

# 日本の送變電設備와 技術開發

李 斗 鉉  
(韓國電力(株) 送變電電部長)

〈中部電力東部變電所 500KV GCB〉

今年 3 月末 約 2 週間に 걸쳐 筆者는 日本電力界와 機器製作所의 研究試驗機關을 돌아볼 機會를 가졌던바, 그곳에서의 見聞을 簡單히 要約하여 本稿에 紹介하고자 한다.

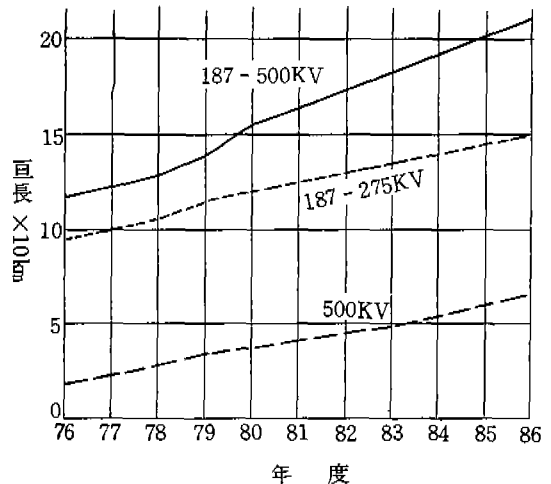
이와 같은 送電設備擴張은 電源開發 및 需要增加에 따른 擴張要因에 依한 것 以外에도 信賴度向上, 環境保安對策 및 系統改善 등의 改善要因으로 이루어지고 있는데, 供給信賴度 向上을 爲하여 送電線의 2 回線化, 2 루트化, 變壓器의

## 1. 送電設備概要 및 建設事例

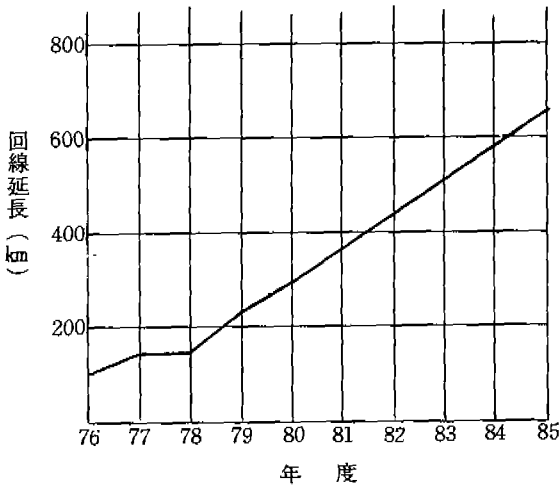
日本の 過去 約 10 年の 經濟成長率은 平均 約 5%이며 電力의 對 GNP 彈性値는 約 1.1~1.2 程度로서, 電力需要增加率은 6%로 增加하여 오고 있다. 日本은 이에 合當한 發電設備와 電力輸送設備를 增強하여 오고 있는 바, 人口의 都市集中化는 繼續되고 電源의 遠隔化에 따라 [第 1 圖]와 같이 高電壓 大容量의 送電線 建設推移를 보이고 있다.

또한 都市化地域에 있어서는 環境用地問題가 어렵게 되고 있어, [第 2 圖]와 같이 超高壓地中線이 增加하고 있는 形便이다.

[第 1 圖] 187KV以上 送電設備 推移



〔第2圖〕東系圈의 275KV以上 地中線



多相크化, 事故復舊操作의 自動化를 推進하여 中部電力의 境遇 需用家當 停電 回數를 0.7(回/年), 停電時間을 120(分/年) 程度로 維持하여 우리 나라의 約 1/10을 示顯하고 있다.

訪日中에 現場을 見學한 東京電力의 500kv 新秩父-新瀨木送電線概要를 記述하여 日本送電線을 代辯토록 하고저 하는데, 本送電線은 東京 東北方의 原子力 및 火力發電所와 中部山岳地帶의 水力發電所를 連繫하는 126km의 首都의 外廓線으로서 日本最大規模인 810mm<sup>2</sup> 6導體로서 送電容量 回線當 1,000萬kw의 設計로 되어 昨年初에 竣工된 것이다. 그 설비의 내역은 다음과 같았다.

