

국내 산업설비의 폐기율 추정†

오 현 승* · 김 종 수* · 조 진 형**

* 한남대학교 산업시스템·기계공학부 · ** 금오공과대학교 신소재·시스템공학부

Estimation of Retirement Rate on Domestic Industrial Property

Hyun-Seung Oh* · Chong Su Kim* · Jin-Hyung Cho**

* School of Industrial Systems & Mechanical Engineering, Hannam University

**Material & Systems Engineering, Kumoh National University of Technology

In general, estimates of average service lives and of mortality functions are less well-based than most types of economic statistics published by statistical offices. Therefore, hypotheses about service lives of tangible assets and their distribution are most difficult aspects to tackle. In this paper, estimates of service lives based on directly observed data on domestic industrial property and retirement rates are presented.

Keywords : Iowa type survivor curve, Original group method, Retirement rate method

1 서론

자본스톡(Capital stock)을 추계하는 방법으로는 국부 조사에 의한 직접 추계방식(National wealth survey method)과 기준년접속법(Benchmark year method), 다항식 기준년접속법(Polynomial benchmark year method), 영구재고법(Perpetual inventory method) 등의 간접 추계방식이 있다[7]. 통계청에 의하면 1968년부터 시작된 국부통계조사는 직접 조사에 따른 막대한 비용과 인력이 소모되어 1997년 제4회 조사를 끝으로 직접 추계방식을 종결하고 영구재고법에 의한 간접 추계방식을 사용하기로 정책을 정했다고 한다[2]. 영구재고법은 각계의 총 투자를 합계함으로써 자본스톡을 추계하는 방법으로서 이를 위해서는 산업설비 자산별 폐기분포에 대한 기초 연구가 이루어져야 한다[6].

산업설비는 일정기간 동안 내구성을 지니므로 자산별 특성의 차이를 파악하기 위해서는 폐기분포의 형태 및 내용년수를 정확히 분석하여야 할 필요가 있다. 동일한 종류의 자산이라도 폐기되는 시점은 서로 다르므로, 시간경과에 따라 자산의 가치가 감소되는 추세를 보여주는 폐기분포는 매우 중요한 기초 통계자료가 된다. 이러한 산업설비 자산별 폐기분포가 파악되면 각 자산에 대한 경제적 의미의 내용년수를 구할 수 있다. 외국의 경우는 자산별 폐기분포가 실증적으로 연구되어, 자산별 폐기함수에 따른 경제적 내용년수에 대한 기초 통계 자료가 충실하게 정리되어 있다[9].

그러나 우리나라의 경우는 아직까지 그러한 실증연구가 없어 자산별 폐기함수에 관한 연구 없이 법인세법상 규정되어 있는 자산별 내용년수를 대신 사용하고 있으며, 1995년에 감가상각 관련법이 개정되어 자산 구분

† 이 논문은 2001년도 한남대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었음.

이 단순화되고 자산별 내용년수가 대폭 단축되었다[3]. 특히 우리나라 자본스톡의 추계에 유용하게 사용되는 통계청의 국부통계조사 자료에서도 총 자산의 감가상각률을 구하기 위해 세법상의 내용년수를 그대로 사용하고 있다. 그러므로 엄격한 의미에서 국부통계조사 자료에 있는 순자산액은 세법상 감가상각을 반영한 것이지만 경제적 감가상각을 반영한 것은 아니라고 할 수 있다.

따라서 우리나라 유형고정자산의 경제적 내용년수를 정확히 측정하기 위해서는 산업설비 자산별 폐기분포를 정확히 파악하여야 한다. 본 연구의 목적은 이러한 우리나라의 제한적 자료 축적 상황에서 과거 1968년, 1977년, 1987년 및 1997년 4차에 걸쳐 실시되었던 국부통계조사의 자료를 활용하여 산업설비 중 기계설비의 폐기율을 추정하여 폐기분포의 형태와 경제적 내용년수를 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 말기의 0%까지의 경과를, 시간에 따라 곡선으로 나타낸 것을 생존곡선(Survivor curve)이라 한다. 설비의 종류에 따라 각각의 생존곡선이 작성되면 이와 관련된 폐기도수곡선, 잔존기대수명, 예측수명곡선 등의 관계를 분석할 수 있다[15].

