

# 미활용 열에너지의 집단에너지 주민 수용성에 관한 연구<sup>†</sup>

원두환\* · 오세신\*\*

**요약** : 본 연구는 미활용 열에너지를 집단에너지 열원으로 활용할 경우 주민 수용성을 비교 평가하는 것에 초점을 두고 있다. 열 부문 탄소중립에 있어 중요한 수단인 미활용 열에너지는 원활한 보급을 위해 주민 수용성의 확보가 중요하기 때문이다. 난방 소비자를 대상으로 한 설문조사를 통해 미활용 열에너지에 대한 인식조사를 수행하였으며, 컨조인트 모형을 이용해 소각열과 수열, 데이터센터 폐열을 기존의 가스 열원과 지불의사액을 평가해 비교하였다. 분석결과 제시된 미활용 열에너지의 보급 활성화가 중요하다고 인식하면서도 미활용 소각열에 비해서 수열과 데이터센터 폐열에 선호도가 높음을 확인하였다.

**주제어** : 집단에너지, 지역난방, 미활용 열에너지, 주민 수용성, 컨조인트

**JEL 분류** : D1, Q4, Q5

접수일(2023년 9월 12일), 수정일(2023년 9월 21일), 게재확정일(2023년 9월 21일)

<sup>†</sup> 본 논문은 2021년 에너지경제연구원의 기본연구보고서 「지역에너지분권을 통한 탄소중립형 집단에너지 발전 방안 연구」의 일부 내용을 발췌해 수정·보완한 것임을 밝힙니다.

\* 부산대학교 경제학부 교수, 제1저자(e-mail: doohwan@pusan.ac.kr)

\*\* 에너지경제연구원 연구위원, 교신저자(e-mail: ssoh@keei.re.kr)

# A Study on Residents' Acceptance of Unutilized Heat in District Heating

Doo Hwan Won\* and Saesin Oh\*\*

**ABSTRACT :** This study focuses on evaluating and comparing residents' acceptance of unutilized heat such as hydrothermal energy and waste heat from waste incineration and data centers in the case that they are used as district heat sources. This is because securing residents' acceptance is significantly important in order for unutilized heat to be considered as a heat source of district heating and cooling to achieve neutrality in the heating and cooling sector. A survey of heating consumers' perception on unutilized heat energy is conducted and a conjoint model is used to analyze the willingness to pay of heating consumers on incineration heat, water heat, and data center waste heat and to compare them with existing gas heat sources. As a result of the analysis, it is confirmed that district heating using hydrothermal energy and data center waste heat is preferred to district heating from heat from a natural gas plant or waste incineration.

**Keywords :** Collective energy, District heating, Unutilized heat, Resident acceptance, Conjoint Analysis

---

Received: September 12, 2023. Revised: September 21, 2023. Accepted: September 21, 2023.

\* Professor, Department of Economics, Pusan National University, First author (e-mail: doohwan@pusan.ac.kr)

\*\* Research Fellow, Korea Energy Economics Institute, Corresponding author (e-mail: ssoh@keei.re.kr)

## I. 서론

2021년 「탄소중립·녹색성장 기본법」 제정과 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안 수립으로 2030년까지 온실가스를 감축해야 하는 국가적 목표가 기존의 2017년 대비 24.4%에서 2018년 대비 40%로 대폭 강화되었다. 이에 탈탄소화 정책을 기존의 발전 및 수송 부문과 에너지효율 향상 중심에서 열에너지 부문으로 확장하는 것이 시급해졌다. 열에너지 부문이라 함은 집단에너지와 같이 열의 형태로 에너지를 공급하는 에너지 공급 부문을 의미할 수도 있지만 최종적으로 열의 형태로 에너지를 소비하는 에너지 소비 부문을 포함할 수도 있다. 따라서 열에너지 부문의 탈탄소화라 함은 집단에너지의 열원을 재생에너지와 같은 무탄소 열원으로 전환하는 것을 의미할 수도 있지만 산업 부문의 공정열 생산이나 건물 부문의 냉난방 공급 기술을 무탄소 기술로 대체하는 것을 의미하기도 한다.

집단에너지는 산업 공정열을 생산하거나 건물 냉난방용 열을 모두 생산할 수 있는 일종의 중앙 열에너지공급 시스템으로서 열원의 탈탄소화를 통해 많은 열 수요자들에게 탄소를 배출하지 않는 에너지를 공급할 수 있다. 따라서 열에너지 부문에서 집단에너지를 통한 탈탄소화가 도시가스를 포함한 다른 열에너지 공급 방식에 비해 탈탄소화가 수월하다고 여겨지는 이유라 할 수 있다.

집단에너지에서 활용 가능한 무탄소 열원은 청정 수소나 바이오매스를 연료로 하는 열병합발전이나 미활용 열에너지가 여기에 해당된다. 이 가운데 미활용 열에너지는 지열이나 수열과 같은 재생에너지를 포함하는 개념으로 도심지 인근에서 상당한 공급 잠재량을 가지고 있어 건물 냉난방용으로 활용하는 데 있어 장점을 가진다.<sup>1)</sup> 미활용 열에너지라 함은 “인간의 생활이나 활동에서 불가피하게 발생하여 경제적, 기술적, 제도적 이유로 본연의 목적으로 사용할 수는 없지만 에너지로서의 가치를 가지고 있거나, 자연적으로 발생하는 (냉)열에너지로서 자연계로 배출 및 흡수되는 상태에 있으며 그 이용이 환경 및 생태계에 지장을 초래하지 않는 (냉)열에너지를 통칭하고 폐열과 온도차 에너지가 이에 해당한다.”<sup>2)</sup>고 정의할 수 있다. 이와 같은 관점에서 유럽연합(EU)에서는

1) 오세신·진태영(2022), p. 11

2) 오세신·진태영(2022), p. 3

건물 냉난방을 탈탄소화하는 데 있어 미활용 열의 역할을 중요하게 고려하고 있다.<sup>3)</sup>

미활용 열에너지를 집단에너지의 열원으로 사용하는 데 있어 중요하게 고려해야 하는 점은 경제성 외에도 주민 수용성이라 할 수 있다. 왜냐하면 열은 수송 과정에서 손실이 많아 일반적으로 열원이 열 수요지와 인접한 위치에 입지해야 하기 때문이다.<sup>4)</sup> 따라서 미활용 열에너지를 이용해 집단에너지의 탈탄소화 정책을 효과적으로 추진하기 위해서는 다양한 종류의 미활용 열원들의 주민 수용성을 객관적으로 평가하는 것이 우선 되어야 한다.

이러한 차원에서 본 연구는 대표적인 미활용 열에너지들을 집단에너지에서 활용하는 것을 전제로 하여 미활용 열원별로 주민 수용성을 평가해 비교하는 것에 초점을 맞추고 있다.

