

2026 1학기 글로벌물류학과 경진대회

북극항로의 친환경 역설

: IMO CII 규제하 탄소집약도 분석과
목표등급 유지 의사결정 시뮬레이터

20221345 조채령 | 20220449 김수연 | 20220482 우혜린 | 20261235 김유미



01. 지정학적 리스크와 항로 불확실성



북극항로의 기대



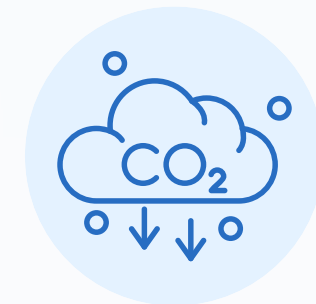
거리 단축

유럽까지 항해 거리
약 30 ~ 40% 단축



연료 절감

항해 거리 단축으로
연료 소비, 운항비 절감



CO₂ 감소

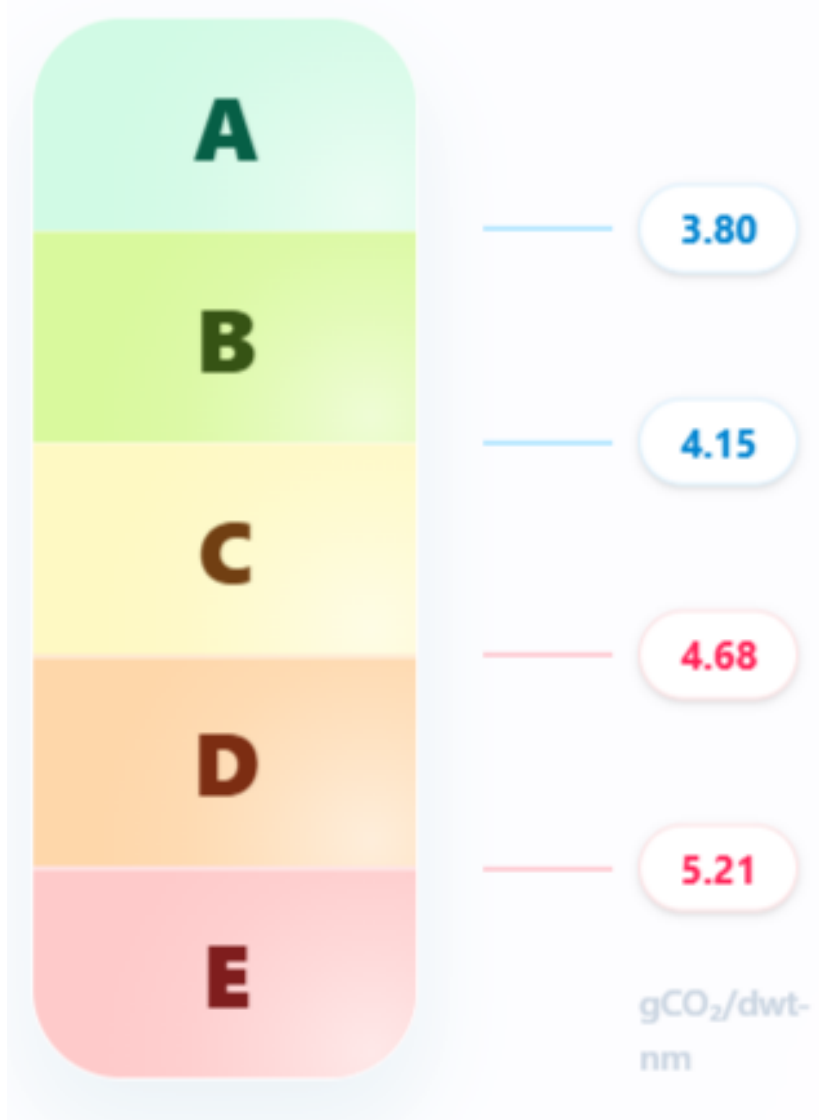
연료 절감에 따른
CO₂ 배출 감소 기대

IMO의 CII 규제 본격화



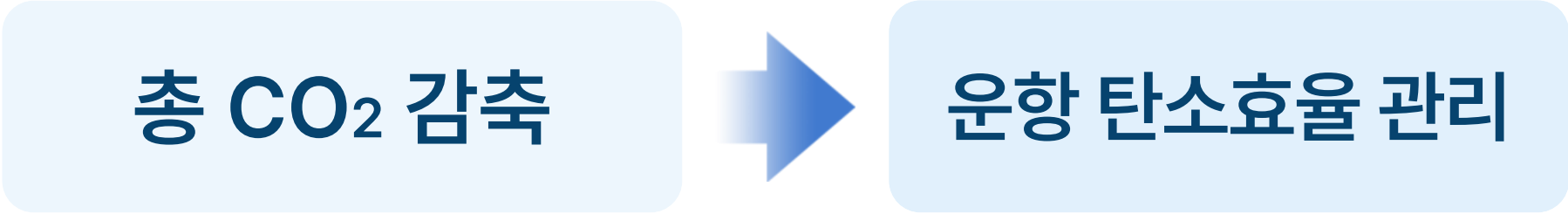
CII

선박의 탄소집약도를
등급화하는 규제 지표



$$CII = \frac{CO_2 \text{ 배출량}}{(DWT \times \text{항해거리})}$$

기준의 전환!



*CII (Carbon Intensity Indicator) : IMO(국제해사기구)의 에너지효율 기준지수로, 선박의 운항 효율 및 탄소집약도를 평가하여 등급화하는 규제 지표입니다.

**북극항로는 IMO CII 규제하
실제 선사가 선택 가능한 친환경 운항전략인가?**

05. 시나리오 분석 - 시나리오 변수

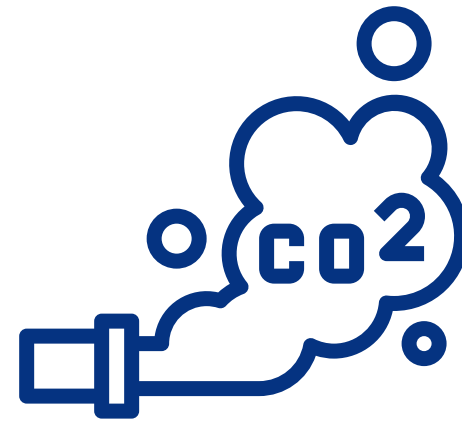
	시나리오	거리	속도	연료소모량	Ice Premium
