

## 주상 변압기 절연재료의 열화 반응에 관한 연구

윤경현, 남영우, 곽희로\*, 운영자\*\*  
송실대학교 화학공학과, 전기공학과\*, 화학과\*\*

### A Study on the Aging of insulating material in the Pole Transformer

Kyoung Hyun Yoon, Young-Woo Nam, Hi-Rho Kwak\*, Yung-Ja Yoon\*\*  
Dept. of Chem. Eng., Electrical Eng.\*, Chemistry\*\*, Soong-Sil University

#### 서론

변압기는 장시간에 걸쳐서 여러가지 운전 조건에 따라 절연물에 열화가 발생한다. 이와 같은 절연 열화에 의하여 절연유, pressboard 및 craft지 등의 절연 재료가 분해하여 CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> 및 CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 등의 탄화 수소계 gas를 발생시키며 그 대부분은 절연유 중에 용해한다. 154[KV] 이상의 대용량 변압기에서는 변압기 이상진단에 관하여 오래전부터 연구되어 왔으나 22.9[KV]급 배전용 주상 변압기에 대한 연구는 아직 미미한 실정이다. 주상 변압기는 절연물의 경년열화에 대한 특별한 진단을 하지 않고, 간이 수리(8년 경과 후)와 중 수리(13년 경과후 절연유 교환)를 실시 함으로써 주상 변압기의 소손 사고를 방지하고 있으며, 이와같은 과정을 거친 주상 변압기는 내구 수명까지 사용되고 있다. 주상 변압기의 절연유 (1종 2호)는 대용량 변압기의 절연유 (1종 4호)와는 종류가 다르고, 밀폐 방식도 다를 뿐만 아니라 절연유의 열화 과정도 다르므로 주상 변압기 고유의 이상 진단기법이 필요하다.

본연구에서는 현재 대용량 변압기에 적용되고 있는 유중 가스분석법과 절연유 역률측정법에 의한 변압기 이상진단법을 주상변압기에 적용하여 이상여부를 판단하는 기준이 주상변압기에 적용될 수 있는지 검토하고자 한다. 또한 주상변압기의 현재의 수리주기의 타당성을 검토하고, 변압기 이상진단에 사용될수 있는 판단지표로서 비색법(UV/Visible)의 적용 가능성을 검토하였다.

#### 실험

절연유와 Craft지는 열, 유중 산소, 수분 등의 열화 요인에 의하여 분해되고, 저분자량화가 진행된다. 이때 발생된 gas와 분해산물은 절연유의 물성과 전기적 특성에 영향을 미친다. 본연구에서는 경년열화된 주상변압기 절연유와 가속열화시킨 절연유의 특성을 비교하여 절연재료의 분해반응속도를 구하고자 하며 이를 바탕으로 현재의 수리주기의 타당성을 검증하고자 다음과 같은 실험을 수행하였다.

##### 1) 가속열화실험

주상변압기내에서의 분해반응은 서서히 진행되므로 속도론 연구가 어려우므로 Fig. 1과 같은 가속열화 실험장치를 이용하여 실험을 진행하였다. 반응기에 시료유와 절연 재료를 실변압기 구성비대로(oil : core : coil : papers = 1.35g : 800g : 778g : 40.5g) 투입하여 170°C, 200°C, 230°C에서 실험을 수행하였다. 각각의 온도에서 30일간 반응시켰으며, 중간에 소량의 시료를 채취하여 uv/visible 분광분석, 유중가스 분석 및 절연유 역률분석을 수행하였다.

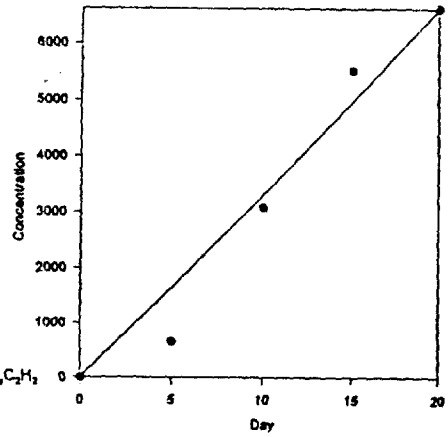
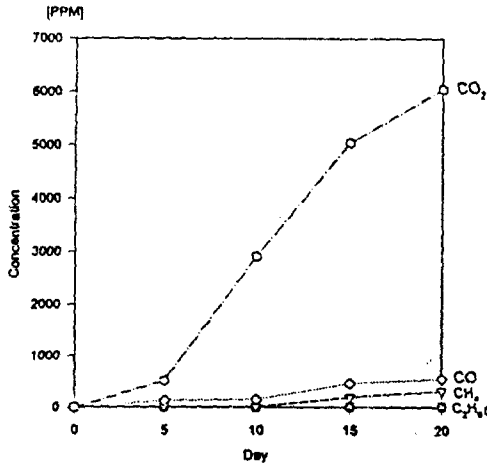


