

온도차에너지의 농어촌 활용을 위한 이용 가능량 및 법제도 분석

김진욱^{1)*} · 류연수²⁾ · 박미란^{3)**}

Analysis of Available Capacity and Relevant Legal System for the Use of Temperature Difference Energy in a Rural Community

Jinwook Kim^{1)*} · Yeonsu Ryoo²⁾ · Milan Park^{3)**}

Received 29 May 2014 Revised 22 July 2015 Accepted 22 July 2015

ABSTRACT There is an ever-growing interest in alternative energy sources, and more and more technologies are becoming viable options as efforts to reduce greenhouse gas production and fossil fuel consumption increase. Unutilized energy has been attracting particular attention as a community based alternative energy source. Temperature difference energy is ubiquitous in nature, and it may be possible to harvest this energy without any significant influence on the local environment.

In this study, we examined reserves and available capacity of temperature difference energy sources(treated sewage, river water, and an agricultural reservoir) for the supply of energy to a rural community.

Reserves and available capacity of treated sewage were 6,555 Tcal/yr and, 4,318 Tcal/yr, respectively, while reserves and available capacity of river water were 192,000 Tcal/yr and 1,632 Tcal/yr, respectively. Agricultural reservoirs returned reserve and available capacity figures of 7,994 Tcal/yr and 141 Tcal/yr, respectively. In addition, we presented a review of legal and systematic considerations which might pave the way for larger scale temperature difference projects in the future. We also suggest a direction for future temperature difference energy based on the current Korean legal system.

Key words Temperature Difference Energy(온도차에너지), Reserves(부존량), Available Capacity(이용 가능량), Legal System(법제도), Unutilized Energy(미활용에너지)

Nomenclature

E : energy reserves, *Mcal/hr*

C_w : specific gravity, $1.0 \text{ Mcal/m}^3 \cdot ^\circ\text{C}$

Δt : temperature difference, $^\circ\text{C}$

W : flow rate, t/h

subscript

COP : coefficient of performance

1) 한국농어촌공사 농어촌연구원 E-mail: jwkim77@ekr.or.kr
Tel: +82-31-400-1840 Fax: +82-31-400-1616

2) 한국농어촌공사 농어촌연구원 E-mail: rsoftwater@ekr.or.kr
Tel: +82-31-400-1714 Fax: +82-31-400-1616

3) 한국농어촌공사 농어촌연구원 E-mail: mipark@ekr.or.kr
Tel: +82-31-400-1833 Fax: +82-31-400-1616

1. 서론

현재 우리나라는 에너지의 안정적 확보와 기후변화 적응

이라는 두 이슈를 해결하기 위해 노력하고 있다. 또한 에너지 소비량은 급속한 증가를 보이고 있는데 에너지원의 사용 비중은 화석에너지와 원자력 등에 편중되어 있다. 농림업 부문에 있어서도 2010년 기준 에너지원 사용 비중이 석유류 57.2%, 전력 35%로 그 의존도가 높은 편이다.¹⁾ 그러나 이러한 에너지원의 의존은 국제 유가에 민감하고, 환경오염 문제 등으로 인해 그 공급을 계속적으로 증가시키는 데에는 제약을 받고 있다. 이에 정부 또한 대체에너지로서의 다양한 에너지원에 대한 개발과 더불어 기존에너지원의 효율 향상에 많은 노력을 기울이고 있다.

최근 신재생에너지와 더불어 지역 밀착형 대안 에너지원으로 주목 받고 있는 것이 미활용에너지이다. 미활용에너지는 도시배열의 관점에서 이용성을 높이기 위하여 다양한 연구와 사업이 진행되고 있지만 아직 농어업 분야에서는 그렇지 못한 것도 사실이다.

따라서 본 연구에서는 미활용에너지 중 농어촌에 적용 가능한 온도차에너지인 하수처리수, 하천수, 농업용저수지의 농어촌지역 부존량과 이용가능량을 분석하였다. 또한 향후 사업화를 위해서는 관련법 및 제도의 분석을 통한 절차의 마련이 필요한 시점이다. 이를 위해 온도차에너지 열원의 취득과 이송·저장, 농어촌 수요처에 대한 관련 법령 등을 검토하고 제시하고자 한다.

