

台風制御技術としての波動式湧昇ポンプ

株式会社ユーラシア・バリュー・トレード・ネットワーク

<https://npo-escot.org/4053/>

「波動式湧昇ポンプ(Wave-Actuated Upwelling Pump)」の台風制御(Typhoon Mitigation)手段として評価」(NPO エスコット)

提示の NPO ESCOT 記事(2025 年 10 月 10 日公開)をベースに、内容の妥当性を検証しつつ、台風(熱帯低気圧)制御に関する研究機関リスト、既存制御技術の TRL・実証状況を ChatGPT にて調査、整理した。調査の結果、記事のコアとなる「波動式湧昇ポンプによる事前の SST 低下→潜熱供給抑制→台風弱化」というメカニズム自体は物理的に整合的ですが、社会実装レベルの“広域・長期間”の冷却を達成する難易度は高く、現時点の技術成熟度は「台風制御という用途」に限れば実証前段階(TRL3-4 相当)と目される。対比として、他の制御案(雲物理・放射強制系)は概ね TRL1-3 に留まる。

1) 記事(ESCOT)の主張の検証・考察(サマリ)

- 記事の要点
波動式湧昇ポンプで深層冷水を表層へ供給し、海面水温(SST)を 1-3℃程度下げること、台風の燃料(暖かい表層水)と潜熱供給を抑える、という持続型の弱化戦略。1 基あたりの例示(揚水 5.2 kg/s、 $\Delta T=8^\circ\text{C}$)から約 170 kW の冷却相当を算出し、数百～数千基のネットワーク配置で“冷却帯”を形成するというスケール論を展開。
- <https://npo-escot.org/4053/>
- ↓ 熱計算($5.2 \text{ kg/s} \times 4.2 \text{ kJ/kg/K} \times 8 \text{ K} \approx 175 \text{ kW}$)は整合的です。ただし“どの面積を何℃で何日維持できるか”が政策・実装の要諦。
- 学術的整合性
台風の“コールドウェイク”現象や SST 低下が強度に及ぼす影響は文献的に裏付けがある(TC 通過後の強い鉛直混合→表層冷却、SST 冷却が強度に影響)。この点で「SST 低下→潜熱供給減→弱化」は方向として妥当と考えられる。

【参照】

<https://journals.ametsoc.org/view/journals/phoc/43/1/jpo-d-12-085.1.pdf>

Observation-Based Estimates of Surface Cooling Inhibition by Heavy Rainfall under Tropical Cyclones (American Meteorological Society)

<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2018JC014117>

Parameterizing Sea Surface Temperature Cooling Induced by Tropical Cyclones: 1. Theory and An Application to Typhoon Matsa (2005) (Advancing Earth and Space Science)

- 実現可能性への反証・留意
一方で、マイアミ大のレビューは「仮に大面積を人工的に冷やしても弱化効果は限定的」と批判的で、必要面積・維持時間の大きさがボトルネックであることを示している。ESCOT の記述も「広域・事前稼働が要る」とする点で整合する。

【参照】

<https://news.miami.edu/rosenstiel/stories/2022/09/artificial-ocean-cooling-to-weaken-hurricanes-is-futile-study-finds.html>

Artificial ocean cooling to weaken hurricanes is futile, study finds

(University of Miami, Rosenstiel School)

- フィールド実績
波力駆動アップウェリング(“Salter sinks”等)に関して、300 m 級パイプで 45 m³/h、局所 SST>1 °C 低下を 15 時間維持という現地試験報告があり、“局所・短期”の冷却は実測で示されています。ただし「台風弱化の実証」までは到達していません。

【参照】

<https://zerogeoeengineering.com/wp-content/uploads/2018/09/ACT-RPR-ESS-AA5274-TropicalCycloneHazardMitigation.pdf>

Space options for tropical cyclone hazard mitigation

(Advanced Concepts Team, European Space Agency (ESA), Netherlands

Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), Japan)

2) 台風制御を学術研究・制度面で扱う主な各国の機関

- 米国
 - NOAA AOML/Hurricane Research Division(HRD):歴史的には“ハリケーン改変”Project STORMFURY(1962-83、アイオダイド種まき)を主導。現在は改変ではなく観測・予測が中心。
 - https://www.aoml.noaa.gov/hrd/hrd_sub/modification.html
 - <https://www.esa.int/gsp/ACT/doc/ESS/ACT-RPR-ESS-2013-ISTS-FemtosecondFilamentationTyphoonControl.pdf>
 - University of Washington(Marine Cloud Brightening Program)+SRI/Univ. of Victoria/SilverLining:海洋性雲の反射率増加(MCB)研究。
 - <https://atmos.uw.edu/faculty-and-research/marine-cloud-brightening-program/>
 - <https://atmos.uw.edu/faculty-and-research/marine-cloud-brightening-program/our-team-partners-and-funders/>
 - <https://www.silverlining.ngo/university-of-washington-marine-cloud-brightening-program>
 - University of Miami Rosenstiel School:人工海洋冷却の限界評価。
 - <https://news.miami.edu/rosenstiel/stories/2022/09/artificial-ocean-cooling-to-weaken-hurricanes-is-futile-study-finds.html>
 - PNNL ほか(MCB・放射強制の全球影響モデリング)。
 - <https://acp.copernicus.org/articles/17/595/2017/acp-17-595-2017.pdf>
 - Carnegie Mellon(DHS 系の意思決定・費用対効果評価、風波ポンプ前提の改変シナリオ分析)。
 - <https://www.cmu.edu/ceic/assets/docs/publications/phd-dissertations/2012/kelly-klima-phd-thesis-2012.pdf>

