

논단 I

우리나라 電力系統의 長期展望과 765kV 送電電壓 格上推進



韓國電力公社
전원계획처
部長 김인섭

1. 序 論

經濟開發 計劃이 成功的으로 推進되고 産業發達이 急速히 이루어지면서 우리나라의 電力需要는 꾸준히 成長하여 1960년에 비해 30여년이 지난 1993年末 現在 약 60배 정도로 성장하였다.

그럼에도 불구하고 1인당 年間使用電力量은 1993 年末 現在 2,899kWh/인으로써 캐나다, 美國等に 비해 $\frac{1}{5}$, 日本, 프랑스등에 비해서는 절반이하 水準으로서 아직 우리나라가 先進國들에 비해 消費電力量이 적은 狀態이다. 따라서 앞으로도 電力消費는 持續적으로 늘어나 2030년대에는 最大需要가 現在보다 4배 정도 늘어난 90,000MW 規模가 될 것으로 展望된다.

특히, 人口의 都市集中化에 따라 現在 全體電力需要의 45% 이상을 차지하고 있는 京仁地域 負荷는 지속적으로 늘어나 2000년대에는 50%에 육박할 것으로 展望된다.

그러나, 投入되는 發電力은 LNG發電所와 같이 尖頭性負荷 對備用이 主流이며 基底性負荷 對備用이라 할 수 있는 原子力發電所 및 유연탄화력발전소는 立地制約等으로 建設이 여의치 않아 地域間 電力需給

不均衡 深化에 의한 送電系統 補強이 끊임없이 要求되고 있으나 이를 解決하기 위한 送電線路 經過地도 絶對的으로 不足하여 現在運轉中인 最高 送電電壓 345kV보다 한단계 높은 送電電壓의 導入, 즉 送電電壓 格上에 의한 선로당 輸送電力의 劃期的 增大가 不可避하게 되었다.

더구나 長期的으로 南北韓 電力交流가 이루어져 北韓內에 大單位 電源團地 開發이 된다면 이 電源團地로부터 生産된 大電力을 長距離 輸送하여야 하며, 環境평양시대를 맞이하여 동아시아 經濟共同體 形成에 의한 인접국가간의 電力融通 可能性 등을 考慮할 때 이러한 大電力輸送體系가 國家發展에 많은 寄與를 할 것으로 期待된다.

韓電에서는 이미 1970年代 後半부터 送電電壓 格上에 의한 大電力輸送體系 構築에 對備한 技術要員의 海外訓練과 各種 關聯分野 研究를 推進하여 왔

며 1991년 最適格上送電電壓을 765kV로 決定하고 格上事業을 本格的으로 推進하고 있다.

2. 우리나라 電力系統의 長期展望

2.1 長期 電力需給 展望

今年 26,000MW를 超過한 우리나라의 最大電力 需要는 2010년에 56,000MW정도, 2030年代에는 現在需要의 4배에 달하는 90,000MW規模로 늘어나 飽和될 것이며, 부하의 地域偏重 현상이 앞으로도 持續될 것으로 豫想된다. 즉 <표-1>의 地域別 最大 需要 展望에서 알 수 있듯이 京仁地域 需要는 住宅用 및 業務用 需要의 持續的 增加에 의해 全國需要의 48% 정도까지 增加될 것으로 展望된다.

<表-1> 地域別 電力需要 展望

年 度	全 國 最大需要 (MW)	發電所 所內消費 및 系統損失(MW)	供給端 最大需要 (MW)					
			京 仁	嶺 東	中 部	湖 南	嶺 南	計
2001	38,409	2,689	16,253 (45.5)	1,750 (4.9)	3,965 (11.1)	2,322 (6.5)	11,430 (32.0)	35,720 (100)
2010	55,881	3,912	24,374 (46.9)	2,286 (4.4)	5,976 (11.5)	3,482 (6.7)	15,851 (30.5)	51,969 (100)
2031	89,377	6,256	40,147 (48.3)	3,325 (4.0)	9,642 (11.6)	5,735 (6.9)	24,272 (29.2)	83,121 (100)

이러한 長期 電力需要 展望 結果로 볼때, 莫大한 電源立地 및 投資財源의 適期確定에 어려움이 加重될 것이며 大都市周邊은 基底負荷用 發電所인 原子力과 有煙炭火力發電所 建設이 關聯하므로 地域間 電力需給 不均衡을 增大시킬 것이다. 現在의 電源立地 確保與件을 考慮한 <表-2>의 地域別 長期 電力

需給 展望結果에서 알 수 있듯이 京仁地域 不足電力은 2001년 8,600MW에서 2030년대 21,000MW以上으로 늘어나고 嶺東地域은 剩餘電力이 2001년 2,300MW 정도에서 2030년 15,000MW이상으로 늘어나, 京仁地域에 대한 主要 電源供給團地 役割을 할 것으로 展望된다.

