POLICY BRIEFING
ISSUE 30 / 2026. 3.
6 CLEAN WATER AND SANITATION
연구자료
경제 2026-07-145

Water Digitalization 시대: MDBs 전략과 한국 ODA에의 시사점

핵심 메시지: 세계은행 조사에 따르면 개도국 상하수도 유틸리티의 약 75%는 디지털 장비를 도입했지만, 수집된 데이터를 실제 운영 의사결정에 활용하지 못하고 있다. MDB들은 이러한 문제를 기술 부족보다 사람과 운영 프로세스의 문제로 인식하고, 디지털 전환을 운영체계 혁신 관점에서 접근하고 있다. 한국 ODA 역시 기술 공급 중심 접근을 넘어 디지털 기술이 실제 운영 의사결정에 활용되는 운영체계 구축에 초점을 둘 필요가 있으며, 이를 통해 개도국에 방치되는 "애물단지"(White Elephant)가 아닌 지속적으로 작동하는 물 서비스 시스템을 구축하는데 기여할 필요가 있다.

1. 왜 지금 Water Digitalization인가?

세계은행(WB), 아시아개발은행(ADB), 미주개발은행(IDB) 등과 같은 MDB들이 "Water Digitalization"을 물 분야 핵심 의제로 올려놓은 이유는 분명하다. 무인운전 기술이 자동차를 하드웨어에서 센서·통신·관제·지도·규제가 결합된 운영 시스템으로 바꾸며 산업의 무게중심을 "제조"에서 "운영"으로 옮긴 것처럼, AI·디지털 기술은 물 서비스 시스템[1]을 시설 투자 중심(CAPEX[2])에서 데이터 기반 운영 중심(OPEX[3]·성과)으로 전환하며, 그 결과 설계·유지관리 방식은 물론 투자 우선순위 결정에 영향을 미칠 것으로 보인다.

ADB(2020)는 디지털 기술과 AI 기반 분석이 물 관리 운영의 효율성을 향상시킬 수 있음을 설명하며, 특히 누수 및 NRW[4] 분석, 네트워크 운영 최적화, 자산 관리 개선 등 다양한 운영 개선 가능성을 제시한 바 있다. GWI et al. (2019)는 향후 10년간 AI·디지털 기술 적용으로 상하수도 유틸리티[5] 지출의 11%를 줄일 수 있다고 추정하였다.

실제로 필리핀 Manila에서는 스마트 수도계량기와 GIS 기반 정보시스템을 활용한 NRW 관리가 이루어지고 있으며 (ADB, 2013), 브라질 Curitiba에서도 센서와 데이터 분석을 활용한 스마트 상수도 네트워크 관리 사례가 보고된 바 있다 (IWA, 2019). 이러한 사례들은 Water Digitalization이 개념적 논의에 그치지 않고 실제 유틸리티 운영 성과로 이어질 수 있음을 보여준다. 다만 물은 공공재인 만큼, 물 디지털 전환의 핵심 가치는 단순한 비용 절감에만 있지 않다. 단수·오염·사고·재난 상황에서도 안정적 공급을 유지하는 운영의 신뢰도와 연속성을 높이는 것이 보다 중요한 목적이다.

문제는 실행이다. WB의 "Digital Water" 프로그램[6] 조사결과 (Global Digital Maturity Survey, 2022)에 따르면 개도국의 89개 상하수도 유틸리티 중 75%가 전술적(Tactical) 또는 제한적(Limited) 단계에 머물러 있었고, 60.7%는 디지털 비전을 문서로 갖추지 못했으며 49.4%는 별도의 디지털 예산이 없었다(WB, 2025). 또한 많은 유틸리티에서 SCADA[7]와 센서를 통해 데이터가 수집되고 있음에도 불구하고, 데이터 거버넌스와 운영 프로세스가 갖추어지지 않아 이러한 정보가 실제 운영 의사결정이나 현장 조치(누수, 수질, 에너지, 자산관리 등)로 충분히 활용되지 못하는 문제가 지적되고 있다.

1) 본고에서 "물 서비스 시스템"은 상하수도 시설 운영 뿐 만 아니라 취수·저류 등 수자원 시설 운영을 포함하는 개념으로 사용하였다. 다만, MDB들의 물 디지털 전환 논의와 사례는 주로 상하수도 시설 운영 중심으로 축적된 것으로 판단된다.

