

부산대학교 해운항만물류 고급인력 양성사업단

지속가능·회복탄력 해운항만물류를 위한
첨단 연구방법 혁신 세미나

SERIES 2

Week 2 다기준 기법을 이용한 해운 경쟁력 분석 연구

부산대학교 **김동진** 교수

2nd 2025. 11. 28.(금) 14:00 ~, 부산대학교 성학관 619호



다기준 의사결정 기법을 이용한 해운 경쟁력

분석 연구

(Quantified SWOT)

다기준 의사결정 기법의 필요성

< 남북한 TKR 연결시 유럽으로의 철도 운송과 해상운송의 경제 효율성 비교 >

효율적인 운송 수단 (경로) 선택

<요약>

-우리나라의 주요 교역권은 아시아, 미주, 유럽 교역권으로 나눌 수 있다. 일반적으로 대량의 화물운송은 해상운송이 주를 이루지만 다른 지역과 다르게 유럽 교역권은 철도 운송이 가능하다.

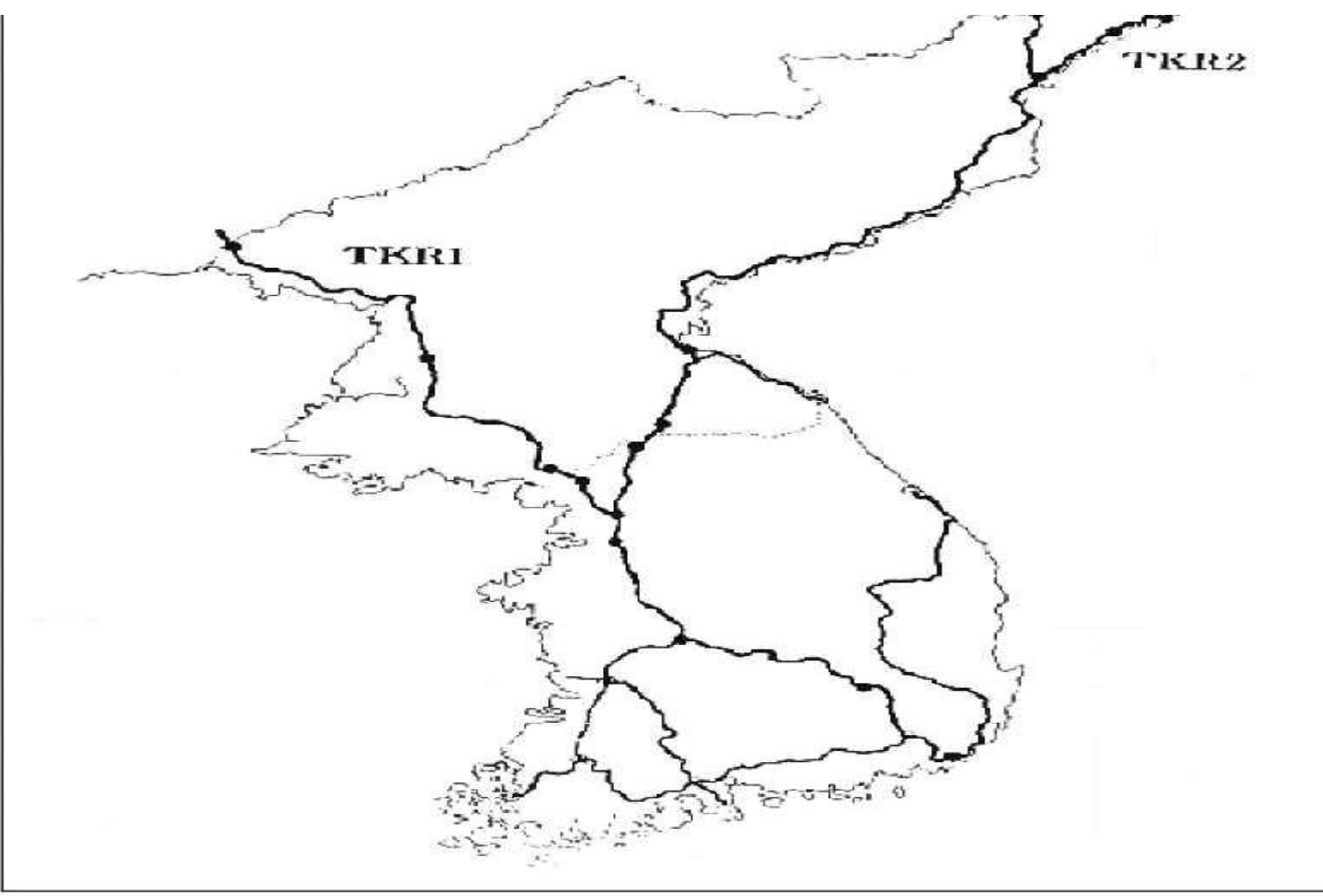
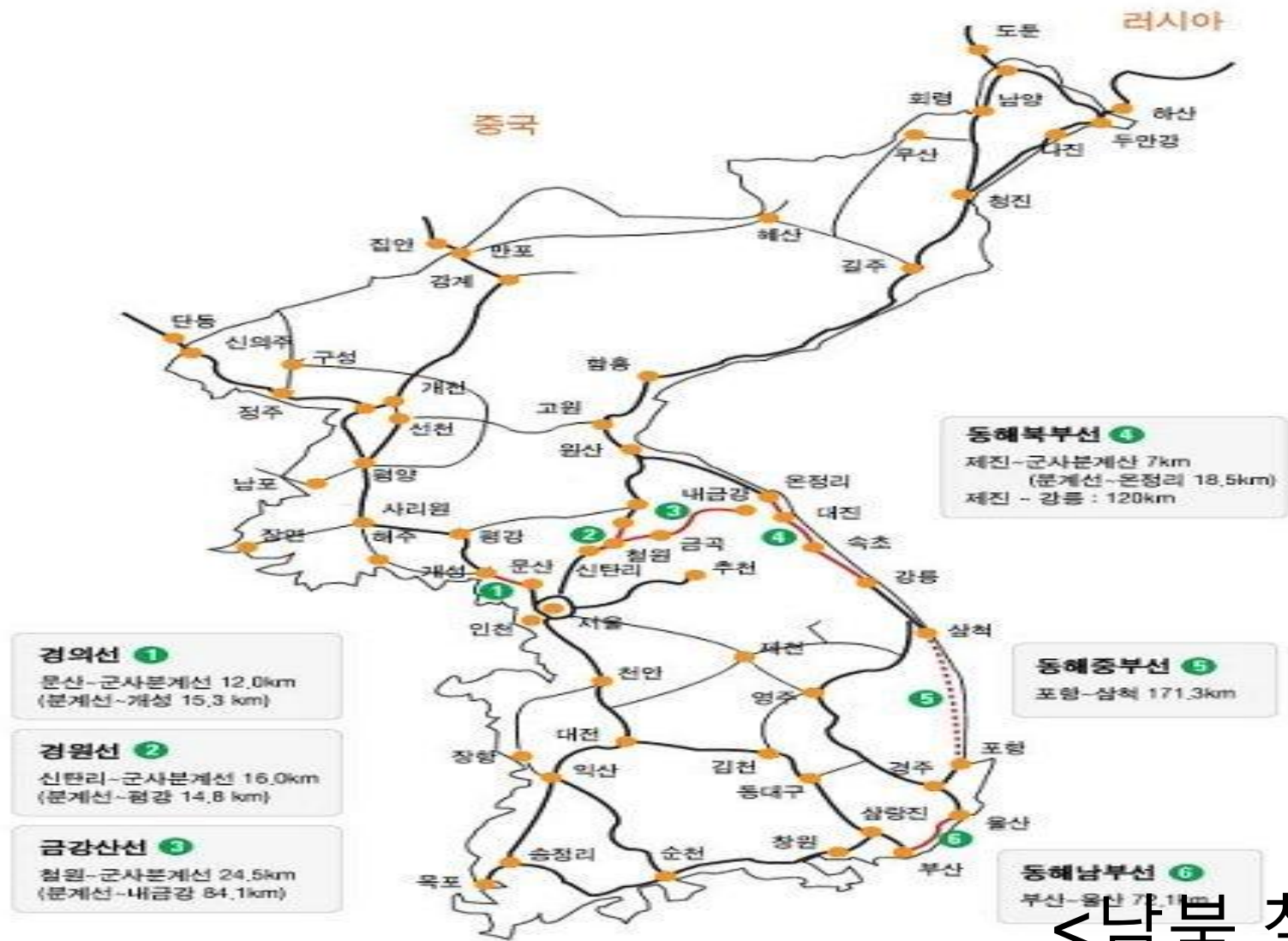
- 또한, 중국의 성장으로 동북아 물류 중심지로서의 경쟁력이 약화된 우리나라는 지금의 경쟁구조와는 다른 방안인 철도운송에 주목할 필요가 있다.

-이러한 배경 하에 본 연구에서는 한반도 종단 철도(TKR)와 시베리아 횡단철도(TSR)를 이용한 유럽 지역과의 운송 경로를 비교하여 경제성 분석에 주안점을 두었다. 분석의 요소로는 운송거리, 운송기간, 운송비, 추가비용을 중심으로 사용하였으며 6가지의 운송경로를 비교하여 가장 경제성 있는 복합 운송 경로를 찾고자 한다.

3

- 향후 북한과의 남북 철도를 연결하여 우리나라가 TKR과 TSR의 철도운송을 이용하는 것이 국가 경쟁력을 높일 수 있는 방안이 될 것이다.

출처: 최경훈, 박계각, 이수관, 윤대근
연구 논문 요약 및 가공 (2014)



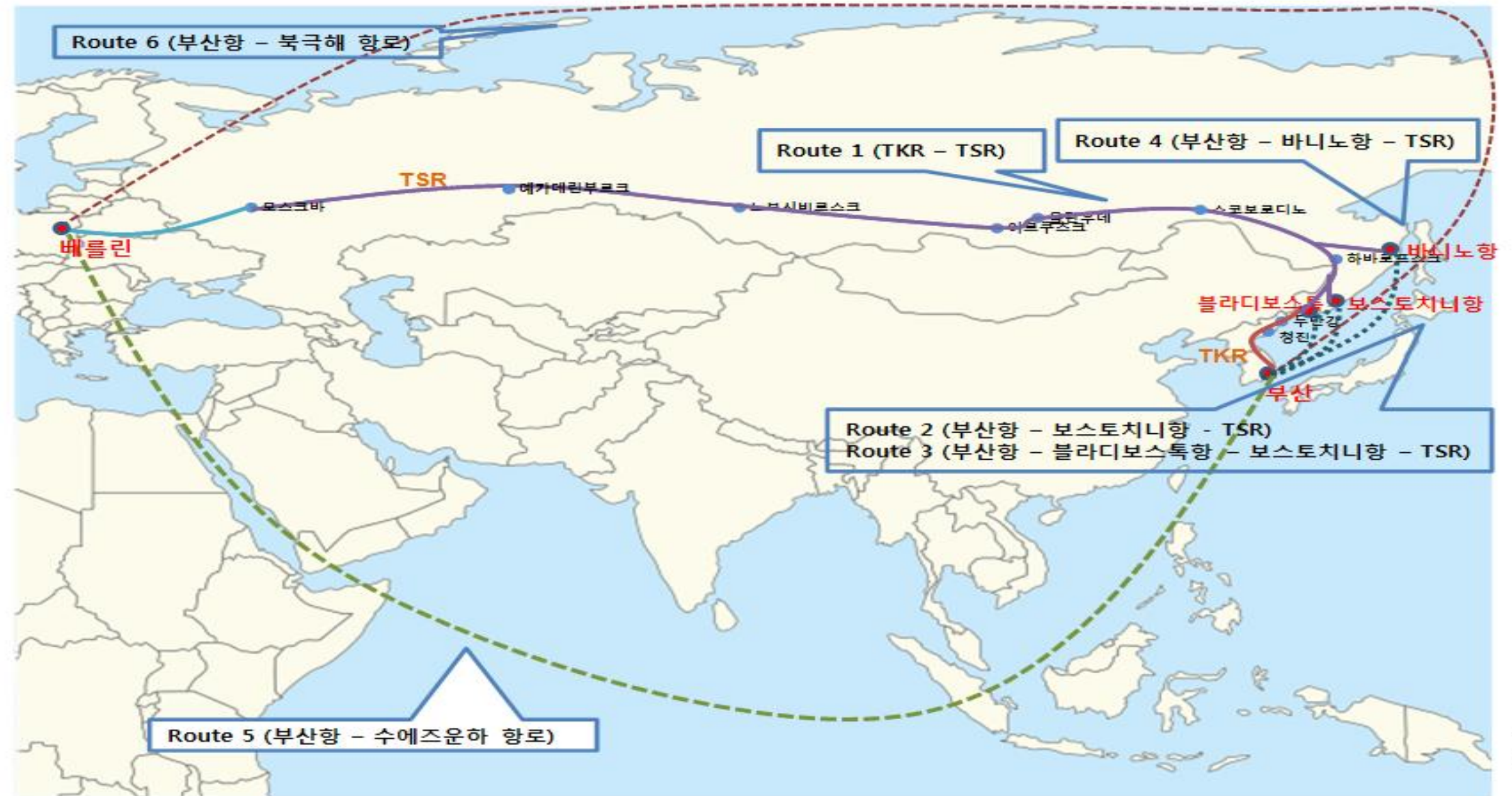
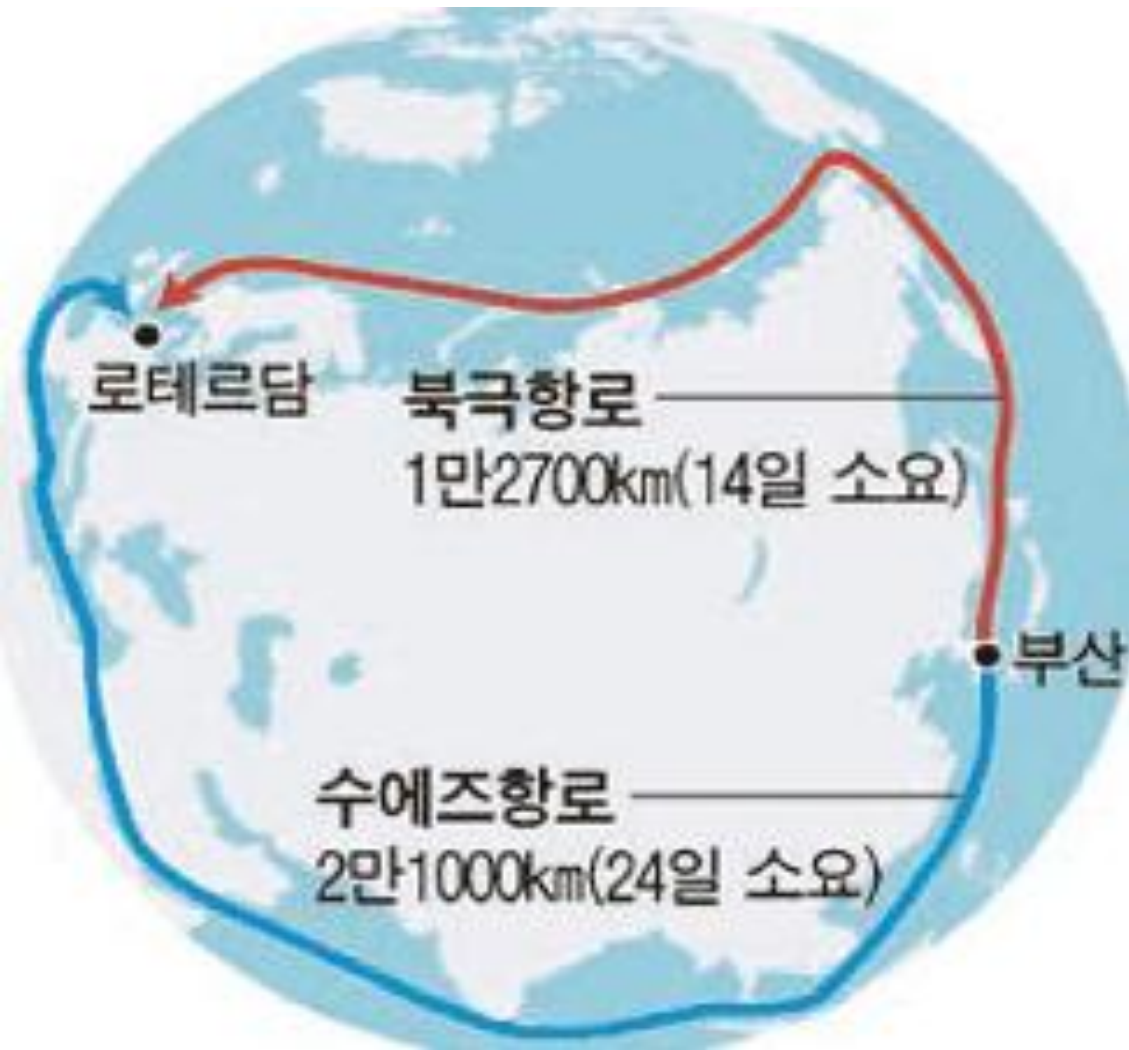
<남북 철도 및 연계 대륙철도>



김도일 기자 / 20160916 트위터 @yonhap_graphics, 페이스북 toney.kr/LeN1

< 국제 운송 경로 및 관련 데이터 >

경로 No.		운송경로
철도*	경로1	TKR(한반도종단철도) - TSR(시베리아횡단철도)
	경로2	Busan - Vostochny(보스토치니항)- TSR
해운+철도**	경로3	Busan - Vladivostok(블라디보스톡항) - Vostochny - TSR
	경로4	Busan - Vanino(바니노항) - TSR
해운***	경로5	Busan - Suez(수에즈) - Europe
	경로6	Busan - Arctic Ocean(북극해) - Europe



경로대안	총 운송거리(km)*	총 운송기간(일)	총 운송비용(USD/20ft)	
경로1	TKR - TSR	12,481	26	4,200
경로2	Busan - Vostochny- TSR	12,002	46.5	5,016
경로3	Busan - Vladivostok - Vostochny - TSR	12,004	47.5	5,016
경로4	Busan - Vanino - TSR	12,681	33	5,416
경로5	Busan - Suez - Europe - Berlin	20,945	35	6,665
경로6	Busan - Arctic Ocean - Europe - Berlin	12,645	20	

Table 4. Economic feasibility analysis of each route

	Distance (km)	Total period (DAY)	Cost (USD)	Additional cost (USD)
Route1	12,481(3)	26(2)	4200/7000(3)	-
Route2	12,002(1)	46.5(5)	3900/7000(1)	1116/1243
Route3	12,004(2)	47.5(6)	3900/7000(1)	1116/1243
Route4	12,681(5)	33(3)	4300/7400(4)	1116/1243
Route5	20,945(6)	35(4)	5500/9000(5)	1116/1243
Route6	12,645(4)	20(1)	Undecided(6)	1116/1243

< 비교·분석 결과 >

첫째, 운송거리는 경로 1, 2, 3이 많은 차이를 보이지 않고 다른 경로에 비해 단거리임을 보인다.

