

해상풍력단지 조성을 위한 물류전략

2017. 06. 02

군산대학교 고현정

CONTENTS



1

서론

2

해상풍력단지 조성

3

수리적 모델

4

적용사례

5

결론

1. 서론

연구의 배경 및 목적

해상풍력단지 조성에 집중

- 지구온난화 대처
- 신재생에너지 개발

해상기상
환경변화에
민감

해상풍력
터빈 대형화

높은
단지조성
비용

물류전략 수립
필요성

1. 서론

연구의 범위 및 구성

해상풍력단지 조성 절차

- 설치 방식 : 항만에서 해상터빈, 구조물 등을 선적하여 해 선박을 이용하여 해상풍력단지로 이동하여 설치
- 최적 설치 : 수리적 모형 개발



1. 서론

선행연구 고찰

초기 연구 단계 수준



2. 단지 조성

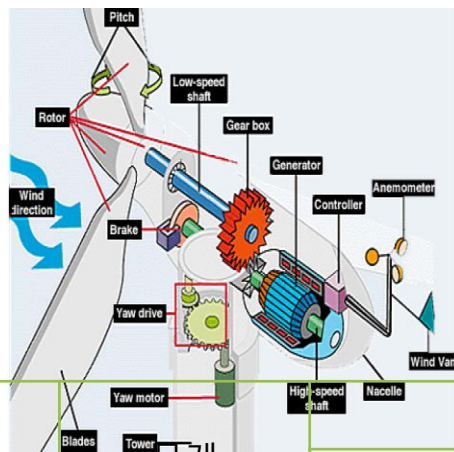
해상풍력터빈 구성

해상풍력터빈의 대형화



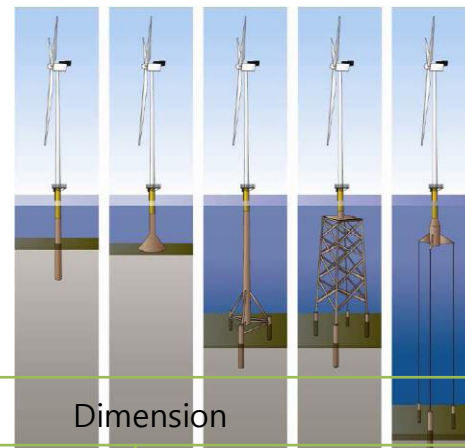
구분

(5.5MW/1기당)



무게

(ton)



Dimension

크기

(H x W x L ; m)

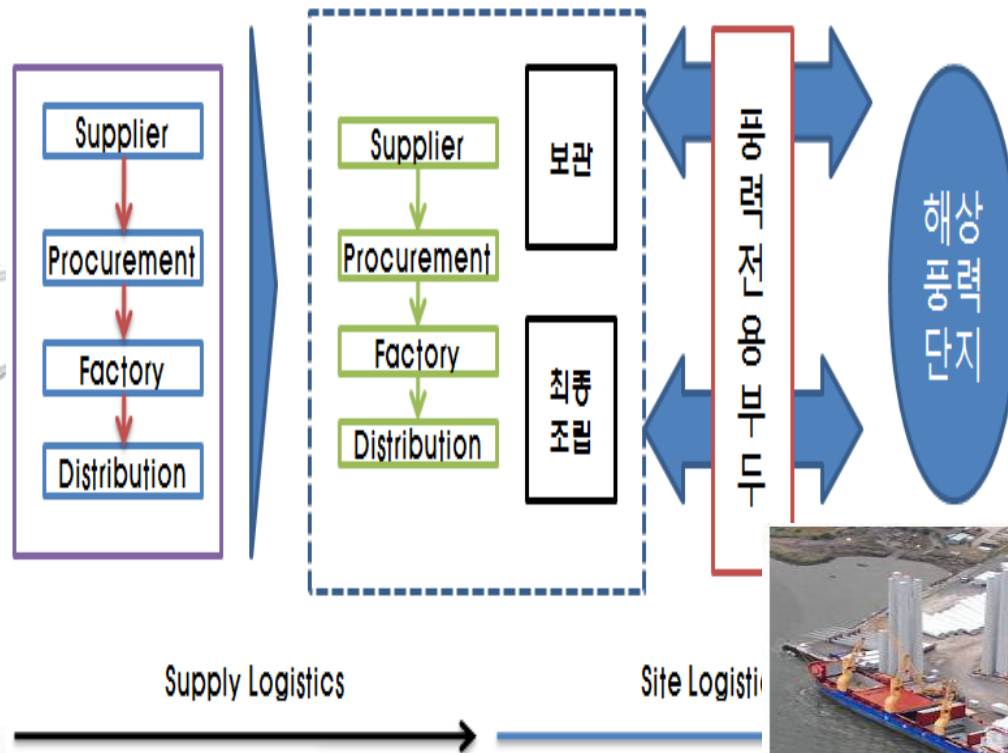
직경x길이(m)