- 欧州
 - ESA Advanced Concepts Team (ACT): 台風制御アイデアの概観(波力湧昇、フェムト秒レーザー等)。
 - <https://www.esa.int/gsp/ACT/doc/ESS/ACT-RPR-ESS-2013-ISTS-FemtosecondFilamentationTyphoonControl.pdf>
 - 英・エディンバラ大(Stephen Salter)/英マンチェスター等(Latham ら): 波力アップウェリングや MCB 提案。
 - <https://www.researchgate.net/profile/Stephen-Salter>
 - <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3405666/>
- 日本
 - JAMSTEC: 台風誘起混合・湧昇の海気相互作用研究(“制御”ではなく機構解明・予測寄与)。
 - <https://www.jamstec.go.jp/jdb/ronbun/Ks00053849.pdf>
 - <https://www.jamstec.go.jp/rimg/e/>
- 豪州
 - Southern Cross University 等: グレートバリアリーフ保全を念頭にした MCB 屋外初期試験報告。
 - <https://researchportal.scu.edu.au/view/pdfCoverPage?download=true&filePid=13135120010002368&instCode=61SCU INST>
- 産学スタートアップ等
 - Atmocean 等の波力アップウェリング企業(ハリケーン緩和を主張する技術資料はあるが、第三者査読の弱体化実証は未達)。

波動式湧昇ポンプのスタートアップ Atmocean 社

現在の稼働状況は不明。

<https://atmocean.com/>

<https://www.youtube.com/watch?v=paOaJ8Fb9aU&t=167s>

18 年前にアップされたデモ動画

3) 既存の“制御技術”の TRL 評価と実証プロジェクト

(注:ここでの TRL は「台風弱化という目的」に限定した目安)

技術カテゴリ	代表主体/文献	実証・試験	TRL 目安
波力アップウェリング(深層冷水の表層供給)	ESA ACT レビュー、Salter/Atmocean 系	300 m 級パイプで 45 m ³ /h、局所 SST>1 °C 低下(~15h)の実験例。台風弱化の実証は未達。	3-4 (概念/要素の屋外試験段階) https://zerogeoengineering.com/wp-content/uploads/2018/09/ACT-RPR-ESS-AA5274-TropicalCycloneHazardMitigation.pdf
海洋表面の人工冷却(一般)	Univ. Miami 評価	広域冷却の効果は限定的との反証・批判。	— (手段横断の限界指摘) https://news.miami.edu/rosenstiel/stories/2022/09/artificial-ocean-cooling-to-weaken-hurricanes-is-futile-study-finds.html?utm_source=chatgpt.com

技術カテゴリ	代表主体/文献	実証・試験	TRL 目安
Marine Cloud Brightening (海洋性雲の反射増加)	UW/MCB プログラム、SCU	噴霧器・屋外初期試験(リーフ保全文脈)。大規模野外は準備・議論段階。	2-3 (模型・限定屋外試験) https://atmos.uw.edu/faculty-and-research/marine-cloud-brightening-program/
台風雲物理の人工改変(アイオガイド種まき等)	NOAA Project STORMFURY	1962-83 に多数の実験飛行。効果は統計的に不確実で終了。	4 (歴史的実証だが有効性未確立・廃止) https://www.aoml.noaa.gov/hrd/hrd_sfb/sfury.html
海面アルベド改変(マイクロバブル/泡)	Seitz (2010)、NASEM (2015)、レビュー	コンセプト・モデル段階。生態影響の懸念強い。	1-2 (概念～ラボ) https://dash.harvard.edu/bitstreams/7312037c-8308-6bd4-e053-0100007fdf3b/download
レーザー・フィラメンテーション等の能動制御	ESA ACT	概念提案段階。	1-2 (概念) https://www.esa.int/gsp/ACT/doc/ESS/ACT-RPR-ESS-2013-ISTS-FemtosecondFilamentationTyphoonControl.pdf

代表的な“実証／歴史的プロジェクト”整理

- Project STORMFURY (米・NOAA、1962-83): 台風アイウォール外周への雲種まき→強度低減仮説を検証も、有意な効果は確認できず終了。
-
- 波力アップウェリング現地試験(複数): 300 m 級ポンプで短時間の局所 SST 低下を観測(>1 °C/15 h)。ただし“台風弱体化”の系統的検証は未実施。
-
- MCB の屋外初期試験(豪州・GBR 保全文脈): 噴霧・CCN 増加の工学検証。気候・天候影響の本格フィールドは社会受容性を含め準備段階。
-

