

インドチェンナイを直撃したサイクロン Vardah について

2016年12月12日にサイクロン Vardah がインド南部タミル・ナードゥ州の州都チェンナイを直撃した。多くの死者が出たほか、停電や倒木等による交通障害など、都市機能にも影響が出た。チェンナイはインド国内有数の大都市で、多くの日本企業が進出しており、日本経済への影響も関心がもたれる。現在、多くの日本企業において、事業のグローバル化が進んでいるため、今後は、国内だけでなく国外の自然災害についても知識・対応が求められることとなる。

そこで、本稿では、サイクロン Vardah の災害概要を纏めると共に、インドにおける強風災害、企業に求められる対策をまとめる。

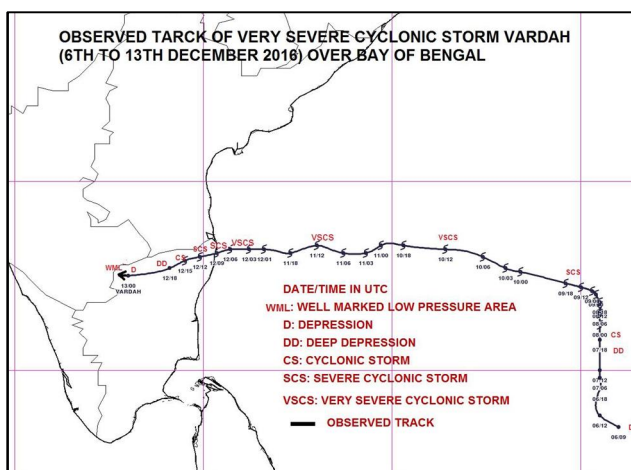
なお、今回の執筆にあたり、京都大学防災研究所 西嶋准教授、森准教授、佐山准教授に情報提供いただいた。この場を借りて御礼申し上げる。

1. 災害概要

(1) サイクロン Vardah の概要

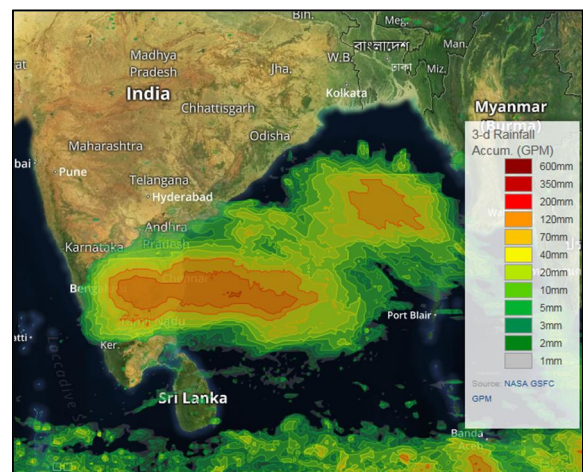
12月6日にベンガル湾上で発生したサイクロン Vardah は、勢力を強めながら北上、西進し、12月12日の現地時間15~17時にインド南部タミル・ナードゥ州のチェンナイエリアを直撃した(図1)。上陸時の勢力は Severe Cyclonic Storm (後述) で最大風速は約 30m/s^1 と推定されており、最大瞬間風速はチェンナイ国際空港で 39m/s を観測²、チェンナイ市内で 53m/s を観測した³。また、日降水量は Sathyabama University で 380mm 、Kattukuppam で 340mm 、Kancheepuram で 280mm など、上陸付近の沿岸~内陸にかけて $200\sim 400\text{mm}$ 程度の降水量となった(図2参照)。

■ 図1 サイクロン Vardah の経路図



出典：インド気象局 ホームページ
2016年12月13日プレスリリースより

■ 図2 12月10日~12日の3日間積算降水量



出典：NASA PMM ホームページより
(<https://pmm.nasa.gov>)

(2) 被害状況

政府関係機関や各種報道による被害状況を以下にまとめる。

- 18名の死者が報告されており、1万3000人以上が避難を余儀なくされている(12月14日時点)⁴。
- 電柱の倒壊、変電所が倒木により被害を受けるなどして停電が発生し、チェンナイの一部地域では停電が続いている(12月13日時点)⁵。
- チェンナイ国際空港は12日に閉鎖された(12月13日再開)。鉄道も一時運休となり、一部の区間では運休が続いている(12月13日時点)⁶。
- チェンナイ市内では、外装材などの非構造部材や街灯に被害が生じ⁷、看板の飛散や倒木により多くの道路が通行できない状態となっている(12月13日時点)⁸。
- バナナ農園、パパイヤ農園などに甚大な被害が生じている。一方で、沿岸部の稲作においては乾季の中での恵みの雨となった⁹。
- インド商工会議所協議会(ASSOCHAM)によると、経済損失は10億ドルに上ると予想されている¹⁰。

