

전국 시도 및 시군구의 온실가스 배출 요인분해 분석: 경기도 재생에너지 보급의 필요성 도출[†]

전승호* · 김한수**

요약 : 국내 지역들은 산업구조, 에너지시스템, 전력수급 등 다양한 측면에서 이질적인 한편, 적극적이고 실천적인 기후변화 대응을 위해 지역의 역할은 갈수록 중요해지고 있다. 따라서 본 연구에서는 2015~2021년 기간 전국 시·도, 시군구의 온실가스 배출 요인분해 분석을 한다. 17개 시·도별 온실가스 배출 요인분해 분석을 진행한 뒤, 분석결과를 토대로 대표 시·도를 선정하여 해당 지역의 시군(구)을 대상으로 추가 분석한다. 분석 결과, 시·도 중 경기도는 국가 온실가스 증가에 가장 큰 기여를 함과 동시에 다(多)배출 지역 중에서도 개별 효과가 다르게 작용하고 있는 지역으로 나타났다. 경기도의 31개 시·군별 분석 결과, 경기도 내 다(多)배출 상위 6개 시·군이 경기도 온실가스 배출 증가의 90%를 차지하는 것으로 나타났다. 또 분석결과를 연도별로 살펴봤을 때, 해당 6개 시·군의 온실가스 배출 증가는 화력발전소와 열병합발전소의 운영 시기와 맞물려 있는 것을 확인하였다. 결과를 종합해서 살펴보면, 첫째, 온실가스 배출 요인분해 분석 결과, 17개 시·도 중 경기도가 가장 특징적인 지역인 것으로 나타났다. 둘째, 시·도별 사회경제의 변화 추이를 감안하고, 또 앞으로 지역별 차등요금제의 시행이 예상되는 바, 경기도는 지역 내 전력공급량을 늘려야 할 필요가 있는 것으로 나타났다. 셋째, 경기도 내 위치한 다수의 RE100 기업, 그리고 경기도가 국가 온실가스 배출 증가에 기여하는 비중을 고려할 때, 경기도는 재생에너지 보급에 현재보다 그리고 다른 지역보다 더 많은 노력을 기울여야 하는 것으로 나타났다.

주제어 : 경기도, 재생에너지, 온실가스, LMDI

JEL 분류 : Q54, Q50, R59

접수일(2024년 8월 14일), 수정일(2024년 10월 14일), 게재확정일(2024년 10월 22일)

[†]본 연구는 경기도에서 지원하고 경기연구원이 수행한 '경기 RE100 플랫폼 구축' 사업을 통해 이루어졌습니다.

* 경기연구원, 기후환경정보센터 연구위원, 제1저자(e-mail: shjeon@gri.re.kr)

** 경기연구원, 기후환경정보센터 센터장, 교신저자(e-mail: kimhs@gri.re.kr)

Decomposition Analysis of Greenhouse Gas Emissions in South Korea's Provincial and Local Governments: Identifying the Need for Renewable Energy in Gyeonggi Province[†]

Seungho Jeon* and Han Soo Kim**

ABSTRACT : Regions in South Korea exhibit heterogeneity in various aspects such as industrial structure, energy systems, and power demand & supply. At the same time, the role of regions in proactive and practical responses to climate change is increasingly significant. This study applies the Logarithmic Mean Divisia Index (LMDI) technique to analyze the current greenhouse gas emissions at both the provincial and local levels. Based on the results, a representative region was selected for further analysis at the city & county level. Findings indicate that Gyeonggi province contributes the most to the national increase in greenhouse gas emissions. Additionally, among the high-emission provinces, Gyeonggi exhibits distinct patterns of individual effects. The top six high-emission localities within Gyeonggi account for 90% of the emission increase in the province's 31 localities. It is confirmed that the change in greenhouse gas emissions in these six cities & counties coincides with the operational periods of power plants and combined heat and power plants. In conclusion, firstly, LMDI decomposition analysis highlights Gyeonggi as the most noticeable region among the 17 provinces. Secondly, considering the socioeconomic trends and the forthcoming implementation of a differential electricity pricing system, Gyeonggi's need to enhance its power supply from within the province itself is evident. Thirdly, given the substantial presence of RE100 companies in Gyeonggi and its significant contribution to the national increase in greenhouse gas emissions, Gyeonggi should intensify efforts to promote renewable energy compared to previous initiatives and other regions.

Keywords : Gyeonggi, Renewable energy, Greenhouse gas, LMDI

Received: August 14, 2024. Revised: October 14, 2024. Accepted: October 22, 2024.

[†]This work was supported by the 'Gyeonggi RE100 Platform Establishment' project through the Gyeonggi Research Institute, funded by Gyeonggi-do.

* Research Fellow, Climate & Environment Data Center, Gyeonggi Research Institute, First author (e-mail: shjeon@gri.re.kr)

** Director, Climate & Environment Data Center, Gyeonggi Research Institute, Corresponding author (e-mail: kimhs@gri.re.kr)

1. 서론

전 지구적 기후변화 대응을 위해 많은 국가들이 노력하고 있다. 탄소중립을 선언한 국가들이 적지 않고, 또 RE100과 같은 민간 차원의 이니셔티브도 등장하였다. 전 세계적으로 탄소중립 달성을 위해 신재생에너지 도입 확대, 전력화, 탄소제거기술, 탄소흡수원 확충 등의 공통된 전략을 추진하고 있다. 신재생에너지를 통해 전력을 공급하고, 최종소비부문에 전력을 많이 소비한다는 전략이다. 또 가스발전과 같은 전력계통에 필수적으로 필요한 유연성 자원으로부터의 배출은 탄소제거기술 혹은 탄소흡수원을 통해 탄소의 순배출량을 0으로 만들겠다는 전략이다.

전 세계 공통으로 이러한 전략을 추진하고 있지만, 국가별로 사회경제, 에너지시스템 등 여러 측면에서 주어진 여건이 다르다. 예컨대, 우리나라도 앞서 기술한 전략을 추진하고 있지만, 지정학적인 여건상 이웃 나라와 전력 거래가 불가능하고, 천연자원 부족 등의 특징들을 갖고 있고, 사회경제적인 측면에서는 가파른 인구감소, 제조업 중심의 산업구조 등의 특징을 갖고 있다. 공간 범위를 조금 좁혀서 살펴보면, 우리나라 내에서도 마찬가지로 지역 간 이질적인 특성은 고스란히 드러난다. 해안가 중심으로 위치한 발전소들이 전력을 공급하여, 수도권의 전력수요를 충족시키고 있다(지상현 외, 2022). 국내 인구는 2019년부터 줄어들고 있지만, 여전히 인구가 늘어나고 있는 지역도 있다. 통계청에서는 2027년~2052년의 시·도별 장래인구추계 데이터(통계청, 2024c)를 제공하고 있는데, 중위추계 기준으로 살펴보면 세종시를 제외한 모든 시·도의 인구가 감소하는 것으로 나타난다.¹⁾ 세종시를 제외하면, 인구 감소율이 가장 적을 것이라 예상되는 지역은 경기도로 나타났다. 같은 기간 경기도에 예상되는 인구의 연평균 감소율은 0.08%이다. 다만 전국에서 경기도가 차지하는 인구의 비중으로 계산하면 2027년에는 27.4%, 2052년에는 29.9%로 오히려 2.5%p 혹은 9.1% 만큼의 증가가 예상된다. 한편 인구 감소가 가장 크게 예상되는 지역은 울산으로 연평균 감소율이 1.05%로 나타난다. 인구뿐 아니라, 지역별 산업구조 또한 다르고, 지역별 에너지 소비패턴, 배출량 측면 등에도 이질성이 존재한다(길은선 외, 2021).

1) 2027년부터 2052년까지 세종시 인구의 연평균 증가율은 1.04%으로 나타난다.

국가의 ‘2050 탄소중립’ 달성을 포함하여 기후변화 대응을 위한 지역의 중요성이 대두되고 있다. 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」에 따라 각 시·도 및 시·군·구는 탄소중립 기본계획을 수립하여야 한다. 기후변화 대응 측면에서 지자체의 중요성이 대두되고 있는 것은 온실가스 감축을 위한 실천적인 측면이 강조되기 때문이다(문선영·유한별, 2022). 같은 맥락에서 각 지역이 역할을 다하기 위해서는 각 지역에서 실제로 어떠한 활동에 기인하여 온실가스 배출 증감이 발생했는지 살펴보는 것이 선행될 필요가 있다. 이와 같은 상세한 분석이 가능하기 위해서는 높은 공간해상도 데이터를 활용한 분석이 바탕이 되어야 한다. 세분화된 공간적 범위(예: 시·군·구)를 대상으로 한 분석을 통해 온실가스 배출의 개별적이고 직접적인 원인을 유추할 수 있고, 이는 각 지역의 정책 수립에 효과적 대응책 마련에 도움이 될 수 있다.

본 연구의 목적은 첫 번째, 국내 17개 시·도별 탄소중립 여건을 사회경제, 에너지, 전력수급 측면에서 살펴보고자 한다. 두 번째, LMDI 기법을 활용하여 온실가스 배출 요인 분해 분석을 17개 시·도 및 299개 시·군·구 단위에서 진행하고자 한다. 국내 전체 시·도와 시·군·구를 대상으로 분석을 진행하지만, 현실적으로 모든 지역에 대한 분석 결과를 해석하여 내용을 다루기는 범위가 너무 넓어 한계가 있다. 따라서 17개 시·도 단위에서 분석을 진행한 후에 추가 분석의 필요가 있는 대표 시·도를 선정하여, 해당 시·도의 시·군(구)으로 분석범위를 좁혀 연구 결과를 분석하고자 한다. 결론부터 살펴보면, 대표 시·도는 경기도로 도출이 되었고, 이외 나머지 시·도의 시·군·구 분석결과는 지면상 부록에 담고자 한다.

II장에서는 LMDI 분석기법을 활용하여 에너지소비, 탄소 및 온실가스 배출량 변화를 분석한 선행연구를 검토한다. III장에서는 분석에 적용한 방법론과 데이터에 관해 기술한다. IV장에서는 전국 17개 시·도별 현황을 사회경제, 최종 에너지소비, 전력수급 측면에서 살펴본다. V장에서는 온실가스 배출 요인분해 분석을 전국 시·도별로 진행한다. 나아가 경기도에 한해 시·군별 분석을 진행한다. VI장에서는 본 연구의 요약 및 함의를 도출한다.

II. 선행연구

선행연구는 다음 <표 1>을 통해 정리하였다. 표에 정리한 모든 선행연구에 대해 LMDI 분석기법을 에너지 소비량에 적용하는지 혹은 온실가스 및 탄소배출량에 적용하는지에 따라 나눈 뒤, 분석의 공간해상도를 기준으로 국가, 시·도, 시·군·구 연구로 나누어 분류하였다. 에너지소비에 관한 연구로 분류된 것 중에는 전체 에너지소비량에 관한 연구와 개별 에너지원에 관한 연구를 모두 포함한다. 시·도 단위 연구로 분류된 선행연구는 전국 모든 시·도에 대한 연구와 개별 시·도에 대한 연구를 모두 포함한다.