4) ESCOT 記事の強み・改善余地

強み

- 物理機構(SST 低下→潜熱供給減)の描き方は学術知見と整合。冷却換算(kW)や“事前稼働・広域配置”の要件提示は現実的。

改善余地(提案)

- 参照文献の明示: たとえば、TC による SST 冷却の定量(Jourdain 2013)、SST 冷却パラメタリゼーション(Liu 2019)、広域人工冷却への批判(UM Rosenstiel 2022)を脚注化。
- <https://journals.ametsoc.org/view/journals/phoc/43/1/jpo-d-12-085.1.pdf>
-
- <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2018JC014117>
-
- <https://news.miami.edu/rosenstiel/stories/2022/09/artificial-ocean-cooling-to-weaken-hurricanes-is-futile-study-finds.html>
-
- “必要ポンプ密度×面積×維持日数”の定量: WRF-ROMS 連成で Δ SST 分布と潜熱フラックス低下をケース別に提示(例: 黒潮域、湾口部等)。
- https://www.researchgate.net/publication/384071321_The_impact_of_coupling_a_dynamic_ocean_in_the_Hurricane_Analysis_and_Forecast_System
-
- フィールド移行ロードマップ: ①短期(内湾・数基)で Δ SST と気象場応答の観測、②沿岸～外洋の数十基網での季節前稼働、③社会受容・EIA・漁業共生の同時設計。(既存の 300 m 級試験知見を土台に)

- <https://zerogeoengineering.com/wp-content/uploads/2018/09/ACT-RPR-ESS-AA5274-TropicalCycloneHazardMitigation.pdf>

•

5) 追加の“対案/補完策”とリスク

- 補完策: MCB など“放射強制の局所低減”は、広域海域の事前冷却を補助する可能性(ただし ENSO 様パターン誘発の懸念など副作用評価が必須)。
- https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/67955/noaa_67955_DS1.pdf
-
- リスク: マイクロバブル等のアルベド変化は生態系影響の懸念が大きく、現時点では推奨困難。

<https://www.geoengineeringmonitor.org/technologies/microbubbles>

まとめ(要点)

- ESCOT 記事の“波動式湧昇ポンプ=持続型の SST 低下で台風を弱化”は、物理的整合性があり、他手法(散布式冷却・雲種まき)より実装可能性が高い“候補”と言える。ただし「実海域での広域・持続冷却」を定量に落とし、必要基数・配置・維持計画を示す数値実験と段階的実証が不可欠。現状 TRL は用途限定で 3-4 程度。
-
- <https://zerogeoengineering.com/wp-content/uploads/2018/09/ACT-RPR-ESS-AA5274-TropicalCycloneHazardMitigation.pdf>
-
- 代替/補完の制御案(MCB 等)は TRL1-3 で、社会受容・副作用評価が未確立。歴史的な雲種まき(STORMFURY)は効果不確実で中止済み。
- https://www.aoml.noaa.gov/hrd/hrd_sub/modification.html
-
- <https://researchportal.scu.edu.au/view/pdfCoverPage?download=true&filePid=13135120010002368&instCode=61SCU INST>
-

波動式湧昇ポンプによる事前 SST 低下→台風弱体化説の 共同検証・実証パートナー候補の検討

(1)実証海域選定、(2)アプローチ先(国・国連系)、(3)費用負担の考え方 について

要旨

- 最初の実証は「発生海域ど真ん中」よりも、西太平洋の迅速強化(RI)多発コリドー(例:フィリピン海～ルソン東方～台湾東～琉球の黒潮域)の季節前・広域プレ運用が合理的。上層海洋熱含量(OHC)・黒潮暖渦が台風強化に寄与する知見が厚く、冷却の費用対効果検証に向くため。
- <https://journals.ametsoc.org/view/journals/mwre/136/9/2008mwr2277.1.xml>
- <https://www.mdpi.com/2073-4433/12/6/797>
- <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10920791/>
- <https://ioc-westpac.org/csk2/>
- 一次アプローチ先は「地域の運用＋科学の中核」(JMA/RSMC Tokyo、PAGASA、JAMSTEC など)と ESCAP/WMO Typhoon Committee(TC)の両輪。国連系は WMO TCP と**UNESCO-IOC(Ocean Decade/GOOS/CoastPredict)**を“枠組み化・倫理・データ標準”で押さえる。
- <https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/intcorp.html>
- <https://www.typhooncommittee.org/>
- <https://wmo.int/activities/tropical-cyclone-programme-tcp/tropical-cyclone-programme>
- <https://goosocean.org/our-work/projects/>
- 費用負担は多層で設計:①開発・実証＝気候適応ファイナンス(ADB、GCF 等)＋各国防災・気象機関の現物協力、②社会実装＝災害リスク金融(SEADRIF、InsuResilience)＋沿岸自治体・漁業・民間(保険/再保含む)の成果連動型。
- <https://www.adb.org/news/adb-program-10-billion-climate-finance-philippines>
- <https://www.greenclimate.fund/theme/ocean>
- <https://www.adb.org/what-we-do/funds/orcatf>
- <https://seadrif.org/>