〈設備의 概要〉

電壓：50萬V 亘長：126.5 km

回線數：2回線

送電容量：1000萬kw(12.2KA)

電線：銅心耐熱 알루미늄 合熱線 810mm<sup>2</sup>×6導體(外徑 38.4mm, 單位重量 2.7kg/m) 500mm 正 6角配置

架空地線：알루미늄 被銅熱線 160mm<sup>2</sup> 2條(外徑 21.0mm, 單位重量 1.24kg/m)

支持物：中空鋼管鐵塔 274基(懸垂型 110基, 耐張型 164基) 線幅：19m

地上高：標準-27m(將來宅地他豫想地域-43m)

線工事費：530億圓, 工期：36個月

碍子：

〔表-1〕

種 類	一連個數	適 用
320mm B&S 懸垂碍子(33TON, 耐ARC型)	26個	標準使用
360mm B&S 懸垂碍子(42TON, 耐ARC型)	23個	重荷重懸垂個所
280mm B&S 懸垂碍子(21TON, 耐ARC型)	30個	Jumper 吊用

建設工事に 있어서 基礎는 標準型 以外에 Pile 抗打, Pile 繼梁基礎, Well 基礎, Rockancher 基礎, 河川敷基礎 등을 高루 使用하였고 鐵塔의 平均重量은 118ton 이고, 最大鐵塔은 124m, 207ton 으로서 資材運搬, 組立 및 架線工事에는 Helicopter 를 充分히 活用하였다.

架線은 Semiprefab 工法으로 緊線作業을 省力化하였다(本工事 施工記錄映畫를 韓電도 確保하고 있음).

2. 變電設備概要 및 建設事例

(가) 設備推移

需要增加와 信賴度確保를 爲하여 超高壓 大容量變電所 建設과 都市內의 配電用變電所를 繼續 建設하고 있는 바, 超高壓變電設備推移는 [第3圖]와 같으며 配電用變電所는 屋內化, 地下化의 採用과 設備의 Compact 化와 大規模化를 圖謀하며 아울러 騒音對策과 環境調和設計에 力點을 두고 있다.

中部電力의 變電所 標準規模는 아래表와 같다.

〔表-2〕

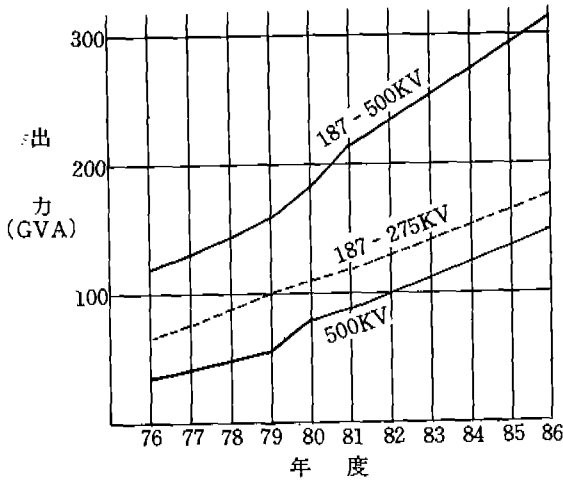
電 壓(KV)	UNIT容量 (MVA)	最終BANK 數
500/275	1,000(1,500)	4
275/154	450(300)	4
275/77	250(200)	4
275/33	200(150)	3~4
154/77	200(150)	3~4
154/33	150(100) 50(30)	3~4
77/6	20/26 10	2~3

[表-3]

全變電所數와의 比較

年 度	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
全變電所數	2531	2630	2751	2866	2995	3140	3267	3371	3466	3694	3833
GIS變壓所數	1	4	14	23	41	63	90	105	134	172	206
GIS s/s 比率	0.04	0.2	0.5	0.8	1.4	2.0	2.8	3.1	3.9	4.7	5.4