<表-2> 地域別 長期 電力需給 展望

(單位: MW)

年 度	區 分	京 仁	嶺 東	中 部	湖 南	嶺 南
2001	供給力	7,696	4,039	7,275	6,540	10,170
	需 要	16,253	1,750	3,965	2,322	11,430
	過 不 足	-8,557	2,289	3,310	4,218	-1,260
2031	供給力	18,750	18,382	13,876	10,851	21,262
	需 要	40,147	3,325	9,642	5,735	24,272
	過 不 足	-21,397	15,057	4,234	5,116	-3,010

2.2 向後 送電系統 構成與件

첫째, 國民生活水準의 向上과 産業分野의 高精度 通信, 電算, 産業器機 增加에 따라 電氣品質에 대한 國民적 욕구가 持續적으로 높아져 가고 있는 반면 電力系統 特性은 날로 惡化되고 있다. 즉, 電力系統 規模 增大에 따른 故障電流의 持續的 增加, 저역을 冷房負荷의 增加에 따른 負荷率 低下, 고조파를 많이 發生시키는 DC器機等 惡性負荷의 急增等과 設備의 地中化, 超高壓化에 따른 無效電力 需給不安과 電壓變動의 深化等이 加重될 것으로 展望되고 있다.

둘째, 送電線路經過地 確保難을 들 수 있다. 既存 送電線 및 시설물 散在로 線路經過地가 絶對적으로 不足할 뿐만아니라 地方自治制에 따른 地域利己主義 擴散과 鐵塔에 의한 自然景觀 毀損 및 電磁波에 대한 嫌惡感으로 周邊 住民들의 送電線路 建設反對 原因이 續出하고 있어 送變電事業 推進에 점점 長期間이 所要될 것으로 展望된다.

셋째, 送變電 所要投資財源의 大幅的 增加이다. 都心地 電力需要 增加와 自然景觀保護 및 電氣事故 防止를 위하여 線路 地中化가 擴大되고, 線路經過地 보상비가 急增하여 所要送變電投資費가 每年 增大되고 있다. 특히 人口의 持續的 增加로 타지역보다 높은 需要增加 趨勢를 보이고 있는 京仁地域의 需給不均衡 深化는 送變電設備 投資負擔을 더욱 加重시키

고 있으며 融通電力을 최종적으로 수용가에게 供給하기 위한 多단계의 下部系統 設備 擴充을 위한 財源 역시 급격히 늘어나고 있는 實情이다.

2.3 幹線系統 構成展望

幹線系統計劃은 地域別 需要展望에 따른 電源立地를 按配하고 系統構成 시나리오를 作成하여 시나리오별 潮流計算, 安定度 檢討, 故障電流 計算等의 系統分析을 통한 供給信賴度 滿足與否를 點檢한 후 여러 대안간의 經濟性 差異, 長期的 系統展望 및 施工 與件等을 綜合 勘案하여 確定하고 있다. 計劃 수립시의 設備擴張 基準는 線路故障이 없을 때는 連續許容電流 以上の 과부하, 회선사고등 單一事故時에는 短時間 許容電流 以上の 과부하가 發生하지 않도록 하며, 절탑붕괴등 2회선 重複事故 發生時에는 部分的인 供給支障은 發生하더라도 系統安定度上 全國의 인 系統崩壞가 發生하지 않도록 하고 있다.

現在 수립되어 있는 345kV 이상 超高壓 幹線系統 構成計劃을 보면 2001년까지 首都圈과 電源地域間에 총6개루트의 大電力 融通線路를 確保(기설: 345kV × 3루트, 추가: 345kV × 1루트, 765kV × 2루트)하고 大都市 供給能力 確保를 위해 345kV 地中 線路에 의한 都心地 345kV 超高壓變電所 建設(서울 5개소, 부산1개소)을 推進하는 등, 2006년까지 設備規模는 <表-3>과 같이 늘어난다.

