

미국의 지하수 제도와 국내 지하수 관리에의 시사점 -캘리포니아 및 텍사스 주를 중심으로-

이병선¹ · 송성호^{1*} · 김원석²

¹한국농어촌공사 농어촌연구원

²텍사스주립대학교 지질학과

Groundwater Policies of the USA and Their Implications to Groundwater Management in Korea -Examples of California and Texas States-

Byung Sun Lee¹ · Sung-Ho Song^{1*} · Wonsuck Kim²

¹Rural Research Institute, Korea Rural Community Corporation

²Department of Geological Sciences, University of Texas at Austin

ABSTRACT

This study reviewed the groundwater policies of USA as a benchmarking for the purpose of improving groundwater policies, regulations, and plans in Korea. Each state of the USA has its own unique groundwater policies. Recently, severe drought in the western parts of the USA resulted in the launch of the California Statewide Groundwater Elevation Monitoring (CASGEM) program. CASGEM classified a total of 515 alluvial groundwater basins of the California State to four prior groups (high, medium, low, and very low prioritization). In Texas, a total of 101 Groundwater Conservation Districts (GCDs) over the state has controlled groundwater pumping amounts in their own management areas and 16 Groundwater Management Areas (GMAs) over the state have directly managed groundwater aquifer. Direct management for aquifers by GMAs would be the most scientific method for groundwater management, which expected to provide water consumers the more advanced groundwater service. These groundwater management strategies of the USA can be possibly considered in groundwater plans for national and local governmental authorities, which possibly results in more optimal groundwater management in Korea.

Key words: Groundwater, Management, Policy, USA, Korea

1. 서 론

우리나라의 연평균 강수량(1,281 mm/year)은 세계평균(807 mm/year)에 비해 상대적으로 풍부하지만, 1인당 강수량은 세계평균(16,427 m³/year)의 약 17%(2,673 m³/year)에 불과하다(MOLIT and K-water, 2016). 그럼에도 불구하고, 우리나라 1인당 1일 물 사용량(liter per capital day(LPCD))은 335 LPCD로, 1인당 강수량이 우리나라보다 약 2배 많은 일본(320 LPCD), 중국(366 LPCD)과 비슷한 양의 물을 사용한다. 또한, 국내 이용가능한 수자

원 총량(753억 m³/year) 대비 실제 취수이용량(255억 m³/year; 생활용수, 75억 m³/year; 농어업용수, 159억 m³/year; 공업용수, 21억 m³/year)의 비율(취수율)은 약 34%로서, 일본, 미국, 영국, 프랑스 등(10~20%)과 비교할 때 우리나라는 높은 수준의 물 스트레스 국가로 분류된다(MOLIT and K-water, 2016). 실제 취수이용량(255억 m³/year) 가운데 지하수 이용량은 약 41억 m³/year(16%)이며, 이 가운데 농어업용 지하수 이용량은 연간 21억 m³/year(총 지하수 이용량의 약 52%)에 해당한다. 따라서, 16%에 해당하는 지하수 이용량을 효율적으로 관리

*Corresponding author : shsong@ekr.or.kr

Received : 2017. 7. 4 Reviewed : 2017. 8. 15 Accepted : 2017. 9. 5

Discussion until : 2017. 12. 31

하여(Jung et al., 2012) 국가 물 스트레스 감소에 기여할 필요가 있다.

미국의 경우에는 캘리포니아 주와 텍사스 주가 많은 인구와 높은 물 사용량, 그리고 최근 몇 년간 이례적으로 발생한 가뭄으로 우리나라처럼 물 스트레스에 시달리고 있다. 캘리포니아 주(약 3천9백만명, 인구증가율 11.9%)와 텍사스 주(약 2천7백만명, 인구증가율 24.4%)는 미국 전체 주 가운데 인구순위 1, 2위로서(2014년 현재), 높은 인구수에 비례하여 물수요량이 높다. 2010년을 기준으로 미국 연간 물 이용량(4,895억 m³/year)의 약 1/5(캘리포니아 주 약 11%(525억 m³/year); 텍사스 주 약 7%(343억 m³/year))을 두 개 주에서 이용 중이다(USGS, 2014). 농업용수 이용량은 캘리포니아 주 334억 m³/year, 텍사스 주 98억 m³/year 로서, 이는 이들 두 개 주의 용수이용량의 각각 64% 및 29%에 해당한다. 이 가운데 지하수는 캘리포니아 주 123억 m³/year, 텍사스 주 72억 m³/year 로서 지하수 이용량 중 농업용수가 차지하는 비율은 각각 37% 및 73%에 해당하여, 상당량의 지하수를 농업용수로 이용하는 것으로 나타났다(USGS, 2014). 이러한 막대한 수자원 이용량 때문에 최적 물관리는 필수적이며, 이들 두 개 주의 최적 물관리 기법을 이용한 지하수 관리방안은 UN이 지정한 물부족 국가인 우리나라에 시사하는 바가 있을 것이다. 물론, 이들 두 개 주의 지하수법과 제도는 해당 지역의 사회문화와 수문지질 특성에 적합하도록 정비되어 온 것이기 때문에 우리나라에 그대로 반영할 수 없을 것이다. 다만, 적극적인 벤치마킹을 통해 우리나라 지하수 제도로의 시사점을 발굴하고, 가능한 범위 내

에서 적용성을 검토할 수 있다면 국내 지하수 제도의 발전을 위해 어느정도 역할을 할 것으로 기대된다. 따라서 이 연구에서는 캘리포니아 및 텍사스 주의 지하수 관리 정책을 중심으로 미국의 지하수 제도를 정리하였으며, 이를 이용하여 우리나라 지하수 제도와 비교를 통한 최적의 지하수 관리 방안 필요성을 제시하였다.

2. 미국의 지하수 관리제도와 정책

2.1. 미국의 지하수 관리제도

미국은 연방국의 특성 상 각 주의 고유 법적 권한이 존중되며, 각 주의 수리지질 특성, 인구밀도, 그리고 물수요의 다양성 등 많은 부분이 다르기 때문에 공통된 1개 지하수 관리 전략을 적용하기가 사실상 불가능하다. 따라서, 미국 내 50개 주는 각 주마다 독립적인 지하수법과 제도로 각 주의 지하수 관리를 시행 중에 있다. 이러한 50개 주의 관리 정책은 크게 5개 범주로 나뉘어 구분될 수 있으며(Table 1, Table 2), 아래 상세한 내용은 Joshi (2005) 및 Baxtresser(2010)을 참고하여 서술하였다.

