

내외 지중송전 실태 및 연구동향

유 인근*, 강 동식**

(* 창원대 공대 전기공학과 전임강사)

(** 한국전기연구소 지중송전연구실 연구원)

1. 서 언

근년, 대도시 인구집중 현상에 따라 인구과밀지역을 중심으로 대단위 수요지가 형성되고, 전기에너지 사용량의 증가와 더불어 도시의 수요밀도 또한 높아짐으로써 도심 대용량 송전의 필요성이 날로 증가하고 있으며, 가공송전의 여러가지 문제점 때문에 지중송·배전설비의 도입이 불가피한 실정이다.

즉, 가공선의 시설이 기술적으로 곤란한 장소라든가 인구밀집 상가 및 주거지역, 주요 간선도로, 도시의 방재 및 미관 유지가 필요한 지역 또는 관광지등을 중심으로 공급전력의 고신뢰성 뿐만아니라 특히 환경보존이 요구되는 지역에서는 송·배전 설비의 지중화가 필요하다.

우리나라에서는 종래까지 주로 가공선에 비하여 초기 투자비가 높다는 경제적인 이유로 그 이용이 미미하였으나 현재는 서울시내 22KV 지중배전망에 이어 154KV 지중송전계통이 확충되고 있을뿐만 아니라 앞으로는 더욱더 원활한 대전력 수송을 위해 345KV 지중선로의 건설을 계획하고 있는 실정이다.

구미각국에서도 일찌기 지중송전선로가 보급되었으며, 특히 미국의 각도시에서 발달한 네트워크 배전방식은 대부분 지중선로를 채용하였고 최근에는 지중선로에 의한 장거리 대전력 수송이 현저하게 증가하는 추세이다.

본 고에서는 이러한 주변여건의 변화와 필요에 따라 날로 증가하고 있는 지중송전설비의 내외실태 및 연구동향과 연구개발 필요항목등을 간략하게 소개함으로써 이 분야에 관심이 있는 회원제위의 이해를 돕고자한다.

2. 내외실태

2.1 국내실태

국내에서는 총연장 약9,427km(1987년 12월 31일 현재)의 케이블이 지중송·배전 선로에 사용되고 있으며 선로길이 기준으로 송전선의 지중화율은 1.74%이며 배전선의 지중화율은 1.5%이다. 현재까지 154KV 송전선로에서는 CV 케이블과 비교하여 신뢰성이 우수한 OF 케이블이 전체 154KV 급 지중송전선로의 60% 이상을 차지하고 있고, POF 케이블 및 CV 케이블이 일부 사용되고 있으며, 66KV 이하의 전압에서는 유지 및 보수가 간편한 CV 케이블이 주종을 이루고 있다.

지중송전선로는 대도시(서울, 부산, 인천) 지역에 집중되어 있으며 총연장 약 869km(1987년 12월 31일 현재)의 케이블이 포설되어 있고, 지중배전선로 또한 대도시지역 및 관광지지역에 편중되어 있는 실정으로 총연장 약 8,558km(1987년 12월 31일 현재)의 케이블이 포설되어 있고, 이의 지역별 지중화율은 서울 18.6%, 부산 5.6%, 대구 3.7%, 인천 3.5%, 광주 2.1%, 제주 1.5% 등의 순서이며 그외 지역의 지중화율은 대부분 1% 이하로 매우 저조한 실정이다. 국내에서는 신도시 건설의 경우 건설시부터 전지역을 지중화하고 있으며(여의도, 과천, 경주보문단지, 목동, 상계, 중계지구) 기타 기존도시에 관하여는 다음과 같은 점을 고려하여 지중화를 진행하고 있다.

1) 전력공급의 안정성

2) 사회적 여건(인구, 행정, 기관 등)

3) 정책여건(올림픽 경기장 주변, 주요행사지역)

국내 지중선로 건설비는 가공선로 건설비의 약 15-20배가 소요되고 있어 미국의 1-2배, 영국의 2-8 배 및 일본의 5-10배에 비하여 대단히 많은 경비가 소요 되므로 건설비를 경감시키는 기술개발에도 많은 참여가 필요한 실정이다.

