

## 전력의 공급지장비 추정 사례 조사 연구

정 환삼, 김 현준  
한국원자력연구소

### A Comparative Study on the Electricity Outage Cost Estimations

CHUNG, Whan Sam & KIM, Hyun Jun

KAERI

#### 요 약

전력의 공급지장비 추정은 이질적 경제권간에는 물론이고 동일 경제권 내에서도 추정치가 사례별로 다양한 분포를 갖고 있다. 따라서 일정 목적을 갖고 공급지장비를 추정할 때에는 유사한 목적, 시대 그리고 추정분야에 대한 기존의 사례를 조사하여 참조하여 비교할 필요가 있다. 이러한 점에서 본 연구는 전력의 공급지장비 주요 추정사례를 1948년 스웨덴의 경우 이후 최근에는 1997년 칠레와 이스라엘의 사례까지 조사하여, 이를 추정부문별로 재정리하였다.

#### 1. 전력의 공급지장비 추정

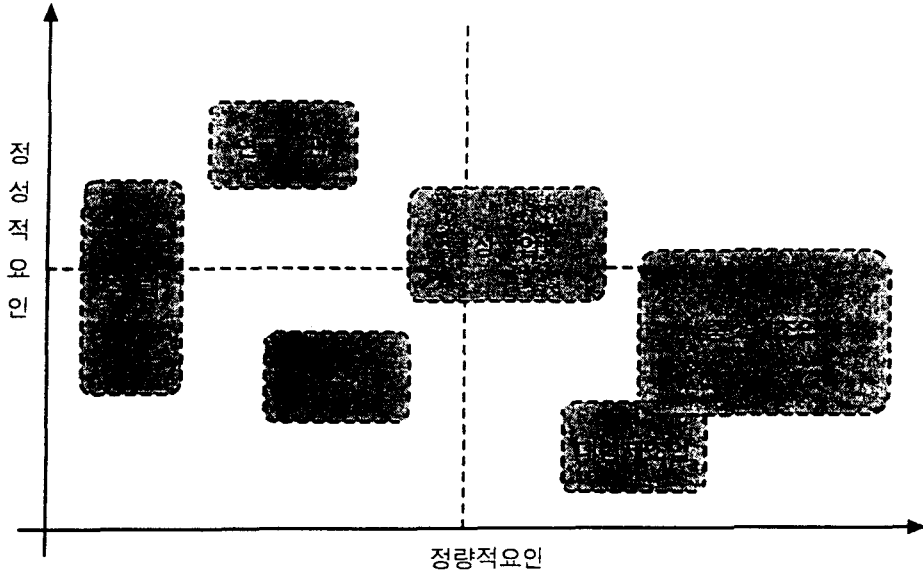
공급지장은 전력량의 부족만이 아니라 주파수의 저하 등으로 인해 소비자가 소비행위를 만족시키지 못하는 다양한 모든 상황을 포함하며, 추정범위는 공급지장에 따르는 소비자의 직·간접 피해비용과 피해방지비용을 모두 포함하게 된다.

공급지장비는 공급지장 그 자체에 의해 발생하는 비용인 공급지장(short-term or outage)비용과 소비자가 스스로 공급지장에 따르는 비용부담을 줄이고자 하여 공급지장 이전에 이를 방지하기 위해 지출되는 대처(long-term or adaptive

response)비용으로 나누어질 수 있다. 또한 short-term cost는 공급지장에 의한 직접피해비용과 파급효과에 따른 간접비용으로 구성되어있고 직접비용은 다시 공급지장 지속시간에 따라 달라지는 가변비용과 이와 무관한 고정비용으로 나누어진다.

