英國의 原子力施設 撤去戰略과 計劃

原子力施設 철거작업의 우선순위를 결정하는데에는 유지보수비용과 철거비용의 비교, 폐기물관리비용, 시설의 재활용 가능성, 인허가문제, 경험있는 전문인력의 활용 가능성 등 고려하여야 할 많은 주요인자가 있다. 다음은 Atom誌 7/8月號에 발표된 영국원자력청(UKAEA)이 관리하고 있는 원자력시설의 철거작업계획을 수립하기 위해 사용된 검토절차를 요약한 내용이다.

영국원자력청(UKAEA)은 1954년 이래 원자력이용 증진에 필요한 원자력기술을 확립하는 임무를 수행해 왔다.

지난 1950년대와 1960년대는 원자로, 가속기, 방사성물질 취급시설 등을 건설하는데 주력해 왔다. 이제 이러한 개척적 사업은 마무리지어졌다.

1990년대에 들어서는 일부 시설의 수명이 다할 것이므로 해체철거문제가 대두되고 있다. 그리고 원자력분야에 대한 정부의 중·장기연구투자가 축소되고 있기 때문에 수선·보완하여 사용할 수 있는 시설도 전체운영비를 줄이기 위해 부득이 철거할 수 밖에 없게 되었다.

撤去作業의 特徵

원자력시설의 철거작업은 원자력산업의 민영화계획과 마찬가지로 매우 어렵고 엄청난 비용을 필요로 하는 것처럼 일반시민들은 알고 있다. 그러나 실제로 원자력시설의 철거비가 원자력발전단가에 주는 영향은 새로 건설되는 Hinkley Point C 같은 가압경수로에 대해 매우 여유있게 계산하더라도 겨우 1 내지 2.5 퍼센트에 불과하다.

총 소요금액으로 표현하면 경수로 발전소의 완전한 철거에 드는 비용은 초기 건설투자비의 10 내지 20 퍼센트이내라고 보는 것이 일반적인 정설이다.

UKAEA가 소유·관리하는 원자력 관계 시설물과 설비가 매우 다양한 것처럼 철거비용도 매우 다양하게 나타날 것이다. 예를 들자면 입자가속기를 철거하는 것이 플루토늄취급시설을 철거하는 것보다 비용이 비교적 적게 들 것이다.

UKAEA는 Dounreay의 재처리공장이나 현재 제3단계 철거작업이 진행중인 Windscale 原型 가스냉각로 등에서 적지 않은 철거경험을 쌓아 왔다. 일반적으로 볼 때 기술적으로 해결이 곤란한 문제는 없지만 유독한 분진이나 감마방사선 방출 등 때문에 일반 시설물을 철거

하는 것보다는 작업조건이 나쁘다.

원자력시설의 철거작업에 있어서 고려하여야 할 점은 대략 다음과 같다.

- 방사능 총량
- 해체, 절단 및 인양작업의 원격수행여부
- 공기정화 및 배기 설비의 필요성
- 표면오염 제거방법 및 액체폐기물의 처리
- 폐기물의 포장, 저장 및 처분방안

실제에 있어서는 방사선구역내에서의 작업이라는 점만이 다른 산업시설의 철거와 다른 점이다.

물론 정도의 차이는 있겠지만 다른 산업시설에서도 유도물질이 발생된다는 점에 유의하여야 한다. 즉, 원자력설비 철거시에는 일반산업시설물 철거 때보다 안전성이 더욱 강조되므로 엄격한 기술 기준에 따라서 유독물질 및 방사성폐기물을 처리·처분하여야 한다.

問題解決의 方法

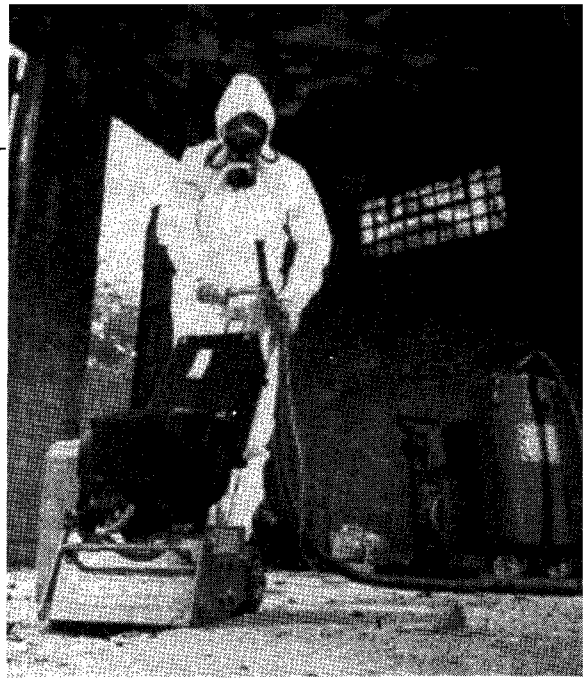
UKAEA가 앞으로 철거작업을 하기 전에 먼저 어느 작업을 먼저 하고 또 얼마나 하여야 푸른 잔디밭으로 부지를 환원시킬 수 있겠는가를 체계적인 방법으로 검토해야 한다.

