

특 집 I

世界各國의 廢爐技術 開發現況

世界各國의 廢爐技術 開發現況

다음은 Nuclear Engineering International誌 '87年 10月號에 게재된 Decommissioning에 관한 內容을 번역, 정리한 것이다.

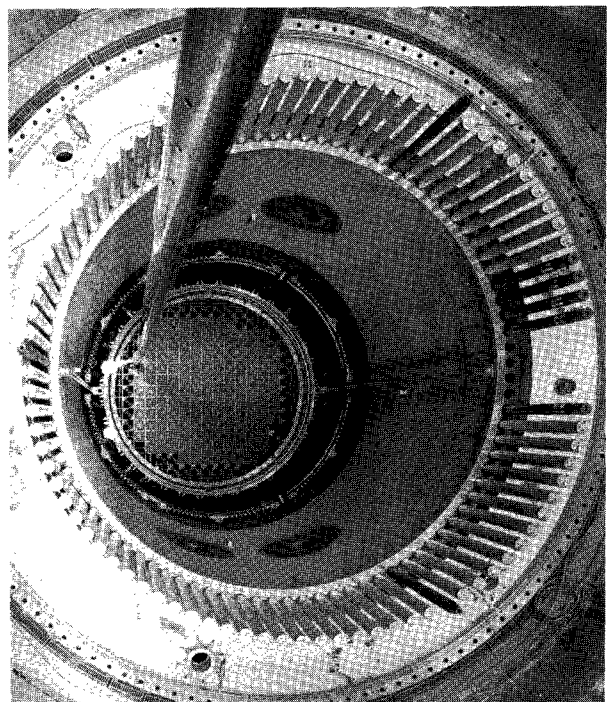
그동안 廢爐措置分野에서의 기술 및 장비는 상당한 發展이 이루졌으며, 또한 현재의 技術水準으로도 原子爐를 安全하고 경제적으로 解体할 수 있음을 보여주기 위한 여러가지 프로젝트가 進行중에 있다.

그러나 다음의 表들에서 볼 수 있듯이 서기 2000년까지 原子爐의 평균수명이라고 볼 수 있는 40年 이상된 原子爐는 그렇게 많지 않으므로 TMI 2號機나 체르노빌 4號機와 같은 事故發電所를 제외한 大型動力爐에 대한 廢爐措置는 아직 먼 훗날의 일이라는 하다.

그럼에도 불구하고 廢爐措置는 중요한 문제라고 볼 수 있는데, 왜냐 하면 原子爐를 처음 建設할 때 영구적 해체에 관해서 깊은 고려 없이 始作하였기 때문이다. 따라서 原子力産業界에서는 요즈음 廢爐措置가 그렇게 큰 문제점을 안겨주지는 않는다는 것을 보여주기 위하여 努力하고 있다.

本稿에서는 피츠버그에서 개최된 1987 International Decommissioning Symposium에서 발표

된 內容중 현재 進行중에 있는 몇가지 주요 프로젝트를 廢爐措置 및 Shut-down 중에 있는 原子力發電所의 최신 자료와 다음 世紀 初에는 廢爐措置를 하게 될 오래된 原子爐의 목록과 함께 살펴보고자 한다.



