

음식 배달 및 1인 가구가 생활 폐기물 발생량에 미치는 영향: 코로나-19 시기를 중심으로

김형건

강원대학교 경제정보통계학부 부교수

The Effects of Food Delivery and Single-Person Household on Municipal Solid Waste Generation: Focus on the COVID-19 Period

Hyung-Gun Kim^a

^a Division of Economics & Information Statistics, Kangwon National University, South Korea

Received 30 August 2022, Revised 24 September 2022, Accepted 28 September 2022

Abstract

Purpose - This study empirically analyzes the effects of food delivery service use frequency and the proportion of single-person households on the generation of MSW (Municipal Solid Waste). Additionally, the study analyzes MSW increase during the COVID-19 period.

Design/methodology/approach - The study uses annual information on MSW and related characteristics of 228 Si, Gun, and Gu, which are administrative districts of Korea, from 2015 to 2020. Panel fixed effect model is employed for estimations.

Findings - The study finds that food delivery and single-person household have significant effects only on recyclable and standard garbage bag MSW, respectively, not on all produce types of MSW. Additionally, it is estimated that, during the COVID-19 period, the increasing effect of food delivery is intensified while single-person households diminish its increasing effect. Lastly, the study confirms that the marginal effect on the increasing effect of MSW generation by the number of household members.

Research implications or Originality - The estimated results are expected to provide useful information for the related policies. In particular, it is necessary to focus more on recyclable MSW concerning the developing delivery culture, and regarding changes in the family structure, focus more on the number of household members than single-person households.

Keywords: COVID-19, Food Delivery, Municipal Solid Waste Generation, Single-Person Household

JEL Classifications: C23, J12, Q53

^a First Author, E-mail: khg@kangwon.ac.kr

© 2022 The Institute of Management and Economy Research, All rights reserved.

I. 서론

우리나라의 생활 폐기물 발생량은 경제 성장과 함께 꾸준히 증가해오다 1990년대 중반 이후 증가세를 멈추고 일정 수준을 유지하게 된다. 이는 소득 증가와 함께 커져가는 환경 개선에 대한 요구와 이를 반영기 위한 정책적 노력들이 반영된 결과일 것이다. 폐기물 발생량을 줄이기 위한 정책적 노력 중에서, 특히, 1995년에 도입된 쓰레기 종량제가 상당한 기여를 한 것으로 보인다. 경제학적 측면에서 소비자의 쓰레기 배출은 개인의 효용을 증가시키는 반면 사회적 비용을 야기하는 외부효과로 볼 수 있다. 그러므로 쓰레기 종량제는 피구비인적 측면에서 세금과 같은 가격 내재화의 역할을 하게 된다. 국내 대부분의 실증분석에서도 쓰레기 종량제의 정책 효과는 유의미하다고 결론내리고 있다(Hong, 1999; 홍성훈, 2015; 조하은·우영진, 2020 등). 하지만, 이와 같은 정책적 성과에도 불구하고, 폐기물 부문의 온실가스 배출량, 대기환경오염, 신규 소각장 및 매립지 부족 등 최근 야기되는 논란과 함께 더욱 성공적인 감축 성과가 필요하다는 사회적 요구가 있다. 특히, 온실가스 배출량 저감이 중요한 화두가 되고 있는 최근 폐기물 부문에서의 온실가스 저감 노력은 그 어느 때보다 절실하다. 2020년 발표된 “2050 탄소중립 시나리오”에서는 2018년 기준 연간 20.5백만 톤이었던 생활 폐기물 발생량을 2050년 10.3백만 톤까지 낮춘다는 목표를 설정하였다.

과감한 저감 목표에도 불구하고 현실은 그리 녹록해 보이지 않는다. 1990년대 중반 이후 연평균 일 50,000톤의 수준을 유지하던 생활 폐기물 발생량은 2016년 일일 53,772톤으로 증가하더니, 2018년 56,035톤, 2019년 57,961톤, 코로나-19가 있었던 2020년에는 61,597톤까지, 감소는커녕 오히려 급격한 증가세를 나타내고 있다. 관련 정부부처, 공기업, 주요 언론 등의 전문가들은 동 기간 중의 폐기물 증가의 원인을 주로 1인 가구의 증가와 온라인 쇼핑 및 배달서비스 확대에서 찾고 있다(이종현, 2022년 1월 28일; 김은경, 2022년 3월 1일 등). 동 기간 중에 진행되었던 가구 유형의 변화와 소비 패턴의 변화를 고려하면 어느 정도 합리적 추론으로 판단된다.

우선, 생활 폐기물 발생량에 대한 1인 가구 확대의 영향을 고려해보면, 1인 가구의 확대에 의한 폐기물 배출량 증가는 각 가구의 소비에 대한 규모의 경제로 이해할 수 있다. 한 가구가 재화를 소비한 뒤 폐기물로 배출되는 재화 중 일부는 가구원 모두가 공유할 수 있다. 대량 구매를 통해 포장재 등의 폐기물이 감소할 수도 있고 남은 음식물은 다른 가족 구성원이 소비할 수도 있을 것이다. 그러므로 가구원수가 증가하였을 때 폐기물의 발생량은 증가하겠지만 가구원에 대한 한계 폐기물 배출량은 감소하게 된다. 이와 같은 현상은 폐기물 발생량의 결정요인을 현실 자료를 통해 본격적으로 분석하기 시작한 1970년대 미국의 초기 연구에서부터 실증적으로 확인된 바 있다. Richardson and Havlicek(1974)은 1970년 1월 1일부터 1971년 12월 31일까지 미국 인디애나폴리스(Indianapolis) 33개 조사 지역의 누적 폐기물 발생량을 대상으로 한 실증 분석에서 폐기물 발생량에 대한 고전선형모형의 설명변수로 가구원수와 가구원수의 제곱을 포함한 바 있다. 추정결과, 13개의 기간으로 구분된(split) 표본 대부분에서 가구원수 선형항의 계수는 양(+)으로 추정된 반면 한계 폐기물 배출량을 나타내는 가구원수 제곱항의 계수는 음(-)으로 추정되었다. 이 연구는 각 추정 방정식에 대한 표본의 수가 33개로 너무 적고 사용된 설명변수 역시 가구소득, 가구원, 18세에서 61세까지 인구 비율, 흑인비율, 연도더미 뿐인 횡단면 통상제곱선형모형의 추정으로 내생성 편이가 발생할 가능성이 상당히 높다. 그럼에도 불구하고 동 연구는 1인 가구의 확대가 폐기물 배출량의 증가에 미치는 영향을 보여주는 중요한 실증 분석의 결과 중 하나이다. 이후 다양한 지역, 방법론, 기간등을 사용하여 수많은 분석들이 진행되었고 다양한 결과들을 도출하였다(Ojeda-Benítez et al., 2008; Thanh et al., 2010; Miezah et al., 2015; Gu et al., 2015; Noufal et al., 2020 등). 하지만, 아직 우리나라에서는 1인 가구에 초점을 맞춘 폐기물 발생 결정요인에 대한 연구는 그리 많지 않다. 이 중 Sim(2019)은 우리나라를 대상으로 생활 폐기물 발생량에 대한 1인 가구의 영향을 분석하고 있다. 이 연구는 2010년에서 2016년까지의 시군구 연간 자료를 바탕으로 패널고정효과 모형을 사용한 실증분석이다. 흥미롭게도, 추정결과에서 해당 지역의 1인 비율은 오히려 폐기물을 감소시키거나 혹은 통계적으로 유의한 영향이 없는 것으로 나타났다. Sim(2019)은 성별 및 나이대로 구분된 보다 세분화한 그룹들의 추정을 통해 중년 남성인 1인 가구가 음식물 및 플라스틱 폐기물에 양(+)의 영향을 미친다는 점을 확인하였다. 이는 단순히 1인 가구의 증가가 폐기물 발생량에 영향을 미치는 것이 아니라 1인 가구의 속성에 따라 폐기물 발생량이 상이할

