

## 한국의 농업용 방사상 집수정 현황 및 지속가능성

홍순욱\* · 송성호 · 안중기 · 김진성

한국농어촌공사 농어촌연구원

### Agricultural Radial Collector Wells in South Korea and Sustainability

Soun-Ouk Hong\*, Sung-Ho Song, Jung-Gi An, and Jin-Sung Kim

Rural Research Institute, Korea Rural Community Corporation

Received 25 August 2016; received in revised form 26 September 2016; accepted 28 September 2016

농업용 방사상 집수정은 한국농어촌공사에서 1983년 경북 상주시 이안면에 지하댐 건설과 함께 최초로 설치하였으며, 지금까지 총 98개소의 농업용 방사상 집수정을 관리하고 있다. 이중 20개소는 농업용으로 건설된 5개의 지하댐 상류지역에 설치되었으며, 나머지 78개소는 지하댐 설치와 관계없이 설치되었다. 농업용 방사상 집수정은 대부분 1980년~1990년대 개발되었으며, 83개소는 설치한지 20년 이상 경과된 시설이다. 방사상 집수정의 집수 우물통은 일반적으로 내경 3.5 m, 심도 10 m 이내이며, 수평집수관은 65 mm 구경으로 30 m까지 천공한 후 PVC 집수관을 설치하였으며, 집수정 별로 9~28개 설치되어 있다. 집수정 설치지점과 하천과의 이격 거리는 10~1,200 m이며, 최대양수량은 2,000~10,000 m<sup>3</sup>/day 이다. 방사상 집수정은 개발후 물리·화학적 원인에 의한 공막힘 현상 등으로, 취수량이 감소하여 효율이 저하되는 문제점이 있다. 본 연구에서는 30년이상 경과된 방사상 집수정의 수평집수관에 대하여 서징과 고압세척을 실시하고, 양수시험 및 TV검층을 실시하여 우물세척에 의한 수평집수관 폐색제거 효과를 분석하였다. 우물세척후 비양수량은 67% 증가하였으며, TV검층결과 집수우물통에서 가까울수록 수평집수관 스트레너의 막힘(Clogging) 정도가 심한 것을 확인하였다. 본 연구결과를 활용하여 방사상 집수정에 대한 모니터링과 우물 효율 개선방안을 수립하고, 주기적인 사후관리를 통해 방사상 집수정의 지속가능한 이용을 도모 할 수 있을 것으로 사료된다.

**주요어:** 방사상 집수정, 지하댐, 수평집수관, 우물효율, 우물재개발

Radial collector wells (RCWs) have been managed by Korea Rural Community Corporation (KRC) since 1983, installing 98 wells for agriculture in rural area over the country. Among them, 20 wells were installed upstream of 5 subsurface dams and the remaining were installed regardless of the subsurface dam. Most of RCWs have been developed in 1980s and 1990s, and 83 wells have been passed more than 20 years after construction. The number of horizontal arms for RCWs varies from 9 to 28, with length and diameter being 10~30 m and 65 mm, respectively. The central caisson with an inner diameter of 3.5 m was commonly constructed to a depth of 10 m. The maximum pumping rates in RCWs, which are located at distances of 10 to 1,200 m from the river, are 2,000~10,000 m<sup>3</sup>/day. RCW has a fundamental problem that reduced pumping capacity and degraded well efficiency, due to the physical and chemical clogging. From the feasibility test for improving RCW performance, specific capacity increased to 67% after rehabilitation. TV logging for RCW horizontal arm shows that near the caisson is more severe clogging. From the results of this study, KRC has established the guidebook for monitoring and improving well efficiency through physical/chemical treatment, well logging, and hydraulic tests and managed RCWs periodically with its rehabilitation methods.

**Key words:** Radial collector well, Subsurface dam, Horizontal arms, Well efficiency, Rehabilitation

\*Corresponding author: syhong@ekr.or.kr

© 2016, The Korean Society of Engineering Geology

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 서 론

수자원장기종합계획에 따르면 우리나라의 연평균 수자원 총량은 1,279억 m<sup>3</sup>으로, 이용 가능량은 수자원 총량의 58%인 753억 m<sup>3</sup>이다(MOLIT, 2011). 실제 이용량은 이용 가능량의 약 44%인 333억 m<sup>3</sup>이며, 이 중 48%인 159억 m<sup>3</sup>을 농업용수로 이용한다.

