

γ線照射에 의한 B種絶緣材料的 電氣的 特性變化에 對한 實驗的 研究

論 文
18~2~2

The Experimental study of γ ray irradiation effect on electrical properties of B-kind insulator.

千 熙 英* · 成 英 權** · 李 德 出***
(Hee Young Chun, Young Kwon Sung, Duck Chool Lee)

[ABSTRACT]

The main focus of this paper is on the study of the γ ray irradiation effect upon the electrical properties of a B-kind insulator which is one of the inorganic insulators.

The mica is so typical of the B kind insulators as to be selected for a sample.

DC, AC, and Impulse voltage is applied to the variable γ ray irradiated dose samples with the constant time duration and the time variable samples with the γ ray irradiated dose.

The dielectric breakdown voltage and dielectric constant are measured from the samples and we get the experimental data that the dielectric breakdown voltage variations are relatively large, but the dielectric constants are almost constant.

The above conclusion is useful for the selection and application of the inorganic insulators under the irradiation effects, and we expect that the conclusion can apply to not only B-kind insulators but also the inorganic insulators.

[1] 序 論

原子力を平和の으로 利用하게 된 以來 發電 및 여러 分野에 原子力이 에너지 源으로 各광을 받게된지 이미 오래다. 우리나라에서는 今年들어 原子力發電이 本格的으로 計劃되어 가고 있으며 原子力發電의 核心인 原子爐(Nuclear Reactor)의 制御와 運轉에 對하여 必數한 여러 測定을 하기 爲하여 많은 電氣機器와 電子部品이 使用되므로 絶緣材料가 放射線場에 놓여질 機會가 많다. 그리하여 高에너지 放射線이 絶緣材料 特히 高分子材料에 미치는 影響이 관심거리가 되어 1952年 Charleshy*氏가 Polyethylene에 對하여 原子爐內 照射에 依한 架橋反應이 일어나는 것을 發表한 以來 여러 사람에 依하여 이러한 研究가 進行되어 왔다.

放射線照射에 依한 有機質絶緣材料的 電氣的特性 變化에 對하여는 여러 사람에 依하여 研究發表되어 왔으나 無機質絶緣에 對한 것은 別로 없는것 같다.

本論文에서는 絶緣材料中 無機質絶緣材料的 代表的인 mica paper를 試料로 擇하여 放射線中에 60Co에서의 γ

線을 이 試料에 照射한 後 材料에 對한 電氣의 特性的 變化를 理論的 및 實驗的으로 研究했다. 材料에 對한 放射線照射로부터 研究되는 分野는 放射線損傷과 放射線利用의 두가지 이지만 本論文에서는 實驗的結果로부터 두가지 모두 考察하였다. 電氣絶緣材料에 있어서 絶緣破壞特性은 가장 重要한 문제이므로 放射線의 照射效果가 絶緣耐力에 미치는 影響을 명백히 하고 特性變化를 확실히 求하기 爲하여 交流電壓(60c/s), 直流電壓 및 衝擊電壓을 各各 印加하고 常溫常濕에서 絶緣破壞值를 求하였다. 그 結果 特性變化는 實驗方法에 따라 현저히 變化하고 있으나 誘電率特性은 거의 一定한 狀態로써 別로 變化가 없는 사실을 알 수 가 있다. 다음 章에 이들에 對한 實驗結果를 圖表로 圖示하고 特性變化에 對하여 상세한 考察을 하겠다.

