

〈기술보고〉

중·저준위 방사성폐기물 처분시설의
초기용량 및 인수용량 검토

김성학 · 한필수 · 박현휘

한국에너지연구소

(1988. 12. 9 접수)

I. 서 론

국내에서의 원자력발전은 1978년 고리 1호기가 상업발전을 개시한 이래 1989년 5월 현재까지 8호기가 가동중이며, 1기는 시운전, 2기는 건설예정으로 설계중이다. 원자력발전소의 운영시에는 필수적으로 방사성 폐기물이 발생된다. 즉 고리 1호기의 경우 매년 평균 약 1,000드람의 중저준위 방사성폐기물이 발생되고 있고, 장차 원자력발전소의 계속적인 건설에 따라 폐기물의 발생량 및 누적량이 급증할 것으로 예상된다. 발전소 운영폐기물 이외, 방사성 동위원소 이용 폐기물, 핵연료 가공폐기물, 연구소 발생폐기물 등이 또한 증가함에 따라 이들의 안전관리에 대한 관심이 고조되고 있다. 이에 따라 국내에서도 관련 연구활동이 80년대 초부터 가속화되면서 1984. 10. 13에 개최된 제21차 원자력위원회에서는 육지처분원칙을 비롯한 방사성폐기물 관리 4대원칙을 의결하기에 이르렀으며, 이에 따른 영구처분 사업 계획을 입안하여 1986년 7월에 부지선정을 위한 조사가 착수되어 수행중에 있다.

현재 국내 원자력발전소 발생폐기물은 발전소 내 임시저장중에 있으나, 머지않아 그 용량이 포화될 것으로 예상 될 뿐만아니라, 장기 보관에 따른 용기부식 및 누수 문제가 야기될 수도 있다. 이런 실정에 비추어 88. 7. 27에 개최된 220차 원자력위원회에서는 중저준위 방사성 폐기물의 영구 처분장을 1995년 말까지 준공하기로 의결한 바 있다.

영구처분장 건설시에는 방사성폐기물의 안전관

리를 목표로 처분안전성을 최대한 확보하기 위한 최적 처분부지 선정과 대상부지에 적합한 설계를 수행하여야 하며, 이들과 상호보완의 관점에서 설계시에 고화폐기물의 특성이 고려되어야 할 것이다.

본 고에서는 현재 추진중인 후보부지 조사와 병행하여, 개념설계를 위한 처분장의 기본 요소들의 확정을 위해 폐기물의 발생/누적 추이와 투자비용의 현가화를 통한 경제성 검토를 수행하여 전체 처분장의 규모, 단위시설 및 장비의 용량을 결정하는데 필수적인 처분장의 연간 인수용량, 초기건설용량 및 차후 건설전략 등에 대해 살펴보았다.

II. 본 론

1. 폐기물 발생량 추정

방사성폐기물 관리를 위해서는 우선적으로 현재의 발생량과 누적량 추이 분석이 선행되어야 한다. 방사성폐기물의 분류는 여러가지로 구분될 수 있으며, 발생원에 따른 분류는 다음과 같다. 즉 발전소 운영시 발생하는 운영폐기물, 핵연료 가공시 발생하는 핵연료 가공 폐기물, 방사성동위원소 이용 기관 등에서 발생하는 동위원소폐기물, 발전소 해체시 발생하는 해체폐기물, 기타 연구소에서 의 관련 연구 및 실험 등에서 발생하는 연구 폐기물로 분류할 수 있다.

이상 열거한 발생원별 외국의 폐기물 발생 현황과 국내 발생량을 살펴보면 다음과 같다.

가. 외국의 폐기물 발생 현황

1) 발전소 운영 폐기물

핵주기로부터 발생하는 방사성폐기물의 처분

및 관리에 대한 비교 평가를 주 임무하고 있는 INFCE(International Nuclear Fuel Cycle Evaluation)의 Working Group 7¹⁾에서 추정한 폐기물 발생량을 살펴보면 표 1과 같다.

표 1. 발전소 운영폐기물 및 핵연료 가공폐기물 발생량 (LWR의 경우)

Waste Stream	Volume m ³ /GWe-yr	
	As Generated	As Shipped
Operating waste		
General trash	190	48
Wet waste	330	520
Scrap	38	38
Maintenance waste		
General trash	5	1
Wet waste	5	8
계	568	615
Fuel element fabrication waste		40m ³
Volume(m ³ /GWe-yr)		

본 추정에는 LWR 형태의 원자로를 기준으로 하였으며 BWR/PWR의 비율은 0.5, 시설용량은 1,200MWe, Load factor는 70%, 그리고 발전소 수명은 30년의 정상운영상태를 가정하였다.

