

# 잔존수명을 활용한 제조설비의 경제적 감가상각률 추정방안

오현승\*<sup>†</sup> · 조진형\*\*

\*한남대학교 공과대학 산업경영공학과

\*\*금오공과대학교 산업공학부

## A Study on the Estimation of Economic Depreciation Rate on Industrial Property Using Remaining Life

Hyun-Seung Oh\*<sup>†</sup> · Jin-Hyung Cho\*\*

\*Department of Industrial and Management Engineering, Hannam University

\*\*Division of Industrial Engineering, Kumoh Institute of Technology

Depreciation accounting has as its main objective, the recovery of the original cost of plant investment less net salvage, over the estimated useful life of that plant. Accuracy of the whole life technique in meeting this objective depends entirely on the original estimates of service life and net salvages for an account. Where the whole life technique has been used and original estimates prove inaccurate, excessive or deficient accumulations in the depreciation reserve frequently occur. To overcome this, the remaining life technique is suggested to better match the challenges of accelerated technology and competition within the regulated environment. The flexibility of the remaining life technique will allow an even chance to provide a complete recovery of the original cost.

**Keywords** : Economic Depreciation Rate, Remaining Life Technique

### 1. 서론

제조설비와 같은 유형고정자산이 시간이 경과함에 따라 설비의 자산가치가 감소되는 것을 감가상각이라 한다[14]. 이러한 감가상각은 크게 회계적감가상각(financial/accounting depreciation)과 경제적감가상각(economic depreciation)으로 구분 된다. 회계적감가상각이란 유형고정 자산에 대해 추정된 내용연수 동안에 잔존가치를 제외한 가치를 체계적이고 합리적인 방법으로 분배하는 회계 시스템이다. 이것은 할당의 과정이지 가치평가(valuation)의

절차는 아니다. 특정 연도에 대한 감가상각은 고려되는 시스템 총액 중에서 일어날 수 있는 사항들을 적합하게 설명할 수는 있지만, 일어날 수 있는 모든 사항들을 효과적으로 측정할 수는 없다[12]. 이에 반해 경제적감가상각은 측정된 유형고정자산이 시간의 경과에 따라 발생하는 가치의 하락분을 시장가로 나타낸 것이다. 즉 경제적감가상각은 특정한 목적을 위하여 특정한 자산을 소유하고자 하는 욕구를 화폐 단위로 올바르게 추정하는 가치평가(valuation)를 뜻한다[11].

경제적감가상각의 측정에서 가장 중요한 요인 중의

논문접수일 : 2010년 08월 12일      게재확정일 : 2010년 08월 19일

<sup>†</sup> 교신저자 hsoh@hnu.kr

※ 이 논문은 2010년도 한남대학교 교비학술연구 조성비 지원에 의하여 연구되었음(2010A237).

하나가 설비자산의 생존곡선 형태 및 내용연수 추정이다. 동일한 종류의 설비자산이라도 폐기되는 시점은 서로 다르므로, 시간경과에 따라 자산의 가치가 감소되는 추세를 보여주는 생존곡선은 매우 중요한 기초 통계자료가 된다. 이러한 설비자산의 생존곡선 형태가 파악되면 제조설비에 대한 경제적 의미의 내용연수를 구할 수 있다. 외국의 경우는 설비자산별 생존곡선 형태가 실증적으로 연구되어, 설비자산별 생존곡선에 따른 경제적 내용연수에 대한 기초 통계 자료가 충실하게 정리되어 있다[13, 15, 16].