수 있다는 점을 확인한 중요한 연구 결과이다.

최근 우리나라의 폐기물 급증의 또 다른 원인으로 지목되고 있는 온라인서비스 및 배달문화이다. 온라인이나 배달서비스는 오프라인 쇼핑에 비해 상대적으로 포장으로 폐기물 발생이 많아진다. 학술적 측면에서는 1인 가구의 영향에 비해 아직 상대적으로 많은 연구가 이루어지지 않았다(Xiao and Zhou, 2020). 다만, 계량적 분석은 아니지만, 코로나-19 당시 폐기물 급증에 대한 원인을 설명하는 연구 대부분은 온라인 및 배달서비스를 주요 원인 중 하나로 언급하고 있다(Sharma et al., 2020; Zambrano-Monserrate, 2020; Yousefi et al., 2021 등). 마찬가지로 아직 우리나라에서는 폐기물 발생에 대한 온라인서비스 및 배달문화의 영향을 계량적으로 확인한 실증분석은 거의 없는 것으로 알고 있다.

본 연구에서는 최근 폐기물 발생의 주요 원인으로 지목되고 있는 1인 가구와 음식 배달서비스에 초점을 맞춰 생활 폐기물 발생량의 결정요인을 분석하고자 한다. 그리고 특히, 코로나-19 기간 중 생활 폐기물의 증가 원인에 대해 보다 세밀하게 분석하고자 한다. 앞서 언급한 바와 같이, 상당수의 관련 전문가들은 최근 우리나라의 생활 폐기물 증가의 원인으로 1인 가구와 온라인 및 배달서비스 활성화를 지목하고 있다. 하지만, 아직 학술적 측면에서는 충분한 실증분석이 이루어지지 못한 것이 사실이다. 본 연구는 다양한 원인이 통제된 실증분석을 통해 최근 증가하는 우리나라 생활 폐기물 발생량의 원인을 보다 면밀하게 살펴봄으로써 현실에서 흔히 이루어지는 상관관계를 통한 추측과 통제된 실증 분석에서의 인과 관계 간의 간극을 좁히고자 한다. 이를 위해 본 연구에서는 2015년에서 2020년까지의 연간 시군구의 생활 폐기물 자료를 패널 고정효과 모형을 통해 추정한다. 추정 결과, 음식 배달 이용 빈도는 재활용 폐기물의 발생량에 영향을 미치고, 1인 가구 비율은 종량제 폐기물의 발생량에 영향을 미치고 있다는 점을 확인하였다. 추가적으로 코로나-19 기간 중에는 음식 배달 이용 빈도로 인한 생활 폐기물의 증가세가, 음식물 폐기물을 제외하고, 더욱 확대되었으며 1인 가구 비율은, 음식물 폐기물을 제외한 생활 폐기물의 증가세를 오히려 감소시키는 것으로 추정되었다. 또한, 추가 추정 결과에서는 우리나라의 가구원수로 인한 생활 폐기물 발생량의 증가에는 한계 효과가 존재하며 코로나-19 기간 중에는 집안 활동의 증가로 인해 가구원수의 증가가 오히려 1인당 생활 폐기물의 발생량을 오히려 증가시킨다는 점을 확인하였다.

이와 같은 결과들을 통해 본 연구는 관련 연구 분야에 몇 가지 소소한 기여를 한다. 첫째, 동 연구는 음식 배달 이용 빈도와 1인 가구의 비율이 생활 폐기물의 발생량에 미치는 영향을 실증적으로 분석하였다. 둘째, 음식 배달 이용 빈도와 1인 가구 비율이 모든 배출 방식의 생활 폐기물이 아니라 각각 재활용 폐기물과 종량제 폐기물에 한해 통계적으로 유의한 영향을 미친다는 점을 확인하였다. 셋째, 코로나-19 기간 생활 폐기물 발생량의 증가 중에는 종량제 폐기물의 증가가 가장 두드러졌으며, 음식 배달 이용 빈도는 생활 폐기물 증가세를 강화, 반대로 1인 가구 비율은 약화를 야기하였다는 점을 확인하였다. 마지막으로 생활 폐기물의 발생량에 미치는 영향은 1인 가구의 비율 보다는 상대적으로 평균 가구원수의 변화에 의해서가 상대적으로 강하다는 점을 확인하였다. 이와 같은 결과들은 향후 생활 폐기물 관리를 위한 다양한 정책에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선, 다음 II장에서는 실증분석에 사용되는 패널 고정효과 모형과 자료에 대해서 설명하고, III장에서 이를 통한 추정의 결과를 확인한다. 그리고 마지막 IV장에서 실증 분석의 결과를 종합하고 연구의 한계에 대해 설명한다.

II. 모형 및 자료

1. 모형

1인 가구와 음식 배달 서비스가 생활 폐기물의 발생량에 미치는 영향을 분석하기 위해 본 연구에서는 다음 식 (1)과 같은 패널 고정효과(fixed effect) 모형을 사용하였다.

$$y_{it} = X_{it}\beta + \delta_i + \epsilon_{it} \quad (1)$$

여기서 y_{it} 는 생활 폐기물의 연간 배출량을 의미하며 아래첨자 i 는 생활 폐기물의 개체인 시군구, t 는 해당 연도를 의미한다. 또한 X_{it} 는 시간에 가변하는 설명변수로 $1 \times k$ 벡터, β 는 $k \times 1$ 계수 벡터, δ_i 는 시간에 불변하는 시군구의 개별효과이고, ϵ_{it} 는 오차항이다. 본 연구는 시군구의 자료를 사용한다. 그러므로 생활 폐기물의 발생에 영향을 줄 수 있는 시군구만의 특징을 모형에서 제대로 통제하지 않는다면 이로 인한 내생성이 발생할 수 있다. 고정효과 모형은 시간 불변하는 시군구의 개별효과를 평균 차분을 통해 제거하기 때문에 시군구의 시간 불변 특징으로 발생할 수 있는 내생성을 제거할 수 있다는 장점이 있다.