2) 건설·증설·대규모 교체 등 투자비

3) 운영·유지관리비(에너지·약품·인력 등)

4) Non-Revenue Water(무수수량) - 생산·공급된 물 중 요금으로 회수되지 않는 물. 누수(물리적 손실), 계량오차·검침/청구 오류(상업적 손실), 소화전 사용 등 돈을 내지 않는 사용수량을 모두 포함한 개념

5) 상·하수도 서비스를 운영·공급하는 기관(공기업·지자체 등)

6) WB Water Global Practice(Water GP)가 추진하는 지식·기술지원 플랫폼으로, 상하수도 유틸리티가 디지털 기술을 활용해 운영을 혁신하도록 지원하는 프로그램(WB, 2024)

7) Supervisory Control and Data Acquisition, 상하수도 등 설비를 원격으로 감시·제어하고 운영 데이터를 수집하는 시스템

이러한 상황은 물 서비스가 공공재 성격을 지니고 요금 회수율이 낮은 경우가 많은 개도국 유틸리티의 구조적 특성과도 관련이 있다. 디지털 전환을 위한 조직·데이터·운영체계 구축은 단기간에 수익을 창출하기 어려운 영역이기 때문에 상업적 투자만으로 추진되기 쉽지 않다. 이 간극을 메우는 일이 물 분야 ODA 사업의 중요한 기회이자 동시에 과제가 될 것이라 사료된다.

2. Water Digitalization의 개념

최근 물 분야 디지털 전환 논의에서는 몇 가지 개념이 혼용되는 경우가 많다. 사업 설계를 위해서는 다음과 같은 구분이 유용하다.

Automation과 Autonomy

기존 물관리는 SCADA와 자동제어를 중심으로 한 Automation (모니터링, 경보, 원격조작, 설정값 기반 제어)이 주류였다. 최근에는 AI와 기계학습 등을 통해 수요·압력·에너지·수질 리스크를 예측하고 여러 목표(비용, 안전, 규정 준수)를 동시에 고려해 운영을 최적화하는 Autonomy(자율형 운영)로 확장되는 흐름이 나타나고 있다. 다만, 물관리에서는 자율형 운영이라고 하더라도 완전한 무인화보다는 기준·책무·안전장치가 내장된 "부분 자율+사람의 최종 통제" 구조로 설계되는 것이 일반적이다.

Digitization과 Digitalization

Digitization은 센서·계량기·데이터베이스 등을 통해 데이터를 수집해서 활용 가능한 상태로 만드는 단계다. 반면에, Digitalization은 수집된 데이터를 업무 프로세스와 운영체계에 연결하여 데이터 기반 의사결정이 실제 운영(압력관리, 누수 탐지, 자산관리, 에너지 운영 등)으로 이어지도록 만드는 단계로 정의된다.

Water Digitalization과 Smart Water Management

Water Digitalization은 물관리 전반에서 데이터 기반 운영체계를 구축하는 일련의 과정이다. Smart Water Management는 이와 유사하지만, Digitalization의 기반 위에서 운영을 예측·최적화·지능화하는데 초점을 둔 개념으로 보인다.

이러한 구분은 많은 개도국 유틸리티가 Digitization 단계에 도달했거나 추진 중이지만, 데이터 기반 의사결정이 실제 운영으로 연결되는 Digitalization, Smart Management 단계로의 전환에는 어려움을 겪고 있다는 점을 이해하는 데 중요한 출발점이 된다.

<그림> 주요 디지털 물관리 기술요소



출처: K-water

3. Water Digitalization의 핵심: People+Process 중심의 운영 혁신

WB(2025)는 2025년 기준 WB의 물 포트폴리오 157개 프로젝트(305억 달러) 중 41개(73억 달러)가 디지털 요소를 포함하고 있으나, 대부분 SCADA와 GIS[8] 업그레이드 수준에 머물러 있음을 확인하였다. 스마트 계량, 데이터 거버넌스, 역량개발을 포괄하는 통합적 접근의 프로젝트는 소수에 불과했다. 이는 디지털 기술 도입과 실제 운영체계 전환 사이에 상당한 이행 격차가 존재함을 시사한다. 결국 핵심은 기술 자체보다 기술이 실제 운영에서 작동하도록 하는 조직·데이터·업무절차 체계를 구축하는 데 있다.

