

配電技術에 있어서 알루미늄의 特性

朴 元 根*

1. 알루미늄의 變遷

銅, 鐵을 비롯하여 많은 金屬은 紀元前 5,000~3,000 年부터 發見되어 人類가 利用하고 있었다. 이것에 比해서 알루미늄은 發見되어서 150 余年, 工業生産을 開始해서 60 余年을 보다보면 年少한 金屬이다. 그러나 20 世紀에 들어와서 尙부실 程度의 發展을 나타내고 있다.

初期에 行어졌던 알루미늄需要는 自動車工業, 電氣工業에 있어서 主要材料로 利用되는 것이 兪었으며 自動車製造工業은 알루미늄과 거의 同時에 19 世紀末부터 發見해서 需要가 增加하였다. 電線에의 利用도 當初부터 試用되었으나 1907 年 銅 時價가 騰貴하므로서 代用品으로 알루미늄의 實用化되었으며 1908 年 ALCOA 의 技師인 Wihham Hoopes 氏에 依해 ACSR 線이 考案되어 超高張力鋁鋼電線으로 使用하게 되었다. 이와같이 해서 1913 년에는 世界의 알루미늄消費量이 67,000 M/T 에 達했으며 實用金屬으로 頭角을 나타내기 始作했다.

1914 年 第一次世界大戰의 勃發과 더불어 軍需用品으로

利用이 增加했으며 持히 1909 年 獨人 Alfred Wilm 氏가 發明한 Duralumin 은 航空機 및 自動車用材料로서 軍需用品의 重要性을 가지게 되었다. 1918 년에는 알루미늄消費量은 196,000 M/T 이며 그 90%가 軍需用品으로 使用되었다.

또 第二次世界大戰과 더불어 航空機 其他 軍需用品의 需要增大로 1943 年에 알루미늄消費量은 1,680,000 M/T 을 넘었으며 第二次大戰後에는 航空機工業에 利用되는 材料組立, 設計加工, 技術의 應用으로 부터 輕合金材料의 進歩, 溶接, 및 表面處理 其他施工技術의 發達에 依해서 建築, 鐵道車輛, 機械工業, 包裝, 其他의 廣汎한 分野에 用途가 開拓되었다. 그리하여 1950 년에는 用途도 4,000 種 以上으로 消費量이 1,580,000 M/T 이었으며 1959 년에는 4,000,000 M/T 으로 增加했으며 用途도 20,000 種 以上에 達하였다. 以上과 같은 消費量中에서 戰後 電氣用 消費量은 14%를 넘고 있으며 主要 非鐵金屬의 消費量과 電氣産業에 依한 알루미늄消費量은 表 1, 2 와 같다.

表 1. 主要 非鐵金屬의 消費量

(單位: 1,000 M/T)

金屬別	알루미늄		銅		亞鉛		鉛		錫	
	消費量	指數	消費量	指數	消費量	指數	消費量	指數	消費量	指數
1951~55	2,358.8	1	2,749.4	1	2,259.5	1	1,971.2	1	155.5	1
1956	3,223.8	1.34	3,183.5	1.16	2,619.0	1.16	2,245.8	1.14	181.4	1.17
1957	2,986.0	1.27	3,283.8	1.19	2,641.3	1.17	2,286.5	1.16	177.0	1.14
1958	3,166.0	1.34	3,364.9	1.22	2,705.3	1.20	2,305.4	1.17	170.6	1.10
1959	3,988.6	1.69	3,590.0	1.31	2,880.6	1.27	2,378.3	1.21	184.5	1.19

表 2. 電氣産業에 依한 알루미늄 消費量 (1961年)

(單位: M/T)

國 別	消費量	國 別	消費量	國 別	消費量
澳 地 利	8,322	佛 蘭 西	27,020	西 瑞 士	6,485
白 土 其	3,628	西 獨 逸	60,100	英 國	33,800
키 나 다	23,700	伊 太 利	10,700	美 國	252,600
늘 약 이	4,100	和 蘭	3,500	日 本	※ 15,090

(註) ※: 1960 年의 電線出荷實績임.

*韓國 케이블 工業株式會社 企劃課

以上과 같은 알루미늄의 需要가 急増한데 따라 알루미늄의 生産推移와 價格推移를 보면 表 3, 4, 5와 같으며 表 5에서와 같이 알루미늄은 銅에 比하여 價格이 相當히 安定되어 있으며 安價이다. 우리 나라의 알루미늄生産은 現在까지의 産業狀態로서 特別 電力의 不足 및 料金の

高價로서는 莫大히 所要되는 電力 (20,000 kWh/ton) 이 알루미늄製鍊에 너무나 非經濟的이어서 아직 알루미늄生産 實績이 없으며 알루미늄 地金 및 半製品을 輸入 加工하고 있다.