폐기물 처리조건으로는

- 가연성 폐기물 및 압축성 폐기물은 압축처리 (VR=4)
- wet waste는 시멘트 고화(60%의 Volume 증가)
- 비가연성 폐기물은 직접 드럼에 포장(1:1)하는 것을 가정하였다.

[표 1]에서 General trash는 압축성 잡고체와 가연성폐기물을 의미하며, wet waste는 농축폐액, sludge 등을 포함한다. 또한 고장난 부품, 비압축성, 비가연성 폐기물은 잡기재(scrap)에 포함된다. 폐기물 발생량을 우리나라의 발생량과 비교하기 위해서 가연성폐기물 및 압축성폐기물은 압축처리 (VR=3)하고 그 외 처리방법은 우리나라 발전소와 유사하다고 가정하면, 우선 [표 1]에서 General Trash의 폐기물량이 처리후 60m³/GWe-yr되며 발전소 운영시 발생하는 폐기물 총량은 630m³/GWe-yr이 된다. 이 양은 LWR형 원자로(2PWR:

1BWR)의 발생량이므로 이를 PWR형 원자로의 발생량으로 환산하면

$$\frac{2 \times \text{PWR발생량} + \text{BWR발생량}}{3} = 630 \dots \dots \dots (1)$$

또한 PWR발생량이 BWR발생량의 1/2이라 하면 (2)

(1) (2)에서 PWR 발생량은 472.5m³/GWe-yr가 된다. 이를 국내 폐기물 발생량과 같은 개념(시설용량 기준)으로 환산하면

$$472.5 \text{ m}^3 / \text{GWe-yr} \times 5 \text{ Dr} / \text{m}^3 \times 0.7 = 1,654 \text{ Dr} / \text{GWe-yr} \text{ 이 된다.}$$

INFCE Working Group 7의 또다른 PART에서는 PHWR형 원자로에 대한 폐기물 발생량을 GANDU-600형을 기준으로 산출 하였다.

표 2. 발생원별 폐기물 발생량(PHWR)

Waste Category	AS Generated Volume(m ³)	Conditioned Volume(m ³)
Reactor Operating Waste		
Low level waste		
-incinerable(60%)	210	17
-compactable(30%)	105	70
-untreatable(10%)	35	70
Solidified liquid(MLW)	NA	5.0
Filter(MLW)	1.0	5.0
Ion exchanger resin(MLW)	14.0	28
Maintenance waste	3.5	7
계	368.5+NA	202
Fuel fabrication waste		
-fuel fabrication operation waste volume(GWe.a)		48
-fuel fabrication maintenance waste volume(GWe.a)		47
계		95
Reactor decommissioning waste (6 year cooled, m ³)		490

표 2의 data를 국내 폐기물 발생량 개념으로 환산하기 위해 우선 국내 발전소에서는 아직 소각시설이 도입되지 않았기 때문에 가연성폐기물 및 압축성폐기물을 압축처리(VR=3)하고, 처리할 수 없는 폐기물은 직접 드럼에 포장하며, 그 외 폐기물 처리조건은 동일하다고 가정하면 PHWR형 원자

로의 폐기물 발생량은

$$\frac{210 + 105}{3} + 35 + 5 + 5 + 28 + 7 = 185 \text{ m}^3 / 600 \text{ CANDU-yr이다.}$$

이를 국내 폐기물 발생량과 같은 개념(시설 용량 기준)으로 환산하기 위해 load factor 0.8을 고려하여 계산하면

$$185 \text{ m}^3 / 600 \text{ CANDU-yr} \times 5 \text{ Dr/m}^3 \times \frac{1000}{638} \times 0.8 = 1,160 \text{ Dr/GWe-yr가 된다.}$$

기타 자료에 의한 각국의 폐기물 발생량은 표 3과 같다.

표 3. 원자로 형태에 따른 운전 및 해체폐기물 총발생량

(운영기간 : 25년)

	원자로 형태 및 용량	운전폐기물 발생량(m ³)	해체폐기물 발생량(m ³)
캐 나 다	PHWR(4) 4×515MWe	6,900-27,500	10,000
서 독	PWR 1,200 MWe	6,100-11,000	6,900
스 웨 덴	PWR 900 MWe	6,300	7,000
미 국	PWR 1,000 MWe	21,700	15,200

위의 표에서 나타난 발전소 운영기간중 각국의 폐기물 발생량은 단지 25년 운영기간중 발생될 폐기물량을 나타냈을 뿐, 처리기술 및 방법 등에 대한 자세한 언급이 없어서 상호 비교가 어렵지만, 나라마다 큰 차이를 보이는 것은 발전소 처리시스템의 차이에 의한 폐기물의 감용기술, 처리방법 및 방사성폐기물의 분류 기준등이 다르기 때문일 것이다.