'87年 8月現在 Shut-down 중인 動力爐 現況

Country	Station	Power(MWe)/Type	Operating dates	Notes on decommissioning
Canada	Rolphon NPD	25 PHW	1962 to 1987	Recently shut-down, no plans yet decided on
	Douglas Point	218 PHW	1967 to 1984	Work under way to achieve steady state(variant of stage 1)
	Gentilly 1	266 BLW	1972 to 1979	Completed to steady state, for 50 years
Czechoslovakia	Bohunice A1	143 GCHWR	1972 to 1979	Stage 1
France	Marcoule G 1	2 GCR	1956 to 1975	Stage 2 reached in 1986
	Marcoule G 2	42 GCR	1959 to 1980	Work under way to stage 2. completion in 1990
	Marcoule G 3	42 GCR	1960 to 1984	Stage 2 planned by 1995
	Chinon A 1	83 GCR	1963 to 1973	Converted into a nuclear museum
	Chinon A 2	210 GCR	1964 to 1985	Studies under way, no decision yet taken
	Monts d'Arree EL 4	75 GCHWR	1967 to 1984	No plans yet decided on
Germany, FR	Kahl VAK	16 BWR	1960 to 1985	Licence for stage 3 applied for No work started yet
FR	Karlsruhe MZFR	58 PHWR	1966 to 1985	Will reach stage 2 by 1989
	Gundremmingen KRBA250	250 BWR	1966 to 1977	Will reach stage 2 by 1992. Stage 3 planned in 1990s
	Lingen KWL	268 BWR	1968 to 1977	Stage 2 for 30 years
	Grosswelzheim HDR	25 BWR	1970 to 1971	Stage 2. Primary circuit used for research
	Neideraichbach KKN	106 GCHWR	1972 to 1974	Work under way to stage 3, completion in 1993
Italy	Garigliano	160 BWR	1963 to 1978	Stage 1 for 30 years
Japan	Tokai JPDR	12.5 BWR	1963 to 1976	work under way to stage 3, completion in 1992
Soviet Union	Beloyask 1	108 Grap/LWR	1964 to 1983	No information available
	Chernobyl 4	1000 Grap/LWR	1984 to 1986	Entombed for an indefinite period after 1986 accident
Sweden	Agesta	12 PHWR	1964 to 1974	Stage 1
Switzerland	Lucens CNL	8.5 GCHWR	1986 to 1969	Stage 3
United Kingdom	Windscale AGR	36 AGR	1963 to 1981	Work under way to stage 3. completion in 1995
	Dounreay DFR	15 FBR	1962 to 1978	Will reach stage 1 by 1993
United States	Argonne EBWR	4.5 BWR	1956 to 1967	Stage 1, with some additional dismantling under way
	Vallecitos VBWR	5 BWR	1957 to 1963	Stage 1
	Shippingport	68 LWBR	1957 to 1982	Work under way to stage 3 by one-piece RPV removal, by 1990
	Santa Susana SRE	7.5 Grap/Na	1957 to 1967	Stage 3, site released for unrestricted use
	Dresden 1	210 BWR	1960 to 1978	Stage 1
	Indian Point 1	277 PWR	1962 to 1980	Stage 1, until unit 2 is shut-down
	Hallam	80 Grap/Na	1963 to 1964	Stage 1, entombed
	Saxton	4.2 PWR	1962 to 1972	Stage 2 for 50 years
	Humboldt Bay	65 BWR	1963 to 1976	Stage 1
	Piqua	11.4 Organic	1963 to 1966	Stage 2, entombed
	Elk River	23 BWR	1964 to 1968	Stage 3, site released for unrestricted use
	Carolinas CVTR	17 PWR	1963 to 1968	Stage 1
	Vallecitos EVSR	5 BWR	1965 to 1967	Stage 1
	Puerto Rico Bonus	16.5 BWR	1964 to 1968	Stage 2, entombed
	Fermi 1	61 FBR	1966 to 1973	Stage 1
	Peach Bottom 1	42 HTGR	1966 to 1974	Stage 1
	Pathfinder	62.5 BWR	1966 to 1967	Stage 1, turbine equipment decontaminated for re-use
	La Crosse	53.3 BWR	1967 to 1987	In safe-store with fuel stored on-site, until repository available
	Three Mile Island 2	906 PWR	1968 to 1979	Work under way to stage 3 after 1979 accident

stage 1. The reactor is defuelled and some penetrations of the primary containment may be blocked. Otherwise the plant is maintained as before shut-down.

stage 2. The primary containment is fully sealed, and the biological shield is also sealed off with no personnel access to its interior. This entombment may be temporary, as an interim step before stage 3, or semi-permanent.

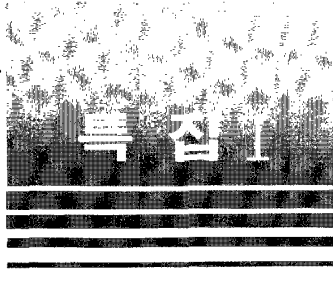
Stage 3. The reactor is completely dismantled and the site cleared to a "green field" state, or re-used for another purpose.

2000년까지 40年以上이 되는 運轉中 原子炉

Country	Station	NO.	Power (MWe)	Type	Start-up date
Soviet Union	Obninsk APS	1	5	Grap/LWR	1954
	Obninsk BR 5	1	12	FBR	1959
	Troitsk	6	100	Grap/LWR	1958
United Kingdom	Calder Hall	4	60	Magnox	1956 - 59
	Chapelcross	4	60	Magnox	1959 - 60

2000년까지 30年以上이 되는 運轉中 原子炉

Country	Station	No.	Power (MWe)	Type	Star-up date
Belgium	Mol BR 3	1	11.5	PWR	1962
France	Chooz SENA	1	320	PWR	1967
	Chinon A 3	1	375	GCR	1967
	St Laurent A 1	1	405	GCR	1969
Germany, FR	Julich	1	15	HTGR	1967
	Obrigheim	1	357	PWR	1968
German DR	Rheinsberg	1	70	PWR	1966
India	Tarapur	2	210	BWR	1969
Italy	Latina	1	160	Magnox	1964
	Trino Vercellese	1	270	PWR	1964
Japan	Tokai Japco	1	166	Magnox	1966
	Tsuruga 1	1	357	BWR	1969
Netherlands	Dodewaard	1	58	BWR	1968
Soviet Union	Novovoronezh 1	1	278	PWR	1964
	Melekes VK 50	1	62	BWR	1966
	Beloyarsk 2	1	194	Grap/LWR	1967
	Novovoronezh 2	1	365	PWR	1969
Spain	Jose Cabrera	1	160	PWR	1968
Switzerland	Beznau 1	1	364	PWR	1969
United Kingdom	Berkeley	2	167	Magnox	1962
	Bradwell	2	173	Magnox	1962
	Hunterston A	2	169	Magnox	1964
	Trawsfynydd	2	290	Magnox	1965
	Dungeness A	2	285	Magnox	1965
	Sizewell A	2	325	Magnox	1966
	Hinkley Point A	2	282	Magnox	1965
	Oldbury	2	313	Magnox	1967 - 68
	Winfrith	1	100	SGHWR	1967
United States	Yankee Rowe	1	185	PWR	1960
	Hanford N	1	80	Grap/LWR	1966
	Big Rock Point	1	75	BWR	1962
	Idaho EBR 2	1	18.5	FBR	1969
	Haddam Neck	1	610	PWR	1967
	San Onofre 1	1	456	PWR	1967
	Oyster Creek 1	1	670	BWR	1969
	Nine Mile Point 1	1	642	BWR	1969
	Robert E Ginna	1	498	PWR	1969



世界各國의 廢爐技術開發現況

日本 JPDR의 廢爐計劃

日本에서 商業用 原子爐에 대한 廢爐措置의 준비는 상당한 수준에 도달되어 있는데, 그 開發作業은 이미 끝난 상태에 있으며, 지금은 그 開發技術을 試驗用 原子爐인 JPDR에 적용하려는 단계에 와 있다.

