



## 화력발전소 온배수열 활용 시설하우스 열공급에 대한 환경 및 사회적 가치 인식 비교 분석

### Evaluation on the Environmental and Social Value Awareness of the Heat Supply for the Horticultural Greenhouse using Thermal Effluents from Power Plant

김가희<sup>a</sup> · 안차수<sup>b</sup> · 엄병환<sup>c, †</sup>

Kim, Ga-Hee · Ahn, Cha-Soo · Um, Byung-Hwan

#### Abstract

Recently, interest in alternative energy has been increasing to reduce greenhouse gas emissions and fossil fuel consumption in accordance with the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Accordingly, there is a need to use waste heat that unused throughout industrial systems for lowering the concentration of energy on fossil fuels. In particular, government support projects for the energy recycling of agriculture and fisheries such as cultivation of tropical crops and aquaculture are being actively carried out by utilizing waste heat and thermal effluents caused from large-scale industrial complexes including power plants. The study was conducted on supplier (power plant), consumer (farmer) and stakeholders (constructor and local governments) of domestic demonstration areas using waste heat that is abandoned from the power plant in the form of thermal effluents. It investigated the overall improvement and feasibility of government funded projects through field interviews and questionnaire-type surveys. The results of this study are expected to provide basic directions for the operation of the project in terms of nationwide expansion and diffusion of the heat source supply project at horticultural greenhouse by utilizing the thermal effluents from power plant.

**Keywords:** Thermal power plant; thermal effluents; horticultural greenhouse; unutilizable energy; survey

#### 1. 서 론

갈수록 심해지고 있는 세계적인 기후변화 문제에 따른 탄소배출 규제 강화 및 화석 연료 소비 절감에 선제적으로 대응하기 위한 대체에너지원으로써 산업 시스템 전반에 걸쳐 미 활용되는 폐열에 대한 필요성이 부각되고 있다. 특히, 발전소를 비롯한 대규모 산업단지에서 발생하는 폐열 및 온배수를 활용하여 열대 작물재배, 양식 등 농어업분야 에너지 재활용에 대한 정부지원 사업이 활발히 진행되고 있는 실정이다 (Lee et al., 2011). 많은 사람들이 온배수를 오염물질로 오해하

고 있지만 냉각수로 사용된 해수는 폐쇄된 관을 따라 흐르며 단지 열교환으로 자연 해수보다 수온이 상승한 상태로 다시 바다로 배출되는데, 이를 농어업적으로 재사용함에 따라 배출수의 온도를 낮출 수 있어 해수의 열오염 관리에도 유리하다 (Kim and Park, 2015). 국내 화력발전소 온배수의 에너지 부존량은 200,326 Tcal/년이며, 이 중 시설원에 난방열로 활용할 경우 12,068 ha를 가온할 수 있다. 우리나라 전체 시설 채소 온실면적 51,787 ha의 23 %를 부담할 수 있는 에너지량이다 (Nam, 2016).

2015년 4월 산업통상부 주재로 신·재생에너지법 시행령 개정이 국무회의를 통과함에 따라 온배수의 농업적 이용을 위해 농어업 분야와 에너지 산업분야에서의 신기후체제 대응 방안으로 움직임이 활발히 추진되고 있다 (Kim and Park, 2015). 발전소 온배수 형태인 폐열의 시설원에 도입은 국가적인 에너지 절감 및 온실가스 배출 감축 효과를 기대할 수 있고, 지역 농어민 및 지자체는 에너지 원가 절감을 통한 소득 증대 및 저탄소 농산물을 생산할 수 있는 경쟁력 향상 등을 기대할 수 있다 (Nam, 2016). 발전회사는 미활용 에너지 개발로 인한 에너지 효율 향상 및 지역사회와의 상생기반 구축이라는 기대효과를 거둘 수 있다. “온배수열 에너지와 농업의 만남”으로 FTA의 영향으로 위축 받고 있는 농업분야에 새로

<sup>a</sup> PhD Student, Department of Biomolecular and Chemical Engineering and Interagency Convergence Energy on New Biomass Industry, Hankyong National University

<sup>b</sup> Professor, Department of Media and Communication, Kyungnam University

<sup>c</sup> Professor, Department of Chemical Engineering and Interagency Convergence Energy on New Biomass Industry, Hankyong National University

† **Corresponding author**

Tel.: +81-31-670-5208 Fax: +81-31-670-5209

E-mail: [bhum11@hknu.ac.kr](mailto:bhum11@hknu.ac.kr)

Received: July 25, 2018

Revised: September 6, 2018

Accepted: September 6, 2018

은 혁신과 산업 전반 에너지 패러다임 전환을 가질 수 있는 기회라고 판단된다.

국내 시설하우스의 냉난방은 주로 경유 난방 설비에 의존하고 있으나, 온배수 시설로 교체할 경우, 비용 측면에서 현재 대비 1/3배 수준으로 저렴하고, 장기적인 측면에서 에너지안보뿐만 아니라 신기후체제 대응으로 혁신적인 에너지 사업이다 (Kim and Park, 2015). 하지만 초기 투자비용이 7~13배 높아 사용자를 포함하여 설비기관인 공공기업 및 민간 기업은 투자대비 경제성 확보에 대한 불투명성으로 인해 보급화가 지연되고 있고, 특히 시설이 클수록 자부담 비율이 높아 투자에 대한 부담이 증폭되는 것으로 파악된다 (Kim and Park, 2015). 따라서 발전소 온배수 폐열이 지열 및 태양열과 더불어 친환경 열에너지원으로써 상용화되기 위해서는, 온배수열 활용 사업이 다른 열공급 방식에 비해 경제성을 가질 수 있도록 개선이 필요하다 (Nam et al., 2016).

