

# 특수일 조업률 반영을 통한 전력수요예측 정확도 향상

## Improvement of the Load Forecasting Accuracy by Reflecting the Operation Rates of Industries on the Consecutive Holidays

임 남 식\* · 이 상 중†  
 (Nam-Sik Lim · Sang-Joong Lee)

**Abstract** - This paper presents the daily load forecasting for special days considering the rate of operation of industrial consumers. The authors analyzed the power consumption pattern for both the special and ordinary days according to the contract power classification of industrial consumers, and selected 400~600 specific consumers for which the rates of operation during special days are needed. Load forecasting for 2014 special days considering the rate of operation of industrial consumers showed a noticeable improvement on forecasting error of daily peak demand, which proved the effectiveness of the survey for the rates of operation during special days of industrial consumers.

**Key Words** : Daily load forecasting, Special days, Rate of operation, Industrial consumers

### 1. 서 론

전력수요예측은 전력설비 투자계획 수립, 전력수급 안정, 구입전력비 결정 등에 직결되는 중요한 사안이다. 생산과 소비가 동시에 이루어지는 전력산업의 특성상 안정적인 전력수급을 위해서는 수급 계획수립의 기초가 되는 수요예측의 정확도 확보가 무엇보다 중요하다. '11년 9.15 순환단전도 이상고온 현상에 의한 전력수요의 급증을 반영하지 못한 수요예측 착오가 그 원인 중의 하나였다.[1]

전력수요예측은 실시간 수요예측, 일간수요예측, 주간수요예측, 월간수요예측, 단기수요예측, 장기수요예측으로 구분하며,[2] 명절 연휴·하계휴가 집중기간 등의 특수일에는 별도의 알고리즘으로 수요예측을 해야 한다. 특수일에는 기업체의 조업률에 따라 수요가 크게 변하기 때문에 산업용 기업체의 조업률을 파악하여 수요예측에 반영할 필요가 있다. '10~'13년 통계를 보면 예측오차는 연평균  $\pm 2.0\%$  내외이지만 특수일에는 최대  $\pm 10\%$ 까지 오차가 발생하고 있어 개선의 필요가 있음을 알 수 있다.

특수일 수요예측과 조업률반영에 대한 기존 연구로는 계약전력 1만 kW이상(수전전압 154kV) 직거래고객의 조업계획 자료기반의 연휴기간 전력수요 변동률을 이용한 연구[3], 과거 동일한 특수일의 부하패턴을 고려한 시간대별 상대계수를 이용한 수요예측연구[4], 퍼지 선형회귀분석법을 이용한 설 및 추석연휴의 수요예측에 관한연구[5] 등이 있다.

본 논문에서는 특수일 수요예측 오차를 개선하기 위해 시행하

는 조업률조사의 효율성을 높이기 위해 약 37만여호의 산업용 기업체 중에서 특수일에 조업률 변동이 크고, 전체 전력수요에 미치는 영향이 큰 기업을 통계적으로 선별하여 조업률 조사를 초과적으로 시행할 수 있는 방안을 연구하고자 한다.

### 2. 특수일 전력수요의 특징

특수일은 법정 공휴일, 임시공휴일, 하계휴가 집중기간 등을 말하며, 특수일 중에 특수 경부하기간은 신정과 설 또는 추석과 같은 명절 전·후, 7월말에서 8월초 사이의 하계휴가 집중기간 등을 말한다.

특수일이 포함된 기간의 요일별 수요특징을 보면 특수일이 무슨 요일에 위치하느냐에 따라 요일별 수요패턴이 다르게 나타나는 것을 알 수 있다. '14년 1월1일 신정(수요일)의 예를 들어 보면 그림 1과 같이 공휴일인 1월 1일의 수요뿐만 아니라 공휴일의 영향으로