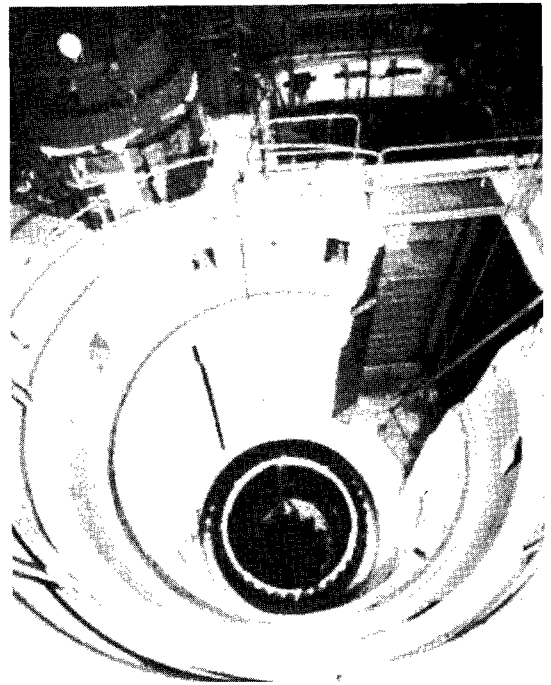
작년 12월 4일 日本原子力研究所(JAERI)의 東海연구소에서는 1963년부터 1976년까지稼動되고 운전을 끝마친 90MWt BWR型의 Japan Prototype Demonstration Reactor (JPDR)에 대한 廢爐作業의 착공식이 있었다. 1992년까지 이 原子爐 및 그 부속건물들이 완전히 철거되고,敷地가 정리될 계획으로 있다.

原子爐의 해체작업은 1981년에 始作된 廢爐措置研究프로젝트의 제 2 단계에 해당되는데, 1985년에 끝난 제 1 단계는 해체기술의 개발에 중점을 두었고, 제 2 단계는 이 개발된 기술의 상업용 발전소로의 적용 가능성을 打診하기 위한 것이다.

JPDR 廢爐計劃

廢爐作業에 있어서 제일 먼저 해야 할 일은 原子爐建物内 service floor에서 각 부품 및 장비들을 除去하는 일인데, 이는 1988년까지 끝낼 계획으로 있다. 금년내로 原子爐内藏物의 절단

및 除去作業을 始作하여 1989년까지 끝낼 계획으로 있으며, 그후 계속하여 1989~1990년 사이



JPDR 모습

에 原子炉壓力容器를 해체할 예정으로 있다. 이어서 1990~1991年 까지 遮蔽物을 해체시키고, 1992年 중에는 格納容器를 除去할 계획이다.

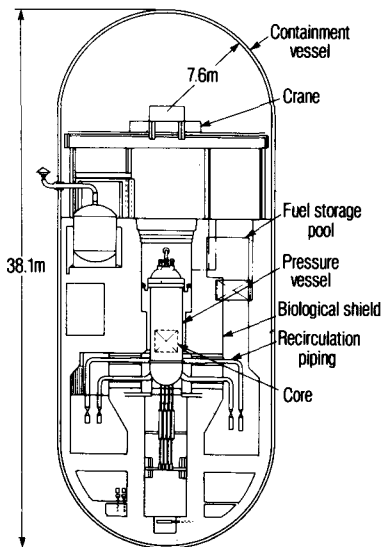
터빈 및 부속장비와 건물들의 除去는 原子炉 解体作業과 병행하여 실시할 예정이며, 1992年 중반까지는 모든 作業을 완료할 계획이고, 그 이후에는 敷地의 환경미화작업을 실시할 예정이다.

이 프로젝트의 비용은 1981年 이후의 研究開發費까지 포함하여 약 200억엔(1억 3천만 달러)으로 推算되는데, 이는 정부에 의해서 지원되고 있다. 그러나 이 금액은 建設費의 약 10%에 해당하는 1,000MW당 300억엔(1억 9,500만 달러)이라는 상업용 발전소의 廢炉措置費用에 비해 상당히 높은 수준이다.

技術開發

廢炉措置技術의 개발은 系統解体工學, 배관내의 비파괴검사 방법, 방사능 物量 推定, 原子炉 해체, 除染, 방사성폐기물의 처리·수송·저장, 원격조작 등 8개 분야에서 수행되었다.

解体技術에 대한 연구결과 JPDR의 철강부품



JPDR 단면도

해체에 利用될 수 있는 네가지 방법이 선택되었다.

먼저 原子炉의 內藏物을 水中플라즈마아크절단법을 利用하여 壓力용기에서 분리하여 수송 및 저장을 위해 水中에서 포장한다. 그다음 壓力容器에 연결된 內徑이 큰 배관들은 internal rotary disc blades를 사용하여 절단하며, 內徑이 작은 배관들은 절단예정부위에 폭발물을 設置하여 절단한다.

