

기초지자체 에너지 소비 변화 요인 및 특성 분석*

: 경기도 지역을 중심으로

An Analysis on Characteristics of Changing Energy Consumption Pattern of Municipalities in Gyeonggi-Do

고재경** · 김성욱*** · 주정현****

Koh, Jaekyung · Kim, Sungwook · Chu, Junghyun

■ 목 차 ■

- I. 서론
- II. 선행연구 검토 및 방법론
- III. 기초지자체 에너지 소비 변화 요인 및 특성
- IV. 결론

지금까지 중앙정부에 의해 하향식으로 이루어지던 에너지 공급 정책이 환경적, 사회적 문제를 노정하면서 지자체의 역할이 강조되는 분산형 에너지 체계 구축이 화두로 떠오르고 있다. 그러나 아직까지 지자체가 고유의 에너지 계획을 수립할 수 있는 제도적 근거와 정책 인프라가 매우 부족하다. 본 연구는 에너지 패러다임 전환에 필요한 정책 인프라 조성을 위한 시도로 경기도를 대상으로 하여, 기초지자체의 시계열 에너지 소비 관련 데이터를 구축하고 지수분해분석과 군집분석을 통해 에너지 소비구조 및 변화 요인을 유형화하였다. 지수분해분석 결과 경기도 전체의 에너지 소비 변화는 경제성장에 의한 생산효과가 가장 큰 영향을 미쳤다. 인구효과 역시 에너지 소비 증가 요인이지만 기여도는 크지 않았으며 에너지 집약도 증가는 에너지 소비를 줄이지만, 생산효과에 의해 상쇄되고 있다. 군집분석 결과, 경기도 내 31개 지자체는 저성장·에너지저효율, 안정성장·에너지고효율, 고

* 본 논문은 2013년에 발간된 '경기도 에너지 소비 구조변화 및 특성 연구'의 일부 내용을 요약·발전시킨 것임

** 경기연구원 연구위원(주저자)

*** 서강대학교 공공정책대학원 대우교수(교신저자)

**** 경기연구원 연구원(제3저자)

논문 접수일: 2015. 3. 11, 심사기간(1차): 2015. 3. 11~2015. 4. 2, 게재확정일: 2015. 4. 2

성장·에너지고효율 등 세 개 유형으로 구분되었다. 각 군집은 에너지 소비와 이를 추동하는 원인의 차이를 보였으며, 이는 지자체별로 차별화된 에너지정책 수립이 필요함을 보여준다.

□ 주제어: 에너지 소비 특성, 기초지자체, 지수분해분석, 군집분석, 경기도

In Korea, owing to the increasing environmental and social problems resulted from the top-down and centralized energy supply policy, building a distributed energy system that emphasizes the role of local governments has emerged as a real issue. However, the level of institutional and policy-based infrastructure that has yet to municipalities to establish their own energy plan is very low. This study, as an attempt to build a distributed energy policy infrastructure necessary toward the energy paradigm shift, created a series of energy consumption database based on municipalities of the Gyeonggi-do and analyzed changing factors and characteristics on local energy consumption pattern. The result of index decomposition analysis illustrates that the production effects due to economic growth has the greatest impact on the change in the Gyeonggi-Do's total energy consumption. Population effect also increases energy consumption but its contribution is not shown to be great. Decrease in energy consumption due to the improvement of energy intensity has been offset by the production effect. The cluster analysis characterizes 31 municipalities as three groups according to their energy consumption patterns: slow growth·low energy efficiency, stable growth·high energy efficiency, rapid growth·high energy efficiency. Each cluster has different driving factors influencing on energy consumption change, which suggests the energy strategy be differentiated based on municipalities' needs and characteristics.

□ Keywords: energy consumption pattern, municipalities, index decomposition analysis, cluster analysis, Gyeonggi-Do

I. 서론

그 동안 우리나라 에너지 정책은 중앙정부 주도로 추진되어 지역의 고유한 에너지 정책이 없다고 해도 무방할 만큼 지방자치단체의 권한과 역할은 매우 미미하였다. 이에 따라 에너지는 중앙정부의 문제라는 인식이 팽배해 있으며, 지방자치단체는 중앙정부 지침에 따라 정책을 시행하거나 보조금 사업을 집행하는 수준에 머물러 있다. 지역 에너지 정책의 부재는 중앙정부에 대한 의존도를 심화시켜 대규모 에너지 공급 시스템이 확대되는 악순환의 원인이 되고 있다. 그러나 최근 들어 중앙정부 중심의 에너지 정책 구조에 변화의 흐름이 생겨나고 있다.

후쿠시마 원자력발전소 사고, 국내 원자력발전소의 잦은 고장과 부품 납품 비리 등 원전 위험성에 대한 불안감이 높아지고 지역 간 에너지 생산과 소비의 불평등으로 인한 갈등이 증가하면서 원자력 에너지에 대한 사회적 수용성은 점점 낮아지고 있다. 9·15 정전 사태와 급증하는 대형 발전소 건설비용은 과거 중앙집중형 에너지 시스템의 타당성을 뒷받침하던 공급의 안정성과 경제적 효율성에 대해서도 회의론을 제기하고 있다. 이러한 국내외적 여건 변화를 고려하여 정부는 『제2차 에너지기본계획』에서 에너지 정책의 패러다임을 공급 중심에서 수요관리로, 대규모 집중형 발전소에서 분산형 발전시스템으로의 전환을 강조하였다. 지역에서도 하향식 에너지 정책의 한계를 극복하기 위한 다양한 실험과 실천 노력이 이루어지고 있으며, '지역 에너지(local energy)'에 대한 관심이 확산되고 있다. 앞으로 지속가능한 분산형 에너지체계 구축을 위한 지역의 역할은 훨씬 더 중요해질 것으로 보인다.

하지만 아직까지 지자체가 고유의 에너지 정책을 수립할 수 있는 제도적 근거가 부족하며, 정책 인프라 역시 매우 취약하다. 지자체 에너지 정책의 기본 틀은 『에너지법』에 의거하여 5년마다 수립하는 지역에너지계획으로서 광역지자체가 수립 주체이나 해당 기초지자체 에너지 현황과 특성을 파악할 수 있는 기본적인 통계도 작성되어 있지 못한 것이 현실이다. 이와 같은 문제 인식 하에 본 연구는 에너지 패러다임 전환에 필요한 지역 정책 인프라 조성을 위한 시도로서 기초지자체 시계열 에너지 통계 자료를 구축하고 에너지 소비 구조 및 변화 요인을 유형화하여 정책적 시사점을 제시하는데 목적이 있다. 분석 대상은 2012년 기준 최종에너지 소비량 전국 3위, 전력소비량 1위로 에너지 소비량이 많고 대도시, 산업도시, 도농복합도시 등 기초지자체의 다양한 에너지 소비 유형과 구조를 반영할 수 있는 경기도를 선정하였다.

II. 선행연구 검토 및 방법론

1. 선행연구 검토

지역의 특성에 맞는 에너지 정책 수립을 위해서는 에너지 소비 변화에 영향을 미치는 요소를 파악하여야 한다. 에너지 소비 변화 요인을 분석하는 방법은 다양한데, 개별 요소의 효과를 정량화하는 지수분해 분석이 에너지 정책 및 환경문제에 널리 이용되고 있다(Ang, 2004; Ang, 2005).

지수분해 분석은 총 변화에 개별 요인들이 미친 영향을 분해하여 제시하는 방법으로 지수분해 방식 중 디비지아(Divisia) 지수와 라스파이에(Laspeyres) 지수가 가장 많이 활용되는데, 아직까지 어떤 방법론이 가장 좋은지에 관한 합의는 없다.¹⁾ 최근에는 초기 방법론에서 문제로 제기되었던 잔차(residuals)항의 문제와 시계열 자료를 분석할 때 해당 데이터가 없는 이른바 '0' 값의 문제가 로그평균 디비지아 지수(Log Mean Divisia Index : LMDI) 방법론에 의해 해결되면서 국내외적으로 많이 활용되고 있다. 이 방법은 비교적 간편히 계산될 수 있으면서도 설명력이 높다는 편의성을 가지고 있다.

지수분해분석을 활용한 선행연구를 보면 국가 단위의 에너지 소비 혹은 이산화탄소 배출량 변화 요인을 분석하거나(정해식·이기훈, 2001; 김수이·정경화, 2011; 김현경·김진수·허은녕, 2004; 이재민·한상용, 2010; Wang et al, 2011; Xu et al, 2012; Zhang et al, 2013; Tunc et al, 2009; Shahiduzzaman and Khorshed, 2012), 국가 간 비교연구(Timilsina and Shrestha, 2009; Hatzigeorgiou et al, 2010, Kim and Heo, 2012; 황인창, 2008)가 대부분을 차지하고 있다.²⁾

1) 사용의 편의성, 이론적 근거, 확장 가능성, 해석과 결과 제시의 편의성 등 기준에 따라 방법론의 장단점이 달라진다(Ang, 2004). Laspeyres 지수와 Divisia 지수에 관한 상세한 설명은 Ang(2004), 진상현·황인창(2009a) 참조.