그러나 우리나라에서는 산업화의 역사가 짧고 설비자산의 중고시장이 활발하지 않아 중고자산에 대한 시장 자료가 충분하지 않아 극히 제한적으로 연구되어 지고 있다[1, 6, 7, 8, 9]. 이렇게 구해진 경제적 내용연수는 과거 설비가 단순하였을 때는 마모에 의하여 폐기되는 시기와 거의 일치 하였다. 그러나 현대와 같이 설비구조가 복잡하고 정밀 첨단화되면서 마모에 의한 것뿐만 아니라 진부화 혹은 생산구조 변화에 따른 폐기도 중요한 원인이 되고 있어 자산의 평균내용연수로는 정확한 경제적감가상각을 반영하기 힘들다. 따라서 본 연구에서는 설비자산의 잔존수명을 활용하여 급격한 생산구조의 변화나 단축된 제품 수명주기에 따른 제조설비의 경제적감가상각 방법을 제시하고자 한다.

## 2. 생존곡선의 분석

### 2.1 생존곡선의 작성

같은 종류의 집단설비(Vintage groups)들은 사용기간이 경과함에 따라 폐기되는 설비가 존재하게 된다. 이렇게 폐기되는 설비 외에 계속 사용되는 설비들의 생존율을, 즉 초기치를 100%로 하여 폐기시점인 0%까지의 경과를, 시간에 따라 곡선으로 나타낸 것을 생존곡선(Survivor curve)이라 한다. 설비자산의 종류에 따라 각각의 생존곡선이 작성되면 이와 관련된 폐기도수곡선, 잔존수명, 예측수명곡선 등의 관계를 분석할 수 있다[14, 21].

따라서 산업설비 자산의 평균내용연수(ASL : Average service life)는

$$ASL = \frac{\text{Area under survivor curve}}{100\% - \text{surviving}}$$

이 된다[2, 21].

이러한 원리를 이용하면 처음 설치한 설비자산의 수명, 즉 100%에서의 수명 이외에도 연도별로 잔존수명의 계산이 가능하다. 만일 X년도에서 생존한 자산의 잔존수명(Remaining life;  $RL_x$ )을 구하고자 할 때에는 다음의 식에 의거하여 계산한다.

$$RL_x = \frac{\text{Area to the right of the age } x}{\% - \text{surviving at the age } x}$$

이 된다. 이러한 계산으로 각 경과연수마다 잔존수명과 예측수명을 산출할 수 있으며, 이를 일반화하면 다음과 같다[2, 21].

$$ASL = \frac{S_0\left(\frac{1}{4}\right) + S_{\frac{1}{2}}\left(\frac{3}{4}\right) + S_{1\frac{1}{2}}(1) + \dots}{100\% - \text{surviving}}$$

$$RL_x = \frac{S_x\left(\frac{1}{2}\right) + S_{x+1}(1) + S_{x+2}(1) + \dots}{x \text{ 시점에서의 생존율}(\%)}$$

여기서  $S_x$  :  $x$  시점에서의 생존율(%)

### 2.2 Iowa형 생존곡선

Iowa형 생존곡선(Iowa Type Survivor curve)이란 미국 Iowa State University에서 1935년에 발표한 것으로, 모든 일반 설비의 생존곡선을 대표적인 18가지 형태의 생존곡선으로 표현한 것이다. 이 생존곡선은 176개의 다양한 종류의 설비들에 대한 생존곡선을 조사·연구한 결과로 만들어졌다[20]. 즉 모든 설비들의 생존곡선들을 유사한 종류의 형태로 구분하고, 이를 모두 18가지의 형태로 구분하였다. 그 결과 18가지의 초기 Iowa형 생존곡선을 만들었으며, 추후에 이와는 다른 종류의 형태 4가지를 추가하고, 여기에 직선형 생존곡선과 기존의 생존곡선을 혼합하여 모든 설비의 생존형태를 대표할 수 있는 31개의 Iowa형 생존곡선을 완성하였다[21, 22]. 이 생존곡선은 경험치에 의한 결과로 현재에도 그 타당성이 재차 입증되어 사용되고 있다[17, 18, 19].

