

## 데이터센터 냉방시스템 고효율화를 위한 국내 수열에너지 보급 제도 개선에 관한 연구

### A Study on the Improvement of the Water Source Energy Distribution Regulation for High Efficient Data Center Cooling System in Korea

조용(Yong Cho), 최종민(Jong Min Choi)\*†

한국수자원공사 K-water 연구원 수석연구원, \*한밭대학교 기계공학과 교수  
Head Researcher, K-water Institute, Korea Water Resources Corporation, Daejeon 34045, Korea  
\*Professor, Department of Mechanical Engineering, Hanbat National University, Daejeon 34158, Korea

#### Abstract

In this study, the current regulation of the water source energy, one of the renewable energy, was analyzed, and the improvement plan for the high efficient data center cooling system was suggested. In the improvement plan, the design and construction guidelines of the water source energy system permit to adopt the cooling and heating system with or without heat pump. In addition, it should also include the system operated in the cooling mode only all year-round. The domestic test standards to consider the water source operating conditions should be developed. Especially, it is highly recommended that the test standards to include the system with forced cooling and free cooling modes related with the enhanced data center cooling system adopting the water source energy.

**Key words:** Water source energy(수열에너지), Regulation(제도), Test standard(시험규격), Data center(데이터센터), COP(성적계수)

†Corresponding author

E-mail: [jmchoi@hanbat.ac.kr](mailto:jmchoi@hanbat.ac.kr)

접수일: 2021년 07월 31일; 심사일: 1차:2021년 08월 18일, 채택일: 2021년 08월 19일

## 1. 서 론

전세계적으로 기후변화문제의 심각성을 인식하고 이를 해결하기 위해 기후변화에 관한 정부 간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC)가 결성되었으며, 2050년 경에는 탄소중립을 달성하여야 한다는 경로를 제시하였다[1]. 대한민국은 1차에너지 공급량은 세계 9위이며, 석유소비와 전력소비는 모두 7위로 에너지다소비 국가의 위상을 유지하고 있다. 이에 정부에서는 탄소 중립 목표 달성과 에너지 수급 안정성 확보를 위한 목적으로 발전 및 수송용 연료 부문을 중심으로 신·재생에너지 보급 확대 정책을 시행하고 있다. 이에 반해 열공급 부문에 대한 재생에너지 보급 확대정책은 상대적으로 미흡한 실정이었다. 하지만, 유럽 연합 등을 중심으로 온실가스 저감이라는 에너지 전환 정책의 목표 달성에 있어 열공급 부문이 가진 중요성에 주목하여, 해당 부문 내 재생에너지 비중을 확대하기 위한 보급 목표를 수립하고 관련 제도 시행에 따른 효과가 검증되었다. 이로 인해 국내에서도 열 공급 부문 재생에너지 보급 정책 확대 추진의 필요성이 증가하여 수열에너지 부문 등의 확대 등을 진행하고 있다[2, 3]. 수열에너지는 물을 열펌

프의 열원 또는 열침으로 이용하여 얻어지는 열에너지로 정의되며, 현재까지 대부분의 수열에너지 시스템은 해수를 이용하여 건축물의 냉난방 시스템으로 보급되었으며, 2019년부터 하천수가 포함되어 탄소 중립 목표 달성을 위한 건물 부문에 보급 확대 기반을 구축하고 있다. 하지만, 수열에너지 적용에 의한 에너지 소모량 저감효과가 클 것으로 예상되지만 최근까지 지속적으로 에너지 소모량이 증가되고 있는 데이터센터의 적용 사례는 매우 미흡한 실정이다[2, 4].

