

연구 목표 정의 : 부산항의 연간 x톤 암모니아 벙커링 수요를 최소 비용으로 충족시키는 최적 STS 벙커링 선대 구성은 무엇인가?

시스템 범위 정의 : 암모니아 조건, 벙커링 수요 등

변수 및 파라미터 정의 : 비용, 용량, 시간 등 모델에 사용될 모든 요소를 수학적 기호로 치환

MILP 모델 정립 : 목표함수, 파라미터, 결정변수, 제약조건 등을 수학 공식으로 작성

데이터 수집 및 가공 : 모델의 파라미터에 들어갈 실제 숫자들을 수집

MILP 모델 구현 : 최적화 모델 구현

모델 검증 : 도출된 결과 확인, 에러 여부 확인

최적 시나리오 도출 : 최적 시나리오 도출

민감도 분석 및 시사점 도출 : 핵심 파라미터(연료비, 선박 가격, 수요량 등) 값을 변화시키면서 최적 해가 어떻게 변하는지 반복적으로 분석

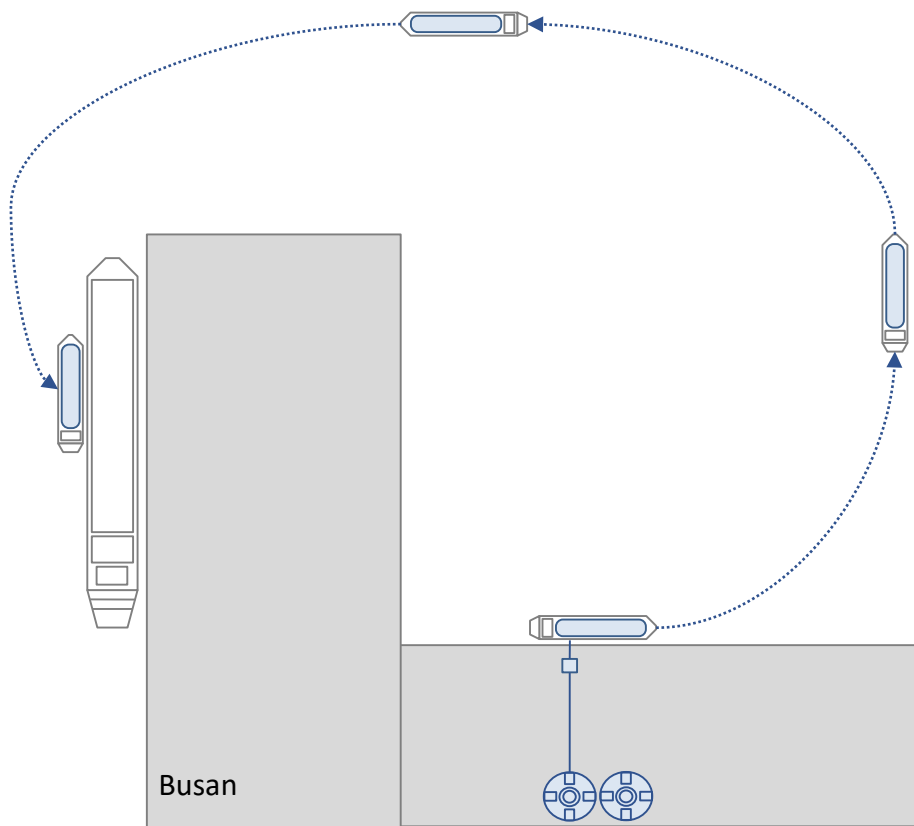
민감도 분석 결과, 정책적/전략적 시사점, 연구의 한계 및 향후 연구 방향 제시

9000 TEU

- ✓ 부산-타코마 항 ~~8000~~ TEU 컨테이너선 15 knots로 운항 (2030년: 50척, 2050년: 500척으로 증가)
- ✓ 선박연료: 암모니아 (-33.4 °C, 0.680 ton/m<sup>3</sup>)

- ✓ 벙커링 수요 2050년까지 5배 증가
- ✓ 미래 그린 암모니아 가격이 현재 예측보다 50% 상승
- ✓ 재액화 장치 효율 20% 개선
- ✓ 벙커링 셔틀 고장 또는 기상악화 등으로 인한 가동률 20% 저하 등

