

絶緣物の 絶緣破壊電壓에 미치는 放射線의 影響에 關한 實驗的 研究

論文 資料

10-7

丁 性 桂

18

概 要

鑛物性絶緣油과 電氣絶緣用고무에 放射線을 照射한 후, 商用周波數의 交流高電壓에 依하여 그 絶緣破壊性이 어떻게 變化하는가를 實驗的으로 研究함으로써 電氣絶緣物에 대한 放射線損傷의 일단을 高찰하였음.

1. 緒 言

原子力의 平和의 利用의 目的으로부터 最近의 여러가 高에너지 放射線이 有機絶緣材料에 미치는 影響이 甚의 關心을 끌여 널리 研究되고 있다. (1) 이것은 原爐중의 近處에서 電氣機器絶緣이 받는 放射線損傷에 대한 研究와 포리에치렌등의 高分子物質에 γ , β 線등을 照射하여 그 特性을 改善하려고 하는 放射線利用에 對한 研究(2)의 두 分野로 나누어진다. 이를테면 電氣絶緣材料, 특히 高周波用絶緣材料로서의 見地로부터 포리에치렌의 誘電의 性質, 其他에 미치는 放射線照射의 效果를 調査한 結果 放射線에 의하여 그 誘電率(ϵ) 및 電正接($\tan \delta$)이 增加하였다는 報告(2)를 하고 있고, 나후탄單結晶에 放射線을 照射하면 그 絶緣特性이 改善되며(3), 또 메칠메타구리테單晶體가 放射線에 의한 重合을 하고있을 때의 電氣의 特性을 研究하여 그 絶緣破壊強度가 放射線의 照射에 의하여 增加하며, 이 增加는 放射線에 의한 重合反應으로 因하여 液體로 固體로 固化하기 때문이라고 밝히고 있다. (4) 이러한 放射線照射에 對한 研究와 때를 같이 하여 彈性高分子材料인 고무 및 炭化水素混合物인 鑛物性絶緣油에 대한 放射線照射의 研究도 활발히 進行되고 있다. 現在 行되고 있는 고무에 대한 放射線照射의 研究는 하나 放射線에 의한 고무의 加硫에 關한 研究 및 고무와 當한 다른 物質과의 格拉프트重合에 關한 研究등의 射線利用의 研究이며 또 하나는 耐放射線性的 研究이다.

以上の 고무에 대한 研究는 高分子彈性材料로서의 機 的特性의 變化 또는 그 電氣的絶緣材料로서의 誘電 率의 變化를 中心으로 한 研究이며, 그 絶緣破壊特性

에 미치는 放射線照射效果에 대한 研究는 아직 發表된 것이 없다. 또 絶緣油에 대한 것도 그 誘電特性에 대한 放射線照射效果는 若干 研究된 것이 發表되어 있으나 放射線照射에 의한 그 絶緣破壊特性의 變化에 대하여는 筆者가 아는 限 아직 發表된 것이 없다. 이러한 事情으로부터 筆者는 現在 一般的으로 電氣絶緣材料로 많이 使用되고 있는 電線被覆用絶緣고무 및 變壓器捲線絶緣用變壓器油의 放射線에 의한 電氣의 特性中 특히 그 絶緣破壊特性의 變化에 대한 實驗을 하여 그 研究結果를 이에 報告한다.

그러나 여기서 遺憾으로 생각하고 있는 것은, 최초로 放射線으로서 γ 線을 照射하려고 하였으나, 事情上 X-ray 를 照射하여 實驗을 한것인데, X-ray 照射效果에 대한 結果로부터 γ 線照射效果에 대한 傾向을 大略 推測할수 있을 것이라고 생각한다.

2. 研究裝置 및 研究方法

研究裝置로서는 商用周波數 154 kv 交流高電壓發生裝置, X-線發生裝置(30kv, 15ma, 波長 0.711Å) 및 固體絶緣物의 絶緣破壊電壓測定裝置와 液體絶緣物의 絶緣破壊電壓測定裝置등을 使用하였다. 絶緣破壊電壓測定裝置로서는 固體用, 液體用 各各 베크라이트 및 유리製의 容器內에 로고우스키電極과 비슷한 電極을 장치한 것을 使用하였다.