정보통신 산업의 지속적인 성장으로 데이터센터의 보급이 확대되고 있으며, 공공 부문뿐만 아니라 민간 부문에서 데이터센터의 에너지 수요가 급격히 증가하고 있다. 데이터센터는 다양한 데이터 처리와 저장을 통해 정보통신 장비의 안정적 운영을 목적으로 설계된 시설이다[5, 6]. 데이터센터의 에너지 소비는 정보통신 기기, 냉방 시스템 및 기타 지원 시스템을 운영하는 데 필요한 에너지로 구성된다. 정보통신기기에는 서버, 프로세서, 저장 장치 및 네트워크 장비로 구성된다. 지원 시스템은 무정전 전원 공급 장치, 조명기기, 변압기 및 배전 장치 등으로 구성된다[7]. 데이터센터의 에너지 소비와 CO<sub>2</sub> 배출량은 매년 약 10%와 6%씩 증가하고 있다[8-11]. 데이터센터 총에너지 소모량의 약 52%가 정보통신기기에서 사용되고 있으며, 정보통신기기의 열신뢰성 확보를 위한 냉방기에서 약 40%의 에너지를 소모하고 있다[12-14]. 냉방시스템은 정보통신기기와 서버를 안정적인 작동 상태로 유지하기 위한 냉각시스템으로 사용된다. 따라서 데이터센터의 에너지 소비를 줄이고 정보통신기기의 안정적 운영을 위해서 에너지 효율이 높은 냉방시스템이 도입되어야 한다[14]. 본 연구에서는 기존의 건축물의 냉난방 시스템과 부하특성이 다른 데이터센터에 수열에너지 적용을 위해서 요구되는 신·재생에너지 보급 관련 제도 수립을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

## 2. 수열에너지 보급 현황

탄소중립 목표를 달성하기 위해 친환경 전력 생산뿐만 아니라 재생열에너지 보급의 중요성이 증가함에 따라 전력 및 열공급의 균형과 수요관리의 중요성이 증가하고 있다[2, 15]. 재생열에너지 공급 활성화를 위해 정부 지원하에 재생열에너지 공급 의무화에 관한 연구가 수행되었으며, 건물의 냉난방 시스템으로 재생열에너지 공급 확대 및 세부 시행절차가 수립된 바 있다[16]. 수열에너지 이용 기술은 “표층 해수 및 하천수를 열원으로 열펌프를 이용하여 냉·난방에 활용하는 기술”로 적은 구동에너지를 이용하여 보다 많은 열에너지를 공급하는 고효율의 열변환시스템이다.

수열에너지는 대용량으로 이용이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 수열에너지는 2014년에 산업통상자원부에 의해 “해수온도차 에너지 설비기준”을 마련하여 신·재생에너지 보급 기반이 마련되어 2015년부터 해수를 열원으로 하는 냉난방 시스템이 공공건물 신·재생에너지 설치의무화 사업으로 보급되기 시작하였다. 2019년부터 해수뿐만 아니라 하천수를 정부 제도권에서 수열에너지로 포함하여 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법을 개정하여 신·재생에너지 설비 지원 등에 관한 지침에 “수열에너지 설비”의 시공 기준 등을 마련하여 보급을 진행하고 있다. 현재 해수와 하천수를 포함한 수열에너지는 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법에 의한 주택지원사업, 공공기관 설치 의무화 사업, 건물지원사업, 지방보급사업, 융복합지원사업, 친환경에너지 타운 사업 대상 시스템으로 보급 확산이 추진되고 있다. 수열에너지는 대부분의 신·재생에너지와 같이 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법과 신·재생에너지 설비 지원 등에 관한 지침에 따라 정부지원 및 민간부문에서 설계 및 시공되어 보급되고 있다. Table 1은 정부 지원하에 설치된 수열에너지 보급 현황을 나타내며, 해양수산부의 지원으로 설치된 수열에너지 설비는 대부분 해수를 이용하여 수산양식장에 보급된 수열에너지이며, 산업통상자원부에 의해 보급된 수열에너지는 건물의 냉난방용으로 보급된 것이다[1, 17].

데이터센터는 기존의 상업용, 집단주택, 공공기관 등과 부하특성이 매우 상이하여, 사계절 냉방이 필요한 시스템으로 수열에너지를 이용한 보급 사례는 전무한 실정이다. 데이터센터의 에너지 소모량 저감을 위해 고효율의 대용량 냉방시스템 도입의 필요성이 증가함에 따라 수열에너지를 활용한 시스템의 보급이 절

**Table 1.** Installation capacity supported by government

Government organization	Yearly installation capacity (kW)						Total capacity(kW)
	~2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Ministry of Ocean and Fisheries	141,761	42,120	43,195	41,942	56,797	36,770	362,585
Ministry of Trade, Industry and Energy	5,935.5	0	2,100		2,618		10,653.5
Total	147,696.5	42,120	45,295	41,942	59,415	36,770	373,238.5

대적으로 요구되고 있다.