발전기	너셀	250	8 x 7 x 15	6 x 90
	타워(총)	400		
	블레이드	60	4 x 5 x 62	
	허브	60		
해양구조물	하부구조물(총)	680		6 x 6
	Pile	160		
합 계		1,610		

2. 단지 조성 전용 항만

중량물 전용터미널, 넓은 보관장소 등

<배후단지>



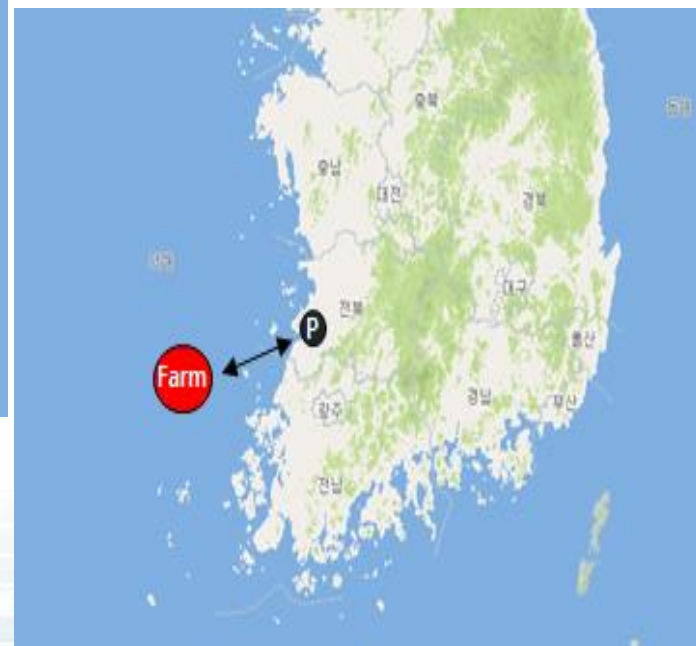
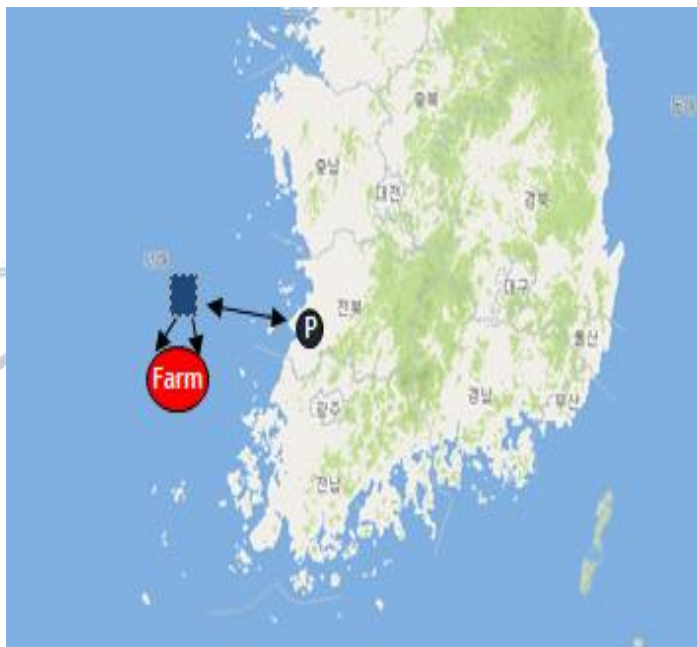
2. 단지 조성 설치 선박

