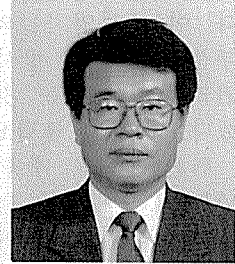


# 방호최적화의 절차와 기법



이 재 기  
한양대학교 원자력공학과 교수

## 1. 서 론

방사선피폭을 수반하는 어떤 제안된 행위에 대해 최선의 방호를 달성하기 위한 방호의 최적화는 결국 고려하는 방호수단에 대해 그 비용부담과 피폭부담 합으로 나타나는 총부담의 최소화를 도모하여 순이익을 극대화하려는 것으로서 경제학에서 이윤을 극대화하는 개념과 동일하다. 즉, 방호의 비용과 해당 방호 수준에서의 잔류 피폭 사이의 균형을 유지하는 것이다.

논리상으로는 이처럼 단순한 문제이지만 실제문제에서 방호의 최적화를 실현하려할 때에는 어떻게 접근하고 어떻게 결정해야하는가라는 의문이 제기된다. 1994년 12월 개정된 원자력법 제 97조 제1항에는 “방사선 피폭이 가능한 한 합리적으로 낮게 유지되도록 필요한 조치를 하여야 한다”라고 규정하고 있어 과거에서처럼 단순히 개인선량이나 선량한도를 넘지않도록 하거나 방사능의 환경방출을 기준치이하로 유지하는 것만으로는 만족하지 못하게 된다. 따라서 이러한

「합리적 최소성취」의 규제정신이 본격 시행될 경우에 사용자는 무엇이 최적인가 또는 어느정도의 방호가 합리적인가를 판단하는데 고심하게 될 것이다. 이같은 이 새로운 시스템에 대한 적응에서 필요한 최적화의 절차와 사용 가능한 기법들에 대하여 개괄하고 국제방사선 방호위원회(ICRP)의 보고서에 제시된 사례를 들어 설명하여 이해를 돕고자하는 것이다.

## 2. 최적화의 절차

방사선방호 최적화의 일반적 과정은 그림 1과 같다. 물론 제일먼저 할일은 대상을 인식하고 문제의 범위를 잡는 것이 된다. 이에 따라 방호안(protection option)을 설정하는 것인데 이를 위해서는 먼저 적용가능한 모든 안을 열거할 필요가 있다. 이때에는 가능한 다양한 안들이 포함되도록 하는것이 좋으며 창의적 방안들도 최대한 포함시키도록 한다. 물론 이러한 방안의 열거는 전문가의 경험이나 가용한 데이터베이스의 도움을

받음으로써 효과적으로 달성할 수 있다. 사실 이 방호안의 설정은 매우 중요한 것으로서 이 단계에서 중요하고 효과적인 방안이 누락된다면 여타 방안으로 최적화를 수행하여도 최선의 방호가 되지 못함은 자명하다.

일단 방호안이 열거되면 그중에서 경험이나 상식적 판단에서 보아 전혀 불합리한 방안들은 제거할 수 있다. 필요하면 이 단계에서 간단한 비용효능분석을 통해 효과적이지 못한 방안을 제외할 수 있다.

다음단계는 남아있는 방안들을 놓고 상호

우위를 판별해야 하는데 이를 위해서는 각 방안과 관계되는 인자들을 도출하여야 한다. 대표적인 인자로서는 방안의 직접비용과 효과가 될 것이며 그외에도 사회적, 심리적 측면의 인자들도 있을 수 있다. 효과는 주로 그 방안을 시행할 경우에 예상되는 집단선량의 감축분뿐만 아니라 개인선량분포의 하향 이동을 들 수 있고 또 충분한 보호를 받는다는 심리적 안정감등도 긍정적 측면의 효과의 하나가 될 수 있다. 마찬가지로 부담 측면에서도 직접비용이나 피폭선량외에 방호수단이 가져다줄 수 있는 불편함과 같이 정량적으로 표현하기 애매한 인자도 있을 수 있다. 물론 이러한 인자들은 여기서 고려하는 모든 방안에 공통적이 아닐 수도 있다.