마지막으로 壓力容器를 아크톱을 利用하여 해체한다.

放射化가 많이 된 콘크리트 遮蔽物의 내부는 원격조종장치의 다이아몬드 톱과 穿孔裝備 그리고 abrasive-water jet를 利用하여 除去하고, 차폐물의 나머지 부분은 폭발물을 利用한다.

이와 더불어 콘크리트 바닥 및 벽의 표면을 除去하기 위한 장비가 개발되었는데, 이는 作業場所의 除染 및 폐기물의 量을 줄이는데 쓰이는 마이크로웨이브의 照射를 利用한 것이다. 1차 냉각계통 배관내의 방사화 정도를 測定하기 위해서 소형 감마선 검출기를 利用한 裝備도 개발되었다.

이밖에 로봇트 매니퓰레이터 및 다양한 방사능과 폐기물測定機器 그리고 컴퓨터를 利用한 공학기술 등이 개발되었다.

日本の計劃

日本の 廢炉措置에 관한 長期戰略은 1982年에 始作되었고, 1984年의 가이드라인에서 재확인 되었다. 이 지침서에서는 原子炉가 5年 동안의 폐쇄기간을 거쳐 완전히 停止된 이후 가능한 빨리 해체 작업을 할 것을 요구하고 있다.

商業用 原子炉에 대한 廢炉措置技術은 作業始點인 1990年代 末까지는 준비되어야만 한다. JPDR 프로젝트는 이 준비에 있어 중요한 부분을 이루고 있으며, 日本이 廢炉措置를 안전하고 경제적으로 수행할 수 있음을 보여주는 계기가 될 것이다.

비교될 만하다.

Shippingport 發電所는 1957년부터 1974년까지 100MWe PWR로 운전되었고, 그 이후는 72 MWe의 輕水增殖爐(LWBR)로 전환되었다. 이 發電所는 1977년에 LWBR로 다시 가동된 이후에 1982년에 완전히 Shut-down 되었다.

燃料를 다 꺼낸 다음 공식적인 廢爐措置는 1985년 1월에 始作되었지만, 실제 해체작업은 1986년 9월에 始作되었다. 지금까지는 格納容器에서 배관과 부품들을 除去하는 작업이 완료되었으며, 방사화된 부품들을 RPV에 옮긴 다음 RPV를 콘크리트로 채웠다.

RPV/NST 패키지는 1988년 가을에 除去될 예

정인데, 그 다음 이 패키지는 바지(Barge)편으로 美國 동쪽해안에서 파나마운하를 경유하여 미국 서쪽해안에 도달한 후 최종폐기장소인 와싱턴州 Hanford로 移送될 예정이다.

建物の 나머지 부분들도 이 敷地를 나중에 다시 사용할 수 있도록 완전히 폐기시킬 예정인데, 이 프로젝트의 완료는 1990년으로 계획되어 있다.

이 프로젝트의 예산은 약 9,800만달러로서 이는 오늘날 비슷한 발전소 건설비용의 12% 정도에 상당하며, GE社에 의하면 지금까지의 비용 발생은 이 예산범위내라고 한다.

西獨, Neideraichbach 解體作業 着手

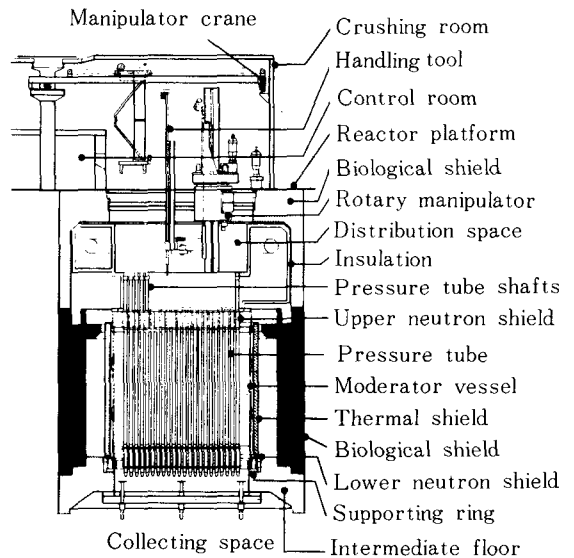
西獨의 Neideraichbach 原子爐 解體를 위한 準備作業이 7월 중순에 시작되었다. 1986년 6월에 認可는 받았으나, 그 施行은 一般公衆의 반대로 인해서 청문을 거쳐 금년 6月末에 허가되었다.

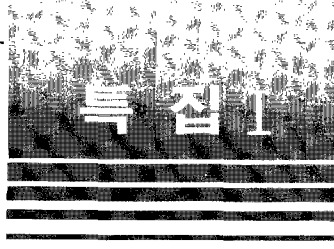
현재는 1988년 봄부터 실제적인 廢爐作業이 시작될 수 있도록 사무실, 電源供給設備, 보건물리시설, 用水供給 및 處分施設, 부속시설 등을 위한 작업이 진행되고 있다.

이 原子爐는 1972년부터 1974년까지 단지 2년 동안 運轉된 106MWe GCHWR로서 1974년 안전성을 위해서는 개조가 필요한 部品의 결함이 발견되어 全出力運轉은 기술적으로 또 경제적으로 타당성이 없다고 결론내려 졌었다.

