

포스트 코로나 시대 농어촌지하수 관리 방안

이병선 · 서상진 · 이규상 · 윤석환 · 송성호*

한국농어촌공사 농어촌연구원

Management Plan for Rural Groundwater Resources in the Era of Post COVID-19

Byung Sun Lee · Sangjin Seo · Gysang Lee · Seok-Hwan Yoon · Sung-Ho Song*

Rural Research Institute, Korea Rural Community Corporation

ABSTRACT

This study was conducted to supplement new-normal strategies on management plans of rural groundwater resources in the era of Post COVID-19. Global outbreak of COVID-19 has damaged across all areas including public policy, economics, industrial services, and others without exception, which has resulted in establishing new-normal strategies in order to restore balance and functions as for these areas. The new-normal ones were represented as enhancing preventative management on infectious diseases, expanding non face-to-face services, enhancing protective trades and food securities, and preparing growth policies on public services using the 4th industrial revolution techniques. In this study, G-WASH_AD (Groundwater supply, sanitation, and hygiene with attraction and digitization) was suggested to be new-normal strategies on rural groundwater resources. The G-WASH_AD was consisted of three detailed action plans: a preventative plan on waterborne-diseases of groundwater (PP), a groundwater-tourism plan with rural heritage (GP), and an application plan of the 4th industrial revolution techniques to groundwater facilities and its data (P4). The PP can contribute to protect human health from waterborne-diseases and minimize hazardous effects on crop cultivation. The GP accompanied with high-quality groundwater resources is able to strengthen rural tourism, to promote marketing activities on local agricultural products, and to increase household incomes of rural communities. The P4 can reinforce fast, comfortable, and scientific management on groundwater facilities and its data, creating a virtuous cycle between innovative management on groundwater and growth of technology related to it. Results of the G-WASH_AD strategies can encourage a green growth engine in field of rural groundwater management keeping up with Post COVID-19.

Key words : Post COVID-19, Groundwater, Waterborne-diseases, Groundwater-tourism, 4th industrial revolution technique

1. 서 언

코로나바이러스감염증-19(약칭 코로나-19)란 2019년말에 발견된 ‘제2형 중증 급성 호흡기 증후군 코로나 바이

주저자: 이병선, 한국농어촌공사 농어촌연구원, 책임연구원

공저자: 서상진, 한국농어촌공사 농어촌연구원, 선임연구원

이규상, 한국농어촌공사 농어촌연구원, 연구위원

윤석환, 한국농어촌공사 농어촌연구원, 전문위원

*교신저자: 송성호, 한국농어촌공사 농어촌연구원, 미래농어촌 연구소장

Email: shsong@ekr.or.kr

Received : 2022. 06. 16 Reviewed : 2022. 07. 15

Accepted : 2022. 08. 10 Discussion until : 2022. 10. 31

러스’에 의해 사람이나 동물에서 발생하는 호흡기 질환이다(KDCA, 2022). 코로나-19는 주로 호흡기를 통해 전염되므로, 올바른 실내외 마스크 착용, 사회적 거리두기, 올바른 손씻기, 주기적인 실내공기 환기 등 다양한 예방 활동을 필요로 한다(KDCA, 2022). 코로나-19에 감염되면 고열과 기침, 호흡곤란 등이 발생하고, 심각한 경우 폐포가 손상되어 호흡 부전으로 사망에 이르기도 한다(DE, 2022). 코로나-19에 의한 감염 확산을 저지하기 위해 다양한 종류의 백신과 치료제가 개발되었으나, 시간이 지나면서 증상과 감염율이 다른 다양한 변이종(알파, 베타, 감마, 델타, 오미크론 변이 등)이 발생하여 감염병 종식은 느린 편이다.

포스트 코로나(post COVID-19) 시대란, 코로나-19 대 규모 확산이 종료되거나 코로나-19가 풍토병처럼 전환되었을 때 경제와 생활에 다가올 변화 및 시기를 일컫는다(KDCA, 2022). 일반적으로 바이러스는 생존을 위해 전파력은 강해지지만 독성이 약해지는 특성을 가지고 있다(DE, 2022). 2022년 6월 현재 코로나-19도 전파력이 강하지만 독성이 약한 오미크론 변이가 우세종으로 자리잡고 있으며, 정부에서는 코로나-19를 계절독감처럼 풍토병처럼 관리하고자 하는 코로나 엔데믹(endemic) 국가 선언을 준비 중에 있다(YNA, 2022).

세계 각국은 가까운 미래에 코로나-19로부터 회복될 것으로 전망되지만, 신종 전염병의 위험은 지속될 것으로 판단된다. 이 원고에서는 코로나-19로 인해 발생했던 농식품 분야의 문제점들과 이로 인한 뉴노멀 트렌드를 분석하여, 포스트 코로나 시대 농어촌지하수 관리 전략을 제시하였다.

2. 코로나-19에 의한 농식품 분야의 피해

코로나-19의 확산은 우리나라를 비롯한 세계 모든 국가의 정치, 경제, 산업전반에 악영향을 미쳤다. 이중 농식품 분야는 수요와 공급의 탄력성이 매우 중요한데, 수요 측면의 불확실성과 관련된 저소득 국가형 피해와 공급 측면의 불확실성 관련된 고소득 국가의 피해로 구분될 수 있다(Ihm, 2020).

2.1. 저소득 국가 농식품 분야의 피해

저소득 국가의 농식품 분야의 피해는, 국경봉쇄(이동제한)에 따른 소득감소, 휴교령에 따른 아동의 영양 저하, 그리고 무역 유통망 붕괴에 따른 식량위기 등 수요 측면의 위협이 주요한 결과로 나타났다(Table 1). 특히 2020년 초반 코로나-19 확산 방지를 위한 국경봉쇄 및 직장폐쇄의 영향은, 아프리카, 동남아시아, 남미 출신 이주노동자들의 이동제한, 이들의 실직에 따른 소득감소로 이어졌

다. 따라서 본국으로의 송금액이 전년 동기간 대비 약 20% 감소하였으며, 특히 아프리카 송금액은 23%까지 감소하였다(Shin, 2021; WB, 2021). 이러한 해외 송금액의 감소는 저소득 국가 국민의 소득감소를 유발하고, 이는 식료품 지출 감소와 함께 약 2천6백만명의 아동이 영양부족에 시달리는 결과를 낳았다(USAID, 2021a). 이에 따라 전세계 기아 인구는 2020년 약 1.24억명에서 2021년 1.63억명으로 증가되었다(USAID, 2021a).

