

매립가스 발전 모니터링 시스템 -  
제1부: 일반 요구사항 및 참조모델

Monitoring System for Landfill Gas Power  
Generation – Part 1: General Requirements  
and Reference Model

표준초안 검토 위원회    디지털 융합 K-ESG 혁신 표준화 포럼 표준분과위원회  
표준안 심의 위원회    디지털 융합 K-ESG 혁신 표준화 포럼 총회

|           | 성명  | 소 속             | 직위 | 위원회 및 직위 |
|-----------|-----|-----------------|----|----------|
| 표준(과제) 제안 | 김명일 | 한국과학기술<br>정보연구원 | 책임 | 표준분과장    |
|           | 정진혁 | Synergy         | 상무 | 표준분과 위원  |
| 표준 초안 에디터 | 정진혁 | Synergy         | 상무 | 표준분과 위원  |
| 사무국 담당    | 최진철 | (재)천안과학산업진흥원    | 팀장 | 간사       |

본 문서에 대한 저작권은 CISTEP에 있으며, CISTEP과 사전 협의 없이 이 문서의 전체 또는 일부를 상업적 목적으로 복제 또는 배포해서는 안 됩니다.

발행인 : 디지털 융합 K-ESG 혁신 표준화 포럼 의장  
발행처 : 천안과학산업진흥원, 디지털 융합 K-ESG 혁신 표준화 포럼  
31035, 충남 천안시 서북구 직산읍 직산로 110  
Tel : 041-588-9161, Fax : 041-588-8827  
발행일 : 2025.09.03.

# 서 문

## 1 표준의 목적

이 표준의 목적은 매립가스 발전 시설의 모니터링 시스템에 대하여 일반 요구사항 및 참조모델을 제시하여 필요한 시스템 구성과 기능 요구 사항을 명확히 정의하는 데 목적이 있다. 매립가스 발전은 매립지에서 발생하는 메탄가스를 활용해 전기를 생산하는 친환경 기술이다. 이는 환경오염을 줄이고 동시에 신재생에너지를 확보하는 일석이조의 효과를 가져온다. 그러나 이러한 시설은 가스 포집 효율, 발전 설비의 안정성, 그리고 엄격한 환경 규제 준수 등 여러 요인에 의해 운영 성과가 좌우된다. 따라서 매립가스 발전 시설의 운용 정보를 실시간으로 감시하여 효율성과 안전성을 극대화할 수 있는 기반을 마련하는 것이 매우 중요하다.

현재 국내에 설치된 매립가스 발전 설비는 제조사가 다양하고, 매립지의 특성, 설비 구성, 규모, 설치 위치 등 여러 면에서 상이하다. 이러한 현실적인 문제점을 해결하기 위해 매립가스 발전 시설의 운용 정보를 효과적으로 수집하고 감시하며, 이를 종합적으로 관리할 수 있는 모니터링 시스템의 필요하다.

따라서 본 표준은 매립가스 발전 모니터링 시스템이 갖춰야 할 일반 요구 사항, 그 참조모델 등을 정의한다.

## 2 주요 내용 요약

이 표준은 매립가스 발전 모니터링 시스템의 구성 및 기능을 정의하는 일반 요구사항 및 참조모델을 정의한다.

세부적으로 매립가스 발전 모니터링 시스템의 개요, 매립가스 발전 모니터링 시스템의 기능 요구사항, 매립가스 발전 모니터링 시스템의 기능 요소를 포함하는 참조모델을 정의한다.

## 3 인용 표준과의 비교

해당 사항 없음

## Preface

### 1 Purpose

The purpose of this standard is to clearly define the necessary system configuration and functional requirements for an integrated monitoring system for landfill gas power generation facilities by presenting general requirements and a reference model.

Landfill gas (LFG) power generation is an eco-friendly technology that produces electricity using methane gas from landfills. This offers the dual benefit of reducing environmental pollution while securing a source of renewable energy. However, the operational performance of these facilities depends on several factors, including gas collection efficiency, the reliability of power generation equipment, and compliance with strict environmental regulations. Therefore, it is crucial to establish a foundation for maximizing efficiency and safety by monitoring the operational data of LFG power generation facilities in real-time.

Currently, LFG power generation facilities installed in Korea vary in many aspects, such as their manufacturer, landfill characteristics, equipment configuration, scale, and installation site. To address these practical challenges, there is a need for an integrated monitoring system that can effectively collect, monitor, and comprehensively manage the operational data of these diverse facilities.

Therefore, this standard defines the general requirements and reference model for an integrated monitoring system for landfill gas power generation.

### 2 Summary

This standard defines the general requirements and a reference model that specify the configuration and functions of an integrated monitoring system for landfill gas power generation.

Specifically, it defines an overview of the system, its functional requirements, and a reference model that includes its functional elements.