표 3의 data를 국내 폐기물 발생량 개념으로 환산하기 위해서 처리 및 감용비를 국내 발전소와 동일하다고 가정하고, 운영기간 25년을 고려하면 표 4와 같다.

표 4. GWe-yr당 폐기물 발생량(드림)

	발생량(Dr/GWe-yr)	비 고
캐나다	670-2670	PHWR(4×515MWe)
서독	1017-1833	PWR(1200MWe)
스웨덴	1400	PWR(900MWe)
미국	4340	PWR(1000MWe)

위의 표에서보면 유럽에 비해 미국의 경우가 폐기물 발생량이 월등히 많이 발생하는데 이는 폐기물의 처리시스템, 방법 및 방사성폐기물로서의 분류 기준의 차에 의해서 미국의 경우가 상대적으로 많은 폐기물이 발생된다고 생각할 수 있다.

2) 핵연료 가공 폐기물

외국 자료의 경우에서는 경험을 토대로 하여 핵연료 가공 폐기물 발생량이 수치화되어 있으나, 국내의 경우 핵연료 가공 공장의 가동기간이 일천하여 아직 폐기물 발생량에 대한 공식적인 data가 없다. 따라서 국내 폐기물 발생량을 추정하기 위해 외국의 자료를 토대로 발전소 운영 폐기물에 대한 핵연료 가공시 발생하는 폐기물량이 차지하는 비율을 근거로 추정하기로 한다.

표 1에서 보는바와 같이 핵연료 가공 폐기물은 40m³/GWe-yr로서 운전폐기물 발생량 615m³/GWe-yr와 비교하면 대략 운전폐기물의 6.5%를 점유한다.

또한 표 2에서 보인바와 같이 핵연료 가공 폐기물은 95m³/GWe-yr로서 운전폐기물 발생량

표 5. 폐기물 발생원별 비율(%)

	발전소운전	재처리	핵연료가공	연구개발	동위원소	기준년도
일 본	67.8		2.9	23.1	6.2	'85년말
서 독	33.5	19.5	3.0	37.8	6.2	"
	38.5	35.4	2.1	29.5	2.3	-2000년말
스 웨 덴	95.5			4.5	14.6	-2020 "
스 위 스	85.4					-2030 "

395.7m³/GWe-yr(202m³/600 CANDU)대비 24%이다.

기타 자료^{5), 6), 7), 8)}에서 핵연료 가공 폐기물이 운전폐기물에 비해 차지하는 비율은 표5와 같다.

위의 표에서 발전소 운영폐기물 대비 핵연료 가공폐기물이 차지하는 비율이 일본은 4.3%, 서독은 85년 말까지 9.0%, 2000년 말까지는 5.5%로 각각 추정된다.

3) 해체폐기물 발생량

발전소에 해체는 밀폐관리 단계, 차폐격리 단계, 완전해체 및 철거 단계등 3단계로 이루어지는데 발전소 폐쇄후 일정기간동안 밀폐관리를 하여 방사선 준위를 떨어 뜨린 다음 차폐격리단계 혹은 바로 해체 및 철거 단계를 거쳐 해체가 완료 된다. 해체시 발생된 폐기물량은 각국의 폐기물 관리에 대한 기본 정책, 해체방법, 발전소시설의 특성, 환경보호 및 안전측면에 따라 큰 차이를 보인다.

[표 2]에서 해체폐기물 발생량은 PHWR기준 490m³/GWe-yr로서 운전폐기물 발생량 대비 약 124%를 차지하며 표 3에서 각국의 운전폐기물 총 발생량 대비 해체폐기물이 차지하는 비율은 표 6과 같다.

표 6. 운전폐기물량 대비 해체폐기물 비율

	스웨덴 (PWR)	미 국 (PWR)	캐나다 (PHWR)	독 일 (PWR)
비율	111%	70%	36-145%	63-113%

4) 동위원소 발생 폐기물

동위원소 폐기물은 병원, 산업체 등에서 방사성 동위원소 이용시 발생하는 폐기물로서 외국의 경우에 수치화된 자료가 없고, 단지 각 발생원별 비율을 나타내고 있다. 표 5에 의하면 일본의 경우 발전소 운영 폐기물 대비 약 9%를 차지하고 서독은 '85년까지 18.5%를, 그 이후 2000년 까지는 6.0%를 각각 차지할 것으로 추정된다.