### 3. 데이터센터 냉방시스템

4차 산업혁명으로 인해 데이터가 미래 산업 발전의 핵심 성장동력으로 대두되고 있으며 인공지능(Artificial Intelligence : AI), 빅데이터 등 관련 신산업의 급부상에 따라 데이터의 다량 생성에 따른 데이터센터의 중요성이 증가하고 있다. 이에 따라 기존의 전통적인 데이터센터 대비 규모가 매우 크며 10만대 수준의 정보통신 서버를 운영하는 20,000 m<sup>2</sup> 이상의 규모를 가진 하이퍼스케일의 데이터센터가 확산되고 있다. 데이터센터는 에너지 집약적이며, 전력밀도가 증가함에 따라 데이터센터 정보통신기기의 열신뢰성 확보를 위한 냉방시스템의 소비전력 증가에 따라 대용량의 고효율의 냉방시스템 기술 개발과 보급확대의 필요성이 지속적으로 증가하고 있다[18, 19].

일반적으로 데이터센터 냉방시스템은 증기압축식 냉방기 또는 냉동기가 사용되었으며, 최근에는 에너지 절감을 위해 증기압축식 냉방기와 저온의 공기열원과 수열의 열원매체를 직접 이용하는 냉방기가 함께 적용되거나 단독으로 적용되고 있다. 증기압축식 냉방기가 적용되는 경우 강제 냉방 운전이라 불리고, 증기압축식 냉방기가 미적용되거나 작동하지 않은 경우에는 자연냉방운전이라 불린다. Table 2는 데이터센터 냉방시스템의 구조를 나타낸다. 증기압축식 냉방기를 적용한 강제 냉방의 경우 냉매사이클의 증발기 또는 냉동칠러에서 생성된 냉각수가 순환하는 열교환기가 데이터센터 내의 공기를 냉각하는 공기조화기 내에 설치되어 데이터 센터 내의 공기를 직접 냉각하는 방식이다[13]. 자연 냉방의 경우 공기열원을 이용하는 경우와 수열원을 이용하는 경우로 분류된다. 공기열원을 이용하는 경우 외기를 직접 도입하는 경우와 별도의 건식 냉각기를 채용하여 냉수가 데이터센터내의 공기조화기 내부에 설치된 열교환기를 순환하면서 데이터센터를 냉각하는 간접열교환하는 방식이 있다. 수열을 이용하는 방식은 해수, 하천수 등의 냉수를 데이터센터 내의 공기조화기의 열교환기로 직접 공급하는 방식으로 에너지 효율이 매우 큰 공기조화 냉방시스템이다. 따라서, 수열을 직접 이용하는 데이터센터용 냉방시스템의 보급 확산을 위한 기술 개발과 실증화 사업 등이 활발히 진행되고 있다[14, 20].

### 4. 수열에너지의 데이터센터 냉방기 적용을 위한 현안 분석

4차 산업혁명을 중심으로 데이터 기반의 산업이 발전하고 있으며, 코로나19에 의해 비대면 산업의 성장이 가속화됨에 따라 데이터센터는 미래 산업의 필수 국가 인프라 설비로 자립 매김하고 있다. 하지만, 데이터센터의 전력량 소모가 매우 커서 그린데이터센터 인증제 등을 통한 에너지 효율지표를 관리해나가고 있다[21]. Table 3은 데이터센터와 일반 건축물과의 열부하 특성을 비교한 것이다. 일반건축물은 외기온도에 따라 부하가 변화되며, 하절기에는 냉방부하가 발생하고 동절기에는 난방부하가 발생한다. 또한, 냉방기와 난방기는 재실자가 있는 경우에 가동된다. 하지만, 데이터센터는 센터 내부에 설치된 정보통신기기