2. インドにおける強風災害

(1) サイクロンについて

サイクロンとはインド洋、南太平洋で用いられている熱帯低気圧の俗称である。北インド洋で発生する熱帯低気圧の風速ごとの正式な名称は表1のとおりである。サイクロン Vardah の最盛期の最大風速は70kt(ノット)程度と予想されており、Very Severe Cyclonic Storm(日本の強い台風、米国のカテゴリー1のハリケーンに相当)を記録した。

■表1 熱帯低気圧の海域別・風速別の名称¹¹

風速(kt)	北インド洋	南西インド洋	南太平洋及び南東インド洋	北西太平洋	北大西洋及び北東太平洋
28未満	Depression	Tropical Disturbance	Tropical Depression	Tropical Depression	Tropical Depression
28-33	Deep Depression	Tropical Depression			
34-47	Cyclonic Storm	Moderate Tropical Storm	Tropical Cyclone(1)	Tropical Storm	Tropical Storm
48-63	Severe Cyclonic Storm	Severe Tropical Storm	Tropical Cyclone(2)	Severe Tropical Storm	
64-84	Very Severe Cyclonic Storm	Tropical Cyclone	Severe Tropical Cyclone(3)	Typhoon(強い台風)	Hurricane(カテゴリー1)
85-104			Intense Tropical Cyclone	Severe Tropical Cyclone(4)	Typhoon(非常に強い台風)
105-119		Very Intense Tropical Cyclone			
120以上	Super Cyclonic Storm				Hurricane(カテゴリー4)
					Hurricane(カテゴリー5)

出典：日本気象学会機関誌「天気」58巻11号より弊社作成

北インド洋のサイクロンの年平均発生数は約3.8個、インドへの年平均上陸数は約1.4個であり(1990-2011年平均)¹²、発生時期は夏季モンスーンの前後となる4~6月および9~12月である。サ

イクロンの発生メカニズムは熱帯低気圧と同様、赤道付近の暖かい海上で積雲群が発生することで形成される。熱帯赤道域上空で対流活動が活発な領域が約1~2か月かけて東に進んでいく現象（マッデンジュリアン振動：MJO）はサイクロンの発生を促進すると考えられている¹³が、12月上旬にベンガル湾でMJOの発生が観測されており¹⁴、サイクロン Vardah の発生に影響を与えた可能性がある。

（2）過去に甚大な被害をもたらしたサイクロン

過去にベンガル湾で発生し甚大な被害をもたらしたサイクロンを表2にまとめた。2008年 Nargis、2007年 Sidr、1999年 Orissa、1991年 Marian はいずれも高潮により甚大な人的被害が発生した。サイクロン Vardah による高潮は、干潮に近かったこともあり、最大で0.6m程度であったと推定される¹⁵が、チェンナイ中心部の標高は数mの地域もあり¹⁶、満潮時にサイクロンが襲来した場合は大きな浸水が予想される点に注意が必要である。

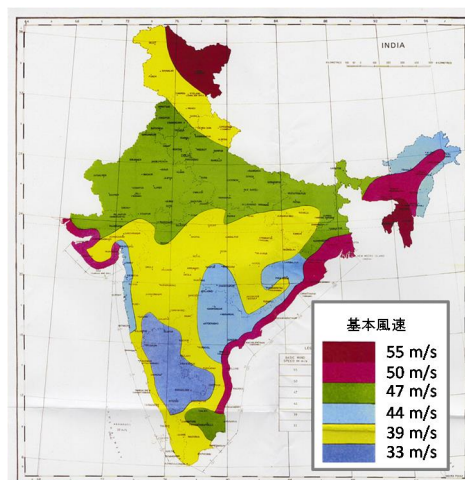
■表2 過去に甚大な被害をもたらしたサイクロン

年	サイクロン	強さ	被害地域	死者・行方不明者(人)	被害額(億円)
2014	Hudhud	カテゴリー4	インド東部	約 80	約 1,300
2013	Phailin	カテゴリー4	インド東部	約 20	約 5,300
2008	Nargis	カテゴリー3~4	ミャンマー	約 146,000	約 2,700
2007	Sidr	カテゴリー4	バングラデシュ	約 4,400	約 1,300
1999	Orissa	カテゴリー5	インド東部・ミャンマー	約 15,000	約 5,300
1991	Marian	カテゴリー5	バングラデシュ	約 139,000	約 1,800