S1	수에즈 일반운항	10,740 NM	14 kts	31 ton/day	1.00
S2	수에즈 감속운항	10,740 NM	12 kts	21 ton/day	1.00
S3	NSR 하계 최적운항	7,010 NM	13 kts	27 ton/day	1.15

06. 시나리오 분석 - 통제 조건과 보정계수



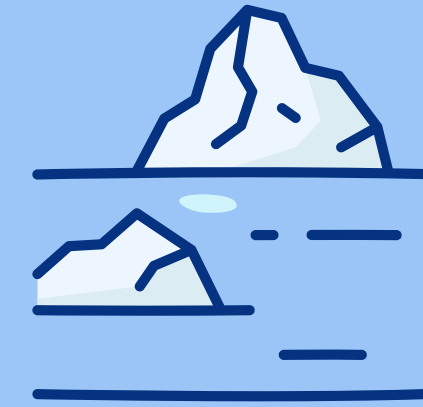
선박

62,000 DWT
Supra Max



연료

VLSFO
3.114 tCO₂/t-fuel



Ice Premium

월별 빙해 보정계수
잔빙, 유빙, 저수온, 항로 회피
추가 연료소모 발생 고려

```
for s in scenarios:  
    voyage_days = distance / (speed * 24)  
    total_fuel = voyage_days * daily_fuel * ice_premium  
    total_co2 = total_fuel * emission_factor  
    cii = total_co2_g / (DWT * distance)
```

- ▶ 운항일수 = 거리 / (속도 × 24)
- ▶ 총연료소모량 = 운항일수 × 일일 연료소모량 × Ice Premium
- ▶ 총 CO₂ = 총연료소모량 × 3.114
- ▶ 항차 기반 CII = 총 CO₂(g) / (DWT × 거리)

```
total_co2_ton = total_fuel * CF_VLSFO
total_co2_g = total_co2_ton * 1_000_000

cii = total_co2_g / (DWT * s["distance_nm"])
```

