

海洋熱波がもたらす 気象災害の激甚化



九州大学大学院 理学研究院 教授

川村 隆一

はじめに

地球の気候システムは大気圏・水圏・雪氷圏・生物圏が互いに相互作用し合う非常に複雑で巨大なシステムであり、その巨大システムに人為的な温暖化という強制を与えることで、気候システムが本来持っている自然変動（揺らぎ）と温暖化の影響が重なり合い、ますます混沌とした世界に私たちは生きている。猛暑による熱中症患者の急増や豪雨による甚大な災害の発生がメディアに頻繁に取り上げられているが、減災の観点での対策はもちろんであるが、「地球の沸騰化」を両極端に曲解しないためにも、頻発する気象災害の発生要因を客観的に明らかにする試みもまた必要なことである。

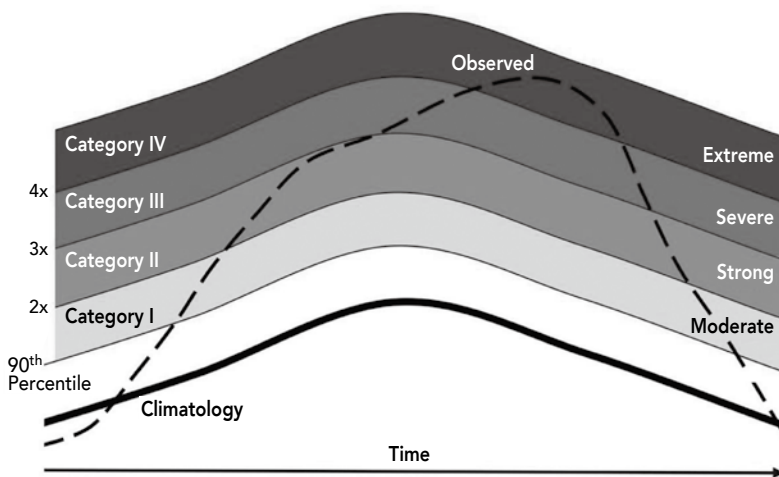
地球の平均気温の上昇と共に海の温暖化も進行している。近年、「海洋熱波」というワードが学界で使われ始めて、現在その現象について様々な観点から精力的な研究が進められている。実は日本近海は世界的に見ても最も海の温暖化が顕在化している海域である。海の温暖化は海洋生態系に直接的な影響を及ぼし、水産資源などにも大きなダメージを与えるが、本稿では、海洋熱波がどのようなもので、気象災害にどのような

な関与をしているのかに限定して解説をしていきたい。

海洋熱波の定義

海洋熱波 (marine heat wave) の定義の仕方は少々混み入っている。ある海域で長期間観測された日別海面水温データを低い順に並べた時に、低い方から数えて九〇番目の値 (九〇パーセンタイル値) を閾値として、その閾値を超える極端な高温を海洋熱波と呼んでいる。ただし、九〇パーセンタイル値や後述の気候平均値を求める際には、日々の海面水温データにノイズも含まれていることから、ある日の海面水温の値は前後五日間のデータを用いて平滑化をするという前処理を行っている。この移動平均の処理によって、ゆっくりとした海面水温の変化をもとに何日間も持続するような極端な高温に焦点を当てている。

また海洋熱波の強さについても四つのカテゴリに分けられている (図一)。九〇パーセンタイル値を少し超えた程度ではカテゴリ一に分類されるが、海面水温の気候平均値を基準に



図一 海洋熱波のカテゴリ分類
出典：NOAA Coral Reef Watch

して、気候値と九〇パーセンタイル値の差が二倍を超えるとカテゴリ一、三倍を超えるとカテゴリ二、四倍を超えるとカテゴリ三、五倍を超えるとカテゴリ四というようにその強度を分類している。九〇パーセンタイル値は確率一〇%を目安にしているので、カテゴリ四までいくと過去にほとんど経験のないような異常高温が生じていることになる。