[2] 本 論

(1) 實驗方法

試料에 放射線을 照射시켜 電氣的特性變化에 對한 實驗的 結果值를 얻기 爲하여 照射方法으로는 國產, 日產의 두 種類의 試料에 첫째로 照射時間을 1hr로 一定하게 하고 吸收線量率을 $2 \times 10^1, 2 \times 10^2, 2 \times 10^3, 2 \times 10^4, 2 \times$

* 仁荷工科大学教授 千 熙 英
** 高大理工科大学教授 成 英 權
*** 仁荷工科大学講師 李 德 出

10^5 및 2×10^6 rad 까지變化시켰으며 實驗值의 正確性을 期하기 爲하여 各各 吸收線量率이 다른 한 種類의 試料에 對하여 各各 5 번씩의 實驗을 반복하였다. 둘째로는 一定한 吸收線量率(本實驗에서는 2×10^5 rad 로 擇하였음)에 照射時間을 40, 80, 120, 160, 200 및 400hr 로 變化시켰으며 正確性을 期하기 爲하여 위와 같은 方法을 반복하였다. 照射시킨 試料에 對하여서는 交流電壓(60c/s), 直流電壓 및 衝擊電壓에 對한 絶緣破壞電壓과 誘電率 測定을 하였다.

(2) 實驗結果

日産 mica paper 와 韓國産 mica paper 各各 5 枚를 合쳐 10 枚에 對하여 一定한 照射時間 1hr 에 同一한 吸收線量으로 照射시키고 이것에 對한 實驗을 한 다음 위와 같은 實驗方法으로 다른 試料에 吸收線量率만을 變化시켜 가며 60c/s 交流高電壓과 直流高電壓을 印加하여 絶緣破壞值를 plot 한 것이 그림 1 과 그림 2 이다. (但 試料의 두께 偏差를 考慮치 않음)