2. 연구의 방법 및 절차

본 연구에서는 온도차에너지를 정의하고 농어촌지역에 활용 가능한 에너지인 하수처리장의 하수처리수 열원, 하천수 열원 및 전국 농업용저수지 열원의 부존량 및 이용가능량을 산정하고 향후 사업화를 위한 관련법 및 제도를 검토·정리하는 절차로 연구를 진행하였다.

2.1 온도차에너지 부존량 및 이용가능량 분석 조건

2.1.1 분석 대상

분석 대상 열원은 온도차에너지 중 하수처리수, 하천수 및 농업용저수지를 대상으로 하였으며, 지역적으로는 「농어업·농어촌 및 식품산업기본법」에 정의된 전국 읍·면지역을 대상으로 하였다.

먼저 하수처리수는 동절기에는 수온이 약 12℃ 정도로 외기보다 약 9℃ 정도 높으며 하수 유입량이 거의 일정하며, 수온 또한 외기온도에 비해 변동의 폭이 적은 안정된 열원이라 할 수 있다. 본 논문에서 하수처리수의 열원은 “2012년 공공하수처리시설 운영관리”자료를 기준으로 전국 528개 하수처리장을 대상으로 하였으며, 온도차(Δt)는 5℃²⁾를 적용하여 부존량을 산출하였다. 또한 하수처리수는 각 처리장별 처리방식, 운영패턴, 재이용현황, 기상, 계절 등 다양한 요소에 의하여 변하며, 처리조의 수위와 연동하여 방류하는데 하수처리수 이용가능량은 지역난방시설의 하수처리수 이용량의 평균비율인 30%(용인 32%, 탄천 27.5%, 마곡 30%)를 적용하였다.

하천수를 열원으로 사용하기 위해서는 계절별 하천의 수온, 유량 등의 자료로 부존량을 산정한다. 윤형기(2005)를 참고하여 하천수 부존량 산정 시 유량은 신뢰도 높은 지점을 선별하고 그 지점의 유량자료를 이용하여 다른 지점의 유량을 유추하는 비유량법으로 산출하였으며, 사용된 하천수의 수온이 환경에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 전체 유량의 1%를 이용가능량으로 산정하였고 이용 온도차는 5℃³⁾를 적용하였다.

농업용저수지 열원은 “2013년 농업생산기반정비 통계연보”자료를 기준으로 전국 17,477개소를 대상으로 하였으며, 동절기 최소 온도차인 3℃를 기준으로 부존량을 산출하였다. 이용가능량은 사용된 저수지수의 수온이 환경에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 유효저수량의 1%(미국 코넬대학교 내 Cayuga호수 이용 냉난방시스템 적용 시 0.68%이용을 참고)를 적용하였다.

2.1.2 산출식

부존량은 열에너지 기본 공식인 유량, 비열, 출입 온도차의 곱으로 계산하였다.

$$E = W \times C_w \times \Delta t \quad (1)$$

이용가능량은 물리적 조건, 기술적 조건 등의 제약을 고려하고 현실점 혹은 장래에 개발이 기대되는 에너지량을 말한다. 즉, 냉동기 또는 열펌프를 사용하는 것을 가정하고 온도변화에 따른 성적계수 변화를 고려하여 정의한

다. 여기서는 신·재생에너지 설비심사(GT101)의 물 대 물 열펌프유닛 최소 성능기준인 냉방 COP 4.3, 난방 COP 3.6을 적용하여 산출하였다.

$$\text{냉방} : E_C = \frac{COP}{COP+1} E_{C_{max}} \quad (2)$$

$$\text{난방} : E_H = \frac{COP}{COP-1} E_{H_{max}} \quad (3)$$

2.2 관련 법 제도 검토 방법

온도차에너지의 이용을 위한 열원의 취득, 이송·저장 설비 등의 플랜트 건설, 열원을 사용하는 수요처 등 열원 공급 단계별로 구분하여 관련 법령을 정리하였다. 다만 설비 플랜트 건설은 위치, 규모, 시스템 구성에 따라 각기 다르게 적용되는 점을 고려하여 법령을 정리하는 수준으로만 제시하였다.