2. 사용 자료 및 기초통계량

1) 사용 자료

본 연구의 실증 분석을 위해 가장 중요한 시군구의 생활 폐기물 관련 자료는 한국환경공단에서 운영하는 자원순환정보시스템에서 습득하였다. 여기에는 2015년에서 2020년까지 연간 시군구의 생활 폐기물 발생량 정보가 포함되어 있고, 생활 폐기물은 폐기물의 종류에 따라 크게 종량제방식 등 혼합배출(이하 “종량제 폐기물”), 재활용 가능자원 분리배출(이하 “재활용 폐기물”), 음식물류 폐기물 분리배출(이하 “음식물 폐기물”) 세 가지로 구분된다. 또한, 자원순환정보시스템에는 매년 각 시군구의 쓰레기 종량제와 관련된 현황 정보를 포함하고 있다. 종량제 봉투의 가격은 각 가구의 폐기물 배출량에 영향을 줄 수 있는 중요 변수이다. 동 연구에서는 대부분 시군구에서 판매하는 50리터 봉투 가격을 수집, 리터당 가격을 사용하였다.

폐기물 정보 외에 사용되는 또 다른 주요 변수 중 하나는 음식 배달 서비스의 빈도이다. 음식 배달 서비스의 빈도는 한국농촌경제연구원에서 조사하는 식품소비행태조사의 결과를 바탕으로 계산되었다. 동 조사에는 해당 가구의 일주일 간 음식 배달 서비스의 이용 빈도와 해당 가구의 특성들이 포함되었다. 하지만, 가구의 주소지가 시군구가 아닌 16개의 광역시도와 함께 동, 읍/면단 표시되었다. 때문에 해당 도 내 “동”에 해당하는 자료의 평균 배달 빈도수는 시군구 중 해당 도 내 “시” 지역에 동일하게 할당되었고, 읍/면으로 표시된 가구의 배달 빈도수 평균은 시군구 중 “군” 지역에 동일하게 할당되었다. 결과적으로 총 6개년 도에 걸쳐 해당 도 내 시군구에 할당된 일주일 간 평균 배달 빈도수의 변화(variation)는 총 92개이다. 물론, 시군구로 구분된 음식 배달 서비스의 빈도 자료가 수집 가능하다면 가장 효율적인 것이다. 하지만, 국내에서 신뢰할 수 있는 관련 정보의 취득은 불가능하다. 본 연구에서 사용되는 정보는 패널 자료이고 음식 배달 서비스 빈도의 변화(variation) 역시 92개로 충분하다. 그러므로 해당 정보의 평활화를 통해서도 의미 있는 연구 결과를 도출할 수 있을 것으로 기대한다.

폐기물 발생량에 미치는 결정 요인 중 자료 습득이 불가능했던 주요 정보 중 하나는 시군구의 지역내총생산(GRDP; Gross Regional Domestic Product)이다. 동 연구의 부가 목적 중 하나는 2020년 코로나-19가 미쳤던 영향의 분석 역시 주요 목적 중 하나이다. 하지만, 아쉽게도 동 연구가 진행되었던 2022년 상반기에는 아직 2020년 시군구 단위의 GRDP가 집계되지 않은 상황이다. 그러므로 각 시군구의 생산 활동 혹은 소득에 대한 대리변수를 각 시군구의 전력사용량으로 대신하였다. 폐기물에 미치는 영향을 고려하여 계약종별 전력 사용량 중 주택용, 일반용, 교육용을 포함하였고, 산업용, 농사용, 가로등, 심야 전력의 사용량은 모두 제외하였다. 이외 사용된 1인 가구 비율, 인구 등은 모두 통계청의 자료를 사용하였다. 마지막으로 수집된 자료 중 결측치가 존재하는 경우와 세종시는 제외하였다. 결과적으로 추정에 사용된 정보는 228개 시군구의 자료로 6개년을 합쳐 총 1,368개의 관찰값을 갖는다.

2) 기초 통계량

본 연구의 실증 분석을 위해 사용된 주요 변수는 <Table 1>과 같다. 음식 배달 빈도를 의미하는 Delivery는 해당 지역 내에서 조사된 가구의 주간 평균 배달 빈도수를 의미한다. 2015년에서 2020년까지의 응답 가구 중에는 배달 음식 서비스를 이용하지 않는 34.44% 포함되어 있다. 이를 포함한 일주일 간 평균 음식 배달 빈도는 약 0.39회이다. Single은 전체 가구 중 1인 가구의 비율을 의미하고 Single의

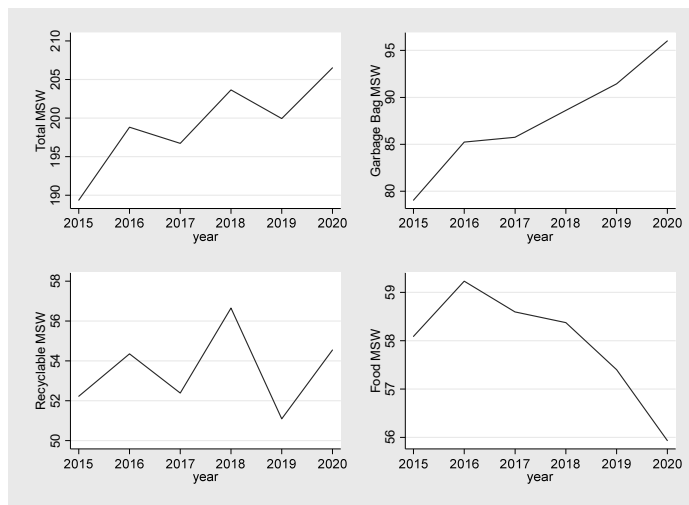
평균은 약 0.31이다. Household는 평균 가구원수를 의미하고 시군구 전체의 평균 가구원수는 약 2.61명이다. Electricity는 1인당 연간 전력사용량을 의미하며 평균 약 0.00375백만 kWh를 사용하였다. 산업용 등을 제외하였기 때문에 실제 1인당 전체 전력 사용량보다는 낮은 소비량을 나타낸다. Price는 쓰레기 종량봉투의 리터당 가격을 의미하며 평균 가격은 리터당 약 22.86원이다. 이외 Population 및 Density는 인구수와 인구밀도를 의미하며 Apartments는 해당 지역 주거 연면적 중에 아파트 주거의 연면적 비율을 의미한다. 아파트 주거면적의 평균 비율은 약 47% 정도이다.