최근 기후변화에 따른 가뭄발생 빈도 증가로 인하여, 지속가능하고 다량취수가 가능한 대용량 지하수 이용시설 확보 및 안정적인 유지관리 필요성이 증가하고 있다. 또한 과거에는 주곡 위주의 논농사가 주를 이루었으나, 최근에는 쌀 소비량 감소와 더불어 농어촌 소득향상을 위하여 다양한 방법이 지속적으로 시도되어 특용작물 재배를 포함한 시설재배 단지가 증가하는 추세이다. 따라서 농업용수 이용 측면에서 과거의 농번기에 집중적인 이용 형태가 최근 4계절 농업용수를 이용하는 지역이 증가하는 추세에 있다.

2015년 농업생산기반정비사업 통계연보에 따르면 전체 논면적 933,615 ha 중 약 81%인 752,616.6 ha가 수리답이며, 관개시설은 70,138개소이다. 시설별 관개면적은 전체의 약 80%를 저수지 및 양수장을 이용하는 반면, 약 20%는 취입보나 지하수 시설을 이용하는 것으로 나타났다(MAFRA and KRC, 2015a)(Table 1).

관개시설 중 농업용 방사상 집수정은 총 98개소로, 관리측면에서 66개소는 양수장(pumping station)으로 32개는 집수암거(infiltration gallery)로 분류되어 있다.

최근에는 농산물 시장 개방에 따른 농업 수익성 하락 등으로 인하여, 벼농사에 비하여 상대적으로 소득수준이 높은 시설원에 또는 과채류 등 다양한 밭작물 재배면적이 확대되고 있는 추세이다. 최근 논을 이용한 밭작물 재배 면적 증가는, 경지정리에 따른 관개·배수 시설 및 도로망 등의 기반시설이 양호하기 때문이다. 그러나 기존의 관개 시설은 저수지를 이용하여 급수기를 대상으로 한 용수 공급만이 가능하므로, 겨울철 수막용수를 비롯한 시설농업 용수 확보를 위

한 대용량 지하수 이용시설의 필요성이 대두되고 있다.

최근 우리나라에서는 상수원수로서 강물을 간접적으로 취수하는 방법으로 방사상집수정을 이용한 강변여과수 개발이 주목받고 있으며, 이와 관련된 연구로는 방사상집수정을 활용한 강변여과수 개발가능량 평가(Lee, 2010), 방사상 집수정의 수평집수관에서 지질특성과 취수량의 상관관계 분석(Kim, 2014), 강변여과수 취수를 위한 방사상 집수정 수평정 배열의 영향평가 모델링(Park, 2015) 등의 연구가 수행되었다.

본 논문에서는 국내에서 대용량 농업용 지하수 취수를 목적으로 1980~1990년대 설치된 농업용 방사상 집수정의 활용도 극대화를 위하여, 현황 파악 및 활용도 분석을 통하여 대용량 지하수 시설물에 대한 지속가능성을 포함한 효율성 증대방안을 제시하였다.

## 농업용 방사상 집수정 개발 및 이용현황

국내의 방사상 집수정은 1970년대 초에 산업체를 중심으로 투수성이 양호한 충적층으로부터 대용량 지하수(양수량 2,000 m<sup>3</sup>/일 이상) 취수를 목적으로 개발하기 시작하였다(Han, 1982).

농업용 방사상 집수정은 한국농어촌공사에서 1983년 경북 상주시 이안면에 지하댐 건설과 함께 최초로 설치하였으며, 지금까지 총 98개소의 농업용 방사상 집수정을 관리하고 있다(MAFRA and KRC, 2015b). 방사상 집수정은 대부분 1980~1990년대 주로 개발되었으며, 개발 후 20년 이상 경과된 집수정이 전체의 85%인 83개소이며, 그 중 8개소는 30년 이상 경과된 실정이다(Table 2).

방사상 집수정의 집수 우물통은 원통형 구조물로서 내경 3.5 m, 심도 10 m 규모로 설치되었으며, 수평집수관은 65 mm 구경으로 30 m까지 천공한 후 PVC 집수관을 삽입하여 수평공이 붕괴되지 않도록 하였으며, 집수정 1개소당 9~28개의 수평집수관이 방사상으로 설치되어 있다.