초기의 18개 Iowa형 생존곡선은 폐기도수곡선의 특징에 따라 분류하였는데, 폐기곡선의 모우드(mode), 즉 최빈치가 평균내용연수와 비교하여 어느 쪽으로 치우쳐 있는가에 따라 구분한다. 즉 모우드가 평균수명의 왼쪽에 치우친 것을 L(Left)형으로, 평균내용연수와 일치하는 것을 S(Symmetrical)형, 오른쪽으로 치우친 것을 R(Right)형으로 구분하였다. 이러한 분류에 의한 생존곡선의 형

태는 크게 *L*형, *S*형, *R*형, *O*형의 4가지 군으로 나누어 지고, *L*형에는  $L_0, L_1, L_2, L_3, L_4, L_5$ 의 6가지 형태가 있으며, *S*형에서는  $S_0, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$ 의 7가지 형태, 그리고 *R*형에서는  $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5$ 의 5가지 형태가 있다[21, 22]. 그리고 1967년에 추가된 4가지 생존곡선의 형태는 설비의 폐기가 초기에 상대적으로 많이 이루어지는 형태로 이를 *O*(Origin)형이라고 한다. *O*형에는  $O_1, O_2, O_3, O_4$ 의 4가지 형태가 있다[10].

실제로 어떤 설비에 대한 사용기간에 따른 폐기 내력을 처음부터 끝까지 기록하는 것은 어렵고 따라서 구하기도 힘들다. 그러나 설비를 운영하기 시작한 초기의 일정기간에 대한 폐기 기록은 작성이 가능하다. 이러한 경우 초기의 폐기 내력을 Iowa형 생존곡선에 맞추어 확장하여 그 이후의 생존곡선의 형태를 찾아낼 수 있고, 그에 의거해 평균내용연수 그리고 잔존설비의 잔존수명 등을 구할 수 있다[14]. 이와 같이 Iowa형 생존곡선은 불완전한 초기자료를 이용해 완전한 생존곡선을 만들어 내는 도구로 이용할 수 있다. 이때 초기의 몇 개의 자료로 구해진 불완전한 짧은 곡선을 토막곡선(Stub curve)이라 한다[2, 4, 5].

### 3. 제조설비의 생존분석

#### 3.1 제조설비의 폐기자산 조사

1993년부터 2008년까지 국내 장치산업인 제과업 관련 제조설비의 폐기자료 66개를 사용하였다. 조사된 폐기자료에 대한 수명표는 <표 1>과 같다.

#### 3.2 제조설비의 폐기율 추정 방법

제조설비의 폐기율을 추정하기 위해서는 수명분석방법(Life analysis method)이 필요하며, 그 대표적인 방법으로 초기그룹(OG : Original group)법, 폐기율(RR : Retirement rate)법 및 개별단위(IU : Individual unit)법 등이 사용된다 [2, 4, 5]. 그러나 조사된 국내 제조설비에 대한 폐기자료가 부족하여 OG법은 적용할 수 없어 RR법을 적용하였다.

RR법은 폐기된 자산과 현재 사용 중인 자산도 포함하여 폐기율을 추정하는 방법으로 OG법이 각 취득년도의 설비를 시간의 경과에 따라 생존율을 구하는 것과는 달리, 취득년도가 다른 다수의 설비 폐기자료를 고르게

<표 1> 제조설비의 수명표

설치 년도	연중 설치된 총 대수	경 과 연 수					
		2006년		2007년		2008년	
		연초의 생존대수	연중의 폐기대수	연초의 생존대수	연중의 폐기대수	연초의 생존대수	연중의 폐기대수
1993	1	1	0	1	0	1	1
1994	0	0	0	0	0	0	0
1995	6	6	4	2	0	2	2
1996	4	4	2	2	0	2	2
1997	15	15	3	12	4	8	8
1998	13	13	3	10	6	4	4
1999	5	5	0	5	2	3	3
2000	15	15	0	15	0	15	15
2001	1	1	0	1	0	1	1
2002	5	5	0	5	0	5	5
2003	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0
2007	1	-	-	1	0	1	0
2008	0	-	-	-	-	0	0
총 계	66	65	12	54	12	42	33

