

통합 물관리를 위한 우리나라 지하수 관리 패러다임 전환과 정책방향

현윤정* · 한혜진

한국환경연구원 물국토연구본부

Groundwater Management Pradigm Shift and Policy Directions for Integrated Water Management in Korea

Yunjung Hyun* · Hye Jin Han

Water and Land Research Group, Korea Environment Institute, Sejourng 30147, South Korea

ABSTRACT

This paper aims to develop a new paradigm for groundwater management which is compatible with integrated water management policies in Korea. Three key roles of groundwater are defined for addressing water cycle distortion, high water stress, water quality degradation, aquatic ecosystems deterioration, and water-related hazards. Firstly, groundwater plays an important role in contributing soundness of water cycle as a component of water cycle. Secondly, it is a local water resource to ensure water supply sustainability. Thirdly, groundwater is an essential water resource for drought and emergencies. In order to support the groundwater roles, we propose a paradigm shift for groundwater management and policy directions towards integrated water management. The new paradigm consists of managements for sound water cycle on a watershed scale and groundwater environment(quantity, quality, and groundwater dependent ecosystems) managements for both human and nature. A prospective management also constitutes the new paradigm. In addition, this paper proposes four policy directions in groundwater management. The policies emphasize the integrated management of groundwater and surface water, management of groundwater environment(quantity, quality, and groundwater dependent ecosystems), management of groundwater uses for water sustainability and security, and enhancement of groundwater publicity.

Key words : Integrated Water Management, Groundwater Management, Policy Directions, Paradigm, Watershed

1. 서 론

그동안 우리나라 물관리는 1) 높은 물 스트레스와 수질 악화로 인한 지역 간 물 분쟁의 심화, 2) 극한 가뭄 및 홍수 등 예상치 못한 기후위기에 따른 물 재해의 발생, 3) 인간중심의 하천 정비와 도시계획 등으로 인한 유역의 자연성 및 수생태계의 훼손, 4) 가시적인 지표수 수량 위주의 관리로 물순환의 왜곡 초래, 5) 정부 주도의 물정책 수립 및 하향식 정책 이행으로 이해관계자 의견 수렴 미

흡, 6) 내수 중심의 물산업 육성으로 글로벌 시장의 대응력 부족 등의 한계를 보인다(MCJ, 2021). 게다가, 예측하기 힘든 기후변화로 인한 피해가 극심화되는 기후위기와 불리우는 환경의 변화는 우리사회를 크게 위협하면서 물관리 여건을 악화시키고 있다. 장기화된 경기침체로 인한 저성장 시대의 도래는 국가의 지속가능발전과 국민들의 물 기본권 보장, 기후위기 대응을 위한 새로운 물관리 정책 패러다임을 요구하고 있다.

2018년 6월, 「정부조직법」, 「물관리기본법」, 「물기출산업법」이 제·개정되어 하천관리 업무를 제외한 물관리 업무가 국토교통부에서 환경부로 이관되는 물관리 일원화의 초석이 마련되었다. 이에 통합물관리 구현을 위한 새로운 물관리 정책 패러다임을 구축하고 이를 추진하기 위한 기반 구축 등을 위한 물관리 관련 법령 및 계획 통합·연계방안, 역할 분담에 대한 조정, 재정 및 유역 물관리체계 정비 등의 연구가 활발히 진행 중이다(Lee et al.,

주저자: 현윤정, 연구위원

공저자: 한혜진, 선임연구위원

*교신저자: 현윤정, 연구위원

Email: yjhyun@kei.re.kr

Received : 2021.12.13 Reviewed : 2021.12.13

Accepted : 2021.12.20 Discussion until : 2022.02.28

2018; Han et al., 2020; Kim et al., 2020; Won, 2020; An et al., 2021). Lee et al.(2018)은 통합물관리를 위한 한강유역의 거버넌스 구축에 관한 연구를 수행하였고, Kim et al.(2020)은 통합물관리 관점에서 하천과 농업용수 관리의 개선방안을 제안하였다. Won(2020)은 물관리 일원화에 따른 재정의 통합관리방안을 연구하였고, An et al.(2021)은 하천관리 일원화에 따른 물관리 이슈와 정책 방향을 제시하는 등 많은 연구가 진행되고 있다. 한편, 2018년 물관리일원화 법령 제·개정을 시작으로 통합 물관리 포럼 운영, 국가물관리기본계획 수립 등을 통해 물관리 핵심가치와 목표가 도출되었고 향후 국가 차원의 물관리 정책방향, 성과목표 및 전략 등이 수립되었다. 물관리 일원화와 물관리기본법의 제정에 따라 수립된 제1차 국가물관리기본계획은 그간 물관리의 한계를 극복하면서 국가의 지속가능발전과 국민들이 깨끗하고 안전한 물을 누릴 수 있도록 하는 국가물관리 정책의 추진방향을 제시하였다. 제1차 국가물관리기본계획에서 제시한 정책목표는 통합물관리를 통한 건전한 물순환의 달성이다(MCJ, 2021).

