

4. 폐식용유 유입·여과·저장 시스템 설계

4.1 1차 유입 트레이 설계

1) 개요

1차 유입 트레이는 좌·우 컨베이어를 통해 유입된 폐식용유와 부유물(찌꺼기, 음식물 조각 등)이 가장 먼저 모이는 구간으로, 폐유를 안전하게 모으고, 이물질을 1차 분리하며, 펌프·저장탱크 방향으로 자연 흐름을 유도하는 핵심 구조이다. 냉장고 크기의 장비에서 전체 유입 시스템의 안정성을 좌우하는 매우 중요한 초기단계이므로, 오염, 점도, 부유물, 세척 용이성 등을 종합적으로 고려한 설계가 필요하다.

2) 설계 목적

- 폐유와 고형물(찌꺼기)의 초기 분리
- 컨베이어에서 떨어지는 유체의 비산 방지
- 폐유의 원활한 흐름(Gravitational Flow) 유지
- 펌프/2차 필터 구역으로 자연스럽게 이동
- 막힘 없는 배출로 연속 운전 안정성 확보
- 세척/배수/건조가 쉬운 위생적 구조

3) 크기 및 형태 설계

● 형상 기본안

- U-Shape 또는 V-Shape의 트레이 바닥
 - 폐유 흐름을 중앙 배출구로 유도
 - 점도 높은 폐유도 정체되지 않음
- 좌·우 컨베이어로부터 수집되기 때문에 양측에서 중앙으로 모이는 경사 구조
 - 양쪽 경사각: $3^{\circ} \sim 7^{\circ}$
 - 전면 → 후면 경사각: $2^{\circ} \sim 5^{\circ}$

● 사이즈

장비 전체가 냉장고 크기 가정:

- 폭(W): 400~600 mm
- 깊이(D): 300~450 mm
- 높이(H): 40~80 mm (오버플로 방지 벽 포함)

● 오버플로(Overflow) 방지

- 트레이 가장자리 높이: 최소 30 mm
 - 스플래시 가드(기름 튀김 방지 판) 전면/측면 적용
 - 양측 컨베이어 끝과 트레이 사이의 갭을 최소화해 비산 유출 차단
-

4) 재질 및 내구성

● 추천 재질

- **SUS304 스테인리스**: 위생적·내식성·고온 내성
- 표면 처리: **헤어라인 또는 샌딩** → 기름 잔여물 착색 감소
- 면적이 넓지 않아 원가 상승 부담 낮음

● 선택 가능 재질

- 고온 식용유 대응 고내열 고분자(PTFE 코팅 스틸, PBT 등)
 - 단, 고온 폐유(>120°C) 투입 가능성이 있는 경우 스테인리스 강 추천
-

5) 초기 이물질(고형물) 분리 기능

● 1차 필터(Primary Mesh Filter) 통합

- 트레이 상단 또는 중앙부에 **망(mesh)** 삽입
- 권장 메쉬 크기: **3~8 mm**
- 이물질을 1차적으로 걸러내고 폐유만 아래로 유입
- 망은 **탈착식(Hinge 또는 Slide-in)**으로 세척 용이하게 설계

● 브러시(Brush Guide) 옵션

- 컨베이어 말단에서 떨어질 때 부유물 제거 보조
- 회전식 브러시는 오버스펙 → **고정 브러시**가 실용적

● 대형 쓰레기 차단 범퍼

- 튀김망, 플라스틱 포장 조각, 바가지 등 큰 물체 차단
-

6) 배출(Drain) 구조 설계

● 중앙 배출 포트(Center Drain Port)

- 트레이 최저점 위치
- 구경(DN): 20~32 mm 권장
- 2차 배관 또는 펌프 흡입구와 직결
- “응고된 폐유” 제거를 위해 포트 주변에 **국소 히팅판(50~60°C)** 옵션 가능

● 이중 배출 방식

- 중앙 메인 포트
- 양측 보조 포트(Overflow)
- 막힘 시 보조 포트로 우회 흐름 확보

● 설계 포인트

- Sharp Edge 금지 (청소 어려움 + 오염 누적)
 - Corner R0.5~R2 라운딩 처리
 - 탈착형 트레이 전체 분리 가능해야 함
-

7) 경사·고정 구조

● 설계 목표

- 흐름 끊김 없이 **중력 기반 이동**
- 이동식 장비 특성상 사용 환경마다 바닥 경사 다름 → 트레이 자체 경사 유지 필수

● 실현 방식

- 트레이 하단에 **독립 미세 조절 풋** 2~3개
 - 장비 전체 경사 보정(3.9°)과 별개로 **트레이 자체 경사 유지 기능** 포함
 - 트레이와 메인 프레임 연결부는 진동완충 패드 적용
-

8) 유지보수·세척 설계

● 완전 분리형 구조

- 상부 컨베이어 하우징을 열면 트레이 전체가 **앞으로 슬라이드 아웃**
- 세척 시간 단축
- 장비 내부 프레임 오염 최소화

● 배수구 개방

- 트레이 배출구만 열어도 자동 배수
- 세척 후 물기 제거를 위한 경사 고정

● 식품용 세척제를 사용해도 표면 변형 없음

9) 안전 설계 요소

● 뜨거운 폐유 투입 대비 열 팽창 고려

- 변형 최소화 프레임 보강
- 스테인리스 두께: 0.8~1.2 mm 권장

● 손 끼임 방지 가드

- 컨베이어 끝단과 트레이 접점에 안전 거치대 적용

● 유막으로 인한 미끄러짐 방지

- 트레이 바닥에 미세 요철 가공 적용
- 기름이 고여 미끄러운 연막층(Grease Film) 형성 방지

10) 트레이와 전체 시스템 연계

- 컨베이어 → 1차 유입 트레이 → 2차 필터 → 펌프 → 저장탱크
- 트레이는 폐기물 유입의 '허브' 역할
- 유입 트레이의 성능이 전체 시스템 안정성 50% 이상 좌우

4.2 1차 필터/스크린(고체 불순물 제거)

목적

1차 필터/스크린은 컨베이어·유입 트레이에서 모아진 폐식용유의 큰 고형물(튀김 찌꺼기, 포장조각, 식재 잔사 등)을 신속히 분리하여 펌프와 후단 미세필터의 손상을 방지하고, 유량·펌프 부하의 불안정을 줄이는 역할을 한다. 냉장고급 소형 이동식 장비 특성을 고려해 **단순·견고·탈착·세척성**을 최우선으로 설계한다.