2.1.1. 절대 소유권

절대소유권(absolute ownership)은 포획 규칙(rule of capture) 또는 잉글리쉬 규칙(English rule)으로 알려져 있다. 이 정책이 도입된 주의 토지소유주는 본인의 토지에서 본인이 원하는 만큼의 지하수를 양수할 수 있는 권리가 있다. 지하수 양수율(양수량)은 무제한적으로 허용되며, 주변 이웃의 지하수 관정에 피해를 가해도 무방하다. 토

Table 1. Comparison of five-categorized groundwater policies in USA (Baxtresser, 2010)

Classification	Ownership	Groundwater withdrawal	Strengths	Weaknesses
Absolute ownership	Landowner	Unlimited	Easy Access to purchase huge groundwater amounts	Concerns for groundwater depletion
Reasonable use	Landowner/ State government	Unlimited but not interfere with the adjoining wells	Protection of conflicts among groundwater users	Unlimited pumping by one independently standing-alone user
Restatement of Torts' doctrine of reasonable use	State government	Unlimited but not interfere with lakes, streams, and groundwater flowpath	Protection of groundwater and surface water depletion	n/a
Correlative right doctrine	Landowner	Limited	Equal rights to all landowner as groundwater users	Non-consideration for aquifer productivity per each well location
Prior appropriation doctrine	State government/ Landowner	Limited	The first groundwater user having priority right for withdrawal	Subsequent users having small withdrawal rights

Table 2. Groundwater management policies in USA (Joshi, 2005)

Classification	Number of states	Groundwater ownership	
		State government	Landowner
Absolute ownership	7	—	Connecticut, Indiana, Louisiana, Maine, Massachusetts, Rhode Island, Texas
Reasonable use	16	Alabama, Florida, Illinois, Kentucky, Maryland, Missouri, Nebraska, Pennsylvania, South Carolina, Tennessee, Virginia, West Virginia	—
Restatement of Torts' doctrine of reasonable use	3	Michigan, Ohio, Wisconsin	—
Correlative right doctrine	5	—	Delaware, Hawaii, Iowa, Minnesota, Vermont
Prior appropriation doctrine	14	Alaska, Colorado, Idaho, Kansas, Montana, Nevada, New Mexico, North Dakota, Oregon, Utah, Washington, Wyoming	New Jersey, South Dakota
Reasonable use/Correlative rights	4	New Hampshire, Oklahoma	California, Arkansas
Absolute ownership/Reasonable use	1	—	Georgia
Total	50	21	29

지소유주의 입장에서는 막대한 양의 지하수를 확보할 수 있는 장점이 있지만, 지하수 고갈 우려, 주변관정으로 위해 등 안전이 고려되지 않은 단점이 있다.

2.1.2. 합리적 사용

합리적 사용(reasonable use)은 아메리칸 규칙(American rule)으로도 알려져 있다. 토지소유주는 본인의 토지에 인접한 다른 토지소유주의 지하수 관정에 장애를 일으키지 않는 범위내에서 지하수를 원하는 만큼 이용할 수 있다. 만약 인접한 토지소유주의 지하수 관정 또는 인접한 지하수 대수층에 위해를 야기하는 경우, 토지소유주는 이에 대한 책임을 진다. 이 정책의 장점은 관정간 간섭현상 및 과잉양수를 방지할 수 있다는 점에 있다. 그러나, 주변의 관정과 멀리 떨어져서 독립적으로 존재하는 관정의 토지소유주는 무제한 과잉양수를 할 가능성이 있고, 이는 결과적으로 해당지역의 지하수 문제를 일으킬 가능성이 있다.

2.1.3. 수정된 합리적 사용

수정된 합리적 사용(restatement(Second) of Torts' doctrine of reasonable use)은 '합리적 사용' 정책에서 한 단계 발전된 것이다. 불법행위 원칙(Torts' doctrine) 하에서는, 선의의 토지소유주가 무지에 의한 과잉양수로 인접한 토지소유주 지하수 관정에 의도하지 않게 위해를 끼칠 경우에도, 인근 토지소유자가 이를 인지했을 경우 재산권 침해 소송을 제기하여 분쟁을 유발할 수 있다. 그러나 수

정된 합리적 사용(restatement(Second) of Torts' doctrine of reasonable use) 하에서는 이러한 분쟁을 사전에 예방하고자, 토지소유주는 지하수 양수로 인해 인접한 토지소유주의 지하수 관정에 위해를 가해서도 안되고, 주변의 호소, 하천 및 지하수 유동경로 등, 주변 수자원의 감소를 발생시켜도 안 됨을 명시한다. 이 정책은 대형관정 소유주의 과잉양수로 인해 주변 소형관정 소유주가 피해를 입을 수 있는 것을 사전에 차단하는 장점이 있다.

2.1.4. 상호 권리 원칙

상호 권리 원칙(correlative right doctrine) 하에서 모든 토지소유주는 그들이 속해 있는 지하수 권역의 지하수에 대하여 빠짐없이 각각의 권리를 지닌다. 즉, 상호 권리 원칙하에서 각자에게 분배된 지하수 수량은 대수층 상부 토지의 면적과 비례한다. 이에 따라 모든 토지소유주는 각자의 토지면적에 비례된 수량 이상으로 지하수를 양수하지 못한다. 이 규칙은 일반적으로 지하수 수요량에 비해서 공급량이 부족한 주에서 적용된다.

2.1.5. 우선 사용 원칙

우선 사용 원칙(prior appropriation doctrine)은 우선 규칙(rule of priority)으로도 알려져 있다. 이 정책이 시행되는 주에서, 수자원(지하수와 하천수)은 주정부의 소유이다. 주정부는 지하수를 먼저 사용한 사람에게 지하수 양수에 대한 권리를 우선적으로 부여한다. 즉, 선순위자가

해당지역의 지하수 양수량을 우선 부여받게 되면, 후순위자는 선순위자가 보유한 양수량 외의 잔류 양수량을 확보할 수 있다. 이 정책의 단점은 많은 양의 지하수 양수 권리를 부여받은 선순위자가 지하수 이용을 적게 해서 대수층에 가용한 지하수 수량이 많이 남을 경우에도 지하수 수량을 더 필요로 하는 후순위자는 본인에게 부여된 권리 이상으로 지하수를 양수하지 못하는 한계가 있다는 것이다.

2.2. 캘리포니아 주 및 텍사스 주 지하수 관리정책

캘리포니아 주와 텍사스 주는 미국 내 최대 농업지역으로, 캘리포니아 주 중앙 협곡(Central Valley) 지역과 사우스 다코다 주로부터 텍사스 주까지 이어지는 고지대 평원(The High Plains) 지역은 2007년 현재 약 \$520억 규모의 농산물 생산이 이루어진 곳이다(Airhart, 2012). 농업 부분에서 캘리포니아 주는 미국 내 50개 주 가운데 1위, 텍사스 주는 4위에 올라 있다(USDA, 2012). 그러나 2010년대 초중반 미국 서남부에 발발한 장기 가뭄은 이들 두 개 주에도 하천 건천화, 저수지 고갈, 지하수 수위 저하 등을 초래하여 막대한 양의 용수부족 문제를 발생시켰다. 이로 인해 2014년에 캘리포니아 주에서는 약 1,619 km² 면적의 농지가 경작 불가능한 상태에 이르렀으며(www.drought.ca.gov), 텍사스 주 걸프 연안의 미국 생산 농업인들은 2012~2014년동안 주정부로부터 수자원 공급을 받지 못하는 처지에 이르기까지 하였다(Walton, 2014). 이러한 물문제는 미국 식량 안보에 커다란 위협이 되었으며, 주정부 차원에서 지하수를 비롯한 수자원 관리에 좀 더 현명한 해결책을 마련하도록 하였다. 본 절에는 캘리포니아 주와 텍사스 주의 상세한 지하수 관리정책과 우리나라 지하수 제도로의 시사점을 기술하였으며, 두 개 주의 지하수 정책에 대한 전반적인 내용은 각 주의 수자원국 웹사이트(www.water.ca.gov 및 www.twdb.texas.gov)를 참고하였다.

