

확률분포를 이용한 도서지역 최대부하 예측

조인승, 이창호
한국전기연구원

Peak Load Forecasting of Remote Islands Using Probability Distribution

Jo, In Seung, Rhee, Chang-Ho
Korea Electrotechnology Research Institute(KERI)

I. 서론

최근 농어촌 전화축진법의 개정에 따라 전기사업자(향후 배전사업자)가 인수하여 운영할 도서가 현행 8개 도서에서 수용호수 50호 이상 63개 도서로 확대되었으며, 2003년 이후에는 수용호수 10가구 이상 100 여개 도서 이상으로 대폭 확대될 것으로 전망되어, 향후 국가 에너지산업에 있어서의 도서지역 전력사업의 비중은 크게 증가될 전망이다.

따라서 도서지역 설비계획도 향후 본토 전력수급기본계획과 연계한 과학적이고 체계적인 수급관리 및 운영체계 정립이 요구되고 있으며, 특히, 계통규모별 최적전원 구성방안 및 예비력 확보기준 설정 등 경제성 개념을 도입한 설비계획 수립이 필요한 시점이다.

계통비연계 도서지역에 대한 수급계획의 전제조건으로서 향후 각 도서별 전력수요가 예측되어야 한다. 그러나 이러한 도서들의 전화기간이 비교적 단기간일뿐만 아니라, 체계적인 자료정비시스템의 미비로 과거의 수급실적 지표 및 지역경제지표의 입수에 대한 제약을 받고 있다. 아울러, 도서지역의 전력수요는 향후 관광목적의 사업시설, 공공시설 등 대규모 지역개발 등에 따라 영향을 받게 되므로 이들 변수에 대한 정확한 식별이 전제되어야 하는 어려움이 있다.

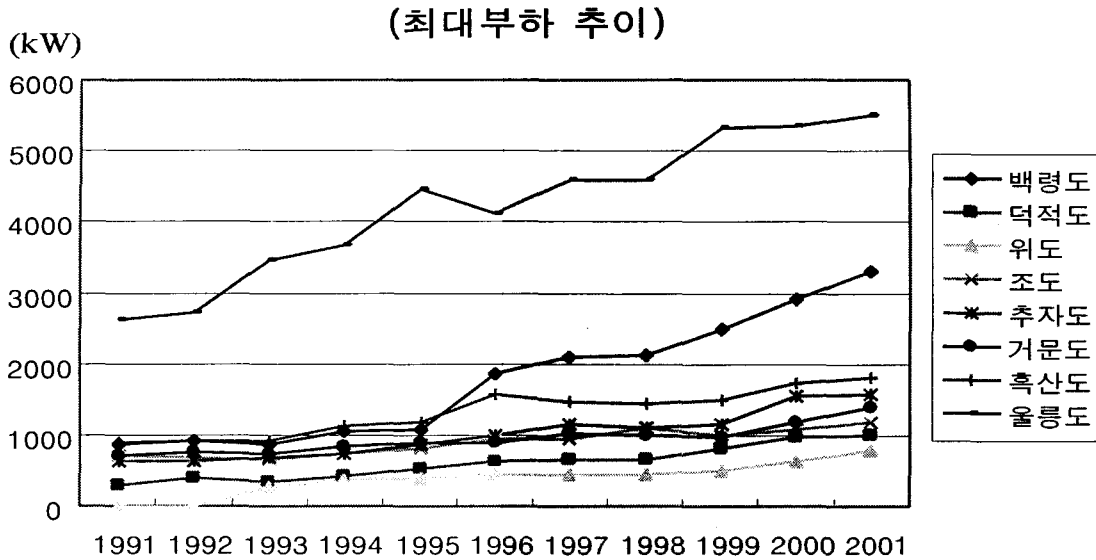
본 논문에서는 이러한 도서지역의 최대부하를 예측하는 방법론의 하나로서 각 도서의 온도 및 계절별 대표일의 시간대별 부하 등 기타 이용가능한 지표를 활용하여 각 지표의 확률분포를 이용한 최대부하예측 방법을 검토하였다.