推奨：共同検証・実証の「中核パートナー」候補

運用(警報・監視) + 地域調整の中核

- JMA / RSMC Tokyo – Typhoon Center(西北太平洋の RSMC、東京台風センター)—観測・解析・研修の地域中核。実証でのデータ共有・手続き整備の要。
https://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/rsmc-hp-pub-eg/RSMC_HP.htm
- ESCAP/WMO Typhoon Committee(TC)—域内 14 メンバーの政府間枠組。共同研究・訓練・DRR コンポーネントを持ち、実証プロトコルを“地域合意”に乗せられる。事務局はマカオ。
<https://www.typhooncommittee.org/>
- PAGASA(フィリピン気象庁)—PAR 内の責務が明確。フィリピン海での現地実装・手続きに不可欠。
<https://www.pagasa.dost.gov.ph/learning-tools/philippine-area-of-responsibility>
- JTWC(米・海軍/空軍)—DoD 向け警報中枢。運用面データ連携・事前評価の相談先。
<https://www.metoc.navy.mil/jtwc/jtwc.html>

学術・海洋観測の中核

- JAMSTEC—台風による海気相互作用・上層熱構造研究が厚い。係留系・観測設計の柱に。
<https://www.greenclimate.fund/project/fp157>
- University of the Philippines – MSI、台湾 CWB/大学、東大 AORI・京大防災研—黒潮域/フィリピン海での上層熱構造・黒潮変動・台風冷却尾(cold wake)観測・モデル連成の共同拠点候補。
<https://ioc-westpac.org/csk2/>

国連系・国際海洋プログラム(枠組み化)

- WMO TCP(Tropical Cyclone Programme)—地域協調と運用者アクセスの公式窓。
<https://wmo.int/activities/tropical-cyclone-programme-tcp/tropical-cyclone-programme>
- UNESCO-IOC / Ocean Decade & GOOS / CoastPredict—海洋観測の共通仕様・データ公開・共創プロジェクト(Exemplar/Decade Action)で実証を“公認化”。
<https://goosocean.org/our-work/projects/>

(1) 実証海域を「発生海域近傍」とすべきか

結論：最初の大規模実証は、発生直後の赤道寄り域よりも、**RI(台風迅速強化)多発帯(フィリピン海～黒潮本流(ルソン東～台湾東～琉球))**が妥当。理由は：

- 暖渦・高 OHC・深い混合層が RI の“燃料”になりやすい—ここに**事前の広域 Δ SST(1–2℃級)**を作れば、効率よく潜熱フラックスを抑制しうる。
- <https://journals.ametsoc.org/view/journals/mwre/136/9/2008mwr2277.1.xml>
- <https://www.mdpi.com/2073-4433/12/6/797>
- 台風冷却尾(cold wake)の力学・回復時間スケール(数日～数週)の知見が蓄積—人工冷却の規模・持続時間の設計指針に転用可能。

- <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2020GL091676>
-
- <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/18/3781>
-
-
- 黒潮域は観測網と研究蓄積が厚い(CSK/黒潮研究の系譜)。連成モデル(WRF-ROMS 等)で“配置×基数×稼働時期”の対費用効果を定量化しやすい。
-
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079661121000033>
-
- <https://ioc-westpac.org/csk2/>
-

実装案(例): **ルソン島東方 200–400 km 帯～台湾東沖の黒潮主流に、季節前(JAS 前半)から数十～数百基を線状～面状網で運用し、 Δ SST と台風通過時の最大風/中心気圧応答を運用解析(RSMC/JTWC)と突き合わせ。**

https://www.typhooncommittee.org/56th/docs/item_7/7.1.Review_RSMC_Activities_2023.pdf

(2) 受益国アプローチと国連・国際機関アプローチについて

両建てが最適と考えられるが、以下の手順で行うことが推奨される

1. 一次: 受益国の“運用+規制”当局と共同設計
 - **PAGASA(フィリピン)、CWB(台湾)、JMA(日本)など台風常襲国の気象当局・海洋機関と共同実証プロトコル(観測・通知・中断基準・EIA)を整える。Typhoon Committee の場で域内合意に付す。**
 -
 - <https://www.pagasa.dost.gov.ph/learning-tools/philippine-area-of-responsibility>
 -
 - <https://www.typhooncommittee.org/>
 -
 2. 二次: 国連・国際プログラムで“制度化・資金導線”
 - WMO TCP で倫理・手順・運用連携の公式化、UNESCO-IOC/Ocean Decade で Decade Action として国際審査・データ公開・共通 KPI 化。GOOS/CoastPredict に載せれば、観測・データ標準が自動的に接続される。
 -
 - <https://wmo.int/activities/tropical-cyclone-programme-tcp/tropical-cyclone-programme>
 - UN World Meteorological Organization (WMO) “Tropical Cyclone Programme”
 -
 - <https://goosocean.org/news/five-projects-under-the-goos-un-ocean-decade-programmes-officially-endorsed/>
 - UN Global Ocean Observing System “UN Ocean Decade Programme”
 -
-

