

## 공업용수 공급량 산정의 적정성에 대한 평가

장진혁<sup>1</sup> · 장형준<sup>2</sup> · 이호진<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>충북대학교 토목공학부 교수, <sup>2</sup>협성 대표, <sup>3</sup>충북대학교 토목공학부 박사과정

## Evaluation of the Water Supply in the Industrial Complex

Jin Heaok Jang<sup>1</sup>, Hyung Joon Chang<sup>2</sup>, and Ho Jin Lee<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Professor, School of Civil Engineering, Chungbuk National University

<sup>2</sup>Representative, Hyeopseong Co.

<sup>3</sup>Doctorate Student, School of Civil Engineering, Chungbuk National University

### 요약

공업용수 공급의 적정성평가는 산업단지 건설의 핵심 요소이다. 본 연구에서는 옥산산업단지를 대상으로 산업단지의 계획 및 조성과 입주기업의 운영 이용률에 따라 공업용수 공급량에 대하여 조사하였다. 공업용수 공급량 산정을 위하여 급수계획 수립 시 기초자료와 토지이용계획 분석을 이용하였으며, 공업용수 산정의 기초가 되는 산업별 기본단위 적정성을 평가하였다. 또한, 청주시 내 산업단지 중 연구 대상지역으로 선정된 옥산 산업단지대상으로 공업용수 사용량 자료와 산업별 원단위를 의 실제 자료에 대하여 비교 평가를 수행하였다. 연구 결과, 공업용수 침투부하율을 실 사용량과 비교하였을 경우, 침투 부하율이 2배 이상 차이가 나는 것으로 조사되었으며, 실제 공업용수 사용량과 차이가 있는 것을 확인하였다. 또한, 용수를 적게 사용하는 산업에서의 원단위는 증가하는 것으로 확인하였으며, 용수를 많이 사용하는 산업의 원단위는 크게 감소함을 확인하였다.

핵심용어: 공업용수, 공급량, 산업단지, 원단위, 옥산

### ABSTRACT

The adequacy of industrial water supply is one of the core elements of the construction of industrial complexes. This study examined the supply of industrial water through various ways, according to the planning and creation of industrial complexes and the operating utilization rate of tenant companies oksan industrial complex. As for calculating the supply of industrial water and establishing water supply plan, the basic data analysis and the land use plan are utilised. The adequacy of calculating the basic unit by industry, which is the basis for calculating industrial water, was evaluated. In addition, analyzed industrial water usage data and the raw unit of each industry was compared with the actual data from the Oksan Industrial Complex, which selected as the research target area among the industrial complexes in Cheongju-si administrative districts, where actual data can be secured. The result of the study shows that the peak load rate of industrial water was found to have the peak load of more than twice as the result of analyzing the actual usage, and the basic unit of industrial water industry showed a significant difference from the actual usage. In particular, the decreasing rate of the basic units was significant comparing the increasing rate of basic units. In addition, the raw unit of the industry that uses more water decreased significantly, and the raw unit of the industry that uses less water increased slightly.

**Keywords:** Industrial water, Amount of supply, Industrial complex, Unit, Oksan

\*Corresponding author: Hyung Joon Chang, hjchang@hyeopseong.com

Received: 20 June 2022, Revised: 25 June 2022, Accepted: 29 June 2022



## 1. 서론

우리나라는 인구증가에 따른 각종 사회문제 해소와 도시, 경제발전을 도모하고자 신도시 개발, 도로 교통망 구축, 산업단지 조성, 상수도 공급, 하수 및 폐수 처리 등의 다양한 국토개발사업 및 사회 기반시설을 구축하고 있다. 이 중 공업용수 공급은 경제발전의 많은 부문을 차지하고 있는 산업 발전의 원동력이다. 또한, 상수관망 확충은 인간의 삶을 유지하는 중요한 시설이라고 할 수 있다. 현재 우리나라의 상수도 공급망의 확충은 수도정비기본계획에 의거하여 각 지자체에서는 10년주기로 작성하고 5년주기로 타당성을 검토하여 변경하되, 계획의 목표연도는 20년 후로 하고 5년마다 구분된 4단계로 계획을 수립하고 있으며, 해당 지역의 일반 수도 및 공업용 수도를 적정하고 합리적으로 설치·관리하기 위한 종합적인 계획이다 (Ministry of Environment, 2018). 또한, 지구 평균기온은 지속적으로 상승하고 있으며, 기후변화로 인한 가뭄 발생 빈도 증가와 수질오염으로 사용가능한 깨끗한 물이 줄어들면서 향후 물 부족 문제가 심화될 것으로 분석되고 있다(기후변화에 관한 정부간 협의체(Korea Meteorological Administration, 2014).