II. 국내 주요도서별 전력수급지표

1. 연간 최대부하 실적

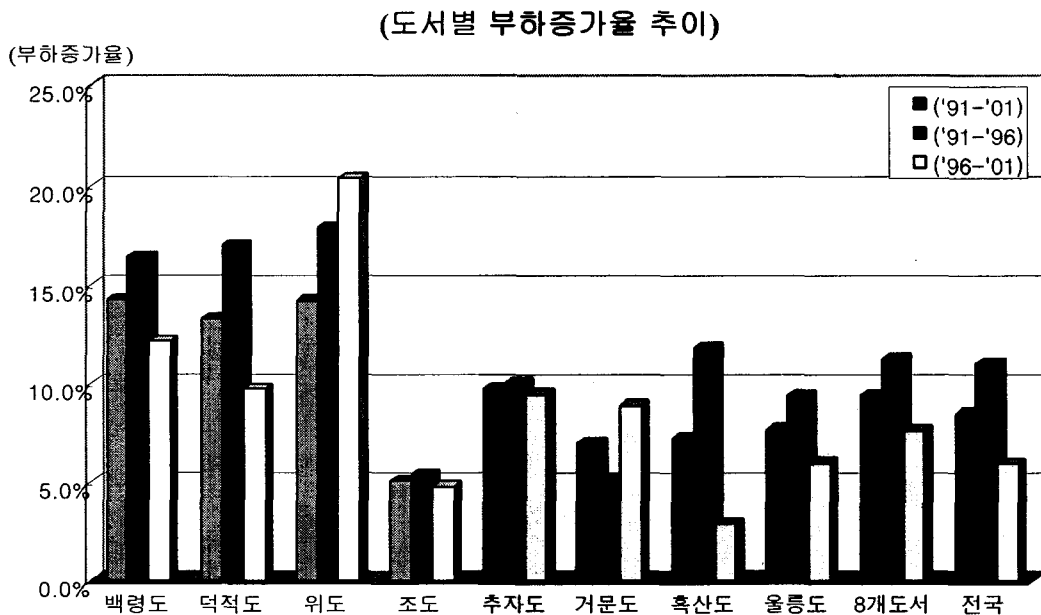
8대 도서의 최대부하는 2001년에 800kW~5500kW 규모로 최근 10년간 전체 규모로 볼 때 약 2배에서 3.5배정도로 확대되었다. 이는 최근 최근 소득수준 향상으로 인한 가

전기기 및 냉방설비 증가 및 어업 및 농사용 가공설비 증가에 따른 전력수요 증가에 기인하는 것으로 추정된다.



최대부하 증가율 추이를 보면 8개 도서는 지난 10년간 평균 최대부하 증가율은 9.4%로 동기간 전국 평균치인 8.5%보다 다소 높게 나타났으며, 지역별로 보면 지난 10년간 백령도, 위도의 부하 증가율은 14.2%로 8개 도서 평균인 9.4%에 비해서도 높은 수준이며, 반면에 조도는 5.1%로 부하 급증지역에 비해서는 낮은 성장률을 보이고 있음을 알 수 있다.

최근 5년동안을 보면, 위도의 부하증가율이 20.4%로 전국 평균 6.0%에 비해서 매우 높은 수준이며, 반면에 흑산도는 동기간 부하증가율이 2.9%에 그치고 있다. 반면에, 덕적도, 추자도, 거문도 등은 도서 평균에 비해서 최대부하 증가속도가 다소 빠른 편으로 나타났으며, 울릉도나 조도 등은 비교적 부하 증가속도가 비교적 낮은 것으로 나타났다.



<표 1> 도서별 계절별 부하의 일중 변동 패턴

| 구분 | 일중 절대 변동치 (kw) | | 일중 상대 변동치 (%) | |
|-----|----------------|-------|---------------|------|
| | 평균 | 표준편차 | 평균 | 표준편차 |
| 거문도 | 234.8 | 64.2 | 39.5 | 9.1 |
| 덕적도 | 150.5 | 58.9 | 42.4 | 12.7 |
| 백령도 | 794.4 | 142.0 | 47.0 | 5.4 |
| 울릉도 | 1201.4 | 254.5 | 63.5 | 9.7 |
| 위도 | 117.9 | 25.5 | 50.1 | 9.5 |
| 조도 | 239.2 | 56.8 | 44.6 | 11.8 |
| 추자도 | 324.7 | 84.8 | 50.0 | 9.0 |
| 흑산도 | 394.1 | 99.0 | 44.0 | 7.9 |

주 : 일중 절대 변동치는 일중 최대치와 최소치의 절대적 차이이며, 일중 상대 변동치는 일중 절대 변동치를 일중 평균으로 나눈 비율의 백분을 값임.