## II. 선행 연구

국내 난방 방식의 수용성에 대한 연구 사례를 살펴보면 다음과 같다. 먼저 원두환(2009), 김동희 외(2008), 윤태연(2014), Kim et al.(2019)에서는 가정용 난방방식들(지역난방, 개별난방, 중앙난방)의 소비자 선호를 분석하였다. 원두환(2009)은 공동주택 선택의 중요 요소로 난방방식을 고려하여 설문조사를 통해 선호를 비교하였으며, 분석한 결과 공동주택 거주자들은 지역난방을 가장 선호한다는 것을 보였다. 김동희 외(2008)는 공동주택 난방방식에 따른 만족도를 분석하였는데, 난방의 세부 요소들을 구분하여 각 요소들에 대한 만족도를 측정한 결과 지역난방, 중앙난방, 개별난방 모두 편의성에 장점이 있지만 요금과 관련해 지역난방에서 강점이 있는 것으로 나타났고, 개별난방은 온도 조절 기능에서 강점을 가진 것으로 분석했다. 윤태연(2014)은 지역난방 공동주택 거주자와 개별난방 공동주택 거주자를 대상으로 각각 지역난방과 개별난방에 대한 선호를 분석하여 지역난방 공동주택 거주자는 지역난방 방식을 개별난방보다 통계적으로 유의하게 선호하고 있지만, 개별난방 공동주택 거주자는 개별난방 방식을 지역난방보

3) EU 재생에너지지침(Renewable Energy Directive, 2018)에서는 공기열과 하수열을 재생에너지로 분류하고 있으며, 폐열을 열 부문 재생에너지 보급 목표를 달성하는 이행 수단으로 일부 인정하고 있음.

4) 김영덕(2009)은 “배관과 펌프에 의해 운송되는 열의 경우, 열 수요가 반경 15~20 km 이내에 밀집되어야 규모의 경제를 활용” 가능성을 언급함.

다 선호하고 있지 않은 것으로 나타났다. Kim et al.(2019)은 설문조사를 통한 지불의사액 추정을 통해 지역난방과 개별난방에 대한 선호를 정량적으로 평가하였다. 지역난방에 대해서 지불의사액이 추가적으로 8.5% 높은 것으로 나타나 개별난방보다 지역난방을 선호하는 것으로 분석하였다.

앞서 살펴본 연구들은 난방방식의 선호를 분석한 연구들로 열원의 친환경성을 고려하고 있지는 않다. 해외 연구 중에서 Krikser et al.(2020)은 독일인들의 지역난방과 개별난방에 대한 선호를 분석하며 지역난방의 연료를 재생에너지와 화석연료로 세분화하여 소비자들의 선호와 지불의사액을 추정하였다. 그 결과 재생에너지를 이용하는 지역난방이 가장 선호되고 화석연료를 이용하는 지역난방이 그 다음으로 선호된 것으로 분석되었다. 난방방식에 따라서 주택의 단위면적당 지불의사액이 다르게 나타났는데, 재생에너지를 이용한 지역난방 방식의 주택에 대해서는 10유로, 화석연료를 이용한 지역난방 방식의 주택에는 5.4유로, 일반 난방방식 주택에 대해서는 3.3유로의 지불의사액이 있는 것으로 추정되었다. 따라서 독일인들은 재생에너지를 이용한 지역난방 주택을 가장 선호한다는 결론을 내리고 있다.

지금까지 수행된 집단에너지의 수용성과 관련한 연구들이 지역난방과 다른 난방 방식을 비교하거나 지역난방의 열원으로서 재생에너지의 상대적 지불의사액을 평가한 것으로 미활용 열의 상대적 수용성을 평가한 연구는 그동안 없었던 것으로 파악된다. 따라서 본 연구에서는 집단에너지(지역난방)를 공급할 때 미활용 열에너지를 이용하는 경우 일반인들이 보여주는 선호를 정량적으로 분석하고자 한다. 이를 위해서 컨조인트 분석(conjoint choice analysis)방법을 사용하고자 하며, 다양한 미활용 열원들 중에서 소비자들이 가장 선호하는 열원과 각 열원에 대한 지불의사액을 추정할 것이다.

### III. 미활용 열에너지 소비자 인식조사

#### 1. 설문조사 구성 및 대상

미활용 열에너지는 일반인들에게 다소 생소한 개념일 수 있다. 이는 국내에서 미활용 열에너지의 이용이 아직 보편화되지 못했기 때문이라 할 수 있다.

본 절에서는 일반인들의 미활용 열에너지에 대한 인식을 설문조사하기 위해 설문지를 어떠한 내용으로 구성하고 대상을 어떻게 선정할지에 대해 다루고자 한다.

설문은 크게 네 부분으로 구성된다. 첫 번째 부분은, 미활용 열에너지에 대한 전반적인 인식에 관한 문항들로 구성된다. 미활용 열에너지에 대한 간략한 설명과 이러한 에너지를 사용하는 것에 대한 전반적인 인식과 태도를 조사하였다. 두 번째 부분에서는 집단에너지에 대한 인식을 조사하고, 미활용 열에너지를 집단에너지의 열원으로 사용하는 것에 대한 태도를 조사하였다. 세 번째 부분에서는 지역난방을 공급받는 데 있어 미활용 열에너지의 비중에 따른 응답자의 선호를 조사하는 것으로, 컨조인트 분석에 부합한 설문문항으로 구성하였다. 마지막 네 번째 부분은 응답자들의 특성을 파악하기 위한 문항들로 구성하였다. 본 설문지는 최종적으로 미활용 열에너지에 대한 인식과 함께 지불의사액을 추정하는 데 주안점을 두고 설계되었다고 볼 수 있다.

설문조사를 위한 표본은 전국의 만 19세 이상 성인남녀를 대상으로 지역/성별/연령대를 기준으로 비례 할당하여 538명으로 설정하였다. 설문의 표본오차는 95%신뢰수준에서  $\pm 4.2\%p$  수준이다. 실제 조사는 COVID-19 확산 상황을 고려해 비대면 방식인 온라인 조사 방법으로 2021년 8월초에 수행되었다.

〈표 1〉 설문조사 개요

구분	내용
모집단	전국에 거주하는 만19~69세의 세대주 혹은 세대주 배우자
표집틀	한국리서치 마스터패널(2020년 7월 기준 59만여 명)
표집방법	지역별, 성별, 연령별 기준 비례할당추출
표본크기	538명
표본오차	95% 신뢰수준에서 최대허용 표집오차 $\pm 4.2\%p$
조사방법	온라인 조사
조사일시	2021년 8월 5~7일
조사기관	(주)한국리서치

출처: 오세신·진태영(2021), p. 75

## 2. 응답자 기초 통계

최종 응답자 538명 중에서 남자가 50.2%이다. 응답자의 지역별 구성은 서울을 비롯한 수도권 거주자가 50.9%를 차지하고 있고, 가구의 월소득 수준은 301만 원 이상 500만 원 미만인 응답자가 33.8%로 가장 많고, 501만 원 이상 700만 원 미만의 응답자가 20.7%로 다음 순이다.

〈표 2〉 응답자의 인구통계학적 특성

구분	구분	응답자 수	비율
성별	남성	270	50.2%
	여성	268	49.8%
월 평균 가구소득	100만 원 이하	19	3.5%
	101~200만 원	43	8.0%
	201~300만 원	99	18.4%
	301~500만 원	182	33.8%
	501~700만 원	108	20.7%
	701~1000만 원	67	12.4%
	1000만 원 초과	20	3.7%

출처: 오세신·진태영(2021), p. 75

응답자들이 거주하는 주택의 형태는 아파트가 56.0%로 가장 많았고, 다음으로 다세대주택 17.5%, 단독주택 13.6%였다.

응답자가 거주하는 주택의 난방 방식은 LNG 가스보일러가 43.5%로 가장 많았고, 집단에너지(지역난방)가 29.9%, LPG 가스보일러가 14.7%의 순으로 나타났다. 석유보일러를 쓰는 응답자도 5%, 전기필름난방을 이용하는 경우도 2.8%를 나타냈다.

설문응답자들 중에서 아파트 거주자 301명의 난방 유형은 122명이 집단에너지, 132명이 LNG 가스보일러를 이용하고 있는 것으로 나타나 집단에너지와 가스보일러가 공동주택 난방의 주요 난방시스템으로 확인된다.

