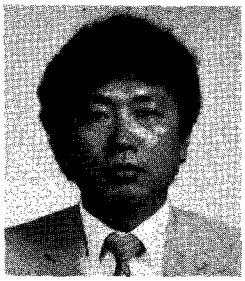
北美原電産業의 現況과 展望 및 韓國에서의 影響分析

本稿는 1988年 8月21日부터 9月2日까지 美國과 카나다 등 北美地區 原子力産業界를 돌아보고 그 실태를 파악하여 우리나라에 대한 영향을 分析함으로써 종합적인 原電政策 수립의 자료로 활용키 위한 귀국보고서이다.



申 載 仁
〈韓國電力技術(株) 顧問〉

Ⅰ. 背 景

우리나라 원자력발전은 상업운전을 시작한 지 갓 10년을 지나고 있다. 이 짧은 기간동안에 이룩된 원자력발전기술과 경험의 축적은 괄목할만한 것으로서 이는 정부와 전력회사의 정책적이며 적극적인 지원이 큰 요인이 되고 있으나 원자력 산업계에서 일하고 있는 원자력인들의 원자력발전기술의 습득, 자립, 개발에 대한 헌신적인 열성과 원전의 경제적인 건설, 안전운전, 안정적인 전력공급을 위한 부단한 노력의 결과인 것은 부인할 수 없다. 그러나 현재 원자력산업은 국내외적으로 급속한 변환을 맞고 있다.

소련의 체르노빌사고이후에 급격히 냉각된 외국의 원자력산업은 그동안 새로운 제3원자력 세대를 맞기 위한 부단한 노력을 기울인 결과 재래의 원자력발전계통개념에서 진보되고 있는 혁신적인 개념으로의 변환을 눈앞에 두고 있다. 특히 온실효과(Greenhouse Effect)로 인한 대기온도의 상승은 금년 여름 미국전역에 걸쳐 최대 전력소비율을 기록하고 제한송전의 어려움을 겪도록 함으로써 전력수요 욕구의 증가에 따른 신규 원전건설의 전망은 밝은 편이어서 1990년도 초반에 이러한 새로운 개념의 원전 건설을 시도함으로써 미국의 원자력산업계는 그동안의 어둡고 긴 터널을 빠져나오려고 하고 있다.

반면에 우리나라 국내의 원전산업은 성취의 포만감에서 이제 자립의 기틀을 다져가고 있다. 국내업체가 영광 3·4호기의 주계약자로서 일하고 있으며 과감한 기술전수와 자립의 의지를 이 사업속에 담고 있다.

그러나 원자력에 대한 대중의 이해(Public Acceptance)와 자주적인 원전개발·운용의 능력확보는 원산의 계속적인 발전을 위해서는

사활을 걸고 있는 새로운 중요한 명제로 이제 우리에게 도전해 오고 있다. 외국의 경우들을 살펴보더라도 이 문제들에 대한 해답들은 조직적이며 치밀한 계획하에 세워진 원자력발전의 종합정책하에서만 구할 수 있었으며 이러한 해답들을 얻어내지 못한다면 우리나라의 원자력산업도 외국에서와 같이 처절한 패배와 침체의 상황에 빠져들어갈 것으로 예견된다.

우리나라의 원자력발전산업은 대부분의 외국 경우와 마찬가지로 미국의 영향을 많이 받아 왔으며 앞으로도 그렇게 계속될 것으로 예상된다. 또한 미국은 이러한 원자력산업의 위기를 먼저 겪었던 나라이기 때문에 현재 미국의 상황을 개괄적으로 파악해 보는 것도 위기속에 있는 우리의 원전산업의 좌표를 결정하는데 매우 중요한 참고가 될 수 있을 것이다.

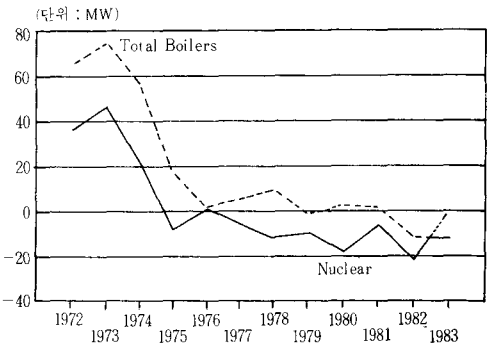
카나다의 원자력사업은 매우 독특하여 바로 지척에 원자력 강대국인 미국을 이웃하면서도 독립적이고 자주적인 원전산업형태를 계속적으로 흔들림이 없이 유지하고 있다. 이러한 카나다의 대응전략은 우리에게 이 위기를 극복하는 해결의 실마리를 구하는데 매우 귀중한 귀감이 될 수 있다.

이러한 관점에서 현재와 미래의 거대한 두 원자력 공룡의 원전산업모양을 살펴보고 우리나라의 원전산업의 그림에 투영시켜 봄으로써 명확한 우리 원전산업의 바람직한 모습을 밝혀낼 수 있을 것으로 생각된다.