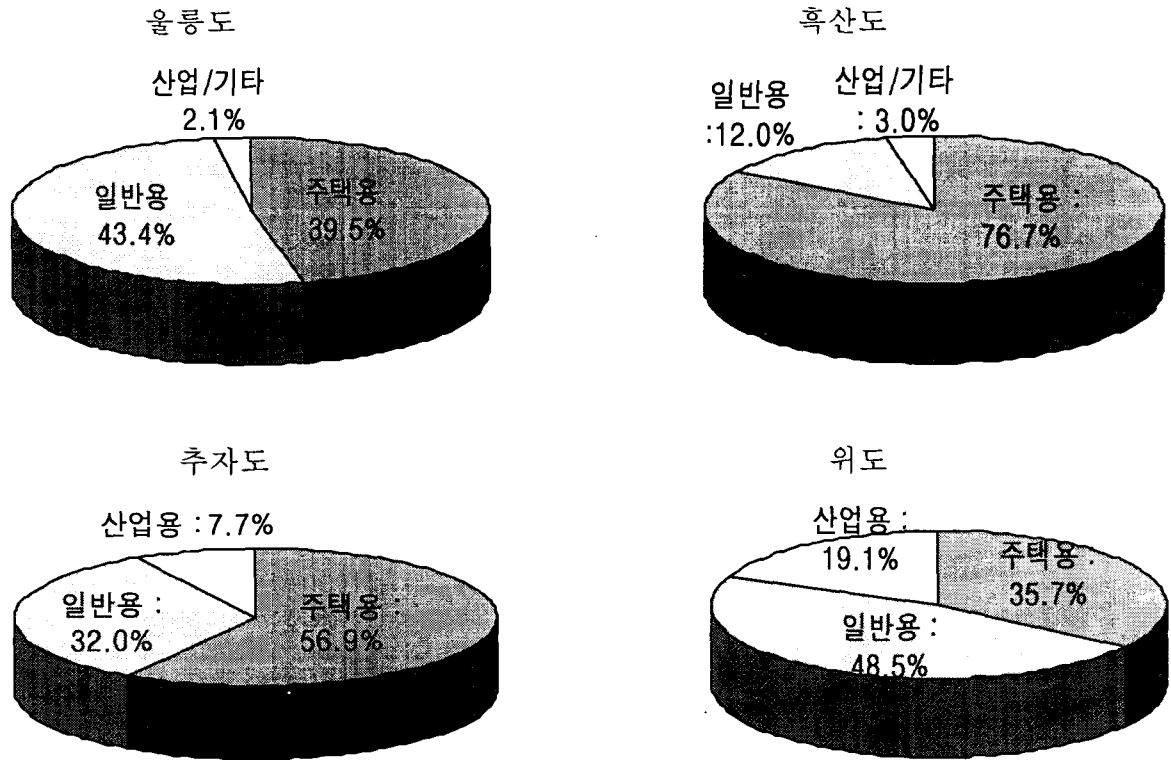
3. 전력소비 실적

용도별 전력소비 실적<표 2, 그림 1>을 보면, 흑산도 및 추자도는 주택용 전력소비비중이 76%, 57%로 타 도서에 비하여 높은 반면에, 울릉도, 위도는 일반용 소비비중이 각각 43%, 49%로 비교적 높은 것으로 나타났다.

한편, 거문도, 조도, 덕적도는 산업용/기타 전력소비비중이 비교적 높게 나타났다.