**Table 2.** Data center cooling system

Cooling method	Classification	Type	Data center air cooling device installed in the air handling unit	Characteristics
Forced cooling	Air cooled system	Vapor compression system	Evaporator	· Outdoor unit is composed of compressor, condenser, expansion device
	Chilled water cooling system	Vapor compression system	Heat exchanger	· Chiller is installed at the mechanical room · Heat extracted from condenser to the outdoor heat extraction unit(Dry cooler or cooling tower) · Cold water supply to the heat exchanger in the air handling unit
Free cooling	Free cooling using air	Direct cooling	No heat exchanger	· The outside cold air is drawn to the inside directly
		Indirect cooling	Heat exchanger	· Dry cooler is installed at the outdoor.
	Using water	Direct water cooling	Heat exchanger	· Cold water(sea or river water) is supplied to the heat exchanger in the air handling unit
		Cooling tower	Heat exchanger	· Cold water from cooling tower is supplied to the heat exchanger in the air handling unit

**Table 3.** Comparison of the load characteristics in common building and data center

Items	Common building	Data center
Main heat load	· Outdoor temperature · Solar heat gain · Infiltration	· Internal heat gain such as IT equipments, UPS, and etc.
Operating mode	Cooling	· Summer season
	Heating	· Winter season -
Operating time for heating or cooling system	· Occupant staying time in the space · Working time	· Year-round operation

등에서의 발열부하를 제거하기 위해 연중 무휴로 냉방 운전됨에 따라 에너지 소모량이 매우 크다. 사계절 정보통신기기에서 열부하가 발생하므로 난방을 위한 열공급이 필요없다.

탄소제로 목표를 달성하기 위해 데이터센터의 에너지소모량 저감의 중요성이 증대됨에 따라 데이터센터의 운영 효율성을 향상시키고 에너지효율의 상세 측정과 안정성 개선을 위한 지침 및 표준 등이 개발되고 있으며, 데이터센터 냉방기의 고효율화를 통한 에너지 저감의 중요성이 증대되고 있다. 특히, 사계절 냉방운전됨에 따라 일반건축물의 냉난방 겸용기기로 적용되었던 증기압축식 시스템(열펌프)의 연중 가동에 의한 강제 냉방방식에서 수열원과 같은 저온 열원을 이용한 자연 냉방시스템의 채용 또는 열원 온도에 따라 강제 냉방과 자연냉방이 조합된 하이브리드 냉방시스템을 적용하여 데이터센터의 냉방을 위한 에너지 소모량 확대 방안이 적극 추진되고 있다.

국내에서 수열에너지는 다른 신·재생에너지와 같이 “신·재생에너지 설비 지원 등에 관한 규정과 지침”에 따라 설계, 시공, 사후 관리되고 있다[17]. 해당 수열에너지설비 기준에서 적용범위는 “해수표층 및 하천수(정수처리수 제외)의 열을 이용하는 열펌프 설비에 적용하며, 하천수 직접 열교환 방식은 제외한다”로 규정되어 있다. Table 4는 해수 표층과 여러 가지 형태의 하천수에 대한 하절기와 동절기 온도 분포를 나

Table 4. Temperature range of the water source

Type	Temperature range(°C)	
	Winter season	Summer season
Sea water	8~12	22~26
River stream water	affected by atmospheric air	affected by atmospheric air
Dam water : below 5m from surface	3~7	21~28
Raw water to the purification plant	3~9	19~26