(3) 研究・実証・社会実装のコスト原資について

段階別・マルチソースが現実的。

- 研究・設計(TRL3–4→5):
国際研究予算+開発金融の助走

-
- **ADB(アジア開発銀行)の適応・ブルーエコノミー支援(フィリピン向け大型枠あり)／World Bank/SEADRIF の域内レジリエンス枠／GCF の海洋・沿岸適応テーマ。**
-
- <https://www.adb.org/news/adb-program-10-billion-climate-finance-philippines>
-
- <https://www.reuters.com/sustainability/sustainable-finance-reporting/adb-approves-500-mln-loan-philippines-climate-change-efforts-2024-11-26/>
-
- <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099062725083127663/pdf/P510773-e24a4ff9-0894-4ca3-bcad-231ebb6a55f8.pdf>
-
- <https://www.greenclimate.fund/theme/ocean>
-
-
- **パイロット実証(TRL5-6):**
受益国+国際機関の共同負担
 -
 - 受益国の防災・気象・海洋当局がインカインド(船舶・観測網)提供、GCF/ADB が CAPEX・評価費を助成。Ocean Decade/GOOS で観測・公開費を付帯化。
 -
 - <https://goosocean.org/our-work/projects/>
 -
 -
- **社会実装スケール(TRL7-8):**
災害リスク金融+保険連合の関与
 -
 - SEADRIF や InsuResilience 等の気候・災害リスク保険プラットフォームが、成果指標連動(例:最大風低減・停電時間短縮)の支払い設計で参画。地方自治体・港湾・電力・漁業の受益者負担(料金/協賛)と再保の組み合わせ。
 -
 - <https://seadrif.org/>
 -

推奨アプローチ（実務ステップ）

1. 共同提案の“テーマ”を決める:
「Typhoon-Ready Ocean Cooling Corridor(仮)」として、Typhoon Committee 傘下のマルチ国実証の位置づけで立案。JMA/RSMC Tokyo・PAGASA・JAMSTEC・MSI を共同主査に。
<https://www.typhooncommittee.org/>
2. 科学設計:
WRF-ROMS 等で配置×基数×稼働期間→ Δ SST→潜熱フラックス→強度応答を事前評価(黒潮域の既往知見を活用)。KPI は Δ SST 分布、上層熱収支、通過 TC の ACE/最大風/RI 確率の差。
<https://journals.ametsoc.org/view/journals/mwre/136/9/2008mwr2277.1.xml>
3. 観測網:
GOOS/CoastPredict のベストプラクティスに沿い、Argo/係留 ADCP/海面フラックス/衛星の統合設計とデータ公開をコミット。
<https://goosocean.org/our-work/projects/>

4. 資金計画：
GCF “Ocean/Coastal Resilience”窓口+ADB 適応枠でパイロット資金、SEADRIF/InsuResilience
で実装段階の成果連動型スキームを準備。

<https://www.greenclimate.fund/theme/ocean>

<https://www.adb.org/news/adb-program-10-billion-climate-finance-philippines>

<https://seadrif.org/>

5. ガバナンス・リスク：
WMO TCP で運用・安全手順、UNDRR/仙台枠組で社会受容・DRR 整合の位置づけを明文化。

<https://wmo.int/activities/tropical-cyclone-programme-tcp/tropical-cyclone-programme>

<https://www.undrr.org/implementing-sendai-framework/what-sendai-framework>

<https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>

実証海域の優先候補(例)

- **ルソン東方～フィリピン海(PAGASA 管轄周縁)**： 台風の前駆強化域。現地当局と沿岸コミュニティの合意形成が鍵。
-
- <https://www.pagasa.dost.gov.ph/learning-tools/philippine-area-of-responsibility>
-
- **台湾東沖～与那国/石垣南東(黒潮本流)**： 黒潮暖渦・OHC が大。JMA/JAMSTEC/台湾 CWB の連携が効く。

<https://ioc-westpac.org/csk2/>

連絡・提案の入り口(実務)

- RSMC Tokyo(JMA)国際協力窓口―実証の運用連携・データ整備の相談先。
-
- <https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/intcorp.html>
-
- ESCAP/WMO Typhoon Committee 事務局(マカオ)―域内合意・ワークショップ議題化。
-
- <https://www.typhooncommittee.org/about-us>
-
- PAGASA(近年、近代化法 IRR あり)―フィリピン海域の行政手続・観測協調。
- https://pubfiles.pagasa.dost.gov.ph/pagasaweb/files/piias/IRR_RA_10692_PAGASA_Modernization_Act_of_2015_signed.pdf
-