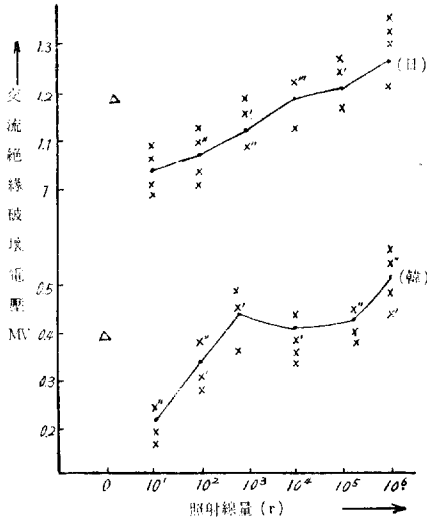


그림 1 交流絶緣破壞電壓과 照射線量의 관계

Fig. 1. Relation between AC breakdown voltage and γ ray irradiated dose

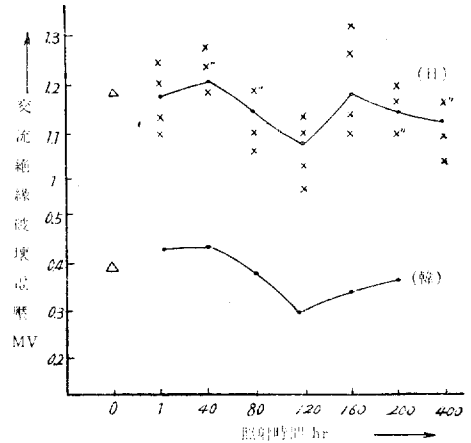


그림 3 交流絶緣破壞電壓과 照射時間의 관계

Fig. 3. Relation between AC breakdown voltage and γ ray irradiated time

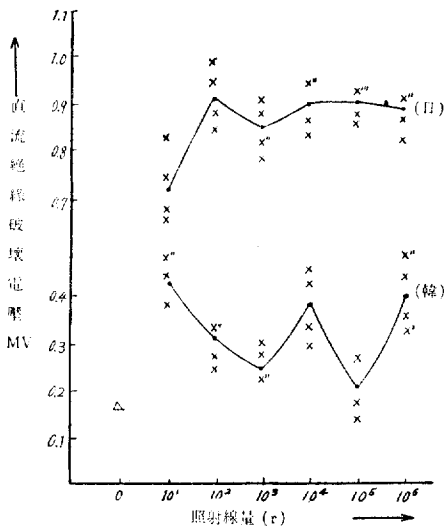


그림 2 直流絶緣破壞電壓과 照射線量의 관계

Fig. 2. Relation between DC breakdown voltage and γ ray irradiated dose

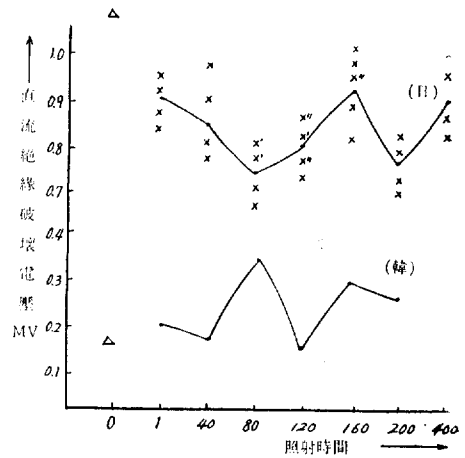


그림 4 直流絶緣破壞電壓과 照射時間의 관계

Fig. 4. Relation between DC breakdown voltage and γ ray irradiated time.

다음 吸收線量率을 一定하게 하고 照射時間을 變化시켜 가며 역시 試料 두께의 偏差를 고려하지 않고 絶緣破壞試驗에 依한 絶緣破壞值를 plot 한 것이 그림 3 그림 4 이다.

日産 mica paper 의 두께 偏差는 $\pm 0.015\text{mm}$ 인 데 比하여 韓國産 mica paper 는 그 偏差가 小하여 $\pm 0.032\text{mm}$ 이었다. 그리고 各 試料에 對하여 micrometer 로써 精密하게 그 두께를 測定하고 1cm 當 平均 絶緣破壞值를 求하여 이것의 計算值를 各各에 對하여 plot 한 것이 그림 5, 그림 6, 그림 7, 그림 8 이다.

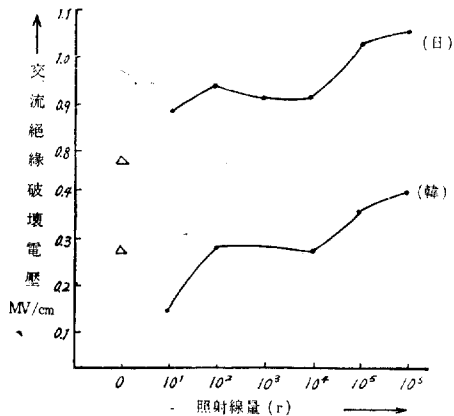


그림 5 交流絶緣破壞電壓과 照射線量の 관계
Fig. 5. Relation between AC breakdown voltage and γ ray irradiated dose

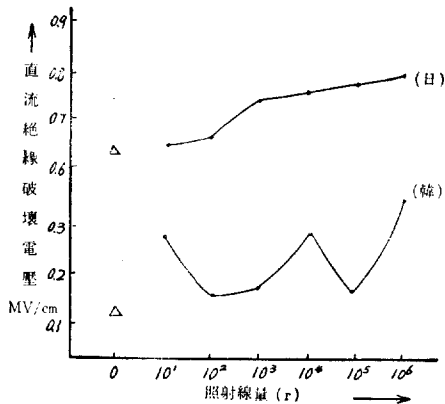


그림 6 直流絶緣破壞電壓과 照射線量の 관계
Fig. 6. Relation between DC breakdown voltage and γ ray irradiated dose.

그림 5 와 그림 6 에서 보는 바와 같이 照射時間을 一定하게 하고 吸收線量을 增加시켜 가며 破壞電壓이 上昇하고 있으며 直流破壞值보다는 交流破壞值가 높은 現象이 나타나고 있다. 또 2×10^6 rad 로 照射된 試料에서는 非照射材料보다 약 3KV 程度의 絶緣破壞值가 높아진 結果가 얻어진다. 또 吸收線量率을 2×10^5 rad 로 一定

