



2012 한·중·일 초고압 직교류 전기환경 합동 심포지움 〈초고압 전력사업과 전기환경 동향〉



김 유 천

한국전력공사 송변전개발처 송변전개발팀 차장

1. 개 황

본격적인 여름에 접어들기도 전인 지난 6월 7일 예비 전력량이 316만kW(예비율 4.9%)를 기록하며, 전력수급

대응 2단계인 관심(예비전력량이 300~400만kW일 경우)단계가 발령되는 등 전력수급에 많은 어려움을 겪고 있다. 여름이 본격화되는 7~9월에는 이러한 어려움이 더욱 증가할 전망이다. 전력의 수요와 공급 균형을 유지

하기 위해서 사용자 측면에서는 전기에너지의 합리적 사용이, 공급자 측면에서는 장단기적인 전력수요 예측과 전력설비의 적기 확충이 절실하게 요구된다.

전력설비는 경제발전의 원동력으로 과거 경제개발 과정에서는 전력공급 측면이 강조되어 건설되었지만, 산업과 문화수준이 높아지면서 건강과 환경에 대한 관심이 급속도로 증대되고 이에 따라 전력설비 건설에 있어서도 친환경적 설계가 요구되고 있다.

송전선로 건설사업 등 초고압 교류·직류 전력설비의 전기환경 민원대응 방안 강구 및 전기환경 문제에 대한 주변국간 기술교류를 목적으로 한 '2012 한·중·일 합동 심포지움'이 지난 5월 16~17일 한국전력공사 고창PT 센터에서 대한전기학회 주관으로 열렸다.

2. 각 국의 전기환경 연구 동향

가. 송전선로 운영 현황

국가별 초고압 송전선로 운영현황을 전압별로 살펴보면 유럽의 경우 국가별 계통을 연계하여 운영되고 있으며,

송전전압은 220/380kV가 주를 이루고 일부의 경우는 해저케이블을 이용한 HVDC로 연계되어 있다. 765kV급 이상의 송전선로는 국토가 넓어 장거리 저손실 송전 선로가 필요한 경우나 우리나라처럼 국토면적이 적어 경과지 확보가 어려운 경우에 운영하고 있다.

HDVC는 세계적으로 총 139개소에서 운영 중이며, 800kV급 신규 프로젝트 12개는 대부분 중국 및 인도에서 이루어지고 있다. 향후 2018년에는 시장규모가 현재의 7배 이상으로 성장할 전망이다.

나. 국내 HVDC 전기환경 연구

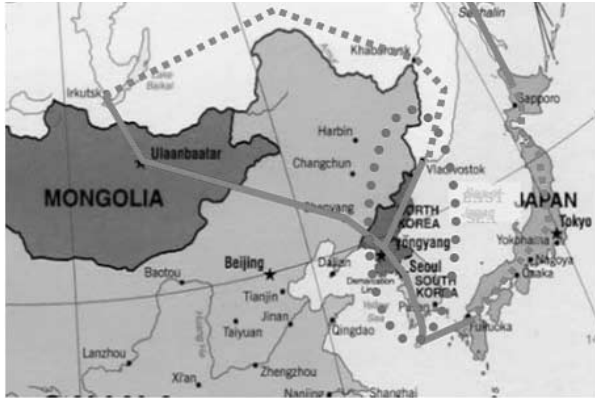
우리나라는 해남~제주 간을 연결하는 180kV HVDC 선로를 1998년 3월부터 상업 운전하였으며, 진도~제주 간을 연결하는 250kV HVDC 선로를 건설 중에 있다. 한전 전력연구원에서는 동북아 전력계통 연계와 다양한 신재생에너지원의 기존계통 적용, 고장전류 저감 등을 고려한 500kV HVDC 개발과제를 진행 중이며, 2010년에 1단계를 완료하고 현재 2단계 연구가 진행 중에 있다. HVDC 실선로 적용을 위한 500kV급 시험설비를 고창

