

技 術 展 望

# 液體絕緣材料인 電氣絕緣油의 現況과 展望

李 德 出\*

차 례

- 1. 서 론
- 2. 電氣絕緣油에 요구되는 성질
- 3. 電氣絕緣油 제조기술현황과 장래
- 4. 合成絕緣油와 PCB 代替油의 現況
- 5. 油入大形變壓器의 動向과 絕緣油에 대한 技術的諸問題
- 6. 결 론

## 1. 서 론

오래전 부터 각종 電氣機器에 사용 되어온 液體絕緣材料인 電氣絕緣油는 주로 石油系原油에서 제조되어온 것이지만 석유제품류와는 달리 특수한 사용목적 즉 전기기기의 絕緣과 冷却이란 점이 있었고 또한 다른 석유제품이나 석유화학제품에 비하여 生産量이 매우 적었기에 石油系와 관련된 일반 사람에게는 그다지 이해가 되어 있지 아니하였다. 그러나 에너지 발생의 근원으로써 빼놓을 수없는 電氣機器類에 사용되어 그 수명을 좌우하는 중요한 요소가 되어 왔음은 電氣系에서는 잘 알려진 사실이다. 이러한 電氣絕緣油도 電氣絕緣材料나 電氣機器의 진보에 수반하여 수많은 변칙과정을 거쳐왔고, 銅이나 絕緣紙 등과 같은 電氣材料와 같은 입장으로 변압기, 콘덴서 및 케이블등 電力系統의 발전에 기여한 역할을 컸었다고 생각할 수 있다. 최근 전력수요의 급증으로 인하여 電力系統이 高電壓化로 되어감에 따라 電氣機器에도 高電壓化, 大容量化 및 高性能化의 경향이 있으며 電氣絕緣油에 요구하는 諸特性도 해마다 가혹하게 되어가고 있는 실정이다. 이러한 점으로 電氣絕緣油의 품질향상에 대한 노력의 일환으로 알킬벤젠등의 合成油가 단독 혹은 鑛油系絕緣油와 혼합하여 사용하겠끔 되었으나 환경오염이란 이유로 有機鹽素系 不燃性油(PCB)는 외국에서도 이미

사용금지 되었으며, 이러한 경향은 세계적인 추세에 놓여 있다. 그러기에 PCB를 대체시킬 수 있는 絕緣油의 출현이 중요한 과제라 할 수 있다.

한편 오늘날까지 선정된 質이 좋은 原油에서 高度로 정제하여 왔으나, 나프텐系 原料油의 고갈로 인하여 공급불안이 예상되므로 금후 파라핀系 原料油의 개발 또는 流動點降下劑의 배합에 대한 연구가 중요시되고 있다. 절연유의 정제에 있어서도 종래의 정제법으로는廢散처리가 곤란한 점이 있어서 최근 溶劑정제 및 水素정제법이 개발되어 가고 있으며, 특히 重電氣제작공장의 입장에서 전기절연유를 단독으로 취급만 하여서는 아니될 것이고, 이를 대상으로 하는 機器의 電氣絕緣系시스템중에 포함시켜서 평가하여야 하며 주로油侵電氣絕緣의 입장에서 연구개발의 새로운 전개가 기대되고 있다.

## 2. 電氣絕緣油에 요구되는 성질

架空送電에서처럼 碍子 및 大氣로서 도체를 절연시킬 수 있으나 大氣는 기상조건에 의하여 絕緣性이 많이 변동하므로 安全을 위하여 넓은 絕緣空間을 필요로 한다. 만약 大氣보다 절연성이 좋은 流體로 도체를 둘러싸고, 적당한 지지물로 지탱시킬 수만 있으면 絕緣空間을 축소할 수 있게 된다. 이를 충족하기 위하여 流體絕緣體로써는 다음과 같은 사항이 우선 요구된다.