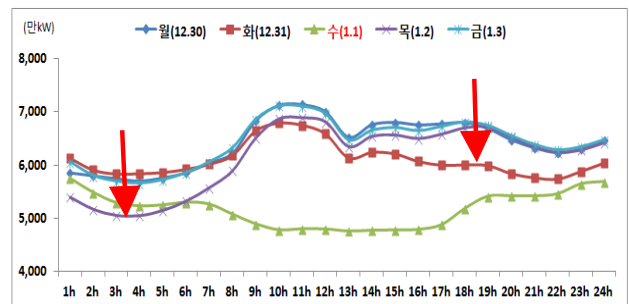


그림 1 특수일이 포함된 주의 요일별 수요패턴  
 Fig. 1 Pattern of weekly demand with special days

† Corresponding Author : Dept. of Electrical Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Korea.  
 E-mail: 85sjlee@seoultech.ac.kr

\* Dept. of Demand Management & Optimization, KEPCO, Korea  
 Received : July 3, 2015; Accepted : December 31, 2015

1월 1일 전후인 화요일과 목요일 수요패턴에도 영향이 있음을 알 수 있다.

휴일 전날인 '13년12월31일 화요일의 경우 다른 주의 화요일 패턴과는 다르게 오후시간대부터 수요가 큰 폭으로 감소하는 것을 알 수 있으며, 휴일 다음날인 1월2일 목요일의 경우에는 다른 주의 월요일 패턴처럼 새벽시간대 수요가 낮게 출발하여 서서히 증가하는 패턴임을 알 수 있다.

특수일이 포함된 기간의 월요일(12.30일) 새벽시간대 수요가 높은 것은 지난 주말(12.29~30)의 기온이 -5℃~-7℃로 급격히 추워져 난방수요가 늘어난 영향인 것으로 으로 판단된다.

주중에 휴일이 없는 '14년1월 둘째 주의 경우 그림 2와 같이 전형적인 평상일 수요패턴으로 월요일 새벽시간대 수요가 낮은 것을 제외하고 특이한 패턴을 보이지 않고 있음을 볼 수 있다. 평상일 수요패턴 중 월요일 새벽시간대 수요가 다른 날에 비해 낮은 것은 평일에 24시간 조업을 하고 주말에 쉬는 기업체들의 월요일 조업이 시작되지 않아 수요가 낮은 것으로 판단된다.

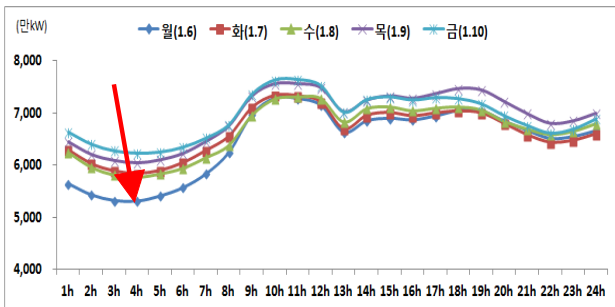


그림 2 특수일이 없는 주의 요일별 수요패턴  
Fig. 2 Pattern of weekly demand without special days

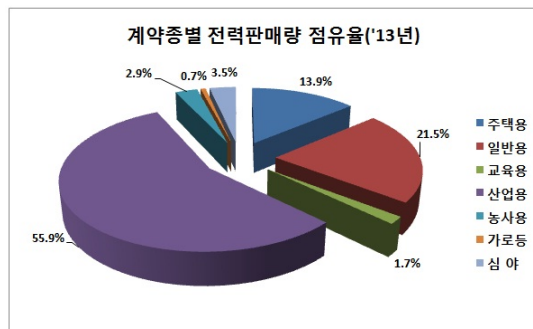


그림 3 '13년 계약종별 전력판매 현황  
Fig. 3 share of electricity sales by tariff ('13)

### 3. 조업률 조사대상 선정을 위한 통계 분석

#### 3.1. 전력판매량 통계

'13년 현재 계약종별 전력판매량을 보면 전체 판매량중 산업용이 약 55.9%를 점유하고 있어 산업용 고객이 전체 전력수요

변화에 미치는 영향이 크다는 것을 알 수 있다.

