、ストレス34.6mm/kV

降霧量：1.5~2mL/h、霧中塩分濃度：1~8kg/m³ 試験時間：1000時間

②5000時間複合ストレス試験

課電34.6mm/kV・加湿・加温・塩霧・人工降雨・紫外線照射などのストレスを複合的に加える試験で、合計5000時間実施する。

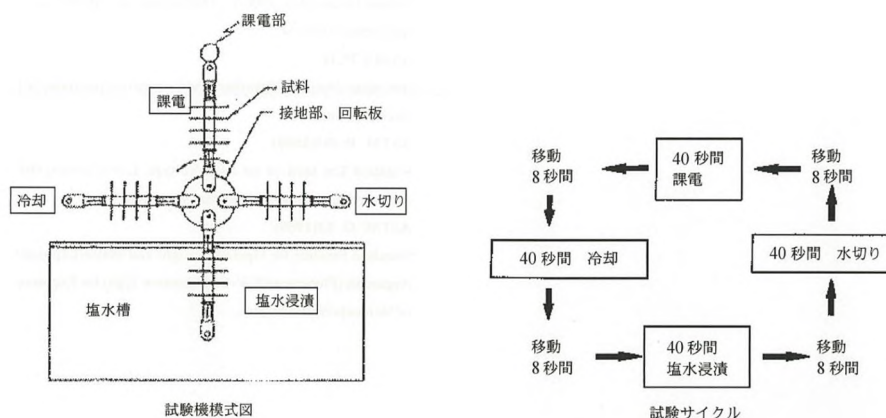
③ホイール試験

試験配置：90° 毎に各1本、ストレス35kV/mm、塩水濃度：1.4±0.06g/l、

試験時間：下記サイクルを30000サイクル実施する

試験サイクル：（課電→休止→塩水浸漬→休止）各ステップ40秒、次のポジションまで8秒かけて移動。

判定：トラッキングが発生しないこと、笠が貫通しないことなど（下図参考）^{注2)}



注1) IEC62217 Polymeric HV insulators for indoor and outdoor use · General definitions, test methods and acceptance criteria

注 2) 参考文献：梅田逸樹、越野幸広、石割三千雄：「ポリマーがいし用外被材料の劣化特性」、NGK レビュー、No.58,pp29-40,1999

近年、耐候性試験の一本化として IEC62217-2012 では①1000 時間塩霧試験のみが残る。ただし、塩霧試験は、劣化現象を模擬するものではなく、外被材料や形状評価のスクリーニング試験の意味合いが強い。

4. おわりに

ポリマー材料を評価する上で一番の問題は、材料の劣化がどのようなメカニズムで発生しているかが十分に解明されていないことが挙げられる。劣化試験について、寿命を判断するための試験法が国際的にも十分に確立された方法はなく、今後フィールドデータの蓄積とともに、ポリマー材料の劣化メカニズムの解明、それに基づいた試験法の妥当性評価などを進め、適切な評価試験の立案が必要となってくる。当委員会としても、これまでの情報を整理するとともに、国内外の機関やユーザーと連携して時代に合った性能規格の作成と運用を目指して行く方針である。