

<Review>

남한과 북한의 지하수 수질기준과 제언

천정용^{1,‡} · 이명재¹ · 이인우²

¹(주)지오그린21

²한국광해광업공단

요 약

한반도는 우리 후손들을 위해 영원히 가꾸고 보전해야 할 우리 삶의 터전이다. 한반도를 둘러싼 국제정세가 온탕과 냉탕을 오가지만, 긍정적인 방향으로 발전해 나갈 것이라 희망한다. 이제 한반도의 지하수보전에 대한 고민도 필요한 시점이라 생각한다. 몇몇 문헌에 의하면 북한에서는 공동우물을 많이 사용하고 있지만 제대로 관리가 되고 있지 않고, 분뇨를 거름으로 활용하고 있어 지하수오염 가능성이 높다 한다. 또한 광산지역에서는 광산폐수로 인한 지하수오염 가능성을 지적하고 있다. 이런 문제들은 북한만의 것이 아니라 남한도 과거로부터 현재까지 겪고 있는 사항들이고 앞으로 해결해야 할 숙제들이다. 이런 문제들의 해결을 위한 남북 상호협력의 가능성이 크다 할 수 있다. 용어사용에 있어 차이가 보이는 지하수와 지하수자원의 정의 그리고 일반지하수자원, 광천자원, 지열수자원, 지하초염수자원으로 분류한 북한 지하수의 분류에 대해서는 상호검토 후 일치시킬 필요가 있다. 또한 지하수수질항목 및 기준, 시료채취방법, 분석절차 등을 국제기준에 맞춰 일치시켰으면 한다. 지하수보전의 시작은 다양한 지하수관측 항목에 대한 자료수집과 과학적 해석이다. 남북협력을 통하여 한반도 전역에 체계적인 지하수관측망의 구성과 장기적인 운영을 제안한다.

주요어: 북한, 지하수, 지하수분류, 지하수수질기준, 남북협력

Jeong-Yong Cheon, Myeong-Jae Yi and In-Woo Lee, 2021, Groundwater quality standards and suggestions for South and North Korea. Journal of the Geological Society of Korea. v. 57, no. 5, p. 727-739

ABSTRACT: The Korean Peninsula is the center of our lives that must be nurtured and preserved for our descendants. Although the international situation surrounding the Korean Peninsula alternates between hot and cold positions, we hope that it will develop towards a positive direction. Now is the time to think about the conservation of groundwater on the Korean Peninsula. According to some documents, communal wells are used a great deal in North Korea, but they are not properly managed, and excrement is used as fertilizer, which are highly likely to cause groundwater contamination. In addition, the possibility of groundwater contamination due to mine wastewater is pointed out in the mine area. These problems are not only problems of North Korea, but problems that South Korea has also been experiencing from past to the present. Since it is a task to be solved in the future, there is a high possibility of cooperation required to solve them. The definition of groundwater and groundwater resources, which are ostensibly different, and the classification of North Korean groundwater as general groundwater resources, mineral spring resources, geothermal water resources, and underground saline resources, need to be reviewed and unified. It is also necessary to align groundwater quality items, standards, sampling methods, analysis procedures, etc. in accordance with international standards. The start of management for groundwater conservation is data collection and scientific interpretation of various groundwater observation items. Through inter-Korean cooperation, it is proposed to jointly construct a systematic groundwater monitoring network for the entire Korean Peninsula and operate it for the long term.

Key words: North Korea, groundwater, groundwater quality standards, cooperation

(Jeong-Yong Cheon and Myeong-Jae Yi, GeoGreen21 Co., Ltd., Seoul 08376, Republic of Korea; In-Woo Lee, Korea Mine Rehabilitation and Mineral Resources Corporation, Wonju 26464, Republic of Korea)

[‡] Corresponding author: +82-2-6330-2500, E-mail: cildon@geogreen21.com

1. 서론

북한의 김정은과 미국의 트럼프가 2019년 2월 27일과 28일에 베트남 하노이에서 역사적인 2차 북미 정상회담을 가졌다. 한반도의 평화정착에 대한 많은 기대와는 달리 2차 북미정상회담은 결국 결렬되었다. 그러나 파국을 원치 않는 남, 북, 미는 앞으로 한반도의 비핵화와 평화정착을 위해 보다 많은 노력을 할 것으로 예상된다. 우리 지하수분야에서도 앞으로 다가올 북한과의 협력을 위해 북한 지하수에 대한 조사와 연구를 지속해야 한다.

국내 연구자의 북한 지하수와 관련된 조사와 연구는 많지 않다. 대부분 제한된 자료를 바탕으로 북한 지하수상태를 추정하고 향후 협력방안을 모색한 연구들이다. 몇몇 연구를 요약하면 다음과 같다.

그동안 북한의 저개발로 인해 북한의 토양지하수 환경은 우리에게 비해 매우 양호할 것으로 추정된다. 다만, 북한에서는 광공업이 상대적으로 발달해 있고, 환경기반시설에 대한 투자가 부족함을 고려해보면, 광산지대와 산업지역 그리고 도시 인근지역의 부분적인 토양지하수오염이 우려된다(Cheon and Yi, 2018).