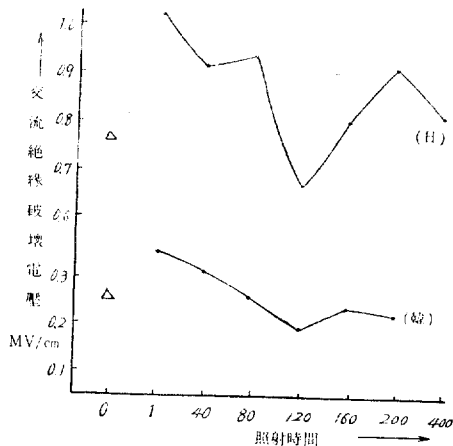


그림 7 交流絶緣破壞電壓과 照射時間의 관계
Fig. 7. Relation between AC breakdown voltage and γ ray irradiated time.

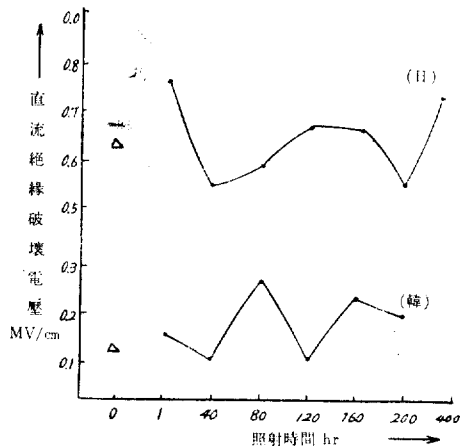


그림 8 直流絶緣破壞電壓과 照射時間의 관계
Fig. 8. Relation between DC breakdown voltage and γ ray irradiated time.

하게 하고 照射時間을 變化시켜 가면서 各 mica paper 에 대한 두께 偏差를 考慮한 絶緣破壞值曲線인 그림 7 과 그림 8 에서는 時間의 變化와 더불어 破壞值가 甚한 cycling 을 이루는 現象을 보이고 있다. 一定한 照射時間으로 吸收線量率을 變化시켰을 때와 一定한 吸收線量率로 照射時間을 變化시켰을 때의 交流絶緣破壞值와 直流絶緣破壞值의 比較를 그림 9 와 그림 10 에 圖示하였다.

衝擊電壓에 對한 實驗에서는 衝擊電壓波의 波頭幅은 $1.5\mu\text{s}$ 이고 波尾幅이 $50\mu\text{s}$ 되는 一定한 波形的 Impulse 를 加하였으며 絶緣破壞될 순간의 네가지 波高值를 그림 11 에 圖示하였다. 이 때의 大氣狀態는 11°C (乾) 9.5°C (濕) 764.5mmHg 空氣密度 $\sigma=1.09$ 이고 破壞될 순

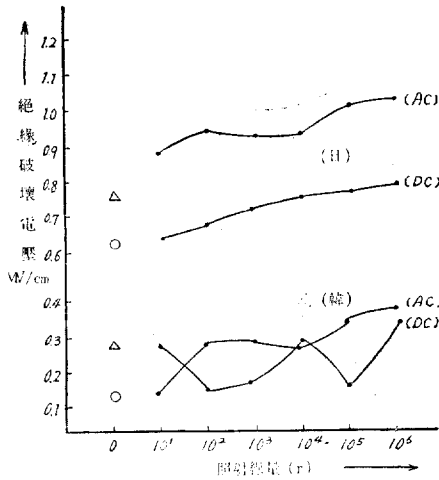


그림 9 絶緣破壞電壓과 照射線量の 관계
 Fig. 9. Relation between breakdown voltage and γ ray irradiated dose.

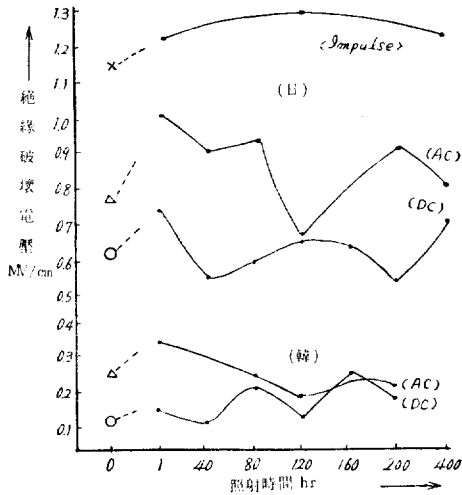


그림 10 絶緣破壞電壓과 照射時間의 관계
 Fig. 10. Relation between breakdown voltage and γ ray irradiated time.