원격조정 해체장비가 1988년중에 시험된후 1989년 중반에 原子爐에 설치될 것이다. 解體作業

은 1993년까지 계속될 예정인데, 1994년까지는 敷地가 깨끗이 정돈될 것이다.





世界各國의 廢爐技術 開發現況

프랑스의 廢爐技術 開發計劃

多數의 初期 가스冷却爐(GCR)와 核燃料施設에 대한 解體作業의 經驗으로 프랑스 原子力産業界는 産業用 原子爐의 廢爐措置에 적용할 廢爐技術을 實證할 수 있는 能力을 갖추고 있다.

프랑스原子力研究所의 많은 施設들이 現在 Shut-down상태에 있는데, 프랑스原子力廳(CEA)의 목표는 이 施設들을 가능한한 빨리 廢爐措置시키는 것이다. 이러한 作業은 또한 大型 動力爐 및 再處理工場을 解体하는 기술의 발전에도 一翼을 담당할 것이다.

이러한 계획과 관련하여 機器, 장비 및 그 節次 등에 관한 研究開發이 始作되었다.

이러한 計劃은 現在 進行중인 해체작업에서 얻어지는 결과와 經驗을 고려하여 주기적으로 更新하기 위한 것이다.

大型 動力爐의 해체작업에 관해서 광범위한 전문기술 축적을 위하여 CEA는 Marcoule에 있는 G2 가스冷却爐에 대한 廢爐措置를 始作했는데, 배관에 대한 除染과 해체작업기술은 이미 G1의 廢爐措置時 시험된 바 있다.

한편 프랑스電力廳(EDF)은 1973년에 Chinon A1 GCR을 shut-down 시켰는데, 이 原子爐는 stage 1으로 廢爐措置되어 박물관으로 보내졌다. 1985년에 shut-down된 Chinon A2 GC

R은 해체작업에 대한 어떤 결정이 내리기에 앞서 현재 많은 연구의 대상물이 되고 있다.

裝備 및 技術의 開發

이러한 活動體系內에서 여러 분야가 주요 개발대상이 되었다.

원격조정장치: MA23 서보·매니플레이터가 水中조작용으로 선정되었으며, 모크·업 PWR의 내장물, 특히 熱遮蔽體의 절단을 위해서는 플라즈마 아크 토치를 갖춘 장비가 사용되었다.

新型 서보·매니플레이터인 RD 500은 現在 그 첫번째 試驗을 성공적으로 수행중에 있으며, 500N 페이로드를 더욱 강력한 기구를 사용할 수 있도록 할 것이다.

現在까지의 經驗으로 볼때 컴퓨터의 지원은 절단기술의 效率性을 상당히 향상시켰는데, MA23에 대해서 컴퓨터의 지원을 받는 계획이 개발되었으며 CEA는 現在 최신기술을 기반으로 한 새로운 계획을 計劃中에 있다.

除染 : Marcoule G 2의 배관에 이용된 gel除染處理의 자동화를 위해 많은 노력이 傾注되었다. CEA는 또한 포움(foam)處理의 보완을 始作하였는데, 이것은 증기발생기나 대형 밸브와 같이 복잡한 장치를 수용하고 있는 大型 容器나 탱크의 除染을 위해서는 gel處理보다 훨씬 有用하기 때문이다.

절단 : 자동절단장비 Scouter가 G 2 배관에 대한 作業에 광범위하게 이용되고 있는데, 이것은 플라즈마 토치를 운반하는 트롤리와 배관에 고착되어 다양하게 연결된 레일위를 움직이는 TV 카메라로 구성되어 있다.

解体作業

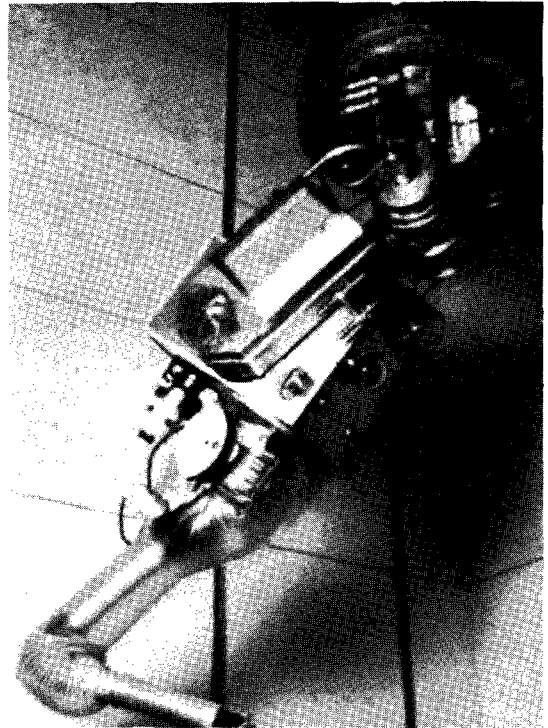
FBR用 파일로트 再處理工場인 AT 1을 廢炉措置하는데 모듈 위크숍이 사용되었는데, 이는 高準位 알파 放射能으로 오염된 많은 셀과 글로브박스의 해체작업을 가능하게 하였다.

발생된 알파廢棄物의 最適 管理를 위해서 폐기물중의 알파함유율을 측정하는 자동장치가 개발되었는데, 아직 완전하지는 않지만 現在로서는 이 장치가 작업현장에서 가장 有用한 型式이다.

