

무동력 수평 제어 알고리즘 기술 개발완료

無動力水平制御アルゴリズム技術の開発完

Marine Energy Technology

CHANGI  
CO., LTD.



동조질량댐퍼(Tuned Mass Damper, TMD)기술이 적용된 창이(주)의 타워-부유체  
조인트 분리 하이브리드형(Tower-Floater joint separation hybrid type)  
부유식 해상풍력발전 플랫폼

同調質量ダンパー (Tuned Mass Damper, TMD) 技術が適用されたウィンドウ (株) の  
タワー - 部流体ジョイント分離ハイブリッド型 (Tower-Floater joint separation  
hybrid type) 浮遊式洋上風力発電プラットフォーム

“Non-powered horizontal control”

“Dose not Crack”

기술주관사  
技術主管社

CHANGI  
CO., LTD. The logo consists of the word "CHANGI" in white capital letters inside a blue circle. Two curved arrows, one pointing up and one pointing down, are positioned on either side of the text.

[www.ocean-tech.co.kr](http://www.ocean-tech.co.kr)

부유식 해상풍력 발전플랜트는 제2의 조선·해양플랜트 산업입니다.

浮体式洋上風力発電プラントは第2の造船、海洋プラント産業である。

## 기존 경쟁기술 타워-부유체 일체형(Tower–Floater integrated type) 부유식 해상풍력발전 플랫폼 従来の競争技術タワー、浮遊体一体型(Tower–Floater integrated type)浮体式洋上風力発電プラットフォーム

2009~

2013~

2016~



Semi–  
Submersible  
Type



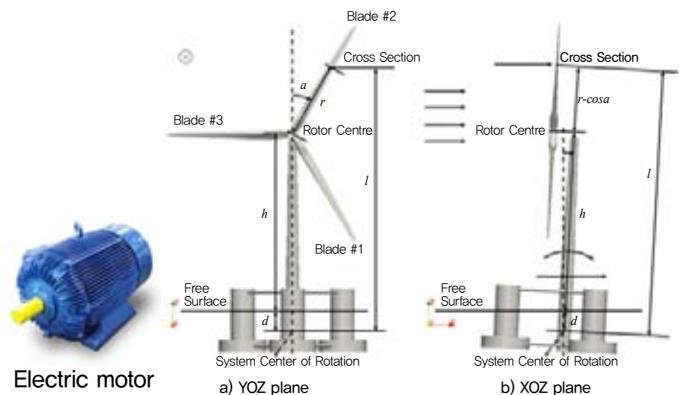
Spar  
Buoy  
Type



Barge  
Type  
France/Ideol

### 타워-부유체 일체형(Tower–Floater integrated type) 플랫폼 피치제어 방법 タワー、浮遊体一体型(Tower–Foater integrated type)プラットフォームピッチ制御方法

#### ① Active Pitch Control Algorithm

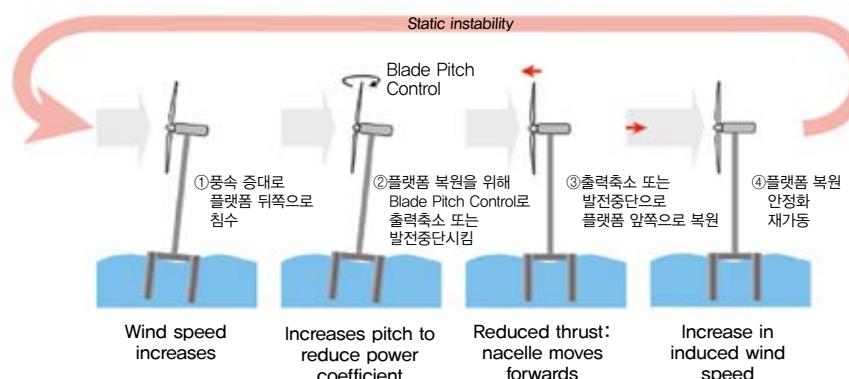


①②③발란서 탱크에 해수를 펌핑(Pumping)하기 위해 해저 케이블로 플랫폼 내부 11기 모터펌프에 동력을 투입해야 되기 때문에 경제성 확보가 어렵고, 해수의 발란서 탱크 이동시간 지연으로 수시로 변화되는 바람방향 제어에 어려움 있음 또한 기울기 14° (Wind Speed 17m/s)부터 플랫폼에 균열발생 (일체형 플랫폼 경사각도에 따른 발전효율 TSR 4~12 및 구조 안정성 결과보고서 2건 별도 첨부 참조)

