

온실가스 데이터와 연계한 지역 간 제조업 자원배분 효율성 분석

2023년 10월 31일

국민대학교 경상대학

경제학과 정가연, 경제학과 최효빈, 경제학과 최서연,

국제통상학과 조예원, 국제통상학과 전가은

요약

본 연구는 기후변화 대응 분야에서의 에너지 자원배분과 에너지 불평등 문제에 대한 근본적인 이해를 목표로 하며, 특히 한국의 경제성장과 총요소생산성 변화, 지역 간의 경제 격차, 에너지 자원의 효율적인 배분 문제를 다각도로 분석하고자 한다.

최근 기후변화와 관련된 문제로서 에너지 자원배분과 에너지 불평등이 강조되고 있는데, 이는 지역별 자원배분이 경제와 사회적 발전에 미치는 영향을 고려해야 함을 시사한다. 특히 한국의 경제성장은 총요소생산성(TFP) 변화와 밀접한 관련이 있으며, 경제 격차도 지역 간에 크게 벌어지고 있다. 이에 본 연구는 에너지 자원 배분과 함께 지역 간 총요소생산성 차이를 분석하고자 한다.

연구 방법론은 생산함수 기반의 한계생산물과 솔로우 잔차 모형을 활용하여 지역별 에너지 자원배분의 효율성을 측정한다. 자본, 노동, 에너지 세 가지 생산요소를 고려하여 분석하며, 회귀 분석을 통해 자원배분의 영향을 파악하고 해석한다. 또한, 온실가스 배출량 추이를 조사하여 분석 결과와 비교한다.

이러한 연구 과정을 통해 지역별 자원배분의 효율성과 온실가스 배출량의 추이를 파악할 수 있다. 이를 통해 기후변화 대응 분야의 정책에 대한 중요한 시사점을 제공하며, 특히 지자체별 정책 제안과 에너지 불평등 해소 방안에 대한 실질적인 제언을 통해 사회적 가치를 창출하고자 한다. 이에 본 연구는 기후변화 및 경제 정책 수립에 도움을 줄 것으로 기대된다.

주제어 : 콥-더글라스 생산함수, 한계생산물, 회귀분석, 솔로우 잔차 모형, 자원배분 효율성, 온실가스 배출량

목차

1. 서론	1
1.1 연구 배경	1
1.2 연구 방향 및 접근 방식	2
1.3 선행논문 소개	3
2. 이론적 배경	3
2.1 한국의 지역별 자원배분 현황	3
2.2 한국 온실가스 현황	4
2.3 콥-더글라스 생산함수의 이해	4
3. 데이터 및 연구 설계	4
3.1 데이터 수집 및 변수 선택	4
3.2 데이터 전처리	5
3.3 회귀분석을 위한 가설 및 모델 설정	5
4. 결과 분석	7
4.1 지역별 에너지 자원배분 분석 및 온실가스 추이	7
4.2 지역별 맞춤형 정책 제안	14
5. 결론	15
5.1 모델 결과 및 본문 요약	15
5.2 한계점	15
5.3 미래 연구 방향 제안	15
6. 참고문헌	16

1. 서론

1.1 연구 배경

노벨 경제학자 폴 로머(Paul Romer)는 “경제성장은 사람들이 자원들을 더 가치 있는 방식으로 재배치할 때마다 이루어진다.” 고 말했다. 지역의 특징을 고려하지 않은 무작위적인 온실가스 규제의 경우 비용을 증가시킨다. 그러므로 에너지 자원을 더 가치 있는 방식으로 재배치하는 것은 성장에 있어서 매우 중요하다.

최근 기후변화 대응 분야에서의 에너지 자원배분과 에너지 불평등 문제는 중요한 문제로 떠오르고 있다. 화석 연료를 줄이며 저탄소 경제로 가는 과도기 상태이므로 지역별로 자원배분이 어떻게 이루어지고 있는지 모니터링하며 자원배분을 효율적으로 관리해야 할 필요성이 커지고 있다.

‘혁신성장 추진성과 및 향후 계획’에 의하면 “한국의 총요소생산성 증가율은 1990년 5.7%를 기록한 이후 줄곧 3%를 유지해오다 2010년 이후부터 1%대로 감소”하였다고 한다. 2015년 이후 2%대로 회복하는 추세를 보였지만 코로나19 기간을 지나며 다시 1%대로 감소하며 반등세를 보이지 못하고 있다. 이렇듯 한국의 총요소생산성 증가율은 2000년대 중반 이후부터 지속적으로 낮아지고 있으며 제조업 부분에서는 크게 둔화되고 있다.

한국은 빠른 경제성장을 겪으면서 한정된 자원을 특정 부문에 집중시켜 국가 경쟁력을 키워왔지만 지역 간의 성장 격차는 크게 벌어졌다. 시도별 1인당 GRDP는 상위 그룹과 하위 그룹 내에서 서로 다른 소득 수준으로 수렴하고 있다. 서울, 충남, 전남 등으로 이루어진 상위 그룹은 평균 4천만 원 수준으로 수렴하고 있고 강원, 충북, 전북 등으로 이루어진 하위 그룹은 평균 2천만 원 수준으로 상위 그룹의 약 절반 수준에 그치고 있다.

총요소생산성은 기술 발전에 의해 좌우된다는 것이 일반적인 견해이지만, 『제조업 자원배분의 효율성과 총요소생산성』에 의하면 총요소생산성은 기술 발전 못지 않게 생산요소들이 얼마나 효율적으로 배분되는가에 따라서도 결정된다.

통계청의 『광업·제조업조사』를 이용하여 1992년부터 2012년까지 분석한 결과는 다음과 같다. 자원배분의 효율성은 일정 기간 안정된 수준을 보이다가 2000년대부터 급격하게 낮아진다. 이는 한국 제조업의 총요소생산성 증가율이 2000년대부터 낮아지는 추세와 일치된다. 비효율성 증가는 주로 자본의 배분에서 발생했으며 특히 생산성은 높지만 자본을 과소 보유하는 업체의 비율이 높아진 것이 주요한 요인으로 나타났다. 이렇듯 생산성과 생산요소의 배분 효율성은 유의미한 관계가 있는 것을 알 수 있다.

본 연구에서는 업체 간의 자원배분 효율성 파악에서 나아가 한국의 시도별 자원배분 효율성을 파악해보고자 한다.

일반적인 생산함수는 인적자본과 물적 자본을 생산요소로 가진다. 이를 통해서 기업이 생산량을 최대화하거나 주어진 생산요소의 영향력을 경제학적으로 분석하는데 사용한다.

본 연구에서는 인적자본과 물적 자본 이외에 에너지 자본을 생산요소로 추가해서 생산함수를 구성할 것이다. 에너지 자본이 해당 지역에서 효율적으로 배분된다면 지역 내 총생산성을 올려줄 것이라는 가정한다.

본 연구를 통해서 에너지 자원 배분의 비효율성이 나타나는 지역을 파악하고 에너지 자원을 효율적으로 배분할 수 있는 방안을 제안하고자 한다.

1.2 연구 방향 및 접근 방식

경제성장의 대표적인 두 가지 요인은 생산요소 투입 증가와 기술 진보이다. 요소 투입의 증가는 총생산을 증가시키지만, 요소 부존량의 제한이라는 한계가 있다. 그러므로 경제성장의 중요한 원동력으로는 기술 진보의 주요인인 총요소생산성의 증가가 강조된다.

총요소생산성의 변화율에는 경제 제도, 산업구조, 기술력 등이 포함되며 이런 요인들은 노동과 자본의 생산성에 공통적으로 영향을 준다. 하지만 이러한 추상적인 요인들로 총요소생산성을 측정하기에는 어려움이 있어 전체 생산성에서 요소 투입에 따른 생산성 증가분을 뺀 잔차항으로 측정한다. 이를 솔로우 잔차항(Solow Residual)이라 한다.