지하수 관리는 2018년 지하수법이 환경부로 이관되면서 지하수 수량, 수질 관리 주체가 일원화되었다. 이후 2020년 지하수법 개정을 통해 국가지하수정보센터를 법적으로 규정하고, 지하수의 수위와 수질의 체계적인 통합 모니터링과 정보 관리를 추진할 수 있는 법적 기반을 마련하였다(KLIC, 2021b). 그러나, 국가 물관리의 새로운 정책방향과 전략 등이 수립되는 시점에서 지하수 관리정책

과 체계 등을 재정비하는 연구는 많지 않은 편이다. Hyun et al.(2018)은 지하수수질 관리의 목표 부채를 지적하며 지하수수질 관리의 목표기준 설정(안)을 제시하였고, Kim(2020)은 지하수법에 따른 수질관리체계와 문제점을 고찰하고 수량-수질 통합관리 측면에서 수질관리 개선방안을 제안하였다. Hyun et al.(2020)은 지하수의 유역단위 평가·관리체계의 원시모델을 개발, 금강유역을 대상으로 지하수의 수량과 수질을 평가하였다. Han(2020)은 지하수의 공공성 강화를 위한 관리체계 개선방안을 제안하였고, Hyun et al.(2021)은 통합물관리에 부합하는 이슈 맞춤형 농업용 지하수 관리전략을 제안하였다. 그러나, 이들 연구는 지하수관리의 특정부문에 대한 정책연구에 중점을 두고 있고, 물관리일원화에 따른 통합물관리라는 국가물관리 정책기조의 전환기에서 지하수 관리의 전반적인 현황을 고찰하고 큰 틀에서의 정책방향을 모색하는 연구는 미흡하다. 이에 본 연구에서는 선행연구의 문헌검토 및 관련 자료 분석 등을 통해 국가 물관리 한계와 지하수의 장단점에 기반하여 지하수의 역할을 정립하고, 향후 통합물관리 이행을 위한 지하수 정책방향과 이를 효과적으로 추진하기 위한 새로운 지하수 관리 패러다임을 제안하고자 한다.

2. 국가 물관리 정책 기초

2.1. 국가 물관리 비전과 목표

물관리기본법에는 물의 공공성, 건전한 물순환, 수생태

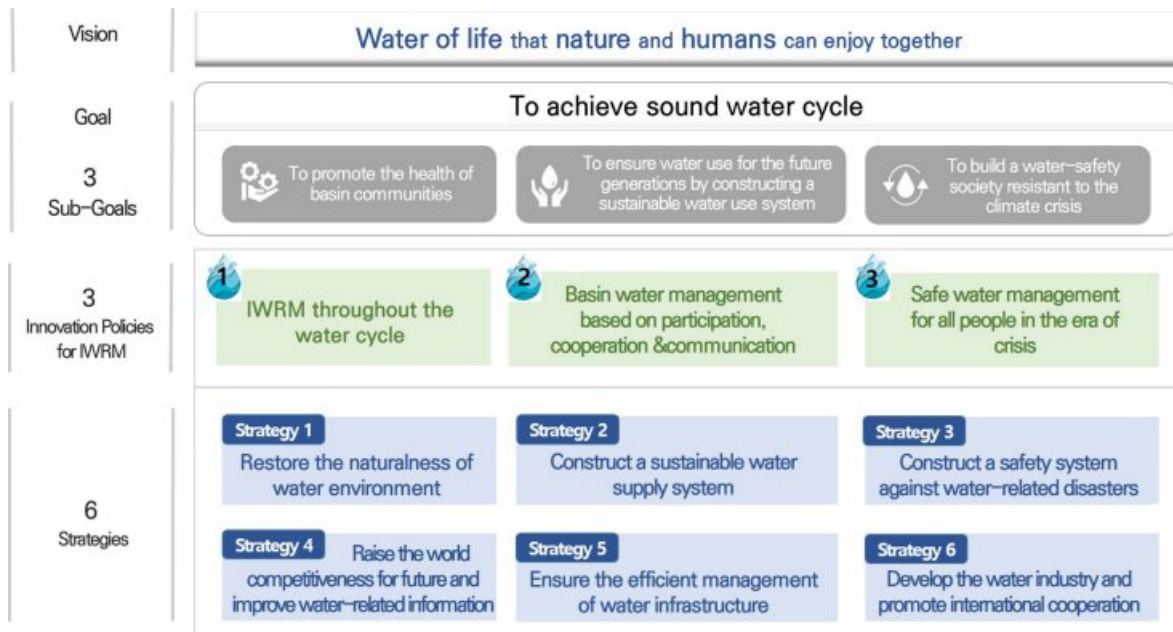


Fig. 1. Schematics of 1st Master Plan for National Water Management (2021~2030) (MCJ, 2021).

Table 1. Basic Principles of Water Management (KLIC, 2021a)

Principles	Key Contents
Public Nature of Water	Water shall be used for that the public interests are not infringed, national water policies are not impeded, and impacts on the water environment are minimized.
Sound Water Cycle	Governments shall ensure that water can continuously perform its normal functions to maintain the ecosystem & human activities, considering sound water cycle.
Conservation of Aquatic Ecosystems	Governments shall endeavor to conserve sustainable aquatic ecosystems in consideration of the function & value of water as habitats of life, by taking measures if the health of aquatic ecosystem is deteriorated.
Management by Basin	Water shall be managed on a basin basis to promote its sustainable development, utilization, conservation and to prevent disasters, but water management among basins shall be promoted in a harmonized & balanced manner.
Integrated Water Management	(1) Governments shall manage water to ensure that all forms of water in the water cycle process, such as surface water & groundwater, are balanced with each other; (2) Governments shall take account of the whole water cycle.; and (3) Governments shall comprehensively consider the securing of water quantities; preservation of the water quality; prevention of disasters; the natural environment including climate, land, resources, environment, & vegetation; & effects on the economy, society, etc.
Cooperation & Coordinated Management	Governments shall consider the entire basin in question, and shall promote coordination between basins & between regions by ensuring that any changes in water management conditions of a region do not adversely affect the sound water cycle of other regions.
Distribution of Water	Governments shall distribute water reasonably & equitably so that people can enjoy benefits of water evenly; in such cases, governments shall also consider the distribution of water for the purpose of ensuring healthy ecosystems, including plants & animals.
Management, etc. of Water Demand	(1) To formulate a plan to develop & supply water resources, governments shall consider the need to adequately manage water demand for saving water & reducing water losses before formulating the plan.; and (2) To prepare for water resource shortages or for disasters caused by droughts or floods, governments shall develop alternative water resources by managing & utilizing precipitation, reusing sewage water, desalinating salt water, or by taking other measures; & shall actively promote technology development to prevent disasters.
Permission to Use Water	A person who intends to use water shall obtain permission, etc. pursuant to relevant statutes.
Cost Bearing	(1) A water user shall be required to fully or partially bear the cost of managing water: provided, That this shall not apply to any special circumstances determined by this Act or other Acts.; (2) Any person who causes hindrance to water management shall be required to fully or partially bear the cost of managing water, such as preventing or restoring the obstacle.; and (3) Relevant statutes shall apply to cost-bearing, management, etc. provided for in paragraphs (1) & (2), & the funds received to cover the cost shall be used for water management.
Response to Climate Change	Governments shall minimize the vulnerabilities of water caused by climate change & prepare measures through restoration, etc. of the water cycle.
Participation in Water Management Policies	Decisions on water management policies shall be made through broad participation by interested parties, such as public officials of governments, water users, local residents, & relevant experts, as well as through consensus among such interested parties