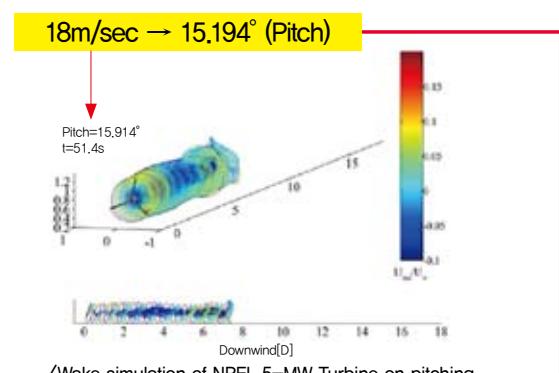
①②③밸런서 탱크에 해수를 펌핑(Pumping)하기 위해 해저 케이블로 플랫폼 내부 11기 모터펌프에 동력을 투입해야 되기 때문에 경제성 확보가 어렵고, 해수의 발란서 탱크 이동시간 지연으로 수시로 변화되는 바람방향 제어에 어려움 있음 또한 기울기 14° (Wind Speed 17m/s)부터 플랫폼에 균열발생 (일체형 플랫폼 경사각도에 따른 발전효율 TSR 4~12 및 구조 안정성 결과보고서 2건 별도 첨부 참조)

(一体型プラットフォーム傾斜角度による発電効率TSR 4~12、及び構造の安定性の結果報告書、2件の別添付を参照)

#### ② Passive Pitch Control Algorithm



University of Stuttgart, Stuttgart Wind Energy (SWE) @ Institute of Aircraft Design



〈Wake simulation of NREL 5–MW Turbine on pitching OC3–Hywind Spar–Buoy in 18m/s winds〉

<https://www.youtube.com/watch?v=eAF54Vi12aU>

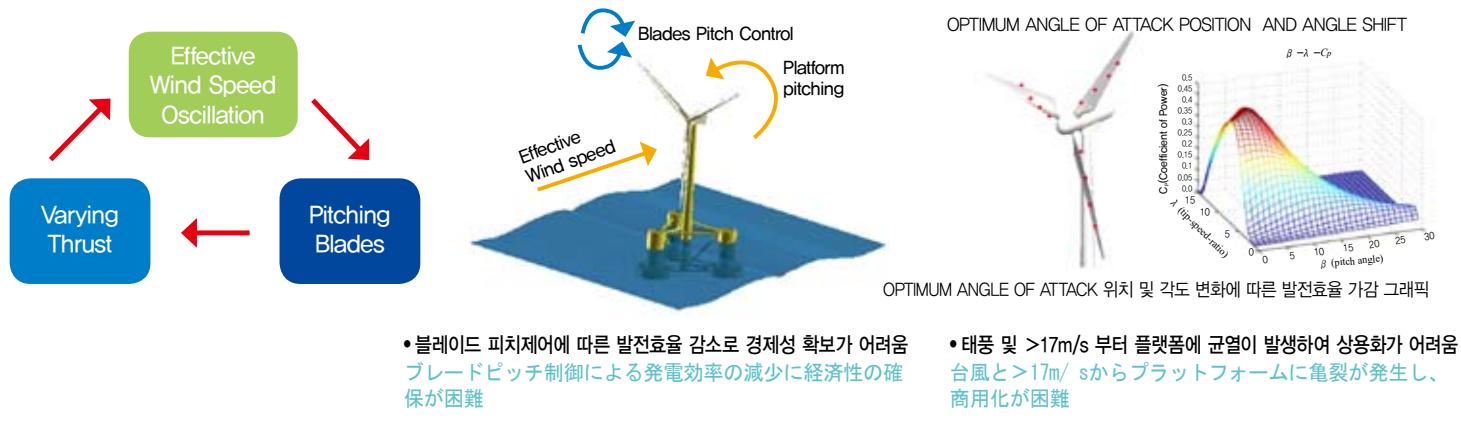
Blade Pitch Control시 출력감소 또는 발전중단 되어 이용률이 급속하게 감소됨 또한 기울기 14° (Wind Speed 17m/s)부터 플랫폼에 균열 발생 (일체형 플랫폼 경사각도에 따른 발전효율 TSR 4~12 및 구조 안정성 결과보고서 2건 별도 첨부 참조)