김태현 외(2015)와 박년배·심성희(2015)는 국내 에너지밸런스를 활용하여 산업 부문을 대상으로 에너지소비를 분석하고, 추가로 온실가스 배출도 함께 분석하였다. 한준(2015)은 제조업 전력화 현상을 전기 비중 효과와 직접가열용 비중 효과를 활용하여 분석하였다. 구자열 외(2016)는 전력소비 변화에 대한 지수분해분석을 한 뒤, 이를 토대로 경제적 및 기술적 전력효율지표를 산정하였다. 김철현·강병욱(2017)에서는 국가 전체 에너지소비량 변화 요인에 대한 종합적 분석을 위해 산업, 서비스업, 가정, 수송, 전환 부문을 대상으로 연구를 진행했다. 김수이(2023)는 개정에너지밸런스를 토대로 제조업을 10개 세부부문으로 분류하여 전력소비 요인분해 분석을 진행하였다. 진상현·황인창(2009)과 문혜정·이기훈(2019)은 전국 16개 시·도를 대상으로 전체 에너지소비량 분석을 통해 지역별 특성을 연구하였다. 한준·정연미(2020)와 한준(2023)은 각각 서울시와 인천시의 전력소비량 특성에 관한 연구를 진행하였다. 유재호 외(2023)는 제주도를 포함한 8개 광역시를 대상으로 전력소비 특성에 관한 연구를 진행하였다. 고재경 외(2015)는 시·군·구를 대상으로 LMDI 분석기법을 활용한 유일한 선행연구인 것으로 확인하였다. 경기도 31개 시·군을 3개의 그룹으로 유형화하여 에너지소비 변화를 3가지 요인(생산 효과, 원단위 효과, 인구 효과)으로 나누어 분석하였다. 정해식·이기훈(2001)은 전환, 산업, 가정·상업, 수송, 공공부문별 이산화탄소 배출 변화요인 분석을 하였으며, 1990년대부터는 에너지 집약도의 증가가 이산화탄소 배출량 증가 요인으로 작용하고 있음을 지적하였다. 김수이·정경화(2011)는 제조업 부문을 대상으로 연구를 진행하였고, 분석기간 동안 제조업 부문은 생산 효과에 의한 온실가스 배출 증가가 크게

나타났다. 이상엽·김대수(2017)는 각 부문별로 분해요인을 달리 설정하고, 목표관리제와 배출권 거래제가 시행된 2010년을 기준으로 기간을 나누어 결과를 살펴보았다. 김수이(2018)는 기존연구 방법론을 확장하여 발전부문의 온실가스 배출량을 6가지 요인으로 나누어 분석하였으며, 전력집약도 효과가 온실가스 증가의 가장 큰 요인이라고 지적하였다. 한준(2019)은 전력화의 탄소배출량에 관한 연구를 위해 전력 공급부문과 수요부문을 구분짓되 함께 요인분해 분석을 진행하여 전력화에 대한 보다 포괄적인 연구를 진행하였다. 조용성(2017)은 발전부문의 이산화탄소 배출량 증가 요인으로는 전력집약도 효과, 감소 요인은 화석연료의 집중도 변화 그리고 화력발전 의존도라고 지적하였다. 진태영 외(2020)는 기존 분해방정식을 연장하여, 산업부문의 이산화탄소 배출을 7가지 요인으로 분해하고, 또 기준연도 고정방식과 변경방식으로 나누어 분석결과를 살펴보았다. 진태영·김도원(2021)은 LMDI 분석기법과 생산이론 분해분석(PDA) 기법을 결합하여 산업부문 탄소원단위 변화 요인분해 분석을 하였다. 박년배(2021)는 코로나19에 따른 배출량 변화를 분석하기 위해 2018년 1월부터 2020년 12월까지 월별 자료를 활용하였으며, 분석결과 산업용의 전기수요가 감소하고, 가정용이 증가한 것으로 나타났다. 이재형 외(2012)와 이재형(2018)은 철도부문의 온실가스 배출 특성을 각각 운영기관별, 노선별로 분석하였다. 진상현·정경화(2013)는 16개 시·도별 온실가스 배출을 3가지 요인(인구, 생산, 집약도)으로 분해하여 분석했으며, 시·도별 배출 특성에 따라 유형을 그룹화하여 분석하였다. 고재경·예민지(2022)와 박승규·장인수(2022)는 공통적으로 국내 지역별로(각각 16개시·도별, 권역별) 경제활동과 배출량(각각 온실가스, 이산화탄소) 간의 탈동조화 현상을 분석하고, 또 탈동조화에 미친 요인을 분석하기 위해 LMDI 분석기법을 활용하였다. 마지막으로 본 연구는 시·도 단위에서의 분석을 포함하여, 전국 시·군·구 단위까지 온실가스 배출 변화요인 분석(2015~2021)을 한다는 점에서 선행연구들과 차별된다.

〈표 1〉 LMDI를 활용한 선행연구

유 형		선행연구	대상 부문				분석 기간
			전환	산업	수송	건물	
에너지	국가	김태현 외(2015)*		✓			1998~2011
		박년배·심성희(2015)*		✓			2004~2011
		한준(2015)		✓			1992~2012
		구자열 외(2016)		✓			2000~2014
		김철현·강병욱(2017)	✓	✓	✓	✓	1995~2015
		김수이(2023)		✓			1999~2019
	시도	진상현·황인창(2009)		✓			1990~2006
		문해정·이기훈(2019)		✓			2006~2016
		한준·정연미(2020)		✓	✓	✓	2002~2017
		한준(2023)		✓	✓	✓	2002~2020
		유재호 외(2023)		✓			2000~2020
	시군구	고재경 외(2015)		✓			1995~2011
이산화탄소 및 온실가스	국가	정해식·이기훈(2001)	✓	✓	✓	✓	1970~1998
		김수이·정경화(2011)		✓			1991~2007
		이상엽·김대수(2017)	✓	✓	✓	✓	2000~2014
		김수이(2018)	✓				2010~2015
		한준(2019)		✓			1980~2015
		조용성(2017)	✓				1990~2016
		진태영 외(2020)		✓			1990~2017
		진태영·김도원(2021)		✓			1990~2018
		박년배(2021)	✓				2018~2020 (월별)
		이재형 외(2012)			✓		2000~2007
		이재형(2018)			✓		2011~2016
	시도	진상현·정경화(2013)		✓			1998~2010
		고재경·예민지(2022)		✓			2011~2018
		박승규·장인수(2022)		✓			2013~2019
	시군구	본연구		✓			2015~2021

주: *가 표시된 선행연구는 에너지 소비와 온실가스 배출을 함께 분석한 연구

III. 방법론

본 연구의 목적은 지역별 온실가스 배출 변화 요인을 살펴보는 것이다. 시간에 따른 에너지소비량 혹은 온실가스 배출량의 변화 요인분해 분석을 하는 방법으로는 지수분해분석(Index Decomposition Analysis, IDA) 혹은 구조분해분석(Structural Decomposition Analysis, SDA)이 널리 쓰인다(Hoekstra and Van den Bergh, 2003). 본 연구에서는 시·군·구 단위까지 분석을 진행하므로, 가용한 데이터에 한계가 있어 지수분해분석을 사용한다. 지수분해분석 중에서도 로그평균 디비지아지수(Log Mean Divisa Index)의 가법적 방법론을 활용한다. LMDI 방법은 분석과정에서 잔차가 발생하지 않고(완결성), 계산과정에서 두 시점 간 순서를 바꾸어도 같은 결과가 도출되며(가역성), 데이터에 포함된 0 값을 계산하는 과정에서 자유롭다²⁾(0 값에 대한 강건성)는 장점이 있다. 또 기준 시점과 비교시점의 데이터만 있으면 분석이 가능하다(김진수, 2015; Ang and Liu, 2007). 전통적 계량 방법론에서는 분석결과에 대한 확률론적 근거 제시, 가설 검증, 통계적 추론이 가능하지만 LMDI 방법론에서는 불가능하다. LMDI를 통해 고려하고자 하는 변수들이 아래의 식 (1)과 같이 항등식으로 표현할 수 있어야 한다. 마지막으로 개별 효과들의 변화에 대한 원인을 알 수 없다는 한계가 있다. 본 연구에서는 분석 시점에 일어났던 사건들을 조사함으로써, 개별 효과에 대한 원인을 설명하고자 시도하였다.

본 연구의 분석 범위는 국내 17개 시·도와 229개 시·군·구이며, 시·군·구 해상도에 서 확보할 수 있는 변수들을 활용하여 아래의 식 (1)과 같이 LMDI 분해식을 적용하였다. 온실가스 배출량(E_t , Emissions)을 온실가스 배출의 집약도(I_t , Intensity), 1인당 소득(G_t , Growth), 인구(P_t , Population)로 분해하였다. 분석 기간은 2015년부터 2021년까지이며, 이는 국내 전체 시·군·구 단위의 GRDP 통계가 존재하는 기간과 일치한다.³⁾ 분해식을 이용하여 기준 시점 0기와 t 기의 온실가스 배출량 변화를 분석하는 LMDI 분석 구조식은 아래의 식 (2)와 같다. 0기에서 t 기간의 온실가스 배출량 변화($\Delta E^{0,t}$)는 집약도 효과($\Delta E_I^{0,t}$), 1인당 소득 효과($\Delta E_G^{0,t}$), 인구 효과($\Delta E_P^{0,t}$)의 합으로 구성된다.

2) Ang and Liu(2007)에서 제시한 small value strategy를 통해 0값에 대한 강건성을 만족함.

3) 시·군·구별 GRDP 데이터는 2010년부터 존재하긴 하나, 대구, 대전, 경북, 경남지역의 GRDP는 2015년부터 존재함. 따라서 분석의 일관성을 위하여, 온실가스 배출 변화요인의 분석기간을 2015년부터 가장 최근인 2021년까지로 설정함.

$$E^t = \frac{E^t}{GRDP^t} \times \frac{GRDP^t}{POP^t} \times POP^t$$

$$= I^t \times G^t \times P^t \quad (1)$$

$$\Delta E^{0,t} = \Delta E_I^{0,t} + \Delta E_G^{0,t} + \Delta E_P^{0,t} \quad (2)$$

$$\Delta E_I^{0,t} = \frac{E^t - E^0}{\ln E^t - \ln E^0} \times \ln \frac{I^t}{I^0}$$

$$\Delta E_G^{0,t} = \frac{E^t - E^0}{\ln E^t - \ln E^0} \times \ln \frac{G^t}{G^0}$$

$$\Delta E_P^{0,t} = \frac{E^t - E^0}{\ln E^t - \ln E^0} \times \ln \frac{P^t}{P^0}$$

LMDI 분해식과 다음 장(IV. 시·도별 현황)에서 활용하는 데이터는 통계청(인구, GRDP, 사업체 수), 국가에너지통계 종합정보시스템(최종 에너지소비, 전력수급), 온실가스종합정보센터(온실가스 배출량)에서 제공하는 데이터를 활용하였다(통계청, 2024a, 2024b, 2024d; 국가에너지통계 종합정보시스템, 2024; 온실가스종합정보센터, 2024).

IV. 시·도별 현황

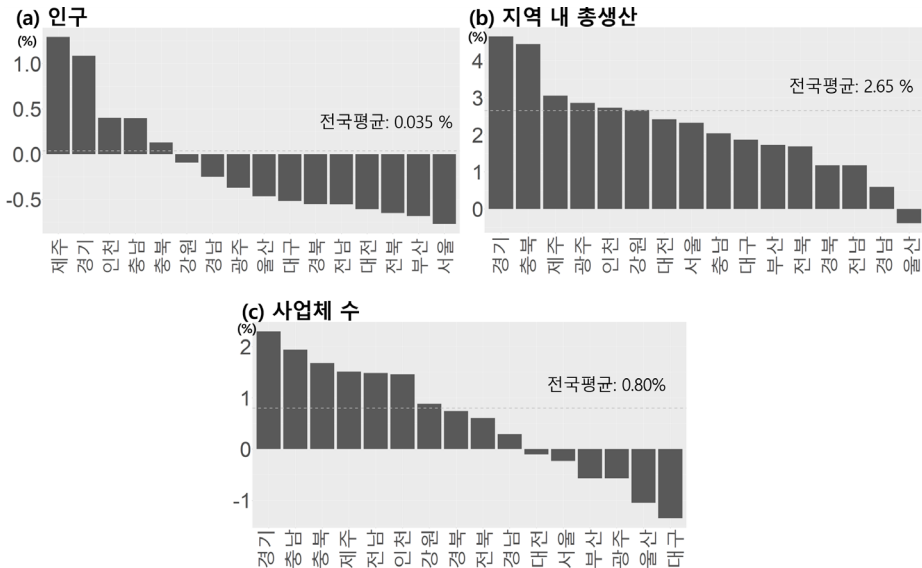
이번 장에서는 지역별 탄소중립 달성 여건을 살펴보기 위해 지역별 사회경제, 최종 에너지소비, 전력수급 현황을 살펴본다.⁴⁾

1. 사회경제

인구가 늘고, 산업활동이 증가하면 에너지소비와 온실가스 배출 증가로 이어질 수 있다. 이를 지역 관점에서 보면, 지역의 탄소중립 달성에 큰 부담으로 작용할 수 있다. <그림 1(a)>는 지난 10년간 시·도별 인구의 연평균 증가율을 보여주고 있다. 제주도가 1.29%로 가장 높고, 육지에서는 경기도가 1.09%로 인구 증가율이 가장 높은 지역으로

4) 다만 세종시의 경우 모든 지표에 상대적으로 높은 증가율을 보여주고 있어, 세종시 데이터는 시각화는 하지 않고 각 그림 하단에 수치를 제공하고자 한다.