둘째, 총 운송시간에서 경로 1과 경로 6이 10일 이상 적게 소요됨을 알 수 있으며

셋째, 운임은 경로 2, 3이 동일한 비용으로 우위를 가진다. 마지막으로 추가 비용은 경로 1이 전혀 소요되지 않음을 알 수 있다.

위 내용을 종합해보면 거리는 경로 2, 총 운송 시간은 경로 6, 운임은 경로 2와 3, 추가 비용은 경로 1이 우위를 보인다.

하지만 경로 1, 2, 3의 거리는 큰 차이를 보이지 않고 경로 2, 3은 운임에 비해 총 운송시간이 많이 소요되고 있어, 비교 요인(거리, 기간, 운송 비용)별 우선 순위가 다르게 나타나는 경우 어떤 경로가 가장 경제적일까?

여러 요인(기준)을 모두 고려하여 최적의 경로를 찾는 방법이 필요함.

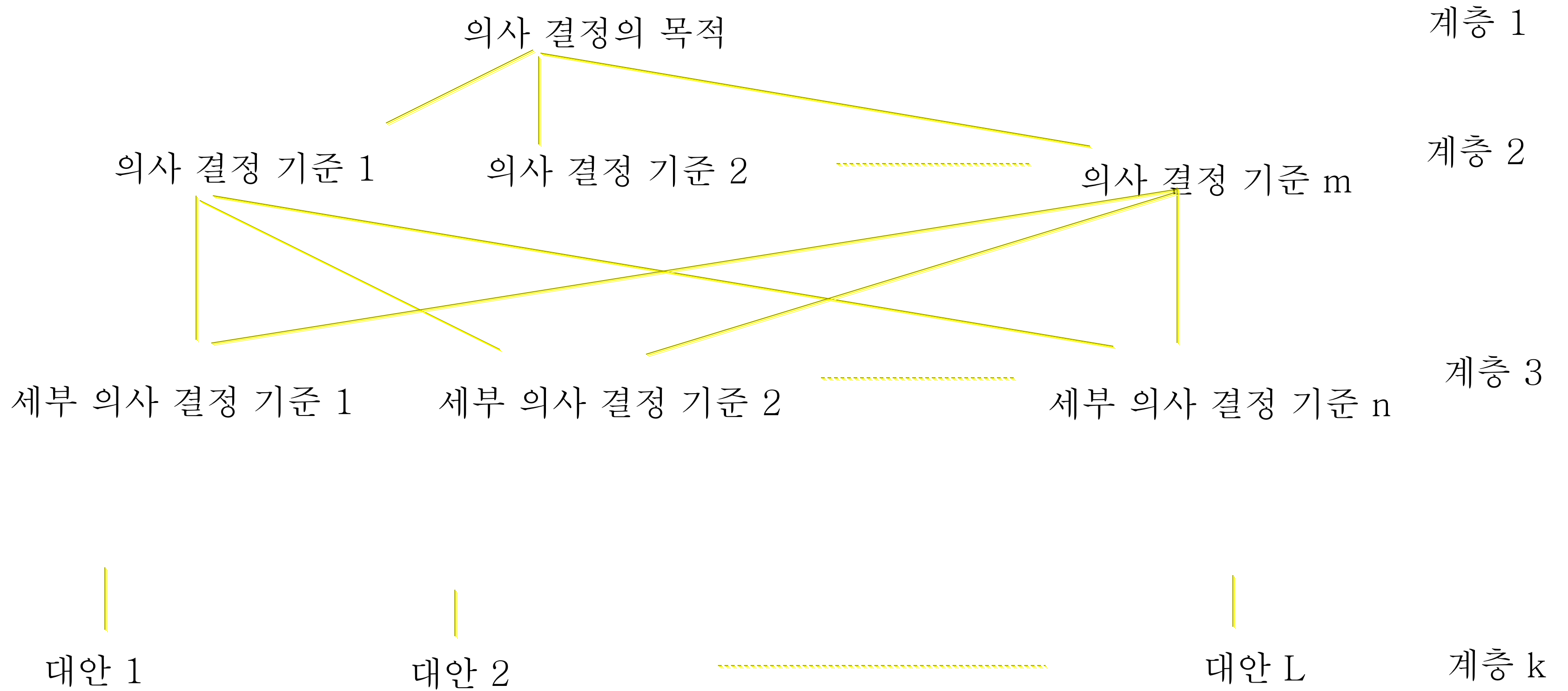
(즉 고려해야 할 현실적인 요인들이 많을 때 여러 대안 중에서 가장 좋은 대안을 찾고자 함)

다기준 의사결정 기법 : 요인들 간에 가중치를 다르게 주어서 최적의 대안을 찾는 방법

다기준(다요인) 의사 결정 기법

<AHP: 계층분석적 의사 결정 방법>

- 일반적인 의사 결정문제는 서로 상반된 기준과 불완전한 정보 및 제한된 자원 등을 이용하여 최적의 대안을 선정 해야 하는 현실적인 문제를 내포 하고 있다.
- 의사 결정시 서로 상반된 다수의 기준을 만족시키는 선택 가능한 대안들간에 정량적으로 우선순위를 선정함으로써, 주어진 조건하에서 최적의 대안을 찾아내는 방법이 계층분석적 의사 결정방법(Analytic Hierarchy Process: AHP)이다.
- 이 방법은 의사 결정의 계층구조를 구성하고 있는 요소간의 쌍대 비교에 의한 판단을 통하여 가능한 대안 중에서 최적의 대안을 계산하는 기법이다.
- AHP는 먼저 상위계층에 있는 요소를 기준으로 하위 계층에 있는 각 요소의 가중치를 측정하는 방식을 통하여, 상위 계층의 요소하 에서 각 하위요소가 다른 하위요소에 비하여 우수한 정도를 나타내주는 수치로 구성되도록 전개된다.



< 그림 1 AHP 의 기본 계층도 >

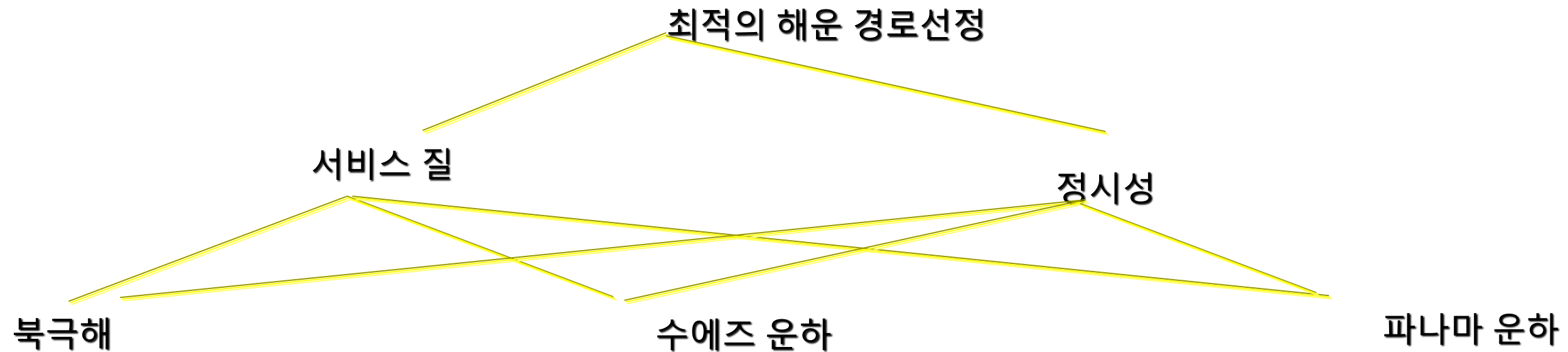
<적용 예 1>

부산에 위치한 부산전자는 현재 부산항에서 수에즈 운하를 거쳐 유럽 네덜란드의 로테르담 항만으로 으
로 제품을 운송하고 있다. 그러나 선박들이 수에즈 운하 통과 시 불필요한 대기 시간이 발생하여 목적지
까지 정시에 제품을 운송하지 못하는 상황이 발생하여 신규 항로인 북극해 항로와 남아메리카의 파나마
운하를 통과하는 대안 경로에 대해서 관심이 있다.

부산전자는 여러 요인들을 고려하여 최적의 해상 운송 경로를 선정하고자 한다..

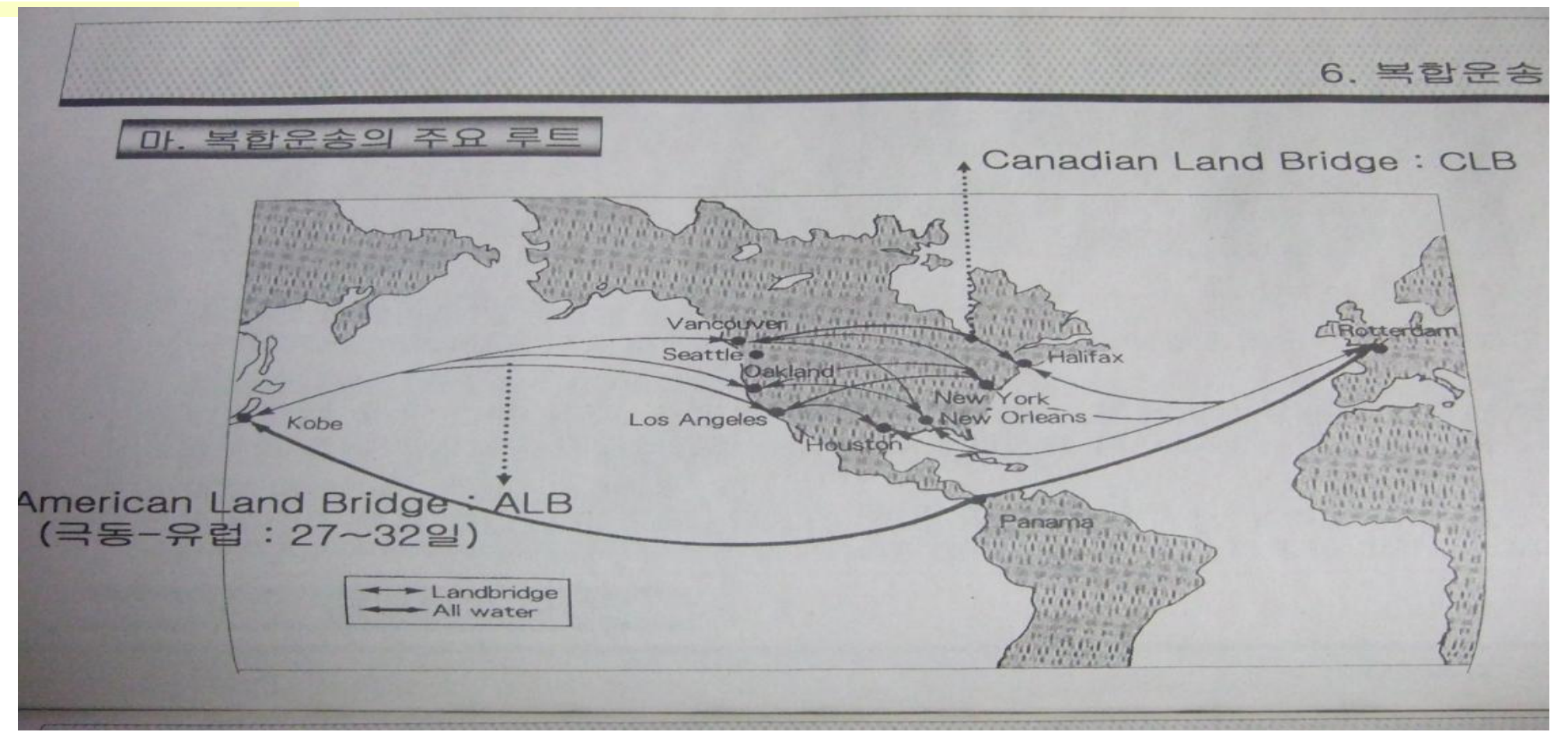
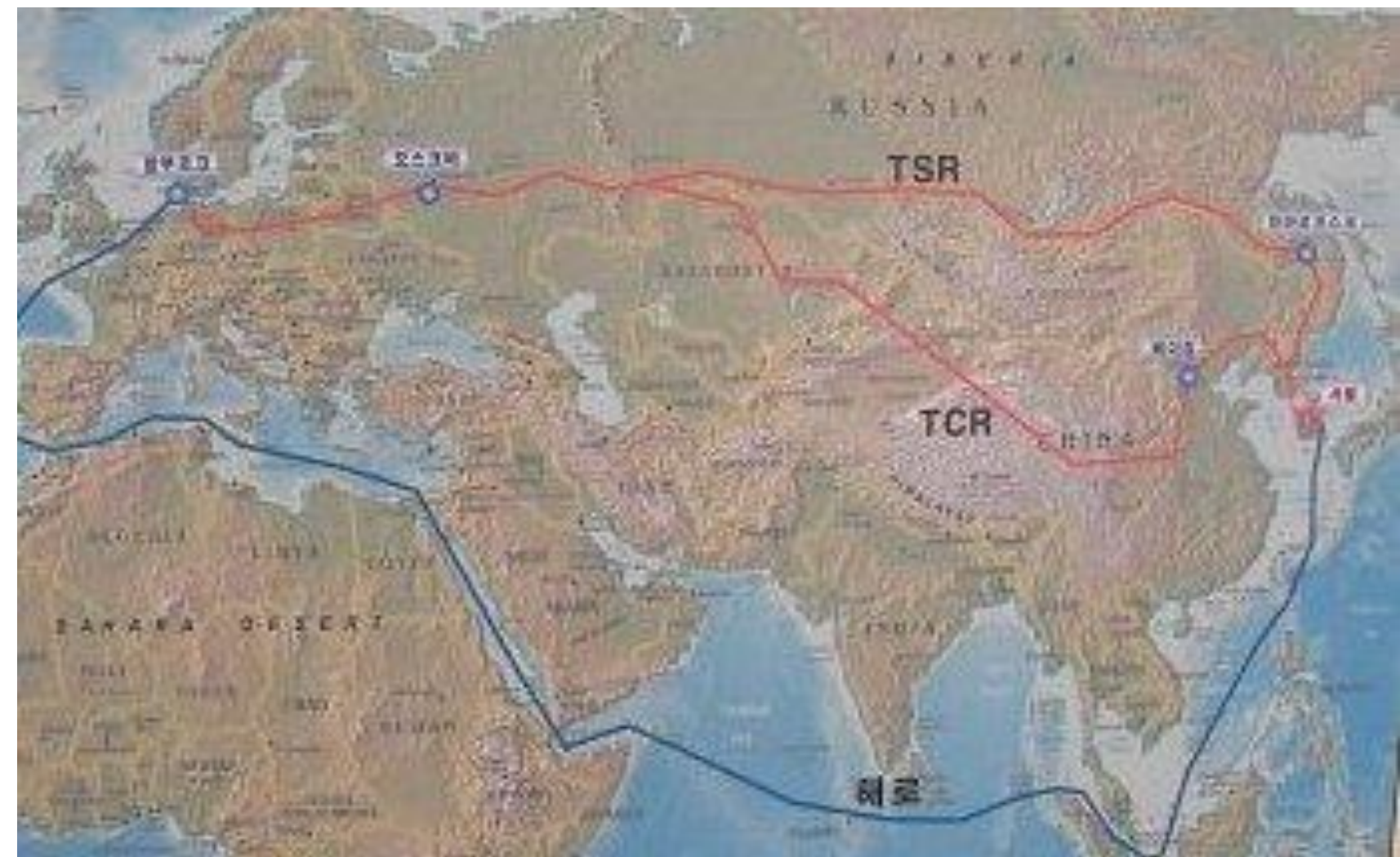
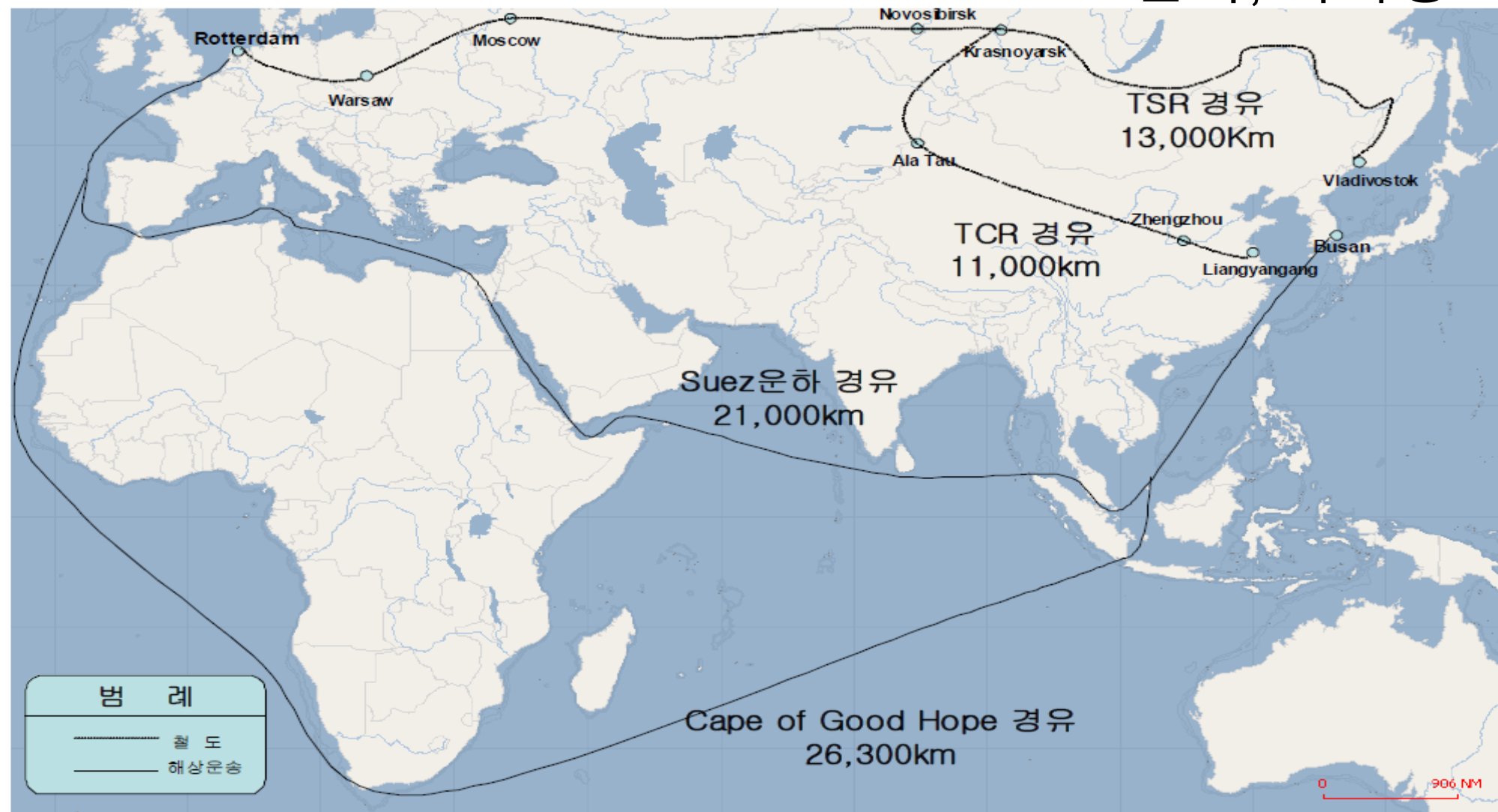
이를 위해 여러 가지 정량적 요인(비용, 거리, 시간) 뿐만 아니라 서비스의 질과 정시성의 정성적 요인들
을 추가로 고려하려고 한다.