본 연구의 대상 기간인 2015년에서 2020년까지 시군구들의 평균 생활 폐기물 추이는 <Fig. 1.>와 같다. 배출 방식 별로 확인하면, 종량제 폐기물은 확실한 증가세를 보이고 재활용 폐기물은 유지, 음식물 폐기물은 감소하는 추세를 볼 수 있다. 그리고 이를 모두 합친 총 생활 폐기물은, 종량제 폐기물의 증가가 가장 크게 반영되어, 증가하는 추세를 나타낸다.

Table 1. Descriptive Statistics

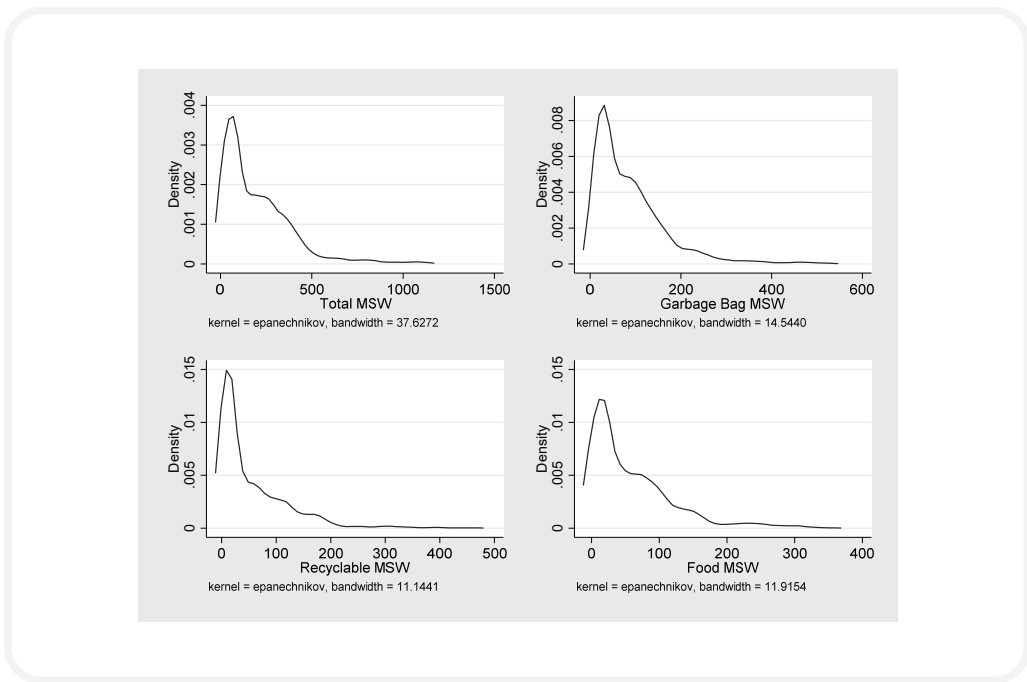
Variables	Description or Units	Mean	S.D.	Min	Max
Total MSW	ton/day	199	191	10	1131
Garbage Bag MSW	ton/day	87.69	80.86	0.00	531
Recyclable MSW	ton/day	53.54	65.34	0.00	468
Food MSW	ton/day	57.94	61.20	0.00	356
Delivery	Average Delivery Frequency, numbers/week	0.39	0.16	0.04	0.79
Single Household	Single-Person Households / Households	0.31	0.05	0.17	0.52
Household	Number of Household Members	2.61	0.65	2.05	25.70
Electricity	Electricity Consumption Per Capita, Million kWh/person	0.0038	0.0014	0.0003	0.0167
Price	Price for Garbage Bag, Won/liter	22.86	8.44	6.07	49.52
Population	Million	0.23	0.23	0.01	1.24
Density	Population/area, persons/km ²	3983	6268	19	28088
Apartments	Ratio of Apartments, Apartment Residential Area / Total Residential Area	0.47	0.25	0.00	0.91

Fig. 1. Trends in Average MSW Generation by Type (unit: ton/day)



각 배출 방식 별 생활 폐기물 발생량의 분포를 확인하였을 때는, 배출 종류와 무관하게 모든 폐기물들의 발생량이 적은 관찰값 빈도수가 상당히 많은 반면 배출량이 많은 관찰값의 빈도수가 적은 오른쪽 꼬리가 긴 형태의 분포를 나타낸다. 총 생활 폐기물, 종량제 폐기물, 재활용 폐기물, 음식물 폐기물의 왜도 (Skewness)는 순서별로 각각 약 1.82, 1.99, 2.14, 1.71인 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 인구가 적은 지역에 폐기물의 발생량이 적은 많은 시와 군이 분포해 있는 반면 폐기물 발생량이 압도적으로 많은 지역은 대부분 소수의 특별시 및 광역시의 특정 구 지역에 한정되어 있기 때문인 것으로 보인다. 그러므로 추정에 있어서는 편향(bias) 가능성을 최소화하기 위해 폐기물 발생량의 변수에는 모두 자연로그를 취하였다.

Fig. 2. Kernel Density Estimations for MSW Generation by Type



〈Table 2〉에 나타난 바와 같이, 생활 폐기물의 증가세와 비교하였을 때, 음식 배달 빈도와 1인 가구 비율은 보다 상대적으로 더 뚜렷한 증가세를 나타낸다. 특히, 음식 배달 빈도는 2019년 한차례 급격하게 증가하고 코로나-19 시기인 2020년에 조금 더 증가한 것으로 나타났다. 이와 같은 강한 상승 추세로 인해 최근 생활 폐기물의 증가가 이들 두 요인에 기인하고 있다는 추측들이 나오는 것으로 짐작되는 부분이다.

Table 2. Trends in Food Delivery and Single-Person Household

Variables	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Delivery	0.311	0.371	0.384	0.384	0.425	0.484
Single	0.295	0.303	0.308	0.315	0.321	0.335

III. 추정결과

1. 총 발생량에 대한 추정결과

1) 음식 배달 및 1인 가구의 영향

동 연구에서는 시군구의 개별효과가 확률효과모형(random effect model)을 통해서도 적합하게 모형화(specification)가 되는지를 확인하기 위해 우선 고정효과 모형과 확률효과 모형을 Hausman(1978)의 검정을 통해 비교하였다. 확인 결과, 모든 종류의 폐기물 배출량 추정에 있어 고정효과모형과 확률효과모형의 추정계수 간 차이가 체계적이지 않다는 귀무가설을 1% 내에서 유의한 수준으로 기각하였다. Hausman 검정에서 추정된 χ^2 의 값은 총 폐기물, 종량제 폐기물, 재활용 폐기물, 음식물 폐기물의 순으로 각각 128.17, 78.19, 44.13, 93.18이다. 그러므로 확률효과모형은 동 연구의 추정에는 적합하지 않은 것으로 판단된다.

