

昨年の台風第19号(令和元年東日本台風)による記録的な豪雨は、県内にも甚大な被害をもたらしました。特に、長野市では千曲川の堤防が決壊し被害は深刻なものとなりました。豪雨をもたらした台風が強い勢力で日本に上陸した背景には、地球温暖化が関連している可能性も指摘されています。

その後、11月長野県議会定例会での「気候非常事態に関する決議」を受けて、阿部知事は12月に「気候非常事態宣言」を発表しました。宣言では、温室効果ガスの排出を抑制する「緩和策」とともに、今回のような自然災害に対応する強靱なまちづくりを含む「適応策」の推進を謳っています。

本号では「地球温暖化と豪雨災害」をテーマに、3つの報告を掲載しました。今後の防災・減災の取り組みに役立てばと願っています。

地球温暖化の実態と豪雨頻度の変化

急激な温暖化

気象庁の1898～2019年の観測データによると、年平均気温は長野市で1.36℃/100年、松本市で2.00℃/100年、飯田市で1.36℃/100年の割合で上昇しています(図1)。しかも、この上昇割合は近年になるほど高くなります。人類の歴史上、現在よりも温暖だった時代はありますが、これほど急激に温暖化している時代はありません。急激な温暖化は、暖冬や猛暑、豪雨などの異常気象を頻発させていて、世界的な問題になっています。

豪雨頻度の増加

令和元年東日本台風が襲来した2019年10月12日の長野地方気象台における降水量は132mmで、130年以上にわたる観測の中で最高の値を記録しました。降水量100mm以上の日は、20世紀には100年間で3日しかありませんでしたが、21世紀には19年間で既に3日あります。この豪雨頻度の増加と温暖化の関係について、気象学的な視点から考えてみたいと思います。

強い勢力を維持する台風

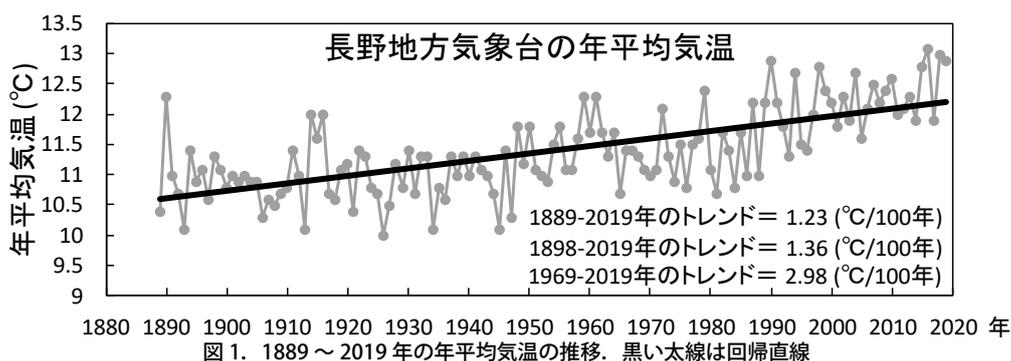
温暖化により地球全体で蓄積された熱エネルギーの9割以上は、海洋に吸収されていると言われています。水は空気に比べてはるかに熱容量(熱を蓄えられる量)が大きいので、海洋は膨大な量の熱エネ

ルギーを吸収することができ、結果として気温の上昇を抑制してくれているのです。とはいえ、海洋も熱エネルギーを吸収することで表層の海水温は少しずつ上昇しています。海水温が上昇すると、水の熱膨張により海面水位が上昇したり、台風が強い勢力を保ったまま北上できるようになります。台風は、海から蒸発した大量の水蒸気が雲に変わる時に発する熱エネルギーを糧に発達するので、海水温が上昇すると勢力を落とさずに日本に接近できるようになるのです。2019年10月上旬の静岡県沖の海面温度も平年より約2℃高い28℃程度だったので、令和元年東日本台風は強い勢力を維持したまま上陸したと考えられます。

温暖化に伴う豪雨の潜在的リスク

温暖化すると台風の勢力が衰えにくいだけでなく、前線や夕立による豪雨も頻発するようになります。これは、気温が上昇すると飽和水蒸気量(空気を含むことのできる水蒸気の量)が指数関数的に増加するからです。実際、人工衛星による15年程の観測でも、日本付近の大気中の水蒸気量が気温1℃あたり11～14%の割合で上昇していることが確認されています。

以上のように、温暖化に伴う海水温の上昇と大気中の水蒸気量の増加は、豪雨の潜在的リスクを高めています。(栗林 正俊)