WB의 Digital Water 프로그램은 물 분야 디지털 전환을 기술 도입의 문제가 아니라 사람과 조직, 운영 프로세스를 포함한 운영체계 혁신의 관점에서 접근하고 있으며, 이러한 관점에서 디지털 전환을 구성하는 주요 영역을 다음과 같이 제시하였다(WB Digital Water Program). 이 프로그램은 개별 유틸리티를 대상으로 디지털 성숙도 평가(Digital Maturity Survey 및 Deep Dive Assessment)를 수행하고, 이 결과를 토대로 교육, 지식 공유, 맞춤형 디지털 전환 로드맵 수립을 지원한다 (WB, 2024; WB, 2025). 현재 WB은 이러한 접근방식을 확산하여 후속 투자 및 프

8) 상·하수도 관로의 위치·규격 등 공간정보 관리에 활용

로젝트 연계를 모색하는 것으로 보인다.

5개 디지털 전환 영역	핵심 내용
Strategic Organization(전략조직)	투자관리, 외부 파트너십, 성과측정 체계
Digital Competence(디지털역량)	인력·조직 체계, 디지털 업무문화 구축
Data Governance(데이터 거버넌스)	데이터 생성-통합-활용 전 과정 관리
Smart Operations(스마트 운영)	누수 탐지, 자산관리, 원격 운영 최적화
Customer Centric(고객지향)	고객 응대, 데이터 통합, 디지털 채널 개선

실제로 이러한 방식은 페루 Cusco 지역의 상하수도 유틸리티인 EPS SEDACUSCO S.A.에 적용되어 디지털 성숙도 평가와 디지털 전환 로드맵을 기반으로 운영 효율 개선, NRW 관리, 자산 관리 강화 등을 목표로 하는 디지털 전략이 마련된 바 있다. 이 사례는 개도국 유틸리티의 디지털 전환을 위한 시범적 적용(pilot case)으로 제시되었다 (Idrica, 2023).

IDB의 보고서(2022) 또한 물 분야 디지털 전환의 핵심 요소를 전략과 비전(strategy and vision), 사람과 조직문화(people and culture), 운영 프로세스(process and governance), 기술 역량(technology and capabilities)의 네 가지 축으로 제시하며, 기술 도입만으로는 디지털 전환이 성공할 수 없음을 지적한다 (IDB, 2022). ADB가 제시한 디지털 물관리 접근 역시 유사한 관점을 보여준다. ADB(2024)는 디지털 물관리 시스템이 데이터 수집, 모니터링, 분석, 의사결정 지원 등 단계적 구성요소로 이루어지며 이러한 요소들이 통합될 때 실제 운영 개선 효과가 나타날 수 있음을 설명한다 (ADB, 2024).

4. 개도국의 딜레마: Leapfrogging 기회 vs White Elephant 위험

개도국은 레거시 인프라[9]가 상대적으로 부족한 만큼 최신 디지털 운영체계로 바로 전환할 수 있는 "도약할 기회"(Leap frogging)의 가능성을 지닌다. 그러나 현실은 단순하지 않다. 다수의 개도국 유틸리티는 여전히 센서와 SCADA 기반의 자동화 단계에 머물러 있으며 예측 운영과 통합 관리 단계로의 전환이 과제로 남아 있다. 특히, 재정과 인력 제약이 주요 장애요인이다. 스마트 미터, IoT 센서, 데이터 플랫폼 구축에 필요한 초기 투자와 유지관리 비용을 자체적으로 감당하기 어려운 경우가 많다. 일부 상수도 유틸리티의 디지털 운영 플랫폼은 라이선스 비용과 기술 의존도가 높아서 장기 운영이 어려운 사례도 보고되고 있다(GWI, 2019).

이러한 상황에서 Water Digitalization은 Leapfrogging 기회이기도 하지만 동시에 "애물단지"(White Elephant)가 될 위험을 동반한다. White Elephant 위험은 다음과 같은 형태로 나타난다.