환경의 보전, 유역별 관리, 통합 물관리, 협력과 연계 관리, 물의 배분, 물수요관리, 물 사용의 허가, 비용부담, 기후변화 대응, 물관리 정책 참여 등 12가지 부문에 대한 국가 물관리 기본원칙을 규정하고 있다(Table 1). 관계 부처 합동으로 수립된 제1차 국가물관리기본계획은 기후위기, 저성장 시대에 12가지 물관리 기본원칙을 준수하면서 기존 물관리 정책의 한계를 개선하기 위한 향후 10년간의 물관리 비전과 목표, 전략을 제시하고 있다. 제1차 국가물관리기본계획은 각 분야별 물관리 계획을 아우르는 물 관련 국가 최상위 계획으로 물순환 과정에서 빗물, 지표수, 지

하수와 관련된 수질·수량·수생태, 수재해 관리 뿐만 아니라, 상하수도·하천·댐·저수지 등 물관리 인프라 전체를 아우르는 국가의 모든 물 관련 계획들의 기본이 되는 계획이다(MCJ, 2021). 제1차 국가물관리기본계획에서는 “자연과 인간이 함께 누리는 생명의 물”을 비전으로 삼고, 물관리기본법의 목적과 기본이념에 따라 2030 물관리 총괄 목표를 “건전한 물순환 달성”으로 세웠다. 세부목표로 세 가지들을 수립하였는데, 첫째 유역 공동체의 건강성 증진, 둘째 지속가능한 물 이용 체계 확립으로 미래 세대 물 이용 보장, 마지막으로 기후위기에 강한 물안전 사회 구

축이다. 이를 달성하기 위한 전략을 물환경, 물이용, 물재해, 물정보, 물기반시설, 물산업 및 국제협력 등 6개 부문별로 제시하였다(Fig. 1).

2.2. 국가 물관리 3대 혁신정책과 정책 기조

제1차 국가물관리기본계획에는 국가물관리 혁신정책을 세 가지로 제시하고 있는데, 이는 그간의 물관리 한계를 개선하고 여건변화에 효과적으로 대응하기 위해 필요한 물관리의 혁신 방향을 지시하는 것으로 향후 10년 간 추진될 국가물관리의 정책기조를 반영한다. 물관리 3대 혁신정책은 첫째 물순환 전 과정의 통합 물관리, 둘째 참여·협력·소통 기반의 유역 물관리, 셋째 기후 위기 시대 국민 안전 물관리인데, 이를 아울러 ‘통합 물관리’라고 할 수 있다. 이는 그간의 ‘인간 중심’의 물관리에서 ‘자연과 인간 중심’으로, ‘직선적 관리’에서 ‘순환적 관리’로, ‘공공주도적 관리’에서 ‘참여·협력적 관리’로, ‘편의 증대’에서 ‘공공성 강화’의 물관리 정책 기조의 전환을 보여준다.

3. 국내 물관리에서 지하수의 역할

본 연구에서는 통합물관리를 위한 국가 물관리 정책 기조의 전환기에 이에 부합하는 국내 지하수 정책 방향 설정에 앞서, 그간 물관리 한계와 국가 물이용 전망, 지하수의 장단점 등을 고려하여 국내 물관리에서의 지하수의 역할을 다음의 세 가지로 정립하였다.

3.1. 하천 수질 및 수생태 건강성 회복, 비점오염원 관리를 위한 물순환 구성 요소

그간 인간 편의 중심의 하천정비 및 도시개발은 하천의 수질 악화 및 생태 서식처의 감소 등 하천의 자연성 및 수생태계 건강성을 훼손하는 결과를 초래하였다(Jeon et al., 2007; Han, D.-H. and Kim, I.-J., 2009). 또한, 도시개발로 인한 불투수면의 증가는 강우 시 하수관거 유출수, 농경지 비료 등 비점오염원에 의한 오염물질 배출량을 증가시켜 수질오염에 미치는 영향이 상당하기 때문에 비점오염원 관리의 필요성이 대두되고 있다(MCJ, 2020).

하천 수질 및 수생태계의 건강성은 하천의 유량과 밀접한 관계가 있는데, 하천유량은 하천유출, 지표유출, 중간유출, 그리고 기저유출로 구성된다. 이때 유속이 빠른 하천유출과 지표유출은 강우 시 하천유량으로 체류하는 시간이 짧은 반면, 유속이 느린 지하수는 강수가 없을 때에도 기저유출로 꾸준히 하천으로 유출이 발생하면서 하천 유량이 유지된다. 여러 연구에서 지하수의 하천 기저유출

이 하천유량에 기여하는 비율이 지역별로 차이는 있으나, 약 40%에 해당되는 것으로 조사된 바 있다(Kang et al., 2015). Choi et al.(2015)은 금강, 영산강, 낙동강 유역을 대상으로 기저유출이 총 질소 하천오염부하에 미치는 부하량을 정량적으로 분석하였는데, 그 결과 하천유량 외에도 기저유출에 의한 오염부하량이 하천오염부하에 미치는 기여율이 약 50~97%인 것으로 산정되었다. 이는 하천의 수질 및 수생태계 관리에 있어서 기저유출은 중요한 관리 대상이고, 따라서 하천의 수질 및 수생태계 관리, 오염부하량 관리에 있어서 지하수가 고려해야 할 중요한 요소임을 시사한다.

