

스마트랩① - 개념과 시장·정책 동향

[애자일] KIAT 산업기술정책단 정책기획실('24.11.20)



- ◆ 스마트랩(Smart Lab)은 현재 단일한 정의는 없으나 최신기술이 통합된 실험실 시스템, 혁신적이며 세계적 수준의 연구가 이루어질 수 있는 고성능 실험실 등 다양한 개념으로 사용
- ◆ 최근 산업부에서 'AI 자율실험실' 개념을 반영한 「AI + R&D 추진전략」 발표('24.10), 이에 주요국 스마트랩 관련 정책의 비교를 통한 우리나라의 향후 정책방향 검토 필요

1. 스마트랩 개념

- 스마트랩(Smart Lab)은 화학·첨단소재·제약 등 다양한 분야의 연구개발(R&D) 등 실험이 필요한 환경에 도입, 실험의 정밀성·효율성을 높여 신제품 출시 시간 단축 등의 기회를 제공하고 있음¹⁾
 - 스마트랩은 최신 기술이 통합된 실험실 환경이라는 공통적 요소 하에 실험실이 물리적 레이아웃을 최적화하도록 설계되었거나, 실험실 환경을 제어하기 위해 최신 기술을 통합하거나, 최신 기술을 사용하여 과학적 활동을 관리하는 역할 등을 수행함²⁾
- 현재 전세계적으로 통용되는 스마트랩의 공식 정의는 부재하나, 각 국의 정책에서 정의하는 용어의 개념 및 적용 분야 등을 전체적으로 고려하여 스마트랩의 개념을 유추해 볼 수 있음
 - 현재 스마트랩은 실험실자동화(Lab Automation 또는 Automated Lab), 셀프드라이빙랩(Self Driving Lab, SDL), 자율랩(Autonomous Lab) 등과 혼용되어 사용
 - * 특히, 셀프드라이빙랩은 스마트랩의 핵심 개념으로 AI와 자동화된 로봇플랫폼을 결합하여 실험과정을 자동화하고, 데이터를 실시간으로 분석하여 실험계획을 스스로 수정할 수 있는 실험실을 의미
 - 미국 신재생에너지연구소(National Renewable Energy Laboratory, NREL)의 정의에 따르면, 셀프드라이빙랩은 자동화된 실험과 데이터 수집을 위한 로봇공학(Robotics)과 결합, 이러한 데이터를 활용하여 후속 실험을 추천하는 인공지능(AI) 시스템과 통합되는 실험실을 의미

1) World Economic Forum, How AI, robotics and automation will reshape the diagnostic lab of the future, 2024.05.28.; World Economic Forum, What are self-driving labs and how are they transforming the chemical industry?, 2024.01.04.

2) Scientific Computing World, The smart laboratory
<https://www.scientific-computing.com/BASL2018/the-smart-laboratory>

- 한국 산업통상자원부에서 발표한 「AI + R&D 추진전략」에서는 ‘AI 자율실험실’이라는 개념 사용, AI와 로봇 공학을 통해 ①실험과정을 자동화하고 ②데이터를 실시간으로 분석하여 ③실험계획을 스스로 수정할 수 있는 시스템을 의미
- 이 외 국내외 보고서에 언급된 스마트랩에 대한 정의를 종합하면, 스마트랩은 협의의 의미로는 셀프드라이빙랩 및 AI 자율실험실, 광의의 의미로는 실험실자동화, 자율랩 등의 개념을 포괄함. 스마트랩에 대한 다양한 정의는 아래와 같음
 - 실험실자동화를 위한 H/W인 ‘실험실자동화시스템(LAS*)’과 실험 절차 및 데이터를 통합 관리하는 S/W인 ‘실험실데이터관리시스템(LIMS**)’의 결합으로 이뤄진 통합연구 시스템³⁾
 - * Laboratory Automation System / ** Laboratory Information Management System
 - 데이터 예측 기능, 디지털 서비스 및 공간 자동화를 기반으로 하는 최적화 전략을 활용하여 에너지 소비 감축, 건강과 안전 개선, 연구 생산성 제고, 혁신적인 연구개발 촉진 등을 수행하는 실험실⁴⁾
 - 평가, 최적화, 관리 및 유지하기 위해 물리적, 행정적 관리의 다양한 기술을 조합하여 안전하고 효율적인 고성능 실험실로, 세계적 수준의 연구가 이루어질 수 있도록 환경 구축⁵⁾
 - 로봇 기술을 활용하여 위험하거나 반복적인 실험 자동 진행, 단순 반복실험을 통한 최적점 도출뿐만 아니라, AI를 통한 데이터 분석, 다음 단계의 실험설계를 바탕으로 신규 소재 및 재료 개발을 수행하는 실험실⁶⁾
- 다양한 스마트랩의 정의를 검토하여, 스마트랩을 구성하고 있는 주요 요소를 크게 실험계획, 실험실 자동화, 실험실 관리 시스템으로 나누어 볼 수 있음. 또한, 산업부 「AI + R&D 추진전략」 내 ‘AI 기반 연구설계 솔루션’, ‘AI 자율실험실’과 유사한 개념으로 비교 가능