### 3 Relationship to Preference Standards

None

## 목 차

|         |                                  |    |
|---------|----------------------------------|----|
| 1       | 적용 범위 .....                      | 1  |
| 2       | 인용 표준 .....                      | 1  |
| 3       | 용어 정의 .....                      | 1  |
| 4       | 약어 .....                         | 2  |
| 5       | 매립가스 발전 모니터링 시스템 개요 .....        | 2  |
| 5.1     | 매립가스 발전 .....                    | 2  |
| 5.2     | 매립가스 발전 모니터링 시스템 .....           | 3  |
| 6       | 매립가스 발전 모니터링 시스템 일반 요구사항 .....   | 4  |
| 6.1     | 데이터 수집 요구사항 .....                | 4  |
| 6.2     | 데이터 처리 요구사항 .....                | 5  |
| 6.3     | 서비스 요구사항 .....                   | 6  |
| 6.4     | 운용관리 요구사항 .....                  | 7  |
| 7       | 매립가스 발전 모니터링 시스템 참조모델 .....      | 8  |
| 7.1     | 매립가스 발전 모니터링 시스템 참조모델 서비스 .....  | 8  |
| 7.2     | 매립가스 발전 모니터링 시스템 참조모델 구성요소 ..... | 9  |
| 부록 I -1 | 지식재산권 협약서 정보 .....               | 12 |
| I -2    | 시험인증 관련 사항 .....                 | 13 |
| I -3    | 본 표준의 연계(family) 표준 .....        | 14 |
| I -4    | 참고 문헌 .....                      | 15 |
| I -5    | 영문표준 해설서 .....                   | 16 |
| I -6    | 표준의 이력 .....                     | 17 |

# 매립가스 발전 모니터링 시스템

## - 제1부: 일반 요구사항 및 참조모델

### (Monitoring System for Landfill Gas Power Generation -Part 1: General Requirements and Reference Model)

#### 1 적용 범위

이 표준은 매립가스를 활용한 발전 시스템의 효율적이고 안전하며 환경 친화적인 운영을 위한 모니터링 시스템 기능 요소 및 인터페이스를 포함하는 일반 요구사항 및 참조모델에 대하여 정의한다.

매립가스 발전 모니터링 시스템은 매립가스 포집, 전처리, 발전 과정, 그리고 매립지 환경 전반에 걸친 핵심 매개변수의 실시간 감시, 데이터 수집, 처리, 분석 기능을 포함한다. 이를 통해 운영 관리 및 의사결정을 지원하며, 궁극적으로 매립가스 발전 시설의 운영 효율성을 극대화하고, 온실가스 배출을 저감하며, 환경 규제를 준수한다.

#### 2 인용 표준

해당 사항 없음

#### 3 용어 정의

##### 3.1 매립가스(LFG, LandFill Gas)

도시 고형 폐기물(MSW)이 매립지 내 혐기성(산소 없는) 조건에서 자연적으로 분해되면서 발생하는 기체 혼합물. 주로 메탄( $\text{CH}_4$ )과 이산화탄소( $\text{CO}_2$ )로 구성되며, 소량의 비메탄 유기 화합물(NMOCs) 및 기타 무기 화합물을 포함

##### 3.2 매립가스 발전(LFG Power Generation, LandFill Gas Power Generation)

매립지에서 발생하는 매립가스 중 가연성 기체인 메탄을 포집하여 발전의 열원으로 사용함으로써 전력을 생산하는 과정

##### 3.3 혐기 발효(AF, Anaerobic Fermentation)

유기성 폐기물이 산소가 없는 환경에서 미생물에 의해 분해되어 메탄가스를 발생시키는 과정

### 3.4 SCADA (SCADA, Supervisory Control and Data Acquisition)

원격지에 설치된 단말에서 데이터를 수집하고 중앙 감시 센터에 전송하여 현장 상황을 온라인으로 감시 제어하는 시스템. 발전, 송배전 시설, 석유 화학 플랜트, 제철 공정 시설, 공장 자동화 시설 같은 여러 종류의 원격지 시설 장치를 중앙 집중식으로 감시 제어

[출처: TTA 정보통신용어사전]

### 3.5 HMI (Human Machine Interface)

운용자와 상호 작용을 위한 시스템의 일부로 인터페이스는 사용자가 기계, 장치 및 시스템과의 상호 작용에 의한 수단의 집합으로 사용자가 시스템을 제어하기 위한 입력과 시스템에서 사용자에게 정보를 제공하는 출력 수단을 제공

[출처: TTA 정보통신용어사전]

### 3.6 PLC (Programmable Logic Controller)

기존의 각종 릴레이, 타이머, 카운터 등의 기능을 마이크로프로세서를 이용한 프로그램으로 제어될 수 있게 통합시킨 장치

[출처: TTA 정보통신용어사전]

## 4 약어

|     |                                           |
|-----|-------------------------------------------|
| GHG | Greenhouse Gas                            |
| IEC | International Electrotechnical Commission |
| ISA | International Society of Automation       |
| MSW | Municipal Solid Waste                     |
| PLC | Programmable Logic Controller             |
| WRF | Weather Research and Forecasting          |

## 5 매립가스 발전 모니터링 시스템 개요

매립가스 발전은 버려지던 폐기물에서 새로운 가치를 창출하는 대표적인 “폐자원 에너지화” 사례이다. 포집된 매립가스를 활용해 생산된 전력은 전력망에 판매하여 안정적인 수익을 창출할 수 있다. 이는 화석연료 수입을 대체하고 국가 에너지 자립도를 높인다.