Case 1 : 부산항에 저장탱크가 있다는 가정



Parameter

Value

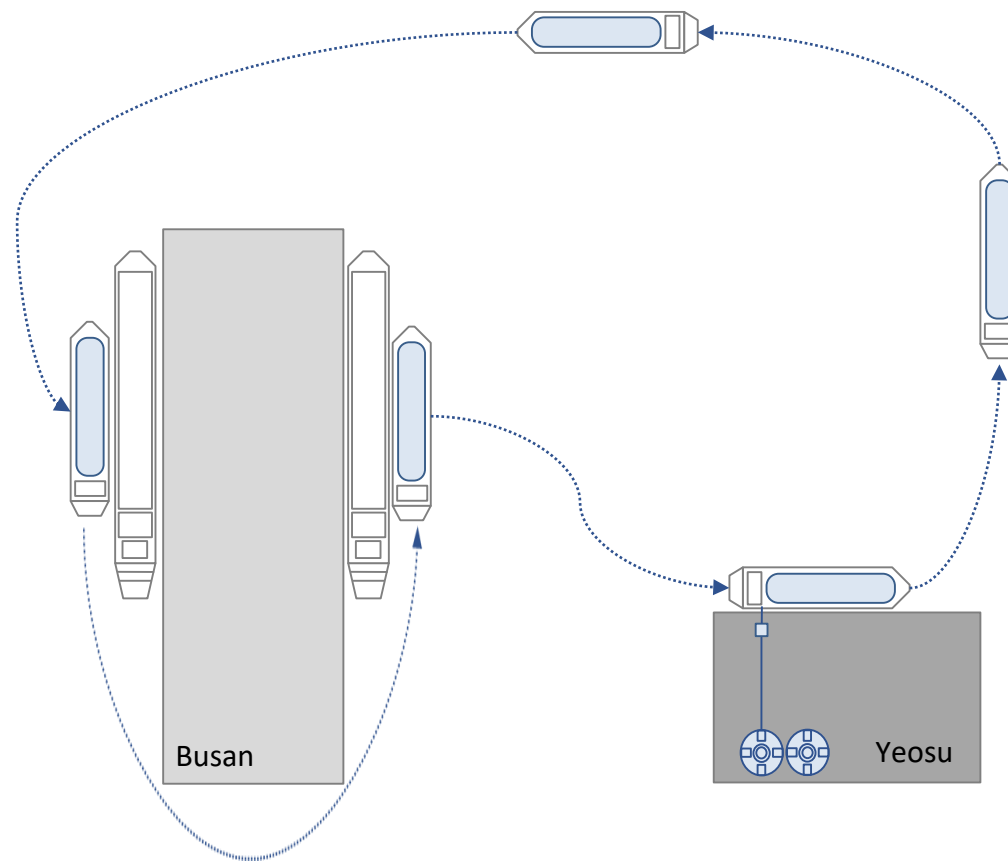
Shuttle (m<sup>3</sup>)

500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500

Storage tank (port) (ton)

35,000 (m=1, 2, ... )

Case 2 : 부산항에 저장탱크가 없고 셔틀이 임시저장 탱크의 역할 제공



Parameter

Value

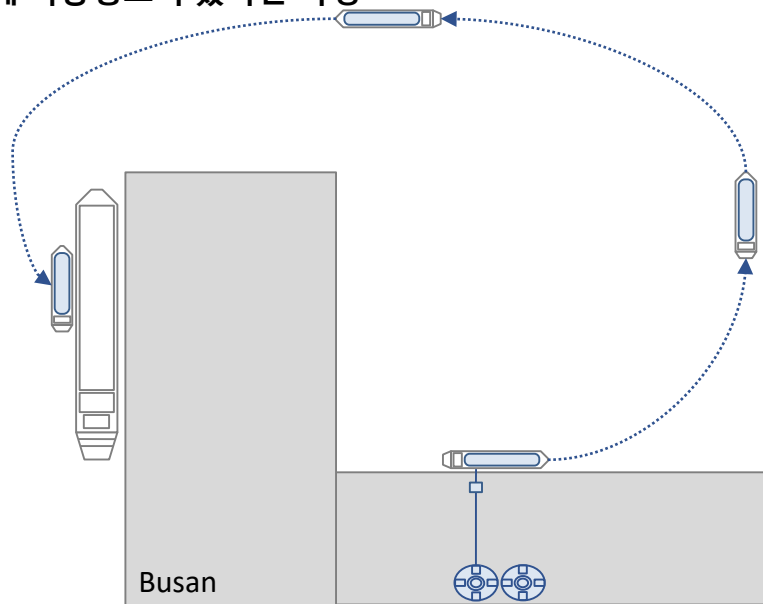
Shuttle (m<sup>3</sup>)

3500 x n (n=1~10)