## 2. 공급지장비 추정 의 곤란성

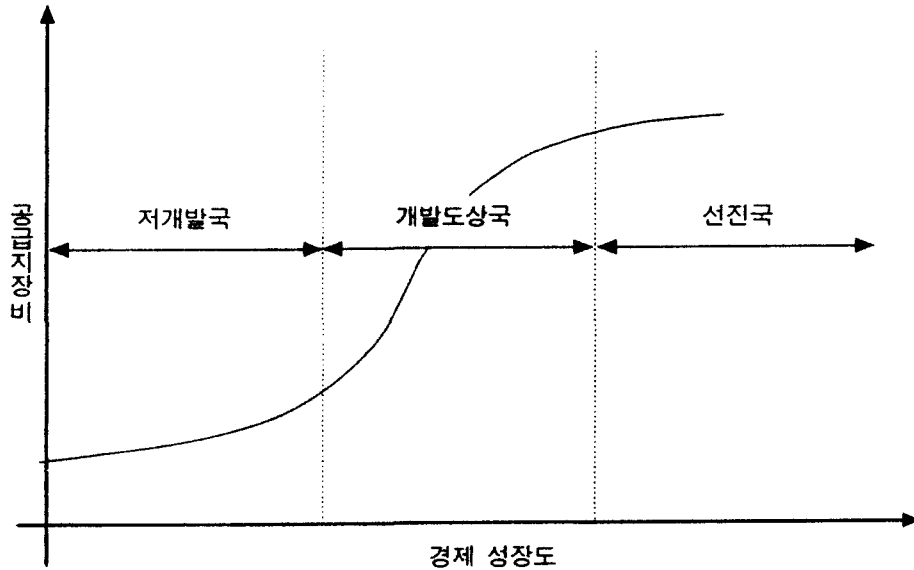
공급지장비는 추정지역이 국지적(partial outage)인가 혹은 전체(full outage)인가에 따라 다르며 추정시점이 사전적(ex-ante)인가 혹은 사후적(ex-post)인가에 따라서도 크기가 다르게 된다. 더욱이 전력의 특성상 공급지장비는 소비자의 객관적 요소와 주관적 피해요소를 모두 포함하게 되며 따라서 계층에 따라 많은 차이가 있으며 심지어 동일 계층안에서도 매우 다양하게 나타난다. (그림 1)에서 보이는 바와 같이 산업용 전력의 경우는 비교적 정량적으로 평가하기 용이한 객관적 피해요소가 많으며 특히 중소형 제조업의 경우는 그 종류가 매우 이질화되어 있어 그 범위가 매우 넓으며 반면에 가정용 전력은 그 피해가 편의의 감소와 같은 불편 등으로 나타나 계량화하기가 극히 곤란한 정성적 요소가 대부분이며 산업용 전력수요는 그 중간정도의 특징을 갖고 있다. 공급지장비의 이러한 성격으로 인해 추정치는 동일 특성집단 내에서도 주관적인 요소에서는 매우 큰 차이를 보이고 있는 실정이다.



(그림 1) 특성집단별 공급지장비 구성요인 분포

이밖에도 공급지장비의 크기에 직접영향을 미치는 요소로는 i) 사전경고 여부, ii) 공급지장 크기와 지속시간, iii) 발생시점, iv) 발생빈도 등을 들 수 있다.

여기에 더하여 이질적인 경제권간의 공급지장비는 국가의 경제성장도에 따라 달라진다. 후진국의 경우는 자본부족으로 인해 전력의 절대량이 항상 부족하기 때문에 현실적으로 공급지장비를 추정할 엄두도 내지 못하는 실정이다. 반면에 선진국의 경우 경제의 전력의존도가 높을 뿐만아니라 최종생산물의 부가가치도 높기 때문에 공급지장비도 저개발국가에 비해 높을 수 밖에 없다. 한 국가의 경제 발전에 따라 전력화 비율이 높아지고 따라서 공급지장비도 점차 커지기 시작한다. 그리고 선진국이 되어 전력을 이용하는 설비의 보급이 점차 포화점에 가까워지면 그때의 공급지장비도 마찬가지로 점차 둔화되는 성장율을 갖게된다. 이러한 관계를 그림으로 나타내면 (그림 2)와 같이 s-curve의 형태가 될 것이다.



(그림 2) 경제 성장도와 공급지장비의 크기

### 3. 공급지장비 추정 방법

#### 3-1. 공급지장비 추정 범위의 설정

공급지장비의 추정대상 지역은 물론 국가간 차이와 전력공급의 형태에 따라 한나라의 일부 지역만이 대상이 되기도 하고 혹은 국가경제 전체가 하나의 대상이 되기도 한다. 일반적으로 미국이나 브라질과 같이 국토가 넓은 지역에서는 대도시를 중심으로 하는 지역의 공급지장비 추정을 주로 수행하며 넓은 지역이기는 하지만 하나의 전력사가 공급을 독점하는 프랑스나 혹은 국토가 협소한 대만, 이스라엘 등은 국가전체를 대상으로 공급지장비를 추정한다.