발전소 온배수열의 활용 방안에 대해서는 그동안 많은 연구가 진행되어왔다. 하지만 대부분의 온배수 관련 연구는 온배수열의 국내외 활용 현황이 어떠한지, 국내 활용 가능한 현장이 어디인지 등의 연구가 주를 이룬다 (Kim and Lee, 2013; Kim and Park, 2015). 다른 한편으로는 양식업이나 시설하우스에 온배수열 공급에 대한 경제성 평가나 열원 이송 배관 재질이나 거리에 따른 성능 평가 혹은 히트펌프 시스템의 열교환기 설계 기준 등의 기술적인 연구들도 진행되었다 (Lee et al., 2011; Ryou et al., 2012; Lee, 2015; Lee et al., 2015; Nam et al., 2016; Um, 2018).

이처럼 온배수열의 농어업적 도입에 대한 연구는 지속적으로 이루어져 왔으나 실제로 온배수열을 효과적으로 활용하기 위해서는 누가 무엇을 어떻게 해야 할지에 대한 논의는 상대적으로 부족했다. 온배수열을 이용하고 있는 사용자 및 공급하는 공급자 등을 대상으로 인식을 분석하는 연구는 향후 온배수열의 에너지원 공급 시스템을 효과적으로 이용·확산시킬 수 있는 체계 수립에 의미를 가진다.

지금까지 국내의 재생에너지 보급 및 확대 정책은 예산 투자와 시설 설치 실적만을 평가하는 방식으로 진행되었다. 이 때문에 지역 혹은 마을 단위에서의 재생에너지의 이용이 에너지 전환과 에너지 자립에 어떠한 영향을 미치고 있는지, 궁극적으로 재생에너지의 이용이 지속 가능한 지역 공동체를 형성하고 유지하는데 어떤 영향을 미쳤는지 평가된 바 없다 (Lee, 2010).

본 연구에서는 발전소 온배수 형태로 버려지는 폐열을 이용한 국내 실증 지역 대상으로 수용성 제고 측면에서 연구를 수행하였다. 이에 사업의 주체들인 공급자 (발전사), 사용자 (농민) 및 이해관계자 (설비업자 및 지자체)를 대상으로 현장

인터뷰와 설문 형태의 조사를 통하여 온배수 폐열이 에너지 원으로써의 각 대상별로 인식 및 차이점을 도출하는 것이다. 이를 통해 온배수열의 보급 확대가 지속 가능한 에너지 전환의 통로가 될 수 있는지에 평가하고, 이에 대한 효율적인 방안을 제안하고자 한다.

## II. 연구 방법과 조사 설계

이해관계자들이 설문 분석을 통해 나온 쟁점들에 대해 어떤 입장을 취하고 있는지, 각 이해관계자 입장에는 어떠한 차이가 있는지를 자세히 알아보기 위해 온배수를 비롯한 관계자들을 대상으로 대면 설문조사를 진행하였다. 설문 진행은 조사자가 설문 대상자와 만나 이야기를 나누는 대면 인터뷰를 통해 주어진 항목의 질문과 답변만이 아니라 의견이나 생각을 좀 더 깊이 있게 파악하며 진행하였다. 설문 면접은 2016년 11월부터 석 달간 실시되었다. 수집된 설문지 자료의 산출된 데이터는 통계분석 프로그램 (SPSS 18.0)을 통하여 빈도분석, One-way ANOVA 분석, 교차분석을 통해 응답의 공통점과 차이점을 도출하였다.

설문조사 대상지역은 현재 온배수열 이용 사업을 수행 단계 중인 지역으로 제주 서귀포시, 경기 고양시, 충남 태안군을 설정하였고, 핵심 이해관계자라고 판단되는 온배수 사용자,

**Table 1** Demographic characteristics of survey respondents (n=38, unit: person, %)

Characteristic	Frequency	Percentage	
Participants	Farmer (Consumer)	7	18.4
	Power plant (Supplier)	10	26.3
	Constructor	6	15.8
	Open appraiser	9	23.7
	local government	6	15.8
Gender	male	36	94.7
	female	2	5.3
Age (years)	< 30	4	10.5
	30 to 39	7	18.4
	40 to 49	17	44.7
	≥ 50	10	26.3
Residence	Gyeonggi	13	34.2
	Chungnam	7	18.4
	Jeju	9	23.7
	Etc	9	23.7

공급자, 설비업자, 열린평가단 및 지자체를 대상으로 실시하였다. 연구에 응답한 설문 대상의 인구통계적 특성은 Table 1과 같다.

설문은 크게 세 부분으로 구성되어 있다. 첫 번째 부분은 응답자들의 온배수 사업의 투자, 유지·관리 및 홍보 주체에 대한 의견 질문을 하였다. 두 번째 부분은 온배수 공급 사업에 대한 취지, 경제, 정책 및 공정성을 조사하기 위한 질문 하였고, 세 번째는 각 주제별 성과를 평가하고 사업의 만족도에 대해 질문 하였다. 그리고 면접을 통해 온배수 에너지 공급 사업의 인식, 문제점 및 개선 사항 (해결책)을 묻는 질문들로 설문 대상자들이 자유롭게 답변하는 방식으로 취했다. 면접을 실시한 이유는 기본적으로 설문조사로는 표현하거나 담지 못하는 참여 주체들의 의견을 직접 듣고 확인하기 위함이며, 설문조사를 통해 나타난 차이가 어떤 의미인지 확인하는 것이다. 또한 설문 내용 외에도 온배수열 에너지 공급 사업에 대한 참여 주체들의 의견을 수집하여 결론적으로 정책적 함의를 도출하는 데에 참고하기 위함이다. 본 연구에 활용된 변수들은 투자 및 유지/관리 주체에 대한 내용을 제외하고 모두 5점 리커트 척도로 구성되었다. 리커트 척도의 응답 답변을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 온배수 에너지 공급 사업의 인프라 구축을 위한 비용 투자 주체는 누가 되어야 하는지, 유지/관리 주체는 누가 되어야 하는지에 대한 의견을 확인하기 위해서 질문을 하였다. 응답자들은 투자 및 유지관리 주체에 대해 농어민 (사용자), 발전사 (공급자), 설비시공업자, 정부, 지자체의 다섯 주체 중 1위와 2위로 순위를 요청 받았다.