또한 산업용고객을 계약전력 규모에 따라 분석해 보면 전체 산업용고객 약 37만3천여호 중 계약전력 5천kW 이상인 고객호수는 2,427 호로 전체 산업용고객 호수의 약 0.7%에 불과한 반면, 이고객의 판매량은 산업용고객 전체 판매량의 약 70%를 점유하고 있다.[6]

표 1 산업용 계약전력 구간별 판매량('13년)

Table 1 Electricity sales by contract demand section of industries('13)

구분	5천 kW 이하	5천 kW 이상	계
판매량점유	30.5%	69.5%	100%
호수(호)	370,481	2,427	372,908

### 2. 조업률 조사대상 선정을 위한 통계모형 구축

산업용 기업체의 특수일 전력사용 패턴을 보기위해 계약전력 1만kW 이상 산업용기업 634호의 '13년 추석연휴기간('13. 9. 16~9. 24) 사용량을 추출하여 일별 전기 사용 패턴을 변동계수를 이용하여 분석한 결과 표 2와 같이 전력사용량에 따라 연휴기간 동안 휴무 또는 근무 여부를 추정할 수 있는 결과를 얻었다. 단, 변동계수는 아래와 같다.[7]

$$CV = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n-1}} \cdot \frac{1}{\bar{x}} \quad (1)$$

단, n: 수용호수(호), x: 수용호수의 피크시 사용량(kW),  
 $\bar{x}$ : 수용호수의 피크시 사용량 평균(kW)

변동계수 분석 결과 휴일에도 거의 일정한 전력사용 패턴을 보이는 기업이 존재하는 것을 알 수 있었고, 전력사용량이 일정한 사업장임을 판단할 수 있는 기준 중에 하나가 변동계수(CV) 분석임을 알 수 있었다.

표 2 '13년 추석 연휴기간 휴무 여부 분석

Table 2 Analysis of Day-Off during '13 Chuseok

구분	빈도	비고
0.02 < CV < 0.1	260	연휴기간 중 휴무 없음 (평일대비 사용량 변화가 없음)
0.1 ≤ CV < 0.5	204	휴무 없고, 1~2일 일부휴가 (교대근무를 하는 사업장 등)
0.5 ≤ CV	170	3일 이상 휴무 (평일대비 사용량 변화가 큼)

변동계수 분석을 통해 사용량이 일정한 기업을 구분할 수는 있으나, 조업률 조사대상 기업 선정을 좀 더 계약적으로 진행하기 위해 변수를 추가하여 통계 모형을 구축하였다.

통계모형에 적용되는 변수는 EXCEL에서 용이하게 도출될 수 있는 통계 값으로 설정하여, 추후 재분석이 가능하도록 하였으며, 변수의 종류는

- ① 계약전력
- ② 최대전력(분석기간 중 최대치로 피크 시 시간당 전력 사용량)
- ③ 평균전력(분석기간 중 평균치로 시간당 평균 전력 사용량)
- ④ 표준편차(표본 집단의 표준편차) 등이다.

조사대상 선정(Y=1)을 종속변수로 하는 통계모형의 독립변수를 구성하기 위하여 다음과 같은 상대변수를 정의하였다.

$$X_1 = \frac{\text{평균 전력}}{\text{계약 전력}} \quad (2-1)$$

$$X_2 = \frac{\text{최대전력}}{\text{계약 전력}} \quad (2-2)$$

$$X_3 = \frac{\text{표준편차}}{\text{평균 전력}} = \text{변동 계수 (CV)} \quad (2-3)$$

$$X_4 = \frac{\text{표준편차}}{\text{최대전력}} \quad (2-4)$$

계약전력 5천kW 이상기업체 2,427호 중 데이터 누락이 없는 기업(표 3)을 대상으로 원점회귀 분석을 시행하였으며 원점회귀 분석 모형식은 식 (3-1), (3-2) 와 같다.

표 3 통계모형 분석대상 기업체 수

Table 3 Number of targeted companies for statistical model analysis

구분		설	하계	추석	비교월(5월)
'12	기간	1.18~1.28 (11일)	7.20~8.19 (31일)	9.25~10.5 (11일)	5.1~5.31 (31일)
	기업체 수	2,085	1,980	1,839	2,046
'13	기간	2.5~2.15 (11일)	7.20~8.19 (31일)	9.14~9.24 (11일)	5.1~5.31 (31일)
	기업체 수	2,166	2,060	2,133	2,079

$$[ Y_1 = X_1 K ] \quad (3-1)$$

$$[ Y_2 = X_2 K ] \quad (3-2)$$

여기서  $Y_1$  : 평균전력,  $Y_2$  : 최대전력,  $K$  : 계약전력,  $X_1, X_2$  : 파라미터로서 계약전력에 대한 평균전력 및 최대전력 사용량 비

### 3. 조사대상 후보기업체 선정 방법

분석결과 그림 4와 같이 계약전력 대비 최대전력 값과 평균전

력 값이 둘 다 상위 95%이상인 경우를 조사대상후보로 선정하였다. 이것은 계약전력대비 최대(피크)전력과 평균 사용량 비율이 사업체 전체 평균 보다 월등히 높은 경우를 조사대상후보로 선정함을 의미한다.