〈그림 1〉 주요 사회경제변수 연평균 증가율



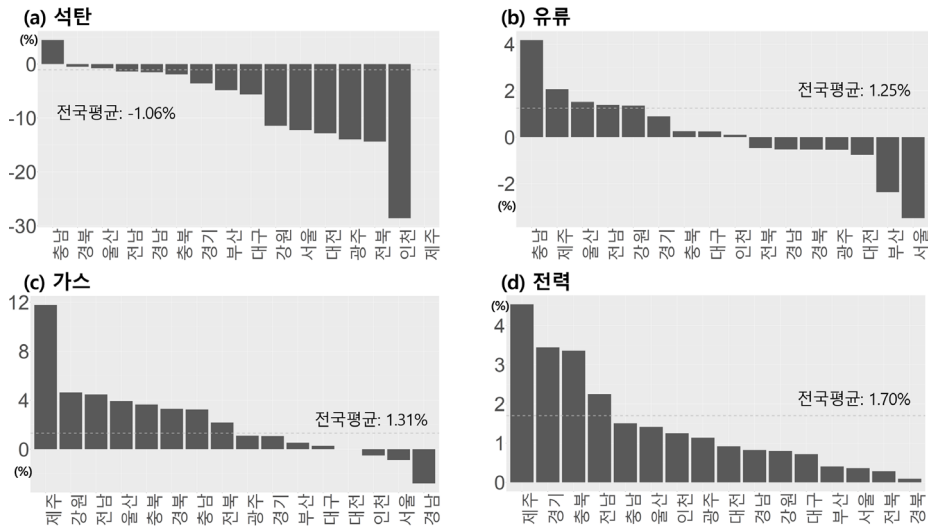
주: a) 인구(2013~2023), b) GRDP(2012~2022), c) 사업체 수(2017~2022), Note: 세종시의 연평균 증가율: 12.2%(인구, 2013~2023), 7.24%(GRDP, 2013~2022), 10.3%(사업체수, 2017~2022), 전국평균은 세종시를 포함하여 계산.

나타났다. 한편 인구가 가장 많이 감소한 지역은 서울과 부산으로, 인구의 연평균 감소율이 두 지역 각각 0.77%, 0.69%로 나타났다. <그림 1(b)>는 지난 10년간 시·도별 지역 내 총생산의 연평균 증가율을 보여주고 있다. 경기도가 4.65%로 가장 높고, 충북도 4.45%로 다른 지역 대비 높은 수준의 지역 내 총생산 증가율을 나타냈다. <그림 1(c)>는 지난 5년간 사업체 수의 연평균 증가율을 보여주고 있다. 경기도가 2.30%로 가장 높았고, 충남과 충북이 각각 1.94%, 1.68%의 사업체 수 증가율을 나타냈다. 한편 사업체 수가 가장 많이 감소한 지역은 대구와 울산으로, 사업체 수의 연평균 감소율이 두 지역 각각 1.35%, 1.05%로 나타났다.

2. 최종 에너지소비

<그림 2>는 지역별 주요 원별 최종 에너지소비량의 연평균 증가율을 보여주고 있다. 석탄소비의 경우 <그림 2(a)>, 충남의 석탄 소비 연평균 증가율은 4.4%로, 유일하게 석

〈그림 2〉 최종 에너지소비 연평균 증가율(2011~2022)



주: 세종시의 연평균 증가율: 6.6%(유류, 2014~2022), 4.5%(가스, 2013~2022), 18.6%(전력, 2012~2022), 참고로 세종시에서는 석탄이 2015~2017 기간에만 소비되었으며, 연도별로 각각 0.052, 0.036, 0.013 KTOE 소비함)

탄 소비가 늘어난 지역이다. 용도별로 살펴보았을 때, 같은 기간 충남의 제철용 유연탄 소비 연평균 증가율은 3.1%로, 철강산업이 충남의 석탄소비 증가에 적지 않은 영향을 미쳤을 것으로 예상할 수 있다(에너지경제연구원, 2023). 유류 소비 <그림 2(b)>도 마찬가지로, 충남의 유류 소비 연평균 증가율이 4.2%로 전국에서 가장 높다. 충남은 대규모 제철소뿐 아니라 대규모 석유화학단지가 위치하고 있다는 점을 참고할 필요가 있다. 특히 원별로 살펴보았을 때, 충남 제조업 부문의 LPG 소비량은 같은 기간 연평균 증가율이 17.5%를 기록하였다(에너지경제연구원, 2023). 가스 소비의 경우 <그림 2(c)> 제주의 가스 소비 연평균 증가율은 11.8%로 전국 평균 대비 압도적으로 높다. 육지의 경우 서울에 1970년 10월 국내 최초로 도시가스 공급이 시작된 반면, 제주에는 2005년 처음으로 제주시에서 도시가스를 공급하기 시작하였다.⁵⁾ 전국 도시가스 소비량에서 제주가 차지하는 비중이 공급 첫해인 2005년에는 0.005%였으나, 2022년에는 0.135%까지 증가하였다(에너지경제연구원, 2023). 전력소비의 경우 <그림 2(d)> 제주(4.54%), 경기

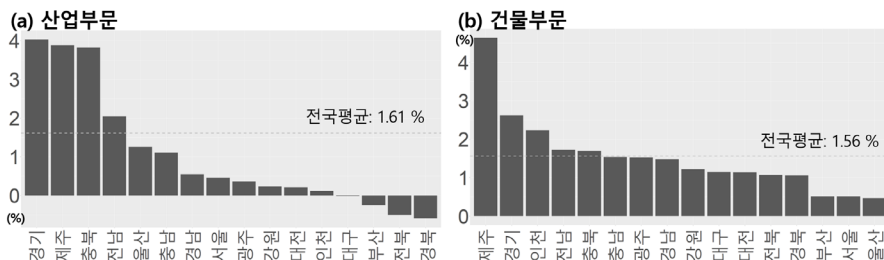
5) <https://www.jejucitygas.com/aboutus>

(3.44%), 충북(3.36%)의 연평균 증가율이 높은 것으로 나타났으며, 전력은 다른 에너지원과 달리 모든 지역에서 소비가 증가하였다. 전력수급에 관해서는 다음 장에서 상세한 논의를 하고자 한다.

3. 전력수급

<그림 3>은 지난 10년간(2012~2022) 산업부문, 건물부문 전력소비량의 연평균 증가율을 보여주고 있다. 국내 산업부문의 전력소비량 연평균 증가율은 1.61%이었으며, 이를 상회한 지역은 경기(4.03%), 제주(3.88%), 충북(3.82%), 전남(2.04%)으로 나타났다 <그림 3(a)>. 2022년 기준, 해당 4개 지역이 국내 산업부문 전력소비량에서 차지하는 비중은 경기(25.3%), 전남(8.5%), 충북(6.9%), 제주(0.6%) 순으로 높다(에너지경제연구원, 2023). 한편, 국내 건물부문의 전력소비량 연평균 증가율은 1.56%이었으며, 이를 상회한 지역은 제주(4.64%), 경기(2.62%), 인천(2.23%), 전남(1.72%), 충북(1.70%) 지역이었다 <그림 3(b)>. 2022년 기준으로 해당 5개 지역이 국내 건물부문 전력소비량에서 차지하는 비중은 경기(25.9%), 인천(5.3%), 전남(3.9%), 충북(3.6%), 제주(1.6%) 순으로 높다(에너지경제연구원, 2023). 산업과 건물부문을 함께 살펴보면, 경기, 제주, 충북의 전력소비 증가율이 다른 지역 대비 높은 것으로 나타났다. 다만 앞서 살펴본 것과 같이 경기는 제주와 충북에 비해 전력소비 증가율과 더불어 전력소비량 또한 많은 지역임을 상기할 필요가 있다.

〈그림 3〉 전력소비량 연평균 증가율(2012~2022)

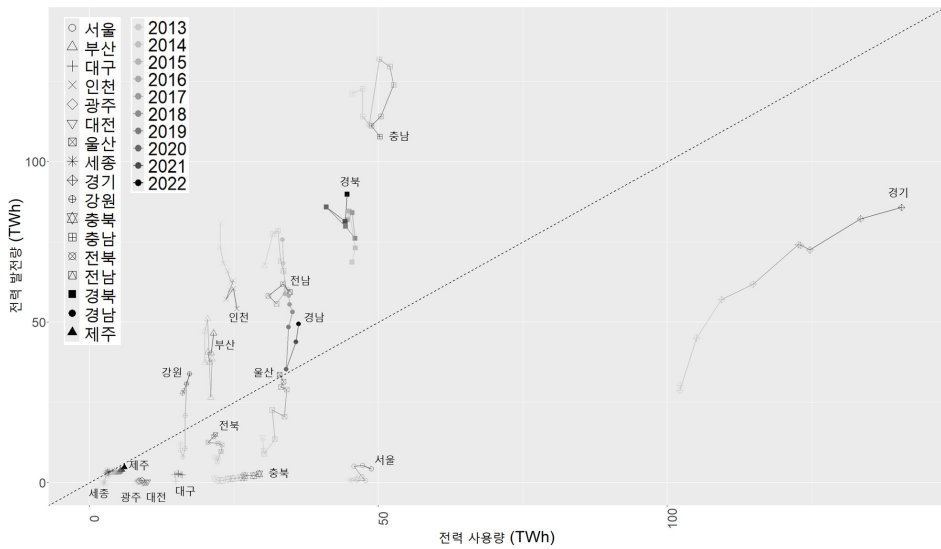


주: 세종시의 전력소비량 연평균 증가율: 17.0%(산업부문), 20.8%(건물부문), 전국평균은 세종시를 포함하여 계산.

<그림 4>는 시·도별 전력소비량(x축)과 발전량(y축)을 보여주고 있다. 다시 말해 <그림 4>의 원점으로부터 어떤 한 점을 이었을 때, 그 기울기에 100을 곱하면 해당 지역의 전력자급률을 나타낸다. 이해를 돕기 위해 기울기가 1인 보조선을 표시해 놓았으며, 해당 보조선상에 위치하는 경우 전력자급률이 100%(전력소비량과 발전량이 같은 상태)가 된다. 보조선의 위쪽에 위치하면 전력발전량이 전력소비량보다 많은 지역으로서 전력자급률이 100% 초과하는 지역이며, 보조선의 아래쪽에 위치하면 전력소비량이 전력발전량보다 많은 지역으로서 전력자급률이 100% 미만인 지역이다. 예를 들면 2022년 충남의 전력소비량은 50.3TWh, 발전량은 107.8TWh로 전력자급률이 214.5%이다. 한편 경기의 전력소비량은 140.5TWh, 발전량은 85.8TWh로 전력자급률이 61.0%이다. 앞서 <그림 2(d)>와 <그림 3>에서 경기, 제주, 충북의 전력소비 증가율이 다른 지역에 비해 높은 것을 확인하였는데, 이는 <그림 4>에서 해당 세 지역의(경기, 제주, 충북) 과거 추이가 세로보다는 가로로 길게 뻗어져 있는 형태와 맥락을 같이한다. 아래 <그림 4>와 같이 시·도간 전력자급률의 큰 차이는 우리나라의 중앙집중형 전력 수급 시스템 현황을 보여준다. 다시 말해 해안지역의 대규모 발전소를 통해 전력수요가 많은 수도권에 전력을 공급하고 있다. 중앙집중형 전력 시스템이 갖는 장점이 있지만, 몇 년전부터 기후 변화 대응 전략의 일환으로 우리나라를 포함하여 전 세계적으로 분산에너지 시스템을 추진하고 있다(권경선, 2023). 우리나라에서도 2024년 6월 14일부터 「분산에너지 활성화 특별법」(약칭: 분산에너지법)이 시행되었다. 「분산에너지법」 45조에는 송전·배전 비용 등을 고려하여 지역별로 전력요금을 달리 정할 수 있다고 명시하고 있다. 지역별 전력요금 차등화 방안의 근거가 법적으로 마련된 바는 없지만, 지역별 전력자급률⁶⁾은 그 근거가 될 수 있는 지표 중 하나이다. 또한 차등의 기준이 되는 공간적 범위를 어떻게 설정하는지에 따라 전력요금의 차등화 결과가 달라질 수 있다(이정섭·이강원, 2023). 다만 시·도를 기준으로 할 경우에는 아래 <그림 4>의 보조선 위쪽에 위치한 지역(전력자급률이 100% 이상인 지역: 부산, 충남, 인천, 경북, 강원, 전남, 경남, 세종, 울산)의 전력요금은 보조선 아래 쪽에 위치한 지역(전력자급률이 100%미만인 지역: 제주, 전북, 경기, 대구, 충북, 서울, 광주, 대전) 대비 상대적으로 낮아질 가능성이 높다. 경기, 제주, 충북은 앞서 살펴보았듯이 지난 10년간 전력소비 증가율이 높았던 지역임과 동시에 전력자급률이 100% 미만 지역인 것으로 나타났다.