4-Blade Pitch Control時に出力の減少、または発電中断になり利用率が急速に減少することもまた、勾配14° (Wind Speed 17m/s)からプラットフォームに亀裂発生

(一体型プラットフォーム傾斜角度による発電効率TSR 4~12、および構造の安定性の結果報告書、2件の別添付を参照)

## 기존 경쟁기술 타워-부유체 일체형 주요 플랫폼 수평제어 알고리즘 기술개발 현황

既存の競合技術の塔 - 部流体一体型の主要なプラットフォームの水平制御アルゴリズム技術の開発の現状



경쟁기술 타워-부유체 일체형 Spar Type에 적용된 NREL 5MW급 블레이드 피치 각(Blade Pitch Angle) 변화에 따른 발전효율을 가감표 샘플-TSR 7

競合技術タワー - 部流体一体型Spar Typeに適用されたNREL5MW級ブレードのピッチ角(Blade Pitch Angle)の変化に伴う発電効率加減表サンプル-TSR7

[ CHANGI Tech Co., Ltd's Flow Analysis Result Report ]

TSR (ramda)	beta( $^{\circ}$ ) (ANGLE OF ATTACK)	beta(rad)	c1	c2	c3	c4	c5	c6	ramda_i	Cpmax	generating efficiency(%)
7	0	0	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	9.271523	0.451282393	100
7	1	0.017444444	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	8.081269	0.392316245	86.9336474
7	2	0.034888889	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	7.365076	0.345120072	76.4751251
7	3	0.052333333	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	7.30612	0.330378094	73.2087267
7	4	0.069777778	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	7.348966	0.320520038	71.0242727
7	5	0.087222222	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	7.415242	0.311086056	68.9378965
7	6	0.104666667	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	7.489035	0.301171759	66.7368734
7	7	0.122111111	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	7.56582	0.290521224	64.37681332
7	8	0.139555556	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	7.643984	0.279040841	61.8328668
7	9	0.157	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	7.722859	0.26668816	59.09562712
7	10	0.174444444	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	7.802128	0.253439901	56.15993542
7	11	0.191888889	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	7.881632	0.239281064	53.0224683
7	12	0.209333333	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	7.961283	0.224200725	49.68080488
7	13	0.226777778	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	8.041029	0.20819023	46.13302747
7	14	0.244222222	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	8.120841	0.191242357	42.37753553
7	15	0.261666667	0.5176	0.4	5	21	0.0068	8.200697	0.17335089	38.41295223	
7	16	0.279111111	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	8.280586	0.1545104	34.23807414
7	17	0.296555556	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	8.360498	0.134716108	29.85184218
7	18	0.314	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	8.440427	0.113963803	25.25002257