2.2.1. 캘리포니아 주 지하수 관리 정책

캘리포니아 주에는 각 시·군에서 자치적으로 물 관리를 실시하며, 각 시·군의 지하수 이용을 규제하기 위해 시·군별로 독자적인 규칙을 가지고 있다. 캘리포니아 주 사법부는 개인(법인)의 지하수 권리를 규제할 수 있고, 수자원 고갈에 대한 우려로 법적인 판결에 의해 안전 채수율(safe yield) 이내로 지하수 양수를 제한시킬 수 있다. 일례로, 캘리포니아 주 수자원 운영 위원회(State Water Resource Control Board(SWRCB))는 주 법의 보장 하에 골프장 지하수의 과다 이용을 규제할 수 있다.

캘리포니아 주에는 515개의 총적층 지하수 분지(basin) 및 하위분지(sub-basin)가 있으며, 515개 총적층 지하수 분지 상부에 약 3천만명(캘리포니아 주 인구의 약 80%)의 인구가 거주 중이다. 평소 이들 분지에서는 캘리포니아 주 연간 물수요량의 약 40~45%에 해당하는 수자원을 지하수로 이용하는데, 최근 기후변화에 의한 극심한 가뭄 때문에 지하수는 약 60%의 수자원 수요를 담당하였다(USGS, 2009; Walker, 2009; CWS, 2012). 장기간에 걸친 가뭄과 물수요 증가에 따른 지하수 수요의 증가는 캘리포니아 주 지하수의 수량 부족과 수질의 악화를 초래하였다. 이로써 2014년 7월 캘리포니아 주 정부에서는 지하수 자원의 지속가능성에 대한 긴급정책인 『캘리포니아 지하수 수위 관측(California Statewide Groundwater Elevation Monitoring(CASGEM))』 프로그램을 시행하기에 이르렀다. 캘리포니아 주 지하수 수위 관측 프로그램의 일환으로, 캘리포니아 주 수자원국은 캘리포니아 주 515개 총적층 지하수 분지에 대하여, 인구, 관정 개소수, 관개면적, 지하수 이용량 및 기타 지하수 장해 요인 등을 고려하여 분지별 등급을 매겼다(Table 3). 이로서 515개 총적층분지는 4개 관리 우선 순위(높은, 중간, 낮은, 매우낮은 순위)로 구분되었다. 이 가운데 캘리포니아 주 전체 지하수 이용량의 96%를 이용하고, 전체 인구의 약 88%가 거주하는 127개 분지(43개 높은 순위 및 84개 중간 순위)에 대해서 집중적인 지하수 관리를 시작하였다(Fig. 1).

Table 3. CASGEM groundwater basin prioritization of California State (DWR, 2014)

Basin priority	Number of basin	Percent of total (%)	
		Groundwater use	Overlying population
High	43	69	47
Medium	84	27	41
Low	27	3	1
Very low	361	1	11
Total	515	100	100

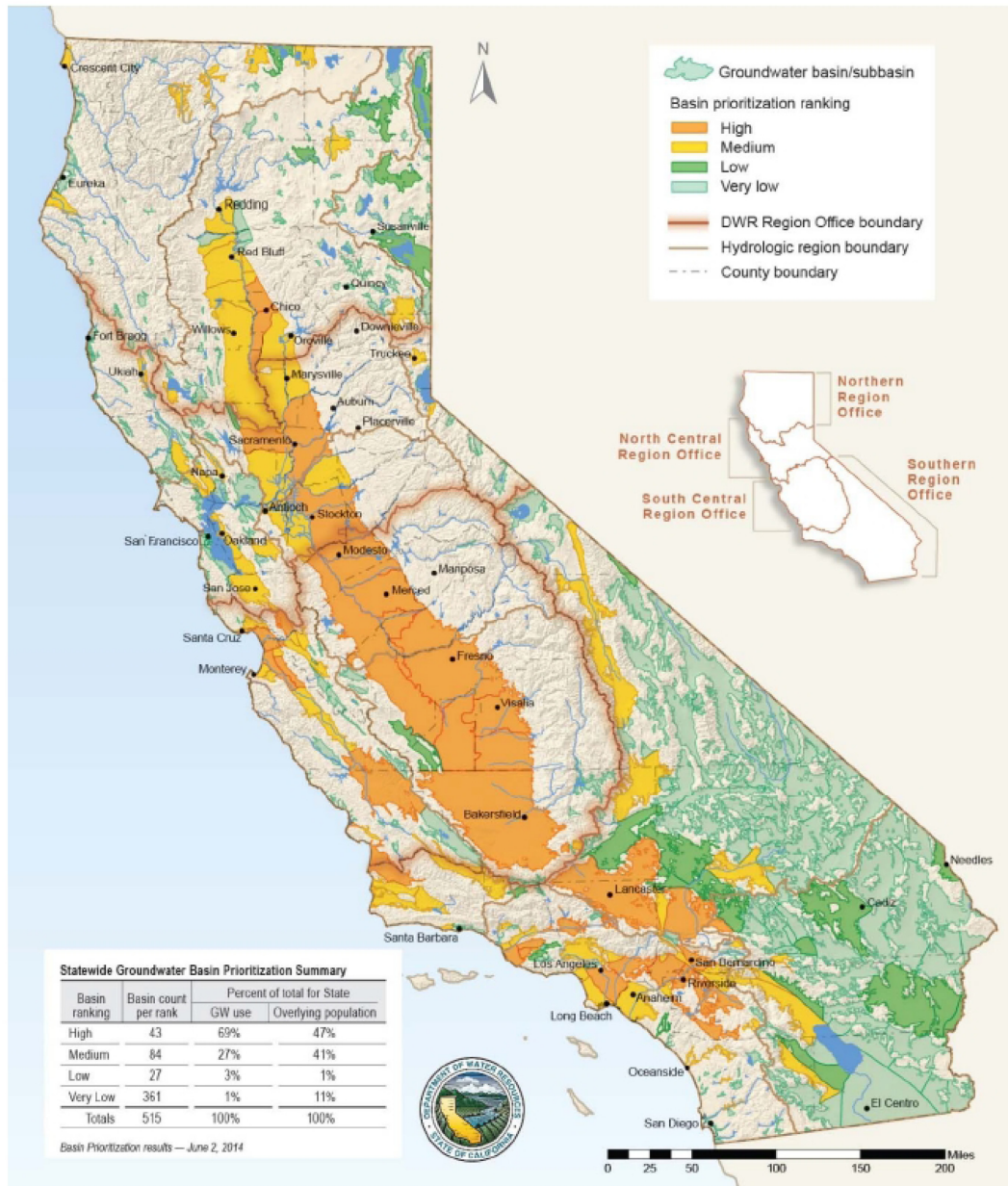


Fig. 1. Results of CASGEM groundwater basin prioritization of California State: Orange color, High priority basin; Yellow, Medium; Green, Low; Yellowish green, Very low (DWR, 2014)

이들 127개 분지에 대해서, 집중적인 지하수 수위 모니터링이 시행 중이며, 일부 모니터링이 안 되는 구역에 대해서는 해당분지의 지하수 관리기관과 협력을 모색 중이다. 지역기관이 미지정될 경우에는 해당 분지에 대한 지원금 적격심사를 통해 모니터링이 추가할 예정이다.