또한 코로나-19 확산 방지를 위한 휴교령과 이에 따른 학교 급식 중단은 급식 아동수의 급감으로 이어졌다. 유엔세계식량계획(WFP, world food programme)에 따르면 2018년 전세계 61개국 약 16.4백만명의 아동에게 학교 급식을 지원하였으나, 휴교령으로 인하여 2020년에는 24개국 7.4백만명의 아동에게만 급식을 지원하였다(GRI, 2020). 또한 사하라사막 남부 아프리카에서는 약 9,500만명의 극빈곤층 인구가 추가됨에 따라, 식량위기가 심화될 것으로 예상되었다(Shin, 2021).

2.2. 고소득 국가 농식품 분야의 피해

미국, 유럽연합, 극동 아시아(한국, 일본) 등 고소득 국가의 경우, 이동제한에 의한 외국인 이주노동자의 부족과 이에 따른 농산물 수확 불능, 사회적 거리두기에 따른 외식소비 위축, 무역유통망 붕괴에 따른 농산물의 판매 부진 등으로 농식품 공급 측면의 피해가 나타났다(Table 1).

2.2.1. 미국

미국의 경우 코로나-19 확산 방지를 위한 이동제한으로 바이오에탄올의 원료인 옥수수 가격이 약 10% 하락하였으며, 상점폐쇄로 인한 의류 소비량 저하로 면화 가격이 약 18% 하락하였다(Yoo and Kim, 2021). 또한 코로나-19에 대한 소비심리 불안정에 따른 농식품 분야의 전반적인 판매 부진으로, 2020년 상반기 약 7%의 농가소득이 감소되었다. 특히 외식 수요의 감소와 공공조달 농식품 수요의 급감은 농가소득 감소로 이어졌다.

Table 1. Damages from COVID-19 outbreak over agricultural service area

Classification	Damage progress	Remark
Underdeveloped countries	◦ Shutdown → Restricting movement → Decreasing house incomes → Food crisis → Starvation, increasing poorly-fed children	Africa, Southeast Asia, South America
Developed countries	◦ Shutdown → Decreasing immigrant workers → Decreasing agricultural productivity → Decreasing rural house incomes ◦ Shutdown → Decreasing consumption regarding restaurants and schools → Decreasing agricultural foods consumption → Decreasing rural house incomes ◦ Shutdown → Collapsing of global trade network → Increasing imported agricultural products → Increasing market price	USA, EU, Far East Asia

육류 가공업 분야에서도 사회적 거리두기 시행, 확진자 발생 시 공장 가동 중단 등으로 육가공품 생산의 차질(소 -13%, 돼지 -29%)이 나타났다(GRI, 2020). 축산 분야의 경우 외국인 이주노동자에 대한 별도 숙박시설 운영으로 인한 경영주의 소득 감소와 함께, 수확과정을 대부분 인력에 의존하는 과일과 채소 생산 농가에서는 이주노동자 감소로 생산의 어려움을 겪기도 하였다(Yoo and Kim, 2021).

2.2.2. 유럽

유럽의 경우 미국에 비해 상대적으로 농산물 생산, 식품 가격, 무역 수준이 안정적으로 농업생산액은 약 1.4%의 감소에 그쳤으나, 농가소득은 약 7.9%가 감소되었다(KREI, 2021; Meuwissen et al., 2021). 외국인 이주노동자 부족은 미국과 마찬가지로 주로 과일과 채소 농가의 농산물 수확에 영향을 주었다. 특히 2020년 봄 독일에서는 약 3만 명의 동구권 유럽 노동자의 부족으로 아스파라거스가 현장에서 썩는 사태가 발생하였다(Ihm, 2020). 이 시기 유럽연합(EU)의 포도주 생산액은 약 5%, 포도주 수출은 2%, 설탕 수출은 44% 감소되었으며, 장식용 식물은 1차 감염 시기에 약 41.2억 유로의 손실이 발생하였다(KREI, 2021).

또한 봉쇄 조치로 인하여 2020년 3~5월 외식소비가 급감한 반면, 가정 조리식품에 대한 소매 수요는 전년 동기 대비 약 15~20% 높게 나타났다(Song, 2020). 또한 유럽의 코로나-19는 농식품 소비패턴의 변화를 유발하여, 유기농 식품 선호, 배달음식 일상화, 식품의 원산지 표시 증가 등 안전 농산물 소비를 선호하는 방향으로 전환되었다(KREI, 2020).

2.2.3. 극동 아시아(한국, 일본)

우리나라의 경우 사회적 거리두기 및 영업시간 단축으로 외식소비 감소가 발생되어, 외식업체의 농산물 구매량이 감소되었다(GRI, 2020). 또한 휴교에 따른 학교급식 중단으로 친환경농산물 생산농가의 손해가 발생되었으며, 전세계 무역유통망 붕괴로 인하여 가공식품 및 사료 재료의 가격 상승(밀 1.2%, 옥수수 3.3%, 콩 25.4% 등)이 발생하였다.

일본의 경우 코로나-19로 인하여 2020년 외식비 지출이 최대 65.7%까지 감소되었다(Lee, 2020). 외식수요 감소는 채소, 축산물 판매량 감소로 이어져, 외식 채소(방풍나물, 백합뿌리, 꽃상추, 허브 등)와 외식 축산물(닭다리, 와규 쇠고기)의 가격이 하락되었다. 또한 휴교령에 따른 학생급식 감소로 인하여, 우유 등 유제품 소비가 감소되

었다. 반면 코로나-19는 소매시장의 구매를 증가시켜, 가정식 조리 농산물(배추, 피망, 양상추, 버섯 등)과 가정식 요리재료(계란, 돼지고기)의 가격은 상승하였다. 2020년 4월의 채소 및 해조류는 전년대비 10%, 우유 및 계란류는 18.5%, 육류는 19.7% 등 지출액이 증가하였다. 그러나 전반적인 식품지출액 합계는 전년 대비 약 6.6% 감소하였다.