G 2의 해체작업시 발생하는 核연폐기물관리의 研究開發과는 별도로 炉心の 해체작업에 대한 새로운 시나리오의 예비조사가 진행중에 있다.

이 새로운 시나리오에는 end effector (단일 목적의 매니플레이터)를 장치하고 있는 標準化된 모듈차량의 사용에 그 기반을 두고 있는데, 이 새로운 방법은 무거운 운반장비, 붐 및 매니플레이터에 기초를 두고 있는 많은 나라의 일반적인 방법과는 상반되는 것이다.

現在 G 2의 냉각회로가 이미 절단된 200t의 철강 배관과 함께 해체작업중에 있는데, 除染 및 절단작업이 이미 선정된 프로세스의 효율성을 입증하기 위하여 수행되고 있다. gel除染의



廢炉作業에 사용될 MA 23 서보·매니플레이터

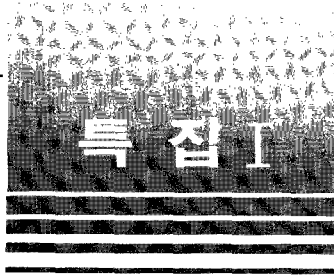
효율성은 두번째 처리과정(포움제염)의 필요성과 함께 증명된 바 있다.

이러한 해체작업은 準備作業과 그에 따른 진행 과정을 향상시킬 수 있는 기회를 제공하였다.

超低準位 廢棄物의 發生量이 증가함에 따라 방사능 자동측정장치의 설계가 要求되었으며, 이러한 정보가 수집되는대로 CEA는 국립규제기관에 보고서를 송부하여 재래식 용광로에서 용융시킨 후 금속폐기물은 再利用 하겠다고 제안할 예정이다.

진공청소기에 의한 除去 및 절연체의 절단에 관한 試驗도 이미 수행된 바 있다.

廢炉措置의 質 및 安全性을 향상시키기 위하여 적합한 機器, 節次 및 장비 등이 실제환경하에서 충분한 시험을 거쳐 자격을 갖추어야 한다고 결정되었으며, 水中作業을 위해서 水槽를 갖춘 시설과 危害한 환경을 갖춘 셀들이 현재 運轉되고 있다.



世界各國의 廢爐技術 開發現況

英國, WAGR로 廢爐技術 開發

Windscale의 試驗用 AGR (WAGR)은 產業界와 一般公衆에게 廢爐措置가 그렇게 비용을 많이 들이지 않고도 이루어질 수 있음을 實證하기 위해서 1995년까지 완전 해체될 예정이다.

英國의 原子力產業界는 최초로 대규모 廢爐措置에 직면하게 되었다.

극복하여야 할 工學的인 문제는 많은 면에 있어서 다른 나라와 다르다. 왜냐하면 英國의 모든 商業爐는 輕水爐(LWR)와는 다른 材料로 구성되어 있는 核연감속의 가스冷却爐(GCR)이기 때문이다.

產業界와 一般公衆에게 廢爐措置가 안전하고 경제적으로 수행될 수 있음을 立證하여야 하는 英國原子力公社(UKAEA)는 Windscale AGR의 廢爐措置를 實證프로젝트로 결정했다. 1981년에 Shut-down된 WAGR은 후기 商業用 AGR 시리즈의 原型爐였다. 비록 33MWe를發電할 수 있지만, 開發을 선도하는 役割을 완수한 이후에도 運轉을 계속한다는 것은 경제적이 못되었다.

이 原子爐는 核연과 가스로 구성되어 있기 때문에 이 프로젝트에서 개발되는 廢爐措置技術은 1990年代에 Shut-down될 數基의 英國 Magnox 原子爐에 응용될 것이다. 英國中央電力廳(CEG

B)이 이 프로젝트資金의 일부를 부담하고 있으며, CEGB의 직원들이 이 프로젝트에 적극적으로 참여하고 있다.

現在까지의 進陞度

WAGR 廢爐措置 프로젝트에서 現在까지의 工程中 關目할만한 것은 WAGR의 옆에 廢棄物處理建物を 建設한 것이다. 이 建物에서 原子爐로부터 나온 廢기물이 특별히 설계된 運送캐스크에 넣어진 다음 廢기물 저장소로 移送시키기 위해 트럭에 적재될 것이다. 그러나 英國에는 아직 廢기물 저장소가 없기 때문에 다음 世紀에서나 가능한 廢기물 저장소가 開場할 때까지 캐스크를 보관하기 위해서 WAGR과 인접하여 특수한 廢기물 저장건물이 建設될 것이다.

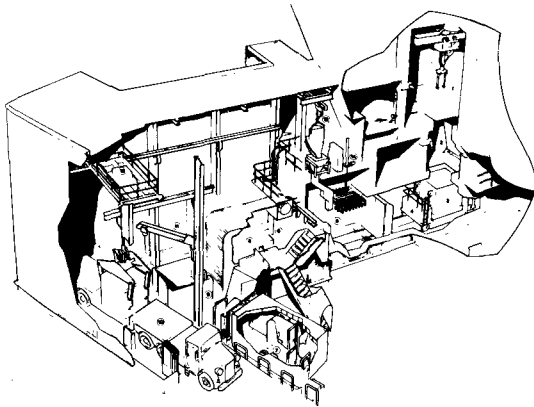
이 새로운 建物로 廢기물이 통과하여 移送될 수 있도록 原子爐의 바깥 격납용기에 구멍이 뚫려 있으며 또한 熱交換器중 하나의 밑바닥에 廢棄物을 모니터링할 수 있는 감지장치가 설치되었

다. 이 열교환기와 또 다른 하나의 열교환기(모두 4대의 열교환기 중)는 이러한 작업과 보수유지를 할 수 있도록 설계되었다.