또한 온실가스 감축 실적을 탄소배출권으로 인정받아 관련 시장에서 거래할 수 있어 추가적인 경제적 이익을 얻을 수 있다. 이는 기업의 환경, 사회, 지배구조(ESG) 경영을 강화하고, 관련 기술 및 설비 투자 활성화를 유도하여 새로운 시장과 일자리를 창출한다.

### 5.1 매립가스 발전

매립가스 발전은 쓰레기 매립지에서 발생하는 매립지가스, 특히 가연성 기체인 메탄(CH<sub>4</sub>)을 포집하여 발전의 열원으로 사용하는 기술이다. 이는 바이오 에너지의 한 형태로, 유기성 폐기물의 혐기성 분해 과정을 통해 생성되는 가스를 활용하여 전력을 생산한다. 매립가스 발전 과정은 다음과 같은 주요 단계로 이루어진다. 먼저, 유기성 폐기물이 매립지에 매립되면 산소가 고갈된 혐기성 조건에서 미생물에 의해 분해된다. 이 과정에서 메탄과 이산화탄소가

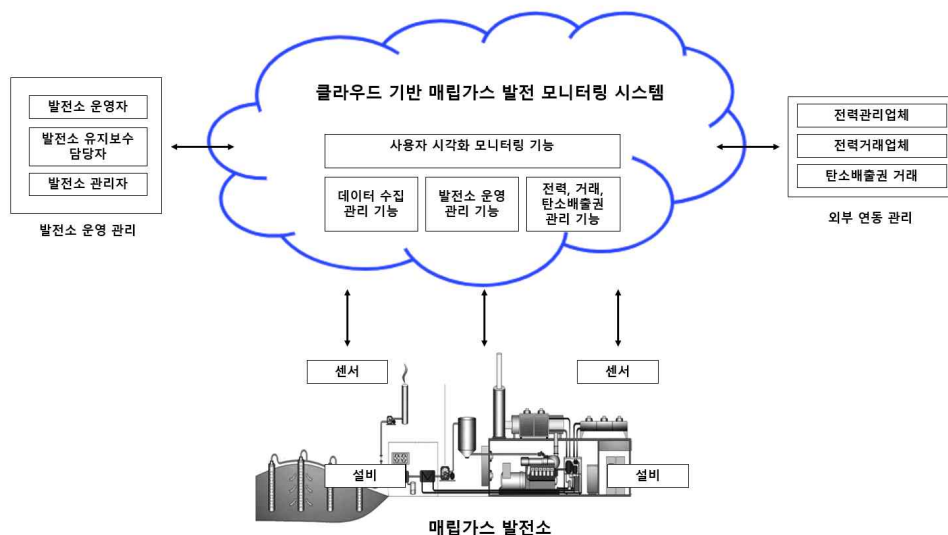
주성분인 매립가스가 발생한다. 발생한 가스는 매립지에 설치된 가스 포집정 또는 수평 파이프 시스템을 통해 수집된다. 포집된 가스는 수분 및 불순물(예: 황화수소)을 제거하는 전처리 과정을 거친다. 이 전처리 과정은 가스의 품질을 향상시키고 발전 설비의 부식을 방지하는 데 필수적이다. 정제된 매립가스는 내연기관, 가스 터빈, 또는 보일러 연료로 사용되어 전력을 생산한다. 생산된 전력은 송전 계통을 통해 전력망으로 공급된다. 매립가스 발전의 주된 목적은 환경 오염을 줄이고 폐기물을 자원으로 재활용하는 것이다. 매립가스, 특히 메탄은 이산화탄소보다 훨씬 강력한 온실가스로, 이를 포집하여 연소시키면 대기 방출을 줄여 온실가스 저감에 기여한다. 또한, 매립지 악취 문제 해결 및 폭발 위험 감소를 통해 주변 환경을 개선하고 안전성을 증대시킨다.

## 5.2 매립가스 발전 모니터링 시스템

매립가스 발전 모니터링 시스템은 매립가스 발전 시설의 효율적이고 안전한 운영을 위해 다양한 모니터링 도구와 기술을 결합한 포괄적인 인프라이다. 이 시스템의 핵심 목적은 실시간 데이터를 기반으로 운영에 대한 통합적인 시야를 제공하고, 문제 발생 시 즉각적인 대응을 가능하게 하며, 규정 준수를 보장하고, 전반적인 운영 효율성을 최적화하는 것이다.

이 시스템은 다중 소스로부터 데이터를 수집하고, 이를 고급 처리 및 통합하여 상호 작용적인 시각화 도구와 예측 및 시나리오 분석 기능을 제공한다. 이를 통해 단순히 현재 상태를 보여주는 것을 넘어, 잠재적인 위험을 조기에 감지하고, 운영 최적화를 위한 심층적인 정보를 제공한다.