└ Jack-up vessel, WIV(Wind farm vessel) 등



2. 단지 조성 설치 방식

┌ 피딩방식, 트랜지팅 방식 등



2. 단지 조성

해상기상 여건

해상기상여건에 민감

- 블레이드 조립: 바람이 거의 없는 상태에서 작업
- 해상풍력단지 경제성에 영향

구분	육상	해상
풍력터빈	65~75%	30~50%
전력망	10%	15~30%
토목작업	5%	15~25%
설치 및 운송	2%	5~30%
기타	5%	8%

3. 수리 모형 MILP

가정

- 항만에서 선박을 이용하여 해상풍력단지로 이동한 후 하부 구조물, 파일, 케이블, 상부구조물의 설치 순으로 작업
- 소요되는 시간은 항만에서의 선적시간, 항만-풍력단지의 왕복 운송시간, 해상에서의 설치시간으로 구분
- 선박은 3가지 형태(전용선, 바지선, 케이블선)가 사용
- 해상여건은 좋음, 중간, 나쁨으로 3가지로 설정

3. 수리 모형 MILP

결정변수

$varSub_{vt}$: 기간 t 의 선박 v 에 의한 하부구조물 설치 개수

$varPile_{vt}$: 기간 t 의 선박 v 에 의한 파일 설치 개수

$varCable_{vt}$: 기간 t 의 선박 v 에 의한 케이블 설치 개수

$varTop_{vt}$: 기간 t 의 선박 v 에 의한 상부구조물 설치 개수

$binY_t$: 기간 t 에 프로젝트가 진행 중이면 1, 아니면 0인 이진 결정변수

$tourX_{vt}^k$: 기간 t 의 해상터빈시스템 설치를 위한 선박 v 의 운항 횟수

3. 수리 모형 MILP

수리적 모델

목적함수: Minimize :

$$\sum_{t \in T} \sum_{v \in V} \text{fixedCost}_t \cdot Y_t + \text{oprCost}_{vt} \cdot \text{tour}X_{vt}^{S,P,C,T} \quad (1)$$

제약식:

$$\sum_{t=1}^{t'} \sum_{v \in V} \text{varPile}_{vt} \leq \text{varSub}_{vt}, \quad t' \in T \quad (2)$$

$$\sum_{t=1}^{t'} \sum_{v \in V} \text{varCable}_{vt} \leq \text{varPile}_{vt}, \quad t' \in T \quad (3)$$

$$\sum_{t=1}^{t'} \sum_{v \in V} \text{varTop}_{vt} \leq \text{varCable}_{vt}, \quad t' \in T \quad (4)$$

3. 수리 모형 MILP

수리적 모델

제약식:

$$\sum_{t \in T} \sum_{v \in V} varTop_{vt} = N, t' \in T, v \in V \quad (5)$$

$$\sum_{t \in T} \sum_{v \in V} varCalbe_{vt} = N, t' \in T, v \in V \quad (6)$$

$$\sum_{t \in T} \sum_{v \in V} varPile_{vt} = N, t' \in T, v \in V \quad (7)$$

$$\sum_{t \in T} \sum_{v \in V} varSub_{vt} = N, t' \in T, v \in V \quad (8)$$

3. 수리 모형 MILP

수리적 모델

제약식:

$$\sum_{v \in V} (varSub_{vt} + varPile_{vt} + varCable_{vt} + varTop_{vt}) \leq 4 \cdot N \cdot binY_t, \quad t \in T \quad (9)$$

$$\frac{varSub_{vt}}{vslCap_{vt}^S} + \frac{varPile_{vt}}{vslCap_{vt}^P} + \frac{varCable_{vt}}{vslCap_{vt}^C} + \frac{varTop_{vt}}{vslCap_{vt}^T} \leq tourX_{vt}^{S,P,C,T}, \quad t \in T, v \in V \quad (10)$$