따라서 산업설비 자산의 평균 내용년수(ASL : Average Service Life)는

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

이러한 원리를 이용하면 처음 설치한 설비자산의 수명, 즉 100%에서의 수명 이외에도 연도별로 기대수명의 계산이 가능하다. 만일 X년도에서 생존한 자산의 잔존기대수명(remaining expectancy; E_X)을 구하고자 할 때에는 다음의 식에 의거하여 계산한다.

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

이 된다. 이러한 계산으로 각 경과연수마다 잔존기대수명과 예측수명을 산출할 수 있으며, 이를 일반화하면 다음 식과 같다[1].

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

$$E_N = \frac{S_N(\frac{1}{2}) + S_{N+1}(1) + S_{N+2}(1) + \dots}{N\text{시점에서의 생존율}(\%)}$$

여기서 S_N : N 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[13]. 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[14]. 이 생존곡선은 경험치에 의한 결과로 현재에도 그 타당성이 재차 입증되고 있다[10, 11].

초기의 18개 Iowa형 생존곡선은 폐기도수곡선의 특징에 따라 분류하였는데, 폐기곡선의 모우드(mode), 즉 최빈치가 평균 내용년수와 비교하여 어느 쪽으로 치우쳐 있는가에 따라 구분한다. 즉 모우드가 평균수명의 왼쪽에 치우친 것을 L(Left)형으로, 평균 내용년수와 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 $L_0, L_1, L_2, L_3, L_4, L_5$ 의 6가지 형태가 있으며, S형에서는 $S_0, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$ 의 7가지 형태, 그리고 R형에서는 R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 의 5가지 형태가 있다[5]. 그리고 1967년에 추가된 4가지 생존곡선의 형태는 설비의 폐기가 초기에 상대적으로 많이 이루어지는 형태로 이를 O(Origin)형이라고 한다. O형에는 O_1, O_2, O_3, O_4 의 4가지 형태가 있다[4].

실제로 어떤 설비에 대한 사용기간에 따른 폐기 내역을 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 평균 내용년수 그리고 잔존설비의 잔존기 대수명 등을 구할 수 있다[12]. 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.

3. 국내 산업설비의 생존분석

3.1 국내 산업설비의 폐기자산 조사

10년 주기(1968년, 1977년, 1987년, 1997년)의 국부통계를 자산 형태별 및 산업별로 간접 추계하기 위해서는 매년 신규 투자 자료인 국민계정의 총 고정자본형성 등을 이용할 수 있다. 그러나 한국은행의 총 고정자본형성 자료는 자산 분류로 건물·기타구축물·운수장비·기계류로 되어있고, 산업별로는 자산별 자료를 산업별 비중도에 따라서 강제 배분하여 작성되고 있는 실정이다. 따라서, 자산별·산업별 매트릭스 자료가 불가능하여 본 연구에서는 자산별 분류에만 국한하여, 다음과 같은 기준으로 폐기자산을 정리한다.

- 폐기자산의 취득년도와 처분년도가 다르므로 취득액과 처분액을 각각 1995년 기준으로 불변화 한다.
- 취득년도가 1970년 이전인 것은 제외한다.
- 경상가를 불변화 할 때는 국민계정의 총 고정자본형성의 자본재별 디플레이터를 사용한다.
- 불변 처분액이 불변 처분액보다 크고 내용년수 이내에 처분되었을 경우는 그 내용년수로 보정한다.
- 처분액과 잔존액이 모두 0인 경우는 불성실한 자료로 간주하여 제외한다.
- 불변가로 변환한 처분액이 취득액보다 높은 자산은 제외한다.

3.2 산업설비의 폐기율 추정 방법

산업자산의 수명분석을 위한 Actuarial 방법에서 대표적인 방법으로는 OG(Original group)법과 RR(Retirement rate)법이 있다[8].