솔로우 잔차 모형은 생산성 증가를 지속적인 자본과 노동력으로 인한 생산량의 증가로 정의했다. 이를 통해서 경제가 요소 투입 증가 때문에 성장하고 있는지, 아니면 요소들이 더 효율적으로 사용되고 있기 때문에 성장하고 있는지 확인할 수 있다. 즉, 솔로우 잔차항은 생산적인 부문에 투자할수록 수치가 증가하고, 자본을 효율적으로 할당하지 못하는 저개발 금융 시장에 의해 낮아질 수 있어, 각 국가의 솔로우 잔차항 수준의 차이는 경제발전의 차이를 설명하는 데 사용된다.

본 연구는 콥-더글라스 생산함수와 솔로우 잔차항을 통해 지역별 제조산업을 중심으로 자원이 효율적으로 사용·배분되고 있는지 판단하려 한다. 생산함수에는 자본, 노동, 에너지의 총 3가지 요소를 포함할 것이며, 생산함수 모델은

$$\text{생산함수: 생산성}(Y) = A \times \text{노동}(L)^{\alpha} \times \text{자본}(K)^{\beta} \times \text{에너지}(E)^{\gamma}$$

위와 같은 형태로 정하기로 한다. 하지만, 독립변수들이 승의 형태를 갖고 있어 비선형적인 형태이므로 아래와 같이 로그 변환을 통해 선형의 관계로 변환시킬 예정이다.

$$\ln Y = \alpha \ln L + \beta \ln K + \gamma \ln E$$

결측값 제거, 실질변수 변환, 산업평균 값, 로그 변환 등 전처리가 완료된 노동, 자본, 에너지에 해당하는 값은 독립변수로 생산성은 종속변수로 지정한 후 다중회귀 분석을 진행할 것이다. 추정된 회귀 계수들은 한계 자본, 한계 노동, 한계 에너지로 해석한다.

위의 과정을 3개년 (1999년, 2009년, 2019년)과 7개의 행정구역(서울특별시, 부산광역시, 대구광역시, 인천광역시, 광주광역시, 대전광역시, 울산광역시)으로 나눠서 각 케이스마다 분석을 진행한다.

잔차 시각화 그래프를 통해서 슬로우 잔차 모형으로 해석 가능하며 잔차들을 외생 요인으로 보고 외생 요인이 총요소생산성에 얼마나 영향을 주는지 파악한다. 적합한 회귀선을 통해서 연도별 지역별로 에너지 생산요소의 분배 효율성을 확인한다. 동시에 실제 온실가스 배출량 추이를 확인한 후 회귀분석 결과와 비교해볼 것이다.

경제 모형 기반으로 실제 지역 간 제조업의 자원배분이 효율적으로 이루어지고 있는지 확인하고 온실가스 배출량 추이를 분석해 이를 비교하고자 한다. 지역별로 분석을 진행한 후 기후변화 대응 분야에서의 지역별 정책 시시점을 도출하고자 한다. 특히 한국 온실가스 감축과 관련된 정책은 배출원 중심의 접근이므로 공간 단위 접근이 취약하며 건물, 폐기물, 흡수원 부문에 대해서는 지자체가 허가권을 가지고 있으므로 지자체가 중심이 된 정책을 통해 해결점을 찾아내고자 한다.

1.3 선행논문 소개

지정구·정원석(2015)는 우리나라 제조업 총요소생산성의 증가율이 둔화된 원인을 파악하기 위하여 자원배분 효율성을 측정하였다. 자원배분에 의한 생산성 변동 측정 방법과 데이터에 대하여 작성하였고 자원배분의 왜곡에 의하여 생산성이 전체적으로 어느 정도로 하락하였는지에 대한 결과와 원인에 대한 분석 결과를 제시하였다.

박창수·서윤석(2017)은 우리나라 제조업 부문을 대상으로 16개 시·도의 총요소 에너지 효율성을 등량곡선으로 추정하였고 등량곡선 상의 생산점과 내부에 있는 생산점 사이의 거리를 추정하여 효율성 정도를 측정하는 DEA방법으로 추정하였다.

노동운, 강윤영, 신정수(2004)는 "온실가스 배출저감 정책수단이 제조업의 생산성에 미치는 영향"이라는 보고서에서 생산성을 정의하고 생산함수와 생산성과의 관계를 "생산함수 프론티어"라는 개념을 통해 설명하였다. 이후 온실가스 배출저감 정책을 연결시켜 연구함으로써 온실가스 배출을 효율성 측정에 포함시키는 것이 바른 선택임을 도출하였다.

한광호(2018)는 확률변경생산함수를 한국 제조업에 적용해 총요소생산성과 생산효율성을 분석했다. 이를 통해 제조업은 정보기술산업을 제외한 나머지 산업에서는 매우 적은 규모 효율성과 배분 효율성을 보여주고 기술효율성은 악화되고 있음을 알 수 있다.

2. 이론적 배경

2.1 한국의 지역별 자원배분 현황

통계청의 조사에 따르면 전국 제조업 사업체 수는 579,050개이다. 이 중 수도권 지역인 서울, 인천, 경기의 사업체 수는 294,876개로 전체 제조업 사업체 수의 50.9%에 해당한다. 2번째를 기록하는 곳은 경상도로 부산, 대구, 울산, 경북, 경남을 포함한다. 경상도의 사업체 수는 총 168,179개로 29%를 차지한다. 다음은 충청도로 대전, 충북, 충남, 세종을 포함하며 9.7%를 차지한다. 그 이후 차례로 전라도(광주, 전북, 전남) 7.8%, 강원도 1.8%,

제주도 0.6%로 나타났다. 이를 통해 한국의 자원배분은 수도권과 경상도 지역을 중심으로 이루어지고 있음을 알 수 있다.

2.2 한국 온실가스 현황

국제사회는 온실가스 감축정책을 적극적으로 추진하며 '탄소중립'을 선언했다. 탄소중립에 도달할 것을 선언한 국가는 130개국을 넘어섰으며 한국도 2020년에 '2050 탄소중립'을 선언하였다. 코로나로 인해 2020년 국내 온실가스 배출량은 전년 대비 6.4% 줄어들며 2년 연속 감소세가 이어졌지만 일상회복과 함께 2021년 다시 배출량이 증가했다.

기후변화의 심각성에 대한 언급이 잦아지면서 최근 10년간 다양한 관련 정책 및 제도들이 제안되고 있다. 첫째, '온실가스 배출권 거래제'로 정부가 연 단위 배출권을 사업장에 할당하여 할당 범위 내에서 배출을 할 수 있도록 하고 사업장의 배출량을 평가하여 여분의 배출권에 대해서는 사업장 간의 거래를 허용하는 제도이다. 둘째, 사람과 환경이 중심이 되는 지속 가능한 발전 정책을 의미하는 말인 '그린뉴딜' 정책으로 탄소중립 사회를 지향하는 방향으로 추진되고 있다.

2.3 콥 더글라스 생산함수의 이해

콥-더글라스 생산함수는 물적 자본 요소 투입과 노동 요소 투입량을 최대한 효율적으로 사용했을 때 최대 얼마만큼의 생산량이 변화하는지 나타내는 1차 동차함수이다.

$$Y = F(L, K) = AL^{\alpha}K^{1-\alpha}$$

콥-더글라스 생산함수에서 요소 투입량을 변화시키는 방법뿐만 아니라 생산기술 A가 발전할수록 더 적은 자본재와 인적자본을 사용하여도 Y를 유지할 수 있다. 생산함수를 통해 기업이나 공장의 생산과정에서 노동, 자본, 그 외의 부분들이 각자 얼마나 기여하는지, 특히 기업의 생산이 얼마나 효율적인지를 측정할 수 있다.

이 생산함수는 대표적으로 규모수익 불변과 한계생산체감이라는 특징을 가진다. 1차 동차 생산함수이므로 각 생산요소를 같은 비율로 동시에 증가시키면 산출량도 동일한 비율로 증가하여 규모수익 불변이라는 특징을 가지며, 투입되는 각각의 요소의 양이 증가할수록 요소에 대한 한계생산이 감소하여 한계생산체감이라는 특징을 가진다.