5) 연구 폐기물

원자력 관련 연구기관에서 발생하는 폐기물량을 발전소 운영폐기물과 대비하여 살펴보면(표 5), 일본이 34%, 서독이 85년까지 약 113%, 2000년 까지 77%를 차지한다. 위의 두 나라 연구 폐기물이 발전소 폐기물과 비교하여 상당히 많은 부분을 차지하는 것은 원자력분야의 선진국으로

서 원자력 관련 부문에 대한 연구, 개발 등이 활발히 진행되고 있기 때문으로 여겨진다.

나. 국내의 폐기물 발생

1) 발전소 운영 폐기물

국내의 경우 임해지역 중심으로 4개 부지에 원자력 발전소 11기가 가동, 건설 또는 설계중에 있다. 즉 고리부지에 4기가 가동, 영광부지에 2기가 가동, 2기가 설계중이며 울진부지에 2기가 가동중이다. 또한 국내 유일의 PHWR형 원자력발전소가 월성부지에서 가동중이다.

그러나 아직 대부분의 원자력발전소가, 가동기간이 짧아 폐기물이 정상적으로 발생하게 되는 기간에 미치지 못하기 때문에 폐기물 발생량이 적은 편이다.

1987년말 현재 국내 각 부지별 원자력발전소의 폐기물 누적량⁹⁾은 다음과 같다.

표 7. 국내 발전소별 폐기물 누적량 (단위 : 드럼)

	고리1	고리2	월성1	고리3&4	영광1&2	계
가동년수	10년	5년	5년	3년	2년	
누적량	9720	2268	717	1953	340	14,998

2) RI 폐기물

RI 폐기물 발생량을 산출하기 위해 국내 RI 이용기관의 수와 증가율을 살펴보면 표 8과 같다.

표 8. 국내 RI이용기관 및 증가율

년 도	이용기관수	증가율(%)
1982	281	
1983	327	16.4
1984	394	20.5
1985	439	11.4
1986	489	17.1

위의 표에서와 같이 RI 이용기관수가 매년 10% 이상씩 증가하고 있는 추세이고, 따라서 현재까지 RI 폐기물의 발생량이 공식적으로 집계된 바가 없지만, 매년 많은 량의 폐기물이 발생할 것으로 예상된다.

3) 해체 폐기물 및 핵연료 가공 폐기물, 연구폐기물의 발생량은 아직 국내 발생 실적이 없거나 공식적인 자료가 없다.

2. 국내폐기물 발생량 추정

앞에서 살펴본 외국의 폐기물 발생량 산출 기준 및 국내 폐기물 발생량에 대한 경험치를 고려하여 다음과 같은 기준을 설정하여 향후 예상되는 발생량을 추정하기로 한다.

가) 산출 기준

- 원자력 발전소는 11기 기준
- 발전소 운영기간 : 30년(단, 고리 1호기는 25년)
- 운영폐기물 : 앞에서 인용된 외국자료 중 폐기물의 처리기술, 원자로 형태, 감용방법등이 비교적 상세히 기술되어 있는 자료의 Data를 국내 원전 폐기물 발생량 개념으로 환산하면 대략 1,400 Dr/GWe-yr~1,800 Dr/GWe-yr이다. 미국의 경우 4,340 Dr/GWe-yr로서, 유럽에 비해 월등히 많은량이 발생되고 있는데, 이것은 처리기술 및 방법과 폐기물의 분류기준의 차이에 기인한 것으로 생각되어 국내 추정치의 근거자료로는 제외하기로 한다.

한편, 국내 관련자료^{10),11)}에 의하면 발전소 설계시 노형별 목표기준(국내 원전 설계국표치) 및 국내 고리 1호기의 경험치를 고려한 1,670 Dr/GWe-yr을 기준으로 산정한 바 있고 이 양은 앞에서 추정한 외국의 GWe-yr당 폐기물 발생량 범주인 1,400~1,800 Dr/GWe에도 부합하여, 본 고에서는 PWR형 원자로의 경우 1,670 Dr/GWe-yr(PWR형)과 PHWR형 원자로의 경우 국내 경험적 기준치¹²⁾인 840 Dr/GWe-yr(PHWR형

)을 발전소 운영폐기물 산정 기준으로 가정하였다.

