

# 雷 (번개)의 세계

## (2)



### 1. 建築物에 대한 避雷設備

프랑크린이 避雷針의 普及에 全力을 쏟은 目的은 建築物을 落雷에 의한 損壞 火災에서 지키기 위함이었다. 이 思想은 現在에도 이어져 내려오고 있다. 現在로는 避雷針 以外에 2~3의 避雷設備가 實用化되고 있다.

建築物에는 많은 사람이 出入하기 때문에 建築物을 落雷에서 保護한다는 것은 또 人間에의 落雷을 保護한다는 것이 된다. 높은 建物일수록 落雷가 많으나 그 落雷의 數가 年間 어느 程度인가를 實測에 의하여 잡은 것이 다음 표이다.

14	"	80	18	0.032
15	"	132	18	0.103
16	TV 塔	225	18	1.111
17	平坦地에 세운 建造物	30	18	0.018
18	"	60	18	0.030
19	簡易避雷針	7	18	0.002
20	不明	50	不明	0.054
21	"	60	"	0.105
22	東京 Tower	333	11	1,818
23	前橋放送局鐵塔	60	30	0.133

### 落雷實測記錄

記錄番號	建造物名	높이 [m]	IKL (年間雷日數) [日]	IKL 10日에換算한年間雷擊數
1	North Wales 變電所	24	35	0.057
2	火災展望台	31	45	0.028
3	"	27	40	0.058
4	WHK 라디오塔	92	40	0.250
5	WADC 라디오塔	110	40	0.650
6	Groat Falls 의 煙突	166	25	0.600
7	Anaconda 의 煙突	174	30	0.666
8	Learning 의 教會	178	42	0.619
9	WW. SW 라디오塔	31	42	0.079
10	Lexington Building	107	35	0.107
11	Empire State Building	381	31	7.68
12	工場의 煙突	37	18	0.014
13	"	52	18	0.007

### IKL

IKL (Isokeraunic Level)은 年間 雷雨日數이다. 雷雨 10年報의 記錄에 의하면 雷鳴과 電光이 있었던 날 雷鳴이 있던 날의 兩側이 包含되어 있고 單純히 電光만 있던 날은 包含되지 않았다. 이 日數는 強한 雷가 있었을 때나 弱한 雷로 그쳤을 때나 구름과 구름 사이의 雷로 그쳤을 때도 혹은 雷鳴을 한번만 들었을 때도 자기 1日이라고 간주하고 있어 落雷數는 그림 1과 같이 반드시 IKL에 比例한다고는 볼 수 없다.

東京 Tower 라든가 Empire State Building과 같이 300m를 넘는 建物에는 그 雷擊數는 他에 比하여 상당히 큰 數字인 것을 알 수 있다. IKL이 地域이 틀리기 때문에 統一을 하기 위하여 IKL 10日의 計算을 하고 있다.

앞의 표를 그림으로 고친 것을 보면 相當한 폭은 있으나 年 1回 以上の 雷擊이 있는것은 200m 以上の 建造物이라고 보아야 겠다.

또 普通의 15層 程度의 빌딩으로 높이 60m라고

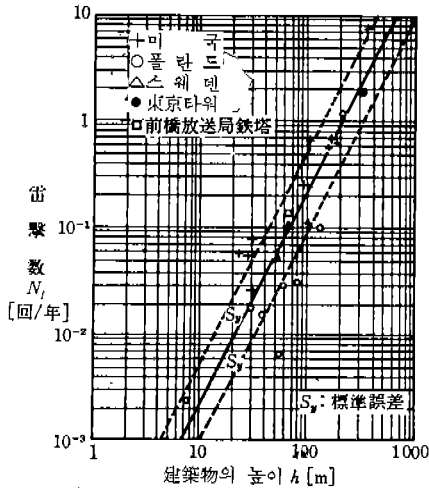
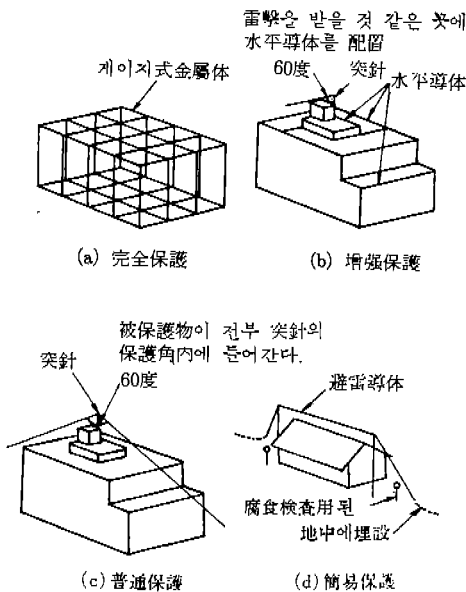


