

## 放射性廢棄物處理의 經濟性 分析

李 朱 相 (韓國電力公社 先任研究員)

### 1. 序 論

一般的으로 經濟性 分析이란 技術的으로 妥當性이 認定되는 新規 또는 代替 設備에 대하여 投資決定을 내릴 수 있도록 投資費用과 期待利益 등의 資料를 제공하는 것이다. 投資하는 사람의 입장에 따라서는 經費節減이나 原價節減의 효과를 事前에 검토해 보는 것이라고 할 수도 있다.

原子力發電에 附隨하여 發生하는 放射性廢棄物의 處理와 關聯한 經濟性 分析의 경우에는 각종의 處理代案(Alternatives)에 대하여 關聯되는 諸費用을 예측하여 최소의 經費로 관계 규제법령을 만족하는 代案을 選擇할 수 있도록 하는 것이다.

이번 發表에서는 經濟性 比較檢討에 使用되는 道具(Tool)와 方法(Evaluation Methodology)에 대하여 간단히 살펴보고, 放射性廢棄物 處理設備의 設計 및 運轉基準이 되는 ALARA 概念에 관하여 언급하고, 壓縮性 고체폐기물처리를 위한 Compactor와 Supercomactor의 經濟的 比較檢討를 經濟性 非比較檢討의 實際 예로서 보이고자 한다.

### 2. 本 論

#### (1) 經濟性 檢討의 도구와 方法

新規 또는 代替設備를 設置·運營함에 따라 設備의 壽命期間 동안 費用(Cost)과 利益(B-

enefit)이 發生하게 되는데 發生되는 모든 費用과 利益을 한 時點에 모아야 어떤 形態의 比較가 될 수 있으므로, 한 時點에서 다른 時點으로 변환시키는 데에는 割引(Discount)이라는 도구를 使用한다. 韓國電力公社에서는 年10%의 割引率을 쓰고 있다.

經濟性 檢討의 正統的인 方法으로는 여러가지 代案을 우선 선정하고, 각 代案에 대하여 所要되는 모든 費用과 利益을 定確히 빠짐없이 구하여 費用과 利益을 동일한 시점으로 모아서 代案들 사이의 費用과 利益을 比較檢討하여 최상의 代案을 選擇하는 것이다.

實際 遂行時에는 利益과 費用의 嚴密한 區分, 定確한 計算이 不可한 경우가 보통이므로 각 代案별로 순수한 費用(Net Cost: 비용-이익)만을 계산하며, 계산의 편의를 위해 각 代안의 공통된 비용과 이익은 계산조차 않는 경우도 많다.

각 代案의 比較檢討 基準(Criteria)에는 比較檢討者의 便宜에 따라 여러가지가 있을 수 있겠으나 一般的으로는 利益에서 費用을 뺀 값들의 現價(Present Worth) 또는 年價(Annual Worth)를 최대로 하는 代案을 擇한다. 費用의 効用性을 보는 費用對比利益(Cost-Benefit Ratio)을 보기도 하지만 使用에 주의를 必要로 한다. 投資 收益率을 보거나 生産品의 原價를 計算하여 보기도 하나 計算이 複雜·老大

〈表 1〉 입력자료

	COMPACTOR	SUPERCOMPACTOR
초기투자비(IC)	(20,000±2,000 \$)	100,000±5,000 \$
감용율(VRF)	2.5±0.5	7±0.5
드럼충전효율(FE)	0.9±0.05	0.9±0.05
운전보수비(OM)	IC의 4±0.5%	IC의 6±1%

폐기물부피 : 5,000 ±500 FT<sup>3</sup>/년

드럼단가 : 30±5 \$/드럼

운송단가 : 300±20 \$/60드럼

처분단가 : 100±15 \$/드럼

IC : Initial Cost

VRF : Volume Reduction Factor

FE : Filling Ratio

OM : Operation and Maintenance Cost (인건비 제외)

〈表 3〉 실제 계산결과(현가화\*)