- 해체폐기물 : 앞에서 살펴본 외국의 해체폐기물 발생량은 운영폐기물 총발생량 대비 최저 63%에서 최고 124%를 차지하나 본 고에서는 발전소 운영기간중 발생한 폐기물 총량과 동일하게 가정하였다.(5년 정지, 3년 해체)
- RI 폐기물 : 외국의 경우 동위원소 발생폐기물이 운영폐기물 대비 최저 6%에서 최고 18.5%를 차지한다.
국내의 경우 표 8에서 살펴 본 바와 같이 국내 RI이용기관수의 증가율이 매년 10%를 상회하므로 본 고에서는 동위원소 이용기관에서 발생하는 폐기물량이 85년(251 드럼)을 기준하여 매년 10% 증가로 가정하였다.
- 연구소내 폐기물 : 연구소내에서 추정한 연구소 발생 폐기물량을 적용하여
- 87년 까지는 실제 발생량을 적용하고 그 이후는
- 조사후 시험시설에서 연간 410 Dr
- 연구폐기물은 '87년 발생량(89 Dr/Yr)을 기준하여 매년 10% 증가
- 93 이후 MRR에서 연간 42 Dr 발생으로 가정하였다.
- 핵연료가공폐기물 : 외국의 경우 운영폐기물 대비 핵연료가공폐기물이 차지하는 비율이 5%에서 9%를 차지한다.
본 고에서는 운영폐기물 대비 8%(90년 이후)로

표 9. 국내발생원별 폐기물 발생 추정량

(드럼)

년 도	발 전 소	RI	연구기관	해 지	핵 주 기	총누적량
1987	14,998	831	317			16,146
1990	36,741	1,937	1,842		744	41,264
1995	96,197	4,651	4,741		5,500	111,089
2000	168,262	9,023	8,166		11,266	196,717
2005	242,797	16,065	12,301		17,228	288,391
2010	315,371	27,405	17,582	24,424	23,034	407,816
2015	382,978	45,668	24,708	24,424	28,443	506,221
2020	412,370	75,081	34,803	68,806	30,794	621,854
2025	429,070	122,451	49,683	304,018	32,130	937,352
2030	432,410	134,947	53,464	334,014	32,398	987,232
2035	432,410	134,947	53,464	432,410	32,398	1085,629

가정 하였다.

나) 발생량 추정

이상의 기준에 의거 향후 예상되는 국내 중, 저준위 폐기물 누적량의 추정은 표.9와 같다.

본 추정에서는 87년말까지 각 발전소에서 실제로 발생한 량을 적용하고 그 이후 부터는 가동시기를 고려하여 가동 첫해에는 정상상태 발생량의 20%, 그 다음 해부터는 20%씩 증가하여 5년째에 정상상태의 폐기물이 발생하는 것으로 하였으며 해체폐기물을 제외한 폐기물은 발전소 11기가 모두 폐쇄되는 시점인 2026년 까지만 추정하였다.

표 9에서 폐기물 총 누적량 추이를 도표화 하면 [그림 1]과 같다.

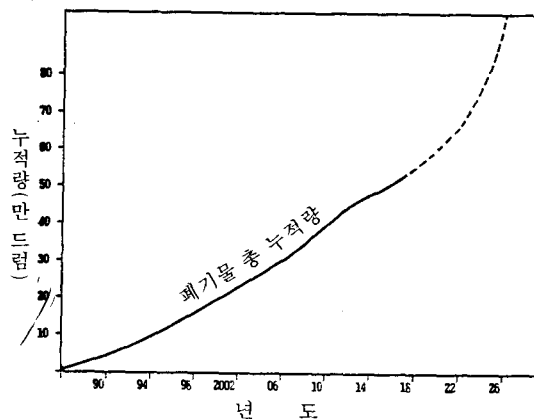


그림 1. 중·저준위 폐기물 누적량 선도

2. 처분장의 인수용량 검토

중저준위 폐기물의 영구처분장을 95년말까지 준공한다는 AEC의결 (88. 7. 27)에 따라 영구처분장 건설에 앞서, 여러가지 사항들에 대한 결정이 선행되어야 한다. 특히 처분장 설계의 관점에서 보면 처분시스템에 대한 최적화, 개념설계, 기본설계, 상세설계 등이 수행되어야 하고, 처분장의 개념설계시 규모결정의 관건이 되는 초기 건설용량의 결정을 위해, 또한 처분장내에 설치되어야 할 폐기물 취급 시설, 처리시설, 임시저장고, 지하시설, 지원시설 등의 규모 및 각종 장비의 개략적인 사양결정을 위해 기준이 되는 인수용량을, 앞에서 추정한 폐기물 발생 추정량을 토대로 검토하기로 한다. 우선 [그림 1]에서 폐기물 발생량

추이를 살펴보면 2018년까지는 폐기물 발생량이 거의 선형적으로 증가하나 그 이후는 해체폐기물이 본격적으로 발생하게 됨에 따라 급격히 증가한다.

