

株式会社 TMIT

(東京メトロポリタン工学研究所)

Fujii Laboratory

Dynamics and Control of Space Infrastructure



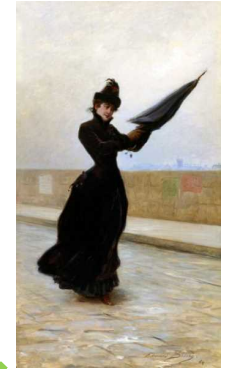
2018年6月4日(月)「第15回南極設営シンポジウム」国立極地研究所

公表用

「高空風力発電の極地での有効活用手法の研究」

藤井 裕矩, Dr.Eng., Dr.Hon. (Belgrade),

首都大学東京発ベンチャー (株)TMIT研究開発部 所長・代表取締役
都立科学技術大学/首都大学東京 名誉教授



赤坂剛史(金沢工業大), 大久保博志(神奈川工科大学),
草谷大郎(都立産技高専), 丸山勇佑(前田建設),
中嶋智也(大阪府立大), 高橋泰岳(福井大),
遠藤大希(TMIT), 中台章(ジオスポーツ),
菊池雅行(極地研)



TMITの主なマイルストーン

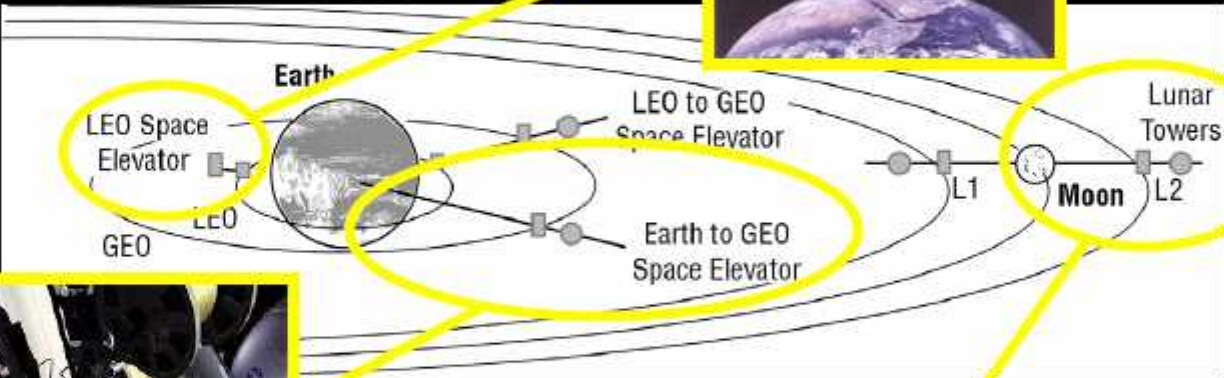
- 2007年8月16日 首都大学東京のベンチャー企業第1号として設立。
- 2010年8月 観測ロケットS520-25による132.6mスーパーテザーの宇宙伸展に世界で初めて成功。日本・米国・欧州・豪州の国際協力。



- 2015年2月3日 科学研究費補助金取扱規程に規定する研究機関に指定


Space Tethers Will Play a Key Role: The Project of Japan Will Be A Critical Step

LEO Space Elevator, also called "Bridge to Space" by Lockheed Martin




The diagram illustrates various space elevator concepts. It shows Earth on the left and the Moon on the right. Key locations include LEO (Low Earth Orbit), GEO (Geostationary Orbit), L1 (Lagrange Point 1), and L2 (Lagrange Point 2). Three main elevator systems are depicted: 1) 'LEO Space Elevator' connecting Earth to LEO. 2) 'Earth to GEO Space Elevator' connecting Earth to GEO. 3) 'LEO to GEO Space Elevator' connecting LEO to GEO. On the Moon side, 'Lunar Towers' are shown at L1 and L2. A vertical scale on the right side of the diagram lists various altitudes and associated activities, such as 'Orbital station and payload station' and 'Orbital station and payload station'.