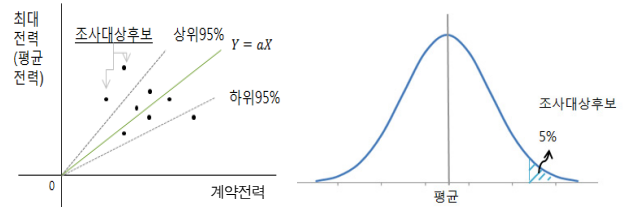


그림 4. 원점회귀분석 개념도[8]

Fig 4. Concept of regression analysis through origin

### 4. 최대전력 분석

계약전력과 최대전력 비율에 의한 조사대상 후보를 선정하는데 최대전력과 계약전력의 상관관계는 대부분 0.95를 초과하여 밀접한 상관관계가 있음을 알 수 있으며, 분석결과는 표 4와 같다.

표 4 최대전력 분석결과 상위 95% 이상 기업체 수

Table 4 Number of companies over top 95%

구분		기업체 수	계수 ( $X_2 K$ )	95%이상 기업체 수( $n_1$ )	구성비 (%)
'12	설	2,085	0.407	867	41.6
	하계	1,980	0.437	883	44.6
	추석	1,839	0.469	574	31.2
	비교월	2,046	0.447	787	38.5
'13	설	2,166	0.422	888	41.0
	하계	2,060	0.475	770	37.4
	추석	2,133	0.464	711	33.3
	비교월	2,079	0.449	804	38.7

비교 월인 5월의 계약전력대비 최대전력 사용량 비율(계수)은 2012년과 2013년이 각각 44.7%와 44.9%로 비슷하나, 2012년 특수일의 동비율은 추석(46.9%)을 제외하고는 설(40.7%)이나 하계(43.7%)가 오히려 낮게 나타났다. 이 의미는 계약전력 대비 5월에는 약 45%를 사용하는데 비해, 추석에는 47%, 설에는 41%, 하계기간에는 44% 대로 전력수요 피크기인 하계기간에 오히려 계약전력 대비해서 최대 전력 사용량은 크게 늘지 않은 점이 특이하다. 2013년 특수일의 동비율은 하계(47.5%), 추석(46.4%)은 비교월보다 높게 나타났으나, 설(42.2%)은 비교월보다 낮게 나타났다.

### 5. 평균전력 분석

계약전력과 시간당 전력 사용량 평균의 비율에 의해 조사대상 후보를 선정한 결과는 표 5와 같다.

비교 월인 5월의 계약전력대비 평균 시간당 전력 사용량 비율(계수)은 2012년 36.9%에서 2013년 38.1%로 소폭 증가하였으며, 비교월에 비해 특수일의 동비율이 2012년은 오히려 적게 나타났다.

대략적으로 평균 사용전력은 최대사용 전력에 비해 계약전력 대비 10% 정도 더 적게 사용하고 있는 특징을 고려할 때 차이가 크면 클수록 전력사용에 대한 변동성이 더 크고 예측가능성은 낮아질 수 있음을 알 수 있다.

2013년 특수일의 동비율은 하계(38.1%)와 추석(38.3%)은 비교월과 비슷한 수준으로 나타났으나 설(33.3%)은 낮게 나타나 전년 도 설과 비슷한 수준이다.