AHP를 사용하기 위해 다음과 같은 간단한 계층도를 설계할 수 있다.



< 그림 2 해상운송 경로 도출 계층도 >

< Suez 운하, 북극항로, 파나마 운하 >



<설문지 조사>

(기준에 대한 설문)

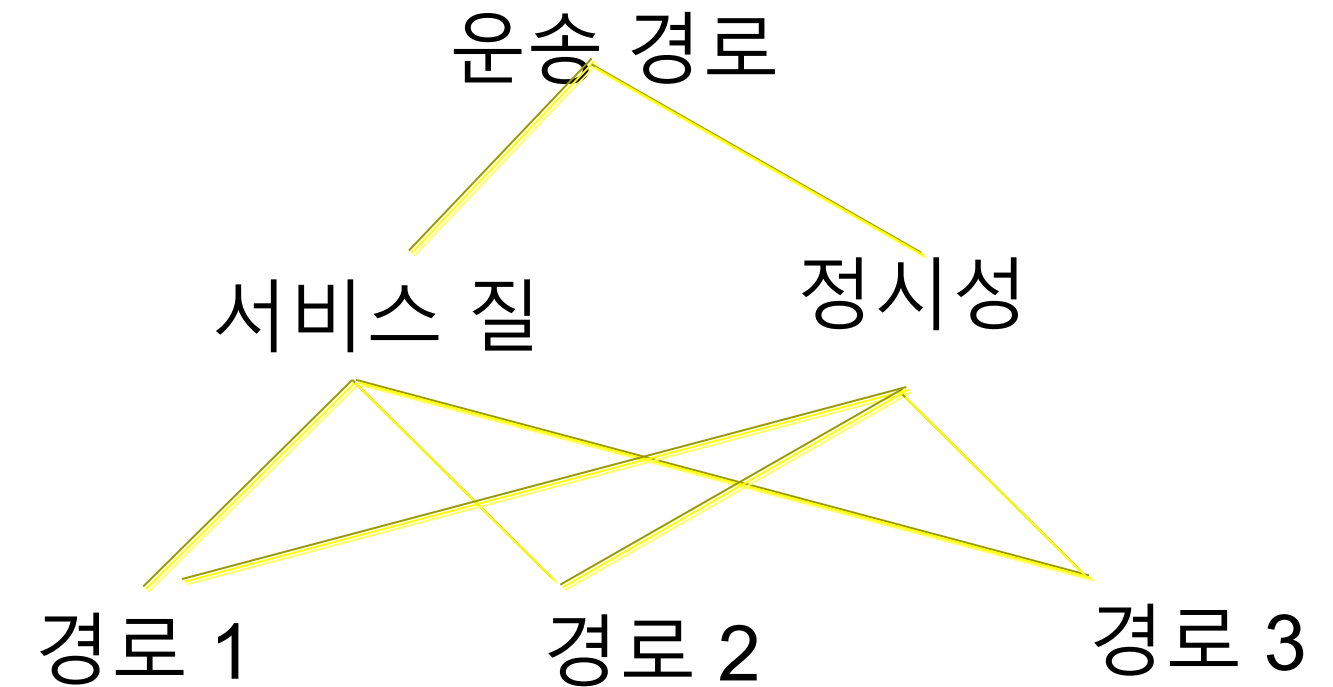
(질문 1) 성과 도출에 대해서 서비스 질과 정시성 중에서 어느 기준이 얼마나 더 중요하다고 생각하십니까?		
기준	중요 중요	기준
서비스 질	98765432123456789	정시성

(서비스 질에 대한 대안 경로들간의 비교)

(질문 2) 서비스질에 대해서 각 경로에 대해서 평가 해주시기 바랍니다.		
기준	중요 중요	기준
경로 1	98765432123456789	경로 2
경로 1	98765432123456789	경로 3
경로 2	98765432123456789	경로 3

(정시성에 대한 대안 경로들간의 비교)

(질문 2) 정시성에 대해서 각 경로에 대해서 평가 해주시기 바랍니다.		
기준	중요 중요	기준
경로 1	98765432123456789	경로 2
경로 1	98765432123456789	경로 3
경로 2	98765432123456789	경로 3



< 그림 2 경로 성과 도출 계층도 >

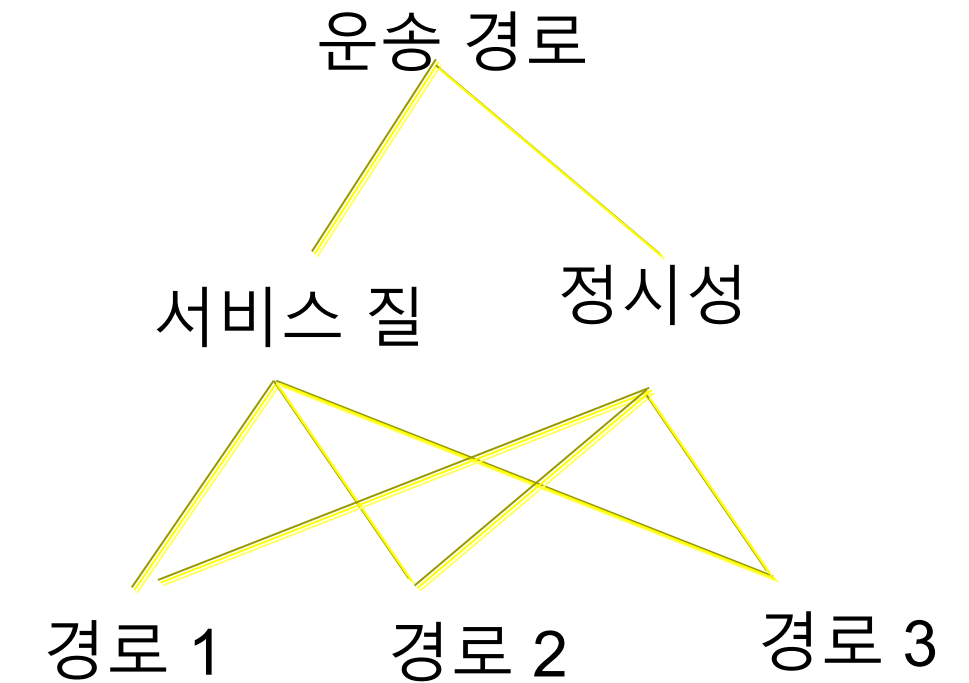
<설문지 조사 및 결과>

요인	서비스 질	정시성	상대적 중요도
서비스 질	1	2	?
정시성	1/2	1	?

서비스질	경로 1	경로 2	경로 3	상대적 중요도
경로 1	1	2	4	?
경로 2	1/2	1	2	?
경로 3	1/4	1/2	1	?

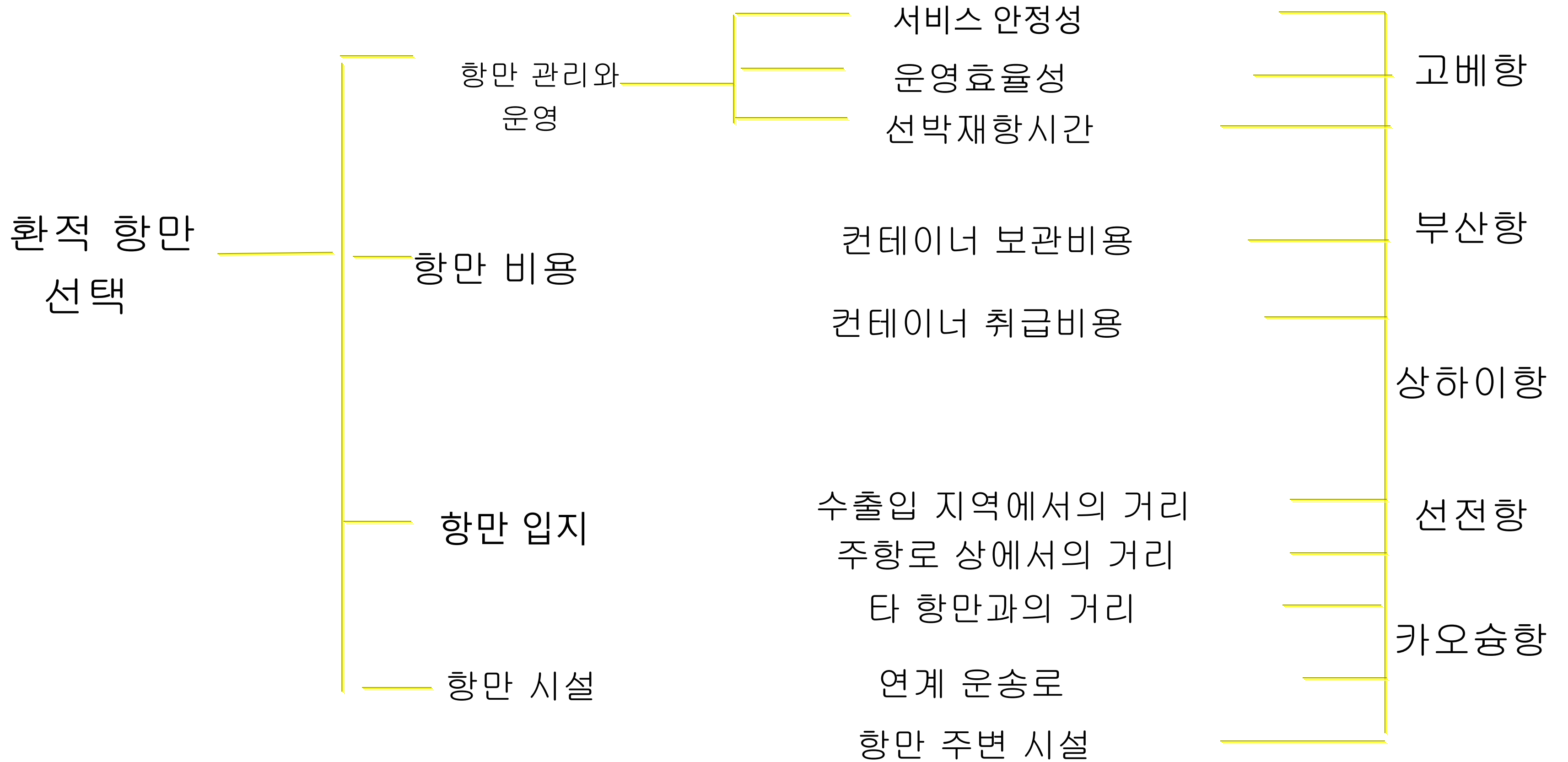
정시성	경로1	경로2	경로 3	상대적 중요도
경로 1	1	3	6	?
경로 2	1/3	1	2	?
경로 3	1/6	1/2	1	?

경로1	경로2	경로 3
?	?	?



<그림 2 경로 성과 도출 계층도 >

< 적용 예 2: 항만 선택 >



< 적용 예 3: 운송 경로 선택 >



(1) 각 요인 별 세부요인은 어떤 것들이 있을 까?

(예) 비용: 하역 비용, 보관비용, 검사 비용, 등...

(2) 다른 경로는 없을까?

(예) 1번 경로(TKR+TSR) 에서 TSR외에 다른 횡단 철도(TCR, TMGR, TMR) 등....

<적용 4> 효율적인 항공 화물운송사 선정 의사결정 목표

1. 현재 제휴중인 업체:

- 어느 정도의 효율성이 있는지? 서로의 협력관계가 어느 정도인지?
에 대한 평가 및 향후 전략적 제휴 방향에 대한 방안을 제시

2. 제휴를 고려하는 업체:

- 현 상태의 정도를 파악하고 우리 회사와의 연관성 및 시너지
효과 면에서 가장 적합한 업체 선정을 위한 대한 제시

대한항공

대 안		
Air France	Norh west	남방 항공
0.4957	0.3600	0.1547

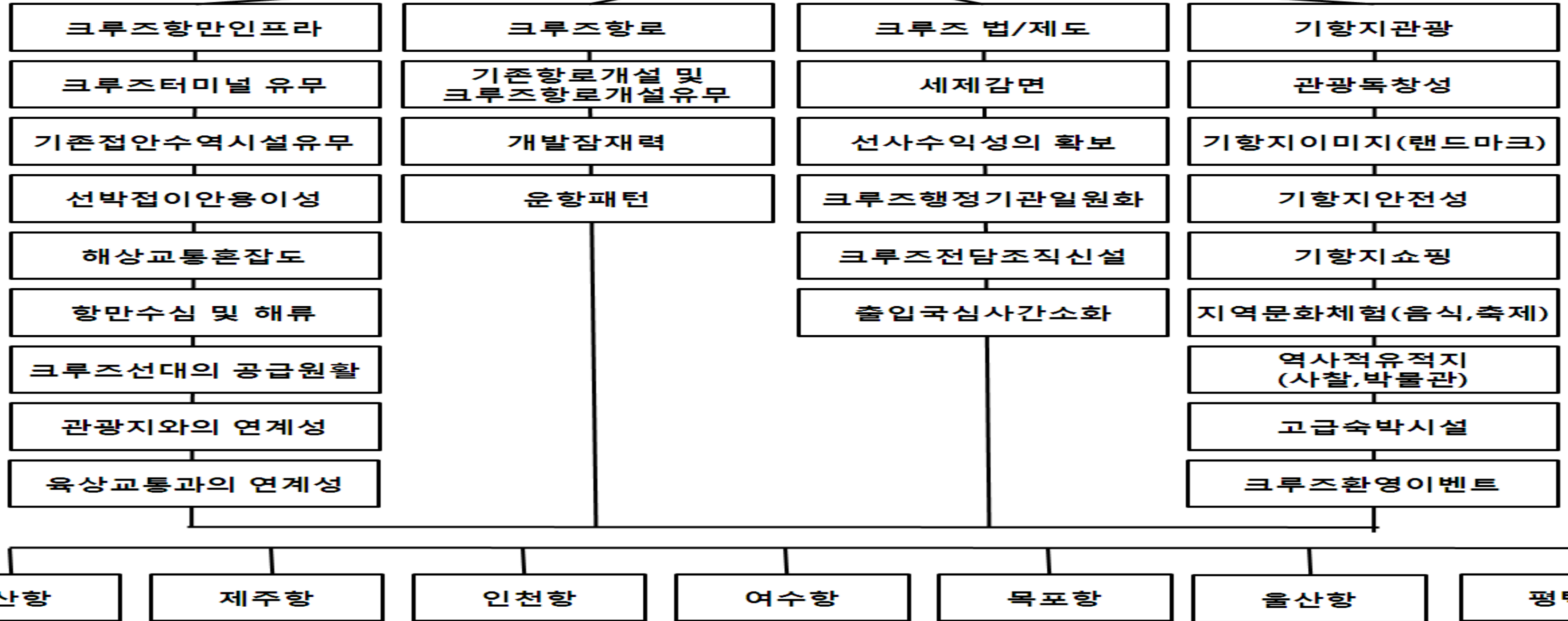
아시아나 항공

대 안		
싱가폴 항공	루프트 한자	동방 항공
0.3565	0.6130	0.0622

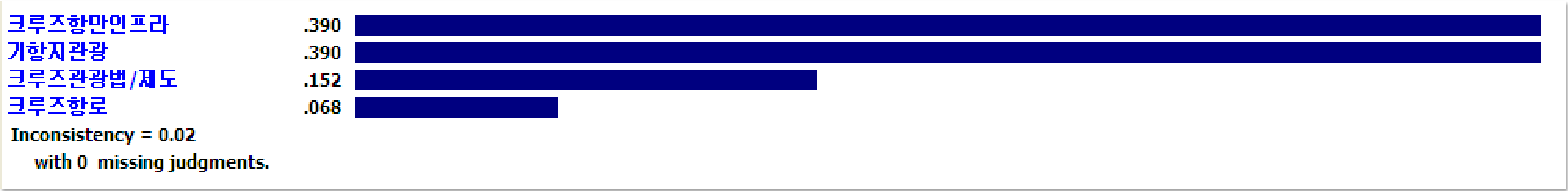
<적용 예 5>크루즈산업 활성화를 위한 중심항만 선정

크루즈산업 활성화를 위한 중심항만 선정을 위한 계층도

크루즈산업 육성을 위한 중심항만선정

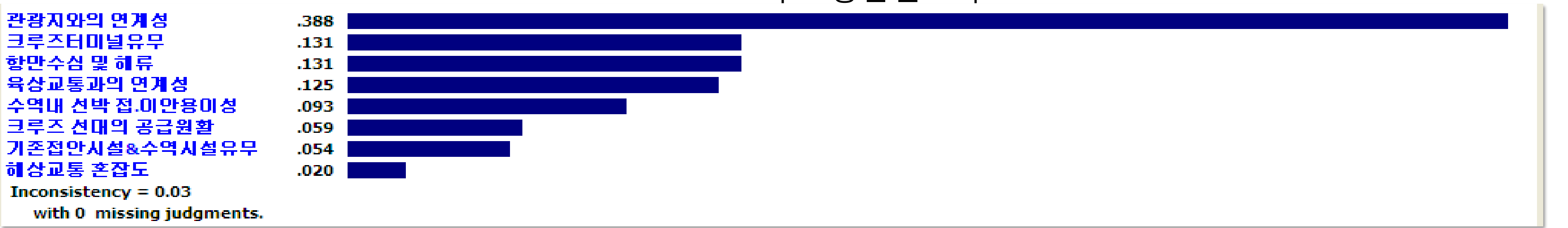


• **평가성의 중요도**



세부평가속성의 중요도

• **크루즈항만인프라**



• **크루즈 항로**

< 크루즈산업 활성화를 위한 중심항만 선정 결과 >

Synthesis with respect to:

Goal: 크루즈 중심항만입지선정

Overall Inconsistency = .02



< 결 론 >

-AHP는 여러 가지 대안이 있을 때 대안들이 갖는 특징들을 구체적으로 묘사하고, 이들 특징들을 상대 비교하고 우위를 선정함으로써, 최종적으로 기준들을 만족시키는 최적의 대안을 선정하는데 효율적인 기법이다.

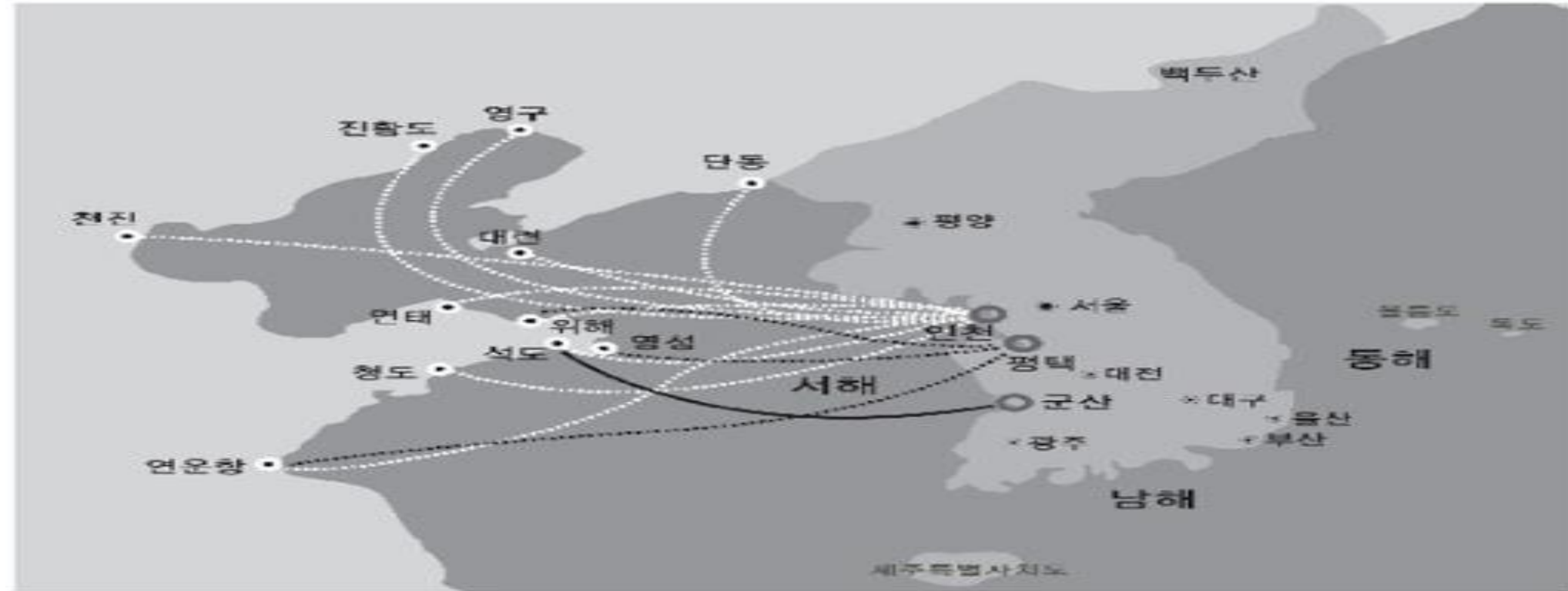
-- AHP는 다양한 응용분야에서 사용할 수 있으며, 의사 결정자는 최적의 대안을 표출하는데 있어, 적절한 기준들을 선정하고, 기준 요소들 간에 객관적인 상대평가를 내림으로써, 현실적인 조건을 반영한 효율적인 의사 결정을 내릴 수가 있을 것이다.

-기준 및 세부 요소들의 객관적 선정이 중요

1. 한·중 카페리 항로 현황

인천-천진간 항로에 대한 AHP 분석
(박성은, 이충효, 김형일: 한 중 카페리 선사 선택 요인의 중요도 분석에 관한 연구)

서해안 권역의 한·중 카페리 항로는 1992년 8월 24일 한국과 중국의 국교 정상화 이전인 1990년도 인천-위해 노선을 시작으로 2014년에 추가된 평택-연태 노선까지 현재 16개 항로가 운영 중이다. 인천과 평택을 중복으로 기항하고 있는 중국내 항만은 위해, 연태, 연운항이며 인천과 군산을 중복으로 기항하고 있는 중국내 항만은 석도이다.



<표 2>

서해안 권역의 한·중 카페리 항로 현황

구분	왕복 항차수	여객(명)			화물(TEU)		
		2014년	2013년	증감(%)	2014년	2013년	증감(%)
인천	위해	153.0	157.371	▲7.0	51.510.5	52.759.0	▽2.4
	천진	35.0	31.330	▲220.6	3.452.0	5.259.0	▽34.4
	청도	152.0	108.163	▽15.5	59.457.0	60.791.0	▽2.2
	대련	150.5	101.391	▽1.1	15.682.0	17.611.0	▽11.0
	단둥	144.5	174.271	▲6.2	20.718.0	22.216.0	▽6.7
	연태	153.0	93.881	▲29.2	40.399.0	34.774.0	▲16.2
	석도	152.0	148.599	▲2.7	42.774.0	40.183.0	▲6.4
	영구	99.0	59.203	▲28.4	20.359.0	18.300.0	▲11.3
	진황도	100.5	36.709	▽22.5	30.091.0	23.010.0	▲30.8
	연운항	101.5	56.740	▲1.1	45.759.0	45.078.0	▲1.5
평택	상해	51.5	0	-	69.089.0	68.054.0	▲1.5
	영성	152.5	166.509	▽11.5	46.435.0	42.805.0	▲8.5
	연운항	58.5	35.764	▽45.4	15.817.0	29.576.0	▽46.5
	위해	153.0	150.928	▽5.0	29.932.0	27.581.0	▲8.5
	일조	96.0	75.783	▲313.8	18.173.0	4.863.0	▲273.7
군산	연태	75.0	60.933	-	8.183.0	-	-
	석도	148.0	134.983	▽14.2	22.275.0	21.932.0	▲1.6

<요인들 선정 및 설명>

<표 3>

카페리선사 선택요인의 조작적 정의

주 요인	세부 요인	조작적 정의
신속성	운항시간	일정한 해상항로를 운항하는 시간
	하역시간	화물을 싣고 내리는 시간
	통관시간	관세법에 따른 절차를 이행하여 물품을 수출, 수입, 반송 하는 시간
경제성	해상운임	선박으로 화물을 해상운송하는 비용
	하역료	화물을 싣고 내리는 비용
	도착지 연계 내륙운송요금	항만 하역 후 육상운송으로 화주에게 화물을 배송하는 운송비용
안정성	화물의 낮은 파손율	화물은 흔들림을 최소화하여 화물파손을 줄임
	선내 화물 안전시설	선박의 운항중 화물이 이동하지 않게 화물을 고정하여 화물의 파손을 막는 시설
	운항의 정시성	운행표를 미리 작성해놓고 이것에 따라 선박을 운항하므로 출발시간, 도착시간이 정해진 시간에 이루어짐



<그림 1> 중요도 우선순위 결정을 위한 계층구조

< AHP 에 의한 요인별 중요도 >

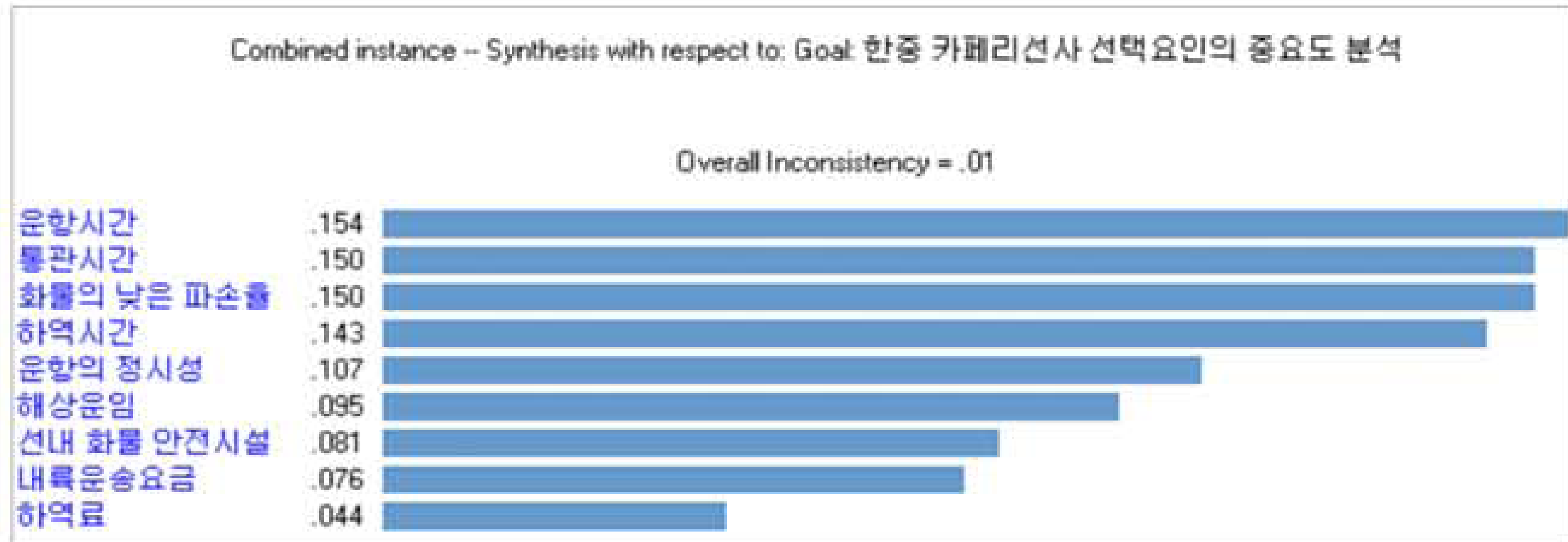
1. 전체 그룹의 선택요인별 상대적 중요도

물류서비스 공급자 관점인 포워더, 물류서비스 이용자 관점인 화주, 포워더 및 화주 전체그룹의 한·중 카페리선사 선택요인별 상대적 중요도 인식 분석결과 3가지 주 기준 즉, 신속성, 안정성, 경제성 순으로 중요하게 생각하고 있는 것으로 나타났다.

<표 5> 전체 그룹의 선택요인별 상대적 중요도

[전체 그룹] 주 기준 중요도: W1 (순위)		[전체그룹] 세부기준 중요도: W2 (순위)		총체적 중요도: W1×W2 (순위)
신속성	0.447 (1)	운항시간	0.345 (1)	0.154 (1)
		하역시간	0.320 (3)	0.143 (4)
		통관시간	0.335 (2)	0.150 (2)
		중요도 합계	1.000	0.447
경제성	0.216 (3)	해상운임	0.443 (1)	0.096 (6)
		하역료	0.203 (3)	0.044 (9)
		내륙운송요금	0.354 (2)	0.076 (8)
		중요도 합계	1.000	0.216
안정성	0.338 (2)	화물의 낮은 파손율	0.444 (1)	0.150 (2)
		선내 화물 안전시설	0.240 (3)	0.081 (7)
		운항의 정시성	0.316 (2)	0.107 (5)
		중요도 합계	1.000	0.338

전체 CR = 0.01, 신속성 CR = 0.04, 경제성 CR = 0.09, 안정성 CR = 0.01



〈그림 2〉 전체 그룹의 카페리선사 선택요인의 중요도 우선순위

전체 그룹의 분석 결과 세부기준 9개 항목에 대한 총체적 중요도의 우선순위는 운항시간(0.154), 통관시간(0.150) 및 화물의 낮은 파손율(0.150), 하역시간(0.143), 운항의 정시성(0.107), 해상운임(0.095), 선내 화물의 안전시설(0.081), 내륙운송요금(0.076), 하역료(0.044) 순으로 나타났다.

