



## A benchmarking of electricity industry for improving the integrated water resources management (IWRM) policy

Kim, Dong Hyun<sup>a</sup> · Kim, Taesoon<sup>b</sup> · Jung, Heoncheol<sup>c</sup> · Jeong, Eunsung<sup>d</sup> · Lee, Seung Oh<sup>e</sup> · Jung, Changsam<sup>f\*</sup>

<sup>a</sup>Ph.D Candidate, Department of Civil Engineering, Hongik University, Seoul, Korea

<sup>b</sup>Senior Manager, Hangang Hydro Power Site, Korea Hydro & Nuclear Power Co., LTD, Chuncheon, Korea

<sup>c</sup>Headquarter Manager, Hangang Hydro Power Site, Korea Hydro & Nuclear Power Co., LTD, Chuncheon, Korea

<sup>d</sup>Associate Professor, Department of Civil Engineering, Seoul National University of Science & Technology, Seoul, Korea

<sup>e</sup>Professor, Department of Civil Engineering, Hongik University, Seoul, Korea

<sup>f</sup>Professor, Department of Civil & Environmental Engineering, Induk University, Seoul, Korea

Paper number: 20-053

Received: 1 June 2020; Revised: 21 August 2020; Accepted: 21 August 2020

### Abstract

Recently, the integrated management of the quantity and quality of water was been derived by the Ministry of Environment in Korea. This reconstruction in the national government organization can be recognized as the major politic measure. For this IWRM (Integrated Water Resources Management), it is necessary to be able to fairly distribute, operate and manage water resources in a situation where related techniques are needed to fully support, such as measuring exactly the demand and supply of water resources. The reason why IWRM is difficult, despite the development of related technologies, is because the management entities are highly diverse and their interests are much complicated. Thus, this study is tried to suggest specific improvement for current policies by benchmarking the KPX (Korea Power Exchange). In the field of water management as similar to the electric industry, there is an essential need for a working-level organization that can manage, control, monitor, and regulate water resources with practical and plenipotentiary control like the non-profit organization, KPX. Such time has come for decisive policy changes through benchmarking the structure, system, productivity, and challenges of the electricity industry in the water policy.

**Keywords:** IWRM, Water policy, Reconstruction, KPX, Benchmarking

## 통합물관리 정책실현을 위한 전력산업 벤치마킹 연구

김동현<sup>a</sup> · 김태순<sup>b</sup> · 정현철<sup>c</sup> · 정은성<sup>d</sup> · 이승오<sup>e</sup> · 정창삼<sup>f\*</sup>

<sup>a</sup>홍익대학교 토목공학과 박사과정, <sup>b</sup>한국수력원자력(주) 한강수력본부 차장, <sup>c</sup>한국수력원자력(주) 한강수력본부 본부장,

<sup>d</sup>서울과학기술대학교 건설시스템공학과 부교수, <sup>e</sup>홍익대 토목공학과 교수, <sup>f</sup>인덕대학교 토목환경공학과 교수

### 요 지

최근 물 관련 정책기조는 수량과 수질을 통합 관리하는 것으로 관련법 제·개정 및 구조개편 등을 시행하였고. 이 같은 구조개편이 주 정책수단이다. 통합물관리를 위해서는 수자원의 수요·공급량 예측 등의 기술적인 부분이 뒷받침된 상황에서 수자원을 공정하게 배분하고 운영·관리할 수 있어야 한다. 관련 기술의 발전에도 통합물관리가 어려운 이유는 관리주체가 다양하고 이해관계가 복잡하기 때문이다. 본 연구에서는 현 정책의 개선사항을 전력거래소 벤치마킹을 통하여 제시하였다. 비영리기구인 전력산업의 전력거래소처럼 물 관리 분야에서도 현 구조개편에 더해 물을 운영·관리·감시·조정할 수 있는 실무적이고 전권적인 기구가 필요하다. 물 정책도 전력산업의 구조 및 체계, 성과, 문제점을 통하여 과감한 정책전환을 고려해야 할 시점이다.

**핵심용어:** 통합물관리, 수자원정책, 구조개편, 전력거래소, 벤치마킹

\*Corresponding Author. Tel: +82-2-950-7567  
E-mail: jeongchangsam@gmail.com (C. Jung)

# 1. 서론

수량과 수질관리를 통합하는 통합물관리를 실현하기 위해 환경부와 국토교통부로 분할되었던 물 관련 업무를 환경부로 일괄적으로 통합하였다. 환경부로 일원화된 수자원관리 구조개편이 시행되었고, 통합물관리는 국가물관리기본계획(2021), 유역물관리계획(2022) 수립을 목표로 추진 중이며, 물 관리 일원화로 인한 수량과 수질의 통합관리와 관련된 주요 법령을 제·개정하였다(Table 1). 현재까지의 주요성과로는 통합물관리체계 기반 마련, 물안전 확보를 위한 신속 대응체계 구축, 깨끗한 먹는 물 공급, 새로운 물 가치 창출 등 총 10개의 성과를 달성하였으며, 향후 추진전략으로 통합물관리 체계 정착, 물 안전 확보, 깨끗한 먹는 물 공급, 물 가치 창출과 물 관리 혁신 등의 4가지 전략을 강조하고 있다.

국토교통부의 수자원국과 홍수통제소가 환경부로 이관되었고, K-water도 환경부 산하로 이전되었다. 환경부는 물 관련 3국의 조직개편을 추진하였고, 환경갈등 전담기구 신설, 기관·부서간 기능조정, 명칭 변경 등을 병행 개편하였다. 이 같은 구조개편은 국내 물 관리 정책이 수량중심의 개발에서 수질·환경 중심의 관리로 전환됨을 공표하는 것이며, 수량·수질 및 수재해 대응을 일원화된 체계 내에서 관리하고자 함이다.

물관리기본법은 제정 이후 2019년 6월에 본격적으로 시행되었고, 국가물관리위원회의 위상과 구성, 실효적인 운영, 물 분쟁의 심의·조정 기능 등에 대한 구체적인 내용 및 체계 확립

에 대한 논의 끝에 지난해 8월에 제1기 국가물관리위원회가 공식 출범되었다. 국가물관리위원회는 국가물관리기본계획과 물 관련 중요 정책·현안을 심의·의결하고 물 분쟁을 조정하는 등의 역할을 수행한다. 구성원은 국무총리를 포함한 공동위원장을 2명으로 하여 총 39명으로 구성되어 있다. 이후 환경부 장관과 유역별로 민간위원장을 공동위원장으로 하여 총 148명으로 구성된 유역물관리위원회를 출범시켰다. 유역물관리위원회는 물관리 기본원칙 중 하나인 유역단위 물관리를 실현하기 위해 설치하였다. 물관리위원회와 유역물관리위원회의 가장 중요한 기능은 국가물관리기본계획과 유역물관리종합계획을 심의·의결하는 것이고 국가물관리기본계획과 유역물관리종합계획의 부합 여부 검토 등 물관리 전반에 대한 평가를 수행하게 된다.