항차 기반 CII 추정값 voyage-based CII proxy

- ▶ 공식 CII의 경우, 연간 기준의 산출식으로 시나리오 간 비교를 위해 동일한 산식 구조를 항차 단위에 적용한 항차 기반 CII 추정값으로 계산

시나리오 분석 결과

	시나리오	운항 일수	총연료소모량	총 CO ₂ 배출량	항차 기반 CII	CII 등급 환산
S1	수에즈 일반운항	31.96일	990.89 ton	3,085.04 tCO ₂	4.63	C
S2	수에즈 감속운항	37.29일	783.13 ton	2,438.65 tCO ₂	3.66	A
S3	NSR 하계 최적운항	22.47일	697.63 ton	2,172.42 tCO ₂	5.00	D

시나리오 분석 결과

총 CO₂ 결과



수에즈 감속운항  10,740 nm

2,438.65 t-CO₂



NSR 하계 운항  7,010 nm

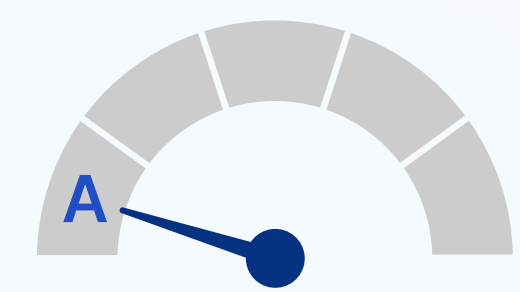
2,172.42 t-CO₂

약 10.9% ↓

CII 등급 결과



수에즈 감속운항

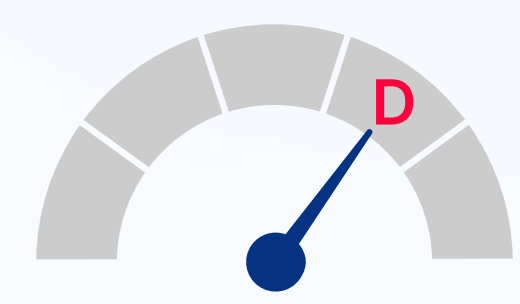


CII 3.66

A 등급
(매우 우수)



NSR 하계 운항



CII 5.00

D 등급
(개선 필요)

$$\frac{\text{CO}_2 \text{ 배출량}}{(\text{DWT} \times \text{항해거리})}$$

① 거리 단축 → 분모 감소

② 빙해 운항 → 연료효율 악화

**북극항로는 총 CO₂ 감축에는 유리할 수 있지만,
CII 등급 관리 관점에서 최적의 친환경 항로가 아니다.**

그렇다면

북극항로는 절대적으로 불리한가?

14. 목표 CII 등급 기반 항로 선택 시뮬레이터

Supramax Bulk Carrier · 부산-로테르담

CII 목표 등급 기반 항로 선택 시뮬레이터

연도와 목표 CII 등급을 먼저 정하면 수에즈 항로와 북극항로에서 가능한 최대 권장 속도, 일일 연료소모량, 운항일수, 총연료, 총 CO₂, CII를 자동 계산합니다.

기준 DWT: 62,000
2026 Required CII: 4.41
Z Factor: 11.000%
VLSFO EF: 3.114 tCO₂/t-fuel

시뮬레이션 방식

등급 → 속도 속도 → 등급

규제 연도: 2026년 목표 등급: B 이상

최소 속도 (kts): 8 최대 속도 (kts): 16

북극항로 운항 월: 9월

9월 Ice Premium 1.15
해빙 최소화기 · NSR 최적 조건

2026년 목표 등급 B 이상 운항 가능 속도

허용 CII: 4.15 gCO₂/dwt-nm 이하 · 탐색범위 8.0~16.0 kts

수에즈 항로

거리 10,740 NM · Ice Premium 1.00

권장 속도

13.4 kts

북극항로

거리 7,010 NM · Ice Premium 1.15

권장 속도

12.2 kts

일일 연료소모

26.35
ton/day

운항일수

33.40
days

총연료

880.11
ton

총 CO₂

2,740.65
tCO₂

CII

4.12
gCO₂/dwt-nm

일일 연료소모

20.84
ton/day

운항일수

23.94
days

총연료

573.89
ton

총 CO₂

1,787.10
tCO₂

CII

4.11
gCO₂/dwt-nm

비교표

항로	권장 속도	거리	ICE	일일 연료	운항일수	총연료	총 CO ₂	CII	등급
수에즈 항로	13.4 kts	10,740 NM	1.00	26.35 ton/day	33.40일	880.11 ton	2,740.65 tCO ₂	4.12	B
북극항로	12.2 kts	7,010 NM	1.15	20.84 ton/day	23.94일	573.89 ton	1,787.10 tCO ₂	4.11	B