6) 전력 자급률 = $100 \times \text{연간발전량} / \text{연간소비량}$

〈그림 4〉 시·도별 전력소비량 vs. 전력발전량



지역별 전력자립도는 지역 내 기업의 RE100 달성과도 관련이 있다. 현재 2024년 5월 말 기준으로 전 세계 432개 기업이 글로벌 RE100에 가입해 있고, 그중 36개 기업이 한국에 본사를 두고 있다. 조사 시점에 따라 다소 차이가 있을 수 있지만, 김을식 외(2023)에 따르면 글로벌 RE100 기업 중 7개 기업의 본사와 17개 기업의 사업장이 경기도에 소재하고 있다. 한국형 RE100(K-RE100)에는 552개 기업이 가입한 상태다.⁷⁾ 기업들의 RE100 이행 수단으로는 REC 구매, 녹색프리미엄, 자체건설, 지분투자, 직접PPA, 제3자 PPA 등이 대표적이다. 2022년 한국RE100협의체가 시행한 설문조사 결과에 따르면, 기업들이 가장 선호하는 RE100 이행수단은 직접PPA제도이다⁸⁾(한국에너지융합협회, 2022). 안상호·우종률(2021)은 RE100 이행수단별 경제성을 분석하였는데, 그 결과 가장 경제적인 이행방안은 자체건설이었고, 두 번째가 비계통연계형 직접PPA였다. 두 이행방안은 공통적으로 재생에너지 발전소의 위치가 전력 수요처 내부 또는 근거리여야 한다. 따라서 자체건설과 비계통연계형 직접PPA제도는 지역의 전력자립도를 높임과 동시에

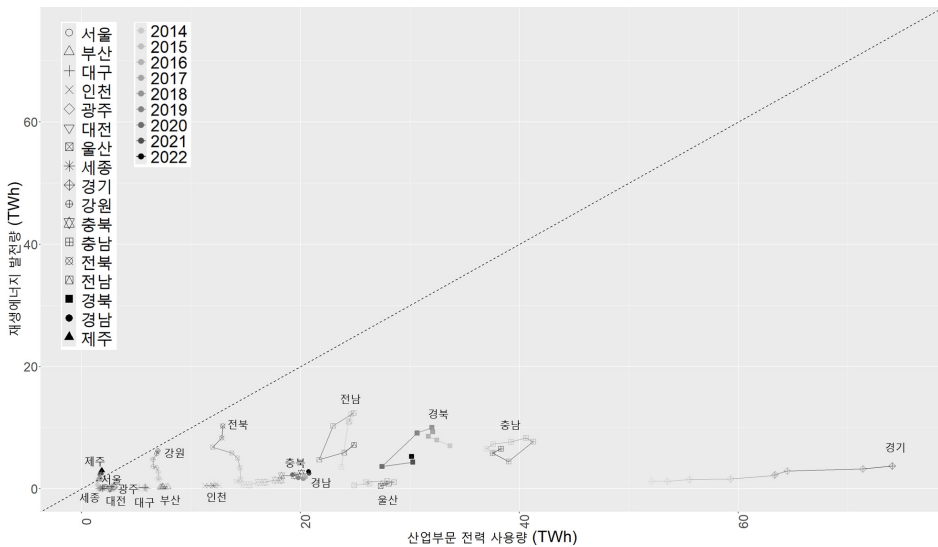
7) 글로벌 RE100: https://www.there100.org/re100-members?items_per_page=All, 한국형 RE100: https://www.k-re100.or.kr/bbs/board.php?bo_table=sub2_2_2

8) 직접PPA(27.4%), REC구매(22.0%), 자체건설(17.1%), 녹색프리미엄(16.5%), 지분투자(12.8%), 제3자PPA(2.4%)

RE100 기업을 지원할 수 있는 효과적인 전력공급 수단이 될 수 있다.

<그림 5>는 시·도별 산업부문 전력소비량(x축)과 재생에너지 발전량(y축)을 보여주고 있다. 기울기가 1인 보조선을 표시해 놓았으며, 보조선상에 위치하면 그 지역의 산업부문 전력소비량과 재생에너지 발전량이 같다. 즉, 이론적으로 지역 내 기업들의 전력소비량 전부가 지역 내 재생에너지로 충당될 수 있음을 의미한다.⁹⁾ 다만 보조선 아래쪽에 위치(산업부문 전력소비량이 재생에너지 발전량보다 많은 경우)하더라도, 해당 지역 내 기업들이 REC구매, 녹색프리미엄 등의 이행수단을 활용하여 RE100을 달성할 수 있다. 또 보조선 위쪽에 위치(재생에너지 발전량이 산업부문 전력소비량보다 많은 경우)하더라도, 지역 내 재생에너지 발전량이 전력시장을 통해 다른 지역에 공급된다면(ex. REC 시장, 제3자PPA 등), 해당 지역 내 기업들은 RE100을 달성하지 못한다. 앞서 <그림 3(a)>에서도 살펴보았지만, <그림 5>에서도 경기도의 산업부문 전력소비량 증가 추이는 두드러지는(경기 지역의 x좌표 값의 이동) 반면, 재생에너지 발전 증가 추이(경기 지역의 y좌표 값의 이동)는 매우 더디다. 이는 산업부문 전력소비량 증가는 더디고, 재생에너지 발전량이 가파르게 증가하는 강원과 전북 지역과 매우 대비된다.

<그림 5> 시·도별 산업부문 전력소비량 vs. 재생에너지 발전량



9) 지역 내 재생에너지 발전량 전부가 기업의 RE100 달성 이행수단(ex. 자체건설, 비계통연계형 직접PPA 등)으로 활용 되는 조건이 필요함. 실질적으로 실현되기 어렵지만, 이론적으로는 가능.

V. 온실가스 배출 요인분해 분석

1. 전국 시·도별 분석

아래의 <표 2>와 <그림 6>은 2015년부터 2021년까지의 시·도별 온실가스 배출 요인 분해 분석 결과이다. 해당 기간 동안 온실가스를 감축한 지역을 그룹 A, 온실가스 배출량 증가가 1,000KTCO₂ 미만인 지역을 그룹 B, 온실가스 배출량 증가가 1,000KTCO₂ 이상인 지역을 그룹 C로 분류하였다.¹⁰⁾

그룹 A를 보면, 인천의 인구 증가가 온실가스의 증가 요인으로 작용한 것(인구 효과)을 제외하면, 모든 지역의 개별 효과가 온실가스 증감에 기여한 방향은 동일하게 나타났다. 다시 말해, 그룹 A의 모든 지역에 대해, 지역 내 총생산(GRDP)을 한 단위 생산하는데 배출하는 온실가스량은 줄어들었고(집약도 효과), 인구가 감소하여(인구 효과) 온실가스 감축에 기여하였다. 한편 1인당 소득은 증가하여, 온실가스 배출에 기여했지만, 그 증가량이 감축량만큼 크지 않아, 지역의 총 온실가스 배출량은 감소한 것으로 나타났다.

그룹 B를 살펴보면, 제주와 세종을 제외한 나머지 3개 지역의 개별 효과가 온실가스 증감에 기여한 방향은 동일하게 나타났다. 다시 말해, 광주, 부산, 대구 지역의 경우 집약도 효과와 인구 효과는 온실가스 배출의 감소 요인으로 작용하였다. 한편 1인당 소득 효과는 온실가스 배출의 증가 요인으로 작용하였고, 그 증가량이 온실가스 감축량을 웃돌아 지역의 총 온실가스 배출량은 약간 증가한 것으로 나타났다.

그룹 C를 살펴보면, 경기와 경북을 제외한 나머지 4개 지역의 개별 효과가 온실가스 증감에 기여한 방향은 동일한 것으로 나타났다. 전북, 강원, 울산, 전남 지역의 경우 집약도 효과와 1인당 소득 효과가 온실가스 배출의 증가 요인으로 작용하였다. 한편 인구 효과가 온실가스 배출의 감소 요인으로 작용하였지만, 그 감축량이 배출량만큼 크지 않아, 지역의 총 온실가스 배출량은 늘어난 것으로 나타났다. 경북은 집약도 효과가 약간 감소(-3%)하였지만, 1인당 소득 효과와 인구 효과는 앞서 공통적으로 기술한 4개 지역(전북, 강원, 울산, 전남)의 개별 효과의 방향은 동일하게 나타났다.

각 그룹에서 지역들이 갖는 공통적인 특징과 예외 지역들을 살펴보았다. 요컨대 그룹

10) 지역의 그룹을 온실가스 증감량 기준으로 나누어 살펴본 이유는 국가 전체적인 관점에서 각 지역이 국가 온실가스 배출량에 미친 영향을 알아보기 용이하기 때문이다.

〈표 2〉 시·도별 온실가스 배출 요인분해 분석

그룹	지역	2021년 배출량 (MTCO ₂)	온실가스 증감 (2015~2021)		기여율		
			연평균 증가율	증감량 (KTCO ₂)	집약도 효과 (CO ₂ /GRDP)	1인당 소득 효과 (GRDP/인구)	인구 효과 (인구)
A	경남	52.9	-4.9%	-18,795	108%	-39%	30%
	인천	58.6	-2.0%	-7,391	341%	-225%	-16%
	서울	25.3	-1.9%	-3,159	235%	-178%	43%
	충북	23.1	-1.0%	-1,441	287%	-248%	61%
	충남	145.3	-0.02%	-217	2,808%	-3,436%	728%
	대전	5.7	-0.07%	-24	3,145%	-4,002%	957%
B	광주	5.3	0.4%	126	-596%	770%	-73%
	부산	14.8	0.3%	258	-206%	326%	-20%
	대구	10.3	0.5%	319	-210%	416%	-106%
	제주	4.5	1.8%	454	31%	-6%	75%
	세종	2.9	4.5%	662	-14%	-101%	215%
C	전북	20.3	2.2%	2,445	61%	81%	-42%
	강원	51.8	2.6%	7,423	40%	94%	-34%
	경북	54.8	3.1%	9,287	-3%	119%	-17%
	울산	50.5	5.1%	12,962	110%	7%	-17%
	전남	102.2	2.6%	14,486	23%	100%	-23%
	경기	87.7	3.4%	15,766	-19%	67%	52%

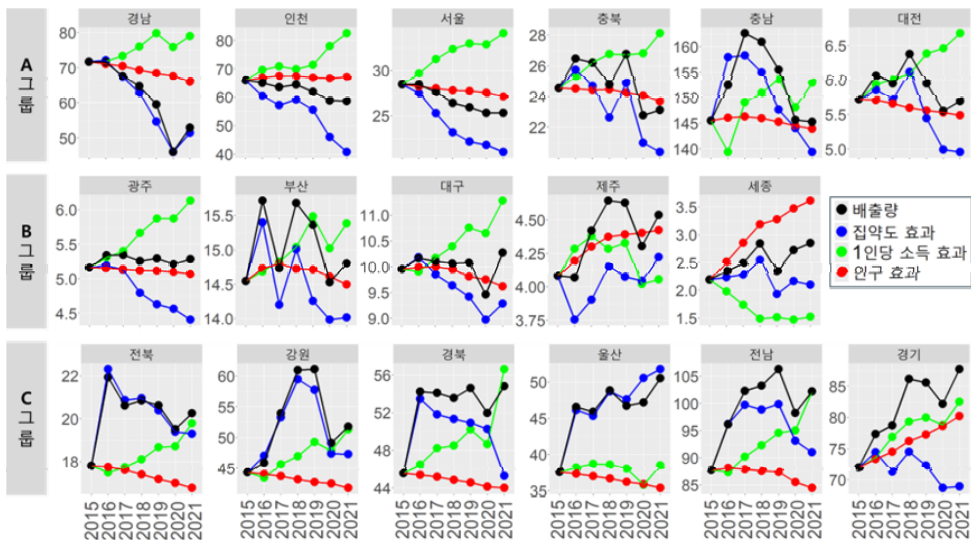
주: 기여율의 부호는 온실가스 증감의 부호와 일관성 있게 표시함. 다시 말해, 각 개별 효과가 온실가스 증감에 미친 영향을 살펴볼 때, A그룹 지역과 B, C그룹은 부호가 서로 반대.

예) 경남(온실가스 감축 지역)의 경우 집약도가 감소하고, 인구가 감소하여 두 가지 개별 효과 모두 온실가스 배출 감소 요인으로 작용하였으며(집약도 효과, 인구 효과), 1인당 소득은 증가하여, 온실가스 배출 증가 요인으로 작용함(1인당 소득 효과). 한편 광주(온실가스 증가 지역)의 경우 경남과 같은 개별 효과가 발생하였지만, 표에서는 각 개별 효과의 부호가 반대로 표시되어 있음.