Table 1. Treated sewage in a rural community

시·도별	하수처리수 연간수량 (천톤/y)	연간 부존량 (Tcal/y)	이용가능 유량 (천톤/y)	이용 가능량	
				(냉방) (Tcal/y)	(난방) (Tcal/y)
서울특별시	-	-	-	-	-
부산광역시	24,455	122	7,337	30	51
대구광역시	8,395	42	2,519	10	17
인천광역시	3,489	17	1,047	4	7
광주광역시	-	-	-	-	-
대전광역시	-	-	-	-	-
울산광역시	77,380	387	23,214	94	161
세종특별시	8,030	40	2,409	10	17
경기도	294,263	1,471	88,279	358	611
강원도	53,655	268	16,097	65	111
충청북도	151,274	756	45,382	184	314
충청남도	90,538	453	27,161	110	188
전라북도	68,438	342	20,531	83	142
전라남도	89,754	449	26,926	109	186
경상북도	280,959	1,405	84,288	342	584
경상남도	148,628	743	44,588	181	309
제주도	11,680	58	3,504	14	24
합계	1,310,938	6,555	393,281	1,595	2,723

3. 연구 결과

3.1 온도차에너지 부존량 및 이용가능량

3.1.1 하수처리수 열원

전국 528개 하수처리장 중 도시지역에 위치한 하수처리장을 배제한 농어촌 지역의 부존량은 6,555Tcal/y로 산출되었으며, 이용 가능 열량은 4,318Tcal/y였다.

3.1.2 하천수 열원

농어촌지역의 하천수 부존량(우리나라 하천수이용에 기준이 되는 전체 수자원총량은 남한의 연평균 강수량 × 국토면적으로 산정)은 전체 하천수 부존량(192,000Tcal/y) 및 냉난방 이용 가능량(1,633Tcal/y)에 전 국토면적 중 도시지역을 제외한 농어촌지역 면적의 비율인 85.2%를 곱하

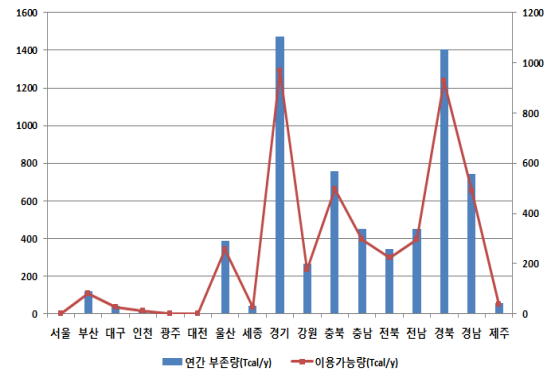


Fig. 1. Reserves & available capacity of treated sewage

Table 2. Existing land use

구 분		면적(m ²)	비율(%)
도시 지역	주거지역	2,209	2.2
	상업지역	258	0.3
	공업지역	914	0.9
	녹지지역	11,370	11.3
	소 계	14,751	14.7
도시외 지역	관리지역	22,844	22.8
	농림지역	49,036	48.9
	자연환경보호지역	6,571	6.6
	용도미지정	129	0.1
	기타	6,856	6.8
소 계		85,436	85.2
합 계		100,187	100