설계 요건(요약)

- 처리 유량 목표: **3-6 L/min** (장비 소형 모델 기준)
- 1차 차단 목표 입도: **≥ 2-10 mm** 영역에서 고형물 차단 (현장 조정 가능)
- 재질: **SUS304 스테인리스**(위생·내식성)
- 청소: **무도구 퀵 리무브(슬라이드/힌지/클립)** 방식
- 막힘 감지: **ΔP(전후 압력차) 센서** 또는 로터리 센서(회전형 스크린)로 모니터링
- 압력 손실 최소화 설계(점성 유체 고려)

구성요소

1. 입구 수로(Feed Inlet)

- 유입 트레이 하단과 직결되는 짧은 채널
- 유체 속도 완화를 위한 확장부(플레어) 포함

- 입구에 대형 쓰레기 방지용 가드(파편 차단턱) 설치

2. 1차 스크린 바스켓(Primary Screen Basket)

- 형태: 원통형 또는 플랫패널 슬라이드형 바스켓
- 메쉬 규격 표준: **3 mm / 5 mm / 8 mm** 선택형 카트리리지
- 메쉬 재질: SUS304 펀치드/와이어메쉬(두께 0.6~1.0 mm)
- 바스켓 용적: 0.5~1.5 L (고형물 수용용)
- 핸들/루핑으로 쉽게 들어올려 교체·청소 가능

3. 스크린 하우징(Screen Housing)

- 바스켓을 수용하는 밀폐형 챔버
- 상단 점검구·사이드 드레인 포트 포함
- 내부 곡면으로 고형물 낙하 유도

4. 자동·수동 배출(Trash Dump)

- 수동: 바스켓 꺼내어 버리기 / 세척
- 자동(옵션): 바스켓 하단에 슬라이딩 게이트 + 작은 컨테이너로 낙하
- 자동 배출은 복잡도·비용·오염 위험 증가하므로 옵션 권장

5. 막힘 감지(ΔP or Torque/Current)

- 스크린 전후에 소형 압력센서 설치(ΔP 모니터링)
- 또는 펌프 전류/토크 증가로 간접 감지
- 임계 ΔP 초과 시 MCU가 알람·운전속도 감소·자동 세척 모드 진입

6. 역세척(Backwash) 기능(옵션)

- 간단한 역류밸브와 플러시 포트로 물/온수 역세척
- 역세척 펌프는 소형이므로 옵션 적용 권장

상세 치수 예시 (냉장고급 기기 기준)

- 외형(스크린 챔버): W 120 × D 140 × H 90 mm
- 바스켓 개구(메쉬) 면적: $\geq 70 \text{ cm}^2$ (유속 저하 방지)
- 접속포트: ID 12 mm (호스 퀵커플러 대응)
- 비계통 중량: 약 0.8~1.5 kg (SUS304 기준)

작동 흐름(운전 시나리오)

- 컨베이어가 중앙 트레이에 폐유·찌꺼기를 방출.
 - 유체는 입구 수로를 통해 스크린 챔버로 유입. 유속 완화부에서 유속을 낮춰 고형물이 스크린 위에 머물도록 유도.
 - 액상은 메쉬를 통과하여 하부로 흘러 펌프 흡입구로 이송.
 - 스크린 바스켓에 고형물 축적 → ΔP 상승 또는 눈에 띄는 총만감 → 알람/세척 필요.
 - 작업자는 퀵 릴리즈로 바스켓을 분리·세척·재장착. 필요 시 역세척 모드로 플러시.
-

막힘 관리 및 자동화 전략

- **ΔP 트리거 값:** 실장 시스템 환경에 따라 설정(예: 5–20 kPa 범위; 점성도 높을수록 낮게 설정)
- **자동 플러시 로직(옵션):**
 - ΔP 임계치 도달 → 컨베이어 감속 → 펌프 역회전/저속 펌핑으로 플러시 → ΔP 저하 확인 → 정상 복귀
- **예방 유지보수:** 하루 사용 후 바스켓 수동 점검 권장(현장 조건 따라 주기 단축)

재질·표면처리 권장

- 스크린·바스켓: SUS304 (표면 샌딩 또는 전해연마로 기름 잔류 최소화)
- 하우징 내부: 라운딩 처리($R \geq 1\text{ mm}$)로 찌꺼기 축적 억제
- 손잡이·클립: SUS 또는 내유형 플라스틱(PE/PP)

청소·교체 절차 (현장 매뉴얼용 간략)

1. 장치 전원 OFF, E-Stop 상태 확인.
2. 상부 점검구 오픈(마그네틱 리드로 전기 차단 인터록 해제).
3. 바스켓 손잡이 잡고 전면으로 슬라이드·인출.
4. 고형물 제거 → 온수/세척제로 행굼 → 건조 또는 자연 배수.
5. 바스켓 재장착 → 점검구 닫기 → 전원 복귀.

안전·위생 고려사항

- 바스켓 교체·세척 시 센서(도어 인터락)로 펌프/모터 자동 차단
- 악취·유증기 문제 완화를 위해 점검구에는 소형 활성탄 필터(환기구) 설치 가능
- 교체 중 오일유출 방지용 트레이(바스켓 적출 시 받침대) 필수

설계 변형(현장 맞춤 옵션)

- 메쉬 크기 다단화(외측 8 mm → 내측 3 mm)로 2단 그레이딩 필터 구성
- 회전형 스크린(Drum Screen) 적용으로 연속 자동 탈리 가능(고급 옵션)
- 바이패스 라인: 급유 시 펌프를 통해 스크린 우회(긴급상황/클리닝 중) — 안전 인터락 필요

4.3 2차 미세 필터 또는 사이클론식 분리

목적

1차 필터/스크린은 컨베이어·유입 트레이에서 모아진 폐식용유의 **큰 고형물(튀김 찌꺼기, 포장조각, 식재 잔사 등)** 을 신속히 분리하여 펌프와 후단 미세필터의 손상을 방지하고, 유량·펌프 부하의 불안정을 줄이는 역할을 한다. 냉장고급 소형 이동식 장비 특성을 고려해 **단순·견고·탈착·세척성**을 최우선으로 설계한다.