별로 예외는 있었지만, A그룹의 경우 1인당 소득이 늘었지만, 집약도 개선과 인구 감소로 인해 온실가스 배출이 감소하였다. B그룹도 A그룹과 마찬가지로의 개별 효과가 나타났다지만, 1인당 소득이 온실가스 배출 증가 요인으로 작용한 것이 다소 크게 나타나서, 최종적으로 온실가스 배출이 약간 증가하였다. C그룹은 인구가 감소하였지만, 집약도 개악과 1인당 소득이 늘어 온실가스 배출 증가량이 큰 것으로 나타났다. 17개 시·도 중 주목할 필요가 있는 지역으로 경기도가 도출되었다. 경기도는 전체 시·도 중 온실가스 배

출량이 가장 많이 증가하여, 국가 온실가스 배출량 증가에 가장 큰 영향을 미친 지역이다. 증가율 측면에서도 울산, 세종 다음으로 3번째로 높은 지역이다. 그뿐만 아니라, 그룹 C 내의 다른 지역들과는 다른 배출 요인 특징을 갖고 있는 것으로 나타났다. 경기 지역은 그룹 C의 다른 지역들과 마찬가지로 1인당 소득 효과는 온실가스 배출 증가 요인으로 작용했지만, 다른 지역들과 다르게 집약도 효과는 온실가스 배출 감소 요인으로 작용하였고,¹¹⁾ 인구 효과는 온실가스 배출 증가 요인으로 작용한 것으로 나타났다.

〈그림 6〉 17개 시·도별 온실가스 배출 요인분해 분석



2. 경기도 시·군별 분석

이번 장에서는 경기도 지역을 시·군별로 분석 한다. 아래의 <표 3>과 <그림 7>은 2015년부터 2021년까지의 경기도 31개 시·군별 온실가스 배출 요인분해 분석 결과이다. 온실가스 배출량이 감소한 지역을 그룹 (가), 온실가스 배출량 증가가 250KTCO₂ 미만인 지역을 그룹 (나), 250KTCO₂ 이상인 지역을 그룹 (다)로 분류하였다. 경기도 전체의 집약도 효과는 온실가스 감소 요인으로 작용하였으며, 1인당 소득 효과와 인구 효과

11) 경북 지역도 집약도 효과가 감소한 지역(-3%)이나 경기도 만큼 크지 않은 것으로 나타난.

는 온실가스 증가 요인으로 작용한 것을 상기할 필요가 있다<표 2>. 이를 감안하고, 시·군 단위의 분석결과(총 31개 시·군)를 살펴보면 집약도 효과가 온실가스 감소 요인으로 작용한 시·군은 23개 지역, 1인당 소득 효과가 온실가스 증가 요인으로 작용한 시·군은 27개 지역, 인구 효과가 온실가스 증가 요인으로 작용한 시·군은 22개 지역으로 대부분의 시·군이 경기도 전체가 갖는 개별 효과와 동일하게 나타났다. 본 연구에서는 온실가스 배출 증가량이 1,000KTCO₂ 이상인 시·군(평택, 화성, 파주, 포천, 하남, 오산)을 중점적으로 살펴보고자 한다. 해당 6개 시·군은 경기도 전체 온실가스 배출 증가량의 90%를 차지하고 있다. 평택, 파주, 오산은 모든 개별 효과가 온실가스의 증가 요인으로 작용한 시·군이다. 또 화성시를 제외한 나머지 5개 시·군의 집약도 효과는 온실가스 배출 증가 요인으로 작용하여, 경기도 전체의 효과가 작용한 방향과 다르게 나타났다. 또 오산, 하남, 포천은 개별 효과 중 집약도 효과의 기여율이 가장 높은 것으로 나타났다. 해당 6개 시·군을 대상으로 각 지역의 온실가스 배출 증감 시기와 맞물려 아래와 같은 사건들이 발생하였음을 확인하였다.

우선 평택시는 경기도에서 2015년부터 2021년까지의 온실가스 배출 증가량이 가장 많은 시·군이었다. <그림 7>에서 평택의 2017년 집약도 효과가 급감하고, 2018년부터는 지속적으로 증가한 것을 볼 수 있다. 이와 관련하여서는 2017년에 평택1복합화력 발전소의 폐지,¹²⁾ 2018년부터 평택2복합화력의 발전량 증가, 그리고 2019년에는 신평택 복합화력발전소가 운영을 시작했음을 주목할 필요가 있다.¹³⁾ 화성시는 분석기간 내 2018년 한 해에만 집약도 효과가 증가하였는데, 이는 2017년 11월부터 800MW급 열병합발전소가 운영을 시작¹⁴⁾한 것과 맥락을 같이할 가능성이 높다. 특히 화성시의 2018년 열생산량은 2017년 대비 84% 증가하였다.¹⁵⁾ 파주시는 에너지산업과 전자산업이 온실가스 총 배출량의 상당 부분을 차지하고 있다. 두 산업이 파주시 총 배출량에서 차지하는 비중을 살펴보면, 2016년 기준으로 에너지산업은 21%, 전자산업은 39% 였고, 최근 2021년 기준으로는 에너지산업이 60%, 전자산업이 12%인 것으로 나타난다. 두 부문간

12) <https://www.pgnkorea.com/news/articleView.html?idxno=9573>

13) EPSIS > 발전량 > 발전기별, <https://www.e2news.com/news/articleView.html?idxno=217203>

14) https://dnews.co.kr/m_home/view.jsp?idxno=201811191347126830819

15) 한국지역난방공사 화성지역 사업소(동탄 포함)의 2017년 열 생산량은 1.94Pcal, 2018년은 3.57Pcal 임(한국지역난방공사, 2022).

배출 비중이 역전되어 나타나게 된 배경으로 에너지산업 부문에서는 2017년에 파주문 산C/C 가스 복합발전소가 운영을 시작¹⁶⁾하여 2019년까지 발전량이 지속적으로 증가했다는 점이 있다. 이는 <그림 7>에서 파주의 집약도 효과가 2017, 2018년 급증한 것과 맥락을 같이할 가능성이 높다. 한편 전자산업 부문에서는 2006년 세계최대 규모의 LG디스플레이 파주공장이 준공된 바 있다.¹⁷⁾ 다만 국내 LCD(Liquid Crystal Display) 산업이 중국과의 경쟁에 밀려 2013년부터 2023년까지 두 해(2017, 2021년)를 제외하고는 매년 음의 수출 증가율을 기록했다는 점¹⁸⁾은 아래 <그림 7>에서 파주의 집약도 효과가 2019년부터 지속적으로 감소하고 있는 점과 맥락을 같이하고 있을 가능성이 높다. 포천시는 2021년 기준 에너지산업이 포천시 총 배출량에서 차지하는 비중이 77%이다. 이 배경에는 포천C/C(2014년부터 운영)¹⁹⁾와 포천천연C/C(2017년부터 운영)²⁰⁾가 있다. 특히 포천천연C/C는 아래 <그림 7>에서 포천시의 집약도 효과가 2017년부터 지속적으로 증가하고 있는 점과 맥락을 같이하고 있을 가능성이 높다. 하남시는 2016, 2017년 두 해에 걸쳐 집약도 효과가 증가하였는데, 이는 2015년 10월부터 하남열병합발전소가 운영을 시작한 점과 맥락을 같이할 가능성이 높다.²¹⁾ 하남열병합발전소는 2015년부터 2017년까지 열생산량의 연평균증가율은 114%, 전기생산량의 연평균증가율은 134%였다(한국에너지공단, 2016, 2018). 오산시는 2016년에 집약도 효과가 급증하였는데 이는 2016년 3월부터 오산열병합발전소가 운영을 시작²²⁾한 점과 맥락을 같이할 가능성이 높다. 특히 오산열병합발전소의 2016년 자체 전기생산량(한전수전 제외)이 2015년 대비 12,623% 증가하였다(한국에너지공단, 2017, 2016).

16) <https://www.skens.com/paju/content/view.do?cate=energy&m1=develop&m2=developintro>

17) <https://www.lgdisplay.com/kor/company/info/history>

18) https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?jsessionid=5D89Wr3XVFylRDEuVlORdFDTTlcHej9Bo4InA6c.node11?idx_cd=A0003, <https://www.mtnnews.net/news/articleView.html?idxno=14098>

19) <https://pocheon.grandculture.net/pocheon/toc/GC05001463>

20) <https://www.pocheonipp.com/what/what.asp>

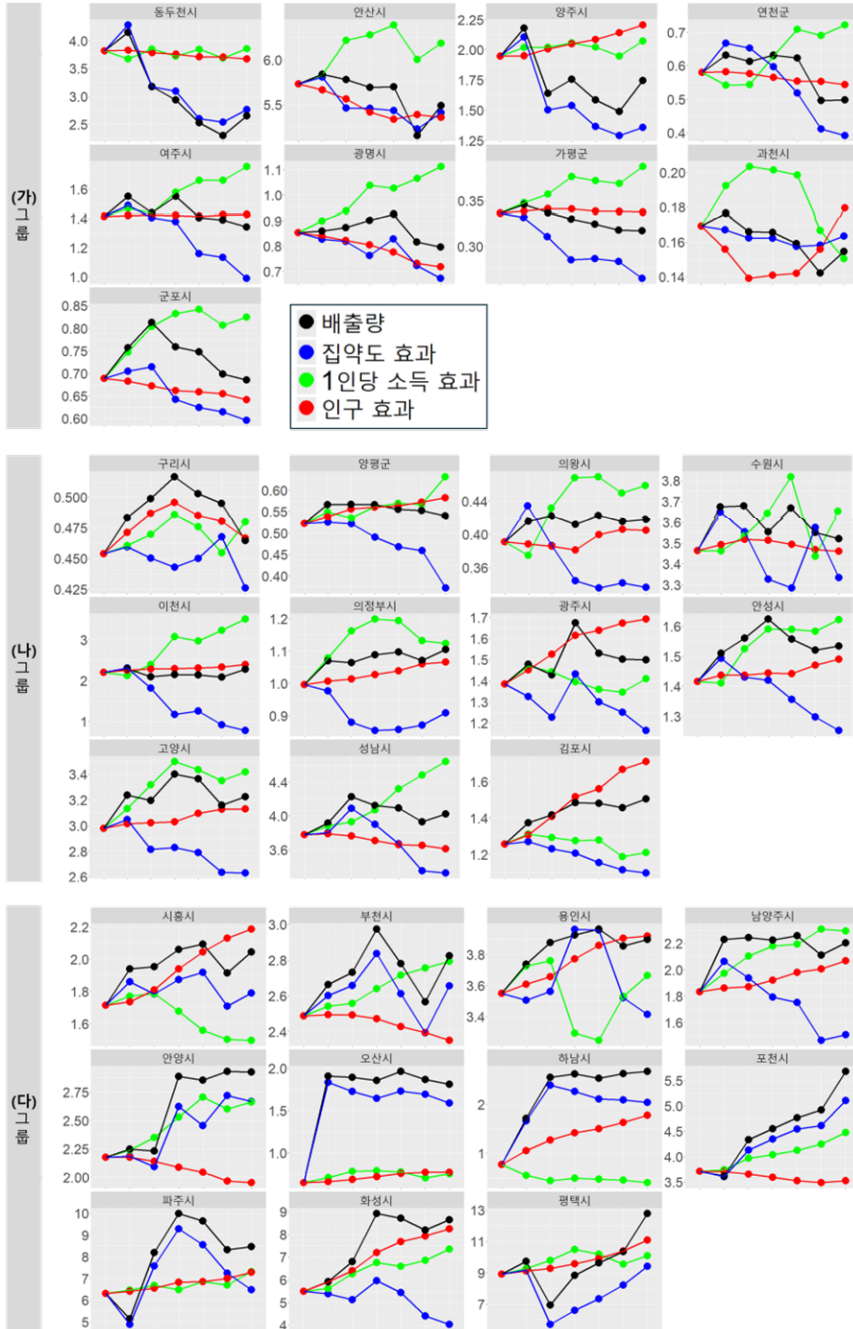
21) <https://www.skens.com/naraeonm/content/history.do>