Table 3. Main Result

Dependent	Total MSW		Garbage Bag MSW		Recyclable MSW		Food MSW	
	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.
Delivery	0.003	0.048	-0.096	0.066	0.435***	0.164	-0.106	0.115
Single	0.729*	0.440	1.065*	0.597	0.393	1.489	0.598	1.043
Electricity	69.418***	26.154	74.321**	35.494	-150.070*	88.732	187.867***	62.014
Price	0.001	0.002	-0.004	0.003	0.011	0.008	0.000	0.005
Population	1.874***	0.281	1.812***	0.381	2.023**	0.951	1.536**	0.666
2016	0.032**	0.014	0.057***	0.020	0.020	0.049	0.016	0.034
2017	0.022	0.017	0.070***	0.022	-0.000	0.056	-0.002	0.039
2018	0.027	0.021	0.076***	0.029	0.083	0.072	-0.032	0.050
2019	0.011	0.023	0.106***	0.031	-0.026	0.077	-0.069	0.054
2020	0.028	0.028	0.142***	0.037	0.027	0.094	-0.111*	0.065
constant	3.854***	0.203	3.093***	0.275	2.723***	0.688	2.223***	0.481

Notes: 1. Overall $R^2=0.7349, 0.6118, 0.3166, 0.6533$, respectively, from left to right

2. Reference group for year dummies is the year 2015

3. p: ***<0.01, **<0.05 and *<0.10.

패널 고정효과 모형의 추정결과, 음식 배달 빈도는 재활용 폐기물의 발생량에 통계적으로 1% 내에서 유의한 수준에서 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 하지만, 음식 배달 빈도가 종량제 폐기물이나 음식물 폐기물에는 통계적으로 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 반대로 1인 가구의 비율은 종량제 폐기물의 발생량에 통계적으로 10% 내에서 유의한 수준에서 양(+)의 영향을 미치는 반면 재활용과 음식 폐기물에는 유의한 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 음식 배달을 주문하였을 때 추가로 발생하는 음식 용기의 대부분이 재활용 가능한 폐기물임을 고려하면 현실적인 결과라고 판단된다. 음식물 쓰레기의 경우 역시 배달 음식을 남기게 되어 발생하는 폐기물의 증가량도 분명 있지만 반대로 요리 과정에서 발생하는 잔여 음식물 쓰레기를 고려하면 현실적인 결과이다. 하지만, 1인 가구의 경우에는 현실적으로 재활용이나 음식물 쓰레기의 발생량에 분명한 영향을 미칠 것으로 짐작된다. 하지만, 동 추정 결과에서는 종량제 폐기물을 제외하고는 통계적으로 유의한 결과를 보이지 않는다. 이와 같은 결과는 1인 가구 중 최근 증가하는 노령 1인 가구가 상당수 포함되었기 때문인 것으로 판단된다. 1인 가구와 관련하여 유사한 연구를 하였던 Sim(2019)의 연구에서도 1인 가구의 비율은 폐기물 발생량에 통계적으로 유의한 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 폐기물 발생량에 대한 가구원수의 영향에 대해서는 다음 절에서 보다 자세히 논의하도록 한다.

이외 다른 변수들을 살펴보면, 우선, 종량제 봉투의 가격이 종량제 폐기물의 발생량에 통계적으로 유의한 음(-)의 영향을 미치지 못하는 부분이 흥미롭다. 이는 종량제 정책이 시행된 지 이미 20년 가까운 시간이 지나면서 이에 대한 소비자의 반응 역시 어느 정도 둔해졌기 때문인 것으로 보인다. 동 연구에서의 초점에서는 조금 벗어나지만 경제학적으로 중요한 주제이기 때문에 향후, 추가 연구가 필요한 사항으로 판단된다. 인구는 모든 종류 폐기물 발생량의 증가에 양(+)의 영향을 미치고, 1인당 전력 수요량은 종량제와 음식물 폐기물에는 양(+) 그리고 재활용 폐기물 발생량에는 음(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 마지막으로 코로나-19 기간의 폐기물 발생량 증가분을 보여주는 변수 2020의 추정계수는 종량제 폐기물이 유일하게 통계적으로 유의하다. 반대로 음식물 폐기물의 경우에는 코로나-19 기간에 오히려 감소한 것으로 나타났다. 이는 기초통계량에서 확인한 것과 동일한 결과이다.

2) 코로나-19 기간 중 음식 배달과 1인 가구의 영향

Table 4. Result Including Interaction: Delievery x 2020

Dependent	Total MSW		Garbage Bag MSW		Recyclable MSW		Food MSW	
	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.
Delivery	-0.042	0.054	-0.178**	0.074	0.265	0.184	-0.177	0.129
Interaction	0.108*	0.059	0.193**	0.079	0.402**	0.198	0.168	0.139
Single	0.610	0.444	0.850	0.602	-0.048	1.502	0.414	1.054
Electricity	75.867***	26.361	85.902**	35.735	-125.844	89.411	197.819***	62.545
Price	0.001	0.002	-0.004	0.003	0.011	0.008	0.000	0.005
Population	1.868***	0.281	1.801***	0.381	2.000**	0.950	1.525**	0.666
2016	0.035**	0.014	0.063***	0.020	0.031	0.049	0.021	0.034
2017	0.026	0.017	0.077***	0.023	0.014	0.056	0.004	0.040
2018	0.030	0.021	0.082***	0.029	0.096	0.072	-0.026	0.051
2019	0.017	0.023	0.117***	0.031	-0.004	0.078	-0.059	0.055
2020	-0.013	0.036	0.068	0.048	-0.129	0.121	-0.176**	0.085
constant	3.886***	0.203	3.151***	0.276	2.841***	0.689	2.273***	0.482

Notes: 1. Overall $R^2=0.6877, 0.5684, 0.4747, 0.4067$, respectively, from left to right

2. Reference group for year dummies is the year 2015

3. p: ***<0.01, **<0.05 and *<0.10.

코로나-19 기간 중에 발생하였던 특수성을 고려하기 위해 식 (1)의 모형에 음식 배달 변수와 2020년 더미 간의 상호작용항(interaction term)을 포함하였다. (Table 4)는 이에 대한 추정 결과를 나타낸다. 추정결과, 흥미롭게도 코로나-19 기간 중에는 음식 배달로 인한 종량제 폐기물의 증가량이 통계적으로 유의한 결과가 나타난다. Delivery와 Interaction 두 변수의 계수가 모두 0이라는 귀무가설에 대한 F-검정 통계량은 총 생활 폐기물, 종량제 폐기물, 재활용 폐기물, 음식 폐기물의 순으로 1.69, 4.03, 5.61, 1.16으로, 종량제 폐기물과 재활용 폐기물이 각각 5%, 1% 내에서 통계적으로 유의한 것으로 나타난다. 코로나-19 이전의 음식 배달 빈도는 종량제 폐기물의 증가량에 유의한 영향을 미치지 못하였던 반면 코로나-19 기간 중 증가한 음식 배달 빈도는 종량제 폐기물의 증가량에도 통계적으로 유의한 영향을 미쳤다. 그리고 재활용 폐기물 역시 음식 배달 빈도로 인한 증가량이 코로나-19 기간 중에 더욱 확대되는 모습을 보인다. 코로나-19 기간 중에는 음식 배달의 빈도만 많아진 것이 아니라 동일한 빈도의 음식 배달을 하더라도 배달서비스의 이용에서 발생하는 폐기물이 더 크게 증가하였다. 현실적으로 코로나-19의 기간 중에는 1회 음식 배달을 할 때 이전보다 더 많은 음식을 배달하였을 가능성도 있고, 혹은 코로나-19 기간 중에 배달 서비스가 다양화됨에 따라 배달 용기의 사용량이 상대적으로 더욱 증가하였을 수도 있을 것이다.