出典：各種公表資料¹⁷より弊社作成（被害額：1ドル118円として換算）

図3は、インドにおける建築物の耐風設計において参照される基本風速マップであり、再現期間50年（平均して50年に1回発生する）の最大瞬間風速をもとに設定されたものである。チェンナイは、サイクロン常襲地帯であり、インド国内で2番目に基本風速が高い地域（50 m/s）に含まれている。前述のとおり、今回、チェンナイ市内で53m/sの風速が観測されているが、図3の基本風速マップに基づけば、約50年に1回程度の強風であると考えることが出来る。

■図3 インドの設計用基本風速



出典：Bureau of Indian Standards (<https://law.resource.org/pub/in/bis/S03/is.875.3.1987.svg.html>) に弊社加筆

3. 企業に求められる対策

(1) 懸念される企業間での自然災害対応格差

サイクロンが直撃したインド南部タミル・ナードゥ州は、インド国内で最も日系企業の拠点多い州である。州都チェンナイは、「インドのデトロイト」とも称されるほど自動車産業が集積しており、約 300 社の日系企業が進出している。

チェンナイでは、約 1 年前の 2015 年 11 月から 12 月にかけて、度重なる大雨により大規模水害が発生し、人的被害(死者 300 人超)ならびに経済損失(予測値約 2,700 億円)が発生したことは記憶に新しい¹⁸。その際、大手自動車完成車メーカー各社は、従業員が出勤できない等の理由により約 1 週間操業を停止している。

今回のサイクロンに対する現地日系企業各社の対応は、現時点では明らかになっていないが、世界各国に拠点を持つグローバル企業においては、様々な危機管理対応が取られていると考えられる。一方で海外拠点を設けて間もない企業等においては、所在地およびその周辺が高い自然災害リスクに晒されていることを認識しながらも、人材や経営資源に余裕がなく、必要な対策が十分でない可能性が否定できない。

(2) 自然災害を想定した組織・体制の構築

自然災害リスクへの対応において非常に重要なのは「平常時の準備」である。ここでは、海外拠点における自然災害を想定した最低限の体制構築として、以下の 3 点を挙げたい。

① 気象情報のモニタリング体制構築

各国・地域の気象当局が発表する警報や注意喚起の情報をモニタリングし、社内関係者でいち早く伝達・共有する体制を構築し、意思決定の根拠とすることが望ましい。これにより、例えば台風・ハリケーン等の暴風雨等などの気象災害の発生が予報されている場合は、状況に応じて従業員の帰宅・入社可否など安全確保策の判断が可能となる。さらに、被害極小化に向けた建物、設備、保管製品の防護措置(浸水を想定した安全箇所への財物の移動など)や生産調整等を講じることが可能となる。

② 従業員・関係者の緊急連絡網の整備・更新

夜間・休日の自然災害の発生が懸念され、早急に従業員・関係者への連絡・指示を行う必要が生じることもあるため、緊急連絡網を整備し、人事異動の都度、更新を行うことが重要である。

③ 緊急時のための水・食料等生活物資の備蓄

自然災害の発生により、海外拠点から自宅への帰宅が困難となる事態が想定される。拠点の要員数と想定される自然災害に応じて必要な備蓄量を検討し、水・食料等の生活物資を備蓄しておくことが求められる。

前述した最低限の体制構築に加え、自然災害を想定した危機管理にあたっては、「リスクの評価・分析」、「マニュアル・ガイドラインの整備」、「事前啓発活動・教育・訓練等」を適切に行うための体制の整備が求められる。これらについては、本誌バックナンバー「海外危機管理のポイント④海外における自然災害リスクと企業の対応」を参照されたい。¹⁹

4. おわりに

過去に甚大な被害をもたらしたサイクロンに比較すれば、Vardah の被害は小さい。しかしながら、規模が小さいとしても、事業所周辺で局所的な浸水が発生すれば、甚大な被害と成りえる。また、気候変動等に伴う自然災害の激化も懸念される状況において、企業における自然災害リスクへの対応力強化は不可避の課題である。特に海外拠点を持つ各企業においては、各国・地域それぞれに特有の自然災害を理解・特定し、影響度を正しく把握することが重要である。特にアジアの、外国企業誘致により急速な工業化や都市化が進む地域では、インフラ整備が追い付かず、自然災害に対して非常に脆弱な都市基盤となっていることが多く、自然災害時には都市機能が麻痺する可能性があることも考慮する必要がある。企業においては、これらの各国・地域事情を踏まえた上で、事前対策、緊急時対応、早期復旧の備えを十分に検討しておくことが重要である。