타낸다[22]. 수열원은 하절기에도 대기의 공기온도보다 낮으며, 댐수와 원수의 경우 물의 온도는 9°C 이하를 나타내어 수열원을 이용하여 증기압축식 냉동기(히트펌프 등)의 가동 없이 직접 데이터 센터 냉방이 가능하다. Fig. 1은 공기와 열교환하는 냉각탑을 이용한 데이터센터 냉방기의 구조를 나타낸 것으로 수열에너지의 경우는 냉각탑으로부터 데이터센터에 공급되는 냉각수 온도보다 낮은 온도값을 가지므로 자연냉방이 가능하다. 열부하가 매우 큰 경우에만 증기압축식 냉동기가 운전되는 강제냉방으로 운전되고, 그 외의 경우에는 자연 냉방에 의해 운전되는 하이브리드 시스템으로 운전될 수 있으므로 이를 통해 데이터센터 냉방기의 에너지 소모량을 크게 저감할 수 있다. 하지만, 현재의 “신·재생에너지 설비 지원 등에 관한 규정과 지침”에서의 수열에너지 적용 범위에 대한 기준으로부터 수열에너지는 반드시 히트펌프 유닛을 구비하여야하므로 수열에너지를 데이터센터 냉방기로의 적용에 제한이 있다. 이는 2000년 초반부터 현재까지 수열에너지를 포함한 재생열에너지가 주로 하절기에는 건축물의 냉방을 담당하고, 동절기에는 건축물의 난방을 담당하는 시스템으로 적용되어 연중 사계절 냉방시스템으로 운전되는 데이터센터용 냉방시스템으로의 적용사례가 전무하기 때문인 것으로 분석된다. 그러므로, 연간 6% 이상의 CO<sub>2</sub> 배출량이 증가하고, 향후 15%에서 20%의 연간 에너지 소모량이 증가할 것으로 예상되는 데이터센터의 에너지 저감 및 탄소배출량 감소와 재생에너지인 수열에너지의 보급 활성화를 위해 수열에너지 직접 활용하는 자연냉방시스템 또는 자연냉방과 강제냉방이 조합된 하이브리드 냉방시스템 보급을 위해 열펌프를 반드시 포함해야 하는 현재의 신·재생에너지 보급 제도의 개선이 요구된다. 특히, 열펌프는 증기압축식 사이클의 기본구성품외에 사방밸브 등이 구비되어야하며, 냉난방 운전 모드 변환에 따라 실내열교환기와 실외열교환기의 기능이 증발기와 응축기간에 변화가 발생한다. 이로 인해 응축열량이 증발열량보다 크지만, 열교환기를 동일한 용량으로 설계되므로 시스템 매칭 저하로 인해 냉방 운전 전용 모드로 설계된 시스템보다 비용 및 효율이 저하된다.

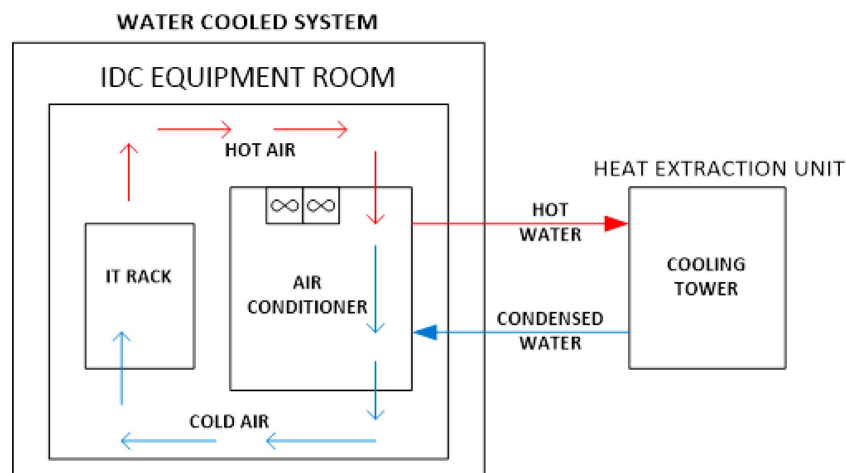


Fig. 1. Schematic of water cooled system[4]