공업용수의 수요는 생활용수나 농업용수와는 달리 계절이나 기온변화에 크게 변화가 없고, 그 대신 산업활동 수준, 생산 기술 패턴, 산업구조등의 변화에 크게 좌우되며, 그 이용 특성상 공업시설이 밀집되어 있는 대도시지역과 중화학 공업단지, 반도체 및 패널 생산지역이 있는곳에 편중 되어 있다.

국내의 공업용수 수요예측 연구는 단순 희귀방정식이나 부지면적에 용수 원단위를 적용하여 계산하고 있다. 따라서 공업용수 소비패턴이나 물질약 기술의 변화를 반영하지 못하여 과대평가 되는 경향도 있었다(Kwak, 1999).

공업용수의 경제적 가치추정과 관련하여서는 공업용수의 경제적 가치에 대한 정보는 학술적 연구 분야뿐만 아니라 정책 평가 영역에서도 광범위하게 요구되고 있어 경제이론에 근거하여 수종별 공업용수의 경제적 가치를 추정하고자 전국 국가 산업단지 및 지방산업단지등에 위치한 제조업체를 대상으로 공업용수의 경제적 가치를 추정하되 원수, 침전수, 정수등 수종별로 구분된 경제적 가치를 도출하였다(Lee et al., 2010).

또한 생활용수 및 공업용수 실 이용량을 조사 및 분석하여 용수의 합리적인 개발, 이용과 배분등 국가 물관리 정책을 수립하고 향후 장기적이고 안정적인 용수공급계획과 균형적·안정적 용수 배분을 목표로 하는 종합적 수자원 정책을 수립하는데 기초자료를 제공하고자 하였다(Park et al., 2012).

산업단지 제조업 부분의 공업용수 원단위와 관련하여서는 통계분석을 통해 원단위를 산정하고 기존 산업단지에 적용함으로써 실제 이용량과 예측량을 비교 분석하였고 원단위를 이용하여 합리적인 수요예측을 유도하고 체계적인 산업단지 기반시설 수립을 위한 기초자료로 활용하고 수도시설 계획 및 설계의 적정을 기하고자 하였다(Song, 2010).

따라서 본 연구에서는 이와 같은 공업용수 문제를 해결하기 위한 정보를 제공하기 위해서 공업용수 공급에 영향을 주는 원단위와 기존 산업단지의 운영 자료를 수집하고 분석하였으며, 분석결과를 실제 사용량과 비교하여 공업용수 공급량 산정의 적정성에 대하여 평가하였다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 공업용수 공급량의 도출 및 결정방법

도시발전과 함께 국토개발의 일환으로 산업단지 또한 지역별로 조성면적이 상이하고 입주업종에 따라 특성화되어 산업 단지가 조성되고 있으며, 이에 따라 한정된 수자원에서 점점 공업용수 공급량은 부족해지고 향후 몇 년이 지나면 공업용수 부족이 예상되는 지역이 많아질 것이다.

공업용수 수요량 산정은 기존 사용중인 시설의 공업용수 실사용량과 공업용수 수요처의 가동률을 고려하여 산정하고, 신규 개발예정인 산업단지는 유사시설의 과거 용수 사용량에 따른 부지면적당 원단위나 '상수도 수요량 예측 업무편람'에서

제시한 업종별 부지면적당 원단위등을 검토하여 산정한다. 공업용수는 제조업의 작업공정에서 원료용수, 제품처리용수, 세정용수, 보일러용수, 냉각용수 등 제품을 생산하는 설비의 가동, 세척, 냉각 등에 사용되는 용수를 말하며, 공급관의 노후도 등을 근거로 하여 필요할 경우 실사용량에 계획 유수율을 고려하여 최종 공급량을 산정한다. Table 1은 제조업 24개의 업종별 부지면적당 원단위를 나타내고 있다(Ministry of Environment, 2018).