유역물관리위원회는 국가물관리위원회 소속으로 되어 있다. 국가물관리위원회가 국가 물관리 컨트롤타워이고, 한강, 낙동강, 금강, 영산·섬진강 등 각 유역별 유역물관리위원회가 그 밑에 소속되어 있는 구조이다. 이 위원회들을 행정적으로 지원하기 위한 사무국이 있고 위원회 분과위원회로 계획, 물 분쟁 조정, 정책 총 3개의 분과위원회가 있다.

국가물관리위원회 출범이 당초 예정보다 늦어져 이후 단계인 물 관리 원칙과 비전 수립 등이 마무리 되고 있지 못하며, 물관리위원회의 구성, 유역물관리위원회의 선정 기준 등의 문제점과 환경부로 이관된 관련법의 실효성 제고를 위한 방안이 마련되어야 하는 과제가 남아있다. 이에 물 기본법의 제정

Table 1. Revision of the three main laws about one water management

Laws	Contents
Government Organization Law ('18.6.8 enforced)	Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs relocated to the Ministry of Environment for 'Conservation, use and development of Water Resources under government organization law • Five laws related to water resources such as 'Water Resources Corporation Act', 'Act on Construction of Dams and Assistance, etc. to their environs', 'Groundwater Act', 'Special Act on the Utilization of Waterfronts' and 'Korea Water Resources Corporation Law' transferred to the Ministry of Environment • Under the 'River Act', functions related to water quantity, such as permission to use river water, determination of river maintenance flow, operation of dams and weirs, use and management of river water, and settlement of river water disputes are transferred to the Ministry of Environment
Water Resource Management Policy ('19.6.13 enforced)	It regulates the basic ideology and principles of water management and the establishment of the National Watershed Water Management Committee • Establish the composition and functions of the National Water Management Committee and Watershed Water Management Committee • Establish the main contents of the National Basic Water Management Plan and the Comprehensive Watershed Management Plan
Water Skill Industry Law ('18.12 enforced)	To establish a foundation for systematic development of water management technology, to improve the quality of life of the people and establish a sustainable water circulation system through the promotion of the Water Industry • Establishment and implementation of basic plans (government) for development of Water Management Technology and promotion of water industry • Establishment and implementation of an implementation plan (local government) in consideration of regional characteristics

취지를 살리기 위하여 관련 제도와 수단을 강구하고자 힘쓰고 있는 실정이다.물관리기본법에 의하면 물관리의 기본이념 및 물관리 정책의 기본방향은 지속적인 물순환 체계를 구축하는데 궁극적인 목적이 있다고 할 수 있으나, 기존의 이수·치수·하천환경이라는 3가지 물관리 정책방향 이상의 추가적인 세심한 정책이 필요하다고 할 수 있다(Lee, 2019). 이외에도 농업용수가 관리 일원화 대상에서 포함되지 않은 부분, 포함될 경우 농업용수의 이용우선순위, 물의 배분, 허가 및 수세문제 등의 갈등유발요소 등으로 아직까지 실질적인 통합물관리 실현에 대한 논란은 지속되고 있다(Ahn *et al.*, 2018).

이러한 정책적인 문제점 외에도 기술적으로 통합물관리 실현을 위해 수자원의 가치, 가치체계, 수리권과 같은 개념 정립 및 평가가 필요하다. 단적인 예로 물관련 정보시스템이 부처별·기관별로 측정·관리되고 있고, 대부분 공개 혹은 비공개 전산시스템으로 운영되고 있다. 환경부와 국토교통부 및 관계기관에서 운영중인 시스템은 40여 개로 당초계획은 정보시스템의 통합 및 조정도 기대하였으나, 아직까지 물관련 정보를 객관적으로 파악하는 것조차 어려움을 겪고 있다. 과거 전산화 통합을 진행한 사례가 있으나, 자료형식 등과 같은 문제점으로 인해 통합화 수준이 미약한 실정이고 이는 관련 정책 및 계획 수립에 어려움이 있다(Yeo, 2016).

통합물관리는 궁극적으로 제한적인 수자원을 효율적으로 사용하기 위한 것이나, 정책뿐만 아니라 사회적·기술적으로도 개선의 여지가 많다. 물을 사용하는 측면에서 국내는 구축되어있는 인프라에 비해 사용률이 낮다. 최근 물관리 실태에 의하면 2011~2015년 5년간 하천수 허가량 대비 평균 사용률은 60.9%로 낮다(Lee *et al.*, 2017). 용도별로 살펴보면 생활용수는 53.7%, 공업용수 52.8%, 농업용수 62.8%, 발전용수 63.7%, 환경개선용수 34.1%로 저조하다. 하천수 외에 물을 사용하는 취수장이나 정수장의 평균이용률 또한 하천수 사용률과 유사한 수준이다. 환경부의 상수도 통계자료에 의하면 2008~2017년의 10년간 취수장 평균이용률과 정수장 평균이용률은 각각 51.3%와 59.5%로 나타났다. 각 부처별로 살펴보면 취수장의 평균이용률은 지자체 51.1%, K-water 51.5%로 저조하며 정수장의 평균 이용률은 지자체 59.1%, K-water 59.8%로 저조하다(ME, 2018). 수자원의 총량은 제한적이기 때문에 부처간 협의의 조정에 실패하여 용수수요를 과다예측하거나 수요 예측량보다 과대한 시설을 투자하는 등의 중복투자를 초래하였다. 그 결과 가동률 또한 광역상수도시설 60%, 지방상수도시설 67%에 불과하다(NABO, 2007).

기본적으로 물 사용에 대한 효율을 높이기 위해서는 관련 정보 시스템의 관리가 우선적으로 수행되어야 한다. 국내 수

량·수질 측정은 국토교통부, 지자체, 환경부, 그리고 K-water, 한국수력원자력과 같은 소속기관 및 산하기관 등에서 수행하고 있다. 환경부에서는 수질·유량을 측정하고 그 외 기관에서는 수위·유량을 측정하고 있으며 측정지점은 환경부는 334개 지점, 그 외 기관은 총 1,018개 지점을 보유하고 있다. 측정지점을 관리하는 측정 시스템은 앞서 언급한 것처럼 환경부와 국토교통부 및 관계 소관기관에서 약 40여개를 운영하고 있다(Kim, 2017). 환경부와 소관기관이 22개, 국토교통부와 소관기관이 18개이고 이외에도 기관에 따라 내부시스템이 추가 존재하는 것으로 추정되며, 비공개되어 있는 시스템도 존재한다. 각 기관별로 다원화되어 기관별 물 관리를 수행하고, 물 관련 정보 시스템을 운영함에 따라 관리 효율이 떨어진다. 관측소 지점 거리가 0.5 km 이내의 관측소도 10% 존재하기 때문에 운영비 낭비도 지속적으로 발생해왔다. 기술적으로도 유역별로 수자원관리를 위한 운영툴을 개발하는 등의 다양한 연구가 수행되어왔지만 운영목적과 시스템 등이 대형화되고 복잡해져 이마저도 어려운 실정이다(Cheong *et al.*, 2008).