전압별 지중케이블 연장은 표1 과 같다.

2.2 미국실태

미국에서는 회선길이 약 5,240C-KM (1985년말 현재)의 케이블이 지중송전에 사용되고 있으며 전전압에 걸쳐 POF 케이블이 주종을 이루고 있다. 69KV 전압 이상의 송전선 지중화율은 약 0.78%이며 배전선의 지중화율은 전국적으로 약 10~20%정도이다.

미국에서의 지중화 배경을 살펴보면 지역적 특성에 따라 동부지역과 서부지역에서 차이가 발생한다. 동부 지역에서는 도시의 과밀화에 따른 송전용량 증대치가 매우 높아 공공의 안전과 방재의 관점에서 지중화가 실시된 점에 반하여, 서부 지역에서는 도시미관 및 경관

개선의 관점에서 지중화가 이루어지고 있다.

1986년말 현재 지중송전 설비현황 및 사고현황을 살펴보면 연간 케이블 장애가 16건, 중간접속재 장애가 20건, 종단상 장애가 37건으로 이를 전체에 대한 비로 보면 케이블 장애율이 0.3건/100km, 중간접속재 장애율이 0.61건/1000개, 종단상 장애율이 3.7건/1000개 등으로 다른 나라와 비교하여 장애율이 매우 낮은 것으로 이는 그동안 지중계통에 대한 많은 연구 및 투자 결과라 하겠다.

송전전압별 지중케이블 회선길이는 표2 와 같다.

주) A : POF 케이블

B : OF 케이블

C : XLPE 케이블

D : 기체절연 케이블

E : 연피 케이블

2.3 일본실태

일본에서는 총 연장 39,217km(1986년 12월 31일 현재)의 케이블이 지중송·배전선로에 사용되고 있으며

표 1. 주요전압별 지중송전선로 현황

(1987. 12. 31 현재)

항목	전압별 [KV]	345	154	66	합계
		선로길이 [M]			
	가공	2,369,130	4,624,777	3,585,938	10,579,845
	지중	—	180,516	7,022	187,538
회선길이 [C-M]	가공	4,738,260	8,709,338	4,338,028	17,785,626
	지중	—	281,132	7,232	288,364
전선연장 [M]	가공	47,264,604	33,177,418	13,024,849	93,466,871
	지중	—	847,062	21,696	868,758
지 중 화 율 (%)		0	3.76	0.19	1.74

표 2. 전압별 지중송전 현황

(1985. 12. 31 현재)

항목	전압별[KV]						
	345	230	161	138	115	69	합 계
회선길이[C-KM]	387	407	19	2125	834	1469	5241
케이블 종류별 회선 길이 [C-KM]	A : 387	A : 403	A : 19	A : 1842	A : 735	A : 646	A : 4032
	B : 0	B : 3.7	B : 0	B : 243	B : 79	B : 454	B : 779.7
	C : 0	C : 0	C : 0	C : 39	C : 20	C : 258	C : 317
	D : 0.3	D : 0.1	D : 0	D : 1	D : 0	D : 0	D : 1.4
	E : 0	E : 0	E : 0	E : 0	E : 0	E : 111	E : 111
지중화율 (%)	0.55	0.41	0.05	2	0.56	0.87	0.78

송전선의 경우 전 전압에 걸쳐 OF 케이블이 주로 사용되고 있으나 최근들어 CV 케이블의 사용비율이 증가하고 있는 실정이다.

송전선의 지중화율은 8.7%이고 배전선의 지중화율은 0.85%이다. 지중송전선로의 최근 10년간 연평균증가율은 약 5%이며 지중배전선로의 연평균증가율은 약 10%에 이르고 있다.