Table 5. Result Including Interaction: Single x 2020

Dependent	Total MSW		Garbage Bag MSW		Recyclable MSW		Food MSW	
	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.
Delivery	-0.013	0.048	-0.114*	0.066	0.387**	0.164	-0.122	0.115
Single	0.851*	0.439	1.199**	0.597	0.763	1.488	0.726	1.045
Interaction	-0.007***	0.002	-0.008***	0.003	-0.021***	0.007	-0.007	0.005
Electricity	66.903**	26.033	71.558**	35.397	-157.116*	88.422	185.097***	62.004
Price	0.001	0.002	-0.004	0.003	0.011	0.007	0.000	0.005
Population	1.760***	0.282	1.687***	0.383	1.682*	0.954	1.417**	0.670
2016	0.032**	0.014	0.058***	0.019	0.022	0.049	0.017	0.034
2017	0.023	0.016	0.070***	0.022	0.001	0.056	-0.001	0.039
2018	0.027	0.021	0.076***	0.029	0.083	0.072	-0.032	0.050
2019	0.011	0.023	0.106***	0.031	-0.027	0.077	-0.069	0.054
2020	0.261***	0.072	0.397***	0.098	0.724***	0.243	0.130	0.171
constant	3.859***	0.202	3.098***	0.275	2.734***	0.685	2.228***	0.481

Notes: 1. Overall $R^2=0.6843, 0.5574, 0.4340, 0.3912$, respectively, from left to right

2. Reference group for year dummies is the year 2015

3. p: ***<0.01, **<0.05 and *<0.10.

음식 배달 빈도의 경우와 유사하게, 코로나-19 기간인 2020년 1인 가구가 폐기물 발생량에 미치는 영향을 살펴보기 위해 식 (1)에 Single과 2020년 더미변수 간 상호작용항을 포함하여 패널 고정효과 모형을 다시 추정하였다. <Table 5>는 이에 대한 추정 결과를 나타낸다. 추정 결과, 흥미롭게도 코로나-19 기간 중 1인 가구 비율의 영향은 음식물 폐기물을 제외한 생활 폐기물의 발생량을 오히려 감소시키는 것으로 나타났다. 바꾸어 말하면, 코로나-19 기간 중에는 가구원수가 1인보다 많은 가구의 비율이 높을수록 폐기물이 더욱 증가하였다는 뜻이 된다. 현실적으로 해석하면, 코로나-19 중에 1인 가구가 아닌 가구들은 채택근무 혹은 대외활동 자제에 따라 집안 내에서의 활동이 많아졌고, 집안에서 가구원들 간에 함께 보내는 시간이 많아짐에 따라 생활 폐기물의 발생량 역시 함께 증가하였다는 의미가 된다. 다시 말해, 2인 이상 가구의 비율이 높을수록 오히려 생활 폐기물은 증가를 하는 반면 1인 가구의 비율 증가는 생활 폐기물 발생량을 감소시키는 것으로 추정된 것으로 판단된다. 이에 대한 보다 면밀히 분석을 위해 다음 절에서는 가구원수의 증가로 인한 생활 폐기물 증가의 한계 효과를 추정하도록 한다.

2. 가구원 증가에 따른 생활 폐기물 발생량의 한계 효과

생활 폐기물 발생에 대한 1인 가구의 영향을 보다 면밀히 분석하기 위해 종속변수를 생활 폐기물 발생량에서 일인당 생활 폐기물 발생량으로 바꾸고 설명 변수 중 주요 변수 중 하나인 1인 가구 대신 가구원수, Household를 사용하여 식 (1)을 다시 추정하였다. 추가적으로 코로나-19 시기 중의 가구원수가 생활 폐기물 발생량에 미치는 영향을 확인하기 위해서는 Household와 2020년간의 상호작용항을 포함하였다.

Table 6. Result for MSW per Capita, Including Interaction: Household x 2020

Dependent	Total MSW Per Capita		Garbage Bag MSW Per Capita		Recyclable MSW Per Capita		Food MSW Per Capita	
	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.
Delivery	-0.012	0.047	-0.109*	0.064	0.357**	0.161	-0.113	0.113
Household	-0.096***	0.007	-0.082***	0.010	-0.133***	0.024	-0.128***	0.017
Interaction	0.131**	0.058	0.186**	0.080	0.554***	0.199	0.047	0.140
Electricity	71.627***	26.142	97.307***	35.891	-186.316**	89.820	141.612**	63.078
Price	-0.000	0.002	-0.005*	0.003	0.009	0.007	-0.000	0.005
density	-0.000	0.000	-0.000	0.000	-0.000	0.000	0.000	0.000
2016	0.038***	0.014	0.061***	0.019	0.033	0.047	0.030	0.033
2017	0.029*	0.015	0.076***	0.020	0.010	0.051	0.014	0.036
2018	0.039**	0.018	0.086***	0.025	0.103*	0.062	-0.002	0.044
2019	0.030	0.018	0.125***	0.025	-0.003	0.063	-0.035	0.044
2020	-0.267*	0.144	-0.283	0.197	-1.310***	0.493	-0.187	0.346
constant	-6.997***	0.122	-7.723***	0.167	-7.740***	0.417	-8.702***	0.293

Notes: 1. Overall R²=0.1479, 0.3293, 0.1449, 0.1412, respectively, from left to right

2. p: ***<0.01, **<0.05 and *<0.10.