<表-3> 345kV 以上 超高壓 送變電 設備計劃 規模(累計)

區 分	1993年	1996年	2001年	2006年
送電設備(C-km)	5,560	6,564	8,822	9,256
變電設備(MVA)	28,339	39,339	58,339	87,339

한편, 154kV이하 送變電設備 計劃은 地域內 連繫 系統 構成, 都心 地中送電線路의 擴充, 變電設備의 屋內化 및 地中化를 통하여 地域內 供給能力 向上을

目標로 하고 있으며 1998년까지의 設備計劃 規模는 <表-4>와 같다.

<表-4> 154kV 以下 送變電 設備計劃 規模(累計)

區 分	1993年	1998年
送電設備(C-km)	15,635	21,651
變電設備(MVA)	39,331	61,411

특히, 首都圈 送電系統 構成 基本方向은 345kV 首都圈 環狀網의 電力融通 能力이 限界에 到達되는 時

期에 765kV 系統에 의한 背後系統을 構成하며, 系統 規模의 增大, 單位電源規模의 大規模化(영흥도유연

탄화력, 서인천C/C) 등에 의한 345kV母線 枯障電流의 大幅 增加에 對備하여 電源을 系統에 分散連結하는 方法을 積極的으로 講究하고 있다.

2.4 인접국가간 電力系統의 連繫

南北關係에 따라 그 時期는 流動적이나 南北間의 電力系統 連繫는 반드시 實現될 것이므로 電力系統 計劃의 側面에서도 이에 대한 對備策이 있어야 하겠다. 北韓의 境遇 現在도 發電力이 不足한 狀態로 알려져 있지만 計劃經濟에서 自由經濟로 轉換된다면 電力需要는 더욱 急上昇 할 것으로 豫想된다.

南北韓 電力系統이 連繫된다면 남북한의 最大需要 發生時點이 다른 점을 利用하여 동계에는 南韓에서 北韓으로 하계에는 北韓에서 南韓으로 電力을 供給할 수 있으며 豫備電力의 共有等을 통하여 相互 利益을 나눌 수 있을 것이다. 實在可能的 전력용통 方法은 短期的으로는 南韓의 154kV系統에 의해 일부 剩餘電力을 北韓에 供給하고, 長期的으로는 電源立地難 解消를 위하여 北韓 및 體戰線附近에 共同으로 電源을 開發하여 生産電力을 共有하는 方法을 모색할 수도 있다. 그리고 환태평양시대를 맞이하여 중국과 電源團地를 共同으로 개발하여 765kV선로 또는 해저케이블로 系統에 연결할 可能性 및 일본과 부산인근에서 대마도를 경유하는 해저케이블 建設에 의한 相互間 電力融通 可能性에도 對備하여 系統을 構成하고 있다.

