

## 석유화학 제조설비의 경제적 감가상각률 산정

오현승\*<sup>†</sup> · 김종수\* · 이한교\* · 조진형\*\*

\*한남대학교 산업경영공학과

\*\*금오공과대학교 산업시스템공학과

## A Study on the Estimation Depreciation Rate on Petrochemical Equipments

Hyun-Seung Oh\*<sup>†</sup> · Chong-Su Kim\* · Hahn-Kyou Lee\* · Jin-Hyung Cho\*\*

\*Department of Industrial Engineering and Management, Hannam University

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

Estimation of mortality behavior of a industrial property are useful for calculating depreciation and making management decisions relating to property. The common methods of computing depreciation require an estimation of service life, and some methods may require an estimate of life expectancy. Estimation of service life and life expectancy can be computed from a smoothed and extended life table of original life tables developed through life analysis techniques. Several actuarial techniques are available to construct a life table for depreciation application. Of these methods, the graphic approach and graduation by mathematical formula are the most widely used in the field of depreciation. A commonly used technique of smoothing and of extending the life table is to fit a Iowa type survivor curves to the observed retirement rate by the least square method. In this paper, estimates of depreciation rate based on directly observed data of the domestic petrochemical equipments are presented.

**Keywords** : Depreciation Rate, Life Analysis, Iowa Type Survivor Curves

### 1. 서 론

자산의 가치평가(Valuation of property)란 특정한 자산을 소유하고자 하는 욕망을 화폐단위로 공정하게 측정하는 기법을 말한다. 이러한 것 중에서 공학적 평가를 다루는 학문을 가치평가공학(Engineering valuation)이라 한다.

이러한 공학적 평가 기법은 1890년 이후에 시작 되었으며, 특히 공공시설의 투자비용의 크기를 결정하는 과정에서 크게 발전되어 왔다. 일반적으로 자산의 가치평가에서 많이 사용하는 방법은 시장접근법(Market approach), 비용접근법(Cost approach) 및 수익접근법(Income approach)

이 있다[13]. 시장접근법은 자산의 가치를 수요와 공급의 크기에 의해 결정되는 시장가격에 근거하여 구하는 방법이다. 그러나 시장에서 거래가 자주 이루어지지 않아 그 시장가치가 없거나 확실하지 않는 경우에는 사용할 수 없다. 비용접근법은 초기 생산 시점의 기술과 재료를 사용한 초기비용(Original cost), 현재의 기술수준에서 소요되는 재생산비용(Replacement cost), 또는 기능이 유사한 자산으로의 대체비용(Replacement cost)에서 실질적인 감가상각액을 제외하여 구한다. 이 방법의 장점은 어떠한 자산에 대해서도 적용이 가능하다. 그러나 단점으로는 현재 자산 상태의 실질적인 감가상각액을 추정

논문접수일 : 2009년 01월 02일    논문수정일 : 2009년 01월 28일    게재확정일 : 2009년 02월 03일

<sup>†</sup> 교신저자 hsoh@hnu.kr

※ 이 논문은 2008년도 한남대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었음(2008A036).

하기 어렵다는 점이다. 수익접근법은 해당 자산의 향후 수명기간을 통하여 그 자산으로부터 취득할 수 있는 순 수익의 현재가치를 해당 자산의 가치로 결정하는 방법이다. 이 방법의 장점은 돈의 시간적 가치(Time value of money)를 사용함으로써 가치평가의 기본개념에 충실하며 따라서 투자의 타당성 분석이 가능하다. 그러나 단점으로는 자산의 내용연수를 추정하기 어렵고 잔존 사용연수 동안 현금흐름을 추정하기가 쉽지 않다는 것이다. 따라서 자산의 내용연수 추정은 자산 가치평가의 핵심이라 할 수 있다. 이는 자산의 내용연수가 추정되면 이에 따라 자산의 실질적인 감가상각률 구할 수 있기 때문이다. 과거 설비가 단순 하였을 때는 자산의 내용연수는 마모에 의해 폐기되는 시기와 거의 일치하였지만, 설비 구조가 복잡해지고 진부화 및 생산구조 변화가 극심한 현대에 와서는 이를 정확하게 파악하기가 쉽지 않다. 그러므로 자산의 내용연수와 경제적 감가상각률을 추정하기 위해서는 자산의 생존형태를 정확히 분석하여야 한다.