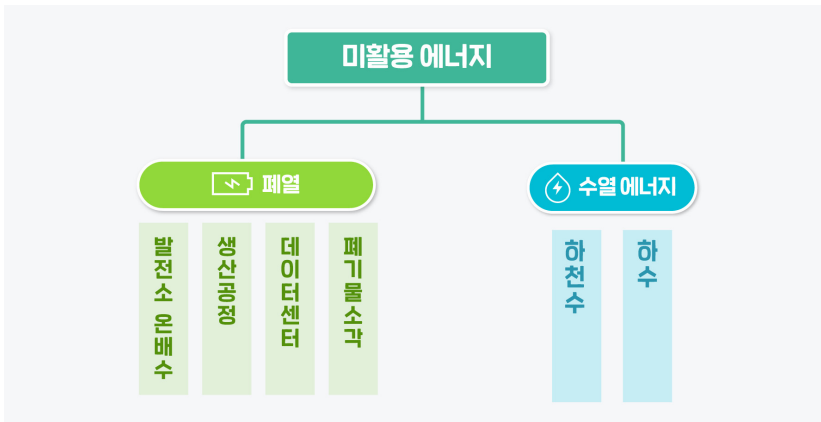
응답자 가구의 월별 난방비 분포에 대해서도 조사하였는데, 5만 원 이상에서 10만 원 미만의 가구가 35.9%로 가장 많았고, 5만 원 미만의 가구도 28.6%로 나타났다. 다음으로 10만 원 이상에서 15만 원 미만이라고 응답한 가구도 22.7%를 차지하였다.

### 3. 응답자 인식 조사

본 설문문의 주요 목적은 미활용 열에너지에 대한 일반인들의 전반적인 인식과 태도를 조사하고, 이를 집단에너지에서 열원으로 사용하는 것에 대한 수용성을 분석하는 것이다. 본 연구에서 대상으로 하는 미활용 열에너지는 소각시설에서 발생하는 폐열(소각 폐열)과 히트펌프를 필요로 하는 저온의 수열과 데이터센터 폐열이다. 이들은 모두 집단에너지의 열원으로서 사용이 가능하다. 따라서 미활용 열에너지의 활용에 대한 인식을 조사하기 위해 기존의 집단에너지의 열 공급 방식에 대한 설명도 필요하다.

미활용 열에너지는 여기서 다루고 있는 것 외에도 산업 폐열이나 건물 폐열 등 다양하게 존재지만 설문조사의 특성상 문항이 복잡해질수록 성실한 답변을 이끌어내기 어렵다는 점에서 이미 활용 중이거나 최근에 거론되고 있는 미활용 열원으로 제한하였다. 이를 ‘폐열’과 ‘수열 에너지’로 구분해 폐열의 구체적인 예로 ‘발전소 온배수’, ‘생산공정 폐열’, ‘데이터센터 폐열’, ‘폐기물 소각 폐열’을 나열하였으며, 수열 에너지는 ‘하천수열’과 ‘하수열’로 예시해 응답자에게 정보를 제공하고자 하였다.

〈그림 1〉 대표적 미활용 에너지 종류



출처: 오세신·진태영(2021), p. 79

먼저 미활용 에너지라는 용어를 들어본 경험이 있는지 조사를 하였는데, 응답자의 38.1%에 해당하는 205명이 미활용 에너지라는 용어를 처음 들어본다고 하였고 미활용



에너지를 잘 알고 있다고 한 비중은 7.3%로 미활용 에너지라는 용어가 보편적이지 않다는 것을 알 수 있다.

〈표 3〉 미활용 에너지에 대한 사전 지식

미활용 에너지를 알고 계십니까?	응답자수	비중
잘 알고 있다	39	7.3%
들어본 적이 있다	294	54.7%
오늘 처음 듣는다	205	38.0%
합계	538	100%

출처: 오세신·진태영(2021), p. 79

미활용 에너지 중에서 각 폐열에 대한 사전 인식 여부에 대해서 조사를 하였다. 응답자의 절반이 모든 폐열에 대해서는 ‘어느 정도 알고 있다’ 또는 ‘잘 알고 있다’고 대답하였다. 그러나 ‘데이터센터 폐열’에 대해서 알고 있다고 응답한 비율이 다른 종류의 폐열에 비해 낮은 것으로 나타나 일반인들에게 데이터센터 폐열의 개념은 다소 생소한 것으로 나타났다.

〈표 4〉 폐열에 대한 사전 지식

미활용 에너지 (폐열)	매우 잘 안다	어느 정도 안다	잘 모른다	전혀 모른다
발전소 온배수열	3.5%	46.1%	38.3%	12.1%
생산공정 폐열	3.5%	46.5%	40.0%	10.0%
데이터센터 폐열	4.1%	38.7%	42.9%	14.3%
폐기물 소각 폐열	11.1%	57.8%	24.0%	7.1%

출처: 오세신·진태영(2021), p. 80

온도차 에너지에 대해서는 약 70% 이상이 잘 모르거나 전혀 모른다고 응답하였다. 따라서 폐열과 비교해 온도차 에너지는 일반인들에게 상당히 낯선 개념으로 인식되고 있음을 알 수 있다. 이러한 관점에서 많은 사람들이 미활용 에너지라는 개념을 온도차 에너지보다는 폐열과 연관시켜 이해하고 있음을 유추해 볼 수 있다.

〈표 5〉 온도차 에너지에 대한 사전 지식

미활용 에너지 (온도차 에너지)	매우 잘 안다	어느 정도 안다	잘 모른다	전혀 모른다
하천수열	3.0%	26.8%	51.3%	19.0%
하수열	1.9%	25.1%	54.3%	18.8%

출처: 오세신·진태영(2021), p. 80

다음으로 ‘폐기물 소각폐열’, ‘데이터센터 폐열’, 그리고 ‘수열’을 대상으로 각 열원에 대한 정보를 응답자에게 제공하고 이들을 난방용으로 사용하는 것에 대한 찬반 여부를 조사하였다. 여기서 ‘수열’은 ‘하천수열’과 ‘하수열’을 포함하는 개념으로 설명하였다. 응답자의 70% 이상이 찬성하였으나, 수열 에너지의 이용에 대해서는 다소 찬성비율이 낮은 것으로 나타났다. 온도차 에너지인 수열 에너지에 대해 개념이 익숙하지 못하기 때문에 이러한 결과가 나타났을 것으로 사료된다. 대부분은 미활용 에너지의 이용을 통해 화석에너지 소비를 줄일 수 있다는 점에서 긍정적으로 반응했다고 평가할 수 있다. 폐기물 소각 폐열을 사용하는 것에 대해서도 부정적인 반응이 높지 않아 소비자의 수용성이 나쁘지 않을 것으로 예측할 수 있다. 다만 설문지의 문항에서는 각 미활용 에너지를 보편적인 관점에서 가정용 난방 수단으로 사용하는 것에 대해 질문하였다는 점에서 응답자가 직접 사용하는 것에 대해서는 상이한 응답 결과가 나타날 가능성도 있다.

〈표 6〉 미활용 에너지의 가정용 난방 활용에 대한 찬반

내용	매우 찬성	대체로 찬성	보통	대체로 반대	매우 반대
폐기물 소각 폐열	31.0%	46.8%	17.5%	3.7%	0.9%
데이터 센터 폐열	30.9%	50.6%	15.6%	2.6%	0.4%
수열 에너지	25.8%	47.0%	21.9%	4.3%	0.9%

출처: 오세신·진태영(2021), p. 81

다음으로 집단에너지에 대한 정보를 응답자들에게 전달하고, 집단에너지에 대한 사전 지식 및 인식을 조사하였다.