일본에서의 지중화 배경을 살펴보면 안전하고 쾌적한 통행공간의 확보, 도시재해의 방지, 도시경관의 향상 등의 관점에서 지중화를 진행하고 있으며 한편, 건설비용, 수요변동에의 적응성, 사고시의 조기복구등에 유의하여 전기 및 전기통신사업의 건전한 발전이라는 관점에서 합리적으로 추진되고 있다.

전선지중화 지역의 범위는 지역사회의 행정, 산업활동의 중심적인 기능을 담당하는 곳, 도시로의 성숙도가 높은 곳, 전력 및 통신선의 수요가 안정한 곳, 안전 및 보수기능이 두드러지게 향상되고 있는 도시지역등을 중심으로 선정하고 있으며, 구체적으로는 아래의 요건을 고려하여 선정하고 있다.

- 1) 부하밀도 및 수요의 안정성
- 2) 시공의 난이성
- 3) 경관유지의 필요성

2.4 영국실태

영국에서는 총 회선길이 370,367C-KM(1987년 3월 31일 기준)의 케이블이 지중송·배전선로에 사용되고 있다. 송전선의 지중화율은 약 6.42%이며 배전선의 지중화율은 약 60%를 상회하고 있다. 특히 런던의 경우 지중화율은 100%에 이르고 있는 실정이므로 이의 배경을 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 지중선의 건설비용이 가공선보다 높지만 보수 및 공공안전의 측면을 고려해 보면 도심부에는 지중선로 방식이 경제성이 있다고 판단되며,
 - 2) 관광지 보호에 대한 주민들의 관심이 대단히 높아 법제상으로도 송·배전설비 및 통신설비의 건설계획 단계에서 풍치의 보전을 요할것을 의무화하고 있다.
- 주간 송전선의 지중화 현황은 표 3과 같다.

2.5 서독실태

표 3. 주간 송전선 지중화 현황

항목 \ 전압별 [KV]	400	275	132	66이하	합 계
회선길이[C-KM]	293	446	152	45	935
지중화율 [%]	3	11	26.5	52.3	6.4

서독에서는 총 회선길이 658,270C-KM(1985년 12월 31일 현재)의 케이블이 지중송·배전선로에 사용되고 있다. 지중송·배전선의 지중화율은 58.9%로서 다른 나라에 비하여 매우 높으며 특히 대도시의 배전선의 지중화율은 100%에 이르고 있다. 최근 8년간 지중송 배전선로의 연평균 증가율은 약 6%를 상회하고 있다.

서독 대도시의 지중화 배경은 다음과 같다.

- 1) 환경미화에 대한 의식
각도시지역을 아름답게 가꾸려는 의식 및 여론의 고조
- 2) 도로 및 보도의 정비
도로의 건설시 넓은 공간의 보도를 계획하여 이를 케이블 매설장소로 이용하고 있으며, 공사후 복구를 고려한 보도포장방식을 채택하고 있다.
- 3) 직매방식의 채용
보도밀에 케이블이 주로 매설되므로 중량물등의 영향을 고려할 필요성이 없기 때문에 직매방식이 널리 사용됨.
- 4) 고신뢰도 설비에 의한 메인テナンス 프리 운전
- 5) 수요변동이 작다.
계획에 의한 완성된 시가지 형태가 많으므로 설비증설을 위한 공사빈도가 작다.

2.6 호주실태

호주에서는 총 회선연장 36,021km(1986년 6월 30일 현재)의 케이블이 지중송·배전선로에 사용되고 있으며, 지중송·배전선로의 지중화율은 약 5.1%이며 최근 5년간 지중송·배전선로의 연평균 증가율은 약 9.1%이다

호주의 지역별 배전선로의 지중화 정책은 표 4와 같다.