- - UNESCO-IOC(Ocean Decade/GOOS/CoastPredict)—Decade Action 応募・共創設計の伴走。
 - <https://www.ioc.unesco.org/en/articles/new-call-decade-actions-no-09/2025-targets-critical-ocean-knowledge-gaps-and-science-policy-nexus>
 -
 - **資金:** ADB(フィリピン向け気候資金拡充)／GCF(海洋テーマ)／SEADRIF/InsuResilience(保険)
 -
 - <https://www.greenclimate.fund/theme/ocean>
 -
 - <https://www.adb.org/news/adb-program-10-billion-climate-finance-philippines>
 -
 - <https://seadrif.org/>
-

リスクと緩和

- **効果の空間スケール不足:** Δ SST の面積・持続が足りない→基数・配置を黒潮暖渦分布に合わせ最適化、段階的増設で評価。
 -
 - <https://journals.ametsoc.org/view/journals/mwre/136/9/2008mwr2277.1.xml>
 -
 - **環境・生態影響の配慮:** UNESCO-IOC/GOOS の観測・公開でトレーサビリティ確保、EIA(環境影響評価)は受益国基準＋国際ベンチマークで実施。
 -
 - [Global Ocean Observing System](#)
 -
 - **制度・国際調整:** WMO TCP/TC で手順合意、UNDRR/仙台枠組で DRR 政策への正規接続。
- <https://wmo.int/activities/tropical-cyclone-programme-tcp/tropical-cyclone-programme>
- <https://www.typhooncommittee.org/>

【参考】

「JMA / RSMC Tokyo – Typhoon Center」 日本気象庁 RSMC 東京台風センター

同センター公式サイトより抜粋、整理

① 概要・設立の経緯と国際的位置づけ

正式名称: Regional Specialized Meteorological Center (RSMC) Tokyo – Typhoon Center

運営機関: 日本気象庁 (JMA, Japan Meteorological Agency)

設置年: 1987 年 (WMO 指定)

所管国際機関: 世界気象機関 (WMO, World Meteorological Organization)

- 背景

世界気象機関 (WMO) は、熱帯低気圧 (tropical cyclone) を対象に世界 6 つの地域を設定し、それぞれに Regional Specialized Meteorological Center (RSMC) を設置。国際的な監視・警報・研究協力の中核を担う。

日本気象庁は、西北太平洋および南シナ海地域 (20 か国・地域が加盟) の台風を担当する RSMC として 1987 年、正式に指定される。

-
- RSMC Tokyo は「世界 6 拠点のうちの 1 つ」

担当地域	RSMC 所在地	運営機関
北大西洋・東太平洋	Miami (米国)	NOAA/NHC
南太平洋	Nadi (フィジー)	Fiji Meteorological Service
北インド洋	New Delhi (インド)	IMD
南インド洋	La Réunion (仏)	Météo-France
南西太平洋	Brisbane (豪)	Bureau of Meteorology
西北太平洋・南シナ海	Tokyo (日本)	JMA (RSMC Tokyo)

- 加盟・連携国: 日本、中国、韓国、フィリピン、ベトナム、タイ、香港、マカオ、ラオス、カンボジア、マレーシア、インドネシア、シンガポール、ミクロネシア、パラオ、グアムなど

(これらの国々は ESCAP/WMO Typhoon Committee のメンバーでもある)

② 主要任務・業務内容

RSMC Tokyo – Typhoon Center は、WMO 規定 (Manual on the GDPFS) に基づき、以下の 4 つを主な任務とする。

(1) 台風の解析・監視

- 衛星・地上観測・ブイ・航空観測データを用い、24 時間体制で西北太平洋・南シナ海域の熱帯低気圧の発生、位置、強度、進路を解析。
- 各加盟国に対し、6 時間ごとに「Tropical Cyclone Advisory (台風解析報告)」を発表。
- WMO 基準で台風番号 (Typhoon No.) を割り当て、世界的なトラッキングを一元化。

(2) 予報の発表

- 72 時間先までの進路・中心気圧・最大風速・強風域・暴風域の予報を作成。
- 加盟国はこの RSMC 予報を基に、自国内の防災警報を発令する(例:PAGASA, CWB, HKO など)。

(3) 衛星監視・データ共有

- JMA 運用の気象衛星**ひまわりシリーズ(Himawari-9, 10 など)**から得られる雲画像・輝度温度データを即時配信。
- HimawariCast や WIS システムを通じて全加盟国がリアルタイムで受信可能。

(4) 域内協力・技術支援・教育研修

- WMO/ESCAP Typhoon Committee や APEC-TCC(Typhoon Committee Cooperation Programme)を通じて、
 - 加盟国技術者への研修
 - 解析・予報アルゴリズムの共有
 - データ同化・気候モデル改善の共同研究を実施。
- 特に「Typhoon Data Quality Control & Forecast Verification」は JMA が主幹。

③ 技術体制・観測・モデルネットワーク

● 技術中核

- 全球・地域数値予報モデル
 - 全球モデル(JMA-GSM)
 - メソモデル(MSM/NHM)
 - 台風専用高解像度モデル(HWRF 互換型 TWRF)
- データ同化システム
 - 4D-Var 同化による大気・海面・海中温度の融合
 - Himawari 観測データの即時反映