表 3. 世界의 알루미늄生産 (1954~1960年)

(位單: 1,000 M/T)

年度別 國別	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
美國	1,315.0	1,420.4	1,523.1	1,494.8	1,420.2	1,771.7	1,813.1
캐나다	508.9	551.3	562.7	505.4	579.1	543.7	685.2
南美洲	1.5	1.7	6.3	8.9	8.7	15.2	19.8
歐洲	492.6	543.8	611.8	640.5	658.4	724.6	854.6
阿拉伯	—	—	—	7.6	31.9	42.3	43.6
東亞(印度)	—	1.3	9.3	10.8	11.1	13.1	11.9
台灣	5.0	7.3	6.6	7.9	8.4	17.4	18.1
日本	7.1	7.2	8.8	8.2	8.2	6.7	8.2
自由世界合計	53.1	57.5	66.0	68.0	84.6	100.1	132.2
共產圈諸國	2,393.1	2,590.5	2,794.6	2,752.1	2,810.6	3,234.8	3,586.7
	427.3	514.2	548.0	646.0	740.5	853.9	1,005.6
世界總計	2,820.4	3,104.7	3,342.6	3,398.1	3,551.1	4,088.7	4,592.3

表 4. 主要國의 알루미늄 地金 價格 推移

(單位: c/lb)

年度別 國別	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
美國	19.00	20.00	21.50	22.20	24.40	25.93	27.52	26.89	26.91	27.05
캐나다	17.34	18.36	19.38	19.38	21.33	23.43	25.41	23.60	21.25	24.45
英國	15.50	20.75	18.75	19.50	21.26	23.55	24.63	23.03	22.56	23.25
佛國	24.39	23.68	23.68	22.87	22.92	22.92	23.48	22.49	20.96	21.53
西獨	23.54	24.95	24.08	24.12	24.03	24.07	25.22	24.35	23.59	23.43
諾威	14.92	17.50	17.50	17.50	19.52	20.57	24.97	23.03	22.56	23.25
西瑞	24.37	26.49	24.37	24.37	24.37	24.53	26.47	26.47	26.44	26.14
伊太	22.85	26.13	26.49	26.49	27.22	27.37	29.03	28.22	27.95	28.30
日本	28.25	29.80	29.60	27.62	26.60	26.87	27.74	27.74	27.74	27.74

表 5. 主要金屬의 價格指數

金屬別 年度別	알루미늄	電氣銅	亞鉛	鉛	錫
1900	100 (¢ 32.72)	100 (¢ 16.19)	100 (¢ 4.39)	100 (¢ 4.37)	100 (¢ 29.90)
1905	107	91	130	108	104
1910	68	79	122	102	114
1915	104	106	300	107	129
1920	65	108	174	182	164
1925	83	87	173	206	193
1930	72	80	104	126	106

金屬別 年度別	알미늄	電氣鋼	亞鉛	鉛	錫
1935	63	53	100	93	170
1940	57	70	144	119	166
1945	49	73	188	149	174
1950	54	131	316	304	319
1955	72	232	280	346	316
1956	73	259	320	365	339
1957	78	185	272	334	322
1958	76	161	247	276	318
1959	82	193	261	279	341
1960	83	203	295	275	335

(註) 美 New York market

이와 같은 알루미늄의 需要增加에 따라 電氣部門에서 引起되는 問題點과 經濟性에 對해 檢討하겠으며 參考로

國內 主要金屬 輸入實績 및 銅 生産量을 調査하여 보면 表 6, 7 과 같다.

表 6. 主要金屬輸入實績

(單位: M/T, 1,000弗)

金屬別 年度別	알미늄		亞鉛			錫	
	數	金額	數	金額	數	金額	
1960	3,471	1,835	2,306	701	139	331	
1961	3,471	1,766	4,712	1,056	164	344	
1962	11,804	4,444	5,017	1,255	318	660	
1963. 9. 까지	7,075	3,257	8,056	1,762	161	314	

(註) 韓銀 調査 月報에서

表 7. 國內銅生産計劃 및 實績

(單位: M/T)

年度別	1962	1963		1964	1965	1966
	實績	上半期實績	下半期計劃			
銅 生産量	2,215	1,265	1,151	2,566	3,600	3,600

(註) 商工部 鐵務局 金屬課 作成 (1963. 10. 22)

2. 알루미늄 導電材料의 諸特性

(a) 알루미늄 導電材料

一般적으로 알루미늄金屬中の 不純物이나 合金元素는 全部 導電率을 減少시키나 機械的強度를 增加시킨다. 例를 들면 燒鈍한 高純度の 알루미늄 (99.996% 以上)은 4.8 kg/mm² 程度의 最大 引張強度로서 64.94% (I.A.C.S. 國際燒鈍銅基準導電率)의 導電率을 나타내는 反面 1.2~2.2% Cu, 2.1~2.9% Mg, 5.1~6.1% Zn, 을 含有하는 合金은 59.0 kg/mm²의 引張強度로 30% (I.A.C.S.)의 導電率을 나타낸다.