2) 국내 관련 연구 결과를 보면 정해식·이기훈(2001)은 1970~1998년 동안 소득 및 인구 증가가 CO₂ 총배출량 증가에 가장 크게 기여하였으며, 1990년대 들어서는 에너지 집약도의 증가, 즉 에너지 효율 감소가 주요 원인인 것으로 분석하고 있다. 황인창(2008)도 1990~2005년 동안 에너지 집약도, 1인당 GDP, 인구효과 등에 의해 우리나라 CO₂ 배출량이 증가한 것으로 분석하고 있다. 산업부문을 대상으로 한 연구에서도 생산효과가 에너지 소비와 온실가스 배출량 증가의 가장 중요한 요인임을 보여 주고 있다(김수이·김현석, 2011; 김수이·정경화, 2011; 김현경·김진수·허은녕, 2004; 이재민·한상용, 2011).

<표 1> 지수분해분석을 활용한 에너지 소비 특성 분석 선행연구

구분	기간	분석 단위	분석 대상	분석 요인 및 결과
국 가	정해식·이기훈 (2001)	1970 ~1998	한국 에너지 부문 CO ₂ 배출량 및 집약도	<ul style="list-style-type: none"> 배출계수, 화석연료 비중, 에너지 집약도, 일인당 소득, 인구 CO₂ 배출량은 소득 및 인구 증가, 집약도는 에너지 집약도의 악화가 주요 요인
	김현경·김진수 ·허은녕 (2004)	1981 ~2002	한국 산업부문 에너지원별 에너지집약도	<ul style="list-style-type: none"> 생산효과, 산업구조 효과, 에너지 원단위 효과 모든 에너지원에서 생산효과가 주요 요인
	황인창 (2008)	1990 ~2005	영국, 독일, 미국, 한국 CO ₂ 배출량	<ul style="list-style-type: none"> 시계열 및 부문별 분석 배출계수, 화석연료 비중, 에너지 집약도, 1인당 GDP, 인구효과 균집유형별 요인 차이
	Timilsina and Shretha (2009)	1980 ~2005	라틴 아메리카 및 카리브해 20개국 교통 부문 CO ₂ 배출량	<ul style="list-style-type: none"> 연료 믹스, 통행수단 변화, 경제성장, 배출계수, 에너지 집약도 경제성장이 교통부문 이산화탄소 배출량 증가의 주요 요인
	Tunc et al (2009)	1970 ~2006	터키 산업 부문 CO ₂ 배출량	<ul style="list-style-type: none"> 경제활동, 구조효과, 부문별 에너지 집약도, 부문별 에너지 믹스, 배출계수 경제활동이 CO₂ 배출의 주요 요인
	Hatzigeorgio u et al(2010)	1990 ~2002	EU 25개국 및 그리스 CO ₂ 배출량	<ul style="list-style-type: none"> 소득, 에너지 집약도, 연료비중, 인구 그리스 및 EU-25 CO₂ 배출량 증가의 주요 요인은 소득 효과
	이재민·한상용 (2010)	2001, 2004, 2007	한국 운수업 부문 에너지 소비 및 에너지 집약도	<ul style="list-style-type: none"> 구조효과, 집약도 효과, 산출효과, 생산기술효과 에너지 소비 증가는 산출효과, 에너지 집약도 증가는 생산 기술효과에 기인
	Wang et al (2011)	1996 ~2009	중국 CO ₂ 배출량	<ul style="list-style-type: none"> 배출계수, 구조효과, 에너지 집약도, 경제성장 인구 경제성장이 CO₂ 배출 증가의 주요 요인
	김수이·정경화 (2011)	1991 ~2007	한국 제조업 온실 가스 배출량	<ul style="list-style-type: none"> 생산효과, 구조효과, 에너지 집약도 효과, 배출계수 효과 생산효과가 온실가스 배출량 증가의 주요 요인
Kim and Heo (2012)	1980 ~2007	한국, 미국 에너지 소비량	<ul style="list-style-type: none"> 지수분해분석에 의해 경제성장과 에너지 소비 상관관계 분석 한국에 비해 미국은 경제성장과 집약도 및 구조효과 간의 양 방향 상관성, 탈동조화 효과 	

구분	기간	분석 단위	분석 대상	분석 요인 및 결과	
	Shahiduzzaman and Khorshed, (2012)	1978 ~ 2009	호주	에너지 집약도	<ul style="list-style-type: none"> 연료 믹스, 에너지 효율성, 구조효과(부문, 하위 부문) 에너지 집약도 감소에 에너지 효율성이 주요 요인
	Xu et al (2012)	1990 ~ 2009	중국	시멘트산업	<ul style="list-style-type: none"> 시멘트 생산, 클링커 비중, 공정구조, 킬른 유형별 에너지 소비 시멘트 생산이 에너지 소비 증가의 주요 요인
	Zhang et al (2013)	1991 ~ 2009	중국	전력부문 CO ₂ 배출량	<ul style="list-style-type: none"> 배출계수, 전력발전 효율, 열병합발전 비중, 전력발전 비중, 전력집약도, GDP 경제활동 효과가 CO₂ 배출 증가의 주요 요인
지역	Yong-Xiu et al (2007)	1995 ~ 2005	중국 요녕성	산업부문 에너지 집약도	<ul style="list-style-type: none"> 구조효과, 산업부문 에너지 집약도, 잔차 효과 구조효과가 에너지 집약도 하락의 주요 요인
	Chunlan et al (2008)	1981 ~ 2005	중국 북경	산업부문 에너지	<ul style="list-style-type: none"> 생산효과, 구조효과, 집약도 생산효과가 주요 요인
	진상현·황인창 (2009a, 2009b)	1997 ~ 2006	한국 8개 시도	에너지 소비량 및 CO ₂ 배출량	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 : 원단위 효과, 생산효과, 인구효과 CO₂ : 원단위 효과, 생산효과, 인구효과, 배출계수 효과, 연료전환효과 지역에 따라 요소별 차이
	Vinuya et al (2010)	1990 ~ 2004	미국 주정부	CO ₂ 배출량	<ul style="list-style-type: none"> 배출계수, 화석연료 비중, 에너지 집약도, 1인당 소득, 인구 에너지 효율성 증가, 화석연료 비중 감소, 에너지 집약도 감소가 GDP 효과 및 인구 증가로 인한 배출량 증가 상쇄

국가 차원의 연구에 비해 지역 단위 연구는 많지 않다. 해외 연구로는 중국 북경시 산업부문 총 에너지 및 부문별 에너지 소비 증가 요인(Chunlan et al, 2008) 및 요녕성 산업부문 에너지 집약도 변화(Yong-Xiu et al, 2007), 미국 주정부의 이산화탄소 배출량 변화(Vinuya et al, 2010) 요인을 분석한 연구가 있으며, 국내 연구로는 진상현·황인창(2009a, 2009b)이 1997년부터 2006년까지 10년 간 16개 광역시도 중 에너지 소비 및 CO₂ 배출량 비중이 높은 8개 시도를 대상으로 각각 에너지 소비 특성과 에너지 부문 온실가스 배출량 변화 요인을 분석하였다.

지수분해분석 방법을 활용한 에너지 소비 변화 특성에 관한 국내 연구의 대부분은 국가를 대상으로 하고 있으며, 지역 단위 연구는 광역지자체에 대해 시도된 바 있으나 기초지자체 단위의 에너지 소비 변화 요인을 분석한 연구는 없다. 이는 에너지 통계가 광역지자체 단위로만 구축되어 있는데다가 에너지 정책에서 기초지자체의 역할에 대한 관심은 상대적으로 적었기 때문이다.

2. 방법론 및 자료

최종에너지 소비량을 기준으로 로그평균 디비지아지수(LMDI : Log Mean Divisia Index) 분해 분석기법³⁾과 군집분석을 사용하여 31개 시군의 에너지 소비량 변화 요인을 분석하고 에너지 소비 특성을 유형화하였다.