북한이탈주민 총 205명의 설문조사결과(Myeong, 2017)를 보면, 북한 거주 당시 환경문제를 체감하였는지에 대한 질문에 68.1%가 그렇다고 대답하여 북한에서 환경문제를 체감하였다고 한 응답자가 그렇지 않은 응답자보다 두 배 이상 많았다. 구체적으로 어떤 환경문제를 체감하였는지(복수응답)에 대해서는 생활용수 및 산업용수 부족에 대한 물공급이라는 응답이 가장 많았으며, 수질문제, 산지벌목으로 인한 산림훼손, 황사와 같은 모래먼지, 쓰레기 수집 및 처리와 같은 폐기물 관련 문제, 하천 및 지하수오염 순이었다. 반면 환경상태평가에 있어서는 폐기물관리 및 처리, 토양오염, 산지 등 자연환경의 질, 생물다양성, 산업단지공장지대 대기질, 하천호수의 수질, 수자원, 소음과 진동, 생활공간의 대기질, 지하수질, 빗공해 순으로 나타나 지하수수질 상태가 다른 환경문제에 비해 덜 체감된 것으로 나타났다. 추가로 북한이탈주민 20명을 대상으로 한 면담조사결과(Myeong, 2017), 공동우물을 많이 사용하고 있으나 제대로 관리되고 있지 않아 우물물의 오염 위험성이 높고, 비료가 부족하여 분노를 대부분 거름으로 활용

용하고 하수를 땅 위에 그냥 버리는 경우가 허다하여 하천과 지하수오염 가능성이 높음을 지적하였다. 또한 광산지역에서 미처리 광산수로 인한 하천, 토양, 지하수오염이 언급되었다.

위의 몇몇 자료를 종합해보면, 지하수 수질측면에서 북한 지하수에 대한 구체적 현장자료를 접할 수는 없지만, 북한의 지하수상태는 전반적으로 양호할 것으로 추정된다. 그러나 일부 산업단지, 광산지역, 도심지역의 지하수오염이 우려된다. 향후 북한 사회가 개방되어 사전준비 없이 산업화와 도시화가 진행된다면 지하수환경이 급격히 악화될 가능성이 있다.

이번 논문에서는 북한의 지하수수질항목과 기준을 조사하여 우리나라 지하수 수질기준과 비교하였다. 이를 기반으로 한반도의 지하수 보전을 위해서 앞으로 지하수를 어떻게 관리해야 할지에 대한 고민을 담아보았다. 이런 작은 시작이 향후 한반도 지하수보전의 초석이 되었으면 한다.

2. 남북한의 지하수 분류와 수질기준

2.1 남북한의 지하수 정의와 분류 비교

남한과 북한에서 지하수를 어떻게 정의하고 분류하고 있는지 정리하였다(표 1). 남한에서는 지하수법에서 지하수를 '지하의 지층이나 암석 사이의 빈틈을 채우고 있거나 흐르는 물'로 정의하고 있고, 북한은 '땅속에 있는 물'로 정의하였다. 근본적으로 같은 말이나, 지하수를 '땅속에 있는 물'로 정의한다면 명확하고 이해가 쉬워 보인다. 우리가 흔히 사용하는 '지하수자원'이란 용어에 대해서 남한에서는 공식적인 정의가 없으나, 북한은 '량과 질, 농음상태와 용출조건에서 경제 기술적으로 이용 가능해야 한다.'로 정의하고 있다. 우리도 앞으로 지하수의 활용과 보전을 고려하여 '지하수자원'이라는 용어의 정의를 명확히 하고, 이 용어를 적극적으로 사용해야 한다.

지하수의 분류에 있어서 남한은 지하수법에서 음용수, 생활용수, 농업용수, 공업용수로 분류하고 있다(표 1). 음용수(지하수)는 먹는물관리법에서 다시 지하수를 원수로 하는 먹는물, 샘물, 먹는샘물, 염지하수, 먹는염지하수, 먹는물공동시설로 분류되어 있다. 각각의 정의는 표 2에 정리되어 있다. 온천은 온천법에서 지하로부터 솟아나는 25℃ 이상의 온수

Table 1. The definition and classification of groundwater.

Classification	South Korea (Groundwater act)	North Korea (Choi <i>et al.</i> , 2012)
지하수	지하의 지층이나 암석 사이의 빈틈을 채우고 있거나 흐르는 물(지하수법)	땅속에 있는 물
지하수자원		량과 질, 농음상태와 용출조건에서 경제 기술적으로 이용 가능해야 한다.
분류	음용수(지하수를 원수로 한 먹는물, 샘물, 먹는 샘물, 염지하수, 먹는염지하수, 먹는물공동시설)(먹는물관리법), 생활용수, 농어업용수, 공업용수(지하수법) 온천(온천법)	일반지하수자원(생활용수, 농업용수, 공업용수) 광천자원(건강 장수와 질병치료를 위한 물, 약수, 온천 샘물) 지열수자원 지하초염수자원

Table 2. The definition of terms relating groundwater (Article 3 (definitions) of drinking water management act).

Term	Definition
지하수를 원수로 하는 먹는물	먹는 데 통상 사용하는 자연상태의 물, 자연상태의 물을 먹기에 적합하도록 처리한 수돗물, 먹는샘물, 먹는염지하수, 먹는 해양심층수 등을 말한다.
샘물	암반대수층 안의 지하수 또는 용천수 등 수질의 안전성을 계속 유지할 수 있는 자연 상태의 깨끗한 물을 먹는 용도로 사용할 원수를 말한다.
먹는샘물	샘물을 먹기에 적합하도록 물리적으로 처리하는 등의 방법으로 제조한 물을 말한다.
염지하수	물속에 녹아 있는 염분 등의 함량이 환경부령으로 정하는 기준 이상인 암반대수층 안의 지하수로서 수질의 안전성을 계속 유지할 수 있는 자연 상태의 물을 먹는 용도로 사용할 원수를 말한다.
먹는염지하수	염지하수를 먹기에 적합하도록 물리적으로 처리하는 등의 방법으로 제조한 물을 말한다.
먹는물공동시설	여러 사람에게 먹는물을 공급할 목적으로 개발했거나 저절로 형성된 약수터, 샘터, 우물 등을 말한다.

로 정의되어 있다.