실제로 이 문제는 다음과 같은 사항을 모두 고려해야 하는 '다차원 해석'문제이다.

- 일반시민의 안전확보
- 작업자의 안전확보
- 구조물의 노후정도
- 방사능
- 유지·감시 비용
- 총 소요비용의 최적화
- 폐기물처리·처분 방법
- 설비운전 유경험 인력의 활용
- 부지의 재활용 필요성과 가능성

UKAEA가 보유·관리하는 시설중 Dounreay, Windscale, Harwell, Winfrith에 있는 원자력시설이 주로 철거될 것이다.

UKAEA가 관리하다가 현재는 영국핵연료공사(BNFL)나 국방성이 관리하는 시설도 해당된다. 〈표1〉에 UKAEA의 원자로설비를, 〈표2〉에 기타 설비를 정리하였다.



Windscale 신형 가스냉각로(WAGR) 철거경험과 그리고 유럽공동토러스(JET) 철거계획을 기준으로 보면 대부분의 철거작업은 각각 독특한 점이 많기 때문에 앞에 언급한 고려사항을 개괄적으로 정리하기 전에 우선 철거작업성격을 정리할 필요가 있다. 이러한 사전작업을 위해 철거비의 약 5퍼센트를 배정하는 것이 적당하다.

이 단계에서는 해체대상이 되는 시설별로 다음 분야의 기본데이터베이스를 구축한다.

- 철거단계별 주요 작업
- 각 작업의 기술적 내용
- 각 작업별 소요 예상 비용
- 철거작업후 잔존 구조물의 안전성 확보대책
- 각 작업순서의 배치
- 소요되는 특수장비
- 방사성폐기물 및 유독폐기물의 발생양태

일단 데이타베이스가 갖추어지면 다음사항에 대해 포괄적인 결론을 얻을 수 있다.

- 어느 정도까지 철거하여야 철거되었다고 볼 수 있는가
- 어느 구조물부터 철거할 것인가
- 해체작업을 용이하게 하고 소요비용을 줄이기 위하여 어떤 장비를 개발할 것인가?

최종적인 정책은 다음과 같은 UKAEA의 철거 및 폐기물관리전략에 의거하여 결정된다.

〈표 1〉 UKAEA의 원자로

소 재 지	원 자 로	시운전일	현 황
Dounreay	○원형고속로(PFR) 250MWe – 나트륨 냉각	1974	가동중
	○덴레고속로(DFR) 15 MWe – 액체금속 냉각	1959	1977 종료
	○덴레재료시험로(DMTR) 25 MWt – 중수냉각, 감속	1958	1969 종료
Windscale	○제1호기 공기냉각, 흑연감속	1950	1957화재, 종료
	○제2호기 공기냉각, 흑연감속	1951	1958 종료
	○제3호기 신형가스냉각로(WAGR) –33 MWe 가스냉각, 흑연감속	1962	1981 종료
Harwell	○BEPO 5.4 MWt 공기냉각흑연감소	1948	1968 종료
	○GLEEP 50 KWt 흑연감속공기냉각	1947	가동중
	○LIDO 200 KWt 수영장형원자로	1956	1972 종료
	○PLUTO 25 MWt 중수냉각감속 재료시험로	1956	1990. 3 종료
	○DIDO PLUTO와 유사	1957	1990. 3 종료
Winfrith	○SGHWR 100 MWe 증기발생중수로	1967	가동중
	○DRAGON 20 MWt 헬륨냉각흑연감속로	1964	1976 종료
	○NESTOR 30 KWt 경수냉각물리시험로	1961	가동중
	○DIMPLE 100 KWt 열중성자시험시설	1962	가동중
	○ZEBRA 영출력고속증식시험시설	1962	1982 종료
	○HECTOR 탄소열중성자 진동원자로	1963	1975 종료

〈표 2〉 원자로 이외의 원자력 시설

종 류	소 재 지
핵연료재처리공장	Dounreay
방사능취급 건물	Dounreay
	Windscale
	Harwell
	Winfrith
	Culcheth
플루토늄취급시설	Dounreay
	Windscale
	Harwell
	Winfrith
우라늄핵연료시설	Dounreay
	Springfields
가속기 시설	Harwell
핵융합시험사실	Culham(Jet)
폐기물관리시설	Winfrith
	Harwell
	Dounreay
	Windscale

· 폐기물을 시기적절하게 또 경제적으로 관리하되 안전성확보 및 환경영향을 충분히 고려하여야 한다.