Blade Pitch Angle  
1° 변화시 발전효율  
13% 감소됨

Blade Pitch Angle  
1° 변화時の発電効率  
13%減少

## 창이(주)의 타워-부유체 조인트 분리 하이브리드형 플랫폼 수평제어 알고리즘 기술개발 완료

ウィンドウ(株)のタワー - 部流体ジョイント分離ハイブリッド型プラットフォーム水平制御アルゴリズム技術の開発完了

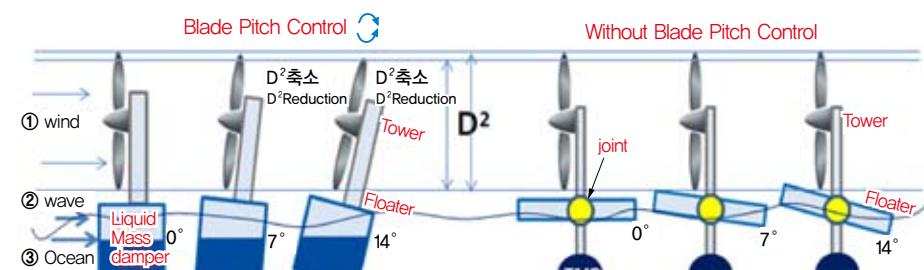
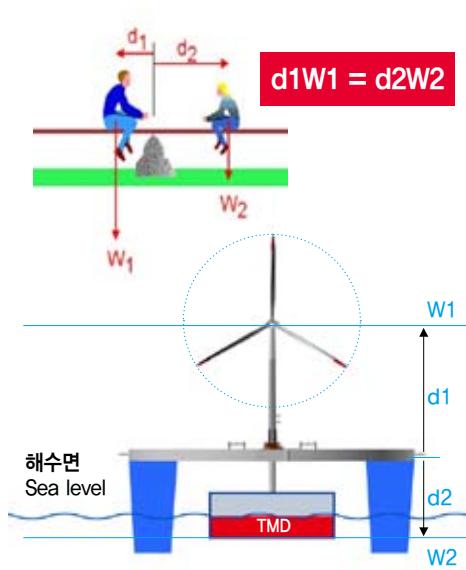
$$\text{POWER IN THE WIND} = d(\text{DENSITY OF AIR}) \times D^2 (\text{TURBINE BLADE DIAMETER}) \times V^3 (\text{VELOCITY OF WIND})^3 \times C(\text{A CONSTANT})$$

- 해상외력 ①②③에 의한 플랫폼 경사각도 비교 변화도

海上外力①②③によるプラットフォーム傾斜角度の比較変化も

기존의 경쟁기술 타워-부유체 일체형  
既存の競合技術タワー - 部流体一体型

창이(주)의 타워-부유체 조인트 분리 하이브리드형  
ウィンドウ(株)のタワー - 部流体ジョイント分離ハイ  
ブリッド型



- 플랫폼 경사각도에 의해서  $D^2$ 가 축소되어
  - ①발전효율이 축소되고 ②플랫폼에 균열이 발생한다.

• プラットフォーム傾斜角度によって $D^2$ が縮小されて  
①発電効率が縮小され②プラットフォームに亀裂が発生する。

# 기존 경쟁기술 타워-부유체 일체형(Tower-Floater integrated type) 부유식 해상풍력발전 플랫폼 경사각도에 따른 구조 안전성 해석 보고서 샘플

(일체형 플랫폼 경사각도에 따른 발전효율 TSR 4~12 및 구조 안정성 결과보고서 2건 별도 첨부 참조)

既存の競争技術タワー、浮遊体一体型(Tower-Floater integrated type)浮体式洋上風力発電プラットフォームの傾斜角度による構造安全性解析の報告書サンプル

(一体型プラットフォーム傾斜角度による発電効率TSR 4~12および構造の安定性の結果報告書、2件の別添付を参照)

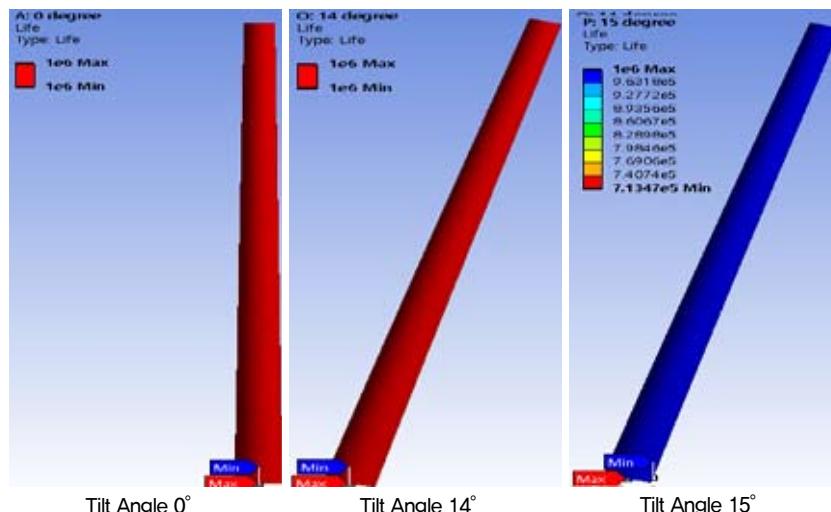
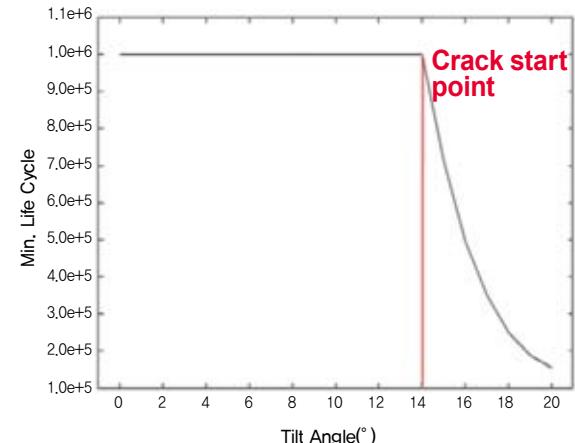