- ¹ インド気象局 2016 年 12 月 13 日プレスリリース (http://www.imd.gov.in/pages/press_release.php)
- ² https://www.windfinder.com/report/chennai_madras_airport/2016-12-12
- ³ <http://indiatoday.intoday.in/story/cyclone-varDAH-chennai-tamil-nadu-centre-ndrf-winds-trees-uprooted/1/834133.html>
- ⁴ The Economic Times (<http://economictimes.indiatimes.com/news/politics-and-nation/18-people-killed-due-to-cyclone-varDAH-related-incidents-in-tamil-nadu/articleshow/55962760.cms>)
- ⁵ The Times of India (<http://timesofindia.indiatimes.com/city/chennai/cyclone-varDAH-it-will-take-one-more-day-to-restore-power-in-several-parts-of-chennai/articleshow/55957280.cms>)
- ⁶ The Times of India (<http://timesofindia.indiatimes.com/city/chennai/cyclone-varDAH-southern-railway-cancels-five-trains-departing-from-chennai-on-tuesday/articleshow/55958828.cms>)
- ⁷ <http://www.indiatimes.com/news/india/cyclone-varDAH-damages-undersea-internet-cables-connectivity-remains-affected-in-many-areas-267382.html>
- ⁸ The Hindu(<http://www.thehindu.com/news/cities/chennai/Cyclone-Vardah-brings-Chennai-to-a-standstill/article16798323.ece>)
- ⁹ Indian express (<http://indianexpress.com/article/india/cyclone-varDAH-brings-much-needed-rains-to-boost-rice-sowing-4425842/>)
- ¹⁰ ASSOCHAM (<http://www.assochem.org/newsdetail-print.php?id=6088>)
- ¹¹ 北インド洋および北西太平洋の風速区分は 10 分間平均の最大風速による区分であるのに対し、ハリケーンのカテゴリー区分 (Saffir-Simpson Hurricane Wind Scale) は 1 分間平均の最大風速による区分のため、この表のハリケーン区分の横比較は厳密ではない。
- ¹² Fudeyasu et al 2015: A Global View of the Landfall Characteristics of Tropical Cyclones, Tropical Cyclone Research and Review, 3, 178-192.
- ¹³ Krishnamohan et al 2012: The influence of Madden-Julian Oscillation in the genesis of North Indian Ocean Tropical cyclones, Theoretical and Applied Climatology, Doi:10.1007/s00704-011-0582-x
- ¹⁴ NOAA (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/mjoupdate.pdf>)
- ¹⁵ GDACS (<http://www.gdacs.org/Cyclones/stormsurge.aspx?eventid=1000331&episodeid=20&eventtype=TC>)
- ¹⁶ <http://www.floodmap.net/Elevation/ElevationMap/?gi=1264527>
- ¹⁷ 社団法人国際建設技術協会 (http://www.internationalfloodnetwork.org/03/2014/SE1012_India_Nepal_Cyclone_Hudhud_0325.pdf)
- Earth Security Group (http://earthsecuritygroup.com/wp-content/uploads/2016/06/ESG_IndiaInsurance.pdf)
- The Times of India (<http://timesofindia.indiatimes.com/india/Cyclone-Phailin-hits-90-lakh-people-23-dead-lakhs-of-homes-damaged/articleshow/24102125.cms>)
- University of Rhode Island (<http://www.hurricanescience.org/history/storms/1990s/orissa/>)
- USAID (http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnadv744.pdf)
- History.com (<http://www.history.com/topics/bangladesh-cyclone-of-1991>)
- ¹⁸ 東京海上日動リスクコンサルティング：リスクマネジメント最前線「インド南部タミル・ナド州で発生した洪水について」(2015 年 12 月 10 日) (http://www.tokiorisk.co.jp/risk_info/up_file/201512111.pdf)
- ¹⁹ 東京海上日動リスクコンサルティング：リスクマネジメント最前線「海外における自然災害リスクと企業の対応」(2014 年 3 月 11 日) (http://www.tokiorisk.co.jp/risk_info/up_file/201403111.pdf)

[2016 年 12 月 16 日発行]

企業財産本部 経営リスク定量化ユニット

〒100-0004 東京都千代田区大手町 1-5-1 大手町ファーストスクエア ウェストタワー23 階

Tel. 03-5288-6234 Fax. 03-5288-6645



東京海上日動リスクコンサルティング株式会社

To Be a Good Company