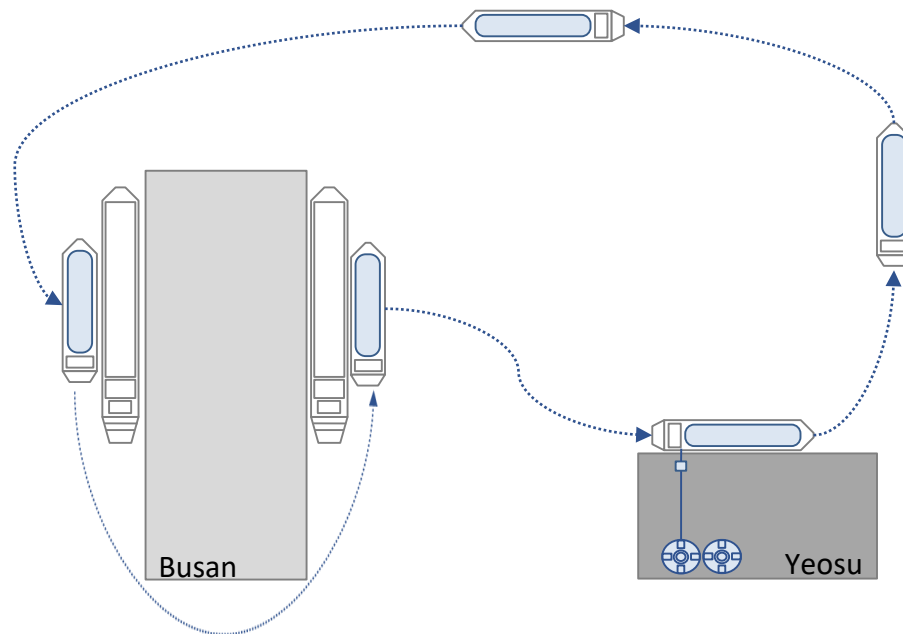
Storage tank (port) (ton)

35,000 (m=1, 2, ... )

Case 1 : 부산항에 저장탱크가 있다는 가정



Case 2 : 부산항에 저장탱크가 없고 셔틀이 임시저장 탱크의 역할 제공



## Parameter

## Value

항내 계류&amp;항내 이동

1 hr (0.5 + 0.5)

호스 연결 및 안전 체크

0.5 hr

퍼지 (연결시&amp;분리시)

1 hr (0.5 + 0.5)

호스 분리 및 안전 체크

0.5 hr

Shuttle bunkering pump (m<sup>3</sup>/hr)400, 600, 800, 1000, 1200, 1400,  
1600, 1800, 2000Pump at port (m<sup>3</sup>/hr)

1500

## Parameter

## Value

접안 및 계류 (여수)

2 hr (1 + 1)

접안 및 계류 (부산) - 최초

1 hr (0.5 + 0.5)

쉬프팅 계류&amp;항내 쉬프팅 이동

1 hr (0.5 + 0.5)

호스 연결 및 안전 체크

0.5 hr

퍼지 (연결시&amp;분리시)

1 hr (0.5 + 0.5)

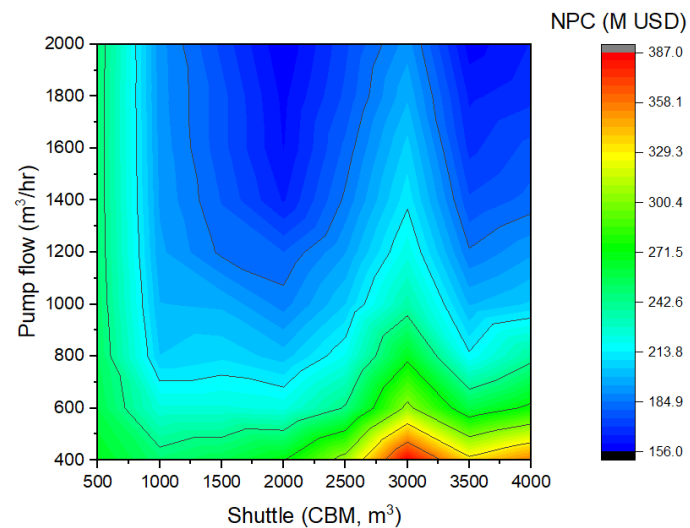
호스 분리 및 안전 체크

0.5 hr

Shuttle bunkering pump (m<sup>3</sup>/hr)400, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600,  
1800, 2000Pump at port (m<sup>3</sup>/hr)

1500

# VI | 1차년도 세부내용 (1.1-1 주요 결과 초안)



Top-10 scenarios — NPC breakdown (M USD, discounted 2030-2050)