간의 放電現象과 Impulse 波形을 사진 1, 2에 圖示하였
 다.

誘電率測定에서는 吸收線量과 照射時間의 變化에 對
 한 各各의 誘電率 變化범위는 겨우 ± 0.2 内外에 不過
 하며 거의 一定하다고 볼 수 있으며 그림 12, 그림 13
 에 그의 特性을 圖示하였다.

(3) 理論的考察

앞의 特性變化曲線(그림 1~11)에서 보는 바와 같이
 γ 線 照射量이 많을수록 絶緣破壞強度가 조금씩 上昇하
 여 가는 것은 傳導荷電子의 trap 作用에 因한 것 같다. 元

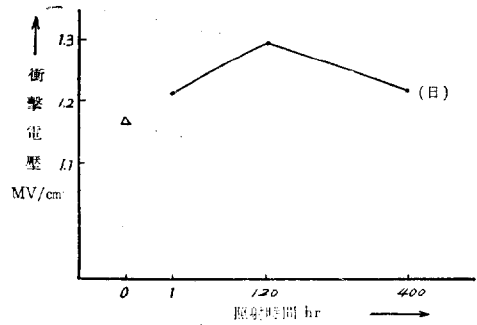


그림 11 衝擊電壓과 照射時間의 관계
 Fig. 11. Relation between breakdown voltage to impulse voltage and γ ray irradiated time.

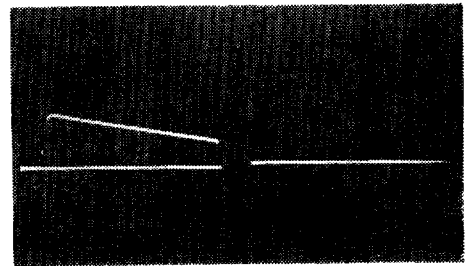


사진 1 衝擊波形

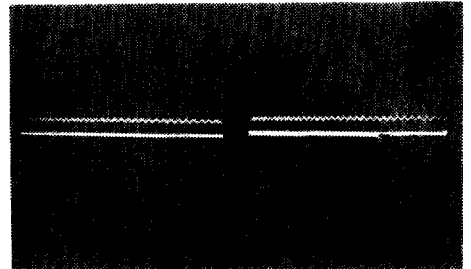


사진 2 放電現象

來 mica 等の 非照射, 非品質誘電體는 두께 效果等이 나
 타나는 것을 보아 不純物 電子의 相互作用에 依한 勵起
 와 Fröhlich 氏의 電子熱破壞理論에 依한 熱에너지에 依
 한 ion 化와 Whitehead 氏에 依한 電子의 衝突電離作用
 이 重疊되는 것으로 생각되나 γ 線 照射에 依하여 생긴
 여러 缺陷들이 傳導荷電子를 trap 하여 그 結果 陰極前
 荷電을 弱하게 함으로써 破壞強度가 上昇해 가는 것으
 로 본다.