그림 1 建造物の 높이와 年間雷擊數 (IKL = 10)

하면 1년에 0.1일라는 것은 10년에 1일 雷擊을 받는다는 計算이 된다.

最近 모든 나라에서 高層化빌딩이 建立되고 있으나 40層, 50層의 빌딩은 높이 200m 가까이 되기 때문에 대략 年 1회 以上の 雷擊을 받는 것이 된다. 이렇게 보면 높은 建造物의 落雷는 그 回數가 意外로 적게 보인다. 그러나 여하간 雷는 自然現象이고 電光放電의 機構도 또 不明確한 點이 있어



(그림 2) 避雷設備의 4等級

이들의 結果만 보고는 安心할 수 없다. IKL에 대하여도 統計로부터 算出한 것으로 大略의 數字이다. 한번이라도 建造物에 落雷하여 大事故가 나면 큰일이다.

建築法에도 20m 높이 以上の 建造物에는 避雷設備을 하도록 規定지어 있다. 그리고 現在 建造物의 避雷設備로서는 네 가지가 實用化되어 있다. 이것을 그림 2에 표시한다.

(a)는 Cage式 避雷設備라 한다. 마치 建造物을 새장과 같이 外周를 導線과 파이프로 가로세로 西方을 엮은 것이다. 이 構造로 틀림없이 施工하면 完全保護할 수가 있다. 즉 어떠한 어느 方面에서 落雷가 있더라도 建物은 물론이고 内部에 있는 人間에의 被害도 전혀 없다고 한다.

(b)와 (c)의 普通保護를 한 위에 다시 水平導體를 屋上의 코너部만 둘러싼 것이다.

(c)는 普通 말하는 避雷針에 의한 避雷設備라 하겠다.

(d)는 簡易保護라고 하는 建物 위 約1m의 距離에서 그림과 같이 導體를 水平으로 하고 그 兩端을 接地한 것으로 가장 간단한 避雷設備라 하겠다.

여기에 表記한 保護角이란 避雷針의 鉛直線을 이루는 角度로 이 角度의 內側은 避雷針의 效果가 나타나 雷擊은 거의 일어나지 않는다고 한다.

이 保護角은 一般 建造物에는 60度 危險物 貯藏庫나 重要施設에는 45度로 規定되어 있다.

#### (a) 避雷針

프랑크린 以來 世界的으로 現在도 그 普及率은 높고 KS 로도 規定되어 있다. 避雷針의 構造는 簡單하다. 突針이라고 하는 뾰족한 金屬棒(普通은 셋 또는 나누어져 있다)을 保護하고자 하는 建造物의 위에 세워 雷를 引導한다. 옛날에는 이 突針이 녹슬면 電氣를 引導하기 어려울 것으로 생각되어 金鍍金을 하였다. 雷와 같은 高電壓에는 金屬表面의 녹같은 것은 問題가 안되는 것을 알고 現在로는 銅耐食 알미늄 또는 熔融鍍金을 한 鐵의 直徑12% 以上の 棒 또는 이와 同等 以上の 것을 쓰고 있다.

다음으로 雷擊電流를 建物에 따라 大地까지에 引導하는 導線이 必要하다. 이 導線을 避雷導線이라 한다.