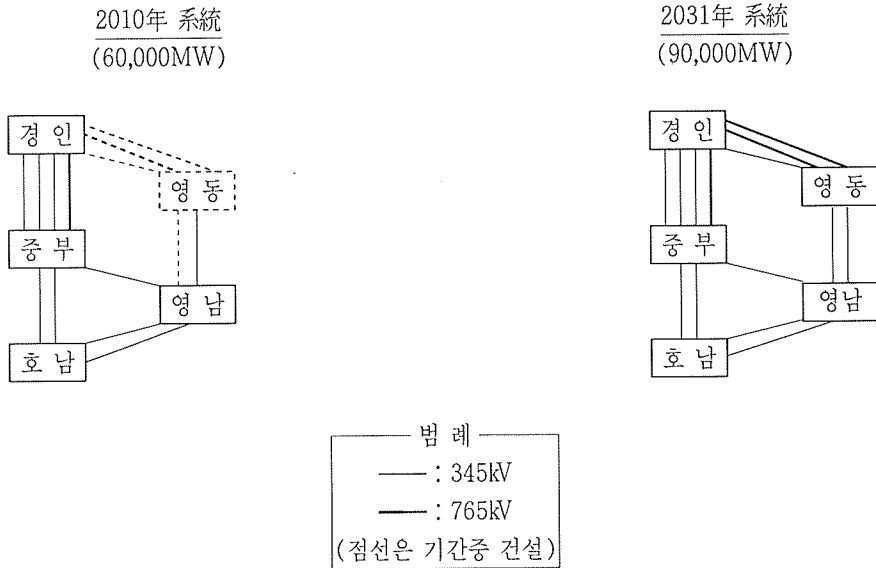
3.1 格上 必要性

原子力：石炭：石油：水力電源의 원별 設備構成比를 4:3:2:1로 하는 것이 發電原價 및 安定的 에너지 確保側面에서 바람직하다. 이렇게 볼때 發電設備의 70%가 最大負荷地域인 京仁地域에 建設하기 어려운 原子力내지 有煉炭火力發電所로서 電源地域과 負荷地域間에 長距離 大電力融通 問題를 필연적으로 發生시킬 것이다.

2030년대 京仁地域의 不足電力은 21,000MW以上이 될 것으로 展望되는데 이러한 大規模 不足電力을 345kV 輸送體系로 電力融通을 하려면 京仁地域과 타지역간 기존 345kV 송전선로 3루트에 11루트를 추가한 총14루트 정도의 송전선로가 必要한데 現實的으로 이와같이 많은 線路經過地 確保는 不可能하다고 볼 수 있다. 따라서 既存의 體系보다 단위선로당 더 많은 電力을 輸送하는 方法으로 導體의 面積을 크게하는 方法과 送電電壓을 格上하는 方法이 있는데 導體面積을 크게 하는데에는 技術的 限界가 있어 765kV로 送電電壓을 格上하기로 한 것이다. 765kV로 格上한다면 2030년대에 電力需要가 飽和된 水準에서도 365kV 1루트와 765kV 3루트의 追加線路만으로 電力融通이 可能하여 送電線路數를 大幅 줄일 수 있으며 765kV 格上時의 段階別 지역간 송전 계통 構成展望은 <그림-1>과 같다.

3. 765kV 送電電壓 格上





〈그림-1〉 단계별 지역간 계통구성 전망

3.2 格上事業 推進經緯

韓電은 이미 1970년대 후반, 1990년대초에는 송전진압 格上이 必要할 것으로 展望하고 1979년 21명의 格上技術 檢討要員에 대한 해외훈련을 筆頭로 關聯研究를 持續하여 왔으며, 특히 1989년부터 1990년까지 약2년 동안 韓電, 基礎電力工學共同研究所, 韓國電氣研究所 3개 機關의 共同研究로 電力

需要 급성장 및 送電線路經過地 確保難에 따른 長期 系統構成 對策을 研究하였다. 이와같은 研究 結果에 대해 關聯專門家の 자문을 받아 765kV로 送電電壓을 格上하여야 한다는 結論을 '91년 下半年에 내리고 格上추진반을 發足하는 한편 格上時期 및 區間을 確定하였다. 〈表-5〉는 우리나라의 765kV 格上事業 推進經緯를 要約한 것이며 〈表-6〉은 500kV이상 海外 送電電壓 格上事例이다.

〈表-5〉 765kV 格上事業 推進經緯

時 期	內 容
1979~1980	格上檢討要員 海外訓練 實施(訓練機關: W.H.사 및 SSPB)
1980~1985	電力需要 下向調整에 따른 格上推進 保留
1984~1989	格上送電線의 코로나 障碍 研究(研究機關: 韓電, KERI, 효성중공업)
1989~1990	電力需要 급 성장에 따른 長期 系統構成 對策 檢討用役 施行 - 研究機關: 韓電, 基礎電力工學共同研究所, 韓國電氣研究所 - 研究結果: 2000년대초 765kV로 送電電壓 格上 必要
1991. 4	關係機關 與論收斂
1991. 7	格上 送電電壓 決定
1992. 6	韓電內 格上추진반 기구 發足
1992.12	765kV 實規模 試驗線路 建設 完了(진북 고창)
1993. 1	765kV 格上區間 및 時期 確定

〈표-6〉 500kV 이상 外國의 送電電壓 格上現況

國名	格上電壓(kV)	格上年度	格上事由	送電距離(km)	備考
美國 (AEP)	345 → 765	1969	地域間 電力融通	300	現在 1,500kV 送電 技術 開發中
소련	500 → 1,150	1985	시베리아 地域의 大 規模 石炭火力 開發	2,000	
캐나다	315 → 735	1965	5,000MW 規模의 水力 電源開發	600	
日本 (東京電力)	500 → 1000	1992	經過地 確保難 緩和, 10,000MW原子力 電源團地 開發	250	現在 1차구간 운전 중(2000년대초 이 후 1000kV運轉)