설계 요건(요약)

- 처리 유량 목표: **3-6 L/min** (장비 소형 모델 기준)
 - 1차 차단 목표 입도: **$\geq 2-10$ mm** 영역에서 고형물 차단 (현장 조정 가능)
 - 재질: **SUS304 스테인리스**(위생·내식성)
 - 청소: **무도구 퀵 리무브(슬라이드/힌지/클립)** 방식
 - 막힘 감지: **ΔP (전후 압력차) 센서** 또는 로터리 센서(회전형 스크린)로 모니터링
 - 압력 손실 최소화 설계(점성 유체 고려)
-

구성요소

1. 입구 수로(Feed Inlet)

- 유입 트레이 하단과 직결되는 짧은 채널
- 유체 속도 완화를 위한 확장부(플레어) 포함
- 입구에 대형 쓰레기 방지용 가드(파편 차단턱) 설치

2. 1차 스크린 바스켓(Primary Screen Basket)

- 형태: 원통형 또는 플랫패널 슬라이드형 바스켓
- 메쉬 규격 표준: **3 mm / 5 mm / 8 mm** 선택형 카트리지
- 메쉬 재질: SUS304 펀치드/와이어메쉬(두께 0.6-1.0 mm)
- 바스켓 용적: 0.5-1.5 L (고형물 수용용)
- 핸들/루핑으로 쉽게 들어올려 교체·청소 가능

3. 스크린 하우징(Screen Housing)

- 바스켓을 수용하는 밀폐형 챔버
- 상단 점검구·사이드 드레인 포트 포함
- 내부 곡면으로 고형물 낙하 유도

4. 자동·수동 배출(Trash Dump)

- 수동: 바스켓 꺼내어 버리기 / 세척
- 자동(옵션): 바스켓 하단에 슬라이딩 게이트 + 작은 컨테이너로 낙하
- 자동 배출은 복잡도·비용·오염 위험 증가하므로 옵션 권장

5. 막힘 감지(ΔP or Torque/Current)

- 스크린 전후에 소형 압력센서 설치(ΔP 모니터링)
- 또는 펌프 전류/토크 증가로 간접 감지
- 임계 ΔP 초과 시 MCU가 알람·운전속도 감소·자동 세척 모드 진입

6. 역세척(Backwash) 기능(옵션)

- 간단한 역류밸브와 플러시 포트로 물/온수 역세척
 - 역세척 펌프는 소형이므로 옵션 적용 권장
-

상세 치수 예시 (냉장고급 기기 기준)

- 외형(스크린 챔버): W 120 × D 140 × H 90 mm
- 바스켓 개구(메쉬) 면적: $\geq 70 \text{ cm}^2$ (유속 저하 방지)
- 접속포트: ID 12 mm (호스 퀵커플러 대응)
- 비계통 중량: 약 0.8~1.5 kg (SUS304 기준)

작동 흐름(운전 시나리오)

- 컨베이어가 중앙 트레이에 폐유·찌꺼기를 방출.
- 유체는 입구 수로를 통해 스크린 챔버로 유입. 유속 완화부에서 유속을 낮춰 고형물이 스크린 위에 머물도록 유도.
- 액상은 메쉬를 통과하여 하부로 흘러 펌프 흡입구로 이송.
- 스크린 바스켓에 고형물 축적 → ΔP 상승 또는 눈에 띄는 총만감 → 알람/세척 필요.
- 작업자는 퀵 릴리즈로 바스켓을 분리·세척·재장착. 필요 시 역세척 모드로 플러시.

막힘 관리 및 자동화 전략

- ΔP 트리거 값:** 실장 시스템 환경에 따라 설정(예: 5~20 kPa 범위; 점성도 높을수록 낮게 설정)
- 자동 플러시 로직(옵션):**
 - ΔP 임계치 도달 → 컨베이어 감속 → 펌프 역회전/저속 펌핑으로 플러시 → ΔP 저하 확인 → 정상 복귀
- 예방 유지보수:** 하루 사용 후 바스켓 수동 점검 권장(현장 조건 따라 주기 단축)

재질·표면처리 권장

- 스크린·바스켓: SUS304 (표면 샌딩 또는 전해연마로 기름 잔류 최소화)
- 하우징 내부: 라운딩 처리($R \geq 1 \text{ mm}$)로 찌꺼기 축적 억제
- 손잡이·클립: SUS 또는 내유형 플라스틱(PE/PP)

청소·교체 절차 (현장 매뉴얼용 간략)

- 장치 전원 OFF, E-Stop 상태 확인.
- 상부 점검구 오픈(마그네틱 리드로 전기 차단 인터록 해제).
- 바스켓 손잡이 잡고 전면으로 슬라이드·인출.
- 고형물 제거 → 온수/세척제로 행굼 → 건조 또는 자연 배수.
- 바스켓 재장착 → 점검구 닫기 → 전원 복귀.

안전·위생 고려사항

- 바스켓 교체·세척 시 센서(도어 인터락)로 펌프/모터 자동 차단
- 악취·유증기 문제 완화를 위해 점검구에는 소형 활성탄 필터(환기구) 설치 가능
- 교체 중 오일유출 방지용 트레이(바스켓 적출 시 받침대) 필수

설계 변형(현장 맞춤 옵션)

- 메쉬 크기 다단화(외측 8 mm → 내측 3 mm)로 2단 그레이딩 필터 구성
- 회전형 스크린(Drum Screen) 적용으로 연속 자동 탈리 가능(고급 옵션)
- 바이패스 라인: 급유 시 펌프를 통해 스크린 우회(긴급상황/클리닝 중) — 안전 인터락 필요

4.4 침전 탱크 유압 설계

목적

폐식용유 내부에 포함된 **미세 고형물, 수분, 미립자 찌꺼기** 등을 **중력 침전**을 통해 분리하여 후단 펌프 및 필터의 부하를 감소시키는 것이 목적이다.