**Table 1.** Unit of land area of 24 industries in the manufacturing industry

Category	Type	Unit per land area (m <sup>3</sup> /1,000m <sup>2</sup> · day)	Category	Type	Unit per land area (m <sup>3</sup> /1,000m <sup>2</sup> · day)
C10	Groceries	11.13	C22	Rubber and plastic products	4.64
C11	Beverage	6.94	C23	Nonmetallic mineral products	4.31
C12	Cigarette	-	C24	Primary metal	3.66
C13	Textile products; excluding clothing	36.20	C25	Metalworking products; excluding machinery and furniture	6.47
C14	Clothing, clothing accessories and fur products	13.90	C26	Electronic components, computers, video, sound and communication equipment	14.62
C15	Leather, bags and shoes	32.71	C27	Medical, precision, optical instruments and clocks	19.35
C16	Wood and wood products; excluding furniture	1.88	C28	Electrical equipment	6.24
C17	Pulp, paper and paper products	3.22	C29	Other machinery and equipment	4.95
C18	Printing and recording media replication business	9.51	C30	Cars and trailers	3.59
C19	Coke, briquette and petroleum refining	2.68	C31	Other transportation equipment	2.89
C20	Chemicals and chemicals (excluding medicines)	8.08	C32	Furniture	2.18
C21	Medical Substances and Medicines	9.82	C33	Other Products	10.05

## 2.2 공업용수 수요 증가

공업용수 수요량 발생시기 관련에서는 산업단지의 가동률과 입주율에 따른 적정 공업용수 수요 발생기간이 고려되지 않아 수도시설의 적정규모 산정 및 공업용수의 적기투자계획 수립이 곤란하므로 수자원부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(Korea Development Institute, 2008) 및 공업용수 수요 추정인자 기초조사 및 개선방안 수립연구(Ministry of Land, 2012) 결과와 비교·검토하여 연도별 경과시점에 따른 수요량을 산정한다.

수자원부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(Korea Development Institute, 2008)에서는 계획(신규 및 확장) 산업단지의 개발사업 완료 후 경과시점에 따라 단계별 공업용수 수요량의 적용기준을 Table 2에 제시하였다.

**Table 2.** Application Criteria for Industrial Water Demand by Time of Expiration

Category	The elapsed time after completion of the industrial complex development project		
	1year	5year	10year
Amount of demand for industrial water	30% of the demand	50% of the demand	100% of the demand

또한, 공업용수 수요 추정인자 기초조사 및 개선방안 수립연구(Ministry of Land, 2012)에서는 산업단지 조성완료(준공) 후 산업단지별로 공업용수 수요 증가율에 대한 예측방법을 제시하였고, Table 3은 산업단지 조성완료 후 산업단지별 공업용수 증가율을 제시하였다.

**Table 3.** Industrial Water Demand Growth Rate

Category	Industrial Water Demand Growth Rate (%)										
	1year	2year	3year	4year	5year	6year	7year	8year	9year	10year	11year
National, General industrial complex	69	74	76	80	84	93	100				
An agricultural and industrial complex	67	68	70	74	78	79	81	83	87	95	100
Average	67	69	72	76	80	84	88	92	96	100	

산업단지 조성 당시의 자료 및 상위계획상 자료 분석 등을 토대로 기존 공급량을 확인할 수 있으며 새롭게 산정된 용수량 비교하여 과 부족량을 산정할 수 있다. 과한 용량일 시에는 별도의 공급시설 확충 계획이 필요 없으나 실질적으로 대부분 산업단지의 경우 계획 당시의 수수량에 비해 업체 가동률 및 공업용수 사용량이 적은 것이 대부분이다. 그러나 신규 산업단지의 경우는 수원 확보에 어려움이 있으며, 입주 기업체의 요구 수량 및 수질이 높아져 대체 수원 확보 및 수자원 재이용을 통해 공업용수 부족량을 충족시켜야 하며, 상수원 조사 및 광역상수도 조사 등을 다시 검토 분석하여 수급 계획을 수립하여 최종 공업용수 공급량을 결정하고 이에 따른 시설 확충으로 이어지게 된다.