이와 같이 機械的性質과 電氣的性質이 서로 反對의 關係를 가지고 있기 때문에 알루미늄金屬을 發展시키는데 難點이 많다. 卽 이것은 機械的強度도 좋으며 高導電率을 같이 兼備한 材料가 要望되는 것이다. 오늘날 供給되고 있는 알루미늄導電材料로서 널리 알려져 있는 것이 "E.C. Grade" (電氣用導體) 알루미늄이며 그 組成은 表 8 과 같다.

(b) 導電率

E.C. Grade 알루미늄은 商用硬銅線에 比해서 導電率이 2/3 程度 낮기 때문에 表 9에서 보는 바와 같이 等價電氣抵抗을 얻기 爲해서는 銅보다 斷面積을 크게 하지 않으면 않된다. 卽 架空電線의 境遇에는 硬銅線보다 59%

表 8. 電氣用 알루미늄의 組成

(Alcan 規格-1-2.1)

成分 範圍	Al	Fe	Si	T+V	其他元素	
					各各	合計
最大値	—	0.40	0.10	0.02	0.02	0.10
最小値	99.5	—	—	—	—	—

斷面을 크게 하여야 한다. 그러나 重量으로서는 約 52% 減少된다. 그러나 同一 電流容量을 바탕으로 해서 생각하면 알루미늄線은 熱의 發散面積이 銅보다 크기 때문에 實際로는 斷面積을 33% 程度 크게 하면 되고 重量으로서는 約 60%까지 減少된다. 알루미늄과 銅의 諸特性은 表9 와 같다.

表 9. 알루미늄과 銅의 諸特性

	金 同		알 미 늬 움			備 考
	商用硬銅線	軟 銅 線	高熱純度 (99.996%)	알 미 늬 움 線	Bus Bar 用 알 미 늬 움	
導 電 率 (%)	97	100	64.94	61	55	I.A.C.S
固 有 抵 抗 ($\mu\Omega/cm$)		1.724		2.8264		
抵 抗 溫 度 係 數 ($^{\circ}C$)		0.0039		0.00403		
密 度 ($kg/cm^3, 20^{\circ}C$)		8.892		2.703		
引 張 強 度 (kg/mm^2)	34.5~47	21.7	4.8	6.5~20.5	31	
熱 膨 脹 ($^{\circ}C \times 10^{-6}$)		17		23		
融 點 ($^{\circ}C$)		1083~1150		600~660		
比 熱 (100 C 에서의 cal/g當)		0.0920		0.2297		
潛 熱 (cal/g 當)		50.6		93.0		
空 中 等 價 抵 抗 對 於 比	斷 面 的 直 徑 重 量	1 1 1	0.97 0.985 0.96	1.59 1.26 0.48		
空 中 等 價 電 流 的 溫 度 上 昇 對 於 比	斷 面 積 直 徑 重 量	1 1 1	0.97 0.985 0.96	1.33 1.15 0.405		

(c) 密 度

알루미늄의 密度는 銅의 1/3 以下이므로 表9에서 보는 바와같이 等價抵抗을 얻기 위해서 斷面積을 늘여도 重量에서는 半 以上 節減된다.

(1) 알루미늄線은 輕量이기 때문에 架設時 銅線의 架設 可能 길이 보다 2 倍의 길이를 架設할 수 있을뿐더러 柱上에서의 弛度作業 等 張線作業이 便利하다.

그러나 알루미늄線은 直徑이 크기때문에 電線의 흔들림이 銅線보다 크므로 若干의 電力會社에서는 約 20% 水 平 方 向 的 線 間 隔 을 餘 分 으로 取하고있다. (實際에는 알루미늄線의 弛度는 正確한 標準架線張力設計에서는 銅보다 적은가 같은 程度이다)

(2) 알루미늄은 작은 길이의 製造에는 銅의 半 以下의 重量으로 되며 適當 알루미늄의 價格도 銅보다 싸기때문에 電氣的 等價의 알루미늄線을 使用하면 많은 cost의 節約이 된다. 卽 裸알루미늄線의 cost는 銅의 約 半이며 被覆 및 絕緣架空電線에 있어서도 35~15%의 cost 節減이 된다.

다.

英國에 있어서의 絕緣電力케이블의 製造 cost를 알루미늄과 銅을 比較하여보면 表10과 같으며 7~23% 銅보다 節約되고 있다.

(d) 引張強度

알루미늄線의 引張強度는 表9에서 보는바와 같이 E.C. Grade 알루미늄線이 硬銅線에 比해 約 45% 程度 이지만

表 10. 絕緣電力 케이블用 알루미늄과 銅의 比較

年 度 別	(A) 銅噸當磅	(B) 알루미늄噸當磅	(B)/(A) × 100	알루미늄導體를 使用하는 生産比率
1958	197	184	93	1 1/4 (%)
1960	245	186	76	5 1/4
1961	229	186	81	6 1/2
1962	234	180	77	7
1963	234	180	77	8

(註) BS 480에 準한 1.1kV 電力 케이블

電氣的等價의 알루미늄線의 斷面積은 銅보다 約 59% 커야하기때문에 實際의 引張荷重은 電氣的等價의 size 銅線의 72%에 該當한다.