令和元年東日本台風、山と雨

アルプス山脈は台風を防ぐか

11月20日の読売新聞に「『台風に強い』神話崩れた」という見出しの記事が掲載されました。長野県は台風の影響を受けにくい土地柄で、SNSなどでは「アルプス(A)山脈による台風(T)防御フィールド」、通称ATフィールドなどと称されることもありますが、読売新聞紙面はこうした持ち上げに対して、3km級の山脈では高度10~15kmの規模である台風進路を変えるには不十分であると指摘し、逆に山によって雨雲の持続時間や降水量を増加させる可能性もあると述べたものでした。

堤防決壊36年ぶり

2019年10月6日に太平洋東南で発生した大型の令和元年東日本台風は中心気圧950hPa以下の強い勢力を保ちながら12日8時に伊豆半島に上陸。甲信越や関東、東北地方に多大な被害をもたらしながら北進し、太平洋沖で温帯低気圧に変わりました。12月23日の気象庁の大雨解析に関する発表では、台風が非常に強い勢力だったことのみならず、台風の北側の上昇気流が発生しやすい環境条件で前線が形成されたため上昇気流が持続したことや、台風中心で雨雲が発達したことなどが挙げられました。長野県でも、千曲川上流域の県の雨量計では一日で500mmを超える記録的な豪雨が観測され、堤防決壊の原因となりました。千曲川の堤防決壊は1983年の台風以来36年ぶりでした。

強度や降水量が増加する台風

地球温暖化によって、熱波、豪雨といった極端現象が起きやすくなることはよく知られており、2013年に出されたIPCC(気候変動に関する政府間パネル)第5次評価報告書でも、極端現象が1950年代以前に比べて増加している可能性が高いと述べています。台風に関しては、これまでの観測では10年20年単位で発生数が増えたり減ったりしています。しかし、温暖化が進行した場合のシミュレーションでは、温暖化に伴い台風そのものの数は減少するものの、海水温の上昇によって台風に伴う降水量は増加することが予測されています*。今回の台風を温暖化の影響だと直ちに決めつけることはできませんが、今後の温暖化の動向によっては台風に伴う豪雨のさらなる増加が危惧されます。

台風の雨をコンピュータで再現

令和元年東日本台風における豪雨被害の解析のため、コンピュータ内で気象の予報や再現を行う領域計算モデルWRFによって今回の台風の期間の雨を再現しました。図2の濃淡は再現された台風による積算降水量を表します。県内で最も雨が強くなったのは台風中心が関東平野を通過した頃で、台風(低気圧)は北半球では反時計回りの風を伴うため、強雨帯は東側から伸びています。特に強く降水があるのは県北の新潟県との境界、県南東の赤石山脈東部、そして県央の八ヶ岳南部です。特に県央の降雨域は

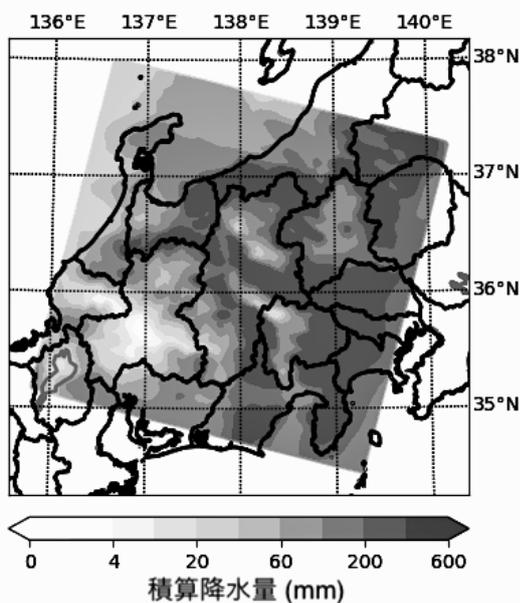


図2 令和元年東日本台風通過期間の長野県および周辺領域の積算降水量の分布
(コンピュータによる計算の結果)