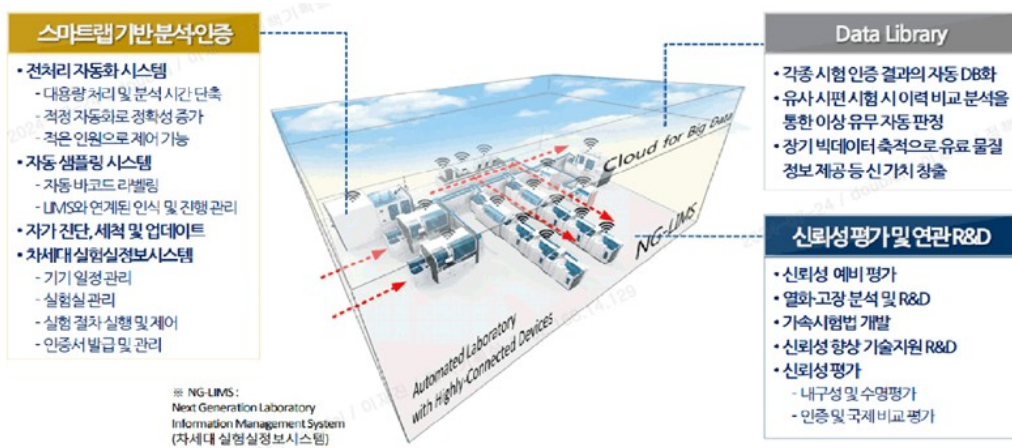
「AI + R&D 추진전략」 내 스마트랩 관련 유사 개념 정의

AI 기반 연구설계 솔루션	AI 기술로 특허, 논문, 실험데이터 등 방대한 데이터를 분석해 ①기술개발 방향 설정 ②연구설계 ③가상실험 ④결과예측에 활용
AI 자율실험실	AI와 로봇 공학을 통해 ①실험과정을 자동화하고 ②데이터를 실시간으로 분석하여 ③실험계획을 스스로 수정할 수 있는 시스템

3) 김영수, 스마트 랩 개념과 도입 사례, 한국태양광발전학회지 제7권 제1호, pp.27~32, 2021.04.
 4) Siemens, Roadmap to Building a Smart Laboratory, 2021.
 5) NREL, Brilliant Execution of Smart Labs: Employing Best Practices to Improve Safety and Reduce Energy for Sustainable Labs, August 17~21, 2020.
 6) LG화학, R&D 생산성 제고 및 안정성 확보를 위한 Smart Lab 적용 사례, 2023.07. 발표자료를 바탕으로 재구성

- (실험계획) 데이터 수집·분석 후 새로운 실험계획 도출 (≡ ‘AI 기반 연구설계 솔루션’)
 - * (데이터 수집·분석) 분석 장비 DB와 연결을 통해 반복된 실험을 바탕으로 대량의 실험 데이터 축적, 데이터의 실험 결과 해석
 - * (실험 계획) 반복된 실험을 바탕으로 이전 실험 결과 반영 및 AI와 연동하여 차후 최적화된 실험계획 설계
- (실험실자동화) 반복 실험을 자동화하기 위한 장비를 구현·제어하여 실험에 드는 시간 및 비용 절약 (≡ ‘AI 자율실험실’)
- (실험실관리시스템) 난방, 냉방, 환기, 후드제어, 조명 등 실험실에 필수적인 환경 제어 및 모니터링을 위한 통합 관리 시스템 구축

[스마트랩의 구성 예시]



※ 자료 : 김영수, 스마트 랩 개념과 도입 사례, 한국태양광발전학회지 제7권 제1호, pp.27~32, 2021.04.