Table 3. Reserves and available capacity of river water

지역	유량 (m³/s)	부존량 (Tcal/y)	이용가능량 (Tcal/y)
서울특별시	387.71	60,485	512.8
부산광역시	67.40	10,660	92.5
대구광역시	103.85	16,430	143.2
광주광역시	10.00	1,586	13.0
대전광역시	84.91	12,217	103.4
울산광역시	6.34	1,003	8.7
경기도	178.92	28,318	236.8
강원도	28.53	4,603	37.9
충청북도	31.93	5,042	43.1
충청남도	92.36	14,601	124.2
전라북도	93.36	14,754	125.4
전라남도	36.94	5,852	48.2
경상북도	63.70	10,046	86.9
경상남도	40.98	6,490	56.4
합계	1,226.93	192,087	1,632.5

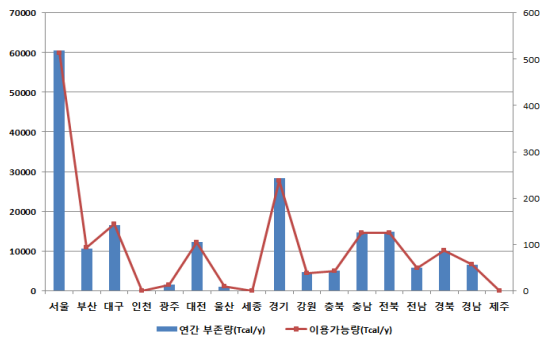


Fig. 2. Reserves & available capacity of river water

여 산출하였다.

산출 결과, 부존량은 163,776Tcal/y, 이용가능량은 냉방으로 1,036Tcal/y, 난방으로 617Tcal/y 이용 가능한 것으로 추정되었다.

3.1.3 농업용저수지 열원

농어촌지역에 위치한 저수지 16,422개소를 대상으로 유효저수량은 2,664,668,000m³이고, 부존량은 7,994Tcal/y 이다. 그리고 이용가능량은 냉방 52Tcal/y, 난방 89Tcal/y 로 분석되었다.

Table 4. Reserves and available capacity of reservoir in a rural community

시군별	농어촌			이용가능량	
	유효저수량 (천m ³)	부존량 (Tcal/y)	이용가능유량 (천m ³)	냉방 (Tcal/y)	난방 (Tcal/y)
부산	1,601	5	16	0.0	0.1
대구	16,023	48	160	0.3	0.5
인천	29,183	88	292	0.6	1.0
광주	-	-	-	-	-
대전	-	-	-	-	-
울산	15,335	46	153	0.3	0.5
세종	5,202	16	52	0.1	0.2
경기	120,984	363	1,210	2.4	4.0
강원	108,224	325	1,082	2.1	3.6
충북	166,870	501	1,669	3.2	5.5
충남	273,216	820	2,732	5.3	9.1
전북	634,338	1,903	6,343	12.4	21.1
전남	675,008	2,025	6,750	13.1	22.4
경북	368,864	1,107	3,689	7.2	12.3
경남	248,831	746	2,488	4.8	8.3
제주	990	3	10	0.0	0.0
총계	2,664,668	7,994	26,647	52	89

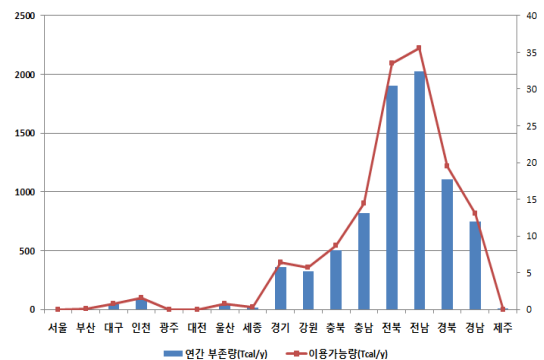


Fig. 3. Reserves & available capacity of agricultural reservoir

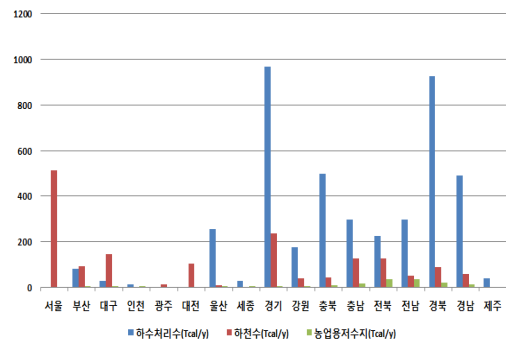


Fig. 4. Available capacity by heat sources

3.2 관련 법 제도 검토

하수처리수, 하천수 및 농업용저수지 열원 활용을 위한 관련 법령을 열원의 취득, 플랜트 건설, 열원을 사용하는 수요처로 구분하여 정리하면 아래 Table 5와 같다.