Ⅱ. 美國 原電建設産業界의 現況 및 展望

1. 電力需要의 增加와 原電建設展望

미국 원전산업이 쇠퇴하게 된 가장 큰 동기는 TMI와 체르노빌사고에 따른 대중의 원전 안전성에 대한 회의도 큰 요인이었지만, 그보다도 1970년대의 후반부터 시작된 전력수요의 0~3%의 저성장이 주요 원인이라고 분석되고



〈그림1 〉미국의 원자력 · 화력발전소 신규주문추세

있다. 그 이전까지 기록되었던 5~7%의 전력수요 성장은 급격한 냉각을 맞았으며 따라서 그림 1에서 보는 바와 같이 1973년 이후부터는 원자력, 화력을 포함한 전 발전소 건설이 중단되었다. 따라서 미국의 원자력산업의 향후 전망을 살펴보기 위해서는 미국의 미래 전력수요에 대한 예측을 해보는 일이 매우 중요한 일이 된다.

앞으로의 전력수요 성장예측은 미국의 경우 신빙성있는 자료를 발견하기가 매우 힘들다. 그러나 최소한 최근에 일어나고 있는 두가지의 경험, 즉 온실효과에 의한 급격한 전력수요의 상승(금년 미국의 중부와 동부지역을 중심으로 한 일부 지역의 온도는 화씨 90도 이상의 더운 날씨가 계속되었다. 가장 서늘한 곳으로 알려진 미네소타의 International Falls도 90도 이상을 넘었으며 Buffalo도 80도 이상을 넘는 더운 여름이었다. 이러한 무더운 여름으로 인해서 Chicago의 CECO전력회사는 금년 8월 2% 미만의 예비율만을 보유하게 되어 있어서 대부분의 미국 동북부의 전력회사들이 그러했듯이 Brownout의 위기에 직면해 있었다. CECO의 금년 여름 전력 Peak Demand는 작년대비 11.7% 상승으로 2,000MWe가 증가되었다. 환경학자들은 이러한 무더운 여름은 이제 시작이며 설사 환경오염을 급격히 개선한다고 하더라도 상당기간 동안 계속될 것으로 전망하고 있다)과 작년에 미국이 경험한 4%의 전력수요의 상승

을 고려하여 볼때 앞으로 매년 최소한 2.5% 이상의 전력수요 상승은 전문가들 사이에서 쉽게 예견되고 있다.

따라서 일부분의 사람들은, 특히 원자로 제작업체에서는 온실효과에 의해서 대중들의 원자력에 대한 이해가 매우 향상되었으며, 공급을 초과하는 전력수요의 증가 때문에 그동안 중단되었던 신규원전 건설의 주문이 있을 것으로 희망적으로 예측하고 있다.

그러나 전력회사의 입장에서 본 원전 건설의 전망은 그렇게 썩 밝은 편은 되지 못한다. 현재 전력수요가 이미 공급을 초월하고 있다는 사실은 공감하면서도 무엇보다도 전력회사의 최고경영진들이 대투자와 위험요소가 다분히 많이 있는 대단위 중앙집중 발전소 건설을 책임지고 수행할 수 있는 체제가 되어있지 않기 때문에 머리아픈 신규 대단위 발전소의 건설 대신에 손쉬운 방법, 즉 ① 카나다(99% 수입원)와 멕시코(1% 수입원)로 부터의 전력수입을 증가시키는 방법(미국의 전력수입은 1975년 이후 매년 15.8% 이상 증가해 왔다), ② 계속 증가되는 열병합발전소로 부터의 추가공급되는 전력(1985년 현재 미국의 열병합발전용량은 13,443MW이며 실제 공급실적은 2,895MW임. 미국 전력회사의 발전용량은 688,700MW임), ③ 제3독립적인 전력공급회사(Independent Power Producers) 로 부터의 전력구매(1985년 IPP는 3,700MW의 시설용량으로 전체용량의 1% 미만임) 그리고 ④ 적절한 부하관리를 통해서 당분간 추가전력을 공급하려고 시도하고 있다(CECO).

그러나 제작회사, 전력회사, 엔지니어링회사들이 본 의견은 현재의 원자력 및 화력발전소의 상당부분이 수명이 다하여 해체에 들어가며, 카나다나 멕시코로 부터의 전력에너지 수입비중이 한계점에 도달하게 되는 1995년 부근에 가면 분명히 신규 원전이나 대단위 화력발전소의 건설 주문이 발생하리라고 예측을 하고 있다.

2. 原電의 規制動向과 新規原電 建設

최근 원전 건설에서 중요한 규제의 지침으로 등장하고 있는 사항들을 살펴보면 1985년에 NRC에서 공포한 Severe Accident Policy(SAP)와 1986년 DOE가 설치한 Advanced Reactor Severe Accident Program(ARSAP) 그리고 1987년 NRC의 Standardization Policy를 들 수가 있다.

그중에서도 Severe Accident Policy(SAP)는 향후 건설될 발전소에 기존 NRC규제사항에 추가하여 적용할 네가지의 요건을 담고 있는데, 즉 ① 현재 NRC인허가요건의 만족(Compliance with current NRC regulations, including the construction permit(CP) rule), ② 적용되는 USI와 GSI의 해결(Resolution of the NRC's unresolved safety issues and medium and high priority generic safety issues), ③ PRA수행(Completion of probabilistic risk assessment and evaluation of the design against it), ④ Degraded Core문제에 대한 NRC Review(Completion of NRC staff review with consideration of degraded core issues)이다.