이용하여 폐기율(Retirement rate)을 만들고 이를 이용하여 생존율(Survival rate)을 구하는 방법이다. 폐기율( $RR_x$ )은 다음과 같이 구한다.

$$RR_x = \frac{\left[ \begin{array}{c} \text{property retired during} \\ \text{the } x\text{th age interval} \end{array} \right]}{\left[ \begin{array}{c} \text{property surviving at the} \\ \text{beginning of the } x\text{th age interval} \end{array} \right]}$$

이에 근거한 생존율은 다음과 같다.

$$SR_x = 1 - RR_x = \frac{\left[ \begin{array}{c} \text{property surviving at end} \\ \text{of the } x\text{th age interval} \end{array} \right]}{\left[ \begin{array}{c} \text{property surviving at} \\ \text{beginning of the } x\text{th age interval} \end{array} \right]}$$

따라서 차년도 생존율( $PS_{x+1}$ )은 전년도 생존율( $PS_x$ )을 이용하여 다음과 같이 구한다.

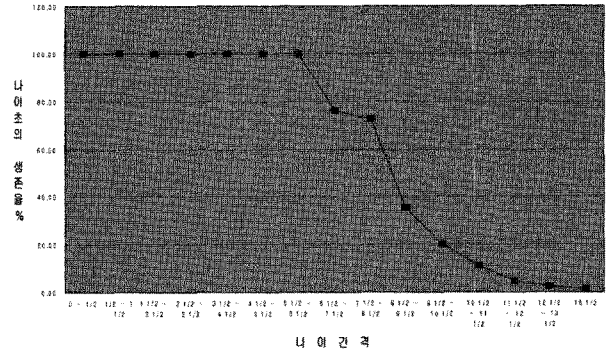
$$PS_{x+1} = PS_x \times (1 - RR_x)$$

구해진 <표 1>의 수명표를 활용하여 폐기율법을 적용한 국내 제과업 제조설비의 생존폐기율과 경과년도에 따른 생존률(%)은 <표 2>와 같다.

### 3.3 제조설비의 생존곡선

국내 제과업 제조설비에 대하여 분석된 <표 2>의 생존표의 경과연수를 가로축으로 생존율을 세로축으로 표현한 생존곡선은 <그림 1>과 같다.

폐기율법에 의한 토막곡선 생존표



<그림 1> 제조설비의 생존곡선

### 3.4 제조설비의 Iowa형 생존곡선 추정

<그림 1>에서 구해진 생존곡선을 목측법을 활용하여 Iowa형 생존곡선에 fitting한[2, 4, 5] 결과  $L_5-10$ 형 Iowa 생존곡선이 가장 적합한 것으로 분석되었다.

<표 2> 폐기율법에 의한 생존표

실치연도 : 1993년~2008년			경과연도 : 2006년~2008년		
나이 간격	나이 초의 생존대수	나이 동안의 폐기대수	나이 간격의 폐기율	나이 간격의 생존율	나이 초의 생존률(%)
0.0 ~ 0.5	1	0	0.000	1.000	100.00
0.5 ~ 1.5	1	0	0.000	1.000	100.00
1.5 ~ 2.5	0	0	0.000	1.000	100.00
2.5 ~ 3.5	0	0	0.000	1.000	100.00
3.5 ~ 4.5	5	0	0.000	1.000	100.00
4.5 ~ 5.5	6	0	0.000	1.000	100.00
5.5 ~ 6.5	21	5	0.238	0.762	100.00
6.5 ~ 7.5	21	1	0.048	0.952	76.20
7.5 ~ 8.5	33	17	0.515	0.485	72.54
8.5 ~ 9.5	28	12	0.429	0.571	35.18
9.5 ~ 10.5	20	9	0.450	0.550	20.09
10.5 ~ 11.5	16	9	0.563	0.438	11.05
11.5 ~ 12.5	4	2	0.500	0.500	4.84
12.5 ~ 13.5	3	1	0.333	0.667	2.42
13.5	-	-	-	-	1.61

### 3.5 제조설비의 잔존수명 추정

제조설비의 시간 경과에 따른 실제적인 가치 상각을 위해 본 연구에서 제시된 방법으로 최적의 생존곡선을 선정하고 이를 활용하여 설비들의 예측수명과 현 시점에서의 잔존수명을 구할 수 있다.