2.7 기타지역실태(아시아제국)

표 4. 지역별 배전선로 지중화 정책

구분 지역별	신 설 배 전 국	기 존 배 전 국
시드니 (SCC)	<ul style="list-style-type: none"> • 신규고압선(지중화 원칙) • 주택신규분양지의 저압선은 수용가의 요청에 따름 	<ul style="list-style-type: none"> • 고압선의 지중화가 공급신뢰도 및 환경미화에 기여할 수 있는 지역은 지중화 • 저압선은 지중화 하지 않음
빅토리아 (SECV)	<ul style="list-style-type: none"> • 신규주택분양지 고압선은 수용가 요청에 따름 • 고속도로(지중화원칙) 	<ul style="list-style-type: none"> • 요청이 없으면 지중화하지 않음 • 원칙적으로 가공선
브리스반 (SEQEB)	<ul style="list-style-type: none"> • 신규주택분양지 고압선은 수용가 요청에 따름 • 쇼핑센터등 대규모 전력공급선로는 지중화 	<ul style="list-style-type: none"> • 주택밀집지역에 신규수요가 발생할 경우 또는 계통 확장 공사를 할 경우 지중화
서 호 주 (SECWA)	<ul style="list-style-type: none"> • 신규주택분양지 고압선은 수용가 요청에 따름 • 고층아파트 등 고층빌딩에 공급할 경우 지중화 	<ul style="list-style-type: none"> • 수요밀도가 높은 지역 또는 수용증가율이 현저한 지역은 수용시공 공사시마다 지중화

아시아지역 국가들의 지중화율은 대부분 매우 낮은 것으로 이는 국가의 경제력과 전력정책에 많은 영향을 받고 있다. 아시아지역중 지중선로제통이 잘되어있는 곳으로는 홍콩, 싱가포르, 말레이시지등을 들 수 있다. 홍콩의 경우 총 회선연장 6,659km의 지중선로가 설치되어 있고, 지중화율은 77.7%에 이르고 있으며 그중500V이하의 배전선로는 100% 지중화가 되어있다. 싱가포르는 관광도시국가로써 60KV급 이상 송전선로의 경우 총회선연장 2,534km의 선로가 모두 지중화가 되어 송전선로 지중화율이 100%인 유일한 국가이다. 말레이지는 배전선로계통에서 높은 지중화율을 보이고 있으며 총 회선연장 14,368km의 지중선로가 설치되어 있고 지중화율은 44.5%에 이르고 있다.

3. 내외 연구실적 및 동향

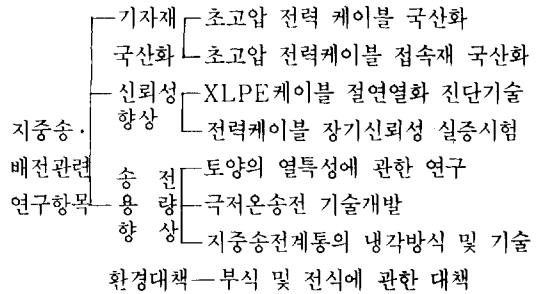
3.1 국내 연구실적 및 동향

국내에서는 그동안 미국, 일본 등 선진국에 비해 지중송·배전계통에 대한 체계적인 연구가 부족했던 것이 사실이다. 그러나 도심권의 부하집중현상이 증가하고 도시 환경에 대한 인식이 증가함에 따라 계통지중화에 관한 관심이 고조되고 있다. 이에 따라 학계, 한국전기연구소, 한국과학기술원, 한국전력(주) 및 기타 관련산업체의 연구소에서 지중송전계통에 필요한 연구를 추진하고 있다.

현재까지 국내에서의 주요연구 및 개발실적은 다음과 같다.

- 1978년 : 154KV OF 케이블 생산
- 1983년 : 154KV CV 케이블 생산
- 1987년 : 154KV CV 케이블 접속재 개발
- 1988년 : 154KV OF 케이블 접속재 개발

국내에서 현재 진행 중이거나 가까운 장래에 진행하고자 하는 연구항목을 집약 정리하면 아래와 같다.