- 스마트랩은 스마트팩토리(Smart Factory), 셀프드라이빙랩, 실험실자동화, AI 자율실험실 등의 유사 개념과 차이점 존재
 - (스마트팩토리) 자동화 장비를 사용하고 데이터 관리가 체계적으로 이루어진다는 공통점은 있으나 제조·생산 라인 단위의 대규모 투자를 하는 스마트팩토리에 비해 스마트랩은 실험·연구와 관련된 기능 중심의 소규모 투자가 특징

구분	스마트랩	스마트팩토리
공통점	• 자동화 장비 사용, 체계적인 데이터 관리 등	
차이점	• 실험·연구 중심의 자동화 - 정확성 및 일관성 측면에서 기능 단위 소규모 투자 * 일부 실험 자동화를 통해서도 인간과 협업하여 효율 달성 가능	• 제조·생산 중심의 자동화 - 생산성 및 효율성 측면에서 라인 단위 대규모 투자 * 라인 전체 자동화가 되어야 효율 달성 가능

※ 자료 : 브릴리어트시스템즈, 스마트랩의 개념과 발전 방향, 2024.06.25.; SAP, What is a smart factory??)

- (셀프드라이빙랩) 스마트랩은 다양한 첨단기술을 활용하여 실험실의 모든 과정을 자동화하고 통합 관리하는 시스템을 의미하며, 셀프드라이빙랩은 그중에서도 특히 AI와 로봇 공학을 활용하여 실험을 자동화하고 최적화하는 특정한 형태의 스마트랩 의미

* 셀프드라이빙랩은 스마트랩의 한 유형으로 스마트랩의 하위개념으로 볼 수 있으며, 셀프드라이빙랩에 적용된 기술은 스마트랩의 다양한 기술 중 하나

구분	스마트랩	셀프드라이빙랩
정의	• IoT, AI, 빅데이터 등을 활용하여 실험실의 모든 과정을 자동화하고 통합 관리하는 시스템	• AI와 로봇을 활용해 실험을 자동화하고 최적화하는 연구 환경
주요 특징	• 실험실 자동화 시스템(LAS) • 실험실 정보관리 시스템(LIMS)	• AI 기반 실험 설계 • 로봇 자동화
기술 적용 방식	• IoT와 데이터 관리 시스템을 통해 실험실 전체 통합 관리	• AI와 로봇을 중심으로 실험 자동화
적용 분야	• 생명과학, 화학, 물리학 등 다양한 연구 분야	• 주로 소재 과학 분야
목표	• 실험의 정밀성과 효율성 향상	• 새로운 물질 개발과 특성화

※ 자료 : CSIS, Self-Driving Labs: AI and Robotics Accelerating Materials Innovation, 2024.01.05.에서 재구성

- (실험실자동화) 범위, 기술 수준, 데이터 관리, 연결성, 적응성, 사용자 상호작용 측면에서 스마트랩이 실험실자동화보다 더 포괄적이고 진보된 개념

구분	스마트랩	실험실자동화
범위	• 전체 실험실 환경의 통합적인 디지털화와 자동화를 목표	• 주로 특정 실험 과정이나 장비의 자동화에 중점
기술 수준	• IoT, AI, 빅데이터 등 첨단 기술을 활용하여 더 복잡한 작업과 의사결정을 지원	• 기계적 자동화와 기본적인 데이터 수집에 초점
데이터 관리	• 실험실 전체의 데이터를 통합 관리하고, 고급 분석을 수행	• 주로 개별 장비나 프로세스의 데이터를 관리
연결성	• 다양한 장비와 시스템 간의 연결성을 강조하며, 클라우드 기반 솔루션을 활용	• 일반적으로 독립적인 시스템으로 운영
적응성	• 실시간 데이터를 기반으로 유연한 대응과 최적화가 가능화	• 미리 정의된 작업을 수행하는 데 최적화
사용자 상호작용	• 사용자 경험을 개선하고, 원격 모니터링 및 제어 기능을 제공	• 주로 특정 작업의 자동화로 인한 효율성 향상에 중점