앞의 공업용수 공급량 결정 과정을 살펴보면 토지이용 면적과 업종별 원단위가 공업용수 공급량을 결정하는 데 있어 가장 중요한 인자임을 알 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 산업단지의 사례를 통해 조성당시 토지이용 면적 및 업종별 원단위를 적용하고, 그러한 업종별 원단위로 결정되어진 공업용수 공급량이 실제 사용량과 어느 정도의 차이를 보이는지를 알아보았다.

### 3. 연구대상 지역

#### 3.1 옥산산업단지 사례연구

본 연구에서는 청주 옥산산업단지 사례를 통해 토지이용계획에 의거하여 관련 산업단지 실시계획 보고서에 적용된 원단위 및 관련기준을 검토하였고, 면적과 원단위는 어떻게 적용되었는지를 설계도서에서 검토 후 현재 사용 중인 공업용수 사용량이 적정한지 확인 하였으며, 이를 통해 공업용수 공급량 산정의 원단위 적정성을 평가하였다.

청주시 행정구역내 2021년 20개의 산업단지 조성 현황을 조성 상태와 지정 면적으로 정리하여, Table 4에 제시하였으며, 20개의 산업단지 중 표본을 결정함에 있어서 산업단지의 특성, 조정시기 등을 고려하여 결정하였다.

청주, 오창, 오송의 경우는 사업이 마무리되지 않은 점과 순수 산업단지가 아닌 복합단지로 구성되어 배제하였으며, 오송 화장품 및 첨단문화 경우는 특정한 목적의 단일 단지로 업종의 다양성이 없으며, 기타 조성중인 단지와 미개발 산업단지는 배제하였다.

따라서, 본 연구에서는 조성이 완료된 옥산산업단지를 연구대상지역으로 결정하였다. 옥산산업단지는 산업단지뿐만 조성된 특이점을 가지고 있을 뿐만 아니라, 입주업체들이 생산활동을 시작하여 몇 년의 기간을 거친 특징을 가지고 있다.

**Table 4.** Industrial Water Demand Growth Rate

Complex	Composition Status	Area (1,000 km <sup>2</sup> )	Complex	Composition Status	Area (1,000 km <sup>2</sup> )
Cheongju Regeneration Project District	Completion	4,099	Osong Second Life Sciences	Under construction	3,284
Cheongju Technopolis	Under construction	3,797	Guksa	Undeveloped	956
Ochang science	Completion	9,450	Ochang Technopolis	Under construction	1,494
Ochang Science 2	Completion	8,644	Ochang 3	Completion	576
Ochang (foreigner)	Completion	806	Nam cheongju	Under construction	1,051
Ochang 2	Completion	1,390	Seo Ochang Techno Valley	Undeveloped	901
Hyundo	Completion	719	Osong Cosmetics	Undeveloped	795
Oksan	Completion	1,364	Cheongju High Tech Valley	Undeveloped	1,003
Aeropolis 2nd District	Under construction	321	Bugi	Undeveloped	1,012
Gandnae	Completion	69	Cheongju City Advanced Culture	Under construction	39

### 3.2 옥산산업단지 공업용수 공급량 분석

옥산산업단지는 국내외 환경변화에 능동적으로 대처하고 청주시(구 청원군) 산업구조 변화에 선도적 역할을 수행하며 저렴한 산업시설용지 공급을 통한 지역경제기반 육성 및 내륙의 중심지로 도약하기 위하여 조성하는 산업단지로 ‘산업단지 인허가 절차 간소화를 위한 특례법’14조 규정에 의거 산업단지 지정 및 조성을 한 산업단지이다. 옥산 산업단지는 청주시 옥산면 호죽리, 국사리 일원에 1,363,820 m<sup>2</sup> 면적으로 2008년부터 2014년 12월까지 민간개발 방식으로 조성 되었다. Fig. 1은 옥산산업단지 현황도를 나타내고 있다.