이러한 국내의 물관리 현황에 대한 평가를 정량화한 사례가 있다. UN water의 통합 물 관리 평가결과에 의하면 6점 만점에서 평균 5.3점으로 IWRM 전면시행 단계로 물 관리 여건이 불리한 국가 중에는 하위권으로 평가되었다. 가장 취약한 부분은 평가분야 1의 통합된 계획, 지속가능 계획 등 국내외 물협약(4.0점), 지역간 물 사용협약 등(4.0점)으로 나타났고, 평가분야 2의 이해당사자 참여 부문(4.9점), 평가분야 3의 지식공유(4.5점)로 나타났다(ME, 2019). 수자원의 개발 및 관리 등의 체계 등은 비교적 높은 점수를 받았지만, 통합·공유와 관계된 항목은 낮은 점수로 나타났고 이는 앞서 계속 지적되었던 사항이다. 또한 과거의 다양한 기법으로 수자원정책의 경제적 파급효과를 분석한 결과를 토대로 향후에는 현수 자원 정책이 우리 경제에 미치는 파급 효과 등도 추정되어야 할 것이다(Choi, 2014).

따라서 본 연구에서는 통합·공유에 대한 문제점을 구조적 변화로 해결할 수 있는 방안으로 전력산업의 '전력거래소' 사례와 같은 새로운 기구의 신설을 제시하고자 한다. 통합물관리 체계를 확립하는 과정에서 정책적·기술적으로 당면하고 있는 주요이슈 등의 해결방안으로 독점체제에서 경쟁체제로 전환한 국내의 '전력거래소'의 사례를 소개하고자 하며 본 논문에서는 수자원분야에서도 전력거래소와 같은 특수한 기구의 설립이 필요함을 제기하고 있으며, 기구의 설립으로 인해 발생할 문제점을 예측하여 해결방안도 함께 제시하고자 한다.

## 2. 기구신설의 필요성과 벤치마킹 : 전력거래소

국내의 경우 용도에 따라 물관리를 수행하는 각 공공기관의 기능성 및 효율성에만 초점이 맞춰져 있었기 때문에 근본적으로 물관리에 대한 관점과 이해관계의 차이가 발생한다. 과거 수십년 전부터 이를 해결하기 위한 방안을 논의하였지만 좀처럼 이견이 좁혀지지 않았다. 이에 대한 해결책으로 통합물관리 정책이 시행되었지만, 아직까지 해결되지 못한 정책적·기술적·사회적 문제점이 존재한다. 수자원은 국민들의 생활을 영위하는데 필수 공공재로 이 같은 문제점을 해결하기가 쉽지 않다. 국내에서는 또 하나의 공공재인 전기를 유사한 사례로 제시할 수 있다. 경쟁체제인 전력산업 내에서 최적관리 및 규제를 위해 2001년 4월 전력거래소를 도입하였다. 수자원분야도 물 수요량-공급량 최적관리를 위한 특수한 기구가 필요하며 먼저, 전력거래소의 벤치마킹을 통하여 본 장에서는 전력산업을 통해 물과 전기, 수자원과 전력의 공통점과 차이점을 분석하였다.

### 2.1 벤치마킹(Benchmarking)

벤치마킹은 품질경영 분야에서 크게 발전한 기법으로 캠프(R. Camp)는 특정기능을 개선할 목적으로 그 기능과 동일하거나 유사한 기능을 수행하는 다른 기업의 수행방법을 검토하는 실증적이며 예방적인 과정이라고 정의하였다. 벤치마킹은 역엔지니어링 벤치마킹, 경쟁적 벤치마킹, 전략적 벤치마킹 등으로 분류할 수 있으며 일반적으로 계획, 실행, 검토, 시정 등의 네 단계에 걸쳐 이루어진다.

본 연구에서는 정책적 개선방안을 제시하기 때문에 정책을 실행에 옮겼을 때의 구체적이고 정량적인 성과 및 문제점을 알 수 없지만 전력거래소의 벤치마킹 사례로써 이를 예상해볼 수 있다. 따라서, 전력거래소가 속해있는 전력구조와 물과 관련된 물 관리기관의 구조를 비교한 후 정책, 설립배경, 위원회 등 협업체계, 기능 및 역할 등을 비교하는 과정을 수행하였다. 물과 관련된 정책과 기관의 형태, 겪고 있는 문제점이 과거 전력산업과 유사하다고 판단하여 전력산업의 벤치마킹 방법을 물 관리 분야에서 유효할 수 있다. 본 장에서는 벤치마킹을 위해 전력거래소의 설립배경, 구조, 역할 및 기능 등을 분석하였고 이를 현재의 개편된물 관련 조직을 동일한 항목으로 비교하였다. 벤치마킹을 위해 조사·비교된 항목은 Table 2와 같다.

### 2.2 전력거래소 설립배경

2001년 4월 한국전력의 발전부분의 분할(6개 발전자회사)을 시작으로 구조개편이 정부정책으로 추진되었다. 발전 및 배전분야는 경쟁이 없어 자체적인 비용절감 인센티브를 높일 필요가 없었기 때문에 비효율성, 왜곡현상과 경제적 손실가능성을 가져왔다. 이에 따라 전력산업의 효율성 강화가 주요 과제로 대두되었고 전력산업에 구조개편 필요성의 목소리는 높아졌고, 소비자 선택권 확대를 통한 편익 증진을 위하여 전력산업에 경쟁을 도입하였다. 더불어 입찰을 통하여 전력을 거래하는 전력시장을 도입하였으나 전기는 공공재인 만큼 경쟁이 가져올 지나친 전기요금 인상 등과 같은 우려의 목소리가 높았다. 이러한 우려를 막고 전력시장의 원활한 운영을 위해 이를 주관하고 안정적인 운용을 책임 있게 담당할 기관이 필요하였다. 이에 2001년에 전력거래소가 설립되었다(FKI, 2010).

### 2.3 전력거래소 구조 및 협업체계

#### 2.3.1 전력거래소 구조

한국전력거래소는 국내 전력시장과 전력계통 운영을 전담하는 기관으로 공익적 성격을 감안하여 설립근거를 전기사업법에 규정하였으며 비영리 특수법인 형태로 출범하였다. 전력시장은 발전사가 생산한 전기를 한국전력(전기판매사업자)이 구매하여 가정, 사무실, 공장과 같은 수요처에 배분하는 방식으로 운영된다(Fig. 1).