變壓器油로서는 比重 0.892, 粘性 13.00 centipoise (gr/cm.sec)인 市販의 나후텐系 炭化水素化合物의 絶緣鑛油을 試料로 使用하고, 고무는 두께 1.6mm의 被覆電線用天然黑色고무를 試料로 하였다. 고무試料는 얇은 것으로서 質이 均一하며, 内部에 氣泡등이 없는 것으로 擇하려고 하였으나, 市販의 고무에는 이러한 良質의 것이 없어 不得已 質이 若干 떨어진 것을 使用하였다.

두께 약 5mm 되는 鉛板으로 만든 11cm×11cm×17 cm의 箱스內에 비커를 넣고 이 비커內에 24時間 安定시킨 變壓器油試料 420ml 을 넣은 다음 鉛板箱스의 한 面에 뚫린 구멍을 通하여 X線빔을 試料에 所要時間 照射하였다. 고무도 變壓器油의 경우와 같이 板狀고무試料를 鉛板箱스內에 넣고 X線빔이 板狀고무試料의

서울대학교 工科大学 教授

中央部に 垂直으로 照射되도록 배치하였다. 일단 照射된 試料는 變壓器油에 있어서는 照射直後 이것을 잘 攪拌한 다음 測定用容器에 넣고 고무에 있어서는 X-線 線 빔이 照射된 部分이 電極의 中央部에 오도록 配置하여 各電極距離에 대한 絶緣破壞電壓을 測定하였다.

3. 研究結果

(1) 變壓器油

그림 1은 照射時間을 0, 2, 4 및 6時間으로 變化시켰을 때의 電極距離 d와 絶緣破壞電壓 V와의 關係를 그린 것이다.

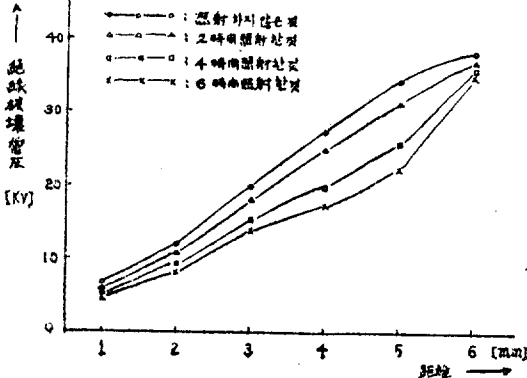


그림 1. 照射時間을 變化시킨 경우의 電極距離와 絶緣破壞電壓

이 曲線은 各測定點에서 10회以上 測定한 값의 平均値를 취하여 그린 것이다. 그림으로부터 變壓器油의 交流絶緣破壞電壓은 X-線의 照射로 因하여 低下함과 同時에 照射時間이 길어짐에 따라 破壞電壓은 더욱 低下한다는 것을 알 수 있다. 그림 2, 3은 各各 照射時間과 絶緣破壞電壓 및 絶緣破壞強度와의 關係를 그린 曲線이며, 照射時間과 더불어 變壓器油의 絶緣特性이 惡化되어 가는 모양을 명백히 엿볼 수 있다. 특히 2時間과 4時間 사이에 絶緣破壞強度의 變化가 심하다. 그림 4는 2, 4, 6時間照射한 變壓器油의 絶緣破壞電壓이 無照射油

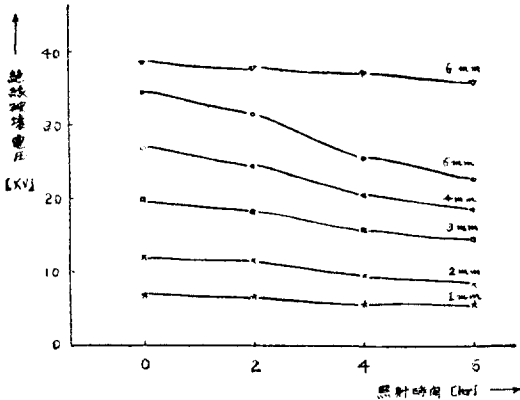


그림 2. 電極距離를 變化시킨 경우의 照射時間과 絶緣破壞電壓

의 絶緣破壞電壓에 比하여 몇 %나 低下하는가를 나타내는 曲線이다. 특히 6時間照射時 5mm의 電極間隙에서의 低下率은 63%에 달하고 있다.

