

気候大変動時代の災害大国日本の激甚気象

名古屋大学宇宙地球環境研究所 教授 坪木 和久



1. はじめに

今年、2020年は熊本の豪雨を含む「令和2年7月豪雨」が起こり、2019年は「令和元年房総半島台風」や「令和元年東日本台風」などの大災害が連続して発生した。そのためお忘れの方も多いかもかもしれないが、さらに前の年、年の瀬に披露された2018年の漢字は「災」だった。この年、230人を超える犠牲者が出た「平成30年7月豪雨」、猛暑、台風、そして大阪と北海道の地震など多くの災害が頻発した。なんと災害が多い年だったのだろう。多くの人がそう感じたに違いない。

気象庁は大災害をもたらした気象現象に名称をつける役割を担っている。そのような気象災害は、年の漢字がやはり「災」だった2004年から2020年までの17年間に15件あり、平均するとほぼ毎年、激甚な気象災害が発生している。本稿ではそのような災害をもたらす気象（これを「激甚気象」とよぶ）についてまとめ、地球温暖化の進行とともに、日本を含む中緯度で台風や大雨などの激甚気象による災害がさらに激甚化することを解説する。

2. 日本は災害のデパートメントストア

日本には梅雨、台風、低気圧、前線、豪雨、豪雪、降雹、落雷、竜巻、猛暑などの気象による災害が多く、それに加えて地震、津波、火山などの地球物理学的災害も多い。寺田寅彦は随筆「天災と国防」のなかで、それが日本の地理的位置の特殊性によることを指摘し、そのことを常々忘れてはいけないと警鐘を鳴らしている。世界各地ではそれぞれの国にそれぞれの激甚災害が起こるが、日本ほど多様な自然災害が、しかも数多く発生する国は、他にほとんどみあたらない。日本は災害大国なのである。

これらのさまざまな気象の中でも、台風と豪雨が最も多くの災害をもたらしている。自然災害の規模を比べるうえで、損害額や死者数などさまざまな数量が用いられるが、そのなかでも比較的分かりやすい指標として、損害保険金の支払額がある。一般社団法人日本損害保険協会は、定期的にその上位10件の総支払額を公表している^[1]。2020年9月現在では、そのうち8件までが台風によるものである。また上記の「平成30年7月豪雨」が第9位に入っている。第1位は関西国際空港を水没させ、暴風により近畿地方に大災害をもたらした2018年の台風第21号である。その支払額は1991年の台風第19号の5,680億円を27年ぶりに更新し、1兆678億円に上った。実際の被害額は保険金支払額の数倍といわれているので、一つの台風で数兆円の損害が発生したことになる。1959年の伊勢湾台風以来、千人を超える犠牲者が出ることはなくなったが、それでも毎年台風により多くの命が失われている。台風は依然として我が国の災害の最大要因である。

3. なぜ日本は災害が多いのか

日本の多くの地域は中緯度の温帯にあり、気候という点では人間活動に適している。一方で気象という観点で見ると、中緯度は南の温かく湿った空気と北の冷たい空気の激しいせめぎ合いによる大気の大変動帯である。また、日本はユーラシア大陸と地球上で最も温かい海洋である北太平洋西部の間に位置しており、モンスーン（季節風）活動が活発である。そしてそれにより発生する梅雨前線が豪雨をもたらす。さらに暖かい海洋上では熱帯低気圧が発生し、台風に発達して日本に暴風と豪雨をもたらす。地球上で発生する熱帯低気圧には、他にハリケーンとサイクロンがあるが、北太平洋西部に発生する台風は地球上で最も強大で、かつ発生数が最も多い。日本はその最前線に位置しているのである。

日本は島国であり、その豪雨をもたらす水蒸気はほとんどすべて周辺の海から流れ込む。暖かい北太平洋西部は水蒸気が豊富で、日本を含む東アジア地域は湿潤な気候となっている。日本は脊梁山脈が南北に貫いており、その地形によって流れ込んだ水蒸気が雨となる。この水蒸気が激しい積乱雲を突発的に発生させ、線状降水帯のような豪雨システムを形成し、海洋上では台風を発達させる。つまり水蒸気がほとんどの激甚気象の原因である。