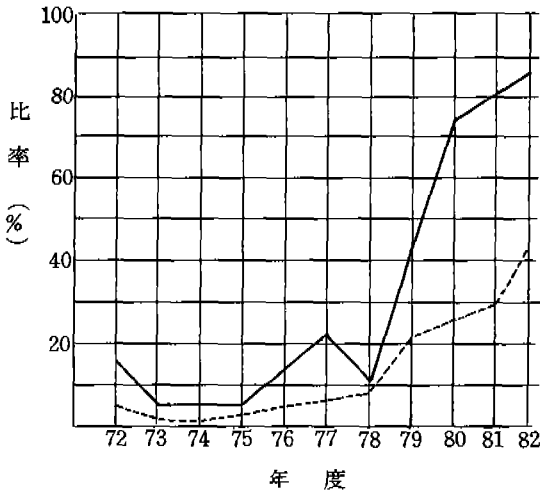
[第3圖] 187KV以上 變電設備推移



防災對策으로는 變壓器絶緣油의 構外流出防止 및 萬一의 火災時에 迅速히 消火하고 延燒를 防止하도록 配慮하고 있다.

變電設備의 大規模化와 Compact化에 따라 中部電力에서 新設하는 變電所의 GIS化 傾向을 보면 [第4圖]와 같이 急増하고 있는바 GIS의

[第4圖] 一次變電所의 GIS適用——  
二次變電所의 GIS適用……



[表-4] 電壓別 UNIT數

電 壓	66~77	110~154	187~275	500	計
送受電線	512	155	70	24	761
變壓器	269	77	31	17	394
避雷器	57	19	4	5	85
變成器	114	22	31	2	114
計	952	273	136	48	1409

[表-5] 電壓別 個所數

電 壓	66~77	110~154	187~275	500	計
屋 內	70	21	6	0	97
屋 外	56	30	16	7	109
計	126	51	22	7	206

信賴性 向上과 用地費, 敷地整地費의 上昇으로 招來되는 當然한 趨勢로서 우리 會社에서도 그와 類似한 推移로 GIS化하게 될 것으로 生覺된다. 日本의 GIS 使用實績은 위의 [表-3], [表-4], [表-5]와 같다.

### (나) 設備의 綜合自動화

電力系統의 擴大複雜化가 深化하여 이를 正確하게 運用하기 爲한 諸對策을 充實化할 必要가 漸高하고 있다. 이에 對處하여 電力設備의 集中化, 自動화를 推進하여 왔으나 發變電所의 個別 또는 小 Group의 自動화, 集中化는 곧 限界에 到達할 것으로 生覺된다.

이런 狀況으로 Computer 등의 新技術을 모아 새로운 觀點에서 全電力設備를 一貫性있게 監視制御하는 綜合自動화 計劃을 樹立着手하게 되었다.

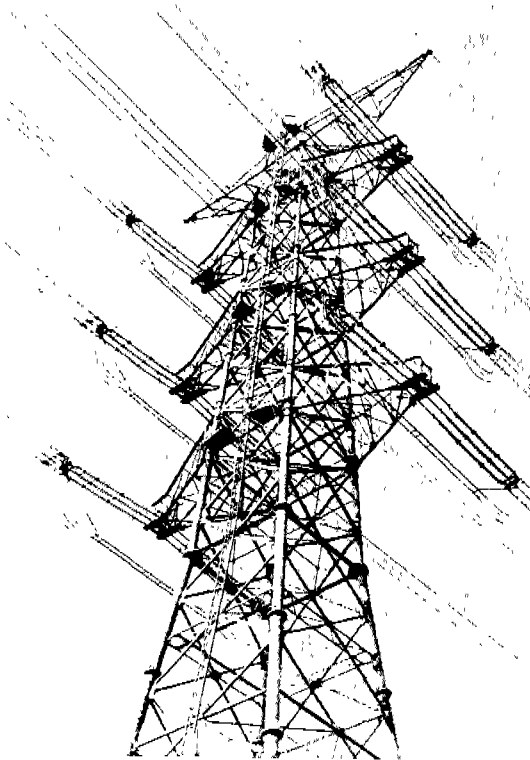
技術의 內容을 概觀하면,

(1) 各種技術의 綜合化: 最新電子計算機의 應用技術, 信號傳送技術, 遠方監視制御技術, 電力

系統의 運用技術 등을 效果的, 有機的으로 綜合化하는데 큰 特徵이 있다. 其他 새로이 開發 또는 製作하는 Hard-ware, Soft-ware 에는 다음과 같은 特徵이 있다.