ARSAP는 EG&G의 주관하에 ALWR의 Severe Accident Safety와 Licensing문제들에 대한 자세한 기술적인 지침을 작성하고 있는 것으로서 이 프로그램은 현재 EPRI의 ALWR Project와 DOE의 Advanced Reactor Development Project와 밀접하게 관련이 되어있다.

NRC의 표준화정책은 1978년 설계검토기간 단축과 동일설계 발전소를 유도하기 위하여 10 CFR 50 M, N, O를 제정 참조설계개념(Reference System Concept), 복제개념(Duplicate Plant Concept), 제작허가개념(Manufacturing Licensing Concept)과 유사설계개념(Replicate Plant Concept)으로 구분하여 시행토록 하였으나 1987년 사전승인 및 인허가개념으로 좀 더 적극적인 표준화정책으로 변경하고 있다.

최근 미국의 규제동향중에서 또하나의 관심

을 모으는 사항은 NRC의 개편이다. 현재 NRC는 5인의 위원들에 의해서 운영되어온 행정조직과는 별개의 조직이었으나, 개편안에 따르면 1인의 Administrator가 운영하는 행정조직안의 Nuclear Safety Agency로 변경하는 안이다. 이 안은 1988년 8월 8일에 상원을 통과하였으나 하원의 동의를 얻어 발효되기에는 많은 문제점이 있을 것으로 예상되고 있다. NRC의 변경안은 원자력산업계로서는 장단점이 있는데, 특히 3인으로 구성된 Nuclear Reactor Safety Investigation Board의 설치는 산업계의 지지를 받지 못하고 있다.

3. 綜合展望과 韓國에 미치는 影響

○미국내에서의 환경오염 및 온실효과로 인해서 원자력발전의 이용은 대중들로 부터 상당한 긍정적인 반응을 얻고 있다.

○미국의 전력소비율이 급격히 상승하고 있기 때문에 1990년대 초반에는 신규원전 건설주문이 급증할 것으로 전망된다.

○규제동향은 이제까지 논의되고 있는 안전문제들에 대해서는 이제 모두 해결하고 청산을 하려 함으로써(NRC의 Severe Accident Policy) 안전도의 상향 조정이 이루어지고 있다.

○이러한 규제동향 때문에 원자로 제작업체들은 이러한 조건에 알맞는 ALWR(CE-System 80 Plus, W-APWR, AP-600, GE-ABWR) 등을 개발하고 있으며, EPRI와 DOE에서도 적극적으로 참여하고 지원하고 있다.

이러한 사실을 종합할때 우리나라의 후속 원전 건설을 위해서는 다음과 같은 사항들이 심도있게 재론되어야 한다고 생각된다.

－앞으로 지을 후속기는 재래식 원전인지, 아니면 ALWR이나 Advanced Passive Plant이어야 하는지 여부.

－유럽이나 일본과는 매우 상이한 미국 NRC의 규제방향을 우리가 그대로 흡수하여야 하는지 여부.

－우리의 기술능력이 충분하다고 가정할때 우리나라가 미국의 운전실적 경험이 없는 ALWR을 독자적으로 지을 수 있는 행정적, 제도적 가능성 여부.

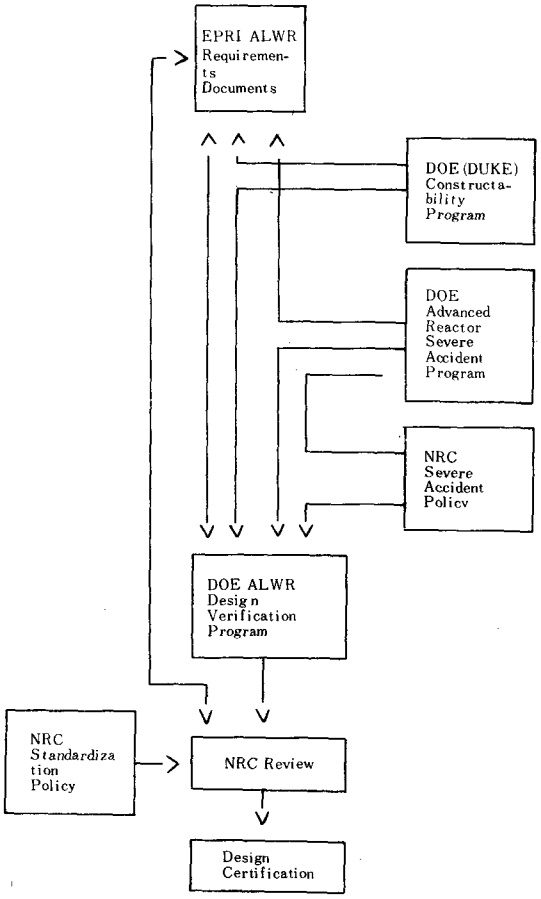
－ALWR이나 Advanced Passive Plant 등에 대한 국내 독자적인 기술개발 또는 국제협력하의 기술개발 여부 등.