4. 地球温暖化

気象災害の多い日本にとって地球温暖化は特に大きな問題となる。温暖化について最も信頼のおけるレポートである気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の報告書^[2]によると、地球全体の平均では1880年から2012年の間に0.85℃上昇している。百年あたりにすると0.64℃である。一方、気象庁の観測によると日本の平均気温は、百年あたり1.24℃上昇している^[3]。温暖化は地球全体が一律に昇温するのではなく、地域によって上昇率は異なる。日本は世界のおよそ2倍の速度で気温が上昇しているのだ。

このような気温の上昇は複雑な大気や海洋などの気候システムの変動によって決まるが、おおもととなる原理は単純である。地球の地表面付近の気温は、大気が地球から出ていく熱を捉まえて地表に戻すことで適温に保たれている。これを大気の温室効果といい、その程度は大気の成分によって決まる。熱を逃がし難くする気体成分（これを温室効果ガスという）が増えれば、それだけ地表面付近の気温が上昇することは容易に想像できる。その代表が二酸化炭素であり、人間活動に伴う産業革命以降の石油、石炭、天然ガスなどの化石燃料の燃焼により、その濃度は一方的に増え続け、ついに400ppmを越えた。現在、二酸化炭素などの温室効果ガスは過去80万年で最大の濃度となっている。

5. 激甚化する台風と豪雨

地球温暖化という気候変動に伴い、大気や海洋さらに陸面のさまざまな現象や状態の変化が起こる。猛暑、豪雨、台風やハリケーンの激甚化、海水温の上昇、それに伴う海面上昇による低地の浸水、植生の変化、作物植え付け域の北上、海洋の酸性化、珊瑚の白化、海洋生物の変化、熱帯性病原体の中緯度域への侵入など、どれも科学者が予言したもののばかりだが、これらが実際に起こっている。人間を含む地球の生物は、長い時間をかけて、気候に適応し

てきた。現在、その気候が、かつて地球が経験したことのないような速度で変化している。まさに気候の大変動の時代に私たちは暮らしているのである。温暖化のほんとうの問題は、平均気温が何度になるのかではなく、その変化の速度がかつてなく大きいということである。

平均気温が上昇すると、平均的に大気中の水蒸気量が増加する。温暖化とともに大気中の水蒸気が増えることで、より激しい積乱雲の群が発生しやすくなる。その結果、より強い雨が多くなる。実際、気象庁や国土交通省の資料では、強い雨が増加していることが示されている^[4]。近年、経験したことのない豪雨が増えていると感じる人は多いのではないだろうか。日本は湿潤な気候帯に位置しているので、豪雨が激甚化すること、すなわち、その強度、頻度、総雨量が増大することが、今後ますます防災上の大きな問題となる。

豪雨と並んで温暖化に伴う台風の変化も大きな問題であり、これについては多くの研究がある。気象衛星が地球を観測するようになって、台風の発生数や位置は正確に分かるようになった。台風の発生数は年々大きく変動するが、平均で1年あたり26個発生する。図1に示した1951年～2019年の発生数をみると年々の変動に重なって20年～30年ほどの長期変動がある。最近では2010年の14個を最小に、その後、数が増える傾向にあるように見える。実際、2018年と2019年はそれぞれ平均以上の29個が発生している。一方、長期的に見ると、将来予測の多くの研究が、北太平洋西部の台風の発生数は減少することを示している。実際、図1の全期間では100年あたり3個の減少となっている。