그림. Tower 경사각도에 따른 최소 사용수명  
図.Tower傾斜角度に応じた最小の使用寿命



경쟁기술 타워-부유체 일체형 플랫폼  
14° 이후 급격하게 사용수명 감소됨 (타워 균열 발생/보고서 24Page 참조)

競争技術タワー・浮遊体一体型プラットフォーム 14° 以降、  
急激に使用寿命が減少する(タワー亀裂発生/報告書24p参照)

Wind Speed(m/s)	경사각도 (Tilt angle, X, ° )
6 m/s	1.749 °
7 m/s	2.869416667 °
8 m/s	3.989833333 °
9 m/s	5.11025 °
10 m/s	6.230666667 °
11 m/s	7.351083333 °
12 m/s	8.4715 °
13 m/s	9.591916667 °
14 m/s	10.71233333 °
15 m/s	11.83275 °
16 m/s	12.95316667 °
<b>Crack start point</b>	
17m/s	14.07358333°
18 m/s	15.194°
19 m/s	?
20 m/s	?
21 m/s	?
22 m/s	?
23 m/s	?
24 m/s	?
25 m/s	Cut-Out Wind Speed

Gross Properties Chosen for the NREL 5-MW Baseline Wind Turbine

Rating	5MW		
Rotor Orientation, Configuration	Upwind, 3 Blades		
Control	Variable Speed, Collective Pitch		
Drivetrain	High Speed, Multiple-Stage Gearbox		
Rotor, Hub Diameter	126m, 3m		
Hub Height	90m		
Cut-In, Rated, Cut-Out Wind Speed	3m/s	11.4m/s	25m/s
Cut-In, Rated Rotor Speed	6.9rpm, 12.1rpm		
Rated Tip Speed	80m/s		
Overhang, Shaft Tilt, Precone	5m, 5°, 2.5°		
Rotor Mass	110,000kg		
Nacelle Mass	240,000kg		
Tower Mass	347,460kg		
Coordinate Location of Overall CM	(0.2m, 0.0m, 64.0m)		

기존의 경쟁기술 타워-부유체 일체형(Tower-Floater integrated type) 부유식 해상풍력발전 플랫폼은 고진동(High Vibration)에 의한 플랫폼 균열을 방지하기 위해서 Cut-Out Wind Speed 25m/s까지 정상가동 가능한 발전기를 17m/s에서 블레이드 피치제어(Blade Pitch Control)로 Cut-Out 시켜야 되는 기술적 난제를 물리적으로 극복할 수가 없습니다. 상기 이유로 동일 해상 위치에 설치 비교시 해상고정식 및 창이(주)의 초저진동(Ultra low vibration Min1° ~Max2°) 타워-부유체 조인트 분리 하이브리드형(Tower-Floater joint separation hybrid type) 플랫폼 대비 이용률이 현저히 낮습니다. ●일본 2018년 실증기 균열발생으로 실증 중단됨

既存の競争技術タワー・浮遊体一体型(Tower-Floater integrated type)浮体式洋上風力発電プラットフォームは高振動(High Vibration)によるプラットフォームの亀裂を防ぐために、Cut-Out Wind Speed 25m/sまで正常稼働可能な発電機を17m/sでブレードピッチ制御(Blade Pitch Control)で、Cut-Outさせなければならない技術的難題を物理的に克服することができない。