Ⅲ. 美國의 原電 標準化 事業 및 改良原子爐開發事業 推進現況과 展望

1. DOE 및 NRC의 標準化된 改良原子爐 開發支援政策

미국 원전산업의 발전에 장애요소이었던 비표준, 주문식 건설방식을 지양하며 표준원전 건설을 촉진시키고 미래 원전의 설계개발 방향을 정립하기 위하여 NRC는 1985년 "Severe Accident Policy"와 "Nuclear Power Plant Licensing and Standardization Act of 1985"를 발표하여 미국내에서 Advanced된 표준발전소를 짓기 위한 지원조치를 펴기 시작하고 있다. NRC는 이어서 1987년 자국의 원전표준화정책을 보완하여 표준원전의 설계인증을 먼저 받도록 함으로써 건설전에 인허가사항이 상당히 완료되도록 유도하고 있으며, DOE는 원전산업계와 함께 국회에 CP와 OL를 함께하는 One-Step Licensing이 되도록 원자력법을 변경하도록 건의하고 있다. 또한 DOE는 국회의 협력을 얻어서 이러한 미래 원전을 개발하는데 지원자금을 조달하여 Design Verification Program을 개발하려 적극 협조하고 있다.

그림 2는 현재까지의 DOE의 Advanced Reactor개발사업의 진행현황으로서 이미 우리가 알고 있는 Schedule에서 큰 차이가 없이 움직이고 있다. 단지 NRC Review가 본 Schedule과 같이 진행될 전망이 의심스러우며, EPRI의 Design Requirement Document도 USC의 Review와 NRC Review Schedule이 지연되어 있



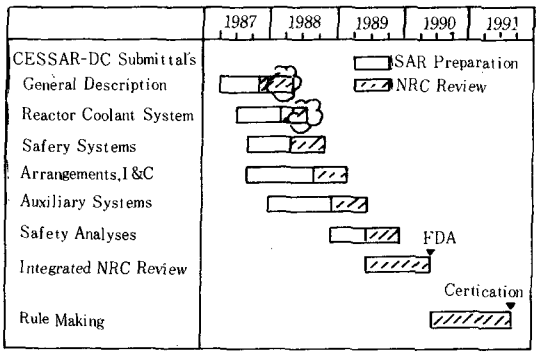
〈그림2〉미국의 ALWR Program 진행흐름도

으며 NRC의 Reformation과 대통령선거 등의 영향에 따라 변동될 여지도 남겨놓고 있다.

2. ALWR開發現況

CE의 System 80+ 개발은 그림 3에서 본 Schedule과 같이 움직이고 있으나 아직 NRC의 Review가 끝난 것은 하나도 없는 상태이다. CE의 System 80+개발은 DOE와 EPRI의 Advanced Reactor 개발계획에 영향을 받을 것이 확실하나 주된 내용들이 1989년 6월 이내에 모두 끝내게 되어있기 때문에 NRC나 DOE의 검토와 인증절차 이외에는 무리없이 Schedule과 같이 진행될 수 있는 전망이다.

Spherical과 Cylindrical Containment Concept



〈그림3〉CE System 80 Plus SAR작성일정

에 대한 논쟁은 보수적인 미국의 전력회사 견해 때문에 Cylindrical Containment방향으로 유도되고 있으며, CE사에 따르면 두 Containment Concept를 공히 채택할 수 있기 때문에 큰 문제점은 없는 것으로 설명되고 있다.

EPRI의 ALWR Program은 그림 4에서 보는 바와 같은 Schedule로 진행되고 있으며 Chapter 6과 Chapter 10 등은 조금 지연될 전망이 보인다. 그렇지만 전체적인 Schedule에는 큰 영향이 없는 것으로 EPRI는 판단하고 있다.