북한은 일반지하수자원, 광천자원, 지열수자원, 지하초염수자원으로 분류하고 있다(Choi *et al.*, 2012). 일반지하수자원은 물의 화학조성과 물리적 특성으로 하여 사람들의 건강장수와 질병예방치료에 특별한 효과를 나타내지 않고 온도가 높지 않으면서(20°C 이하) 일반적으로 생활용수, 농업용수, 공업용수 등으로 널리 쓰이는 지하수이며 양적으로 많은 몫을 차지한다. 남한과 마찬가지로 이용분야에 따라 일정한 수질기준을 맞춰야 한다. 기준에 대해서는 다음 장에서 살펴본다. 광천자원은 화학조성과 물리적 성질의 특성으로 하여 사람의 몸에 좋은 생리작용을 하는 지하수이며 그 량과 질, 농도 및 용출조건에서 경제 기술적으로 이용 가능하여야 한다(Choi *et al.*, 2012). 지열수자원에 대한 정의는 명확하지 않다. 다만, 지열자원에 대해서 '지열자원이란 땅속에 있는 암석과 류체(천연증기, 지열수)의 온도가 그 지방의 년평균온도보다 높고 개발하여 리용할 수 있는 열에

네르기를 통틀어 이르는 말이다.'로 언급되어 있다(Choi *et al.*, 2012). 따라서 지열수자원은 지열자원 중에 유체에 해당한다고 이해하면 될 것이다. 지하초염수자원은 용해된 광물질함량에 따르는 지하수 분류기준에 의하여 광화도가 50 g/L 이상인 고농도 지하수를 말한다(Choi *et al.*, 2012). 지하초염수는 일종의 액체상태의 고농도광수로서 다른 지하수들과 달리 그 속에 풀려있는 돌소금과 기타 광물질염들을 제공하는 지하수자원이다(Choi *et al.*, 2012). 지하초염수에는 Mg, Ca, K, Li, B, Br, I 등 값비싼 금속 및 비금속염광물들이 많이 들어있어 세계적으로 지하초염수에 대한 탐사와 개발 사업이 활발히 진행되고 있다(Choi *et al.*, 2012).

앞에서 살펴본 바와 같이 남한은 지하수를 용도에 따라 음용수, 생활용수, 농어업용수, 공업용수, 온천으로 분류하고 있다. 북한은 지하수의 물리화학적 특성에 따라 일반지하수자원, 광천자원, 지열수자원, 지하초염수자원으로 분류하고 있다. 북한의 지

하수 분류가 남한보다 과학적이고 체계적인 것으로 보인다. 남한은 단지 북한의 일반지하수자원만 지하수로 인정하고 분류하고 있는 듯하다. 앞으로 지하수를 중요한 미래 자원의 관점에서 그 정의와 범위 그리고 그 분류체계를 다시 생각해볼 필요가 있다.

2.2 남한의 지하수 수질 기준 변천

1993년 지하수법이 제정되기 전까지는 지하수 수질기준이 없어, 수도법에 의한 음용수 수질기준이 일괄적으로 적용되고 있었다(Lee *et al.*, 2007). 1994년에 지하수의 수질 보전 등에 관한 규칙에서 지하수 수질항목과 기준을 최초로 제정하였다. 최초로 제정된 지하수 수질 기준은 일반오염물질 5항목(pH, COD, 대장균군수, 질산성질소, 염소이온), 특정오염물질 10항목(카드뮴, 비소, 시안, 수은, 유기인, 페놀, 납, 6가크롬, 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌)으로 구성되어 있었다. 지하수수질기준 중 음용수로 사용되는 지하수의 경우 1995년에 먹는물관리법 제5조 및 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙 제2조 1항에 의거 먹는물수질기준을 준용하도록 설정한 후 현재까지 큰 틀은 바뀌지 않고 있다.

1997년에 이전 수질기준에 비교 “4. 지하수의 이용목적상 염소이온의 농도가 인체에 해가 되지 아니하는 것으로 환경부장관이 인정하는 용도로 지하수를 이용하는 경우 염소이온의 기준을 적용하지 아니한다.”를 추가하였다.

2003년 지하수의 수질 보전 등에 관한 규칙이 개정되면서 COD가 삭제되고, 일반세균, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌, 1,1,1-트리클로로에탄의 항목이 추가되었다. 일반오염물질 5항목, 특정유해물질 15항목이 되었다. 2010년에는 일반오염물질이 4항목(pH, 총대장균군, 질산성질소, 염소이온)으로 변경되었다. 지하수 정화기준은 2006년에 지하수법 제16조의 3에 근거하여 지하수의 수질 보전 등에 관한 규칙 제7조에 명시되었다.

2.3 남한과 북한의 지하수수질 기준 비교

2.3.1 먹는물 수질기준

남한은 지하수와 관련된 먹는물 수질기준을 먹는물(지하수가 원수인 경우), 샘물(원수), 먹는샘물, 먹는물공동시설, 염지하수(원수), 먹는염지하수로 세분하고 있다. 북한은 우물과 상수도로 구분하여 관리

하고 있다. 표 3에 남한과 북한의 지하수 먹는물 수질기준 항목과 기준을 정리하였다. 북한의 경우 우리와 용어와 분석방법에 차이가 있을 것으로 예상되어 Choi *et al.* (2012)의 자료를 충실히 옮겨 놓았다.

미생물항목은 남한 기준에는 일반세균, 총대장균군, 대장균, 분원성 대장균군, 분원성 연쇄상구균, 녹농균, 살모넬라, 쉬겔라, 아황산환원혐기성포자형성균, 여시니아균이 각 용도별로 세분하여 규정되어 있다. 반면 북한은 총세균수와 대장균가를 규제하고 있다.