2014년 9월에 『지속가능한 지하수 관리법(Sustainable Groundwater Management Act (SGMA))』을 제정하고, 2016년 5월에 『지하수 지속가능성 계획 비상 규정(Groundwater Sustainability Plan Emergency Regulations

(GSP ERs))』을 마련하여, 127개 분지의 지하수 관리기관들로 하여금, 지하수를 과잉 양수하는 분지에서는 2020년 1월 31일까지, 과잉 양수 하지 않는 분지에서는 2022년 1월 31일까지 각 분지의 지하수 지속가능성 계획을 수립하고 실천하도록 규정하였다. 상세하게는, 각 분지별 지하수 지속가능성을 확보하기 위해서, 각 분지의 지하수 관리기관은 매 5년마다 도달가능한 지하수 수량 확보 목표치와 목표치 도달을 위한 실천단계를 설정하여 지속가능성 계획을 수립하고, 이를 캘리포니아 주 수자원국에 제

출하여 심의 및 평가를 받는다. 만약 분지별 지하수 관리 기관들의 역량이 부족하거나 목표달성에 실패할 경우에는 캘리포니아 주 수자원 관리 위원회(SWRCB)가 개입하여 목표달성을 강제할 수 있다.

2.2.2. 텍사스 주 지하수 관리 정책

텍사스 주 지하수는 총 9개의 주대수층 및 21개 부대수층에서 공급된다. 이 가운데 서북부에 위치한 오갈라라(Ogallala) 주대수층에서 전체 지하수의 약 60%(68억 m³/year)를 공급하고 있고, 캐리조-윌콕스(Carrizo-Wilcox) 및 걸프연안(Gulf coast) 주대수층에서 30%(34억 m³/year)를 공급하며, 이들을 제외한 나머지 대수층들로부터 10%(12억 m³/year)의 지하수가 공급되고 있다(RCGCD, 2014). 텍사스 주는 미국 내 주요 농산물 생산규모 1위를 자랑하는 만큼, 농어업용 지하수의 이용 비율(73%)이 매우 크다. 이는 국내 농어업용 지하수의 이용 비율(50%) 보다도 훨씬 높은 비율이다.

텍사스 주에서는 시·군지자체별로 지하수 보전 구역(Groundwater Conservation Districts (GCDs))이라는 기관을 자발적으로 창설하여 해당 구역의 지하수 개발, 공급, 보전 업무를 맡기고 있다(TWDB, 2004; Fig. 2). 각 보전 구역은 개인(법인)의 재산세, 시·군지자체 지원금, 지하수 이용부담금 등의 예산으로 기관운영비를 충당하며, 지하수 양수량 제한, 관정 간격의 제한, 새로운 허가에 대한 규제, 포화대 두께 비율의 제한, 그리고 타 구역으로 이동하는 지하수의 허가 등에 대한 권리를 행사한다(Sahs, 2009). 그러나 텍사스 주는 아직까지도 ‘절대 소유권’에 의거하여 지하수가 관리되고 있기 때문에, 지하수 수량 규제에 불복하는 관정 소유주의 소송이 발생하면 관정 소유주의 무제한 양수를 보호하는 방향으로 판결이 나오는 편이다(Hardberger, 2013). 이 때문에 대수층 최적 관리를 위한 지하수 보전 구역의 법적 권리 행사가 제한되는 결과를 낳곤 한다.

대다수의 지하수 보전 구역은 대수층의 수문지질 경계

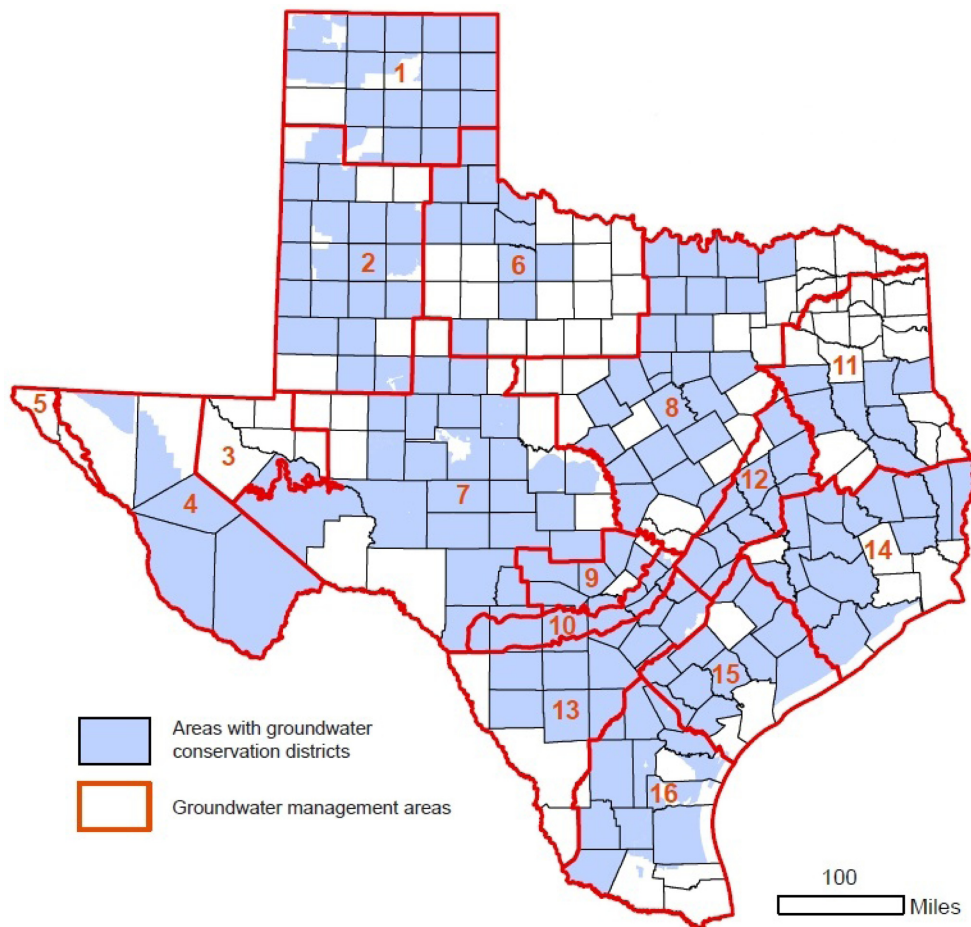


Fig. 2. Distribution of groundwater conservation districts and management areas in Texas State as of July 2010 (TWDB, 2011)