냉장고급 소형 장비 특성에 맞춰 **저속 유동, 짧은 체류시간, 최소 공간**으로 설계한다.

기본 사양 가정(소형 이동형 장비 기준)

항목	설계 목표
처리 유량	3-6 L/min
침전 분리 대상	고형물(>0.5 mm), 수분/유분 비중차 활용
비중차	폐유($\rho \approx 0.90$) vs 수분/짐($\rho \approx 1.0$)
목표 분리 효율	50-80% (현장 조건에 따라 상이)
체류 시간(설계값)	$\geq 3-8$ min
탱크 용량	15-30 L

※ 실 장비 내 부피 한도(냉장고 크기) 고려

유압 설계 주요 고려 요소

- 유입 속도 감소: turbulent → laminar 전환
- 유속 균일화: 바이패스, 단락류(short-circuiting) 방지
- 층류 유지: $Re < 2000$ 유지
- 슬러지 공간 확보: 하부 dead-zone 설정
- 탱크 내 유로 가이드: 유동 직선화 및 확산 판(확산 바플; Diffuser Baffle)

침전 탱크 유동 구조

1. 전단 확산부 (Inlet Diffuser)

- 유입 포트 직하에 확산 플레이트 설치
- 급유속 → 저유속으로 변환
- 주요 기능: 균일 유속, 충돌 분산

2. 중앙 침전 영역 (Settling Zone)

- 속도 저감을 위해 수평 길이/상하 높이 비 최적화
- 수직형보다는 수평 흐름형이 유리
- 예) W300 × D120 × H250 mm 내부 수조

3. 하부 슬러지 존 (Sludge Zone)

- 하단에 10~20° 경사 유지 → 찌꺼기 자중 낙하
- 배출 포트(Drain Valve) 별도 배치

4. 상단 오버플로우(Outlet Weir)

- 유량 변동에도 표면 유속 균일화
- overflow lip 적용 → 기름층 안정화

유속 및 체류시간 간단 계산 예시

가정:

- 탱크 유효 용적 = 20 L
- 유량 = 5 L/min

체류 시간 (HRT)

$$HRT = V / Q = 20 / 5 = 4 \text{ min} \quad \checkmark (\text{목표 3-8 min 범위})$$

유로 단면 속도 설정

유효 유동면적 $A \approx 100 \text{ cm}^2$ (예: 100 mm × 100 mm)

$$Q = 5 \text{ L/min} \approx 8.3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = Q / A = 8.3 \times 10^{-5} / 1 \times 10^{-2} = 8.3 \text{ mm/s}$$

→ 중력침전 유속 조건 만족(층류, 난류 방지)

바플(Baffle) 구조 설계

위치	역할
입구 확산판	충돌 + 난류 억제
중간 수평 바플	흐름 분할, 수직 운동 최소화
출구 위어	표면 안정, 수분/고형물 이송 방지

바플 개수: 2-3개 권장

간단 유지보수를 위해 슬라이드 탈착식 적용

수분·고형물 분리 효과 강화 옵션

- 콘형 바닥 구조 → 슬러지 집중
- 히팅 매트(50-60°C) → 점도 저하로 입자 침강 촉진
- 미세 기포 제거: 표면 조용히 유지(anti-vortex plate 추가)
- 자동 드레인 밸브 + 슬러지 수위센서 적용 가능

펌프 인터페이스 유압

- 침전탱크 출구는 반드시 펌프 흡입 전 스크린/체크밸브 거치
- 펌프 cavitation 방지:
 - NPSH 여유 확보(높이 차 최소 150 mm)
 - 출구 위에 높이 > 펌프 흡입포트 100-200 mm

유지보수 편의 설계

- 상면 커버 완전 개방
- 바플/확산판 킥 릴리즈
- 탱크 내 모서리 R처리(오일 고임 방지)
- 슬러지 드레인 접근성 중심 배치
- 온수 세척용 플러시 포트 + 수위센서 보호 캡

안전·위생 고려

- 스테인리스 SUS304/316 권장
- 기름 폭발성 증기 미세 환기홀 배치
- 도어 인터락(열림→펌프정지) 필수

4.5 중량 기반 유입량 측정 시스템

1) 개요

중량 기반 유입량 측정 시스템은 폐식용유 수거 장치에서 컨베이어 및 유입 트레이를 통해 투입되는 폐유의 실시간 유량을 정확하게 계량하는 장치이다.

이 정보는 항공유 전환 공정 기준, 펌프 운전 제어, 저장탱크 충전 관리 등과 직접 연계되므로 필수적이다.

소형 이동식 장비 특성에 맞춰 저전력, 소형, 내유/방습 환경 대응 설계가 필요하다.

2) 설계 목적

- 폐유 유입량(L/h, kg/h) 실시간 모니터링
 - 펌프/컨베이어 속도 제어에 피드백 제공
 - 저장탱크 과충전 방지 및 오버플로 관리
 - 폐유 수거 효율 평가, 정산용 데이터 확보
 - 시스템 자동화 및 데이터 기록 기반 공정 최적화
-

3) 구성 요소

1. 하중 셀(Load Cell)

- 트레이/탱크 하부에 설치
- 소형 장비에서는 **1~2개의 정밀 로드셀**로 전체 유입 무게 측정
- 사양: 5~50 kg 측정 가능, 방수(IP65 이상), 스테인리스 재질

2. 트레이/탱크 장착 구조

- 하중이 정확히 전달되도록 **강체 프레임**과 로드셀 사이 **부하 전이 브래킷** 필요
- 수평 조절: 레벨링 풋과 연계하여 측정 정확도 확보
- 진동/충격 최소화용 **고무 패드** 또는 **댐퍼** 사용