또한 인자들 중에는 방사선방호와 직결되지 않으면서 중요한 영향을 미칠 수 있는 것도 있을 수 있다. 가령 오늘날과 같이 방사선 리스크에 대해 사회가 인식하고 있는 바가 실질 리스크의 크기와는 거의 무관하게 사회 심리적 측면에서 과대평가되고 있는 환경에서는 대중의 압력이 합리성과는 무관하게 어떤 방호안을 무력화하거나 다른 특정 방안을 선호할 수도 있다. 중저준위 방사성폐기물처분장이 굴업도로 쫓겨난 것도 이러한 작용에 의한 것으로 볼 수 있다. 이러한 정치적 압력은 대중이 아닌 사용기관의 노동조합에 의해서도 행사될 수 있다. 이런 특수한 인자들은 통상의 최적화 기법을 적용할 수 있는 대상이 되지 않으므로 정량적 최적화 분석 과정이나 결과에 별개로 적용하여야 한다.

관련 인자들이 설정되고 정량화되면 적절한 의사결정 보조수단(decision-aiding techniques)을 활용하여 정량적 최적화를 수행할 수 있다. 이를 위해서는 인자들을 최대한 정량화하여야 한다. 다소의 무리함이 있더라도 정량화하는 것이 정량화하지 않고 판단과정에 정성적으로 개입시키는 것보다는 객관성이 앞설 것이다. 그렇다고 너무 보수적으로만 취급하면 자칫 충분한 가치가 있는 방안이

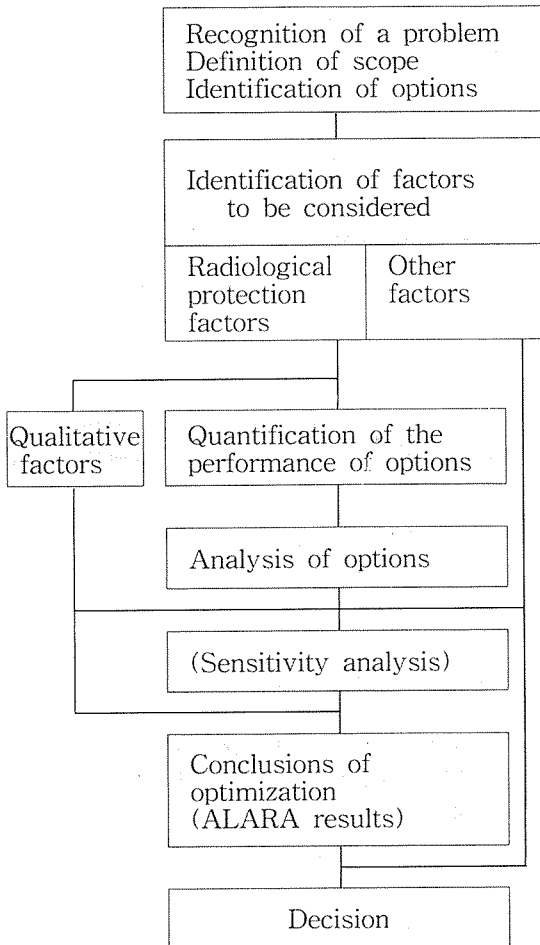


Fig. 1 Schematic representation of the optimization procedure.

배제될 우려가 있으므로 평가에 사용하는 모델이나 가정들은 최대한 현실적이어야 한다. 따라서 이 과정에서 전문가의 경험이나 다른 유사한 전례가 중요한 역할을 할 것이다.

정량적 분석기법은 다른 최적화 또는 의사결정 분야에서 흔히 사용되는 것들을 동일한 개념으로 적용할 수 있다. 대표적인 기법으로는 (1) 비용효능분석(cost-effectiveness analysis), (2) 이용편익분석(cost-benefit analysis), (3) 다속성효용분석(multi-attribute utility analysis), (4) 다범주우위분석(multi-criteria outranking analysis) 등이 있다. 이들 각개 기법에 대해서는 다음절에서 예시적으로 다시 설명하겠다.