추정 결과, Household의 추정 계수는 모든 종류의 폐기물에 음(-)의 관계를 나타내면 통계적으로도 모두 1% 내에서 유의한 결과를 나타낸다. 다시 말해, 가구원수가 증가할수록 일인당 생활폐기물의 발생량은 감소한다는 의미이다. 이와 같은 결과는 앞서 언급한 바와 같이 가구원수의 증가로 생활 폐기물은 증가하겠지만 가구원에 대한 한계 폐기물 배출량은 감소한다는 의미가 된다. 때문에 최근 폐기물 증가의 원인으로 주목 받는 1인 가구의 증가 역시 중요하겠지만 폐기물 증가에 있어서는 오히려 더 큰 관점에서 전체 가구의 평균 가구원수 감소가 더욱 중요할 수 있을 것으로 판단된다. 하지만, 이와 같은 가구원수 증가에 따른 한계 폐기물 배출량 감소는 코로나-19 시기에는 반대의 영향력을 갖게 된다. 1인 가구 비율의 영향을 확인한 추정 결과에서도 확인한 결과와 동일하게도, 해당 지역 내 평균 가구원수와 코로나-19 시기인 2020년 더미 변수 간의 상호작용항의 추정 계수는 음식 폐기물을 제외하고 모두 통계적으로 유의한 수준에서 양(+)의 부호를 나타낸다. 앞서도 언급한 바와 같이, 이와 같은 결과는, 아마 코로나-19로 집안 내에서의 활동이 많아지고 가족 간 활동이 많아지면서 1인당 생활 폐기물의 발생량 역시 가구원수가 많을수록 더욱 많아지는 것으로 짐작된다. 추가적으로 가구원수와 상호작용항 모두 0이라는 귀무가설에 대한 F-검정 통계량의 결과는 총 폐기물, 종량제 폐기물, 재활용 폐기물, 음식물 폐기물의 순으로 각각 95.45, 39.42, 19.33, 28.85로 모두 1% 내에서 통계적으로 유의한 수준에서 귀무가설을 기각한다.

이외의 추정 계수들은 대부분 앞서 추정된 결과와 유사한 것으로 나타났다. 음식 배달 빈도는 여전히 재활용 폐기물의 발생량에 대해서만 양(+)의 유의한 값을 나타내고, 1인당 전기 사용량은 종량제 폐기물과 음식 폐기물에서는 양(+)의 영향을 그리고 재활용 폐기물에는 음(-)의 영향을 나타낸다. 앞선 추정 결과와 미세하게 다른 부분은 1인당 종량제 폐기물의 추정 결과에서 쓰레기 종량제 봉투의 가격의 추정 계수가 통계적으로 10% 내에서 유의하게 음(-)의 값을 나타내고 음식 배달 빈도로 인해 1인당 종량제 폐기물의 발생량이 10% 내에서 유의하게 음(-)의 값을 나타내고 있다. 하지만, 이들 계수들을 앞선 추정 결과들과 비교하여 분석하면 상대적으로 강건한 추정 결과는 아닌 것으로 판단된다.

IV. 결론

우리나라의 생활 폐기물은 1990년 중반 이후 안정적인 발생량을 보여 왔으나 2010년 중반 이후 다시 발생량의 급증을 보여 왔다. 특히, 2020년 코로나-19 기간 중에는 일평균 약 61,597톤의 생활 폐기물이 발생하여 전년 대비 약 6% 발생량의 증가를 보였고, 처음으로 일 평균 60,000톤을 초과하게 된다. 동 연구는 최근 재증가세를 보이는 생활 폐기물 발생량의 원인을 파악하기 위해 생활 폐기물의 발생 요인

중 음식 배달의 빈도와 1인 가구의 증가에 초점을 맞추어 생활 폐기물 발생 결정요인을 추정하였다. 추정을 위해서는 2015년에서 2020년까지 세종시를 제외한 228개 시군구의 연간 자료를 수집하였다. 생활 폐기물과 관련된 자료는 대부분 한국환경공단의 자원순환정보시스템을 사용하였고, 이외 자료 대부분은 통계청의 자료를 사용하였다. 추가적으로 동 연구에서 중요한 역할을 담당하는 음식 배달 서비스의 이용 빈도는 한국농촌경제연구원의 식품소비행태조사의 각 연도별 자료를 사용하였다. 다만, 식품소비행태조사의 결과를 통해 계산된 음식 배달 서비스의 이용 빈도는 시군구의 분류가 불가능하여 16개의 광역시도 구분과 동, 읍/면의 구분을 통해 해당 시군구에 할당되었다는 한계를 가지고 있다. 해당 정보들을 통한 추정은 패널 확률효과 모형과의 비교를 통해 패널 고정효과 모형의 사용이 적합한 것으로 판단하여 최종적으로 모든 추정에는 패널 고정효과 모형이 사용되었다.

추정 결과, 음식 배달서비스의 이용 빈도는 통계적으로 유의한 수준에서 재활용 폐기물 발생량을 증가시키는 결정 요인으로 나타났으며, 반대로 1인 가구 비율은 통계적으로 유의한 수준에서 종량제 폐기물의 발생량을 증가시키는 것으로 확인되었다. 이외 1인당 전력사용량과 인구는 모든 종류의 생활 폐기물 발생량에 통계적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 추가적으로 사용된 변수들을 모두 통제하였을 때, 코로나-19 기간 중의 생활 폐기물 발생량 증가는 종량제 폐기물에서 가장 뚜렷하게 나타났다. 코로나-19 기간 중에 나타난 음식 배달 서비스 빈도와 1인 가구 비율의 영향을 확인하기 위한 추가 추정에서는 음식 배달 서비스 빈도 증가로 인해, 음식물 폐기물을 제외한, 생활 폐기물 발생량의 증가율이 더욱 상승하였음을 확인하였다. 이와 같은 결과는, 자료의 한계로 동 연구에서의 확인은 불가능하지만, 코로나-19 기간 중 각 배달서비스 당 배달량의 증가 혹은 포장 용기의 다양화에 의해 발생한 결과라고 짐작된다. 이는 추가 자료 수집을 통한 추가 연구가 필요한 부분으로 보인다. 배달 서비스와는 반대로 1인 가구 비율은 코로나-19 기간 중 오히려, 음식물 폐기물을 제외한, 생활 폐기물의 증가율을 감소시킨 것으로 확인되었다. 이는 1인 가구의 행태가 변화하였다고보다는 2인 이상 가구의 생활 폐기물 발생량이 코로나-19 기간에 상대적으로 더 높은 상승률을 보였기 때문에 나타난 결과로 판단된다. 현실적으로 코로나-19 기간 중에는 실외 활동에 비해 상대적으로 집안 내 활동이 크게 증가하였고 이로 인해 가족 간 활동이 증가하면서 나타난 현상으로 판단된다. 이를 보다 분명히 확인하기 위해 추가적으로 본 연구에서는 가구원수가 1인당 생활 폐기물의 발생량에 미치는 영향을 별도로 추정하였다. 추정 결과, 가구원수의 증가에 따라 1인당 생활 폐기물의 발생량이 감소하는 한계 발생 효과는 모든 종류의 생활 폐기물에 걸쳐 발생한다는 점을 확인하였고, 이와 같은 한계 발생 효과가 코로나-19 기간 중에는 오히려 반대로 작동하였다는 점을 확인하였다. 이는 앞서 1인 가구 비율로 인한 생활 폐기물 증가율이 코로나-19 기간 중에 감소한다는 결과와 동일한 결과이다. 결국, 최근 생활 폐기물의 증가는 1인 가구 비율의 증가보다는 전체적으로 평균 가구원수의 감소가 더욱 유의한 영향을 미치고 있으며, 코로나-19 기간 중에는 1인 가구의 비율이나 가구원수가 아니라 지속된 재택근무 및 집안 활동 증가가 생활 폐기물을 증가시키는 원인이 된 것으로 확인되었다.