3.2.1 열원 취득 관련 법령

(1) 하수처리수

「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에서 하수처리수 재이용의 경우 사업시행자가 공공하수도관리청¹⁾과 공공하수도관리청 외의 자로 나누어지며, 공공하수도관리청이 하수처리수를 재이용하거나 이를 필요로 하는 자에게 공급하기 위하여 재이용시설을 설치하려면 환경부장관의 설치 승인을 받아야 한다. 하·폐수처리수 재이용시설을 설치 승인하는 경우에는 국토교통부장관과 미리 협의하여야 한다. 하·폐수처리수 재이용사업자는 하·폐수처리수 재이용시설

이 완공된 후 하·폐수 재처리수의 수질검사를 하고 그 결과를 환경부장관에게 보고하여야 한다. 하·폐수 재처리수를 공급하는 공공하수도관리청 및 하·폐수처리수 재이용사업자는 하·폐수 재처리수를 공급받는 자에게 환경부령으로 정하는 바에 따라 요금을 받을 수 있다.

(2) 하천수

「하천법」에서 하천수는 타인의 권리와 공공의 이익을 침해하지 아니하고 물 관리에 지장이 없는 범위 안에서 사용되어야 하며, 모든 국민이 그 혜택을 고루 향유할 수 있도록 배분되어야 한다. 생활·공업·농업·환경개선·발전·주운(舟運) 등의 용도로 하천수를 사용하려는 자는 국토교통부장관의 허가를 받아야 한다. 국토교통부장관은 허가를 한 때에는 관할 시·도지사에게 통보하여야 한다.

하천의 인근에서 지하수를 채취할 경우 「지하수법」 제7조에 따른 지하수영향조사 결과 하천의 수량에 영향을 미치는 것으로 인정되는 때에는 하천관리청은 그 지하수를 채취하는 자로부터 하천수 사용료를 징수할 수 있다.

(3) 농업용저수지

「농어촌정비법」에서 농어촌용수는 농어촌지역에 필요한 생활용수, 농업용수, 공업용수, 수산용수와 환경오염을 방지하기 위한 용수를 말한다. 용수의 성격을 광의의 농업용수로 해석하여 두가지 방법으로 검토하였다. 첫째는 농업생산기반정비사업 중 농어촌용수개발사업, 또는 그 밖의 농지를 개발하거나 이용하는 데에 필요한 사업으로 시행 가능하다. 그러나 농업생산기반정비사업이 주로 농지의 규모화, 저수지, 양배수장, 방조제 등 시설물 및 농수산물의 생산·가공·저장·유통 시설 등 영농시설의 기반시설정비에 포커스를 맞춘 사업으로 저수지 용수 이용에 관한 사업으로 시행하기에는 성격이 상이하다. 둘째로 농어촌 용수 이용 합리화 계획으로 농어촌정비법 제15조에 의거 농림축산식품부장관은 농어촌용수의 효율적인 개발·이용 및 보전 등을 위하여 농어촌용수 이용 합리화 계획을 세우고 추진하여야 한다. 이 부분에서는 농어촌용수 이용 합리화 계획은 있으나 사업의 절차가 명시되어 있지 않다. 향후 저수지 용수를 이용한 에너지 공급 사업을 하기 위해서는 농어촌정비법의 일부 개정이 필요할 것이다.

