

1-3. 台風制御 / 台風発電

□ 市場トレンド

本項では、台風インパクト物質を散布して勢力を弱める台風制御と、台風の強風から推力を得て進む硬帆船で台風近傍を随伴しながら水中タービンで発電を行う台風発電を取り扱う。

日本は歴史的に台風により大きな被害を受けてきた。近年では2018年に台風21号、2019年に台風15号（令和元年房総半島台風）、19号（令和元年東日本台風）で大きな被害が発生し、損害保険の支払総額はそれぞれで1兆円を超えた。台風は熱帯・亜熱帯域で発生し、勢力を増大しながら日本に接近するが、そのエネルギー源は高水温の海面から発生する水蒸気である。地球温暖化が進むと海水温が上昇するため、より猛烈な台風が発生すると多くの研究が予測している。

気象災害の防災に係る日本政府の取り組みを見ると、1959年の伊勢湾台風（死者行方不明者5000人超）を契機に、災害対策基本法が1961年に制定されたことに始まり、近年では2014年に国土強靱化基本計画、2018年に防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策、2020年に防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策が、閣議決定された。2021年に発足したデジタル・防災技術ワーキンググループでは、最新技術を活用した防災について議論が進められ、「リアクティブ防災からプロアクティブ防災へ」という未来像が示されている。プロアクティブ防災の行き着く先が台風制御であり、さらに台風の有効活用にまで踏み込むのが台風発電と言える。

台風発電の背景には脱炭素もある。脱炭素実現に向け、「パリ協定」に基づく世界的な取り組み、グリーン成長戦略に基づく国内の取り組みが進められている。日本は広大な領海・排他的経済水域を持つため、海洋を利用した自然エネルギー発電、特に浮体式洋上風力発電への期待が高まっている。

台風制御や台風発電は2050年頃に実現することを目指して研究が進められているが、その過程で創出される技術から、様々な防災・エネルギー関連事業に係るサービス/商品が生まれる。現在、防災事業分野においては、避難所の構築や運用、防災イベントの運営、災害時の情報発信、BCP（事業継続計画）の策定支援、防災グッズの販売など、様々なサービスや商品が提供されている。また、

防災科学技術研究所において「気象災害軽減コンソーシアム」が立ち上げられ、気象災害予測情報提供システムの社会実装などに向けた取り組みが進められている。

台風制御と同じく気象に人為的な操作を行う人工降雨については、中国、米国、豪州、ロシア、欧州、インド、タイなどで大規模なプログラムが進められてきており、日本でも研究が実施されている。また、人工降雨は霧の消散や電害（ひょうがい）の低減にも応用されている。人工降雨を行う民間企業は米国に数社存在する。

気象事業全体（防災事業を含む）の現時点の市場規模は、日本で約300億円、世界で約3200億円と見られる。また、既存事業者の成長率から年平均成長率は約7%が見込まれる。なお、台風制御については、2050年に実際に台風制御が行われることで被害総額が50%抑制されると仮定して、台風制御に充てることが可能な費用を試算した。2020年の台風、ハリケーン、サイクロンによる被害総額、国土交通省の公共事業（水害関連）における費用便益比などから、日本で約5000億円、世界で約2兆円となる。ここでは、世界の気象災害による被害総額の増加率（年平均5%）は無視している。