흔히 그러하듯 이러한 최적화 기법이 사용될 때에는 어떤 제약 조건이 부과될 수 있다. 가령 선량에 대한 제약이 있을 수도 있고 비용에 대한 제약이 있을 수도 있다. 대개 이러한 제약은 방안 내재적인 것기보다는 외적인 것으로서 규제기관 또는 사용기관의 상위 경영진에 의해 부과되는 정책적 성격의 것이다. 예를들면 아직 제도권에 수용되지는 않았지만 ICRP 60에서 새로 도입된 피폭원 중심량인 선량제약치가 바로 이러한 최적화의 조건으로 사용되도록 구상된 것이다. 선량제약치는 선량한도와는 목적부터가 다르며 최적화 과정에서 자칫 소홀하기 쉬운 개인간 불평등 또는 행위간 불평등을 한정하기 위해 부과되는 것이다. 물론 선량제약치에 대한 구체적 값은 ICRP가 권고하지 않으며 이는 해당 국가의 규제기관의 소관이다.

정량적 최적화의 필수과정은 아니지만 종종 민감도분석이 중요한 의미를 가질 때가 많다. 민감도 분석 역시 보편적인 수법을 사용하는데 가령 다른 인자를 고정하고 하나의 인자를 불확실한 영역의 범위에서 의도적으로 변동시켜 그 변동이 결과에 미치는 영향을 분석하는 방법이다. 특히 방사선방호는 인간의 사고나 행위와 밀접하게 관계되고 따라서 불확실한 부분이 많다. 무엇보다 최적화란 실제 방안이 시행되기에 앞서서 수행되

는 미래 예측형이기 때문에 불확실함의 굴레를 탈피할 수 없다. 이러한 불확실성에 대해 민감도 분석은 중요한 인자의 인식이나 분석 결과의 안정성판단에 좋은 수단이다.

앞서 언급한 정량화되지 못한 인자에 대한 고려는 정량적 분석의 결과 또는 민감도 분석까지 거친 결과에 보조인자로서 비교 검토되고 그 결과가 최적화의 결론이 된다. 그러나 방사선 방호와 직접 관계되지 않는 기타 인자의 작용도 있기 때문에 정량적 최적화의 결론이 곧 최종 방안이 되지 않는 것이다. 즉, 정량적 최적화의 결론은 최종 의사결정을 위한 하나의 입력일 뿐이며 여기에 정치적, 사회적 인자를 종합하여 또다른 판단에 따라 도출하게 된다. 따라서 이 부분은 방호전문가의 소관이라기보다는 고위 경영진의 소관으로 이해된다.

### 3. 정량적 의사결정 보조기법

정량적 최적화 기법을 설명하기 위하여 ICRP 55에 예시된 우라늄광의 방호방안을 실례로 들어 살펴본다. 표 1은 우라늄광에서 광부들의 방사능 흡입을 줄이기 위하여 갱내 환기설비를 몇 등급으로 구분하여 각각에 대한 인자로서 방호비용, 집단선량 및 개인선량 분포, 작업환경 조건을 설정하고 그 정량화된 값을 요약한 것이다. 즉, 방안 1은 비교적 낮은 환기율의 시스템으로서 방호비용이 연간 \$10400 요구되며 이때 예상집단선량은 0.56 man-Sv/y이다. 이 집단선량은 세 그룹(그룹 I, II, III)으로 나눈 작업자 소집단별로 그룹별 개인평균선량(mSv/y)과 그룹집단선량(man-Sv)이 주어져 있다. 한편 환기 시스템의 정도에 따라 작업자들의 작업환경 상태를 정성적으로 표현하고 있다.