① 架空用에 있어서는 市街地 等の 比較的 짧은 徑間(50 m 以下)의 送電負荷電流가 큰 線路에서는 引張強度보다 오히려 電氣抵抗이 적은것을 더 필요로 한다. 그런데 銅과 같은 程度의 弛度로서 架線한다면 平均溫度에서 銅보다 낮은 引張強度로서 可能하다.

② 農村이나 山間僻地에서와 같이 比較的 長徑間으로 負荷電流가 적은 곳에서는 引張強度가 큰 ACSR 線이나 Al clad 線을 使用한다.

(e) 熱膨脹

알루미늄의 熱膨脹은 銅보다 約 35% 크기때문에 特히 架線工事時 많은 注意를 하여야 한다.

① 알루미늄導體, 特히 짧은徑間에 있어서 알루미늄線은 弛度を 正確히 하여야한다. 萬一 夏季工事時에 弛度가 全然 없을 程度로 平坦하게 架線하면 冬季가 되어서 電線이 收縮하면 構造物이나 金具에 큰 應力이 걸리게 된다.

② 알루미늄 導體에 使用하는 bolt 型의 接續金具는 完全히 조이지 않으면 接續抵抗에 依한 溫度上昇과 導體自身의 溫度로서 熱膨脹이 無視할 수 없는 程度의 힘을 發生하기 때문에 設計에 充分한 考慮를 하여야한다.

(f) 融點, 比熱, 潛熱

알루미늄의 融點은 銅보다 훨씬 낮기때문에 arc 에 依한 溶融이 銅보다 빠를것 같으나 試驗이나 野外實驗에 依하면 架空配電線 및 bus bar 에 使用된 境遇 arc 에 對한 抵抗力이 銅과 同一程度 乃至 優秀하다는 報告도 있으며 이것은 即 比熱이나 潛熱이 銅보다 크기때문에 溶融熱량은 同一重量에 있어서 알루미늄側이 더 필요하다.

예를들면 等價電氣抵抗의 경우를 생각해보면 表 9 에서 보는바와 같이 알루미늄量은 銅의 48%에 該當하나 熱容量은 알루미늄側이 16% 크며 또 溶融도 크기때문에 溶融熱량은 거의 같다. 그러므로 融點에 對해서는 그렇게 問題되지 않는다.

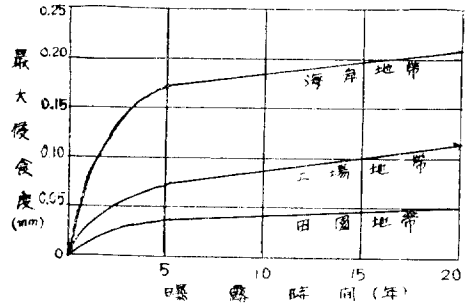
(g) 酸化被膜의 抵抗力과 安定性

化學的으로 알루미늄은 活性金屬이나 極히 얇은 被膜을 形成시켜 매우 安全한 金屬으로 된다. 이 被膜은 裸 알루미늄이 大氣와 接觸함과 同時에 形成하기 始作하여 約 2年間으로 安全한 形態로 된다. 이 被膜은

① 耐蝕性이 있다.

② 天然 또는 合成고무, PVC, PE, nylon 및 塗藥을 넣은 ceramic 油 等の 電氣絶緣材와 接觸해도 化學的 影響이 없다. 그러므로 이것은 銅에 있어서 錫鍍金과 같은 役割을 한다.

③ 絶緣油의 酸化물 高溫에서도 促進시키지 않으며 金屬비누를 막드는 現狀도 없다. 그러나 다만 알칼리에는 侵蝕을 當한다. 即 이것은 濕한 土壤이나 建築材料에 包含되어 있다.



第1圖 各種 環境에서의 알루미늄侵蝕

海岸地帶, 工場地帶 및 田園地帶에 架設한 알루미늄線의 侵蝕度는 第1圖과 같으며 이 그림에서 보는바와 같이 自由히 電氣의 流通이 있는 大氣中에서는 侵蝕의 自己停止作用이 있는것을 알 수 있다. 1年이 지나면 侵蝕速度가 相當히 減少하며 20年을 지나도 侵蝕度는 初期의 2~3 倍에 不過하다.

世界 各地에서 行한 侵蝕試驗에 依하면 알루미늄導體는 大氣中에서 耐蝕性이 높으며 工場地帶에서나 海岸地帶에서도 銅과 同一乃至 優秀性이 있음을 明示하고 있다. 美國의 非鐵金屬과 合金의 腐蝕에 關해서 ASTM 委員會에서는 20年間 同試驗의 data를 發表하고 있으며 그 結果로서 다음 事項이 判明되어 있다.