표 5 평균전력 분석결과 상위95%이상 기업체 수

Table 5 Number of companies over top 95%

구 분	기업체 수	계수 (X <sub>1</sub> K)	95%이상 기업체 수(n <sub>2</sub> )	구성비 (%)	
'12년	설	2,085	0.328	454	21.8
	하계	1,980	0.363	503	25.4
	추석	1,839	0.360	334	18.2
	비교월	2,046	0.369	516	25.2
'13년	설	2,166	0.333	514	23.7
	하계	2,060	0.381	472	22.9
	추석	2,133	0.383	344	16.1
	비교월	2,079	0.381	496	23.9

### 6. 조업률 반영 수요예측

#### 6.1. 조업률 조사대상 후보기업체 선정

조사대상 후보기업체는 최대전력 사용량 기준과 평균 사용량 기준 둘 다에 해당되는 기업체로 선정( $n_3 = n_1 \cap n_2$ ) 하였으며, 선정결과는 표 6과 같이 2013년의 경우, 설과 추석 특수일에는 각각 464개와 307개이며, 하계 특수일에는 415개로 선정되었다.

#### 6.2. 조업률 조사대상 기업체 선정

조업률 조사대상 기업체 선정식은

$$[H' = \text{int}(H + \alpha)] \tag{4}$$

이며, 여기서  $H' = 1$ 이면 조사대상 기업,  $H' = 0$ 이면 조사제외, 단,  $H' > 1$ 이면  $H' = 1$ 로 조정한다.  $H$ 는 통계모형의 추정치로 2013년 하계 특수일의 경우 -0.399~1.4048의 값을 나타내며,  $\alpha$ 는 조정계수로 반올림의 조정계수는 0.5이다.[8]

2012년과 2013년 특수일 및 비교 월의 전력사용특성을 이용하여 조업률 조사대상 기업체를 선정한 결과 대상 기업체 수는 조정계수가 커짐에 따라 증가하였다. 1차 분석에서 선정한 조사대상 후보군은 조정계수  $\alpha$  값이 약 0.55~0.60 사이 값이며, 조정계수가 증가할수록 조사대상 기업 수는 증가하였다.

표 6 조업률 조사대상 후보기업 선정 결과

Table 6 Result of selection of candidate companies for survey

구분	기업체 수	조사대상		
		기업체 수( $n_3$ )	구성비(%)	
'12년	설	2,085	414	19.9
	하계	1,980	471	23.8
	추석	1,839	276	15.0
	비교월	2,046	486	23.8
'13년	설	2,166	464	21.4
	하계	2,060	415	20.1
	추석	2,133	307	14.4
	비교월	2,079	479	23.0

표 7 조업률 조사대상 기업체 선정결과

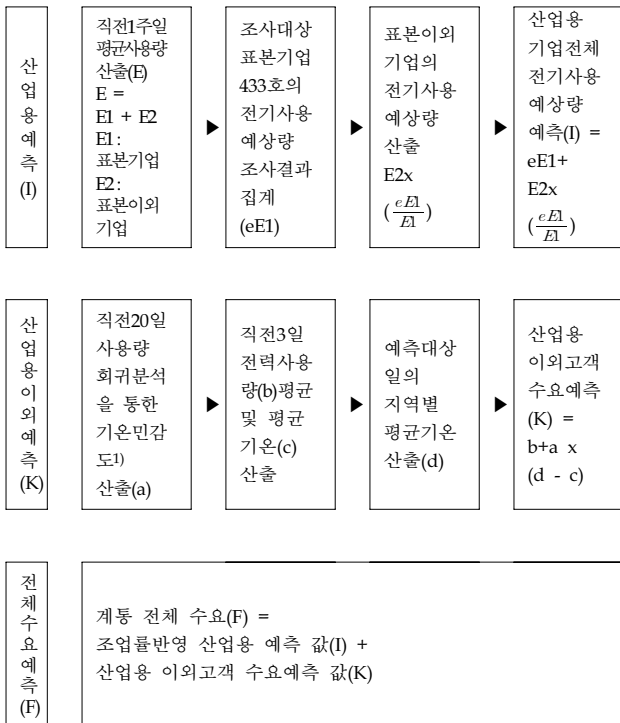
Table 7 Final selection for survey

구 분	2012년			2013년		
	후보 ( $n_3$ )	조정계수 ( $\alpha$ )	$\alpha=0.65$	후보 ( $n_3$ )	조정계수 ( $\alpha$ )	$\alpha=0.65$
설	414	415 (0.57)	480	464	464 (0.57)	618
하계	471	471 (0.55)	660	415	415 (0.55)	602
추석	276	276 (0.60)	347	307	307 (0.56)	433
비교월	486	488 (0.59)	606	479	479 (0.54)	667