#### (1) 비용효능분석

이 방법은 그림 2에서 보인 바와 같이 핵심 인자인 비용과 선량을 각각 x, y축으로 하여 X-Y평면에 각 방안의 해당위치를 자리잡도록 하고 가장 안쪽에 위치하는 점들

Table 1. ICRP 55 Uranium mine data

Protection option	1	2	3	4	5
Collective cost \$/y	10400	17200	18500	32200	35580
Collective dose man-Sv/y	0.561	0.357	0.355	0.196	0.178
Individual dose distr. (mSv/y)/Collective dose(man-Sv)					
I	40.8/ 0.163	28.4/ 0.114	26.0/ 0.104	17.5/ 0.070	15.8/ 0.063
II	34.5/ 0.138	22.3/ 0.089	21.0/ 0.084	12.6/ 0.050	11.3/ 0.045
III	28.9/ 0.260	17.1/ 0.154	16.3/ 0.147	8.4/ 0.076	7.8/ 0.070
Discomfort from ventilation	no problem	slight	slight	severs	difficult to work

을 연결하는 비용효능곡선을 그린다. 그러면 비용효능 측면에서는 이 곡선상에 있는 방안이 선정대상이 된다는 의미이다. 그림에 예시한 방안들은 표 1의 방안을 나타내는 것은 아니며 보다 일반적인 상황에서 더 많은 방안들이 고려될 때를 나타내는 것으로 이해하면 된다. 이때 비용이나 선량에 대해 제약이 주어질 수 있는데 그림 2에서 보인 경우 방안 1은 비용제약을 벗어나고 있으며

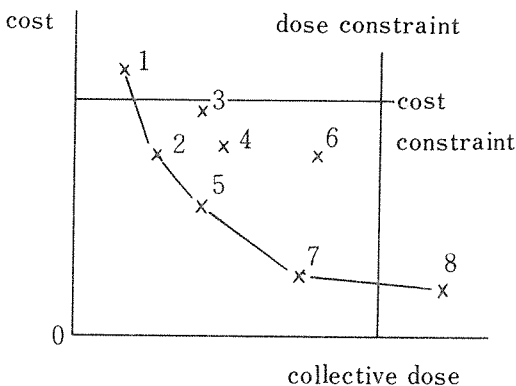


Fig. 2. Typical cost-effectiveness curve. options 1, 2, 5, 7, and 8 lie on the cost-effectiveness curve. Options 1 is ejected by the cost constraint and option 8 by the dose constraint.

방안 8은 선량제약을 벗어나 있으므로 선택 되지 않는다. 그러면 비용효능 곡선상에 있으면서 이런 제약조건을 만족하는 것은 방안 2, 5, 7이 되는데 이중에서의 선택은 무엇을 최소화하느냐에 달려있다. 즉, 비용을 최소화한다면 방침이라면 방안 7이 선정될 것이며 선량을 최소화한다면 방안 2가 선정될 것이다.

(2) 비용편익분석

이 방법은 방호비용과 주어진 방호레벨에서 예상되는 잔류피폭의 부담을 정량화한 비용의 합이 최소가 되는 수준의 방호를 선택한다는 개념이다. 즉 방호비용을 X, 피폭의 부담을 Y로 할 때 총비용 X+Y를 최소화하는 것이 목표이다. 이 개념을 도시한 것이 그림 3이다.

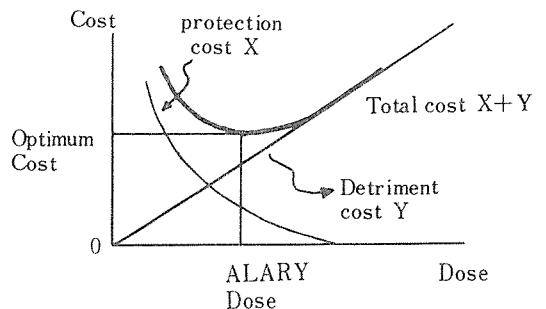


Fig. 3. Principle of optimization of protection.

비용편익분석은 피폭부담 Y를 집단선량 S에 단순비례하는 것으로 보느냐 아니면 선량레벨에 따라 위험의 차이, 심리적인 거부감 등까지 고려하여 보다 복잡한 관계를 설정하느냐에 따라 단순비용편익분석과 연장비용편익분석(extended cost-benefit analysis)으로 나눈다.