3. 데이터 및 연구 설계

3.1 데이터 수집 및 변수 선택

3.1.1 광역제조업조사통계

1999년부터 2019년까지의 '광역제조업조사통계' 데이터를 사용하였다. 7개의 시도와 산업으로 분류되어 있으며 부가가치액, 연초잔액, 연말잔액, 제조원가, 판관비 등으로 구성

된 데이터이다. 당해년도에 국내에서 사업을 영위하는 제조업 사업체를 대상으로 조사된 시계열과 횡단면이 함께 고려된 불균형 패널 형태의 자료이다.

3.1.2 광역지자체 간 온실가스 인벤토리

1990년부터 2019년까지의 '광역지자체 간 온실가스 인벤토리' 데이터를 사용하였다. 17개 행정구역의 연도별 온실가스 배출량, 가스별 배출량, 간접 배출량으로 구성된 패널 형태의 데이터이다.

3.2 데이터 전처리

본 연구는 Python 언어를 사용하여 분석 및 연구를 수행하였다. Python의 dropna 메서드를 사용해서 결측치가 있는 행을 제거해주었다. 생산함수를 구성하기 위해서 기업의 노동 스톡은 연간급여액 합계와 복리후생비의 합계로 계산하였고 자본 스톡은 연초잔액과 연말잔액의 평균으로 계산하였다. 에너지 스톡은 연료비와 전력비의 합계이며 생산성은 부가가치액으로 구하였다. 변수 계산 식은 아래와 같다.

'Labor' column : pay1(연간급여액 합계) + pay3(복리후생비)

'Kapital' column : (fasset_b(연초잔액) + fasset_e(연말잔액)) / 2

'Energy' column : cost_fuel(연료비) + cost_elec(전력비)

'productivity' column : vadd(부가가치액)

2015년 제조업 생산자물가지수(119.84)로 명목변수 값을 나눠서 실질변수로 변환해주었다. 이는 Proxi Variable을 이용한 것으로 산업이 유사하면 물가가 비슷하다는 가정을 전제로 하였다. 먼저 각 변수를 산업코드로 그룹화한 후 부가가치를 가중치로 사용하여 산업별로 가중평균 값을 도출했다. 특정 기업의 생산성(P*Q)을 산업 생산성 앞에서 구한 가중평균 값으로 나눔으로써 기업규모를 고려한 실질 생산자물가지수가 도출하였다. 생산요소의 경우 한계생산요소 값을 구한 후 마이너스 무한대 방지를 위해서 실질변수 값에 +0.01을 더한 후 로그 변환을 진행하였다. 실질 생산물 또한 마찬가지로 로그 변환을 진행했다. 즉, 각 변수의 값을 비율로 나타내며 생산함수를 선형형태로 변환해주었다.

3.3 회귀분석을 위한 가설 및 모델 설정

3.3.1 분석 모형 설정 및 가설설정

콥-더글라스 생산함수 $Q = AL^{\alpha}K^{\beta}E^{\gamma}$ 모형은 독립변수들이 승(Power)의 형태를 갖고 있어 비선형적인 형태를 취하고 있다. 회귀분석을 진행하기 위해서는 우선 모형의 선형화가 이루어져야 한다. 우리가 추정하고자 하는 계수는 α, β, γ 이다. 로그 변환을 통해 선형 형태로 변환시킬 수 있으므로 양변에 자연로그 ln을 취한 후 정리하면 $\ln Y = \alpha \ln L + \beta \ln K + \gamma \ln E$ 형태로 선형화시킬 수 있다.

편미분은 함수에서 한 변수를 아주 조금 변화시켰을 때 함수의 변화량을 나타내는 개념이다. 즉, 노동의 한계 생산물은 생산함수를 노동에 대해서 편미분한 값을 의미한다. 선형 회귀 모델에서 회귀 계수는 각 독립변수가 종속변수에 어떤 변화를 가져오는지 나타내므로 각 회귀 계수 값들이 로그 변화된 생산함수의 한계생산물이라고 볼 수 있다.

전체 기간(1999년-2019년), 전체 지역 데이터 기반으로 진행한 다중회귀분석 결과는 다음과 같다.

1) 계수추정

적합된 회귀식은 $\ln Y = -0.5390 + 0.7365 \ln L + 0.1556 \ln K + 0.0284 \ln E$ 이다. 즉, 자본과 에너지 자본을 고정시킨 후 노동 자본을 한 단위 증가시키면 생산성이 평균적으로 약 74% 증가한다. 다른 변수를 고정했을 때, 자본이 한 단위 증가할 경우 생산성은 16% 증가하며, 에너지 자본이 한 단위 증가할 경우 생산성은 3% 증가한다.

2) 결정계수(R^2)

R^2 는 모델의 설명력을 나타내는 지표로 생산성의 변동 중 87%를 이 모델이 설명하고 있다는 의미이다. R^2 이 1에 가까우면 독립변수에 의하여 설명된 종속변수의 변동 부분이 그만큼 크다는 것을 의미하므로 현재 모델의 성능이 좋음을 뜻한다.

3) 전체 유의성 검정(F-검정)

F-statistic은 전체 모델의 통계적 유의성을 검정하는 F-검정의 통계량이다. 모델의 F-statistics가 1,339,000이며 대응하는 p-value가 0에 가까워서 통계적으로 유의미하다고 해석할 수 있다. 즉, F값이 높게 계산되었으므로 이 모형은 전반적으로 신뢰할 수 있다.

4) 독립표본 검정(t-검정)

t-검정은 각 추정량이 믿을 만한 것인지 검정한다.

① \hat{a} 의 통계적 유의성

$$H_0 : \hat{a} = 0 / H_0 : \hat{a} \neq 0$$

\hat{a} 의 t-통계량은 1029.326이고 p-value는 0에 가까우므로 귀무가설을 기각한다. 즉, 노동 자본의 생산성에 대한 영향은 5% 유의수준에서 통계적으로 믿을 만하다고 볼 수 있다.

② \hat{B} 의 통계적 유의성

$$H_0 : \hat{B} = 0 / H_0 : \hat{B} \neq 0$$

\hat{B} 의 t-통계량은 221.583이고 p-value는 0에 가까우므로 귀무가설을 기각한다. 즉, 자본의

생산성에 대한 영향은 5% 유의수준에서 통계적으로 믿을 만하다고 볼 수 있다.

③ $\hat{\gamma}$ 의 통계적 유의성

$$H_0 : \hat{\gamma} = 0 / H_1 : \hat{\gamma} \neq 0$$

$\hat{\gamma}$ 의 t-통계량은 43.088이고 p-value는 0에 가까우므로 귀무가설을 기각한다. 즉, 에너지 자본의 생산성에 대한 영향은 5% 유의수준에서 통계적으로 믿을 만하다고 볼 수 있다.

회귀분석 모델의 예측값과 잔차 사이의 관계를 시각화한 그래프이다. 이는 슬로우 잔차 모형으로 해석 가능하다. 잔차가 특별한 패턴이나 경향성 없이 수평선에 일정하게 모여 있는 것으로 보아 외생적인 요인의 영향 없이 생산 요소들에 의해 총요소생산성이 계산 된다고 해석할 수 있다.

5) 요약

전체 기간 및 지역에 대한 회귀분석 결과 R^2 는 0.873으로 모델을 신뢰할 수 있다. t-검정 결과 노동, 자본, 에너지의 p-value가 모두 0에 가까우므로 유의하다고 해석한다.

이렇게 선정된 3개의 변수 중 에너지를 독립변수, 생산성은 종속변수로 지정한 후 연도 별 지역별로 회귀분석을 진행하였고 에너지 생산요소의 자원배분 효율성을 평가하였다.