특히, 수열에너지설비의 열펌프 유닛은 KS B 8292-8294 [23-25]에 따라 인증받은 설비를 설치하여야 한다. Table 5는 KS B 8292에 따른 물-물 지열원 열펌프 유닛의 성능 시험 조건과 성능계수(Coefficient of Performance : COP) 기준을 나타낸다. 신·재생에너지원 중에 열펌프 유닛을 채용한 시스템은 지열에너지 설비와 수열에너지 설비이며, 지열에너지 설비가 2000년 초반부터 공급되었고 2015년부터 제도적 보급기반이 마련된 수열에너지설비에서는 유사한 시스템 구성을 가지므로 지열원 열펌프 유닛 인증 기준이 수열에너지 설비에 함께 적용하는 것으로 지침이 수립되었다. KS B 8292에서는 개방형과 밀폐형 지중열교환기 방식에 따라 냉난방 정격시험조건과 최소 성능계수 인증 기준이 다르게 수립되어 있다. Table 6은 수열에너지설비와 관련된 국외 시험표준과 KS B 8292-8294의 시험표준을 나타낸다. 국내시험표준은 지열원 열펌프 성능 시험조건만을 제시하고 있으나, 국외표준은 수열원 열펌프 표준으로 명기하고, 지열원 열펌프와 함께 수열원 열펌프에 대한 별도의 시험규격을 제시하고 있다[26-28]. 특히, 수열원 열펌프 시스템에 대한 정격 시험 조건은 지열원 열펌프 시험 조건과 상이하다. 다만, 국외 규격에서는 열펌프 유닛의 성능계수에 대한 최소 요구 성능을 명기하지는 않았다. 따라서, 국내에서 수열에너지 특성을 반영한 열펌프 등에 대한 KS 표준의 추가 제정 또는 기존의 지열원 열펌프 유닛 시험 표준 개정을 통한 수열에너지 설비에 적합한 시험 규격 마련이 요구된다.

지속적으로 에너지소비량이 급증함에 따라 고효율의 데이터센터 냉방기의 개발 및 보급을 위한 성능 기준은 최근에 미국에서 제정되었다. AHRI 1361[29]은 2017년에 제정되었으며, 이를 개정하여 ANSI/ASHRAE 127[30]이 2020년도에 제정되었다. 이 규격에서는 공기열원, 수열원, 냉각탑 이용 시스템에 대한 데이터센터용 냉방기의 시험 조건과 방법을 제시하고 있다. 하절기 냉방운전과 동절기 난방운전되는 기존의 일반적인 열펌프 및 공기조화기와는 달리 사계절 냉방운전되는 데이터센터 냉방기의 운전 특성을 반영하여 계절별 온도 변화를 고려한 연간 냉방 시험조건을 제시하고 있다. 특이할 만한 것은 기존의 시험 규격에서는 냉방 및 난방 각각의 정격 운전 조건에서의 정격 용량과 정격 성능계수(COP)를 산정하였으나, 데이터센터 냉방기 시험 규격에서는 연간 수열에너지 등의 열원 변화를 고려한 4개의 시험조건에서의 개별 성능계수를 산정하고 기상조건 등을 고려한 가중치(Weighting factor)를 산출하여 데이터센터 냉방기의 연

**Table 5.** Test condition and certification criteria(KS B 8292)

Operating mode	System	Entering water temperature(°C)		COP criteria
		Load side	Heat source side	
Cooling	Open loop	12	15	5.04
	Close loop	12	25	4.31
Heating	Open loop	40	10	3.78
	Close loop	40	5	3.62

**Table 6.** Domestic and international standards for water source heat pump

Classification	Standard	Specified test condition(rated)			Performance requirement
		Ground water (Open loop)	Ground loop (Closed loop)	Water source	
Domestic	KS B 8292	O	O	X	O
	KS B 8293	O	O	X	O
	KS B 8294	O	O	X	O
International	ISO 13256-1	O	O	O	X
	ISO 13256-2	O	O	O	X
	AHRI-320	X	X	O	X

간 효율을 대표하는 ICOP(Integrated coefficient of performance)을 산정할 수 있도록 하였다. ICOP는 데이터센터 냉방기의 연간 효율을 나타내는 대표 단일 성능계수이다.

데이터 사용의 증가에 따라 데이터센터의 에너지 소비량 및 탄소배출량 증가에 대응하기 위하여 데이터센터 에너지 소비의 약 40% 이상을 점유하고 있는 데이터센터 냉방기의 효율 향상을 위해 수열원의 활용과 함께 기존의 증기압축식 냉방기와 달리 열원 조건에 따라 증기압축식 사이클이 가동되는 강제냉방과 수열만을 이용하여 직접 냉방하는 자연냉방 시스템이 조합된 데이터센터용 하이브리드 냉방기 또는 자연냉방만을 수행하는 데이터센터용 냉방기의 개발 및 보급이 확대되고 있다.