3.3 格上事業 概要

現在 推進中인 765kV격상송전선로는 西海岸 大單位 有煉炭火力 電源團地와 東海岸 大單位 原子力團地로부터 首都圈까지의 2개 區間이다. 우선 西海岸 有煙炭火力 電源團地로부터 首都圈까지의 格上區間은 당진화력-신서산변전소-신안성변전소의 총연장 170km로서 1998년까지 竣工할 計劃이다. 또한 東海岸 原子力團地에서 首都圈까지의 格上區間은 울진원자력-의정부변전소간의 총 260km 區間中 태백-신양평간의 160km이며 나머지 100km 區間은 345kV 送電線으로 하여 1998년까지 竣工할 計劃이다.

上記 두 區間은 비록 765kV 格上線路이지만 竣工 初期의 融通電力이 小規模임을 考慮하여 765kV태백-신양평 T/L은 2002년까지, 765kV당진-신서산-신안성 T/L은 2001년까지 345kV로 運轉하여 變電 投資費의 投資時期를 늦추도록 하였다.

現在까지 進行中인 工程을 살펴보면 送電의 경우 설계측량과 線路經過地 環境影響評價가 95년 2월까지 完了豫定으로 推進中이며 95년 1/4分期까지 철탑발주를 完了하고 可及의 두개 格上區間 모두 1998년 12월까지의 竣工될 수 있도록 契約과 施工을 서두르고 있다. 變電의 경우 4개 765kV 變電所 敷地中 신태백변전소 敷地는 아직 協議中에 있으나 신서산, 신안성, 신가평변전소 敷地는 이미 確定段階에 있으며 1995년 7월까지 環境影響評價를, 1998년 12월까지의 전특법, 용지매수, 설계, 계약을 完了하고 2001년까지 신서산, 신안성변전소를, 2002년까지 신태백, 신가평변전소를 竣工할 豫定이다.

765kV 格上線路는 國土가 狹小한 國內 與件을 勘

案 이미 765kV 線路를 運轉하고 있는 外國의 1회선 철탑과 달리 2회선 철탑구조로 하였기 때문에 設備 信賴度가 特別히 높도록 設計, 施工하여야 한다. 따라서 既存 154kV 및 345kV 철탑에 사용하는 산강형 철탑 대신 765kV 철탑에는 強度가 높고 美觀이 優秀한 강관철탑을 사용하기로 하였으며, 電界에 의한 電氣環境障礙 對策으로는 地上에서 塔頂까지를 80~100M 程度로 높혔다. 그리고 電力輸送能力을 더욱 늘리고 코로나소음 防止를 위해 導體 規格은 480mm² 6Bundle을 採擇하였다. 한 變電所의 最終 規模는 主變壓器 4BANK, 단위BANK당 용량은 1,500MVA~2,000MVA 程度에서 最適規模를 檢討中에 있다. 變壓器의 容量이 增大됨에 따라 變壓器 重量이 커져 운반상 問題가 있으므로 1상 變壓器를 2분할하여 단위 運搬重量을 150 Ton 이하가 되도록 할 計劃이며 特別 制作한 Schnabel Car를 利用하여 運搬코자 한다.

4. 765kV 格上設備特性 및 機器開發

765kV 送電線路는 既存의 345kV에 비해 長距離 線路이고 環境障害 影響의 最小화를 위한 導體數 增加로 線路充電用量이 대단히 크다. 또한, 送電線이 2회선 구조로 建設됨으로써 非燃架時의 各상간 불평형이나 회선간의 상호간섭도 크다.

따라서 이에대한 對策으로 분로리액터 設置 및 燃架與否를 檢討中에 있으며 導體선중은 連續許容電流 919A인 Cardinal電線 6導體를 使用토록 하여 코로나소음을 最小화 하도록 하였다.

765kV 送電線路 지지물은 2회선 垂直配列의 철탑 형태로 推進할 計劃이므로 철탑 높이가 既存 345kV 송전철탑보다 2배 以上되어 從來 使用해 왔던 산강형 부재로는 Double Angle이나 Box-Type Angle 形態가 되어야 하며 이에 따른 施工等の 問題點이 豫想되어 圓形鋼管鐵塔 使用을 檢討中에 있다. 送電線路에 使用되는 애자는 300kV 以上の 強度가 必要하여 外國產 導入이 不可避하나 금주류는 모두 國內 開發을 위해 研究中에 있다.