집단에너지에 대해서 어느 정도 알고 있는지 조사한 결과, 응답자의 19%는 집단에너지

지에 대해서 ‘오늘 처음 듣는다.’고 답했으며, 50%는 ‘들어본 적 있다.’, 31%는 ‘잘 알고 있다.’고 응답하였다. 응답자의 약 30%가 지역난방을 이용하고 있는 점을 볼 때 이와 같은 응답비율은 적절한 수준이라고 할 수 있다. 다만 집단에너지를 처음 들어보는 응답자가 19%라는 것을 볼 때, 집단에너지의 개념이 완전히 보편적이지는 않다는 것을 알 수 있다.

집단에너지에 대한 인식을 조사하기 위해서 현재 가정에 공급되는 열 공급이 대부분 천연가스(LNG)를 이용하고 있는 것을 인지시키고 이에 대한 응답자들의 태도를 살펴 보고자 하였다. 그 결과 안정적인 열 공급을 위해서 천연가스를 계속 이용하는 것에 대해 56% 정도가 긍정적으로 답변하였으며, 부정적인 응답은 7% 정도에 불과하였다. 미래의 집단에너지 열원을 천연가스에서 신재생에너지로 전환하는 것에 대해서는 71%가 ‘매우 그렇다’ 또는 ‘약간 그렇다’로 응답하였고, 5% 정도는 ‘별로 그렇지 않다’ 또는 ‘전혀 그렇지 않다’라고 응답하였다. 이러한 결과는 현재 천연가스(LNG)를 사용하는 것에도 큰 문제는 없지만 향후에는 집단에너지에서도 신재생에너지 이용이 매우 중요하다는 인식을 보여준 것이라 할 수 있다. 마지막으로 열 요금의 인상될 수 있음에도 불구하고 미활용 에너지를 집단에너지 열원으로 사용하는 것에 대해서는 56%가 찬성, 11%가 반대의 의견을 나타냈다. 집단에너지의 열 공급에 있어 화석에너지 의존도를 줄이고 온실가스 배출을 감축한다는 측면에서 미활용 에너지 이용을 긍정적으로 평가하는 응답자의 비중이 높다고 볼 수 있다.

〈표 7〉 집단에너지에 대한 인식

집단에너지 열 공급에 있어서	매우 그렇다	약간 그렇다	보통 이다	별로 그렇지 않다	전혀 그렇지 않다
안정적인 열생산을 위해 천연가스(LNG)를 계속 이용하는 것이 좋다.	14.7%	40.9%	37.5%	6.1%	0.7%
온실가스 저감을 위해 천연가스(LNG)를 신재생에너지로 대체해야 한다.	25.1%	45.9%	24.2%	3.5%	1.3%
열 요금이 오르더라도 천연가스(LNG)를 대체하여 미활용 에너지를 이용하는 것이 바람직하다.	16.4%	39.8%	31.9%	9.8%	2.0%

출처: 오세신·진태영(2021), p. 82

미활용 열에너지의 종류에 따라 응답자의 인식에 차이가 발생하는지를 살펴보기 위해 ‘폐기물 소각 폐열’, ‘데이터센터 폐열’, ‘수열에너지’로 구분해 각각에 대해 질문을 하였다. 질문에 앞서 미활용 에너지는 이용과 관계없이 기존에 입지하고 있는 시설에서 이미 발생하고 있는 것이며, 그 이용을 위해 추가로 신설하지 않는다는 것을 주지시키고자 하였다. 다시 말해 폐기물 소각폐열이나 데이터센터 폐열 등은 이미 존재하고 있는 소각시설과 데이터센터에서 발생하는 것임을 전제로 하였다. 그 결과 폐기물 소각 폐열과, 데이터센터 폐열, 수열에너지 중에서 데이터센터 폐열 이용에 대한 찬성 비중이 가장 높았으며, 다음으로 폐기물 소각 폐열, 수열에너지 순으로 나타났다. 온도차 에너지인 수열 에너지에 대한 개념이 생소하기 때문에 이러한 응답 결과가 나타났을 것으로 유추된다.

〈표 8〉 미활용 에너지의 집단에너지 사용에 대한 태도

집단에너지 열원	매우 찬성	약간 찬성	보통 이다	약간 반대	매우 반대
폐기물 소각열 미활용 에너지 (기존의 폐기물 소각장에서 버려지는 열 활용)	27.9%	44.9%	20.8%	4.8%	1.5%
데이터 센터 미활용 에너지 (기존의 데이터 센터에서 버려지는 열 활용)	32.3%	46.3%	18.0%	3.0%	0.4%
하천, 호수, 생활하수의 수열에너지	25.3%	43.3%	25.6%	4.7%	1.1%

출처: 오세신·진태영(2021), p. 83

미활용 에너지에 대한 인식 조사 결과를 요약하면, 미활용 에너지의 개념에 대한 인식 수준은 높지 않다고 할 수 있다. 특히, 온도차에너지에 대해서 알고 있다고 응답한 비중은 30% 미만으로 나타났다. 이는 집단에너지에서 활용하는 데 있어 폐열이 온도차에너지에 비해 높은 찬성률을 나타내는 데 영향을 미치고 있는 것으로 보인다. 전반적으로 미활용 에너지를 난방에 사용하는 것에 대해서 찬성하는 비율은 높으나, 소각폐열과 데이터센터 폐열에 비해서 수열에너지 사용에 대한 찬성 비율이 다소 낮게 나타났다.

또한, 현재 지역난방의 열원으로 천연가스를 사용하는 것에 대해 전반적으로 긍정적인 인식이 형성되어 있지만, 향후 집단에너지에서 신재생에너지와 미활용 에너지 이용이 필요하다는 것에 대해서도 상당수가 동의하는 것으로 나타났다. 따라서 이러한 미활용 열원들이 집단에너지의 탄소중립 수단으로 활용될 때 수용성 측면에서 긍정적인 결과를 예상해 볼 수 있겠다.

#### 4. 컨조인트(Conjoint) 문항 설계

미활용 에너지를 가정용 난방의 열원으로 사용하는 것에 대한 선호와 함께 수용성을 정량적으로 분석하기 위해서 본 연구에서는 컨조인트법(conjoint choice method)을 이용하였다. 컨조인트법은 상품이나 서비스의 몇 가지 주요 속성(attribute)을 찾아서 각 속성별로 여러 단계의 수준(level)으로 구분하고, 주요 속성을 다시 결합한 새로운 상품이나 서비스 대안(alternative)에 대해서 소비자들의 반응을 살피는 방법이다.<sup>5)</sup>

컨조인트 문항의 구성을 위해서는 집단에너지 열 공급 유형에 포함되는 속성(attribute)과 수준(level)을 결정해야 한다. 각 속성의 수준은 전문가 회의를 통해 집단에너지에서 이용 가능한 미활용 에너지 비중으로 구성하였는데, ‘폐기물 소각 폐열 비중’, ‘데이터센터 폐열 비중’, ‘수열에너지 비중’, ‘월평균 난방요금 인상액’이다. 월 평균 난방요금 인상액은 각 열원에 대한 지불의사액을 추정하기 위해 포함하였다. 현재 집단에너지의 열원은 대부분이 천연가스(LNG)이므로 미활용 에너지의 비중이 100%가 되지 않을 경우 나머지 비중은 LNG로 채우는 것을 가정하였다.