로그평균 디비지아 지수(LMDI) 분해분석은 에너지 소비를 분해하는 과정에서 디비지아 지수와 로그평균 가중치를 사용하며, 가법(additive)과 승법(multiplication) 방식이 있다. 에너지 소비 변화에 미친 각 효과의 절대적 크기를 파악하는 데에는 가법이 유용하며, 승법은 변화율로 표시하므로 절대적인 변화량의 편차가 큰 경우 각 효과의 객관적 비교에 유용하다. 통상적으로 지수분해분석에 의한 에너지 소비 특성은 생산효과, 에너지 집약도(에너지 원단위) 효과, 인구효과 등 세 가지 요소로 구분할 수 있다. 생산효과는 경제활동이 증가함에 따라 에너지 사용량이 증가하는 것을 말하며, 집약도 효과는 경제활동 증가 대비 에너지 소비량 비중의 개선 여부에 따른 효과를 의미한다. 인구 효과는 인구 증가에 따른 에너지 사용량 증가를 나타낸다.

가법의 요소별 효과는 식 (1)과 같고, 여기서 X 는 각각 I , G , P 를 나타내며, 식 (2)와 같이 표현할 수 있다. I 는 에너지 원단위로 지역내총생산(GRDP) 대비 최종에너지 소비량, G 는 1인당 GRDP, P 는 인구를 나타낸다. $X_{eff가법}$ 은 에너지소비 변화에 미친 효과로 $I_{eff가법}$ 은 에너지 원단위 효과, 즉 에너지효율성, $G_{eff가법}$ 은 일인당 GRDP 즉 생산효과, $P_{eff가법}$ 은 인구 효과를 나타낸다. 가법의 각 요소별 효과를 모두 더한 값은 에너지 소비 변화량과 같고 이는 식 (3)과 같다. E 는 에너지사용량을 나타낸다.

3) 가법과 승법을 모두 이용하여 산정하였으며, 그 결과를 부록에 정리하였다.

$$X_{eff가법} = \frac{E(t) - E(0)}{\ln[E(t)/E(0)]} \times \ln \frac{X(t)}{X(0)} \quad (1)$$

$$I_{eff가법} = \frac{E(t) - E(0)}{\ln[E(t)/E(0)]} \times \ln \frac{I(t)}{I(0)}, \quad G_{eff가법} = \frac{E(t) - E(0)}{\ln[E(t)/E(0)]} \times \ln \frac{G(t)}{G(0)}, \quad (2)$$

$$P_{eff가법} = \frac{E(t) - E(0)}{\ln[E(t)/E(0)]} \times \ln \frac{P(t)}{P(0)}$$

$$\Delta E = E(t) - E(0) = I_{eff가법} + G_{eff가법} + P_{eff가법} \quad (3)$$

승법의 요소별 효과는 식 (4)와 같으며, X 는 각각 I , G , P 를 나타내고, 각 요소별 효과는 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다. 여기서 요소별 효과를 모두 곱한 값은 에너지 소비 변화율이 고 식 (6)과 같다.

$$X_{eff승법} = \exp \left[\frac{[E(t) - E(0)] / \ln[E(t)/E(0)]}{[E(t) - E(0)] / \ln E(t)/E(0)} \times \ln \frac{X(t)}{X(0)} \right] = \ln \frac{X(t)}{X(0)} \quad (4)$$

$$I_{eff승법} = \ln \frac{I(t)}{I(0)}, \quad G_{eff승법} = \ln \frac{G(t)}{G(0)}, \quad P_{eff승법} = \ln \frac{P(t)}{P(0)} \quad (5)$$

$$E_{변화율} = E(t)/E(0) = I_{eff승법} G_{eff승법} P_{eff승법} \quad (6)$$

가법에서 각각의 변수가 양수이면 지역의 에너지 소비를 증가시키는 방향으로 작용했음을 의미하며, 음수이면 에너지 소비를 줄이는 방향으로 작용한 것이다. 승법의 경우 변수 값이 1보다 크면 에너지 소비를 증가시키는 방향으로 작용한 것이며, 1보다 작으면 에너지 소비를 줄이는 방향으로 작용한 것을 의미한다.

일인당 GRDP 효과(G_{eff})는 에너지 소비 변화에 미친 생산효과를 나타내는 것으로 G_{eff} 이 증가할수록 에너지 소비는 증가하므로 (+) 값 혹은 1보다 커질 것이다. 인구 효과(P_{eff})는 인구 변화가 에너지 소비 변화에 미치는 영향을 나타내는 것으로, 다른 조건이 같다면 인구가 증가할수록 에너지 소비는 늘어나므로 생산효과와 마찬가지로 (+) 값 혹은 1보다 커질 것이다. 반면 에너지 집약도(I_{eff}) 효과는 산업구조 전환이나 부문별 에너지 효율성 향상에 따른 에너지 효율 개선 효과를 나타낸다(진상현·황인창, 2009a). 따라서 에너지 집약도(I_{eff})의 개선은 에너지 소비를 줄이는 방향으로 작용하며 이 때 에너지 집약도 효과는 (-) 혹은 1보다 작은 값을 가지게 된다.

자료의 구축을 위해 경기도 에너지 소비량은 『지역에너지 통계연보』 통계를 사용하여

1995~2011년을 분석기간으로 하였다. 시군은 한국전력, 도시가스 회사(6개) 및 지역난방공사, 에너지관리공단 등의 자료 협조 및 국내석유정보시스템(www.pedsis.co.kr⁴⁾)을 이용하여 도시가스, 석유, 석탄, 열에너지, 전력 소비량에 관한 에너지 통계를 구축하고⁵⁾ 지수 분해분석을 위한 변수 자료의 가용성을 고려하여 2004~2010년을 대상으로 분석하였다.⁶⁾ 최종에너지 소비를 기준으로 가정, 상업, 산업, 수송, 공공 등 5개 부문으로 구분하였으며, 에너지원별 자료를 TOE⁷⁾ 단위로 변환하여 사용하였다. 신재생에너지는 시군별 통계 획득이 어려워 제외하였다.

<표 2> 에너지원별 시군 에너지 통계 자료 출처

구분	자료 출처
도시가스	6개 도시가스 회사
석유제품	한국석유공사 국내석유정보시스템(pedsis)
석탄	지역에너지통계연보, 동원연탄/대진산업(2011년, 2012년)
열에너지	지역난방공사, GS파워(주), 대성산업(주), 안산도시개발(주), 경기 CES(주), (주)휴세스, STX에너지, KG ETS(주), 에너지관리공단
전력	한국전력 내부 자료, 지역난방공사, GS파워(주), 대성산업(주), 안산도시개발(주), 경기 CES(주), (주)휴세스, STX에너지, KG ETS(주), 에너지관리공단

군집분석은 에너지 소비 변화 요인 특성을 유형화하기 위해 최종에너지 소비량, GRDP 등 규모 변수보다는 승법 지수분해분석에 의한 변화율 변수를 사용하여 군집화를 시도하였다. 최종에너지 사용량 변화, 에너지집약도 효과(I_eff), 1인당 GRDP에 의한 생산효과(G_eff), 인구효과(P_eff)를 2005년 대비 2010년 변화값을 승법 지수분해분석에 의해 산정하였다. 가법 방식은 지자체별로 각 변수의 절대값이 에너지 총변화량에 미치는 기여도를

4) 검색일 : 2013. 7. 1

5) 최종에너지 소비를 기준으로 에너지 통계를 구축하기 위해서는 에너지 생산 과정에 사용된 에너지 소비량을 제외하여 이중으로 산정되지 않도록 해야 한다. 따라서 도시가스 사용량 중 최종에너지 소비가 아닌 열병합발전 및 집단에너지 생산 과정에서 사용된 도시가스 사용량, 석유류 사용량 중 에너지 산업 부문 소비량, 석탄 소비량 중 발전에 사용된 유연탄 사용량을 제외하였다. 또한 전력은 한국전력에서 받은 전력 판매량 자료와 열에너지 시설에서 판매하는 전력 중 한전 역송 부분을 뺀 직판 및 자가 사용을 추가하여 산정하였다. 열에너지 및 열병합발전소 등에서 생산되는 전력 통계는 지역난방공사, GS파워(주), 대성산업(주) 등의 협조를 받아 자료를 취합한 후 재구성하였다.

6) 시군별 통계자료는 2004~2012년까지 구축하였으나 분석에 필요한 시군 GRDP 통계가 2010년까지 작성되어 있어 분석기간을 2010년까지로 제한하였다.

7) 석유환산톤, tonnage of oil equivalent의 약자

파악하기 쉬운 반면, 승법 방식은 각 변수의 기여도를 비율로 표시해 주므로 서로 다른 지자체를 비교하는데 장점이 있다.