방사상 집수정 개발 시 문제점은 수평정 착정 길이가 착

**Table 1.** Irrigation facilities and the associated area of paddy fields in S. Korea.

Irrigation facilities	No. of facility		Irrigated paddy field area	
		Ratio (%)	(unit: ha)	Ratio (%)
Total	70,138	100.00	752,616.6	100.00
Reservoir	17,400	24.81	440,481.0	58.53
Pumping station	6,766	9.65	165,719.6	22.02
Pumping and drainage station	124	0.18	27,367.4	3.64
Drainage station	1,000	1.43	344.0	0.05
Weir	18,098	25.80	65,782.1	8.74
Infiltration gallery	2,667	3.80	7,722.7	1.03
Tube well	24,083	34.34	40,396.5	5.37
Other facilities	-	-	4,802.3	0.64

**Table 2.** Number of radial collector wells (RCWs) by installation period.

Period	Until 1985	1986~1990	1991~1995	1996~2000	After 2001	Total
No. of RCWs	9	43	31	14	1	98

**Table 3.** Agricultural subsurface dams in S. Korea

	Ian	Namsong	Okseong	Gocheon	Uil
Location	Gyeongbuk Sangju	Gyeongbuk Pohang	Chungnam Gongju	Jeonbuk Jeongeup	Jeonbuk Jeongeup
Construction Type	SGR* concrete	JSP**	Microcement	Concrete replacement	Compacted clay
Length of dam wall (m)	230 (194+36)	89	482	192	778
No. of RCWs	4	4	4	5	3
Pumping rate (m <sup>3</sup> /day)	24,000	27,000	27,900	25,110	18,200
Installation year	1983	1986	1986	1986	1986

\*SGR: space grouting rocket system

\*\*JSP: jumbo special pattern method

**Table 4.** Classification of soil texture distribution over RCWs installation sites

Classification of soil texture distribution	Loamy sand	Sandy loam	Loam	Silt loam	Silt clay loam
No. of sites	2	50	17	26	3

정장비의 능력에 의해 제한되며, 수평정 착정 후 유공 집수관을 통한 세사 유입이다. 특히 집수관을 통한 세사 유입방지를 목적으로 1988년도 이후에는 사이펀 방식(syphon)의 집수정을 개발하여 기존의 수평 집수관에 비해 다량의 지하수를 채수하였으나, 25년 이상 경과된 현재는 사이펀관의 노후로 인하여 효율이 많이 저하된 실정이다.

전체 방사상 집수정 98개소 중 20개소는 농업용으로 건설된 5개의 지하댐 상류지역에 설치되었으며, 나머지 78개소는 지하댐 설치와 관계없이 설치되었다(MAFRA, 1996)(Table 3).

농업용 지하댐은 5개소가 설치된 이후, 지하댐에 대한 이해 부족으로 추가적으로 설치하지 못하였으며, 그 대신 대수층에 풍부한 수량이 저류되어 있고, 넓은 유역을 가진 지역에서 지하댐이 없는 상태에서 방사상 집수정을 설치하였다. 방사상 집수정의 효율성을 지하댐 설치와 연계시켜 해석하기 위해서는 지하댐 설치지역 지하수 수문 해석의 복잡성으로 수리적 이론 정립이 필요하다.

**농업용 방사상 집수정 개발 및 이용 특성**

방사상 집수정이 설치된 지역의 표토토성은 양질사토(loamy sand) 2개소, 사양토(sand loam) 50개소, 양토(loam) 17개소, 미사질양토(silt loam) 26개소, 미사질식양토(silt clay loam) 3개소이다. 미사질식양토 지역에 설치된 방사상 집수정 1개소는 지반침하로 인하여 사용하지 않고 있다(Table 4).

방사상 집수정 설치 지점과 하천 경계와의 거리는 양토 지역은 17개소 중 100 m 이내가 12개소이며, 최대이격거리

는 528 m이다. 양질사토 지역의 집수정은 2개소 모두 10 m 이내에 위치하며, 양토 지역은 17개소 중 14개소가 200 m 이내에 위치한다. 사양토 지역은 50개소 중 100 m 이내가 31개소이며 최대 1.2 km에 위치하는 시설도 있다. 미사질양토 지역은 26개소 중 100 m 이내가 14개소이며, 가장 멀리에 위치하는 시설까지의 거리는 596 m이다. 미사질식양토 지역의 집수정은 350~750 m에 위치한다(Fig. 1).

설치 당시 양토와 사양토 지역의 집수정에서의 최대 양수량은 4,000~6,000 m<sup>3</sup>/일이며, 미사질 양토에서는 최소 1,000 m<sup>3</sup>/일 이하에서 최대 10,000 m<sup>3</sup>/일 이상으로 넓은 범위로 나타났다. 양질사토와 미사질 식양토 지역의 집수정에서의 양수량은 각각 10,000 m<sup>3</sup>/일 이상과 4,000 m<sup>3</sup>/일 이하로 나타남에 따라, 토성에 따른 양수량의 편차가 크게 나타나는 것으로 분석되었다. 하천과의 이격 거리는 양질사토 지역은 10 m 이내인 반면, 미사질식양토 지역은 400~600 m로 나타남에 따라, 양수량은 토성뿐만 아니라 하천과의 이격 거리도 상관성이 높은 것으로 판단된다(Fig. 2).