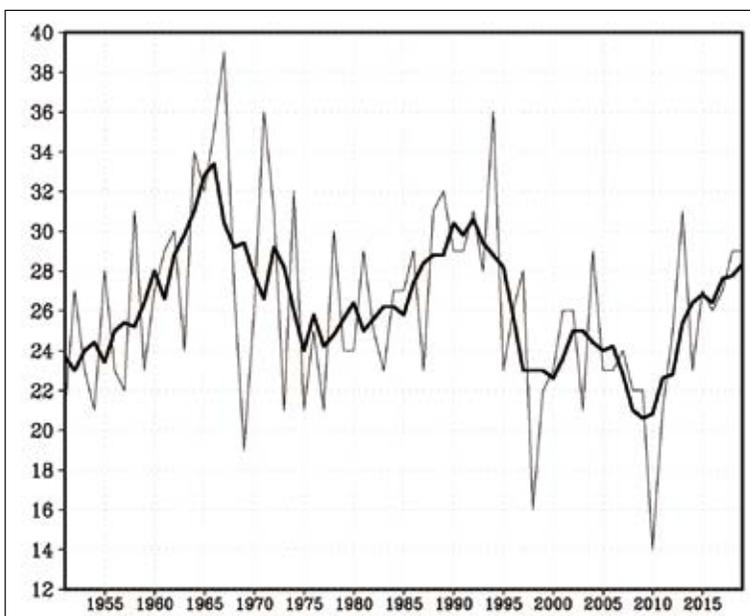


図1 気象庁のベストトラックから数えた1951年～2019年の各年の台風の発生数(細い実線)。太い線は5年移動平均により平滑化したもの。(新潮選書「激甚気象はなぜ起こる」より引用)

注意すべき点は発生数が減少するということが、台風災害、あるいは台風の災害リスクの減少を意味するわけではないことである。気象研究所が最近発表した台風についての重要な研究結果では、過去40年の日本の太平洋側に接近する台風の数が増えていること、これらの台風の強度が増大していること、さらに台風の移動速度が遅くなっていることが示された^[5]。つまり日本の台風の災害リスクは増大しているのである。その主な原因は海面水温の上昇で、気象庁によると日本付近の海面水温は過去百年で1℃程度上昇している^[6]。

数と並んで、台風の強度(中心気圧や最大地上風速など)も台風の防災上重要な問題である。しかし海上で発生・発達する台風の強度を正確に知ることは容易ではない。1987年まで

は米軍が航空機による直接観測を行っていたが、それ以降は気象衛星の雲パターンから強度を推定するようになった。これはドボラック法とよばれ、日本だけでなく米国など諸外国でもこの方法で台風の強度を推定している。この推定値は中程度の強さの台風まではよいが、防災上大きな問題となる強い台風ほどその不確実性（誤差）が大きくなるという問題がある。これは防災上大きな問題となるだけでなく、台風の温暖化に伴う強度変化の研究において大きな障害となっている。

台風の将来変化予測については、数値シミュレーション

を用いた研究が行われている。今世紀末ごろの気候として、現在より気温や海面水温が 2°C ～ 3°C 上昇するという条件を与えて、台風の高解像度シミュレーションを行い、強い台風の強度を推定すると、最も強いスーパー台風（最大地上風速 67 m/s 以上の台風）は、現在の気候の最低中心気圧より 10 hPa ほど低いものになる。この結果は、多くの研究から示されている温暖化とともに強い台風が増えることと符合している。さらに現在の気候では日本本土にスーパー台風は上陸していないが、予測された未来のスーパー台風の経路（図2）が示すように、今世紀末ごろの温暖化した気候では、スーパー台風が本土に上陸する可能性がある^[7]。

6. 私たちの取り組み

これまで述べてきたように台風は日本の最も大きな気象災害の原因であり、温暖化とともにさらに激甚化することが懸念されている。それにもかかわらず、その強度の推定値には大きな誤差がある。さらに台風の予測において、進路予測は年々改善してきているが、強度予測はほとんど改善されていないという大きな問題がある。強度推定値の大きな誤差のために、温暖化に伴う台風の強度変化を調べられない点も大きな問題である。

そこで名古屋大学、琉球大学、気象研究所のグループは、台風の直接観測により、精度よく強度を測定するプロジェクトを2016年より開始した。小型ジェット機を台風に向けて飛ばし、台風周辺に新しく開発したドロップゾンデ（図3）と呼ばれる測定器を多数投下する。ドロップゾンデは大気中を落下しながら、上空10数キロメートルから海面までの気温、気圧、