동일한 종류의 자산이라도 폐기되는 시점은 서로 다르므로, 시간경과에 따라 자산의 가치가 감소되는 추세를 보여주는 생존형태는 매우 중요한 기초 통계자료가 된다. 미국에서는 일찍이 자산별 생존형태를 파악하는 것이 중요하다는 것을 인식하고, 1930년대에 Iowa State University를 중심으로 자산별 생존형태를 분석하여 18개 형태로 분류하였다. 이 생존곡선은 아직까지 자산 관련 연구에 대한 매우 중요한 기초자료로 활용되고 있으며, 이에 따른 관련 연구가 활발하게 진행되고 있다[11, 12, 14, 15].

그러나 우리나라의 경우는 아직까지 이러한 실증연구가 부족하여[9, 10], 자산별 폐기함수에 관한 충실한 연구 없이 법인세법상 규정되어 있는 자산별 내용연수를 사용하고 있다. 특히 우리나라 자본소득의 추계에 유용하게 사용되는 통계청의 국부통계조사 자료에서도 총 자산의 감가상각률을 구하기 위해 1993년 SNA 자산분류에 따른 내용연수를 사용하고 있다[6, 7, 8]. 따라서 우리나라 자산의 내용연수를 정확히 추정하기 위해서는 자산 종류별로 폐기분포를 정확히 파악하여야 한다[1, 5]. 본 연구의 목적은 장치 산업인 석유화학 제조설비에 대한 폐기분포의 형태와 평균 내용연수를 추정하여 경제적 감가상각률을 제시하고자 한다.

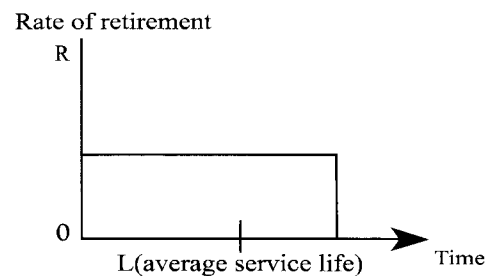
## 2. 자산의 폐기함수 유형

폐기율(retirement rate)이란 폐기자산의 취득년도, 폐기년도 및 폐기액 등의 자료를 이용하여 작성된 폐기함수

(retirement function)에 의해 작성된다. 현재 OECD 국가에서 사용하는 자산의 폐기함수 유형은 다음과 같다[14].

### 2.1 선형 폐기함수(linear retirement function)

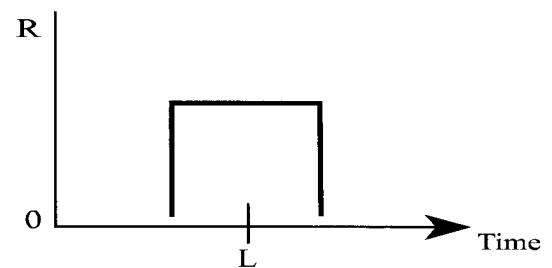
선형 폐기함수는 <그림 1>에서 보는 바와 같이 자산이 설치 시점부터 평균 내용연수의 두배인 시점에 이르기까지 매년 동일한 비율로 폐기된다고 가정한다. 이 폐기함수는 폐기율이 평균 내용연수의 절반인 사각형이고, 생존함수는 잔존하는 자산이 매년 일정량씩 감소하는 형태를 보여준다.



<그림 1> 선형폐기함수

### 2.2 지연된 선형 폐기함수(delayed linear retirement function)

지연된 선형 폐기함수는 <그림 2>에서 보는 바와 같이 선형 폐기함수가 자산들이 설치된 직후부터 폐기가 시작된다는 비현실적인 가정에 근거하고 있다는 점에 착안하여 폐기가 평균 내용연수의 2배 보다 짧은 기간에 발생한다는 보다 현실적인 가정을 도입하였다. 즉, 지연된 선형 폐기함수의 폐기 시점은 폐기가 선형 폐기함수보다 더 나중에 시작되고 더 빨리 폐기된다.