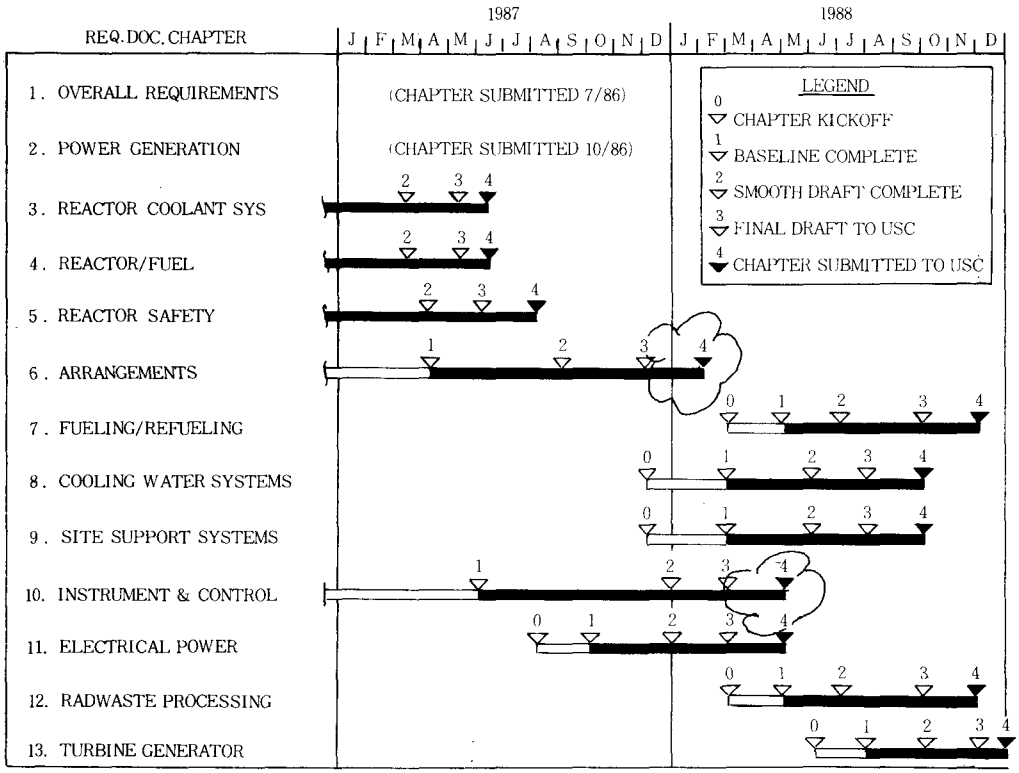
Westinghouse의 APWR 개발은 본래 일본의 Mitsubishi와 공동개발한 것으로 NRC의 Certification 획득작업을 EPRI의 Program 보다 먼저 시작하였으나, NRC의 SAP의 만족 여건 및 미국내 건설의 가능성이 당분간 희박하다는 전망아래 APWR의 계속적인 개발보다는 ECCS의 Passive Concept를 가미한 AP-600 로형을 개발하는 방향으로 전환을 하여 총력을 쏟고 있다. Westinghouse로서는 1995년 이후의 미국 원전발주분은 AP-600형태로 건설하도록 요망하고 있다.

3. ALWR 및 其他 改良原子爐 開發內容

미국 뿐만 아니고 세계적인 Advanced Reactor 및 Plant 개발추세는

① 인허가 요인의 절대만족 및 사전허가

② System 단순화를 통한 건설비의 절감



〈그림4〉EPRI의 ALWR DR작성일정

③ 안전도의 증가(1×10^{-5} / R_{yr}에서 1×10^{-6} / R_{yr}의 노심용융 빈도)

④ 건설공기의 단축

⑤ 이용률의 향상(장주기 운전, 신뢰도 향상 등)

⑥ 설계수명의 연장

등과 같은 공통목적을 두고 개발되고 있다. 이것은 앞으로 우리가 추후 노형전략을 수립하는데 중요한 고려요소가 되어야 된다고 생각된다.

4. 韓國에 미치는 影響

미국의 Advanced Nuclear Power Plant의 개발은 근본적으로 NRC의 SAP와 DOE의 ARSAP 에 근거를 두고 있으며, EPRI의 Program이 이를 뒷받침하고 있다. 이러한 노형의 변화추세는 우리나라의 미래 원전 건설에 다음과 같은 영향을 끼칠 것으로 생각된다.

- 후속기의 노형과 BOP의 개념선정
- 안전기준의 확립
- 기술자립과 개발의 연관성
- 수명연장에 대한 대책 등

Ⅳ. 美國의 原電管理對策

1. 廢棄物의 管理

미국의 폐기물관리정책은 Low-Level Waste Policy Act(1980)와 Nuclear Waste Policy Act (1982)가 기본방향을 제시해 주고 있으며 NRC, EPA 및 DOE의 Guideline들이 세부내용을 결정해 주고 있다. LLW에 대해서는 이제까지 중앙집중식 Near-Surface Disposal을 기본방향으로 하고 있었으나, 최근에 Commercial Base로 하여 일반주도사업으로 각주나 몇개의 주가 모인 Regional Base로 영구처리처분장을 건설하

도록 하고 있어서 현재 몇개의 주는 영구처리 처분시설을 건설하기 위한 설계에 들어가 있다.

HLW에 대해서는 Deep Geologic Disposal Facility를 중앙집중식으로 건설하도록 하고 있어서 현재 Deaf Smith Country Site(Texas), Hanford Site(Washington), Yucca Mountain Site(Nevada)가 후보지로 되어있다. 본래 HLW의 첫 영구처분장은 1988년까지는 완공되도록 되어있으나 현재 매우 지연되고 있는 상태이다. 1985년 Reagan에 의하여 국방용으로 발생된 HLW도 현재 일반상업용 HLW와 같은 기준에 의해서 영구처리처분하도록(국방 R&D에 의한 HLW 제외) 되어 있어서 미국 폐기물업계에 일감을 주고 있다.

HLW의 영구처리처분시설을 갖게 되는 주는 1,000만불을 Site가 결정되는 순간부터 지원을 받으며, Facility가 완공되면 2,000만불을 지원받도록 되어있다. 자금은 각 원자력발전소에서 1mill / kWh의 해당금액을 DOE에 제공하여 DOE의 독립된 부서(Office of Civilian Radioactive Waste Management)가 이 자금을 운영하고 있다. 지금까지 Radwaste의 사업이 상당히 지연되고 있는 이유중의 하나는 기술적인 문제에 대한 분명한 개념정립이 되지 못한 점도 있기 때문이다. 즉 ① HLW에 대한 정의, ② 폐기물의 종류 구분과 처리방법, ③ 주정부와 연방정부와의 행정관계(특히 폐기물 처리처분장 건설지역), ④ 소요자금의 사용절차 등이다.