22) <https://www.dspower21.co.kr/company/history.aspx>

〈표 3〉 경기도 시·군별 온실가스 배출 요인분해 분석

그룹	지역	2021년 배출량 (MTCO ₂)	온실가스 증감 (2015~2021)		기여율		
			연평균 증가율	증감량 (KTCO ₂)	집약도 효과 (CO ₂ /GRDP)	1인당 소득 효과 (GRDP/인구)	인구 효과 (인구)
(가)	동두천시	2.7	-5.9%	-1,160	91%	-3%	13%
	안산시	5.5	-0.7%	-243	133%	-188%	155%
	양주시	1.7	-1.8%	-199	296%	-64%	-131%
	연천군	0.5	-2.5%	-82	229%	-174%	45%
	여주시	1.3	-0.8%	-70	608%	-488%	-20%
	광명시	0.8	-1.1%	-56	321%	-462%	241%
	가평군	0.3	-1.0%	-19	381%	-274%	-7%
	과천시	0.2	-1.5%	-15	40%	128%	-67%
(나)	군포시	0.7	-0.1%	-4	2,438%	-3,572%	1,234%
	구리시	0.5	0.4%	11	-260%	242%	118%
	양평군	0.5	0.6%	18	-855%	616%	339%
	의왕시	0.4	1.1%	27	-201%	249%	52%
	수원시	3.5	0.3%	57	-228%	332%	-5%
	이천시	2.3	0.6%	80	-1,774%	1,635%	239%
	의정부시	1.1	1.7%	109	-80%	116%	64%
	광주시	1.5	1.3%	115	-191%	22%	269%
	안성시	1.5	1.3%	118	-138%	175%	63%
	고양시	3.2	1.3%	246	-141%	179%	62%
	성남시	4.0	1.1%	247	-183%	351%	-67%
	김포시	1.5	3.0%	247	-64%	-19%	183%
(다)	시흥시	2.0	3.0%	331	23%	-66%	142%
	부천시	2.8	2.1%	337	50%	91%	-41%
	용인시	3.9	1.6%	347	-39%	33%	106%
	남양주시	2.2	3.1%	369	-88%	125%	63%
	안양시	2.9	5.1%	752	65%	65%	-30%
	오산시	1.8	18.6%	1,161	81%	9%	10%
	하남시	2.7	22.9%	1,893	67%	-20%	53%
	포천시	5.7	7.4%	1,970	71%	39%	-10%
	파주시	8.5	5.0%	2,160	8%	47%	45%
	화성시	8.6	7.9%	3,152	-46%	59%	87%
	평택시	12.8	6.2%	3,866	13%	31%	56%

〈그림 7〉 경기도 31개 시·군별 배출 요인분해 분석



VI. 결 론

본 연구에서는 전국 17개 시·도 및 229개 시·군·구별 온실가스 배출 요인분해 분석을 목적으로 아래와 같이 연구를 진행하였다. 첫째, 시·도별 탄소중립 달성을 위한 여건을 사회경제, 에너지, 전력수급 측면에서 살펴보았다. 둘째, LMDI 기법을 통해 2015년부터 2021년까지 17개 시·도별 온실가스 배출 요인분해 분석을 하였다. 셋째, 시·도별 분석 결과를 토대로 대표 시·도를 선정하였고, 그 결과 경기도 31개 시·군을 대상으로 시·군별 온실가스 배출 요인분해 분석을 하였다.

전국 시·도별 주요 사회경제변수의 과거추이를 살펴본 결과, 인구의 연평균 증가율(2013~2023)은 제주도가 1.29%로 가장 높았고, 경기도가 1.09%로 두 번째로 높았다. 지역 내 총생산의 연평균 증가율(2012~2022)과 사업체 수의 연평균 증가율(2017~2022)은 경기도가 각각 4.65%, 2.30%로 가장 높았다. 최종 에너지소비의 연평균 증가율(2011~2022)을 원별로 살펴본 결과, 석탄과 유류 소비 증가율은 충남 지역이 각각 3.1%, 4.2%로 가장 높았다. 가스소비 증가율은 제주 지역이 11.8%로 가장 높았고, 전력소비 증가율은 제주도가 4.5%로 가장 높았고, 경기도가 3.4%로 두 번째로 높았다. 전력 수요와 공급을 함께 살펴본 결과, 경기도는 국가 전력소비량의 25.6%인 140.5TWh를 소비하지만 전력자급률은 61.0%로 불과한 것으로 나타났고, 서울 또한 국가 전력소비량의 8.9%인 48.8TWh를 소비하지만, 전력자급률은 8.9%로 매우 낮게 나타났다.

2015년부터 2021년까지 시·도별 온실가스 배출 요인분해 분석 결과를 온실가스 증감량에 따라 그룹화하여 살펴보았다. 온실가스를 감축한 6개 지역(A그룹: 경남, 인천, 서울, 충북, 충남, 대전)은 공통적으로 집약도 효과와 인구 효과가 온실가스 배출 감소에 기여하였고, 1인당 소득 효과는 온실가스 배출 증가에 기여하는 것으로 나타났다. 온실가스 배출 증가량이 1,000KTCO₂ 보다 작은 5개 지역(B그룹: 광주, 부산, 대구, 제주, 세종)의 경우, 3개 지역(광주, 부산, 대구)이 공통적으로 집약도 효과와 인구 효과가 온실가스 배출 감소에 기여하였고, 1인당 소득 효과는 온실가스 배출 증가에 기여하는 것으로 나타났다. A그룹과 B그룹에 속한 대부분 지역(11개 지역 중 8개 지역)의 온실가스 배출 증감에 대한 개별 효과가 모두 같은 방향으로 작용하였다. 온실가스 배출 증가량이 1,000KTCO₂ 이상인 6개지역(C그룹: 전북, 강원, 경북, 울산, 전남, 경기)은 경기 지역만

제외하고, 나머지 5개 지역은 공통적으로 집약도 효과와 1인당 소득 효과가 온실가스 배출 증가에 기여하였고, 인구 효과는 온실가스 감축에 기여하였다. 경기지역은 집약도 효과가 온실가스 감축에 기여하였고, 1인당 소득 효과와 인구 효과는 온실가스 배출 증가에 기여한 것으로 나타났다.

17개 시·도 중 온실가스 배출 증가량이 가장 많았고, 다른 다(多)배출 지역과는 온실가스 배출요인이 이질적인 특성을 보인 경기를 대상으로 31개 시·군에 대해 온실가스 배출 요인분해 분석을 추가로 진행하였다. 분석결과 상위 6개 시·군이 경기도 온실가스 배출 증가량의 90%를 차지하는 것으로 나타났다. 해당하는 6개 시·군 중 4개 시·군의 경우 모든 개별 효과 온실가스 증가에 기여하는 것으로 나타났다. 또한 해당하는 6개 시·군 중 5개 시·군의 경우, 집약도 효과가 온실가스 배출 증가에 기여하는 것으로 나타났다. 해당 6개 시·군에 대해 집약도 효과가 변화하는 시점을 조사해 본 결과, 화력발전소와 열병합발전소 운영시기와 맞물려 있는 것으로 나타났다.

본 연구에서 분석한 결과들을 종합하여 살펴본 결과, 경기도는 현재보다도, 또 다른 시·도에 비해 재생에너지 보급 촉진에 더 큰 노력이 필요하다는 점을 다음과 같이 도출하였다. 첫째 지난 10년간 경기도의 인구와 경제활동은 꾸준히 증가해 왔다. 또한 시·도별 인구 전망자료(2027~2052)에서도 경기도는 인구 감소가 가장 적은 지역으로 나타난다. 이처럼 경기도에 예상되는 경제활동의 증가는 전력수요의 증가로 이어질 수 있다. 한편, 현재 시행되고 있는 분산에너지법 하에서는 전력 자급률이 낮은 지역의 전력 요금은 오를 가능성이 높다. 즉 전력수요의 증가가 예상되는 동시에 전력자급률이 낮아져 전력 요금이 오르면 경기도에 경제적인 피해가 예상되기 때문에, 경기도 지역 내 전력공급량을 늘릴 수 있는 방안이 필요하다. 둘째 경기도 내에는 RE100에 가입한 기업이 다수 존재한다. RE100 기업에게 미치는 경제적 피해를 최소화 하기 위해서는 재생에너지로부터의 전력공급이 필요하다. 셋째, 지난 7년간 경기도는 온실가스 배출 증가량이 가장 높은 지역이었다. 자세한 분석을 위해 경기도 31개 시·군별로 살펴본 결과 경기도 온실가스 배출의 90%를 차지하고 있는 상위 6개 지역에서 화력발전소와 열병합발전소 운영으로 인해 온실가스 배출이 증가하였기 때문이다. 따라서 국가적 차원, 그리고 지역적 차원에서도, 경기도는 기후변화대응을 위한 재생에너지 보급이 현재보다도, 그리고 어느 지역보다도 필요한 것으로 나타났다.

본 연구의 결과는 에너지 및 전력 정책이 국가와 지방, 그리고 지방 간의 긴밀한 협력이 필요한 부분임을 상기시킨다. 경기도의 온실가스 배출량 증가의 대부분이 발전소 운영으로부터 기인하고, 또 결론으로 도출한 경기도의 재생에너지 필요성은 동해안 및 호남 지역으로부터 수도권으로의 송배전 문제²³⁾와 무관하지 않다. 타 지역에서 수도권으로의 전력 공급에 차질이 생기면, 수도권 지역 내에서의 전력공급 압박이 생기고, 기후변화 대응이라는 또 다른 제약 속에서 수도권 내 재생에너지 필요성은 더욱 가속화될 것이다. 전력망 건설이 국가의 역할이라고 볼 때, 지역에너지 분권이 오히려 지방의 고유한 사무에 국한되지 않다는 점을 보여준다(권정선, 2023). 다시 말해 지방은 국가의 에너지 정책이라는 큰 틀 안에서 지역 환경에 맞는 정책을 수립하고 집행할 수밖에 없다.

마지막으로, 본 연구는 다음과 같이 두 가지 측면에서 의의가 있으며, 이는 선행연구보다 정밀한 공간해상도에서 연구를 진행한 것으로부터 비롯한다. 첫째, 지역의 이질적인 특성을 분석하여 기초지자체 수준에서의 지역 맞춤형 기후변화 대응 정책을 수립하는데 기초 자료로서 활용될 수 있다는 점이다. 둘째, 온실가스 배출변화에 대한 원인이 되었을 가능성이 높은 사건들을 해당 사건과 데이터의 시·공간 맥락을 통해 추론하였다는 점이다. 다만 앞선 두 가지 장점에 대한 한계도 있다. 첫째, 보다 정밀한 공간해상도의 분석을 진행하다보니, 가용한 데이터의 종류와 시계열이 기존의 선행연구보다 풍부하지 못하였다. 향후에는 시·군·구별 에너지 및 전력수급 관련 데이터를 LMDI 분석에 포함하면 연구의 완성도가 더욱 높아질 것이다. 둘째, 온실가스 배출변화에 대한 원인을 통계적 추론과정이 아닌 시·공간 맥락을 통한 기술에 머물렀다는 점에 있다. 통계적으로 검증 가능한 방법론을 활용한다면 연구의 설득력은 더욱 높아질 것이다.

[References]

고재경·김성욱·주정현, “기초지자체 에너지 소비 변화 요인 및 특성 분석: 경기도 지역을 중심으로”, 『지방행정연구』, 제29권 제2호, 2015, pp. 127~152.

23) <https://www.electimes.com/news/articleView.html?idxno=337402>

<https://www.electimes.com/news/articleView.html?idxno=342167>

- 고재경·예민지, “광역자치단체 온실가스 배출량과 경제성장의 탈동조화 분석”, 「지방행정연구」, 제36권 제1호, 2022, pp. 3~32.
- 구자열·주희천·정은호, “전력소비 변화 요인분석을 통한 국내 제조업의 전력효율성 평가”, 「에너지경제연구」, 제15권 제2호, 2016, pp. 23~54.
- 국가에너지통계 종합정보시스템, “지역에너지통계연보”, 2024, <https://www.kesis.net/main/main.jsp> (접속일: 2024. 8. 8.)
- 권경선, “[분산에너지 활성화 특별법(안)]에 대한 검토*-지역에너지 분권의 관점에서”, 「지방자치법연구」, 제23권 제1호, 2023, pp. 139~180.
- 길은선·이슬기·임미라, “온실가스 감축정책 시행 후 제조업의 이산화탄소 배출량 변화 분석”, 「경제학연구」, 제69권 제3호, 2021, pp. 55~95.
- 김수이, “국내 발전부문의 온실가스 배출 요인 분해 분석”, 「에너지경제연구」, 제17권 제1호, 2018, pp. 241~264.
- 김수이, “국내 제조업의 전력 소비 요인분해 분석”, 「에너지경제연구」, 제22권 제1호, 2023, pp. 73~99.
- 김수이·정경화, “LMDI 방법론을 이용한 국내 제조업의 온실가스 배출 요인분해분석”, 「자원·환경경제연구」, 제20권 제2호, 2011, pp. 229~256.
- 김을식·고재경·권진우·김건호·김성하·김윤영 등, “기회의 경기, 비전2030”, 경기연구원, 2023.
- 김진수, “우리나라 에너지소비 분해분석 연구에 대한 고찰”, 「에너지경제연구」, 제14권 제3호, 2015, pp. 265~291.
- 김철현·강병욱, 「국내 에너지 소비 변화의 요인 분해 분석」, 에너지경제연구원, 2017.
- 김태현·임덕오·김윤경, “2008~2011년 산업부문의 에너지소비 및 온실가스 배출 급증에 대한 요인분해연구”, 「에너지경제연구」, 제14권 제3호, 2015, pp. 203~227.
- 문선영·유한별, “기후 시민의식 함양에 미치는 리터러시 역량의 영향에 관한 연구: 정책 리터러시 및 위험 리터러시를 중심으로”, 「환경정책」, 제30권 제3호, 2022, pp. 177~208.
- 문혜정·이기훈, “다계층 LMDI 분해법을 이용한 지역에너지 소비 변화의 영향 분석”, 「경영경제연구」, 제41권 제2호, 2019, pp. 221~243.
- 박년배, “코로나 19 기간 국내 전력 산업의 온실가스 배출 요인분해 분석”, 「에너지공학」, 제30권 제2호, 2021, pp. 30~42.
- 박년배·심성희, “감축목표 업종 분류체계에 따른 산업부문의 에너지소비 및 온실가스 배출 요인분해 분석”, 「자원·환경경제연구」, 제24권 제1호, 2015, pp. 189~224.