Table 5. Relevant legal system

구 분		관련 법령	소관 부처
열원	하수처리수	물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률	환경부
	하천수	하천법/지하수법	환경부
원	저수지	농어촌정비법, 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률	농식품부
		국토의 계획 및 이용에 관한 법률	국토부
플랜트 건설		건축법	국토부
		소방기본법	소방방재청
		산업안전보건법	고용노동부
		고압가스 안전관리법	산업자원부
		전기사업법	산업자원부
		에너지 이용 합리화법	산업자원부
		대기환경보전법	환경부
		소음·진동 관리법	환경부
		수질 및 수생태계 보전에 관한 법률	환경부
	열원 사용 수요처	농어업 농어촌 및 식품산업 기본법	농식품부
신에너지 및 재생에너지 개발 이용보급 촉진 법률		산업자원부	
집단에너지사업법		산업자원부	

1) 하수도법 제18조에 의한 공공하수도관리청은 관할지방자치단체의 장을 말한다.

3.2.2 열원 사용 수요처 관련 법령

(1) 집단에너지 사업법

집단에너지란 많은 수의 사용자를 대상으로 공급되는 열 또는 열과 전기를 말하며, 집단에너지사업이란 난방용, 급탕용, 냉방용의 열 또는 열과 전기를 공급하는 사업을 말한다.

집단에너지사업을 하려는 자는 공급구역별로 사업계획서, 신청인 이력서, 구비서류 등을 제출하여 산업통상자원부장관의 허가를 받아야 한다. 허가를 득한 후 사업자는 산업통상자원부장관이 정하는 기간 내에 공급시설을 설치하고 사업을 개시하여야 한다. 또한 사업자는 사용시설이 기술기준에 맞는지 산업통상자원부령이 정하는 바에 따라 점검하여야 하며, 사업자와 사용자는 집단에너지시설을 기술기준에 맞도록 유지하여야 하며, 안전관리규정을 정하여 사업을 개시하기 전에 산업통상자원부장관에게 신고하여야 한다.

(2) 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법률

2014년 7월 21일 신재생에너지공급의무화제도(RPS)의 이행여건 개선 및 FTA 체결에 따른 농가지원대책의 일환으로 화력발전소에서 발생하는 온배수를 신재생에너지로 지정할 예정으로 관련 설비의 지원 근거 마련을 위해 온배수 활용설비를 신재생에너지 설비로 지정하였다. 제2조 11항에 발전소 온배수를 이용한 에너지설비를 추가하였다. 이후 2015년 3월 30일 시행령을 개정하였는데 해수가 가진 열에너지를 활용하여 농가의 난방열원 등으로 재활용하는 에너지 순환형 모델 보급 활성화를 위해 수열에너지의 기준 및 범위를 설정하여 신재생에너지로 지정하였다. 하천수 등 담수를 활용한 온도차에너지는 해당되지 않았지만

Table 6. Type of community energy supply system

구분	사업 내용	비고
지역난방사업	일정지역내에 있는 주택, 상가 등 각종 건물을 대상으로 난방용, 급탕용, 냉방용 열 또는 전기를 공급하는 사업	5 Gcal/h
산업단지 집단에너지사업	산업단지 입주업체를 대상으로 공정용 열 또는 열과 전기를 공급하는 사업	10 Gcal/h

행후 온도차에너지 이용 확대에 초석이 될 것으로 보인다.

4. 결론

4.1 농어촌지역 온도차에너지 부존량

농어촌지역 하수처리수, 하천수, 농업용저수지 등 온도차에너지의 부존량은 총 178,325Tcal/y로서 부존량이 가장 많은 것은 하천수로 163,776Tcal/y, 다음으로 농업용저수지 7,994Tcal/y, 하수처리수 6,555Tcal/y 순으로 나타났다. 농어촌지역은 자연환경을 배경으로 하는 하천수, 저수지 등의 수열원이 풍부하며, 도시와 관련된 하수처리수의 열량은 상대적으로 적었다.

4.2 농어촌지역 온도차에너지 이용가능량

농어촌지역 온도차에너지의 이용가능량은 전체 6,112Tcal/y이며, 하수처리수 4,318Tcal/y, 하천수 1,653Tcal/y, 저수지 141Tcal/y 순으로 나타났다.