- 센서·SCADA 유지관리 실패 → 데이터 품질 저하 → 데이터·정보시스템 방치
- 운영자 역량 부족 → 데이터 기반 의사결정 활용 불가
- 플랫폼 락인(lock-in) → 독점적 SW 라이선스 → 수원국 운영 주권 약화
- 현장 운영노하우 부재 → 자율운영 전환 실패

결국 개도국에서 디지털 장비와 기술이 존재하지만 실제 운영되지 않는 애물단지가 되는 것이다. AI·디지털 기반 물 서비스 시스템이 투자 대비 효용(Value for Money)를 증명하려면 기술의 수용역량, 운영체계, 재정·제도 설계가 함께 뒷받침되어야 할 것이다.

5. ODA에의 시사점

한국 ODA사업은 White Elephant 위험을 피하고 수원국의 디지털 주권 확보와 운영체계 내재화에 실질적으로 기여할 수 있도록 설계될 필요가 있다. 예를 들어 KOICA의 필리핀 팜팡가(Pampanga) 유역 사업에서는 센서 기반 수문 모니터링 시스템과 데이터 포털 구축과 함께 현지 기관의 운영 역량 강화를 병행하여 실시간 수문 데이터 관리체계를 장기적으로 유지할 수 있는 기반을 마련하였다. 장비 구축에 그치지 않고 운영체계와 인적 역량을 동시에 구축하려 했다는 점에서 참고할 수 있는 사례이다. 이러한 관점에서 관련 ODA 사업 설계시 다음의 네 가지 요소를 고려할 필요가 있다.

5.1 운영지속성 중심 설계

기술 도입에 그치지 않고 유지관리 체계, 예산 확보, 현장의 역량 강화를 포함하는 통합적 접근과 수원기관(유틸리티) 맞춤형 접근이 필요하다. WB는 개별 유틸리티를 대상으로 디지털 성숙도 평가(Digital Initiator Survey 및 Digital Maturity Deep Dive) → 교육(워크숍, 지식 공유) → 맞춤형 로드맵 개발(우선순위 활동, 예산, 일정) → 사업화로 이어지는 단계적 접근을 적용하고 있다. 이러한 과정은 개별 유틸리티의 디지털 역량 수준을 진단하고 현실적인 단계별 디지털 전환 경로를 설정하는 데 목적을 둔다. 또한 이 방식은 유틸리티의 운영체계와 재정 여건을 함께 고려한 디지털 전환 로드맵을 마련한다는 점에서 의의가 있다.

ODA 사업에서도 사업 발굴 또는 형성 단계에서 수원기관(유틸리티)의 운영지속성 진단을 위한 체크리스트를 도입할 필요가 있다. 이는 유지관리 체계, 운영 인력, 데이터 활용능력, 예산 확보 가능성 등을 사전에 점검하는 방식이 될 수 있을 것이다.

9) 과거의 기술, 운영체계에 기반하여 구축된 기존의 인프라로, 본고에서는 새로운 디지털 기술이나 운영체계와의 통합, 업그레이드에 제약이 있을 가능성이 있다는 취지로 사용했다.

5.2 데이터 거버넌스

데이터 수집, 분석, 의사결정 프로세스에 대한 제도적 기반과 인적 역량 구축이 선행되어야 한다. 많은 개도국 유틸리티에서는 관측 장비와 데이터는 존재하지만, 수집된 데이터가 조직의 운영 의사결정으로 연결되지 못하는 경우가 많다. 이러한 맥락에서 데이터 거버넌스는 단순한 데이터 관리 규정이 아니라 데이터가 실제 운영 개선과 의사결정으로 이어질 수 있도록 하는 관리·운영 체계를 의미하며, ODA 사업 설계 시 관련 활동이 포함되도록 고려할 필요가 있다. 또한 데이터 거버넌스는 데이터 소유권, 접근성, 보안에 대한 명확한 규정을 포함해야 하며, 수원국 내 유관 기관 간 데이터 공유와 활용을 위한 표준화된 절차와 제도적 기반 마련이 필요하다