3. 수리 모형 MILP

수리적 모델

제약식:

$$varTop_{vt} \cdot (loadT_v^T + instT_v^T) + tourX_{vt}^T \cdot 2 \cdot trnsT_v \leq unitT \cdot weaCon_t^G, \quad v \in V, t \in T \quad (11)$$

$$\begin{aligned} & \sum_{v \in V} [varSub_{vt} \cdot (loadT_v^S + instT_v^S) + varPile_{vt} \cdot (loadT_v^P + instT_v^P) + \\ & varTop_{vt} \cdot (loadT_v^T + instT_v^T) + varCable_{vt} \cdot (loadT_v^C + instT_v^C)] + \\ & \sum_{v \in V} 2 \cdot trnsT_v (tourX_{vt}^S + tourX_{vt}^P + tourX_{vt}^C + tourX_{vt}^T) \\ & \leq unitT \cdot (weaCon_t^G + weaCon_t^M), \quad t \in T \quad (12) \end{aligned}$$

4. 적용사례

서남해안 2.5GW 해상풍력단지

단계별로 추진

- ➔ 목적 대규모 단지개발
- ➔ 사업규모 : 2,000MW
- ➔ 사업기간 : 2020년 이후
- ➔ 공사비 : 약 10조원
- ➔ 주관사 : 민간사, 한전, 발전사

- ➔ 목적 해상 Test Bed 구축
- ➔ 사업규모 : 60MW
- ➔ 사업기간 : 2018년 까지
- ➔ 공사비 : 약 4,570억원
- ➔ 주관사 : 한해풍

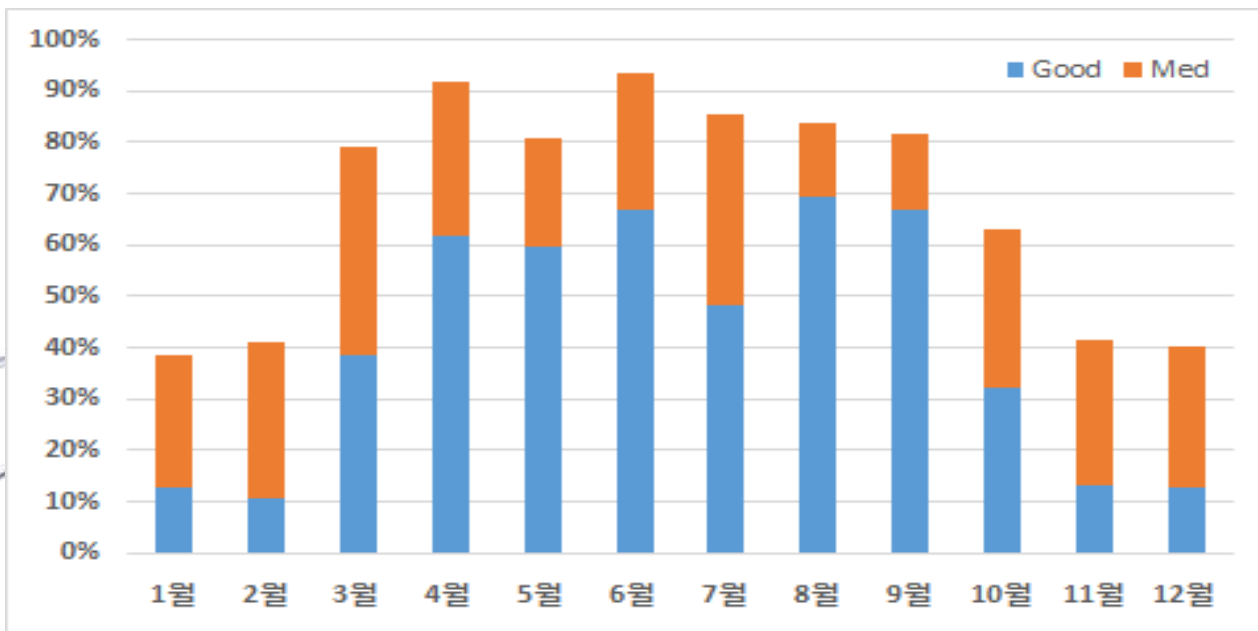
- ➔ 목적 TrackRecord확보
- ➔ 사업규모 : 400MW
- ➔ 사업기간 : '18년~'20년
- ➔ 공사비 : 약 2조원
- ➔ 주관사 : 한해풍