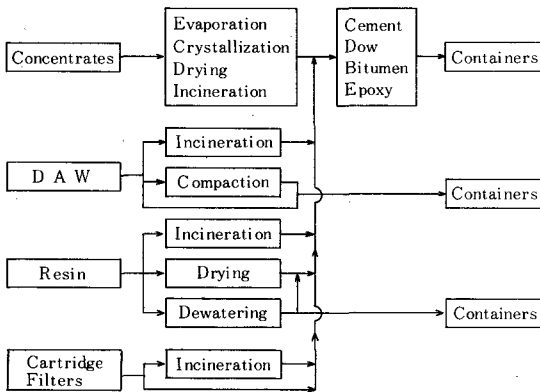
(단위 : 1,000 \$)

수명	COMPACTOR (A)	SUPERCOMPACTOR (B)	$\frac{A-B}{A}$
6년	177	188	- 6%
8년	217	208	+ 4%
10년	250	225	+10%

현가 = 초기투자비 + 년 소요비용 × 현가화율 (P/A)

※ 할인율 = 10%/년

〈그림 1〉 감용과정 흐름도

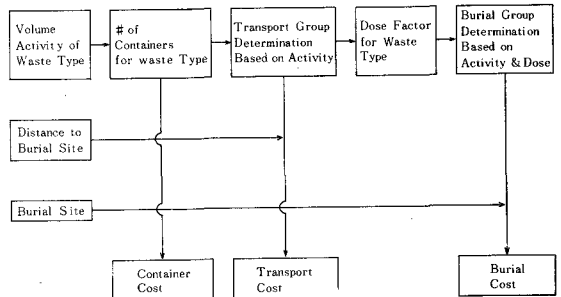


하여 實際 使用時의 効果는 의문시 된다. 그리고 소위 限界費用 (Marginal Cost) 概念에 의하여 追加消耗費用對備 追加發生利益이 어느

〈表 2〉 실제 계산예

	Compactor	Supercompactor
초기투자비	(20,000 \$)	100,000 \$
감용율	2.5	7
감용전 폐기물의 부피 (ft <sup>3</sup> /년)	5,000	5,000
드럼충전효율	0.9	0.9
생성된 드럼수	296 개	106 개
운송횟수	4.9 회/년	1.8 회/년
드럼단가	30 \$/개	30 \$/개
드럼구입비용	8,880 \$/년	3,180 \$/년
운송단가	300 \$/회	300 \$/회
운송비용	1,470 \$/년	540 \$/년
처분단가	100 \$/드럼	100 \$/드럼
처분비용	29,600 \$/년	10,600 \$/년
초기투자비	0 \$	10,000 \$
년소요비용	40,750 \$/년	10,320 \$/년

〈그림 2〉 운송, 처분비 계산 흐름도



정도 이상이 되는 代案을 選擇하는 方法도 있으며, 放射性廢棄物 處理設備의 設置·運營 基準이 되는 ALARA와 直接 聯關이 된다.

(2) ALARA (As Low As Reasonably Achievable)

ALARA는 글자 그대로 합리적으로 成就 可能한 최저의 放射能 피폭을 自的으로 10CFR 50에 規定되고 Regulatory Guide 등에 詳細히 說明되고 있다.

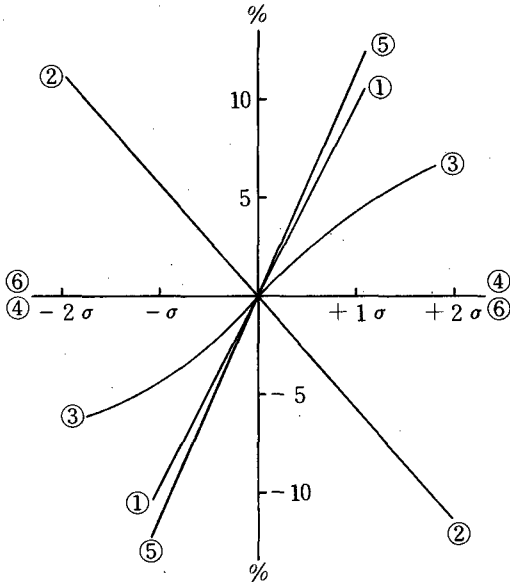
현재는 放射能 피폭 1 Man-Rem을 1000 \$과 연결시켜서 放射能被曝 1 Man-Rem을 줄이는데 1000 \$ 이가 所要되는 경우에만 廢棄

物處理設備의 追加 設置·運營의 妥當性이 認定된다.