단순비용편익에서는 Y를 S에 정비례하는 것으로 보아

$$Y = \alpha S \dots\dots\dots (1)$$

로 쓰는데 여기서 비례상수  $\alpha$ 는 단위집단선량당 금전가이며 흔히 " $\alpha$ 값"이라고도 불린다.  $\alpha$ 값의 크기는 피폭이 곧 리스크에 연계된다고 볼 때 사람의 생명이나 건강을 금액으로 환산한다는 의미가 있어 이 개념이 거부되기도 하지만 정량적 최적화를 위해서는 긴요한 인자이고 다른 분야에서도 인명을 금전과 연계하는 사례가 없지않으므로 꼭 부정할 수만은 없다. 이러한 측면 때문에 한편에서는  $\alpha$ 값을 생명의 가치를 부여한다는 관점에서가 아니라 "우리 사회가 보건을 위해 투자할 의지를 나타내는 양"으로 완곡한 표현을 쓰고도 있다. 어쨌든  $\alpha$ 값의 크기는 인명이나 건강에 대해 사회가 얼마나 중시하느냐에 따라 그 수치값이 차이가 날 것은 분명하며 따라서 이는 국제적 공통분모가 있는 것이 아니라 그 사회의 배경에 따라 적정 값이 달리 부여되는 것이다. 그러면 우리나라의 방사선 방호를 위해서는  $\alpha$ 값으로 얼마나 적당한가라는 의문이 있지만 이 문제는 별도의 주제로 다룰 사안이므로 여기서는 더 이상 논의하지 않고 수치적 예시를 위해서는 ICRP 55에 주어진 명목치 \$20000 man-Sv<sup>-1</sup>를 사용한다. 연장비용편익분석에서는 Y를  $\alpha S$ 항 외에 선량준위 또는 선량분포에 따라 제 2, 제 3의 요소를 추가하게 되는데

$$Y = \alpha S + \sum_j \beta_j S_j \dots\dots\dots (2)$$

와 같이 쓴다. 여기서 소그룹의 집단선량을 구분하는 방법은 일률적이지는 않으나 예를 들면 그 소그룹을 구성하는 개인의 선량이 선량한도보다 월등히 낮아 자연방사선 피폭 선량에 가까운 경우와 선량한도에 가까운 경우, 그리고 그 중간 경우 등으로 구분할 수도 있다. 이러한 구분의 개념은 같은 1 man-Sv의 집단선량이라도 개인선량이 연간 수 mSv 범위에 있을 경우와 연간 수십 mSv의 범위에 있을 경우 이를 수용하는 사회의 비중부여는 다를 것임을 고려에 넣는 것이다. 또 집단선량 성분 중 직업상피폭 성분과 일반공중의 피폭성분은 같은 비중을 두기가 어려울 것이다. 예시에서는 선량추정치도 연간개인선량 5mSv이하, 5-15mSv, 15-50mSv의 세 그룹에 대해  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ 를 각각 0, \$40000/man-Sv, \$80000/man-Sv를 부여했다. 표2에 비용편익분석의 결과를 보였다. 여기서 보듯이 단순비용편익의 경우에는 방안 1이 \$22000/y로 최소 비용인 것으로 나타나며 연장비용편익의 경우에는 방안 4가 \$47000/y로 최소이다. 특기할 것은 방안 1의 경우 단순분석에서는 최소비용이었던 것이 연장분석에서는 방안중 최대가 되고 있다는 점이다. 이러한 현상은 방안들 사이에 기본적인 격차가 크기 않음으로써 소수의 인자 변화에 따라 서로 다른 결론이 도출되고 있는 것인데 이럴 경우 앞서 언급한 민감도 분석이 의미있는 자료를 제공할 수 있을 것으로 보인다.