둘째, 온배수 에너지 공급 사업은 “누가”, “어떤 내용”을 중심으로 알리는 것이 옳다고 생각하는지에 대해 파악하기 위해서 산업부 (미활용 에너지 활용 + 기후변화대응을 목적으로 PR하는 것이 좋다고 생각한다.), 농림부 (농가 소득 증진을 목적으로 PR하는 것이 좋다고 생각한다.), 부처 간 협업 (어렵지만 함께 PR해야 한다)에 대해 리커트 5점 척도로 ‘전혀 그렇지 않다 (1점)’부터 ‘매우 그렇다 (5점)’까지 점수화하여 측정하였고, One-way ANOVA (일원배치분산분석)를 실시하였다.

셋째, 설문 대상의 참여 주체별 온배수 에너지 공급 사업에 대한 인식 실태를 파악하기 위해 분석하였으며, 평가 항목으로 5가지 키워드 (적합성, 취지성, 경제성, 정책성, 공정성)로 해당 키워드와 연관된 11개의 설문 항목으로 구성되었다. 각 설문항목에서 개인의 의견을 리커트 5점 척도로 ‘전혀 그렇지 않다 (1점)’부터 ‘매우 그렇다 (5점)’까지 점수화하여 측정하였다. 참여 주체에 따른 각 항목 간의 차이에 대해 통계적 분석인 One Way ANOVA (일원배치분산분석)를 실시하였다.

참여 주체에 따라 온배수 에너지 공급 사업에 대한 적합, 취지, 경제, 정책, 공정성의 종합적인 인식에 대해 대부분 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다 ( $p < 0.05$ ). 유의 확률( $p$ )은 유의한 변수로 0.05 이상이면 아주 중요한 변수로 간주한다. 이것은 오차 허용 범위가 5 %로 95 %의 신뢰도를 갖고 있는 데이터라 볼 수 있다.

넷째, 온배수 사업에서의 주체별 성과를 어떻게 평가하는지에 대해 알아보기 위해 리커트 5점 척도로 ‘매우 부족하다 (1점)’부터 ‘매우 잘하고 있다 (5점)’까지 점수화하여 측정하였다. 성과 평가도를 보면 농어민 ( $p = 0.001$ ), 지자체 ( $p = 0.009$ )의 경우에는 유의하게 나타났지만, 발전사 ( $p = 0.507$ ), 설비시공업자 ( $p = 0.362$ ), 정부 ( $p = 0.089$ )의 경우에는 유의하지 않는 것으로 나타났다.

다섯째, 참여주체에 따라 에너지 정책 사업에 참여하거나 참여하고자 하는 입장에서 사업의 종합적인 만족도를 분석한 결과이며, 만족도는 리커트 5점 척도로 ‘매우 불만족 (1점)’부터 ‘매우 만족 (5점)’까지 점수화하여 측정하였다.

이 논문의 구체적인 사례 지역은 제주도이다. 남제주의 한 영농조합은 남제주 화력발전소, 농업기술원이 협력체를 구성하여 발전소에서 배출되는 온배수를 활용한 애플망고, 감귤 등 고부가가치 작물 재배를 최초로 성공했다 (Kim and Lee, 2013). 남제주화력발전소의 경우 발전소에서 배출되는 온배수의 열 (20~25 °C)를 흡수한 후 히트펌프로 온도를 높여 (45~50 °C) 온실 난방에 활용했다 (Choi, 2016). 재배 면적 1.5 ha에 연간 87만 6000 t 온배수를 이용했고, 온실을 지나는 온배수가 난방 효과를 내면서 타농가 대비 수익이 30% 증가하고 기존 경우 대비 난방 에너지비용이 83 % 절감해 1.5억원의 에너지비용을 아끼는 등 이산화탄소 배출 저감과 더불어 환경보호에도 기여하고 있는 상황이다 (Wie, 2017). 온배수 이용방법은 화력발전소 냉각수인 바닷물 온배수조에 열회수용 PE 파이프를 설치하고, 이를 열펌프를 이용해 물 온도를 50 °C 내외로 올리거나 10 °C 내외로 낮추어 온수탱크와 냉수탱크에 저장했다가 하우스 안에 설치된 팬을 통해 난방에 사용하는 방식이다 (Choi, 2013). 이처럼 남제주는 정부의 높은 관심으로 이루어진 대표적인 사례라고 할 수 있다.

다음으로 지자체의 높은 관심으로 온배수열을 이용하려는 대표적인 사례 지역은 충남 태안군을 들 수 있다. 한국서부발전과 태안군청 및 원북면 영농조합법인은 협약을 통해 바다에 버리는 연간 34억 t의 온배수를 활용할 방침이며, 2018년까지 스마트팜과 시설원예단지를 조성할 계획이며, 2019년에는 양식장도 구축할 예정이다 (Joe, 2016; Seo, 2017, Wie, 2017).

세 번째 사례 지역은 경기도 고양시로 한국지역난방공사에서 지역난방의 회수열을 고양 난(蘭)영농조합 시설원예단지

(0.5 ha)에 에너지를 공급하여, 도심 인근 근교 농업의 집단에 너지 열원 활용 최적 모델 개발 및 실증단지를 구축하였다. 기존 난방 열원 (경유 및 농업용 전기) 대비 연간 30 %의 난방비 절감 효과 및 국가적 차원에서도 에너지 절약과 온실가스 감축에 기여를 하고 있다. 기존 지역난방열은 100~120 °C로 가정에 송열되고, 이 열이 주거지역에 열을 주고 회수되는 온도는 보통 50~60 °C다 (Kim, 2015). 이처럼 고향시는 도심 인근에서 농업분야에 열원을 공급해 에너지원으로 활용하고 있는 대표적인 사례라고 할 수 있다.