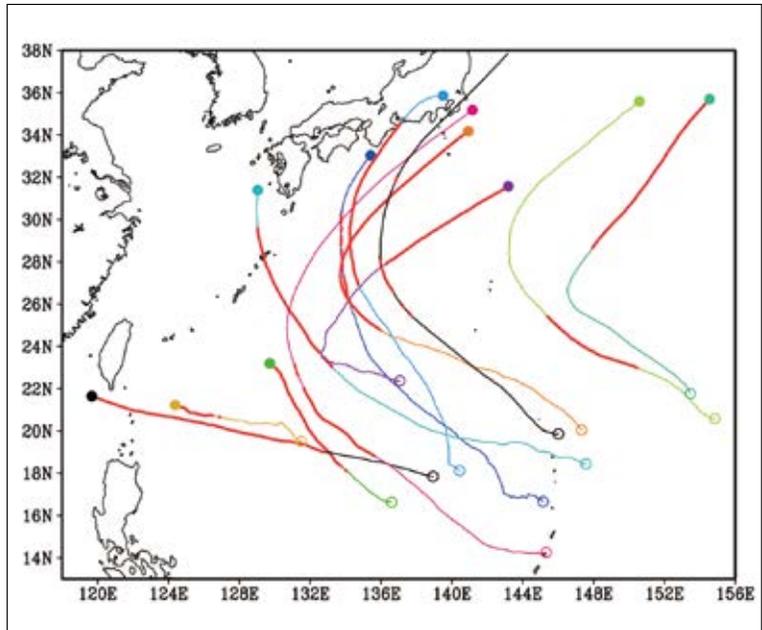


図2 水平解像度 2 km の雲解像モデルを用いたコンピュータ実験から得られた、今世紀後半の温暖化した気候で発生するスーパー台風の移動経路。経路のうち赤い太線部は最大地上風速 67 m/s 以上のスーパー台風の期間を示す。経路の開円は計算開始点、閉円は終了点を示す。（新潮選書「激甚気象はなぜ起こる」より引用）

高度、湿度、風向・風速を測定し、データを電波で航空機に送信する。機内ではリアルタイムでデータを確認ことができ、さらにそのデータを、気象庁を含む全世界の気象予報機関に、観測後1分以内に送ることができる。

この観測を2017年台風第21号と2018年の台風第24号について実施し、航空機でこれらの台風の眼のなかに入り、中心気圧や最大地上風速を直接観測することに成功した。図4は2017年の台風第21号の衛星画像と、その眼の中心でドロップゾンデにより観

測した風である。図5はそのとき私が撮影した台風の眼のなかの風景である。下層の渦と、その後ろにそそり立つ眼の壁雲が見える。さらにその観測データを用いて台風の予報が改善されることを示した^[8]。ここでその詳細を述べるスペースはないが、この台風の航空機観測についての詳細を、拙著「激甚気象はなぜ起こる」^[9]に記述したので、そちらを参照いただきたい。



図3 台風の航空機観測で使用するドロップゾンデ(明星電気株式会社製)。右端に温度と湿度センサーが見える。こちら側が下になって落下し、上空から海面までの温度、湿度、気圧、風向・風速、高度を測定する。ボディは生分解性素材でできている。

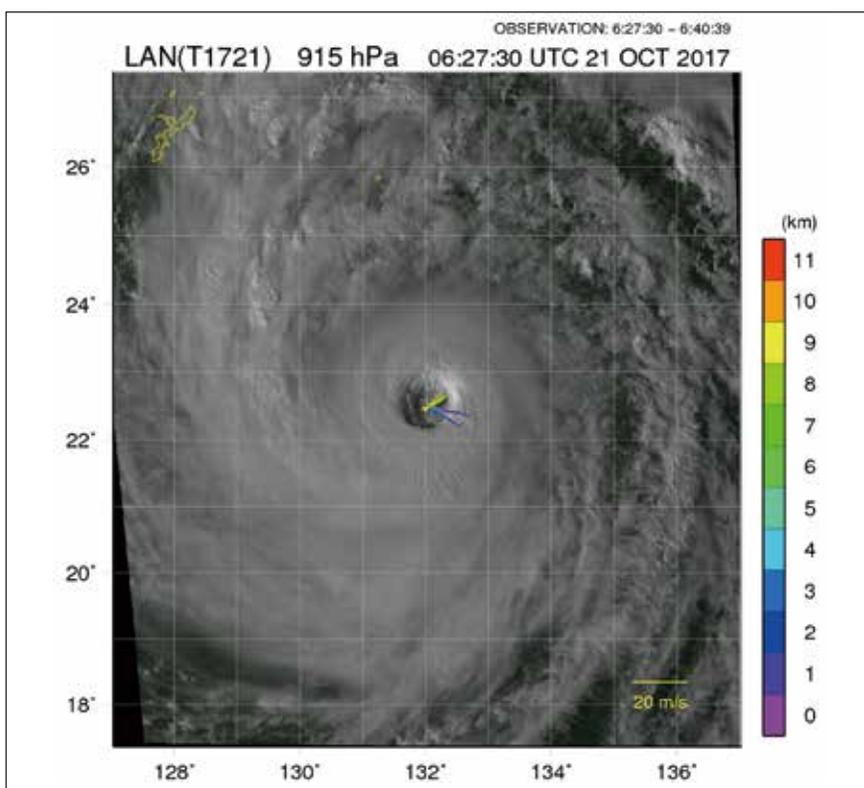


図4 2017年10月21日の台風第21号(国際名Lan)の日本時間15時27分の気象衛星ひまわり8号の可視画像とドロップゾンデ投下位置。投下点から延びる線は風速で、色は高度(km)を表す。

