

ARIMAX 모형을 활용한 전력수요 예측에 관한 연구

심헌*

한국폴리텍대학 인천캠퍼스 전기공학과 교수

A Study on Electricity Demand Forecasting Using the ARIMAX Model

Hun Shim*

Electric Engineer Professor of Incheon Campus of Korea Polytechnics

요약 본 한국전력거래소의 계약종별 전력소비량을 기초 자료로, 전력수요를 정량적으로 예측하는 모델에 대하여 연구하였다. 실질 GDP 성장률, 산업생산지수, 전기요금 실질지수, 냉·난방도지수, 데이터센터·전기차 확산 등 주요 변수를 종합적으로 반영하기 위해 ARIMAX(Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables) 모형을 구축하였다. 모델의 최적 차수는 AIC와 BIC, Ljung-Box 검정을 통해 결정하였으며, MAPE 2% 이하, RMSE 8TWh 이내의 높은 예측 정확도를 확보하였다. 기본 시나리오에서 2034년 총전력수요는 약 625TWh로 전망되며, 데이터센터와 전기차 확산 속도에 따라 ± 25 TWh 범위의 불확실성이 존재한다. 특히 산업과 상업·서비스 부문이 전체 증가분의 약 75%를 차지할 것으로 나타나, 향후 수요 관리와 효율 향상이 정책의 핵심 과제로 부상한다. 본 연구 결과는 전력수급기본계획, 산업 및 전기차 충전 인프라 구축, 계통 유연성 확보 등 다양한 정책·산업 분야의 중장기 의사결정에 활용될 수 있다.

주제어 : 전력수요 예측, 외생변수, 시계열 예측모형, 전력수급계획, 통계적합도 지표, 시계열 검증

Abstract Based on Korea Power Exchange's electricity consumption data by contract type, this study quantitatively forecasted Korea's electricity demand. To comprehensively incorporate key explanatory variables such as real GDP growth rate, industrial production index, real electricity price index, cooling/heating degree days, and the expansion of data centers and electric vehicles, an ARIMAX (Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables) model was developed. The model's optimal order was determined using the AIC and BIC criteria and the Ljung-Box test, achieving high predictive accuracy with a MAPE of less than 2% and RMSE within 8TWh. Under the baseline scenario, total electricity demand in 2034 is projected to reach approximately 625TWh, with an uncertainty range of ± 25 TWh depending on the pace of data center and electric vehicle adoption. Notably, the industrial and commercial/service sectors are expected to account for about 75% of the total increase, highlighting demand management and efficiency improvement as key policy priorities. These findings can inform mid to long term decision-making in areas such as the Basic Electricity Supply and Demand Plan, industrial and EV charging infrastructure development, and power system flexibility enhancement.

Key Words : Electricity Demand Forecast, ARIMAX, Basic Electricity Supply and Demand Plan, AIC, BIC, Ljung-Box

*교신저자 : 심헌(hshim@kopo.ac.kr)

접수일 2025년 09월 09일 수정일 2025년 10월 01일 심사완료일 2025년 10월 08일

1. 서론

대한민국은 에너지 전환과 디지털 전환이 동시에 가속화되는 복합적 전력환경에 직면해 있다[5]. 재생에너지 확대와 화석연료 감축을 통한 탄소중립 목표가 병행 추진되면서 전력공급 포트폴리오가 근본적으로 변화하고 있다. 그러나 원자력 발전의 신규 건설은 막대한 초기 투자비와 장기 건설기간, 사용후핵연료 처리와 안전 문제 등으로 인해 경제성과 환경·안전성 측면에서 부적합하다는 지적이 꾸준히 제기되고 있다[13].

동시에 데이터센터와 인공지능(AI) 연산, 전기차(EV)와 디지털기기 등 전기 수요가 급증하면서 전력계통 운영에는 세 가지 구조적 부담이 나타난다. 첫째는 급격한 수요 변동성 증대이다. 대규모 데이터센터는 계절과 시간대에 따른 냉각 부하가 크고, AI 학습 작업은 짧은 시간에 대전력을 집중적으로 소모해 부하 곡선의 피크와 램프를 심화시킨다. 전기차 충전도 특정 시간대에 집중되면 일시적 부하 급증을 야기한다[11][12]. 둘째는 분산형·양방향 전력 흐름의 확산이다. 태양광, 풍력 등 재생에너지가 급증하면서 전력은 중앙집중형 발전에서 양방향으로 흐르게 되며, 이는 배전망의 역전류와 전압 불안정, 계통 주파수 제어의 난이도를 높인다[5]. 셋째는 예비력 및 계통유연성 확보 비용의 상승이다. 수요 변동과 간헐성 증가에 대응하기 위해 추가적인 예비 발전설비와 대규모 에너지저장장치(ESS), 빠른 부하 추종이 가능한 가스복합발전의 역할이 필수적이지만, 이는 운영 비용을 크게 높인다[9][10].