이 役割은 雷擊電流를 充分히 흘릴 수 있는 굵기의 것으로 斷面積 30mm<sup>2</sup> 以上の 銅 또는 50mm<sup>2</sup> 이

上的 알미늄 單線, 撚線, 平角線 또는 管을 使用하도록 規定지어 있다. 避雷導線의 가까이에 다른 金屬體가 있으면 避雷導體와의 사이에 후레쉬오버가 생길 수 있으니 兩者 사이의 離隔距離는 1.5 m 以上으로 하도록 規定지어 있다. 또 避雷導體는 雷擊時의 大電流에 의하여 電磁力이 發生하여 導體가 機械力을 받기 때문에 所要所를 단단히 固定시켜야 한다.

雷擊電流의 大地에의 放流에는 接地를 하여야 한다. 避雷針의 接地抵抗은 第一種 接地工事나 같은  $10\Omega$  以下로 規定지어 있다. 또 近接地中의 水道管이 있을 때는 여기에 避雷導體를 接續하고 綜合 接地抵抗을 내리도록 하여도 무방하도록 되어 있다.

避雷針의 接地抵抗은 적으면 적을수록 좋고 接地抵抗이 높으면 雷擊電流에 의하여 큰 電壓이 接地點 附近에 發生하여 他施設에 影響 接地點 附近에서 人體에 被害가 생긴다.

普通 避雷針外에 獨立避雷針이라고 하는 建造物의 옆에 別個로 地上에서 세운 것이 있다. 예를 들면 重要 文化財라든가 國寶級의 建造物이든가 建造物의 構造上 一般 避雷針의 施設이 어려울 때던가 雷擊電流를 建造物 안으로 通하는 것을 피하고자 할 때 등은 獨立避雷針을 設置할 수 있다. 이때 獨立 避雷針의 높이는 當然히 建造物의 높이 보다 높게 하고 그 保護角의 範圍에 들도록 하여야 한다.

그러면 避雷針에 대하여 注意하여야 할 問題가 있다. 建造物에서 보면 雷를 避하는 것이기 때문에 用途面에서 보면 避雷針이 되나 落雷의 現象面에서 말하면 導雷針이라고도 할 雷를 쉽게 引導하기 위한 것이다.

避雷針의 英文名은 Lightning Rods이다. 가장 問題인 것은 避雷針이라는 말을 誤解하여 이를 設備하면 雷가 避한다고 착각하기 쉽다.

人間의 安全面에서 보면 雷는 가까이 하고 싶지 않은 것이다. 어느 캠프장에서 雷에서 몸을 지키기 위하여 캠프장의 이곳저곳에 避雷針을 세우는 案이 있었다. 이는 雷가 치는 것을 바란다면 모르지만 진짜 導雷針을 세우는 것으로 危險을 自招하는 行爲이다.

즉 避雷針의 人間에 對한 效用은 避雷針이 달린

제대로 된 建造物에 들어간 후의 二次的 效果이고 떨어지는 雷를 보며 避雷針이 바로 옆에 있다고 생각하면 큰 危險 속에 있다는 것을 認識하여야 한다.

#### (b) 화라데이 케이지

다이켈 화라데이가 發見한 電磁氣의 基礎理論으로 周圍全體가 金屬體로 둘러싸인 内部의 電位는 外界의 電場에 影響을 받지 않고 金屬體는 항상 同電位에 있다는 것이다.

이 金屬體를 網 모양의 새장으로 바꾸어 놓아도 같은 條件을 얻을 수 있다. 케이지라는 것은 새장을 말한다. 前述한 바와 같이 避雷設備中에 完全 保護되어 있는 것이 화라데이 케이지의 理論을 使用한 케이지式 避雷設備이다.

鐵筋 콘크리트 建造物은 内部에 鐵筋이 網 모양으로 들어 있어 이 鐵筋을 서로 完全하게 電氣的으로 接續함으로써 自然히 새장 모양이 되니까 화라데이 케이지를 構成하게 된다. 따라서 鐵筋콘크리트 建造物의 内部는 雷에 대하여 完全保護가 되어 있는 狀態라 할 수 있다.