● 海洋・気象観測ネットワーク

- Himawari 衛星(静止軌道)
- 全球気象観測網(GTS)
- 海洋ブイ・Argo フロート(海面水温、流速、塩分データ)
- 地上観測・航空気象データ(AMDAR)

● 海気結合モデル

- 台風強度予測のために、JMA は**Coupled Typhoon-Ocean Model (CTOM)**を開発・運用しており、
 - 台風通過による海面冷却(cold wake)
 - 上層海洋熱含量(OHC)
 - 潜熱供給量を数値的に考慮。

→ 湧昇ポンプなどによる人工的な SST 変化の影響評価を定量化できる体制がすでに整っている点が注目に値する。

④ 他国・国際機関との連携構造

分類	主な相手	連携内容
地域協力	ESCAP/WMO Typhoon Committee	加盟国間の政策・技術調整、共同プロジェクト立案(DRR, 研究, 教育)
防災分野	UNDRR / ASEAN / APEC	台風災害軽減、早期警報システム
科学研究	JAMSTEC, 東大 AORI, 京大防災研, PAGASA, CWB, KMA	海気結合モデル開発、観測共同研究
気候適応	WMO GFCS (Global Framework for Climate Services)	長期気候情報の防災利用
データ流通	WMO WIS / HimawariCast	衛星・解析データのリアルタイム共有

⑤ ESCOT 湧昇ポンプ実証との親和性・提案適格性

RSMC Tokyo が共同実証パートナーとして極めて適すると考えられる理由:

観点	内容
1. 科学的基盤	台風強度予測モデルに SST・OHC の変動を直接反映している。 湧昇による SST 低下効果の数値検証が可能。
2. 国際的立場	WMO 公認の公式監視センター。実証を「国際協調プロジェクト」として正当化できる。
3. 加盟国連携	フィリピン、ベトナム、台湾など受益国を含む多国間ネットワークを持つ。
4. データ基盤	Himawari 衛星 + 海洋観測のリアルタイム解析能力を持ち、湧昇による局所 Δ SST の時空間評価が可能。
5. 社会実装への橋渡し	WMO Typhoon Committee を通じて、気象庁・防災機関・自治体への政策転用が可能。

したがって、

エスコットが提案する「波動式湧昇ポンプによる台風弱体化実証」のフェーズとしては:

RSMC Tokyo(JMA 台風センター)+JAMSTEC+PAGASA/CWB
=「観測・モデリング・国際調整」の三位一体構成が推奨される。

⑥ 参考:公式情報・連絡経路

- JMA 公式サイト(英語)
https://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/rsmc-hp-pub-eg/RSMC_HP.htm
- Typhoon Committee 公式サイト
<https://typhooncommittee.org/>
- RSMC アドバイザリ例(PDF)
https://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/rsmc-hp-pub-eg/RSMC_Advisory.html
- WMO マニュアル GDPFS 第 8 章(Regional Specialized Meteorological Centres)

日本気象庁 RSMC 東京台風センター(まとめ)

項目	内容
担当範囲	西北太平洋・南シナ海(台風の発生～衰退)
設立	1987 年(WMO 指定)
主体	日本気象庁(JMA)
主な業務	台風解析・予報、データ共有、研修、地域協力
技術基盤	Himawari 衛星、海気結合モデル、OHC 解析
国際連携	ESCAP/WMO Typhoon Committee、JAMSTEC、PAGASA、CWB 等
ESCOT 湧昇ポンプとの親和性	高い(SST 変化・OHC 変化が予報アルゴリズムに直結)
提案アプローチ	RSMC Tokyo 主導で Typhoon Committee 共同実証として位置づけるのが最適

RSMC Tokyo(JMA)を中核とした共同実証の推奨案

Subject: Proposal for Cooperative Verification of Artificial Upwelling Technology for Typhoon Intensity Mitigation

To:

- Director, RSMC Tokyo – Typhoon Center, Japan Meteorological Agency
- CC: Secretariat, ESCAP/WMO Typhoon Committee (Macau SAR, China)
- Supporting Partners: JAMSTEC, PAGASA (Philippines), CWB (Taiwan)

共同実証コンセプトノート(案)

タイトル

波動式湧昇ポンプを活用した台風強度制御に関する国際共同実証計画 (Concept Note)

— RSMC Tokyo/JMA 主導による海面水温低減効果の観測・モデル検証 —

背景・目的

西北太平洋における台風の急速強化(RI)は、海洋上層の高い海洋熱含量(OHC)および黒潮暖渦域に起因する潜熱供給の増大と密接に関連している。

本提案は、波動エネルギー駆動型の人工湧昇ポンプ技術を用いて事前に海面水温(SST)を1~3℃低減し、潜熱フラックスを制御することによる台風強度の抑制効果を科学的に検証するものである。

RSMC Tokyo が運用する海気結合モデル(CTOM)および衛星・ブイ観測網を活用し、湧昇による Δ SST とその空間分布が、台風進路・強度予測に与える影響を定量評価する。