2.3. 농식품 분야의 코로나-19 극복을 위한 노력

고소득 국가들은 농식품 분야 경기 회복을 위해 막대한 기금을 농가 안정자금으로 투입하였고, 이에 따라 2020년 하반기 이후로 대부분 완만한 회복세를 보였다. 미국의 경우 2020년에 코로나-19의 대유행과 무역갈등의 여파로 약 465억 달러의 농가 직불금이 지급되었으나, 경기가 회복된 2021년에는 예년 수준인 약 115억 달러가 지급되었다(Kim, 2021). 유럽의 경우 2020년 7월 유럽연합 집행위원회에서 유럽농업농촌개발기금을 예년에 비해 약 75억 유로 이상 증액하여, 농식품 분야의 경제 회복을 지원하였다(Cho, 2020). 일본의 경우에는 농림수산 부문 대책으로 2020년도 보정예산에 1차 5,448억엔, 2차 658억엔을 각각 추가하였다(NEWMA, 2021). 또한 농식품 공급망을 개선하여 농산물 직판매를 유도하였으며, 자국민 노동력 확보, 지역생산작물의 지역소비 유도 등으로 농식품 분야 활성화를 지원하였다(Lee, 2020).

우리나라는 2020년 3월 농업인 600억원, 어업인 300억원 등 재해대책 경영자금을 지원하였으며(KPC, 2021), 온라인 식품(곡물, 포장식품, 과일, 유제품 등) 판매 활성화로 코로나-19 발생 이전보다 약 3배 이상의 매출이 발생하였다. 또한 학교급식을 대체할 수 있도록 지자체별 가정급식 꾸러미 배달을 통하여, 친환경 생산농가의 소득보전을 위해 노력한 바 있다(GRI, 2020).

3. 코로나-19 시기 물 관리

3.1. 수질관리(WASH 및 agri-WASH)

WASH(water security, sanitation and hygiene)는 「물 안보, 공중 위생 및 개인 위생」을 의미하는 용어로, 코로나-19와 각종 감염병 예방을 위해 중요하게 거론된 물 관리(수질관리) 방법이다(EC, 2021; USAID, 2021b). WASH 프로그램은 주로 물 관련 공공 인프라와 서비스가 부족한 아프리카와 아시아의 저소득 국가를 대상으로 하며, 올바른 손씻기, 개인의 위생관리, 공공 위생관리, 물 관련 인프라(공공 상수도, 하수관망) 확대, 병입수 보급을 주요 내용으로 한다.

WASH는 코로나-19를 비롯한 각종 오염원(바이러스, 미생물, 화학물질, 하폐수 등)으로부터 위해를 사전에 차단 하므로, WASH의 실천은 저소득국가의 감염병 회복 원동력으로 고려되었다. WASH 실천의 사례로 인도에서는 코로나-19 발생 이후 손 세정, 병입수 보급 등에 관심이 많아졌고, 지속가능개발목표(SDGs, sustainable development goals)를 수립하여 2030년까지 안전하고 깨끗한 수질의 먹는 물 공급을 목표로 실천 중에 있다(Balamurugan et al., 2021).

농업용수 부문의 수질관리는 WASH를 응용한 agri-WASH(agricultural water supply, sanitation and hygiene)가 대두되었고, 이는 「농업용수 공급, 공중 위생 및 개인 위생」을 의미한다(FAO, 2021). agri-WASH 프로그램은 농작물의 파종, 수확 및 판매에 이르기까지 청정용수를 사용하여 위생적 농산물 생산 및 유통 관리를 도모한다. 특히 병원균과 중금속 등에 오염된 관개용수는 생육 과정에서 농산물에 위해를 미칠 수 있기 때문에, 농민에게 오염되지 않은 청정용수를 공급하여 청정 농작물을 생산토록 요청한다. 이와 함께 농업 부문 종사자(농민, 이주노동자, 농산물 소매업자 등)는 농업생산 활동 시 개인의 위생수칙을 준수하여야 한다. 또한 축산업이나 양식업에서는 작업장에서 발생하는 분뇨와 하폐수를 적절히 처리하고, 가능한 경우 재생자원으로 활용을 통한 병원균 감소 및 항원환경을 조성하여야 한다. 최종적으로는 수확된 과일이나 도축된 육류를 청정용수로 세척하고, 보관과 유통 과정 중 식품안전관리 제규정을 준수하여야 한다.

3.2. 수량관리

코로나-19 대유행이 각국의 관개용수 수량 공급에 미치는 영향에 대한 연구 결과는 많지 않지만, 인도에서는 코로나-19 대유행이 관개용수 이용량 감소로 이어졌다(Balamurugan et al., 2021). 인도에서는 이동제한과 직장 폐쇄로 노동인력이 귀향(최대 23%)하여, 농촌지역의 노동력 부족 및 농경활동 중단으로 관개용수 이용량이 감소되었다. 따라서 채소, 과일, 기름(팜유) 등의 생산량이 약 10% 감소되었다.

특히 관개용수의 약 67%를 지하수로 공급하기 때문에, 농업활동의 중단으로 인한 야무나 강(Yamuna river)의 유출량이 약 10배 증가(300 → 3,000 ft³/sec)된 것으로 분석되었다. 또한 갠지스 강(Ganges river) 오염 부하량의 약 10%를 차지하는 주변 공장의 단기간 폐쇄로 인하여, 갠지스 강의 수질이 개선(DO 증가, BOD 감소, 질소 감소)되었던 것으로 나타났다.