[표 1] HVAC 계통의 최고전압 운영 현황

전 압	400kV	500kV	765kV	1000kV
운영개소	30여개	20여개	10개	3개
적용국가	유럽	동남아	한국, 미국, 캐나다, 중국, 브라질, 남아공, 러시아, 인도, 헝가리, 베네수엘라	중국, 일본(500kV 운전 중), 러시아(750kV 운전 중)

[표 2] HVDC 운영 및 프로젝트 현황

전 압	100kV	200kV	300kV	400kV	500kV	600kV	800kV	합 계
운 영	29	28	25	15	36	3	3	139
프로젝트	0	0	1	3	8	0	12	24



[그림 1] 동북아 계통 연계도

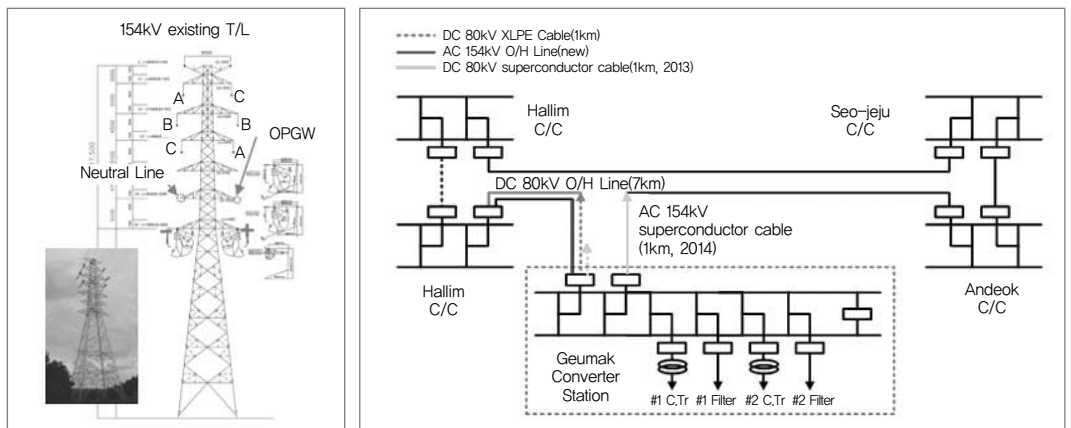
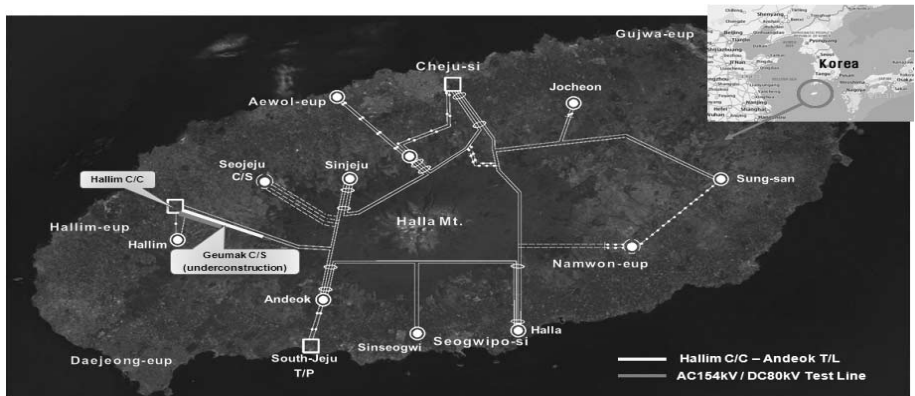