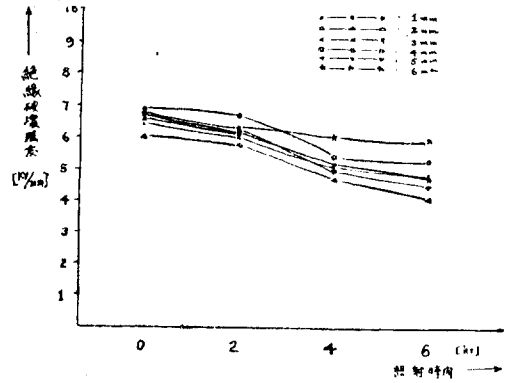


그림 3. 電極距離를 變化시킨 경우의 照射時間과 絶緣破壞強度

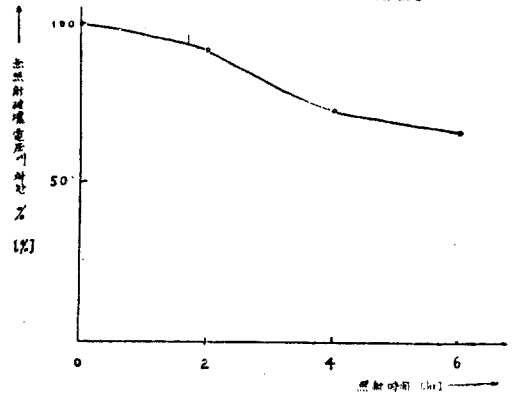


그림 4. 6時間照射試料의 絶緣破壞電壓의 低下率

(2) 고무

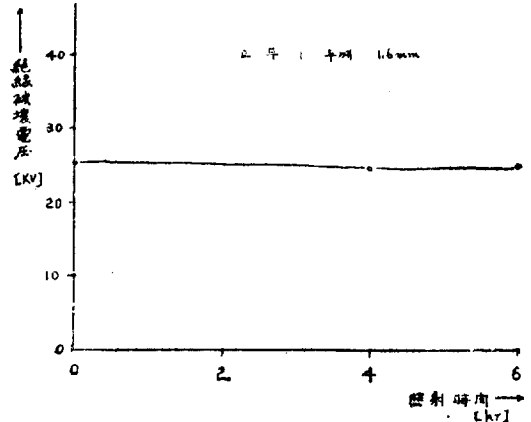


그림 5. 고무의 放射線照射效果

그림 5는 고무에 대한 放射線照射效果로서 照射時間과 그 絶緣破壞電壓과의 關係를 나타내고 있다. 이

果로부터 본다면 고무의 絶緣破壞電壓은 放射線의 照射에 의한 影響을 받지 않는다고 볼수 있다. 그러나 이러한 結果가 나오게 된것은 고무의 内部에 存在하는 氣泡때문이라고 생각된다. 즉 만일 氣泡가 전혀 없고 質이 均一한 고무같으면 그 絶緣破壞電壓은 放射線에 의한 影響을 어느 程度 받을것으로 생각된다. 다음에 本實驗에 있어서 各試料에 X-線을 照射한 경우 생기는 現象으로는 變壓器油에 있어서는 X-線照射後 X-線빔을 받는 部分에 흰 구름과 같은 沈澱物이 생겼으며, 溫度 등의 變化는 없었다. 고무에 있어서는 아무런 物理的變化가 없었으며 다만 X-線빔을 받은 部分에 약간의 흔적이 남아 있었다.