※ 자료 : Automata, What is Lab Automation?; labbit, What Is Lab Automation & Why Should You Leverage It?, 2024.09.20.에서 재구성

- (AI 자율실험실) 최근 한국 산업통상자원부가 추진하는 AI 자율실험실은 AI와 로봇공학을 활용해 실험을 자동화하고 데이터를 실시간 분석하여 실험계획을 스스로 변경·수행할 수 있는 실험실을 의미하며 셀프드라이빙랩과 유사한 개념

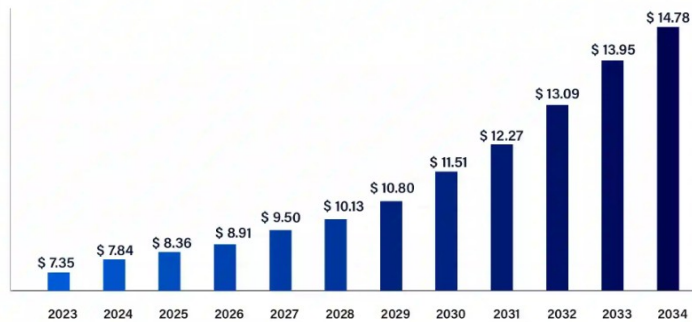
7) <https://www.sap.com/products/scm/what-is-a-smart-factory.html#:~:text=An%20interconnected%20network%20of%20machines,and%20learn%20as%20it%20goes.>

2. 글로벌 스마트랩 시장동향

- 글로벌 스마트랩 시장은 '20년 41억 달러에서 연평균 5.30%(CAGR) 성장해 '30년 68.4억 달러 규모에 도달할 전망⁸⁾
 - 최근 디지털 기술 등 신기술의 급속한 발전에 힘입어 장치, 소프트웨어 시스템, 프로세스 및 데이터 베이스를 서로 네트워크로 연결하여 워크플로, 리소스 관리 및 협업을 보다 쉽고 안전하고 효율적으로 수행할 수 있게 되면서 스마트랩이 빠르게 성장⁹⁾
- 글로벌 실험실자동화 시장 규모는 '24년 78억 4천만 달러로 '34년까지 연평균 6.55%(CAGR) 성장하여 약 147억 8천만 달러에 도달할 것으로 예상¹⁰⁾

[실험실자동화 글로벌 시장 추정규모]

(단위 : 십억 달러)



※ 자료 : Precedence Research, Lab Automation Market Size, Share and Trends 2024 to 2034, 2023.02.

- 실험실자동화 시장 확대요인은 아래와 같이 크게 세 가지로 정리할 수 있음
 - (확대요인 ①) 신기술의 발전으로 대규모 데이터 수집이 가능해진 반면, '데이터 호수(Data Lake)' 문제가 발생하면서 이를 해결하기 위한 데이터 맥락 자동화(Automated Contextualization) 소프트웨어에 대한 수요가 증가
 - * 데이터 호수는 맥락 없이 수집된 대량의 데이터로, 의미를 부여하기 어려운 상태를 의미
 - (확대요인 ②) 실험실들은 물리적 공간 비용 증가로 인해 모듈식 자동화 기술을 채택하고 있으며, 유연성을 높이고 새로운 기술 수용을 용이하게 하는 공간이 발전하면서 공간의 효율적 활용과 운영 비용 절감을 가능하게 할 전망

8) Prophecy Market Insights, Global Smart Lab Market Overview, 2024.05.

9) Roche, Advances in digital technology mean point of care testing and smart labs are more connected than ever, 2023.07.24.

10) Precedence Research, Lab Automation Market Size, Share and Trends 2024 to 2034, 2023.02.; AZO Life Sciences, Global Market Report: Laboratory Automation, 2022.10.28.