3.2. 유역 물자급률 제고 및 물수급 불균형 해소를 위한 대표적인 지역 상수원

우리나라는 1인당 이용가능 수자원량 대비 물 취수량의 비율이 약 33%(2011년~2015년 자료 기준)로 OECD국가 중 여섯 번 째로 타 국가에 비해 상대적으로 물스트레스가 높은 수준이다(MCJ, 2021). 뿐만 아니라, 수질 및 물수급 안전 및 안정성 등에 대한 우려 등으로 지역 간 물 관련 갈등이 지속적으로 발생하고 있다. 게다가, 제4차 수자원장기종합계획의 제3차 수정계획(2016~2020)에서는 중권역 내의 모든 가용수량을 이용한다는 가정 하에 과거 최대 가뭄 시 생·공·농업용수의 물부족량은 2020년에 약 17.5억 m³인 것으로 전망하였다(MOLIT, 2016). 여기에 중권역 내 지역공급원으로 암반지하수와 저수지에서 추가 수원을 확보한다고 가정하면 생·공용수 물부족량은 0.19억 m³이고 농업용수 물부족량은 3.87억 m³으로 총 생·공·농업용수 부족량이 약 4.0억 m³으로 감소되는 것으로 추정하였다. 특히 생·공용수 공급가능량을 살펴보면 지하수는 11.1억 m³, 저수지는 2.80억 m³으로 저수지 대비 지하수 공급가능량이 약 4배인 것으로 추정되어 지물부족 지역에서 지하수가 핵심적인 지역 상수원 역할을 담당하는 수자원임을 알 수 있다(Table 2).

3.3. 가뭄 대비 안정적인 비상수원

기상학적 가뭄이 상시화 되면서 지리, 지형적인 이유로 댐, 저수지 등의 대규모 수원의 안정적 확보가 어려운 지역에서는 수문학적 가뭄이 상습적으로 발생한다. 가뭄은 강우 여건에 따라 국지적인 형태로 전국에 산재되어 나타나기 때문에 강우 여건에 따른 변동성이 작고 지역적으로 편재하면서도 잠재적 개발이용가능량이 풍부한, 안정적인 비상수원이 필요하다. 가뭄 대비 비상수원으로서의 지하수의 이용은 깨끗한 수질, 접근의 용이성 등으로 가뭄에

Table 2. Water deficit for domestic, industrial, and agricultural use before and after application of potential local water resources (Hyun et al., 2020) (unit: 10⁶ m³/yr)

Basin	Before		Local Water Resources				After	
	Dom. + Ind.	Agr.	Groundwater		Reservoir		Dom. + Ind.	Agr.
			Dom. + Ind.	Agr.	Dom. + Ind.	Agr.		
Han river	36.6	206.0	339.7	116.0	8.0	368.6	4.2	48.6
Nakdong river	17.9	250.9	405.6	416.2	179.7	729.3	0.6	15.5
Geum river	50.3	551.1	245.9	126.1	-	774.9	13.4	128.1
Seomjin river	8.1	165.0	55.2	78.0	6.4	289.6	1.3	29.5
Youngsan river	9.2	454.0	62.9	80.8	85.8	582.7	0.0	166.1
Subtotal	122.1	1627.0	1109.3	817.1	279.9	2745.1	19.5	387.8
Total	1749.1		1926.4		3025.0		407.3	

Dom: Domestic use; Ind: Industrial use; Agr.: Agricultural use

Table 3. Main work for groundwater management regulated in Groundwater Act, Korea (revised from Hyun et al., 2020)

Classification	Main work
Planning & Establishing standards	- Establish management plan
Implementation	Withdrawal/Uses - Manage groundwater wells - License, Registration, Restoration, etc
	Conservation - Groundwater conservation district - Contamination concerned facility management - Groundwater recharge facility development, etc
	Facility management, etc
Infrastructure	Data/Information - Monitoring, Survey, Digitalization, etc.
	Human resources - Business-Human resources management
	Finance - Finance and fiscal management

적시적으로 대응할 수 있는 실질적인 대책이다(Hyun et al., 2021). 뿐만 아니라, 기후위기 등 기후변화에 대한 불확실성이 커지면서 메가가뭄(mega-drought) 등 한번도 겪어보지 못한 극심한 가뭄 대비책의 일환으로 지하수의 역할에 주목할 필요가 있다.

4. 국내 지하수 관리 정책 평가

4.1. 국내 지하수 관리 현황

Hyun et al.(2020)은 우리나라 지하수 관리업무를 지하수법에서 규정하고 있는 계획수립, 정책이행, 정책기반의 측면에서 정리하였다. 본 연구에서는 Table 3에서 정리한 업무들을 중심으로 국가와 지자체 차원에서의 관리현황을 검토하였다.