3. 신호 처리 장치(Load Cell Amplifier / ADC)

- 아날로그 신호: mV/V → MCU/PLC 입력 변환
- 샘플링 속도: 1~10 Hz 충분
- 필터링: 이동 평균 또는 저역통과 필터(LPF) 적용

4. 제어기(MCU/PLC) 연동

- 실시간 중량 데이터 → 컨베이어 속도/펌프 유량 제어 피드백
 - 알람 트리거: **중량 급증/급감 시** 오류 감지
 - 데이터 기록 및 클라우드 전송 옵션 가능
-

4) 설치 예시

● 트레이 기반 계량

- 컨베이어 말단 트레이 전체 하중 측정
- 장점: 설치 간단, 컨베이어 자체에 센서 필요 없음
- 단점: 컨베이어 진동에 따른 잡음 필요, 트레이 크기 제한

● 탱크 기반 계량

- 침전 탱크 또는 1차/2차 저장 탱크 하부 설치
 - 장점: 전체 수거량 누적 관리 가능, 컨베이어 진동 영향 적음
 - 단점: 탱크 중량으로 인해 로드셀 선택 신중 필요
-

5) 하드웨어 사양 예시

항목	권장
로드셀 타입	압축형/전단형, SUS304 방수
측정 범위	0-50 kg (소형 냉장고급 장비 기준)
정확도	±0.5% F.S
샘플링	1-10 Hz
출력	mV/V → HX711 또는 24-bit ADC → MCU

6) 소프트웨어/펌웨어 설계

- 1. 필터링
 - 단순 이동평균(Moving Average, 5-10샘플)
 - 급격한 변동 제거(Spike Filter)
- 2. 유량 계산
 - $\Delta \text{Weight} / \Delta \text{Time} \rightarrow \text{kg/h}$ 또는 L/h 변환
 - 밀도 보정: 폐유 점도/온도 변화 반영 가능
- 3. 알람 및 안전
 - 최대 허용 유입 속도 초과 → 컨베이어 감속
 - 트레이/탱크 과부하 → 펌프 정지 및 알람
- 4. 데이터 기록
 - 총 수거량 누적
 - 실시간 그래프 표시(OLED 또는 PC 모니터)
 - 블루투스/USB 전송 옵션 가능

7) 유지보수 및 설치 고려사항

- 로드셀 노출 최소화 → 오일 유입 차단
- 방습/방오 코팅 적용
- 트레이/탱크 탈착 시 로드셀 손상 방지용 **Quick Disconnect** 설계
- 주기적 캘리브레이션 권장 (예: 1개월 단위)

8) 설계 특징 요약

- 소형 이동식 장비에 적합한 경량·견고·방수 구조
- 실시간 유량 제어와 연계 가능
- 중량 기반 계량 → 점도/유동 특성에 관계없이 안정적 측정
- 데이터 기반 운영 관리 및 공정 최적화 가능

4.6 폐유 저장 탱크 용량 산정(열변형 고려)

1) 개요

폐식용유 수거 장치에서 저장 탱크는 수거된 폐유를 안전하게 저장하고, 후단 펌프 및 2차 처리(필터링, 침전, 향공유 전환)로 균일하게 공급하는 역할을 한다.

냉장고급 소형 이동식 장비에서는 과충전 방지, 열에 따른 체적 변화, 안전성을 동시에 고려해야 한다.

2) 설계 목적

- 총 수거량 수용: 하루/1회 수거 기준
- 열 팽창 대응: 온도 상승 시 용적 증가 고려
- 오버플로 방지: 안전 마진 포함
- 탱크 구조 안정성: 냉장고급 소형 기기 내 설치
- 유동·펌프 흡입 최적화: 슬러지/잔류물 최소화

3) 기본 설계 조건

항목	설계 기준
장치 크기	냉장고급(가로 0.6 m × 깊이 0.4 m × 높이 1.2 m 이하)
목표 처리량	20~30 L/회 수거
열변형 고려 온도 범위	25°C → 60°C (점도 낮춤, 환경 온도 포함)
안전 마진	10~15% 여유 용량
재질	SUS304 스테인리스(열팽창계수 $\alpha \approx 17 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)

4) 열팽창 고려 용량 산정

1. 기본 체적

- 목표 수거량 = 25 L

1. 온도 상승 고려 체적 증가

- 폐유 열팽창계수 $\beta \approx 0.0007 / ^\circ\text{C}$

- $\Delta T = 60^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C} = 35^{\circ}\text{C}$
- 체적 증가 $\Delta V = V_0 \times \beta \times \Delta T$
- $\Delta V = 25 \times 0.0007 \times 35 \approx 0.6125 \text{ L} \approx 0.6 \text{ L}$

1. 안전 마진

- 10% 여유: $25 \times 0.1 = 2.5 \text{ L}$

1. 최종 탱크 용량

- $V_{\text{final}} = 25 + 0.6 + 2.5 \approx 28.1 \text{ L} \rightarrow$ **약 30 L 설계**

결론: 냉장고급 장비에 적합한 **30 L 탱크**가 적정

5) 탱크 형태 및 설치

• 형태

- 직사각형 또는 원통형
 - 냉장고급 장비에서는 직사각형이 공간 활용 유리
- 상단 여유 공간 확보(오버플로 방지 lip) 20~30 mm

• 구조

- 슬러지 침전 공간 확보: 바닥 경사 5~10°
- 펌프 흡입 포트: 바닥 중앙/측면 낮은 위치
- 드레인 밸브: 바닥 최하단, 청소 용이

• 열변형 대응

- 상단 최소 20 mm 여유 공간 + 압력 배출구(환기)
- 강체 프레임과 유연 연결부로 체적 변화 허용

• 유지보수

- 상단 커버 탈착식
- 내부 라운딩 처리($R \geq 2 \text{ mm}$) \rightarrow 잔류유/찌꺼기 축적 방지
- 열에 노출 시 용접부 팽창에 따른 변형 최소화