(3) 경제성 비교점토의 예 (Compactor와 Supercompactor의 경우)

原子力發電所의 各種 廢棄物 減容工程을 살펴보면 Compactor나 Supercompactor가 處

〈그림 3〉 콤팩터의 민감도 해석

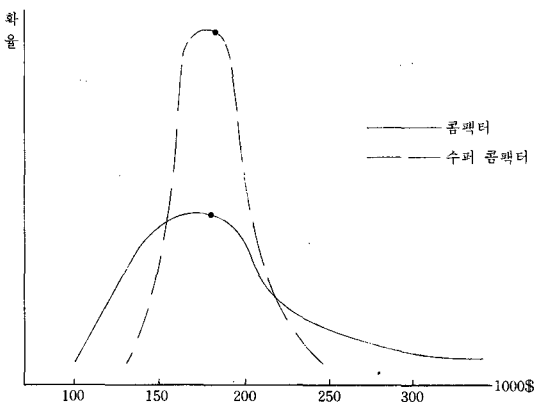


x축: 입력변수의 변화

y축: 출력변수(현재)의 변수(%)

- ① Waste Volume      ④ Transp. Unit Cost
- ② FE                    ⑤ Disposal Cost
- ③ Drum Unit Cost    ⑥ O & M Cost

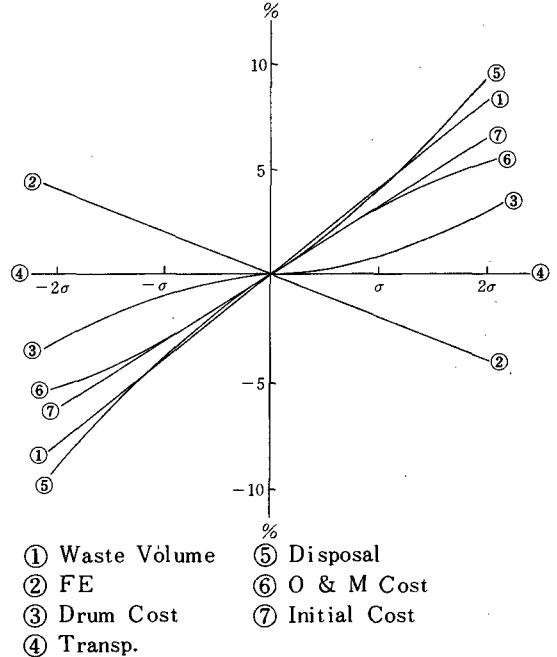
〈그림 5〉 불확실성 해석 (수명 6년)



理한 對象은 壓縮可能한 고체폐기물 뿐이다.

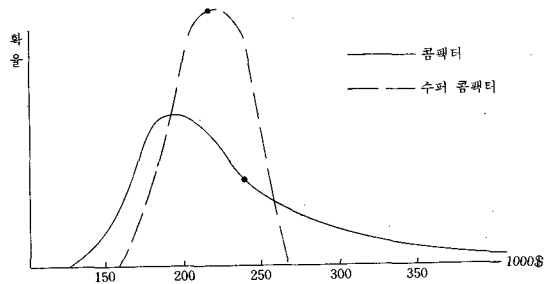
廢棄物 減容工程에서 處分까지 發生될 各種 費用의 計算은 그림 1,2를 參考하여 必要한 各

〈그림 4〉 수퍼 콤팩터의 민감도 해석

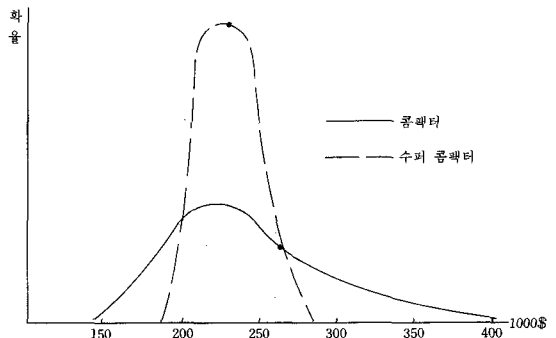


- ① Waste Volume      ⑤ Disposal
- ② FE                    ⑥ O & M Cost
- ③ Drum Cost        ⑦ Initial Cost
- ④ Transp.