이러한 시스템은 매립가스 발전 시설의 운영을 단순한 데이터 표시에서 예측 및 처방적 조치로 전환시키는 데 중요한 역할을 한다. 예를 들어, 매립지 내 가스 발생량, 포집 효율, 발전 설비의 성능 데이터를 실시간으로 연동하여 분석함으로써, 최적의 가스 포집량을 유지하고 발전 효율을 극대화할 수 있다. 또한, 매립지 경계 및 시설 내부의 가스 농도 변화를 지속적으로 감시하여 폭발 위험을 사전에 경고하고, 필요한 경우 자동 또는 수동으로 비상 조치를 취할 수 있도록 지원한다. 이처럼 모니터링 시스템은 매립가스 발전 사업의 환경적, 경제적 이점을 극대화하는 데 필수적인 지능형 관리 도구이다.



(그림 5-1) 매립가스 발전 모니터링 시스템 서비스 구조

이 시스템은 매립가스 포집정, 가스 처리 설비, 주변 환경 등에서 발생하는 메탄(CH<sub>4</sub>), 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 산소(O<sub>2</sub>), 황화수소(H<sub>2</sub>S), 압력, 온도, 유량, 레벨 등의 데이터를 실시간으로 수집하고, SCADA, PLC, HMI 등 기존 제어 시스템과의 연동은 물론 IoT 기술을 활용해 원거리 분산 센서 데이터를 클라우드로 효율적으로 전송한다. 수집된 모든 데이터는 안전하고 확장 가능한 클라우드 서버에 저장되며, 데이터 이력 관리와 메타데이터 관리를 통해 과거 데이터를 손쉽게 조회하고 분석할 수 있다. (그림 5-1)은 매립가스 발전소에서 계측된 데이터를 클라우드 기반 매립가스 발전 모니터링 시스템 서비스 구조를 보여준다. 그림에서와 같이 발전소 내 센서를 기반으로하는 계측기에 측정된 데이터를 클라우드 기반 매립가스 발전 모니터링 시스템에 전달하고 데이터를 기반으로 평가 후 제어 명령을 전달하여 설비들을 제어한다. 제어를 위한 평가는 모니터링 시스템 내 제어 알고리즘을 통하여 관리된다.

데이터 수집 관리 기능, 발전소 운영 관리 기능, 전력, 거래, 탄소배출권 관리 기능 그리고 외부 플랫폼과 연동하는 기능을 수행하고 이를 최적의 UX를 통한 시각화 서비스를 제공하는 기능을 포함한다.

매립가스 발전 모니터링 시스템은 발전소 내외부로 많은 관련 관계자들이 존재하며, 매립가스 발전 모니터링 시스템 내부 운영/관리자와 외부 전력관리, 전력거래 및 탄소배출권 거래 등 외부 연동 관리자로 구분할 수 있다.

## 6 매립가스 발전 모니터링 시스템 일반 요구사항

매립가스 발전 모니터링 시스템 참조 모델은 계층화된 아키텍처를 통해 데이터 수집부터 의사결정 지원에 이르는 전 과정을 체계적으로 관리한다.

### 6.1 데이터 수집 요구사항

데이터 수집은 모니터링 시스템의 핵심 기반이며, 시스템의 효과적인 기능 수행을 위해 포괄적이고 정확해야 한다.

데이터 수집의 포괄성은 시스템의 효과적인 관리를 위한 필수적인 기반을 제공한다. 매립가스 조성뿐만 아니라 매립지 환경 및 발전 설비의 운영 데이터를 통합하여 수집함으로써, 시스템은 단순한 데이터 나열을 넘어선다. 예를 들어, 가스 조성과 매립지 내부 온도를 함께 모니터링하면 매립 폐기물의 안정화 정도를 예측할 수 있다. 이러한 다양한 데이터는 실시간으로 수집되어 운영의 즉각적인 조정을 가능하게 하거나, 장기적인 추세 분석을 위한 기초 자료로 활용된다. 특히 위험성이 높은 환경에서는 센서의 정확성과 신뢰성이 매우 중요하며, 이는 잘못된 경보나 위험 상황 미감지를 방지하는 데 결정적인 역할을 한다.