국가 차원에서의 지하수 관리는 지하수관리기본계획에 따라 체계적으로 유역별 국가관측망과 국가지하수수질측정망을 구축하여 관정단위의 지하수위와 수질을 모니터링하고 있다(MOLIT, 2017). 국가관측망과 지하수수질측정망을 2020년 지하수법이 개정되면서 ‘지하수측정망’으로 통합하였다(KLIC, 2021). 하천·호소 등의 지표수와는 달

리, 지하수는 측정망 자료를 이용하여 유역단위의 지하수 수량과 수질을 평가하고 그에 기반한 지하수 관리목표를 수립, 관련 정책을 개발, 이행하는 체계와 정책이행 기능은 매우 미흡하다. 지자체 차원에서는 지역지하수관리계획을 수립하고 그에 따라 지하수 인허가제도나 지하수영향조사, 정기수질검사, 지하수이용부담금 부과, 지하수보전구역 지정·관리 등의 업무를 수행하고 있다. 지자체 차원에서 지하수 이용과 관련된 관리대상은 개인 또는 지자체에서 소유하는 지하수개발·이용시설(이하 ‘관정’)인데, 국가 계획과 연계된 구체적인 관리목표가 사실상 부재하다보니 대부분의 지자체에서는 관정 단위 지하수 이용량 또는 수질 정보를 수집하는 수준의 관리를 하고 있다. 한편, 지자체이 지하수 보전·관리와 관련된 관리대상은 지하수보전구역, 지하수오염유발시설, 지하수저류지·지하수함양시설 등의 지하수자원확보시설 등이 있다.

4.2. 한계점

앞서 정리한 지하수 역할을 이행하는 데에 있어서 국내 물관리정책 기초 하에 현행 지하수 관리 정책의 한계점을 다음과 같이 도출하였다.

4.2.1. 물의 공공성을 고려한 지하수 환경 관리 미흡

국가물관리는 공공의 이익을 침해하지 않고 국가의 물 관리 정책에 지장을 주지 않으며 물환경에 미치는 영향을 최소화하는 범위내에서 이용하도록 하는 ‘물의 공공성’을 첫 번째 원칙을 하고 있다. 수생태환경의 보전과 물의 배분 원칙에도 인간 뿐 아니라 동·식물 등 생태계의 건강성 확보를 위한 물의 이용을 원칙으로 한다. 한편, 지하수는 2018년 기준 우리나라 물이용의 약 7.6%를 담당하고 있고(MCJ, 2021) 물수급 전망에 따른 미래 잠재적 수자원으로서의 자원적 이용 가치가 있고, 이와 더불어, 하천, 호소 및 하상, 하안, 토양, 대수층 등과 관련된 수생태계 및 육상생태계, 이른 바 ‘지하수 의존 생태계’의 환경·생태적 가치가 중요한 환경자원이다(Hyun and Moon 2012). 지하수법에는 지하수보전구역 등 지하수 환경 및 생태계 등을 고려한 지하수관리제도가 존재한다. 그러나, 2002년과 2005년에 각각 전남 무안군 무안읍 일대와 충남 당진군 합덕읍 두 군데가 지하수보전구역으로 지정된 이후 추가로 지정된 적이 없는 지하수보전구역 지정관리제는 사실상 거의 활용되고 있지 않다. 또한, 아직 지하수 의존 생태계에 대한 현황조사 파악이 제대로 안되고 있는 등 현행 우리나라의 지하수 관리는 지하수 수질과 지하수 의존 생태계를 고려한 지하수 환경 관리의 정책기반과 정책이행 수단이 매우 미흡하다.

4.2.2. 유역단위 지하수 관리 기반 및 정책이행 미비

우리나라의 물관리는 유역 단위로 관리되어야 함을 원칙으로 하고 있다. 하천이나 호소의 경우 「물환경보전법」에 따라 유역단위로 수질을 평가하고 이를 기반으로 유역별 수질관리 목표기준을 만들어 고시하고 이를 달성하기 위한 정책수단 활용 등의 목표지향적 관리를 하고 있다. 그러나, 지하수의 경우는 유역단위 지하수 관리의 체계가 없을뿐더러 법제도적 근거 또한 미흡하다.

한편, 유역·지방환경청은 지하수법에 따라 오염방지 명령(제16조), 오염유발시설의 정화조치 명령(제16조의3), 수질검사에 따른 지하수의 이용 중지 또는 수질개선 등 조치명령(제20조 2항) 등 일부 규제 권한과 수질측정망 운영(제18조 1항) 사무를 환경부로부터 위임받아 수행하도록 되어있다. 그러나, 환경부로 위임받아 수행하는 오염우려지역의 수질측정망 운영을 제외하고는 대부분의 업무가 환경부와 시군구 공동 권한이어서 유역 단위에서의 유역·지방환경청이 수행하는 지하수관리 정책이행 기능은 거의 없다고 볼 수 있다.

4.2.3. 물순환 전과정을 고려한 지하수 정책 미흡

통합 물관리의 핵심은 지표수와 지하수 등 물순환 전과정을 고려한 물정책 수립·시행이다. 지표수의 경우는 그동안 직접유출 저감 등 빗물과 지표수 수량 위주의 물순환 관리를 시행해왔다. 지하수는 기저유출을 통해 하천 및 호소 등 지표수의 유량과 수질에 미치는 영향이 있음에도 불구하고 물순환의 개념이 미미하여 지표수와 연계된 지하수 관리정책이 미흡하다. 최근 과도한 지하수 이용 및 유출 지하수 발생으로 심각한 지하수위 강하와 함께 지반 침하의 우려가 높아지고 있는데, 이 또한 물순환을 고려하지 못한 지하수 이용 때문이다. 이렇듯 빗물 또는 지표수와 연계성이 미미한 현행 지하수 관리는 물순환 건전성을 달성하는 데에 한계가 있다.