(ㄱ) **Hard-ware** : Hard-ware 의 中心이 되는 것은 2重化된 制御用計算機이나 人間과의 Interface 에 今番 새로 開發된 高密度 Colour-brown 管을 驅使하여 모든 集中監視制御를 處理할 수 있고 發電所의 新增設에 對하여도 主로 Soft-ware 로 對處할 수 있는 劃期的인 構成으로 하였다. 其他 새로운 着想과 技術에 依한 縮少化한 系統表示盤, 遠方監視制御裝置와 計算機와의 綜合裝置 등을 開發하였다.

(ㄴ) **Soft-ware** : 大規模의 On-line 監視制御와 各種 情報處理를 爲하여 從來의 On-line 技術과 一般用計算機分野에서 發達한 Punch 處理技術을 結合體系化함으로써 새로운 Soft-ware 를 開發하고 Data 와 Program 을 分離하여 特히 電力系統에 特有한 多頻度の 變更에 對應할수 있는 Soft-ware 로 開發하고 있다.



〈東京電力 500KV 新秩父—新櫛木 送電線〉

本計劃 施行으로 (1) 平常時, 事故時의 操作등 定形的인 業務는 自動화하여 運轉員은 綜合的인 判斷業務에 專念함으로써 操作의 迅速正確을 期하여 停電時間의 減少와 需用家奉仕를 增進하게 되고, (2) 人員節減과 生産性向上에 貢獻하며, (3) 電力設備에 對한 計算機의 適用技術發達 設備運用의 近代化 및 勤務環境의 改善 등 많은 成果를 올리게 되었다.

이 變電所는 東京北部 埼玉縣의 需要增加에 따라 500kv 新秩父—新櫛木送電線 隣接地에 兀分岐引込하여 建設하는 것으로 低騒音變壓器採用, Hybid GIS 使用 및 植樹綠化로 周圍環境調和와 隣接河川의 水害防止, 用地內排水處理에 特殊設計로 建設되고 있었으며 工事概要는 다음과 같다.

- (1) 用地面積 : 約 20萬m<sup>2</sup>(約 6 萬坪)
- (2) 設備概要 :

〔表-6〕

	設 備 名 稱	規 模	
		今 日	最 終
主變壓器	(1) 500/275kV 1500GVA	2台	4台
	(2) 500/154kV 750GVA	2台	4台
送電線引込	(1) 500kV	4c'ct	4c'ct
	(2) 275kV	4c'ct	4c'ct
	(3) 154kV	6c'ct	10c'ct
建 物	(1) 運轉員室	1棟	1棟
	(2) 通信機械室	1棟	1棟
	(3) 保護裝置室	4棟	4棟

(3) 營業運轉 : 1981.5 및 1982.5

(4) 工程 :

造成工事	78. 3~78.10
基礎工事	78. 8~80. 9
機器設置工事	78.12~81. 9
建築工事	79. 4~80. 3
諸 試 驗	80. 8~82. 5

(5) 母線 :

方式—耐張 2 重

電線—TACSR 2020mm<sup>2</sup> 4 導(12KA)

(新秩父開閉所의 母線에는 20KA 가 所要되어 Al Pipe 500mm 를 使用함)