CII 등급 경계

A	3.80
B	4.15
C	4.68
D	5.20
E	

해석 가이드

1. 연도별 규제 반영
선택한 연도의 Z Factor를 적용해 Required CII와 A~E 등급 경계값을 자동으로 다시 계산합니다.

2. 목표 등급형
선사가 원하는 CII 등급을 먼저 정하고, 해당 등급을 유지할 수 있는 최대 속도를 찾습니다.

3. 북극항로 보정
NSR은 월별 Ice Premium이 총연료에 곱해서 CII 등급을 악화시킬 수 있습니다.

입력 구조 (1)

📍 CII 규제 기준

규제 연도



연도별 Required CII 강화
 선택한 연도에 따라 Required CII 기준이 자동 적용됩니다.



선택 연도 기준 자동 반영
 모든 계산 및 시뮬레이션에 선택 연도가 일관되게 반영됩니다.

🎯 목표 등급 설정

CII 목표 등급

A 우수	B 양호	C 보통	D 주의	E 불량
----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

목표 등급에 맞는 권장 속도 자동 산정



연도별 기준 반영



권장 속도 계산

입력 구조 (2)

월별 Ice Premium

북극항로 운항 월



9월 추천
 해빙이 가장 적어 운항 효율이 높음

월별 해빙 반영

CII 차이 발생

입력 기준값

선박 제원·연료소모 조건

<p>선형 Supramax</p>	<p>DWT 62,000</p>	<p>설계속도 14.5 kn</p>
<p>연료 VLSFO</p>	<p>배출계수 3.114</p>	<p>기준 연료소모 32.1 ton/day</p>

입력 기준값 반영
 선박 제원과 연료 조건을 시뮬레이션 계산에 적용합니다.

조건 고정
 비교의 공정성을 위해 기본 제원을 동일하게 사용합니다.



시뮬레이터의 의의

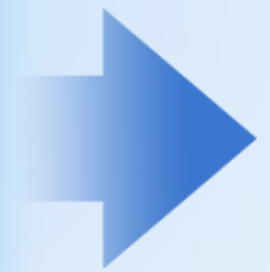
AS-IS

사후 평가

어떤 항로가 더 나왔는가



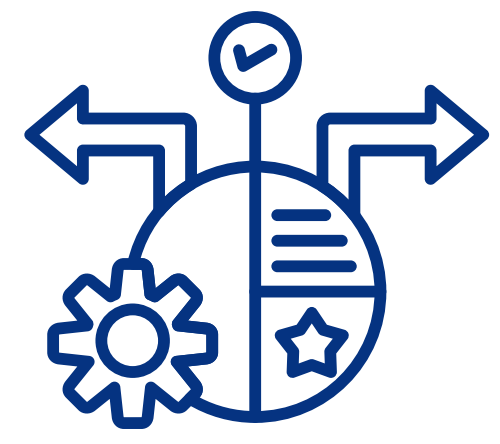
과거 데이터 기반 분석 및 성과 평가



TO-BE

사전 의사결정

어떤 목표를 달성할 것인가



미래 시나리오 기반 최적 의사결정 지원

최종 결론

“ 북극항로의 친환경성은 항로 자체의 속성이 아닌,
 CII 규제 기준과 운항 조건이 결합된 의사결정 결과이다. ”

총 CO₂ 감축 가능성

거리 단축 효과는 존재

북극항로는 운항거리 단축으로
 총 CO₂ 배출량을 줄일 수 있다.

CII 등급 리스크

항상 좋은 등급을 보장 X

Ice Premium과 짧은 항해거리로
 CII 등급은 오히려 불리해질 수 있다

데이터 기반 조건부

북극항로는 조건부 대안

운항 시기, 빙해 조건, 속도,
 규제 연도를 함께 고려해야 한다.



감사합니다.