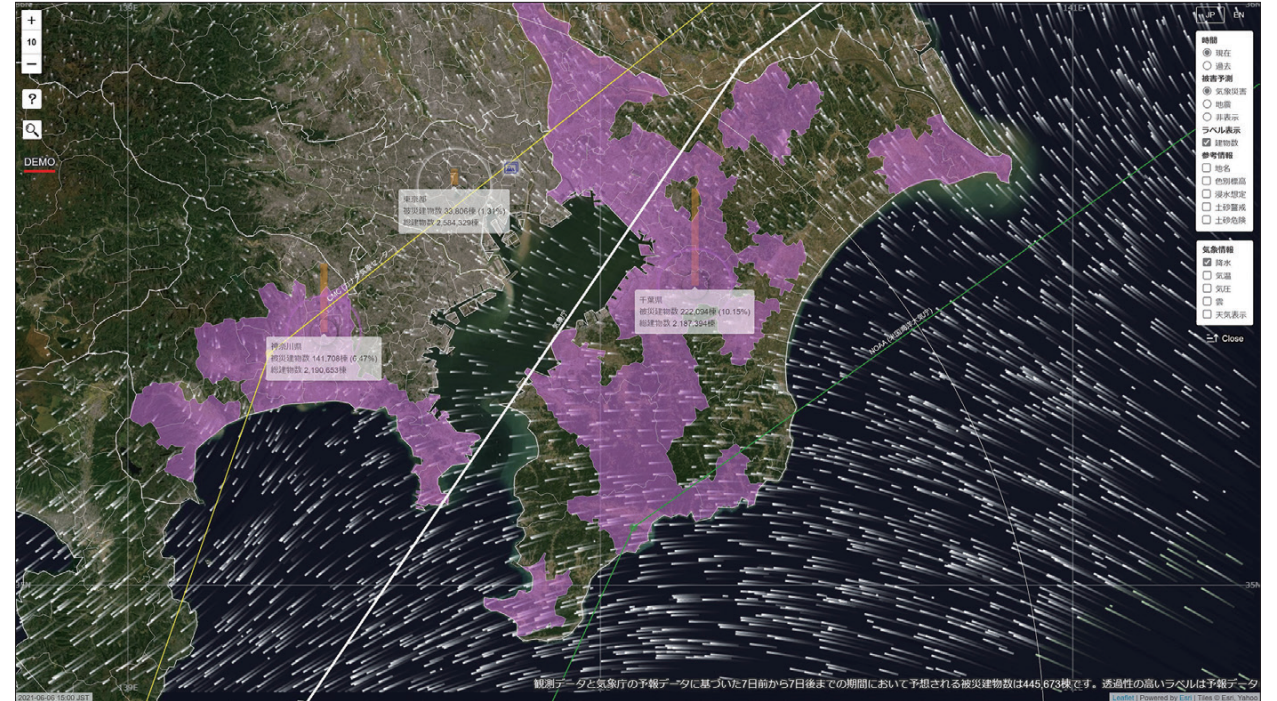
□ 商品トレンド

台風に係る事業としては、民間気象事業者が政府/自治体の防災活動を支援するサービスや、コンサルタント企業が企業などのタイムライン（台風の直撃前から後に誰が何をすべきかを整理したもの）策定を支援するサービスなどを提供している。また、一般向けにも緊急速報メールや安否確認などのサービスが提供されている。

技術進歩に伴って台風の強度・進路や台風被害の予測精度が向上すると、台風に対する予防策の費用対効果の算定確度が高まり、BCP策定支援サービスに対するニーズも強まる。また、社会的にも移動に困難を感じない時点、さらには十分な準備が可能な時点での避難指示などに対するニーズも強まると予想される。

台風への備えとして、家屋の補強や社会インフラの整備・補強に対するニーズが強まる。一方、想定外のリスクに対応する方策へのニーズも強まる。その方策の一つが台風制御であり、技術進歩に伴い実現可能性が高まれば、社会からの期待が高まると推察される。

図1 暴風・豪雨・地震による被災建物棟数予測ツール



（出所：あいおいニッセイ同和損害保険）

人工降雨は、前述のとおり既に世界各地で行われているが、台風制御の研究成果が活用により普及が進む可能性がある。また、台風発電においては、蓄電、水素生成、水素運搬なども必要とされる。台風発電の研究成果の活用により、製品が生み出される可能性がある。

□ 技術トレンド

台風制御の実現には、①人工制御の有無による台風の挙動を予測する数値シミュレーション、②台風制御を実施するシステム、③台風による被害予測、④台風制御の実施を判断する社会システムが必要となる。ここでは技術的側面から①から③について論じる。

米国では1947年から1983年にハリケーン制御が行われたが、制御効果と自然現象の切り分けができなかったことが主要因で中断された。台風の研究が進むとともに、計算機能力と数値シミュレーションのための数値モデルが格段に進歩し、台風制御は実現に近付きつつある。

また、台風データの（気圧、風速、風向、水蒸気量など）は、衛星写真の雲の形状から推定されてきたが、近年、航空機による直接観測の試みが行われている。正確なデータを用いることで台風のメカニズムの解明が進むとともに、数値シミュレーションに用いる初期値/境界値の精度が上がることで予測精度の向上も期待される。

台風の数値シミュレーションに関しては、雲物理過程を含む高精度気象モデルの構築、複数の気象モデルによる解析結果を統合するアンサンブル解析技術、様々な場所/時刻で観測された気象データを適宜取り込んで計算を進めるデータ同化技術の向上も進んでいる。

台風制御システムとして有力なものは、無人航空機とインパクト物質散布装置の組み合わせである。ドローン制御技術が進展しているほか、人工降雨で使われる微粒子散布装置の効率化/高機能化が進められている。

台風による被害予測の分野では、暴風、豪雨、地震による被災建物棟数を予測するツールが開発されている（図1）。同ツールでは、暴風、豪雨、地震による被災建物棟数や被災件数率が市区町村ごとに予測され、地図上に表示される。高精度気象予測、観測データ、実際の建物のデータなどを組み合わせることで、被害予測の高精度化が図られていくと予想される。

参考文献

- 1) Tsuboki, K., et al.. "Future increase of super typhoon intensity associated with climate change", Geophysical Research Letters, 42, 646-652, December 2014
- 2) Yamada, H., et al. "The Double Warm-Core Structure of Typhoon Lan (2017) as observed through the First Japanese Eyewall-Penetrating Aircraft Reconnaissance", Journal of the Meteorological Society of Japan (accepted)
- 3) 岡崎豪、レブルオリオル、「ディープラーニングによる建物特性の抽出と台風被害想定的手法」、2017年度人工知能学会全国大会（第31回）、2017年5月

■ 台風制御 / 台風発電