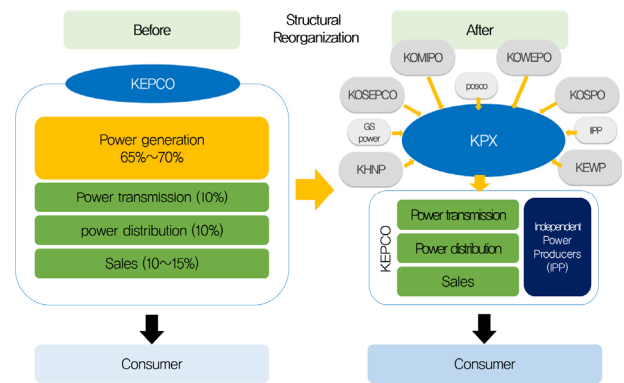


Fig. 1. Schematic before and after the reconstruction

Table 2. Items for benchmarking the korea power exchange

Division	Law	Policy	Establishment Background	Construction	Collaboration system	Function	Core technology	Effect
KPX		○	○	○	○	○	○	○

### 2.3.2 전기위원회

산업통상자원부 산하 전기위원회는 전기사업에 대한 허가, 전력구조정책 수립·추진, 전기요금 조정 및 체제개편, 소비자 보호 및 분쟁조정, 전력계통의 안정적 운영에 대한 감시 등의 담당하며, 9인의 분야별 전문가로 구성 되어있다. 전기사업의 공정한 경쟁환경을 조성하며, 전기소비자의 권익을 보호하고, 전기사업자간 또는 전기사업자와 전기소비자간 분쟁을 조정하며, 전력시장에서 불공정한 행위 및 시장력 남용행위를 감시하기 위해 설립되었다. 전기위원회의 기능은 현재 통합물관리 체계의 국가물관리위원회와 유사한 성격을 나타낸다.

### 2.3.3 전력거래소 협업체계

협업체계는 전력시장운영규칙에 구체적인 규정을 정하거나 필요한 사항에 대하여 객관성과 공정성을 갖춘 결정을 도출하기 위한 기구로 이해당사자의 다양한 의견을 수렴하고 정부의 정책적인 의견을 반영한다. 전력거래소의 전력시장 운영협업체계는 규칙개정위원회, 비용평가위원회, 정보공개위원회, 분쟁조정위원회로 구체적인 기능은 전력시장운영규칙 심의·의결, 비용평가, 전력시장 정보공개 관련 내용 심의·의결, 분쟁해결 등이 있다. 최근 출범한 국가물관리위원회 및 유역물관리위원회 성격도 일부 포함하고 있다.

## 2.4 전력거래소 기능 및 핵심기술

### 2.4.1 전력거래소 기능

전력거래소는 기본적으로 전력시장을 개설하고 이를 공정하게 운영하는 책임뿐만 아니라 전기의 원활한 공급을 위한 전력계통 운영하는 책임을 갖고 있다. 또한, 정부의 전력관련 각종 정책기능을 지원하는 역할을 수행하고 크게 4가지의 기능으로 분류할 수 있다.

#### (1) 전력시장의 운영

완벽한 경쟁시장체제의 확립을 위해 운영규칙에 따라 입찰, 정산, 시장감시, 정보공개, 분쟁조정 등의 전력거래 운영을 수행한다. 발전사업자 및 전기판매사업자는 전력시장운영규칙으로 정하는 바에 따라 전력거래를 수행하여야 한다. 운영원칙은 원가반영경쟁시장으로서 발전사업자는 매일 발전기별로 다음날의 시간대별 공급가능 물량을 전력거래소에 입찰하여 낙찰을 받아 전력을 공급하고 있다. 전력거래소는 시간대별로 전력수요를 만족하도록 운전비용이 낮은 순서대로 발전기와 발전량을 결정하며 발전기 비용 최소화 원칙에 따라 가장 높은 발전비용의 발전기를 계통한계가격(SMP: System Marginal Price)을 시장가격으로 결정한다.

#### (2) 전력계통의 운영

전력의 고품질 유지 및 장단기 수급안정 도모를 위해 수요-공급 균형유지, 급전지시, 계통사고 방지, 송전 계통운영, 등 안정적인 전력계통의 운영 업무를 수행하고 있다. 수요와 공급의 균형을 유지하며 송전제약 등을 고려한 발전기를 운영하며 일단위 전력수급 운영계획을 수립하여 운영할 수 있다.

#### (3) 실시간 급전 운영

시간대별로 변화하는 전력소비에 맞추어 원자력, 화력, 수력 등의 전력생산량을 적절하게 조절하면서, 수송로인 송전망을 안정적으로 운영·감시·통제한다. 2초단위로 주파수를 샘플링 하여 계통상황에 따라 공정한 급전 지시를 할 수 있다.

#### (4) 전력수급기본계획 수립

정부의 장단기 전력수급계획을 수립을 지원하며, 수요예측 모형 개발, 공업업무 등 정부의 정책 지원업무를 수행하며 단기, 중장기 전력수요를 예측하여 이를 바탕으로 수요관리를 총괄한다.

### 2.4.2 전력거래소 핵심기술

전력거래소의 설립은 몇 가지 과학기술의 발전이 없었으면 불가능하였다. 전력거래소를 운영·관리하기 위한 핵심기술은 전력 수요와 공급의 관리 기술, 생산된 전력을 발전기로부터 소비자로 운반하는 송전망 기술, 전력수요예측 기술, 전력품질 유지를 위한 전압과 주파수 유지 기술, 전력량 계량기술을 말한다. 수요와 공급의 안정적인 관리가 이루어지지 않으면 전력공급시스템의 붕괴(shut down)가 발생하며 이는 막대한 경제적인 손실을 초래한다. 송전설비의 용량에 따라 통과시킬 수 있는 전력량의 한계가 존재하고 전기 공급능력은 지역적인 특성을 갖기 때문에 수요·공급 관리 기술과 송전망 기술이 필수적이다. 전력은 날씨, 경제활동 수준 등 여러 요인에 따라 짧은 시간 내에도 변화하기 때문에 정확하게 예측하는 것은 불가능하나 수요예측의 정확도를 높이는 기술이 필요하다. 또한, 고품질의 전력을 유지하기 위해서 전압과 주파수를 일정한 수준으로 유지시키는 기술이 필요하며, 매순간 발전기와 송전설비 전체를 통제하는 기관이 필요하다.

## 2.5 전력거래소 효과

전력거래소의 도입이후 각 발전회사별, 발전소별 생산전력이 전력시장을 통하여 거래되므로 수익 및 이윤을 증대하기 위한 경쟁이 전력산업의 효율성을 향상시켰다. 많은 수의 소규모 발전업체와 집단에너지 사업자들이 경쟁하게 되었으

며, 민간 사업자들은 강력한 이윤동기를 가지고 있으며, 한전의 발전자회사들도 과거에 비해 이윤동기가 훨씬 강화되었다. 기저발전기(발전비용이 낮음)가 첨두발전기(발전비용이 높음)의 발전량을 대체함으로써 연료비 절감효과를 가져왔다. 발전효율을 향상하기 위하여 설비용량의 확대를 위한 성능개선사업 등을 시행함으로써 연료비 절감하였고 이는 다양한 기술개발 촉진시키는 결과를 가져왔다. 발전소 건설공사 관리 전산화, 신기술 적용 및 신장비 도입 등 공정관리 강화를 통한 유지비용은 절감되었고, 비용절감 등으로 인한 국민들에 대한 전기요금 안정화 기여하여 경쟁도입으로 인한 전기요금 인상에 대한 우려의 목소리를 일부 해소하였다(Table 3). 전력계통 주파수유지율 및 전압유지율 등 전기품질은 99% 이상으로 세계적 수준으로 유지하고 있고, 예비율도 적정수준으로 유지하고 있다. 또한, Table 4에 나타난 것처럼 국내의 호당 정전시간은 9.6 분/년(‘16년)으로 세계 최고수준이며 주파수 유지율 또한 99.9% 수준으로 기술적·경제적으로 달성 가능한 최고 수준으로 나타났다(Table 5). 송·배전 손실률도 3.7%(‘14년)로서 안정적이고 효율적인 송·배전 설비망울 운영하는 효과를 가져왔다(MOTIE, 2017).