지수분해 분석에 의한 값은 연속변수이기 때문에 K-mean 방식에 Euclidian 방법을 이용하였다. Euclidian 방식은 연속변수에 대해 집단 간 유사도를 측정하기 위해 변수 간 거리를 측정하는 방법을 말한다. $d_{AB} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (\overline{x_{Ak}} - \overline{x_{Bk}})^2}$ 의 형태로 거리가 측정되며, 여기서 d_{AB} 는 측정치 A와 B 사이의 거리를, x_{Ak} 는 A번째 사례의 k번째 측정치를 의미한다(Kim and Mueller, 1978). 군집의 개수는 군집분석에서 주로 이용되는 계층적 군집화 방법인 Wald 방식을 이용하여 덴드로그램(dendrogram)을 그린 후 유의미하게 군집이 나누어지는 지점을 확인하여 3개로 결정하였다. Wald 방식은 군집 내 분산의 최소값을 최대한 사용하도록 설계된 것으로서, 두 군집을 각 군집의 오차분산제곱(ESS) 크기를 기준으로 합하는 것이다. 즉, ESS의 총합인 E의 증가를 최소화하는 방향으로 묶는다. 이 방법은 쓰인 변수에 따라 상대적으로 같은 크기의 군집을 찾거나 생성시키는 경향이 있으며, 사회과학에서 광범위하게 사용된다(Kim and Mueller, 1978).

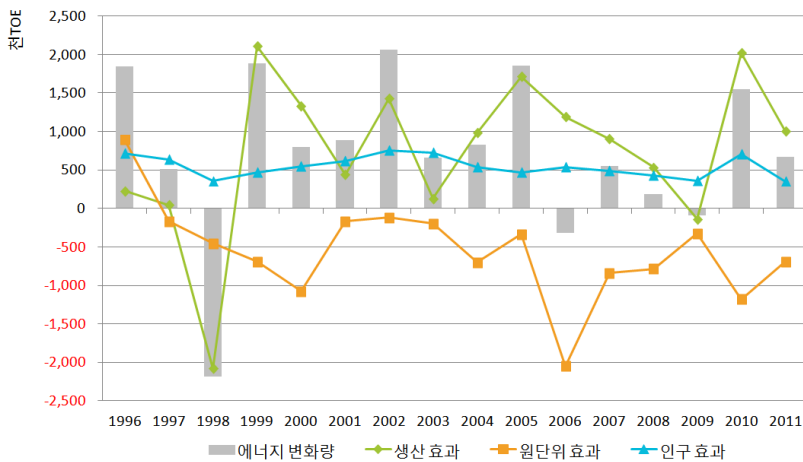
Ⅲ. 기초지자체 에너지 소비 변화 요인 및 특성

1. 지수분해분석에 의한 에너지 소비 변화 요인

1) 경기도 에너지 소비 변화 요인(1995~2011)

먼저 시군 에너지 소비 특성을 거시적으로 살펴보기 위해 경기도(1995~2011) 에너지 소비 변화 요인을 분석하였다. IMF와 세계적인 경제위기의 여파로 1998년, 2009년 생산효과가 (-)로 나타난 것을 제외하면 경제성장에 의한 생산효과는 에너지 소비를 증가시키는 (+) 방향으로 작용하고 있으며, 경기도 에너지 소비 증가의 가장 중요한 원인으로 나타났다. 에너지 소비가 감소한 1998년은 (-) 생산효과가 주요 요인이었으며, 2009년에는 (-) 생산효과보다 에너지 집약도(원단위) 개선에 따른 에너지 소비 감소 효과가 더 큰 영향을 미쳤다. 2006년 에너지 소비 감소 요인은 생산효과에 의한 에너지 소비 증가보다 에너지 집약도 개선 효과로 나타났다. 인구효과는 에너지 소비 증가 요인이지만 그 기여도는 크지 않다. 다만 2000년대 초반에는 에너지 소비 증가에 대한 인구효과의 기여도가 상대적으로 높았으

며 2001년과 2003년에는 에너지 소비 증가의 가장 주요한 요인으로 작용하였다. 에너지 집약도는 1996년을 빼고 모두 에너지 소비를 줄이는 일관된 패턴을 보이고 있다. 그러나 2006년, 2009년을 제외하고는 에너지 집약도 개선에 의한 에너지 소비 감소 크기가 생산효과와 인구효과에 의한 에너지 소비 증가를 충분히 상쇄하지 못하고 있다.



<그림 1> 경기도 가법 지수분해 분석 결과(1995-2011)

2) 시군 에너지 소비 변화 요인

2004~2010년 동안 지수분해 요인인 인구, GRDP, 에너지 원단위 변화를 살펴보면, 경기도 인구는 13.6% 증가하였으며, 시군별로는 연천군을 제외한 모든 시군의 인구가 증가하였다. GRDP는 동기간 동안 48.2% 증가하였으나 동두천시는 6.5% 감소하였다. 에너지 원단위는 대부분의 지자체가 개선되었으며, 안양시와 파주시, 오산시, 연천군, 양주시, 화성시 등의 에너지 효율성은 30% 이상 개선된 것으로 나타났다. 에너지 소비 변화요인 중 인구효과는 지속적으로 에너지 소비를 증가시키는 방향으로 작용하고 있으며, 생산효과 역시 2009년을 제외하고는 에너지 소비 증가의 주요 요인으로 영향을 미치고 있다. 2009년에는 세계적인 경제위기로 인해 생산 효과에 따른 에너지 소비가 줄어든 반면 에너지 집약도는 에너지 소비를 늘리는데 약간 기여하였으며, 에너지 소비 증가에 인구 효과가 가장 큰 영향을 미쳤다.

그러나 시군별로는 에너지 소비의 증가 혹은 감소 추세가 고르게 나타나지 않고 매우 불규칙한 패턴을 보이고 있다. 이는 분석 단위가 작아지면서 에너지 소비에 영향을 미치는 변수의 변화폭이 더 크게 나타나는 특성이 있고, 상대적으로 분석 기간이 짧고 이 기간 동안 경제

위기라는 외부적인 변수가 포함되어 있기 때문인 것으로 추정된다⁸⁾.

지수분해분석 결과 대부분의 지자체에서 경제성장에 따른 생산효과가 에너지 집약도 개선에 의한 에너지 소비 (-) 효과를 상쇄하여 에너지 소비 증가를 견인하는 주요 요인으로 분석되었으며, 고양시, 가평군, 과천시, 광명시, 구리시, 동두천시, 시흥시, 이천시 등 일부 지자체에서는 2008년 이후 연도에 따라 에너지 집약도 악화가 에너지 소비 증가의 요인으로 나타났다. 광주시는 GRDP 감소에 의한 (-) 생산효과와 에너지 집약도 개선으로 에너지 소비가 감소하였으며, 김포시, 남양주시, 안성시, 하남시, 화성시는 다른 지자체와 달리 인구 효과가 에너지 소비 증가에 꾸준히 기여하는 것으로 나타났다. 성남시, 수원시, 안산시, 안양시, 용인시 등 대도시의 경우 에너지 집약도의 개선이 에너지 소비 감소에 기여하고 있으나, 2010년 생산효과가 에너지 집약도의 (-) 효과보다 (+) 생산효과가 더 크게 나타나 에너지 소비가 증가하였다. 의정부시, 양평군, 연천군, 의왕시, 파주시, 평택시 등은 에너지 집약도와 생산효과의 기여도가 불규칙한 패턴을 보이지 않는 지자체에 속하였다.

2. 군집 분석에 따른 지자체 유형별 특성

1) 군집별 특성

군집분석을 위해 최종에너지사용량 변화, 에너지집약도 효과(I_{eff}), 1인당 GRDP에 의한 생산효과(G_{eff}), 인구효과(P_{eff})를 2005년 대비 2010년 변화값을 승법 지수분해분석에 의해 산정하였다(부록 참조).

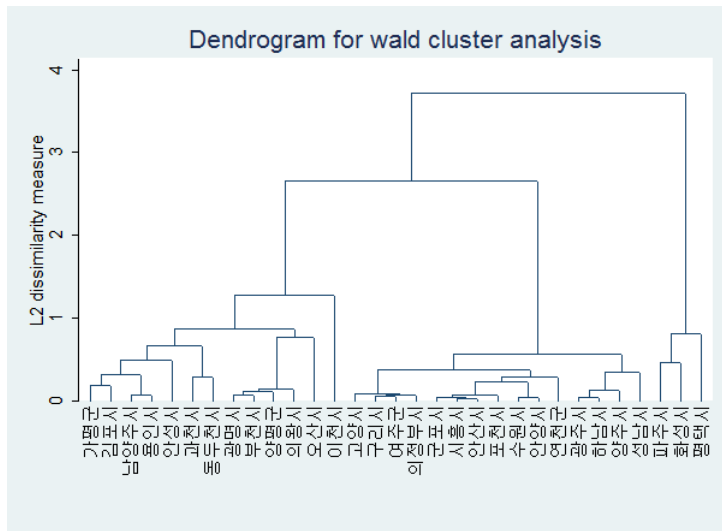
K-mean 방식에 의한 군집분석 결과는 <표 3>과 같으며, 사후 검증 차원에서 Wald 방식을 이용해 다시 군집분석을 실시한 결과가 <그림 2>의 덴드로그램(dendrogram)에 나타나 있다. Wald 방식에 의한 군집과 K-mean 방식에 의한 군집을 비교해 보면 거의 유사한 형태로 군집이 형성되는 것을 확인할 수 있다.⁹⁾ 다만 K-mean 방식을 이용했을 때 군집 2로 분류되었던 김포시와 안성시가 군집 1로 묶이는 차이가 있다. 군집분석 결과 군집별로 1인당 GRDP 변화나 에너지 집약도 변화에 차이가 있음을 알 수 있다.