4. 결과 분석

4.1 지역별 에너지 자원배분 분석 및 온실가스 추이

4.1.1 지역별 에너지 자원배분 분석

[그림 1]부터 [그림 7]은 두 변수 간의 선형 회귀 관계와 지역별 에너지 자본 시장의 효율성을 산포도로 나타냈다. X축은 실질 MPE를 MPE 산업 평균으로 나눈 후 로그 변환을 시킨 값이고 Y축은 실질 총요소생산성을 산업 평균으로 나눈 후 로그 변환을 시킨 값이다. 회귀선을 통해서 두 변수 간의 추세를 나타냈고 변수의 경향성과 상관관계를 파악하였다. X축과 Y축 값의 도출 수식은 아래와 같다.

$$Y = L^\alpha K^\beta E^\gamma \text{이므로}$$

$$MPE = \frac{d}{dE} Y = \gamma L^\alpha K^\beta E^{\gamma-1} = \gamma \frac{L^\alpha K^\beta E^\gamma}{E} = \gamma \frac{Y}{E} = \frac{Y}{E} \text{이다.}$$

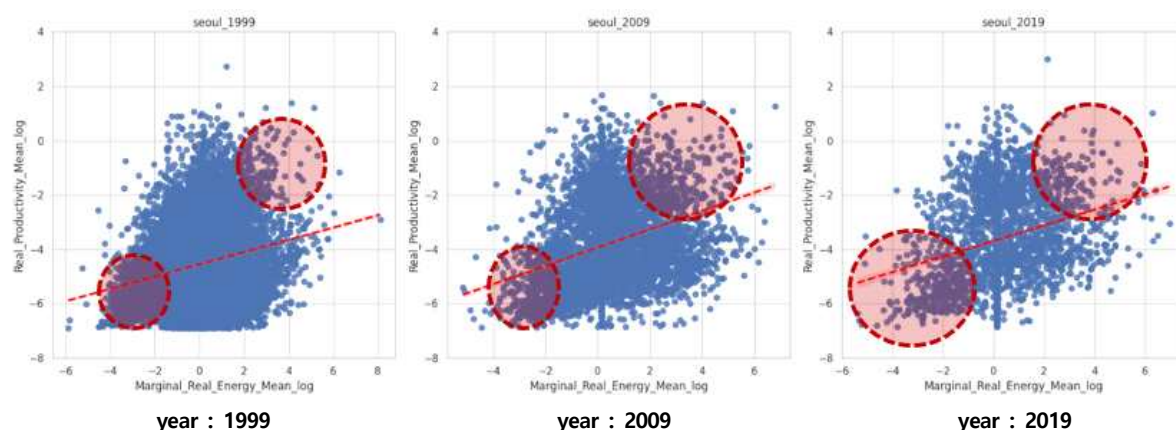
최종적인 X축의 값은 $\log\left(\frac{MPE}{MPE}\right)$ 이다.

최종적인 Y축의 값은 $\log\left(\frac{Y}{Y}\right)$ 이다.

관측치들이 중앙에 모여있을 수록 자원이 생산성에 맞게 효율적으로 배분되었다고 해석된다. 좌측 하단에 있는 경우 생산성에 비해 자본이 과소 보유하고 있으므로 자원배분이 비효율적이며, 우측 상단에 있는 경우 생산성에 비해 자본이 과대 보유하고 있으므로 마찬가지로 비효율적이다. 즉, 실질 생산성 동일 수준에서 에너지 한계생산물이 작을수록 에너지 자원이 적정규모보다 덜 배분되어서 비효율적이라고 해석되며, 한계생산물이 클수록 에너지 자원이 적정규모보다 더 배분되어서 비효율적이라고 해석된다.

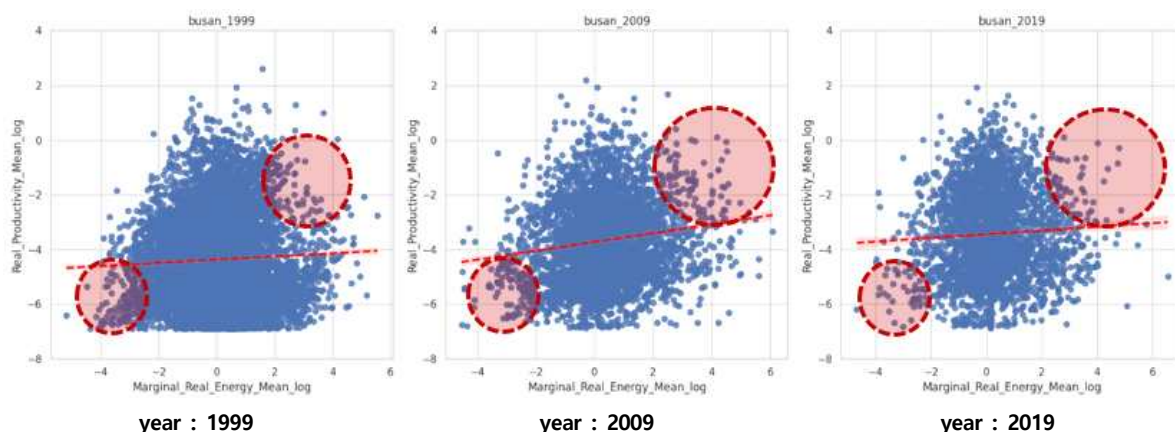
1999년, 2009년, 2019년 3년간의 에너지 자원배분의 효율성 변화 추이를 확인했다.

[그림 1] 에너지 자원-실질생산성 연도별 변화 : 서울특별시



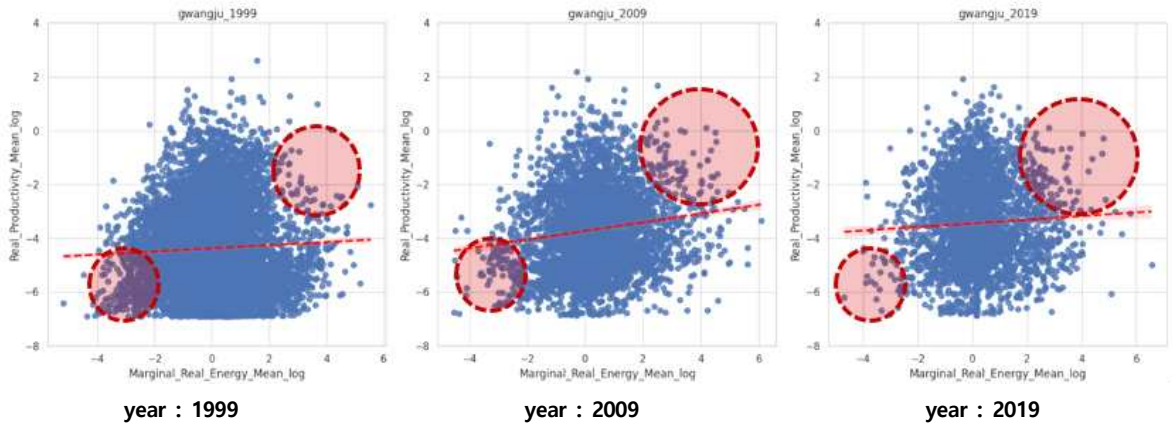
서울의 경우 1999년 대비 2009년은 우측 상단으로 영역이 퍼지면서 생산성이 높은 기업에 에너지 자원이 과소 배분되었다. 2009년 대비 2019년은 좌측 하단으로 영역이 더 퍼졌으므로 생산성이 낮은 기업에 에너지가 과대 배분된 것으로 해석된다. 즉, 자원 배분의 비효율성이 증가하였다.