Space Elevator concept from 1999 NASA study

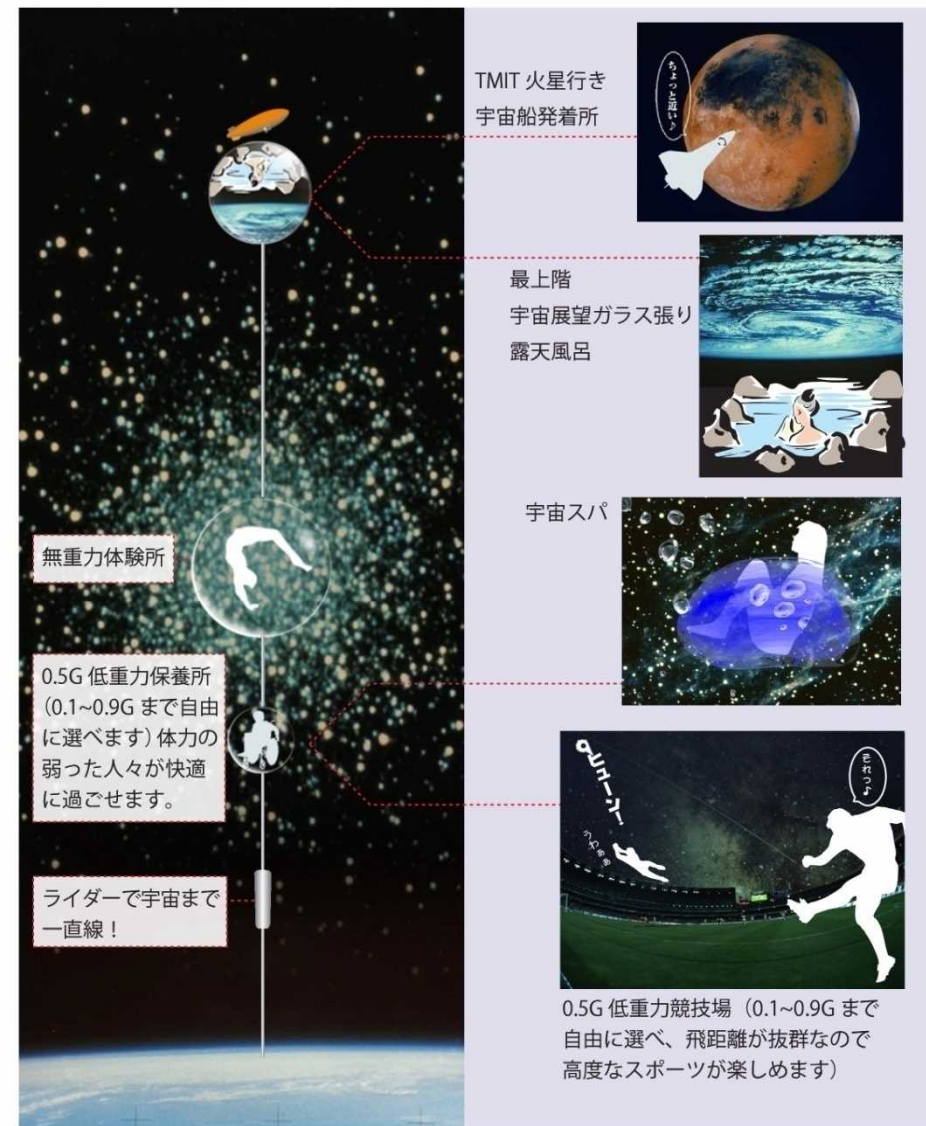
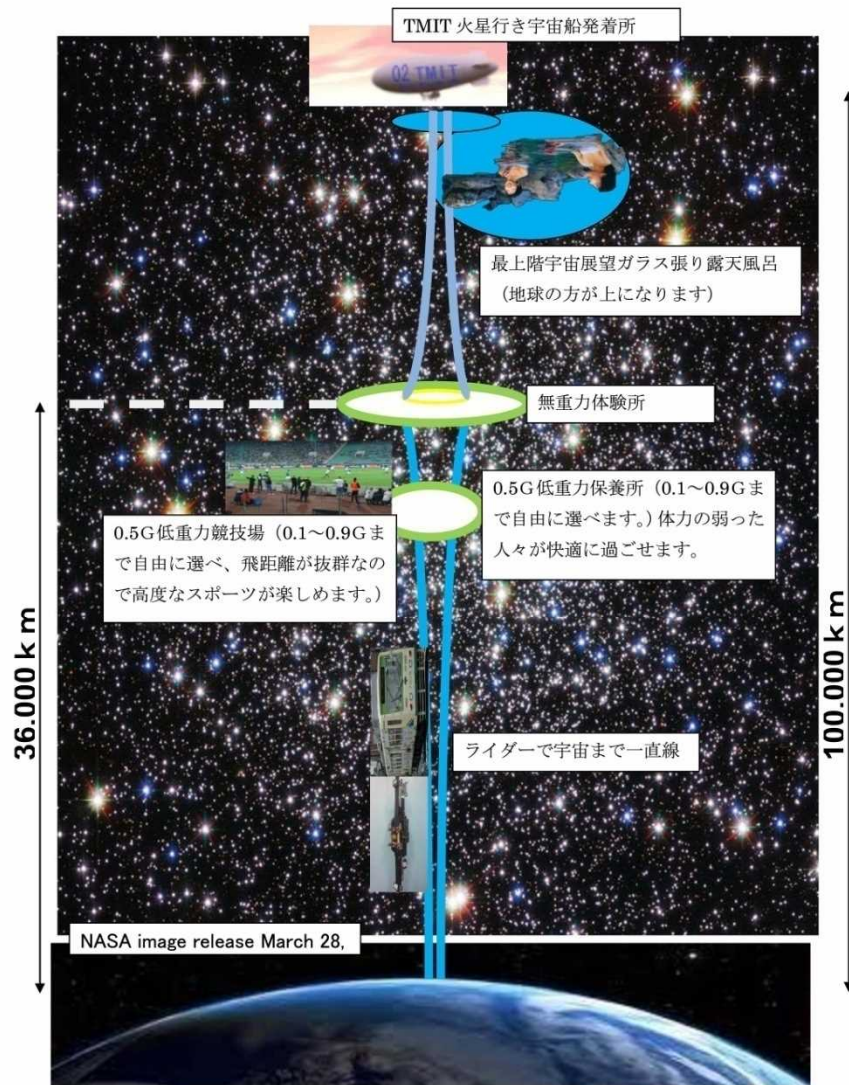