이처럼 새로운 수요원과 간헐적 공급원의 확대는 단순히 부하가 늘어나는 수준을 넘어 실시간 예측·제어와 유연한 전력시장 운영을 필수적으로 요구하고 있다. 따라서 향후 10년을 내다보는 정확한 전력수요 예측이 전력 계획 수립, 설비투자 결정, 시장가격 안정화, 탄소중립 정책 이행의 핵심 조건으로 부상한다.

본 연구는 이러한 문제의식을 바탕으로 2001~2024년 한국전력거래소 계약종별 전력소비량을 기초 자료[1]로 삼아 2025~2034년 전력수요를 전망하였다. 연구는 단순 추세 연장 방식에서 벗어나 시계열 분석과 계량경제 모델을 통합하는 방법론을 채택했다. 구체적으로, 전력수요에 영향을 미치는 실질 GDP 성장률, 산업생산지수, 전기요금 실질지수, 냉·난방도지수, 데이터센터·전기차 확산 등의 변수를 수집·실질화한 후, ARIMAX (Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables) 모델을 활용하여 장기 추세와

단기 변동을 동시에 반영하였다[15]. 예측의 신뢰성을 높이기 위해 2001~2022년을 학습 구간, 2023~2024년을 검증 구간으로 설정하고, 평균절대백분오차(MAPE), 평균제곱근오차(RMSE) 등 다양한 통계 검정을 수행하였다. 또한 기본, 상향(High-IT), 하향(Efficiency/Price) 세 가지 시나리오를 설계하여 경제 성장, 데이터센터 부하, 효율 향상과 전기요금 변동 등 미래의 불확실성을 체계적으로 반영하였다.

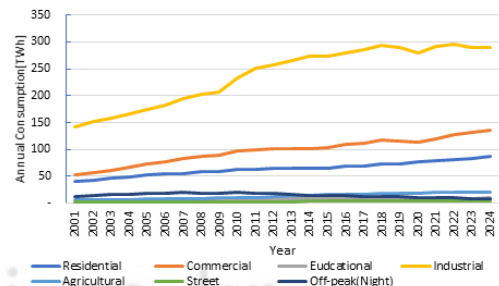
2. 본론

2.1 데이터와 기초 통계

본 연구는 한국전력거래소의 계약종별 전력소비량(2001~2024)을 기본 자료로 활용하였다[1]. 이 자료는 주택용(Residential), 일반용(Comercial), 교육용(Educational), 산업용(Industrial), 농사용(Agricultural), 가로등(Street), 심야(Off-peak) 등 세부 용도로 구분되며 24개년의 국가 총전력소비량을 포함한다. 총전력소비비는 2001년 약 2.58×10^8 MWh에서 2024년 약 5.50×10^8 MWh로 증가하여 연평균 약 3.35% 성장하였다. 최근 10년간(2015~2024) 성장률은 약 1.43%로 둔화하였다. 2024년 기준 부문별 비중은 산업용 52.6%, 일반용 24.5%, 주택용 15.8%, 기타(교육·농사용·가로등·심야) 합계 약 7% 수준으로 나타났다.

2.2 연구방법과 산출 방식

전력수요의 중장기 예측은 데이터 수집, 전처리, 모형 구축, 10년 시나리오 예측 및 검증의 네 단계를 거쳐 수행하였다. 먼저 2001년부터 2024년까지의 계약종별 전력소비량과 한국전력공사 전력통계[2][4]를 통합해 총전력소비를 계산[3]하고, 이를 실질화된 연간 데이터 세트로 정비하였다.