① 耐蝕性이 좋다 特히 腐蝕性 gas 에 對해서도 豫想外로 耐蝕性이 있다.

② 室溫에서 普通狀態로 두어 20年을 지나도 引張強度에 減少가 없다.

③ 使用地域(工場地帶, 海岸地帶 및 田園地帶別)에 따라서 壽命이 다르다.

④ 覆銅線이 使用可能한 곳이면 알루미늄線도 可하다.

다음에 酸化被膜의 第2의 長點으로는 電氣의 絶緣性을 가지고 있으며 이 特性을 利用해서 特殊한 電氣의 應用面의 最適性質을 얻기 위해서 人工的으로 酸化被膜을 더 두껍게 形成시킨 anodizing (알루미늄 酸化物로 絶緣한) 알루미늄線을 生産하고 있다.

以上과 같은 點으로 알루미늄線은

① 工業地帶와 海岸地帶에는 알루미늄線이 比較的 壽命이 길다.

② 알루미늄은 表面酸化被膜이 周圍土壤에 電流分布를 妨害하기 때문에 接地棒이나 counterpoise 로서는 不適當하다.

③ 엘미늄導體와 電氣의接點에 있어서는 接觸面의 酸化膜을 wire brush로 除去하던지 또는 接續 compound에 導電金屬 粉末 (grit)을 混合해서 壓縮하면 酸化膜이 破裂되어서 部分的으로 除去하던지 해서 接觸抵抗이 될 수 있는데로 적게 하여야 하며 이 作業中에는 酸化被膜이 除去된 곳을 다시 酸化하지 않게 適當한 接續 compound로 接續面을 cover 하여야 한다.

(h) 電氣化學的作用

엘미늄은 電氣化學의 電位列에서는 銅보다 + (plus)이기 때문에 電解質이 있는곳에서 兩者가 接續하고 있으면 兩者間에 電解腐蝕作用이 일어난다. 이와같은 接續에 있어서 陽極으로서 作用하는 엘미늄은 galvanic (電氣化學的) 電流에 比例해서 消耗된다. 이때문에 異種金屬을 接續할 境遇 다음과 같은 點에 注意하여야 한다.

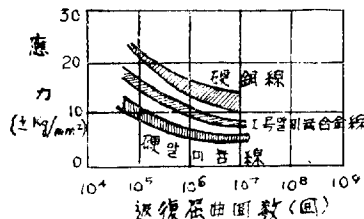
① 接續部에는 接續 compound를 塗布하던지 또는 compound를 含有한 金具를 使用하고 다시 tape를 감아서 乾燥狀態로 保持한다. 그 理由는 그사이에 電解液이 없으므로 電解腐蝕이 일어나지 않는다. 電線은 直接接觸 시키지 않고 中間介在金屬體를 넣는다.

② 엘미늄과 銅 接續部에는 陽極側 (엘미늄)의 質量容積은 陰極側 (銅)에 比해서 크게하여 엘미늄接觸面 위의 galvanic 電流密度를 制限하도록 한다.

③ 溶液中의 銅의 腐蝕生成物은 엘미늄의 生成物보다 低抵抗의 電解液으로 되기때문에 엘미늄과 銅을 겹쳐서 接續할 때에는 엘미늄側을 銅의 위에 겹치도록 하여야 한다.

(i) 疲勞의 세기

銅이나 其他 非鐵金屬과 같이 엘미늄 및 그 合金(엘미늄-마그네슘 合金은 除外)은 明確한 極의 疲勞限을 나타내지 않는다. 따라서 一定한 應力の 返復屈曲에 依한 試驗으로 性能을 比較하여야 한다. 第2圖는 2.0~5.0 mm 範圍의 銅線 엘미늄線에 있어서 屈曲應力과 破壞까지의 屈曲回數의 關係를 나타내는 것이다. 第2圖에서 振動疲勞限度를 求하면 表11과 같다.



第2圖 銅線과 엘미늄線의 屈曲疲勞曲線

엘미늄線은 銅線의 被勞限度보다 相當히 낮지만 引張強度에 對한 比(%)는 언제나 銅線보다 큰것을 알수가 있다. 即 엘미늄線은 銅線보다 耐疲勞限度가 높다는것을

나타낸다.

예를들면 特高壓線路에 使用되고있는 ACSR線은 長徑間을 周圍의 環境上 큰 張力으로 架設되는 일이 매우 많기때문에 一般的으로 銅보다 큰 疲勞應力으로 架設될 때가 많다. 이때문에 振動 damper 나 armor-rod와 같은 防振裝置가 엘미늄架空線의 경우(銅보다 많다)도 使用되고 있다. 이것은 오히려 엘미늄線이 銅線보다 耐張力이나 振動에 對해서 나쁜것 같이 誤認될 수도 있다.