(표 6-1) 매립가스 발전 모니터링 시스템 데이터 수집 요구사항

| 항목           | 내용                                                                                                                                                                                                                                                                      | 필수/선택 |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 가스 조성 데이터    | 매립가스의 주요 성분인 메탄(CH <sub>4</sub> ), 이산화탄소(CO <sub>2</sub> ), 산소(O <sub>2</sub> ), 황화수소(H <sub>2</sub> S) 및 기타 비메탄 유기 화합물(NMOCs)의 농도를 실시간으로 측정해야 한다. 특히 메탄 농도는 폭발 하한계(LEL) 관리 및 온실가스 배출량 산정에 필수적인 데이터이다. 적외선(IR) 센서, 촉매 센서, 반도체 센서, 레이저 기반 감지기 등 다양한 기술이 메탄 감지에 활용될 수 있다. | 필수    |
| 물리적 매개변수 데이터 | 매립가스의 온도, 압력, 유량 데이터를 지속적으로 수집해야 한다. 이는 가스 밀도 결정 및 발전 효율 분석에 중요하며, 유량 측정기는 정기적인 보수 유지 및 검사 체계를 수립하여 최적의 운영을 보장해야 한다.                                                                                                                                                    | 필수    |
| 매립지 환경 데이터   | 매립지 내부 및 외부의 토양 수분 함량, 온도 데이터를 실시간으로 측정해야 한다. 이는 침출수 누수 탐지 및 매립지 안정화도 평가에 활용된다. 또한, 침출수 및 지하수 수위 모니터링도 포함되어야 한다. 매립지 경계부 및 시설 구조물 내 메탄 농도 모니터링은 안전을 위해 필수적이며, 분기별 또는 그 이상의 빈도로 수행되어야 한다.                                                                                | 선택    |
| 발전 설비 운용 데이터 | 전력망으로 송전된 전력량(MWh), 가스 포집 및 추출 공정과 발전 시설 운영에 필요한 연료 및 전력 사용량, 엔진/터빈의 열적 및 전기적 매개변수(예: 실린더 라이너 온도, 윤활유 온도, 전압, 전류, 주파수, 회전 속도), 냉각 시스템 상태 등을 포함한다.                                                                                                                       | 필수    |
| 위치 기반 데이터    | 시료 채취 지점의 지오로케이션(geolocation) 정보는 정확한 모니터링 및 추적을 위해 중요하며, 바코드화를 통해 수집 과정을 간소화할 수 있다.                                                                                                                                                                                    | 선택    |
| 데이터 수집 빈도    | 중요 안전 및 운영 매개변수는 실시간 또는 준실시간으로 연속적인 모니터링이 필요하며, 가스 이동 감지 등 일부 환경 매개변수는 분기별 또는 월별 등 주기적인 모니터링이 요구된다.                                                                                                                                                                     | 필수    |

## 6.2 데이터 처리 요구사항

수집된 방대한 데이터를 의미 있는 정보로 전환하기 위한 데이터 처리 기능은 모니터링 시스템의 지능적 운영에 필수적이다.

데이터 처리는 단순히 원시 데이터를 저장하는 것을 넘어, 이를 실행 가능한 정보로 전환하는 과정을 의미한다. 이러한 전환은 시스템이 예측 능력을 갖추도록 하며, 이는 운영자가 매립가스 발전 시설을 보다 효과적으로 관리할 수 있도록 한다. 이러한 데이터 기반의 의사결정 지원은 운영 최적화, 유지보수 계획 수립, 환경 규제 준수 등 전반적인 매립가스 발전 사업의 효율성과 안전성을 향상시키는 데 결정적인 역할을 수행한다.

(표 6-2) 매립가스 발전 모니터링 시스템 데이터 처리 요구사항

| 항목              | 내용                                                                                                                                                                                               | 필수/선택 |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 데이터 통합 및 집계     | 여러 매립지 및 다양한 센서로부터 수집된 데이터를 중앙 시스템으로 통합하고 집계할 수 있어야 한다. 이는 분산된 데이터를 하나의 통합된 관점에서 분석할 수 있도록 한다.                                                                                                   | 필수    |
| 데이터 유효성 검증 및 정제 | 수집된 데이터의 정확성과 일관성을 보장하기 위해 유효성 검증 및 정제 과정을 거쳐야 한다. 이는 오류 데이터를 제거하고 분석의 신뢰성을 높인다.                                                                                                                 | 필수    |
| 데이터 분석 및 추세 분석  | 수집된 데이터를 기반으로 시계열 분석, 추세 분석, 성능 지표(KPI) 계산 등을 수행해야 한다. 이를 통해 매립가스 발생량 변화, 발전 효율 추이, 환경 매개변수 변화 등을 파악할 수 있다.                                                                                      | 필수    |
| 이상 감지 및 상관 분석   | 비정상적인 데이터 패턴이나 임계치 초과를 자동으로 감지하고, 여러 매개변수 간의 상관관계를 분석하여 문제의 근본 원인을 식별해야 한다. 예를 들어, 매립가스 유량 감소와 특정 가스 성분 변화의 상관관계를 분석하여 포집 시스템의 막힘을 예측할 수 있다.                                                     | 필수    |
| 계산 및 모델링        | 매립가스 발생량 추정(예: 1차 반응 모델(FOD) 기반 메탄 배출량 산정) 및 매립지 안정화 예측 모델링 과 같은 복잡한 계산 및 모델링 기능을 포함해야 한다. 실시간 기상 데이터와 결합된 WRF-GHG(Weather Research and Forecasting-Greenhouse Gas) 모델링 시스템은 메탄 확산 예측에 활용될 수 있다. | 필수    |

### 6.3 서비스 요구사항

모니터링 시스템은 사용자에게 직관적이고 효율적인 정보 접근 및 상호 작용 기능을 제공해야 한다.