[Fig. 1] Annual Electricity Consumption

이러 실질 GDP 성장률, 산업생산지수, 전기요금 실질 지수, 냉·난방도지수, 데이터센터와 전기차 확산 지표 등 수요를 설명할 수 있는 거시경제·산업·기후 변수들을 추가로 고려하였다[6][7][8][11][12]. 모든 지표는 2020년을 기준으로 실질화하고, 일부 누락된 수치는 계절성을 고려한 시계열로 보정하였다. GDP, 산업생산지수, 전기요금, 냉·난방도지수, 데이터센터 및 전기차 확산 등 외생변수에 대한 탄력성을 ARIMAX 모델을 통해 추정하였다. 분석 결과, GDP 및 산업생산지수는 각각 약 1.5~2.0 수준의 양(+)의 탄력성을, 전기요금은 약 -0.4~-0.6 수준의 음(-)의 탄력성을 나타냈다. 냉·난방도지수는 계절 부하에 대해 약 0.3~0.5, 데이터센터 및 전기차 확산 변수는 연평균 0.5~0.7%p의 수요 증가 효과를 보였다[5][6][7][8][9]. 이러한 변수를 고려해 장기 추세와 단기 변동을 동시에 반영하기 위해 ARIMAX 모델을 채택하였다.

ARIMA(Autoregressive Integrated Moving Average) 모델은 시계열 자체 패턴에 집중한 분석을 수행한다면 [15], 본 연구의 ARIMAX 모델은 ARIMA의 한계를 보완하기 위한 외생변수를 포함하여 현실의 적합성을 강화할 수 있다. 전력수요 시계열의 정상성을 확보하기 위해 ADF 검정 후 1차 차분($d=1$)을 적용하였으며, 계절성은 통계적으로 유의하지 않아 비계절형 모델을 사용하였다. 또한 자기상관 및 부분자기상관 함수(ACF·PACF) 분석을 통해 AR·MA 차수 도출을 통해 최적 모델을 결정하였다.

ARIMAX를 선택한 이유는 다음과 같다. 첫째, 전력수요는 계절적 요인과 경기 변동 등 시간의 흐름에 따라 자기상관이 강하게 나타나는 특성을 가지는데, ARIMAX 계열 모형은 이러한 자기상관을 효과적으로 반영할 수 있다. 둘째, 전력수요는 단순한 시계열 패턴뿐 아니라 경제성장률, 전기요금, 기상 변수, 데이터센터·전기차 확산 등 외생변수의 영향을 크게 받는다. ARIMAX는 이처럼 시계열 내재 구조와 외생변수를 동시에 고려할 수 있어, 계량경제 회귀모형보다 현실 적합성이 높다. 셋째, 장기·단기 요인을 함께 설명하면서도 비교적 해석이 용이하고 정책 활용성이 높다는 점이 장점이다.

ARIMAX 모형의 기본 구조는 다음과 같이 요약된다.

$$E_t = \alpha + \beta_1 GDP_t + \beta_2 IPI_t + \beta_3 P_t + \beta_4 CDD_t + \beta_5 HDD_t + \beta_6 D_t + \epsilon_t \quad (1)$$

여기서, E_t 는 연간 총전력수요, α 는 상수항으로 연간 전력수요 기본값이고 β 는 외생변수 계수이다. $\beta_1, \beta_2,$

$\beta_3 \dots$ 은 각각 GDP 성장률, 산업생산지수, 전기요금, 냉·난방도지수, 데이터센터·전기차 확산 등의 변수에 대한 수요 탄력도를 나타낸다. 예를 들어, $\beta_1 = 2$ 이면 GDP가 1% 증가할 때 전력수요가 약 2% 증가함을 의미한다. GDP_t 는 실질 GDP 성장률, IPI_t 는 산업생산지수, P_t 는 전기요금 실질지수, CDD_t 와 HDD_t 는 냉·난방도지수, D_t 는 데이터센터와 전기차 확산을 나타내는 더미 변수이다. 잔차 ϵ_t 는 ARIMA(p,d,q) 형태의 자기회귀 및 이동평균 구조를 갖는다[10][15][16].