4.2.4. 지속가능한 지하수 자원 확보와 수요 관리 미흡

2016년 기준 우리나라 지하수개발이용시설 중 허가관정은 불과 1.7%에 해당되고 83.8%는 신고 관정, 나머지는 미등록 시설이다. 신고관정과 미등록시설의 높은 비율은 개발·이용이 수시로 발생하는 수요에 따라 선 개발, 후 승인 행태를 보이고 있음을 의미하고, 이는 곧 현행 지하수 이용관리가 사용자 편의의 소극적이고 후향적임을 지시한다. 이러한 지하수 이용행태는 2018년 기준 서울 영등포구, 대구 서구, 부산 진구, 고창군, 담양군 등 일부 지역에 지하수 이용량이 지하수개발가능량의 80%를 초과하는 등 높은 취수율을 초래할 수 있다(MOE, 2019). 이 외에도 터널 공사 또는 지하개발 공사 등으로 인한 지하수 고갈 피해 민원 증가 등 지하수 이용의 지속가능성에 대한 불확실성이 커지면서 지하수 이용에 관한 분쟁이 빈번히 발생하고 있다(ACRC, 2018). 한편, 지속가능한 지하수 이용을 위해 설치하는 대규모 지하수저류지 및 지하수함양시설 등의 지하수자원확보시설 등의 체계적인 관리가 아직 이루어지지 않고 있다

5. 우리나라 지하수 관리 新패러다임과 정책 개선방향

5.1. 지하수 관리의 新패러다임

본 연구에서는 통합물관리의 효과적인 이행을 위해 국가물관리 기초에 부합하는 지하수 관리의 새로운 패러다임을 Fig. 2와 같이 구상하였다.

5.1.1. 유역단위 지하수관리

국가물관리 기본원칙에 물관리는 유역단위로 하게 되어

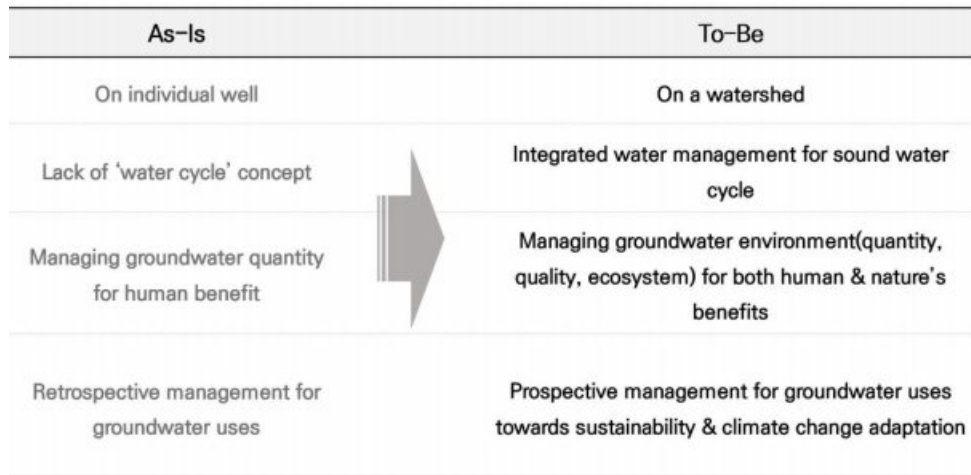


Fig. 2. Paradigm Shift in Groundwater Management for Integrated Water Management.

있고 통합물관리는 지표수와 지하수 등 물순환 전과정을 고려해야 한다. 한다. 국가 수준에서 지표수의 관리권역은 유역단위인 반면, 지하수의 관리권역은 특정되어 있지 않다. 우리나라의 경우 수리지질학적으로 대수층이 뚜렷하게 발달된 경우가 드물기 때문에 국가 수준에서의 지하수 관리권역을 유역단위로 하는 것이 과학적으로도 적절하다고 할 수 있다. 따라서 지하수 관리권역을 유역단위로 규정하고 유역 내 지하수 상태를 평가하고 유역에 적합한 관리대책을 수립, 이행하는 체계로의 패러다임 전환이 필요하다.

5.1.2. 물순환의 건전성을 고려한 지하수 관리

효과적인 통합물관리를 위해서는 물순환 전과정을 고려하여 물순환의 건전성을 제고하도록 하는 지하수 관리로의 패러다임 전환이 필요하다. 기저유출을 통한 하천과 지하수와의 통합관리, 지하수 함양(지하침투)을 통한 빗물과 지하수와의 통합관리, 비점오염원의 지하침출과 관련된 토양과 지하수의 통합관리 등 물순환 과정을 고려한 지하수 관리는 통합물관리 이행의 핵심적인 관리 패러다임이라고 할 수 있다.

5.1.3. 인간과 자연을 함께 고려하는 지하수 환경관리

현행 지하수 관리는 인간의 지하수 이용과 그와 관련된 수질이 주요 관리범위이다. 물의 공공성과 수생태 환경의 보전, 인간과 자연과의 물의 배분 등을 물관리 정책기조를 고려했을 때 지하수 관리를 '생태계' 를 포함하는 환경으로 관리범위의 확대가 필요하다. 이는 그간 인간 중심의 지하수 관리를 벗어나 인간과 자연의 공존을 위한 지하수

환경 관리를 새로운 지하수 관리 패러다임으로 제안한다.

5.1.4. 지하수 이용에 대한 전향적 지하수 관리

지하수의 지속가능한 이용을 위해서는 지하수 수요량을 예측, 전망하여 관리목표 수립하고 수요예측에 따른 지하수자원확보 시설의 설치, 지하수 수요관리, 비상수원의 개발 등을 추진할 수 있는 정책기반이 요구된다. 지하수 이용의 전향적 관리는 지하수의 공공성과 지속가능성 확보에 필요한 물관리 패러다임이라고 할 수 있다.

5.2. 통합물관리를 위한 지하수 정책 방향

5.2.1. SWOT 분석

새로운 지하수관리 패러다임에 따라 현행 지하수 관리의 문제점을 해결하고 건전한 물순환 달성을 위한 지하수 정책방향을 설정하기 위하여 SWOT 분석을 수행하였다. SWOT 분석에 따르면 S-O 전략으로 물순환의 주요 구성요소로서 지표수와 연계한 지하수 관리가 요구된다. S-T 전략으로는 높은 물 스트레스 해소를 위한 물 공급률 제고와 가뭄 등 기후위기 대응력 강화를 위한 지하수 이용 기반 구축이 필요하다. W-O 전략으로 지하수의 공공성을 확보하면서 한정된 지하수자원을 합리적으로 이용·배분하기 위한 공공관리 강화가 필요하다. 마지막 W-T전략은 물(하천, 호소) 환경의 건강성 회복과 연계하여 지하수의 수량, 수질, 지하수 의존생태계를 관리하는 지하수 환경관리다(Fig. 3).