$L_5$ -10형 Iowa 생존곡선을 이용하여 추정된 국내 제과업 제조설비의 잔존수명은 <표 4>와 같다.

<표 4> 연도별 잔존수명

연도	예측수명 계수	잔존수명
2008년	100.00000	10.00년
2009년	100.00000	9.00년
2010년	100.00000	8.00년
2011년	100.00000	7.00년
2012년	100.00000	6.00년
2013년	100.00400	5.00년
2014년	100.17473	4.17년
2015년	101.03139	3.10년
2016년	102.92896	2.29년
2017년	106.63177	1.66년
2018년	113.33734	1.33년
2019년	122.24209	1.22년
2020년	130.99004	1.10년
2021년	139.20493	0.92년
2022년	147.56930	0.76년
2023년	156.14726	0.61년
2024년	154.88452	0.49년
2025년	173.74155	0.37년
2026년	182.69165	0.27년
2027년	191.71987	0.17년
2028년	200.83860	0.08년

### 3.6 잔존수명을 활용한 경제적 감가상각률 추정

유형고정자산의 취득비용은 단순히 그해에 발생한 지출로 간주 되어서는 안 되고 자본화 되어야 한다. 즉, 고정자산의 취득비용은 자산의 내용연수 동안 체계적인 방법으로 할당되어야 한다. 따라서 잔존수명을 이용한 실제적인 감가상각액( $D_t$ )은 다음과 같이 구해진다.

$$D_t = [(B_{t-1})(1 - S_t) - DR_{t-1}] \frac{1}{RL_{t-1}} + \frac{1}{2} C_t (1 - S_a) \frac{1}{PASL}$$

- $D_t$  = 시점 t에서의 실제 설비의 감가상각액
- $B_{t-1}$  = 시점 t에서의 연초의 설비의 장부가액
- $RL_{t-1}$  = 시점 t의 연초에 예측된 설비 잔존수명
- $C_t$  = 시점 t에 설치된 설비의 취득 가격
- $PASL$  = 설비의 예상수명
- $S_t$  = 설비의 예상 잔존가치
- $S_a$  = 설비의 평균 예상 잔존가치

설비가 도입될 때 첫 번째 항은 구할 수 없으므로 두 번째 항에 의해 설비의 실제 감가상각액이 계산되며 그 다음 해부터는 첫 번째 항에 의해서 현 시점에서의 감가상각액이 계산되고 두 번째 항은 새로운 설비가 도입될 때 다시 계산된다.

## 4. 결 론

기업이 현재와 같은 치열한 시장경쟁에서 생존하기 위해서 설비자산을 취득하는 것은 중요한 기업의 의사 결정이다. 그리고 취득된 설비자산의 가치를 평가하기 위해서는 자산이 설치되어 폐기될 때까지의 생존형태를 정확히 파악하여야 한다. 본 연구에서는 국내 장치산업인 제과업 제조설비의 제한된 폐기자료를 활용하여 폐기율과 생존율을 계산하여 생존표와 생존곡선을 추정하였다. 분석된 국내 제과업 제조설비의 생존곡선을 Iowa 생존곡선으로 검출한 결과  $L_5$  형이 가장 적합한 것으로 추정되었다. 특히 마모에 의한 폐기 뿐만 아니라 진부화 혹은 기술변화에 따른 폐기가 중요한 원인이 되고 있는 시점에서는 자산의 평균내용연수보다는 본 연구에서 제안된 잔존수명을 활용하는 것이 보다 실제적인 감가상각을 할 수 있을 것이다.