건강상 유해영향 무기물질로 남한에서는 납, 불소, 비소, 셀레늄, 수은, 시안, 크롬, 암모니아성 질소, 질산성 질소, 카드뮴, 붕소, 브롬산염, 우라늄을 규제하고 있고, 각 용도에 따라 적용항목과 기준을 약간씩 달리하고 있다. 브롬산염의 경우 염지하수와 오존으로 살균 소독 또는 세척 등을 하여 음용수로 이용하는 지하수만 적용한다. 북한은 연, 불소, 비소, 크롬, 암모니아성 및 아질산산성 질소, 질산성 질소를 규제하고 있다.

건강상 유해영향 유기물질에 대해서 남한은 페놀, 다이아지논, 파라티온, 페니트로티온, 카바릴, 1,1,1-트리클로로에탄, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 디클로로메탄, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌, 1,1-디클로로에틸렌, 사염화탄소, 1,2-디브로모-3-클로로프로판, 1,4-다이옥산으로 17개 항목으로 세분하여 규제하고 있다. 북한은 페놀만 규제하고 있다.

소독제 및 소독부산물질에 대해서 남한에서는 먹는물의 경우 잔류염소(유리잔류염소), 총트리할로메탄, 클로로포름, 브로모디클로로메탄, 디브로모클로로메탄, 클로랄하이드레이트, 디브로모아세토니트릴, 디클로로아세토니트릴, 트리클로로아세토니트릴, 할로아세틱에시드, 포르말데히드를 규제하고 있다. 현행 지하수법에 의하면, 지하수를 음용수로 이용하는 경우 이 기준의 적용을 제외하고 있다. 이는 잘못된 규정으로 보인다. 지하수의 수질개선을 위하여 정수처리를 실시한 경우에는 소독제 및 소독부산물질에 관한 기준을 적용해야 할 것으로 보인다. 북한은 이 항목에 대한 규제 기준이 없다.

심미적 영향물질에는 남한에서 경도, 과망간산칼륨 소비량, 냄새(소독외의 냄새), 맛(소독외의 맛), 동, 색도, 세제(음이온계면활성제), 수소이온 농도, 아연, 염소이온, 중발잔류물, 철, 망간, 탁도, 황산이온, 알루미늄을 규제하고 있다. 북한은 경도, 과망간산칼

Table 3. The standards of drinking groundwater.

Classification	South Korea (Drinking water management act)						North Korea (Drinking water quality standards, Choi <i>et al.</i> , 2012)				
	Item	먹는물	샘물 (원수)	먹는샘물	먹는물공동 시설	염지하수 (원수)	먹는염지하수	항목	우물	상수도	
미생물	일반세균		저온(20CFU/ml)	저온(100CFU/ml)		저온(20CFU/ml)	저온(100CFU/ml)	총세균수, 개/mg	200	50	
		100CFU/ml	중온(5CFU/ml)	중온(20CFU/ml)	100CFU/ml	중온(5CFU/ml)	중온(20CFU/ml)				
	총대장균군	ND/100 ml	ND/250 ml	ND/250 ml	ND/100 ml	ND/250 ml	ND/250 ml	대장균가	>100	>333	
	대장균	ND/100 ml			ND/100 ml						
	분원성 대장균군	ND/100 ml			ND/100 ml						
	분원성 연쇄상구균		ND/250 ml	ND/250 ml		ND/250 ml	ND/250 ml				
	녹농균		ND/250 ml	ND/250 ml		ND/250 ml	ND/250 ml				
	살모넬라		ND/250 ml	ND/250 ml		ND/250 ml	ND/250 ml				
	슈렐라		ND/250 ml	ND/250 ml		ND/250 ml	ND/250 ml				
	아황산환원혐기성 포자형성균		ND/50 ml	ND/50 ml		ND/50 ml	ND/50 ml				
건강상	여시니아균				ND/2000 ml						
	납, mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	연, mg/L		0.1	
	불소, mg/L	1.5	2.0	2.0	1.5	2.0	2.0	불소, mg/L	1.5	0.7	
	비소, mg/L	0.01	0.05	0.01	0.01	0.05	0.01	비소, mg/L		0.05	
	셀레늄, mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.01				
	수은, mg/L	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001				
	시안, mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01				
	유해영양물질	크롬, mg/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	크롬, mg/L		Cr ³⁺ 0.5, Cr ⁶⁺ 0.05
		암모니아성 질소, mg/L	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	암모니아성 및 아질산성질소	없어야 한다.	없어야 한다.
		질산성 질소, mg/L	10	10	10	10	10	10	질산성 질소, mg/L	101	5
카드뮴, mg/L		0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005				
붕소, mg/L		1.0	1.0	1.0	1.0		1.0				
브롬산염, mg/L		0.01		0.01			0.01				
우라늄, µg/L	30(지하수를 원수로 사용하는 경우)	30	30	30	-	30					

Table 3. continued.