공급지장비의 추정대상이라는 측면에서는 전력소비자를 모두 구분없이 하나의 대상으로 삼기도 하며, 혹은 소비형태가 유사한 소비자를 집단으로 산업용(industrial), 주택용(households), 그리고 상업용(commercial)부문으로 세분하여

대상이 되기도 한다. 특히 분석의 목적에 따라서는 상업용부문은 그 중요성에 따라 도로, 공공교통, 가로등, 병원, 소방서 등의 사회 기간 서비스부문을 분리하여 추정하기도 한다.

### 3-2. 대상별 추정시 고려사항

공급지장비 추정시 추천되는 사례는 앞에서 언급한 바와 같이 전력사용자를 동질적 집단으로 묶고, 그 특징에 따라 각기 다른 추정방법을 적용하는 것이 일반적이다. 이때의 추정방법을 주택용, 산업용 그리고 상업용 소비자로 구분하고 각기 어떤 방법의 활용이 가능하며 그때의 추정 특성은 다음과 같이 분석된다.

#### 3-2-1. 주택용전력의 공급지장비 추정

주택용전력수요의 특징은 생활리듬에 따라 시간별 부하패턴의 변화가 다양해 진다는 것이다. 예를 들어 세탁이나 청소등 시간대의 공급중단은 단지 가사만을 잠시 뒤로 미루면 되기 때문에 소비자의 손실이 많지 않으나 TV시청 등의 시간대에 있는 공급중단과 이에 따른 휴식의 감소는 나중으로 미룰 수 있는 성격이 아니기 때문에 주관적인 요소의 공급지장이 발생한다. 이러한 손실을 측정하기 위한 척도로는 우선 상실된 효용감소를 원상회복하는데 필요한 보상금액을 들 수 있고 다음으로는 공급지장을 방지하기 위한 소비자의 자의지불수준을 들 수 있다. 이러한 척도를 효과적으로 지원하는 방법으로는 우선 공급지장을 가상하고 혹은 정전직후에 소비자를 대상으로 설문조사를 하는 방법이 있고 다음으로는 사전에 시장정보를 조사하는 방법이 있다. 시장정보조사법은 다시 개인의 임금수준(wage rate)에 공급지장시간을 곱하여 결정하는 휴식-임금방법과 전력수요곡선에서 소비자 잉여를 측정해 공급지장비를 추정하는 소비자잉여법을 많이 사용한다. 주택용 전력수요를 추정하기위해 소개된 개별 방법의 적용은 휴식-임금법이 가장 간단하게 이용할 수 있고 다음으로 소비자잉여의 측정이며 가장 복잡한 것이 설문조사 방법이라 할 수 있다.

#### 3-2-2. 산업용전력의 공급지장비 추정

산업용 전력의 공급지장비는 대부분 투입자본의 크기에 대한 공급지장형태로 발생하게 된다. 따라서 가정용 전력이 주관적 요소가 많은데 비해 휴지설비의

발생, 설비의 손상, 원자재손실, 공정 재시동 비용, 종업원의 안전과 건강피해 등 공급시장의 직접영향을 측정하기 용이한 객관적 요소가 많이 있다. 이러한 영향의 측정방법은 해당산업의 소비자잉여를 측정하는 방법과 설비손상등에 관한 실패비용, 그리고 각종 투입요소의 정지에 따른 휴지비용을 조사하는 설문조사방법 그리고 수학적 생산함수를 이용하는 방법등 다양한 방법이 있을 수 있다. 이러한 방법외에도 간접추정법을 이용하는 방법으로는 산업연관분석표와 LP를 이용하여 측정하는 방법이 있다.