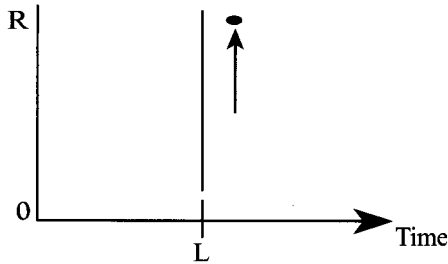


<그림 2> 지연된 선형폐기함수

### 2.3 일괄 폐기함수(simultaneous exit retirement function)

일괄 폐기 함수는 <그림 3>에서 보는 바와 같이 모

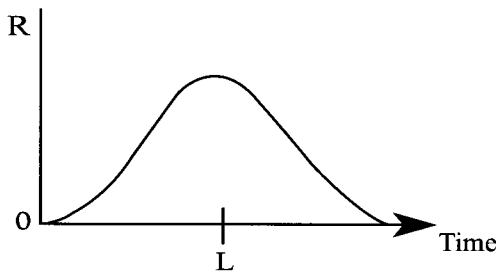
든 자산이 해당 자산의 평균 내용연수에 도달한 순간에 모두 폐기된다고 가정한다. 그러므로 생존함수(survivor function)는 동일한 제조년도의 동일 유형의 모든 자산들이 모두 함께 폐기되는 시점까지는 존재하고 있다.



<그림 3> 일괄 선형폐기함수

### 2.4 종형 폐기함수(bells-shaped retirement function)

종형 폐기 함수는 <그림 4>에서 보는 바와 같이 자산의 폐기가 설치년도 이후 몇 년 동안 점진적으로 증가하고 평균 내용연수 전후에 최고조에 이르고, 평균 내용연수 시점을 지난 몇 년 후부터는 다시 점진적으로 감소하는 형태이다. 이러한 종형 폐기 형태에 사용되는 함수로는 감마(Gamma) 함수, 정규(Normal) 함수, 로그정규(Log-normal) 함수, 와이블(Weibull) 함수, 직교다항(Orthogonal polynomials) 함수, Gompertz-Makeham 함수 및 Iowa 생존함수(Iowa Type Survivor curve) 등이 사용된다[3, 6]. 이러한 종형 폐기 함수 중 가장 널리 사용되는 함수가 Iowa 생존함수 이다[2, 7].



<그림 4> 종형 선형폐기함수

## 3. Iowa형 생존 함수

### 3.1 Iowa형 생존곡선 개요

Iowa형 생존곡선이란 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[17]. 즉 모든 설비들의 생존곡선들을 유사한 종류의 형태로 구분하고, 이를 모두 18가지의 형태로 구분하였다. 그 결과 18가지의 초기 Iowa형 생존곡선을 만들었으며, 그 후에 이와는 다른 종류의 형태 4가지를 추가하고, 여기에 직선형 생존곡선과 기존의 생존곡선을 혼합하여 모든 설비의 생존형태를 대표할 수 있는 31개의 Iowa형 생존곡선을 완성하였다[18]. 이 생존곡선은 실증 자료에 의한 결과로 현재에도 그 타당성이 재차 입증되고 있다[3, 16].

초기의 18개 Iowa형 생존곡선은 폐기도수곡선의 특징에 따라 분류하였는데, 폐기곡선의 모드(mode), 즉 최빈치가 평균 내용연수와 비교하여 어느 쪽으로 치우쳐 있는가에 따라 구분한다. 즉 모드가 평균수명의 왼쪽에 치우친 것을 L(Left)형으로, 평균 내용연수와 일치하는 것을 S(Symmetrical)형, 오른쪽으로 치우친 것을 R(Right)형으로 구분하였다. 이러한 분류에 의한 생존곡선의 형태는 크게 L형, S형, R형, O형의 4가지 군으로 나누어지고, L형에는 L<sub>0</sub>, L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub>의 6가지 형태가 있으며, S형에서는 S<sub>0</sub>, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub>, S<sub>5</sub>, S<sub>6</sub>의 7가지 형태, 그리고 R형에서는 R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub>의 5가지 형태가 있다. 그리고 1967년에 추가된 4가지 생존곡선의 형태는 설비의 폐기가 초기에 상대적으로 많이 이루어지는 형태로 이를 O(Origin)형이라고 한다. O형에는 O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, O<sub>4</sub>의 4가지 형태가 있다[11].