[그림 2] 에너지 자원-실질생산성 연도별 변화 : 부산광역시



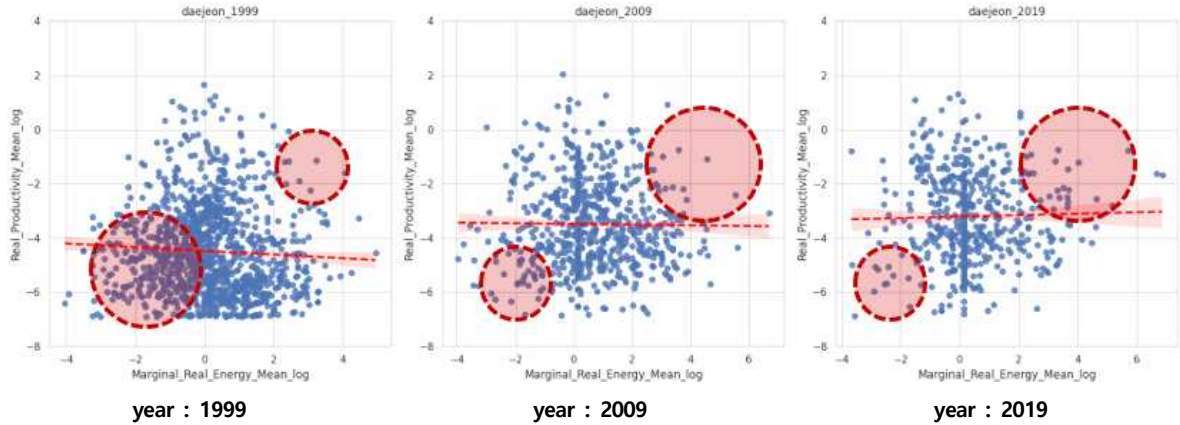
부산의 경우 2000년 대비 2009년 우측 상단으로 영역이 퍼지면서 생산성이 높은 기업에 에너지 자원이 과소 배분되었다. 2019년은 2009년과 동일한 형태로 나타난다.

[그림 3] 에너지 자원-실질생산성 연도별 변화 : 광주광역시



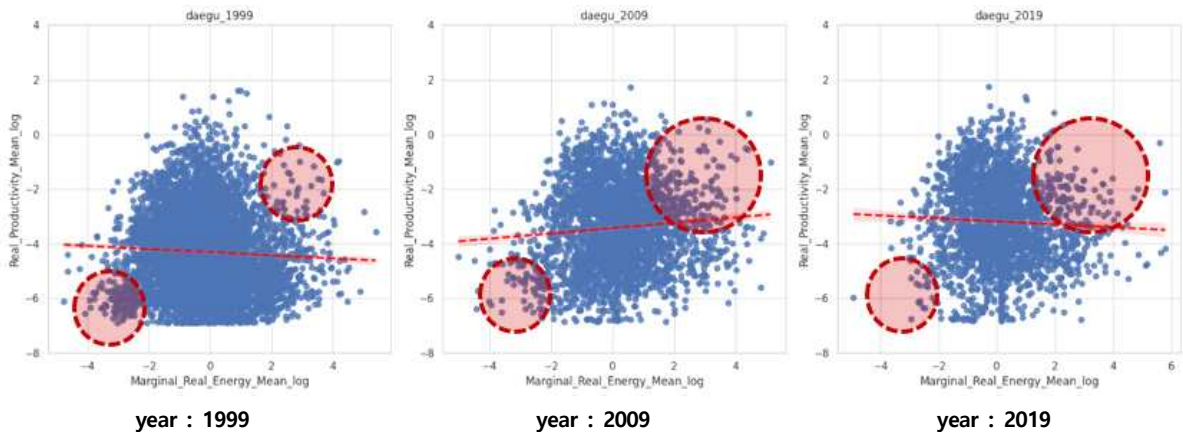
광주의 경우 1999년 이후로 우측 상단의 영역이 커지며 에너지 자원이 과소 배분되고 있다. 즉, 시간이 지나면서 자원배분의 비효율성이 커지고 있다고 해석된다.

[그림 4] 에너지 자원-실질생산성 연도별 변화 : 대전광역시



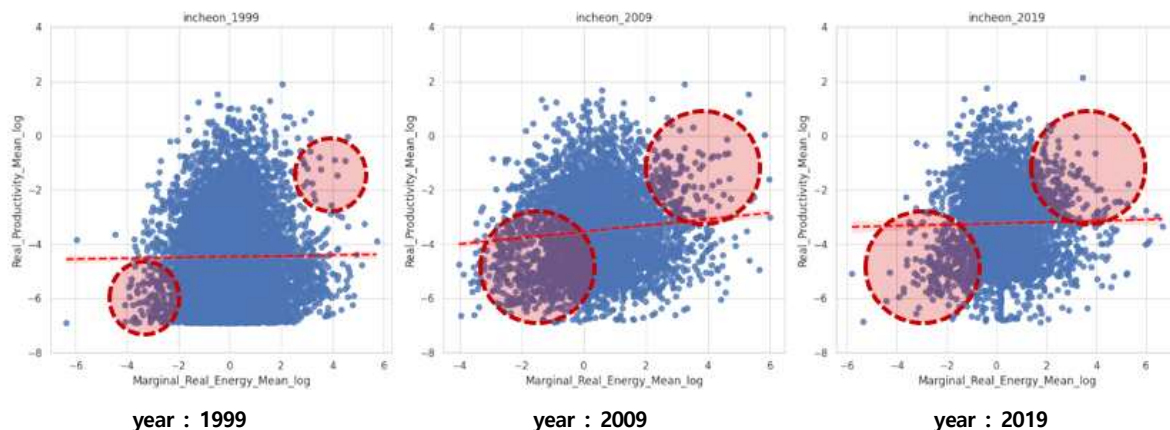
대전의 경우 1999년 이후 좌측 하단의 영역은 줄어들었으므로 생산성이 낮은 기업에 에너지 자원이 과대 배분되는 비효율성은 감소하였다. 하지만 상단 우측 영역은 커지면서 생산성이 높은 기업에 자원이 과소 배분되고 있다. 중심으로 영역이 모이면서 전반적으로 에너지 자원의 비효율성은 줄어드는 것으로 보인다.

[그림 5] 에너지 자원-실질생산성 연도별 변화 : 대구광역시



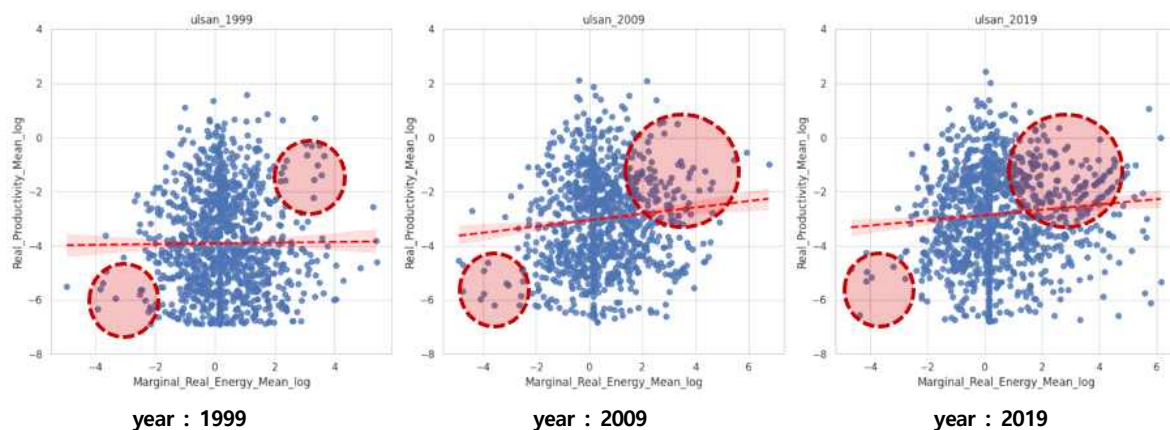
대구의 경우 1999년 대비 2009년에는 생산성이 높은 기업에 에너지 자원이 과소 배분되었으나 2019년은 생산성이 중간인 기업에 자원이 덜 배분되고 있다. 이는 대구의 산업경제가 전반적으로 약화된 배경의 영향이라고 볼 수 있다.

[그림 6] 에너지 자원-실질생산성 연도별 변화 : 인천광역시



인천의 경우 1999년 이후 좌측 하단의 영역이 커지면서 생산성이 낮은 기업에 에너지가 과소 배분되었고 우측 상단의 영역이 커지면서 생산성이 높은 기업에 에너지가 과대 배분되었다. 다른 지역에 비해 자원 배분의 비효율성이 특히 커진 것으로 보인다.