- (핵대요인 ③) 실험절차 최소화에 대한 수요 증가에 따라 이를 충족할 수 있는 새로운 자동화 시스템 및 워크스테이션에 대한 많은 연구 프로젝트들이 추진되면서 실험실 자동화에 대한 수요가 한층 증가

- 글로벌 실험실자동화 시장에서는 Thermo Fisher Scientific(미국), Danaher Corporation(미국), PerkinElmer(미국), Agilent Technologies(미국), F. Hoffmann-La Roche(스위스), Tecan Group(스위스) 등 주요 기업들이 장비와 솔루션 제공

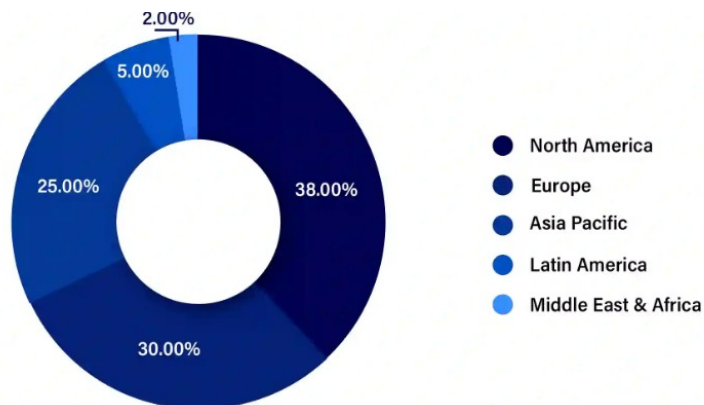
회사명	제품 적용 사례
Thermo Fisher Scientific (미국)	<ul style="list-style-type: none"> • 세포 치료 제조 워크플로 자동화를 위한 업계 최초의 상용 검증 소프트웨어 솔루션 공개¹¹⁾ • 샘플 준비, 액체 취급 및 스크리닝을 위한 로봇 시스템, 생물 처리 및 약물 발견을 위한 로봇자동화시스템, 생명 과학 연구를 위한 통합 자동화 솔루션, 실험실 데이터 관리를 위한 소프트웨어 솔루션 공급
Danaher Corporation (미국)	<ul style="list-style-type: none"> • 정밀의학 개발을 혁신하기 위한 2개의 진단 분야 신규 혁신 센터 발표¹²⁾
PerkinElmer (미국)	<ul style="list-style-type: none"> • 자동 액체 핸들러, 로봇 워크스테이션, 마이크로플레이트 리더, 실험실 데이터 관리를 위한 소프트웨어 솔루션 공급
Agilent Technologies (미국)	<ul style="list-style-type: none"> • 사용자의 수동 개입 부담을 줄이기 위해 MassHunter 12 소프트웨어의 일부로 Intelligent Reflex 워크플로 도입¹³⁾ • 액체 취급 솔루션, 자동화된 샘플 준비 시스템, 로봇 시스템, 실험실 데이터 관리를 위한 소프트웨어 솔루션을 제공
Hamilton Company (미국)	<ul style="list-style-type: none"> • 로봇 워크스테이션, 자동 액체 핸들러, 마이크로플레이트 리더(microplate readers), 실험실 데이터 관리를 위한 소프트웨어 솔루션을 제공¹⁴⁾
Hudson Robotics (미국)	<ul style="list-style-type: none"> • 표준 실험실자동화 시스템이나 맞춤형 통합 프로젝트를 통해 과학 연구 가속화 지원¹⁵⁾
F. Hoffmann -La Roche (스위스)	<ul style="list-style-type: none"> • 로슈의 새로운 클라우드 기반 플랫폼 Cobas infinity edge는 환자 검사 결과, 의료 기록 및 타사 애플리케이션을 연결하여 전문가의 장소, 환경, 시간의 구애를 받지 않는 환자 건강 모니터링, 치료 프로토콜 조정, 데이터에 기반한 환자 치료 의사결정 결정 지원¹⁶⁾
Tecan Group (스위스)	<ul style="list-style-type: none"> • 액체 취급 시스템, 자동 샘플 준비 시스템, 마이크로플레이트 리더(microplate readers), 실험실 데이터 관리를 위한 소프트웨어 솔루션 제공
BMG LABTECH (독일)	<ul style="list-style-type: none"> • 혁신적이고 고품질이며 신뢰할 수 있는 마이크로플레이트 리더 장비를 생산하는 세계적인 제조업체¹⁷⁾
Eppendorf (독일)	<ul style="list-style-type: none"> • 디지털 랩 관리를 위한 스마트 소프트웨어 공급¹⁸⁾
Siemens Healthcare (독일)	<ul style="list-style-type: none"> • Siemens Healthineers의 자동화 포트폴리오는 진단의 가장 중요한 기능을 자동화하는 맞춤형 시스템을 제공¹⁹⁾
QIAGEN (독일)	<ul style="list-style-type: none"> • QIAcuity Digital PCR 시스템은 단일 마이크로플레이트에서 각각 8,500개의 파티션을 포함하는 최대 96개의 웰(wells) 처리²⁰⁾
Aurora Biomed (캐나다)	<ul style="list-style-type: none"> • 헬스케어, 제약, 바이오테크, 농업, 식품과학, 포렌식 분야에서 적용가능한 액체처리 시스템 관련 실험실 자동화 솔루션 제공²¹⁾