국내에서도 데이터센터의 에너지 절감을 위해 그린데이터센터 등의 평가 기준을 강화함에 따라 데이터센터의 냉방에너지 저감을 위해 수열에너지설비를 적용한 냉방기의 보급 활성화 및 기술 첨단화를 위해 “신·재생에너지 설비 지원 등에 관한 규정과 지침”의 개정과 함께 여기에 적용하기 위한 수열 이용 데이터센터 냉방기에 관한 KS 시험 표준 등의 제정이 요구된다.

#### 4. 결 론

데이터 기반의 산업 발전에 따라 데이터센터의 에너지 소모량이 급증하고 있다. 데이터센터 에너지 소비의 약 40%를 담당하고 있는 데이터센터 냉방기의 고효율화를 위한 수열에너지 관련 제도 및 현황을 분석하고, 다음의 결론을 얻었다.

(1) 수열에너지를 이용한 데이터센터 냉방기는 일반 건축물의 열펌프 시스템과 달리 사계절 연중 무휴로 냉방 운전되는 특성을 가지고 있다.

(2) 사계절 냉방 운전되는 데이터센터 냉방기는 저온의 수열을 이용한 자연냉방시스템 또는 증기압축식 강제 냉방과 자연냉방 운전될 수 있는 하이브리드 냉방시스템으로 에너지 절감이 가능하다.

(3) 그러므로, 수열에너지설비의 국내 설계, 시공, 사후 관리에 관한 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법과 신·재생에너지 설비 지원 등에 관한 지침에서 규정된 열펌프 시스템의 필수 적용 규정에 대한 개정 검토가 필요하다.

(4) 또한, 현재 관련 규정에는 지열원 열펌프 유닛에 대한 성능 평가 및 성능 기준인 KS B 8292-8294가 수열에너지 설비에 적용되고 있는데, 수열에너지에 적합한 시험 조건을 반영한 새로운 열펌프 시험 표준 제정이나 해당 표준의 개정이 절실히 요구된다.

(5) 최근 다양한 열원 적용 데이터센터 냉방기 시스템에 대한 연간 성능 평가 시험규격이 제정되어 있으므로 이를 기반으로 국내 기후 환경에 적합한 수열에너지 적용 데이터센터 냉방기에 대한 시험 규격 제정으로 데이터센터 냉방기의 개발 방향 수립과 고효율화의 기반을 구축하는 것이 시급히 필요하다.

#### 후 기

본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 환경기술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다(1485017248).

#### References

1. Korea Government, 2020, Strategy on net carbon zero for Korea 2050, National Report, Korea.
2. MOTIE, KEA, 2020, New & renewable energy shite paper, Energy, Korea Energy Agency, Korea
3. Park, Y., 2019, Dissemination policy status and implications of renewable energy for EU heat supply(cooling and heating) sector, National Assembly Research Service Report, Korea.
4. Amoabeng, K. O., and Choi, J. M., 2016, Review on cooling system energy consumption in internet data centers,