### 2.6 전력거래소 벤치마킹 시사점

벤치마킹을 위해 전력산업구조개편을 통해 설립된 전력거래소의 배경, 구조, 기능, 효과 등을 전반적으로 검토하였다. 구조개편 이전의 전력산업의 독점체제는 강력한 규제를 수반하여 독점기관이 초과이윤을 얻는 것을 방지하였다. 이는 이윤동기 결여 및 경쟁의 부재로 비효율을 발생시켰다. 구조개편 이후 전력거래소의 도입으로 전력사업의 이행력 강화, 전기품질 향상 등의 효과를 가져왔고, 지적되었던 민간사업자의 비중도 점점 증가하는 추세에 있다. 전력거래소는 비영리 특수법인으로써 전력거래장을 운영하고, 안정적인 전기 생산 및 전달, 소비자가 이를 사용하기까지의 전 과정에 필요한 전력계통을 운영하며, 전력수급기본계획을 통하여 질 좋은 전기를 안정적으로 공급하고 있다. 전력거래소의 핵심기술로 수요·공급의 관리, 송전망 기술, 수요예측 기술 등 그리드를 통해 관리되는 전기는 관로를 통해 운영·관리되는 수자원과 유사한 특성을 나타내며 이는 물관리를 관련 기관에 귀속시키는 것보다 독립된 기관이나 기구의 설립이 생산과 소비 간의 분쟁, 수리권 분쟁 등으로 인한 갈등을 해결하는 대안으로 적절하다고 판단된다.

그러나 수자원과 전기는 흐름방향, 저장시스템, 지역편차

**Table 3.** Comparison of other utility charges (2001 ~ 2007) (EPSIS, Korea Consumer Agency) (unit: won)

Year	City Bus	Subway	Taxi	Black Bean Noodles	Electricity bill
2001	600	600	1,500	2,500	77.06
2018	1,298	1383	2,962	4,944	108.75
Variable Costs (times)	2.16	2.31	1.97	1.98	1.41

**Table 4.** International comparison of outage time per house (MOTIE, 2017)

Division	Korea	Germany	Japan	France	England	America	Australia	Canada
Outage time per house (min/year)	9.6	15	17	63	70	138	262	311

**Table 5.** The effect of the korea power exchange (Kim, 2011)

Category	Past monopoly	Current power market system
Operation Capacity	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Within the range of the rated capacity of the generator</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expanded to the maximum output level (approximately 105% of rated capacity)</li> <li>• Increased utilization rate of base generator</li> </ul>
Facility Efficiency	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The initial design efficiency is insufficient due to the aging of the facility</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Improvement of power production efficiency through performance improvement</li> </ul>
Maintenance Period	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compliance with standard maintenance period (lack of shortening efforts)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduction of maintenance period and maximum utilization of late-night time when market price is low</li> </ul>
Operating cost	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insufficient efforts to reduce maintenance costs and other costs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Strengthening efforts to reduce maintenance costs</li> <li>• Reduction of other expenses</li> </ul>
Stop by Failure	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Management based on the number of failures</li> <li>• Low reliability of fault statistics</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduction of number of failures and failure time</li> <li>• High reliability of failure statistics</li> </ul>

에서 오는 지역갈등, 지역간 공급 가능유무 등의 사회·기술적 측면의 차이가 분명히 있기 때문에 벤치마킹 시 이러한 차이점에 대한 고려가 필수적이다. 예를 들어, 일반적으로 수자원은 상류에서 하류로 일방향 흐름을 가지고 있으며 유역 간 자원공유가 현실적으로 힘들기 때문에 정책 수립 시 전력거래소보다 지역적인 특성반영이 더 중점적으로 고려되어야 할 것이다.

### 3. 통합물관리 정책 개선방안: 기구신설

현재 제·개정된 법의 국가물관리위원회와 유역물관리위원회의 경우 단순히 정책의사결정 확인 혹은 분쟁의 조정의 기능밖에 없기 때문에 직접적으로 감독 역할을 하고 수자원관리에 대한 피드백(Feedback), 통합관리를 실무적으로 할 수 있는 독립적인 기관이 필요하다고 판단하였고 제시하고자 하는 새로운 기구의 설립과 같은 구조개편의 정책적 변화는 그간의 한계를 극복할 수 있을 것이라 기대된다.

#### 3.1 해외 물관리 통합기구

중앙기구를 통해 통합물관리를 실현하여 물이용 효율성 촉진을 달성한 해외사례로 주요 OECD 국가들의 물 관련 부

처간 협의체 및 중앙기구, 물관련 혁신 정책 등의 사례를 조사하였다(Table 6). 대체로 선진국에서는 통합물관리의 효율성 향상과 각 부처간의 협의를 위해 관련 부처 및 기관들로 구성된 위원회를 구성하여 수자원 관련 강력한 권한과 책임을 부여하였다. 특히 이스라엘의 사례의 경우 극심한 가뭄을 겪고 난 이후 특별위원회가 구성되었으며, 2007년에는 물관리청(IWA)을 신설하며 물과 관련된 타 정부부처 및 시민단체 등의 이해관계자를 포괄하는 물위원회를 신설하였다. 물과 관련된 7개 부처의 물관리에 대한 모든 기능이 물관리청(IWA)로 이양되었다. 그 결과 수자원확보량 증가, 하수처리 재이용률 증가, 수도요금 인상, 수요관리를 통한 소비량 감소 등의 효과를 나타내었다.

#### 3.2 기구신설을 통한 물관리조직의 체계화 전략

현 국가물관리위원회의 심의·의결 과정에서는 면밀한 기술적 검토를 수행할 수 없기 때문에 이를 직접적으로 수행할 기구가 필요하며 수자원관련 정보의 수집·가공·공개 등을 통해 정부의 물관리 의사결정 지원해야 한다. 전력거래소의 기능과 유사하게 실시간 용수 계통운영 수행하고 수자원관리 거버넌스 체계의 운영과 정책의 심사·평가를 수행할 수 있는 권한을 가질 필요가 있다. 수자원 관련 조직 간의 견제와 균형

Table 6. Examples of overseas water-related ministries and central organizations (Kim, 2017)