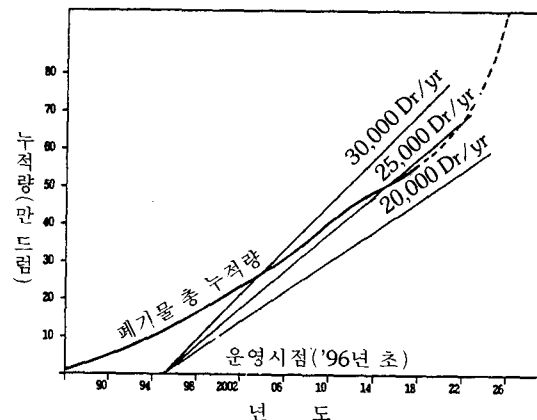


표 2. 중·저준위 폐기물 영구처분장 인수용량 비교

[그림 2]에서 보면 누적 처분량을 나타내는 직선(년간 인수용량 20,000드럼, 25,000드럼 및 30,000드럼의 세가지 경우)과 폐기물 발생 누적량을 나타내는 곡선사이의 간격은 미 처분 폐기물량을 보여주며 교차하는 경우는 (30,000드럼 인수용량의 경우) 교차점 이후 인수용량이 과다함을 의미하게 된다. 즉 곡선과 해당 직선과의 간격이 그 시점에서 미 처분 폐기물의 누적량이 된다. 연간 인수용량 20,000드럼의 경우는 처분장 운영 이후 약 20년간의 폐기물 평균 발생량이 연간 처분가능량과 거의 같고 운영중 처분 대상 누적 폐기물량이 일정량 계속 유지되게 된다. 연간 인수용량 25,000드럼의 경우는 미처분량이 점차 감소되어 2014년 경에는 전량 처분되는 경우이다.

처분장의 인수용량 검토시는 세가지 경우 모두 해체폐기물이 본격적으로 발생하는 시점(2018년)을 기준으로 그 이전과 이후로 분류하여 인수용량을 이원화 하는 것이 폐기물 발생량 추이에서 보는 바와 같이 합리적일 것으로 사료되며, 그렇게 할 경우 2018년 이전 까지는 처분장 운영시 임시저장고의 이용, 임시저장고 이용의 margin, 경제성 등을 고려할 때 25,000 Dr/yr용량이 가장 타당할 것으로 사료된다. 또한 해체폐기물이 본격적으로 발생하게 되는 2018년 이후에는 해체폐기물 발

생량과 1995년 이후의 전원개발계획에 따른 원전의 건설이 추가될 경우, 이것들을 고려하여 증설되어야 할 인수용량이 결정되어야 할 것이다.

3. 초기 및 단계별 용량 검토

가) Case별 비교

앞에서 결정한 인수용량(25,000드럼/년)을 기준으로 폐기물 추정량 선도를 참고하면 [그림 3]과 같다.