집단에너지 열원 구성과 열 요금 수준을 조합하여 다양한 열 공급 유형들을 만들 수 있다. 응답자들은 컨조인트 문항에 있는 열 공급 유형들 중에서 가장 선호하는 유형을 선택하면 된다. 속성의 개수가 많아지면 응답자들이 고려해야 할 요인들이 많아지게 되고 인지력의 문제가 발생할 수 있다. 본 연구에서는 다양한 미활용 열에너지들을 집단에너지 열원으로 활용하는 것에 대한 수용성을 분석하는 것이 주요 목적이므로 각 미활용 열에너지를 하나의 속성으로 설정하였다. 그리고 각 열원들의 비중은 수준으로 결정하였다.

이에 따라 소각폐열, 데이터센터 폐열, 수열에너지의 비중을 각 0%, 25%, 50%, 100% 수준으로 설정하였다. 미활용 열에너지 사용에 대한 사용자의 효용 발생량을 정량적으로 측정하기 위해 열 요금도 속성으로 포함하였는데, 응답자들이 쉽게 인식할 수 있도록 현재의 평균 열 요금(125,000원) 대비 인상액을 수준으로 제시하였다. 열 요금 인상액은 0원, 10,000원, 20,000원, 30,000원 수준으로 결정하였다.

컨조인트 질문은 3개의 대안(alternative)을 하나의 세트로 구성하여 응답자에게 제시되었다. 첫 번째 대안(유형A)과 두 번째 대안(유형B)은 미활용 열에너지를 전부 또는 일

5) 김근배(2010)

〈그림 2〉 컨조인트 문항 속성과 수준

폐기물 소각열 미활용 에너지 비중 집단에너지 열에너지 총공급량중에서 폐기물 소각장 폐열이 차지하는 비중	100%	→ 폐기물 소각장 폐열로 집단에너지 열 100% 공급
	50%	→ 폐기물 소각장 폐열로 집단에너지 열 50% 공급
	25%	→ 폐기물 소각장 폐열로 집단에너지 열 25% 공급
	0%	→ 폐기물 소각장 폐열 사용하지 않음
데이터센터 폐열 비중 집단에너지 열에너지 총공급량중에서 데이터센터 폐열이 차지하는 비중	100%	→ 데이터센터 폐열로 집단에너지 열 100% 공급
	50%	→ 데이터센터 폐열로 집단에너지 열 50% 공급
	25%	→ 데이터센터 폐열로 집단에너지 열 25% 공급
	0%	→ 데이터센터 폐열 사용하지 않음
수열 에너지 비중 집단에너지 열에너지 총공급량중에서 수열(하천, 하수)이 차지하는 비중	100%	→ 수열 에너지로 집단에너지 열 100% 공급
	50%	→ 수열 에너지로 집단에너지 열 50% 공급
	25%	→ 수열 에너지로 집단에너지 열 25% 공급
	0%	→ 수열 에너지를 사용하지 않음
월평균 열요금 인상액 가구당 월평균 난방비 인상액(원/월)	0원/월	→ 난방비 인상액 0원 (월 125,000원 수준)
	10,000원/월	→ 난방비 인상액 1만원 (월 135,000원 수준)
	20,000원/월	→ 난방비 인상액 2만원 (월 145,000원 수준)
	30,000원/월	→ 난방비 인상액 3만원 (월 155,000원 수준)

출처: 오세신·진태영(2021), p. 85

부 이용하여 집단에너지를 공급하는 유형이고, 세 번째 대안은 현재 집단에너지의 열 공급 방식인 천연가스를 100% 이용하는 것이다. 따라서 응답자들은 세 가지 열 공급 유형 중에서 열원의 구성과 열 요금을 비교하여 가장 선호하는 방식을 선택하면 된다.

세 번째 대안(유형C)의 속성 수준을 제외하면 열 공급 유형으로 만들 수 있는 대안은 총 256개(4×4×4×4)이다. 이 모든 대안에 대한 선호관계를 설문을 통하여 조사하기는 현실적으로 어렵기 때문에 16개 대안을 선별하여 2개의 대안씩을 조합하고, 세 번째 고정된 대안(유형C)을 추가하여 3개의 대안이 한 문항이 되도록 구성하였다. 따라서 총 8개의 선택 문항이 만들어지는 셈이다.

〈그림 3〉 컨조인트 설문 문항 예시

집단에너지를 이용한 열공급 유형 중에서 가장 선호하는 방식을 선택하여 순위를 매겨주시기 바랍니다.

집단에너지 유형		유형A	유형B	유형C
열공급	폐기물 소각열	25%	-	-
	데이터 센터 폐열	25%	50%	-
에너지원	수열 에너지	-	25%	-
	천연가스(LNG)	50%	25%	100%
열요금 인상액 (원/월)		10,000원	30,000원	0원
선택		순위( )	순위( )	순위( )

출처: 오세신·진태영(2021), p. 86

1명의 응답자가 8개의 선택 문항에 응답하는 것은 인지에 있어 어려움이 발생할 수 있기 때문에, 4개 문항씩 분리해 2개의 버전(version)으로 설문지를 만들어 설문조사를 진행하였다. 따라서 각 설문지에 선택 문항이 4개씩 배치되며, 응답자는 4개의 문항에 대해 각각 가장 선호하는 유형을 찾아서 순위를 매기면 된다.

538명의 응답자가 각각 4개의 문항에 대해서 순위를 매기기 때문에 총 2,152개의 응답을 얻을 수 있다. 유형A와 유형B를 1순위로 응답한 문항은 709개와 818개로 32.9%와 38.1%에 해당한다. 반면 현재 열 공급 방식인 유형C를 1순위 선택한 응답은 29.0%로 나타나, 미활용 열에너지를 이용하는 것에 대한 선호가 비교적 유의하게 존재하고 있음을 알 수 있다.

〈표 9〉 컨조인트 문항 열 공급 유형별 응답비중

선택	유형A	유형B	유형C	합계
1순위	709(32.9%)	818(38.0%)	625(29.0%)	2,152
2순위	504(23.4%)	753(35.0%)	895(41.6%)	2,152
3순위	939(43.6%)	581(27.0%)	632(29.4%)	2,152
합계	2,152	2,152	2,152	6,456

출처: 오세신·진태영(2021), p. 80

## IV. 모형 설정과 실증 분석

### 1. 모형 설정

설문으로부터 얻어진 컨조인트 문항의 응답 결과를 토대로 조건부 로짓(Conditional Logit) 모형과 순위 로짓(Ranked Ordered Logit) 모형으로 열 소비자들의 지불의사를 분석할 수 있다. 일반적으로 열 소비자(응답자)는 대안들의 여러 속성과 수준을 고려한 뒤 최대 효용이 기대되는 대안을 선택한다. 이때 파생되는 효용은 직접적인 관찰이 불가능하며 간접 효용함수로만 나타낼 수 있다.<sup>6)</sup>

소비자  $i$ 가 가격이  $P$ 인 대안  $j$ 를 선택하면서 얻는 효용은 여러 속성이 갖는 효용을 더한 것과 같으며, 전체 효용을 결정하는 과정에서 소비자가 갖는 인구통계적 특성도 영향을 미친다. 이를 수식으로 표현하면 식 (1)과 같다.

$$U_{ij} = U(X_j, P_j, Z_i). \quad (1)$$

여기서  $X_j$ 는 속성의 벡터를,  $Z_i$ 는 소비자  $i$ 의 인구통계적 특성을 보여준다. 간접 효용함수는 크게 정형화된 부분과 확률오차 부분으로 이뤄진다. 확률오차는 소비자가 갖고 있는 정보의 불확실성과 관측 불가능한 대안들의 특성에서 기인하기 때문에 소비자  $i$ 가 대안  $j$ 를 선택하면서 얻는 효용은 다음과 같다.