또 誘電率의 放射線效果는 다음과 같이 考察할 수가
 있다. 即 mica paper 自體가 非品質의 複合體이기 때문
 에 空間電荷가 蓄積하여 吸收電流과 誘電分散이 일어나
 기 쉬울 것이나 放射線에 依해 이들 空間電荷層等이 여
 러 곳에서 한 덩어리로 aggregate 되어서 放射線效果가
 나타나지 않는 것이라고 생각할 수 있고 또한 微少하고
 不規則한 變動은 電極과 絶緣材料와의 接觸狀態의 變化
 가 原因이 되리라 생각되며 또한 大氣中에서 放射線을

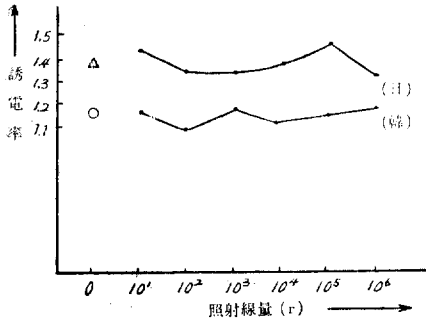


그림 12 誘電率과 照射線량의 관계

Fig. 12. Relation between dielectric constant and roentgen irradiated dose.

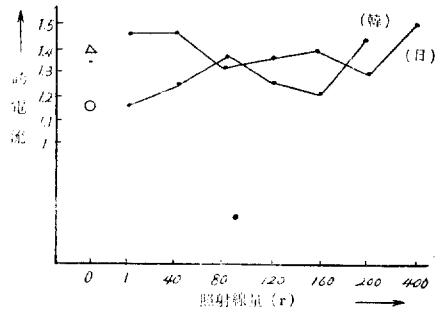


그림 13 誘電率과 照射時間의 관계

Fig. 13. Relation between dielectric constant and roentgen irradiated dose.

照射하는 동안 酸化(表面酸化)로 인한 原因도 多少作用이 되겠으나 그렇게 큰 差異가 없는 것은 照射에 의하여 形成된 物理的 量이 雙極性的 것이 아니고 또 微量의 生成物 영향이 結晶全體의 性質變化에 미치지 못하는 결과라 보겠다.

上記의 것에 對한 詳細한 檢討는 絶緣破壞의 time lag, 溫度特性, 電壓電流特性 및 α (荷電子의 電離係數)의 實測等을 通하여 後에 綜合的인 檢討를 加해서 報告할 예정이다.

(4) 實驗裝置 및 試料

(a) 試料

여러가지 B種 絶緣材料中 天然固體無機質인 mica는 熱的, 化學的 및 電氣的性質이 良好할뿐 아니라 溫度急變에 견디는 性質이 있어 整流子 segment 및 電熱機器의 絶緣等 B種絶緣材料로 널리 使用되고 있다. 그러므로 現在 B種絶緣材料로 使用하고 있는 日産 Hitachi 製 mica 와 韓國産 金剛會社製 mica 두 種類를 試料로 擇하였다.

(b) γ 線 照射裝置

60Co 800 Curie인 韓國原子力研究所의 γ 線 照射裝置를 利用하였고 線量은 吸收單位인 rad를 擇하여 大氣中에서 照射하고 線量率은 ion chamber로 測定되겠끔 되어 있다.

(c) 絶緣破壞試驗

商用周波數인 交流電壓과 直流電壓 그리고 衝擊電壓 등 세가지에 對하여 絶緣破壞電壓試驗을 實行하였고, 그 裝置는 利川電機株式會社와 韓國電力試驗所의 것을 主로 利用하였다.

直流破壞電壓에는 美 Associated Research Internation

製 D.C. HYPOT (115V/75KV 2.5MA)를 使用하고 交流破壞電壓에는 日本 芝浦製 AC絶緣破壞裝置를 이용, 시험용변압기(15KVA 60 \sim 200V/400 \sim 30KV)이다.

Impulse試驗은 Tokyo Trans Co. LTD製 高壓裝置를 使用했다. Impulse電壓을 加하여 絶緣破壞될 순간의 放電現象 포착은 Cannon X-ray Camera를 使用하였다.

(d) 誘電率의 測定裝置

이를 測定하기 爲한 計器 및 道具는 다음과 같다.

Tektronix製 LC Meter 와

Yokogawa製 Test jig for dielectric

[3] 結 論

(1) 照射時間을 一定하게 하고 吸收線量率을 變化시키는 方法에서는 mica paper의 絶緣破壞値가 上昇되고 있으나 品質改善으로 放射線利用의 價値가 있겠다.