- 박승규·장인수, “산업별 및 권역별 이산화탄소 발생의 로그평균디비지아지수 분해 분석”, 「한국지역개발학회지」, 제34권 제2호, 2022, pp. 195~228.
- 안상호·우종률, “국내 RE100 이행방안의 경제성 비교분석 연구”, 한국태양광발전학회, 제10권 제2호, 2022, pp. 62~71.
- 에너지경제연구원, “지역에너지통계연보”, 2023.
- 온실가스종합정보센터, “지역 온실가스 통계”, 2024, <https://www.gir.go.kr/home/main.do> (접속일: 2024. 8. 8.)
- 유재호·이승현·이진영·전의찬, “요인분해분석을 이용한 지역별 전력 소비 특성 연구: 광역시를 중심으로”, 「에너지공학」, 제32권 제2호, 2023, pp. 60~71.
- 이상엽·김대수, “국내 온실가스 배출권거래제 시행 효과 분석”, 한국환경연구원, 2017.
- 이재형, “철도수송부문 온실가스 배출 요인 분해분석”, 「한국기후변화학회지」, 제9권 제4호, 2018, pp. 407~421.
- 이재형·임지재·김용기·이재영, “LMDI 분해 분석을 이용한 국내 철도 노선별 온실가스 배출 특성 분석”, 「한국철도학회 논문집」, 제15권 제3호, 2012, pp. 286~293.
- 이정섭·이강원, “지역별 차등 전기요금제 적용을 위한 공간 단위 검토: 시·군·구별 전력 자급률을 기준으로”, 「한국경제지리학회지」, 제26권 제2호, 2023, pp. 96~109.
- 정해식·이기훈, “로그 평균 디비지아 지수 기법을 이용한 이산화탄소 배출량 변화의 요인분해”, 「자원·환경경제연구」, 제10권 제4호, 2001, pp. 569~589.
- 조용성, “전력산업의 온실가스 배출요인 분석 및 감축 방안 연구”, 「한국기후변화학회지」, 제8권 제4호, 2017, pp. 357~367.
- 지상현·이강원·이정섭, “전력 발전과 소비의 공간적 불일치에 관한 연구”, 「국토지리학회지」, 제56권 제4호, 2022, pp. 383~395.
- 진상현·정경화, “지역별 온실가스 배출특성에 관한 연구: 지수분해분석을 중심으로: 지수분해 분석을 중심으로”, 「한국정책과학학회보」, 제17권 제2호, 2013, pp. 1~26.
- 진상현·황인창, “지수분해분석을 이용한 지자체의 에너지 소비특성에 관한 연구”, 「자원환경경제연구」, 제18권 제4호, 2009, pp. 557~586.
- 진태영·김도원, “생산이론 기반 분해 및 로그평균 디비지아 지수를 이용한 국내 탄소원단위 변화요인 분석”, 「에너지경제연구」, 제20권 제1호, 2021, pp. 105~138.
- 진태영·최가영·이은미·이수경, “이산화탄소 배출량 분해분석: 산업 및 에너지 소비구조를 중심으로”, 「환경정책」, 제28권 제2호, 2020, pp. 153~182.
- 통계청, “GRDP(시/군/구)”, 2024a, <https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT>

- _1C65_03E&conn_path=I2 (접속일: 2024. 8. 8.)
- 통계청, “사업체노동실태현황 (시도별, 산업별, 규모별, 사업체수 및 종사자수)”, 2024b, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=118&tblId=DT_118N_SAUPN72&conn_path=I2 (접속일: 2024. 8. 8.)
- 통계청, “장래인구추계”, 2024c, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1BPB002&conn_path=I3 (접속일: 2024. 8. 8.)
- 통계청, “주민등록인구현황 (행정구역(시군구)별, 성별 인구수)”, 2024d, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1B040A3&conn_path=I2 (접속일: 2024. 8. 8.)
- 한국에너지공단, “2016 집단에너지사업 편람 (2015실적)”, 2016
- 한국에너지공단, “2017 집단에너지사업 편람 (2016실적)”, 2017
- 한국에너지공단, “2018 집단에너지사업 편람 (2017실적)”, 2018
- 한국에너지융합협회, “재생에너지 전기공급사업(직접PPA)제도 활성화를 위한 국내 RE100시장 분석 및 자문용역”, 전력거래소, 2022.
- 한국지역난방공사, “열생산량 정보”, <https://www.data.go.kr/data/15069270/fileData.do> (접속일: 2024. 8. 8.)
- 한준, “LMDI 요인 분해분석을 이용한 우리나라 제조업 전력화 현상에 관한 연구”, 『에너지공학』, 제24권 제1호, 2015, pp. 137~148.
- 한준, “LMDI 을 활용한 인천시 전기 소비 요인분해분석”, 『환경정책』, 제31권 제1호, 2023, pp. 75~95.
- 한준, “우리나라 전력화 (Electrification) 의 CO₂ 배출 영향 연구”, 『환경정책』, 제27권 제1호, 2019, pp. 107~129.
- 한준·정연미, “LMDI 를 활용한 서울시 전력소비량 특성 연구”, 『환경정책』, 제28권 제2호, 2020, pp. 131~151.
- Ang, B. W., and N. Liu, “Handling zero values in the logarithmic mean Divisia index decomposition approach,” *Energy Policy*, Vol. 35, No. 1, 2007, pp. 238~246.
- Climate Group RE100, *RE100 Members*, <https://www.there100.org/re100-members> (접속일: 2024. 8. 8.)
- Hoekstra, R., and J. C. Van den Bergh, “Comparing structural decomposition analysis and index,” *Energy Economics*, Vol. 25, No. 1, 2003, pp. 39~64.

[부록]

〈부록 표 1〉 전국 시군구별 온실가스 배출 요인분해 분석

시도	시군구	2021년 배출량 (MTCO ₂)	온실가스 증감 (2015~2021)		기여율		
			연평균 증가율	증감량 (KTCO ₂)	집약도 효과 (CO ₂ /GRDP)	1인당 소득 효과 (GRDP/인구)	인구 효과 (인구)
서울	강남구	1.8	-8.7%	-1,319	122%	-36%	14%
	강동구	1.0	0.8%	44	-152%	234%	18%
	강북구	0.6	-1.1%	-39	313%	-366%	153%
	강서구	1.9	-5.0%	-702	257%	-166%	8%
	관악구	0.9	-0.8%	-45	211%	-208%	98%
	광진구	0.7	-1.3%	-57	167%	-141%	74%
	구로구	1.0	-1.3%	-81	212%	-188%	76%
	금천구	0.6	-0.9%	-34	243%	-184%	41%
	노원구	1.0	-1.3%	-86	223%	-267%	145%
	도봉구	0.7	-1.7%	-69	199%	-200%	100%
	동대문구	0.7	-1.2%	-54	196%	-185%	89%
	동작구	0.7	-0.6%	-27	345%	-349%	103%
	마포구	2.6	10.7%	1,197	86%	23%	-8%
	서대문구	0.7	-0.9%	-36	269%	-212%	44%
	서초구	1.2	-3.4%	-283	163%	-102%	39%
	성동구	0.8	-0.1%	-3	6,788%	-7,839%	1,150%
	성북구	0.9	-0.7%	-37	281%	-336%	155%
	송파구	1.4	-1.6%	-141	315%	-218%	3%
	양천구	0.9	-3.5%	-226	135%	-73%	37%
	영등포구	1.0	-3.9%	-275	216%	-117%	2%
	용산구	1.4	-2.5%	-239	231%	-160%	29%
	은평구	0.9	-0.4%	-24	820%	-914%	194%
	종로구	0.5	-1.9%	-61	202%	-162%	60%
	중구	0.7	-9.2%	-514	128%	-32%	4%
	중랑구	0.8	-1.0%	-49	343%	-351%	109%

시도	시군구	2021년 배출량 (MTCO ₂)	온실가스 증감 (2015~2021)		기여율		
			연평균 증가율	증감량 (KTCO ₂)	집약도 효과 (CO ₂ /GRDP)	1인당 소득 효과 (GRDP/인구)	인구 효과 (인구)
부산	강서구	2.1	-0.1%	-15	-26%	5,770%	-5,644%
	금정구	0.6	-1.0%	-36	52%	-81%	130%
	기장군	0.7	2.2%	86	-77%	66%	111%
	남구	0.7	-1.0%	-44	486%	-518%	133%
	동구	0.4	1.4%	29	334%	-173%	-61%
	동래구	0.6	1.1%	38	-7%	140%	-33%
	부산진구	0.9	0.8%	41	-219%	482%	-163%
	북구	0.6	-2.3%	-90	140%	-107%	67%
	사상구	0.7	-2.9%	-138	7%	20%	74%
	사하구	4.2	2.1%	505	86%	92%	-78%
	서구	0.3	-1.9%	-31	105%	-91%	87%
	수영구	0.6	7.3%	210	69%	37%	-6%
	연제구	0.6	0.9%	32	17%	114%	-31%
	영도구	0.5	-6.0%	-224	150%	-91%	42%
	중구	0.3	-0.5%	-10	722%	-1,021%	399%
	해운대구	1.0	-1.5%	-96	262%	-235%	73%
대구	남구	0.4	-1.0%	-23	310%	-404%	194%
	달서구	1.9	1.1%	120	-17%	270%	-154%
	달성군	1.4	2.4%	189	11%	-128%	218%
	동구	2.3	1.6%	209	-57%	182%	-25%
	북구	1.4	1.1%	88	305%	-184%	-22%
	서구	1.3	-3.4%	-301	195%	-204%	109%
	수성구	1.2	0.5%	35	-366%	735%	-269%
	중구	0.3	0.1%	1	-3,274%	5,964%	-2,591%
인천	강화군	0.6	4.2%	135	-14%	102%	12%
	계양구	1.7	0.0%	4	-6,914%	12,202%	-5,188%
	남동구	2.0	1.7%	193	18%	106%	-25%
	동구	0.6	-1.2%	-43	460%	-592%	233%
	미추홀구	1.2	-4.7%	-393	163%	-61%	-2%
	부평구	1.5	0.9%	75	-72%	425%	-253%

전국 시도 및 시군구의 온실가스 배출 요인분해 분석: 경기도 재생에너지 보급의 필요성 도출

시도	시군구	2021년 배출량 (MTCO ₂)	온실가스 증감 (2015~2021)		기여율		
			연평균 증가율	증감량 (KTCO ₂)	집약도 효과 (CO ₂ /GRDP)	1인당 소득 효과 (GRDP/인구)	인구 효과 (인구)
인천	서구	21.5	1.5%	1,877	-131%	126%	105%
	연수구	2.3	9.7%	976	42%	22%	36%
	옹진군	25.8	-5.5%	-10,394	215%	-124%	9%
	중구	1.4	2.2%	180	167%	-238%	170%
광주	광산구	1.8	0.9%	91	-285%	368%	16%
	남구	0.7	2.8%	113	31%	85%	-16%
	동구	0.4	0.3%	7	-801%	619%	282%
	북구	1.4	-0.3%	-24	1,191%	-1,345%	254%
대전	서구	1.0	-1.0%	-61	313%	-292%	79%
	대덕구	1.2	-1.6%	-124	82%	-102%	120%
	동구	0.6	-1.2%	-46	226%	-234%	108%
	서구	1.3	0.5%	37	-288%	509%	-121%
	유성구	1.9	1.1%	117	-279%	306%	73%
울산	중구	0.7	-0.2%	-9	1,346%	-2,103%	856%
	남구	28.1	2.8%	4,364	131%	23%	-54%
	동구	0.6	-0.4%	-13	-2,326%	1,830%	595%
	북구	1.1	2.5%	152	7%	1%	92%
	울주군	20.1	9.6%	8,491	97%	1%	2%
경기	중구	0.6	-0.9%	-32	241%	-385%	244%
	세종시	2.9	4.5%	662	-14%	-101%	215%
	가평군	0.3	-1.0%	-19	381%	-274%	-7%
	고양시	3.2	1.3%	246	-141%	179%	62%
	과천시	0.2	-1.5%	-15	40%	128%	-67%
	광명시	0.8	-1.1%	-56	321%	-462%	241%
	광주시	1.5	1.3%	115	-191%	22%	269%
	구리시	0.5	0.4%	11	-260%	242%	118%
	군포시	0.7	-0.1%	-4	2,438%	-3,572%	1,234%
	김포시	1.5	3.0%	247	-64%	-19%	183%
	남양주시	2.2	3.1%	369	-88%	125%	63%
	동두천시	2.7	-5.9%	-1,160	91%	-3%	13%