最近 山莊이나 높은 山의 觀測所, 골프場 등에서 直接 人間이 落雷을 받기 쉬운 곳에서는 이 케이지方式을 使用한 避難 움막 또는 防雷 움막이라고 하는 것이 세워지고 있다. 케이지 作成 방법으로는 金屬銅板으로 둘러 씌운 것에서 鐵棒 케이지 狀으로 꾸민 것, 導線을 四方八方으로 엮은 것 등 여러 가지가 있다. 雷는 直接 落雷時 이들의 金屬體가 녹아버리면 問題이니까 적어도 雷擊電流를 흘릴 수 있는 굵기와 斷面積을 必要로 하고 또 機械的으로 강한 것이라야 한다.

網目の 間隔은 2 m 以內면 無妨하다고 하나 될 수 있는대로 間隔을 줄이는 것이 바람직하다. 케이지式 避雷設備의 接地는 避雷針의 接地와 같이 原則적으로  $10\Omega$  以下の 接地電極에 接續하도록 되어 있으나 山岳地帶나 岩盤地帶에는 低抵抗의 接地가 困難할 때도 있어 接地工事에 莫大한 費用이 들 때도 있다. 이런 때는 避雷導線의 斷面積과 같은 程度의 裸線을 깊이 50cm의 곳에 放射狀으로 4條 埋設하여 代用하여도 된다.

避難 움막이나 防雷 움막은 建造物의 케이지를 施設한 것이 아니고 大部分 케이지 그 自体인 것이 많다.

이런 때는 建築物에 對한 避雷라는 이미지는 아니고 人間에 對한 防雷의 뜻이 重要視되기 때문에 保護가 完全하더라도 雷가 떨어지게 하고 싶지는 않다. 一部の 防雷 용막의 Maker는 일부러 避雷 針을 달고 있는 것은 뜻을 잘 알지 못한 것이 아닌가 생각된다.

(c) 增強保護形 避雷設備

그림 2의 (b)에 표시한 保護設備이다. 鐵筋 콘크리트造의 建築物 等에는 屋上의 外周의 角의 部分에 落雷하는 機會가 많고 그 結果 콘크리트의 破損이 落下하여 二次的 傷害를 입을 우려가 있다. 또 高層빌딩에서는 屋上의 面積도 넓으니까 避雷針을 세운다 하면 屋上에서 相當히 높게 되고 保護角을 考慮하여 몇 個라도 세우는 것은 美觀上으로도 바람직하지 못하다.

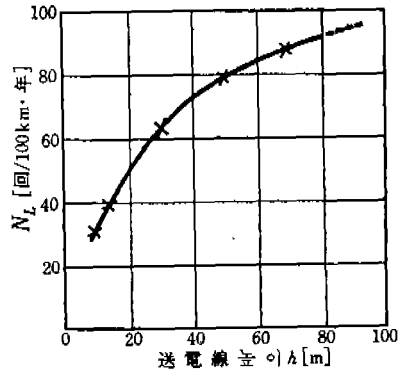
그리하여 最近에는 避雷針外에 屋上코너部의 防護의 뜻도 있는 增強形 避雷設備로 하는 경향이 있다. 水平導体에는 裸銅線을 適當한 條數로 쓰면 손잡이나 塹스를 이 水平導体에 代用하여도 無妨하다. 外形上의 美觀을 損傷시키지 않고 避雷效果도 좋으니 이후는 이런 모양의 避雷設備가 大部分을 占할 것이다.

2. 電氣施設에 對한 避雷設備

電氣施設 特別 發電所 送電線 配電線은 電力의 需給上 重要한 施設이다. 雷가 電氣이기 때문에 落雷에 따라 電力系統의 電氣와 混入되어 가지가지의 異常狀態가 나타난다. 따라서 電氣 施設에 對한 避雷對策은 電氣技術者의 最大의 關心事이다