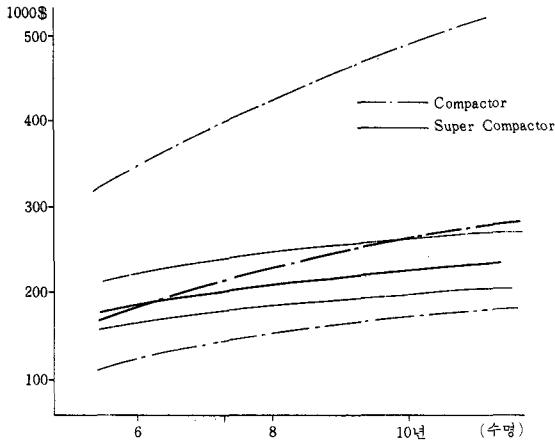
〈그림 6〉 불확실성 해석 (수명 8년)



〈그림 7〉 불확실성 해석 (수명 10년)



(그림 8) 수명대비 총비용



種 入力資料(表 1)를 使用하여 實際로 計算한 結果는 表 2에 記録되어 있으며, 計算結果를 現 價化하여 比較한 結果는 表 3과 같다.

表 3에서 보건데, 주어진 壽命에서 두 設備 가 거의 비슷한 費用의 支拂을 要求하고 있다. 各各의 入力資料에 주어지는 不確實性을 고려 하여 본 敏感度解析(Sensitivity Analysis)에 의하면(그림3,4) 壓縮可能한 廢棄物의 양과 處理 費用의 定確한 豫側이 최종 결과에 큰 影響 을 미침을 알 수 있다.

入力資料 모두의 不確實性을 고려하여 몬테 카를로方法에 의하여 不確實性解析(Uncertainty Analysis)을 한 결과(그림5,6,7)에 의하면 Compactor 使用時의 所要費用은 그 幅이 넓은 반면, 초기 投資가 큰 Supercompactor 의 所要費用 幅은 매우 좁은데 주어진 壽命期 間 6~10年 사이에서는 두 設備가 競爭的인 立場에 있다. Supercompactor가 Compactor 보다 所要費用이 같거나 적을 確率은 約 70~80% 정도이다.

### 3. 結 論

放射性廢棄物處理와 關聯한 經濟性 分析의 方法에 대하여 간단히 알아보고 實際 예로서 Compactor와 Supercompactor에 대하여 비

교 검토한 결과 두 설비는 經濟的인 면에서 競爭的인 면에 있음을 알 수 있다.

#### (1) 經濟性 分析

新規 設備에 대한

1. 投資(Cost)와 이익(Benefit)의 比較
2. 經費節減(Reduction in Expense)
3. 原價節減(Reduction in Levelized Cost)

#### (2) 放射性廢棄物處理의 經濟性 分析

公害防止(減少) 設備의 設置·溫度·補修 關聯 諸 費用을 計算推定하여 최소의 經費로 규제 法令 만족

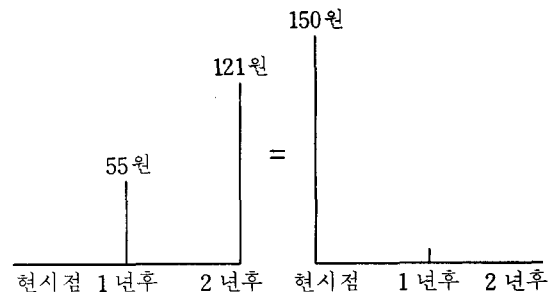
#### (3) 經濟性 分析에 使用되는 도구

##### ○ 割引(Discount)

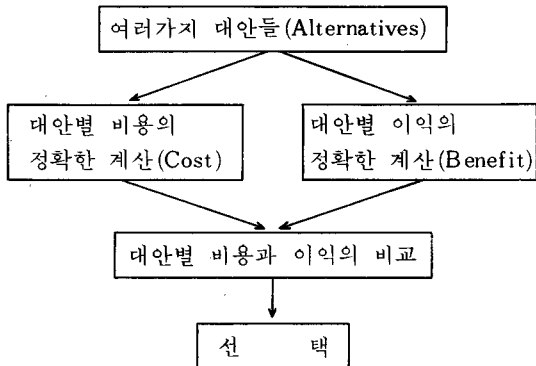
- Technique to make commensurable different streams of cost & benefits that occur over time