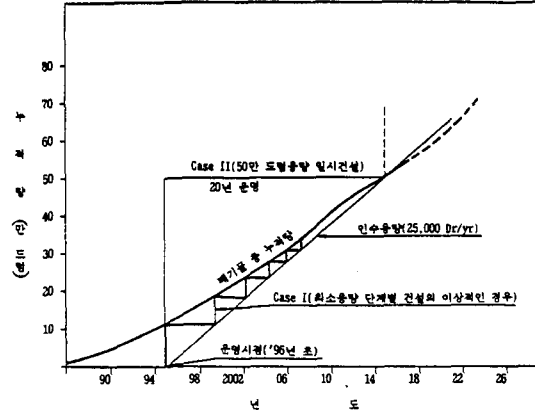


그림 3. 중·저준위 폐기물 영구처분장 초기용량

표 10. Case별 장단점 비교

구분	Case I (최소용량단계적 건설의 이상적인 경우)	Case II (50만 드럼 일시 건설)
장점	<ul style="list-style-type: none"> 초기 투자비 최소화등 경제적인 측면에서 유리 실제 발생량에 따라 처분터널 용량의 신축성 부여 용이 운영경험에 따른 결점 보완이 신속하고 용이함 건설시 필요한 Utilities(전기, 용수 등)의 최소화가 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 운영용이성 측면에서 유리하다 환기 정화계통의 balance조정, Drain 용량 및 방법 등을 package화 할 수 있다. 조기해체, 발전소 사고등에 따른 폐기물량의 증가에도 처분의 어려움이 없음 중준위 폐기물 터널의 구분 건설 및 운영이 용이하다. 통제실, 회차지역, 보수실, 적재창고등 지하 운영, 지원시설의 최적위치 및 크기 설정이 용이
단점	<ul style="list-style-type: none"> 건설과 운영이 동시에 이루어지기 때문에 운영상 번거로움이 뒤따름. 건설이 계속해서 진행 되므로 발파등에 의한 안전 사고 위험이 상존함 굴착지역에 대한 환기정화 시스템의 연속 가동이 필요함 굴착 장비 일체가 필요하기 때문에 규모에 따른 장비 및 인원에 대한 효율이 낮음. 중준위위용 터널에 소요되는 환기정화계통, Drain 계통이 복잡하여 운영상의 안정성확보에 어려움이 있으며, 효율 또는 저하됨. 각 터널에서 환기정화, 배수 등에 대한 조정 및 처리가 용이하지 않음. 지상건설과 달리 순차적으로 건설용 진입터널과 운영터널이 분리되어 건설되는바, 잦은 순차증설에 따른 터널배치상의 문제점 있음. 굴착 사고시 또는 발전소 사고시의 폐기물량 증가에 따른 여유처분 용량의 확보가 곤란함. 	<ul style="list-style-type: none"> 일시에 큰 처분용량을 건설하기 때문에 운영시점까지의 폐기물 누적량 및 운영개시이후의 발생량 증가에 비해 초기 건설용량이 과다 일시적으로 다량의 버려짐 발생함에 따라 이의 처리에 어려움이 있음 운영 경험에서 얻을 수 있는 요소를 다음 처분장 건설시 반영하는데 어려움이 있음 건설시 필요한 각종 Utility 등이 최대화 되어야 한다. 운영에 따른 각종 Utility 및 환기정화 계통등의 효율이 저하됨.

그림 3에서 보는 바와 같이 초기용량을 설정하기 위해 96년초 처분장 운영시점까지 누적량 만큼의 초기 처분용량을 건설하여 포화시점(인수용량과의 교차점: 약 4년)까지 운영하고 다시 그 시점에서 폐기물 누적량 및 발생량 만큼을 건설하는 최소용량, 단계적 건설의 이상적인 경우(Case I)와 50만 드럼용량을 일시에 건설하는 경우 (Case II)로 나누어 장단점을 비교하면 [표 10]과 같다.

나) 경제성 검토

초기 용량별 투자비 변화에 따른 경제성 평가를

	Case II (50만드럼 일시 건설)	Case III (초기 25만, 증설 25만)	Case I (초기 10만, 증설 10만씩)
백분율	100(571.2억)	93.7	86.8

본 경제성 평가에서는 세가지 경우 총 투자비용이 모두 같다는 가정하에 단계적 증설의 경우(Case I)가 투자시기의 분산에 의한 영향으로 경제성 면에서 가장 유리한 결과가 나왔지만, 보다 정확한 경제성 평가를 위해서는 세 경우 각각에 대한 개념설계에 따라 투자계획을 추정하여야 할 것이다. 즉 50만드럼 일시건설의 경우(Case II)운영 및 건설의 병행에서 오는 추가 운영 및 건설동굴이 필요하지 않게 되고 환기시설 설치개념의 단순화 등으로 단계적 증설의 경우에 비해 총 투자비 추정에서 오는 감소요인을 고려한다면 각각의 경우에 대한 경제성 측면에서의 차이는 훨씬 감소할 수도 있을 것이다.

다) 비교 결과

Case I의 경우 경제성측면에서는 가장 유리하나, 운영용이성 측면에서는 건설과 운영이 동시에 이루어지기 때문에 불리하다. 특히 굴착장비 일체가 필요하기 때문에 규모에 따른 장비 및 인원에 대한 효율이 낮고, 건설용 진입터널과 운영을 위한 진입터널이 분리되어 건설 되는바, 잦은 순차 증설에 따른 터널배치상의 어려움이 있다.

한편, Case II의 경우는 운영용이성 측면에서 가장 유리한 것으로 나타났으나, 운영개시 이후의 발생량 증가에 비해 초기 건설용량이 과다하고 또한 20년간의 장기운영에 따른 필요이상의 터널을 굴착하므로써 터널내 설치될 각종 utility 및 환기 절화계통의 비효율성이 가장 큰 단점으로 나타났

위해 총 50만드럼 용량의 처분장 건설을 기준으로 Case I의 경우는 초기 10만 드럼 및 증설용량 10만드럼(4회)의 개념으로 조정하였고, Case I과 Case II를 절충한 Case III(초기 25만드럼, 증설 25만드럼)를 가정하여 모두 3가지 경우에 대한 88년도 기준 현가화(할인율: 10% 가정)금액을 계산하였다. Case II(50만 드럼 용량 일시건설, 88년 현가화 금액: 571.2억)에 대한 각 경우 현가화 금액의 백분율은 다음과 같다.

다.