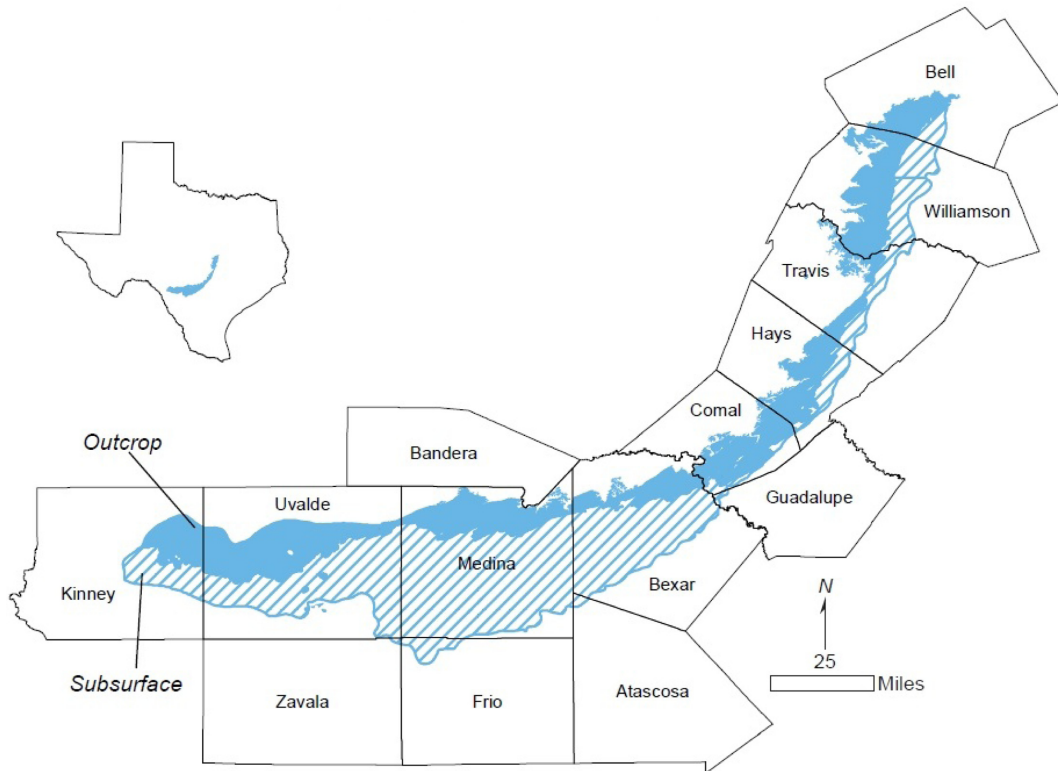


Fig. 3. Edwards aquifer in Texas State: Left regions, Uvalde pool; Right regions, San Antonio pool (TWDB, 2011).

에 맞추어 설립되어 있기보다는 시·군 경계를 따라 형성되어 있다. 결국 1개 대수층에 대하여 시·군 경계로 쪼개진 다수의 보전 구역들이 관리를 시행하다 보니, 여러 보전 구역들 사이에는 관리측면에서 수리지질학적 비연결성과 분쟁이 발생하게 된다(Dupnik, 2012). 이에 따라, 지하수 관리를 광역화하기 위해 『지하수 관리 지역 (Groundwater Management Areas (GMAs))』이라는 지하수전문기관이 수립되어 운영 중에 있다(Fig. 2). 지하수 관리 지역(GMAs)의 목적은, 전체 대수층 경계와 유사하게 관리 지역의 경계를 지정하여 해당 대수층의 지하수를 관리하는 데에 있다. 이로써 다수의 소규모 지하수 보전 구역(GCDs)을 하나로 묶어 관리하므로 효율성을 제고하고, 각 대수층의 수리지질 특성에 기반하여 더욱 과학적인 대수층 환경관리를 할 수 있다. 2014년 현재, 텍사스 주에는 16개의 지하수 관리 구역(GMAs)과 101개의 지하수 보전 구역(GCDs)들이 설치되어 있지만, 일부 지하수 보전구역이 설치되지 않은 곳도 있다.

에드워드 대수층 관리국(Edward Aquifer Authority (EAA))은 텍사스 중앙부에 위치하는 광역 물 관리 대행 기관(Regional Water Management Agency)이다. 8개 시·군에 걸쳐있는 에드워드 대수층은 석회암 대수층으

로(Fig. 3), 약 2백만명의 주민에게 지하수를 용수로 공급한다. 대수층으로부터 용출된 지하수는 지역 내 대규모 호수와 하천을 조성하며, 도롱뇽, 시어, 모기고기 등 멸종위기 동식물이 이들 호수와 하천에 서식한다. 따라서 에드워드 대수층의 청정한 관리는 멸종위기종 보호 및 수생태 환경 보전과 직결된 가장 중요한 요소라고 할 수 있다.

에드워드 대수층 관리국은 멸종위기종을 보호하기 위한 고소고발의 결과로 1993년에 신설되었다(www.edwardsaquifer.org). 즉, 멸종위기종의 항구적인 서식처 마련을 위해서는 지속가능한 지하수의 용출과 이로 인한 적절한 하천수량 확보가 필요하였다. 이를 위해, 에드워드 대수층 관리구역 내 개인(법인) 관정에 제한된 갯수의 ‘지하수 이용 허가권’을 발부하고, 각 관정에 대하여 지하수 양수량을 제한하여, 지속가능한 대수층 관리를 도모하도록 하였다. 에드워드 대수층은 크게 샌안토니오 구역(San Antonio Pool)과 유발드 구역(Uvalde Pool)으로 구분된다. 지하수 수량 관리는, 상기한 두 개 구역별 대표 지하수 관측공의 수위 변화, 용천수 유출량(spring flow) 변화를 기준으로 한다. 지하수위 또는 용천수의 유출량이 멸종위기종 서식을 위한 기준치에 미달할 경우, 각 관정별 양수량을 의무적으로 줄여야하는 요율(withdrawal reduction)

Table 4. Critical periods for groundwater withdrawal reduction of Texas State (www.edwardsaquifer.org)

Classification	Trigger ¹⁾	Critical period				
		Stage I	Stage II	Stage III	Stage IV	Stage V
San Antonio pool	Index well J-17 level (msl ²⁾)	<660	<650	<640	<630	<625
	San Marcos springs flow (cfs ³⁾)	<96	<80	n/a	n/a	n/a
	Comal springs flow (cfs)	<225	<200	<150	<100	<45/40 ⁴⁾
	Withdrawal reduction	20%	30%	35%	40%	44%
Uvalde pool	Index well J-27 level (msl)	n/a	<850	<845	<842	<840
	Withdrawal reduction	n/a	30%	35%	40%	44%

1) Trigger: the 10-day average value of aquifer level readings at J-17 and J-27 index wells (which are two representative wells locating in San Antonio and Uvalde pools, respectively), or the spring flow rate at either the Comal or San Marcos springs

2) msl: mean sea level (feet)

3) cfs: cubic feet per second

4) <45/40: either less than 45 cfs based on a 10-day rolling average or 40 cfs based on a three-day rolling average

Table 5. Comparison of groundwater policies between the USA and Korea

Groundwater	USA	Korea
Ownership	Landowner: 29 states (58%) State government: 21states (42%)	National government
Management	Local groundwater management agencies Limited/Unlimited	Local government/Public groundwater management agencies Limited
Withdrawal	(depending on specifically hydrogeological conditions for each state)	(designated withdrawal amounts per each well by the Groundwater Act of Korea)

을 지정하고 있다(Table 4). 이처럼 생태계 보전을 위해 시작된 대수층 지하수 관리는, 지속가능한 지하수 이용을 위한 노력으로 이어졌으며, 결과적으로 에드워드 대수층의 최적 지하수 관리를 실현하는데 기여하고 있다.