Fig. 3은 방사상 집수정의 위치별로 하천과의 거리와 양수량과의 관계를 토성별로 분류한 것으로 하천으로부터 200 m 이내에 위치하는 집수정에서는 10,000 m<sup>3</sup>/일 이상의 지하수를 양수하는 시설도 있다. 사양토 지역의 경우 하천으로부터 1 km 이상 떨어진 집수정 2개소에서는 양수량이 4,000 m<sup>3</sup>/일 이상인 반면, 200 m 이내에 위치한 집수정에서는 2,000 m<sup>3</sup>/일 이하의 지하수를 양수하는 시설도 있었다. 이러한 결과를 종합하면, 방사상 집수정에서의 양수량은 하천과의 이격 거리 및 표토의 토성뿐만 아니라 대수층의 특성, 우물구조, 집수유역, 하천의 특성(이득하천, 손실하천) 등

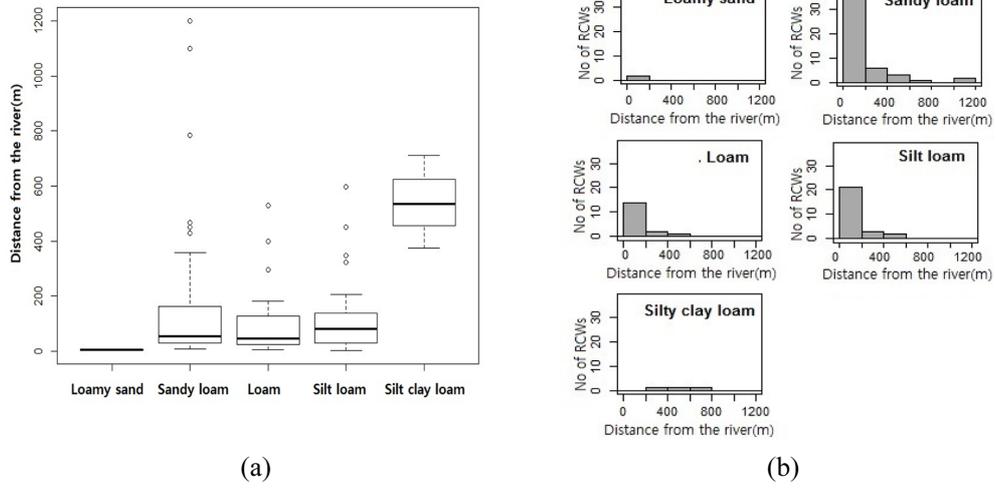


Fig. 1. Soil texture distribution at RCWs with distance from the river: (a) box plot and (b) histogram.

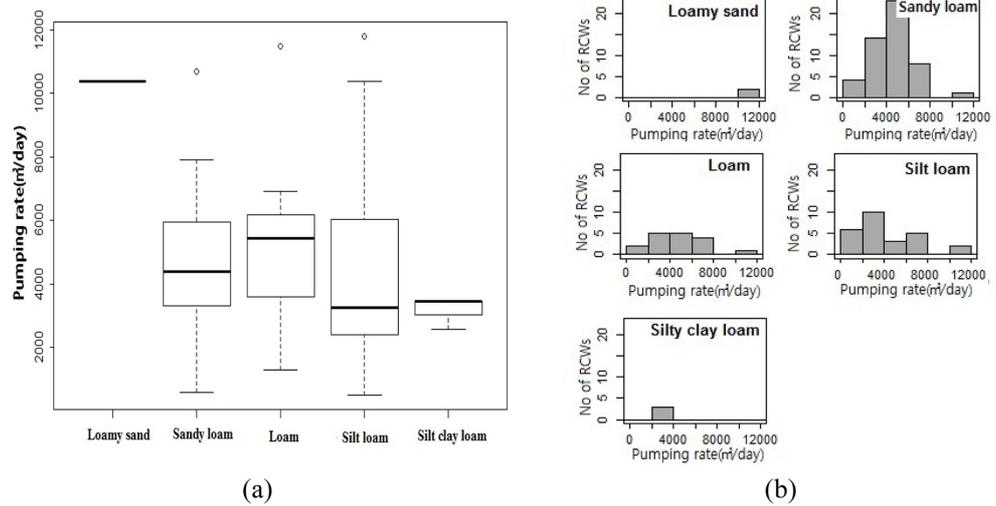


Fig. 2. Pumping rate with soil texture distribution at RCWs: (a) box plot and (b) histogram.