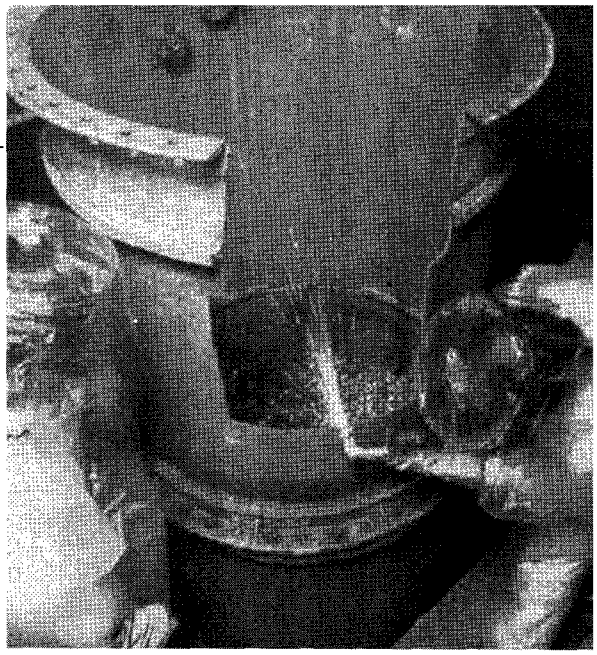
· 규제 요건에 맞추어 발전소를 안전하게 정지시키고 철거기술과 소요비용이 적정함을 입증시킨다.

다시 말하면 철거전략은 단기적으로 다음과 같다.

(A) 제1단계 해체를 실시한다.(운전종료후 오염된 시설내부를 제염한다) 이 작업은 운전종료 직후에 있게되는데 앞으로 있을 유지관리 활동을 최소화하는데 목적이 있다.

(B) 안전성확보 및 환경보전 측면에서 완벽하게 철거함으로써 부지와 시설을 다른 목적으로 쓸 수 있도록 한다.

(C) 정기적으로 부지에 대한 감시를 실시하여 제1단계이후의 철거작업을 늦추더라도 방사



선영향이 없도록 한다.

우선순위 決定要因

각각의 구조물 철거작업은 수많은 단위 작업으로 구성되어 있다고 전제하고 상기의 각종 항목에 대하여 우선 순위를 부여한다. 작업순서를 앞당겼을때의 이점과 늦추었을 때의 장점을 비교하여 결정한다,

통상적인 의미에서의 안전성을 확보하기 위해서 어느 작업이 먼저 되어야 하는지도 평가되어야 한다. 그리고 철거작업을 하는 것과 그냥 두고 감시하는 작업을 하는 것 중 어느쪽이 더 안전한지도 비교한다.

주어진 안전성 확보목표를 충족시키는 것 이외에도 중대사고의 가능성을 줄여야 하는 것도 일반적인 요건중의 하나이다. 따라서 일부 작업은 일상적인 감시에 의하여 안전목표를 달성한다는 차원보다는 사고가능성을 줄이기 위해 우선되어야 한다.

예를 들면 발전소 운전중지후 발전소청소과정에서 핵분열물질과 폐기물을 제거함으로써 방사능확산사고를 사전에 예방할 수 있다.

소요비용을 평가하는 데에는 철거에 직접소요되는 비용 외에도 사전사후 감시을 고려하여야 한다. 그리고 자금 및 인력이 필요시점에 있는가도 최적화과정에서 고려되어야 할 인자이다.

비용은 모두 정량화하여야 한다. 예를 들면, 폐기물처분방법이 아직 없으면 저장비용을 고려하여야 한다.

시설이나 부지의 재활용도 고려해야 할 인자이다. UKAEA는 다시 사용할 수 있는 시설은 뽑아 내어 재사용하는데 드는 비용을 계산하고 한편으로는 완전철거후 푸른초원위에 필요한 시설을 다시 건설하는 비용도 비교하게 된다.

숫자화하기 더욱 어려운 사항은 시설운전경험이 있는 인력을 어떻게 활용하는가 하는 문제이다.

제1단계 철거작업에서는 기존의 운전경험인력을 이용하는 것이 바람직하다. 그러나 제1단계 이후에도 기존인력을 계속확보하는 이익과 철거작업을 연기하는 것이 주는 이익을 서로 비교하여야 한다.

원자로가 가동중일 때에는 상당히 많은 수의 운전요원이 필요하지만 제1단계 철거 이후에는 두 세명의 경험인력만 있으면 작업을 계획하고 감독할 수 있다. 제1단계 이후의 철거작업은 철거작업만을 담당하는 전문집단이 담당하게 된다.

철거작업을 계획함에 있어서 중요한 사항은 부지내의 다른 시설물과의 상호연계를 고려하여야 한다는 점이다.

예를 들며, 발전소를 철거하기 위해서 인접시설물의 이용이 필수적이라면 소요시설을 필요시기에 쓸 수 있는지와 소요비용을 계획수립시에 감안한다.

원자력시설을 철거하기 위해 어떤 조치가 있어야 하는지가 일단 정리되면 철거작업을 다음의 다섯 그룹으로 정리할 수 있게 된다.

- 가동종료후 즉각적인 조치가 필요한 1순위
- 철거작업을 수년정도 지연하는 것이 안전성이나 경제성면에서 이득이 되는 2순위
- 즉각철거의 이득이 전혀 없는 3순위
- 10내지 20년정도 지연하는 것이 바람직한 4순위
- 20년이상 지연하는 것이 이득이라고 판단되는 5순위

이러한 구분에 따라서 UKAEA는 원자력시설을 안전하고 효과적으로 철거할 계획이다.