Country	Contents
France	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Established a mission (committee) between ministries related to water</li> <li>• Founded in 1968, the committee consolidated water management, water policy and all ministers across different ministries.</li> <li>• Responsible for advising on water related projects</li> <li>• 1987 Authorization of inter-ministerial cooperation, water management and administration</li> </ul>
Chile	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Establishment of inter-ministerial committee on water policy</li> <li>• Established in 2009, the committee advises on long-term water resources planning, proposes mechanisms for implementing water policy, offers incentives and rewards, and adopts the necessary motions to implement an integrated water strategy.</li> <li>• Representative participation of the Presidential Secretariat, Ministry of Economy, Ministry of Agriculture, Ministry of Mining, National Energy Commission and National Environment Commission under the leadership of Ministry of Public Works</li> </ul>
Israel	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Establishment of Independent Water Management Association (IWA)</li> <li>• Independent Water Management Association (IWA) was established by integrating 7 decentralized ministries</li> <li>• Minimize strong central government/political impact, secure water quantity through desalination, maximize reuse</li> <li>■ Water Resources Bureau Committee established</li> <li>• Founded in 2007, the Committee is responsible for all policies and decisions made by the Department of Water Resources.</li> <li>• Pursuing harmony between ministries in decision-making on water resources-related issues</li> <li>• Give all groups equal representation and prioritize effective decision-making</li> </ul>
Mexico	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Established the National Water Commission of Mexico (CONAGUA)</li> <li>• Centralize the responsibilities of the third-level government (federal, state, and local governments) and manage and preserve water resources for sustainable use of national water resources and public goods</li> <li>• Separated from the Ministry of Environment and Natural Resources, this agency is the highest level of water resource management including water policy, water rights, irrigation and drainage development, water supply and sanitation, emergency and disaster management.</li> <li>• CONAGUA's technical committee coordinates and evaluates water resources policies in each ministry and administrative body as well as project budget and operation.</li> </ul>



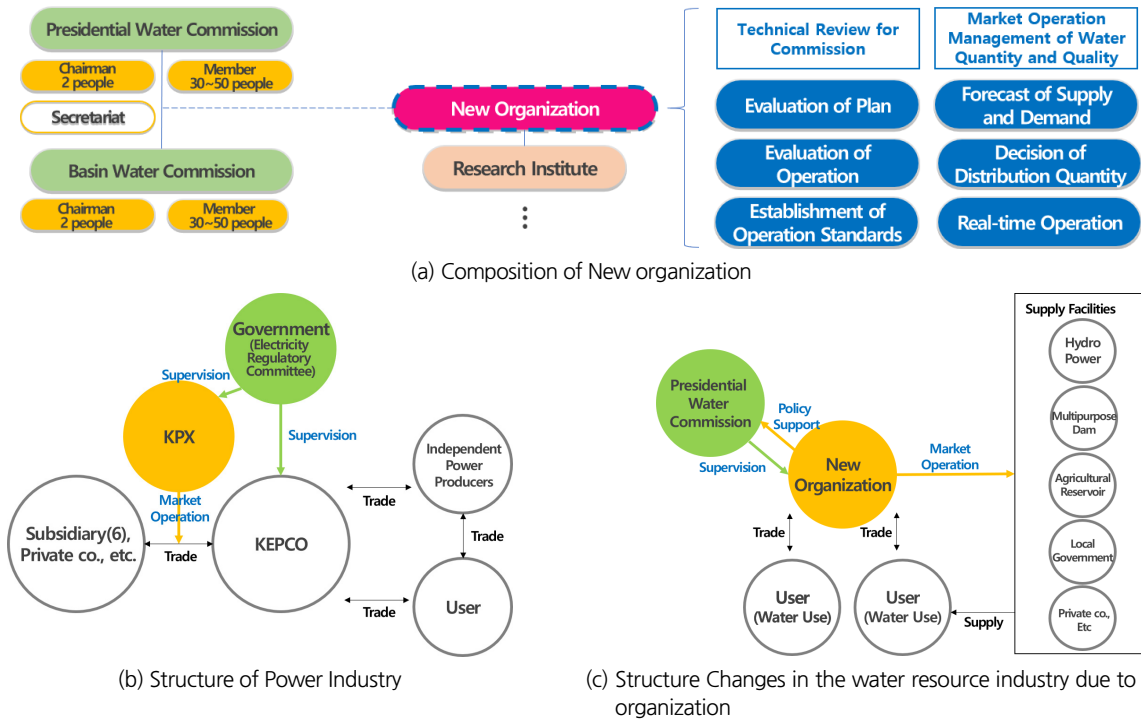


Fig. 2. Comparison of organization between KPX and new organization

의 원리를 반영할 수 있는 물 관리 기구의 체계, 기능, 기대효과 등을 전력거래소와 비교를 통하여 정리하였다.

3.2.1 조직구성 및 협업체계 수립

산업통상자원부 산하의 전기위원회는 위원장, 상임위원, 비상임위원으로 구성되어 있고, 사무국이 위원회 운영 및 분쟁조정, 인·허가, 감시 조사 등의 업무를 담당하고 있으며, 전문가 위주로 구성된 전문위원회를 두어 각 해당분야의 안전에 대한 전문적인 검토와 의사결정에 대한 자문을 수행하고 있다. 또한 전력계통과 시장을 운영하는 전력거래소의 감독역할을 하고 있다. 반면에 수자원분야는 전기위원회와 유사하게 국가물관리위원회 및 유역물관리위원회로 물관리 정책 등의 심의·의결을 수행하고 있으나 수자원을 운영하는 통합기구가 없다(Fig. 2). 수자원은 각 부처 및 기관이 운영하고 있기 때문에 국가물관리위원회의 역할이 매우 중요하다. 따라서 수자원분야에서도 대통령 직속의 비영리 국가 수자원 관리 기구의 신설이 필요하다. 수자원과 관련된 기관들의 계획, 운영 등을 평가하고, 운영기준을 수립하여 형평성 있는 국가 수자원 관리와 함께 이해관계자들의 갈등 조정할 수 있다. 수량 및 수질관리를 위한 수자원을 운영하며, 수요·공급 예측량에 따라 유역별로 수자원 총량 결정, 각 공급자의 공급량 결정, 실시간 운영·관리를 수행할 수 있다. 국가물관리위원회 혹은

유역물관리위원회에서 수행할 수 없는 다양한 정책사안에 대한 기술적 검토도 수행한다(Fig. 2).

3.2.2 물관리 전담기구의 필요기능

물관리기본법의 핵심가치인 효율성, 안정성, 형평성, 민주성, 책임성을 동향하며 비전과 목표를 달성할 수 있는 방향으로 기능을 설정해야 한다. 주요기능은 수자원 수요·공급 관리, 권역별 수자원 운영, 실시간 용수계통 운영, 정부의 하천기본계획 수립 등 총괄지원이 있다(Table 7).

Table 7. Comparison of the main functions

Division	Main Function
KPX	① Power market operation ② Power system operation ③ Real-time system operation ④ Overall support for the establishment of the basic plan for power supply and demand by the government
Water Management Organization	① Water resource supply and demand management ② Water resource operation by region ③ Real-time water system operation ④ Overall support for the establishment of the basic river plan by the government



(1) 수자원 수요·공급 관리체계 확립

전력거래소의 시장가격은 수요·공급곡선이 만나는 점에서 해당시간의 에너지가격인 계통한계가격(SMP: System Marginal Price)이 결정한다. 전력거래소의 가격산정 방식을 응용하여 용도별 수자원 공급량 결정하고자 한다. 용도별 수자원 공급량 결정시 ‘수량’, ‘수질’, ‘수생태’, ‘공공성’의 평가항목을 토대로 영향을 검토한 후 수량이 결정되어야 한다 (Figs. 3 and 4).