현재 이 폐기물 통로를 위한 작업과 또한 여러가지 장치가 설치되고 있다. 연료고정 장치와 같은 原子炉容器内에 남아있는 부품들이 연료장전기를 사용하여 除去되고 있는데 기존의 보수실에서 작은 조각으로 절단된 다음 다시 炉心に 넣어져서 이들은 廢炉廢棄物 經路를 통하여 除去될 것이다.

廢炉措置 計劃

다음 단계는 壓力容器的 上部가 除去되기 전에 原子炉의 수직배관들을 절단, 제거하는 작업이다. 수직배관들을 내부에서 다룰 수 있도록 부분부분 절단한 후에 RPV의 上部돔을 半圓穹 構造로 절단하여 그 조각들을 除去한다. 이러한 작업이 가능한 것은 原子炉의 상부가 炉心上部에 있는 中性子遮蔽物에 의해서 高準位 방사



1. Sentencing and filling cell
2. Upper loading cell
3. Lower loading cell
4. Transfer trolley and waste box
5. Concrete filling cell
6. Shielding door 7. Change room
8. Transfer station
9. Welding and curing station
10. Amazon & King trailer
11. 0.5t jib crane 12. 60t crab crane
13. 5t hoist 14. Mat hoist mechanism

WAGR 廢棄物 패키징建物 단면도

능으로 부터 방어되어 있었기 때문이다.

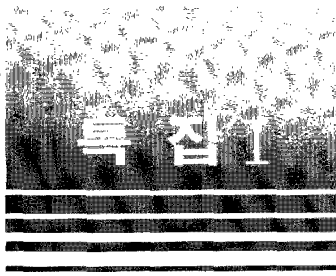
일단 이 작업이 끝난 다음에는 廢炉措置機械가 原子炉의 상부에 설치될 것이다. 그 플랫폼의 높이는 前に 核燃料 再裝填時 설치되던 플로어와 같은 정도이며, 해체작업 동안에 原子炉 上部에 사람이 出入할 수 있도록 格納과 遮蔽役割을 수행할 것이다. 廢炉機械는 높이거나 낮출 수 있는 마스터를 가지고 있는데, 이는 플랫폼의 회전능력과 결부되어 마스터의 최하단에 있는 로봇 매니플레이터가 RPV와 그 內藏物의 모든 부분에 도달할 수 있도록 한다.

廢炉機械와 로봇 매니플레이터에 대한 發注는 이미 이루어졌으며, 그밖에도 原子炉의 “0”出力 試驗用인 HERO에서 차량조작로봇을포함한 이와 유사한 여러 장비에 대한 시험이 이루어지고 있다. 이 廢炉機械와 매니플레이터가 1989년까지 인수되면, 原子炉에 설치되기 전에 HERO에서 시험 및 운영훈련에 利用될 것이다.

이러한 裝備들이 준비되면, 1991年 중반부터 1995年 初까지 실시될 것으로 예상되는 해체작업에 지장을 가져오지 않도록 늦지 않게 原子炉로 운송될 것이다. RPV와 그 內藏物들은 산소-아세틸렌 토치를 使用하여 조각들로 절단된 다음 slewing beam crane에 의해서 폐기물 저장건물로 옮겨질 것이다.

그동안 熱交換器들도 이와 비슷한 방법으로 절단, 폐기될 것이다. 처음에는 통째로 바다에 投棄시키는 방법도 고려되었지만, 현재로서는 이 방법의 實用性이 없다. RPV를 廢棄시킨 이후 原子炉 주변의 放射化된 콘크리트를 처분하고, 몇년 후에 방사화되지 않은 建物の 나머지 부분을 철거한다.

이 은색 球形의 WAGR은 UKAEA 소유이나 British Nuclear Fuel의 Sellafield사이트의 상징으로 잘알려져 왔으며, 이 돔을 原子力 初期의 기념비로 보존하자는 제안도 나오고 있다.



世界各國의 廢爐技術開發現況

CEGB, Magnox爐 廢爐準備 着手

英國은 平均壽命을 거의 다해가는 오래된 Magnox 原子爐를 多數基 가지 고 있다. 이들 爐의 대부분을 所有하고 있는 英國中央電力廳(CEGB)은 이 들 爐에 대한 廢爐措置의 세부계획을 수립하기 시작하였다.

英國中央電力廳(CEGB)은 現在 8基의 Magnox原子力發電所를 運營하고 있는데, 이 發電所들은 오랫동안 안전하고 경제적으로 운전되어 왔으며, 어떤 爐는 25年 이상 운전된 것도 있다.

이 原子爐들은 1962년부터 1971년까지 9年 동안에 運轉을 시작한 것들이다. 現在 CEGB는 廢爐措置에 대해서 명확한 時間計劃은 가지고 있지 않지만, 일반적인 기본원칙에 관한 연구는 1982년에 끝마쳤다.

今年에는 새로운 조사가 수행되었는데, 이번에는 가장 오래된 발전소인 Berkeley와 Bradwell에 대해서 특별히 조사하였다.