농어촌에서 가장 이용 가능량이 많은 것은 하수처리수였으며, 부존량은 적으나, 양질의 열원으로 이용가능량 측면에서 효과적인 것으로 분석되었다.

4.3 관련 법 검토 결론

해외 선진국에서의 온도차에너지의 신재생에너지 인정

Table 7. Reserves of temperature difference energy in a rural community

구분	단위	농어촌 부존량	비율
하수처리수	Tcal/yr	6,555	3.7%
하천수	Tcal/yr	163,776	91.8%
농업용 저수지	Tcal/yr	7,994	4.5%
합계		178,325	

Table 8. Available capacity of temperature difference energy in a rural community

구분	단위	냉방	난방	합계
하수처리수	Tcal/yr	1,595	2,723	4,318
하천수	Tcal/yr	1,036	617	1,653
농업용 저수지	Tcal/yr	52	89	141
합계		2,683	3,429	6,112

범위는 우리와 비슷한 일본의 경우 신재생에너지로 분류되고 있다. 유럽연합에 속한 국가의 경우 열펌프의 성적계수를 기준으로 적용여부를 판별하고 있으며, 독일, 핀란드, 네덜란드 등에서는 온도차에너지를 이용한 열펌프가 신재생에너지 설비로 지정되어 있다. 이밖에도 독일의 재생에너지법 및 보조금제도, 영국의 신재생에너지 보조금제도 등 재생에너지 확대를 위한 제도적인 강화를 모색하고 있다.

우리나라는 신재생에너지법에 근거하여 보조금지원정책 및 RPS제도로 신에너지 및 재생에너지 관련 사업과 산업 활성화를 유도하고 있다. 본 연구에서 다루고 있는 온도차 에너지는 아직 신재생에너지로 지정되어 있지 않아 지원 대상에서 제외되어 있다. 특히 온도차에너지 중 현재 지역 난방에너지원으로 사용되고 있는 하수처리수의 하수열 이용 시 신재생에너지법의 체계를 따르지 못하고 있는 것도 현실이다. 그러나 최근 발전소 온배수 활용 설비의 신재생에너지 설비 지정에 따라 온도차에너지 이용에 관한 관심은 고조될 것으로 판단된다. 또한 물의 재이용법, 하천법에 하수처리수, 하천수를 이용하기 위하여 취수하는 용도에 열에너지 생산에 관련한 목적이 명기되어 있지 않다. 이는 향후 관련 사업을 시행하기 위해서는 해당 법률 소관부처의 해석을 받은 후 사업이 가능할 것이다.

저수지의 용수를 열에너지원으로 사용하기 위한 제도적 절차가 마련되어 있지 않아 이의 보완이 이루어져야 할 것

이다. 이렇듯 향후 사업화를 위해서는 철저한 경제성 분석과 더불어 근거 규정 마련 및 효율성 측면에서 집단화된 에너지 공급 방안 등이 다각적으로 검토되어야 할 것이다.

후 기

본 연구는 2015년도 한국농어촌공사 농어촌연구원의 연구비 지원으로 수행되었음.

References

- [1] 김연중 외, 2013, “농업용 에너지생산·이용실태”, 한국농촌경제연구원, pp. 18.
- [2] 윤형기, 2005, “미활용에너지 네트워크 실증사업 최적화 연구”, 과학기술부, pp. 141.
- [3] 윤형기, 2005, “미활용에너지 네트워크 실증사업 최적화 연구”, 과학기술부, pp. 109.
- [4] 부경진 외, 2005, “신·재생에너지발전 의무비율 할당제 (RPS) 도입 국제 비교 연구”, 한국신재생에너지학회, 신재생에너지 1(3), 14-23.
- [5] 안형준 외, 2008, “미활용에너지의 경제적 효과 및 보급지원방안 연구”, 한국신재생에너지학회 학술대회논문집 7, 95-98.