[그림 7] 에너지 자원-실질생산성 연도별 변화 : 울산광역시

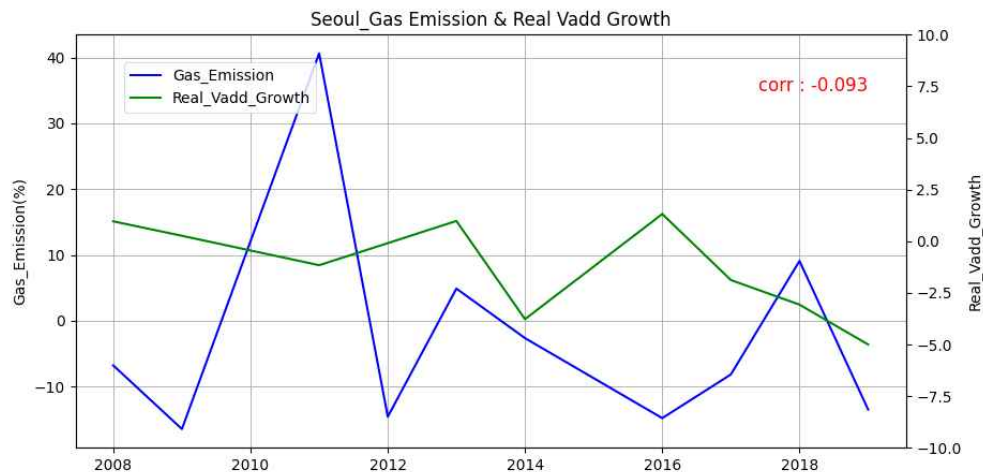


울산의 경우 1999년 이후부터 우측 상단의 영역이 커지면서 생산성이 높은 기업에 자원이 과소 배분되고 있다. 전반적으로 에너지 자원의 비효율성이 커지고 있다.

4.1.2 실질 부가가치 성장률 및 지역별 제조업 온실가스 추이

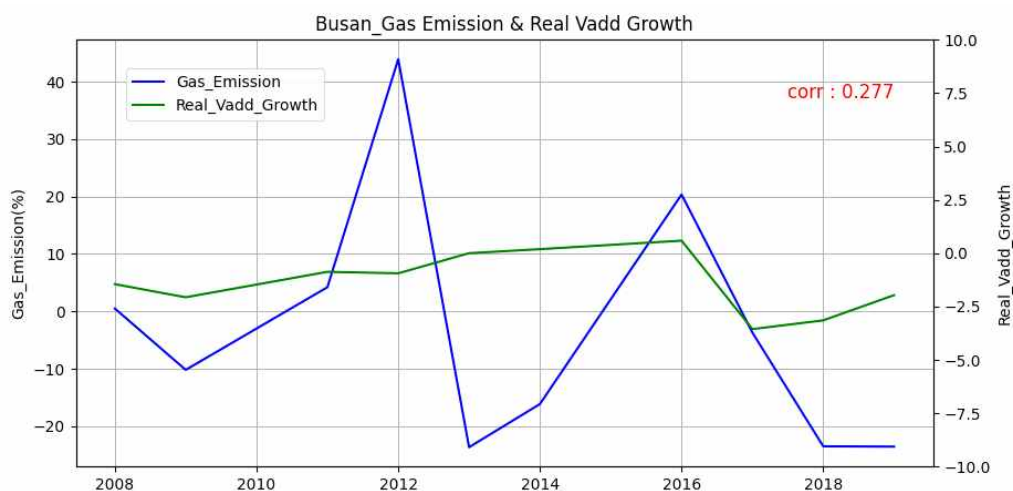
[그림 8]부터 [그림 14]은 1999년부터 2019년까지의 실질 부가가치 성장률과 제조업 온실가스 추이를 지역별로 나타냈다.

[그림 8] 실질 부가가치 성장률과 제조업 온실가스 연도별 추이 : 서울특별시



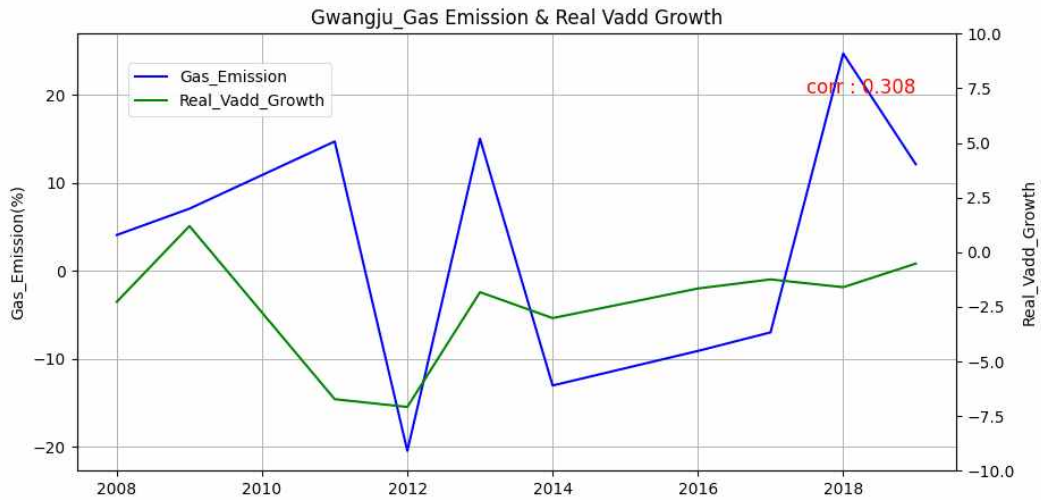
서울특별시의 실질 부가가치 성장률과 온실가스 배출량 변화율의 상관관계는 -0.093 으로 탈동조화 관계이다. 온실가스 배출량 변화율은 감소율이 크고 성장률은 배출량 변화율에 비해 상대적으로 증가율이 큰 바람직한 상황으로 볼 수 있다. 2018년 이후로는 성장률과 온실가스 배출량 변화율 모두 줄어들면서 지역 자체의 제조업 상황이 안 좋아지고 있다.

[그림 9] 실질 부가가치 성장률과 제조업 온실가스 연도별 추이 : 부산광역시



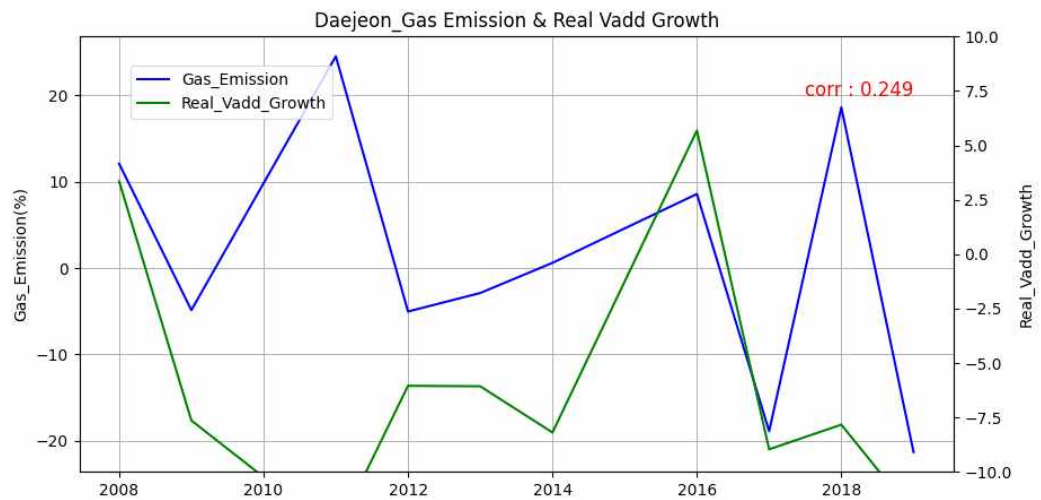
부산광역시의 실질 부가가치 성장률과 온실가스 배출량 변화율의 상관관계는 0.277 로 동조화 관계이다. 성장률과 온실가스 배출량 변화율 모두 증가율이 크다. 이는 에너지 다소비 구조라서 온실가스 감축이 근본적으로 쉽지 않다는 의미이다. 2018년 이후부터는 성장률은 증가하고 배출량 변화율은 감소하는 바람직한 추세를 보이고 있다.