$$U_{ij} = V_{ij} + \epsilon_{ij} \quad (2)$$

여기서,  $U_{ij}$ : 소비자  $i$ 가 대안  $j$ 로부터 얻는 효용 수준

$V_{ij}$ : 연구자가 관측 가능한 소비자  $i$ 의 효용

$\epsilon_{ij}$ : 소비자 효용에는 포함되나 연구자가 관측 불가능한 확률적 요인

관찰 가능한 효용 부분은 대안의 속성에 의해서 결정될 수 있다. 식 (2)는 설문의 속성

6) McFadden(1974)



을 이용하여 식 (3)과 같이 정의할 수 있다. 설문에서 응답자들은 자신의 거주 주택에 집단에너지가 공급된다고 가정하고, 다양한 열원과 열 요금의 조합을 고려할 때 가장 선호하는 열 공급 유형을 선택하였다. 열 소비자의 편익이 열원의 종류와 열 요금에 영향을 받는 것으로 가정하고, 실증분석에 사용한 모형은 식 (3)와 같다.

$$U_{ij} = \beta_0 waste_j + \beta_1 dcenter_j + \beta_2 water_j + \beta_3 price_j + \epsilon_{ij} \quad (3)$$

여기서 *waste*, *dcenter*, *water* 변수는 폐기물 소각 폐열 비중, 데이터센터 폐열 비중, 수열에너지 비중(%)을 각각 의미하며, 0에서부터 100의 값을 가진다. 세 열원 합이 비중이 100%가 되지 않을 경우 나머지 열원은 천연가스로 충당하는 가정이 내포되어 있다. 그리고 *price*는 열 요금 인상(원) 수준을 나타낸다.

## 2. 추정 결과

조건부 로짓(Conditional Logit Model) 모형과 순위 로짓(Ranked Ordered Logit) 모형을 이용하여 식 (3)의 계수들을 추정할 수 있다. 선택 문항에 제시된 각 변수들의 정의와 기초 통계량은 다음과 같다.

〈표 10〉 효용함수 변수 정의

변수	정의	평균	분산
<i>waste</i>	집단에너지 열원 중 폐기물 소각열 비중(%)	11.45	22.79
<i>dcenter</i>	집단에너지 열원 중 데이터센터 폐열 비중(%)	17.70	26.49
<i>water</i>	집단에너지 열원 중 하수열 비중(%)	16.67	23.57
<i>price</i>	열 공급 유형의 열 요금 인상 수준(원/월)	10833.33	11150.10

출처: 오세신·진태영(2021), p. 91

추정된 계수를 이용하여 미활용 열에너지를 집단에너지 열원으로 사용하는 것에 대한 지불의사액(WTP)을 추정할 수 있다. 여기서 지불의사액(WTP)은 각 미활용 에너지에 대한 절대적인 가치가 아니라 기존의 연료인 천연가스와 비교해 미활용 열에너지를 사용함으로써 발생하는 추가적인 효용을 정량적으로 측정된 것으로 해석할 수 있다.

조건부 로짓(Conditional Logit Model) 모형을 이용하여 효용함수를 추정하기 위한 컨조인트 샘플 수는 총 6,456개인데, 이는 표본수(538)와 컨조인트 질문 1개당 프로파일 수(3), 그리고 1명당 질문횟수(4)를 곱한 값이다. 조건부 로짓 모형의 추정 결과는 다음과 같다.

〈표 11〉 조건부 로짓 모형 추정 결과

샘플 수	6546	Log likelihood: -2333.092		
		Prob > $\chi^2 = 0.0000$		
변수	계수	표준오차	95% 신뢰구간	
<i>waste</i>	0.0006	0.00103	-0.00138	0.002674
<i>dcenter</i>	0.0052 ***	0.00126	0.002727	0.007703
<i>water</i>	0.0102 ***	0.00141	0.00745	0.012985
<i>price</i>	-0.00001 ***	0.000004	-0.00000	-0.00000

주: sig.codes: 0.01 '\*\*\*\*' 0.05 '\*\*\*' 0.1 '\*\*'

출처: 오세신·진태영(2021), p. 92

모형의 적합성을 검정하는  $\chi^2$  검정에서 유의하게 0과 다르게 나타나 모형 자체가 의미가 있다. 개별 변수들에 대한 유의성은 *waste*를 제외하고 모두 1% 수준에서 유의한 것으로 나타나 데이터센터 폐열과 수열을 집단에너지 열원으로 사용하는 것이 소비자의 효용에 긍정적으로 영향을 미치는 것으로 나타났다.

*waste*의 계수는 0.0006으로 양의 값을 갖지만 10% 수준에서도 유의하지 않은 것으로 나타났다. 즉, 천연가스를 열원으로 사용하는 것에 비하여 소각폐열을 열원으로 사용하는 것에 대해서는 효용의 증감이 유의하지 않다고 해석할 수 있다.

*dcenter*, *water*의 계수는 모두 1% 수준에서 유의한 양수로 집단에너지 열원에서 데이터센터 폐열과 수열의 비중이 높아질수록 소비자의 효용이 증가하는 것으로 나타났다. 즉, 천연가스의 비중을 낮추면서 데이터센터 폐열과 수열의 비중을 높인다면 소비자들의 만족감이 높아진다는 것이다. 열 요금의 증가를 나타내는 *price*의 계수는 1% 수준에서 유의한 음수로 나타났는데, 이는 소비자들의 효용이 열 요금이 상승할수록 낮아짐을 의미하는 것으로 일반적인 상식과 일치하는 부호를 가진다.

추정된 효용함수를 이용하여 각 속성에 대한 한계지불의사액(marginal willingness to

pay)을 추정할 수 있는데, 속성이 한 단위 변할 때 소비자들이 자신의 효용을 이전과 동일한 수준으로 유지하기 위한 금액을 의미하는 것으로, 보상변이(compensated variation)라고 할 수 있다. 각 미활용 열에너지에 대한 한계지불의사는 다음과 같이 계산된다.<sup>7)</sup>

$$MWTP_{X_j} = - \frac{\partial U_{ij} / \partial X_j}{\partial U_{ij} / \partial P} = - \frac{\beta_X}{\beta_P} \quad (4)$$

추정된 결과를 이용하여 평균 한계지불의사액을 계산해보면 데이터센터 폐열 1% 증가에 대해서는 약 343.08원, 하천수열 1% 증가에 대해서는 약 672.20원이 도출되었다.

<표 12> 속성에 대한 한계지불의사액(조건부 로짓)

속성	평균 한계WTP(원)
waste	42.61
dcenter	343.08
water	672.20
price	-1.00

출처: 오세신·진태영(2021), p. 93

지불의사액은 그만큼의 편익이 응답자에게 발생한다는 것을 의미한다. 구체적으로 설명하면, 응답자가 집단에너지를 공급받을 때 천연가스의 비중을 줄이고, 소각폐열로 대체한다면 응답자의 편익에는 거의 변화가 없을 것이다. 그러나 천연가스를 대체하여 데이터센터 폐열 또는 수열 에너지를 이용한다면 열원의 비중이 1% 증가함에 따라 응답자에게 343.08원 또는 672.20원의 편익이 발생한다는 것을 의미한다. 이 금액은 응답자들이 월 평균 125,000원 정도의 열 요금을 지급한다는 전제하에 측정된 금액으로, 데이터센터 폐열과 수열을 1% 증가시키면 각각 열 요금의 0.03%와 0.27%를 추가적으로 지불할 의사가 발생하는 것으로 해석할 수 있다.