<표 2 > 8개 도서별 전력소비실적 및 점유율 (1999년)

| 구분 | 울릉도 | 흑산도 | 추자도 | 거문도 | 조도 | 덕적도 | 위도 |
|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| 주택용 | 7289 (39.5%) | 5685 (76.7%) | 2274 (56.9%) | 1653 (42.0%) | 2119 (57.4%) | 927 (27.2%) | 730 (35.7%) |
| 일반용 | 8008 (43.4%) | 889 (12.0%) | 1277 (32.0%) | 984 (25.0%) | 256 (6.9%) | 1256 (36.8%) | 990 (48.5%) |
| 산업용 /기타 | 3175 (17.2%) | 837 (11.3%) | 443 (11.1%) | 1299 (33.0%) | 1319 (35.7%) | 1230 (36.0%) | 323 (15.8%) |
| 합계 | 18472 | 7411 | 3994 | 3936 | 3694 | 3413 | 2043 |



<그림 1> 8개 도서의 용도별 전력소비점유율 비교 (1999년)

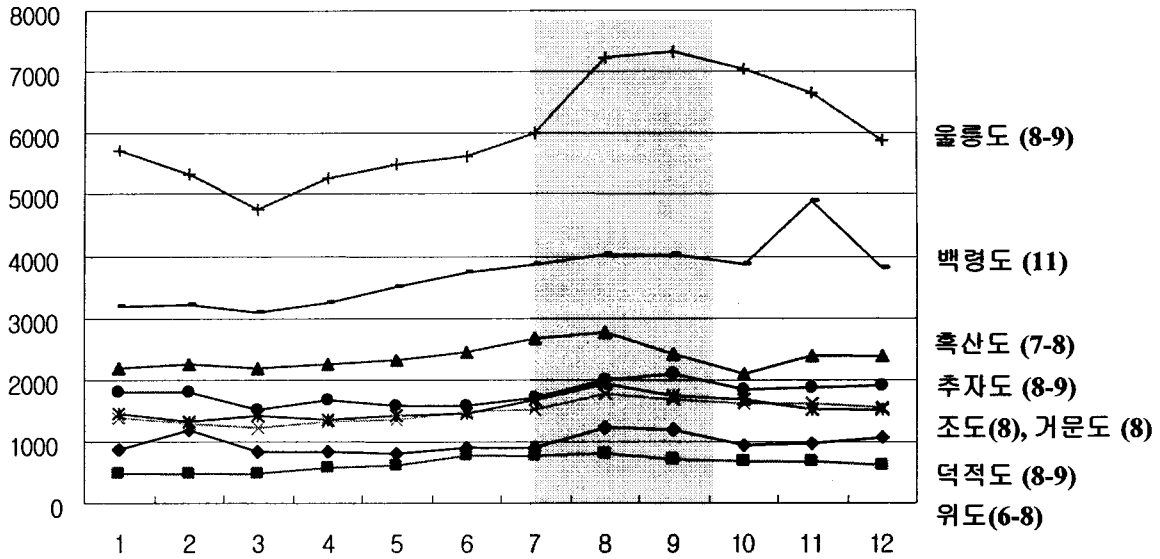
각 도서별 월별 전력소비 패턴 <표 3, 그림 2>을 보면 대부분의 도서는 8-9월 경에 전력소비가 가장 많은 것으로 나타나고 있으나, 백령도는 11월 중의 전력소비가 가장 많이 나타나고 있음을 알 수 있다. 백령도의 경우에는 가을철 농사용 건조기 부하사용량 집중에 기인하고 있는 것으로 추정되고 있다.

도서별 전력소비의 월별 편차 (최소대비 최대월)는 위도와 백령도가 각각 2배정도로 가장 높은 편이며, 반면에 흑산도, 추자도의 월 편차는 낮게 나타났다.