This illustration shows a detailed view of a space elevator structure. It features a tall tower on the Earth's surface, a long cable extending into space, and a counterweight. The structure is shown in a perspective view, highlighting its complex engineering and the various components like the tower, cable, and counterweight.

Lunar Tethered Satellite concept



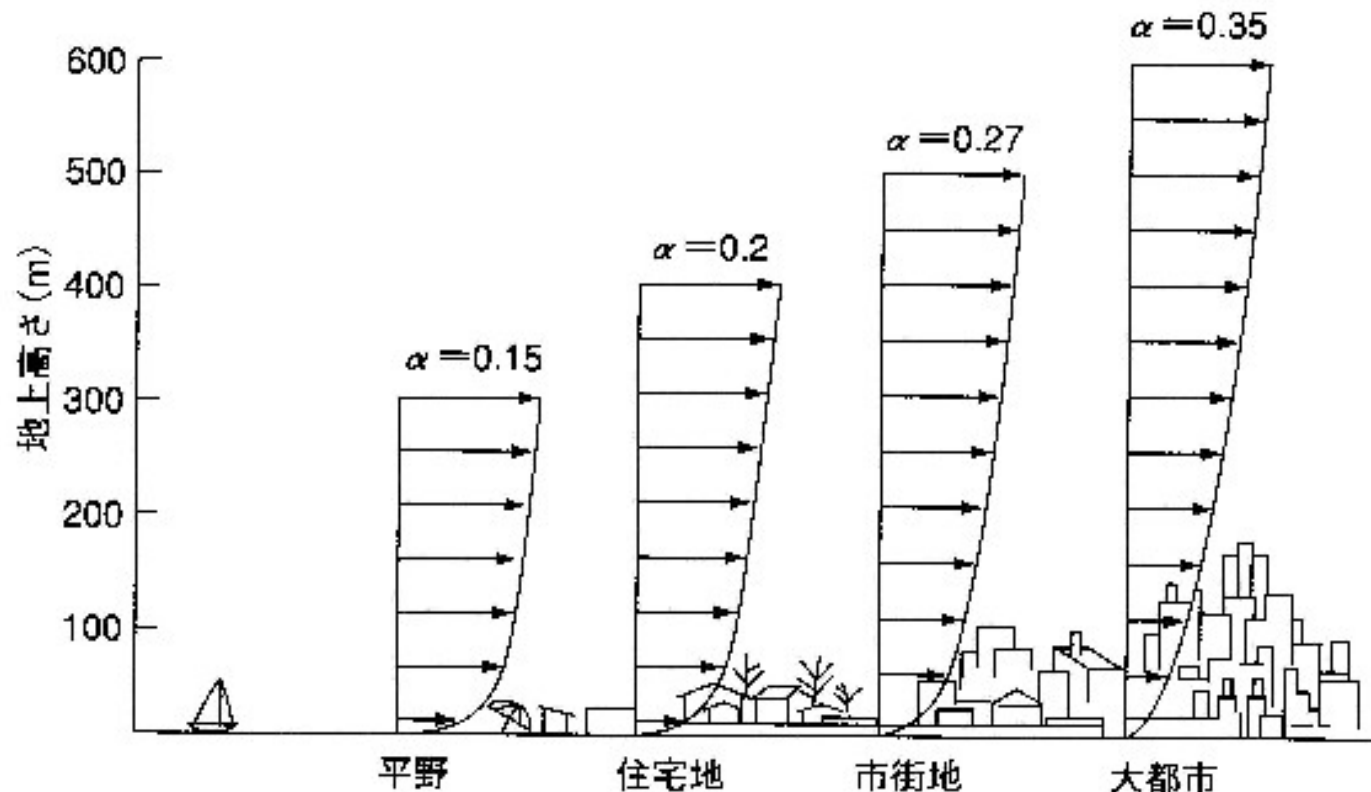
This illustration depicts a satellite in orbit around the Moon, connected to the Moon's surface by a long tether. The satellite has solar panels and other instruments. The Moon is shown in the background, and the Earth is visible in the distance.