- (가) 가격이 싸겠
- (나) 電氣특성이 좋을것
- (다) 도체를 냉각시킬 수 있는 능력이 클것
- (라) 變質되기 어려울것

地中線 케이블 및 도체의 특수부분으로써의 변압기, 개폐기 및 콘덴서 등에 널리 사용되고 있는 鑛油系絕緣油는 거의上記 (가)~(라)항의 요구를 충족하고 있다고 볼수 있다. 絕緣油를 용도별로 구분하면 변압기油, 개폐기油, 콘덴서油 및 케이블油의 네종류로 되나 어느 것이든 공통적으로 요구되는 가장 중요한 성질로써는

\*正會員: 仁荷大工大電氣工學科教授·工博

다음 세항목을 열거할 수 있다.

(가) 絕緣材料로써의 電氣特性, 즉 絕緣破壞電壓, 體積抵抗率, 誘電正接 등이 우수할 것

(나) 電氣導體에 대하여 냉각작용이 클 것

(대) 사용중에 물리적이거나 화학적으로 變質하기 어려울 것

이상의 항목 이외에 이차적으로 요구되는 성질로써는 다음과 같은 것을 생각할 수 있다.

(가) 引火의 위험성이 적을 것

(나) 금속에 대하여 부식성물질을 함유하지 않을 것

(대) 응고점이 낮을 것

(대) 증발감량이 적을 것

또한 용도별에서 특히 요구되는 특성에 대하여 고찰하면 개폐기油에 대해서는

(가) 電流 차단시 尤호하게 消弧시킬수 있을 것.

(나) 화학적으로 안정하고 아—크에 의하여 발생한 分解가스 및 탄소가 가능한 적을 것

(대) 電極의 붕괴 및 油의 분해에 의하여 생긴 粒子를 完만하게 침강시킬 수 있을 것

등을 열거할 수 있고, 콘덴서油에 대해서는 電氣特性중 특히 誘電率이 클것이 중요한 성질로써 요구된다.

케이블油에 대해서는

(가) 誘電率이 絕緣紙의 것과 큰차가 없을 것.

(나) 코로나放電에 의하여 가스가 발생하지 않고, 유황 등이 생성되기 어려울 것

등이 요구된다. 케이블油에는 합침케이블油와 OF케이블油로 구분되지만 특히 前者에 대해서는 합침시키는 온도에서는 粘度가 적고 사용상태에서는 점도가 높은 것이 요구된다.

### 3. 絕緣油제조기술현황과 展望

절연유는 현재 流動點이 낮은 나프텐系 原油로부터 제조되고 있으나 최근 나프텐系原油가 세계적으로 부족되어 가는 경향이 있는 반면 절연유의 수요는 증가일로에 있다. 그래서 나프텐系原油 대신으로 安定供給이 가능한 絕緣油原料인 파라핀系原油에 대한 검토가 고려되어야 할 것이다.

특히 產油國에 原油수입을 전적으로 의존하고 있는 우리나라에서는 불가피한 실정이라 하겠다. 파라핀系原油는 유황분 함량이 많고, 일반적인 溶劑脫黃法으로는 제품의 유동점이 약  $-20 \sim -25^{\circ}\text{C}$ 가 한계이기에 알킬벤젠등 合成油의 배합이 실질적이라는 보고가 있으며, 정제법으로는 尿素脫黃方式 및 水素化分解脫黃方式 등이 열거될 수 있으나, 경제성 및 실용성인 면에서 결핍된 점이 있다. 주로 파라핀 絕緣油는 原料留出油의 유

황분이 많기 때문에 溶劑정제 및 水素化정제를 이용하는 것이 좋은편이라 하지만 유황분과 산화안정성 혹은 방향족성분과의 평형에 주의해야 한다는 제조상 매우 어려운 점이 있다.

#### (가) 精製法

산, 알칼리등 化學처리법 : 油中の 질소, 산소 및 유황화합물등이 황산과 반응하여 황산뿔치로써 제거되는 정제법이다. 廢酸스랏지 처리가 어려워져 오늘날 행하지 않으려고 하는 정제법이나 간편하고 천연적으로 尤호한 酸化防止劑를 남게하는 아주 좋은 정제방법에 속하였던 것이다.