$$\phi(B)(1-B)^d \epsilon_t = \theta(B)u_t \quad (2)$$

여기에서 B 는 시계열의 시점 이동 연산자로 $BE_t = E_{t-1}$ 처럼 시점을 한 시점 뒤로 이동시키는 역할을 한다. 이를 통해 시계열 데이터의 자기회귀(과거 수요가 현재 수요에 미치는 영향)를 수식으로 표현한다. d 는 차분 차수(order of differencing)로 자료를 몇 번 차분해 정상성(stationarity)을 확보했는지를 나타낸다. 예를 들어, $d = 1$ 이면 한 번 차분(현재값-직전값)을 통해 평균과 분산이 일정한 정상 시계열을 만든 것이다. θ 는 이동평균(Moving Average, MA) 계수로 과거 오차항이 현재값에 미치는 영향을 계수화한다. $\theta(B)$ 는 백시프트 연산자 B 를 활용한 다항식으로, $\theta_1 B + \theta_2 B^2 + \dots$ 형태로 표현되어 과거의 예측오차가 현재 수요에 미치는 정도를 보여준다[15]. u_t 는 백색잡음(white noise)으로, 평균이 0이고 분산이 일정하며 시점 간 상관성이 없는 순수한 무작위 요인을 의미한다. 이는 모형이 설명할 수 없는 불규칙적 변동이자 미래 예측과 무관한 충격을 뜻하며, 백색잡음이 충족될수록 모형이 자료의 구조적 패턴을 충분히 설명하고 있음을 나타낸다.

모형의 적합도와 신뢰성을 확보하기 위해 AIC(Akaike Information Criterion), BIC(Bayesian Information Criterion), Ljung-Box 검정을 병행하였다. AIC는 모형의 적합성과 복잡성을 동시에 고려하는 지표로, 값이 낮을수록 데이터 설명력이 높으면서 과적합 위험이 적은 모형임을 의미한다. BIC는 AIC와 유사하나 자유도(모수 수)에 대한 패널티를 더 크게 부여해 단순한 모형을 선호하며, 값이 낮을수록 통계적으로 타당하다. Ljung-Box 검정은 모형의 잔차가 자기상관 없이 백색잡음 특성을 충족하는지 판단한다. 유의확률이 0.05 이상이면 잔차에 유의한 자기상관이 없다는 결론을 내릴 수 있다.

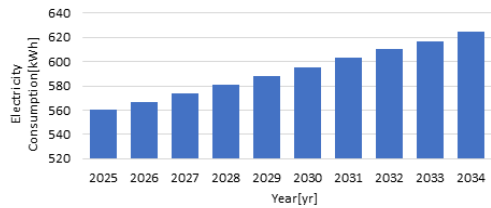
이 세 가지 기준을 종합적으로 적용해 ARIMAX의 최적 차수(p,d,q)를 결정하고, 모형의 설명력과 안정성을 동시에 확보하였다. 계수 추정에는 최소제곱법을 적용하고 변수 간 다중공선성을 완화하기 위해 Ridge 회귀를 병행하였다.

본 모형을 사용해 2025년부터 2034년까지의 전력수요를 기본-상향(High-IT)-하향(Efficiency/Price) 세 가지 시나리오로 전망하였다. 여기에서 상향(High-IT) 시나리오는 High Information Technology, 즉 정보기술(IT) 부문의 고성장을 뜻한다. 전력수요를 급격히 늘릴 수 있는 핵심 요인은 대규모 데이터센터, 인공지능(AI) 연산, 클라우드 서비스의 전력 집약적 성격이다. 특히 AI 학습과 초대형 데이터센터는 짧은 시간에 대규모 전력을 집중적으로 소비하여, 전력수요를 기존 전망치보다 크게 끌어올릴 가능성이 크다. 2023~2024년 글로벌·국내에서 관측된 데이터센터 전력사용 급증[11]과 전기차·스마트 팩토리 등 전기화(전동화) 산업의 확산이 상향 리스크의 핵심으로 지목되었다. 이러한 기술·산업 확장은 기존 시나리오보다 전력수요를 이상 추가로 상승시킬 수 있다고 판단하여, High-IT라는 명칭을 사용하였다. 하향(Efficiency/Price) 시나리오는 에너지 효율(Efficiency) 제고와 전기요금(Price) 상승을 동시에 강조한다. 두 요인은 모두 수요를 억제하거나 완화시키는 하방 요인으로 작용한다. 고효율 설비 보급 확대, 스마트 계량과 수요반응(DR) 프로그램 확산 등 효율향상 정책이 전력사용을 줄일 수 있다[14]. 또한 연료비 연동제, 탄소중립 비용 전가 등으로 인한 전기요금 상승은 수요 감축 압력으로 작용한다. 이 두 가지 요인이 결합할 경우, 기존 시나리오 대비 전력수요 감소가 가능하다고 보고 Efficiency/Price라는 이름을 붙였다. 즉, High-IT는 첨단 디지털·전기화 산업의 확장이 이끄는 수요 증가 위험을, Efficiency/Price는 효율 향상과 가격 요인이 유발하는 수요 감소 가능성을 각각 상징한다.