<표 3> 2000년 도서별 월간전력소비 패턴

| 구분 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 최대 | 최소 | 편차 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 덕적도 | 0.89 | 1.22 | 0.86 | 0.87 | 0.84 | 0.92 | 0.93 | 1.25 | 1.21 | 0.95 | 0.98 | 1.08 | 1.25 | 0.84 | 1.5 |
| 위도 | 0.75 | 0.75 | 0.77 | 0.92 | 0.98 | 1.21 | 1.22 | 1.25 | 1.11 | 1.04 | 1.04 | 0.96 | 1.25 | 0.75 | 1.7 |
| 흑산도 | 0.93 | 0.96 | 0.93 | 0.95 | 0.98 | 1.03 | 1.14 | 1.17 | 1.02 | 0.89 | 1.01 | 1.01 | 1.17 | 0.89 | 1.3 |
| 조도 | 0.93 | 0.88 | 0.82 | 0.89 | 0.91 | 1.00 | 1.03 | 1.20 | 1.12 | 1.09 | 1.09 | 1.04 | 1.20 | 0.82 | 1.5 |
| 거문도 | 0.94 | 0.87 | 0.92 | 0.88 | 0.92 | 0.94 | 1.08 | 1.26 | 1.13 | 1.09 | 0.99 | 0.99 | 1.26 | 0.87 | 1.4 |
| 추자도 | 1.02 | 1.01 | 0.85 | 0.94 | 0.88 | 0.89 | 0.96 | 1.13 | 1.18 | 1.04 | 1.05 | 1.06 | 1.18 | 0.85 | 1.4 |
| 울릉도 | 0.95 | 0.88 | 0.79 | 0.87 | 0.91 | 0.93 | 1.00 | 1.20 | 1.22 | 1.17 | 1.10 | 0.98 | 1.22 | 0.79 | 1.5 |
| 백령도 | 0.86 | 0.87 | 0.84 | 0.88 | 0.95 | 1.00 | 1.04 | 1.08 | 1.08 | 1.04 | 1.32 | 1.02 | 1.32 | 0.84 | 1.6 |

(월별 전력소비 패턴)



<그림 2> 2000년 도서별 월간전력소비 패턴

Ⅲ. 확률분포에 의한 전력수요예측

1. 방법론

가. 기본개념

연중 최대전력부하를 예측하는 데는 여러 가지 방법이 있다. 첫째, 최대부하 자료만을 이용하여 추정모형을 만들어서 최대부하를 예측하는 방법과 둘째, 정상적인 전력부하자료를 이용하여 실제로 연간 최대부하가 발생하는 확률을 계산하고 이러한 확률에 의거하여 최대부하를 예측하는 방법이 있다.

전자의 방법은 자료의 한계로 인하여 이상치가 존재할 경우 문제가 발생할 수 있으며, 후자의 방법은 실제 최대부하가 이상치에 의하여 발생할 경우 예측할 수 없다는 단점을 지니고 있다.

최대부하 발생확률은 기준모형의 예측치가 일중 최대부하의 평균치라는 가정 아래서 실제 발생한 최대부하의 확률값을 계산한 것으로서, 기준모형의 관점에서 실제로 발생한 부하수준 이상으로 최대부하가 발생할 확률이라고 해석될 수 있다.