2. 廢爐對策과 原電의 壽命延長

Shippingport의 폐로처리 이래로 원자력발전소의 Decommissioning은 이제 미국내에서는 점점 현실적인 문제로 대두되고 있다. 따라서 NRC는 1988년 6월 27일과 30일에 10 CFR Parts 30, 40, 50, 51, 70과 72를 통해서 폐로에 대한 요건들을 정리해 놓았다.

즉 폐로방안, 폐로계획, 폐로를 위한 자금의 확보, 환경영향평가 및 검토에 관한 세부사항들을 규정해 놓고 있다. 이 방안은 폐로의 정의, 자금의 확보 및 기록의 보관 등에 대해서 상세히 기술하고 있는데, 예를 들면 1986년 달러화로 PWR인 경우 3,400MW_t 이상은 105millions, 1,200MW_t과 3,400MW_t은(75+0.0088P), 그 이하는 1,200MW_t에 준하여 최소자금 확보금액을 규정해 놓고 있다. 우리의 2,850MW_t의 영광 3·4호기 경우로 환산하면 한 호기당 $100millions의 자금 확보가 폐로대책을 위해서 필요한 셈이다.

CECO의 가장 오래된 Dresden Unit 1 원전의 폐로계획을 살펴보면 그 특색으로 Mothballing 방법으로 2017년까지 안전하게 보관하고 그 이후에는 Dresden Unit 2·3 원전의 폐로처분과 같이 구체적인 폐로작업에 들어가도록 세워놓고 있다. 30년 동안의 보관기간은 내부 방사선의 감소, 즉 Co-60의 경우 2% 이내로 Decay 됨으로써 작업상의 편이성과 경제성이 있기 때문으로 풀이하고 있다. 1960년 준공되어 운전을 시작한 Dresden Unit 1(700MW_t) 발전소는 1978년 10월까지 상업운전을 계속해 오다 TMI 이후 규제요건의 강화로 새로운 규제조건을 만족시키기 위해서는 $300millions의 경비가 소요된다는 판단아래 소용량인 이 발전소를 폐기처분하도록 결정하였다.

폐로비용으로는 $108millions(1985년 현가화)를 계상하고 있으며 비용부담은 일반적인 원전의 O / M Cost에 비해서($335millions / yr) 크게 부담을 주는 액수는 아니라고 생각하고 있다. 미국에서의 원전수명 연장은 많은 연구가 진행되고 있으며 Surry 1과 Monticello 등에 실험적으로 시도해 보고 있으나 실제적으로 적용해본 실례는 아직 없으며 Yankee Rowe발전소 등에서 적용해 보기 위해서 계획을 세우고 있다. CECO에서는 자체 원전의 수명연장을 위해서 내년부터 5개년 계획하에 추진하도록 금년에는 자료 및 정보수집, 계획수립에 치중하고 있는데 다른 큰 미국의 전력회사도 이와 비

슷할 것으로 고려된다.

CECO의 현재까지 주요 계획내용을 보면

① 수명연장 년한—20년

② 주요 연구기술 항목—원자로용기의 상태평가

③ 정보자료 및 기술확보—화력의 수명연장 자료의 종합분석 및 원자력발전소에의 적용문제

④ 인허가 문제—일반적으로 현재 CP에서 40년으로 되어있는 원전의 운전면허를 OL로부터 40년으로 함으로써 자동 수명연장이 되도록 시도하고 있으며, 그 이후의 수명연장에 대해서는 새로 인허가를 얻어야 되는지, 기존 운전허가를 연장해야 되는지 또는 기존 운전허가를 새로 연장(Renew)해야 되는지를 정부에 문의하고 있다.

원전의 수명연장에 대해서는 아직 미국정부의 입장이 명확하게 정립되어 있지 못하고 있으며, 수명연장의 기술적인 기준문제도 불분명하기 때문에 아직은 전력회사에서는 관망하고 있는 상태에 있다. 1985년부터 미국의 기계학회에서도 원전수명 연장을 위한 기술기준과 표준의 제정문제가 논의되어 1988년 4월 Nuclear Power Conference에서 개요가 발표된 것도 있다.