### 3. 系統의 大容量化와 新技術

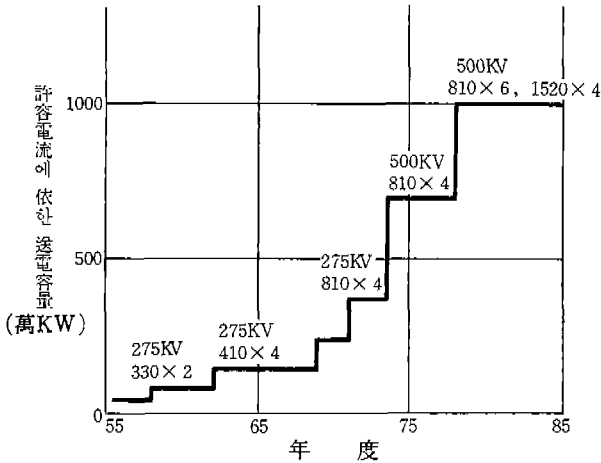
#### (가) 送電線의 大容量化

國土가 좁고 人口密度가 높은 나라에서 火力 或은 原子力發電所와 같이 50~100萬坪의 大單位의 用地를 確保하기는 더욱더 힘들어지고 있으며, 따라서 立地地點은 需要地에서 멀어지고 있는 傾向으로 從來 100km 程度에서 200~600 km 離隔된 立地選定이 不可避하게 되었고 그 規模의 大型化로 送電線의 長距離化, 大容量化를 招來하고 있다.

또 地域開發, 都市化의 進展에 따라 送電線, 變電所 등의 用地確保는 날로 困難해지고 있고 美觀, 安全面에서 이들 設備의 環境調和의 要請이 強해지고 있어 1個 送電線當의 送電容量 增加는 더욱더 절실히 要求되고 있다.

1回線當 送電容量의 傾向을 보면 [第5圖]와 같다.

[第5圖] 送電線 大容量化傾向

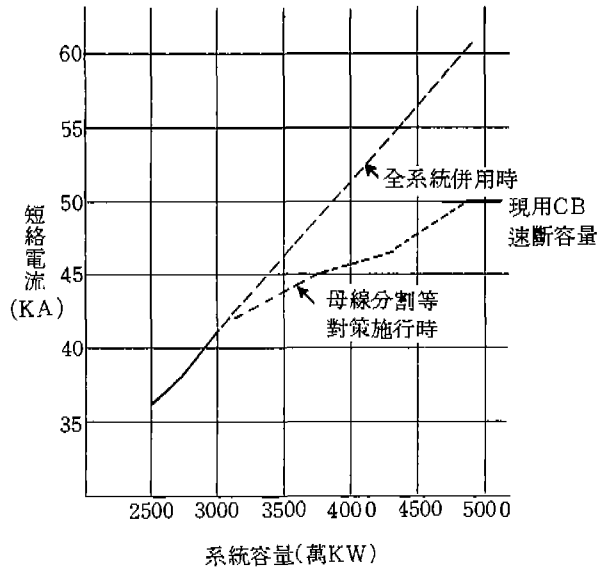


#### (나) 短絡容量의 增大

電力系統의 短絡容量은 系統規模의 擴張에 따라 每年 增加하고 있으나, 發電所 規模增大와 電源立地의 集中化로 점점 拍車를 加하고 있어 系統運用上 重要한 課題로 되었다.

우리 나라에서도 蔚山地區는 이미 이와 같은 現況에 놓여 있다. 即 短絡容量增加로 遮斷器 등의 直列機器의 容量不足, 通信線에의 誘導增加, 故障點에서 直列機器의 損害增加 등이 發生하게

[第6圖] 東京電力 500KV 系統短絡容量推移



된다.

東京電力의 境遇 [第6圖]와 같은 推移로 數年內에 다가올 系統規模 4,500萬kw 程度에서 現用遮斷器의 能力 50KA를 超過하게 될 것이다.

短絡容量 對策으로서는,

- (1) 變電所母線分割 등 系統構成變更
- (2) 變壓器 Reactance의 增加
- (3) 直列 Reactor의 採用
- (4) 大容量遮斷器의 開發
- (5) 超超高壓 등 上位電壓의 導入으로 系統分割
- (6) 直流送電技術의 開發에 依한 系統分割
- (7) 新規電源의 直流導入 등을 生覺한다.

이 가운데 (1)~(3)은 어디까지나 暫定, 局部的인 效果를 期待할 수밖에 없는 것이고, (4)는 遮斷器 以外의 機器強度, 通信誘導 등의 問題가 남아 있으며 結局 (5)~(7)의 3個案에 對한 早期開發이 要求된다 하겠다.