4. 포스트 코로나 시대 뉴노멀 트렌드

뉴노멀(New-normal)이란 새롭게 보편화 된 사회·문화·경제적 표준을 의미한다. 뉴노멀은 2007년 세계 금융 위기에 의해 약 5년간 지속된 저성장 시대의 새로운 경제적 표준이란 의미로 사용되었으나, 최근에는 코로나-19 이후 새롭게 변화된 경제·사회·문화적 표준으로 의미가 확장되었다(DE, 2022). 코로나-19 대유행에 의한 글로벌 경기침체는 전세계 대부분의 국가들에 마이너스 성장을 경험하게 했다. 따라서 각국은 뉴노멀 시대의 새로운 성장 동력인 비대면 서비스 산업과 4차 산업혁명기술 기술을 활용한 성장전략을 수립하여 포스트 코로나 시대의 경제와 산업의 활로를 모색 중이다.

포스트 코로나 시대의 뉴노멀 트렌드는 주로 탈세계화, 효율성보다는 회복탄력성(resilience), 비대면 디지털 전환, 소득수준 및 건강관심도에 따른 소비행태 변화, 높아진 신뢰의 중요성 등 이전과는 다른 사회·문화·경제적 표준이 정착될 것으로 전망된다(AP, 2020)(Table 2). 특히 코로나-19 이후 보호무역 심화로 글로벌 공급망보다 지역 공급망의 비중이 높아지고, 글로벌 경기침체 경험으로 효율성보다는 회복탄력성을 목표로 모든 부문에서 디지털 전환이 빠르게 진행될 것으로 기대된다.

국내 농업 부문에서는 뉴노멀 전략으로, 식량안보(food security) 증대, 농업부문 회복력 제고, 디지털화, 농업·농촌의 포용성 제고, 해외 온라인 수출 지원 등 다양한 방안을 모색하고 있다(MAFRA, 2020)(Table 2). 특히 밀 등 국내 소비량이 많은 식량작물의 생산능력을 높이고, 글로벌 식량안보를 위한 유엔세계식량계획에 재정 지원을 하였다. 또한 공익형 직불제를 통한 농식품 산업의 회복력을 높이고, 농식품 생산·유통의 디지털 전환을 추진하여 해외 구매자에 대한 온라인 농식품 수출을 지원하였다(MAFRA, 2021). 더불어 로컬 푸드 판매 확산, 귀농(귀촌) 활성화, 살기 좋은 농촌 공간 조성, 농어촌 취약계층에 대한 사회안전망 강화 등 농업·농촌의 포용성 제고를 위한 뉴노멀 전략이 제시되고 있다.

국내 물 관리 분야에서도 그린뉴딜, 디지털뉴딜 등 물 관리 패러다임 전환을 통한 포스트 코로나 시대 뉴노멀 전략이 제시되었다(Park and Ahn, 2020)(Table 2). 실제로 현재 추진 중인 국가물관리 일원화 추진 과정에서 코로나-19 이후 그린뉴딜과 디지털뉴딜 관련 부분을 추가하여 진행하고 있다. 그린뉴딜은 유역통합 물관리, 물이용 서비스 격차 해소, 국민 참여 및 소통강화 등 물 관련 생활환경 개선 및 물 부족 문제를 해결하고자 하는 전략

Table 2. New-normal trends in the era of 「Post-COVID-19」 (modified after AP (2020), MAFRA (2020), and Park and Ahn (2020))

Classification	Description	Remark
New-normal trends	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Deglobalization accelerates ◦ Resilience takes precedence over efficiency ◦ Technological disruption shifts into override ◦ Consumers will segment by income and health priorities ◦ Trust becomes an even more valuable commodity 	AP (2020)
New-normal strategies on agriculture	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Enhance protective trades and food securities ◦ Reinforce resilience on rural communities and infrastructures ◦ Digitation on producing and trading agricultural products ◦ Promotion of marketing activities on local agricultural products ◦ Export of agricultural products using newly developed online platforms 	MAFRA (2020)
New-normal strategies on water management	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Green new-deal: promotion of integrated water management policy, evenly distributed water service to the public ◦ Digital new-deal: digitation on water management, development of smart water grid platforms 	Park and Ahn (2020)

이다. 반면 디지털뉴딜은 물 순환 전 과정의 디지털화, 체계적 빅데이터 관리, 스마트워터시티 표준 플랫폼 구축·확산 등 예방적 물 관리 체계를 구축하고자 하는 전략이다.

5. 포스트 코로나 시대 지하수 관리 방안

5.1. 코로나-19 바이러스의 지하수 내 기작

코로나-19 바이러스(제2형 중증 급성 호흡기 증후군 코로나 바이러스, severe acute respiratory syndrome-coronavirus-2; 이하 SARS-CoV-2)의 지하수 내 기작은 통상적인 바이러스의 기작과 유사하여, 지하수를 매개체로 한 코로나-19의 전파 가능성은 낮은 것으로 추정된다(Alley and Job, 2020). SARS-CoV-2의 크기는 0.02~0.30 μm 로 대수층에 유입되는 경우 토양입자에 흡착(부착) 또는 토양공극에 의한 여과작용으로, 원거리 관정에서 지하수를 양수하는 경우 지하수 내에서 제거되는 것으로 제시되었다. 또한 대수층 매질에서 여과되지 않고 이동할 경우에도, 느린 지하수 이동시간에 따른 전염력 감소로 응용 시에도 건강에 위해성은 거의 없는 것으로 제시되었다.

SARS-CoV-2는 감염 후 3일 이내에 환자의 대변으로

배출되어 감염지역의 하·폐수에서 RNA가 발견되며, RNA 농도를 기초로 감염자 수까지 추정이 가능한 것으로 알려져 있다(Mallapaty, 2020). 이에 따라 SARS-CoV-2를 함유한 하·폐수에 의한 수인성 질병과 하·폐수의 증발에 따른 감염 우려가 제기되었으며(Bogler et al., 2020), 지하수 오염 우려도 제기된 바 있다(Huo et al., 2021).

그러나 SARS-CoV-2는 호흡기 바이러스로, 분변에서 발견된 SARS-CoV-2에 의한 분변-호흡기 간 전파는 낮은 편에 속하는 것으로 알려져 있다(Alley and Job, 2020). 또한 SARS-CoV-2와 유사한 사스 및 메르스 바이러스는 하·폐수에서 2~3일내에 99.9% 사멸되는 것으로 알려져, 하·폐수에 의한 SARS-CoV-2의 호흡기 전파는 극히 적은 것으로 추정된다(Alley and Job, 2020).