V. 카나다의 原電開發과 앞으로의 展望

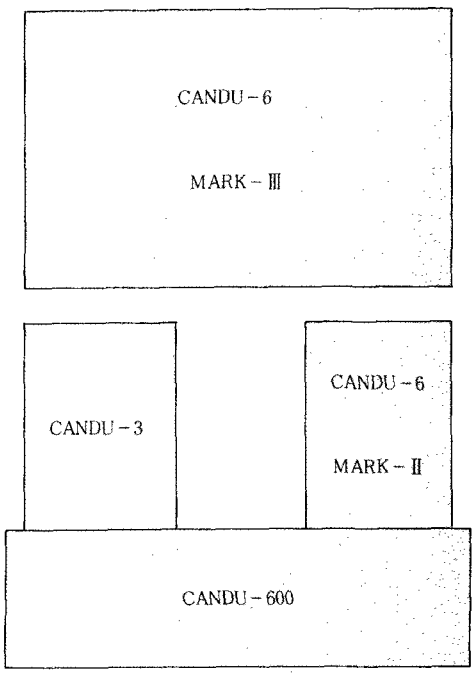
CANDU HWR에 대해서는 현재 우리나라의 월성 1호기가 외롭게 서서 바로 옆에 준비해둔 여분의 부지를 고독하게 바라보고 있기 때문에 좀더 관심이 두어지며, PWR 일색인 국내의 원자로형에 대해서 CANDU가 보완노형으로 채택될 수 있고, 현재까지의 월성 1호기의 가동실적도 좋기 때문에 이러한 희망을 뒷받침해 줄 수 있어서 앞으로의 개발전망을 살펴보는 것도 의의가 있다.

또한 카나다는 미국의 바로 인접국이면서도 CANDU라는 독자노형을 개발 운전하고 있어서 우리에게 독자적인 원전기술의 자립 및 국산화, 인허가의 형태, 기술의 개발, 운용에 대해서 참고가 될 수 있어서 CANDU의 전망에 대해서 개괄적으로 살펴보고자 한다.

1. CANDU EVOLUTION

그림 5에서 간략하게 표시된 바와 같이 월성 1호기와 같은 CANDU-600은 CANDU-6 MARK-Ⅱ로 해서 운전경험과 신기술에 의한 개량을 시도하고 있다. 이 작업은 3년전에 시작된 것으로 주요 개량목적은 64개월 건설 Schedule에서 55개월 Schedule(FC에서 In-Service까지)로 9개월의 공사기간 단축과 17%의 Thermal Power Uprating, 계통의 단순화 등을 통해서 15%의 Cost Reduction을 도모하고 있다.

17%의 Uprating은 ① 핵연료다발의 Power Increase, ② Reactor Coolant Steam Quality의



〈그림5〉CANDU 개발상황

개선 등을 통해서 이루고 있기 때문에 Size의 변경, 구조의 변경 등은 없는 것이 특징으로 되어있다.

CANDU-3(450MWe)는 다음 세대의 CANDU Design을 위해서 1982년부터 Design이 시작되어 현재 150명 정도가 이 일을 위해서 노력하고 있으며, 주요 I/C분야는 Brown Bovei의 것을 채택해 같이 일하고 있다. CANDU-3의 Key Requirements는

① Utilize proven technologies and concepts
② 100 years plant design life
③ 94% lifetime capacity factor
④ 3 year operation between outages
⑤ Any major rehabilitation within a 90 days outage
⑥ 30 month construction schedule
⑦ 50% reduction in man-rem
⑧ Adaptable to site and client requirements
⑨ Energy competitive with coal at $40 US / Tonne

등으로 최근 세계 각국의 원전표준화 목적들과 대동소이한 것이다. CANDU-600을 개량한 CANDU- 6 MARK-Ⅱ나 CANDU-3는 그동안 공학적인 이해가 넓어짐에 따라 자신있게 경제성이 있도록 설계를 개선한 것이 된다. 이 외에도 Modulization, 안전시스템을 2 Group화 했으며, Operability와 Simplification을 강조한 것들이 눈에 띄는 사항들이다.

CANDU-6 MARK-Ⅲ는 CANDU-6 MARK-Ⅱ와 CANDU-3을 종합하여 설계를 하기 위한 것으로 CANDU-3의 Large Scale로 생각하면 될 것같다. CANDU-3의 개발 Schedule은 Conceptual Design은 3월에 완료되었다고 하며, CANDU-6 MARK-Ⅲ는 이제 막 시작하는 단계로 18명이 일을 하고 있다고 한다. 개발비용은 약 절반이 국가에서 보조하고 있으며, 나머지 절반은 CANDU사업에서 얻는 수익금으로 충당하고 있다.

2. 規制 및 認許可

카나다는 미국과 근접되어 있으나 다른 노형으로 인하여 독자적인 원전 인허가체제를 구축하고 있으므로 우리나라에 참고가 될 수 있는 여지가 있다. 카나다의 원전 인허가는 설계자인 AECL과 같은 에너지부(Ministry of Energy) 하에 있는 Atomic Energy Control Board(AECB)가 주관하고 있으며, 총 250명정도의 직원을 거느리고 있다.