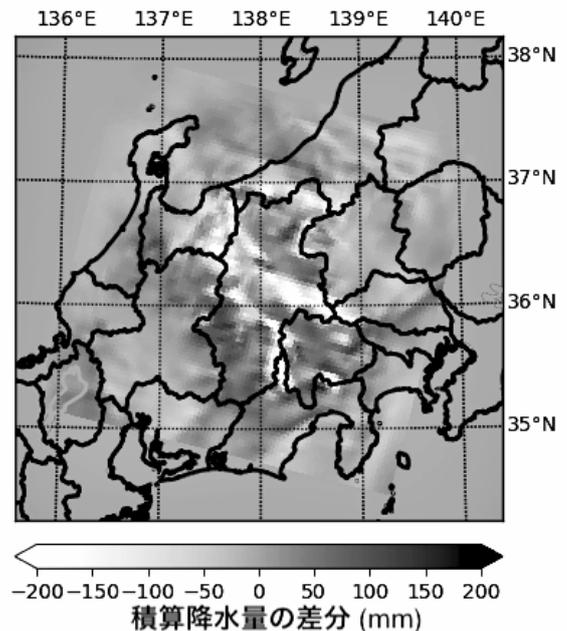


図3 標高1200m以上の地形を全て1200mにしたときと通常時の積算降水量の差の分布
(コンピュータによる計算の結果)

千曲川上流部と重なっているため、長野市の千曲川決壊に大きく影響を与えたと考えられます。

山岳の雨への影響をコンピュータで計算

コンピュータ内での計算は、自由に地形の設定を定めることができます。今回の台風19号における山脈の降水量への影響を調べるために、県内やその周辺の1200m以上の高い山を横からナイフを入れるようにして削り取る形で地形を改変した場合の計算を行いました。図3は1200m以上の山が存在しない計算結果の積算降水量を再現計算の結果から差し引きしたものであり、白い部分が山を削ったことで雨が減った領域、黒い部分は雨が増えた領域を示します。もともと雨の多かった山岳域で雨が減少しており、山が大雨に強く寄与していたことがわかります。一方、再現計算で雨が強く降っていなかった領域、特に県南部で降水量が大きく増加しています。

県内には東から中央部を通過して北東部に抜ける千曲川のほか、諏訪湖から県南へと抜ける天竜川などの国管理一級河川が存在しますが、令和元年東日本台風で決壊した長野県内の国管理一級河川は千曲川のみです。コンピュータ内部で山を削り取った計算では、長野県を南北に区切ったときの県北部で平

均した積算降水量は333 mmから310 mmと約7%減少したため、もし山が1200mより低ければ千曲川の決壊は生じなかった可能性があります。その一方で、県南部で平均した積算降水量は243 mmから257 mmと約6%増加したため、天竜川が決壊していた可能性もあります。

上昇気流による大雨、洪水の可能性

現実にはこうも簡単に山を捏ねて都合の良い気象を考えることはできませんが、その影響を知ることができます。周囲を高い山脈で囲まれた長野県ですが、山は台風を防げるほどではなく、上昇気流をもたらすことで大雨、洪水をもたらしてしまうものです。今回の台風19号でも、山の風上斜面などで豪雨となりました。この結果として千曲川は洪水となりましたが、天竜川は洪水を免れたといえるでしょう。

*Christensen, J. H. et al. (2013) Climate phenomena and their relevance for future regional climate change. In Climate Change 2013 the Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (pp. 1217-1308). Cambridge University Press.

(山田 恭平)

気候非常事態宣言

— 2050年ゼロカーボンへの決意 —

世界各地で記録的な高温や大雨、大規模な干ばつなどの異常気象が頻発しており、世界気象機関は、これらの異常気象が長期的な地球温暖化の傾向と一致していると発表している。

この10月に日本を襲い本県にも甚大な被害をもたらした台風第19号をはじめ、近年、我が国で頻発する気象災害の要因は気候変動にあると言われている。

気候変動は地球上の人間社会の存続を脅かしており、この非常事態を座視すれば、未来を担う世代に持続可能な社会を引き継ぐことはできないという強い危機感を抱かざるを得ない。

2015年12月に採択された「パリ協定」を受けて政府は長期戦略を策定し、最終到達点としての「脱炭素社会」を掲げた。

地球温暖化対策に先駆的に取り組んできた本県は、本年の主要20カ国・持続可能な成長のためのエネルギー転換と地球環境に関する関係閣僚会合の開催地となり、合わせて「持続可能な社会づくりのための協働に関する長野宣言」を世界に向けて発信

した。

気候変動に対する地方政府や非政府組織の果たす役割の重要性が世界的に強調されているなかで、本県は国際社会から先導役となることが期待されている。

今こそ将来世代の生命を守るため、気候変動対策としての「緩和」と災害に対応する強靱なまちづくりを含む「適応」の二つの側面に取り組んでいかなくてはならない。

よって、本県は、ここに気候非常事態を宣言するとともに、2050年には二酸化炭素排出量を実質ゼロにすることを決意し、県民一丸となった徹底的な省エネルギーと再生可能エネルギーの普及拡大の推進、さらにはエネルギー自立分散型で災害に強い地域づくりを進め、もって本県の持続的発展を期するものとする。