※ 자료 : Parmiweb, Advances in Robotics and Artificial Intelligence Fuel Growth of Lab Automation Market, 2023.03.27.

11) BioSpace, Thermo Fisher Scientific Unveils Industry’s First Off-the-Shelf Validated Software Solution to Automate Cell Therapy Manufacturing Workflows, 2024.01.17.
 12) Danaher, Danaher Announces Two New Centers of Innovation in Diagnostics to Transform Precision Medicine Development, 2024.07.17.
 13) SelectScience, How instrument intelligence and automation are revolutionizing mass spectrometry, 2023.05.08.
 14) Hamilton Company 홈페이지, <https://www.hamiltoncompany.com/>
 15) Hudson Robotics 홈페이지, <https://hudsonrobotics.com/>
 16) GlobaNewswire, Roche introduces cobas infinity edge, a new open digital ecosystem for point of care professionals, driving improved patient outcomes and operational efficiencies in healthcare, 2022.01.11.

- '23년 지역별 실험실자동화 시장을 살펴보면, 북미 지역이 실험실 기술 및 생명과학 분야 발전에 힘입어 가장 높은 매출 점유율(약 38%)을 기록
 - 북미 지역은 연구 기관, 의료 시설, 제약 회사, 생명 공학 회사, 임상 실험실을 포괄하는 양질의 실험실자동화 인프라를 갖추고 있으며, 생산성, 정확성 및 효율성을 향상을 목적으로 한 실험실자동화 솔루션 사용 확대 중
 - * 미국 실험실자동화 시장 규모는 '23년 19.6억 달러로 '33년까지 연평균 7%(GACR)씩 성장해 약 39.7억 달러에 이를 전망
 - 아시아 태평양 지역은 글로벌 과학 연구, 제약, 생명공학 및 의료 분야에서 높은 성장을 기록, 전체 매출 점유율 약 25% 기록
 - * 아시아 태평양 지역은 약물 발견, 개발 및 생산에 많은 투자를 하는 제약산업 성장을 특징으로 하고 있으며, 프로세스를 간소화하고 연구 효율성을 높이기 위해 실험실자동화 시스템을 도입하는 경우가 증가

['23년 지역별 실험실자동화 시장 규모]



※ 자료 : Precedence Research, Lab Automation Market Size, Share and Trends 2024 to 2034, 2023.02.

17) BMG LABTECH 홈페이지, <https://www.bmglabtech.com/>
 18) Eppendorf 홈페이지, <https://www.eppendorf.com>
 19) Siemens Healthcare, <https://www.siemens-healthineers.com/laboratory-automation>
 20) GEN, Laboratory Automation Leverages Artificial Intelligence, 2024.01.12.
 21) Aurora Biomed 홈페이지, <https://www.aurorabiomed.com/>