[공급량 결정] (예시)

- ① 운영일 하루 전에 예측된 기상자료로 강우·유출량, 예상 방류량, 발전량 등을 고려
- ② 전력거래소와 달리 수자원의 공공성을 고려하여 우선 순위를 선정
- ③ 홍수 및 가뭄 등과 같은 재난을 고려, 각 댐의 최상위 목적을 우선순위로 결정
- ④ 유역별 하천의 상황(수질, 수생태, 공공성 영향평가)을

고려하여 댐 별 방류량 결정

(2) 용도별 수자원 운영 및 관리

수요·공급 관리를 통해 결정된 수량을 결정·통보하며 수량은 우선순위를 통해 결정하고, 상황에 따라 비상방류 및 비상운영체제를 구축하여 운영한다.

(3) 실시간 용수계통 운영

수량 예측과 발전 생산량을 통한 실시간 방류량을 모니터링하여 집중호우나 이상기후로 인한 홍수 또는 가뭄 등과 같은 국가재난 대비하는 기능을 갖춰야 한다.

(4) 정부의 수자원관련 계획 수립 총괄지원

국내 다양한 수자원 관련 계획 등의 체계를 정립하고 수립 기간 등 산재하는 문제점을 우선 해결하고, 수자원 관련 계획 수립을 총괄을 지원한다.



Fig. 3. Management plan for water supply and demand of new organization

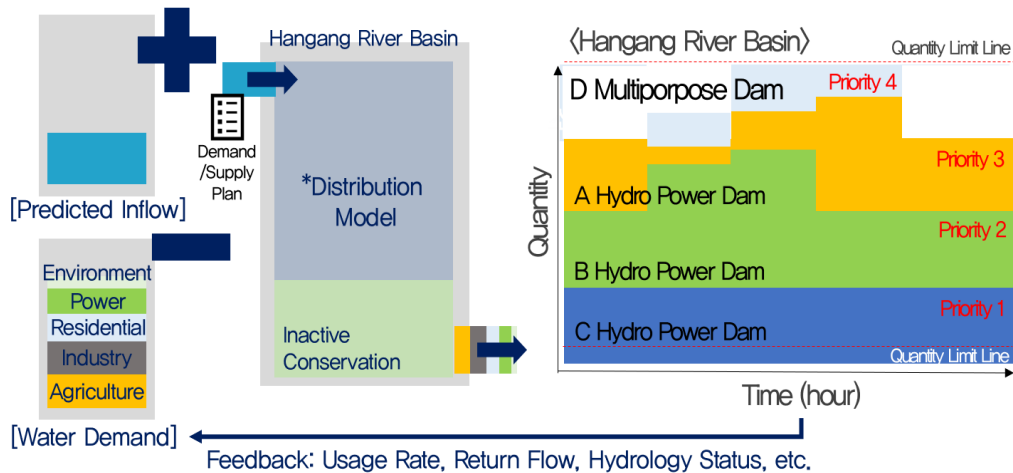


Fig. 4. Prediction for water supply and demand of new organization (Example : Hangang river basin)

**Table 8.** Comparison of expected effects of KPX and water management organization

Division	KPX	New Organization
Benefit	① Improvement of efficiency in the power industry ② Fuel cost reduction effect ③ Promotion of various technology development ④ Reduction of maintenance cost ⑤ Contribution to stabilization of electricity bills ⑥ Improve electrical quality	① Improving the efficiency of related projects ② Securing transparency in water use ③ Promote the development of various technologies such as measurement fields ④ Financial effect such as reduction of maintenance cost ⑤ Contribution to stabilization of related water rates ⑥ Water quality improvement

### 3.2.3 물 관리 전담기구의 기대효과

물 관리 기구신설은 다양한 관리주체의 개별적 댐 운영으로 인한 용수사용의 비효율 감소시키고, 용수 수요·공급관리를 통한 효율성을 증가시킬 수 있다. 또한 합리적 운영을 통해 비상시 하천관리에 기여하는 등의 재난대응능력을 확보할 수 있다. 수자원과 관련된 계획수립 등에 참여·조정·감시·평가로 법률·제도적으로 수자원 이용·관리에 대한 기반을 강화하고, 기술적 근거를 토대로 산정한 기준에 의해 물 이용 형평성을 확보할 수 있다. 이처럼 확보된 형평성을 토대로 용수사용의 우선순위를 선정하여 명확한 운영기준으로 수자원을 운영할 수 있으며 이는 곧 경제적 손실발생의 감소와 분쟁 해결 등으로 이어진다. 수년간의 계측기술의 발달은 용수의 수요/공급 파악이 가능해져 통합관리기구 중심으로 그간 해결되지 못하였던 용수사용의 투명성까지 확보할 수 있을 것으로 기대된다 (Table 8).

정량적 효과로는 하천수 미사용분(39.1%)을 활용 시 9.1억 m<sup>3</sup>/년 용수를 확보할 수 있으며, 개발사업 위주에서 관리사업으로 전환되어 수자원 신규개발사업 비용을 절감시킬 수 있다. 즉, 최근 10년간 수자원 개발사업에 책정된 예산의 불필요한 집행을 막을 수 있다. 또한 강력한 비영리기구의 통합운영은 관측 시스템측면에서도 연간 최소 19.8억원에서 91.1억원 재정기대효과를 가져오는 것으로 나타났다. 부처간 중복된 하천관리 사업을 단일화하여 수환경과 치수사업을 동시에 추진한다면 전체적으로는 약 22.7%의 재정효과가 발생하는 것으로 추정된다(Korea Environment Institute, 2017).

### 3.3 기구신설 정책의 성공요소 및 장애요인

본 연구에서 제시하는 정책이 성공을 거두기 위해서는 이 익집단이 아닌 강력한 권한을 가지고 있는 국가주도 비영리기구라는 전제가 필요하다. 이를 전제로 강력한 실시간 운영권한을 가지고 있어 명확한 기준 하에 상황에 맞는 실시간 물관리를 수행할 수 있어야 한다. 물 수요량 계측 및 예측도 필수적인 요소이기 때문에 물 수요량·공급량·사용량 계측이 필수적이다. 특히 신설기구는 물 사용에 대한 피드백(Feedback)을

통해 물 관리 효율 개선 및 비용절감에 힘써야 하며 물 공급계획을 조정 및 승인할 수 있는 권한을 통해 국가 물 관련 계획 수립 시 조정·승인 기능으로 투명하고 합리적인 계획을 수립해야 한다.