사용자 중심의 설계는 시스템의 효과적인 활용에 결정적인 영향을 미친다. 직관적인 HMI와 실시간 시각화는 운영자가 복잡한 데이터를 쉽게 이해하고 신속하게 대응할 수 있도록 돕는다. 경보 시스템은 단순한 알람을 넘어, 특정 조치를 유발하는 명확하고 실행 가능한 정보를 제공해야 한다. 예를 들어, 위험 농도 초과 시 자동으로 관련 설비를 제어하거나 비상 절차를 안내하는 기능은 안전 관리의 효율성을 크게 높인다. 또한, 규제 준수를 위한 보고서 자동 생성 기능은 투명성을 확보하고 책임 소재를 명확히 하는 데 기여한다. 이러한 서비스 요구사항은 시스템이 단순히 정보를 제공하는 것을 넘어, 실질적인 운영 개선과 안전 확보를 제공한다.

(표 6-3) 매립가스 발전 모니터링 시스템 서비스 요구사항

| 항목              | 내용                                                                                                                                                           | 필수/선택 |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 사용자 인터페이스 (HMI) | 직관적이고 사용자 친화적인 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 제공해야 한다. 다양한 사용자 그룹(운영자, 관리자, 정책 입안자)의 요구사항을 충족시키기 위해 맞춤형 대시보드와 보고서 기능을 제공해야 하며, 다국어 지원이 가능해야 한다.                         | 필수    |
| 실시간 모니터링 표시     | 핵심 매개변수를 실시간으로 시각화된 형태로(대시보드, 그래프, 지도 등) 표시하여 현재 시스템 상태를 한눈에 파악할 수 있도록 해야 한다. 매립지 평면도 또는 지도 기반 시료 채취 지점은 오염 수준에 대한 즉각적인 그래픽 보기를 제공할 수 있다.                    | 필수    |
| 경보 및 알림 시스템     | 사전에 설정된 임계치를 초과하는 경우(예: 메탄 농도 LEL 초과, 발전 설비 이상) 즉각적으로 가시적 및 청각적 경보를 발생 시켜야 한다. 경보 내용은 색상 변경, 팝업, 소리, 깜박이는 불빛 등으로 명확하게 표시되어야 하며, 원격으로 담당자에게 알림을 전송할 수 있어야 한다. | 필수    |
| 보고서 생성          | 정기적 또는 필요에 따라 맞춤형 보고서를 생성할 수 있어야 한다. 여기에는 규제 준수 보고서, 운영 성능 보고서, 환경 영향 보고서 등이 포함된다.                                                                           | 선택    |
| 원격 접속 및 제어      | 인증된 사용자가 유무선 네트워크를 통해 원격지에서 시스템에 접속하여 모니터링하고 필요한 경우 제어할 수 있어야 한다.                                                                                            | 선택    |
| 데이터 내보내기        | 수집된 데이터를 다양한 파일 형식(예: Excel, CSV)으로 내보낼 수 있는 기능을 제공하여 추가적인 분석이나 다른 시스템과의 연동을 용이하게 해야 한다.                                                                     | 선택    |

#### 6.4 운용관리 요구사항

모니터링 시스템은 장기적인 안정성과 효율성을 보장하기 위한 견고한 운용 및 관리 기능을 갖추어야 한다.

운용 관리 요구사항은 시스템의 장기적인 운영 가능성과 무결성을 보장하는 데 중점을 둔다. 매립가스 발전 시설은 중요한 인프라이므로, 사이버 보안 및 물리적 견고성은 시스템의 신뢰성을 유지하는 데 가장 중요한 요소이다. 시스템은 단순히 기능하는 것을 넘어, 지속적인 최적화와 새로운 규제 또는 기술에 대한 적응을 지원해야 한다. 예를 들어, 데이터 기반의 유지보수 예측은 장비의 예상치 못한 고장을 줄이고 운영 비용을 절감하는 데 기여하며, 이는 시스템의 장기적인 가치를 높이는 요소이다.