8) 상세한 수치 및 분석 내용은 부록을 참조한다.

9) K-mean 방식은 군집의 개수를 분석 초기에 인위적으로 정하는 데 비해 Wald 방식은 군집 간의 거리를 보여줌으로써 군집의 가능성 여부와 형태를 보여준다. 따라서 Wald 방식은 군집의 개수를 미리 정하는 것이 아니라 결과에 따라 군집 여부와 개수를 결정하게 된다. 덴드로그램(dendrogram)에서는 서로 군집이 되는 길이(L2 dissimilarity measure)가 짧을수록 유사성이 강하다고 판단한다. 이에 따라 <그림 2>에서는 군집 간의 유사성에 따라 뚜렷하게 3개로 나뉘는 것을 확인할 수 있으며 이들의 군집 구성은 K-mean 방식을 이용했을 때와 거의 유사하다.

<표 3> K-mean 방식을 이용한 군집 유형

구분	군집 분류	구분	군집 분류	구분	군집 분류
가평군	1	고양시	2	양주시	2
과천시	1	광주시	2	여주군	2
광명시	1	구리시	2	연천군	2
남양주시	1	군포시	2	의정부시	2
동두천시	1	김포시	2	포천시	2
부천시	1	성남시	2	하남시	2
양평군	1	수원시	2	파주시	3
오산시	1	시흥시	2	평택시	3
용인시	1	안산시	2	화성시	3
의왕시	1	안성시	2		
이천시	1	안양시	2		

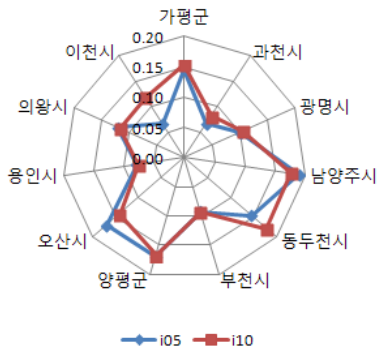


<그림 2> Wald 방식을 이용한 군집화 결과

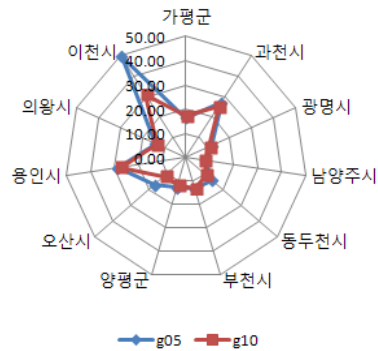
(1) 군집 1 : 저성장 에너지 저효율

첫 번째 군집에는 가평군, 과천시, 광명시, 남양주시, 동두천시, 부천시, 양평군, 오산시, 용인시, 의왕시와 이천시가 포함되었는데, 경기도 북동부 일부 시군과 경기 남부 지역의 중소규모 도시와 대도시가 같이 포함되어 있다. 이들 지역은 대부분 생산효과의 에너지 소비 증가에 대한 기여도가 매우 작거나 오히려 (-)로 나타나고 있다. 반면 에너지 집약도가 세

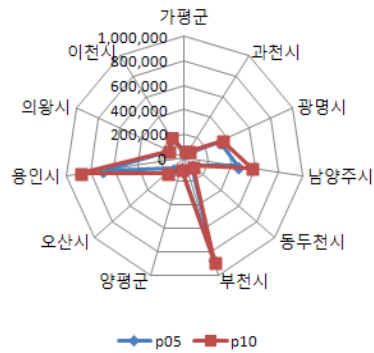
군집 중에서 가장 높아 에너지 소비를 증가시키는 요인으로 작용하고 있다. 이 중 오산시와 의왕시는 생산효과와 에너지 집약도 모두 에너지 소비를 줄이는 방향으로 작용하여 전반적으로 에너지 소비가 줄어들었으며, 용인시는 인구효과가 생산효과와 에너지 집약도 효과를 모두 상쇄하여 에너지 소비가 증가하였다.



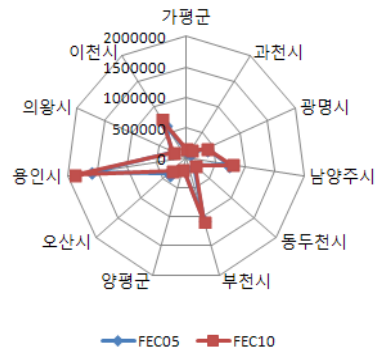
<그림 3> 군집 1의 에너지 집약도 변화



<그림 4> 군집 1의 1인당 GRDP 변화



<그림 5> 군집 1의 인구 변화

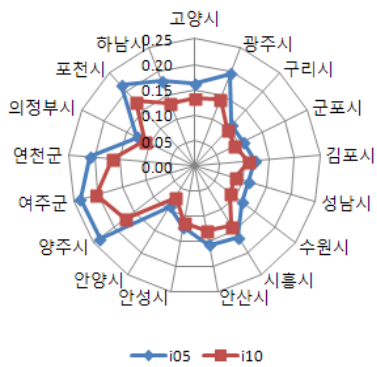


<그림 6> 군집 1의 최종에너지 소비 변화

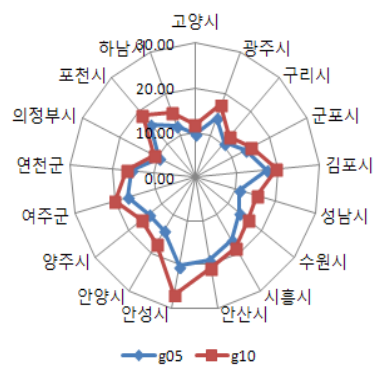
군집 1은 지자체별로 약간의 차이는 있지만 1인당 GRDP가 감소하고 에너지 소비량은 증가하는 지역으로 1인당 GRDP 감소에 따른 에너지 감소 효과보다 에너지효율성 악화로 인한 에너지 소비 증가 효과가 더 크게 나타났다. 1인당 에너지소비는 대부분 줄어들지만 에너지 효율성은 나빠지고 있으며, GRDP 절대 규모가 증가하지 않거나 감소함에 따라 성장동력의 감소가 에너지 집약도 악화에도 영향을 미치는 저성장 에너지 저효율 지역으로 구분할 수 있다.

(2) 군집 2 : 안정성장 에너지 고효율

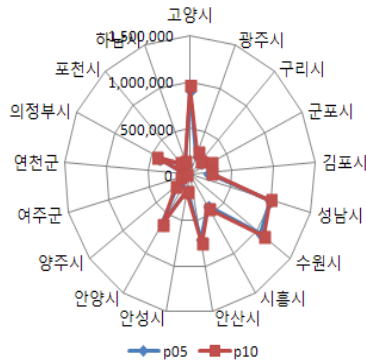
두 번째 군집은 고양시, 광주시, 구리시, 군포시, 김포시, 성남시, 수원시, 시흥시, 안산시, 안성시, 안양시, 양주시, 여주군, 연천군, 의정부시, 포천시, 하남시를 포함한다. 다른 군집에 비해 경향성이 일정하게 나타나며, (+) 성장을 보이는데 성장 규모가 군집 3만큼 크지는 않지만 GRDP 총액 규모나 1인당 GRDP 모두 안정적인 증가세를 보이는 지역이다.