[그림 2] 500kV급 실증시험장

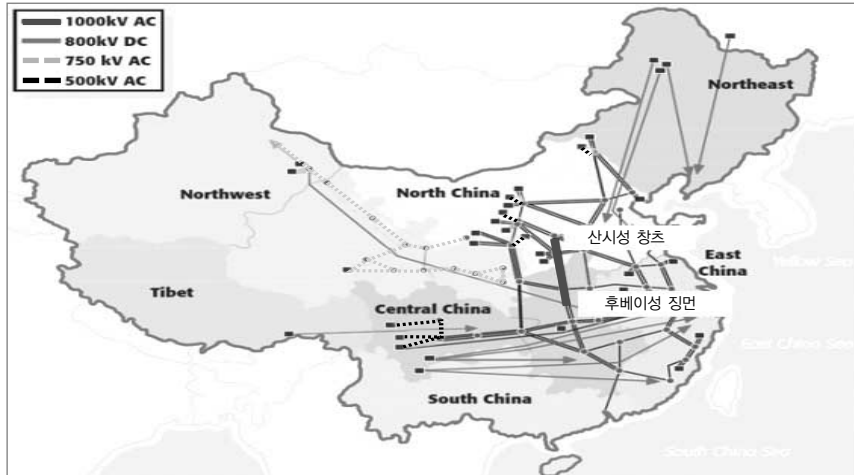
PT센터에 구축하여 국내 적용을 위한 직류송전선로 전기환경기준과 다양한 선로 구성별 전기환경 특성시험을 진행 중이며, 실증시험장의 구성과 연구결과에 대하여 전력연구원이 발표하였다.

추가적으로 제주 한림~안덕 T/L의 일부구간에 구축

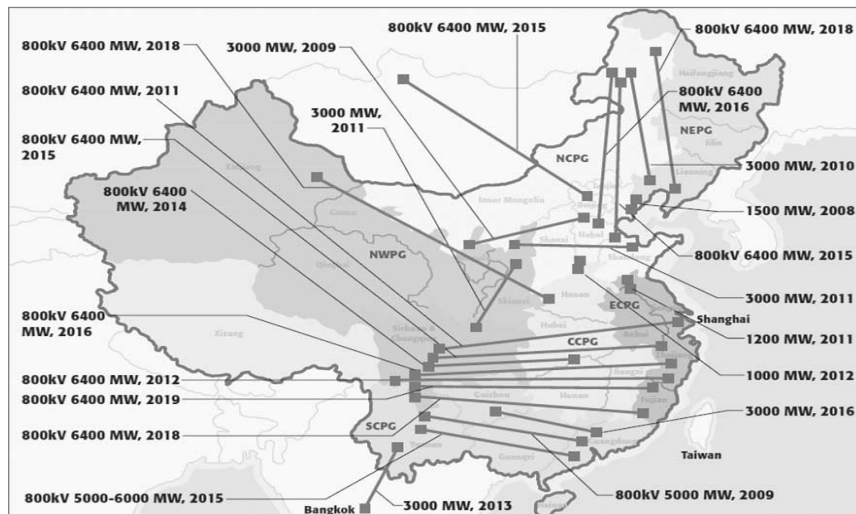
중인 HVDC 시범선로를 이용하여 실선로에서의 전기 환경 특성을 평가할 예정이다. 해당 선로는 154kV 수직 2회선 철탑 하부에 HVDC Bipole 1회선 선로를 설치하여 AC/DC Hybrid 선로로 구축, 운영될 예정이다.