<표 6-4> 매립가스 발전 모니터링 시스템 운용관리 요구사항

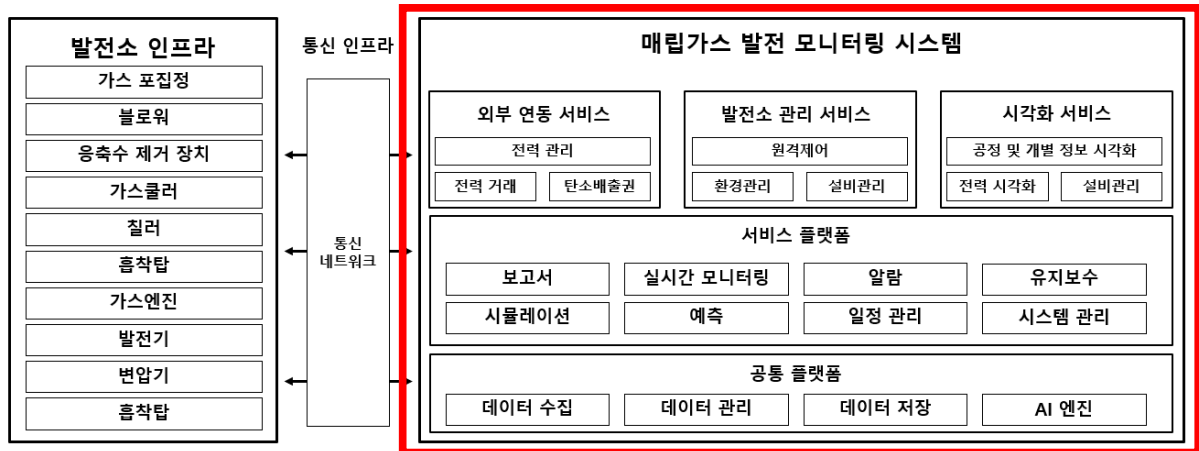
| 항목            | 내용                                                                                                                                                                           | 필수/선택 |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 시스템 신뢰성 및 가용성 | 24시간 365일 안정적으로 작동할 수 있는 높은 신뢰성과 가용성을 보장해야 한다. 이는 이중화(redundancy) 구성 및 견고한 하드웨어 설계를 통해 달성될 수 있으며, 특히 매립가스 발전 시설과 같은 위험한 환경에서도 효과적으로 작동해야 한다.                                 | 필수    |
| 보안            | 산업 제어 시스템(ICS)의 보안은 매우 중요하며, ISA/IEC 62443 표준 시리즈의 지침을 준수하여 사이버 보안 위협으로부터 시스템을 보호해야 한다. 여기에는 접근 제어, 데이터 암호화, 네트워크 보안, 취약점 관리 등이 포함된다. 또한, 물리적 보안 조치도 시스템의 무결성을 보호하는 데 필수적이다. | 필수    |
| 교정 및 유지보수     | 모든 센서 및 측정 장비는 정기적인 교정(calibration)을 통해 측정 정확도를 유지해야 한다. 시스템 구성 요소에 대한 예방적 유지보수 계획을 수립하고 이행하여 장비 고장을 최소화하고 수명을 연장해야 한다.                                                      | 필수    |
| 데이터 아카이빙 및 백업 | 수집된 모든 데이터는 장기간 보관될 수 있도록 체계적으로 아카이빙되고 정기적으로 백업되어야 한다. 이는 과거 데이터 분석, 규제 준수 증명 및 재난 복구에 필수적이다.                                                                                | 필수    |
| 확장성 및 유연성     | 매립지 규모의 변화, 폐기물 특성 변화, 기술 발전 등 미래의 변화에 유연하게 대응하고 시스템을 확장할 수 있어야 한다. 새로운 센서나 분석 모듈을 쉽게 통합할 수 있는 아키텍처를 갖추어야 한다.                                                                | 선택    |
| 규정 준수 관리      | 관련 환경 규제(예: 메탄 농도 LEL 한계, 보고 빈도)를 자동으로 모니터링하고, 규정 위반 시 즉각적인 경보 및 보고 기능을 제공해야 한다. 이는 법적 준수 및 벌금 회피에 기여한다.                                                                     | 필수    |

## 7 매립가스 발전 모니터링 시스템 참조모델

매립가스 발전 모니터링 시스템은 클라우드 기반으로 구축 및 운영되며 요소별 상호 호환적인 기능 구현을 통해 운영된다.

### 7.1 매립가스 발전 모니터링 시스템 참조모델 서비스

매립가스 발전 모니터링 시스템은 대시보드, 실시간 모니터링, 알람, 원격제어, 데이터 분석, 보고서 생성, 시스템 관리, 데이터 저장 및 이력관, 보안 관리 등의 서비스를 제공한다.



(그림 7-1) 매립가스 발전 모니터링 시스템 서비스 참조모델

## 7.2 매립가스 발전 모니터링 시스템 참조모델 구성요소

구성요소는 계층별로 나누어지며 공통 플랫폼, 서비스 플랫폼, 외부 연동 서비스, 발전소 관리 서비스 및 시각화 서비스로 이루어진다.

### 7.2.1 공통 플랫폼

발전소 인프라의 데이터를 수집부터 저장, AI기반 예측까지 전 과정을 통합 관리하는 핵심 기반 시스템.

#### 7.2.1.1 데이터 수집

발전소 운영에 필요한 다양한 종류의 데이터를 실시간으로 취합하여 시스템으로 전송하는 단계.

#### 7.2.1.2 데이터 관리

수집된 데이터를 분석에 적합하도록 불필요한 정보를 제거하고 일관된 형태로 정제 및 가공하는 과정.

#### 7.2.1.3 데이터 저장

정제 및 처리된 데이터를 AI 학습과 분석에 활용할 수 있도록 안전하고 효율적으로 보관하는 기능.

### 7.2.2. 서비스 플랫폼

분석된 데이터를 기반으로 사용자가 발전소 현황을 모니터링하고 운영을 최적화할 수 있도록 지원하는 응용 서비스의 집합.

#### 7.2.2.1 보고서

시스템의 운영 현황과 성과를 정기적으로 요약하여 제공하는 문서 자동 생성 기능.