5.2.2. 정책방향과 과제

SWOT 분석 결과를 기반으로 다음 네 가지의 지하수



Fig. 3. SWOT Analysis for Setting GW Policy Directions.

Table 4. Proposed Groundwater Policy for Integrated Water Management

Policy	Key contents
[1] Enhance integrated SW-GW management policies	
Investigation and monitoring of stream-groundwater interaction	- Investigation of river baseflow - Evaluation of contamination loads by baseflow - Stream-groundwater monitoring
Integrated management policy for stream and groundwater	- Proper management for groundwater uses near river - Groundwater quality management system for public water body quality control
[2] Enhance groundwater environment management for human and nature	
Groundwater management on a watershed	- Establishing groundwater management goal - Developing groundwater management policies and implementation strategies in a river basin management
Drinking water quality management for vulnerable areas	- Developing of disseminating water treatment facilities for securing drinking water quality in vulnerable areas - Enhancing management system for contamination-concerned areas
Non-point source management	- Developing implementation program for managing maximum loading system
Groundwater dependent ecosystem (GDE) management	- GDE survey and database development - Legal basis for GDE management
Groundwater conservation district	- Enhancing regulations for groundwater conservation district
[3] Construct groundwater use system for water sustainability & security	
Local groundwater resource security	- Developing groundwater resources reservoirs or public wells for vulnerable areas
Groundwater supply system development for vulnerable areas	- Developing region(location)-based groundwater supply system (decentralized water supply system, etc)
Urban groundwater management	- Reuse of urban groundwater discharges
Drought measure	- Developing preemptive measures for droughts - Survey groundwater resources for mega-droughts
[4] Reinforce groundwater publicity	
Administration for groundwater management	- Amending of groundwater act for solidifying its basis - Constructing Central-Watershed-Local(CWL) governance for efficient groundwater management - Enhancing administration system, training and capacity building - Maintaining groundwater rights
Groundwater demand management	- Introducing obligatory groundwater permission system, - Groundwater impact assessment, charging system for groundwater uses, etc
Groundwater facility safety management	- Legal basis to include groundwater facilities for water infrastructure - Maintaining old public groundwater wells
Groundwater data management	- Developing regulatory guidance for groundwater data management, etc

정책방향을 제안하였다. 첫째, 통합물관리를 위한 지표수-지하수 연계관리, 둘째, 물환경의 건강성 증진을 위한 지하수 환경 관리, 셋째, 물 이용의 지속가능성과 기후대응력 강화를 위한 지하수 이용기반 구축, 넷째, 물의 공공성에 입각한 지하수의 공공관리 강화이다. 본 연구에서는 통합 물관리를 위한 지하수 관리의 새로운 패러다임에 맞추어 수자원, 하천, 상하수도, 지하수, 농업용수, 행정, 재정 등 다양한 분야의 전문가들의 의견을 수렴하여 지하수 관리의 정책방향에 부합하는 추진 과제를 Table 4와 같이 도출하였다.

5. 결론 및 토의

현행 우리나라의 지하수 관리는 국가 차원에서는 계획 수립 및 측정망을 통한 모니터링이 주된 업무이고, 지자체 차원에서는 대부분이 개인 소유인 인 관정의 이용 및 수질을 소극적으로 관리하고 있다. 지하수와 관련된 지하수 이용의 분쟁, 물순환 왜곡, 하천 건천화, 수질 오염 심화 등의 문제는 지하수 관리만의 문제라기보다는 우리나라 물관리 한계와도 관련이 있다. 따라서 본 연구에서는 지하수를 포함한 물관리의 한계를 해결하기 위한 관점에서, 물관리의 한계와 지하수의 장단점을 고려하여 국가 물 관리에 있어서의 지하수의 역할을 정립하였다. 국가물관리와 관련된 지하수의 역할은 하천 수질 및 수생태 건강성 회복, 비점오염원 관리를 위한 물순환 구성 요소이자, 유역 물자급률 제고 및 물수급 불균형 해소를 위한 대표적인 지역 상수원, 그리고 가뭄 대비 비상수원이다. 이러한 맥락에서 본 연구에서는 통합물관리의 효과적 이행을 위한 지하수 관리패러다임의 전환과 우리나라 지하수 관리정책의 개선방향을 제시하였다. 통합물관리, 유역물관리, 기후위기 대응이라는 국가물관리 기조에 부합하도록 지하수 관리의 新패러다임을 물순환의 건전성을 고려한 지하수 관리, 유역단위 지하수관리, 인간과 자연을 함께 고려하는 지하수 환경관리, 지하수 이용의 전향적 관리로 제안하였다. 또한, 이를 기반으로 추진해야 할 지하수 정책 방향을 지표수-지하수 연계관리, 지하수 의존 생태계 등의 지하수 환경 관리, 지속가능한 지하수 이용기반 구축, 지하수의 공공성 강화를 도출하였는데, 이는 곧 국가 물 관리의 한계를 개선하는 데에 필요한 지하수 관리의 나아갈 방향을 의미한다.