### 참고문헌

- [1] 오현승, 조진형; “유형 고정자산의 경제적 내용연수 산정에 관한 연구”, 한국 감정원 감정평가 연구소, 1997.
- [2] 오현승, 김종수, 조진형; “국내 산업설비의 폐기율 추정”, 산업경영시스템학회지, 25(4) : 79-85, 2002.
- [3] 오현승, 이한교, 김경택; “설비 생존곡선 추정을 위한 혼합형 Weibull 함수의 적용”, 산업경영시스템학회지, 30(1) : 66-73, 2007.
- [4] 오현승, 김종수, 서정열, 조진형; “반도체 제조설비의 경제적 내용연수 산정”, 산업경영시스템학회지, 30(4) : 164-169, 2007.
- [5] 오현승, 김종수, 이한교, 조진형; “석유화학 제조설비

- 의 경제적 감가상각률 산정”, 산업경영시스템학회지, 32(1) : 130-136, 2009.
- [6] 오현승, 이한교, 조진형; “CM 방법을 활용한 설비 수명분석”, 산업경영시스템학회지, 32(2) : 179-185, 2009.
- [7] 조진형, 박상훈, 김명수, 오현승, 정경수, 서보철; “국부통계조사 간접방법에 대한 제시 : 영구재고법을 중심으로”, 산업경영시스템학회지, 29(3) : 43-54, 2006.
- [8] 조진형, 오현승, 서정열, 이세재; “국부통계 조사자료를 이용한 자산별 경제적 감가상각 추정에 관한 연구”, 산업경영시스템학회지, 30(4) : 170-181, 2007.
- [9] 통계청; 국부통계(1997~2006), 2008.
- [10] Couch, F. V. B, Jr.; “Classification of Type O Retirement Characteristics of Industrial Property,” M. S. thesis, Iowa State University of Science and Technology, Ames, Iowa, U. S. A., 1957.
- [11] Cowles, H. A. and Elfar, A.; “Valuation of Industrial Property : A Proposed Model,” Engineering Economist, 23(3) : 1978.
- [12] Cowles, H. A. and Marston, M.; “Estimation Declining Operation Returns,” Engineering Economist, 31(2) : 1986.
- [13] Gerhard, M., Piet, V., and Peter-Parl de Wolf; “Perpetual Inventory Method : Service Lives Discard Patterns and Depreciation Methods,” Statistics Netherlands, 1998.
- [14] Marston, A., R. Winfrey, and J. C. Hemstead; “Engineering Valuation and Depreciation,” Iowa State University Press, Ames, Iowa, 1979.
- [15] OECD; Methods Used by OECD Countries to Measure Stocks of Fixed Capital, Paris, 1993.
- [16] OECD; Manual on Productivity Measurement : A Guide to the Measurement of Industry Level and Aggregate Productivity Growth, Paris, 2000.
- [17] Oh, H. S.; “The Weibull Distribution As An Estimator of Generalized Survivor Curves,” M. S. thesis, Iowa State University of Science and Technology, Ames, Iowa, U. S. A., 1988.
- [18] Russo, J. G.; “Revalidation of Iowa Type Survivor Curves,” Ph. D. Dissertation, Iowa State University of Science and Technology, Ames, Iowa, U. S. A., 1978.
- [19] White, B. E.; “Economic Forces of Retirement,” Proceedings of the Iowa State University Regulatory Conference, Ames, Iowa, 1986.
- [20] Winfrey, R. and Kurtz, E. B.; Life Characteristics of Physical Property, ERI Bulletin 103, Iowa State University of Science and Technology, Ames, Iowa, U. S. A., 1931.
- [21] Winfrey, R.; “Statistical Analysis of Industrial Property Retirement,” Revised edition : ERI Bulletin 125, Iowa State University of Science and Technology, Ames, Iowa, U. S. A., 1967.
- [22] Wolf, F.; “Forecasting Force of Mortality,” of the Iowa State University Regulatory Conference, Ames, Iowa, U. S. A., 1985.