이상의 결과, 초기용량으로는 경제성 측면과 운영용이성 측면이 동시에 고려된 절충안으로서 초기용량 25만 드럼, 증설용량 25만드럼의 Case III가 타당할 것으로 사료된다. 다만, 단위 처분동굴의 용량, 부지별 특성 및 현재의 장비, 기술 인력 등을 감안한 후 향후 수행될 개념설계에 따라 20만-30만 드럼 용량의 범위에서 최적 초기건설 용량이 결정되어야 할 것이다.

스웨덴의 경우 발전소 운전폐기물의 처분을 위한 처분장(SFR 1)건설이 총 45만 드럼 규모로 계획되어 있으며, 1단계로 30만 드럼 용량을 건설하여 88년 10월 운영을 개시하였다. 스웨덴의 경우 1단계 처분용량을 굴착량 관점에서 살펴보면 처분용량과는 무관하게, 굴착되어야 할 건설 및 운영 동굴 굴착량이 처분동굴 굴착량의 약 87%를 차지한다. 국내의 경우 현 검토에서 이용된 25만 드럼 용량에 대한 개략배치도를 기준하면 건설 및 운영 동굴 굴착량이 처분동굴 굴착량의 약 25%를 차지하는 것으로 나타났다.

III. 결 론

처분장의 대략규모를 결정하기 위해 필수적인 인수용량, 초기용량 및 증설용량을 검토하기 위해 원자력발전소 11기를 기준하여 다음과 같은 산출 근거에 의해 폐기물 발생량을 추정하였다.

가. 발전소 운영폐기물 :

PWR : 1670 Dr/GWe-yr

PHWR : 840

나. 해체 폐기물 :

운영기간중 발생한 폐기물 총량과 동일(5년정지 3년해체)

발전소 운영기간 30년(단 고리 1호기는 25년)

다. RI폐기물 : 85년(251드럼) 기준 연간 10%씩 증가

라. 소내폐기물 :

87년 까지는 실제 발생량

88-92 : 조사후시험시설(410 Dr/yr) + 연구폐기물(89 Dr/yr)로 하여 연구폐기물은 매년 10% 증가
93년 이후 : MRR(42 Dr/yr) 추가

마. 핵연료 가공폐기물 : 운전폐기물 8%(90년 이후)

위의 근거에 의해 추정된 총 폐기물량은 11기의 발전소가 모두 해체 완료된 시점(2034년)에 약 100만 드럼에 달하고 처분장 운영 개시 시점(1995말)에 11만 드럼, 2015년말에 약 50만 드럼이 누적될 것으로 추정되었다.

처분장 인수용량은 해체시점 이전까지 폐기물 발생추이 및 95년 말까지 누적될 폐기물량을 감안하여 25,000 Dr/yr가 가장 타당할 것으로 사료되며 해체폐기물이 본격적으로 발생하기 시작되는 2018년 이후에는 인수용량 증설이 불가피할 것으로 사료된다. 또한 초기 및 증설용량은 운영용이성, 경제성, 건설, 장비활용 측면을 감안할 때, 각각 약 25만 드럼규모로 건설하는 것이 가장 타당한 것으로 나타났다.

Reference

1. INFCE/DEP., "Waste Arisings from Reactor and Post-Fission Activities in Selected Fuel Cycles", INFCE WG-7/11(USA), 1979.
2. OECD/NEA, "Decommissioning of Nuclear Facilities-Feasibility, Needs and Cost," Report by Export Group, p.33, 1986.
3. INFCE/DEP., "The CANDU-PHW generating system waste arisings", Simmons, G.R infce-(Canada) WG-7/2, 1979.
4. OECD/NEA, "Decommissioning of Nuclear Facilities-Feasibility, Needs and Cost," Report by Export Group, p.33, 1986.
5. Hisashi Kaneda, "Management of low level waste arising from nuclear power plants in japan", JNFI, 1957.
6. "Back end of the fuel cycle in the FRG ; Strategy and current status", p.88, 1987.
7. Plan 86, "Costs for management of the radioactive waste from nuclear power production", SKB, 1986.
8. Project Report NGB 85-09, "Nuclear Management in SWITZERLAND ; Feasibility studies and safety analyses", NAGRA, 1985.
9. 88-원발(방)-02, '원자력발전소 방사선 관리 년보', 한전, 1987.
10. "중·저준위 방사성 폐기물 관리대책(안)", 동력자원부 전력국, 1986.
11. 박현휘 외, "방사성 폐기물 영구처분 시설건설 후보부지 종합평가 보고서", KAERI/RR-676/87, 1986.
12. 박현휘 외, "방사성폐기물 종합관리대책 검토 보고서", p.12, 1983.