Class ification	South Korea (Drinking water management act)							North Korea (Drinking water quality standards, Choi <i>et al.</i> , 2012)		
	Item	먹는물	샘물 (원수)	먹는샘물	먹는물공동 시설	염지하수 (원수)	먹는염지하수	항목	우물	상수도
건강상 유해영향 유기물질	페놀, mg/L	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	페놀, mg/L	0.01	
	다이아지논, mg/L	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02			
	파라티온, mg/L	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06			
	페니트로티온, mg/L	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04			
	카바릴, mg/L	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07			
	1,1,1-트리클로로에탄, mg/L	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1			
	테트라클로로에틸렌, mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01			
	트리클로로에틸렌, mg/L	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03			
	디클로로메탄, mg/L	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02			
	벤젠, mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01			
소독제 및 소독부 산물 질	톨루엔, mg/L	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7			
	에틸벤젠, mg/L	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3			
	크실렌, mg/L	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5			
	1,1-디클로로에틸렌, mg/L	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03			
	사염화탄소, mg/L	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002			
	1,2-디브로모-3-클로로프로판, mg/L	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003			
	1,4-다이옥산, mg/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05			
	잔류염소(유리잔류염소), mg/L	4.0								
	총트리할로메탄, mg/L	0.1								
	클로로포름, mg/L	0.08								
부산물 질	브로모디클로로메탄, mg/L	0.03								
	디브로모클로로메탄, mg/L	0.1								
	클로랄하이드레이트, mg/L	0.03								
	디브로모아세트니트릴, mg/L	0.1								
	디클로로아세트니트릴, mg/L	0.09								
	트리클로로아세트니트릴, mg/L	0.004								
	할로아세틱에시드, mg/L	0.1								
포름알데히드, mg/L	0.5									

Table 3. continued.

Classification	South Korea (Drinking water management act)						North Korea (Drinking water quality standards, Choi <i>et al.</i> , 2012)			
	Item	먹는물	샘물 (원수)	먹는샘물	먹는물공동 시설	염지하수 (원수)	먹는염지하수	항목	우물	상수도
심미적 영향 물질	경도, mg/L	300		1,200	1000		1,200	경도, 도	18	지하수 18, 지표수 8
	과망간산칼륨 소비량, mg/L	10	10	10	10	10	10	과망간산칼륨 소비량, mg/L		1.0
	냄새(소독외의 냄새)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	냄새와 맛, 도	2	
	맛(소독외의 맛)	ND					ND	산화도, 도	3	3
	동, mg/L	1	1	1	1	1	1	동, mg/L		0.2
	색도, 도	5	5	5	5	5	5	색도(비스마크브라운법, 백금-코발트비색법), 도	5	비스마크브라운법2, 백금-코발트비색법15
	세제(음이온계면활성제), mg/L	0.5	ND	ND	0.5	ND	ND	투명도, cm		> 30
	수소이온 농도	5.8-8.5	4.5-9.5	4.5-9.5	4.5-9.5	5.8-8.5	5.8-8.5	pH	6-8	6.5-8.5
	아연, mg/L	3	3	3	3	3	3	아연, mg/L		5
	염소이온, mg/L	250	250	250	250		250	염소이온, mg/L	2,001	200
	증발잔류물, mg/L	500					500(미네랄 등 무해성분 제외)	증발잔사량, mg/L	1,000	
	철, mg/L	0.3		0.3	0.3		0.3	총철, mg/L		0.3
	망간, mg/L	0.05		0.3	0.3		0.3	망간, mg/L		0.3
	탁도, NTU	1(지하수를 원수로 사용하는 경우)	1	1	1	1	1	탁도, 도	5	2
	황산이온, mg/L	200	250	250	250		200	류산이온, mg/L	200	200
	알루미늄, mg/L	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2			
	방사능에 관한 기준	세슘(Cs-137), mBq/L					4.0		방사능, Bq/L	
스트론튬(Sr-90), mBq/L						3.0				
삼중수소, Bq/L						6.0				

Table 4. The groundwater quality standards of South Korea in the case of using for living, agriculture, fishery, or industrial purposes (Groudwater act, unit : mg/L).

Item		Living water	Agricultural and fishery water	Industrial water
일반 오염 물질 (4개)	수소이온농도(pH)	5.8~8.5	6.0~8.5	5.0~9.0
	총대장균군	5,000 이하 (균수/100 mL)	-	-
	질산성질소	20 이하	20 이하	40 이하
	염소이온	250 이하	250 이하	500 이하
특정 유해 물질 (16개)	카드뮴	0.01 이하	0.01 이하	0.02 이하
	비소	0.05 이하	0.05 이하	0.1 이하
	시안	0.01 이하	0.01 이하	0.2 이하
	수은	0.001 이하	0.001 이하	0.001 이하
	다이아지논	0.02 이하	0.02 이하	0.02 이하
	파라티온	0.06 이하	0.06 이하	0.06 이하
	페놀	0.005 이하	0.005 이하	0.01 이하
	납	0.1 이하	0.1 이하	0.2 이하
	크롬	0.05 이하	0.05 이하	0.1 이하
	트리클로로에틸렌	0.03 이하	0.03 이하	0.06 이하
	테트라클로로에틸렌	0.01 이하	0.01 이하	0.02 이하
	1.1.1-트리클로로에탄	0.15 이하	0.3 이하	0.5 이하
	벤젠	0.015 이하	-	-
	톨루엔	1 이하	-	-
	에틸벤젠	0.45 이하	-	-
	크실렌	0.75 이하	-	-

- 비고
1. 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 경우에는 염소이온기준을 적용하지 아니할 수 있다.
가. 어업용수
나. 지하수의 이용 목적상 염소이온의 농도가 인체에 해가 되지 아니하는 경우
다. 해수침입 등으로 인하여 일시적으로 염소이온 농도가 증가한 경우
 2. 농어업용수 및 공업용수가 생활용수의 목적으로도 이용되는 경우에는 생활용수의 수질기준을 적용한다.

리움 소비량, 냄새와 맛, 산화도, 동, 색도(비스마크 브라운법, 백금-코발트비색법), 투명도, pH, 연, 염소이온, 중발잔사량, 총철, 망간, 탁도, 류산이온 등을 규제하고 있어 남한과 약간의 차이가 있다.

방사능에 관한 기준에서는 남한의 경우 염지하수에서 세슘, 스트론튬, 삼중수소를 규제하고 있고, 북한은 방사능 단일 항목으로 규제하고 있다.