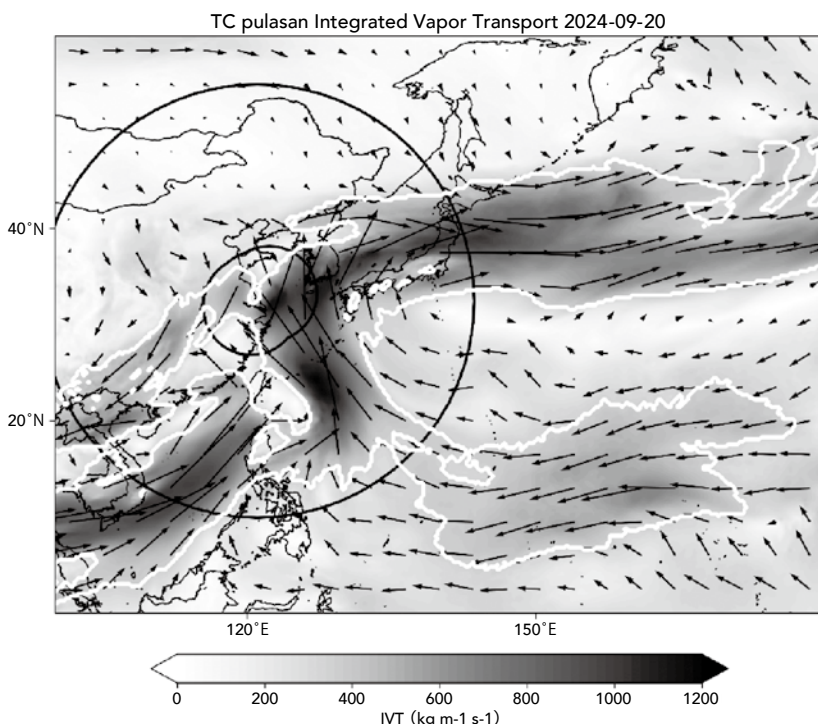
このような海洋熱波がどのような気象災害をもたらし得るのかについて、いくつかの実例を次に紹介する。

海洋熱波が大雨・大雪を増幅させる

まず海洋熱波が大きく関与した豪雨事例を一つあげたい。令和六年（二〇二四年）九月二一日午前を中心に能登半島北部で記録的な豪雨が発生し、斜面崩壊や土石流などによって人的被害を含む甚大な被害をもたらした。石川県輪島市では一時間降水量が一ミリの記録を観測史上一位の値を更新している（気象庁）。

台風本体による大雨を除くと、秋雨期に日本海沿岸地域でこのような豪雨が発生するのは極めて稀な現象である。

図一2は九月二〇日の日本周辺の大規模な水蒸気の流れを可視化したものである。台風14号が黄海上で再発達し、台湾付近の熱帯低気圧と相まって太平洋高気圧との間で東西気圧勾配が強まり、東シナ海経由で日本海へ多量の水蒸気が流入している様子を見ることができる。特に能登半島へ向かう水蒸気の流れの最大値は一六〇〇 $\text{kg m}^{-1}\text{s}^{-1}$ （キログラム・メートル・秒）に達しており、これは雨量換算で八〇ミリの（七〇ミリが豪雨発生の一つの目安）の膨大な水蒸気が秒速二〇



水蒸気の流れの強さと方向を矢印で示す。濃い陰影は特に強い水蒸気の流れが生じている地域。黄海上の台風14号近傍の内円は台風中心から半径550km、外円は半径2500kmの地域を示す。内円と外円で挟まれた領域で台風の遠隔降雨が局地的に生じる