Fig. 3 The Gas Concentration of Accelerating age test

Fig. 4 The correlation of accelerating age test and CO+CO<sub>2</sub>

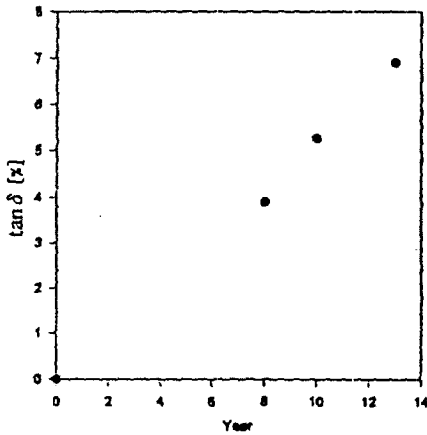


Fig. 5 tan  $\delta$  [%] of natural age degradation

Table 3. tan  $\delta$  [%] of Accelerating age test

	tan $\delta$ [%]
신유	0
1일	0.41
2일	0.96
3일	1.32

Table 1. Absorbance for natural age degradation

Sample	Absorbance at 380nm
신유	0.039
8년	0.134
10년	0.227
13년	0.318

Table 2. Absorbance for accelerating age degradation

Sample	Absorbance at 380nm
신유	0.039
10일	0.116
14일	0.101
20일	0.133

별 차이가 없었다. 이는 주상변압기의 경년열화시료가 완전 밀폐되지 않은 상태에서 장기간 방치되어 있었기 때문에 열화에 의하여 발생된 가스가 자연 누출되어 신유와 비슷한 유증가스농도를 보인 것으로 생각된다. 따라서 주상변압기의 경우에는 대형변압기의 이상진단에 사용되는 유증가스농도법이 사용될 수 없는 것으로 판단된다.

절연보드와 절연지는 cellulose가 주성분인 craft지로 제조되었으며 열분해시 CO와 CO<sub>2</sub>를 방출한다. 이들 가스의 농도를 측정하면 craft지의 열분해반응속도 자료를 얻을 수 있으며 200°C에서 열분해된 시료의 측정결과를 Fig. 4에 도시하였다. CO + CO<sub>2</sub> 농도가 열화시간에 선형으로 비례하므로 craft지의 분해반응은 0 반응으로 표시할 수 있다. 열화온도를 변화시키는 실험을 수행중이며 반응속도식의 형태를 제시할 수 있을 것이다.

### 3) 절연유의 역률 (tan δ)

절연유의 역률은 절연유의 이상여부를 판단하는 중요한 지표이다. 경년열화시료의 역률을 측정함으로써 주상변압기의 수리주기의 타당성을 검증할 수 있으며 흡광도 자료를 이용한 판정기준의 확립에도 사용될 예정이다. 경년 열화된 주상변압기유의 tan δ값을 Fig. 5에 도시하였다. 측정은 60Hz, 50°C의 조건에서 실시하였다. 대용량 변압기의 판정기준(요주의 : 8%, 이상 : 20%)과 비교하면 8년과 10년 경과 시료는 정상이며 13년 경과 시료는 역률이 6.9%로 요주의 수준에 거의 접근했음을 알 수 있다. 가속열화 시료의 경우 13일 열화유의 역률은 1.32%로 정상수준을 보였으며 요주의, 이상 수준까지 가속열화실험을 수행할 예정이다.