### 3.2 Iowa형 생존곡선 분석

동일한 폐기 형태를 갖는 설비라 할지라도 평균 내용연수가 다르면 생존함수의 형태가 다르게 나타난다. 따라서 평균 내용연수로 정규화(normalize)하여 일반화된 폐기도수곡선(retirement frequency curve), 폐기곡선(retirement curve) 및 폐기율곡선(retirement rate curve) 등으로 표현한다.

일반적인 S형 Iowa형 생존곡선의 폐기도수곡선[18]은

$$y_x = y_0 \left(1 - \frac{x^2}{a^2}\right)^m$$

여기서  $y_x$  = 사용연수  $x$ 의 도수함수 값,

$y_0$  = 모드에서의 도수함수 값,

$x$  = 평균 사용연수로 정규화 시킨 사용연수,  
 $a$ 와  $m$ 은 첨도와 왜도를 결정하는 모수이다.

일반적인 L형 Iowa형 생존곡선의 폐기도수곡선[18]은

$$y_x = y_0 \left(1 - \frac{(x \pm d_m)^2}{a^2}\right)^m$$

여기서  $d_m$  = 평균 내용연수와 사용연수  $x$ 와의 차이,  
 $a$ 와  $m$ 은 첨도와 왜도를 결정하는 모수이다.

일반적인 R형 Iowa형 생존곡선의 폐기도수곡선[18]은

$$y_x = y_0 \left(1 - \frac{(x \pm D_m)^2}{A^2}\right)^M$$

여기서  $D_m$  = 평균 내용연수와 사용연수  $x$ 와의 차이,  
 $A$ 와  $M$ 은 첨도와 왜도를 결정하는 모수이다.

#### 4. 국내 석유화학 제조설비의 생존분석

##### 4.1 국내 석유화학 제조설비의 폐기율 추정

1974년부터 2005년까지 국내 석유화학 제조설비의 폐기 자료 643개를 수집하여 정리한 결과는 <부록 1>과 같다.

석유화학 제조설비의 폐기율을 추정하기 위해서는 수명분석(Life Analysis)이 필요하며, 수명분석 방법에는 보험적 방법(Actuarial methods)와 비보험적 방법(Non-actuarial methods)가 있다. 비보험적 방법은 자산의 연도별 설치와 폐기에 관한 자료 수집이 불가능할 때 사용하는 차선의 방법이고, 보험적 방법은 연도별 설치 및 폐기에 관한 정보가 있는 경우에 사용하는 방법이다. 그 대표적인 방법으로는 초기그룹법(Original group method), 폐기율법(Retirement rate method), 개별 자산법(Individual unit method) 등이 있다[13]. 그러나 석유화학 제조설비의 폐기율 추정을 위하여 <부록 1>에서 보는 바와 같이 연도별 폐기 자산에 대한 자료가 수집되었기 때문에 폐기율법을 사용한다.

폐기율(retirement rate ;  $RR_x$ )은

$$RR_x = \frac{\text{property retired during the } x\text{th age interval}}{\text{property surviving at beginning of } x\text{th age interval}}$$

생존율(survival rate ;  $SR_x$ )은

$$SR_x = 1 - RR_x = \frac{\text{property surviving at end of } x\text{th age interval}}{\text{property surviving at beginning of } x\text{th age interval}}$$

생존 형태를 나타내는 %생존율(percent surviving ;  $PS_x$ )은

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

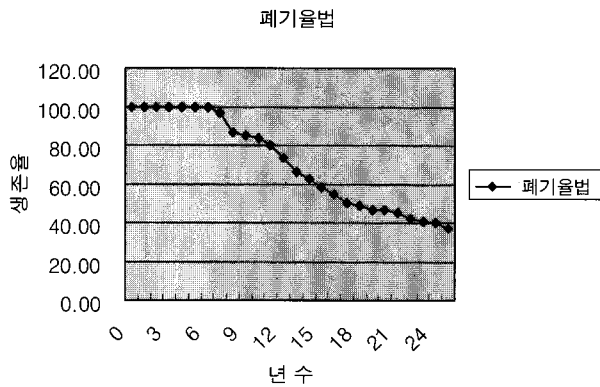
에 의해 구한다.