### III. 설문지 조사결과 및 해석

#### 1. 온배수 에너지 공급 사업의 투자, 유지관리, 홍보 주체

온배수 에너지 공급 사업의 인프라 구축을 위한 비용 투자 주체는 누가 되어야 하는지, 향후 사업의 유지 및 관리 주체는 누가 되어야 하는지에 대한 의견을 확인하기 위해서 질문을

하였다.

설문 응답자가 생각하는 온배수 에너지 공급 사업의 투자 주체를 Table 2에서 확인할 수 있다. 투자주체1은 ‘정부’ 23명 (60.5 %), ‘발전사’ 8명 (21.1 %), ‘농어민’ 5명 (13.2 %), ‘지자체’ 1명 (2.6 %), ‘설비시공업자’ 1명 (2.6 %) 순으로 ‘정부’가 압도적으로 높은 빈도를 보였다. 또한 투자 주체2는 ‘지자체’ 16명 (44.4 %), ‘정부’ 8명 (22.2 %), ‘농어민’ 6명 (16.7 %), ‘발전사’ 5명 (13.9 %), ‘설비시공업자’ 1명 (2.8 %) 순으로 ‘지자체’가 많은 빈도를 보였다. 투자주체1의 경우 설문 응답자인 농어민, 발전사 및 시공업자가 열린평가단과 지자체보다는 ‘정부’의 선호가 높았고, 지자체와 열린평가단은 ‘발전사’에 높은 선호를 보였다. 투자 주체2의 경우에는 농어민, 설비시공업자, 열린평가단은 대부분 ‘지자체’를 선택하였고, 발전사는 ‘농어민’을 지자체는 ‘정부’를 투자 주체로 선택하였다.

이 사업의 유지/관리 주체는 누가 되어야 하는지에 대한 결과는 Table 3에서 확인할 수 있다. 유지관리주체1은 ‘농어민’ 19명 (50.0 %), ‘발전사’ 7명 (18.4 %), ‘정부’ 5명 (13.2 %)

Table 2 A views difference of participants on the investment agents for cost of thermal effluents energy supplying business

(n=38, unit: person, %)

Answers	Participants					Total
	Farmer (Consumer)	Power plant (Supplier)	Constructor	Open appraiser	Local government	
<b>Investment agents 1</b>						
Farmer (Consumer)	2 (28.6)	2 (20.0)	1 (16.7)	-	-	5 (13.2)
Power plant (Supplier)	-	-	-	4 (44.4)	4 (66.7)	8 (21.1)
Constructor	-	-	-	1 (11.1)	-	1 (2.6)
Government	5 (71.4)	7 (70.0)	5 (83.3)	4 (44.4)	2 (33.3)	23 (60.5)
Local government	-	1 (10.0)	-	-	-	1 (2.6)
<b>Investment agents 2</b>						
Farmer (Consumer)	-	4 (40.0)	-	1 (12.5)	1 (16.7)	6 (16.7)
Power plant (Supplier)	1 (16.7)	2 (20.0)	1 (16.7)	-	1 (16.7)	5 (13.9)
Constructor	-	1 (10.0)	-	-	-	1 (2.8)
Government	1 (16.7)	-	-	3 (37.5)	4 (66.7)	8 (22.2)
Local government	4 (66.7)	3 (30.0)	5 (83.3)	4 (50.0)	-	16 (44.4)

%, ‘설비시공업자’ 4명 (10.5%), ‘지자체’ 3명 (7.9%) 순으로 ‘농어민’이 높은 빈도를 보였다. 또한 투자주체2는 ‘발전사’ 14명 (37.8%), ‘설비시공업자’ 9명 (24.3%), ‘지자체’ 8명 (21.6%), ‘농어민’ 6명 (16.2%) 순으로 ‘발전사’가 높은 빈도를 보였다. 유지관리주체1의 경우 설문 응답자인 발전사, 열린평가단 및 지자체는 ‘농어민’의 선호가 매우 높았고, 농어민은 ‘발전사’에 높은 선호를 보였으며, 설비시공업자는 ‘정부’를 선택하였다. 유지관리주체2의 경우에는 농어민 및 열린평가단은 대부분 ‘발전사’를 선택하였고, 발전사는 ‘발전사’와 ‘설비시공업자’의 선택 비율이 같았고, 설비시공업자는 ‘지자체’를 유지관리주체로 선택하였다. 마지막으로 지자체의 경우는 ‘농어민’, ‘발전사’, ‘설비시공업자’에 같은 비율의 선호를 보였다.

온배수 에너지 공급 사업은 누가 어떻게 알리는 것이 옳다고 생각하는지에 대한 분석결과는 Table 4와 같다. 이 사업의 홍보 주체는 농어민의 경우 농림부 중심 (4.14점)으로 “농가소득 증진을 목적으로 PR하는 것이 좋다고 생각한다.”에 가장 높게 평가하였고, 산업부 중심은 3.71점, 부처 간 협업은 3.67점이었다. 발전사의 경우 산업부 중심 (4.1점)으로 “미활용에너지 활용 및 기후변화 대응을 목적으로 PR하는 것이 좋다고

**Table 4** A views difference of participants on the public relations agents of thermal effluents energy supplying business (n=38)

Answers	Main agents of public relations		
	Ministry of Trade and Industry	Ministry of Agriculture and Forestry	Interagency collaboration
<b>Participants</b>			
Farmer (Consumer)	3.71 (0.756)	4.14 (0.690)	3.67 (1.033)
Power plant (Supplier)	4.10 (0.568)	3.50 (0.850)	3.70 (0.823)
Constructor	4.83 (0.408)	5.00 (0.000)	4.67 (0.516)
Open appraiser	4.00 (0.866)	3.67 (1.000)	4.44 (1.130)
Local government	3.80 (1.304)	3.83 (1.169)	4.60 (0.548)
<i>F(p)</i>	1.922	3.310*	2.182

\**p*<.05, \*\**p*<.01, \*\*\**p*<.001

Note 1. 1point(Strongly Disagree)~5point(Strongly Agree)

Note 2. The parentheses indicate the standard deviation.