**Fig. 1.** Current Status Chart of Oksan Industrial Complex

옥산산업단지는 산업시설용지와 공공시설용지가 대부분으로 전체면적의 99.2%로 구성되어 있으며, 산업시설용지는 743,296 m<sup>2</sup>로 54.5%이고 공공시설용지는 609,240 m<sup>2</sup>로 44.7%로 조성 되었다. 본 연구에서는 고시된 ‘옥산산업단지 조성공사 실시계획’에 수록된 토지이용계획표와 토지이용계획도를 이용하여 공업용수 공급량을 산정하였다.

옥산산업단지의 총 용수수요량은 11,153 m<sup>3</sup>/일(생활용수 936 m<sup>3</sup>/일 + 공업용수 10,217 m<sup>3</sup>/일)로서 이는 오창산업단지 인입관(D900 mm - 생활용수, D1,000 mm - 공업용수)에서 분기하여 급수하도록 계획 되었다.

옥산산업단지 공업용수 산정의 경우 산업입지원단위 산정에 관한 연구의 부지면적당 수량(2009년) 제시값 및 연평균 증가율(2009~2013)을 적용 하여 산정하였다. Table 5는 2009년 연간용수량과 연평균증가율을 고려한 2013년 연간용수량 산정량을 제시한 것이다.

**Table 5.** Unit of Industrial water supply

Complex	Manufacturing intermediate classification business type	Water capacity				
		Year 2009	The rate increase	Year 2013	Working days	Application
New material	Non-metallic mineral products	1,560.0	-0.35	1,538.2	296.4	5.19
	Compounds and chemicals	5,446.6	-0.88	5,254.9	283.2	18.56
Electronics and electricity	Computers and office equipment	1,447.7	-2.51	1,302.4	289.2	20.82
	Electronic components, video, sound and communication equipment	11,114.7	-0.84	10,741.2		
Mechatronics	Medical, precision, optical instruments and watches	4,119.7	+0.38	4,182.3	285.6	14.64
	Other machinery and equipment	2,230.1	+1.61	2,377.2	284.4	8.36
Environment and energy	waste collection and transportation,	1,965.5	+7.95	2,669.1	297.6	8.97

### 3.3 공업용수 공급량 원단위 변화

2020년 12월말 기준으로 청주에는 16개 산업단지가 있으며, 국가 산업단지 1개, 일반산업단지 12개, 도시첨단 1개, 농공단지 2개. 그 가운데 11개 산업단지의 조성이 완료되었으며, 10개 산업단지 분양이 완료되었고, 오송2생명과학단지과 옥산 일부만 미분양으로 남아있고, 남청주 현대일반산업단지과 서오창 테크노밸리 2개 산업단지가 신규로 지정되었다(Management Corporation for Cheongju Industrial Complex, 2021). 공업용수량 산정을 위한 공업용수 원단위는 2006년 산업입지원단위 산정에 관한 연구(Park et al., 2006)에서 제시한 원단위에서 2018년 상수도 수요량 예측 업무편람의 원단위로 변화 하였으며 10년 이상의 시간이 흐르면서 업종의 변화와 원단위의 변화가 있었다.

공업용수 수요량 발생시기는 산업단지의 가동률과 입주율에 따르며, 수도시설의 적정규모 산정 및 공업용수의 적기투자 계획 수립을 위해서 수자원부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(Korea Development Institute, 2008) 및 공업용수 수요 추정인자 기초조사 및 개선방안 수립연구(Ministry of Land, 2012)를 비교·검토하여 연도별 경과시점에 따른 수요량을 적용하였다. 옥산산업단지 입주기업체 중 산업단지 가동 초기부터 입주하여 공업용수 사용량이 많은 업체를 정리하면 7개정도 업체로 년도별 월평균 사용량을 보면 특별한 패턴을 보이는 경향이 없고 입주업체별 가동률에 따라 조금씩 변하는 것으로 보인다. Table 6은 업체별 월평균 사용량을 연도별로 제시한 것이다.