시도	시군구	2021년 배출량 (MTCO ₂)	온실가스 증감 (2015~2021)		기여율		
			연평균 증가율	증감량 (KTCO ₂)	집약도 효과 (CO ₂ /GRDP)	1인당 소득 효과 (GRDP/인구)	인구 효과 (인구)
경기	부천시	2.8	2.1%	337	50%	91%	-41%
	성남시	4.0	1.1%	247	-183%	351%	-67%
	수원시	3.5	0.3%	57	-228%	332%	-5%
	시흥시	2.0	3.0%	331	23%	-66%	142%
	안산시	5.5	-0.7%	-243	133%	-188%	155%
	안성시	1.5	1.3%	118	-138%	175%	63%
	안양시	2.9	5.1%	752	65%	65%	-30%
	양주시	1.7	-1.8%	-199	296%	-64%	-131%
	양평군	0.5	0.6%	18	-855%	616%	339%
	여주시	1.3	-0.8%	-70	608%	-488%	-20%
	연천군	0.5	-2.5%	-82	229%	-174%	45%
	오산시	1.8	18.6%	1,161	81%	9%	10%
	용인시	3.9	1.6%	347	-39%	33%	106%
	의왕시	0.4	1.1%	27	-201%	249%	52%
	의정부시	1.1	1.7%	109	-80%	116%	64%
	이천시	2.3	0.6%	80	-1,774%	1,635%	239%
	파주시	8.5	5.0%	2,160	8%	47%	45%
	평택시	12.8	6.2%	3,866	13%	31%	56%
	포천시	5.7	7.4%	1,970	71%	39%	-10%
	하남시	2.7	22.9%	1,893	67%	-20%	53%
강원	화성시	8.6	7.9%	3,152	-46%	59%	87%
	강릉시	5.6	-6.8%	-2,941	145%	-47%	2%
	고성군	0.3	9.3%	140	53%	66%	-18%
	동해시	15.2	2.8%	2,329	23%	102%	-25%
	삼척시	16.9	13.8%	9,121	100%	14%	-14%
	속초시	0.3	0.9%	17	-313%	395%	18%
	양구군	0.1	-7.8%	-75	159%	-80%	21%
	양양군	0.2	-4.2%	-45	165%	-59%	-6%
	영월군	5.7	-5.0%	-2,055	124%	-44%	19%
	원주시	1.6	-0.6%	-53	430%	-116%	-214%

전국 시도 및 시군구의 온실가스 배출 요인분해 분석: 경기도 재생에너지 보급의 필요성 도출

시도	시군구	2021년 배출량 (MTCO ₂)	온실가스 증감 (2015~2021)		기여율		
			연평균 증가율	증감량 (KTCO ₂)	집약도 효과 (CO ₂ /GRDP)	1인당 소득 효과 (GRDP/인구)	인구 효과 (인구)
강원	인제군	0.2	1.9%	20	-74%	204%	-30%
	정선군	0.9	-0.4%	-21	-75%	-220%	395%
	철원군	0.5	0.8%	24	-544%	879%	-234%
	춘천시	2.2	13.4%	1,183	78%	19%	3%
	태백시	0.6	-4.9%	-195	95%	-45%	50%
	평창군	0.5	-0.8%	-26	-109%	89%	120%
	홍천군	0.5	-0.8%	-24	291%	-251%	59%
	화천군	0.2	2.0%	18	-97%	291%	-94%
	횡성군	0.4	0.3%	6	-677%	677%	99%
충북	괴산군	0.3	-1.9%	-42	250%	-165%	15%
	단양군	10.3	-2.4%	-1,585	107%	-64%	57%
	보은군	0.4	0.1%	3	-762%	1,755%	-893%
	영동군	0.3	-0.1%	-3	1,499%	-2,655%	1,256%
	옥천군	0.3	-1.2%	-26	191%	-151%	61%
	음성군	1.0	2.4%	128	-56%	188%	-32%
	제천시	3.2	-2.7%	-559	160%	-81%	21%
	증평군	0.3	2.2%	31	-58%	163%	-5%
	진천군	0.8	3.2%	140	-42%	22%	120%
	청주시	4.9	0.9%	247	-490%	552%	38%
	충주시	1.4	3.1%	225	7%	90%	4%
충남	계룡시	0.2	2.5%	22	53%	22%	25%
	공주시	0.7	0.5%	21	-236%	589%	-253%
	금산군	0.4	0.3%	8	386%	114%	-399%
	논산시	0.9	-1.6%	-85	203%	-189%	86%
	당진시	53.4	-0.3%	-849	188%	-13%	-75%
	보령시	26.8	-2.5%	-4,442	98%	-39%	41%
	부여군	0.7	-0.6%	-23	156%	-378%	322%
	서산시	21.5	5.2%	5,649	67%	21%	12%
	서천군	3.9	3.8%	782	58%	93%	-51%
	아산시	2.6	-1.0%	-167	634%	-397%	-137%

시도	시군구	2021년 배출량 (MTCO ₂)	온실가스 증감 (2015~2021)		기여율		
			연평균 증가율	증감량 (KTCO ₂)	집약도 효과 (CO ₂ /GRDP)	1인당 소득 효과 (GRDP/인구)	인구 효과 (인구)
충남	예산군	0.8	-0.1%	-5	2,923%	-4,177%	1,353%
	천안시	3.2	0.1%	20	-2,486%	1,273%	1,313%
	청양군	0.3	-0.3%	-5	697%	-991%	393%
	태안군	29.1	-0.7%	-1,207	197%	-174%	77%
	홍성군	0.9	1.2%	65	-21%	54%	67%
전북	고창군	0.6	0.3%	11	-593%	1,327%	-634%
	군산시	10.0	5.1%	2,588	100%	16%	-16%
	김제시	0.9	-0.7%	-35	467%	-600%	233%
	남원시	0.7	0.5%	23	-10%	314%	-204%
	무주군	0.2	-1.4%	-15	323%	-295%	73%
	부안군	0.5	0.3%	9	138%	609%	-647%
	순창군	0.3	0.3%	4	421%	463%	-785%
	완주군	0.9	1.7%	83	54%	90%	-44%
	익산시	1.8	-1.5%	-170	235%	-225%	90%
	임실군	0.3	-0.3%	-6	429%	-981%	652%
	장수군	0.2	-0.5%	-7	-69%	-50%	219%
	전주시	2.8	-0.5%	-91	388%	-264%	-24%
	정읍시	1.0	0.9%	53	-169%	425%	-156%
	진안군	0.2	-0.2%	-3	643%	-890%	347%
	강진군	0.3	-1.1%	-24	431%	-536%	204%
	고흥군	0.6	-0.6%	-22	618%	-747%	230%
전남	곡성군	0.3	0.7%	12	-168%	510%	-242%
	광양시	47.8	1.7%	4,717	-59%	178%	-19%
	구례군	0.2	-0.6%	-6	188%	-292%	204%
	나주시	1.1	2.3%	136	-49%	21%	128%
	담양군	0.4	0.0%	0	-26,281%	30,068%	-3,687%
	목포시	1.0	0.4%	24	-276%	727%	-351%
	무안군	0.7	0.9%	35	-258%	162%	195%
	보성군	0.5	-0.4%	-11	592%	-1,092%	600%
	순천시	1.5	2.9%	241	46%	48%	6%

전국 시도 및 시군구의 온실가스 배출 요인분해 분석: 경기도 재생에너지 보급의 필요성 도출

시도	시군구	2021년 배출량 (MTCO ₂)	온실가스 증감 (2015~2021)		기여율		
			연평균 증가율	증감량 (KTCO ₂)	집약도 효과 (CO ₂ /GRDP)	1인당 소득 효과 (GRDP/인구)	인구 효과 (인구)
전남	신안군	0.7	13.3%	387	85%	32%	-17%
	여수시	42.0	4.1%	8,953	77%	43%	-20%
	영광군	0.5	0.1%	2	-747%	2,820%	-1,974%
	영암군	0.8	-4.5%	-240	114%	-48%	34%
	완도군	0.4	3.4%	68	17%	126%	-43%
	장성군	0.9	-2.0%	-111	224%	-180%	56%
	장흥군	0.4	0.2%	5	-1,439%	2,864%	-1,324%
	진도군	0.3	1.9%	29	-29%	197%	-67%
	함평군	0.6	7.6%	221	61%	64%	-25%
	해남군	0.9	2.6%	125	-43%	224%	-81%
경북	화순군	0.6	-1.5%	-55	232%	-188%	56%
	경산시	1.3	1.3%	92	-14%	55%	58%
	경주시	1.8	0.9%	97	-80%	235%	-55%
	고령군	0.3	0.1%	1	-3,473%	6,921%	-3,348%
	구미시	4.1	-1.7%	-457	-213%	297%	17%
	군위군	0.2	-1.7%	-27	241%	-189%	48%
	김천시	1.7	0.5%	45	-45%	142%	3%
	문경시	0.6	-1.2%	-44	344%	-332%	88%
	봉화군	0.7	0.9%	34	-254%	535%	-180%
	상주시	1.0	-0.3%	-17	699%	-986%	388%
	성주군	0.3	0.1%	3	-3,711%	4,420%	-610%
	안동시	1.6	-1.7%	-172	574%	-548%	73%
	영덕군	0.2	-0.9%	-12	127%	-226%	199%
	영양군	0.1	0.9%	5	-132%	402%	-170%
	영주시	0.9	-1.1%	-62	274%	-283%	109%
	영천시	0.8	0.4%	20	-566%	616%	50%
	예천군	0.5	-0.2%	-7	912%	780%	-1,592%
	울릉군	0.1	0.9%	5	-108%	457%	-249%
	울진군	0.3	-0.3%	-5	-832%	460%	471%
	의성군	0.5	0.2%	5	-175%	1,012%	-737%

시도	시군구	2021년 배출량 (MTCO ₂)	온실가스 증감 (2015~2021)		기여율		
			연평균 증가율	증감량 (KTCO ₂)	집약도 효과 (CO ₂ /GRDP)	1인당 소득 효과 (GRDP/인구)	인구 효과 (인구)
경북	청도군	0.3	-0.2%	-3	853%	-1,094%	341%
	청송군	0.1	-0.4%	-4	-12%	-178%	290%
	칠곡군	0.8	2.8%	114	89%	58%	-47%
	포항시	36.7	5.2%	9,676	7%	103%	-10%
경남	거제시	1.0	-2.3%	-151	-80%	138%	42%
	거창군	0.4	-0.1%	-4	405%	-707%	402%
	고성군	16.8	-6.5%	-8,313	98%	-21%	23%
	김해시	2.2	0.6%	80	210%	-154%	44%
	남해군	0.2	-1.7%	-23	170%	-150%	79%
	밀양시	0.7	-0.8%	-33	281%	-266%	85%
	사천시	0.7	0.2%	9	-286%	741%	-355%
	산청군	0.3	0.2%	4	-492%	964%	-372%
	양산시	1.8	2.3%	237	74%	-91%	118%
	의령군	0.2	-3.3%	-51	135%	-75%	40%
	진주시	1.7	-0.2%	-17	1,290%	-1,114%	-76%
	창녕군	0.6	0.0%	-1	5,096%	-7,641%	2,646%
	창원시	4.8	-0.6%	-182	77%	-73%	96%
	통영시	0.5	-0.5%	-15	-285%	24%	361%
	하동군	19.7	-6.7%	-10,216	115%	-50%	35%
	함안군	0.7	-1.7%	-79	166%	-163%	97%
	함양군	0.3	-1.2%	-19	197%	-168%	71%
	합천군	0.4	-0.8%	-20	83%	-274%	291%
제주	서귀포시	0.9	-3.8%	-235	108%	39%	-48%
	제주시	3.6	3.6%	688	57%	9%	33%
전국		716.0	0.8%	33,160	-142%	271%	-29%