5.2. 포스트 코로나 시대의 지하수 관리 방안

그 동안 국내 농어촌지하수는 농어촌정비법과 지하수법의 제반 규정을 준수하며, 수질관리, 수량관리, 관리시스템 구축 등 크게 3가지 주제를 중심으로 관리되어 왔다. 그러나 코로나-19 이후 각종 감염병 예방에 대한 사회적 관심 증가, 인적이 붐비지 않는 한적한 위락 공간에 대한

Table 3. G-WASH_AD as new-normal strategies on rural groundwater management

G-WASH_AD	Description	Remark
PP	<ul style="list-style-type: none"> ◦ a preventative plan on waterborne-diseases of groundwater ◦ protection of human health from waterborne-diseases and minimizing hazardous effects on crop cultivation. 	groundwater sanitation and hygiene
GP	<ul style="list-style-type: none"> ◦ a groundwater-tourism plan with rural heritage ◦ strengthening rural tourism ◦ promotion of marketing activities on local agricultural products 	groundwater tourism
P4	<ul style="list-style-type: none"> ◦ an application plan of the 4th industrial revolution techniques to groundwater facilities and its data ◦ fast, comfortable, and scientific management on rural groundwater resources 	innovative techniques

선호, 디지털 비대면 기술 활용에 대한 수요의 증가로, 농어촌지하수 분야도 이러한 시대적 배경에 따라 뉴노멀에 적응이 가능한 관리 방안이 필요하다.

이 연구에서는 포스트 코로나 시대 농어촌지하수 관리의 뉴노멀 전략으로 G-WASH_AD(groundwater supply, sanitation, and hygiene with attraction and digitization)를 제안한다. G-WASH_AD는 예방적 지하수 관리, 위락형 지하수 관리, 디지털 지하수 관리로 구분되며, 각각은 수질관리, 수량관리, 관리시스템의 하위 메뉴로 포함시킬 수 있다(Table 3).

5.2.1. 예방적 지하수 관리

농어촌지역은 도시지역과는 달리 관정 이용에 따른 지하수 음용이 빈번하고, 이에 따라 수인성 질병에 쉽게 노출될 가능성이 있다. 지하수 내의 SARS-CoV-2에 의한 질병 발생은 희박한 편으로 알려졌지만(Alley and Job, 2020), SARS-CoV-2 외에도 지하수 수인성 미생물에 의한 위험은 예방적 관리가 필수적이다. 지하수의 수인성 식중독 바이러스는 노로바이러스, 로타바이러스, 아스트로바이러스, 장관아데노바이러스, A형 간염바이러스, E형 간염바이러스 및 사포바이러스 등 7종이 대표적이고, 수인성 원충으로는 설사 및 복통 등을 일으키는 작은와포자충, 람블편모충, 이질아메바 등 3종이 대표적이다(NIFDS, 2017). 이들 미생물은 대부분 분변과 하폐수에 기원하며, 오염방지 시설이 취약한 관정으로 유입되거나, 천부 대수층 직접 침투로 지하수 수질을 오염시켜 질병을 유발한다.

포스트 코로나 시대에는 지하수의 수인성 미생물을 비롯하여 지표기원 무기오염물질(질산염 등)에 의한 수질오염을 사전에 예방하기 위해 무엇보다도 관정 시설물에 대한 선량한 관리가 우선적으로 요구된다(Lee et al., 2016; Song et al., 2016). 관정 이용자는 관정 시설물을 상시 선량하게 관리할 필요가 있고, 특히, 지하수법 제9조의5(지하수개발·이용시설의 사후관리)와 관련된 관정 사후관리 시, 관정재생(청소, 시설 검사 및 정비 등) 작업과 더불어 관정 소독, 관정 내부 이물질 배출, 관정 상부보호공 개선·밀폐 등으로 수인성 미생물과 무기오염물질의 관정 내부 유입을 사전에 차단할 필요가 있다.

신규 관정 개발 이용과 관련하여, 관정 개발대상지 주변에 수인성 질병 오염원이 소재하는 경우, 관정 설치 시 관정과 오염원과의 적정 거리 유지가 필요하다. 미국에서는 오염물질의 관정 내부 유입을 사전에 예방하기 위해 관정과 하수관은 적정 거리를 유지하도록 권고하고 있다(USEPA, 2022). 이때 적정한 거리는 각 주정부마다 약간

의 차이는 있지만, 미네소타 주의 경우 일반적인 관정은 15 m, 오염에 취약한 관정은 30 m 이상 적정 거리를 이격하도록 권고한다(MPCA, 2022).

정기 수질검사 관련하여 관정 주변에 수인성 미생물 관련 오염원이 가까운 거리에 소재하는 경우, 분변에 의한 직접적인 오염을 지시하는 분원성 대장균군 확인을 통한 지하수 수인성 미생물의 위해 여부를 평가하여야 한다. 또한 실시간 유전자 증폭(real-time PCR) 진단키트를 이용하여 상기한 지하수의 수인성 바이러스 7종과 원충 3종의 검출 여부를 현장에서 확인할 수도 있다(NIFDS, 2017). 더불어 오염에 취약한 일부 농어촌지역 음용수 관정의 경우에는 자외선 소독 장치, 염소 소독 장치 등을 설치하고, 물 끓여먹기 캠페인 등으로 수인성 질병을 일으키는 미생물을 사멸시킬 필요가 있다. 이러한 농어촌 생활용 지하수 수질에 대한 예방적 관리 전략은 동일 대수층의 관개용 지하수의 수질 보전으로 연결되며, 이는 농경지에 청정 지하수를 공급하여 청정 농산물을 재배할 수 있는 포스트 코로나 시대 농업용수 관리 전략(agri-WASH)도 동시에 충족시킬 수 있다.