(a) 架空地線

電力系統 속에 送電線이나 配電線은 그 亘長도



〈그림 3〉 送電線 높이와 年間雷擊頻度

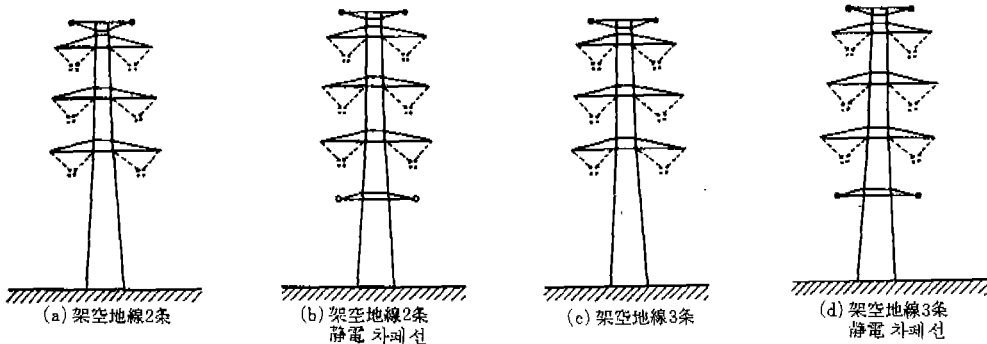
길고 또 廣大한 地域에 걸쳐져 있으므로 곧바로 正面으로 雷와 對하고 있다 할 수 있다.

日本電力研究所의 調査結果에 따르면 6萬V 以上の 特別高壓送電線에서 落雷에 의하여 系統遮斷器가 動作한 回數는 線路亘長 100km當 年間 0.3회로 되어 있다. 日本의 이 種類의 送電線의 總亘長은 144,000km이므로 日本 全体로서는 430회가 된다. 月로 換算하면 36日이다. 遮斷器가 動作할 때는 落雷에 의하여 후레쉬 오버 혹은 短絡事故가 일어나는 때이므로 이러한 問題가 일어나지 않는 落雷도 相當한 數가 될 것으로 보아야 한다.

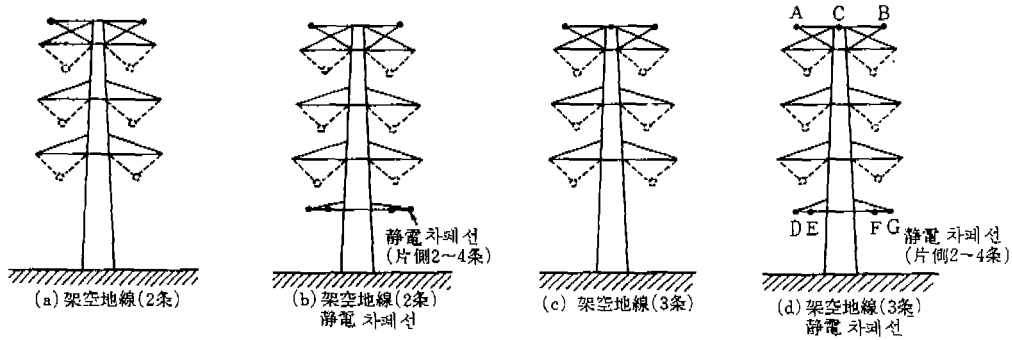
實際雷擊의 數와 送電線의 높이와의 關係를 表示한 것이 그림 3이다.

그림3을 보면 100km當 相當한 回數로 前述한 獨立建造物의 雷擊回數와 比較하면 100배나 된다.

이와같이 雷擊回數가 많은데도 實際事故率이 매우 적은 것은 線路의 合理的 設計에도 있으나 大部分은 架空線에 의한 雷의 차폐 效果에 의한 것



〈그림 4〉 275kV 送電線의 架空地線 및 靜電차폐선의 架設狀態



〈그림 5〉 500kV 送電線의 架空地線 및 靜電차폐선의 架設狀態

이다.

架空地線은 送電線, 配電線의 上部에 느린 接地線으로 線路와 並行되어 架設된다. 最初는 架空地線1條가 普通이었으나 送電線 等 重要線路에는 2條로 하는 것이 效果가 매우 커지므로 最近에는 2條로 하는 것이 普通이다. 또 超高壓 超超高压의 線路에는 鐵塔의 크기도 커지고 높기도 높아져 架空地線을 3條로 하는 곳도 있다.