Table 2. Result of Cost-Benefit Analysis

Protection option	Protection cost(\$/y)	Detriment cost(\$/y)		Total cost(\$/y)	
		$\alpha$	$\beta$	Simple	Extended
1	10400	11200	44900	<u>22000</u>	66000
2	17200	7100	28600	24000	53000
3	18500	6700	26800	25000	52000
4	32200	3900	10700	36000	<u>47000</u>
5	35500	3600	9600	39000	49000

(3) 다속성효용분석

이 방법은 각 방안의 동일 인자들에 대해 서열에 해당하는 부분효용(partial utility)을 설정하고 각 인자에 대해 가중치를 부여하여 가중된 부분효용의 총합으로 나타나는 총효용(total utility)이 최대인 것을 선정하는 방법이다. 즉, 인자 j의 부분효용을  $u_j$ , 그 가중치를  $w_j$ 라 하면 방안 i의 총효용  $U_i$ 는

$$U_i = \sum_j W_j U_j \dots\dots\dots(3)$$

으로 표현된다.  $u_j$ 는 항상 0(불리)과 1(유리) 사이의 값을 갖도록 정규화하는데 인자 j의 변역(range)에 따라  $u_j$ 가 어떤 형태를 취하느냐는 인자의 특성에 달려있다. 그림 4는 일반적인  $u_j$ 의 변화 양상을 도시한 것으로서 선형 또는 비선형 형식을 취할 수가 있다. 표 3의 예시는 선형 증감 방식에 의한 것으로서 예를 들면

$$u(X)_k = \frac{X_u - X_k}{R(X)} \dots\dots\dots(4)$$

로 산출된 것이다. 여기서 X는 방호비용,

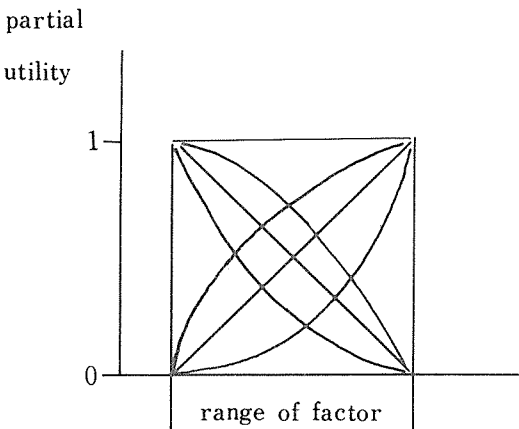


Fig. 4. Schematic illustration of the partial utility functions.

$X_u$ 는 그 최고치 (표 1의 방안 5의 값으로 \$35500),  $R(x)$ 는 X의 변역으로 최고치 \$35500와 최저치 \$10400의 차이 \$25100,  $X_k$ 는 방안 i의 방호비용이다. 따라서  $k=1$ 일 때는 식(4)의 우변 분자가  $X_u - X_k = R(X)$ 가 되어  $u(X)_1 = 1.0$ 이 된다. 같은 방법으로  $u(S), u(S_2), u(S_3), u(V)$ 를 구할 수가 있다. 단  $u(V)$ 는 표 1에서 보였듯이 환기상태에 따른 작업환경을 “문제 없음”, “약간”, “심각”, “작업곤란”으로 분류하였는데 이를 임의로 다섯 분할을 적용하여(약간과 심각 사이에 “보통”이 있는 것으로 볼 수 있다)  $u(V)_k$ 를 각각 1.0, 0.75, (0.5), 0.25, 0의 값을 부여한 것이다.

한편 식(3)의 가중치  $w_j$ 는 하나의 대표적인 인자에 대한 상대적 중요도를 나타내는 것으로 이해할 수 있으므로 가령  $w_1(X)$ 에 대한 가중치를 기준으로 할 때

$$w_j = f_j w_1 \dots\dots\dots(5)$$

로 쓸 수 있고 가중치의 정의에서

$$\sum_j w_j = 1.0 \dots\dots\dots(6)$$

이어야 한다. 식(5)에서 인자  $f_j$ 는 인자 1과 인자 j의 상대비교로서 직관에 따라 부여할 수도 있고 정량적 근거에 따라 결정할 수도 있다. 예에서 처럼 인자1(방호비용 X)에 대해 상대적으로 평가한다면  $f_2, f_3, f_4$ 도 금액으로 대응한 값이 도움이 될 것이므로