관리주체가 다양하고 수자원 관리대상 시설의 법령체계, 이해관계 등의 다양한 장애요인이 있겠지만, 기술적인 장애요인이 우선적으로 해결되어야 한다. IT기술을 기반으로 하는 공급량 및 수요량 계측시설을 추가 설치한다는 전제하에 일간단위로 수요량 예측, 공급량 배분 계획을 수립하고 이를 조절하는 모델을 구축하는 등의 핵심기술이 필요하다. 공급량 및 수요량 계측을 위한 계측시설, 수요량-공급량 예측 기술, 물 배분모델, 수자원 가치 평가 재정립, 송수시설 및 송수기술 등이 우선 제시되어야 한다. 또한 제시된 기술적 장애요인이 해결된다고 하더라도 기구 신설이 가져올 법적·제도적인 문제점에 대한 논의도 필요하다. 현재 고시되어 있는 하천수허가량, 댐 용수와 관련된 수리권, 용수목적에 따른 우선순위, 수요-공급 균형에 따른 수도요금 인상 등 다양한 문제점이 발생할 소지가 있다. 이러한 문제점들은 단기간 해결되기 어려운 부분이기 때문에 장기적인 관점에서 신중하게 고려되어야 한다. 정책적으로는 시민단체, 비영리재단, 지자체 기타 이해관계자의 의견수렴 창구를 마련할 필요가 있어 기본적으로 전력거래소에서 전력시장의 운영을 위해 구성되어있는 위원회와 같이 규칙개정위원회, 비용평가위원회, 정보공개위원회, 분쟁조정위원회를 구성해야 한다.

## 4. 결 론

통합물관리를 위한 「물관리기본법」은 법 제정 이후 시행령, 시행규칙이 순차적으로 제정되었으며, 국가물관리위원회 및 각 유역별 물관리위원회 출범하여 국가물관리기본계획 수립 중에 있다. 「정부조직법」 개정과 「물관리기본법」 제정에 따른 물관리 일원화는 통합물관리를 위한 가장 중요한 단계임에는 틀림없으나, 법·제도 조직분야 기반마련에 따른 구체적

인 실행방안 마련이 진정한 통합물관리를 위한 필수요소이다. 본 논문에서는 통합물관리 실행방안으로 전력산업시장에서 2001년도에 설립한 전력거래소를 벤치마킹하여, 물관리분야의 효율적인 수요-공급량 조정과 국민 모두에게 공평하게 물을 공급하기 위한 공공성을 확보하기 위한 기구를 신설할 것을 제안하였다.

전력산업개편 이후 전력거래소도 수 차례 다양한 문제점이 도출되었고, 산업통상자원부 산하 전기위원회의 조율을 통해 지속적으로 개선되고 있다. 최근 들어 수요자 중심의 시장개편으로 요구사항이 증가하고 있으며 이에 대한 능동적인 대처 및 대안이 요구되고 있다. 본 연구에서 제안하고자 하는 물관리 전담기구도 이러한 성장통을 겪을 것으로 예상된다.

이러한 물관리 전담기구는 ‘낭비와 수해를 줄이는 통합물관리 기구’를 비전으로 ‘수자원 사용률 최적화’, ‘수질/수량관리로 수재해 최소화’, ‘물관리 체계 일원화’ 그리고 ‘법률·제도적 물이용 기반강화’를 4가지 정책목표로 하여 「물관리기본법」의 핵심가치인 효율성, 안정성, 형평성, 민주성, 책임성을 실현하기 위한 기구이어야 한다.

물과 전기는 흐름이 존재하고, 운영 관리 측면에서 유사한 측면이 많다. 또한 물과 전기는 상호연관성이 매우 높으며 최근에는 각각의 산업에서 관리의 중요성이 강조되고 있으며 전기의 경우 이미 전력거래소를 통해 관리의 효율성을 높이고 있다. 직면할 많은 분쟁과 문제점이 있으나, 전력거래소의 전력시장운영협의체, 전력산업기금 조성 등의 선례를 참고하여 수자원의 통합운영방안 수립 가능성을 확인하고자 하였고 물관리 전담기구의 체계 정립 및 통합관리를 통해 고효율 및 고품질의 수자원을 관리할 수 있을 것이라 기대된다. 또한 물 수요량은 실시간으로 계측된 사용량을 이용해서 예측하고 이에 따른 물관리시설의 물 공급 계획을 수량배분모델을 통해서 수립한 후 일단위로 물 관리시설을 운영하고 그 결과를 감독·조율함으로써 실질적인 통합물관리가 실현될 것이다.

이러한 정책실현을 위해서는 직면할 다각도의 문제점과 필요한 기술들의 확보가 준비되어야 한다. 먼저 물관리 정책과 관련된 법률 약 78개에 대한 검토가 필요하며, 물관련 법정계획의 검토작업도 수행되어야 한다. 기구 신설을 위한 핵심정책과제를 발굴·선정하여 추진계획을 마련해야 하며, 기존에 이미 만들어진 수량·수질·수생태분야의 다양한 로드맵 및 추진계획에 대한 통섭적 분석이 이루어져야만 물관리 전담기구 설립 및 운영이 효율적이고 지속가능한 통합물관리를 위한 실행방안이 될 수 있을 것이다.

## 감사의 글

본 논문은 한국수력원자력(주)에서 재원을 부담하여 (사)한국수자원학회에서 수행한 연구결과입니다.

## References

- Ahn, J.H., Kim, S.B., and Cho J.H. (2018). “A discussion on the establishment of integrated water management system and policy direction.” *KEI Focus*, KEI, Vol. 6, No. 5, pp. 1-24
- Cheong, T.S., Kang, S., Hwang, M., and Ko, I. (2008). “Development and validation of reservoir operation rules for integrated water resources management in the Geum River basin.” *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 41, No.4, pp. 433-444.
- Choi, H. (2014). “The economic impact analysis on the water industry with social accounting matrix.” *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 47, No. 2, pp. 95-106.
- Kim, I.J. (2017). *A study on the basic principles and policy roadmap of integrated water management*. Report 2017-11, Korea Environmental Institute, pp.1-116.
- Kim, S.J. (2011). *A study on the restructuring and its performance of Korean electric power industry*. Ph. D. dissertation, Seoul University of Science and Technology, pp.1-28.
- Lee, B.S., Hong, S.H., and Park, S.G. (2017). “Analysis of the characteristics of river water use and the efficient management of the permitted quantity.” *Water for Future*, Vol. 50, No. 7, pp. 27-36.
- Lee, Y.G. (2019). “Opinion on the law of the framework act on water management.” *Water for Future*, Vol. 52, No. 3, pp. 48-52.
- Ministry of Environment (ME) (2018). *Statistics of waterworks*. 11-1480000-000181-10, pp. 1-84.
- Ministry of Environment (ME) (2019). *A study on the preparation of evaluation indicators and evaluation system for integrated products management*. 11-1480000-001608-01, pp.1-218.
- Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE) (2017). *The 8th basic plan for long-term electricity supply and demand (2017-2031)*. pp. 1-103.
- National Assembly Budget Office (NABO) (2007). *Analysis of action result for settlement requirements in 2005*. 31-9700214-00326-10, pp. 142-165.
- The Federation of Korean Industries (FKI) (2010). *Major issues of structural reform of domestic power generation industry and strengthening competition system*. Regulatory reform series 2, pp. 1-45.
- Yeo, K.H. (2016). *Smart water grid technology trend and prospect for water resource management*. Konetic Report 2015-20, Korea Environmental Industry & Technology Institute, pp.1-12.