<표 13>은 순위 로짓(Ranked Ordered Logit) 모형을 이용하여 식(3)를 추정된 결과를 나타낸다. 순위 로짓은 열 공급 유형 3개의 순위를 모두 이용하기 때문에 보다 많은 정보

7) Train(2003)

가 포함되어 있어, 조건부 로짓 모형과는 다른 추정 결과를 도출해 낼 수 있다. 추정결과를 살펴보면 조건부 로짓 모형 추정치와 비슷한 양상을 보이며, *waste*를 제외한 독립변수는 1% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

〈표 13〉 순위 로짓 모형 추정결과

샘플 수	6546	Log likelihood: -3836.913		
		Prob > $\chi^2 = 0.0000$		
변수	계수	표준오차	95% 신뢰구간	
<i>waste</i>	-0.00086	0.00079	-0.00243	0.00070
<i>dcenter</i>	0.00392 ***	0.00126	0.00272	0.00770
<i>water</i>	0.00599 ***	0.00141	0.00745	0.012985
<i>price</i>	-0.00001 ***	0.000002	-0.00001	-0.00000

주: sig.codes: 0.01 '\*\*\*' 0.05 '\*\*' 0.1 '\*'

출처: 오세신·진태영(2021), p. 94

순위 로짓으로 추정된 계수를 이용하여 각 변수에 대한 한계지불의사액을 다시 계산해 보면, 데이터센터에 대한 한계지불의사액은 324.05원 수준으로 조건부 로짓 모형에서 추정된 343.08원과 비슷한 값으로 도출된다. 수열에 대한 한계지불의사액은 495.45원으로 추정되는데, 이는 조건부 로짓 모형의 672.2원에 비해서는 176.76원 낮은 수준이다. 앞서 언급한 대로 각 가정의 월평균 열 요금이 125,000원일 때를 가정하고 있기 때문에, 데이터센터 폐열을 1% 증가시키는 것에 대해 0.26%의 열 요금 인상과, 수열을 1% 증가시키는 것에 대해서 0.40%의 열 요금 인상을 수용할 수 있는 것으로 해석할 수 있다.

〈표 14〉 속성에 대한 한계지불의사액(순위 로짓)

속성	평균 한계WTP(원)
<i>waste</i>	-71.61
<i>dcenter</i>	324.05
<i>water</i>	495.45
<i>price</i>	-1.00

출처: 오세신·진태영(2021), p. 95

소각폐열의 경우 천연가스를 이용하여 열 공급을 하는 것과 비교해 유의한 차이가 없음을 두 모형을 통해서 확인할 수 있다. 따라서 집단에너지 열원으로 천연가스를 폐기물 소각폐열로 대체하는 것은 소비자의 수용성에 거의 영향을 미치지 않을 것으로 예상된다. 데이터센터 폐열과 수열에너지를 이용하여 천연가스를 대체하는 경우에는 소비자들의 효용이 높아져 수용성도 개선될 것으로 기대해 볼 수 있다.

데이터센터 폐열과 수열에너지의 비중이 10%, 25%, 50%가 될 때 응답자들의 지불의사액을 계산해 볼 수 있는데, 집단에너지 열 공급에서 데이터센터 폐열을 50% 이용한다면 기존의 평균 열 요금에 추가로 16,202원에서 17,154원을 지불할 용의가 발생하는 것이다. 이는 12.96%에서 13.72% 정도의 추가적인 열 요금 인상을 수용할 수 있다는 것을 의미한다. 수열에너지에 대해서는 지불의사액이 보다 높게 나타났다. 수열에너지가 집단에너지 열원의 50%를 차지할 경우 기존의 열 요금에서 추가로 24,772원에서 33,610원을 지불할 용의가 발생하며, 이는 열 요금의 인상을 19.82%에서 26.89%까지 수용할 수 있다는 것을 나타낸다.

〈표 15〉 미활용 에너지 비율별 추가 지불의사액 추정

열원	조건부 로짓 모형			순위 로짓 모형		
	10%	25%	50%	10%	25%	50%
데이터센터 폐열	3,430원	8,577원	17,154원	324원	8,101원	16,202원
	2.74%	6.85%	13.72%	0.26%	6.48%	12.96%
수열 에너지	6,722원	16,805원	33,610원	495원	12,386원	24,772원
	5.38%	13.44%	26.89%	0.40%	9.91%	19.82%

출처: 오세신·진태영(2021), p. 96

두 모형의 추정 결과를 보면 집단에너지 열원으로 데이터센터 폐열과 수열에 소비자들이 보다 높은 선호가치를 두고 있는 것을 알 수 있다. 소각폐열의 경우 폐기물 소각과정에서 불가피하게 발생하는 열에너지로서 이를 활용함에 따라 온실가스 배출을 줄일 수 있음에도 불구하고, 소각시설이 인근에 입지해야 한다는 것에 대한 거부감이 존재하는 것으로 유추된다.

한편, 컨조인트 분석결과는 앞서 집단에너지 열원으로 미활용 에너지를 이용하는 것

에 대한 태도를 묻는 질문에서 데이터센터 폐열이 가장 높은 긍정 답변 비율(78.62%)을 나타내고 수열이 가장 낮은 긍정 답변 비율(68.59%)을 얻었던 결과와는 사뭇 다르다고 할 수 있다(<표 8> 참고). 이러한 결과는 해당 열원을 적용하는 대상에 대한 차이에서 오는 것으로 판단된다. 앞서 미활용 에너지에 대한 태도 조사는 자신에게 직접 적용하는 것이 아닌 국가적 차원의 에너지 정책 관점에 무게를 두고 답했을 것으로 보인다. 하지만 컨조인트 설문에서는 응답자들이 자신의 거주 주택에 적용하는 것을 전제로 선택하도록 유도했기 때문에 보다 현실적인 선호를 밝혔을 가능성이 높다. 따라서 응답자들이 실질적으로 선호하는 미활용 열원은 수열에너지, 데이터센터 폐열, 소각폐열 순이라고 보는 것이 정확할 것이다.

## V. 결론

본 연구에서는 미활용 에너지를 집단에너지 열원으로 활용하는 것에 대한 소비자들의 수용성을 정량적으로 측정하고자 하였다. 이를 위해 국내 583가구를 대상으로 하여 미활용 에너지에 대한 일반적인 인식과 난방 에너지로 사용하는 것에 대한 태도를 조사하였으며, 집단에너지 열원으로 이용하는 것에 대한 실질적이고 정량적인 선호를 측정하기 위해 컨조인트 모형을 이용하였다. 본 연구에서의 분석결과를 통해 다음의 두 가지 시사점을 제시할 수 있다.

첫 번째, 미활용 에너지에 대한 사전지식 여부를 조사한 결과 응답자의 38.1%가 미활용 에너지라는 단어를 처음 접한다고 하여, 미활용 에너지가 아직은 익숙한 개념은 아니라는 것을 확인할 수 있다. 특히 미활용 에너지의 종류들 중에서 온도차 에너지에 대해서는 “잘 모르거나 전혀 모른다.”고 응답한 사람이 70%를 넘어서 미활용 에너지의 시장 확대를 위해서는 우선 온도차 에너지를 비롯한 미활용 에너지에 대한 교육과 홍보가 필요하다.