계약전력 5천 kW 이상기업 2,427호 중 특수일 수요예측에 활용하기 위하여 조업률 조사가 필요한 기업은 '13년 기준으로 307호~464호 정도로 분석 되었으나, 수급상황 등을 고려하여 좀 더 보수적인 조사가 필요할 경우에는 조정계수를 0.65 이상으로 부여했을 때의 조사대상 기업 433호~618호의 조업률 조사를 진행하면 된다.

#### 6.3. 조업률 반영 수요예측 절차

수요예측 절차는 조업률을 조사한 표본기업체의 조업률을 적용하여 산업용 기업체 전체의 전력수요를 예측하고, 기온민감도를 적용하여 예측한 산업용 기업체 이외 종별의 수요예측 값과 합산하여 전체 수요를 예측하였다.



#### 6.4. 조업률 반영 수요예측 결과

앞장의 표 7에서 선정된 조업률 조사대상 기업체( $\alpha=0.65$ ) 433호의 조업률 조사결과를 특수일('14년 추석 연휴 및 연휴 ± 1일) 수요예측에 반영한 결과 표 8과 같이 예측오차 범위는 1.7%~3.8%로 양호하게 나타났다. 이는 최근 3개년 추석연휴기간 최대수요 예측오차 최대값 5.2%('11년 추석)보다 예측오차가 1.4% 개선되었으며, 세계 주요 전력계통 운영기관의 수요예측 오차율 운영기준인 1.3%~3.3%[9]와 비교하여도 크게 차이가 나지 않는 수준임을 알 수 있다.

**표 8** 조업률 반영 수요예측 결과('14 추석) [10]  
**Table 8** Result of load forecast using operating ratio ('14 Chuseok)

구 분	9.5(금)	9.8(월)	9.9(화)	9.10(수)	9.11(목)
예측(만kW)	6,600	4,600	4,950	5,600	6,450
실적(만kW)	6,714	4,493	4,767	5,402	6,516
오차(만kW)	114	107	183	198	66
오차율(%)	1.7	2.4	3.8	3.7	1.0

1) 기온이 1℃ 변화할 때 증감되는 전력수요량을 회귀분석을 통해 산출한 값

'14년 추석연휴기간 수요예측에 조업률 조사결과를 반영하였음에도 불구하고 9월 9일(화) 최대오차가 3.8%까지 발생한 것은 당시 예보기온(29.8℃) 보다 실제기온이 1.6℃ 낮아 기온차이에 의해 예측오차가 발생한 것으로 판단되며, 실제 기온에 따른 수요변화를 회귀식을 이용하여 계산해 보면 30℃ 범위에서 기온이 1℃ 변화할 때 전력수요는 약 110만 kW가 변화하는 것으로 계산되는데 이는 기온예보 오차만 없었다면 정확한 예측이라는 것을 알 수 있다. 이때 회귀방정식은  $Y = -0.2253\chi^2 + 15.503\chi - 156.13$ 이며, 결정계수  $R^2 = 0.92$ 이다.

#### 7. 결 론

본 논문은 연간 최대 오차가 발생하는 특수일의 수요예측 정확도를 향상하기 위해 기업체의 조업률 조사를 보다 더 효과적으로 시행할 수 있는 방법을 제시하였다.

산업용전력을 계약전력 구간별로 개별기업체의 특수일과 평상일의 전력사용 패턴을 분석하고, 조업률조사가 필요한 기업체를 선별하여 추석 연휴 기간 전·후에는 약 400개, 설과 하계휴가 집중기간에는 약 600개 기업체를 조업률 조사 대상으로 선정하였다.