3.2 미국의 연구실적 및 동향(EPRI)

미국에서 지중송전계통으로는 POF 케이블이 주종을 이루면서 발달되어 왔다.

최근까지의 주요연구 및 개발실적은 다음과 같다.

- 1924년 : 132KV OF 케이블 최초포설
- 1935년 : POF 케이블 개발
- 1965년 : 345KV POF 케이블 최초포설
- 1969년 : 500KV POF 케이블 연구개시
- 1975년 : 362KV 관로기중 케이블 개발
- 1975년 : 지중송전계통의 환경장애에 관한 연구
- 1978년 : OF 와 POF 케이블의 건설단가 비교검토
- 1980년 : 345KV POF Capacitive -Graded 접속재 개발연구
- 1981년 : 765 KV POF 케이블 냉각계통 실증시험
- 1982년 : 지중송전선로 근접토양의 열안정도에 관한

연구

1985년 : 138KV CV 케이블 조립식접속재 개발연구

미국에서는 EPRI, PTI, DUKE LAB 등지에서 새로운 지중송전계통에 관한 연구, 케이블 개발연구 및 자동화 등 계통전반에 걸친 연구가 진행중이다. 그중 EPRI에서는 설비, 환경, 발전, 전송, 연구기획의 5가지로 연구분야를 구분하여 연구하고 있으며 그중 전송 분야에서는 지중송전 케이블, 지중송전전설 및 지중배전에 관하여 연구하고 있다.

전송분야에 관한 연구의 초점은 송전설계·건축 및 수명예상, 운전·보수 및 기자재 경비감소, 배전자동화, 계통계획 및 최적운전에 두고있다. EPRI에서의 지중송·배전 관련 장·단기계획을 정리하면 표 5와 같다.

표 6은 EPRI의 전송분야에 관한 연차별 연구계획을 나타낸 것이다.

표 5. EPRI의 지중송·배전 관련 장·단기계획

구분	단기	중기	장기
지중송전	• 신압출·절연 테이프케이블 • 신 가설기구	• 직류케이블	• 계통운전 자동화 • 극저온 기술
지중배전	• 신URD케이블 • 신케이블 교체법 • 개량 뇌보호	• 신케이블 가설법 • 계통 자동화	

표 6. EPRI의 전송분야에 관한 연차별 연구계획

구분	년도	연구과제
지중송전케이블	1987	* 합성절연 삼상케이블 계통운전
	1988	* Solid지절연 500KV DC 케이블 * 유전체 Database
	1989	* 230KV 셀룰로스 기체케이블 * 압출케이블 시험절차
지중송전전설	1988	* OF 송전케이블 시험서비스 * Perfluorcarbon 기술을 이용한 누유탐색기법
	1989	* On-line 계통운용감시 및 누유감시
	1992	* 새로운 굴착기법
지중배전	1989	* 케이블 수명연장을 위한 가이드라인
	1991	* 지중선을 위한 작은구멍 boring system
	1992	* 압출절연체 케이블의 수명예측 시험법
	1993	* 압출절연체 케이블의 제작

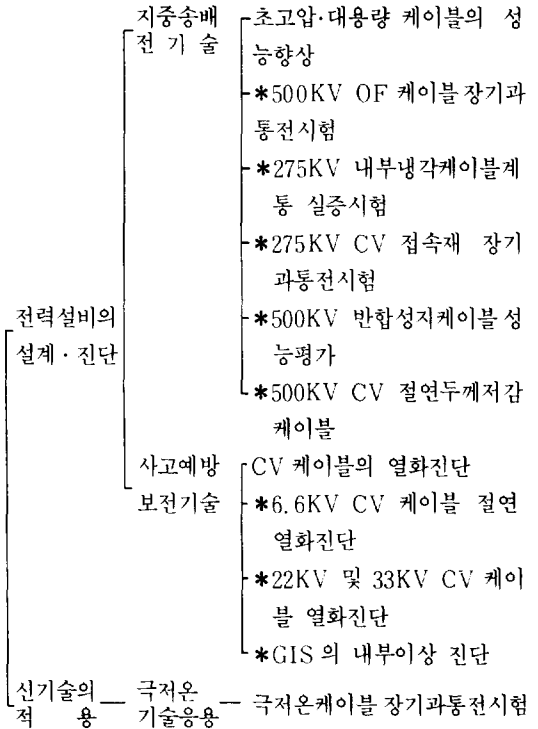
이외에 EPRI에서는 Waltz Mill Cable Test Center를 만들어 각종 전력케이블 및 시스템의 개발과 실용화를 위한 장기실증시험을 실행하고 있으며 현재 수행중인 연구는 다음과 같다.