5.2.2. 위락형 지하수 관리

코로나-19 발생 이후 비대면·저밀도 농어촌 공간에 대한 선호도가 높아졌고, 더불어 도시민의 귀농·귀촌 의향도 약 6.8% 이상 증가된 41.4%로 나타났다(MAFRA, 2021). 결국 포스트 코로나 시대의 농어촌은 1차 산업 중심지의 역할과 더불어, 도시민에게 여유롭고 한적한 공간을 제공하는 매력적인 관광지가 될 수 있다. 포스트 코로나 시대의 농어촌지하수는 고유 용도(음용수, 생활용수, 관개용수 등) 외에도, 농어촌의 오래된 가옥, 농경문화, 지역특산물처럼 농어촌의 위락형 관광자원으로 활용될 수 있다.

해외에서 농어촌지하수가 위락형 관광자원으로 활용되는 가장 좋은 예는 프랑스 루르드 샘물과 에비앙 생수가 대표적이다. 루르드 샘물은 19세기 중반의 성모마리아 발현 전설 이후 연간 관광객 약 500만명이 찾는 명소가 되었다(Wikipedia, 2022b). 또한 에비앙 생수는 귀족이 마시는 물이라는 브랜드 가치로, 제조사인 다논 그룹은 연 매출 2조원의 수익을 달성하고 있고 에비앙 지역은 지하수 관광휴양단지로 활용되고 있다(Wikipedia, 2022a).

프랑스의 루르드 샘물과 에비앙 생수의 사례와 마찬가지로, 국내 농어촌지하수를 해당 지역의 자연 및 역사 문화유산, 설화 등과 연결하여 각기 특색있는 ‘명품지하수’로 지정하는 방안을 제시한다. 이 경우 위락형 지하수 관

리가 가능하여 명품지하수 체험 관광, 명품지하수로 재배한 작물의 품격 제고, 지역농산물 판매 증대 등을 도모할 수 있을 것이다. 국내 위락형 지하수 관리의 대표적인 사례로, 청주시에서 계획 중인 초정 탄산지하수를 이용한 초정치유마을조성 관광사업이 있다(KRC, 2021a). 현재까지 초정탄산수는 음료 생산에 주로 이용되어 왔는데, 청주시에서는 초정탄산수와 함께하는 휴식 공간, 초정탄산수를 이용한 건강 관리(테라피와 힐링), 초정탄산수를 이용한 숙박시설 운영 등, 지하수자원을 관광사업과 연결하여 지역개발 활성화를 모색하고 있다. 이 외에도, 전남 구례 당물샘은 지리산 약수가 한데 모여서 생긴 국내 최고의 지하수라는 설화로 인근 쌍산재 방문 관광객이 함께 찾는 명소가 되었다. 최근에 개발된 전북 순창 강천음용수는 항산화 효과가 있는 791 m 심도 암반지하수라는 입소문으로 관광버스 단위로 관광객이 모여들어 지하수를 채수하여, 순창군에서는 강천음용수 수원공 주변에 힐링스파시설을 운영하여 지하수를 이용한 지역관광사업을 육성할 예정이다(KRC, 2021b).

이처럼 농어촌지하수에 명품지하수 지위를 부여하여 위락형 지하수 관리가 시행된다면, 농어촌지하수는 관개용수 공급 목적과 더불어 지역문화관광 활성화와 지역민의 수입 확대로 연계가 가능하다. 이로써 포스트 코로나 시대의 한적한 농어촌 관광 활성화, 농어촌지하수 사업 활성화를 동시 달성할 수 있을 것으로 기대된다.

5.2.3. 디지털 지하수 관리

포스트 코로나 시대에는 플랫폼 기술을 이용한 생산자와 소비자의 직거래 연결, 농업생산성 증진과 식량손실·폐기 최소화를 위한 농업분야 디지털 유통망 투자 등이 촉구된다(MAFRA, 2021). 이를 위해 한국농수산식품유통공사에서는 농산물 산지 온라인경매 플랫폼과 연계한 휴대전화 앱, 영상 스트리밍 등을 활용하여, 온라인으로 농산물을 경매하는 직거래 유통모델을 개발하였다. 또한 한국수자원공사에서는 수도물 공급 전과정에 AI와 ICT 기술을 접목하여 수량수질 등을 실시간 관리하는 국가상수도 스마트 관리체계 구축을 추진 중이다(IT, 2020).

농어촌지하수 부문에서도 포스트 코로나 시대의 정부 뉴딜정책에 부합하는 디지털 지하수 관리가 필요하다. 이와 관련하여 미국 캘리포니아주에서는 가뭄 수요대응 블록체인 기법을 이용하여 지하수 잉여지역에서 부족지역으로 지하수 이용에 대한 권리(또는 지하수 신용권, ground-water credits)를 매매할 수 있는 플랫폼을 개발·운영 중이다(IBM, 2019). 또한 프랑스, 남아프리카공화국, 오스트리

아 등에서는 지하수 관측공의 상시 자동관측자료(pH, EC, DO, ORP, 수온 등)와 기존의 수질분석자료(TN, TP, BOD, SAR, algae blooms)를 조합하여 해당 관측공 설치 지점의 지하수 환경상태를 관측하는 가상센서(virtual sensor)를 개발하여 정보를 제공하고 있다(Paepae et al., 2021). 특히 남아프리카공화국에서는 사물인터넷 기술을 이용한 지하수 지속가능성 평가 시스템을 운영하여, 최종적으로 이용자에게 계속 이용, 이용량 규제, 지하수 이용 과징금 부과 등을 알리는 기술을 실용화 하고 있다(Kabuya et al., 2022).

국내에서는 방사상 집수정(RCW, radial collector well) 시설물에 대한 증강현실을 도입하여 관정시설물 관리를 시행하는 연구가 진행되었다(Shin et al., 2016). 이를 통하여 방사상 집수정의 재원 정보와 주변 관측공의 관측 정보를 증강현실로 만들고, 관측공의 수위 및 수질자료를 관리하는 시스템을 통하여 관리자의 접근이 용이하지 않은 지하수 시설물에 대하여 증강현실을 이용한 관리가 가능하게 하였다. 또한 소유역 내의 다수의 관정을 이용한 관정연계이용(WNS, well-network system) 기술을 이용하여, 유역 전체 지하수의 최적 배분에 대한 연구가 진행 중이다(KIGAM et al., 2021). 이 외에도 작물의 수분특성에 따라 설정 값에 맞춰 관정에서 자동으로 지하수를 관수하는 ICT 기반 지능형 지하수 공급 시스템도 연구 중이다(KRC, 2021b).