다기준 기법을 이용한 해운 경쟁력 분석

- 효율적 녹색 해운 항로 선정을 위한 정량적 swot분석 -

녹색해운항로의 이해

녹색해운항로 촉진 동향

Quantified SWOT 분석이란

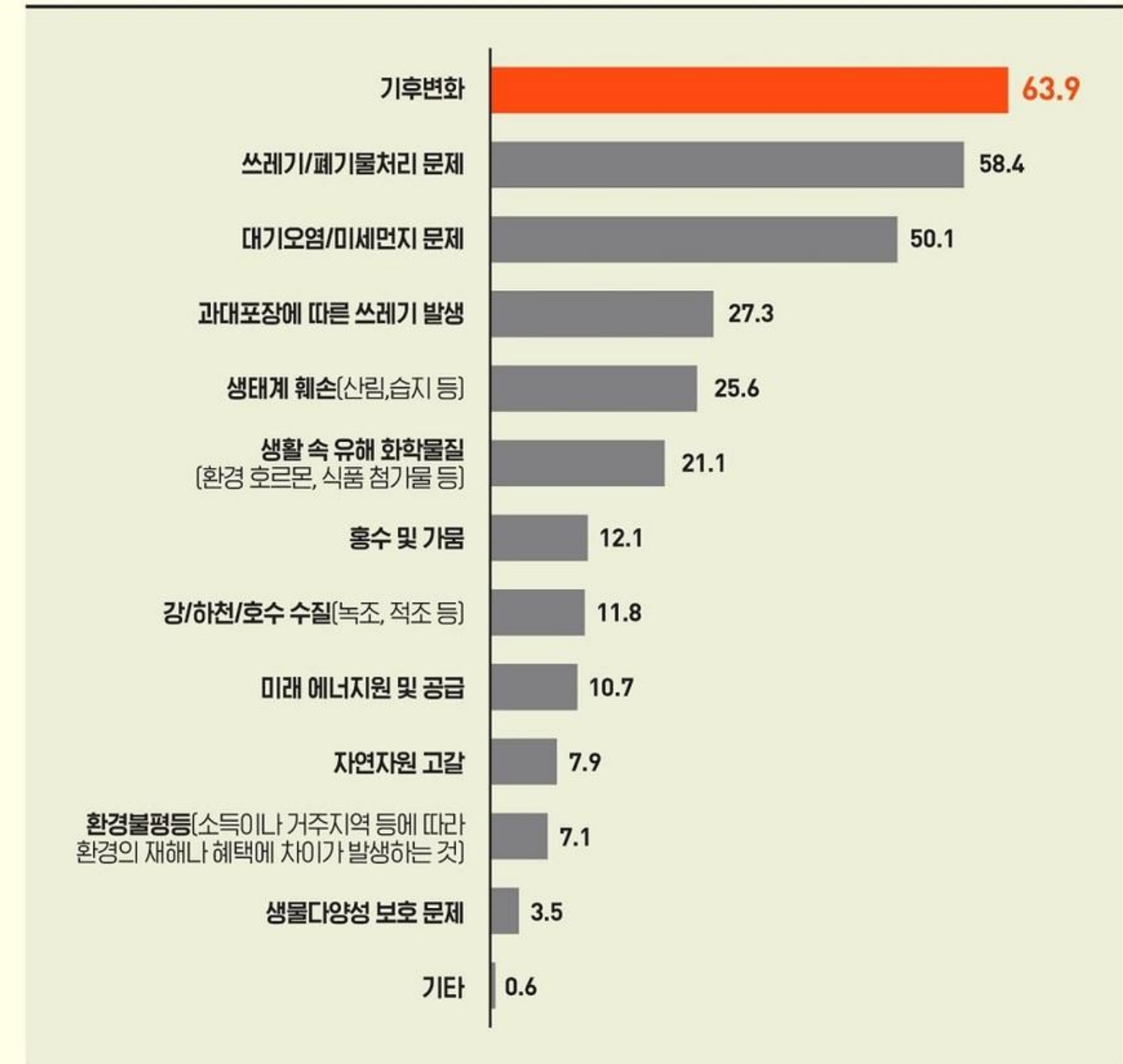
Quantified SWOT 분석 예시

▶ 지구적 환경 위기

→ 환경 문제

- ① 📉 기후 변화
폭염·폭우·이상기후 등으로 인한 생활·경제 피해 증가.
최근 3년간 가장 심각하게 인식됨.
- ② 🌫️ 대기오염(미세먼지)
건강과 일상에 직접 영향. 여전히 국민 체감도가 높음.
- ③ 🌊 해양오염·플라스틱 쓰레기
바다 생태계 파괴, 해양 미세플라스틱 문제 심화.
탈탄소 정책과 에너지 전환 논쟁이 지속.

▪ 우리나라가 직면한 가장 중요한 환경문제



※ 자료 : 「2023 국민환경의식조사」 한국환경연구원

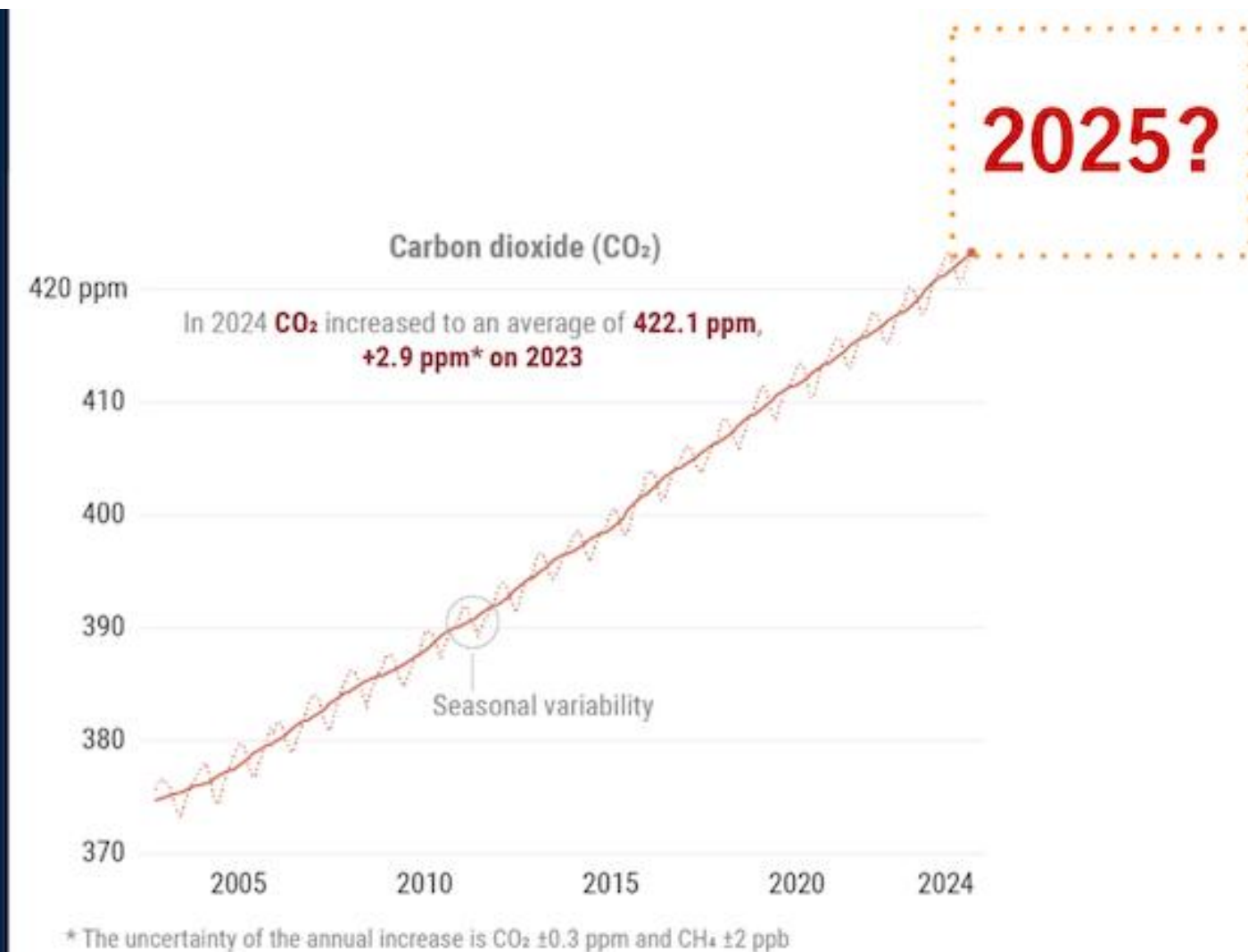
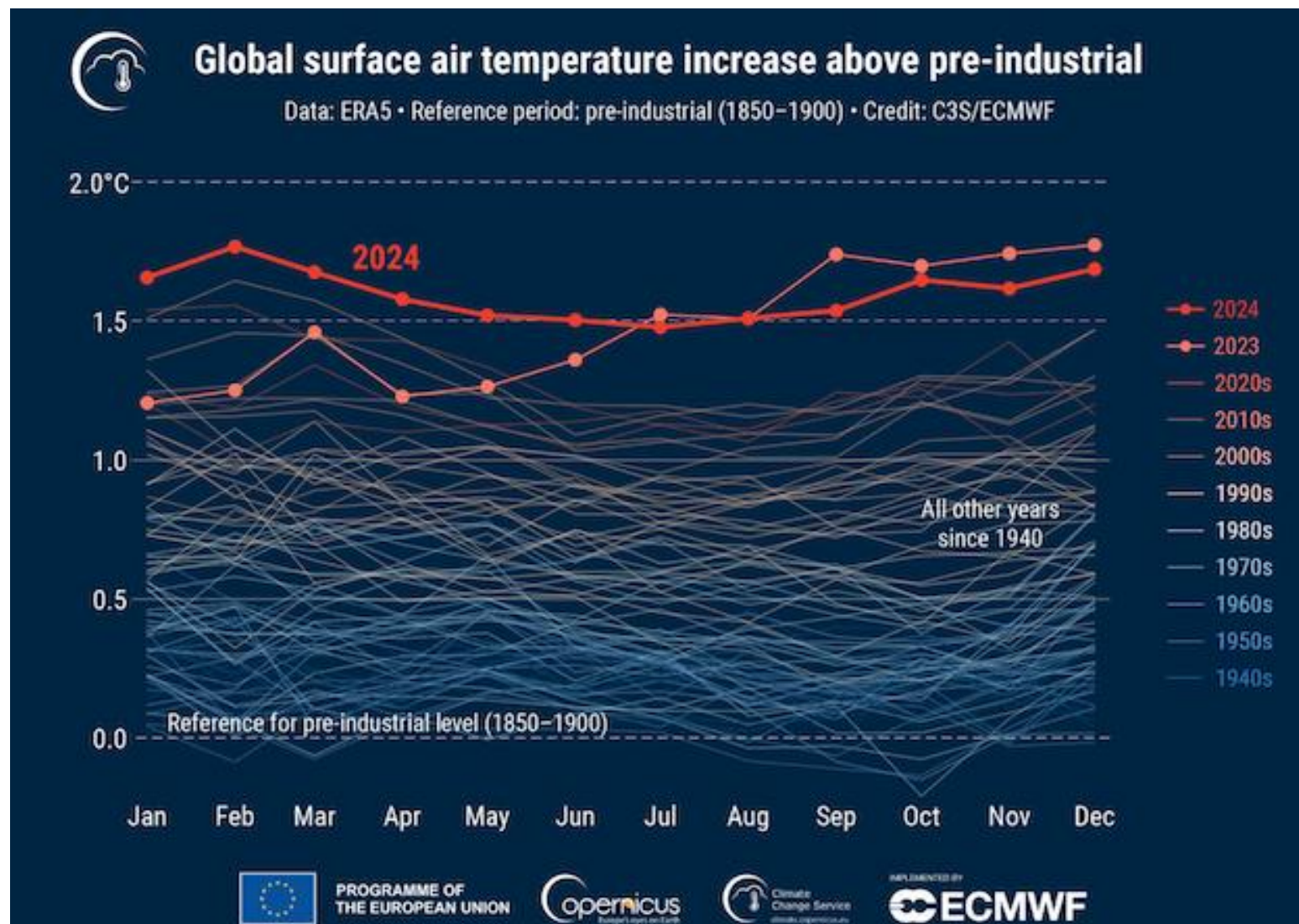
▶ 지구적 환경 위기

→ 2024에서 2025로: 환경적 변화와 전망

□ 2024년, 역사상 가장 뜨거운 해: 전 세계 평균기온 **+1.5°C** 돌파 — 기후 위기의 임계점 도달

① 극심한 폭염일 41일 증가; ② 산호 백화 사상 최대 규모: 74개국 중 75% 피해; ③ 북극 해빙 역대 최저 수준 근접

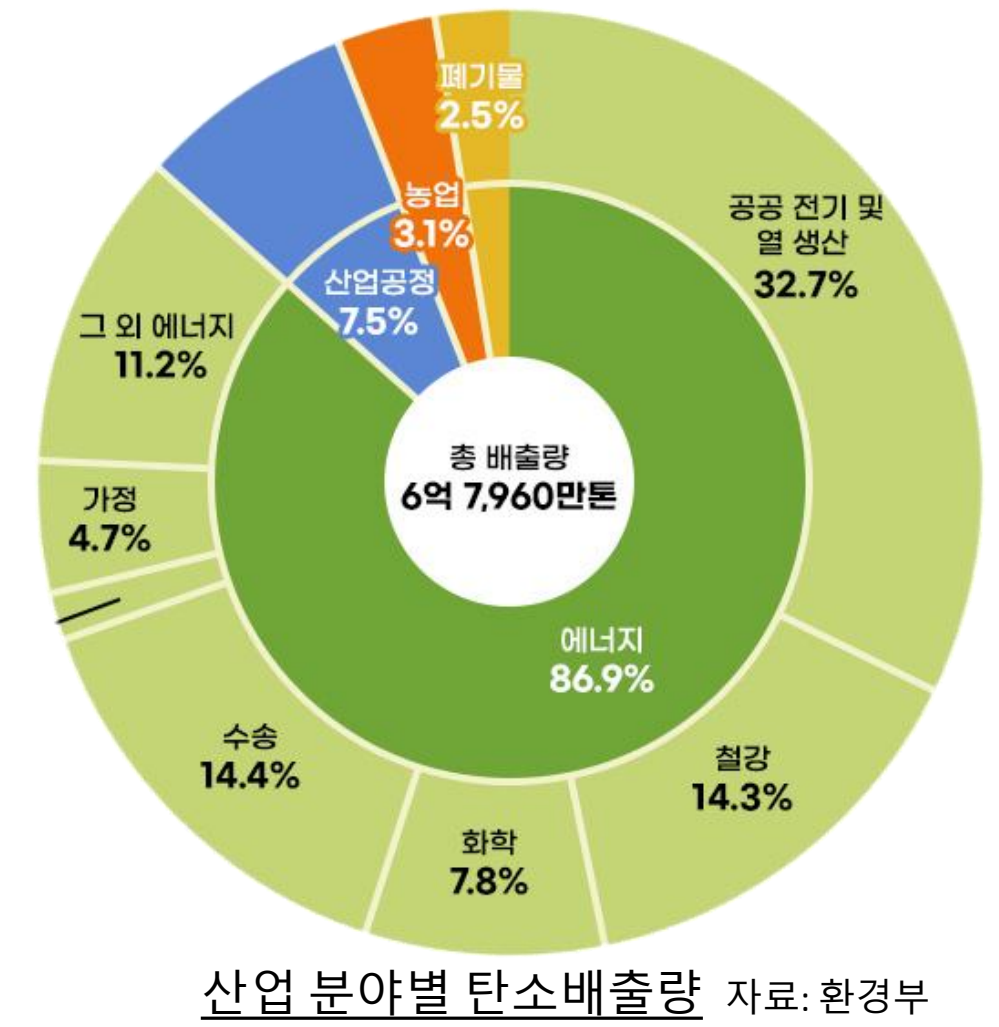
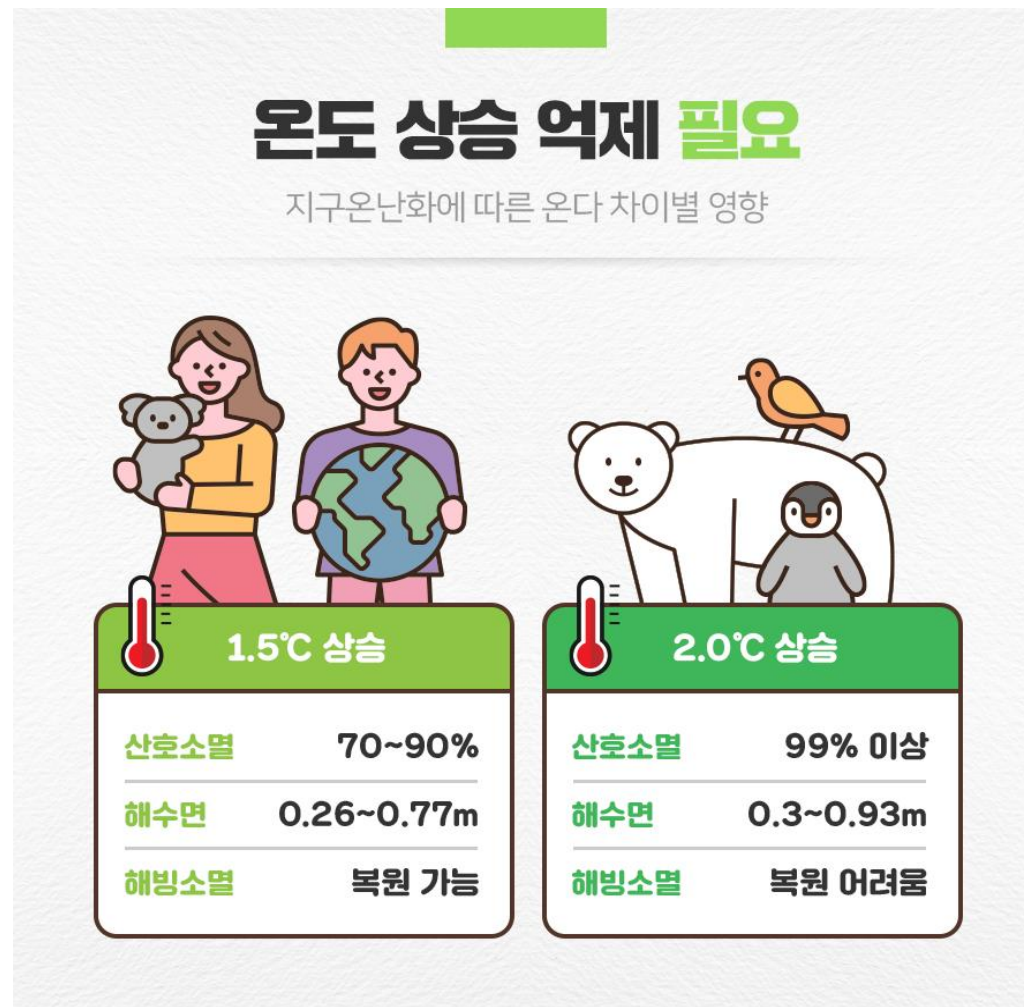
□ 향후 전망: 기후 회복력·지속가능성은 글로벌 핵심 의제 유지



▶ 탄소중립 정책

→ 탄소중립(넷-제로, Net-Zero) 정책이란?