### 3-2-3. 상업용전력의 공급시장비 추정

주택용이나 산업용 전력에 비할 때 상업용 전력 소비자의 특징은 단적으로 매우 이질적인 소비특성을 갖는 소비계층이 한데 모여있다는 것이다. 즉 동일 업종안에서도 규모의 차이가 현저하고 더우기 다른 종목간에도 각기 상행위의 특징에서 매우 커다란 차이가 있다. 따라서 공급시장비의 추정에 있어서도 업종에 따라 매우 큰차이가 있어 동일한 방법으로 적정한 추정을 한다는 것이 대단히 어렵다. 예를 들어 가로등이나 정부기관 그리고 상업부문의 공급시장비는 크지 않은 것으로 나타났으며 특히 병원의 경우도 공급시장비 치명적인 부분은 이미 보조전원이 설치되어 있고 이를 감안하더라도 추정된 공급시장비는 그리 크게 나타나지 않았다. 상업부문의 공급시장비 구성도 산업용 전력의 경우와 마찬가지로 자원휴지비와 제품손상비 그리고 간접비에 해당되는 소비자잉여비로 구성되어 있고 이중 휴지자원비와 제품손상비의 추정은 설문조사방법에 의한 평가가 많이 사용된다. 특히 상업부문에 있어 소비자잉여의 측정이 가장 중요하게 평가 되어야 할 문제이며 이 값은 보통 산업용전력의 공급시장비보다 큰 값을 갖는다.

## 4. 주요 공급시장비 추정 결과

주요 공급시장비 추정사례를 살펴보면 프랑스 EdF(Electricité de France)의 경우 수년간 부가가치를 기준으로 산업부문 평균은 \$0.68/kWh, 수송부문을 \$2.29/ kWh, 그리고 주택부문을 \$0.90/kWh로하여 전체 \$0.32/kWh를 사용했었

고, M .Munasinghe(1981)는 Brazil의 Cascavel을 대상으로 추정한 공급지장비를 보면 우선 주택부문의 공급지장은 공급지장시간이 주간인가 야간인가에 따라 편익감소폭에 차이가 있으나 \$1.30~2.0/kWh로 추정하였으며, 산업부문은 그 지역의 20개 제조업을 대상으로 1분~5시간의 공급지장에 따르는 모든 비용을 각각 추정하여 \$1.0~7.0/kWh를 구하였다. Hafiz A. Pasha는 Pakistan 전국에 있는 843개의 기업을 대상으로 1985~1986까지 조사한 공급지장비를 불시공급중단의 경우 11.73루피(\$0.67)/kWh와 예고된 공급지장의 경우 6.67루피(\$0.38)/kWh로 추정하였다. Jack Faucett Associates의 연구에서는 미국의 San Diego지역을 대상으로 한 연구에서 전력소비량에 따라 대수용가, 중수용가, 소수용가로 구분하여 각기 수집된 자료를 통계처리하여 산업용은 각각 \$2.31, \$5.07, \$4.75로 추정하여 평균 \$3.12/ kWh로 추정하였고, 상업용의 경우에는 이를 \$1.87, \$3.00, \$4.00으로 평균 \$2.62/ kWh로 추정하였다. 이밖에도 1985년 Andersson에 의해 수행된 공급지장비 연구조사에서 Cazalet의 1978년 EPRI연구, 1981년 Munasinghe와 1982년 Sanghvi의 조사연구 등을 조사하였으며 특히 Bental과 Ravid가 이스라엘의 공급지장비 \$21/kWh와 미국의 공급지장비 \$1.16/kWh간의 차이를 양국의 공급신뢰도가 다른 것(이스라엘의 공급지장시간 70시간/년과 미국은 10시간/년)에 기인한다는 분석결과를 소개하였다. 1982년 Sanghvi는 미국과 외국의 공급지장비를 주택, 상업, 산업부문과 전산업에 대해 비교 연구하였고 특히 주택용 전력의 공급지장비에 대해서는 short-term과 long-term의 공급지장를 비교하며 adaptive cost의 비중이 점차 증대되고 있음을 지적하였다. 그 결과 1992년 Woo et al.에 의한 공급지장비 연구에서 소개된 Doane et al.의 연구에서는 산업용 전력의 공급지장비를 사후비용의 조사값으로 \$1.69~7.29, 가정용의 경우도 사전 경고여부와 지속시간에 따라 차이가 있었으나 \$0.97~7.14인 것으로 추정하였다. 끝으로 1997년 칠레의 연구에서는 1989년을 기준으로 산업용 전력의 공급지장비를 면담형식으로 조사하여 평균치를 도출하였고, 이스라엘의 연구에서는 business부문(실제는 산업과 상업부문이 모두 포함되어 있으나, 본 연구에서는 산업용으로 분류)과 공공부문에 대해 현시된 소비방법과 가상상황평가방법으로 각각 추정하여 비교하였다. 이상의 연구결과를 정리하면 (표 1)과 같다.