白土등 흡착제에 의한 처리法 : 絕緣油는 불순물, 험잡물 및 수분 등의 混在에 의하여 電氣特性 및 安定度가 현저히 저하된다. 그래서 일반적으로 황산처리후에는 微量의 酸 또는 알칼리, 수분 및 철분 등의 금속을 제거시키기 위하여 白土 처리가 행하여지고 있다. 이외에 脫水用, 再生(보수)用으로써 활성알루미나 등이 이용되고 있으며 흡착제로서는 실리카겔, 活性炭, 合成제올라이트 등이 있으나 현재 절연유의 정제용으로 그다지 이용되고 있지 않은 듯 하다.

溶劑정제법 : 용제抽出의 목적은 열 및 산화안정성에 결핍한 樹脂分 및 芳香族分을 제거하여 고급품을 얻는데 있다.

抽出용제에 대해서는 1940년대 거의 완성되었다고 하지만 실지로 공업화 된 것은 페놀 및 크레졸이 거의 대부분을 차지하고 있다. 절연유의 경우 용제정제—백토처리로도 양호한 결과를 얻을 수 있으나, 용제정제후 수소화정제에 의하여 상당히 품질이 좋은 것을 얻을 수 있다. 抽出장치로써는 종래 充填塔 등이 사용되었으나 최근에는 回轉板式 및 遠心抽出機 등이 많이 이용되고 있다.

水素化정제법 : 운활유의 수소화정제에 관한 연구는 각국에서 이미 활발하게 행하여져 왔으나 금후 絕緣油뿐만이 아니고, 石油정제에 주류를 이룰 것이다.

水素化정제법에는 다음과 같은 이점이 있다.

(a) 조각이 연속적이며 대량생산이 가능하기 때문에 품질관리가 쉽게 된다.

(b) 收率이 거의 100%이어서 경제적이며 비용을 감소시킬 수 있다.

(c) 廢뿔치 廢소다 등의 공해물질이 없다.

(d) 처리범위가 넓고 정제도를 자유롭게 변화시킬 수 있으며, 요망하는 품질의 것을 만들 수 있다.

일반적으로 水素化정제는 脫黃이 주목적이며, 이것은 유황화합물의 제거와 동시에 질소화합물의 제거와 방향족環의 포화화도 동시에 행하여진다. 특히 질소화합물은 酸化안정성, 色相안정성 및 저장안정성에 나쁜영

향을 주기 때문에 가능한 제거하도록 해야 한다. 일반적으로 脫질소는 脫유황에 비하여 보다 가혹한 조건을 선택하고 있는 경우가 많다.

(내) 絶緣油의 재생

오일과동 이후 절연유에 대해서도 에너지源으로써중요시하여야함은 예외가 아니기에 재생사용이 국제적으로 화제로 되고 있다. 재생법에는 원심분리, 진공탈수 및 여과장치등 여러방법이 채택되고 있으며 효율 좋은 새로운 재생법을 고안 중에 있다.

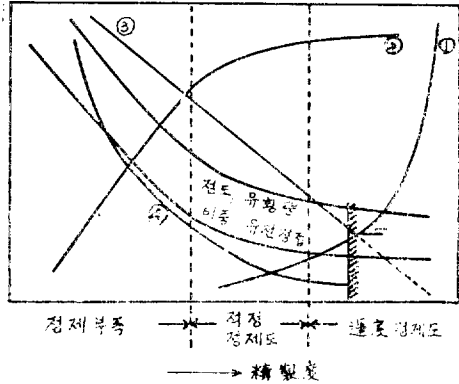
(대) 정제법의 장래

절연유의 장래는 결코 낙관시 되지않고 원유의 선택, 수입 및 공해문제등 점점 엄하게 될 경향이 있으면서 보다 高度인 제품이 요구되어질 것이다. 종래 질이 좋은 나프텐系 원유를 선택하여 황산이나 溶劑정제 등으로 가장 적당하게 방향족의 양을 잘 처리하고 무첨가로 製品化 시키는데 그쳤지만 오늘날 高硫黃, 高流動點인 파라핀系原油를 선택해야 할 시기에 이르렀기에 이들 原油를 脫黃, 溶劑정제 및 水素化정제로 처리하고 필요에 따라 첨가제를 가해야할 경향으로 오늘날 바뀌어져 가고 있는 추세이며, 여러 외국에서는 이들에 관한 연구가 활발하게 행하여지고 있다.