**Table 3** A views difference of participants on the maintenance & management agents of thermal effluents energy supplying business (n=38, unit: person, %)

Answers	Participants					
	Farmer (Consumer)	Power plant (Supplier)	Constructor	Open appraiser	Local government	Total
<b>Maintenance &amp; Management agents 1</b>						
Farmer (Consumer)	2 (28.6)	7 (70.0)	1 (16.7)	5 (55.6)	4 (66.7)	19 (50.0)
Power plant (Supplier)	3 (42.9)	1 (10.0)	-	2 (22.2)	1 (16.7)	7 (18.4)
Constructor	-	-	2 (33.3)	1 (11.1)	1 (16.7)	4 (10.5)
Government	-	2 (20.0)	3 (50.0)	-	-	5 (13.2)
Local government	2 (28.6)	-	-	1 (11.1)	-	3 (7.9)
<b>Maintenance &amp; Management agents 2</b>						
Farmer (Consumer)	1 (14.3)	1 (10.0)	1 (16.7)	1 (12.5)	2 (33.3)	6 (16.2)
Power plant (Supplier)	3 (42.9)	4 (40.0)	-	5 (62.5)	2 (33.3)	14 (37.8)
Constructor	1 (14.3)	4 (40.0)	1 (16.7)	1 (12.5)	2 (33.3)	9 (24.3)
Government	-	-	-	-	-	-
Local government	2 (28.6)	1 (10.0)	4 (66.7)	1 (12.5)	-	8 (21.6)

생각한다.”에 가장 높게, 부처 간 협업은 3.7점, 농림부 중심은 3.5점으로 평가하였다. 설비시공업자의 경우 농림부 중심은 5점, 산업부 중심은 4.83점, 부처 간 협업은 4.67점으로 대부분 비슷한 점수를 주었고, 열린평가단과 지자체의 경우 각각 4.44점, 4.6점으로 부처 간 협업으로 “어렵지만 함께 PR 해야 한다.”고 가장 높게 평가하였다.

## 2. 온배수 에너지 공급 사업의 인식 분석

설문 대상의 참여 주체별 온배수 에너지 공급 사업에 대한 인식 분석으로, 5가지 키워드인 적합성, 취지성, 경제성, 정책성, 공정성에 대한 답변은 아래와 같다 (Table 5).

세부적으로 살펴보면, 적합성의 경우 농가 소득 향상에 적합한지 ( $p=.001$ ), 기후변화 대응에 기여를 하는지 ( $p=.005$ ), 미활용에너지를 활용한다는 측면에서 온배수 사업은 정부 추진 사업으로 적합한지 ( $p=.006$ )에 대해 확인하였다. 적절성의 모든 항목에서 참여 주체 모두 평균 점수가 4점 내외로 ‘보통이다’ 수준인 3점보다 높았지만, 발전사 (농가소득 3.9점, 기후변화 대응 3.8점, 미활용에너지 4.0점)는 다른 주체에 비해 낮게 평가하는 것을 보여준다.

온배수 에너지 공급 사업의 취지성은 온배수 사업은 공급자들을 도와주는 타당한 사업인지 ( $p=.148$ ), 국가에너지 정책 사업으로 향후 환산 보급되어야 하는지 ( $p=.009$ )에 대해 살펴보았다. 취지의 타당성 부분은 유의하지 않는 것으로 나타났지만, 장래성 부분은 유의한 것으로 나타났다. 설비시공업자 (5점), 열린평가단 (4.11점) 및 농어민 (4점)은 이 사업이 확산 보급되어야 한다고 높은 평가에 비해 낮은 점수는 아니나 상대적으로 발전사 (3.7점)와 지자체 (3.33점)는 낮게 평가되었다. 타당성 부분도 유의하지 않지만 장래성과 비슷하게 나타났다.

한편 경제성 부분에서는 비용/투자 대비 수익/이익 가치 있는지 ( $p=.062$ ), 냉난방 공급으로 에너지 비용 절감 효과가 있는지 ( $p=.009$ ), 온배수 에너지 공급 및 사용에 있어서 정부 지자체 지원 없이 추가로 진행할 의사가 있는지 ( $p=.007$ )에 대해 알아보았고, 연료 절감 및 매력도는 유의하게 나타났다. 참여 주체 모두 설비시공업자 (5점), 지자체 (4.83점), 열린평가단 (4.44점), 농어민 (4.14점), 발전사 (3.9점) 순으로 온배수 에너지가 에너지 비용이 절감 효과가 있다고 평가하고 있으며, 직접적으로 연관되어 있는 사용자와 공급자보다는 다른 주체들이 더 높은 점수를 준 것을 볼 수 있다. 그러나 온배수 사업의 매력도면에서 대부분의 주체가 정부 지자체 지원 없이 진행할 의사는 없는 것으로 나타났다. 발전사 (2.2점), 농어민 (2.57점), 지자체 (2.67점), 열린평가단 (2.89점)으로 4개의 주체가 ‘그렇지 않은 편이다’ 수준인 2점 내외이었지만 설비시공업자 (4.33점)만 매력도에 대해 높게 평가 하였다. 설비시

공업자의 경우 직접적인 투자 입장이 아니므로 정부 지자체의 지원 없이 사업을 진행할 수 있다 평가한 것으로 보인다.