7. おわりに—激甚気象から命を守るために

豪雨や台風などの激甚気象から命を守るために、最も重要なことは、災害時に適切に避難することである。しかし災害時の避難は容易ではない。それは豪雨や台風がどのような災害を起こすのかというリスクを正しく見積もることが困難だからだ。さらに多くの場合、このリスクを小さく見積もる傾向がある。これを「正常性バイアス」といい、多くの人にみられ

る。実際、平成30年7月豪雨では、被災された方から「まさかこのようなことになるとは思いもよらなかった」という声が多く聞かれた。

避難を適切に行うためには、平時における備えが最も重要である。災害が発生するとパニック状態になることがあり、その状況になっ
てはじめて避難を考えたのでは手遅れである。平時に



図5 2017年10月21日、台風第21号の眼に貫入観測を行ったときの航空機のキャビンから見た眼内部の風景。下層の渦とその後ろに眼の壁雲が見える。

おいてハザードマップなどを用いて、自宅などの安全性を確認し、災害が予想されるときはどのように避難するのかを考えておくことが重要である。このとき、ハザードマップは完全ではないことに注意して、安全側よった判断をすることが重要である。

「平成30年7月豪雨」の甚大な被害を受けて、中央防災会議は避難についてのワーキンググループを立ち上げ、どうすれば適切に避難してもらえるかについて多くの議論を行った。その結果、行政主導の避難対策には限界があることを認め、国民一人ひとりに主体的行動を求めるという防災の考え方の大転換を示した。つまり住民が「自らの命は自らが守る」意識を持ち、自らの判断で避難行動をとることで、災害から命を守る社会を目指すのである。これは一朝一夕に実現できるものではない。長い間の不断努力により、住民主体の避難行動が定着したとき、はじめて激甚気象で誰も死ぬことがない世の中が実現する。自然災害のデパートメントストアのような日本で、安全・安心に暮らしていくためには、そのような社会を実現しなければならない。

【参考文献】

- [1] 一般財団法人日本損害保険協会, 2020: 風水害等による保険金の支払い. https://www.sonpo.or.jp/report/statistics/disaster/ctuevu00000530r-att/c_fusuigai.pdf
- [2] IPCC 2013: IPCC第5次評価報告書, 第1作業部会報告書, 自然科学的根拠.
- [3] 気象庁ホームページ, 各種データ・資料, 地球環境・気候, 地球温暖化, 気温・降水量の長期変化傾向, 日本の年平均気温. http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn.html
- [4] 気象庁ホームページ, 大雨や猛暑日など(極端現象)のこれまでの変化. http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html
- [5] Yamaguchi, M. and S. Maeda, 2020: Increase in the number of tropical cyclones approaching Tokyo since 1980. *J. Meteor. Soc. Japan*, 98, 775-786.
- [6] 気象庁ホームページ, 海面水温の長期変化傾向(日本近海) http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/shindan/a_1/japan_warm/japan_warm.html
- [7] Tsuboki, K., M. K. Yoshioka, T. Shinoda, M. Kato, S. Kanada, and A. Kitoh, 2015: Future increase of supertyphoon intensity associated with climate change. *Geophys. Res. Lett.*, 42, 646-652, doi:10.1002/2014GL061793.
- [8] Ito, K., H. Yamada, M. Yamaguchi, T. Nakazawa, N. Nagahama, K. Shimizu, T. Ohigashi, T. Shinoda, K. Tsuboki, 2018: Analysis and forecast using dropsonde data from the inner-core region of tropical cyclone Lan (2017) obtained during the first aircraft missions of T-PARCII. *SOLA*, 14, 105-110.
- [9] 坪木和久, 2020: 「激甚気象はなぜ起こる」, 新潮選書, 399pp.