(a) 酸化防止劑: 산화 방지기구에 관한 이론은 Boland, Dension들에 의하여 확립되었으며, 첨가제로써는 遊離基정제와 옥사이드分解劑로 나누어진다. 산화방지제의 종류는 대단히 많으나 絶緣油로써는 油溶性인 것이어야 하며 특히 電氣특성을 저하시키지 말아야 한다. 일반적으로 DBPC가 사용되고 있으며, 기름의 수명을 길게하기 위하여 IEC, ASTM에서는 인정하고 있으나 우리나라에서는 아직 이용하지 않고 있는 실정이다. 그리고 절연유는 대부분 금속과 접촉하고있으며 금속이 열화촉매로 되기 때문에 금속불활성제를 산화방지제와 併用한 경우 더욱 양호한 結果가 관측되었다는 보고도 있다. 筆者는 酸化防止劑를 첨가한 國産절연유의 절연과피특성이 온도변화에 따라 변하는現象을 報告한 바 있다. 그러나 현재 添加劑 넣은 절연유의 평가법이 확립되어 있지 않고 實用性의 메이타가 적기 때문에 절연유에 첨가제 사용을 피하는 현황이지만 금후 첨가제에 대한 연구는 중요한 과제라 볼수 있다.

(b) 耐코로나性添加劑: 콘덴서, 케이블 등은 사용시에 매우 강한 電氣의스트레스를 받기 때문에 放電에 의한 化學變化를 일으키고, 가스발생이 일어나며 간혹 왁스를 생성시켜버리는 일도 있다. 가스는 주로 水素인 것이 확인 되었으며 不飽和, 방향족成分이 많은 절연유는 발생할 수소를 수소첨가에 의하여 흡수할 수 있으나 포화분이 많은 過精製油는 발생수소를 충분히 흡

수할 수가 없어서 油浸紙面上에서 극부과피를 초래하며 더욱 이것이 나아가 全絶緣體를 파괴시키고 만다. 금후 原油가 高硫黃化的 경향이 있으나 이를 低硫黃化시키는 것은 물론 고도인 電氣의특성을 충족시켜 보려는 추세이다. 그림 1에서 靚의 精製度와 여러 特性의 변화를 표시하였다 過精製로 되는 경우 耐코로나性이 문제로 된다. Pirelli社에서는 事故를 일으킨 過精製油



- (1) 산화에 의한 酸價
- (2) 체적저항율
- (3) 電界下의 가스흡수량
- (4) 산화에 의한 스타트생성량

그림 1. 精製度와 諸特性

에 미량의 나프타린을 첨가함에 의하여 해결을 할수 있다고 하였다. 그리고, 알킬베젠, 알킬나프타렌등도 耐코로나性이 매우 양호하기 때문에 이들을 절연유에 혼합해 보려는 것도 검토 중에 있다.

(c) 流動點강하제: 低流動點을 얻는데는 收率의 저하, 장치의 개량등 실용성 및 경제성이 없기 때문에 일반적으로 潤滑유의 경우에는 될수 있는한 높은 온도로 脫硫黃하고 流動點강하제로 보완하려는 방법이 채택되고 있으며 流動點강하제로써는 염소화파라핀과 나프타린 등의 반응에 의한 重合物과 폴리메타그리페드系로 나누어진다. 이들의 작용기구에 관해서는 Lorensen 및 Douda氏 등의 보고가 있다. 前者는 吸着, 後者는 共結晶에 의하여 蠟의 三次元的 網目구조쪽으로 成長되는 것을 억제 시키려는 작용을 이용하려는 것이다.