[그림 3] AC 154kV/DC 80kV 하이브리드 송전선로 구성도



[그림 4] 중국 주요 초고압 송전선로



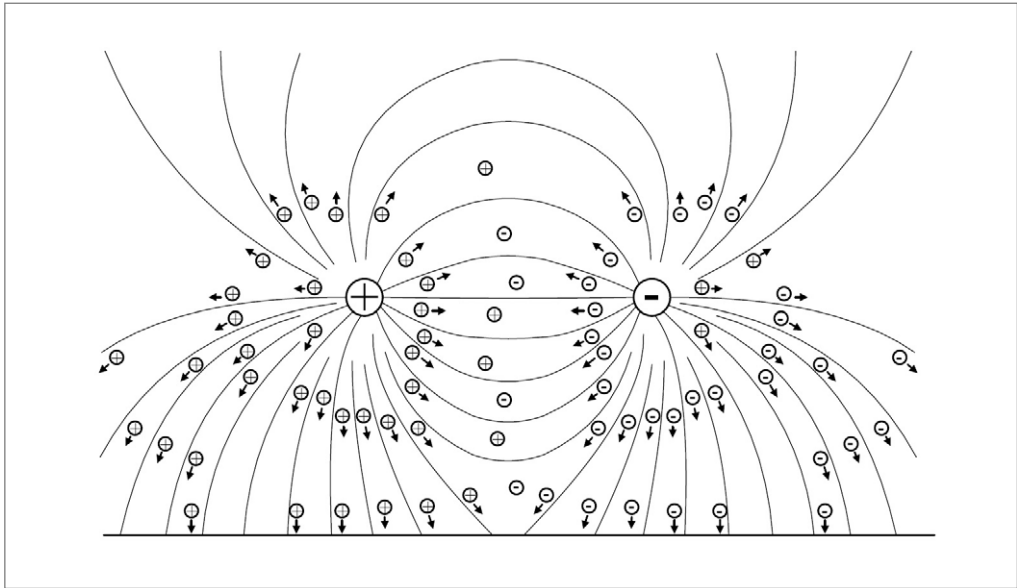
[그림 5] 중국 HVDC 건설 계획

다. 중국의 HVDC 전기환경 연구

중국 전력산업은 급격하게 개발이 진행 중이며, 총 설비 용량은 미국에 이어 두 번째지만 전력생산량은 미국보다 앞서고 있다. 부족한 전력을 공급하기 위한 대용량 발전 설비 및 초고압 송전선로 건설에 주력하고 있는 중국은 금년 한해 전력설비에 130조 원 이상을 투자할 예정이다. 장기적으로 AC의 경우 500kV를 1000kV로 대체하고, DC의 경우 ±800kV 송전시스템을 개발하여 현재 일부 시범운영 중에 있다.

장보 교수(Zhang Bo, 중국 칭화대학)는 HVDC 송전 선로의 전계와 이온발생에 관한 계산법에 대한 연구 결과를 소개하였다. 직류선로의 경우 교류와는 달리 도체 표면에서 코로나 방전이 발생할 경우 이온이 생성되며, 이 이온은 지표면으로 이동하여 정전기와 같은 현상을 일으켜 인체에 불쾌감을 주게 된다.

전기적 측면에서는 동일 극성의 이온이 도체 주변에 분포하여 표면의 전계를 저감시키는 역할을 하게 된다.