[그림 10] 실질 부가가치 성장률과 제조업 온실가스 연도별 추이 : 광주광역시



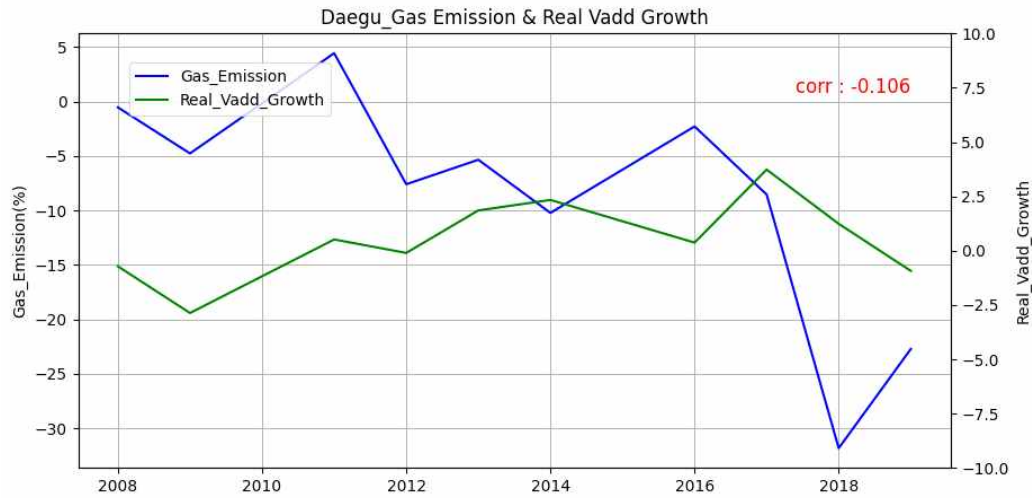
광주광역시의 실질 부가가치 성장률과 온실가스 배출량 변화율의 상관관계는 0.308로 동조화 관계이다. 성장률과 배출량 변화율은 2012년 폭락했지만 전체적으로 증가하는 추세를 보인다. 이는 우리나라의 에너지 다소비 구조를 따라가는 자연스러운 모습이다. 2018년 이후부터는 배출량 변화율은 감소하고 성장률은 증가하는 바람직한 추세를 보이고 있다.

[그림 11] 실질 부가가치 성장률과 제조업 온실가스 연도별 추이 : 대전광역시



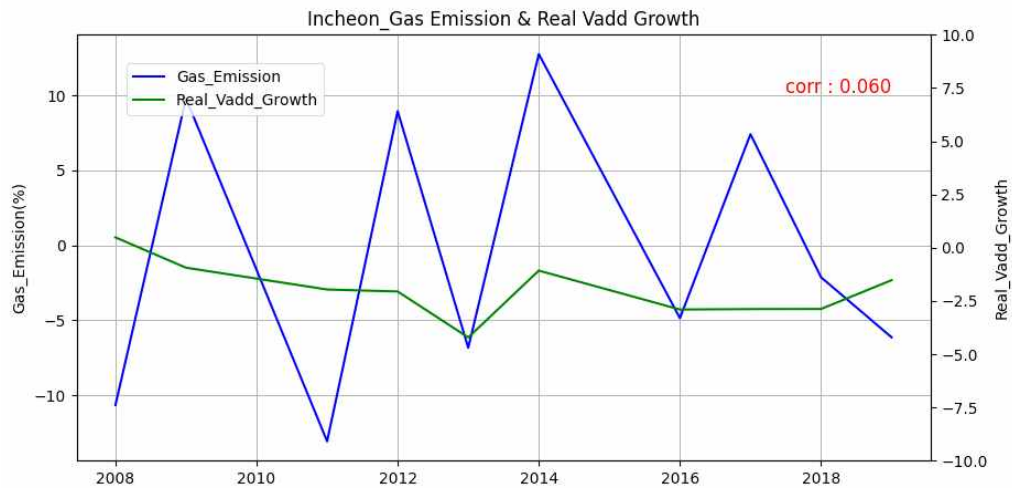
대전광역시의 실질 부가가치 성장률과 온실가스 배출량 변화율의 상관관계는 0.249로 동조화 관계이다. 성장률과 배출량 변화율은 전체적으로 증가하는 추세를 보인다. 이는 우리나라의 에너지 다소비 구조를 따라가는 자연스러운 모습이다. 2016년 이후 성장률은 크게 하락하고 있으며 배출량 변화율의 경우 2018년에 급증한 후 감소하고 있는 추세이다. 이는 대전의 제조업 상황 악화가 원인으로 보인다.

[그림 12] 실질 부가가치 성장률과 제조업 온실가스 연도별 추이 : 대구광역시



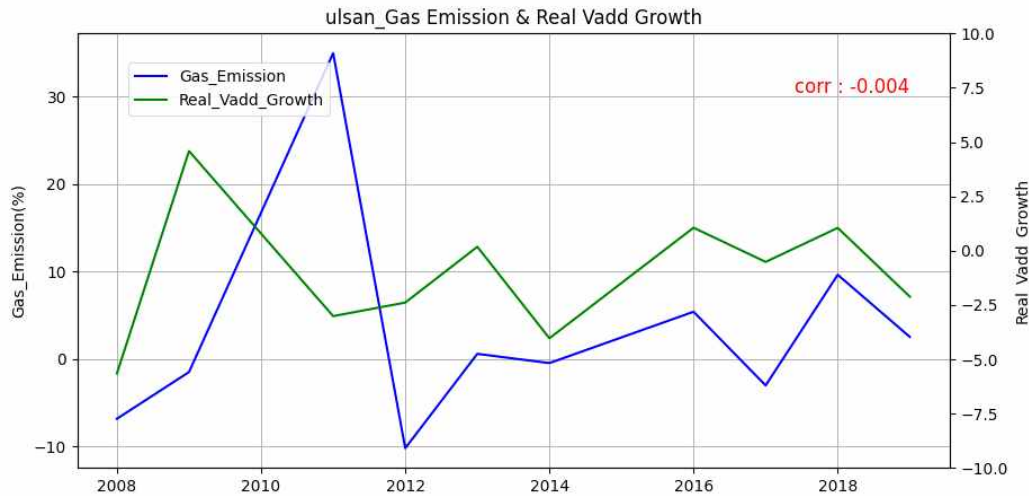
대구광역시의 실질 부가가치 성장률과 온실가스 배출량 변화율의 상관관계는 -0.106 으로 탈동조화 관계이다. 성장률은 전체적으로 증가하고 있으며 온실가스 배출량 변화율은 감소하며 바람직한 모습을 보이고 있다. 특히 2016년 이후로 온실가스 배출량 변화율이 크게 감소하였고 성장률도 다소 감소하였으므로 좋은 방향으로 가고 있었지만, 2018년 이후부터는 온실가스 배출량 변화율이 증가하며 반전된 상황을 보였다.

[그림 13] 실질 부가가치 성장률과 제조업 온실가스 연도별 추이 : 인천광역시



인천광역시의 실질 부가가치 성장률과 온실가스 배출량 변화율의 상관관계는 0.06 으로 동조화 관계이다. 성장률과 온실가스 배출량 변화율은 전반적으로 감소하는 경향이 있으며 인천의 제조업 상황이 안 좋아지고 있음을 뜻한다. 10년간 성장률은 유지되고 있지만 배출량 변화율은 크게 변하는 모습을 보이고 있다. 최근에는 배출량 변화율이 감소하며 좋은 방향으로 가고 있다.

[그림 14] 실질 부가가치 성장률과 제조업 온실가스 연도별 추이 : 울산광역시



울산광역시의 실질 부가가치 성장률과 온실가스 배출량 변화율의 상관관계는 -0.004 으로 탈동조화 관계이다. 성장률은 배출량 변화율에 비해 전반적으로 증가하며 배출량 변화율은 감소하는 경향이 있다. 이는 바람직한 모습으로 보인다. 2012년 이후부터는 성장률과 배출량 변화율 모두 증가하고 있으며 울산의 산업구조가 에너지 다소비 구조라는 것을 의미한다.