(1) OG 법

이 방법은 투자된 자산이 처음 설치되어 폐기될 때까지의 자료를 수집·분석하여 생존합수를 구한 후, 연

도별 폐기율을 추정하는 방법으로, 초기 투자된 자산의 취득년도와 취득대수나 투자 금액과 연도별 폐기된 자산의 폐기연도 및 폐기금액이 필요하다. 따라서 모든 자산에 대하여 설치 후 조사일까지의 연도별 생존 및 폐기 자료가 충분히 확보되어 있어야 하나 우리나라에서는 자산에 대하여 신규 투자 시점에서부터 폐기될 때까지의 자료가 미비하여 외국에서 사용하는 OG법을 적용하여 폐기율을 추정하기는 불가능하다.

(2) RR 법

RR법은 폐기된 자산과 현재 사용중인 자산도 포함하여 폐기율을 추정하는 방법으로 OG법이 각 취득년도의 설비를 시간의 경과에 따라 생존율을 구하는 것과는 달리, 취득년도가 다른 다수의 설비 폐기자료를 고르게 이용하여 폐기율(Retirement rate)을 만들고 이를 이용하여 생존율을 구하는 방법이다. 폐기율(RR)은 다음과 같이 구한다.

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

이에 근거한 생존율(Survival rate)은 다음과 같다.

$$\text{Survival rate} = 1 - \text{retirement rate}$$

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

따라서 차년도 누적생존율은 전년도 생존율을 이용하여 다음과 같이 구한다.

$$\text{누적생존율} = t\text{년 생존율} \times (t-1)\text{년의 누적생존율}$$

3.3 국내 산업설비의 수명표 작성

1997년도 국부통계조사에 사용된 법인 사업체 모집단(광공업동태조사, 사업체기초통계조사) 중에서 조사된 285개 사업체에서 1996년~1998년에 폐기된 기계설비에 대한 수명표(life table)는 <표 1>과 같다.

3.4 국내 산업설비의 생존율 추정

국내 산업설비에 대한 폐기자료가 부족하여 OG법은

적용할 수 없고, 조사된 <표 1>의 자료에 대하여 RR법 조사를 통한 폐기자산과 사용자산을 추정한 폐기율과
을 적용하여 일정 시점에서의 폐기자산에 대한 역추적 생존율은 <표 2>와 같다.

<표 1> 국내 산업설비의 수명표

설치년도	연중 설치된 총 대수	경 과 연 수					
		1996년		1997년		1998년	
		연초의 생존대수	연중의 폐기대수	연초의 생존대수	연중의 폐기대수	연초의 생존대수	연중의 폐기대수
1970	36	36	2	34	13	21	21
1971	14	14	0	14	5	9	9
1972	49	49	8	41	21	20	20
1973	40	40	4	36	11	25	25
1974	77	77	5	72	10	62	58
1975	118	118	11	107	27	80	78
1976	178	178	44	134	46	88	88
1977	230	230	9	221	76	145	140
1978	230	230	22	208	52	156	147
1979	401	401	25	376	165	211	151
1980	1500	1500	58	1444	934	508	496
1981	842	842	11	831	497	334	304
1982	682	682	67	615	431	183	128
1983	792	792	46	746	515	231	191
1984	946	946	70	876	287	589	535
1985	454	454	43	411	180	231	212
1986	621	621	77	544	310	234	196
1987	563	563	32	531	244	287	241
1988	635	635	56	579	247	332	304
1989	481	481	66	415	163	252	213
1990	1076	1076	29	1047	676	317	312
1991	736	736	63	673	180	493	386
1992	870	870	34	836	271	565	410
1993	682	682	17	665	158	507	324
1994	786	786	0	786	371	415	319
1995	299	299	0	299	0	299	261
1996	33	33	0	33	0	33	0
1997	7	-	-	7	0	7	0
1998	2	-	-	-	-	2	0
총 계	13380	13371	799	1259	5891	6700	5574