2.3.2 생활용수, 농어업용수, 공업용수 수질기준

남한은 지하수를 생활용수, 농어업용수, 공업용수로 이용하는 경우 각각의 수질기준을 제시하고 있다(표 4). 생활용수의 경우, 일반오염물질 4개, 특정오

염물질 16개를 지정하고 있다. 농어업용수와 공업용수의 경우 일반오염물질에서 총대장균군이 빠지고, 특정유해물에서는 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌을 제외하고 있다. 생활용수, 농어업용수, 공업용수 순으로 느슨하게 관리하고 있다.

북한은 공업용수와 농업용수(논벼)로 구분하여 관리하고 있다. 남한과는 달리 생활용수기준이 없고, 공업용수는 다시 보이라용수, 동력공업용수, 비료공업용수, 합성수지공업용수, 종이펄프공업용수, 유리공업용수, 방직공업용수, 식료공업용수, 가죽이김공업용수로 세분하여 기준을 설정하고 있다(표 5). 공업용수의 경우 pH, 염소, 흐림도, 색도, 총경도, 알칼

Table 6. Water quality standards suitable for food processing in North Korea (Choi *et al.*, 2012).

Classification	Bread	Alcohol	Carbonated drink	Snack	General food	Daily commodity
탁도, 도	10	10	2			5
색도, 도	10		10			5
냄새		약간		약간	약간	
알카리도, 도		75	50			30
pH		6.5~7.0				
고형물총량, mg/l		500	850	10		300
Ca ²⁺ , mg/l		100~200				
Fe ²⁺ +Fe ³⁺ , mg/l		0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
Mn ²⁺ , mg/l		0.1	0.2	0.2	0.2	0.2

기타수질기준은 음료수수질기준과 같다. 그런데 Cu²⁺가 없어야 한다.

Table 7. Water quality standards according to boiler pressure in North Korea (Choi *et al.*, 2012).

Pressure, 10 ⁵ Pa	15<	15~25	25~50	50~100	>100
pH	7.0	7	7.0	7.0	7.0
흐림도, mg/l	0.5	0.3	0.1	0	0
총경도, 도	0.5~2	0.3	0.1	0.05	0.02
증발잔사량, mg/l	100	70	60	50	40
규산, mg/l	5	4	3	2	1
탄산가스, mg/l	5	4	3	2	1
용존산소, mg/l	0.5	0.3	0.05	0.03	0.02
기름류, mg/l	0.1	0	0	0	0

리도, 산도, 증발잔사량, 산화도, 칼슘, 마그네슘, 총철, 점토, 규산, 산화망간, 류산, 용존산소에 대한 기준을 제시하고 있다. 세분된 용도별로 해당용도에 맞게 규정항목과 기준이 다르다. 농업용수의 경우 pH, 총질소, 용존산소, COD, 전기전도도, 구리, 아연, 은, 망간에 대한 기준을 규정해 놓고 있다.

2.3.3 오염지하수정화기준

우리나라 오염지하수 정화기준은 지하수의 수질 보전 등에 관한 규칙 제7조에 규정되어 있다. 오염지하수 정화기준은 지하수 생활용수 기준 중 특정유해물질이 기준 이내이고, 석유계총탄화수소가 리터당 1.5밀리그램 이하로 규정되어 있다. 북한은 지하수 정화기준이 없다.

2.3.4 기타

북한은 추가로 식품가공에 적당한 수질기준(표

6)과 보이라압력에 따르는 수질 기준(표 7)을 제시하고 있다. 이렇게 별도의 수질기준을 제시하고 있는 것으로 보아 북한에서는 국가적 차원에서 식료품가공과 보이라운영이 중요한 과제가 아닐까 추정된다.

3. 남북한의 지하수수질 관리 방안

앞으로 북한과 교류가 많아지고 지하수분야도 다양한 교류를 하게 되면 북한의 지하수수질에 대한 관심도 높아질 것이다. 멀지 않은 미래에 남북한의 지하수수질관리를 위한 협력이 시작되길 희망한다. 북한의 지하수수질에 대한 정책적 기술적 자료가 부족하여 북한 지하수수질관리 정책이 어떻게 발전해왔는지 파악이 쉽지 않다. 그러나 이번에 파악한 자료를 바탕으로 향후 북한과의 지하수 협력을 염두에 두고, 우리나라의 지하수 관리정책이 어떻게 나아가야 하는지 그리고 작게는 지하수수질관리정책을 어

편 방향으로 끌고가야 할지에 대하여 몇 가지를 제안한다. 우선 우리나라 지하수관리, 보다 구체적으로 지하수수질관리에 대하여 그동안의 여러 연구자의 제안을 정리하였다.

Kim (2000)은 지하수관리상의 문제의 핵심은 지하수에 대한 정부의 관심부족과 지하수의 국유개념 미도입에 있음을 강조하였고, 지하수관리를 효율화하기 위해서는 지하수의 국유개념도입, 지하수관리체계의 지하수법으로 일원화, 지하수부문에 대한 과감한 투자, 지하수문제를 전담하여 추진할 수 있는 지하수전담조직의 신설을 주장하였다.

지하수수질기준설정과 관련한 국내 연구는 많지 않다. 우리나라 지하수수질기준의 문제점에 대해서는 Lee *et al.* (2007)의 연구에서 토양 등 관련 매체와의 연계성 미비, 인체위해성에 근거한 지하수 수질기준이 아님, 지하수 수자원의 용도별 기준설정으로 인하여 수질악화 시 용도변경으로 사용 가능, 수질기준 설정 절차에 대한 합리적 기준 없음 등을 지적하였다. An *et al.* (2014)은 비음용 지하수 수질기준 중 일반오염물질의 경우, 한국의 지질학적 특성 조사 및 그에 따른 지하수 수질특성 변화도 점진적으로 고려할 필요가 있음을 지적하였다. An *et al.* (2013)은 특정유해물질의 기준설정 체계로 모니터링 우선 항목선정, 모니터링 수행, 위해성평가, 지하수 수질기준 후보물질 선정, 특정유해물질 지하수 수질기준 신규항목 선정 및 항목별 기준치 설정 단계로 제안하였다.