- * 138KV 절연두꺼져감 XLPE케이블
- * 230KV 절연두꺼져감 XLPE케이블
- * 138KV XLPE케이블 차폐층 절단부
- * 345KV 반합성지 POF케이블
- * 직류 ±600KV POF케이블
- * 1,200KV 관로기중케이블

3.3 일본의 연구실적 및 동향(CRIEPI)

일본에서는 전력중앙연구소를 중심으로 관련 기업 및 연구소에서 지중계통에 관련된 많은 연구를 수행하여 왔으며, 현재에도 계속 연구되고 있다.

표 7. 전력중앙연구소의 지중관련 장기연구계획



현재까지 일본에서의 주요연구 및 개발실적을 살펴보면 다음과 같다.

1928년 : 66KV OF 케이블 최초사용

1958년 : 154KV OF 케이블 개발
 1960년 : 275KV OF 케이블 개발
 1970년 : 500KV OF 케이블 냉각계통 실증시험
 1971년 : 직류 케이블에 관한 연구 개시
 1972년 : 500KV 관로기중 케이블 개발
 1975년 : 지중선로 공사시 소음 및 진동에 대한 신품
 법 개발
 1980년 : 275 KV CV 케이블 채용
 1983년 : 500 KV CV 케이블 개발
 1984년 : 500 KV 반합성지 OF 케이블 개발
 전력중앙연구소의 1986년 장기연구계획은 표 7 과 같다.

또한, 산업체에서는 현재 다음과 같은 기술개발의 연
 구에 주력하고 있다.

- * 초고압 CV 접속재 개발
- * 초고압 CV 케이블 개발
- * 초고압 저손실 OF 케이블 개발
- * 신규 절연재료 개발
- * 초고압 직류 케이블 개발
- * 집중 감시시스템 개발
- * 전력케이블 냉각기술
- * 전력케이블 포설기술
- * 지중송전설비 보수기술