이처럼 농어촌지하수 시설물과 관측자료 관리에 4차 산업혁명 기술을 접목하여 디지털 지하수 관리를 실시한다면, 농어촌지하수도 포스트 코로나 대응 디지털 뉴딜 정책에 부합하며, 농어촌 지역 지하수의 신속하고 과학적인 관리, 농어촌지역 지하수 공급 안전망을 구축할 수 있을 것으로 판단된다.

6. 결 언

전세계적인 코로나-19의 확산은 글로벌 정치, 경제, 산업 전반에 커다란 타격을 입혔다. 이를 극복하기 위하여 새롭게 변화된 경제·사회·문화적 표준(뉴노멀) 및 실천방안을 마련하여 추진 중이다. 뉴노멀 전략의 세부 내용은 감염병 예방 활동 강화, 비대면 서비스 확대, 보호무역 및 식량안보 증대, 4차 산업혁명기술 기술을 활용한 성장전략 강화 등이며, 국내 농어업 분야에서도 뉴노멀 전략에 기반하여 성장전략을 모색 중이다.

농어촌지하수 부문도 포스트 코로나 시대의 뉴노멀 전략을 수립해야 하는 시점에 이르렀으며, 이 연구에서는

G-WASH_AD(예방적 지하수 관리, 위락형 지하수 관리, 디지털 지하수 관리)를 농어촌지하수 관리 뉴노멀 전략으로 제안하였다. 수인성 질병 예방을 위한 예방적 지하수 관리는 농어촌의 수질 안전망 구축에 기여할 수 있고, 나아가 농어민의 생활환경에 대한 청정지하수 환경 가치를 창출할 수 있다. 농어촌지하수 명품화를 기반으로 한 위락형 지하수 관리는 농어민과 함께하는 지역개발사업의 동력을 제공하여, 지하수를 매개체로 한 농어촌관광 활성화, 로컬푸드 판매 촉진 등 농어촌지역의 매출 증대를 도모할 수 있다. 4차산업혁명 기술을 이용한 디지털 지하수 관리는 편리하고 신속한, 그리고 최적화된 지하수관리를 유도할 수 있으며, 나아가 정책입안자를 위한 지하수 정보를 산출하여 농어촌지하수 관리의 선순환을 이룰 수 있다.

코로나-19는 우리 사회의 근간을 흔드는 위협이자 위기였고, 이를 대처하고 극복하는 과정 중에 많은 손실과 피해가 있었다. 그러나 코로나-19 이후 농어촌지하수 부문도 새로운 뉴노멀 전략을 세워 적극적으로 실천할 수 있다면, 다가오는 포스트 코로나 시대의 새로운 성장동력을 마련할 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

이 원고는 농림축산식품부 농업기반 및 재해대응 기술 개발사업 「농업부산물 이용 농어촌형 저영향개발 (LID) 시설 개발」 과제의 연구비 지원에 의해 이루어졌다.

References

- Alley, W.M. and Job, C.A., 2020, Groundwater, well, and coronavirus, The aquifer (a publication of the groundwater foundation), Spring/Summer 2020, 1-5.
- AP (Alix Partners), 2020, Seven years of change in seven months: COVID-19 through the lens of disruption, 16p.
- Balamurugan M, Kasiviswanathan K.S., Ilampooranan I., and Soundharajan B.-S., 2021, COVID-19 lockdown disruptions on water resources, wastewater, and agriculture in India, *Front. Water* 3:603531. doi: 10.3389/frwa.2021.603531.
- Bogler, A., Packman, A., Furman, A., Gross, A., Kushmaro, A., Ronen, A., Dagot, C., Hill, C., Vaizel-Ohayon, D., Morgenroth, E., Bertuzzo, E., Wells, G., Kiperwas, H.R., Horn, H., Negev, I., Zucker, I., Bar-Or, I., Morgan-Gilad, J., Balcazar, J.L., Bibby, K., Elimelech, M., Weisbrod, N., Nir, O., Sued, O., Gillor, O., Alvarez, P.J., Cramer, S., Arnon, S., Walker, S., Yaron, S., Nguyen, T.H., Berchenko, Y., Hu, Y.L., Ronen, Z., and Bar-Zeev, E., 2020, Rethinking wastewater risks and monitoring in light of the COVID-19 pandemic, *Nature Sustain.*, **3**, 981-990.
- Cho, K.S., 2020, Change from COVID-19 crisis to sustainable economy, Nara economy, KDI (Korea development institute) reports **357**, 64-66.
- DE (Daum encyclopedia), 2022, <https://100.daum.net/encyclopedia/view/47XXXXXb1134> [accessed 22.03.24].
- EC (European Commission), 2021, COVID-19: an opportunity to promote water, sanitation and hygiene in Africa, https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news/covid-19-and-water-sanitation-and-hygiene-africa-2021-06-16_en [accessed 22.03.27].
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2021, Water quality and food safety & COVID-19, <https://www.fao.org/land-water/overview/covid19/qualitysafety/en/> [accessed 22.03.20].
- GRI (Gyeonggi Research Institute), 2020, Agriculture in the era of post-COVID19: What we prepare to the era?, Issue and analysis, GRI reports No. 415.
- Huo, C., Dar, A.A., Nawaz, A., Hameed, J., Albarshar, G., Pan, B., and Wang, C., 2021, Groundwater contamination with the treat of COVID-19: Insights into CSR theory of Carroll's pyramid, *J. King Saud Univ. - Sci.*, **33**(2), <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2020.101295>.
- IBM, 2019, State of California tackles drought with IoT & blockchain, <https://newsroom.ibm.com/2019-02-08-State-of-California-Tackles-Drought-with-IoT-Blockchain>.
- Ihm, S.S., 2020, Effect of COVID-19 on global agri-food system, Global agriculture, KREI (Korea rural economics institute) reports **236**, 73-92.
- IT (Interagency taskforce), 2020, A plan enhancing a role of public agencies to support Korean new deals, IT report 20-2 (2020.08.20.), 16p.
- Kabuya, A.K., Alowo, R., and Nkhonjera, G.K., 2022, Apps for smart groundwater monitoring and assessments: A case study of Regideso catchment in Kimbanseke, *Appl. Sci.*, **12**(7), 3243, <https://doi.org/10.3390/app12073243>.
- KDCA (Korea Disease Control and Prevention Agency), 2022, <https://ncv.kdca.go.kr/ncov/> [accessed 22.03.15].
- KIGAM (Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources), KRC (Korea Rural Community Corporation), KMU (Kookmin University), and GeoGreen21, 2021, An annual report on development of the well network system technique keeping up with drought, A research group on optimal groundwater uses against water demands during drought periods, Ministry of Environment, 429p.
- Kim, B.Y., 2021, USDA agricultural projection to 2030, Global agriculture, KREI (Korea rural economics institute) reports **242**, 3-14.