두 번째, 다양한 미활용 에너지 종류들 중에서 집단에너지에서 활용 가능성이 높은 폐기물 소각폐열, 데이터센터 폐열, 수열에너지에 대한 전반적인 선호를 조사한 결과 모든 열원에서 70% 이상의 긍정적 선호가 나타났다. 그리고 앞으로 집단에너지 열 공급이 탄소중립적이어야 한다는 것에 대해서는 대부분 동의하고 있는 것으로 나타났다. 반면, 컨

조인트 분석을 통해서도 집단에너지의 열원으로서 수열에너지와 데이터센터 폐열에서 천연가스보다 명확하게 높은 선호가 발견되었으며, 소각폐열은 천연가스와 그 선호가 크게 다르지 않은 것으로 나타났다. 이는 일반적인 관점에서 인식과 태도를 조사한 결과와 컨조인트 기법을 통해 도출된 결과에 차이가 있다고 볼 수 있다. 실제 사업 추진함에 있어 고려해야 하는 주민 수용성은 일반적인 인식 및 태도 조사의 결과가 아닌 컨조인트 기법을 통해 나타나는 선호일 것이다. 따라서 국가적으로 미활용 열에너지 활성화 전략을 수립함에 있어 국민들의 일반적 관점에서의 수용성보다는 지역 수용성을 중요하게 고려하여 미활용 열원별로 경제적 타당성 및 보급 우선순위를 평가할 때 반영해야 할 것이다.

지금까지 살펴본 미활용 열에너지 중에서 폐기물 소각열은 고온으로 발생하여 경제적 활용가치를 가지고 있기에 이미 상당 부분이 활용되고 있으나, 수열이나 데이터센터에서 발생하는 폐열은 저온의 형태로 히트펌프를 필수적으로 동반해야 하므로 충분한 사업성을 확보하지 못하여 현재까지 보유한 잠재량<sup>8)</sup>에 비해 제대로 활용되지 못하고 있는 실정이다. 하지만 유럽에서는 히트펌프가 경쟁력을 가진 난방기술로서 보급이 빠르게 확대되는 추세에 있어 우리나라도 난방 부문에 대해 적절한 탄소배출 비용의 부과나 저온의 미활용 열 이용에 대한 인센티브가 주어진다면 사업성은 일정 부분 확보할 수 있을 것으로 예상된다.

본 연구는 지금까지 국내 집단에너지 수용성 관련 연구에서 고려된 바 없는 폐기물 소각열, 데이터센터 폐열, 수열 등의 미활용 열의 수용성을 상대적으로 평가한 연구라는 점에서 그 의의를 찾을 수 있을 것이다.

## [References]

- 김근배, 「의사결정을 위한 마케팅조사론」, 무역경영사, 2010.  
김동희·조동우·유기형. “아파트 난방방식에 따른 실내 온열환경 선호도 및 만족도 연구”, 「대한건축학회논문집」, 제24권 제1호, 2008, pp. 213~220.

---

8) 오세신·진태영(2021), p. 69

- 김영덕, “지역난방과 개별난방의 에너지효율성에 대한 비교 연구”, 국회예산정책처, 2009.
- 박일환·박준택·유성연, “국내 산업폐열 현황에 대한 조사연구”, 「설비공학논문집」, 제14권 제10호, 2002, pp. 811~817.
- 박준택, “미활용 에너지의 현황과 전망”, 대한설비공학회 하계학술강연회, 2003, pp. 3~60.
- 서울연구원, 서울시 수열에너지이용 확대 전략, 2020.
- 오세신, “해외 데이터센터 폐열 활용 사례와 국내 적용을 위한 정책 지원 방향”, 「설비저널」, 제48권 제10호, 2019, pp. 26~30.
- 오세신·진태영, “국내 미활용 열에너지의 공급 잠재량 분석과 지역난방에서의 보급 확대를 위한 정책적 시사점”, 「에너지공학」, 제31권 제3호, 2022, pp. 1~14.
- 오세신·진태영, “지역에너지분권을 통한 탄소중립형 집단에너지 발전 방안 연구”, 에너지경제연구원 기본연구보고서, 2021.
- 원두환, “난방방식에 대한 소비자 가치 평가”, 대한설비공학회 학술발표대회논문집, 2009, pp. 650~655.
- 윤인진·박성훈·진영선·배은식·박규홍, “쓰레기 매립지와 거리에 따른 매립지 수용의 결정요인 및 중요도 변화 분석”, 「서울도시연구」, 제8권 제4호, 2007, pp. 53~71.
- 윤태연, “난방방식에 따른 소비자 편익 추정에 관한 연구-사용편의성을 중심으로”, 에너지경제연구원 기본연구 보고서, 2014.
- 진상현·홍은정, “도시지역 미활용 에너지의 타당성에 관한 사례 분석: 기술·제도·인프라를 중심으로”, 「한국생태환경건축학회논문집」, 제13권 제1호, 2013, pp. 17~28.
- 최용선, “에너지원에 대한 사회적 수용성 결정요인 연구: 화석, 원자력, 대체 에너지를 중심으로”, 「정부학연구」, 제21권 제2호, 2015, pp. 295~330.
- 한국환경공단, 『고형연료제품 제조·사용·수입 실적현황(2020년)』, 2021.
- 홍성훈, “협오시설 유치지역주민의 보상에 대한 사회적 태도”, 「자원·환경경제연구」, 제9권 제4호, 2000, pp. 727~746.
- Adamowicz, W., J. Louviere, and Williams, M., “Combining Revealed and Stated Preference Methods for Valuing Environmental Amenities,” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 26, 1994, pp. 271~292.
- Beggs, S., S. Cardell, and J. Hausman, “Assessing the potential demand for electric cars,” *Journal of econometrics*, Vol. 17, No. 1, 1981, pp. 1~19.
- Bidwell, D., “The role of values in public beliefs and attitudes towards commercial wind



- energy,” *Energy Policy*, Vol. 58, 2013, pp. 189~199.
- Choi, S. H., S. W. Lee, and Y. C. Choe, “Interconnected characteristics of innovation networks of farmers employing ranked logit model,” *Journal of Korean Society of Rural Planning*, Vol. 13, No. 4, 2007, pp. 53~67.
- Haab, T. C., and K. McConnell, *Valuing Environmental and Natural Resources: The econometrics of Non-Market Valuation*, Edward Elgar, 2002.
- Hausman, J. A., and P. A. Ruud, “Specifying and testing econometric models for rank-ordered data,” *Journal of Econometrics*, Vol. 34, No. 1-2, 1987, pp. 83~104.
- Kim, H., S. Lim, and S. Yoo, “Public preferences for district heating system over individual heating system: a view from national energy efficiency,” *Energy Efficiency*, Vol. 12, 2019, pp. 723~734.
- Krikser, T., A. Profeta, S. Grimm, and H. Huther, “Willingness-to-Pay for District Heating from Renewables of Private Households in Germany,” *Sustainability*, Vol. 12, No. 10, 2020, 4129.
- McFadden, D. L., “Quantal choice analysis: A survey,” *Annals of Economic and Social Measurement*, Vol. 5, No. 4, 1976, pp. 363~390.
- McFadden, D. L., *Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior*. In Zarembka, P.(Eds.), *Frontiers in Economics and Social Measurement* 5, 1974, pp. 363~390.
- Ren, X., Y. Che, K. Yang, and Y. Tao, “Risk perception and public acceptance toward a highly protested Waste to Energy facility,” *Waste Management*, Vol. 48, 2016, pp. 528~539.
- Train, K. E., *Discrete Choice Methods with Simulation*, Cambridge University Press, 2003.