현재 시판되고 있는 降下劑를 그대로 다량으로 사용하는 경우 安定性 특히 電氣特性을저하시킬 경향이 있으나, 첨가량이 매우 적은 경우, 基油에 耐酸化性이 충분히 있는 경우 등에는 그 영향이 적을 것이며 器種에 의해서는 사용될 가능성은 매우 크다고 생각하나, 현실적으로는 이들의 사용에 대해서는 만전을 기해야 할 것이다.

표 1. 각종 合成油

종 류	구 조 식	유전정계 80°C%	저 항 율 80°C Ωcm	유 전 율 80°C	油中수분 ppm	動 點 度 cst 75°C	인 화 점 PM °C
삼염화벤젠 (TCB)		1.08	$2.7 \times 10^{12}$	4.2	14	0.70	114
염화디페닐 옥사이드		0.09	$3.3 \times 10^{14}$	4.21	16	2.92	166
알킬나프탈렌		0.03	$2.5 \times 10^{14}$	2.48	—	2.79	154
모노임프로필 피페닐(MIPB)		0.06	$5.3 \times 10^{13}$	2.56	35	2.03	120

(4) 合成絶緣油와 PCB代替油의 現況

送電분야에서 이미 초고압송전(345KV)이 이루어지고 외국에서는 500KV급 초고압 케이블이 실용화 단계에 이르렀다. 종래의 鑛物油로써는 한계가 있고 알킬벤젠 및 폴리브덴 등의 合成油가 채용되고 있다. 한편 콘덴서, 변압기油로써 각광을 받고 있었던 염소화디페닐(PCB)는 화학적으로 安定하고 不燃性, 유전율이 높아 不燃性絶緣油로써 매우 특색이 있어서 변압기 콘덴서 등에 널리 이용되었다. 그러나 오염문제의 공해문제로 인하여 PCB제조가 폐지되었다. 그래서 PCB의 代替品에 대한 연구는 활발하며, 많은 化合物이 검토되고 있으나 당분간 방향족系油가 주류를 이룰 것이며 不燃性油의 대신으로 難燃性의 실리콘油, 불소油 등을 들 수 있다. 표 1에 대표적인 콘덴서용 合成油의 性狀을 표시한다.

(가) 실리콘油 : 인체에 해가 없고 難燃性인데다가 鑛油에 비하여 증발량이 적고, 耐熱性, 耐酸化性이 우수한 한편 電氣의 特性을 위시하여 低溫特性 부식성에도 우수하나 온도상승에 體積변화가 크고(V-T 특성) 흡습량, 가스용해량이 크다. 그리고 아크발생시 가스 발생량이 많은 점 등 부분방전특성이 나쁘다.

(나) 방향족계油 : 웨스팅하우스사는 PCB 代替油로써 모노임프로필페닐(MIPB)를 채용하였다. 디페닐에 탄과 특성이 유사하다.

(다) 에틸系油 : PCB의 代替油로써 Dow Chemical社와 McGraw Edison 등이 공동으로 개발한 「Edisol-Fluid」이며 부틸페이드 모노프로디페닐 옥사이드를 기본으로 하고 있다. 可視가스특성은 방향족系油와 같은 정도이나 分解性이 나쁘다.

(라) 알킬벤젠 등의 合成油 : 알킬벤젠, 폴리브덴 등의

合成絶緣油는 특히 케이블 제작회사에서 충분히 검토되고 있다. 케이블油로써는 鑛油보다도 安定性, 내코로나성 및 부식성등 여러가지 점에서 우수하다는 결론이 발표되어 초고압용에 실용화 되고 있다. 금후 합성유를 개발 실용화 시킬때는 역시 인체에 대한 안정성도 충분히 검토해야 할 것 같다.