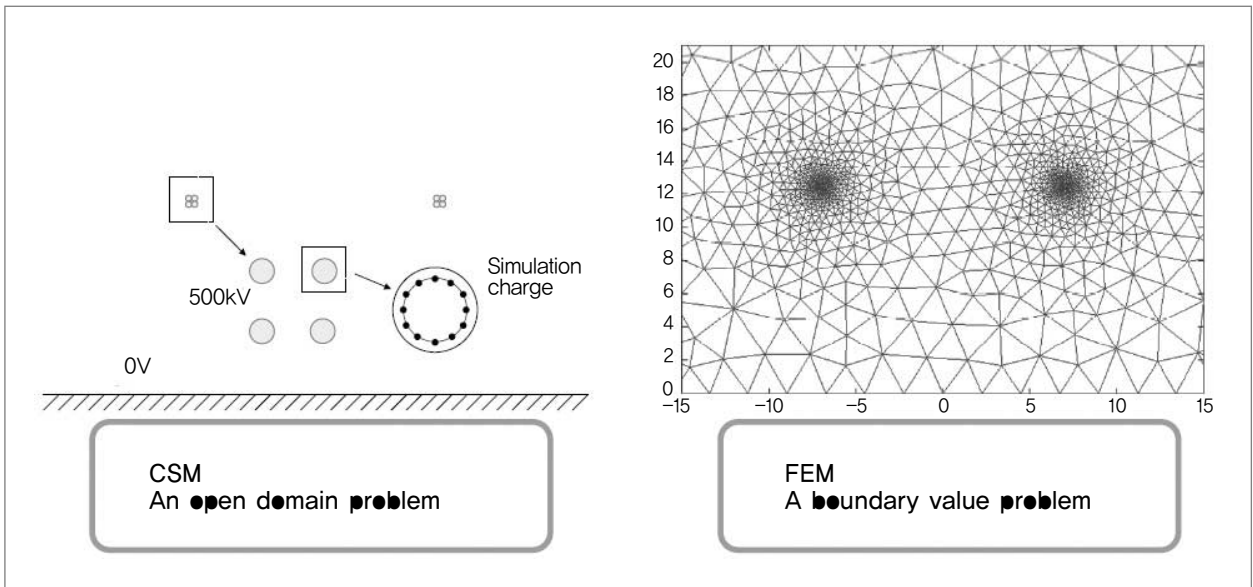
[그림 6] 직류선로에서 발생된 이온의 흐름

직류선로의 전계 및 이온효과를 해석할 때 이온이 전기력선을 따라 이동하는 것을 감안하여 일반적으로 CSM (Charged Simulation Method)이라 불리는 가상전하를 이용한 해석법이 사용된다. 하지만 다양한 경계조건 적용이 가능한 FEM(Finite Elements Method)을 사용

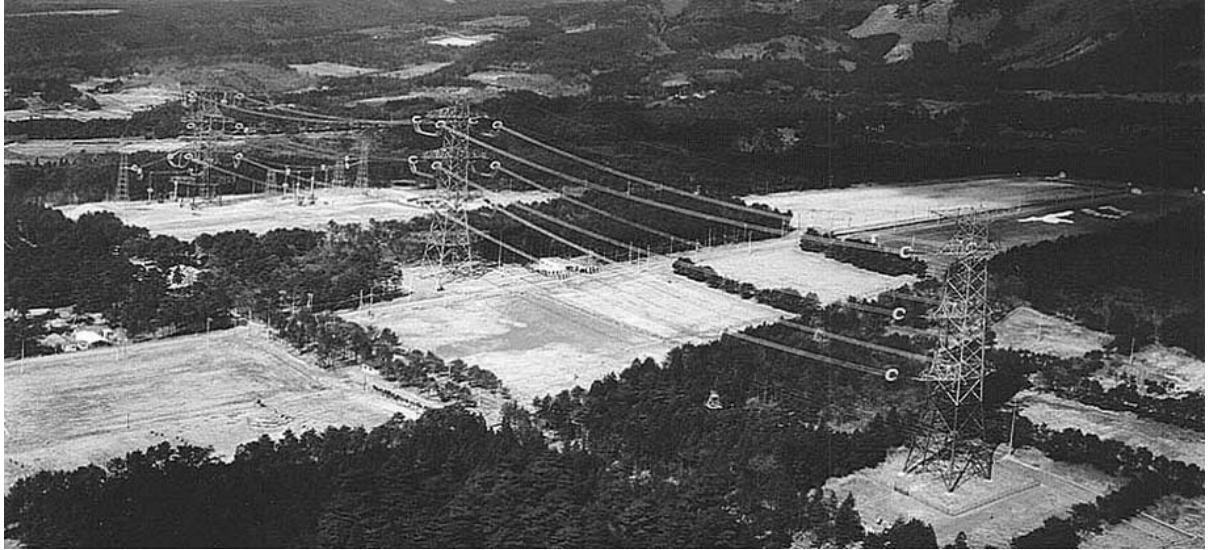
하였고, 축소모델을 개발하여 실측값과 계산값의 비교를 통해 개발된 해석툴을 검증 하였다.