765kV 變電設備은 變電所 形式上 옥외철구형, 옥내GIS형, 옥외GIS형으로 大別되나 敷地面積, 信賴性 및 環境調和等を 考慮하여 옥외GIS형으로 建設할 計劃이다. 한편 變電所의 代表的 機器인 M.Tr과 GIS등 주기는 國內製作 供給原則으로 이미 確定하였으며 이를 위하여 효성, 현대등의 중전기 Maker와 전기연구소등 産學研을 연계하여 開發研究를 進行中에 있다. 主變壓器의 境遇 철심수량, 재질, 지속밀도 및 냉각덕트의 使用이 慎重히 考慮되어야 하고 권선의 電流容量, 뇌서지 侵入時의 電位分布等도 充分히 勘案해야 한다. 主變壓器 容量은 단상 666MVA×3대, 즉, Bank용량을 2,000MVA로 하는 것이 바람직하나 輸送問題等を 考慮하여 最適容量을 決定할 豫定이며 단권변압기 2분할 구조로 하여 현장조립 設置하는 方向으로 檢討中에 있다. 765kV 분로리액터는 아직 設置與否가 決定되지 않았으나 關聯技術 蓄積을 위하여 1994년부터 현대중공업 주관으로 開發研究가 進行中에 있다.

한편, 765kV 母線方式은 2重母線과 1.5母線方式中에서 經濟性과 信賴性을 綜合勘案하여 採擇할 豫定이며 765kV GIS 基本技術, 차단부설계 및 製造技術에 대한 研究도 電氣研究所 및 製作業體와 共同으로 進行中에 있다. 이와같은 765kV 機器開發은 國內 最初로 우리 自體技術로서 設計 및 製作된다는데 큰 意義가 있으며 設計段階에서 必要한 基礎技術, 즉 機器特性 解析 技術適用과 嚴格한 試驗을 통하여 實 使用에 問題點이 없도록 하여야 하겠다.

5. 結 論

지금까지 우리나라의 長期電力系統 展望과 이에따른 765kV 格上電壓 導入에 대하여 言及을 하였다. 우리나라 電力系統의 展望과 特徵을 다시한번 要約하면 電力需要는 持續的으로 增加하여 90,000MW 程度에서 飽和될 것이며 특히 京仁地域과 嶺南地域에 絕對的으로 많은 負荷가 偏重될 것이다. 그리고 電源開發 側面에서 보면 經濟性 提高와 燃料多邊化等を 위해 原子力發電所와 有煉炭發電所가 中間負荷내지 기저성부하를 차지할 것이나 이러한 設備은 여러제약으로 需要地域과 떨어진 곳에 建設될 수 밖에 없어 電源의 地域的 偏重現狀을 深化시킬 것이다.

送電電壓을 765kV로 格上하게 된 主要 理由는 우리나라 國土의 效率的 利用과 地域間 電力需給 不均衡 深化에 따른 送電線路 經過地 確保難에 效率的으로 對處하기 위한 것이라 볼 수 있다.

765kV 送電은 美國 AEP를 비롯한 여러나라에서 使用되고 있는 檢證된 送電方式이므로 2회선 구조의 鋼管鐵塔 使用外에는 技術的인 側面에서 큰 問題는 없을 것이나, 線路經過地의 圓滑한 確保가 사업 推進上 가장 큰 隘路事項이라 볼 수 있다. 이와같은 765kV 送電電壓 格上事業은 電力系統의 輸送能力을 大幅 增大시킬 뿐만아니라 國內 중전기 제작업체로 하여금 고전압 分野의 技術水準을 한 段階 높이고 開發途上國과 같이 電力需要가 急增하고 있는 國家에 蓄積된 技術과 設備輸出의 계기가 되어 國家競爭力을 向上시키는 役割을 할 것으로 기대된다. 아무쪼록 우리나라보다 앞서 765kV 格上系統을 建設한 外國에 비해 人力 및 準備期間 不足等の 어려움이 있고 여러 가지 施行 錯誤도 豫相되지만 765kV 送電電壓 格上이 지니는 上記 重要性을 考慮할 때 國內의 關聯機關 중사자들의 時代的 使命感이 切實히 要請된다.