上記の理由で同一の海上位置で設置比較した際、海上固定式、及び ウィンドウ(株)の超低振動(Ultra low vibration Min1° ~Max2°)タワー・浮遊体ジョイント分離型(Tower-Floater joint separation hybrid type) プラットフォームに比べ、利用率が著しく低い。 ●日本実証機の亀裂発生で実証が中断された(2018年)

## 동조질량댐퍼(Tuned Mass Damper, TMD)기술이 적용된 창이(주)의 타워-부유체 조인트 분리

## 하이브리드형(Tower–Floater joint separation hybrid type) 부유식 해상풍력발전 플랫폼

同調質量ダンパ (Tuned Mass Damper, TMD)技術が適用されたウインドウ(株)のタワー-浮遊体ジョイント 分離型 (Tower–Floater joint separation hybrid type)浮体式洋上風力発電プラットフォーム

- 별도의 외부동력이 필요한 Electric Motor가 필요 없습니다.

別途の外部動力が必要なElectric Motorが不要である。

- 해류의 영향을 받지 않습니다. 海流の影響を受けません。

• 플랫폼 기울기 복원 블레이드 피치 제어가 필요 없어 출력감소 또는 발전중단이 되지 않아 풍력 발전기 발전효율 이론적 최대치 (Theoretical maximum of wind power generation efficiency) Cpmax 0.45(Betz Law) 까지 증대시킬 수 있는 국내외 유일의 부유식 해상풍력발전 플랫폼입니다. 상기 이유로 플랫폼 기울기 복원 블레이드 피치제어 알고리즘 설계 개발(Blade pitch control algorithm design development)이 필요 없어 상용화 완료 기간을 2~3년으로 단축할 수 있습니다.

プラットフォーム勾配復元ブレードピッチ制御が必要なく、出力の減少または発電中断することなく、風力発電機の発電効率の理論的最大値(Theoretical maximum of wind power generation efficiency)Cpmax 0.45(Betz Law)まで

上記の理由でプラットフォーム勾配復元ブレードピッチ制御のアルゴリズム設計開発(Blade pitch control algorithm design development)が必要なく、商用化の完了期間を2~3年に短縮できる。

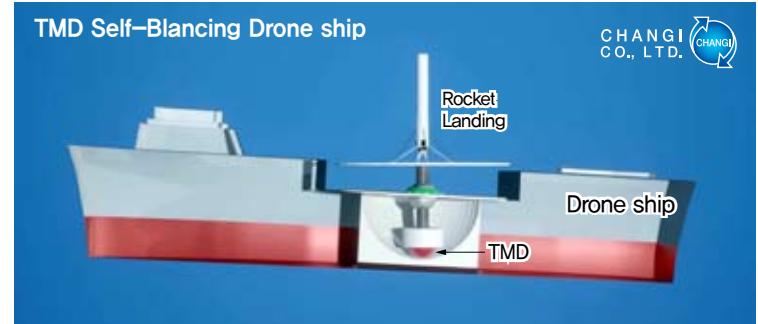
• 타워가 2° 이상 기울지 않는 초저진동 Min1° ~Max2° (Ultra low vibration Min1° ~Max2° )에 의해서 초강력 태풍(Super Typhoon)에도 플랫폼 균열을 방지할 수 있습니다. 상기 이유로 사이클론(Cyclone), 허리케인(Hurricane) 발생지역 한국, 중국, 일본, 대만... 등 동아시아와 동남아시아, 서남아시아, 인도, 미국 등에서 안정적으로 운용·유지관리 될 수 있는 국내외 유일 부유식 해상풍력발전 플랫폼입니다. 타ワーが2°以上傾いていない超低振動 Min1° ~Max2° (Ultra low vibration Min1° ~Max2° )によって、強力な台風(Super Typhoon)にもプラットフォームの亀裂を防止することができる。 上記の理由でサイクロン(Cyclone)、ハリケーン(Hurricane)発生地域、韓国、中国、日本、台湾...等、東アジアと東南アジア、西南アジア、インド、アメリカ...等で安定的に運用、メンテナンスできる国内外唯一の浮体式洋上風力発電プラットフォームである。