**Table 6.** Average monthly usage by company

Year	A Gould pump	Korea Corporation	comprehensive chemistry	HWYT Co., Ltd	Hyosung Corporation	Oksan Factory	R&E Co., Ltd
2014	2,358	14	109	14,261	900	-	1,533
2015	729	403	125	10,631	773	10,713	4,995
2016	512	410	42	9,859	1,059	14,917	5,528
2017	458	239	44	13,332	1,206	10,432	5,340
2018	673	248	233	15,365	1,495	24,962	6,380
2019	341	487	876	13,719	1,668	19,479	7,193
2020	355	583	720	14,008	1,659	14,178	6,782

#### 4. 토의 및 고찰

본 연구는 설계 당시의 공업용수 공급량과 설계 이후의 관련 지침과 상위 관련계획등의 변경내용을 검토하고 실제로 공급되어지는 양과의 차이를 알아보려고 분석을 하였다. 설계 당시의 설계 자료들을 토대로 그와 연관된 자료들을 수집 분석을 진행하여 어떠한 과정으로 공업용수 공급량이 산정되었는지 확인하였으며, 산업단지 조성 이후에 입주기업의 실사용량을 수집 분석하였으며, 실질적인 공업용수 공급량과는 어떠한 차이가 있는지를 알아보았다. Table 7은 업종별 원단위 산정 기준의 변화를 제시하였다. 공업용수 업종별 원단위는 신소재 업종은 1.33 ~ 1.90 m<sup>3</sup> 정도로 소폭 증가하였으며 전자·전기 및 정보, 메카트로닉스, 환경·에너지의 업종은 2006년 기준 대비 5.68 ~ 13.90 m<sup>3</sup>로 크게 적어졌다.

**Table 7.** A unit comparison

Complex	Manufacturing intermediate classification business type	A unit comparison (m <sup>3</sup> /1,000m <sup>2</sup> )		Remark
		Year 2006	Year 2018	
New material	Non-metallic mineral products	5.19	6.52	+1.33
	Compounds and chemicals	18.56	20.46	+1.90
Electronics and electricity	Computers and office equipment	20.82	6.92	
	Electronic components, video, sound and communication equipment	14.64	8.96	-13.90
Mechatronics	Medical, precision, optical instruments and watches	8.36	1.75	-5.68
	Other machinery and equipment	8.97	2.27	-6.61
Environment and energy	waste collection and transportation,	1,965.5	+7.95	-6.70

**Table 8.** Peak load rate by company(Unit : m<sup>3</sup>/day)

Complex	Peak load rate by company (m <sup>3</sup> /day)						
	A Gould pump	Korea Corporation	comprehensive chemistry	HWYT Co., Ltd	Hyosung Corporation	Oksan Factory	R&E Co., Ltd
Average daily usage	38	17	15	645	62	670	267
Maximum daily usage	354	38	75	1,050	94	1,474	425
Minimum daily usage	3.5	0.1	0.1	246	25	25	28

공업용수의 침투부하율은 관련지침 및 수도정비 기본계획 보고서 상에도 일평균, 일최대 및 시간최대의 침투부하율은 1.0으로 차이가 없는 것으로 정해져 있다.

Table 8은 업체별 침투부하율을 제시한 것으로 실사용량을 기초로 월평균 사용량 대비 공업용수 사용량을 가장 많이 사용한 월과 가장 작게 사용한 월을 비교한 결과 일최대 사용량치는 평균대비 적게는 2배에서 크게는 10배이상 차이를 나타내고 있으며 일최소 사용량은 최소 10배이상 크게 차이를 보이고 있다.

Table 9은 옥산산업단지 조성당시의 공업용수 공급량 원단위와 실사용량과의 차이를 비교한 것으로 전체적으로 감소하나 업종별로 증가 또는 감소하는 특성을 나타내는 것으로 알 수 있다.