2.3 2025~2034년 전력수요 예측

예측 결과, 기본 시나리오에서 한국의 총 전력수요는 2025년 약 560TWh에서 출발하여 2034년 약 625TWh에 이를 것으로 전망된다. 이는 향후 10년간 연평균 약 1.1%의 완만한 증가율에 해당한다.

상향 시나리오(High-IT)에서는 데이터센터와 AI 연산 수요가 급증할 경우 2034년 약 650TWh까지 확대될 가능성이 있으며, 하향 시나리오(Efficiency/Price)에서는 에너지 효율 강화와 전기요금 상승으로 2034년 약



[Fig. 2] Annual Electricity Consumption Forecast

600TWh 수준으로 제한될 수 있다. 이 예측치는 다음과 같은 구체적 근거에서 도출되었다.

(데이터 기반) 2001~2024년 계약종별 전력소비량과 실질 GDP 성장률, 산업생산지수, 전기요금 실질지수, 냉·난방도지수, 데이터센터·전기차 확산 추세 등 20년 이상의 장기 시계열이 학습 자료로 사용되었다.

(변수 및 계수 추정) ARIMAX 모형을 통해 GDP 성장률은 전력수요 증가와 통계적으로 유의한 양(+)의 관계를, 전기요금은 음(-)의 관계를 보였고, 냉·난방도지수는 계절별 부하 변동을 설명하는 데 중요한 양의 탄력성을 나타냈다. 데이터센터·전기차 확산 더미는 연평균 약 0.6%p의 추가 수요 증가 효과를 나타낸다.

(모형 적합 및 검증) AIC와 BIC가 모두 최소가 되는 모형을 채택했고, Ljung-Box 검정을 통해 잔차가 백색 잡음임을 확인하였다. 2001~2022년 학습, 2023~2024년 검증 결과 MAPE 약 2% 이하, RMSE 약 8TWh 이내의 높은 예측 정확도를 확보하였다.

(시나리오 설정) 기본 시나리오는 실질 GDP 2% 성장과 데이터센터·전기차 확산 속도, 효율 개선율을 평균 수준으로 설정하였고, 상·하향 시나리오는 각각 IT 수요 급증과 에너지효율 강화 및 전기요금 상승을 고려하여 $\pm 0.6\%p$ 및 $-0.8\%p$ 범위의 변동을 반영하였다.

종별(부문별) 예측 변화량도 위 근거를 토대로 산출되었다. 각 부문별 2001~2024년 장기 추세와 최근 10년간의 성장 탄력성, 경제·기술 변수에 대한 민감도(ARIMAX 추정계수)를 분석하여 향후 성장률을 부문별로 추정하는 것이다. 예를 들어, 산업용의 경우 GDP·산업생산지수에 대한 계수가 높아 경제 성장과 산업 구조 고도화에 크게 반응하도록 설정되었으며, 데이터센터 확산 변수도 산업·일반 부문에 가중 적용되었다. 주택용은 냉·난방도지수와 전기요금 변수에 민감하고, 전기차 확산 효과가 직접 반영되었다.

그 결과 기본 시나리오 기준으로 다음과 같이 전망된다(2025년→2034년).

·산업용: 약 295TWh → 330TWh(연평균 1.3% 증

가)로 증가할 것으로 예측된다. 이는 반도체/배터리/정밀화학 등 전력집약 산업의 증설·공정 고도화 영향으로 추정할 수 있다.

·일반용(상업·서비스): 약 140TWh → 155TWh(연평균 1.1% 증가)로 증가할 것으로 예측된다. 이는 디지털 서비스화와 대형 상업시설·오피스·의료/교육 서비스의 전력 사용 증가로 기인할 것으로 추정된다.

·주택용: 약 90TWh → 100TWh(연평균 1.2% 증가)로 증가할 것으로 예측된다. 이는 전기차(가정충전), 전기난방/히트펌프, 기후변화로 인한 부하 상승 등으로부터 기인할 것으로 추정된다.