### ● 응용사업 アプリケーション事業



[그림 1] 창이(주)의 타워-부유체 조인트 분리 하이브리드형 부유식 해상풍력 발전기 모델

[図 1] ウィンドウ(株)のタワー-浮遊体ジョイント分離型の浮体式洋上風力発電機モデル

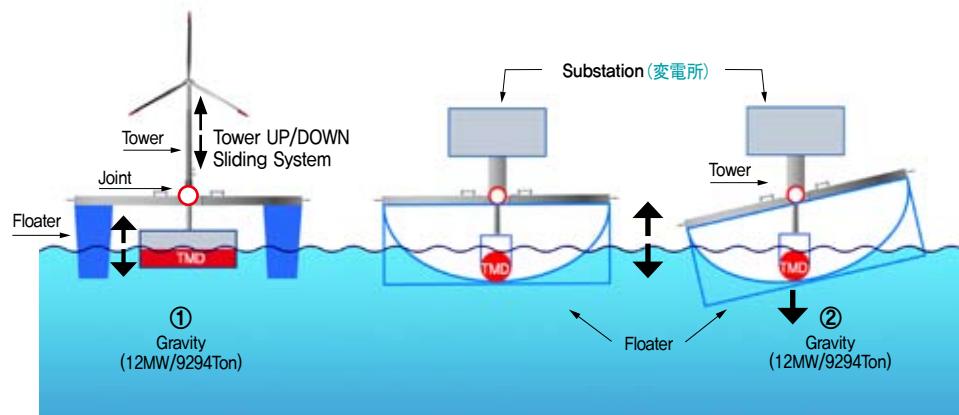


[그림 2] 미국 VL Offshore社(www.vloffshore.com)와 공동기술개발 및 기술이전 계약체결 (2021년 2월 13일)

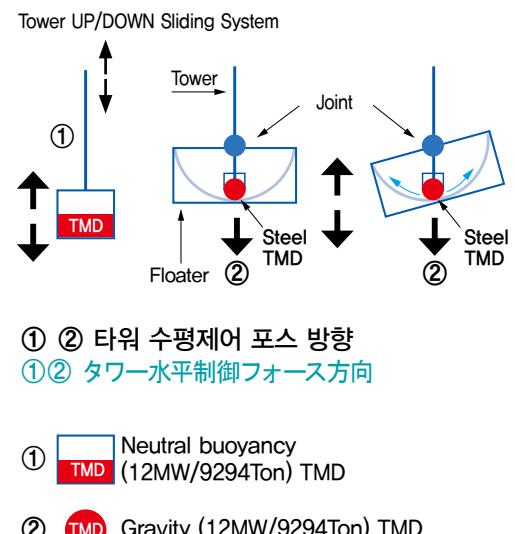
[図 2] 米国VL Offshore社 (www.vloffshore.com) と共同技術開発と技術移転契約を締結 2021年2月13日

### TMD Self Balancing System Tower–Floater joint separation Hybrid-Type

#### Commercialization Model(A-1 Type)



#### Substation(변전소)(B Type)



① ② 타워 수평제어 포스 방향  
①② タワー水平制御フォース方向

① TMD Neutral buoyancy (12MW/9294Ton) TMD

② TMD Gravity (12MW/9294Ton) TMD

**부유식 해상풍력 발전플랜트는  
제2의 조선·해양플랜트 산업이다.**

浮体式洋上風力発電プラントは  
第2の造船、海洋プラント産業である。



미래 해양에너지기술의 선도기업  
将来の海洋エネルギー技術のリーディングカンパニー

CHANGI  
CO., LTD. 



[www.ocean-tech.co.kr](http://www.ocean-tech.co.kr)

본사 (51242) 경남 창원시 마산회원구 내서읍 중리공단로 122 (중리 1250-1번지)  
전화 070-4237-6606 팩스 055-231-6829 휴대폰 010-3268-5687 이메일 keun9221@naver.com

本社 慶南昌原市馬山會原區內西邑中里工団路122 (中里1250-1番地)  
PHONE +82-70-4237-6606 FAX +82-55-231-6829 Mobile +82-10-3268-5687 E-mail keun9221@naver.com