그런데 銅線에도 바람이던가 어떤條件에 依하여 共鳴振動이 일어날 수 있는 경우는 이와같은 保護裝置가 必要하다.

表 11. 屈曲疲勞限度와 引張強度의 關係

種 類	① 勞限度 引(±kg/ mm²)	② 破張強 度(kg/ mm²)	③ 疲勞限 度/ 引張強度	④ × 安全 率
硬 銅 線	11.5	43.6	0.26	0.57
1號엘미늄合金線	9.0	31.5	0.29	0.71
硬 엘 미 늄 線	6.4	16.5	0.39	0.97

(註) ①安全率은 硬銅線 2.2, 엘미늄 2.5

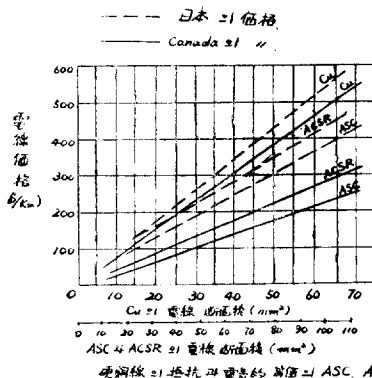
②直徑 3.2 mm의 경우.

3. 엘미늄線의 經濟性

世界的인 傾向으로서 엘미늄의 價格變動은 表 4.에서 보는바와 같이 銅에 比해서 安價이며 또 長年을 두고 安定하고 있으므로 使用計劃도 安心하고 새출수가 있다.

(a) 美國과 日本에 있어서의 엘미늄線 價格

第3圖는 캐나다와 日本의 銅, 硬엘미늄線 및 ACSR線의 價格圖表이며 硬엘미늄線과 ACSR線에 있어서는 캐나다價格이 훨씬 싸다. 그래서 日本 東京電力에서도 캐나다와 같은價格으로 實施할 수 있다면 適用限界 size는 19 mm² 以上에 있어서는 銅보다 有利하다는 것이다.



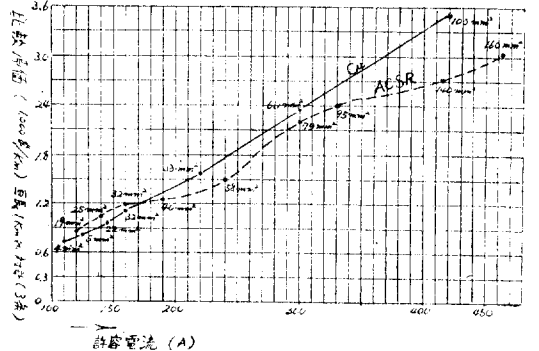
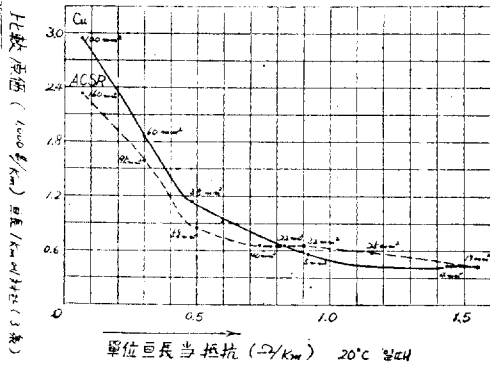
第3圖 銅, 硬Al線 및 ACSR線의 價格比較

(b) 日本 東京電力에서의 銅線과 ACSR 線의 經濟比較檢討한것을 보면 다음과 같은 結果를 나타내고 있다.

① 配電線路의 選定은 電壓降下에 依한 制約과 許容電流에 依한 限定이 있다. 前者는 亘長이 긴 地方線路, 後者는 亘長에 比해 配電容量이 큰 都市配電線路가 거기에 該當한다. 여기서 高壓配電線에 一般的으로 使用되는 5~100 mm²의 裸硬銅線과 等價의 ACSR 線의 現在價格으로 換算한 比較는 第4圖와 같다.

② 그런데 現在價格의 換算值 內譯은 設備費, 維持費 및 電力損失費이다. 經濟比較는 電壓降下를 同一하게 했을 경우 (設備費, 維持費의 和) 및 許容電流를 同一하게 했을 경우 (設備費, 維持費 및 電力損失費의 和)에 對해서 比較하였다.

③ 適用限界의 size에 따라 表示하면 表12와 같으며 어느 경우나 ACSR 는 32 mm² 以上이 그 限界點으로 되어 있다.