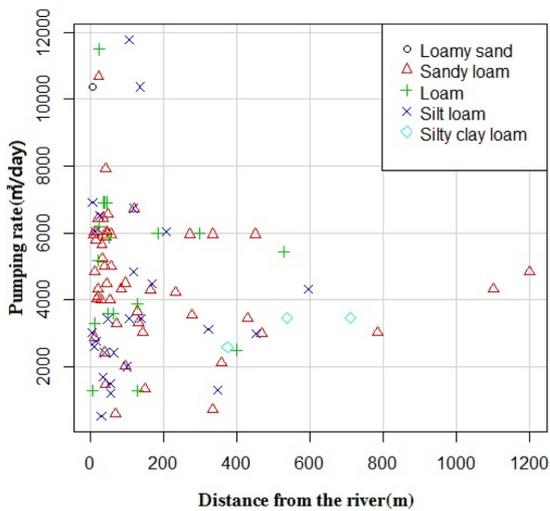


Fig. 3. Scatter Diagram pumping rate and distance from the river for 98 RCWs.

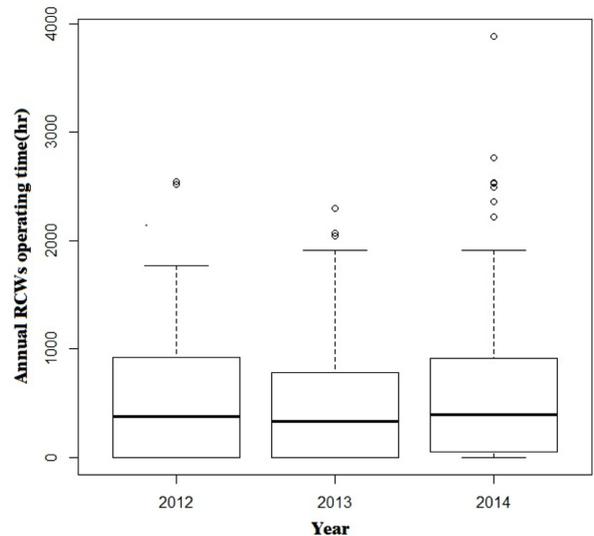


Fig. 4. Box plot of annual operating time for 98 RCWs.

다양한 수리지질학적 특성과 관련이 있을 것으로 추정된다.

방사상 집수정의 사용 시기는 주로 5~9월로 2012년부터 2014년까지의 연간 가동시간은 대부분 1,000시간 미만인 반면, 2,000시간 이상 가동한 시설은 2013년과 2014년에 각각 3개소와 7개소로 분석되었다(Fig. 4). 이 중 2,000시간 이용한 집수정은 당해 연도 가뭄이 극심한 지역에 위치하는 시설로서, 가뭄 시 지표수가 부족한 지역의 농업용수 공급을 위하여 급수기 동안 지속적으로 가동한 것으로 판단된다.

### 방사상 집수정 취수기능 회복기술 실증시험

#### 방사상 집수정 취수기능 회복기술 실증 시험

일반적으로 방사상 집수정은 대용량의 지하수를 채수할 수 있으나, 집수정 개발 후 물리적·화학적 원인에 의한 수평 집수관 막힘 현상으로 취수량이 감소하여 효율이 저하되는 문제점이 있다. 농업용 방사상 집수정 운영 결과에 의한 효율저하의 유형은 1) 층적층 지하수위 하강에 따른 채수량 감소, 2) 수평취수정 공막힘에 의한 채수량 감소, 3) 지반침하, 4) 주변농경지 사금 또는 골재 채취 후 수량감소, 5) 사이펀식 집수정의 진공배관 노후로 집수가 잘 되지 않는 경우 등 총 5가지로 분류되었다.

현재 농업용 방사상 집수정 유지관리는 정기적으로 사후관리를 통한 제원 확인과 시설물 정비를 실시하고 있으며, 취수기능이 저하된 시설의 기능 회복방법으로는 청소 및 압축공기를 수평 집수관을 통해 주입하여 이물질 제거하는 에어서징 방법을 적용하고 있다. 이 후 효율개선 평가는 각각의 수평 집수관에 대한 양수량을 측정하고, 전체 양수량을 합산하여 기능회복 시험 전후 방사상 집수정의 수량 증가를 비교하고 있다.