4.2 지역별 맞춤형 정책 제언

탈동조화란, 성장과 온실가스 배출량이 한 방향으로 같이 움직이지 않는 현상을 말한다. 우리나라의 탄소중립 정책을 이행하기 위해서는 우선, 온실가스 배출과 경제성장 사이의 탈동조화 현상이 전제되어야 한다. 최근 10년간 7개 지역 모두 자원배분의 비효율성이 증가하고 있으며 4개 지역이 탈동조화를 이루어내지 못하는 점을 보았을 때, 우리나라는 현재 단계로서는 탄소중립 정책 시행이 미흡한 단계라고 해석된다.

탄소중립을 바람직하게 이행하기 위해서는 온실가스 배출량 감소와 경제성장이 함께 발생하며 탈동조화를 이뤄내야 한다.

이에 서울, 대구, 울산의 탈동조화를 전제로 탄소중립 정책을 이어나가야 한다. 이를 위해서는 세 지역의 자원을 효율적으로 배분함으로써 부가가치를 증가시키고 세 지역의 온실가스 배출을 줄여나가야만 한다. 또한 이 지역의 송전·배전비용을 낮추기 위해 이 전력 발전소를 설치할 유인이 있다. *"LMP 도입 본격화... 단순지역 가격 차등제 지양해야"*의 기사를 보면, 현재 호남지역에 태양광 설비가 43%가 몰려있어 타지역으로 전력을 보내는 데에 효율이 떨어지고 있다는 것을 알 수 있다. 전력 발전소의 신규 설치 계획을 위 지역에 집중시킨다면 전력의 송전·배전비용을 줄일 수 있게 되어 기업의 자원 낭비가 적어지므로 자원배분의 효율성이 더욱 증가할 수 있을 것이다.

5. 결론

5.1 모델 결과 및 본문 요약

경제 이론을 기반으로 실제로 한국의 지역 간 제조업의 자원배분이 효율적으로 이루어지고 있는지 확인하고, 온실가스 배출량 추이를 분석하여 이를 비교하였다. 이를 통해 기후변화 대응 분야에서의 정책 시사점을 도출하고자 하는 것을 연구 목적으로 두고 분석을 진행했다.

연구를 수행하기 위해, 한계생산체감이나 솔로우 잔차모형과 같은 경제 이론을 활용하여 지역간 제조업의 자원배분이 효율적으로 이루어지고 있는지를 확인해보았다. 이를 위해 한국의 다양한 지역에서의 자원배분 현황과 온실가스 배출량의 추이를 조사하고 비교 분석하였다.

이러한 분석 과정을 통해 지역별 자원배분의 효율성과 온실가스 배출량의 추이를 파악하였다. 이를 통해 기후변화 대응 분야의 정책에 대한 중요한 시사점을 제공하였으며, 특히 지자체별 정책 제언과 에너지 불평등 해소 방안에 대한 실질적인 제언을 통해 사회적 가치를 창출해보았다.

5.2 한계점

회귀 계수 중 생산성에 가장 큰 영향을 주는 변수는 노동 변수이다. 본 연구에서 사용한 노동데이터는 불완전하기 때문에 계약종별 노동 공급을 설명하는 데에 한계가 있어 노동시장의 효율성 분석은 다루지 않았다. 추가적인 노동 관련 데이터를 수집한다면 노동 자원 배분의 효율성을 함께 파악할 수 있을 것이다.

1990년부터 2019년까지의 데이터 기간 중 전체 기간을 고려하지 못하고 10년 단위로 나눠서 분석을 진행하였다. 분량의 조절을 위해서 특정 기간을 선정해서 분석을 진행하였다. 전체 기간을 고려한다면 연도별 특징을 더욱 잘 잡을 수 있을 것이다.

본 연구에서는 전체 제조업의 평균 데이터를 사용해서 분석을 진행하였다. 추후 연구에서는 제조업의 산업을 분류해서 산업별 자원배분의 특성과 온실가스 배출량을 파악한다면 더욱 의미있는 결과가 나올 것으로 기대된다.

5.3 미래 연구 방향 제언

첫째, 정책 개발에 기여할 수 있다. 연구 결과를 통해 지역 간 제조업 자원배분의 효율성과 온실가스 배출량의 편차를 분석하여 정책 개발에 중요한 시사점을 제공할 수 있다. 이를 통해 환경 보전과 경제성장을 조화시키는 기후변화 대응 정책의 방향성을 제시할 수 있다.

둘째, 자원 효율성 증대할 수 있다. 연구 결과를 통해 자원배분의 비효율성을 파악하고 개선할 수 있는 방안을 도출할 수 있다. 지역별 맞춤형 정책을 제안하여 자원의 효율적

활용을 촉진하고, 경제적인 성과와 환경적인 효과를 동시에 달성할 수 있을 것이다.

셋째, 지구 온난화 해결에 기여할 수 있다. 연구 결과를 통해 지역 간 온실가스 배출량의 편차를 분석하여, 탄소중립을 위한 편익과 비용의 지역간 차이를 고려할 수 있다. 이를 통해 지역별 탄소 배출 관리 방안을 도출하여, 지구 온난화 해결에 도움을 주고 기후변화에 대응하는 데에 기여할 수 있다.

넷째, 기업 및 지자체 지원을 지원할 수 있다. 연구 결과를 바탕으로 기업과 지자체에 자원배분 및 온실가스 관리에 대한 가이드라인을 제공할 수 있다. 이를 통해 기업의 생산성 향상과 동시에 환경 관리에 대한 책임을 이행할 수 있도록 지원할 수 있다.

6. 참고문헌

[논문]

권명중, 조상혁.(2021).Solow 성장모형을 통한 한국제조업 성장특성에 대한 연구: 1994-2018 기간을 중심으로.지역발전연구,30(1),189-215.

최충익.(2017).재난이 경제성장에 미치는 영향: 솔로우 성장모형의 적용과 함의.Crisisonomy,13(6),69-83.

노동운, 강윤영, 신정수.(2004).온실가스 배출저감 정책수단이 제조업의 생산성에 미치는 영향.에너지경제연구원 연구보고서,(),1-132.

최두열, 안시온. (2014). 한국의 1인당 지역내총생산(GRDP)의 수렴에 대한 연구. 재정정책논집, 16(3), 149-184.

김수이.(2018).국내 발전부문의 온실가스 배출 요인 분해 분석.에너지경제연구,17(1),241-264.

김상호, 임현준(2007). 한국의 Solow 잔여치와 경기변동 간의 관계분석. 한국경제연구, 19, 173-194.

[정기간행물]

지정구,정원석, "제조업 자원배분의 효율성과 총요소생산성", "BOK 경제리뷰 No.2015-2 : pp.1~8

한광호, "한국거래소 상장 제조업 기업의 총요소생산성과 생산효율성", 산업경제연구 31권 제1호(2018) : pp.327~345

한국공공기관연구원, "혁신성장 추진성과 점검 및 보완계획" :혁신성장전략회의 19-28-1(2019) : p.1

Chang-Tai Hsieh, Peter J. Klenow. Misallocation and Manufacturing TFP in China and India (The Quarterly Journal of Economics, Vol. CXXIV, November 2009), Issue 4.

[웹페이지]

안지석, “대한민국 행정구역별 발전원별 발전량”, 한국에너지기술연구원 기술정책플랫폼, KOSIS. 통계청. 통계조사. 통계별 질문. 광업제조업·기업활동(사업체). 전국사업체조사. 2016.11.24

KOSIS. 통계청. 통계조사. 통계별 질문. 광업제조업·기업활동(사업체). 광업제조업조사. 2021.07.02.

KOSIS. 통계청. 「전국사업체조사」 시도·산업별 사업체수, 종사자수 및 매출액('20~) 통계자료(2023.03.31).

[인터넷 기사]

이서연 기자, “LMP 도입 본격화... 단순지역 가격 차등제 지양해야”, 아시아투데이, 2023년 7월 4일