표 8. 중·장기연구개발 필요항목

분야 기별	송전용량증대대책	시스템설계관련	계통상의기술적문제	지중송전계통환경대책	케 이 블 관 련
중 기 (3~5년)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존선로의 허용전류 재검토 <ul style="list-style-type: none"> • 연속정격전류 • 단시간과부하전류 ○ 기존선로의 주변여건 개선 <ul style="list-style-type: none"> • 열방산특성 개선 • 냉각방식도입검토 ○ 냉각방식 관련기술 <ul style="list-style-type: none"> • 외부간접냉각방식 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 토양의 열특성 조사 및 평가 <ul style="list-style-type: none"> • 열저항률 • 열확산률 • 열안정도 ○ 지하구조물 설계사양 개선 <ul style="list-style-type: none"> • 전력구 • Duct 및 Conduit ○ 주변여건에 따른 영향 및 방재대책 <ul style="list-style-type: none"> • 진동 • 화재 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 상시의 문제점 개선 <ul style="list-style-type: none"> • 충전전류보상법 • 무효전력 배분과 전압조정 ○ 사고시문제점개선 <ul style="list-style-type: none"> • 지락사고시 통선선 유도대책 • 지락전류 억제대책 • 절연협조 • 보호계전방식 • 고장점탐색기술 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 환경보존대책 ○ 전식관련연구 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신뢰성 향상및 수명예측 <ul style="list-style-type: none"> • 정확한 수명예지기법 ○ 열화진단기술 <ul style="list-style-type: none"> • 직접법의 개선 ○ 접속상 관련기술 <ul style="list-style-type: none"> • 접속상의 국산화 • 접속공법 개선
장 기 (5년 이상)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 냉각방식 관련기술 <ul style="list-style-type: none"> • 내부냉각방식 • 외부직접냉각방식 ○ 상시감시제어 기능개선 <ul style="list-style-type: none"> • 열방산현상감시 • 케이블관리기술 • 송전용량가변제어 기법 • 제어용 프로그램 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 열특성 평가법 <ul style="list-style-type: none"> • 열방산 해석용 simulator 개발 ○ 개량도양 관련연구 <ul style="list-style-type: none"> • 첨가재개발 • 개량도양개발 ○ 주변여건에 따른 영향 및 방재대책 <ul style="list-style-type: none"> • 지반침하 • 폭발 • 지하열원에 의한 열영향 해석 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 극저온 송전계통의 도입관련 기술 연구 ○ 관로기중식 계통의 연계기술 ○ 직류 및 해저송전 계통 관련기술 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 물리적·생물학적 영향 ○ 사회적·문화적 영향 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신뢰성향상 및 수명예측 <ul style="list-style-type: none"> • 장기신뢰성 실증시험 ○ 열화진단기술 <ul style="list-style-type: none"> • 간접법의 개발 • 활성진단법개발 ○ 접속상 관련기술 <ul style="list-style-type: none"> • 접속상의 설계 기법 개선 ○ 초고압·대용량화 기술 <ul style="list-style-type: none"> • 신종케이블개발 • 절연설계기법

4. 결 언

본 고에서는 주변여건과 시대적인 요청때문에 날로 증가하고 있는 지중송전계통에 대한 내외실태 및 실적·연구동향등을 간략하게 기술하였다. 전술한 바와 같은 지중송전의 도입목적은 충분히 달성하기 위하여 국내관련 기관 및 산업계등에서도 꾸준한 연구개발이 진행되고 있으나 그 역사가 길지않고, 지중화율 면에서도 그렇듯이 연구투자비나 기술수준면에 있어서도 선진외국에 비해 상당히 뒤떨어져 있는 실정이다. 따라서, 지중송·배전분야의 기술자립 및 기술향상을 위해 보다 적극적인 투자와 연구노력이 요구되며, 관련연구소 및 기업이 상호 긴밀한 협조체제를 구축하여 소기의 목적달성을 위해 최선을 다해야 하겠다.

참고로 추후 연구개발이 필요한 항목을 표8에 수록하였다.

참 고 문 헌

- 1) 내외 지중송전 실태 및 연구동향 조사, 한국전기연구소, 1987. 12.
- 2) 한국전력통계 <제57호>, 한국전력공사, 1988.3.
- 3) 海外電氣事業統計(日), 海外電力調査會, 1988.
- 4) EPRI Report, Study on Environmental Impact of Underground Electric Transmission Systems, Research Reports Center, 1975.
- 5) Cab System(日), Cab System 研究會, 1986.
- 6) 地中線工事の手引, 日本電設工業協會, 1974.
- 7) 當所における 地中送電研究の 成果と 計劃, 電力中央研究所, 1987.
- 8) 電氣事業篇權(日), 電氣事業協會, 1988.
- 9) 전기연감, 대한전기협회, 1987.
- 10) 地中送電, 電力中央研究所, 1965.
- 11) 奇岩克己의, 最近의 地中送電技術, 電氣學會雜誌, Vol. 103, No. 12, 1983.
- 12) Statistics of Electricity Supply, The Electricity Council, 1988.
- 13) 最近의 油浸絶緣と 將來展望, 電氣學會技術報告(II部), 第 224號, 1986.
- 14) 速永梅辛, CV Cable, CORONA Pub., 1986.