라. 일본의 AC 및 DC 전기환경 연구

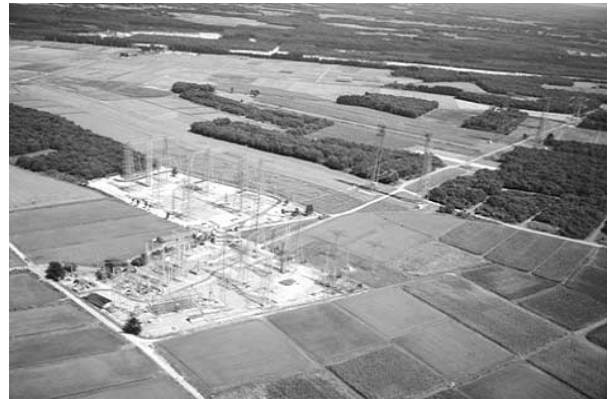
일본 중앙전력연구소(CRIEPI) 아마자키 박사는 일본의



[그림 7] 직류 송전선로 전계 및 이온류 해석방법 비교



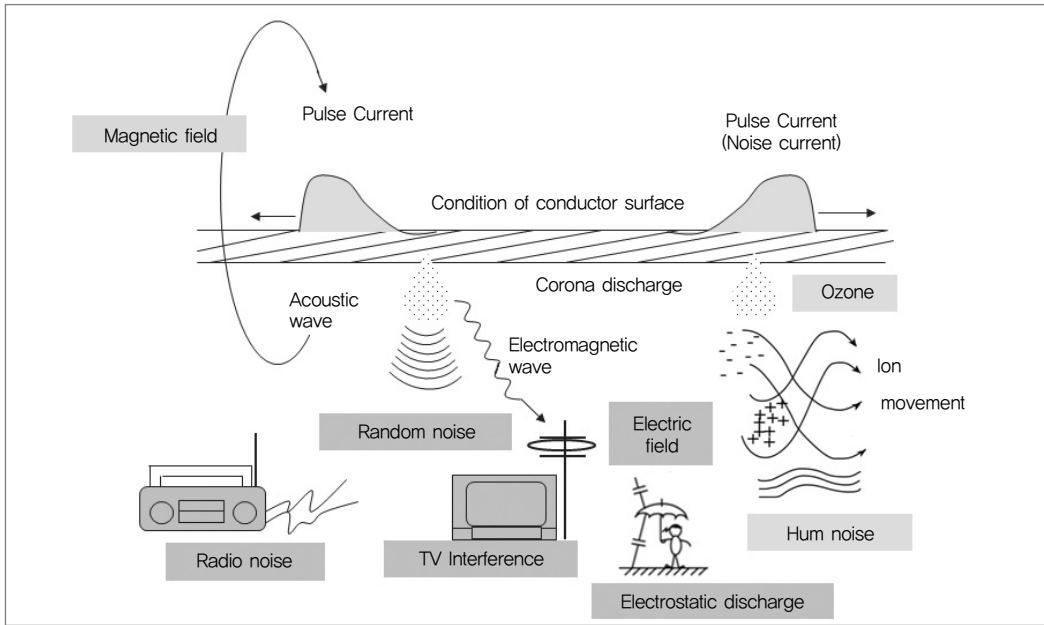
[그림 8] 일본 실증설비(UHV Akagi Test Line)



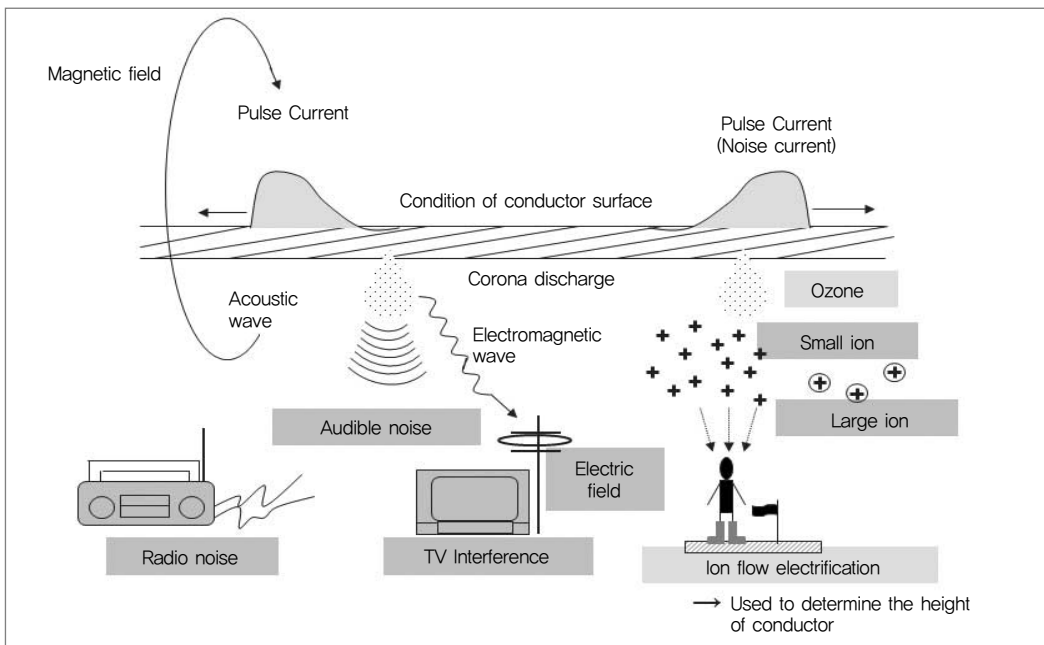
[그림 9] 일본 실증설비(HVDC Shiobara Test Line)