4. 研究結果에 對한 考察

一般的으로 變壓器油에 放射線을 照射하면 酸化가 促進된다. 研究結果에서 보는 바와 같이 變壓器油에 放射線을 照射한 경우 그 絶緣破壞電壓이 低下하는 것은, 放射線으로 인한 酸化의 促進에 그 原因이 있는 것으로 생각된다. 즉 炭化水素의 酸化機構에는 여러가지 說이 있으나, 要是 酸化로 因하여 最終적으로 스라지기의 沈澱物이 생기게 되는데, 이것이 變壓器油內에 生成되면 變壓器油內에 夾雜物不純物이 있는 것과 마찬가지로 效果가 나타나 그 絶緣破壞電壓이 低下되는 것으로 생각된다. 變壓器油에 放射線을 照射한 경우 생기는 흰 구름과 같은 沈澱物은 이 酸化로 因하여 생긴 스라지기의 沈澱物이 아닌가 생각된다. 이 이외에도 變壓器油는 放射線의 照射로 因하여 靑소를 放出할 可能性이 있으며, 이것도 絶緣破壞電壓의 低下에 若干의 影響을 미치게 되지는 放出靑소는 變壓器油外로 排出되며 實驗中의 관찰사항으로 보아 스라지기生成物보다는 그 影響이 적은 것으로 생각된다. 放射線의 照射時間이 길어지면 絶緣破壞電壓이 점점 低下하여 가는데 이것은 放射線의 照射時間이 길어지면 酸化가 더욱 進行하여 生成되는 스라지沈澱物의 量이 增加함과 同時에 放出되는 水素靑소의 量도 增加하므로 變壓器油內에 包含되는 不純物의 量이 增加하기때문이라고 생각된다. 즉 一般的으로 變壓器油內에 包含되어 있는 不純物의 濃度가 증가하면 그 絶緣破壞電壓이 점점 低下한다는 筆者의 過去研究結果⁽⁵⁾에 의하여 放射線의 照射時間이 길어지면 變壓器油內에 生成되는 不純物의 量이 增加하므로 그 絶緣破壞電壓이 점점 低下하는 것으로 생각된다. 다음에 고무에 放射線을 照射하면 酸化 및 靑소 放出의 現象이 일어나 그 重量 및 誘電特性에 變化를 갖어 온다는 사실이 밝혀졌다.⁽⁶⁾ 즉 比較的無極性고무材料인 天然고무, 부직고무 및 실리콘고무에 있어서는 空氣中照射의 경우 酸化現象으로 因하여 그 重量 및 誘

電正接 $\tan \delta$ 가 增加하는데, 有極性고무材料인 네오프렌고무의 경우에는 그 誘電特性이 複雜한 變化를 한다. 즉 空氣照射의 경우 酸化 또는 靑소放出의 程度에 따라 重量 및 $\tan \delta$ 는 放射性照射量이 적을 동안에는 增加하나, 放射線照射量이 커지면 靑소放出이 優勢하여져서 그 重量 및 $\tan \delta$ 가 오히려 減少하는 傾向이 있다. 本實驗에 使用한 고무는 天然黑色고무인데, 만일 本實驗의 경우 고무의 絶緣破壞機構가 熱的破壞라 하면 放射線의 照射가 增加함에 따라 上述한 바와 같이 $\tan \delta$ 가 점점 增加하므로 誘電損失로 인한 發熱作用이 더욱 심하게 나타나 熱的으로 破壞되기 때문에 그 絶緣破壞電壓은 점점 低下할 것으로 생각되나 實驗結果는 거의 一定하게 되어 있으므로, 이 경우의 고무의 破壞는 熱的破壞가 아니고 主로 電氣的破壞이었음을 짐작할 수 있다. 더욱 一般的으로 두께가 本實驗에서 使用한 1.6mm 정도의 얇은 試料의 경우에는 主로 電氣的으로 絶緣이 破壞된다는 것이 알려져 있으므로⁽⁷⁾ 本實驗에서의 고무의 絶緣破壞는 主로 電氣的破壞임이 거의 確實하다. 따라서 本實驗結果와 같이 고무의 絶緣破壞電壓이 放射線照射로 因하여 影響이 거의 없다는 事實은, 고무에 放射線을 照射하여도 그것이 電氣的으로 破壞되는 機構에 아무런 공헌도 하지않는다는 것을 알 수 있다. 즉 고무에 放射線을 照射하여도 그 電氣的破壞機構에 影響을 미칠만한 狀態가 하나도 造成되지 않는 것으로 생각된다. 그러나 고무의 두께가 크면 主로 熱的으로 破壞되므로 이 경우에는 放射線照射로 인한 $\tan \delta$ 의 增加가 그 破壞의 主要原因이 되어, 破壞電壓에 變化를 갖어올 것으로 豫想된다. 本實驗에 使用한 고무에는 그 内部에 氣泡가 比較的 많았다고 보는데, 放射線을 照射하여도 그 破壞電壓이 低下하지 않은 것으로 보아, 만일 破壞電壓이 放射線으로 因하여 低下한다 하여도 放射線으로 因한 破壞電壓의 低下程度는 内部氣泡로 인한 破壞電壓의 低下程度以上으로는 되지 않는다는 것을 알 수 있다.