鐵塔과 送電線과 架空地線과의 關係는 그림 4와 같다.

그림 4는 275kV 線路, 그림 5는 500kV 線路의 構造圖이다. 架空地線은 鐵塔의 上部로 鐵塔 自体에 接續되어 있어 여기에 落雷되었을 때 雷擊電流는 鐵塔을 통하여 大地로 흐른다. 혹시 鐵塔의 接地抵抗이 充分히 약지 않으면 雷擊電流가 매우 크고 鐵塔의 電位가 上昇하여 鐵塔 또는 架空地線에서 線路로 후레쉬 오버가 일어날 수 있다. 이것을 逆후레쉬 오버(普通의 후레쉬 오버라는 것은 線路에서 大地로 放電하나 그 逆이 되니까 이런 名稱을 붙였다)라고 한다. 따라서 架空地線의 效果를 充分히 發揮시키자면 鐵塔의 接地抵抗을 相當히 적게 하여 줄 必要가 있다.

送電線의 系統電壓이 높게 되고 鐵塔이 大形化되어 架空地線을 設備하여도 아직 雷擊事故가 줄지 않는다. 最近에는 側面雷擊이라고 하여 옆에서 雷가 들어오는 것도 알게 되었다. 雷는 반드시 위에서 밀으므로 멀어지는 것은 아니다. 여기서 그림4에 (b), (d) 및 그림5의 (b), (d)에 表示한 바와같이 鐵塔의 下方에도 架空地線이 같이 架設되어 있다. 이것을 靜電차폐선이라 이름지었다.

이와 같은 그림을 보면 점점 接地線이 線路를 包圍하는 모양이 되고 화라데이케이지에 가깝게 되고 있음을 알 수 있다.

#### (b) 避雷器

避雷器는 直接 雷에 對向하는 것이 아니라 送配電線에 落雷가 있어 이 雷電流 雷電壓이 變電所라던가 重要施設에 侵入하였을 때 雷電流만을 大地에 放流시켜 機器를 雷害에서 지키는 役割을 하는 것이다.

여기서 落雷에 의하여 特別 被害가 큰 配電線 6600V 級인 事故統計를 표 1에 標示한다. 표 1은 1969年과 1972年의 統計나 事故件數로 말하면 電氣工作物에는 柱上變壓器의 事故가 가장 많고 다음으로 配電線 自体 端子 COS의 順으로 되어 있다. 한편 配電設備에서는 電柱 柱上變壓器 벨브抵抗形 避雷器로 되어 있다.

또 표 2는 避雷器를 設置한 電柱의 落雷에 의한 被害部分의 統計이다.

표 2를 보면 壓倒의 壓倒로 避雷器의 破壞事故가 많다. 避雷器 自体가 弱한가 避雷器가 線路에 侵入하여 온 雷를 모두 받아들여 희생이 된 것인가 어느 쪽이나 如何間 他機器를 保護하는 機能을 가지고 있는 것은 틀림없다.

避雷器의 役割은 侵入雷電壓과 같이 電壓이 높고, 또 매우 짧은 時間의 電壓(衝擊波 또는 인 파르스라고도 한다.)를 신속히 應動하여 雷擊電流의 大部分을 大地에 放流시키는 데 있다. 다시 또 한가지의 重要的 役割은 이 侵入雷電壓이 常時的 線路電壓까지 내려 가면 大地에의 放流를 막아야 한다. 혹시 繼續하여 흐르게 하면 線路가 接地되어

〈표 1〉 雷被害工作物件數 (A, B, C 및 F社에서의 延數)