4. 적용사례

서남해안 2.5GW 해상풍력단지

해상 기상 : 해상 Buoy 자료(부안), 11m/s, 125m



지점	일시	풍속 (m/s)	풍향 (deg)	GUST 풍속 (m/s)	최대파 고 (m)	유의파 고 (m)	평균파 고 (m)
22186	2016-01-01 1:00	3.4	325	5.8	1.8	0.9	0.6
22186	2016-01-01 2:00	3.1	315	5.2	1.4	0.8	0.5
22186	2016-01-01 3:00	2.9	303	5.9	1.4	0.8	0.6
22186	2016-01-01 4:00	3	314	4.9	1.2	0.8	0.6
22186	2016-01-01 5:00	2.1	334	4.4	1.3	0.8	0.5
22186	2016-01-01 6:00	4.1	286	6.4	1	0.7	0.5
22186	2016-01-01 7:00	2.9	324	5.5	1.2	0.7	0.5
22186	2016-01-01 8:00	2.5	297	4.2	1.1	0.7	0.5

자료 : 기상청 자료

4. 적용사례

서남해안 2.5GW 해상풍력단지

입력 데이터

작업 소요시간

작업	소요 시간(hour)	
	선적	설치
하부구조물	2	24
	선적	설치
파일	1	15
	선적	설치
케이블	1	17
	선적	설치
상부구조물	2	24
	선적	설치

1항차 작업량

작업	전용선	바지선	케이블선
하부구조물	3기	N/A	N/A
파일	5기	5기	N/A
케이블	N/A	N/A	5기
상부구조물	5기	N/A	N/A

해상기상 조건

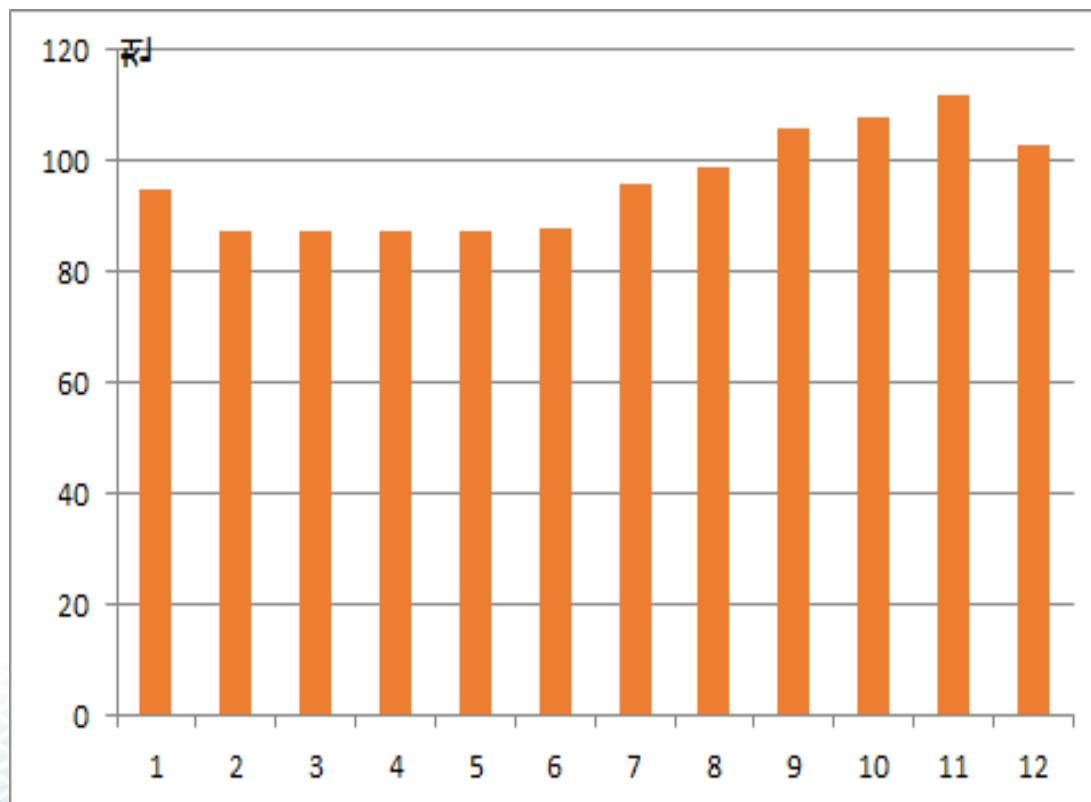
구분	조건	
	풍속	파고
좋은(Good)	$\leq 8\text{m/s}$	$\leq 0.75\text{m}$
중간(Medium)	$\leq 11\text{m/s}$	$\leq 1.25\text{m}$