**Table 9.** Comparison of Industrial Water Usage in Oksan Industrial Complex

Complex	Year 2013 (m <sup>3</sup> /day)	Actual usage (m <sup>3</sup> /day)	Remark
a Gould pump	1	38	+37
Korea Corporation	29	17	-12
comprehensive chemistry	346	15	-331
HWYT Co., Ltd	4,500	645	-3,855
Hyosung corporation Oksan factory	15	62	+47
R&E Co., Ltd	5	670	+665
NT Co., Ltd	3,635	267	-3,368
Sum	8,531	1,714	-6,817

옥산 산업단지내 가동중인 업체의 공업용수 사용량을 조성당시의 공업용수 수수량 계획과 비교하면 업체별로는 증가한 곳도 많았지만 그 사용량이 적었고 물 사용량이 많은 업체는 조성당시 계획한 공업용수 사용량 보다 크게 적어졌다. 2013년 옥산산업단지 조성을 위한 실시계획 보고서의 계획 공업용수 공급량은 10,217 m<sup>3</sup>/일 이었으며, 2020년 12월말의 공업용수 실사용량은 34,855 m<sup>3</sup>/월 로 가동일수 20.2일을 고려하면 1,714 m<sup>3</sup>/일 공업용수를 사용하고 있으며, 이는 계획 공업용수 공급량의 16.8%에 해당하는 수량이다. 또한, 용수 사용량이 많은 7개 업체를 대상으로 분석하면 계획 공업용수 공급량은 8,531 m<sup>3</sup>/일로 실사용량은 1,714 m<sup>3</sup>/일로 계획 공업용수 공급량의 20.1%에 해당하는 수량이다.

이는 산업단지 조성시 공업용수 공급시설이 100% 국비 지원이 되다보니 공업용수 추정량을 최대한 크게 산출하는 데서 비롯된 것과 입주업체는 공업용수 수수량을 최대한 확보하여 추후 공장 증축시 제약이 되지 않도록 하기 위한 것 및 제품생산에 들어가는 공업용수 사용량 변화가 커 요구량을 크게 잡아 실질적으로 공장 가동시 공업용수 사용량이 계획량과는 크게 차이를 보이고 있다. 공업용수의 침투부하율을 보면 지침이나 문헌에서는 일평균, 일최대, 시간최대의 변화가 없는 것으로 제시 되었지만 실사용량을 기반으로 검토한 결과 2배이상의 침투부하가 있는 것으로 나타났다.

침투부하를 알기 위해선 개별 입주기업의 생산활동을 면밀히 파악하고 제조활동에 들어가는 공정수를 측정하여 분석하여야 하지만 이것은 현실적 제약의 문제가 있다. 공업용수 업종별 원단위의 경우는 실사용량을 토대로 원단위를 비교하게 되면 설계당시 공급량과 실제 사용되고 있는 사용량과 큰 차이를 보이고 있다. 특히, 증가하는 원단위 보다 감소하는 원단위 폭이 컸으며, 물을 많이 사용하는 업종의 원단위는 4개 업종으로 전체 7,644 m<sup>3</sup>/일 크게 줄어들었고 물을 적게 사용하는 업종의 원단위는 3개 업종으로 686 m<sup>3</sup>/일 소폭 증가 하였다. 이는 가동률, 사회경제동향을 고려되지 않은 것으로 다양한 원단위 산정요인이 감안 되지 않았다는 점에서 공업용수 업종별 원단위의 적정성 측면은 좀 더 장기적으로 연구가 필요할 것으로 판단된다.



## 5. 토의 및 고찰

본 연구는 공업용수 공급량의 적정성을 판단하고자 필요한 설계자료, 설계 자료와 연관된 지침 및 관련 자료, 그리고 실제 공급량 데이터를 수집 분석하여 공급량의 적정성을 알아보았다. 공업용수 공급량과 연관지어 업종별 원단위를 증점적으로 검토하여 공급량의 적정성을 알아보았으며, 수집 분석한 자료를 토대로 다음과 같이 결론을 도출하였다.