3. 주요국 스마트랩 정책동향

- (미국) 연방정부 주도의 통합적인 ‘스마트랩’ 정책을 명시적으로 제시하고 있지는 않지만, ▲국립연구소 현대화²²⁾ ▲클라우드 기반 연구 환경 구축 ▲AI 및 머신러닝 활용 실험 설계 및 데이터 분석 기술 개발 지원 등 다양한 이니셔티브를 통해 연구소의 디지털화와 효율화 추진
 - 이러한 정책들은 연방정부 차원의 지원과 각 연구 기관의 자체적인 노력이 결합되어 추진되고 있으며, 중앙집중적인 정책보다는 각 분야와 기관의 특성에 맞는 유연한 접근 채택
- (독일) 독일 정부 스마트 제조 혁신 정책은 인더스트리 4.0(Industrie 4.0)을 중심으로 진행되고 있으며, 제조업의 디지털 전환 가속화와 첨단기술 기반 생산성 제고를 목표로 설정²³⁾
 - 인더스트리 4.0의 한 분야인 Lab 4.0은 지능형 기술로의 전환, 디지털화 및 자동화 기술 도입을 통해 실험실 프로세스를 개선하는 내용을 포함²⁴⁾
- (영국) 영국 정부는 ▲셀프드라이빙랩 구축 ▲과학연구 자동화 ▲협력과 공유를 목표로 혁신적인 연구 환경을 조성할 기반으로 과학 및 기술 발전 촉진
 - (셀프드라이빙랩 구축) 연구자들이 원격으로 실험을 설계하고 실행할 수 있는 환경을 제공하여 연구 효율성 극대화
 - * 영국 Liverpool 대학 연구원은 '20년 모바일 플랫폼 로봇 팔을 사용하여 10가지 설계 매개변수에 걸쳐 촉매를 합성·검색하여 8일 동안 688개의 실험을 완전히 자율적으로 수행, 기준선보다 6배 더 나은 화학 제형 식별²⁵⁾
 - (과학연구 자동화) AI와 로봇 기술을 활용하여 실험 과정을 자동화하고, 데이터 분석을 통해 더 빠르고 정확한 연구 결과 도출
 - * 영국 정부는 셀프드라이빙랩과 과학연구 자동화에 6천만 파운드를 투자할 계획이며, 이 투자에는 리버풀 대학의 AI for Chemistry Hub(AIChem)에 1천 2백만 파운드를 포함하여, 다양한 스마트랩 프로젝트 포함
- (일본) 일본 정부는 ‘Society 5.0’ 이라는 비전 아래 디지털 전환을 통한 사회 혁신을 추진하고 있으며, 이 맥락에서 스마트랩(Smart Lab) 정책도 중요한 부분을 차지²⁶⁾
 - AI와 로봇 기술을 활용해 실험 자동화 및 데이터 분석 고도화와 가상 실험 환경을 통해 비용 절감 및 안전성 향상 등에 초점을 맞추고 있으며, 대학, 국립연구소, 민간 기업의 R&D 부서 등을 대상으로 스마트랩 추진

22) T&D World, DOE Announces \$38 Million for National Labs Grid R&D, 2023.04.26.

23) BMWK, Industrie 4.0 홈페이지

<https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/EN/Industrie40/WhatIsIndustrie40/what-is-industrie40.html>

24) Automata, What is lab 4.0 & digital transformation in the lab?, 2024.11.01. 검색

25) CSIS, Self-Driving Labs: AI and Robotics Accelerating Materials Innovation, 2024.01.05.

26) 과학기술정책연구원, 일본의 스마트제조혁신 정책 분석: 주요 현황과 시사점, 2021.10.

4. 국내 스마트랩 정책동향

- 2024년 10월 17일 발표된 산업통상자원부의 「AI + R&DI 추진전략」에 따르면, AI를 R&D에 도입하여 기술혁신 가속화를 이끄는 것을 주요 골자로 하고 있음²⁷⁾
 - ①AI를 적용한 기술개발을 확산하고(AI+기술개발), ②전 세계 기술·인재를 AI로 탐색하고 연결하며 (AI+개방혁신), ③정부 연구개발(R&D) 기획-평가-성과관리 과정에 AI를 전면 적용하는(AI+연구 행정) 등 3가지 축으로 구성
 - 이를 통해 '30년까지 기술혁신 소요기간과 비용을 30% 이상 절감하고, 사업화 매출을 40% 확대, 정부 연구개발 (R&D)에 참여하는 연구자의 행정부담 50% 경감을 목표로 하고 있음
 - 특히, 투자를 주저하는 기업들을 위해 공동 활용 가능한 자율실험실 10개, 기업 맞춤형 자율실험실 480개, 그리고 최첨단 AI 등대실험실 10개 등 2030년까지 총 500개의 AI 자율실험실을 단계적으로 도입하고 확산할 계획