남한의 전반적인 지하수 관리에 대해서도 몇몇 중요한 연구가 있었다. Lee (2011)은 우리나라의 경제사회적 발전과 기후변화를 고려하지 않은 무분별한 지하수개발과 적절하지 않은 지하수 관리로 인하여 지하수 수위강하, 방사성핵종에 의한 지하수오염, 산업단지와 도심지의 석유화합물과 유기용제류에 의한 지하수오염, 노로바이러스에 의한 지하수오염을 주요한 이슈로 제시하였다. 그리고 그 대책으로 문제의 관정을 폐쇄하는데 그치지 않는 적극적인 오염지하수 정화, 물리화학생물학적 인자를 포함한 지속적인 국가지하수관측망 운영, 지표수와의 연계를 고려한 지하수 관리를 주장하였다.

그동안 반복되었던 구제역과 조류독감으로 인하여 많은 가축매몰지가 만들어졌고, 이로 인한 지하수오염에 대한 대중의 관심이 증가하였다. 실제로

정부의 기대와는 달리 가축매몰지로 인한 지하수오염이 보고되고 있다. 전국에 산재해 있는 많은 폐광산으로 인한 지하수와 토양오염이 발생되고 있다. 또한 도시화와 산업화는 다양한 유기화학물질과 용제류에 의한 지하수오염을 심화시키고 있다. 이런 근거로 Lee *et al.* (2018)은 지속가능한 지하수이용을 위해서는 보다 더 적극적이고 종합적인 대책들이 수립되어야 한다고 주장하였다.

그사이 여러 연구자들에 의해 제시된 발전적 지적과 우리 정부의 노력으로 지하수수질관리체계가 많이 발전한 것은 사실이다. 그러나 여전히 앞의 지적사항에 대하여 개선과 발전을 위해 지속적 노력이 필요해 보인다. 앞으로 남북협력을 대비하고 한반도의 지하수자원의 보전을 위하여 우선 남한 만이라도 남북한의 상황을 고려하여 한반도 전체를 아우르는 지하수수질관리체계를 그려나갈 필요가 있다. 그리고 향후 북한의 지하수자원관리를 위하여 경제사회 성장과정에서 우리가 겪은 지하수관리의 문제점과 그 해결 경험들이 북한에도 효율적으로 적용되기를 희망한다. 이를 위하여 다음 몇 가지를 제안한다.

3.1 지하수관련 용어 재정립

지하수에 대한 정의를 보면, 남한은 ‘지하의 지층이나 암석 사이의 빈틈을 채우고 있거나 흐르는 물’로 정의하고 있고, 북한은 ‘땅속에 있는 물’로 정의하고 있다. 남한은 상대적으로 구체적으로 기술하고 있고, 북한은 비교적 직관적이고 폭넓은 정의를 사용하고 있다. 우리가 흔히 사용하는 ‘지하수자원’이란 용어에 대해서 남한에서는 공식적인 정의가 없으나, 북한은 ‘량과 질, 농음상태와 용출조건에서 경제기술적으로 이용 가능해야 한다.’로 정의하고 있다. 지하수와 지하수자원이라는 두 용어에 대해서 남북한이 학술적으로 제도적으로 통용할 수 있는 정의를 만드는 것부터 시작할 필요가 있다. 남북이 함께 논의해도 좋을 것이다.

3.2 지하수 분류체계 검토

지하수의 분류에 있어서 남한은 음용수, 생활용수, 농어업용수, 공업용수로 용도를 기준으로 삼고 있다. 북한은 용도와 함께 지하수의 특성에 따라 분류하여 일반지하수자원, 광천자원, 지열수자원, 지하초염수자원으로 구분하고 있다. 북한의 분류기준

이 지하수를 단지 용수의 개념에서 보다 확대하여 주요한 자원으로 높이고, 또한 지하수의 그 물리화학적 특성에 따라 보다 폭넓게 분류하고 있다. 북한의 지하수분류를 고찰하여 우리 지하수정책에 활용할 필요가 있다.

3.3 통합 지하수수질기준 설정

남한과 북한의 지하수수질기준을 하나로 통합하는 것은 매우 어려운 일일 것이다. 그러나 향후 한반도의 지하수 수질보전을 위해서는 하나의 통일된 지하수수질기준을 가지고 지하수 관리 및 보전정책을 펴는 것이 장기적으로 바람직하다. 현실적으로 남북간 지하수관련 논의가 어렵다 하더라도 남한만이라도 남한과 북한의 사정을 고려한 지하수수질기준을 고민해 볼 필요가 있다. 남북한에 동시에 적용할 수 있도록 새로운 지하수오염물질의 설정과 지하수의 합리적 개발과 이용을 위한 지하수수질기준에 대한 연구가 필요하다.

3.4 지하수시료채취 및 분석절차 통일

다른 점이 많긴 하지만, 북한도 지하수수질기준을 가지고 있다. 구체적인 분석방법이나 절차에 대해서는 확인이 어려우나, 국제적 기준과 크게 다르지 않는 방법으로 분석할 것으로 추정된다. 남한도 표준분석방법을 정하고 있고 공인기관에서 그 절차를 준수하고 있다. 앞으로 기회가 된다면 남북한의 분석절차를 비교하여 단일한 표준 절차를 만들어 나갔으면 한다.