6) 재질 및 내열 특성

부위	재질/설계
탱크 본체	SUS304 0.8~1.2 mm, 내열·내식성
커버	SUS304 + 실리콘 패킹(IP65 방수)
드레인 밸브	스테인리스/PTFE 씬

부위	재질/설계
펌프 연결 포트	내열 호스(PTFE/실리콘)

7) 안전 설계

- **오버플로 방지:** 상단 여유 20~30 mm + 환기구
- **압력 방출:** 열팽창에 따른 내부 압력 최소화
- **미끄럼·전도 방지:** 바닥 접지 패드, 낮은 무게 중심
- **센서 연계:** 수위 센서 → 과충전 알람 및 컨베이어 속도 제어

8) 결론

- 냉장고급 이동식 폐유 수거기에서는 **30 L 저장 탱크**가 적합
- 열팽창, 안전 마진, 슬러지/잔류물 공간 모두 반영
- 직사각형 형태, 하부 경사, 상단 여유, 드레인 및 환기 설계 필수

4.7 탱크 내부 히터/냉각기(점도 안정용)

1) 개요

폐식용유는 온도에 따라 점도 변화가 매우 크기 때문에, 탱크 내부에서 점도를 일정 범위로 유지해야 **펌프 흡입 안정성, 이물질 침전 성능, 필터링 효율, 유량 제어 정밀도**가 확보된다.
냉장고급 이동형 장비에서는 **고효율·저전력·안전성** 중심으로 히터/냉각기를 설계한다.

2) 점도 제어 목적

- **저온 점도 상승 방지** → 펌프 cavitation 및 유량 불안정 예방
- **고온 점도 저하 과도 방지** → 분리 효율 저하 및 안전 문제 방지
- **항공유 전환 전처리 공정 조건 만족**(일정 점도 유지)
- **침전 속도 향상**(적정 온도 유지 시 고형물 침강 촉진)

3) 목표 온도 범위 (설계 기준)

항목	값
최적 점도 유지 온도	40~55°C
장비 사용 최저 환경온도	5~10°C
장비 사용 최고 환경온도	35~40°C
최대 안전 온도	60°C (과온 방지 회로 필수)

4) 히팅 시스템 설계

✓ 히팅 방식 선택

냉장고 크기 기준에서 가장 적합한 방식은 다음과 같다:

1. 탱크 외벽 부착 히팅 패드(Heating Pad)

- 장점: 구조 간단, 내부 오염 없음
- 방식: 실리콘 러버 히터(AC/DC), 100~200 W
- 온도 센서(PT100/PT1000/NTC) 부착 필요
- 내부 열전달 개선을 위해 바닥 또는 측면을 선택

1. 탱크 바닥 열판(Heated Base Plate)

- SUS304 바닥 아래 열판 삽입
- 장점: 침전 촉진 + 균일 난방
- 단점: 구조 복잡, 제작비 증가

1. 히팅 코일(내부 침수형) → 소형 장비에서는 비권장

- 오염·청소 문제, 위생/안전 위험 증가
- 단, 220V 봉형 히터가 필요한 높은 히팅량 상황에서는 가능

※ 본 설계에서는 외부 실리콘 히팅 패드 방식이 가장 적합.

5) 냉각 시스템 설계 (선택 옵션)

냉각은 필수는 아니지만 다음 조건에서는 유용함:

- 고온 환경 운영(주방 내부 40°C 이상)
- 여름철 저장 점도 불안정
- 배출 시 일정 점도가 필요할 때

냉각 방식

1. 열전소자(Peltier 냉각기) + 방열팬

- 소형 장비 적합
- 소비전력: 30~60 W × 2~3개
- 장점: 작은 사이즈, 빠른 온도 반응
- 단점: 열교환 성능 제한 → 온도 유지용

1. 공랭식 냉각 팬

- 단순 외부 공기 순환
- 탱크 내부 온도 상승을 억제하는 보조용

1. 수랭(미니 라디에이터) → 공간·전력 문제로 비권장

6) 온도 제어 시스템

● 센서 구성

- 기본: NTC 10k 또는 PT100 센서
- 위치: 바닥부 1개 + 중앙부 1개
- 다점 센싱 → 히터 과열 방지 & 온도 분포 확인

● 제어 로직(펌웨어)

- 목표 온도: 45°C 예시
- PID 또는 단순 온도 히스테리시스 제어

예:

- 43°C 이하 → 히터 ON
- 47°C 이상 → 히터 OFF
- 55°C 이상 → 긴급 과온 차단

● 안전 회로

- 고온 차단 온도 퓨즈(70~80°C)
- 독립된 온도 릴레이(TR)
- 히터 단선 감지(전류 모니터링)
- 냉각팬 고장 감지(RPM sensor)

7) 열변형(탱크 팽창) 대응

- 히터 설치 시 국부 과열 방지 → 넓은 면적 히터 사용
- SUS304 열팽창 고려해 상단 20~30 mm 여유 공간 확보
- 히터와 탱크 사이 실리콘 패드(열전도 + 완충) 삽입
- 열 변형에 따른 용접부 스트레스 최소화

8) 유지보수/청소 고려

- 히터 외부 부착형 → 내부 세척 간섭 없음
 - 방열판/팬은 후면 커버 분리로 접근 가능
 - 냉각 장치의 결로 방지: 방수 씰링 + 이슬거름 배수홀
 - 히터 배선은 오일 보호 튜브(PTFE) 사용
-

9) 전력 소비 예시

구성	소비전력
히팅 패드	100~150 W
펠티어 냉각 모듈	30~60 W × 2
냉각 팬	3~5 W × 2
총 전력(최대 동시)	약 200~300 W

10) 종합 요약

- 탱크 점도 안정화 온도: **40~55°C**
- 히터: **외벽 실리콘 히팅 패드** + 다점 온도 센서
- 냉각기: **펠티어 기반 소형 냉각기(선택사항)**
- 안전 설계: 과열 차단, 온도 릴레이, 열융단 퓨즈
- 열변형 고려: 상단 여유 공간 + 국부 과열 방지
- 유지보수성과 위생성: 내부 비침수형 히터가 최적

4.8 탱크 레벨 센서(초음파/부력/차압식)

4.8.1 레벨 센서 적용 목적

- 폐식용유 저장 탱크의 실시간 액위(LEVEL)를 측정하여 과충진·부족량을 방지.
- 컨베이어 유입량 제어, 펌프 작동 로직, 히터 동작 조건 등 전체 운전의 기준 신호로 활용.
- 이동식 장비 특성상 기울기(tilt) 변화, 진동, 온도 변화에도 안정적인 측정 필요.