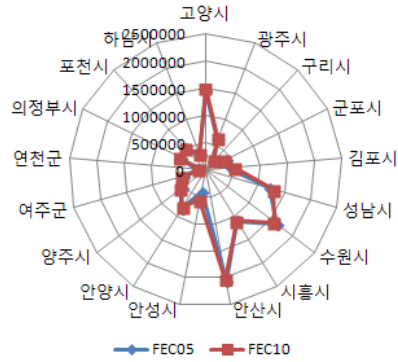
<그림 7> 군집 2의 에너지 집약도 변화



<그림 8> 군집 2의 1인당 GRDP 변화



<그림 9> 군집 2의 인구 변화



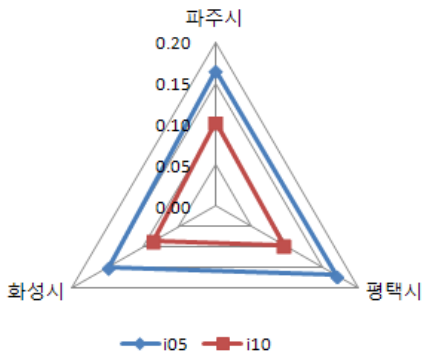
<그림 10> 군집 2의 최종에너지 소비 변화

생산효과가 에너지 소비를 증가시키는 방향으로 작용하고 있으나 동시에 에너지 집약도가 군집에 속한 모든 지자체에서 일관되게 감소하여 에너지 소비 증가율이 높지 않거나 에너지 소비가 오히려 줄어들고 있다. 에너지 소비보다 GRDP가 더 빠르게 증가하여 이것이 에너지 효율성 개선으로 나타나고 있다. 산업도시와 소비도시가 함께 포함되어 성장동력은 다를 수 있으나 에너지와 경제성장의 방향성이 유사한 안정 성장 에너지 고효율 지역으로 구분할 수 있다.

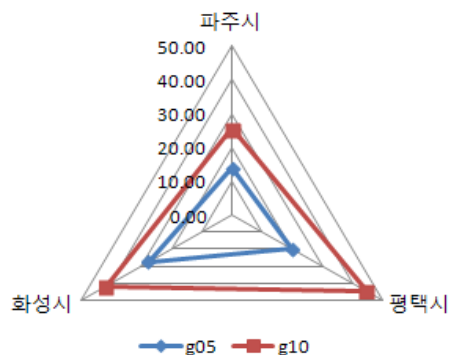
(3) 군집 3 : 고성장 에너지 고효율

군집 3에 포함된 화성시, 평택시, 파주시는 경기도의 새로운 성장축으로 GRDP, 인구 증가에 따라 에너지 소비가 가장 빠르게 증가하는 지역이다. 평택시는 석유(85.56%), 파주시는 열에너지(241.8%)와 전력(104.8%), 화성시는 전력(40.5%) 소비가 급증하였다. 세 지역 모두 전체 에너지 소비량 중 산업부문 비중이 50%가 넘는 대표적인 산업도시의 모습을 보여준다.

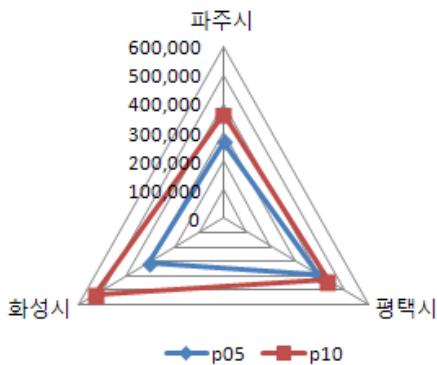
1인당 GRDP가 빠르게 늘어나면서 에너지 소비량도 급증하지만 에너지 소비 증가율에 비해 GRDP의 증가율이 높아 에너지 효율성도 빠르게 개선되는 모습을 보이고 있다. 그러나 생산효과에 의한 에너지 소비 증가 폭이 워낙 크고, 특히 화성시와 파주시는 인구효과와의 상승 작용 때문에 에너지효율성 개선에 의한 에너지 소비 감소폭이 증가세를 따라 잡지 못하고 있다. 이들 지역은 고성장 에너지 고효율 지역으로 분류할 수 있다.



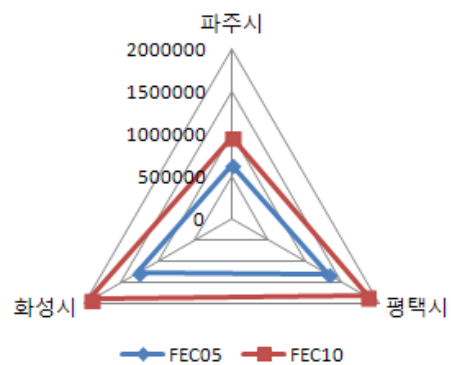
<그림 11> 군집 3의 에너지 집약도 변화



<그림 12> 군집 3의 1인당 GRDP 변화



<그림 13> 군집 3의 인구 변화



<그림 14> 군집 3의 최종에너지 소비 변화

2) 군집 간 비교

군집분석에 사용된 변수를 중심으로 군집별 특성을 비교해 보면, 에너지 소비 변화 요인인 경제성장에 의한 생산효과와 에너지 집약도가 군집마다 뚜렷한 차이를 보이며 군집화에 중요한 요소로 작용하고 있다. 승법 방식의 지수분해분석을 통해 요소별 변화율에 의한 기여도를 분석한 결과 군집 간에 절대적인 최종에너지 소비 규모, 인구요인 등의 영향력은 상대적으로 낮았다. 군집 3은 인구가 빠르게 증가하고 있으나 분산이 크며, 군집 1과 군집 2의 인구요인은 별 차이를 보이지 않아 총인구나 인구변화가 에너지 변화의 유의한 변수는 아니다.

군집 간 차이를 확인하기 위하여 군집별 평균값을 구하고 시간의 흐름에 따른 변화를 비교하였다. 먼저 에너지 집약도 변화를 보면 군집 3의 개선 정도가 가장 두드러지게 나타난다. 2005년의 경우 군집 2와 유사한 수준의 에너지 집약도를 보이던 군집 3 지역은 2006년 이후 빠르게 개선되어 에너지 집약도가 낮아졌다. 최종에너지 소비량 역시 군집 3에서 빠르게 증가하여 빠른 경제성장에 따라 에너지 사용도 늘어나지만 효율성도 상대적으로 개선되는 지역임을 알 수 있다. 군집 2지역은 2005년 다소 높은 에너지 집약도에서 출발하여 꾸준히 에너지 집약도가 개선되고 있다. GRDP 증가보다 에너지 집약도 개선에 의한 에너지 소비 감소 효과가 더 크게 작용하여 최종에너지 소비량이 안정된 수준을 보이고 있다. 군집 1 지역은 에너지 집약도가 약간 악화되고 1인당 GRDP는 줄어들며, 최종에너지 소비량은 약간 증가하고 있어 성장이 미미하며 에너지 효율성도 낮은 지역임을 알 수 있다.

<표 4> 군집별 평균치 변화 추이

구분		2005	2006	2007	2008	2009	2010	변화량
에너지 집약도	군집1	0.123	0.120	0.120	0.123	0.128	0.128	0.01
	군집2	0.157	0.144	0.136	0.132	0.128	0.127	-0.03
	군집3	0.161	0.096	0.093	0.090	0.095	0.095	-0.04
1인당 GRDP (백만원/인)	군집1	19.370	17.330	16.989	16.510	15.480	16.356	-3.01
	군집2	14.297	15.094	16.142	16.074	16.333	16.993	2.70
	군집3	20.522	34.743	34.440	33.158	32.818	37.318	16.80
인구 (인)	군집1	267,607	300,059	311,625	319,395	331,504	364,223	96,616
	군집2	391,468	406,052	412,757	417,503	421,231	431,827	40,359
	군집3	310,562	329,312	392,832	471,726	515,162	532,326	221,764
최종에너지 소비 (TOE)	군집1	623,322	680,136	686,280	711,734	802,512	954,731	331,409
	군집2	1,314,042	1,355,571	1,395,326	1,350,650	1,459,251	1,841,843	527,801
	군집3	1,278,378	1,367,077	1,511,159	1,600,369	1,677,672	1,920,633	642,255

3. 에너지 소비 유형에 따른 정책 방향

지수분해분석에 의한 에너지 소비 변화 요인을 중심으로 군집 분석을 실시한 결과 경기도 31개 시군의 에너지 소비 특성은 고성장 에너지 고효율, 안정 성장 에너지 고효율, 저성장 에너지 저효율 등 3개의 그룹으로 구분되었다.

안정 성장 에너지 고효율 그룹은 안정적인 성장을 보이면서도 에너지 효율도 함께 개선되는 지역으로 가장 바람직한 유형이라고 할 수 있다. 그러나 이들 군집에 속한 지자체의 전체 에너지 소비량은 속도가 빠르지는 않지만 지속적으로 증가하는 추세이므로 에너지 소비 비중이 높은 부문의 에너지 효율 개선에 우선순위를 두어 에너지 소비를 안정화 시키는 노력이 필요하다. 성남시, 의정부시, 수원시, 안양시 등은 대부분 가정 및 상업 부문 에너지 소비 비중이 높은 도시로 건물 에너지 효율 향상, 시민참여 프로그램 및 교육·홍보, 녹지 조성 등 시민참여와 에너지 절약형 도시 구조로 전환하는 것이 우선과제이다. 안산시, 시흥시, 양주시 등 산업 부문 비중이 높은 지자체는 중소기업 에너지 진단을 토대로 에너지 절약을 위한 시설 투자 및 공정 개선 등을 장려하여 에너지 집약도를 낮추며, 직접적인 생산 활동뿐 아니라 건물 냉난방 에너지 소비 비중이 높은 점을 고려하여 건물에너지 효율 개선 투자가 동시에 이루어질 필요가 있다.