(a) 電壓降下를 同一하게 했을 때

(b) 許容電流를 同一하게 했을 때

第 4 圖

表 12. ACSR 과 裸硬銅線의 經濟的 有利한 Size 限界

比較條件	ACSR의 工事工量을 銅線의 20% 增加시켰을 경우	ACSR의 工事工量을 銅線과 同一하게 했을 경우
電壓降下를 同一하게 했을 경우	電氣抵抗이 硬銅線 22 mm ² 相當 以上의 size (ACSR 40 mm ² 以上)	電氣抵抗이 硬銅線 22 mm ² 相當 以上의 size (ACSR 40 mm ² 以上)
許容電流를 同一하게 했을 경우	許容電流가 硬銅線 22~38 mm ² 相當 以上의 size (ACSR 40 mm ² 以上)	許容電流가 硬銅線 22 mm ² 相當 以上의 size (ACSR 32 mm ² 以上)

4. 國內에 있어서의 엘미늄線

엘미늄線이 電線材料로서 使用하기 始作한것은 1908年 ACSR의 開發을 始點으로 하였으며 國內에 있어서는 1923年 當時의 京城電氣株式會社에 依하여 建設된 中台里~서울間의 66 kV 級 特高壓送電線(亘長 166.9 km)이 始初로 그後 發電量의 急増과 더불어 1932年 66 kV 345 km, 110 kV 188 km에 達하는 送電線路를 가지게 되었다. 1937年에는 當時의 朝鮮送電株式會社에 依하여 完成된 長津江~平壤間 200 km, 서울~平壤間 200 km의 145 kV 級 特高壓送電線路 등의 發達過程으로 오늘에 이르렀다.

國內 送配電線 施設(南韓에 限함)을 보면 表 13, 14와

같으며 엘미늄線의 使用狀況은 154 kV 級에는 거의 100% ACSR이며, 66~22 kV 級에서는 不過 10% 內外이다.

配電線路에 있어서는 使用電壓이 3.3 kV 이나 앞으로는 線路損失을 줄이기 爲하여 6.6 kV로 昇壓計劃인듯 하며 現在까지는 全量硬銅線을 使用하고 있으나 요사이 韓電 當局者도 엘미늄의 特性과 經濟性에 特히 많은 興味를 가지고 여기에 對한 調查研究가 매우 活潑히 되고있는 듯하다. 國內의 엘미늄線 製造施設을 살펴보면 아직 生産實績이 없을뿐 아니라 여기에 對한 技術도 薄弱하다. 엘미늄은 銅에 比해서 매우 柔軟 하기때문에 特히 表面處理에 힘이다. 다시말하면 表面에 힘이 나기 쉬우며 電線表面에 힘이 많으면 特高壓線路에 있어서는 corona 損이 크다. 그러므로 이것을 없애기 爲하여 伸線機도

表 13. 國 內 送 電 線 路

(1962年 12月 31日 現在)

電 壓 別 所 有 別	154 kV		66 kV		22 kV		合 計	
	直長(m)	延長(m)	直長(m)	延長(m)	直長(m)	延長(m)	直長(m)	延長(m)
社 有	609,920	3,487,402	1,302,043	5,372,261	2,357,496	7,364,525	4,269,459	16,224,189
國 有	—	—	734,762	2,229,306	402,447	1,225,222	1,137,209	3,454,528
合 計	(112,400) 609,920	3,487,402	(235,926) 2,036,805	7,601,569	(2,000) 2,759,943	8,589,747	(350,326) 5,406,668	19,678,716
主 使 用 電 線 規 格	ACSR 61/2.69 mm		硬銅線 7/2.6 mm		硬銅線 7/2.0 mm			
엘미늄線使用程度	約 100 %		約 10 %		約 10 %			

(註) 電力年鑑 1963年版에서, 괄호內 數字는 1963年 計劃임.

表 14. 國 內 配 電 線 路

(1962年 12月 31日 現在)

使用電壓	主 使 用 電 線 規 格	線 路 長		備 考
		直 長 (m)	延 長 (m)	
3.2 kV	硬 銅 線 22~38 mm ²	10,324,142	38,478,451	3.3 kV 에의 6.6 kV 昇壓計劃

(註) 電力年鑑 1963年版에서

slip 型을 쓰지않으며 伸線中 最少한 한번 以上の shaving 과 二個所 以上에서 fault detecting 하여 힘을 事前 檢出하여 處理하며 撚線時에도 pulling capstan 을 single capstan 으로 하지않고 caterpillar 型이든지 grooved double capstan 을 使用하고 있다. 그래서 現在의 國內施設로서는 製造는 可能하나 滿足할 수 있는 엘미늄線의 製造는 期待할 수 없다. 그러므로 電線製造 業者도 이點에 留意하여 國內 엘미늄線 發展에 寄與하 기 바란다.

여기서 參考로 日本 東京電力의 엘미늄線의 試用結果 를 살펴보면 表 15, 16 과 같으며 銅線, 엘미늄線의 接續 個所의 事故는 各各 高壓側 14%, 低壓側 66.9%이다. 그런데 適切한 接續材料를 使用하면 未然防止가 可能하다. 다시 말하면 이것은 正確한 工事基準에 依해 施工하고 適切한 材料를 使用하면 何等의 問題가 일어나지 않는다는 것이다.