- 온실가스의 순배출량을 '0'으로 만드는 정책;
인간 활동으로 배출된 탄소만큼 흡수(숲 복원·기술 활용) 하여 실질 배출량 0 달성.
- 단기 목표 (2030): 2010년 대비 이산화탄소 45% 감축;
중장기 목표 (2050): 탄소중립(Net-Zero) 달성;
핵심 전략: 배출 저감 + 흡수 확대 + 기술혁신 + 국제협력

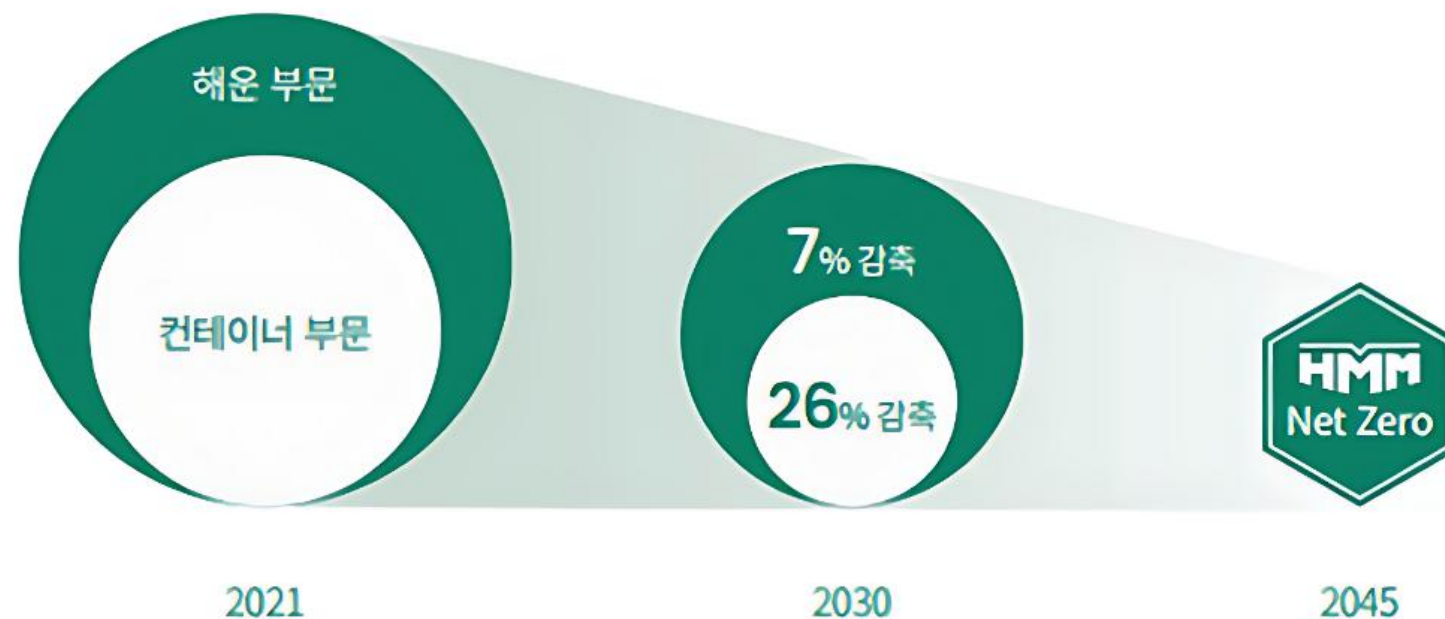


▶ 탄소중립 정책

→ 탄소중립시대 해운기업의 대응

- **친환경 선박 확보**: LNG 추진선 2척, 메탄올 추진선 9척 ('25~'26 인도 예정)
- **저탄소 연료 사용**: GS칼텍스와 MOU 체결, **국내 최초 바이오연료 사용 선박 운항**
- **온실가스 배출 관리 시스템**: GHG Inventory System으로 배출량 산정·관리; Supply Chain Carbon Calculator*
*화물 운송 전 구간 탄소 배출량 계산 → 화주에 데이터 제공
- **선박용 탄소 포집 시스템(OCCS)**: 국내 최초 OCCS 실증 프로젝트 진행

HMM 2045 Net Zero 전략



HMM 2030 온실가스 감축 목표

온실가스 절대 배출량 감축률 ¹⁾	
해운 부문	컨테이너 부문
7%	26%

1) 2021년 대비, Scope 1 + Scope 3 Category 3

온실가스 집약도 감축률

구분	2030 목표	2023 실적 (2008년 배출량 대비)
전체 선대	50% 감축	56.6% 감축
컨테이너 선대	70% 감축	68.2% 감축

출처: 2023 HMM ESG FOCUS p.15

▶ 녹색해운항로란?

→ 녹색해운항로 개념

- 녹색해운항로는 무탄소 연료 또는 친환경 기술을 활용한 해상운송 전과정에서 탄소배출이 없는 항로를 의미함.
- 녹색해운항로에는 친환경 선박(대체연료 사용) 운영을 위해 필요한 연료공급 항만 인프라(빙커링) 등이 포함된 개념임.

→ 도입 배경

- **(클라이드뱅크 선언)** 영국 주도로 24개국 서명, 2020년대 중반까지 서명국가는 6개 항로 구축, 서명국 별로 2개 이상 구축 권고함.
- **(그린슈핑챌린지)** 노르웨이·미국 주도로 2030년대 초까지로 클라이드뱅크 선언 목표를 완화하고 40개 국가·항만·유관기관까지 포함됨.
- 국내 조선소 수주 선박의 78% 이상이 친환경선박으로 건조되고있으며, 로테르담, 상하이, 싱가포르 등 주요 거점 항만을 중심으로 전세계총 44개의 녹색해운항로 구축 협력이 발표함.

출처: 세계해사포럼(Global Maritime Forum)의 연구보고서 'Annual progress report on green shipping corridors' ('23.11.)

- 우리정부는 G20('23.9월)과 APEC('23.11월) 정상회의에서 “국제해운 분야의 탈탄소화를 위해 녹색해운항로 구축” 및 “친환경해운 솔루션”의 필요성을 강조함.

녹색해운항로의 이해

녹색해운항로 촉진 동향

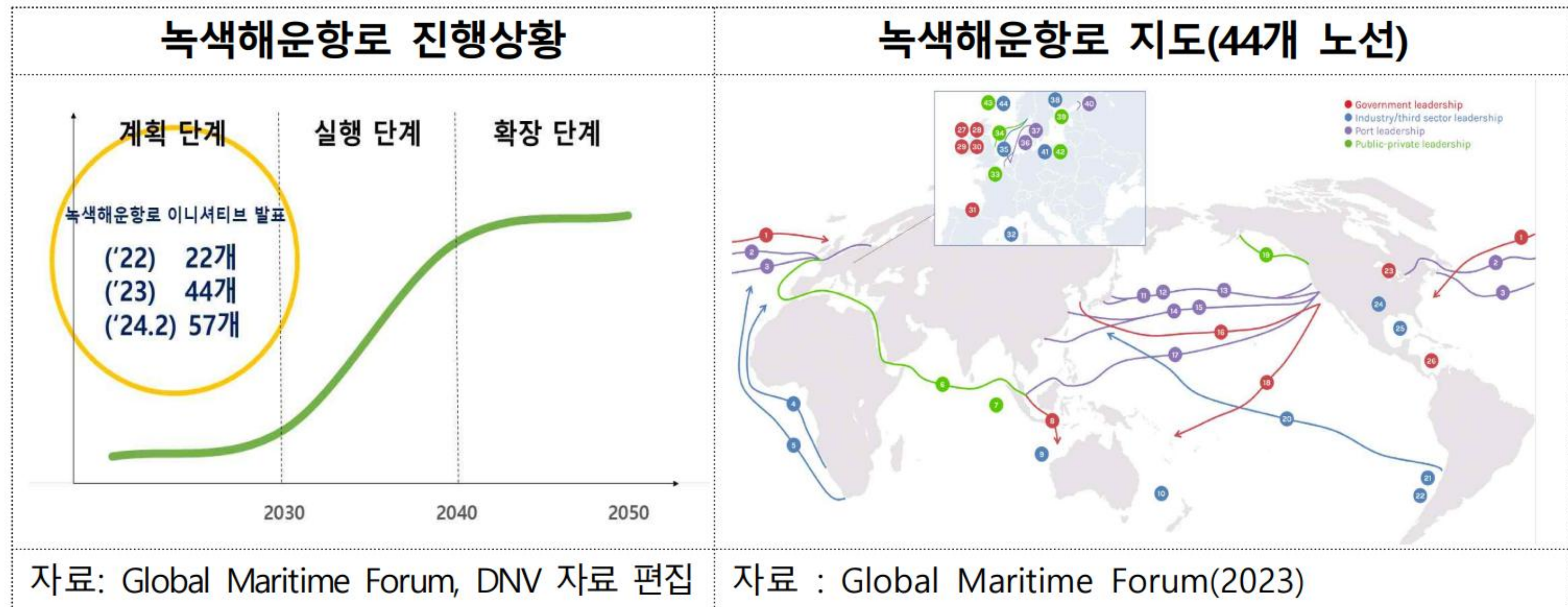
Quantified SWOT 분석이란

Quantified SWOT 분석 예시

▶ 녹색해운항로 추진 노선

→ Global Maritime Forum과 DNV에 따르면, 협의 중인 녹색해운항로는 '22년 22개 → '23년 44개 → '24.2월 57개로 지속 증가

□ 정부와 항만을 중심으로 이루어지고 있으나 아직 초기 단계이고 친환경 선박 및 대체연료는 그 방향성이 정해지지 않은 상황임.



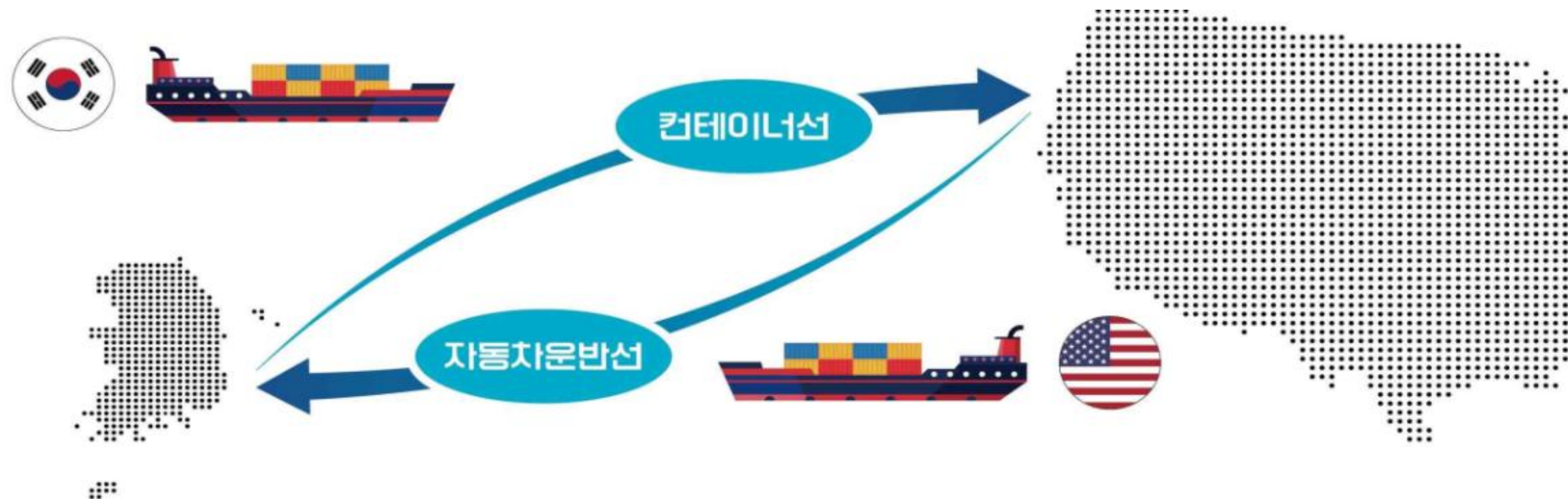
▶ 우리나라 녹색해운항로 추진

→ 한-미 녹색해운항로 구축: 세계 최초 태평양 횡단 녹색해운항로

□ 한-미 정상회담을 통해 청정 해운협력 강화, COP 27(기후변화협약 당사국총회)에서 녹색해운항로 협력 발표



□ 부산항 > 시애틀-타코마항: 청정 메탄올연료 '컨테이너선' 녹색해운항로
 울산항-시애틀 타코마항: 청정 메탄올연료 '자동차운반선' 녹색해운항로

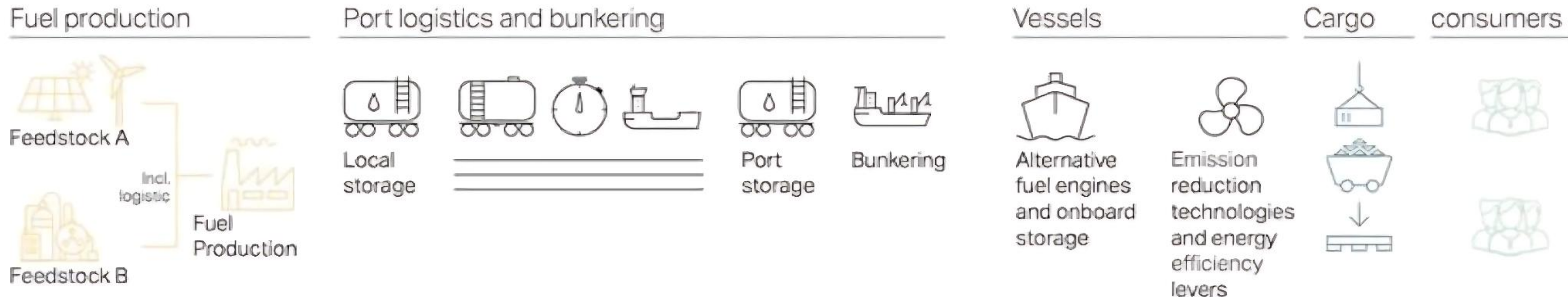


▶ 우리나라 녹색해운항로 추진

→ 추진 시 애로사항

- 대체 연료 비용 부담: 가격 경쟁력 약화 우려
- 녹색해운항로 정의의 실무 적용 한계: 일부 항로·편도만 대체 연료 사용 시 인정 여부 모호
- 대체 연료 취급 매뉴얼 부재: 위험물 취급 관련 규정 필요
- 정부 정책 불확실성: 규제 시기·규모 예측 어렵고 연료비 지원·로드맵 제시 필요

*연료 생산부터 육지 배송까지 모두 포함하는 넓은 범위의 녹색해운항로



▶ 해외 녹색해운항로 추진

→ 실크 얼라이언스 항로 네트워크

□ 항로 구간: **컨테이너선**

동아프리카 ↔ 상하이 ↔ 서호주

□ 아시아-태평양 지역의 녹색해운항로 구축을 선도하며, **저탄소 연료 상용화**와 **항만 인프라 전환**의 국제 모델로 평가됨.

□ **친환경 연료 사용:**

화석연료 대비 10~20% 낮은 탄소 강도

탄소집약도 기반 비용 분석:

친환경 연료의 비용 격차 파악 및

보완 메커니즘 구축

금융·기술 협력 강화:

국제 금융기관과 녹색해운 자금 조달 구조 마련

〈표 2-3〉 실크 얼라이언스의 녹색해운항로 인프라 구축 계획

연도	내용		
	연료 공급	항만	선박
2023	• 공급, 비용, 예측 이해 • 목표 탄소집약도 합의	• 항만 당국과 벙커, 저장 비용, 규모 예측 이해	• 항로 순서 수립
2024			• NB+RF 비용, 예측 이해
2025	-	• 항만 전반에 걸쳐 통일된 벙커 표준	• 항로 운영 메탄올 선박 발주
2026	• 암모니아 필수 장비	• 저탄소 메탄올 파일럿 선박 배치	• 암모니아 엔진 + 탱크 테스트 완료
2027	• 연료 인증테스트 완료	-	• 암모니아 선박 발주
2028	• 실크 얼라이언스 수요에 맞춰 스케일 메탄올 공급 및 싱가포르에 수송	• 저탄소 암모니아 파일럿 선박 배치	• near zero 메탄올 선박 항로 배치
2029		-	
2030	• 실크 얼라이언스 수요에 맞춰 스케일 암모니아 공급, 싱가포르에 수송	-	• near zero 암모니아 선박 항로 배치

자료: SILK Alliance 홈페이지(검색일: 2024.7.31.)

▶ 해외 녹색해운항로 추진

→ 싱가포르·로테르담 GDSC 이니셔티브

- 항로 구간: (컨테이너선)아시아-유럽 항로
- 세계 최초의 국제 녹색 디지털 해운항로 모델로, 아시아-유럽 해운의 탈탄소 전환 및 친환경 연료 상용화를 선도 중임. 4개 연료 실무그룹 구조도형으로 구축함.