$$f_2 = f_s = \frac{\alpha R(s)}{R(x)} = 20000 \times (0.561 - 0.178) = 0.305$$

$$f_3 = f_{s1} = \frac{\beta_1 R(s_1)}{R(x)} = \frac{0 \times 0}{25100} = 0$$

$$f_4 = f_{s2} = \frac{\beta_2 R(s_2)}{R(x)} = 40000 \times \frac{(0.126 - 0)}{25100} = 0.201$$

$$f_5 = f_{s3} = \frac{\beta_3 R(s_3)}{R(x)} = \frac{80000 \times (0.561 - 0.063)}{25100} = 1.587$$

와 같이된다. 환기에 대한  $f_6$  정량적 근거로 부여하기는 어려우므로 직관에 의해  $f_6 = f_v = 0.5$ 를 부여하였다. 이와같이 각 비값이 결정되면 식(6)의 정규화 조건과 함께  $w_j$ 값들이 산출된다. 표 3에 최종으로 얻은 총효용  $U_i$ 가 제시되어 있으며 이에따라 방안 3이 최적으로 나타나고 있다.

Table. 3. Example of Multi-attribute Utility Analysis

Option	u(X)	u(S)	u(S2)	u(S3)	u(V)	U
1	1	0	1	0	1	0.47
2	0.729	0.533	1	0.410	0.75	0.59
3	0.677	0.590	1	0.454	0.75	<u>0.60</u>
4	0.131	0.953	0	0.986	0.25	0.59
5	0	1	0.087	1	0	0.53

#### (4) 다범주우위분석

이 방법은 다속성효용분석을 적용하기에 불확실성이 큰 보다 모호한 경우에 적용하는 기법으로서 인자와 방안들을 둘씩 상호우위를 비교하는 것이다. 이를 위해서 방안  $i$ 와 방안  $m$  사이의 우위지수(advantage index)  $Ad_{i,m}$ 을 다음과 같이 정의한다.

$$Ad_{i,m} = \sum_j w_j a_j \dots \dots \dots (7)$$

여기서  $a_j$ 는 인자  $j$ 의 방안  $i$ 와  $m$ 사이에서의 우위지수로서 방안  $i$ 가 방안  $m$  이상이면 1을, 그렇지 못하면 0의 값을 갖는다.  $w_j$ 는 앞서와 같이 가중치이다.

문제를 단순화하기 위해 인자로서 집단선량의 소그룹( $S_1, S_2, S_3$ )를 고려하는 대신 최대개인선량  $d$ 를 인자로 채택하여 X, S, d, V의 4개 인자에 대해  $w_j$ 를 차례로 2/7, 2/7, 2/7, 1/7로 부여해 본다. 그러면  $Ad_{1,2}$ 의 경우

$$Ad_{1,2} = \frac{2}{7} \times 1 + \frac{2}{7} \times 0 + \frac{2}{7} \times 0 + \frac{1}{7} \times 1 = \frac{3}{7} = 0.43$$

과 같이 계산된다. 이 결과를 요약하면 표 4와 같다.

다음으로는 배제기준  $Ec_{i,m}$ 을 결정하는데, 이것은 방안  $m$  대신 방안  $i$ 를 선택함에 부정적 성격이 “심각”할 경우 1을, 그렇지 않으면 0을 부여한다.  $Ec_{1,2}$ 는 방안 2에 비해 방안 1이 심각한 문제를 동반하지 않으므로 0이되나  $Ec_{1,4}$ 는 최대개인선량이 선량한도에 근접하는 경우가 있어 1로 보았다(개인선량 값은 자료에서 생략함). 반대로  $Ec_{4,1}$ 은 환기 문제가 작업조건을 심각하게 만드므로 1로 본다. 이러한 방법으로 부여된  $Ec$ 값이 표 4에 함께 정리되어있다. 최종적으로  $Ad_{i,m}$ 과  $Ec_{i,m}$