방사상 집수정은 수평 집수관으로 구성된 복잡한 구조를 가지고 있어, 기존 지하수 산출식만으로 제반 수리성을 직접 평가하는데 한계가 있다. 따라서 수위강하를 평가하기 위해서는 통상 집수정과 동일한 비양수량(specific capacity)을 가진 수직우물로 가정한 후, 방사상 집수정에 대응하는 수직우물의 등가반경(equivalent diameter)을 이용한 대수성시

험을 이용한다. 비양수량은 단위수위강하에 대한 양수량을 의미하며, 우물에서 장기간 지하수를 채수할 때 지하수의 흐름이 평행상태에 도달한 시점의 양수량을 총 수위강하량으로 나눈 값이다. 그 단위는  $m^3/day/m$ ,  $m^2/day$ 로 표기한다. 이때 비양수량은 대수층의 종류와 관계없이 우물의 산출능력을 나타내는 우물수리상수로서 대수층의 투수량계수, 스크린 형태, 우물의 직경, 대수층의 관통정도, 우물개량의 정도와 같은 우물구조 요인에 따라 좌우되는 수리상수이다(Han, 2015).

본 연구에서는 공주시 우성면에 설치된 농업용 방사상 집수정에서 에어서징 및 고압세척 실시 전후의 비양수량 변화를 분석하여 기능회복 시험 전후의 효율을 평가하였다. 실증시험을 실시한 시설은 1986년 옥성지하댐 건설 시 설치된 방사상 집수정으로, 직경 3.5 m, 심도 9.7 m, 펌프설치심도 8.8 m, 수평집수관은 21개로 표토의 토성은 미사질 양토(silt loam)에 해당된다. 대수성시험은 집수정에 설치된 30마력 용량의 모터를 이용하였으며, 초음파유량계를 이용하여 양수량을 측정하고 자동수위 측정기를 이용하여 1분 단위로 수위변화를 측정하였다.

우물세척 이전의 양수시험은 2015년 9월 23일 실시하였으며 자연수위 3.9 m에 시작하여 40분 가동 시 펌프까지 수위가 하강하여 양수를 중단하고 회복수위를 측정하였다. 에어서징과 고압세척은 각각 11월 5일과 11월 6일에 실시되었으며, 양수시험은 우물세척 완료 후 4일이 경과한 2015년 11월 10일에 실시하였다. 우물세척 후 양수시험 시 자연수위 4.61 m에서 시작하였으며, 120분 양수 후 7.96 m에서 시험을 종료하였다. 양수시험 종료 이후에는 120분 간 회복수위를 측정하여 시간경과에 따른 회복수위를 측정하였다(Fig. 5).

Fig. 5에서 우물세척 이전에는 40분 양수시 수중모터까지 지하수 수위가 하강하여 양수를 중단하였으나, 우물세척 이후에는 폐색물질 제거로 수평 집수관에서 집수정으로 유입되는 지하수의 흐름이 개선됨에 따라 양수가능 시간이 3배 이상 증가한 것으로 나타났다.