<표 2> 국내 기계설비의 생존표

설치연도 : 1956년~1998년		경과연도 : 1996년~1998년			
나이 간격	나이 초의 생존대수	나이 동안의 폐기대수	나이 간격의 폐기율	나이 간격의 생존율	나이 초의 생존률(%)
0.0 ~ 0.5	42	0	0.000	1.000	100.00
0.5 ~ 1.5	339	0	0.000	1.000	100.00
1.5 ~ 2.5	1118	0	0.000	1.000	100.00
2.5 ~ 3.5	1767	649	0.367	0.633	100.00
3.5 ~ 4.5	1950	511	0.262	0.738	63.27
4.5 ~ 5.5	2079	658	0.316	0.684	46.69
5.5 ~ 6.5	2314	619	0.268	0.732	31.91
6.5 ~ 7.5	2021	1128	0.558	0.442	23.28
7.5 ~ 8.5	1367	531	0.388	0.612	10.33
8.5 ~ 9.5	1394	492	0.353	0.647	6.32
9.5 ~ 10.5	1484	629	0.421	0.579	4.09
10.5 ~ 11.5	1285	594	0.462	0.538	2.37
11.5 ~ 12.5	1591	446	0.280	0.720	1.27
12.5 ~ 13.5	1899	545	0.287	0.713	0.92
13.5 ~ 14.5	2017	1117	0.554	0.446	0.65
14.5 ~ 15.5	1688	633	0.375	0.625	0.29
15.5 ~ 16.5	2514	683	0.272	0.728	0.18
16.5 ~ 17.5	2179	1263	0.580	0.420	0.13
17.5 ~ 18.5	1114	683	0.613	0.387	0.06
18.5 ~ 19.5	649	212	0.327	0.673	0.02
19.5 ~ 20.5	555	267	0.481	0.519	0.01
20.5 ~ 21.5	397	197	0.496	0.504	0.01
21.5 ~ 22.5	272	120	0.441	0.559	0.00
22.5 ~ 23.5	192	92	0.479	0.521	0.00
23.5 ~ 24.5	147	77	0.524	0.476	0.00
24.5 ~ 25.5	80	46	0.575	0.425	0.00
25.5 ~ 26.5	70	27	0.386	0.614	0.00
26.5 ~ 27.5	0	0	0.000	1.000	0.00

3.5 국내 산업설비의 생존곡선

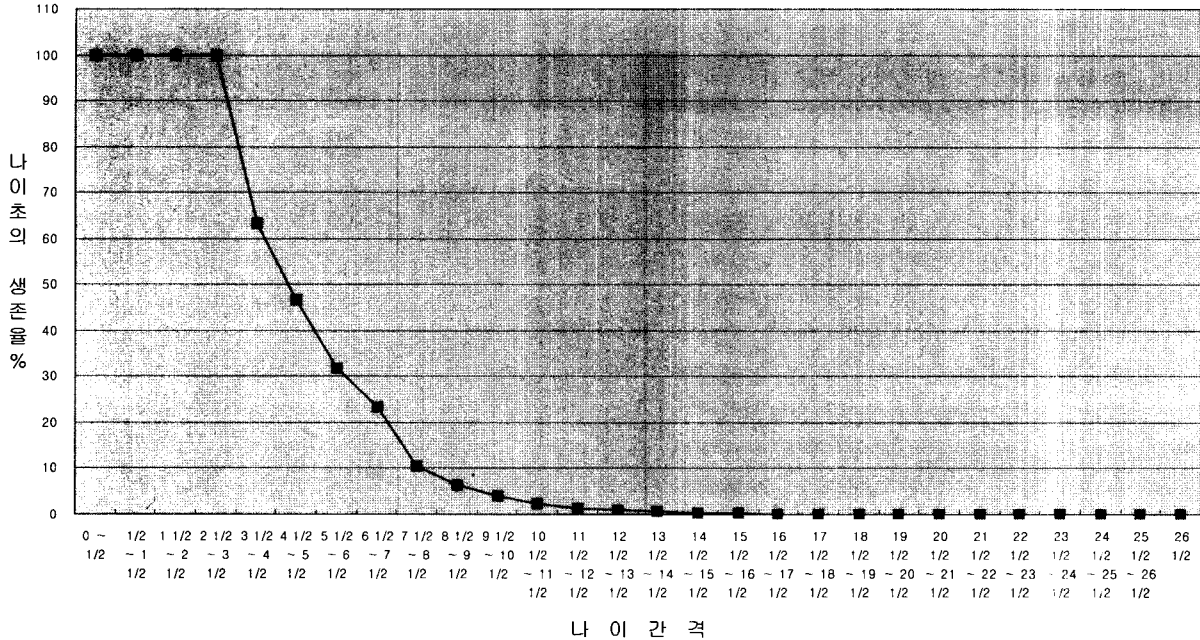
국내 산업설비에 대하여 분석된 <표 2>의 생존표의 경과연수를 가로축으로 생존율을 세로축으로 표현한 생존곡선은 <그림 1>과 같다.