3. 우리나라 지하수 관리 제도 및 정책과의 비교

3.1. 지하수 관리 제도

3.1.1. 지하수 소유권

미국은 개인의 재산권을 최대도로 보장하는 국가의 특성상, 29개 주(58%)에서 각 개인에게 본인 토지 하부의 지하수에 대해 개인의 소유권을 인정한다(Table 2). 반면 서부에 위치한 대부분의 주(21개 주, 42%)에서는 지하수 소유권이 주정부에 있다. 우리나라 지하수법 제3조에서는 지하수를 공적자원으로 명시하여 소유권은 국가에 있으며, 국가는 허가/신고제도를 통해 개인(법인)에게 지하수 양수량을 지정해 준다(Table 5).

3.1.2. 지하수 관리 책무

미국은 지하수 이용의 기본적인 책무를 개인에 부과하는 경향이 짙고, 주정부에서도 주정부기관의 직접관리보

다는 시·군(county)별 또는 소유역(분지)별로 소재한 지하수전문기관에 의한 자치적인 지하수 관리를 선호한다. 우리나라는 지하수법 제3조에 지하수 보전 및 관리에 책무가 국가에 있다고 명시되어 있고, 중앙정부는 매 10년마다 지하수관리기본계획을 수립하고, 지자체는 지역지하수관리계획을 수립하여 지하수를 관리토록 하고 있다. 다만, 지하수관리를 중앙정부가 아닌 지자체별로, 그리고 지하수전문기관 위탁관리를 선호하는 점에서는 미국의 제도와 유사하다(Table 5).

3.1.3. 지하수 개발·이용

미국의 5개 지하수 제도는 공통적으로 각 개인(법인)의 최대 지하수 이용을 보장하는 편이다. 절대 사용권(포획 규칙)은 비과학적인 지하수 개발이용 정책임에도 불구하고, 여전히 많은 주에서 이를 지하수 이용자의 권리로서 보장하고 있다. 미국의 5개 제도와 비교하였을 때 우리나라 지하수 제도는 '수정된 합리적 사용'에 가깝다. 우리나라도 개인(법인)의 지하수 이용을 최대도로 보장하는 편이지만, 지하수 개발과 보전을 동시에 이루려는 목적하에 지역별 '지하수 개발가능량'을 지정하고, 개발가능량 범위 내에서 지하수 이용을 보장한다(Table 5).

3.1.4 우리나라 지하수 관리 제도에의 시사점

우리나라 지하수법은 제한된 지하수자원을 가장 과학적이고 합리적인 판단에 근거하여 운영 중이다. 즉, 각 관정별 개발이용량을 명시하여 제한적인 수량만을 이용하도록 운영하고 있으며, 허가관정에 대해서는 지하수영향조사서를 첨부하도록 하여 지하수 과잉양수 및 고갈 우려를 사전에 방지하고 있다.

다만, 우리나라 지하수법에서도 ‘우선 사용 원칙’의 단점과 유사하게, 1개 지하수 관정에서 허가·신고된 지하수 수량보다 일반적으로 적은 양을 양수이용하고 있는 경우, 지하수 수량을 더 필요로 하는 주변 관정들은 각각의 관정마다 지정된 수량 이상으로 이용이 불가능하여, 잉여 수량을 이용할 수 없는 단점이 있다.

미국 내 많은 주에서는 각 관정 소유주에게 물 권리(water right)를 부여하여, 개인(법인) 간 지하수 양수 권리의 항구적·일시적인 매매·대여·양도를 가능하게 하고 있다. 이를 통해, 지하수자원을 필요로 하는 곳에 최적 배치시키고, 개인(법인)은 이러한 활동을 통해 영리를 취하는 것을 허가하고 있다. 우리나라는 지하수 자원을 국가 소유로 명시하고 있기 때문에, 영리목적으로 잉여 수량에 대한 개인(법인) 간 양수 권리의 매매·대여·양도 등은 불가능하다. 다만, 지하수자원의 최적배치를 위해, 공익을 목적으로 한 비영리행위목적의 매매·대여·양도에 대해서는 법적인 해석이 달라질 수 있다. 즉, 지하수조사전문기관을 매개로 한 비영리목적의 매매·대여·양도를 허용하여 각 관정별 지하수 이용과 관련된 권리(groundwater rights)에 유동성을 부여할 수 있다면, 적재적소에 지하수 재배치를 통한 지하수 최적 관리를 실현할 수 있을 것이다. 농어업용 공공관정을 예로 들면, 지하수조사전문기관은 풍수기 시 농어업용 공공관정 권리를 주변 농공단지 등에 임대하여 비영리 수익을 창출한다. 수익금은 갈수기에 농공단지 등으로부터 임대가격과 동일한 가격으로 물 권리를 임차하는데 사용하여, 농지에 더욱 풍부한 지하수를 공급하거나, 해당 용수구역의 관정시설물 관리(사후관리 포함), 지하수 용수관로 관리, 지역지하수관리계획 수립 등 공공의 이익을 위해 재투자 하도록 한다. 이로써 공적자원인 지하수에 대한 개인의 이윤추구를 피할 수 있고, 농어촌지역은 갈수기 대응 사전 수자원 확보가 가능하며, 농어촌지하수의 재배치와 효율적인 이용을 추구할 수 있을 것이다. 좀 더 많은 법률상의 검토가 필요하겠지만, 잉여 수량을 적정하게 이용할 수 있도록 관련 법령의 개정이 요구된다.