[그림 10] 일본 실증설비(UHV Corona Cage, UHV Fog Room)



[그림 11] HVAC 전기환경 장애 항목



[그림 12] HVDC 전기환경 장애 항목

AC 및 DC 전기환경 설계기준 정립을 위해 수행되었던 다양한 실험들과 이를 위해 구축하였던 실험설비들을 소개하였다.

야마자키 박사는 Audible Noise, Radio Noise, Electric Field, Magnetic Field를 AC선로의 주요 전기

환경 장애 항목으로 구분하고 이에 대한 정의와 기준에 대하여 발표하였다. 이온류 항목은 AC와 DC별로 전기 환경장애 특성이 구분되며, DC선로의 지상고는 이온류의 크기에 의해 결정된다고 발표하였다.

[표 3] 각 국의 전기환경 장애 관리 기준

전류	구 분	한 국	중 국	일 본	카나다	국제 기준치	규제 근거
AC	전 계 [kV/m]	3.50	4~5	3	5	일반인 : 4.17 직업인 : 8.33	ICNIRP ¹⁾ IEEE ²⁾
	자 계 [uT]	83.30	100	200	83.3	일반인 : 200 직업인 : 1,000	
AC & DC	코로나 소음 [dBA]	50	45~50	45~50	50~55(AC) 40~45(DC)	50	환경기준법
	라디오 수신장애 [dBuV/m]	47	52~58	미응답	53~56	47	CISPR ³⁾
	텔레비전 수신장애 [dBuV/m]	14	-	-	-	14	
DC	대전전압 [kV]	25	25	25	25	25	CIGRE ⁴⁾ Guideline
	이온전류밀도 [nA/m ²]	100	100	100	100	100	
	전 계 [kV/m]	13.5	-	13.5	-	-	참고치

3. 향후 계획

앞서 살펴본 바와 같이 대용량 전력전송을 위한 설비들이 효율적이고 경제적인 운영을 하기 위해 초고압화되고 있다. 이에 전력설비가 사물 또는 인체에 끼치는 영향을 최소화할 수 있는 친환경설계를 위해서 국제기구의 기준 정립과 이러한 기준을 만족하는 전력설비 설계기술에 대한 지속적인 연구가 세계적으로 진행 중에 있다.

처음으로 개최된 이번 한·중·일 합동 심포지움은 전기환경 분야의 관심과 전력설비 건설에 대한 민원이 지속적으로 증가되고 있는 상황에서 민원에 대한 효율적 대응과 전기환경 분야의 기술교류로 국제적인 공조 채널이 확보되었다는 점에서 매우 의미 있는 시간이었다.

향후 중국을 비롯한 아시아 지역의 초고압 AC 및 DC 전력설비 건설이 계획되어 있어 지속적인 기술교류와 협력의 장으로 발전시켜 나갈 것이다. 차기 심포지움은 중국에서 개최될 예정이다. KEA

1) ICNIRP : International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (국제비전리방사위원회)
 2) IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers (국제전기전자기술자협회)
 3) CISPR : The International Special Committee on Radio Interference (국제무선장애특별위원회)
 4) CIGRE : Conseil International des Grands Reseaux Electriques (세계대전력망기술협의회)