〈참고문헌〉

- Aurora Biomed 홈페이지, <https://www.aurorabiomed.com/>
- Automata, What is Lab Automation?: labbit, What Is Lab Automation & Why Should You Leverage It?, 2024.09.20.
- AZO Life Sciences, Global Market Report: Laboratory Automation, 2022.10.28.
- BioSpace, Thermo Fisher Scientific Unveils Industry's First Off-the-Shelf Validated Software Solution to Automate Cell Therapy Manufacturing Workflows, 2024.01.17.
- BMG LABTECH 홈페이지, <https://www.bmglabtech.com/>
- BMWK, Industrie 4.0 홈페이지
<https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/EN/Industrie40/WhatIsIndustrie40/what-is-industrie40.html>
- Danaher, Danaher Announces Two New Centers of Innovation in Diagnostics to Transform Precision Medicine Development, 2024.07.17.
- Eppendorf 홈페이지, <https://www.eppendorf.com>
- GEN, Laboratory Automation Leverages Artificial Intelligence, 2024.01.12.
- GlobaNewswire, Roche introduces cobas infinity edge, a new open digital ecosystem for point of care professionals, driving improved patient outcomes and operational efficiencies in healthcare, 2022.01.11.
- Hamilton Company 홈페이지, <https://www.hamiltoncompany.com/>

27) 산업통상자원부, 인공지능(AI)과 데이터로 산업기술혁신 가속화, 2024.10.17.

- Hudson Robotics 홈페이지, <https://hudsonrobotics.com/>
- News Medical Life Sciences, The past, present and future of automation and digitalization in the life sciences laboratory, 2023.12.05.
- Parmiweb, Advances in Robotics and Artificial Intelligence Fuel Growth of Lab Automation Market, 2023.03.27.
- Plattform-i40, The background to Plattform Industrie 4.0, <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/EN/ThePlatform/Background/background.html>
- Plattform-i40, 2030 Vision for Industrie 4.0, <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/EN/Industrie40/Vision/vision.html>
- Precedence Research, Lab Automation Market Size, Share and Trends 2024 to 2034, 2023.02.
- Prophecy Market Insights, Global Smart Lab Market Overview, 2024.05.
- Roche, Advances in digital technology mean point of care testing and smart labs are more connected than ever, 2023.07.24.
- SAP, What is a smart factory? <https://www.sap.com/products/scm/what-is-a-smart-factory.html#:~:text=An%20interconnected%20network%20of%20machines,and%20learn%20as%20it%20goes.>
- Scientific Computing World, The smart laboratory, <https://www.scientific-computing.com/BASL2018/the-smart-laboratory>
- SelectScience, How instrument intelligence and automation are revolutionizing mass spectrometry, 2023.05.08.
- Siemens Healthcare, <https://www.siemens-healthineers.com/laboratory-automation>
- World Economic Forum, How AI, robotics and automation will reshape the diagnostic lab of the future, 2024.05.28.
- World Economic Forum, What are self-driving labs and how are they transforming the chemical industry?, 2024.01.04.
- Yahoo!finance, Smart Lab Market Soars as Researchers Embrace Automation and Connectivity – By PMI, 2023.11.14.
- 과학기술정책연구원, 일본의 스마트제조혁신 정책 분석: 주요 현황과 시사점, 2021.10.
- 김영수, 스마트 랩 개념과 도입 사례, 한국태양광발전학회지 제7권 제1호, pp.27~32, 2021.04.
- 브릴리어트시스템즈, 스마트랩의 개념과 발전 방향, 2024.06.25.

※ 한국산업기술진흥원 산업기술정책단 정책기획실 이재진 선임연구원 / doublej@kiat.or.kr
 ※ 본 자료에 수록된 내용은 작성자의 개인 의견으로 기관의 공식 견해가 아님을 밝힙니다.