(5) 油入大形變壓器의 동향과 絶緣油에 대한 기술적 諸問題

電力用변압기는 팽창하는 전력수요에 대응하기 위하여 용량의 증대와 전압 상승화를 계속 행하고 있다. 변압기는 대용량이 될수록 KVA당 重量, 가격이 싸게 되며 효율도 좋게되므로 한층 대용량화에 힘을 기울이고 있는 실정이다. 오늘날 大容量高電壓化를 가능하게 하는 동기로는 變壓器製造기술면에서 五脚鐵心の 채용, 充填絶緣方式의 개발, 轉位導體의 개발 및 콘덴서式, 隔膜式 혹은 질소封入式 등의 열화방지方式의 채용 등을 들 수 있다. 그리고 材料面에서는 규소강판과 表面被膜의 개량, 高壓리드絶緣으로 高强度그라프트紙의 채용 및 코일固定을 위한 FRP나 導電紙의 채용 등이 열거될 수 있다. 최근 새로운 絶緣의 견지로 부터 보면 500KV급에서는 기름은 냉각을 위하여 사용되고, 절연은 油浸紙 등의 固體絶緣에 맡기려 하고 있다. 그러나 固體絶緣에는 어떠한 형식인 액체나 기체의 보이드를 포함하고 있기에 전압의 상승과 더불어 내부 코르나 문제가 야기되며, 變壓器油에 固體絶緣등으로부터 먼지, 수분등의 영향을 받기에 종래보다 한층더 관리가 엄하게 될 것이며 大容量變壓器는 공장제조, 현지설치, 시운전의 각 공정 등에서 종래의 방식보다 더욱 絶緣油의 관리에 각별히 주의해야 할 것이다.

(라) 65°C 온도상승 油入變壓器電氣絶緣시스템 : 나프

테系鑛物油에 알킬벤젠을 첨가시킴에 따라 耐熱劣化性이 改良된다는 보고가 있으며 근래 油入變壓器의 耐過負荷特性을 개량하기 위하여 아민첨가絶緣紙를 사용한 65°C 온도상승 油入變壓器가 특히 미국에서 실용화 되고 있으며 이를 위하여 電氣絶緣油는 인화점이 높고 耐熱劣化가 보다 우수해야 할 것 같다.

水素가스흡수성에 대하여 鑛油—알킬벤젠 混合에 관한 시험결과를 그림 2에 도시하였다. 근래 變壓器의 保守관리에 油中가스分析을 행하는 기술이 개발된 이래 급속한 진보를 가지고 왔으며 이 기술은 變壓器의 異常진단 및 早期발견에 기여하고 있으며 油入變壓器운전중에 絶緣劣化診斷의 有력한 수단으로 되고 있다.

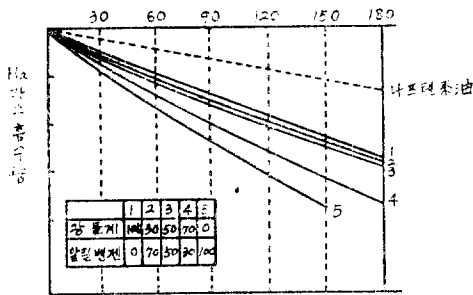


그림 2. 알킬벤젠 혼합油的 H<sub>2</sub>가스 흡수성

아울러 測定의 자동화에 전자계산기를 응용시켜 보려는 시도가 있다. 絶緣油가 分解에 의한 가스發生에 대해서는 최근 熱力學的으로 검토를 하려는 경향이다.

(나) 질소봉입식 탱 절환기의 鍍銅표면 및 銀표면의 黑化現象: 銅 혹은 銀黑化의 현상은 電界의 作用이 관계하고 있다. 각종 形狀의 電극을 사용하여 深電 부식시험을 행한 결과 인가전압이 높을수록 腐蝕度가 크고 불평등전계에서는 電界가 집중하고 있는 부분에 黑化度가 심하다는 보고가 있다. 硫黃化合物 첨가유의 課電시험결과에서 銅板上에 유황량의 증가가 無誤電時보다 현저히 많이 나타났다. 따라서 절연유중 微量의 不安定한 유황화합물을 가능한 제거해야 하며 더욱 부식성유황의 水準改善을 기하려면 광유로부터 硫黃化合物을 완전히 제거하는 것은 곤란하기 때문에 合成油의 사용이 불가피할 것이다. 銅과 銀의 비교를 동일 조건으로 遊離硫黃添加에 대한 시험결과를 그림 3에 도시하였다.