図一2 2024年9月20日の鉛直積算水蒸気フラックスの水平分布

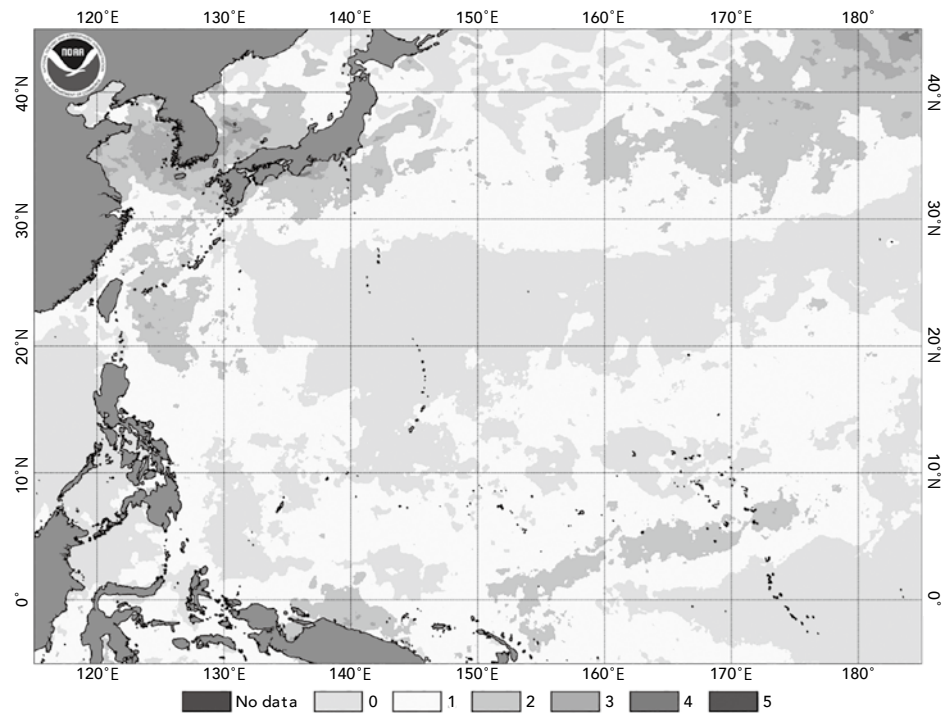
メートルの速さで流されていることを意味する。気象庁によると九月二〇日未明には秋田県で線状降水帯が発生し、九月二一日早朝には石川県でも線状降水帯が発生した。台風近傍から遠方に延びる水蒸気の強い流れの下で局在化した活発な降水域は「台風の遠隔降雨」と呼ばれ、これらの線状降水帯も台風の遠隔降雨の一部とし

て位置づけられることがわかる。ちょうどこの時、海にも大きな異変が起きていた。次頁図一3は九月二一日における西部太平洋域の海洋熱波の発生状況を示したものである。日本周辺海域では広範囲に海洋熱波が発生しており、その中でも黄海から日本海南部にかけてはカテゴリー3に相当する海洋熱波が発生してい

ることがわかる。図一2で示した通り、台風の遠隔降雨が生じているちょうど直下の海域で顕著な海洋熱波が発生していることから、能登半島北部の記録的な豪雨に何らかの影響を与えている可能性が高いと予想される。

そこで私たちの研究グループは、なぜ記録的な豪雨が発生したのかを明らかにするために、領域気象モデルを用いた高解像度数値シミュレーションを実施した。また豪雨再現実験と並行して、日本海全体の海面水温を平年値に置き換えた海面水温改変実験を行った。海面水温改変実験は日本海の海洋熱波を取り除いた数値実験である。両実験を比較することで豪雨に対する海洋熱波の影響を評価することができる。その結果、海洋熱波が台風の遠隔降雨を増幅させていたことが明らかになった。

日本海全域の改変実験では、能登半島豪雨の期間降水量の最大値で三八%、領域平均値で二七%が海洋熱波によるものと見積もられた。特に、能登半島風上側にあたる海域の（平年に比べて+四・五℃を超える）異常高温が台風の遠隔降雨を局地的に増幅させていることが見いだされた。異常高温は海面から大気への活発な熱・水蒸気の供給を促すと同時に大