〈표 2-5〉 싱가포르·로테르담 GDSC 파트너

구분	내용
항만	• 싱가포르 해양항만청, 로테르담항만공사, 싱가포르항만공사
선사	• 머스크, CMA CGM, 하팍로이드, MSC, ONE
연료 공급자	• BP, Shell, Yara Clean Ammonia
금융·투자 기관	• Citi, Clifford Capital
산업 연합	• Digital Container Shipping Association, Methanol Institute, SEA-LNG
연구 분야	• A*STAR's Centre for Maritime Digitalisation(A*STAR's C4MD), 싱가포르국립대학교 해양연구센터, Global Centre for Maritime Decarbonisation, Global Maritime Forum, Mærsk Mc-Kinney Møller Center for Zero-Carbon Shipping, RMI, 난양기술대학교 해양에너지 및 지속가능개발우수센터, 옥스퍼드대학교

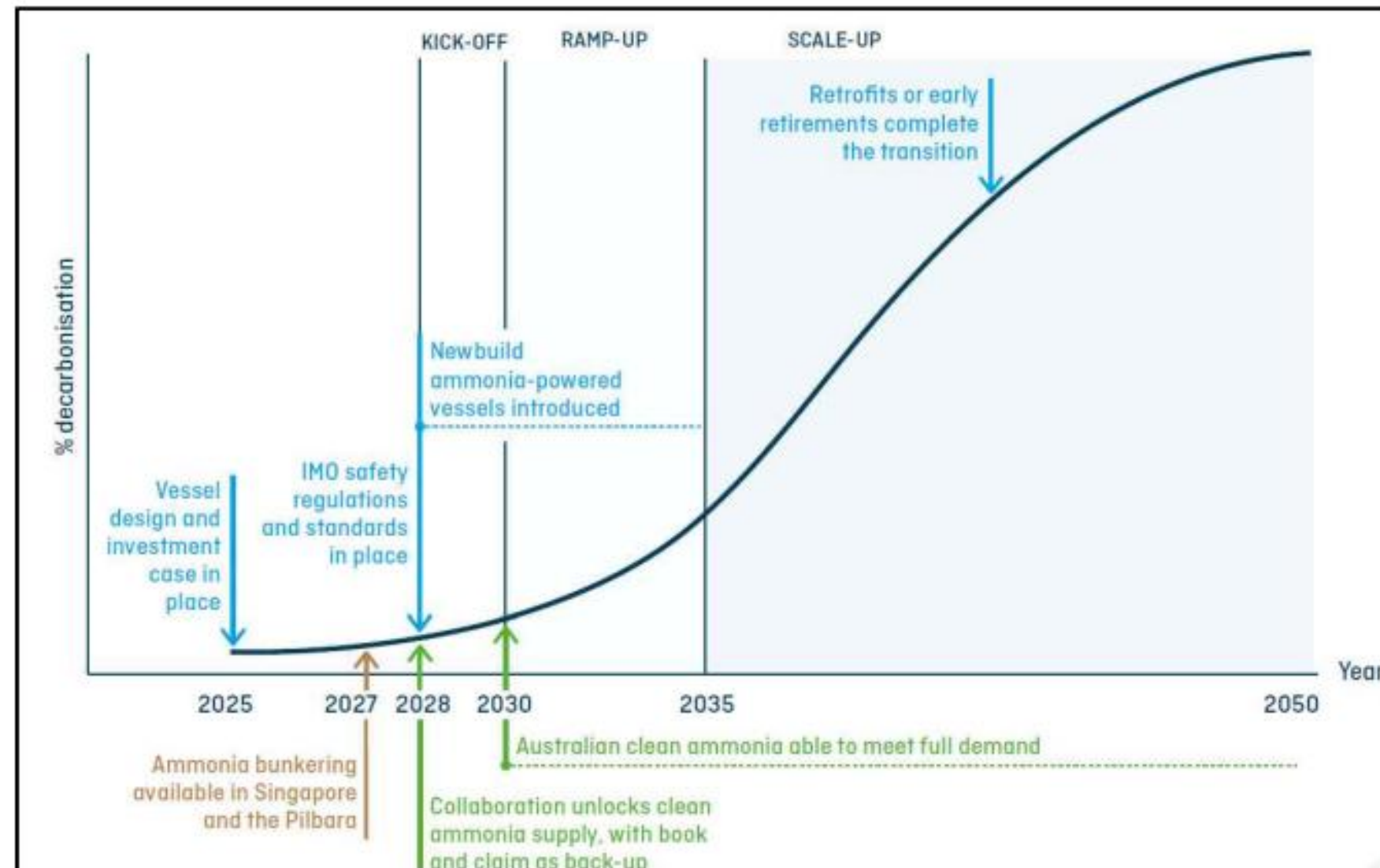
주: 익명의 파트너 불포함

자료: MPA 홈페이지 (검색일:2024.8.16)

▶ 해외 녹색해운항로 추진

→ 호주·동아시아 철광석 녹색해운항로

- 항로 구간: (철광석 운송 중심) 철광석 운송 중심
- 서호주-동아시아 항로는 글로벌 철광석 공급망의 탈탄소 운송 모델로서, 청정 암모니아 기반 녹색해운항로의 대표 사례로 평가됨.



자료: Global Maritime Forum(2023), p.10.

구분	주요 활동	시기
KICK-OFF	벙커링 인프라, IMO 표준 제정	2025~2028
RAMP-UP	신조 암모니아 선박 운항, 공급망 협력	2028~2035
SCALE-UP	선박 전면 교체·개조, 탄소중립 완성	2035~2050

녹색해운항로의 이해

녹색해운항로 촉진 동향

Quantified SWOT 분석이란

Quantified SWOT 분석 예시

▶ SWOT 란?

→ SWOT Analysis: Strengths(강점), Weakness(약점), Opportunities(기회), Threats(위협)

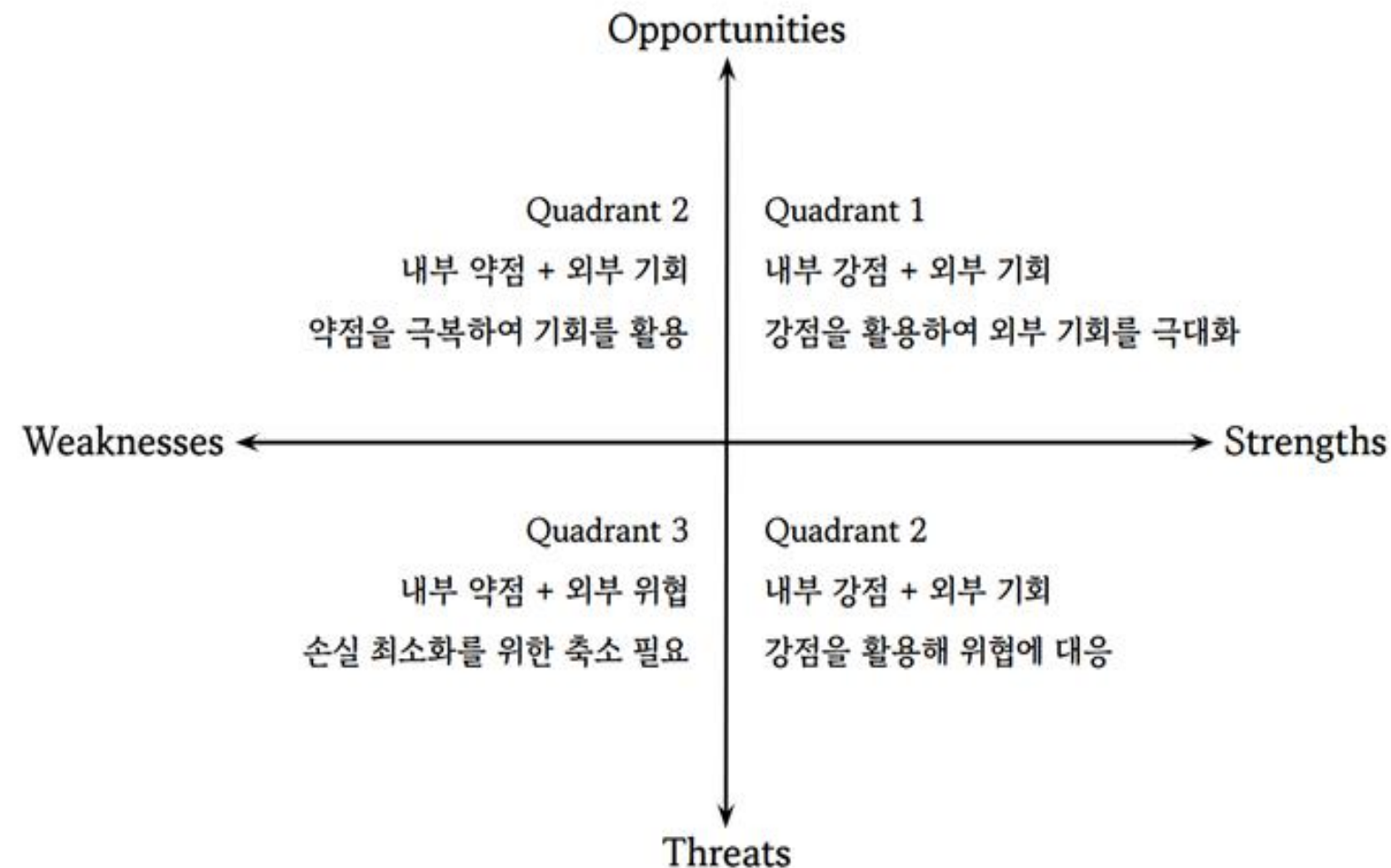
□ SWOT은 Strengths(강점), Weakness(약점), Opportunities(기회), Threats(위협) 네 단어의 앞 글자를 따서 만들어진 단어로, SWOT 분석(SWOT Analysis)이란 조직이나 팀이 처한 상황을 강점(S), 약점(W), 기회(O), 위협(T) 네 가지 시선에서 바라보는 프레임워크를 말함. **단순한 기초 자료 분석임.**

<p>S Strengths</p> <p>우리가 잘하고 있는 것으로, 내부에서 자랑할 만한 요소</p> 	<p>Weakness W</p> <p>우리가 부족한 부분으로, 내부에서 개선이 필요한 지점</p> 	S	조직 내부에서 잘하고 있는 요소, 경쟁 우위를 만들 수 있는 장점
<p>O Opportunities</p> <p>외부에서 새로 열리는 가능성으로, 유리하게 작용하는 환경 변화</p> 	<p>Threats T</p> <p>외부에 도사리고 있는 리스크로, 불리한 영향을 줄 수 있는 외부 조건</p> 	W	내부에서 개선이 필요한 부분, 전략 실행 시 장애가 될 수 있는 요소
		O	외부 환경에서 새롭게 열리는 가능성, 성장을 도울 수 있는 유리한 변화
		T	외부에서 닥칠 수 있는 리스크, 조직에 부정적 영향을 줄 수 있는 환경

▶ Quantified SWOT 란?

→ 정량화된 SWOT

- 기존의 SWOT 분석에 **정량적(수치적)** 요소를 더해, 전략적 요인들의 중요도를 객관적으로 평가하고 우선순위를 정하는 방법임.
- Chang and Huang (2006)는 정량화된 SWOT 분석 기법을 제안하였음. Quantified SWOT는 기존의 정성적 분석 방식의 한계를 보완하고, 전략적 우선순위를 체계적으로 도출할 수 있는 장점이 있음.



제1사분면	강점과 시장 기회를 모두 보유; 공격적 성장 전략 적합
제2사분면	기회는 있으나 경쟁력(강점)이 부족; 내부 약점 보완 및 경쟁력 강화
제3사분면	경쟁력이 낮고 외부 위협이 큼; 방어적 전략 필요
제4사분면	경쟁력은 있으나 외부 위협이 큼; 위험 분산 및 시장 리스크 완화

▶ Quantified SWOT 란?

→ 단계 1: 연구 내용 및 관한 요인 선정

- 분석 대상의 상대적 수준을 정량적으로 비교·평가하기 위해, 내부 요인과 외부 요인으로 구분하여 자료를 수집함.

→ 단계 2: 요인별 가중치 산출

- 가중치를 산출하는 방법에는 여러 가지가 있으나, 주로 AHP 기법과 Entropy 기법이 활용함.

AHP 기법: 전문가 설문조사를 통해 데이터를 수집하고, 이를 바탕으로 가중치를 도출하는 방법임.

Entropy 기법: 기존 통계자료를 활용하여 객관적으로 가중치를 산출하는 방법임.

→ 단계 3: 성과 정규화

- 연구 대상이 해당 요인에 대해 실제로 보유한 역량 및 조건을 기반으로 성과치를 수집한 후, 이들을 0~1사이로 정규화해야 함.
- 정규화 방식은 최대값과 최소값 정규화 방식이 있음.

▶ Quantified SWOT 란?

→ 단계 3: 성과 정규화

□ 최대값 정규화(+):

$$r_{ij} = \frac{p_{ij}}{\max_j p_{ij}}, \forall j \left\{ \begin{array}{l} \text{e.g. } p_{11} = 2, p_{12} = 4, p_{13} = 5, p_{14} = 3 \\ r_{11} = \frac{p_{11}}{\max_j p_{ij}} = \frac{2}{5} = 0.4, r_{12} = 0.8, r_{13} = 1.0, r_{14} = 0.6 \end{array} \right.$$

□ 최소값 정규화(-):

$$r_{ij} = \frac{\min_j p_{ij}}{p_{ij}}, \forall j \left\{ \begin{array}{l} \text{e.g. } p_{11} = 2, p_{12} = 4, p_{13} = 5, p_{14} = 3 \\ r_{11} = \frac{\min_j p_{ij}}{p_{11}} = \frac{2}{2} = 1.0, r_{12} = 0.5, r_{13} = 0.4, r_{14} = 0.67 \end{array} \right.$$

→ 단계 4: 내부·외부 평가 좌표값 계산

□ 연구 대상별 내부(IC), 외부(EC) 점수를 합산 후 기준값을 차감함.

□ 결과값은 SWOT 분석 행렬상의 좌표값으로함.

기준값보다 크면 → 강점·기회 요인(Strengths/Opportunities); 기준값보다 작으면 → 약점·위협 요인(Weaknesses/Threats)

$$IC_j = I_j - IB, \quad EC_j = E_j - EB \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

▶ Quantified SWOT 란?

→ 단계 4: 내부·외부 평가 좌표값 계산

□ 변수 정의

$$IC_j = I_j - IB, \quad EC_j = E_j - EB \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

기호	의미
IC_j	j번째 연구 대상의 내부 평가 좌표값
EC_j	j번째 연구 대상의 외부 평가 좌표값
$I_j E_j$	j번째 연구 대상의 내부·외부 평가 점수
$IBEB$	내부·외부 평가의 기준값(Benchmark)

□ 좌표값이 가질 수 있는 범위(-1 ~ +1), 각 대상은 (x,y) 좌표로 표시 → 경쟁 위치를 시각적으로 파악 가능

$$-1 \leq IC_j \leq +1$$

$$-1 \leq EC_j \leq +1$$

범위	해석
(+1)에 가까움	강점(Strength) 또는 기회(Opportunity) → 긍정적 위치
(0) 근처	중립 또는 평균 수준
(-1)에 가까움	약점(Weakness) 또는 위협(Threat) → 부정적 위치

녹색해운항로의 이해

녹색해운항로 촉진 동향

Quantified SWOT 분석이란

Quantified SWOT 분석 예시

▶ Quantified SWOT 분석 예시

→ 동아시아 주요 컨테이너항만 비교

□ 대상: 동아시아 7개 주요 항만

(기륭 Keelung, 대중 Taichung, 가오슝 Kaohsiung, 홍콩 Hong Kong, 선전 Shenzhen, 샤먼 Xiamen, 상하이 Shanghai)

□ 컨테이너 처리 실적 (2003 기준)

순위	항만	국가	2003년(TEU)	2002년(TEU)	증감률(%)
1	홍콩	중국	20,450,000	19,144,000	+7
3	상하이	중국	11,370,000	8,611,890	+32
4	선전	중국	10,650,000	7,613,754	+40
6	가오슝	대만	8,844,000	8,493,000	+4
29	샤먼	중국	2,330,000	1,754,370	+33
33	기륭	대만	2,000,001	1,918,598	+4
60	대중	대만	1,244,826	1,193,657	+4

▶ Quantified SWOT 분석 예시

→ 동아시아 주요 컨테이너항만 비교

□ 내부 평가 요인 (Internal Assessment): $l_1 \sim l_{12}$ 는 '+' (높을수록 유리) 기준이며, l_{10} 은 비용 요인('-') 으로 낮을수록 우수

번호	항목	설명
l_1	심수부두 수	14m 이상 수심의 부두 수량. 대형선박 접안 능력 지표.
l_2	컨테이너 크레인 수	하역 장비 수량. 작업 효율 및 처리능력 평가.
l_3	터미널 면적	컨테이너 터미널 총 면적. 물류처리·확장 여력.
l_4	외부교통 연계성	항만-내륙 간 도로·철도 연계성 수준. 5점 척도.
l_5	자동화·정보화 수준	하역 자동화 및 정보시스템 운영 수준. 5점 척도.
l_6	입출항 효율성	선박 회전율, 항만 운항 효율성 평가.
l_7	컨테이너 처리 효율	단위 시간당 하역량, 생산성 지표.
l_8	컨테이너 처리량	실제 연간 컨테이너 물동량(천 TEU 단위).
l_9	운영 자유화 수준	항만 운영의 민영화·경쟁 개방 정도. 5점 척도.
$l_{10} -$	항만 요금	항만 이용요금 수준 (비용지표 → 낮을수록 유리).
l_{11}	통합 투자계획	장기 개발계획 및 투자 일관성 평가.
l_{12}	투자 집행 효율성	투자사업 실행 및 성과 효율성.

▶ Quantified SWOT 분석 예시

→ 동아시아 주요 컨테이너항만 비교

□ 외부 평가 요인 (External Assessment): 모든 외부 요인은 ‘+’ 방향 (값이 높을수록 기회요인 강화)

번호	항목	설명
E ₁	세관 서비스 효율성	통관 속도 및 행정 절차 효율성.
E ₂	정치적 안정성	항만 운영에 영향을 미치는 정치적 위험 수준.
E ₃	법률·제도 완비도	법적 규제체계의 명확성 및 집행력.
E ₄	금융 자유화	항만 관련 금융 접근성 및 투자 개방성.
E ₅	배후지 화물원 확보	내륙 물류 수요 기반의 규모 및 안정성.
E ₆	지리적 위치 경쟁력	주요 항로 접근성, 물류 허브 잠재력.
E ₇	항로 수 및 운항편수	항만을 경유하는 정기항로 수, 운항빈도.