정책성은 온배수 에너지의 현재 정부 REC (Renewable Energy Certificates, 신재생에너지 공급인증서)정책은 타당한지 ( $p=.024$ ), 사업을 위한 정부/공사의 토지 임대 정책은 합리적인지 ( $p=.007$ ), 이 사업에 대한 별도의 정부 부서 및 기구의 역할 및 활동이 꾸준한지 ( $p=.037$ ), 이 사업에서 정부 및 지자체의 지원은 충분히 잘 이루어지고 있는지 ( $p=.222$ )에 대해 확인하였다. 현재 온배수의 REC정책의 타당한지에 대해서는 설비시공업자 (4.67점)가 가장 높았고 발전사 (3.1점), 지자체 (3점), 열린평가단 (2.89점), 농어민 (2.86점) 순으로 중립적인 의견을 보여주었으며, 토지임대정책에 대한 의견은 설비시공업자 (4.33점)를 제외하고 발전사 (2.9점), 열린평가단 (2.89점), 농어민 (2.57점), 지자체 (2.5점)으로 부정적으로 평가하는 편이었다. 정부부서 및 기구의 관리 지속성 또한 설비시공업자 (4.33점)를 제외한 나머지 주체 (지자체 (3.33점), 농어민 (3.14점), 발전사 (2.9점), 열린평가단 (2.89점))는 중립적으로 비슷한 견해를 보였다. 정부 및 지자체의 관리 충분성은 유의미하지 않은 것으로 나왔으나 발전사 (2.7점), 열린평가단 (2.67점)은 약간 부정적으로 평가하였고 지자체 (3.5점), 농어민 (3.43점), 설비시공업자 (3.33점)으로 중립적인 의견을 제시했다.

마지막으로 온배수 에너지 공급 사업의 공정성 부분은 사업의 대상자 선정이 공정하게 이루어졌는지 ( $p=.000$ ), 온배수를 계획, 운영, 활용함에 있어 예산 분배가 적절하다고 생각하는지 ( $p=.046$ ), 이 사업을 통한 수익 분배가 적절하게 이루어졌다고 생각하는지 ( $p=.035$ )에 대해 살펴보았다. 대상자 선정에 대해서는 발전사 (2.8점)의 경우 부정적인 평가를 하였고, 지자체 (4.17점), 설비시공업자 (4점), 열린평가단 (3.78점), 농어민 (3.71점)으로 대상자 선정이 공정하게 잘 이루어진 편이라는 의견을 제시하였다. 예산 분배의 경우 설비시공업자 (4.33점), 농어민 (3.86점), 지자체 (3.83점), 열린평가단 (3.78점), 발전사 (3.3점) 순으로, 수익 분배의 경우 농어민 (3.86점), 지자체 (3.83점), 설비시공업자 (3.67점), 열린평가단 (3.33점), 발전사 (2.80점) 순으로 분배가 이루어지고 있다고 평가하였다. 예산 및 수익 분배 모두 발전사가 가장 낮게 평가하였고, 사용자인 농어민은 공급자의 입장보다는 긍정적으로 평가한 것으로 나타났다.

모든 질문의 응답 분포에서 알 수 있듯이, 모든 질문에 대해서 참여 주체들은 온배수열 에너지 공급 사업에 대부분 긍정적인 대답을 하고 있고, 발전사는 이 사업에 대해서 중립적인 의견을 보이고 있다. 즉 앞으로 온배수와 관련된 사업을 위해서는 긍정적인 의견을 보이지 않는 사람들을 어떻게 설득하고 이끌어 나가야 할 것인지가 관건이다.

**Table 5** A views difference of participants on the thermal effluents energy supplying business (n=38)

Answers	Suitability			Necessity			Economics			Policy			Fairness		
	Farm income	Climate change	Unutilizable energy	Validity	Promise	Efficiency (profit)	Fuel saving	Attractiveness	REC	Land lease	Sustainability	Sufficiency	Select targets	Division of budget	Division of profit
Farmer (Consumer)	4.14 (0.690)	4.43 (0.535)	4.71 (0.488)	3.57 (1.134)	4.00 (1.000)	3.43 (1.397)	4.14 (0.690)	2.57 (1.134)	2.86 (1.215)	2.57 (0.976)	3.14 (0.690)	3.43 (0.976)	3.71 (0.756)	3.86 (0.690)	3.86 (0.690)
Power plant (Supplier)	3.90 (0.568)	3.80 (0.632)	4.00 (0.667)	3.40 (0.843)	3.70 (0.823)	3.00 (0.943)	3.90 (0.568)	2.20 (1.135)	3.10 (1.101)	2.90 (0.994)	2.90 (0.994)	2.70 (1.160)	2.80 (0.632)	3.30 (0.483)	2.80 (0.632)
Constructor	4.67 (0.516)	4.67 (0.516)	4.83 (0.408)	4.50 (0.837)	5.00 (0.000)	4.33 (1.033)	5.00 (0.000)	4.33 (0.816)	4.67 (0.516)	4.33 (1.033)	4.33 (0.816)	3.33 (0.516)	4.00 (0.000)	4.33 (0.516)	3.67 (0.816)
Open appraiser	4.78 (0.441)	4.78 (0.441)	4.78 (0.441)	4.11 (1.167)	4.67 (0.500)	3.78 (0.972)	4.44 (0.882)	2.89 (0.928)	2.89 (1.364)	2.89 (0.782)	2.89 (0.928)	2.67 (0.866)	3.78 (0.667)	3.78 (0.667)	3.33 (1.000)
Local government	5.00 (0.000)	4.50 (0.548)	4.83 (0.408)	3.33 (0.816)	4.50 (0.837)	4.33 (0.516)	4.83 (0.408)	2.67 (1.033)	3.00 (0.632)	2.50 (0.548)	3.33 (1.033)	3.50 (0.837)	4.17 (0.408)	3.83 (0.753)	3.83 (0.408)
F(p)	6.440***	4.571**	4.399**	1.822	4.036**	2.498	4.035**	4.302**	3.234*	4.280**	2.886*	1.511	6.981***	2.726*	2.941*

\* p<.05, \*\* p<.01, \*\*\* p<.001

Note 1. 1point(Strongly Disagree)~5point(Strongly Agree)

Note 2. The parentheses indicate the standard deviation.