3.2. 우리나라 지하수 관리 정책과의 비교

3.2.1. 지하수 관리정책

우리나라는 1994년 지하수법 제정 이래 여러 전문가와 현장의 목소리를 반영하여, 공적자원인 지하수의 효율적인 보전·관리, 적절한 개발·이용, 오염 예방 및 오염지하수 정화 등에 대한 법령과 정책을 구체화시켜 왔다. 우리나라는 지하수 소유권이 정부(국가)에 있어서 지하수를 공적자원으로 인식함에 비하여, 캘리포니아 및 텍사스 주의 경우 소유권이 개인에게 있다. 우리나라의 경우 지하수 관리 주체는 중앙정부와 지자체 등 정부차원에서 관리를 시행하는 반면, 캘리포니아 및 텍사스 주는 지역지하수전문기관에서 관리를 한다. 지역지하수전문기관은 지하수 이용량 규제를 할 수 있지만, 텍사스 주의 경우 절대 소유권이 현재까지도 유효하기 때문에, 분쟁이 생겼을 경우 사실상 개인에게 유리한 판결이 나오는 실정이다. 지하수가 공적자원인 우리나라에서는 지하수 이용에 대한 허가·신고제도를 통해 해당 지하수 수량만큼 양수할 수 있는 이용권을 지자체로부터 부여받지만, 캘리포니아와 텍사스 주처럼 개인에게 지하수 권리가 부여되는 경우에는 잉여지하수에 대하여 해당 권리를 판매 또는 임차하여 금전적인 수익을 얻을 수 있다. 지하수와 관련된 분쟁이 발생하였을 경우, 우리나라의 경우 지자체에서 법령에 의한 규제가 가능하지만, 텍사스 및 캘리포니아 주는 수자원국의 중재 또는 법원의 판결이 필요하다. 지하수-하천수 통합 관리와 지하수관리계획 수립의 경우, 우리나라와 캘리포니아 주는 정부차원에서 수립하나, 텍사스 주는 에드워드 대수층과 같은 일부 지역에서만 관리가 이루어져 주 전체를 놓고 판단할 때는 상대적으로 행정적인 통제가 적은 편이다. Table 6은 앞서 제시된 내용을 비교한 자료이다.

3.2.2. 국내 지하수 관리 정책에서의 시사점

캘리포니아 주의 지하수 관리제도는 총 515개 지하수 분지를 대상으로 선택과 집중을 통해 지하수 이용량, 인구밀도, 향후 전망 등을 고려하여, 약 25%에 해당하는 127개 분지에 대해 집중적으로 지하수를 관리한다. 이는 제한된 자원, 인력, 시간을 고려할 때 가장 효율성이 높은 지하수 관리 방법이라고 판단된다. 우리나라에서도 이러한 점을 고려하여 집중관리가 필요한 지자체 및 농어촌 용수구역에 대하여, 집중 관리를 통한 지하수 고갈 우려를 사전에 방지할 필요가 있다. 또한 1개 대상 지자체 또는 농어촌 용수구역 내에서도 세부적으로 소유역 순위를 구분한 후, 동리별 우선순위 지정을 통한 지하수 최적 이용을 도모하는 정책적 노력이 필요하다.

캘리포니아 지하수 수위관측 프로그램(CASGEM)의 국내 적용성 검토는, 현재 관측자료 수집에만 한계를 보이는 국내 지하수관측망의 활용성 증대에도 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다. 우리나라는 지하수 관측자료 수집과 모니터링 부분에 대해서는 캘리포니아 주보다 오히려 더 선진화 되어 있다. 우리나라 지하수 관측망은 관리주체에 따라 크게 4가지로 구분된다. 상세하게는, 농림축산식품부 관측망(해수침투 163개소, 농촌지하수관리 268개소), 국토교통부 관측망(국가지하수 412개소, 보조지하수 1,710개소), 환경부 수질측정망(지하수수질전용측정망 220지점, 지역지하수 수질측정망 및 타기관 측정망 5,186지점) 및 민간(먹는샘물, 온천감시정 등)으로 구분된다(2016년 현재; MAFRA and KRC, 2016). 농림축산식품부 해수침투 관측망은 해안도서지역에서 지하수 과잉양수로 인한 대수층 내 염수침입을 감시하여 농작물 염해피해를 방지하고자 하는 목적으로 운영 중이고, 농촌지하수관리 관

측망은 농경지 지하수의 수량 및 수질을 관측하여 합리적인 지하수 이용을 도모하기 위한 목적으로 운영 중이다(www.groundwater.or.kr). 국토교통부 국가지하수관측망은 전국 주요지점에 지하수 수위 및 수질을 지속적으로 관측함으로써 광역적인 지하수 수위, 수질 변동실태를 분석하고자 운영 중이며, 보조지하수 관측망은 국가지하수 관측망과 연계하여 국가지하수 관측망을 보완하기 위한 기능으로서, 지역별로 주요 관측 대상 지점에 관측정을 설치하여 지하수 수위(수질) 특성 자료를 획득하는데 그 목적이 있다(www.gims.go.kr). 환경부 수질측정망은 전국 지하수 수질 현황과 수질변화 추세를 정기적으로 파악 및 관리하여 지하수 수질을 보전하고, 정책 수립을 위한 기초 자료로 활용하기 위해 운영 중이다(www.gims.go.kr). 그리고 민간(사업장)에서 상업목적으로 먹는샘물 감시정, 온천 감시정 등을 운영 중이다. 이처럼 관측망의 종류와 운영은 캘리포니아 주보다 더 세부적이고 전문화되어 있

Table 6. Comparison of groundwater management in Texas State, California State, and Korea

	Classification	Texas State	California State	Republic of Korea
Groundwater management	Management policy	Absolute ownership	Reasonable use / Correlative rights	Similar in Restatement of Torts' doctrine of reasonable use
		Local groundwater management agencies	Local groundwater management agencies	
	Management authority	- Groundwater Conservation Districts - Groundwater Management Areas	- Groundwater sustainability agencies	Local government/ Public groundwater management agencies
		Partially implemented	Implemented	Implemented
	Management plan	- Edwards aquifer management plan	- Basin priority plans - Groundwater sustainability plans	- Local groundwater management plan - Agricultural groundwater resources management
	Management unit area	Local groundwater district area/ Aquifer unit	Groundwater basin	Local government area/ Agricultural watershed area
	Integrated management with groundwater and surface water	Non-implemented	Implemented	Implemented
Groundwater use	Ownership	Landowner	Landowner Limited	National government Limited
	Withdrawal	Unlimited	- Withdrawal with securing groundwater sustainability	- designated withdrawal amounts per each well by the Groundwater Act of Korea
	Trade of water rights	Permitted	Permitted	Prohibited
	Conflicts among consumers	Judged by state courts	Intervened of State Water Resource Control Board (SWRCB)	Intervened of local governments

지만, 각 관측망마다 수집되는 지하수 자료는 현재 그 활용성에 한계를 보이고 있고, 어쩌면 관측을 위한 관측에 머무르고 있는 실정이다. 따라서, 캘리포니아 지하수 수위 관측 프로그램(CASGEM)의 검토는, 관측망의 본래 기능인 지하수 기초자료 제공은 물론, 높은 순위 지역의 지하수 이용량 감시, 지하수 장애 관측 등에 적극적으로 활용 가능할 수 있을 것으로 기대된다.

우리나라 지하수 관리정책은 기본적으로 행정구역 단위 지하수 관리를 선호한다. 지역지하수관리계획 및 지하수 자원관리사업 등에서는 지자체별, 농어촌 용수구역별 지하수 관리를 시행 중에 있다. 텍사스 주는 지하수 관리를 광역화 및 전문화 하여, 대수층 경계와 유사하게 다수의 소규모 지하수 보전 구역을 하나로 묶어 해당 지하수 대수층을 직접 관리하는 지하수 관리 지역을 운영 중에 있다(Fig. 2; Table 6). 대수층 단위 지하수 관리는 최적화 되고 과학적인 지하수 관리의 기본이 되며, 이를 통해 국민들은 이전보다 풍부하고 양질의 지하수를 이용할 수 있다. 이를 위해서 우선적으로 요구되는 것은 지하수 대수층에 대한 명확한 도면작업이 선행되어야 한다. 또한 에드워드 대수층 관리국의 지하수 허가권 발부, 양수량 제한 등을 통한 지하수 관리는 지하수자원의 고갈을 사전에 방지하고, 지속가능한 이용을 담보할 수 있는 대표적인 제도라는 점에서 우리나라 지하수 제도에 시사하는 바가 있을 것으로 판단된다.