- KPC (Korea Policy Curation), 2021, Economic countermeasures against COVID-19, <https://korea.kr/special/policyCurationView.do?newsid=148872965> [accessed 22.05.11].
- KRC (Korea Rural Community Corporation), 2021a, An interim report on current status for the Chojung natural mineral water conservation project, KRC report, 48p.
- KRC (Korea Rural Community Corporation), 2021b, Securing groundwater resources holding specific functions on crop properties and its application to agricultural activities, KRC report, 72p.
- KREI (Korea Rural Economics Institute), 2020, A brief on global agriculture, KREI reports Global agriculture, **235**, 161-170.
- KREI (Korea Rural Economics Institute), 2021, Information on global agriculture, Global agriculture, KREI reports, **242**, 133-150.
- Lee, B.S., Song, S.-H., Park, J.K., Won, Y.C., and Kim, W., 2016, Establishment of an optimal rehabilitation process for agricultural public wells by applying standardized diagnostic functions, *J. Soil Groundw. Environ.*, **21**(4), 1-9.
- Lee, Y.K., 2020, Effect of COVID-19 on Japanese food industry and its prospect, Global agriculture, KREI (Korea rural economics institute) reports, **238**, 93-113.
- MAFRA (Ministry of Agriculture and Food and Rural Affairs), 2020, Discussion on increasing resilience of agri-food industry against COVID-19, MAFRA newrelease, 2020.10.28.
- MAFRA (Ministry of Agriculture and Food and Rural Affairs), 2021, Increase of tolerance on agriculture and rural community during the era of post-COVID-19, MAFRA newrelease, <https://www.mafra.go.kr/2021plan/2690/subview.do>, [accessed 22.04.22].
- Mallapaty, S., 2020, How sewage could reveal true scale of coronavirus outbreak, *Nature*, <https://doi.org/10.1038/d41586-020-00973-x> [accessed 22.04.14].
- MPCA (Minnesota Pollution Control Agency), 2022, Stormwater infiltration and setback (separation) distances, https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php/Stormwater_infiltration_and_setback_%28separation%29_distances [accessed 22.04.04].
- NEWMA (New Marketing and Agri-food Institute), 2021, Strategies of Japanese agricultural industry against COVID-19, New marketing focus, NEWMA reports 2021.05.17., 57-76.
- NIFDS (National Institute of Food and Drug Safety Evaluation), 2017, Research on the distribution of noroviruses and parasites in underground water, NIFDS report, 162p.
- Paepae, T., Bokoro, P.N., and Kyamakya, K., 2021, From fully physical to virtual sensing for water quality assessment: A comprehensive review of the relevant state-of-the-art, *Sensors*, **21**, 6971, <https://doi.org/10.3390/s21216971>.
- Park, G.H. and Ahn, C.H., 2020, Post-COVID-19 periods, approaches to green and digital new deals in field of water management, Seoul water, 13, <https://arisu.seoul.go.kr/seoulWater/html/sub1-1>, [accessed 22.04.05].
- Shin, J., Sung, M., and Lee, M., 2016, Development of monitoring solution for riverside groundwater facilities using an augmented reality, *J. Geol. Soc. Korea*, **52**(4), 501-510.
- Shin, K.S., 2021, A prospect of food system after COVID-19 pandemic, Global agriculture, KREI (Korea rural economics institute) reports, **242**, 65-77.
- Song, J.H., 2021, Main research trends with related to global agriculture, Global agriculture, KREI (Korea rural economics institute) reports, **247**, 77-103.
- Song, S.-H., Lee, B.S., and An, J.G., 2016, Quantitative evaluation for improvement effects of performance after mechanical rehabilitation treatments in agricultural groundwater well, *J. Soil Groundw. Environ.*, **21**(4), 42-49.
- USAID (United State Agency for International Development), 2021a, Responding to COVID-19's impact on resilience and food security, <https://www.usaid.gov/who-we-are/organization/bureaus/bureau-resilience-and-food-security/responding-to-covid-19-impact-on-resilience-and-food-security> [accessed 22.03.24].
- USAID (United State Agency for International Development), 2021b, Water for the world's response to COVID-19, <https://www.usaid.gov/water-and-sanitation/documents/water-world's-response-covid-19> [accessed 22.03.17].
- USEPA (United States Environmental Protection Agency), 2022, Septic systems and drinking water, <https://epa.gov/septic/septic-systems-and-drinking-water#tableseptic> [accessed 22.03.17].
- WB (The World Bank), 2021, Food security and COVID-19, <https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/brief/food-security-and-covid-19> [accessed 22.03.16].
- Wikipedia, 2022a, <https://en.wikipedia.org/wiki/evian> [accessed 22.05.06].
- Wikipedia, 2022b, https://en.wikipedia.org/wiki/Lourdes_appearitions [accessed 22.05.06].
- YNA (Yonhap news), 2022, <https://yna.co.kr/view/AKR2022031095551009> [accessed 22.04.10].
- Yoo, C.H. and Kim, Y.J., 2021, Trends in field of US agri-foods against COVID-19, Global agriculture, KREI (Korea rural economics institute) reports, **242**, 87-101.