令和元年（2019年）12月6日

長野県知事 阿部 守一

堆積物からみる千曲川の水害

千曲川の氾濫によって堆積した泥

令和元年東日本台風の豪雨によって、千曲川の堤防が決壊した長野市穂保地区。堤防決壊現場付近の河川敷にはりんご畑が広がっていましたが、被災直後はかつての地表面上を泥が厚く覆っていました(図4)。この泥は、千曲川の氾濫後に停滞した泥水からゆっくりと堆積したものです。堤防決壊現場から300mほど市街地側には、厚い砂層と泥層が堆積していました(図5)。砂層は流れの速い洪水流が押し寄せることにより堆積したのですが、その上の泥は、停滞した泥水から沈殿したものです。このように、河川敷と市街地に泥が厚く堆積していることは、洪水流がおさまった後に、この地域一体で浸水状態が長く続いたことを物語っています。

数十～数百年に一度の大水害

千曲川の氾濫を発生させた今回の台風は、二百年に一度の確率の降水量をもたらしたとされています。千曲川流域の過去の大水害は、1742年の戌(いぬ)の満水、1868年の辰(たつ)の満水、1896年の横田切れ(信濃川の決壊)というように、数十～百数十年に一度という頻度で発生してきました。過去の大水害を顧みるには、観測データが記録される以前の史料に頼らざるをえませんが、地層もその詳細を保存しています。

地層に残された過去の洪水跡

千曲川の流域では、旧石器時代以降の遺跡が数多く発掘されており¹⁾、観測データが記録される以前の洪水履歴を保存しています。長野市南部の塩崎遺跡では、1742年の戌の満水でこの地域を襲った洪

水の堆積物が見つかっています²⁾。この洪水堆積物は、粒の大きさが下から上に向かって次第に小さくなることから、氾濫によって洪水砂が流れこんだ後も、急激に水位が低下せずに、その地域が長らく冠水していたことを示しています²⁾。この特徴は、今回の台風による長野市の洪水とよく似ています。

千曲川の洪水の地形要因

千曲川は、両岸が急崖からなる狭窄部と川幅が広がる盆地を交互に流れています。狭窄部よりも上流では、水が流れにくくなり、河川水位が上昇し、氾濫が発生しやすくなります。さらにこうした地形によって、下流への排水力が弱まり、今回の洪水でも浸水状態が長引きました。

過去と今回の洪水堆積物の類似性は、数十～数百年に一度の大雨によって、今後も似たような水害が繰り返される可能性を示しています。

復興、そして将来の水害への備えに向けて

過去の豪雨によって幾度となく氾濫してきた千曲川。地層からは、大水害の後に人々が洪水堆積物を耕作し、肥沃な耕作土として利用してきたことが明らかにされています²⁾。その土地で起こりうる水害の特徴を過去の履歴から知ること、今後の備えにつながればと思います。

- 1)長野県埋蔵文化財センター(2013)掘ってわかった信州の歴史。「長野県埋蔵文化財センター30周年記念誌」,95p
- 2)市川由依・保柳康一(2014)千曲川沿い・長野県塩崎遺跡群における環境変遷と歴史的大洪水の堆積様式.日本地質学会第121年学術大会講演要旨.

(葉田野 希)



図4 洪水によってりんご畑に堆積した泥。長野市穂保，堤防決壊現場付近の千曲川の河川敷。

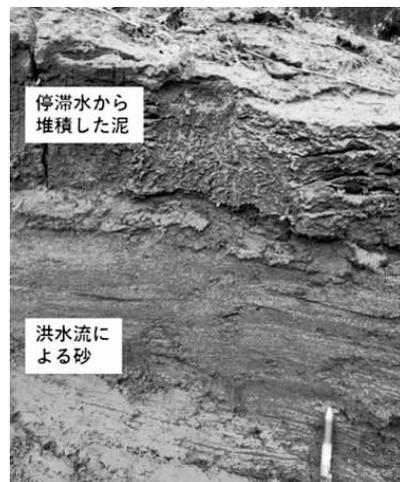


図5 洪水によって堆積した砂と停滞水から堆積した泥。長野市津野，堤防決壊現場から300mほど離れた市街地。