5. 總 論

送電材料로서 銅과 代替하여 엘미늄이 相當한 發展을 보이고있다. 그러나 電氣機器部門에 있어서는 아직 技術上의 問題點으로 銅에 미치지 못하고 있다. 예를 들면 電動機, 變壓器 等の 捲線으로 銅이 斷然 傳統의인 자리를 차지하고 있다. 왜냐하면 設計에 있어서 오래동안의 研究를 거듭하여 많은 進歩를 하고 있기때문이다. 그런

表 15. 엘미늄配電線의 施設狀況

(1963年 6月 30日 現在)

		高 壓 (km)	低 壓 (km)	引 込 (km)	計 (km)
A C S R	10 mm ²	97.1	0.3	—	97.4
	55 mm ²	2.0	—	—	2.0
A A S C 와 A S C	2.6 mm	—	2.8	—	2.8
	3.2 mm	—	9.9	0.7	10.6
	4.0 mm	—	5.8	0.4	6.2
	5.0 mm	—	0.4	—	0.4
	14 mm ²	—	0.6	—	0.6
	22 mm ²	2.4	10.9	—	13.3
	38 mm ²	248.6	0.8	—	249.4
	50 mm ²	12.6	—	—	12.6
	60 mm ²	0.3	—	—	0.3
	70 mm ²	13.0	—	—	13.0
100 mm ²	52.0	—	—	52.0	
150 mm ²	8.8	—	—	8.8	
合 計	436.8	31.5	1.1	469.4	

데 엘미늄도 이와같은 目的으로 使用되었었다면 斬新한 設計와 經濟性에 있어서도 優秀한 많은 進展이 있었을 것이다. 그리고 萬一 捲線이 150~200°C 以上の 溫度에서 使用하지 않으면 안될 경우에는 耐酸化性이 좋은 엘미늄을 使用하는것이 좋을 것이다.

表 16. 事故原因의 調査結果

(a) 高壓線 事故		(1962年 3月 末日 現在)	
事 故	內 容	件 數 (件)	百 分 率 (%)
樹木倒壞 또는 接觸		12	24
알루미늄과 銅과의 接觸點 腐蝕		12	24
弛度가 크기 때문에 強風에 線間 接觸 混線		11	22
強風에 電柱 折損에 依한 斷線		1	2
積雪에 依한 斷線		3	6
옛 短絡 형에 依한 素線 劣化		2	4
너무 닳아서 素線의 解燃, 低壓線 또는 添加 電話線에 接觸		3	6
自動車 衝突		2	4
他物이 날라와서의 斷線		1	2
火災에 依한 斷線		1	2
盜難 未遂		1	2
腕木의 비틀림, 懸垂線이 本線과 接觸短絡		1	2
合 計		50	100

(b) 低壓線과 引込線 事故

事 故	內 容	件 數 (件)	百 分 率 (%)
알루미늄과 銅의 接觸 個所의 斷線		10	66.7
알루미늄 本線과 銅과의 接觸個所腐蝕		2	13.3
低壓 알루미늄과 線込銅과의 接觸個所의 斷線		3	20
合 計		15	100

電線部門에 있어서의 알루미늄의 位置는 뚜렷하다. 過去에 있어서는 電線接觸에 技術上의 未備點이 많아 알루미늄 線 使用이 오히려 減少하는 傾向이었으나 오늘날에 와서는 接觸 accessories, 架線 accessories 및 其他 必要工具가 改善되었으며 특히 配電線用으로 ACSR 과 ACSR 의 full tension joint 및 引留用으로 one piece 壓縮 sleeve 방식이 開發되는 한편 電氣的, 機械的으로 能率이 좋은 jointing compound 의 開發에 依해서 接觸이 매우 容易하게 되어서 現在 先進 外國에서는 架空配電線의 新設은 거의 알루미늄線을 使用하고 있다.

國內에서도 알루미늄의 諸特性을 充分히 理解하여 電氣部分의 利用을 높이지 않으면 안된다. 왜냐하면 알루미늄은 國內 生産이 없지마는 銅도 國內生産量으로는 需要에 不足하므로 輸入이 不可避하다. 이것을 알루미늄으로 代置할수 있다면 國內 經濟發展에 많은 도움이 될 것으로 알며 關係 各界의 相互協力으로 알루미늄配電線의 今後 發

展을 비러 마지 않는다.

參 考 文 獻

- (1) Aluminium Overhead Conductor, Alcan Asia Limit.
- (2) OHM 誌, 1963, 10月號, pp. 56.
- (3) 電線時報; 1964年 2月號, 日本 電線工業會編, pp. 23.
- (4) 알루미늄의 知識; 藤井清隆著, 日本 鐵新聞社編, pp. 3, 22~30, 536.
- (5) 電力年鑑; 1963年版, 韓國電力株式會社, pp. 159, 171.
- (6) 韓銀調查月報; 1963年 12月號, pp. 65. 韓國銀行編.

(1964年 3月 21日 接受)