(다) 電氣絶緣油의 電氣傳導와 불순물의 거동: 전기 절연유중에 용해한 산화방지제와 같은 불순물은 低電界에서 이온傳導를 나타내고 있다. 일반적으로 油侵機器에 있어서는 전기절연유가 이와같이 오염되는 경우가 있기도 하며 각종 첨가제가 가하여져서 이들이 불

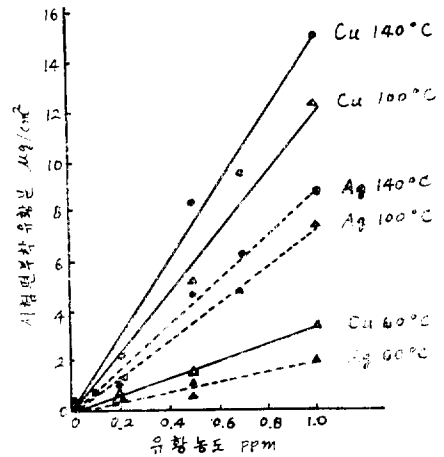


그림 3. 元素硫黃添加油의 부식성시험

순물과 같이 거동할 것을 고려 해야 한다. 또한 미량의 불순물이 절연유에 첨가되면 粘度는 변하지 않으나 移動度가 변한다는 보고가 있다. 여하간 불순물이 첨가된 油의 이동도가 新油의 것과는 같지 않음을 시사하고 있다.

(라) 電氣絶緣油의 유동대전현상: 절연성인 액체를 유동시키는 경우 셀룰로스섬유로 된 물질의 표면을 절연성액체와 같이 높은 체적저항을 가진 비수용액이 지나가는 경우에는 정전기가 발생한다는 것은 알려져 있는 현상이며 輕質연료에 대하여는 여러가지 대책이 검토되고 있다.

(마) 油中먼지가 절연과피에 미치는 영향: 油中에 부유하고 있는 불순물에 착목하고 변압기 중의 순환油流를 생각하면 油中에 존재하는 먼지가 절연과피에 주는 영향도 油流와의 관련으로 취급할 수 있을 것이다. 그림 4는 交流絶緣破壞電壓과 油流速과의 관계를 필터의 노파도를 파라미터로 하여 구한 결과이다. 일반적으로 油中の 먼지가 제거되면 절연과피전압이 현저히 상승한다. 常用流速까지(7.5cm/s)는 절연과피전압이 靜止상태의 절연유절연과피전압보다 약간 근소하게 향상되고 있는 것은 먼지 등의 橋絡이 油流에 의하여 억제되기 때문일 것이다. 高流速영역에서 절연과피전압의 저하는 電극간을 통과하는 먼지량의 증가에 의한 것이며 課電體積효과라 볼수 있다. 高流速 영역에서도 油中の 먼지양을 제어하면 油의 絶緣破壞電壓은 향상되고 있다. 이와같이 油中에 부유하고 있는 먼지등의 불순물은 절연과피에 가장 弱點因子임을 알 수 있다. 多環방향족化合物이 不純物로서 혼입하면 負極性 층積絶緣과 피전압이 현저히 低下하게 된다.

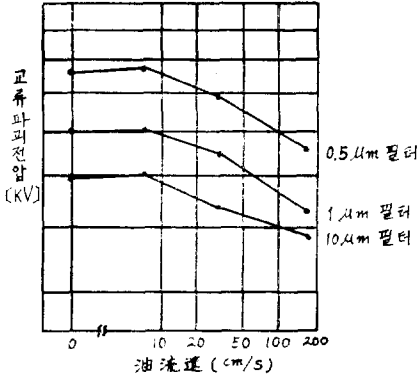


그림 4. 油流速對油質의 교류과피전압특성

그리고 셀룰로오스계의 電氣絶緣紙로 된 油浸絶緣內의 部分放電現象은 대단히 복잡하다. 油浸紙내에 습기나 溶存가스 및 放電에 의하여 발생한 가스가 코로나放電發生빈도와 시간변화에 영향을 준다.