凡例の数値は海洋熱波のカテゴリーを示す。カテゴリー0は海洋熱波の発生がないことを示している。カテゴリーの詳細は図-1参照

図-3 2024年9月21日の海洋熱波の発生状況

出典：NOAA Coral Reef Watch

気下層を不安定化させる。もし海洋熱波が発生していなければ、これほどの豪雨災害は生じなかったであろう。

このように、台風の遠隔影響などにより、日本海へ多量の水蒸気が流入してくる時に日本海で顕著な海洋熱波が発生していると、風下側に位置する西日本から北陸地方、東北地方の日本海沿岸地域に記録的な豪雨が発生するポテンシャルが急激に高まることが予想される。また台風が

関連する東日本太平洋沿岸の大雨も海洋熱波によって増幅される事例も最近報告されている。例えば、二〇二三年九月八日に台風13号の影響により千葉県などで線状降水帯が発生し、千葉県茂原では観測史上一位の日降水量(二九一ミリメートル)を記録した。この時、関東沖の黒潮の流れ(黒潮続流)が北に大きく蛇行しており、大蛇行に伴う海洋熱波が線状降水帯による降水量を増幅させたことが数値実験で明らかになっている。

一方、大雪にも海洋熱波が関与している事例が示されている。黒潮続流が蛇行すると、しばしば暖水渦が続流から切り離されることが起こる。

二〇二五年二月三日から四日にかけて北海道十勝地方では大雪となり、帯広では観測史上一位の一二時間降雪量(一二〇センチ)を記録した。この大雪の発生に十勝沖の暖水渦に伴う海洋熱波が大きく寄与しており、暖水渦の元を辿ると続流から切離して北上してきた渦であることが示されている。また、日本海沿岸部では北陸地方の大雪がよく知られているが、対馬海流から分岐した流れによる東朝鮮湾(朝鮮半島北東部の湾)の海洋熱波が、北陸に豪雪をもたらす日本海寒帯気団収束帯(JPCZ)を発達させることもわかっている。