선정된 기업을 대상으로 조업률 조사를 시행하여 '14년 추석연휴기간 전·후 수요예측에 반영한 결과 최대수요 예측오차 범위는 1.7%~3.8%로 추석휴일이 같은 요일인 월요일에 위치한 '11년과 비교해 보면 예측오차가 1.6% 개선되어('11년 추석연휴기간 최대오차 -5.4%) 특수일 최대수요 예측에 산업용전력을 사용하는 기업체에 대한 조업률조사가 효과가 있음이 입증 되었다. 또한 개선된 예측오차 1.6%를 예비력으로 환산해 보면 약 180만kW로, 수요예측 정확도 향상으로 100만kW급 원자력 발전소 2기에 해당하는 예비전력을 확보할 수 있는 효과가 있으므로 수요예측 정확도 향상이 전력수급 관리에서 매우 중요한 요소임을 알 수 있다.

하지만 현행 조업률 조사는 전화 또는, 방문 조사를 통해 이루어지고 있으며, 참여 기업에 대한 인센티브 제공이나, 조업계획과 다르게 사용한 기업에 대해 페널티를 부과하는 제도가 없어 조업률 조사 자체오차가 발생할 수 밖에 없으며, 조업률을 반영 하더라도 수요예측오차를 줄이는 데는 한계가 있을 수 밖에 없다.

향후보다 정확한 수요예측을 하기 위해서는 AMI (Advanced Metering Infrastructure)와 스마트그리드 등을 활용하여 실시간으로 수요를 분석하여 예측에 활용하고, 전력 사용자가 익일 사용량을 직접 입찰하는 수요입찰제도 등에 대한 지속적인 연구가 수행되어야할 것으로 사료된다.

#### Acknowledgement

This study was supported by the Research Program funded by the Seoul National University of Science and Technology.

## References

- [1] J. Park (2011). "Cause and Countermeasure of 9.15 Rolling Blackout" 2011 Parliamentary Audit Materials, Knowledge Economy Committee, National Assembly, p. 2
- [2] Korea Power Exchange 'Power Market Rules' 2012. pp. 16~19
- [3] Kyung-Bin Song, Jong-Hun Lim. (2013) "Short-Term Load Forecasting for the Consecutive Holidays Considering Businesses' Operation Rates of Industries", KIEE vol. 62, no. 12, pp. 1657~1660, 2013
- [4] S. J. Lee, D. H. Ahn. (2005) "Daily Load Forecasting including Special Days Using Hourly Relative Factors", Kiee Vol. 19, No. 5, pp. 94~102, July 2005
- [5] K. B. Song, Y. S. Baek, D. H. Hong, G. S. Jang(2005). "Short-term load forecasting for the holidays using fuzzy linear regression method", IEEE Transaction on Power Systems, Vol. 20, no. 1, pp. 96-101, Feb. 2005.
- [6] [http://home.kepco.co.kr/kepco/KO/ntcob/list.do?boardCd=BRD\\_000097&menuCd=FN050301](http://home.kepco.co.kr/kepco/KO/ntcob/list.do?boardCd=BRD_000097&menuCd=FN050301) The Monthly Report on Major Electric Power Statics Vol. 434(2014.12) pp. 78~103
- [7] Jung Hoon Lee. "Statistical Design of CV-CUSUM Control Chart Using Fast Initial Response" Journal of Korean Society for Quality Management, 2010/v38, pp. 313~320
- [8] KEPCO Economy & Management Research Institute (2014) "A Study on Accuracy Improvement for Reflecting Operation Rates of Industries on Special Days" pp. 44~50

## 저 자 소 개



### 임 남 식 (Nam-Sik Lim )

1967년생. 수도전기공업고등학교 전기과 졸업. 서울과학기술대학교 전기공학과 졸업. 서울과학기술대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1990년 한국전력공사 입사. 한국전력 경기북부분부 배전계획담당 차장. 구리지사 배전운영담당차장. 본사 전력수급처 수요예측 담당차장. 에너지효율 담당차장



### 이 상 중 (Sang-Joong Lee)

1955년생. 부산공업고등전문학교 전기과 5년 졸업. 성균관대학교 전기공학과 졸업. 충남대학교 대학원 졸업(박사). 1987~1988년 PSEC 수료(Power System Engineering Course, GE Research Center in Schenectady, NY). 1976년 한국전력 입사. 1988~1996 한전전력연구원 계통연구실. 1995년 한전전력연구원 수화력발전연구실 부장. 1996년 한전 보령화력본부 복합시운전, 제어계측부장. 1998년~현재 서울과학기술대학교 전기정보공학과 교수.