(2) 吸收線量率을 一定하게 하고 照射時間을 變化시키는 과정에서는 絶緣破壞値가 不規則한 增減을 보이고 있는데 原子爐 및 Isotope의 利用裝置에 쓰여지고 있는 電氣計器, 電線등 電氣設備의 絶緣材料는 오래도록 放射線場에 놓여지므로 放射線損傷의 문제로 取扱하여 유의 검토해야겠다.

(3) 誘電率은 線量增加에 關係없이 거의 變化를 보이지 않고 있다.

(4) mica paper에 γ 線을 2×10^6 rad로 400hr까지 照射시켜도 變色을 豫안으로 볼 수 없었다.

참 고 문 헌

1) Dekker: Electrical Engineering Material p. 23~28

- 2) Kopelman: Material for Nuclear Reactor (1959) p. 240
- 3) Van Vlack: Elements of Material Science (1959) p. 429~443
- 4) Whitehead: Dielectric Breakdown of Solid (1951) p. 48
- 5) Sears: Electricity and Magnetism (1958) p. 170
- 6) 鳩山道夫: 物性工學 p. 94~144
- 7) 物理測定技術: 結晶解析 p. 103, p. 227
- 8) 物理測定技術: 放射線測定 p. 8~12, p. 233
- 9) 電氣學會: 放電現象 p. 78, p. 169, p. 179
- 10) 電氣學會: 高電壓工學 p. 267
- 11) 電氣學會: 電氣材料 p. 121
- 12) 電氣學會: JEC-150 (1960) p. 1
- 13) 日本電氣學會誌: 1961—p. 1077, 2100, 1962—p. 1909

(38p 에서 계속)

+0.70	99.06	1.038	-0.205	-222.0	//	-11.10	36.13	//	1.80	100.86
+0.75	100.86	1.031	-0.198	-214.0	//	-10.70	25.43	//	1.27	102.13
+0.80	102.13	1.025	-0.193	-208.2	//	-10.42	15.01	//	0.75	102.88
+0.85	102.88	1.023	-0.190	-205.5	//	-10.25	4.71	//	0.24	103.12
+0.90	103.12	1.021	-0.187	-202.0	//	-10.10	-5.34	//	-0.27	102.85
+0.95	102.85	1.021	-0.187	-202.0	//	-10.10	-15.44	//	-0.77	102.08

註 本表를 圖示하면 그림 7.13 圖와 같다.

會 員 會 告 告 告

今般 本學會 1969 年度 및 1970 年度の 會長團과 新任理事名單이 아래와 같이 改選되었기에 알려드립니다.

아 래

<p>會 長 禹 亨 疇</p> <p>副會長 韓 萬 春 辛 基 祚</p> <p>理 事 尹日重, 金鍾秀, 李宗日, 丁性桂, 李承院, 池根, 李在淑, 朴旻鎬, 廉道有, 梁興錫, 金鍾珠, 鄭樂殷, 姜錫圭, 吳相世, 李允鍾, 金善集,</p>	<p>朴容澈, 金俊植, 成瓊鏞, 成樂正, 楊在義, 徐錫仁, 崔大賢, 石晚基, 權永準, 金 逗, 金仁信, 吳宗煥, 吳相燦, 申龍徹, 玄京鎬, 成英權, 尹泰允, 李晚緒, 金海洙</p> <p>監 事: 韓甲鎬, 趙載斗</p>
--	--

會 員 動 靜

■ 本學會 姜錫圭 會計理事: 그간 계획하여 오든 教育機關으로서 大成學園의 (大成中學校)을 설립하여 지난 3月 3日 開校式을 가지고, 同財團理事長에 就任.

■ 吳相世 理事(延世大 教授): 延世大學校理工大學電氣工學科 科長으로 補任.

■ 吳相燦 理事(前韓電技術役): 湖南電力常務理事로 就任.