以上은 變壓器油 및 고무에 放射線으로서 X-線을 照射한 경우의 特性인데, 이들에 γ 線을 照射한 경우의 特性도 大略 本實驗結果에서 나온 定性的結果와 비슷하게 될것으로 豫想된다.

5. 結 言

原子力工業의 發展에 수반하여 放射線照射方向의 研究가 各國에서 活潑히 進行되고 있다. 특히 폴리머치렌을 위시한 플라스틱材料에 對한 放射線照射의 實驗이 여러가지로 行해지고 있다. 그러나 고무, 變壓器油에 對한 것은 아직 그 研究의 시초에 있으며 그 絶緣特性에 對해서는 發表된 바가 없다. 이러한 情勢下에

筆者는 電氣絶緣材料로서의 變壓器油 및 고무의 絶緣破壞特性에 미치는 放射線의 影響에 對하여 우선 市販의 試料에 대한 特性을 空氣中에서 調査하였다. 至今이 實驗結果를 綜合하면 다음과 같다.

- (1) 變壓器油의 絶緣破壞電壓은 放射線(X-線)照射에 依하여 低下하며, 照射時間을 길게 하면 할수록 그 低下가 더욱 심해진다.
- (2) 이와같은 絶緣破壞電壓의 低下는 主로 放射線照射에 依하여 變壓器油가 酸化함으로써 생기는 스타크로 因한 것으로 생각된다.
- (3) 1.6mm 程度의 얇은 두께인 고무의 絶緣破壞電壓은 放射線의 照射로 因하여 變化가 거의 없다.
- (4) 고무의 이와같은 放射線照射效果는, $\tan \delta$ 의 증가에도 불구하고 破壞電壓이 一定한것, 그 두께가 얇은 것으로 보아 그 破壞機構가 電氣的破壞이였다는 것, 및 放射線照射로 因하여 고무의 電氣的破壞機構에 影響을 미칠만한 狀態가 造成되지 않는다는 것 등의 사실에 그 原因이 있다고 생각된다.
- (5) 天然고무에 放射線을 照射하면, 酸化, 가스放出 以外에 架橋現象이 일어나는데 實驗結果로 보아 이 架橋의 生成은 그 電氣的破壞機構에 아무런 影響을 주지않는 것으로 생각된다.
- (6) 고무의 두께가 커지면 破壞가 熱的으로 이루어진다고 볼수 있기때문에 이 경우에는 $\tan \delta$ 의 增

가가 큰 役割을 하게 됨은 물론 架橋現象도 作用하여 絶緣破壞電壓이 變化할것으로 豫想된다.

- (7) 放射線을 照射한 경우 고무의 破壞電壓이 만일 低下한다면, 그 低下率은 氣泡로 因한 고무의 破壞電壓의 低下率보다는 커지지 않는다.
- (8) 本實驗은 X-線에 對한 結果인데 γ -線을 照射한 경우에도 本結果와 비슷한 定性的特性을 나타낼 것으로 사료된다.
- (9) 앞으로 γ -線照射效果, 및 두께가 큰 고무에 對한 絶緣特性의 實驗等, 많은 問題가 남아 있다. 끝으로 本研究은 1962年度 原子力院研究補助費에 依하여 실시한 것이며, 本實驗을 補助해 준 서울大學校 工科大學 電氣工學科敎室權純國君에게 謝意를 표한다.
(西紀 1963年 2月 23日 接受)

文 獻

- (1) ONR Report ACR-2, Effects of Radiation (1954-12), Washington D.C.
- (2) J.I.E.E. 1961-7, p 1077.
- (3) J.I.E.E. 1962-7, p 1097.
- (4) J.I.E.E. 1958-2, p 172.
- (5) 大韓電氣學會誌 第9집
- (6) J.I.E.E. 1961-10.
- (7) 鳥山: 電氣絶緣論.