우물세척 이전에 실시한 양수시험에서는 40분 경과 시

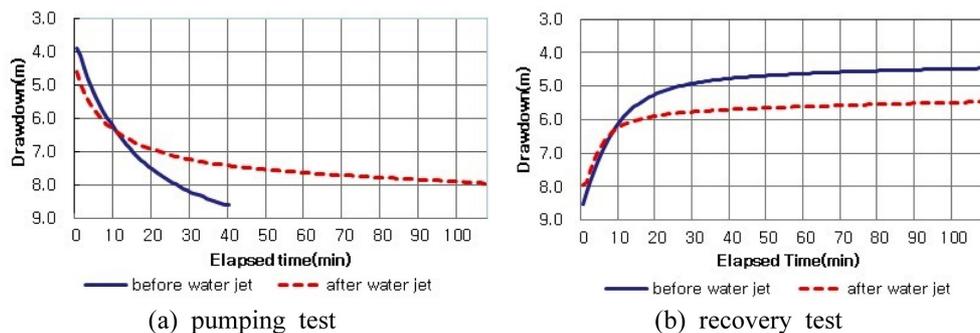


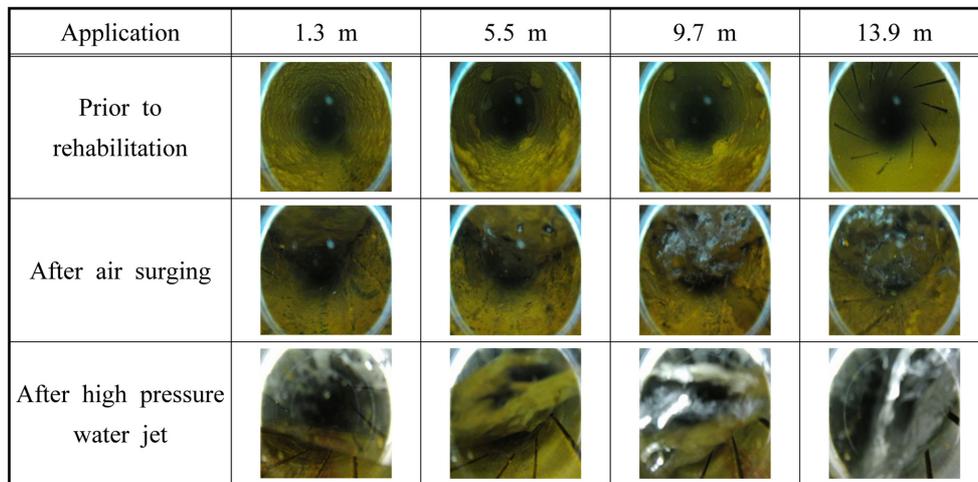
Fig 5. Time-drawdown and recovery curves before and after water jet method.

**Table 6.** Specific capacity changes with mechanical rehabilitation using water jet method

Description	Depth to water (m)		Drawdown (m)	Pumping rate (m <sup>3</sup> /day)	Specific capacity (m <sup>3</sup> /day/m)	Improvement (%)
	Pumping start	Pumping stop				
Before	3.90	8.62	4.72	6,216	1,317	
After	4.61	7.96	3.35	6,216	1,856	141

**Table 7.** Compared specific capacity change with 40 minutes after pumping test

Description	Drawdown (m/40min)	Pumping rate (m <sup>3</sup> /40min)	Specific capacity (m <sup>3</sup> /40min/m)	Improvement (%)
Before	4.72	173	36.65	
After	2.82	173	61.35	167



**Fig. 6.** Comparison results of TV logging for a horizontal arm in RCW before and after mechanical rehabilitation.

8.62 m까지 지하수 수위가 하강함에 따라 펌프 보호를 위해 양수를 중단하였으며, 이때 발생한 수위강하량은 4.72 m로 나타났다. 반면 우물세척 이후에는 120분 양수 시 3.35 m의 수위강하량이 발생함에 따라 우물세척 이전과 대비하여 비양수량이 41% 증가하는 것으로 분석되었다(Table 6).

우물세척 이전의 양수시험에서 양수시작 40분 경과 후 지하수위가 펌프 설치심도까지 하강함에 따라, 동일 시간단위에서의 수위강하량과 비양수량을 비교하였다(Table 7). 우물세척 이후 양수시험 시 자연수위는 4.61 m로 우물세척 이전의 3.90 m에 비해 0.71 m 낮은 상태에서 양수시험을 시작하였으나, 40분 경과 후 지하수 수위는 각각 8.62 m와 7.43 m, 수위강하량은 4.72 m와 2.82 m로 나타남에 따라 비양수량이 67% 증가하는 것으로 분석되었다.

Fig. 6은 동일한 수평집수관에 대한 우물세척 이전, 에어서징 이후 및 고압세척 이후 단계의 TV검층 자료로, 우물세척 이전 수평 집수관 벽면의 공막힘(clogging) 정도가 집수우물통에 인접한 1.3 m와 5.5 m 구간에서 상대적으로 멀리 떨어진 13.9 m 지점에 비해 심한 것으로 나타났다. 이러한 원인은 본 지역의 지하수에서는 철수산화물이 주요 클로킹 물질로 작용하기 때문으로, 지하수 내의 용존 2가철(Fe<sup>2+</sup>)

이 산소에 의해 산화되면서 3가철(Fe<sup>3+</sup>)로 되고 3가철은 물과 반응하여 불용성의 수산화철(Fe(OH)<sub>3</sub>)을 형성하는데, 수평집수관 입구에서 가까울수록 지하수위의 하강과 상승의 반복으로 인하여 대기 중의 산소가 반복적으로 유입되고 철이온이 산화될 수 있는 시간이 충분함에 따라 철수산화물에 의한 피막정도가 심한 것으로 추정된다.

에어서징 이후에 실시한 TV검층 자료에서는 수평집수관 벽면에 공막힘 물질이 남아있는 반면, 고압세척 이후에는 수평 집수관 벽면에 남아있던 공막힘 물질이 상대적으로 뚜렷하게 제거된 것을 확인할 수 있었다.