5.3 개방형·확장형 디지털 체계

특정 벤더 종속을 방지하는 개방형 표준 채택과 단계적 확장이 가능한 디지털 정보시스템 아키텍처 설계가 중요하다. 디지털 인프라 사업에서는 특정 공급자의 플랫폼에 종속되는 플랫폼 락인(lock-in)이 발생할 수 있으며 이는 장기적으로 수원국의 운영 자율성과 기술 선택권을 제한할 수 있다. 따라서 초기 설계 단계에서부터 상호운용성(interoperability)과 개방형 데이터 구조를 고려한 정보시스템 아키텍처를 도입할 필요가 있다. 개방형 표준을 적용하면 향후 장비 확장, 정보시스템 업그레이드, 데이터 연계가 용이해지며 특정 기술 공급자에 대한 의존도를 줄일 수 있다. 또한 연합학습(Federated Learning)은 데이터를 외부로 이전하지 않고도 분석 모델을 공동으로 개발할 수 있는 방식으로, 수문·수질 데이터가 수원국의 자산으로 축적되는 구조를 가능하게 한다.

5.4 한국 기술기업과 현지 기술 생태계 연계

디지털 기반 물 서비스 시스템은 장기적인 유지관리와 기술 업데이트가 필요한 만큼, 현지 기술 생태계와 연계된 협력 구조가 구축되어야 한다. KOICA ODA 사업에서는 대규모 물 인프라 운영과 디지털 물관리 체계를 결합한 경험을 축적해 온 한국 유틸리티의 Water Digitalization 경험과 국내 물 기술기업의 참여를 연계함으로써, 수원기관(현지 유틸리티)에 디지털 기술뿐 아니라 실제 유틸리티 운영 경험과 노하우를 함께 제공할 수 있을 것이다. 또한 국내 기술기업과 현지 기술기업 간 협력 모델을 구축함으로써 장기적으로 현지 기술 생태계가 디지털 물관리 시스템의 운영과 확장을 담당할 수 있는 기반을 마련할 필요가 있다

6. 결론

Water Digitalization은 개도국 물 ODA의 새로운 핵심 과제로 부상하고 있다. 그러나 개도국은 디지털 기술을 통해 도약할 기회인 동시에 비효율적 투자로 이어질 수 있는 애물단지의 위험을 함께 안고 있다. 글로벌 사례를 보면 디지털 기술의 도입 자체보다 디지털 기반 운영체계의 구축 여부가 사업의 성패를 좌우하는 경우가 많다.

이러한 배경에서 MDB들의 접근은 공통된 방향을 보인다. 기술 공급 중심이 아니라 운영체계 혁신, 즉 people과 process 중심의 디지털 전환이다. 물 분야 ODA 사업 역시 기술이나 장비의 도입을 넘어 데이터의 수집·분석·활용이 실제 운영 의사결정으로 이어지는 운영체계와 조직 역량 구축에 초점을 둘 필요가 있다. 특히 개도국 유틸리티의 디지털 전환 초기 단계에서 필요한 제도 정비, 데이터 거버넌스 구축, 운영 인력 역량 강화 등은 상업적 투자에서 우선적으로 다루어지기 어려운 영역으로, ODA가 중요한 역할을 수행할 수 있다.

결국 디지털 전환의 성패는 기술 자체보다 그것을 활용하는 사람, 조직, 그리고 운영 프로세스에 달려 있다.

KOICA 기후환경 · 경제개발팀

[참고문헌]

- ADB, 2024, *Digitalizing H2O: The Future of Water in Asia and the Pacific.*
- ADB, 2020, *Using Artificial Intelligence for Smart Water Management Systems. ADB Briefs No. 143.*
- ADB, 2013, *Asian Water Development Outlook 2013: Measuring Water Security in Asia and the Pacific.*
- Global Water Intelligence (GWI), Global Water Leaders Group, and Grundfos, 2019, *Accelerating the Digital Water Utility.*
- IDB, 2022, *The Digital Journey of Water and Sanitation Utilities in Latin America and The Caribbean: What is at Stake and How to Begin.*
- International Water Association (IWA), 2019, *Digital Water: Industry leaders chart the transformation journey.*
- Idrica, 2023, *Drawing up the 2023-2026 Digital Strategic Plan for EPS SEDACUSCO, S.A. (Case Study).*
- WB Digital Water Program, *https://www.worldbank.org/en/programs/digital-water/water-digitalization*
- WB, 2025, *Digital Water Programmatic ASA Summary of Findings.*
- WB, 2024, *Introducing Digital Water: Leading the way on utility innovation.*