#### 7.2.2.2 실시간 모니터링

발전소의 현재 상태와 주요 지표를 시각적인 형태로 즉시 확인할 수 있는 화면.

#### 7.2.2.3 알람

시스템에 이상 상황이나 정해진 기준치를 벗어나는 이벤트 발생 시 즉시 관리자에게 알리는 기능.

#### 7.2.2.4 유지보수

설비의 점검, 수리, 교체 이력을 체계적으로 관리하여 발전소의 안정적인 운영을 지원.

#### 7.2.2.5 시뮬레이션

다양한 운영 시나리오를 가상으로 실행하여 최적의 발전소 운영 조건을 찾는 기능.

#### 7.2.2.6 예측

AI 엔진의 분석 결과를 바탕으로 미래의 발전량과 수익 등을 미리 예측하여 보여줌.

#### 7.2.2.7 일정 관리

발전소 운영과 관련된 정비, 점검 등의 주요 일정을 등록하고 관리하는 기능.

#### 7.2.2.8 시스템 관리

사용자 계정, 권한 설정 등 모니터링 시스템 자체의 운영을 위한 관리 기능.

### 7.2.3. 외부 연동 서비스

발전소의 상업적 운영과 부가 가치 창출을 위해 전력거래소, 탄소배출권 시장 등 외부 기관의 시스템과 데이터를 연동하는 기능의 집합.

#### 7.2.3.1 전력 관리

생산된 전력 정보를 전력거래소와 같은 외부 기관 시스템으로 전송하여 전력망을 효율적으로 관리.

#### 7.2.3.2 전력 거래

전력거래소 시스템과 연계하여 생산한 전력을 시장에서 판매하고 정산하는 과정을 지원.

#### 7.2.3.3 탄소배출권

신재생에너지 공급인증(REC) 및 온실가스 감축을 통해 확보한 탄소배출권을 외부 거래 시스템에 등록하고 판매할 수 있도록 연계.

#### 7.2.4. 발전소 관리 서비스

원격제어, 환경 및 설비의 체계적인 관리를 통해 발전소 현장의 안정성과 운영 효율을 직접적으로 확보하는 기능.

##### 7.2.4.1 원격 제어

관리자가 현장에 없어도 중앙 관제실이나 원격지에서 발전소의 주요 설비를 직접 제어하고 운영하는 기술.

##### 7.2.4.2 환경 관리

발전소 운영으로 발생하는 대기오염 물질이나 소음 등 환경 관련 데이터를 측정하고 법적 기준치를 준수하도록 관리.

##### 7.2.4.3 설비 관리

발전소 내 모든 설비의 이력, 상태, 점검 주기를 체계적으로 기록하고 관리하여 자산의 수명을 극대화함.

#### 7.2.5. 시각화 서비스

발전소의 복잡한 운영 데이터와 상태 정보를 직관적인 차트, 그래프, 다이어그램으로 표현하여 신속한 상황 판단을 지원하는 기능의 집합.

##### 7.2.5.1 공정 및 개별 정보 시각화

전체 발전 과정과 개별 설비의 운전 상태를 한눈에 파악할 수 있도록 도식이나 그래프로 보여주는 기능.

##### 7.2.5.2 전력 시각화

실시간 발전량, 판매량, 수익 등의 전력 데이터를 차트 형태로 시각화하여 직관적인 분석을 지원.

##### 7.2.5.3 설비 관리

발전소 내 설비들의 배치, 상태, 정비 이력 정보를 도면이나 대시보드 위에서 시각적으로 표현하여 관리 효율을 높임.

## 부 록 1-1

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

### 지식재산권 확약서 정보

아래에 기재된 지식재산권 확약서 이외에도 본 표준이 발간된 후 접수된 확약서가 있을 수 있으니, 디지털 융합 K-ESG 혁신 표준화 포럼 웹사이트에서 확인하시기 바랍니다.

해당 사항 없음.

## 부 록 1-2

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

### 시험인증 관련 사항

해당 사항 없음.

## 부 록 I-3

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

### 본 표준의 연계(family) 표준

I-3.1 ESGTVS-1-2025-05-R1-V1.0, 매립가스 발전 모니터링 시스템 - 제2부: 데이터 모델

## 부 록 I-4

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

### 참고 문헌

아래 기재된 참고 문헌의 발간일이 기재된 경우, 해당 표준(문서)의 해당 버전에 대해서만 유효하며, 연도를 표시하지 않은 경우에는 해당 표준(권고)의 최신 버전을 따른다.

해당 사항 없음.

## 부 록 1-5

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

### 영문표준 해설서

해당 사항 없음.

부 록 1-6

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

표준의 이력

| 판수  | 채택일         | 표준번호                           | 내용                                           | 담당 위원회  |
|-----|-------------|--------------------------------|----------------------------------------------|---------|
| 제1판 | 2025.09.03. | 제정<br>ESGTVS-1-2025-04-R1-V1.0 | 매립가스 발전 모니터링<br>시스템 - 제1부: 일반<br>요구사항 및 참조모델 | 표준분과위원회 |
|     |             |                                |                                              |         |
|     |             |                                |                                              |         |