4. 결론 및 제언

이 연구는 캘리포니아 및 텍사스 주의 지하수 관리 정책을 중심으로 미국과 우리나라의 지하수 제도를 비교하여, 국내 제도로의 시사점을 도출하고자 하였다. 미국의 지하수 제도는 크게 5가지(절대소유권, 합리적사용, 수정된 합리적사용, 상호권리원칙, 우선사용원칙)로 구분되며, 이 가운데 하나인 수정된 합리적사용 원칙은 우리나라 지하수제도와 유사하였다. 최근 몇 년간 극심한 가뭄에 시달린 캘리포니아 주는, 지하수 관리의 효율성과 경제성을 확보하기 위해, 캘리포니아 주 지하수 수위 관측 프로그램을 시행하여, 515개 지하수 분지에 대하여 관리 순위(높은, 중간, 낮은, 매우낮은 순위)를 지정하였다. 이 가운데 높은순위(43개) 및 중간순위(84개) 분지에 대해서는 각 분지별 지하수 지속가능성 기관을 수립하고, 해당 분지별 지하수 지속가능성 계획을 수립하여, 매 5년마다 단계별 지하수 확보 목표를 달성하는 것을 법으로 강제하고 있다. 텍사스 주는 101개 소규모 지역단위 지하수보전구역에서

해당 구역 내 지하수를 관리 중이다. 이와 동시에 좀 더 과학적이고 최적화 된 지하수 관리를 위해, 광역 지하수 관리기관인 16개 지하수 관리지역에서 텍사스 주의 지하수 대수층을 직접 관리한다. 또한 물 시장 활성화로 제한적인 지하수자원을 효율적으로 재배치하여, 가장 부가가치가 높은 곳에 지하수자원을 이용할 수 있도록 도모하고 있다.

우리나라는 좁은 국토면적에도 불구하고, 평지가 대다수를 이루는 지자체와 산지가 대다수를 차지하는 지자체, 내륙에 위치한 지자체와 해안선을 길게 끼고 있는 지자체, 도시화가 발달된 지자체와 전형적인 농어촌 지자체 등 지역별로 매우 다양한 특성을 지니고 있다. 그럼에도 불구하고, 각 지자체별로 생산된 지역지하수관리계획 보고서 및 농어촌 용수구역별 농촌지하수관리사업 보고서는, 표준화된 보고서 틀을 기준으로 작성되어 각 지자체/용수구역 고유의 지하수 특성을 반영하지 못하고 있다. 만약, 지자체별, 농어촌 용수구역별 지하수 보고서가 해당 지역의 독특한 지하수 수문지질 특성을 최대한 반영하고, 이를 통해 각 지역의 실정에 맞게끔 지하수 관리정책을 제시할 수 있다면, 지역지하수의 최적 관리를 위해 한걸음 더 나아갈 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구에서 제시한 미국의 지하수 제도, 특히 우리나라와 물 스트레스가 유사한 캘리포니아 및 텍사스 주의 지하수관리 제도는, 각 지자체별, 농어촌 용수구역별 지속가능한 지하수 개발이용 계획 수립 및 달성을 위해 참고할 수 있는 좋은 벤치마킹 자료가 될 것으로 기대된다. 아울러, 지역별 지하수 최적 관리 제도수립 및 실천방안 마련을 통해, 해당 지역의 지하수 관련 산업의 활성화에도 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

이 연구는 농림축산식품부 첨단생산기술개발사업(과제 번호 114049-2) 및 농촌개발시험연구사업의 연구비 지원으로 이루어졌습니다.

References

- Airhart, M., 2012, Groundwater depletion in semiarid regions of texas and california threatens U.S. food security, <https://news.utexas.edu/2012/05/29/groundwater> [accessed 16.11.15]
- Baxtresser, D., 2010, Antiques Roadshow: The common law and the coming age of groundwater marketing, *Michigan Law Review*, **108**(5), 773-794.

- CWS, 2012, Addressing nitrate in California's drinking water with a focus on Tulare lake basin and saline valley groundwater: Report for the state water resources control board report to the legislature, CWS (Center for Watershed Sciences), Univ. of California at Davis, p. 78.
- Dupnik, J.T., 2012, A Policy proposal for regional aquifer-scale management of groundwater in Texas, Master thesis, Univ. of Texas at Austin, p. 176.
- DWR, 2014, California groundwater elevation monitoring: Basin prioritization process, DWR (Department of water resource), State of California, p. 28.
- Hardberger, A., 2013, Texas courts start to fill in the blanks on groundwater law, <http://texaslivingwaters.org/texas-courts-start-fill-blanks-groundwater-law> [accessed 16.11.15]
- Joshi, S.R., 2005, Comparison of groundwater rights in the United States: Lessons for Texas, Master thesis, Texas Tech Univ., p. 122.
- Jung, C.D., Kim, Y.B., Park, K.Y., and Park, S.J., 2012, Efficient management method of groundwater in farming and fishing villages, *J. Soil Groundw. Environ.*, **17**(4), 81-90.
- MAFRA and KRC, 2016, An annual report on the Rural Groundwater Management Network, MAFRA (Ministry of agriculture, food, and rural affairs) and KRC (Korea rural community corporation).
- MOLIT and K-water, 2016, Water and future: *Proceedings on 2016 world water day*, MOLIT (Ministry of land, infrastructure, and transport) and K-water, Busan, Korea, p. 402.
- RCGCD, 2014, Where does our water come from and where is it used?, RCGCD (Rusk County Groundwater Conservation District), <http://rcgcd.org/question3.html> [accessed 16.11.15]
- Sahs, M.K., 2009, Essentials of Texas water resources, State bar of Texas.
- TWDB, 2004, 100 Years of rule of capture: From east to groundwater management, TWDB (Texas water development board).
- TWDB, 2011, Aquifers of Texas, TWDB (Texas water development board).
- USDA, 2012, Which are the top 10 agricultural producing states?, USDA (United States Department of Agriculture), <https://www.ers.usda.gov/faqs.aspx#Q1> [accessed 16.11.15]
- USGS, 2009, Groundwater availability of the central valley aquifer, California, USGS (U.S. geological survey).
- USGS, 2014, Estimated use of water in the United States in 2010, USGS (U.S. Geological Survey).
- Walker, L., 2010, CV SALTS; Salt and nitrate sources pilot implementation study report, First report, Larry Walker associates.
- Walton B., 2014, California, Texas, and the southwestern U.S. face a critical year for water supplies: 2014 preview, Part I, <http://www.circleofblue.org/2014/world/2014-preview-california-texas-southwest-face-critical-year-water-supplies> [accessed 16.11.15]