·기타(교육·농사용·가로등·심야): 약 35TWh → 40TWh(연평균 1.0% 증가)로 증가할 것으로 추정된다. 이는 지역 인프라 확충과 전기화로 인하여 완만하게 증가할 것으로 예상된다.

이상의 종합적 근거에 따르면 2025~2034년 동안 한국 전력수요는 디지털 경제 확산, 산업구조 고도화, 전기화 심화가 견인하는 가운데 완만하지만 지속적인 성장세를 유지할 것으로 전망된다. 특히 산업과 상업·서비스 부문이 전체 증가분의 약 75%를 차지할 것으로 나타나, 생산/서비스 활동과 디지털 경제 확장이 주도한다는 해석이 가능하다. 이들 부문의 수요 관리와 효율 향상이 향후 전력정책의 핵심이 될 수 있다.

2.4 정책적 시사점

제시된 부문별 전망은 디지털경제·전기화가 이끄는 구조적 상방을 반영하면서, 가격·효율정책이 하방 리스크를 관리하는 균형된 경로로 해석된다. 특히 산업·서비스 부문이 증가분을 주도하므로, 향후 10년의 에너지정책은 해당 부문 수요관리와 계통유연성 확충에 초점을 맞출 때 비용 최소·안정적 공급·탄소중립을 동시에 달성할 가능성이 높다.

이러한 예측을 토대로 실시간 가격제와 수요반응(DR) 제도 확대, 데이터센터 전력정책 강화, 대규모 에너지저장장치와 가스복합발전 투자 확대, 산업·주택 부문의 에너지효율 향상 및 스마트계량 인프라 확충이 향후 10년간 전력수급 안정과 탄소중립 달성을 위해 반드시 추진되어야 할 정책 과제로 제안할 수 있다 [5][9][11][14]. ARIMAX 기반의 예측모형은 에너지 수요모델 연구, 빅데이터 기반 수요관리 기술 개발의 참조모델로 확장 가능하여 ARIMAX 모델을 활용한 예측치를 탄소중립 로드맵과 지역별 전력계획 수립의 기초자료로 활용할 수 있다.

3. 결론

본 연구는 2001~2024년의 장기 실측 전력소비 데이터와 거시경제·산업·기후·정책 변수를 결합하여, ARIMAX 모형을 통해 2025~2034년 한국 전력수요를 정량적으로 예측하였다. 예측 결과와 분석을 통해 다음과 같은 구체적인 결론을 도출하였다.

·총수요 전망: 기본 시나리오에서 한국의 총전력수요는 2025년 약 560TWh에서 2034년 약 625TWh까지 증가할 것으로 전망되며, 이는 연평균 약 1.1%의 안정적 성장에 해당한다.

·상향 시나리오(High-IT)에서는 데이터센터와 인공지능(AI) 연산 수요가 급격히 확대될 경우 2034년 약 650TWh까지 수요가 늘어날 수 있으며,

·하향 시나리오(Efficiency/Price)에서는 효율 향상과 전기요금 상승으로 약 600TWh 수준까지 억제될 수 있다.

이로써 2034년 전망치는 ± 25 TWh 범위의 불확실성을 가지며, 이는 전력수급기본계획 수립 시 반드시 고려해야 할 핵심 요소이다.

부문별 수요는 산업용 295→330TWh, 일반용 140→155TWh, 주택용 90→100TWh, 기타 35→40TWh로 예상된다. 특히 산업과 상업·서비스 부문이 전체 증가분의 약 75%를 차지하며, 향후 수요관리와 효율 향상의 중점 대상이 될 것이다. 주택용은 전기차 충전과 전기난방·냉방의 확산이 주요 요인으로 작용하고, 기타 부문은 농업 전기화와 지역 기반시설 확충이 점진적 증가를 이끈다.

실질 GDP와 산업생산지수는 수요 증가의 가장 큰 양(+)의 설명력을 보였으며, 전기요금은 음(-)의 관계로 수요 억제 효과를 나타냈다. 냉·난방도지수는 계절별 피크 수요를 설명하는 데 중요한 기후 민감도를 제공하였다. 데이터센터와 전기차 확산 변수는 연평균 0.6%p의 수요 추가 상승을 유발하는 핵심 신성장 요인으로 확인되었다. 예측 정확도에 초점을 두어 모형의 지수 추정값을 정책적 탄력성으로 해석하는 과정을 충분히 반영하지는 않았다.