宇宙エレベーター-KAIT構想

宇宙テザー技術の波及効果

高空風力発電
AWE
(Airborne
Wind Energy)

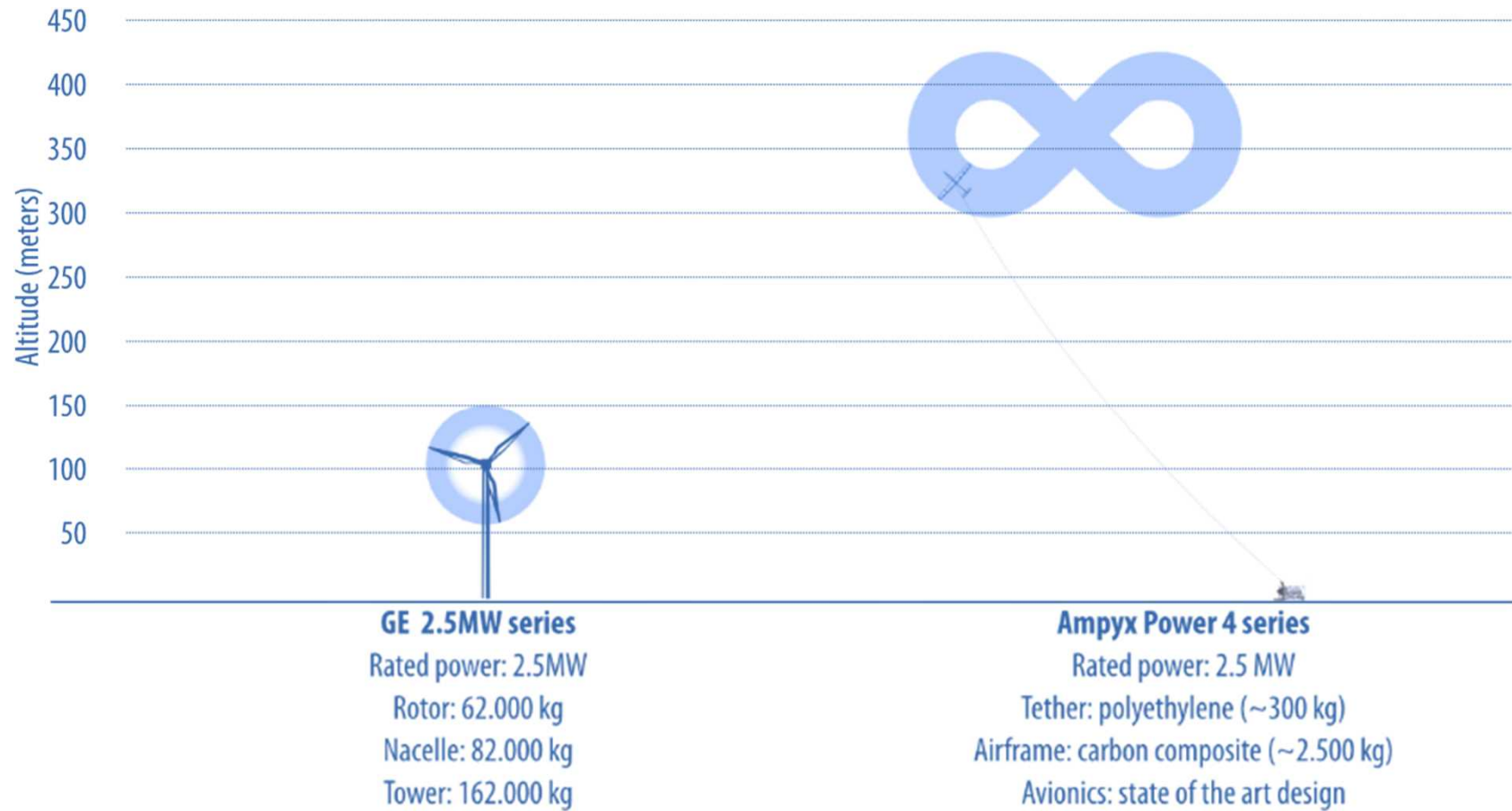


◎ Google, EON, Shell, Schlumberger, Tata、さらに、ソフトバンクのような先端企業が2兆米ドルを超える投資を行っている。このためAWEは今後成長を加速すると思われる。