#### (다) 系統安定度の 低下

交流送電系統의 送電能力은 送電線의 許容電流에 依하여 定해지는 送電容量과 系統安定度面에서 定해지는 送電容量中 적은 쪽으로 制限된다. 從來 送電距離가 짧고 送電電力이 적을 때에는 許容電流로 容量이 決定되었으나 長距離

大規模送電線은 系統安定度에 依하여 制限되어 1000萬kw 電力送電에는 短距離인 新秩父—新櫛木送電線으로도 可能하나 約 600km 가 되면 約 6個 送電線이 必要하게 된다.

送電安定度 向上對策으로서는,

- (1) 發電機, 變壓器 등의 Reactance 低減
- (2) 直列 Condenser 의 設置
- (3) 制動抵抗의 採用
- (4) 速應勵磁, 高應答調速機의 採用
- (5) 高速度 Relay 方式, 高速度遮斷器의 採用

등을 生覺하고 있으나 根本的인 對策으로서는 直流送電技術 또는 送電線 Reactance 를 低減시켜 크게 安定度を 向上시킨 UHV 送電의 迅速한 技術開發에 期待하고 있다.

#### (라) 電壓安定性的의 低下

系統送電線의 長距離化, 大容量化에 따라 系統의 無効電力消費가 增大하고 冷房需要 등 低力率負荷의 增加傾向으로 無効電力供給의 主役은 電力用 Condenser 가 되고 또 供給用變壓器는 負荷時 Tap 切替電壓調整器付로서 受電電壓의 安定性은 惡化하는 傾向에 있다.

電壓安定性 向上策으로서,

- (1) 大容量 Rotary Condenser
- (2) Thyristor 制御 電力用 Condenser
- (3) Condenser 와 非線型 Reactor 의 組合裝置 등이 있으나 將次 UHV 送電, 直流送電이 有效할 것이다.

## 4. UHV 送電의 必要性和 技術開發

日本은 지금 各地域에서 500kv 系統의 擴張이 推進되어 本格的인 500kv 送電時代를 맞이하고 있다. 그러나 電源立地上 長距離大電力送電이 必要한 境遇가 漸次 增大하고 있으며 이미 架空送電線의 總亘長이 70,000km 를 超過하여 線路用地가 現在로서 全國土의 0.3%에 達하여 建設에 不適한 山岳地帶가 많은 點을 考慮할 때 限定된 送電線路用地로서 可能한限 大電力을 輸送하는 技術의 開發이 必要하며 또 系統의 增強으

로 80年代末에는 大需要地區에서 系統의 短絡容量의 過大現象으로 現電壓의 系統運用에 各種制約이 생기게 될 것으로 豫見된다.

遮斷器能力은 電壓階級에 關係없이 50~60KA 가 限度이고 既設變壓器의 短絡強度制約, 機器內部故障時의 火災 등 2次障害防止, 通信線誘導抑制 등 短絡電流制限對策이 必要하다.

以上 3가지 點, 即 (1) 長距離大電力送電 (2) 1 Route 當 送電電力增大 (3) 系統의 短絡電流抑制의 必要에서 UHV 를 開發하게 된다.

#### (가) 技術開發 綜合 Schedul

現在 交流最高送電電壓은 美國 765kv, 소련 750kv, 캐나다 735kv 등이고, 많은 나라에서도 次期電壓의 送電計劃과 開發研究가 進捗되고 있다.

美國의 AEP 는 AC 1,500kv, BPA 는 AC 1,100kv, 伊太利는 AC 1,050kv 를 計劃하고 研究開發試驗을 進行中이며 日本도 本格的인 開發試驗을 施行하고 있다.

800kv 를 次期電壓으로 方針을 세운 곳은 스웨덴으로 이미 一部線路를 着工豫定이라고 하며 브라질, 대만, 우리나라 그리고 中東國 一部가 推進中에 있다.

이 UHV 는 高信賴度가 要求되며 莫大한 建設費가 所要되어 經濟的인 面에서 慎重한 檢討가 必要함으로, 現時點에서의 設計가 完了되면 慎重을 期하기 爲한 試驗線路를 建設하여 그 性能을 確認한 然後에 實用送電線을 建設하는 것이 通例이며, 變電機器도 試作機를 長期課電試驗, 破壞試驗을 施行하여 問題點을 解決하고 實用機를 製作하게 된다.