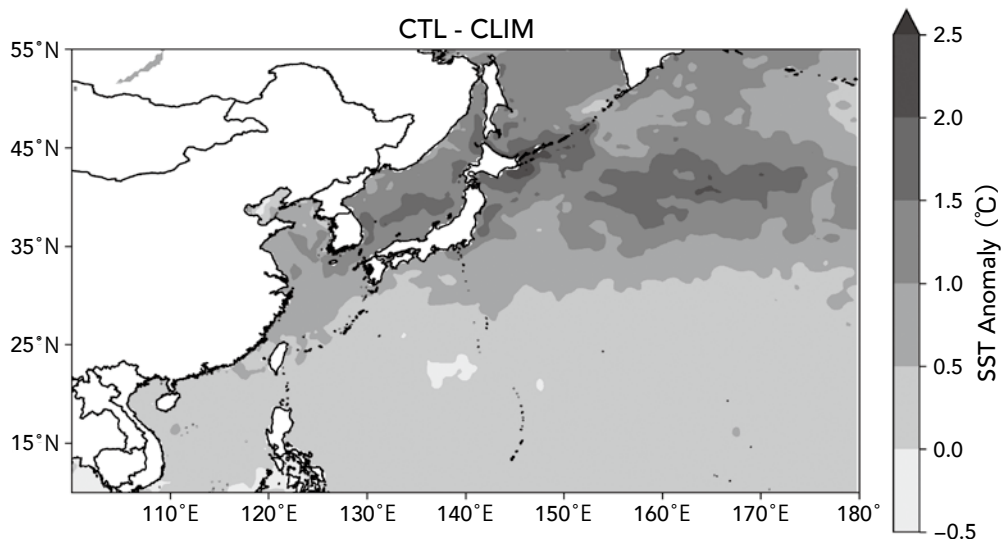
海洋熱波の発生要因

海洋熱波の発生要因は二つに大別される。一つ目の要因は雲量減少による日射量の増加や海上風速の弱化による海面蒸発の抑制が長期間続くことで、海面付近の海水が加熱されて極端な高温となる。図-3に見られる黄海から日本海南部にかけての海洋熱波の発生は、実は昨年(二〇二四年)夏季の異常なほどの猛暑が日本近海の海面水温を上昇させ、九月まで持続したことが発端となっている。

日本近海の海面水温の上昇

今世紀に入っても日本周辺海域の

日本近海の水域で海面水温高い 集中豪雨も海洋熱波の寄与が大



ここでの夏季は7～9月の3か月である。過去40年間（1980～2019年）の平年値からの偏差で示す

図一4 最近10年間（2010～2019年）の夏季の海面水温偏差の空間分布

海面水温の上昇傾向は止まっていない。図一4は過去四〇年間（一九八〇―二〇一九年）の海面水温データから気候平均値を求めて、最近一〇年間（二〇一〇―二〇一九年）の海面水温が平均値に比べてどの程度高温になっているのかを示している。ただし、梅雨末期の集中豪雨、猛暑、台風への影響を考慮して夏季三か月（七月―九月）に限定している。東シナ海から、日本海、オホーツク海、そして北太平洋に至る広域で高温が広がっている。特に日本海、東日本太平洋沿岸、北海道沿岸で十一・五℃を超えており、

近年の海洋熱波の頻発を反映している。

東アジア全域の台風による極端降水を増加させている。増加の要因として、直接的には台風自体の活動度や経路の長期変動傾向が関連しているが、先述の能登半島豪雨の事例でもわかるように、特に日本の極端降水において海洋熱波が台風の遠隔降雨を増幅させているプロセスが部分的に反映されている可能性がある。台風がもたらした顕著な災害事例について、海水温上昇の影響を評価した事例研究が少なからずあるが、系統的に海洋熱波が台風本体の降雨や遠隔降雨に与える影響を評価した研究はまだなされていない。今後の更なる研究が待たれる。

おわりに

地球温暖化の進行により海面水温も上昇していくため、今後益々海洋熱波が頻発する怖れがある。直近三年間（二〇二三―二〇二五年）においても日本は酷暑に見舞われた。酷暑の主因である日本上空の高気圧の強まりは日射量の増加を介して沿岸海域の海面水温を上昇させる。特に異常高温となった海域は海洋熱波と同定される。沿岸海域の水温が上昇

すると日中の海風による陸上気温の昇温抑制が有効に機能せず、日最高气温の上昇に歯止めが効かない。近年、酷暑による熱中症死亡者の増加も気象災害の一つと捉え始められており、熱中症死亡者の急増も海洋熱波の発生と無関係ではない。豪雨事例としてあげた能登半島豪雨も千葉県豪雨も直近三年間に発生した海洋熱波が大きく寄与していた。

これまでの研究で、台風の遠隔降雨の一部として線状降水帯も発生することがわかっており、台風の遠隔降雨が日本周辺海域で発生する海洋熱波によって増幅されると、沿岸地域で記録的な豪雨が発生する危険度が高まることに十分留意する必要がある。一方、台風などの降水システムの日本への影響がなければ海洋熱波は降水量増加に寄与しないが、代わりに酷暑をさらに強めて熱中症による死亡者増という人的被害を増大させる。私たちは海洋熱波がもたらす気象災害の激甚化に向き合っていくかなければならない時代を生きている。災害の軽減のためには、日本周辺海域の海洋熱波の精密なモニタリングと台風の遠隔降雨などの予測精度の向上が必須であるが、私たち自身も避難の初期行動など日ごろの防災意識を高めていく必要がある。