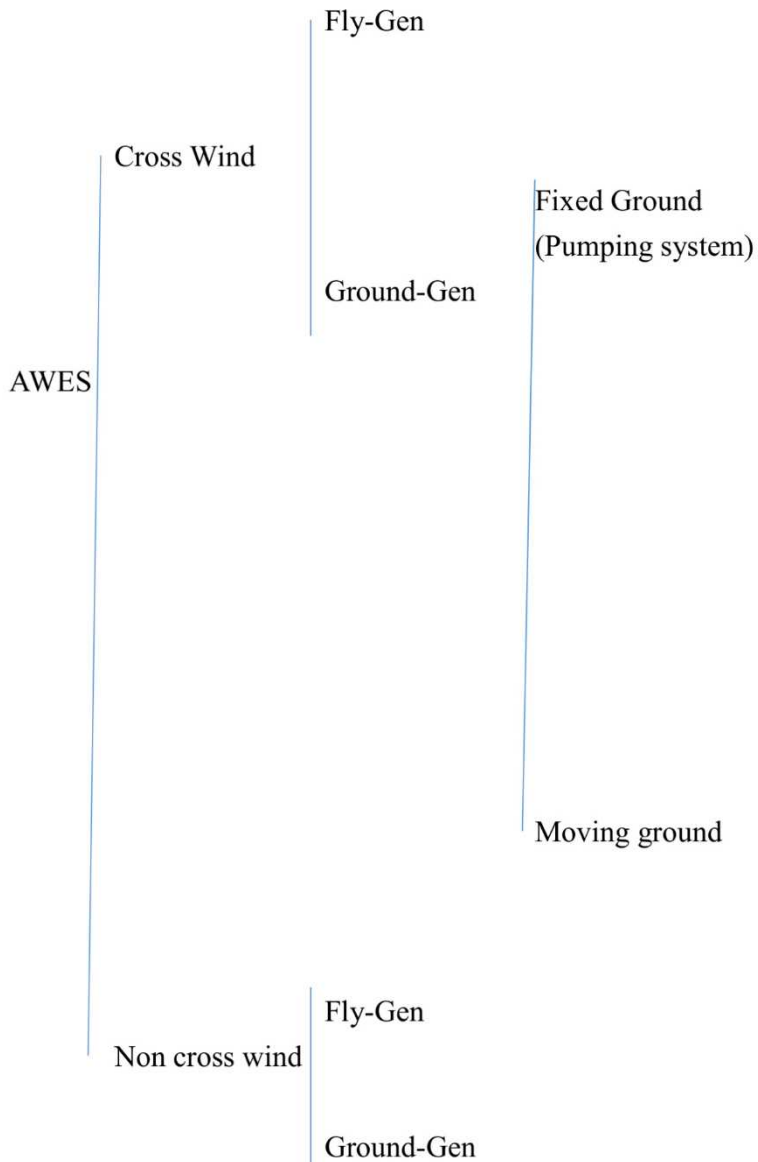
欧州各国はCO2軽減のロードマップ2050などに乗り遅れないために、クリーンなAWEに期待を持ち援助を行っている。

Comparison with a conventional wind turbine

Cross-wind, rigid wing and ground based generator



©MW class



- ©MakaniPower CA Aircraft 200-1000m Circle 8m 20kW
2013 Google 28m 600kW prototype, 65m 5MW
- ©Joby Energy CA 2MW Aircraft circle

- Kite power (TUD) (20kW(2012), 100kW-1MW, 24h ①CP)
- ©AmpyxPower (NL 5.5m, 6kW(15kW max), 35m 2MW ①)
- ©Kite Gen (Italy 3MW Stem ②)
- ©Guangdong Tech. (China 1MW)
- ©Sky sale power (Germany 250kW 1MW 3.5MW ①CP)
- Swiss kite power (Swiss 10kW ①CP ② ③) → Twing Tec
- ©Kite Gen (Italy 5kW (40kW MAX) 4.5m/s ground 3MW ②)
- Twing Tec (Swiss 100kW)
- EnerKite (Germany 30kW, 100-500kW, ③)
- e-Kite (NL 50kW GG Low altitude ②)
- Kitemill (Norway ①)
- KU Leuven
- Universidad Carlos III de Madrid (Spain ①CP)
- ©Kite energy (Italy 0WatUCSB ②)
- ©HSWG (JPN 1MW)

- NTS (Germany ②④)
- KiteGen Research (100kites with 500m² 1500m radius 1000MW 12m/s)

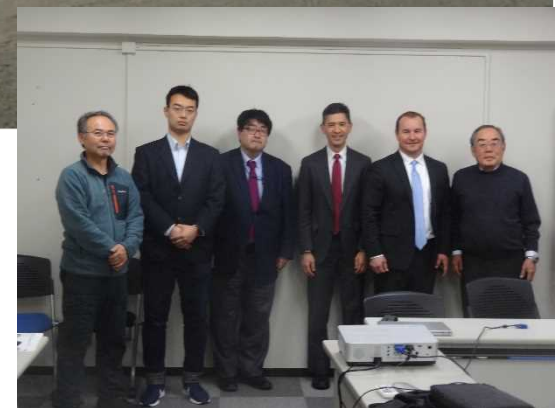
- ©Sky Wind power (CA Quadcopter 4600m 10m/s, 12kW, 1MW) Out of business
- Altaeros Energies (Acrostat, 100m straight railway, 1kW per m² 40m²)
- ©Mnidea

- HSWG (JPN 20kW)
- LadderMill (TUDelft 20.2kW) → Kite power (TUD)



Fig.1 Makani power社 The M600 energy kite (600 kW級) (21 Nov 2016)