4.8.2 센서 타입별 특징 비교

① 초음파 레벨 센서 (Ultrasonic Level Sensor)

- 장점
 - 비접촉식 → 오염·점도 변화 영향 적음.
 - 설치 용이, 유지보수 부담 거의 없음.
 - 액체 온도 변화, 식용유 냄새·유증기에 영향 받지 않음.
- 단점
 - 탱크 내부의 거품(foam), 표면 요동, 응축수가 있으면 측정 불안정.
 - 냉장고 크기 장비의 소형 탱크에서는 사각(Dead zone) 죄다 발생할 가능성.

② 부력식 레벨 센서 (Float Sensor)

- 장점
 - 구조 단순, 가격 저렴, 고장 위험 적음.
 - 기름, 점도 변화, 온도 변화에 강함.
 - 소형 탱크에 적합.
- 단점
 - 기름 내 **고형물(튀김 찌꺼기)**이 부력봉에 들러붙으면 움직임 방해.
 - 세척을 위해 탱크 개방 필요.

③ 차압식 레벨 센서 (Differential Pressure Type)

- 장점
 - 유체 밀도 변화만 보정하면 높은 정밀도 확보.
 - 막힘/부유물 영향 거의 없음.
 - 진동·기울기 영향이 가장 적어 이동식 플랫폼에 최적.
- 단점
 - 가격이 높고 보정이 필요.
 - 설치 시 탱크 하단 포트 확보 필요.

4.8.3 이동식 폐식용유 수거기에 최적의 구성

- 탱크가 작고 흔들림이 발생 → **초음파 단독 사용은 불안정**
- 폐식용유 점도/온도 변화 큼 → **부력식 + 차압식 듀얼 구성 추천**
 - 부력식: 기본 레벨 탐지 (LOW, MID, HIGH)
 - 차압식: 연속 레벨 측정 (0~100%)

⇒ 저비용 + 안정성 확보하는 가장 현실적 구조

4.8.4 설치 구조 설계

- 부력식 플로트 센서
 - 탱크 상단 수직 가이드봉 설치
 - 청소를 위해 탈착 가능한 구조 필요
- 차압식 센서
 - 탱크 하단 1/3 지점에 압력 포트
 - 센서 본체는 장비 외부 보호함에 설치
 - 온도 보정용 NTC/RTD 센서를 포트 근처에 추가
- 배선
 - 히터 라인과 분리된 노이즈 차폐 케이블(STP) 사용
 - MCU는 12비트 이상 ADC 사용 또는 4~20 mA → ADC 변환기 채택

4.8.5 신호 처리 및 보정 알고리즘

- 기울기 보정 알고리즘 (IMU 연동)
 - Pitch/Roll 입력 → 탱크 단면적 모델 → 레벨 재계산
- 온도 보정
 - 폐유 밀도 변화 보정
- 센서 이중화
 - 부력식 HIGH-Level이 감지되면 펌프·컨베이어 즉시 정지
 - 차압식 값이 튀면 자동 필터링(중간값 필터, 2차 Low-pass 적용)

4.8.6 유지보수 요소

- 부력식 센서는 월 1회 수조 세척 권장
- 차압식 포트는 찌꺼기 퇴적 방지용 슬릿 + 백플러싱 구조 필요
- 레벨 센서 교정은 연 1회 수행

4.9 오버플로 방지 시스템

4.9.1 오버플로 방지의 필요성

- 이동식 소형 장비(냉장고 크기)에서는 저장 탱크 용량이 제한적이므로, 순간 유입량 증가나 센서 오류가 발생하면 폐유가 외부로 넘칠 위험이 존재.
- 폐식용유는 점도 높고 미끌거려 주변 환경 오염·미끄럼 사고를 유발하므로 이중·삼중 안전 체계가 필수.

4.9.2 시스템 구성 개요

오버플로 방지는 다음 4가지 계층으로 구성:

1. 기본 레벨 감시 (연속 레벨 센서)
2. 2차 고액위(High-Level) 스위치
3. 기계적 오버플로 라인(비상 바이패스)
4. 펌프·컨베이어 즉시 정지 로직

4.9.3 센서 기반 오버플로 감지

① 차압식 연속 레벨 센서 기반 PRE-HIGH 경보

- 탱크 내부 레벨이 90~92% 도달 시
 - MCU가 “PRE-HIGH” 상태로 플래그 설정
 - 컨베이어 속도를 자동 감속(유입량 감소)
 - 펌프 회전수도 감속

② 부력식 HIGH-Level 센서(최종 차단 장치)

- 플로트 스위치가 95~98% 지점에 설치
- 누적 찌꺼기에도 안정적
- HIGH-Level 감지 시:
 - 컨베이어 즉시 정지
 - 펌프 즉시 정지
 - 경광등/부저 동작
 - UI/로그 기록

→ 실제 오버플로 직전 최종 방어 장치

4.9.4 기계적 오버플로 바이패스(패시브 안전)

- 만일 센서 전부 고장 시 대비
- 탱크 상단에 **오버플로 라인**을 설치하여
 - 폐유가 일정 높이를 넘으면
 - 자동으로 보조 소형 수거통(또는 외부 드레인통)으로 흘러가도록 구성
- 이는 단순 중력식 구조로, 전원/제어 없이도 작동

4.9.5 유입 자동 차단 알고리즘

- 상태 머신 기반 제어
 - NORMAL
 - PRE-HIGH
 - HIGH
 - EMERGENCY_SHUTDOWN
- 주요 로직:
 - PRE-HIGH:

```
1 | conveyor_speed = max(conveyor_speed - 20%, MIN_SPEED)
2 | pump_rpm = pump_rpm * 0.8
```