· 확률값은 $\Pr\{z \geq X\}$ 단, $X = \frac{Y_{real} - \hat{Y}}{\sigma(\hat{Y})}$

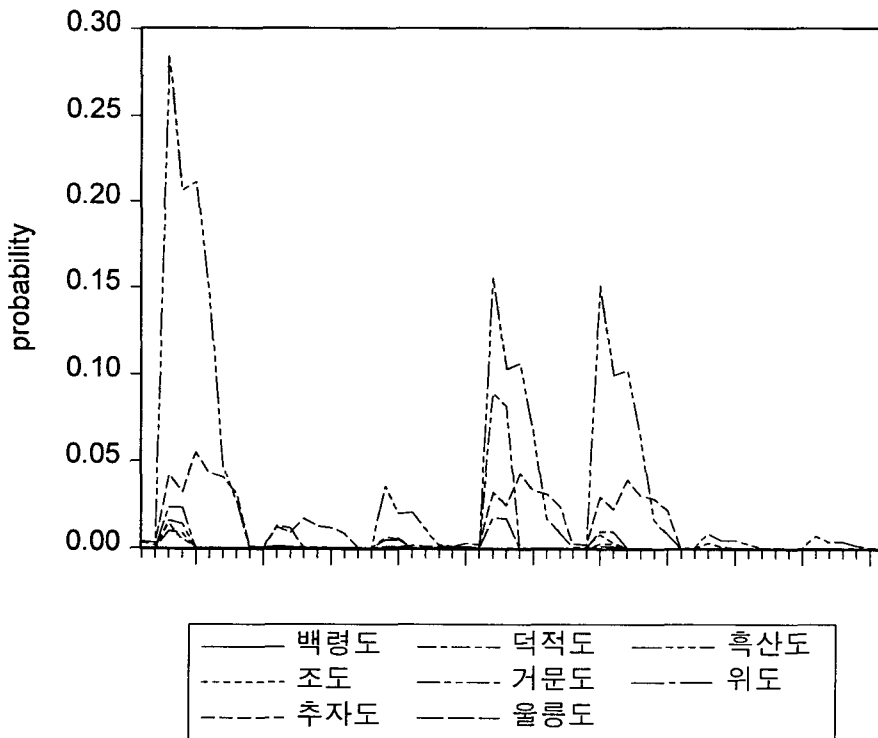
단, Y_{real} 은 실제 발생한 최대부하의 값

\hat{Y} 은 추정치, $\sigma(\hat{Y})$ 는 추정치의 표준편차

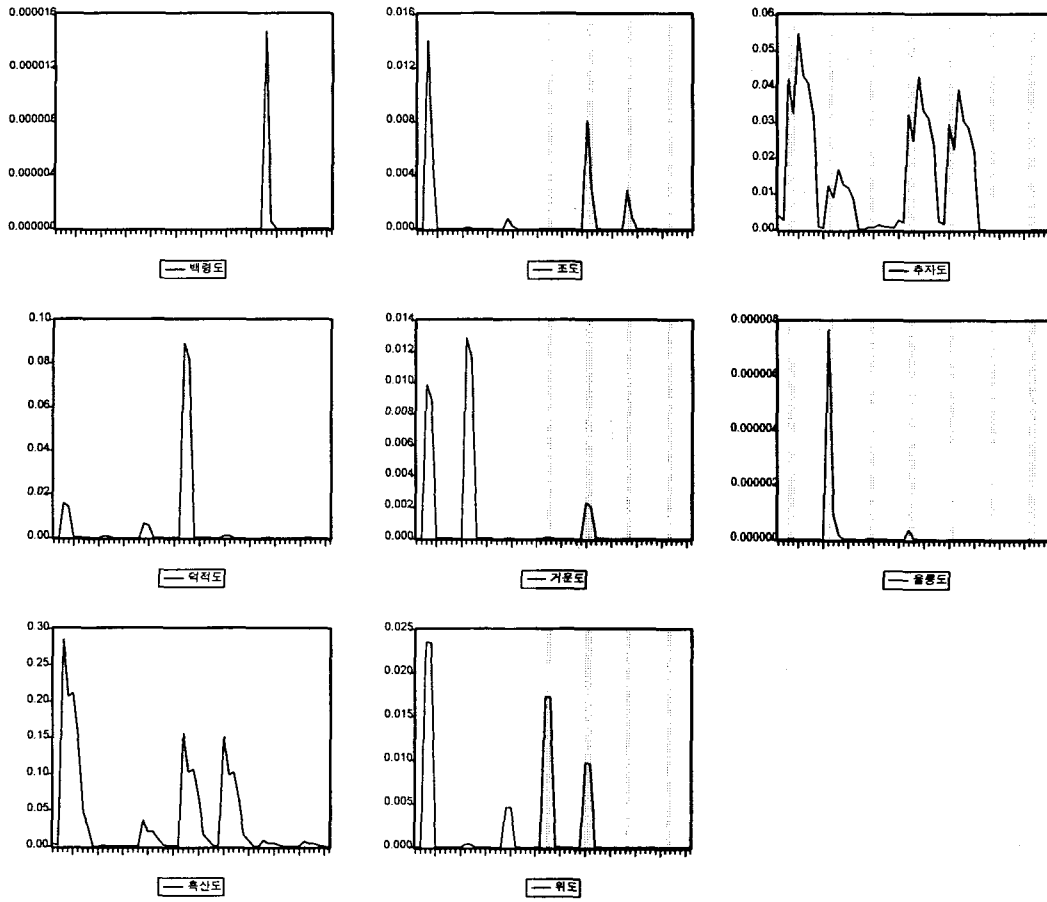
나. 도서별 최대부하 확률분포

계산 확률로 살펴보면, 실제 연간 최대부하는 여름철에 발생할 확률이 절대적으로 높음을 알 수 있다. 기준 모형의 관점에서 판단할 때, 최대부하는 여름철에 0.02정도 이상의 확률로 시현될 수 있음을 보여주고 있다.