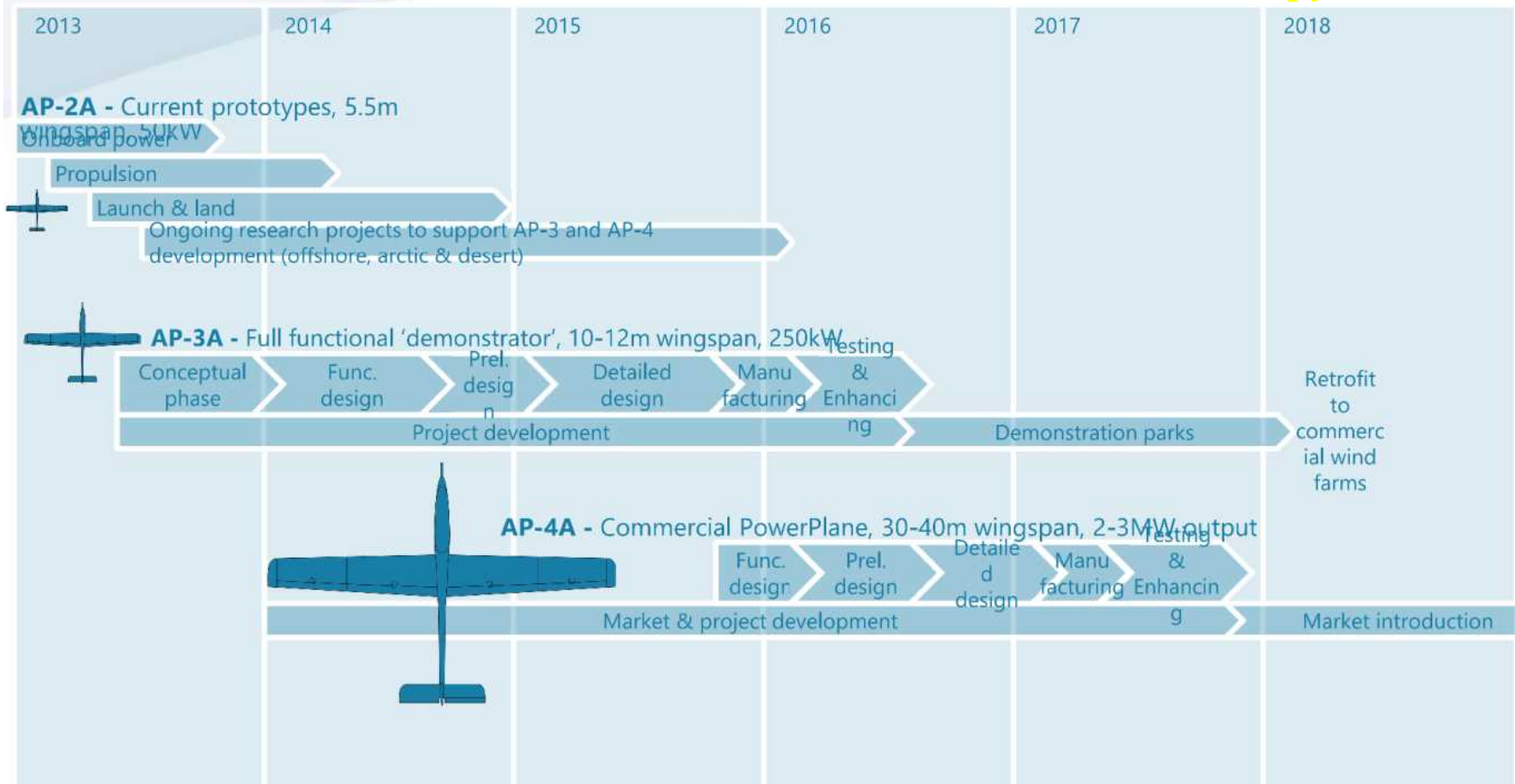
<https://x.company/makani/journey/>



AmpyxPower

Technology roadmap

Compete with coal at commercial introduction in 2017



SKYSAILS



Rod Read

Windswept and Interesting Limited

15a Aiginis, Isle of Lewis, UK HS2 0PB

<http://windswept-and-interesting.co.uk>



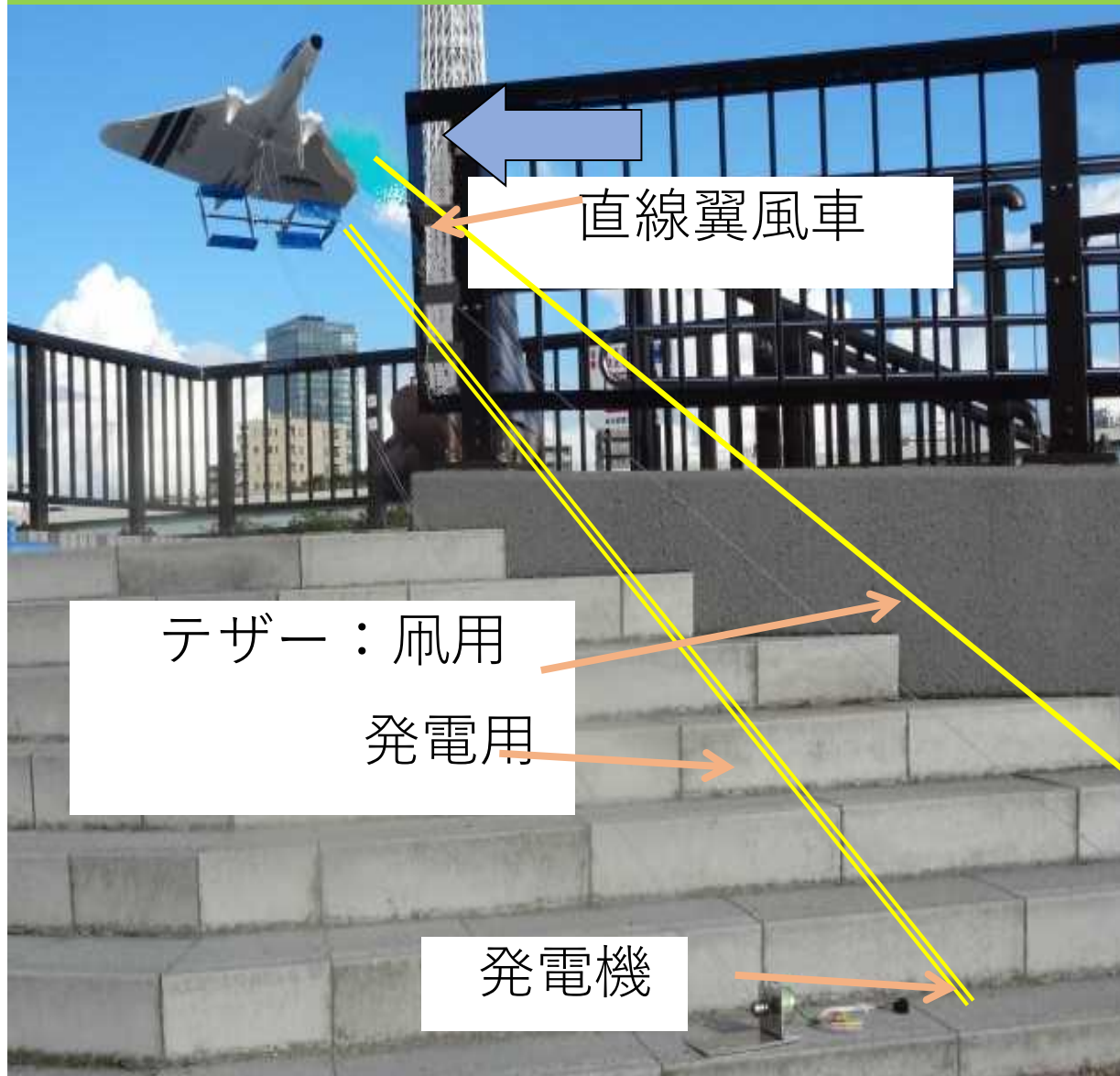
	大型風車	テザー型
構造	複雑（ギアなど）	シンプル
建設コスト	100% （支柱と補強）	5～10%（テザー型： 要交換）
維持方法	高所作業	緻密な整備
安全性	安全	無人化：高度な技術
台風など強風の被害	不可避	退避可能 （日本に最適）
収納折り畳み	不可	小型のもの運搬可能
最高高度	180m	100～1000m
発電量 （重量）	2.5MW （143,000kg）	2.5Mw （8,400kg）
設備利用率	30～40%	60～70%

高空風力発電研究会

- 2015年3月16-17日 P 1 (フェーズ1) 風洞実験 (工芸大)
- 2015年3月30日第1回全体会議 (日大駿河台校舎)