- HIGH:

```
1 | conveyor_stop()
2 | pump_stop()
3 | alert("OVERFLOW WARNING")
```

- EMG:
 - 모든 기계 모터 차단
 - 재부팅 전까지 자동 재시작 금지

4.9.6 물리적 차단 장치

- 탱크 뚜껑 및 투입부에 역류 방지 플랩(anti-backflow flap) 설치
 - 장비가 흔들릴 때 폐유가 입구로 역류하는 것을 차단
- 투입구 주변에 고무 립 씰링을 배치해 넘침 확률 감소

4.9.7 알람·사용자 인터페이스 연동

- LED 인디케이터 (초록/노랑/빨강)
- 부저: 85 dB 이상
- LCD/OLED: “FILL LEVEL: 96% — STOPPED” 표시
- BLE 또는 Wi-Fi 연동 시
 - 휴대폰 앱으로 오버플로 경고 푸시
 - 로그 저장 (시간/레벨/동작상태)

4.9.8 유지보수/점검 요소

- 부력식 스위치는 월 1회 동작 테스트
- 차압식 센서 포트 막힘 점검
- 바이패스 라인은 2주 1회 세척
- 탱크 상부 씰링 패드 교체 주기: 6개월

4.10 탱크 청소 및 배출 구조

4.10.1 설계 목적

- 폐식용유는 고점도, 고형물(튀김 찌꺼기), 물·부유물 혼합 등으로 인해 탱크 내부 오염이 빠르게 누적됨.
- 냉장고 크기의 이동식 수거기는 현장에서 자주 청소할 수 있어야 하며, 유지보수 시간·인력을 최소화하는 구조가 필수.
- 본 구조의 목적:
 1. 세척 난이도 최소화
 2. 잔유(잔여 폐유) 완전 배출
 3. 내부 점검/정비 용이성 확보

4.10.2 탱크 구조 기본 설계

- 내부는 경사형 바닥(Sloping Bottom)으로 설계
 - 배출구 방향으로 3~5° 기울기
 - 잔유가 고이지 않고 자연 배출
- 내부 표면: 304/316 스테인리스 + 전해연마(Electropolishing)
 - 오염물 부착 감소

- 세척수 소비량 절감
 - 상단에는 **대형 점검구(Manhole)**
 - 세척기나 손이 직접 들어갈 수 있는 크기
 - 개폐식 로킹 구조
-

4.10.3 배출 밸브 및 배수 구조

① 주 배출 밸브(Main Drain Valve)

- 탱크 하단 중앙
- 볼밸브(1~1.5인치) 또는 기름전용 나이프밸브
- 유성체 대응을 위해 **고온 실리콘·Viton 패킹** 사용
- 청소 시 “풀오픈 → 막힘 걱정 없음” 구조

② 잔류 배출구(Residual Drain Port)

- 하단 모서리(Dead-zone 최소화)
- 직경 10~20 mm 소형 포트
- 장비 경사 시 마지막 50~100mL까지 제거 가능

③ 배출호스(Detachable Drain Hose)

- Quick-coupler 방식
 - 청소 시 배출수·폐유가 주변에 튀지 않도록 벽측으로 유도
-

4.10.4 자동 세척(내부 CIP: Clean-In-Place) 옵션

작아도 간단한 CIP 시스템을 적용 가능.

① 회전 노즐(CIP Rotary Sprayer)

- 맨홀 내부에 회전 분사 노즐 설치
- 고온수(50~70°C) 또는 세정액(계면활성제) 분사
- 내부 사각지대 세척 가능

② 세척 순환 라인

- 임시 세척 모드:
 - 물/세정액 공급 → 내부 순환 → 배출
- 펌프: 기름 대응 가능한 **마그네틱 펌프** 또는 **Gear Pump**

③ 수동 세척 모드

- 상부 맨홀 개방 후
 - 브러시로 내부 벽면 긁기
 - 바닥 잔유 제거 → 마지막으로 배출구 통해 물 세척
-

4.10.5 슬러지·찌꺼기 제거 구조

폐식용유에는 고형물, 크럼펫, 찌꺼기, 작은 음식 조각 등이 다량 포함.

- 탱크 하단에 **슬러지 웰(Sludge Well)** 설계
 - 낮은 쪽으로 찌꺼기가 자동 모임
 - 슬러지 배출용 **별도 포트** 설치
 - 크기가 큰 이물질도 통과 가능한 직경 확보
 - 분리 가능한 **슬러지 바스켓** 적용 가능
 - 고형물만 따로 수거하여 버릴 수 있음
-

4.10.6 탱크 내부 히터와 청소 연계

과다 점성 폐유의 세척을 돕기 위해:

- 세척 전 **히터를 40~50°C까지 가열**
→ 점도 낮아져 배출/세척 용이
 - 자동 세척 모드에서는
 - "Pre-Heat → Flush → Rinse → Drain → Cool" 단계 자동 진행
-

4.10.7 청소 편의성을 위한 설계 요소

- 모든 센서(레벨 센서, 온도 센서)는 **탈착식**으로 세척 전 제거 가능
 - 내부 배플(baffle) 최소화 → 세척 에어포켓 방지
 - 모서리부는 R-곡률 적용(Sharp edge 제거)
-

4.10.8 안전 요소

- 맨홀 개방 시 장비 작동 자동 차단
 - Hall센서 또는 리드스위치 기반
 - 세척 모드에서는 컨베이어/펌프 완전 비활성
 - 세척액·폐수가 외부에 노출되지 않도록
 - 배출관은 2중 체크밸브 적용 가능
-

4.10.9 유지보수 주기 제안

- **일일:** 슬러지 포트/고형물 필터 청소
- **주간:** 내부 세척 및 배출밸브 상태 점검
- **월간:** CIP 테스트 및 실리콘 패킹 교체 여부 검사
- **반기:** 내부 전해연마 재점검, 센서 캘리브레이션