흑산도는 기준모형에서 일중 최대치를 기준으로 0.3의 확률로 실제 최대부하가 시현되었으며, 덕적도, 추자도, 위도 등이 상대적으로 높은 확률로 최대부하가 시현되었을 알 수 있다. 그러나 백령도, 울릉도 등은 기준모형으로 최대부하를 예측하기가 힘든 것으로 나타났다.



<그림 3> 기준모형으로 판단한 실제 최대부하의 발생 확률(1)



<그림 4> 기준모형으로 판단한 실제 최대부하의 발생확률(2)

2. 연간 최대부하와의 격차

기준모형으로 측정한 실제 최대부하 발생확률이 낮은 이유는 기본모형이 근거를 두고 있는 자료와 실제 연간 최대부하가 상당한 격차를 보이고 있기 때문이다.

기본적으로 도서 지역은 일중 전력부하의 격차가 심할 뿐만 아니라 계절적 변화도 상대적으로 심하기 때문에 최대부하의 예측시, 기준 자료에서 발생한 연간 최대부하와 실제 연간 최대부하의 분포에 관한 고려를 하여야 한다.

기준 자료의 연간 최대부하의 값과 실제 연간 최대부하의 값은 울릉도가 절대치의 관점에서나 상대치의 관점에서나 제일 큰 것으로 나타났고, 다른 도서도 10% 이상의 차이를 시현하였으며, 어느 한 것도 기준자료의 연간 최대부하가 실제 연간 최대부하보다 높은 경우가 없는 것으로 추정되었다.

<표 4> 기준 자료 최대부하와 실제 연간 최대부하의 차이 (2000)
(단위: kw)

| 구분 | 평균 | 표준편차 |
|-----|--------|-------|
| 거문도 | 154.4 | 66.7 |
| 덕적도 | 132.6 | 49.1 |
| 백령도 | 312 | 33.9 |
| 울릉도 | 1774.2 | 602.7 |
| 위도 | 82.7 | 35.4 |
| 조도 | 166 | 63.8 |
| 추자도 | 222.3 | 62.3 |
| 흑산도 | 249.9 | 149.0 |

3. 기준모형의 추정

가. 변수설명

- 추정기간: 1995년 - 2000년
- 자료는 계절별로 주중, 주말 시간대별 최대부하자료
- 변수명
 - HMEAN : 시간대별 최대부하의 일중 평균부하
 - HMIN : 시간대별 최대부하의 일중 최소부하
 - HMAX : 시간대별 최대부하의 일중 최대부하
 - WEEK : 주중 = 1, 주말 = 0
 - YEAR : 연도
 - D(1) : 여름 더미
 - D(2) : 가을 더미
 - D(3) : 겨울 더미
- 기본 추정모형

$$HMEAN = C(1)+C(2)D(1)+C(3)D(2)+C(4)D(3)+C(5)YEAR+C(6)WEEK$$

나. 추정결과

8대 도서의 시간대별 전력 부하 자료를 이용하여 각 종 효과를 추출하여낼 수 있도록 기준 모형을 설정시 다음과 같은 점을 고려 하였다.

- 계절효과를 추정하기 위하여 계절 더미 변수(dummy variables)를 사용
- 기본적인 전력부하의 연도별 증가효과를 측정하기 위한 연도변수를 사용
- 주말과 주중의 차이를 식별하여 추정

기준모형의 추정결과 대체로 안정적인 관계를 시험하고 있는 것으로 나타났다. 각 도서지역의 경우, 예상과는 달리 상기의 세가지 효과에 의하여 상당부분 설명이 가능하고 오차분석 결과 극심한 이상치(outlier)는 존재하지 않은 것으로 나타났다.