최근 물관리 정책들은 물순환의 건전성, 인간과 자연을 함께 고려하는 물의 공공성, 물의 지속가능성과 연계한 정책으로 전환되고 있다. 지하수 관리도 그 범주를 확대하

여 지하수 이용의 공익 증대, 환경·생태적 가치, 유역 내 참여와 협력에 기반한 지하수 관리 등 환경과 사회문화적 가치를 고려한 다면적인 연구가 진행되어야 하며, 그 결과를 지하수 관리정책으로 연계시켜야 할 것이다. 한편, 물관리 일원화 이후에도 지하수 관리는 여전히 환경부, 농림축산식품부, 행정안전부 등에 다원화되어 있다. 이처럼 다원화된 지하수 관련 법령 및 부처는 업무 간의 연계성 저하와 국가단위 지하수 관리 정책 수립 및 시행에 어려움을 줄 수 있다. 본 연구에서 제안한 지하수 관리의 新패러다임은 업무주체의 행정적 분절을 넘어서, 관련 부처와 지자체, 국민들의 참여와 협력을 기본값으로 삼고 있다. 따라서, 향후 지하수 정책 추진 시, 국내 지하수 관리 실정에 맞게 법령 및 제도 개선, 정책 수립 및 이행 등의 과정에서 관련 부처와 지자체, 국민들로 구성된 거버넌스 구축 및 운영 등을 통해 점진적이고 협의적인 접근으로 통합물관리의 목표를 이룰 수 있도록 해야 할 것이다.

사 사

본 논문은 한국환경연구원에서 환경부의 수탁과제로 수행한 「지하수 유역관리 기반마련 연구」(2019-081)와 한국환경연구원의 수시연구사업 「기후위기 시대 영농형태 변화에 따른 농업용 지하수 관리전략 연구」(WO2021-10)의 연구결과를 기초로 작성되었습니다.

References

- Anti-Corruption and Civil Rights Commission(ACRC), 2018, Agricultural harm by groundwater depletion due to railway construction... Korea National Railway is to develop groundwater wells, Press Release.
- An, J.H., Lee, S.S., Lee, S.E., Hyun, Y., Kim, Y.I., and An, H.J., 2021, Issues and Policy Directions toward Unification of River Management, Korea Environment Institute.
- Choi, Y.H., Kum, D., Ryu, J., Jung, Y., Kim, Y.S., Jeon, J.H., Kim, K.S., and Lim, K.J., 2015, A Study of Total Nitrogen Pollutant Load through Baseflow Analysis at the Watershed, *J. of Korean Society on Water Environment*, **31**(1), 55-66.
- Han, S.W., 2021, Measures to improve the groundwater management system considering the publicity of the groundwater, *Environmental Law and Policy*, **27**, 275-307.
- Han, D.-H. and Kim, I.-J., 2009, Analysis of Stream Ecosystem Health in Headwater Areas Using Landcover Data, *Proceedings of the Korea Water Resources Association Conference*, 496-500.

- Han, H.J., Kim, S.B., Lee, D., Chang, Y.S., Lee, K.Y., and Kim, J.S., 2020, A Framework and Strategy for the Integrated Water Cycle Management, Korea Environment Institute.
- Hyun, Y. and Moon, H.-J., 2012, Preliminary Study on Environmental Values of Groundwater Resources in Korea, Korea Environment Institute.
- Hyun, Y., Lee, S.J., Kim, K.H., Cha, E.J., and Jeon, S.Y., 2018, Policy Directions for an Optimal Management of Groundwater Quality, Ministry of Environment.
- Hyun, Y., Moon, H.-J., Jung, W.H., Kim, K.H., Lee, M.H., Chan, E.J., Jeong, A.-Y., Kim, J.-J., Kim, J.Y., 2020, A Framework and Strategy for Groundwater Management on a Watershed, Ministry of Environment.
- Hyun, Y., Cha, E.J., and Jeong, W.H., 2021, Using groundwater wells for drought adaptation empowerment of local governments, *Environment Forum*, No.255, **25**(6), 1-25.
- Hyun, Y., Cha, E.J., Lee, G.S., and Jeong, A.-Y., 2021, Management Strategies for Groundwater Uses in Agricultural Areas Considering Changes of Agricultural Patterns in the Era of Climate Crisis, Korea Environment Institute.
- Jeon, Y.H., Kim, J.K., and Kim, C.G. 2007, Future Prospects of Aquatic Ecosystem Restoration Project in Korea, *J. of Environmental Research*, **4**, 27-34.
- Kang, H.S., Hyun, Y., and Jeon, S.M., 2015, Study on the Development and Implementation of Baseflow Index for the Management of Groundwater Dependent Ecosystems, Korea Environment Institute.
- Kim, I.-J., Lee, S.S., Yang, I.J., Gwank, H.E., Kim, Y.I., and Hwang, B.E., 2020, A Study of Improving Management of Rivers and Agricultural Water from the Perspective of Integrated Water Management (I), Korea Environment Institute.
- Kim, K., 2020, Groundwater Quality Management Policy in Korea and Suggestions for Improvement, *Proceedings of the Korea Agricultural Engineering*, 288.
- Korea Law Information Center(KLIC), 2021a, Framework Act on Water Management, <https://www.law.go.kr/> 법령 / 물관리기본법 [accessed 21.11.28].
- Korea Law Information Center(KLIC), 2021b, Groundwater Act. <https://www.law.go.kr/> 법령 / 지하수법 [accessed 21.11.28].
- Lee, G.Y., Song, M.Y., Han, S.H., and Yeon, Y.J., 2018, Establishment of Governance Systems in Han River Water Basin for the Integrated Water Management, Gyeonggi Research Institute.
- Ministry Concerned Joint(MCJ), 2020, A 3rd Master Plan for Management of Rainfall Discharged Non-Point Pollution Sources(2021~2025).
- Ministry Concerned Joint(MCJ), 2021, A 1st Master Plan for a National Water Management.
- Ministry of Environment(MOE), 2019, 2019 Groundwater Annual Report.
- Ministry of Land, Infrastructure, and Transport(MOLIT), 2016, 3rd Revised Plan for 4th Water Resources Long-Term Master Plan(2001-2020).
- Ministry of Land, Infrastructure, and Transport(MOLIT), 2017, A Revised Plan for 3rd Groundwater Management Basic Plan(2017-2026).
- Won, G.H., 2020, Integration of Water Financial System, *J. of Water Policy and Economy*, **33**, 51-62.