구해진 <부록 1>의 폐기 자료를 활용하여 폐기율법을 적용한 생존곡선은 <표 1>과 같다.

<표 1> 폐기율법에 의한 생존곡선 작성

| 나이   | 생존대수 | 폐기대수 | 폐기율  | 생존율  | 생존율(%) |
|------|------|------|------|------|--------|
| 0.5  | 643  | 0    | 0.00 | 1.00 | 100.0  |
| 1.5  | 643  | 0    | 0.00 | 1.00 | 100.0  |
| 2.5  | 643  | 3    | 0.00 | 1.00 | 100.0  |
| 3.5  | 640  | 1    | 0.00 | 1.00 | 99.5   |
| 4.5  | 639  | 11   | 0.02 | 0.98 | 99.4   |
| 5.5  | 628  | 15   | 0.02 | 0.98 | 97.7   |
| 6.5  | 613  | 15   | 0.02 | 0.98 | 95.3   |
| 7.5  | 598  | 13   | 0.02 | 0.98 | 93.0   |
| 8.5  | 585  | 32   | 0.05 | 0.95 | 91.0   |
| 9.5  | 553  | 20   | 0.04 | 0.96 | 86.0   |
| 10.5 | 533  | 49   | 0.09 | 0.91 | 82.9   |
| 11.5 | 484  | 51   | 0.11 | 0.89 | 75.3   |
| 12.5 | 433  | 29   | 0.07 | 0.93 | 67.3   |
| 13.5 | 404  | 74   | 0.18 | 0.82 | 62.8   |
| 14.5 | 330  | 25   | 0.08 | 0.92 | 51.3   |
| 15.5 | 305  | 7    | 0.02 | 0.98 | 47.4   |
| 16.5 | 298  | 31   | 0.10 | 0.90 | 46.4   |
| 17.5 | 267  | 29   | 0.11 | 0.89 | 41.5   |
| 18.5 | 238  | 27   | 0.11 | 0.89 | 37.0   |
| 19.5 | 211  | 29   | 0.14 | 0.86 | 32.8   |
| 20.5 | 182  | 16   | 0.09 | 0.91 | 28.3   |
| 21.5 | 166  | 16   | 0.10 | 0.90 | 25.8   |
| 22.5 | 150  | 10   | 0.07 | 0.93 | 23.3   |
| 23.5 | 140  | 18   | 0.13 | 0.87 | 21.8   |
| 24.5 | 122  | 17   | 0.14 | 0.86 | 19.0   |
| 25.5 | 105  | 26   | 0.25 | 0.75 | 16.3   |
| 26.5 | 79   | 37   | 0.47 | 0.53 | 12.3   |
| 27.5 | 42   | 10   | 0.24 | 0.76 | 6.5    |
| 28.5 | 32   | 27   | 0.84 | 0.16 | 5.0    |
| 29.5 | 5    | 5    | 1.00 | 0.00 | 0.8    |

폐기율법을 적용하여 추정된 <표 1>의 %생존율을 이용하여 구해진 석유화학 제조설비의 생존곡선은 <그림 5>와 같다.