(표 1) 주요 공급지장비 추정사례 및 추정 결과

추정 구분	연구주체 (연구년도)	추정범위 지역/국가	공급지장비 (\$/kWh)	기준 년도
간접비용	- Lolander(1948)	Sweden	1.44~2.96	1981
	- Committee for Interruption Costs (1966)	Sweden	0.34	1966
	- Jaromillo and Skoknic(1973)	Chile	0.25~12.00	1981
	- Taiwan Power Co.(1975)	Taiwan	0.05~1.83	1981
	- EdF (1976)	France	0.68	1976
	- M. Munasinghe(1981)	Brazil	1.00~7.00	1977
	- J.Faucett Associates(1981)	San Diego	3.12	1981
	- Sanghvi(1982)	문헌조사	1.00~7.00	1981
	- Hafiz A. Pasha et al. (1988)	Pakistan	0.38~0.67	1987
	- Bental et al. (1982)	Israel,USA	0.31~1.68	1989
	- Gilmer et al. (1987)	Tenn.,USA	1.66~2.05	1989
	- Doane et al. (1990)	NY,USA	1.69~7.29	1989
	- Pablo Serra and Gabriel Fierro	Chile	.032~.077	1989
- Michael Beenstock et al.	Israel	7.2	1991	
간접비용	- Committee for Interruption Costs (1966)	Sweden	0.20~0.90	1966
	- SCI(1977)	NY, USA	5.56	1981
	- Congressional Research Service(1977)	NY, USA	4.99	1981
	- J.Faucett Associates(1981)	San Diego	2.62	1981
	- Fisher (1986)	Mass.,USA	6.95~26.65	1989
	- Woo and Train(1988)	Calif.,USA	8.25	1989
주필비용	- Lolander(1948)	Sweden	0.57~0.96	1981
	- Committee for Interruption Costs (1966)	Sweden	0.60	1966
	- Jaromillo and Skoknic(1973)	Chile	0.45	1981
	- EdF (1976)	France	0.90	1976
	- J.Faucett Associates (1979)	—	0.05~0.06	1981
	- M. Munasinghe(1981)	Brazil	1.73~2.66	1989
	- Sanghvi,A.P.(1982)	문헌조사	0.05~1.50	1981
	- Keane et al (1988)	Calif.,USA	1.84	1989
	- Doane et al. (1990)	NY,USA	0.97~7.14	1989
총량	- Committee for Interruption Costs (1966)	Sweden	0.50	1966
	- EdF (1976)	France	0.32	1976
	- Israel Electric Co.Ltd(1980)	Israel	0.50	1980



## 참 고 문 헌

1. A.P. Sanghvi, "Economic Costs of Electricity Supply Interruptions", *Energy Economics*, July, 1982.
2. C.K. Woo and R.L. Pupp, "Costs of Service Disruptions to Electricity Consumers", *Energy, The International Journal of*, Vol. 17, No. 2, 1992.
3. H.A. Pasha et al., "The Economic Cost of Power Outages in the Industrial Sector of Pakistan", *Energy Economics*, Oct., 1989.
4. Jack Faucett Ass., "Power Shortage Costs : Estimates and Applications", *Electric Power Research Institute, EPRI-EA-1215*, Vol. 3, 1981.
5. Michael Beenstock et al., "The Cost of Power Outages in the Business and Public Sectors in Israel : Revealed Preference vs. Subjective Valuation", *The Energy Journal*, Vol. 18, No. 2, 1997.
6. M. Munasinghe, "Optimal Electricity Supply : Reliability, Pricing and System Planning", *Energy Economics*, July, 1981.
7. M. Munasinghe, "The Economics of Power System Reliability and Planning : Theory and Case Study", *Johns Hopkins Univ. Press*, 1979.
8. M. E. Samsa et al., "Electrical Service Reliability : The Costomer Perspective", *Argon National Laboratory, ANL/AA-18*, 1978.
9. Pablo Serra and Gabriel Fierro, "Outage Costs in Chilean Industry", *Energy Economics*, 1997.
10. R. Andersson and L. Taylor, "The Social Cost of Unsupplied Electricity : A Critical Review", *Energy Economics*, July, 1986.
11. V. Fremaux and P. Lederer, "Planning the Electrical Sector : Electricite de France's Experience", *EdF*, Oct., 1984.