### 3. 온배수 에너지 공급 사업의 성과 평가 및 만족도

온배수 사업에서의 주체별 성과를 평가한 결과는 Table 6 과 같다. 사용자인 농어민의 성과에 대한 평가를 보게 되면, 농어민은 자신에 대한 평가를 4점으로 “잘하고 있다”고 생각하고 있고 발전사는 3.8점, 설비시공업자 3.17점, 열린평가단 2.78점, 지자체 2.5점 순으로 평가하였다. 공급자인 발전사의 경우 자신에 대해 3점으로 “보통이다”라고 평가하였고 지자체는 3.5점, 열린평가단 2.89점, 농어민 2.86점, 설비시공업자 2.5점 순으로 평가되었다. 설비 시공업자의 평가는 본인에 대해 2.5점으로 “조금 부족하다”라고 평가한 반면 발전사는 3.5 점, 농어민 3.17점, 지자체 3.17점, 열린평가단 2.78점으로 “보통이다”라는 평가를 받았다. 정부의 경우 농어민 3.71점, 설비 시공업자 3.67점, 지자체 3점, 발전사 2.8점, 열린평가단 2.78 점순으로 평가되었다. 지자체는 자신의 평가를 4.17점으로 “잘하고 있다”라고 평가하였고 설비시공업자는 3.5점, 농어민 3.29점, 발전사 2.8점, 열린평가단 2.67점으로 순으로 평가되었다.

정부의 신재생에너지 공급정책에 힘입어 신재생에너지 이용이 급증했고, 에너지 공급 사업에 참여하거나 참여하고자 하는 입장에서 종합적인 만족도는 어떠할까? 다음 Table 7은 참여주체에 따라 에너지 정책 사업에 대한 만족도를 분석한 결과이다. 분석 결과 만족도에 대해 통계적으로 유의미한 차이가 나타났으며 ( $p=.023$ ), 이 논문의 조사대상자들 중 농어민 보다 발전사의 만족도가 매우 낮게 나타났다. 즉 온배수 에너지를 사용하는 사용자의 만족도는 4.14점으로 만족하고 있다

**Table 7** The satisfaction on the national energy policy business ( $n=38$ )

	Answers	Satisfaction
Participants	Farmer (Consumer)	4.14 (0.690)
	Power plant (Supplier)	2.70 (0.483)
	Constructor	3.33 (1.033)
	Open appraiser	3.56 (0.882)
	Local government	3.67 (1.211)
	$F(p)$	3.258*

\* $p<.05$ , \*\* $p<.01$ , \*\*\* $p<.001$

Note 1. 1point(Very Dissatisfaction)~5point(Very Satisfaction)

Note 2. The parentheses indicate the standard deviation.

고 응답한 반면에, 온배수 에너지를 공급하는 공급자는 2.7점으로 불만족으로 나타났다. 그리고 나머지 조사대상자들인 설비시공업자 (3.33점), 열린평가단 (3.56점), 지자체 (3.67점)으로 대체로 만족한다고 응답하였다.

이러한 결과는 온배수열 사업에 대한 만족도가 사업의 인식 (<표 5> 참조)과 관계가 있다는 것을 보여주고 있다. 공급자의 사업의 낮은 만족도는 사업에 대한 인식도 중립적으로 응답한 것으로 확인되었다. 면접 결과를 통해 공급자 10명의 응답자 중 6명은 이 사업의 경제성 확보를 위한 REC 발급

**Table 6** The performance evaluation of participants on the thermal effluents energy supplying business

( $n=38$ )

Answers	Performance evaluation index				
	Farmer (Consumer)	Power plant (Supplier)	Constructor	Government	Local government
<b>Participants</b>					
Farmer (Consumer)	4.00 (0.577)	2.86 (0.690)	3.17 (0.408)	3.71 (0.756)	3.29 (0.488)
Power plant (Supplier)	3.80 (0.632)	3.00 (1.247)	3.50 (0.850)	2.80 (1.033)	2.80 (1.033)
Constructor	3.17 (0.408)	2.50 (0.837)	2.50 (1.643)	3.67 (0.516)	3.50 (0.837)
Open appraiser	2.78 (0.972)	2.89 (0.782)	2.78 (1.093)	2.78 (0.833)	2.67 (0.866)
Local government	2.50 (0.837)	3.50 (1.049)	3.17 (0.753)	3.00 (0.894)	4.17 (0.408)
	$F(p)$	5.815***	0.845	1.124	2.216
				2.216	3.997**

\* $p<.05$ , \*\* $p<.01$ , \*\*\* $p<.001$

Note 1. 1point(Very Scarce)~5point(Very Well)

Note 2. The parentheses indicate the standard deviation.

가중치의 상향 및 보조금을 통한 정부 지원 확대 정책을 요구하는 것을 알 수 있었다. 공급자의 이러한 의견은 열린평가단(9명중 6명)의 의견과 같음을 확인할 수 있었다.

#### IV. 결 론

본 연구의 목적은 발전소의 미활용 에너지인 온배수열 이용에 대한 수용성을 높이기 위함에 있다. 이에 사용자 및 공급자의 참여를 유도할 수 있는 방안을 고려해야하며, 온배수열 사업의 투자, 유지·관리 및 홍보 주체에 대한 의견, 사업의 취지, 경제, 정책 및 공정성에 대한 인식과 각 주체별 성과 평가 및 만족도에 대한 정확한 조사가 우선적으로 해결되어야 한다. 따라서 발전소 온배수 열 이용에 앞서 이해관계자들인 온배수 사용자, 공급자, 설비업자, 열린평가단 및 지자체의 의견과 수용성 연구는 매우 의미 있다고 할 수 있다.