<그림 5> 폐기율법에 의한 석유화학 제조설비의 생존 곡선

#### 4.2 석유화학 제조설비의 Iowa형 생존함수 추정

실제로 모든 석유화학 제조설비에 대한 사용기간에 따른 폐기 내력을 처음부터 끝까지 기록하는 것은 어렵고 따라서 구하기도 힘들다. 그러나 설비를 운영하기 시작한 초기의 일정기간에 대한 폐기 기록 작성은 가능하다. 이러한 경우 초기의 폐기 내력을 Iowa형 생존곡선에 맞추어 확장하면 그 이후의 생존곡선의 형태를 찾아낼 수 있고, 추정된 생존곡선에 의거해 평균 내용연수 그리고 잔존설비의 감가상각률 등을 추정할 수 있다. 이와 같이 Iowa형 생존곡선은 불완전한 초기자료를 이용해 완전한 생존곡선을 만들어 내는 도구로 이용할 수 있다. 석유화학 제조설비의 생존 형태를 추정하기 위해 <표 1>과 <그림 1>의 생존곡선의 결과를 Iowa 생존곡선에 fitting한 결과,  $L_2-15$ 형 생존곡선이 가장 적합한 것으로 분석되었다.

### 5. 결 론

설비자산의 생존형태를 정확히 파악하기 위해서는 특정 집단의 자산이 설치되어 폐기될 때까지의 시계열적인 자료가 필요하다. 그러나 현재 우리나라에는 이러한 시계열적인 자료가 축적되어 있지 않고, 자료를 생성하려고 해도 자료 생산의 비용과 시간이 많이 소요되어 이러한 자료의 확보는 요원하다.

본 연구에서 국내 석유화학 제조설비 관련 643개의 폐기자료를 사용하여 Iowa형 생존곡선으로 검출한 결과,  $L_2-15$ 형이 가장 적합한 것으로 나타났다. 즉, 국내 석유화학 제조설비의 생존형태는  $L_2$ 형이고 평균 내용연수는 15년으로 추정된다. 이는 우리나라 일반적인 기계설비가  $L_3-12$ 형[2]으로 추정되었고, 반도체 제조설비

가  $L_3-13.2$ 형[4]으로 추정되었던 것과 비교하면, 석유화학 제조설비는 장치산업의 특성으로 인하여 대부분 설비가 특화되어 있어 경과년도가 오래된 설비라도 생산에 적합하여 사용기간이 길어진 것으로 판단되었다.

### 참고문헌

- [1] 오현승, 조진형; “산업설비의 수명분석”, 한국산업경영시스템학회 추계학술대회 논문집, 대전산업대학교, 대전, 1-6, 2000.
- [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, 2006.
- [4] 오현승, 김종수, 서정열, 조진형; “반도체 제조설비의 경제적 내용연수 추정”, 산업경영시스템학회지, 30(4) : 164-169, 2007.
- [5] 조진형, 오현승; “우리나라 제조업에 있어서 영구 재고법에 의한 가치평가에 관한 연구”, 한국산업경영시스템학회 추계학술대회 논문집, 금오공과대학교, 구미 : 489-494, 2001.
- [6] 조진형, 박상훈, 김명수, 오현승, 정경수, 서보철; “국부통계조사 간접방법에 대한 대안 제시”, 산업경영시스템학회지, 29(3) : 43-54, 2006.
- [7] 조진형, 오현승, 서정열, 이세재; “국부통계조사자료를 이용한 자산별 경제적 감가상각추정에 대한 연구”, 산업경영시스템학회지, 30(4) : 170-181, 2007.
- [8] 통계청; 국부통계(1997~2006), 2008.
- [9] 한국감정원; 유형고정자산의 내용년수법, 1999.
- [10] 한국은행; 국민계정, 2006.
- [11] 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.
- [12] Cowles, H. A.; “Prediction of Mortality Characteristics of Industrial Property Groups,” Ph. D. Dissertation, Iowa State University of Science and Technology, Ames, Iowa, U. S. A., 1957
- [13] Marston, A., Winfrey, R. and Hemstead, J. C.; “Engineering Valuation and Depreciation,” Iowa State University Press, Ames, Iowa, 1979.
- [14] OECD; Methods Used by OECD Countries to Measure Stocks of Fixed Capital, Paris, 1993.
- [15] OECD; Manual on Productivity Measurement : A Guide

- to the Measurement of Industry Level and Aggregate Productivity Growth, Paris, 2000.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 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.