본 연구는 최근 생활 폐기물의 증가를 설명하기 위해 많은 전문가들에 의해 언급이 되었지만 아직 계량적으로 확인하지 못하였던 음식 배달 서비스와 1인 가구의 영향을 실증 분석을 통해 확인하였다는 점에서 관련 연구의 발전에 소소한 기여를 할 수 있다고 판단한다. 특히, 우리나라의 생활 폐기물의 발생량에 대해서도 가구원수 증가로 인한 배출 한계 효과가 분명히 존재하며 1인 가구뿐 아니라 평균 가구원수의 감소가 최근 생활 폐기물 증가의 주요 원인임을 확인하였다는 점 역시 중요한 정책적 시사점을 제공할 수 있을 것이다. 추가적으로 코로나-19 기간 중에는 1인 가구의 증가가 아니라 집안 활동 시간의 증가가 생활 폐기물의 증가에 중요한 역할을 하였다는 점 역시 동 연구의 성과라고 판단된다.

다만, 동 연구에서 사용된 음식 배달 서비스의 이용 빈도는 설문조사를 통해 확인된 결과일 뿐 아니라 추정에서의 변화(variation) 역시 총 92개로 사용된 228개의 시군구 1,368보다 상대적으로 훨씬 적다는 한계는 분명히 존재한다. 또한, 동 연구에서 사용된 음식 배달 서비스의 대리 변수는 배달량이나 배달금액이 아닌 빈도를 사용하였다는 한계 역시 존재한다. 향후, 충분한 자료를 확보할 수 있는 기회가 있다면 음식 배달 서비스의 영향에 대해서는 추가적으로 분석할 필요가 있을 것으로 판단된다. 마지막으로 동 연구에서의 초점에서 벗어나는 주제이기는 하지만 쓰레기 종량제 봉투의 가격이 이전 선행연구와 비교하였을 때 강건하게 통계적으로 유의한 결과를 보여주지 못하고 있다. 이전 선행연구들이 상대적으로 종량제가 도입된 직후에 이루어졌다는 점을 고려하면 제도가 어느 정도 정착됨에 따라 종량제로 인한 생활 폐기물의

감소 효과 역시 희석되고 있을 가능성이 존재한다. 이에 대해서도 추가 연구가 이루어질 필요가 있을 것으로 보인다.

References

- 김은경 (2022년 3월 1일), “2020년 폐기물 전년보다 7.7% ↑... 코로나로 배달·택배 증가 영향”, 연합뉴스. Available from <https://www.yna.co.kr>
- 이종현 (2022년 1월 28일), “첨단 기술을 활용한 생활 쓰레기의 재활용률 높인다”, 환경신문. Available from <https://www.fksm.co.kr>
- 조하은, 우영진 (2020), “쓰레기 종량제가 생활폐기물 배출에 미치는 영향: 생활폐기물 수거서비스 수요함수를 중심으로”, *도시행정학보*, 33(1), 107-122
- 홍성훈 (2015), “종량제 가격이 생활폐기물, 음식물쓰레기, 재활용품 수거서비스 수요에 미치는 영향”, *자원·환경경제연구*, 24(4), 747-761.
- Gu B., H. Wang, Z. Chen, S. Jiang, W. Zhu, M. Liu, Y. Chen, Y. Wu, S. He, R. Cheng, J. Yang, and J. Bi (2015), “Characterization, Quantification and Management of Household Solid Waste: A Case Study in China”, *Resources, Conservation and Recycling*, 98(C), 67-75.
- Hausman, J. A. (1978), “Specification Tests in Econometrics”, *Econometrica*, 46(6), 1251-1271.
- Hong, S. (1999), “The Effects of Unit Pricing System upon Household Solid Waste Management: The Korean Experience”, *Journal of Environmental Management*, 57(1), 1-10.
- Miezah, K., K. Obiri-Danso, Z. Kádár, B. Fei-Baffoe and M. Y. Mensah (2015), “Municipal Solid Waste Characterization and Quantification as a Measure Towards Effective Waste Management in Ghana”, *Waste Management*, 46, 15-27.
- Nooufal, M., L. Yuanyuan, Z. Maalla, and S. Adipah (2020), “Determinants of Household Solid Waste Generation and Composition in Homs City, Syria”, *Journal of Environmental and Public Health*, 2020, 1-15.
- Ojeda-Benítez, C. A. Vega, and M. Y. Marquez-Montenegro (2008), “Household Solid Waste Characterization by Family Socioeconomic Profile as Unit of Analysis”, *Resources, Conservation and Recycling*, 52(7), 992-999.
- Richardson, A. R. and J. J. Havlicek (1974), “An Analysis of Seasonal Household Waste Generation”, *Southern Journal of Agricultural Economics*, 6(2), 143-155.
- Sharma, H. B., K. R. Vanapalli, V. S. Cheela, V. P. Ranjan, A. K. Jaglan, B. Dubey, S. Goel, and J. Bhattacharya (2020), “Challenges, Opportunities, and Innovations for Effective Solid Waste Management During and Post COVID-19 Pandemic”, *Resources, Conservation and Recycling*, 162, 1-12.
- Sim, Boeun (2019), *Effect of Single-Person Household Ratio in the Entire Household on the Municipal Solid Waste in Korea* (Master’s Thesis), KDI School of Public Policy and Management, 4-31.
- Thanh, N. P., Y. Matsui, and T. Fujiwara (2010), “Household Solid Waste Generation and Characteristic in a Mekong Delta City, Vietnam”, *Journal of Environmental Management*, 91(11), 2307-2321
- Xiao, Y. and B. Zhou (2020), “Does the Development of Delivery Industry Increase the Production of Municipal Solid Waste? - An Empirical Study of China”, *Resources, Conservation and Recycling*, 155, 1-12.
- Yousefi, M., V. Oskoei, A. J. Jafari, M. Farzadkia, M. H. Firooz, B. Abdollahinejad, and J. Torkashvand (2021), “Municipal Solid Waste Management during COVID-19 Pandemic: Effects and Repercussions”, *Environmental Science and Pollution Research*, 28(25), 32200-32209.
- Zambrano-Monserrate, M. A., M. A. Ruano, and L. Sanchez-Alcalde (2020), “Indirect Effects of COVID-19 on the Environment”, *Science of the Total Environment*, 728, 1-4.