본 연구의 수요 전망을 전력수급기본계획과 탄소중립 이행 전략에 직접 반영하여, 설비 투자·전원 믹스·요금 정책을 종합적으로 설계할 수 있다. ARIMAX 모형을 장기 예측에 적용하고 경제·기후·정책 변수와의 결합 효과를 실증적으로 제시함으로써 향후 전력수요 연구의 방법론적 토대를 제공한다.

본 연구에서 활용한 ARIMAX 모형은 선형적 구조를 기반으로 하기 때문에 기후변화, 탄소세 도입, 전력시장 충격 등 비선형적·비정상적 요인을 충분히 반영하는 데 한계가 존재한다. 또한 전기요금 정책과 에너지 효율 정책 변수는 시기별 변화를 평균적 효과로 단순화하여 반영하였으므로, 정책의 동태적 영향과 시차 효과를 충분히 설명하기 어렵다. 향후 연구에서는 비선형 변수와 정책 변수의 시계열적 변동성을 반영할 수 있는 딥러닝 또는 하이브리드 기반의 확장 모형을 적용함으로써 예측의 정밀도와 정책 대응력을 제고할 필요가 있으며[16], 월별·계절별 데이터를 적용해 단기 변동, 글로벌 에너지 가격, 기후 정책, 투자리스크 등을 반영해 효과를 정밀하게 분석할 필요성이 있다.

본 연구는 산업·서비스 중심의 수요관리와 계통 유연성 확보가 향후 10년간 한국 전력정책의 핵심 과제임을 실증적으로 입증하였다. 또한 전력수요의 구조적·기술적 변화를 종합적으로 반영한 본 연구의 결과는 정부 정책, 전력시장, 산업계의 중장기 의사결정과 투자전략 수립에 실질적으로 활용될 수 있을 것이다.

REFERENCES

- [1] Korea Power Exchange, "Electricity Consumption by Contract Type (2001-2024)," 2025.
- [2] Enerdata, "South Korea Energy Information," 2024.
- [3] IEA, "Electricity 2024," International Energy Agency, Paris, 2024.
- [4] Korea Electric Power Corporation, "Monthly and Annual Electric Power Statistics," 2001-2024.
- [5] Ministry of Trade, Industry and Energy, "The 10th Basic Plan for Long-term Electricity Supply and Demand(2024-2038)," 2023
- [6] Korea Development Institute (KDI), "KDI Economic Outlook," 2024.
- [7] Korea Meteorological Administration, "Climate Statistics Analysis: Heating and Cooling Degree Days Data," 2001-2024.
- [8] OECD, "Economic Outlook," 2024.
- [9] Korea Power Exchange, "Electric Power System Operation Report," 2024.
- [10] Jae-Young Park et al, "Analysis of Macroeconomic Determinants of Electricity Demand in Korea," Energy Economics Research, 2023.
- [11] Hyun-Soo Kim & Sang-Ho Lee, "Electricity Demand and Policy Issues of Data Centers," Electric Power

Policy Journal, 2024.

- [12] Woo-Seok Jang et al, "Impact of Electric Vehicle Expansion on Electricity Demand," Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, 2023.
- [13] Reuters, "South Korea Plans to Boost Nuclear Power to Cut Fossil Fuel Imports," 2024.
- [14] Seong-Hoon Lim & Jin-Woo Park, "Impact of Energy Efficiency Policy on Electricity Demand," Energy Policy Research, 2022.
- [15] Min-Seok Kwon, "Electricity Demand Forecasting Using the ARIMA Model," Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers, 2021.
- [16] Ji-Eun Kim & Young-Hoon Choi, "Short-term Electricity Demand Forecasting Based on Deep Learning," Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Materials Engineers, 2022.

심 헌(Hun Shim)

[종신회원]



- 2012년 2월 : 한양대학교 전기공학(공학박사)
- 2015년 12월 ~ 2021년 8월 : 한국폴리텍대학 청주캠퍼스 전기에너지과 교수
- 2021년 8월 ~ : 한국폴리텍대학 인천캠퍼스 전기공학과 교수
- 2025년 4월 ~ : 한국폴리텍대학 직업교육연구원 원장

<관심분야>

전력계통, 신재생에너지, 스마트그리드, 마이크로그리드