- International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration, Vol. 24, No. 4, 1630008.
5. Lu, T., Lü, X., Remes, M., and Viljanen, M., 2011, Investigation of Air management and Energy performance in a data center in Finland: Case study, *Energy and Buildings*, Vol. 43, pp. 3360-3372.
  6. [http://www.nttwt.com/en/businessdomain/dcf\\_image.html](http://www.nttwt.com/en/businessdomain/dcf_image.html).
  7. Koomey, J., 2011, Growth in data center electricity use 2005 to 2010, A report by Analytical Press, completed at the request of The New York Times. 2011.
  8. Gartner, 2017, Green IT: the new industry shock-wave, In: Symposium/ITXPO, U.S.A.
  9. Marcinichen, J. B., Olivier, J. A., and Thome, J. R., 2012, On-chip two-phase cooling of data centers: Cooling system and energy recovery evaluation, *Applied Thermal Eng.* Vol. 41, pp. 36-51.
  10. Kumar, R., and Mieritz, L., 2007, Conceptualizing green IT and data center power and cooling issues, Gartner research paper no. G00150322, U.S.A.
  11. Ebrahimi, K., Jones, G. F., and Fleischer, A. S., 2014, A review of data center cooling technology, operating conditions and the corresponding low-grade waste heat recovery opportunities, *Renewable and Sustainable Energy Review*, Vol. 31, pp. 622-38.
  12. Alexander, M., 2016, Data center CCP reducing cost and carbon emissions, Group Marketing and Compliance Manager, <https://www.clarke-energy.com/2016/data-centre-ccp-reducing-cost-carbon-emissions/>.
  13. Capozzoli, A., and Primiceri, G., 2015, Cooling systems in data centers: state of the art and emerging technologies, *Energy Procedia*, Vol. 83, pp. 484-493.
  14. Hainan, Z., Shuangquan, Shao., Hongbo, X., Huiming, Z., and Changqing, T., 2014, Free cooling of data centers: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 35, pp. 171-182.
  15. Kang, S., Lee, K., Do, S.L., and Choi, J.M., 2019, A study on the monitoring methods for energy production in ground source heat pump system, *Transactions of the KSGEE*, Vol. 15, No. 2, pp. 10-16.
  16. Korea Energy Agency, 2014, A study on the distribution plan of renewable heat obligation(RHO) for building, Report of Korea Energy Agency, Yongin, Korea.
  17. MOTIE, 2018, Standards of support, installation, and management for new and renewable energy system, Report of Korea Ministry of Trade, Industry and Energy Announcement, 2018-1, Korea.
  18. Masanet, E., Shehabi, A., Lei, N., Smith, S., and Koomey, J., 2020, Recalibrating global data center energy-use estimates, *Science*, Vol. 367, No. 6481, pp. 984-986.
  19. Cho, J., and Kim, Y., 2021, Development of modular air containment system: Thermal performance optimization of row-based cooling for high-density data centers, *Energy*, Vol. 231, Paper No. 120838.
  20. Siriwardana, J., Jayasekara, S., and Halgamuge, S.K., 2013, Potential of air-side economizers for data center cooling: a case study for key Australian cities, *Applied Energy*, Vol. 104, pp. 207-219.
  21. Song, J., 2019, Green data center certification program, Korea Data Center Council, [http://kdcc.or.kr/bbs/board.php?bo\\_table=sub6\\_4](http://kdcc.or.kr/bbs/board.php?bo_table=sub6_4).
  22. K-Water, 2013, Feasibility study and business model development for temperature difference heating and cooling systems. Report of K-watert, Korea.
  23. KATS, 2015, Water-to-water ground source heat pump unit; KS B 8292, Korea Agency for Technology and Standards(KATS), Chungcheongbuk-do, Korea.
  24. KATS, 2016, Water-to-air ground source heat pump unit; KS B 8293, Korea Agency for Technology and Standards(KATS), Chungcheongbuk-do, Korea.
  25. KATS, 2016, Water-to-air ground source multi-heat pump unit; KS B 8294, Korea Agency for Technology and Standards(KATS), Chungcheongbuk-do, Korea.
  26. ISO, 1998, Water source heat pumps-testing and rating for performance-Part 1 : Water-to-air and brine-to-air heat pumps, International Standards Organization. ISO 13256-1, Switzerland.
  27. ISO, 1998, Water source heat pumps-testing and rating for performance-Part 2 : Water-to-water and brine-to-water heat pumps, International Standards Organization. ISO 13256-2, Switzerland.
  28. AHRI, 1998, Water-source heat pumps, Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute. AHRI-320. U.S.A.



29. AHRI, 2017, Performance rating of computer and data processing room air conditioners, Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute. AHRI 1361, U.S.A.
30. ANSI/ASHRAE, 2020, Method of testing for rating air-conditioning units serving data center(DC) and other information technology equipment(ITE) spaces, American National Standards Institute/American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers Inc., ANSI/ASHRAE 127, U.S.A.