- 2015年8月17-21日 P 1 発電実験風洞実験 (工芸大)
- 2015年11月26日第2回全体会議 (科学技術館)
- 2016年1月4-6日風洞実験 (工芸大)
- 2016年1月15-22日 P1 フィールドテスト (神奈川工科大)
- 2016年3月11日第3回全体会議 (東工大)
- 2016年3月13-14日 P 1. 5 (200w級) 風車風洞実験 (工芸大)
- 2016年5月21日 P1 フィールドテスト 福井氣比の松原 (福井大、神奈川工大)
- 2016年6月1日 P 1. 5 トルク伝達実験 (神奈川工大)
- 2016年7月13日 P 1. 5 パラグライダー飛行試験 (福井大、金沢工大)
- 2016年8月3-5日 P 1. 5 テザー伝達試験 (神奈川工大)
- 2016年9月11-14日 P 1. 5 発電実験風洞実験 (九州大)
- 2016年9月15日第4回全体会議 (九州大)
- 2017年3月16-17日第5回全体会議 (東京理科大学葛飾キャンパス)
- 2017年10月5-6日 AWEC (Airborne Wind Energy Conference) 2017 (Freiburg)
- 2017年11月12-15日 P1+ & P1.5 フィールドテスト (妻沼グライダー滑空場)
- 2017年12月3-10日風洞実験 (工芸大)
- 2017年12月8日第6回全体会議 (科学技術館)