実証の概要

項目	内容
実証海域	フィリピン海～ルソン東方～台湾東沖(黒潮本流域)
実施時期	台風季節前半(6～9月)
対象現象	台風通過前の海面冷却による最大風速・中心気圧変化
主な観測	ひまわり衛星、係留 ADCP、CTD プロファイル、Argo フロート、海面フラックス
解析手法	JMA 海気結合モデル(CTOM) + WRF-ROMS 連成による Δ SST/潜熱応答解析
主要パートナー	RSMC Tokyo (台風解析・予報) JAMSTEC (海洋観測・モデル連成) PAGASA / CWB (現地観測・調整) NPO ESCOT (技術提供・装置設置)

期待される成果

1. 湧昇による SST 低下の空間・時間スケールの定量化
2. Δ SST と台風強度指標(最大風速、中心気圧、ACE 指数)の相関評価
3. 海洋熱含量(OHC)の事前制御が予報モデルに与える寄与の定量化
4. 台風災害軽減に資する新たな「予防型海洋適応技術」の実証データ取得

協力要請

本コンセプトノートは、RSMC Tokyo – Typhoon Center(日本気象庁)に対し、

- 科学的評価・解析協力
- 国際連携調整(Typhoon Committee 枠内)
- モデル入力・観測データ連携の技術支援
を要請するものである。

また、UNESCO-IOC(Ocean Decade / GOOS / CoastPredict)の枠組み下で「Ocean-based Typhoon Mitigation Technology」として Decade Action 登録を目指す。

提出先	Director, RSMC Tokyo – Typhoon Center, Japan Meteorological Agency
CC	Secretariat, ESCAP/WMO Typhoon Committee (Macau)

Concept Note (DRAFT)

Title

International Cooperative Field Verification on Artificial Upwelling Technology for Typhoon Intensity Mitigation

— Observation and Modeling of Pre-emptive SST Cooling Effect under Coordination of RSMC Tokyo/JMA —

To be submitted to

Organization	Division-in-charge	Contact Information
RSMC Tokyo – Typhoon Center (JMA)	Director / International Affairs Division	jma-intaff@met.kishou.go.jp https://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/rsmc-hp-pub-eg/
ESCAP/WMO Typhoon Committee Secretariat	Executive Secretary	typhoon.committee@typhooncommittee.org https://typhooncommittee.org
JAMSTEC	海洋工学センター・環境応答研究部門	https://www.jamstec.go.jp
PAGASA (Philippines)	Office of the Administrator / Weather Division	pagasa.mail@pagasa.dost.gov.ph

Organization	Division-in-charge	Contact Information
CWB(Taiwan)	Meteorological Research and Development Center	https://www.cwb.gov.tw

Background and Objective

Rapid intensification (RI) of tropical cyclones in the western North Pacific is strongly associated with high upper-ocean heat content (OHC) and warm eddies along the Kuroshio Current.

This proposal aims to **verify the physical impact of wave-powered artificial upwelling pumps** that bring cold deep water to the surface, lowering the sea surface temperature (SST) by approximately 1–3 °C, thereby reducing latent heat flux and weakening typhoon intensity.

Using the **Coupled Typhoon–Ocean Model (CTOM)** and satellite/buoy observations operated by the **RSMC Tokyo – Typhoon Center (JMA)**, the project will quantify how SST reduction and its spatial distribution affect typhoon track and intensity forecasts.

Outline of Field Verification

Item	Description
Test Area	Western North Pacific (east of Luzon – off eastern Taiwan, along the Kuroshio Current)
Period	Early typhoon season (June–September)
Target Phenomenon	Changes in maximum wind speed and central pressure due to pre-emptive SST cooling
Main Observations	Himawari satellite, moored ADCP, CTD profiles, Argo floats, surface flux measurements
Model/Analysis	JMA CTOM and WRF–ROMS coupled simulation for Δ SST–latent heat response
Core Partners	RSMC Tokyo/JMA (typhoon monitoring and forecast) JAMSTEC (ocean observation and modeling) PAGASA / CWB (local coordination) NPO ESCOT (technology provision and field deployment)

Expected Outcomes

1. Quantification of spatial and temporal scales of SST reduction caused by artificial upwelling
2. Correlation analysis between Δ SST and typhoon intensity indicators (V_{max} , central pressure, ACE)
3. Quantitative contribution of pre-conditioned OHC reduction to forecast skill improvement
4. Creation of a scientific basis for “ocean-based proactive typhoon mitigation technology” as part of climate adaptation strategy

Collaboration Request

We respectfully request **RSMC Tokyo – Typhoon Center, Japan Meteorological Agency**, to:

- Provide scientific evaluation and model-based analysis,
- Facilitate coordination under the ESCAP/WMO Typhoon Committee framework, and
- Support technical integration of observational and modeling data.

This project also aims for registration under the **UNESCO-IOC Ocean Decade (GOOS/CoastPredict)** as a Decade Action: *“Ocean-based Typhoon Mitigation Technology.”*

(End)