▶ Quantified SWOT 분석 예시

→ 내부 요인 평가 점수

□ 통계자료 + 5점 척도

번호	평가 요인	단위	기준	기륭 (A ₁)	대중 (A ₂)	가오슝 (A ₃)	홍콩 (A ₄)	선전 (A ₅)	샤먼 (A ₆)	상하이 (A ₇)
I ₁	심수부두 수	berths	+	1	6	18	16	10	0	4
I ₂	컨테이너 크레인 수	sets	+	28	13	62	67	37	13	57
I ₃	터미널 면적	ha	+	24	85	294	218	192	57	350
I ₄	외부교통 연계성	5점 척도	+	2.00	3.74	3.54	3.61	3.56	3.06	3.47
I ₅	자동화·정보화 수준	5점 척도	+	2.85	3.03	3.62	4.17	3.25	2.61	3.06
I ₆	선박 입출항 효율성	5점 척도	+	2.73	3.06	3.79	3.85	3.06	2.69	2.97
I ₇	컨테이너 하역 효율성	5점 척도	+	2.94	2.97	3.79	4.00	3.35	2.68	3.10
I ₈	컨테이너 처리량	천TEU	+	2000	1245	8844	20,450	10,650	2330	11,370
I ₉	운영 자유화 수준	5점 척도	+	2.88	3.21	3.57	4.22	2.81	2.38	2.78
I ₁₀	항만 요금	5점 척도	-	3.10	2.91	2.88	3.24	3.06	3.19	3.00
I ₁₁	통합 투자계획	5점 척도	+	2.56	3.12	3.66	3.56	3.56	2.97	3.50
I ₁₂	투자 집행 효율성	5점 척도	+	2.38	2.91	3.14	3.66	3.56	3.03	3.56

▶ Quantified SWOT 분석 예시

→ 내부 요인 평가 점수

□ 통계자료 + 5점 척도 > 데이터 정규화

번호	평가 요인	단위	기준	기륭 (A ₁)	대중 (A ₂)	가오슝 (A ₃)	홍콩 (A ₄)	선전 (A ₅)	샤먼 (A ₆)	상하이 (A ₇)
l ₁	심수부두 수	berths	+	1	6	18	16	10	0	4
l ₂	컨테이너 크레인 수	sets	+	28	13	62	67	37	13	57
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> $r_{ij} = \frac{p_{ij}}{\max_j p_{ij}}, \forall_j$ </div> <div> <p>즉, l₁₁ = 1 / 18 = 0.056 l₂₁ = 28 / 67 = 0.418</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> $r_{ij} = \frac{\min_j p_{ij}}{p_{ij}}, \forall_j$ </div> <div> <p>즉, l_{10 1} = 2.88 / 3.10 = 0.990 l_{10 3} = 2.88 / 2.91 = 0.418</p> </div> </div>										
l ₁₀	항만 효율	5점 척도	-	3.10	2.91	2.88	3.24	3.06	3.19	3.00
l ₁₁	통합 투자계획	5점 척도	+	2.56	3.12	3.66	3.56	3.56	2.97	3.50
l ₁₂	투자 집행 효율성	5점 척도	+	2.38	2.91	3.14	3.66	3.56	3.03	3.56

▶ Quantified SWOT 분석 예시

→ 외부 요인 평가 점수

□ 통계자료 > 데이터 정규화

번호	평가 요인	단위	기준	기륭 (A ₁)	대중 (A ₂)	가오슝 (A ₃)	홍콩 (A ₄)	선전 (A ₅)	샤먼 (A ₆)	상하이 (A ₇)
E ₁	세관 서비스 효율성	5점 척도	+	2.97	3.18	3.34	4.20	2.94	2.78	3.00
E ₂	정치적 안정성	5점 척도	+	3.33	3.33	3.33	3.63	3.00	3.00	3.00
E ₃	법률·제도 완비도	5점 척도	+	3.11	3.11	3.11	3.82	2.45	2.45	2.45
E ₄	금융 자유화	5점 척도	+	3.48	3.48	3.48	4.34	2.82	2.82	2.82
E ₅	배후지 화물원 확보	5점 척도	+	3.50	3.21	3.60	4.00	4.00	2.97	4.00
E ₆	지리적 위치 경쟁력	5점 척도	+	3.41	3.50	4.14	4.14	3.97	3.19	3.97
E ₇	항로 수 및 운항편수	5점 척도	+	2.91	2.74	4.11	4.46	3.81	2.50	3.81

$$r_{ij} = \frac{p_{ij}}{\max_j p_{ij}}, \forall j$$

즉, E11 = 2.97 / 4.2 = 0.707
 E21 = 3.33 / 3.63 = 0.918
 E31 = 3.11 / 3.82 = 0.815
 E41 = 3.48 / 4.34 = 0.802

...

▶ Quantified SWOT 분석 예시

→ 외부 요인 평가 점수

□ AHP 기반 가중치 산출

		가중평균Ej: 0.804 0.786 0.891 1.000 0.853 0.699 0.854							
번호	평가 요인	가중치 (=1)	기륭 (A ₁)	대중 (A ₂)	가오슝 (A ₃)	홍콩 (A ₄)	선전 (A ₅)	샤먼 (A ₆)	상하이 (A ₇)
E ₁	세관 서비스 효율성	0.114	0.707	0.757	0.795	1.000	0.700	0.662	0.714
E ₂	정치적 안정성	0.095	0.917	0.917	0.917	1.000	0.826	0.826	0.826
E ₃	법률·제도 완비도	0.068	0.814	0.814	0.814	1.000	0.641	0.641	0.641
E ₄	금융 자유화	0.123	0.802	0.802	0.802	1.000	0.650	0.650	0.650
E ₅	배후지 화물원 확보	0.290	0.875	0.803	0.900	1.000	1.000	0.743	1.000
E ₆	지리적 위치 경쟁력	0.154	0.824	0.845	1.000	1.000	0.959	0.771	0.959
E ₇	항로 수 및 운항편수	0.156	0.652	0.614	0.922	1.000	0.854	0.561	0.854

$$r_{ij} = \frac{p_{ij}}{\max_j p_{ij}}, \forall j$$
 즉, E11 = 2.97 / 4.2 = 0.707 E(j=a1)=0.707*0.114 + 0.197*0.095 + 0.814*0.068 + 0.802*0.123 + 0.875*0.290 + 0.824*0.154 + 0.652*0.156 = 0.804
 E21 = 3.33 / 3.63 = 0.917
 E31 = 3.11 / 3.82 = 0.814 E a2=... E a3=... ..
 E41 = 3.48 / 4.34 = 0.802
 ...
EB = (0.804 + 0.786 + 0.891 + 1.000 + 0.853 + 0.699 + 0.854) / 7 = 0.841

▶ Quantified SWOT 분석 예시

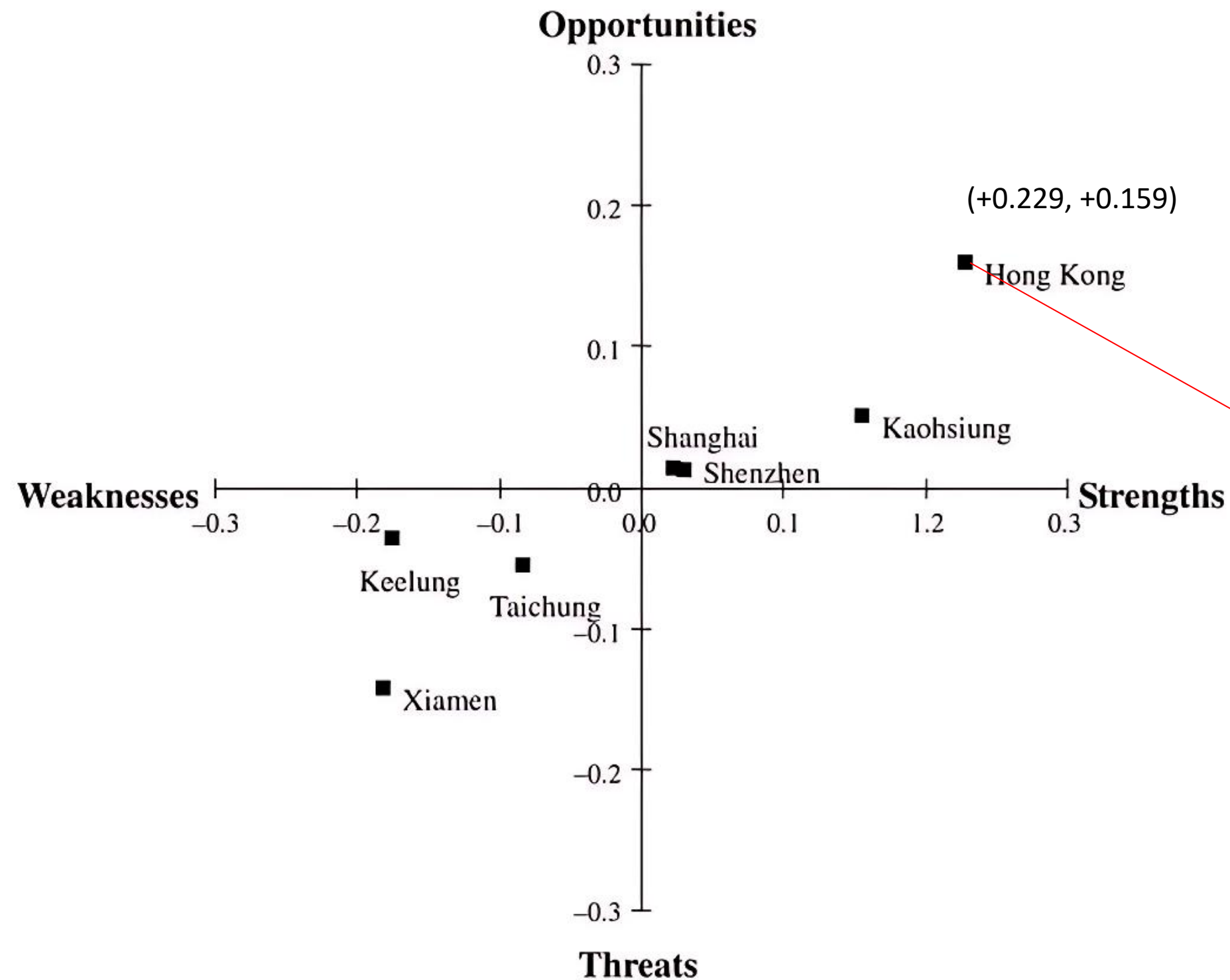
→ SWOT 분석을 통한 항만별 좌표값

- 홍콩(A₄): 내부(+).외부(+) 모두 최고 — 1사분면(S-O)
- 가오슝(A₃), 선전(A₅), 상하이(A₇): 약한 양(+) — 성장형 전략군 — 1사분면(S-O)
- 기륭(A₁), 대중(A₂), 샤먼(A₆): 음(-) — 3사분면(W-T), 개선 필요

구분	기륭 (A ₁)	대중 (A ₂)	가오슝 (A ₃)	홍콩 (A ₄)	선전 (A ₅)	샤먼 (A ₆)	상하이 (A ₇)	기준값(IB / EB)
내부 평가 가중평균값	0.554	0.646	0.886	0.958	0.761	0.549	0.753	0.729
내부 좌표값 (IC = I_j - IB)	-0.175	-0.084	+0.156	+0.229	+0.031	-0.181	+0.024	
외부 평가 가중평균값	0.804	0.785	0.891	1.000	0.853	0.699	0.854	0.841
외부 좌표값 (EC = E_j - EB)	-0.037	-0.055	+0.050	+0.159	+0.012	-0.142	+0.014	

▶ Quantified SWOT 분석 예시

→ SWOT 분석에 따른 동아시아 지역 항만의 매트릭스



항만	x	y
基隆 (A ₁)	-0.175	-0.037
대중 (A ₂)	-0.084	-0.055
가오슝 (A ₃)	+0.156	+0.050
홍콩 (A ₄)	+0.229	+0.159
선전 (A ₅)	+0.031	+0.012
샤먼 (A ₆)	-0.181	-0.142
상하이 (A ₇)	+0.024	+0.014

▶ Quantified SWOT 분석 예시

→ 요약 정리

- 단계 1: 요인 선정
- 단계 2: 가중치 산출
- 단계 3: 성과 정규화(최대, 최소)

$$r_{ij} = \frac{p_{ij}}{\max_j p_{ij}}, \forall_j \quad r_{ij} = \frac{\min_j p_{ij}}{p_{ij}}, \forall_j$$

- 단계 4: 좌표값 계산

$$IC_j = I_j - IB, \quad EC_j = E_j - EB \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

E_j / I_j = 정규화 값 * 가중치의 합

EB / IB = E_j / I_j 의 가중평균 값

(예) 한 유럽 간 경로 경쟁력 분석

< 요인들간의 계층도 >

< SWOT 분석 결과 >

국제 운송경로 선택 요인

외부요인

내부요인

운송비용	0.236
운송시간	0.218
운송거리	0.175
수송경로에 대한 인식	0.188
수송모드에 대한 인식	0.183

정시성	0.180
유연성	0.156
수송빈도	0.155
화물정보제공	0.153
수송안전성	0.180
화물안전성	0.176

경로 1

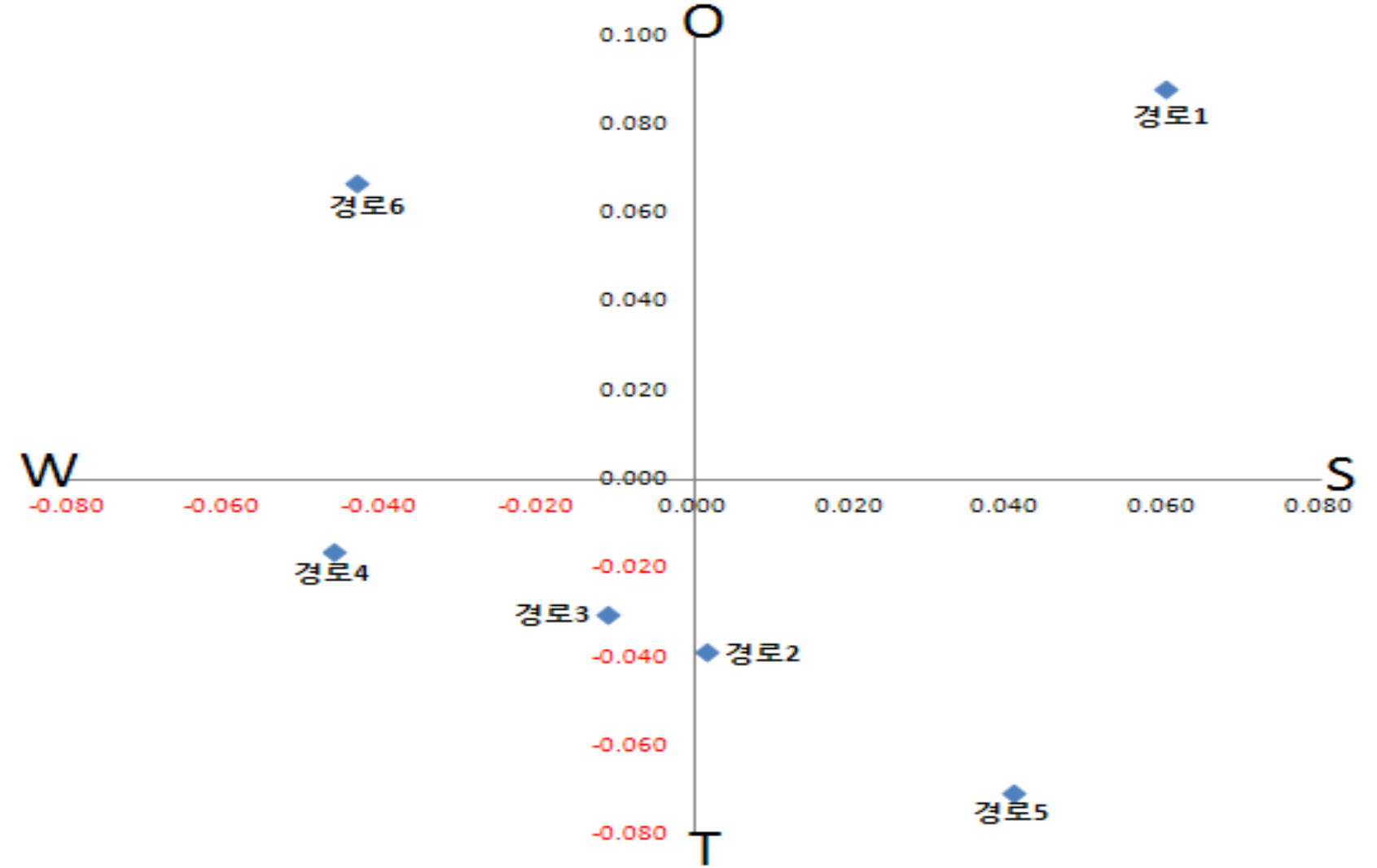
경로 2

경로 3

경로 4

경로 5

경로 6



경로별 요인들의 경쟁력순위

경로	외부 요인순위	내부 요인순위	비고
경로 1	1	1	내부/외부 요인 가장 높음
경로 2	5	3	내부/외부 요인 취약
경로 3	4	4	
경로 4	3	6	
경로 5	6	2	외부 요인 취약
경로 6	2	5	내부 요인 취약

(예) 녹색 항로 경쟁력 분석