テザー型風力発電の概念



- ・ 重い発電機を地上に置き、浮遊体を軽量化。
- ・ テザーを回転させ、連続的な発電が可能。
- ・ 高度を変え、定量的な発電が可能。
- ・ 強風時に地上に退避し、安全性を確保。
- ・ テザーを回収し、折り畳み・運搬移動可能

設備利用率の試算例(丸山)

テザー型風力発電では時間的な風力変化に対応することが出来るので
設備利用率が数倍大きい

	一般的な 小型風車	一般的な 大型風車	テザー型 高空風車
	風車仕様		
地上10m 年平均風速	高さ10m設置 固定風車	高さ80m設置 固定風車	高さ500mまで稼働 可能な浮遊風車
2m/s	0.7%	4.4%	15.3%
3m/s	4.4%	16.4%	37.3%
4m/s	11.4%	32.1%	55.4%
算定(仮定)条件	定格風速: 10m/s(カットイン風速4m/s・カットアウト風速25m/s) ※定格風速以下の発電量は風速の3乗に比例とする 風速の出現率はレーリー分布(ワイブル係数k=2) 風速の鉛直プロファイルはべき指数分布($\alpha=0.2$)		

設備容量が同じとすれば、総発電量は設備利用率に比例する。

超小型モデル(0.01kW)発電コンセプトスタディ
(東京工芸大学 風工学研究所 2m×2m風洞)



小型モデル (0.2kW)風洞実験 (九州大学 応用力学研究所 4 m × 2 m風洞)



飛行制御実験

2017年2月6日
福井大学
文京キャンパス
グラウンド
風速 4.3 [m]



2017年11月12-15日 フェーズ1+ & フェーズ1.5 フィールドテスト
埼玉県熊谷市妻沼グライダー滑空場



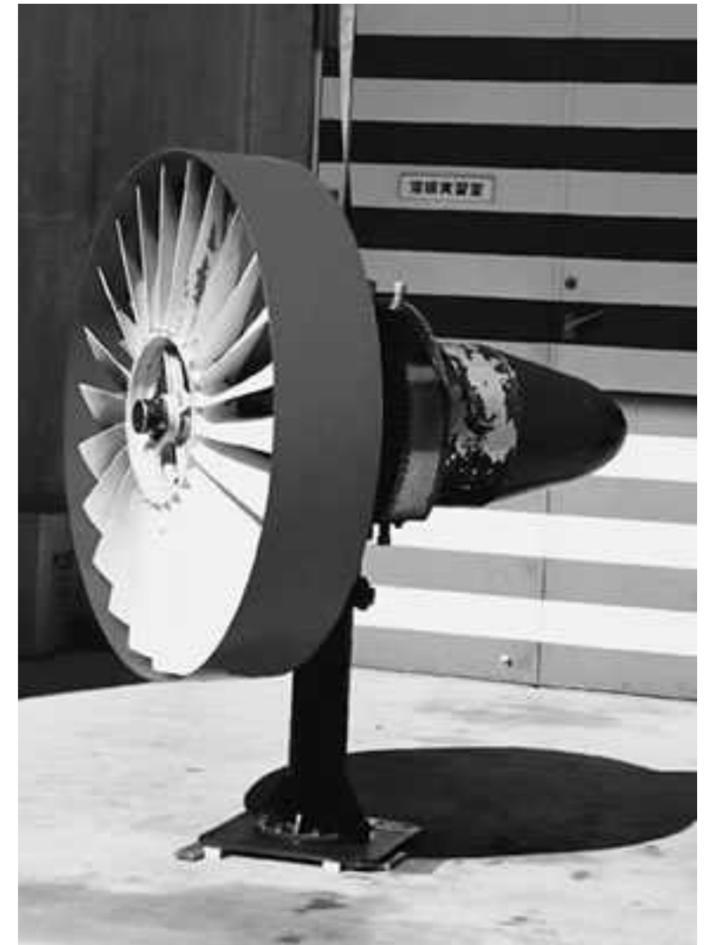


まとめに代えて 極地でのエネルギー供給 に適した風力発電装置とは

1. 低温、地吹雪、強風 > 強風時の避難
2. 出力安定性 > 設備利用率の増加
時間的かつ季節的な変動
3. 運搬容易性



垂直軸風車：昭和基地の20kW風車（56次隊中村隊員提供）



NU-102 ダウンウインド型
うず電流型電磁ブレーキを備
えた静翼付風力発電装置
南極昭和基地で第19次越冬隊
（1978年）現地実地テスト