- 계획 산업단지 공업용수 공급량과 실사용량은 크게 차이를 나타내고 있으나 기업의 안정적인 생산활동, 공장가동률, 첨두부하, 경기동향을 고려한 여유율을 고려 한다면 어느정도 공업용수 공급의 적정성이 보인다.
- 공업용수의 첨두부하율은 월사용량 기준 2배이상의 첨두부하가 있는 것으로 나타났다.
- 제조업의 공업용수 원단위는 전반적으로 감소하고 있으며, 산업 전반의 변화와 다양한 기업활동을 고려한 세세적인 원단위를 제시하여야 한다고 판단된다.

본 연구를 진행하며 산업단지의 공업용수 공급량을 알아보면서 원단위에 있어 어느 정도 일치하는 것도 있지만 다양한 산업활동이 이루어지는 업종들을 그룹화하여 나타내는 것이 변화하는 산업활동과 산업구조에 대응하기 어려운바, 미래 산업동향에 따른 세세한 공업용수 원단위 적정성에 관해서도 추후 연구가 필요가 있는 것으로 판단된다.

## References

- Korea Development Institute. (2008). A Study on Revision and Supplementation of the Preliminary Feasibility Study Standard Guidelines for Water Resource Sector Projects (4th edition). Seoul: Korea Development Institute.
- Korea Meteorological Administration. (2014). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 5th Assessment Comprehensive Report. Seoul: Korea Meteorological Administration.
- Kwak, S. J. and Lee, C. K. (1999). Design of Efficient Air Emission Control System Using Pollution Emission Trading System: Focus on cost effectiveness. *Journal of Regulation Studies*. 8(1): 39-65.
- Lee, S. S., Park, S. Y., Ryu, M. H., and Yoo, S. H. (2010). Economic Value of Industrial Water Use. *Journal of Korea Water Resources Association*. 45(4): 373-381.
- Management Corporation for Cheongju Industrial Complex. (2021). Cheongju Industrial Complex Construction Status. Cheongju: Management corporation for Cheongju Industrial Complex.
- Ministry of Environment. (2018). Guidelines for Establishing a Master Plan for Water Maintenance. Sejong: Ministry of Environment.
- Ministry of Land. (2012). Research on Basic Research on Industrial Water Demand Estimation Factors and Establishment of Improvement Plans. Gwacheon: Ministry of Land.
- Park, J. G., Lee, K. W., Heo, M. G., Lee, H. S., and Lee, H. J. (2006). Estimation of Basic unit for Industrial Sites. Gwacheon: Korea Land Corporation.
- Park, Y. J., Lee, K. W., Kim, J. H., and Choi, I. H. (2012). Analysis of the Water Usage of Industrial and Reuse by Each Watershed. 2012 Korean Water Resources Association Academic Presentation. pp.805-809.
- Song, Y. S. (2010). A Study of Industrial Water Basic unit due to Manufacturing in Industrial Estate. Chungnam National University Graduate School Master's Thesis.

### Korean References Translated from the English

- 곽승준(1999). 오염배출권거래제를 이용한 효율적 대기배출 규제제도의 설계: 비용 효율성을 중심으로. *규제연구*. 8(1): 39-65.
- 국토해양부(2012). 공업용수 수요 추정인자 기초조사 및 개선방안 수립 연구. 과천: 국토해양부.
- 기상청(2014). 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC) 제 5차 평가 종합보고서. 서울: 기상청.

- 박영진, 이규원, 김지호, 최인호 (2012), 유역별 공업용수 사용량 재 이용량 분석, 2012년 한국수자원학회학술발표회. pp.805-809.
- 박재곤, 변창욱, 허문구, 이현수, 이현정 (2006). 산업입지 원단위 산정에 관한 연구, 과천: 건설교통부·한국토지공사.
- 송영선 (2010). 산업단지 제조업 부문의 공업용수 원단위 산정 연구. 충남대학교 대학원 석사학위 논문.
- 이주석, 박선영, 류문현, 유승훈 (2010). 공업용수의 수종별 경제적 가치추정. 한국수자원학회논문집. 45(4): 373-381.
- 청주산업단지관리공단 (2021). 청주시 산업단지 조성 현황. 청주: 청주산업단지관리공단.
- 한국개발연구원 (2008). 수자원부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제4판), 서울: 한국개발연구원(KDI).
- 환경부 (2018). 수도정비기본계획 수립 지침. 세종: 환경부.