과주시, 화성시, 평택시 등 고성장 에너지 고효율 그룹은 인구 증가, 경제성장 등으로 에너지 소비가 빠르게 증가하면서 에너지 효율성도 개선되고 있지만 성장에 의한 에너지 소비 증가 폭이 크기 때문에 에너지 효율 투자가 지속적으로 이루어져야 한다. 이들 지역은 전체 에너지 소비량 중 산업 부문 비중이 절반 이상을 차지하므로 산업 부문 에너지 효율 향상에 우선순위를 둔다. 또한 생태산업단지과 같이 기업 간 물질 및 에너지 흐름을 고려한 네트워크형 공간적 접근이 필요하다. 에너지 효율성이 높을수록 제조업의 부가가치도 높게 나타나고 있어 고성장지역의 산업 부문 에너지 효율 개선이 기업의 경쟁력을 강화하고 경제성장에 기여할 수 있음을 알 수 있다. 또한 고성장을 산업 부문이 주도하고 있기는 하나 신규 개발 수요가 많은 지역인 만큼 도시개발 단계에서 신축 건물의 에너지 성능 기준을 강화하고 신재생에너지 보급을 확대하며 에너지 절약형 생활양식 유도를 위한 카셰어링, 스마트 계량기 설치, 에너지 코디네이터 고용 등의 프로그램을 결합하는 것이 필요하다.

저성장 저효율형 지역은 GRDP에 비해 에너지 소비량이 더 빠르게 증가하는 그룹으로 도시 구조 차원에서 에너지 절약 및 효율 개선 투자가 보다 적극적으로 이루어질 필요가 있다. 그러나 저성장 지역으로 에너지 절약 투자 자원 조달에 한계가 있으므로 에스코 사업, RPS 등 민간 부문의 투자를 촉진하기 위한 추진체계를 갖추고 금융기관, 시민사회, 기업 등과의 민관 파트너십을 구축하는 전략이 필요하다.

광역지자체 차원에서는 시군별 에너지 소비 변화 요인과 함께 부문별, 에너지원별 전체 소비에서 시군이 차지하는 비중을 고려할 필요가 있다. 가정, 상업, 산업, 수송, 공공기타 등 부문별 에너지 소비를 줄이고 효율성을 높이려면 부문별 비중이 높은 시군의 특성을 파악해야 한다. 예를 들어 가정 부문의 경우 수원시, 성남시, 고양시, 용인시 등 4개 지역의 소비 비중이 경기도 전체의 35.6%를 차지하며, 상업 부문 역시 33.6%를 차지한다. 고양시, 용인시, 평택시, 수원시 등은 수송 부문의 비중도 높게 나타났다. 따라서 이들 대도시의 건물, 교통 에너지 효율 개선이 우선적으로 고려되어야 한다. 그러나 이들 지역은 다른 지자체에 비해 에너지 효율성이 상대적으로 높은 그룹에 속하기 때문에 에너지 효율 향상 투자의 한계 비용이 높다고 할 수 있다. 따라서 이들 지역의 절대적인 에너지 소비 규모를 줄이는 것과 함께 부문별 소비 비중은 낮지만 에너지 효율성이 낮은 지역의 에너지 효율 개선을 병행할 필요가 있다. 한편 산업 부문은 안산시, 화성시, 평택시, 파주시 등의 비중이 높아 경기도 전체의 절반이 넘는 53.8%를 차지하고 있어 이들 지역에 대한 집중적인 관리가 이루어져야 한다.

에너지원별로 보면 경기도에서 전력은 산업부문에서 가장 많이 소비되며, 다음으로 가정·상업 부문이다. 열에너지와 도시가스는 대부분 가정·상업 부문에서 소비되며 석유는 수송 부문의 비중이 압도적이다. 경기도에서 전력을 가장 많이 사용하는 곳은 화성시이며, 용인시, 안산시, 파주시 순이다. 경기도 전력 소비를 줄이기 위해서는 화성시, 파주시 등 산업 비중이 높은 지역이 중요한 관리 대상임을 보여 준다. 열에너지는 안산시, 고양시, 성남시, 용인시 등이 높은 순위를 차지하며, 도시가스는 안산시, 수원시, 성남시, 평택시의 소비 비중이 높다. 석유는 평택시, 용인시, 고양시, 화성시에서 가장 많이 소비하고 있는 것으로 나타났다. 열에너지와 도시가스는 가정·상업 부문에서 가장 많이 사용하지만 안산시, 평택시는 산업 부문 비중도 높아서 이러한 특성을 구분하여 접근할 필요가 있다.

IV. 결론

지역에서 에너지 문제에 관심을 기울이기 시작한 것은 비교적 최근의 일이다. 에너지 문제는 중앙정부가 해결해야 하는 일로 간주되었기 때문에 지자체 고유의 에너지 정책은 찾아보기 어려웠다. 밀양 송전탑 갈등, 원전사고와 비리에 따른 거대기술의 위험성, 대규모 에너지 공급 시스템의 한계 등은 중앙집중형 에너지 체계의 변화를 예고하고 있으며, 이러한 흐름 속에서 중앙정부도 에너지 정책 거버넌스 주체로서 지자체의 역할에 주목하기 시작하고 있다. 그러나 이러한 패러다임 전환에 필요한 지역의 인프라와 정책 역량은 매우 부족하다. 이

에 분산형 에너지 정책 인프라 구축을 위한 초기 시도로 본 연구는 경기도 지역을 대상으로 31개 시군의 에너지 통계 자료를 구축한 후 지수분해분석과 군집분석을 통해 시군의 에너지 소비 특성을 3개 그룹으로 유형화하고 유형별 정책 방향을 제시하였다.

기초지자체의 에너지 정책을 선도하고 조정할 수 있는 광역지자체의 역할은 매우 제한적이지만 정책이나 계획의 효과성을 높이기 위해서는 시군의 에너지 소비 특성과 패턴을 고려한 실천 전략을 마련할 필요가 있으며, 중앙정부와 지자체뿐 아니라 광역지자체와 기초지자체 간 협력이 뒷받침되어야 한다. 특히 광역도의 경우 특·광역시에 비해 정책목표 달성에 기초지자체와의 파트너십이 더욱 필수적이다. 에너지 분권화를 위한 제도 개선과 함께 에너지 통계 인프라는 지역의 에너지 소비 특성과 우선순위를 반영한 프로그램 발굴, 선택과 집중에 의한 공간 단위의 통합적 접근, 사후관리와 모니터링을 통한 피드백 등 광역지자체의 역할을 확대하고 기초지자체의 정책 역량을 강화하는데 기여한다. 통계의 일관성 확보를 위해서는 『에너지법』에 지자체 에너지 통계 작성의 법적 근거를 마련하고, 지자체 에너지 정책 활용도를 고려한 통계 작성 지침을 토대로 중앙정부와 광역지자체가 에너지 통계를 공동으로 생산하는 방안을 고려할 수 있을 것이다.

본 연구는 기초지자체 단위 에너지 통계를 구축하고 지수분해분석을 통해 기초지자체의 에너지 소비 변화 요인을 분석한 최초의 시도로서 의미가 있으나 에너지 소비의 증가 혹은 감소 추세가 고르게 나타나지 않고 불규칙한 패턴을 보여 유형화를 통해 이러한 한계를 보완하였지만 개별 기초지자체에 대해서는 유의미한 결과를 도출하기 어려웠다. 이는 분석 단위가 기초지자체여서 에너지 소비에 영향을 미치는 변수의 변화폭이 더 크게 나타나는 특성이 있고, 에너지 통계 및 분석 변수 자료의 제약으로 인해 분석 기간이 짧은 것도 원인으로 판단된다. 또한 분석의 공간적 범위가 경기도 지역에 한정되어 지역 에너지 정책에 대한 시사점을 일반화하기에 다소 한계가 있다. 이는 향후 전국 기초지자체의 시계열 에너지 통계 자료가 충분히 확보될 경우 추가적인 연구를 통해 보완될 필요가 있다. 한편 분석을 위해 본 연구에서 구축한 부문별, 에너지원별 시군 통계는 시군의 에너지 소비 패턴과 특성을 분석하기 위한 가장 기초적인 자료라고 할 수 있으며, 향후 행정동 구분, 난방, 냉방, 취사, 조명 등 부문별 용도의 세분화, 산업 업종별 에너지원별 소비 실태 등 보다 상세한 DB 구축을 통해 지역별 특화된 에너지 정책을 수립할 필요가 있다.