본 연구에서 설문 응답자 절반 이상은 온배수열 사업의 필요성에 대해서 인지하고 있고 우호적이다. 그러나 온배수열을 공급자는 경제성이나 정책성의 문제로 비관적이며, 특히 REC 인정 범위와 이에 대한 가중치 상향 조정해야 한다고 제안하였다. 이처럼 온배수열 에너지 보급 확대를 위해서는 정부의 의지와 정책적 지원이 중요하다는 것을 알 수 있었다. 또한, 온배수 열원 사용을 위해서는 ‘설치비용 절감’이 중요하다는 것을 알 수 있었는데, 그 동안 사용자들은 정부 및 공급자로부터 지원액을 받아 사업을 진행하였고 이 사업에 대한 만족도 또한 상대적으로 높게 나왔다. 이 점은 온배수열 에너지 보급 확대를 위해서는 정부의 설치비용 지원제도가 지속되어야 함을 어느 정도 시사해준다. 정책적 제도 개선으로 공급자와 사용자의 온배수열 에너지에 대한 인식 향상과 경제성을 동시에 높여야 할 것이며, 이러한 방안을 통해 지역의 여러 구성원들을 참여시킴으로써 집단화 및 규모화하여 온배수열 에너지에 대한 관심을 높이고, 그 지역의 폐열이 지역으로 환원 될 수 있는 지속 가능한 지역 시스템을 만들어야 할 것이다.

마지막으로 무엇보다 온배수열 에너지를 공급하고 이용하는 공급자와 사용자의 인식의 전환이 필수적이다. 온배수열 에너지 이용자들에 대한 교육을 통해 인식 증진과 장기적인 차원에서 운영의 자립이 이루어질 수 있도록 해야한다. 또한 시범 사업의 안정적인 정착을 위한 사후 관리 시스템 구축을 강화하고 정부 부처의 역할보다는 지자체와 공급자, 사용자 간의 정보 공유와 이해 증진, 민관 협력 시스템이 더욱 확대 발전할 수 있도록 홍보 교육관 설치 운영이나 제도적 장치를 마련할 필요가 있다.

온배수열 사업에 관계된 사용자나 공급자 및 이해관계자의

측면에서 환경 및 사회적 가치 인식과 사용 실태나 만족도를 살펴봄으로써 발전소 온배수열 활용 시설하우스 열원 공급 사업의 전국적 확대 보급측면에서 기본적인 사업 운영에 대한 방향성을 제시 할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제임 (과제번호: 20169210100140).

#### REFERENCES

1. Choi, D. H., Korea Energy News. <http://www.koenergy.co.kr/news/articleView.html?idxno=67952>. Accessed 15 Mar. 2013 (in Korean).
2. Choi, Y. S., Energy Economy News. <http://www.ekn.kr/news/article.html?no=206899>. Accessed 15 Mar. 2016 (in Korean).
3. Ryou, Y. S., Y. K. Kang, J. K. Jang, Y. H. Kim, J. G. Kim, and G. C. Kang, 2012. Heat exchanger design of a heat pump system using the heated effluent of thermal power generation plant as a heat source for greenhouse heating. *Journal of Bio-Environment Control* 21(4): 372-378. doi:10.12791/KSBEC.2012.21.4. 372. (in Korean)
4. Joe, S. H., Korea Energy News. <http://www.koenergy.co.kr/news/articleView.html?idxno=86306>. Accessed 02 Dec. 2016 (in Korean).
5. Kim, N. Y., Today energy korea news. <http://www.todayenergy.kr/news/articleView.html?idxno=107310>. Accessed 22 Sep. 2015 (in Korean).
6. Kim, C. J., and W. H. Lee, 2013. Utilization of hot waste water from thermal power plants in Gangwondo province: focus on the fisheries and agriculture fields. Research report 13-42. Chuncheon, Gangwon: Research Institute for Gangwon (in Korean).
7. Kim, J. W., and M. L. Park, 2015. The abandoned thermal effluents from power plant, Utilizing as energy source at horticultural greenhouse. *Korea Rural Community Corporation Rural Research Institute Focus* 44 (in Korean).
8. Lee, J. H., 2015. Energetic and Economic Feasibility Analysis of Utilizing Waste Heat from Power Plant and Incineration Facility for Large-scale Horticulture Facilities.

- Seongbuk, Seoul.: Hanbat National University (in Korean).
9. Lee, K. H., J. H. Lee, and K. H. Lee, 2015. Effects of pipe network composition and length on power plant waste heat utilization system performance for large-scale horticulture facilities. *Korea Society of Geothermal Energy Engineers* 11(4): 14-21. doi:10.17664/ksgee.2015.11.4.014 (in Korean).
  10. Lee, S. J., 2011. A comparative study on local residents' awareness of environmental and social advantages of PV systems in different project sites. *Journal of Cheju Studies* 35(0): 197-235 (in Korean).
  11. Lee, S. S., S. M. Kim, and G. J. Um, 2011. A study on comparative analysis of Socio-economic impact assessment methods on climate change and necessity of application for water management. *Korean Society of Disaster & Security* 4(2): 73-38 (in Korean).
  12. Nam, T. S., 2016. A feasibility study of utilizing hot waste water from thermal power plants by LCOE. Master. Seongbuk, Seoul.: Korea University (in Korean).
  13. Nam, T. S., K. Y. Lee, and K. N. Kim, 2016. A study on the incentive-based strategies for utilization of thermoelectric power plant hot waste water: focusing on the analysis of Levelized Cost of Energy (LCOE). *Journal of Energy Engineering* 25(1): 29-42 (in Korean). doi:10.5855/ENERGY.2015.25.1.029.
  14. Seo, B. S., Korea Economic Magazine. [Http://magazine.hankyung.com/business/apps/news?popup=0&nid=01&c1=1&nkey=2017082101134000091&mode=sub\\_view](http://magazine.hankyung.com/business/apps/news?popup=0&nid=01&c1=1&nkey=2017082101134000091&mode=sub_view). Accessed 23 Aug. 2017 (in Korean).
  15. Um, B. H., and C. S. Ahn, 2018. An economic analysis of the effluent heat supply from thermal power plant to the farm facility house. *Korean Chemical Engineering Research* 56(1): 6-13 (in Korean). doi:10.9713/kcer.2018.56.1.6.
  16. Wie, D. Y., 2017. Thermal Effluents from Power plant, Applications include agriculture, fisheries and horticulture, 22-25. The Electrical works October. Gangseo, Seoul: Korea Electrical Contractors Association.