品 名		69年	72年	指 数	69年	72年	
雷 被 害 工 作 物	高压配電線事故件數 [回線]	874	858	事故件數/施設數	0.0059	0.0048	
	支持物	電柱(木柱) [基]	2	0			
		에  다 [個]	657	800	事故數/支持物基數	$96 \times 10^{-6}$	$103 \times 10^{-6}$
	電 線	裸 電 線 [箇所]	168	173	事故數/施設 km	$479 \times 10^{-6}$	$511 \times 10^{-6}$
		絶 緣 電 線 [箇所]	224	560	事故數/施設 km	$1167 \times 10^{-6}$	$1880 \times 10^{-6}$
	柱 上	變 壓 器 [合]	1709	1746	事故數/施設合數	$953 \times 10^{-6}$	$778 \times 10^{-6}$
	開閉器	油入開閉器 [合]	246	215	事故數/施設合數	$1114 \times 10^{-6}$	$1324 \times 10^{-6}$
		氣中開閉器 [合]	13	10	事故數/施設合數	$404 \times 10^{-6}$	$136 \times 10^{-6}$
		真空開閉器 [合]	2	11	事故數/施設合數	$141 \times 10^{-6}$	$169 \times 10^{-6}$
	避雷器	弁 抵 抗 形 [個]	10	38	事故數/施設個數	$14 \times 10^{-6}$	$37 \times 10^{-6}$
		P 型 豆 形 [個]	48	69	事故數/施設個數	$208 \times 10^{-6}$	$162 \times 10^{-6}$
		放 出 形 [個]	6	19	事故數/施設個數	$303 \times 10^{-6}$	$928 \times 10^{-6}$
	커 트 아 웃 [個]	591	1138	事故數/變壓器施設合數	$330 \times 10^{-6}$	$507 \times 10^{-6}$	
	高 壓 弁 우 즈 [백 크]	—	13646	事故數/變壓器施設合數	—	$6081 \times 10^{-6}$	
高 壓 配 電 線 設 備	高压配電線施設數 [回線]	14692	18057	对 全 国 比 [%]	66.1	66.0	
	電 柱 [基]	6877158	7791471		60.6	61.3	
	電 線 (延長)	裸 電 線 [km]	350969	336832		45.8	42.9
		絶 緣 電 線 [km]	191865	297837		94.0	84.7
	柱 上	變 壓 器 [合]	1793340	2243693		59.0	58.2
	開閉器	油入開閉器 [合]	220738	162406			59.4
		氣中開閉器 [合]	32201	73686		63.2	43.6
		真空開閉器 [合]	14205	65086			98.9
	避雷器	弁 抵 抗 形 [個]	703735	1021563			60.3
		P 型 豆 形 [個]	230384	426975		67.6	65.2
放 出 形 [個]		19822	20484			67.4	

(주) 커트아웃被害數에는 B社分 포함않고 高壓弁우즈被害數에는 A社分을 포함않는다.

〈표 2〉 避雷器의 被害와 避雷器 設置柱에서의 被害件數

被害機器 形別	年 度	避 雷 器 破 損					避 雷 器  및 機 器 的 破 損					機 器 的 破 損 된 件 數				
		68	69	70	71	計	68	69	70	71	計	68	69	70	71	計
P 型 豆 形		6	13	15	42	76	2	3	10	12	27	16	9	19	35	79
弁 抵 抗		10	5	1	9	25		1	3	2	6	73	27	17	13	130
放 出 形		4	1		5	10	10	1		1	2	4	3	2	1	10
不 明		2	3	3		8				1	1	4	12	23	50	89
計 (A)		22	22	19	56	119	2	5	13	16	36	97	51	61	99	308
參 考	年度末避雷器施設數 (千個) B	781.8	985.6	1201.5	1441.0	—	781.8	985.6	1201.5	1445.0	—	781.8	981.6	1201.5	1441.0	—
	避雷器 1,000個當의 不良 (A/B)	0.03	0.02	0.02	0.04	—	0	0.01	0.01	0.01	—	0.12	0.05	0.05	0.07	

이 時間이 길어지면 線路가 接地事故를 일으키는 것과 같은 條件이 되어 他機器에의 被害가 擴大된다. 專門用語를 써서 避雷器의 性能을 말하면 放

電開始 電壓이 安定될 것. 放電電壓—時間特性 (V-t 特性이라 한다)이 正確할 것. 放電耐量이 充分할 것. 積流遮斷能力이 있을 것 등이다.

〈다음호에 계속〉