(b) 電氣絶緣油의 放射線劣化: 각종 방향족系 合成絶緣油의 放射線劣화에 대해서는 특히 放射線化學이란 관점에서 아직 충분히 해명되어 있지 않다.

7線을 조사한 鑛物油는 많은 양의 水素가스를 발생하는데 반하여 방향족환을 가진 合成油의 가스발생은 매우 적고 알킬나프타렌에서는 알킬기의 側鎖가 분리함에 따라 점도저하를 초래한다는 보고가 있으며 放射線量과 水素가스發生量의 관계는 직선적으로 증가하고 있음을 이해해야 한다. 그리고 鑛物系絶緣油에서 부식성유황이 放射線의 영향으로 여하히 변할것인가는 흥미있는 현상일 것이다. 유황화합물이 微量 함유되고있는 鑛物油에서는 放射線照射에 의하여 炭化水素의 라디칼(radical) 반응과 유황화합물의 라디칼 반응이 동시에 아주 복잡하게 일어나지만 유황화합물이 함유되어 있지 않는 合成絶緣油에서는 放射線照射의 영향을 받지 않고 있다.

## 6. 결 론

최근 電力需要의 급증으로 電力系統의 고전압화, 고성능화 및 장기안정화에 수반하여 절연유에 요구되는 성질 또한 가혹한 조건으로 되어가고 있다. 이와같이 絶緣油에 대해서 高度의 技術이 요구되는 차제에 低溫特性 및 熱安定성에 우수한 나프텐系 原油가 세계석유 분포의 10% 이하이고 原油중에 아스팔트留分이 많은 점등 수입原油라도 品質低下의 경향이 있으나 이마저 급후 증가하는 수요량에 충족 시키리라고는 기대할 수 없다. 이러한 점을 감안할 때 값싸게 그리고 안정하게 공급하려면 세계 石油 分布의 50% 이상을 점유하고있는 高硫黃, 高流動點인 파라핀系原油에 의존해야 할 것으로 본다. 이러한 추세는 絶緣油精製業者에 대한 급후의 큰 課題인 것으로 생각하며 精製業者로써는 이들 原油로부터 현재 나오고 있는 기름보다 우수한 품질의 絶緣油製造法을 검토해야 할 것은 말할 나위가 없으나 사용자측에서도 이들 새로운 絶緣油에 대한 인식을 새롭게 해야 할 것이며 電氣機器類를 設計할때 새로운 絶緣油에 대한 電氣의 特性의 완전이해 수명을 길게 하도록 설계를 해야하며 그리고 保守管理, 再生法 및 再生油의 有効利用 등에 대하여도 착실하게 검토해 두어야 할 시점이라 보겠다. 아울러 새로운 電氣絶緣油의 개발, 流動點 降下劑 및 添加劑의 개발등에 대하여도 연구 검토해야할 부분이 많다고 하겠다. 그리고 종래에 不燃性油로서 기대되었던 PCB 製造금지 문제, 500KV 초고압油入機器의 量産 및 가까운 장래에 기대되는 UHV 기기의 개발 그리고 油入靜止器의 超高電壓化에 수반하여 電氣絶緣油을 포함하는 機器電氣絶緣의 신뢰성향상 등을 위하여 電氣絶緣油에 관한 종합적 기술검토 및 電氣絶緣油에 관한 研究는 세계적으로 주목될 만한 과제이다. 이들에 대한 기술적문제 등 그의 해결방안은 電氣絶緣油 제도회사와 使用者간에 긴밀한 협력으로 이루어져야 할 것 같다.