【참고문헌】

- 김수이·김현석. (2011). LMDI 방법론을 이용한 국내 제조업의 에너지 소비 요인 분해 분석. 『에너지경제연구』, 10(1): 49-76.
- 김수이·정경화. (2011). LMDI 방법론을 이용한 국내 제조업의 온실가스 배출 요인분해 분석. 『자원·환경경제연구』, 20(2): 229-254.
- 김현경·김진수·허은녕. (2004). 에너지원별 사용집약도 분해분석 연구. 한국에너지공학회 춘계 학술발표회 논문집. 329-333.
- 이재민·한상용. (2011). 운수업부문 에너지 소비와 집약도 변화에 관한 요인분해 분석. 『한국경제연구』, 29(2): 213-241.
- 정해식·이기훈. (2001). 로그 평균 디비지아 지수 기법을 이용한 이산화탄소 배출량 변화의 요인 분해. 『자원·환경경제연구』, 10(4): 569-589.
- 진상현·황인창. (2009a). 지수분해분석을 이용한 지자체의 에너지 소비특성에 관한 연구. 『자원·환경경제연구』, 18(4): 557-586.
- 진상현·황인창. (2009b). 지자체의 온실가스 배출특성에 관한 지수분해분석 : 에너지 부문을 중심으로. 『환경정책』, 17(2): 101-128.
- 황인창. (2008). 기후변화 대응전략에 따른 이산화탄소 배출량 변화요인 분석 : 생태적 근대화 전략을 중심으로. 『ECO』, 12(2): 153-184.
- Ang, B.W.. (2004). Decomposition Analysis for Policymaking in Energy : Which Is the Preferred Method?. *Energy Policy*, 32: 1131-1139.
- Ang, B.W., (2005). The LMDI Approach to Decomposition Analysis : A Practical Guide. *Energy Policy*, 33: 867-871.
- Chunlan, Liu, Xie Gaudi and Cai Bofeng. (2008). Decomposition Analysis of Sectoral Energy Use in Beijing(1981-2005) Using the LMDI Method. *Chinese Journal of Population, Resources and Environment*, 6(2): 49-54.
- Hatzigeorgiou, E., H. Polatidis and D. Haralambopoulos. (2010). Energy CO₂ Emissions for 1990-2020: A Decomposition Analysis for EU-25 and Greece. *Energy Sources. Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 32(20): 1908-1917.
- Ipek Tunc, G., Serap Turut-Asik and Elif Akbostanc. (2009). A Decomposition Analysis of CO₂ Emissions from Energy Use : Turkish Case. *Energy Policy*, 37: 4689-4699.
- Kim, Jae-on and Charles W. Mueller, (1978). *Factor Analysis-Statistical Methods*

- and Practical Issues*. Vol.14. SAGE.
- Kim, Jinsoo and Eunnyeong Heo. (2012). Energy and Economic Growth: Causality Analysis Using Decomposed Energy Consumption. *Geosystem Engineering*, 15(3): 171-178.
- Shahiduzzaman, Md and Khorshed, (2012). AlamChanges in energy efficiency in Australia: A decomposition of aggregate energy intensity using Logarithmic Mean Divisia approach School of Accounting, Economics & Finance, Australian Centre for Sustainable Business & Development, University of SouthernOnline at <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/36250/> MPRA Paper No. 36250, posted 28. January 2012 14:28 UTC Queensland.
- Timilsina, Govinda R. and Ashish Shrestha. (2009). Factors Affecting Transport Sector CO₂ Emissions Growth in Latin American and Caribbean Countries: An LMDI Decomposition Analysis. *International Journal of Energy Research*, 33: 396 - 414.
- Vinuya, Ferdinand, Ferdinand DiFurio and Erica Sandoval. (2010). A Decomposition Analysis of CO₂ Emissions in the United States. *Applied Economics Letters*, 17(10): 925-931.
- Wang, Zhengming, Dongdong Jing and Zhengnan Lu. (2011). Decomposition of Factors Impact on Carbon Emission for China Based on LMDI. *International Journal of Nonlinear Science*, 12(1): 80-85.
- Xu, Jin-Hua, Tobias Fleiter, Wolfgang Eichhammer and Ying Fan. (2012). Energy Consumption and CO₂ Emissions in China's Cement Industry : A Perspective from LMDI Decomposition Analysis. *Energy Policy*, 50: 821 - 832.
- Yong-Xiu, He, Tao Wei-Jun, Zhang Song-Lei, Li Yan and Li Fu-Rong. (2007). Factors Decomposition of Energy Intensity: The Case of Liaoning Province in China. *International Journal of Systems Applications, Engineering & Development Issue*, 3(1): 56-61.
- Zhang, Ming, Xiao Liu, Wenwen Wang and Min Zhou. (2013). A Decomposition Analysis of CO₂ Emissions from Electricity Generation in China. *Energy Policy*, 52: 159 - 165.

고재경: 2001년 서울대학교 환경대학원에서 행정학 박사학위를 취득하고, 현재 경기연구원 연구위원으로 재직 중이며, 주요 관심 분야는 기후변화, 거버넌스, 지속가능발전이다. 주요 논문으로는 “기후변화 완화와 적응 통합에 관한 시론적 연구”(2013), “에스코 산업의 경제적 파급효과 분석”(2012), “지방자치단체 기후변화 취약성 유형 및 적응방안 연구”(2011) 등이 있다.

김성욱: 2008년 서울대학교 환경대학원에서 도시계획학 박사학위를 취득하고, 현재 서강대학교 공공정책대학원 환경정책학과 대우교수로 근무하고 있으며 환경 및 에너지문제의 계량화와 정책반영, 도시문제와 환경문제의 연결에 관심을 갖고 있다. 주요 저작으로는 “신재생에너지 보급사업의 에너지원별 산업파급효과에 관한 연구”(공저, 2011), “전력생산 비용과 사회적 선택”(『경제질서 부문의 가치 확립 방안』, 공저, 2011) 등이 있으며, 논문으로 “에스코 산업의 경제적 파급효과 분석”(2012), “공원의 위상에 따른 이용자 지불용의액 차이에 대한 연구”(2012) 등이 있다.

주정현: 2009년 한양대학교에서 도시공학 석사학위를 취득하고 현재 경기연구원 연구원으로 재직 중이다. 주요 관심분야는 도시 환경계획, 지속가능발전, 지역 환경정책이며 논문으로 “도시 가로의 형태 요소와 대기질과의 관계 연구”(2009) 등이 있다.

【부 록】

〈시군 승법 지수분해분석 결과(2005~2010)〉

구분	생산 효과	원단위 효과	인구 효과	에너지 변화량
경기도	1.209	0.824	1.112	1.109
가평군	1.051	1.053	1.082	1.197
고양시	1.202	0.821	1.057	1.043
과천시	0.924	1.230	1.186	1.347
광명시	0.927	1.041	1.056	1.019
광주시	1.230	0.726	1.175	1.050
구리시	1.167	0.899	1.022	1.073
군포시	1.125	0.820	1.046	0.964
김포시	1.145	0.896	1.166	1.197
남양주시	0.950	0.933	1.254	1.112
동두천시	0.768	1.231	1.162	1.099
부천시	0.993	1.002	1.032	1.027
성남시	1.412	0.755	1.004	1.071
수원시	1.214	0.760	1.047	0.966
시흥시	1.121	0.839	1.058	0.996
안산시	1.104	0.825	1.081	0.985
안성시	1.318	0.921	1.155	1.401
안양시	1.238	0.776	0.999	0.960
양주시	1.151	0.728	1.222	1.024
양평군	0.908	0.990	1.126	1.012
여주군	1.197	0.863	1.061	1.096
연천군	1.073	0.789	0.963	0.815
오산시	0.671	0.835	1.422	0.797
용인시	0.958	0.965	1.270	1.175
의왕시	0.950	0.963	1.013	0.926
의정부시	1.135	0.868	1.076	1.061
이천시	0.626	1.754	1.066	1.170
파주시	1.823	0.617	1.361	1.532
평택시	2.238	0.568	1.103	1.402
포천시	1.167	0.802	1.041	0.974
하남시	1.247	0.742	1.135	1.050
화성시	1.514	0.579	1.714	1.502

<시군별 가법 지수분해분석 결과(2004~2010)>