日本의 UHV 送電技術開發은 全國電力會社의 共同體制下에 推進되어 1974 年에는 中央電力協議會에 UHV 開發推進委員會를 設置하고 當面한 直流 ±500kv, 交流 1,000kv 에 對하여 研究를 推進키로 하고 다음 3段階로 進行시키기로 하였다.

第1段階; 線路, 變電所, 變換所 등의 概念設計에 必要한 基本的인 事項의 研究

第2段階; 線路 및 各種 機器의 開發, 系統運用에 關한 研究

[表-7]

日本の UHV 送電技術開發 綜合Schedul

年度	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87
1 段階	1000KV 絶縁障害 및 環境對策試驗										1000KV 塩害對策等試驗			
	目標電壓의 設定					標準電壓의 調査決定								
2 段階	實規模試驗線										機器試作試驗			
	動的的安全性檢討										送電線障害對策實證試驗			
3 段階	機器實證試驗										機器實證試驗			

第3段階; 線路 및 機器의 信賴性確認을 爲한 實證試驗과 工法 및 保守方法의 研究

이 研究中 第1段階의 研究는 1978年까지 大體로 完了하고, 中央電力研究所內에 各界專門家로 構成된 UHV 送電特別委員會를 設置하여 第2段階 以後의 研究開發을 推進中에 있으며, 研究費用의 節約과 期間의 短縮을 圖謀하기 爲하여 海外技術을 導入하고져 美國의 EPRI-GE의 Project UHV 共同研究와 BPA의 UHV 試驗送電線에 研究員을 派遣하여 實驗補助를 시켜 實情의 把握과 實驗 Data 入手를 꾀하고 있다.

이들 資料는 日本實情과 電線種類, 雜音, 騒音測定器의 規格差違 등으로 日本에서의 實驗을 爲하여 鹽原實驗場에 電線 Corona 特性試驗場, 武山試驗研究 Center에 霧中實驗室을 建設하였고, 赤城實驗場構內에 實規模試驗線을 建設하고 있다.

今般 訪日中 筆者 등은 NGK 超高壓研究所에서 1,100kv 碍子連에 對한 各種 電氣의 特性 試驗과 1,100kv 級碍管에 對한 耐汚染特性試驗을 成功的으로 施行하고 있는 것을 觀覽하였으며, 藤倉電線, 旭電氣, 旭可鍛 등 製作所 實驗場에서도 1,100kv 級電線金具類를 試作하여 各種特性試驗을 施行하고 있는 것을 觀覽하고, 우리나라에서도 電力會社와 製作會社가 共同投資하여 次期電壓級에 對한 研究開發을 積極 推進하여야 할 것

을 實感하였다.

日本の UHV 送電技術開發 綜合Schedul 은 위의 表와 같다(直流部門에 關하여는 省略).

### (나) 今後의 課題

現在까지의 檢討 結果 交流UHV 送電의 必要時機는 85年頃이 豫想됨으로, (1) 國際規格을 考慮하고 環境條件下에서 實用 可能한 標準電壓을 決定하고, (2) 水雪, 颱風, 地震 등 苛酷한 諸條件下에 動的 安定性이 確保되는 鐵塔의 開發, (3) 信賴性 높은 變壓器, 遮斷器, 避雷器, 保護裝置, 大容量變換器 등의 開發, (4) 交流送電의 Corona, 騒音 및 直流送電의 Ion 流帶 現象 등 에 對한 實驗究明 등으로 迅速히 實驗計劃을 遂行하여야 한다.

## 5. 結 言

以上으로 日本の 送變電現況과 技術開發狀況을 概略的으로 記述하였으나, 重電機分野에서 우리나라도 刮目할만한 發展을 期하고 있음으로 研究開發分野를 擴張하여 試驗研究機關, 電力會社와 製作會社가 協同하여 自主的인 技術開發의 터전을 마련하기 바라면서 끝맺는다.