Table 4. Advantage indices and exclusion criteria for the options compared with each other.

m	1	2	3	4	5
i	$Ad_{i,m}/Ec_{i,m}$				
1	-	0.34/0	0.43/0	0.43/1	0/43/1
2	0.57/0	-	0.43/0	0.43/1	0.43/1
3	0.57/0	0.71/0	-	0.43/1	0.43/1
4	0.57/1	0.57/1	0.57/1	-	0.43/0
5	0.57/1	0.57/1	0.57/1	0.57/0	-

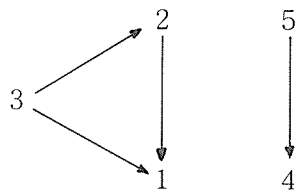


Fig.5. Outranking relationships for the options considered.  $i \rightarrow m$  means option  $i$  outranks option  $m$ .

을 이용하여 판단하는 방법은 만약  $Ec_{i,m} = 0$ 이고  $Ad_{i,m} > 0.5$ 이면 방안  $i$ 가 방안  $m$ 보다 우위에 있다고 본다. 따라서 표 4를 종합하면 그림 5와 같은 우위 관계를 얻는다. 여기서 알 수 있듯이 이러한 우위분석은 양자간의 비교이고 모든 양자간의 비교가 항상 어느 하나가 우위를 보이는 것이 아니므로 방안들간에 최상의 방안이 도출되지 아니하고 방안 그룹간 부분적 우위 방안의 도출에 만족해야 할 경우가 많다. 이는 인자들의 특성상 불확실성이 컸던 데서 기인한다. 따라서 우위분석의 결론인 그림 4를 놓고 방안 3과 방안 5중 어느 것을 택하느냐는 앞서 논의한 비정량적 다른 인자와 최종 의사결정자의 정책 취향에 따르게 된다.

#### 4. 맺는말

위에서 살펴본 바와 같이 최적화 기법이란 방안과 그 방안에 관계하는 인자를 얼마나 잘 설정하느냐, 관련된 인자들을 어떻게 현실적으로 정량화하느냐, 어떤 최적화 기법을 선택하느냐에 따라 상이한 결론을 얻을 수가 있고 때로는 그 결론이 여전히 모호할 수도 있다. 또 예시에서는 비교적 단순한 문제였지만 실제의 대형 문제에서는 비용이나 피폭의 시간축이 길게 지연될 수도 있는데 이때 현가 계산을 어떤 방법으로 하느냐도 결과에 영향을 미치게 된다. 따라서 무엇보다도 최적화를 도모하는 실무자의 경험과 전문성이 긴요하며 필요한 정보를 손쉽게 획득할 수 있는 데이터베이스도 큰 도움이

된다. 그러므로 새로운 방호체계로의 성공적 정착을 위해서는 규제기관은 규정요건을 제시하는 차원에서 나아가 최적화 실무를 위한  $\alpha/\beta$  값, 선량제약치 등의 기본적 파라미터와 최적화 지침을 개발, 제공하고 필요한 정보를 찾을 수 있는 정보원을 구축하며 아울러 실무자들이 전문성 제고를 위한 적정 교육훈련 기회를 제공하는 등의 기반 형성에 먼저 노력할 필요가 있다. 이에 추가하여 최적화는 곧 경영방침과 직결되므로 경영주의 방사성방호의 ALARA 달성의지와 지원대책이 결정적 원동력을 강조해두고자 한다.

#### 참 고 문 헌

1. ICRP, Optimization and Decision-making in Radiological Protection, ICRP publication 55, Pergamon press(1988).
2. ICRP, Cost-benefit Analysis in the Optimization of Radiation Protection, ICRP publication 37, Pergamon press (1983).
3. J.W.Baum and G.R. Matthews, Compendium of Cost-effectiveness Evaluation of modification for Dose Reductions at Nuclear Power Plants, NUREG/CR-4373, BNL(1985).
4. IAEA, Optimization of Radiation Protection, IAEA-SM-285/37, IAEA, Vienna (1986).