추가로 지하수는 시료채취방법에 따라 분석결과에 차이가 있을 수 있다. 국제적으로 통용되는 절차에 맞춰 남북한 현실에 적합한 지하수 시료채취절차를 만들 필요가 있다.

3.5 장기적이고 체계적인 지하수 관측계획 수립 및 실행

지하수의 효과적인 관리와 보전을 위해서는 광역적이고 장기적인 지하수 관측과 이렇게 수집된 자료의 과학적 해석이 필수다. 남한은 이를 위해 국가지하수관측망, 국가지하수수질측정망 등 다양한 지하수관측망을 운영하고 있다. 최근 지하수의 수량과 수질 통합관리를 위해서 지하수업무가 환경부로 통합되었다. 따라서 지하수관측망도 그간 이원화되었

던 수량관리를 위한 국가지하수관측망과 수질관리를 위한 국가지하수수질측정망의 통합을 위한 다양한 논의가 이루어졌고, 꾸준히 통합이 추진되고 있다.

북한의 그간의 경제사정과 정책적 우선순위 등 여러 가지 이유로 북한 지하수의 체계적인 관측이 이루어지고 있지 않을 것으로 추정된다. 북한 지하수의 상태와 특성을 파악하고 장기적이고 합리적인 지하수보전계획을 수립하기 위해서는 지하수관측이 선행되어야 한다. 남한의 지하수관측망 설치 및 운영 경험을 바탕으로 북한을 포함한 한반도 전체의 지하수관측망 설치 및 운영 전략에 대한 고민을 시작할 때이다.

4. 결 론

한반도는 현재 남북으로 나뉘어 있지만, 영원히 우리 후손들이 가꾸고 보전해야 할 삶의 터전이다. 최근 부침이 있긴 하지만 남북한의 교류의 가능성은 점점 더 높아지고 있다. 또 그렇게 되기를 희망한다. 몇몇 보고서와 논문의 검토를 통해서 북한에서는 공동우물을 많이 사용하고 있지만 제대로 관리가 되고 있지 않아 우물물의 오염가능성이 높고, 분뇨를 거름으로 활용하여 지하수의 오염가능성이 높음을 알 수 있었다. 또한 광산지역에서는 광산폐수로 인하여 지하수오염 가능성도 지적하고 있다. 이런 지하수관리의 문제점들은 북한만의 문제가 아니라 남한이 과거로부터 현재까지 겪고 있는 문제들이고 앞으로 해결해야 할 숙제이다. 남북한 공동의 관리 방안을 만들 필요가 있다.

남북한의 지하수 용어와 분류, 그리고 지하수수질기준을 살펴보았다. 정의와 분류에 있어서 차이가 엇보인다. 북한의 지하수와 지하수자원의 정의 그리고 일반지하수자원, 광천자원, 지열수자원, 지하초염수자원으로 분류한 북한 지하수의 분류에 대해서는 우리도 검토 후 반영을 고민해 볼 필요가 있다. 북한의 수질항목과 기준에 대해서는 북한의 경제사회 발전에 따라 확대 및 강화될 것으로 보이고 향후 남북협력을 통해 항목과 기준, 시료채취방법, 분석절차 등을 통일해 갔으면 한다.

지하수 관리의 시작은 지하수 이용량, 수질 등 다양한 지하수 항목에 대한 관측과 자료 수집 그리고 이의 과학적 해석이다. 앞으로 남북협력을 바탕으로

한반도 전 지역에 공동으로 체계적인 지하수관측망을 구성하여 꾸준히 운영하는 미래를 희망한다.

감사의 글

초안을 읽고 유익한 수정의견을 준 강원대 지질학과 이진용 교수께 깊은 감사의 말씀을 드린다.

REFERENCES

- An, Y.J., Nam, S.H. and Jeong, S.W., 2014, Establishment of non-drinking groundwater quality standard: general contamination substances. *Journal of Soil and Groundwater Environment*, 19, 24-29 (in Korean with English abstract).
- An, Y.J., Nam, S.H., Lee, W.M., Yoon, S.J., Yoon, J.Y., Jeong, S.W., Kim, H.J., Kim, H.K. and Kim, T.S., 2013, Establishment of non-drinking groundwater quality standards: (1) specific harmful substances. *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, 35, 630-635 (in Korean with English abstract).
- Cheon, J.Y. and Yi, M.J., 2018, Current status of groundwater and soil environment in North Korea and strategies for cooperation. *Journal of the Geological Society of Korea*, 54, 443-456 (in Korean with English abstract).
- Choi, B.S., Jang, T.H., Jang, S.E., Choi, K.J., Kim, J.E., Sin, J.J., Lee, J.S., Kim, S.K., Kim, Y.N., Lee, J.Y., Kim, L.H. and Jang, K.C., 2012, *Josun geological book*, Industrial publishing house, Pyeongyang (in Korean).
- Kim, S.G., 2000, A study on the strategies for the improvement of groundwater management system. *Journal of the Korean Society of Groundwater Environment*, 7, 47-54 (in Korean with English abstract).
- Lee, J.H., Kim, H.M. and Moon, Y.L., 2007, A study on prior methods for improving groundwater quality standards. *Korea Environment Institute*, 138 p (in Korean).
- Lee, J.Y., 2011, Environmental issues of groundwater in Korea: implications for sustainable use. *Environmental Conservation*, 38, 64-74.
- Lee, J.Y., Raza, M. and Park, Y.C., 2018, Current status and management for the sustainable groundwater resources in Korea. *Episodes*, 41, 179-191.
- Myeong, S.J., 2017, Environmental cooperation to improve the environmental quality in North Korea through environment infrastructures, *Research Report 2017-09*, Korea Environment Institute, 111 p (in Korean with English abstract).

Received : June 23, 2021

Revised : July 20, 2021

Accepted : July 21, 2021