##### ○ 割引率(Discount Rate)

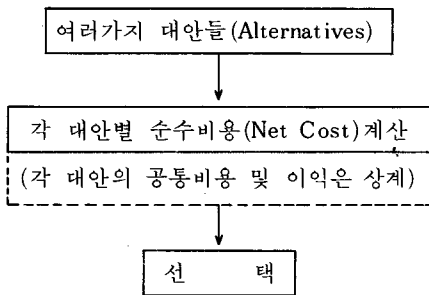
- 한 시점에서의 Cost나 Benefit을 다른 시점으로 변환시키는 율
- 통화의 시간적 가치
- 10% / 년(불변가격)



	稀少價値, 大量生産에 따른 價格變動	通貨蒸發에 따른 價格變動
不變價格 (Constant Price)	인 정	불인정
經常價格 (Current or Nominal Price)	인 정	인 정



이익과 비용의 엄밀한 구분·정확한 계산불가

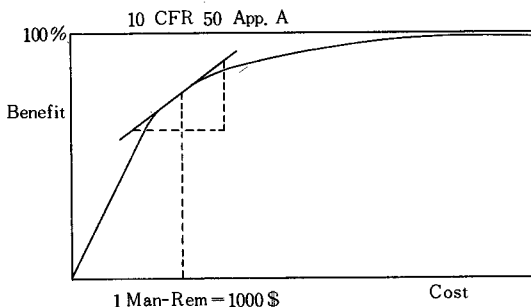


(4) 代案의 比較方法

利益-費用의

- ① 現가(Present Worth) 또는 년가(Annual Worth)의 최대로
- ② 이익의 現가 비용을 現가 를 최대로
- ③ 투자보수율(Rate of Return)을 최대로
- ④ 제품의 원가를 최소화
- ⑤ 한계비용의 개념

ALARA(As Low As Reasonably Achievable)



Example of ALARA Calculation

기체 폐기물 감쇄 탱크(Gas Decay Tank)

가격(구매, 설치, 운영비) = 약 100,000 \$

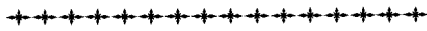
반사능 피폭감소효과 = 약 30 Man-Rem

$$\frac{\text{비용}}{\text{Man-Rem}} = \frac{100,000}{30} = 3,300 \$ \gg 1,000 \$$$

(ALARA)

(5) 經濟性 分析上의 問題

- 모든 費用과 利益의 確認 및 計算
  - 環境汚染·影響을 돈으로 計算함
  - 다음 世代에 傳 影響을 評價하기 困難함
- 各 代案別 壽命이 다른 경우
- 分析者의 신분(소속사기업, 공무원, 국가 등)
- 最適化의 不可能(수많은 入力資料)



이달의 到着資料

- ◇ Nuclear News(美國) 3月, 4月, 5月號
- ◇ ATOM(英國) 3月, 4月號
- ◇ Bulletin(英國) 3月號
- ◇ Nuclear Engineering International(英國) 4月, 5月號
- ◇ Nuclear Europe(스위스) 2月, 3月, 4月號
- ◇ Nuclear Industry(美國) 3月, 4月號
- ◇ Info(美國) 3月, 4月號
- ◇ Safo(스웨덴) 3月號
- ◇ 原子力産業新聞(日本) 1221, 1222, 1223, 1224, 1225, 1226, 1227, 1228, 1229, 1230, 1231號
- ◇ 原子力工業(日本) 4月, 5月號
- ◇ 原子力文化(日本) 3月, 4月號
- ◇ Atoms in Japan(日本) 3月, 4月號
- ◇ Nuclear Power Plants in the World(日本) 1983年 12月31日 現在