Gloucester의 Barnwood에 위치하고 있는 CEGB의 Generation Development and Construction Division(GDCD)내 Nuclear Decommissioning Project Group(NDPG)의 목적은 각각 두 發電所에 대한 事前廢爐安全報告書(PDSR)를 작성하는 것으로써 이 PDSR은 理事會에서의 계획결정과 Nuclear Installations Inspector-

rate(NII) 및 다른 機關과의 協議資料로 이용될 것이다. 이 PDSR은 現場에서의 作業 着手 이전에 事前安全報告書(PCS)가 작성되어야만 하는 建設節次에 準한 것이다.

이 PDSR은 3年内에 작성 완료할 예정인데 여기에 포함될 項目은 네가지로 구분된다.

- Ove Arup에 의해서 제공되는 CEGB에 대한 기술지원 기능
- Associated Nuclear Services에 의해 수행되는 安全研究
- Allot, Atkins 그리고 Mouchel에 의한 工學的方法研究
- Robert McAlpine 卿에 의한 프로젝트管理研究

安全研究는 産業 및 방사능 安全에 관한 것과 각 發電所의 방사능 인벤토리에 관한 조사 등을 모두 포함하고 있다. 이 방사능 인벤토리는 매우 중요한 因子로서 이를 利用하여 발생하는 폐기물의 量과 종류, 각 發電所 項目別로 관련된 放射能準位 등을 파악할 수 있다.

原子炉에서 발생하는 방사성폐기물은 發電所 내에서 오랜 운전기간 동안 中性子照射를 받은 흑연, 철강, 콘크리트 등으로 구성되어 있다.

그밖에 原子炉 밖에 있는 冷却槽와 排水處理施設같은 것도 오염이 될 수 있으므로 廢炉措置 중에 이러한 地域에서 발생될 폐기물도 定量化 되어야 한다.

工學的方法研究는 原子炉 内藏物 해체에 관한 기술을 조사하는 것이다. 이러한 해체 작업은 短期間에 수행되든, 아니면 長期間에 걸쳐서 수행되든 원격조정으로 실시될 것이다. 信賴性 있는 조작과 독특한 原子炉의 설계면을 고려하여 장비 및 기술이 신중하게 선택되어야 할 것이다.

프로젝트管理研究는 이 프로젝트의 조직 및 자재조달을 점검하는 役割을 수행할 것인데, 이와 더불어 특히 주의를 기울이는 것은 遮蔽物 밖의 放射化된 부품중 가장 규모가 큰 項目인 보일러의 제거방법을 모색하는 일이다. 각각 약

700t의 무게를 가지고 있는 이 보일러들은 흥미 있는 폐기물처리문제를 제기하고 있다.

PDSR 研究는 廢炉그룹 임무중 주요 추진사항이지만 또한 WAGR 廢炉措置 實證計劃에도 포함되어 있다. CEGB는 이 實證프로젝트에도 공동으로 자금지원을 하고 있는데, CEGB는 이 實證프로젝트에서 CEGB 自体計劃에 有用한 많은 정보를 입수할 수 있기를 기대하고 있으며 또한 廢炉措置에 관한 경험을 축적하기 위하여 Windscale에 직원을 파견, 적극적으로 참여하고 있다.

또한 CEGB는 유럽共同委員會와 많은 事業을 수행하고 있는데, 그 중에는 遮蔽物 내부의 방사화된 콘크리트를 除去하는 폭발기술과 오랜 기간동안 방치해둔 건물의 健全性에 관한 기술 등이 포함되어 있다.

現在 CEGB의 廢炉措置에 관한 활동은 조사 단계에 불과하지만, CEGB는 다음 世紀에는 始作하게 될 주요사업계획에 拍車를 加하고 있다.

토막장식

降雨와 放射線

4 계절을 통해 날씨만큼 우리를 생활과 환경에 영향을 주는 것은 없다고 말할 수 있다. 해가 비치는 날, 흐린날, 그리고 비가 내리는 날은 각각 다른 세계로 사람의 눈에 비치는 것이다. 그리고 또 거기에 사는 사람들의 마음까지 바꾸어 버리는 영향력을 갖고 있다.

이것은 심리적인 작용만은 아니다. 그 증거로서 인체내에 생리적 변화가 일어나기 때문이다.

환경에서의 放射線準位도 날씨에 따라 영향을 받는다. 그것은 복잡한 現象으로 미묘하게 변화

하고 있지만, 가장 명료하게 관찰되는 것이 비의 영향이다.

原子力發電所가 있는 곳에서는 곳곳에 방사선 모니터링장치가 설치되어 있고, 그 장소에서의 방사선준위를 연속적으로 측정하여 기록하고 있다.

그 기록지를 보면, 방사선준위는 일정하지 않고 때때로 변동하고 있음을 알 수 있다.

예를 들면, 평균적인 준위가 매시 5마이크로렌트겐인 곳도 때때로 7~8마이크로렌트겐의 준위로 올라있을 때도 있다. 이때의 기상관측 기록과 대조하면 비가 내렸을 때와 딱 일치한다.

대지속에 포함되어 있는 라듐에서 라돈이라는 기체의 자연방사성물질이 생겨나고, 그것이 대기중에 방출되고 있다. 대기중에서 라돈으로부터 미립자상태의 방사성물질이 생겨나게 된다.

비는 그것을 흡수하여 지상에 모으기 때문에 일시적으로 지상에서의 방사선준위가 상승하는 것이다.