### 결론

현재 전국적으로 98개의 농업용 방사상 집수정이 설치되어 있으며, 대부분 설치된지 20년 이상 경과되어 공막힘 현상 등으로 양수량이 저하된 상태이다.

농업용 방사상 집수정의 효율 저하 유형은 총적층 지하수위 하강에 따른 채수량 감소, 수평 취수정 공막힘에 의한 채수량 감소, 지반침하, 주변농경지 사금 또는 골재 채취 후 수량감소, 사이펀식 집수정 진공배관 노후로 인한 집수가 잘

되지 않는 경우로 분류되었다.

효율이 저하된 농업용 방사상 집수정의 우물개선 방안을 수립하고, 사후관리를 통한 방사상 집수정의 지속가능한 이용을 도모하기 위하여 우물세척을 실시하고 전·후의 비양수량 증가를 정량적으로 평가하였다. 에어서징 및 고압세척에 의한 수평 집수관 폐색제거 효과 분석을 위한 현장실증 시험 결과 폐색물질 제거로 수평 집수관에서 집수정으로 유입되는 지하수의 흐름 개선으로 인한 비양수량이 67% 증가하고, 양수 가능시간이 3배 이상 증가하는 것으로 나타났다. 또한 에어서징과 고압세척 이후에 각각 실시한 TV검층 결과, 고압세척 이후 수평 집수관 벽면에 분포하던 공막힘 물질의 제거 효율이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 이는 에어서징의 경우에는 청소 및 압축공기가 수평 집수관에 평행한 방향으로 분사되는 반면, 고압세척 방식은 고압수 회전 분사장치를 이용하여 수평 집수관에 직각방향으로 고압수가 분사됨에 따라 에어서징에 비하여 수평 집수관의 공막힘 물질의 제거 효율이 높은 것으로 판단된다.

## 사 사

본 연구는 2015년도 농림축산식품부 “농촌개발시험연구사업”의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 또한, 본 논문 심사시 부족한 부분을 지적하여 주신 익명의 심사위원들께 감사를 드립니다.

## References

- Han, J. S., 1982, Introduction to Groundwater, Bakyoungsa, 511 p.
- Han, J. S., 2015, Hydrogeology and Groundwater Modeling, neha, 722 p.
- Kim, T. H., Jeong, J. H., Kim, M., OH, S. H., and Lee, J. S., 2014, Analysis of the Correlation between Geological Characteristics and Water Withdrawals in the Larerals of Radial Collector Well, The journal of Engineering Geology, 24, 2, 201-215.
- Lee, E. H., Hyun, Y. J., Lee, K. K., Kim, H. S., and Jeong, J. H., 2010, Evaluation of Well Production by a Riverbank Filtration Facility with Radial Collector Well System in Jeung-san-ri, Changnyeong-gun, Korea, J. Soil & Groundwater Env, 15, 4, 1-12.
- MAFRA (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs) and KRC (Korea Rural Community Corporation), 1996, A Technical Study of Groundwater Dam Development in a Small basin area, Korea Rural community corporation rural research institute, 419 p.
- MAFRA (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs) and KRC (Korea Rural Community Corporation), 2015a, Statistical yearbook of land and water development for agriculture 2014, 672 p.
- MAFRA (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs) and KRC (Korea Rural Community Corporation), 2015b, A Study on Increasing Efficiency of Large-scale Groundwater Facilities(1), 199 p.
- MOLIT (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs), 2011, Water Vision 2020, 253 p.
- Park, J. Y., Choi, S. M., Kim, J. M., and Kim, G. B., 2015, Evaluation of impacts of arm configurations on performance and efficeency of radial collector wells using a detailed numerical modeling technique, Journal of the Geological Society of Korea, 51, 1, 81-92.

### 홍순욱

한국농어촌공사 농어촌연구원  
426-908 경기 안산시 상록구 해안로 870  
Tel: 031-400-1852  
Fax: 031-400-1680  
E-mail: syhong@ekr.or.kr

### 송성호

한국농어촌공사 농어촌연구원  
426-908 경기 안산시 상록구 해안로 870  
Tel: 031-400-1723  
Fax: 031-400-1680  
E-mail: shsong@ekr.or.kr

### 안중기

한국농어촌공사 농어촌연구원  
426-908 경기 안산시 상록구 해안로 870  
Tel: 031-400-1853  
Fax: 031-400-1680  
E-mail: dust@ekr.or.kr

### 김진성

한국농어촌공사 농어촌연구원  
426-908 경기 안산시 상록구 해안로 870  
Tel: 031-400-1851  
Fax: 031-400-1680  
E-mail: gwater@ekr.or.kr