4. 적용사례

서남해안 2.5GW 해상풍력단지

최적 작업 전략

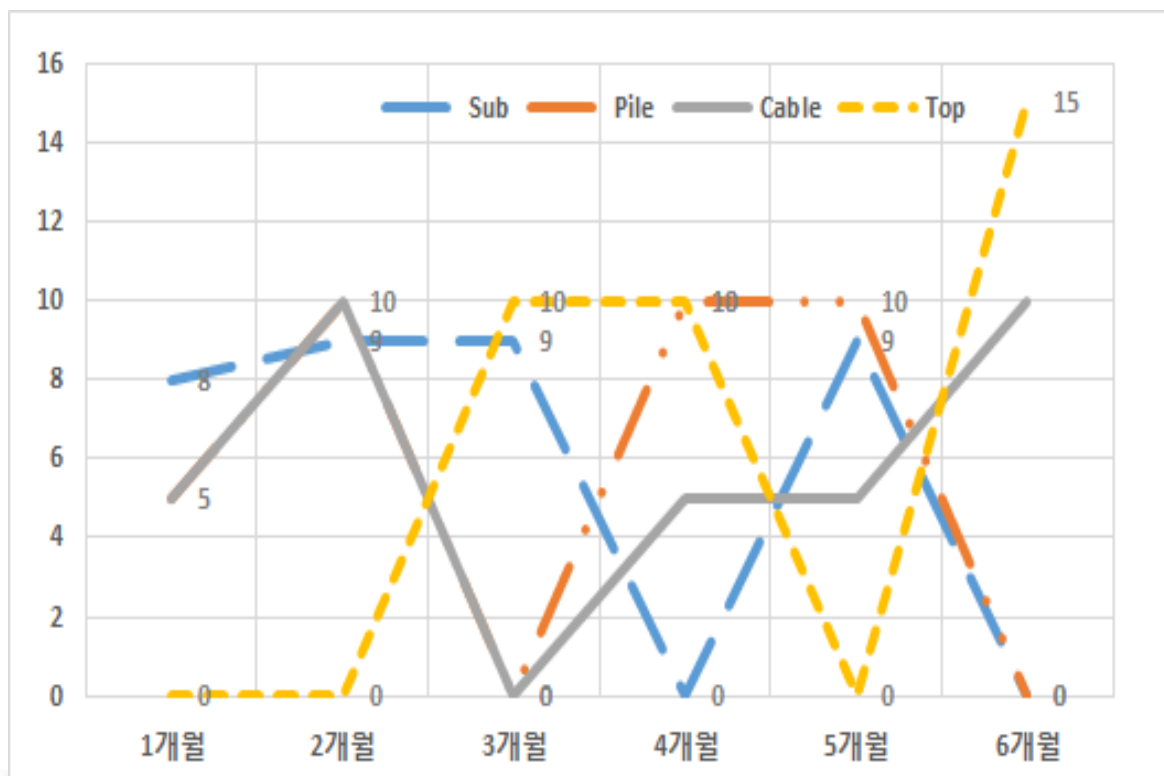
작업 시점별 조성비용 추이



4. 적용사례

서남해안 2.5GW 해상풍력단지

최적 작업 전략



5. 결론

서남해안 2.5GW 해상풍력단지

작업 전략

- 겨울을 피하여 작업을 집중





감사합니다.