META PIER · GWANGYANG SAPO-1 TANKER OPTIMIZATION

# 광양항 사포1부두(1선석×3사 공유) AI 선석·하역 최적화 해설서

단일 탱커선석 3개사 공유 병목 해소 · 육상 저장탱크 여유분(Ullage) · 긴급 화종 · 9-Gate 기반 MILP V3 수리최적화

| 물리 선석 제원 | 공동 소유 구조 | 실측 대기 (41항차) | 최적화 알고리즘 |
|---|---|---|---|
| 1선석 (319m·120K) | 3개사 (50:31:19) | 1,433.1h (Max 271h) | 9-Gate + MILP V3 |

## 01. 왜 사포1부두는 일반 부두보다 선박 대기가 유독 많이 발생하는가?

광양항 사포1부두(안벽 319m, 수심 15.7m, 최대 120,000 DWT)는 **선석이 단 1개뿐인데 소유·사용권이 3개 석유화학사로 분할**되어 있습니다. 실측 47항차 분석 결과 상위 10%(P90) 대기가 67.14시간, 최장 대기가 271.0시간(11.3일)에 달하며 단순 도착순(FCFS) 배정이 실패하는 핵심 원인은 4가지입니다:

- ① **육상 저장탱크 여유분(Ullage) 제약:** 선석이 비어 있어도 해당 화주의 지정 육상 탱크(50,000 KL급 납사 탱크 등)가 차 있으면 공장 인출(Transfer)로 여유 공간이 확보될 때까지 접안·하역이 불가능합니다.
- ② **소유권 지분 및 최대 허용 대기시간 충돌:** 3사별 지분율(50:31:19)과 최대 대기 상한(30h/18h/12h)이 달라 수기 조율 시 대기 지연이 연쇄 증폭됩니다.
- ③ **화종별 배관(Pipeline) 호환 및 세척(Pigging):** 납사·가성소다·알킬레이트·MTBE 등 이종 케미컬 전환 시 배관 세척 시간이 추가됩니다.
- ④ **긴급 원료(Urgent Feedstock) 우선 배정:** 공장 재고 고갈 임박 화종은 도착 순서와 무관하게 우선 투입해야 셧다운을 방지할 수 있습니다.

## 02. 9-Gate 준비성 검증 및 3단계 사전식 MILP V3 최적화 원리

**최초 실행가능 접안시각:** `Start_i ≥ MAX(ETA_i, G1_정적용량, G2_탱크해제, G3_탱크배정, G4_배관호환, G5_배관세척완료, G6_단일선석비충돌, G7_해상도선, G8_상업조건, G9_3사규칙)`
**3단계 목적함수(Lexicographic MILP V3):** 1차 긴급화종 지연 및 총 체선료(Demurrage) 최소화 → 2차 총 대기시간 최소화 → 3차 3사 최대 대기상한(30h/18h/12h) 준수 및 지분 공정성 달성

## 03. 홍보용 디지털 트윈 4대 스테이지 시연 가이드

**Stage 01 · 1-Berth × 3-Owners Bottleneck & Quota (3사 공유 병목 및 쿼터 진단)**

3사 계약 지분 대비 실시간 선석 점유율과 실측 대기 원인(육상 탱크 여유 부족 38%, 단일선석 중첩 31%, 지분 경합 19%, 배관 전환 12%)을 진단합니다.

**Stage 02 · 9-Gate, Tank Ullage & Urgent Cargo Lab (탱크 여유분·긴급화종 실험실)**

화종별 탱크 채움률(%) 슬라이더와 긴급 화종(Urgent) 토글을 조절하면 6척 입항선의 G1~G9 상태와 최적 접안 순서가 즉시 재편됩니다. 앞 배가 탱크 만충으로 대기할 때 준비된 뒷 배를 먼저 투입해 선석 유휴시간을 0으로 만듭니다.

**Stage 03 · FCFS vs. AI MILP V3 Gantt & Demurrage (전후 간트 비교 및 체선료 절감)**

기존 FCFS 대비 대기시간 58.6% 단축(118.5h → 49.0h), 항차 윈도우당 $66,400 체선료 절감, 3사 대기상한 위반 0건 달성 효과를 비교 간트와 회의 원장으로 제시합니다.

**Stage 04 · Live Tanker, Quay Manifold & Tank Playback (실시간 접안·배관·탱크 애니메이션)**

외항 대기 → 319m 단일선석 접안 → 접안 중에만 활성화되는 매니폴드~수신탱크 파이프라인 유체 흐름 → 육상 탱크 액위 상승 및 공장 인출 과정을 실시간 재생합니다.

**기대 효과:** 물리적 선석 증설(CAPEX) 없이 AI 수리최적화와 9-Gate 검증만으로 단일 공유 선석의 체선료를 대폭 절감하고 3사 선석 회의의 객관적 합의 근거를 제공합니다.