<표 5> 거문도의 최대부정 기본모형 추정결과 (예)

| 구분 | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|------|-------------|------------|-------------|--------|
| C(1) | -22282.80 | 7534.399 | -2.957475 | 0.0051 |
| C(2) | 136.8773 | 18.62130 | 7.350577 | 0.0000 |
| C(3) | 59.67708 | 18.20198 | 3.278604 | 0.0021 |
| C(4) | 39.04861 | 18.20198 | 2.145295 | 0.0379 |
| C(5) | 11.42227 | 3.771929 | 3.028230 | 0.0042 |
| C(6) | 5.309624 | 13.01984 | 0.407810 | 0.6855 |

R-squared 0.616877
 Adjusted R-squared 0.570155
 Durbin-Watson stat 1.337147

3. 최대부하의 예측치

기준모형을 중심으로 하여 예측된 여름철 최대치와, 실제 연간 최대부하와 자료의 연간 최대부하의 차이의 평균을 합산하여 연간 최대부하는 예측할 수 있다.

이러한 예측 값에 추정치의 분포와, 최대부하의 자료값과 실적값의 차이의 분포를 이용하여 확률적 예측을 수행하면 된다.

여기서는 예측값의 분포는 t-분포를 하게되나, 최대부하의 자료 값과 실적값의 차이분포가 정규분포를 한다는 가정을 고려하여 공히 정규분포를 한다는 가정을 하고 확률값을 계산하였다.

실제 발생한 최대부하는 어느 특정 일의 특정 시간에 발생한 최대부하임. 기준 모형이 평균적이 최대부하의 값이라고 한다면, 연간 최대부하는 발생 희박한 현상일 수 있음. 확률적 접근은 어느 정도의 위험을 감수하고 최대부하에 대응하느냐 하는 질문에 효율적인 대답을 줄 수 있다. 따라서 점 추정 및 예측 방법보다는 확률적 접근을 하는 것이 경제적인 대처 방안 마련에 도움을 줄 수 있다고 판단된다.

<표 6> 2.5%의 확률로 시현될 최대부하의 값

(단위: kw)

| 구분 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|
| 거문도 | 1264.4 | 1279.2 | 1294.2 | 1309.6 | 1326.3 |
| 덕적도 | 1175.4 | 1237.7 | 1300.3 | 1363.3 | 1426.7 |
| 백령도 | 3549.3 | 3754.3 | 3959.7 | 4165.6 | 4372.0 |
| 울릉도 | 5438.0 | 5579.4 | 5720.7 | 5862.1 | 6003.5 |
| 위도 | 898.3 | 921.1 | 944.1 | 967.3 | 1090.8 |
| 조도 | 1407.3 | 1450.4 | 1493.9 | 1537.7 | 1581.9 |
| 추자도 | 1736.9 | 1806.3 | 1876.4 | 1947.2 | 2018.6 |
| 흑산도 | 2050.6 | 2437.2 | 2503.2 | 2570.1 | 2637.9 |

IV. 결론

상기의 예측모형은 계절별 시간대별 부하자료를 토대로 연간 최대부하가 발생하는 확률을 계산하고 이러한 확률에 의거하여 최대부하는 예측하는 방법으로, 시간대별 부하자료의 정비가 잘되어 있는 경우에는 단기간의 예측에 사용할 수 있다.

그러나 이 모형은 도서의 지역경제 및 기타 지역개발 정보를 이용할 수 없다는 단점이 있다. 따라서 이러한 모형이 갖고 있는 단점을 보완하기 위하여 전력공급계획설정시 필요한 각 주요 변수의 확률분포를 계산함으로써 경제적 공급계획을 수립하고 효율적 경영전략을 수립할 수 있도록 기본적 자료를 생성하는 의태분석(simulation analysis)을 통하여 예측모형이 보완되어야 할 것이다.

추후에는 도서지역의 다양한 특성을 포괄하는 일반 모형을 설정하고 다양한 특성을 사후적으로 고려하여 구체적 특성에 따른 수요를 예측할 수 있도록 모형의 유연성을 확보하는 방법의 적용을 검토하도록 해야 할 것으로 보인다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전기연구소, 한국전력공사, "구입전력의 적정수준과 효율에 관한 연구", 1993.
- [2] 한국전력기술주식회사, "소도시 장기전력 수급계획용 자료조사-수요예측보고서", 1995. 6
- [3] 한국전력공사, "소도시 전력사용 실태조사 연구", 1997. 10
- [4] 한국전기연구원, "도서지역 전력수요예측 및 수급계획 수립방안 연구", (연구중)