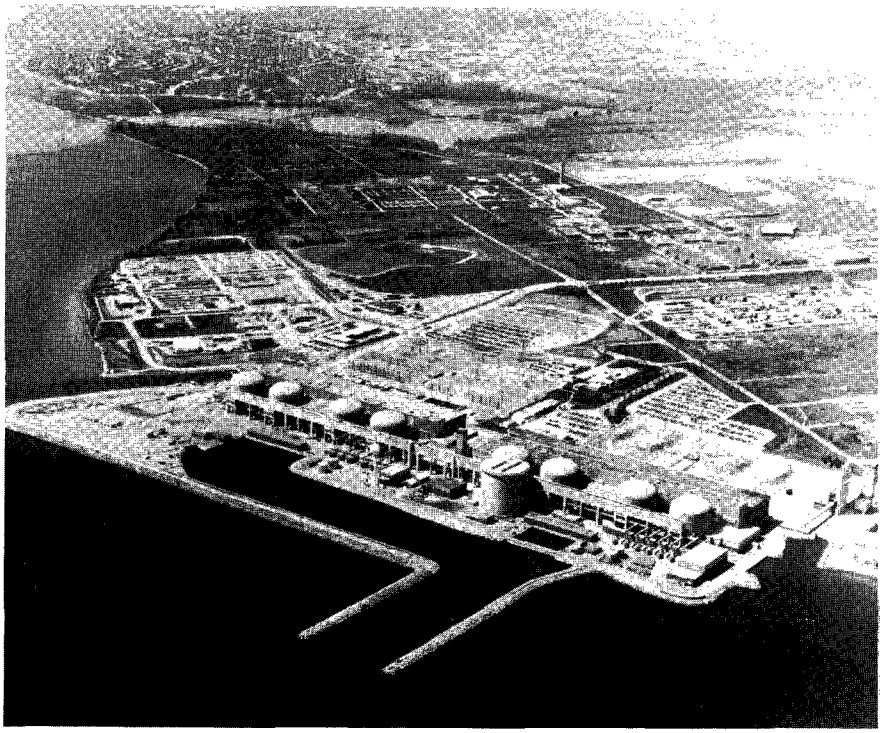
규제 및 인허가는 미국의 10 CFR과 같은 Atomic Energy Regulation이 중심이 되며, 미국의 Reg. Guide와 같은 Regulatory Documents가 있으나 숫자는 그리 많은 편이 되지 못한다.

AECB의 Power Reactor Lic. Group은 약 70명 정도이며 SAR 등 인허가시에는 대학 및 연구소의 요원들을 활용하여 SAR, R&D Progress Report, 매년 제출되는 기술 Document들을 검토 승인하고 있다. 검토의 내용은 전반적인 세부내용을 모두 검토하는 것 보다는 중요부분을 Point Check하는 방식을 따르고 있으며 가능한 한 설계과정에서도 AECB Staff들이 설계내용을 미리 알고 Review할 수 있게 함으로써 시간단축과 이해를 깊게 하고 있다.

현재 CANDU-3에 대한 설계자료도 이미 AECB 에 제출되어 검토를 받고 있다.

3. 其他 主要原電運用事業概要

카나다의 기타 특색있는 사업으로는 Douglas Point에서 사용하고 있는 Spent Fuel On-Site Dry Storage시설이다. 이것은 Concrete Canister에 Fuel Basket에 담겨진 핵연료를 저장하는 방식으로 본래 AECL의 Whiteshell Nuclear Research Establishment에서 개발된 것을 지금 활용하고 있다. 설계수명은 50년에서 100년까지 생각하고 있다. 이 이외에도 Whiteshell Nuclear Research Establishment에서 수행하고 있는 동굴식 폐기물 저장시설의 설치운영 Project가 있다. 작년까지는 미국에서도 이 Project에



◀카나다 Ontario Hydro의 Pickering A·B CANDU 原子力發電所 전경.

적극적인 참여가 있었으나, 최근 미국의 법이 각 주별로 폐기물의 관리가 이루어지도록 된 후에는 중단되고 있다.

Ⅵ. 結　論

미국과 카나다는 원전 건설에 관한한 15년 정도의 공백기간을 두고 있다. 그러나 그 기간 동안 신규원전 건설이 없었던 반면에 원전의 안전성, 기술성, 경제성에 대해서 상당한 기술의 진보 및 표준개념의 정리가 이루어지고 있다. 이러한 일들은 산업계, 정부(인허가기관 포함), 연구계, 학계가 모두 합심하여 이루고 있는 일들로 오늘 우리의 원자력계가 귀감으로 삼아야 될 일로 보인다.

특히, 미국의 DOE와 EPRI에서 수행하고 있는 원전의 표준화작업 즉, LWR의 개량과 Passive Plant Concept의 개발은 우리의 차세대 노형전략과 밀접하게 관련되어 있으며 NRC를 중심으로 한 새로운 규제방향, 즉 NUREG-1070의 SAP이나 작성되고 있는 DOE의 ARSAP 등은 추후 우리의 원전규제방향과도 무관하지 않기 때문에 세심히 유의해야 할 필요가 있다.

미국과 카나다의 국민여론은 다행스럽게도 금년 여름에 있었던 Greenhouse Effect 때문에 원전에 대해서 호의적으로 돌변하고 있다. 모든 사람들이 1990년 초에는 신규원전 건설의 주문이 있을 것으로 생각하고 있다. 우리나라의 반원전운동도 선진국에서의 이러한 동향 때문에 상당한 타격을 받을 것으로 예상된다. 우리는 이러한 세계적인 조류를 감안하여 우리의 원전 건설사업 수행에 너무 국내적인 사항에 집착하지도 않고 그리고 외부적인 요인에 크게 치중하지도 않는 국내실정에 적합한 원전의 정책하에 기술의 국산화, 원전경제성과 안전성의 제고, 신기술의 접합, 효율적인 원전의 운용 등에 최선의 노력을 다해야 될 것으로 생각된다.