### 참고문헌

1. “大容量 變壓器의 事故 防止 對策”, 日本 電氣 協同 研究會 (1975)
2. “전력 기기 예방 진단 기술 연구”, 한국 전력 공사 기술 연구원 (1987)
3. “재생 절연유 경년 열화 연구”, 한국 전력 공사 기술 연구원 (1987)
4. “部分 放電 熱化 電氣學會 技術報告”, 日本電氣學會 (1984)
5. “변압기 유증가스 상시 감시 시스템의 운영연구”, 한국전력공사기술연구원 (1994.8)
6. 이준호, 이동영, 최종갑, 김재철, 광희로, 권태원, 한민구 : “전력용 변압기 절연유의 비파괴 진단 시험법 비교 연구” (1991)
7. 전영갑, 강동식, 선종호, 김영석 : “變壓器 絶緣油 熱化센서 診斷用 計測器 開發研究”, 韓國 電氣 研究所 (1994.12)

℃, 1atm)으로 행했다.

Sample	Support	Pd담지량	담지법
Pd/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1wt%	함침법
Pd/BaO6Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	BaO6Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1wt%	분산법
Pd/Sr <sub>0.8</sub> La <sub>0.2</sub> MnAl <sub>11</sub> O <sub>19</sub>	Sr <sub>0.8</sub> La <sub>0.2</sub> MnAl <sub>11</sub> O <sub>19</sub>	1wt%	분산법
Pd/Sr <sub>0.8</sub> La <sub>0.2</sub> MnAl <sub>11</sub> O <sub>19</sub>	Sr <sub>0.8</sub> La <sub>0.2</sub> MnAl <sub>11</sub> O <sub>19</sub>	1wt%	함침법
Pd/Sr <sub>0.8</sub> La <sub>0.2</sub> MnAl <sub>11</sub> O <sub>19</sub>	Sr <sub>0.8</sub> La <sub>0.2</sub> MnAl <sub>11</sub> O <sub>19</sub>	0.5wt%	분산법
Pd/Sr <sub>0.8</sub> La <sub>0.2</sub> MnAl <sub>11</sub> O <sub>19</sub>	Sr <sub>0.8</sub> La <sub>0.2</sub> MnAl <sub>11</sub> O <sub>19</sub>	2wt%	분산법

Table 1. Experimental Condition

### 결과 및 토의

다양한 담체에 담지시킨 1wt% palladium 촉매에 따른 연소활성영향을 Fig.1에 나타냈다. Fig.1에서 보듯이 Pd/Sr<sub>0.8</sub>La<sub>0.2</sub>MnAl<sub>11</sub>O<sub>19</sub> 촉매가 가장 우수하였다. 또한 Table.1의 표면적에서도 보듯이 가장 큰 값을 알 수 있다.

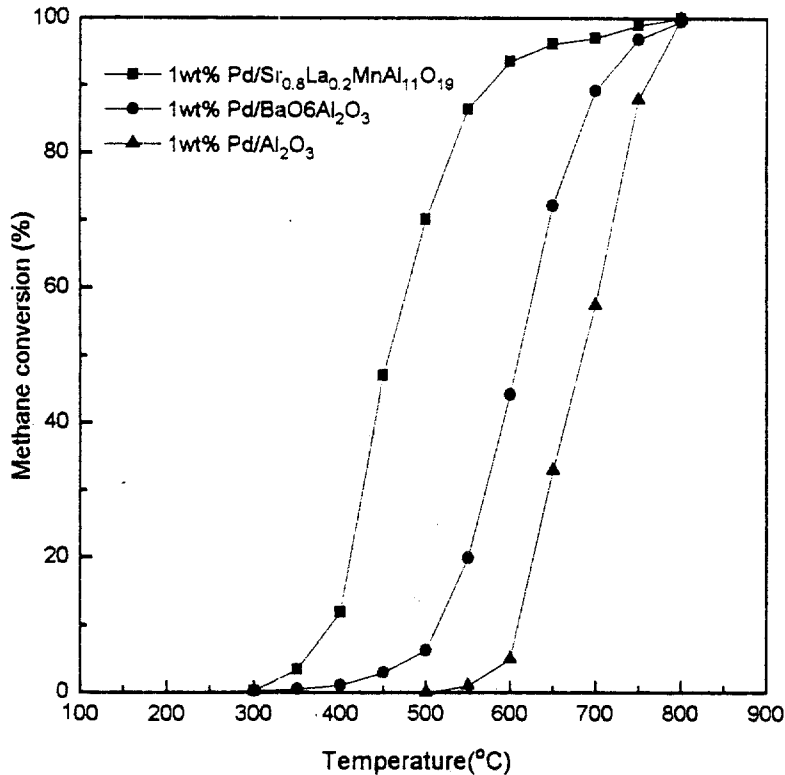


Fig1. Comparison of activity over various catalysts.