4. 결론

설비자산의 생존형태를 정확히 파악하기 위해서는 특정 집단의 자산이 설치되어 폐기될 때까지의 시계열

적인 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 연구에서는 제한된 국내 산업설비의 폐기자료로 폐기대수와 생존대수를 추정하여 수정 경과연수별 폐기율과 생존율을 계산하여 생존표와 생존율을 작성하였다. 산업별·자본재별 분석을 위해 충분한 자료 수집이 가능하도록 표본설계를 하여야 하나, 285개의 표본으로는 산업별·자본재별 생존함수 추정이 힘들지만, 분석된 국



<그림 1> 국내 산업설비의 생존곡선

내 산업설비의 생존곡선을 Iowa 생존곡선으로 검출한 결과 $L_3 - 10$ 형이 가장 적합한 것으로 나타났다. 즉 국내 산업설비는 형태는 L_3 이고 평균 내용년수는 10 년으로 추정된다.

현재 우리나라 국부 통계 작성 방법은 10년주기의 직접 조사방식에서 매년 주기의 간접 추계방식으로 변환되었다. 따라서, 1998년도 이후 국부통계 총 자산 추계를 위해서는 투자액과 함께 폐기율 또는 폐기액에 관한 통계 자료가 필요하지만, 현재 우리나라에는 폐기율 관련 통계 자료가 거의 없는 상태이므로 자산형태별 또는 산업별로 자산의 폐기에서 폐기까지의 행태에 대한 지속적인 연구가 요구된다.

참 고 문 헌

[1] 오현승, 조진형; “산업설비의 수명분석”, 한국산업경영시스템학회 추계학술대회 논문집, 대전산업대학교, 대전, pp. 1-6, 2000.
 [2] 조진형, 오현승; “우리나라 제조업에 있어서 영구제 조법에 의한 가치평가에 관한 연구”, 한국산업경영시스템학회 추계학술대회 논문집, 금오공과대학교, 구미, pp. 489-484, 2001.

[3] 한국감정원; 유형고정자산의 내용년수법, 1999.
 [4] 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.
 [5] 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.
 [6] Gerhard, M., Piet, V., and Peter-Parl de Wolf; “Perpetual Inventory Method: Service Lives Discard Patterns and Depreciation Methods”, Statistics Netherlands, 1998.
 [7] Hulten, C. R.; “The Measurement of Capital”, in J. W. Kendrick (ed) The New System of National Accounts, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1996.
 [8] Marston, A., R. Winfrey and J. C. Hemstead, “Engineering Valuation and Depreciation”, Iowa State University Press, Ames, Iowa, 1979.
 [9] OECD; Methods Used by OECD Countries to Measure Stocks of Fixed Capital, Paris, 1993.
 [10] OECD; Manual on Productivity Measurement: A

Guide to the Measurement of Industry Level and Aggregate Productivity Growth, Paris, 2000.

- [11] Oh, H. S.; "The Weibull Distribution as an Estimator of Generalized Survivor Curves", Ph.D. Dissertation, Iowa State University of Science and Technology, Ames, Iowa, U.S.A., 1988
- [12] White, B. E.; "Economic Forces of Retirement", Proceedings of the Iowa State University Regulatory Conference, Ames, Iowa, 1986
- [13] 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
- [14] 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
- [15] Wolf, F.; "Forecasting Force of Mortality", Proceedings of the Iowa State University Regulatory Conference, Ames, Iowa, U.S.A., 1985